七171e

石川県衛生公害研究所年報

第 17 号

（昭和54年度）

1980

石川県衛生公害研究所

長崎県
衛生公害研究所
収 56. 5. 19 衛
受付

七171e

石川県衛生公害研究所年報

第 17 号

（昭和54年度）

1980

石川県衛生公害研究所

はしがき

石川県衛生公害研究所年報第17号（昭和54年度業務並びに業績報告）をお届けします。

移り変りの激しい時代に生きているわれわれにとって，10年はひと昔どころか，二つも三つも，もっと昔のような気がします。実際この10年を振り返って見ても，公害問題の激化，豊かさとは何かへの疑問，二度にわたる石油危機，高度経済生長から安定生長への転換，本格的な高令化社会への突入，出生率の急速な低下，等々が生起し，今も続いています。

10年前の年報（第７号）を見ますと，その「はしがき」に，「……新に郊外に地を求め，ここに新鋭の研究所としての青写真が完成するに至ったのである。……　一日も早く完成，県民の期待にこたえたいとわれわれ所員一同は大いに意欲を燃やしている。」と述べて，研究所の発展に大い希望を明らかにしています。その時は県政，特に保健や環境行政を進めて行くうえで，調査研究機能の充実とその水準の向上が求められていたわけで，その後，組織機構の拡充が図られ，また業務の範囲も広がって来ました。（このことは，この年報のページ数が，昭和50年以降増加し始め，16号―昭和53年度―では別冊を含めて約490ページ，17号でも460ページに達し，第７号が90ページであったのに比して，約５倍に及んでいることからも見て取れます。）

しかし，社会の変化，時代の変遷が続く中で，これを読み取り予見しながら，その必要や期待に答えて来たか，と問われると，必ずしもそうだと言い切る自信はありません。そう出来なかった様々な制約や束縛条件も思い浮びますが，しかし結果をその故にだけ帰するのではなく，研究所の課題として解決を図るよう取組んでいかなければならないものと考えています。

地球規模で，あるいは全国規模で続く変化は，石川県の社会や風土に彩られながら，県民の生活，特に当研究所の分担範囲である保健や環境に種々の影響を及ぼして来ます。それはもう県民の課題であり，それらの水準の向上を図るための基礎づくりを的確に行なうことがわれわれの使命ではないか，という自覚のもとに，暗中模索の中の焦燥感，試行錯誤の果ての挫折感がにじみ出ることがあっても，それを乗り越えて努力を続けていきたいと考えています。

今後とも従来以上の御指導と御協力をお願いいたしますとともに，忌たんの無い御意見，御しっ正を賜わればまことに幸いと存じます。

昭和５５年１２月

石川県衛生公害研究所長　石　田　宗　治

歴代所長

国重　正敬（昭和24. 1. 1～26. 9.24）
（衛生部長兼務）
杉野　為治（昭和26. 9.25～27. 2. 8）
（衛生部長兼務）
伊藤　利一（昭和27. 2. 9～29. 4.30）

河原　勲（昭和29. 5. 1～30. 1.25）

杉野　為治（昭和30. 1.26～30. 3.11）
（衛生部長兼務）
森上　勤造（昭和30. 3.12～30. 8.31）
（衛生部長兼務）
野口　俊介（昭和30. 9. 1～30.12.31）

森上　勤造（昭和31. 1. 1～31. 1.31）
（衛生部長兼務）
村本　潔（昭和31. 2. 1～35. 3.31）

森上　勤造（昭和35. 4. 1～36. 6.19）
（厚生部長兼務）
大島喜久男（昭和36. 6.20～37. 3.31）

三根　晴雄（昭和37. 4. 1～52.12.15）

酒井　義昭（昭和52.12.16～53. 3.31）
（厚生部長兼務）
河野　俊一（昭和53. 4. 1～54. 3.31）

酒井　義昭（昭和54. 4. 1～54.11. 9）
（厚生部長兼務）
石田　宗治（昭和54.11.10～　　）
（厚生部長兼務）

沿　　革

1　もと石川県衛生試験所と称し県庁構内にあり、県警察部ついで内政部に属し、薬品試験、細菌検査の業務を行う。

2　昭和23年１月、県衛生部設置に伴う機構改革により、衛生試験所は薬務課、細菌検査所は予防課所管となる。

3　昭和24年１月、衛生試験所を衛生研究所と改称し、医務課の所管、細菌検査所は公衆保健課の所管となる。

4　昭和27年４月、細菌検査所を衛生研究所に統合、衛生課の所管となり、衛生技術に関する細菌学的、化学的調査研究、試験検査、指導訓練を総合的に行うこととなる。

5　昭和32年２月、県厚生部設置に伴う機構改革により厚生部衛生課の所管となる。

6　昭和38年６月、機構改革により医務薬務課の所管となり、同時に内部組織として、庶務課、微生物課、理化学課の３課をおく。

7　昭和38年７月、金沢市芳斉２丁目に新庁舎落成、移転する。

8　昭和41年４月、環境衛生、公害など生活環境面における業務範囲の拡大と業務量の増加のため内部組織を改組、生活環境課を新設、庶務、微生物、化学、生活環境課の４課制となる。

9　昭和45年８月、公害、食品関係等業務増大に対する執行体制強化のため内部組織を改組、総務課、公害部、微生物部、食品薬品部の１課３部制となる。

10　昭和45年12月、増大した公害、食品関係業務の処理と設備近代化のため、金沢市三馬２丁目に新庁舎を建築、移転開所する。

11　昭和46年10月、公害関係業務の増大により名称を衛生公害研究所と改称する。

12　昭和48年３月、日本育英会貸与金の返還を免除される職をおく研究所としての指定を受ける。

13　昭和48年12月、大気監視センター設置に伴い、大気汚染、騒音、振動及び悪臭に関する業務を同センターに移管する。

14　昭和49年４月、内部組織の公害部を環境部と改称する。

15　昭和51年４月、大気監視センターを合併し、内部組織を管理部（庶務課）、環境部（企画調査科、大気科、水質科、生活環境科）、微生物部（細菌科、臨床病理科）、食品薬品部（食品科、薬品科）の４部１課８科制となる。

16　昭和53年４月、内部組織の微生物部の臨床病理科をウイルス科と改称し、食品薬品部の食品科、薬品科の２科を食品第一科、食品第二科及び薬品科の３科制として、４部１課９科制となる。

目　　次

（概　　要）

関　係　法　規 …… (1)

人　　事 …… (2)

予　　算 …… (13)

決　　算 …… (13)

施　　設 …… (19)

試 験 検 査 件 数 …… (22)

行　事　記　録 …… (24)

環境部事業概況 …… (27)

微生物部事業概況 …… (43)

食品薬品部事業概況 …… (56)

〔報　　文〕

土地利用適性評価のための生態学的アプローチ（第3報）
—気象要因をベースとした環境区（ランド・ユニット）の設定— …… 吉田　弘ほか …(63)

土地利用適性評価のための生態学的アプローチ（第4報）
—大気汚染を生じやすい地域の評価— …… 吉田　弘ほか …(83)

金沢・手取地域における地下水利用状況と水の循環 …… 田嶋　隆俊ほか …(112)

Compartmen Model による水田土壌中カドミウムの量的変化の解析 …… 田嶋　隆俊ほか …(155)

NO_2 相対濃度にみる石川県の窒素酸化物による大気汚染の現況と推移 …… 田嶋　隆俊ほか …(162)

半閉鎖性水域における非定常水理・拡散現象の数理モデル解析（第3報）
—潮汐の調和解析— …… 矢鋪　満雄ほか …(185)

半閉鎖性水域における非定常水理・拡散現象の数理モデル解析（第4報）
—七尾西湾におけるシミュレーション— …… 矢鋪　満雄ほか …(198)

半閉鎖性水域における非定常水理・拡散現象の数理モデル解析（第5報）
—七尾南湾における流況（定常）シミュレーション— …… 矢鋪　満雄ほか …(213)

水質汚濁機構に関する研究（第8報）
—加賀南部地域の4河川（梯川・動橋川・八日市川・大聖寺川）について— 矢鋪　満雄ほか …(220)

水質汚濁機構に関する研究（第9報）
—手取川扇状地を例とした農業用水汚濁機構の解析（その2）— …… 矢鋪　満雄ほか …(237)

手取川ダムにおける水質汚濁機構に関する研究（第2報）
—湛水開始直後におけるダム湖の水質— …… 矢鋪　満雄ほか …(248)

兼六園における水質汚濁機構の解明調査 …… 矢鋪　満雄ほか …(280)

石川県における悪臭の現況と官能試験について …… 矢鋪　満雄ほか …(301)

石川県における放射能測定調査（昭和54年度） …… 小森　正樹ほか …(307)

環境放射能の挙動に関する調査研究（第2報）
—石川県内各地域における松葉中の放射性核種濃度分布— …… 小森　正樹 ……(333)

ダム湖水の臭気と環境因子について …… 折谷　禎一 ……(344)

凝集反応による *Clostridium botulinum* E型無毒株の同定 …… 芹川　俊彦ほか …(354)

小児上気道疾患からのウイルス分離（昭和54年の成績） …… 木村　晋亮ほか …(357)

対血清で有意上昇をみた HI 抗体価から推測した
単一血清抗体価の血清学的意義づけの試み …… 木村　晋亮 ……(364)

対血清で有意上昇をみた CF 抗体価から推測した
単一血清での血清学的診断基準設定の試み …… 木村　晋亮 ……(378)

野生鳥類に対する有機リン系農薬の影響に関する基礎調査（第1報）
—鳥類の血漿及び臓器中のコリンエステラーゼ（ChE）活性値と
その有機リン剤阻害について— …… 土肥　祥子ほか …(393)

バイ貝及びスルメイカ肝臓中の重金属の化学形態に関する研究
—スルメイカ肝臓中のカドミウム結合性低分子量成分の精製について— … 四月朔日富司子ほか …(398)

浴用剤中の酵素について
—その活性と安定性並びに効能・効果— …… 大西　孝司ほか …(402)

医薬品製剤の品質とその安定性に関する研究（第7報）
—医療用医薬品製剤の品質について（その3）— …… 大西　孝司ほか …(410)

〔資　　料〕

石川県におけるインフルエンザの流行（昭和53年4月～昭和55年3月の記録） …… 木村　晋亮ほか …(415)

石川県におけるインフルエンザの流行予測並びに定点観測調査の成績（昭和54年度） 梶　　哲夫ほか …(423)

石川県産豚の血中日本脳炎 HI 抗体保有状況（昭和54年の成績） …… 梶　　哲夫ほか …(429)

〔短　　報〕

珪藻土耐火物製造工場から排出されるイオウ量の推定 …… 吉田　　弘ほか …(434)

Clostridium difficile の毒素産生用培地の検討 …… 芹川　俊彦ほか …(437)

インフルエンザウイルス分離系についての一考察
—A（H1），A（H3），B型同時混合流行例における
4分離系によるウイルス分離— …… 木村　晋亮ほか …(439)

A 型インフルエンザの血清学的診断法としての CF 抗体価測定 …… 木村　晋亮ほか …(442)

石川県衛生公害研究所調査研究報告投稿規定 ……(446)

関　係　法　規

地方衛生研究所設置要綱（厚生省発衛第173号 昭和51年9月10日）

1　設置の目的

地方衛生研究所は、公衆衛生の向上を図るため、都道府県又は指定都市における衛生行政の科学、技術的中核として、関係行政部局と緊密な連携のもとに、調査研究、試験検査、研修指導及び公衆衛生情報の解析、提供を行うことを目的とする。

2　業　　務

地方衛生研究所は、次の業務を行うものとする。

1　調査研究

(1) 疾病予防に関する調査研究
(2) 環境保健に関する調査研究
(3) 生活環境施設に関する調査研究
(4) 食品・医薬品等・家庭用品及び栄養に関する調査研究
(5) 健康事象に関する疫学的調査研究
(6) 試験検査方法に関する研究
(7) その他必要な調査研究

なお、これらの業務のうちで、広域的に調査研究を行う必要のあるものについては、地方衛生研究所相互間及び関連する試験研究機関との協力を強化し積極的に推進するものとする。

2　試験検査

(1) 衛生微生物に関する試験検査
(2) 衛生動物に関する試験検査
(3) 水・空気等に関する試験検査
(4) 廃棄物に関する試験検査
(5) 食品・食品添加物等に関する試験検査
(6) 毒物・劇物及び医薬品等に関する試験検査
(7) 家庭用品に関する試験検査
(8) 温泉に関する試験検査
(9) 放射能に関する試験検査
(10) 病理学的検査
(11) 生理学的検査
(12) 生化学的検査
(13) 毒性学的検査
(14) その他必要な試験検査

3　研修指導

(1) 保健所の職員、市町村の衛生関係職員等の技術面における研修指導
(2) 衛生に関する試験検査機関等に対する技術的指導

4　公衆衛生情報の解析提供

(1) 試験検査に関する情報の収集、解析
(2) 公衆衛生に関する文献、資料の収集、解析
(3) 衛生関係部局等への公衆衛生情報の提供

3　行政各部局との関係

1　地方衛生研究所の運営にあたっては、必要に応じ、関係各部局と協議し、相互に密接な連携を保つものとする。

2　地方衛生研究所は、かい（廨）とし、その人事、予算等に関する総括的事項についての連絡調整は衛生主管部局において行うものとする。

4　業務推進の方策

1　地方衛生研究所には、2に掲げる業務の実施に必要な人員及び施設、設備を備えるものとする。

2　地方衛生研究所は、その目的にかんがみ、国内留学、海外留学に配慮するなど、職員の知識技能向上を図るとともに科学技術の進歩に即応した施設・設備を備えるものとする。

石川県組織規則（抜萃）（和和39年4月1日規則第23号公布 和和53年4月1日規則第15号改正）

機関の名称	位置	内部組織		分掌事務
石川県衛生公害研究所	金沢市三馬2丁目251番地	管理部	庶務課	所内の事務の連絡調整に関すること。
		環境部	企画調査科 大気科 水質科 生活環境科	1　環境汚染の防止に関する調査、研究、試験及び指導に関すること。 2　生活環境に関する衛生上の調査、研究、試験及び指導に関すること。
		微生物部	細菌科 ウイルス科	1　病原微生物に関する衛生上の研究、検査及び指導に関すること。 2　臨床生化学及び医動物に関する衛生上の研究、検査及び指導に関すること。
		食品薬品部	食品第一科 食品第二科 薬品科	1　食品類に関する衛生上の研究、試験及び指導に関すること。 2　医薬品類に関する衛生上の研究、試験及び指導に関すること。

人　事

職員の配置

（昭和54.4.1）

職名	現員	部・課・科別配置現員									
		管理部	環境部				微生物部		食品薬品部		
		庶務課	企画調査科	大気科	水質科	生活環境科	細菌科	ウイルス科	食品第一科	食品第二科	薬品科
所長	1(1)										
次長	1										
部長	4(1)										
課長	1	1									
科長	9(2)	—	1	1	1	1	1(1)	1	1	1	1(1)
主事	4	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
技師	29(1)	—	4(1)	4	6	4	2	2	3	2	2
技師（運転手）	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
技師（技能員）	4	—	1	1	1	—	1	—	—	—	—
非常勤嘱託	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
計	57(5)	8	6(1)	6	8	5	4(1)	3	4	4	3(1)

（　）内は兼務を示す。

事　務　分　掌

（昭和54.4.1）

職名	氏名	担当事務
所長（厚生部長兼務）	酒井義昭	所統括
次長	角尾浩二	所長補佐
管理部部長	和田早苗	所内事務連絡調整
庶務課課長	二木吉勝	課の総括
主事	南孝子	庶務、予算経理
〃	宅崎仁芳	〃
〃	竹内良司	〃
〃	小西淑子	庶務、電話交換
技師	野村幸夫	自動車運転手
〃	水野吉浩	〃
〃	清水豊登	〃
環境部部長	（兼）角尾浩二	部総括
企画調査科科長	田嶋隆俊	科の総括 放射性同位元素取扱主任
技師	密田淳夫	大気中有害物調査
〃	吉田弘	環境管理及び環境アセスメント調査
〃	西川孝蔵	大気自浄作用調査及び地下水利用調査
〃（医師）	成瀬優知	津幡保健所執務
技師（技能員）	三木則子	資料の管理
大気科科長	桐元俊武	科の総括
技師	北村守次	大気汚染の測定と監視
〃	前川龍介	〃
〃	中嶋廉幸	〃
〃	平哲宣	〃
技師（技能員）	湯浅道世	〃
水質科科長	矢鋪満雄	科の総括
技師	矢田峰子	水質、土壌、悪臭試験
〃	竹野裕治	〃
〃	東浩一	〃
〃	小川清	〃

職名	氏名	担当事務
〃	三井信晴	〃
〃	石田喜朗	〃
技師（技能員）	志茂たみ	〃
生活環境科 科長	加藤充哉	科の総括
技師	塚林裕	環境試験
〃	戸田修史郎	〃
〃	小森正樹	〃
〃	折谷禎一	〃
微生物部 部長	木村晋亮	部総括
細菌科 科長	（兼）木村晋亮	科の総括
技師	芹川俊彦	細菌検査
〃	松田晴夫	臨床検査
技師（技術員）	南久子	検査補助
ウイルス科 科長	梶哲夫	科の総括
技師	尾西一	ウイルス検査
〃	佐藤邦代	血清、ウイルス検査
食品薬品部 部長	西木雅美	部総括
食品第一科 科長	神崎英彰	科の総括
技師	泉広栄	栄養分析試験
〃	岸原聡	食品試験
〃	砺波信一	食品容器包装試験
食品第二科 科長	土肥祥子	科の総括
技師	北井博	有害性金属汚染試験
〃	四月朔日冨司子	残留農業試験
非常勤嘱託	小坂菊枝	〃
薬品科 科長	（兼）西木雅美	科の総括
技師	勝田幸恵	毒、劇物、PCB試験
〃	大西孝司	医薬品試験

職　員　の　異　動

（昭和54.4.1～55.3.31）

年月日	氏名	新	旧	備考
54. 4. 1	橋　静子	教育委員会　主事	衛生公害研究所　主事	転出
〃	酒井純子	金沢県税事務所　主事	〃　主事	〃
〃	大瀬憲二	衛生総務課　技師	〃　技師（運転手）	〃
〃	川島栄吉	規制指導課　係長	〃　大気科長	〃
〃	吉野正美	企画調整課　技師	〃　技師	〃
〃	角田豊麿	珠洲保健所　技師	〃　技師	〃
〃	西村康喜	小松保健所　技師	〃　技師	〃
〃	高橋由美子	規制指導課　技師	〃　技師	〃
〃	小坂菊枝	—	〃　食品薬品部長	退職
〃	木村　茂	—	〃　庶務課長	〃
〃	高田富美子	—	〃　主事（庁務員）	〃
〃	藤本利二	—	〃　嘱託（庁務員）	〃
54. 4. 1	酒井義昭	衛生公害研究所　所長	厚生部長兼務	転入
54. 4. 1	角尾浩二	衛生公害研究所　次長	環境部　参事	転入
〃	西大雅美	〃　食品薬品部長	規制指導課　課長補佐	〃
〃	二木吉勝	〃　庶務課長	税務課　主幹	〃
〃	南　孝子	〃　主事	金沢土木事務所　主事	〃
〃	小西淑子	〃　主事	小松保健所　主事	〃
〃	野村幸夫	〃　技師（運転手）	中央福祉事務所　技師	〃
〃	前川龍介	〃　技師	企画調整課　技師	〃
〃	小川　清	〃　技師	中央病院　技師	〃
〃	三井信晴	〃　技師	小松保健所　技師	〃
〃	塚林　裕	〃　技師	規制指導課　技師	〃
〃	折谷禎一	〃　技師	環境衛生課　技師	〃
〃	成瀬優知	〃　技師（津幡保健所勤務）	—	新採
54. 7. 1	中橋信光	〃　嘱託（庁務員）	—	新採
54.11. 9	酒井義昭	—	衛生公害研究所　所長	退職
54.11.10	石田宗治	衛生公害研究所　所長	厚生部長兼務	転入
55. 3.31	成瀬優知	—	衛生公害研究所技師（津幡保健所勤務）	退職

衛生公害関係試験検査手数料条例

（制定昭和34年３月20日条例第２号、改正昭和39年３月30日条例第39号、41年７月１日第37号、10月１日第46号、46年10月１日第37号、48年３月28日第16号、昭和49年３月26日第27号、昭和50年３月22日第９号、昭和55年３月28日第10号改正）

第１条　衛生若しくは公害に関する試験、若しくは検査を依頼し、又は試験成績書の謄本の交付を受けようとする者は、この条例の定めるところにより、手数料を納入しなければならない。

第２条　前条の規定により納入すべき手数料の額は、別表に掲げる額とする。

２　別表に規定する以外のものの手数料は、実費を基準として知事が定める。

第３条　手数料は、試験若しくは検査を依頼し、又は謄本の交付を受けようとする際に納入しなければならない。ただし、その依頼事項の性質によりその額をあらかじめ調定できない手数料については、この限りでない。

第４条　既に納入した手数料は返還しない。

第５条　知事は、貧困のため手数料を納めることができないと認めた場合又は公衆衛生上必要があると認めた場合の手数料を減免することができる。

第６条　この条例の施行に関し必要な事項は、規則で定める。

附　則

１　この条例は、昭和55年４月１日から施行する。

別表（第２条関係）

種目	項目		単位	金額	運用表 試験・検査の内容及び項目の例示	別表備考第２条第１項該当項目
１臨床病理学的検査	(1)細菌検査（顕微鏡検査、培養検査、同定検査、薬剤耐性検査又は動物試験）、血清検査（梅毒血清反応その他の血清学的反応）、原虫検査又は真菌検査			健康保険法の規定による療養に要する費用の額の算定方法（昭和33年厚生省告示第177号）の別表第４診療報酬点数表（乙）（以下「診療報酬点数表」という。）により算定した額の100分の80に相当する額（その額に10円位未満の端数を生じたときは、その端数を四捨五入する。以下同じ。）		
	(2)ウイルス検査	イ　ウイルス血清反応		診療報酬点数表により算定した額の100分の80に相当する額		
		ロ　ウイルス分離	１検体につき	3,300円		
	(3)寄生虫検査			診療報酬点数表により算定した額の100分の80に相当する額		
	(4)臨床生化学検査			診療報酬点数表により算定した額の100分の80に相当する額		
	(5)生体試料中の重金属試験		１項目につき	3,400円		○
	(1)規格定性試験（公定書等公定試験法によるもの）	イ　簡易	１項目につき	1,000円	前処理操作がないか簡易な前処理操作の後、確認同定するもの (例)　食品添加物規格の確認試験、純度試験（溶状、呈色反応）、けい光染料試験等	
		ロ　複雑	１項目につき	2,400円	前処理操作の後、比色法又はろ紙クロマトグラフィー等により確認同定するもの (例)　食品添加物規格の純度試験の塩化物、硫酸塩、dl-スレオニン等	

別表（第2条関係）					運用表	別表第2条第1項備考2該当項目
種目	項目		単位	金額	試験・検査の内容及び項目の例示	
2食品、食品添加物、器具若しくは容器包装、おもちゃ、洗浄剤又は乳若しくは乳製品の試験	(2)規格定量試験（公定書等公定試験法によるもの）	ハ　より複雑	1項目につき	4,100円	前処理操作の後、赤外分光法、薄層クロマト又はガスクロマトグラフィー等により確認同定するもの (例)　食品添加物規格の純度試験のジフェニル、オルトフェニルフェノール中の不純物等	○
		イ　簡易	1項目につき	800円	前処理操作がないか簡易な前処理操作を行った後、測定又は定量するもの (例)　pH値、比重、旋光度、乳規格の酸度、乳脂肪分（ゲルベル法）、陶磁器規格のヒ素、合成樹脂規格のフェノール、鉛等	
		ロ　複雑	1項目につき	2,000円	前処理操作として灰化、蒸留、溶媒抽出等を行った後、容量法、重量法又は吸光光度法により定量するもの (例)　合成樹脂規格のホルムアルデヒド、乳脂肪分（溶媒抽出法）、油脂の酸価・過酸化物価、硝酸性窒素等	
		ハ　より複雑	1項目につき	6,500円	前処理操作として酸分解、蒸留、溶媒抽出等を行った後、吸光光度法、けい光光度法、原子吸光法又はガスクロマトグラフィー等で定量するもの (例)　玄米のカドミウム、残留農薬の鉛、スズ、合成樹脂規格のカドミウム、鉛、有機スズ等	○
		ニ　特に複雑	1項目につき	16,000円	いくつかの前処理操作の組合せ又は高度な前処理技術により分離精製後、原子吸光法又はガスクロマトグラフィー等により定量するもの (例)　残留農薬の塩素剤、リン剤等	○
	(3)一般定性試験（公定書等公定試験法によらないもの）	イ　簡易	1項目につき	600円	前処理操作がないか簡易な前処理操作の後、呈色反応等により確認同定するもの (例)　漂白料（二酸化イオウ）、殺菌料（過酸化水素）、官能検査等	
		ロ　複雑	1項目につき	1,600円	前処理操作として溶出、蒸留、灰化等を行った後、呈色反応又はろ紙クロマトグラフィー等により確認同定するもの (例)　ホルマリン、ホウ酸及びその塩、着色料（PPC法）等	
		ハ　より複雑	1項目につき	3,200円	前処理操作として溶媒抽出等を行った後、吸光光度法又は薄層クロマトグラフィー等により確認同定するもの (例)　離型剤（流動パラフィン）、着色料（TLC法）、甘味料（サッカリンナトリウム）等	
		ニ　特に複雑	1項目につき	7,000円	前処理操作として溶媒抽出等を行った後、赤外分光法又はガスクロマトグラフィー等により確認同定するもの (例)　保存料、甘味料（サッカリンナトリウム）、酸化防止剤等	○
	(4)一般定量試験（公定書等公定試験法によらないもの）	イ　簡易	1項目につき	800円	前処理操作がないか簡易な前処理操作の後、測定又は定量するもの (例)　旋光度、酸度、水分（特殊なものは除く）、pH値等	
		ロ　複雑	1項目につき	2,600円	前処理操作として灰化、酸分解、溶媒抽出等を行った後、容量法、重量法又は吸光光度法等により定量するもの (例)　粗脂肪（ソックスレー法）、還元糖、総窒素、カルシウム、塩分、エキス分、灰分等	
		ハ　より複雑	1項目につき	5,200円	前処理操作として酸分解、蒸留、溶媒抽出等を行った後、容量法、吸光光度法、原子吸光法等により定量するもの (例)　漂白料、発色剤（亜硝酸塩）、保存料（UV法）等	○
		ニ　特に複雑	1項目につき	12,000円	いくつかの前処理操作の組合せ又は高度な前処理技術により分離精製後、けい光光度法又はガスクロマトグラフィー等により定量するもの (例)　甘味料（サッカリンナトリウム）、保存料（GC法）、酸化防止剤、防ばい剤、ビタミン類等	○

別表（第2条関係）					運用表	別表備考2項当該条第1号該当項目
種目	項目		単位	金額	試験・検査の内容及び項目の例示	
	(5)微生物学的試験	イ 簡易	1項目につき	700円	菌数測定又は大腸菌群検査 (例) 生菌数、大腸菌群、乳酸菌数、真菌数等	
		ロ 複雑	1項目につき	1,800円	分離同定を要する検査 (例) 食中毒起因菌、伝染病病原菌（腸炎ビブリオ、サルモネラ、ブドウ球菌、ウェルシュ菌、病原大腸菌、赤痢菌等）等	
3医薬品、医薬部外品、化粧品、医療用具又は毒物若しくは劇物の試験	(1)錠剤、カプセル剤等の崩壊試験		1検体につき	2,100円		
	(2)定性試験	イ 簡易	1項目につき	200円	前処理操作がないか簡易な前処理操作の後、確認同定するもの (例) 性状（外観、液状、溶解性、液性（リトマス紙）等）、炎色反応、鉱油試験等	
		ロ 複雑	1項目につき	1,100円	前処理操作の後、呈色反応等により確認同定するもの (例) 塩化物、硫酸塩、重金属（Na_2S 法）、メチルアルコール、リン酸塩、アンモニウム塩、過マンガン酸カリウム還元性物質、アミン類等	
		ハ より複雑	1項目につき	3,600円	前処理操作の後、ろ紙クロマト又は薄層クロマトグラフィー等により確認同定するもの (例) 医薬品の不純物、類縁物質、分解物の確認同定、生薬、漢方製剤中の有効成分の確認同定等	
		ニ 特に複雑	1項目につき	7,800円	いくつかの前処理操作の組合せ又は高度な前処理技術により分離精製後吸光光度法、赤外分光法又はガスクロマトグラフィー等により確認同定するもの (例) サッカリンナトリウムのオルトトルエンスルホンアミド、解熱鎮痛剤のカフェイン、ハロタン中の揮発性物質、クエン酸クロミフェンの異性体等	○
	(3)定量試験	イ 簡易	1項目につき	800円	前処理操作がないか簡易な前処理操作の後、測定又は定量するもの (例) pH 値、比重、屈折率、旋光度等	
		ロ 複雑	1項目につき	2,000円	前処理操作として灰化、酸分解、蒸留、溶媒抽出等を行った後、容量法又は重量法等により定量するもの (例) 精油、エキス分、灰分、乾そう減量、蒸発残留物、アルコール数、重金属（Na_2S 法）、塩酸、錠剤等の重量偏差試験等	
		ハ より複雑	1項目につき	5,200円	前項同様の前処理操作の後、必要ならばシリル化、けい光標識化などを行い吸光光度法、けい光光度法、原子吸光法、ガスクロマトグラフィー等により定量するもの (例) 解熱鎮痛剤のアスピリン、ドリンク剤のビタミンC、鉛試験（ジチゾン法）、ビタミンA、ホルモン剤等	○
		ニ 特に複雑	1項目につき	10,000円	いくつかの前処理操作の組合せ又は高度な前処理技術により分離精製後、前項同様の機器分析法又はバイオアッセイにより定量するもの (例) ドリンク剤のビタミンB類、胃腸薬中の酵素活性、塩化リゾチーム、コカルボキシラーゼ、抗生物質の力価試験等	○
	(4)微生物学的試験	イ 簡易	1項目につき	700円	菌数測定又は大腸菌群検査 (例) 生菌数、大腸菌群、真菌数等	
		ロ 複雑	1項目につき	1,800円	分離同定を要する検査 (例) 食中毒起因菌、伝染病病原菌（腸炎ビブリオ、サルモネラ、ブドウ球菌、病原大腸菌、赤痢菌等）等	
	(5)無菌試験		1検体につき	1,500円		
	(6)消毒剤の効力試験		1検体につき	4,300円	(例) 石炭酸係数の測定等	

別表（第2条関係）					運用表	
種目	項目		単位	金額	試験・検査の内容及び項目の例示	別表備考2項当該項目
4 飲料水、遊泳用プール水又は温泉の試験	(1)水道水又は飲料水の規格試験	イ 一部項目試験	1検体につき	8,300円	水道法（昭和32年法律第177号）第4条第1項第1号、第3号（鉄及び硬度に係る要件に限る）及び第4号から第6号に掲げる要件についての試験	
		ロ 全項目試験	1検体につき	28,100円	水道法第4条第1項各号に掲げる要件についての試験	
	(2)遊泳用プール水試験		1検体につき	2,200円		
	(3)温泉試験	イ 鉱泉分析	1検体につき	7,400円		
		ロ 中分析	1検体につき	39,000円		
		ハ ラドン測定	1検体につき	3,700円		
	(4)理学的測定		1項目につき	100円	(例) 温度、電気伝導率、pH 値、残留塩素、透視度等	
	(5)定性試験	イ 簡易	1項目につき	200円	前処理操作がないか簡易な前処理操作の後、確認同定するもの (例) 亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、味、臭気等	
		ロ 複雑	1項目につき	1,200円	前処理操作として蒸留等を行った後、確認同定するもの (例) シアンイオン、フェノール等	
	(6)定量試験	イ 簡易	1項目につき	600円	前処理操作がないか簡易な前処理操作の後、容量法又は吸光光度法により定量するもの (例) 色度、濁度、蒸発残留物、過マンガン酸カリウム消費量、鉄（吸光光度法）、クロム、塩素イオン、フッ素、亜硝酸性窒素等	
		ロ 複雑	1項目につき	1,800円	前処理操作として酸分解、蒸留、溶媒抽出等を行った後、容量法、吸光光度法又は原子吸光法により定量するもの (例) 銅、亜鉛、カルシウム、総水銀、ヒ素、生物化学的酸素要求量、化学的酸素要求量、マンガン、陰イオン界面活性剤、鉄（原子吸光法）、シアンイオン、リン酸イオン、アンモニア性窒素、硝酸性窒素等	○
		ハ より複雑	1項目につき	3,000円	いくつかの前処理操作の組合せにより分離精製後、吸光光度法又は原子吸光法等により定量するもの (例) カドミウム、有機リン（吸光光度法）、総窒素、鉛等	○
		ニ 特に複雑	1項目につき	10,000円	いくつかの前処理操作の組合せ又は高度な前処理技術により分離精製後、ガスクロマトグラフィー等により定量するもの (例) 有機リン、アルキル水銀等	○
	(7)微生物学的試験	イ 簡易	1項目につき	700円	(例) 一般細菌数、大腸菌群定性試験等	
		ロ 複雑	1項目につき	1,200円	(例) 大腸菌群定量試験等	
	(1)理学的測定		1項目につき	100円	4—(4)に同じ	
	(2)定性試験	イ 簡易	1項目につき	200円	4—(5)—イに同じ	
		ロ 複雑	1項目につき	1,200円	4—(5)—ロに同じ	

別表（第2条関係）					運用表	
種目	項目		単位	金額	試験・検査の内容及び項目の例示	別表備考第2項該当項目
5汚水試験	(3)定量試験	イ 簡易	1項目につき	800円	前処理操作がないか簡易な前処理操作の後、容量法又は吸光光度法等により定量するもの (例) 溶存酸素、浮遊物質、亜硝酸イオン、りん酸イオン、硫酸イオン等	
		ロ 複雑	1項目につき	1,800円	前処理操作として酸分解、蒸留、溶媒抽出等を行った後、容量法又は吸光光度法等により定量するもの (例) 化学的酸素消費量、生物化学的酸素消費量、アンモニウムイオン、総りん、ふっ素イオン、硝酸イオン等	
		ハ より複雑(a)	1項目につき	3,000円	いくつかの前処理操作の組合せにより分離精製後、吸光光度法又は原子吸光法等により定量するもの (例) 陰イオン界面活性剤、クロロフィル、n-ヘキサン抽出物質、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム、カリウム等	○
		ニ より複雑(b)	1項目につき	5,000円	いくつかの前処理操作の組合せ又は比較的高度な前処理技術により分離精製後、原子吸光法等により定量するもの (例) カドミウム、鉛、銅、亜鉛、鉄、マンガン、ヒ素、全水銀、有機体炭素等	○
		ホ 特に複雑	1項目につき	13,000円	いくつかの前処理操作の組合せ又は高度な前処理技術により分離精製後、ガスクロマトグラフィー等により定量するもの (例) 有機りん、アルキル水銀化合物等	○
	(4)微生物学的試験	イ 簡易	1項目につき	700円	4—(7)—イに同じ	
		ロ 複雑	1項目につき	1,200円	4—(7)—ロに同じ	
	(5)水理測定	イ 簡易	1項目につき	2,500円	可搬型測定器により計測するもの（一次元流）又は河川巾10m未満 (例) 海底高、流速等	
		ロ 複雑	1項目につき	4,600円	可搬設置型測定器により計測するもの（一次元流）又は二次元流計測 (例) 流向、流速等	
6土壌、底質又は固形廃棄物の試験	(1)理学的測定		1項目につき	900円	(例) pH、Eh等	
	(2)重量分析		1項目につき	1,700円	(例) 含水率、灼熱減量等	
	(3)定量試験	イ 簡易	1項目につき	2,300円	5—(3)—イに同じ	
		ロ 複雑	1項目につき	3,300円	5—(3)—ロに同じ	
		ハ より複雑(a)	1項目につき	4,500円	5—(3)—ハに同じ	○
		ニ より複雑(b)	1項目につき	6,500円	5—(3)—ニに同じ	○
		ホ 特に複雑	1項目につき	14,500円	5—(3)—ホに同じ	○
7家庭用品試験	(1)定量試験	イ 簡易	1項目につき	1,500円	容量法又は吸光光度法により直接試験するもの (例) 住宅用液体洗浄剤等	
		ロ 複雑	1項目につき	2,300円	前処理操作として浸出等を行った後、容量法又は吸光光度法等により定量するもの (例) ホルムアルデヒド等	

別表（第2条関係）					運用表	別考項当目例備2条表第該項
種目	項目		単位	金額	試験・検査の内容及び項目の例示	
		ハ　より複雑	1項目につき	6,000円	前処理操作として浸出、溶媒抽出、酸分解等を行った後、吸光光度法又は原子吸光法等により定量するもの （例）　塩化ビニル、有機水銀化合物、APO、TDBPP、トリフェニル錫化合物等	○
		ニ　特に複雑	1項目につき	13,600円	いくつかの前処理操作の組合せ又は高度な前処理技術により分離精製後、ガスクロマトグラフィー等により定量するもの （例）　ディルドリン等	○
8悪臭試験	(1)理学的測定		1項目につき	200円	（例）　風向、風速、気温、湿度等	
	(2)定量試験	イ　簡易	1項目につき	3,400円	前処理操作の後、吸光光度法により定量するもの （例）　アンモニア等	
		ロ　複雑	1項目につき	4,200円	前処理操作の後、ガスクロマトグラフィー等により定量するもの （例）　硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル、スチレン、アセトアルデヒド、トリメチルアミン等	○
9空気試験	(1)理学的測定		1項目につき	200円	8—(1)に同じ	
	(2)ガス状物質試験	イ　簡易	1項目につき	500円	検知管法により定量するもの （例）　一酸化炭素、炭酸ガス、芳香族炭化水素等	
		ロ　複雑	1項目につき	1,500円	前処理操作の後、吸光光度法により定量するもの （例）　塩素、硫化水素等	
		ハ　より複雑	1項目につき	4,000円	前処理操作の後、原子吸光法又はガスクロマトグラフィーにより定量するもの （例）　アクリロニトリル、フェノール、水銀等	○
	(3)粒子状物質試験	イ　簡易	1項目につき	1,900円	重量法による粉じん濃度の測定 （例）　重量濃度等	
		ロ　複雑	1項目につき	4,400円	前処理操作の後、吸光光度法により定量するもの （例）　バナジウム、コバルト、ニッケル、硫酸、亜硝酸等	
		ハ　より複雑	1項目につき	6,100円	前処理操作の後、原子吸光法により定量するもの （例）　カドミウム、鉛、銅、亜鉛、鉄、ニッケル等	○
	(4)連続自動測定	イ　簡易	1日1項目につき	100円	物理的方法による連続測定 （例）　二酸化硫黄、粉じん、風向、風速、気象等	
		ロ　複雑	1日1項目につき	700円	化学的方法による連続測定 （例）　窒素酸化物、オキシダント、弗素、一酸化炭素、炭化水素等	
	(5)微生物学的試験		1項目につき	500円	（例）　落下細菌数の測定等	
10ばい煙又は燃料の試験	(1)理学的測定		1項目につき	400円	試料採取によらない試験 （例）　温度、流速等	
	(2)定量試験	イ　簡易	1項目につき	2,200円	前処理操作の後、重量法又は吸光光度法により定量するもの （例）　水分、ばいじん量、硫黄酸化物、窒素酸化物、弗素化合物等	
		ロ　複雑	1項目につき	6,800円	前処理操作の後、原子吸光法により定量するもの （例）　カドミウム、鉛、銅、亜鉛、鉄、マンガン、クロム等	○
	(3)燃料試験		1検体につき	3,200円	重油中の硫黄分（RI法）	

別表（第2条関係）					運用表	別表備考2項例示当該条第1項
種目	項目		単位	金額	試験・検査の内容及び項目の例示	
11騒音又は振動の試験	(1)騒音又は振動の測定	イ 騒音レベル又は振動レベルの測定	1回につき	100円	騒音又は振動の大きさの測定	
		ロ 周波数分析	1回につき	600円	騒音又は振動の周波数分析	
12PCB試験	(1)食品、土壌又は固形廃棄物		1検体につき	24,000円		
	(2)水		1検体につき	20,000円		
13文書の交付	試験又は検査の成績の謄本		1通につき	300円		

備　考

1　この表の項目欄に掲げる試験又は測定の「簡易」、「複雑」、「より複雑」及び「特に複雑」の区分は、次に掲げるところによるものとし、「より複雑(a)」及び「より複雑(b)」の区分その他細部については知事が別に定めるところによるものとする。

(1)　微生物学的試験

簡　易：菌数測定又は大腸菌群定性試験

複　雑：分離若しくは同定を要する検査又は大腸菌群定量試験

(2)　その他の試験及び測定

簡　易：直接又は簡易な前処理操作の後、吸光光度法等により確認同定又は定量するもの

複　雑：前処理操作として酸分解等を行った後、吸光光度法等により確認同定又は定量するもの

より複雑：比較的高度な前処理操作として溶媒抽出等を行った後、原子吸光法等により確認同定又は定量するもの

特に複雑：高度な前処理操作の組合せ等により分離精製後、ガスクロマトグラフィー等により確認同定又は定量するもの

2　ガスクロマトグラフィー又は原子吸光法で、試料の同一前処理操作の後、同一分析カラム又は分析線の変更のみで、同時に多項目分析する場合の手数料の額は、1項目についてはこの表に掲げる額とし、1項目を増すごとに、1,000円を加算した額とする。

3　動物を使用する場合の手数料の額は、この表に掲げる額に、当該動物の購入価格に相当する額を加算した額とする。

4　依頼により職員を現地に派遣して試験又は検査をする場合の手数料の額は、この表に掲げる額に、当該職員の旅費、試験又は検査に必要な機器等の運搬費その他の実費を基準として知事が定める額を加算した額とする。

予　算・決　算

昭和54年度予算概要

経費区分	事業名	予算額	財源内容					事業内容
			国庫支出金		特定財源		一般財源	
			補助率	金額	負担率	金額		
		千円		千円		千円	千円	
	衛生公害研究所費	326,272		25,447		17,413	283,412	
職員	1 衛生公害研究所職員費	202,594	10/10	12,794			189,800	防疫職員 4人 衛生公害研究所職員 48人
職員一般	2 運営費	38,119					38,119	
一般	3 調査研究費	4,000					4,000	ウイルス性呼吸器疾患病因研究費 556千円 〃 嫌気性食中毒研究費 195千円 医療用医薬品製剤品質安定性研究費 197千円 〃 食品保蔵組織化学的研究費 210千円 食品中重金属化学形に関する研究費 189千円 水域金属成分循環機構調査費 554千円 魚類斃死原因究明研究費 172千円 環境汚染物質浄化機能調査費 712千円 環境管理情報規準化調査費 631千円 人体試料中有害金属調査費 368千円 指標生物環境汚染影響調査費 216千円
〃	4 試験検査費	12,849				(手数料) 16,011	△ 3,162	微生物学的検査 11,761件 食品試験 254件 薬品試験 436件 生活環境試験 3,223件 水質試験 812件
国補	5 放射能調査費	2,053	10/10	2,053				科学技術庁委託調査
一般	6 受託調査費	1,402				(受託事業収入) 1,402		河川水質調査
国建単独一般	7 設備整備費	49,250	1/3	10,600			38,650	質量分析装置ほか7点
単独	8 施設整備費	16,005					16,005	ドラフト施設改修工事等
不特定	(不特定収入)					(使用料) 943	△ 943	庁舎使用料

昭和54年度歳入

款	項	目	節	予算額又は目標額	収入額	予算対比増減
				円	円	円
使用料及び手数料				971,000	964,450	△ 6,550
	使用料			943,000	943,000	—
		総務使用料		943,000	943,000	—
			総務管理使用料	943,000	943,000	—
	手数料			28,000	21,450	△ 6,550
		衛生手数料		28,000	21,450	△ 6,550
			公衆衛生手数料	28,000	21,450	△ 6,550
財産収入				20,000	10,167	△ 9,833
	財産売払収入			20,000	10,167	△ 9,833
		物品売払収入		20,000	10,167	△ 9,833
			不用品	20,000	10,167	△ 9,833
諸収入				3,508,000	4,701,240	1,193,240
	受託事業収入			1,402,000	1,401,200	△ 800
		環境調査受託事業収入		1,402,000	1,401,200	△ 800
			環境調査受託事業	1,402,000	1,401,200	△ 800
	雑入			2,106,000	3,300,040	1,194,040
		違約金及び延納利息		—	322,100	322,100
			違約金	—	322,100	322,100
		雑入		2,106,000	2,977,940	871,940
			保険料被保険者負担金	1,000	6,573	5,573
			雑入	2,105,000	2,971,367	866,367
計				4,499,000	5,675,857	1,176,857
〔証紙収入調〕						
使用料及び手数料				15,983,000	16,634,000	651,000
	手数料			15,983,000	16,634,000	651,000
		衛生手数料		15,983,000	16,634,000	651,000
			公衆衛生手数料	15,983,000	16,634,000	651,000
計				15,983,000	16,634,000	651,000
合計				20,482,000	22,309,857	1,827,857

昭和54年度歳出

款	項	目	節	予算額（配当額）	執行額	残額
				円	円	円
衛生費				326,272,000	325,622,295	649,705
	公衆衛生費			326,272,000	325,622,295	649,705
		衛生公害研究所費		326,272,000	325,622,295	649,705
			報酬	1,916,000	1,915,760	240
			給料	109,422,444	109,422,444	0
			職員手当等	71,292,556	70,852,283	440,273
			共済費	21,953,000	21,933,658	19,342
			賃金	900,000	900,000	0
			報償費	318,000	317,885	115
			旅費	5,515,000	5,504,188	10,812
			需用費	40,919,000	40,918,864	136
			役務費	1,820,000	1,763,006	56,994
			委託料	5,105,000	5,038,032	66,968
			使用料及び賃借料	408,000	407,240	760
			工事請負費	15,983,000	15,932,000	51,000
			備品購入費	50,416,000	50,414,835	1,165
			負担金補助及び交付金	252,000	250,500	1,500
			公課費	52,000	51,600	400
計				326,272,000	325,622,295	649,705

款	項	目	節	転配当額	執行額	残額
総務費				4,558,903	4,558,903	0
	総務管理費			1,944,303	1,944,303	0
		一般管理費		1,917,753	1,917,753	0
			賃金	1,917,753	1,917,753	0
		諸費		26,550	26,550	0
			旅費	26,550	26,550	0
	開発費			2,614,600	2,614,600	0
		開発促進費		455,800	455,800	0
			賃金	75,000	75,000	0
			旅費	196,800	196,800	0
			需用費	184,000	184,000	0

款	項	目	節	転配当額	執行額	残額
				円	円	円
衛生費		計画調査費		2,148,800	2,148,800	0
			賃金	900,000	900,000	0
			報償費	150,000	150,000	0
			需用費	1,098,800	1,098,800	0
		消費者対策推進費		10,000	10,000	0
			需用費	10,000	10,000	0
				137,485,720	137,485,720	0
	公衆衛生費			1,741,050	1,741,050	0
		公衆衛生総務費		910,650	910,650	0
			賃金	220,000	220,000	0
			旅費	13,070	13,070	0
			需用費	677,580	677,580	0
		予防費		830,400	830,400	0
			賃金	243,000	243,000	0
			報償費	62,000	62,000	0
			旅費	28,400	28,400	0
			需用費	490,000	490,000	0
			役務費	7,000	7,000	0
	環境衛生費			3,077,000	3,077,000	0
		食品衛生指導費		2,704,000	2,704,000	0
			賃金	24,000	24,000	0
			旅費	8,000	8,000	0
			需用費	2,465,000	2,465,000	0
			備品購入費	207,000	207,000	0
		環境衛生指導費		373,000	373,000	0
			旅費	73,000	73,000	0
			需用費	300,000	300,000	0
	医薬費			103,900	103,900	0
		薬務費		103,900	103,900	0
			旅費	3,900	3,900	0
			需用費	100,000	100,000	0
	公害環境費			132,563,770	132,563,770	0
		環境管理企画費		4,526,900	4,526,900	0
			賃金	220,000	220,000	0

款	項	目	節	転配当額	執行額	残額
				円	円	円
			報償費	25,000	25,000	0
			旅費	171,000	171,000	0
			需用費	3,335,900	3,335,900	0
			備品購入費	750,000	750,000	0
			負担金補助及び交付金	25,000	25,000	0
		公害防止指導費		127,335,670	127,335,670	0
			賃金	594,000	594,000	0
			報償費	184,000	184,000	0
			旅費	1,424,000	1,424,000	0
			需用費	38,789,000	38,789,000	0
			役務費	1,091,270	1,091,270	0
			委託料	40,944,600	40,944,600	0
			工事請負費	1,857,500	1,857,500	0
			備品購入費	42,350,500	42,350,500	0
			公課費	100,800	100,800	0
		自然環境保全費		195,200	195,200	0
			旅費	10,200	10,200	0
			需用費	165,000	165,000	0
			使用料及び賃借料	20,000	20,000	0
		鳥獣保護等指導費		63,000	63,000	0
			需用費	63,000	63,000	0
		自然保護センター費		443,000	443,000	0
			旅費	96,000	96,000	0
			需用費	347,000	347,000	0
農林水産業費				2,528,616	2,528,616	0
	農地費			1,724,616	1,724,616	0
		農地開発事業費		416,466	416,466	0
			賃金	103,250	103,250	0
			旅費	104,350	104,350	0
			需用費	208,866	208,866	0
		土地改良費		1,308,150	1,308,150	0
			賃金	250,250	250,250	0
			旅費	315,000	315,000	0
			需用費	710,900	710,900	0

款	項	目	節	転配当額	執行額	残額
				円	円	円
			使用料及び賃借料	32,000	32,000	0
	林業費			804,000	804,000	0
		治山費		804,000	804,000	0
			需用費	804,000	804,000	0
土木費				4,224,285	4,224,285	0
	河川海岸費			1,181,265	1,181,265	0
		河川改良費		1,099,265	1,099,265	0
			賃金	103,000	103,000	0
			旅費	142,550	142,550	0
			需用費	853,715	853,715	0
		砂防地すべり対策費		82,000	82,000	0
			需用費	82,000	82,000	0
	港湾費			3,043,020	3,043,020	0
		港湾管理費		848,850	848,850	0
			旅費	171,050	171,050	0
			需用費	677,800	677,800	0
		港湾改良費		2,194,170	2,194,170	0
			賃金	137,500	137,500	0
			旅費	101,200	101,200	0
			需用費	1,857,030	1,857,030	0
			役務費	18,840	18,840	0
			工事請負費	79,600	79,600	0
計				148,797,524	148,797,524	0
合計				475,069,524	474,419,819	649,705

施　設・設　備

庁　舎　概　要

竣　　工　　昭和45年11月30日

所 在 地　　金沢市三馬２丁目251番地

敷地面積　　8,340.17m²

建物概要　　本館・別館　鉄筋コンクリート造陸屋根３階建（塔屋付）　延 3,400.27m²

内　訳

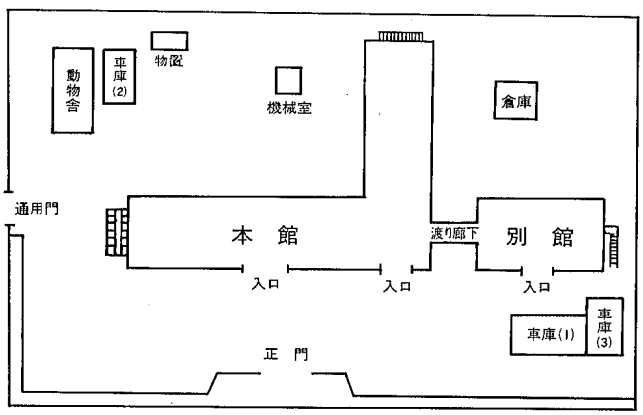
	１階	1,406.76m²
	２階	1,405.06m²
	３階	555.10m²
	塔屋	33.35m²

附属建物　　延　308.74m²

動物舎（コンクリートブロック造陸屋根平屋建）	59.11m²
物　置（コンクリートブロック造スレート葺平屋建）	4.86m²
機械室（コンクリートブロック造陸屋根平屋建）	8.73m²
倉　庫（軽量鉄骨プレハブ造鉄板葺平屋建）	79.38m²
車　庫(1)（鉄骨造スレート葺平屋建）	61.56m²
車　庫(2)（鉄骨造鉄板葺平屋建）	32.40m²
車　庫(3)（鉄骨造鉄板葺平屋建）	62.70m²

合　　計　　延 3,709.01m²

構　内　配　置　図

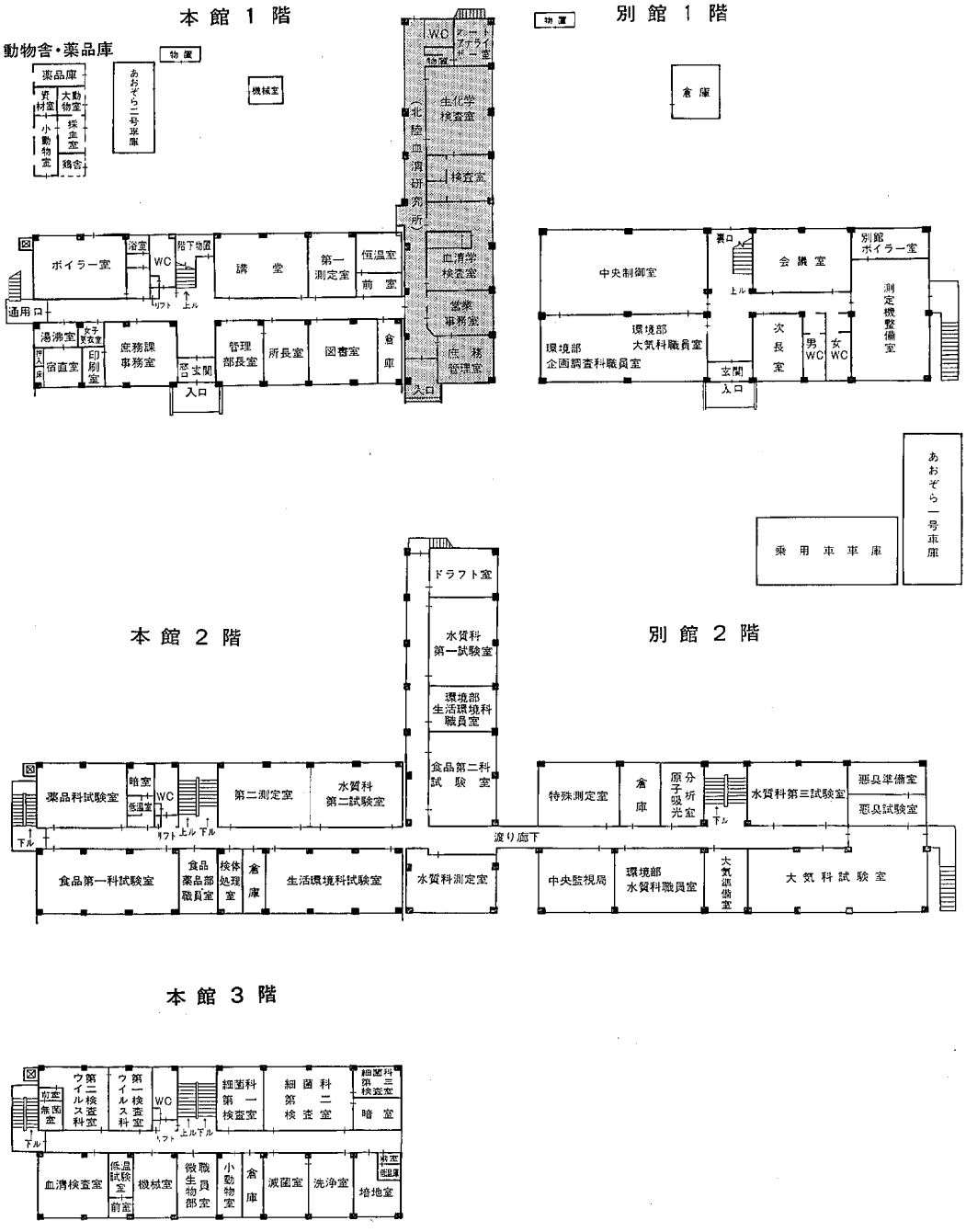


庁舎外土地建物

敷地面積　七尾測定局　35.00m²

建物概要　監視局（大聖寺監視局外12局、宝立中継局外１）　延　245.39m²

庁　舎　平　面　図


本館１階
動物舎・薬品庫
薬品庫
資材室
大動物室
小動物室
採血室
鶏舎
物置
あおぞら二号車庫
機械室
WC
オートクレーブ室
物置
生化学検査室
北陸血清研究所
検査室
血清学検査室
営業事務室
庶務管理室
入口
ボイラー室
浴室
WC
階下物置
講堂
第一測定室
恒温室
前室
リフト
上ル
通用口
湯沸室
女子更衣室
宿直室
印刷室
庶務課事務室
管理部長室
所長室
図書室
倉庫
窓口
玄関
入口
別館１階
物置
倉庫
中央制御室
裏口
会議室
別館ボイラー室
測定機整備室
上ル
環境部企画調査科職員室
環境部大気科職員室
次長室
男WC
女WC
玄関
入口
乗用車車庫
あおぞら一号車庫
本館２階
ドラフト室
水質科第一試験室
環境部生活環境科職員室
食品第二科試験室
薬品科試験室
暗室
低温室
WC
第二測定室
水質科第二試験室
リフト
上ル
下ル
渡り廊下
食品第一科試験室
食品薬品部職員室
検体処理室
倉庫
生活環境科試験室
水質科測定室
別館２階
特殊測定室
倉庫
分析室
原子吸光室
水質科第三試験室
悪臭準備室
悪臭試験室
中央監視局
環境部水質科職員室
大気試験室
大気試験室
本館３階
前室
無菌室
第二ウイルス検査室
第一ウイルス検査室
WC
細菌科第一検査室
細菌科第二検査室
細菌科第三検査室
暗室
血清検査室
低温試験室
前室
機械室
微生物部職員室
小動物室
倉庫
滅菌室
洗浄室
前室
低温室
培地室

昭和54年度主要購入備品 (100,000円以上)

物品名	規格	数量	取得価格	備考
			円	
超低温フリーザー	サンヨー製MDF—390AT型	1台	2,000,000	
ハイボリウム・エアサンプラー	柴田化学製HVC—1000	1台	195,000	
酸素計(煙導排ガス用可搬形)	島津製POT—101	1式	580,000	
超純水製造装置	バーンステッド社製D—2794	1式	465,000	
電子式分析天秤	ザートリウス社製2001型	1台	955,000	
培養恒温器	池本理化製1434—A型	1台	360,000	
電子恒温循環装置	ヤマト科学製CTE—120型	1台	255,000	
定温乾燥器	〃 DK—42型	2台	246,000	
一酸化炭素自動測定機	島津製COA401B型	2台	8,260,000	
二酸化硫黄自動測定機	DKK製GRH—73型	6台	12,360,000	
窒素酸化物自動測定機	〃 GPH—74型	1台	2,100,000	
フッ化水素自動測定機	〃 GN—71型	1台	2,500,000	
気象観測機	小笠原計器製A—450型	3台	8,400,000	
デジタル・ダブルビーム自記分光光度計	日本分光製UVIDEC—505型	1台	2,600,000	
テレメータ子局装置		1台	5,850,000	
無線装置	400MHZ	1台	1,300,000	
フリーザー	三洋電機メディカ製MDF—330型	1台	207,000	
降水採取装置		1台	350,000	
自動滴定装置	DKK製TIC—21型	1式	750,000	
被験試料採集装置	柴田製	1台	300,000	
超純水製造装置	バーンステッド社製D—2794	1式	484,000	
ガスクロマトグラフ質量分析装置	島津製GC—MS6020型	1式	32,940,000	
水質自動分析装置	日本テクニコン製II型	1台	9,740,000	
合計		32	93,197,000	

昭和54年度施設整備

事業名	事業費	備考
	円	
ドラフトチャンバー排気設備改修工事	14,895,000	
ガス配管補修工事	550,000	
ガスクロマトグラフ質量分析装置設置関連施設整備工事	450,000	

試 験 検 査 件 数

1　昭和54年中 種類別依頼者別検体件数　（厚生省報告例第13）

種別＼区分	依頼によるもの					自ら行うもの
	保健所（検査室）	保健所以外の行政機関	医療施設	学校及び事業所	その他	
細菌検査 (1)	167	179	24	—	1	596
ウイルス検査 (2)	783	577	12,221	—	—	6,045
リケッチア検査 (3)	—	—	—	—	—	—
結核 (4)	—	10	—	—	—	6
性病 梅毒 (5)	32	—	—	—	—	—
性病 りん病 (6)	—	—	—	—	—	—
性病 その他 (7)	—	—	—	—	—	—
寄生虫・原虫 (8)	—	—	—	—	—	—
食中毒 (9)	—	—	—	—	—	3
病理・生化学検査 (10)（(1)から(9)までに係るものを除く）	—	—	—	—	—	1,053
食品衛生 (11)	36	402	—	54	30	1,328
飲料水検査 水道水 (12)	—	228	4	147	—	27
飲料水検査 井戸水 (13)	—	7	—	107	3	—
下水関係検査 (14)	—	—	—	8	—	—
清掃関係検査 (15)	—	55	—	544	5	—
公害関係検査 (16)	—	170	—	18	—	35,780
一般環境 (17)	—	—	—	37	—	—
放射能 (18)	—	—	—	—	—	814
温泉（鉱泉）泉質検査 (19)	—	1	—	4	3	—
薬品 (20)	—	18	3	41	1	61
栄養 (21)	—	—	—	15	—	—
その他 (22)	—	70	—	6	7	101
計	1,018	1,717	12,252	981	50	45,814

2 昭和54年中 試験検査項目別件数

（厚生省報告例第14）

項目		件数
細菌検査	分離・同定 腸内細菌	204
	分離・同定 レンサ球菌	51
	分離・同定 ジフテリア菌	—
	分離・同定 その他の細菌	503
	血清検査	35
	化学療法剤に対する耐性検査	—
	動物試験	174
ウイルス・リケッチア検査	分離・同定 ポリオ	—
	分離・同定 日本脳炎	—
	分離・同定 インフルエンザ	761
	分離・同定 その他のウイルス・リケッチア	4,448
	血清検査 ポリオ	547
	血清検査 日本脳炎	655
	血清検査 インフルエンザ	2,297
	血清検査 その他のウイルス・リケッチア	10,918
	動物試験	—
結核	培養検査	16
	化学療法剤に対する耐性検査	—
性病	梅毒	32
	りん病	—
	その他	—
寄生虫・原虫	寄生虫類	—
	寄原虫類	—
	殺虫剤効力・耐性	—
	その他	—
食中毒	細菌学的検査	—
	理化学的検査	3
検査生化学病理・（「食中毒」までに係るものを除く「細菌検査」から）	尿	—
	尿 定性	58
	尿 定量	696
	血液 血球検査	28
	血液 理化学反応	68
	血液 血液型	83
	血液 その他	—
	病理組織学的検査	—
	その他	62

項目		件数
食品衛生	細菌学的検査	827
	理化学的検査	993
	その他	—
飲料水検査	水道水 原水 細菌学的検査	111
	水道水 原水 理化学的検査	141
	水道水 浄水 細菌学的検査	78
	水道水 浄水 理化学的検査	82
	井戸水 細菌学的検査	39
	井戸水 理化学的検査	81
下水検査関係	細菌学的検査	4
	理化学的検査	4
	生物学的検査	—
清掃関係検査	し尿 細菌学的検査	150
	し尿 理化学的検査	415
	し尿 生物学的検査	—
	し尿 その他	37
公害関係検査	大気汚染 降下ばいじん	—
	大気汚染 浮遊ばいじん 自動測定記録計	6,019
	大気汚染 浮遊ばいじん その他	1,174
	大気汚染 硫黄酸化物 自動測定記録計	5,654
	大気汚染 硫黄酸化物 その他	942
	大気汚染 その他の有害物質	18,813
	河川濁汚 理化学的検査	2,388
	河川濁汚 その他	428
	その他	550
一般環境	一般室内環境	6
	浴場水	—
	プール水	31
	その他	—
放射能	雨水・陸水	217
	食品	28
	その他	569
温泉	（鉱泉）泉質検査	8
薬品	医薬品	75
	その他	38
栄養	特殊栄養食品	—
	その他	15
その他		164

行　事　記　録

研　究　発　表

〔誌上発表〕

小森正樹：石川県における放射能調査：第21回環境放射能調査研究成果論文抄録集、203—206（1979）

〔学会発表〕

C. botulinum C型菌の毒素産生について：山川清孝、芹川俊彦、高畠学、中村信一（第52回日本細菌学会、昭和54年4月5日、神奈川県平塚市）

ダム湖水の富栄養化に関する研究——ダム湖における栄養塩類とプランクトン：戸田修史郎、高橋由美子、加藤充哉（第30回全国水道研究発表会、昭和54年5月10日、函館市）

スルメイカ肝臓中の重金属（Cd, Zn, Cu）の細胞内分布と存在形について：北井博、土肥祥子、四月朔日富司子、小坂菊枝（日本食品衛生学会第37回学術講演会、昭和54年5月16日、東京都）

流出解析法による河川流量の推定例：矢鋪満雄、桐元俊武、竹野裕治、東浩一、石田喜朗（日本陸水学会第44回大会、昭和54年5月22日～25日、仙台市）

半閉鎖水域における非定常水理、拡散現象の数理モデル解析について：矢鋪満雄、桐元俊武、竹野裕治、東浩一、石田喜朗（日本陸水学会第44回大会、昭和54年5月22～25日、仙台市）

半閉鎖水域における非定常水理、拡散現象の数理モデル解析（第2報）——内湾（七尾南湾）におけるシミュレーション——：矢鋪満雄、桐元俊武、竹野裕治、東浩一、石田喜朗（日本陸水学会第44回大会、昭和54年5月22～25日、仙台市）

浴用剤の試験法について：大西孝司、勝田幸恵、西木雅美（第16回全国衛生化学技術協議会年会、昭和54年10月3日、福岡市）

Clostridium difficile の毒素産生について：芹川俊彦、中塩哲士、三川正人、西田直巳、中村信一（第16回日本細菌学会中部支部総会、昭和54年10月27日、富山市）

小児上気道疾患からのウイルス分離：木村晋亮、梶哲夫、尾西一（第16回日本細菌学会中部支部総会、昭和54年10月28日、富山市）

重ね合わせ手法による大気汚染が生じやすい地域の推定について：吉田弘（第20回大気汚染学会、昭和54年11月6日～8日、大気汚染研究協会、神戸市）

瓦工場周辺のフッ素化合物汚染について：平哲宣、西川孝蔵、北村守次、桐元俊武（第20回大気汚染学会、昭和54年11月6日～8日、神戸市）

対血清のウイルス血清反応成績から推測した単一血清抗体価のウイルス学的意義づけの試み (1) HI抗体価からのアプローチ：木村晋亮、梶哲夫、尾西一（第22回日本感染症学会中日本地方会、昭和54年11月24日、石川県内灘町）

対血清のウイルス血清反応成績から推測した単一血清抗体価のウイルス学的意義づけの試み (2) CF抗体価からのアプローチ：木村晋亮、尾西一、梶哲夫（第22回日本感染症学会中日本地方会、昭和54年11月24日、石川県内灘町）

松葉中の放射能に関する調査：小森正樹（第21回環境放射能調査研究発表会、昭和54年11月28日、千葉市）

非定常2次元数理モデルによる水理、拡散現象の解析：矢鋪満雄、桐元俊武、竹野裕治、東浩一、石田喜朗（第6回環境保全・公害防止研究発表会、昭和54年12月4日～5日、東京都）

環境区の設定から土地利用適性評価への生態学的アプローチについて：田嶋隆俊（第6回環境保全・公害防止研究発表会、昭和54年12月4日～5日、東京都）

〔報告書〕

石川県環境部
環境放射能調査、9—18、63—64、昭和54年3月

国立機関公害防止等試験研究班（代表者　内山充）53年度報告書
環境汚染物質の動植物体内における存在形態に関する研究
29-3—29-6　昭和54年4月

石川県、石川県衛生公害研究所
昭和53年度　環境大気調査報告書—昭和54年10月

石川県環境部
農業用水路水質の汚濁機構に関する調査報告書—昭和54年11月

石川県環境部
加賀南部地域における水系汚濁負荷量調査報告書—昭和54年11月

石川県環境部
人造湖環境保全対策調査報告書—手取川ダム貯水池—昭和55年3月

石川県環境部
中島沿岸河川改修並びに干拓事業に係る環境事前調査報報書—昭和55年3月

石川県環境部
官能試験による悪臭実態調査報告書—昭和55年3月

小松市
畜産悪臭発生調査報告書—昭和55年3月

石川県（国土庁委託）
地下水利用等基礎調査報告書—昭和55年3月

石川県衛生公害研究所
金沢・手取地域井戸分布図及び井戸台帳—昭和55年3月

石川県衛生公害研究所
窒素酸化物排出量分布図（固定発生源）、20万分の1、第3次メッシュ別—昭和55年3月

石川県衛生公害研究所
硫黄酸化物排出量分布図（固定発生源）、20万分の1、第3次メッシュ別—昭和55年3月

石川県厚生部公衆衛生課、石川県衛生公害研究所
昭和54年度　日本脳炎流行予測事業報告（屠場豚血中日本脳炎HI抗体保有調査成績）p1～11、昭和55年3月

講　師　派　遣

54/4～ 9	石川県看護学院看護学科（微生物学）　木村部長
54/4～ 9	石川県看護学院準看護学科（病源微生物学）　梶　技師、芹川技師
54/4～11	石川県総合看護学院第2看護学科（微生物学）　木村部長
54/ 5.29	保健所食品衛生担当者技術研修会
〃	（食品の加工における科学について）　神崎科長
〃	（微量抗散分析法によるVB-Aの測定）　神崎、泉　技師
54/ 6.12～ 6.14	昭和54年度石川県衛生検査担当者研修会
〃	（水質細菌検査）　芹川技師、松田技師
〃	（コレラ菌の検査について）　芹川技師
〃	（環境保健基礎調査について）　松田技師
〃	（飲料水試験法について）　戸田技師
54/ 8.10～8.11	建築物環境衛生管理技術者講習会（水質試験、室内環境測定）　加藤科長
54/10～55/ 3	石川県立金沢女子専門学校（食品衛生実習）　西木部長
54/10. 6	毒物劇物取扱者試験準備講習会（毒物劇物の性質・性状）　大西技師
54/11.20	第3回原発問題研究会（赤住周辺の環境放射能調査について）　小森技師
54/12. 2～12.3	環境庁公害研修所環境管理研修（情報の体系的整備）　田嶋科長

研　修　受　入

54/ 4. 9 ～5.8	財団法人北陸血清研究所 （飲料水試験）	技師１名
54/ 4.16 ～5.16	株式会社環境公害研究センター （飲料水試験及び細菌検査）	技師１名
54/ 5.21 ～9.4	金沢公害測定株式会社 （水質試験）	技師１名
54/ 6. 1 ～7.31	株式会社太陽厚生科学研究所 （ウイルス検査）	技師１名
54/ 6. 1 ～7.31	石川県企業局 （飲料水試験及び細菌検査）	技師２名
54/ 7.23 ～8.4	国土宇都宮大学工学部環境化学科（３年） （水質試験）	学生１名
55/ 1. 7 ～3.31	株式会社太陽厚生科学研究所 （ウイルス検査）	技師１名
55/ 1.12 ～1.18	社団法人石川県薬剤師会 （原子吸光光度計を用いてCbの分析法）	副会長１名

見　　学

54/ 5.31	輪島市婦人会深見支部	42名
6.19	松任市柏野婦人会	35名
8.23	加賀市三谷、南郷婦人会	39名
8.27	羽咋市神子原婦人会	43名
11.15	柳田村斉和婦人会	34名
11.30	川北村むつみ会	38名

〔その他の見学〕

54/ 5. 9	金沢女子専門学校	47名
10. 9	石川県総合看護学院第二看護学科二年生	42名
10.25	石川県立盲学校	16名
11.10	金沢工業大学	10名
11.29	金沢大学医療技術短大	41名
55/ 2. 2	弁護士会司法修習生	8名
3.13	石川県総合看護学院第二看護学科一年生	30名
3.18	金沢女子専門学校	30名

環境部事業概況

環境問題については，公害の防止に加えてより良い環境の創造についての方向付けが論議されるようになってきている。

当部では，54年度も前年に引続いて調査研究，試験検査，解析業務を通じて行政からの要請にも協力したが，その成果は学会発表を行ない，或いは調査報告書にまとめると共に，各科別に述べてあるとおり数多くの依頼試験の消化に追われた。

衛生公害研究所独自の基礎的な調査研究は，以下科別に記載したとおりであるが，昨年に引続いて，石川県が国土庁より受託した「地下水利用等基礎調査」に調査プロジェクトチームの一員として参加し，資料の解析，報告書の作成等を行い，科学技術庁からの「核爆発実験による放射性降下物の影響に関する委託調査」も従前通りに実施した。また，県北部地域の環境管理個別計画を策定するための調査に協力し，成果をあげた。

当部の関係業務のうち，水質汚濁防止法に係る環境基準監視調査の一部（加賀海域水質調査）分析試験が本年度から民間検査機関に委託して実施されることになった。

設備等では，大気科関係で，美川測定局のテレメータ化と，大気汚染自動測定機等の昭和47年取得分の更新，又は新設13台が，水質科関係で，ハンディアスピレータ，自動滴定装置，電子式分析天秤，ミリQ超純水製造システム，水質自動分析装置（窒素・燐酸塩分析装置）が，生活環境科で，雨水・ちり放射能計測用融雪装置，クールニックスサーキレータをそれぞれ購入し，分析精度向上と省力化・迅速化を進めた。このほか特記すべきは，年来の願望であったマイクロコンピュータ制御，タイムシエアリングで使用可能なミニコンピュータ仕様のガスクロマトグラフ質量分析装置が矢鋪科長，土肥科長により検討し整備されたことであり，今後その活用を期待している。

施設面では，ドラフト施設改修工事として，使用頻度の増加から老朽化した3基を更新し，併せて排風量増加のため，排風機交換，スクラバーの補修をした。

また，当所の庁舎は昭和45年に竣工し狭あいとなったので，将来の行政需要等に対応して行くために，中一長期の展望に立った衛生公害研究所の在り方と担うべき仕事等の将来構想を検討するため，県厚生部，環境部と衛生公害研究所が協力して「検討会を設けることとし，所内では，田島科長ほか10名のワーキンググループを指名し作業を進めた。

当所の「衛生公害関係試験検査手数料条例」は，昭和50年3月一部改正されたが，分析内容の高度化，多様化に伴い試験検査項目等が現状に即さなくなったので，神崎科長ほか2名の検討委員により，構成を検討し，技術的な操作の難易度から細分類し，運用表を設けるなどして改正の作業を進めた。

人事面では，川島大気科長が規制指導課大気係長，吉野技師（大気科）が企画調整課，角田技師（水質科）が珠洲保健所，西村技師（水質科）が小松保健所，高橋技師（生活環境科）が規制指導課へそれぞれ転出し，角尾環境部長（環境部参事と兼務）が次長兼環境部長，桐元技師（水質科）が大気科長に昇格，企画調整課から前川技師（大気科），中央病院から小川技師（水質科），小松保健所から三井技師（水質科），規制指導課から塚林技師（生活環境科），環境衛生課から折谷技師（生活環境科）が転入，成瀬技師（企画調査科，兼務津幡保健所）が新規採用された。

業務内容については各科別の特性が異るため，以下科別に述べることとする。　　（部長：角尾）

1. 企画調査科

企画調査科では衛生公害研究所独自の調査研究として，「指標生物による環境汚染影響調査」，「環境管理のための情報規準化調査」並びに「環境汚染物質浄化機能調査」を前年度に引き続いて実施した。

行政からの依頼調査として，企画調整課の「環境利用適性調査」（新規），規制指導課の「窒素酸化物削減対策調査」（継続，ただし環境調査部門のみ）並びに環境保全課（白山自然保護センター）の尾添川流域自然環境保全対策調査」（ただし大気部門のみ）を実施した。

国からの委託調査としては，国土庁の「地下水利用等基礎調査」（継続）の実施にあたり，調査プロジェクトチームの一員として参加し，資料の解析，報告書の作成等を行った。

これらの事業の実施のほか，環境管理個別計画作成プロジェクトチームの一員として参加し，資料の解析等を行った。これについては，従来より規制指導課依頼の「大気環境管理計画基礎調査」を実施し，その成果を踏まえて個別計画の大気部門を作成してきたところであるが，昭和54年12月より企画調査科が個別計画の土地利用部門の作成を担当することとなり，大気部門については大気科へ引き継ぐこととなった。

また，事業成果の一部については，第6回環境保全・公害防止研究発表会（昭和54年12月，環境庁）並びに第20回大気汚染学会（昭和54年11月，神戸市）で発表した。

昭和54年度の事業実施内容の概要は，以下に述べるとおりである。　（科長：田嶋）

1・1　調査研究

(1)　**「指標生物による環境汚染影響調査」**

前年度に収集した大気汚染の植物影響に関する文献等を整理し，植物種単位の大気汚染に対する抵抗力を一つの判断基準に，植物群落単位の大気汚染に対する脆弱性を考察した。この場合に，植物の大気汚染に対する脆弱性は，大気汚染物質の種類や濃度レベル，暴露時間との関連で一義的に決まるものではなく，土壌条件，気象条件等によっても左右されることから，脆弱性を判定する場合に如何なる要因を考慮すべきか，さらにその要因を如何なる形で組み合わすべきか等について検討した。　（担当：田嶋，密田）

(2)　**「環境管理のための情報規準化調査」**

昭和51年～昭和53年の自動車保有台数，人口，事業所数，工業出荷額など17項目について市町村別，年次別，業種別等に整理し，前年度に作成したデータ・テープ（磁気テープ）を補完することによって最新のものとした。　（担当：吉田）

(3)　**「環境汚染物質浄化機能調査」**

前年度に引き続き，400m 程度から 600m 程度の山間部とその麓の平野部（特に都市的土地利用を主とする地区）を対象として，硫黄酸化物（PbO_2 法，9地点），二酸化窒素濃度（TGS 沪紙法，53地点）及び雨水成分濃度（pH，硫酸イオン，硝酸イオンの3項目，9地点）の観測を実施した。

これらの測定データをもとに，石川県における硫黄酸化物濃度，二酸化窒素濃度のバックグラウンドレベルを考察するとともに，山間部と平野部における雨水成分濃度の差異から降雨時に雨滴に取り込まれる大気汚染物質の量について解析を行った。さらに，雨水の酸性化についても考察を試みた。　（担当：西川）

1・2　行政依頼調査

(1)　**「環境利用適性調査」**（企画調整課事業）

この調査は，県民の環境利用に対して，地域の自然環境が本来的に持っている可能性と限界を明らかにし，環境利用にとって有害な要因がより少く，有益な要因がより多く集中している〝最良の地域条件〟を提示するとともに，その条件を即地的環境情報として集積，整備することを目的とするものである。

昭和54年度においては，昭和52年度及び53年度に環境庁からの委託事業として実施した「環境基本情報書モデル作成調査」で修得した知見，技法等を基礎に，全県を対象として20万分の1の精度で「大気汚染が生じやすい地域」並びに「表流水を汚染しやすい地域」の地理的分布を提示する作業を行った。

「大気汚染が生じやすい地域」の判定作業は，メッシュ別大気汚染物質排出量分布図を作成し，これに気流特性等を重ね合せることにより，その地理的分布を考察した。また，「表流水を汚染しやすい地域」の判定作業については，表流水汚染を生ずる素因，条件並びに誘因を網羅的に列挙し，それらに関する情報の有無，精度等について整理を行ない，地図化するための準備作業を行った。　（担当：田嶋，吉田）

(2)　**「窒素酸化物削減対策調査」**（規制指導課事業）

窒素酸化物削減対策調査の調査内容のうち，環境調査に係る部分のみを前年度に引き続き実施した。

昭和54年度は，能登地区13地点，金沢地区13地点，加賀地区9地点の合計35地点で実態調査を行った。（別項掲載）　（担当：田嶋，密田）

(3)　**「尾添川流域自然環境保全対策調査」**（環境保全課事業）

白山スーパー林道周辺地区において，6月から10月までの期間，硫黄酸化物濃度（PbO_2 法，7地点），二酸化窒素濃度（TGS 沪紙法，7地点），雨水成分濃度（pH，硫酸イオン，硝酸イオンの3項目，2地点）の測定を行った。また，10月には大気測定車〝あおぞら号〟を白山自然保護センター前に設置し，ほぼ1か月間，自動連続測定機による大気汚染物質濃度の測定と気象観測を実施した。　（担当：西川）

1・3　国からの委託調査

(1)　**「地下水利用等基礎調査」**（国土庁委託事業，継続）

前年度に実施した調査結果（地下水の賦存状況，揚水設備の数，地下水採取量などに係る実態）を基礎と

して，昭和54年度は水需要量の将来予測，地下水障害の現状及びその原因について解析し，地下水収支，地下水許容採取量の試算並びに地下水採取適正化について検討を行った。　（担当：田嶋，西川）

2. 大　気　科

大気科の業務は大気汚染防止法に基く大気汚染の状況の監視測定，大気汚染監視網の管理と整備，大気汚染防止のための環境調査，ばい煙発生施設の排出条件調査などが主業務であり，これと併せて，大気汚染防止行政を行うための各種関係データの収集，大気拡散予測，最適手法，統計解析などを行なっている。また，環境大気の常時監視結果を取りまとめ評価した昭和54年度の「環境大気調査報告書」を作製した。

本県の大気汚染の現況は，ここ数年大きな変化もなくほぼ横ばい状態で，長期的に評価すると，二酸化硫黄については，昭和50年度から環境基準をすべての測定局で維持してきたが，本年度には七尾市石崎測定局で環境基準を満足できなかった。二酸化窒素では，昭和53年度に環境基準が改定されたが，本年度も前年に引きつづき低レベルで環境基準をすべての測定局で維持している。浮遊粒子状物質は，本年度は七尾測定局で前年度同様環境基準を満足できなかったが，美川測定局では達成し改善されている。光化学オキシダントは全国的に環境基準の維持達成がきわめて悪く，本県でもすべての測定局で環境基準を達成できなかった。一酸化炭素は昭和52年度以降すべての測定局で引きつづき環境基準を維持している。大気汚染の常時測定開始以来昭和53年度までは緊急時の発令はなかったが，昭和54年7月7日に初めて光化学スモッグ注意報が金沢市の区域で，また，同予報が小松市の区域にそれぞれ発令された。本県の大気汚染は全体として低汚染地域にあたるので，現状を悪化させない対策を重点にして考えているが，54年度は自動車排出ガス対策のほか，局地的で身近な問題としての志賀町地区の瓦製造工場の弗素化合物による汚染については，行政指導の成果により改善がみられたので，なお，監視を続けることとし，新たに，羽咋市内のホーロー釉薬製造工場周辺での弗素化合物による植物被害苦情対策に重点をおいて調査を実施した。

更に公害防止技術への取組，行政需用に応ずるため，大気環境測定データを含めた情報の整備，シミュレーションなどの基本的技術の開発を続けて進めている。また，懸案のばい煙測定現場試験を能率的に行うための測定車が55年度更新として予算化された。

54年度に実施した行政試験の内訳は表1に，事業概要は以下に述べるとおりである。　（科長：桐元）

表1　行政試験の内訳

事業名		対象	件数（検体数）	項目数	試験内容
大気汚染防止環境調査	二酸化鉛法硫黄酸化物調査	県下全域	612	612	環境大気中の硫黄酸化物
	石灰懸濁沪紙法弗素化合物調査	羽咋市，志賀町	132	132	環境大気中の弗素化合物
	浮遊粉じん重金属調査	金沢市内	72	720	環境大気中の重金属
大気特定施設監視調査	ばい煙検査	県下全域	33	66	固定発生源排ガス中の硫黄酸化物，窒素酸化物
	燃料油中の硫黄分試験	県下全域	21	21	硫黄分含有率
苦情調査		県下全域	① 28（対象1工場）	28	窯業沪排ガス中の弗素化合物
			② 13（1地点）	117	環境大気中の浮遊粉じんと重金属濃度
			③ 14日（各3地点）	1項目	環境大気中の浮遊粉じん（自動測定）
			15日（1地点）	2項目	風向風速（自動測定）

2・1　調査研究

(1)　「住民意識調査」（継続）

環境管理計画の一環として，県民の環境問題に対する意識構造を把握するためのアンケート調査を地域別に年次計画で実施しており，54年度には河北郡の内灘町，津幡町を除く県北部地域について調査をし，これをもって地域別の基本調査を終了した。今後は，この地域別調査結果をもとに，53年度までに種々の統計手法を試み一応確立した客観的な評価方法を用いて，県下全域の総合的な解析を行う予定である。

（担当：中嶋）

(2)　「瓦製造工場から排出する弗素化合物調査」（継続）

昭和50年度以来防止対策の一環として，瓦工場のある羽咋郡志賀町地区で，石灰懸濁沪紙法による環境調査を継続実施してきたが，大巾に改善され（図1参照），月間値で，植物被害出現限界値（100～200μg・F/100cm² LTP/月）までに至ったが，今年度は昨年度の11地点のうち代表3地点で調査を実施したところ，すべてが年平均で27～65μg・F/100cm²・LTP/月となったものの，まだ月間値で植物被害出現限界値を越えることもあるので，引き続き調査をする必要があると考えている。

これとは別に，羽咋市内のホーロー釉薬製造工場の弗素化合物被害については調査中である。

（担当：平）

(3)　「光化学スモッグによるアサガオ被害観察調査」（継続）

昭和49年度以来，光化学スモッグ被害防止対策の一環として，継続実施しているが，54年度も引き続きスカーレット・オハラ及びヘブンリーブルーの2品種のアサガオを指標植物とし，金沢市内9か所，野々市町1か所計10か所で5～9月の期間に調査を実施した。その結果，ほとんどの観察地点で前年度と同様，多少の差はあれ被害が確認された。

アサガオのほか，栽培作物として金沢市内でキュウリ，サトイモ，落花生，ネギについても観察を実施した。本県では初めての光化学スモッグ注意報が発令された7月7日の1週間後7月13日の観察では，サトイモの葉面に褐色斑が観察された。　（担当：前川）

2・2　技術協力

大気科の業務を遂行する上で，必要とする技術的諸問題について検討するため，金沢大学に「二酸化鉛法による環境中硫黄酸化物測定における窒素酸化物の影響」，「TGS 沪紙法による環境中窒素酸化物測定における気温，湿度等の影響」について技術協力を依頼し，いくつかの知見を得て業務に活用した。

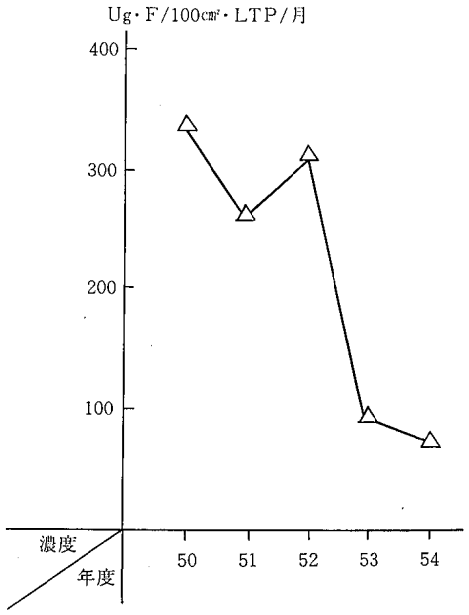


図1　志賀町石灰懸濁沪紙法弗素化合物環境調査経年変化（年平均値最高地点）

2・3　常時監視と随時調査

石川県の大気汚染常時監視網と測定局・機器の設置状況は表2，図2に示すとおりである。

本年度は，昭和47年度に購入した二酸化硫黄自動測定機6台，窒素酸化物自動測定機1台，一酸化炭素測定機2台，昭和49年度に購入した気象観測機2台を更新し，測定精度の向上を図った。米泉測定局の気象観測機は当初の目的を達成したので廃止した。また，志賀測定局の弗化水素測定機を新型機に更新して新たに監視網の一環に組み入れた。大聖寺測定局に気象観測機を1台増設し，南加賀地方における光化学スモッグを初めとして大気汚染機構解析の充実に対処した。美川測定局については，緊急時発令地域に組み入れる必要からテレメータ化を実施した。

過去3年間の大気汚染の環境基準適合状況等は，表3，図3に示すとおりである。大気汚染の常時測定開始以来はじめて54年7月7日，金沢市に光化学スモッグ注意報，小松市に同予報の緊急時発令をみたが，幸いに身体的被害等はなかった。

表 2　県内における大気汚染測定局と機器設置状況　（昭和55年3月31日現在）

測定局種別	測定機関	測定局名	二酸化硫黄	浮遊粉じん	浮遊粒子状物質	窒素酸化物	オキシダント	一酸化炭素	炭化水素	フッ素化合物	自動車台数	風向・風速	気温・湿度	日射量	降水量	テレメーター化
環境大気測定局	石川県	穴水測定局										○				
		七尾測定局	○	○	○	○	○					○	○	○	○	○
		鳥屋測定局	○	○								○				○
		志賀測定局								●		○				
		羽咋測定局	○	○		○						○				○
		高松測定局	○	○												
		津幡測定局	○	○								○				○
		内灘測定局										○				
		三馬測定局	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○
		米泉測定局	○	○		○	○					○	△	△	△	○
		広坂測定局	○	○		○	○					○				○
		大樋測定局	○	○												
		金沢港測定局	○	○		○	○					○				○
		松任測定局	○	○		○						○				○
		美川測定局	○	○	○	○	○					○				●
		小松測定局	○	○		○	○					○				○
		大聖寺測定局	○	○		○	○					○	●	●	●	○
		山代測定局	○	○								○				○
	金沢市	大気総合測定局	○	○	○	○	○					○	○	○	○	○
		瓢箪測定局	○	○		●	○					○				○
		大浦測定局	○	○								○				○
		西部測定局	○	○		●	○					○				○
		西南部測定局	○	○		○	○					○				○
		額測定局	○	○								○				○
		小立野測定局	○	○		○	○					○				○
	小松市	小馬出町測定局	○													
		長崎町測定局	●													
		御宮町測定局	○													
		符津町測定局	○													
	七尾市	石崎測定局	○	○		○						○				
	加賀市	塩屋測定局	△									△				
測定項目別機器数計			27	23	4	16	13	1	1	1	0	24	4	4	4	20
自動車排出ガス測定局	石川県	香林坊測定局		○		○		○	○		○		○			○
		六枚測定局						○			○					○
		橋場測定局						○			○					○
		野々市測定局						○								
		小松測定局						○								
		大聖寺測定局						○								
	金沢市	武蔵自動車排出ガス総合測定局				○		○								○
		鳴和測定局				●		○								○
		片町測定局				○		○								○
		野町測定局				●		○								○
	小松市	材木町測定局						○								
測定項目別機器数計			0	1	0	5	0	11	1	0	3	0	1	0	0	7
移動局	石川県	大気測定車（あおぞら）	○	○		○	○	○	○			○				

注　（1）　表中の○印は既設，●印は昭和54年度に新設，△印は昭和54年度に廃止したことを示す。
　　（2）　測定項目別機数計には，昭和54年度中に廃止したものの数は含まない。

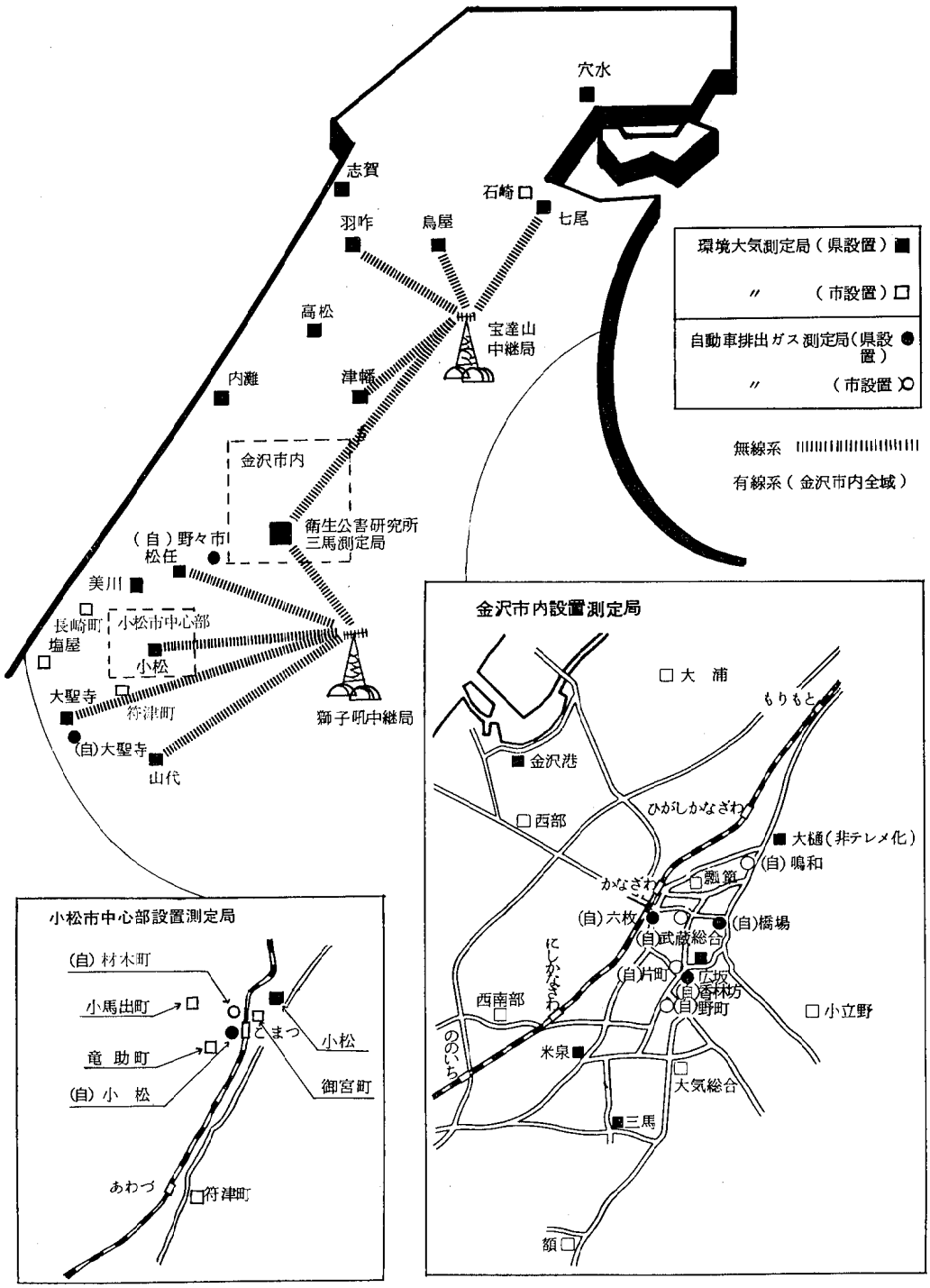
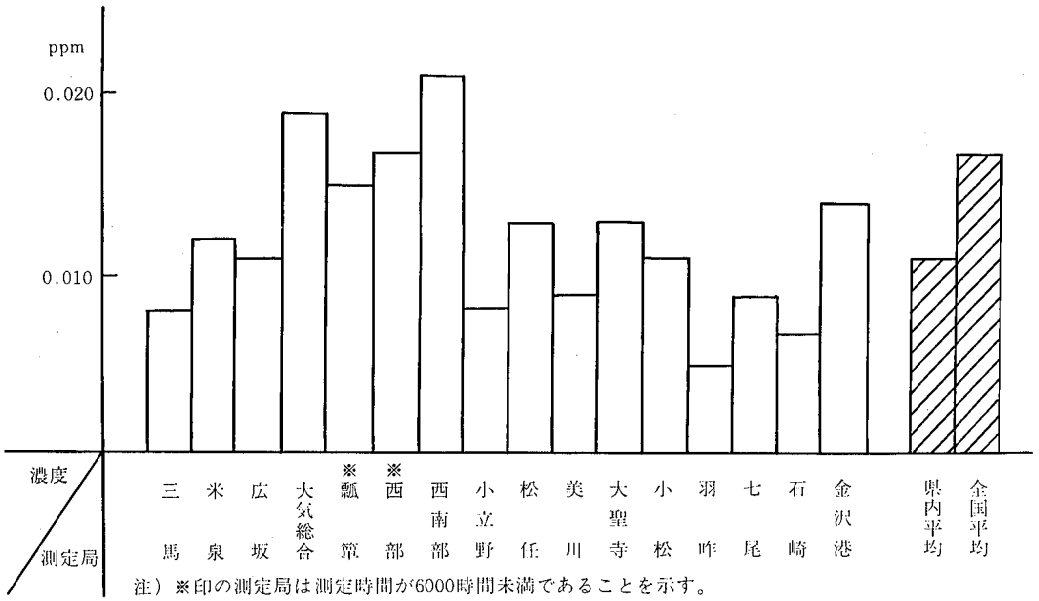


図 2　　大気汚染監視網(自動測定機)

表 3　年度の環境基準適合状況（長期的評価による）

測定局別	市町村	測定機関	測定局名	二酸化硫黄			浮遊粒子状物質			二酸化窒素			オキシダント			一酸化炭素		
			昭和年度	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54
環境大気測定局	金沢	県	三馬測定局	○	○	○	○	○	○	●	○	○	●	●	●	○	○	○
			米泉測定局	○	○	○				●	○	○	●	●	●			
			広坂測定局	○	○	○				●	○	○	●	●	●			
			大樋測定局	○	○	○												
			※金沢港測定局	○	○	○				●	○	○	●	●	●			
		市	大気総合測定局	○	○	○	○	○	○	●	○	○	●	●	●			
			瓢箪測定局	○	○	○						□			●			
			大浦測定局	○	○	○												
			西部測定局	○	○	○						□			●			
			西南部測定局	○	○	○				■	○	○	●	●	●			
			額測定局	○	○	○												
			小立野測定局	○	○	○				□	○	○	●	●	●			
	加賀	県	大聖寺測定局	○	○	○				●	○	○	●	●	●			
			山代測定局	○	○	○												
	小松	県	小松測定局	□	○	○				■	○	○		●	●			
		市	小馬出町測定局	○	○	○												
			長崎町測定局			○												
			御宮町測定局	○	○	○												
			符津町測定局	○	○	○												
	美川	県	美川測定局	○	□	○	●	■	○		□	○		●	●			
	松任	〃	松任測定局	○	○	○				●	○	○						
	津幡	〃	津幡測定局	○	○	○												
	高松	〃	高松測定局	○	○	○												
	羽咋	〃	羽咋測定局	○	○	○				○	○	○						
	鳥屋	〃	鳥屋測定局	○	○	○												
	七尾	〃	七尾測定局	○	○	○	●	●	●	●	○	○	●	●	●			
		市	石崎測定局	○	○	●				○	○	○						
自動車排出ガス測定局	金沢	県	香林坊測定局							●	○	○				○	○	○
			六枚測定局													○	○	○
			橋場測定局													○	○	○
		市	武蔵自動車排出ガス総合測定局							●	○	○				○	○	○
			鳴和測定局									□				○	○	○
			片町測定局							■	○	○				○	○	○
			野町測定局									□				○	○	○
	加賀	県	大聖寺測定局													○	○	○
	小松	〃	小松測定局													□	□	○
		市	材木町測定局													○	□	□
	野々市	県	野々市測定局													□	○	○

注）1　記号は下記のとおりである。（ただし，オキシダントは測定時間による区別はしない。）
○：環境基準適合（測定時間6,000時間以上）　□：環境基準適合（測定時間6,000時間未満）
●：〃　不適合（　〃　）　■：〃　不適合（　〃　）
2　※印の金沢港測定局は，環境基準の適用されない工業専用地域に所在するので（　）で示した。
3　二酸化窒素の環境基準は，昭和53年度に改定された。



注）※印の測定局は測定時間が6000時間未満であることを示す。

図 3　　二酸化窒素濃度の年平均値（環境大気測定局）（昭和54年度）

一方，簡易測定法として，二酸化鉛法による大気中硫黄酸化物の測定を，県内で最も高濃度に検出されている七尾市石崎地区と根上町地区を中心に51地点で継続調査を，また，LTP 法による大気中弗素化合物濃度測定を，植物被害の出ている羽咋郡志賀町の代表３地点について継続調査と監視を行った。また，これとは別に新たに植物被害の出ている羽咋市内のホウロウ釉薬製造工場周辺で同法による調査を開始した。

大気中重金属については，現在のところ高濃度汚染はみられないが，今後の基礎資料とするため，金沢市内３地点でデータ収集を続けた。

移動測定車による環境大気随時調査は，光化学スモッグの発生予測等，基礎資料収集調査として，小松市，金沢市，吉野谷村，七尾市，能登島町各１地点で実施した。

大気汚染監視制御システムの装備として大気科で所管しているオフラインコンピュータについては，他科の利用も多く日夜稼動しているのが現状で，今後の業務量の拡大，質の高度化に対応するため大型機の55年度導入が予算化された。

2・4　立入検査等

固定発生源監視として，ばい煙発生施設を有する企業11施設について，硫黄酸化物，窒素酸化物，ばいじんの検査を実施し，排出基準適合状況を確認した。また，立入時に使用重油を21件採取分析し，使用燃料油中の硫黄分の実態を把握した。

一方苦情処理に係るものとして，植物被害原因究明のため羽咋市内ホウロウ釉薬製造工場について排ガス中の弗素化合物調査（延６施設）と LTP 法による環境調査，金沢市内の製紙工場，染色工場からの粉じん汚染環境調査，津幡町内鉄工所からの粉じん汚染環境調査を実施した。

3．水　質　科

水質科は，水質汚濁，土壌汚染及び悪臭に関する試験，検査並びに調査研究業務を担当している。

行政試験は，例年通り，県環境部からのものが大半を占めたが，今年度，初めて環境基準監視調査の一部が民間に委託された。また，近年，土木部や農林水産部から環境部を経由して依頼されるものが漸増しているが，内容的には，調査プロジェクトチームの一員として参加するもの，試験成績を総合的に解析するもの，そして報告書の作成に協力するものなど研究的色

彩を帯びた業務の多いのが特徴である。

受託試験や一般依頼試験は例年並みの実施状況である。

このような行政試験偏重下では，独自の自主的研究に取り組むだけの時間的余裕のない状態であるのは当然ではあろうが，「魚類の斃死原因究明に関する研究」，「水域における金属成分の循環機構調査」をささやかながら続行したほか，行政試験の内容に付加することによる意欲的な開発的研究を進捗させている。

施設，設備の面では，まず，ドラフト3基の更新に併せて排気量増量工事を実施し，作業環境を整備改善した。また，水質自動分析装置，自動滴定装置，電子天秤を購入した。これらによって湖沼，海域などで問題となっている窒素，リン酸塩など栄養塩類の分析精度の向上と省力化，迅速化を図ると共に，ここ数年間に環境計量証明行為に不可欠な測定機器による刷字生データの捕捉・保存体制（重量分析法：天秤，容量分析法：滴定装置，吸光光度法：分光光度計，原子吸光光度法：原子吸光光度計，ガスクロマトグラフィー：ガスクロマトグラフ）を一応確立したことになる。

（科長：矢鋪）

3・1　調査研究

昭和54年度に実施した調査研究の概要は，次の通りである。

(1)　「魚類の斃死原因究明に関する研究」

今年度，公共用水域で発生した魚類斃死は5例で，例年より少なかった。うち，2例（いずれも富来町・富来川）について河川水3検体（98項目）を分析した。その結果，1例をカーバメイト系殺虫剤（農薬）による斃死と推定することができた。

（担当：矢鋪，矢田，竹野，東，小川，三井，石田，志茂）

(2)　「水域における金属の循環機構調査」

感潮河川あるいは河川感潮部は，上流からの汚濁物質の集積末端であり，流況が停滞様相を呈するため，生物濃縮や沈降堆積等による汚濁物質の蓄積現象，ひいては水質の悪化現象を惹起する。

そこで，今年度は七尾湾へ流入している御祓川と桜川を対象としてこの種の現象を解明し，水質保全対策を策定するための基礎資料を得ることを目的とした金属成分の循環機構解明調査を実施した。

（担当：矢鋪，矢田，竹野，東，小川，三井，石田，志茂）

(3)　「水質汚濁機構に関する研究—手取扇状地を例とした農業用水汚濁機構の解明について—」（規制指導課事業）

都市近郊での宅地化や工場立地によって流量の少ない支派川が汚濁を受け，とくに農業に対する利水上の諸問題を露呈している。過去3年間，金沢平野の七ケ用水について，この種の問題検討のための調査を実施してきたが，今年度は，加賀平野の北部に位置し，七ケ用水と取水源を一にする宮竹用水を対象として実施した。（別項掲載）

（担当：矢鋪，矢田，竹野，東，小川，三井，石田，志茂）

(4)　「水質汚濁機構に関する研究—加賀南部4河川（梯川，動橋川，八日市川，大聖寺川）について」（規制指導課事業）

石川県環境管理計画策定の基礎資料を得ることを目的とし，地域別あるいは水域別に逐次実施している個別調査の一環として，県南部水域での調査を実施した。（別項掲載）

（担当：矢鋪，矢田，竹野，東，小川，三井，石田，志茂）

(5)　「半閉鎖性水域における非定常水理・拡散現象の数理モデル解析—潮汐の調和解析—」

海湾や内海，感潮河川など海域と，接する水域での水質汚濁シミュレーションにおいては，オープンバウンダリーとしての外海境界には，通常，潮位が入力される。また，潮位は調和常数として入力するのが一般的とされている。そこで，潮汐の調和解析法について検討した。（別項掲載）

（担当：矢鋪，矢田，竹野，東，小川，三井，石田，志茂）

(6)　「半閉鎖性水域における非定常水理・拡散現象の数理モデル解析—七尾西湾におけるシミュレーション—」（耕地建設課事業）

七尾西湾湾奥に位置する熊木川，日用川両河口部を埋立て，21.8ha の水田を造成する計画がある。この埋立てによる流況及び水質の影響予測調査を実施した。（別項掲載）

（担当：矢鋪，矢田，竹野，東，小川，三井，石田，志茂）

(7)　「半閉鎖性水域における非定常水理・拡散現象の数理モデル解析—七尾南湾における流況（定常）シミュレーション—」（企画調整課事業）

七尾港湾整備の一環として小口瀬戸から赤崎工業用

地までの航路の浚渫が計画されている。そこで，浚渫前（現況）と後（将来）の流況をシミュレートした。（別項掲載）

（担当：矢鋪，矢田，竹野，東，小川，三井，石田，志茂）

⑻ **「兼六園における水質汚濁機構の解明調査」**

兼六園内の泉水が，とくに夏期温水期において，悪臭発生や高濁度様相となることが指摘され，これの原因究明調査を実施した。（別項掲載）

（担当：矢鋪，矢田，竹野，東，小川，三井，石田，志茂）

⑼ **「手取川ダムにおける水質汚濁機構に関する研究」**（企画調整課事業）

ロックフィルダムとしては，我国第３番目規模の多目的ダム・手取川ダム（最大貯水量：２億３千万m^3）が完成し，今年６月湛水を開始した。

閉鎖性陸水域，わけても人造湖においては，その利水範囲の広いことから「冷水」，「濁水」，「富栄養化」など問題が広範囲にクローズアップされている。そこで，前年度から本研究に着手しているが，今年度は２割，５割両貯水期におけるダム湖内の水質に照準を当てて調査した。（別項掲載）

（担当：矢鋪，矢田，竹野，東，小川，三井，石田，志茂）

⑽ **「石川県における悪臭の現況と官能試験について」**（規制指導課事業）

悪臭は多種類の低濃度物質によって人の嗅覚が刺激されることにより認知される〝感覚公害〟である。そして，感覚公害は苦情の顕在によって始まり，苦情の解決によって終ると言っても過言でないくらい苦情とのつながりが大きい。しかし，多成分，低濃度物質が原因であるため，測定技術面での対応が不十分であり，かつ，悪臭現象自体に不快感，嫌悪感等，感覚公害特有の事情が絡むため，規制上あるいは苦情処理のうえで様々な問題を提起している。そこで，とくに苦情処理の適正化，迅速化に向けて，機器分析法に官能試験を併用，試行した。（別項掲載）

（担当：矢鋪，矢田，竹野，東，小川，三井，石田，志茂）

3・2　試験検査

昭和54年度の試験検査総件数は 3,602検体（37,704項目），前年度比で21％増（20％増）である。

これを行政，受託，依頼試験別にみると，行政試験3,308検体（92％），受託試験115検体（３％），依頼試験179検体（５％）となり，ここ数年間で行政試験の占有率が増大し，９割台に定着したようである（表４）。

3・2・1　行政試験

水質汚濁関係は 3,153検体（34,069項目）と前年度比で28％増（20％増），土壌汚染関係68検体（1,734項目），70％増（354％増），悪臭関係87検体（278項目），増減なし（15増）となっている。全体では 3,308検体（36,081項目）28％増（24％増）と大きく増加した（表５）。これは環境管理個別計画，手取川ダムなどの人造湖，そして上乗せ排水基準見直しに係わる業務等が増大したからである。

⑴ **水質常時監視調査**

この業務については保健所や主務課で採水，当科では分析だけを分担している。検体数 1,595（8,665項目）と，前年度に較べて187検体増加したものの，前述のように，加賀海域の分が民間委託されたため項目数では426項目もの減少をみた。公共用水域については水質の現状を把握し，適切な水質汚濁防止対策を構ずるための，そして，事業場等の排水については排出基準の遵守状況を把握し，必要な行政措置を構ずるための基本情報を提供する調査であることを認識し，特に精度管理に留意している。

表４　　試　験　検　査　件　数

種別	行政試験		受託試験		一般依頼試験		計	
	検体数	項目数	検体数	項目数	検体数	項目数	検体数	項目数
水質汚濁	3,153	34,069	108	664	152	701	3,413	35,434
土壌汚染	68	1,734	7	42	1	20	76	1,796
悪臭	87	278	—	—	26	196	113	474
計	3,308	36,081	115	706	179	917	3,602	37,704

表5　行政試験の内訳

事業名			対象	件数（検体数）	項目数	試験内容	依頼者
水質汚濁	常時監視	公共用水域	県下11水域	1,108	5,186	一般項目，健康項目 特殊項目	規制指導課
		排水	特定事業場	333	2,283	一般項目，健康項目 特殊項目	規制指導課
		苦情調査	県下全域	33	173	一般項目，健康項目 特殊項目	規制指導課
		カドミウム排出源調査	梯川，手取川流域	121	1,023	一般項目，健康項目 特殊項目	規制指導課
	環境管理個別計画に係る水質調査		御祓川，桜川	267	6,089	一般項目，健康項目 特殊項目	規制指導課
	上のせ排水基準見直し調査		手取扇状地七ケ用水	334	7,882	一般項目，健康項目 特殊項目	規制指導課
	手取川ダム湖における水質汚濁事前調査		手取川水系	245	4,604	一般項目，健康項目 特殊項目	企画調整課
	港湾整備事前調査		七尾港	9	63	一般項目，健康項目 特殊項目	企画調整課
	大野川塩害調査		大野川水系	34	446	一般項目，健康項目 特殊項目	企画調整課
	中島地先埋立事前調査		熊木川，日用川，七尾西湾	102	772	一般項目，健康項目 特殊項目	企画調整課
	能登地域広域水源開発基本調査		熊木川，日用川，笠師川，二宮川，七尾湾	47	826	一般項目，健康項目 特殊項目	耕地建設課
	水域管理計画調査及び県単独調査		市ノ瀬用水，得橋用水	48	750	一般項目，健康項目 特殊項目	耕地建設課
	ダム貯水池水質調査		犀川ダム，内川ダム，赤瀬ダム	351	2,689	一般項目，健康項目 特殊項目	企画調整課
	天然湖沼水質調査		邑知潟，河北潟，木場潟，柴山潟	20	240	一般項目，健康項目 特殊項目	環境保全課
	地下水水質調査		金沢平野	41	923	一般項目，健康項目 特殊項目	企画調整課
	松くい虫防除に伴う水質調査		中島町	60	120	特殊項目	造林課
	小計			3,153	34,069		
土壌汚染	苦情調査		県下全域	6	38	健康項目，特殊項目	規制指導課
	カドミウム排出源調査		梯川，手取川流域	6	48	健康項目，特殊項目	規制指導課
	手取川ダム湖における水質汚濁事前調査		手取川水系	29	1,218	一般項目，健康項目 特殊項目	企画調整課
	港湾整備事前調査		七尾湾	16	336	一般項目，健康項目 特殊項目	企画調整課
	産業廃棄物実態調査		5事業所（耐火レンガ）	9	72	一般項目，健康項目 特殊項目	企画調整課
	港湾改修に伴う土壌試験		穴水港，小木港	2	22	健康項目，特殊項目	港湾課
	小計			68	1,734		
悪臭	悪臭防止指導調査		小松市，七尾市，根上町，寺井町，美川町，鶴来町，津幡町，宇ノ気町，高松町	22	110	悪臭防止法既規制対象8物質	規制指導課
	未指定産業廃棄物処理施設実態調査		小松市，羽咋市，根上町，富来町，鹿島町	65	168	悪臭防止法既規制対象8物質	企画調整課
	小計			87	278		
合計				3,308	36,081		

苦情調査は因果関係把握のスピード化をモットーとして実施しており，54年度実績では，A事業場からのフッ素，B事業場からの6価クロムに関するもの各1，灌漑用ため池の異臭味に係るもの2，魚類斃死に係るもの1，畜産排水関係1などが主なものであった。

また，カドミウム排出源調査は，梯川水系等のカドミウム汚染防止対策の一環としてのもので，休廃止鉱山の排水監視調査である。

(2) **環境管理個別計画に係る水質調査**

昭和60年を展望し，より良好な環境の創造を目途に環境管理基本計画をとりまとめ，地域別，あるいは事項別のより具体的な施策を個別計画として順次策定中である。54年，55年の2か年間で県北部（羽咋郡より北）を対象とした調査が実施されることとなり，今年度は七尾市の御祓川と桜川の感潮現象を調査した。

(3) **上乗せ排水基準見直し調査**

農業用水路などの支派川においては，流量が少ないため，工場，事業場排水の影響を受け易く，農業利水上，あるいは環境保全上の問題を直接的に露呈する事例が多い。そこで，この実状に鑑みて，排水基準のきめ細かな見直しを行おうとの主旨で実施している調査である。

(4) **手取川ダム湖における水質汚濁事前調査**

最大貯水量231,000,000m^3，水表面積5.25km^2，ダム高153mとロックフィル型式としては日本で3番目規模の多目的ダムが完成，今年6月から湛水を開始した。そこで，今年度はこれに併せて，2割，5割両貯水期における水質調査を実施し，水質将来予測のための基礎資料を得た。(53年度からの継続)

(5) **七尾南湾流況調査**

七尾火電（赤崎工業用地）の立地可能性調査の一環として，七尾南湾における以下の組合せ①赤崎立地，②三室立地，③現況・将来流向（東流，憩流，西流）④流速（0，3，8，20m）で延べ49ケースの流況シミュレーションを実施した。

シミュレーションの実施に当り，当所の電子計算機U—200の記憶容量をはるかに超える範ちゅうのものであったため，金沢工業大学のIBM 3031を借用することとなった。寺下教授以下スタッフ一同の皆様に多大なご協力をいただいた。

(6) **港湾整備事前調査**

前年度に引き続き，港湾法第3条第3項に基づく七尾港湾の改築計画に関する環境影響評価書作成に伴う事前調査を実施した。当科担当は海水9検体，底質土壌16検体の分析であった。

(7) **大野川塩害調査**

前年度からの継続事業である。金沢港後背地・大野川流域の農耕地に対する塩害問題が再燃し，これの原因究明調査を実施した。

(8) **中島地先埋立事前調査**

能登中島の熊木川及び日用川河口部約22haの海域を埋立てして，耕地として利用する計画が立てられている。この耕地造成計画に際して，その前面海域が本県の代表的な沿岸養殖漁場（カキ，ノリ）となっていることから，工事中，また工事後の環境影響評価の一環として，53年度から2か年継続で行った調査である。今年度は水理，水質調査のほか，流況，拡散シミュレーションを実施した。

(9) **能登地域広域水源開発基本調査**

昭和51年度からの継続事業である能登地域における農業用水源の補充，あるいは確保のための方策として，七尾西湾の淡水化の可否が検討されており，水質予測の基礎資料収集のため，県耕地建設課から依頼されて実施している。

(10) **水質広域管理計画調査**

県内既設農業用水路における水質保全を目的とし，辰口地内の得橋用水路，山代地内の市ノ瀬用水路を対象として実施している調査である。

(11) **ダム貯水池水質調査**

人造湖では「冷水」，「濁水」，「富栄養化」といった水質悪化に係わる諸現象の惹起が目立ち，中でも「富栄養化」は全国的規模で進行しつつあるという。そこで建設省では全国で2,000に近いダム湖を対象として，大々的な水質調査を実施している。本県でも，今年度から県河川課において，犀川，内川，赤瀬の3つのダムを対象とした気象，水文及び水質の総合的な調査を開始することとなり，当科では水質部門を分担することとなった。

(13) **天然湖沼水質調査**

全国の面積1ha以上の天然湖沼のほぼ全部（480湖沼）を対象として，環境庁の委託により環境保全課からの依頼で実施した。本県は赤浦潟，邑知潟，河北潟，木場潟，柴山潟の5汽水湖を対象として，各湖2カ所について，水温，透明度のほか水表と水底の2部位で採水して一般項目，T—N，T—Pの調査を実施した。

(13) **地下水水質調査**

国土地理院の協力のもとに，金沢・手取地域で実施されている主要5水準点での49年9月来6カ年の経年的な水準測量結果から，累計的にはまだまだ微小ではあるが地盤の沈下傾向が確認された。また，手取川ダムの完成に伴い，手取川扇状地への地下水涵養量の減少を危惧する意見が提起されたことから，今年度から，金沢平野に30の観測井を設定して，水質の経年調査を実施することとなった。

(14) 松くい虫防除安全確認調査

前年度と同様，県造林課の依頼によるもので，松くい虫防除のためのNAC（I—Naphthyl—N—methyl—carbamate）の空中散布に伴い，散布域内の環境に及ぼす影響調査として，散布前後における環境水中のNACの残留性について追跡調査した。調査対象は鹿島郡中島町の熊木川関連水域である。

(15) 悪臭基準設定調査

既指定地域のうち3市8町（22事業場）を選んで，宮城県方式による官能試験を予備的に実施した。しかし，パネラーの選定に問題があったのか，期待した程の成果は上らなかった。

(16) 悪臭防止指導調査

①悪臭基準の既指定地域（6市10町）を対象に悪臭防止法施行令の一部改正に伴う追加3物質（二硫化メチル，アセトアルデヒド及びスチレン）についての規制基準設定のための補完調査

②苦情処理のための調査であった。

(17) 未指定産業廃棄物処理施設実態調査

廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令第7条において，未指定の施設のうち，畜産施設（養豚組合）を対象に実態調査が実施され，生活環境科が排水，水質科は悪臭調査をそれぞれ分担した。

3・2・2 受託試験

委託契約締結により，昭和51年度からの継続事業で本年度分は115検体（706項目）と若干減少した（表6）。今年度の委託者は建設省（北陸地方建設局金沢工事事務所）であった。石川県水質測定計画に基づき管理河川（1級河川，手取川，梯川）の水質及び底質土壌の監視・調査を目的としたもので，ほとんどが健康項目であった。

3・2・3 依頼試験

今年度実施した「衛生公害関係試験検査手数料条例」に係わる依頼試験の内訳は表7に示した。水質汚濁関係は公共用水域40検体（327項目），事業場等排水112検体（374項目）となった。公共用水域はすべて公的機関（国，市町村，県警本部）からのものであった。事業場等排水は公的機関からの依頼と民間からのものに分けられる。公的機関からのものは，排出水の状況把握と公害防止協定に基づく定期検査，それに違反の

表6　受託試験の内訳

試験の種類		検体数	項目数	試験内容
水質汚濁	公共用水域	96	496	一般項目，健康項目，特殊項目
	その他（地下水）	12	168	一般項目，特殊項目
土壌汚染		7	42	一般項目，健康項目，特殊項目
計		115	706	

表7　一般依頼試験の内訳

試験の種類		検体数	項目数	試験内容
水質汚濁	公共水域	40	327	一般項目，健康項目，特殊項目
	事業場排水	112	374	一般項目，健康項目，特殊項目
土壌試験		1	20	健康項目，特殊項目
悪臭		26	196	特殊項目
計		179	917	

取締り（県警）などの目的での依頼であった。

土壌の１検体は，港湾整備工事に伴う浚渫土壌からの有害成分の点検を目的とした運輸省からの依頼試験であった。

最後に悪臭関係は，原則として受理しなかったため，ここ５，６年間実績なしであったが，小松市からの強い要請で実施した。北陸自動車道に隣接する県内最大規模の小松養豚団地（豚１万５千頭余りを肥育）においては，当初の計画より頭数が大幅に増加し，処理施設が機能オーバーとなり，周辺の鉄工団地や隣接している北陸自動車道（日本道路公団）からの悪臭苦情が後をたたないため，豚に畜産用脱臭剤を投与して，これによる脱臭効果試験を実施することとなり，悪臭物質の測定を当所で分担した。

4. 生活環境科

生活環境科では室内環境，放射能，上下水，温泉，家庭用品，廃棄物及び生体試料中の重金属に係る試験検査並びに調査研究業務を担当している。

水道法水質基準に関する改正省令が４月１日から施行となり，水質検査は水道事業者による自主検査が原則とされる等，規制が強化された。これに伴い，県厚生部では「水道水質検査体制整備計画」（昭和54年８月）並びに「水道水質検査実施運営要領」（昭昭和54年９月）を定め，昭和60年を目標とした水道水質検査の基本的な方針を明確にした。この中で，当所は今後，行政試験と調査研究を主体とし，保健所，公益法人検査機関の検査体制が整備されるまでの間は上水道事業に係る試験検査について依頼を受けることになった。

「有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律施行規則」が一部改正され，洗浄剤としての水酸化ナトリウム及び水酸化カリウム（対象家庭用品：家庭用液体洗浄剤）と防菌・防かび剤としてのトリブチル錫化合物（対象家庭用品：おしめ，くつ墨等）が昭和55年４月１日から規制物質として追加されることになった。

昭和52年度から地研全国協議会の調査研究「地域住民健康度総合評価のための指標とその正常値に関する疫学的調査研究」に実施機関として参加し，血液中の重金属からみた地域住民の健康評価を試みたが，３カ年の報告書をもって一応終了した。また，環境衛生課から依頼された「既設水道水源水質実態調査」は，３カ年にわたり県内５ダムの水質調査を実施することによりこれらの現況を把握できたので，今後は異臭味の発生が危倶される我谷ダムと山口防災ダムについて継続調査することになった。この結果の一部は，第30回水道研究発表会（昭和54年５月，函館市）で報告した。

放射能調査のうち「石川県における環境放射能調査」に関して，従来金沢大学が分担していた核種分析は，教育センターに新たに設置された波高分析器を用いて当所が行うことになり，TLD による積算線量測定も加わったことにより調査内容は一段と充実したものになった。

昭和54年１月から温泉中分析の依頼に応じられる体制を整えたが，申し込まれた依頼はいづれも小分析であった。

なお，北陸三県公害技術者研究協議会第３部会を昭和55年３月11日当所で開催した。　　（科長：加藤）

4・1 調査研究

昭和54年度における調査研究の概要は次のとおりである。

(1) **「石川県における放射能測定調査」**（一部企画開発部，企画調整課委託事業）（継続）

放射能調査としては，県が実施している環境放射能調査（企画開発部，企画調整課委託事業）と，核爆発実験による放射性降下物の影響に関する科学技術庁委託調査（別項掲載）である。委託調査に関しては従来通りであるが，環境放射能に関しては，これまで測定していた全ベータ放射能に加えて，新たに積算線量とγ線スペクトルメトリーによる核種分析が加った。これに伴って，これまでの概略的な放射能の状況把握から，少なくとも環境中における放射性物質の分布，状況の把握が可能となった。

調査項目は，雨水，陸水，海産生物，農産物，土壌浮遊じん，空間線量等であり，調査範囲は，富来町，志賀町，押水町，金沢市，辰口町を中心として行った。（科学技術庁委託調査：全β測定数137件，全γ測定数377件，I-131 6件，環境放射能調査：全β測定数253件，全γ測定数153件，核種分析81件）

本年度の放射能状況に関しては，核実験が実施されなかったため，降下量は小さく，検出された核種も通常観測されるフォールアウト核種が主であった。地域の比較では，地質的に火成岩が主な押水町の空間線量が他の地域よりもやや高い傾向が認められたものの，全体的に通常レベルの変動内であった。他試料ではほぼ平常値の値であるが，陸土，指標植物（松葉）では，

地域間相互に地域による環境特性の違いから生ずる蓄積性や濃度分布の差が認められた（別項掲載）。（担当：小森）

(2) **「環境放射能の挙動に関する調査研究—石川県内各地域における松葉中の放射性核種濃度分布—」**（継続）

核実験等により環境に放出された放射性物質の挙動は，各地域の環境特性によって影響を受けることが予想される。これに関しての調査はこれまでに充分行われておらず，前年度からこの問題について調査研究を開始した。本年度は，特に陸上生物で放射性物質を比較的濃縮しやすい松葉を用いて，県下各地域の放射能レベルや核種濃度分布の把握と各地域の環境特性の比較を行った。また，松葉の葉令や葉表面積などの形態的な諸物性と放射能濃度との関係についても調査を実施した。（別項掲載）　（担当：小森）

(3) **「人体試料中の有害重金属に関する研究」**（継続）

血液中重金属の常在値を知るとともに種々因子による特異性を把握して，地域住民の健康度を評価することを目的とし金沢市を中心とした地域に居住する成人28名を対象に血中重金属分析を行った。

血液学的検査項目の平均値（濃度範囲）は，比重1.057（1.054～1.059），メトヘモグロビン濃度14.6 g/dl（12.8～16.4），赤血球数488万個（455～534），ヘマトクリット値46.8%(42.0～51.5)で，全血中の重金属濃度の平均値（濃度範囲）は，鉄514ppm（441～568），マグネシウム38ppm（29～43），カルシウム51 ppm（46～55），銅0.74ppm（0.64～0.86），亜鉛6.4 ppm（5.1～7.5），鉛0.081ppm（0.045～0.132），カドミウム0.002ppm（0.001～0.006）であった。（地方衛生研究所全国協議会「地域住民健康度総合評価のための指標とその正常値に関する疫学的調査研究」に報告した）。

(4) **「ダム湖水の臭気と環境因子について」**

山中町の水道水源としている我谷ダムに発生した異臭味の原因調査の一環として，昭和50年～昭和54年の日照時間，降水量，流入水温，流入量および貯水位等の環境因子と臭気発生の関係について検討した結果，①異臭味の発生した年の7月中旬から下旬のダムへの流入水の水温は，発生しなかった年に比べ高く，②異臭味の発生以前には，適当量の降水量があり，この期間の降水量が極端に多い年と少ない年には異臭味の発生はなかった。また，③異臭味が強く発生する年には6月下旬から7月上旬に連日低濃度の臭気が持続し，その後，幾何級数的に臭気が強くなり，④8月上旬の集中的な降雨により，ダム湖内の水が入れ替るため臭気は消失する。さらに，⑤異臭味は，気温と日照時間がある程度以上あり，上記の①，②の条件と重なることによって，発生する可能性が充分あり得ることが解った（別項掲載）。　（担当：折谷）

4・2　試験検査

昭和54年度に実施した環境衛生関係試験検査は，表8に示すように総数 2,521件で例年とほぼ同様であった。このうち行政試験は 1,494件（59.3%），一般依頼試験は 1,027件（40.7%）で，ここ数年行政試験の割合が増加している。これは保健所や民間試験機関の検査体制が整ってきた反面，行政試験の内容が多様化してきたことによると考えられる。種目別では，水質試験が1,055件（41.8%），放射能試験1,007件（39.9%），生体影響196件（7.8%），家庭用品試験186件（7.4%）で，これ等の件数及び割合は例年と同じであった。

表8　試験検査件数

種別＼区分	行政試験	依頼試験	計
飲料水	71件	519件	590件
一般廃棄物	28	398	426
産業廃棄物	54	18	72
温泉	—	8	8
空気	—	5	5
プール水	—	31	31
生体影響	196	—	196
家庭用品	138	48	186
放射能	1,007	—	1,007
計	1,494	1,027	2,521

4・2・1　行政試験

行政試験の内訳は表9に示すように，前年度からの継続事業に加えて企画調整課から廃棄物関係の新しい試験検査の依頼があった。一方，津幡保健所からの飲料水の依頼試験は本年度からなくなった。

4・2・2　依頼試験

一般依頼試験の内訳，は表10に示すように，総数で

僅かに減少したことを除いて例年と変らなかった。産業廃棄物試験のうち，3検体は廃棄物の処理及び清掃に関する法律違反被疑事件の鑑定に関するものであった。また，生活廃水試験の内訳は合併処理施設の維持管理に伴うもの323件（81.2%），家庭用浄化槽の建築基準法の型式登録等に関するもの75件（18.8%）であった。

表 9　　行 政 試 験 の 内 訳

事業名	対象	検体数	試験内容	依頼先
		件		
既設水道水源水質実態調査	ダム湖水	60	BOD, N, P 等	環境衛生課
小松市梯川流域飲料水調査	井戸水，湧水	11	pH, Cu, Zn, As, Cd, Pb	〃
産業廃棄物処理業者実態調査	洗煙排水，焼却灰	8	Cd, Pb, PCB 等	企画調整課
有害物質に係る産業廃棄物の実態調査	汚泥	14	含水率, Cd, Cr^{6+}, CN, Pb等	〃
一般廃棄物処理施設の放流水水質調査	放流水	22	BOD, COD 等	〃
未指定産業廃棄物処理施設実態調査	ばっ気水，放流水	32	pH, BOD, COD, MLSS, T—N 等	〃
公共下水道終末処理場の維持管理状況調査	放流水，脱水ケーキ	6	pH, BOD, COD, 大腸菌群, Cd, Pb等	〃
小松市梯川流域住民健康調査	尿，血液	196	Cd, Pb, Cu 等	公衆衛生課
家庭用品収去試験	衣類，洗剤	138	HCHO 等	規制指導課
昭和54年度放射能調査	食品，雨水，指標植物等	520		科学技術庁
石川県における環境放射能調査		487		企画開発部 企画調整課
計		1,494		

表 10　　一 般 依 頼 試 験 の 内 訳

試験項目	試験内容		検体数	備考
			件	
水質試験	飲料水	全項目試験	198	水道法に基づく全項目試験（毎年検査項目）
		一般飲料水試験	6	（毎月検査項目）
		その他	315	フルオレッセンナトリウム等
	生活廃水		398	
	温泉	小分析	7	
		中分析	0	
		その他	1	
環境試験	空気試験		5	
	プール水試験		31	
産業廃棄物試験	汚泥中重金属等		12	
	養豚場排水等		6	
家庭用品試験	衣料品中ホルムアルデヒド等		48	
計			1,027	

微生物部事業概況

年の流れと共に，衛生公害研究所に要求されることが質的にも量的にも変ってきているが，それは環境部や食品薬品部ばかりでなく，微生物部とて例外ではない。伝染病予防の効果は，ワクチン接種と相俟った生活環境の浄化，衛生思想の普及，更には抗生物質の適切な使用によって実効を上げ，以前には大流行して人々を恐怖に陥れた，伝播性も病原性も強い伝染病は姿を消し，感染症としての伝染病は怖るるに足りない過去のものとなってしまった。しかし，生活環境の浄化から消化器伝染病が激減した反面，知らず知らずのうちに不顕性に感染し免疫抵抗を得ていたために，以前には全くと言ってよい程問題にしなくてもよかった疾患が，海外渡航者，特に環境整備がなされていない発展途上国への観光客に多発していることなどは，新たに考えるべき防疫の一面となっている。国内では発生数が激減した伝染病のうちには，交通のスピード化により，国外で感染，国内で発症のケースも増多してきており，これらにも新たな対応が迫られている。我々もこの様な情勢の変化に機敏に対処できるように，また，発生時の防疫のみでなく，事前に発生を予知できるような体制づくりにも努力を重ねている。

このような観点から，調査研究の面では，原因不明の下痢症の新らしい面からの追及，小児上気道疾患を通じての呼吸器系，消化器系ウイルスの動向，もっと身近かなものでは伝染病の流行予測などを，ルーチン検査の間隙を縫って実施したし，また試験検査の面では，行政の要望に応じて，感染症発生時の病因究明，食品や水の微生物試験，畜水産物中の抗菌物質のバイオアッセイ，更には住民健康調査等における臨床生化学検査などを行ってきたが，振り返って，実働５人のスタッフでよく対応できたものだと思う。微生物学的な試験検査では，現在までのところ機械の導入による自動化は全くと言ってよい程に見通しは暗く，手作業の積重ねのみがすべてである以上，せめて隣県並みの人員の確保を望んで止まない。

微生物部が本年度取扱った試験検査件数は16,777件で（表１），前年度に比すれば６％の減であった。このうち行政検査は24％にあたる 4,032件で前年度比９％増，依頼検査は76％にあたる12,745件で前年度比10％減であった。依頼検査の減は細菌検査，ウイルス検査の民間検査機関での実施によるもので，この傾向は年々強まっていくものと思われる。一方，科別では，細菌科で取り扱った細菌検査，臨床検査は前年度とほぼ同じ 2,436件，ウイルス科で行ったウイルス検査，血清検査は８％減の14,341件であった。（部長：木村）

1 細　菌　科

細菌科では，伝染病，食中毒に係る病原細菌に関する調査，研究，検査のほか，食品，医薬品，水，空気等に係る細菌検査を行う一方，健康事象に関する臨床生化学的調査，研究，検査を分掌している。

細菌検査：調査研究に関しては，ボツリヌス菌の無毒株の同定に力を注ぐ一方，今日まで原因不明のままである食中毒例をも含めた下痢症に目を向け，本年度

表 1　　微生物部試験検査件数

科　名	検　査　名	行　政　検　査	依　頼　検　査	計
細　菌　科	細菌検査	1,697	543	2,240
	臨床検査	196	0	196
	小　計	1,893	543	2,436
ウイルス科	ウイルス検査	2,086	12,175	14,261
	血清検査	53	27	80
	小　計	2,139	12,202	14,341
微生物部	計	4,032	12,745	16,777

は取敢えず，その中の一つに目され，近年抗生物質投与後の下痢などでは主役とも考えられている *Clostridium difficile* の培養条件などについて基礎的研究を行った。下痢症については，来年度以降，これまでの起因菌に加え，上記 *C. difficile* や *Campylobacter* などについても検出を試みる予定である。

試験検査では，伝染病や食中毒の発生時，食品一斉取締り時における行政検査，並びに食品や水の依頼検査を例年どおり実施した。中でも昭和54年12月に発生した猩紅熱届出患者１人を含む集団発疹症では，原因が細菌性なのかウイルス性なのかの問題もあったが，多数分離されたレンサ球菌の起病性については，当所では不馴れなこともあって，富山県衛生研究所の協力をいただいた。結果としては，分離株すべてがヒトには起病性のない常在菌とのことであったが，これからの検査のあり方に問題を投げかけた１事例であった。食中毒については，菌分離の大部分は保健所で実施されているが，申し合わせにより分離株の送付を受け，更に詳細な型別などを実施した。また，環境衛生課事業として昨年度から実施している食肉中の残留抗生物質調査には引き続き協力をしたが，本年度は新たな対象として畜水産食品（鶏卵，鶏肉，ハマチ，ウナギ）がこれに加わった。

臨床検査：公衆衛生課事業の梯川流域のカドミウム汚染地区住民の健康管理検診に協力する一方，やはり同課事業の環境保健基礎調査に併せて，対象となった３中学校生徒の早朝尿の分与を受け，尿成分測定による健康指標としての健常値の設定を試みるべく調査を行った。また，新生児の先天性代謝異常検査に関しても協力した。

なお，昭和54年度に細菌科で実施した試験検査件数は，行政検査 1,893件（細菌検査 1,697件，臨床検査 196件）で昨年度比24%増，依頼検査は 543件（細菌検査のみ）で41%の減，合計 2,436件で，件数計では昨年度とほぼ同じ数であった。（科長：部長兼務）

1・1　調査研究

(1)　「石川県下におけるボツリヌス菌の分布」（継続）

昭和49年度から実施している本調査により，県内の４潟（柴山潟，木場潟，邑知潟，赤浦潟）は濃厚にC型菌で汚染されていること，また，河川については，大野川，手取川，大聖寺川，長曽川にC型菌が認められ，更に，浅野川，手取川にE型菌の存在が確認されたが，いずれも汚染の程度は少ないこと，E型毒素の証明された浅野川の上壌から，E型菌の分離を試みたところ，有毒株の分離は出来なかったが，E型菌と培養性状，生化学性状がほとんど同じ無毒株33株が分離されることなどが明らかにされた。本年度は分離したE型菌の類似菌33株について詳細な検討を加えた。その結果，これらの菌株は種々の性状からE型菌の無毒株と思われたが，有毒 *Clostridia* の同定の際の決め手である毒素中和試験を行うことが出来ないため同定不能で，止むなくC型無毒株の同定の際に用いた免疫血清による凝集反応の手段をE型菌にも適用してみた。E型菌の標準株及び土壌由来分離株の抗菌家兎免疫血清を作製し，凝集反応を行ったところ，土壌分離株33株中４株がいずれの抗菌血清に対しても高い凝集価を示した。一方，残り29株については，18株は凝集価が認められず，また11株は自然凝集を示し凝集反応を行えなかった。なお，用いた抗菌血清の特異性については，レシチネース及びリパーゼ産生 *Clostridia* について検討した結果，ボツリヌスB型菌とF型菌の一部（いずれも蛋白非分解性）及びE型菌の他には凝集を示すものはなかった。この結果から，33株の分離株中少なくとも４株はE型菌と同定して差しつかえないと思われた。残りの菌株については今後更に検討する予定である。

なお，調査結果の詳細は別項に記載した。（担当：芹川）

(2)　「原因不明下痢症の病因究明」

集団下痢症（食中毒を含む）や散発下痢症において起因菌の判明するものは半数足らずであり，原因不明のまま処理される場合がかなり多い。そこで本年度から，近年下痢症の起因菌として注目され出した数種の細菌（*C. difficile*，*Campylobacter* など）が下痢症にどの程度関与しているのかの実態調査を行うこととした。

本年度は，本調査の基礎実験として，近年偽膜性大腸炎の起因菌として注目されて来た *C. difficile* の毒素産生条件について検討した（本研究は金沢大学医学部微生物学教室との共同研究）。その結果，*C. difficile* の毒素産生には，培地としてトリプトース（Difco）2.0%，酵母エキス（Difco）0.4%，フルクトース0.5%，チオグリコール酸ナトリウム 0.1%を用い，37°C １週間培養するのが良好であることが判った。この培地は他の毒素培地と比べ，好気培養出来る利点がある（この成績の一部は第16回日本細菌学会中部支部総会で発表した。昭和 54.10.27 富山市）。なお，この調

査の詳細な成績は別項に記載した。

来年度以降，下痢便からの菌分離を行い，下痢症における原因菌の究明を行うと共に，分離株について毒素産生能などの検討を行う予定である。(担当：芹川)

(3) 「**環境保健基礎調査—尿成分測定による健康指標としての健常値の設定**」(継続) (一部公衆衛生課事業)

石川県が実施している中学2年生 (13歳児) を対象とした環境保健基礎調査時の尿の分与を受け，昭和53年度から尿成分測定による健康指標としての健常値の設定を試みている。調査項目は昨年と同じで，比重，リン，クレアチニン，アミノ窒素，糖，蛋白，リゾチームの7項目である。本年度は，七尾市御祓中学校81人，(男42人，女39人)，押水町押水中学校 117人 (男74人，女43人)，高松町高松中学校84人 (男43人，女41人) の計 282人の尿について測定を行った。

その結果，尿比重の平均値は3校ともほぼ同じであるにも拘らず，リンの平均値で1校が他の2校の約2倍，アミノ窒素も約 1.5倍高い値を示した。クレアチニンとアミノ窒素とは，昨年と同じく 0.814と高い相関を示した。尿のサンプリングについては，リンの値のばらつきの傾向から，学校によっては必ずしも早朝尿に統一されていないのではないかと思われる結果が得られた。事実1校では大半は早朝尿であったが，一部スポット尿であることが確認されているが，他の2校では充分なチェックはされていない。もしこれらの尿がすべて早朝尿であるとすると，クレアチニン，アミノ窒素のタンパク質代謝やリン排泄機能に明瞭な地域差が生じていると判断せざるを得なくなる。尿のサンプリング条件の差がリン排泄に及ぼす影響は大きいが，排尿時間をチェックすれば補正できると考えている。一方，早朝尿全量とその前の排尿時間との関係から単位時間当りの尿成分についての予測が可能となり，スポット尿での推定や時間尿でも検査成績から値を読むことが可能になると考えている。(担当：松田)

1・2　細菌検査

検査件数は 2,240件 (前年度比1%増) で，うち行政検査は75.8%にあたる 1,697件 (31%増)，依頼検査は24.2%にあたる 543件 (41%減) であった。

1・2・1　行政検査

行政検査 1,697件の内訳は表2に示した。津幡保健所の検査課関係の件数は7%にあたる 122件で，すべて環境部関係の水の細菌検査であった。検査課関係以外の件数は1,575件で，病原細菌検査が397件 (25%)，食品の細菌検査が 182件 (12%)，食肉及び畜水産食品中の残留抗生物質検査が703件 (45%)，水の細菌検査が 283件 (18%) であった。病原細菌検査のうち，コレラ菌の検査は15件であった。

表 2　　細菌行政検査の内訳

事業名	検査内容	件数	依頼先
結核菌検査(県職員要注意者観察)	結核菌分離培養	6	人事課
伝染病発生時検査	伝染病病原菌分離同定	300	公衆衛生課，保健所
食中毒発生時検査	食中毒起因菌分離同定	91	環境衛生課，保健所
食品一斉取締り	規格試験(細菌検査)	158	〃
輸入食品取締り	コレラ菌，食中毒起因菌分離同定	24	〃
食肉中の残留抗生物質検査	生物学的検査	616	〃
畜水産食品中の残留抗生物質検査	〃	87	〃
河川水，排水等検査	一般細菌数，大腸菌群数	110	規制指導課，保健所
放流水検査	〃	116	企画調整課
河川水，ダム水検査	〃	57	環境衛生課
梯川住民健康調査	尿中細菌の分離同定	10	公衆衛生課
小計		1,575	
検査課細菌検査	河川水，海水細菌検査	101	津幡保健所
	工場排水細菌検査	21	
小計		122	
計		1,697	

〔腸チフス・パラチフス〕：本年度石川県で発生した腸チフス患者は８人であり，パラチフスの発生はなかった。保健所から当所へ送付された分離株は更に生化学的並びに血清学的性状を確認した後，ファージ型別を実施するために国立予防衛生研究所へ菌株を送付した。その結果，チフス菌８株のうち４株はＤ２型，２株はＣ５型，１株はＤ６型，１株はVi（－）との成績が得られた。なお，Ｃ５型２株とVi（－）１株は，津幡保健所管内で発生した集団発生事例からの分離株である。

〔猩紅熱様集団発疹症〕：昭和54年12月19日から25日にかけて，小松保健所管内の第２石川整肢学園において，発熱，悪寒，嘔吐，発疹を主症状とする集団発疹症が発生した。このうち，比較的症状が重かった患児１人が小松市内の病院で入院加療を受けた結果，猩紅熱と診断されたため，症状のあったクラスの生徒33人，看護婦８人，給食従事者10人の計51人について，溶血性レンサ球菌の培養検査を依頼された。小松保健所で用意した血液寒天培地に綿棒で採取した喉頭粘液を塗抹された送付検体について分離培養を試みたところ，殆んど大部分の人からレンサ球菌が分離された。ところが，これらの分離株は典型的なβ溶血を示さないが，バシトラシンには比較的感受性を示すなど，群別は困難であったが，一応A群溶連菌は否定された。後日これらすべての分離株は，富山県衛生研究所児玉博英細菌部長の御好意により精査していただいたところ，すべてA，B，C，G群以外のレンサ球菌と同定され，ヒトには病原性のない，おそらく疾患とは無関係の常在菌であろうとの成績をいただいた。なお，有症者３人の対血清と10人の単血清について，ウイルス科でASLO価測定を行ったが，抗体価はいずれも166 Todd単位以下であり，かつ有意上昇もなく，溶連菌

表３　食中毒検体から分離された腸炎ビブリオの血清型別成績（昭和54年度）

事例	由来別	菌株数	血清型	神奈川現象
1	糞便	5	O4：K63	＋
2	〃	1	O4：K63	＋
3	食品	3	O1：K型別不能	－
			O5：K型別不能	－
4	糞便	30	O1：K38	＋
			O1：K56	＋
			O3：K6	＋
			O3：K33	＋
			O3：K54	＋
			O3：K型別不能	＋
			O4：K8	＋
			O4：K63	＋
			O5：K15	＋
			O8：K22	＋
5	糞便	2	O4：K13	＋
			O5：K型別不能	＋
6	糞便	5	O1：K型別不能	－
			O4：K63	＋
			O5：K型別不能	－
	食品	2	O5：K17	－
7	糞便	3	O4：K63	＋
			O6：K18	－
8	糞便	6	O4：K55	＋

感染は否定された。

〔**食中毒**〕：本年度石川県で発生した食中毒は11件（患者数 255人，死者なし，1事例あたりの平均患者数23.2人）で，すべて細菌性食中毒と推定されている。保健所検査課等で行われた起因菌の検索では，腸炎ビブリオによるもの9件，原因不明のもの2件であった。本年度から，保健所において分離された食中毒起因菌はすべて当科に送付され，更に詳細な生化学性状，血清型別を実施するという申し合わせにより，当科には55株の腸炎ビブリオの送付を受けた。これら菌株について，神奈川現象，O群別，K型的などを実施し，その成績は保健所，環境衛生課へ通報した。昭和54年9月に山代保健所管内で発生した食中毒事例の原因食品と推定された幕の内弁当2検体（食品数20検体）の送付を受け，食中毒起因菌を検索したところ，1個の弁当の玉子焼と白身魚から腸炎ビブリオ（O5：K17，神奈川現象陰性）が，また，患者の糞便からも腸炎ビブリオ（O4：K63，神奈川現象陽性）が分離され，本事例は腸炎ビブリオによるものであると推定された。本年度は腸炎ビブリオによる食中毒が多く，しかも新らしい血清型O4：K63が分離されたのが9事例中5事例と多かった。また，昭和54年8月に七尾保健所管内で発生した食中毒事例は，患者の糞便から分離された30株の腸炎ビブリオのK抗原型が10種類と多い上，いずれも神奈川現象陽性という珍らしい例であった。送付株をも含めた型別成績を表3に示した。

〔**コレラ**〕：東南アジアからの帰航者で検疫所から健康監視の通報があった人を対象に，当科へ保健所から糞便15検体の行政依頼検査があった。これらの検体についてはコレラ菌のほか，赤痢菌，チフス菌などの伝染病病原菌についても検索を行ったが，いずれも陰性であった。ただ2検体からサルモネラ（B：d：1，E_1：e,h：1）が分離された。

〔**食品一斉取締り**〕：環境衛生課事業として毎年実施されている食品一斉取締りのうち，当科で実施した細菌検査の内訳は表4に示したとおりである。これら158検体はすべて県下11保健所管内で収去されたもので，これらの検体について規格試験（細菌検査）を実施した。その結果，魚肉ねり製品3検体が大腸菌群陽性，乳酸菌飲料2検体が乳酸菌数不足，冷凍食品1検体が細菌数で規格に不適であった。

〔**輸入食品一斉取締り**〕：本年度から環境衛生課事業として実施することになったもので，主に東南アジアからの輸入魚介類24検体（主として冷凍エビ）につ

表 4　　食品一斉取締り（細菌検査）の内訳

事業名	内容食品	件数（不適件数）	不適項目
魚肉ねり製品及び食肉製品一斉取締り	魚肉ねり製品	10 (1)	大腸菌群
	食肉製品	12	—
清涼飲料水等一斉取締り	清涼飲料水	12	—
	炭酸飲料	5	—
	乳酸菌飲料	8 (2)	乳酸菌数
夏期食品一斉取締り	冷凍食品	8	—
	魚肉ねり製品	23 (2)	大腸菌群
	食肉製品	14	—
	氷菓，アイスクリーム類	5	—
	清涼飲料水	1	—
年末食品一斉取締り	冷凍食品	14 (1)	細菌数
	魚肉ねり製品	23	—
	食肉製品	7	—
	レトルト食品	4	—
	清涼飲料水ほか	2	—
その他	牛乳ほか	10	—
計		158 (6)	

表 5　細菌依頼検査の内訳

検査内容	件数	備考
病原菌検査	1	コレラ菌検査
食品，薬品の細菌検査	48	自動販売機食品 21，アイスクリーム類 9，乳酸菌飲料 5，保存血液等の無菌試験 6，その他 7
水の細菌検査	489	飲料水 118，放流水 172，河川水 168，プール水 31
空気中の微生物測定	5	
計	543	

いて，コレラ菌及び食中毒起因菌を対象に検索を行った。その結果，ニュージーランド産のアジから腸炎ビブリオ（O1：K56，神奈川現象陰性）が検出されたほかはすべて陰性であった。

〔**食肉中の残留抗生物質検査**〕：昨年度から環境衛生課事業として実施しているもので，金沢市，小松市，輪島市の3屠畜場で屠殺された牛，豚の腎臓について，各管轄する保健所でデイスク法による残留抗生物質のスクリーニング検査を行い，陽性になった個体の腎臓，肝臓，筋肉の送付を受けた。当科では検査依頼のあった牛38頭，豚14頭の各臓器16検体について，厚生省環境衛生局乳肉衛生課編，畜産物中の残留抗生物質検査法に基づき，カナマイシン，ストレプトマイシン，ペニシリン，クロラムフェニコールの4抗生物質のバイオアッセイによる定量を行った。その結果，腎臓に抗生物質が残留している場合が最も多く，次いで肝臓，筋肉の順であった。また，抗生物質別ではカナマイシン，ストレプトマイシンなどのアミノ配糖体抗生物質の残留が多く，クロラムフェニコールの検出された例は極めて少なかった。

〔**畜水産食品中の残留抗生物質**〕：本年度から環境衛生課事業として新しく実施することになったもので，本年度は鶏卵69検体，鶏肉14検体，ハマチ2検体，ウナギ2検体の計87検体について残留抗生物質の検査を行った。検査方法は鶏卵については厚生省編の畜産物中の残留抗生物質検査法の簡易試験方法を準用し，鶏肉，ハマチ，ウナギについては同法のカナマイシン，ストレプトマイシン，ペニシリン，クロラムフェニコール濃度測定法によった。その結果，鶏卵，鶏肉，ハマチからは残留抗生物質は検出されなかったが，ウナギ2検体からは僅かにカナマイシン，ストレプトマイシンが検出された。

1・2・2 依頼査検

依頼検査は 543件で，その内訳は表5に示した。依

表 6　梯川流域住民健康調査の内訳

検診	検体	検体数	検査項目
A 検診	24時間尿	58	尿量，比重，糖，蛋白，クレアチニン，無機リン，総アミノ窒素，低分子蛋白（RBP，β_2 ミクログロブリン，リゾチーム），重金属分析（Cd，Pb，Cu，Zn）[1]
B 検診	早朝尿	58	尿量，比重，糖，蛋白，クレアチニン，カルシウム，無機リン，総アミノ窒素，尿沈渣，尿細菌培養[2]，尿電解質（Na，K，Cl）[4]
	2時間尿	40	尿量，比重，糖，蛋白，クレアチニン，無機リン，総アミノ窒素，カルシウム[1]
	血液	40	ヘマトクリット[3]，ヘモグロビン[3]，赤血球数[3]，糖，クレアチニン，無機リン，尿素窒素，アルカリフォスファターゼ，カルシウム[1]，電解質（Na，K，Cl）[4]

1）環境部生活環境科が担当した。
2）細菌培養は小松保健所で実施し，細菌数 10^5/ml 以上の場合，当科で細菌の同定を行った。
3）小松保健所で実施した。
4）金沢医科大学病院の機器で測定した。

頼検査の90%にあたる 489件は市町村や企業などからの水の細菌検査依頼で，内訳は飲料水 118件，放流水172件，河川水 168件，プール水31件で，これらにつき一般細菌数，大腸菌群を主とする検査を実施した。水の細菌検査は年毎に件数は漸減している。その他，行政機関や企業からの依頼によって，食品及び薬品48件について細菌検査を実施した。

1・3 臨床検査

臨床検査 196件はすべて公衆衛生課事業の行政検査で，依頼による検査はなかった。

〔**梯川流域住民健康調査**〕：昭和49年度から実施されている公衆衛生課事業の小松市梯川流域のカドミウム汚染地区の住民を対象とした健康調査（スクリーニング検査）で，腎尿細管機能に障害が認められた人については，毎年その経過観察のための調査(管理検診)を実施している。本年度も，昭和53年度石川県環境保健調査委員会の総合判定により，要専門管理，要生活指導又は要経過観察に判定された77人を対象に調査を実施した。なお，昭和54年度中に死亡した４人のうち１人はA検診のみを受診，他の３人はA，B両検診とも受けていない。A検診は，６月４日に行い58人（６月５日受付の３人を含む）が受診した。B検診は，９月21日，22日の両日にあたり58人が受診した。

A検診は24時間尿58検体につき14項目（うち当科では10項目），B検診は早朝尿58検体につき13項目（うち当科で12項目），２時間尿40検体につき９項目（うち当科で７項目），血液40検体につき11項目（うち当科で８項目）の検査を行った。検査の項目については表６に示した。

2 ウイルス科

ウイルス科では，感染症の病原体のうち，ウイルス，クラミジア，リケッチア，マイコプラスマに関する調査，研究及び検査並びに細菌，スピロヘータ（主として梅毒トレポネーマ）の血清反応に関する検査を分掌している。

ウイルス検査：調査研究としては，昭和47年度から継続して実施している「小児のウイルス性呼吸器疾患の病因研究」に取組み，小児のかぜの病因ウイルスの流行状況の解明を行い，昭和54年４月から昭和55年３月にかけて８種のウイルスの流行を確認した。この間，インフルエンザウイルスA型２亜型とB型の同時混合流行と言う珍しい事例に遭遇した。

委託調査としては，例年どおり，日本脳炎流行予測調査の屠場豚血中日本脳炎 HI 抗体保有調査（厚生省委託）とインフルエンザの流行予測調査（厚生省委託）並びに定点観測（県公衆衛生課事業）を実施した。日本脳炎流行予測調査では，本年度も屠場豚の日本脳炎HI 抗体保有率が50%を越え（９月），前年度同様日本脳炎ウイルス汚染推定地区の指定を受けた。また，この時期と一致して１人の日本脳炎患者が発生し，この調査の有用性が示された。インフルエンザの流行予測調査並びに定点観測調査では，前年度とは異なり，感受性調査は行わず，感染源調査のみを実施した。この調査では，１月以降のインフルエンザの流行に先駆けて，A（H３）型及びB型のウイルスの検出が行われ，この調査が流行の予測に役立つことが示された。

試験検査では，民間検査機関でもウイルス血清反応検査を実施し始めたこともあって，一般依頼検査のウイルス血清反応検査件数は，12,143件と前年度比８%減となった。この傾向はここ２年間続いており，県内の民間検査機関でも新たにウイルス血清反応を実施しようとする動きがあり，来年度以降は更に大きく減少するものと思われる。行政検査としての伝染病発生時検査は，集団かぜに関する検査を春に７施設分103件，冬に13施設分 373件，集団発疹症に関しては１施設分134件のウイルス分離，血清反応検査を，また，日本脳炎患者発生に伴う検査は，ウイルス血清反応１件を実施した。その結果，集団かぜに関しては，春の病因ウイルスがインフルエンザA(H1)型ウイルスであること，冬ではインフルエンザウイルスの３つの型，A(H1型)型，A(H３)型，B型が病因ウイルスとなった複雑な流行であったことを確認した。しかし，集団かぜ発生例のうち５施設分がウイルス分離，血清学的検査共に陰性で病因は不明であった。また，集団発疹症でも，検査結果はすべて陰性で病因不明に終った。日本脳炎患者発生に伴う検査では，血清学的に真性患者であることが確認された。

血清検査：病院からの依頼検査（ウイダール反応）27件，保健所依頼の行政検査（TPHA 試験，ASLO 価測定，ウイダール反応）を53件実施した。

なお，当科で本年度実施した試験検査件数は，行政検査が 2,139件（ウイルス検査 2,086件，血清検査53件），依頼検査が12,202件（ウイルス検査12,175件，血清検査27件），計14,341件であった。

そのほか，県内の民間検査機関である太陽厚生科学研究所から，技術職員１人がウイルス血清反応検査技術修得のため，５月～８月と１月～３月に研修のため

来所した。（科長：梶）

2・1　調査研究

(1)　「小児のウイルス性呼吸器疾患の病因研究」（継続）

小児の「かぜ」の病因ウイルスを検出し，その流行状況を知る目的で，昭和47年度から継続して，かぜ患者の咽頭ぬぐい液からのウイルス分離を実施している。本年度も金沢赤十字病院小児科の協力を得て，同科に受診したかぜ患児 510人を対象とし，２代アフリカミドリサル腎（AGMK）細胞並びに継代細胞株であるVERO，HEp-２，MDCK細胞の４細胞系を，また，必要に応じては更にふ化鶏卵を用いてウイルス分離を行い，135株のウイルスを分離した。その内訳は，インフルエンザ（A(H1)，A（H３），B型）27株，パラインフルエンザ（１～３型）24株，ムンプス３株，アデノ（１～６型）44株，RS １株，ポリオ（１型）３株，コクサッキーB（１，２，４型）18株，エコー（６，14，21型）14株，エンテロ71型１株であった。最も多く分離されたウイルスはアデノ４型の18株，次いでインフルエンザA（H1）型12株，パラインフルエンザ３型11株，コクサッキーB１型10株であった。同一人から重復して分離された例は２例（アデノ３型とエコー21型，アデノ３型とコクサッキーB１型）あった。また，時期的にまとまって分離され，流行があったと推定されたのは，４月から６月のパラインフルエンザ３型，８月から11月のコクサッキーB１型，10月から12月のパラインフルエンザ１，２型，１月から３月のアデノ４型，２月から３月のインフルエンザA（H１），A（H３），B型の各ウイルスであった。なお，本調査の詳細は別項に掲載した。（担当：木村，梶，尾西，佐藤）

(2)　「屠場豚血中の日本脳炎HI抗体保有調査」（厚生省委託事業）（継続）

昭和54年７月から９月の３カ月間，計８回にわたり，輪島保健所管内の奥能登牛肉処理加工場及び小松保健所管内の小松屠畜場で屠殺された生後８カ月以内の豚 240頭（輪島 160頭，小松80頭）の血中日本脳炎HI抗体保有状況について調査を実施した。その結果，抗体価１：10以上の陽性豚の出現は７月下旬からみられ，調査期間中の総陽性頭数は77頭であった。HI抗体保有率の推移は，８月下旬に保有率が上昇し，９月上旬から調査終了の９月下旬まで50%以上を保ち，昨年度に引き続き本年度も日本脳炎ウイルス汚染推定地区の指定を受けた。また，新鮮感染の指標となる２ME感受性抗体の保有豚の出現が，８月下旬と９月上旬にみられたが，この時期はHI抗体の保有率の上昇期と一致し，日本脳炎患者発生の可能性があることを予測させた。この予測は，現実に９月上旬における日本脳炎患者の発生となってあらわれ，本調査の有用性を示した。なお，本年度得られた成績は，資料として別項に掲載した。（担当：梶，尾西，佐藤，木村）

(3)　「インフルエンザ流行予測調査」（厚生省委託事業）並びに「インフルエンザ定点観測調査」（公衆衛生課事業）（継続）

感染源調査（インフルエンザウイルスの分離）：昭和54年７月から昭和55年３月まで，金沢，小松，七尾の３地区で採取されたインフルエンザ様患者の咽頭ぬぐい液211件につき，ふ化鶏卵，MDCK細胞を用いてインフルエンザウイルス分離を行った。その結果，A（H１）型ウイルスは，七尾，金沢地区で２月と３月に13株分離されたが，集団かぜからの分離が１月と，逆に１カ月程度の遅れがみられた。A（H３）型ウイルスは，この調査では最も早く12月下旬に金沢地区で分離され，以降３月までに金沢，小松地区で16株分離された。集団発生より２カ月早く分離されたが，国立予防衛生研究所での抗原分析結果からは昭和52年分離株と構造が似かよっていることから大きな流行にはならないことが予想された。B型ウイルスは２月，３月に金沢地区で６株分離されており，集団発生の初発も２月と，ほぼ同時であった。

感染源調査（対血清のインフルエンザHI抗体価測定）：昭和54年７月から昭和55年３月まで，金沢，小松，七尾の３地区で採血されたインフルエンザ様患者の対血清について，本年度ワクチン株のA/USSR/92/77（H１N１），A/福島/103/78（H１N１），B/神奈川/3/76 の３株とブタ型インフルエンザの A/NJ/8/76（X-53）（HswlNl）株を抗原として，HI 抗体価を測定した。また，12月末にインフルエンザA（H３）型ウイルスが分離されたことから，同じ型である前年度ワクチン株のA/山梨/2/77（H３N２）をも抗原に加え使用した。調査対象となった人数 102人のうち，対血清の得られた90人について調査を行った。最初に抗体の有意上昇が認められたのは，１月の金沢地区でのA/山梨に対してであった。また，A/USSR とB/神奈川に対する抗体の有意上昇例は，いずれも２月に入ってからであった。A/福島に対しては，抗原的にA/USSRに類似していることから，A/USSRの有意上昇例にのみ抗体の上昇を認めた。また，A/NJ に対する

表 7　　ウイルス行政検査の内訳

事業名		検査内容	件数	依頼先
日本脳炎流行予測	感染源調査	豚血中 HI 抗体価測定	314	厚生省，公衆衛生課
インフルエンザ流行予測	感染源調査	ウイルス分離	72	厚生省，公衆衛生課
		HI 抗体価測定	360	
インフルエンザ定点観測	感染源調査	ウイルス分離	149	公衆衛生課
		HI 抗体価測定	695	
伝染病発生時検査	集団かぜ	ウイルス分離	85	公衆衛生課，保健所
		HI 抗体価測定	288	
	集団発疹症	ウイルス分離	50	
		HI，CF抗体価測定	72	
	日本脳炎	HI 抗体価測定	1	
計			2,086	

有意上昇例は１例も検出されなかった。なお，本調査における抗体の有意上昇例は，A/USSR，A/福島に１人，A/山梨に10人，B/神奈川に３人の計14人あった。本調査の今年度得られた成績は，資料として別項に掲載した。（担当：梶，尾西，佐藤，木村）

2・2　ウイルス検査

検査件数は14,261件（前年度比８％減）で，そのうち行政検査は15％にあたる 2,086件（前年度比増減なし），依頼検査は85％にあたる12,175件（前年度比８％減）であった。

2・2・1　行政検査

行政検査 2,086件の内訳を表７に示した。事業はいずれも公衆衛生課を窓口としたもので，厚生省が委託して行う伝染病流行予測調査は，本年は日本脳炎とインフルエンザを対象とした感染源調査で，日本脳炎314件，インフルエンザ432件であった。また，公衆衛生課事業であるインフルエンザ定点観測（844件）や伝染病発生時検査（448件）についても全面的に協力した。伝染病発生時検査は，春と冬の集団かぜ，12月末に発生した集団発疹症及び９月上旬の日本脳炎患者の血清学的検査で，ここ数年発生のあった集団嘔吐下痢症は，本年度は発生がなかった。

〔**集団かぜ**〕：昭和54年４月から６月初めにかけて，主に能登地区で集団かぜの発生がみられた。発生施設数は37で，このうち当科へは８施設の学童，生徒の咽頭ぬぐい液と対血清の送付があり，インフルエンザウイルス分離（ふ化鶏卵，MDCK細胞を使用）と抗体価測定（抗原：A/USSR（H1），B/神奈川を使用）を行った。その結果，８施設中６施設の患者ぬぐい液からインフルエンザA（H1）型ウイルス17株が分離され，対血清では７施設31人にA/USSRに対する抗体の有意上昇が認められ，この流行はインフルエンザA（H1）型ウイルスによることが確認された。しかし，金沢市の野田中学校で５月に発生した集団かぜは，ウイルス分離及び抗体価測定の結果はすべて陰性で，インフルエンザによるものではなかった。

インフルエンザの流行期に入った昭和55年１月から２月にかけては，集団かぜは県下一円に発生し，発生施設数は 118に上った。このうち当科に検査依頼のあったのは13施設分で，ウイルス分離60件，抗体価測定220件を実施した。ウイルス分離は春の場合と同じ方法で行ったが，抗体価測定には，更に抗原として，本年度ワクチン株の一つであるA/福島（H1），ブタ型インフルエンザの A/NJ（H1），また，インフルエンザ流行予測調査でインフルエンザ A（H３）型ウイルスが分離されたことから，A（H３）型のA/山梨を追加して検査を行った。その結果，インフルエンザウイルスは７施設23人の咽頭ぬぐい液から分離され，抗体価測定では６施設25人の対血清でインフルエンザウイルスに対する抗体の有意上昇が確認された。分離ウイルスの型は，A（H1）型６施設19株，B型１施設４株であり，抗体価の有意上昇は A/USSR，A/福島に対し７施設24人，A/山梨に対し１施設２人，A/NJに対し５施設７人あった。検査結果からインフルエンザが否定された施設は４施設，A（H1）型流行が確認されたのが７施設，B型の流行が確認されたのが１施設，A

表 8　　ウイルス依頼検査の内訳

検査	件数	備考
ウイルス分離	32	確認1例（サイトメガロウイルス）
ウイルス血清反応　HI試験	3,995	抗体価有意上昇　48例
〃　CF試験	8,148	〃　114例
計	12,175	

（H1）型とA（H3）型の混合流行と思われる例が1施設あった。A/NJに対し有意上昇した例は赤血球凝集素の型がA（H1）型と同じグループとされることから，共通抗原に対する交差反応であったと理解される。このように，本年度冬期におけるインフルエンザの流行は例年になく複雑で，3つの型のウイルスの同時混合流行という珍しい様相を呈した。詳細を別項に掲載した。

〔**集団発疹症**〕：昭和54年12月24日，小松保健所管内の第2石川整肢学園で発生した猩紅熱様の発疹性疾患について，ウイルス検査が依頼された。送付された同園の健康者と患者の咽頭ぬぐい液50件について，AGMK，VERO，HEp-2，MDCKの4細胞系を用いウイルス分離を，また，患児3人の対血清と10人の単血清について，麻疹，風疹，アデノ3型，単純ヘルペス1型，コクサッキーA9，16型の6種類のウイルスを抗原として，HI並びにCF試験を実施した。結果はすべて陰性で，ウイルス感染によるものかどうかは不明に終った。

〔**日本脳炎**〕：昭和54年度9月上旬，能登地区で日本脳炎様患者の発生が1人あり，その対血清について抗体価測定を行ったところ，日本脳炎ウイルスに対する抗体価の有意な上昇を認め，真性患者であることが確認された。本年度における日本脳炎患者の発生は，この1人のみであった。

2・2・2　依頼検査

依頼検査12,175件の内訳は，ウイルス分離32件，ウイルス血清反応（抗体価測定）12,143件で，その内訳は表8に示した。前年度比で8％の減少となったが，その原因は民間検査機関でのウイルス検査実施によるものと思われ，今後この傾向は更に強まることが予想される。

〔**ウイルス分離**〕：ウイルス分離材料は主として髄液で，ほかに咽頭ぬぐい液，喀痰等であった（表9）。これらの検体につき，AGMK，VERO，HEp-2，MDCKの4細胞系，また必要に応じてふ化鶏卵，螢光抗体法を併用し，ウイルスの検出を行った。ウイルス分離32件のうち，ウイルスが確認されたのは，螢光抗体法による脳剖検材料のスタンプ標本におけるサイトメガロウイルスのみで，他はすべて分離陰性であった。

表 9
ウイルス分離（依頼検査）検体の内訳

検体名	件数
髄液	16
咽頭ぬぐい液	4
喀痰	3
血清	2
糞便	2
耳下腺浸出液	1
水疱内容液	1
脳剖検材料	1
口唇痂皮	1
心膜内液	1
計	32

〔**ウイルス血清反応**〕：抗体価測定を依頼された検体は，大部分が血清で，ほかに髄液，心のう液があった。常時検査を実施している30項目（HI試験10項目，CF試験20項目，項目は表10参照）以外にも検査希望があり測定を行ったのは，ムンプス，コクサッキーA5，6，7，10，16型，エンテロ71型，オーム病の8項目のCF試験である。項目別で最も依頼の多かったのは風疹（HI）の668件，次いでマイコプラスマ(CF)615件，インフルエンザA（HI）599件，コクサッキーA9（CF）598件，逆に常時実施項目で最も依頼が少なかった項目は，日本脳炎（HI）とポリオ3（CF）の各々165件，次いで麻疹（CF）167件，ポリオ2（CF）169件の順であった。実施したウイルス血清反応検査

表 10　ウイルス血清反応の月別・項目別依頼件数

検査項目(試験)	昭和54年 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	昭和55年 1月	2月	3月	計
インフルエンザA (HI)	39	56	36	46	62	31	62	61	33	43	70	60	599
〃 B (HI)	37	44	34	38	50	19	52	51	24	35	57	57	498
パラインフルエンザ1 (HI)	30	26	17	27	42	19	42	43	22	32	50	46	396
〃 2 (HI)	20	13	13	14	27	11	30	28	15	24	38	34	267
〃 3 (HI)	23	13	13	15	26	11	31	28	15	23	39	36	273
〃 4 (HI)	19	12	13	10	24	11	25	24	12	21	34	30	235
ムンプス (HI)	46	44	36	53	59	35	48	54	29	32	43	49	528
〃 (CF)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
麻疹 (HI)	23	30	21	38	41	27	31	36	17	25	40	36	365
〃 (CF)	13	11	13	12	19	12	7	19	5	19	24	13	167
風疹 (HI)	42	70	52	66	71	48	63	60	30	35	69	62	668
〃 (CF)	16	21	29	29	23	17	23	32	13	21	34	23	281
日本脳炎 (HI)	15	14	5	5	29	11	10	18	8	14	18	18	165
アデノ3 (CF)	41	43	36	52	64	42	59	64	34	45	58	55	593
単純疱疹1 (CF)	35	60	50	59	60	42	47	63	38	48	70	53	625
水痘・帯状疱疹 (CF)	44	55	58	54	51	52	38	40	21	37	47	30	527
サイトメガロ (CF)	46	36	37	56	56	44	42	55	31	42	57	50	552
RS (CF)	31	18	13	27	38	27	31	36	14	26	37	27	325
ポリオ1 (CF)	20	26	8	21	20	16	26	29	11	19	29	14	239
〃 2 (CF)	13	16	6	13	16	9	16	19	9	17	22	13	169
〃 3 (CF)	13	16	6	13	16	9	16	16	9	17	21	13	165
コクサッキーA 4 (CF)	34	33	26	50	62	31	43	53	42	32	48	41	495
〃 7 (CF)	10	12	5	17	21	11	11	11	2	1	2	10	113
〃 9 (CF)	38	48	31	66	60	37	56	60	37	45	63	57	598
〃 ほか* (CF)	0	0	3	0	4	0	0	0	5	0	1	0	13
コクサッキーB 2 (CF)	33	33	30	48	46	31	51	52	36	43	60	48	511
〃 3 (CF)	22	18	22	32	35	17	33	36	30	33	43	32	353
〃 4 (CF)	23	18	22	29	32	18	36	36	31	34	44	33	356
〃 5 (CF)	28	22	25	33	33	18	33	35	30	33	42	32	364
エコー 3 (CF)	20	13	19	34	48	31	53	47	28	39	55	56	443
〃 6 (CF)	20	12	19	18	28	16	30	27	22	27	36	29	284
〃 9 (CF)	33	36	28	33	29	18	30	28	25	28	35	29	352
マイコプラスマ (CF)	36	52	34	50	55	40	47	74	45	56	65	61	615
その他** (CF)	0	0	3	0	3	0	1	0	0	0	1	0	8
計	863	921	763	1,058	1,250	761	1,124	1,235	723	946	1,352	1,147	12,143

＊ コクサッキーA-5, 6, 10, 16型　＊＊ エンテロ71型, おうむ病

表 11　　ウイルス血清反応の成績から血清学的に罹患を推測できた例数

検査項目	単一血清での診断基準値 *	対血清で有意上昇があった例数	単血清で診断基準値以上の例数	検査件数
インフルエンザ (HI)	1,024	5	14	1,097
パラインフルエンザ 1 (HI)	256	0	0	396
〃 2 (HI)	512	1	1	267
〃 3 (HI)	1,024	1	4	273
〃 4 (HI)	128	1	3	235
ムンプス (HI)	64	22	21	528
麻疹 (HI)	128	6	30	365
〃 (CF)	16	6	14	167
風疹 (HI)	512	11	28	668
〃 (CF)	8	8	28	281
日本脳炎 (HI)	160	1	1	165
アデノ (CF)	16	2	12	593
単純疱疹 (CF)	32	14	77	625
水痘・帯状疱疹 (CF)	32	32	100	527
サイトメガロ (CF)	128	13	36	552
RS (CF)	16	5	8	325
ポリオ (CF)	16	0	0	573
コクサッキー A (CF)	16	4	1	1,219
コクサッキー B (CF)	16	4	44	1,584
エコー (CF)	16	5	6	1,079
マイコプラスマ (CF)	32	21	64	615
計		162	492	12,134

＊ 本文参照

は，HI試験 3,995件，CF試験 8,148件，計12,175件で，その月別，項目別受付状況を表10に示した。

このうち，対血清の抗体価測定で，回復期血清の価が急性期血清の価の4倍以上となり，血清学的にウイルス感染若しくは再活性化を疑える有意上昇例は，HI試験で48例，CF試験で 114例あった。その内訳は表11に示したとおりで，例数が多かったのは，水痘の32例，ムンプスの22例，マイコプラスマの21例であった。

一方，当所へ過去7年間に検査依頼のあった HI試験，CF試験のうち，回復期に4倍以上の抗体価上昇を示した 3,600件をもとに，任意の時期に採血された単一血清でも当該ウイルスによる感染若しくは再活性化を疑える抗体価を設定できないかどうかを検討した結果，単一血清でもほぼ確実に診断してよい基準値を得て（その経過は別項に掲載した），第22回日本感染症学会中日本地方会に発表した（昭和54年11月24日，石川県内灘町）。その診断基準値は表11に示したとおりで，HI 試験では，インフルエンザ，パラインフルエンザ3が 1,024，パラインフルエンザ2，風疹は512，パラインフルエンザ1は 256，日本脳炎は 160，パラインフルエンザ4，麻疹は 128，ムンプスは64であった。また CF 試験では，サイトメガロが 128，単純疱疹，水痘・帯状疱疹，マイコプラスマは32，麻疹，アデノ，RS，腸内ウイルスでは16，風疹は8となった。本年度依頼された件数のうち，該当する12,105件について，この基準値以上の抗体価を示し，感染若しくは再活性化を疑えた例数は 492例，4％弱にみられ

表 12　血清行政検査内訳

検査項目	依頼先	対象者	検査件数	備考
TPHA試験	輪島保健所	妊婦	11	6例陽性
	津幡保健所	成年健康調査	9	
	松任保健所	成年健康調査	1	陽性
ASLO価測定	小松保健所	猩紅熱様疾患患者	16	
ウィダール反応	津幡保健所	チフス患者家族，接触者	16	

た。例数の多かったのは水痘の 100例，単純疱疹の77例，マイコプラスマの64例で，ほかに風疹，麻疹，コクサッキーB，サイトメガロなどがあった。ポリオ，パラインフルエンザ1型には基準値をこえる抗体価はなかった（表11)。

2・3　血清検査

本年度実施した血清検査は，行政検査53件，依頼検査27件の計80件であった。

2・3・1　行政検査

昨年度の行政検査は TPHA 試験 33 件のみであったが，本年度は TPHA 試験のほかに ASLO価測定16件，ウイダール反応16件が加わった。依頼先，対象などは表12に示した。

TPHA試験は保健所での STS 2 法のスクリーニングで，1法以上陽性になった検体について，当科が送付を受けて実施したもので，TPHA 陽性例は妊婦に 6 例，成年健康調査対象者に 1 例あった。

ASLO 価測定は，昭和54年12月，小松保健所管内の児童福祉施設で集団発生した猩紅熱様疾患の検索に伴なうもので，対血清 3 組を含む16検体について抗体価測定を実施したが，いずれも 12 ～ 166 Todd 単位であり，また対血清でも抗体価の有意上昇は認られず，原因は不明に終った。

ウイダール反応は，昭和54年12月から翌年 1 月にかけて，津幡保健所管内で発生した腸チフスとの関連で，患者家族，接触者を対象に検査を行ったものであるが，被検血清はいずれも抗体価が極めて低く，感染を疑えなかった。

2・3・2　依頼検査

依頼検査は27件であり，昨年度の 4 件よりは増加したものの，依頼先は昨年度同様，すべて金沢市内の 1 病院から依頼されたもので，項目はウイダール反応のみであった。

食品薬品部事業概況

めざましい科学の進歩はより多くの利点を人間にもたらした反面，自然の破壊や自然性の後退をもたらしたことはいなめない。最近行政面をはじめとして，いろいろな点でのこれら見直しが迫られており，漢方や東洋医学に対する関心のたかまり，環境汚染物質への関心のたかまりなどもその一面の現れであろう。

現在は情報社会とも云われ，一方今朝とれた食品がその日のうちに遠く離れた都会で摂食され，又その鮮度が問われるなど，めまぐるしい生活様式の変化，生活水準の高揚にあいまって，消費者自身の感覚や従来の知識のみでは判断しにくくなってきたことなどと，いろいろむづかしい点はあるにしても，これら諸問題に対応する行政面での後退は許されない。当食品薬品部としてもより豊かな県民生活をめざしての調査と研究を進め，これら諸問題を抱える食品衛生，薬事衛生両面の技術的な中核として努力を重ねているところである。

昭和54年度における当部概況として，組織については前小坂部長が退職され，後任には，西木雅美前環境部規制指導課長補佐が着任し，食品第二科長として土肥技師が昇格したほかは人員の補充もなく，薬品科長は部長兼務にとどまった。

調査研究については，「フグ卵巣加工品における毒力の消長について」，「食品保蔵に関する組織化学的研究」，「医薬品製剤の品質とその安定性に関する研究」等の継続研究をはじめとして，日常品としての使用される浴用剤の「浴用剤の酵素について」の調査研究，環境汚染物質由来の重金属や農薬についての「バイ貝及びスルメイカ肝臓中の重金属の化学形態に関する研究」，「野生鳥類に対する有機リン系農薬の影響に関する基礎調査」など，人体に及ぼす直接・間接的な因子に対する調査研究を進めている。一方各種の学会，協議会に積極的に参加し研究発表を行うとともに知識，技術の研鑽に努めているところである。

行政試験については，本年度から新規事業として実施された輸入食品収去試験及び野生鳥類に対する農薬影響調査をはじめとして，例年実施される各種食品衛生一斉取締り試験，牛乳・野菜類残留農薬試験，魚介類中の水銀・PCB試験，医薬品等一斉取締り試験など，いづれも行政面での目標は達成し得たものと考える。

なお，これら調査研究及び行政試験の内容等については，各科別に後述することとする。　（部長：西木）

1　食品第1科

一言に食品，添加物，器具・容器包装関係の業務と云っても，その内容は個々に規格基準や成分規格のある食品，器具・容器包装の試験から，そうした成分規格等のない栄養素等を主目的とする分析業務あるいは微量有害元素の検索，更には異物，偽和食品の判別から食中毒原因物質の究明に至るまでの非常に広範囲の業務となっている。

近年のめざましい食品加工技術の進歩と共に，その保蔵性をも含め食品の包装形態の多様化は急ピッチで進展しており，多種多様の形態の食品が出現している。

こうした食品の多様化一食生活の豊かさと共に，一方では食品の安全性等にかかる新たな問題が次々に提起されている。食品事故の未然の予知と防止により，より安全な食品を消費者に提供するためにも，こうした新らしい時代の流れを的確にとらえた広範，多岐な施策の展開が強く要求されているところである。

従来から行政依頼の食品試験を主業務とする本科にあっても，近年漸増の一途にある毒性試験業務等を含め，時流に即応できる最新の試験検査体制の整備をめざして微力ながらも努力を重ねてきている。

（科長：神崎）

1・1　調査研究

(1)　**「フグ卵巣加工品における毒力の消長」**（継続）（環境衛生課依頼事業）

昭和52年度から3か年計画でフグ卵巣漬け込み品について，毒力の推移を調査してきた。本年度でこの調査は一応終了するが，最終的には委託加工の塩蔵品69件，ぬか漬品63件及び市販品20件の計152件について実施した。毒力については漬け込み後ほぼ一年で橋本らの報文（日水誌 16，338，1951）にもみられる毒の平均化（毒の外部への浸出による卵巣からの消失）に伴う毒力の低下（約80%減少）がみられたが，以後急激な変化はなかった。〔調査成績は環境衛生課に報告済である。〕　（担当：岸原，砺波，泉，神崎）

(2) 「**食品保蔵に関する組織化学的研究**」（継続）

市販の食品の中でも比較的水分量の多い生菓子，魚肉ねり製品等について水分活性（Aw）を測定し，次いでこれらの食品について，デシケーター法を応用して平衡水分量を求めて水分収着等温線を作成した。それぞれの収着等温線を基に BET の多分子吸着理論式等による解析を試みた。最終的にはこれら市販食品の安全保蔵水分量を推定し，現今の添加物対策，さらには食品の包装形態等についても考察を加えてゆきたい。（担当：神崎）

表 1　　食品第一科行政試験の内訳

事業名	対象	試験内容	検体数	試験項目数（不適数）	不適内容	依頼先
春の観光行楽地食品衛生一斉取締り	菓子等観光みやげ品	保，着	46	173		環境衛生課
魚肉ねり製品，食肉製品製造業一斉取締り	かまぼこ，ハムその他	保，着，発，殺	84	275(1)	かまぼこ：法定外色素	〃
清涼飲料水・乳酸菌飲料等一斉取締り	炭酸飲料，はっ酵乳等	保，甘	15	83		〃
夏期食品一斉取締り	魚肉ねり製品，菓子類，そうざいその他	保，着，殺，規，甘，漂，抗酸	94	277		〃
秋の観光行楽地食品衛生一斉取締り	菓子等観光みやげ品	保，着，漂	10	49(2)	まんじゅうの皮 PA 1.62g/kg 1.07g/kg	〃
陶磁器製食器取締り	九谷焼皿等	規格試験	31	217		〃
年末食品一斉取締り	魚肉ねり製品，菓子類，そうざいその他	保，着，殺，甘，漂，防，抗酸	157	449(2)	甘納豆：SO_2 0.11g/kg 京菓子：法定外色素	〃
おもちゃ・折り紙の一斉取締り	風船，折り紙	規格試験	200	508		〃
合成樹脂製容器包装の一斉取締り	合成樹脂製食器紙ナフキン	規格試験	16	83(1)	けい光物質	〃
輸入食品収去試験	ジャム等	保，着，発，防，漂，抗酸	50	135		〃
過酸化水素収去試験	めん類その他	殺	20	20		〃
ふぐ毒調査	ぬか漬品等	毒性，その他	30	150		〃
その他の行政試験	食パン	異物試験	1	5		
	乳飲料（かん入コーヒー）	規格試験	1	5		
	干しふぐ	毒性試験	2	2		〃
	いかの黒作	腐敗試験	3	3(2)	VBN. 127mg% 183mg%	
	まんじゅう(皮)	保	2	2		
計			762	2,436(8)		

注）保：保存料　着：着色料　発：発色剤　甘：甘味料　殺：殺菌料
漂：漂白料　防：防ばい剤　抗酸：酸化防止剤

1・2　試験検査

1・2・1　行政試験

行政試験762件（2,436項目）の内訳は表1のとおりであり，前年度同様すべて環境衛生課事業に基づくものである。

〔食品衛生一斉取締り試験〕：年間を通じて各種の食品衛生一斉取締りが実施されており，これに伴う収去食品等について試験が行われている。本年度から新たに輸入食品の一斉収去試験が加わり，諸外国のジャム，キャンデイー，缶入食肉製品，チーズ等について酸化防止剤等各種添加物のチエックが実施されたが違反例はなかった。またポリスチレン，ポリエチレン系樹脂に対する新規格（厚生省告示第98号）の設定に伴い，県内該当産地からの収去品について規格試験が行われたが不適品はなかった。更に本年度末に入って過酸化水素使用制限に伴う食品の一斉収去試験も実施されたが問題はなかった。

総体的にみて本年度はその他の行政試験を除く総件数720件中6件（0.8%）の不適品が摘発されており，これは前年度15件（1.9%）に比較して減少している。違反例を内容的にみると前年度の保存料ソルビン酸と生あんの残留シアン及びめん類の過酸化水素の過量使用に対して，本年度は万頭の皮に本来使用禁止の保存料プロピオン酸が使われていたことと，京菓子，かまぼこにそれぞれ法定外の色素エオシンの使用例が発見されたことであろう。

〔その他の行政試験〕：食中毒推定原因食として持ち込まれた「いか黒作」から試験の結果多量の揮発性塩基窒素が検出されたが，これは当該食品の包装形態等から推察して販売店での保存状態に多少問題があったようである。その他として干ふぐの毒性試験，食パンの異物試験等があったが異常は認められなかった。

1・2・2　依頼試験

食品製造業者等一般からの依頼試験は，前年度の21件増の275件となっており，その内訳は表2に示した。内容的にみて食品成分試験等従来とあまり変らないが，これまでに全く依頼のなかった異物試験が本年度に10件持ち込まれている。これは味噌中のダニの有無の試験依頼であり，「国民生活センター」での味噌中ダニの検出成績が新聞等に報道されたことによるものであろう。

2　食品第2科

本科は昭和53年度に新設された科であり，科員も3名にとどまっている。現在は環境汚染物質由来の重金属と農薬類を主として担当しているが，最近の産業構造の高度化，複雑化とともに多種多様の食品が出まわって，その生産段階・加工段階での汚染にも巾広いものがあり，また，過去において考えてもみなかったものが次々に汚染源として現われ，それらの予測に難しい面はあるが，それら未知の環境汚染物質に今後とも

表2　食品第一科依頼試験の内訳

試験項目	試験内容	検体数
合成樹脂製器具容器包装の規格試験	厚生省告示第434号試験	1
おもちゃの規格試験	転写紙	1
乳，乳製品規格試験	牛乳等	4
異物試験	みその昆虫	10
理学的測定	pH値測定等	4
定性試験	保存料，着色料，螢光染料等	39
定量試験 簡易なもの	成分分析の水分，灰分等	55
定量試験 複雑なもの	食品添加物の有害金属元素，サッカリン，毒力試験，保存料等	92
ビタミン・アミノ酸	ビタミンA，B_1，B_2，C等	8
高級機器使用		61
計		275

行政面とタイアップし努力と研鑽を積み取り組んで行かねばならぬ科である。従って試験内容は行政試験が主体となり，一般依頼試験はかぞえる程しかない。

他の業務としては「FAO/WHO 合同食品，飼料汚染モニタリング計画」による我が国内における食品汚染モニタリング体制に参画し，昨年度より継続して当所に集積された2,502件に及ぶ各種汚染物質による食品汚染等に関する集計カードを作成し，国立衛生試験所に提供するなど，情報の解析，提供に関する業務活動の一端をになっている。（科長：土肥）

2・1　調査研究

(1)　「バイ貝及びスルメイカ肝臓中の重金属の化学形態に関する研究」(継続)(国立衛生試験所委託研究)

環境汚染物質の動植物体内における存在形態に関する研究の一環として，カドミウム（Cd）を高濃度に蓄積しているバイ貝及びスルメイカ肝臓中の重金属の化学形についての前年度までの研究において，バイ貝肝臓には Cd に対して高い親和性をもつ低分子量糖蛋白が存在し，Cd 結合能は Cu や Hg の共存によって影響されること，またイカ肝臓中の Cd と可溶性蛋白との結合は不安定で，弱酸性，アルカリ性又は EDTA で切れやすいことなどバイ貝肝臓とイカ肝臓の Cd の存在形態の相違点を明らかにしてきた。本年度は①バイ貝肝臓から精製した Cd 結合糖蛋白の糖組成やプロナーゼ消化による Cd 結合性の変化について検討したところ，2つの Cd 結合糖蛋白はガラクトース，マンノース，フコース，アミノ糖等を含み，その糖部分をプロナーゼ消化により除くと Cd に対する親和性が増し結合 Cd 量は減少するという興味ある知見を得た。また，②スルメイカ肝臓より抽出した Cd 含有低分子量成分をゲル沪過や電気泳動法による精製を検討したところ，ペプチド様の弱塩基性物質であることが推察された。さらに③バイ貝及びスルメイカ肝臓の不溶性画分の Cd は界面活性剤 Triton X-100，デオキシコール酸，ドデシル硫酸ナトリウム（SDS）により，この順序で蛋白，リンの可溶化に伴い可溶化され，顆粒部分のリン脂質蛋白と Cd の結合が示唆された。(一部別項掲載)　（担当：土肥，北井，四月朔日）

(2)　「野生鳥類に対する有機リン系農薬の影響に関する基礎調査」(環境保全課依頼事業)

近年，本県において野鳥の衰弱あるいは斃死事故が増加しており，これらの事故が稲の出穂期以後の農薬散布時期と相前後しているものが多いことから，有機リン系，カルバメイト系農薬による亜急性中毒がその事故原因の一つと推察される。鳥類に対するこれら農薬の影響を検討する一つの指標として有機リン系，カルバメイト系農薬の毒作用である体内のコリンエステラーゼの酵素活性阻害について検討するための基礎調査として野鳥やニワトリの血漿，脳，肝臓中のコリンエステラーゼ活性（ChE）の正常値や *in vitro* での有機リン剤の酵素活性阻害濃度について検討した。本年度は鳥類の数や種類が少ないながら，鳥類の ChE の正常値の範囲をほぼ把握できた。また2種の有機リン剤で ChE 阻害力と毒性とのくい違いがみられた。(別項掲載)　（担当：土肥，北井，四月朔日）

2・2　試験検査

2・2・1　行政試験

行政試験210件（1,166項目）の内訳は，表3に示すとおりである。規制指導課事業である環境汚染物質に係る食品試験を主体とし，環境保全課事業の野鳥の農薬影響調査がある。

〔食品の残留農薬〕：県内産の産地が明らかな果実・野菜等33品目90検体について，延べ914項目の試験を実施した。全検体につき有機リン系，有機塩素系農薬は共に不検出もしくは痕跡程度であり，規格不適品はなかった。

牛乳については，年2回県内主要6メーカーの市販乳について試験を実施しているが，β-BHC の最高値で0.003ppm，DDTの最高値で0.002ppm を示し前年同様低濃度に推移している。

〔魚介類の水銀〕：漁獲水域の明確な県内産魚介類22魚種48検体について総水銀の試験を実施した。最高値で 0.11ppm，最低値不検出，平均 0.05ppm を示し暫定的規制値（0.4ppm）を大巾に下まわっている。

〔米のカドミウム〕：農用地土壌汚染対策地域指定の梯川流域産米のうち，倉庫収納米（1号地及び2号地）28検体，農家保有米8検体，白地17検体の合計53検体について試験を実施した。試験結果は表4に示すとおり，最高値 1.83ppm（農家保有米中），最低値では0.07ppm，全体の平均値0.83ppmと高値を示し，規制値 1.0ppm を超えるものが19検体検出された。

1.0ppm を超えた産米については，食品衛生法規格外のため，それぞれ非食用として措置されている。

2・2・2　依頼試験

依頼試験は業務の性質上，例年極めて少なく，本年度は皆無であったが，「さらし粉の水生生物に対する毒性について」の相談が1例あったのみである。

表 3　　食品第二科行政試験の内訳

事業名	対象	試験内容	検体数	試験項目数(不適数)	不適内容	依頼先
果実，野菜等の残留農薬調査	米，果実，野菜，茶その他	残留農薬に係る規格試験	90	914		規制指導課
牛乳の残留農薬調査	牛乳，加工乳	BHC，DDT ディルドリンその他	12	114		〃
魚介類の水銀濃度調査	魚介類	総水銀	48	48		〃
梯川流域産米カドミウム濃度調査	昭和54年産農協倉庫収納米等	Cd に係る米の規格試験	53	53(19)	Cd 濃度 1.0ppm を超えたもの	〃
野鳥農薬影響調査	トビ，ゴイサギアオサギ	コリンエステラーゼ活性	7	37		環境保全課
計			210	1,166(19)		

表 4　　米のカドミウム試験結果

梯川流域産米	件数	最高値	最低値	平均値	1.0ppm 以上
1 号地倉庫米	14	1.42	0.07	0.66	2
2 号地倉庫米	14	1.34	0.28	0.94	7
農家保有米	8	1.83	1.01	1.31	8
白地	17	1.11	0.28	0.66	2
計	53	全体平均 0.83			19

3　薬品科

昭和53年度から薬品科が分科して2カ年，科員は2名と変らず，所内で一番小さい科であるが，最近の医薬品に関する諸問題をみても本科の役割は大きく，医薬品の有効性，安全性をめぐる薬事行政上の問題のみならず，直接医療に結びつくものとして有効成分，剤形や賦形剤，有効期間や使用期限等に係る有効性・安全性の問題が重要視される。これらの重要課題にむけてより以上の充実が望まれるところである。

（科長：部長兼務）

3・1　調査研究

(1)　**「医薬品製剤の品質とその安定性に関する研究—医療用医薬品製剤の品質について」**(継続)

前年度に引き続き，感冒剤，ビタミン製剤及び肝臓疾患用剤等の医療用医薬品59製品（単一製剤：33製品，複合製剤：26製品）について崩壊試験，定量試験に加え重量偏差試験を実施し，その実態を調査した。崩壊試験においてはいづれも問題はなかったが，定量試験においては前年同様，抗生物質のような不安定な薬物では含量低下の傾向，またビタミン製剤においては過剰仕込みの傾向がみられた。重量偏差試験においては29製品中3製品に偏差がそれぞれの平均重量に対する規格（偏差：%）を超えたものがみられ，このことは少ない事例とはいえ製剤の製造時における管理上の問題として，特に主薬含量が少ない製剤などは含量均一性試験によりその品質の検討を加えなければならない。(別項掲載)　　（担当：大西，勝田）

(2)　**「浴用剤の酵素について」**

最近，浴用剤の中に蛋白分解酵素を加えたものが増加してきている。これらの酵素の効能としては，①壊死組織融解除去作用，②創傷部の修復治癒促進作用，

③毛孔拡大による老廃物の除去作用等が考えられる。そこで浴用剤中の酵素試験法を設定するとともに，実際にこのような効果があるものかどうかを知る目的でこの酵素の基礎的な性質をしらべてみた。その結果，Casein を基質として用いる酵素反応と Lowry 法とを組合せることにより，酵素量の規格をチロジン単位で表すことが出来た。また，基質として皮ふの表皮細胞を形成する硬蛋白質の一種である Keratin（角質）及び Collagen を用いた試験では，至適 pH が約9であり浴用剤の pH と一致した。しかし，これらの蛋白質に対する作用は albumin，globulin 等に対する作用より低いことなどがわかった。実際に浴槽内で使用する酵素濃度が極めて低濃度になることを考慮した場合，前記のようないわゆる酵素療法としての効能・効果を期待することは若干問題があるように思われた。
（別項掲載）　　（担当：大西，勝田）

3・2　試験検査

3・2・1　行政試験

行政試験 154 件（267 項目）の内訳は，表5に示したとおりである。前年どおり医薬品等の試験や PCB 試験がその主たるものである。

〔医薬品等一斉取締り試験〕：例年，衛生総務課事業として実施されており，本年度は，医薬品製造業者及び医薬品卸売業者を対象として医療用医薬品40件について崩壊試験・定量試験及び重量偏差試験を実施した。その結果，不適品とみられる製品は，今回は発見されなかった。

〔食品の PCB〕：食品の PCB 調査は昭和46年から実施しているもので，規制指導課の継続事業である。本年度は，魚介類・肉類等6品目67検体について試験を実施したが全般に暫定規制値を大きく下回っており，魚介類では最高 0.1ppm，最低 0.004ppm，平均

表 5　　薬品科行政試験の内訳

事業名	対象	試験内容	検体数	試験項目数（不適数）	不適内容	依頼先
採血業者監視指導取締り	血液比重測定用硫酸銅液	比重検定	35	35（3）		衛生総務課
市販医薬品等一斉取締り	ドリンク剤，ビタミン剤，ホルモン剤，抗生物質，その他医療用医薬品	崩壊試験，定量試験	42	125		〃
洗浄剤取締り	台所用洗浄剤	規格試験	10	40		環境衛生課
食品の PCB 調査	魚介類，肉類，卵，牛乳	PCB	67	67		規制指導課
計			154	267（3）		

表 6　　薬品科依頼試験の内訳

試験項目	試験内容	検体数
器具容器包装の規格試験	医薬品用容器等原材料（合成樹脂）の食品衛生法規格試験等	3
公定書等の規格試験	洗浄剤，注射用蒸留水の規格試験	11
理学的測定	pH 値測定等	112
定性試験	生薬製剤，浴用剤等の成分確認試験，着色料その他試験	67
定量試験 簡易なもの	生薬製剤等の灰分，乾燥減量その他試験	102
定量試験 複雑なもの	解熱鎮痛剤，鎮咳剤，浴用剤等の成分，その他試験	106
高級機器使用		16
計		417

0.03ppm であり，肉類は最高 0.06ppm，最低 0.005 ppm，平均が 0.01ppm であった。鶏卵，牛乳はすべて 0.01ppm 以下であった。

〔台所用洗浄剤〕：毎年2月，県内において市販されている洗浄剤について，食品衛生法規格試験を実施している。本年も10検体について試験を行なったが，すべて規格に適合していた。(環境衛生課依頼)

〔その他の行政試験〕：採血業者の使用する血液比重測定用硫酸銅液について，年7回35件の検定を実施した。うち，2回3件に不適がみられた。また，前年度崩壊試験において不適となった抗生物質製剤別ロット製品の再試験依頼があったが，今回は規格に適合していた。その他としては，エナメル工場において発見された無表示の包装容器中の劇物（ケイフツ化ナトリウム）の確認依頼などがあった。(衛生総務課依頼)

3・2・2　依頼試験

医薬品関係業者等一般からの依頼試験は前年度の298件をやや上回り，約1.4倍の417件をかぞえた。その内訳は表6に示すとおりである。内容としては医薬品製造業者等の製造承認申請にかかる規格及び試験方法の設定に関する試験や成分定量試験のほか，医薬品容器等製造にかかる合成樹脂原材料の品質試験等である。

〔報　文〕

土地利用適性評価のための生態学的アプローチ（第3報）

—— 気象要因をベースとした環境区（ランド・ユニット）の設定 ——

石川県衛生公害研究所環境部　吉田　弘・田嶋隆俊

（本報告の要旨は，第19回大気汚染学会で発表した。昭和53．9．8，札幌市）

1 はじめに

土地利用行為によって生じる環境への影響は，空間的（特定区域内，特定区域外への伝播）にも時間的（同時的，逐次的）にも実にさまざまな形でもたらされる。このため，土地利用適性評価における対象地域については，その評価すべき項目や内容を的確に把握し，適切な地域の範囲を設定しておかねばならない。

この地域の範囲の考え方として，第1報で「地域の自然環境に対して土地利用による影響を適正に評価するために，地域の環境特性から一体的に把握すべき地域の範囲」として"環境区"の概念を述べ，第2報においては河川集水域と沿岸域の生態学的特性をベースとした地域区分（環境区）の設定を行い，水系管理及び沿岸域保全上の課題を述べた。

この報告では，大気の流れ，熱的特性，水分特性，自然植生などの気象要因と気象に密接に関連する要因について検討を加えることにより，石川県を気象特性上ほぼ類似の特徴をもついくつかの地域（環境区）に区分した。区分のスケールは1/20万で，気象学的にメソスケール（メソ気候に相当する地域の範囲）となっている。そしてこれらの地域別の気象特性と大気汚染物質排出量分布との関連から，地域の都市的土地利用を行う際の課題について考察した。

2 環境区設定方法のネットワーク・ダイアグラム

気象要因による環境区設定のためのネットワーク・ダイアグラムを図1に示した。

3 環境区の設定要因

3・1 ベースマップとしての標高図

気象は，山地，丘陵地，台地，低地，湖沼等の比較的規模の小さい地形や高度差，水陸分布などの影響を受ける。特に，標高分布は気象を性格づける主要因の一つと考えられるため，標高図を環境区設定のためのベースマップとした。これを図2に示した。

3・2 大気の流れによる地域区分

大気の流れにより地域区分される地域とは，気流等の作用により同一の風系などの局部的現象をもたらす範囲で，都市的土地利用の面からは大気安定度や混合層高度（大気が混合かくはんされる上限の高さ）も考慮しておく必要がある。しかし，これらの地域の範囲も不変でなく，季節別，月別，昼夜別に変化するダ

Ecological Approach to the Assesment of Suitability for Land Use. 3. Determination of the Environmental Zone (Land Unit) Based on Climatic Factor for Environmental Management and Planning. *by Hiroshi YOSHIDA and Takatoshi TAJIMA (Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

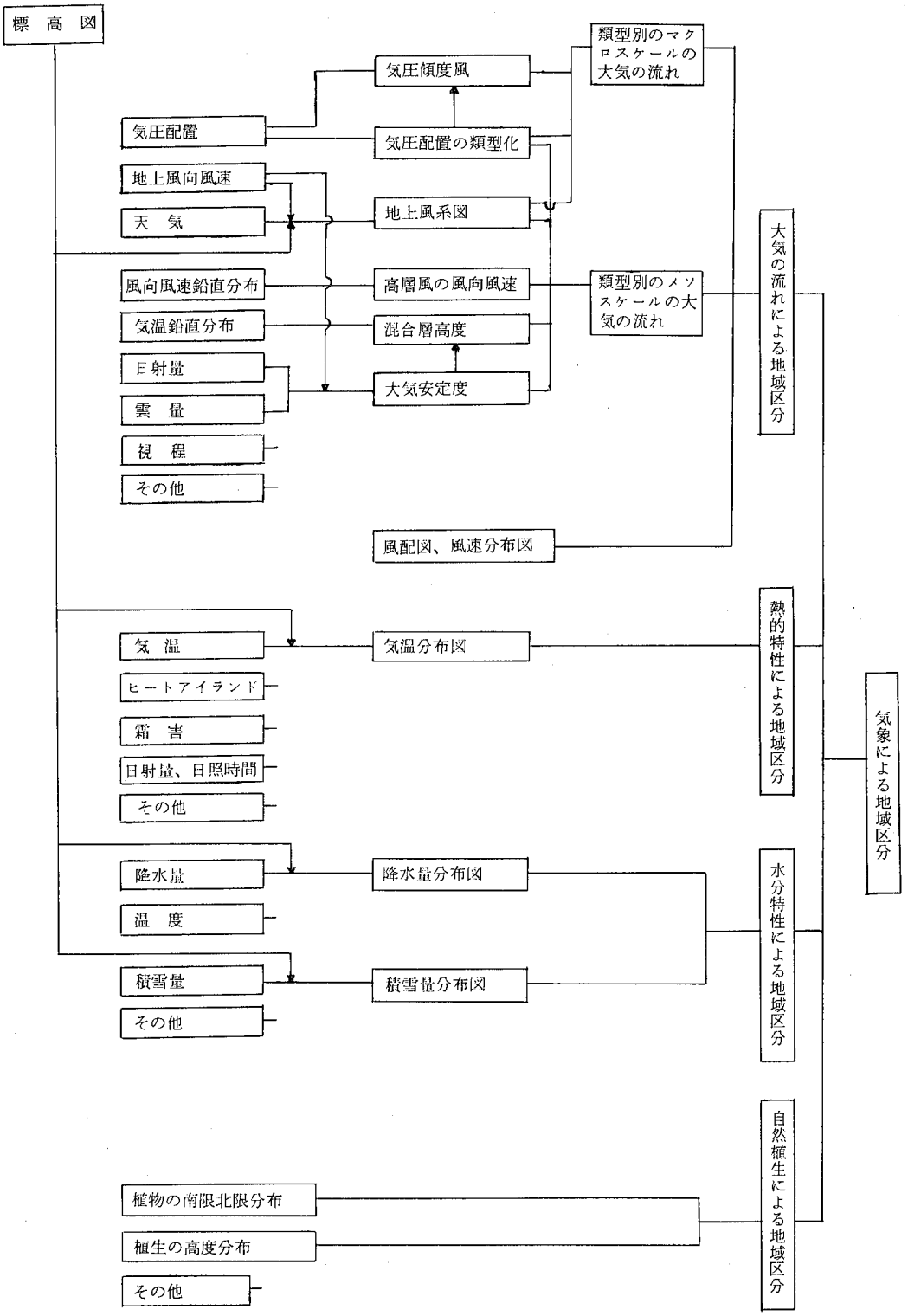


図 1　　環境区設定方法のネットワーク・ダイアグラム

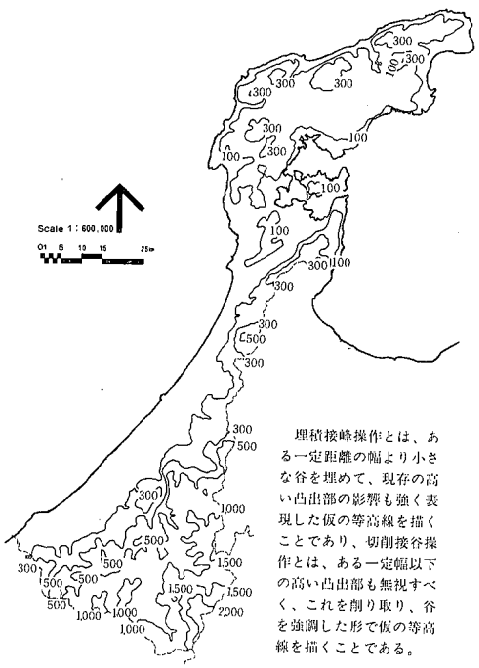


図2　標高図（1 km 埋積接峰＋1 km 切削接谷　単位：m）

イナミックなものと考えられるため，ここでは，気圧配置の型（天気図パターン）で類型化することにより，長いタイムスケールでの大気の流れを把握した。

(1) **気象要素**

（i）気圧配置：大気の流れの状態は，気圧配置の変化に対応して変化するものと考えられるので，気圧配置の型別に地域区分を類型化できる。

気圧配置の分類方法は表1の分類基準[1)]を基礎とし，それぞれの気圧配置からみた場合の石川県の位置特性（例えば，高気圧の後面）を加味した。

表1の分類基準による気圧配置の出現頻度[1)]は表2のとおりである。

（ii）地上風系および高層風：気圧配置ごとの地上風系図を，県内23カ所（金沢気象台，輪島測候所，農業気象観測所8カ所，環境大気測定局13カ所）における9時及び15時の風向風速データに地形を考慮して作成した。

高層風については，大気境界層（地表面の影響を受けて風や気温が高度変化する気層で，地表面から地衡風の高さまでをいう）より上方であって，輪島測候所（高層風観測記録）の風向風速が，金沢市（石川県）

表1　気圧配置の分類基準

I	西高東低（冬型）
II	気圧の谷 a　低気圧が北海道または樺太付近を東進 b　低気圧が日本海を北東進 c　低気圧が台湾から日本の太平洋岸を北東～東北東進 d　2つ玉低気圧，または日本海と太平洋岸に低圧部
III	移動性高気圧 a　日本の北方，または北部を東進 b　日本列島上，主として本州上を東進 c　帯状高気圧 d　日本の太平洋岸または南方を東進
VI	前線 a　日本列島上をほぼ東西に走る，主として停滞性の前線 b　太平洋岸または日本の南方をほぼ東西に走る，主として停滞性の前線
V	南高北低（夏型，原則として北太平洋高気圧が日本列島上を支配している場合）
VI	台風 a　台風が南九州より南方海上にある場合 b　台風が本州およびその接岸地帯にある場合 c　台風が北日本にある場合
VII	その他（例えば移行型，IIIa～IId または中間型）
VIII	結合型（例えば IIa＋IIc，IIId＋IIa など）

表 2　　気圧配置の1941～1970年月別の出現頻度（%）

型＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年合計
I	46.5	35.9	15.1	2.1	0	0	0	0	0.4	6.8	18.8	36.2	13.4
II a	4.2	3.3	4.5	6.6	7.1	3.8	1.2	3.0	5.6	6.0	6.8	4.8	4.7
b	6.3	5.4	7.2	6.8	6.0	5.3	2.4	2.7	7.2	6.1	6.6	7.5	5.8
c	4.8	9.1	10.9	9.7	11.2	5.8	1.3	1.6	2.3	7.0	6.7	5.2	6.3
d	7.0	7.3	6.9	6.3	6.8	3.2	1.1	1.0	2.6	5.6	4.9	7.3	5.0
(II 計)	(22.4)	(25.2)	(29.5)	(29.3)	(31.1)	(18.1)	(5.8)	(8.3)	(17.7)	(24.7)	(24.9)	(24.8)	(21.8)
III a	0.8	1.4	2.5	3.0	3.3	4.1	1.7	2.8	5.2	10.4	5.2	1.8	3.5
b	8.7	12.3	21.1	28.0	22.0	11.6	2.0	3.8	18.0	22.4	23.0	13.2	15.5
c	1.4	1.3	1.8	5.6	6.7	1.4	0.6	1.0	4.7	10.8	5.4	2.7	3.6
d	4.5	7.1	8.6	7.6	5.2	2.2	0.6	0.9	1.2	1.6	3.1	8.3	4.2
(III 計)	(15.4)	(22.1)	(34.0)	(44.1)	(37.2)	(19.3)	(5.1)	(8.4)	(29.1)	(45.2)	(36.8)	(26.0)	(26.9)
IV a	2.8	3.0	1.3	4.4	4.8	18.9	26.3	11.8	12.8	2.0	1.2	1.6	7.6
b	1.9	2.4	2.7	4.6	8.0	25.2	12.3	4.5	10.2	3.3	1.7	1.4	6.5
(IV 計)	(4.7)	(5.3)	(4.0)	(9.0)	(12.8)	(44.1)	(38.6)	(16.3)	(23.0)	(5.4)	(2.9)	(3.0)	(14.1)
V	0	0	0.5	3.1	4.3	6.9	31.2	35.8	7.7	0.3	0	0.2	7.6
VI a	0	0	0	0	0	0.9	4.2	14.7	5.4	3.0	1.3	0.1	2.5
b	0	0	0	0.1	0	0.4	2.6	7.1	4.8	2.6	0.3	0	1.5
c	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	1.0	0.1	0	0	0.1
(VI 計)	(0)	(0)	(0)	(0.1)	(0.1)	(1.3)	(6.9)	(21.9)	(11.2)	(5.7)	(1.7)	(0.1)	(4.1)
VII	9.2	9.8	12.9	10.2	12.6	9.1	11.9	8.9	9.0	9.2	11.7	6.7	(10.1)
VIII	1.8	1.7	4.1	2.0	2.0	1.1	0.5	0.3	1.9	2.8	3.3	2.9	(2.0)

表 3　　日本式大気安定度分類表

地上10mにおける風速U (m/s)	日射量 cal/cm²/h			本曇り (8～18) 本曇りの夜	夜	
	≥50	49～25	≤24		上層雲(10～5) 中・下層雲(7～5)	雲量 (4～0)
＜2	A	A～B	B	D	—	—
2～3	A～B	B	C	D	E	F
3～4	B	B～C	C	D	D	E
4～6	C	C～D	D	D	D	D
＞6	C	D	D	D	D	D

「燃料規制基礎調査に係る気象調査報告書，石川県，昭和48年」，福井市，三国町（福井県）「福井市燃料規制基礎調査報告書（気象調査），日本気象協会福井支部，昭和50年，福井県気象調査報告書（夏の部，春の部），日本気象協会北陸センター，昭和51年，52年」，富山市，高岡市，婦中町（富山県）「大気汚染気象条件調査，富山県，昭和49年，50年」のそれぞれの観測記録の高度別風向風速とほぼ一致する高度の風向風速とした。

(iii) 混合層高度および大気安定度：混合層高度は，実際の気温鉛直分布（輪島測候所，ラジオゾンデ観測記録）と地上気温（農業気象月報）からの乾燥断熱減率曲線との交点の高さとした。日最大混合層高度は，その日の地上最高気温（農業気象月報）を用いて同様に算出した。

大気安定度は，表3の日本式安定度分類表[2]に基づき，風速（環境大気測定局測定データ）と日射量（環境大気測定局測定データ）又は雲量（金沢気象台，地上気象観測日原簿）との組み合わせから求めた。

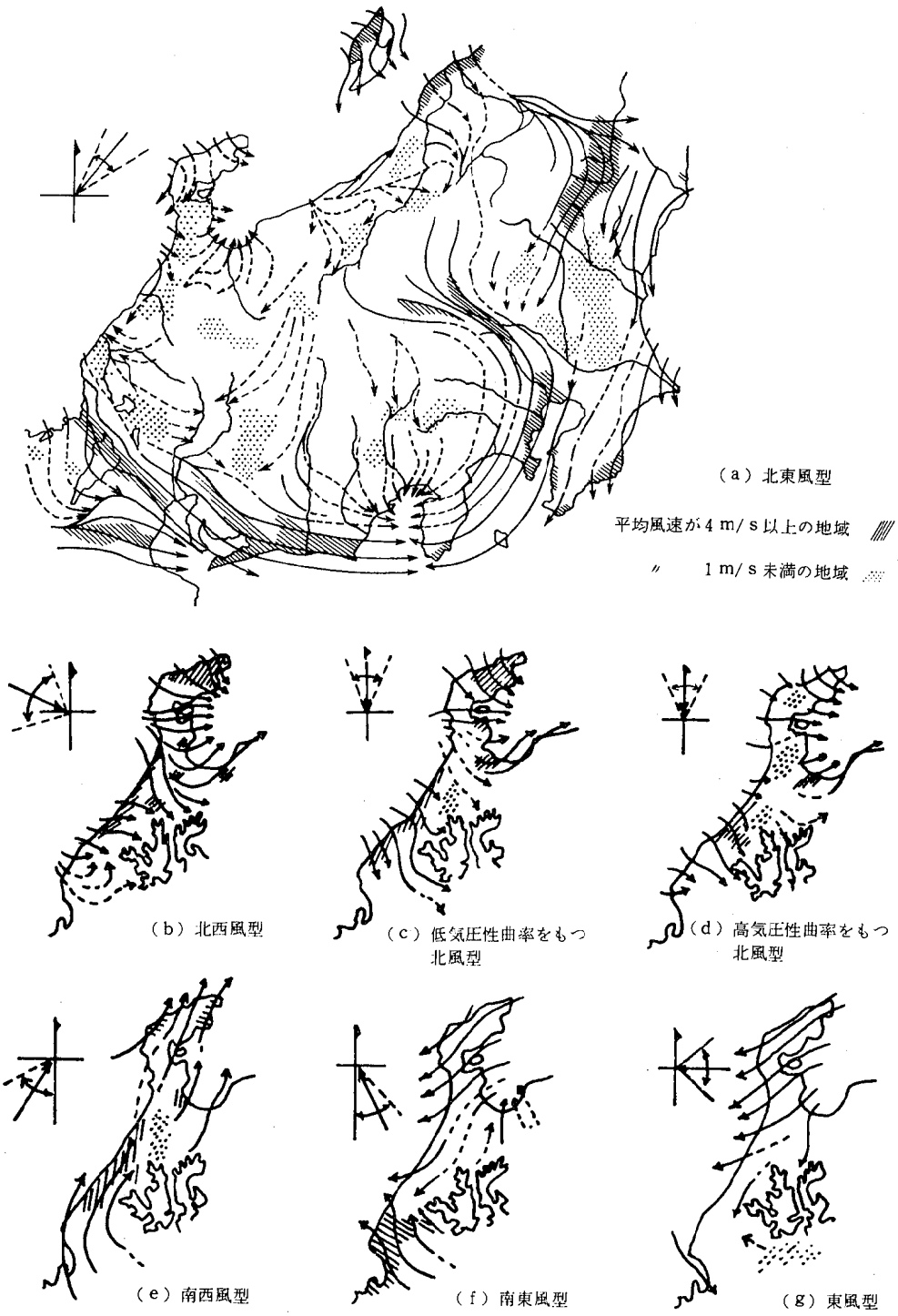


図 3　気圧傾度風の風向別に分類した平均的地上流線図
（地衡風速が10m/sec 以上の日）

(2) 類型別のマクロスケールの大気の流れ

マクロスケールの大気の流れとは，一般風が強く，地上風系が気圧配置と地形の影響を大きく受け，地上の気象学的熱分布がほとんど無視される場合である。

一般風を気圧傾度風として，石川県とその近接地域を含んだ地域における傾度風の風向別の平均的地上流線図[3]を図3に示した。石川県の各地域の地上風系の特徴[4]は以下のとおりである。

(ア) 気圧傾度風が北よりの場合，輪島と金沢の周辺では，北よりの風で風速も大きい。そのほかの各地は，西よりの風となり風速は弱い。

(イ) 気圧傾度風が北東の場合（大平洋岸に低気圧のある場合が多い），輪島と金沢の周辺では，ほぼ北よりの風であるが，九十九湾および七尾湾にのぞむ地方では，西よりの風となる。全般に風速は弱い。

(ウ) 気圧傾度風が東よりの場合，全般に北東の風となり風速は弱い。輪島周辺でやや強い程度である。

(エ) 気圧傾度風が南東の場合，県内ではほとんど南よりの風は吹かず，むしろ北東風となる。しかし，風速は一般に弱く，卓越した風は吹かないと思われる。ときに七尾付近で南東の風が卓越する。

(オ) 気圧傾度風が南西の場合（日本海に低気圧がある場合が多い），全般に南よりの風が卓越する。金沢周辺と能登半島の先端付近で風速が大きい。

(カ) 気圧傾度風が西よりの場合，輪島周辺と金沢周辺では，西よりの風で風速も大きい。内陸部や羽咋付近では，一般に風が弱い。

(キ) 気圧傾度風が北西の場合（冬の季節風の場合が多い），全般に北西の風が卓越し，風速も強く，内陸部まで比較的風が強い。

(3) 類型別のメソスケールの大気の流れ

メソスケールの大気の流れとは，一般風が弱く，海陸風や山谷風等の熱的分布によって生じる局地的な風の流れが顕著となる場合である。

解析は高層気象データが得られた27日間（27例）の特定の気圧配置の型（主に大気汚染が生じやすい日の気象パターン）を対象とし，その日の午前9時の天気図から気圧配置を分類すると表4のとおりである。

このうち，6例についての解析例を示す。例1～5はメソスケール，例6はマクロスケールの解析例である。それぞれの解析例における地上風系と高層風及び風向風速，気温の鉛直分布を図4～図9に示した。

表4　解析対象日の気圧配置分類

季節	データの年月日	気圧配置型	石川県における気圧配置状況
春	49年5月14日	IIa	低気圧が近づく
	52年5月26日	IIb	気圧の谷通過
	49年5月11日，50年5月12日	IIIb	移動性高気圧の中心
	49年5月8日，49年5月13日，52年5月25日	IIIb	移動性高気圧の後面
夏	49年8月6日	IIb	低気圧が近づく
	49年8月1日，49年8月2日，50年8月5日	V	夏型
	50年8月6日	V	夏型で日本海に前線あり
	51年8月11日，51年8月12日	V	夏型で太平洋岸に前線あり
	49年8月9日	V	低気圧が通り去る
秋	49年10月18日	IIa	低気圧が近づく
	49年10月24日	IIIa	移動性高気圧の前面
	49年10月17日	IIIb	移動性高気圧の後面
	49年10月25日	IIIc	帯状高気圧におおわれる
冬	49年2月27日，50年2月27日，50年2月28日	I	冬型
	49年2月28日	I	冬型のくずれ
	50年2月20日	IIb	低気圧通過する
	50年1月31日	IIIb	移動性高気圧の前面
	49年3月1日，50年3月2日	IIIb	移動性高気圧の中心

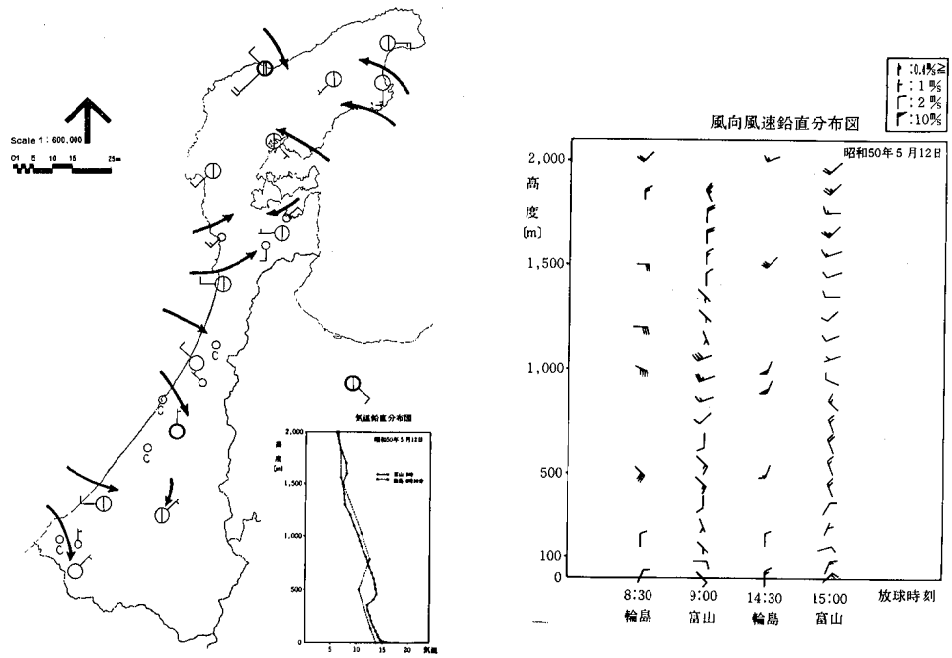


図　4－1　　気圧配置型別の地上風系，高層風（9時）
例1　気圧配置 Ⅲb 型（移動性高気圧の中心，昭和50年5月12日）

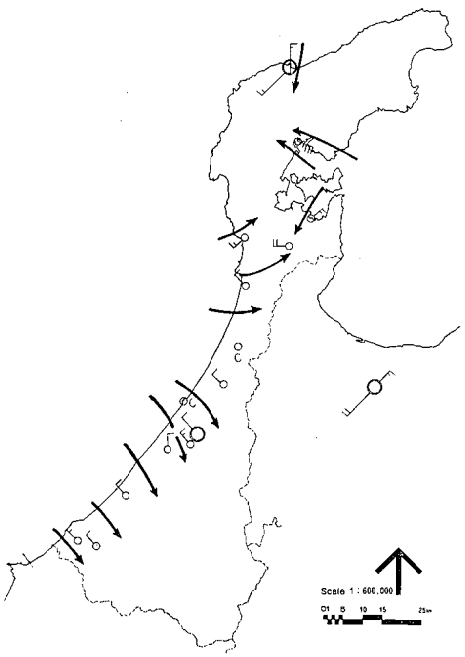


図4－2　　気圧配置型別の地上風系，高層風（15時）
例1　気圧配置 Ⅲb 型（移動性高気圧の中心，昭和50年5月12日）

次に，それぞれの解析例について述べる。

〔例1〕気圧配置 Ⅲb 型（石川県は移動性高気圧の中心。データ日：昭和50年5月12日，図4参照）

高層風（高度2,000m）は，南西の風向で，風速は3～4 m/sec と弱く，高気圧におおわれて気圧傾度が小さく，典型的な海陸風が発達しやすい気象パターンである。地上風系は，9時，15時とも海風で，邑知潟低地帯に風の収束域が生じている。9時の混合層高度は500m前後で，最大混合層高度は，七尾で1,600m程度，その他の地域では1,100m以下である。大気安定度は，9時，15時ともA～BからBである。

〔例2〕気圧配置 V 型（夏型で大平洋岸に前線あり。データ日：昭和51年8月11日，図5参照）

高層風（高度 1,500m）の風向は西で，風速は6 m/sec 以下である。地上風系は海風で，邑知潟低地帯に収束域があり，また，金沢市北部を境にして加賀平野河北地区と加賀平野南部地区の風向が異なっている。9時の混合層高度は，輪島，七尾で 100m 以下，その他の地域では 50m ぐらい，最大混合層高度は1,100m 以下である。大気安定度は，9時にはDで，15時にはA～BからBとなっている。

〔例3〕気圧配置 Ⅲc 型（帯状高気圧におおわれて

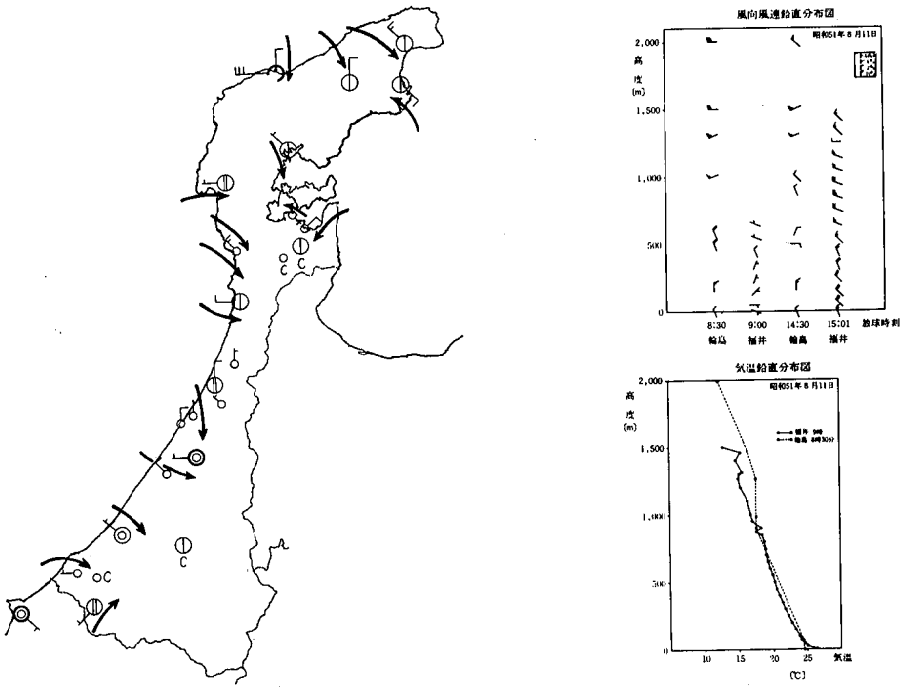


図 5－1　　気圧配置型別の地上風系，高層風（9時）

例3　気圧配置Ⅴ型（夏型で太平洋岸に前線あり，昭和51年8月11日）

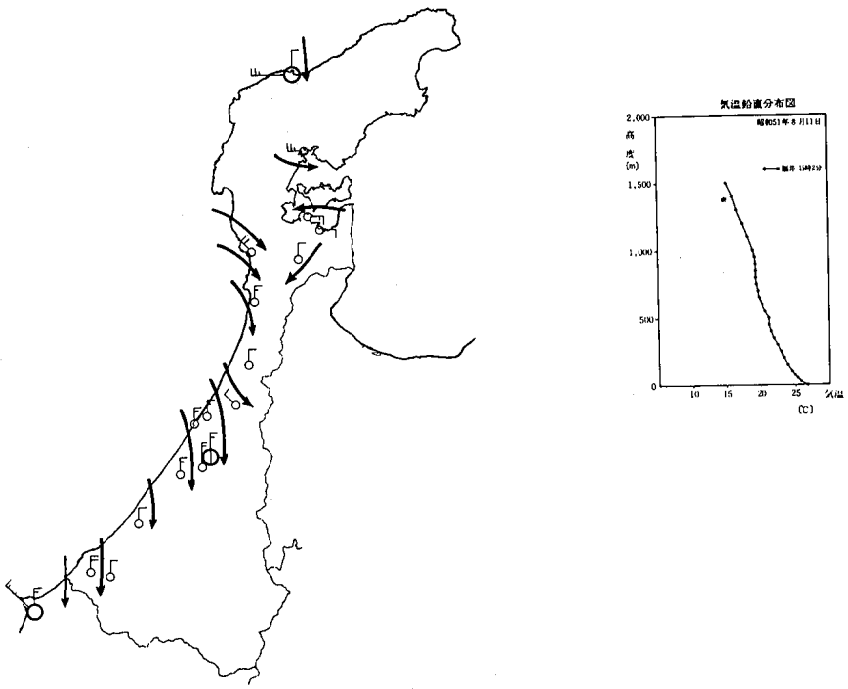


図 5－2　　気圧配置型別の地上風系，高層風（15時）

例3　気圧配置Ⅴ型（夏型で太平洋岸に前線あり，昭和51年8月11日）

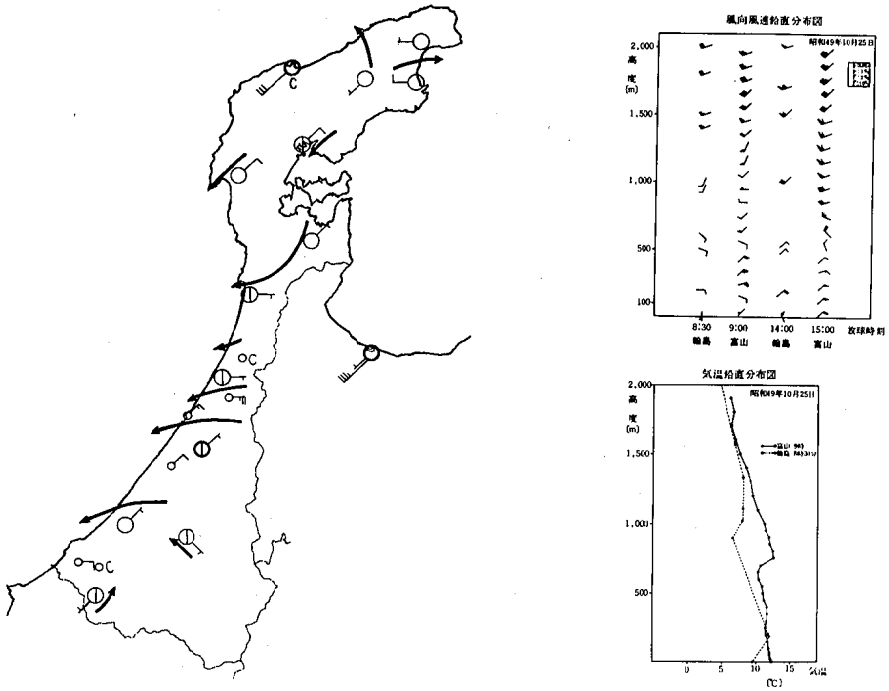


図 6－1　　気圧配置型別の地上風系，高層風（9時）

例3　気圧配置 Ⅲc 型（帯状高気圧におおわれている。昭和49年10月25日）

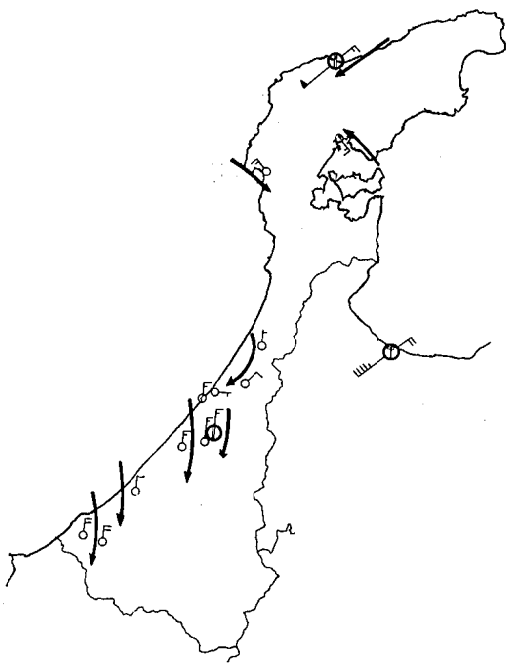


図 6－2　　気圧配置型別の地上風系（15時）

例3　気圧配置 Ⅲc 型（帯状高気圧におおわれている。昭和49年10月25日）

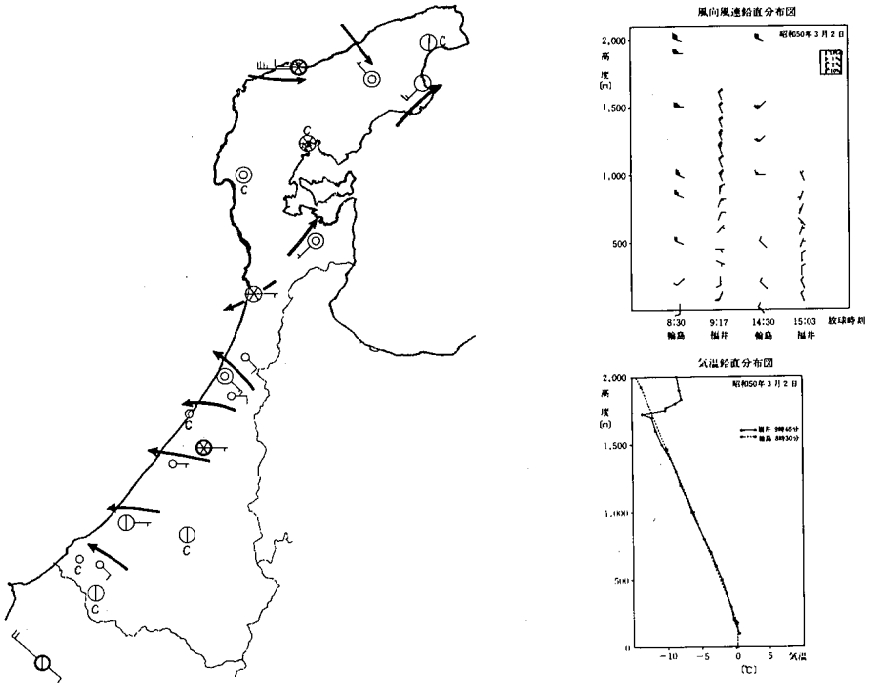


図 7－1　　気圧配置型別の地上風系，高層風（9時）

例 4　気圧配置 Ⅲb 型（移動性高気圧の中心，昭和50年3月2日）

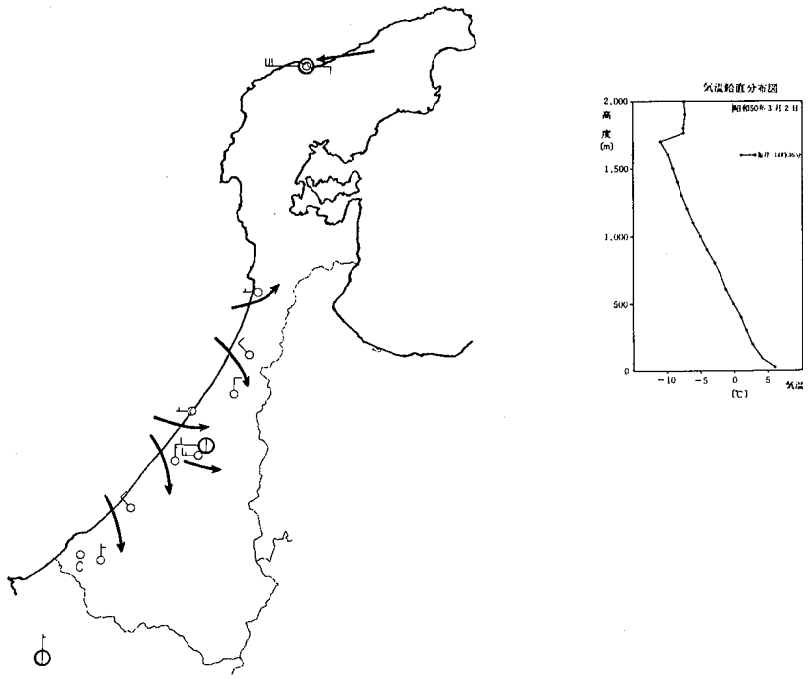


図 7－2　　気圧配置型別の地上風系，高層風（15時）

例 4　気圧配置 Ⅲb 型（移動性高気圧の中心。昭和50年3月2日）

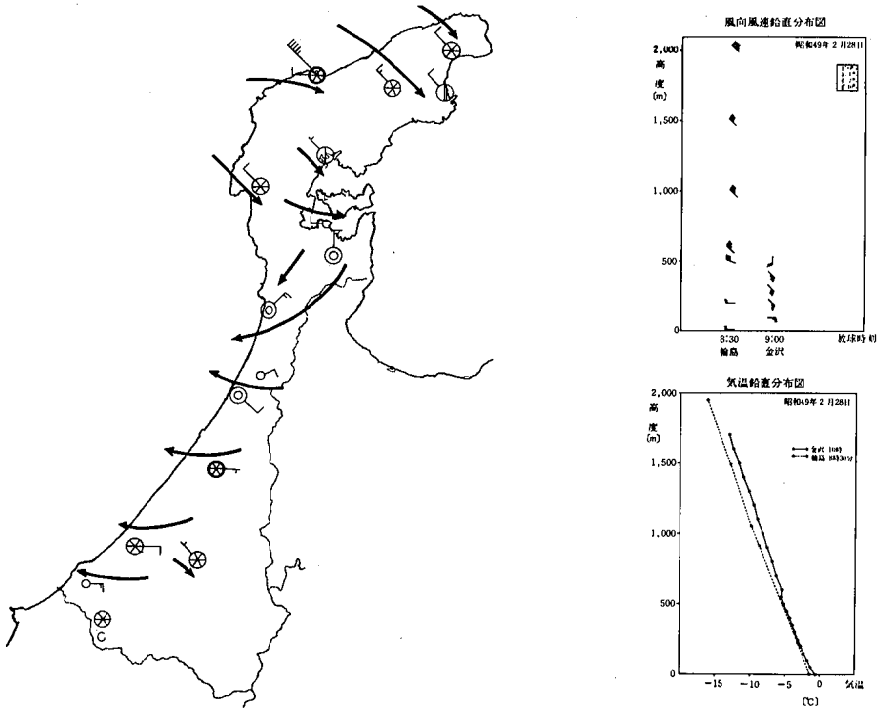


図 8　　気圧配置型別の地上風系，高層風（9時）

例5　気圧配置Ⅰ型（冬型のくずれ，昭和49年2月28日）

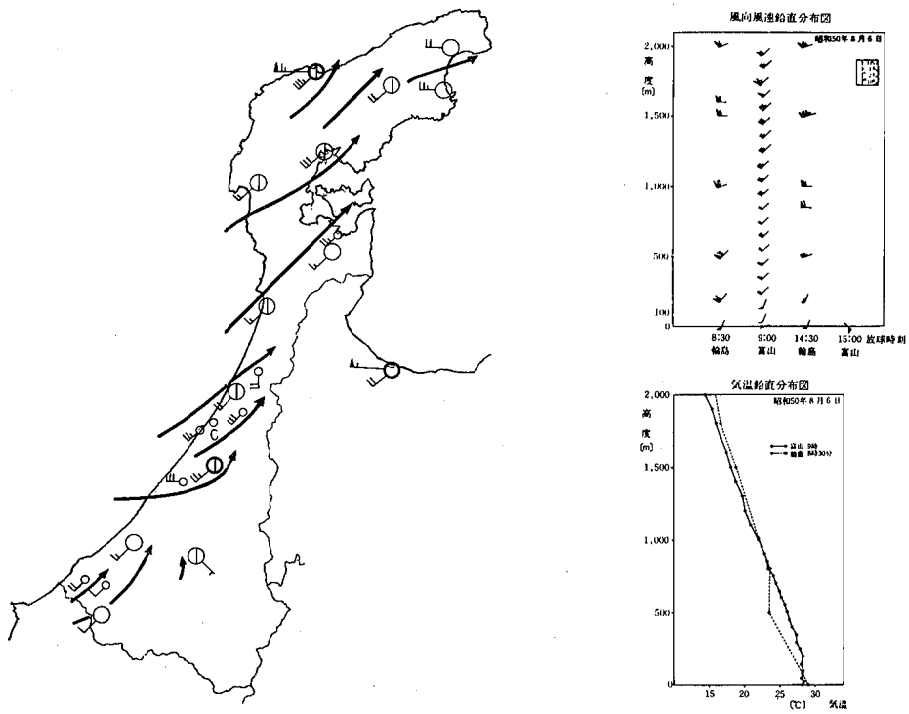


図 9　　気圧配置型別の地上風系，高層風（9時）

例6　気圧配置Ⅴ型（夏型で日本海に前線あり，昭和50年8月6日）

いる。データ日：昭和49年10月25日，図6参照）

高層風（高度 2,000m）の風向は南西で，風速は9時が6m/sec，15時が10m/secである。地上風系は，9時には陸風で，15時には海風となっている。晩秋であり海陸風の交替時刻も春・夏に比べて遅くなっている。15時には加賀平野河北地区で流跡線の曲りがみられ，収束域が生じている可能性がある。9時の混合層高度は200m以下，最大混合層高度は1,100mぐらいである。

〔例4〕気圧配置 III_b 型（石川県は移動性高気圧の中心。データ日：昭和50年3月2日，図7参照）

高層風（高度1,500m）の風向は西で，風速は6～7m/secである。地上風系は，9時には陸風，15時には海風となっている。邑知潟低地帯の中ほどで陸風の風向が反転しており，静穏域が存在すると考えられる。9時の混合層高度は，小松で350m，その他の地域では200m以下，最大混合層高度は2,000m以上となっている。

〔例5〕気圧配置Ⅰ型（冬型のくずれ。データ日：昭和49年2月28日，図8参照）

高層風（高度 2,000m）の風向は北西で，風速は9m/secである。地上風系は，奥能登地区が北西～西の風であるのに，邑知潟低地帯以南は北東～東の風で，明らかに地域差がみられる。

〔例6〕気圧配置Ⅴ型（夏型で日本海に前線あり，データ日：昭和50年8月6日，図9参照）

高層風（高度2,000m）は西風で，風速13m/sec，その鉛直分布からは，下層までかなり強い風が吹いていることがわかる。地上風系は一般風が強く，全域が同一風系の風で，海陸風はほとんどみられない。

(4) 風配図及び風速分布図

農業気象観測所の観測データ（昭和44年4月～49年3月，測定回数1日8回）に基づいて作成した風配図と風速分布図を，それぞれ図10，図11に示した。

風配図を標高図と重ね合わせてみると，谷の入口では，谷地形に沿った風が卓越し，山合いの谷間では，静穏の頻度が高くなるなど，地形の影響が大きいことは明らかである。このことは，地衡風が弱く，局地風（海陸風，山谷風）が発達しやすい季節では一層はっきりとなる。風速分布図も地形の影響を強く受け，海岸線に近いところでは，比較的風速が大きく，特に海方向からの風が強い。山間部では一般に風速が小さい。

3・3 熱的特性による地域区分

熱的特性及び水分特性は，農林業的土地利用の面からの重要な気候特性である。熱的特性の指標には日射量，気温等の気候要素があるが，ここでは気温を採用した。累年平均気温分布[5]，累年平均最低気温分布[6]，累年平均最高気温分布[6]を図12～14に示した。

年平均気温分布をみると，沿岸部の平坦な地域では14°C以上，内陸部の加賀山地では10°C以下を示している。また，能登半島の丘陵地では12°C以下の地域もあるが，12°C～14°Cを示す地域が多い。累年の平均最低気温と最高気温の分布からは，県内における冬季の寒さの分布状況と夏季の暑さの分布状況が推定できた。

海抜高度と年平均気温の関係[4]を図15に示した。平均的には100mにつき0.6°Cぐらいのてい減率となっている。しかし，これはあくまで平均的なことであり，晴夜の地面の放射冷却による接地逆転，その他沈降性逆転，前線性逆転などがあり，それぞれの場合に応じて高さによる気温の変化は複雑になる。

3・4 水分特性による地域区分

水分特性を示す指標には種々のものがあるが，ここでは降水量と，石川県が位置している北陸地方が豪雪地帯であることから積雪量を指標とした。

累年平均降水量分布[7]を図16に示した。平均降水量は高地ほど多くなる傾向があり，冬季でも暖候季でも加賀の山岳地帯は，地形性による上昇気流のため多量の降水をみる。能登地方は，大部分が丘陵地帯のためはっきりした地形性上昇気流による降水とはいえないが，しばしば局地的大雨が発生している。降水量は，典型的な日本海型の特色を示し，晩秋から冬にかけ非常に多く，年降水量の$\frac{1}{3}$を占め，4～5月と8月が少ない時季になっている。

年降水量をおおまかに地域別にみると，白山山岳地帯が3,500mm以上，同山岳沿い地帯が3,000mm，加賀平野部と能登北部の丘陵地帯が2,500mmとなっており，羽咋郡北部，鹿島郡，鳳至郡南部が約2,000mmで最も少ない。海抜高度と降水量の関係を見ると，100mにつき250mmぐらいのてい増率である。

積雪の深さと積雪期間の長さによって規定される雪の制約度は，農林業的土地利用，特に農業的土地利用に大きな影響を及ぼしているので重要な指標といえる。最深積雪量分布図[6]と積雪の初日，終日分布図[5]を図17，図18に示した。

降雪量が最も多いのは白山の山間部で，白山周辺の

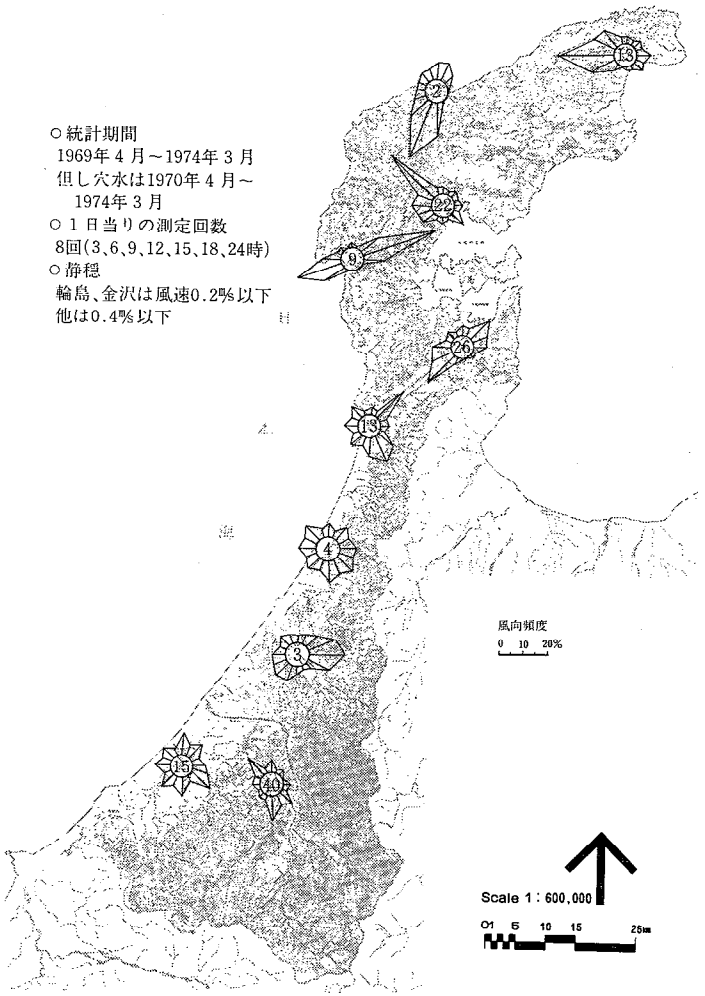


図10　風　　配　　図

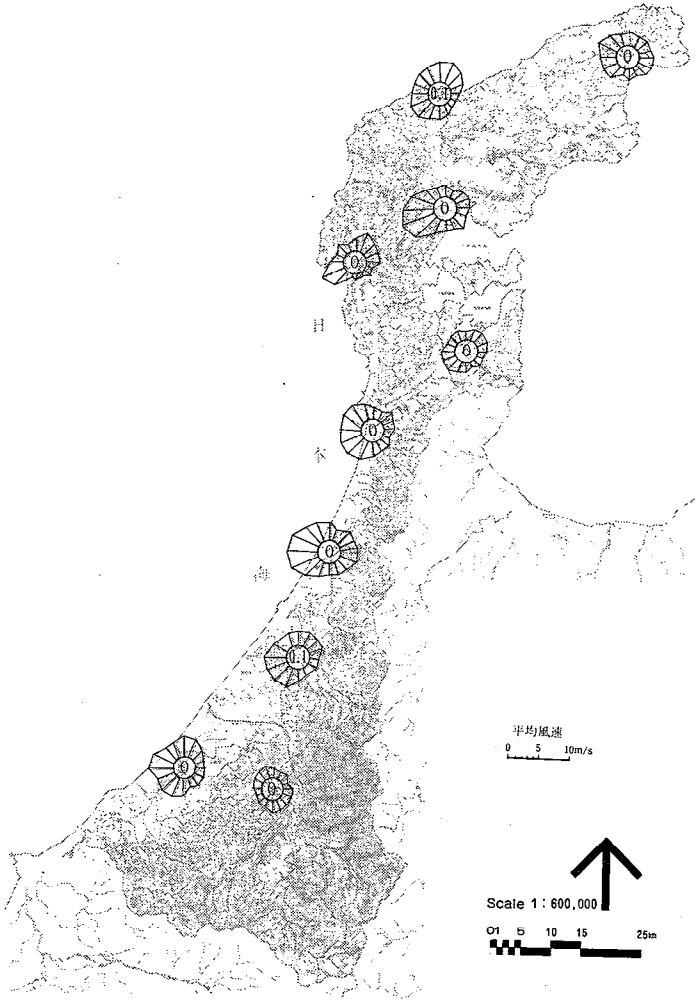


図11　風　速　分　布　図

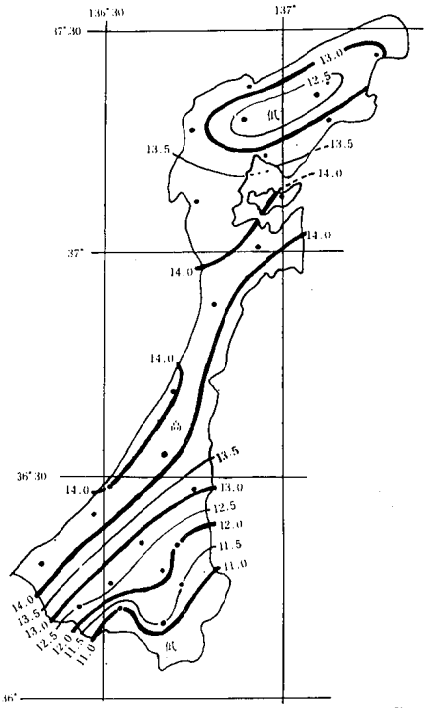


図12　累年平均気温分布図（単位：℃）

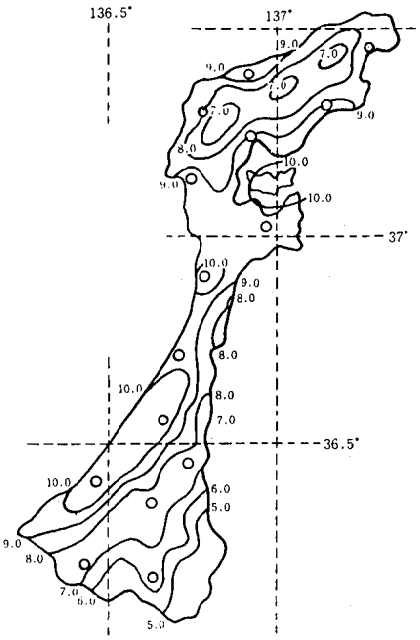


図13　累年平均最低気温分布図（単位：℃）

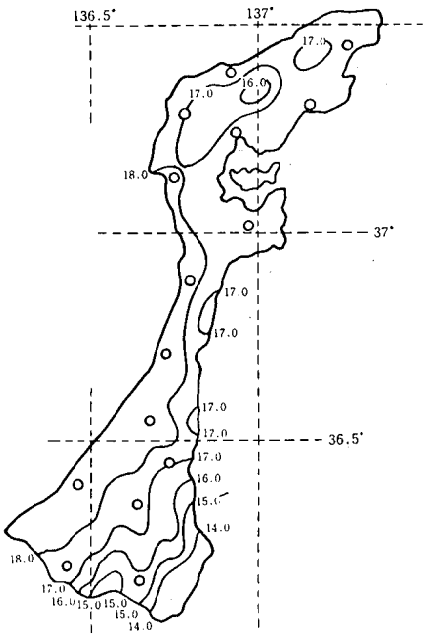


図14　累年平均最高気温分布図（単位：℃）

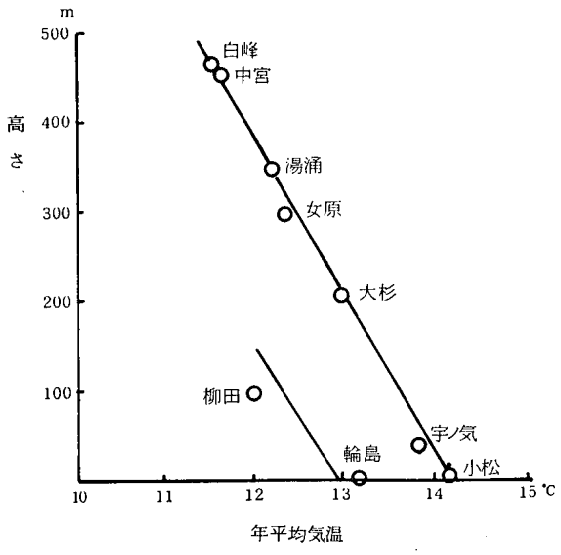


図15　年平均気温の高さによる変化

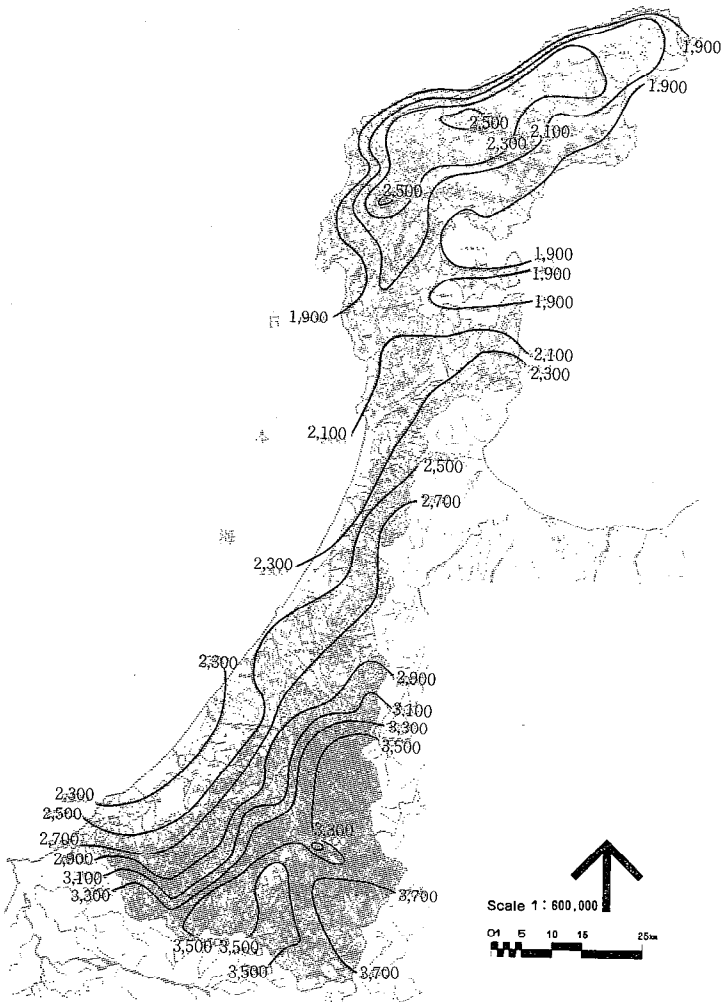


図16　降水量分布図（単位：mm）

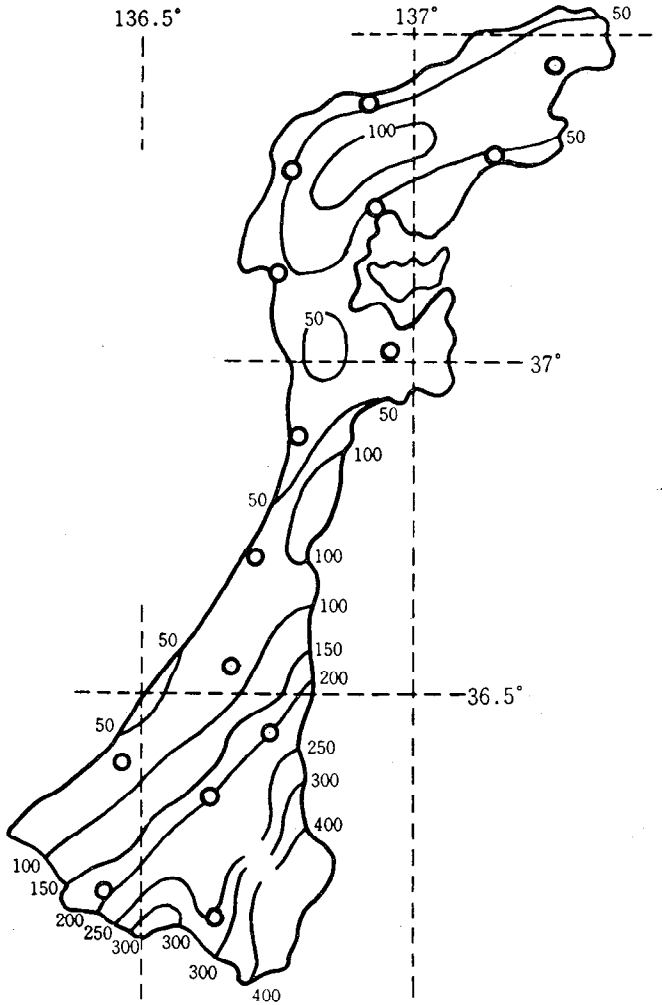


図17　累年平均最深積雪量分布図（単位：cm）

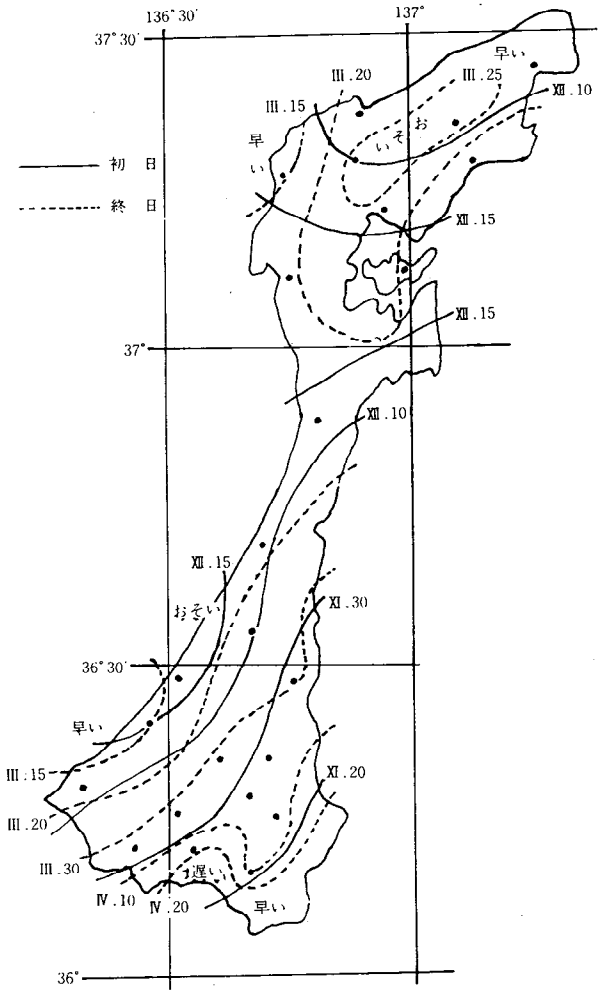


図18　積雪初日，終日分布図

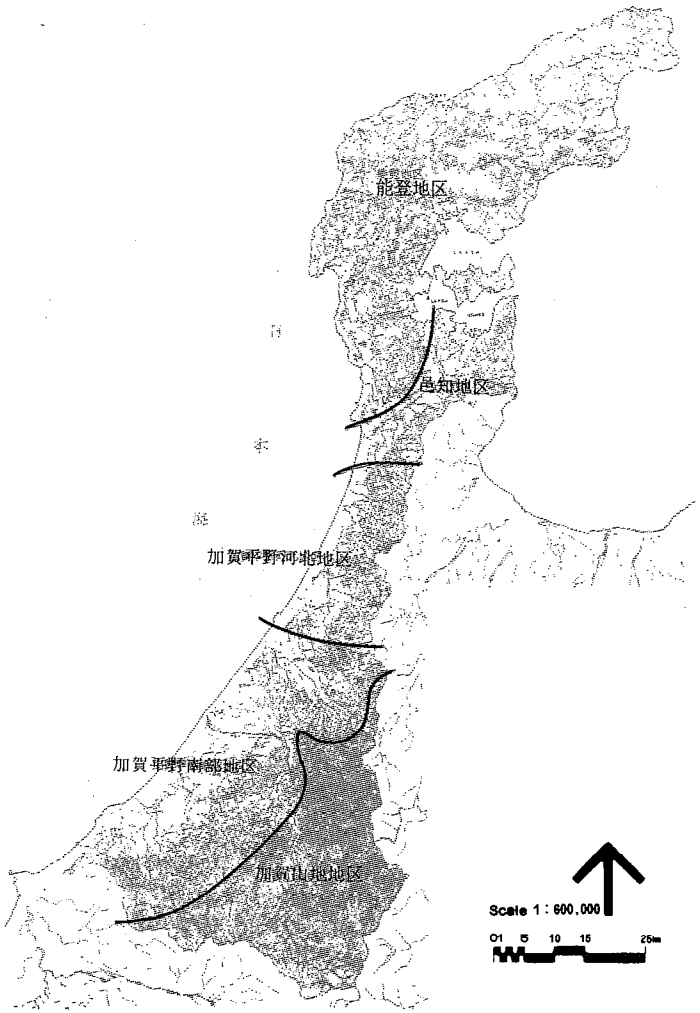


図19　気象要因による地域区分（環境区）

平均最深積雪は3～4mであり，一方，平野部の平均最深積雪は50cm程度である。海抜高度と平均最深積雪との関係は，100mにつき50cmのてい増率になっている。積雪期間については，白山の山間部では始まりが11月20日ごろ，終りが4月10日ごろであり，およそ140日間と年間の40%が雪に埋もれている。加賀平野部と能登北部では，12月10日ごろから3月25日ごろまでの100日余り，能登中部の西海岸，加賀の沿岸では，12月15日ごろから3月15日ごろまでの90日ぐらいが平均値である。

これらの石川県の雪の制約度は，表5[8]の区分に従えば白山の山間部が1であり，その他の地域は2となる。

表5　雪の制約度の区分

雪の制約度		平均最高積雪深	根雪期間
大 ↕ 小	1	100cm以上	120日以上
	2	50cm以上	50日以上
	3	50cm以上	40日以上
		50cm以下	80日以上

3・5　自然植生による地域区分

植物相の現われ方は，地域の気候に強い影響を受けているので，自然植生を気候を反映する指標として用いることにより地域区分を行うことができる。

石川県の植生をおおまかに海抜高度で区分すると表6に示した垂直植生帯区分となる。海抜高度500mをこえると，それまでの照葉樹林帯から落葉広葉樹林帯に代わり，1,600mを境に針葉樹林帯が現われてくる。2,400m以上はハイマツ，コケモモなどの高山ツンドラ帯となっている。

また，植物の南限・北限分布としては，加賀地方が北限となるものにイブキシダ，ガンビ，ツクバネガシなどがあり，能登地方が南限となるものにアカネムグラ，エゾツルキンバイ，ハマベンケイソウなどがあり，両地方の地域差がみられる。

次に，植生と局地風との関係については，能登半島の調査結果から[9]，弱風地域には暖地性植物が分布し，風が強い地域には寒地性植物の分布がみられるとの知見が得られている。

4　環境区の設定

熱的特性，水分特性及び自然植生の気候特性から，石川県を加賀平野地区，加賀山地地区（標高500m以上）及び能登地区の3環境区に区分した。加賀地域を平野地区と山地地区に区分したのは，気温，積雪量などが明らかに両地区で異なっていること，また，標高500mで区分したのは，降水量が3,000mmを越えること，植生では暖温帯のコナラ林，ミズナラ林に代わって冷温帯のブナ林が出現してくること，海陸風の背の高さが500mぐらいといわれていることによった。

また，大気の流れによる気象特性から，加賀平野地区は，金沢市北部を境として南部地区と河北地区に，能登地区は，邑知地区と能登地区に区分した。

これらの気象要因による地域区分（環境区）の結果を図19に示した。

表6　石川県の垂直植生帯区分

地形区分	海抜高度	植生区分	
		群団	樹林帯
低地帯	～ 50m	スダジイ群団	照葉樹林帯（暖温帯）
丘陵帯	50～ 500m		
丘陵帯 低山帯 山地帯	500～1,600m	ブナ・チシマザサ群団	落葉広葉樹林帯（冷温帯）
亜高山帯	1,600～2,400m	アオモリトドマツ群団	針葉樹林帯（亜高山帯，亜寒帯）
高山帯	2,400m～	ハイマツ・コケモモ群団	高山ツンドラ（高山帯，寒帯）

表 7　　気象観測データ一覧表

観測項目 / 気象観測所	地上 風向風速	地上 気温	地上 湿度	高層 風向風速	高層 気温	高層 湿度	気圧	雲量	降水量	降雪・積雪深	日照時間	日射量	視程	天気	備考
金沢地方気象台	○	○	○				○	○	○	○	○		○	○	
輪島測候所	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	高層風向風速　3～4回/日 ラジオゾンデ　2回/日
地域気象観測所 (珠洲，富来，七尾，羽咋 宇ノ気，小松，鳥越，山中)	○	○							○	○	○				有線ロボット
地域雨量観測所 (門前，白峰)									○	○					有線ロボット
無線雨量ロボット観測所 (木原岳，宝達山，医王山)									○						
小松空港事務所	○	○	○												観測 8～18時　毎正時
舳倉島	○	○	○				○	○	○				○	○	
北陸農政局作況試験室 (野々市)		○	○					○	○					○	観測 4月～9月，毎日9時
県林業試験場 (鶴来)		○								○					観測　毎日9時
金沢港湾事務所	○	○					○							○	観測　毎日8時半頃
七尾港湾事務所	○														記録紙のみ
降水量観測所									○						
環境大気測定局 七尾，三馬，米泉，大気総合	○	○	○						○			○			
環境大気測定局 穴水，鳥屋，志賀，羽咋，津幡 内灘，広坂，金沢港，松任 美川，小松，大聖寺，山代 瓢箪，大浦，西部，西南部 額，小立野，石崎，塩屋	○														

5　環境区の気象特性と都市的土地利用

石川県の5つの環境区について，それぞれの気象特性と，都市的土地利用の指標の1つとしての大気汚染物質排出量分布状況との関連を考察した。

5・1　大気汚染物質排出量分布状況

石川県における硫黄酸化物，窒素酸化物の排出量分布状況をそれぞれ図20と図21に示した。これらの排出量分布はいずれも標高100m以下の平野部に集中しており，特に加賀南部の沿岸部に著しい。

なお，排出量の算出は，「昭和51年度大気汚染物質排出量総合調査報告書，日本電子計算株式会社（環境庁委託），昭和52年」によった。排出量分布図の作成要領（1/20万スケールの場合）は，下記のとおりである。

(1)　**固定発生源**

排出量の計算結果から，硫黄酸化物については，年間10Nm³の排出量が直径¼cm（0.0491cm²）の円になるように，窒素酸化物については，年間10Nm³の排出量が直径1cm（0.785cm²）の円になるように作図した。

円の面積は，排出量と比例させる。年間排出量が1,000Nm³以下となる工場，事業場は作図しない。

煙突高40m以上のものについては，煙突ごとに円を作図し，その他の煙突については工場，事業場ごとに集計し作図した。

(2)　**移動発生源**

排出量1,000Nm³が，0.1963mm²の面積になるよう

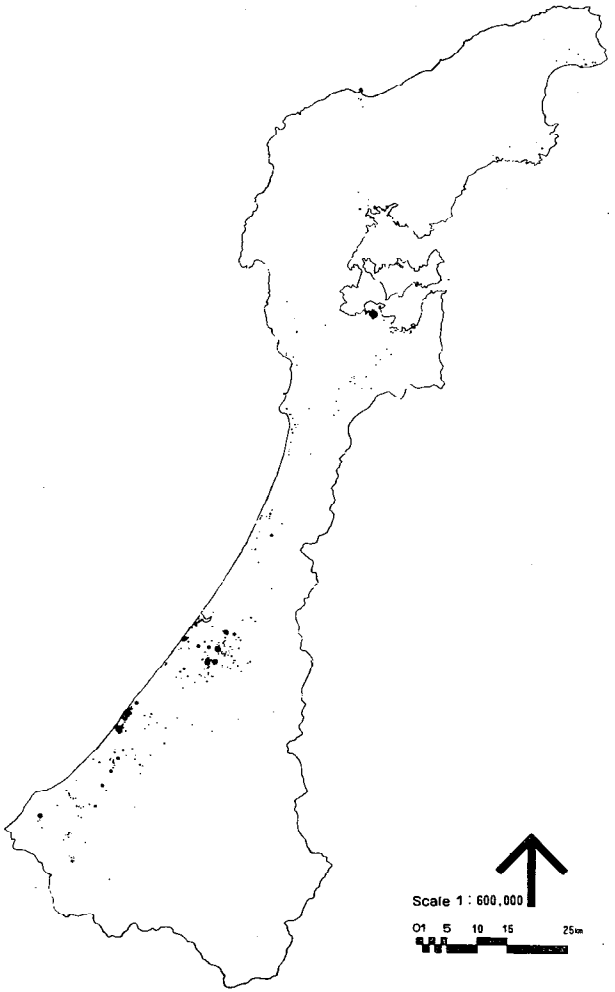


図20　硫黄酸化物排出量分布図

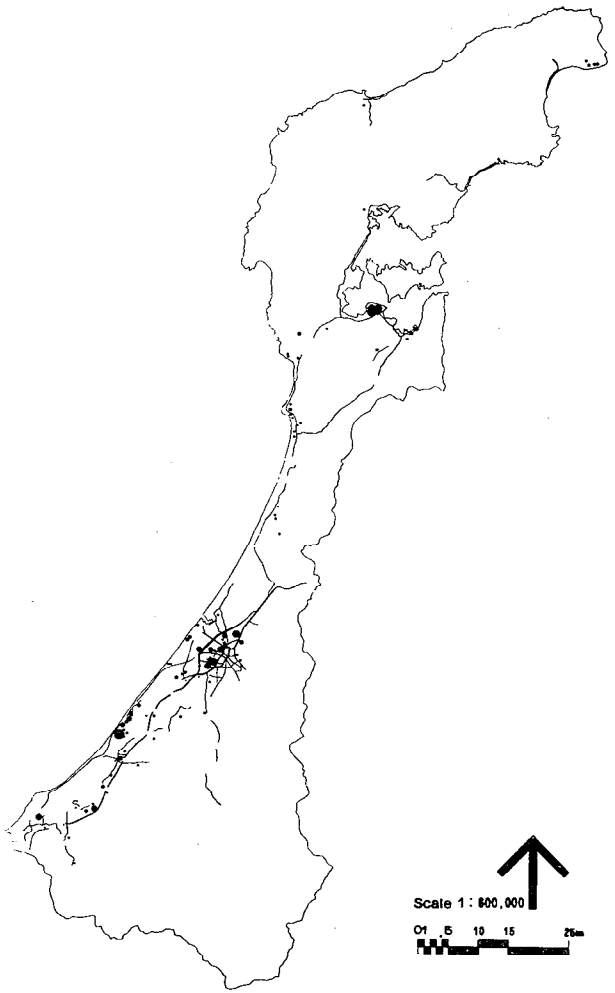


図 21　窒素酸化物排出量分布図

に作図した。

排出量が2,548Nm³/km未満の道路区間については作図しない。

5・2　環境区の気象特性と大気汚染に関する考察

(1)　加賀平野南部地区

この環境区は，美川，根上地区が工場地帯であり，北陸自動車道もこの地区を通っていて，海岸線に近接して排出源が分布している。また，金沢地区は，市街地の中小煙源，移動発生源からかなりの量の大気汚染物質が排出されているほか，金沢港周辺が工場用地として開発が進んでいる。これらの汚染物質による一次汚染の発生や，暖候期には光化学反応による光化学スモッグ等の二次汚染が発生する恐れがあり，汚染物質の移流や拡散に関係する風の収束域，静穏域，海陸風の状況等について詳しい調査が必要な地域である。

(2)　加賀山地地区

この環境区は，加賀地域のうち標高500m以上の地域で，白山連峰をかかえ日本有数の降水量の多い地帯である。しかし，この地域の気象特性である山岳気象については，観測点が少なく，気流系については不明の点が多い。山地であるため，農林業的土地利用の面から検討される地域といえるが，近年白山スーパー林道の開通等により山岳での自動車排出ガスの増大が予想され，特に道路周辺の植生への影響も考えられることから，山谷風，尾根，谷筋の気流について調査が必要である。

(3)　加賀平野河北地区

河北地区は，海に面した部分は砂丘地であり，その背後は宝達山系と医王山系の切れ目であり，標高300m以下の山々が分水嶺となって富山県との県境をなしている。この砂丘地と山地との間が平野と丘陵地になっていて，丘陵地は林地であり，狭い平野部は大部分水田地帯となり，また，河北潟（昭和46年までに潟の3分の2が干陸化された）が，大きな面積を占めている。このため地表面の被覆状態が変化に富み，河北潟の存在による水陸熱分布等による気流の発生，変化，富山県側への山越気流などが考えられ，この地区の地形が一般風や海陸風に影響を与え，複雑な気流の動きをしているものと思われる。この地域において大規模発生源の立地が計画された場合は，思わぬところに収束域，静穏域が存在することが予想されるので，詳細で綿密な気流調査を事前に行う必要がある。

(4)　邑知地区

邑知潟低地帯は，能登半島の付け根のやや上方を南西から北東に向かって走る山地の切れ目であり，半島を南北に別けている。大部分は水田となっていて，邑知潟があるが，ほとんど干拓され水田化している。この低地帯は，この地方における渡り鳥の富山湾への通路となっている。気流については，一般風が強い場合はここを吹き抜けていき，一般風が弱い場合は，低地帯の中ほどで海陸風による気流の収束，発散が生じている。このことから，この地域に大規模な発生源が出現した場合は，容易に汚染物質が低地帯にそって拡散移流するので注意が必要である。

(5)　能登地区

この環境区は，丘陵，山地が大部分を占め，平野部がわずかに海岸線に沿って点在している。気象観測点が少なく，この地域の気流の動きについてはよくわかっていない。しかし，大陸からの北西の季節風を直接うける外浦地区と富山湾に面して波もおだやかな内浦地区とは当然気象特性が異なることは明らかである。今後この両地区の気象特性，特に気流については調査が必要であり，能登丘陵を越えていく山越気流等についても解明されねばならない。

なお，参考のため，石川県における気象観測所と観測項目を表7に示した。

文　献

1)　吉野正敏，甲斐啓子：天気，22，204—209（1975）
2)　環境庁大気保全局大気規制課編：総量規制マニュアル，p78，公害研究対策センター，東京（1975）
3)　河村武：気象庁技術報告 第91号，21—25（1977）
4)　石川県：石川県の自然環境 第6分冊，p2—10（1978）
5)　芳井先一編：石川県大百科事典，p206，p419，北国出版社，金沢（1975）
6)　里見信生編：石川県の植生，p28，石川県林業試験場（1975）
7)　石川県林業試験場：石川県の雪と造林（未発表）
8)　農林省農林水産技術会議事務局編：土地利用区分の手順と方法，p76，農林統計協会，東京（1964）
9)　災害科学研究会：能登半島沿岸の局地風(1)，(2)，(3)（1968—1971）

〔報　文〕

土地利用適性評価のための生態学的アプローチ（第4報）

—— 大気汚染を生じやすい地域の評価 ——

石川県衛生公害研究所環境部　吉田　弘・田嶋隆俊

（本報告の要旨は，第20回大気汚染学会で発表した。昭和54.11. 6，神戸市）

1 はじめに

地域の自然条件その他の環境条件を把握し，地域環境の生態学的特性に応じた適正な土地利用のあり方を明らかにすることは，環境管理計画や土地利用計画の立案，実施に当っての重要な判断材料を提供することになると思われる。

生態学的方法論に基づく土地利用適性評価のプロセスの概要については，既に第1報で述べてある。そして第2報，第3報において，“環境区”の概念に基づいた評価対象地域設定の事例を示した。

この報告では，収集・整理された環境基本情報を基にオーバ・レイ評価法を用いて環境条件（評価項目）を評価することをケース・スタディにより試みた。評価項目は“大気汚染が生じやすい地域”であり，最近の大気汚染対策上最も重要な課題である光化学大気汚染をその評価対象とした。このため，県内において最も光化学大気汚染が生じる危険性が大きい金沢地域を評価対象地域とした。そして，評価項目の評価結果及びそのプロセスから得られる土地利用上の制約要因（不利益な条件）と可能性要因（有益な条件）についても述べた。

2 大気汚染が生じやすい地域を評価するためのネットワーク・ダイアグラム

“大気汚染が生じやすい地域”を評価するためのネットワーク・ダイアグラムを図1に示した。ここでは光化学大気汚染を対象としているため，評価に当っては，まず自然的条件による大気の流れと，人為的な地表面環境条件による大気の流れを解析することにより，気流の収束域（風が周囲から吹きこみ収束する状態にある地域），静穏域（風が無いか又は弱い地域，この報告では風速1 m/sec以下の地域とする）等の“大気汚染に関して気象上問題となる地域”の判定を行った。なお，気象上大気汚染が問題となる地域を判定するための気象スケール別作業フローを図2に示した。これは，図1のネットワーク・ダイアグラムの一部を再構成したものである。

更に，大気汚染物質排出量分布，大気汚染濃度分布，大気汚染による植物被害状況を重ね合わせ，解析することにより，“大気汚染が生じやすい地域”の評価を行った。

3 大気汚染が生じやすい地域の評価手順

3・1 気象上大気汚染が問題となる地域の判定

本報告では，第2報で述べた類型別のマクロスケール（大気候に相当）の大気の流れ，及び類型別のメソ

Ecological Approach to the Assesment of Suitabilty for Land Use. 4. Assessment of Air Pollution District. *by Hiroshi YOSHIDA and Takatoshi TAJIMA (Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

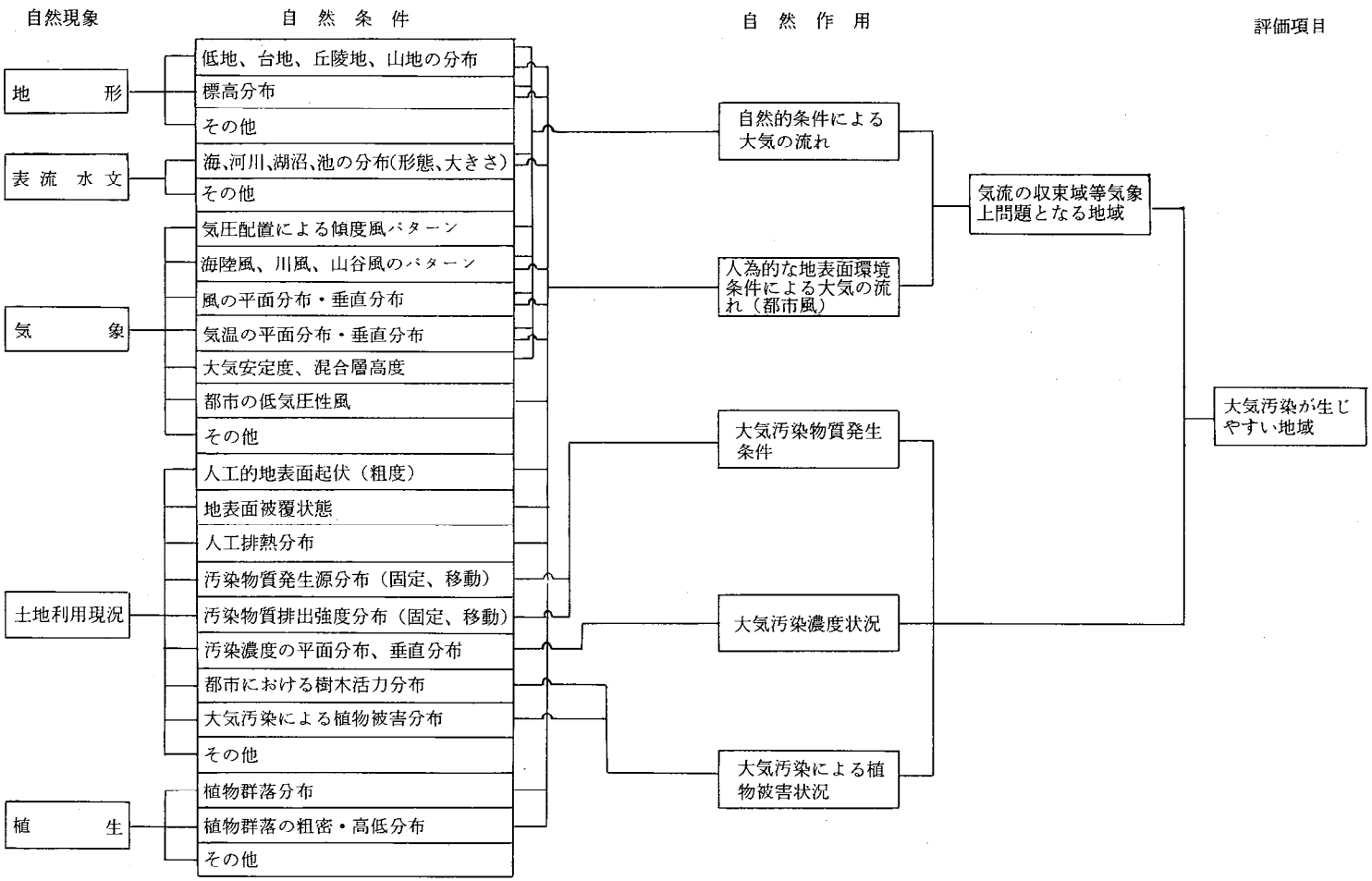


図 1　　大気汚染が生じやすい地域評価のためのネットワーク・ダイアグラム

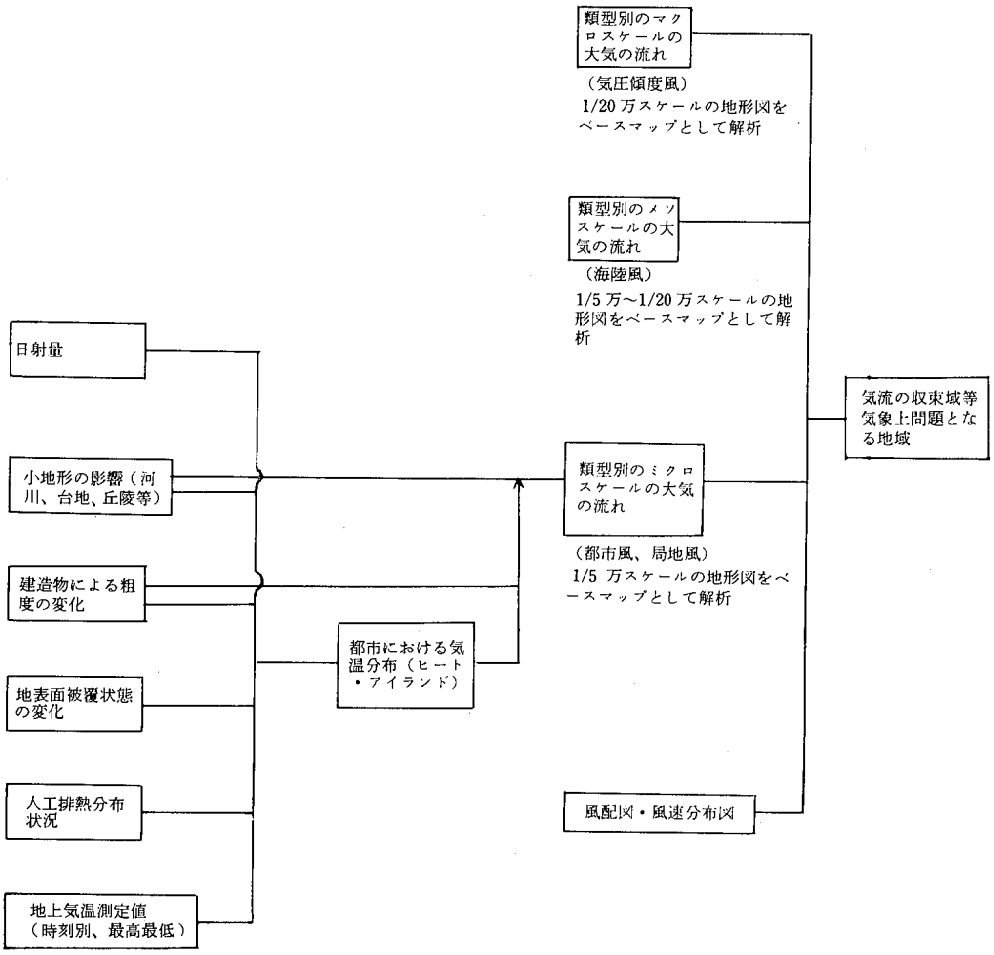


図 2　　気象上大気汚染が問題となる地域を判定するための気象スケール別作業フロー

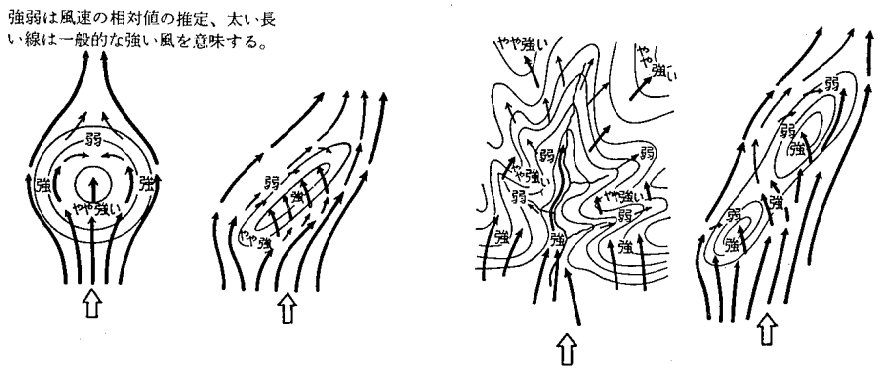


図 3　　模式的小地形における風向の変化の推定

スケール（中気候に相当）の大気の流れ（これらは自然的条件による大気の流れ）の解析結果を踏まえ，主として類型別のミクロスケール（小気候に相当）の大気の流れ（主に人為的な地表面環境条件による大気の流れ）を解析することにより気象上問題となる地域を判定した。

(1) **類型別のミクロスケールの大気の流れ**

ミクロスケールの大気の流れとは，小地形及び都市気温分布によって生じる風であり，光化学大気汚染の地域分布と密接な係わり合いをもっている。

このミクロスケールの大気の流れを把握するために，光化学大気汚染による被害の生じやすい暖候期の，一般風が弱く，海陸風の発達しやすい気象パターンが出現する日の大気の流れについて解析した。

(i) 小地形が気象に与える影響について：風向は，周囲の地形の影響を受けやすい要素の一つであり，一般風が強くない場合には小地形の影響が顕著に現われる。このときの小地形と風向の定性的な推定は次のとおりである[1]。

ア　風は谷に沿って吹く。

イ　谷壁斜面が急な小さいV字谷では，谷底の幅が広い程風が強く，風洞などとは逆の関係になる。

ウ　谷の中にある盆地状のやや広い谷底では，風向が定まらない。

エ　尾根では，風は尾根に直角に吹きやすい。

オ　尾根のすぐ背面では，逆の風向となる。

カ　尾根のくびれ，あん部を吹き越すときも，尾根の走向と直角の風向になりやすい。

キ　あん部を越した後は，高い尾根の背後に水平的に廻り込む傾向がある。

これらの特性から，模式的な地形に対してそこで風向がどう変化するのかを描いたのが図3である。

次に，小地形と風速の関係[1]は表1のとおりである。これは，地形の影響のない広い平坦地の風速を1.0とした場合の種々の地形についての風速比であり，地上1～2mの高度で風速が5m/sec前後の時に成りたつものである。

また，地形的にある程度の卓越風の吹きやすいとこ

表1　種々の微地形における風速比，(平坦地を1とし，風速は地上1～2mの高度で，風速が5m/s前後のとき成立つ)

1. 丘陵の頂

比高	斜面の傾斜			
	15°以上	8～15°	4～8°	4°以下
20m以下	1.7	1.2	1.2	1.0
20～50m	2.0	1.6	1.3	1.1
50～100m	2.4	1.8	1.5	1.3

2. 斜面上

斜面の長さ	風上斜面*			風下斜面*			風向に並行な斜面		
	上部	中部	下部	上部	中部	下部	上部	中部	下部
50m以下	1.6	1.3	1.0	1.2	～**	1.0	1.0	0.8	0.7
50～100m	1.6	1.3	1.0	1.1	～**	0.8	1.0	0.8	0.7
100～500m	1.2	1.1	1.0	0.8	0.6	0.8	1.0	0.9	0.8
500～1,000m	1.2	1.1	1.0	0.8	0.8	0.7	1.0	0.9	0.8

* 急斜面では，斜面の角をαとすれば，$\cos\alpha$をかける。
**極端な極小がでる場合と，上部と下部の中間の値をとる場合とがある。

3. 谷底

谷の幅		谷の深さ			
		5m以下	5～10m	10～50m	50～100m
a	50m以下	0.7～0.8	0.6	0.4	0.3
	50～100m	0.7～0.9	0.6	0.5	0.4
	100～300m	0.8～1.0	0.8	0.6	0.5
	300m以上	1.0	1.0	0.9	0.6
b	50m以下	0.6	0.6	0.6	0.5
	50～100m	0.8	0.6	0.6	0.5
	100～300m	0.9	0.8	0.6	0.6
	300m以上	1.0	1.0	0.9	0.8

ただし，aは卓越風向が谷の走向に沿う場合，bは卓越風向が谷の走向に直角の場合。

ろには，次のような場所がある[2]。

ア　沖積平野の中を流れる川の河口付近。

イ　海岸で海陸風の吹きやすいところ。

ウ　山の斜面に沿った場所。

エ　谷間の中央。

こういったところでは，他の場所より海陸風，山谷風などの強い風が毎日一定時刻に吹きやすい。河川及び水路については，河道沿いに風が吹送し易く，風速も強くなり，通風効果が大きいから大気汚染等を考察する場合には注目すべきである。

次に，気温との関係については，小地形が気温分布に影響を与えていることが既に認められている。例えば，冬の都市気温分布を考えるときには，丘陵や小高い台地は比較的温暖であるが，低地では冷気が滞留しあるいは流入して低温となり，都市気温の分布に影響を与える。対象地域である金沢地域のような複雑な小地形上に発達した都市の場合には，小地形による気温分布と都市活動に伴う気温分布との２つの要素が重なって現われることになるであろう。

評価対象地域の小地形を把握するための地形図を図４に示した。

(ii)　人為的な地表面環境要因が気象に与える影響について：気象要因として，大気汚染と密接な係わりをもつ都市気温を取りあげ，現在，都市域の高温化現象がどの程度進行しているか，また，局地的な気流に対してどの様な影響を与えるかについて解析した。

ア　都市気温（ヒート・アイランド現象）の形成要因：近年，都市への人口集中及び人間活動の増大に伴い，都市構造は絶え間なく改変され，人工環境化が進んでいる。植生や土壌や水面などで構成されていた自然地表面は減少し，コンクリート，アスファルトなどで構成された人工地表面が急増してきた。この都市被覆面の変化は，光学的色彩を変え，熱容量を大きくし，不透水面を増加させ，凹凸を激しくし，太陽エネルギーの再分配を変化させている。この都市構造の変化に伴う太陽エネルギーの再分配の改変と人間活動による人工排熱の存在が都市に特有の新しい熱環境を形成させ，いわゆる都市気候のなかでも最も顕著な現象であるヒート・アイランド現象を出現させることになった。

この「都市のヒート・アイランド現象」とは，都市の地上気温が周辺部の気温より高くなる現象であるが，常に高いわけではなくて，１日の時間帯により変化するし，季節によっても変化する。季節的な変化は必ずしも単純ではないようであるが，日変化では最低気温を示す時刻に顕著に現われる傾向がある。また，地域の気象条件により，その出現も左右される。ヒート・アイランドのモデルを図５[3]に示した。

このように，ヒート・アイランド現象は，ある地域が植生等で被われた自然の地表面状態から，人間活動に伴う都市化等によって人工化してきた過程で進行してきたものであるため，都市化による地表面環境の変化の物理的要因を把握することにより，ヒート・アイランド現象が解明できる。ヒート・アイランド現象の物理的要因は，次の４項目にまとめられる。

(ア)　地表面の粗度状態の変化：都市には種々の建造物が存在する。都市化の進展に伴い建造物による地表面の粗度の増加が，気流の乱れによる乱流熱交換量を増大させて，地表面温度を減少させる。しかし，これは，風速が都市の内外で同じと仮定した場合のことであり，一般には平均風速そのものが都市内では建造物のため減少する。この平均風速と気流の乱れの量的な関係はまだ不明な点が多い。

また，建造物が風に対する障害物として作用するため，建造物による地表面の凹凸は，市街地の熱が風によって持ち去られることを妨げる働きをし，冬の都市内が暖かい要因の１つとなっている。

風に対する地表面粗度（Roughness）の影響としては，地面摩擦の増加が小地形の影響にプラスして，ミクロスケールの大気の流れに作用している。

金沢地域における地表面の粗度状態図を表２に示した区分に基づいて，土地利用現況図[4]（昭和52年）を判読することにより作成した。地表面の粗度状態図を図６に示した。

(イ)　地表面の被覆状態の変化

都市においては，街路，ビルデイング，家屋の屋根

表２　　地表面の粗度状態の区分

粗度ランク		土地利用現況
1	青	水部，河川
2	白	水田，畑，草地，裸地，学校用地（校舎除く），交通施設（駅舎除く）
3	緑	針葉樹林，広葉樹林，混合林，竹林，園芸樹林地，公園緑地，寺社用地
4	橙	低層建築群，工業用地
5	黒	高層建築群，校舎，駅舎

注）粗度ランクの色調は，図６には表示されていない。

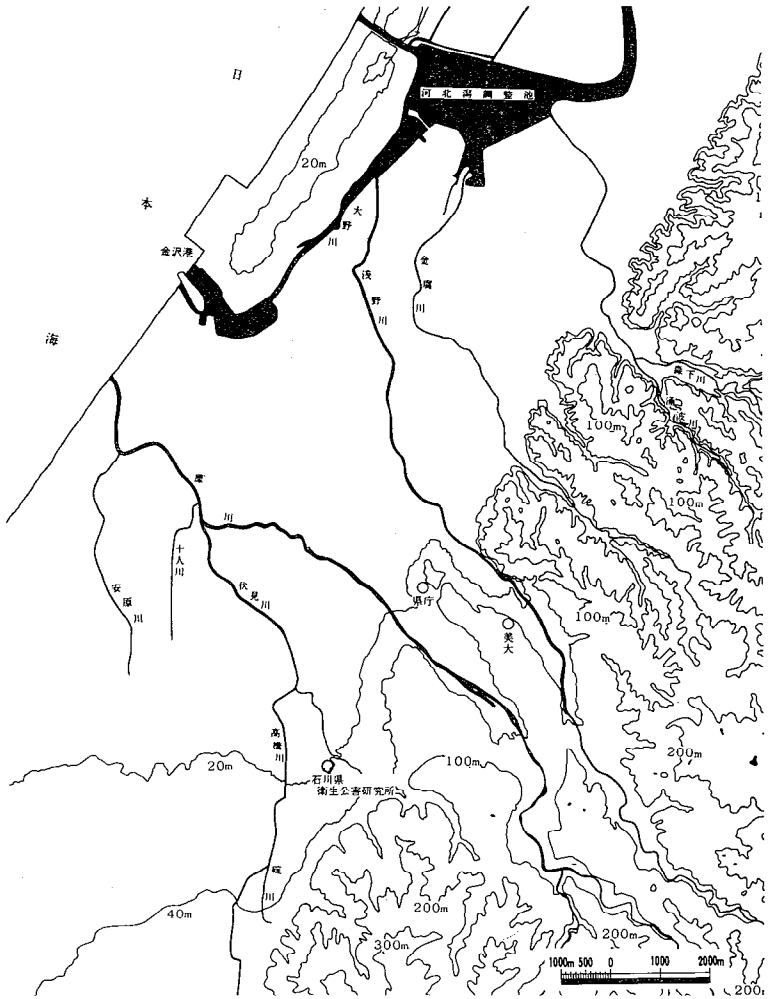
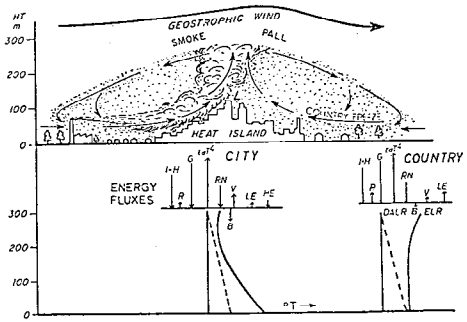


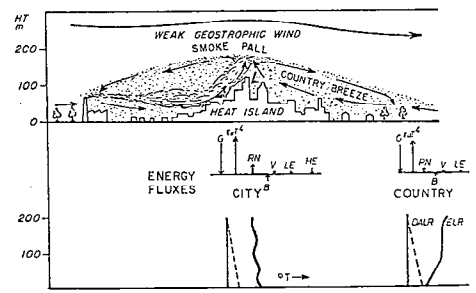
図 4　　地　　形　　図

日の出後の都市循環モデル



I：　太陽からの直達短波放射
H：　天空からの散乱短波放射
R：　地表面における短波放射の反射
G：　大気からの長波長放射
$\varepsilon\sigma T^4$：　地表からの長波長放射
RN：　正味の全放射

日没後の都市循環モデル



B：　建物、道路、土壌等の中の熱輸送
LE：　潜熱輸送
V：　地表面と大気の間の顕熱輸送
HE：　人工熱
DALR：乾燥断熱減率曲線

図 5　　ヒート・アイランドモデル（Bach, 1970）

等はセメント，アスファルト，レンガ，瓦などで覆われている部分が多く，周囲の田園地帯とは異なった様相を示している。これらの構成物質の使用は，不透水面の増加による蒸発散量の減少，アルベドー（入射する放射量に対する反射する放射量の比，反射能ともいう）の変化，熱容量の増大を引き起こし，都市気温の形成に影響を与えることになる。

不透水面の増加による影響とは，建ぺい率や舗装率が高くなり，排水設備が完備してくると地下へ浸透する雨水が少くなり，地面からの蒸発量も少く，地温が高くなることである。また，蒸発量が減少すると湿度が下がり，乾燥化が進み，都市が砂漠化するといわれている。水1gが蒸発するには，約600calの熱量が必要である。これは全天日射量の日本全体の平均値（290cal/cm²day）の約2倍にも相当する熱量であり，潜熱輸送量の多少は，都市の温度上昇に最も大きな影響を与えていると思われる。

アルベドーの変化については，地表面の色が太陽輻射熱の吸収及び反射の量に影響を及ぼすため，地表面の被覆物の色調の変化に伴ない地表面温度はもとより，それに接する気層の温度も異なってくる。自然表面アルベドーの平均値[5]を表3に示した。しかし現段階の知見では，アルベドーの変化による都市気温への影響はそれほど大きくはないといわれている。

また，都市化の進展に伴い，コンクリートの建物や，アスファルトの舗装道路が多くなってくる。これらの構成材料は，密度及び熱容量がいずれも木材や土砂に比較して相対的に大きいので，都市化した地域では，木造の家屋や未舗装の道路の状態の時よりも温まりにくく冷えにくい性質をもつようになる。すなわち，昼間には投射する日射エネルギーを貯え，夜間にはこれを放出する作用が都市化以前よりも大きくなる。

表3　自然表面のアルベドー

表面の種類	アルベドー
雪と氷	
新雪（乾いた）	0.80 ～ 0.95
幾分か湿った雪	0.60 ～ 0.70
汚れた雪	0.40 ～ 0.50
海氷	0.30 ～ 0.40
裸地	
黒土	0.05 ～ 0.15
湿った灰色土	0.10 ～ 0.30
乾いた粘土，灰色土	0.20 ～ 0.35
乾いた砂土	0.25 ～ 0.45
畑地・草原・ツンドラ	
裸麦と小麦の畑	0.01 ～ 0.25
バレイショ畑	0.15 ～ 0.25
綿畑	0.20 ～ 0.25
草原	0.15 ～ 0.25
乾燥草原	0.20 ～ 0.30
ツンドラ	0.15 ～ 0.20
森林	
針葉樹林	0.10 ～ 0.15
濶葉樹林	0.15 ～ 0.20

都市構成物質の熱的性質を表わす定数[6]を表4に示した。

金沢地域における地表面被覆状態図を表5に示した区分に基づいて，土地利用現況図（昭和52年）[4]を判読することにより作成した。地表面の被覆状態図を図7に示した。

(ウ) スモッグによる温室効果：細じん，その他の汚染物質等による煙霧層は，温室効果をもたらし，特に冬季には最も影響を与える要因といわれている。しかし，冬季に逆転層が生じやすく，そのために汚染空気

表4　都市構成物質の熱的性質を表わす定数

構成物質	比熱 c calg/°C	密度 ρ g/cm³	熱伝導率 K cal/cmsec°C	温度伝導率 $k=\frac{K}{c\rho}$ cm²/sec	$\sqrt{k}$ cm/sec$^{1/2}$	$c\rho\sqrt{k}$ cal/cm²sec$^{1/2}$°C	$1/c\rho\sqrt{k}$ cm²°C/calsec$^{1/2}$
アスファルト	0.22	2.23	1.75×10^{-3}	3.56×10^{-3}	5.97×10^{-2}	2.93×10^{-2}	34.2
コンクリート	0.20	2.24	2.00	4.47	6.69	3.00	33.3
瓦・ストレート	0.18	2.24	3.06	7.59	8.71	3.51	28.4
土	0.21	1.89	1.50	2.51	5.01	1.99	50.2
砂	0.20	1.70	1.16	3.41	5.83	1.98	50.2

図 6　　地 表 面 の 粗 度 状 態 図

図 7　　地 表 面 の 被 覆 状 態 図

表5　地表面の被覆状態の区分

被覆状態ランク		土地利用現況
1	青	水部，河川
2	緑	針葉樹林，広葉樹林，混合林，竹林，園芸樹林地，公園緑地，寺社用地
3	白	水田，畑，草地
4	橙	低層建築群，高層建築群，学校用地，交通施設，工業用地，裸地

が滞留しやすい太平洋側の大都市と比べると，大気汚染状況が比較的良好で，かつ降雪や季節風が強い日本海側の中都市では，スモッグによる温室効果はほとんど考慮する必要がないと思われる。

(ヒ)　人工排熱分布：都市温度が高くなる原因として，ほかに人工排熱の影響が考えられる。市街地は周囲に比較し熱源が集中的に分布するので，郊外よりは高温になると思われるが，人工的な熱源がどの程度気温上昇に寄与しているかは，都市の規模や季節によっても異なる。

中都市における都市気温については，「年平均で0.5～1.0℃くらい，冬の最低気温で1.0～2.0℃程度，周辺の地域に較べ高温であるが，このうち人工的な燃焼熱で温度が上昇した部分は，冬の最低気温の場合でも0.1～0.3℃くらいの効果であろう」との知見[7]が得られている。このことから，金沢市のような中都市では人工排熱による影響は，都市全体としてみた場合は大きくはないが，狭い地域範囲（交通の渋滞する地域等）では局地的な温度の上昇に寄与しているものと思われる。

ここで，金沢市の市街化区域について，全エネルギー量を都市排熱と仮定した場合の単位面積当り人工排出熱量を試算し，これを東京都23区の値と比較すると表6に示したようになる。金沢市の市街地の単位面積当り人工排出熱量は，東京都23区に比較して，約1/3になっている。

次に，月平均全天日射量の平年値と人工排出熱量との比を表7に示した。東京都23区では，冬季は約5であり，夏季は約8程度である。金沢市の市街化区域で最も小さい値は12月の7.2であるが，金沢市が位置する北陸地方では冬季の季節風の影響が強いため，東京都に比較して同程度の人工排熱であったと仮定しても，都市気温に及ぼす影響はかなり小さくなると思われる。

以上，都市気温形成に影響する各要因について述べてきたが，金沢地域における都市気温の形成については，これらの都市気温形成要因の中で蒸発面積の減少による影響が大きく，その他の要因の影響はわずかと思われる。

イ　地上気温分布：金沢地域の地上気温分布は，夏季（測定期間：昭和53年7月28日～31日，測定項目：6時，9時，12時，15時，18時，21時の正時の気温，日最高気温，日最低気温，測定地点：53地点）及び冬

表6　人工排出熱量

項目		金沢市（昭和50年）	東京都23区
人工排出熱量(kcal/年)		(A)　3,845×10¹²	100,000×10¹²
面積(km²)	市街化区域	(B)　69.4	577.0
	DID地区	32.8	
	全市域	459.3	
人口密度(人/km²)	DID地区	8,329	15,251
	全市域	860	
単位面積当りの人工排出熱量(cal/cm²min)		(A)÷(B)=0.011	0.033
備考		人工排出熱量は，金沢市全域を対象としたものである。	人工排出熱量は，S44～49年のデータより算出(「大都市におけるエネルギー消費による熱の影響分析」総合研究開発機構)

表 7　　月平均全天日射量の平年値と人工排出熱量の比

項目		金沢市の市街化地域		東京都23区	
		cal/cm² day	全天日射量/人工排出熱量	cal/cm² day	全天日射量/人工排出熱量
月平均全天日射量の平年値	1月	126	8.0	211	4.4
	2	188	11.9	259	5.5
	3	275	17.4	304	6.4
	4	374	23.6	363	7.6
	5	421	26.5	394	8.3
	6	388	24.5	360	7.6
	7	393	24.8	372	7.8
	8	433	27.4	386	8.1
	9	317	20.0	287	6.0
	10	244	15.4	253	5.3
	11	174	11.0	198	4.2
	12	114	7.2	186	3.9
年平均全天日射量の平年値		286	18.2	295	6.2

（注）「天気，VoL. 25，No5，1978年」（吉田作松ほか，「日本における月平均全天日射量及び年々の変動度のマップ作成」）を参考にした。

季（測定期間：昭和52年12月29日～53年1月9日，測定項目：9時，15時，21時の正時の気温，一部の地点では6時，12時，18時も測定，日最高気温，日最低気温，測定地点：53地点）の実測データを基に作成した。

これらの実測結果のうち，夏季においては日最高気温を示す時刻の温度分布，冬季においては日最低気温を示す時刻の温度分布を都市気温分布の推定に使用した。

日最高気温分布の例として，昭和53年7月28日15時に測定した地上気温分布を図8に示した。

ウ　都市気温分布（ヒート・アイランド）の推定：小地形を示す地形図と，地表面粗度状態図，地表面被覆状態図，更に地上気温分布図をオーバ・レイして，これに同時刻の地上風向風速等を考慮することにより，都市気温分布図を作成した。

都市気温分布は，晴天で風が弱く，放射性逆転が生じやすい天気の場合に顕著であり，くもり，雨，強風の場合には，はっきり現われない。

都市気温分布の形成と風速との関係については，河村氏は「人口100万人以上の巨大都市では，風速10 m/sec以上でもヒート・アイランドは形成されるが，人口数十万人程度の中都市では8 m/sec，人口10万人以下の小都市では5 m/sec程度が限界である」と述べている[3]。また，Okeら（1970）はヒート・アイランドが破壊される限界風速U（m/s）と人口Pとの関係を示す実験式として，次の式を作っている[7]。

$$U=-11.6+3.4\ \log P$$

この式が金沢市でも成り立つと仮定して，金沢市（人口約40万人）の限界風速を計算すると7.4m/secとなり，河村氏の見解も合わせて考えると，ほぼ8 m/sec前後が限界風速と思われる。そこで，地上気温分布測定期間中の晴天で風速8 m/sec以下の条件を満たす日を抽出し，これについて都市気温分布図を作成した。

夏季の測定データのうち，ヒート・アイランド現象を最もよく示した例として，昭和53年7月28日の都市気温分布図を図9に示した。この図は，12時と15時の地上気温分布を基に求めたものであり，日最高気温分布ともよく一致している。

高温域としては，南部丘陵地，兼六園・金沢城一帯を除く市中心部と，それに続く小立野台地及び卯辰山西側山麓地区であり，図10に示した昭和50年のDID地区（人口集中地区）[8]内にほぼ含まれる形となっている。なお，破線で囲んだ地域は，測定点が1地点のみのため，地表面被覆状態及び地表面粗度状態等から高温域と予想した地域である。低温域としては，樹木が多く緑被率の高い兼六園・金沢城一帯がある。この

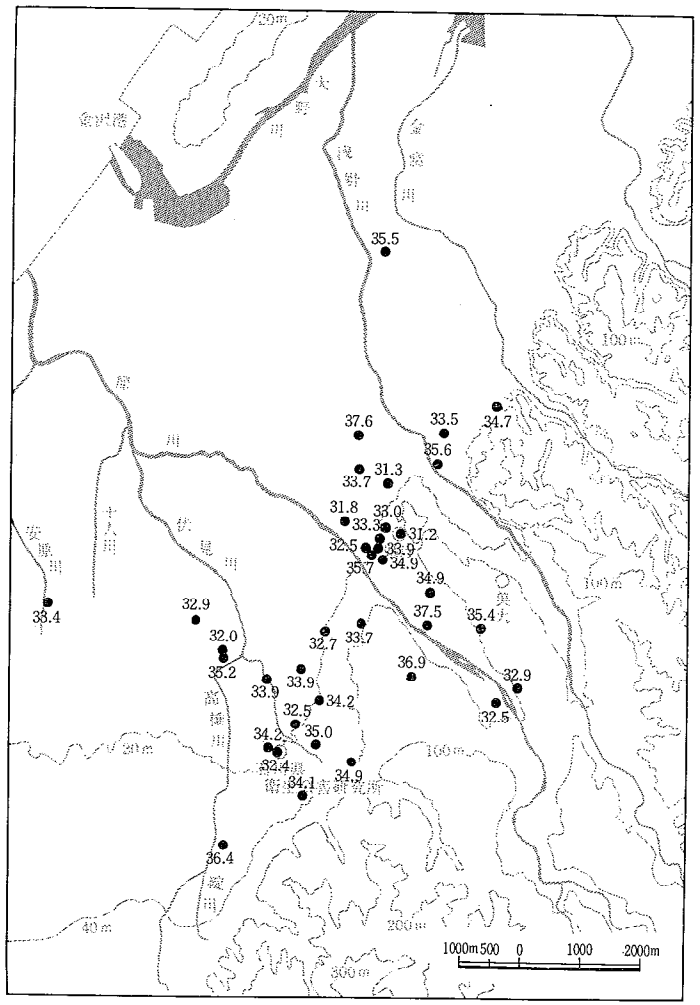


図 8　　地上気温分布図（昭和53年7月28日15時）

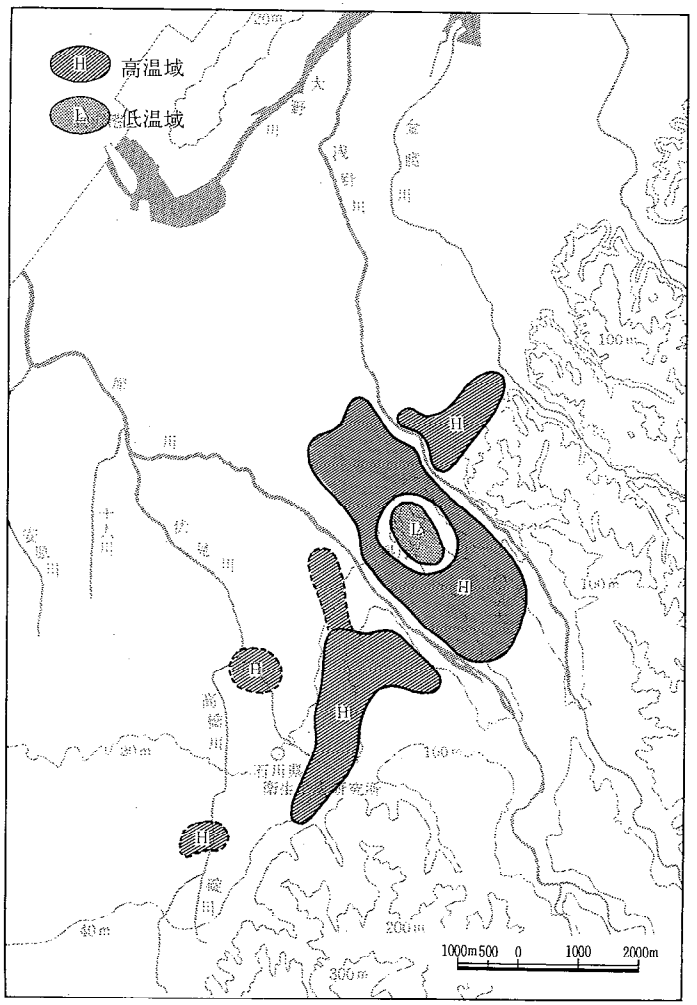


図 9　　都市気温分布図（夏季）

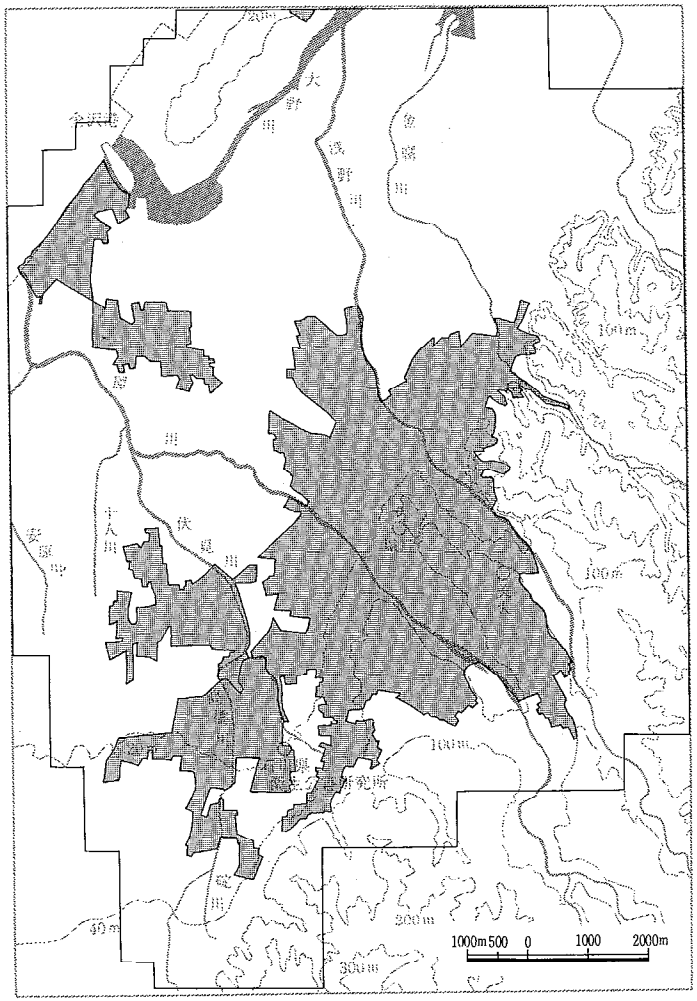


図 10　DID（人口集中地区）境界図（昭和50年）

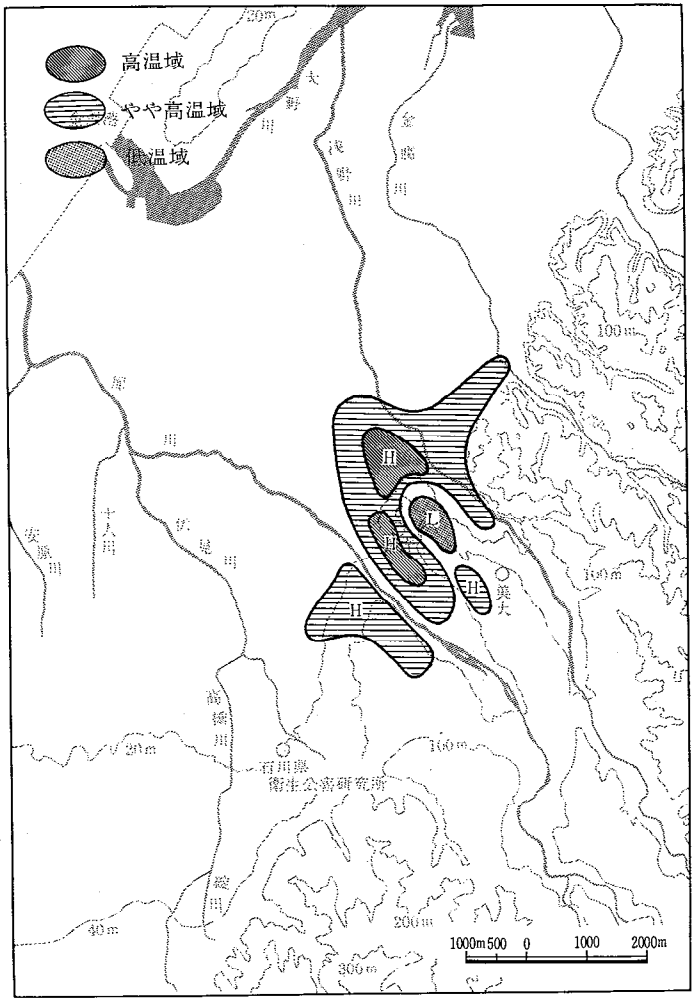


図 11　都市気温分布図（昭和29年8月9日14時）

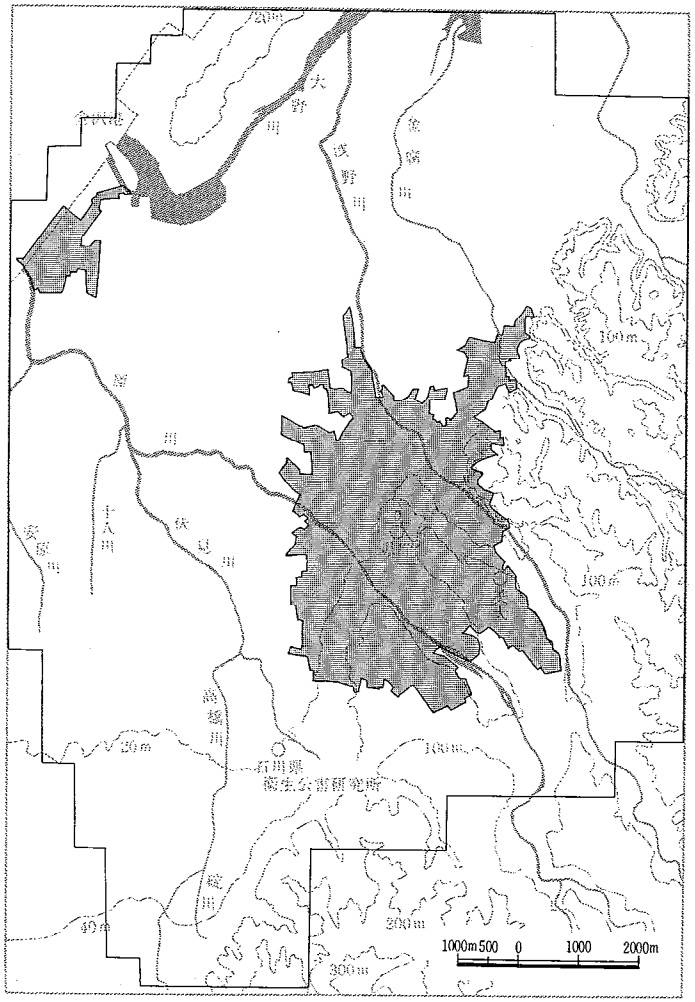


図 12　DID（人口集中地区）境界図（昭和40年）

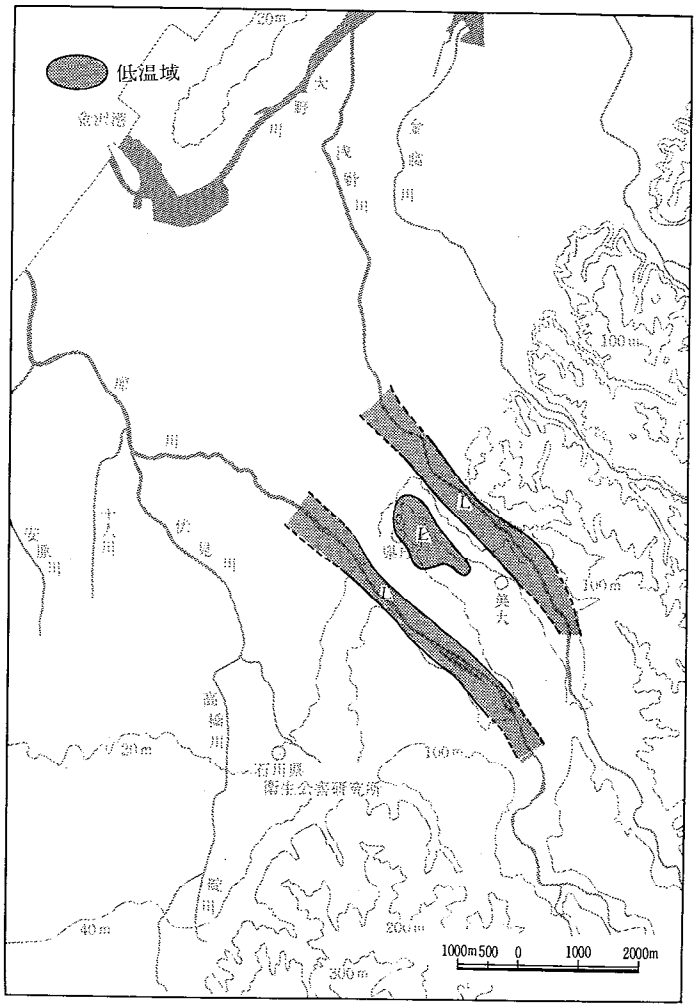


図 13　都市気温分布図（冬季）

市中心部の緑地帯の存在と犀川と浅野川の両河川が市内を貫流していることは，金沢市におけるヒート・アイランドの形成を緩和しているものと思われる。

参考に昭和29年８月９日14時の市内46地点の地上気温実測値から求めた都市気温分布[9]を図11に示した。低温域は兼六園・金沢城一帯であり，高温域は図12に示す昭和40年のDID地区[10]にほぼ含まれる形となっている。

冬季については，地上気温測定期間中のうち，降雪や風雪の強い場合を除いた日の日最低気温分布をもとに作成したが，明確な都市気温分布は現われなかった。これは，石川県が積雪地帯に位置し季節風が強いこと，地表面が常に雨や雪で濡れていたために，地表面被覆状態の差が生じなかったこと等が主な原因と考えられる。図13に冬季の都市温分布図を示した。冷気が進入する犀川，浅野川の両河川に沿った地域及び兼六園・金沢城一帯が，小地形による影響などで低温域となっていた。市中心部と郊外との気温差は，このデータでみる限り現われていない。

エ　ヒート・アイランドと低気圧性循環：ヒート・アイランド循環は，都市の内部が外部よりも僅かながら高温なために生じた気圧差に起因する風系で，都市域が弱い低気圧になるために，地上付近では周辺の郊外域から市街地に向って吹きこむ低気圧性の風（都市風）が生じる現象である。

この現象は，周囲から都市風によって汚染質を中心部に集める作用をし，逆転層が生じやすい気象条件においては，ヒート・アイランドの上限付近にある逆転層によって都市内部の気流の上昇を阻止する働きをするので，都市域内部と周辺の限られた地域内での閉鎖した循環系を作りやすく，したがってヒート・アイランド内部の大気は汚れやすい。

都市風は一般に風が弱いために，一般風がごく弱いとき以外は観測できない。都市風の観察例としては，東京の市街地において，夜間の風が弱い条件で，かなり大規模なヒート・アイランド循環と思われる風系が発達したことが認められている。このときの都市部と郊外との気温差は２～４℃ぐらいで，熱的な低圧部が市街地にできており，都市部に向って吹きこむ風は，１m/sec程度の弱い風である[3]。

また，都市の中心部で風が弱くなる傾向が一般に認められるが，この理由としては，地表面粗度の影響のほかに，都市中心部に向って風が収束するため，都市中心部では，各種の方向からの風が集まり相殺されて風速が比較的弱まることが考えられる。

ヒート・アイランドと海陸風との関係については，朝，海風が吹きはじめると，海風前線は内陸に向って移動し始める。その時，都市は既に周囲より高温になっているから，前線は周辺より早く都市内に侵入してくる。日中，海風が強くなるにつれ海風前線は，都市の周辺では容易に内陸部に進入していくが，都市内では通過速度が遅くなり，通過に時間を要する。そして，巨大都市で海風が弱い条件の場合には，都市内に停滞したまま夕刻を迎え，その後海風前線は後退し始める。日没後，海風前線は，都市の周辺部では速やかに海に退くが，都市内ではいつまでも滞留しやすく，容易に後退しない傾向がある。

金沢市中心部は，海から約８kmと海岸に近いため，海陸風との関係については，これと同様のことが小規模であるが生じていると予想される。このため，金沢地域においては，海陸風にヒート・アイランドの影響が作用し，起伏のある地形と相まって複雑な気流系が作り出されているものと考えられる。

なお，金沢地域における，都市気温分布や小地形によって影響される類型別のミクロスケールの大気の流れの実例は，後述の「大気汚染物質濃度状況」の地上風系図に示した。

(2)　風配図及び風速分布図

金沢地方気象台の観測データ（統計期間1969年４月～1974年３月，測定回数１日８回）[11]と石川県環境大気測定局の観測データ（統計期間1977年４月～1978年３月，測定回数毎正時24回）[12]に基づいて作成した風配図と風速分布図をそれぞれ図14，図15に示した。

風配図に地形図と地表面粗度状態図をオーバ・レイしてみることにより，市中心部から小立野台地にかけての地区に静穏の頻度が高く，小地形と粗度の影響が大きいこと，また，河北潟及び砂丘に近い地区では，卓越風向がこれらの水域や地形に左右されていること，谷の入口地点では，谷地形に沿った卓越風がみられること等，地形の影響が大きいことがわかる。なお，海岸に近い地区で静穏の頻度が高くあらわれているのは地形の影響によるのか，あるいは何か別の要因によるのか，現時点ではデータの蓄積が少くて不明であるが，今後注目する必要がある。

風速分布図を同様にオーバ・レイしてみると，市中心部では郊外に較べ比較的風速が弱く，地表面の粗度の影響がみられる。また，風向別の風速では，季節風が吹く西方向の風速が大きい傾向が全般的にみられる。

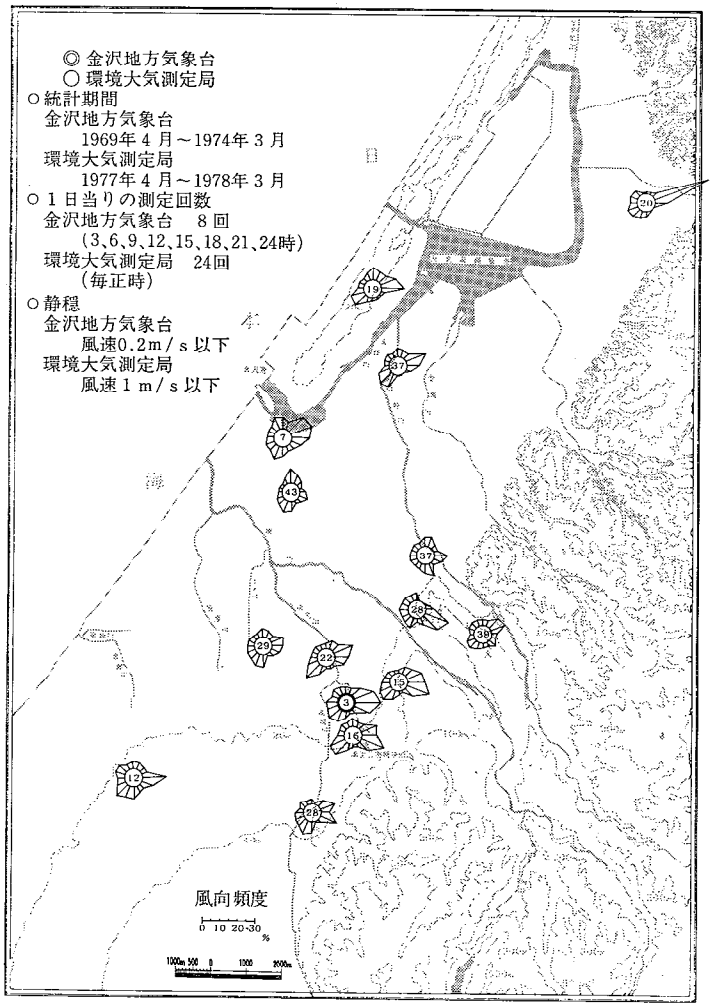


図 14　　風　　配　　図

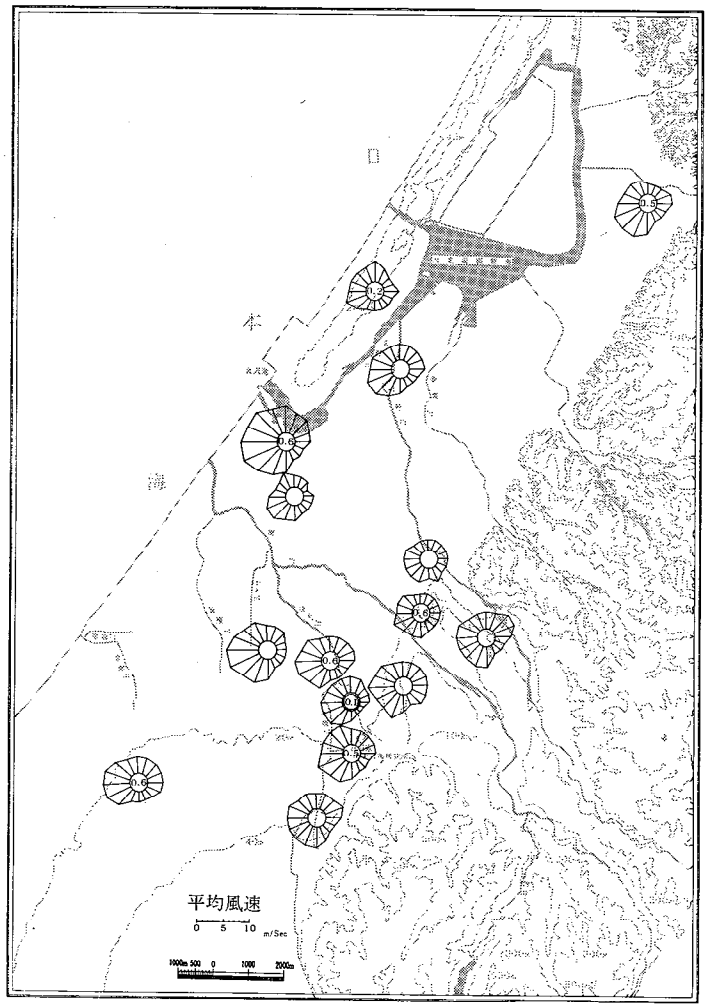


図 15　　風　速　分　布　図

(3) 気象上大気汚染が問題となる地域

小地形，都市風から求められる類型別のミクロスケールの大気の流れ（図21など）と風配図（図12），風速分布図（図13）を基に収束域，静穏域を推定し，これを大気汚染を考える上で気象上問題となる地域とした。

ここで，小地形や粗度による地表面の摩擦力と，都市風にみられる低気圧性風のどちらが海陸風に対し影響を与えているかが問題となるが，金沢市街地の位置する地形，人口規模，都市形態等を検討すると，定性的ではあるが，前者による影響が大きく，後者によるものはわずかであると考えられる。

気象上問題となる地域を図16に示した。実線で囲まれた地域が気象上問題となる地域であり，南部丘陵地，小立野台地，卯辰山山麓地区が該当する。南部丘陵地は，北寄りに海風が進入してくる場合に，また，卯辰山山麓地区及び小立野台地は，西寄りに海風が進入してくる場合に，それぞれ大気汚染が生じやすい傾向にある。

一般に，海風が山地により上昇するための作用として静穏となりやすい地域は，山地の立ち上がりの少し上である。南部丘陵地では，標高40mを中心にした地域であり，これに地表面の粗度やヒート・アイランドを考慮すると，それらの影響の程度に応じて範囲は低地へと拡がる。卯辰山山麓地区は，急に傾斜が急になるため，南部丘陵地よりも静穏域は狭い範囲となる。小立野台地は，台地そのものと市中心部の地表面の粗度による風速の弱化のほかに，台地の両側を洗う犀川，浅野川両河川の地形特性による気流の乱れの影響が，収束域の形成にいくらかは寄与するのではないかと思われる。

なお，北部地域の破線で囲んだ地域は，気象観測点がないため断定はできないが，傾斜が急な卯辰山と標高30～40mの砂丘地に狭まれ，これに加えて河北潟の存在等，地形上から収束域，静穏等が生じやすい地域と推定され，要注意地域といえる。

3・2 大気汚染物質発生条件

光化学大気汚染の発生は，これが二次汚染物質であるので，その原因物質である一次汚染物質の発生源条件と光化学エネルギーの量により左右される。ここでは，原因物質の１つである窒素酸化物の排出量分布図を図17に示した。なお参考までに，硫黄酸化物排出量分布図を図18に示した。

これらの排出量分布域は，金沢市の市街化区域内に大部分が含まれている。

3・3 大気汚染濃度状況

夏季の地上気温測定期間中，最も都市温度分布がはっきり現われ，光化学オキシダント濃度も比較的高かった昭和53年７月28日を例として，光化学オキシダントの濃度分布の時系列変化を地上風系と関連させて述べる。

同日の地上天気図[13]を図19に，850mbの等圧面天気図[14]を図20に示した。気圧配置は，Ｖ型（夏型で南方海上に台風あり[15]）で，太平洋の高気圧におおわれ，晴天で暑い日が続いていた。午後に雷があり，県南部の山沿いで所によりにわか雨が降った。

金沢地方気象台の地上気象観測データ及び大気安定度を表８に示した（ただし，全天日射量は金沢市南部地域の三馬測定局，米泉測定局の測定値の平均である）。

輪島測候所における気温鉛直分布図，風向風速鉛直分布図をそれぞれ図21，図22に示した。

３時間毎の地上風系図を図23(a)～(h)に，９時から18時までの３時間毎の光化学オキシダント濃度分布図を図24(a)～(d)に示した。

海陸風の日変化及び光化学オキシダントの濃度変化は，次のとおりである。

３時：市街地の山手は陸風であるが，平地は静穏で，郊外の津幡地区や金沢港周辺は陸風が吹いている。

６時：金沢市街地全域が静穏，津幡地区・内灘地区は陸風が吹いている。

９時：海風が進入している。
オキシダント濃度は，南部丘陵地と金沢港周辺が40ppb以上で，市街地の大部分は40ppb以下である。

12時：海風が強まり全域を支配する。
海風が北西方向のため，南部丘陵地のオキシダント濃度が高く80ppb以上となり，市中心部は60ppb程度である。

15時：海風が吹いているが，小立野台地に静穏域がある。
オキシダント濃度は，南部丘陵地で60～70ppb，市中心部で60ppb程度，その他の地区では50ppb程度である。

18時：海風が大分弱まってきた。南部丘陵地，小立野台地が静穏となってくる。
南部丘陵地と市中心部でオキシダント濃度はなお40ppb程度であるが，他は30ppb程度となる。

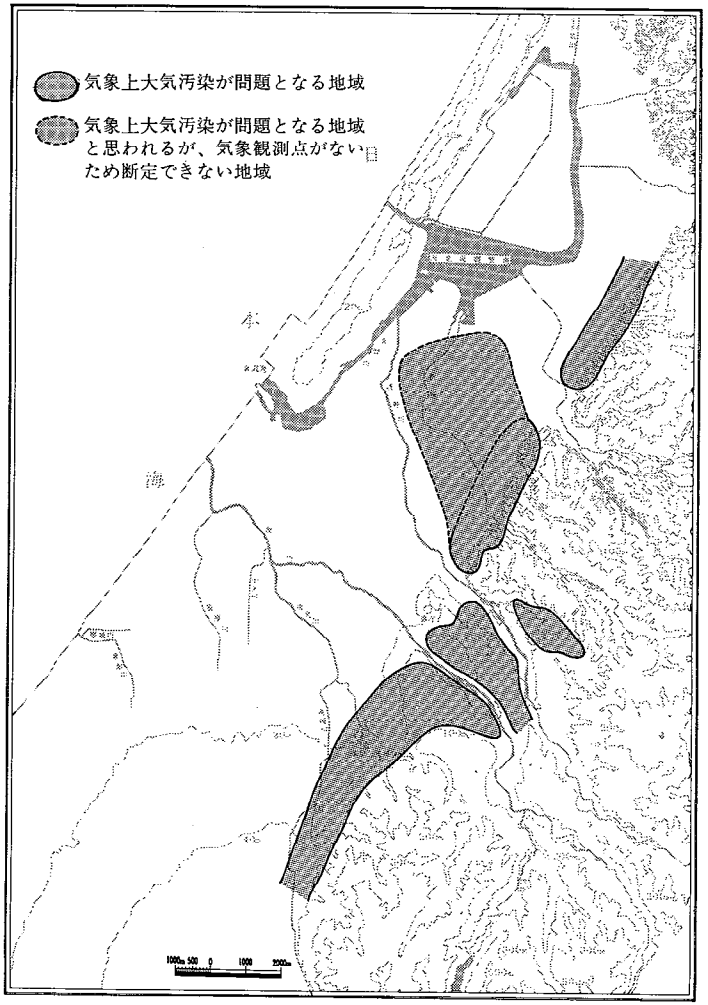


図 16　　気象上大気汚染が問題となる地域

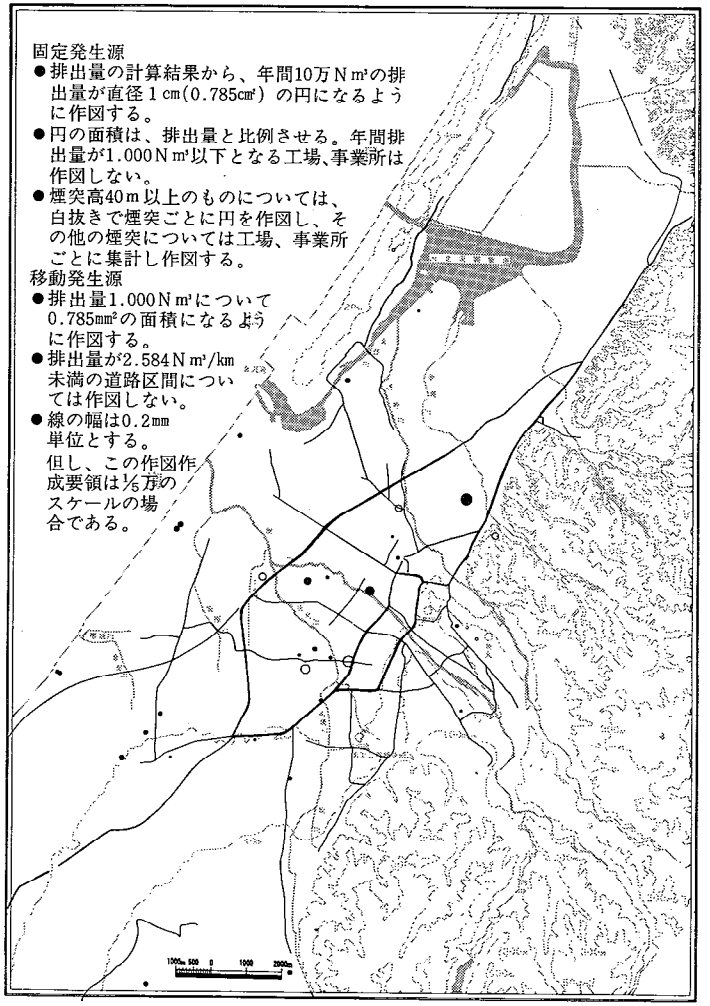


図 17　　窒素酸化物排出量分布図

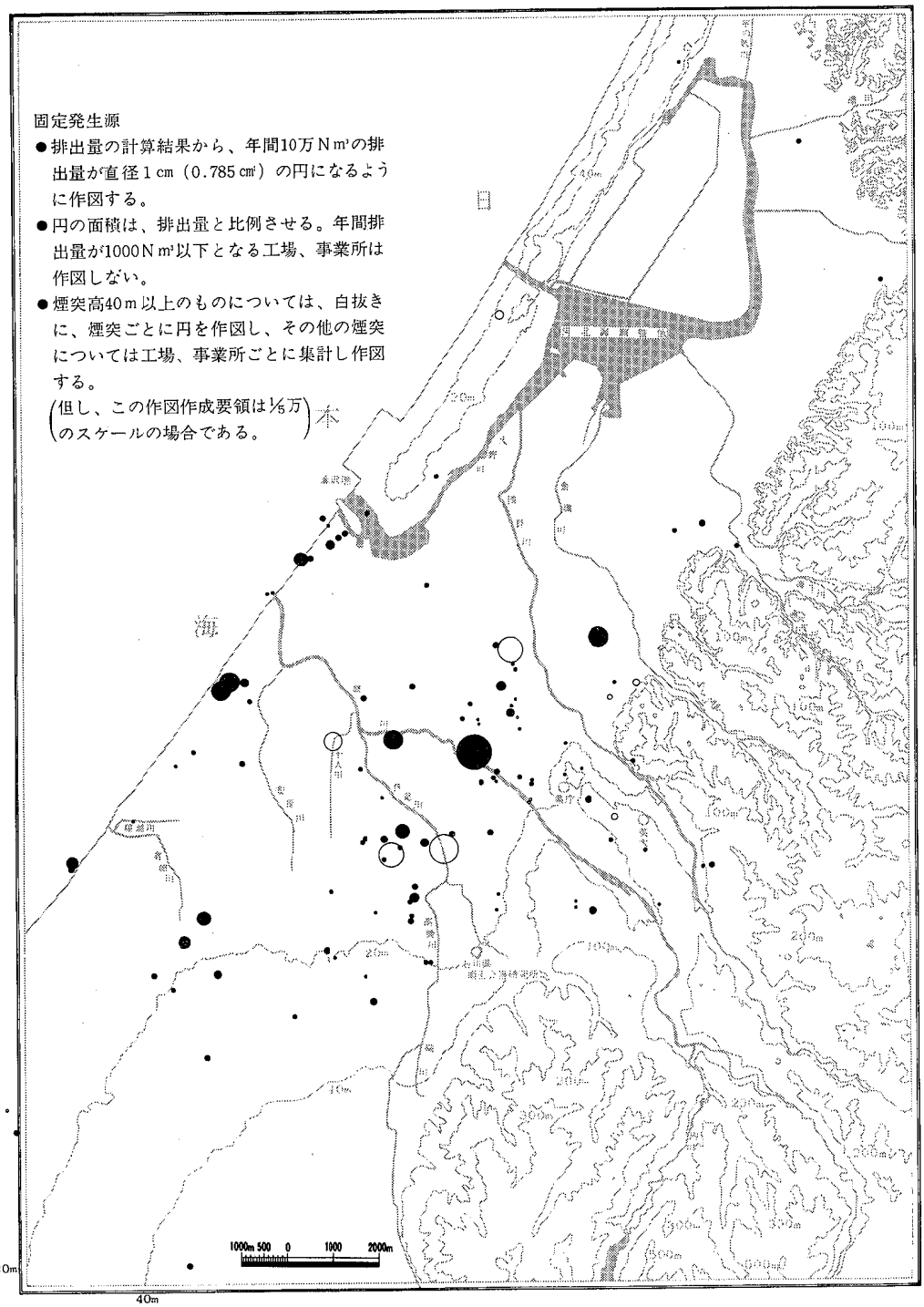


図 18　　硫黄酸化物排出量分布図

表 8　　地 上 気 象 観 測 デ ー タ

	天　気	気　温 (°C)	相対温度 (%)	風　向 (16方位)	風　速 (m/s)	全雲量 (10分比)	全天日射量 (cal/cm²hr)	大気安定度
3　時	快　晴	25.9	80	ENE	1.4	0	0	—
6　時	〃	25.3	82	C	0.2	0	4	B
9　時	〃	31.0	60	WNW	1.9	0	46	A～B
12　時	〃	32.1	61	WNW	2.8	0	71	A～B
15　時	〃	32.7	64	NNW	2.2	3	57	A～B
18　時	晴　れ	30.4	69	NW	1.7	4	12	B
21　時	快　晴	28.2	80	C	0.2	0	0	—
0　時	晴　れ	26.4	78	E	1.1	7	0	—

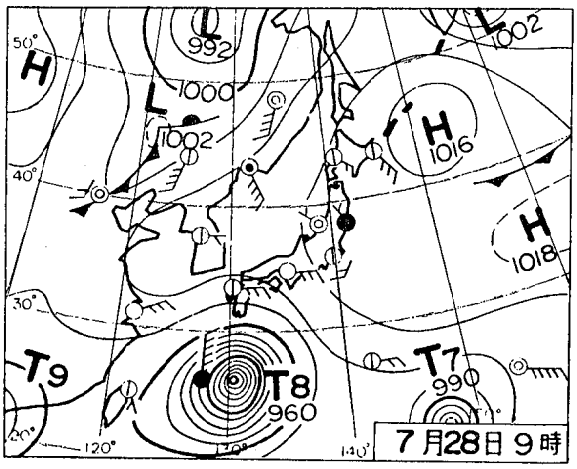


図 19
地 上 天 気 図

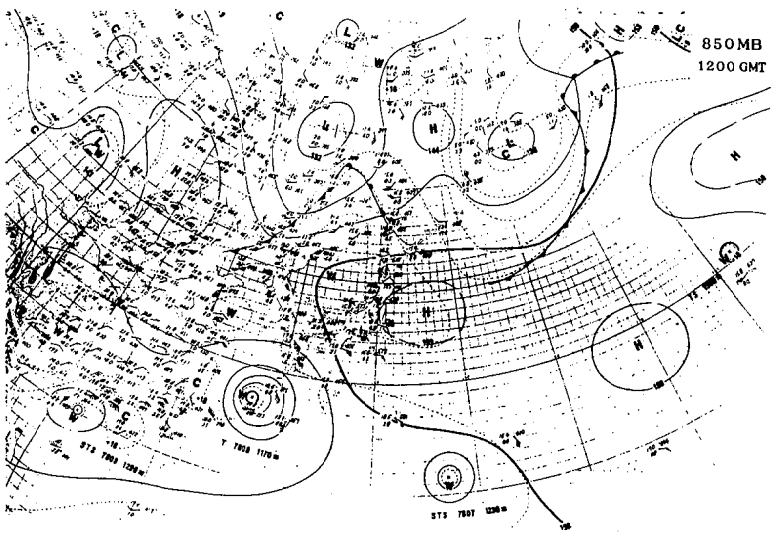


図 20
等圧面天気図 (850mb)

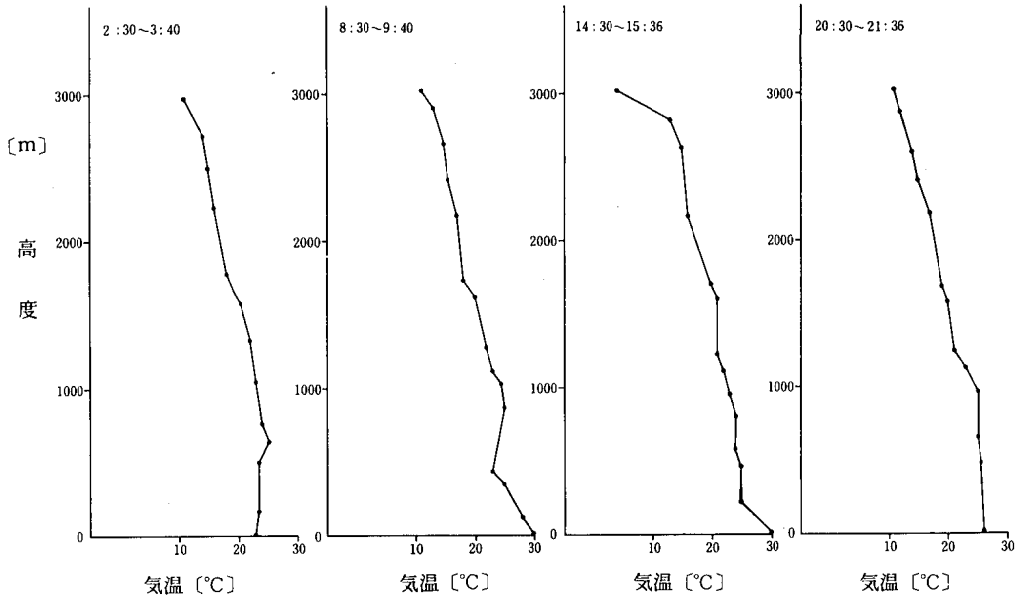


図 21　　気温鉛直分布図（昭和53年7月28日）

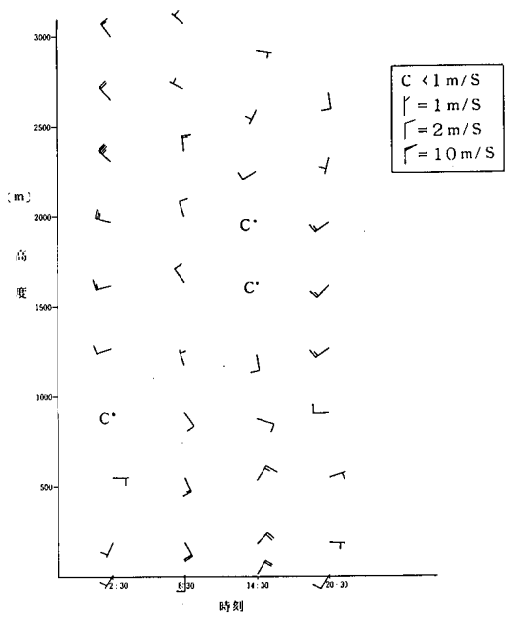


図 22　　風向風速鉛直分布図（昭和53年7月28日）

21時：陸風であるが，南部地域の一部と小立野台地が静穏。

0時：全般的に陸風であるが，小立野台地は静穏。

3・4　大気汚染による植物被害状況

(1)　樹木活力度への影響

樹木の活力度は自然環境破壊の進度を現わす指標とされている。大気汚染も自然環境破壊の一要因であることから，大気汚染が樹木活力度に何らかの影響を与えているものと考えられる。

金沢市周辺の樹木活力度の概要は，次のとおりである[4]。

現地調査における樹木活力評価基準（表9），樹木活力指数（表9の基準に従い，1～4の順序にそれぞれ1～4までの点数を与え，これを合計し，平均値を求めたもの），及び活力評価区分の基準（表10）に基づいて評価された現地活力調査活力区分図[4]を図25に示した。全体として比較的良好な結果を保っており，Bにランクされた標本地は，市中心部から小立野台地にかけてと，他は市周辺部に分散している。都市構造別にみると，市の中心部，新興住宅地，北陸自動車道及びバイパス沿線において活力の低下がみられる。

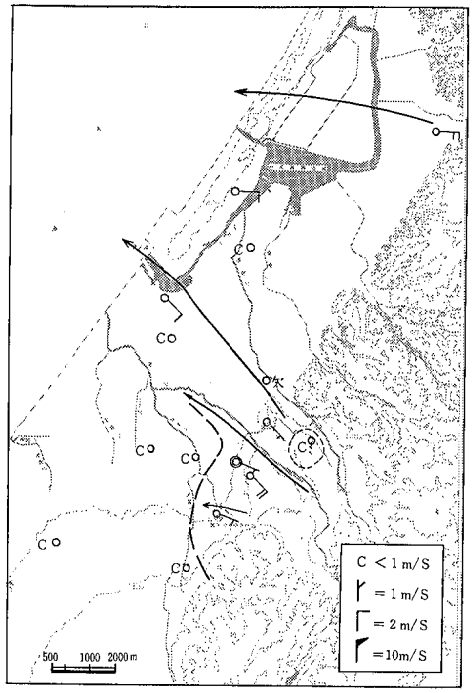


図23—(a)　地上風系図（昭和53年7月28日3時）

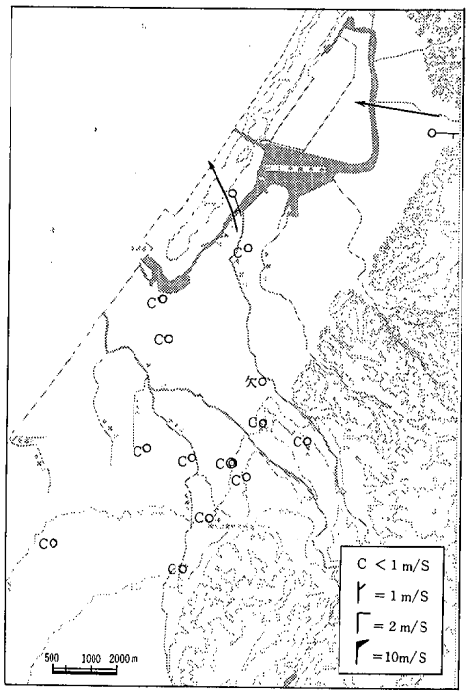


図23—(b)　地上風系図（昭和53年7月28日6時）

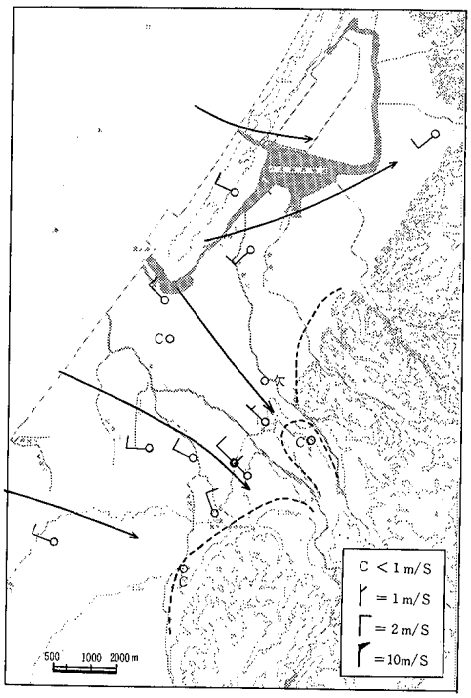


図23—(c)　地上風系図（昭和53年7月28日9時）

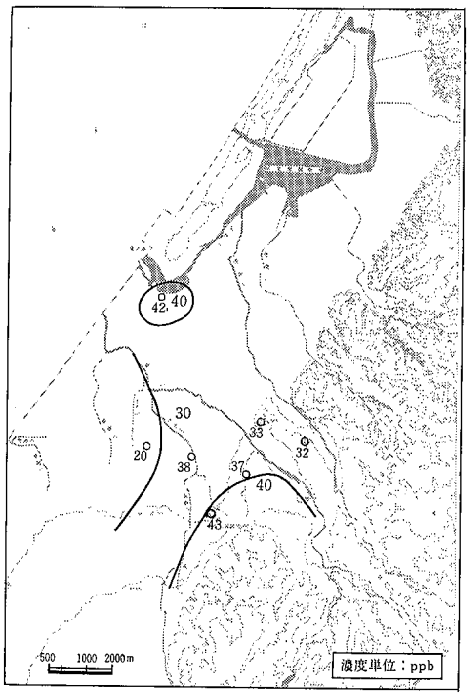


図24—(a)　オキシダント濃度分布図
（昭和53年7月28日9時）

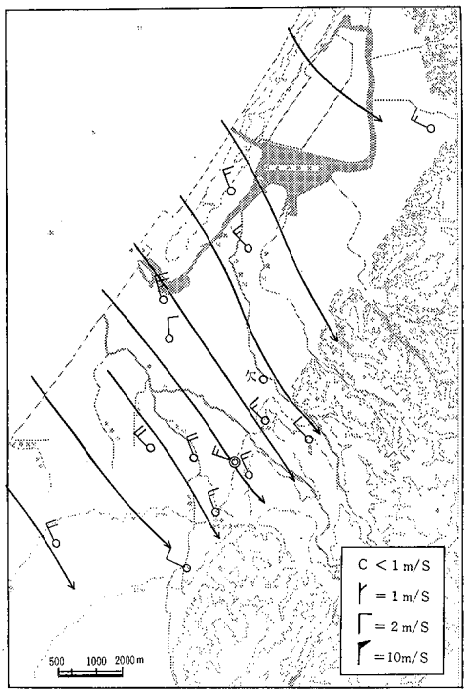


図23—(d)　地上風系図（昭和53年７月28日12時）

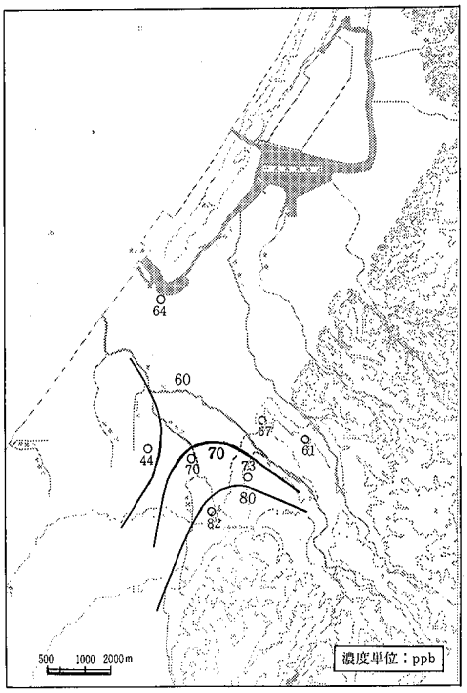


図24—(b)　オキシダント濃度分布図
（昭和53年７月28日12時）

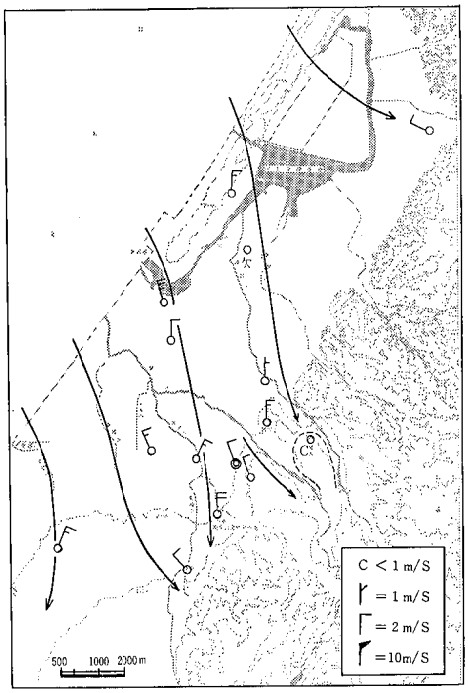


図23—(e)　地上風系図（昭和53年７月28日15時）

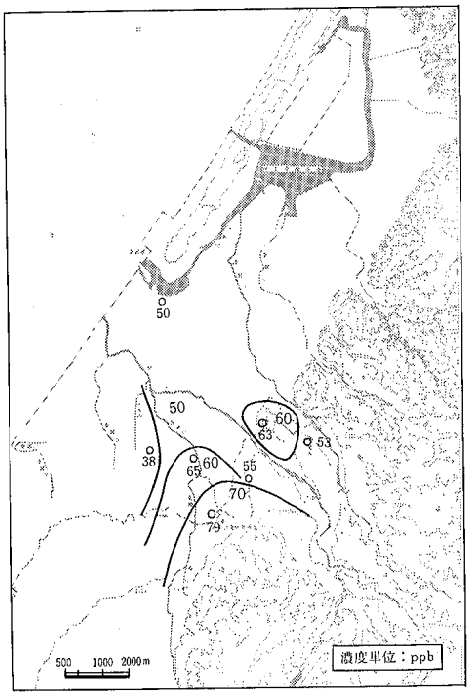


図24—(c)　オキシダント濃度分布図
（昭和53年７月28日15時）

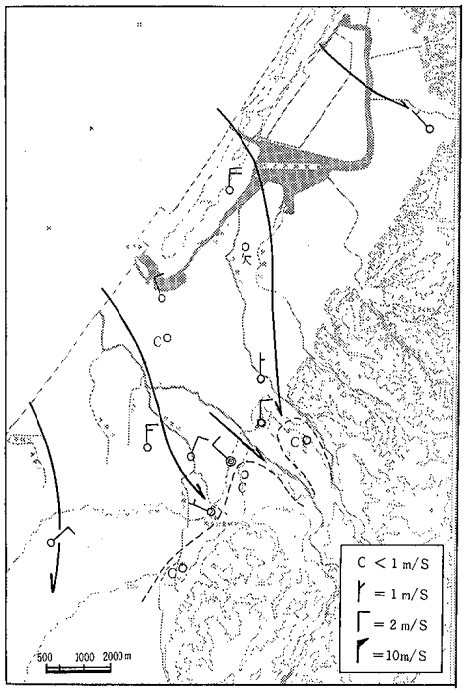


図23—(f)　地上風系図（昭和53年７月28日18時）

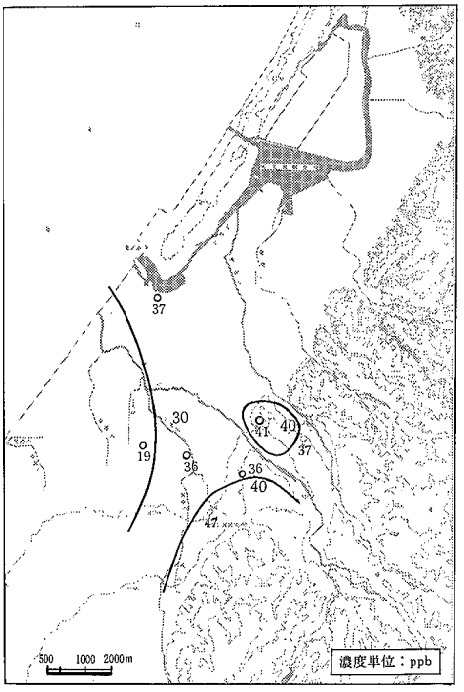


図24—(d)　オキシダント濃度分布図
（昭和53年７月28日18時）

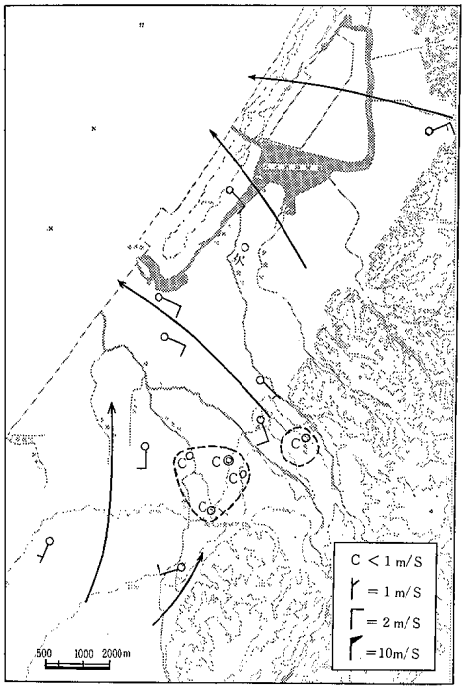


図23—(g)　地上風系図（昭和53年７月28日21時）

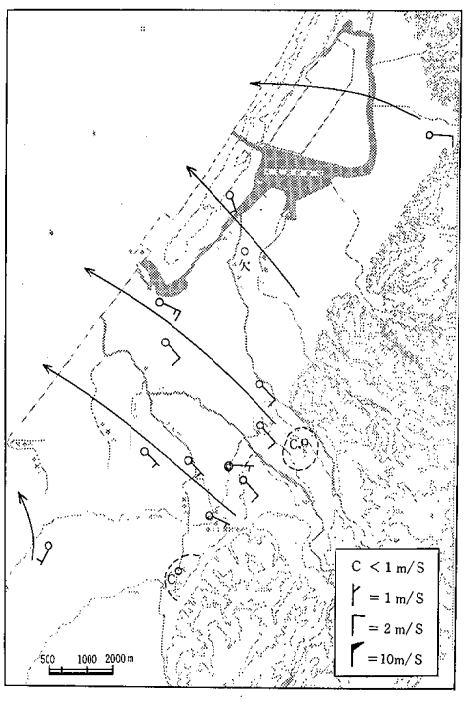


図23—(h)　地上風系図（昭和53年７月28日24時）

一方，マルチスペクトル航空写真に基づくケヤキ及びスギの光学的解析の結果（IR/G 値コンター図）[4]をそれぞれ図26，図27に示した。市の中心部で活力の低下した地帯がみられるが，全般的にみて樹木の活力は悪くないようである。

(2) 光化学大気汚染によるアサガオ被害分布

光化学大気汚染によるアサガオ被害調査（可視的被害の観察）を，対象地域内では，昭和49年（1地点），昭和50年（4地点），昭和51年（5地点），昭和52年（10地点），昭和53年（4地点）と行った。多年にわたって継続した調査地点もあり，地点数としては，これらを合わせると13地点の被害調査結果が得られた。

光化学オキシダント濃度の現われ方は，その年の気象条件に著しく左右されるため，光化学オキシダントによって発生するアサガオ被害の程度にも年によって差異がみられる。また，単年度のみの調査地点もあり，個々の調査地点別の評価は難かしい面もあるが，地域別の傾向を把握するのは可能である。

被害分布図を図28に示した。過去に被害の発現が著しかった地点を黒丸に，被害が無いか又は被害が生じても軽度の地点を白丸で示した。被害の発現が著しかった地点は，南部丘陵地，小立野台地，卯辰山山麓地区に分布している。また，金沢市街地から10km 以上も山間に入った二俣地区で顕著な被害がみられたのは，市内の汚染空気が森下川に沿って相当深く進入したことによるのではないかと思われる。

表 9　　樹 木 活 力 評 価 基 準

基準 ＼ 項目	1 （良好・正常）	2 （幾分影響はあるが，正常に近い）	3 （悪化のかなり進んだもの）	4 （顕著なる悪化）
樹形	自然樹形を保っている。	若干の乱れはあるが，本来の形に近い。	自然樹形の崩壊がかなり進んでいる。	自然樹形が完全に崩壊され，奇形化している。
樹幹の色	外傷なく，色も正常	わずかに外傷，変色があるが，あまり目立たない。	外傷が相当に多く，変色も一見してわかる。	外傷が著しく多く，極度に変色している。
枝の伸長量	正　常	幾分少ないが，あまり目立たない。	枝が短小となり細い。	枝が極度に短縮し，しょう芽状の節間がある。
梢端の枯損	全く見られない。	少しあるが，あまり目立たない。	かなり多く見られる。	著しく多く見られる。
枝葉の密度	枝および葉の密度のバランスがとれている。	バランスがやや劣る。	かなり疎である。	枯枝が多く，葉の発生が少なく密度が著しく疎である。
葉色	正　常	やや変色している。	かなり変色している。	著しく変色している。
葉形	正　常	少し歪みがある。	変形がかなり進んでいる。	著しく変形している。
葉の大きさ	正　常	幾分小さい。	かなり小さい。	著しく小さい。
ネクロシス	全く発生していない。	発生が認められるが，あまり目立たない。	明らかに認められる。	著しく多く発生が認められる。

表 10　　活 力 評 価 区 分 の 基 準

活力区分	A	B	C	D
活力指数	1.00 ～ 1.50	1.51 ～ 2.30	2.31 ～ 3.10	3.11 ～ 4.00

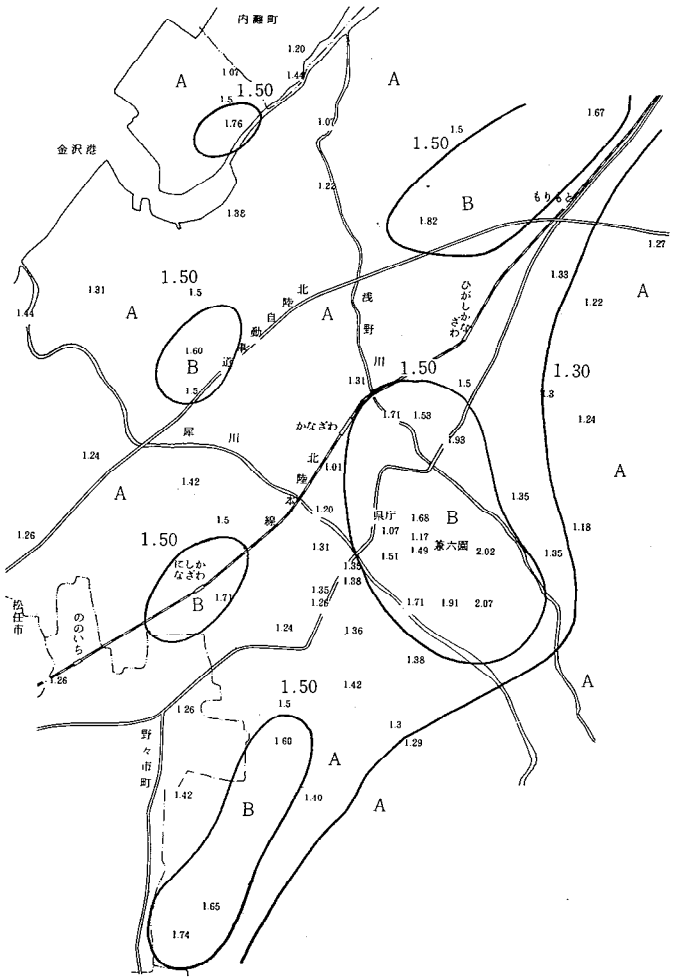
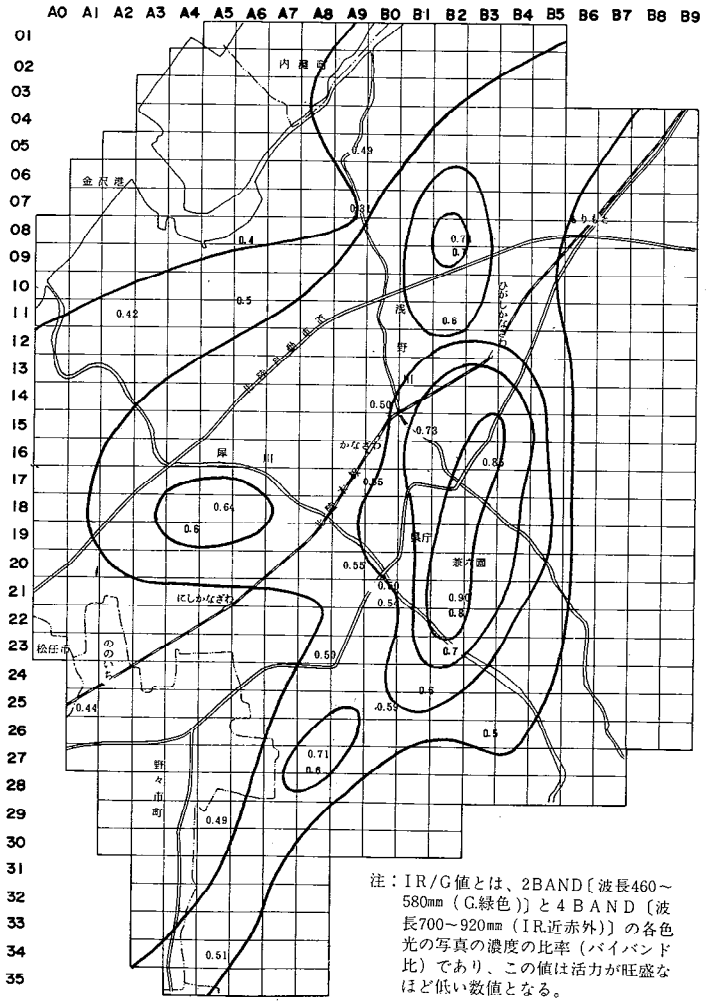
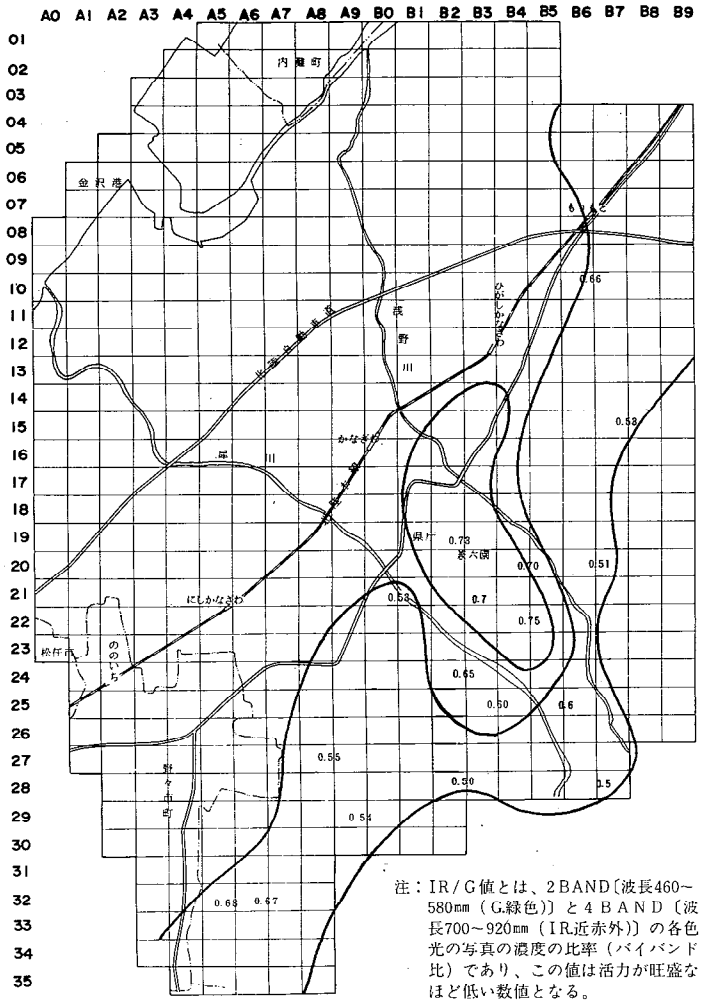


図 25　　現地活力調査活力区分図



注：IR/G値とは、2BAND〔波長460～580mm（G.緑色）〕と4BAND〔波長700～920mm（IR.近赤外）〕の各色光の写真の濃度の比率（バイバンド比）であり、この値は活力が旺盛なほど低い数値となる。

図 26　　ケヤキのIR/G値コンター図



注：IR/G値とは、2BAND〔波長460～580mm（G.緑色）〕と4BAND〔波長700～920mm（IR.近赤外）〕の各色光の写真の濃度の比率（バイバンド比）であり、この値は活力が旺盛なほど低い数値となる。

図 27　　スギのIR/G値コンター図

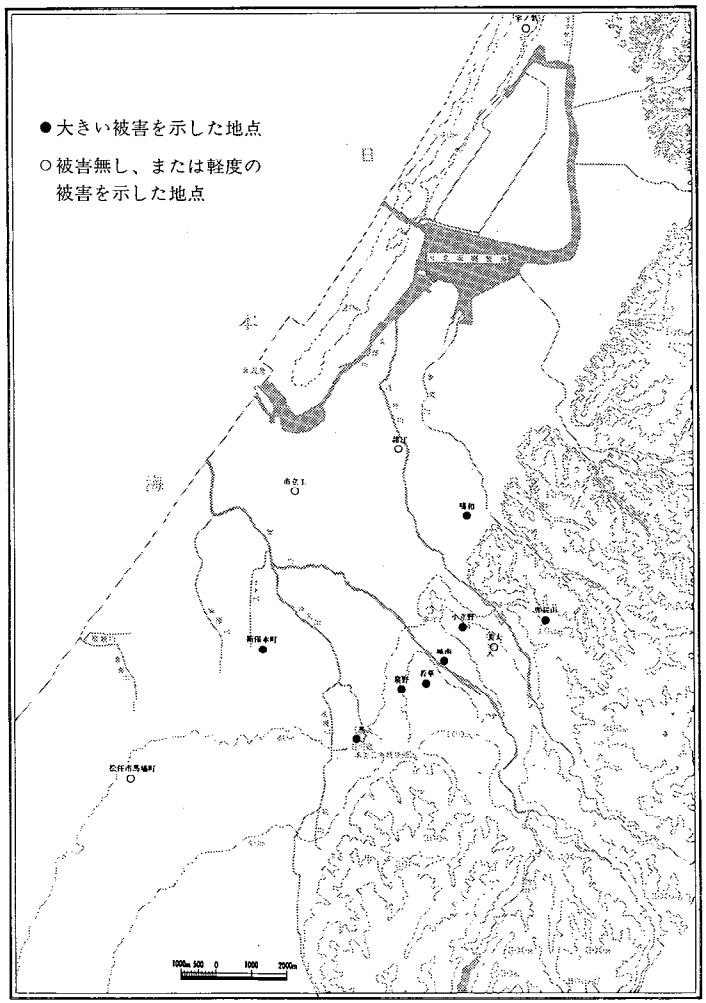


図 28　　光化学大気汚染によるアサガオ被害分布図

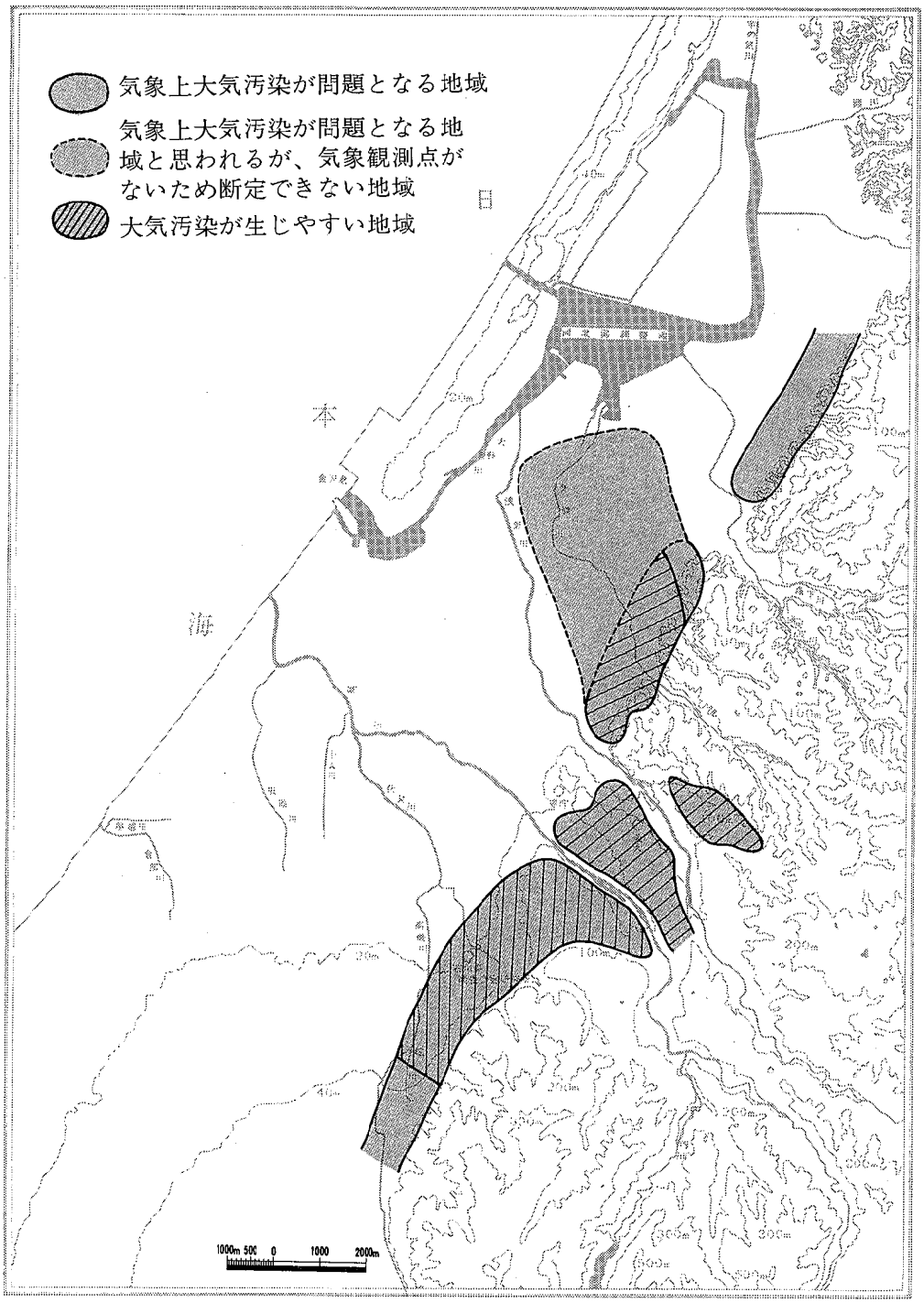


図 29　　大気汚染が生じやすい地域

表 11　大気汚染が生じやすい地域がもたらす土地利用上の制約/可能性要因

評価項目 / 自然作用 / 要因	大気汚染が生じやすい地域	
	小地形，地表面粗度による静穏域，弱風域形成作用	ヒート・アイランド形成作用
土地利用上の制約要因	○構造物による地表面粗度の増加(風速の減少) ○河川流路の変化(風の流れが妨げられる場合) ○オープンスペースの減少 ○その他	○地表面の人工化（不透水面の増加） ○熱発生源の増加 ○構造物による地表面粗度の増加(風速の減少) ○水面の減少 ○地盤の乾燥化（蒸発散の減少） ○オープンスペースの減少 ○建築材・道路舗装材の変化（熱容量の増大） ○大気汚染物質の排出 ○その他
土地利用上の可能性要因	○起伏地の平坦化（風速の増加） ○植物群落（樹木）の伐採（風速の増加） ○河川流路の変化（風が通りやすくなる場合） ○オープンスペースの増加 ○その他	○植林・公園の緑地化 ○水面の増加 ○地盤の湿潤化 ○オープンスペースの増加 ○建築材・道路舗装材の変化（アルベドーの増大） ○構造物による地表面粗度の増加（乱流熱交換量の増大） ○その他

4　大気汚染が生じやすい地域の判定

“気象上大気汚染が問題となる地域”を示した図16と，現状の大気汚染物質排出量分布図（図17）をオーバ・レイして，これに更に小地形や都市気温の影響を受ける海陸風の風系図（図23），大気汚染濃度分布図（図24），樹木活力評価図（図25，図26，図27），光化学大気汚染によるアサガオ被害分布図（図28）をオーバ・レイして解析することにより“大気汚染が生じやすい地域”を判定した。

この“大気汚染が生じやすい地域”は，“気象上大気汚染が問題となる地域”のうち，図29に示した斜線で囲まれた地域である。これらの地域については，今後の工業的，住宅的土地利用等の都市的土地利用行為の面的及び質的変化に伴い，その地域は拡大したり縮少したり，また，その危険性の程度も変動するものと思われる。

5　土地利用上の制約要因と可能性要因

“大気汚染が生じやすい地域”の評価プロセスから得られた土地利用上の制約要因（不利益な条件）及び可能性要因（有益な条件）の具体例を表11に示した。

光化学大気汚染の対策としては，発生源対策もさることながら，光化学オキシダントの移流・拡散条件に影響を与えていると考えられる都市気候を緩和することも有効な対策であるといえる。すなわち，“大気汚染が生じやすい地域”として判定された南部丘陵地，小立野台地，卯辰山山麓地区について，公園緑地，オープンスペース等を積極的に配置し，また，一方で高層，高密度の建造物や，地表面の不透水面化等の都市的土地利用行為を抑制する等の土地利用計画を推進することは，これらの地域における光化学大気汚染の減少に寄与することになると思われる。

このように，評価項目ごとに土地利用行為に対して与える制約要因と可能性要因をあらかじめ把握しておくことは，将来の都市計画，土地利用計画などに環境保全上の有効な指針を与えることになるであろう。

文　献

1) 小沢行雄，吉野正敏：小気候調査法，p158—162，古今書院，東京（1965）
2) 大後美保，長尾隆：都市気候学，p127，朝倉書

店，東京（1972）
3）河村武：気象研究ノート，133号（1977）
4）石川県：マルチスペクトル航空写真による環境調査（1979）
5）吉野正敏:小気候，p91，地人書館，東京（1961）
6）河村武：地理学評論，37，No 10（1964）
7）久保田鉄工株式会社：アーバンクボタ（特集＝都市気候と大気汚染）（1973）
8）総理府統計局：昭和50年国勢調査（わが国の人口集中地区）（1977）
9）富山地学会，石川地学地理学会，福井県地理学会編輯，飾伸一：自然と社会，15号，26～28，（1955）
10）総理府統計局：昭和40年国勢調査（わが国の人口集中地区）（1967）
11）金沢地方気象台：石川県の地上風の基礎調査（1976）
12）石川県：昭和52年度環境大気調査報告書（1978）
13）気象庁監修：気象，No 257，日本気象協会（1978）
14）気象庁：天気図 DAILY WEATHER MAP（1978）
15）石川県：環境基本情報書モデル作成調査報告書，p117（1978）

〔報　文〕

金沢・手取地域における地下水利用状況と水の循環

石川県衛生公害研究所環境部　田嶋隆俊・西川孝蔵

1 はじめに

石川県の面積は4,196km^{2}で，ここに降り注ぐ年間降水量は，加賀地域では平野部で2,500mm程度，山間部で3,000mmを超え，また，能登地域では平野部で2,000mm程度，山間部で2,500mm程度であり，石川県はわが国でも有数の多雨地帯である。

しかし，水利用の観点からは，この降水を地表水の形で有効に利用しているとは必ずしもいえず，石川県では農業用水を別にすれば（農業用水は，地表水の利用度が極めて高い），昭和45年で年間約2億6千万m^{3}の水需要量のうち約1億9千万m^{3}を地下水に依存し，その依存率は70%を超えている。昭和52年においても年間約4億2千万m^{3}のうち，約2億5千万m^{3}を地下水に依存し，その依存率は低下しているとはいうものの50%を超え，かつその絶対量は増加している。

これは，能登地域が日本海に突出した半島であるため小河川が多く，従って，集水面積も小さく，流長も短かいことなどから，地表水を利用し難い状況にある反面，加賀地域では，広大な手取川扇状地を始めとして，滞水層となる沖・洪積層の発達が良好であるため，地下水賦存量が多く，かつ恒温性，経済性に優れ，入手が容易である良質な地下水が積極的に利用されてきたためと考えられる。

この極めて高い地下水依存の弊害は，昭和44年頃から七尾地域の地盤沈下を生じさせ，また，金沢地域においても地下水位の低下や地盤沈下の兆候を生ずるなど，主として人口や産業が集積している都市部で顕著にみられるようになった。

石川県ではこのような事態を重視し，昭和49年度から水準測量や地下水位の観測を始めるとともに，昭和50年には県条例により県下全域で地下水採取の届出制を，昭和51年には七尾地域で許可制をとることとした。一方，昭和47年に「七尾港周辺地盤沈下対策協議会」を設置して，七尾地域の地盤沈下の実態調査，予測，防止対策等について研究を進め，さらに，昭和50年にはこれを改組した「石川県地下水保全対策協議会」の設置や，昭和54年には更に「金沢平野における地下水等保全対策連絡会」を設置し，地下水保全のための情報の交換，各種の調査，防止対策の検討などを進めている。また，今後の水需要の増大に対しては，極力地表水の利用を図ることとして，手取川総合開発事業（水道用水：1日最大390千m^{3}供給，工業用水：1日最大100千m^{3}供給）や能登地域の生活ダム群の建設など，水資源利用ネットワークの整備と推進を図っている。

地下水問題は，単に地盤沈下などの地下水障害の面からのみ捕えることなく，広く水資源問題の一環として，地域の特性に応じて的確に把握することが重要である。過去において，石川県の水循環や，地下水の流動，地下水の賦存量，あるいは地下水の利用状況などについては，総合的，体系的に調査，解析されたことはなく，この種の調査はごく最近緒についたばかりであり，今後，計画的・長期的に継続されることが望まれる。

ここでは，われわれが今日までに集積した地下水に関する各種の資料や，それらを整理し，解析することによって得られた新たな知見を基に，地下水保全の立場から，石川県の地下水区のうち，図1に示した金沢

Utilization of Underground Water and Water Balance in Kanazawa and Tedori Region, Ishikawa Prefecture. *by Takatoshi TAJIMA and Kouzo NISHIKAWA (Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

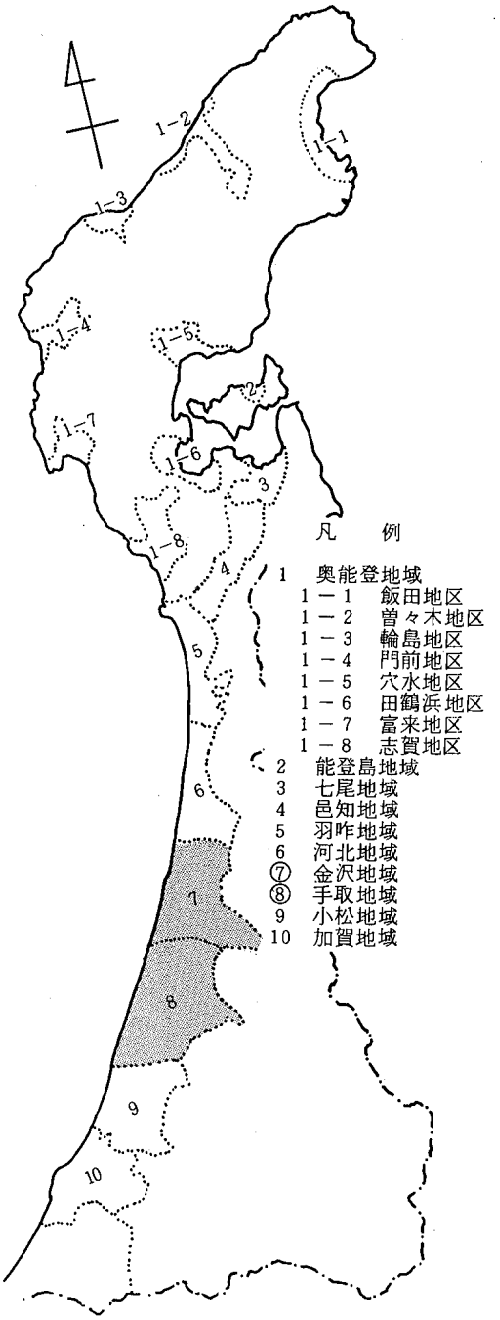


図1　石川県における地下水区と金沢・手取地域位置図

地域と手取地域について，地下水利用の実態，地下水障害の動向について述べるとともに，地下水の循環をマクロ的に明らかにし，考察を加えてみた。対象地域は，金沢市，松任市，野々市町，美川町，根上町，寺井町，辰口町，鶴来町及び川北町の2市7町に及ぶ，人口54万6千人（県全体の49.6%），面積676km²（県全体の16.1%）の地域である。

2　地下水利用の進展と地下水障害の動向

2・1　地下水揚水の現況

(1)　揚水井の設置状況

昭和52年における揚水井の設置状況は，表1に示したとおりである。

揚水井総数は2,812本で，金沢市が1,820本と最も多く，次いで松任市の351本，野々市町の212本である。これを深度別にみると，30m以深のいわゆる深井戸が2,517本と全体の89.5%を占め，深井戸の利用率が高いことがわかる。吐出口の断面積別では，6～50cm²のものが48.9%と最も多く，また，用途別では，建築物用水が51.3%で最も多いが，根上町や辰口町，美川町では，工業用水の比率が最も高いことが特徴である。

この地域の揚水井総数は昭和45年に1,037本という報告例[1]があるが，昭和52年にはその2.71倍にもなっており，その間の人口や産業の集積によって地下水の利用が増大していることがわかる。

(2)　揚水量の状況

昭和52年の揚水量の状況を表2に示した。揚水量の総量は523千m³/日で，金沢市がその54.5%を占め，次いで辰口町の10.5%となっている。この揚水量の94.8%が30m以深の深井戸からであり，また，72.4%は100cm²以上の吐出口断面積をもつ揚水井からである。

用途別にみると，金沢市では工業用水が63.2%，建築物用水が17.6%で，最も少ないのは水道用水の1.9%である。これに対して，他の市町の合計揚水量では工業用水と水道用水とがほぼ同じ比率であるが，松任市，根上町，美川町，野々市町では工業用水が水道用水よりも比率が高く，寺井町，辰口町，川北町，鶴来町では水道用水の方が比率が高い。また，松任市，川北町では農業用水，野々市町では建築物用水としての揚水比率も高い。

各市町の可住地面積1km²当りの揚水量は，美川町の4,055m³/日が最も多く，次いで辰口町の2,857m³/日，最も少いのは鶴来町の482m³/日である。

表 1　金沢・手取地域の地下水揚水井設置状況（昭和52年）　単位：本

市町	総数	%	深度別			吐出口の断面積別(cm²)				用途別				
			不明	~30cm(未満)	30m~(以深)	6~50	50~100	100~	不明	上水道水	工業用水	農用水	建築物用水	消雪水その他
松任市	351	35.4	—	35	316	211	44	54	42	57	66	55	161	12
根上町	152	15.3	1	35	116	78	33	31	10	5	101	10	34	2
寺井町	32	3.2	1	8	23	21	2	6	3	2	13	4	13	—
辰口町	55	5.5	—	12	43	10	12	27	6	12	30	4	9	—
川北町	53	5.3	1	1	51	19	3	18	13	16	15	12	7	3
美川町	82	8.3	2	9	71	35	12	29	6	6	34	8	33	1
鶴来町	55	5.5	6	7	42	17	8	8	22	12	9	—	25	9
野々市町	212	21.4	1	1	210	93	48	28	43	13	42	7	145	5
計	992		12	108	872	484	162	201	145	123	310	100	427	32
%		100.0	1.2	10.9	87.9	48.8	16.3	20.3	14.6	12.4	31.3	10.1	43.0	3.2
金沢市	1,820		4	171	1,645	892	333	319	276	39	373	214	1,016	178
%		100.0	0.2	9.4	90.4	49.0	18.3	17.5	15.2	2.1	20.5	11.8	55.8	9.8

「金沢平野における地下水等保全対策連絡会」会議資料（昭和54年）[24]による。

表 2　金沢・手取地域の地下水揚水量状況（昭和52年度）　単位：m³/日

市町	総量	%	深度別			吐出口の断面積別(cm²)				用途別					可付地面積1km²当り
			不明	~30m	30m~	6~50	50~100	100~	不明	上水道	工業	農業	建築物	消雪その他	
松任市	50,584	21.3	—	7,845	43,099	10,562	8,999	29,683	1,340	10,140	17,626	13,245	6,181	3,392	851
根上町	32,650	13.7	121	2,665	29,864	6,580	7,547	18,011	512	5,789	22,123	3,105	1,581	52	2,667
寺井町	9,145	3.8	16	1,175	7,954	1,246	970	6,784	145	5,340	1,948	1,443	414	—	735
辰口町	54,911	23.1	—	2,246	52,665	611	4,510	49,626	164	34,222	20,433	37	219	—	2,857
川北町	21,085	8.9	4,295	8	16,818	2,067	311	17,897	810	11,205	865	5,414	392	3,209	1,396
美川町	36,291	15.3	96	5,043	31,152	1,493	2,512	32,127	159	11,561	17,630	5,511	1,562	27	4,055
鶴来町	7,845	3.3	268	1,088	6,489	731	1,270	4,594	1,250	5,552	877	—	964	452	482
野々市町	25,437	10.7	38	2	25,397	3,819	5,112	14,485	2,021	5,424	11,230	281	8,271	231	1,891
計	237,948		4,798	19,712	213,438	27,109	31,231	173,207	6,401	89,233	92,732	29,036	19,584	7,363	(平均)
%		100.0	2.0	8.3	89.7	11.4	13.1	72.8	2.7	37.5	39.0	12.2	8.2	3.1	1,515
金沢市	284,947		115	2,669	282,163	28,587	41,245	205,594	9,521	5,297	180,170	18,218	50,223	31,039	1,621
%		100.0	0.0	0.9	99.0	10.0	14.5	72.2	3.3	1.9	63.2	6.4	17.6	10.9	

「金沢平野における地下水等保全対策連絡会」会議資料（昭和54年）[24]による。

(3) 地下水依存度

昭和52年の市町別地下水依存度を表3に，また，用途別依存度を表4にそれぞれ示した。地域全体の平均地下水依存度は18.0%で，昭和45年の報告例[1)]の22.0%と比較すると4%の減少である。これは，地表水依存が高くなったことによるものである。市町別では，美川町の36.8%が最も高く，次いで辰口町の28.2%，最も低いのは鶴来町の4.8%である。

用途別では，建築物用や消雪用の水利用量は小さいものの，そのほとんどを地下水に依存し，工業用水も91.0%と高い。農業用水と水産業用水を除いた使用水でも79.3%と極めて高く，市町別では，最も依存度の

表 3　金沢・手取地域における地下水依存度（昭和52年）　単位：m^3/日

市町	全体の水使用について			農・水産用水を除いた水使用について		
	A_1 総使用量	B_1 地下水使用量	地下水依存度 B_1/A_1 (%)	A_2 総使用量	B_2 地下水使用量	地下水依存度 B_2/A_2 (%)
松任市	571,364	50,584	8.9	39,196	37,339	95.3
根上町	151,694	32,664	21.5	37,895	29,545	78.0
寺井町	119,329	9,145	7.7	8,492	7,702	90.7
辰口町	194,729	54,927	28.2	54,896	54,874	99.96
川北町	156,234	21,085	13.5	15,671	15,671	100.0
美川町	99,429	36,604	36.8	30,785	30,780	99.98
鶴来町	164,899	7,889	4.8	7,845	7,845	100.0
野々市町	139,166	25,437	18.3	25,156	25,156	100.0
計	**1,596,844**	**238,335**	**14.9**	**219,936**	**208,912**	**95.0**
金沢市	1,328,748	287,141	21.6	443,001	266,729	60.2

「金沢平野における地下水等保全対策連絡会」会議資料（昭和54年）[24)]による。

表 4　金沢・手取地域における用途別地下水依存率（昭和52年）

用途	全水利用量 (千m^3/日)	表流水・その他 (千m^3/日)	地下水 (千m^3/日)	地下水依存率 (%)
工業用	300	27	273	91.0
水道用	255	160	95	37.3
農業用	2,211	2,164	47	2.1
水産業用	52	49	3	5.8
建築物用	70	—	70	100.0
消雪用	10	—	10	100.0
その他	28	—	28	100.0
合計	**2,926**	**2,400**	**526**	**18.0**

低い金沢市でも60.2%である。

(4) 井戸分布と揚水量分布

この地域における地下水利用の実態をより即地的に把握するため，井戸分布図[2]及び井戸台帳[3]，揚水量分布図を作成した。

井戸分布図は，2万5千分の1の地形図の上に昭和53年12月現在の揚水井2,958本を市町別，用途別（工業用，水道用，農業用，建築物用，消雪用，その他）にプロットしたものである。その1例を図2に示した。井戸台帳は，それぞれの揚水井について，位置，ストレーナーの位置，吐出口径，地下水位，揚水量，設置年月を記したものである。

この井戸分布図，井戸台帳に基づいて，メッシュ別井戸本数分布図，メッシュ別地下水揚水量分布図を作成した。この場合の基本となるメッシュ図として，図3に示したような，日本工業規格(JIS-C-6304)に制定されている経緯度法による地域メッシュ区分の方法で画定したものを使用した（基準地域メッシュは，第3次地域区画で経度45秒，緯度30秒の一辺がほぼ1kmの方形である）。

メッシュ別井戸本数分布図を図4に，メッシュ別地下水総揚水量分布図を図5に，また，その用途別揚水量分布図を図6～図11に示した。

図5の10,000m³/日以上の揚水区画の分布は，図6，図7の1,000m³/日以上の分布とほぼ対応しており，特に金沢市では，工場が集中している区画で10,000m³/日以上の揚水がみられる。用途別で注目すべきは消雪用の利用で，揚水量比率は，表2から金沢市で全体の10.9%，その他の市町でも平均3.1%と全体からみるとさして高くはないが，図10にみられるように特定の地域に特定の期間集中することを考えると，問題は別である。

また，地下水揚水に伴う障害の発生や地下水の循環を考える場合に，地形的には主として平野部がその対象となることから，図12に示したメッシュによる地区区分の揚水量を集計すると表5のようになり，金沢地域で2,514m³/日，手取川扇状地域で314千m³/日である。

表5　メッシュによる地区区分の地下水揚水量（昭和52年）

単位：千m³/日

用途	手取川扇状地域	金沢地域	計
工業用	141	144	285
建築物用	20	46	66
水道用	110	6	116
農業用	29	21	50
融雪用	2	9	11
その他	12	25	37
計	**314**	**251**	**565**

2・2 地下水利用の進展状況

(1) 地下水利用の段階

地下水利用の歴史は，一般的に次のような段階を踏む。

Ⅰ：天然の湧泉の利用

Ⅱ：浅井戸による不圧地下水の利用

Ⅲ：大型浅井戸（集水渠）による不圧地下水の利用

Ⅳ：深井戸による被圧地下水の利用

これらの各段階は明瞭な区分があるわけでなく，現在でも多分に混在しているのが地下水利用の特徴でもある。また，その混在の度合にも地域性があり，さまざまである。

金沢・手取地域の場合，表1に示されたように深井戸利用率が高いことや，後出（図13）の深井戸本数の推移から，Ⅳの段階の深井戸による被圧地下水の利用に進んでいることは明らかである。また一方では，浅井戸や伏流水利用の度合が低いことは，ⅡやⅢの段階をとおりこして一足とびにⅣの段階に入ったこともうかがわれる。

(2) 揚水井の推移

揚水井の調査は比較的近年になって行われるようになったものの，それぞれの調査の目的や対象地域，精度などによって，その実数や揚水量は必ずしも明確にされてはいない。そこで，これまでに公表された資料[4)~16)]から揚水井の推移をみた。

「石川県全域地下水調査事業報告書」[11)]には昭和47年までの年次別井戸本数が市町村別に示されている。この資料から，この地域における揚水井の年次別増加累計本数をみたのが図13である。また，これとは別に，最近の井戸本数については，昭和49年が2,199本[16)]という報告があり，われわれの調査では昭和52年が2,812本[1)]，昭和53年が2,893本[3)]であった。

これらのデータでみる限り，いずれの年次においても浅井戸や伏流水利用の度合が低く，9割以上を深井戸に依存しており，しかもその比率は年々増加の傾向を示している。これは高度経済成長に伴う工業用水並びに都市用水の需要の増大にもよるが，大量取水が行

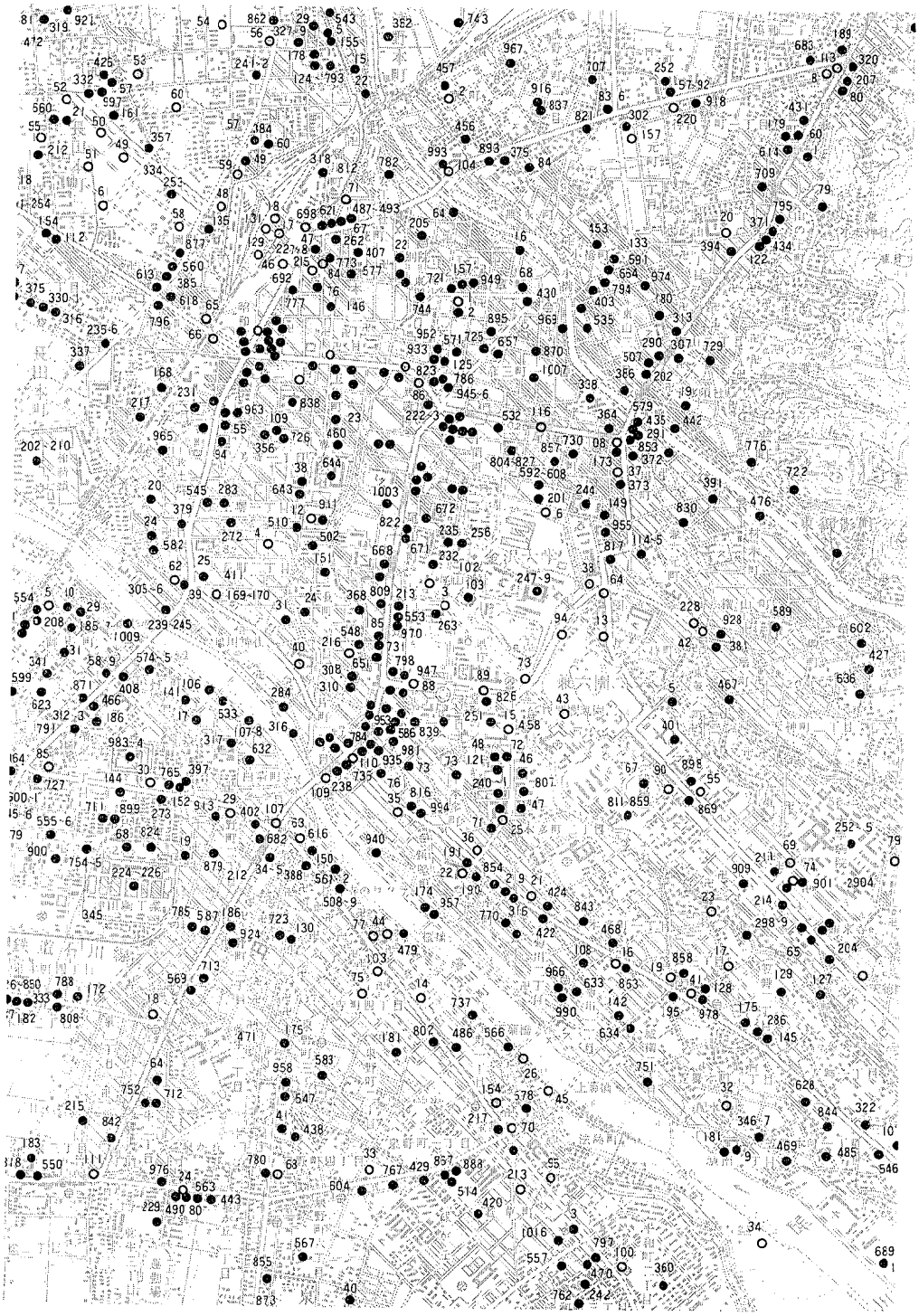


図 2　　井　戸　分　布　図（一部分）

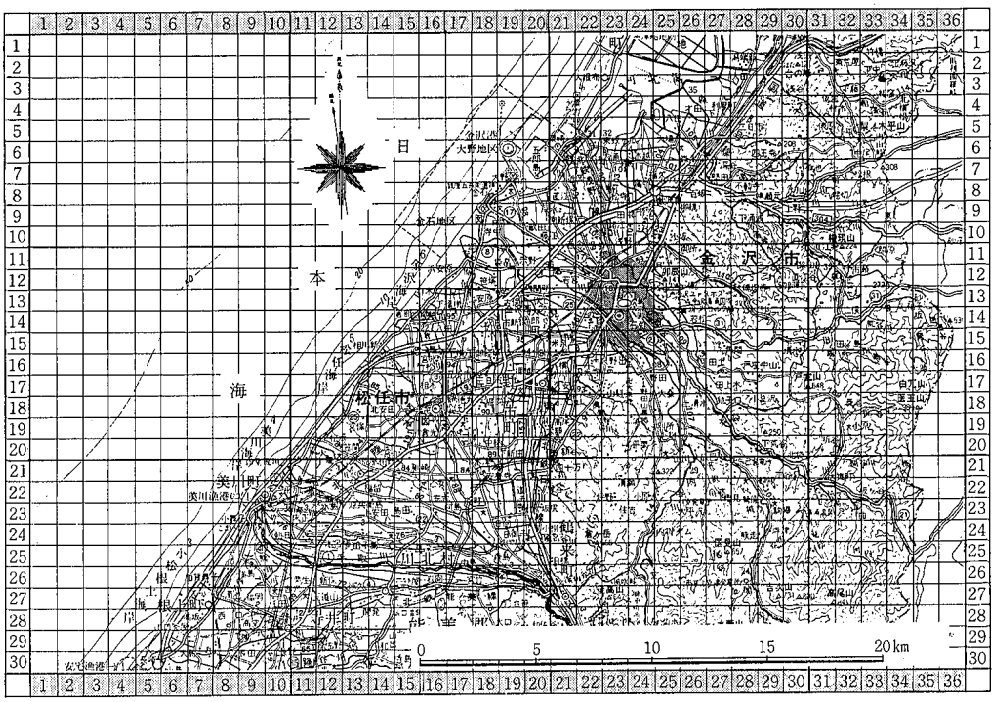


図 3　　メ ッ シ ュ 原 図

（単位：本）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1																						2							6	2						
2																						1	4					1	10							
3																						12	1			1		3	5							
4																					2	5						13								
5																			1		8	5					5	5								
6																				9	17	3	2			3	8									
7																		18	1	5	1	2	2	3	16	5			1							
8																	7	23	5	4	18	8		7	3	1										
9																	22	13	4	6	21	3	6	3	1											
10																1	10	13	12	11	30	12	19	7												
11																29	11	13	9	38	45	42	25	9												
12															135	2	8	12	15	11	40	81	35													
13														3	4	6	8	17	28	21	47	52	28	5	2		3									
14														6	8		9	17	11	29	58	76	28	13	1			1								
15													7	5	5	8	17	12	31	43	22	21	29	18	3										
16												1	10	4	8	7	4	12	15	33	12	17	14	4	3			1							
17												2	2	3	3	19	35	38	23	17	8	9		1				2							
18												2		4	27	7	10	5	15	3	5	1				1									
19										2	1	3	5	4	9	7	3	9	13	7			3	1	1										
20										3	5	5	3	10	13	7	7	4	8	5						1									
21										2	2	7	3	1	4	5	5	1	8	1									1						
22								8	20	13		9	4	4	1	4	3	1	3																
23								11	6		5	7	4	2	5	2	3		6																
24							6	16	3	3	9	5	3	1	5	1	1	4	1									1							
25							11	9	8	6	4	5	1		2	3	2	5	1																
26						14	18	11	2	4	9	9	9	1	6		3		1	9															
27					12	35	21	7	6	12		2	8	3	1		3	1		12															
28					2	7	1	2	6	3	2									1															
29					2			2		2									1	1															
30				1				2								1																			

図 4　　井 戸 本 数 分 布 図（昭和52年）

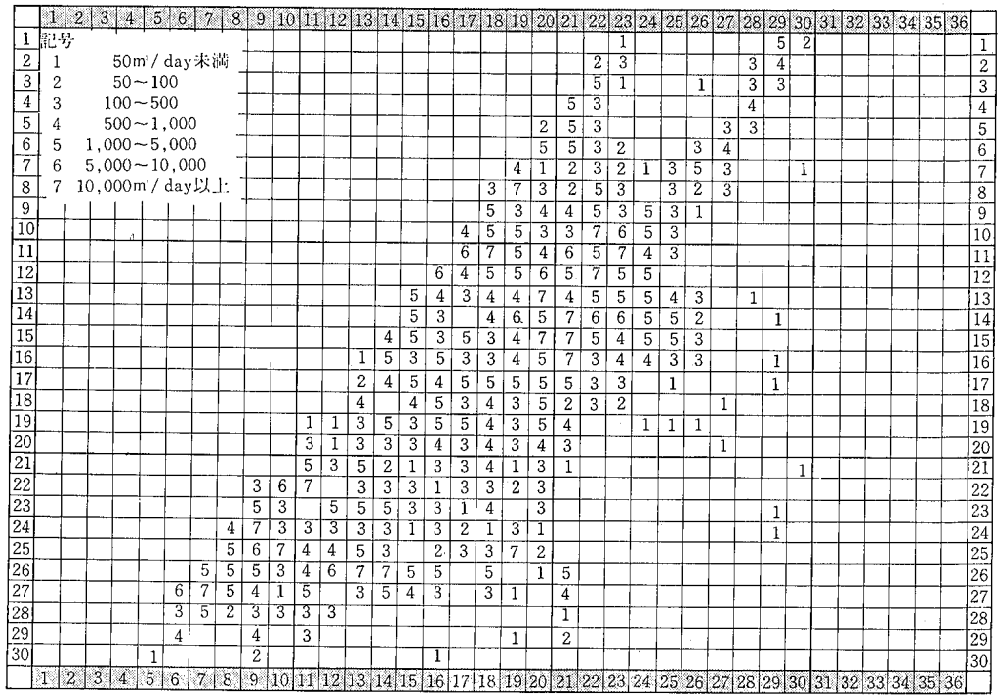


図 5　　地下水総揚水量分布図（昭和52年）

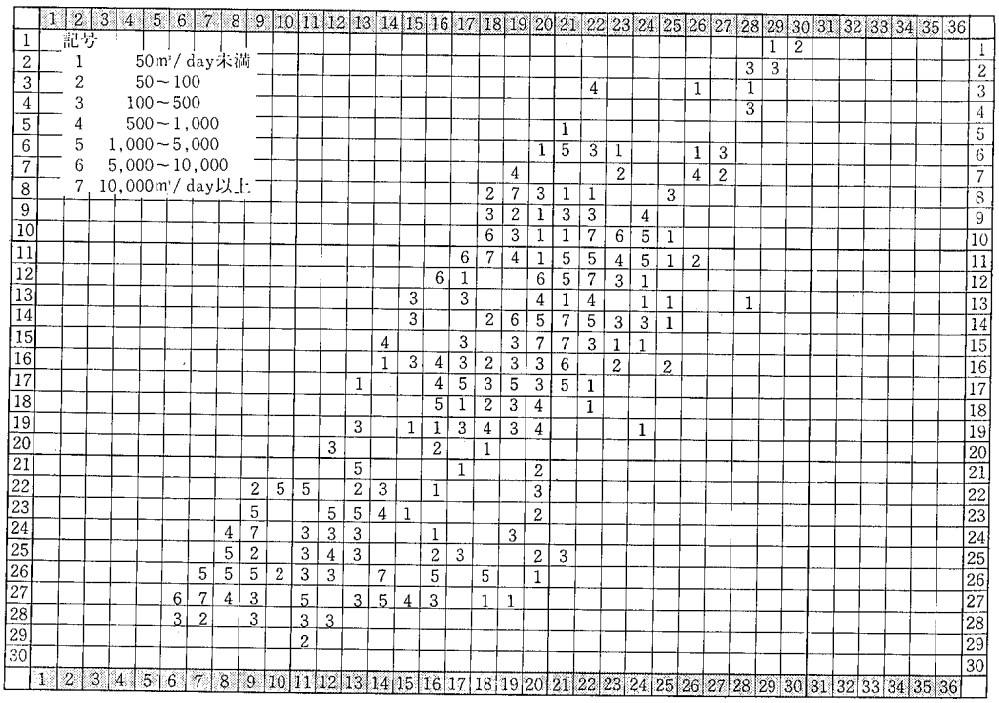


図 6　　工業用地下水揚水量分布図（昭和52年）

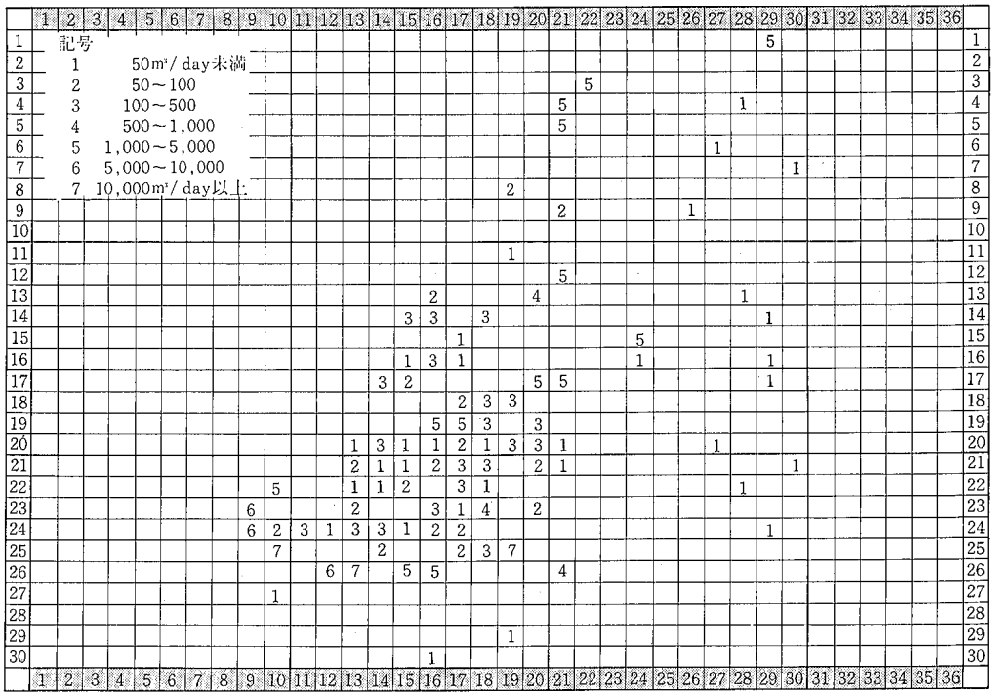


図 7　　水道用地下水揚水量分布図（昭和52年）

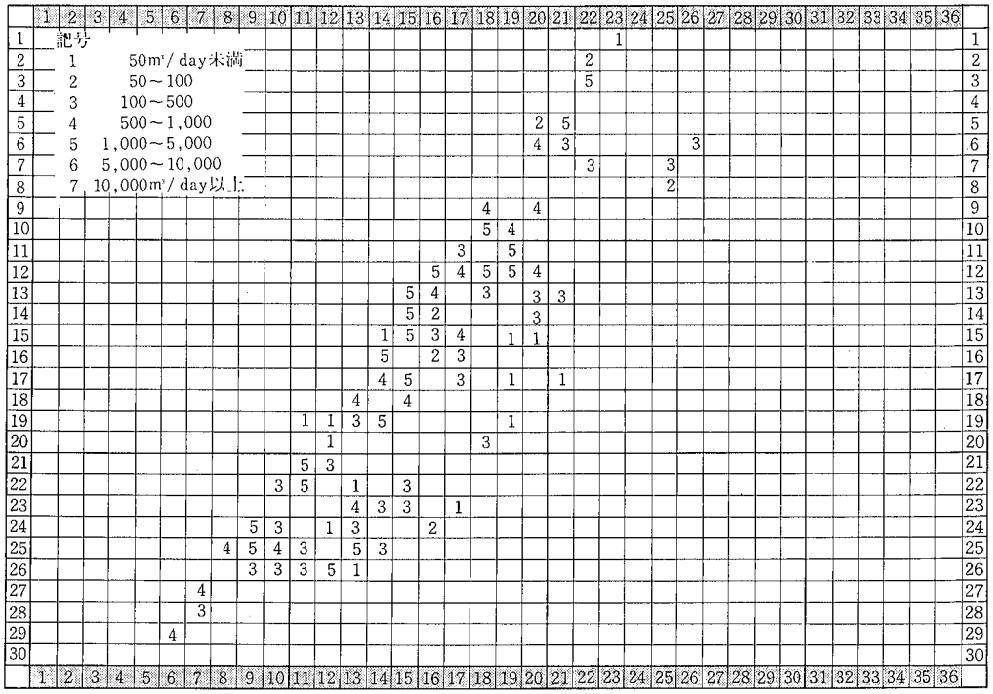


図 8　　農業用地下水揚水量分布図（昭和52年）

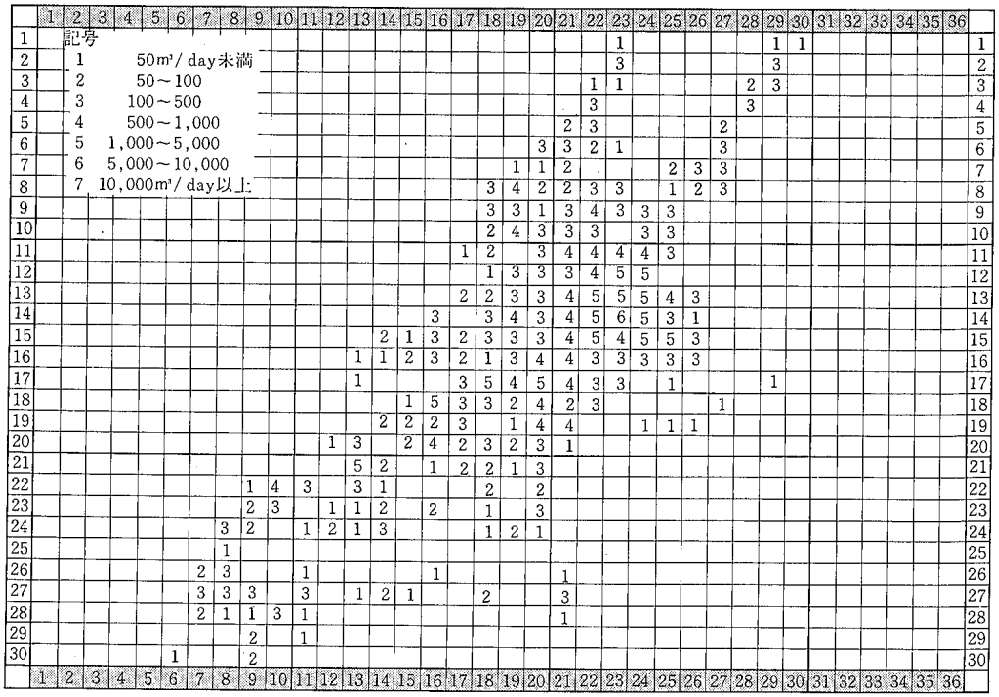


図 9　　建築物用地下水揚水量分布図（昭和52年）

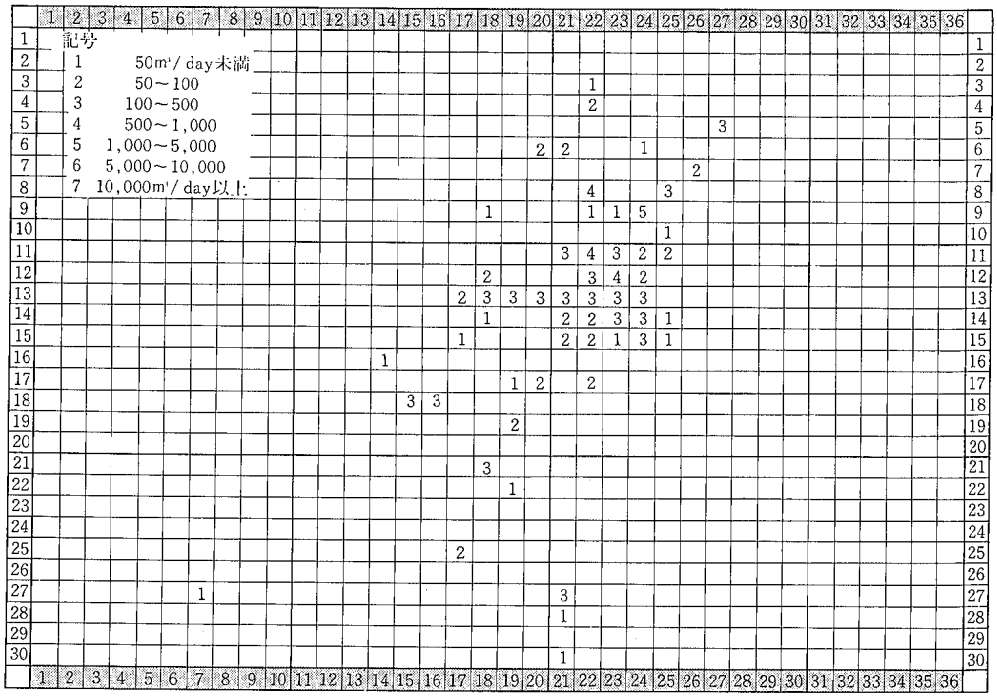


図 10　　消雪用地下水揚水量分布図（昭和52年）

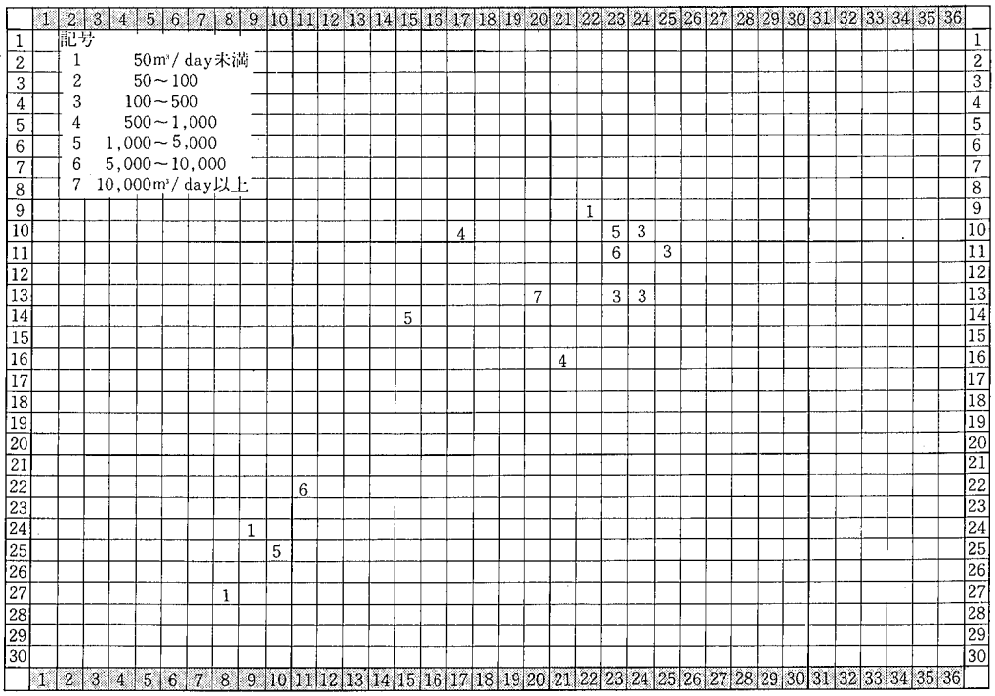


図 11　その他用途揚水量分布図（昭和52年）

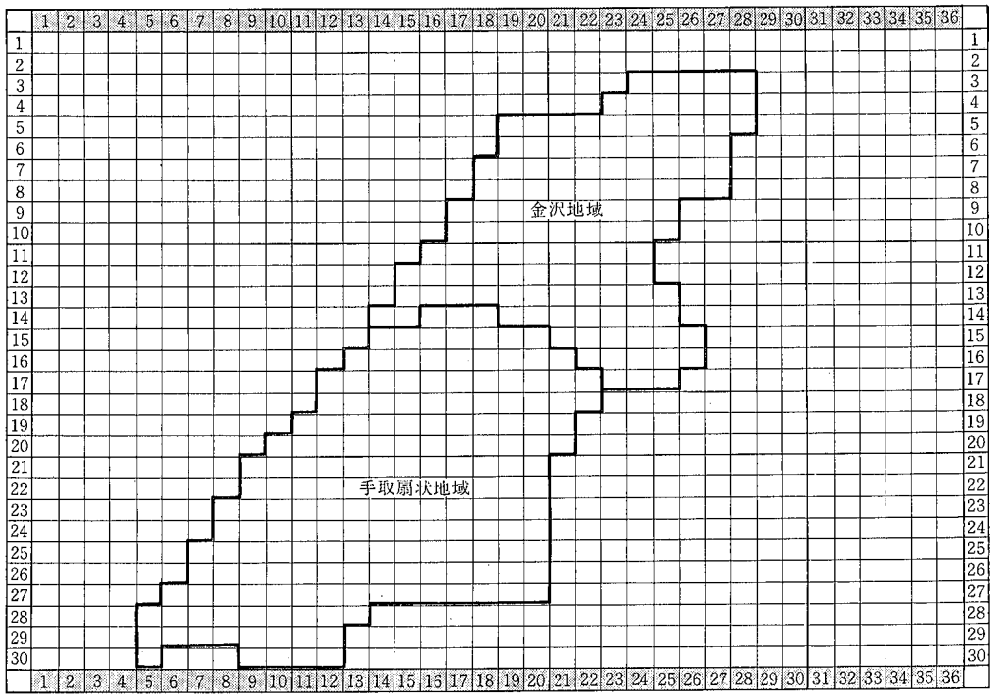


図 12　メッシュによる地域区分図

える深井戸技術の発達とこれに伴う揚水コストの低減が拍車をかけたとも言える。

(3) **揚水量の推移**

このような揚水井の増加に伴う揚水量の推移をみるために，これまでに公表された調査資料及びわれわれの調査をもとに算出を試みた。

ここでは，各揚水井の単位時間当りの揚水量実績や揚水時間の記録が充分でないうえ，それぞれの調査資料によって用途別の年間使用日数などに差異があるため，取りあえず，年間揚水量として用途別に再計算を行い整合性を図った（年間365日として日当りの揚水量にすると，それぞれの資料に掲げられている値とは異なってくる）。その結果を表6に示した。

揚水量全体では，昭和38年から47年までのほぼ10年間で2.1倍に，昭和47年から52年の5年間で1.3倍に増加している。

用途別にみると，全揚水量のうち工業用水の占める比率が最も高く，工業用水としての利用は，昭和52年には38年の2.5倍，47年の1.8倍（工業統計では1.4倍）にまで増加している。また，工業用水使用量のうち，地下水で賄われている比率が昭和47年で91.5%[10]，昭和52年で91.0%（表4）であることから，この地域における工業用水の地下水依存という構図が過去から継続されていることがわかる。

水道用水としての利用は，昭和49年頃まで増加の傾向にあったが，それ以後は需要量の大きな伸びがなかったこと，水源の地表水への転換（例えば，昭和49年の内川ダムの完成など）などの要因により利用量，構成比率とも減少傾向にある。

農業用水としての利用は，近年のほ場の大型化や土地改良による湿田の乾田化などによって漸増の傾向にあるが，工業用水とは対照的に構成比率は低く，大部分が水田の補助水源としての役割を果たしているに過ぎない。

他方，建築物用，消雪用，その他雑用として利用される地下水は，昭和38年には7,290千m^3/年，構成比率11%程度であったものが，その後の人口集中，都市化の進展に伴って急激な増加を示し，昭和47年までのほぼ10年間で，揚水量は6.9倍，構成比率も35%程度にまで増加した。昭和47年以降，既存の資料でみる限り，揚水量，構成比率とも漸減の傾向にある。しかし，建築物用水としての地下水利用実態の正確な把握が困難なこと，また，消雪用水としての利用も特定期間に集中的，大量に揚水されるものの，揚水量の記録がないものが多く，同じく実態の把握が困難であることなどから，表6の昭和49年及び52年の値については若干の疑問がもたれる。これはこの用途の井戸本数が昭和47年に856本，49年に1,491本，52年に1,653本と着実に増加していることから考えてもうなずかれる。

金沢・手取地域における地下水は，石川県の他の地域に比べてより重要な水源として活用され，地域住民の生活の向上と産業の発展に工業用水や水道用水とし

表 6　地下水揚水量の用途別推移（金沢・手取地域）　　単位：千m^3/年

用途＼年次	昭和38年	昭和47年	昭和49年	昭和52年
工業用	40,410(60.2)	54,289(38.0)	64,310(39.8)	99,609(51.9)
水道用	16,243(24.1)	33,071(23.1)	41,799(25.8)	34,503(18.0)
農業用	3,232(4.8)	5,068(3.5)	6,666(4.1)	17,248(9.0)
その他(建築物用など)	7,290(10.9)	50,477(35.3)	48,985(30.3)	40,438(21.1)
合計	**67,175(100.0)**	**142,905(100.0)**	**161,760(100.0)**	**191,798(100.0)**

注1)　（ ）内数値は，各年次の用途別比率（%）

注2)　各年次の揚水量は，下記の報告書にかかげられている数値をすべて年間揚水量に計算し直したものである。52年については，われわれの調査データに基づいて試算したものである[15]。

昭和38年：「金沢小松地区地下水等調査報告書」（昭和38年）[6]

昭和47年：「石川県全域地下水調査事業報告書」（昭和49年）[11]

昭和49年：「地下水利用状況調査作業報告書」（昭和50年）[16]

て大いに利用されてきた。今後もこれら用途に占める地下水の絶対量は，いくつかの将来予測結果[15),17)]に示されているように除々に増加していくであろうが，地表水等を含めた全体の水使用量に占める相対比率は，工業用水道や広域水道の普及によって漸減するであろう。一方，都市化の拡大，進展に伴って，建築物用や，地下水以外に代替水源の確保が困難な消雪用水としての活用は，更に増加すると考えられる。われわれの予測では，昭和60年には52年の2.3倍に増加すると考えられる[15)]。また，このような地下水利用の状況は，それぞれの地区の特性に応じてかなりの差違があり，地下水量にまだ余裕のある地区がある反面，地下水の過剰揚水によると思われる地盤沈下等の地下水障害が顕在化しつつある地区もみられる。

2・3　地下水障害の動向

(1)　地下水位の動向

地下水障害の発生機構は，既にいくつかの文献[18)～20)]に詳述されている。この地域では深井戸利用率が高いが，深井戸によって揚水される被圧地下水は，地下深所に封じこまれているといった閉鎖的な条件下にあるため，水の循環速度が極めて遅く，多量の揚水があると，多少は地下水の補給も促進されるが，全体として補給が揚水に追い付かず，水収支は赤字となり，直接的には地下水位（水頭）の低下となって現われる。滞水層の水圧低下現象は，地下水利用面に対してばかりでなく，地域全体にわたってさまざまな型の障害を発生させることになる。

この地域における観測井の地下水位の変動（季節変動，経年変動）については，「石川県手取川扇状地の地下水（第2報）」[21)]や「石川県地下水保全対策調査報告書」[22)]などに詳述されているので，ここでは面的な地下水位の動向について述べることとする。

面的な地下水位の分布（地下水位等高線図）についてこれまでに報告されているものには，「金沢・小松地区地下水等調査報告書」[6)]，「石川県手取川・犀川下流地域地下水利用適正化調査報告書」[10)]，「石川県の水理地質と地下水」[13)]があるが，これとは別にわれわれは，昭和43年と53年における地下水位等高線図をかんがい期と非かんがい期に分けて作成した。

昭和37年の地下水面等高線図[6)]を図14に示した。昭和43年のかんがい期（豊水期）と非かんがい期（渇水期）の地下水位等高線図を図15と図16に示した。また，通商産業省立地公害局が調査した昭和48年11月～12月（渇水期に相当）における地下水面等高線図[10)]を図17に示した。また，昭和49年5月（かんがい初期）と11月（非かんがい期）に北陸農政局計画部が測定した地下水位等高線図[13)]を図18と図19に，われわれが作成した昭和53年のかんがい期と非かんがい期の地下水位等高線を図20と図21に示した。

以上，昭和37年から昭和53年までの地下水位等高線の変動をみたわけであるが，金沢地域の金沢駅西一帯において，昭和40年頃までみられた自噴が，現在は特に深い井戸でない限りみられず，地下水頭も標高－5m前後になっており，年平均1.7～3mの水位低下を示している。手取川扇状地域では，扇頂部から扇央部にかけて年平均0.2～0.4mの水位低下となっている。扇端部における水位低下の実態は明らかでないところもあるが，かつてみられた湧泉や自噴井が消滅しており，水位の低下が進行していることを示している。特に手取川左岸の根上町の海岸部では，標高－10mにまで低下している。

また，この地域全体で現在58地点64井で地下水位の

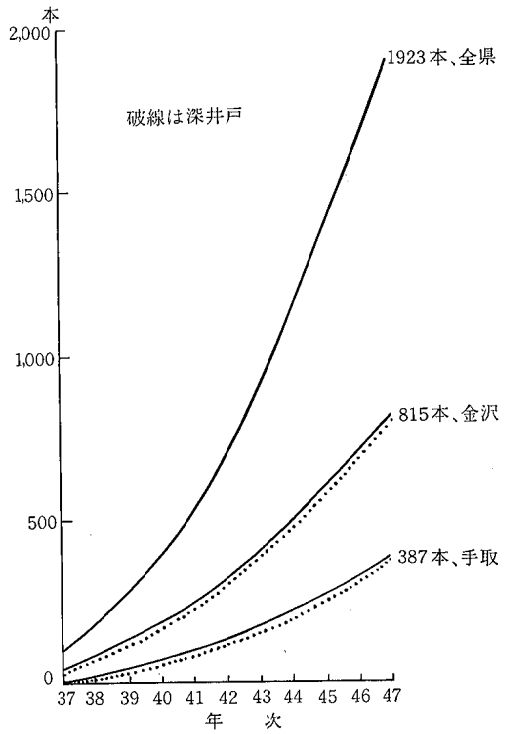
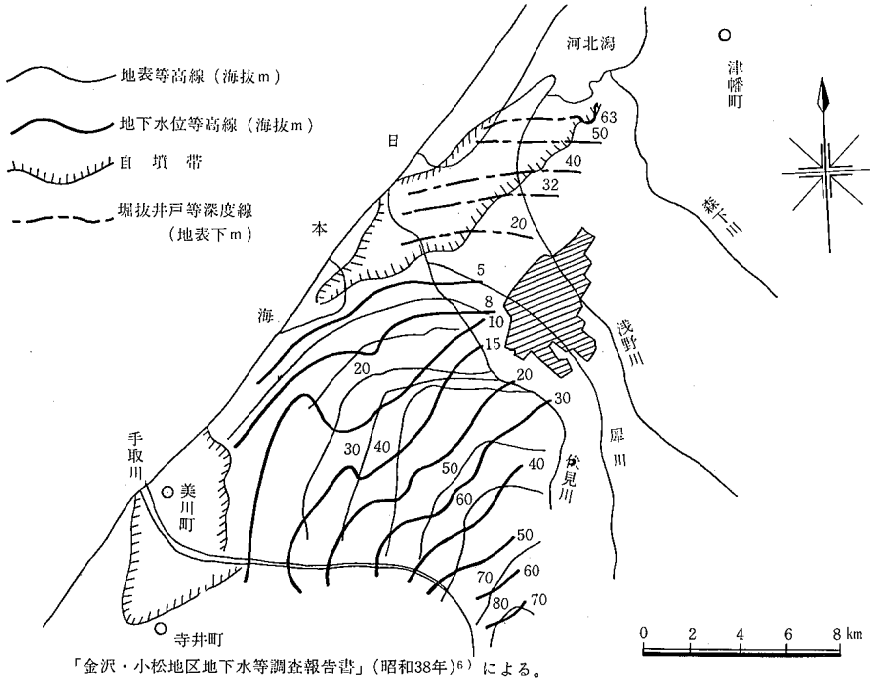


図13　井戸本数の増加状況（累計本数）
（破線は深井戸）



「金沢・小松地区地下水等調査報告書」（昭和38年）[6] による。

図 14　　地下水面等高線図（昭和37年）

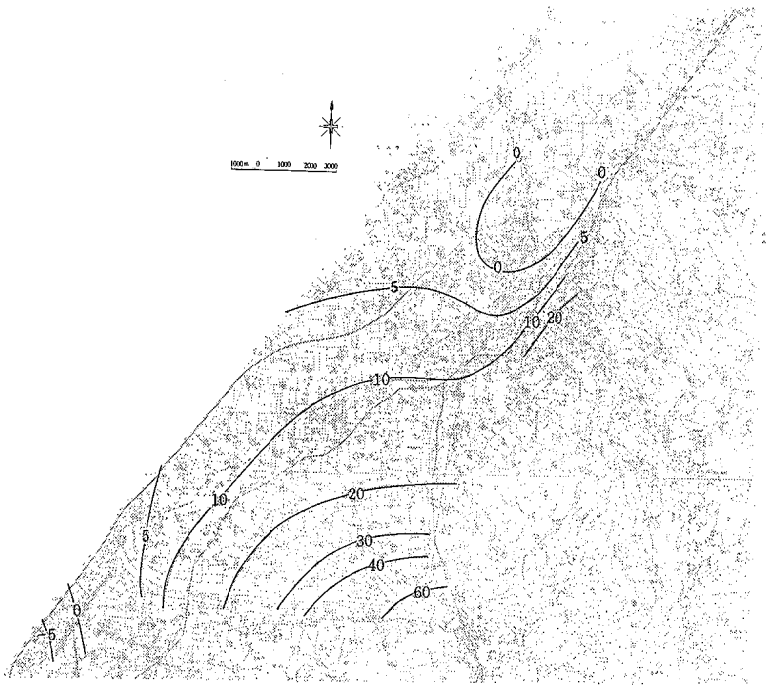


図 15　　かんがい期の地下水位等高線図（昭和43年）

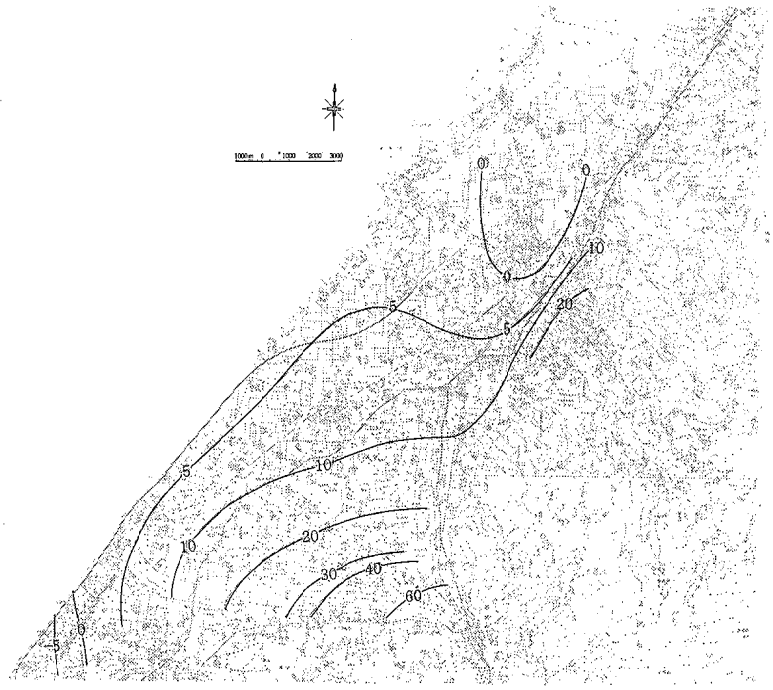
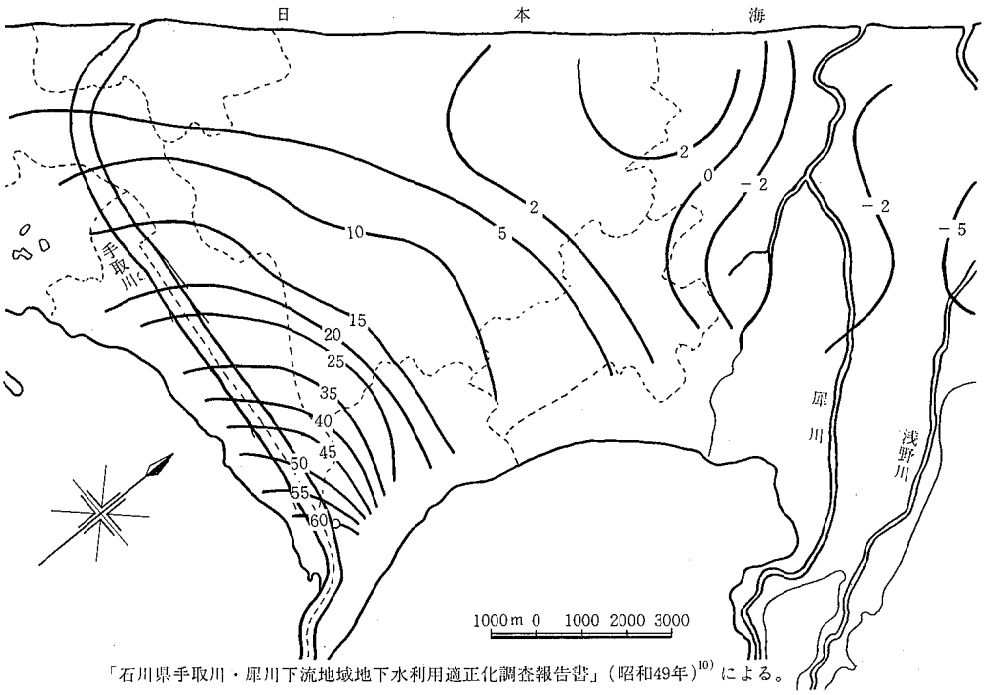


図 16　　非かんがい期の地下水位等高線図（昭和43年）



「石川県手取川・犀川下流地域地下水利用適正化調査報告書」（昭和49年）[10] による。

図 17　　地下水面等高線図（昭和48年，11月～12月）

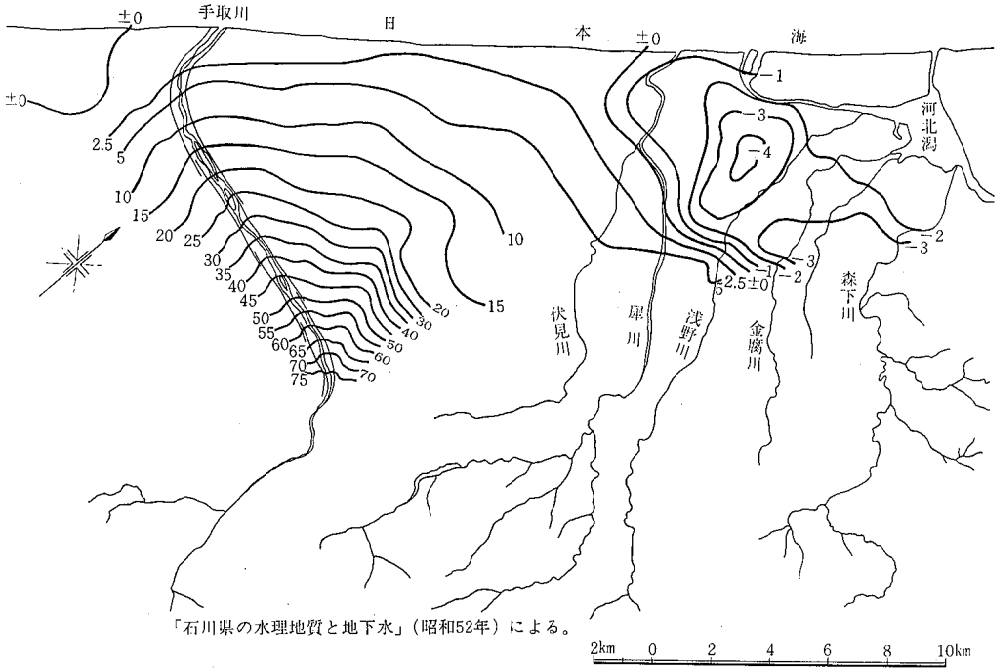


図 18　　かんがい期の地下水位等高線図（昭和49年）

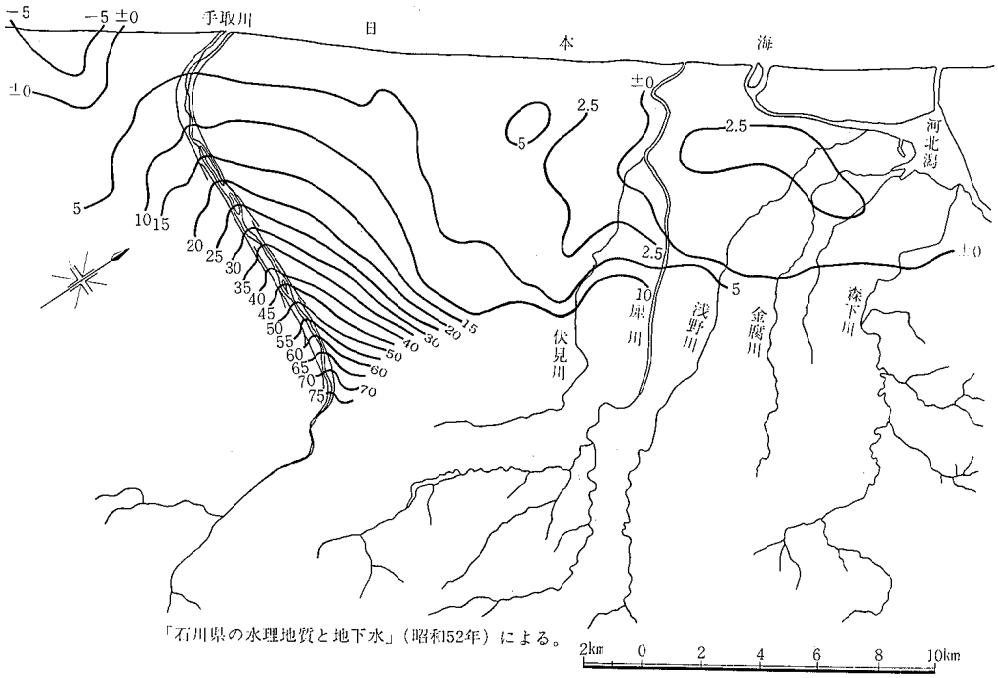


図 19　　非かんがい期の地下水位等高線図（昭和49年）

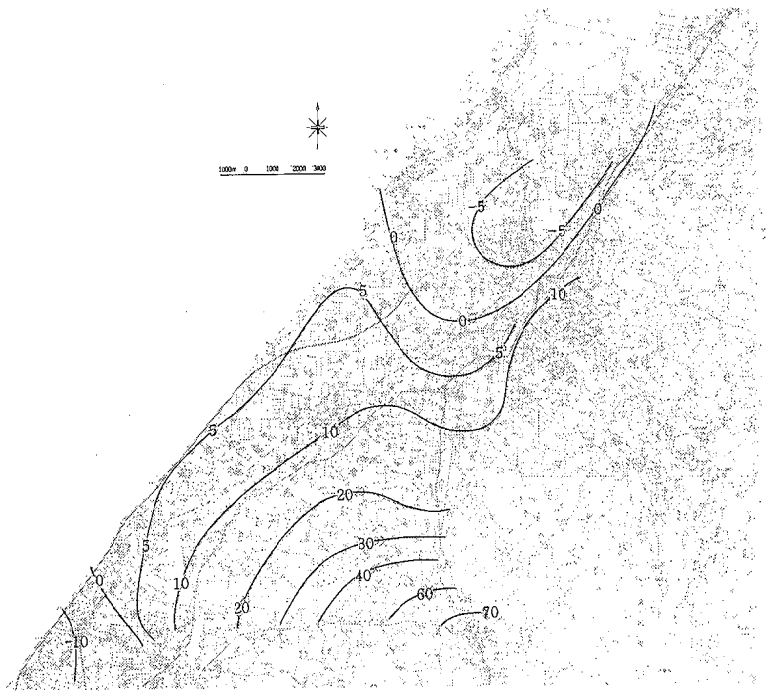


図 20　　かんがい期の地下水位等高線図（昭和53年）

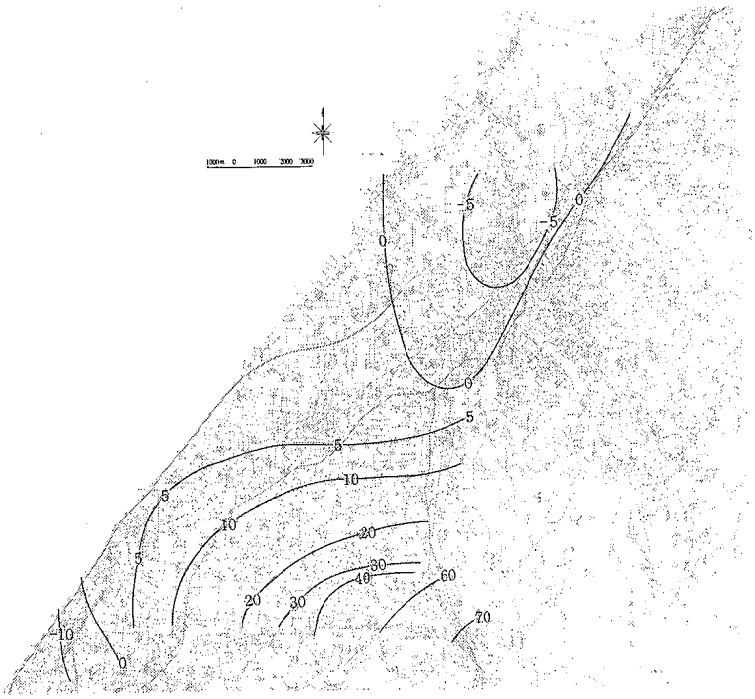
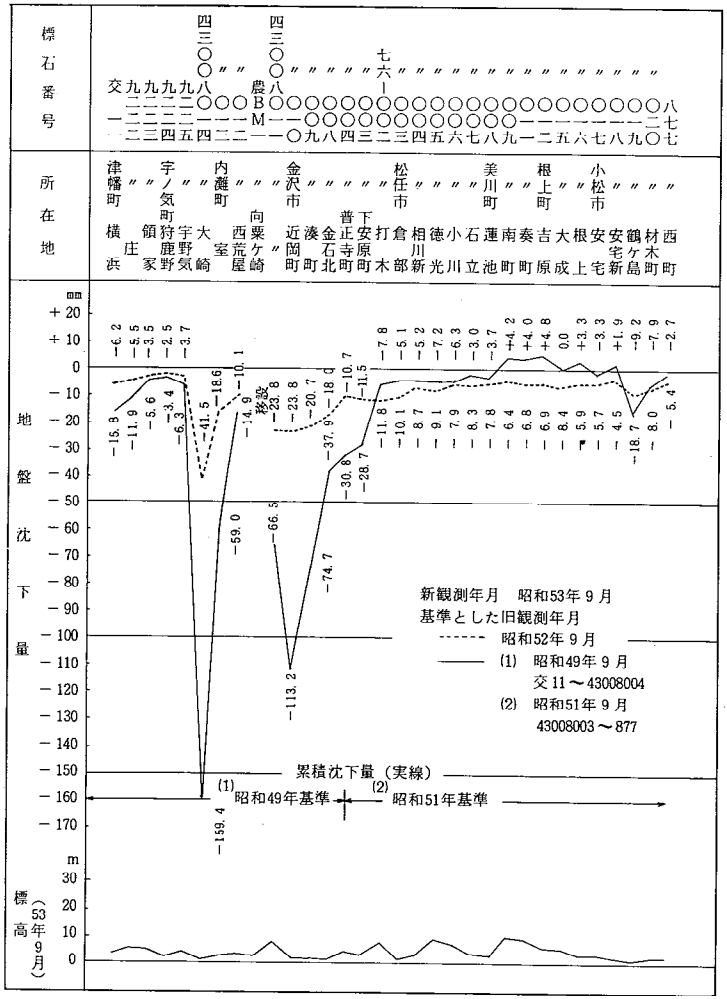
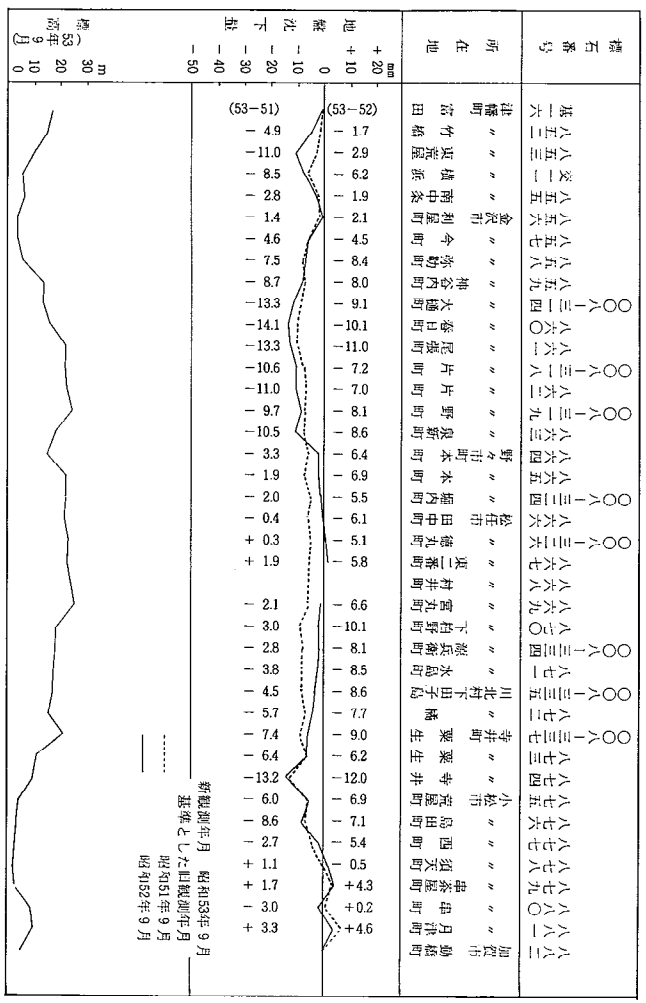


図 21　　非かんがい期の地下水位等高線図（昭和53年）



(a)　海岸路線水準点変動図



(b)　内陸路線水準点変動図

図 22　　金沢・手取地域水準点変動図

長期観測が行なわれており，それぞれの観測井の地下水位は，その位置により異なった季節変動を示している。工業用，建築物用などの地下水揚水が減少する正月や盆には，地下水位が際立った上昇を示していたが，昭和51年12月末から52年１月にかけての大雪対策のため多量の消雪用地下水が揚水された際に，例年みられる地下水位の上昇がなかったばかりか，急激な低下さえみられたという例もある。

(2)　地盤沈下の動向

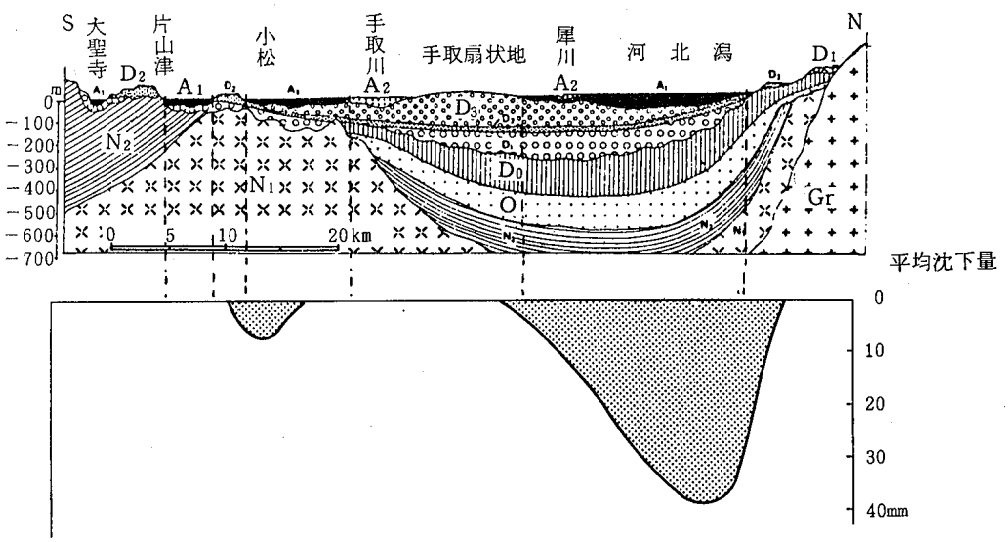
昭和49年より国土地理院と共同で水準測量を行っており（昭和48年以前は，昭和23年，41年及び46年に国土地理院で測量した），昭和53年９月までの測量結果は，図22(a)及び(b)に示したとおりである[15]。

国土地理院が行っている，主として国道８号線沿線の観測結果では，金沢市から野々市町にかけて沈下がみられ，最大は昭和23年から46年の累計として75mmであった。しかし，これを年平均でみると３mm程度であり，地盤としては比較的安定しているといえよう。

石川県が昭和49年度から測量している海岸部については，最も沈下量の大きい宇ノ気町大崎水準点（砂丘と河北潟の間の埋立地に位置する）を別にして，金沢港や河北潟周辺部で年間10～20mmの沈下がみられ，金沢市の市街地が位置する内陸部と比べて明らかに差異が認められる。沈下がみられる地区と沖積粘土層の所在（平面的分布）とはよく一致しており，その概略図を図23に示した。

地下水位と地盤収縮量の関係を図24に示した。地下水位の低下時には収縮量が増大し，地下水位の上昇に伴って収縮量が減少して除々に地盤の回復がみられるが完全には元に戻らず，収縮量は全体として非弾性的な形で増大していることがわかる。

さて，われわれは，金沢・手取地域において今後地下水揚水量が増大することに伴なう地盤沈下が生ずる可能性のある地域の地理的分布をオーバ・レイ評価法によって検討した。地盤沈下危険可能性地域を評価（相対的な評価）するためのネットワーク・ダイアグラムを図25に，また，これに基づいて得られた結果を



＊海岸線に平行に、砂丘の内側を通る断面を示す。水平：垂直＝１：20
A1：沖積世（泥質層）、A2：沖積世（河床礫層）、D3：洪積世末期（扇状地礫層を主とする）
D2：洪積世後期（砂層・泥層など）、D1：洪積世中期（礫・砂・泥層）、D0：洪積世前期（卯辰山層）、O　：鮮新世後期（大桑層）、N2：中新世中・後期～鮮新世前期の堆積岩層、N1：中新世前・中期の火砕岩層など、Gr：先第三系（花崗岩）

図 23　　加賀平野の南北断面図と平均沈下量

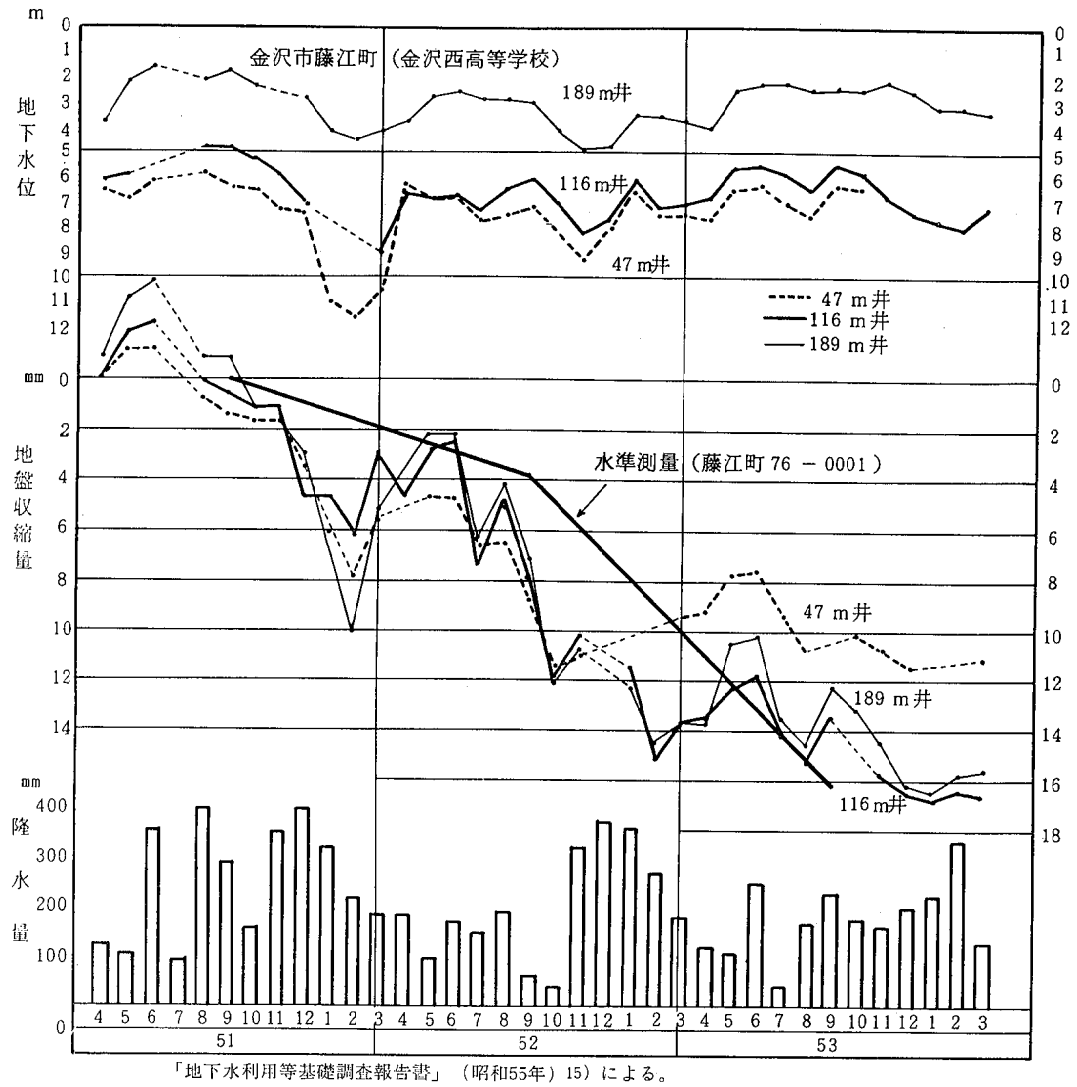


図 24　　金沢地域における地下水位の変動と地盤収縮量及び水準測量値の対比（昭和51年度～53年度）

図26に示した。

地盤沈下の相対的危険性の大きい地区は，金沢駅から諸江にかけての地区，若宮から示野にかけての犀川下流沿岸地区，畝田から打木にかけての犀川・伏見川河口部周辺地区，手取川河口左岸地区であり，また，今後の揚水量の増大の程度によっては，金沢市街地から西金沢，野々市町にかけての地区などにおいても地盤沈下の可能性が大きくなることが予想される。

これらの結果は一つの作業仮説であり，水準測量等のデータの集積によって検証されねばならないが，将来の地下水利用の適正化を図っていく場合の基礎資料としては大いに役立つと考えられる。

(3)　地下水塩水化の動向

金沢・手取地域の地下水の水質に関して，手持ちの資料のなかで最も古いものは「石川県工業用地下水調査報告書」[5]で，これは，昭和31年にこの地域の深井戸7か所，浅井戸3か所について塩素イオンなど23項目の分析を行っている。地下水の水質に関する総括的な資料として初めてのものは「金沢・小松地区地下水等調査報告書」[6]で，これは，昭和37年8月にこ

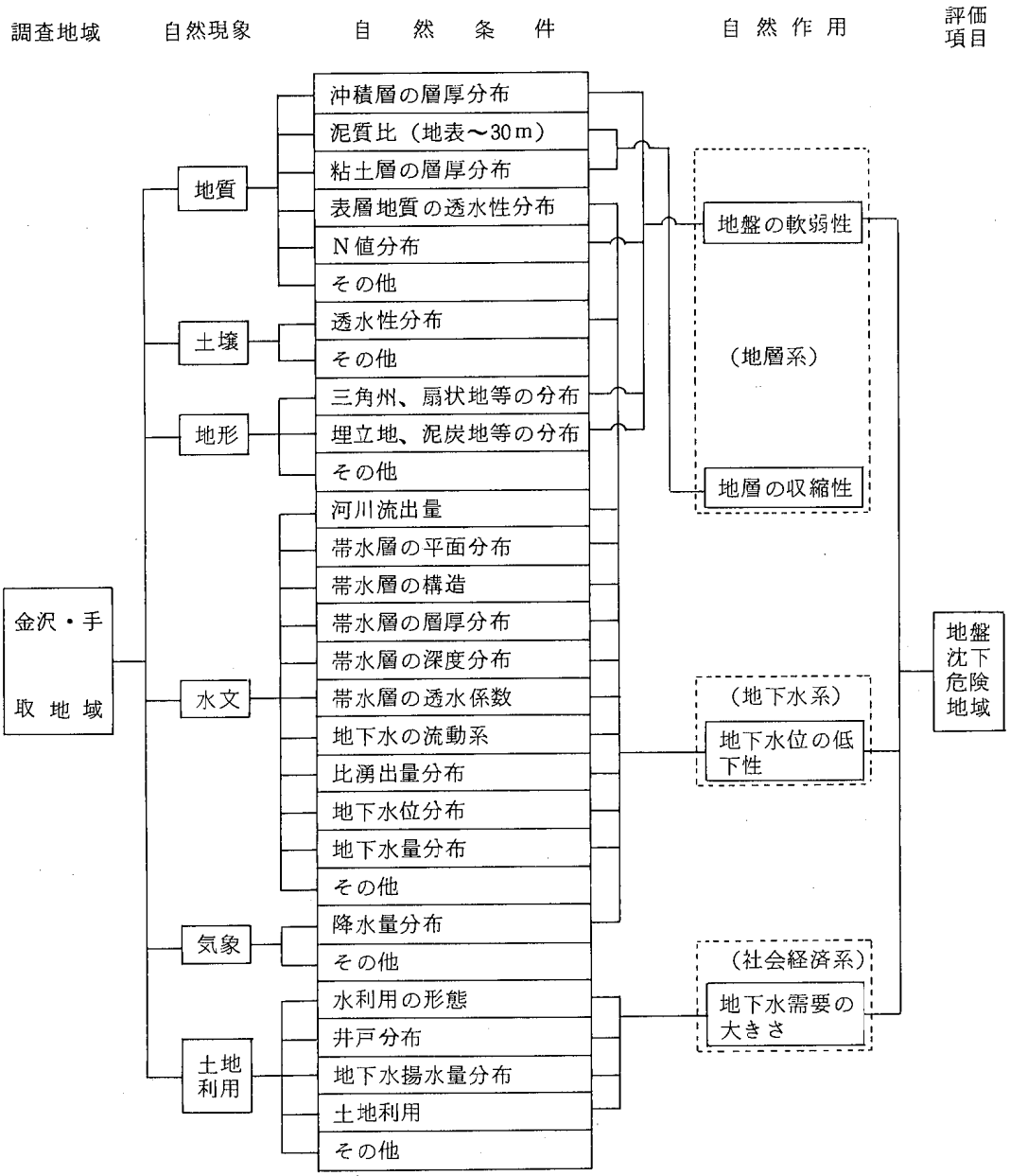


図 25　　地盤沈下危険可能性地域評価のためのネットワーク・ダイアグラム

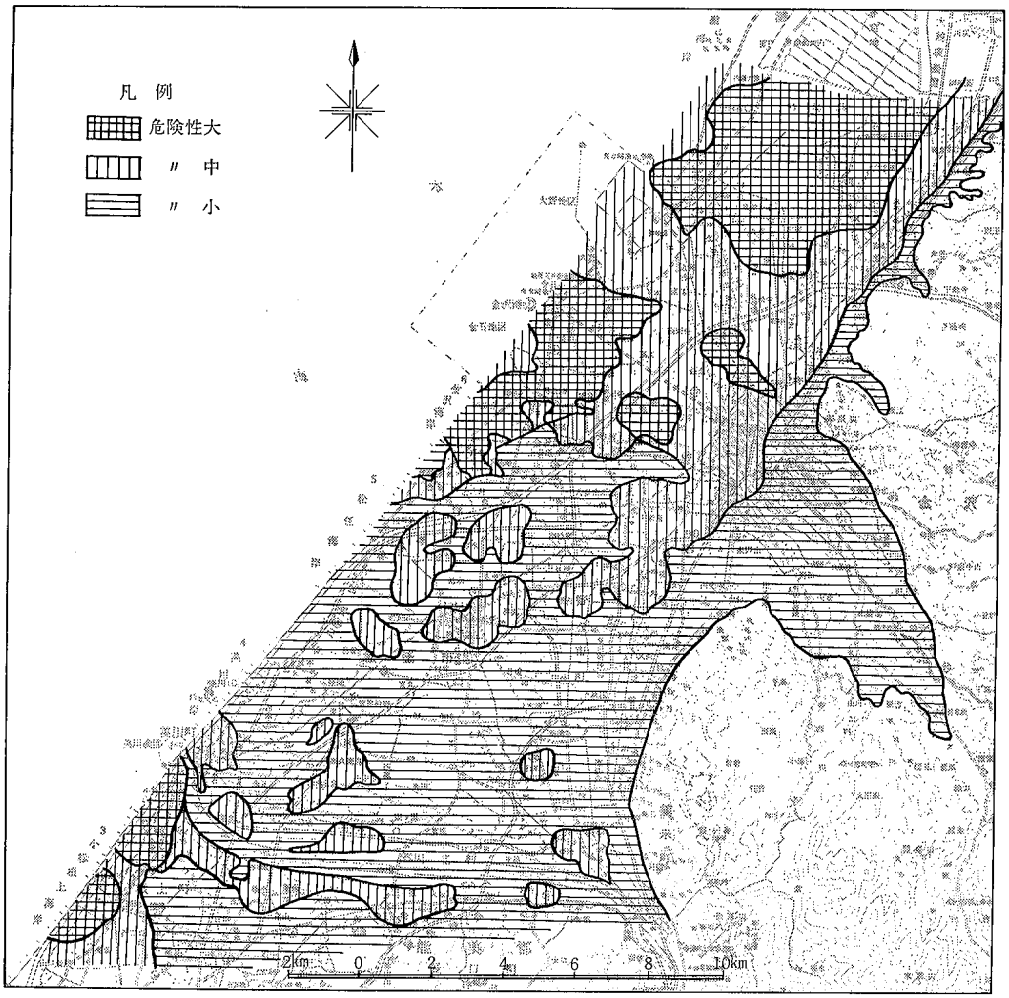


図 26　　地盤沈下危険可能性地域分布図（オーバ・レイ評価法による）

の地域の 377 の試料について塩素イオン，鉄イオンなど10項目の分析を行っている。このうち，塩素イオンについては図27に示したような分布図が報告されている。これによれば，海岸に近い所で塩素イオンが149.0 ppm という高い値もあるが，概して，手取川扇状地域では10～15ppm と良質，金沢地域でも手取川扇状地域に比べてやや高い値を示すものの悪い水ではない。

また，渡部は，同じ昭和37年７月に手取川扇状地域の水質調査を行い，塩素イオンについて図28のような分布図を示している[21]。さらに，高倉は，「金沢・小松地区地下水等調査報告書」（昭和38年）のデータを整理し，手取川扇状地域及び河北潟周辺地域などについて地下水塩水化の立場から水質を論じている[23]。その後，地下水の水質についての調査はほとんどなく，昭和48年11月に７か所の観測井の水質分析値[10]をみる程度である。

県では，金沢・手取地域の海岸部20か所について地下水塩水化に着目した地下水水質調査を昭和54年から着手している。採水地点の位置とその調査結果（昭和54年８月採水）[27]をそれぞれ図29と表７に示した。これらの結果をキーダイヤグラム法で図示すると図30に示したようになる[24]。

塩素イオンのみに着目すると，地下水の塩水化として問題となる地区はないが，キーダイヤグラムでみる

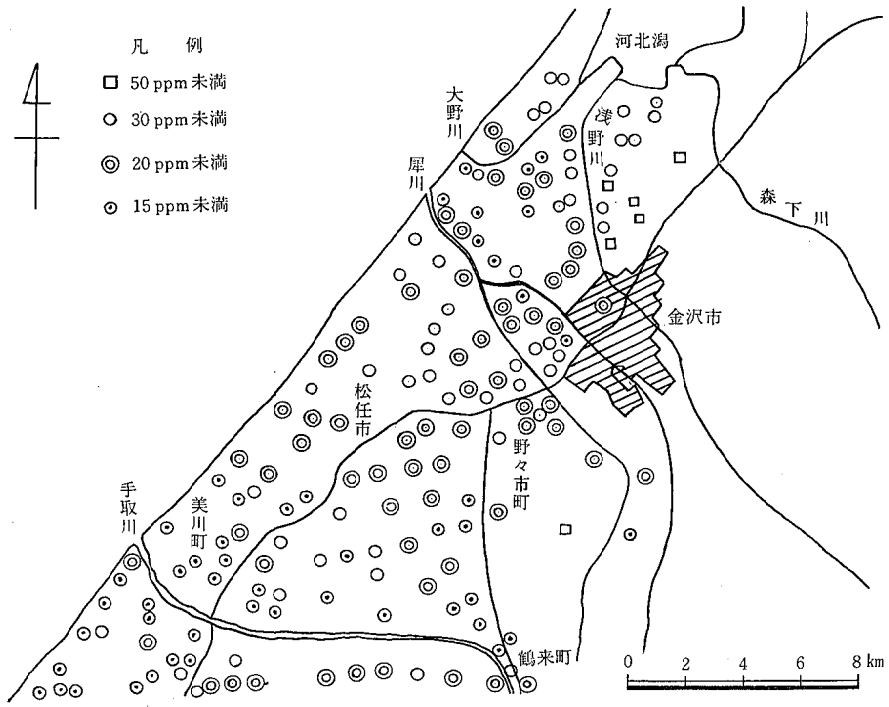
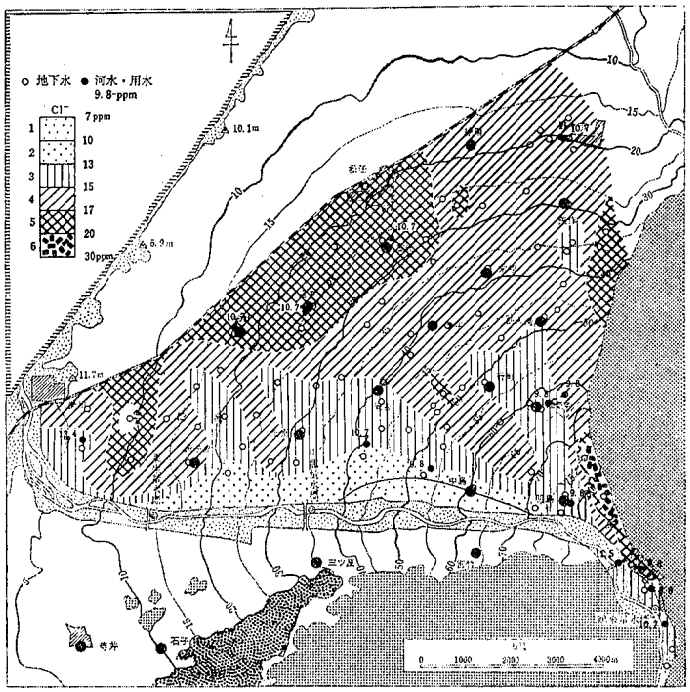


図 27　塩素イオン分布図（昭和37年）　「金沢・小松地区地下水等調査報告書」（昭和38年）による。



「石川県手取川扇状地の地下水、第2報」（1976）による。

図 28　地表水・地下水の塩素イオン濃度分布（昭和37年7月15～17日採水）

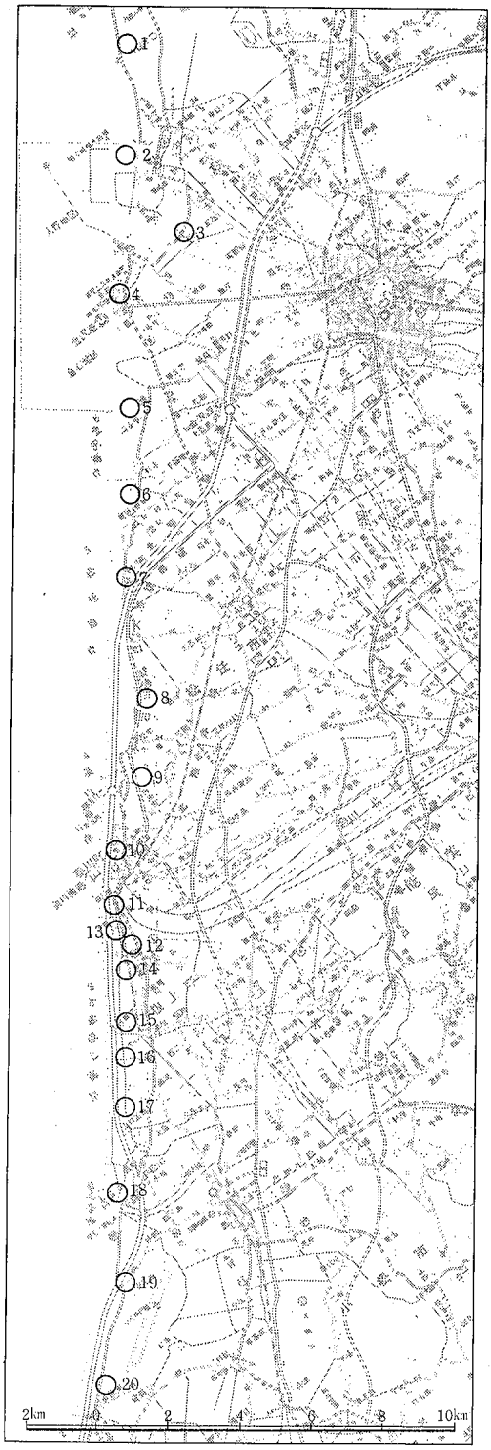
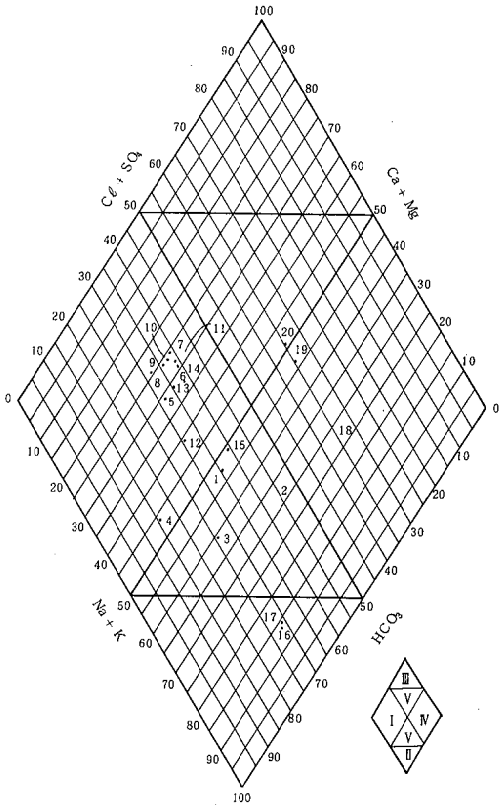


図29　地下水水質調査地点位置図（昭和54年）



Ⅰ　重炭酸カルシウム、マグネシウムを主成分とする水（自由水 地下水）

Ⅱ　重炭酸カリウム、ナトリウムを主成分とする水（停滞性 被圧水）

Ⅲ　塩化土類、硫酸土類を主成分とする水（ほとんどない）

Ⅳ　塩化アルカリ、硫酸アルカリを主成分とする水（海水、化石塩水）

Ⅴ　中間体の水

図30　**金沢・手取地域における地下水水質のキーダイヤグラム**（昭和54年8月測定）

表 7　　地　下　水　水　質（昭和54年８月）

No.	井戸深度 (m)	採水時刻	水温 (℃)	電気伝導度 μU/cm	pH	HCO_3^-		CO_3^{2-}		Cl^-		SO_4^{2-}		Na^+		K^+		Ca^{2+}		Mg^{2+}		硬度	SiO_2	Fe
						mg/ℓ	meq/ℓ	mg/ℓ	meq/ℓ	mg/ℓ	meq/ℓ	mg/ℓ	meq/ℓ	mg/ℓ	meq/ℓ	mg/ℓ	meq/ℓ	mg/ℓ	meq/ℓ	mg/ℓ	meq/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ
1	156	13：05	16.4	332	7.6	127.1	2.08	0	0	30.4	0.86	14.3	0.30	28.59	1.24	5.85	0.15	3.15	0.16	13.25	1.09	62.43	20.2	0.243
2	150	13：25	15.6	348	8.3	135.8	2.23	0	0	35.1	0.99	21.9	0.46	34.71	1.51	14.51	0.37	3.92	0.20	8.24	0.68	43.72	28.7	0.111
3	130	11：25	16.3	166	7.4	80.9	1.32	0	0	14.1	0.40	2.7	0.06	15.70	0.68	1.34	0.03	2.99	0.15	3.73	0.31	22.83	31.3	0.104
4	80	11：15	16.2	254	7.3	138.5	2.27	0	0	10.5	0.30	6.7	0.14	15.82	0.69	3.60	0.09	5.93	0.30	7.18	0.59	44.38	45.1	0.811
5	120	11：00	15.5	294	6.9	119.7	1.96	0	0	15.9	0.45	23.5	0.49	14.83	0.65	1.54	0.04	17.14	0.86	8.46	0.70	77.64	26.2	0.031
6	65	10：20	15.2	266	6.5	95.6	1.57	0	0	16.6	0.47	23.8	0.50	10.14	0.44	1.47	0.04	17.41	0.87	7.28	0.60	73.46	27.2	0.034
7	100	10：05	15.9	246	6.3	81.6	1.34	0	0	16.3	0.46	20.0	0.42	9.51	0.41	1.56	0.04	15.94	0.80	6.10	0.50	64.93	24.4	0.025
8	80	9：55	15.0	239	6.6	92.3	1.51	0	0	14.5	0.41	14.9	0.31	9.07	0.39	1.33	0.03	16.83	0.84	5.25	0.43	63.65	22.1	0.024
9	70	16：30	14.1	171	6.5	67.6	1.11	0	0	12.3	0.35	14.3	0.30	7.38	0.32	1.19	0.03	13.49	0.67	4.00	0.33	50.16	19.9	0.011
10	50	16：10	13.7	153	6.7	59.5	0.98	0	0	10.5	0.30	13.7	0.29	6.74	0.29	1.14	0.03	11.75	0.59	3.59	0.30	44.13	17.9	0.030
11	30	15：25	14.4	144	6.9	57.5	0.94	0	0	10.8	0.30	13.3	0.28	6.42	0.28	1.24	0.03	10.46	0.52	3.49	0.29	40.49	16.7	0.039
12	95	15：50	15.2	150	7.3	70.9	1.16	0	0	9.8	0.28	11.6	0.24	8.61	0.37	1.19	0.03	4.84	0.24	5.88	0.48	36.30	23.6	0.026
13	40	14：55	14.4	152	7.2	62.9	1.03	0	0	10.8	0.30	12.7	0.26	6.96	0.30	1.00	0.03	7.88	0.39	5.59	0.50	42.70	18.3	0.042
14	50	14：05	14.0	134	7.1	54.8	0.90	0	0	9.8	0.28	12.4	0.26	7.11	0.31	0.92	0.02	4.97	0.25	5.13	0.42	33.54	16.9	0.061
15	65	13：55	15.5	131	7.3	54.8	0.90	0	0	10.1	0.28	14.2	0.30	9.16	0.40	1.45	0.04	1.93	0.10	4.05	0.33	21.50	28.3	0.555
16	114	13：45	18.2	250	7.8	128.4	2.10	0	0	25.0	0.71	5.0	0.10	50.01	2.18	2.86	0.07	1.87	0.09	3.06	0.25	17.27	37.7	0.143
17	65	13：10	17.5	250	7.7	124.4	2.04	0	0	25.0	0.71	4.3	0.09	48.45	2.11	1.67	0.04	3.05	0.15	2.65	0.22	18.53	32.5	0.109
18	10	11：20	18.8	163	6.4	29.4	0.48	0	0	25.3	0.71	16.6	0.35	18.48	0.80	4.28	0.11	2.98	0.15	2.80	0.23	18.97	16.9	0.474
19	25	10：25	19.7	194	6.6	36.8	0.60	0	0	27.5	0.78	16.2	0.34	16.36	0.71	2.53	0.06	3.29	0.16	6.26	0.52	33.99	19.2	0.292
20	80	10：55	16.0	209	7.2	42.8	0.70	0	0	30.0	0.85	22.7	0.47	16.42	0.71	3.17	0.08	2.87	0.14	8.22	0.68	41.02	19.7	0.049

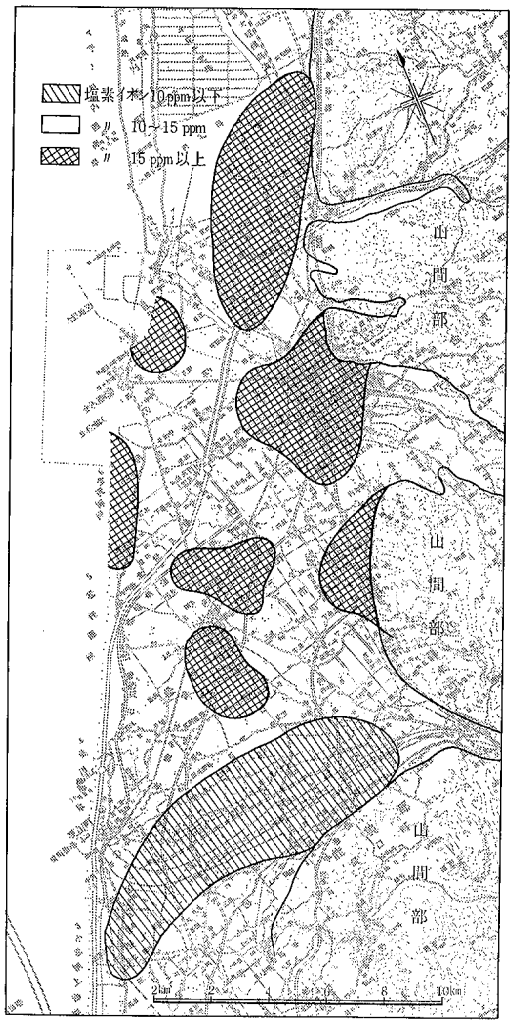


図31　昭和50～53年にさく井された井戸の塩素イオン濃度分布

と，内灘町地区と根上町から小松市にかけての地区に通常の地下水との差異が認められる。小松市の場合は浅井戸であることから，風送塩の混入や砂に付着している塩分によること，また，根上町の場合は深井戸であるので，おそらく化石塩水によると考えられる。

なお，われわれが作成した，昭和50年～53年の間にさく井された井戸の水質のうち，塩素イオンについての濃度分布図を図31に示した。

以上のように，金沢・手取地域においては，現在のところ地下水位の低下に伴う地下水の塩水化現象は認められていないが，この地域の水理地質からみて，海岸部ではスポンジ作用も十分に考えられることから，今後，継続した水質の調査と監視が必要と考えられる。

3　水循環の場の特性

3・1　地形の特性

金沢・手取地域は，水理地質学的に金沢地域と手取川扇状地域の２つの地下水区に分けることができる。

金沢地域は，海跡湖の河北潟を中心に潟埋積層が分布する平坦な沖積低地である。海岸沿いには内灘砂丘が発達するが，南東部は，いわゆる森本急傾斜帯に支配される丘陵によって限られる。この丘陵地を浸食して津幡川，森下川，浅野川，犀川及び伏見川が発達する。浅野川及び犀川沿いには，高位段丘から低位段丘に至る数段の河成段丘が区分されている。これら河川が沖積低地に流入する部分には，貧弱な扇状地が発達している。

また，手取川扇状地域の主部は，鶴来町を扇頂部として金沢市南部から根上町にかけて広がる極めて典型的な扇状地であって，礫を主体とした扇状地堆積物が広く分布する。扇状地北東部は，犀川，浅野川の扇状地と交錯し，沖積低地に漸移する。この地区の砂丘は，扇状地のほぼ中心部にあたる浜相川から美川間では海食作用により流失している。

この２つの地下水区は，手取川扇状地堆積物と潟埋積層が接する付近で区分され，また，地形地域区分上更に６つの地区に区分される。即ち，河北潟低地，金沢扇状地，伏見川低地，尾山台地，内灘砂丘，手取川扇状地である。

(1)　河北潟低地

河北潟を含む，内灘砂丘，森本丘陵，金沢扇状地，手取川扇状地に囲まれた地区である。もともとこの低地の南限は，金沢扇状地，手取川扇状地を含み，南に細長く延び，現在の手取川南岸部の丘陵に取り囲まれた部分まで広がっていたと考えられる。従って，現在の低地は，これら丘陵に囲まれた部分が砂丘によって古河北潟となり，その後犀川，浅野川の堆積作用によって干潟は狭められ，更に干潟を取巻く三角州は，扇状地堆積物により狭められ，現在の河北潟とこれを取巻く三角州の部分，即ち現在の河北潟低地が形成された。

(2)　金沢扇状地

尾山台地の西端に接して西方に延び，浅野川と犀川の沿岸部に分布する面積約８km^2の地区である。この

扇状地は，浅野川の北岸では発達が悪く，自然堤防となって帯状に河岸を縁ちどるに過ぎない。浅野川と犀川に狭まれた部分の幅は約1.8km，台地から三角州までの長さは約2kmで，平均傾斜は7/1,000と非常に平坦である。

(3) 伏見川低地

この低地は，西側が手取川扇状地によってほぼ南北方向に限られ，北東側は北から金沢扇状地と尾山台地に，南東側は富樫丘陵によって限られる面積約8km²の地区である。このような地形配置のため，周囲の地形より比高が低く，伏見川の氾濫を繰り返したところでもある。

(4) 尾山台地

浅野川，犀川流域の沿岸台地を総括する面積約29km²の地区である。台地の発達は，浅野川と犀川に狭まれた部分と犀川南岸沿いで良好で，金沢扇状地に至るまですべての段丘が上位から下位まで連続して分布する。上位段丘は，古浅野川，古犀川の扇状地の痕跡であり，段丘面はやや起伏に富む。中位段丘は，更にこの古扇状地を浸食したものである。

(5) 内灘砂丘

内灘砂丘は，河北潟の西側から日本海岸に沿って西

図 32　　金沢・手取地域の地質図

南方向に延び，手取川扇状地の末端部に湯跡を残すものまでを含む面積約17km² の地区である。この砂丘は，河北潟の西側で最も発達し，最大幅は160m に達する。しかし，この部分の北方と南方では幅は狭まる。なかでも，手取川扇状地の末端部に分布する砂丘は，松任市徳光町の北部だけであり，あとは日本海の波浪による海岸浸食で蚕食されて消失している。

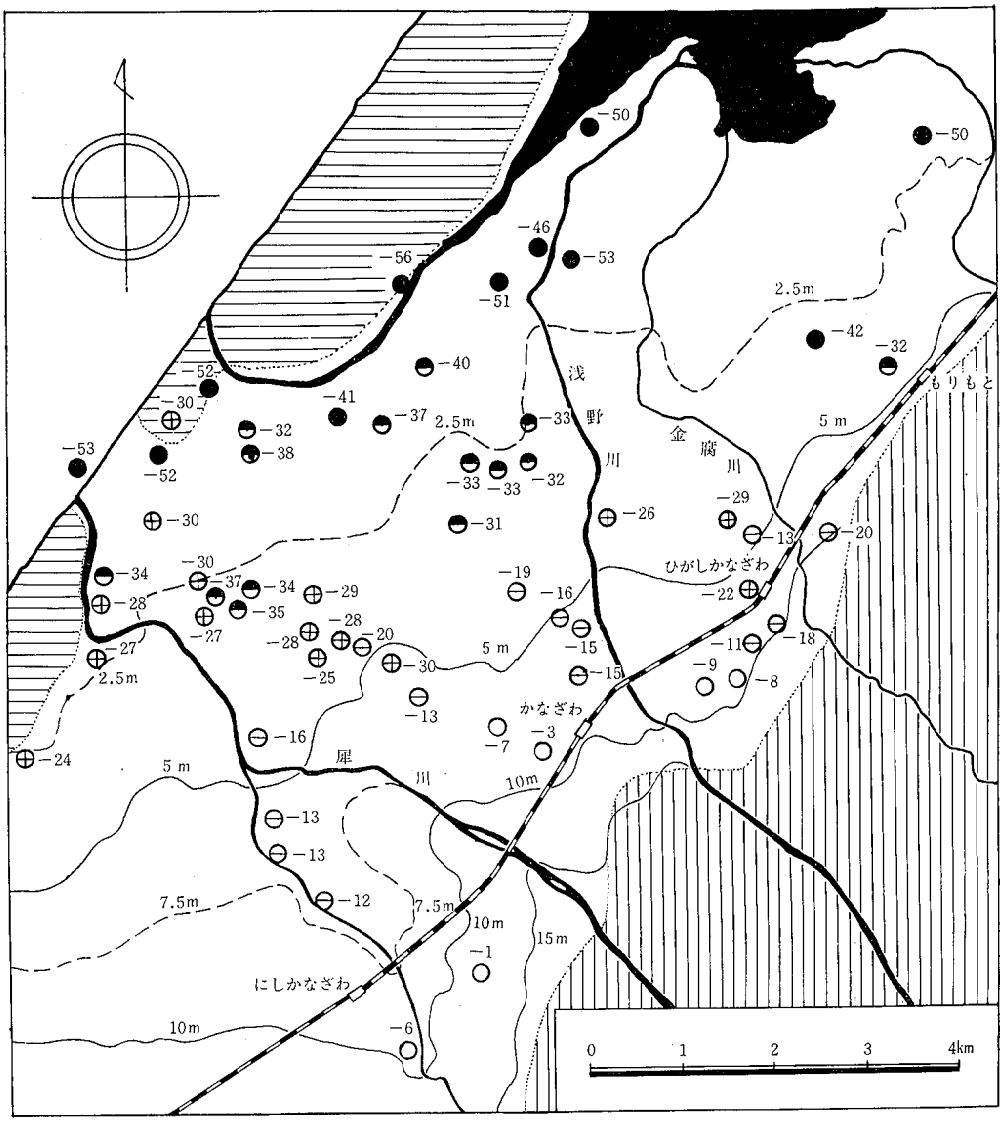
(6) 手取川扇状地

手取川扇状地は，鶴来町を扇頂とする半径約15km，角度約100°で面積約120km² を占める。わが国の扇状地のうちでも標式的なもので，鶴来町を頂点として右扇側はほぼ北方向，左扇側は現在の手取川の河道に沿ってほぼ西方向をとり，中心線は北西方向に延びて扇端が日本海に面する。扇頂部の標高は約90m，扇端

表 8　金沢付近の地質系統表（完新世をのぞく）

地質年代	北陸地方の標準層序		金沢付近の層序区分（地層名）	最大層厚 (m)	主な岩相
更新世―鮮新世―中新世	"富山層群"		段丘礫層および扇状地堆積物	10	砂礫
			高位砂礫層		砂，礫，泥
			戸室火山噴出物		角閃石安山岩，泥流堆積物
	北陸層群	埴生累層	卯辰山層 上部 下部	150	礫岩，砂岩，泥岩
		氷見累層	大桑砂岩層 上部 下部	150	黄褐色砂岩，青色細粒砂岩
		音川累層	高窪泥岩層	200	シルト岩，泥岩，凝灰質泥岩
			下荒屋凝灰岩層	60	安山岩質凝灰岩，灰白色凝灰岩
		東別所累層	朝ケ屋泥岩層	150	泥岩，シルト岩，下部に硬質頁岩
		黒瀬谷累層	黒壁火砕岩層	50	玄武岩質集塊凝灰岩
			七曲凝灰岩層	100	凝灰質砂岩・泥岩 砂質凝灰岩・角礫凝灰岩
			砂子坂凝灰質互層	170	凝灰質砂岩・泥岩・細粒凝灰岩
		医王山累層	医王山火砕岩層	500＋	凝灰角礫岩・流紋岩・溶結凝灰岩
		岩稲累層	"火砕岩類"	1,000±	安山岩溶岩・安山岩質凝灰角礫岩
		楡原累層	二又礫岩類	120＋	礫岩
白亜紀～古第三紀	太美山層群			150＋	流紋岩質凝灰岩類
先ジュラ紀	片麻岩類				縞状片麻岩，結晶質石灰岩

「石川県の自然環境」（1977）[25]による。



○は 0 ～10m、⊖は－11～－20m、⊕は－21～－30m、◓は－31～－40m．●は－41m 以深。

細かい実線、破線は平野部の地型を示す等高線（海抜、m）。ある地点において地表から顕著な礫層の上面に到達する深度は、表示深度と海抜高度からかえられる。たて線は洪積台地および丘陵、横線は砂丘を示す。

図 33　　金沢西部平野の地下に伏在する顕著な礫層上面の深度（海面基準，m）

「金沢地盤図」(1968) による。

部の標高は約5mで，扇央部から扇端部までの傾斜は平均6/1,000と極めて緩やかである。

3・2　地質の特性

(1)　地質層序

金沢・手取地域に分布する地層の層序関係は表8に示したとおりで[25]，その地質分布を図32に示した。

これらの地層のうち，水理地質学的に滞水層の対象となるのは，大桑砂岩層とこれより新しい卯辰山層，高位砂礫層である。

(a)　大桑砂岩層：金沢市周辺地域に広く分布する層で，金沢市の南方では砂岩を主とするが，市の北東方では下部にシルト岩が発達する。シルト岩は全般に砂質である。最下部には顕著な凝灰石が発達する。

(b)　卯辰山層：卯辰山層は，砂・泥・礫層などからなる層相変化の著しい地層であるが，泥層及び礫層は連続性に富んでいる。卯辰山層全体としてみた場合，その堆積環境は，海水に近い高かん水域から淡水域へと再三にわたる変化があったことが知られている。

(c)　高位砂礫層：卯辰山層の堆積後，高位河成段丘の形成前と考えられる層の暫定的な総称で，その詳細についてはなお不明の点が少なくない。金沢市の東側にあたる卯辰山，戸室山周辺，野田山，富樫山地の標高150～200mの山頂部の平坦面に礫，砂，粘土からなる固結度の低い地層として発達している。

(2)　水理地質（滞水層）

河北潟周辺の潟埋積平野では，図33に示したように，礫層の上面の深度は，一般に海面下30m以深となり，地表から35～50mは，主として泥質層からなる場合が多い[26]。潟埋積平野を構成する沖積堆積物は，下部砂泥互層，中部砂質層，上部泥質層に分けられる。

砂礫層で構成される手取川扇状地は，極めて良好な容水地盤である。扇状地面から約150mまでの容水地盤は，水理地質学的観点から上部扇状地砂礫層，下部扇状地砂礫層及び卯辰山層にそれぞれ対応する第1，第2，第3の3つの滞水層に大別される。この地域における滞水層の層厚分布図を図34に示した。また，水理地質学的特性を総括的に表9に示した。

(3)　地下水かん養地域の地理的分布

地下水のかん養は，水の循環を把握する上で重要な問題の一つである。この場合，地域の土壌，表層地質な

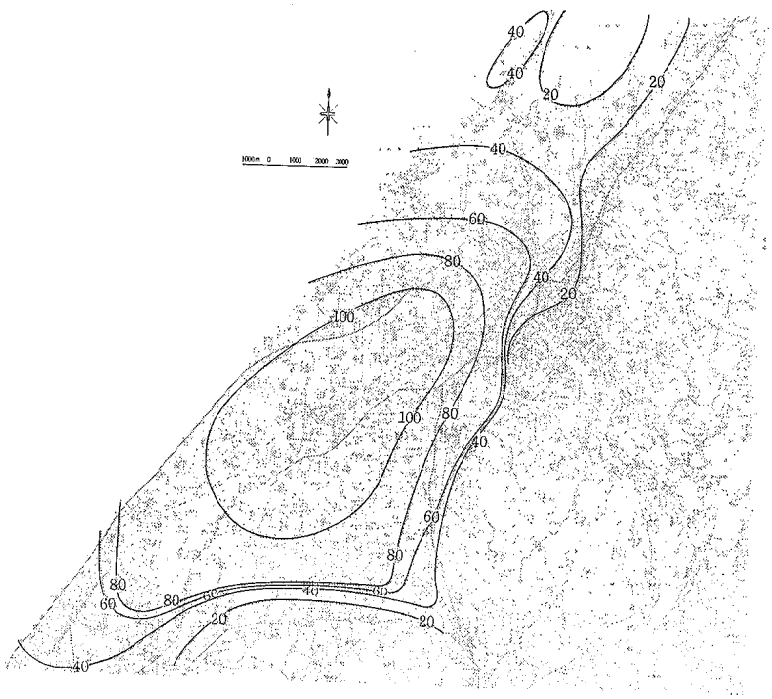


図 34　　滞水層の層厚分布図

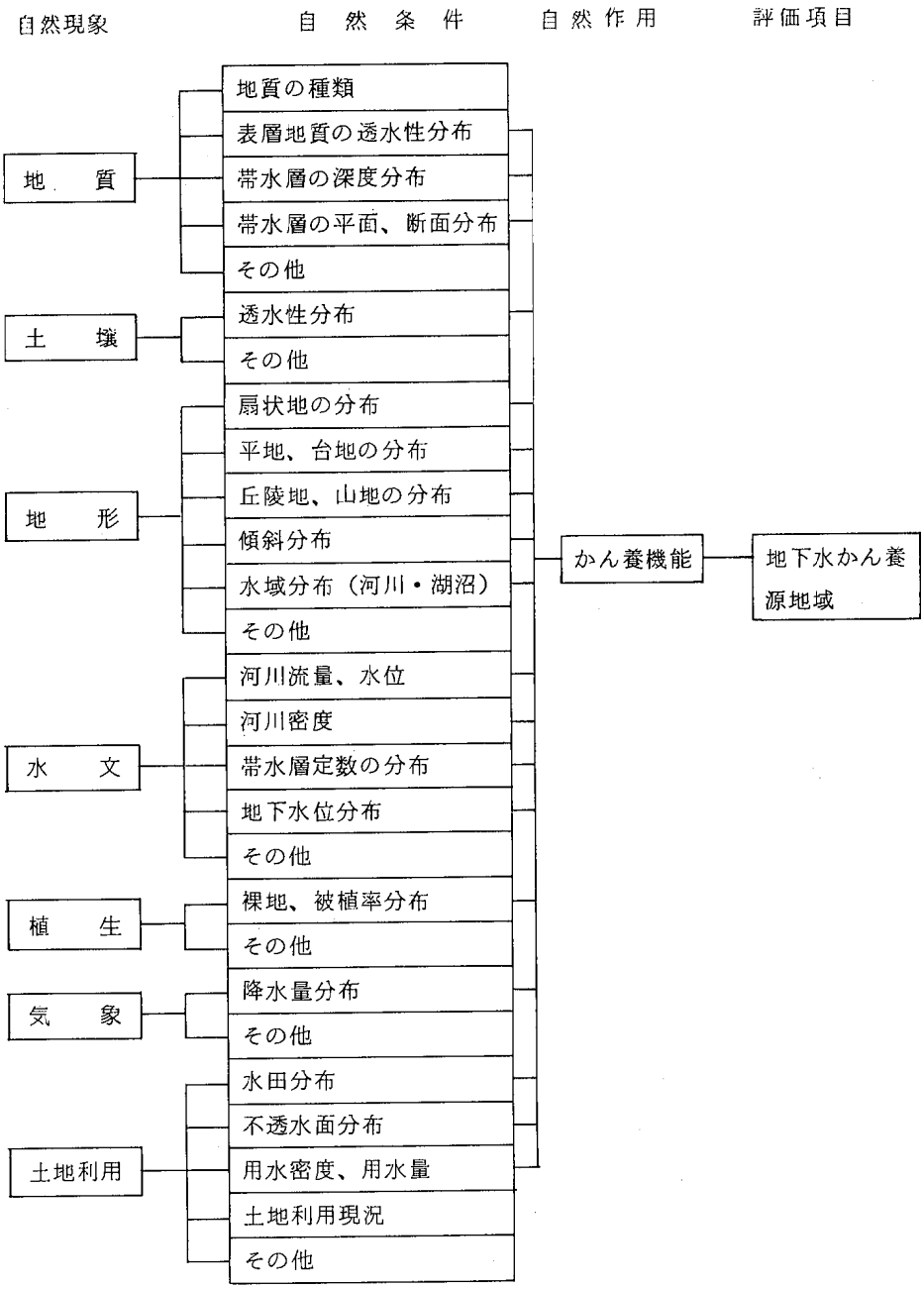


図 35　　地下水かん養源地域評価のためのネットワーク・ダイアグラム

表 9　　水理地質と地下水賦存形態

時代	区分記号	地下水区	金沢地域 地質	金沢地域 水理定数等	手取川扇状地域 地質	手取川扇状地域 水理定数等	
沖積統	Ad		(内灘)砂丘砂 ○ (30～50+)		(小松)砂丘砂	新砂丘N= 5～15 旧砂丘N=15～30+	
	AC_1	AG～AG(f)	粘土 ×(20～25)	N= 0～3	粘土 ×(0～10)	粘土N= 2～5	sy=100～3,000
	As		粘土・砂 ◎(15～30)	砂N= 5～30 粘土N≦5 砂質粘土N=10～15	粘土・砂 ×(0～25)	砂礫 k＝4×10⁻¹ N=10～35	
	AC_2		粘土 ×(10～30)			AC_2：N= 5～10	
			砂礫 ○(0～20)		砂礫 ●(15～20)		
洪積統	DG_1		砂礫 ◉(0～70)	N=35～50+	砂礫 ◉(20～120)	k＝n×10⁻¹～10⁻² N=20～50+	
	DC_1		粘土 ×(0～10)		粘土 ×(0～20)	N=15～20	sy=100～500
	DG_2		砂礫・砂 ◉(20～30)		砂礫・砂 ◎(15～20)	k＝n×10⁻² N=45～50+	
	DC_2		粘土 ×(5～30)		粘土 ×(5～25)		
	D～T		砂・砂礫・粘土 ◎(150+)		砂礫・粘土 ◎(90+)	k＝n×10⁻²～10⁻³	
第三系			大桑砂岩層 ◎(150+) 黒壁火砕岩層 ⊕		大桑砂岩層 ◎(30+)	k＝n×10⁻³	

注）Ad：砂丘砂
AG(f)：扇状地性砂礫
AG：砂礫
AC_1, AC_2：粘土
As：砂
DG_1, DG_2：砂礫
DC_1, DC_2：粘土
D～T：砂礫・砂・粘土

（ ）：層厚（m）
k：透水係数（m^3/秒）
sy：比湧出量（m^3/日/m）
Ω：比抵抗値（Ω-m）
N：標準貫入試験値

○：不圧滞水層
●：滞水能のよい不圧滞水層
◎：被圧滞水層
◉：滞水能のよい被圧滞水層
⊕：裂カ滞水層
×：賦圧層

どの透水性といった自然条件や不透水面の増加といった社会的条件によって地下水のかん養されやすさに差異が生ずることから，この地域における地下水のかん養力の大きい地区の地理的分布を明らかにしておくことは，今後の地下水保全上重要なことである。

われわれは，図35に示したダイヤグラムにしたがって，オーバ・レイ評価法により地下水かん養源地域の地理的分布を明らかにしたのが図36である。

地下水かん養機能の大きい地区は，手取川扇状地一帯，手取川扇状地末端部の砂丘地区，金沢市街地を除いた尾山台地などにみられる。しかし，今後このような地区にあっては，不透水面化が進行することに対して十分に注意を払う必要がある。また，かん養機能の大きい地区は，逆に地下水を汚染しやすい機能も併せ有していることから，農業用水，工場排水，家庭排水などによる地下水汚染に留意する必要がある。

4　水循環の場への入力

4・1　大気からの入力

(1)　気象概況

水循環との関連で特に重要な気象要素は，降雨と積雪と気温である。降雨は地中に直接浸透して地下水をかん養する。手取川扇状地のように，地表面の浸透能（透水性）が大きいところでは，かん養量のうちで浸透水の占める割合は大きい。積雪は，降雨と異なり，その期間中水を固体のまま地表に貯留するが，その融雪水は地下水のかん養源ともなる。気温は，蒸発散との関係で水循環にとって重要である。

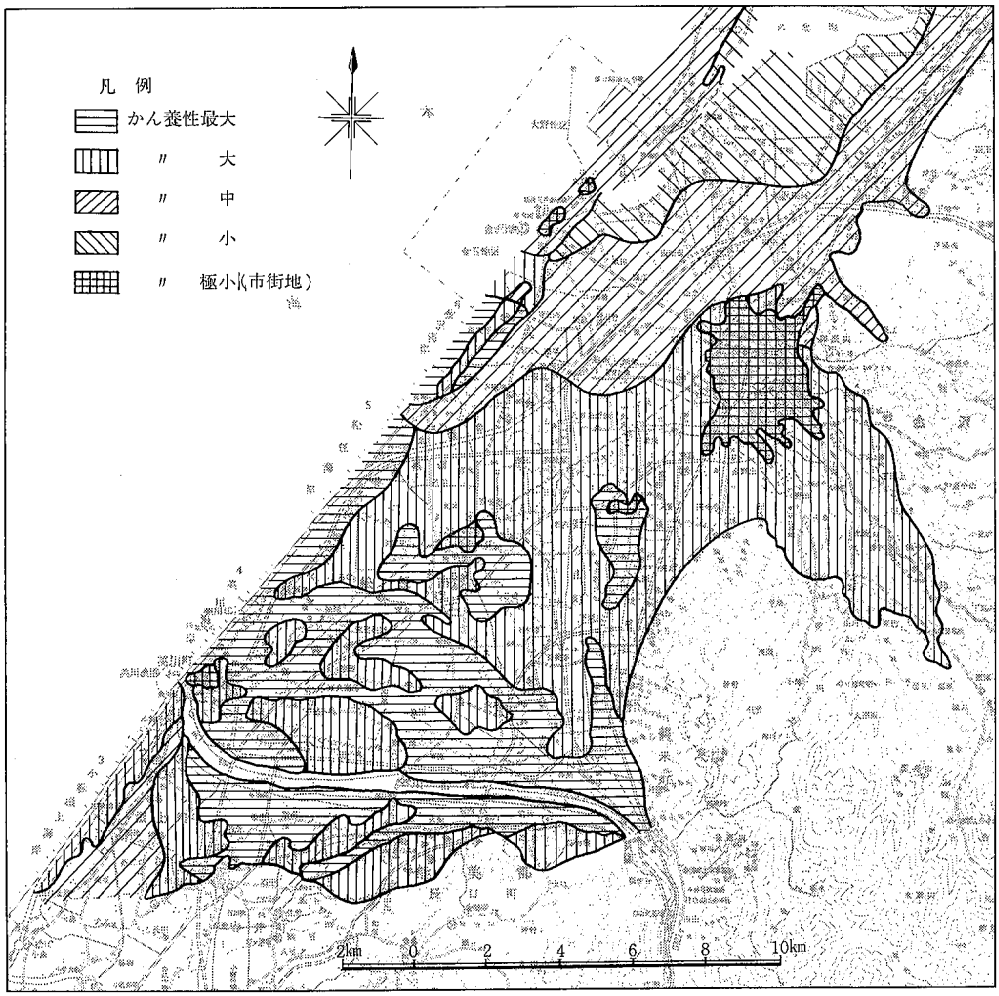


図 36　　地下水かん養源地域分布図（オーバ・レイ評価法による）

金沢地方気象台（標高26.1m）の1941年～1970年における一般気象を表10に，特殊気象を表11に示した。年平均降水量は2,662mmであって，東京都の1,503mmに比して1,100mmも多い。これを月別にみると，12月から3月の冬季に降水量が多く，夏季に少ない。この降水パターンは北陸地方において顕著であり，冬季の降水は，主として降雪によってもたらされる。年降水日数（日降水量1mm以上の日数）は187日で，年間のほぼ半分が降水日ということになる。平均気温は13.7°Cで，東京都の15°Cに比して1.3°C低い。

(2)　気候的水収支（水余剰量）

地表面における水収支を計算するには，蒸発散によって消費される水の量を知らなくてはならない。降水量から蒸発散量を差し引いた残りが水余剰量で，地表で流出するものを含めて，地下水になりうる水量の最大値と考えることができる。

蒸発散量の算出方法には，Lowry and Johnson 法，水収支法，Penman 法，Blaney 法，Thornthwaite 法，ライシメータによる方法などがあり，ここではThornthwaite 法により蒸発散量を計算し，水余剰量を求めた。その結果を表12に示した。この方法によって算出された蒸発散量は，厳密にいうと可能蒸発散量であり，蒸発するに足る十分な水分が土壌中に存在する場合に生ずるであろう蒸発散量を表わすが，金沢・

表 10　　一　般　気　象（1941年～1970年）

事項＼場所	金沢地方気象台（金沢市弥生1丁目32—25　標高　26.1m）													
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計	
平均気温(°C)	2.6	2.8	5.7	11.5	16.5	20.4	24.8	26.2	21.9	15.8	10.6	5.7	13.7	
平均降水日数(日)	25	20	17	13	11	13	13	10	13	13	17	23	187	1mm/日以上
平均降水量(mm)	326.7	199.4	172.1	153.4	149.3	200.5	244.3	171.2	267.0	214.3	220.0	344.0	2,662.1	
日照時間(hr)	63	89	143	189	210	169	183	231	156	152	122	70	1,781	
最大風速(m/秒)	33	29	28	28	25	21	21	20	21	21	25	29	25	
蒸発量(mm)														
結氷期間	— 日							結氷始 — 月 — 日						
根雪日数	35 日							根雪始 — 月 — 日						

日本気象表及び理科年表（昭和52年版）から作成

表 11　　特　殊　気　象（1886年～1974年）

事項＼場所	金沢地方気象台（金沢市弥生1丁目32—25　標高　26.1m）										備考
	第一位		第二位		第三位		第四位		第五位		
	数値	月日	数値	月日	数値	月日	数値	月日	数値	月日	
最大日雨量(mm)	234.4	1964 7/18	203.8	1964 7/8	178.5	1935 7/11	167.0	1968 8/28	156.3	1909 9/4	
最大時雨量(mm)	77.3	1950 9/18	75.7	1953 8/24	60.1	1953 8/23	56.8	1967 8/27	56.6	1944 8/25	
3日連続降雨量(mm)	283	1964 7/17～19	277	1945 10/8～10	276	1968 8/28～30	274	1974 7/7～9	237	1942 9/20～22	
最大連続旱天日数(日)	47	1886 7/2～8/3	37	1923 7/26～8/31	37	1949 7/13～8/18	36	1929 7/11～8/15	33	1934 5/14～6/15	

日本気候表及び理科年表（昭和52年版）から作成

表 12　　気　候　的　水　収　支

月＼	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
気温 (°C)	2.6	2.8	5.7	11.5	16.5	20.4	24.8	26.2	21.9	15.8	10.6	5.7	13.7
降水量 (mm)	326.7	199.4	172.1	153.4	149.3	200.5	244.3	171.2	267.0	214.3	220.0	344.0	2,662.1
蒸発散量 (mm)	0	0	14.2	43.0	80.8	111.6	151.6	153.9	104.7	60.7	29.8	14.2	764.5
水余剰量 (mm)	326.7	199.4	157.9	110.4	68.5	83.9	92.7	17.3	162.3	153.6	190.2	329.8	1,897.6

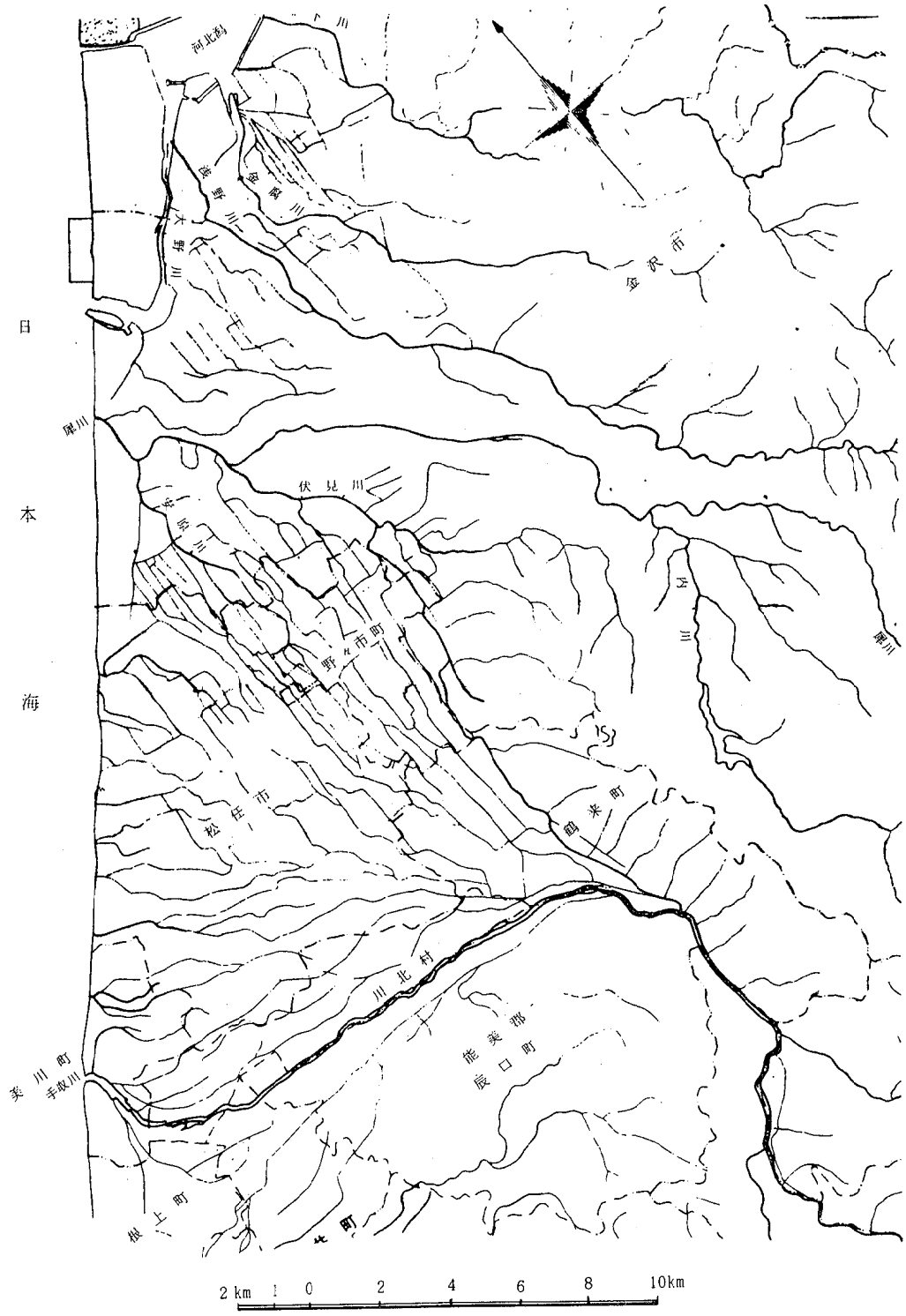


図 37　　地 表 水 系 の 分 布 図

手取地域では，年間を通じて蒸発に必要な水は常に十分なだけ地表付近に存在していることから，計算された可能蒸発散量は，実蒸発散量に等しいと考えてよいであろう。

従って，この地域の年蒸発散量は764.5mmで，年降水量の28.7%にしか当たらない。湿潤気候に属するわが国にあって，この地域は特に湿潤な地域に含まれることがこの計算結果から明らかである。更に月別にみても，蒸発散量が降水量を上まわる月はない。両者の差が最も小さいのは8月であるが，それでもまだ17.3mmの水余剰があり，しかもこの月はかんがい期に当たるので，水田には水が十分存在し，蒸発散による水不足が生ずる可能性は考えられない。

この地域では，4月中旬から8月中旬までが水田のかんがい期間である。従って，この期間には表12の気候的水余剰に人為的水余剰が更に加わり，全体の水余剰量は極めて多くなる。これらのことを考えると，この地域において水余剰が相対的に少ない季節は，3月～4月中旬と9月～10月の2つの期間ということができる。例年この期間に地下水位の最低水位が観察されることは，地表面における水収支が地下水位の変動と密接な関連があることを物語っている。

(3) 降水と地下水位との関係

地下水の供給源となる降水には，降雨と降雪がある。かんがい期の地下水位上昇の主役が用水であるのに対して，降水は非かんがい期の地下水位上昇の主要因である。

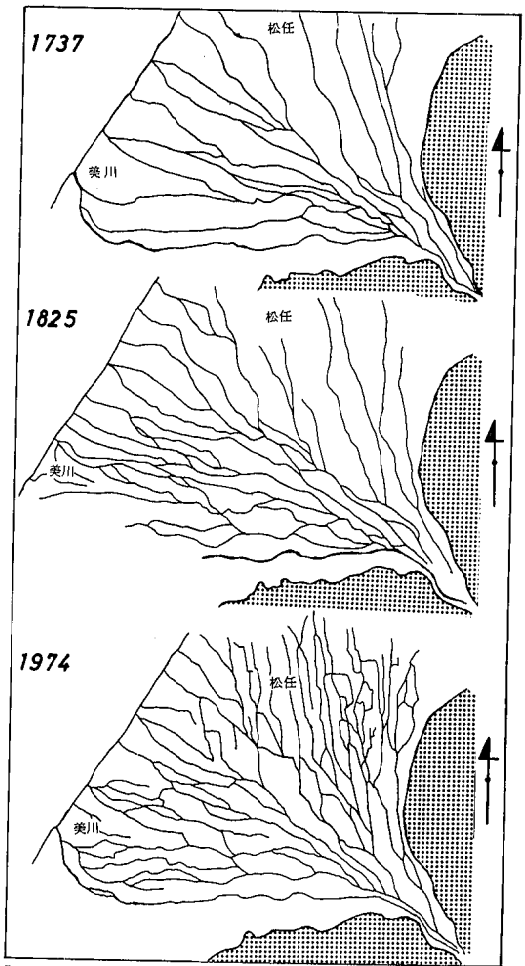
手取川扇状地域では，降水と地下水位との関係を次のように指摘することができる。

① 降雨は，地表面から垂直的浸透によって地下水位に直接的影響を与える。低水位はその年によって若干の違いはあるが，用水路への導水停止がある3月末頃か，降雨量の少ない10月頃に起きる。従って，その年の最低水位は，春か秋かのいずれかである。

② 非かんがい期の降雨は，50mm/日以上のとき地下水位変動曲線にピークが現われる程度の影響を与え，100mm/日以上であれば，顕著なピークを描く。降雨後からピークが現われるまでの日数は，扇頂部で数日，北陸本線の沿線付近で半月乃至1か月位である。

③ かんがい期では非かんがい期と著しく異なり，用水路の導水量が40m³/秒以上の4，5月頃は，100mm/日程度の降雨でも地下水位の上昇はほとんどなく，かんがい期後半において導水量が30m³/秒程度に減少し，地下水位がやや低下する時期になって始めて100mm/日の降雨でピークが現われるようになり，時に50mm/日程度でもピークを読みとれることができる。

④ 融雪が地下水位に影響することも特徴である。積雪と地表面との接触面では，地中から輸送される熱によって融雪が起きる。この融雪水は流出率が極めて小さく，大部分は地下に浸透して地下水の供給源となっている。この融雪の過程で消費される熱量は，地温の変化量から計算すると5～20cal/cm²/日と見積られ，これを水深に換算すると0.6～2.5mm/日になる。年間を通じて降水量が多く，また，水田の減水深約20mmといわれている手取川扇状地域においては，根雪



「石川県手取川扇状地の地下水第2報」[21]（1976）による。

図38　1737年～1974年の手取川の流路図

表 13　　河川の流出率と流況

河川名	流域面積	(A) 集水面積	昭和48年流出率 (B) 降水量	(C) 集水区域降水量	河川流量 (D)	(E)	流出率 (%)	昭和53年流況 ($m^3/s/100km^2$) 最大	豊水	平水	低水	渇水	最小	年平均
	km^2	km^2	mm/年	(A)×(B)=(C) 10^6m^3/年	m^3/sec	(D)×365×86,400=(E) 10^6m^3/年	(S)/(C)							
手取川	809	732.0	2,909	2,129.39	—	1,813.32	85.2	—	7.64	0.39	(0.0)	(0.0)	(0.0)	6.02
犀　川	254	150.0	3,613	541.92	12.99	409.65	75.6	河川改修の為測定中断						
浅野川	108	74.5	3,613	269.17	6.70	211.29	78.5	26.80	6.89	4.27	2.44	1.81	1.50	5.48
金腐川	32	15.9	2,248	35.63	0.84	26.49	74.3	6.27	1.01	0.62	0.34	0.25	0.15	0.81
森下川	98	74.1	2,248	166.58	5.07	159.89	96.0	30.30	5.41	2.35	0.71	0.14	0.11	3.90

(注) (1) 使用した資料は，農業気象月報，建設省北陸地方建設局金沢工事事務所及び県河川課の流量測定結果である。
(2) (B)欄の降水量は，犀川と浅野川は犀川，金腐川と森本川は金沢における測定値によった。
(3) (C)は測定地点上流の年降水量である。
(4) 「豊水量」とは，1年のうち95日以上発生する流量で，「平水量」とは，1年のうち185日以上発生する流量をいい，「低水量」とは，1年のうち275日以上発生する流量をいい，「渇水量」とは，1年のうち355日以上発生する流量である。

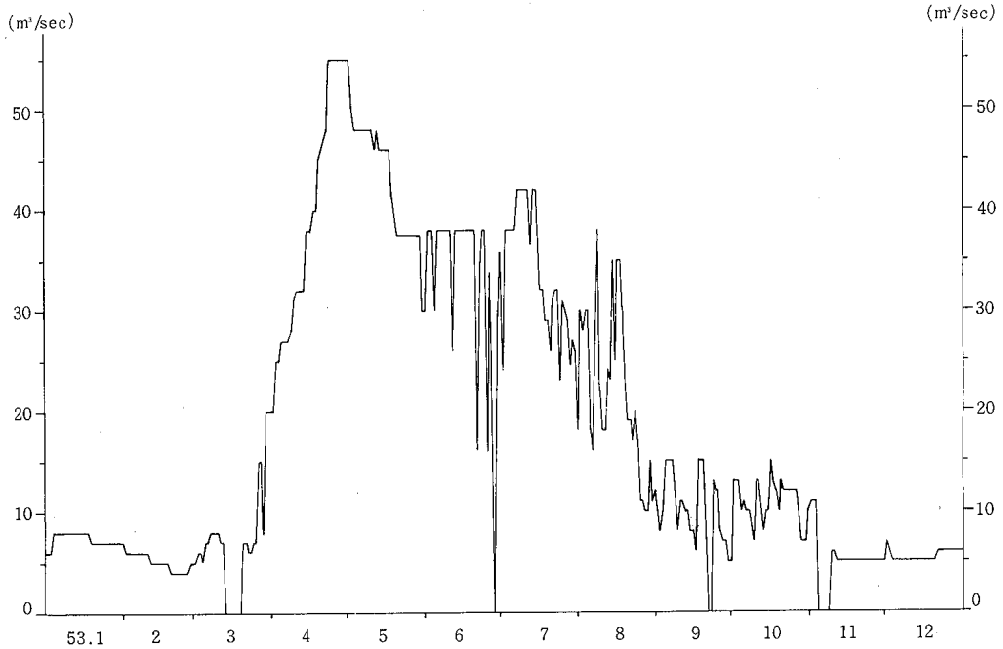


図 39　　七ケ用水の導水量変動（昭和53年）

期間中の融雪による1～2mm/日の浸透水も地下水の供給源として重要な役割を果たしているものと考えられる。

4・2　河川・用水路からの入力

(1)　地表水系の分布状況

この地域における地表水系の分布を図37に示した。主な河川としては，北の方から森下川，金腐川，浅野川，大野川，犀川，伏見川，安原川，高橋川及び手取川であり，用水路としては，七ケ用水と宮竹用水が主なものである。また，湖沼としては河北潟がある。

森下川は全長38.2kmで，平野へ出る辺りから河口までの間は河床が高く，よく氾濫した。金腐川は全長14.6kmで，平野へ出る地点から下流ではよく氾濫し，河岸は低湿である。浅野川は全長32.5kmで，河口付近には見事な三角州があるが，河北潟干拓計画や金沢港建設計画で埋め立てられ，現在は木材工業の中心地となっている。犀川は全長41.7kmで，下流では伏見川と合流する。もとはよく氾濫した川であるが，犀川ダムによって洪水は完全に防止され，最近では内川ダム（昭和49年）もできた。手取川は，全長約77kmの県内第一の河川である。現在の河道は扇状地の最南端を西流しているが，古来暴れ川として知られ，加賀平野を自由に流転し，図38に示したようにその河道を北流から北西流へと網状に移動したことは，幾多の文献口伝で知られている。下流域では，県内消費ジャリの大半が採掘されている。また，上流には，本流に手取ダムが建設された（昭和54年度，ダム本体完成）。

河北潟は，内灘砂丘の発達により形成された潟湖である。南北約8km，東西約4kmで周囲25km，面積23km²である。森下川，浅野川など流入河川の土砂で埋没されて浅くなった湖岸は，早くから干拓されて水田にされてきた。昭和46年農林省により潟の3分の2が干陸化され，残水面はかんがい用・洪水調節用で，日本海への排水路が大根布地内の砂丘地に掘られた。

(2)　河川の流況と用水路の導水状況

主要河川の流量と流況を表13に示した。

用水路の導水量は，手取川右岸地域の七ケ用水が常時10m³/秒内外で，かんがい期には30～50m³/秒に強化される。昭和53年の導水量の年間変動を図39に示した。手取川左岸の宮竹用水は，常時3m³/秒内外で，かんがい期には7～10m³/秒に強化される。

(3)　用水路の導水量と地下水位との関係

手取川扇状地域の砂礫層は手取川によって運搬されたものであるから，手取川河水は砂礫層形成時から継続的に扇状地の地下水の供給源となっている。しかし，現在の手取川河床は扇状地面より低いので，垂直的な供給はなく，伏流による水平的な供給のみと考えられる。これに対して用水は，降水と同様に垂直的供給源である。

手取川扇状地域の地下水位の変動は，図40のようにかんがい降雨型，伏流型，水平型の3つの型に分類される。かんがい降雨型について，用水路の導水量と地下水位の変動の関係を図41に例示した。かんがい降雨型の地下水位変動の特性は，次のようである。

①　かんがい期の導水量の増加に対応して地下水位

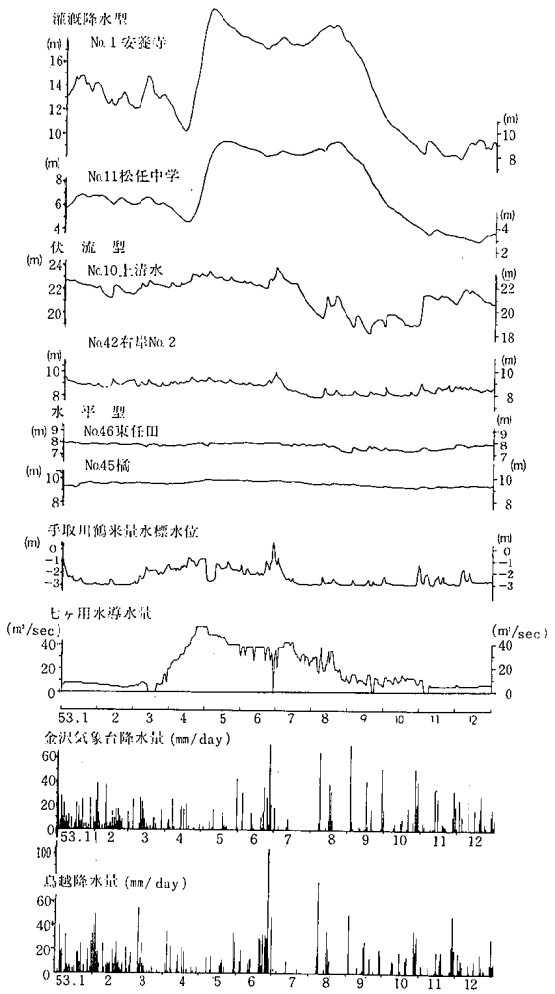
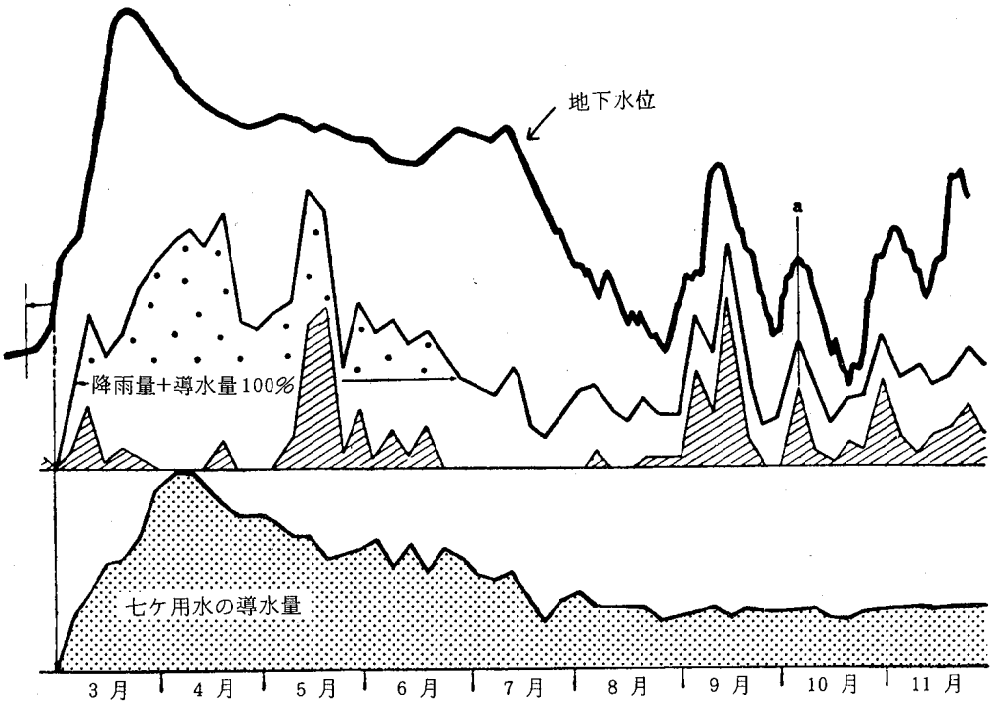


図40　手取扇状地における地下水位変動のパターン



（注）降雨の影響を表現するため、aのピークを合わせてある。

図 41　　用水路の導水量と地下水位の変動（かんがい降雨型）との関係

も急に上昇し，年間の最高水位に達するのは，田面に水が張られた4，5月の田植時である。

② 最低水位から最高水位に達するまでの1か月余りの間に地下水位は20～25m上昇し，この間1日1mづつ上がる日も稀ではない。このような地下水位の急上昇は，田面に張られた用水の垂直的浸透によるものと考えられる。扇状地における浸透量は，実測によると平均16mm/日であり，用水の取水量と流出量との差から求めた漏水率は，平均20%内外と考えられる（浸透速度については，砂質の場合の最大値として1m/日，砂70%，粘土10%の混合率で0.8m/日，粘土の場合0.05m/日以内という実験値がある）。

5　水の循環のカイネティクス

5・1　地下水のかん養量

地下水のかん養に寄与するものとしては，降水，河川水及びかんがい用水があげられる。

河川水によるかん養量は，手取川における渡辺らの実測によれば[21]，低水時においても約300千m^3/日が見込まれている。また，金沢地域の犀川，浅野川によるかん養量は，河川流量測定結果から表流水収支を計算すると，伏流量は無視できる程度であって，高々犀川の伏流水を取水していると思われる金沢市上水道の25千m^3/日程度と推測される。

降水とかんがい用水による地下水かん養量は，以下の式を用いて，図12に示した地区別に計算した。

かんがい期の浸透量＝(減水深－全蒸発散量)×かんがい日数（120日）×水田面積 …… ①

非かんがい期の浸透量＝降水の日平均浸透量×非かんがい期の日数（185日）×水田面積 …… ②

積雪期の浸透量＝融雪水の日浸透量×積雪期日数（60日）×水田面積 …… ③

降水及びかんがい用水によるかん養量 ＝ {①＋②＋③}/365日

これは，かんがい期には田面からの用水の浸透が主要なかん養源であり，降水の寄与が小さいこと，非か

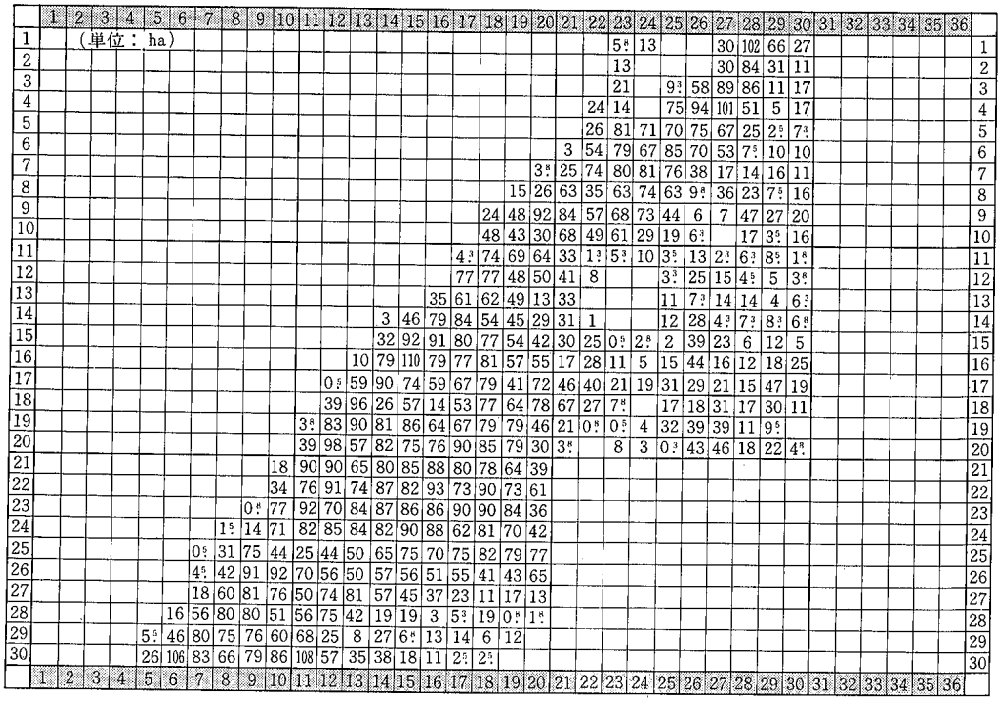


図 42　　メッシュ別水田面積（昭和51年）（メッシュ原図は図３参照）

んがい期には，降雨の垂直浸透，融雪水の垂直浸透によるかん養が大きいことを考慮したものである。

計算式のパラメータの値として，次のものを用いた。

減水深：金沢地域（湿田）13mm/日
　　手取川扇状地域（乾田）20mm/日

全蒸発散量：５mm/日

降水の日平均浸透量：砂礫質の水田４mm/日
　　粘土質の水田３mm/日

融雪水の日浸透量：２mm/日

水田面積：２万５千分の１の土地利用図（昭和53年）から，メッシュ別水田面積を算出した（図42）。

これらの数値を用いて地下水かん養量を算出した結果を表14に示した。地下水かん養量は，金沢地域で206千m^3/日，手取川扇状地域で1,032千m^3/日，計1,238千m^3/日である。

5・2　地下水の流動量

地下水の流動量の算出に当たっては，図12に示した手取川扇状地域を水理地質学的な差異により，左岸地区と右岸地区に区分した。

流動量の計算は，それぞれの地区について次のダルシーの方法で算出した。ここで使用した基礎データは

$Q = A \times k \times i$

Q：地下水流動量　　(m^3/sec)

A：地下水流動断面積　(m^2)

k：透水係数　　(m/sec)

i：動水勾配

表15に示した。

ダルシーの方法で算出した結果を表16に示したが，金沢地域で35千m^3/日，手取川扇状地左岸地区で76千m^3/日，右岸地区で927千m^3/日，計1,038千m^3/日と

表14　地下水かん養量

（単位：千m^3/日）

区　　分	手取川扇状地域	金沢地域	計
降水，かんがい用水	732	206	938
河　　川　　水	300	—	300
計	1,032	206	1,238

表 15　　地下水流動量算出基礎データ

地区	流動帯の幅(m)	滞水層の厚さ(m)	透水係数(m/sec)	動水勾配	
				かんがい期	非かんがい期
手取川左岸地区	2,000	40	2.75×10^{-3}	1/250	1/250
手取川右岸地区	9,000	80	3.44×10^{-3}	1/200	1/250
金沢地域	5,000	60	7.23×10^{-4}	1/450	1/600

なった。これらの値はそれぞれの地区における主として砂礫層についての値であり，他の滞水層としての卯辰山層や大桑層は，算定の対象になっていない。

表16　地下水流動量

（単位：千m³/日）

地域	手取川扇状地域		金沢地域	計
	左岸地区	右岸地区		
流動量	76	927	35	1,038
計	1,003		35	1,038

5・3　地下水の水収支

金沢・手取地域における地下水かん養量，流動量及び揚水量をまとめて示したのが表17である。

表17　地下水の水収支

（単位：千m³/日）

地域	手取川扇状地域	金沢地域	計
かん養量(表14)	1,032	206	1,238
流動量(表15)	1,003	35	1,038
揚水量(表5)	314	251	565

金沢地域では，流動量がかん養量より一桁小さくなっている。このことは，地層が複雑であることのほか，現実には卯辰山層や大桑層の滞水層からの揚水量が多いにもかかわらず，その流動量の把握に必要な資料が十分でないことによるもので，特に，卯辰山層や大桑層に賦存する地下水の動水勾配が未知であったこと，これらの層厚も不明な点が多いことによっている。いずれにせよ，現在の揚水量は既にかん養量や流動量を上回っていると推測され，これは，かん養量に対して日量50千m³程度になる。昭和37年以降，金沢地域における地下水位の低下は1.7～3m/年と著しく，今後，揚水量の増加，水田の宅地化，舗装率の増加等による不透水面の増大などが進めば，地盤沈下や地下水の塩水化が憂慮されよう。

一方，手取川扇状地域では，かん養量と流動量とがよく一致しており（この地区の滞水層は大部分砂礫層である），流動量を安全揚水量と想定すれば，この地域についてはまだ地下水の開発は可能と思われる。

昭和37年にこの地域の地下水揚水可能量が試算さ

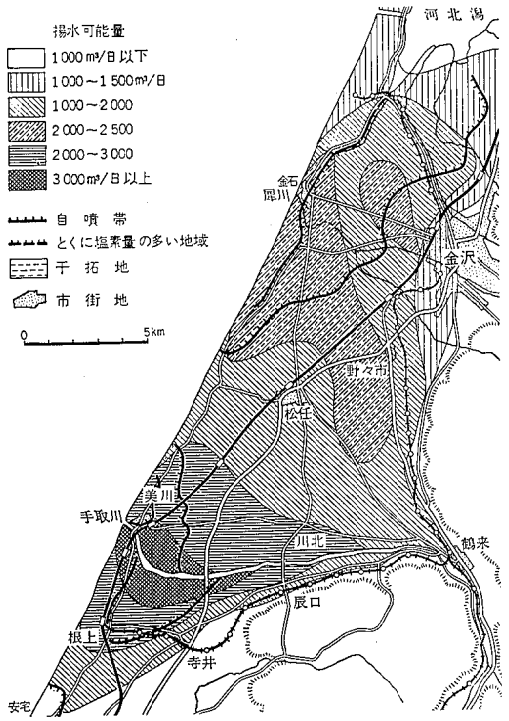


図43　金沢・小松地区地下水量図（昭和37年）

れているが（図43）[6]，精度の高い基礎データを更に集積し，将来，地盤沈下や塩水化などの地下水障害を生じないような適正な地下水揚水量を算定することが，今後の地下水保全対策を図るうえで極めて重要な課題と考えられる。

6 ま と め

石川県の金沢・手取地域における地下水利用の状況を述べるとともに，マクロ的な水収支について試算を行った。

この地域における地下水利用の急激な進展はまことに顕著で，昭和52年の総揚水量は日量にして565千m^3にも達している。現状のままでは，更に揚水量が増加することは明らかであり，それによってさまざまな地下水障害が発生し，かつ深刻化することは十分に予測される。特に大量の地下水揚水が行われている金沢地域においては，既に一部の地区で地盤沈下の兆候が現われており，今後更に進行する怖れがある。また，この地域の一部海岸地区では，地下水の過剰揚水によって将来塩水の進入を招く怖れがないとは言えない。

このような状況を踏まえ，貴重な地下水資源を保全しつつ，長期にわたり有効適切に利用していくために，その地域の特性に対応した具体策を検討する必要性が生じてきている。そのため，以下に述べる諸点を提言したい。

(1) 地下水位観測体制の強化，拡充

地下水利用の限度（適正揚水量）を的確に予測し，地下水障害を未然に防止するために，地下水位観測体制の強化と拡充が望まれる。

(2) 地盤沈下監視体制の強化，拡充

地盤沈下が及ぼす社会的，経済的不利益に鑑み，その早期発見と速やかな対処のため，水準測量等の地盤沈下監視体制の強化，拡充が必要である。

(3) 揚水施設等に関する基礎情報の体系的整備

地下水の水収支や地下水障害などを解析し，評価するために必要な基礎データは，現在のところまだ体系的に整備されていない。必要となる情報の集積を積極的に図り，地区ごとの地下水データ・ベースを整備することが望まれる。

(4) 地下水に関する調査研究の推進

地下水資源の開発，利用，保全は，常に科学的で正当な裏付けが必要である。現時点では体系的，総合的な調査がまだ不十分であり，地下水保全のための適切な対策を樹立するために，多角的な調査研究の推進とその成果の有効な活用体制の確立が必要である。

(5) 地下水資源の合理的活用

貴重な地下水資源を短期的な利益のために浪費することを防ぐためには，節水に努めるとともに，工業用水の回収率の向上，農業用水の合理化なども検討し，地下水利用の用途に優先順位を付けるといったような具体的施策を立てることも場合によっては必要である。

特に，都市部における消雪用水は，揚水される期間が冬期という限られた時期ではあるが，この時期は一般的に自然かん養量の少ない時期であること，揚水された地下水がほとんど不透水面で使用されて表面流出してしまうこと，更に代替水源の確保が困難であることなどから，これからの消雪用水の利用については一層合理的な方途の開発が望まれる。

(6) 揚水規制方策の早期検討

地下水の水収支からみて，金沢地域については何らかの揚水規制が必要な段階に来ていると考えられ，規制すべき地区，規制の方法等について早期に検討されることが望まれる。この場合，揚水規制の根拠や具体的方法は科学的裏付けに基づいたものでなくてはならない。

(7) 水資源全体の検討

地下水利用の問題は，それ自体単独では解決できない多くの側面をもっており，結論的には，表流水をも含めた水資源全体の対策の中で解決されるべきである。代替水源を利用することが可能な地下水の用途については，出来る限り転換を図るなど，地下水の望ましい利用の在り方を早急に検討すべきである。

文　献

1) 石川県：地下水利用等基礎調査報告書—石川県における地下水問題の状況—（1979）
2) 石川県衛生公害研究所編：金沢・手取地域井戸分布図（市町村別，用途別）（1980）
3) 同上編：金沢・手取地域井戸分布図付属資料（1980）
4) 北陸地下水研究会：北陸地方の地下水資源—その現状と対策—（1974）
5) 石川県：石川県工業用地下水調査報告書（1957）
6) 同上：金沢・小松地区地下水等調査報告書(1963)
7) 同上：金沢港を中心とした地域の地下水及び地耐力調査書（1964）
8) 石川県開発局総合開発課：金沢・小松地区におけ

る水資源の利用現況について（1965）
9）北陸農政局計画部資源課：北陸地方の農業用地下水—利用現況と賦存形態—（1973）
10）通商産業省立地公害局，名古屋通商産業局：石川県手取川・犀川下流地域地下水利用適正化調査報告書（1974）
11）北陸経済調査会，石川県地下水調査会編：石川県全域地下水調査事業報告書（1974）
12）北陸経済調査会編：石川県における水資源・経済関連調査第２輯（1976）
13）北陸農政局計画部：石川県の水理地質と地下水（1977）
14）北陸経済連合会編：北陸地方における水資源問題（1979）
15）石川県：地下水利用等基礎調査報告書（1980）
16）北陸地方建設局金沢工事事務所：地下水利用状況調査作業報告書（1980）
17）石川県企画開発部：石川県の水需給（1976）
18）環境庁水質保全局企画課：地盤沈下予測手法調査報告書（1976）
19）南関東地方地盤沈下調査会：南関東地域地盤沈下調査対策誌（1974）
20）水収支研究グループ：地下水盆の管理—理論と実際— 東海大学出版会，東京（1976）
21）渡辺景隆，山崎良雄：石川県手取川扇状地の地下水（第２報），石川県（1976）
22）石川県，石川県地下水保全対策協議会：石川県地下水保全対策調査報告書，p60—65（1979）
23）高倉盛安：北陸と公衆衛生，**10**，４—22（1979）
24）石川県環境部：金沢平野における地下水等保全対策連絡会会議資料，資料 No.4（1979）
25）石川県：石川県の自然環境　第１分冊(地形地質）p59（1977）
26）石川県建築士会編：金沢地盤図（1968）
27）石川県環境部：石川県地下水保全対策協議会専門委員会会議資料，資料 No.3（1979）

〔報　文〕

Compartment Model による水田土壌中カドミウムの量的変化の解析

石川県衛生公害研究所環境部　田　嶋　隆　俊
石川県環境部企画調整課　吉　野　正　美

1　は　じ　め　に

カドミウムによる土壌汚染は，土壌の理化学的特性や土壌中における酸化還元反応，カドミウムの化学形態など農作物への影響とからんで質的に究明しなければならない現象も多く含んでいるが，一方では，集団（マス）として全体的に現われてくる大まかな現象を，表面的に，量的に把握しておく必要がある問題も含んでいる。水田に流入したカドミウムが土壌中に吸収され，また，土壌中から溶脱していく過程での量的変化の把握は，上述の後者の例であり，土壌改良などの汚染防止対策上重要な問題である。

われわれは，昭和45年の小松市梯川流域カドミウム汚染や昭和49年の七尾市西湊地区の環境汚染を契機として，水田土壌中のカドミウムの量的変化を解析するための数学的モデルを検討してきた。

その結果，カドミウムの土壌による吸収や土壌からの溶脱現象は，生体内における化学物質の代謝回転に類似しているのではないかと考え，化学・薬学の領域で一般的に使われている compartment model[1)-3)] を土壌中のカドミウムの量的変化の解析に応用することを試みた。

このモデルの応用例の一部は，既に第2回環境保全・公害防止研究発表会(昭和50年12月，環境庁)において報告した[4)] のであるが，その後各方面からの問合せが多く，ある程度整理されたものを提供すべきだと考え，これまでの解析結果と新たな応用例とを併せてここにとりまとめることとした。

2　コンパートメント・モデル

2・1　モデルの概略

ここで使用したコンパートメント・モデルとは，水田土壌に出入りするカドミウムの量的変化のみに着目し，カドミウムの吸収・溶脱過程を箱(compartment)になぞらえ，その箱を流れの断面（flux）で接続したものである。これには，uptake 型と loss 型が考えられ，それぞれの概念図と数学的モデルを図1に示した。

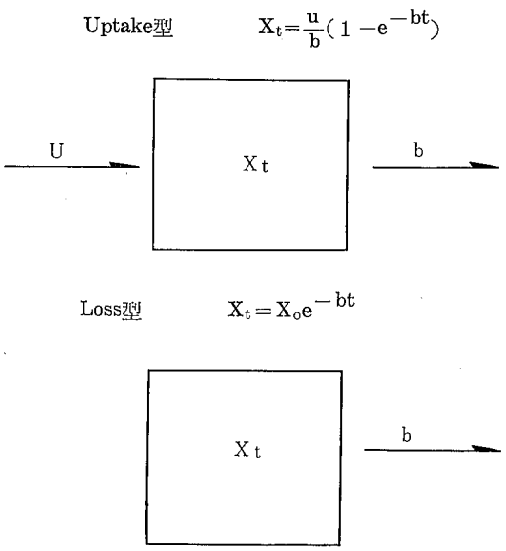


図1　コンパートメント・モデルの概念図
(one compartment model)

Application of Compartment Model to Analysis of Cd—Kinetics in Paddy Field Soils.

by Takatoshi TAJIMA and Masami YOSHINO (Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment. Planning and Adjustment Section of Environmental Bureau, Ishikawa Prefecture)

uptake 型の one compartment model は，数学的に次式で表わすことができる。

$$\frac{dX_t}{dt}=u-bX_t \qquad \cdots\cdots①$$

ここで，t=0のとき，$X_t=X_0$とおくと

$$X_t=\frac{u}{b}(1-e^{-bt})+X_0e^{-bt} \qquad \cdots\cdots②$$

u：カドミウム流入量(g/10a・年)

X_t：t年次の土壌中のカドミウム量(g/10a)

b：ターンオーバ・レイト(1/年)

X_0：t=0のときの土壌中のカドミウム量(g/10a)

となる。②式を変形すると，

$$X_t-X_0=(1-e^{-bt})\left(\frac{u}{b}-X_0\right) \qquad \cdots\cdots③$$

となるから，図2に示したように

$\frac{u}{b}-X_0>0$のとき増加関数

$\frac{u}{b}-X_0<0$のとき減少関数

であり，終末平衡量はu/bとなる。

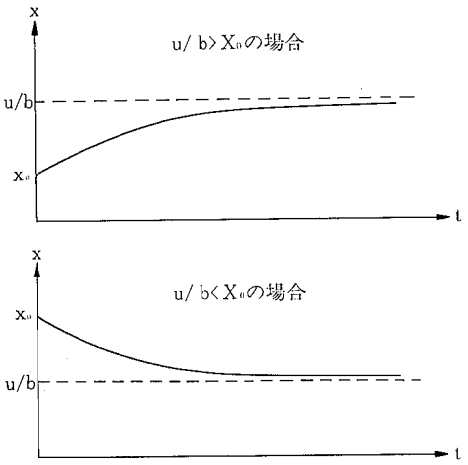


図2　コンパートメント・モデルの関数曲線
(one compartment model)

$$X_t=\frac{u}{b}(1-e^{-bt})+X_0e^{-bt}$$

2・2　モデルにおけるターンオーバ・レイトの値

農林省北陸農業試験場で行った小型ライシメータによる水田土壌中におけるカドミウムの収支に関する実験データ[5)-7)]を用いて，②式におけるbの値を算出した。

試験前の作土中のカドミウム量をX_0，試験後のそれをX_1とすると，この場合t=1であるから②式より

$$X_1=\frac{u}{b}+(X_0-\frac{u}{b})e^{-b} \qquad \cdots\cdots④$$

$$X_1-\frac{u}{b}=(X_0-\frac{u}{b})e^{-b} \qquad \cdots\cdots⑤$$

⑤式において，

$$F_1=\frac{X_1-\frac{u}{b}}{X_0-\frac{u}{b}}$$

$$F_2=e^{-b}$$

とおくと，図3に示したように，F_1は$F_1=X_1/X_0$及び$b=u/X_0$を漸近線とする双曲線である。

したがって，F_1とF_2との交点からbを決定することができる。これによって算出した結果を表1に示した。

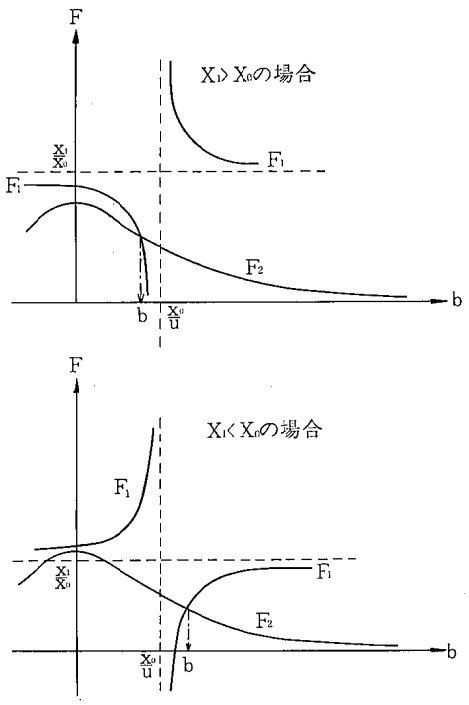


図3　コンパートメント・モデルにおけるターンオーバ・レイト(b)の値の計算概念図

$$X_t=\frac{u}{b}(1-e^{-bt})+X_0e^{-bt}$$

$$F_1=\frac{X_1-\frac{u}{b}}{X_0-\frac{u}{b}},\qquad F_2=e^{-bt}$$

表1　コンパートメント・モデルにおけるターンオーバ・レイト(b)の値

(1)　湿田，ワラを持出した場合

実験	土壌	t (年)	u * (g/10a年)	X_0 * (g/10a)	Xt * (g/10a)	b (1/年)
No.1	富山	1	0.28	63.0	62.5	0.013
	婦中	1	0.28	110.0	108.8	0.013
	黒部	1	0.27	5,025.0	5,013.4	0.002
No.2	富山	1	0.31	63.0	62.4	0.015
	婦中	1	0.32	110.0	108.8	0.014
	黒部	1	0.32	5,025.0	5,017.8	0.002

(2)　乾田，ワラを持出した場合

実験	土壌	t (年)	u * (g/10a年)	X_0 * (g/10a)	Xt * (g/10a)	b (1/年)
No.2	富山	1	0.20	63.0	60.5	0.044
	婦中	1	0.20	110.0	102.0	0.078
	黒部	1	0.20	5,025.0	5,009.5	—

＊農林省北陸農業試験場の実験値[5)-7)]

2・3　土壌中カドミウムの半減期

土壌中カドミウム量が半減する時間($T_{1/2}$)は，②式において，$X_t=X_0/2$とおけば，

$$\frac{X_0}{2}=\frac{u}{b}(1-e^{-bT_{1/2}})+X_0e^{-bT_{1/2}} \quad \cdots\cdots⑥$$

となり，したがって$T_{1/2}$は，

$$T_{1/2}=\frac{1}{b}\ell n\frac{X_0-\frac{u}{b}}{\frac{X_0}{2}-\frac{u}{b}} \quad \cdots\cdots⑦$$

である。

3　コンパートメント・モデルの検証

石川県農業試験場による調査データ（未公表）[8)]とこのモデルによって算出した結果とを照合すると，表2に示したようになる。この場合，ターンオーバ・レイト（b）の値は，表1で示した値のうち，乾田については0.044（1/年）及び0.078（1/年）の双方を，湿田については黒部の土壌を除いた他の土壌について得られた値の平均値0.014（1/年）をそれぞれ計算に用いた。

表2からわかるように，実測値と計算値は極めて近似しているといえる。

4　他のモデルとの比較

4・1　農林省北陸農業試験場モデルとの比較

農林省北陸農業試験場の飯村氏は，水田土壌中のカドミウム量の収支について，次のような数学的モデルを提案している。[7) 9)]

1年後　$N_1=N_0(1-\lambda)+K$

2年後　$N_2=N_1(1-\lambda)+K$
$=N_0(1-\lambda)^2+K\{1+(1-\lambda)\}$

3年後　$N_3=N_2(1-\lambda)+K$
$=N_0(1-\lambda)^3+K\{1+(1-\lambda)+(1-\lambda)^2\}$

⋮

n年後　$N_n=N_0(1-\lambda)^n+K\cdot\left\{\frac{1-(1-\lambda)^{n-1}}{1-(1-\lambda)}\right\}$
$=N_0(1-\lambda)^n+\frac{K}{\lambda}\cdot$

（次頁にページに続く）

表2　土壌中カドミウム量の実測値とコンパートメント・モデルによる計算値との比較

土壌	水管理	t (年)	実測値 * u (g/10a年)	実測値 * X_0 (g/10a)	実測値 * Xt (g/10a)	計算値 Xt (g/10a)	計算に使用したbの値(1/年)
A	乾田	1	0.65	13.5	14.1	13.6 13.1	0.044 0.078
B	乾田	1	0.13	15.0	15.0	14.5 14.0	0.044 0.078
C	乾田	1	2.34	15.0	16.8	16.6 16.1	0.044 0.078
D	湿田	1	1.34	15.0	16.1	16.1	0.014
E	湿田	1	0.20	24.0	23.3	23.9	0.014

＊石川県農業試験場提供データ（未公表）[8)]

$$\left\{1-(1-\lambda)^{n-1}\right\} \cdots\cdots ⑧$$

半減期　$$T_{1/2}=\frac{\log\dfrac{\dfrac{N_0}{2}-\dfrac{K}{\lambda}}{N_0-\dfrac{K}{\lambda}}}{\log(1-\lambda)} \cdots\cdots ⑨$$

ただし，$\lambda=\dfrac{\triangle N}{N}=\dfrac{\triangle N_0}{N_0}$

N：任意の年次の土壌中カドミウム存在量

$\triangle N$：任意の年次の土壌中カドミウム損失量

N_0：初年次の土壌中カドミウム存在量

$\triangle N_0$：初年次の土壌中カドミウム損失量

K：年間のカドミウム流入量

そこで，2・2で使用した北陸農業試験場の小型ライシメータによる水田土壌中のカドミウムの収支実験のデータを用いて，⑦式と⑨式からそれぞれ半減期を算出すると，表3に示したとおりで，よく一致している。

表3　コンパートメント・モデルと北陸農業試験場モデルとの比較（土壌中カドミウムの半減期による）

土壌	湿田，ワラ持出しの場合		乾田，ワラ持出しの場合	
	コンパートメント・モデルによる $T_{1/2}$ (年)	北陸農業試験場モデルによる $T_{1/2}$ (年)	コンパートメント・モデルによる $T_{1/2}$ (年)	北陸農業試験場モデルによる $T_{1/2}$ (年)
富山	91	91	18	28
婦中	71	68	9	9
黒部	492	470	—	—

飯村氏はわれわれへの私信の中で双方のモデルが数学的に同じ内容であることを述べ，コンパートメント・モデルを使う方が，オーソドックスで一般性があり，わかりやすいと述べている。

4・2　土地改良事業の耐用年数算出モデルとの比較

石川県農業試験場は，カドミウム汚染田の土地改良事業の改善目標として，客土を実施した場合の汚染耐用年数を次のようなモデルで算出している（未公表）[10]。

カドミウム改善目標濃度＝X（耐用年数）×｛かんがい用水中 C_d 濃度×（水稲一作期間かんがい水量）×$\dfrac{83}{100}$−10a 当り籾の C_d 収吸量｝/作土重量＋客土母材カドミウム濃度　……⑩

有効雨量＝415mm

かんがい水量＝98日×0.018m×1,000m²＝1,764 ton/10a

作土重量＝1,000m²×20cm×1.0＝200 ton/10a

作土中カドミウム吸着率＝83%

ここで，例として，カドミウム改善目標濃度を1.00 ppm，客土母材のカドミウム濃度を0.05ppmとして，客土の耐用年数をまず⑩式から算出すると，

$$X\times\{0.003\times(1,764-415)\times\frac{83}{100}-0.737\}\times\frac{1}{200}+0.05=1.00$$

$$X=72.5\text{年}$$

となり，耐用年数はほぼ73年となる。

これをコンパートメント・モデルで算出すると，

$b=0.014$（1/年）

$u=4.05$（g/10a年）　〔C_d：0.003ppm〕

$X_0=10$（g/10a）　〔C_d：0.05ppm〕

$X_t=200$（g/10a）　〔C_d：1.00ppm〕

$$t=\frac{1}{b}\ln\frac{X_0-\dfrac{u}{b}}{X_t-\dfrac{u}{b}}=81.4\text{（年）}$$

となり，ほぼ82年である。双方の結果は，よく一致している。

5　コンパートメント・モデルの応用例

5・1　排煙中カドミウムの水田土壌への汚染負荷と土壌中カドミウム濃度の推定

セメント製造工場の排煙中には，焼成過程，乾燥過程で，原材料等から揮散するカドミウムが含まれ，これが大気中に拡散し，周辺の水田に降下することによって水田土壌のカドミウム汚染が生ずるといわれており，すでにいくつかの報告例がある[11][12]。

A社は昭和21年からポルトランドセメントを製造しており，昭和49年まで年間平均 36.9kg のカドミウムを大気中に排出していたと推定されている[13]。排出されたカドミウムの工場周辺地区への降下量を実測するとともに，ボサンケらの次式[14]によりメッシュ（200×200m）ごとの年間平均降下量（②式の u に相当する）を算出すると，地区ごとに表4に示したようになる。

カドミウム降下量（トン/miles²/年）$=\dfrac{Qf}{H^2}\times10^6\times F\left(\dfrac{v}{u},\dfrac{x}{H}\right)$　……⑪

$$F\left(\frac{v}{u},\ \frac{x}{H}\right)=2.75\times\frac{\left(\frac{20H}{x}\right)^{\frac{20v}{u}+2}}{\Gamma\left(\frac{20v}{u}\right)}\cdot\exp\left(-\frac{20H}{x}\right)$$

Q：カドミウム排出量（g/sec）
H：有効煙突高（feet）
f：風向頻度（%）
x：煙源からの距離（feet）
u：風速（feet/sec）
v：カドミウム粒子の沈降速度（feet/sec）

表4　Aセメント製造工場周辺へのカドミウム降下量（昭和29年～49年の年間平均）

地　区	カドミウム降下量（g/10a年）
Ⅰ	1.59
Ⅱ	1.42
Ⅲ	0.65
Ⅳ	0.55

注）このカドミウム降下量は，水田土壌への汚染負荷量と考えられる。

そこで，②式を用いて次の条件により，昭和21年から49年までの工場周辺地区の水田土壌中へのカドミウム蓄積量（X_t）を算出すると，地区ごとに表5に示したようになる。

t：29（年）
b：0.014（1/年）〔表の1湿田の値〕
u：表4に示した値（g/10a年）
X_0：45（g/10a）〔t＝0のとき水田土壌中Cdのバックグラウンド値を0.3ppmとして算出した。〕[15)16)]

表5に示したコンパートメント・モデルによる蓄積量から算出した推定濃度値（水田土壌の比重を1.0，作土層を15cmとして推定した水田土壌中のカドミウム濃度）と昭和49年度における実測値とを地区ごとに表6に示した。推定値と実測値（地区平均値）とは極めてよく一致していることがわかる。

以上のように，排煙中のカドミウムが周辺の水田土壌に与える汚染負荷は，短期間的には工場の操業条件や気象条件（風向，風速，降水期間と強度など）によって変動の大きいものであるが，ここでモデルを適用したような長期間においては，特定の地区に一定の負荷があったと仮定して計算しても，概略的に汚染状況の予測が可能であり，また，場合によっては汚染源の特定もできるであろう。さらに，A社は昭和50年8月1日にばい煙発生施設の廃止届をしているが，コンパートメント・モデルの②式においてu＝0とし，その後カドミウム濃度が半減する時間，あるいはバックグラウンド濃度値になるまでの時間もおよそ予測することが可能である。

表5　Aセメント製造工場周辺の水田土壌中カドミウム蓄積量（昭和29年～49年）

地区	t（年）	b（1/年）	u（g/10a年）	X_0（g/10a）	X_{29}（g/10a）
Ⅰ	29	0.014	1.59	45.0	67.9
Ⅱ	29	0.014	1.42	45.0	63.8
Ⅲ	29	0.014	0.65	45.0	45.5
Ⅳ	29	0.014	0.55	45.0	43.1

注 1）カドミウム蓄積量をX_{29}で表わした。
注 2）対象地区は湿田であるからb＝0.014（表1）とした。
注 3）u（g/10年a）は表4の値である。
注 4）X_0は，対象地区の水田土壌中カドミウム濃度のバックグラウンド値をt＝0のとき0.3ppmとし，[15)16)] 土壌の比重を1.0，作土層を15cmとして算出した。

表6　Aセメント製造工場周辺の水田土壌中カドミウム濃度の推定値と実測値の比較
（昭和49年）

地区	モデルによる推定値*（ppm）	実測値 **（ppm） 平均値	最高値	最低値	測定場所数
Ⅰ	0.45	0.55	1.30	0.24	16
Ⅱ	0.43	0.43	0.87	0.19	7
Ⅲ	0.30	0.30	0.63	0.17	10
Ⅳ	0.29	0.27	0.39	0.16	9

＊土壌の比重を1.0，作土層を15cmとして表5のX_{29}の値より算出した。
＊＊石川県環境白書，昭和50年度版，p225，石川県，昭和51年3月。

5・2　鉱山排水中カドミウムの水田土壌への歴史的にみた汚染負荷率の推定

B鉱山の歴史は古く，約200年前の天明年間に既に

採掘がおこなわれていたといわれるが，明治14年より本格的に採掘が開始され，その後，鉱業権の所有者の交替が２度ばかりあり，昭和46年12月末をもって閉山したが，この長期にわたる鉱山活動に伴ない，排水中に含まれていたカドミウムによる河川の汚染と水田土壌の汚染が進行してきたものと推測される。なお，汚染地域は昭和47年度から鉱害防止工事が進められている。

そこで，鉱山活動の歴史的変遷の過程をいくつかに時代区分し，それぞれの区分ごとの現時点に対する汚染負荷率をコンパートメント・モデルを使って推定してみることとする。本格的に採掘され始めた明治14年を起点とし，昭和50年を終点として，図４に示したように時代区分をおこなった。

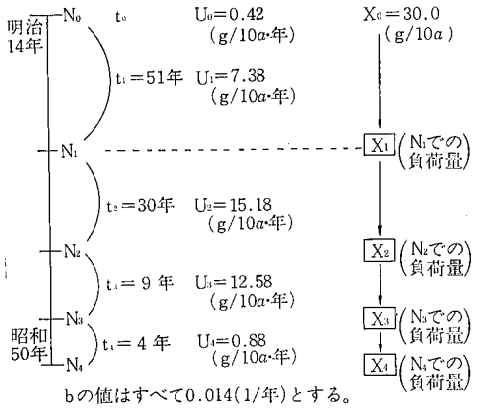


図４　　鉱山活動の時代区分とパラメータ値

それぞれの時代区分の t（年），u（g/10a年），X（g/10a）を併せて図４に示した。bの値は，湿田であるから 0.014（1/年）とした。uの値は，実測の河川水中のカドミウム濃度から算出したが，これが不明の時代区分においては，採掘量に比例するとして算出した。X_0の値は，図２の考え方に基づいて$X_0=u_0/b$より算出した。X_1，X_2，X_3，X_4は，次式によって算出できる。

$$X_1=\frac{u_0}{b}(1-e^{-bt_1})+X_0e^{-bt_1}+\frac{u_1}{b}(1-e^{-bt_1}) \quad \cdots\cdots⑫$$

$$X_2=\frac{u_0}{b}(1-e^{-bt_1}\cdot e^{-bt_2})+X_0e^{-bt_1}\cdot e^{-bt_2}+\frac{u_1}{b}(1-e^{-bt_1})e^{-bt_2}+\frac{u_2}{b}(1-e^{-bt_2}) \quad \cdots\cdots⑬$$

$$X_3=\frac{u_0}{b}(1-e^{-bt_1}\cdot e^{-bt_2}\cdot e^{-bt_3})+X_0e^{-bt_1}\cdot e^{-bt_2}\cdot e^{-bt_3}+\frac{u_1}{b}(1-e^{-bt_1})e^{-bt_2}+\frac{u_2}{b}(1-e^{-bt_2})e^{-bt_3}+\frac{u_3}{b}(1-e^{-bt_3}) \quad \cdots\cdots⑭$$

$$X_4=\frac{u_0}{b}(1-e^{-bt_1}\cdot e^{-bt_2}\cdot e^{-bt_3}\cdot e^{-bt_4})+X_0e^{-bt_1}\cdot e^{-bt_2}\cdot e^{-bt_3}\cdot e^{-bt_4}+\frac{u_1}{b}(1-e^{-bt_1})e^{-bt_2}\cdot e^{-bt_3}\cdot e^{-bt_4}+\frac{u_2}{b}(1-e^{-bt_2})e^{-bt_3}\cdot e^{-bt_4}+\frac{u_3}{b}(1-e^{-bt_3})\cdot e^{-bt_4}+\frac{u_4}{b}(1-e^{-bt_4}) \quad \cdots\cdots⑮$$

ここで，$X_0=u_0/b$とおくと⑫～⑮式の第１項及び第２項はu_0/bに等しくなる。

昭和50年時点に対する各時代区分の汚染負荷量は，⑮式より次のとおり算出される。

N_0 以前$=X_0=u_0/b=30.0$ (g/10a)

$$N_0\sim N_1=\frac{u_1}{b}(1-e^{-bt_1})e^{-bt_2}\cdot e^{-bt_3}\cdot e^{-bt_4}=147.4 \text{ (g/10a)}$$

$$N_1\sim N_2=\frac{u_2}{b}(1-e^{-bt_2})e^{-bt_3}\cdot e^{-bt_4}=310.3 \text{ (g/10a)}$$

$$N_2\sim N_3=\frac{u_3}{b}(1-e^{-bt_3})e^{-bt_4}=100.3 \text{ (g/10a)}$$

$$N_3\sim N_4=\frac{u_4}{b}(1-e^{-bt_4})=3.4 \text{ (g/10a)}$$

したがって，それぞれの汚染負荷率は，次のとおり

N_0 以前＝ 5.1%
$N_0\sim N_1$=24.9%
$N_1\sim N_2$=52.5%
$N_2\sim N_3$=17.0%
$N_3\sim N_4$= 0.5%

となる。

以上の推定がどの程度正しいかは，これを検証するためのデータを持ちあわせていないため判然としないが，一つの作業仮設として過去の歴史的経過をさぐるための手立てにはなりそうである。

6　ま　と　め

化学・薬学の分野で生体中の物質の量的行動をさ

ぐるために一般的に使われているコンパートメント・モデルをカドミウムによる土壌汚染の解析に応用を試みたが，モデルに入力するパラメータ（特に，bの値）についてのフイールドにおける実測値が極めて少なく，水管理の状態，土壌の種類などに応じた実測値が得られれば，より精度の高い推定ができるであろう。

このモデルを使ってのいろいろな試算のなかで，一度土壌中に吸収されたカドミウムは，なかなか溶脱しにくく，相当の年月を経ないと半減あるいはバックグラウンド値にまで減少しないことがわかった。したがって，カドミウムによって汚染された土壌に対する防止対策としては，客土による作土の理化学的性質の改良，排土，化学的な方法による土壌改良など汚染土壌除去のための対策を有効に実施することが重要である。

土壌中カドミウムの収支については，農林省北陸農業試験場の飯村康二氏から多くの貴重な助言をいただいた。また，コンパートメント・モデルについても，飯村氏のモデルと数学的取扱いの比較をしていただいた。ここに記して謝意を表する。

また，このモデルを検証するため，石川県農業試験場の塩口技師から未公表の貴重な実験データの提供をいただいた。記して謝意を表する次第である。

文　献

1）松原純子：医者のあゆみ，**77**，625—630（1971）
2）松原純子：医学のあゆみ，**77**，737—741（1971）
3）横橋五郎，鈴木庄亮，松原純子：人間生存と自然環境，p120—140，東京大学出版会，東京(1973)
4）田嶋隆俊，吉野正美：第2回環境保全・公害防止研究発表会講演集，p47（1975）
5）農林省北陸農業試験場土壌肥料第2研究室編：昭和47年度農用地土壌の特定有害物質による汚染の解析に関する研究，p4－8（1973）
6）農林省北陸農業試験場土壌肥料第2研究室編：昭和48年度農用地土壌の特定有害物質による汚染の解析に関する研究，p1－3（1974）
7）農林省北陸農業試験場土壌肥料第2研究室編：昭和50年度農林漁業における環境保全に関する試験研究，p12—17（1976）
8）石川県農業試験場提供資料（未公表）
9）農林省北陸農業試験場飯村康二氏提供資料。
10）石川県農業試験場提供資料，土地改良事業の耐用年数（試算）（未公表）
11）高塚美和：第2回環境保全・公害防止研究発表会講演集，p50（1975）
12）広岡邦昌，早川友邦：岐阜県公害研究所年報，3，57—64（1974）
13）石川県大気監視センター：七尾市における降下ばいじん中カドミウム調査報告書（その2），p1－15（未公表）
14）Green, H.L. & Lane, W.R.：Particulate Clouds, p298—300, E. & F. N. Spon, Ltd.,London（1964）
15）石川県公害環境白書，昭和48年度版，p186—187，石川県（1973）
16）農林省北陸農業試験場土壌肥料第2研究室編：昭和46年度農用地土壌の特定有害物質による汚染の解析に関する研究，p39—40（1972）

〔報　文〕

NO_2相対濃度にみる石川県の窒素酸化物による大気汚染の現況と推移

石川県衛生公害研究所環境部　田嶋隆俊・密田淳夫

1 はじめに

石川県における窒素酸化物（NOx）による大気汚染は，大気汚染常時測定局に設置されている窒素酸化物自動計測器で測定された濃度値でみるかぎり，21測定局すべてにおいて環境基準を長期的評価[1]で維持達成しており，その汚染レベルは，県全体として全国の中位から低位に位置づけられる。また，二酸化窒素（NO_2）濃度の推移は，大部分の測定局で横ばい状態にあるといわれている[1]。

窒素酸化物の排出量は，昭和49年度において発生源別排出量比でみると，固定発生源（企業）15%，移動発生源85%（乗用車35%，大型車37%，小型貨物車12%軽自動車1%，その他船舶など）と推定されており[2]，自動車などの移動発生源のウェイトが大きい。ばい煙発生施設に対する窒素酸化物排出規制の強化・拡充や自動車に対する窒素酸化物排出規制の強化などの窒素酸化物対策によって，これらの排出量比にある程度の変動が生じていると考えられるものの，大勢においては，この傾向が現在でも続いていると推測され，石川県における窒素酸化物による大気汚染は，自動車排出ガスに大部分起因しているといっても過言ではない。

自動車排出ガスに起因して生ずる大気汚染については，自動車交通量が多い道路沿道周辺といった比較的限られた地域又は場所が，しばしば他の地域に比べて高濃度となりやすいことなどから従来問題とされてきた。しかしながら，近年の地域自動車保有台数や交通量そのものの伸びに加えて，都市の郊外における住宅団地の増加や周辺道路網の整備などによる都市のドーナツ化，スプロール化と相まって，窒素酸化物による大気汚染の態様は，今日，点汚染から線汚染へ，さらに面汚染へと地域的に広域化しつつあると同時に，より複雑化の傾向をきたしていることが十分予測され，道路沿道周辺はもちろんのこと地域全体の汚染の推移が注目されている。

このため，窒素酸化物自動計測器が設置されている現在の21測定局のみでは，汚染をとらえる範囲が限定され，県内全域の汚染状況を有効かつ的確に把握するには十分ではない。特に，石川県において窒素酸化物による大気汚染の実態とその影響を考察する場合には，環境基準の適用範囲である“道路沿道のうちの一般公衆が通常生活している地域又は場所”についてより綿密で網羅的な調査が必要であることから，窒素酸化物自動計測器による常時測定とは別に，昭和52年度からNO_2相対濃度測定法としてのTGS沪紙法[3]（昭和50年度から51年度にかけて実験を積み重ね，実用化した測定方法）を用いて，県内全域を対象に地域別あるいは土地利用形態別に実態調査を継続しておこない，窒素酸化物による大気汚染状況に関するデータの集積を図ってきた[4][5]。

この報告は，昭和54年度に実施したNO_2相対濃度の調査結果をとりまとめ，窒素酸化物による大気汚染の現況について考察するとともに，固定発生源や移動発生源に対する窒素酸化物排出規制の強化・拡充など

The Present State and Secular Change of NO_2 Relative Concentration in Ishikawa Prefecture, 1977～1979. *by Takatoshi TAJIMA and Atuo MITUDA (Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

表 1　　測 定 場 所（地域区分，地区形態区分）

地域	区域	測定場所	地区※形態	昭和52年度	昭和53年度	昭和54年度
北部能登地域	外浦区域	輪島市鳳至町	市	○	○	○
		〃 高洲山	山		○	
	内浦区域	珠洲市野々江町	市	○	○	○
		能登町漆原	農			○
		〃 宇出津	道			○
		〃 宇出津山分	農			○
		〃 藤波	農			○
		〃 宇出津新	農			○
		穴水町甲	農		○	○
		〃 川島	農	○	○	○
七尾鹿島地域	鹿北区域	中島町中島	農		○	○
		田鶴浜町田鶴浜	農		○	○
	能登島区域	能登島町向田	農			○
	七尾区域	七尾市和倉町	市		○	○
		〃 石崎町	工	○	○	○
		〃 津向町	道		○	○
		〃 松本町	道		○	○
		〃 昭和町	市	○	○	○
		〃 袖ケ江町	市		○	○
		〃 矢田新町	工		○	○
		〃 佐味町	郊	○	○	○
		〃 三室町	農	○	○	○
		〃 鵜浦町	農	○	○	○
		〃 黒崎町	農	○	○	○
		〃 城山	山		○	○
		〃 西藤橋町	郊	○	○	○
		〃 徳田町	道		○	○
		〃 町屋町	農	○	○	○
	鹿西区域	鳥屋町一青深沢	農	○	○	○
		鹿島町井田	農		○	○
		〃 石動山	山		○	○
		鹿西町能登部	道		○	○
羽咋地域	北部区域	志賀町直海	農		○	○
		〃 高浜町	農		○	○
	羽咋市区域	羽咋市寺家町	道		○	○
		〃 旭町	市	○	○	○
石川中央地域	都市近郊区域 (1)	高松町高松	道		○	○
		〃 内高松	農		○	○
		宇ノ気町宇野気	農	○	○	○
		津幡町津幡	道	○	○	○
	金沢都市区域	内灘町鶴ケ丘	道		○	○
		金沢市粟崎町	工		○	○
		〃 大浦町	郊	○	○	○
		〃 今町	道		○	○
		〃 不動寺町	農		○	○
		〃 松寺町	郊		○	○
		〃 湊	工	○	○	○
		〃 大野町	郊		○	○
		〃 金石本町	道		○	○
		〃 西念町	郊		○	○
		〃 北安江町	道	○	○	○
		〃 大樋町	道	○	○	○
		〃 末広町	郊		○	○
		〃 若松町	郊	○	○	○
		〃 田島町	山		○	○

地域	区域	測定場所	地区※形態	昭和52年度	昭和53年度	昭和54年度
石川中央地域	金沢都市区域	金沢市田上町	農		○	○
		〃 小立野	市	○	○	○
		〃 武蔵町(注1)	道		○	○
		〃 武蔵町(注2)	道		○	○
		〃 芳斉	道	○	○	○
		〃 専光寺町	工		○	○
		〃 みどり	郊	○	○	○
		〃 広坂	市	○	○	○
		〃 香林坊	道	○	○	○
		〃 片町	道		○	○
		〃 野町	道		○	○
		〃 平和町	市	○	○	○
		〃 弥生	道		○	○
		〃 米泉	工	○	○	○
		〃 三馬	郊	○	○	○
		野々市町本町	市	○	○	○
		〃 御経塚町	道		○	○
		〃 上林	農		○	○
	都市近郊区域 (2)	松任市古城町	市	○	○	○
		〃 馬場町	市		○	○
		〃 笠間町	農		○	○
		美川町湊町	工	○	○	○
		鶴来町本町	農		○	○
		〃 獅子吼	山		○	
	白山麓区域	鳥越村別宮	農	○	○	○
		吉野谷村中宮 (1)	山	○	○	○
		〃 (2)	山		○	○
		白山スーパー林道(1)	山	○	○	○
		〃 (2)	山	○	○	○
		〃 (3)	山		○	○
		〃 (4)	山	○	○	○
		〃 (5)	山			○
南加賀地域		寺井町寺井	道		○	○
		根上町中町	農	○	○	○
		〃 浜町	工		○	○
		小松市荒屋町	農		○	
		〃 安宅町	郊		○	○
		〃 安宅新町	郊		○	○
		〃 日末町	農		○	○
		〃 小馬出町	市	○	○	○
		〃 園町	道		○	○
		〃 西軽海町	農		○	
		〃 北浅井町	農		○	
		〃 向本折町	郊		○	
		〃 今江町	郊		○	
		〃 符津町	農		○	
		〃 下粟津町	農		○	
		加賀市片山津温泉	道	○	○	○
		〃 動橋町	市		○	○
		〃 作見町	農		○	○
		〃 山代温泉	市		○	○
		〃 敷地町	郊	○	○	○
		〃 大聖寺	市	○	○	○
		〃 塩屋	農		○	○
合計				41	102	100

※測定場所の地区形態区分

（道）　交通量の多い道路周辺地区　　（郊）　都市の郊外地区
（市）　都市の市街地区　　（農）　農山漁村地区
（工）　工業地区　　（山）　山地地区

（注1）　金沢スカイビル屋上
（注2）　金沢スカイビル中二階

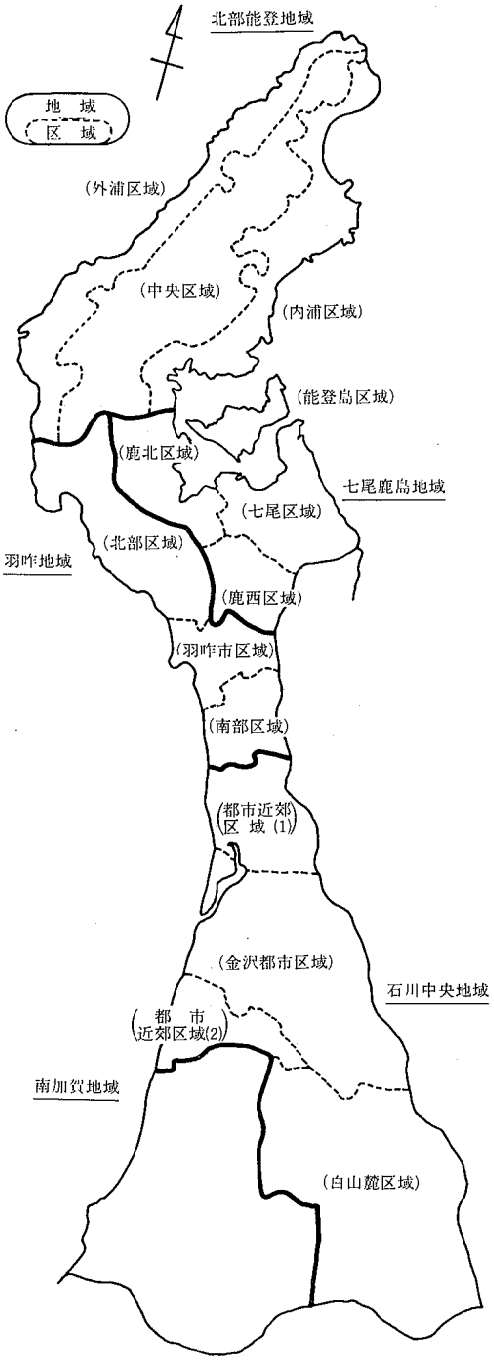


図 1　測定場所の地域区分図

による窒素酸化物対策の効果が実際の環境濃度の低減に現われているのかどうかを，昭和52年度から54年度の3か年にわたる NO_2 相対濃度の推移を地域別あるいは土地利用形態別に解析することによって検証し，今後の窒素酸化物による大気汚染に対する防止対策の検討並びに実施のための基礎資料に供するものである。

2　調査場所と方法

2・1　調査場所

石川県内全域を調査対象地域として，昭和52年度に41か所，53年度に102か所，54年度には100か所を測定場所として設定した。これらの測定場所を年度ごとに表1に示した。このうち，昭和52年度からの継続測定場所は41か所であり，53年度からのそれは93か所である。

地域区分[6]別並びに測定場所周辺の土地利用形態（以下，地区形態と記す）別にそれぞれのか所数で示すと表2のとおりで，測定場所の地域区分を図1に，また，各測定場所の位置を図2に示した。

2・2　調査方法

大気中の窒素酸化物の測定は，窒素酸化物による大気汚染の相対的な汚染の程度とその分布状況の実態を把握することが目的であることから，大気中 NO_2 相対濃度測定法としてのTGS沪紙法[3)~5)]によった。

この測定方法による NO_2 相対濃度は，月平均値(以下，月間値と記す）として測定され，その単位は，$\mu g\ NO_2$/日/100cm² TGS（以下，μg と略す）である。

3　昭和54年度の NO_2 による大気汚染の状況

3・1　NO_2 相対濃度の月間値と年平均値

各測定場所の月間値と年平均値を表3に示した。また，地域並びに地区形態の月間値の最高値と最低値，及び年平均値を表4に示した。

表3から全測定場所における月間値の最高値は，金沢市野町の107.5 μg で，最低値は能登島町向田など11か所の0.5 μg 未満であった。また，各測定場所の年平均値を値の高い方から順に第5位までを示すと表5のようになる。これらの場所は，いずれも1日平均6万台前後の自動車交通量[7) 8)]がある県内でも有数の交通量の多い幹線道路の沿道周辺に位置しており，それぞれの月間値の最高値にもかなり高い値の出現が

表 2　　地域別，地区形態別測定場所数（昭和54年度）

地域	区域	交通量の多い道路周辺地区	都市の市街地区	工業地区	郡市の郊外地区	農山漁村地区	山地地区	合計 区域	合計 地域
北部能登地域	外浦区域		1					1	9
	内浦区域	1	1			6		8	
七尾鹿島地域	鹿北区域					2		2	22
	能登島区域					1		1	
	七尾区域	3	3	2	2	4	1	15	
	鹿西区域	1				2	1	4	
羽咋地域	北部区域					2		2	4
	羽咋市区域	1	1					2	
石川中央地域	都市近郊区域(1)	2				2		4	50
	金沢都市区域	13	4	4	8	3	1	33	
	都市近郊区域(2)		2	1		2		5	
	白山麓区域					1	7	8	
南加賀地域		3	4	1	3	4			15
合計		24	16	8	13	29	10	100	

みられた。このような場所とは別に，金沢市西念町（年平均値 38.3μg，月間値の最高値 53.4μg）の例にみられるように，必ずしも道路沿道周辺に位置していなくても自動車交通量の比較的多い道路に囲まれた場所においてもかなり高い値の出現がみられた。

表4に示したように地域別の月間値の最高値は，北部能登地域では 28.3μg（内浦区域），七尾鹿島地域では 36.6μg（七尾区域），羽咋地域では 13.6μg（羽咋市区域），石川中央地域では107.5μg（金沢都市区域），南加賀地域では 38.9μg であり，いずれも交通量の多い道路周辺地区の測定場所で出現した。また，地区形態別の月間値の最高値は，交通量の多い道路周辺地区で107.5μg（金沢都市区域），都市の市街地区で34.4μg（南加賀地域），工業地区で 30.2μg（金沢都市区域），都市の郊外地区で 53.4μg（金沢都市区域），農山漁村地区で26.2μg（南加賀地域），山地地区で3.9μg（鹿西区域）であった。

全体としての年平均値は 15.4μg であり，人の活動が余りみられない測定場所を除いた場合の年平均値は 17.0μg であった。これを地域別にみると，金沢都市区域の 24.9μg（山地地区を除くと 25.6μg）が最も高い値で，次いで南加賀地域の 17.0μg，都市近郊区域(2)の 16.6μg の順で，白山麓区域の 1.4μg（山地地区を除くと 5.9μg）が最も低い値であった。また，地区形態別では，交通量の多い道路周辺地区の28.8μg が最も高い値で，次いで都市の郊外地区の 16.6μg，工業地区の 16.0μg の順で，山地地区の 1.1μg が最も低い値であった。

以上のように，金沢都市区域や南加賀地域，都市近郊区域(1)及び(2)においてより高い年平均値が得られたことは，これらの地域がいずれも他の地域に比べて自動車交通量が多く，道路網の発達が良くて密度も高く，さらに近年の都市化の進展が著しいことによるものである。また，交通量の多い道路周辺地区においていずれの地域でも月間値の最高値の最も高い値が出現し，年平均値も地区形態の中で最も高い値であったことは，石川県において窒素酸化物による大気汚染が大部分自動車排出ガスに起因していることを勘案すれば当然予測されたことであり，むしろそれよりも，都市の郊外地区において（とくに金沢都市区域内）これ

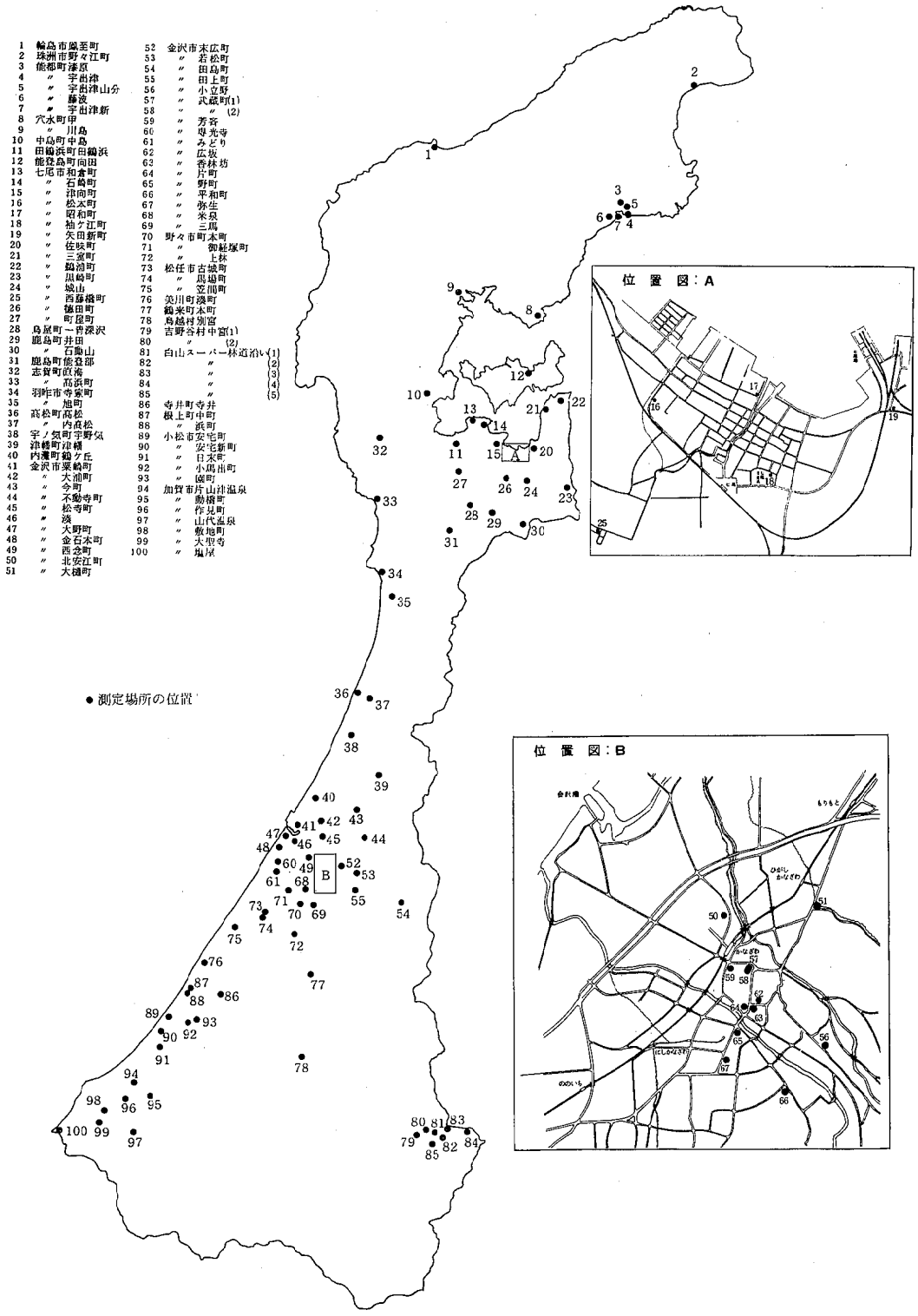

1 輪島市鳳至町
2 珠洲市野々江町
3 能都町柳原
4 〃 宇出津
5 〃 宇出津山分
6 〃 藤波
7 〃 宇出津新
8 穴水町甲
9 〃 川島
10 中島町中島
11 田鶴浜町田鶴浜
12 能登島町向田
13 七尾市和倉町
14 〃 石崎町
15 〃 津向町
16 〃 松本町
17 〃 昭和町
18 〃 袖ケ江町
19 〃 矢田新町
20 〃 佐味町
21 〃 三室町
22 〃 鵜浦町
23 〃 黒崎町
24 〃 城山
25 〃 西藤橋町
26 〃 飯田町
27 〃 町屋町
28 鳥屋町一青深沢
29 鹿島町井田
30 〃 石動山
31 鹿島町能登部
32 志賀町直海
33 〃 高浜町
34 羽咋市寺家町
35 〃 旭町
36 高松町高松
37 〃 内高松
38 宇ノ気町宇野気
39 津幡町津幡
40 内灘町鶴ケ丘
41 金沢市粟崎町
42 〃 大浦町
43 〃 今町
44 〃 不動寺町
45 〃 松寺町
46 〃 幾
47 〃 大野町
48 〃 金石本町
49 〃 西念町
50 〃 北安江町
51 〃 大樋町
52 金沢市末広町
53 〃 若松町
54 〃 田島町
55 〃 田上町
56 〃 小立野
57 〃 武蔵町(1)
58 〃 〃 (2)
59 〃 芳斉
60 〃 専光寺
61 〃 みどり
62 〃 広坂
63 〃 香林坊
64 〃 片町
65 〃 野町
66 〃 平和町
67 〃 弥生
68 〃 米泉
69 〃 三馬
70 野々市町末町
71 〃 御経塚町
72 〃 上林
73 松任市古城町
74 〃 馬場町
75 〃 笠間町
76 美川町湊町
77 鶴来町本町
78 鳥越村別宮
79 吉野谷村中宮(1)
80 〃 (2)
81 白山スーパー林道沿い(1)
82 〃 (2)
83 〃 (3)
84 〃 (4)
85 〃 (5)
86 寺井町寺井
87 根上町中町
88 〃 浜町
89 小松市安宅町
90 〃 安宅新町
91 〃 日末町
92 〃 小馬出町
93 〃 園町
94 加賀市片山津温泉
95 〃 動橋町
96 〃 作見町
97 〃 山代温泉
98 〃 敷地町
99 〃 大聖寺
100 〃 塩屋
● 測定場所の位置
位 置 図：A
位 置 図：B

図 2　　測 定 場 所 位 置 図

表 3　測定場所別月間値及び年平均値（昭和54年度）

単位：$\mu g NO_2$／H／100 cm^2TGS

区域	測定場所	区分	54／4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	55／1月	2月	3月	年平均値
外浦区域	輪島市鵜至町（輪島保健所，屋上）	市	9.3	12.7	4.8	3.4	14.2	4.9	12.8	9.5	13.0	14.2	10.8	13.2	10.2
内浦区域	珠洲市野々江町（珠洲電報電話局）	市	10.3	9.0	12.0	3.8	13.3	4.6	10.0	11.7	10.9	11.5	9.8	14.7	10.9
	能都町漆原（八坂神社）	農	—	—	—	—	—	2.7	2.9	5.2	6.3	6.6	5.2	—	(4.8)
	〃　宇出津（輪島土木事務所宇出津出張所）	道	—	—	—	—	—	10.9	13.2	28.3	26.2	27.0	20.3	—	(21.0)
	〃　宇出津山分（北陸農政局神野開拓建設事務所）	農	—	—	—	—	—	4.5	4.6	8.6	10.0	7.8	5.0	—	(6.8)
	〃　藤波（宇出津高校）	〃	—	—	—	—	—	5.3	6.1	8.0	8.9	6.4	2.9	—	(6.3)
	〃　宇出津新（山村開発センター）	〃	—	—	—	—	—	3.3	10.1	22.4	23.6	17.6	8.0	—	(14.2)
	穴水町甲（甲中学校）	〃	4.3	1.3	4.8	4.5	3.4	3.7	3.8	6.5	4.2	3.4	3.7	5.1	4.1
	〃　川島（穴水町役場，屋上）	〃	9.8	8.6	2.2	2.1	6.4	1.2	9.3	8.5	12.6	15.6	14.6	9.0	8.3

単位：$\mu g NO_2$／H／100 cm^2TGS

区域	測定場所	区分	54／4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	55／1月	2月	3月	年平均値
鹿北区域	中島町中島（中島町役場，屋上）	農	5.9	5.6	5.5	9.4	5.0	6.2	9.2	9.8	10.3	8.8	6.6	6.0	7.4
	田鶴浜町田鶴浜（田鶴浜町役場，屋上）	〃	5.8	4.0	4.3	6.4	4.9	6.2	6.9	9.1	9.8	7.4	6.2	7.5	6.5
能登島区域	能登島町向田（能登島町役場，屋上）	農	欠測	3.3	5.1	2.2	4.4	<0.5	6.5	3.3	4.8	4.6	2.1	4.6	3.7
七尾区域	七尾市和倉町（和倉小学校）	市	7.9	4.6	6.0	5.3	5.1	4.8	6.9	5.6	10.2	8.8	6.3	6.1	6.5
	〃　石崎町（石崎測定局）	工	12.1	14.1	12.2	13.6	13.3	13.0	10.8	11.3	14.9	18.5	13.4	11.3	13.2
	〃　津向町（七尾高等技術学校，屋上）	道	12.4	8.8	11.4	7.1	7.0	10.0	8.3	9.2	9.6	11.6	9.2	10.0	9.6
	〃　松本町（七尾測定局）	〃	22.1	28.4	27.4	17.2	30.3	29.8	30.3	20.2	36.6	34.5	33.1	24.5	27.9
	〃　昭和町（七尾保健所，屋上）	市	13.6	11.6	13.2	6.3	11.9	10.9	16.5	18.9	13.3	16.2	19.3	12.6	13.7
	〃　袖ケ江町（七尾市役所）	〃	17.6	15.4	14.6	9.2	10.7	8.7	14.2	13.6	17.2	16.6	18.4	18.1	14.5
	〃　矢田新町（中島ストアー）	工	16.2	15.2	9.7	10.6	10.8	9.0	16.1	10.7	11.9	11.4	15.1	11.5	12.3
	〃　佐味町（東湊小学校）	郊	7.0	4.7	8.3	13.4	5.0	6.7	6.3	10.9	11.3	10.1	8.1	7.5	8.3
	〃　三室町（三室小学校跡）	農	5.6	3.7	5.5	2.5	<0.5	4.7	3.8	9.1	6.4	6.7	5.2	5.2	4.9
	〃　鵜浦町（七尾市崎山出張所）	〃	6.8	4.5	4.6	3.8	3.1	3.2	6.4	5.1	7.5	6.7	5.0	欠測	5.1
	〃　黒崎町（有磯小学校）	〃	4.8	6.6	6.0	4.3	2.5	4.7	4.7	5.5	5.0	4.6	2.9	5.3	4.7
	〃　城山（七尾城山公園）	山	2.1	1.9	2.3	0.8	<0.5	1.9	2.8	2.4	3.4	欠測	欠測	0.6	1.8
	〃　西藤橋町（七尾市水道課，屋上）	郊	9.4	7.1	6.1	5.5	6.0	7.5	8.0	10.2	10.6	11.4	11.2	8.8	8.5
	〃　徳田町（徳田農業協同組合）	道	12.5	9.4	13.5	5.8	12.0	7.8	13.3	16.8	15.7	12.6	11.7	12.6	12.0
	〃　町屋町（高階小学校）	農	5.3	3.8	4.6	4.2	2.9	4.2	6.5	6.6	6.3	5.7	7.1	5.8	5.3
鹿西区域	鳥屋町一青深沢（鳥屋測定局）	農	8.0	9.7	10.0	10.9	13.8	9.7	13.1	14.4	13.2	11.5	10.4	9.9	11.2
	鹿島町井田（鹿島町役場）	〃	12.2	8.5	9.6	5.8	7.3	7.1	10.4	10.0	9.5	10.4	10.4	8.0	9.1
	〃　石動山（石動山県有林管理事務所）	山	2.5	<0.5	1.5	0.9	3.9	0.8	2.2	0.9	2.4	欠測	欠測	欠測	1.7
	鹿西町能登部（鹿西町公民館，中二階）	道	10.2	18.9	13.2	8.4	9.6	12.3	14.3	13.6	17.7	17.0	15.2	9.3	13.3

表 3（つづき）　測定場所別月間値及び年平均値（昭和54年度）

単位：μgNO_2／日／100 cm^2 TGS

区域	測定場所	区分	54／4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	55／1月	2月	3月	年平均値
北部区域	志賀町直海（上熊野小学校，屋上）	農	4.6	4.0	3.5	5.8	3.6	5.2	6.5	6.6	6.6	6.2	4.1	5.3	5.2
	〃　高浜町（志賀町役場，屋上）	〃	7.8	6.7	4.8	4.4	6.7	5.5	6.8	3.8	8.6	6.1	8.1	5.6	6.2
羽咋市区域	羽咋市寺家町（有料道路建設事務所）	道	10.3	7.9	11.9	10.0	8.5	13.6	13.1	12.3	9.6	9.8	9.7	12.5	10.8
	〃　旭町（羽咋保健所，中二階）	市	6.0	6.7	6.6	5.9	5.7	5.3	6.8	6.9	8.1	7.6	6.9	7.0	6.6

単位：μgNO_2／日／100 cm^2 TGS

区域	測定場所	区分	54／4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	55／1月	2月	3月	年平均値
都市近郊区域 (1)	高松町高松（高松町役場，屋上）	道	13.9	16.6	16.8	20.7	14.1	18.0	17.2	23.2	21.4	19.9	13.2	20.6	18.0
	〃　内高松（高松病院，中二階）	農	5.0	5.7	3.7	5.9	6.9	5.6	5.4	8.5	7.9	7.1	5.9	7.4	6.3
	宇ノ気町宇野気（宇ノ気小学校，屋上）	〃	15.5	14.2	13.7	13.4	12.9	7.5	10.3	13.9	15.4	16.1	14.7	13.3	13.4
	津幡町津幡（河北中央病院，屋上）	道	16.2	17.1	16.4	18.4	18.9	13.0	19.1	22.0	20.0	20.8	21.1	21.6	18.7
金沢都市区域	内灘町鶴ケ丘（内灘町役場，屋上）	道	12.9	12.5	9.3	7.6	11.2	9.6	12.5	19.3	25.8	21.8	35.0	27.2	17.1
	金沢市粟崎町（粟五農協第三集荷場）	工	9.2	11.1	欠測	9.2	9.0	12.3	10.8	10.1	17.9	13.6	12.8	16.3	11.0
	〃　大浦町（大浦保育園，屋上）	郊	13.1	14.2	14.1	11.1	11.0	17.1	13.0	15.8	17.5	19.7	17.9	17.2	15.1
	〃　今町（花園小学校）	道	21.0	29.0	29.3	18.9	24.7	21.6	28.5	31.6	29.7	28.4	29.8	26.0	26.5
	〃　不動寺町（不動寺小学校）	農	16.3	22.1	22.1	16.7	21.3	21.2	19.4	21.6	19.9	22.1	20.5	23.6	20.6
	〃　松寺町（竹野長明宅）	郊	15.2	17.6	18.2	14.4	16.0	13.8	13.8	21.0	21.1	22.9	20.6	18.4	17.8
	〃　湊（金沢港湾事務所，屋上）	工	14.2	12.2	14.2	13.4	12.0	16.0	11.3	17.2	17.3	16.8	15.2	17.2	14.8
	〃　大野町（大野小学校）	郊	15.5	11.7	14.4	16.1	18.2	9.7	12.3	20.6	17.1	17.9	19.9	17.2	15.9
	〃　金石本町（金沢西警察署，屋上）	道	28.1	29.1	20.5	25.9	28.5	20.4	29.9	28.6	31.3	27.0	25.0	21.1	26.3
	〃　西念町（西念町電々ビル）	郊	39.3	33.0	36.8	27.0	23.5	28.8	41.5	39.8	43.4	53.4	51.9	41.1	38.3
	〃　北安江町（諸江公民館，屋上）	道	29.8	26.4	19.6	11.8	17.6	17.4	19.1	26.2	31.5	26.9	24.9	24.2	23.0
	〃　大樋町（鳴和総合病院，屋上）	〃	35.0	33.8	25.4	27.2	20.4	22.4	35.2	43.4	40.9	34.6	45.1	38.6	33.5
	〃　末広町（卯辰山公園管理事務所）	郊	13.4	13.5	11.9	10.2	11.2	11.1	11.3	18.6	15.8	16.5	18.0	15.7	13.9
	〃　若松町（健民公園管理事務所，屋上）	〃	10.7	11.1	7.5	4.5	5.6	4.8	10.2	10.1	8.7	10.2	9.5	8.4	8.4
	〃　田島町（医王山スポーツセンター）	山	2.2	2.9	1.5	1.8	2.3	1.8	3.3	1.3	1.9	欠測	欠測	欠測	2.1
	〃　田上町（田上小学校）	農	10.2	10.6	10.6	11.5	7.6	10.2	9.2	11.3	15.3	17.1	11.8	13.0	11.5
	〃　小立野（金沢商業高校，屋上）	市	13.9	14.7	10.2	9.5	9.6	9.2	10.9	7.6	17.1	18.8	18.0	16.1	13.0
	〃　武蔵町（金沢スカイビル，屋上）	道	33.5	38.0	38.3	36.7	34.0	55.7	41.9	57.3	45.8	36.4	44.7	48.4	42.6
	〃　〃　（金沢スカイビル，中二階）	〃	43.9	53.1	52.0	38.5	33.6	39.6	45.2	55.3	60.0	57.8	60.7	51.6	49.3
	〃　芳斉（石川県労働会館，屋上）	〃	29.1	27.9	28.4	13.9	28.5	27.6	38.7	41.8	38.0	27.9	43.3	28.6	31.1
	〃　専光寺町（藤江喜一宅）	工	25.0	21.7	12.3	13.0	9.4	15.6	23.6	27.4	30.2	23.1	23.6	20.7	20.5
	〃　みどり（緑小学校，屋上）	郊	21.2	20.5	16.7	14.3	11.8	18.1	19.0	26.3	27.5	18.4	24.9	20.1	19.9
	〃　広坂（広坂測定局）	市	25.8	26.6	15.7	14.8	19.4	13.5	19.0	29.8	21.4	22.1	24.7	21.6	21.2
	〃　香林坊（香林坊測定局）	道	37.0	48.2	39.8	34.6	34.2	42.6	39.4	47.8	45.3	39.5	36.3	26.3	39.3
	〃　片町（大和デパート，屋上）	〃	42.6	50.8	50.9	30.4	41.4	41.4	31.8	43.0	51.5	62.4	58.0	50.5	46.2
	〃　野町（安藤ビル）	〃	57.8	82.5	90.4	61.5	欠測	93.7	55.6	107.5	90.5	86.0	98.0	84.1	82.5
	〃　平和町（金沢市立病院，屋上）	市	18.6	11.9	10.8	9.1	12.4	13.6	12.9	16.4	19.6	15.2	17.2	21.4	14.9
	〃　弥生（金沢地方気象台，屋上）	道	21.6	21.6	18.5	17.2	17.8	18.5	21.8	28.4	31.8	31.6	30.0	27.3	23.8
	〃　米泉（米泉測定局）	工	17.6	21.9	15.1	16.8	17.5	12.6	19.9	25.1	23.8	28.4	25.9	28.2	21.1
	〃　三馬（衛生公害研究所，屋上）	郊	12.9	12.8	14.2	10.5	10.4	13.5	15.2	10.9	19.5	11.1	14.5	17.1	13.6

表３（つづき）　測定場所別月間値及び年平均値（昭和54年度）

単位：$\mu g NO_2$／日／100cm^2 TGS

区域	測定場所	区分	54／4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	55／1月	2月	3月	年平均値
金沢都市区域	野々市町本町（野々市町役場，屋上）	市	18.1	19.4	21.2	16.1	19.4	17.0	18.0	21.4	24.2	23.1	26.5	24.6	20.8
	〃　御経塚町（あすなろ団地）	道	58.8	51.0	52.9	44.5	52.0	53.4	51.8	43.1	68.8	52.6	69.6	77.0	56.3
	〃　上林（百々鶴荘）	農	10.6	8.9	10.4	8.1	7.2	9.8	7.4	9.7	10.6	12.3	11.2	12.9	9.9
都市近郊区域 (2)	松任市古城町（松任市役所，屋上）	市	20.9	24.3	21.1	13.4	16.9	17.3	21.8	24.2	26.4	29.9	20.9	27.5	22.1
	〃　馬場町（松任測定局）	〃	18.6	19.9	19.2	18.8	16.7	15.0	16.2	22.3	21.0	23.8	18.0	22.8	19.4
	〃　笠間町（松陽小学校）	農	7.8	8.6	8.0	7.6	8.6	10.6	8.4	13.2	11.4	9.6	12.4	14.5	10.1
	美川町染町（美川測定局）	工	19.6	18.3	14.1	14.6	17.5	14.0	19.9	19.7	16.7	14.4	16.5	21.3	17.2
	鶴来町本町（社会教育センター，屋上）	農	14.1	13.7	12.0	14.7	14.2	14.1	12.5	13.4	16.2	14.7	17.9	15.2	14.4
白山麓区域	鳥越村別宮（鳥越村役場，屋上）	農	6.1	7.0	5.9	3.4	5.1	3.9	6.0	6.4	7.3	6.4	6.7	6.4	5.9
	吉野谷村中宮(1)（白山自然保護センター，前）	山	－	－	<0.5	<0.5	1.3	<0.5	2.9	－	－	－		－	(0.8)
	〃　(2)（　〃　，後）	〃	－	－	<0.5	<0.5	1.3	<0.5	0.5	－	－	－	－	－	(<0.5)
	白山スーパー林道沿い　(1)	〃	－	－	0.8	2.7	3.1	<0.5	2.6	－	－	－	－	－	(1.8)
	〃　(2)	〃	－	－	0.8	1.3	3.1	<0.5	1.9	－	－	－	－	－	(1.4)
	〃　(3)	〃	－	－	<0.5	<0.5	1.8	0.9	<0.5	－	－	－	－	－	(0.5)
	〃　(4)	〃	－	－	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	－	－	－	－	－	(<0.5)
	〃　(5)	〃	－	－	<0.5	1.2	1.8	0.5	<0.5	－	－	－	－	－	(0.7)

単位：$\mu g NO_2$／日／100cm^2 TGS

区域	測定場所	区分	54／4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	55／1月	2月	3月	年平均値
	寺井町寺井（寺井町役場）	道	30.3	20.6	21.1	22.6	18.6	19.5	15.7	28.6	23.9	27.4	32.9	38.9	25.0
	根上町中町（根上町役場，屋上）	農	21.2	15.8	18.4	12.2	15.2	11.5	12.1	18.0	19.0	14.2	20.9	26.2	15.5
	〃　浜町（小松精練労働組合，屋上）	工	17.2	17.6	17.4	13.9	17.6	14.5	17.2	17.9	17.1	22.0	17.8	23.6	17.8
	小松市安宅町（安宅小学校）	郊	21.0	18.0	29.3	21.0	25.6	18.0	23.4	21.6	20.3	23.1	22.0	19.5	21.9
	〃　安宅新町（安宅新町公民館）	〃	欠測	24.4	26.4	26.0	15.6	22.8	27.9	21.2	29.4	22.6	21.2	22.0	23.6
	〃　日末町（日末小学校）	農	10.7	11.9	7.1	8.1	8.6	10.5	16.5	14.7	18.8	20.6	15.2	18.8	13.5
	〃　小馬出町（小松市役所，屋上）	市	16.0	12.8	12.3	12.5	13.3	16.5	18.6	14.6	20.3	22.9	25.1	23.2	17.3
	〃　園町（小松保健所，屋上）	道	17.9	18.5	18.2	11.0	10.4	12.4	18.4	18.3	19.6	22.6	25.4	24.3	18.1
	加賀市片山津温泉（片山津観光会館，中二階）	〃	11.6	17.2	13.8	16.6	15.4	19.8	19.2	21.8	26.9	20.8	19.5	23.0	18.8
	〃　動橋町（動橋小学校，屋上）	市	11.8	8.7	9.6	12.8	8.1	11.2	14.3	13.9	17.9	16.1	19.7	12.4	13.0
	〃　作見町（加賀市農業協同組合，屋上）	農	8.7	6.2	8.3	9.4	10.0	6.7	13.0	11.3	14.2	9.3	11.2	9.9	9.9
	〃　山代温泉（山代測定局）	市	12.7	15.7	15.2	9.7	11.3	12.4	19.2	18.9	22.7	19.2	19.8	19.2	16.3
	〃　敷地町（清和保育園，屋上）	郊	8.2	7.4	9.6	8.4	9.4	7.6	13.4	11.4	14.0	9.9	11.8	10.4	10.1
	〃　大聖寺（加賀市役所，屋上）	市	21.7	25.1	22.7	18.4	19.6	22.7	20.1	25.1	29.1	28.5	34.4	31.9	24.9
	〃　塩屋（緑丘小学校，屋上）	農	8.3	6.8	7.9	8.2	9.0	7.7	7.6	9.8	14.0	11.3	9.8	10.3	9.2

※測定場所の地区形態区分

（道）　交通量の多い道路周辺地区　　（郊）　都市の郊外地区

（市）　都市の市街地区　　（農）　農山漁村地区

（工）　工業地区　　（山）　山地地区

表 4　地域別，地区形態別の月間値の最高値，最低値及び年平均値（昭和54年度）

単位：$\mu g NO_2$／日／100cm^2 TGS

地域・区域 ＼ 地区形態 ＼ 月間値の最高値，最低値及び年平均値		交通量の多い道路周辺地区			都市の市街地区			工業地区			都市の郊外地区			農山漁村地区			山地地区			全地区		
		月間値の最高値	月間値の最低値	年平均値	月間値の最高値	月間値の最低値	年平均値	月間値の最高値	月間値の最低値	年平均値	月間値の最高値	月間値の最低値	年平均値	月間値の最高値	月間値の最低値	年平均値	月間値の最高値	月間値の最低値	年平均値	月間値の最高値	月間値の最低値	年平均値
北部能登地域	外浦区域	—	—	—	14.2	3.4	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14.2	3.4	10.2〔10.2〕
	内浦区域	28.3	10.9	(21.0)	14.7	3.8	10.9	—	—	—	—	—	—	23.6	1.2	7.4	—	—	—	28.3	1.2	9.6〔9.6〕
七尾鹿島地域	鹿北区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.3	4.0	7.0	—	—	—	10.3	4.0	7.0〔7.0〕
	能登島区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.5	<0.5	3.7	—	—	—	6.5	<0.5	3.7〔3.7〕
	七浦区域	36.6	5.8	16.5	19.3	4.6	11.6	18.5	9.0	12.8	13.4	4.7	8.4	9.1	<0.5	5.0	3.4	<0.5	1.8	36.6	<0.5	9.9〔10.5〕
	鹿西区域	18.9	8.4	13.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14.4	5.8	10.2	3.9	<0.5	1.7	18.9	<0.5	8.8〔11.2〕
羽咋地域	北部区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.6	3.5	5.7	—	—	—	8.6	3.5	5.7〔5.7〕
	羽咋市区域	13.6	7.9	10.8	8.1	5.3	6.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13.6	5.3	8.7〔8.7〕
石川中央地域	都市近郊区域(1)	23.2	13.0	18.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16.1	3.7	9.9	—	—	—	23.2	3.7	14.1〔14.1〕
	金沢都市区域	107.5	7.6	38.3	29.8	7.6	17.5	30.2	9.0	15.9	53.4	4.5	17.9	23.6	7.2	14.0	3.5	1.3	2.1	107.5	1.3	24.9〔25.6〕
	都市近郊区域(2)	—	—	—	29.9	13.4	20.8	21.3	14.0	17.2	—	—	—	17.9	7.6	12.3	—	—	—	29.9	7.6	16.6〔16.6〕
	白山麓区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.3	3.4	5.9	3.1	<0.5	(0.7)	7.3	<0.5	1.4〔5.9〕
南加賀地域		38.9	10.4	20.6	34.4	8.1	17.9	23.6	13.9	17.8	29.4	7.4	18.5	26.2	6.2	12.0	—	—	—	38.9	6.2	17.0〔17.0〕
全地域区域		107.5	5.8	28.8	34.4	3.4	15.3	30.2	9.0	16.0	53.4	4.5	16.6	26.2	<0.5	8.8	3.9	<0.5	1.1	107.5	<0.5	15.4〔17.0〕

注）〔 〕内は，山地地区を除いた平均値。

表5　年平均値順位（昭和54年度）

単位：μg NO_2/日/100cm^2 TGS

順位	測定場所	年平均値	月間値の最高値
1	金沢市野町	82.5	107.5
2	野々市町御経塚	56.3	77.0
3	金沢市武蔵町	49.3	60.7
4	金沢市片町	46.2	62.4
5	金沢市香林坊	39.3	48.2

に次ぐ高い値が月間値の最高値でも年平均値でも出現したことの方が，今後の汚染の推移を見守っていく上で重要である。市街地の交通混雑を緩和し，また，これを避けて通行させるためのバイパス道路網の整備や都市郊外における住宅団地の増加とこれに伴う周辺道路網の整備などの交通ネットワークの拡充，それによって生ずる都市のドーナツ化やスプロール化と相まって，都市郊外における自動車交通量の急激な増加は，窒素酸化物による大気汚染をより広域化し，複雑化することが十分予測される。さらに，別の観点からは，窒素酸化物が光化学オキシダント生成の原因物質の一つでもあることから，上述のような汚染の態様の変化が光化学スモッグの発生にどのように影響してくるのか，現在のところこの点が明確でないことを考え合せれば，今後の光化学スモッグの発生構造の解明に当たって十分に留意すべき現象である。

3・2　NO_2 月間値及び年平均値の濃度階級別出現状況

各測定場所の月間値の濃度階級別出現頻度は表6に，また，年平均値については表7に示したとおりである。

表6に示した月間値について全体を濃度階級別にみると，10以上20μg未満の階級が39.5%と最も多い出現頻度であり，次いで5以上10μg未満の21.9%，20以上30μg未満の16.4%の順で，60μg以上の1.4%が最も少い出現頻度であった。40μg以上の月間値が出現したのは石川中央地域においてのみであり（出現頻度は5.7%），月間値の90%は30μg未満であった。

地域別にみると，北部能登地域では30μg以上の月間値の出現はなく，5μg未満，5以上10μg未満，10以上20μg未満がそれぞれほぼ同じ出現頻度であった。七尾鹿島地域では，40μg以上の月間値の出現はなく，最多出現頻度は5以上10μg未満の38.9%であった。羽咋地域では，20μg以上の月間値の出現はなく，最多出現頻度は5以上10μg未満の68.8%であった。石川中央地域では，最多出現頻度は10以上20μg未満の41.0%で，次いで20以上30μg未満の21.8%であり，また，この地域内の交通量の多い道路周辺地区で60μg以上の月間値の出現が2.7%みられた。南加賀地域では，5μg未満と40μg以上の月間値の出現はなく，最多出現頻度は10以上20μg未満の52.0%であった。

また，地区形態別に最多出現頻度を示した濃度階級をみると，交通量の多い道路周辺地区，都市の市街地区，工業地区及び都市の郊外地区の4地区では10以上20μg未満で（出現頻度はそれぞれ29.9%，55.2%，75.8%，52.9%），農山漁村地区では5以上10μg未満（出現頻度46.6%），山地地区ではすべてが5μg未満であった。交通量の多い道路周辺地区では，5μg未満の月間値の出現はなく，また，40μg以上の月間値の出現は石川中央地域においてのみで，その出現頻度は20.3%であった。都市の市街地区では，40μg以上の月間値の出現はなかった。工業地区では，5μg未満または40μg以上の月間値の出現はなかった。都市の郊外地区では，60μg以上の月間値の出現はなく，30以上60μg未満の月間値が石川中央地域においてのみ5.8%出現した。農山漁村地区では，30μg以上の月間値の出現はなかった。

表7に示した年平均値についての濃度階級別出現状況も月間値の場合とほぼ同じ傾向であった。30μg以上の年平均値が出現したのは石川中央地域内の交通量の多い地区と都市の郊外地区においてのみで，出現頻度はそれぞれ8.0%（地区だけでの出現頻度は33.4%），1.0%（地区だけでの出現頻度は7.7%）であった。

3・3　環境基準値に相当する相対濃度値の出現状況

各測定場所のNO_2相対濃度（年平均値）がそれぞれNO_2に係る環境基準（1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内又はそれ以下）を達成しているかどうかは，窒素酸化物自動計測器で得られる絶対濃度値（ppm）とここでの相対濃度値が同じ統計学的性質を有していることのほかに，

① 相対濃度値（μg NO_2/日/100cm^2 TGS）を絶対濃度（ppm）に換算することは，測定方法上からは困難であるが，同一測定場所で得られた相対濃度値と絶対濃度値は極めて相関性が高く[3]，相対濃度値1μgはほぼ絶対濃度値の0.001ppmに対応すること。

表 6　月間値の濃度階級別出現状況（昭和54年度）

単位：個数

地区形態 / 濃度階級※	交通量の多い道路周辺地区						都市の市街地区						工業地区						都市の郊外地区						農山漁村地区						山地地区						全地区				
	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	合計 (%)
60 以上				15		15 (5.3)																												15		15 (1.4)					
50以上60未満				21		21 (7.5)																2		2 (1.3)										23		23 (2.1)					
40以上50未満				21		21 (7.5)																3		3 (1.9)										24		24 (2.2)					
30以上40未満		5		32	3	40 (14.2)					2	2 (1.0)				1		1 (1.1)				4		4 (2.6)										5		37	5	47 (4.2)					
20以上30未満	4	6		56	13	79 (28.1)				27	13	40 (20.8)				14	2	16 (16.8)				14	19	33 (21.3)	2			8	4	14 (4.3)						6	6		119	51	182 (16.4)					
10以上20未満	2	24	7	31	20	84 (29.9)	15	22		40	29	106 (55.2)		22		40	10	72 (75.8)		8		65	9	82 (52.9)	8	14		48	25	95 (29.3)						25	90	7	224	93	439 (39.5)					
5以上10未満		13	5	3		21 (7.5)	4	12	12	5	4	37 (19.3)		2		4		6 (6.3)		15		6	7	28 (18.1)	21	58	16	37	19	151 (46.6)						25	100	33	55	30	243 (21.9)					
5 未満				0		0	5	2				7 (3.6)				0		0		1		2		3 (1.9)	19	34	8	3		64 (19.8)		19		44		63 (100.0)	24	56	8	49		137 (12.3)					
合計	6	48	12	179	36	281 (100.0)	24	36	12	72	48	192 (100.0)	0	24	0	59	12	95 (100.0)	0	24	0	96	35	155 (100.0)	50	106	24	96	48	324 (100.0)	0	19	0	44	0	63 (100.0)	80	257	48	546	179	1,110 (100.0)					

※単位：$\mu g NO_2$／日／100 cm^2 TGS

表 7　年平均値の濃度階級別出現状況（昭和54年度）

単位：個数

地区形態 / 濃度階級※	交通量の多い道路周辺地区						都市の市街地区						工業地区						都市の郊外地区						農山漁村地区						山地地区						全地区				
	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	合計 (%)
60 以上				1		1 (4.2)																1		1 (7.7)										1		1 (1.0)					
50以上60未満				1		1 (4.2)																												1		1 (1.0)					
40以上50未満				3		3 (12.5)																												3		3 (3.0)					
30以上40未満				3		3 (12.5)																1		1 (7.7)										4		4 (4.0)					
20以上30未満	1	1		4	1	7 (29.2)				3	1	4 (25.0)				2		2 (25.0)				2		2 (15.4)				1		1 (3.4)						1	1		10	4	16 (16.0)					
10以上20未満		2	1	3	2	8 (33.3)	2	2		3	3	10 (62.5)		2		3	1	6 (75.0)				6	1	7 (53.8)	1	1		4	2	8 (27.6)						3	7	1	19	9	39 (39.0)					
5以上10未満		1				1 (4.2)			1	1		2 (12.5)								2		1		3 (23.1)	3	4	2	3	2	14 (48.3)						3	8	3	4	2	20 (20.0)					
5 未満																									2	4				6 (20.7)		2		8		10 (100.0)	2	6		8		16 (16.0)					
合計	1	4	1	15	3	24 (100.0)	2	3	1	6	4	16 (100.0)	0	2	0	5	1	8 (100.0)	0	2	0	8	3	13 (100.0)	6	9	2	8	4	29 (100.0)	0	2	0	8	0	10 (100.0)	9	22	4	50	15	100 (100.0)					

※単位：$\mu g NO_2$／日／100 cm^2 TGS

表 8　相対濃度からみた環境基準達成状況（昭和45年度）

単位：測定場所数，（　）内は%

地区形態 ＼ 地域 濃度区分※	交通量の多い道路周辺地区						都市の市街地区						工業地区						都市の郊外地区						農山漁村地区						山地地区						全体					
	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川能登地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計 (%)	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	合計 (%)
環境基準の下限値未満に相当	—	3	1	—	—	4 (16.7)	2	3	1	2	2	10 (62.5)	—	2	—	2	—	4 (50.0)	—	2	—	5	1	8 (61.5)	6	9	2	7	4	28 (96.5)	—	2	—	8	—	10 (100.0)	8 (88.9)	21 (95.5)	4 (100.0)	24 (48.0)	7 (46.7)	64 (64.0)
環境基準のゾーン内に相当	1	—	—	7	3	11 (45.8)	—	—	—	4	2	6 (37.5)	—	—	—	3	1	4 (50.0)	—	—	—	2	2	4 (30.8)	—	—	—	1	—	1 (3.5)	—	—	—	—	—	—	1 (11.1)	0	0	17 (34.0)	8 (53.3)	26 (26.0)
環境基準の上限値を超えるに相当	—	1	—	8	—	9 (37.5)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1 (7.7)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	1 (4.5)	0	9 (18.0)	0	10 (10.0)
全体						24 (100.0)						16 (100.0)						8 (100.0)						13 (100.0)						29 (100.0)						10 (100.0)	9 (100.0)	22 (100.0)	4 (100.0)	50 (100.0)	15 (100.0)	100 (100.0)

表 10　継続測定場所の年平均値の推移の類型（昭和52年度～54年度）

単位：測定場所数，（　）内は%

類型 ＼ 地域 地区形態	交通量の多い道路周辺地区						都市の市街地区					工業地区					都市の郊外地区					農山漁村地区						山地地区					合計					
	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計	北部能登地域	七尾鹿島地域	羽咋地域	石川中央地域	南加賀地域	小計
Ⅰ 増加傾向にある				3		3 (50.0)				2	1	3 (27.3)						0						0						0						0				5	1	6 (14.6)
Ⅱ やや増加傾向にある（横ばいから増加）				1		1 (16.7)	1			1		2 (18.2)	1					1 (25.0)				2		2 (28.6)				1		1 (11.1)						0	1	1		5		7 (17.1)
Ⅲ 横ばい傾向または変動状況にある					1	1 (16.7)	1	1		2	1	5 (45.5)				3		3 (75.0)		2		1	1	4 (57.1)	1	3		1	1	6 (66.7)				1		1 (25.0)	2	6		8	4	20 (48.8)
Ⅳ やや減少傾向にある（横ばいから減少）						0			1			1 (9.0)						0				1		1 (14.3)		2				2 (22.2)				1		1 (25.0)		2	1	2		5 (12.2)
Ⅴ 減少傾向にある					1	1 (16.7)						0						0						0						0				2		2 (50.0)				3		3 (7.3)
合計						6 (100.0)						11 (100.0)						4 (100.0)						7 (100.0)						9 (100.0)						4 (100.0)						41 (100.0)

② 環境基準を長期的評価で達成するとした場合の目標値としての年平均値は，大気汚染常時測定局（環境大気測定局及び自動車排出ガス測定局）で得られた昭和53年度及び54年度の測定値を用いてラーセン・モデル[9]によって算出し，これを相対濃度値の年平均値でおきかえると，石川県では環境基準の下限値（0.04ppm）に対しては17.0～18.0μg，また，上限値（0.06ppm）に対しては26.0～28.0μgになること。

を条件として，各測定場所の年平均値から長期的評価での環境基準達成状況を推察することができる。

このことに基づいて，表3に示した各測定場所の年平均値につき環境基準を達成しているかどうかをチェックし，その状況を地域別，地区形態別にまとめたのが表8である。

全体として，環境基準の下限値（0.04ppm）未満に相当する濃度値が出現する可能性が高いと考えられる測定場所は全体の64.0%で，ゾーン内（0.04～0.06ppm）のそれは26.0%，上限値（0.06ppm）を超えるもののそれは10.0%であり，環境基準達成率は90.0%であったと推察される。

このうち，環境基準の上限値を超える程度の汚染であったと考えられる測定場所の出現を地域別にみると，七尾鹿島地域で4.5%（全体に対しては1.0%，すべて交通量の多い道路周辺地区），石川中央地域で18.0%（全体に対しては9.0%，このうち，88.9%が交通量の多い道路周辺地区で，残りが都市の郊外地区）であり，他の地域では出現しなかっ。また，地区形態別では，交通量の多い道路周辺地区で37.5%（全体に対しては9.0%，このうち，88.9%が石川中央地域で，残りが七尾鹿島地域），都市の郊外地区で7.7%（全体に対しては1.0%，すべて石川中央地域）であり，他の地区形態では出現しなかった。このような汚染の程度が出現したと考えられる測定場所は，七尾市松本町，金沢市西念町，金沢市大樋町，金沢市武蔵町，金沢市芳斉，金沢市香林坊，金沢市片町，金沢市野町及び野々市町御経塚の9か所である。

以上のように，相対濃度値（年平均値）から長期的評価での環境基準達成状況を推察したのであるが，環境基準の上限値（0.06ppm）を超える程度の汚染であったと考えられる測定場所が全体として1割程度出現し，それらの大部分は，石川中央地域の金沢都市区域内で，しかも自動車交通量の多い道路沿道周辺に位置している場所であった。これらの場所が，環境基準の適用範囲である“道路沿道のうち，一般公衆が通常生活している地域又は場所”に該当するかどうかは，現在のところ明確ではない。従って，この点については，それぞれの測定場所周辺の状況を十分に踏まえた上で明らかにすることが今後必要となるであろう。この場合に，線引きをした地域又は場所として設定する必要は必ずしもなく，種々の汚染防止対策が有効かつ適切に実施されうるための概念上の地域又は場所の範囲として設定されることがまず必要である。一方，既設の測定場所とその数は，環境基準の上限値を超える程度の汚染が出現していると予測される地域又は場所をすべて把握しているわけではないことから，そのような場所について一度は綿密な網羅的調査を実施する必要があると同時に，その結果として新たに問題となる地域又は場所についての長期的測定体制の強化も重要な課題の一つとなってこよう。

4　昭和52年度～54年度のNO_2による大気汚染の推移

4・1　NO_2年平均値の推移

各測定場所においての昭和52年度から54年度までの年平均値の推移を表9に示した。

ここで，汚染の程度（年平均値）がどのような傾向で推移してきたかをみるために，推移の傾向を次の5つの類型に分類した。

Ⅰ型：増加傾向にあるもの。
Ⅱ型：やや増加傾向にあると考えられるもの。
Ⅲ型：横ばい傾向若しくは変動傾向にあるもの。
Ⅳ型：やや減少傾向にあると考えられるもの。
Ⅴ型：減少傾向にあるもの。

この場合，それぞれの類型にあてはめる判断条件として，各年度間における年平均値でこの測定法における検出限界の2倍の値の差がある場合に増加又は減少したとし，各測定場所の類型区分を行った。

昭和52年度からの継続測定場所41か所それぞれの類型を地域別，地区形態別にまとめると表10に示したようになる。

全体として，Ⅰ型が14.6%，Ⅱ型が17.1%，Ⅲ型が48.8%，Ⅳ型が12.2%，Ⅴ型が7.3%であり，概略的に，増加傾向を示したもの〔Ⅰ型＋Ⅱ型〕が3割強，横ばい傾向若しくは変動傾向を示したもの〔Ⅲ型〕が5割弱，減少傾向を示したもの〔Ⅳ型＋Ⅴ型〕が2割弱であった。〔Ⅰ型＋Ⅱ型〕のうち，38.5%（全体の

表 9　測定場所別年平均値の推移

地域	区域	測定場所	年平均値 52年度	53年度	54年度
北部能登地域	外浦区域	輪島市鳳至町	10.6	9.2	10.2
		〃　高洲山	—	(2.5)	
	内浦区域	珠洲市野々江町	8.3	8.3	10.9
		能都町漆原	—	—	(4.8)
		〃　宇出津	—	—	(21.0)
		〃　宇出津山分	—	—	(6.8)
		〃　藤波	—	—	(6.3)
		〃　宇出津新	—	—	(14.2)
		穴水町甲	—	3.1	4.1
		〃　川島	8.2	9.6	8.3
七尾鹿島地域	鹿北区域	中島町中島	—	7.0	7.4
		田鶴浜町田鶴浜	—	6.3	6.5
	能登島区域	能登島町向田	—	—	3.7
	七尾区域	七尾市和倉町	—	6.0	6.5
		〃　石崎町	9.2	10.0	13.2
		〃　津向町	—	9.0	9.6
		〃　松本町	—	29.8	27.9
		〃　昭和町	11.5	14.7	13.7
		〃　袖ケ江町	—	15.6	14.5
		〃　矢田新町	—	12.6	12.3
		〃　佐味町	12.6	7.9	8.3
		〃　三室町	6.0	4.5	4.9
		〃　鵜浦町	6.6	5.4	5.1
		〃　黒崎町	6.9	3.7	4.7
		〃　城山	—	1.9	1.8
		〃　西藤橋町	10.0	7.9	8.5
		〃　徳田町	—	10.2	12.0
		〃　町屋町	7.1	6.1	5.3
	鹿西区域	鳥屋町一青深沢	10.3	9.3	11.2
		鹿島町井田	—	9.3	9.1
		〃　石動山	—	4.0	1.7
		鹿西町能登部	—	10.0	13.3
羽咋地域	北部区域	志賀町直海	—	5.4	5.2
		〃　高浜町	—	4.6	6.2
	羽咋市区域	羽咋市寺家町	—	9.0	10.8
		〃　旭町	9.6	7.5	5.6
石川中央地域	都市近郊区域 (1)	高松町高松	—	9.2	13.0
		〃　内高松	—	3.7	5.3
		宇ノ気町宇野気	11.9	12.4	13.4
		津幡町津幡	13.1	14.7	18.7
	金沢都市区域	内灘町鶴ケ丘	—	17.3	17.1
		金沢市粟崎町	—	10.3	11.0
		〃　大浦町	11.6	11.3	15.1
		〃　今町	—	17.0	26.5
		〃　不動寺町	—	17.9	20.6
		〃　松寺町	—	13.9	17.8
		〃　袋	14.0	13.5	14.8
		〃　大野町	—	14.2	15.9
		〃　金石本町	—	18.4	26.3
		〃　西念町	—	38.1	38.3
		〃　北安江町	20.6	20.9	23.0
		〃　大樋町	20.6	24.2	33.5
		〃　末広町	—	15.0	13.9
		〃　岩松町	12.5	9.2	8.4
		〃　田島町	—	3.4	2.1
石川中央地域	金沢都市区域	金沢市田上町	—	8.3	11.5
		〃　小立野	11.7	14.0	13.0
		〃　武蔵町 (注1)	—	32.8	42.6
		〃　武蔵町 (注2)	—	51.3	49.3
		〃　芳斉	23.4	25.1	31.1
		〃　専光寺町	—	15.7	20.5
		〃　みどり	13.6	19.0	19.9
		〃　広坂	18.7	14.6	21.2
		〃　香林坊	44.4	41.6	39.3
		〃　片町	—	54.2	46.2
		〃　野町	—	76.9	82.5
		〃　平和町	11.6	12.6	14.9
		〃　弥生	—	13.9	23.8
		〃　米泉	14.6	10.5	21.1
		〃　三馬	13.4	8.8	13.6
		野々市町本町	16.6	17.5	20.8
		〃　御経塚町	—	59.7	56.3
		〃　上林	—	7.8	9.9
	都市近郊区域 (2)	松任市古城町	14.3	18.0	22.1
		〃　馬場町	—	17.5	19.4
		〃　笠間町	—	7.3	10.1
		美川町湊町	14.8	12.6	17.2
		鶴来町本町	—	13.3	14.4
		〃　獅子吼	—	3.1	—
	白山麓区域	鳥越村別宮	9.1	5.3	5.9
		吉野谷村中宮 (1)	(3.2)	(2.0)	(0.8)
		〃 (2)	—	(1.9)	(<0.5)
		白山スーパー林道 (1)	(6.1)	(1.2)	(1.8)
		〃 (2)	(3.7)	(3.0)	(1.4)
		〃 (3)	—	(2.6)	(0.5)
		〃 (4)	(4.0)	(2.7)	(<0.5)
		〃 (5)	—	—	(0.7)
南加賀地域		寺井町寺井	—	27.4	25.0
		根上町中町	15.1	16.0	15.5
		〃　浜町	—	19.4	17.8
		小松市荒屋町	—	(14.0)	—
		〃　安宅町	—	21.1	21.9
		〃　安宅新町	—	20.7	23.6
		〃　日末町	—	13.7	13.5
		〃　小馬出町	16.9	15.2	17.3
		〃　園町	—	18.9	18.1
		〃　西軽海町	—	(5.4)	—
		〃　北浅井町	—	(9.0)	—
		〃　向本折町	—	(21.2)	—
		〃　今江町	—	(17.4)	—
		〃　符津町	—	(11.0)	—
		〃　下粟津町	—	(9.3)	—
		加賀市片山津温泉	13.2	22.0	18.8
		〃　動橋町	—	13.2	13.0
		〃　作見町	—	15.2	9.9
		〃　山代温泉	—	17.9	16.3
		〃　敷地町	10.8	11.6	10.1
		〃　大聖寺	14.1	18.1	24.9
		〃　塩屋	—	10.6	9.2

（注1）　金沢スカイビル屋上
（注2）　金沢スカイビル中二階

表 11　継続測定場所についての地域別，地区形態別の月間値の最高値，最低値及び年平均値の推移（昭和52年度～54年度）

単位：μgNO₂／日／100 cm TGS

地域	地区形態	交通量の多い道路周辺地区									都市の市街地区									工業地区								
	区分	最高値			最低値			年平均値			最高値			最低値			年平均値			最高値			最低値			年平均値		
	年度	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54
北部能登地域	外浦区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14.0	14.0	14.2	6.8	5.3	3.4	10.6	9.2	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	内浦区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.7	10.4	14.7	5.5	6.4	3.8	8.3	8.3	10.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
七尾鹿島地域	鹿北区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	七尾区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14.4	25.0	19.3	9.1	10.4	6.3	11.5	14.7	13.7	12.1	19.0	18.5	7.0	7.1	10.8	9.2	10.0	13.2
	鹿西区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
羽咋地域	北部区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	羽咋市区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11.9	10.7	8.1	7.6	4.7	5.3	9.6	7.5	6.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
石川中央区域	都市近郊区域(1)	14.7	21.9	22.0	9.6	8.5	13.0	13.1	14.7	18.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	金沢都市区域	65.7	66.1	48.2	15.3	10.6	11.8	27.3	28.0	31.7	21.1	30.1	29.8	8.5	8.8	7.6	14.7	14.7	17.5	18.5	25.6	28.4	10.0	6.4	11.3	14.3	12.0	18.0
	都市近郊区域(2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19.6	35.4	29.9	10.6	10.6	13.4	14.3	18.0	22.1	17.7	15.8	21.3	11.6	7.0	14.0	14.8	12.6	17.2
	白山麓区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
南加賀地域		15.9	28.3	26.9	9.5	12.8	11.6	13.2	22.0	18.8	20.1	29.2	34.4	9.0	9.0	12.3	15.5	16.7	21.1	—	—	—	—	—	—			
全地域・区域		65.7	66.1	48.2	9.5	8.5	11.6	22.6	24.8	27.4	21.1	35.4	34.4	5.5	4.7	3.4	13.1	13.6	16.0	18.5	25.6	28.4	7.0	6.4	10.8	13.2	11.7	16.6

地域	地区形態	都市の郊外地区									農山漁村地区									山地地区								
	区分	最高値			最低値			年平均値			最高値			最低値			年平均値			最高値			最低値			年平均値		
	年度	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54
北部能登地域	外浦区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	内浦区域	19.0	12.6	13.4	6.2	2.1	4.7	11.3	7.9	8.4	11.2	15.9	15.6	7.1	4.8	1.2	8.2	9.6	8.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
七尾鹿島地域	鹿北区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	七尾区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.4	11.2	9.1	3.7	<0.5	<0.5	6.7	4.9	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鹿西区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12.9	10.7	14.4	8.2	7.1	8.0	10.3	9.3	11.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
羽咋地域	北部区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	羽咋市区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
石川中央地域	都市近郊区域(1)	12.5	13.6	16.1	9.6	8.5	7.5	11.0	12.1	13.4	14.4	17.4	16.1	9.8	8.7	7.5	11.9	12.4	13.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	金沢都市区域	17.7	17.3	18.7	8.3	4.7	4.5	14.6	15.3	19.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	都市近郊区域(2)	14.6	15.3	19.7	10.6	7.0	13.4	14.6	15.3	19.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	白山麓区域	9.1	5.3	5.9	1.9	<0.5	<0.5	9.1	5.3	5.9	12.5	9.3	7.3	7.2	<0.5	3.4	9.1	5.3	5.9	8.6	3.7	3.1	1.9	1.2	<0.5	4.3	2.2	1.0
南加賀地域		14.0	16.6	17.3	8.0	8.3	7.4	14.0	16.6	17.3	17.1	28.6	26.2	12.0	9.7	11.5	15.1	16.0	15.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
全地域・区域		19.0	29.3	27.5	6.2	2.1	4.5	12.1	10.8	12.0	17.1	28.6	26.2	3.7	<0.5	<0.5	9.0	8.0	8.3	8.6	3.7	3.1	1.9	1.2	<0.5	4.3	2.2	1.0

地域	地区形態	全地区											
	区分	最高値			最低値			年平均値※					
	年度	52	53	54	52	53	54	52	53	54	※※ 52	※※ 53	※※ 54
北部能登地域	外浦区域	14.0	14.0	14.2	6.8	5.3	3.4	10.6	9.2	10.2	9.0	9.0	9.8
	内浦区域	11.2	15.9	15.6	5.5	4.8	1.2	8.3	9.0	8.3			
七尾鹿島地域	鹿北区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	七尾区域	19.0	25.0	19.3	3.7	<0.5	<0.5	8.7	7.5	8.0	8.9	7.7	8.3
	鹿西区域	12.9	10.7	14.4	8.2	7.1	8.0	10.3	9.3	11.2			
羽咋地域	北部区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.6	7.5	6.6
	羽咋市区域	11.9	10.7	8.1	7.6	4.7	5.3	9.6	7.5	6.6			
石川中央地域	都市近郊区域(1)	14.7	21.9	22.0	9.6	8.5	7.5	12.5	13.6	16.1	16.8	16.1	19.3
	金沢都市区域	65.7	66.1	48.2	8.3	4.7	4.5	17.7	17.3	18.7			
	都市近郊区域(2)	19.6	35.4	29.9	10.6	7.0	13.4	14.6	15.3	19.7			
	白山麓区域	12.5	9.3	7.3	1.9	<0.5	<0.5	9.1	5.3	5.9			
南加賀地域		20.1	29.2	34.4	8.0	8.3	7.4	14.0	16.6	17.3	14.0	16.6	17.3
全地域・区域		65.7	66.1	48.2	1.9	<0.5	<0.5	13.4	13.3	15.3	13.4	13.3	15.3

※　山地地区を除いた他の地区全体の年平均値の平均値である。
※※　地域の年平均値である。

表 12　地域別，地区形態別年平均値の推移の類型区分（昭和52年度～54年度）

地域＼地区形態		交通量の多い道路周辺地区	都市の市街地区	工業地区	都市の郊外地区	農山漁村地区	山地地区	区域全体
北部能登地域	外浦区域		Ⅲ					Ⅲ
	内浦区域		Ⅱ			Ⅲ		Ⅲ
七尾鹿島地域	鹿北区域							
	七尾区域		Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ		Ⅲ
	鹿西区域					Ⅲ		Ⅲ
羽咋地域	北部区域							
	羽咋市区域		Ⅳ					Ⅳ
石川中央地域	都市近郊区域(1)	Ⅰ						Ⅰ
	金沢都市区域	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ		Ⅱ
	都市近郊区域(2)		Ⅰ	Ⅲ				Ⅱ
	白山麓区域					Ⅲ	Ⅴ	Ⅲ
南加賀地域		Ⅲ	Ⅰ		Ⅲ	Ⅲ		Ⅱ
地区全体		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅴ	Ⅱ

12.2%）が都市の市街地区に位置する測定場所であり，30.8%（全体の9.8%）が交通量の多い道路周辺地区，15.4%（全体の4.9%）が都市の郊外地区，15.3%（全体の4.8%）が工業地区と農山漁村地区にそれぞれ位置する測定場所であった。また，この類型の76.9%は，石川中央地域内の測定場所であった。

地域別では，石川中央地域において〔Ⅰ型＋Ⅱ型〕が43.5%（このうち，4割が交通量の多い道路周辺地区，3割が都市の市街地区，2割が都市の郊外地区で残りが農山漁村地区），Ⅲ型が34.8%，〔Ⅳ型＋Ⅴ型〕が21.7%であった。他の地域においては大部分Ⅳ型であった。

地区形態別では，交通量の多い道路周辺地区では〔Ⅰ型＋Ⅱ型〕が最も多く，66.7%であった。都市の市街地区では，〔Ⅰ型＋Ⅱ型〕とⅢ型がそれぞれ45.5%であった。工業地区では，75.0%がⅢ型であった。都市の郊外地区では，Ⅲ型が57.1%で最も多く，次いで〔Ⅰ型＋Ⅱ型〕の28.6%であった。農山漁村地区では，66.7%がⅢ型であった。山地地区は，大部分〔Ⅳ型＋Ⅴ型〕であった。

次に，継続測定場所41か所の地域別，地区形態別の月間値の最高値と最低値及び年平均値を表11に，また，その年平均値について前述の類型区分を行うと表12に示したようになる。

全体としての汚染の程度は，Ⅱ型の推移傾向で，やや増加の傾向にあった。

地域別にみると，Ⅰ型は都市近郊区域(1)，Ⅱ型は金沢都市区域，都市近郊区域(2)及び南加賀地域の3地域，Ⅲ型は外浦区域，内浦区域，七尾区域，鹿西区域及び白山麓区域の5地域，Ⅳ型は羽咋市区域で，Ⅴ型はなかった。

地区形態別では，Ⅰ型は交通量の多い道路周辺地区，Ⅱ型は都市の市街地区，Ⅲ型は工業地区，都市の郊外地区及び農山漁村地区の3地区，Ⅳ型はなく，Ⅴ型は山地地区であった。

このように，昭和52年度からの汚染の程度の推移のなかで，Ⅰ型の傾向を示した都市近郊区域(1)内の交通量の多い道路周辺地区や，都市近郊区域(2)並びに南加賀地域内の都市の市街地区は，ともに自動車交通量の増加が近年著しい地区であり，今後の汚染の推移が注目される。

昭和53年度からの継続測定場所93か所について，前

表 13　継続測定場所の年平均値の増減状況（昭和53年度～54年度）

単位：測定場所数，（　）内は%

地域 ＼ 地区形態		交通量の多い道路周辺地区				都市の市街地区				工業地区				都市の郊外地区				農山漁村地区				山地地区				合計			
		測定地点数	増加	減少	変化なし	測定地点数	増加	減少	変化なし	測定地点数	増加	減少	変化なし	測定地点数	増加	減少	変化なし	測定地点数	増加	減少	変化なし	測定地点数	増加	減少	変化なし	測定地点数	増加	減少	変化なし
北部能登地域	外浦区域					1	1																			1	1	0	0
	内浦区域					1	1											2	1	1						3	2	1	0
七尾鹿島地域	鹿北区域																	2			2					2	0	0	2
	七尾区域	3	1	1	1	3		2	1	2	1		1	2			2	4	2		2	1			1	15	4	3	8
	鹿西区域	1	1															2	1		1	1		1		4	2	1	1
羽咋地域	北部区域																	2	1		1					2	1	0	1
	羽咋市区域	1	1			1			1																	2	1	0	1
石川中央地域	都市近郊区域(1)	2	2															2	2							4	4	0	0
	金沢都市区域	13	8	4	1	4	3	1		4	3		1	8	4	1	3	3	3			1		1		33	21	7	5
	都市近郊区域(2)					2	2			1	1							2	2							5	5	0	0
	白山麓区域																	1			1	6		5	1	7	0	5	2
南加賀地域		3		2	1	4	2	1	1	1		1		3	1	1	1	4		2	2					15	3	7	5
合計	(%)	23 (100.0)	13 (56.5)	7 (30.4)	3 (13.1)	16 (100.0)	9 (56.3)	4 (25.0)	3 (18.7)	8 (100.0)	5 (62.5)	1 (12.5)	2 (25.5)	13 (100.0)	5 (38.5)	2 (15.4)	6 (46.1)	24 (100.0)	12 (50.0)	3 (12.5)	9 (37.5)	9 (100.0)	0 (0.0)	7 (77.8)	2 (22.2)	93 (100.0)	44 (47.3)	24 (25.8)	25 (26.9)

表 14　継続測定場所の年平均値の増減率（昭和53年度～54年度）

単位：μgNO_2／日／100 cm^2TGS

地域 ＼ 地区形態 年度・増減率		交通量の多い道路周辺地区			都市の市街地区			工業地区			都市の郊外地区			農山漁村地区			山地地区			全平均値		
		53年度	54年度	増減率(%)	53年度	54年度	増減率(%)	53年度	54年度	増減率(%)	53年度	54年度	増減率(%)	53年度	54年度	増減率(%)	53年度	54年度	増減率(%)	53年度	54年度	増減率(%)
北部能登地域	外浦区域	−	−		9.2	10.2	＋10.9	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	9.2	10.2	＋10.9
	内浦区域	−	−	−	8.3	10.9	＋31.3	−	−	−	−	−	−	6.4	6.2	± 0	−	−	−	7.0	7.8	± 0
七尾鹿島地域	鹿北区域	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	6.7	7.0	± 0	−	−	−	6.7	7.0	± 0
	七尾区域	16.3	16.5	± 0	12.1	11.6	± 0	11.3	12.8	＋13.3	7.9	8.4	± 0	4.9	5.0	± 0	1.9	1.8	± 0	10.2	9.9	± 0
	鹿西区域	10.0	13.3	＋33.0	−	−	−	−	−	−	−	−	−	9.3	10.2	± 0	4.0	1.7	−57.5	8.2	8.8	± 0
羽咋地域	北部区域	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	5.0	5.7	± 0	−	−	−	5.0	5.7	± 0
	羽咋市区域	9.0	10.8	＋20.0	7.5	6.6	± 0	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	8.3	8.7	± 0
石川中央地域	都市近郊区域(1)	12.0	18.4	＋53.3	−	−	−	−	−	−				8.1	9.9	＋22.2	−	−	−	10.0	14.1	＋41.0
	金沢都市区域	34.9	38.3	＋ 9.7	14.7	17.5	＋19.0	12.5	16.9	＋35.2	16.2	17.9	＋10.5	11.3	14.0	＋23.9	3.4	2.1	−38.2	22.1	24.9	＋12.7
	都市近郊区域(2)	−	−	−	17.8	20.8	＋16.9	12.6	17.2	＋36.5	−	−	−	10.3	12.3	＋19.4	−	−	−	13.8	16.6	＋20.3
	白山麓区域	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	5.3	5.9	± 0	2.2	0.8	−63.6	2.7	1.5	−44.4
南加賀地域		22.8	20.6	− 9.6	16.1	17.9	＋11.2	19.4	17.8	− 8.2	17.8	18.5	＋ 0	13.9	12.0	−13.7	−	−	−	17.4	17.0	± 0
全平均値		26.7	29.1	＋ 9.0	13.8	15.3	＋10.9	13.1	16.0	＋22.1	15.3	16.6	＋ 8.5	8.6	9.1	± 0	2.2	1.1	−50.0	14.7	16.0	＋ 8.8

述した増加又は減少の判断条件によってそれぞれの年平均値が増加した場所，減少した場所，あるいは横ばいであった場所を地域別，地区形態別に示したのが表13である。また，その年平均値の増減率は，表14に示した。

全体として，年平均値が増加した場所数の割合は47.3%，減少した場所数が25.8%，横ばいであった場所数が26.9%であり，NO_2 濃度の年平均値としては8.8%の増加であった。

地域別に年平均値が増加した測定場所数の割合が最も高かったのは北部能登地域で，その増加率は75.0%（年平均値の増加率 10.5%），次いで石川中央地域の61.7%（年平均値の増加率13.8%），羽咋地域の50.0%（年平均値の増加率 9.1%）の順であり，一方，年平均値が減少した測定場所数の割合が最も低かったのは南加賀地域の46.7%（年平均値は横ばい）であった。

地区形態別では，増加した割合が最も高かったのは工業地区で62.5%（年平均値の増加率22.1%），次いで交通量の多い道路周辺地区の56.5%（年平均値の増加率9.1%），都市の市街地区の56.3%（年平均値の増加率10.9%）の順であり，一方，減少したものの割合が最も高かったのは山地地区で77.8%（年平均値の減少率50.0%）であった。

4・2 NO_2 月間値の濃度階級別出現状況の推移

昭和52年度からの継続測定場所41か所のうち，山地地区における測定場所4か所を除いた37か所について，それぞれの月間値の濃度階級別出現頻度を地区形態別に表15に示した。

全体として，いずれの年度においても10以上20μg未満の月間値の出現頻度が最も多く，次いで5以上10μg未満，20以上30μg未満の順であった。経年的には，最多出現頻度を示した10以上20μg未満の月間値の出現頻度が減少から横ばい傾向にあったのに比べて，この濃度階級の直近上位である20以上30μg未満や30以上40μg未満といった階級の出現頻度は明らかに増加傾向を示した。一方，さらに上の50以上60μg未満や60以上70μg未満といった階級の出現頻度は，減少傾向若しくは全く出現しない状況にあった。

農山漁村地区を除いた他のいずれの地区形態においても，最多出現頻度を示した濃度階級の直近上位の濃度階級の出現頻度が増加傾向を示した。また，都市の市街地区や農山漁村地区では，5μg未満の出現頻度も漸増の傾向にあった。

表15に示した度数分布から月間値の50%値と98%値を算出したのが表16である。50%値で明らかに増加傾向にあった地区形態は，交通量の多い道路周辺地区と都市の市街地区であった。また，98%値では，都市の郊外地区を除いた他の地区形態は増加傾向を示し，全体としても増加傾向にあった。

以上のように，月間値の濃度階級別出現頻度や月間値の50%値の経年的推移をみると，概略的に，全体として昭和52年度において最も多く出現した濃度レベルは減少か横ばい傾向にあったのに対し，この濃度レベルより上位の濃度レベルは漸増傾向にあり，全体としての濃度レベルそのものも月間値の98%値にみられるように増加の傾向にあった。一方，高濃度レベルは減少減向にあった。

4・3 環境基準値に相当する相対濃度値の出現状況の推移

昭和52年度からの継続測定場所41か所並びに昭和53年度からの93か所のそれぞれの年平均値について，3・3で述べた条件に基づいて環境基準達成状況を推察し，その経年的推移を総括的に示したのが表17である。また，地域別，地区形態別に示すと表18及び表19のようになる。

長期的評価で環境基準を達成していたと考えられる測定場所の割合は，いずれの年度においても9割若しくはこれを超えていたが，環境基準の下限値（0.04ppm）未満に相当する割合は，漸減傾向にあり，昭和52年度を100とすると53年度は88.9%，54年度は75.0%とそれぞれ減少している。これに対して，環境基準のゾーン内（0.04～0.06ppm）に相当する割合は，年々増加傾向を示し，昭和52年度に対して53年度は2倍，54年度は2.8倍に増加した。この傾向は，昭和53年度からの継続測定場所についても同様であった。

一方，環境基準の上限値（0.06ppm）を超える程度の汚染があったと考えられる測定場所の割合は，昭和52年度からの継続測定場所についてみると，52年度及び53年度が2.4%，54年度は7.3%で，54年度には3倍に増加した。また，昭和53年度からの継続測定場所でみると，54年度には1.1%増加した。

以上のように，相対濃度値からみて長期的評価での環境基準達成率は90%に近いと考えられるが，経年的には漸減の傾向がみられた反面，環境基準のゾーン内に相当する割合は増加傾向にあった。一方，自動車交通量の多い道路沿道周辺の測定場所においては，環境基準の上限値を超える程度の汚染の出現が漸増の傾向にあった。

表 15　継続測定場所の月間値の濃度階級別出現状況の推移（昭和52年度～54年度）

単位：%

地区形態 / 年度 / 濃度階級	交通量の多い道路周辺地区			都市の市街地区			工業地区			都市の郊外地区			農山漁村地区			全体		
	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54
70以上																		
60～70	1.4	1.5														0.2	0.2	
50～60	4.4	0.0														0.8	0.0	
40～50	1.4	6.2	12.3													0.2	1.0	2.0
30～40	8.7	13.8	20.6		2.5	1.5										1.4	2.9	3.8
20～30	31.9	43.1	37.0	4.7	10.8	26.5		2.3	14.6		5.2	7.2		2.0	2.8	6.7	11.9	17.6
10～20	49.3	30.8	30.1	70.9	61.7	51.5	82.6	59.1	85.4	75.9	37.7	57.1	31.0	25.2	29.2	60.1	43.0	47.4
5～10	2.9	4.6		24.4	24.2	16.7	17.4	38.6		24.1	53.1	33.3	63.0	47.5	42.5	29.2	33.8	21.5
5未満					0.8	3.8					3.9	2.4	6.0	25.3	25.5	1.4	7.2	7.7

濃度階級の単位：$\mu g\ NO_2$/日/100cm² TGS

表 16　継続測定場所の月間値の50%値及び98%値の推移（昭和52年度～54年度）

単位：$\mu g\ NO_2$/日/100cm² TGS

地区形態 / 年度 / 区分	交通量の多い道路周辺地区			都市の市街地区			工業地区			都市の郊外地区			農山漁村地区			全体		
	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54
50%値	19.7	23.5	25.2	13.6	14.1	15.7	14.0	11.8	15.9	13.4	13.7	12.5	12.1	10.3	10.7	13.2	12.1	14.4
98%値	29.6	34.7	38.0	20.4	21.9	25.1	19.8	20.0	21.5	19.7	22.6	20.9	19.7	20.5	21.9	21.2	23.3	24.5

表 17　相対濃度からみた継続測定場所における環境基準達成状況の推移（昭和52年度～54年度）

単位：測定場所数（　）内は%

区分 \ 年度	昭和52年度～54年度の継続測定場所（41か所）について			昭和53年度～54年度の継続測定場所（93か所）について	
	52年度	53年度	54年度	53年度	54年度
環境基準の下限値未満に相当（<17.0μg）	36 (87.8)	32 (78.1)	27 (65.9)	66 (71.0)	58 (62.4)
環境基準のゾーン内に相当（17.0～28.0μg）	4 (9.8)	8 (19.5)	11 (26.8)	18 (19.4)	25 (26.9)
環境基準の上限値を超えるに相当　（28.0μg<）	1 (2.4)	1 (2.4)	3 (7.3)	9 (9.6)	10 (10.7)
全体	41 (100.0)	41 (100.0)	41 (100.0)	93 (100.0)	93 (100.0)

表 18　相対濃度からみた継続測定場所における地域別，地区形態別環境基準達成状況の推移（昭和52年度～54年度）

単位：測定場所数

地域	地区形態	交通量の多い道路周辺地区									都市の市街地区									工業地区								
	区分(μg)※	＜17			17～28			28＜			＜17			17～28			28＜			＜17			17～28			28＜		
	年度	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54
北部能登地域	外浦区域										1	1	1	0	0	0	0	0	0									
	内浦区域										1	1	1	0	0	0	0	0	0									
七尾鹿島地域	鹿北区域																											
	七尾区域										1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1						
	鹿西区域																											
羽咋地域	北部区域																											
	羽咋市区域										1	1	1	0	0	0	0	0	0									
石川中央地域	都市近郊区域(1)	1	1	0	0	0	1	0	0	0																		
	金沢都市区域	0	0	0	3	3	1	1	1	3	3	3	2	1	1	2	0	0	0	2	2	1	0	0	1	0	0	0
	都市近郊区域(2)										1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
	白山麓区域																											
南加賀地域		1	0	0	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0						
全地域		2	1	0	3	4	3	1	1	3	10	8	6	1	3	5	0	0	0	4	4	2	0	0	2	0	0	0

地域	地区形態	都市の郊外地区									農山漁村地区									山地地区								
	区分(μg)※	＜17			17～28			28＜			＜17			17～28			28＜			＜17			17～28			28＜		
	年度	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54	52	53	54
北部能登地域	外浦区域																											
	内浦区域										1	1	1	0	0	0	0	0	0									
七尾鹿島地域	鹿北区域																											
	七尾区域	2	2	2	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0									
	鹿西区域										1	1	1	0	0	0	0	0	0									
羽咋地域	北部区域																											
	羽咋市区域																											
石川中央地域	都市近郊区域(1)										1	1	1	0	0	0	0	0	0									
	金沢都市区域	4	3	3	0	1	1	0	0	0																		
	都市近郊区域(2)																											
	白山麓区域										1	1	1	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0
南加賀地域		1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0									
全地域		6	5	5	0	1	1	0	0	0	9	9	9	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0

地域	地区形態	全地区								
	区分(μg)※	＜17			17～28			28＜		
	年度	52	53	54	52	53	54	52	53	54
北部能登地域	外浦区域	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	内浦区域	2	2	2	0	0	0	0	0	0
七尾鹿島地域	鹿北区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	七尾区域	8	8	8	0	0	0	0	0	0
	鹿西区域	1	1	1	0	0	0	0	0	0
羽咋地域	北部区域	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	羽咋市区域	1	1	1	0	0	0	0	0	0
石川中央地域	都市近郊区域(1)	2	2	1	0	0	1	0	0	0
	金沢都市区域	9	8	6	4	5	5	1	1	3
	都市近郊区域(2)	2	1	0	0	1	2	0	0	0
	白山麓区域	5	5	5	0	0	0	0	0	0
南加賀地域		5	3	2	0	2	3	0	0	0
全地域		36	32	27	4	8	11	1	1	3

※　環境基準の下限値に相当：17μg，ゾーン内に相当：17～28μg，上限値に相当：28μg

表 19　相対濃度からみた継続測定場所における地域別，地区形態別環境基準達成状況の推移（昭和53年度～54年度）

単位：測定場所数

地域	地区形態	交通量の多い道路周辺地区						都市の市街地区						工業地区						都市の郊外地区						農山漁村地区					
	区分(μg)※	＜17		17～28		28＜		＜17		17～28		28＜		＜17		17～28		28＜		＜17		17～28		28＜		＜17		17～28		28＜	
	年度	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54
北部能登地域	外浦区域							1	1	0	0	0	0																		
	内浦区域							1	1	0	0	0	0													2	2	0	0	0	0
七尾鹿島地域	鹿北区域																									2	2	0	0	0	0
	七尾区域	2	2	0	0	1	1	3	3	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0
	鹿西区域	1	1	0	0	0	0																			2	2	0	0	0	0
羽咋地域	北部区域																									2	2	0	0	0	0
	羽咋市区域	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0																		
石川中央地域	都市近郊区域(1)	2	0	0	2	0	0																			2	2	0	0	0	0
	金沢都市区域	1	0	6	5	6	8	3	2	1	2	0	0	4	2	0	2	0	0	6	5	1	2	1	1	2	2	1	1	0	0
	都市近郊区域(2)							0	0	2	2	0	0	1	0	0	1	0	0							2	2	0	0	0	0
	白山麓区域																									1	1	0	0	0	0
南加賀地域		0	0	2	3	1	0	2	2	2	2	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	2	0	0	4	4	0	0	0	0
全地域		7	4	8	10	8	9	11	10	5	6	0	0	7	4	1	4	0	0	9	8	3	4	1	1	23	23	1	1	0	0

地域	地区形態	山地地区									全地区								
	区分(μg)※	＜17		17～28		28＜		＜17		17～28		28＜		＜17		17～28		28＜	
	年度	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54	53	54
北部能登地域	外浦区域							1	1	0	0	0	0						
	内浦区域							3	3	0	0	0	0						
七尾鹿島地域	鹿北区域							2	2	0	0	0	0						
	七尾区域	1	1	0	0	0	0	14	14	0	0	1	1						
	鹿西区域	1	1	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0						
羽咋地域	北部区域							2	2	0	0	0	0						
	羽咋市区域							2	2	0	0	0	0						
石川中央地域	都市近郊区域(1)							4	2	0	2	0	0						
	金沢都市区域	1	1	0	0	0	0	17	12	9	12	7	9						
	都市近郊区域(2)							3	2	2	3	0	0						
	白山麓区域	6	6	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0						
南加賀地域								7	7	7	8	1	0						
全地域		9	9	0	0	0	0	66	58	18	25	9	10						

※　環境基準の下限値に相当：17μg，ゾーン内に相当：17～28μg，上限値に相当：28μg

表 20　石川県における NO_2 による大気汚染の概況

地域区分 ＼ 地区形態		交通量の多い道路周辺地区		都市の市街地区		工業地区		都市の郊外地区		農山漁村地区		山地地区		全体	
		現況	推移	現況	推移	現況	推移	現況	推移	現況	推移	現況	推移	現況	推移
北部能登地域	外浦区域	—	—	10.2 μg	横ばい	—	—	—	—	—	—	—	—	10.2 μg	横ばい
		—	—	100.0 %	変化なし	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0 %	変化なし
	内浦区域	21.0 μg	—	10.9 μg	増加	—	—	—	—	7.4 μg	横ばい	—	—	9.6 μg	横ばい
		100.0 %	—	100.0 %	変化なし	—	—	—	—	100.0 %	変化なし	—	—	100.0 %	変化なし
七尾鹿島地域	鹿北区域	—	—	—	—	—	—	—	—	7.0 μg	(横ばい)	—	—	7.0 μg	(横ばい)
		—	—	—	—	—	—	—	—	100.0 %	(変化なし)	—	—	100.0 %	(変化なし)
	能登島区域	—	—	—	—	—	—	—	—	3.7 μg	—	—	—	3.7 μg	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	100.0 %	—	—	—	100.0 %	—
	七尾区域	16.5 μg	(横ばい)	11.6 μg	横ばい	12.8 μg	増加	8.4 μg	横ばい	5.0 μg	横ばい	1.8 μg	(横ばい)	9.9(10.5) μg	横ばい
		66.7 %	(変化なし)	100.0 %	変化なし	100.0 %	変化なし	100.0 %	変化なし	100.0 %	変化なし	100.0 %	(変化なし)	93.3 %	変化なし
	鹿西区域	13.3 μg	(増加)	—	—	—	—	—	—	10.2 μg	変動	1.7 μg	(減少)	8.8(11.2) μg	変動
		100.0 %	(変化なし)	—	—	—	—	—	—	100.0 %	変化なし	100.0 %	(変化なし)	100.0 %	変化なし
羽咋地域	北部区域	—	—	—	—	—	—	—	—	5.7 μg	(横ばい)	—	—	5.7 μg	(横ばい)
		—	—	—	—	—	—	—	—	100.0 %	(変化なし)	—	—	100.0 %	(変化なし)
	羽咋市区域	10.8 μg	(増加)	6.6 μg	減少	—	—	—	—	—	—	—	—	8.7 μg	減少
		100.0 %	(変化なし)	100.0 %	変化なし	—	—	—	—	—	—	—	—	100.0 %	変化なし
石川中央地域	都市近郊区域(1)	18.4 μg	増加	—	—	—	—	—	—	9.9 μg	増加	—	—	14.1 μg	増加
		100.0 %	変化なし	—	—	—	—	—	—	100.0 %	変化なし	—	—	100.0 %	変化なし
	金沢都市区域	38.3 μg	増加	17.5 μg	増加	16.9 μg	変動	17.9 μg	増加	14.0 μg	(増加)	2.1 μg	(減少)	24.9(25.6) μg	増加
		38.5 %	減少	100.0 %	変化なし	100.0 %	変化なし	87.5 %	変化なし	100.0 %	(変化なし)	100.0 %	(変化なし)	72.7 %	減少
	都市近郊区域(2)	—	—	20.8 μg	増加	17.2 μg	変動	—	—	12.3 μg	(増加)	—	—	16.6 μg	増加
		—	—	100.0 %	変化なし	100.0 %	変化なし	—	—	100.0 %	(変化なし)	—	—	100.0 %	変化なし
	白山麓区域	—	—	—	—	—	—	—	—	5.9 μg	横ばい	0.7 μg	減少	1.4(5.9) μg	横ばい
		—	—	—	—	—	—	—	—	100.0 %	変化なし	100.0 %	変化なし	100.0 %	変化なし
南加賀地域		20.6 μg	変動	17.9 μg	増加	17.8 μg	(減少)	18.5 μg	横ばい	12.0 μg	横ばい	—	—	17.0 μg	増加
		100.0 %	変化なし	100.0 %	変化なし	100.0 %	(変化なし)	100.0 %	変化なし	100.0 %	変化なし	—	—	100.0 %	変化なし
全体		28.8 μg	増加	15.3 μg	増加	16.0 μg	変動	16.6 μg	変動	8.8 μg	横ばい	1.1 μg	減少	15.4(17.0) μg	増加
		62.5 %	減少	100.0 %	変化なし	100.0 %	変化なし	92.3 %	変化なし	100.0 %	変化なし	100.0 %	変化なし	90.0 %	減少

注）現況の上段は年平均値，下段は環境基準達成率（相対濃度値からみた達成率）。推移の上段は年平均値の増減傾向，下段は環境基準達成率の増減傾向。
（　）内は，山地地区に測定場所がある区域の山地地区を除いたものの年平均値。

5 ま と め

(1) NO_2 による大気汚染の現況と推移

石川県における NO_2 による大気汚染の現況と推移を，地域区分及び地区形態区分別に，年平均値とその増減傾向，環境基準達成率（推察）とその増減傾向によって総括的に示したのが表20である。

石川県全体としての年平均値は 15.4μg（人の活動が余りみられない山間部を除けば，17.0μg）であり，経年的に漸増の傾向にあった。環境基準達成率は90.0％と推察され，経年的に漸減の傾向にあった。

このような状況のなかで，環境基準の上限値（0.06 ppm）を超える程度の汚染がみられた七尾区域の交通量の多い道路周辺地区，金沢都市区域の交通量の多い道路周辺地区及び都市の郊外地区においては，汚染濃度低減のための効果的な防止対策の早期実施が必要であり，また，経年的推移で汚染濃度が増加傾向にあった地域，地区形態については，今後の汚染の程度の推移に十分注目すべきである。

(2) 今後の課題

上述の汚染の現況と推移を踏まえて，まず，長期的な測定体制の強化・拡充が必要となろう。特に，窒素酸化物自動計測器による監視体制の拡充が望まれる。

また，石川県においては，NO_2による大気汚染が大部分自動車排出ガスに起因して生じていることを考えると，自動車など移動発生源に対する有効かつ適切な大気汚染防止対策が早急にかつ具体的に検討され，実施に移されることが望まれる。この場合の防止対策を表21に例示したが，これらすべてを同時に実施することは困難としても，手のつけられる対策からまず実施あるいは試行し，それによる濃度低減効果を検証することが重要であり，時間をかけて環境基準の維持達成に努力すべきである。

表 21　移動発生源に対する大気汚染防止対策（例示）

対策	項目	主担当			適用対象			効果	
		自治体	政府	民間	都市総体	地域単位	発生源単位	直接	間接
自動車走行面からの対策	・乗入れ規制	○			○	○		○	
	・バスレーンの設置	○			○				○
	・タクシー対策（乗場設置）	○			○			○	
	・自転車レーンの設置	○			○				○
	・交通上の隘路の解消（立体交差点，幅員の拡大等）	○			○	○			○
	・バイパス道路の建設	○	○		○	○			○
	・速度コントロール	○			○	○		○	
	・右折禁止の緩和	○			○				○
大気環境対策	・排出ガス規制の強化と規制適合車の普及	○	○				○	○	
	・大気汚染監視の徹底	○			○	○			○
交通管理対策	・都市総合交通規制	○	○		○				○
	・交通管制システム	○			○	○			○
駐車面からの対策	・路上駐車禁止	○			○				○
	・駐車場規制	○			○				○
公共輸送機関の導入および改善による対策	・鉄軌道の整備		○		○				○
	・バス輸送の整備（バス路線の設定，サービスの向上）	○		○	○	○			○
	・パークアンドライブの推進	○	○		○				○
都市計画からの対策	・緩衝緑地帯の設置	○			○				○
	・職住近接			○	○				○
	・集配送の合理化（物流センターの設置等）	○		○	○				○
	・貨物輸送情報のシステム化	○		○		○			○

文　献

1) 昭和53年度環境大気調査報告書，p9，石川県 (1979)
2) 石川県環境管理基本計画，p49，石川県 (1979)
3) 日本分析化学会第27年会講演要旨集，p566 (1978)
4) 藤沢明子，石田喜郎，小森正樹，吉田弘，密田淳夫，田嶋隆俊：石川衛公研年報，15，52—56 (1978)
5) 密田淳夫，田嶋隆俊：石川衛公研年報，16 (別冊)，208—232 (1979)
6) 県民福祉総合計画，p386，石川県 (1977)
7) 昭和52年度県内交通情勢調査成果表，p1—91，石川県土木部道路建設課 (1978)
8) 昭和54年中における自動車交通量の状況，p1—83，石川県警察本部交通部企画課 (1980)
9) Larsen, R. I.: Mathematical Model for Relating Air Quality Measurements to Air Quality Standards, p1—85, EPA, AP-89 (1971)

〔報　文〕

半閉鎖性水域における非定常水理・拡散現象の数理モデル解析（第3報）

―― 潮汐の調和解析 ――

矢鋪満雄・矢田峰子・竹野裕治
石川県衛生公害研究所環境部　東　浩一・小川　清・三井信晴
石田喜朗・志茂たみ

1 はじめに

海湾や内海，感潮河川など，海域と接する水域での水質汚濁シミュレーションにおいては，オープンバウンダリーとしての外海境界には，通常，潮位が入力される。

潮汐は海洋中の種々の運動の中でも最もよく一般に知られている規則的な海面の昇降運動である。この現象は，月や太陽の引力が地球上の場所によって違うことにより起こるとされている。しかし，場所が決まれば，その一点の潮汐は，一定の振幅と遅角をもった潮汐成分（分潮）によって構成される。つまり，地球の中心でみれば，当然全遠心力と他の天体による全引力とが釣り合っているが，表面では釣り合っていない。この地球の中心と表面との引力の差が潮汐を惹起する力・潮汐力となる。しかし，他の天体といっても実際には太陰（月）と太陽とによる潮汐力が卓越しており，これらによる太陰潮と太陽潮とは天文潮と総称されている。そして，これらの分潮のうちで実用的に最も重要なものは半日周潮の M_2，S_2，そして日周潮の O_1，K_1の4分潮（4大分潮，表1）である。

本報ではこれら4大分潮に着目して，一定時間毎に観測された連絡量としての潮位を各分潮毎に近似的に正弦波の和として表わし，それぞれの波の振幅と位相とを計算するいわゆる調和解析（harmonic analysis）について検討した。

まず，潮汐の調和解析には，古典的なものとしてDarwin, Doodsor, 宮崎, Suthous の方法が挙げられるが，これらは何れも筆算を前提としており，極めて手数がかかる。しかし，電子計算機の導入によって

表1　主なる分潮

記号	名　称	角速度（°/hr）	周　期（hr）	固有時
M_2	太陰半日周潮	28.9841	12,421	1.03505
S_2	太陽半日周潮	30.0000	12,000	1.00000
N_2	太陽楕率潮	28.4397	12,658	1.05486
K_2	明合成半日周潮	30.0821	11,967	0.99727
O_1	太陰日周潮	13.9430	25,819	1.07581
K_1	明合成日周潮	15.0411	23,934	0.99727
P_1	太陽日周潮	14.9589	24,066	1.00275

Analysis of Unsteady Hydraulic and Diffusive Phenomena in Semi-Closed Water Area by Mathematical Model Simulation. 3. Harmonic Analysis of Tides. *by Michio YASHIKI, Mineko YATA, Yuhji TAKENO, Koh-ichi HIGASHI, Kiyoshi OGAWA, Nobuharu MITSUI, Yoshiaki ISHIDA, and Tami SHIMO (Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

Fourier 係数を直接的に最小自乗法によって算定することが可能となり一躍スピード化された。

われわれは古典法の代表例として Darwin 法を採用し，直接的な Fourier-最小自乗法と比較した。

2 基　礎　式

いま，周期関数を f (t) とすれば，t = 0 から (n−1)Δ までの区間の周期性連続量は，次のような三角級数の和で置き換えることができる。

$$f(t)=A_0+\sum_{m=1}^{m_0}\left(A_m\cos\frac{2\pi mt}{n}+B_m\sin\frac{2\pi mt}{n}\right)$$

$$=A_0+\sum_{m=1}^{m_0}R_m\cos\left(\frac{2\pi mt}{n}-\delta_m\right)\quad\text{——①}$$

このような三角級数で表わした関係はFourier級数，また，A_0，A_m，B_mは Fourier 係数と呼ばれている。ここで

$$\left.\begin{aligned}A_o&=\frac{1}{n}\sum_{k=0}^{n-1}f(k\Delta)\\A_m&=\frac{2}{n}\sum_{k=0}^{n-1}f(k\Delta)\cos\frac{2\pi k\,m}{n}\\B_m&=\frac{2}{n}\sum_{k=0}^{n-1}f(k\Delta)\sin\frac{2\pi k\,m}{n}\end{aligned}\right\}\quad\text{——②}$$

である。そして，R_m，δ_mはそれぞれ m 番目の波の振幅 (amplitude) と位相 (phase) を表わし，

$$R_m=\sqrt{A_m{}^2+B_m{}^2}$$

$$\delta_m=\tan^{-1}(B_m/A_m)$$

となる。ここで，m の上限値 m_0 は n が偶数の場合は $n/2$，奇数の場合は $(n-1)/2$ である。

さて，実際の潮汐はいくつかの分潮の総和で表わされる。つまり，

実際の潮位 $=H_0+\sum FR\ (V+u+nt-\kappa)$

$(V+u-\kappa=nt-\zeta)$

ただし
- H_0 ：基準面からの平均水面の高さ
- F ：ある期間の観測結果から求めた振幅をその平均値見合いに補正するための因数
- R ：潮位観測値から得られた分潮の振幅
- V+u ：観測地点での分潮の引数 (argument)
- κ ：引数に施すべき位相の補正値（遅角：lag）
- n ：分潮の角速度
- t ：調和解析開始時(紀元時)からの時間

そして，真の振幅 H (=FR) と遅角 (κ) とは時間に無関係で，観測地点固有の常数で潮汐の調和常数あるいは単に潮汐常数と呼ばれている（図1）。

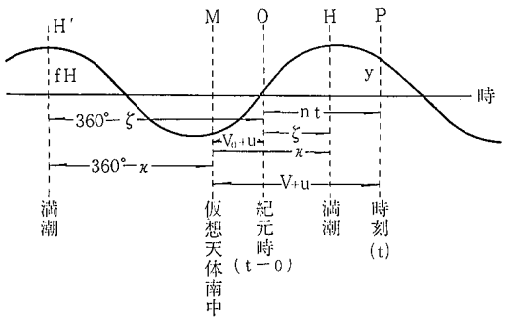


図1　調　和　常　数

3 解　析　手　法

調和解析の手順は次のとおりである。

3・1 1899年12月31日 Greenwich 正午から調和解析開始時，紀元時及び中央時までの Julius 世紀時間の計算

3・2 分潮の引数 parameter 及び引数の計算

(1) **紀元時の平均太陽の時角**

表2の<1>

(2) **太陰及び太陽の軌道に関する諸要素の平均黄経の計算**

表2の<2>～<7>

(3) **太陰の昇交点の平均黄経 (N) に対する軌道の諸要素の計算**

表2の<8>～<12>

(4) **L_2 分潮の引数に対する R，M_1 分潮の振幅に対する Q_a 値の計算**

表2の<3>～<14>

(5) **分潮の引数の計算**

表3のとおりである。

3・3 Darwin法による調和解析

1883年 Darwin 法によって提唱された手法である。古典的で精度が悪いとの批判を受けながらも，手計算を前程とすれば最良の方法と言われており，気象庁の海洋観測指針に採用されるなど依然として広範に使われている方法である。

表2　Argument's parameters

H_s ：1900年1月1日0時から調和解析開始時・紀元時までの時間（グリニッチ時）

H_m ：同中央時までの時間

EL_s ：観測地点の東経

EL_0 ：日本の標準時子午線（東経）

H_1 ：$(H_s+12)/(36525\times24)$

H_2 ：$(H_m+12)/(36525\times24)$

＜1＞ $T=EL_s-EL_0+180$

＜2＞ $s=270.4374222+481267.892h_1+(0.0502494h_1)^2+(0.0123614h_1)^3$

＜3＞ $p_1=334.3280193+4069.032205h_1-(0.1017076h_1)^2-(0.0232079h_1)^3$

＜4＞ $h=279.6966778+36000.768925h_1+(0.0173925h_1)^2$

＜5＞ $p_1=281.2208333+1.719175h_2+(0.0212786h_2)^2+(0.0149380h_2)^3$

＜6＞ $p_M=334.3280193+4069.032205h_2-(0.1017076h_2)^2-(0.0232079h_2)^3$

＜7＞ $N=259.1825333-1934.1423972h^2+(0.0458853h_2)^2+(0.0130496h_2)^3$

＜8＞ $\cos I=0.91369-0.03569\cos N$

＜9＞ $\tan\xi=0.20739\sin N-0.023515\sin 2N$

＜10＞ $\tan\nu=0.22607\sin N-0.02343\sin 2N$

＜11＞ $\tan\nu'=\sin 2\nu\sin I/(\cos\nu\sin 2I+0.33572)$

$D_1=\sin^2 I$

＜12＞ $\tan 2\nu''=D_1\sin 2\nu/(D_1\cos 2\nu+0.0728)$

$D_2=2(p_M-\xi)$

$D_3=\tan^2\frac{I}{2}$

＜13＞ $\tan R=6\sin D_2/(1/D_3-6\cos D_2)$

＜14＞ $Q_a=(2.5-4.5D_3+2.25D_3^{\frac{2}{3}}+1.5(1-D_3)\cos D_2)^{\frac{1}{2}}$

表3　主要分潮の引数

分潮名	引数 V	引数 u
M_2	$2T+2h-2s$	$2\xi-2\nu$
S_2	$2T$	0
N_2	$2T+2h-3s+p$	$2\xi-2\nu$
K_2	$2T+2h$	$-2\nu''$
O_1	$T+h-2s+90°$	$2\xi-\nu$
K_1	$T+h-90°$	$-\nu'$
P_1	$T-h+90°$	0

(1) **観測データの整理**

調和解析を行う前に，毎時の潮位観測データを整理し，各分潮を分離しなければならない。そのためには各分潮毎に1周期を24等分して，その固有値（分潮固有の1時間を平均太陽時で計った時間，表1）毎に潮位を求める（表4）。

次に，整理された観測値から分潮時毎に合計，除数そして平均値を求める。

(2) **調和係数の計算**

整理された24回の潮位平均値に最小自乗法（②式）を適用して①式のFourier係数，A_0，A_1，A_2，……，A_8 と B_1，B_2，……，B_8 を，さらに振幅 R_1，R_2，……，R_8 と遅角 K_1，K_2，……K_8 をそれぞれ算出する。

3・4　Fourier-最小自乗法による調和解析

①式の角速度係数に各分潮毎の角速度を代入して Fourier 級数を構成し，全潮位観測値に対応させ，最小自乗法を適用して Fourier 係数を計算する。以下 Darwin 法の場合と同様調和定数を計算する。

3・5　解析 algorithm

(1) Darwin法

図2－1のとおりである。

(2) Fourier法

表 4　　固有時（C）と整理表の作製法

	C＞1 のとき		C＜1 のとき	
固有時 C と小数部 d との関係	$1-\frac{C}{2} \leqq d \leqq \frac{C}{2}$	$d<1-\frac{C}{2}$ あるいは $d>\frac{C}{2}$	$\frac{C}{2} \leqq d \leqq 1-\frac{C}{2}$	$d<\frac{C}{2}$ あるいは $d>1-\frac{C}{2}$
整理表の該当欄の作製の仕方	2個のデータを入れる	1個のデータを入れる	空白とする	1個のデータを入れる

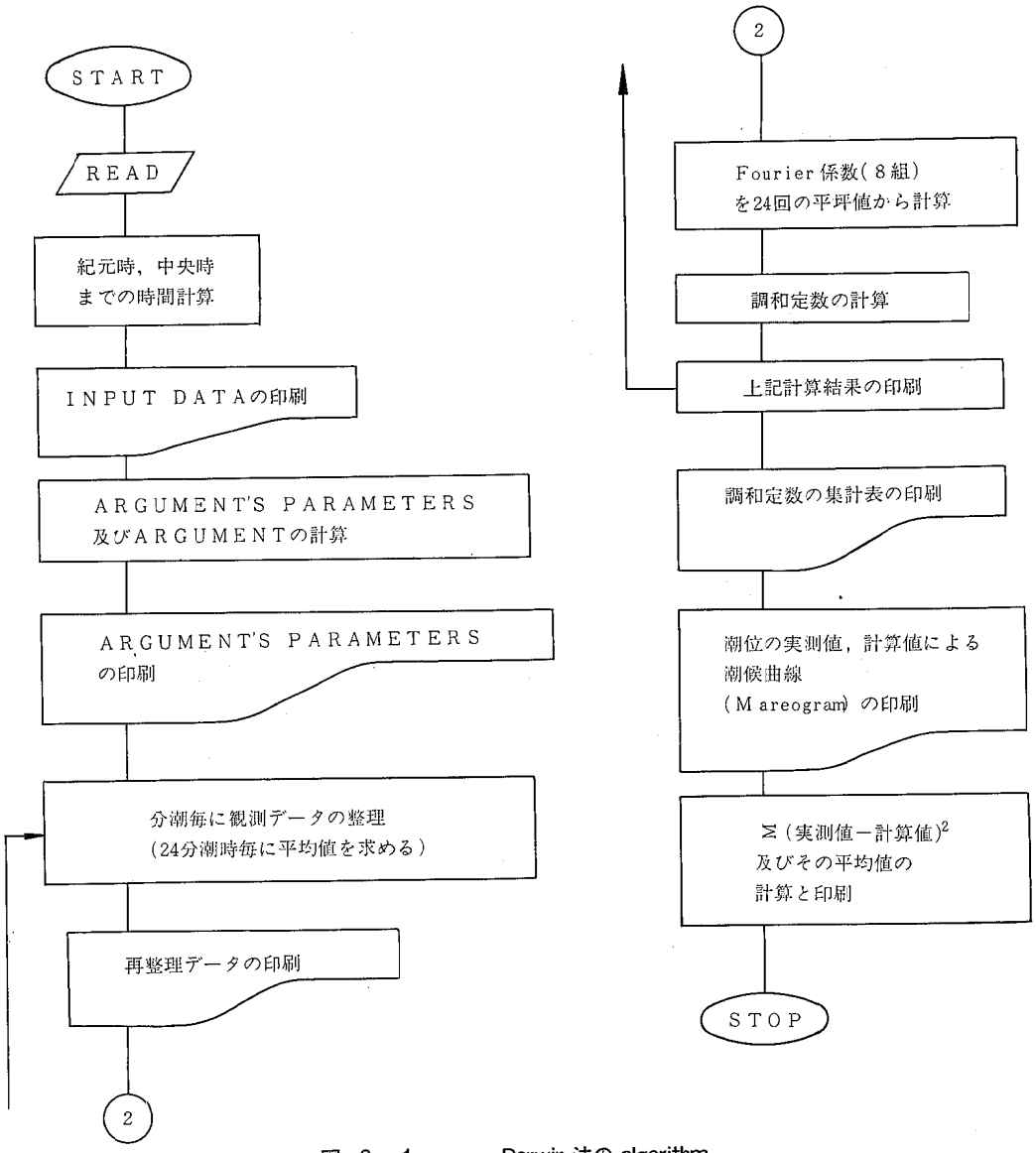


図 2—1　　Darwin 法の algorithm

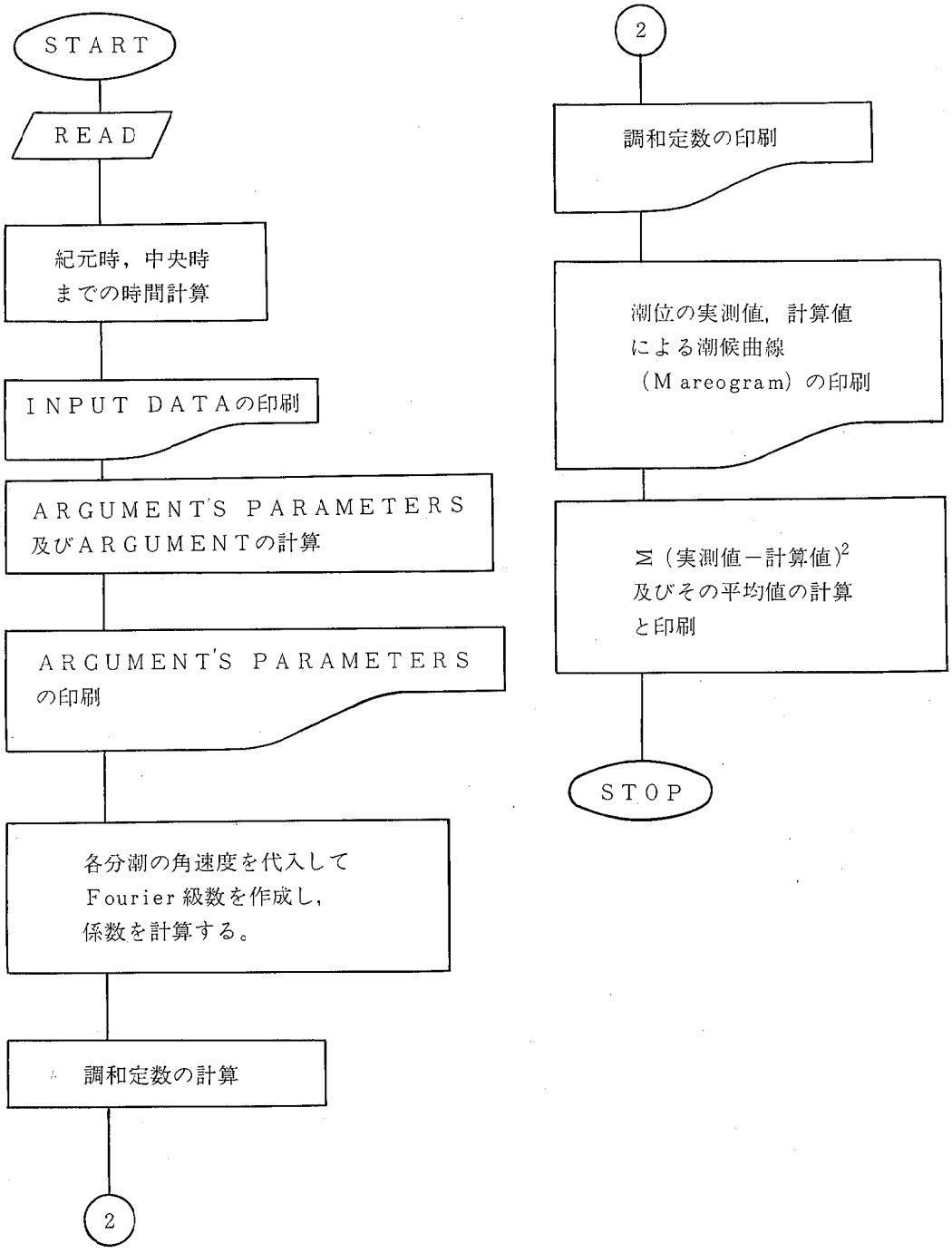


図　2－2　　Fourier 法の algorithm

図2－2のとおりである。

4 解析結果と考察

調和解析の実例を示そう。解析に供した潮位観測データは石川県金沢港（東経136°36,36′）における1978年11月17日0時（中央標準時）から7日間分の観測値（表5）である。これによれば観測値の最小が44cm，最大77cmである。

なお上の紀元時，観測期間での引数パラメータは表6に示すとおりである。

4・1 Darwin法による解析

表7－1，－2，－3，－4はそれぞれM_2，S_2，O_1及びK_1の各分潮系に適した観測値の整理表である。これらのうちS_2分潮系のそれは，一つの欄に一つずつ潮位を書き入れたものであるから，整理表とはいえ全く実測表そのままである。分潮日の日，1日，2日，……，6日はそれぞれ1978年11月17日，18日，19日，……，11月23日に相当する。また，各表の最下段にある24個の平均値は各分潮系に適した集約観測値であり，Darwin法ではこの値から各分潮の調和定数を計算することになる。計算結果はそれぞれ表8－1，－2，－3，－4に表示した。

なお，これら表中の分潮番号は①，②式のm値に該当するもので，M_2，S_2潮の場合はNo. 2欄，そしてO_1，K_1潮ではNo. 1欄における値がそれぞれの分潮の

表5　Input data (height of tide) for the harmonic analysis

Station＊＊＊＊Kanazawa＊＊＊＊ East Longitude 136.606°E
Origin time 1978年 11月 17日 0時
Observed data

Time / Day	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	65.00	68.00	71.00	71.00	70.00	66.00	61.00	56.00	51.00	47.00	45.00	44.00
1	64.00	67.00	70.00	71.00	71.00	69.00	65.00	60.00	55.00	51.00	47.00	45.00
2	66.00	69.00	72.00	75.00	77.00	79.00	77.00	73.00	68.00	64.00	61.00	58.00
3	70.00	70.00	71.00	73.00	75.00	75.00	75.00	72.00	68.00	64.00	60.00	57.00
4	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	71.00	69.00	66.00	62.00	58.00	55.00
5	61.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	59.00	56.00	54.00	51.00	48.00
6	60.00	60.00	60.00	60.00	61.00	61.00	62.00	62.00	60.00	59.00	57.00	54.00

Time / Day	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	47.00	52.00	56.00	61.00	64.00	65.00	65.00	64.00	63.00	62.00	61.00	62.00
1	45.00	49.00	54.00	58.00	61.00	63.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	65.00
2	57.00	59.00	61.00	64.00	68.00	71.00	72.00	72.00	71.00	71.00	70.00	70.00
3	56.00	55.00	57.00	59.00	62.00	64.00	66.00	67.00	68.00	67.00	67.00	67.00
4	52.00	51.00	52.00	53.00	55.00	58.00	60.00	61.00	62.00	62.00	62.00	61.00
5	46.00	44.00	45.00	45.00	47.00	50.00	53.00	56.00	59.00	60.00	61.00	61.00
6	51.00	50.00	45.00	47.00	47.00	48.00	50.00	51.00	53.00	55.00	56.00	56.00

表6　Argument's parameter

T	s	$p-_I$	h	p_I
181.6058	70.9006	303.7742	235.3342	282.5771
p_M	N	I	ξ	ν
304.1641	173.4420	18.3509	1.6624	1.7834
ν'	$2\nu''$	R	Q_a	DEG/2
1.1419	2.0565	352.4199	0.7523	90.0000

表 7－1　Rearrange of observed data for M_2 component tide
Darwin's method

Time / Day	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	65.00	68.00	71.00	71.00	70.00	66.00	61.00	56.00	51.00	47.00	45.00	44.00
1	67.00	70.00	71.00	71.00	69.00	65.00	60.00	55.00	51.00	47.00	45.00	45.00
2	72.00	75.00	77.00	79.00	77.00	73.00	68.00	64.00	61.00	58.00	57.00	59.00
3	73.00	75.00	75.00	75.00	72.00	68.00	64.00	60.00	57.00	56.00	55.00	57.00
4	69.00	70.00	71.00	140.00	66.00	62.00	58.00	55.00	52.00	51.00	52.00	53.00
5	60.00	60.00	60.00	59.00	56.00	54.00	51.00	48.00	90.00	45.00	45.00	47.00
6	61.00	62.00	62.00	60.00	59.00	57.00	54.00	51.00	50.00	48.00	47.00	47.00
Total	467.00	480.00	487.00	555.00	469.00	445.00	416.00	389.00	412.00	352.00	346.00	352.00
Count	7.00	7.00	7.00	8.00	7.00	7.00	7.00	7.00	8.00	7.00	7.00	7.00
Mean	66.71	68.57	69.57	69.37	67.00	63.57	59.43	55.57	51.50	50.29	49.43	50.29

Time / Day	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	47.00	52.00	117.00	64.00	65.00	65.00	64.00	63.00	62.00	61.00	62.00	64.00
1	49.00	54.00	58.00	61.00	63.00	64.00	128.00	64.00	64.00	65.00	66.00	69.00
2	61.00	64.00	68.00	71.00	72.00	72.00	71.00	71.00	70.00	70.00	70.00	141.00
3	59.00	62.00	64.00	66.00	67.00	68.00	67.00	67.00	67.00	66.00	67.00	68.00
4	55.00	58.00	60.00	61.00	62.00	62.00	62.00	61.00	61.00	60.00	60.00	60.00
5	50.00	53.00	56.00	59.00	60.00	61.00	61.00	60.00	60.00	60.00	60.00	61.00
6	98.00	51.00	53.00	55.00	56.00	56.00						
Total	419.00	394.00	476.00	437.00	445.00	448.00	453.00	386.00	384.00	382.00	385.00	463.00
Count	8.00	7.00	8.00	7.00	7.00	7.00	7.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00
Mean	52.37	56.29	59.50	62.43	63.57	64.00	64.71	64.33	64.00	63.67	64.17	66.14

表 8－1　Harmonic constant M_2 of component tide

Component No	Name	Speed (°/hr)	A(cos) (cm)	B(sin) (cm)	Amplitude (cm)	Argument (°)	Phase (°)	Lag (°)
0			61.1037					
1			7.2919	−2.4856	7.7039		341.1776	313.0143
2			−1.0098	4.3628	4.4782		103.0317	74.8684
3			−0.1630	0.0035	0.1630		178.7543	150.5911
4			−0.2093	0.0842	0.2257		158.0877	129.9244
5			0.1481	−0.0868	0.1717		329.6346	301.4713
6			−0.1374	−0.1463	0.2007		226.7938	198.6305
7			−0.0118	−0.1263	0.1268		264.6462	236.4830
8			0.0198	0.0258	0.0325		52.4633	24.3001

表 7—2　Rearrange of observed data ror S_2 component tide
Darwin's method

Time Day	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	65.00	68.00	71.00	71.00	70.00	66.00	61.00	56.00	51.00	47.00	45.00	44.00
1	64.00	67.00	70.00	71.00	71.00	69.00	65.00	60.00	55.00	51.00	47.00	45.00
2	66.00	69.00	72.00	75.00	77.00	79.00	77.00	73.00	68.00	64.00	61.00	58.00
3	70.00	70.00	71.00	73.00	75.00	75.00	75.00	72.00	68.00	64.00	60.00	57.00
4	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	71.00	69.00	66.00	62.00	58.00	55.00
5	61.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	59.00	56.00	54.00	51.00	48.00
6	60.00	60.00	60.00	60.00	61.00	61.00	62.00	62.00	60.00	59.00	57.00	54.00
Total	452.00	461.00	472.00	479.00	484.00	481.00	471.00	451.00	424.00	401.00	379.00	361.00
Count	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Mean	64.57	65.86	67.43	68.43	69.14	68.71	67.29	64.43	60.57	57.29	54.14	51.57

Time Day	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	47.00	52.00	56.00	61.00	64.00	65.00	65.00	64.00	63.00	62.00	61.00	62.00
1	45.00	49.00	54.00	58.00	61.00	63.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	65.00
2	57.00	59.00	61.00	64.00	68.00	71.00	72.00	72.00	71.00	71.00	70.00	70.00
3	56.00	55.00	57.00	59.00	62.00	64.00	66.00	67.00	68.00	67.00	67.00	67.00
4	52.00	51.00	52.00	53.00	55.00	58.00	60.00	61.00	62.00	62.00	62.00	61.00
5	46.00	44.00	45.00	45.00	47.00	50.00	53.00	56.00	59.00	60.00	61.00	61.00
6	51.00	50.00	48.00	47.00	47.00	48.00	50.00	51.00	53.00	55.00	56.00	56.00
Total	354.00	360.00	373.00	387.00	404.00	419.00	430.00	435.00	440.00	441.00	441.00	442.00
Count	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Mean	50.57	51.43	53.29	55.29	57.71	59.86	61.43	62.14	62.86	63.00	63.00	63.14

表 8—2　Harmonic constant of S_2 component tide

Component No	Name	Speed (°/hr)	A(cos) (cm)	B(sin) (cm)	Amplitude (cm)	Argument (°)	Phase (°)	Lag (°)
0			60.9643					
1			6.7437	2.7644	7.2883		22.2902	25.5018
2			−3.3190	0.9814	3.4611		163.5279	166.7395
3			0.0575	−0.0981	0.1137		300.3531	303.5647
4			−0.0536	0.0516	0.0744		136.1070	139.3186
5			0.0568	0.0811	0.0990		55.0145	58.2261
6			−0.0953	0.0953	0.1347		134.9998	138.2114
7			0.0996	−0.0159	0.1009		350.9323	354.1439
8			0.0178	0.0310	0.0357		60.0426	63.2542

表 7—3　Rearrange of observed data for O_1 compoment tide
Darwin's method

Time / Day	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	65.00	68.00	71.00	71.00	70.00	66.00	117.00	51.00	47.00	45.00	44.00	47.00
1	70.00	71.00	71.00	69.00	65.00	60.00	55.00	51.00	92.00	45.00	49.00	54.00
2	77.00	79.00	77.00	73.00	68.00	64.00	61.00	58.00	57.00	59.00	61.00	132.00
3	150.00	72.00	68.00	64.00	60.00	57.00	56.00	55.00	57.00	59.00	62.00	64.00
4	69.00	66.00	120.00	55.00	52.00	51.00	52.00	53.00	55.00	58.00	60.00	61.00
5	54.00	51.00	48.00	46.00	44.00	90.00	47.00	50.00	53.00	56.00	59.00	60.00
6	54.00	51.00	50.00	48.00	47.00	47.00	48.00	101.00	53.00	55.00	56.00	56.00
Total	539.00	458.00	505.00	426.00	406.00	435.00	436.00	419.00	414.00	377.00	391.00	474.00
Count	8.00	7.00	8.00	7.00	7.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.00	7.00	8.00
Mean	67.37	65.43	63.12	60.86	58.00	54.37	54.50	52.37	51.75	53.86	55.86	59.25

Time / Day	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	52.00	56.00	61.00	64.00	65.00	65.00	64.00	125.00	61.00	62.00	64.00	67.00
1	58.00	61.00	63.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	65.00	66.00	141.00	75.00
2	71.00	72.00	72.00	71.00	71.00	70.00	70.00	70.00	70.00	71.00	73.00	75.00
3	66.00	135.00	67.00	67.00	67.00	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	71.00
4	62.00	62.00	62.00	61.00	121.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	59.00	56.00
5	61.00	61.00	60.00	60.00	60.00	60.00	122.00	62.00	62.00	60.00	59.00	57.00
6												
Total	370.00	447.00	385.00	387.00	448.00	385.00	447.00	449.00	387.00	389.00	467.00	401.00
Count	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	6.00
Mean	61.67	63.86	64.17	64.50	64.00	64.17	63.86	64.14	64.50	64.83	66.71	66.83

表 8—3　Harmonic corstant of O_1 component tide

Component No	Name	Speed (°/hr)	A(cos) (cm)	B(sin) (cm)	Amplitude (cm)	Argument (°)	Phase (°)	Lag (°)
0			61.2495					
1			2.6769	−5.3552	5.9870		296.5593	303.2394
2			2.8399	1.5289	3.2254		28.2967	34.9769
3			−0.0960	−0.1571	0.1841		238.5812	245.2614
4			0.3757	0.0108	0.3759		1.6393	8.3195
5			−0.0270	−0.0098	0.0288		200.0103	206.6904
6			−0.0774	−0.1200	0.1428		237.1811	243.8613
7			0.1242	−0.1651	0.2066		306.9455	313.6256
8			0.1813	0.1594	0.2414		41.3248	48.0050

表 7 — 4　　Rearrange of observed data for K_1 component tide
Darwin's method

Time Day	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	65.00	68.00	71.00	71.00	70.00	66.00	61.00	56.00	51.00	47.00	45.00	44.00
1	64.00	67.00	70.00	71.00	71.00	69.00	65.00	60.00	55.00	51.00	47.00	45.00
2	66.00	69.00	72.00	75.00	77.00	79.00	77.00	73.00	68.00	64.00	61.00	58.00
3	70.00	70.00	71.00	73.00	75.00	75.00	75.00	72.00	68.00	64.00	60.00	57.00
4	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	71.00	69.00	66.00	62.00	58.00	55.00
5	61.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	59.00	56.00	54.00	51.00	48.00
6	60.00	60.00	60.00	60.00	61.00	61.00	62.00	62.00	60.00	59.00	57.00	54.00
Total	452.00	461.00	472.00	479.00	484.00	481.00	471.00	451.00	424.00	401.00	379.00	361.00
Count	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Mean	64.57	65.86	67.43	68.43	69.14	68.71	67.29	64.43	60.57	57.29	54.14	51.57

Time Day	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	47.00	52.00	56.00	61.00	64.00	65.00	65.00	64.00	63.00	62.00	61.00	62.00
1	45.00	49.00	54.00	58.00	61.00	63.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	65.00
2	57.00	59.00	61.00	64.00	68.00	71.00	72.00	72.00	71.00	71.00	70.00	70.00
3	56.00	55.00	57.00	59.00	62.00	64.00	66.00	67.00	68.00	67.00	67.00	67.00
4	52.00	51.00	52.00	53.00	55.00	58.00	60.00	61.00	62.00	62.00	62.00	61.00
5	46.00	44.00	45.00	45.00	47.00	50.00	53.00	56.00	59.00	60.00	61.00	61.00
6	51.00	50.00	48.00	47.00	47.00	48.00	50.00	51.00	53.00	55.00	56.00	56.00
Total	354.00	360.00	373.00	387.00	404.00	419.00	430.00	435.00	440.00	441.00	441.00	442.00
Count	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Mean	50.57	51.43	53.29	55.29	57.71	59.86	61.43	62.14	62.86	63.00	63.00	63.14

表 8 — 4　　Harmonic constant of K_1 component tide

Component No	Name	Speed (°/hr)	A(cos) (cm)	B(sin) (cm)	Amplitude (cm)	Argumnt (°)	Phase (°)	Lag (°)
0			60.9643					
1			6.7437	2.7644	7.2883		22.2902	348.0883
2			−3.3190	0.9814	3.4611		163.5279	129.3259
3			0.0575	−0.0981	0.1137		300.3531	266.1512
4			−0.0536	0.0516	0.0744		136.1070	101.9050
5			0.0568	0.0811	0.0990		55.0145	20.8125
6			−0.0953	0.0953	0.1347		134.9998	100.7978
7			0.0996	−0.0159	0.1009		350.9323	316.7304
8			0.0178	0.0310	0.0357		60.0426	25.8406

調和常数である。これらは表９－１に再掲した。

そして，これら４大分潮の調和定数から毎時の潮位を予測して得た推定値と，対応する観測値から潮候曲線をプロットすると図３－１が得られる。

4・2 Fourier 法による解析

Fourier 法では前述のとおり，①式の f (t) に各々の潮位観測値を，そして左辺の$\frac{2\pi m}{n}$値の代りに各分潮の角速度を代入して Fourier 級数を作成し，これらを最小自乗法によって統計処理して調和定数を計算する。

計算結果は表９－２に示した。

また，得られた４大分潮の調和定数から毎時の潮位を予測し推定値を得，観測値に対応させて潮候曲線をプロットした（図３－２）。

4・3 Darwin 法と Fourier 法による解析結果の比較

計算に用いた電子計算機は FACOM U-200 と容量が小さいため，Darwin 法については１カ月間の潮位観測値を用いての解析が可能であったが，Fourier 法については最大10日間の観測値を用いての観析しか適わなかった。従って，現段階では両方法に対して十分比較し得ないとの考えもあろうが，金沢，七尾，安宅，塩屋港における４例の計算例を得たので敢えて両方法による解析結果を比較することとした。

まず，図３の潮候曲線についてみると曲線のふるま

表 9－1　Sammarized table of hamonic constants
Darwin's method

Component No	Name	Speed (°/hr)	A(cos) (cm)	B(sin) (cm)	Amplitude (cm)	Argument (°)	Phase (°)	Lag (°)
0			61.0704					
1	M 2	28.9841	−1.0098	4.3628	4.4782	331.8367	103.0317	74.8684
2	S 2	30.0000	−3.3190	0.9814	3.4611	3.2116	163.5279	166.7395
3	O 1	13.9430	2.6769	−5.3552	5.9870	6.6302	296.5593	303.2394
4	K 1	15.0411	6.7437	2.7644	7.2883	325.7980	22.2902	348.0883

表 9－2　Harmonic constant
Fourier's method

Component No	Name	Speed (°/hr)	A(cos) (cm)	B(sin) (cm)	Amplitude (cm)	Argument (°)	Phase (°)	Lag (°)
0			60.9902					
1	M_2	28.9841	−2.7425	3.7614	4.6550	331.8367	126.0964	97.9331
2	S_2	30.0000	−0.7525	2.5483	2.6571	3.2116	106.4518	109.6634
3	O_1	13.9430	1.6146	−2.5282	2.9998	6.6802	302.5641	309.2442
4	K_1	15.0411	4.7801	1.9223	5.1522	325.7980	21.9068	347.7048

表 10　調和解析例における推定値の誤差

観測地点	東経 (°)	紀元時 (年 月 日)	期間 (日)	残差平方和		残差平方和の平均	
				Darwin法	Fourier法	Darwin法	Fourier法
金沢港	136.606	1978. 11. 17	7	68.07×10^2	41.96×10^2	40.5	25.0
七尾港	136.972	1979. 12. 9	5	43.41×10^2	11.93×10^2	36.2	9.9
安宅港	136.422	1978. 11. 20	2	46.11×10^2	16.11×10^2	96.1	33.6
塩屋港	136.246	1978. 11. 6	1	42.90×10^2	0.1×10^2	178.5	0.4

TIME	HR	OBS(→)	CAL(*)
0	0	65.00	63.89
	1	68.00	67.11
	2	71.00	69.90
	3	71.00	71.40
	4	70.00	71.02
	5	66.00	68.59
	6	61.00	64.44
	7	56.00	59.31
	8	51.00	54.19
	9	47.00	50.12
	10	45.00	47.86
	11	44.00	47.80
	12	47.00	49.84
	13	52.00	53.39
	14	56.00	57.62
	15	61.00	61.55
	16	64.00	64.41
	17	65.00	65.74
	18	65.00	65.53
	19	64.00	64.19
	20	63.00	62.41
	21	62.00	60.98
	22	61.00	60.55
	23	62.00	61.43
1	0	64.00	63.54
	1	67.00	66.39
	2	70.00	69.21
	3	71.00	71.15
	4	71.00	71.51
	5	69.00	69.94
	6	65.00	66.53
	7	60.00	61.80
	8	55.00	56.60
	9	51.00	51.92
	10	47.00	48.65
	11	45.00	47.32
	12	45.00	48.14
	13	49.00	50.76
	14	54.00	54.52
	15	58.00	58.56
	16	61.00	62.03
	17	63.00	64.33
	18	64.00	65.21
	19	64.00	64.82
	20	64.00	63.66
	21	64.00	62.41
	22	64.00	61.70
	23	65.00	62.00
2	0	66.00	63.42
	1	69.00	65.70
	2	72.00	63.26

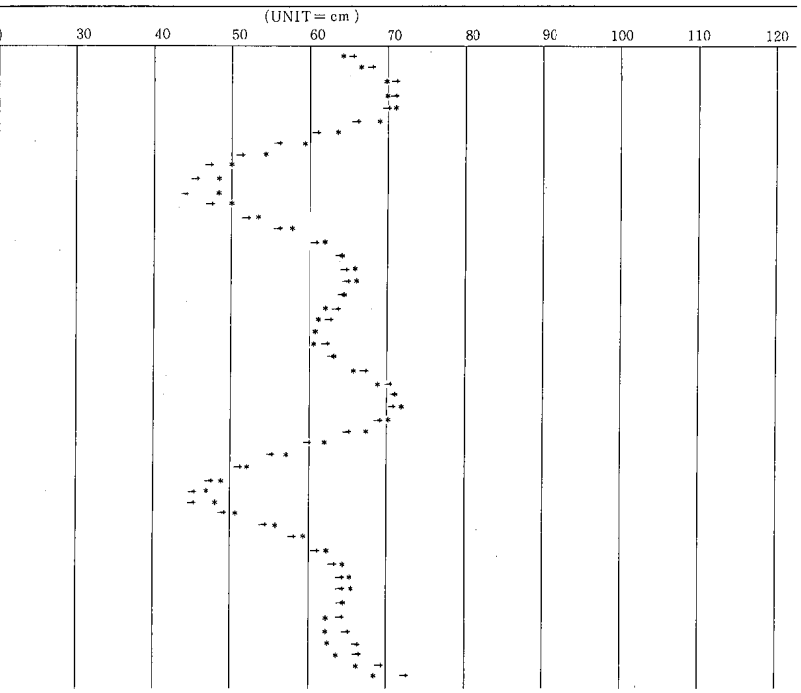


図 3—1　　Mareogram (Station……Kanazawa)
Darwin's method

TIME	HR	OBS(→)	CAL(*)
0	0	65.00	66.16
	1	68.00	68.46
	2	71.00	70.51
	3	71.00	71.50
	4	70.00	70.78
	5	66.00	68.07
	6	61.00	63.57
	7	56.00	57.91
	8	51.00	52.09
	9	47.00	47.17
	10	45.00	44.10
	11	44.00	43.45
	12	47.00	45.29
	13	52.00	49.18
	14	56.00	54.29
	15	61.00	59.57
	16	64.00	64.05
	17	65.00	67.02
	18	65.00	68.23
	19	64.00	67.91
	20	63.00	66.66
	21	62.00	65.28
	22	61.00	64.54
	23	62.00	64.94
1	0	64.00	66.53
	1	67.00	68.96
	2	70.00	71.48
	3	71.00	73.18
	4	71.00	73.24
	5	69.00	71.17
	6	65.00	66.94
	7	60.00	61.06
	8	55.00	54.45
	9	51.00	48.30
	10	47.00	43.71
	11	45.00	41.54
	12	45.00	42.12
	13	49.00	45.23
	14	54.00	50.14
	15	58.00	55.81
	16	61.00	61.13
	17	63.00	65.18
	18	64.00	67.48
	19	64.00	68.03
	20	64.00	67.28
	21	64.00	66.02
	22	64.00	65.10
	23	65.00	65.16
2	0	66.00	66.48

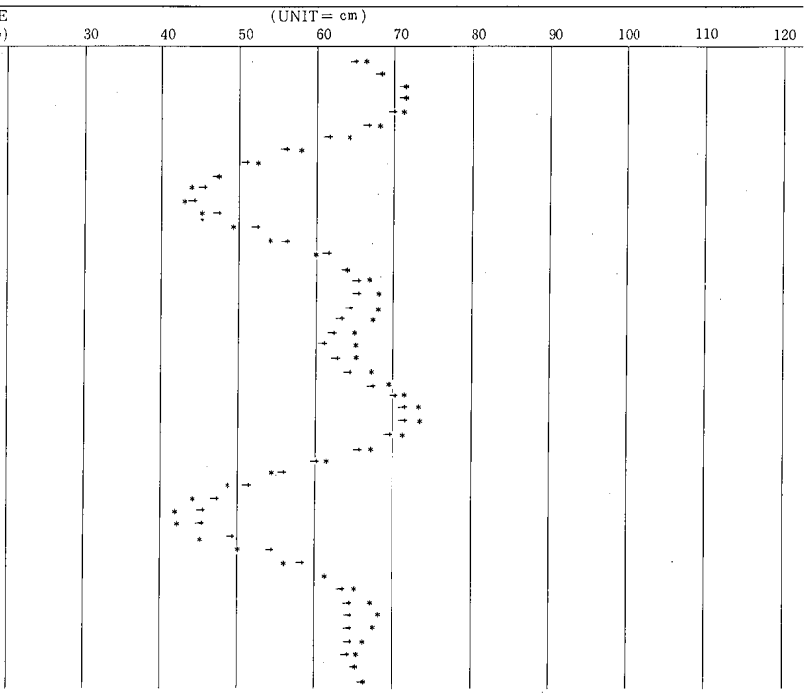


図 3—2　　Mareogram (Station……Kanazawa)
Fourier's method

いは両方法とも実測値と概ね重なり，平行して推移しているが，実測値に対する適合度は Fourier 法の方が上位であるようである。

次に，実測値と推定値との残差（表10）についてみても，平方和，平方和の平均ともFourier法がDarwin法に較べて４例いずれも小さい。

このように図形的あるいは幾何学的，それに統計学的適合度とも Fourier 法が Darwin 法に較べて高く，特に短期的観測値による予測に際しては Darwin 法の精度が極端に低下した。

5 ま と め

海湾や内海，感潮域など，海域との接水域での水質汚濁シミュレーションにおいては，オープンバウンダリーとして外海潮汐データが必需である。また入力に際しては，一般に調和解析しSmoothingされた推定値が用いられる。本報では潮汐の調和解析として代表的なDarwin法に対して直接的なFonrier-最小自乗法を対応させ，比較検討した。

電子計算機の容量不足のこともあって，１週間以下の期間について４例試行し，その結果を比較した。その結果，幾何学的，統計学的適合度とも Fourier 法が Darwin 法に較べて高く，特に短期的観測値を用いての予測においては Darwin 法の精度の極端な低下が目立った。

なお，今後大容量の電子計算機による長期間観測値を用いての比較を行い，本研究を完結させたい。

文　献

1) 中野猿人：潮汐学，生産技術センター，東京 (1975)
2) 彦坂繁雄：海洋物理 III，東海大学出版社，東京 (1971)
3) 萩野静也：農業土木試験場技報：F 2，59—66 (1968)
4) 萩野静也：同上報：F 6，97—118 (1971)
5) 彦坂繁雄，赤木登，矢野雄幸：水路部報告，1，27—31 (1966)

〔報　文〕

半閉鎖性水域における非定常水理・拡散現象の数理モデル解析（第4報）

—— 七尾西湾におけるシミュレーション ——

矢鋪満雄・矢田峰子・竹野裕治
石川県衛生公害研究所環境部　東　浩一・小川　清・三井信晴
石田喜朗・志茂たみ

1 はじめに

能登半島と能登島で囲まれる七尾湾は，七尾南湾，西湾，北湾の三つの半閉鎖性海域からなっているとみることができる。そのうち，七尾西湾は東に屏風瀬戸，北に三ケ口瀬戸と，二つのオープンバウンダリーを持ち，三湾の中央部に位置する。石川県では，この七尾西湾湾奥部に注ぎ込む熊木川，日用川両河川河口部において 21.8ha の海域を埋立し，田畑として利用する計画が立てられている。その結果，現在各々独立している両河川は末端において一本化され，合流水が現況地形よりも約 500m 沖合より放流されることとなる。

一方，七尾西湾は日本で有数のカキの産地として知られている。カキ養殖は一般には河口部，湾奥部において行われるが，そのため，埋立てによって養殖場付近の流況や水質が変化し，カキに悪影響を与える可能性がある。そこで，これらの変化を事前に数理モデルにより予測しようと試みた。ここでは主として河川流量との関わりによる濁水時（洪水時）を中心に流況，COD，SS，塩分濃度（Na^+），大腸菌群数について，現在の地形（現況）と埋立て後の地形（将来）における差異をシミュレーションした。

2 調査方法

流況及び水質成分拡散シミュレーションを行うために必要なインプットデータを得るため以下の調査を行った。

2・1 潮位観測

昭和54年12月18日より屏風瀬戸，三ケ口瀬戸（図1）において，水位境界条件を得るため，フロートレス式自記水位計を用いて連続観測を行った。

2・2 海域バックグランド調査

昭和54年10月22日に現況と将来地形の水質成分に差がでると思われる海域18地点（図1）で，平常時の水質成分濃度を知るため，水深別に採水を行った。なお，位置の確認にはトランシットを用いた。

2・3 濁水時調査

河川からの負荷が多い濁水時に，熊木，日用両河川（図1）では昭和54年11月5日の降雨前から11月6日の降雨後まで流量及び水質調査を行った。海域では降雨後ある程度濁水が拡散した11月6日に2・2と同位置で水質調査を実施した。

Analysis of Unsteady Hydraulic and Diffusive Phenomena in Semi-Closed Water Area by Mathematical Model Simulation. 4. Simulation in Nanao-Sei-Wan. *by Michio YASHIKI, Mineko YATA, Yuhji TAKENO, Koh-ichi HIGASHI, Kiyoshi OGAWA, Nobuharu MITSUI, Yoshiaki ISHIDA, and Tami SHIMO* (*Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment*)

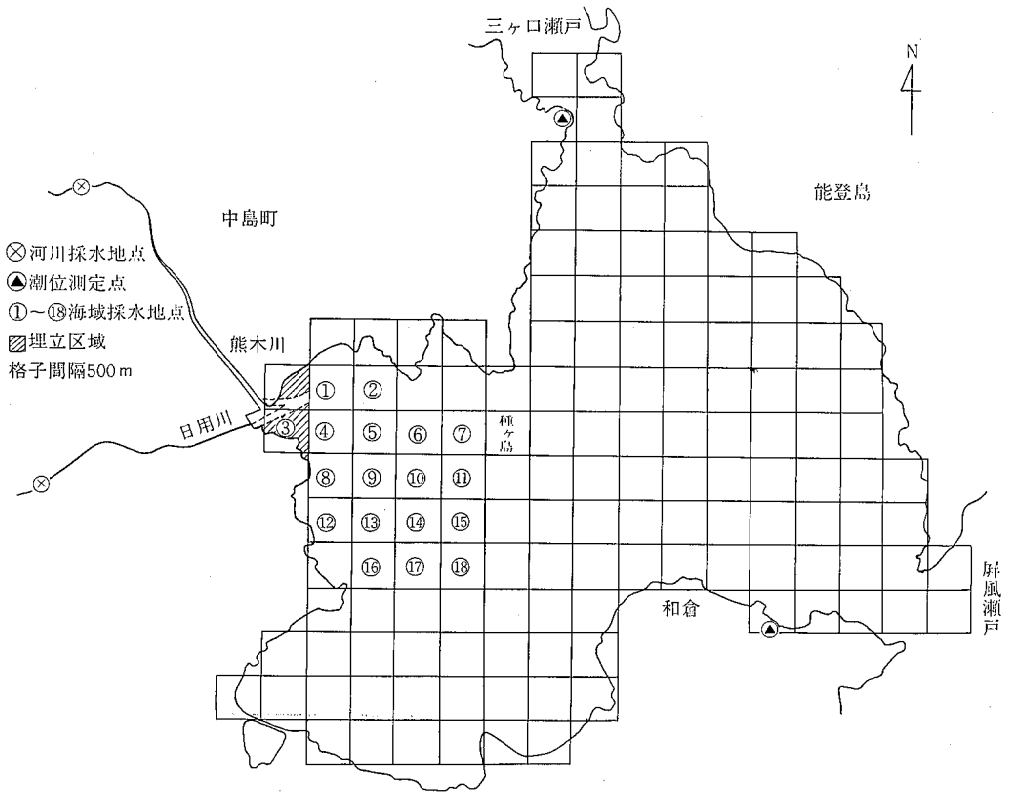


図1　七尾西湾全体図

3 調査結果と考察

3・1 水　理

流況シミュレーションモデルへのインプットデータとしては，屏風瀬戸，三ケ口瀬戸の潮位，それに横流入量として，熊木川，日用川両河川流量の各々の時系列データが必要となる。

一方，水質成分拡散シミュレーションにおいては，濁水時調査時の河川からの各成分の総負荷量を時系列に与え，海域の各格子の成分濃度調査結果と計算結果が一致するような拡散パラメータを決定する必要がある。また，ここにおいても当然シミュレーション時の流況（各点における流速）が必要となる。しかし，流況を把握するために必要な両瀬戸の潮位は，今回の調査では潮位観測期間と拡散シミュレーションを行おうとする期間（濁水時調査時）が一致していないため，そのまま入力することはできない。そこで，潮位の調和解析を行い濁水時調査時の両瀬戸の潮位を再現しようと試みた。

調和解析の手法としては，前報[1]で述べたFourier-最小自乗法を用い，f (t) で与える実測潮位値としては，三ケ口瀬戸では14日間，屏風瀬戸では3日間の連続した1時間毎の値を与えた。この際，生データは変動が大きすぎるので30分毎の数値を読み，5点による単純移動平均を行い平滑化した。表1に両瀬戸の各分潮の調和定数計算結果を示した。次に，この調和定数を用いて濁水時調査時の両瀬戸の潮位を計算した。その結果，両瀬戸間にはmmのオーダーの潮位差しかみ

表1　潮和解析結果

分潮	三ケ口瀬戸 振幅 (cm)	三ケ口瀬戸 遅角 (°)	屏風瀬戸 振幅 (cm)	屏風瀬戸 遅角 (°)
M_2	7.5	212	7.5	221
S_2	2.3	251	1.8	244
K_1	7.0	62	7.5	64
O_1	5.0	27	5.0	25

表 2　　海 域 水 質 調 査 結 果

調査地点	採水層(m)	EC(m℧/cm)		Na^+(‰)		COD(ppm)		SS(ppm)		大腸菌群(MPN/100ml)	
	調査日 / 項目	10/22	11/6	10/22	11/6	10/22	11/6	10/22	11/6	10/22	11/6
①	0.1	37.1	40.2	8.8	9.6	2.1	1.8	4.2	5.6	2.4×10^2	7.9×10
	1.5	38.6	39.7	8.9	9.8	1.7	2.4	5.9	7.4		
②	0.1	38.1	39.1	9.2	9.7	3.2	1.4	8.6	8.4	2.4×10^2	1.1×10^2
	1.5	38.6	39.2	9.1	9.4	1.9	1.4	4.3	5.4		
	3.0	39.8	39.5	9.4	9.8	3.1	1.8	4.6	8.8		
③	0.1	25.2	17.0	5.1	3.2	4.1	5.1	13.7	46.6	1.6×10^3	3.3×10^4
④	0.1	38.3	31.5	8.9	6.8	2.2	3.3	4.6	15.0	5.4×10^2	4.9×10^2
	1.5	39.1	39.1	9.1	8.8	1.7	1.4	3.8	13.2		
⑤	0.1	38.4	39.5	8.7	9.3	1.8	1.2	4.0	10.0		3.3×10
	1.5	39.0	39.5	9.4	9.3	2.3	1.6	3.1	9.0		
	3.0	39.7	39.3	9.7	9.3	2.0	1.6	3.0	41.8		
⑥	0.1	38.9	39.6	9.5	9.8	1.8	1.5	3.6	8.4		2.7×10
	1.5	39.0	39.4	9.8	9.5	2.3	1.4	3.4	8.6		
	4.0	39.8	39.2	9.4	9.7	0.8	1.5	2.8	11.4		
⑦	0.1	32.8		7.5		2.6		5.0			
	1.5	37.9		9.2		1.7		3.5			
	5.0	39.9		10.0		1.6		3.0			
⑧	0.1	37.4	33.2	8.8	7.9	1.9	2.3	4.9	13.8	1.3×10^2	3.5×10^3
	1.5	38.9	38.1	9.4	9.0	1.8	4.6	6.7	29.4		
⑨	0.1	37.8	37.8	8.4	9.2	1.6	1.0	5.7	6.8	3.3×10	5.4×10^2
	1.5	38.5	39.0	9.4	9.3	1.7	1.7	3.4	8.2		
	3.0	39.8	39.3	9.8	9.4	1.8	1.6	3.8	8.2		
⑩	0.1	37.9	39.2	8.8	9.2	1.7	1.5	3.0	5.0		
	1.5	38.7	39.0	9.3	9.3	1.8	0.9	5.4	9.6		
	3.0	39.3	39.5	9.6	9.2	1.1	1.2	4.6	7.0		
⑪	0.1	37.9		8.0		1.7		3.9			
	1.5	38.7		8.8		1.5		1.8			
	4.5	39.4		9.6		1.7		3.8			
⑫	0.1	37.0	38.0	8.4	8.7	2.0	0.9	18.4	10.2	3.4×10	5.4×10^2
	1.5	38.6	39.0	9.0	9.3	2.0	1.7	3.3	12.4		
⑬	0.1	37.9	38.3	9.0	9.2	1.9	1.2	3.9	8.4	4.9×10	
	1.5	38.5	39.0	9.1	9.4	2.0	1.8	4.8	7.8		
	3.0	39.5	39.1	9.3	9.4	2.0	2.4	5.6	10.6		
⑭	0.1	37.9	37.8	8.7	8.8	1.9	1.4	4.6	6.0		
	1.5	39.4	38.6	9.1	9.3	1.3	1.0	1.8	5.4		
	4.0	40.1	39.4	9.1	9.2	1.7	1.1	3.7	8.0		
⑮	0.1	38.1		8.6		2.0		3.9			
	1.5	38.3		9.2		1.6		3.1			
	5.0	39.7		9.6		1.9		4.8			
⑯	0.1	37.0	38.2	8.5	8.5	2.0	1.7	3.4	9.2	1.3×10^2	
	1.5	38.9	38.3	9.6	8.5	1.9	1.6	4.4	8.4		
	3.0	39.2	39.0	9.6	8.7	2.4	1.9	5.6	12.4		
⑰	0.1	36.7	38.7	8.9	8.9	1.9	1.0	3.0	8.0		
	1.5	38.5	38.9	9.3	8.8	1.7	1.2	3.3	8.0		
	3.0	39.5	39.7	10.2	9.1	1.5	0.9	2.8	7.0		
⑱	0.1	38.3		9.4		1.6		3.4			
	1.5	38.8		9.3		1.8		3.6			
	5.0	39.9		9.9		1.6		4.5			

表 3　　濁 水 時 調 査 結 果（河川）

河川名	採水日時	流量 (m^3/s)	EC (μ℧/cm)	SS(ppm)	COD(ppm)	Na^+(ppm)	大腸菌群数 (MPN/100ml)
熊木川	11/5 11：00		96.6	8.0	3.8	11.14	
〃	13：00	1.8917	95.5	10.2	4.1	10.00	1.6×10^4
〃	15：15	2.7345	95.6	17.6	4.7	9.71	
〃	19：00	3.3135	93.1	32.4	6.4	9.43	5.4×10^4
〃	22：20	2.5000	93.2	20.2	6.1	9.14	
〃	11/6 1：20	5.8863	88.8	84.0	8.0	8.98	5.4×10^4
〃	4：30	3.7441	153	53.8	8.3	17.98	
〃	8：40	3.6154	130	29.0	6.3	14.66	1.3×10^5
〃	12：40	2.9338	95.6	13.8	4.4	9.77	3.3×10^4
日用川	11/5 11：00		108	17.0	3.3	11.21	
〃	13：30	0.6564	113	45.0	4.5	11.73	9.2×10^3
〃	15：30	0.6425	113	72.0	5.7	11.47	
〃	18：30	0.8284	110	68.8	6.5	11.21	9.2×10^3
〃	22：50	0.9325	107	36.8	5.9	10.69	
〃	11/6 1：35	1.3198	178	396	10.6	19.68	4.9×10^4
〃	4：45	1.1134	109	73.0	7.8	10.95	
〃	8：30	1.1007	150	73.6	7.2	15.92	1.3×10^5
〃	12：20	0.8008	112	68.0	6.8	11.40	1.6×10^4

られず，七尾西湾では潮汐流はほとんどないと判断された。

また，横流入量としてインプットする濁水時調査時の熊木，日用両河川流量観測結果を図2に示した。

3・2 水　質

表2に海域バックグランド調査及び濁水時調査（海域）の水質分析結果を示した。各項目についてみると，当然のことながら河口に最も近い③地点が極だって他の地点と分析値が異なっている。しかし，河口から離れるにつれ，バックグランド調査と濁水時調査の分析値に余り差がなく，むしろ逆転さえしている項目がみられる。この原因としては，両調査の調査日が離れていること，濁水時調査時に降雨量が比較的少なく河川からの負荷量が余り大きくなかったこと等が考えられる。層別には，調査地点の辺りは水深7m以下と浅いためか大きな特徴はみられない。一方，濁水時調査の河川の水質は表3に示されるように，流量の変動に伴いSSは大きく変化するが，COD，Na^+，大腸菌群数に関してはそれほど大きな変化は認められない。特に，予想に反しCODの変化が少ないことから，熊木，日用両河川によって運ばれるSSにはCOD寄与物質が余り含まれていないと思われる。

4 解 析 方 法

非定常水理，拡散現象の数理モデル化については前報[2]に詳しく記載したので，ここでは概略を述べる。

4・1 基 礎 式

ここでは深さ方向で平均化した全層完全混合モデルを設定し，以下の基礎式を用いた。従って，流況及び拡散シミュレーションにおいては，以下，全層平均流速，全層平均濃度で記載する。

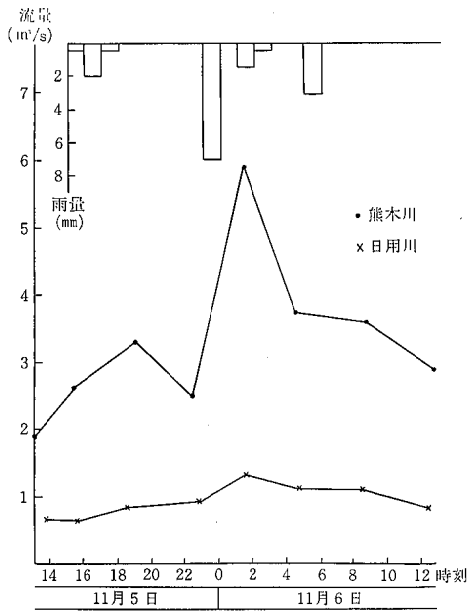


図2　濁水時調査時河川ハイドログラフ

∘ 運動方程式

$$\frac{1}{g}\left(\frac{\partial U}{\partial t}\right)+\frac{1}{g}\cdot U\cdot\frac{\partial U}{\partial x}+\frac{1}{g}\cdot V\cdot\frac{\partial U}{\partial y}+I_x+\frac{1}{\rho_x}\cdot\frac{\partial}{\partial x}(\rho_x\cdot h)+\frac{n^2\cdot U\cdot\sqrt{U^2+V^2}}{h^{4/3}}=0$$

$$\frac{1}{g}\left(\frac{\partial V}{\partial t}\right)+\frac{1}{g}\cdot U\cdot\frac{\partial V}{\partial x}+\frac{1}{g}\cdot V\cdot\frac{\partial V}{\partial y}+I_y+\frac{1}{\rho_y}\cdot\frac{\partial}{\partial y}(\rho_y\cdot h)+\frac{n^2\cdot V\cdot\sqrt{U^2+V^2}}{h^{4/3}}=0$$

∘ 連続方程式

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial Q_x}{\partial x}+\frac{\partial Q_y}{\partial y}=q$$

∘ 拡散方程式

$$\frac{\partial(hs)}{\partial t}+\frac{\partial(hUs)}{\partial x}+\frac{\partial(hVs)}{\partial y}=K_x\frac{\partial}{\partial x}\left(h\frac{\partial s}{\partial x}\right)+K_y\frac{\partial}{\partial y}\left(h\frac{\partial s}{\partial y}\right)+qc-khs$$

ここで，gは重力加速度，U,Vはx, y方向の流速，tは時間，x, yは距離，I_x, I_yはx, y方向の水底勾配，ρ_x, ρ_yはx, y方向の流体密度，hは水深，nは粗度係数，Q_x, Q_yはx, y方向の通過流量，qはmesh流入流量，sは成分濃度，K_x, K_yはx, y方向の渦動拡散定数，cはmesh流入成分濃度，kは自己減衰係数を示す。

4・2　演算条件

(1)　**境界条件**

屏風，三ケ口瀬戸で水位を時系列に与えた。

(2)　**mesh流入流量**

河口部において，熊木，日用両河川水が同一meshに放出されるので，両河川の合計流量を時系列に与えた。

(3)　**mesh流入成分濃度**

両河川の各成分濃度を流量比で加重平均した濃度を時系列に与えた。

(4)　**演算パラメータ**

dt = 25(s)

dx = 500(m)

dy = 500(m)

n = 0.025

L（渦動粘性係数）= 20(m^2/s)

K_x, K_y(m^2/s)
k(/s)　} 各成分の実測値との対応で決定（後述）

5　計算結果及び考察

5・1　流況シミュレーション

現況及び将来地形における流況をシミュレーションし，その違いを予測した。境界条件として両瀬戸で与える水位は，3・1で述べたように潮位の調和解析を行い，濁水時調査期間の潮位再現を行った。その結果，両瀬戸間の潮差はほとんどないことが明らかとなったが，観測に当って基準測量を行っていないため，恒流成分が上乗せされている可能性は否定できない。そこで，三ケ口瀬戸を屏風瀬戸より1時間位相を遅らせた仮想データを計算し，両瀬戸間に潮差をつけ（表4）いろいろなケースにおける流況をシミュレーションした。

一方，昭和48年11月に運輸省が実施した測流板追跡調査によると，三ケ口瀬戸では漲潮時表層で6～13 cm/sの北上傾向，また，屏風瀬戸では落潮時5～17 cm/sの南西流傾向が観測されている。この観測値より流れの速い屏風瀬戸で西流約30cm/sとなる漲潮時の流況計算結果は図3のとおりで，瀬嵐地区から田鶴浜にかけての湾奥部は停滞傾向を示し，将来においても流況は，ほとんど変化しない。また，屏風瀬戸で東流約30cm/sとなる落潮時の流況計算結果を図4に示

表 4　　現況成分濃度分布再現入力データ

時　間 (hr)	三ケ口瀬戸 水位(m)	屏風瀬戸 水位(m)	河川流量 (m^3/s)	COD負荷濃度 (ppm)	SS負荷濃度 (ppm)	Na^+負荷濃度 (ppm)
0	0.25	0.27	2.55	3.7	10.3	11.1
1	0.29	0.30	2.55	3.7	10.3	11.1
2	0.31	0.31	2.55	3.7	10.3	11.1
3	0.31	0.30	2.55	3.7	10.3	11.1
4	0.29	0.26	2.55	3.7	10.3	11.1
5	0.24	0.21	2.55	3.7	10.3	11.1
6	0.19	0.16	2.55	3.7	10.3	11.1
7	0.14	0.11	2.55	3.7	10.3	11.1
8	0.10	0.09	2.55	3.7	10.3	11.1
9	0.09	0.09	2.55	3.7	10.3	11.1
10	0.10	0.11	2.55	3.7	10.3	11.1
11	0.13	0.15	2.55	3.7	10.3	11.1
12	0.17	0.19	2.55	3.7	10.3	11.1
13	0.21	0.23	2.55	3.7	10.3	11.1
14	0.24	0.26	2.55	3.7	10.3	11.1
15	0.26	0.26	2.55	3.7	10.3	11.1
16	0.25	0.25	2.55	3.7	10.3	11.1
17	0.23	0.22	2.55	3.7	10.3	11.1
18	0.20	0.18	2.55	3.7	10.3	11.1
19	0.16	0.16	2.55	3.7	10.3	11.1
20	0.14	0.14	2.55	3.7	10.3	11.1
21	0.14	0.15	2.55	3.7	10.3	11.1
22	0.16	0.18	2.55	3.7	10.3	11.1
23	0.20	0.22	2.55	3.7	10.3	11.1
24	0.24	0.27	2.55	3.7	10.3	11.1
25	0.29	0.30	2.55	3.7	10.3	11.1
26	0.32	0.32	2.55	3.7	10.3	11.1
27	0.33	0.32	2.55	3.7	10.3	11.1
28	0.31	0.29	2.55	3.7	10.3	11.1
29	0.27	0.24	2.55	3.7	10.3	11.1
30	0.22	0.18	2.55	3.7	10.3	11.1
31	0.16	0.12	2.55	3.7	10.3	11.1
32	0.11	0.08	2.55	3.7	10.3	11.1
33	0.07	0.06	2.55	3.7	10.3	11.1
34	0.06	0.07	2.55	3.7	10.3	11.1
35	0.08	0.10	2.55	3.7	10.3	11.1
36	0.12	0.14	2.55	4.0	14.0	10.8
37	0.16	0.19	2.55	4.1	17.7	10.4
38	0.21	0.23	2.89	4.5	21.6	10.3
39	0.24	0.26	3.26	4.8	25.7	10.1
40	0.25	0.26	3.51	5.2	29.5	10.0
41	0.25	0.24	3.73	5.6	33.1	9.9
42	0.22	0.22	3.94	6.0	36.3	9.8
43	0.19	0.19	4.14	6.4	39.0	9.7
44	0.17	0.17	3.91	6.3	34.9	9.7
45	0.15	0.16	3.70	6.2	31.2	9.6
46	0.16	0.18	3.48	6.1	27.6	9.6
47	0.19	0.21	4.17	6.4	39.5	9.5
48	0.23	0.26	5.45	7.4	82.0	10.1
49	0.28	0.30	6.78	8.1	121.4	10.6
50	0.32	0.33	6.75	8.5	130.0	12.3
51	0.34	0.34	6.00	8.3	104.6	14.1
52	0.34	0.32	5.23	8.3	77.8	15.7
53	0.31	0.27	4.83	8.0	55.4	16.2
54	0.26	0.21	4.80	7.6	50.7	15.8
55	0.19	0.15	4.76	7.2	46.5	15.5
56	0.13	0.09	4.73	6.8	41.9	15.2
57	0.08	0.05	4.61	6.4	37.6	14.5
58	0.05	0.04	4.36	5.9	34.5	13.3
59	0.05	0.06	4.12	5.6	30.9	12.1
60	0.07	0.09	3.87	5.1	27.1	10.1
61	0.12	0.14	3.73	4.9	25.4	10.1
62	0.16	0.19	3.73	4.9	25.4	10.1
63	0.21	0.23	3.73	4.9	25.4	10.1
64	0.24	0.25	3.73	4.9	25.4	10.1

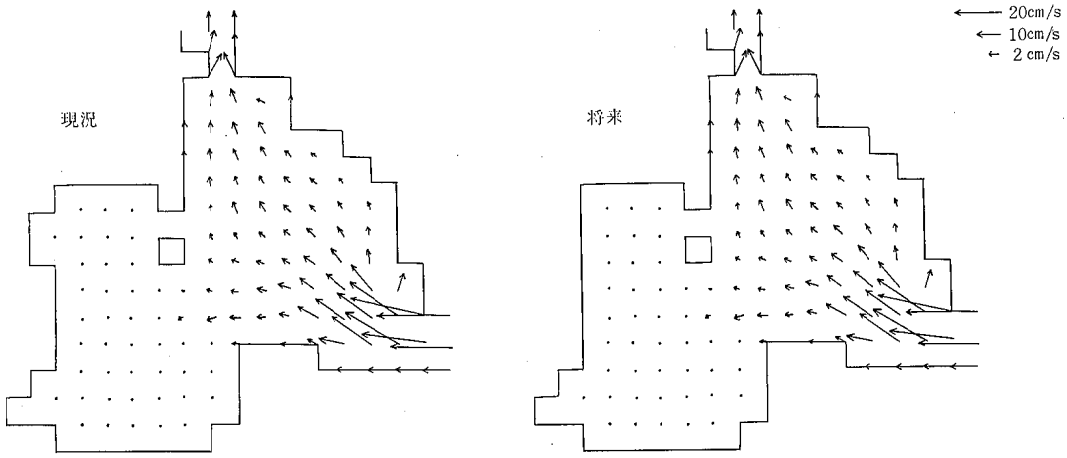


図 3　　漲潮時流況比較図

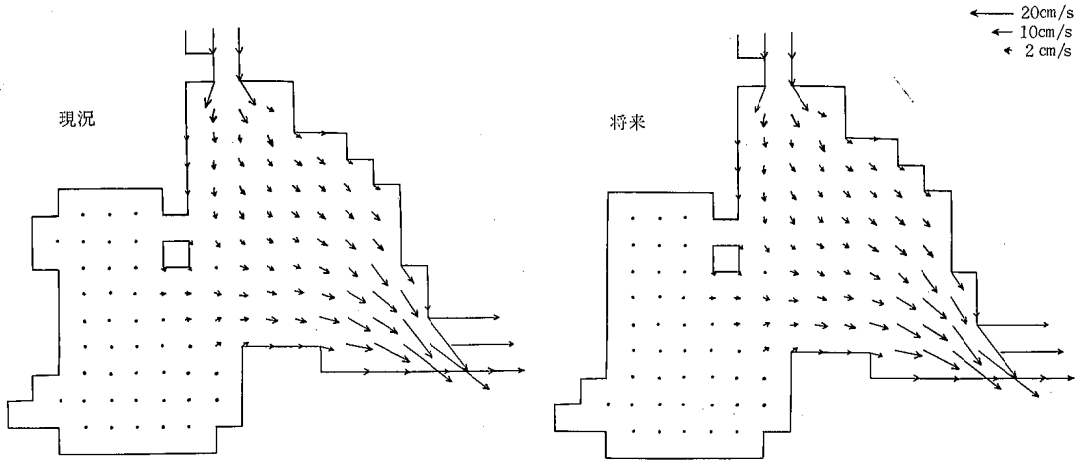


図 4　　落潮時流況比較図

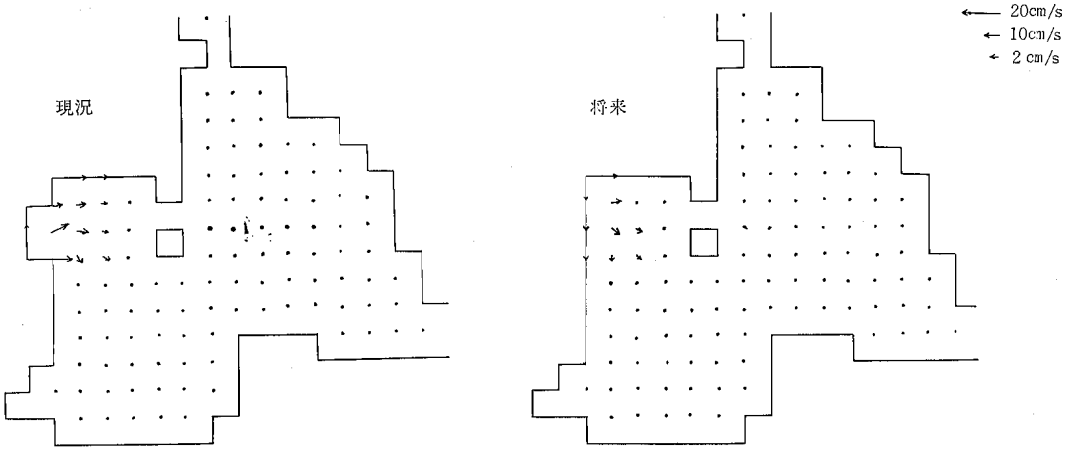


図 5　　洪水時流況比較図

したが，漲潮時同様湾奥部は停滞傾向を示し，将来においても変化はない。また，図5に過去7年間の最大洪水時流量（125.5m³/s）を河川流量として与えた河川水による流況図を示す。この時は河口前面海域で数cm/sの流速を示すが，埋立てによる大きな変化は認められない。

いずれにしても，仮想潮位データによる計算値は，いずれの時間においても現況と将来の間にほとんど差がなく，しかも，湾奥部は常に停滞傾向にある。そこで，以下の拡散シミュレーションにおいても両瀬戸の水位は，ここで用いた値を使って行った。

5・2　現況成分濃度分布再現

将来の成分濃度分布を予測するため，濁水時調査時の河川からの負荷量を時系列に与え，計算結果が各meshの実測値と一致するような拡散パラメータ（K_x，K_y，k）を各成分について求めようと試みた。入力した河川の流量，負荷濃度を表4に示した。35時間までは拡散を安定化させるため，降雨前の同一負荷量を与えた。そして，35時間後の計算結果をバックグランド調査の結果と一致させ，以後，濁水時調査の海域採水時まで計算を行い，実測値との対応をみた。

(1)　COD 分布再現

計算開始時の各 mesh 初期濃度は0 ppm を与えた。

表5　七尾西湾における水質分析結果

(S. 54)

地　点	採水日	COD(ppm)	SS(ppm)
長浦沖	6.6	2.0	5.0
	7.6	2.3	7.5
	8.13	2.1	3.0
	9.13	2.6	5.5
種ケ島沖	6.6	1.6	1.0
	7.6	2.1	3.5
	8.13	2.6	2.5
	9.13	2.7	5.0
和倉沖	6.6	2.1	6.0
	7.6	2.4	6.5
	8.13	2.4	3.0
	9.13	2.5	2.5
屏風沖	6.6	2.2	4.5
	7.6	2.7	8.5
	8.13	1.9	8.0
	9.13	2.1	4.5

35時間後の計算結果を図6－1に，バックグランド調査の実測値とこの値の差を図6－2に示した。この値を35時間以降の拡散計算における補正バックグランド値とし，濁水時調査の各 mesh の採水時間の計算結果に，この値を加えたものを計算値とした。その結果を図6－3に示してあるが，⑤及び⑧地点はSSが上層，中層に比し極端に下層が高く，海底土を含んでいる可能性があるので，下層の値を除いたものを実測値として示した。

本来，この種の調査は，降雨前にバックグランド調査を行い，降雨後，濁水がある程度拡散した後に採水する。即ち，バックグランド調査と濁水時調査は連続していなければならない。しかし，今回の調査では別の日にやらざるを得なかった。従って，バックグランド値の取扱がい問題となり，この値が計算結果を左右する恐れがある。表5に七尾西湾4地点のCOD，SSの月別分析結果を示したが，CODに関しては同一地点で，0.4～1.1 ppm の差がみられる。このことから，図6－3の計算値は現況を良く再現していると思われる。そこで後の成分濃度分布予測には，ここでの計算に用いたパラメータ，即ちK_x，K_y共に5 m²/s，k＝10^{-6}/s を用いることとした。

(2)　SS 分布再現

(1)と同様の方法で計算値を求めた。しかし，k＝0 /s 即ち，河川からの負荷量が沈降等で全く減少せず，すべて海域に拡散していく条件で計算しても実測値が計算値よりもかなり高い。

一方，濁水時調査の層別SS分析結果をみると，上層，中層に較べ下層の濃度が高い傾向がみられる。最も水深の浅い③及び⑧地点，中でも③地点が特に実測値との差が大きい。このことから③地点では河川流，低気圧による海荒れ等により，底泥の巻き上げが最も起りやすく，しかも河川の海域への流出地点でもあるため巻き上げられた量が沖合へ拡散していくものと考えられる。また，河川採水地点が感潮部を避けるためにかなり上流となったので，河口部の実際の負荷量はもっと大きいと考えられる。そこで，これらのことを加味して，河川の感潮域付近及び河口近隣海域から発生するSS負荷も一つのパラメータとして考え，実測値との対応を試みた。河口付近負荷を河川負荷と同程度とした計算結果を図7に示す。

一方，表5でみると，SSの方にCODよりはるかに大きい4.0～4.5 ppm の変動がみられる。ここに掲げた4カ所は湾中央及び瀬戸口に位置するが，湾奥部ま

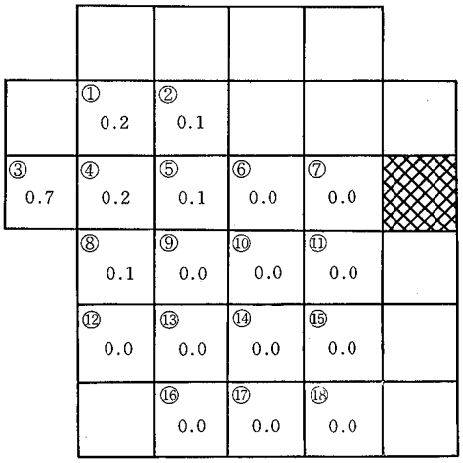


図6-1　CODの35時間後における計算結果（ppm）

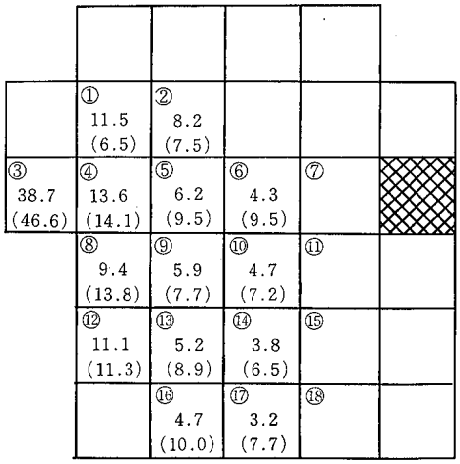


図7　SS　計　算　値（実測値）（ppm）

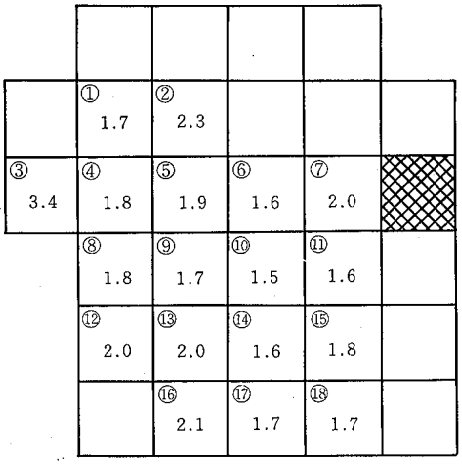


図6-2　COD 補正バックグランド値（ppm）

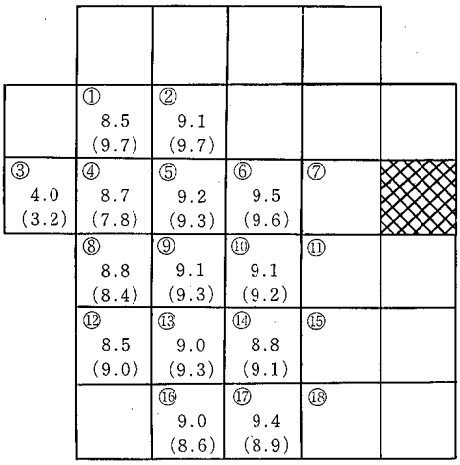


図8　Na^{+}計算値（実測値）（‰）

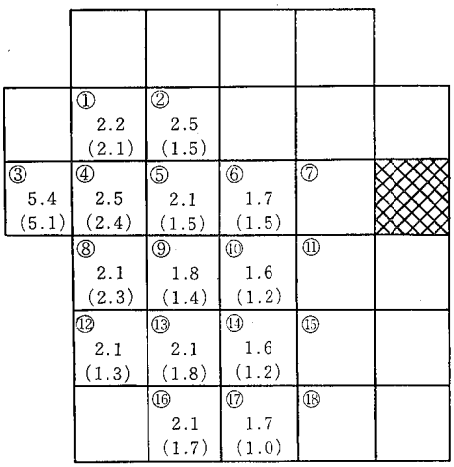


図6-3　COD 計算値（実測値）（ppm）

して河川による影響を常に受けている海域では，その変動はもっと大きいと思われ，図7は現況をよく再現していると判断した。なお，ここで用いたK_x，K_yは共に5 m²/s，$k=10^{-6}$/s，初期濃度0 ppmである。

(3) Na^+分布再現

(1)，(2)と異なりNa^+は自己減衰がないので$k=0$/sとし，K_x，K_yは(1)，(2)と同じ5 m²/sとした。

Na^+はCOD，SSとは反対に海域の方が圧倒的に濃度が高く，河川からの負荷は極く少量であり，海域濃度が河川からの淡水によって減少していくことになる。従って，初期値として0 ppmを入力することはできない。そこで淡水の影響の少ないと考えられる⑭，⑮，⑰，⑱地点のバックグランド調査時の平均値 9.3 ‰を初期値として入力した。図8にその結果を示したが現況をよく再現している。なお，Na^+の9.3‰はCl^-に換算すると（海水のNa^+/Cl^-は約1/1.8）16.7‰となり，石川県増殖試験場調査による七尾西湾の月別平均値（昭和47～52年）が15.6～17.4‰と報告されているので，初期値としては妥当な値と思われる。

(4) 大腸菌群分布再現

大腸菌群は(1)～(3)と違い生物であるため，増殖，死滅があるので，その拡散は単純には論じられない。しかし，海域への拡散は河川水に乗って運ばれ，もともと海域にいる大腸菌群は河川水に較べ少ないと思われる。また，濁水時調査の結果，河川からの大腸菌群負荷濃度は流量に余り関係なく約10^4MPN/100mlと大きい。このことから，大腸菌群の拡散はNa^+濃度（即ち淡水と海水の混合割合）によってある程度推定できるのではないかと考えた。そこで，2回の調査（バックグランド調査，濁水時調査）におけるNa^+濃度と大腸菌群数の関係をみた。その結果を図9に示したが，Na^+濃度と大腸菌群数は負の相関が強く現われており，おおまかにはNa^+が9‰以上では10^1，8～9‰では10^2，4～8‰では10^3，4‰以下では河川と同じ10^4とみても余り問題がないと判断した。

5・3 洪水時における成分濃度分布予測

5・2で求めた各成分のK_x，K_y，kを用いて将来の成分濃度分布予測を行った。河川流量としては昭和53年6月26日～6月29日の洪水時流量（石川県土木部調べ）を用いた（図10）。この流量は昭和48年9月～55年3月の間の最大洪水時のもので，通常これ以上の負荷量にはならないであろう最大値を入力した。各成分の負荷濃度は実測値がないので各時間一律，濁水時調査時の入力最大濃度，即ちCOD 8.5ppm，SS 130ppm，Na^+ 9.7ppmを与えた。

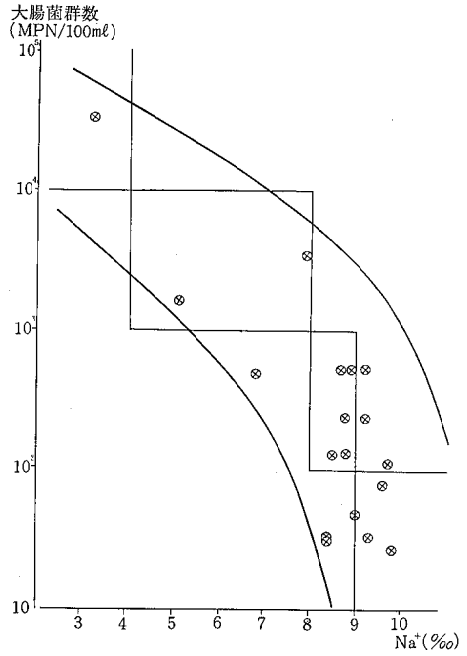


図9　Na^+と大腸菌群数の関係

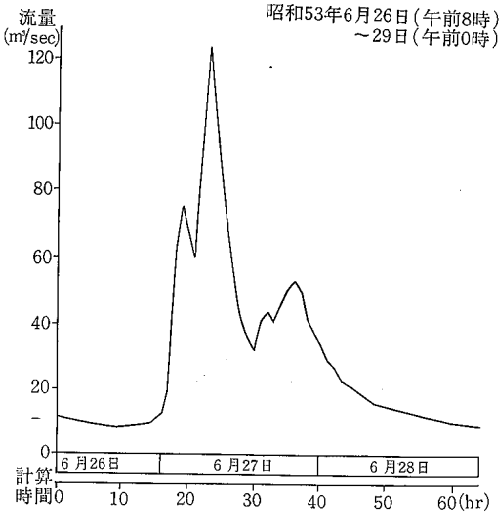


図10　洪水時流量データ
（石川県土木部資料による）

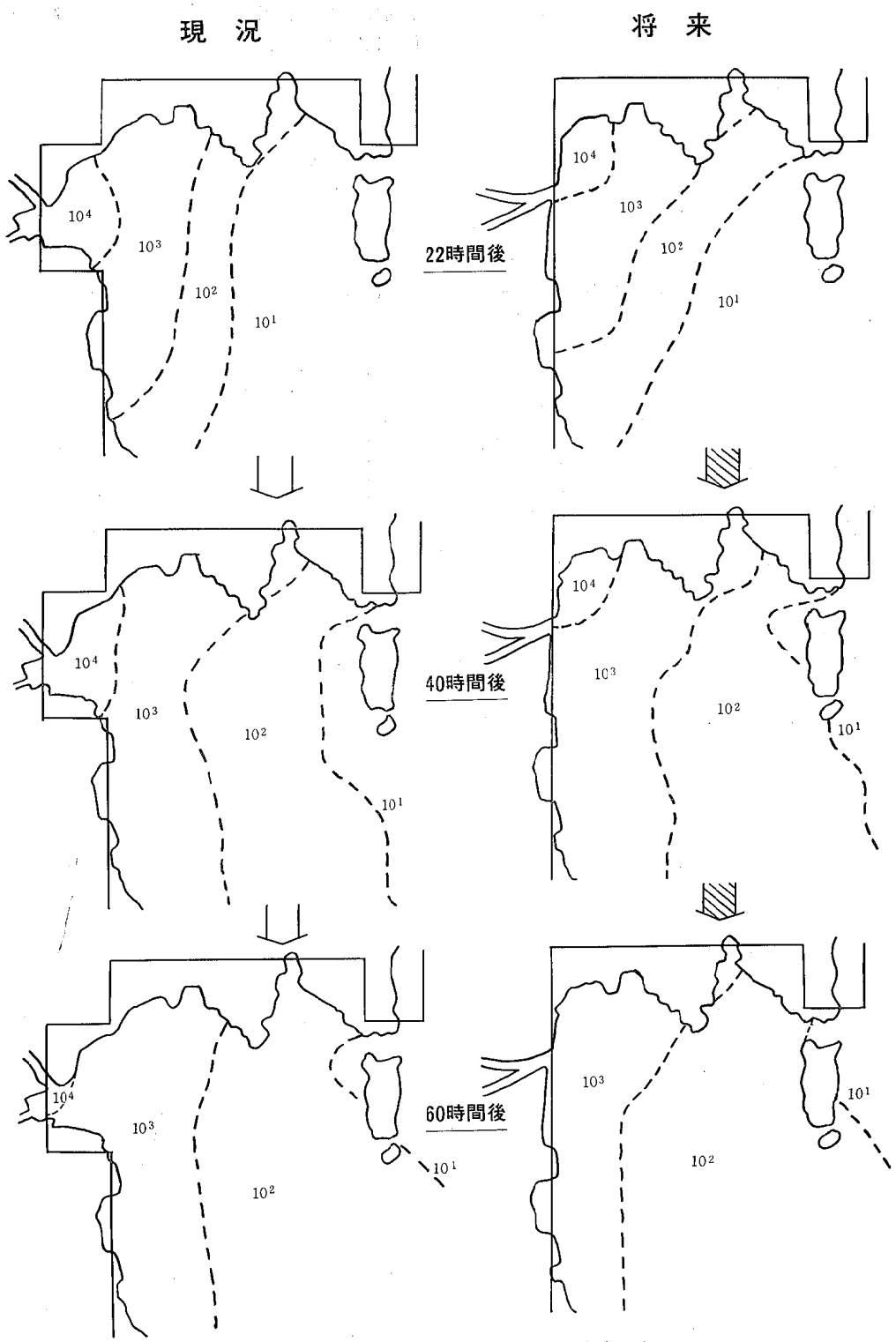


図 11　　COD 拡 散 予 測 図 (ppm)

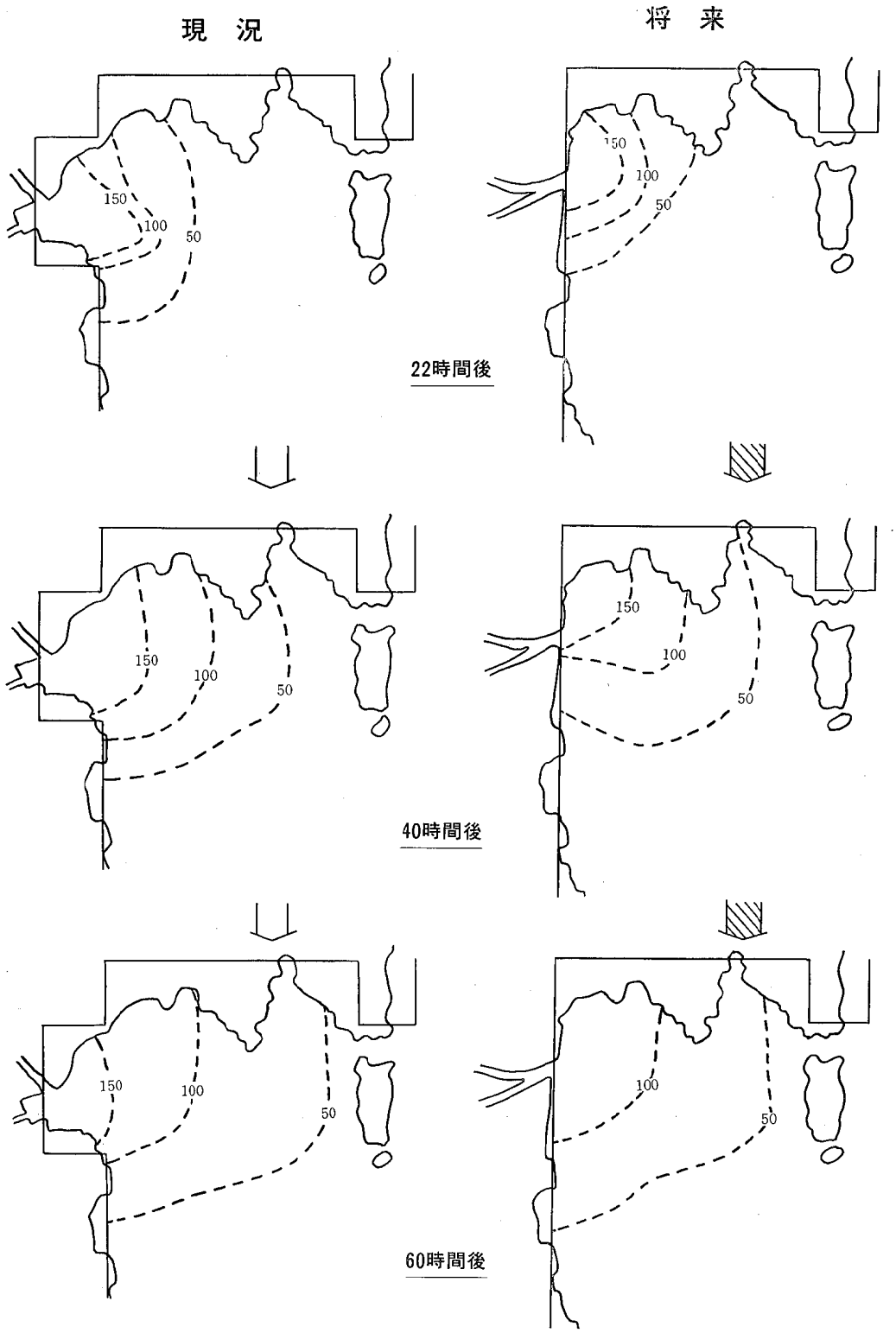


図 12　　SS 拡 散 予 測 図（ppm）

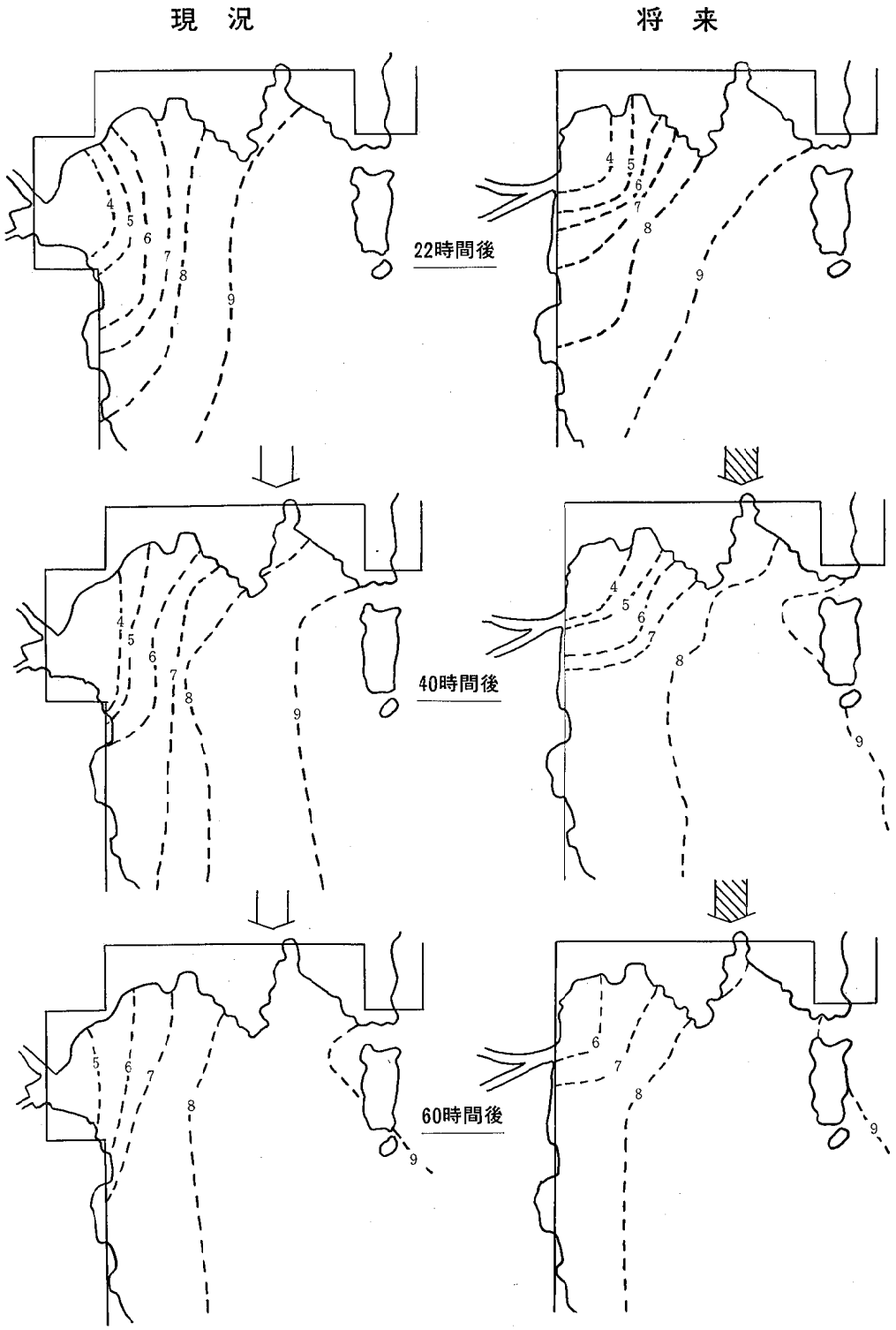


図 13　　Na^+ 拡 散 予 測 図 (‰)

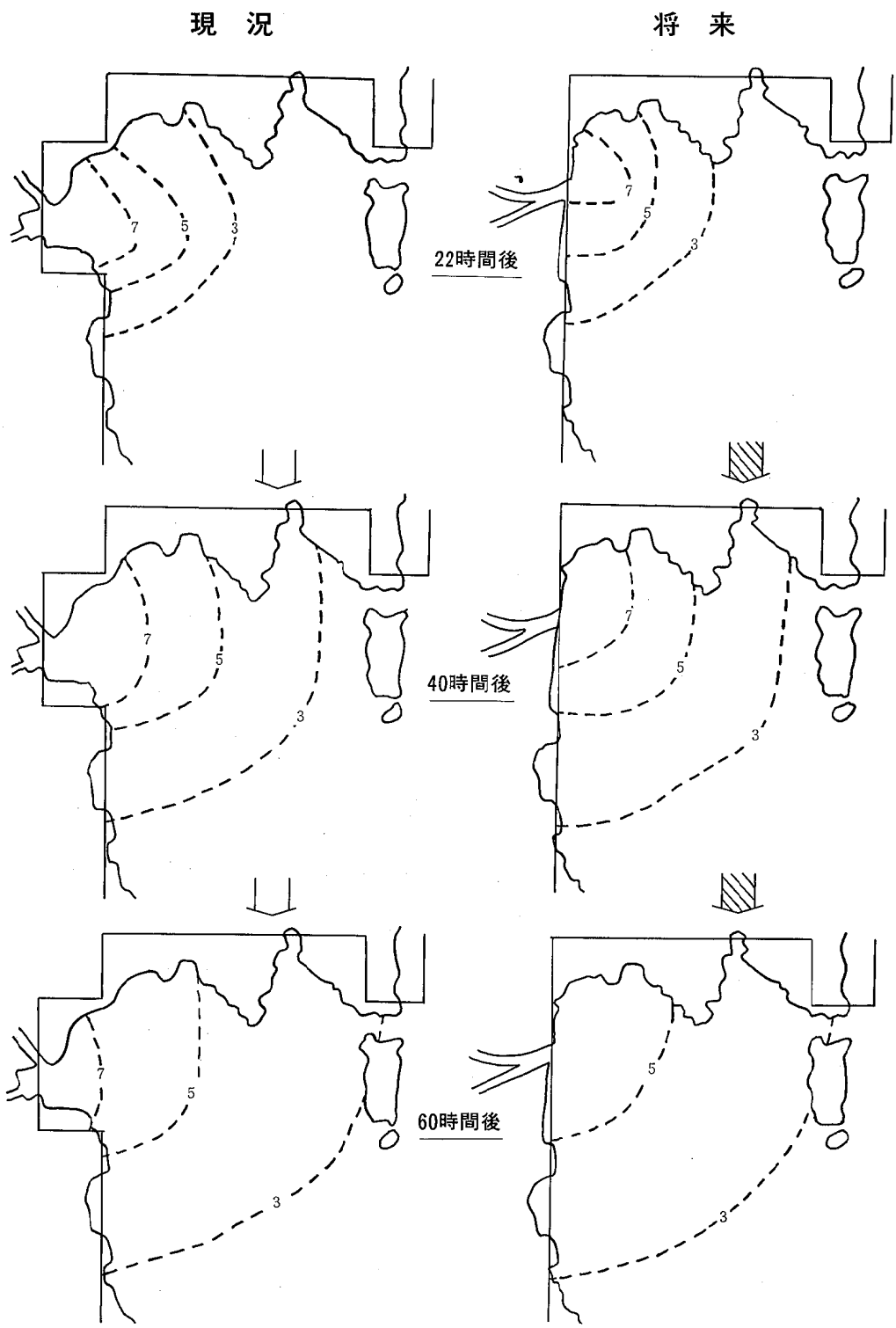


図 14　　大腸菌群拡散予測図 (MPN/100ml)

(1) COD 分布予測

初期値 0 ppm，バックグランド値 2 ppmとして計算した。現況と将来の代表的な計算時間（図10参照）の濃度分布を図11に示した。河川からの負荷ピーク時（22時間後）では，将来の方が海岸線付近（特に北の瀬嵐側）の拡散が進行しているが，負荷量が減少するに従い現況とは変わらなくなる。それどころか，むしろ高濃度線の回復が現況より早い傾向がみられる。全体的にみて将来の方が拡散が速やかに起っており，現況，将来共，負荷量減少に伴い低濃度線は沖合方向へ，高濃度線は河口部へと移動する。

(2) SS 分布予測

現況再現と同様，河口近隣付近からの負荷も一つのパラメータとして与えた。初期値 0 ppm，バックグランド値 5 ppmとした計算結果を図12に示したが(1)と同様の傾向がみられる。

(3) Na^+分布予測

初期値は9.3‰，バックグランド補正は行わなかった。図13に結果を示した。(1)，(2)とは逆に高濃度線が沖合に存在し，低濃度線が河口部へと退化する。いずれにしても陸地境界付近を除けば現況と将来に大差はない。

(4) 大腸菌群分布予測

Na^+分布から推定した結果を図14に示した。計算上の分布は図のようになるが，大腸菌群は沈殿，日光の暴露，飢餓，水中動物の補食等により漸次減少していくと考えられる。また，天然水中では，ある期間生存しているだけで増殖することは先ずないとされている[3]。海水中における挙動は淡水化した33%海水中では増殖はある程度認められるが，67%，100%海水中では増殖しないとも報告されている[4]。このことから，Na^+の約6‰以上の海域では実際の分布はこれよりかなり小さいものになると思われ，また，河川流量が減少すれば，速やかに回復すると考えられる。しかし，いずれにしても現況と将来に大差はない。

6 ま と め

石川県では七尾西湾湾奥部に位置する熊木川，日用川両河口部において21.8ha の海域の埋立てが計画されている。この埋立てによる流況及び水質成分の変化が湾奥部一帯で行われているカキ養殖に悪影響を及ぼすことが懸念される。そこで我々は，既に前報で確立させた半閉鎖性水域における非定常水理，拡散現象の数理モデル解析手法を用い，これらの変化を予測した。その結果，現況と将来地形において最も差がでると思われる過去7年間の最大洪水時でも流況及び水質成分（COD，SS，Na^+，大腸菌群）は埋立てによって，ほとんど変化しないことが明らかとなった。また，七尾西湾では潮位観測結果の調和解析から，潮位差はほとんどなく，潮汐流よりも恒流成分が卓越していることも明らかとなった。

本研究のシミュレーションを行うにあたり，プログラム開発，電子計算機使用に多大なる御協力を頂いた金沢工業大学寺下教授，北村助教授並びに金沢工業大学計算機センターの山口先生及びスタッフ一同に深く感謝の意を表します。

文　献

1) 矢鋪満雄，矢田峰子，竹野裕治，東浩一，小川清，三井信晴，石田喜朗，志茂たみ：石川衛公研年報，**17**，185—197（1980）

2) 矢鋪満雄，桐元俊武，矢田峰子，竹野裕治，東浩一，石田喜朗，志茂たみ：石川衛公研年報，**16**，116—129（1979）

3) 善養寺浩，工藤泰雄：大腸菌と感染症，近代出版，東京（1976）

4) Hanes, N. B. and Fragala, R.：水道協会雑誌，397号，83—85（1967）

〔報　文〕

半閉鎖性水域における非定常水理・拡散現象の数理モデル解析（第5報）

—— 七尾南湾における流況（定常）シミュレーション ——

矢鋪満雄・矢田峰子・竹野裕治
石川県衛生公害研究所環境部　東　浩一・小川　清・三井信晴
石田喜朗・志茂たみ

1 はじめに

我々は前報[1]において，七尾南湾における非定常水理，拡散現象の数理モデル解析について報告した。しかし，そこでは基礎方程式から基礎式への展開，その差分化による解法等，数値計算方法の確立が主で，実際の観測データを用いての応用には至っていない。

一方，七尾南湾は東に小口瀬戸，西に屏風瀬戸の二つのオープンバウンダリーを持つ半閉鎖性水域で，平均水深約10.6m，水表面積約39km^{2}の規模で，湾奥部に七尾港がある（図1）。この七尾港に近い県有埋立地赤崎工業用地（以下赤崎）は，七尾港奥利用ビジョンともからみ合って，将来大きく発展することが考えられる。そこで今回，実測データを用いて，七尾南湾の現況及び赤崎の埋立て，浚渫後（将来）の流況をシミュレーションし，その差異を検討した。

2 解析方法

2・1 数理モデルの基礎式

Navier-Stokesの運動方程式及び連続方程式を深さ方向で平均化し，運動方程式の粘性項に巨視的にManningの式を，連続方程式に単位巾流入項を設け，以下の基礎式を導いた。

○ 運動方程式

$$\frac{1}{g}\left(\frac{\partial U}{\partial t}\right)+\frac{1}{g}\cdot U\cdot\frac{\partial U}{\partial x}+\frac{1}{g}\cdot V\cdot\frac{\partial U}{\partial y}+I_x+\frac{1}{\rho_x}\cdot\frac{\partial}{\partial x}(\rho_x\cdot h)+\frac{n^2\cdot U\cdot\sqrt{U^2+V^2}}{h^{3/4}}=0$$

$$\frac{1}{g}\left(\frac{\partial V}{\partial t}\right)+\frac{1}{g}\cdot U\cdot\frac{\partial V}{\partial x}+\frac{1}{g}\cdot V\cdot\frac{\partial V}{\partial y}+I_y+\frac{1}{\rho_y}\cdot\frac{\partial}{\partial y}(\rho_y\cdot h)+\frac{n^2\cdot V\cdot\sqrt{U^2+V^2}}{h^{3/4}}=0$$

○ 連続方程式

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial Q_x}{\partial x}+\frac{\partial Q_y}{\partial y}=q$$

ここでgは重力加速度，U，Vはx，y方向の流速，tは時間，x，yは距離，I_x，I_yはx，y方向の水底勾配，ρ_x，ρ_yはx，y方向の流体密度，hは水深，nは粗度係数，Q_x，Q_yはx，y方向の通過流量，qはmesh流入流量を示す。

Analysis of Unsteady Hydraulic and Diffusive Phenomena in Semi-Closed Water Area by Mathematical Model Simulation. 5. Simulation of (Steady) Hydraulic Phenomena in Nanao-Nan-Wan. *by Michio YASHIKI, Mineko YATA, Yuhji TAKENO, Koh-ichi HIGASHI, Kiyoshi OGAWA, Nobuharu MITSUI, Yoshiaki ISHIDA, and Tami SHIMO (Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

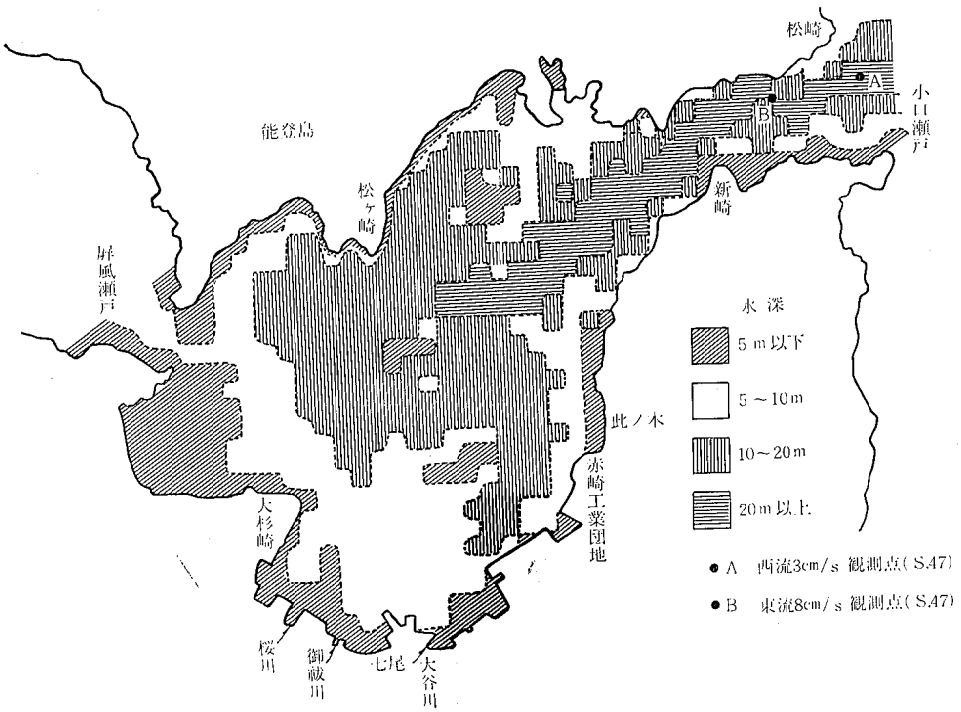


図 1　　七尾南湾水深分布図

2・2 演算条件

(1) 境界条件

日本海側では一般に潮位差が60cm以下と小さく，潮汐流よりも恒流成分が卓越していると考えられる。表1に過去の小口瀬戸における流況観測結果を示すが，表1－1では，いずれの季節においても流出，即ち東流が優先している。一方，表1－2に層別の出現頻度を示すが，これをみると上層，下層で流向の違いによる二層流がみられ，下層では流入，即ち西流が優先している。これらのデータより，小口瀬戸において東流では8cm/s，西流では3cm/sを七尾南湾の代表流と判断した。即ち，境界条件としては図1に示す観測点（A点で西流，B点で東流）で設定流速が得られるような流速を与えた。しかし，湾内における観測データが少ないため，ここでは恒流成分のみを対象とした定常シミュレーションを行った。

表1　小口瀬戸の流況

表1－1　表層における四季の恒流及び25時間移動平均流の最大値

	恒流	25時間移動平均流	
		流入最大流速	流出最大流速
春期（昭和47年5月）	流出 8.3cm/s	14cm/s	28cm/s
夏期（昭和54年8月）	流出 5.6cm/s	14cm/s	11cm/s
秋期（昭和49年10月）	流出 7.3cm/s	16cm/s	26cm/s
冬期（昭和48年1月）	—	（出現せず）	（35cm/s）

春期～秋期は15昼夜観測，冬期は1昼夜観測

表1－2　25時間移動平均流の出現頻度
（夏期調査結果より算出）

		0～5 cm/s	6～10 cm/s	11cm/s以上
水面下3m層	流入	12%	29%	4%
	流出	8%	46%	1%
水面下7m層	流入	96%	1%	
	流出	3%		

流入；西流，流出；東流

(2) シミュレーションのケース

東流8cm/s，西流3cm/sの他に，表2に示す15ケースを想定した。将来は，航路浚渫位置及び水深の違

う2ケース，即ち将来1，将来2を想定し比較した。

(3) Mesh流入流量

七尾南湾の代表的な流入河川である桜川，御祓川，大谷川の平水位流量を各時間一定に与えた（表3）。

表2　シミュレーションのケース

ケース		流向	流速(cm/s)
1	現況	東流	8
2			20
3		西流	3
4			8
5			20
6	将来1	東流	8
7			20
8		西流	3
9			8
10			20
11	将来2	東流	8
12			20
13		西流	3
14			8
15			20

注）流向，流速は西流3 cm/s の場合が図1のA，他はB地点の値である。

表3　流入流量

河川	流量 (m^3/s)
桜川	0.90
御祓川	0.09
大谷川	0.37

(4) 演算パラメータ

粗度係数：0.025
渦動粘性係数：6.25 (m^2/s)
距離階差（x，y方向共）：250 (m)
時間階差：10 (s)

(5) 地形条件

寺島は陸域，また小島である雌島は孤立提防，即ちV（y方向の流速）＝0として扱った。現況，将来1，将来2の水深変化格子及び水深を図2，表4に示すが，将来1，2の相異は6地点における水深の差だけである。

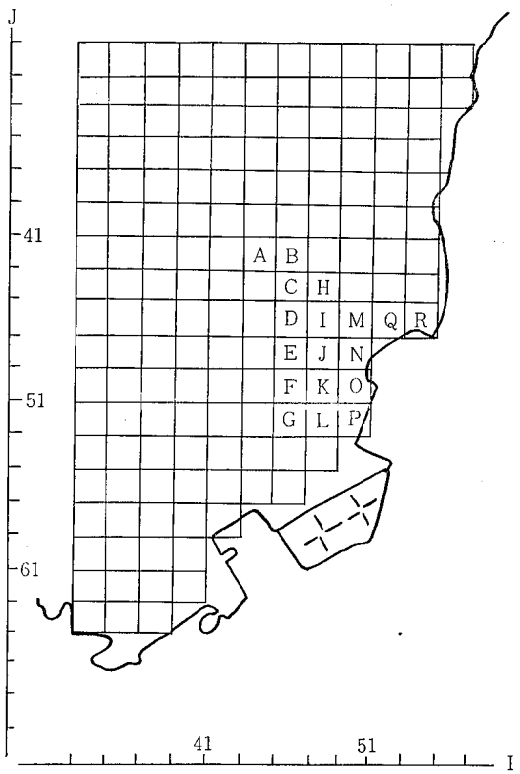


図2　赤崎前面海域

表4　現況と将来との相違（平均水深）

格子名	現況	将来1	将来2
A	13.0	14.0	14.0
B	13.1	14.0	14.0
C	12.7	14.0	14.0
D	12.1	14.0	14.0
E	11.2	14.0	14.0
F	10.4	10.4	14.0
G	8.7	8.7	12.0
H	11.2	14.0	11.2
I	11.0	14.0	14.0
J	10.5	14.0	14.0
K	10.0	10.0	14.0
L	9.5	10.0	14.0
M	9.9	14.0	9.9
N	9.0	14.0	14.0
O	6.0	(埋立)	(埋立)
P	7.1	(〃)	(〃)
Q	5.4	(〃)	(〃)
R	2.5	(〃)	(〃)

（単位：m）

3 計算結果及び考察

3・1 境界流速

前に述べたように，小口瀬戸で流速を，屏風瀬戸で水位を各々時間的に固定して与えた。流速境界条件は，観測点における設定流速と演算結果が一致する値を求めた。その結果を表5に示す。即ち，小口瀬戸の流速格子点8点に，河川と同様に流速勾配をもたせて各格子点における流速分布定数を求め，これに各々のケースの単位流速値を乗じて（a×Vu）各格子点の境界流速とした。

表5　流速境界条件（小口瀬戸）

格子点	流速分布定数(a)	単位流速値（Vu）
(89.1)	0.333	(m/s)
(89.3)	0.667	(東流8 cm/s)：　0.048
(89.5)	0.917	(東流20cm/s)：　0.120
(89.7)	1.000	(西流3 cm/s)：−0.024
(89.9)	1.000	(西流8 cm/s)：−0.058
(89.11)	0.917	(西流20cm/s)：−0.132
(89.13)	0.667	
(89.15)	0.333	

注）格子点に対してはa×Vuの値として入力する。

3・2 演算収束の確認

定常シミュレーションなので，演算収束に任意のx断面（4本）の通過流量が一定となった時とした。表6に各ケースのx断面通過流量を示す。

表6　X断面通過流量

（単位：$\times 10^4 m^3/s$）

流向	流速(cm/s)	通過流量
東流	8	0.10
	20	0.27
西流	3	0.05
	8	0.13
	20	0.30

3・3 演算結果

現況の流況図の一部を図3に示す。演算結果から，域内の流向は，いずれも境界流向（東流，西流）に制約されて流速とは無関係に一義的に決まることが明らかとなった。一方，流速は境界流速に対応して，これと比例的に変化する様相を呈している。つまり，概観的には屏風瀬戸，あるいは小口瀬戸から流入した海水は，海底谷に沿って（図1の水深参照）主流を形成し，これから遠ざかるにつれて流速が減退する。特に湾奥では瀬戸口に較べて，地形条件と水流の微着性が相俟った形で流況が停滞する。また，東流の場合は屏風瀬戸入口の南北において二つの環流が生じている。

赤崎埋立地前面（赤崎埋立地より半径2km以内）における各ケースの流況比較を表7に示す。これをみると，現況流速に対して，いずれの境界条件の場合も将来2ケース共，流速最大値は高々10分の数 cm/s の差異を現出するにすぎない。しかし，将来と現況との格子点毎の流速差（cm/s）は，正となる場合は0.2〜1.1と小さく，対して負となる場合には−0.4〜−2.2と若干大きくなる。このことから，埋立て，浚渫によっ

表7　赤崎前面における流況　（単位：cm/s）

境界条件		流速			流速差		
流向	流速	現況 (a)	将来1 (b)	将来2 (c)	b − a	c − a	c − b
東流	8	0.2〜2.7	0.1〜2.4	0.1〜2.5	−0.7〜0.3	−0.8〜0.2	−0.2〜0.2
	20	0.1〜6.1	0.2〜6.4	0.1〜6.4	−2.1〜0.7	−2.1〜1.1	−0.2〜0.5
西流	3	0.1〜1.6	0.1〜1.3	0.1〜1.3	−0.4〜0.2	−0.4〜0.2	−0.1〜0.2
	8	0.2〜3.5	0.1〜2.8	0.2〜2.9	−1.5〜0.7	−1.6〜0.7	−0.1〜0.3
	20	0.1〜5.3	0.1〜5.3	0.1〜5.3	−2.2〜0.3	−2.2〜0.6	−0.4〜0.4

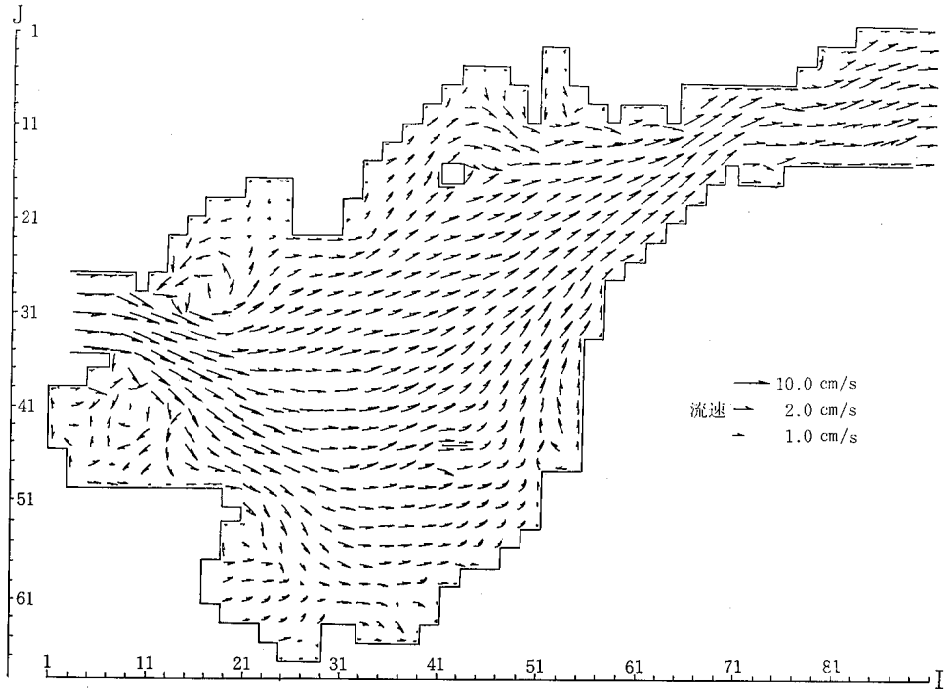


図 3－1　　現　況　東　流　（8 cm/s）

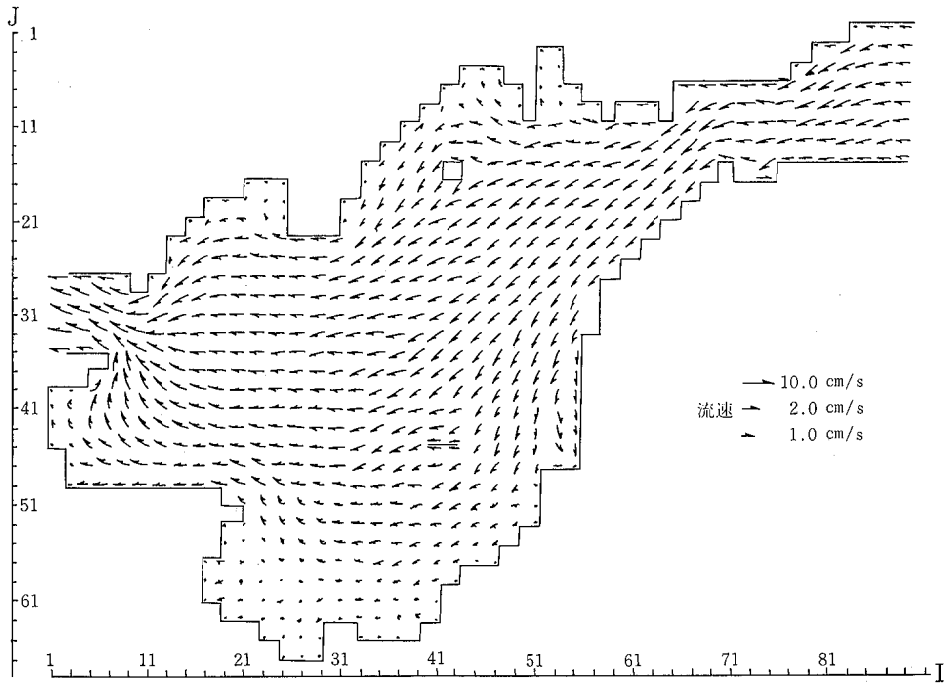


図 3－2　　現　況　西　流　（3 cm/s）

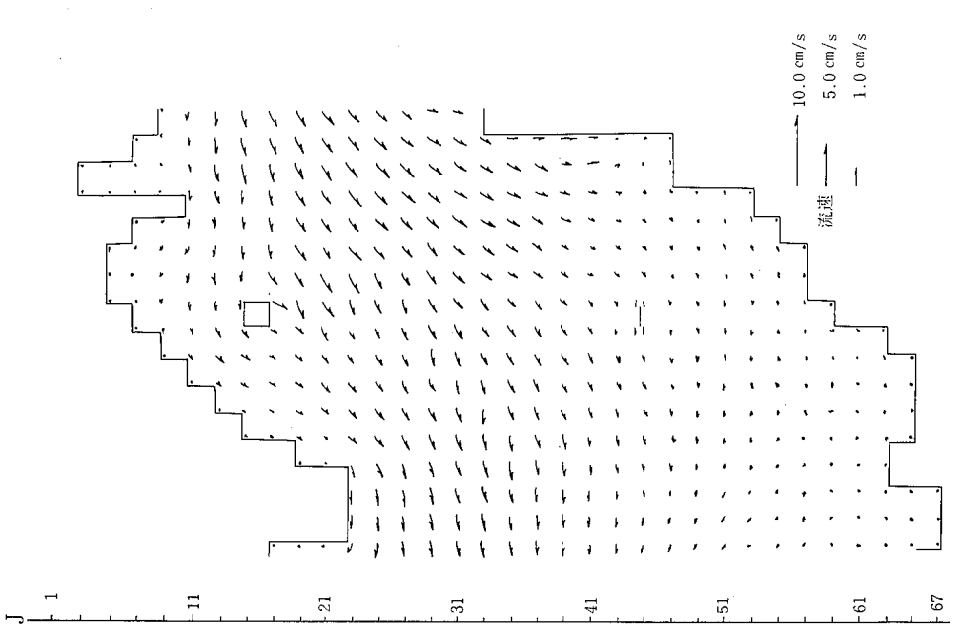


図 3—4　現況西流（3cm/s）

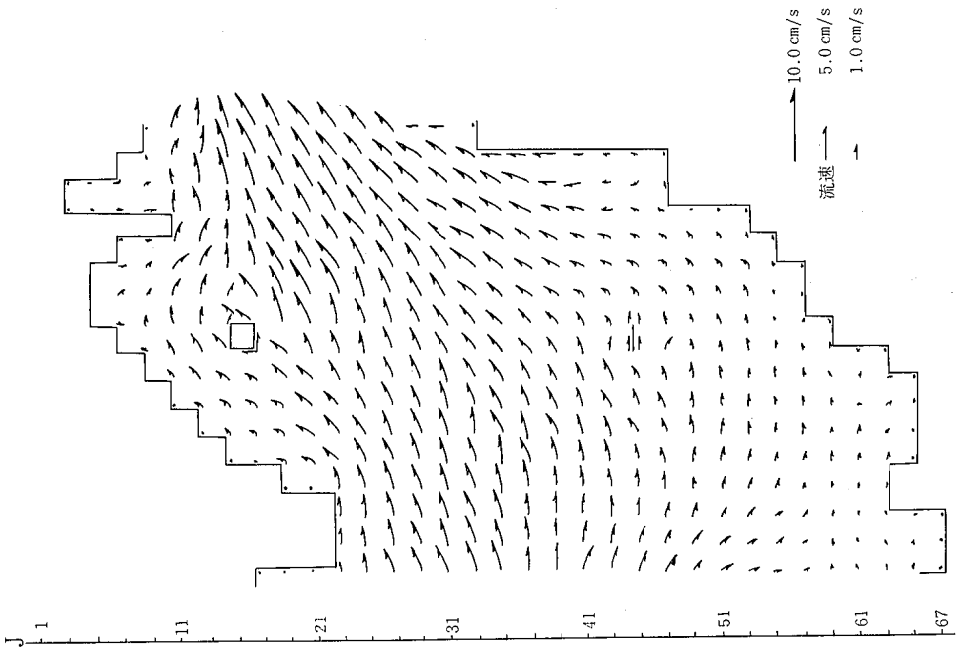


図 3—3　現況東流（8cm/s）

て，ここでの流況が退行傾向となることが判る。また，将来1と将来2との差（c−b）が小さいことから，前述の流速差は浚渫よりはむしろ埋立てに起因しているとみることができる。

4 ま と め

七尾南湾における流況シミュレーションについては前報で報告したが，ここでは一歩進めて実際の観測データを用いて，赤崎における埋立て，浚渫による流況の変化を15ケースについてシミュレーションした。境界条件としては小口瀬戸で流速を，屏風瀬戸で水位を各々時間的に固定して与えた。mesh 流入流量としては主要3河川の平水位流量を一定に与えた。シミュレーションの結果，現況と将来の流況の違いはほとんどないことが明らかとなった。しかし，今回のシミュレーションでは過去における流速観測例が少ない（特に湾奥部）こともあって，定常シミュレーションを行ったが，今後もっと精度の高い観測結果を基に更に検討を行いたい。

本研究を行うにあたり，プログラム開発，電子計算機使用に多大なる御便宜，御協力を頂いた金沢工業大学寺下教授，北村助教授並びに金沢工業大学計算機センターの山口先生及びスタッフ一同に深く感謝の意を表します。

文　献

1）矢鋪満雄，桐元俊武，矢田峰子，竹野裕治，東浩一，石田喜朗，志茂たみ：石川衛公研年報，16，116—129（1979）

〔報　文〕

水質汚濁機構に関する研究（第8報）

—— 加賀南部地域の4河川（梯川・動橋川・八日市川・大聖寺川）について ——

矢鋪満雄・桐元俊武・角田豊麿
石川県衛生公害研究所環境部　矢田峯子・竹野裕治・東　浩一
西村康喜・石田喜朗・志茂たみ

1 はじめに

本来，河川水には汚濁成分の蓄積と浄化性がみられるが，近来のように様々な態様の排水が混入してくると，その根源を絶って急速に環境水質の改善ができる可能性は少なく，環境基準という制御条件のもとで，人為的諸活動を規制する排出濃度規制には限界がある。また，スケールメリットと管理の集中化を目途とする下水道の布設にしても，地域によっては排水処理の大規模化や画一化による種々の弊害や非合理性が顕在化しつつある。これらの解決のためには個々の地域環境特性を生かした総合的な汚濁防止施策が模索，実行されねばならない。この観点から県内の水圏環境における水質汚濁機構解明調査を逐年実施してきたが，53年度には加賀南部地域の主要河川を対象として，調査を行ったので，以下その概要を述べる。

2 対象水域の概況

当該地域は本県の西南部（図1）に位置し，2市（小松市，加賀市），4町（根上町，寺井町，辰口町，山中町）から構成されている。地域概況（昭和51年12月）[1]をみると，県土面積の18.2%，人口19.6%，水田面積21.6%，製造品出荷額36.4%，及び商業売上額10.3%を占めるなど，その集積度は比較的高い。

このことは，当該地域が本県商，工業の中核に位置付けられること，さらに穀倉地帯の一画を形成していることを裏書きしている。一方，観光面からは全国的にも屈指の加賀温泉郷があり，年間400万人以上の観光客に利用されている。

次に，調査対象とした河川（梯川，動橋川，八日市川，大聖寺川）を水理・水文面からみると上流部は本県の多雨地帯であり，ダム，堰堤などにより多角的，高度な利水が計られ，とくに農業用水取水量が多く，農業利水上位の河川といえよう（表1）。表中日平均流量から，大聖寺川の流量差が少ないことが特異的で，これは上流の我谷ダムで放流量を調整しているためであろう。水質面からみると，梯川，大聖寺川は共に下流域に市街地を擁し（図2），都市排水が感潮，停滞域に排出されるため，下流部に汚濁の進行が懸念される。このため，梯川流域の小松市では昭和54年度に下水道終末処理場を建設し，60年までに旧市街地（処理人口：24,500人）の生活排水を順次処理，拡張してゆく計画であるという。なお，特筆すべきは，梯川支川の郷谷川流域は第三紀の鉱化地帯を形成してお

Studies on the Water Pollution Mechanism. 8. Examples of Four Rivers in Southern Kaga District (Kakehashi, Iburihashi, Yohkaichi, and Daishohji Rivers), Ishikawa prefecture *by Michio YASHIKI, Toshitake KIRIMOTO, Toyomaro KAKUDA, Mineko YATA, Yuhji TAKENO, Koh-ichi HIGASHI, Kohki NISHIMURA, Yoshiaki ISHIDA, and Tami SHIMO* (*Depertment of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment*)

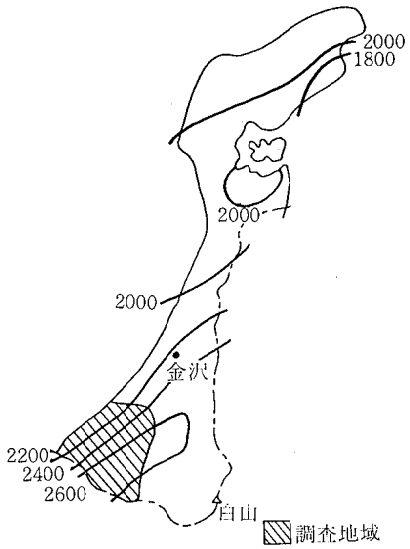


図1　調査地域と年間降水量 (mm)[2)]

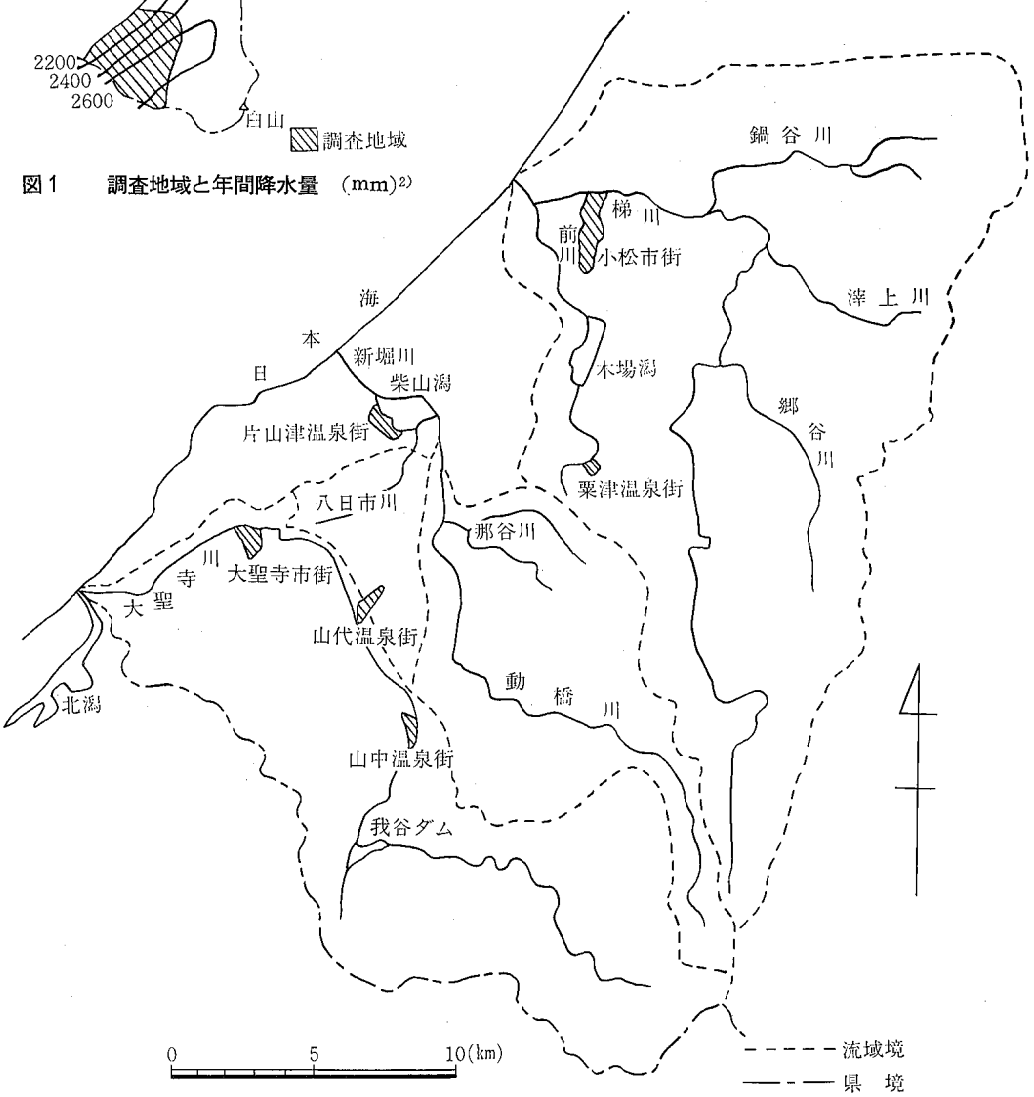


図 2　加賀南部地域主要河川図

表 1　　調査河川の規模と農業利水

	流域面積	流域人口	流路延長	農業用水		日平均流量 (m³/秒)[3)4)]			
	(km²)	(千人)	(km)	受益面積 (ha)	取水量 (m³/秒)	豊水位	平水位	低水位	渇水位
梯　川	271.2	128	34.7	5453*	23.2*	21.93	11.62	3.00	0.06
動橋川	92.0	5	18.3	778	4.3	7.47	3.20	1.28	0.19
八日市川	20.0	19	4.0	290	2.5				
大聖寺川	209.0	35	39.6	1182	6.3	10.06	6.25	3.36	0.56

＊他水系（手取川）からの取水分（14.5m³/秒）を含む。

り，カドミウム等の重金属がかっての鉱山活動等に伴い，流出し，環境濃度を高めると同時に，農業用水を介して水田土壌及び産米を汚染したので，現在，農用地の土壌汚染対策地域に指定されている。

3 調 査 方 法

河川汚濁機構の解析には，水塊の流下形態を定量的に把握することが，不可欠である。このことは水理学的には不定流の範疇のものとして取り扱うのが条理であるが，順流部では洪水流を除き，水理量の時間変動巾が比較的小さいと考え，準定常流扱いとし，比較的

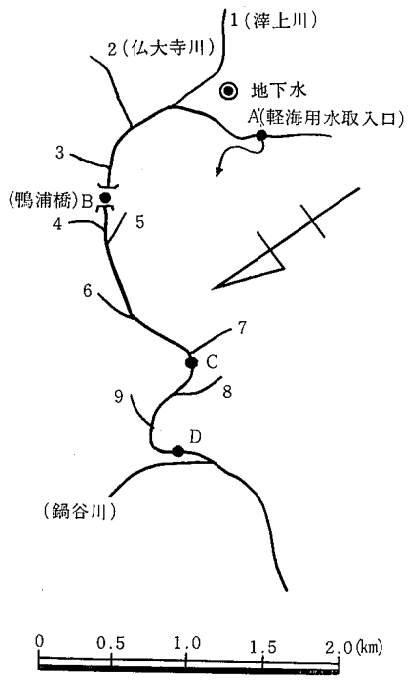


図3－1　梯川調査地点図

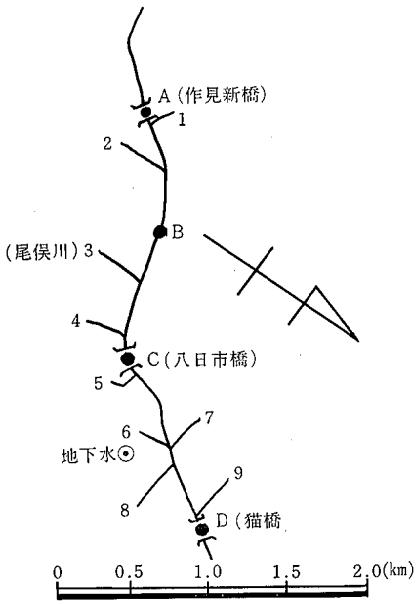


図3－3　八日市川調査地点図

流況の安定している時期（9月～10月）を選び，各河川1回ずつ調査を行った。

3・1 調査地点

河川順流部のうち下流部を選び調査を行った（図3－1～3－4）。

3・2 調査項目及び分析方法

(1) 水理調査（流量）：断面積と流速（広井式電気流速計）を測定した。

(2) 水質調査：生活環境の保全に係る環境基準項目のうち，水素イオン濃度（pH），浮遊物質量（SS），化学的酸素要求量（COD），生物化学的酸素要求量（BOD），さらに農業利水を主体としていることから窒

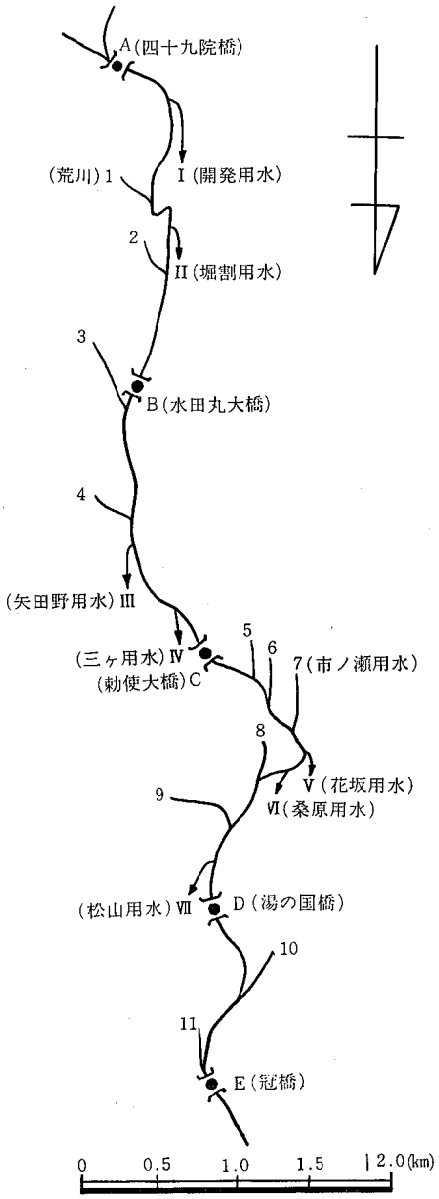


図3—2　動橋川調査地点図

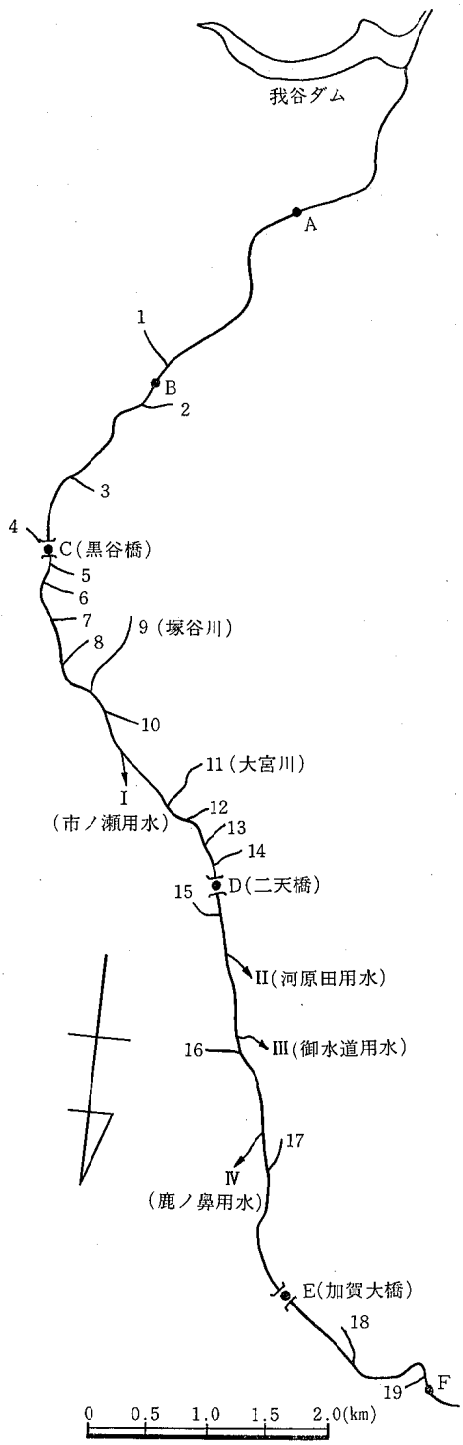


図3—4　大聖寺川調査地点図

素及びリンを追加した。各項目の分析はJIS K 0102（水温，pH，DO，COD，BOD），衛生試験法（亜硝酸性窒素：NO_2-N，アンモニア性窒素：NH_4-N，ケルダール窒素：Kj-N），上水試験方法（硝酸性窒素：NO_3-N）及び海洋観測指針（リン酸態リン：PO_4-P，総リン：T-P）に準拠して行った。なお，無機態窒素はNO_2-N，NO_3-N，NH_4-N，総窒素はNO_2-N，NO_3-N，

K_j-N の計量とした。

4　水質調査結果及び考察

4・1　梯川の水質（ppm：以下同じ）は SS（0.3～3.0），DO（9.9～10.6），BOD（1.0～1.5）共に環境基準（河川A類型）を，また総窒素（0.284～0.786）が農業用水基準（1 ppm）を下まわり良好である。支川には，本川水質に，顕著な負荷影響を与えるものはないが，その中で流入支川7（左岸丘陵地の団地排水）が比較的目立っている（表2－1）。

4・2　動橋川はSS（0.9～3.9），DO（10.3～11.2），BOD（0.3～0.9）と共に環境基準（河川A及びB類型）に適合し，総窒素（0.617～0.768）も農業用水基準を下まわっている（表2－2）。BOD が環境基準監視地点（本川D地点）の53年度平均値（1.9）よりかなり低位にあるのは調査時の流量が多く，希釈を受けた結果であろう。支川も良好な水質のものが多いが，流入支川7（市ノ瀬用水）及び流入支川11（し尿処理場）の汚濁量が比較的大きい。

4・3　八日市川はBOD（3.1～3.8）が環境基準（河川B類型）をまた，総窒素（1.961～2.293）が農業用水基準を越えている（表2－3）。このことは本川の基底流量が低いことと，山代温泉の排水路化しつつある市ノ瀬用水から汚濁水の灌漑を受けている水田の排水，集水路ともいうべき八日市川としては当然のことともいえよう。

4・4　太聖寺川は山中温泉の排水（流入支川3，4，5，6，及び7）が流入する前（A，B地点）までは汚染源がほとんどなく水質は清浄である。しかし流入後はBODで1.8ppm，CODで1.9ppmとなる（C，D地点）。また総窒素，総リンについてもそれぞれ若干の濃度上昇が観測された。しかし，以下の下流での濃度変化は認め難く，E，F地点の濃度はC，D地点のそれと同レベルとなっている。次に環境基準との対応でみると，A，B地点では指定類型（河川AA）に適合しており，また，C～F地点ではF地点のBOD 2.1 ppm を除き指定類型（河川A）に適合している。なお，総窒素は全区間で農業用水基準を下まわった（0.310～0.777）。支川の水質は前述の山中温泉排水及び山代温泉の一部排水（流入支川16）が本川汚濁を懸念させる。

5　解　析　方　法

水域における水質汚濁機構の解析対象としては，発生源負荷，本川までの流出機構及び本川での汚濁物質の挙動が挙げられる。我々はこれらの中で最も地域特性に影響されやすいと思われる後者に着目し，マクロ的に数理モデル化した。

5・1　流達時間の補正

流達時間の測定は一般的に浮子法によるがこの方法

表 2－1　　梯　川　調　査　結　果　（昭和53年9月26日）

		流量 (m^3/秒)	水温 (℃)	pH	SS (ppm)	DO (ppm)	COD (ppm)	BOD (ppm)	無機態窒素 (ppm)	総窒素 (ppm)	PO_4-P (ppm)	T-P (ppm)
本川	A	0.055	22.7	7.3	0.3	9.9	3.3	1.0	0.191	0.284	0.007	0.021
	B	0.450	21.8	7.1	1.5	10.6	1.9	1.0	0.203	0.338	0.030	0.040
	D	0.707	22.6	7.3	3.0	10.0	2.2	1.5	0.613	0.786	0.058	0.085
流入支川	1	0.152	19.4	7.4	5.8	9.5	1.4	1.2	0.299	0.428	0.073	0.083
	2	0.059	21.4	7.2	2.4	9.0	1.6	1.5	0.224	0.343	0.086	0.115
	3	0.018	21.0	7.0	9.7	6.6	4.6	3.6	0.580	0.923	0.307	0.533
	4	0.045	22.3	6.9	29.2	8.0	3.9	3.0	0.688	1.099	0.187	0.275
	5	0.012	22.7	7.3	12.7	9.2	4.6	1.3	0.200	0.433	0.086	0.120
	6	0.011	22.5	6.9	12.3	9.6	1.8	1.5	0.472	0.714	0.057	0.068
	7	0.010	24.3	6.8	22.2	5.4	38.4	25.2	8.622	8.945	0.961	1.021
	8	0.011	19.4	7.2	6.8	7.9	2.0	1.5	0.811	0.924	0.054	0.075
	9	0.005	23.2	7.0	7.4	7.5	3.5	2.5	0.288	0.524	0.102	0.118
地下水				7.0	0.5		1.1	0.8	0.517	0.603	0.022	0.024

C地点（本川）は水理調査のみ。

表 2—2　動橋川調査結果（昭和53年10月31日）

		流量 (m³/秒)	水温 (°C)	pH	SS (ppm)	DO (ppm)	COD (ppm)	BOD (ppm)	無機態窒素 (ppm)	総窒素 (ppm)	PO_4-P (ppm)	T-P (ppm)
本川	A	3.618	13.2	7.3	3.2	11.2	1.2	0.3	0.571	0.681	0.020	0.026
	B	2.778	12.5	7.2	1.3	11.0	1.3	0.5	0.612	0.646	0.020	0.023
	C	3.593	13.5	7.1	0.9	11.0	1.2	0.3	0.576	0.617	0.022	0.027
	D	6.095	15.9	6.9	3.4	10.3	1.7	0.9	0.625	0.646	0.033	0.054
	E	5.125	16.0	6.9	3.9	10.3	1.6	0.9	0.694	0.768	0.030	0.045
流入支川	1	0.058	12.4	7.2	3.2	11.1	1.2	0.2	0.491	0.533	0.019	0.023
	2	0.173	12.9	7.2	3.2	10.9	1.0	0.4	0.448	0.475	0.020	0.023
	3	0.054	12.4	7.1	6.1	10.5	1.4	0.3	0.477	0.516	0.022	0.023
	4	0.007	14.0	6.7	3.5	10.0	1.0	0.2	0.367	0.431	0.013	0.021
	5	0.285	13.8	7.0	17.8	10.6	1.9	0.6	0.667	0.928	0.024	0.035
	6	0.010	14.7	6.4	24.0	8.6	3.0	0.4	2.485	3.206	0.024	0.035
	7	0.963	14.6	6.7	14.8	9.4	3.6	3.7	2.007	2.172	0.071	0.129
	8	0.004	15.7	6.5	7.0	1.0	8.9	7.7	1.671	3.740	0.072	0.621
	9	0.803	15.0	6.8	0.2	10.7	1.9	0.2	0.883	0.914	0.039	0.047
	10	0.050	14.9	7.4	15.5	7.5	5.0	2.9	2.264	2.284	0.071	0.154
	11	0.015	14.9	6.2	24.0	0.5	71.8	58.2	53.87	56.09	0.042	0.743
流出支川	Ⅰ	0.258	12.0	7.2	2.5	11.5	0.9	0.4	0.527	0.551	0.017	0.023
	Ⅱ	0.504	18.3	7.3	0.9	11.4	1.0	0.2	0.616	0.625	0.017	0.021
	Ⅲ	0.085	13.9	7.2	1.5	11.1	0.9	0.3	0.625	0.697	0.020	0.023
	Ⅴ	0.025	14.2	6.9	6.2	10.0	1.8	1.5	0.869	1.032	0.039	0.065
	Ⅵ	0.169	14.3	6.9	3.6	10.2	1.8	0.2	0.737	1.255	0.041	0.058
	Ⅶ	0.035	15.1	6.8	2.5	10.6	2.0	0.8	0.776	0.836	0.038	0.047

表 2—3　八日市川調査結果（昭和53年9月21日）

		流量 (m³/秒)	水温 (°C)	pH	SS (ppm)	DO (ppm)	COD (ppm)	BOD (ppm)	無機態窒素 (ppm)	総窒素 (ppm)	PO_4-P (ppm)	T-P (ppm)
本川	A	0.250	22.5	6.8	14.1	6.3	5.8	3.8	1.690	2.161	0.060	0.090
	B	0.440	22.5	7.0	16.2	8.0	5.1	3.2	1.602	2.039	0.063	0.081
	C	0.639	23.5	7.0	7.7	8.7	5.1	3.1	1.605	1.961	0.057	0.076
	D	0.924	23.5	6.9	16.5	6.9	5.5	3.5	1.983	2.293	0.055	0.082
流入支川	1	0.008	23.2	6.8	34.2	3.1	23.8	20.2	4.515	5.617	0.247	0.309
	2	0.074	21.6	7.0	14.1	8.2	5.1	2.8	1.804	2.162	0.076	0.089
	3	0.160	21.7	7.1	7.1	9.0	5.7	3.1	1.555	1.839	0.058	0.083
	4	0.017	22.6	6.9	3.9	8.4	4.4	2.2	1.898	2.276	0.032	0.042
	5	0.001	22.7	6.7	5.1	6.1	6.4	6.5	1.313	1.779	0.061	0.105
	6	0.074	21.9	7.4	4.4	7.0	5.8	4.5	1.450	1.784	0.087	0.095
	7	0.062	21.6	6.8	7.0	8.0	5.7	5.7	1.733	2.176	0.035	0.050
	8	0.022	22.0	6.9	8.0	5.8	17.5	12.3	8.775	8.924	0.162	0.229
	9	0.033	24.4	6.7	22.6	6.1	6.1	8.7	2.765	3.318	0.058	0.098
地下水				6.7	0.8		1.3	0.7	0.409	0.684	0.213	0.224

表 2—4　大聖寺川調査結果（昭和53年10月25日）

		流量 (m³/秒)	水温 (°C)	pH	SS (ppm)	DO (ppm)	COD (ppm)	BOD (ppm)	無機態窒素 (ppm)	総窒素 (ppm)	PO_4-P (ppm)	T-P (ppm)
本川	A	2.280	14.5	7.3	0.3	10.6	1.2	0.5	0.150	0.310	0.012	0.017
	B	2.324	14.8	7.4	1.5	10.4	1.1	0.5	0.153	0.369	0.018	0.026
	C	2.379	15.3	7.3	1.8	10.1	1.8	1.8	0.290	0.438	0.022	0.054
	D	0.411	17.0	7.0	0.5	9.7	1.9	1.8	0.241	0.431	0.087	0.146
	E	0.314	18.6	7.6	0.7	12.2	2.0	1.3	0.272	0.499	0.060	0.112
	F	0.475	18.5	7.1	1.5	8.1	2.3	2.1	0.557	0.777	0.064	0.151
流入支川	1	0.034	15.0	6.4	8.0	7.7	19.2	40.0	0.198	0.470	0.026	0.078
	2	0.099	14.6	7.2	1.5	10.2	1.5	0.8	0.191	0.400	0.011	0.021
	3	0.002	17.1	6.5	24.8	5.5	43.5	123.	0.169	6.315	0.713	0.906
	4	0.010	17.6	6.9	3.2	8.3	4.2	10.0	0.247	0.484	0.616	0.761
	5	0.012	18.4	6.9	15.2	4.6	15.8	37.4	16.98	17.55	0.777	1.402
	6	0.054	20.0	6.7	12.0	5.6	7.3	20.7	3.347	6.455	0.569	0.753
	7	0.008	20.6	6.8	2.4	4.4	5.2	9.9	1.174	338.3	0.392	0.494
	8	0.017	18.5	6.9	7.8	7.8	8.7	16.4	9.374	10.19	0.672	0.823
	9	0.008	16.4	7.0	23.6	7.9	10.0	21.3	15.23	16.18	0.931	1.308
	10	0.009	18.0	7.5	71.6	9.8	30.2	18.2	0.129	6.314	0.037	0.073
	11	0.113	18.5	7.0	3.4	8.2	3.1	3.0	0.746	1.439	0.152	0.213
	12	0.061	15.7	7.4	9.7	10.1	1.5	1.0	0.136	0.326	0.012	0.018
	13	0.010	17.5	6.9	7.5	5.9	12.7	19.1	7.605	10.02	0.984	1.364
	14	0.002	16.5	7.0	4.5	6.7	4.6	4.6	0.513	1.208	0.416	0.421
	15	0.324	16.1	7.2	1.3	9.1	2.5	2.1	0.484	1.067	0.083	0.104
	16	0.053	21.1	6.8	46.0	2.8	17.6	51.9	16.09	16.22	1.439	1.822
	17	0.002	17.2	7.3	1.0	10.0	2.0	1.0	0.087	0.538	0.026	0.086
	18	0.070	18.4	7.3	5.0	9.6	4.2	2.2	0.585	0.829	0.048	0.096
	19	0.083	18.1	7.2	0.4	9.0	3.1	1.5	1.062	1.219	0.148	0.164
流出支川	I	0.367	16.2	7.0	1.3	9.3	2.3	2.0	0.261	0.776	0.037	0.091
	III	0.169	17.0	7.1	3.7	9.5	3.2	2.6	0.656	1.118	0.089	0.138
	IV	0.030	17.3	7.1	0.5	9.3	2.8	2.0	7.151	7.746	0.116	0.135

は表層水の移流に依存し，堰堤や淵などがあると，水塊の流下時間に符合しない結果が生じたり，測定に非常な困難さが伴うので，本川における平均流速と距離の関係から流達時間と距離との微分方程式を作成し，与えられた初期条件のもとで流達時間を算定した。

5・2　自浄係数の推計

汚濁物質は流下水塊中で物理化学的あるいは生物化学的作用を受けて変化している。この中で河川における有機性汚濁物質（BOD, COD）の変化は一般に①式で表わされる（図4）。

$$Lj=\sum_{i=1}^{n(j)} \ell_i \ e^{-K(T_j-t_i)} \qquad \cdots①$$

$T_j-t_i>0$, $n(j)$は$T_j-t_i>0$を満足するiの個数

さらに①式を基礎式として，Ljに関する誤差方程式

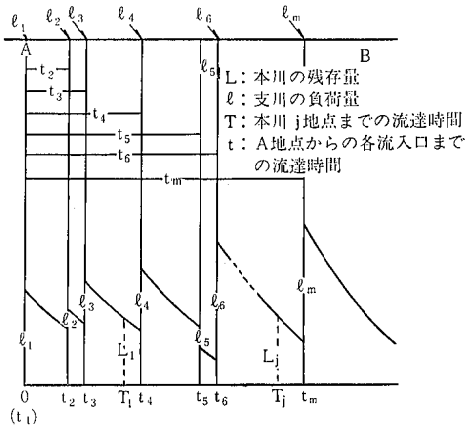


図4　河川の自浄作用（モデル）

を作成し，遂次近似法によりK値を推計した[10),11)]。

$$\Delta Lj=\left|\sum_{i=1}^{n(j)} \ell_i\, e^{-K(T_j-t_i)}-Lj\right|$$

$$\fallingdotseq\left|\sum_{i=1}^{n(j)} \ell_i\, e^{-K_p(T_j-t_i)}\left\{1-(T_j-t_i)\Delta K_p+\frac{1}{2}(T_j-t_i)^2\Delta K_p{}^2\right\}-Lj\right|$$

6　数理モデルの適用例

6・1　流達時間の算出

(1)　梯　川

浮子法による流達時間と流下距離の関係より（図5），調査区間の流速を等速近似した。

そこで各調査地点での平均流速を算術平均し，調査区間の流下流速（V）を求めた（V＝20.33m/分）。流達時間(T)は距離（L）をVで除した値となる。このようにして始点からの流達時間が算出される（図6）。次に，環境基準との係わりで，汚濁物質の現在量を推定する場合，低水位流量時（Q＝0.00 m³/秒）の流達時間の算定が必要となる。そこで，まずB地点の水位－流量，水位－断面積を実験式化し（図7），平均流速を得た。

$$\begin{cases} Q=43.18(h-0.10)^2 & (0\leqq h\leqq 1.25) \\ Q=19.37(h+0.47)^2 & (1.25<h) \end{cases}$$

$$A=10^{1.672}(h-0.14)^{1.672}$$

しかし，B地点での平均流速と調査区間での平均流下流速との間にはかなりの相違が認められる（図8）。そこで，両者の関係式をえて

$V=6.09V_B$（V_B：B地点での平均流速），低水位における調査区間での流下流速（V＝72.1m/分），さらに流達時間を算出した（表3）。

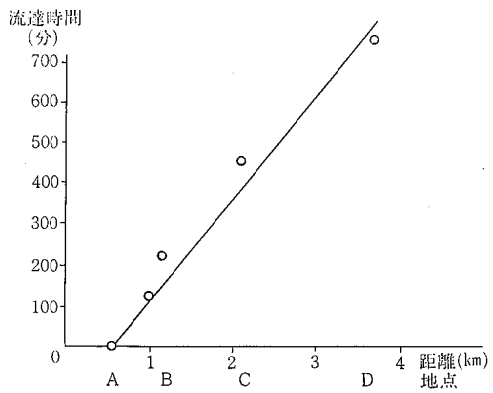


図5　梯川における流達時間（浮子法）（9月14日）

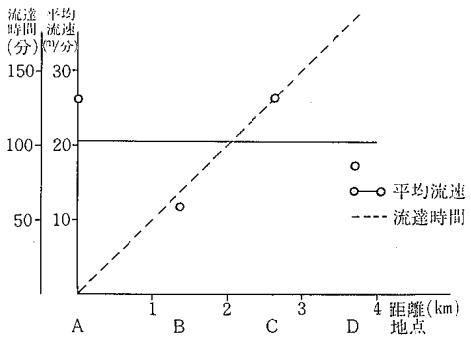


図6　梯川における平均流速，流達時間（9月26日）

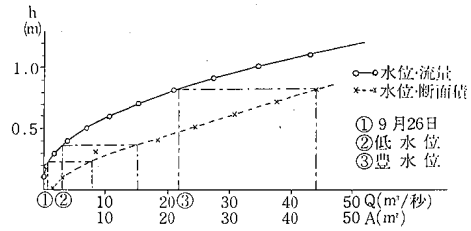


図7　梯川における水位，流量，断面積曲線

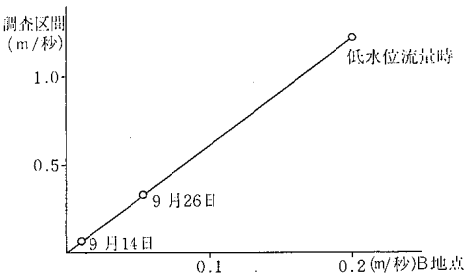


図8　B地点と調査区間との平均流速の関係（梯川）

(2)　動橋川

動橋川は基底流量も小さく，また，多数の堰堤が存在するため，流達時間の測定（浮子法）は断片的にしか行えなかった。そこで，調査区間を堰堤部とそれ以外の区間に区分し，それぞれの流下形態を推計した。

1)　本川流量の推計：調査区間の流量測定点は5点で全て堰堤部以外の区域で測定した。しかし，堰堤部の流下形態の推測には通過流量を知ることが不可欠である。

図9のA地点（始点）からB地点（終点）までのマ

表３　梯川における流達時間

地点名		流下距離 (km)	9月14日 浮子法 (分)	9月26日 計算値 (分)	低水位流量 計算値 (分)
A		0		0	0
	1	0.53	0	26.3	7.4
	2	0.83		40.8	11.5
	3	1.02	121	50.3	14.2
B		1.36	217	67.0	18.9
	4	1.60		78.7	22.2
	5	1.71		84.2	23.8
	6	2.23	447	109.4	30.9
C		2.65		130.2	36.8
	7	2.72		134.0	37.8
	8	2.95		144.9	40.9
	9	3.32		163.1	46.1
D		3.72	743	182.8	51.6

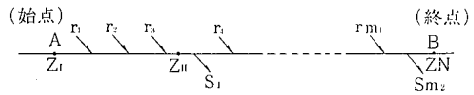


図９　河川における流量収支（モデル）

クロ的な流量収支式は，地下水の流出入を点的なものと仮定すると②式を得る。

$$Z_j+\sum_{i=m_1(j)+1}^{m_1} Yi-\sum_{i=m_2(j)+1}^{m_2} S_i-\sum_{j=N(j)+1}^{N}$$

$$a_j\ U_j=\alpha \qquad (\alpha：定数) \qquad \cdots②$$

$m_1(j), m_2(j)$：jより上流の流入出支川の個数
N(j)：jより上流の本川観測点数
a_j：0又は1
U_j：j−1からjまでの地下水量
（負：湧水，正：浸透水）

式中のZ_jに，誤差を見込み最小自乗法を導入してU_j，αを決定し，さらに任意の地点の流量（Z_j）を算出した（表６）。

$U_j=0$

$\alpha=317.74\ (m^3/分)$

2)　堰堤に影響されない区域の流下形態：各調査地点の平均流速を算術平均し，平均流下流速（V）をえた（V＝0.796m/秒）（図10）。もちろん，流達時間は

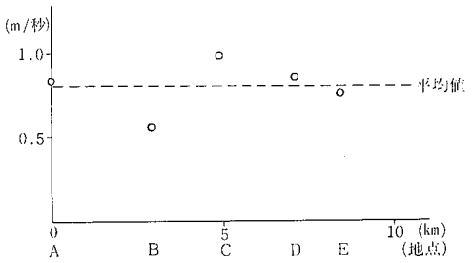


図10　動橋川調査地点における平均流速
（10月31日）

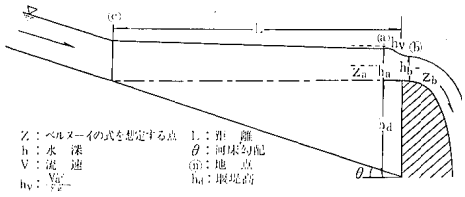


図11　堰堤部の断面図（モデル）

距離をVで除して得られる。

3)　堰堤部における流下形態：図11のⓐ，ⓑ断面にベルヌーイの定理を適用すると

$$Z_a+(h_a-Z_a)+h_v=Z_b+(h_b-Z_b)+\frac{V_b^2}{2g}$$

$$\therefore V_b=\sqrt{2g\,(h_a+h_v-h_b)} \qquad \cdots③$$

$$V_b=\frac{Q_b}{A_b}=\frac{Q_b}{B\ h_b}\ より$$

$$Q_b=B\ h_b\sqrt{h_a+h_v-h_b} \qquad \cdots④$$

ここで堰堤上の流れは限界水深となり，$\frac{dQ_b}{dh_b}=0$である。したがって④式をh_bで微分すると

$2(h_a+h_v)-3h_b=0$となり，④式は

$$Q=C\ B\ \frac{2}{3}(h_a+h_v)\ \sqrt{2g\ \frac{1}{3}(h_a+h_v)}$$

$$=C\ B\ g^{0.5}\sqrt{\frac{2}{3}(h_a+h_v)}^{\,3} \qquad \cdots⑤$$

〔C：流量係数〕

いま$h_v\fallingdotseq 0$，C＝１とすると⑤式は

$$Q=B\,g^{0.5}\sqrt{\frac{2}{3}h_a}^{\,3}$$

となりQ，Bが求

表 4　　各 堰 堤 に お け る 諸 量

堰堤名	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
堰　堤　幅（m）	16.0	12.7	26.5	31.3	21.0	15.6	32.0
堰　堤　高（m）	0.67	0.60	1.80	1.60	0.90	0.40	1.50
堰堤断面積（m²）	6.770	3.682	17.115	12.442	7.510	12.180	9.760
上流端までの距離（m）	107.0	96.0	405.0	360.0	202.5	90.0	337.5

表 5　　各調査日における堰堤上下流端の断面積と流出水深

	堰堤名 / 月日	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
上流端断面積（m²）	9月11日	2.551	1.772	2.243	2.191	2.377	2.990	2.883
	10月31日	4.401	3.936	4.784	4.974	5.377	4.852	6.722
	低水位	2.459	1.673	2.160	2.111	2.289	2.881	2.776
流出水深（m）	9月11日	0.11	0.10	0.07	0.07	0.10	0.13	0.09
	10月31日	0.28	0.31	0.18	0.16	0.26	0.31	0.21
	低水位	0.11	0.10	0.07	0.06	0.10	0.12	0.08
下流端断面積（m²）	9月11日	8.568	5.989	19.071	14.467	9.696	14.163	12.509
	10月31日	11.171	8.617	21.899	17.406	12.887	17.032	16.482
	低水位	8.482	5.908	18.975	14.366	9.602	14.066	12.371

まればhₐが，そして⑧地点の断面積，平均流速が算出される（表4，表5）。さらに図11での停滞開始点から堰堤までの距離（L）は $L=\frac{h_b}{\tan\theta}$ で求まり，堰堤部の平均流速と距離の関係を

$v=\frac{Q}{A}\fallingdotseq\frac{Q}{aL+b}$（a，bは定数）と近似すれば

$T=\frac{1}{Q}(\frac{a}{2}L^2+bL)$　　をうる。

4）流量の変化と流達時間：動橋測水所（E地点）の連続流量観測値（図12）を用いて，堰堤に影響されない区域の流達時間を梯川と同様の手法で，また，堰堤部については前述 3）の手法でそれぞれ算出した。

$$\begin{cases} Q=20.799h^2-21.794h+5.899 & (0.5\leqq h\leqq 1.0) \\ Q=32.109h^2-42.924h+15.840 & (1.0<h) \end{cases}$$

$A=10^{1.049}(h-0.25)^{1.777}$

流量が決定されればE地点の平均流速が求まり，2)から堰堤の影響を受けない区域の平均流下流速（V）及び流達時間（T）を算出した。

$V=0.403$m/秒，　$T=\frac{L}{0.403}$

（$Q=1.38$m³/秒：9月11日）

$V=0.388$m/秒，　$T=\frac{L}{0.388}$

（$Q=1.28$m³/秒：低水位時）

また，堰堤部における各調査時の上流端，下流端の断面及び流達時間を3)の手法により算出した（表5）。以上の手法で求めた流達時間と浮子法による実測値とはかなりよく符合した（表6）。

(3)　八日市川

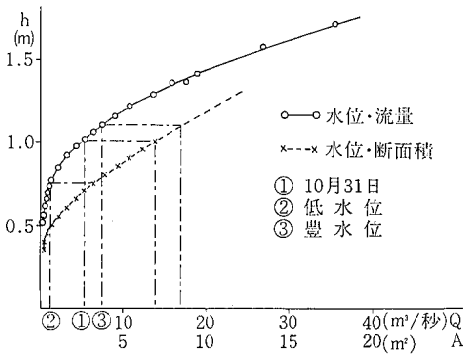


図12　動橋川における水位，流量，断面積曲線

表 6　動橋川における流量，流達時間

地点	流下距離	流量(m³/秒)			流達時間(分)			
	km	9月11日	10月31日	低水位流量	9月11日(浮子法)	9月11日(計算値)	10月31日(計算値)	低水位流量(計算値)
A	0	1.03	3.93	0.95		0	0	0
Ⅰ	0.40	0.96	2.68	0.89		21.2	9.7	22.9
1	1.25	0.98	3.73	0.91		57.0	27.5	59.5
Ⅱ	1.67	0.84	3.23	0.78		78.8	36.9	82.4
2	2.09	0.89	3.40	0.83		96.1	45.7	100.4
B	2.87	0.89	3.40	0.83		128.6	62.1	134.2
3	2.89	0.90	3.46	0.84		129.4	62.5	135.0
4	3.72	0.91	3.46	0.84		190.9	87.7	199.9
Ⅲ	3.85	0.88	3.38	0.82	0	232.0	100.3	244.6
Ⅳ	4.47	0.88	3.38	0.82	75	299.0	125.4	315.7
C	4.89	0.88	3.38	0.82	85	316.7	134.4	334.1
5	5.16	0.96	3.66	0.89		327.6	139.9	345.3
6	5.58	0.96	3.67	0.89		345.3	148.8	363.7
7	5.72	1.21	4.64	1.12		356.6	153.7	375.8
Ⅴ	5.79	1.21	4.61	1.12		364.4	156.5	384.0
Ⅵ	5.98	1.16	4.44	1.08		379.4	162.2	399.9
8	6.27	1.16	4.45	1.08		391.9	168.4	412.6
9	6.56	1.37	5.25	1.27		412.2	177.6	434.3
Ⅶ	6.68	1.36	5.22	1.26		428.8	183.5	451.9
D	7.06	1.36	5.22	1.26	0	444.3	191.4	468.1
梶井橋	7.72	1.36	5.22	1.26	31	471.7	205.2	496.6
10	7.74	1.38	5.27	1.28		472.5	205.6	497.3
11	8.40	1.38	5.28	1.28		500.0	219.6	525.9
E	8.43	1.38	5.28	1.28		500.8	220.0	526.8

調査区間を3つに区分し，細分区間における調査地点の平均流速と距離との関係を実験式化し，各区間の流下流速及び流達時間を求めた（図13，表7）。

$$V=0.084\text{m/秒} \qquad T=\frac{L}{0.084} \qquad (1\text{区間})$$

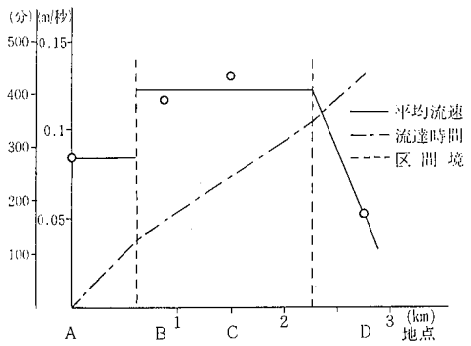


図13　八日市川における平均流速，流達時間(9月26日)

表7　八日市川における流達時間

地点	流下距離	流達時間(分)	
	km	浮子法	計算値
A	0		0
1	0.19		37.1
2	0.41		84.5
B	0.86	0	154.7
3	1.01		175.0
4	1.32		217.4
C	1.51	62	242.0
5	1.57		250.9
6	2.12		324.8
7	2.18		332.7
8	2.26		343.8
9	2.69		424.5
D	2.76		444.2

$V=0.123$m/秒　$T=\dfrac{L}{0.123}$　（2区間）

$V=-0.142L+0.123$　$T=-\dfrac{1}{0.142}\log_e\dfrac{-0.142L+0.123}{0.123}$　（3区間）

流達時間の計算値が実測値の約4割高となっている。これは河床に多数の水生植物が繁茂しており，表層と下層の流水抵抗の違いによるものと思われる。

(4) 大聖寺川

調査区間を平均流速の変動より8区間に分割し，それぞれの平均流速と距離の関係を実験式化することによって，流達時間を求めた。

1) 本川流量及び地下流入量の推計：表2－4から大聖寺川は流量収支の不均衡な河川であるといえよう。そこで，②式の流量収支式により，本川及び流出入水の補正を行った。地下への浸透場所はDからE地点までの区間で2か所と想定した。これはこの地域に加賀市上水道取水用の浅井戸が多数あり，伏流水を水

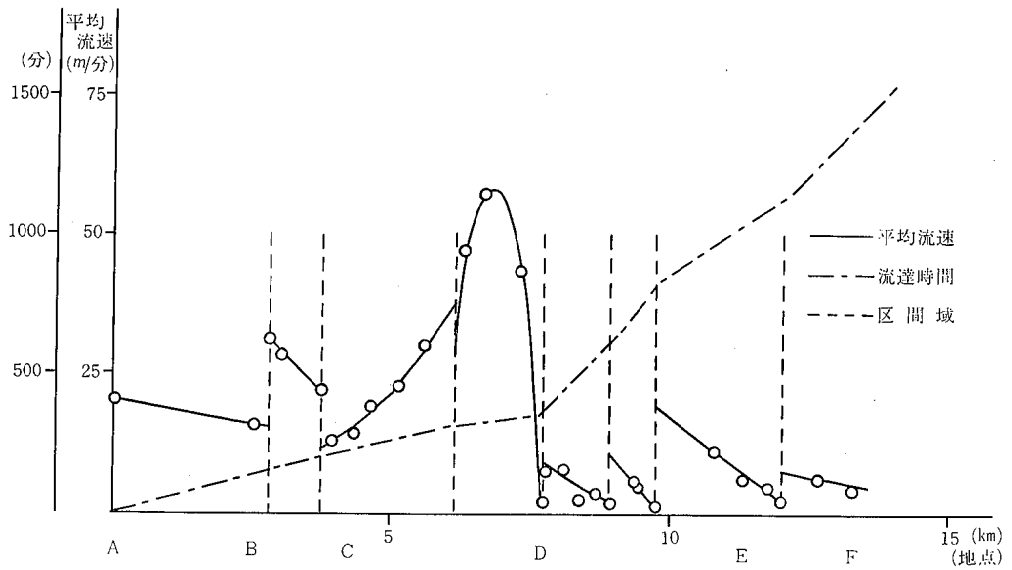


図 14　大聖寺川における平均流速と流達時間（10月25日）

表 8　大聖寺川の流下形態算出式

細分区間	平均流速（m/分）	流達時間（分）（a, b, c は平均流速の係数値）
1	$V=-1.73L+20.55$	$T=\dfrac{1}{a}\log_e\dfrac{aL+b}{b}$
2	$V=-8.62L+30.46$	（1に同じ）
3	$V=2.95L^2+3.56L+11.78$	$T=\dfrac{1}{aA}\left(\tan^{-1}\dfrac{2aL+b}{2aA}-\tan^{-1}\dfrac{b}{2aA}\right)$　$A:\sqrt{\dfrac{4a^2c-b^2}{4a^3}}$
4	$V=-68.05L^2+86.44L+33.18$	$T=\dfrac{\lvert a\rvert}{a\sqrt{b^2-4ac}}\log_e\dfrac{\alpha(L-\beta)}{\beta(L-\alpha)}$　$2\alpha:-\dfrac{b}{a}-\sqrt{\left(\dfrac{b}{a}\right)^2-\dfrac{4c}{a}}$　$2\beta:-\dfrac{b}{a}+\sqrt{\left(\dfrac{b}{a}\right)^2-\dfrac{4c}{a}}$
5	$V=8.50\ e^{0.90L}$	$T=\dfrac{1}{ab}(e^{-bL}-1)$
6	$V=-12.14L+10.81$	（1に同じ）
7	$V=-7.50L+19.01$	（1に同じ）
8	$V=-2.04L+6.69$	（1に同じ）

源としているためである。

$U_{J(C\sim D)}=115.6m^3/分$

$U_{J(D\sim E)}=16.4m^3/分$

$\alpha=28.29m^3/分$

この定数により本川の任意の場所での流量が推計できる。

2) 平均流速と流達時間：本川の28か所で調査された河川断面積と，1)で得られた流量とにより断面調査地点での平均流速を求め（図14），細分区間での流達時間を求めた（表8）。流達時間の実測（浮子法）は動橋川と同様断片的にしか行なえなかったが，計算値とは比較的よい一致を示している（表9）。

3) 低水位流量時の流達時間：調査日（10月25日）の流量が我谷ダム放流量換算で$2.62m^3$/秒と低水位流量（表1）の範囲のため，調査日の流達時間を低水位流量時の流達時間と置き換えても矛盾しないと思われる。

表9　大聖寺川における流量，流達時間

地点名	流下距離 (km)	流量 (m^3/秒)	流達時間(分) 浮子法	流達時間(分) 計算値
A	0	2.27		0
1	2.46	2.30		134.2
B	2.68	2.30		135.6
2	2.72	2.40	0	150.5
3	3.65	2.40		186.1
4	4.24	2.41		228.0
C	4.27	2.41	88	229.6
5	4.27	2.42		229.6
6	4.41	2.48		238.8
7	4.78	2.49		258.8
8	5.32	2.50		282.9
9	5.69	2.51		295.8
10	5.91	2.52		302.5
I	6.13	2.15		308.5
11	6.69	2.27		320.0
12	6.96	2.33		324.4
13	7.30	2.34		331.2
14	7.51	2.34		338.1
U1	7.69	0.41		355.7
D	7.69	0.41	0	356.6
15	8.00	0.74	35	398.2
II	8.33	0.74		458.6
III	8.89	0.57	0	612.0
16	9.20	0.62	21	647.3
IV	9.70	0.59		813.4
U2	9.70	0.32		813.4
17	9.95	0.32		826.7
E	11.33	0.32		949.6
18	12.01	0.39		1133.2
19	13.03	0.47		1315.5
F	13.12	0.47		1335.3

U1，U2 地下流出

6・2　自浄係数の推計

(1) 地下水量及び負荷量の推計

数理モデル①式は水塊の物質保存則を前提として成り立つモデルである。いま梯川と八日市川において本川流量と上流支川の総流量（流入：正，流出：負）との差と始点からの距離の関係は図15，図16のようになり，地下水の関与を無視しえない。そこで，両者の関係を実験式化し，地下水湧出量の推計を行った。

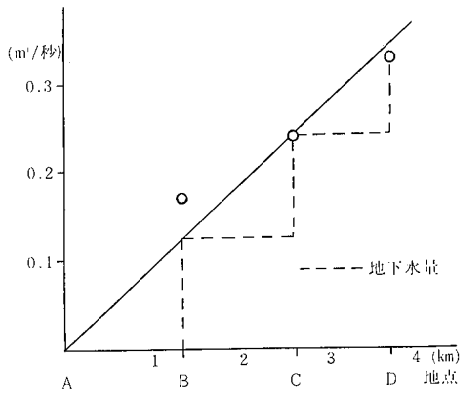


図15　梯川における本川流量と支川流出入量の差と距離の関係

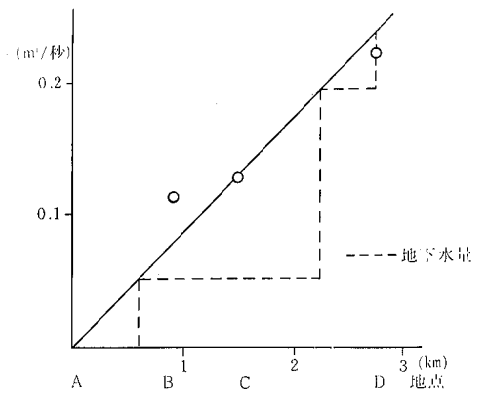


図16　八日市川における本川流量と支川流出入量の差と距離の関係

梯　　川　U＝0.092L

八日市川　U＝0.086L

地下水湧出場所は梯川では本川調査地点の直前，八日市川では細分区間の末端とした。次に河川直近の浅井戸（図3－1，図2－3）の水質測定により，地下よりの負荷量を算出した。大聖寺川においては流達時間算出時の地下浸透量及び負荷量を用いた（表10）。

表10－1　梯川における流入負荷量

支川名	BOD負荷量 (kg/日)	COD負荷量 (kg/日)
1	15.8	18.4
2	7.7	8.2
3	5.6	7.1
U1	8.7	11.9
4	11.7	15.2
5	1.4	4.8
6	1.5	1.7
U2	8.2	11.2
7	22.6	34.4
8	1.4	1.8
9	1.2	1.6
U3	6.8	9.3

U：地下水（正：流入，負：流出）

表10－2　動橋川における流入負荷量

支川名	BOD負荷量 (kg/日)	COD負荷量 (kg/日)
I	−8.9	−20.1
1	1.0	6.1
II	−8.7	−43.6
2	6.0	15.0
3	1.4	6.6
4	0.1	0.6
III	−2.2	−6.6
5	14.8	46.8
6	0.3	2.6
7	307.7	299.4
V	−3.3	−3.9
VI	−2.9	−26.2
8	2.4	2.8
9	13.9	131.8
VII	−2.4	−6.1
10	12.6	21.8
11	72.9	90.0

表10－3　八日市川における流入負荷量

支川名	BOD負荷量 (kg/日)	COD負荷量 (kg/日)
1	13.3	15.7
2	17.8	32.4
U1	2.0	3.8
3	42.9	78.9
4	3.3	6.6
5	0.6	0.6
6	28.7	37.0
7	30.7	30.7
8	23.4	33.4
U2	5.4	10.1
9	25.1	17.6
U3	1.6	3.0

表10－4　大聖寺川における流入負荷量

支川名	BOD負荷量 (kg/日)	COD負荷量 (kg/日)
1	115.9	55.6
2	6.8	12.8
3	21.9	8.1
4	6.0	2.5
5	37.3	15.7
6	96.7	34.1
7	7.0	3.7
8	24.1	12.8
9	14.9	7.0
10	14.0	23.2
I	− 63.3	− 72.9
11	29.3	30.3
12	5.3	7.9
13	15.6	10.4
14	0.7	0.6
U1	−299.7	−316.3
15	58.9	70.1
III	− 38.0	− 46.8
16	236.3	80.1
U2	− 47.2	− 66.0
IV	− 5.2	− 7.3
17	0.2	0.3
18	13.4	19.5
19	10.8	22.3

(2) 自浄係数の推計

（5・2）の手法により各河川の自浄係数を推計した（表11）。さらに求めた自浄係数，流達時間及び流出入負荷量を①式に代入することにより，本川各調査地点での汚濁物質濃度，残存量を算出した（表12）。実測値との対応においてかなり符合し，汚濁物質濃度が低い清浄な河川においても，モデルの妥当性が確認された。

表11　調査河川における自浄係数（底：10）

河川名	BOD	COD
梯川	0.42	0.32
動橋川	0.05	0.22
八日市川	0.19	−0.03
大聖寺川	1.00	0.14

表 12—1　梯川における実測値と計算値の比較

地点	BOD（実測値）		BOD（計算値）		COD（実測値）		COD（計算値）	
	濃度(ppm)	残存量(kg/日)	濃度(ppm)	残存量(kg/日)	濃度(ppm)	残存量(kg/日)	濃度(ppm)	残存量(kg/日)
A	1.03	4.9	1.0	4.9	3.3	15.6	3.3	15.6
B	1.0	38.8	1.1	41.8	1.87	72.6	1.5	60.2
D	1.5	91.6	1.5	91.2	2.17	132.6	2.2	134.5

表 12—2　動橋川における実測値と計算値の比較

地点	BOD（実測値）		BOD（計算値）		COD（実測値）		COD（計算値）	
	濃度(ppm)	残存量(kg/日)	濃度(ppm)	残存量(kg/日)	濃度(ppm)	残存量(kg/日)	濃度(ppm)	残存量(kg/日)
A	0.27	84.4	0.27	84.4	1.17	365.7	1.17	365.7
B	0.47	112.8	0.31	73.4	1.27	304.8	1.32	315.7
C	0.33	102.5	0.23	72.3	1.17	363.2	0.99	308.3
D	0.93	489.7	0.76	410.4	1.70	895.2	1.47	774.1
E	0.93	411.8	1.10	486.0	1.60	708.5	1.92	848.2

表 12—3　八日市川における実測値と計算値の比較

地点	BOD（実測値）		BOD（計算値）		COD（実測値）		COD（計算値）	
	濃度(ppm)	残存量(kg/日)	濃度(ppm)	残存量(kg/日)	濃度(ppm)	残存量(kg/日)	濃度(ppm)	残存量(kg/日)
A	3.75	101.7	3.75	101.7	5.65	153.3	5.65	153.3
B	3.15	120.8	3.4	129.3	5.10	195.5	5.4	206.4
C	3.10	171.1	3.1	171.2	5.10	281.5	5.3	292.8
D	3.45	275.3	3.4	273.4	5.45	434.8	5.4	428.0

表 12—4　　大聖寺川における実測値と計算値の比較

地点	BOD（実測値）		BOD（計算値）		COD（実測値）		COD（計算値）	
	濃度(ppm)	残存量(kg/日)	濃度(ppm)	残存量(kg/日)	濃度(ppm)	残存量(kg/日)	濃度(ppm)	残存量(kg/日)
A	0.5	98.5	0.5	98.5	1.2	236.4	1.2	236.4
B	0.5	100.4	1.0	194.9	1.1	220.9	1.4	285.0
C	1.8	370.0	1.2	237.3	1.8	370.0	1.5	318.0
D	1.8	63.9	0.5	17.9	1.9	67.5	1.4	48.9
E	1.3	35.3	4.1	112.7	2.0	54.3	2.4	65.8
F	2.1	85.5	2.0	80.8	2.3	93.7	2.5	101.2

7 解析結果の考察

数理モデルによる水質予測を行う場合，基礎式の妥当性，現地観測値との整合性，モデルの簡便性，一般性などがその優劣を決定する。以上の観点より，今日最も一般化している定常自浄モデル（①式）を採用し，その中の現地定数（自浄係数，流達時間）の算出方法に，特異性を特たせ，現地観測値との間でよい一致を見た。各河川の流下形態を低水位流量時の平均流下流速でみると梯川（1.20m/秒），動橋川（0.27m/秒），大聖寺川（0.16m/秒）となり，流速が通過流量と河川構造によって変化することを裏うちする結果となった。また，自浄係数はBOD（1.00～0.05），COD（0.32～－0.03）と河川，成分により変動はあるものの，国内の主要河川のそれの範囲（1～0）に入っている。このことは調査時の流況が比較的安定し，定常自浄モデル的流況であったことを示唆している。今後当モデルでの予測値と環境基準値との係わりで議論する場合，水理量の変化に伴う自浄係数，発生源負荷量及び流出機構の定量化が問題となろう。従って，各水位流量時の調査を実施し，それをつなげることにより高精度の水質管理（予測）が可能となるであろう。

8 ま と め

加賀南部地域の主要河川の水質汚濁機構解明の一環として，比較的水質が良好な水域について，実測値と数理モデルによる予測値との整合性について検討し，水質汚濁の将来予測に係る基礎的諸量を得た。

(1) 本調査時における梯川，動橋川，大聖寺川の水質は良好であり，それぞれ環境基準値を下まわった。しかし，八日市川では全域にわたって汚濁が進行しており，さらに上流の左岸丘陵地での宅地開発も盛んで，今後益々水質の悪化が危惧される。

(2) 水塊の流下形態を流速の変化としてとらえ，速度と距離との関係を数式化し，流達時間を算出した。さらに環境基準値に対応する75%非超過確率水質という観点から，低水位流量時における流達時間を推計した。

(3) 河川における見かけの自浄作用がStreeter-Phelpsの理論に従うとし，誤差論的手法を適用して自浄係数を推計した。自浄係数を用いて算出した汚濁物質濃度及び残存量が実測値との対応において，比較的良い一致を示し，水質が比較的健康な河川においても，上述の数理モデルによる予測の妥当性が確認された。

(4) 梯川，大聖寺川は共に河口から約8kmにわたって，感潮部を形成しており，小松市及び大聖寺からの市街地排水はそれぞれ当該域に流入し，いわゆる下流汚濁加重型の河川となっている。感潮部における汚濁物質は，潮位と流下流量との影響を受け，時間的，空間的に変動する非定常の流況によって，遷移している。その為，非定常での調査，解析が行われなければならない。現在，現地定数を念査しており，今後当該感潮部汚濁機構の定量的な把握，さらには汚濁予測手法に繋げたい。

文　献

1) 市町村勢要覧（昭和51年），石川県統計協会
2) 農業気象年報（1978），金沢気象台
3) 日流量年表（1978），建設省金沢工事事務所
4) 流量報告書（1978），石川県河川開発課

5) 我谷ダム貯水位・流入量・放流量年表（1978），石川県河川課
6) 農業用用水施設一覧表（昭和49年度），石川県農林水産部
8) 水稲に係る農業用水基準，農林省農林水産技術会議
9) Phelps, E. B.: Stream Sanitation, U. S. Public Health Service, N. Y. (1947)
10) 矢鋪満雄，牛島茂，高橋由美子，竹野裕治，東浩一，酒井道則：石川衛公研年報，12，90—97 (1975)
11) 矢鋪満雄，密田淳夫，隅谷諒，角田豊麿，高橋由美子，竹野裕治，酒井道則，西村康喜，加藤賢治，志茂たみ：石川衛公研年報，14，67—79 (1977)

〔報　文〕

水質汚濁機構に関する研究（第9報）

—— 手取川扇状地を例とした農業用水汚濁機構の解析（その2）——

矢鋪満雄・矢田峰子・竹野裕治
石川県衛生公害研究所環境部　東　浩一・小川　清・三井信晴
石田喜朗・志茂たみ

1 はじめに

近年わが国の経済の高度成長に伴なって農村地域への工場，住宅団地の進出，畜産の振興，化学肥料や農薬の過剰使用等により農業用水が汚濁され，農作物への被害等を惹起し，極めて深刻な問題となってきている。そこで前年度に引き続き，手取川扇状地を灌漑する用水系の中で七ケ用水系から鶴来町地内で取水し，その後手取川左岸の水田地帯を流下する宮竹用水系を対象に調査を実施した。この用水系の流下地域の大部分は水田地帯であるが，中，下流域には畜舎や工場が散在し，排水による影響を顕著に受けるようになり，特に根上町赤井地内では熊田川の両岸部に畜舎が立ち並び，畜産排水による農業用水の汚濁，農作物への被害が懸念されている。また，根上町を海岸線に平行に北東に流下している西川でも工場や生活雑排水等による影響を受け汚濁が著しい。

今年度は畜産，工場排水による用水汚濁を重点に，流域内の汚濁発生源を出来るだけ正確に把握し，水質の汚濁機構を解明すると共に，防止に必要な施策を検討した。

2 調査方法

2・1 調査対象

調査対象とした宮竹用水は鶴来町に設けられた分水口により七ケ用水系から取水後，上郷用水路となり手取川左岸の水田地帯を灌漑している。この用水路は辰口町火釜地内で山川用水路に分岐し，更に下流の同町二ツ屋地内で得橋用水路に分岐している。2用水路を

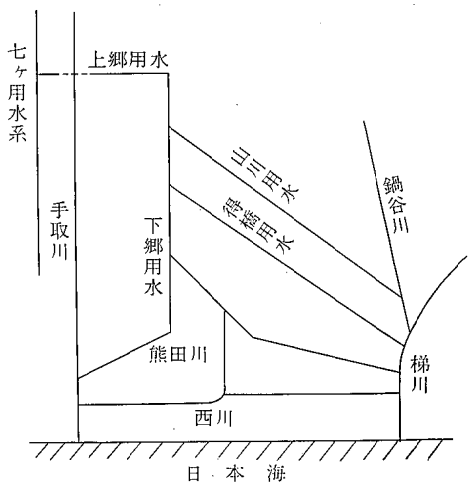


図1　宮竹用水系総図

Studies on the Water Pollution Mechanism. 9. An Example of Mathematical Analysis on the Agricultural Water Course Pollution Mechanism in Tedorigawa Fan, Ishikawa, 1979. *by Michio YASHIKI, Mineko YATA, Yuhji TAKENO, Koh-ichi HIGASHI, Kiyoshi OGAWA, Nobuharu MITSUI, Yoshiaki ISHIDA, and Tami SHIMO (Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

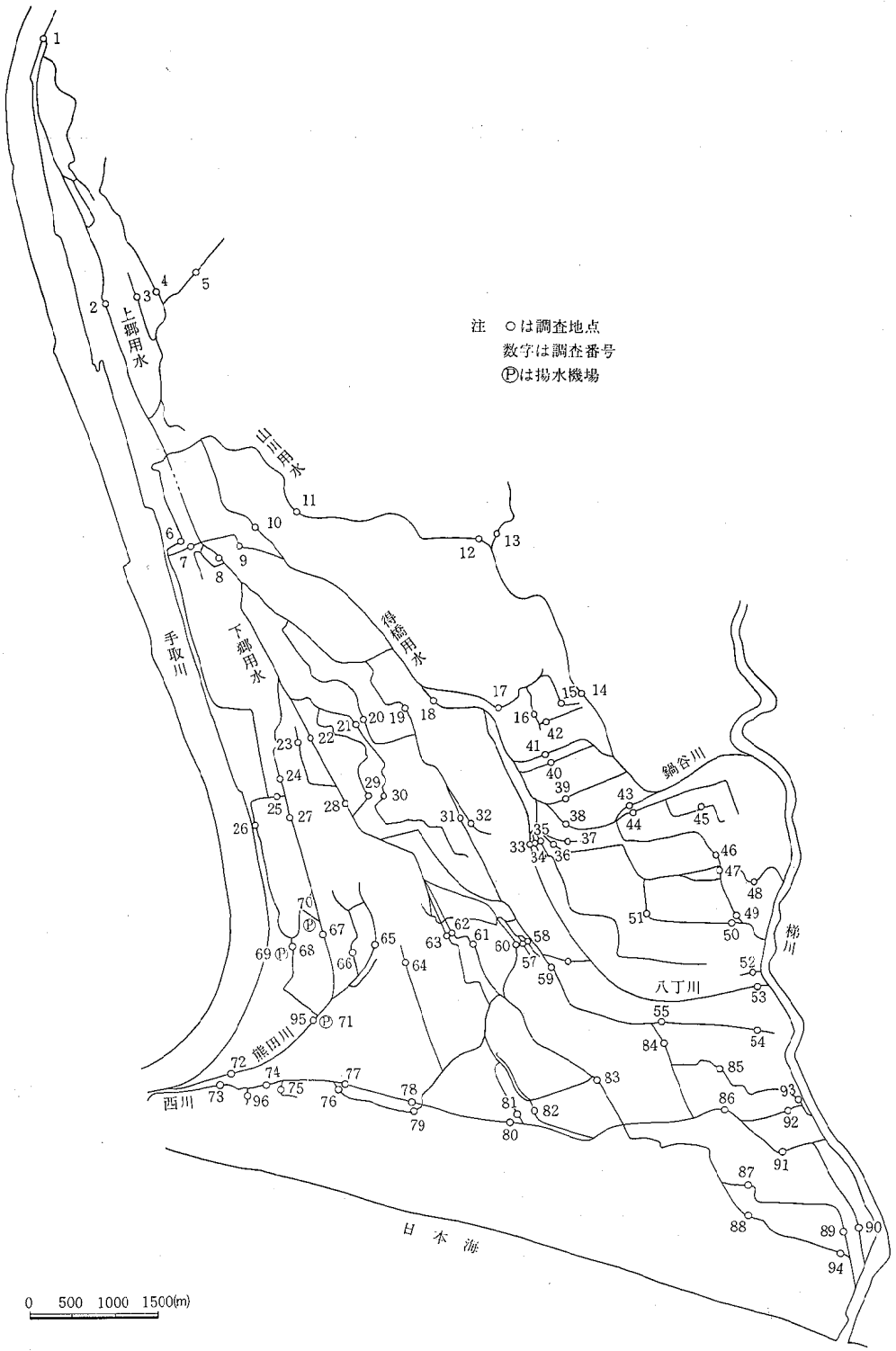


図 2　　宮竹用水路調査地点

分岐した後，上郷用水路は同町倉重地内から下郷用水路となり灌漑用水を供給しながら流下し，根上・寺井間の県道を境として北側地区は熊田川，西川排水路によって手取川河口に再流入し，南側地区は鍋谷川，八丁川等によって，梯川から日本海へと注いでいる（図1）。

2・2　調査地点

宮竹用水系の各用水路については，取水口よりほぼ同心円弧を描き，用水路と交わる近傍で採水しやすい場所を調査地点にした。一方，西川，熊田川では汚濁負荷並びに本川現存量の調査に都合のよい地点を選んだ（図2）。

2・3　調査時期

調査時期は春期灌漑期の6月20日と秋期非灌漑期の10月31日の2回実施した。水稲の生育経過から見れば1回目は分けつ期に相当する。

2・4　水理調査

流量は流速法（広井式流速計）により測定した。なお通水幅が5m未満の水路では3点法，5m以上の水路では1m間隔法によりそれぞれ流速測線を決めた。

2・5　水質調査

水質調査の指標としては，水質汚濁防止法での生活環境項目，健康項目，農業用水基準に定める窒素類，EC，As，Cu，Znに加えて，施肥による影響を調べるため PO_4—P，K，Ca，Mg，SiO_2，SO_4 等の項目を選定した。

3　調査結果と考察

農業用水の汚濁の現況をみるには，流入量，流出量を正確に把握する必要がある。しかし，扇状地を貫流する用水路は分岐をくり返し，相互に連絡し合って流下しており困難であるので，用水路群を1河川と想定して流量収支を試み，各用水路別に水質について整理し検討した。

表1　農業用水基準

項　目	基　準　値
pH	6.0～7.5
COD	6 ppm以下
SS	100 ppm以下
DO	5 ppm以下
T-N	1 ppm以下
EC	0.3 mσ/cm
As	0.05 ppm以下
Zn	0.5 ppm以下
Cu	0.02 ppm以下

各調査時における宮竹用水取入口の水質は，それぞれ2回の測定平均値が BOD 0.5ppm，COD 1.5ppm，SS 16.9ppm，窒素，リンは NH_4-Nで 0.031ppm，T-N で 0.537ppm，PO_4-P で0.024ppm と低い値を示している。pHは7.6と農業用水基準7.5（表1）を上回っているが，これは藻類の炭酸同化作用によるものと考えられる。

3・1　各用水路別での検討

(1)　上郷用水

上郷用水は鶴来町地内で取水後手取川左岸の水田地帯を流下し，灌漑面積は約340haである。まず流量収支を把握するために，取水口より3本のほぼ同心円弧を描き，各円弧上の地点番号（St.）を表2に示した。なお，円弧Ⅲa上の地点の中でSt. 8，9，10，11は本用水路から分岐した得橋，山川用水に含まれる地点である。

流量は10月期に収支が一致し，6月期は円弧Ⅱaで若干増加がみられるもののほぼ収支が見合っている。また，春期は灌漑期であるため10月期の5.9倍の流量を示している（表2）。なお，この流量は円弧に含まれる各流量を総和したものである。

表2　上郷用水の水収支

円弧番号	地点番号(St.)	合計流量(m³/sec)	
		6月	10月
Ⅰa	1	8.2	1.4
Ⅱa	2，3，4，5	9.2	1.4
Ⅲa	6，7，8，9 10，11	8.1	1.3

6月期の水質の流下に伴なう濃度変化は，各成分とも横ばいか又は微増傾向にある（図3）。

Ⅲaでは SS 25.9ppm，COD 2.2ppm，T-N 0.786 ppm，BOD 1.7ppm，Cu 0.003ppm，Zn 0.029ppm，As 0.002ppm と，農業用水基準をかなり下回っている。これに対して10月期は，円弧ⅢaでCOD 21.6ppm，SS 48.0ppm，T-N 7.21ppm と高濃度を示しており，このことは非灌漑期で流量が減少しているのに，汚濁による負荷量の増加が相乗した結果と考えられる。

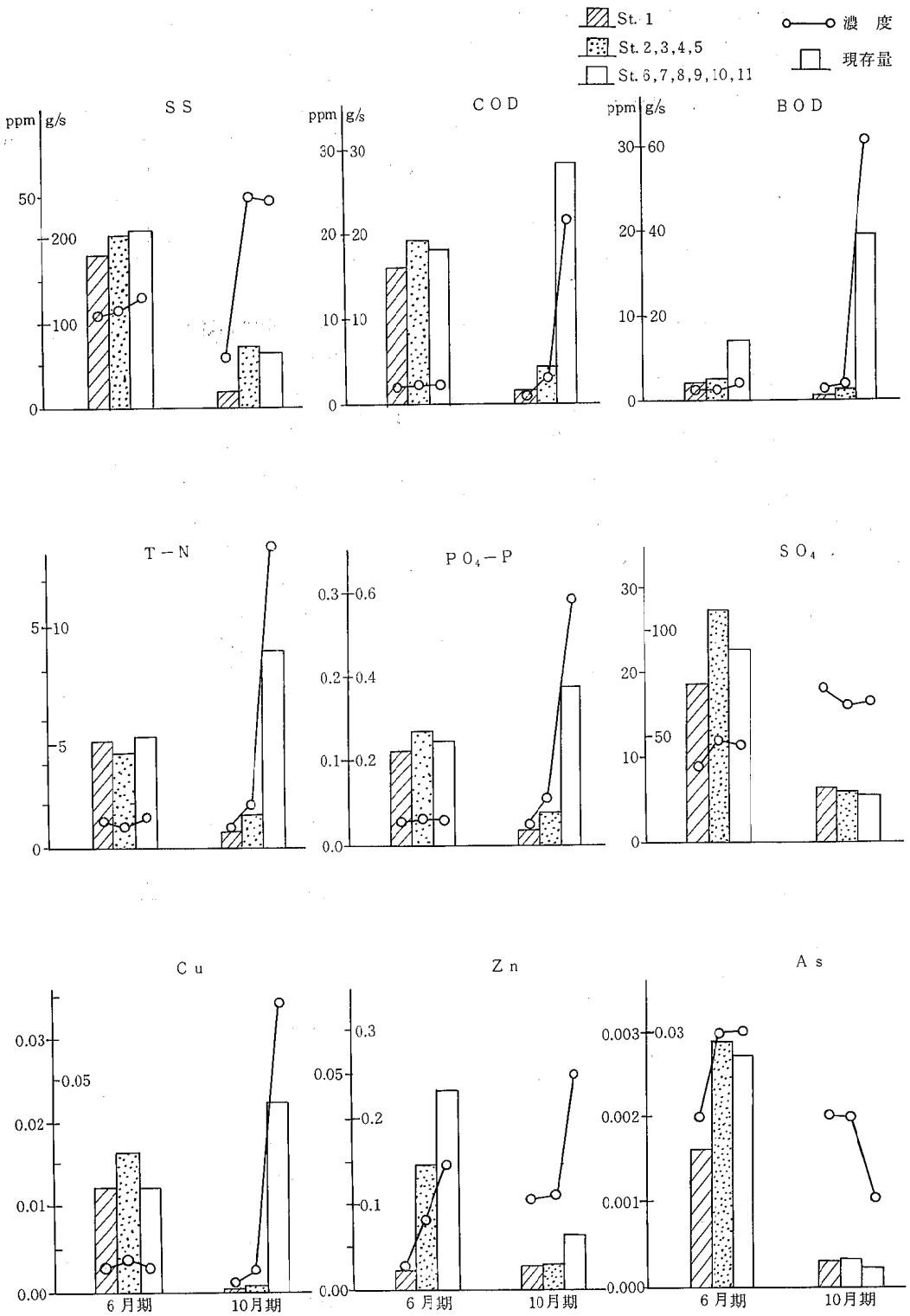


図 3　　上郷用水における流下に伴なう物質の濃度，現存量の変化

表 3　　山 川 用 水 の 水 質

地点番号		流量 (m^3/s)	SS (ppm)	BOD (ppm)	COD (ppm)	NH_4-N (ppm)	NO_3-N (ppm)	T-N (ppm)	PO_4-P (ppm)	EC ($\mu\mho$/cm)	Na^+ (ppm)	pH
St. 11	6月	0.56	38.4	1.9	4.3	0.064	0.213	0.847	0.67	128.5	6.5	7.8
	10月	0.37	69.2	10.2	66.6	3.858	0.261	49.067	0.88	262.0	10.2	7.9
St. 12	6月	0.60	26.8	3.3	5.4	0.476	0.314	1.498	0.15	169.5	11.6	7.4
	10月	0.16	17.6	2.3	3.7	0.049	0.430	2.036	0.10	147.0	12.4	7.7

(2) **山川用水**

山川用水は辰口町火釜地内で上郷用水から分岐し，南西方向に加賀産業道路沿いに水田地帯を流下し，鍋谷川へ注ぎ，灌漑面積は約300haである。

St. 11の水質は10月期で，SS 69.2ppm，COD 66.6 ppm，BOD 101.5ppm，T-N 24.1ppmと6月期と比較して1.8倍，15.5倍，53.4倍，28.5倍と非常な高値を示している（表3）。しかし，この水質は流下と共に下流部のSt. 12では，SS 17.6ppm，COD 3.7ppm，BOD 2.3ppm，T-N 2.0ppmとなり，大幅な濃度の減少がみられる。このことは各成分がこの流程間で急激に分解されたことに因るものではなく，St. 11の上流部で畜舎から未処理の排水が瞬時に放流されるために起きたものと考えられる。

(3) **得橋用水**

得橋用水は辰口町倉重地内で上郷用水から分岐し，国道8号線と加賀産業道路にはさまれた水田地帯を網目状に西南方向に流れている。上流部においては用排水兼用であって，それぞれの地勢に応じて排水は順次下流の用水に利用される。しかし，下流に至るに従い断面積も増し排水専用路となる。本用水は最終的に梯川から日本海へと注ぎ，灌漑面積は約850haである。

流下に伴なう水質変化については，用水分岐点よりほぼ同心円弧を描き，円弧毎に検討してみた。円弧に含まれる地点番号は表4に示した。

表 4　　得橋用水の水収支

円弧番号	地点番号(St.)	合計流量(m^3/s)	
		6月	10月
Ⅰb	17，18	3.2	1.0
Ⅱb	16，33～42	3.5	1.4
Ⅲb	45，48～50，52～53	4.8	2.0

流量は6月，10月期共に円弧Ⅰb，Ⅱbで収支平衡，下流部の円弧Ⅲbで増加する傾向にある。

6月期のCOD，BOD，T-N，PO_4-Pは流下に伴ない濃度は増加傾向を示し，円弧Ⅲbではそれぞれ5.0 ppm，1.9ppm，1.038ppm，0.048ppmに達し，T-Nは農業用水基準を上回り，CODも基準内とはいえかなりの高値を示している。また，10月期は6月期と比較して流量，現存量共に減少していることから，各円弧の成分濃度は同程度又は低値を示している。SS，重金属では濃度変化はみられていない（図4）。

(4) **下郷用水**

上郷用水は辰口町倉重より下郷用水となり，一部は寺井町粟生地内で熊田川，根上町福岡地内で西川となり，大部分は梯川の下流部に流入する。円弧毎に水質を整理，検討するため，St. 8を扇頂とする円弧を設定し，それぞれに含まれる地点番号を表5に示した。

表 5　　下郷用水の水収支

円弧番号	地点番号(St.)	合計流量(m^3/s)	
		6月	10月
Ⅰc	19～23	4.6	0.8
Ⅱc	28～32	4.5	1.2
Ⅲc	58～60，62，63	4.3	1.1
Ⅳc	55，80，82～84	1.4	0.4
Ⅴc	54，89，90，92～94	1.5	0.5

流量は6月，10月期共に円弧ⅠcからⅢcまではほぼ一定で，円弧Ⅳcで約⅓に減少している。これは西川熊田川へ一部が流入しているためと考えられる。

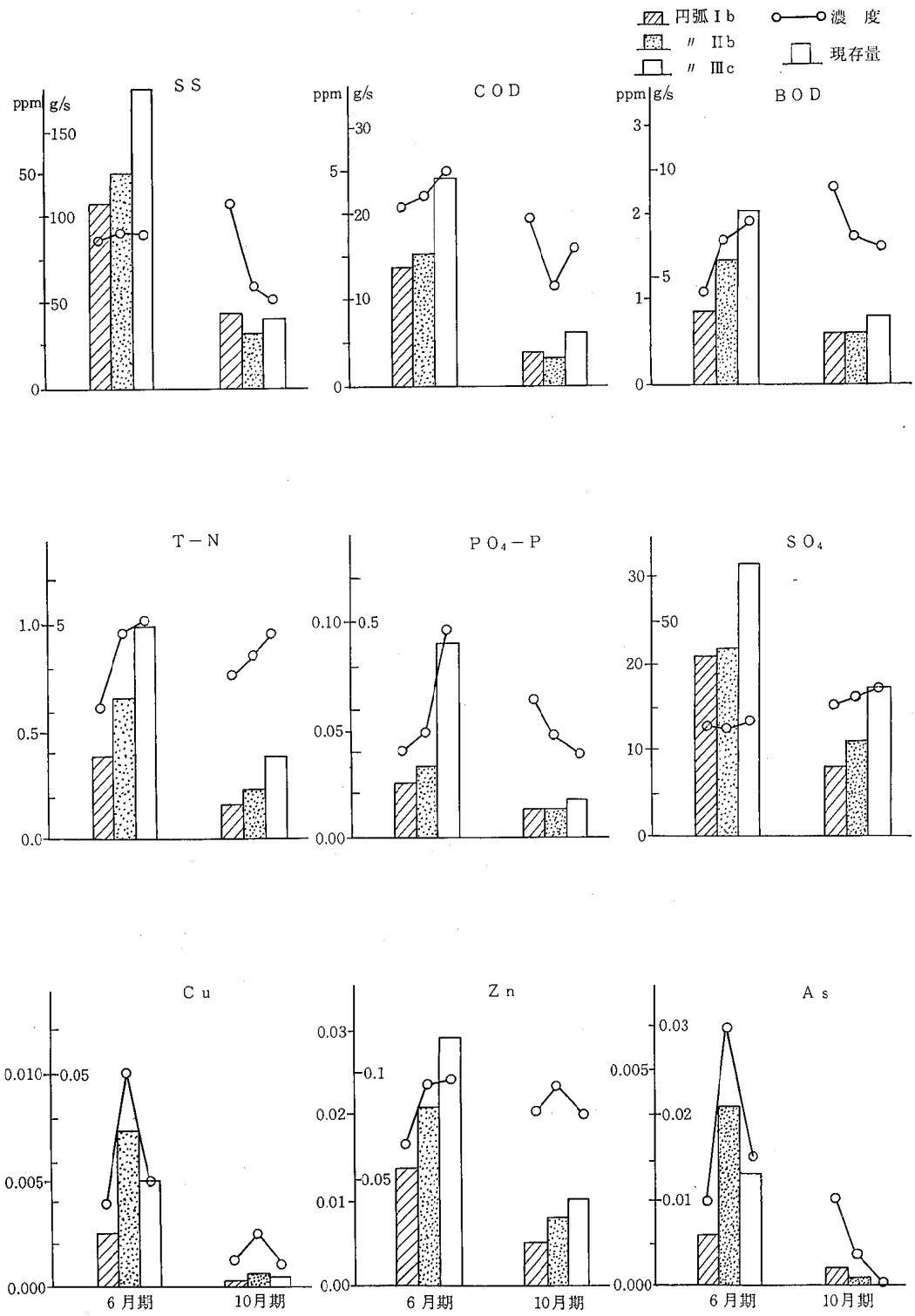


図 4　　得橋用水における流下に伴なう物質の濃度，現存量の変化

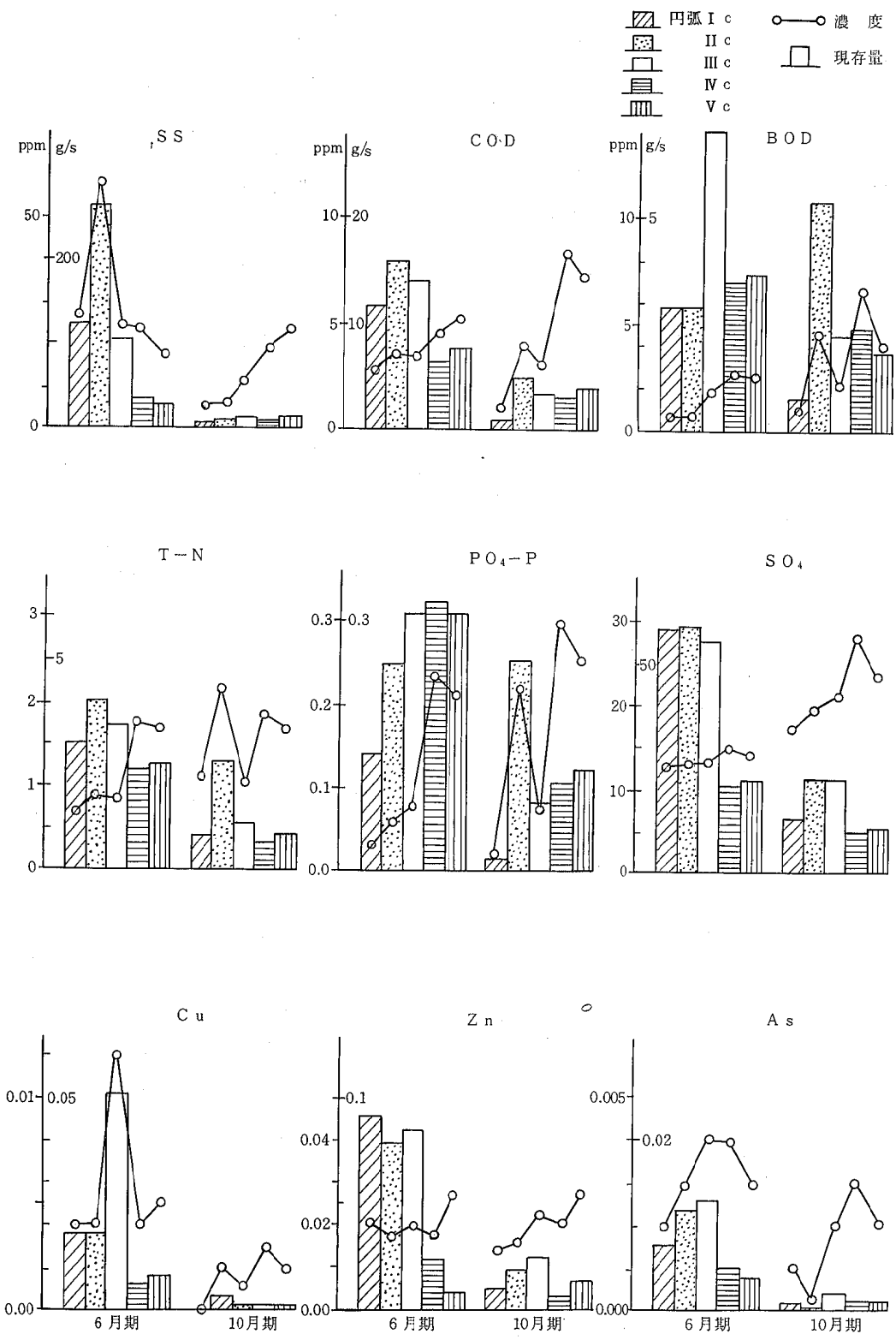


図 5　　下郷用水における流下に伴なう物質の濃度，現存量の変化

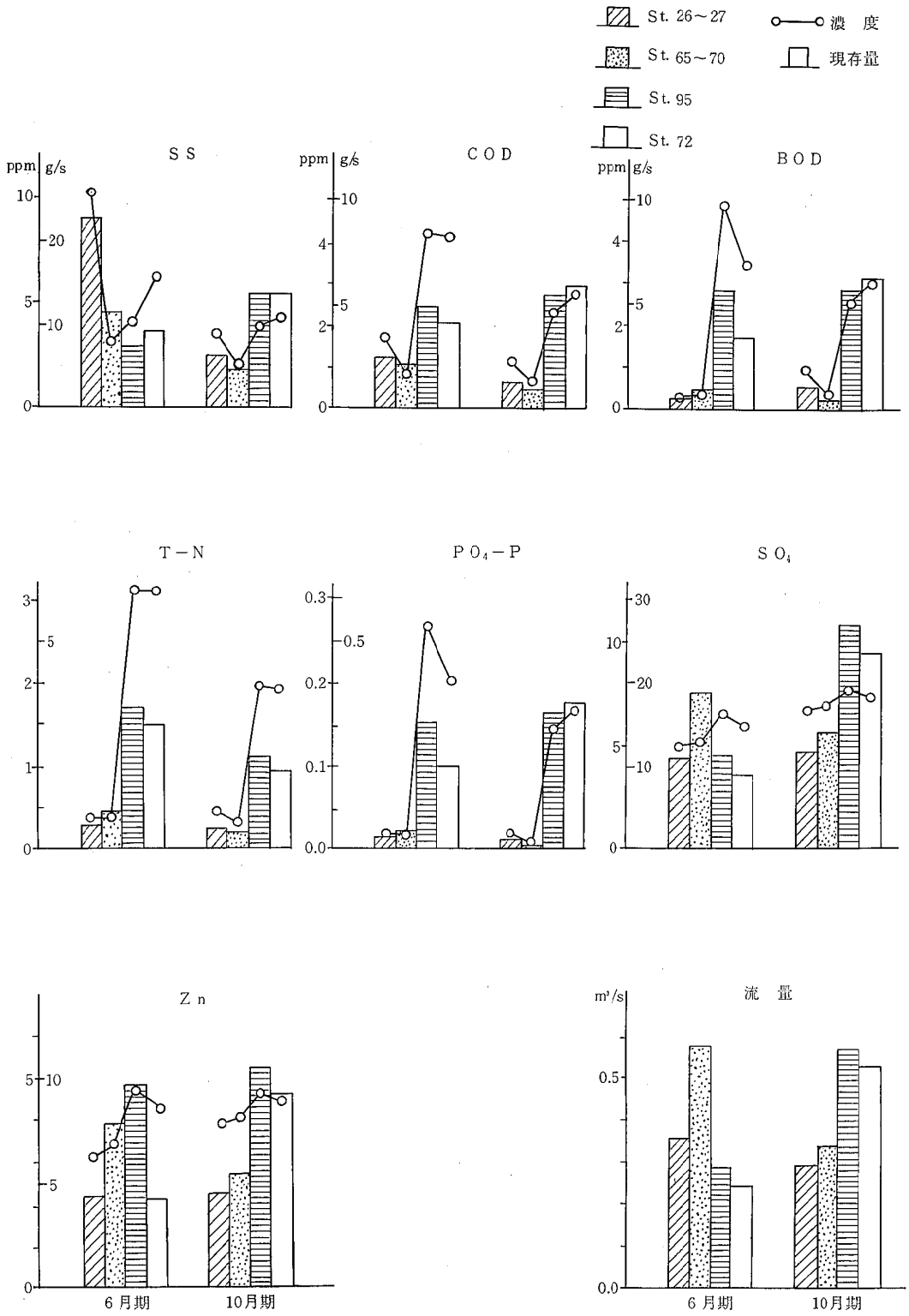


図 6　　熊田川における流下に伴なう物質の濃度，現存量の変化

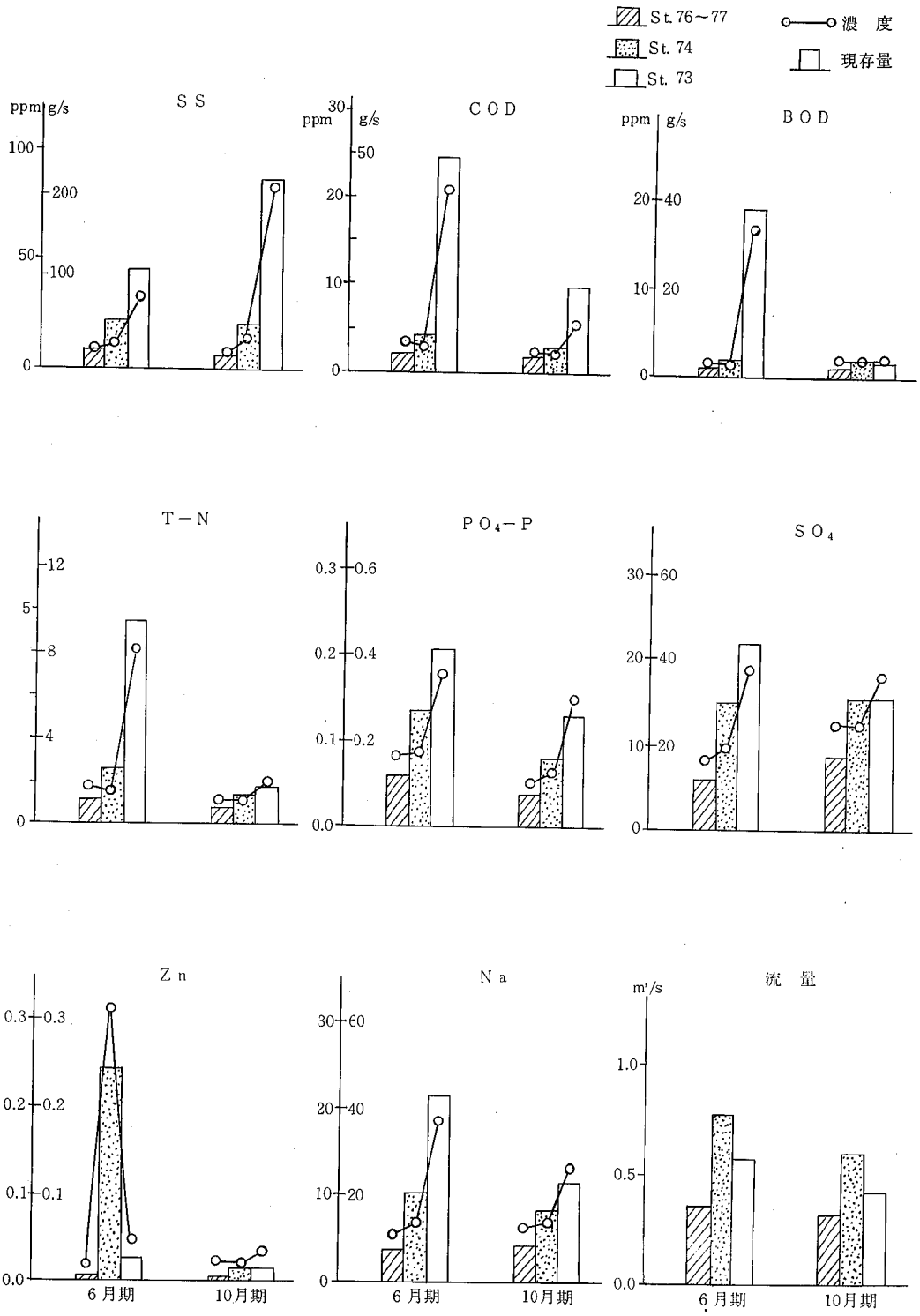


図 7　　西川における流下に伴なう物質の濃度，現存量の変化

6月，10月期共に SiO_2，Zn，As，Cu は流下に伴なう濃度変化がみられていない。

6月期の COD，BOD，T-N は円弧 Ⅲc まで微増傾向を示し，以下円弧 Ⅳ，Ⅴ と指数的な増加を示し，下流部での汚濁の進行が著しい。T-N は円弧 Ⅳc で 1.8 ppm を示し農業用水基準をはるかに上回った（図5）。

(5) **熊田川**

熊田川は下郷用水から分流し，水田地帯を手取川左岸に平行に流下し，手取川の国鉄鉄橋付近に注ぐ全長約6 km の小河川であり，地域の排水路としての役割をはたしている。また，この地域一帯は手取川伏流水の豊富な所であり，灌漑用水は St. 69,70に設置された揚水機によって汲み上げられた地下水により供給されている。その平均水質は BOD，COD，As，Cu，Zn，SS がそれぞれ0.35ppm，0.20ppm，0.002ppm，0.002 ppm，0.021ppm，2.2ppm と極めて低く，T-N についても 0.776ppm と農業用水基準を下回っている（図5）。

流量は6月期で St.65～70がSt.26～27の約1.6倍に増加している。これは St. 69，70に設置された揚水ポンプにより汲み上げられた地下水が用水路に流入しているためである。一方，St. 95の流量が上流地点の St. 65～70と比較して半分に減少しているのは，St. 71の排水ポンプにより流出していることによる。10月期は非灌漑期であるため，St. 69，70の揚水機は停止しており灌漑期の約6割となっているが，逆に熊田川の本川の St. 95，72では約2倍となっており，これは水田への引水がないためと考えられる。

流下に伴なう濃度変化は COD，BOD，T-N，PO_4-P は6月，10月期と共に St. 95での増加が著しい。例えば6月期で上流地点の St. 65～70の平均濃度と比較してみると，BOD で14倍，COD で5倍，PO_4-P で15倍，T-N では8倍の増加を示した（図6）。一方，Na，K，Ca，Mg についても1.3倍，3.0倍，1.3倍，1.5倍とそれぞれ増加を示した。このことは，St. 95が豚舎の立ち並ぶ根上町赤井地内の下流に位置し，当流域に約4,000頭分の豚排水が流入したためとみられる。重金属類については濃度変化が殆んどみられなかった。

(6) **西　川**

西川は水田の排水を集めて根上町福岡地内から流出し，海岸線に平行に北東に流下して手取川の国鉄鉄橋付近の右岸に注ぐ全長約4 km の小河川である。

6月期は10月期と比較して各地点共に流量の増加がみられた。

6月期でみると，St.73は St.74と比較して St. 96（染色工場排水）の流入による急速な汚濁が進み，COD 10倍，BOD 12倍，T-N 4倍，PO_4-P 1.6倍を示した。このような傾向は10月期ではみられなかったが，SS については St. 96の流入後の下流地点での濃度が約5倍になっている点が注目される。6月期の Zn については，St. 74で高濃度であり，これは St. 75の流入によるものと考えられた（図7）。

4 ま と め

(1) 上郷用水：6月期の灌漑期には，この用水が主に水田地帯を貫流しているため流量は豊富で，SS，COD，BOD，T-N，PO_4-P は流下に伴なう濃度の増加がみられず，円弧 Ⅲa までの水質は農業用水の利水上の水質基準を満足している。これに対して非灌漑期の10月期では，流量が減少することと辰口温泉をひかえた辰口市街地からの生活雑排水による汚濁負荷とで，円弧 Ⅲa で BOD 39.2ppm，COD 28.1ppm，T-N 9.37ppm，PO_4-P 0.372ppm と急激な増加を示した。

(2) 山川用水：6月期の St. 11で NH_4-N は 0.476 ppm，T-N は農業用水基準を上回る1.498ppm を示した。これは本用水の沿線に散在する豚舎からのし尿等の排水が用水路に流れ，その影響を強く受けているものと考えられる。また St. 11の10月期の水質は，BOD，COD，T-N，PO_4-P でそれぞれ102ppm，66.6ppm，49.067ppm，0.88ppm と非常な高濃度を示した。これは豚舎からの排水によると思われるが，放流が瞬時的であったため，下流地点ではその影響が現われていないものの，汚濁が進行していないとは云いきれない。

(3) 玖橋用水：上郷用水から分流後，辰口市街地を通過し，主に水田地帯を流下しているため，流下に伴なう濃度の増加はみられず，円弧 Ⅲb の水質は6月期で BOD 1.7ppm，COD 4.4ppm，T-N 0.972ppm，PO_4-P 0.048ppm で一応農業用水基準を満足するものであった。また，10月期においても同様な傾向を示し，濃度レベルも6月期と同程度であった。

(4) 下郷用水：根上，寺井間の県道を境として南側地区を流れる本用水の水質は6月期，10月期共に同傾向を示し，円弧 Ⅳc～Ⅴc と下流部で増加を示した。6月期の円弧 Ⅴc で，COD 5.2ppm，BOD 2.5ppm，T-N 1.698ppm，PO_4-P 0.207ppm を示し，市街地からの生活雑排水の影響を強くうけている。

(5) 西　川：St.96は繊維工場からの排水路で，下流のSt.73はその影響を受け，6月期でCOD 41.8ppm，BOD 32.4ppmと高濃度を示した。水田地帯に立地する工場等については排水規制を厳しくすると共に，灌漑用水路と別に排水路の整備が必要と考えられる。

(6) 熊田川：6月期の円弧Ⅲでは，COD 8.4ppm，BOD 9.8ppm，NH_4-N 1.841ppm，T-N 6.15ppm，PO_4-P 0.545ppmと急激な濃度の増加を示した。これは根上町赤井地区が県下最多の養豚数を誇り，し尿等の排水が熊田川に流入しているためである。10月期の円弧Ⅲでの負荷量は6月期と同程度であるが，本川流量が若干増加しているため比較的低濃度を示した。

以上，宮竹用水系においても，畜産排水や工場排水の影響が特に流量の少ない時期に顕著にみられた。水質汚濁や悪臭問題をも含めた畜産公害については，国，県においても環境汚染防止の方策が検討されているが，特に豚については処理施設の設置，糞尿の土地還元利用を目指した。広域処理計画による回収，畜産団地造成による集中化等を推進しなければならないと考える。

文　献

1) 矢鋪満雄，桐元俊武，角田豊麿，矢田峰子，竹野裕治，東浩一，小川清，西村康喜，三井信晴，石田喜朗，志茂たみ：石川衛公研年報，16，99—115（1979）

〔報　文〕

手取川ダムにおける水質汚濁機構に関する研究（第２報）

—— 湛水開始直後におけるダム湖の水質 ——

矢鋪満雄・矢田峰子・竹野裕治
石川県衛生公害研究所環境部　東　浩一・小川　清・三井信晴
石田喜朗・志茂たみ

1 はじめに

昭和53年度から手取川ダムにおいて富栄養化など水質変化の過程，あるいは水質汚濁機構に関する研究を行っている。

前年度（湛水前）の調査結果から，ダム貯水池への流入汚濁負荷量について，人為的なものは小さいが，天然供給によるものの大きいことが明らかとなり，特に集水域の地質が壮ないしは老年期相であり，ダム建設工事により裸地化され，かつ地形勾配が大きいため，僅かの降水によっても濁水状態となり易く，これが汚濁物質の天然供給量の増大に繋がるものと想定した。

そこで本年度は，湛水開始直後の２割貯水期と５割貯水期における水理・水質調査（以下これを平水時調査という。）のほか，降水に伴なう予備的な濁水調査（以下これを濁水時調査という。）及び，土壌調査を行った（表１）。

2 調査地点

(1) 水理・水質調査

ダム貯水池における最深部を含めた３地点のほか貯水池への流入河川として牛首・手取川３，大道谷川１，赤谷川１，下田原川１の６地点，導水路として桑島導水路１，尾添導水路１の２地点，そしてダム放流水１地点の合計12地点で調査を行った（図１）。なお，濁水時調査は上述の流入河川のうち集水域最大の牛首川風嵐堰堤（No. 9）で行うこととした。

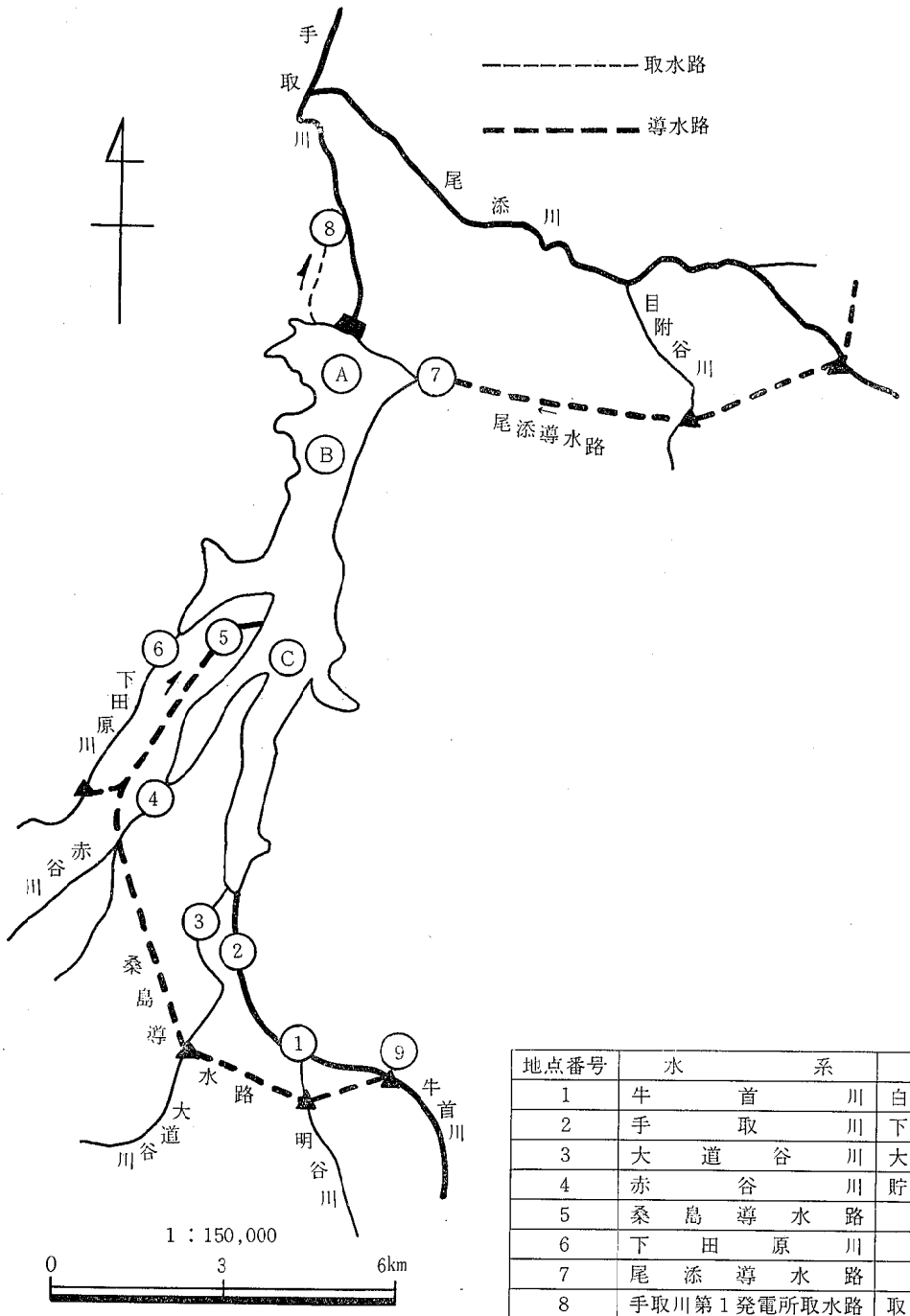
表１　調　査　概　要

調査対象		地点数	その他	２割貯水期	５割貯水期
平水時調査	河川	8		8	8
	ダム貯水池	3		58	72
濁水時調査	河川	1	78		
土壌調査		29	29		

(2) 土壌調査

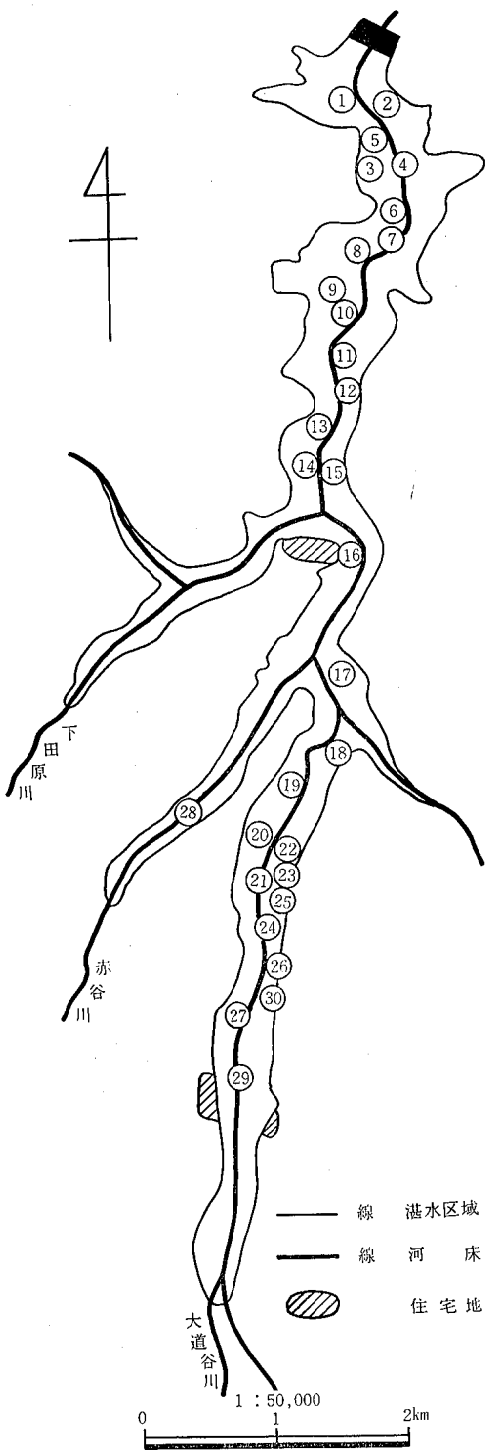
調査範囲はダム貯水池の接水域とした。採取地点は，「湛水区域内土地利用図」（尾口，白峰村役場）での林地，農地，宅地，河床の区分毎に，「湛水区域内地質概査図」（建設省北陸地方建設局金沢工事事務所）及び，石川県の自然環境[1]に記述されている地質を考慮して選定した（図２）。

Water Pollution Mechanism in Tedori-gawa Dam. 2. Water Quality in Reservoir Researched Freshly after Starting to Store Water. *by Michio YASHIKL, Mineko YATA, Yuhji TAKENO, Koh-ichi HIGASHI, Kiyoshi OGAWA, Nobuharu MITSUI, Yoshiaki ISHIDA, and TamiS HIMO (Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Healthe and Environment)*



地点番号	水系	地点名
1	牛首川	白峰第1測水所
2	手取川	下村大橋
3	大道谷川	大道谷川橋
4	赤谷川	貯水池流入前
5	桑島導水路	〃
6	下田原川	〃
7	尾添導水路	〃
8	手取川第1発電所取水路	取水口
9	牛首川	風嵐堰堤
A	手取川ダム貯水池	下流(最深部)
B	〃	↕
C	〃	上流

図 1　　手取川ダム貯水池と水質調査地点



地点番号	利用区分
1	林　地
2	〃
3	〃
4	河　床
5	林　地
6	欠　測
7	農　地
8	林　地
9	農　地
10	宅　地
11	農　地
12	林　地
13	農　地
14	河　床
15	宅　地
16	林　地
17	河　床
18	林　地
19	農　地
20	宅　地
21	河　床
22	宅　地
23	林　地
24	農　地
25	林　地
26	〃
27	〃
28	農　地
29	河　床
30	林　地

図 2　　土 壌 調 査 地 点

3　調査方法と調査項目

(1)　平水時調査

ア　河川，水路：各調査地点において表層水を採取し，以下の分析項目を分析した。なお，採水と同時に流速計を用いた流速法により流量を測定した。

〔分析項目〕……水温，pH，アルカリ度，DO，SS，濁度，$KMnO_4$ 消費量，COD，BOD，全有機炭素（TOC），亜硝酸態窒素（NO_2—N），硝酸態窒素（NO_3—N），アンモニア態窒素（NH_4—N），ケルダール窒素（Kj-N），リン酸態リン（PO_4-P），総リン（T—P），鉄（Fe），マンガン（Mn），銅（Cu），亜鉛（Zn），導電率（EC），カルシウム（Ca），マグネシウム（Mg），ナトリウム（Na），カリウム（K），塩素イオン（Cl^-），硫酸イオン（SO_4^{2-}），硅酸（SiO_2），一般細菌数

イ　ダム貯水池：表2に示すとおりである[2]。

(2)　濁水時調査

降水開始直前から自動採水機を用いて濁水を時系列的に採取し，分析に供した。分析は全量分析のほか，検体を冷暗所内で2日間静置分画後の上澄液の分析（溶解性成分分析）を行った。なお，この際の流量は調査地点（No. 9）の下流約500mに位置する白峰第1測水所の値を用いた。

〔全量分析〕……平水時調査における河川，水路での分析項目のうち水温，アルカリ度，DO，$KMnO_4$ 消費量，TOC，一般細菌数を除く項目

〔溶解性成分分析〕……全量分析での項目のうちpH，COD，BOD，EC，Ca，Mg，Na，K，Cl^-，SO_4^{2-}，SiO_2を除く項目

(3)　土壌調査

全量分析と溶出分析を行った。溶出分析[2]は湿潤土壌に混合比（乾土g/ml）が$\frac{1}{100}$になるように水を加え，4時間振盪後，その上澄液を沪紙（5種C）を用いて沪過し，沪液を分析した。なお，溶出率は次式によって得た。

$$溶出率=\frac{W_2}{W_1}$$

W_1：溶出分析に使用した分析試料中に含まれる全物質量

W_2：溶出分析に使用した分析試料中に溶解性物質量

〔全量分析〕……pH，含水率，強熱減量（Ig—loss），COD，Kj—N，T—P，Fe，Mn，カドミウム（Cd），鉛（Pb），Cu，Zn，ヒ素（As），水銀(Hg)，Ca，Mg，Na，K

〔溶出分析〕……全量分析から含水率とIg—lossを除き，NO_2—N，NO_3—N，NH_4—N，PO_4—P，EC，Cl^-を付加した項目

4　調査結果および考察

(1)　水　　理

ア　平水時

表2　　ダム貯水池における内容

調査項目 / 水深(m)	水　温	pH, EC, アルカリ度, DO, COD, 硬度 濁度, $KMnO_4$ 消費量, NO_2-N, NO_3-N NH_4-N, Kj-N, PO_4-P, T-P, TOC, Na, K	SS, BOD, Cl^-, Fe, Mn Cu, Zn, SO_4^{2-}、SiO_2, 一般細菌数, クロロフィルa	照　度
0.1 ～ 1.0	0.5mピッチ	1mピッチ	循環期に相当したため （表層(0.1m) 中層(1/2水深) 底層(底より1m上) の3部位	0.5mピッチ
1.0 ～ 10	1m 〃			
10 ～ 20	2m 〃			
20 ～ 40	5m 〃	5m 〃		
40 ～ 底より1m上		10m 〃		

表 3　　河川水路の流量調査結果

調査地点	10月16日		11月30日		流域面積(km²)
	流量(m³/sec)	比 (%)	流量(m³/sec)	比 (%)	
①牛首川(白峰第1測水所)*	0.22	2	0.87	3	137.5
③大道谷川	0.07	1	1.59	6	20.7
④赤谷川	0.11	1	0.40	1	18.4
⑤桑島導水路出口*	7.50	56	16.50	61	—
⑥下田原川	0.06	0	0.17	1	21.7
⑦尾添導水路出口**	5.30	40	7.70	28	—
計	13.26	100	27.23	100	198.3
⑧手取発電所取水口**	6.8		10.1		

*：北陸電力石川支店調べ
**：電源開発㈱手取川建設所調べ
*, **：9時における前進日間平均値
その他：調査時における実測値

表 4　　調査時におけるダムの水理状況

項目	10月16日	11月30日	満水位
ダム貯水位標高(m)*	410.46	435.68	465.00
貯留量(1000m³)*	47,612.	109,659.	231,000.
ダム流入量(m³/sec)**	18.6	29.2	
ダム流出量(m³/sec)**	6.5	0.0	

電源開発㈱手取川建設所調べ
*：9時の値
**：9時における前進日間平均値

表5　手取川の流況
（五味島測水所：昭和48年）

水位	流量(m³/sec)
豊水位	22.82
平水位	12.95
低水位	9.14
渇水位	4.76

北陸電力石川支店調べ

河川，水路：今回調査対象とした河川，水路の集水面積は延べ 198km² (尾添導水路を除く) と，ダム貯水池全流域 (247km²) のほぼ 8 割に相当している。そして，2割貯水期，5割貯水期における貯水池への総流入流量は，調査河川，水路での合計で，それぞれ 13.3，27.2m³/sec である (表3)。これに対して，貯水池において湖水の貯留高から推計された日平均総流入量は，両期それぞれ 18.6，29.2m³/sec (表4) と，断片的な実測値とよく符合し，両調査時における流量の安定を裏書きしている。また，調査時における各河川，水路での流量構成から，桑島，尾添両導水路だけの流量で実測された総流入量の9割程度を占めている。

なお，実測総流入量から系外すなわち尾添導水路からの流入量を差し引き，これを湛水前に五味島測水所で捕捉された実測流量 (表5) と対応させてみると両

表 6　濁水時調査前後における手取川・白峰測水所及び桑島導水路出口の流量

10月	流量 (m³/sec) 白峰測水所*	桑島導水路出口*	降水量** (mm)	11月	流量 (m³/sec) 白峰測水所*	桑島導水路出口*	降水量** (mm)
10月16日	0.22	8.45	0	11月16日	0.31	12.34	0
17日	0.21	8.20	0	17日	0.36	13.11	0
18日	0.22	8.42	0	18日	37.24	17.30	22
19日	46.29	16.75	22	19日	22.06	17.30	27
20日	19.62	17.30	112	20日	4.68	16.84	8
21日	2.29	17.30	0	21日	0.73	17.30	3
22日	0.39	16.96	16				
23日	0.30	14.50	0				

*：北陸電力石川支店調べ（0～4時までの日間平均値）
**：電源開発㈱手取川建設所調べ（9時における前進日間平均値）

表7　中宮及び岩間温泉の水質

成分	中宮温泉	岩間温泉
湧出量(ℓ/min)	45.6	—
pH	7.0	6.7
K^+ (mg/kg)	112.5	24.1
Na^+ (〃)	760.0	315.0
Ca^{2+} (〃)	52.7	45.5
Mg^{2+} (〃)	4.7	1.3
Fe^{2+} (〃)	2.0	0.2
Cl^- (〃)	924.8	351.4
SO_4^{2-} (〃)	82.3	116.8
HCO_3^- (〃)	668.1	225.8
H_2SiO_3 (〃)	146.9	85.8
泉質	ナトリウム—塩化物・炭酸水素塩泉	ナトリウム—塩化物泉

調査時の流入水位は平水位ないしは豊水位相当であることが判る。

ダム貯水池：調査時における手取川ダム貯水池の水理状況は表4に示す。貯留量（10^6m^3）は満水位の231に対して2割貯水期が48，5割貯水期が110とそれぞれ約2割，5割の貯留量である。また標高水位は同様に465mに対して，それぞれ410，436mと5割貯水期の水深が2割貯水期より26m深くなっている。なお，放流水量（m^3/sec）はそれぞれ6.5，0.0と本川流量のほぼ渇水ないし低水位流量（表5）相当と少ない。

イ　濁水時

白峰測水所（No.1）と桑島導水路（No.5）における平水時と濁水時との日流量を比較する（表6），と，10月19～20日，11月18～20日の両濁水時に白峰測水所での流量が平水時のそれの約100倍にも達するが，桑島導水路での流量はわずか2倍程度にしかならない。これは，平水時において牛首川の水のほとんどが桑島導水路に取水されるのに対して，濁水時には取水が停止されることに起因している。

(2) 水　質

ア　平水時

河川，水路：2回の平水時調査における流入4河川，2水路の水質はpH 7.1～7.8，SS 0.6～1.4ppm，DO飽和率100%前後，COD 0.5～2.5ppm，そしてBOD 0.1～1.4ppm等と清澄である。この中にあって，尾添導水路（No.7）でEC，M-アルカリ度，Na，Ca，Cl^-，SO_4^{2-}等電解質成分の濃度が他の調査河川，水路のそれらに比して高値を示している。このことは手取川ダム貯水池からみれば系外であり，当該水路の取水源である尾添川上流域ダム域とは地質を異にする（尾添川域：古期流紋岩質火砕岩，ダム域：手取統）[3]こと，とりわけ尾添川上流の河床部に散在する中宮，岩間などの温泉[4]（表7）群からの鉱水が混入することが一因と考えられる。

次に貯水池からの放水路，手取川第一発電所取水路の水質をみると，流入河川，水路のそれに比して，

SS，濁度そしてFe，Mn，Ca，Zn等の金属成分をはじめ，N，Pの栄養塩類の濃度の高いのが特異的である。これは降水時にダム貯水池へ大量に流入した濁水の成分が貯水池内で長期間滞留し，徐々にしか放流されないために現出するいわゆるTailing現象によるものであろう。従って，手取川ダムのごとき山地ダムにおいては濁水時の，とりわけ流入水からの汚濁負荷量調査，そして併行的に湖水，流出水の水質調査が重要視されるべきものと思われる。

ダム貯水池：まず，水深毎に計測された照度を整理してみよう。照度は一般に調査日の天候，調査時刻あるいは刻々の雲の動きによって変化するため以下のランバート・ベール理論式によって得られた遮光係数を用いて規準化し比較される。すなわち

$$I=I_0e^{-kL}=I_010^{-KL} \qquad ①$$

$K=k\log_{10}e$

I_0：水面（L＝0）における照度（lux）

I：水深L（m）における照度（lux）

ここでK値は，水深がKの逆数だけ深くなることによって照度が10分の1倍に減少することを意味し，遮光係数と呼称されている。つまり，K値の大きい場合ほど遮光物質が少ないということになる。また，水深と照度との関係を片対数グラフにプロットした場合，全層が一本の直線関係で表わされる場合，均質水層，2本以上の直線となる場合には異質水層として判定される。

さて，調査時毎の水深別照度の実測値（図3）を①式に代入し，これに最小自乗法を適用してK値を求め（表8），水面照度を100として規準化し図示すると図4が得られる。

遮光係数は2割貯水期の方が5割貯水期に比べて大きい。また地点別には5割貯水期においてはほとんど差がないが，2割貯水期にはC≒B＞Aの傾向となる。以上のことから，少なくとも表層5mにおいては概ね均質ではあるが，かなり高濁度の水塊が存在すること，そして貯水池への濁水の流入は2割貯水期までよりは以後の5割貯水期までにおける方が大きかったことを示唆する結果を得，興味深い。なお，この傾向は後述のSS，濁度の結果と符合している。

視点を変えてみると，一般に水界では水自体による光の吸収が極めて大きく，このために水界における生産者の生活あるいはクロロフィル活性は光合成に必要な光エネルギーが充分得られる比較的浅い水域や水界の表層付近に限られている。そして，有機物の余剰生

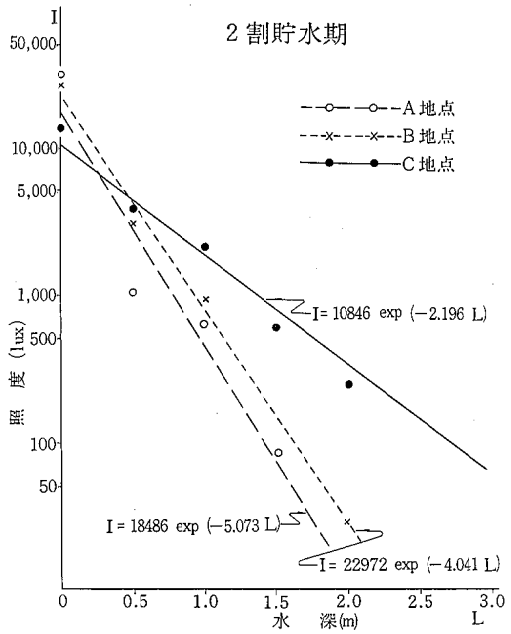


図3－1　ダム貯水池における照度の水深による減衰

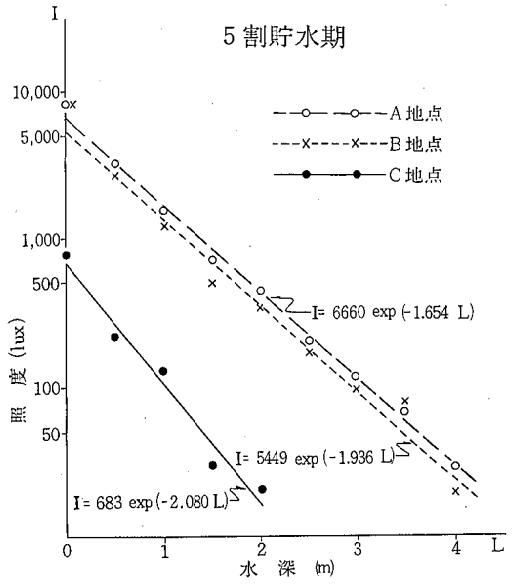


図3－2　ダム貯水池における照度の水深による減衰

表 8　　遮光係数 K と SS，濁度及びクロロフィル a

調　査	地点	k(m^{-1})	K(m^{-1})	1/K(m)	SS(ppm)	濁度(ppm)*	クロロフィルa (ppb)
2割貯水期	A	5.1	2.2	0.45	22.8	21.1	0.1
	B	4.0	1.8	0.57	22.8	16.6	0.2
	C	2.2	1.0	1.05	8.0	3.0	0.2
5割貯水期	A	1.7	0.7	1.39	8.8	8.7	0.1
	B	1.9	0.8	1.19	6.4	7.9	0.1
	C	2.1	0.9	1.11	5.0	5.0	0.0

*：0.1，2.0m における測定値の平均値

表 9　　透 明 度 と 補 償 深 度

調　査	地　点	透 明 度(m)	補 償 深 度(m)	補償深度/透明度
2割貯水期	A	0.30	0.9	3.0
	B	0.25	1.2	4.8
	C	0.95	2.1	2.2
5割貯水期	A	0.78	2.7	3.5
	B	0.74	2.4	3.2
	C	0.91	2.2	2.4

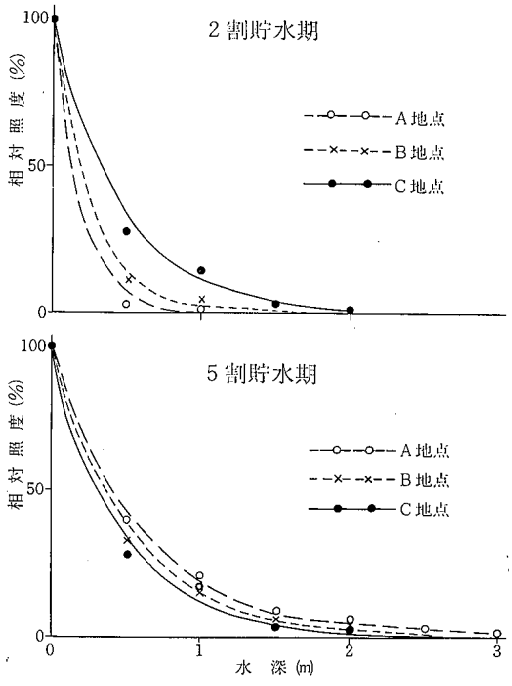


図4　　ダム貯水池における照度の水深による減衰

産が行われ，生産者の生長の可能な水層を生産層あるいは有光層，その深さを補償深度と呼んでいる。この深さは水面で光量の1％を受光できる深さまでとされ[5]，この深度では光合成活性と呼吸活性とが相平衡するとされている。そこで前述のK値を①式に代入して本調査時におけるダム貯水池の補償深度を求め，透視度の測定値と併記して表9に表示した。これによれば，手取川ダムの2割，5割両貯水期における補償深度は上流C地点で透明度の2倍強になっているのに対して，下流側のA，B地点では3～5倍とやや高い。これは，上流側の湖盆横断面積が下流側のそれに比して小さいために，上流の牛首川等からの流入水によって貯水池内の濁水が清水と置換され易いことによるものであろう。また通常，補償深度は透明度の約2.5倍と言われているが[6]，これより高値をとる場合の遮光物質については，植物プランクトンや他の有機性セストンは相対的に，無機性セストンあるいは懸濁物質の構成比の高いことが挙げられよう。実際，当該貯水池でのクロロフィルa量は，全ての試料で0.3mg/m^3以下と，一般湖沼のそれに比してはるかに低い値であ

る（表8）。

つぎに他の理化学的水質についてみてみよう。

今回の調査時期は，一般湖沼での循環期に相当する10，11月であったにもかかわらず，手取川ダム貯水池の場合には湛水途上における調査ということもあってか，湖水の水温成層は不鮮明と言わざるを得ない。つまり，2割貯水期・10月中旬時点において，下流のA，B地点の水面下1m層で1°C，そして同じく上流のC地点で3°Cの温度差がみられる程度である。これは夏季成層表水層の残留と言うよりは流入水による直接影響によるものであろう。また，DO飽和率でも両貯水期とも100～130%となっており，水温のそれと不離一体の傾向が見られる。しかし，これらは貯水量が少ない場合ほど流入水による影響を受け易いといったごく当然の結果ともいえる（図5）。

このように，本調査が時期的には“循環期”相当時に実施され，貯水池が非成層様相であり，かつ湖水と流入水との温度差が小さいことから，調査時におけるダム貯水池の水質は，少なくとも鉛直方向ではほぼ均質に近い状態であると判断した。そして，調査地点別，調査項目別に水質測定結果を集計して表10に示した。調査時期別に結果を通覧すれば，5割貯水期において2割貯水期より水深が25m程度増加したにもかかわらず同じ地点の鉛直方向での水質変動が比較的小さく地点間差もほとんど認められない。また，2割貯水期に比べて全般的に清澄である。この傾向は2割貯水期調査時の約2週間前の10月1日に年に数回しかない規模の洪水流——日降水量106 mm，ダムへの流入水量150m³/sec（日平均），——が供給され，これが以後の流入清水により希釈を受けた結果と推定される。

貯水池でのT－N，T－P測定値を坂本による湖水栄養度の分類[7]（表11）に対応させると，湖水のT－N 0.2～0.5ppm，T－Pでも0.01～0.03ppmは共に中栄養湖のそれに該当した。

さて，ダム貯水池等人造湖においては，天然湖沼の場合に比べて水の交換性や水位の変動が大きいこと，また地形的にも湖棚が全くないこと等から，ダム固有の諸元によって富栄養化の進行過程や流入水による負

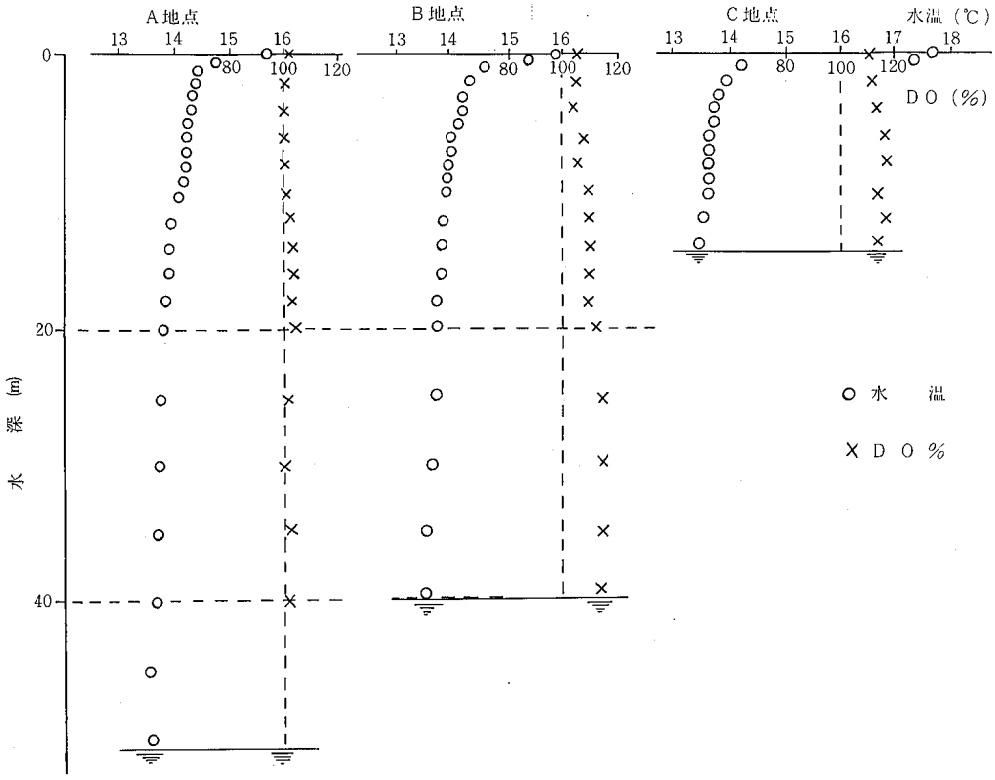


図 5－1　ダム貯水池における水温及びDOの鉛直分布（2割貯水期）

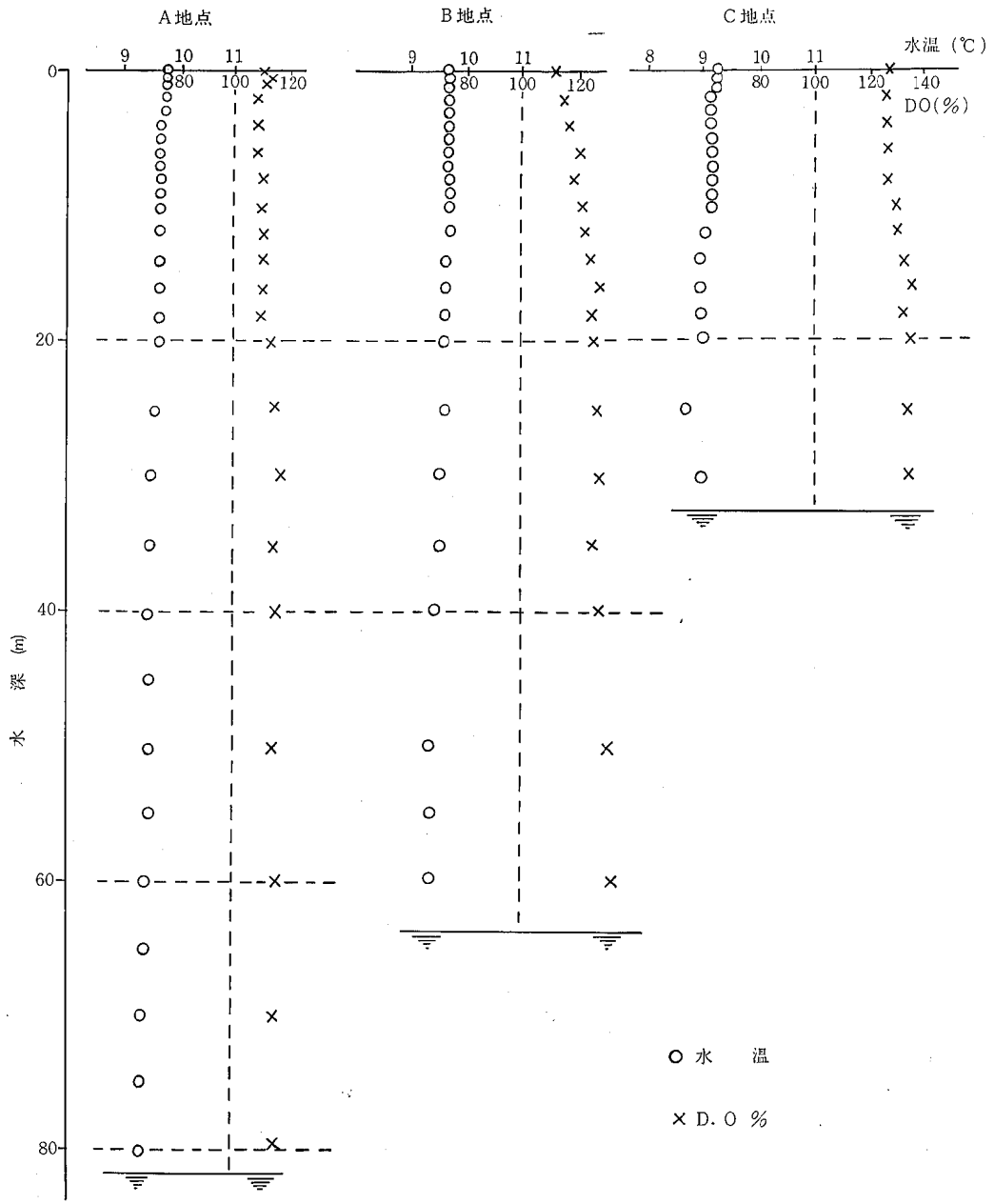


図 5－2　　ダム貯水池における水温及び DO の鉛直分布（5割貯水期）

表 10—1　ダム貯水池における水質調査結果の集計（2割貯水期）

項目	A (15) 注		B (15)		C (8)	
	平均値	最小値～最大値	平均値	最小値～最大値	平均値	最小値～最大値
EC (μ℧/cm)	114.9	103 ～ 155	106	94.0 ～ 117	124.4	123 ～ 128
M－アルカリ度 (ppm)	34.8	32.9 ～ 38.9	33.1	30.7 ～ 36.2	38.0	35.6 ～ 41.1
DO (ppm)	※ 10.0	9.7 ～ 10.3	10.9	10.1 ～ 11.4	11.4	10.3 ～ 11.8
COD (ppm)	2.8	1.6 ～ 4.3	2.0	1.3 ～ 3.1	1.5	0.9 ～ 2.0
$KMnO_4$ 消費量 (ppm)	7.3	5.8 ～ 10.0	6.5	5.3 ～ 8.6	5.0	4.5 ～ 5.8
Ca (ppm)	7.7	7.2 ～ 8.9	6.7	6.2 ～ 7.2	7.3	7.2 ～ 7.5
Mg (ppm)	2.4	2.2 ～ 2.7	2.6	2.4 ～ 3.0	3.1	3.0 ～ 3.1
総硬度 (ppm)	29.2	27.3 ～ 33.3	27.6	24.5 ～ 30.1	31.1	30.6 ～ 31.8
濁度 (ppm)	23.4	13.8 ～ 36.8	11.6	5.5 ～ 18.0	4.4	2.6 ～ 6.0
NO_2-N (ppm)	0.010	0.002 ～ 0.067	0.017	0.002 ～ 0.028	0.017	0.001 ～ 0.029
NO_3-N (ppm)	0.173	0.081 ～ 0.454	0.081	0.036 ～ 0.154	0.074	0.017 ～ 0.138
NH_4-N (ppm)	0.074	0.055 ～ 0.159	0.038	0.010 ～ 0.075	0.049	0.017 ～ 0.092
Kj－N (ppm)	0.237	0.093 ～ 0.598	0.204	0.106 ～ 0.435	0.315	0.178 ～ 0.539
T－N (ppm)	0.428	0.255 ～ 0.879	0.292	0.188 ～ 0.504	0.408	0.196 ～ 0.636
PO_4-P (ppm)	0.011	0.006 ～ 0.031	0.007	0.003 ～ 0.012	0.010	0.003 ～ 0.015
T－P (ppm)	0.033	0.026 ～ 0.045	0.019	0.014 ～ 0.031	0.012	0.008 ～ 0.016
TOC (ppm)	2.7	2.2 ～ 3.3	2.1	1.8 ～ 2.5	1.5	1.3 ～ 1.6
Na (ppm)	4.4	3.6 ～ 5.8	4.0	3.6 ～ 4.4	※※ 4.7	4.6 ～ 4.9
K (ppm)	1.1	0.9 ～ 1.3	1.0	0.8 ～ 1.5	※※ 0.9	0.7 ～ 1.4

注：（　）内は鉛直方向の測定回数。また、※印においては18回，※※は7回。

表 10—2　手取川ダム貯水池における調査項目ごとの平均値及び範囲（5割貯水期）

項目	A (19) 注		B (17)		C (13)	
	平均値	最小値～最大値	平均値	最小値～最大値	平均値	最小値～最大値
EC (μ℧/cm)	116.8	112 ～ 120	105	102 ～ 110	101.3	100 ～ 102
M－アルカリ度 (ppm)	34.1	33.4 ～ 35.1	32.3	31.2 ～ 33.4	30.7	30.1 ～ 31.2
DO (ppm)	※ 12.4	11.9 ～ 13.3	13.6	12.3 ～ 14.5	14.5	13.9 ～ 15.2
COD (ppm)	1.8	1.5 ～ 2.0	1.6	1.3 ～ 1.8	1.5	1.2 ～ 1.8
$KMnO_4$ 消費量 (ppm)	5.5	4.7 ～ 6.0	5.5	4.8 ～ 6.7	5.3	4.5 ～ 6.1
Ca (ppm)	8.1	7.9 ～ 8.5	6.9	6.9 ～ 7.9	6.9	6.9 ～ 7.2
Mg (ppm)	3.1	3.1 ～ 3.1	3.2	3.1 ～ 3.2	3.2	3.2 ～ 3.2
総硬度 (ppm)	33.1	32.5 ～ 34.3	31.5	30.4 ～ 32.8	30.6	30.4 ～ 31.3
濁度 (ppm)	9.0	7.3 ～ 11.6	7.6	6.6 ～ 8.9	6.0	4.2 ～ 6.9
NO_2-N (ppm)	0.007	0.006 ～ 0.008	0.006	0.005 ～ 0.006	0.005	0.004 ～ 0.006
NO_3-N (ppm)	0.158	0.125 ～ 0.171	0.147	0.125 ～ 0.168	0.146	0.128 ～ 0.159
NH_4-N (ppm)	0.028	0.002 ～ 0.080	0.024	0.013 ～ 0.063	0.029	0.010 ～ 0.081
Kj－N (ppm)	0.123	0.021 ～ 0.205	0.119	0.050 ～ 0.200	0.097	0.057 ～ 0.166
T－N (ppm)	0.288	0.194 ～ 0.383	0.271	0.196 ～ 0.363	0.248	0.183 ～ 0.326
PO_4-P (ppm)	0.020	0.018 ～ 0.026	0.005	0.002 ～ 0.008	0.004	0.002 ～ 0.013
T－P (ppm)	0.026	0.023 ～ 0.030	0.021	0.016 ～ 0.025	0.016	0.012 ～ 0.022
TOC (ppm)	1.7	1.3 ～ 2.6	1.5	1.0 ～ 1.9	1.3	1.0 ～ 1.5
Na (ppm)	4.3	4.2 ～ 4.4	4.2	4.1 ～ 4.4	4.1	4.0 ～ 4.2
K (ppm)	0.9	0.8 ～ 1.2	0.9	0.7 ～ 1.2	1.0	0.8 ～ 1.7

注：（　）内は鉛直方向の測定回数。また，※印においては21回。

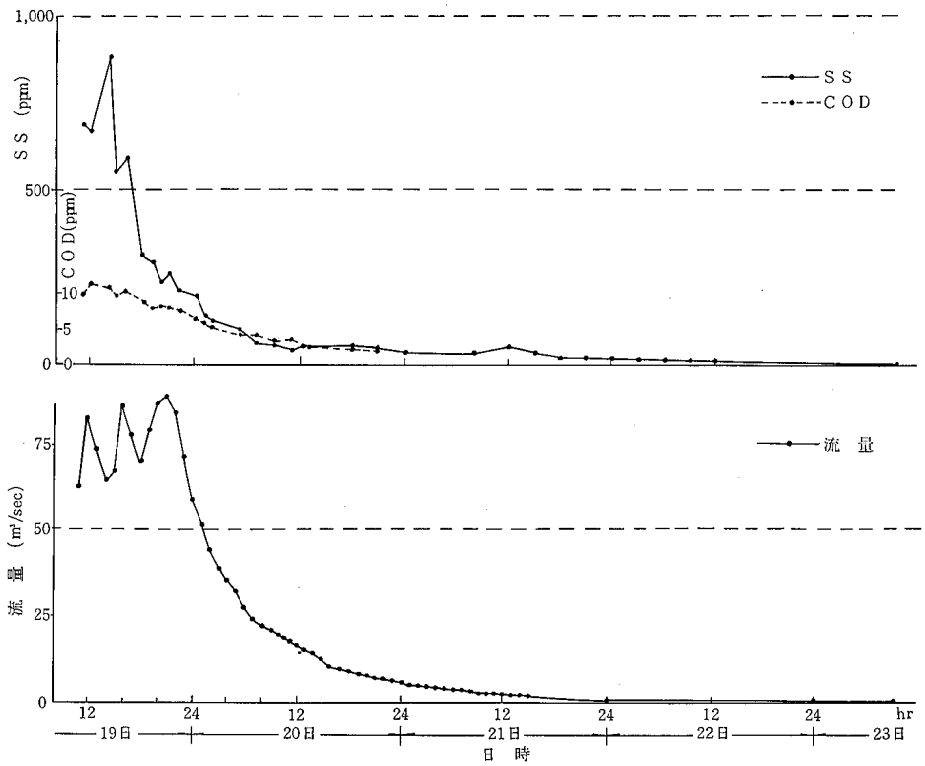


図 6－1　　濁水時における流量，SS，COD の経時変化（10月）

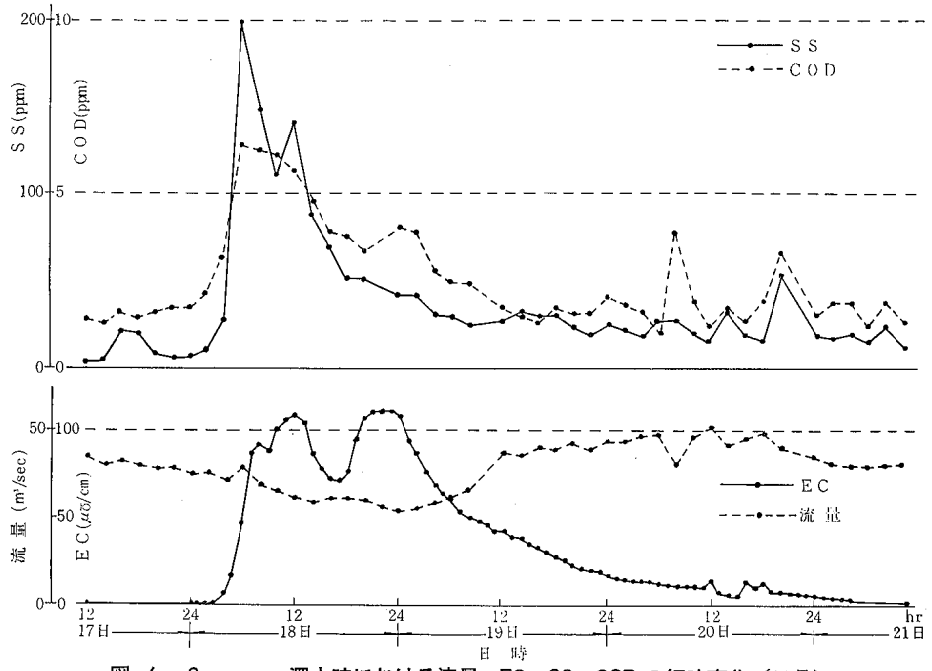


図 6－2　　濁水時における流量，EC，SS，COD の経時変化（11月）

表 11　栄養度による湖沼分類（坂本）と手取川ダム貯水池における栄養塩の濃度

湖沼型		T — N (ppm)	T — P (ppm)
貧栄養湖		0.02 ～ 0.2	0.002 ～ 0.02
中栄養湖		0.1 ～ 0.7	0.01 ～ 0.03
富栄養湖		0.5 ～ 1.3	0.01 ～ 0.09
手取川ダム貯水池	2割貯水期	0.188 ～ 0.879	0.008 ～ 0.045
	5割貯水期	0.183 ～ 0.383	0.016 ～ 0.030

表 12　牛首川・風嵐堰堤における濁水中の T-N, T-P 平均値

調査実施日		11 月 17 日	11 月 18 日	11 月 19 日
日平均流量 (m^3/sec)		0.36	37.24	22.06
全量	T — N (ppm)	0.218	0.340	0.265
	T — P (ppm)	0.018	0.085	0.032
溶解性	T — N (ppm)	0.203	0.283	—
	T — P (ppm)	0.012	0.021	—

荷影響の発現態様等が複雑に遷移するとされ，一般的な傾向としての把握が困難な部分が多いとされている。このうえに北陸という気象条件が入るわけである。そこで湛水後における貯水池の富栄養化に係る調査においては以上のことが充分配慮されるべきであろう。

イ　濁水時

10月，11月の降水時２回の調査における流量，SS，CODの経時変化を図６－１に示す。10月は濁水ピークの途中から調査を開始した形となっているが，11月の調査では完全に濁水ピークの全体が捕捉されている。流量についてみると，11月の調査では時間当り約 20m^3 の割で増加し，複数のピークを構成するのに対して10月の調査においてはより鋭く立ち上がり，流量も 87.9m^3/sec となっている。また流量に対応させてSS，COD の時系列変化を見ると，流量の立ち上がりと同時に急激に増加し，流量のピークが維持されているにもかかわらず，すでに減少しはじめるのが判る。この傾向は SS において特に著しい。またこの濁水化に符合した無機質の増加が認められ，金属類の分析結果がある11月についてみるとFe，Mn，Cu，Zn等金属類は SS の高値を反映した結果となっている（資料編参照）。また11月の導電率の経時変化は（図６－２参照），COD等の場合とは相反した行動を示し，濁水時に低下傾向となる。このことは溶解性塩類の増加以上に，水量が多くなり希釈を受けること，及び調査地点の上流域において岩石質が多いこと等が原因かと思われる。

濁水時のピークを的確にとらえている11月の調査について流量のピークが表われる前日，17日（流量：0.37m^3/sec），及び流量ピークが表われている18日（流量：37.24m^3/sec），19日（流量：22.06m^3/sec）における２濁水中の全窒素，全隣の濃度を表１－12に示す。これでみると17日のT－N，T－Pの濃度は濁水ピーク時，18日にはT－Nで1.5倍，T－P で５倍程度に増加している。一方溶解性成分では増加しているものの割合はわずかである（表12）。このことはSS成分中に含まれるT－N，T－Pの量が試料の沪液に比べて多いことを示している。以上の調査結果から濁水時における流量ピークの立ち上がり時での水質が最も問題になると推定され，来年度以降においては降水態様とピークの立ち上がりの関係を数タイプに分類し，降水量から直接濁水による流入負荷の推計を可能ならしめ，ダム貯水池内での濁水予測を行い，ひいては貯水池への汚濁物質の天然供給量を見積る必要があると思われる。

表 13　土壌調査結果

項目		林地 (13例)		農地 (7例)		宅地 (4例)		河床 (5例)	
		平均	最小値～最大値	平均	最小値～最大値	平均	最小値～最大値	平均	最小値～最大値
全量分析	強熱減量 (%)	6.9	3.1 ～ 21.6	4.5	2.4 ～ 6.9	4.4	3.4 ～ 5.6	1.9	1.6 ～ 2.2
	COD (ppm)	6,940.	770. ～ 14,900.	7,240.	2,510. ～ 11,800.	7,210.	3,080. ～ 13,000.	695.	534. ～ 828.
	Kj－N (ppm)	739.	6.5 ～ 1,970.	475.	210. ～ 914.	428.	283. ～ 575.	114.	13.1 ～ 277.
	T－P (ppm)	132.	20.2 ～ 532.	298.	39.7 ～ 1,090.	285.	194. ～ 370.	49.1	35.0 ～ 78.4
	Fe (ppm)	22,500.	12,800. ～ 35,300.	25,300	17,800. ～ 43,700.	2,180.	18,600. ～ 27,800.	20,000.	13,400. ～ 26,100.
	Mn (ppm)	308.	56.5 ～ 496.	415.	197. ～ 678.	300.	213. ～ 354.	301.	194. ～ 561.
溶出分析	EC ($\mu\upsilon$/cm)	886.	270. ～ 1,620.	1,280.	217. ～ 2,880.	705.	333. ～ 1,820.	1,270.	593. ～ 1,600.
	COD (ppm)	239.	73. ～ 879.	177.	80. ～ 325.	264.	106. ～ 391.	56.	46. ～ 80.
	Cl^- (ppm)	125.	96. ～ 190.	114.	90. ～ 169.	114.	90. ～ 157.	122.	96. ～ 151.
	NO_2－N (ppm)	0.3	0.1 ～ 0.8	0.3	0.2 ～ 0.4	0.2	0.1 ～ 0.2	0.2	0.2 ～ 0.2
	NO_3－N (ppm)	9.6	0.5 ～ 52.1	2.5	1.6 ～ 5.5	5.2	2.1 ～ 8.1	0.7	0.4 ～ 1.4
	NH_4－N (ppm)	12.3	8.7 ～ 19.6	9.1	4.2 ～ 12.5	5.4	3.5 ～ 8.6	7.5	0.5 ～ 11.2
	Kj－N (ppm)	27.3	15.9 ～ 39.9	21.1	11.0 ～ 34.8	26.4	12.4 ～ 40.4	13.9	3.4 ～ 27.4
	PO_4－P (ppm)	1.9	0.0 ～ 19.5	6.6	0.2 ～ 31.7	17.3	12.7 ～ 23.9	0.1	0.1 ～ 0.2
	T－P (ppm)	4.9	0.0 ～ 30.7	10.4	1.4 ～ 43.4	23.6	21.4 ～ 25.9	0.5	0.4 ～ 0.7
	Fe (ppm)	145.	5.6 ～ 338.	160.	64.3 ～ 338.	286.	23.8 ～ 632.	39.5	29.4 ～ 49.9
	Mn (ppm)	3.12	0.15 ～ 8.09	3.13	1.66 ～ 6.56	2.96	1.55 ～ 3.98	0.58	0.13 ～ 1.01
溶出率	COD (%)	4.0	1.6 ～ 9.5	2.7	0.8 ～ 5.0	4.7	1.4 ～ 8.0	8.	5.6 ～ 11.
	Kj－N (%)	46.3	1.0 ～ 489.2	5.6	2.1 ～ 13.	6.8	2.2 ～ 10.	48.7	4.7 ～ 209.2
	T－P (%)	3.5	0.0 ～ 6.9	4.7	0.5 ～ 12.	9.0	5.8 ～ 12.	1.1	0.5 ～ 1.7
	Fe (%)	0.7	0.0 ～ 1.6	0.6	0.2 ～ 1.6	1.2	0.1 ～ 2.3	0.5	0.1 ～ 1.6
	Mn (%)	1.5	0.0 ～ 6.5	0.9	0.3 ～ 1.7	1.0	0.5 ～ 1.3	0.2	0.1 ～ 0.3

(3) 土　壌

湛水開始前の昭和53年12月にダム湛水予定域内で採取した土壌についての水質汚濁関連項目の分析値は表13に示す通りである。

ア　全量分析：土壌の有機性指標である強熱減量でみると，林地土の平均 6.9%に対して農地土 4.5%，宅地土 4.4%，河床土 1.9%と，一部林地土に判定標準値の15%を上廻る腐植土範ちゅうの土壌が見られるが，全般的には粒子の大きい砂質のものは有機物が少なく，微粒子の土壌に有機物が多い傾向である。COD，Kj—N，T—P についても河床土低値の様相である。また，一般的に土壌中の窒素は 0.2~0.6 で，その大部分が有機態窒素であるといわれている[8]が，当該域土壌のKj—Nはいずれも 0.2%すら下廻っており，全体の平均ではわずか 0.4%台と低値である。

なお，Fe，Mn などの金属成分の濃度には採取地点別の差はほとんどなく，調査土壌の母岩，層序（手取統）[3]の共通性を示唆している。

イ　溶出分析：COD，NO_3—N，Kj—N，PO_4—P，T—P は分析値そのものにおいても，溶出率においても全量分析値と並行的に低く，当該土壌が腐植質に乏しい土壌であることを裏打ちしている。

2 ま と め

(1) 平水時調査はダム貯水池の２割貯水期，５割貯水期の２回，手取川の平水位ないしは豊水位時に実施された。また，流入河川・水路のうち桑島，尾添両導水路の流量が貯水池への全流入量のほぼ９割を占めた。

調査時における貯水池からの放流水量は渇水ないしは低水位流量相当と少なかった。

(2) 貯水池への流入水の水質はいずれも清澄であった。ただ尾添導水路の電解質関連成分の高いのが目立った。これに対して，放流水の水質は，一時的な高濁度水の影響を反映して SS，濁度，金属成分そして窒素，燐の栄養塩類濃度が高値を示した。

(3) 貯水池表層水の遮光係数は 0.7～2.2 となり，調査時期別には２割貯水期の方が高値であった。この値から求めた補償深度は透明度の２～４倍高く，クロロフィル量が少ないことから無機性セストンあるいは懸濁物質による遮光であると推定した。

(4) 調査は２回ともダム貯水池の循環期に相当し，DOは下層でも100%を越えた。そのためか各項目とも垂直方向でのバラつきは少ない。水質は２割貯水期の方が悪く SS で 10～20ppm と高値であった。しかしこれは調査数日前の洪水時濁水の流入によるものと考えられる。また N，P を湖沼の栄養度分類値に対応させると T—P が 0.01～0.03ppm，T—N が 0.2～0.5ppm と中栄養湖のそれに該当した。

(5) 牛首川，白峰第一測水所における濁水時調査（２回）時の流量は平水時調査時の 100倍にも達した。しかし濁水は共に３日程度でおさまった。11月の濁水時調査における SS，COD を時間単位で流入に対応させてみると，立ち上がりと同時に最も高くなり，流量ピーク時にはすでに減少しはじめた。この傾向は特にSSにおいて著しかった。これに反して導電率は流量のピーク時に低くなるという逆の様相を呈した。また N，P については濁水の始まる前と比較して濁水ピーク時にそれぞれ 1.5，５倍程度濃度が上昇した。溶解性成分では当然のことながら増加割合は低い。

(6) 貯水池内の土壌調査結果から母岩，層序（手取統）の共通性を示唆する結果が得られた。また，腐植質，N，Pなど有機性成分含有率の低いことが判った。

文　献

1) 石川県環境部：石川県の自然環境，第２分冊植生（1977）
2) 建設省河川局監修：建設省河川砂防技術基準（案），調査編，p 352—379，山海堂，東京（1978）
3) 石川県環境部：人造湖水質保全対策調査報告書（手取川ダム貯水池），p ５—20（1979）
4) 石川県温泉開発研究協会：温泉の開発，15，36（1972）
5) 柳田友道：赤潮，p５—７，講談社，東京（1976）
6) 合田健：水質環境指標，p 241—242，思考社，東京（1979）
7) 坂本充：用水と廃水，15，25—33（1973）
8) 山根一郎：日本の土壌，p 148—151，朝倉書店，東京（1978）

6 資　料

表14—１～表18の通りである。

表 14—1　手取川ダム貯水池への流入・流出河川における水質調査結果

調査　昭和54年10月16日

採取地点	採取時刻 時:分	流量 m^3/day	水温 ℃	SS ppm	濁度 ppm	pH	M−アルカリ度 ppm	P−アルカリ度 ppm	DO ppm	COD ppm	BOD ppm	$KMnO_4$消費量 ppm	TOC ppm	EC μυ/cm	Na ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	総硬度 ppm	Cl ppm	SO_4^{2-} ppm	SiO_2 ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm	NO_2−N ppm	NO_3−N ppm	NH_4−N ppm	Kj−N ppm	T−N ppm	PO_4−P ppm	T−P ppm	一般細菌数 /ml
①白峰第1測水所	14:45	—	15.5	1.0	0.5	7.1	37.3	0	9.9	1.0	0.3	3.5	1.6	101	5.3	0.9	7.2	2.5	28.4	5.8	5.2	6.9	0.605	0.006	0.001	0.012	0.007	0.172	0.058	0.122	0.301	0.005	0.005	1.5×10^2
②下村大橋	14:10	—	17.1	1.4	0.5	7.6	43.3	0	9.4	1.0	0.5	3.4	1.8	125	5.7	1.1	8.9	3.0	34.6	6.2	8.5	8.6	0.319	0.006	0.004	0.011	0.006	0.133	0.052	0.099	0.238	0.008	0.009	6.5×10^2
③大道谷川橋	14:20	6,090	16.2	1.8	0.4	7.3	36.7	0	10.1	1.4	0.5	3.7	2.6	110	6.0	1.3	6.6	2.6	27.4	7.3	7.3	7.1	0.605	0.008	0.002	0.012	0.015	0.071	0.055	0.077	0.163	0.023	0.024	8.6×10^3
④赤谷川貯水池流入前	13:50	9,590	17.1	1.4	0.2	7.2	26.3	0	9.2	0.8	0.1	3.5	1.7	78.3	4.4	0.8	3.9	2.1	18.5	5.8	3.1	6.6	0.081	0.005	0.001	0.007	0.006	0.063	0.037	0.295	0.364	0.003	0.003	4.6×10
⑤桑島導水路 〃	11:55	—	12.5	3.4	0.5	7.5	40.6	0	10.7	0.5	0.5	3.2	1.4	147	6.7	1.0	8.9	3.4	14.3	9.3	15.3	11.1	0.351	0.012	0.001	0.016	0.003	0.016	0.034	0.059	0.078	0.005	0.005	8.1×10
⑥下田原川 〃	13:12	5,390	14.2	1.6	0.5	7.4	27.4	0	9.4	0.8	0.3	3.2	1.6	76.3	3.8	0.7	3.9	1.9	17.8	6.2	1.9	11.1	0.345	0.003	0.001	0.012	0.005	0.106	0.034	0.160	0.271	0.006	0.006	2.9×10
⑦尾添導水路 〃	11:15	—	12.8	7.0	1.6	7.7	55.9	0	10.4	1.2	1.3	4.4	1.6	239	12.0	1.8	15.1	3.3	51.4	14.6	28.1	12.1	0.430	0.037	0.002	0.020	0.092	0.137	0.055	0.143	0.372	0.008	0.011	1.0×10^2
⑧手取川第1発電所取水口	10:37	—	15.3	30.2	38.1	7.5	35.6	0	10.0	2.2	0.2	6.5	2.7	116	3.9	1.0	8.2	2.2	29.7	5.8	9.5	8.0	1.93	0.044	0.006	0.042	0.002	0.220	0.042	0.050	0.272	0.013	0.038	8.1×10

表 14—2　手取川ダム貯水池への流入・流出河川における水質調査結果

調査　昭和54年11月30日

採取地点	採取時刻 時:分	流量 m^3/day	水温 ℃	SS ppm	濁度 ppm	pH	M−アルカリ度 ppm	P−アルカリ度 ppm	DO ppm	COD ppm	BOD ppm	$KMnO_4$消費量 ppm	TOC ppm	EC μυ/cm	Na ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	総硬度 ppm	Cl ppm	SO_4^{2-} ppm	SiO_2 ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm	NO_2−N ppm	NO_3−N ppm	NH_4−N ppm	Kj−N ppm	T−N ppm	PO_4−P ppm	T−P ppm	一般細菌数 /ml
①白峰第1測水所	13:30	—	8.3	4.8	2.6	7.4	23.0	0.0	11.2	2.5	1.4	6.8	1.3	148	12.4	1.2	4.9	3.4	26.6	19.7	3.5	6.1	0.162	0.048	0.000	0.011	0.004	0.181	0.033	0.283	0.468	0.013	0.016	1.4×10^2
②下村大橋	13:00	—	8.3	5.8	2.7	7.5	27.9	0.0	11.3	1.3	0.7	4.8	1.6	101	4.2	0.8	5.9	3.1	27.5	7.3	3.8	7.0	0.210	0.008	0.000	0.006	0.003	0.129	0.033	0.076	0.208	0.010	0.016	2.9×10^2
③大道谷川橋	13:10	138,000	8.3	7.4	1.2	7.4	17.0	0.0	11.3	1.6	0.8	4.5	2.1	63.9	2.9	0.6	3.4	2.2	17.6	5.4	1.0	8.1	0.232	0.007	0.007	0.005	0.002	0.135	0.021	0.090	0.227	0.010	0.018	1.8×10^2
④赤谷川貯水池流入前	12:40	34,300	9.2	0.6	0.2	7.3	16.4	0.0	10.9	0.9	0.8	4.7	2.0	61.2	3.2	0.6	3.2	2.2	17.2	5.4	0.8	6.7	0.093	0.005	0.000	0.001	0.001	0.069	0.033	0.040	0.110	0.005	0.009	1.0×10
⑤桑島導水路 〃	11:45	—	12.0	3.4	1.1	7.4	16.9	0.0	11.9	1.5	1.3	5.2	1.5	155	10.5	1.0	5.9	3.7	30.2	17.0	7.0	9.0	0.111	0.171	0.001	0.011	0.002	0.133	0.031	0.090	0.225	0.007	0.014	2.9×10
⑥下田原川 〃	11:15	14,500	8.2	11.4	5.8	7.4	23.6	0.0	11.5	1.6	0.6	6.0	2.1	79.0	3.3	0.6	4.3	2.6	21.6	5.8	0.3	8.3	0.541	0.013	0.000	0.006	0.005	0.097	0.024	0.060	0.162	0.015	0.018	3.1×10
⑦尾添導水路 〃	10:35	—	7.0	1.2	0.4	7.8	49.9	0.0	11.7	0.4	1.0	4.1	1.5	167	5.0	0.8	12.5	2.9	43.2	6.9	8.2	7.8	0.077	0.010	0.001	0.011	0.001	0.186	0.033	0.048	0.235	0.005	0.009	7
⑧手取川第1発電所取水口	10:10	—	10.8	11.4	12.1	7.6	35.6	0.0	13.3	1.5	1.2	4.8	2.2	130	4.3	1.0	8.5	3.1	34.1	6.6	6.5	8.0	1.46	0.024	0.007	0.042	0.008	0.172	0.045	0.160	0.340	0.025	0.025	1.5×10

表 15—1—A　　手取川ダム貯水池水質調査結果（A地点）

調査　昭和54年10月16日　採水時刻 10:30～11:10

水深：51 m，標高水位 410.46 m　　天候　前日：快晴　当日：快晴

水色：緑白色，透明度 0.3 m

項目＼深度(m)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
照度(lux)	33,000	1,050	650	85	14	3			

項目＼深度(m)	0.1	0.5	1	2	4	10	16
粗生産費(ppm/day)							
消費量(ppm/day)							

水深(m)＼項目	水温 (℃)	濁度 (ppm)	pH	M－アルカリ度 (ppm)	P－アルカリ度 (ppm)	DO (ppm)	DO飽和率 (%)	COD (ppm)	$KMnO_4$消費量 (ppm)	TOC (ppm)	EC (μ℧/cm)	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	総硬度 (ppm)	NO_2-N (ppm)	NO_3-N (ppm)	NH_4-N (ppm)	Kj-N (ppm)	T-N (ppm)	PO_4-P (ppm)	or-P (ppm)	T-P (ppm)
0.1	15.7	19.9	7.4	34.0	0.0	9.7	101	2.9	7.9	3.2	112	4.1	1.1	7.9	2.2	29.0	0.007	0.244	0.055	0.166	0.417	0.014	0.027	0.041
0.5	14.7					9.8	100																	
1	14.4					9.8	99																	
2	14.4	22.3	7.4	33.4	0.0	9.8	99	2.7	6.3	2.5	105	3.6	1.1	7.5	2.2	28.1	0.003	0.111	0.056	0.143	0.257	0.007	0.025	0.032
3	14.3																							
4	14.3	32.8	7.4	32.9	0.0	9.8	99	4.2	8.7	3.3	110	4.2	1.3	7.5	2.2	28.1	0.067	0.147	0.159	0.446	0.660	0.021	0.017	0.038
5	14.2																							
6	14.2	36.8	7.4	34.0	0.0	9.8	99	2.6	7.4	2.5	103	3.8	1.2	7.5	2.2	28.1	0.003	0.208	0.062	0.093	0.304	0.013	0.026	0.039
7	14.2																							
8	14.2	31.4	7.4	32.9	0.0	9.8	99	4.3	10.0	3.3	110	4.4	1.3	7.5	2.3	28.3	0.011	0.270	0.149	0.598	0.879	0.006	0.039	0.045
9	14.2																							
10	14.1	25.2	7.4	32.9	0.0	10.0	101	2.2	6.9	2.7	105	3.8	1.0	7.2	2.2	27.3	0.002	0.151	0.068	0.223	0.376	0.008	0.023	0.031
12	13.9	34.2	7.4	32.9	0.0	10.1	101	2.2	6.5	2.7	104	3.9	1.2	7.2	2.2	27.3	0.019	0.160	0.064	0.205	0.384	0.031	0.011	0.042
14	13.9	22.8	7.4	33.4	0.0	10.2	102	2.8	7.1	2.6	107	3.8	1.0	7.2	2.3	27.4	0.004	0.136	0.075	0.228	0.368	0.009	0.023	0.032
16	13.9	22.3	7.5	34.0	0.0	10.3	103	2.4	6.3	2.7	112	4.1	0.9	7.2	2.3	27.7	0.005	0.092	0.061	0.326	0.423	0.007	0.021	0.028
18	13.8	18.2	7.4	33.4	0.0	10.2	102	2.5	6.9	2.3	106	3.9	1.1	7.2	2.4	27.9	0.005	0.081	0.053	0.226	0.312	0.008	0.018	0.026
20	13.8	21.5	7.4	33.4	0.0	10.3	103	3.7	7.6	2.6	108	4.2	1.1	7.5	2.4	28.8	0.004	0.095	0.062	0.132	0.326	0.008	0.027	0.035
25	13.7	19.5	7.5	36.2	0.0	10.0	100	3.4	7.4	2.5	122	5.0	1.0	8.2	2.5	31.0	0.005	0.189	0.058	0.163	0.357	0.008	0.018	0.026
30	13.7	15.3	7.5	37.8	0.0	9.9	99	2.2	7.4	2.6	125	5.0	1.1	8.2	2.6	31.1	0.008	0.146	0.065	0.280	0.434	0.008	0.021	0.029
35	13.7	18.1	7.5	37.8	0.0	10.1	101	2.7	6.5	2.4	127	5.2	1.3	8.5	2.6	32.2	0.005	0.167	0.062	0.257	0.429	0.007	0.021	0.028
40	13.6	20.1	7.5	38.9	0.0	10.1	100	1.6	5.8	2.2	128	5.5	1.1	8.5	2.6	32.3	0.003	0.127	0.053	0.125	0.255	0.008	0.020	0.028
45	13.5																							
50	13.5	13.8	7.4	38.9	0.0	10.1	100	3.1	7.4	2.9	155	5.8	1.2	8.9	2.7	33.3	0.009	0.454	0.082	0.197	0.660	0.010	0.019	0.029
60																								
80																								
100																								
120																								

水深(m)＼項目	SS (ppm)	BOD (ppm)	Cl^- (ppm)	SO_4^{2-} (ppm)	SiO_2 (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	クロロフィルa (ppb)	クロロフィルb (ppb)	クロロフィルc (ppb)	総クロロフィル (ppb)	一般細菌数/ml
0.1（表層）	22.8	1.1	6.6	8.5	7.8	2.39	0.042	0.005	0.025	0.1	0.3	0.8	1.2	6.1×10
30（中層）	29.2	0.4	7.3	11.8	9.0	1.69	0.042	0.001	0.021	0.1	0.2	0.6	0.9	8.5×10^2
50（下層）	27.4	0.6	7.7	18.3	8.9	2.07	0.053	0.004	0.020	0.3	0.7	2.2	3.2	2.2×10^2

表 15—1—B　手取川ダム貯水池水質調査結果（B地点）

調査　昭和54年10月16日　採水時刻 13:40～14:20

水深：40 m，標高水位 410.46 m　天候　前日：快晴　当日：快晴

水色：緑白色，透明度 0.25 m

項目＼深度(m)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
照度(lux)	27,000	3,150	950	29					

項目＼深度(m)	0.1	0.5	1	2	4	10	16
粗生産費(ppm/day)							
消費量(ppm/day)							

水深(m)	水温 (℃)	濁度 (ppm)	pH	M-アルカリ度 (ppm)	P-アルカリ度 (ppm)	DO (ppm)	DO飽和率 (%)	COD (ppm)	$KMnO_4$消費量 (ppm)	TOC (ppm)	EC (μ℧/cm)	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	総硬度 (ppm)	NO_2-N (ppm)	NO_3-N (ppm)	NH_4-N (ppm)	Kj-N (ppm)	T-N (ppm)	PO_4-P (ppm)	or-P (ppm)	T-P (ppm)
0.1	15.9	18.0	7.4	32.3	0.0	10.1	105	3.1	8.6	2.4	102.	3.7	1.0	6.9	2.4	27.3	0.024	0.154	0.017	0.156	0.334	0.012	0.019	0.031
0.5	15.4																							
1	14.6																							
2	14.3	15.2	7.3	31.8	0.0	10.4	105	2.0	7.4	2.2	94.5	3.6	1.0	6.9	2.4	27.3	0.003	0.079	0.075	0.106	0.188	0.011	0.012	0.023
3	14.2																							
4	14.2	16.1	7.4	31.2	0.0	10.2	103	2.8	7.3	2.2	94.0	3.7	0.9	6.9	2.5	24.5	0.004	0.065	0.010	0.435	0.504	0.005	0.019	0.024
5	14.1																							
6	14.0	15.1	7.5	30.7	0.0	10.7	107	2.2	7.1	2.4	103.	3.7	0.9	6.6	2.4	26.5	0.004	0.127	0.017	0.186	0.317	0.006	0.016	0.022
7	14.0																							
8	13.9	15.2	7.4	31.8	0.0	10.5	105	1.6	6.6	2.5	105.	3.6	0.9	6.6	2.4	26.5	0.002	0.062	0.069	0.173	0.237	0.004	0.021	0.025
9	13.9																							
10	13.9	14.7	7.4	32.9	0.0	10.8	108	1.9	6.5	2.5	104.	3.7	1.0	6.6	2.5	26.8	0.018	0.085	0.023	0.195	0.296	0.008	0.012	0.020
12	13.8	9.7	7.4	31.8	0.0	10.9	109	2.1	6.6	2.1	106.	3.7	0.9	6.6	2.6	27.2	0.021	0.036	0.012	0.151	0.208	0.008	0.007	0.015
14	13.8	12.7	7.5	31.8	0.0	11.0	110	2.1	6.8	2.1	108.	3.8	1.1	6.2	2.6	26.7	0.019	0.063	0.019	0.235	0.317	0.010	0.010	0.020
16	13.8	8.5	7.4	33.4	0.0	10.9	109	1.6	6.5	1.7	105.	4.1	1.5	6.2	2.7	26.7	0.027	0.081	0.020	0.173	0.281	0.010	0.005	0.015
18	13.7	7.8	7.4	33.4	0.0	10.8	108	1.9	5.6	1.8	110.	4.2	0.9	6.9	2.8	28.7	0.019	0.069	0.071	0.169	0.257	0.004	0.010	0.014
20	13.7	10.4	7.5	34.0	0.0	11.1	111	1.3	5.8	1.9	110.	4.1	1.3	6.6	2.8	27.9	0.017	0.054	0.075	0.138	0.209	0.007	0.010	0.017
25	13.7	9.6	7.4	33.4	0.0	11.3	113	1.7	5.6	2.5	112.	4.3	0.8	6.9	2.8	28.9	0.016	0.107	0.071	0.231	0.354	0.006	0.008	0.014
30	13.6	7.3	7.5	35.6	0.0	11.4	113	2.2	5.5	1.9	116.	4.4	0.9	7.2	2.9	30.1	0.022	0.079	0.019	0.142	0.243	0.003	0.011	0.014
35	13.5	7.8	7.5	35.6	0.0	11.4	113	1.9	5.6	1.7	117.	4.4	1.0	6.9	2.9	29.4	0.028	0.095	0.016	0.125	0.247	0.006	0.008	0.014
39	13.5	5.5	7.5	36.2	0.0	11.3	112	2.1	5.3	1.8	117.	4.4	0.8	6.9	3.0	29.5	0.027	0.056	0.062	0.300	0.383	0.012	0.004	0.016
45																								
50																								
60																								
80																								
100																								
120																								

水深(m)	SS (ppm)	BOD (ppm)	Cl^- (ppm)	SO_4^{2-} (ppm)	SiO_2 (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	クロロフィルa (ppb)	クロロフィルb (ppb)	クロロフィルc (ppb)	総クロロフィル (ppb)	一般細菌数/ml
0.1（表層）	22.8	1.0	6.9	9.4	7.0	1.69	0.037	0.004	0.029	0.2	0.2	0.5	0.9	9.1×10
20（中層）	18.6	0.7	6.9	9.3	8.0	1.08	0.036	0.001	0.015	0.1	0.2	0.8	1.1	1.2×10^2
39（下層）	17.8	0.6	6.9	10.0	9.1	1.18	0.035	0.001	0.016	0.1	0.1	0.4	0.6	8.3×10

表 15—1—C　　手取川ダム貯水池水質調査結果（C地点）

調査　昭和54年10月16日　採水時刻　15:00～15:40

水深：15 m，　標高水位　410.46 m

天候　前日：快晴　当日：快晴

水色：淡緑白色，透明度　0.95 m

深度(m)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
照度(lux)	14,600	4,110	2,120	610	250		90		

深度(m)	0.1	0.5	1	2	4	10	16
粗生産費(ppm/day)							
消費量(ppm/day)							

水深(m)	水温 (℃)	濁度 (ppm)	pH	M－アルカリ度 (ppm)	P－アルカリ度 (ppm)	DO (ppm)	DO飽和率 (%)	COD (ppm)	$KMnO_4$消費量 (ppm)	TOC (ppm)	EC (μΩ/cm)	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	総硬度 (ppm)	NO_2-N (ppm)	NO_3-N (ppm)	NH_4-N (ppm)	Kj-N (ppm)	T-N (ppm)	PO_4-P (ppm)	or-P (ppm)	T-P (ppm)
0.1	17.7	2.6	7.6	41.1	0.0	10.3	111	1.5	4.5	1.5	128	4.7	0.7	7.5	3.1	31.8	0.018	0.124	0.030	0.199	0.341	0.003	0.005	0.008
0.5	17.4																							
1	14.2																							
2	13.9	3.3	7.6	40.0	0.0	11.2	112	1.2	4.8	1.3	126	4.8	0.8	7.5	3.1	31.8	0.001	0.017	0.046	0.178	0.196	0.008	0.002	0.010
3	13.8																							
4	13.7	5.0	7.6	37.3	0.0	11.3	113	0.9	4.7	1.5	123	4.7	0.9	7.2	3.0	30.6	0.024	0.043	0.027	0.290	0.357	0.007	0.002	0.009
5	13.7																							
6	13.6	6.0	7.6	36.7	0.0	11.7	116	1.5	4.8	1.6	123	4.9	1.4	7.2	3.1	30.8	0.016	0.057	0.077	0.379	0.452	0.015	0.001	0.016
7	13.6																							
8	13.6	4.9	7.6	37.3	0.0	11.7	116	1.9	5.8	1.4	123	4.7	0.9	7.2	3.1	30.7	0.016	0.138	0.027	0.350	0.504	0.012	0.001	0.013
9	13.6																							
10	13.6	5.2	7.6	35.6	0.0	11.5	114	1.7	5.5	1.5	123	4.8	0.8	7.2	3.1	30.8	0.019	0.087	0.092	0.191	0.297	0.010	0.002	0.012
12	13.5	4.2	7.6	37.3	0.0	11.8	117	1.2	4.7	1.6	124	4.6	0.9	7.5	3.1	31.8	0.029	0.060	0.072	0.391	0.488	0.010	0.001	0.011
14	13.4	3.6	7.6	38.4	0.0	11.4	113	2.0	5.2	1.5	125	4.6	0.9	7.2	3.1	30.7	0.029	0.068	0.017	0.539	0.636	0.009	0.004	0.013
16																								
18																								
20																								
25																								
30																								
35																								
40																								
45																								
50																								
60																								
80																								
100																								
120																								

水深(m)	SS (ppm)	BOD (ppm)	Cl^- (ppm)	SO_4^{2-} (ppm)	SiO_2 (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	クロロフィルa (ppb)	クロロフィルb (ppb)	クロロフィルc (ppb)	総クロロフィル (ppb)	一般細菌数/ml
0.1（表層）	8.0	0.6	6.6	9.9	7.0	0.509	0.020	0.001	0.011	0.2	0.1	0.2	0.5	1.2×10^2
8.（中層）	14.4	0.8	7.3	10.8	8.9	0.891	0.030	0.001	0.016	0.1	0.1	0.6	0.8	1.5×10^2
14.（下層）	12.8	1.0	6.6	11.3	8.5	0.796	0.026	0.001	0.010	0.1	0.2	0.6	0.9	4.2×10^2

表 15—2—A　手取川ダム貯水池水質調査結果（A地点）

調査　昭和54年11月30日　採水時刻 11:40～12:20

水深：82 m，標高水位 435.68 m　天候　前日：雨　当日：雨

水色：12（ウーレ），透明度 0.80 m

項目＼深度(m)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
照度(lux)	8,200	3,300	1,600	730	450	210	120	70	30

項目＼深度(m)	0.1	0.5	1	2	4	10	16
粗生産費(ppm/day)							
消費量(ppm/day)							

水深(m)	水温 (℃)	濁度 (ppm)	pH	M－アルカリ度 (ppm)	P－アルカリ度 (ppm)	DO (ppm)	DO飽和率 (%)	COD (ppm)	$KMnO_4$消費量 (ppm)	TOC (ppm)	EC (μ℧/cm)	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	総硬度 (ppm)	NO_2－N (ppm)	NO_3－N (ppm)	NH_4－N (ppm)	Kj－N (ppm)	T－N (ppm)	PO_4－P (ppm)	or－P (ppm)	T－P (ppm)
0.1	9.8	8.9	7.2	35.1	0.0	12.2	111	1.6	5.2	1.8	118	4.2	0.8	8.2	3.1	33.4	0.006	0.146	0.006	0.079	0.231	0.018	0.007	0.025
0.5	9.8					12.5	114																	
1	9.8					12.3	112																	
2	9.8	8.5	7.2	34.5	0.0	11.9	108	2.0	6.0	1.9	120	4.4	1.2	8.5	3.1	34.3	0.006	0.172	0.024	0.126	0.304	0.020	0.003	0.023
3	9.8																							
4	9.7	9.1	7.3	34.0	0.0	11.9	108	1.9	5.8	2.6	118	4.3	0.9	8.2	3.1	33.4	0.007	0.167	0.024	0.124	0.298	0.018	0.007	0.025
5	9.7																							
6	9.7	9.0	7.3	34.0	0.0	11.9	108	1.8	5.7	1.8	116	4.3	0.9	8.2	3.1	33.4	0.006	0.168	0.021	0.169	0.343	0.018	0.005	0.023
7	9.7																							
8	9.7	8.9	7.3	33.4	0.0	12.1	110	2.0	5.4	1.7	118	4.2	0.8	8.2	3.1	33.3	0.006	0.146	0.014	0.136	0.288	0.018	0.007	0.025
9	9.7																							
10	9.7	9.0	7.3	33.4	0.0	12.2	111	2.0	5.7	1.8	118	4.3	0.9	8.2	3.1	33.4	0.006	0.156	0.031	0.121	0.283	0.020	0.010	0.030
12	9.7	8.6	7.4	33.4	0.0	12.3	112	1.7	5.4	1.7	116	4.3	0.9	8.2	3.1	33.4	0.006	0.165	0.026	0.140	0.311	0.021	0.009	0.030
14	9.7	8.3	7.4	33.4	0.0	12.2	111	1.7	5.7	1.8	117	4.3	0.8	7.9	3.1	32.6	0.006	0.145	0.019	0.100	0.251	0.020	0.010	0.030
16	9.7	8.7	7.4	34.0	0.0	12.2	111	1.8	5.4	1.6	118	4.2	0.8	7.9	3.1	32.6	0.006	0.164	0.017	0.157	0.327	0.020	0.005	0.025
18	9.7	7.3	7.4	33.4	0.0	12.2	111	1.7	5.5	1.8	117	4.2	0.8	7.9	3.1	32.6	0.006	0.165	0.010	0.133	0.304	0.018	0.005	0.023
20	9.7	8.9	7.4	34.0	0.0	12.5	114	1.9	5.7	1.8	115	4.3	0.9	7.9	3.1	32.6	0.006	0.167	0.026	0.181	0.354	0.021	0.006	0.027
25	9.6	9.8	7.4	34.0	0.0	12.8	116	1.7	4.7	1.9	117	4.3	0.9	7.9	3.1	32.5	0.007	0.148	0.033	0.148	0.303	0.020	0.005	0.025
30	9.5	8.0	7.4	33.4	0.0	13.3	120	1.5	5.5	1.8	112	4.2	0.8	7.9	3.1	32.6	0.006	0.141	0.002	0.105	0.252	0.020	0.007	0.027
35	9.5	8.5	7.4	34.0	0.0	12.9	117	1.6	5.4	1.3	116	4.3	0.8	7.9	3.1	32.6	0.006	0.167	0.014	0.021	0.194	0.020	0.005	0.025
40	9.5	8.4	7.4	35.0	0.0	12.5	113	1.7	5.5	1.4	120	4.4	0.8	7.9	3.1	32.7	0.007	0.171	0.005	0.205	0.383	0.018	0.007	0.025
45	9.5																							
50	9.5	8.8	7.4	35.0	0.0	12.7	115	1.7	6.0	1.7	117	4.4	0.8	8.2	3.1	33.5	0.007	0.168	0.040	0.127	0.302	0.021	0.006	0.027
60	9.4	11.6	7.4	34.0	0.0	12.8	116	1.8	5.5	1.4	117	4.3	1.1	8.2	3.1	33.4	0.008	0.148	0.027	0.058	0.214	0.026	0.004	0.030
70	9.3	10.0	7.4	34.5	0.0	12.8	115	1.7	5.0	1.7	115	4.4	0.8	8.2	3.1	33.4	0.008	0.145	0.080	0.130	0.283	0.020	0.007	0.027
80	9.3	9.9	7.5	35.1	0.0	12.6	113	1.6	5.0	1.6	114	4.3	0.8	7.9	3.1	32.5	0.006	0.162	0.045	0.070	0.238	0.020	0.007	0.027
120																								

水深(m)	SS (ppm)	BOD (ppm)	Cl^- (ppm)	SO_4^{2-} (ppm)	SiO_2 (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	クロロフィルa (ppb)	クロロフィルb (ppb)	クロロフィルc (ppb)	総クロロフィル (ppb)	一般細菌数 /ml
0.1（表層）	8.8	0.9	6.6	6.2	7.8	0.446	0.016	0.001	0.010	0.1	0.1	0.5	0.7	1.4×10
40（中層）	10.2	1.1	6.6	6.3	7.6	0.637	0.021	0.001	0.009	0.0	0.1	0.0	0.2	2.6×10^2
80（下層）	11.4	1.2	6.6	6.3	7.5	0.605	0.024	0.018	0.014	0.0	0.1	0.4	0.5	5.0×10

表 15—2—B　手取川ダム貯水池水質調査結果（B地点）

調査　昭和54年11月30日　採水時刻　14:30～15:10

水深：64 m，標高水位 435.68 m　天候　前日：雨　当日：雨

水色：12（ウーレ），透明度 0.75 m

項目＼深度(m)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
照度(lux)	8,000	2,600	1,200	500	350	180	100		

項目＼深度(m)	0.1	0.5	1	2	4	10	16
粗生産費(ppm/day)							
消費量(ppm/day)							

水深(m)＼項目	水温 (℃)	酸度 (ppm)	pH	M－アルカリ度 (ppm)	P－アルカリ度 (ppm)	DO (ppm)	DO飽和率 (%)	COD (ppm)	$KMnO_4$消費量 (ppm)	TOC (ppm)	EC (μΩ/cm)	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	総硬度 (ppm)	NO_2-N (ppm)	NO_3-N (ppm)	NH_4-N (ppm)	Kj-N (ppm)	T-N (ppm)	PO_4-P (ppm)	or-P (ppm)	T-P (ppm)
0.1	9.7	8.4	7.4	32.3	0.0	12.3	112	1.7	5.0	1.7	110	4.1	1.2	7.5	3.1	31.9	0.006	0.168	0.017	0.146	0.320	0.008	0.014	0.022
0.5	9.7																							
1	9.7																							
2	9.7	7.4	7.4	33.4	0.0	12.8	116	1.7	5.4	1.5	108	4.3	0.9	7.5	3.1	31.9	0.006	0.163	0.042	0.093	0.262	0.006	0.012	0.018
3	9.7																							
4	9.7	8.0	7.4	32.9	0.0	12.9	117	1.8	5.4	1.5	106	4.3	0.7	7.9	3.1	32.7	0.006	0.114	0.032	0.154	0.274	0.006	0.014	0.020
5	9.7																							
6	9.7	7.3	7.5	33.4	0.0	13.3	121	1.8	5.4	1.6	106	4.3	0.8	7.9	3.1	32.8	0.006	0.160	0.018	0.109	0.275	0.005	0.019	0.024
7	9.7																							
8	9.7	7.1	7.4	32.9	0.0	13.1	119	1.7	5.4	1.6	103	4.3	0.8	7.5	3.1	31.9	0.005	0.158	0.037	0.200	0.363	0.006	0.015	0.021
9	9.7																							
10	9.7	6.8	7.4	32.3	0.0	13.4	122	1.7	5.7	1.9	106	4.2	0.8	7.5	3.1	31.9	0.005	0.159	0.028	0.112	0.276	0.003	0.017	0.020
12	9.7	7.8	7.4	32.3	0.0	13.4	122	1.3	5.5	1.0	103	4.2	0.8	7.5	3.1	31.9	0.005	0.141	0.013	0.133	0.279	0.003	0.013	0.016
14	9.6	8.0	7.4	31.8	0.0	13.7	124	1.7	5.0	1.7	102	4.2	0.8	7.2	3.2	31.2	0.006	0.151	0.032	0.141	0.298	0.004	0.015	0.019
16	9.6	6.6	7.4	32.3	0.0	14.1	128	1.6	5.7	1.6	104	4.2	1.1	7.2	3.1	31.1	0.005	0.152	0.018	0.175	0.332	0.003	0.016	0.019
18	9.6	8.0	7.4	31.8	0.0	13.7	124	1.7	5.4	1.3	104	4.1	0.8	7.2	3.1	31.1	0.005	0.130	0.015	0.114	0.249	0.006	0.023	0.029
20	9.6	7.6	7.4	32.9	0.0	13.8	125	1.5	6.7	1.3	105	4.5	1.1	7.2	3.2	31.2	0.006	0.151	0.013	0.078	0.235	0.004	0.012	0.016
25	9.6	6.9	7.5	32.3	0.0	13.9	126	1.8	6.0	1.5	106	4.3	1.2	7.2	3.2	31.2	0.005	0.147	0.045	0.179	0.331	0.003	0.018	0.021
30	9.5	7.3	7.4	31.8	0.0	14.2	128	1.6	6.0	1.5	106	4.2	1.0	7.2	3.2	31.2	0.005	0.150	0.008	0.094	0.249	0.004	0.014	0.018
35	9.5	8.9	7.4	31.8	0.0	13.9	126	1.5	4.8	1.3	105	4.2	0.9	7.2	3.2	31.3	0.005	0.131	0.007	0.068	0.204	0.005	0.018	0.023
40	9.4	8.0	7.4	31.2	0.0	14.2	128	1.5	5.4	1.5	105	4.2	1.2	7.2	3.2	31.2	0.005	0.141	0.010	0.050	0.196	0.004	0.021	0.025
45	9.3																							
50	9.3	7.1	7.5	31.8	0.0	14.5	131	1.5	5.4	1.7	104	4.4	0.9	7.0	3.2	30.4	0.005	0.154	0.013	0.088	0.247	0.002	0.018	0.020
60	9.3	7.7	7.4	31.8	0.0	14.4	130	1.7	5.5	1.3	106	4.2	1.0	7.0	3.2	30.4	0.005	0.125	0.063	0.084	0.214	0.005	0.016	0.022
80																								
100																								
120																								

水深(m)＼項目	SS (ppm)	BOD (ppm)	Cl^- (ppm)	SO_4^{2-} (ppm)	SiO_2 (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	クロロフィルa (ppb)	クロロフィルb (ppb)	クロロフィルc (ppb)	総クロロフィル (ppb)	一般細菌数/ml
0.1（表層）	6.4	1.2	6.2	6.2	8.8	0.414	0.013	0.000	0.008	0.1	0.1	0.4	0.6	3.2×10^{1}
30.（中層）	7.0	1.9	6.6	5.9	8.1	0.477	0.027	0.000	0.010	0.0	0.0	0.1	0.1	9.5×10
60.（下層）	7.8	1.5	6.6	5.7	7.3	0.541	0.022	0.000	0.008	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4×10

表 15—2—C　手取川ダム貯水池水質調査結果（C地点）

調査　昭和54年11月30日　採水時刻　15:30～16:10

水　深：　33 m，　標高水位 435.68 m

水　色：12（ウーレ），透明度　0.90 m

天　候　前日：雨　当日：雨

項目＼深度(m)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
照度(lux)	780	220	130	30	20				

項目＼深度(m)	0.1	0.5	1	2	4	10	16
粗生産費(ppm/day)							
消費量(ppm/day)							

水深(m)	水温(℃)	濁度(ppm)	pH	M－アルカリ度(ppm)	P－アルカリ度(ppm)	DO(ppm)	DO飽和率(%)	COD(ppm)	$KMnO_4$消費量(ppm)	TOC(ppm)	EC(μ℧/cm)	Na(ppm)	K(ppm)	Ca(ppm)	Mg(ppm)	総硬度(ppm)	NO_2-N(ppm)	NO_3-N(ppm)	NH_4-N(ppm)	Kj-N(ppm)	T-N(ppm)	PO_4-P(ppm)	or-P(ppm)	T-P(ppm)
0.1	9.2	5.2	7.5	30.7	0.0	14.1	127	1.6	5.2	1.4	101	4.0	1.7	6.9	3.2	30.4	0.005	0.158	0.028	0.083	0.246	0.002	0.014	0.016
0.5	9.2																							
1	9.2																							
2	9.1	4.7	7.4	31.2	0.0	13.9	125	1.6	5.1	1.3	100	4.1	0.8	6.9	3.2	30.5	0.004	0.159	0.051	0.117	0.280	0.002	0.010	0.012
3	9.1																							
4	9.1	6.8	7.4	31.2	0.0	14.0	125	1.6	5.0	1.5	100	4.1	1.2	6.9	3.2	30.4	0.005	0.155	0.005	0.166	0.326	0.006	0.015	0.021
5	9.1																							
6	9.1	6.9	7.4	30.1	0.0	14.1	126	1.6	4.5	1.4	100	4.1	0.8	7.2	3.2	31.2	0.005	0.138	0.022	0.161	0.304	0.004	0.014	0.018
7	9.1																							
8	9.1	5.7	7.4	31.2	0.0	14.1	126	1.5	5.7	1.3	101	4.1	0.9	7.2	3.2	31.3	0.004	0.142	0.010	0.068	0.214	0.013	0.002	0.015
9	9.1																							
10	9.1	6.4	7.4	31.2	0.0	14.3	128	1.3	5.0	1.5	102	4.0	1.0	6.9	3.2	30.5	0.005	0.143	0.022	0.071	0.219	0.000	0.020	0.020
12	9.0	6.8	7.4	30.7	0.0	14.3	128	1.5	5.4	1.4	102	4.1	0.9	6.9	3.2	30.5	0.006	0.128	0.022	0.049	0.183	0.004	0.011	0.015
14	8.9	6.5	7.4	30.7	0.0	14.9	133	1.3	4.7	1.4	102	4.1	0.9	6.9	3.2	30.6	0.005	0.146	0.013	0.110	0.261	0.003	0.014	0.017
16	8.9	6.0	7.4	30.7	0.0	15.2	135	1.5	5.5	1.3	102	4.1	1.0	6.9	3.2	30.5	0.005	0.149	0.022	0.068	0.222	0.006	0.012	0.018
18	8.9	6.8	7.4	30.7	0.0	14.7	131	1.5	5.4	1.2	102	4.1	0.8	6.9	3.2	30.6	0.006	0.148	0.025	0.140	0.294	0.003	0.019	0.022
20	8.9	4.2	7.4	30.7	0.0	15.0	134	1.5	6.1	1.2	101	4.1	0.8	6.9	3.2	30.5	0.005	0.134	0.027	0.057	0.196	0.002	0.004	0.006
25	8.8	6.3	7.4	30.1	0.0	15.0	133	1.2	5.8	1.3	102	4.2	1.0	6.9	3.2	30.6	0.006	0.145	0.048	0.081	0.232	0.002	0.010	0.012
30	8.8	6.2	7.4	30.1	0.0	15.0	133	1.8	5.5	1.0	102	4.2	0.9	6.9	3.2	30.6	0.005	0.148	0.081	0.093	0.246	0.005	0.011	0.016
35																								
40																								
45																								
50																								
60																								
80																								
100																								
120																								

水深(m)	SS(ppm)	BOD(ppm)	Cl^-(ppm)	SO_4^{2-}(ppm)	SiO_2(ppm)	Fe(ppm)	Mn(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)	クロロフィルa(ppb)	クロロフィルb(ppb)	クロロフィルc(ppb)	総クロロフィル(ppb)	一般細菌数/ml
0.1（表層）	5.0	0.7	6.6	5.7	7.9	0.382	0.015	0.001	0.007	0.0	0.0	0.2	0.2	3.7×10
16（中層）	6.2	1.3	6.6	6.5	7.7	0.509	0.019	0.000	0.007	0.0	0.1	0.1	0.2	8.7×10
30（下層）	6.2	1.7	6.2	6.3	7.8	0.446	0.019	0.000	0.006	0.1	0.3	0.6	1.0	8.3×10

表 16—1　　牛首川における濁水時水質調査結果（調査地点：風嵐堰堤）

調査　昭和54年10月19～23日

採水日	採水時刻	EC	SS	COD	BOD	NO_2-N	NO_3-N	NH_4-N	Kj-N	T-N	PO_4-P	T-P
	時：分	μυ/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
10月19日	11：00	—	683	9.8	2.3	0.001	0.033	0.025	0.663	0.697	0.254	0.312
	12：00	—	665	11.3	4.0	0.003	0.020	0.113	1.018	1.041	0.243	0.308
	14：00	—	883	10.8	3.9	0.003	0.022	0.118	0.674	0.699	0.295	0.353
	15：00	—	551	9.9	4.7	0.004	0.009	0.051	0.746	0.759	0.240	0.300
	16：00	—	592	10.3	3.5	0.004	0.042	0.082	0.687	0.733	0.269	0.323
	18：00	—	309	8.7	3.8	0.012	0.056	0.062	0.375	0.443	0.175	0.212
	19：00	—	299	8.1	2.7	0.010	0.089	0.118	0.730	0.829	0.179	0.180
	20：00	—	235	8.1	3.1	0.008	0.086	0.059	0.373	0.467	0.100	0.167
	21：00	—	258	7.9	4.0	0.011	0.045	0.052	0.397	0.453	0.119	0.223
	22：00	—	210	7.7	2.0	0.011	0.054	0.097	0.693	0.738	0.110	0.210
	24：00	—	200	6.2	1.9	0.008	0.070	0.092	0.607	0.685	0.092	0.225
20日	1：00	—	136	5.6	2.1	0.007	0.049	0.043	0.349	0.405	0.068	0.148
	2：00	—	122	5.2	2.8	0.010	0.049	0.040	0.433	0.492	0.051	0.150
	5：00	—	99.5	4.2	2.2	0.010	0.075	0.038	0.285	0.370	0.052	0.102
	6：00	—	79.5	4.2	1.4	0.010	0.090	0.033	0.329	0.429	0.043	0.106
	7：00	—	61.5	4.3	2.3	0.011	0.083	0.039	0.267	0.361	0.033	0.062
	9：00	—	54.5	3.2	1.4	0.012	0.088	0.051	0.450	0.550	0.037	0.050
	11：00	—	42.5	3.4	2.2	0.012	0.089	0.136	0.327	0.428	0.032	0.039
	12：00	—	49.8	2.6	0.4	0.009	0.181	0.081	0.173	0.363	0.026	0.033
	18：00	99.3	51.8	2.1	1.2	0.009	0.117	0.040	0.087	0.213	0.024	0.043
	21：00	97.6	43.2	2.2	3.2	0.024	0.059	0.042	0.153	0.236	0.018	0.034
	24：00	96.0	33.6	2.2	2.4	0.018	0.063	0.076	0.140	0.221	0.013	0.025
21日	8：00	101	32.6	2.4	3.9	0.022	0.020	0.042	0.555	0.597	0.010	0.024
	12：00	93.0	53.6	1.9	1.1	0.006	0.075	0.035	0.153	0.234	0.012	0.034
	15：00	90.1	29.6	2.1	1.4	0.017	0.057	0.012	0.149	0.223	0.012	0.023
	18：00	91.1	16.0	1.9	1.7	0.018	0.067	0.029	0.107	0.192	0.006	0.017
	21：00	82.0	20.4	1.5	0.5	0.010	0.114	0.046	0.331	0.455	0.008	0.015
	24：00	85.2	15.6	2.9	5.4	0.014	0.021	0.007	0.143	0.178	0.009	0.018
22日	3：00	83.5	15.6	2.2	1.7	0.020	0.061	0.041	0.149	0.230	0.009	0.015
	6：00	84.3	13.4	1.8	1.4	0.016	0.045	0.043	0.078	0.139	0.007	0.014
	9：00	75.2	10.0	2.2	2.6	0.021	0.034	0.033	0.114	0.169	0.007	0.015
	12：00	85.4	9.2	2.2	3.6	0.017	0.019	0.036	0.302	0.338	0.008	0.016
	15：00	86.0	8.6	2.0	2.6	0.014	0.051	0.041	0.094	0.159	0.008	0.009
	18：00	78.1	12.2	2.0	3.1	0.016	0.027	0.031	0.114	0.157	0.010	0.016
	21：00	89.2	7.6	1.9	1.0	0.014	0.043	0.050	0.104	0.161	0.007	0.009
	24：00	89.1	9.2	1.4	0.9	0.011	0.083	0.060	0.081	0.175	0.005	0.008
23日	3：00	83.8	4.6	1.4	1.9	0.014	0.073	0.046	0.071	0.158	0.007	0.007
	6：00	89.3	10.6	1.4	1.1	0.008	0.065	0.038	0.058	0.131	0.006	0.011
	9：00	84.9	3.6	0.9	0.8	0.008	0.092	0.043	0.068	0.168	0.003	0.004

表 16—2　牛首川における濁水時水質調査結果（調査地点：風嵐堰堤）

調査　昭和54年11月17～21日

採水日	採水時刻	pH	EC	SS	COD	BOD	Cl^-	Ca	Mg	総硬度	濁度	NO_2-N	NO_3-N	NH_4-N	Kj-N	T-N	PO_4-P	T-P	Fe	Mn	SO_4^{2-}	SiO_2	Cu	Zn	Na	K
	時：分		μυ/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
11月17日	12：00	7.3	83.9	3.0	1.4	1.2	5.0	5.9	6.1	40.3	2.1	0.004	0.123	0.030	0.138	0.265	0.006	0.008	0.176	0.007	4.3	5.5	0.016	0.036	4.1	0.7
	14：00	7.5	79.3	3.8	1.2	1.3	4.6	6.2	3.1	28.4	3.0	0.004	0.105	0.023	0.086	0.195	0.007	0.008	0.218	0.007	3.8	4.9	0.013	0.028	3.9	0.5
	16：00	7.5	81.2	22.0	1.6	1.3	5.4	5.9	3.1	27.5	17.2	0.009	0.094	0.025	0.100	0.203	0.033	0.041	0.659	0.020	3.8	5.6	0.019	0.035	3.9	0.8
	18：00	7.5	79.0	9.4	1.4	1.4	5.0	5.9	3.0	27.3	7.3	0.004	0.108	0.045	0.131	0.243	0.014	0.036	0.500	0.011	3.3	5.4	0.011	0.115	3.8	0.7
	20：00	7.5	77.2	6.8	1.5	1.3	4.6	5.9	3.0	27.3	5.2	0.008	0.112	0.032	0.168	0.280	0.010	0.015	0.388	0.009	4.8	5.4	0.011	0.036	3.6	0.6
	22：00	7.5	75.4	4.4	1.7	1.7	5.0	5.6	3.0	26.4	3.1	0.005	0.109	0.020	0.108	0.136	0.007	0.009	0.263	0.008	3.7	5.2	0.041	0.046	3.7	0.7
	24：00	7.5	72.8	5.2	1.7	1.0	4.6	5.9	3.0	27.3	4.1	0.005	0.114	0.027	0.088	0.207	0.008	0.008	0.382	0.008	4.0	5.1	0.011	0.047	3.7	0.7
18日	2：00	7.6	74.7	10.2	2.1	1.4	4.6	5.6	3.0	26.2	5.2	0.003	0.113	0.028	0.105	0.221	0.009	0.011	0.637	0.011	3.5	5.3	0.009	0.028	3.6	0.6
	4：00	7.5	69.7	26.4	3.2	1.4	4.2	4.9	2.8	24.1	11.9	0.005	0.213	0.015	0.133	0.351	0.017	0.026	0.923	0.021	3.4	4.7	0.018	0.088	3.4	0.6
	6：00	7.5	78.2	198	6.4	2.5	5.4	5.9	3.1	27.7	57.8	0.012	0.109	0.025	0.340	0.461	0.011	0.156	5.44	0.144	3.9	5.4	0.099	0.088	3.7	0.7
	8：00	7.0	67.4	148	6.2	1.7	6.2	4.6	2.7	22.9	56.5	0.013	0.114	0.028	0.265	0.392	0.054	0.131	5.00	0.134	3.5	5.8	0.060	0.055	3.1	0.8
	10：00	7.2	64.3	110	6.1	2.0	5.4	4.3	2.6	21.6	45.2	0.012	0.115	0.038	0.263	0.390	0.071	0.122	4.62	0.123	4.0	5.2	0.077	0.065	2.8	1.0
	12：00	7.2	59.7	141	5.7	1.5	5.8	4.3	2.5	21.1	48.8	0.013	0.097	0.028	0.268	0.378	0.093	0.141	4.33	0.119	3.6	5.3	0.055	0.053	2.6	0.7
	14：00	7.2	57.1	87.6	4.8	1.2	5.4	3.9	2.5	20.1	33.8	0.011	0.120	0.032	0.227	0.358	0.064	0.093	3.95	0.097	3.9	5.7	0.059	0.054	2.6	0.8
	16：00	7.3	60.2	68.8	3.9	1.1	5.8	4.3	2.6	21.3	21.7	0.007	0.165	0.035	0.210	0.382	0.039	0.078	2.58	0.064	4.4	5.2	0.028	0.044	2.7	0.7
	18：00	7.3	60.5	50.8	3.8	1.2	5.8	4.3	2.6	21.5	15.2	0.005	0.120	0.032	0.102	0.227	0.032	0.062	2.07	0.054	4.4	5.1	0.028	0.046	2.9	0.7
	20：00	7.3	59.5	50.0	3.3	1.6	5.8	3.9	2.6	20.7	18.5	0.005	0.141	0.020	0.150	0.296	0.043	0.059	2.13	0.055	3.7	5.3	0.028	0.041	2.8	0.7
	24：00	7.3	52.2	41.8	4.0	1.2	5.4	3.6	2.4	18.8	18.2	0.005	0.119	0.028	0.157	0.281	0.030	0.057	—	—	2.7	4.8	—	—	2.6	0.6
19日	2：00	7.3	54.6	40.4	3.9	1.4	5.0	3.9	2.4	19.9	14.8	0.005	0.147	0.025	0.213	0.365	0.024	0.033	—	—	2.9	4.9	—	—	2.7	0.6
	4：00	7.2	58.0	28.8	2.8	1.3	5.4	3.9	2.6	20.5	9.6	0.004	0.129	0.023	0.175	0.308	0.017	0.030	—	—	2.9	5.3	—	—	3.0	0.7
	6：00	7.3	61.0	28.4	2.4	1.3	5.8	3.9	2.6	20.7	8.1	0.003	0.172	0.033	0.140	0.315	0.017	0.020	—	—	2.2	5.6	—	—	3.2	0.6
	8：00	7.3	65.3	23.2	2.4	1.1	6.2	3.9	2.7	21.1	6.8	0.003	0.157	0.015	0.150	0.310	0.016	0.032	—	—	2.5	6.0	—	—	3.3	0.6
	12：00	7.2	87.3	25.8	1.7	1.5	6.2	4.3	2.8	22.2	6.3	0.005	0.165	0.018	0.082	0.252	0.008	0.015	0.955	0.023	3.5	5.7	0.005	0.021	3.4	0.6

表 16—2（つづき）

採水日	採水時刻	pH	EC	SS	COD	BOD	Cl^-	Ca	Mg	総硬度	濁度	NO_2-N	NO_3-N	NH_4-N	Kj-N	T-N	PO_4-P	T-P	Fe	Mn	SO_4^{2-}	SiO_2	Cu	Zn	Na	K
	時：分		μυ/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
11月19日	14：00	7.2	84.6	32.0	1.5	1.2	6.2	4.3	2.8	22.3	6.1	0.004	0.156	0.015	0.100	0.260	0.018	0.028	0.955	0.025	5.1	5.7	0.001	0.021	3.4	0.6
	16：00	7.3	90.5	28.2	1.3	2.6	6.6	4.6	2.9	23.4	4.0	0.005	0.131	0.013	0.058	0.194	0.020	0.026	0.700	0.020	3.7	6.0	0.005	0.020	3.4	0.6
	18：00	7.3	88.4	30.4	1.7	0.7	6.2	4.6	2.9	23.4	7.1	0.006	0.133	0.025	0.077	0.216	0.036	0.090	1.11	0.027	4.1	5.3	0.008	0.025	3.5	0.6
	20：00	7.3	92.6	23.4	1.5	0.9	6.6	4.6	2.9	23.6	5.2	0.005	0.141	0.012	0.057	0.203	0.013	0.024	0.891	0.023	4.2	6.1	0.004	0.024	3.5	0.6
	22：00	7.4	90.0	17.6	1.5	1.5	5.8	4.6	3.0	23.8	3.6	0.006	0.151	0.012	0.053	0.210	0.011	0.022	1.01	0.019	3.9	5.7	0.002	0.020	3.6	0.6
	24：00	7.4	94.5	24.0	2.0	2.5	6.6	4.9	3.1	25.0	4.6	0.008	0.117	0.033	0.154	0.279	0.010	0.027	0.700	0.019	4.1	6.1	0.008	0.039	3.8	0.6
20日	2：00	7.4	94.3	21.6	1.8	1.6	6.6	6.2	3.1	28.4	2.6	0.005	0.156	0.033	0.141	0.302	0.009	0.022	0.404	0.015	4.4	5.7	0.007	0.034	3.9	0.5
	4：00	7.5	97.2	16.6	1.6	1.8	6.6	6.2	3.1	28.5	2.2	0.005	0.136	0.030	0.193	0.334	0.008	0.016	0.434	0.014	2.4	6.1	0.007	0.030	3.9	0.6
	6：00	7.5	98.4	26.2	1.0	1.9	6.6	6.2	3.2	28.8	2.1	0.004	0.135	0.020	0.097	0.236	0.017	0.021	0.499	0.013	3.4	6.0	0.009	0.033	4.1	0.7
	8：00	7.5	80.5	26.9	3.9	1.2	5.0	5.9	2.9	26.8	12.8	0.003	0.145	0.028	0.247	0.395	0.119	0.219	7.96	0.132	2.2	5.2	0.032	0.055	3.2	0.5
	10：00	7.5	97.8	19.6	1.9	1.8	6.6	6.6	3.2	29.9	2.4	0.004	0.134	0.041	0.178	0.316	0.006	0.051	0.501	0.023	3.8	6.4	0.006	0.035	4.1	0.8
	12：00	7.6	103	15.0	1.1	1.2	6.2	6.6	3.3	30.0	3.0	0.004	0.159	0.026	0.071	0.234	0.014	0.020	0.485	0.013	3.6	6.3	0.000	0.031	4.2	0.6
	14：00	7.6	92.2	32.4	1.7	1.4	6.6	5.9	3.1	27.5	4.6	0.005	0.131	0.011	0.082	0.218	0.018	0.036	0.891	0.025	4.1	5.7	0.005	0.034	3.8	0.6
	16：00	7.6	95.7	18.4	1.3	1.5	6.2	5.9	3.1	27.7	5.7	0.004	0.158	0.037	0.084	0.246	0.014	0.024	0.527	0.016	4.2	5.7	0.000	0.028	4.0	0.7
	18：00	7.6	100	15.4	1.9	1.7	6.2	6.6	3.2	29.8	2.9	0.007	0.121	0.022	0.138	0.266	0.008	0.021	0.361	0.012	4.9	6.1	0.002	0.028	4.1	0.6
	20：00	7.6	91.7	53.8	3.3	1.1	5.8	6.2	3.0	28.1	7.5	0.005	0.127	0.044	0.198	0.330	0.029	0.045	1.40	0.040	4.1	5.7	0.005	0.034	3.6	0.6
	24：00	7.5	84.5	17.8	1.5	1.3	5.4	5.6	2.8	25.5	3.0	0.005	0.145	0.028	0.100	0.250	0.017	0.024	0.503	0.015	3.1	5.0	0.001	0.032	3.3	0.5
21日	2：00	7.5	81.8	15.8	1.9	1.0	5.4	5.6	2.8	25.5	3.2	0.004	0.175	0.017	0.086	0.265	0.011	0.016	0.513	0.015	1.9	4.7	0.005	0.032	3.3	0.5
	4：00	7.5	79.7	19.2	1.9	1.1	5.0	5.6	2.8	25.5	2.7	0.004	0.161	0.022	0.106	0.271	0.005	0.018	0.491	0.014	1.7	5.3	0.000	0.036	3.2	0.5
	6：00	7.5	79.7	14.8	1.2	1.6	5.0	5.2	2.8	24.6	1.7	0.004	0.172	0.030	0.059	0.235	0.006	0.026	0.479	0.012	1.7	5.2	0.005	0.032	3.2	0.5
	8：00	7.5	80.5	24.0	1.9	1.3	5.4	5.6	2.8	25.4	3.1	0.004	0.155	0.013	0.219	0.378	0.011	0.024	0.923	0.022	1.6	5.3	0.005	0.039	3.2	0.6
	10：00	7.5	81.7	12.0	1.3	1.3	5.0	5.2	2.8	24.8	1.7	0.004	0.162	0.009	0.136	0.302	0.007	0.048	0.386	0.011	1.7	5.0	0.000	0.040	3.2	0.6

表 17　　牛首川における濁水時沪液水質調査結果（調査地点：風嵐堰堤）

調査　昭和54年11月17～19日

採水日	採水時刻	SS	濁度	NO_2 -N	NO_3 -N	NH_4 -N	Kj -N	T-N	PO_4 -P	T-P	Fe	Mn	Cu	Zn
	時：分	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
11月17日	12：00	1.0	1.3	0.004	0.026	0.018	0.086	0.176	0.003	0.008	0.097	0.005	0.000	0.027
	14：00	1.4	1.5	0.004	0.090	0.017	0.097	0.191	0.003	0.003	0.115	0.006	0.000	0.020
	16：00	8.8	7.1	0.006	0.077	0.037	0.171	0.254	0.041	0.041	0.339	0.011	0.000	0.019
	18：00	3.6	2.7	0.004	0.103	0.015	0.062	0.169	0.008	0.011	0.174	0.007	0.000	0.059
	20：00	2.6	2.7	0.005	0.112	0.022	0.069	0.186	0.005	0.007	0.129	0.011	0.000	0.034
	22：00	2.2	1.8	0.005	0.109	0.026	0.136	0.250	0.004	0.006	0.121	0.005	0.001	0.052
	24：00	1.6	2.0	0.007	0.113	0.028	0.076	0.196	0.005	0.007	0.135	0.011	0.000	0.044
18日	2：00	2.2	2.2	0.002	0.098	0.017	0.126	0.226	0.005	0.010	0.147	0.005	0.000	0.028
	4：00	3.4	3.5	0.005	0.100	0.027	0.205	0.310	0.011	0.018	0.198	0.007	0.000	0.094
	6：00	10.8	8.9	0.009	0.093	0.026	0.217	0.319	0.013	0.031	0.573	0.029	0.009	0.053
	8：00	13.6	12.4	0.011	0.107	0.024	0.193	0.311	0.021	0.029	0.764	0.024	0.013	0.032
	10：00	9.8	9.2	0.010	0.110	0.071	0.188	0.308	0.020	0.026	0.573	0.027	0.012	0.106
	12：00	11.4	9.7	0.010	0.097	0.048	0.157	0.264	0.023	0.025	0.573	0.027	0.008	0.094
	14：00	8.4	7.5	0.006	0.102	0.038	0.131	0.239	0.015	0.022	0.448	0.021	0.004	0.031
	16：00	6.4	5.2	0.005	0.137	0.029	0.290	0.432	0.004	0.014	0.313	0.016	0.000	0.019
	18：00	3.6	4.4	0.005	0.109	0.019	0.114	0.228	0.011	0.011	0.273	0.015	0.001	0.025
	20：00	4.2	3.8	0.005	0.128	0.024	0.114	0.247	0.008	0.012	—	—	—	—
	24：00	—	4.1	0.005	0.111	0.029	0.112	0.228	0.007	0.012	—	—	—	—
19日	2：00	—	3.4	0.004	0.144	0.019	0.162	0.310	0.007	0.007	—	—	—	—
	4：00	—	2.5	0.003	0.104	0.045	0.183	0.310	0.008	0.016	—	—	—	—
	6：00	—	2.9	0.002	0.165	0.012	0.162	0.329	0.004	0.010	—	—	—	—
	8：00	—	3.6	0.002	0.132	0.031	0.129	0.263	0.004	0.006	—	—	—	—

表 18—1　土　壌　調　査　結　果

調査　昭和53年12月6・12日

項目＼採取場所	手取林地 No.1			林地 No.2			林地 No.3			河床 No.4			林地 No.5		
	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率
pH	8.6	7.5		9.2	7.3		8.8	7.8		9.0	7.5		7.0	6.4	
EC (μυ/cm)		1,490			1,620			1,560			1,240			342	
含水率 (%)	6.1			5.7			1.1			10.8			11.9		
強熱減量 (%)	3.1			3.2			4.4			1.8			4.0		
COD (ppm)	3,670	90	2.5	829	76	9.2	770	73	9.5	609	53	8.7	10,900	189	1.7
BOD (ppm)		57			36			61			45			45	
Cl^- (ppm)		127			163			133			151			127	
Ca (ppm)	317	117	37	2,210	182	8.2	25,300	184	0.7	890	147	17	44.9	5.6	0.1
Mg (ppm)	271	5.7	2.1	1,220	6.0	0.5	4,520	7.2	0.2	642	14.9	2.3	222	1.7	0.8
NO_2-N (ppm)		0.3			0.3			0.8			0.2			0.1	
NO_3-N (ppm)		1.6			0.5			1.1			0.4			3.8	
NH_4-N (ppm)		10.2			8.7			12.1			11.2			9.4	
Kj−N (ppm)	103	15.9	15	43.7	26.1	60	6.5	31.8	489.2	13.1	27.4	209.2	612	30.7	5.0
PO_4-P (ppm)		0.1			0.3			0.0			0.1			1.2	
T−P (ppm)	121	0.7	0.6	130	1.2	0.9	131	0.0	0.0	35.0	0.4	1.1	114	7.9	6.9
Fe (ppm)	18,707	62.1	0.3	19,800	67.7	0.3	20,900	5.6	0.0	13,400	29.4	0.2	19,000	222	1.2
Mn (ppm)	355	1.97	0.5	391	1.88	0.5	496	0.15	0.0	194	0.13	0.1	351	8.09	2.3
Cd (ppm)	0.3	0.01	3.3	0.2	0.02	10	0.0	0.01	−	0.3	0.02	6.7	0.3	0.01	3.3
Pb (ppm)	40.7	0.66	1.6	33.9	0.49	1.4	33.9	0.33	1.0	27.1	0.49	1.8	37.3	0.49	1.3
Cu (ppm)	9.1	0.10	1.1	11.0	0.13	1.2	12.2	0.00	0.0	8.5	0.03	0.4	11.6	0.16	1.4
Zn (ppm)	67.0	0.56	0.8	109	0.58	0.5	1,450	0.34	0.0	916	0.39	0.0	1,450	1.00	0.1
As (ppm)	107	0.52	0.0	43.5	0.35	0.8	85.5	0.05	0.1	60.7	0.04	0.1	88.7	0.10	0.1
T−Hg (ppm)	0.27	0.00	−	0.07	0.00	−	0.02	0.00	−	0.03	0.00	0.0	0.16	0.00	−
Na (ppm)	29,800	1.8	0.0	25,700	5.3	0.1	26,300	4.0	0.0	14,800	1.9	0.0	27,000	3.8	0.0
K (ppm)	27,600	17.5	0.1	27,200	26.4	0.1	24,700	22.7	0.1	15,500	17.5	1.1	27,400	22.7	0.1

表 18—2

採取場所 / 項目	農用地 No.7			林地 No.8			農用地 No.9			林地 No.10			農用地 No.11		
	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率
pH	8.8	7.2		8.3	7.2		8.5	7.4		6.5	6.3		8.0	7.3	
EC (μυ/cm)		1,580			1,510			2,000			333			2,880	
含水率 (%)	6.9			6.2			8.6			14.4			19.9		
強熱減量 (%)	3.5			4.7			4.4			4.9			3.7		
COD (ppm)	2,510	80	3.2	9,200	156	1.6	6,670	103	1.5	3,080	245	8.0	11,400	90	0.8
BOD (ppm)		52			36			39			7			27	
Cl^- (ppm)		133			96			102			90			115	
Ca (ppm)	944	184	20	64.2	135	210	265	199	75.1	44	0.7	1.6	385	249	65
Mg (ppm)	940	9.1	1.0	155	15.4	9.9	277	12.9	4.7	255	0.4	0.2	809	26.5	3.3
NO_2-N (ppm)		0.2			0.4			0.2			0.1			0.2	
NO_3-N (ppm)		1.6			2.6			1.7			8.1			2.9	
NH_4-N (ppm)		8.3			16.1			9.6			4.5			12.5	
Kj-N (ppm)	315	15.8	5.0	414	24.0	5.8	265	18.5	7.0	297	30.5	10	210	13.1	6.2
PO_4-P (ppm)		0.2			0.5			0.8			16.6			0.7	
T-P (ppm)	142	1.4	1.0	119	2.2	1.8	161	2.3	1.4	370	21.4	5.8	382	1.8	0.5
Fe (ppm)	21,400	69.9	0.3	20,000	177	0.9	23,400	122	0.5	21,600	200	0.9	32,000	78.2	0.2
Mn (ppm)	460	1.66	0.4	323	2.87	0.9	383	3.02	0.8	323	3.48	1.1	569	1.93	0.3
Cd (ppm)	0.3	0.01	3.3	0.2	0.01	5.0	0.3	0.00	—	0.1	0.00	—	0.5	0.00	—
Pb (ppm)	33.9	0.49	1.4	33.9	0.49	1.4	30.5	0.49	1.6	30.5	0.66	2.2	57.7	0.66	1.1
Cu (ppm)	13.4	0.10	0.7	9.1	0.16	1.8	12.8	0.10	0.8	17.0	0.22	1.3	23.1	0.13	0.6
Zn (ppm)	1,610	0.57	0.0	1,500	0.89	0.1	82.7	0.76	0.9	1,072	0.98	0.1	1,676	0.70	0.0
As (ppm)	99.7	0.10	0.1	134	0.13	0.1	118	0.05	0.0	83.2	0.13	0.2	95.1	0.06	0.1
T-Hg (ppm)	0.14	0.00	—	0.09	0.00	—	0.09	0.00	0.0	0.11	0.00	—	0.09	0.00	—
Na (ppm)	23,200	2.7	0.0	20,300	3.6	0.0	19,000	5.3	0.0	10,800	3.2	0.0	19,300	10.3	0.1
K (ppm)	25,400	19.7	0.1	30,100	75.2	0.2	26,800	45.1	0.2	21,000	45.1	0.2	28,500	45.1	0.2

表 18—3

項目＼採取場所	林地		No.12	農用地		No.13	河床		No.14	宅地		No.15	林地		No.16
	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率
pH	4.8	6.0		6.7	6.6		7.4	6.8		8.1	7.3		4.8	5.5	
EC (μυ/cm)		860			773			1,310			1,820			413	
含水率 (%)	25.2			16.2			17.2			9.5			31.1		
強熱減量 (%)	11.9			6.9			2.2			3.8			10.4		
COD (ppm)	10,000	249	2.5	6,060	302	5.0	705	80	11	7,850	106	1.4	8,260	143	1.7
BOD (ppm)		55			89			39			52			2	
Cl^- (ppm)		121			169			127			157			190	
Ca (ppm)	187	28.6	15	227	14.7	6.5	305	110	36	218	168	77	252	16.1	6.4
Mg (ppm)	895	8.2	0.9	1,134	2.4	0.2	782	16.9	2.2	614	6.7	1.1	759	3.7	0.5
NO_2-N (ppm)		0.2			0.4			0.2			0.2			0.1	
NO_3-N (ppm)		23.0			1.7			0.5			8.0			5.4	
NH_4-N (ppm)		13.9			11.0			8.4			5.1			13.6	
Kj－N (ppm)	1,970	19.9	1.0	914	26.8	2.9	105	13.0	12	555	12.4	2.2	1,270	16.2	1.3
PO_4-P (ppm)		0.2			2.5			0.1			23.9			0.3	
T－P (ppm)	89.5	2.1	2.3	93.2	10.9	12	35.0	0.6	1.7	321	25.9	8.1	107	1.8	1.7
Fe (ppm)	35,300	53.2	0.2	43,700	311	0.7	22,700	35.5	1.6	19,000	23.8	0.1	33,600	49.3	0.1
Mn (ppm)	492	1.79	0.4	678	3.65	0.5	278	0.61	0.2	311	1.55	0.5	66.5	1.47	2.2
Cd (ppm)	0.3	0.00	—	0.2	0.00	—	0.3	0.00	—	0.2	0.00	—	0.3	0.00	—
Pb (ppm)	40.7	0.49	1.2	37.3	0.66	1.8	30.5	0.49	1.6	50.9	0.49	1.0	44.1	0.49	1.1
Cu (ppm)	24.9	0.29	1.2	51.7	0.22	0.4	12.8	0.00	0.0	21.9	0.06	0.3	12.8	0.03	0.2
Zn (ppm)	1,698	0.66	0.0	1,318	1.29	0.1	1,251	0.39	0.0	1,140	0.57	0.1	1,832	0.65	0.0
As (ppm)	112	0.03	0.0	107	0.12	0.1	83.7	0.03	0.0	78.9	0.09	0.1	129	0.01	0.0
T－Hg (ppm)	0.12	0.00	—	0.08	0.00	—	0.04	0.00	—	0.76	0.00	—	0.12	0.00	—
Na (ppm)	19,000	6.9	0.0	15,400	5.1	0.0	15,000	1.00	0.0	13,100	2.5	0.0	20,900	2.8	0.0
K (ppm)	18,300	46.7	0.3	20,300	42.0	0.2	21,700	16.7	0.1	22,300	29.5	0.1	20,000	21.9	0.1

表 18—4

項目＼採取場所	河床 No.17			林地 No.18			農用地 No.19			宅地 No.20			河床 No.21		
	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率
pH	8.2	7.4		6.1	6.5		6.2	6.0		6.0	5.7		6.9	6.7	
EC (μυ/cm)		1,590			457			217			333			1,600	
含水率 (%)	8.0			23.8			7.8			17.9			17.6		
強熱減量 (%)	1.7			7.4			2.4			5.6			2.2		
COD (ppm)	828	46	5.6	8,670	275	3.2	3,960	93	2.3	13,000	391	3.0	801	46	5.7
BOD (ppm)		25			102			55			57			23	
Cl^- (ppm)		115			96			90			／			96	
Ca (ppm)	3,676	187	5.1	85	16.8	20	169	0.7	0.4	43	2.1	4.9	210	126	60
Mg (ppm)	2,566	7.2	0.3	402	2.5	0.6	700	0.1	0.0	366	0.9	0.2	673	38.0	5.6
NO_2-N (ppm)		0.2			0.1			0.4			0.2			0.2	
NO_3-N (ppm)		0.6			10.8			2.4			2.7			1.4	
NH_4-N (ppm)		0.5			11.4			4.2			8.6			9.6	
Kj−N (ppm)	36.1	3.4	9.4	1,070	39.9	3.7	525	11.0	2.1	575	40.4	7.0	277	13.0	4.7
PO_4-P (ppm)		0.2			0.8			9.3			12.7			0.1	
T−P (ppm)	48.5	0.7	1.4	64.4	7.2	11	177	9.5	5.4	256	24.6	9.6	48.8	0.5	1.0
Fe (ppm)	26,100	38.8	0.1	27,800	249	0.9	17,800	64.3	0.3	27,700	632	2.3	19,900	49.9	0.3
Mn (ppm)	561	1.01	0.2	548	4.09	0.7	234	1.93	0.8	354	3.98	1.1	230	0.46	0.2
Cd (ppm)	0.3	0.00	—	0.5	0.00	—	0.3	0.00	—	0.3	0.00	—	0.3	0.00	—
Pb (ppm)	33.9	0.49	1.4	44.1	0.66	1.5	37.3	0.49	1.3	44.1	0.15	2.6	37.3	0.49	1.3
Cu (ppm)	17.0	0.06	0.4	19.5	0.19	1.0	13.4	0.19	1.4	17.0	0.25	1.5	14.0	0.00	0.0
Zn (ppm)	1,743	0.49	0.0	1,542	1.37	0.1	1,028	0.81	0.1	1,318	3.60	0.3	1,251	0.52	0.0
As (ppm)	95.1	0.01	0.0	97.6	0.03	0.0	70.1	0.03	0.0	84.3	0.06	0.7	68.5	0.01	0.0
T−Hg (ppm)	0.06	0.00	—	0.10	0.00	0.0	0.08	0.00	0.0	0.07	0.00	0.0	0.04	0.00	0.0
Na (ppm)	28,500	1.3	0.0	20,600	4.9	0.0	11,500	1.9	0.2	13,300	6.4	0.1	14,800	2.5	0.0
K (ppm)	21,200	10.1	0.1	18,700	53.0	0.3	13,500	28.0	0.1	22,600	177	0.8	24,200	18.2	0.1

表 18—5

項目＼採取場所	宅地		No.22	林地		No.23	農用地		No.24	林地		No.25	林地		No.26
	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率
pH	6.4	6.3		3.9	4.3		5.3	5.4		5.3	5.6		6.1	6.0	
EC (μ℧/cm)		333			1,480			473			433			270	
含水率 (%)	17.2			41.5			16.5			22.4			16.5		
強熱減量 (%)	3.4			21.6			5.3			6.5			3.6		
COD (ppm)	4,900	305	6.4	14,900	879	5.9	8,270	245	3.0	7,060	362	5.1	6,570	269	4.0
BOD (ppm)		82			228			61			114			68	
Cl^- (ppm)		96			157			96			102			102	
Ca (ppm)	162	0.7	0.4	11.6	44.0	379.3	96.7	4.9	5.1	20.9	7.0	34	10.8	2.8	26
Mg (ppm)	601	0.7	0.1	97.1	14.7	15	447	4.0	0.9	210	2.3	1.1	96.7	0.8	0.8
NO_2-N (ppm)		0.1			0.1			0.3			0.4			1.2	
NO_3-N (ppm)		2.1			52.1			5.5			6.9			10.8	
NH_4-N (ppm)		3.5			19.6			6.2			10.2			12.7	
Kj－N (ppm)	283	22.2	7.8	1,460	39.0	2.7	828	27.4	3.3	1,200	38.9	3.2	710	34.1	4.8
PO_4-P (ppm)		16.0			0.5			31.7			19.5			0.1	
T－P (ppm)	194	22.4	12	130	2.6	2.0	1,090	43.4	4.0	532	30.7	5.8	120	4.3	3.6
Fe (ppm)	18,600	288	1.5	14,100	54.8	0.4	18,200	139	0.8	20,300	249	1.2	12,800	183	1.4
Mn (ppm)	213	2.84	1.3	56.5	3.69	6.5	383	6.56	1.7	327	8.09	2.5	198	3.21	1.6
Cd (ppm)	0.3	0.00	—	0.5	0.00	—	0.3	0.00	—	0.3	0.00	—	0.2	0.00	—
Pb (ppm)	37.3	1.00	2.7	47.5	0.66	1.4	50.9	0.66	1.3	54.3	1.00	1.8	40.7	0.82	2.0
Cu (ppm)	14.0	0.83	5.9	11.0	0.03	0.3	80.3	0.89	1.1	25.6	0.29	1.1	9.1	0.13	1.4
Zn (ppm)	1,140	2.27	0.2	871	0.99	0.1	117	1.33	1.1	1,340	1.40	0.1	1,117	0.79	0.1
As (ppm)	67.6	0.15	0.2	54.5	0.04	0.1	80.1	0.12	0.1	81.3	0.01	0.0	77.3	0.12	0.3
T－Hg (ppm)	0.04	0.00	—	0.13	0.00	—	1.28	0.00	—	0.56	0.00	—	0.05	0.00	—
Na (ppm)	13,100	6.1	0.0	6,033	8.0	0.1	11,000	3.4	0.0	11,700	3.8	0.0	4,780	1.1	0.0
K (ppm)	23,300	105	0.5	16,200	26.4	0.2	21,600	40.4	0.2	26,100	68.9	0.3	24,000	77.6	0.3

表 18—6

採取場所 / 項目	林地		No. 27	農用地		No. 28	河床		No. 29	林地		No. 30			
	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率	全量	溶出	溶出率
pH	7.1	6.4		6.8	6.6		7.7	6.9		7.6	6.8				
EC (μυ/cm)		460			1,070			593			623				
含水率 (%)	14.2			26.9			11.7			11.7					
強熱減量 (%)	4.2			5.0			1.6			4.8					
COD (ppm)	4,490	189	4.2	11,800	325	2.8	534	56	10	4,830	156	3.2			
BOD (ppm)		64			148			41			27				
Cl^- (ppm)		106			96			121			108				
Ca (ppm)	41.0	15.4	38	21.7	48.9		372	48.9	13	41.7	30.7	75			
Mg (ppm)	206	4.6	2.2	208	13.8	6.6	994	11.4	1.1	497	7.0	1.4			
NO_2-N (ppm)		0.2			0.2			0.2			0.2				
NO_3-N (ppm)		3.3			1.9			0.7			2.4				
NH_4-N (ppm)		12.2			12.1			7.8			10.3				
Kj-N (ppm)	379	22.1	5.8	269	34.8	13	140	12.5	8	375	16.3	4.3			
PO_4-P (ppm)		0.1			0.7			0.1			0.6				
T-P (ppm)	44.2	1.4	3.2	39.7	3.3	8.3	72.4	0.4	0.5	20.2	1.1	5.4			
Fe (ppm)	21,300	338	1.6	20,800	338	1.6	18,100	43.8	0.2	28,600	172	0.6			
Mn (ppm)	173	1.83	1.1	197	3.19	1.6	242	0.70	0.3	226	1.38	0.6			
Cd (ppm)	0.2	0.00	—	0.3	0.00	—	0.2	0.00	—	0.2	0.01	5.0			
Pb (ppm)	44.1	0.67	1.5	44.1	1.00	2.3	33.9	0.66	1.9	44.1	0.66	1.5			
Cu (ppm)	11.6	0.10	0.9	12.8	0.32	2.5	9.7	0.03	0.3	18.9	0.22	1.2			
Zn (ppm)	1,274	0.90	0.1	1,541	1.46	0.1	1,117	0.76	0.1	1,519	0.96	0.1			
As (ppm)	83.0	0.03	0.0	90.9	0.18	0.2	74.2	0.04	0.1	89.4	0.04	0.0			
T-Hg (ppm)	0.03	0.00	—	0.05	0.00	—	0.02	0.00		0.03	0.00	—			
Na (ppm)	11,700	3.0	0.0	6,033	6.6	0.1	13,500	2.0	0.0	10,200	2.8	1.0			
K (ppm)	30,400	80.7	0.3	27,200	155	0.6	19,700	31.0	0.2	26,300	89.2	0.3			

〔報　文〕

兼六園における水質汚濁機構の解明調査

矢鋪満雄・桐元俊武・角田豊麿
石川県衛生公害研究所環境部　矢田峰子・竹野裕治・東　浩一
西村康喜・石田喜朗・志茂たみ

1 はじめに

兼六園は金沢市中心部，小立野台地の北西端に位置する加賀百万石藩主前田家の庭園で，日本三名園の一指に教えられている。県立公園として開放されて100年以上の歴史をもち[1]，県民の憩いの場所，文化のシンボルとなっている。園内の泉水へは辰巳用水上流から直接専用管で引水しているが，近年，辰巳用水の水量不足と水質の悪化から，地下水を補充している現状である。しかも，夏期には泉水の換水率が低下することから，水質汚濁が進行し，加えて悪臭を発するなど景観を損ね，これが兼六園のイメージダウンに繋がることが危惧されている。そこで，その対策の一環として，汚濁機構を解明するため昭和52年，53年に，県公園管理事務所の依頼で園内泉水及び辰巳用水の水理水質，並びに底質調査を実施したので，その概要を報告する。

2 調査方法

兼六園内の泉水及び供給水源（辰巳用水，井戸水）の規模を表1に示す。調査は，園内11か所と辰巳用水3か所（図1）の水理，水質，底質を対象としたが，その内容，時期及び件数は表1，2に示した。

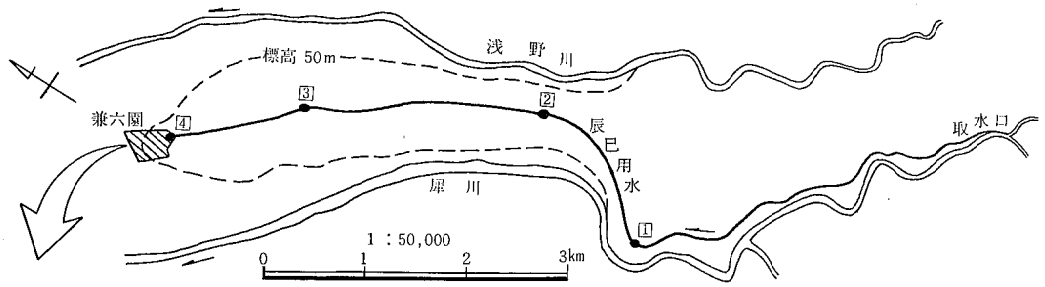
表1　調査対象と調査内容（件数）

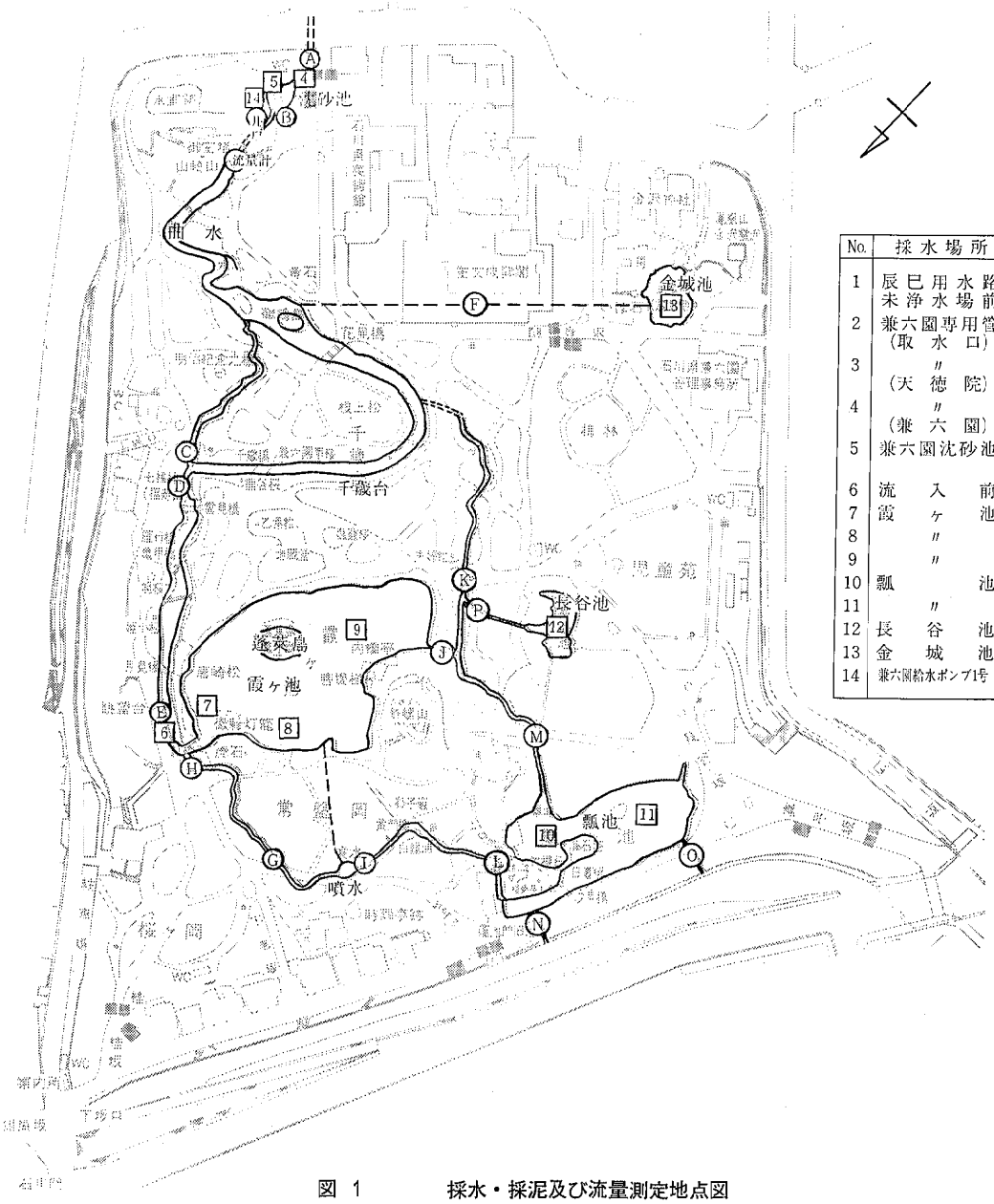
	規　模	深　度	流　量	水　質
辰巳用水	5,500m	—	—	9
井戸水	—	—	4	7
曲　水	980m	—	63	17
霞ケ池	5,800m^2	250	—	24
瓢　池	2,500m^2	130	—	16
長谷池	340m^2	—	—	7
金城池	420m^2	—	—	7

表2　調査時期と調査件数

調査時期 / 調査内容	昭和52年				昭和53年			
	8月5日	9月1日	9月26日	12月5日	7月7日	8月9日	9月7日	10月3日
水理調査(カ所数)	380	—	—	—	16	17	17	17
水質 〃（検体数）	6	14	14	14	10	10	10	9
底質 〃（ 〃 ）	—	—	5	—	—	—	—	—

Analysis on the Water Pollution Mechanism in Kenroku Garden, Kanazawa. *by Michio YASHIKI, Toshitake KIRIMOTO, Toyomaro KAKUDA, Mineko YATA, Yuhji TAKENO, Koh-ichi HIGASHI, Kohki NISHIMURA, Yoshiaki ISHIDA, and Tami SHIMO (Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*





No.	採水場所
1	辰巳用水路未浄水場前
2	兼六園専用管（取水口）
3	〃（天徳院）
4	〃（兼六園）
5	兼六園沈砂池
6	流入前
7	霞ヶ池
8	〃
9	〃
10	瓢池
11	〃
12	長谷池
13	金城池
14	兼六園給水ポンプ1号

図 1　　採水・採泥及び流量測定地点図

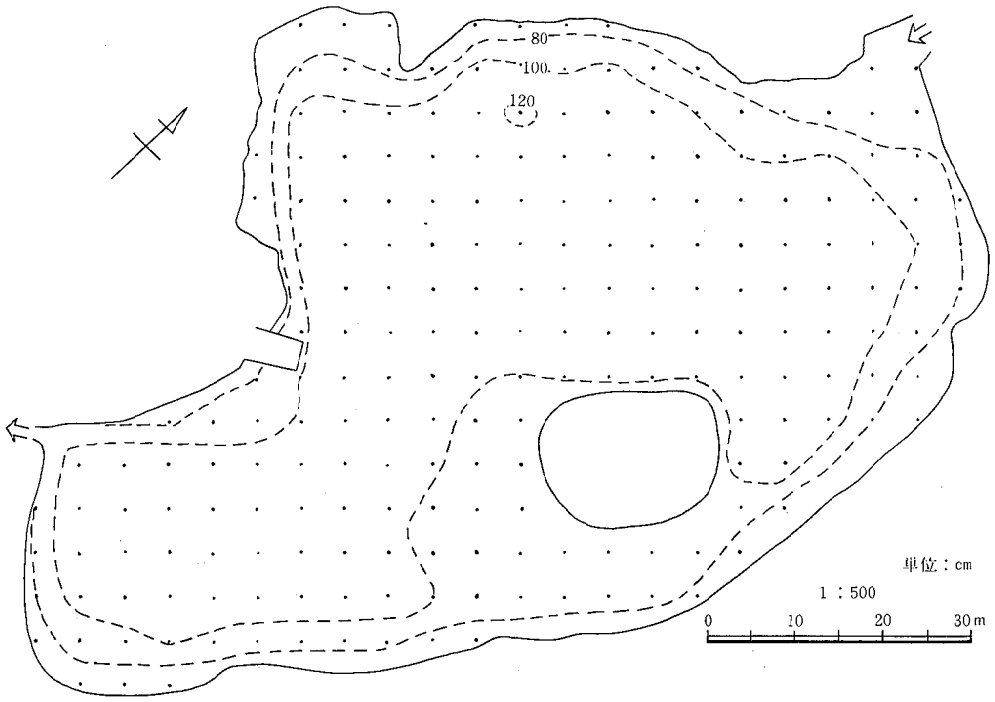


図 2　霞ケ池等深図

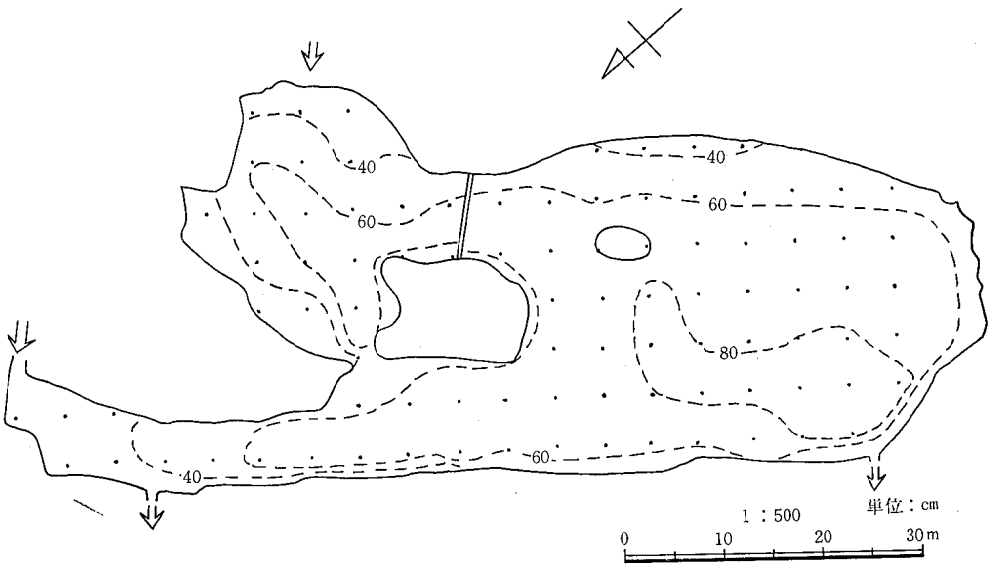


図 3　瓢池等深図

2・1　水理調査

(1)　池の形状と貯水量

霞ケ池，瓢池を5m平方メッシュに区切り，湖面のそれぞれ250か所，130か所で水深を測定し等深図（図2，3）を求め，貯水量を推定した。

(2)　曲水の流量

曲水については，図1の各地点A～Pに配置した流速計又は容器を用いて流量を測定した。

2・2　水質調査

各調査地点で表層水を，また，霞ケ池No.8地点ではバンドーン採水器を用いて水底水も採水した。調査項目及び試験方法は以下のとおりである。

水温，透視度，溶解性蒸発残査，懸濁物質（SS），pH，EC，DO，COD，BOD，Fe，Mn，Cu，Zn，Cd，Pb，Hg，SO_4^{2-}	JIS K 0102
M－アルカリ度，P－アルカリ度，$KMnO_4$ 消費量，NO_2－N，NO_3－N，NH_4－N，Cl^-，SiO_2	上水試験方法
or－N，硫化物，Na，K	衛生試験法
色度，濁度	水の分析（日本分析化学会編）
PO_4－P，T－P	海洋観測指針
Ca，Mg，As	（原子吸光光度法）
生産量	（明・暗ビン法）

2・3　底質調査

池内5地点（No.8，10，11，12，13……図2）では，エクマンバージ採泥器を用い底質を採取した。調査項目及び試験方法は以下のとおりである。

pH	実験農芸化学，ガラス電極法
含水率	底質調査方法，100°C 恒量法
強熱減量	底質調査方法，600°C 恒量法
重クロム酸カリウムによる酸素消費量（COD_{Cr}）	JIS K0102

以下の項目については，2・2の水質調査と同じ方法で行った。

COD，BOD，硫化物，Kj－N，T－P，Ca，Mg，Na，K，Fe，Mn，Cd，Pb，Cu，Zn，As，Hg。

〔水溶性成分〕：EC，蒸発残査，COD_{Cr}，COD，BOD，NH_4－N，Kj－N，PO_4－P，T－P，Cl^-，SO_4^{2-}，SiO_2，Ca，Mg，Na，K，Fe，Mn，Cd，Pb，Cu，Zn，As，Hg。

3　調査結果と考察

3・1　水理調査

(1)　湖盆の形態と貯水量（図2，3）

霞ケ池，瓢池の概括は表3のとおりである。

表3　園内湖盆の概括

	霞ケ池	瓢　池
面積（m^2）	5,800	2,470
貯水量（m^3）	5,000	1,450
平均深度（m）	0.86	0.59
最大深度（m）	1.25	0.83
平均深度/最大深度（%）	68.8	71.7

霞ケ池：池の貯水量を調査時4回の平均流入量1986 m^3/day で除した値，すなわち，平均滞留時間は約2.5日となった。池底は一面に小石でおおわれているが，No.8地点周辺部では汚泥の堆積がみられた。

瓢池：同様に平均滞留時間は平均流入量2,076 m^3/day から0.7日となった。池底は一面に20cm程度

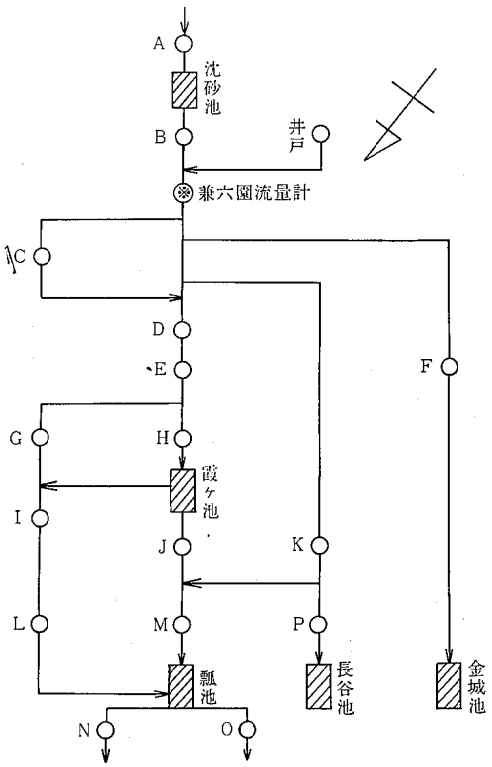


図4　調査地点系統図

の軟泥におおわれていた。

以上，平均滞留時間でみる限り，これ自体が水質悪化に繋がるとは考え難い。

(2) **園内流路の水収支**（図1，4，表4）

園内への日用水量が5,000～6,000m³（県公園管理事務所の計算値）といわれているのに対して，調査時4回の日平均給水量は沈砂池で4,300m³とやや少な目であった。これが霞ケ池まで流下する間に他の曲水に1,380m³（32%）分派するものの，供給量の46%，1,990m³しか到達せず，930m³，22%もの水が途中の曲水において漏水するものと推定された。

また，霞ケ池からの日流出量も1,120m³（噴水となって流出する分を含む）と，上述流入水量1,990m³に対して870m³もの減少となり，ここでも漏水の大きいことが判った。下流部では，霞ケ池流出後（Ⓘ+Ⓙ+Ⓚ）2,500m³，瓢池流入前（Ⓛ+Ⓜ+Ⓟ）2,200m³，瓢池流出後（Ⓝ+Ⓞ）2,500m³程度と漏水現象は減退した。見かけ上は千歳台流路のみに漏水があることになるが，実際にはすべての流路に漏水があり，低地の流路での漏水による収支は合っているものと想定される。他方，園の頂に位置する千歳台は他から漏水による水の供給がない結果であると思われる。

3・2　水質調査（表5－1～8）

(1) **透視度，色度，濁度，SS**

粘土，有機性物質，プランクトン，微生物のほか，種々の廃生成分などによる水の汚れの程度を知るために測定したが，視覚的な，またイメージダウンに繋がる汚濁の観点からみると，瓢池，長谷池ではしばしば透視度が30を割っており，好ましいことではなく，他の項目についてもこれは辰巳用水の人為汚染，池内での生物生産，棲息魚による底泥の巻き上げ等が影響したためと思われる。

(2) **DO，COD，BOD，$KMnO_4$ 消費量，NH_4－N，NO_2－N，NO_3－N，or－N，PO_4－P，T－P**

これら有機性汚濁の項目については，ほとんど辰巳用水由来であろうが，一部池内での生産，底質の巻き上げもあると思われる。汚濁度をCODでみると，供給水として辰巳用水の割合が井戸水より多い場合，池水中濃度は供給水の約2倍の4ppmと水産3級がかろうじて維持されている状態である。すなわち，人為汚

表4　兼六園内流量調査結果（m³/hr）

地点名＼測定月日	昭53年 7月7日	8月9日	9月7日	10月3日
A	162	100	147	0
B	174	79	165	0
井戸	0	77	71	154
(B＋井戸)	(174)	(156)	(236)	(154)
(兼六園流量計)	(158)	(122)	(180)	(153)
C	23	11	26	28
D	119	32	154	117
E	144	19	124	92
F	8	0	2	0
G	12	14	18	35
H	81	14	124	112
I	—	15	21	46
J	43	30	40	54
K	23	43	21	54
L	20	22	55	49
M	34	55	49	62
(L+M)	(54)	(77)	(104)	(111)
N	53	63	75	88
O	22	32	29	59
(N+O)	(75)	(95)	(104)	(147)
P	7	25	6	19

表 5－1 辰巳用水及び兼六園水質調査結果

昭和52年8月5日　採水

採水地点番号		辰巳用水				兼六園内の池										
項目＼採水地点名		1 辰巳用水末浄水場前	2 兼六園専用管（取水口）	3 〃（天徳院）	4 〃（兼六園入口）	5 兼六園沈砂池（水表）	6 霞ケ池流入前	7 霞ケ池（水表）	8 〃（水表）	8 〃（水底）	9 〃（水表）	10 瓢池（水表）	11 〃（水表）	12 長谷池（水表）	13 金城池（水表）	14 兼六園給水ポンプ1号
採水時刻	(時:分)							11:00	10:10	10:10	11:10	11:45	11:45			
水温	(℃)							29.3	29.2	28.5	29.3	27.0	26.7			
透視度	(度)							>30	>30	>30	>30	>30	>30			
色度	(度)							5.5	3.5	2.0	2.0	2.0	3.0			
濁度	(度)							9.5	9.0	11.0	9.5	15.0	14.5			
蒸発残渣 溶解性	(ppm)							88.1	87.3	12.5	94.4	83.5	86.0			
蒸発残渣 不溶性(SS)	(ppm)							11.5	11.5	21.0	12.0	20.5	16.0			
蒸発残渣 計	(ppm)							99.6	98.8	146	106	104	102			
pH								8.9	9.0	9.0	9.0	7.6	7.3			
M－アルカリ度	(ppm)							45.7	45.7	44.8	45.3	40.2	39.7			
P－アルカリ度	(ppm)							3.3	3.3	2.9	2.9	0.0	0.0			
EC	($\mu\mho$/cm)							137	137	144	137	128	143			
DO 濃度	(ppm)							9.8	10.3	10.1	10.2	6.6	8.0			
DO 飽和率	(%)							129	135	131	134	84.0	101			
COD	(ppm)							3.0	3.4	4.8	2.9	2.1	2.7			
$KMnO_4$ 消費量	(ppm)							11.7	13.2	19.1	11.3	8.2	10.5			
BOD	(ppm)							1.5	1.9	5.0	1.3	0.8	1.6			
窒素 NO_2－N	(ppm)							0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
窒素 NO_3－N	(ppm)							0.01	0.09	0.02	0.02	0.00	0.02			
窒素 NH_4－N	(ppm)							0.26	0.24	0.33	0.18	0.15	0.18			
窒素 Or－N	(ppm)							0.48	0.37	0.22	0.53	1.50	0.21			
窒素 T－N	(ppm)							0.75	0.70	0.57	0.73	1.65	0.41			
リン PO_4－P	(ppm)							0.033	0.028	0.024	0.029	0.036	0.034			
リン T－P	(ppm)							0.033	0.028	0.046	0.042	0.036	0.034			
硫化物 遊離型	(ppm)							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
硫化物 結合型	(ppm)							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
硫化物 計	(ppm)							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Na	(ppm)							9.1	9.1	9.1	8.8	8.6	9.1			
K	(ppm)							1.4	1.3	1.4	1.4	1.5	1.3			
Ca	(ppm)							7.6	6.	7.1	6.9	6.4	6.1			
Mg	(ppm)							3.1	3.1	3.0	3.0	2.8	2.8			
総硬度	(ppm)							31.4	29.7	30.0	29.7	27.7	27.0			
Fe	(ppm)							0.29	0.30	0.39	0.35	0.55	0.46			
Mn	(ppm)							0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03			
Cu	(ppm)							0.003	0.003	0.005	0.003	0.003	0.003			
Zn	(ppm)							0.012	0.010	0.041	0.016	0.014	0.010			
Cd	(ppm)							0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001			
Pb	(ppm)							0.010	0.008	0.010	0.008	0.012	0.006			
As	(ppm)							0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001			
Hg	(ppm)							<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005			
SO_4^-	(ppm)							13.7	9.9	10.7	9.8	9.8	10.0			
SiO_2	(ppm)							16.2	16.2	16.4	17.2	17.6	19.8			
$C\ell^-$	(ppm)							10.8	10.8	12.6	10.4	10.4	10.8			
生産量 粗生産量	(ppm/day)							8.2	8.3	6.6	7.1	15.1	16.6			
生産量 消費量	(ppm/day)							2.5	4.2	6.2	2.4	3.6	3.3			
生産量 純生産量	(ppm/day)							5.7	4.1	0.4	4.7	11.5	13.3			
生産量 ※入れ替え粗生産量	(ppm/day)															
生産量 入れ替え純生産量	(ppm/day)															

※ 入れ替えとは霞ケ池の水を瓢池，瓢池の水を霞ケ池へ置きかえて測定した値。

表 5－2　　辰巳用水及び兼六園水質調査結果

昭和52年9月1日　採水

項目＼採水地点番号	辰巳用水				兼六園内の池										
	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14
採水地点名	辰巳用水未浄水場前	兼六園専用管（取水口）	〃（天徳院）	〃（兼六園入口）	兼六園沈砂池（水表）	霞ケ池流入前	霞ケ池（水表）	〃（水表）	〃（水底）	〃（水表）	瓢池（水表）	〃（水表）	長谷池（水表）	金城池（水表）	兼六園給水ポンプ1号
採水時刻（時:分）	10:30	10:45	11:00	11:10	11:15		10:35	10:35	10:45	10:30	11.10	11:25	11:40	12:20	12:00
水温（℃）	18.5	19.0	20.0	20.0	20.0		25.6	25.8	25.3	26.3	24.2	24.0	23.8	28.6	17.5
透視度（度）	>30	>30	>30	>30	>30		>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30
色度（度）	2.0	1.5	2.5	3.0	2.5		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.5	3.5	3.0
濁度（度）	1.5	0.5	1.0	7.0	4.0		3.5	3.0	5.0	3.5	4.5	4.5	13.0	6.0	1.5
蒸発残渣 溶解性（ppm）	53.2	62.4	63.6	61.1	97.3		134	121	94.1	95.0	88.2	92.9	75.1	71.4	184
蒸発残渣 不溶性(SS)（ppm）	2.0	2.0	14.0	26.5	13.5		4.5	10.0	17.5	7.0	19.0	13.5	32.5	7.0	4.5
蒸発残渣 計	55.2	64.4	77.6	87.6	111		139	131	112	102	107	106	108	78.4	189
pH	7.6	7.6	7.6	7.4	7.4		9.1	9.2	9.2	9.1	7.8	7.5	6.8	7.3	7.9
M－アルカリ度（ppm）	22.8	23.4	24.5	25.5	25.5		45.1	44.0	46.2	41.8	44.6	45.1	35.3	40.8	69.0
P－アルカリ度（ppm）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		5.4	5.4	6.5	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
EC（μ℧/cm）	91.1	81.5	76.3	98.3	104		158	159	150	163	159	148	134	145	212
DO 濃度（ppm）	8.5	8.4	8.4	8.1	8.1		10.8	12.6	12.2	11.8	7.6	8.3	7.4	11.6	1.7
DO 飽和率（%）	93.5	93.3	95.0	91.6	91.6		134	157	151	149	92.5	101	89.5	151	18.3
COD（ppm）	1.7	2.6	2.4	3.0	2.3		3.1	3.2	3.7	5.3	3.4	2.9	4.1	3.5	0.9
$KMnO_4$ 消費量（ppm）	6.6	10.2	9.4	11.7	9.0		12.1	12.5	14.5	20.7	13.3	11.3	16.0	13.7	3.5
BOD（ppm）	0.8	0.9	2.0	1.2	1.1		1.7	1.7	2.7	3.0	1.8	2.2	3.1	2.4	0.3
窒素 NO_2－N（ppm）	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
窒素 NO_3－N（ppm）	0.19	0.20	0.11	0.20	0.20		0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
窒素 NH_4－N（ppm）	0.10	0.10	0.05	0.10	0.11		0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.02	0.13
窒素 Or－N（ppm）	0.22	0.21	0.19	0.52	0.41		0.40	0.34	0.56	0.61	0.20	0.62	0.51	0.16	0.19
窒素 T－N（ppm）	0.51	0.52	0.35	0.83	0.73		0.45	0.39	0.61	0.66	0.27	0.69	0.58	0.21	0.35
リン PO_4－P（ppm）	0.009	0.012	0.006	0.059	0.056		0.029	0.029	0.147	0.032	0.035	0.029	0.029	0.112	0.088
リン T－P（ppm）	0.019	0.021	0.031	0.062	0.056		0.029	0.042	0.150	0.052	0.050	0.073	0.083	0.112	0.089
硫化物 遊離型（ppm）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
硫化物 結合型（ppm）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
硫化物 計（ppm）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
総 Na（ppm）	6.7	6.7	7.4	8.8	8.6		9.3	9.1	8.6	9.3	9.3	9.9	8.6	8.6	11.3
総 K（ppm）	0.5	0.5	0.7	1.4	1.3		1.5	1.5	1.4	1.8	1.6	1.7	1.4	1.3	2.4
総 Ca（ppm）	4.7	4.2	5.3	6.0	7.8		5.6	5.3	5.7	5.3	4.9	5.7	5.8	7.9	5.2
総 Mg（ppm）	1.6	1.6	1.7	2.5	2.8		2.9	2.8	2.8	2.9	2.8	2.9	2.4	2.7	4.0
総 硬度（ppm）	18.3	17.1	20.1	25.1	30.9		25.9	24.8	25.5	25.1	23.6	26.0	24.5	30.8	29.6
総 Fe（ppm）	0.11	0.16	0.39	0.85	0.58		0.21	0.26	0.44	0.23	0.48	0.40	1.19	0.91	0.42
総 Mn（ppm）	0.01	0.00	0.06	0.03	0.01		0.01	0.03	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03	0.09	0.07
総 Cu（ppm）	0.002	0.002	0.003	0.005	0.004		0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.009	0.003
総 Zn（ppm）	0.009	0.009	0.012	0.021	0.015		0.013	0.022	0.020	0.014	0.015	0.017	0.018	0.012	0.018
総 Cd（ppm）	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
総 Pb（ppm）	0.006	0.008	0.008	0.010	0.008		0.008	0.018	0.010	0.010	0.008	0.008	0.010	0.008	0.008
総 As（ppm）	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002		0.002	0.001	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.004	0.002
総 Hg（ppm）	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005		<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
総 SO_4^-（ppm）	7.6	6.6	6.1	6.4	6.4		9.0	8.4	9.3	9.5	9.6	9.8	9.6	7.3	13.9
総 SiO_2（ppm）	9.6	16.6	9.6	10.0	9.2		19.7	23.4	18.8	22.9	20.2	20.4	14.2	10.9	39.0
総 $C\ell^-$（ppm）	7.9	7.6	7.9	7.9	7.9		10.1	10.1	10.1	10.4	10.4	10.8	10.4	10.4	12.9
生産量 粗生産量（ppm/day）							4.2	4.3	2.6	2.7	2.3	2.7	7.0	2.7	
生産量 消費量（ppm/day）							0.3	1.6	1.4	0.8	0.4	0.8	1.8	1.9	
生産量 純生産量（ppm/day）							3.9	2.7	1.2	1.9	1.9	1.9	5.2	0.8	
生産量 ※入れ替え粗生産量（ppm/day）															
生産量 入れ替え純生産量（ppm/day）															

※ 入れ替えとは霞ケ池の水を瓢池，瓢池の水を霞ケ池へ置きかえて測定した値。

表 5－3　辰巳用水及び兼六園水質調査結果

昭和52年9月26日　採水

採水地点番号		辰巳用水				兼六園内の池										
採水地点名	項目	1 辰巳用水末浄水場前	2 兼六園専用管（取水口）	3 〃（天徳院）	4 〃（兼六園入口）	5 兼六園沈砂池（水表）	6 霞ケ池流入前	7 霞ケ池（水表）	8 〃（水表）	8 〃（水底）	9 〃（水表）	10 瓢池（水表）	11 〃（水表）	12 長谷池（水表）	13 金城池（水表）	14 兼六園給水ポンプ1号
採水時刻	（時:分）	10:30	10:40	10:10	10:20	11:00		10:50	10:30	10:25	10:20	11:25	11:25	12:30	13:00	12:05
水温	（℃）	17.4	17.6	17.5	17.5	17.6		21.2	21.5	21.5	22.3	20.7	21.0	21.6	24.0	17.4
透視度	（度）	>30	>30	>30	>30	>30		>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30
色度	（度）	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5		4.0	3.5	4.0	3.5	4.5	3.5	3.5	3.5	3.5
濁度	（度）	4.0	4.5	4.5	5.0	7.0		7.0	7.0	12.0	9.5	10.0	12.5	2.5	32.0	1.0
蒸発残渣 溶解性	（ppm）	68.3	69.8	73.8	71.7	74.4		91.5	90.8	98.0	103	104	96.6	206	73.4	165
蒸発残渣 不溶性(SS)	（ppm）	6.5	9.0	9.0	9.5	14.0		8.5	8.0	22.0	11.0	16.0	15.0	2.0	71.0	2.0
蒸発残渣 計	（ppm）	74.8	78.8	82.8	81.2	88.4		100	98.8	120	114	120	112	208	144	167
pH		7.7	7.7	7.7	7.4	7.3		8.9	8.9	8.9	8.9	7.5	7.4	6.7	6.9	8.0
M－アルカリ度	（ppm）	27.2	27.2	27.7	27.7	27.7		46.7	46.7	45.7	49.5	45.1	43.5	40.8	28.8	71.7
P－アルカリ度	（ppm）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
EC	（μ℧/cm）	91.5	94.8	103	102	102		151	144	144	144	147	142	143	104	218
DO 濃度	（ppm）	8.4	8.6	8.4	8.1	7.8		9.8	10.3	10.2	10.2	7.1	7.3	7.9	8.9	0.7
DO 飽和率	（%）	90.4	92.9	90.6	87.3	84.3		113	120	119	120	81.4	84.1	92.0	108	7.5
COD	（ppm）	2.3	2.6	2.1	1.9	2.1		2.1	2.6	3.2	2.8	1.7	1.9	1.3	2.9	0.4
$KMnO_4$ 消費量	（ppm）	9.1	10.1	8.1	7.5	8.1		8.5	10.5	12.5	11.1	6.9	7.5	5.0	11.5	1.4
BOD	（ppm）	1.2	1.7	1.3	1.3	1.3		1.7	1.9	2.2	2.0	1.3	0.6	0.6	0.6	0.3
窒素 NO_2－N	（ppm）	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00		0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
窒素 NO_3－N	（ppm）	0.23	0.25	0.31	0.23	0.15		0.01	0.00	0.00	0.08	0.05	0.09	0.11	0.12	0.00
窒素 NH_4－N	（ppm）	0.10	0.04	0.04	0.06	0.10		0.06	0.05	0.01	0.05	0.05	0.07	0.05	0.12	0.11
窒素 Or－N	（ppm）	0.04	0.52	0.38	0.63	0.60		0.11	0.39	0.69	0.72	0.66	1.04	1.06	1.13	0.09
窒素 T－N	（ppm）	0.38	0.82	0.74	0.93	0.86		0.18	0.45	0.70	0.85	0.76	1.21	1.23	1.38	0.21
リン PO_4－P	（ppm）	0.005	0.006	0.006	0.019	0.23		0.013	0.011	0.011	0.011	0.026	0.016	0.023	0.032	0.081
リン T－P	（ppm）	0.019	0.037	0.041	0.037	0.037		0.037	0.019	0.030	0.037	0.051	0.047	0.049	0.113	0.081
硫化物 遊離型	（ppm）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
硫化物 結合型	（ppm）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
硫化物 計	（ppm）	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Na	（ppm）	6.5	6.6	6.6	6.9	6.8		8.7	8.7	8.9	9.1	8.7	8.7	8.6	7.6	11.0
K	（ppm）	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7		1.3	1.5	1.5	1.6	1.5	1.7	1.7	1.1	2.5
Ca	（ppm）	5.4	5.6	5.8	6.2	6.3		6.6	7.0	6.8	6.8	6.5	6.6	5.8	6.1	5.4
Mg	（ppm）	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9		3.1	3.1	3.0	3.2	3.0	3.0	2.7	2.0	3.8
総硬度	（ppm）	21.1	21.8	22.4	23.4	23.4		29.1	30.2	29.6	30.2	28.6	28.7	25.8	23.6	28.9
Fe	（ppm）	0.13	0.23	0.23	0.27	0.39		0.17	0.19	0.37	0.24	0.35	0.45	0.22	0.73	0.34
Mn	（ppm）	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02		0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.09	0.08
Cu	（ppm）	0.002	0.002	0.002	0.005	0.003		0.002	0.004	0.001	0.003	0.003	0.002	0.002	0.036	0.002
Zn	（ppm）	0.017	0.020	0.016	0.024	0.025		0.014	0.016	0.080	0.047	0.022	0.020	0.025	0.036	0.020
Cd	（ppm）	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	（ppm）	0.011	0.008	0.008	0.011	0.011		0.014	0.014	0.014	0.011	0.014	0.014	0.011	0.017	0.014
As	（ppm）	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002
Hg	（ppm）	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005		<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
SO_4^{--}	（ppm）	4.1	4.0	4.0	4.3	4.3		5.5	5.6	5.5	6.1	5.9	5.8	6.3	4.8	10.9
SiO_2	（ppm）	9.5	10.3	9.9	10.2	9.7		17.8	18.3	19.8	22.0	17.5	16.2	18.4	10.0	37.8
Cl^-	（ppm）	8.3	8.3	7.9	8.3	8.3		10.4	10.8	10.8	11.1	11.1	10.8	10.8	9.7	13.7
生産量 粗生産量	（ppm/day）							2.4	2.2	1.3	1.8	0.2	0.7	0.0	0.5	
生産量 消費量	（ppm/day）							0.3	0.9	0.9	0.7	0.2	0.4	0.5	0.7	
生産量 純生産量	（ppm/day）							2.1	1.3	0.4	1.1	0.0	0.3	−0.5	−0.2	
生産量 ※入れ替え粗生産量	（ppm/day）															
生産量 入れ替え純生産量	（ppm/day）															

※ 入れ替えとは霞ケ池の水を瓢池，瓢池の水を霞ケ池へ置きかえて測定した値。

表 5－4　辰巳用水及び兼六園水質調査結果

昭和52年12月5日　採水

採水地点番号		辰巳用水				兼六園内の池										
項目＼採水地点名		1 辰巳用水末浄水場前	2 兼六園専用管（取水口）	3 〃（天徳院）	4 〃（兼六園入口）	5 兼六園沈砂池（水表）	6 霞ケ池流入前	7 霞ケ池（水表）	8 〃（水表）	8 〃（水底）	9 〃（水表）	10 瓢池（水表）	11 〃（水表）	12 長谷池（水表）	13 金城池（水表）	14 兼六園給水ポンプ1号
採水時刻	(時:分)	10:05	10:25	10:40	10:50	11:00		10:20	10:35	10:30	10:15	11:08	11:25	11:40	11:54	12:41
水温	(℃)	10.7	10.7	11.0	11.0	11.0		10.5	10.5	10.3	10.0	10.3	10.3	11.0	10.5	15.6
透視度	(度)	>30	>30	>30	>30	>30		>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30
色度	(度)	7.0	10.5	10.4	10.8	8.5		21.7	21.0	21.3	22.4	21.3	24.9	48.1	19.3	2.9
濁度	(度)	3.8	6.8	5.7	7.7	5.2		14.0	12.8	14.3	14.6	13.6	17.2	30.2	6.0	1.0
蒸発残渣 溶解性	(ppm)	68.0	82.5	74.5	84.0	79.5		86.5	93.5	89.0	88.5	88.0	92.0	90.5	85.5	165
蒸発残渣 不溶性(SS)	(ppm)	2.4	8.0	7.0	17.2	4.0		7.6	5.8	10.2	8.6	8.4	11.2	12.6	2.0	0.4
蒸発残渣 計		70.4	70.5	81.5	101	83.5		94.1	99.3	99.2	97.1	96.4	103	103	87.5	165
pH		7.5	7.6	7.6	7.5	7.5		7.8	7.7	7.7	7.4	7.3	7.2	6.4	6.8	8.1
M－アルカリ度	(ppm)	22.8	23.4	24.5	24.5	24.5		28.8	27.7	27.7	27.7	28.8	29.9	23.4	26.1	74.8
P－アルカリ度	(ppm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
EC	(μ℧/cm)	94.6	96.9	99.9	97.9	94.4		106	105	109	105	109	111	103	105	217
DO 濃度	(ppm)	9.7	9.9	9.7	9.1	9.4		9.8	9.9	10.4	9.7	9.0	9.3	7.2	10.0	0.5
DO 飽和率	(%)	90.3	92.1	90.9	85.3	88.1		90.8	91.7	95.9	88.8	83.0	85.7	67.5	92.6	5.2
COD	(ppm)	1.3	1.4	1.9	2.2	1.4		1.8	1.7	1.9	2.0	2.3	2.0	1.4	1.8	0.3
$KMnO_4$ 消費量	(ppm)	5.1	5.5	7.5	8.7	5.5		7.1	6.7	7.5	7.9	9.1	7.9	5.5	7.1	1.2
BOD	(ppm)	0.7	0.8	0.9	1.3	0.6		7.9	0.9	1.4	1.2	1.1	0.8	0.6	1.4	0.3
窒素 NO_2－N	(ppm)	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
窒素 NO_3－N	(ppm)	0.34	0.45	0.54	0.38	0.37		0.30	0.33	0.36	0.33	0.28	0.38	0.21	0.35	0.00
窒素 NH_4－N	(ppm)	0.02	0.01	0.03	0.05	0.06		0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04	0.08
窒素 Or－N	(ppm)	0.08	0.25	0.15	0.26	0.10		0.28	0.25	0.32	0.30	0.57	0.34	0.15	0.24	0.00
窒素 T－N	(ppm)	0.44	0.71	0.66	0.70	0.53		0.63	0.58	0.69	0.64	0.88	0.75	0.38	0.63	0.08
リン PO_4－P	(ppm)	0.021	0.028	0.031	0.037	0.032		0.028	0.029	0.022	0.029	0.022	0.022	0.018	0.031	0.096
リン T－P	(ppm)	0.035	0.042	0.040	0.042	0.042		0.040	0.038	0.038	0.038	0.044	0.045	0.030	0.048	0.100
硫化物 遊離型	(ppm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
硫化物 結合型	(ppm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
硫化物 計	(ppm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
総 Na	(ppm)	8.7	8.6	8.9	8.2	7.8		8.2	8.2	8.1	7.9	8.6	8.8	7.9	8.7	11.7
総 K	(ppm)	1.3	1.3	1.4	1.2	1.2		1.4	1.5	1.7	1.6	1.5	1.6	1.4	1.4	3.6
総 Ca	(ppm)	3.2	3.2	3.5	3.9	4.4		4.6	3.9	4.1	4.2	4.4	4.1	6.8	4.3	6.3
総 Mg	(ppm)	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1		1.7	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.5	4.3
総硬度	(ppm)	12.4	12.1	13.0	14.3	15.6		18.4	16.1	16.4	16.8	17.3	17.0	24.2	16.9	33.5
総 Fe	(ppm)	0.28	0.51	0.42	0.94	0.39		0.56	0.51	0.58	0.54	0.64	0.80	0.79	0.50	0.43
総 Mn	(ppm)	0.01	0.08	0.05	0.05	0.03		0.03	0.03	0.12	0.03	0.04	0.04	0.06	0.09	0.22
総 Cu	(ppm)	0.003	0.004	0.003	0.007	0.004		0.004	0.004	0.009	0.005	0.005	0.006	0.003	0.068	0.003
総 Zn	(ppm)	0.025	0.023	0.021	0.034	0.018		0.015	0.017	0.039	0.018	0.019	0.078	0.020	0.014	0.011
総 Cd	(ppm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
総 Pb	(ppm)	0.011	0.011	0.011	0.011	0.006		0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.017	0.012	0.012	0.006
総 As	(ppm)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002		0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.003
総 Hg	(ppm)	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005		<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
SO_4^-	(ppm)	3.8	4.2	4.2	3.9	7.2		4.5	4.5	4.6	4.6	4.6	4.8	5.0	4.6	7.2
SiO_2	(ppm)	16.9	16.7	16.2	15.6	15.0		14.6	14.9	16.4	15.3	17.0	10.6	12.2	10.3	44.7
$C\ell^-$	(ppm)	11.1	10.8	10.8	10.8	10.1		10.8	11.4	11.5	11.1	11.1	11.8	12.2	12.5	14.2
生産量 粗生産量	(ppm/day)							0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	
生産量 消費量	(ppm/day)							0.0	0.3	0.7	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	
生産量 純生産量	(ppm/day)							0.0	−0.2	−0.6	0.1	0.1	0.0	−0.1	−0.1	
生産量 ※入れ替え粗生産量	(ppm/day)															
生産量 入れ替え純生産量	(ppm/day)															

※ 入れ替えとは霞ケ池の水を瓢池，瓢池の水を霞ケ池へ置きかえて測定した値。

表 5—5　辰巳用水及び兼六園水質調査結果

昭和53年7月7日　採水

項目＼採水地点番号	辰巳用水				兼六園内の池										
	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14
採水地点名	辰巳用水路末浄水場前	兼六園専用管（取水口）	〃（天徳院）	〃（兼六園入口）	兼六園沈砂池（水表）	霞ケ池流入前	霞ケ池（水表）	〃（水表）	〃（水底）	〃（水表）	瓢池（水表）	〃（水表）	長谷池（水表）	金城池（水表）	兼六園給水ポンプ1号
採水時刻（時：分）		13:40			12:01	12:18		9:55		9:50	10:15	10:15	12:26	12:32	14:00
水温（℃）		22.1			19.8	24.8		25.6		27.7	24.3	24.4	24.2	28.0	17.0
透視度（度）		＞30			＞30	＞30		＞30		＞30	28.0	25.0	25.0	＞30	＞30
色度（度）		7.1			7.9	6.3		5.5		5.1	14.3	7.8	6.2	8.7	8.3
濁度（度）		9.9			14.8	7.5		8.1		5.5	20.0	14.8	10.8	8.4	0.0
蒸発残渣 溶解性（ppm）		116			117	119		103		111	122	124	123	105	227
蒸発残渣 不溶性(SS)（ppm）		16			20	9		12		6	16	17	16	7	0
蒸発残渣 計		132			137	128		115		117	138	141	139	112	227
pH		7.3			7.2	9.0		8.9		8.8	7.2	6.9	6.6	6.7	8.0
M－アルカリ度（ppm）		29.3			29.3	29.8		31.3		31.3	30.3	31.8	30.8	31.8	84.2
P－アルカリ度（ppm）															
EC（μ℧/cm）		98.9			105	105		106		107	104	109	112	109	233
DO 濃度（ppm）		8.8			8.3	12.0		11.7		11.8	6.9	7.1	7.6	7.1	0.5
DO 飽和率（%）		103			93.5	146		146		152	84.1	86.7	92.5	91.7	5.3
COD（ppm）		2.7			2.3	2.2		3.7		3.7	3.7	3.5	2.8	3.4	0.4
$KMnO_4$ 消費量（ppm）		10.7			9.1	8.7		14.6		14.6	14.6	13.8	11.1	13.4	1.6
BOD（ppm）		0.4			0.2	0.6		3.1		2.3	0.7	1.5	0.9	1.3	0.9
窒素 NO_2－N（ppm）		0.00			0.01	0.01		0.00		0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
窒素 NO_3－N（ppm）		0.39			0.40	0.42		0.04		0.01	0.17	0.10	0.25	0.12	0.00
窒素 NH_4－N（ppm）		0.02			0.05	0.04		0.05		0.06	0.07	0.02	0.02	0.08	0.08
窒素 Or－N（ppm）		0.81			0.48	0.16		1.05		5.20	0.29	0.91	0.69	1.02	0.18
窒素 T－N（ppm）		1.22			0.94	0.63		1.14		5.27	0.53	1.03	0.96	1.22	0.26
リン PO_4－P（ppm）		0.05			0.06	0.05		0.05		0.07	0.07	0.07	0.08	0.05	0.15
リン T－P（ppm）		0.10			0.10	0.10		0.10		0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.18
硫化物 遊離型（ppm）															
硫化物 結合型（ppm）															
硫化物 計（ppm）															
Na（ppm）		7.0			7.2	6.9		6.8		6.8	5.6	6.2	7.5	7.2	10.4
K（ppm）		0.8			0.9	0.7		0.9		0.7	0.8	0.9	0.7	0.8	2.0
Ca（ppm）		5.2			5.6	5.2		5.6		5.8	5.2	4.4	5.4	6.7	7.1
Mg（ppm）		1.4			1.4	1.3		1.6		1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	4.9
総硬度（ppm）		19.3			20.3	18.7		21.2		22.1	20.3	18.3	20.9	23.7	39.0
Fe（ppm）		0.61			0.78	0.19		0.34		0.04	0.67	0.03	0.68	0.95	0.17
Mn（ppm）		0.05			0.03	0.02		0.02		0.02	0.04	0.04	0.05	0.09	0.04
Cu（ppm）															
Zn（ppm）															
Cd（ppm）															
Pb（ppm）															
As（ppm）															
Hg（ppm）															
SO_4^-（ppm）		6.2			8.1	8.1		7.4		8.1	8.3	7.9	9.0	7.2	11.1
SiO_2（ppm）		11.5			11.8	7.8		8.0		13.1	11.8	10.5	10.4	10.3	38.6
$C\ell^-$（ppm）		7.8			7.8	7.8		7.8		7.8	7.8	8.9	8.9	8.9	14.5
生産量 粗生産量（ppm/day）								5.9		2.9	1.4	4.0			
生産量 消費量（ppm/day）								1.9		1.9	2.2	1.5			
生産量 純生産量（ppm/day）								4.0		2.0	－0.8	2.5			
生産量 ※入れ替え粗生産量（ppm/day）								4.8		1.9	2.4	5.7			
生産量 入れ替え純生産量（ppm/day）								2.9		1.0	0.2	4.2			

※ 入れ替えとは霞ケ池の水を瓢池，瓢池の水を霞ケ池へ置きかえて測定した値。

表 5—6　辰巳用水及び兼六園水質調査結果

昭和53年8月9日　採水

採水地点番号		辰巳用水				兼六園内の池										
採水地点名		1 辰巳用水末浄水場前	2 兼六園専用管（取水口）	3 〃（天徳院）	4 〃（兼六園入口）	5 兼六園沈砂池（水表）	6 霞ケ池流入前	7 霞ケ池（水表）	8 〃（水表）	8 〃（水底）	9 〃（水表）	10 瓢池（水表）	11 〃（水表）	12 長谷池（水表）	13 金城池（水表）	14 兼六園給水ポンプ一号
採水時刻	(時:分)		12:45			13:36	10:35		10:27		10:25	10:05	10:03	11:00	11:07	13:36
水温	(℃)		22.8			22.8	24.5		27.5		27.5	24.5	24.4	23.5	28.0	18.2
透視度	(度)		>30			>30	>30		30		30	20	22	14	17	>30
色度	(度)		24.4			17.4	14.9		12.9		15.7	21.1	21.9	37.8	37.8	2.7
濁度	(度)		17.5			14.3	14.4		12.6		14.7	21.2	22.6	45.8	39.2	1.0
蒸発残渣 溶解性	(ppm)		98			131	187		146		140	142	139	127	131	198
蒸発残渣 不溶性(SS)	(ppm)		14			10	8		10		9	23	17	52	32	0
蒸発残渣 計			102			141	195		156		149	165	156	179	163	198
pH			7.5			7.2	8.6		8.7		8.7	7.4	7.1	6.7	7.0	8.2
M—アルカリ度	(ppm)		32.8			33.3	65.1		40.3		39.8	39.8	37.8	38.8	39.8	73.6
P—アルカリ度	(ppm)															
EC	(μU/cm)		126			116	187		127		126	127	122	123	123	233
DO 濃度	(ppm)		8.9			7.3	10.6		9.1		8.3	7.1	6.4	7.4	6.7	0.6
DO 飽和率	(%)		106			86.8	130		117		113	86.8	78.2	89.0	86.5	6.6
COD	(ppm)		2.7			3.0	2.2		5.8		5.1	4.9	5.7	7.7	4.7	0.3
$KMnO_4$ 消費量	(ppm)		10.7			4.3	8.7		22.9		20.1	19.4	22.5	30.4	18.6	1.2
BOD	(ppm)		0.8			1.1	0.7		2.8		2.4	1.8	1.8	2.2	1.6	0.6
窒素 NO_2—N	(ppm)		0.01			0.10	0.01		0.00		0.00	0.03	0.03	0.03	0.05	0.00
窒素 NO_3—N	(ppm)		0.45			0.45	0.05		0.01		0.01	0.11	0.09	0.13	0.08	0.00
窒素 NH_4—N	(ppm)		0.10			0.18	0.10		0.28		0.18	0.16	0.21	0.21	0.19	0.15
窒素 Or—N	(ppm)		0.36			0.27	0.41		0.23		0.88	0.31	0.48	0.22	1.01	0.30
窒素 T—N	(ppm)		0.92			1.00	0.57		0.52		1.07	0.61	0.81	0.59	1.33	0.45
リン PO_4—P	(ppm)		0.05			0.07	0.10		0.05		0.04	0.05	0.05	0.07	0.06	0.10
リン T—P	(ppm)		0.07			0.08	0.12		0.06		0.06	0.10	0.08	0.13	0.12	0.12
硫化物 遊離型	(ppm)															
硫化物 結合型	(ppm)															
硫化物 計	(ppm)															
Na	(ppm)		8.4			7.4	11.7		8.7		8.4	8.2	8.2	8.1	8.3	12.2
K	(ppm)		1.9			1.7	3.0		2.0		2.4	2.1	2.3	2.6	2.4	3.1
Ca	(ppm)		4.9			4.8	6.7		5.1		4.5	3.8	3.9	3.9	3.9	7.1
Mg	(ppm)		2.8			2.4	6.0		3.8		3.4	3.5	3.4	3.8	3.8	6.4
総硬度	(ppm)		24.4			22.4	42.8		29.3		26.0	24.7	24.5	26.3	26.3	45.6
Fe	(ppm)		1.18			0.73	0.56		0.50		0.59	1.15	1.06	1.79	0.14	0.06
Mn	(ppm)		0.04			0.03	0.05		0.54		0.05	0.02	0.13	0.12	0.09	0.00
Cu	(ppm)															
Zn	(ppm)															
Cd	(ppm)															
Pb	(ppm)															
As	(ppm)															
Hg	(ppm)															
SO_4^-	(ppm)		11.5			7.3	8.3		5.6		4.7	5.1	7.1	5.3	6.1	8.1
SiO_2	(ppm)		10.0			9.8	28.5		14.6		13.5	14.6	16.0	17.0	17.6	36.1
$C\ell^-$	(ppm)		8.2			8.2	12.1		8.5		8.9	9.2	8.5	9.2	9.2	11.3
生産量 粗生産量	(ppm/day)								5.5		3.6	2.4	2.7			
生産量 消費量	(ppm/day)								2.3		1.2	0.7	0.5			
生産量 純生産量	(ppm/day)								3.2		2.4	1.7	2.2			
生産量 ※入れ替え粗生産量	(ppm/day)								4.2		3.0	3.7	3.8			
生産量 入れ替え純生産量	(ppm/day)								1.9		1.8	3.0	3.3			

※ 入れ替えとは霞ケ池の水を瓢池，瓢池の水を霞ケ池へ置きかえて測定した値。

表 5—7　辰巳用水及び兼六園水質調査結果

昭和53年9月7日　採水

項目＼採水地点番号	辰巳用水				兼六園内の池										
	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14
採水地点名	辰巳用水路末浄水場前	兼六園専用管（取水口）	〃（天徳院）	〃（兼六園入口）	兼六園沈砂池（水表）	霞ケ池流入前	霞ケ池（水表）	〃（水表）	〃（水底）	〃（水表）	瓢池（水表）	〃（水表）	長谷池（水表）	金城池（水表）	兼六園給水ポンプ1号
採水時刻（時:分）		9:30			12:15	10:34		10:15		10:15	10:00	10:00	9:50	9:45	12:15
水温（℃）		19.2			20.5	22.2		23.7		23.8	22.2	23.0	20.5	22.9	17.5
透視度（度）		>30			>30	>30		>30		>30	>30	>30	>30	>30	>30
色度（度）		9.5			9.5	6.1		14.7		16.5	19.4	14.5	8.3	6.6	0.2
濁度（度）		7.7			8.0	3.6		11.8		14.9	16.5	17.2	20.9	7.3	0.0
蒸発残渣 溶解性（ppm）		51			51	98		88		92	93	91	110	79	143
蒸発残渣 不溶性(SS)（ppm）		4			7	2		8		11	18	18	18	4	0
蒸発残渣 計		55			58	100		96		103	111	109	128	83	143
pH		7.6			7.5	8.8		8.9		8.9	7.7	7.6	7.3	7.1	8.3
M—アルカリ度（ppm）		24.5			26.6	50.0		47.3		47.3	46.2	45.1	52.7	49.5	71.7
P—アルカリ度（ppm）															
EC（μ℧/cm）		101			91.8	151		140		138	130	139	159	136	200
DO 濃度（ppm）		9.4			8.4	11.6		10.0		10.3	8.3	8.6	7.3	6.5	1.5
DO 飽和率（%）		105			95.9	137		120		124	97.7	103	83.3	77.4	16.1
COD（ppm）		2.9			2.2	1.8		5.2		5.1	4.5	3.9	3.0	3.6	0.1
$KMnO_4$ 消費量（ppm）		11.5			8.7	7.1		20.5		20.1	17.8	15.4	11.8	14.2	0.4
BOD（ppm）		1.0			1.0	1.0		3.3		3.4	1.1	1.7	1.4	1.9	0.4
窒素 NO_2-N（ppm）		0.01			0.02	0.00		0.00		0.00	0.03	0.02	0.09	0.03	0.00
窒素 NO_3-N（ppm）		0.84			0.83	0.05		0.06		0.11	0.51	0.08	0.04	0.10	0.01
窒素 NH_4-N（ppm）		0.12			0.18	0.11		0.18		0.15	0.10	0.08	0.06	0.19	0.08
窒素 Or—N（ppm）		0.10			0.06	0.22		0.17		0.28	0.17	0.19	0.20	0.18	0.13
窒素 T—N（ppm）		1.07			1.09	0.38		0.41		0.53	0.81	0.37	0.39	0.50	0.22
リン PO_4-P（ppm）		0.04			0.05	0.08		0.04		0.03	0.05	0.05	0.05	0.04	0.10
リン T—P（ppm）		0.05			0.07	0.08		0.06		0.06	0.09	0.05	0.05	0.06	0.11
硫化物 遊離型（ppm）															
硫化物 結合型（ppm）															
硫化物 計（ppm）															
Na（ppm）		5.8			6.1	9.2		8.5		8.4	8.7	8.5	9.6	7.7	11.3
K（ppm）		0.9			1.2	1.8		1.9		2.0	1.9	1.9	2.5	2.0	3.2
Ca（ppm）		4.5			5.2	4.1		5.8		6.4	5.2	5.3	4.8	7.1	4.3
Mg（ppm）		1.8			1.8	3.5		3.5		3.6	3.4	3.4	3.7	3.2	4.8
総硬度（ppm）		18.9			20.8	25.3		29.7		31.4	27.8	27.8	27.8	31.7	31.4
Fe（ppm）		0.42			0.50	0.27		0.42		0.41	0.73	1.08	1.08	0.65	0.15
Mn（ppm）		0.04			0.03	0.02		0.03		0.03	0.05	0.04	0.06	0.07	0.07
Cu（ppm）															
Zn（ppm）															
Cd（ppm）															
Pb（ppm）															
As（ppm）															
Hg（ppm）															
SO_4^{--}（ppm）		4.6			4.3	5.4		5.1		4.9	5.5	6.0	7.7	4.7	9.0
SiO_2（ppm）		6.8			7.2	18.6		16.6		17.4	17.0	16.4	22.2	17.2	39.4
Cl^-（ppm）		7.1			7.4	10.6		9.6		9.9	10.3	9.9	11.7	9.6	13.1
生産量 粗生産量（ppm/day）								3.7		4.3	0.7	1.3			
生産量 消費量（ppm/day）								0.9		1.6	0.8	1.1			
生産量 純生産量（ppm/day）								2.8		2.7	−0.1	0.2			
生産量 ※入れ替え粗生産量（ppm/day）								2.7		3.2	0.9	1.7			
生産量 入れ替え純生産量（ppm/day）								1.8		1.6	0.1	0.6			

※ 入れ替えとは霞ケ池の水を瓢池，瓢池の水を霞ケ池へ置きかえて測定した値。

表 5－8　辰巳用水及び兼六園水質調査結果

昭和53年10月3日　採水

項目＼採水地点番号	辰巳用水				兼六園内の池										
	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14
採水地点名	辰巳用水路末浄水場前	兼六園専用管（取水口）	〃（天徳院）	〃（兼六園入口）	兼六園沈砂池（水表）	霞ケ池流入前	霞ケ池（水表）	〃（水表）	〃（水底）	〃（水表）	甕池（水表）	〃（水表）	長谷池（水表）	金城池（水表）	兼六園給水ポンプ1号
採水時刻（時:分）					13:15	13:00		13:49		13:52	9:45	9:50	12:40	12:57	13:15
水温（℃）					20.2	21.0		21.9		21.9	19.6	20.2	19.9	21.5	17.4
透視度（度）					>30	>30		>30		>30	>30	>30	>30	>30	>30
色度（度）					9.9	4.1		9.9		7.9	14.5	16.2	22.3	20.5	0.6
濁度（度）					4.0	2.1		8.1		5.8	14.1	19.5	22.7	11.9	0.0
蒸発残渣 溶解性（ppm）					160	106		148		151	141	145	144	124	162
蒸発残渣 不溶性(SS)（ppm）					2	1		3		3	10	21	21	11	0
蒸発残渣 計					162	107		151		154	151	166	165	135	162
pH					7.4	8.8		8.6		8.6	7.5	7.4	7.3	7.2	8.1
M－アルカリ度（ppm）					41.9	68.1		65.1		65.1	58.5	58.5	59.0	55.5	69.6
P－アルカリ度（ppm）															
EC（μ℧/cm）					167	234		226		227	217	215	216	205	216
DO 濃度（ppm）					7.4	11.4		10.6		10.6	8.1	8.4	9.6	9.4	0.6
DO 飽和率（%）					84.0	131		124		124	91.0	95.4	108	109	6.4
COD（ppm）					1.5	1.0		1.7		1.4	2.0	2.8	2.2	2.3	0.2
$KMnO_4$ 消費量（ppm）					5.9	3.9		6.7		5.5	7.9	11.1	8.7	9.1	0.8
BOD（ppm）					0.7	0.5		0.9		0.8	0.8	0.7	0.5	0.5	0.1
窒素 NO_2－N（ppm）					0.03	0.01		0.01		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
窒素 NO_3－N（ppm）					0.86	0.05		0.03		0.02	0.08	0.06	0.07	0.05	0.02
窒素 NH_4－N（ppm）					0.09	0.10		0.07		0.08	0.07	0.08	0.02	0.02	0.06
窒素 Or－N（ppm）					0.13	0.05		0.12		0.07	0.11	0.17	0.28	0.24	0.12
窒素 T－N（ppm）					1.11	0.21		0.23		0.18	0.27	0.32	0.38	0.32	0.20
リン PO_4－P（ppm）					0.12	0.15		0.10		0.11	0.10	0.10	0.11	0.10	0.15
リン T－P（ppm）					0.16	0.16		0.11		0.11	0.18	0.15	0.14	0.15	0.15
硫化物 遊離型（ppm）															
硫化物 結合型（ppm）															
硫化物 計（ppm）															
総 Na（ppm）					9.7	11.6		11.0		10.8	10.0	10.5	10.6	8.7	10.9
総 K（ppm）					1.7	3.7		2.8		3.2	2.9	2.8	3.2	2.5	3.3
総 Ca（ppm）					6.4	4.3		5.0		5.3	4.3	5.1	4.6	5.4	4.6
総 Mg（ppm）					3.4	4.9		5.3		5.1	4.9	4.8	4.6	4.4	5.3
総 硬度（ppm）					30.6	31.8		35.6		35.3	31.8	33.7	31.7	32.4	34.6
総 Fe（ppm）					0.31	0.39		0.22		0.26	0.26	0.60	0.42	0.45	0.17
総 Mn（ppm）					0.03	0.01		0.00		0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03
総 Cu（ppm）															
総 Zn（ppm）															
総 Cd（ppm）															
総 Pb（ppm）															
総 As（ppm）															
総 Hg（ppm）															
総 SO_4^-（ppm）					9.7	11.6		11.0		10.8	10.0	10.5	10.6	8.7	10.9
総 SiO_2（ppm）					26.0	54.1		49.0		48.7	42.8	42.1	47.1	37.1	45.0
総 $C\ell^-$（ppm）					10.6	12.4		12.1		12.1	11.7	11.7	11.7	11.3	12.4
生産量 粗生産量（ppm/day）								0.3		0.2	1.0	0.8			
生産量 消費量（ppm/day）								0.2		0.1	0.2	0.2			
生産量 純生産量（ppm/day）								0.1		0.1	0.8	0.6			
生産量 ※入れ替え粗生産量（ppm/day）								0.3		0.6	0.8	1.0			
生産量 入れ替え純生産量（ppm/day）								0.1		0.5	0.6	0.8			

※ 入れ替えとは霞ケ池の水を甕池，甕池の水を霞ケ池へ置きかえて測定した値。

表 6　　生物生産からみた湖沼標式とその特徴（吉村：湖沼学）

	貧栄養湖	富栄養湖
透明度	5m以上	5m以下
pH	中性付近	中性弱アルカリ性 夏期表層が強アルカリ性になる場合もある。
N	<0.20ppm	>0.20ppm
P	<0.02ppm	>0.02ppm
生産力	200mg^{C}/m^2/日以下	200mg^{C}/m^2/日以上
底質	有機物少	腐泥

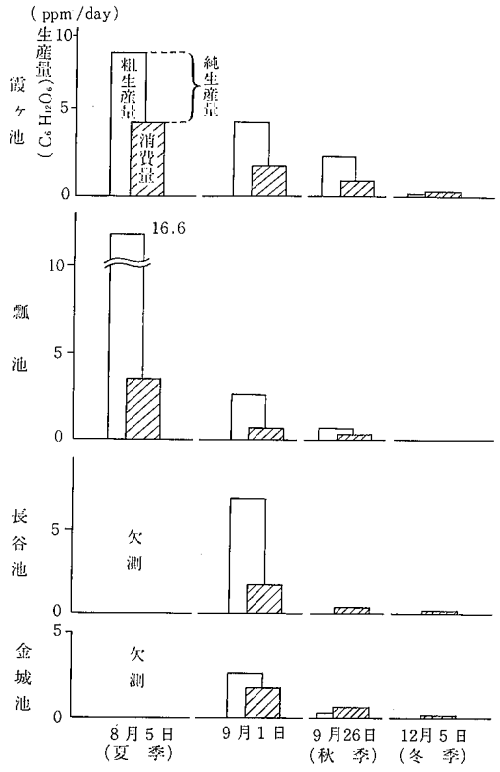


図5　　生産量の池別季節変化図

染をうけた高濃度の栄養塩類が辰巳用水によってもたらされ，続いて池内の生物生産から水質が悪化したと考えられる。供給水として井戸水が多い場合には，この種の問題は軽微であった。

(3) NH_4—N，NO_2—N，NO_3—N，or—N，PO_4—P，T—P，生産量，pH，M—アルカリ度，P—アルカリ度

富栄養化の進行度合を示すものとして測定した。水質の富栄養度階級を表6[2]に示した。

供給水のpHは園内流入口で7～8とほぼ一定，池水は夏期にはしばしば9を超えたがこれは植物プランクトンが光合成を行ったからであろう。井戸水にM—アルカリ度の高値が目立つのは，地質に由来するものであろう。窒素，リンについては，辰巳用水でも富栄養水の限界（N：0.2，P：0.02ppm）を3倍も大きく超えており人為汚染によるものと思われた。

(4) 生産量

水中での生産量の季節変化をみるため，52年に4回の測定を行った（図5）。生産，消費量とも冬期に縮少，夏期に増大の著変様相を呈した。瓢池では，粗生産量が16.6ppm/dayと高値で底質からの溶出が大きく影響していると思われる。池全体として純生産量を

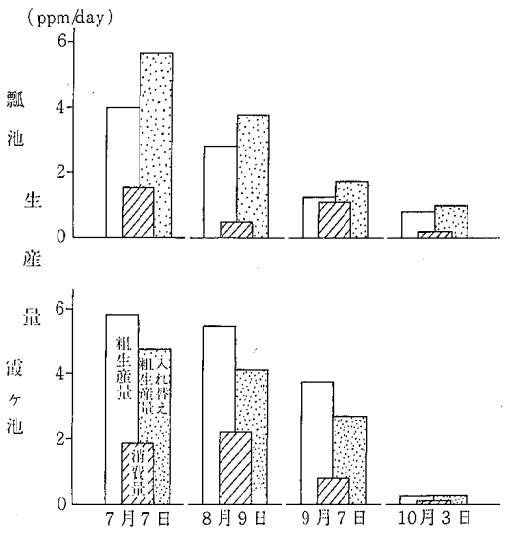


図6　　池別入れ替え生産量（昭和53年）

表 7　兼六園内土壌分析結果

S. 52. 9. 26 採取

採取場所 / 項目	霞ケ池 No.8 全量	霞ケ池 No.8 溶出	霞ケ池 No.8 溶出率	瓢池 No.10 全量	瓢池 No.10 溶出	瓢池 No.10 溶出率	瓢池 No.11 全量	瓢池 No.11 溶出	瓢池 No.11 溶出率	長谷池 No.12 全量	長谷池 No.12 溶出	長谷池 No.12 溶出率	金城池 No.13 全量	金城池 No.13 溶出	金城池 No.13 溶出率
pH	7.0		(%)	7.0		(%)	7.0		(%)	7.0		(%)	7.1		(%)
含水率 (%)	68.5			55.9			74.4			59.3			55.0		
強熱減量 (%)	14.6			12.4			16.2			12.1			11.2		
EC (μ℧/cm)		1,200			730			2,010			1,020			1,220	
蒸発残渣 (ppm)		1,310			815			2,010			2,120			1,280	
COD(Cr) (ppm)	134,000	372	0.3	93,000	363	0.4	14,100	476	0.3	92,000	502	0.5	82,000	310	0.4
COD(Mn) (ppm)	52,900	481	0.9	20,700	289	1.4	40,500	686	1.7	33,100	399	1.2	42,600	396	0.9
BOD (ppm)	1,970	336	17	1,480	289	20	6,900	512	7	1,440	364	25	1,740	294	17
硫化物(F) (ppm)	12			1			25			6			11		
硫化物(T) (ppm)	27			10			38			37			14		
NH_4－N (ppm)		63.2			42.5			102			26.9			32.6	
Kj－N (ppm)	3,010	67.8	2.3	2,100	44.0	2.1	5,150	105	2.0	2,466	61.5	2.5	1,806	33.9	1.9
PO_4－P (ppm)		2.2			1.0			1.1			3.1			1.0	
T－P (ppm)	1,190	4.1	0.3	694	2.1	0.3	1,460	3.0	0.2	1,203	6.0	0.5	926	2.0	0.2
Cℓ (ppm)		134			81			115			97			94	
SO_4 (ppm)		37.5			10.3			146			61.3			155	
SiO_2 (ppm)		224			130			357			177			176	
Ca (ppm)	416	1.6	0.4	1,060	5.4	0.5	867	9.7	1.1	416	5.6	1.3	343	2.5	0.7
Mg (ppm)	2,850	27.9	1.0	2,710	17.1	0.6	2,380	22.2	0.9	2,360	10.5	0.4	2,320	10.9	0.5
Na (ppm)	9,880	88.7	0.9	14,300	49.6	0.3	10,500	69.8	0.7	11,200	60.8	0.5	13,500	60.1	0.4
K (ppm)	14,800	54.4	0.4	16,400	33.9	0.2	15,600	88.0	0.6	18,000	53.7	0.3	18,500	42.6	0.2
Fe (ppm)	28,300	40.1	0.1	20,900	29.0	0.1	21,700	55.0	0.3	24,800	75.3	0.3	25,000	42.7	0.2
Mn (ppm)	408	0.29	0.1	428	0.26	0.1	551	0.80	0.1	408	0.51	0.1	428	1.20	0.3
Cd (ppm)	1.5	0.03	1.9	1.2	0.02	1.8	1.5	0.05	3.0	2.7	0.04	1.5	1.5	0.03	2.0
Pb (ppm)	60	0.00	0.0	56	0.00	0.0	97	0.00	0.0	158	0.23	0.1	102	0.00	0.0
Cu (ppm)	38.0	0.00	0.0	28.1	0.00	0.0	52.4	0.00	0.0	47.1	0.15	0.3	592	0.37	0.1
Zn (ppm)	207	0.87	0.4	156	0.57	0.4	249	1.4	0.5	306	2.4	0.8	181	1.2	0.7
As (ppm)	5.84	0.14	2.4	5.75	0.03	0.6	6.17	0.06	1.0	8.68	0.25	2.9	6.36	0.09	1.4
T－Hg (ppm)	0.10	0.00		0.04	0.00		0.04	0.00		0.14	0.00		0.16	0.00	

みると，霞ケ池は夏から冬にかけて24，14，7，0 kg/day，瓢池は18，3，0，0 kg/day となる。これは光量及び水温の低下によるためであろう。

次に，53年の調査で入れ替生産量（霞ケ池の水を充塡した明ビンを瓢池へ，瓢池のそれを霞ケ池へと移し，生産量をみたものである。）を測定した結果を図6に示す。霞ケ池では入れ替え生産量の方が低く，瓢池では逆に高くなっている。また，その差がほとんど同じであることは，光量の差がそのまま池の生産量に反映されたためと考えられる。従って，池水中で光合成によってもたらされた有機物の濃度は，当然霞ケ池の方が高くなり，$KMnO_4$ 消費者，BOD，COD 等の値が瓢池に比べてわずかではあるが高値であることと符合している。

(5) Fe，Mn，Cu，Zn，Cd，Pb，As，Hg，硫化物

これらの項目は棲息生物に対する影響（急性毒性）をみるためのものである。水産用水基準と比較してみると，Zn が 0.02ppm 前後と基準値（0.01ppm）を若干上まわっている程度で，他の項目についても問題はなく，比較的良好であった。

(6) 溶解性蒸発残査，EC，Na，K，Ca，Mg，Cl^-，SO_4^{2-}，SiO_2。

水中で変化の少ない項目として測定した。現在園内への用水は主に辰巳用水に依存しているが，渇水，工事等で絶対量が不足したり，濁水化などの汚濁を受けており，特に栄養塩濃度が高く，池水の富栄養化の一因となっている。一方，井戸水については，環境中での変化量が少ないとみられる成分の濃度はいずれも辰巳用水のそれより高いが，窒素塩と有機物濃度の低いのが特徴的で，汚濁進行上の問題は少ないものと思われる。そこで，上記の測定項目で池水中の用水と井戸水の混合度を調査時別に表わした（図7）。井戸水の成分濃度が用水より高いため，8成分の濃度（測定値の平均）を，井戸水については同心円上になるように計算してプロットし，辰巳用水のそれでは同割合を乗じて表わした。それに各調査時の池水濃度を同様にしてプロットした。これらを概観すると，辰巳用水卓越での構成が2例，地下水卓越が1例，卓越不明が5例となった。この結果は兼六園管理事務所の揚水ポンプ稼動状況ともよく符合した。霞ケ池，瓢池間の成分濃度の違いはほとんどみられない。これは両池とも平均滞留時間が短かいこと，また，瓢池についてはバイパス曲水からの供給水の直接流入，霞ケ池や千歳台曲水からの漏水の流入，及び供給水水質の時間変化の小さいことが相まった結果と考えられる。

(7) 拡散モデルのシミュレーション結果

霞ケ池内の水理並びに拡散現象をシミュレーションした結果を図8，9－1～4に示した。日流入量としては，通常流れこんでいると思われる2,500m³を，また，噴水として池外へ流出する量には 120m³ を採用した。流況は池の形状を反映した分布を示し，流速5 cm/sec 程度の地点が多く出現し，流入口付近では30 cm/sec，流出口付近では 29cm/sec となった。また，この影響をうけた拡散現象をみてみると，流入水の影響力20%ラインが蓬莱島を越えるのに約20時間を要している。図9－3で池上部の等濃度線の乱れは噴水として系外へ流出する結果の現われである。また，前例の半量の日流入量 1,250m³ の場合では，流速1 cm 程度の地点が多くなり，流入口付近でも 15cm/sec となり，流入水の影響力20%ラインが蓬莱島を越えるのに約33時間を要する結果となった。

3・3 底質調査

落葉の腐植化，生物生産物の堆積量，池水への溶出量（湿泥に乾泥換算10%となるように蒸留水を加え，

表 8　兼六園内の池と木場潟，柴山潟の底質比較[3)4)]

項目	兼六園（52年）		木場潟（49年）		柴山潟（48年）	
	平均	最低 ～ 最高	平均	最低 ～ 最高	平均	最低 ～ 最高
強熱減量（%）	13.3	11.2 ～ 16.2	14.8	10.2 ～ 18.6	11.1	7.5 ～ 12.6
Kj － N（ppm）	2,910	1,810 ～5,150	4,720	3,710 ～6,180	2,180	1,430 ～3,030
T － P（ppm）	1,090	694 ～1,460	4,100	1,650 ～7,020	1,150	210 ～4,320
硫化物(ppm)	25	10 ～ 38	445	155 ～ 585	198	36 ～ 460

（平均値は単純平均）

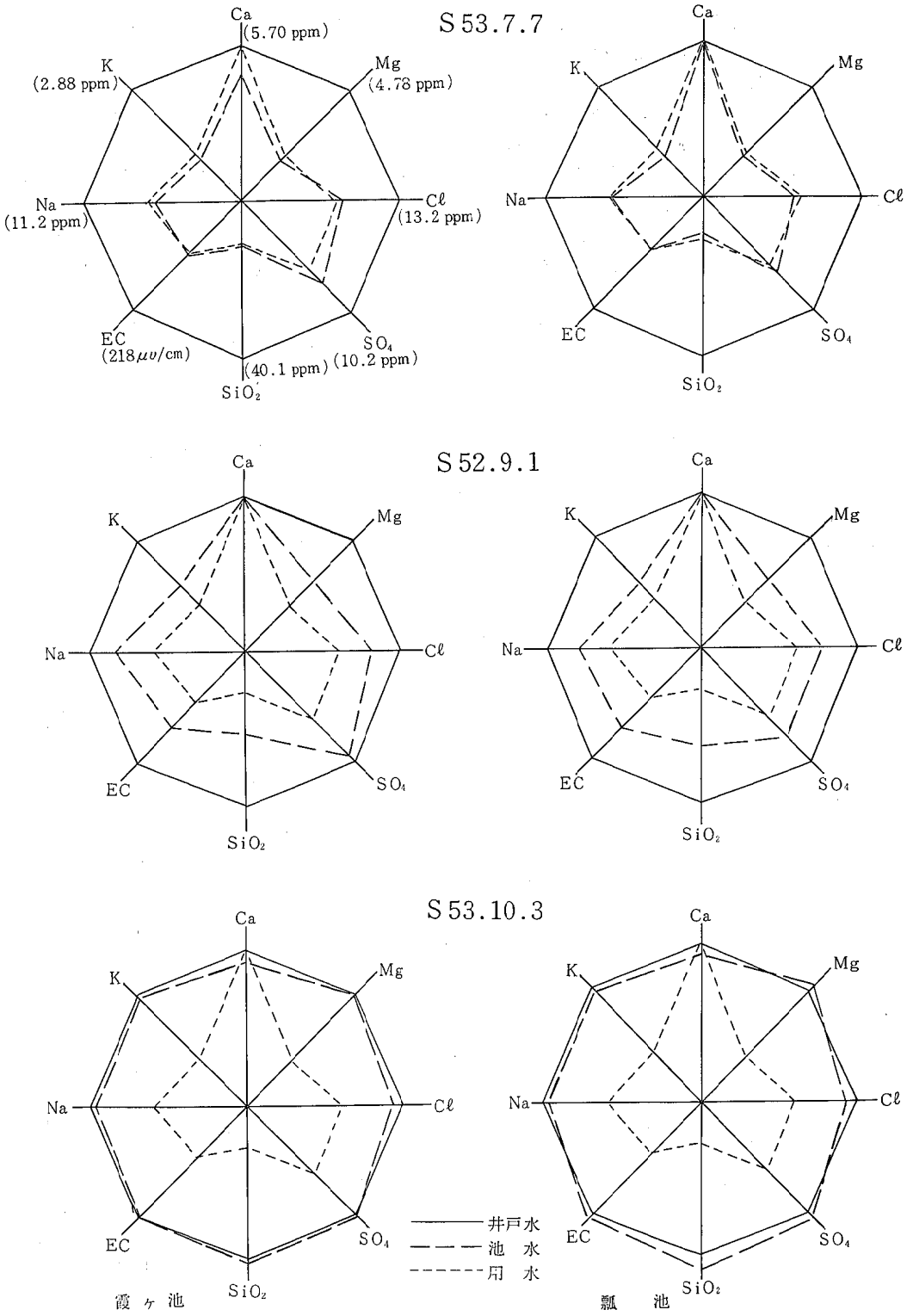

S 53.7.7
Ca
(5.70 ppm)
K
(2.88 ppm)
Mg
(4.78 ppm)
Na
(11.2 ppm)
Cℓ
(13.2 ppm)
EC
(218μυ/cm)
SO4
(10.2 ppm)
(40.1 ppm)
SiO2
S 52.9.1
S 53.10.3
井戸水
池　水
用　水
霞ヶ池
瓢　池

図 7　　池　水　の　混　合　度

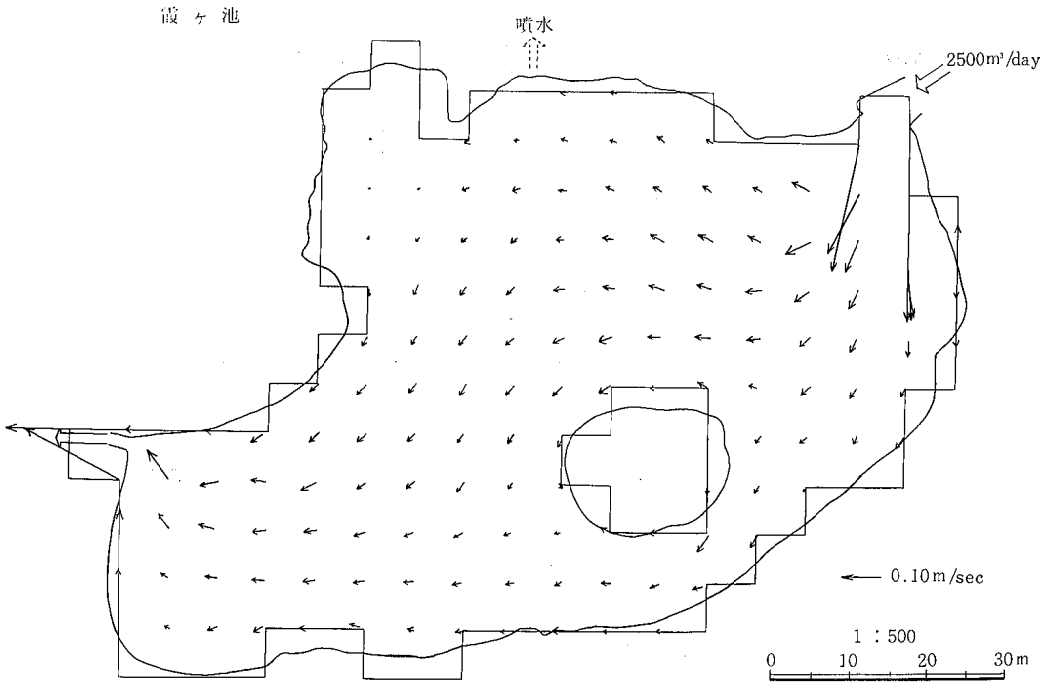


図 8　　霞 ケ 池 流 況 モ デ ル

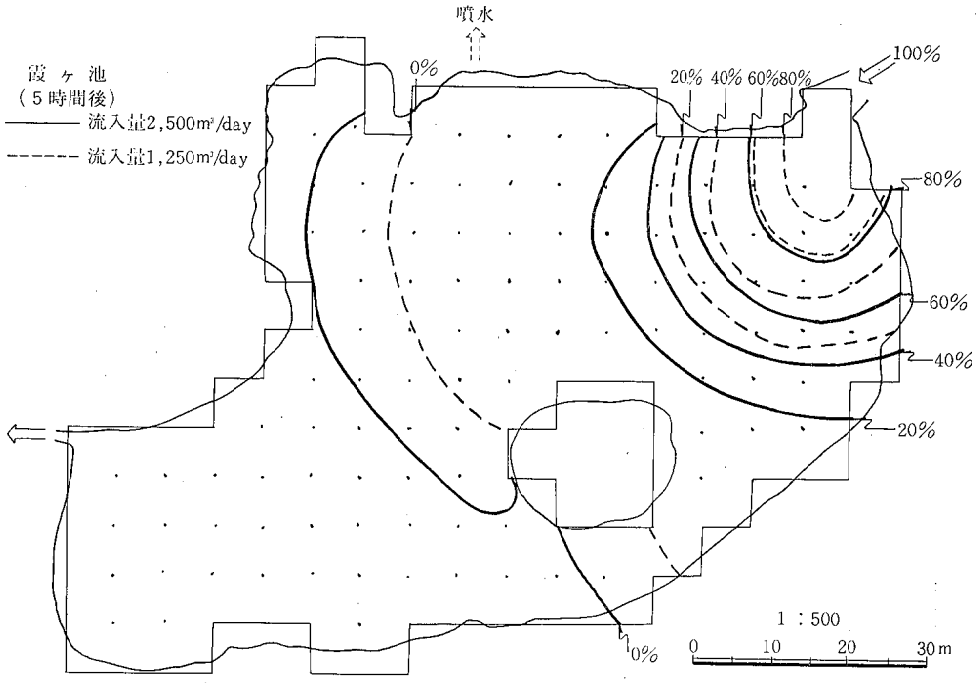


図 9—1　　霞 ケ 池 の 拡 散 モ デ ル

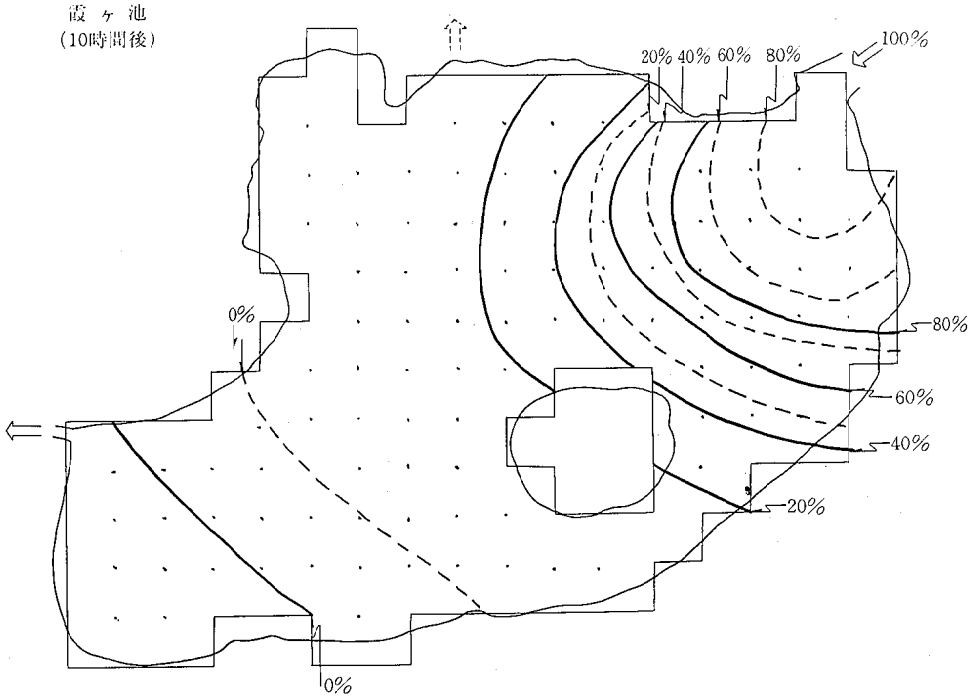


図 9—2　　霞ヶ池の拡散モデル

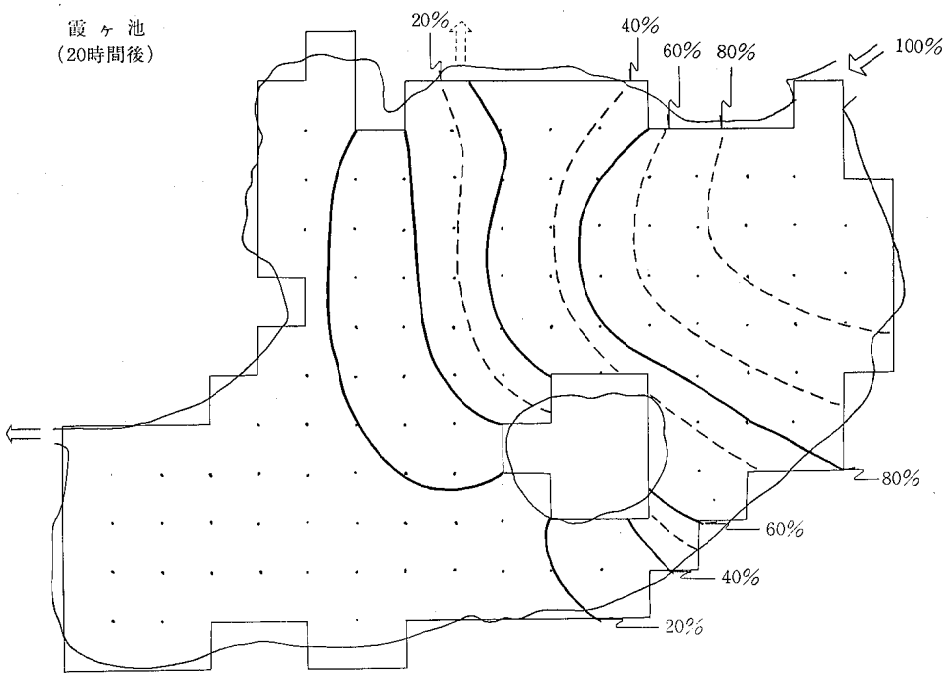


図 9—3　　霞ヶ池の拡散モデル

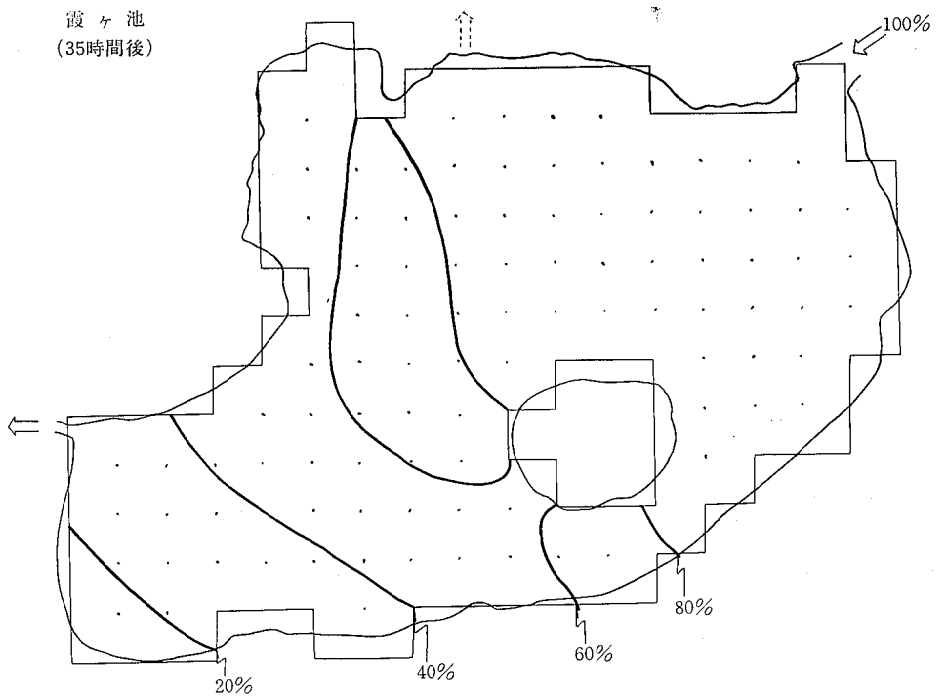


図 9—4　　霞ケ池の拡散モデル

室温 20°C で 6 時間連続振とうした後，その懸濁液をろ過して分析に供した）を推定するため行った。底質調査の結果から（表 7，採泥地点は図 1 参照），有機性汚泥の判定指標である強熱減量のボーダーライン15%程度にかろうじて及んだのは霞ケ池と瓢池の底泥であった。この傾向は COD，Kj—N，T—P などについても同様である。しかし，汚泥の堆積は霞ケ池では No. 8 地点周辺のみで，他は小石で覆われており，また，瓢池では一面 20cm 程度の堆積と，分布状態が大きく違っている。他の項目では，硫化物量の少ないのが特異的で，県内の木場潟，柴山潟と比較しても 1/10 程度である（表 8）。これは水深が浅く，底質への酸素の供給が良いため汚泥の還元化の進捗が微小で，腐植化遅滞によるものであろう。また，概して溶出率は低値で Cd，As，Hg など有害金属による汚染も認められなかった。

3 ま と め

兼六園内泉水は夏期渇水期に悪臭発生や高濁度など，水質の悪化が危惧されており，その原因究明と対策検討のため，調査を実施した。

(1) 52年度は湖盆図の作成と水質及び底質調査，53年度には夏期を重点に水質と流量調査を行った。

(2) 泉水，曲水における漏水が大きく，例えば，調査時に園内への平均供給水量（m^3/day）は4,300でこれが千歳台曲水で 2 割程度漏水し，他の流路へも分岐し，45%，約2,000m^3 が霞ケ池に流達すると推定された。なお，霞ケ池からの漏水は日量800m^3 程度であろう。

(3) 供給水の池内平均滞留時間は霞ケ池 2.5 日，瓢池で 0.7 日となりこの程度では水質悪化に直接繋がってはいないと考えられる。

(4) 園内への用水確保は辰巳用水に依存し，絶対量の不足や，濁水化により，井戸水で補っている現状である。然るに辰巳用水は人為的汚濁を受け，池水の富栄養化の一因となってきており，汚濁度を COD でみると辰巳用水の供給が多い場合，4 ppm 即ち水産 3 級がかろうじて維持される状態であり，井戸水が多い場合には，水質汚濁進行の心配は少なくなる。また供給水の混合割合をみると，辰巳用水卓越 2 例，地下水卓

越が1例，卓越不明5例で揚水ポンプ稼動状況とよく符合した。

(5) 景観を損ねる要因として，瓢池，長谷池で透明度の悪化が挙げられるが，瓢池では平均水深が60cmと浅いうえ棲息魚による堆積汚泥の巻き上げや霞ケ池から腐水化した水が流入するためと思われる。

(6) 池水中のCd，Pd，As，Hg等有害物については特に棲息魚類に対し懸念すべきものは見当らなかった。

(7) 霞ケ池における水理並びに拡散現象のシミュレーション結果から曲水よりの日流入量を2,500m³とした場合流速5cm/sec程度の地点が多く出現し，流入水の影響力20%のラインが蓬莱島を越えるのに約20時間を，日流入量1,250m³では流速1cm/sec程度の地点が多くなり，約33時間を要する結果となった。

(8) 落葉の腐植化や生物生産物の堆積量を推定するための底質調査では，強熱減量のボーダーライン15%程度にかろうじて及んだのは霞ケ池と瓢池の底泥で，概して腐植過程の進行は小さく，溶出率も低く，硫化物量の少ないことが特徴的であった。以上の結果から，曲水及び池水汚濁の要因は供給水の水質に加えて，生物生産や棲息魚が挙げられようが，底泥はその含有成分量，わけても溶出性の低さから，影響度の少ないことを確認した。

4 対　　策

今回の調査結果から，観光資源として泉水の水質を保全するために，以下の対策を提言したい。

(1) 供給水の水質向上に加え，日用水量を5,000m³程度とすること，また，流路や池からの漏水を少なくすることが必要である。

(2) 濁水化防止のために，底質汚泥の除去，すなわち底ざらいを徹底して行うほか，魚類の放流量を検討することが必要である。

(3) 池水の透視度をチェックし，値が30度未満となった場合には，辰巳用水からの取水を停止することも考慮すべきである。

文　　献

1) 毎日新聞金沢支局：兼六園物語，新人物往来社，東京（1974）

2) 山岸宏，沖野外輝夫：湖沼の汚染，築地書館，東京（1974）

3) 石川県公害未然防止研究会：木場潟の環境保全調査結果報告書（1975）

4) 石川県公害未然防止研究会：柴山潟の環境保全調査結果報告書（1974）

〔報　文〕

石川県における悪臭の現況と官能試験について

矢鋪満雄・矢田峰子・竹野裕治
石川県衛生公害研究所環境部　東　浩一・小川　清・三井信晴
石田喜朗・志茂たみ

1 はじめに

悪臭公害は，人の嗅覚が刺激されることにより認知される，いわゆる「感覚公害」の類のものであるため，同じく感覚公害である騒音・振動と共に古くから問題視されてはいたが，被害が比較的局地的であることや，人の健康に直接影響を与えないとの認識からか，軽視されてきたことは否めない。しかし，近年は公害防止にとどまらず，アメニティの確保という拡大志向とともに，悪臭など「感覚公害」にも重視の方向が強まってきている。

国では，実際の悪臭発生事業場において，発生源やその風下の環境臭気を専門パネル及び住民モニターを使った官能試験と機器分析法とで測定し，悪臭公害の対象となりうる濃度を調査し，悪臭物質の規制基準認定のため基礎資料を収集した。そして悪臭防止法では①悪臭公害の主要な原因となっている物質であること，②当該物質の大気中の濃度を測定しうるものであること，の要求を満たす悪臭物質としてアンモニア（NH_3），メチルメルカプタン(MM)，硫化水素(H_2S)，硫化メチル（DMS），二硫化メチル（DMDS），トリメチルアミン（TMA），アセトアルデヒド，スチレンの８物質が法定された。なお，８物質以外のものについても，悪臭実態の究明，測定方法に関する研究の進歩に併せて，逐次追加指定するとともに，複合臭気の規制についても，十分配慮する必要があるとしている。また防止法では，機器分析法による悪臭物質の濃度測定方式を採用している。これは機器分析法が客観的なデータとして捕捉でき，悪臭発生源と悪臭発生箇所を特定し，適切な防止措置をとることを容易にすることのほか，常時監視測定を可能にするからである。

しかし，悪臭は多種類の低濃度物質に起因することから，これらを機器によって完全に分析し尽くすことはできない。また，仮りに悪臭物質の分析値が得られたとしても，感覚的に知覚される臭気の特性を包括的に把握したことにはならない。まして８物質程度の物質では，悪臭は説明しきれない。

さて，悪臭などの感覚公害は苦情の顕在によって始まり，苦情の解決によって終るといっても過言ではない。実際，昭和53年度に石川県及び県内市町村が受理した公害苦情件数のうち，悪臭に関する苦情は178件，27.5%と騒音・振動に次いで多い[1]。

これを踏まえて，苦情処理の一環として実施した機器分析法による調査結果では，基準の臭気強度3.0を越えたものが５%，臭気強度2.5を越えたものでみても25%程度と低値であった。これでは苦情を十分に処理しえないと認識し，機器分析法の補完的手段として官能試験の併用を試みた。官能試験法は，①判定に対する客観性及び再現性が低い，②年令，環境，個人差が生じやすい，③嗅覚は疲労しやすい等の問題はあるが，複合臭気としての総合的な判断ができるうえ，測

Present Condition of Odor Quality in Ishikawa Prefecture and Evaluation of Odor by the Method of Sensory Measurement. *by Michio YASHIKI, Mineko YATA, Yuhji TAKENO, Koh-ichi HIGASHI, Kiyoshi OGAWA, Nobuharu MITSUI, Yoshiaki ISHIDA, and Tami SHIMO* (*Department of Enviromental Science Ishikawa Research Laboratory for Public Health Enviroment*)

定法が比較的簡便であることから，東京都等いくつかの地方公共団体で実施されている。

2　機器分析法による調査結果

石川県では6市10町において，悪臭防止法による地域指定を行い，その規制基準値を臭気強度3の濃度で設定している（表1）。

表1　悪臭物質の規制基準

悪臭物質（ppm） ＼ 臭気強度	臭気濃度 2.5	3.0 *	3.5
アンモニア	1	2	5
メチルメルカプタン	0.002	0.004	0.01
硫化水素	0.02	0.06	0.2
硫化メチル	0.01	0.04	0.2
二硫化メチル	0.009	0.03	0.1
トリメチルアミン	0.005	0.02	0.07
アセトアルデビド	0.05	0.1	0.5
スチレン	0.4	0.8	2

＊規制基準値（石川県）

昭和50年から53年までの4カ年に苦情対象事業場の敷地境界線上で機器分析法によって得られた悪臭物質測定値の集計は表2に示したとおりである。これによれば，臭気強度が2.5～3.0域にある事業場の割合は年度を問わずほぼ一定で，約20%で推移している。

また，規制基準の臭気強度3.0を越える事業場の割合は，各年度共わずか5%前後に過ぎない。この調査は，ほとんどが付近住民の苦情申し出によって測定対象を選定し実施しているので，調査結果は行政指導上非常に重要なものとなるが，これでは悪臭苦情の解決にはほど遠い。

3　官能試験法の試行

本県における悪臭発生源としては畜産業が主で，比較的小規模な事業場が多く，その臭気も敷地境界臭気程度のレベルであるため，希釈操作なしの直接採点法が適当であると考え，宮城県で開発された3点比較式臭気採点法[2]による調査を行った。今回の調査では，悪臭防止法による地域指定後の実態調査として，畜産業を主に，3市8町の22事業場について機器分析法と併行して官能試験法を試行した。

3・1　試験方法

(1)　臭気の採取

予めN_2ガスを用いて十分に洗浄し，無臭であるこ

表 2－1　臭気強度2.5及び3.0を超えた事業場とその物質濃度（昭和50年度）

臭気強度	事業場名	悪臭物質	濃度（ppm）	割合
2.5～3.0	と場（小松市）	MM	0.0025	22.8%
	養鶏場（寺井町）	H_2S, MM	0.032　0.0028	
	養豚場（根上町）	NH_3	1.21	
	養牛場（松任市）	TMA	0.0072	
	養豚場（羽咋市）	MM	0.0026	
	水産加工（美川町）	MM. TMA	0.0029　0.0078	
	養牛場（鶴来町）	MM	0.0026	
	養牛場（　〃　）	TMA	0.0112	
3.0～3.5	養鶏場（寺井町）	NH_3　H_2S	4.31　0.036	5.7%
	し尿処理場（加賀市）	NH_3　MM	2.86　0,0047	

（注）　H_2S；硫化水素　　NH_3；アンモニア　　測定事業場数　35
MM；メチルメルカプタン　　TMA；トリメチルアミン
DMS；硫化メチル

表 2－2　　（昭和51年度）

臭気強度	事業場名	悪臭物質	濃度（ppm）	割合
2.5～3.0	養鶏場（七塚町）	MM	0.0025	21.7%
	し尿処理場（小松市）	DMS	0.0360	
	し尿処理場（加賀市）	MM NH_3	0.0022 1.13	
	ブロイラー製造（〃）	MM	0.0022	
	養鶏場（寺井町）	MM NH_3	0.0034 1.26	
3.0～3.5	養鶏場（七塚町）	MM	0.0098	4.3%

測定事業数　23

表 2－3　　（昭和52年度）

臭気強度	事業場名	悪臭物質	濃度（ppm）	割合
2.5～3.0	養豚場（小松市）	NH_3	1.61	16.7%
	養鶏場（押水町）	NH_3	1.27	
	養鶏場（七塚町）	MM	0.0024	
	〃（〃）	MM	0.0032	
	ゴミ処理場（宇ノ気町）	NH_3	1.69	
3.0～3.5	養牛場（津幡町）	MM	0.0051	9.6%
	〃（羽咋市）	MM	0.0045	
	養鶏場（寺井町）	NH_3	2.95	

測定事業数　30

表 2－4　　（昭和53年度）

臭気強度	事業場名	悪臭物質	濃度（ppm）	割合
2.5～3.0	養牛場（金沢市）	NH_3	1.79	19.2%
	下水処理場（〃）	NH_3	1.04	
	養豚場（小松市）	H_2S	0.0346	
	FRP製造（鶴来町）	スチレン	0.521	
	養鶏場（寺井町）	MM TMA	0.0037 0.0126	
	〃（〃）	MM	0.0026	
3.0～3.5	養豚場（小松市）	NH_3	2.15	0.4%

測定事業場数　26

表３　三点比較式臭気採点法回答用紙

氏名　　年令

1．３個の試料のうちニオイのするものを１個選んで下さい。どれもにおわない場合は，テスト終了です。

A	
B	
C	
どれもにおわない	

2．そのニオイについて，どの程度の強さか答えて下さい。

1	やっと感知できるニオイ	
2	何のニオイであるかがわかる弱いニオイ	
3	らくに感知できるニオイ	
4	強いニオイ	
5	強烈なニオイ	

3．さらにそのニオイについて，不快さの程度を答えて下さい。

0	不快でない	
1	やや不快	
2	不　快	
3	非常に不快	
4	極端に不快	

4．あなたがこのようなニオイの環境下で生活するとしたら，どのように感じると思いますか。下記の表現のうち該当する欄にマルをつけて下さい。

1	ニオイは気にならない	
3	まあ住んでもよい	
3	できれば住みたくない	
4	住みたくない	
5	すぐに逃げ出したい	

とを確認した臭気採取用袋（20Lマイラーバック）を用いて，測定対象事業場の敷地境界線上の風下にて，約30秒間臭気をサンプリングした。

(2)　**パネルの選定**

各事業場所在地の市町村職員から無作為に男女同数ずつの８人を選んだ。スクリーニングは特に行わなかったが，原則として試験前１時間は禁煙とした。

(3)　**臭気の判定および回答**

試験臭気１個と活性炭で脱臭した新鮮空気２個の計３個にA，B，Cの記号を付け，パネルに臭気の入った袋を選ばせた。さらに表３の様式で，臭気強度，不快度，居住環境不快度について回答を得た。

(4)　**評　　価**

評価は平均臭気強度と不快感出現率，居住環境不快度を求めることによってなされる。

平均臭気強度（X）の算出については以下の通りである。まず，最初の３点比較で試料臭気を感知できなかった。パネルと誤った回答を示したパネルについて臭気強度を０点とし，８人の採点値を加算して８で除す。ただし，８人の採点値の中央値から２以上隔たる値を採点したパネルについて，最大値と最小値に相当するパネル各１人を計算の対象から除外する。

不快感出現率（Y）は，不快度表示の２以上の採点をしたパネルの割合である。

居住環境不快度（Z）は，８人の採点値の算術平均値である。

3・2　試行結果と考察

調査期間は昭和54年８月～９月の２カ月間で，３市８町，22事業場での試験結果は表４，表５，表６に示した。

(1)　**畜産業の臭気強度について**

今回の調査では，養豚業，養鶏業，養牛業の計15事業場について官能試験を行った訳であるが，これらの事業場について，平均臭気強度（X）と不快感出現率

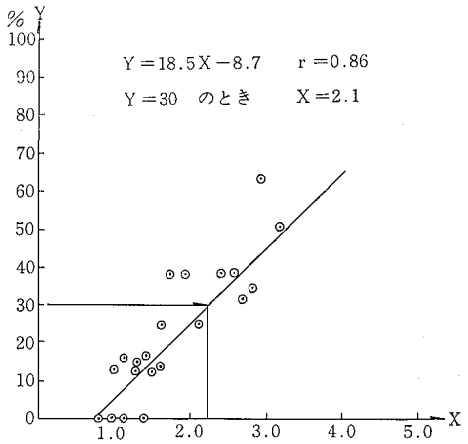


図１　畜産業における臭気強度（X）と不快感出現率（Y）との関係

表 4　畜産業事業場の臭気強度

事業場名	所在地	測定日 月 日	天候	気温 (°C)	湿度 (%)	風向	風速 (m/s)	X	Y (%)	Z
A 養豚	小松市	8. 7	くもり	24.5	84	SW	2.0～2.2	1.0	17	2.6
B 〃	羽咋市	9. 6	くもり	25.0	77	E	1.2	1.1	0	1.3
C 〃	根上町	8.20	晴	29.3	69	NE	1.5～2.0	1.9	38	2.4
D 〃	宇ノ気町	9.21	晴	27.5	65	W	<1.0	0	0	0
E 〃	宇ノ気町	9.21	晴	28.5	63	NW	2.8～2.9	2.9	63	3.1
F 養牛	羽咋市	9. 6	くもり	26.5	64	E	1.5	2.6	38	2.4
G 〃	野々市町	8.27	くもり	29.5	67	S	4.2～4.5	1.6	25	2.3
H 〃	津幡町	9.26	くもり	24.5	81	W	<1.0	0.8	0	0
I 〃	津幡町	9.26	くもり	21.0	91	W	<1.0	1.1	16	2.4
J 養鶏	根上町	8.20	晴	30.0	69	—	<1.0	2.7	13	3.0
K 〃	寺井町	8.10	晴	28.0	75	—	<1.0	3.2	50	3.7
L 〃	寺井町	8.10	晴	28.0	81	—	<1.0	2.8	34	2.8
M 〃	高松町	9.12	晴	25.0	63	E	<1.0	1.4	0	3.0
N 〃	高松町	9.12	晴	26.0	61	E	<1.0	1.6	13	2.5
O 〃	高松町	9.12	晴	26.5	58	E	<1.0	2.0	38	3.1

表 5　し尿・下水処理場の臭気強度

事業場名	所在地	測定日 月 日	天候	気温 (°C)	湿度 (%)	風向	風速 (m/s)	X	Y (%)	Z
P 下水処理	七尾市	9. 3	くもり	26.0	85	NW	<1.0	1.0	0	0
Q し尿処理	小松市	8. 7	小雨	25.0	100	—	<1.0	1.5	16	2.6

表 6　化学工場の臭気強度

事業場名	所在地	測定日 月 日	天候	気温 (°C)	湿度 (%)	風向	風速 (m/s)	X	Y (%)	Z
R 染色精練	根上町	8.20	晴	29.5	69	—	<1.0	1.3	13	1.8
S 樹脂製造	美川町	8.29	晴	25.5	67	E	<1.0	1.4	16	2.4
T 鋳　造	美川町	8.29	晴	24.7	77	E	1.2～1.3	1.0	10	1.2
U 合板製造	鶴来町	8.29	晴	25.0	57	S	1.0～1.1	2.1	25	3.0
V FRP製造	鶴来町	8.22	小雨	27.0	97	—	<1.0	2.4	38	2.6

(Y) との関係を求めてみた。その結果を図1に示す $Y = 18.5X - 8.7$ なる回帰直線が得られた。事業場敷地境界における悪臭の判定基準は，「住民の大多数が不快感をもつことがないような臭気強度」であるから，「大多数」を70%と仮定すると，「不快感」の出現率が30%となる臭気強度が基準となる。図1の関係式に $Y=30$ を代入すると，基準となる臭気強度は2.1となる。

宮城県の報告[2]では，臭気強度1.8が判定基準となっているのに対して，試行で得られた結果は0.3程度高い値となっている。これは宮城県に比べてデータ数が少ないことと，臭気採取袋の固定臭をパネルが判定できなかったことなどに起因するものと思われる。

(2) 化学工場の臭気強度について

今回の調査では，5事業場で測定した。これらの事業場の臭気については，ニオイそのものが比較的単純なものであることと，日常生活であまり経験していないものであることから，正解率がよく，かなり精度よく判定できるものと思われる。

ちなみに，FRP製造業のV設備工業を例にすると，この事業場における主要臭物質・スチレンは0.215ppmで，スチレンの濃度と臭気強度の関係式[3]から求めた臭気強度は2.2であり，これに対して官能試験法による臭気強度は2.4であった。

居住環境不快度 (Z) の回答については，主観が入りやすく，個人差及び地域差が大きく影響するので，その結果は一応の目安と考えた。

今回，試行した3点比較式臭気採点法は，希釈操作なしの直接採点法であるため，回答様式の2及び3の臭気強度，不快度の評価尺度が非常に重要な意味をもっている。畜産業における平均臭気強度はほとんどが1.0～3.0であることから，この尺度間の間隔及び表示内容については検討する必要がある。

また，ほとんどすべてのニオイは快，不快を区別して感じ，嗅覚による快，不快の感覚[4]は，他の聴覚，視覚，触覚などの感覚とは比較にならないほど強烈なものであることから，不快感の評価尺度についても更に検討する必要があろう。

パネルは，予め基準臭による試験[5]を実施して，正常に回答する者を人選する必要があったと思う。今年度は，畜産業，し尿・下水処理場及び化学工場については官能試験を実施したが，今後さらにデータ数を積み上げて解析したい。

4 ま と め

石川県において，苦情の対象となる事業場の敷地境界での機器分析法による測定値をみると，本県での規制基準値（臭気強度3）を越えたものは，わずか5%にしか過ぎなかった。悪臭は多種類の低濃度物質が複合した感覚公害であるために，悪臭防止法で指定されている8物質で評価するのは極めて困難である。

そこで，機器分析法を補完する意味で，官能試験法を検討した。その結果を要約すると，①畜産物における判定基準は，臭気強度2.1で，宮城県の報告にほぼ近い値が得られた。②畜舎臭気以外の事業場臭気についても，精度よく評価できた，の2点が挙げられる。

今後の課題としては，臭気強度，不快度についての尺度間の間隔と表示内容の検討及び臭気強度と他の関連因子（例えば，事業場の種類，事業場建屋の構造，敷地面積，脱臭装置の能力等）についての統計的検討を実施する予定である。

文 献

1) 石川県環境白書（昭和53年版）
2) 須藤幸蔵，佐藤哲：宮城県公害技術センター報告，6，59—64 (1977)
3) 環境庁：逐条解説悪臭防止法，帝国地方行政学会，東京 (1973)
4) 三浦新：官能検査ハンドブック，日本技連，東京 (1973)
5) 高木貞敬:悪臭の研究，4 (20)，60—67 (1975)

〔報　文〕

石川県における放射能測定調査（昭和54年度）

石川県衛生公害研究所環境部　小森正樹・折谷禎一・加藤充哉

1 はじめに

昭和54年度の放射能調査は，科学技術庁委託の「雨水，ちり，各種食品，陸水，土壌等の採取及び放射能測定調査」（以下，「フォールアウト調査」という）と，県単事業の「石川県における環境放射能調査」（以下，「環境放射能調査」という）である。フォールアウト調査は前年とほぼ同様の調査内容であるが，環境放射能調査に関しては，従来の調査内容に加え，積算線量測定や核種分析を行い，種々の情報や知見を得た。以下，本年度における放射能調査結果の概要を述べる。

2 調査方法

フォールアウト調査における，空間線量，雨水，上水，土壌，食品等は金沢市，海産物は富来町，牛乳は押水町でそれぞれ採取し，科学技術庁編「全ベータ放射能測定法」（1976），「放射性ヨウ素分析法」（1977）に基づいて測定した。環境放射能調査については，以下に述べる方法によって行った。

2・1 空間線量

熱ルミネッセンス線量計（以下TLDという）による3か月毎の積算値の測定を，富来町6地点，志賀町13地点，金沢市2地点，押水町，辰口町各1地点について行い，NaI（Tl）シンチレーションサーベイメータによる年2回の概略値測定を，TLD測定地点に加えて富来町4地点，志賀町7地点，吉野谷村1地点について行った。これらの測定地点を表1に示した。

2・2 試料採取

(1) 陸　水：志賀町地区を中心として，河川水4か所，井水2か所，上水1か所，溜池2か所から年2回採取した。

(2) 雨水，ちり：志賀町，富来町，金沢市で毎月採取した。

(3) 陸　土：志賀町4か所，富来町3か所，金沢市2か所，辰口町，押水町，吉野谷村各1か所について0～5cm，5～20cmの深度別に採取した。

(4) 浮遊じん：志賀町，富来町，押水町，金沢市で年2回，ハイボリュームエアサンプラーを用いて採取した。

(5) 農産物：志賀町，富来町，押水町，金沢市で大麦，精米，野菜，牛乳，牧草等を採取した。

(6) 指標植物：指標植物として松葉を選び，志賀町2か所，富来町4か所，羽咋市，押水町，金沢市，辰口町各1か所について採取した。

(7) 海　水：志賀町，富来町沖で年2回採取した。

(8) 海底土：志賀町，富来町沖で年2回採取した。

(9) 海底物：富来湾沖で主に採取されるサザエ，ワカメ，ふくらぎ，はちめ等を試料した。

(10) 指標海産物：指標海産物としては，ホンダワラを選び志賀町2か所，富来町2か所で採取した。

これらの試料採取地点を表2に示した。

3 測定方法

本調査では，空間線量，全ベータ放射能，ガンマ線放出核種分析について検討したが，測定内容，測定方法及び測定器については，表3，4に示した。

4 調査結果

4・1 フォールアウト調査

(1) 雨水，ちり：調査期間（昭和54年4月1日～昭

Environmental Radioactivity Survey in Ishikawa Prefecture, 1979.　*by Masaki KOMORI, Teiichi ORITANI, and Mitsuya KATO (Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

表 1　　空 間 線 量 測 定 地 点

調査対象	測定項目*		地区	測定地点	測定月
空間線量	○		富来町	風戸（富来荘）	
	○	◎		富来（富来高校）	4～5, 6～9, 10～12, 1～3
	○	◎		生神（金剛荘）	〃
	○			巌門（レストラン巌門）	
	○	◎		福浦（福浦小学校）	4～5, 6～9, 10～12, 1～3
	○			小谷内（民家）	
	○	◎		熊野（熊野小学校）	4～5, 6～9, 10～12, 1～3
	○	◎		町居（民家）	〃
	○			中畠（民家）	
	○	◎		和光台（県道脇）	4～5, 6～9, 10～12, 1～3
	○			赤住（町境，県道脇）	
	○	◎	志賀町	赤住（鉄塔）	4～5, 6～9, 10～12, 1～3
	○	◎		赤住（サイト予定地）	〃
	○	◎		赤住（八幡神社）	〃
	○			赤住（公民館）	
	○	◎		百浦（百沼比古神社）	4～5, 6～9, 10～12, 1～3
	○	◎		安部屋（PRセンター）	6～9, 10～12, 1～3
	○	◎		上野（志加浦小学校）	6～9, 10～12, 1～3
	○			長田（金森安入寺）	
	○	◎		直海（上熊野小学校）	4～5, 6～9, 10～12, 1～3
	○	◎		田原（民家）	〃
	○			米町（駅跡地）	
	○	◎		小室野（民家）	4～5, 6～9, 10～12, 1～3
	○	◎		代田（土田小学校）	〃
	○			梨谷小山（ライスセンター）	
	○	◎		堀松（志賀中学校）	4～5, 6～9, 10～12, 1～3
	○	◎		高浜（高浜小学校）	6～9, 10～12, 1～3
	○			矢駄（白山神社）	
	○	◎		二所宮（下甘田小学校）	4～5, 6～9, 10～12, 1～3
	○	◎	押水町	坪山（県畜産試験場）	6～9, 10～12, 1～3
	○	◎	金沢市	若松（健民公園）	〃
	○	◎		三馬（衛生公害研究所）	〃
	○	◎	辰口町	和気（金大 LLR 施設）	〃
	○		吉野谷村	市原（吉野谷中学校）	

* ○　NaI (Tl) シンチレーションサーベイによる空間線量率：測定月 5月，10月
　◎　熱ルミネッセンス線量計による積算線量

表2　試料採取地点

調査対象	測定試料	地区	試料採取地点	試料採取月	測定項目*
陸水	河川水	富来町	福浦(吉良川)	5,10	β
		志賀町	赤住(赤住川)	〃	〃
			赤住(大藤川)	〃	〃
			赤住(大坪川)	〃	〃
	上水	志賀町	高浜(役場)	〃	〃
	井水	志賀町	赤住(民家1)	〃	〃
			赤住(民家2)	〃	〃
	溜池	志賀町	安部屋(憩いの村)	〃	〃
			安部屋	〃	〃
雨水ちり	雨水，ちり	富来町	高田(富来保健所)	各月	β
		志賀町	赤住(公民館)	〃	β,γ
			赤住(鉄塔)	〃	β
		金沢市	三馬(衛生公害研究所)	〃	β
陸土	裸地(畑地)	志賀町	赤住(公民館)	7	β,γ
	裸地(土床)		赤住(北電事務所跡)	〃	β
	草地(林地)		赤住(鉄塔)	〃	β,γ
	〃		安部屋(PRセンター)	〃	β
	裸地(山土)	富来町	和光台(高ツボリ山)	〃	β
	草地(林地)		富来(富来高校)	〃	β,γ
	裸地(土床)		生神(金剛荘)	〃	β,γ
	草地(林地)	金沢市	若松(健民公園)	7	β,γ
	〃	辰口町	和気(金大LLR施設)	8	β,γ
	裸地	押水町	坪山(県畜産試験場)	7	β
	〃	吉野谷村	市原(役場)	8	β
浮遊じん	浮遊じん	富来町	高田(富来保健所)	5,11	β,γ
		志賀町	赤住(公民館)	〃	〃
			赤住(鉄塔)	〃	〃
		押水町	坪山(県畜産試験場)	〃	〃
		金沢市	三馬(衛生公害研究所)	〃	〃
			若松(健民公園)	〃	β
	クローバイタリアン	志賀町	高浜	5	β,γ
			〃	〃	〃

調査対象	測定試料	地区	試料採取地点	試料採取月	測定項目*
農産物	大麦	志賀町	大笹	6	β,γ
		富来町	和田	〃	β
	精米	志賀町	倉垣	10	β,γ
		富来町	大西	〃	β
	大根	志賀町	末吉	10	β,γ
	白菜		〃	〃	〃
	牛乳		高浜	6,12	β,γ
			安部屋	〃	〃
指標植物	松葉	富来町	富来(富来高校)	6,8,12,2	β,γ
			生神(金剛荘)	〃	〃
			巌門(レストラン巌門)	5,8,12	β
			福浦(ガソリンスタンド前)	5,12	β,γ
			町境	5,8	β
		志賀町	赤住(鉄塔)	5,8,12,2	β,γ
			赤住	〃	〃
		羽咋市	柴垣(国立青年の家)	5,8,12,2	〃
		押水町	坪山(県畜産試験場)	6,8,12,2	〃
		金沢市	若松(健民公園)	5,8,12,2	〃
		辰口町	和気(金大LLR施設)	8,12,2	〃
海水	表層水	志賀町	志賀町沖	7,10	β
		富来町	富来湾	〃	〃
海底土	表層土	志賀町	志賀町沖	〃	β,γ
		富来町	富来湾	〃	〃
海産物	めいいめど魚	富来町	富来町沖	4	β,γ
	かざれちん刀			7	〃
	わさかはが太			〃	〃
				〃	〃
				9	〃
				〃	〃
指標海産物	ほんだわら	富来町	巌門	5,7,9	β,γ
			福浦	〃	β
		志賀町	赤住(鉄塔前)	〃	β,γ
			赤住(八幡神社地先)	〃	〃

* β：全ベータ放射能
γ：核種分析

表3　各種測定法

(1) 空間線量測定法

積算線量	熱ルミネッセンス線量計（TLD）による3カ月毎の積算線量 通常配備 TLD 本数は　2～3本
線量率	NaI（TI）型シンチレーションサーベイメータによる定期測定 モニタリンポストによる連続測定

(2) 全ベータ放射能測定法

区分	測定試料	測定試料形態	測定用試料量	測定方法			備考
				測定試料皿	測定時間	比較資料	
陸上試料	雨水，ちり*	蒸発残留物	100ml～1,000ml	25mmφ	20分	U_3O_8	溶解，不溶解成分分析，化学分析 K,Na
	浮遊じん	ろ紙	吸引量100m³以上	25	20	U_3O_8	化学分析
	陸水	蒸発乾固	1,000ml	25	20	KCl	化学分析
	陸土	乾燥ふるい2mm以下	1g	50	20	KCl	他冷塩酸抽出法
	農産物	灰化物	0.5g	25	20	KCl	
	指標植物	灰化物	0.5g	25	20	KCl	
海洋試料	海水	硫化コバルト共沈試料	1,000ml	25	20	U_3O_8	
	海底土	乾燥ふるい2mm以下	1g	50	20	KCl	他冷塩酸抽出法
	海産物 指標乾産物	灰化物	0.5g	25	20	KCl	

＊　溶解，不溶解成分はNo 5Cのろ紙で吸引し，ろ液を溶解，残渣不溶解成分として試料に供する。

(3) Ge（Li）検出器による検種分析法

	測定試料	測定試料形態	試料量	測定核種
陸上試料	降下物	蒸発濃縮物	全量～分取	天然放射性核種（U，Th，K）およびフォールアウト核種
	浮遊じん	ろ紙	吸引量1,000m³以上	
	陸土	乾燥ふるい2mm以下	200g	
	農産物 指標植物	乾燥灰化物 生	生500g以上	
海洋試料	海底土	乾燥ふるい2mm以下	200g	
	海産物 指標海産物	灰化物	生1kg以上	

表 4　　測　　定　　器

空間線量	線量率　◦アロカ TCS-121型1″φ×1″NaI（Tl）シンチレーションサーベイメータ ◦アロカモニタリングポスト検出部 ND-R12-195 積算線量　◦ナショナル UD-505A 素子 UD200S
全ベータ放射能	アロカ　低バックグランド自動測定装置 LBC-452U 型
核種分析（ガンマ線スペクトロメトリー）	プリンストンガンマーテック Ge（Li）75cc 15% 日本原子力事業　波高分析器 横河ヒューレッドパッカードシステム45電子計算機

和55年3月31日）の定時採取測定回数は111回で，総雨量は2057mmであった。この間，核実験が行われなかったため，降雨毎の放射能の平均は0.58mCi/km²（3.18～0.00 mCi/km²）で，前年度値 1.60mCi/km²と比較して低いものであった。これらの結果を表5に示した。

(3) 上水，日常食，農産物，牛乳，海産物，土壌，牛乳中のヨウ素131の測定結果を表6に示したが，いずれも平常値であった。

(3) 空間線量：モニタリングポストの日平均値は15.8 cpsで，その変動範囲は，27.0～11.1 cpsであり，月別にみると2月が最も低く，積雪による遮へい効果があったものと考えられた。NaIサーベイメータによる結果は，平均が9.6μR/hr（11.6～7.5μR/hr）で平常値であった。これらの結果を表6，7に示した。

4・2　環境放射能調査結果

54年度調査の特色は，前年度までの調査[1]に比べて調査範囲を富来町から吉野谷村まで拡大したことにある。これまでの，富来町，志賀町中心の調査では内容的にやや片寄りがちだった放射能情報が広範囲なものとなり，それだけ富来町，志賀町地域の特徴を，他の地域と比較できることになった。また，同一試料の他地域との比較ばかりでなく，県中央地域から，富来町地域までの放射能状況に関して総合的に把握することが可能となった。本年度の放射能状況としては，核実験が実施されなかったため，前年度に観測された一時的なフォールアウト量の増加による環境試料中の放射能レベルの増加[1]（雨水で認められた）はなく，前年度との比較では，放射能レベルは，それほど大きな変化や相違は認められなかった。全般的にはフォールアウト量が少なく，前年度のサザエのように極微量のコバルト60が検出される[2]こともなく，通常のフォールアウト核種が検出されるに止まった。以下，各調査項目別に結果を述べる。

(1) 空間線量：TLDによる3か月毎の積算線量，及びNaI（Tl）シンチレーションサーベイメータによる空間線量率の測定結果を表8に示した。全体の平均は，TLD値で7.9μR/hr（変動範囲10～6.3μR/hr，n＝23地点，69mR/年）であり，地域別にみると富来町7.4μR/hr（変動範囲8.5～6.3μR/hr，n＝6地点，65mR/年），志賀町7.9μR/hr（変動範囲9.6～6.6μR/hr，n＝13地点，69mR/年），押水町 9.5μR/hr（変動範囲 10.0～8.9μR/hr，n＝1地点，83mR/年），金沢市8.4μR/hr（変動範囲9.2～7.2μR/hr，n＝2地点，74mR/年），辰口町7.9μR/hr（変動範囲8.5～7.4μR/hr，n＝1地点，69mR/年）であった。前年度[1]の富来町，志賀町地域の平均が7.9μR/hr（69mR/年，n＝16地点）に対し，本年度は7.7μR/hr（68mR/年，n＝19地点）で大きな差はない。

地域別にみても，前年度の富来町が7.6μR/hr，志賀町が8.1μR/hrでこれも大きな差はないといえよう。押水町が他の地域と比較して高いのは，地質的にジュラ紀の花崗岩及び片麻岩が母岩の地域であり，これら火成岩地帯は概して天然放射性核種が高濃度であるためと推定される。

地域の線量のうち，宇宙線寄与の線量約30mR/年を除いた大半が土壌に含まれる放射性核種の濃度で決

表 5　　雨　　水 (1)

採水地：金沢市三馬（石川県衛生公害研究所屋上）
採水時刻：降水毎に翌日の午前9時

試料番号	採水期間 年 月 日 ～ 月 日	降水日時 日時～日時	降水量 mm	採水後測定迄の時間 hr	試水量 ml	比較試料（除自然計数） cpm	自然計数 cpm	試料（除自然計数） cpm/l	6時間更正値 cpm/l	72時間更正値 cpm/l	6時間更正値 pCi/l	降下量（6時間更正値） mCi/km²
	昭和54											
1	3.31～ 4. 2	2. 6～ 2. 9	1.0	6	100	10,696±73.2	6.6±0.6	14.0± 8.5	14.0	14.0	17.7	0.0_2
2	4. 2～ 4. 3	2. 9～ 3. 9	10.0	6	100	10,718±73.2	8.5±0.7	2.5± 9.3	2.5	3.0	3.2	0.0_3
3	4. 7～ 4. 9	8. 9.20～ 9. 2.40	4.0	6	100	10,639±73.0	6.4±0.6	45.3± 9.3	45.3	37.9	57.5	0.2_3
4	4.21～ 4.23	21.15～ 21. 5.45	4.5	6	90	10,311±71.8	6.3±0.6	53.9±10.4	53.9	27.5	70.6	0.3_2
5	4.24～ 4.25	24.16.40～ 24.20.30	6.0	6	100	10,205±71.5	6.8±0.6	9.8± 8.5	9.8	9.3	13.0	0.0_8
6	4.26～ 4.27	26.16.20～ 27. 9	20.5	6	100	10,301±71.8	6.8±0.6	40.8± 9.4	40.8	16.3	53.5	1.1_0
7	4.27～ 4.28	27.9 ～ 28. 3.20	23.5	6	100	10,153±71.3	7.6±0.6	2.0± 8.8	2.0	9.0	2.7	0.0_6
8	4.28～ 5. 1	29.20.30～ 30.11.30	38.0	6	100	10,217±71.5	6.4±0.6	14.3± 8.4	14.3	0.0	18.9	0.7_2
9	5. 7～ 5. 8	7.20.30～ 8. 8.45	28.0	6	100	10,366±72.0	6.8±0.6	24.5± 9.0	24.5	8.8	31.9	0.8_9
10	5. 8～ 5. 9	8. 9～ 9. 6.30	13.5	6	100	10,408±72.2	7.2±0.6	27.0± 9.2	27.0	6.5	35.1	0.4_7
11	5.12～ 5.15	14. 5.30～ 15. 9	24.0	6	100	10,557±72.7	7.4±0.6	15.5± 9.0	15.5	12.8	19.8	0.4_8
12	5.15～ 5.16	15. 9～16. 4	13.5	6	100	10,532±72.6	6.2±0.6	23.0± 8.6	23.0	13.0	29.5	0.4_0
13	5.16～ 5.17	16.23～17. 9	20.5	6	100	10,615±72.9	7.5±0.6	79.0±10.7	79.0	27.0	100.6	2.0_6
14	5.26～ 5.28	26.16～ 27.11.30	38.0	6	100	10,672±73.1	7.0±0.6	22.5± 9.0	22.5	22.0	28.5	1.0_8
15	6. 7～ 6. 8	8. 0.15～ 8. 9	4.0	6	93	10,543±72.6	7.0±0.6	76.3±11.0	76.3	39.0	97.8	0.3_9
16	6. 9～ 6.11	11. 4.45～ 11. 9	7.5	6	100	10,759±73.4	7.9±0.6	53.3±10.3	53.3	44.3	66.9	0.5_0
17	6.18～ 6.20	19. 7～ 20. 1.30	13.0	6	100	10,643±73.0	7.1±0.6	15.5± 8.9	15.5	8.0	19.7	0.2_6
18	6.26～ 6.27	26.23.30～ 27. 6.20	12.5	6	100	11,084±74.5	8.0±0.6	1.8± 9.0	1.8	1.5	2.2	0.0_3
19	6.28～ 6.29	28.19.45～ 29. 9	44.0	6	100	10,722±73.2	6.2±0.6	18.8± 8.4	18.8	0.2	23.7	1.0_4
20	6.29～ 6.30	29. 9～30. 9	24.5	6	100	10,694±73.2	7.3±0.6	4.5± 8.6	4.5	2.3	5.7	0.1_4
21	6.30～ 7. 2	30.13.20～ 2. 9	124.5	6	100	10,974±74.1	7.2±0.6	14.0± 8.9	14.0	2.6	17.2	2.1_5
22	7. 2～ 7. 3	2. 9～ 2.20.15	14.5	6	100	10,993±74.2	7.3±0.6	19.3± 9.1	19.3	10.0	23.7	0.3_4
23	7.10～ 7.11	10.21.50～ 11. 6.30	7.0	6	100	10,437±72.3	6.0±0.5	10.8± 8.1	10.8	10.7	13.9	0.1_0
24	7.11～ 7.12	11. 9.30～ 12. 9	19.0	6	100	10,811±73.6	7.8±0.6	0.5± 8.8	0.5	9.7	0.6	0.0_1
25	7.13～ 7.14	14. 1.30～ 14. 2.50	5.0	6	100	10,715±73.2	7.6±0.6	17.0± 9.2	17.0	0.0	21.4	0.1_1
26	7.28～ 7.30	28. 9～ 29. 6.15	21.5	6	100	10,829±73.6	7.7±0.6	12.0± 9.1	12.0	8.5	15.0	0.3_2
27	8. 4～ 8. 6	5. 0.45～ 6. 5	10.5	6	100	11,023±74.3	9.2±0.7	13.3± 9.9	13.3	6.2	16.2	0.1_7
28	8. 6～ 8. 7	6.14.30～ 7. 6	34.5	6	100	11,585±76.1	8.0±0.6	4.8± 9.1	4.8	2.5	5.5	0.1_9
29	8.21～ 8.22	21.11.50～ 22. 6.45	97.5	6	100	10,708±73.2	6.4±0.6	12.8± 8.4	12.9	0.5	16.1	1.5_7
30	8.22～ 8.23	22. 9.15～ 23. 8.40	35.0	6	100	10,640±73.0	8.4±0.6	4.3± 9.3	4.3	0.0	5.4	0.1_9
31	8.24～ 8.25	24.19～ 24.20.50	6.0	6	100	10,862±73.7	8.3±0.6	0.0± 9.1	0.0	0.0	0.0	0.0

表 5　　雨　　水 (2)

試料番号	採水期間 年 月 日 ～ 月 日	降水日時 日時～日時	降水量 mm	採水後の時間測定 hr	試水量 ml	比較試料(除自然計数) cpm	自然計数 cpm	試料(除自然計数) cpm/l	6時間更正値 cpm/l	72時間更正値 cpm/l	8時間更正値 pCi/l	降下量/6時間更正値 mCi/km²
	昭和54											
32	8.25～ 8.27	25. 9～25.13.35	13.0	6	100	10,870±73.8	8.8±0.7	0.0± 9.0	0.0	0.0	0.0	0.0
33	9. 4～ 9. 5	4.10.30～5. 5.30	96.5	6	100	11,130±74.6	8.7±0.7	0.0± 9.3	0.0	0.0	0.0	0.0
34	9. 6～ 9. 7	7. 0.15～7. 8.50	5.5	6	100	11,984±77.4	8.9±0.7	97.0±11.7	97.0	0.0	109.4	0.6_0
35	9.14～ 9.17	15.20.45～16 12 20	33.5	6	100	10,206±71.5	6.2±0.6	3.0± 8.0	3.0	2.5	4.0	0.1_8
36	9.18～ 9.19	18.14.30～19. 4.30	36.0	6	100	10,203±71.4	5.9±0.5	22.0± 8.4	22.0	17.3	29.1	1.0_5
37	9.22～ 9.25	22.13～24.23.30	45.0	6	100	10,514±72.5	6.6±0.6	14.5± 8.6	14.5	4.5	18.6	0.8_4
38	9.25～ 9.26	26. 3.35～26. 6.25	10.5	6	100	10,782±73.4	6.6±0.6	27.0± 8.9	27.0	19.8	33.8	0.3_6
39	9.28～ 9.29	28.11～29. 4	22.5	6	100	10,297±71.8	7.4±0.6	12.5± 8.9	12.5	0.0	16.4	0.3_7
40	9.29～10. 1	30. 0～ 1. 8	97.5	6	100	10,861±73.7	7.9±0.6	0.0± 8.8	0.0	0.0	0.0	0.0
41	10. 1～10. 3	3.17～3.19.40	7.0	6	100	11,011±74.2	9.1±0.7	0.0± 9.3	0.0	0.0	0.0	0.0
42	10. 4～10. 5	4.18.40～5. 1	11.5	6	100	11,078±74.5	8.3±0.6	5.8± 9.2	5.8	0.3	7.0	0.0_8
43	10. 7～10. 8	8. 2.50～8. 7	35.5	6	100	11,292±75.2	8.5±0.7	0.3± 9.2	0.3	11.5	3.0	0.1_1
44	10.18～10.19	18.13.30～19. 4	20.5	6	100	11,076±74.4	7.9±0.6	20.0± 9.4	20.0	3.5	24.4	0.5_0
45	10.19～10.20	19.11～19.24	48.5	6	100	10,580±72.8	6.0±0.5	0.0± 7.7	0.0	0.0	0.0	0.0
46	10.21～10.22	21.10.20～22. 5	14.5	6	100	10,481±72.4	6.5±0.6	16.3± 8.6	16.3	3.3	21.0	0.3_0
47	10.30～10.31	30.11.10～30.12	2.0	6	100	10,655±72.0	7.7±0.6	27.8± 9.5	27.8	24.3	35.2	0.0_7
48	11. 4～11. 5	4.20～ 5. 8	2.5	6	100	10,455±72.3	7.2±0.6	7.3± 8.7	7.3	1.5	9.4	0.0_2
49	11. 5～11. 6	5.15.55～6. 9	32.0	6	100	10,809±73.5	7.5±0.6	32.5± 9.6	32.5	0.0	40.6	1.3_0
50	11.10～11.12	10.12.05～12. 9	32.0	6	100	10,420±72.2	7.6±0.6	8.0± 8.9	8.0	8.5	10.4	0.3_3
51	11.12～11.13	12. 9～13. 9	18.5	6	100	11,141±74.7	9.1±0.7	45.8±10.6	45.8	18.3	55.5	1.0_3
52	11.13～11.14	13. 9～14. 9	9.5	6	100	10,867±73.7	8.0±0.6	30.5± 9.8	30.5	0.0	37.9	0.3_6
53	11.14～11.15	14. 9～14.16	3.5	6	100	11,110±74.6	7.6±0 6	35.8± 9.7	35.8	9.3	43.5	0.1_5
54	11.16～11.17	16.18.40～17. 1	7.5	6	100	10,604±72.8	6.8±0.6	16.3± 8.7	16.3	11.8	20.7	0.1_6
55	11.17～11.19	17.21.25～19. 9	58.0	6	100	10,359±72.0	8.3±0.6	42.0±10.2	42.0	8.5	54.8	3.1_8
56	11.19～11.20	19. 9～20. 7	13.5	6	100	10,358±72.0	7.0±0.6	9.5± 8.6	9.5	1.3	12.4	0.1_7
57	11.22～11.24	22.21～24. 7	65.5	6	100	10,652±73.0	6.2±0.6	12.8± 8.3	12.8	14.8	16.2	1.0_6
58	11.26～11.27	26.12.30～26.22	12.0	6	100	10,715±73.2	6.3±0.6	18.8± 8.5	18.8	11.0	23.6	0.2_8
59	11.28～11.29	28.10～29. 9	27.0	6	100	10,462±72.4	8.1±0.6	26.5± 9.7	26.5	2.8	34.2	0.9_2
60	11.29～11.30	29. 9～30. 4.50	17.5	6	100	10,199±71.4	7.7±0.6	39.8± 9.8	39.8	24.0	52.7	0.9_2
61	11.30～12. 1	30. 9.45～30.15.55	3.0	6	100	10,459±72.3	6.3±0.6	21.0± 8.6	21.0	0.0	27.1	0.0_8
62	12. 1～12. 2	1.12.10～2. 9	24.0	6	100	10,576±72.7	7.3±0.6	14.8± 9.0	14.8	16.3	18.8	0.4_5

表 5　　雨　　水 (3)

試料番号	採水期間 年 月 日 ～ 月 日	降水日時 日時～日時	降水量 mm	採水後の測定時間 hr	試水量 ml	比較試料(除自然計数) cpm	自然計数 cpm	試料(除自然計数) cpm/l	6時間更正値 cpm/l	72時間更正値 cpm/l	6時間更正値 pCi/l	降下量(6時間更正値) mCi/km²
	昭和54											
63	12. 5～12 .6	5.23～ 6. 1	12.0	6	100	10,392±72.1	9.5±0.7	23.0±10.3	23.0	14.8	29.9	0.3_6
64	12. 7～12. 8	7.22.50～ 8. 4	5.0	6	100	10,635±73.0	7.8±0.6	22.0± 9.4	22.0	31.0	28.0	0.1_4
65	12. 9～12.10	9. 9.10～ 10. 4	6.5	6	100	10,723±73.3	8.7±0.7	14.0± 9.7	14.0	23.0	17.6	0.1_1
66	12. 0～12.11	10. 9.40～ 11. 6.30	12.0	6	100	10,804±73.5	7.2±0.6	21.5± 9.1	21.0	15.8	26.9	0.3_2
67	12.11～12.12	11. 9.30～ 12. 7.55	5.5	6	100	11,106±74.6	8.8±0.7	44.0±10.5	44.0	0.0	53.5	0.2_9
68	12.15～12.17	15. 4.10～ 16.13.55	30.0	6	100	10,691±73.1	7.8±0.6	34.0± 9.8	34.0	26.5	43.0	1.2_9
69	12.21～12.22	21.17～22. 8	21.0	6	100	10,805±73.5	9.5±0.7	29.3±10.5	29.3	10.8	36.6	0.7_7
70	12.22～12.24	22. 7.30～ 24. 9	35.0	6	100	10,855±73.7	7.9±0.6	50.5±10.2	50.5	22.0	62.9	2.2_0
71	12.24～12.26	24.15.15～ 26. 9	12.0	6	100	10,368±72.0	7.0±0.6	22.8± 9.0	22.8	23.8	29.7	0.3_6
72	12.26～12.27	26. 9.10～ 27. 9	11.0	6	100	10,209±71.5	5.7±0.5	110.5±10.6	110.5	6.0	146.3	1.6_1
73	12.27～12.28	27. 9～28. 9	8.5	6	100	10,398±72.1	5.9±0.5	63.0± 9.5	63.0	9.3	81.9	0.7_0
	昭和55											
74	1. 2～ 1. 5	2.15～ 5. 3	42.0	6	100	10,244±71.6	6.6±0.6	20.5± 8.7	20.5	0.0	27.0	1.1_3
75	1. 6～ 1. 7	6. 7～ 7. 6	27.0	6	100	10,277±71.7	7.1±0.6	61.8±10.1	61.8	20.0	81.2	2.2_0
76	1. 7～ 1. 8	7.11.10～ 7.15	3.0	6	100	10,593±72.8	8.8±0.7	0.0± 9.3	0.0	0.0	0.0	0.0
77	1.10～ 1.11	10. 9.50～ 10.21	13.5	6	100	10,591±72.8	8.8±0.7	12.0± 9.7	12.0	6.5	15.3	0.2_1
78	1.11～ 1.12	11.14.15～ 11.24	10.0	6	100	10,630±73.0	8.0±0.6	11.8± 9.3	11.8	10.5	14.9	0.1_5
79	1.12～ 1.14	12.10.15～ 14. 9	10.0	6	100	10,596±72.8	8.1±0.6	18.5± 9.5	18.5	27.3	23.6	0.2_4
80	1.14～ 1.16	14.17.15～ 16. 9	21.0	6	100	10,750±73.3	9.1±0.7	59.3±11.0	59.3	34.5	74.5	1.5_6
81	1.16～ 1.17	16.13.45～ 17. 5	5.5	6	100	10,792±73.5	6.9±0.6	91.8±10.7	91.8	35.0	114.9	0.6_3
82	1.17～ 1.18	17. 9.35～ 18. 9	10.0	6	100	10,734±73.3	8.3±0.6	40.5±10.2	40.5	10.5	51.0	0.5_1
83	1.18～ 1.19	18. 9～18.15	7.5	6	100	11,296±75.2	9.0±0.7	30.8±10.3	30.8	15.0	36.8	0.2_8
84	1.19～ 1.21	20. 4.20～ 21. 9	33.5	6	100	11,438±75.7	8.6±0.7	42.5±10.4	42.5	26.5	50.2	1.6_8
85	1.21～ 1.22	21. 9～22. 9	41.0	6	100	11,649±76.4	10.5±0.7	0.0±10.1	0.0	0.0	0.0	0.0
86	1.22～ 1.23	22. 9～23. 7	4.5	6	100	10,586±72.8	11.8±0.8	8.0±11.1	8.0	16.3	10.2	0.0_5
87	1.23～ 1.24	23.11.30～ 24. 7	14.5	6	100	10,426±72.3	7.3±0.6	49.8± 9.9	49.8	33.5	64.5	0.9_4
88	1.29～ 1.30	30. 2.45～ 30. 9.20	6.0	6	100	10,207±71.5	7.8±0.6	168.0±12.7	168.0	3.0	222.4	1.3_8
89	1.30～ 1.31	30. 9.20～ 31. 7	6.0	6	100	10,450±72.3	8.4±0.6	94.0±11.5	94.0	19.3	121.6	0.7_8
90	1.31～ 2. 1	31.12.55～ 31.24	1.0	6	100	10,459±72.3	8.2±0.6	75.3±10.9	75.3	32.8	97.2	0.1_0
91	2. 1～ 2. 2	1. 9.50～ 2. 9	4.5	6	100	10,583±72.8	8.7±0.7	284.0±15.1	284.0	8.8	362.6	1.6_3
92	2. 2～ 2. 4	2.10～ 4. 9	12.0	6	100	10,487±72.5	9.9±0.7	102.5±12.3	102.5	35.5	132.1	1.5_9
93	2. 4～ 2. 5	4. 9～ 5. 8	8.5	6	100	10,608±72.9	10.3±0.7	44.8±11.2	44.8	38.4	57.0	0.4_8

表 5　　雨　　水 (4)

試料番号	採水期間 年 月 日 ～ 月 日	降水日時 日時～日時	降水量 mm	採水後の測定時間 hr	試水量 ml	比較試料（除自然計数） cpm	自然計数 cpm	試料（除自然計数） cpm/l	6時間更正値 cpm/l	72時間更正値 cpm/l	6時間更正値 pCi/l	降下量（6時間更正値） mCi/km²
	昭和55											
94	2. 5～ 2. 6	5.23～ 6. 9	2.0	6	100	10,916±73.9	7.8±0.6	63.8±10.5	63.8	24.8	78.9	0.1_{6}
95	2. 6～ 2. 7	6. 9.50～ 7. 9	11.0	6	100	10,629±72.9	7.9±0.6	29.8± 9.7	29.8	25.3	37.8	0.4_{2}
96	2. 8～ 2. 9	8.15.10～ 9. 9	6.5	6	100	11,034±74.3	8.5±0.7	198.3±13.6	198.3	22.3	242.8	1.5_{8}
97	2. 9～ 2.12	9 .9～ 12. 4.05	29.0	6	100	10,753±73.4	8.8±0.7	35.0±10.3	35.0	23.5	44.0	1.2_{8}
98	2.12～ 2.13	12.10～13. 8	15.5	6	100	10,999±74.2	11.1±0.7	79.8±12.3	79.8	13.0	98.0	1.5_{2}
99	2.13～ 2.14	13.10～13.24	12.0	6	100	10,889±73.8	9.5±0.7	32.8±10.6	32.8	18.3	40.6	0.4_{9}
100	2.15～ 2.18	15.12.30～ 17.23	13.5	6	100	10,819±73.6	9.7±0.7	0.0± 9.8	0.0	0.0	0.0	0.0
101	2.19～ 2.20	19.16.50～ 20. 9	4.5	6	100	10,963±74.1	9.5±0.7	116.5±12.4	116.5	18.3	143.6	0.6_{5}
102	2.20～ 2.21	20.13～21. 8	2.5	6	100	11,530±76.0	8.6±0.7	59.4±10.7	59.5	27.5	69.7	0.1_{7}
103	2.26～ 2.27	26.16.50～ 27. 3.55	7.0	6	100	10,068±71.0	7.7±0.6	41.8± 9.9	41.8	41.5	56.0	0.4_{0}
104	2.29～ 3. 1	1. 6.15～ 1. 9	6.5	6	100	10,226±71.5	7.0±0.6	108.3±11.1	108.3	12.0	143.1	0.9_{3}
105	3. 1～ 3. 2	1. 9～ 1.16.55	26.5	6	100	10,452±72.3	7.7±0.6	29.3± 9.6	29.3	29.7	37.9	1.0_{0}
106	3. 7～ 3. 8	7.13.20～ 8. 3.20	16.0	6	100	10,699±73.2	8.4±0.6	8.0± 9.4	8.0	0.0	10.1	0.1_{6}
107	3. 9～ 3.10	9.11.20～ 10. 7.55	17.5	6	100	10,134±71.2	8.1±0.6	25.8± 9.7	25.8	0.0	34.4	0.6_{0}
108	3.14～ 3.15	14.10.30～ 14.24	3.0	6	100	11,061±74.4	8.1±0.6	34.3± 9.9	34.3	32.2	41.9	0.1_{3}
109	3.21～ 3.24	22. 2.55～ 23.13	25.5	6	100	10,586±72.8	7.6±0.6	18.8± 9.2	18.8	1.5	24.0	0.6_{1}
110	3.26～ 3.27	26.14.05～ 27. 1	3.0	6	100	10,887±73.8	7.8±0.6	53.8±10.2	53.8	35.5	66.8	0.2_{0}
111	3.29～ 3.31	29.18.35～ 30.16	31.0	6	100	10,616±72.9	8.3±0.6	2.3± 9.2	2.3	0.0	2.9	0.0_{9}

表 6　昭和54年度フォールアウト調査結果（科学技術庁委託調査）

調査品目	調査地点	単位	調査月 昭和54 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	昭和55 1月	2月	3月	備考
陸水(蛇口水)	金沢市三馬	pCi/l			0.0						1.1				全β線測定
日常食	金沢市	pCi/生g			0.9						0.9				(含K)
精米	〃	〃						0.8							〃
大根	〃	〃								1.9					〃
ほうれん草	〃	〃								4.3					〃
生乳	羽咋郡押水町	pCi/l					1.3						1.3		〃
生乳 (I^{-131})	〃	〃			5.6			0.3		8.1	3.7	0.9	19.0		γ線測定
魚貝類さざえ	羽咋郡富来町	pCi/生g				3.1									全β線測定
がんど	〃	〃							2.6						〃
海藻わかめ	〃	〃	6.4												〃
土壌 0～5cm	金沢市末町	pCi/乾土g				25.3 2.8									(直接法 冷塩酸抽出法)
5～20cm	〃	〃				22.4 1.7									〃
空間線量	金沢市三馬	μR/hr	11.3	11.6	10.0	11.0	9.7	9.3	9.0	9.4	9.2	8.6	7.5	8.4	全γ線測定
モニタリングポスト	〃	CPS	15.9	15.6	15.9	16.1	16.2	20.9	15.9	16.6	16.3	16.1	13.9	15.5	〃
雨水(大型水盤)	〃	mCi/km^2	5.4	3.2	4.6	0.3	1.2	1.4	0.0	10.2	11.0	24.2	6.0	1.6	全β線測定

定される。放射性核種のうち天然のウラン，トリウム系列及びカリウム40の寄与が大きく，土壌中のこれら核種の含有量から，おおよその地域の線量を推算することが可能である[3]。ちなみに，土壌試料の核種分析結果を用いて計算した値と比較すると，富来高校のTLD実測値が67mR/年で計算値が62mR/年，生神は72mR/年に対し70mR/年，赤住（鉄塔）は73mR/年に対し94mR/年，若松は69mR/年に対し68mR/年，辰口町和気は69mR/年に対し69mR/年と，比較的よく合っている。このように多少の例外はあるにしても，土壌の放射性核種を測定することによって，その地域における線量のおおよそのレベルの把握が可能である。TLD値の季節的変動について，押水町，金沢市，辰口町では，12月～3月の冬期間の線量値が小さくなる傾向があるのに対し，富来町，志賀町ではそのような傾向は特に認められない。これは，冬期間の雪の量が本年度は金沢市等に特に多く，積雪量も多く，しかも積雪期間が長かったため，雪による遮へい効果が大きく影響したものと推定された。

NaI (Tl) シンチレーションサーベイによる空間線

表 7—1　モニタリングポストによる空間線量

54年 4月分

年月日	曜日	天候	上値 cps	下値 cps	平均値 cps
昭和54 4. 1	日	曇	16.5	15.0	15.7
2	月	雨	19.0	15.5	17.5
3	火	曇	22.0	14.5	16.3
4	水	晴	16.0	14.5	15.2
5	木	曇	16.5	15.0	15.6
6	金	晴	16.5	15.0	15.6
7	土	晴	17.0	15.0	15.8
8	日	雨	18.5	15.0	16.3
9	月	曇	19.0	15.0	15.9
10	火	晴	16.0	15.0	15.4
11	水	晴	16.0	15.0	15.6
12	木	曇	16.0	15.0	15.6
13	金	晴	19.0	15.0	15.9
14	土	曇	18.0	14.5	15.8
15	日	晴	16.0	15.0	15.6
16	月	曇	18.0	15.0	16.0
17	火	曇	17.5	15.0	15.8
18	水	晴	16.0	15.0	15.5
19	木	曇	17.0	15.5	16.1
20	金	曇	17.0	15.0	15.8
21	土	晴	20.0	14.5	15.8
22	日	晴	16.0	15.0	15.4
23	月	晴	16.5	15.0	15.7
24	火	晴	17.5	15.5	16.1
25	水	曇	16.0	15.0	15.4
26	木	曇	19.0	14.5	16.0
27	金	雨	20.5	16.0	18.1
28	土	曇	16.0	14.0	14.9
29	日	晴	17.0	15.0	15.6
30	月	雨	21.0	14.5	17.2

5月分

年月日	曜日	天候	上値 cps	下値 cps	平均値 cps
昭和54 5. 1	火	曇	15.5	15.0	15.3
2	水	曇	16.0	15.0	15.4
3	木	晴	16.0	15.0	15.2
4	金	晴	16.0	15.0	15.5
5	土	晴	16.0	15.0	15.5
6	日	晴	16.0	15.0	15.4
7	月	曇	16.5	14.5	15.5
8	火	雨	18.0	15.0	16.5
9	水	曇	16.5	14.5	15.4
10	木	晴	16.0	14.5	15.1
11	金	晴	18.5	15.0	15.8
12	土	晴	16.0	14.5	15.2
13	日	晴	15.5	15.0	15.2
14	月	雨	17.0	15.0	15.9
15	火	雨	21.0	15.0	16.6
16	水	曇	16.5	14.5	15.2
17	木	雨	18.5	15.0	16.3
18	金	曇	16.0	14.5	15.3
19	土	晴	16.0	14.5	15.3
20	日	晴	16.0	15.0	15.6
21	月	晴	17.0	15.0	15.5
22	火	晴	16.5	14.5	15.5
23	水	晴	16.5	14.5	15.7
24	木	晴	16.5	15.5	15.9
25	金	晴	16.5	15.0	15.6
26	土	晴	20.0	15.5	16.4
27	日	雨	21.0	14.9	16.1
28	月	晴	16.5	15.0	15.3
29	火	晴	17.0	15.0	15.8
30	水	晴	16.0	14.5	15.1
31	木	晴	16.0	14.5	15.0

6月分

年月日	曜日	天候	上値 cps	下値 cps	平均値 cps
昭和54 6. 1	金	晴	16.0	14.5	15.5
2	土	晴	16.0	15.0	15.7
3	日	晴	16.5	15.0	15.7
4	月	晴	16.5	15.0	15.5
5	火	晴	16.0	15.0	15.5
6	水	晴	16.5	15.0	15.5
7	木	曇	17.0	15.0	16.2
8	金	曇	17.5	15.5	16.4
9	土	晴	16.0	15.0	15.5
10	日	晴	19.0	15.5	16.2
11	月	雨	19.0	14.5	16.0
12	火	晴	16.5	15.0	15.7
13	水	晴	17.0	15.0	15.8
14	木	晴	17.0	15.0	16.1
15	金	晴	17.0	15.5	16.1
16	土	曇	16.5	15.0	16.0
17	日	晴	16.5	15.0	15.8
18	月	晴	16.5	15.0	15.8
19	火	雨	17.0	15.0	15.8
20	水	曇	16.5	15.0	15.6
21	木	晴	17.0	15.0	15.6
22	金	晴	17.0	15.0	15.8
23	土	晴	16.0	15.0	15.6
24	日	晴	16.5	15.0	15.5
25	月	晴	16.5	15.0	15.8
26	火	晴	17.5	15.0	15.8
27	水	曇	18.5	15.0	15.9
28	木	曇	17.5	15.5	16.1
29	金	雨	20.5	15.5	17.8
30	土	曇	18.5	15.5	16.5

表 7—2　モニタリングポストによる空間線量

7 月 分

年月日	曜日	天候	上値 cps	下値 cps	平均値 cps
昭和54 7. 1	日	雨	23.5	15.5	18.5
2	月	雨	19.0	15.0	16.4
3	火	曇	16.0	14.5	15.3
4	水	晴	16.5	15.0	15.6
5	木	晴	16.5	15.0	15.7
6	金	晴	16.5	15.5	15.9
7	土	曇	17.0	15.5	16.4
8	日	晴	17.0	15.5	16.1
9	月	晴	16.5	15.0	15.8
10	火	晴	18.0	15.5	16.3
11	水	晴	19.0	15.0	16.2
12	木	曇	19.0	15.0	16.2
13	金	曇	16.5	15.0	15.6
14	土	曇	20.5	16.0	16.6
15	日	曇	17.0	15.5	16.0
16	月	晴	16.5	15.0	15.6
17	火	晴	17.0	15.0	15.8
18	水	晴	16.5	15.5	15.8
19	木	晴	16.5	15.5	15.9
20	金	曇	16.5	15.5	16.0
21	土	晴	18.0	15.5	16.5
22	日	晴	18.0	16.0	16.6
23	月	晴	17.0	15.5	16.3
24	火	晴	17.0	15.0	16.1
25	水	曇	19.0	15.5	16.0
26	木	曇	17.0	15.5	16.2
27	金	曇	17.5	15.5	16.5
28	土	曇	17.5	15.5	16.1
29	日	雨	16.5	15.0	15.6
30	月	晴	16.5	15.0	15.6
31	火	晴	16.5	15.0	15.8

8 月 分

年月日	曜日	天候	上値 cps	下値 cps	平均値 cps
昭和54 8. 1	水	晴	17.0	15.5	16.2
2	木	晴	17.5	15.0	15.9
3	金	曇	16.5	15.5	16.0
4	土	雨	17.0	15.5	16.2
5	日	晴	17.0	15.0	15.8
6	月	曇	18.5	15.0	16.2
7	火	曇	18.5	15.5	16.2
8	水	晴	16.5	15.0	15.8
9	木	晴	17.0	15.5	16.2
10	金	晴	17.0	15.5	16.2
11	土	晴	16.5	15.0	16.0
12	日	晴	17.5	15.5	16.5
13	月	晴	17.0	16.0	16.5
14	火	晴	17.5	16.0	16.5
15	水	晴	17.5	15.5	16.5
16	木	晴	17.5	16.5	16.7
17	金	晴	17.5	16.5	16.9
18	土	晴	16.5	15.0	16.1
19	日	晴	17.0	16.0	16.3
20	月	曇	17.0	15.5	16.2
21	火	曇	20.5	16.0	17.9
22	水	曇	18.0	15.0	16.5
23	木	雨	17.0	15.5	16.1
24	金	晴	16.5	15.0	15.9
25	土	雨	18.0	15.5	16.3
26	日	曇	16.5	15.5	16.0
27	月	晴	16.0	15.0	15.6
28	火	晴	欠　測		
29	水	曇	16.0	15.5	15.8
30	木	曇	16.5	15.5	15.8
31	金	晴	17.0	15.5	16.4

9 月 分

年月日	曜日	天候	上値 cps	下値 cps	平均値 cps
昭和54 9. 1	土	曇	17.5	16.0	16.8
2	日	曇	17.0	15.5	16.2
3	月	曇	17.5	15.5	16.5
4	火	晴	20.5	15.5	17.3
5	水	晴	18.0	15.0	16.3
6	木	晴	22.0	17.5	19.6
7	金	雨	23.5	18.0	20.0
8	土	晴	20.5	19.0	19.9
9	日	晴	21.5	19.5	20.3
10	月	晴	21.5	20.0	20.7
11	火	晴	23.0	20.0	21.1
12	水	晴	22.5	20.0	21.1
13	木	曇	22.0	20.0	21.1
14	金	晴	23.0	19.0	20.5
15	土	雨	25.5	20.0	21.4
16	日	晴	22.5	20.0	21.3
17	月	晴	22.5	20.0	21.1
18	火	曇	25.0	20.5	21.8
19	水	曇	26.0	20.5	22.1
20	木	晴	24.0	21.0	22.4
21	金	晴	25.0	22.0	23.1
22	土	晴	23.5	21.0	22.2
23	日	雨	24.0	21.5	22.5
24	月	曇	25.0	21.5	22.6
25	火	曇	26.0	22.0	23.0
26	水	曇	26.0	22.0	23.2
27	木	曇	26.0	21.5	22.8
28	金	曇	25.0	21.5	23.4
29	土	曇	25.5	22.5	23.6
30	日	曇	25.5	23.5	24.4

表 7—3　モニタリングポストによる空間線量

10 月 分

年月日	曜日	天候	上値 cps	下値 cps	平均値 cps
昭和54 10. 1	月	曇	27.0	21.5	23.1
2	火	曇	24.5	21.5	22.3
3	水	曇	24.0	21.5	23.1
4	木	曇	24.0	20.5	22.3
5	金	曇	24.5	19.0	22.2
6	土	曇	26.5	21.0	22.9
7	日	雨	31.5	22.0	26.1
8	月	曇	31.0	22.5	27.3
9	火	晴	31.0	24.5	26.9
10	水	晴	31.0	24.0	27.0
11	木	晴	30.0	23.5	25.9
12	金	晴	修　理		
13	土	晴	16.5	15.5	15.9
14	日	晴	16.5	15.5	16.1
15	月	晴	16.5	15.0	15.9
16	火	晴	16.5	15.0	15.6
17	水	晴	16.5	15.5	15.8
18	木	曇	17.0	15.5	16.2
19	金	雨	20.5	15.0	16.9
20	土	晴	16.5	15.0	15.5
21	日	雨	21.0	15.0	16.8
22	月	晴	19.5	15.0	16.0
23	火	晴	16.0	15.0	15.5
24	水	晴	16.0	15.0	15.6
25	木	晴	16.0	15.0	15.6
26	金	晴	16.5	15.0	15.6
27	土	晴	16.5	15.0	15.9
28	日	晴	16.5	15.0	15.9
29	月	曇	16.5	15.5	15.9
30	火	晴	20.5	15.5	16.3
31	水	晴	16.5	15.0	15.9

11 月 分

年月日	曜日	天候	上値 cps	下値 cps	平均値 cps
昭和54 11. 1	木	晴	16.5	15.5	15.9
2	金	晴	16.5	15.0	15.8
3	土	晴	17.0	15.5	16.1
4	日	曇	17.0	16.0	16.2
5	月	曇	21.0	15.5	16.5
6	火	曇	30.5	15.5	18.1
7	水	晴	16.5	15.0	15.8
8	木	晴	16.5	15.0	15.8
9	金	晴	17.0	15.5	16.2
10	土	曇	17.0	15.5	16.5
11	日	曇	18.0	15.5	16.2
12	月	雨	23.0	15.5	17.6
13	火	雨	21.5	16.5	18.9
14	水	雨	18.5	15.5	16.9
15	木	晴	16.0	15.0	15.5
16	金	晴	20.0	15.0	16.0
17	土	曇	17.5	15.0	15.9
18	日	雨	26.0	15.5	18.5
19	月	雨	23.5	15.0	17.8
20	火	曇	23.0	15.0	16.4
21	水	晴	16.5	15.0	15.9
22	木	晴	17.5	16.0	16.4
23	金	雨	22.0	16.0	18.1
24	土	晴	18.5	15.0	16.4
25	日	曇	16.5	15.0	15.7
26	月	晴	19.5	15.0	16.7
27	火	曇	16.0	15.0	15.5
28	水	曇	18.5	15.0	16.1
29	木	雨	24.0	15.5	17.6
30	金	晴	24.0	15.0	17.8

12 月 分

年月日	曜日	天候	上値 cps	下値 cps	平均値 cps
昭和54 12. 1	土	曇	21.0	15.0	17.3
2	日	雨	21.0	15.0	16.5
3	月	晴	16.5	15.0	15.5
4	火	晴	16.5	15.0	15.6
5	水	晴	16.0	15.0	15.5
6	木	曇	23.5	15.0	17.0
7	金	晴	17.5	14.5	15.6
8	土	晴	18.0	15.5	16.4
9	日	晴	23.5	15.0	16.6
10	月	雨	25.0	15.5	19.0
11	火	雨	22.5	15.5	17.5
12	水	曇	19.5	15.0	15.8
13	木	晴	16.0	14.5	15.5
14	金	晴	16.5	14.5	15.5
15	土	雨	25.0	15.0	19.2
16	日	雨	22.5	15.0	16.3
17	月	晴	15.5	15.0	15.3
18	火	晴	16.5	15.0	15.6
19	水	晴	16.5	15.0	15.8
20	木	曇	19.0	15.0	15.8
21	金	晴	18.5	15.5	16.2
22	土	曇	20.0	15.5	16.9
23	日	雨	21.0	15.0	17.2
24	月	曇	17.5	14.5	15.6
25	火	雨	22.0	15.0	16.7
26	水	曇	22.5	15.0	16.3
27	木	雨	24.5	15.0	17.2
28	金	雨	18.0	14.5	15.6
29	土	曇	16.5	14.5	15.5
30	日	雨	16.5	14.5	15.3
31	月	曇	23.0	15.0	17.0

表 7－4　モニタリングポストによる空間線量

55 年 1 月 分

年月日	曜日	天候	上値 cps	下値 cps	平均値 cps
昭和55 1. 1	火	曇	15.5	14.5	15.1
2	水	曇	19.0	15.0	16.3
3	木	晴	19.5	15.5	16.7
4	金	雨	22.5	16.5	18.8
5	土	曇	18.5	14.5	15.9
6	日	曇	22.5	15.0	16.9
7	月	雪	28.0	14.4	20.1
8	火	曇	18.0	14.5	15.5
9	水	曇	16.5	15.0	15.8
10	木	曇	24.0	15.0	17.6
11	金	雪	22.5	14.0	17.2
12	土	晴	16.0	14.5	15.0
13	日	雨	16.5	15.0	16.0
14	月	雨	20.5	14.5	17.3
15	火	雪	20.0	16.0	17.6
16	水	曇	20.5	14.0	16.9
17	木	雪	24.0	13.5	18.1
18	金	雪	22.5	13.0	16.6
19	土	曇	14.0	13.0	13.5
20	日	霙	24.5	13.5	17.7
21	月	雪	23.5	15.5	19.6
22	火	曇	22.5	11.0	13.8
23	水	晴	21.0	11.5	13.9
24	木	曇	18.0	12.0	13.2
25	金	晴	16.0	12.0	12.9
26	土	晴	13.5	12.0	12.7
27	日	曇	13.5	12.5	13.1
28	月	曇	15.0	13.5	14.3
29	火	曇	16.0	14.5	15.1
30	水	雨	19.0	15.0	17.1
31	木	曇	26.5	14.5	17.5

2 月 分

年月日	曜日	天候	上値 cps	下値 cps	平均値 cps
昭和55 2. 1	金	雪	17.0	15.0	16.0
2	土	雪	18.0	13.0	15.4
3	日	雪	17.5	13.5	14.5
4	月	雪	18.5	13.0	15.1
5	火	曇	16.0	13.5	14.4
6	水	雪	17.5	13.0	15.4
7	木	雪	20.5	12.5	15.1
8	金	晴	17.5	12.5	13.6
9	土	雪	18.5	11.5	14.4
10	日	雪	15.5	11.0	12.6
11	月	雪	16.5	11.5	13.3
12	火	雪	16.5	11.5	13.3
13	水	雪	21.0	11.5	15.2
14	木	晴	13.5	10.5	11.7
15	金	曇	15.0	11.0	12.8
16	土	雪	14.5	11.5	12.6
17	日	曇	14.0	10.5	11.9
18	月	晴	12.0	10.0	11.1
19	火	曇	14.0	11.5	12.1
20	水	雨	16.0	12.5	13.0
21	木	雪	17.5	12.5	14.6
22	金	小雪	14.0	12.0	13.0
23	土	晴	14.5	12.5	13.4
24	日	晴	16.0	13.5	14.1
25	月	晴	15.0	13.0	14.0
26	火	曇	16.0	14.0	14.8
27	水	晴	18.0	14.0	15.2
28	木	晴	17.0	14.0	14.6
29	金	晴	16.5	14.5	15.1

3 月 分

年月日	曜日	天候	上値 cps	下値 cps	平均値 cps
昭和55 3. 1	土	雨	21.5	14.5	16.8
2	日	晴	15.5	14.5	14.9
3	月	晴	16.0	14.0	15.2
4	火	晴	15.5	14.5	15.0
5	水	曇	16.0	14.0	15.3
6	木	晴	16.0	14.5	15.3
7	金	曇	22.5	14.5	16.6
8	土	曇	16.0	14.5	15.0
9	日	雨	19.5	14.5	16.3
10	月	雨	19.5	14.5	16.0
11	火	曇	15.5	14.5	15.1
12	水	曇	15.5	14.5	14.9
13	木	晴	15.5	14.0	14.9
14	金	小雨	16.5	14.0	15.5
15	土	晴	20.0	14.5	15.6
16	日	晴	16.0	14.5	15.1
17	月	晴	16.0	14.5	15.1
18	火	小雪	15.5	14.5	15.1
19	水	晴	15.5	14.5	14.9
20	木	晴	15.5	15.0	15.3
21	金	曇	15.5	15.0	15.3
22	土	雨	20.0	14.0	16.8
23	日	雨	19.0	14.0	15.7
24	月	晴	16.0	14.0	15.1
25	火	晴	16.5	14.0	15.2
26	水	晴	17.5	14.0	15.6
27	木	晴	16.0	14.0	15.2
28	金	晴	16.0	15.0	15.3
29	土	晴	18.0	15.0	15.8
30	日	晴	19.0	14.5	15.7
31	月	曇	21.0	14.5	16.6

表 8　　空 間 線 量 測 定 結 果

調査地点	積算線量 mR/92日 (μR/hr)					空間線量率 μR/hr		
	3/14～5/30	5/30～9/20	9/20～12/20	12/20～3/13	平均	5月	10月	平均
風戸(国民宿舎)						9.3	8.7	9.0
富来(富来高校)	16.6(7.5)	16.6(7.5)	17.2(7.9)	16.9(7.7)	16.8(7.7)	10.8	9.2	10.0
生神(金剛荘)	17.2(7.8)	17.4(7.9)	18.2(8.3)	18.7(8.5)	17.9(8.1)	12.5	7.9	10.2
巌門(観光センター)						11.2	7.2	9.2
福浦(福浦小学校)	16.5(7.5)	16.1(7.3)	17.2(7.9)	17.1(7.7)	16.7(7.6)	8.2	8.2	8.2
小谷内(民家)						8.4	7.6	8.0
町居(〃)	16.0(7.2)	15.3(6.9)	15.9(7.3)	14.6(6.6)	15.5(7.0)	8.1	7.9	8.0
熊野(熊野小学校)	14.9(6.7)	14.1(6.4)	13.7(6.3)	14.7(6.7)	14.4(6.5)	8.5	7.1	7.8
中畠(民家)						8.4	6.7	7.6
和光台(高洲山)	15.5(7.0)	16.1(7.3)	16.7(7.6)	15.1(6.9)	15.9(7.2)	9.3	7.8	8.6
赤住(町境)						9.3	6.6	8.0
赤住(鉄塔)	18.6(8.4)	18.0(8.2)	18.6(8.5)	17.6(8.0)	18.2(8.2)	8.3	7.6	8.0
赤住(サイト予定地)	16.2(7.2)	14.9(6.7)	15.1(6.9)	15.4(7.0)	15.4(7.0)	7.3	6.8	7.1
赤住(八幡神社)	16.1(7.3)	14.7(6.6)	15.1(6.9)	15.1(6.8)	15.3(6.9)	7.7	6.8	7.3
赤住(公民館)						9.7	7.6	8.7
百浦(百沼比古神社)	17.9(8.1)	17.5(7.9)	16.9(7.7)	18.6(8.4)	17.7(8.0)	8.4	8.1	8.3
上野(志加浦小学校)		16.5(7.5)	18.0(8.2)	17.0(7.7)	17.2(7.8)	8.6	8.0	8.3
安部屋(PR センター)		20.0(9.1)	21.0(9.6)	20.6(9.3)	20.5(9.3)	8.7	7.7	8.2
長田(金森内安入寺)						8.3	8.3	8.3
直海(上熊野小学校)	17.8(8.0)	16.9(7.7)	17.0(7.8)	17.0(7.7)	17.2(7.8)	8.8	8.8	8.8
田原(民家)	18.4(8.3)	16.3(7.4)	17.5(8.0)	16.9(7.6)	17.3(7.8)	7.3	7.8	7.6
米町(米町駅跡)						8.9	7.7	8.3
小空野(民家)	15.2(6.9)	15.9(7.2)	17.1(7.8)	17.7(8.0)	16.5(7.5)	11.6	9.0	10.3
代田(土田小学校)	16.1(7.3)	15.3(6.9)	14.8(6.8)	14.6(6.6)	15.2(6.9)	7.3	7.5	7.4
梨谷小山(ライスセンター)						8.8	7.8	8.3
堀松(志賀中学校)	19.3(8.8)	17.8(8.1)	18.4(8.4)	19.4(8.8)	18.7(8.5)	10.6	8.0	9.3
高浜(町役場)	—	—	—			9.2	8.9	9.1
高浜(高浜小学校)		19.4(8.8)	20.0(9.1)	18.9(8.5)	19.4(8.8)	10.8	9.1	10.0
矢駄(加茂神社)						9.2	9.4	9.3
二所宮(下甘田小学校)	19.9(9.0)	18.8(8.5)	19.0(8.7)	17.9(8.1)	18.9(8.6)	9.0	7.5	8.3
坪山(畜産試験場)		21.4(9.7)	21.9(10.0)	19.6(8.9)	21.0(9.5)	9.9	9.3	9.6
若松(健民公園)		18.2(8.2)	18.2(8.4)	15.9(7.2)	17.4(7.9)	9.8	8.1	9.0
三馬(衛公研)		20.4(9.2)	19.7(9.1)	18.4(8.3)	19.5(8.8)	11.6	9.0	10.3
和気(低ベル施設)		17.5(7.9)	18.5(8.5)	16.4(7.4)	17.5(7.9)	9.3	9.4	9.4
市原(吉野谷中学校)						9.1	10.2	9.7

量率は前年度[1)2)]と同程度であった。

(2) 雨水，ちり：雨水，ちりの全ベータ放射能測定結果を表9に，その核種分析結果を表10に示した。本年度は，核実験が行われず，前年度[1)]のような降下量の著しい増加は観測されなかった。降下量のレベルも10mCiから0.4mCi/km²月の変動でほぼ核実験の影響を除いた前年度の値と同程度であった。核種分析結果では，前年度の測定結果[2)]より降下量がやや少なかった。降下物の大半が天然で生成するBe-7で，他に僅かにCs-137，Ce-144が検出された。

(3) 浮遊じん：浮遊じんの測定結果を表11，12に示した。全ベータ放射能レベルからみると，ほぼ前年度並の値[1)]であると言えるが，地域的に僅かに異なるのは，採取月日が多少ずれ，採取期間の天候に大きく影響を受けているためと思われる。核種分析用の試料は，できるだけ採取期間を揃え，地域的なフォールアウトの供給量の違いを比較した。その結果，Be-7，Cs-137，Ce-144はいずれの地域でも検出され，量的にはBe-7の濃度が地域間でそれ程違わないのに，Cs-137，Ce-144の濃度や濃度比が地域によって異なっており，地域的な相違が認められた。これについては，風などで舞い上った分の寄与，並びにフォールアウト量の気象的変化等について，地域的な特性から検討する必要があろう。

(4) 陸水：陸水の全ベータ放射能測定結果を表13に示した。河川水，井水，上水の各濃度は前年度と同程度であった。本年度はさらに灌漑用に使用されている志賀町地区の溜池について調査を行ったが，その濃度は他の陸水試料と同程度であった。

(5) 陸土：土壌の全ベータ放射能測定結果を表14に，核種分析測定結果を表15に示した。全ベータ放射能の結果では，各地域を通じて表土（0～5cm）で40.6～16.9pCi/乾土g，深土（5～20cm）で30.2～13.3pCi/乾土gであり，前年度と大差なく，冷塩酸抽出法による測定結果でも同様であった。核種分析結果では，いずれの地域でも天然放射性物質とCs-137，Ce-144等のフォールアウト核種が検出された。

U，Th系列やK-40の天然放射性核種は，深土の方がやや高くなる傾向があるが，これは表層が有機性の物質を含んでいることが多いので，その分濃度が薄くなることによるものであろう[4)]が，フォールアウト核種は表土の方に濃度が高く，Cs-137はその傾向が著しい。

天然放射性核種の濃度組成は，その地域の表層地質と関連しているが，フォールアウト核種の濃度や分布は，その地域の土地利用，気象，土壌の性質，地形に深く関連していると考えられる。即ち，土地利用に関しては，赤住の2地区を比較するとよく解る。鉄塔は松林の未耕地であり，畑地である公民館は土壌の攪拌が行われるため，深度別濃度分布に鉄塔のような大きな差は認められず，Cs-137の濃度も低くなっている。天然核種では，このような特徴は余り認められない。土壌の理学性では，砂質の富来高校では他の未耕地のCs-137濃度と比較して少ない。これは，土壌の粒度すなわち表面積がCs-137の蓄積に関係し[5)]，砂が他の粘土質土壌と比較して粗く表面積が小さいためと考えられる。

生神は今から15年前に造成されたところで僅かしかフォールアウト核種が検出されない。しかし，このことは最近15年間の蓄積傾向を反映していることになり，Cs-137の降下量でみると約15mCi/km²で，これまで能登地方のCs-137の降下量が110mCi/km²と見積られている[2)]ので，核実験を始て部分停止に至る約30～17年前の降下量が，部分停止以降の降下量に比較していかに多かったかを如実に物語っていると言えよう。

金沢市，辰口町では，Cs-137の濃度が両地区とも志賀町，富来町と較べて高いことが注目される。降下量を求めると，金沢市（若松）で147mCi/km²，辰口町（和気）155mCi/km²で，能登の110mCi/km²に対し，中央地域の蓄積量は約150mCi/km²と見積ることが出来る。この比は，ほぼ両地域の降水量の比とも等しいが，今後の調査を待って，フォールアウト長半減期核種蓄積量分布図作成のための参考資料としたい。

(6) 農産物：全ベータ放射能測定結果を表16，その核種分析結果を表17に示した。全ベータ放射能の測定結果では特に大きな変化はなく，4.3～0.5pCi/新鮮重量/gで平年値並であった。核種分析結果では，前年度[1)]と比較して，検出された核種の種類や濃度に多少の相違はあるものの，特に大きな違いは認められず，ほぼ前年度並のレベルにあるといえる。

(7) 指標植物：指標植物として松葉やヨモギが検討されているが，この指標の意味は，ヨモギや松葉は日常の食用とならないにしても，ヨモギは葉菜の代替品として，松葉はヨモギに比べて年中採取できる利点と濃縮作用や蓄積作用が大きい点を利用して，地域のモニター試料とするものである。本調査では，地域間のレベルの推移や分布を検討するため松葉を試料として

表 9　　雨水，ちりの全ベータ放射能測定結果　　単位：mCi/km²・月（30日）

地区	試料採取地点	種類	放射性降下物量 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
志賀町	赤住（公民館）	全降下量	1.8 (5/8)	3.2 (6/4)	1.1 (7/3)	1.2 (8/2)	1.3 (9/4)	0.9 (10/3)	1.3 (11/1)	2.9 (12/1)	5.1 (1/9)	8.2 (2/1)	3.1 (3/1)	2.0 (3/28)
		不溶解性降下量	1.0 (5/18)	0.9 (6/8)	0.3 (7/11)	0.2 (8/23)	0.3 (9/13)	0.3 (10/12)	0.3 (11/12)	0.6 (12/18)	1.3 (1/14)	1.0 (2/15)	0.7 (3/13)	0.5 (4/1)
		溶解性降下量	0.8 (5/12)	0.8 (6/6)	1.0 (7/5)	0.3 (8/4)	0.7 (9/5)	0.7 (10/4)	0.3 (11/2)	0.3 (12/4)	1.6 (1/9)	2.3 (2/4)	1.1 (3/3)	0.5 (3/29)
	赤住（鉄塔）	全降下量	2.2 (5/8)	2.0 (6/4)	2.1 (7/3)	1.2 (8/2)	0.7 (9/4)	0.8 (10/3)	0.7 (11/1)	5.1 (12/1)	7.1 (1/9)	6.3 (2/1)	3.5 (3/1)	2.8 (3/28)
		不溶解性降下量	0.9 (5/18)	1.2 (6/8)	0.2 (7/11)	0.2 (8/23)	0.2 (9/13)	0.3 (10/12)	0.3 (11/12)	0.5 (12/18)	0.9 (1/14)	0.9 (2/15)	0.7 (3/13)	0.5 (4/1)
		溶解性降下量	0.1 (5/12)	0.5 (6/6)	0.9 (7/5)	0.3 (8/4)	0.2 (9/5)	0.5 (10/4)	0.3 (11/2)	0.6 (11/4)	1.5 (1/9)	2.4 (2/4)	1.5 (3/3)	0.4 (3/29)
富来町	高田（保健所）	全降下量	2.5 (5/8)	3.0 (6/4)	3.1 (7/3)	1.8 (8/2)	2.6 (9/4)	1.0 (10/3)	1.2 (11/1)	欠測 ( )	2.5 (1/9)	9.2 (2/1)	8.6 (3/1)	1.6 (9/1)
		不溶解性降下量	0.9 (5/18)	1.3 (6/8)	0.5 (7/11)	0.3 (8/23)	0.3 (9/13)	0.4 (10/12)	0.6 (11/12)	〃 ( )	0.7 (1/14)	0.9 (9/15)	0.8 (3/13)	0.7 (3/20)
		溶解性降下量	0.5 (5/12)	0.7 (6/6)	0.7 (7/5)	0.4 (8/4)	0.4 (9/5)	0.5 (10/4)	0.6 (11/2)	〃 ( )	1.2 (1/14)	2.2 (2/4)	0.8 (3/3)	0.6 (3/28)
金沢市	三馬（衛公研）	全降下量	3.5 (5/8)	2.8 (6/4)	1.8 (7/3)	0.9 (8/2)	0.4 (9/4)	欠測 ( )	1.7 (11/1)	10.1 (12/1)	6.7 (1/9)	7.1 (2/1)	7.3 (3/1)	2.1 (4/1)
		不溶解性降下量	1.0 (5/18)	1.2 (6/8)	0.4 (7/11)	0.2 (8/23)	0.3 (9/13)	〃 ( )	0.3 (11/12)	0.9 (12/18)	1.1 (1/14)	0.9 (2/15)	0.8 (3/13)	0.6 (3/29)
		溶解性降下量	0.2 (5/12)	0.7 (6/6)	1.5 (7/5)	0.3 (8/4)	0.2 (9/5)	〃 ( )	0.7 (11/2)	1.9 (12/4)	1.6 (1/9)	2.1 (2/4)	1.7 (3/3)	1.2 (3/28)

註：（ ）測定日

表 10　　雨水，ちりの核種分析結果　　単位：mCi/km²・月（30日）

	試料採取地点	種類	核種降下量 ^{7}Be	^{137}Cs	^{141}Ce	^{144}Ce	備考
志賀町	赤住(公民館)	6月溶解成分	1.9	0.017	—	—	乾固
		6月不溶解成分	0.09	0.010	0.010	0.06	灰化
		9日溶解成分	1.8	(0.005)	—	—	溶液
		10月溶解成分	2.27	—	—	—	溶液

表 11　浮遊じんの全ベータ放射能測定結果　　単位：pCi/m³

地区	試料採取地点	放射能濃度 5月	放射能濃度 11月	今年度の変動幅	平年値
富来町	富来(保健所)	0.13 (35.9)	0.06 (30.1)	0.10(0.13～0.06)	0.25(0.53～0.07)
志賀町	赤住(公民館)	0.04 (23.6)	0.11 (44.4)	0.08(0.11～0.04)	0.17(0.25～0.08)
	赤住(鉄塔)	0.09 (40.1)	0.04 (22.4)	0.07(0.09～0.04)	0.11(0.15～0.07)
押水町	坪山(県畜試)	0.003 (7.9)	0.23* (24.6)	0.003(—)	—
金沢市	三馬(衛公研)	0.16 (57.4)	0.14 (38.1)	0.15(0.16～0.14)	—
	若松(県民公園)	0.13 (67.2)	欠測	0.13(—)	—

註：放射能濃度は採取後48時間経過した値である
　　( ) は浮遊じん濃度，μg/m³
＊：採取後6時間経過した値である

表 12　浮遊じんの核種分析結果　　単位：pCi/100m³

地区	試料採取地点	採取月日	核種濃度 ⁷Be	⁵⁴Mn	¹⁰³Ru	¹⁰⁶Ru	¹²⁵Sb	¹³⁷Cs	¹⁴⁴Ce
富来町	富来(保健所)	10/29～11/6	7.79	0.009		0.02	0.015	0.020	0.02
志賀町	赤住(公民館)	11/2～11/6	8.9	0.007		0.06		0.022	0.03
	赤住(鉄塔)	11/6～11/14	9.06		0.004		0.010	0.014	0.08
押水町	坪山(県畜試)	11/6～11/12	10.15			0.04	0.03	0.023	0.04
金沢市	三馬(衛公研)	10/29～11/6	10.4			0.05		0.035	0.04

表 13　陸水の全ベータ放射能測定結果　　単位：pCi/l

地区	試料採取地点	種類	放射能濃度 5月	放射能濃度 10月	平年値
志賀町	高浜(役場)	上水	0.6	0.4	2.1(2.4～0.0)
	赤住(民家1)	井水	1.2	0.0	2.6(5.1～0.5)
	赤住(民家2)	井水	2.4	0.0	2.3(4.2～0.9)
	安部屋(憩いの村)	溜池	2.4(1.5)	0.3	—
	安部屋	溜池	2.2(2.3)	1.2	—
	赤住川	河川水	1.1(3.8)	2.0	3.4(5.6～0.2)
	大藤川	河川水	1.3(0.6)	0.7	4.2(8.2～0.4)
	大坪川	河川水	1.7(5.9)	0.0	2.4(4.6～0.0)
富来町	吉良川	河川水	1.3(3.8)	0.0	1.7(2.0～1.4)

註：( ) 値は沈殿，ろ過物

表 14　土壌の全ベータ放射能測定結果　　単位：pCi/乾土1g

地区	試料採取地点	採取月日	放射能濃度（直接法）		放射能濃度（冷塩酸抽出）		前年度値（直接法）	備考
			0～5cm	5～20cm	0～5cm	5～20cm		
志賀町	赤住(公民館)	7.30	24.0	25.0	1.5	1.6	27.8/24.9	裸地(畑地)
	赤住(北電事務所跡)	7.30	35.7	26.7	4.5	1.5	35.3/27.7	裸地(土床)
	赤住(鉄塔)	7.30	38.4	21.7	2.6	1.6	38.7/27.8	草地(林地)
	安部屋(PRセンター)	7.30	40.6	21.0	5.5	1.8	—	草地(林地)
富来町	和光台(高ツボリ山)	7.30	16.9	13.3	2.5	1.7	18.5/19.2	裸地(山土)
	富来(富来高校)	7.30	39.9	25.0	2.8	1.1	—	草地(林地)
	生神(金剛荘)	7.30	23.1	26.4	0.7	1.8	—	裸地(土床)
金沢市	若松(県民公園)	7.30	32.9	23.1	6.7	2.2	—	草地(林地)
辰口町	和気(低レベル施設)	8.21	35.3	15.7	8.9	2.7	—	草地(林地)
押水町	坪山(県畜試)	7.30	28.9	25.8	3.4	1.8	—	裸地
吉野谷村	市原(役場)	8.21	30.5	30.2	3.9	2.2	—	裸地

上段　0～5
下段　5～20cm

表 15　土壌の核種分析結果　　単位：pCi/乾土1g

地区	試料採取地点	採取月日	部位	核種濃度								備考
				^{7}Be	^{125}Sb	^{137}Cs	^{141}Ce	^{144}Ce	U系列	Th系列	^{40}K(K%)	
富来町	富来(畠来高校)	7.30	cm 0～5			1.13		0.09	0.22(0.65)	0.22(2.03)	13.5 (1. 6)	砂質
			5～20			0.311	0.2	0.17	0.22(0.65)	0.26(2.38)	13.7 (1. 6)	林地
	生神(金剛荘)	7.30	0～5			0.25	0.9		0.27(0.81)	0.42(3.79)	15.0 (1. 7)	赤土
			5～20						0.42(1.26)	0.60(5.41)	13.1 (1. 5)	裸地
志賀町	赤住(鉄塔)	7.30	0～5			3.85	0.12	0.23	0.72(2.15)	1.25(11.32)	9.61(1. 1)	赤土
			5～20			1.4			0.75(2.26)	1.27(11.43)	9.67(1. 1)	林地
	赤住(公民館)	7.30	0～5	1.4		0.83	0.7	0.3	0.63(1.90)	0.79(7.13)	9.36(1.09)	黒土
			5～20			0.51	0.3	0.2	0.61(1.83)	0.91(8.21)	10.9 (1.27)	畑地
金沢市	若松(県民公園)	7.30	0～5	1.9	0.09	4.99			0.30(0.90)	0.59(5.32)	9.91(1. 2)	赤土
			5～20		0.07	1.17			0.35(1.05)	0.62(5.59)	9.75(1. 1)	草地
辰口町	和気(低レベル施設)	8.21	0～5	0.9	0.08	6.11	0.4	0.19	0.43(1.30)	0.86(7.76)	4.11(0. 5)	赤土
			5～20		0.09	1.04			0.49(1.47)	0.94(8.48)	4.02(0. 5)	林地

（ ）値は ppm.

表 16　農産物の全ベータ放射能測定結果　単位：pCi/新鮮重量1g

地区	種類	試料採取地点	採取月日	放射能濃度(含K)	放射能濃度(除K)	平年値(除K値)	K %
志賀町	牧草 クローバー	高浜	5.15	2.8	0.3	0.9(2.6～0.4)	0.32
	イタリアン	高浜	5.15	3.7	0.0	0.3(—)	0.50
	大麦	大笹	6.23	4.1	0.4	1.0(—)	0.48
	精米	倉垣	10.1	0.9	0.1		0.10
	大根	末吉	10.1	2.4	0.3	0.2(0.4～0.0)	0.26
	白菜	末吉	11.14	1.4	0.2	0.1(—)	0.16
富来町	大麦	和田	6.23	4.1	0.4	0.5(1.1～0.0)	0.50
	精米	大西	10.1	0.5	0.0		0.07
志賀町	牛乳	高浜	5.14	1.1	0.0	0.2(0.3～0.1)	0.14
			12.3	1.6	0.3		0.17
		安部屋	5.14	1.1	0.0	0.3(0.4～0.2)	0.16
			12.3	1.2	0.2		0.13

表 17　農産物の核種分析結果　単位：pCi/新鮮量100g

地区	種類	試料採取地点	採取月日	核種濃度 ^{7}Be	^{54}Mn	^{103}Ru	^{106}Ru	^{125}Sb	^{137}Cs	^{144}Ce	^{40}K	備考
志賀町	牧草 クローバー	高浜	5.15	52.2	0.01			0.17	0.78	2.4	276 (0.33)	灰化
	イタリアン	高浜	5.15	33.5	0.08		0.3		0.46	1.6	415 (0.50)	灰化
	大麦	大笹	6.23	13.1	0.04			0.2	1.05	1.2	392 (0.47)	灰化
	精米	倉垣	10.1						0.22		77.6(0.09)	灰化
	大根	末吉	10.1	0.9					0.33		219 (0.26)	灰化
	白菜	末吉	11.14	1.3					0.10		129.1(0.15)	灰化
	牛乳	高浜	5.14						0.43		111 (0.13)	灰化
	牛乳	高浜	12.3						0.18		155 (0.18)	灰化
	牛乳	安部屋	12.3						0.28		122 (0.14)	灰化

註：( ) 値はK%

表 18—1　　各地域における松葉の全ベータ放射能濃度のバラツキおよび濃度と葉表面積

試料番号	種類	採取月日	採取地点	灰化率 (%)	灰分1g相当の葉表面積 (m^2/g)	灰分1gの全ベータ（含K） (pCi/g)	灰分1gの全ベータ（除K） (pCi/g)	葉表面積1cm^2当りの全ベータ（含K） (pCi/cm^2)	葉表面積1cm^2当りの全ベータ（除K） (pCi/cm^2)
A—1	赤松2年葉	5.24	羽咋郡柴垣（国立青年の家）	1.14	5524	253	127	0.046	0.023
2				1.18	3723	241	120	0.065	0.032
3				1.15	5947	306	192	0.051	0.032
4				1.74	3577	187	105	0.052	0.029
5				1.13	5851	387	257	0.066	0.044
6				1.44	3309	206	105	0.062	0.032
7				1.16	4564	355	220	0.078	0.048
8				1.00	5352	406	272	0.076	0.051
9				1.23	3974	224	121	0.056	0.030
10				1.08	5483	347	233	0.063	0.042
B—1	赤松2年葉	5.24	羽咋郡志賀町赤住	1.10	5000	402	250	0.080	0.050
2				1.18	3562	296	155	0.083	0.044
3				1.15	3377	256	152	0.076	0.045
4				1.35	3224	237	143	0.074	0.044
5				1.01	4816	383	246	0.080	0.051
6				1.12	4724	441	303	0.093	0.064
7				0.99	5387	494	325	0.092	0.060
8				1.19	3330	315	173	0.095	0.052
9				1.28	4131	433	284	0.105	0.069
10				1.10	3526	322	178	0.091	0.050
C—1	黒松2年葉	5.24	羽咋郡富来町（富来高校周辺）	1.68	2722	139	79	0.051	0.029
2				1.27	3182	171	63	0.054	0.020
3				1.35	3343	113	37	0.034	0.011
4				1.71	2146	98	54	0.046	0.025
5				1.68	2367	190	63	0.080	0.027
6				1.24	3811	202	78	0.053	0.020
7				1.37	3209	153	54	0.048	0.017
D—1	赤松2年葉	5.29	金沢市若松（健民公園）	1.55	5413	198	94	0.037	0.017
2				1.38	5787	243	141	0.042	0.024
3				1.47	5215	274	158	0.053	0.030
4				1.37	5786	225	127	0.039	0.022
5				—	—	—	—	—	—
6				1.67	4961	176	103	0.035	0.021
7				1.31	6472	265	170	0.041	0.026
8				1.34	6084	267	159	0.044	0.026
9				1.32	6144	222	111	0.036	0.018
10				1.37	6345	224	123	0.035	0.019
E—1	赤松1年葉	2.14	志賀町赤住（鉄塔）	1.03	4192	461	322	0.110	0.077
2				0.94	6872	629	493	0.092	0.072
3				0.97	5740	582	433	0.101	0.075
4				0.83	5994	584	430	0.097	0.072
5				1.02	5198	523	402	0.101	0.077
6				1.00	4984	496	349	0.100	0.070
7				1.00	5624	519	376	0.092	0.067
8				1.01	4558	486	336	0.107	0.074
9				0.97	6208	592	458	0.095	0.074
10				0.96	5728	545	404	0.095	0.071
11				1.08	5352	569	426	0.106	0.080
12				1.03	4670	492	339	0.105	0.073

表 18—2　表 18—1のまとめ

試料番号	種類*	採取地点	灰分1g相当の葉表面積の平均 (cm²/g)	灰分1g全ベータ(含K)の平均 (pCi/g)	灰分1g全ベータ(除K)の平均 (pCi/g)	葉表面積1cm²当りの全ベータ(含K)の平均 pCi/cm²	葉表面積1cm²当りの全ベータ(除K)の平均 pCi/cm²
A	赤2年葉	羽咋郡柴垣	4730±964	291±75	175±63	0.062±0.010	0.036±0.009
B	〃	志賀町赤住	4106±766	358±81	221±65	0.087±0.010	0.053±0.008
C	黒2年葉	富来町富来	2969±541	152±36	61±14	0.052±0.014	0.021±0.006
D	赤2年葉	金沢市若松	5801±488	233±31	132±25	0.040±0.006	0.023±0.004
E	赤1年葉	志賀町赤住(鉄塔)	5427±727	540±49	397±51	0.099±0.006	0.072±0.004

*赤…赤松，黒…黒松

検討している。これまでは，富来町，志賀町の松葉を中心に調査を行い，葉令とともに濃度が増加することや地域によってその程度も異なること，葉表面積と放射能濃度にほぼ正の比例関係が成立することなどを示した[1),6)]。本年度は，既存観測点での松葉中の放射能レベルの変動を調査したほか，辰口町，金沢市，押水町まで範囲を広げ地域的な比較検討や県下各地域の放射能状況の把握に努めた。調査の結果を表18，19，20にそれぞれ示した。

全ベータ放射能測定結果からみた地域の違いによる蓄積傾向の程度をみると，志賀町，赤住の鉄塔周辺や赤住～松戸周辺と辰口町和気周辺の地域が高い。検出されたフォールアウト核種としては，天然放射性核種のBe-7と核実験による核分裂生成物としてのZr-95，Rn-106，Sb-125，Cs-137，Ce-141，144や誘導放射性核種のMn-54が主なものであった。これらの検出された核種の量や核種の数は，採取期間や地域によって異なるが，ここではBe-7，Cs-137，Ce-144，K-40はどの試料でも検出され，試料間比較を行うのに便利であるので，主として，これらの核種間で比較検討を行った。

Be-7，Cs-137，Ce-144の濃度はいずれの地域においてもほぼ葉令とともに濃度が増大する傾向が認められた。本年度は核実験が行われなかったため，54年度のほぼ1か年の蓄積量(昭和55年2月採取松葉の濃度)は余り大きくなく，それ以前の松葉にかなりの濃度のフォールアウト核種が検出されていることから，前年度，前々年度の降下量のレベルが本年度よりも大きかったことが推察された。地域的には，核実験のフォールアウト核種が，志賀町赤住（鉄塔），赤住～松戸，辰口町和気の地域に多く検出されているように思われる。

生神は地域別にみて最もレベルの低いところである。土壌の核種濃度と松葉との関連は解らないが，生神は今から15年前に造成され，それ以降に植林された松であるので，このことがレベルの低さにも大きく影響しているかもしれない。Cs-137の本年度の取り込み量が多かった地域は，辰口，赤住，柴垣で，そのレベルは3.00～2.00pCi/新鮮重量100g・年であった。ここで注目したいことは，新芽にすでに満1年葉の濃度の½か，それ以上のCs-137を取り込んでいることである。この新芽の濃度や，松葉の濃度と周辺土壌のCs-137濃度との関係は，今後の検討課題である。

Ce-144とMn-54はほぼ同じ半減期であるので，検出される核種の挙動を検討するのにそれらの相対比をもって議論されることが多い。それぞれの松葉について検討すると，その生育期間ごとにCe-144とMn-54の濃度には，ほぼ比例の関係があることが判明したが，種々のフォールアウト核種の取り込み過程については，諸々の経路が想定されるので，なお一層の調査を待って検討する必要があろう。

(8) 海水：放射能濃度は1.8～0.0pCi/ℓの濃度範囲で前年度値並みであった。（表21）

(9) 海底土：全ベータ放射能測定結果を表22，核種分析結果を表23に示した。全ベータ放射能では志賀町沖26.3～25.5pCi/乾土g，富来湾で18.6～17.9pCi/乾土gと志賀町の方が高いが，いずれの値も前年値と同じであった。核種分析結果をみると，志賀町沖の海底土は富来湾に比べ，ウラン，トリウム，カリウム濃度が高い。この傾向は前年度[2)]と同様である。フォールアウト核種は僅かにCs-137が志賀町沖の海底土に検出されただけである。

表 19　　各地域における松葉の全ベータ放射能測定結果

試料名	種類*	採取月日	採取地点	灰分率（%）	灰分1g相当の葉表面積 cm²/g	灰分1gの公ベータ（含K）(pCi/g)	灰分1gの全ベータ（除K）(pCi/g)	葉表面積1cm²当りの全ベータ（含K）(pCi/cm²)	葉表面積1cm²当りの全ベータ（含K）(pCi/cm²)
富来高校	新芽	6. 1	富来町領家	0.99		210	25		
	黒1年葉	8.21	〃	1.02	4203	223	24	0.053	0.006
	〃	12. 3	〃	0.98	4676	261	41	0.056	0.009
	黒2年葉	6. 1	〃	1.22	4078	199	90	0.049	0.022
生神	新芽	5.24	富来町生神（金剛荘）	1.03		204	0		
	黒1年葉	8.21	〃	0.93	4639	243	16	0.052	0.003
	〃	12. 3	〃	1.03	4405	265	19	0.060	0.004
	黒2年葉	5.24	〃	1.02	3759	244	102	0.065	0.027
	黒3年葉	5.24	〃	1.56	2575	201	104	0.078	0.040
厳門	新芽	5.24	富来町厳門（レストラン厳門）	1.44		250	34		
	黒1年葉	8.21	〃	0.98	4935	264	46	0.053	0.009
	〃	12. 3	〃	1.05	4562	261	44	0.057	0.010
	黒2年葉	5.24	〃	1.33	3855	253	151	0.066	0.039
福浦	新芽	5.24	富来町福浦	1.12		233	8		
	黒1年葉	12. 3	〃	1.14	3222	255	46	0.079	0.014
	黒2年葉	5.24	〃	1.35	3656	217	72	0.059	0.020
町境	新芽	5.24	富来町志賀町	0.87		241	30		
	黒1年葉	8.21	〃	0.93	4558	236	53	0.052	0.012
	黒2年葉	5.24	〃	1.20	4847	225	94	0.046	0.019
鉄塔	新芽	5.24	志賀町赤住	0.76		288	19		
	赤1年葉	8.21	〃	0.80	8114	382	140	0.047	0.017
	〃	12. 3	〃	1.08	6898	444	258	0.064	0.037
	赤2年葉	5.24	〃	1.23	5601	444	307	0.079	0.055
赤住	新芽	5.24	志賀町赤住—松戸	0.75	4500	274	31	~0.067	~0.007
	赤1年葉	8.21	〃	0.93	5180	346	121	0.067	0.023
	〃	12. 3	〃	1.02	5665	382	232	0.067	0.041
	赤2年葉	5.24	〃	0.99	5387	494	325	0.092	0.060
	赤3年葉	5.24	〃	1.04	4047	501	357	0.124	0.088
柴垣	新芽	5.24	羽咋市柴垣（国立青年の家）	0.84		271	42		
	赤1年葉	8.21	〃	0.97	6331	300	70	0.047	0.011
	赤1年葉	12. 3	〃	1.02	6565	341	185	0.052	0.028
	赤2年葉	5.24	〃	1.22	4730	291	175	0.062	0.037
	赤3年葉	5.24	〃	1.72	2486	267	213	0.107	0.086
押水	新芽	6.13	押水町坪山（県畜産試験場）	0.82		256	10		
	赤1年葉	8.21	〃	0.86	8088	260	51	0.032	0.006
	〃	12. 3	〃	0.98	8572	334	137	0.039	0.016
	赤2年葉	6.13	〃	0.98	8899	281	139	0.032	0.016
若松	新芽	5.29	金沢市若松（健民公園）	0.82		218	3		
	赤1年葉	8.21	〃	1.13	6990	213	15	0.030	0.002
	〃	12. 3	〃	1.21	6767	243	97	0.036	0.014
	赤2年葉	5.29	〃	1.55	5413	198	94	0.037	0.017
辰口	赤1年葉	8.21	辰口町和気（低レベル施設）	0.90	8556	379	169	0.044	0.020
	〃	12. 3	〃	0.96	7637	440	255	0.058	0.033
	赤2年葉	8.21	〃	1.17	5800	536	419	0.092	0.072

＊赤…赤松，黒…黒松

表 20　松葉の核種分析結果　（単位：pCi/灰分1g）

試料採取地点	*種類	採取年月日	灰分1g相当の葉表面積 (cm^2/g)	灰分率 (%)	核種濃度 ^{7}Be	^{54}Mn	^{95}Zr	^{103}Ru	^{106}Ru	^{125}Sb	^{137}Cs	^{141}Ce	^{144}Ce	^{40}K
富来高校	黒2年葉	昭和54. 6. 1	4078	1.22	117	0.16	0.4	—	3.7	1.2	3.5	—	12.1	112
		54.12. 3	4676	0.98	195	—			0.2	0.2	1.8	0.8	2.2	202
		55. 2.20		0.98	160	0.23				0.4	1.8		3.4	172
生神	黒新芽	53.11.20		1.23	—	—	—	—	—	—	0.38	—	3.12	175
	1年葉	〃		1.10	124.2	—	—	—	—	0.82	3.03	—	11.61	175
	2年葉	〃		1.32	78.9	—	—	—	—	3.38	3.70	—	38.6	114
	2年葉	54. 5.24	3759	1.02	103	0.09	—	—	—	1.1	2.8	—	12.2	152
	3年葉	53.11.20		1.35	103.1	—	—	—	—	3.10	6.47	—	57	45.5
	3年葉	54. 5.24	2575	1.56	93	0.22	0.4	2.7	—	1.9	4.7	3.5	23.6	104
	新芽	54. 5.24		1.03	3	—	—	—	—	—	0.5	—	0.5	167
	1年葉	54. 8.21	4639	0.93	15.0						0.6		1.1	213
	〃	54.12. 3	4405	1.03	96.5					0.45	0.62		1.26	217
		55. 2.20		1.21	76.3	0.08				0.25	1.06		1.22	178
福浦	黒2年葉	54. 5.24	3656	1.35	57	0.11	1.1	—	1.3	0.8	2.3	2.8	9.5	147
	1年葉	54.12. 3	3222	1.14	100.7					0.37	0.86		2.25	196.3
		55. 2.20		1.32	93.0					0.26	0.65		2.08	157.0
サイト予定地1km北	黒2年葉	53. 8. 9		1.37	28	0.21	0.9	—	3.4	1.6	6.1	—	46	181
	枯葉	53. 5.25		4.22	107	0.74	3.9	2.2	21.8	4.2	11.7	0.91	110	27.2
	1年葉	53.11.17		0.71	68	—	—	—	—	0.71	1.22	—	8.4	201.5
	3年葉	〃		0.84	139	—	—	—	—	2.71	6.23	—	56.4	46.6
鉄塔	赤1年葉	53. 8. 9		0.97	21.4	0.13	0.53	—	2.1	0.66	2.12	—	46	181
	3年葉	53. 6. 1		1.21	89	0.81	4.2	1.1	13.9	6.3	13.2	0.72	143	165
	枯葉	〃		6.63	111	0.78	3.1	1.5	15.4	3.7	21.2	0.66	113	17
	1年葉	53.11.15		0.95	130	—	—	—	—	1.73	7.06	—	35.9	226
	3年葉	〃		1.08	294	—	—	—	—	8.03	15.7	—	159	94.5
	2年葉	54. 5.24	5601	1.23	62	0.14	2.0	—	4.1	2.6	3.9	2.2	13.5	132
	1年葉	54. 8.21	8114	0.8	33.5				1.0	0.42	0.80		3.21	228
	1年葉	54.12. 3	6898	1.08	131.0					0.47	0.85	1.9	4.11	173
		55. 2.20		0.96	108.3	0.22			1.6	0.63	1.73		4.68	195
赤住	赤2年葉	54. 5.24	5387	0.99	66	0.11	—	—	3.1	0.7	4.4	—	26.1	155
	3年葉	〃	4047	1.04	79	0.41	—	—	3.5	2.4	6.7	—	33.4	128
	新芽	54. 5.24		0.75	11	—	—	—	—	—	1.8	—	2.3	215
	1年葉	54. 8.21	5180	0.93	28	0.36	—	0.7	1.4	0.6	1.6	—	4.4	201
	1年葉	54.12. 3	5665	1.02	109.8	0.265				0.37	1.6	1.3	2.2	166
		55. 2.20		1.00	77.7	0.274				0.93	2.0		4.2	144
柴垣	赤2年葉	54. 5.24	4730	1.22	66	0.08	0.4	0.5	—	—	2.4	0.9	10.5	126
	1年葉	54.12. 3	6565	1.02	123.8	0.07			0.6	0.45	1.9		3.7	178
		55. 2.20		1.00	96	0.13			1.24	1.33	3.0		3.3	170
若松	赤2年葉	54. 5.29	5413	1.55	65	0.31	—	—	1.54	2.2	3.5	—	12.8	114
	新芽	54. 5.29		0.82	21.9	—	—	—			2.11	—	1.88	205
	1年葉	54. 8.21	6990	1.13	15.4	0.06					0.5		1.98	190
	1年葉	54.12. 3	6767	1.21	106.2				0.9	0.66	0.69	0.6	2.41	170
		55. 9.20		1.11	65.0	0.24			0.8	0.78	1.57		3.24	150
辰口	赤2年葉	54. 8.21	5800	1.17	77	0.20	—	—	2.0	3.1	3.72	—	20.1	117
	1年葉	54. 8.21	8556	0.90	26	0.20	—	—	0.7	0.3	2.5	0.3	3.4	188
	1年葉	54.12. 3	7637	0.96	189.2	0.35				0.43	2.8		4.77	164
		55. 2.20		0.85	103.5	0.25				1.02	2.6		3.97	159
押水	赤1年葉	54.12. 3		0.98	228	0.02				0.52	1.32	1.2	4.68	235
		55. 2.20		0.87	242	0.06			2.2	0.72	1.52	—	3.74	209

＊赤…赤松，黒…黒松

表 21　海水の全ベータ放射能測定結果　単位：pCi/l

地区	試料採取地点	放射能濃度（鉄バリウム法） 7/10	10/15	放射能濃度（硫化コバルト法） 7/10	10/15	前年度の変動値
志賀町	志賀沖 N 37°, 030 E 136, 427	0.9	0.9	0.0	1.6	0～2.5, 0～1.5
富来町	富来湾 N 37°, 078 E 136, 422	0.0	1.8	0.5	1.6	0～3.3, 0～1.7

表 22　海底土の全ベータ放射能測定結果　　単位：pCi/乾土g

地区	試料採取地点	放射能濃度（直接法）		冷塩酸抽出法		前年度の変動値
		7/10	10/15	7/10	10/15	
志賀町	志賀沖 N 37, 030 E 136, 427 水深24m	26.3	25.5	1.2	0.8	25.5～26.3, 1.8～2.0
富来町	富来湾 N 37, 078 E 136, 422 水深20m	17.9	18.6	0.9	1.4	19.4～21.2, 0.4～2.6

表 23　海底土の核種分析結果　　単位：pCi/乾土g

地区	試料採取地点	採取月日	核種濃度				備考
			^{137}Cs	U系列	Th系列	^{40}K	
志賀町	志賀沖 (N 37°, 030 E 136°, 427) 水深 24m	7.10	0.027/5	0.34 (1.03)	0.57 (5.12)	13.5 (1.58%)	細砂
富来町	富来湾 (N 37°, 078 E 136°, 422) 水深 20m	7.10	—	0.25 (0.76)	0.37 (3.37)	9.99 (1.17%)	細砂(貝殻多)

（ ）値は ppm.

表 24　海産物，指標海産物の全ベータ放射能測定結果　　単位：pCi/新鮮重量 1g

地区	種類	試料採取地点	採取月日	放射能濃度（含K）	放射能濃度（除K）	K %	平年値（除K）
富来町	わかめ	富来町沖	4.5	6.4	1.5	0.63	0.4(0.8～0.0)
	さざえ(肉部)		7.6	2.2	0.5	0.22	
	さざえ(内臓)		7.6	4.5	2.9	0.22	
	さざえ(全身)		7.6	3.1	1.5	0.20	1.5(3.2～0.1)
	かれい(可食部)		7.23	2.6	0.0	0.34	0.2(0.5～0.1)
	はちめ(〃)		7.23	2.7	0.2	0.32	
	がんど(〃)		9.26	2.6			0.2(0.8～0.0)
	太刀魚(〃)		9.26	2.4			
	ほんだわら	巌門	5.8	5.3	0.3	0.64	1.3(4.9～0.1)
	〃	〃	7.16	5.5	0.5	0.65	
	〃	〃	9.5	8.0	0.7	0.93	
	〃	福浦(吉良川)	5.8	4.6	0.2	0.56	
	〃	〃	7.16	4.3	0.4	0.50	
	〃	〃	9.5	8.9	1.4	0.97	
志賀町	ほんだわら	赤住(鉄塔前)	5.8	3.5	0.5	0.39	
	〃	〃	7.16	6.4	0.2	0.80	
	〃	〃	9.5	9.4	0.7	1.13	
	〃	赤住(八幡神社)	5.8	6.5	0.0	0.84	
	〃	〃	7.16	4.3	0.2	0.53	
	〃	〃	9.5	8.3	1.1	0.94	

表 25　　海産物，指標海産物の核種分析結果　　単位：pCi/新鮮重量100g

地区	種類	試料採取地点	採取月日	核種濃度								
				^{7}Be	^{54}Mn	^{95}Zr	^{106}Ru	^{137}Cs	^{141}Ce	^{144}Ce	^{95}Nb	^{40}K
富来町	わかめ	富来町沖	4.5				0.4	0.26				646
	さざえ(肉部)	〃	7.6	2.7		0.17	1.1	0.33	0.08	3.7	0.10	167
	さざえ(内臓)	〃	7.6	28.2			2.1	0.14		1.0	0.09	168
	かれい(可食部)	〃	7.23		0.02			0.63				238
	はちめ(〃)	〃	7.23			0.12		0.58	0.09		0.03	268
	がんど(〃)	〃	9.26					1.44				278
	太刀魚(〃)	〃	9.26					1.31				234
	ほんだわら	巌門	5.8	6				0.45				488
	〃	〃	9.5					1.33		1.6		751
志賀町	ほんだわら	赤住(鉄塔)	5.8	23	0.17			0.60		2.1		342
	〃	赤住(八幡神社)	5.8	4				0.26				646
	〃	〃	7.16					0.56				429
	〃	〃	9.5	19				0.56				772

(10) 海産物，指標海産物：全ベータ放射能測定結果を表24，核種分析結果を表25に示した。全ベータ放射能測定による海産物等の放射能濃度は，ほぼ前年度値[2]と同じであった。核種分析結果では，前年度でサザエに0.3pCi/新鮮量100gのCo-60が検出され[2]興味深かったが，本年度は内臓，肉のいずれにも検出されず，Cs-137，Ce-144等の通常のフォールアウト核種が検出された。魚類での放射能濃度をみると大部分がカリウムであるが，検出された核種やその濃度には魚種による違いが観測される。Cs-137はどの種類にも検出されているが，その濃度は前年度[2]と同程度であった。指標海産物としてのホンダワラでの測定では，全ベータ放射能測定でみる限り，期間に応じて濃度が高くなり4か月後の値は元の約2倍程度になっているが，地点間の濃度差は認められず，9月採取で8.9～8.0pCi/新鮮量1gの範囲であった。核種でみるとCs-137やK40の濃度が期間とともに増加する傾向があるものの地点間のバラツキの範囲内であり，前年度[2]と比較してみても，それほど大きい変化は認められない。Cs-137濃度でレベル設定すれば9月採取で0.6～1.3pCi/新鮮量100gの濃度範囲にあるといえよう。

文　献

1) 小森正樹；石川衛公研年報，16，130—151(1979)
2) 石川県環境部：環境放射能調査（1979)
3) M. アイゼンバット著，阪上正信監訳：環境放射能，産業図書，東京（1979)
4) Franklin, R. E., Gersper, P. L. and Holowaychuk N.: Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 31, 43—45 (1967)
5) Yamamoto, M., Matsui, M., Igaraahi, S., Yoshioka, M., Hayakawa, H. and Kitagawa, T.: J. Radiat. Res., 20, 264—275 (1979)
6) 小森正樹：石川衛公研年報，16，152—162(1979)

〔報　文〕

環境放射能の挙動に関する調査研究（第2報）

—— 石川県内各地域における松葉中の放射性核種濃度分布 ——

石川県衛生公害研究所環境部　　小　森　　正　樹

1 はじめに

前報[1]では主に松葉中の全ベータ放射能測定結果に基づいて，松葉の生育状態や葉長，葉径分布などの形態的な諸物性面と松葉中の放射能濃度との関係について検討を進めた。松葉を環境放射能指標植物として利用する場合，松葉中に含まれる放射能と周辺環境との関連で検討を進めることは，松葉から検出される放射性核種の起源や挙動を解釈するうえで重要な課題であるといえよう。本報では，本年度からガンマ線スペクトロメトリーによる核種分析を行う機会を得たので，これらの問題を検討するため，また，指標植物として利用する場合の比較対照地の設定などを考慮して，広く県下各地域に生育している松の葉を採取し，松葉中の放射性核種濃度を測定し，検出された核種の種類や濃度に基づいて，地域間の比較や，蓄積性の検討を行った。また，大略的な地域比較検討の意味から，前年度に引続き全ベータ放射能測定を行い，核種分析結果と併せて検討を行った。

2 調査方法

調査試料は，図1に示す羽咋郡富来町5か所，志賀町2か所，羽咋市，押水町，金沢市，辰口町各1か所で採取した松葉であり，昭和54年2月から昭和55年2月までの間に，ほぼ3か月間隔で年5回採取を行った。採取客体は，前報[1]とほぼ同様の採取基準でアカマツ（*Pinus densiflora*）又はクロマツ（*Pinus thunbergii*）を選び，葉令の識別可能なものについて，葉令ごとに採取した。

試料は，乾燥（70～80°C，1昼夜），炭化，灰化（500°C）の順で処理を行い，灰化物を5cm径のペレットに成型して核種分析用測定試料とし，全ベータ放射能については，灰化物500mgを試料皿に採り，これを試料とした。測定にあたっては，科学技術庁編の「ゲルマニウム半導体検出器を用いた機器分析法」（1979改訂），「全ベータ放射能測定法」（1976改訂）に基づいて行った。

測定器は，核種分析についてはプリンストンガンマテック製のGe（Li）検出器（75cc，効率15%），日本原子力事業製の波高分析器，横河ヒューレットパッカード製の電子計算機システム45を用い，全ベータ放射能についてはアロカ製低バックグランド自動測定器LBC-452U型を用いた。

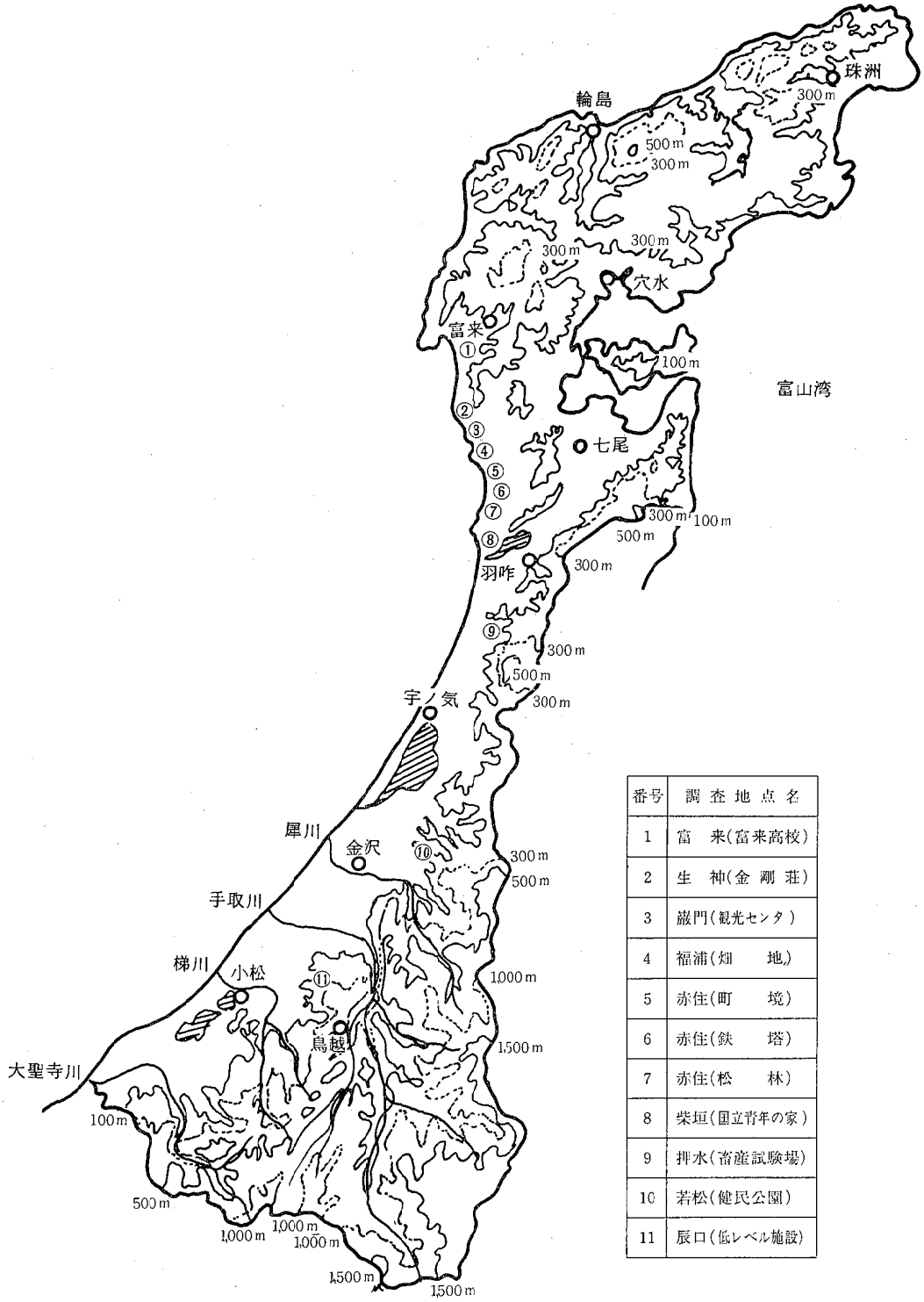
3 調査結果と考察

3・1 全ベータ放射能測定結果

全ベータ放射能では大略的な放射能レベルの把握が可能であり，前報[1]においても葉表面積と放射能濃度とに正の比例関係があることや葉令に伴って濃度が高くなる松葉の蓄積性の割合いなどを明らかにしたが，本報でもこれらの点について地域ごとに確認を行い，これらの結果に基づいて県下各地域の比較を行った。

表1は地域間の比較を統計量で検討しようとしたも

Behaviour of Environmental Radioactivity. 2. Radioisotope Concentrations of Pine Needles at Various Sampling Sites in Ishikawa Prefecture. *by Masaki KOMORI (Department of Environmental Science, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*



番号	調査地点名
1	富　来(富来高校)
2	生　神(金剛荘)
3	巌門(観光センタ)
4	福浦(畑　地)
5	赤住(町　境)
6	赤住(鉄　塔)
7	赤住(松　林)
8	柴垣(国立青年の家)
9	排水(畜産試験場)
10	若松(健民公園)
11	辰口(低レベル施設)

図 1　　調 査 試 料 採 取 地 点

表　1－1　　各地域における松葉の全ベータ放射能濃度のバラツキおよび濃度と葉表面積

試料番号	種類	採取月日	採取地点	灰分率 (%)	灰分1g相当の葉表面積 (cm^2/g)	灰分1gの全ベータ(含K) (pCi/g)	灰分1gの全ベータ(除K) (pCi/g)	葉表面積1cm^2当りの全ベータ(含K) (pCi/cm^2)	葉表面積1cm^2当りの全ベータ(除K) (pCi/cm^2)
A－1	赤松2年葉	5．24	羽咋郡柴垣（国立青年の家）	1.14	5,524	253	127	0.046	0.023
2				1.18	3,723	241	120	0.065	0.032
3				1.15	5,947	306	192	0.051	0.032
4				1.74	3,577	187	105	0.052	0.029
5				1.13	5,851	387	257	0.066	0.044
6				1.44	3,309	206	105	0.062	0.032
7				1.16	4,564	355	220	0.078	0.048
8				1.00	5,352	406	272	0.076	0.051
9				1.23	3,974	224	121	0.056	0.030
10				1.08	5,483	347	233	0.063	0.042
B－1	赤松2年葉	5．24	羽咋郡志賀町赤住	1.10	5,000	402	250	0.080	0.050
2				1.18	3,562	296	155	0.083	0.044
3				1.15	3,377	256	152	0.076	0.045
4				1.35	3,224	237	143	0.074	0.044
5				1.01	4,816	383	246	0.080	0.051
6				1.12	4,724	441	303	0.093	0.064
7				0.99	5,387	494	325	0.092	0.060
8				1.19	3,330	315	173	0.095	0.052
9				1.28	4,131	433	284	0.105	0.069
10				1.10	3,526	322	178	0.091	0.050
C－1	黒松2年葉	5．24	羽咋郡富来町（富来高校周辺）	1.68	2,722	139	79	0.051	0.029
2				1.27	3,182	171	63	0.054	0.020
3				1.35	3,343	113	37	0.034	0.011
4				1.71	2,146	98	54	0.046	0.025
5				1.68	2,367	190	63	0.080	0.027
6				1.24	3,811	202	78	0.053	0.020
7				1.37	3,209	153	54	0.048	0.017
D－1	赤松2年葉	5．29	金沢市若松（健民公園）	1.55	5,413	198	94	0.037	0.017
2				1.38	5,787	243	141	0.042	0.024
3				1.47	5,215	274	158	0.053	0.030
4				1.37	5,786	225	127	0.039	0.022
5				—	—	—	—	—	—
6				1.67	4,961	176	103	0.035	0.021
7				1.31	6,472	265	170	0.041	0.026
8				1.34	6,084	267	159	0.044	0.026
9				1.32	6,144	222	111	0.036	0.018
10				1.37	6,345	224	123	0.035	0.019
E－1	赤松1年葉	2．14	志賀町赤住（鉄塔）	1.03	4,192	461	322	0.110	0.077
2				0.94	6,872	629	493	0.092	0.072
3				0.97	5,740	582	433	0.101	0.075
4				0.83	5,994	584	430	0.097	0.072
5				1.02	5,198	523	402	0.101	0.077
6				1.00	4,984	496	349	0.100	0.070
7				1.00	5,624	519	376	0.092	0.067
8				1.01	4,558	486	336	0.107	0.074
9				0.97	6,208	592	458	0.095	0.074
10				0.96	5,728	545	404	0.095	0.071
11				1.08	5,352	569	426	0.106	0.080
12				1.03	4,670	492	339	0.105	0.073

表　1－2　　表1のまとめ

試料番号	種類	採取地点	灰分1g相当の葉表面積の平均 (cm^2/g)	灰分1g全ベータ(含K)の平均 (pCi/g)	灰分1g全ベータ(除K)の平均 (pCi/g)	葉表面積1cm^2当りの全ベータ(含K)の平均 (pCi/cm^2)	葉表面積1cm^2当りの全ベータ(除K)の平均 (pCi/cm^2)
A	赤松2年葉	羽咋郡柴垣	4,730±964	291±75	175±63	0.062±0.010	0.036±0.009
B	〃	志賀町赤住	4,108±766	358±81	221±65	0.087±0.010	0.053±0.008
C	黒松2年葉	富来町富来	2,969±541	152±36	61±14	0.052±0.014	0.021±0.006
D	赤松2年葉	金沢市若松	5,801±488	233±31	132±25	0.040±0.006	0.023±0.004
E	赤松1年葉	志賀町赤住(鉄塔)	5,427±727	540±49	397±51	0.099±0.006	0.072±0.004

のであるが，同時に地域間ごとの葉表面積と放射能濃度との関係をも検討したものである。図２に葉表面積と放射能濃度の関係を示したが，葉表面積と放射能濃度には，図にみられる如く，地域ごとにほぼ正の比例関係が認められる。そこで，各地域の比較に関しては，葉表面積当りの放射濃度で検討することとし，灰分当りの濃度も参考とした。

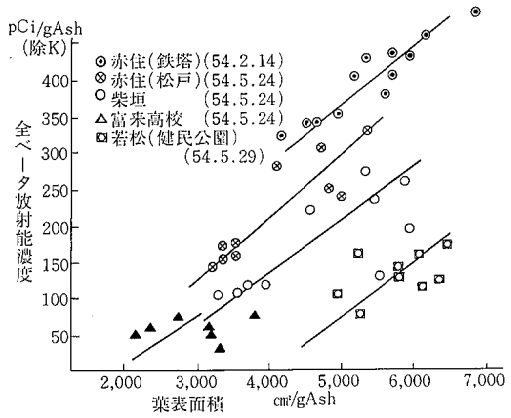


図２　各地域における松葉の葉面積と全ベータ放射能濃度との関係

地域的にみて最も高い値を示したのは志賀町赤住地域であり，ついで柴垣，富来，若松の順であった。表１の試料Ｅは，核実験（第25回，昭和53年12月14日）が行われてから２か月後の試料であるため葉令が低いにもかかわらず，また同地域の試料Ｂとも比較して高くなっており，核実験値後の影響が残っているものとみられる。レベル的にみると，富来や金沢市若松は同程度であるが，志賀町地域の約½程度であることがいえる。

表２は１年間にどの程度松葉中の放射能濃度が変化するかを３か月を目途に採取して測定した結果であるが，これによって昭和54年度のレベルの推移を県下11地点，６地域で比較検討することが可能である。また，これらの測定値の他に参考値として昭和54年度以前の状況を反映する２年葉，３年葉の濃度も示した。

表２から，地域の比較は時間的変化量の増減による比較ばかりでなく，比較したい期間のレベルについて同一の葉令でその濃度を比較することも可能である。例えば，昭和53年度の１年間にわたるレベルは２年葉で比較することが可能である。

さて，バックグランド的な値であると考えられる新芽では各地域各様の値を示しているが，概して自然林様相の地域については，高濃度傾向となっている。新芽は葉部が少なく，むしろ枝に当る部分が多いので，枝部分の放射能のより高い傾向を裏書きした結果かもしれないが，このことや部位別の放射能に関しては今後さらに検討する必要があろう。

葉令に伴う濃度の増加傾向はほぼどの地域でも認められる（図３）。しかしながら，昭和53年度やそれ以前のレベルを反映していると考えられる２年葉や３年葉と比較して昭和54年度葉は濃度が低くなっており，前者は核実験の影響が大きく関係していることが認められる。

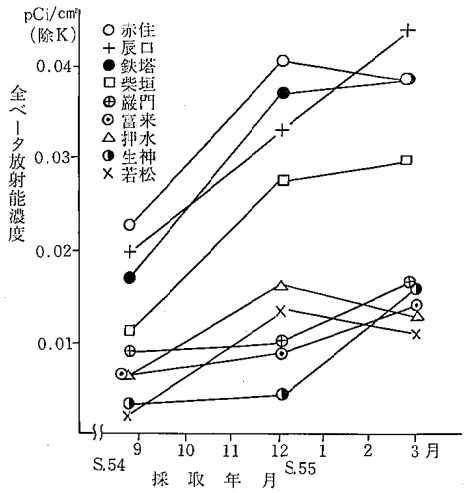


図３　松葉中の全ベータ放射能濃度変化

葉令に伴なう増加傾向の割合は富来，押水，生神，若松地域は赤住，辰口，柴垣地域と比較して小さく，ほぼ６か月で0.01pCi/cm² であり，他の地域はおよそ0.02pCi/cm² で約½程度であった。

３・２　核種分析結果

表３は松葉の県下各地域の核種分析結果である。検出された主な核種はBe-７，Mn-54，Cs-137，Ce-144，K-40等で，このうちBe-７とK-40は天然放射性核種である。Be-７は天然に生成するフォールアウト核種で，半減期が約53日であるから，この核種により約２か月前までの比較的短期間のフォールアウト状況を知

表 2　　各地域における松葉の全ベータ放射能測定結果

試料名	種類*	採取月日	採取地点	灰分率（%）	灰分1gの全ベータ（含K）(pCi/gAsh)	灰分1gの全ベータ（除K）(pCi/gAsh)	灰分1g相当松葉の葉表面積 (cm^3/g)	葉表面積1cm^3当りの全ベータ（含K）(pCi/cm^2)	葉表面積1cm^2当りの全ベータ（除K）(pCi/cm^2)
富来高校	新芽	6. 1	富来町領家	0.99	210	25			
	黒1年葉	8.21	〃	1.02	223	24	4,203	0.053	0.006
	〃	12. 3	〃	0.98	261	41	4,676	0.056	0.009
	〃	2.20	〃	0.98	242	64	4,631	0.052	0.014
	黒2年葉	6. 1	〃	1.22	199	90	4,078	0.049	0.022
生神	新芽	5.24	富来町生神	1.03	204	0			
	黒1年葉	8.21	（金剛荘）	0.93	243	16	4,639	0.052	0.003
	〃	12. 3	〃	1.03	265	19	4,405	0.060	0.004
	〃	2.20	〃	1.20	245	65	3,962	0.062	0.016
	黒2年葉	5.24	〃	1.02	244	102	3,759	0.065	0.027
	黒3年葉	5.24	〃	1.56	201	104	2,575	0.078	0.040
巌門	新芽	5.24	富来町巌門	1.44	250	30			
	黒1年葉	8.21	（レストラン	0.98	264	46	4,935	0.053	0.009
	〃	12. 3	巌門）	1.05	261	44	4,562	0.057	0.010
	〃	2.20	〃	1.38	218	52	3,243	0.067	0.016
	黒2年葉	5.24	〃	1.33	253	151	3,855	0.066	0.039
福浦	新芽	5.24	富来町福浦	1.12	233	8			
	黒1年葉	12. 3	〃	1.14	255	46	3,222	0.099	0.014
	〃	2.20	〃	1.32	221	61	3,550	0.002	0.017
	黒2年葉	5.24	〃	1.35	217	72	3,656	0.059	0.020
町境	新芽	5.24	富来町・志賀町	0.87	241	30			
	黒1年葉	8.21	〃	0.93	236	53	4,558	0.052	0.012
	黒2年葉	5.24	〃	1.20	225	94	4,847	0.046	0.019
鉄塔	新芽	5.24	志賀町赤住	0.76	289	19			
	赤1年葉	8.21	〃	0.80	382	140	8,114	0.047	0.017
	〃	12. 3	〃	1.08	444	258	6,898	0.064	0.037
	〃	2.20	〃	0.96	457	275	7,028	0.065	0.039
	赤2年葉	5.24	〃	1.23	444	307	5,601	0.079	0.055
赤住	新芽	5.24	志賀町赤住	0.75	274	31			
	赤1年葉	8.21	松戸	0.93	346	121	5,180	0.067	0.023
	〃	12. 3	〃	1.02	382	232	5,665	0.067	0.041
	〃	2.20	〃	1.00	390	231	6,009	0.065	0.039
	赤2年葉	5.24	〃	0.99	494	325	5,387	0.092	0.060
	赤3年葉	5.24	〃	1.04	501	357	4,047	0.124	0.088
柴垣	新芽	5.24	羽咋市柴垣	0.84	271	2			
	赤1年葉	8.21	（国立青年の家）	0.97	300	70	6,331	0.047	0.011
	赤1年葉	12. 3	〃	1.02	341	185	6,565	0.052	0.028
	〃	2.20	〃	1.00	364	187	6,262	0.058	0.030
	赤2年葉	5.24	〃	1.22	291	175	4,730	0.062	0.037
	赤3年葉	5.24	〃	1.72	267	213	2,486	0.107	0.086
押水	新芽	6.13	押水町坪山	0.82	256	10			
	赤1年葉	8.21	（県畜産試験場）	0.86	260	51	8,088	0.032	0.006
	〃	12. 3	〃	0.98	334	137	8,572	0.039	0.016
	〃	2.20	〃	0.87	329	113	8,446	0.039	0.013
	赤2年葉	6.13	〃	0.98	281	139	8,899	0.032	0.016
若松	新芽	5.29	金沢市若松	0.82	218	3			
	赤1年葉	8.21	（健民公園）	1.13	213	15	6,990	0.030	0.002
	〃	12 .3	〃	1.21	243	97	6,767	0.036	0.014
	〃	2.20	〃	1.11	236	73	6,779	0.035	0.011
	赤2年葉	5.29	〃	1.55	198	94	5,413	0.037	0.017
辰口	赤1年葉	8.21	辰口町和気	0.90	279	169	8,556	0.044	0.020
	〃	12. 3	（低レベル施設）	0.96	440	255	7,637	0.058	0.033
	〃	2.20	〃	0.85	534	357	7,969	0.067	0.045
	赤2年葉	8.21	〃	1.17	536	419	5,800	0.092	0.072

＊ 赤は赤松，黒は黒松を示す

表 3　松葉の核種分析結果　（単位：pCi/灰分1g）

試料採取地点	種類*	採取年月日	灰分1g相当の葉表面積 (cm^2/g)	灰分率 (%)	核種濃度 7Be	54Mn	95Zr	103Ru	106Ru	125Sb	137Cs	141Ce	144Ce	40K
富来高校	黒2年葉	昭和54 6. 1	4,078	1.22	117 (2.9)	0.16 (0.004)	0,4 (0.1)	—	3.7 (0.09)	1.2 (0.029)	3.5 (0.066)	—	12.1 (0.30)	112 (2.75)
	1年葉	昭和54 12. 3	4,676	0.98	196 (4.2)	—			0.2 (0.004)	0.2 (0.004)	1.8 (0.028)	0.8 (0.017)	2.2 (0.049)	202 (4.32)
	〃	昭和55 2.20	4,631	0.98	160 (3.5)	0.23 (0.005)				0.4 (0.009)	1.8 (0.039)		3.4 (0.073)	172 (3.71)
生神	黒2年葉	昭和54 5.24	3,759	1.02	103 (2.7)	0.09 (0.002)	—	—	—	1.1 (0.029)	2.8 (0.074)	—	12.2 (0.32)	152 (4.04)
	3年葉	昭和54 5.24	2,575	1.56	93 (3.6)	0.22 (0.009)	0.4 (0.016)	2.7 (0.105)	—	1.9 (0.074)	4.7 (0.188)	3.5 (0.136)	23.6 (0.92)	104 (4.04)
	新芽	昭和54 5.24		1.03	3	—	—	—	—	—	0.5	—	0.5	167
	黒1年葉	昭和54 8.21	4,639	0.93	15.0 (0.32)						0.6 (0.01)		1.1 (0.02)	213 (4.59)
	〃	昭和54 12. 3	4,405	1.03	96.5 (2.2)					0.45 (0.01)	0.62 (0.01)		1.26 (0.03)	217 (4.93)
		昭和55 2.20	3,962	1.21	76.3 (1.9)	0.08 (0.002)				0.25 (0.006)	1.06 (0.03)		1.22 (0.03)	178 (0.49)
福浦	黒2年葉	昭和54 5.24	3,656	1.35	57 (1.6)	0.11 (0.003)	1.1 (0.08)	—	1.3 (0.035)	0.8 (0.022)	2.3 (0.068)	2.8 (0.077)	9.5 (0.26)	167 (4.02)
	黒1年葉	昭和54 12. 3	3,222	1.14	100.7 (3.1)					0.37 (0.11)	0.86 (0.027)		2.25 (0.07)	196.3 (6.09)
		昭和55 2.20	3,550	1.32	93.0 (2.6)					0.26 (0.007)	0.65 (0.018)		2.08 (0.06)	157.0 (4.42)
鉄塔	赤2年葉	昭和54 5.24	5,601	1.23	62 (1.1)	0.14 (0.002)	2.0 (0.036)	—	4.1 (0.073)	2.6 (0.046)	3.9 (0.070)	2.2 (0.039)	13.5 (0.241)	132 (2.36)
	1年葉	昭和54 8.21	8,114	0.8	33.5 (0.4)				1.0 (0.012)	0.42 (0.005)	0.80 (0.01)		3.21 (0.04)	228 (2.81)
	1年葉	昭和54 12. 3	6,898	1.08	131.0 (1.90)					0.47 (0.007)	0.85 (0.012)	1.9 (0.028)	4.11 (0.06)	173 (2.51)
		昭和55 2.20	7,028	0.96	108.3 (1.54)	0.22 (0.003)			1.6 (0.02)	0.63 (0.009)	1.73 (0.025)		4.68 (0.07)	175 (1.64)
赤住	赤2年葉	昭和54 5.24	5,887	0.99	66 (1.28)	0.11 (0.002)	—	—	3.1 (0.058)	0.7 (0.013)	4.4 (0.082)	—	26.1 (0.484)	155 (2.84)
	3年葉	〃	4,047	1.04	79 (1.45)	0.41 (0.010)	—	—	3.5 (0.087)	2.4 (0.059)	6.7 (0.166)	—	33.4 (0.825)	128 (3.16)
	新芽	昭和54 5.24		0.75	11		—	—	—	—	1.8	—	2.3	215
	赤1年葉	昭和54 8.21	5,180	0.93	28 (0.54)	0.36 (0.007)	—	0.7 (0.014)	1.4 (0.027)	0.6 (0.012)	1.6 (0.031)	—	4.4 (0.085)	201 (3.88)
	赤1年葉	昭和54 12. 8	5,665	1.02	109.8 (1.94)	0.265 (0.005)				0.37 (0.007)	1.6 (0.028)	1.3 (0.028)	2.2 (0.039)	166 (2.98)
		昭和55 2.20	6,009	1.00	77.7 (1.29)	0.274 (0.005)				0.93 (0.015)	2.0 (0.033)		4.2 (0.070)	144 (2.40)
柴垣	赤2年葉	昭和54 5.24	4,730	1.22	66 (1.40)	0.08 (0.002)	0.4 (0.008)	0.5 (0.011)	—	—	2.4 (0.061)	0.9 (0.019)	10.5 (0.222)	126 (2.65)
	赤1年葉	昭和54 12. 3	6,565	1.02	123.8 (0.89)	0.07 (0.001)			0.6 (0.009)	0.45 (0.009)	1.9 (0.009)		3.7 (0.056)	178 (2.71)
		昭和55 2.20	6,262	1.00	96 (1.53)	0.13 (0.002)			1.24 (0.02)	1.33 (0.021)	3.0 (0.048)		3.3 (0.053)	170 (2.71)

試料採取地点	種類*	採取年月日	灰分1g相当の葉表面積 (cm^2/g)	灰分率 (%)	核種濃度 ^{7}Be	^{54}Mn	^{95}Zr	^{103}Ru	^{106}Ru	^{125}Sb	^{137}Cs	^{141}Ce	^{144}Ce	^{40}K
若松	赤2年葉	昭和54 5.24	5,413	1.55	65 (1.20)	0.31 (0.006)	—	—	1.54 (0.029)	2.2 (0.041)	3.5 (0.065)	—	12.8 (0.236)	114 (2.11)
	新芽	昭和54 5.29		0.82	21.9	—	—	—			2.11	—	1.88	205
	1年葉	昭和54 8.21	6,990	1.18	15.4 (0.22)	0.06 (0.001)					0.5 (0.009)		1.98 (0.028)	190 (2.72)
	1年葉	昭和54 12. 3	6,767	1.21	116.2 (1.57)				0.9 (0.013)	0.66 (0.01)	0.69 (0.01)	0.6 (0.009)	2.41 (0.036)	170 (2.51)
		昭和54 2.20	6,779	1.11	65.0 (0.96)	0.24 (0.004)			0.8 (0.01)	0.78 (0.01)	1.57 (0.023)		3.24 (0.048)	150 (2.21)
辰口	赤2年葉	昭和54 8.21	5,800	1.17	77 (1.33)	0.20 (0.008)	—	—	2.0 (0.035)	3.1 (0.063)	3.72 (0.064)	—	20.1 (0.347)	117 (2.02)
	1年葉	昭和54 8.21	8,554	0.90	26 (0.30)	0.20 (0.002)	—	—	0.7 (0.008)	0.3 (0.004)	2.5 (0.029)	0.3 (0.004)	3.4 (0.040)	188 (2.20)
	1年葉	昭和54 12. 8	7,637	0.96	189.2 (2.48)	0.35 (0.005)				0.43 (0.006)	2.8 (0.087)		4.77 (0.062)	164 (2.15)
		昭和55 2.20	7,969	0.85	103.5 (1.30)	0.25 (0.003)				1.02 (0.01)	2.6 (0.033)		3.97 (0.050)	159 (2.00)
押水	赤1年葉	昭和54 12. 3	8,572	0.98	228 (7.66)	0.02 (0.002)				0.52 (0.006)	1.32 (0.015)	1.2 (0.014)	4.68 (0.055)	235 (2.74)
		昭和55 2.20	8,446	0.87	242 (2.87)	0.06 (0.007)			0.3 (0.004)	0.72 (0.009)	1.52 (0.018)	—	3.74 (0.044)	209 (2.47)

計　（ ）値は葉表面積100cm^2当りの濃度，pCi/100cm^2

＊ 黒は黒松，赤は赤松を示す

ることができる。K-40はカリウム全体の約0.0118%存在し，カリウムが植物にとって3大栄養素の1つであることから通常K-40は植物中から多く検出される核種の1つである。他のフォールアウト核種は全て核実験により大気中に放出されたものであるが，爆発規模，形式，歴史的な変遷によって，その起源は様々である。

爆発によって発生する放射性核種は誘導放射性核種を除いて中性子による核分裂の収率によってその生成比がほぼ決定されるが，これまでに実験が繰り返し行われたことや，核種の減衰や大気圏における滞留時間の違いなどによって供給される時間的な降下量やその成分比は変化している。1963年の部分的核実験の停止以降，中国核実験等を除いて余り大規模な実験は大気圏で行われておらず，それまでに大気圏に放出されたものと，時折り行われる中国核実験によって放出されたものが，大気圏内に存在する大部分の放射性降下物である。地域的には今述べた降下物の他にこれまでに地表で蓄積された降下物等が風などで舞い上がり，これが一緒に降下してくることも予想される。この風などによる舞い上がり分は地域性を反映し，大気圏からの降下物は地球化学的な規模での特性を反映しているものと推定される。このような降下物は，ほぼ大気中を経由して松葉中に取り込まれることが考えられ，全ベータ放射能測定結果でみられた如く，松葉中の放射能濃度と葉表面積とに比例関係があることなどはその例証となるであろう。また，松葉に含まれる核種は，発生や歴史的な経緯を考えると，松葉に沈着するまで相当数の時間経過があるので，半減期の短いものの大半は検出されないことになる。もし検出されたとすれば，それまでの生成量が膨大な量であったか，比較的最近の核実験の影響によるものか，場合によっては原子力平和利用施設からの放出によるものと解釈される。このように，通常の松葉では半減期の比較的長い核種が検出されることが多く，本結果においても半減期がほぼ1年かそれ以上のものが多く検出されている。

表3に基づいて，核種の種類から地域的な違いを検

討すると，地域的には特に大きな違いは認められず，核実験によって生成した核種のうち比較的半減期の長い核種がほぼ県下全域に降下し続けていることが伺える。

量的な面からいえば，53年度の地域ごとの放射能状況を反映していると思われる2年葉では，Ce-144やCs-137の濃度が志賀町の赤住や辰口町でやや高くなっている他は同程度のレベルである。Be-7では富来が高く，福浦から柴垣にかけてはほぼ同程度のレベルとなっている。Be-7は採取直前の周辺における放射能状況を反映していると考えられることから，採取期日から約2か月間の降下状態が地域気象の特性からか富来地域が他の地域よりやや活発であったと推測される。この地域気象の関連は今後の検討事項ではあるが，ほぼ季節ごとに採取した54年度葉の結果をみると，冬季の季節風の激しくなる12月の蓄積量を考慮しても，いずれの地域でも濃度が高くなり，特に他の地域より海抜の高い所に位置する押水（畜産試験場）は濃度レベルが高くなっている。また，梅雨から夏にかけては，降雨の影響からかレベルが低くなり，さらに風を強く受けるところでも内陸に入りこんでいるとか，周囲に林などがあるところはレベルが低く観測されるように思われる。

表4は木羽らが温泉，河川の底質等で検討を行っている相関マトリックス[2)]を用いて，地域間の相関性を検討したものである。検討に用いた核種は，Be-7，Mn-54，Ru-106，Sb-125，Cs-137，Ce-144の6成分である。このうちBe-7は他の成分より寿命が短い核種であるが，降下状況を前述した如く反映するものとして加えたものである。この結果，統計的に有意と判断される確率 $\alpha=10\%$ で $M=1.5$ としたとき，相関数は0.6以上の値を示す2試料間が各試料区分で本結果の場合相互的に密であるといえるので，2年葉では，富来—福浦，生神—柴垣，福浦—辰口，鉄塔—辰口，1年葉では，赤住—辰口，若松—辰口，赤住—若松での試料間が相関性が高いといえる。

これについて，当初は検出された核種の種類は地域的に余り大きな差が認められず，県下全域にほぼ降下しているので，地域的に濃度差はあっても量的な組成比はほぼ地球規模的に石川県を一つとみなして検討できるか，若しくは1歩譲って，地域間で距離の近いところはまとめて同程度の傾向を示すものであろうと予

表 4　　各地域における松葉中の放射能核種についての濃度相関マトリックス（M=1.5）

	富来 2Y	〃 1Y	生神 2Y	〃 1Y	福浦 2Y	〃 1Y	鉄塔 2Y	〃 1Y	赤住 2Y	〃 1Y	柴垣 2Y	〃 1Y	若松 2Y	〃 1Y	辰口 2Y	〃 1Y	押水 1Y
富来 2Y	1.00																
〃 1Y	0.13	1.00															
生神 2Y	**0.47**	0.20	1.00														
〃 1Y	0.20	**0.47**	0.07	1.00													
福浦 2Y	**0.67**	0.13	**0.47**	0.13	1.00												
〃 1Y	0.33	0.27	0.20	0.20	0.20	1.00											
鉄塔 2Y	**0.40**	0.00	0.20	0.13	**0.40**	0.13	1.00										
〃 1Y	**0.47**	**0.40**	0.13	0.33	0.13	0.27	0.33	1.00									
赤住 2Y	**0.40**	0.13	0.27	0.07	**0.40**	0.07	**0.40**	0.13	1.00								
〃 1Y	0.27	0.27	0.33	0.20	0.20	0.07	0.27	**0.47**	0.13	1.00							
柴垣 2Y	**0.40**	0.20	**0.73**	0.07	**0.53**	0.20	0.27	0.13	0.27	0.27	1.00						
〃 1Y	**0.47**	0.07	**0.47**	0.13	**0.53**	0.13	0.13	**0.40**	0.13	0.33	0.33	1.00					
若松 2Y	0.27	0.13	**0.40**	0.07	**0.53**	0.13	0.20	0.27	0.13	0.20	**0.47**	0.13	1.00				
〃 1Y	0.27	0.20	0.33	0.33	0.20	0.07	0.20	**0.47**	0.13	**0.87**	0.13	**0.47**	0.20	1.00			
辰口 2Y	0.20	0.13	0.33	0.07	**0.60**	0.07	**0.60**	0.20	0.27	0.20	0.33	0.27	**0.40**	0.13	1.00		
〃 1Y	0.27	0.27	0.33	0.33	0.27	0.07	0.20	**0.47**	0.13	**0.87**	0.20	**0.53**	0.20	**0.73**	0.13	1.00	
押水 1Y	0.27	**0.40**	0.27	0.20	0.20	0.33	0.27	0.27	0.07	0.20	0.20	0.20	0.13	0.20	0.27	0.13	1.00

2Y：2年葉の松葉，1Y：1年葉の松葉

想していたが，それらの関係は余り見受けられず，2年葉では地域的に間隔を置いた状態となっている。2年葉は53年度の放射能状況を反映していると考えられているが，この間，中国の核実験（第25回，昭和53年12月14日）が行われたりして，地域ごとのレベルの偏在化が進んだものと解釈される。これに関して年度間の2年葉と1年葉とにほとんど高い相関性が見受けられないこともこれを物語っているように思われる。これに対して，1年葉では，距離的な面での相関性が2年葉と比較してややあるように思われ，採取地点での地域環境が類似している地域間や，試料が同種のものについて，相関性が高くなる傾向を示している。これについては，核実験が54年度には行われなかったため，大気中におけるレベルに大きな変動はなく，降下物が松葉に捕捉される過程で類似した周辺環境を持つ地域に相関性が高くなったものと解釈される。

ここで，表5に53年6月，9月及び54年11月の富来，赤住地域における浮遊じんの相関マトリックスを示したが，地域間の相関性は極めて高く，ほぼ供給レベルにおいては富来，赤住間では同質のものであると考えられる。一方，年度間にはほとんど相関性が認められなかった。年度間の比較は採取月が異なることやデータ数が1点だけであることから今後検討を要するが，浮遊じんの結果から，平年では距離的に近い地域間での降下物はほぼ同等とみなすことができるので，降下物を捕捉する松葉に対しても本来検出される核種の組成は同質のものであることが予想される。しかしながら，1年葉ではこの傾向がやや認められるものの，空気中の浮遊じんの放射能と松葉中の放射能との関係は，前者がいわば瞬間値的なものであり後者が積分的な集積値であるので，自から両者の比較には制約があるものと考えられる。

表5　浮遊じん中の放射性核種についての濃度相関マトリックス（M=1.5）

	A	B	C	D	E	F
A 富来浮遊じん 昭和53年6月	1.00					
B 〃 昭和53年9月	0.60	1.00				
C 〃 昭和54年11月	0.07	0.00	1.00			
D 赤住浮遊じん 昭和53年6月	1.00	0.67	0.00	1.00		
E 〃 昭和52年9月	0.67	1.00	0.00	0.67	1.00	
F 〃 昭和54年11月	0.07	0.07	0.47	0.07	0.07	1.00

次に，葉令に伴なう核種濃度の変化をみると，54年度における新芽から満1年葉までの濃度変化はBe-7，K-40を除いてほぼ増加している傾向が認められる。しかし，その増加する割合はそれほど大きくなく，前年度葉及び前々年度葉の濃度とを比較すると，かなり小さく，53年度に行われた核実験の影響が54年度においてはそれほど大きな影響を与えておらず，むしろこれまでに大気圏に放出された生成物の降下レベルを反映しているものと考えられる。

K-40は前述した如く，植物生理に関連する物質であるので葉令に伴って減少するのは，新芽や3か月葉などの成長期にある葉が多くのカリウム摂取を必要とするのに対し，それ以降は成長が安定し除々にカリウムの必要量が減少していくものと思われる。カリウムとセシウムは同じアルカリ金属であるということから，その化学性の類似性を利用しその相対比でCs-137の挙動を検討した例が多いが[3]，その挙動結果は異種間，異相関の移行過程において必ずしも良い結果を得てはいない[3]。しかしながら，本結果のような同種で，地域性が異なるだけの試料間の比較においては，カリウムの摂取量を成長過程の1因子とみなしてCs-137の挙動を比較することはあながち無意味なことではないと思われる。

表6に2年葉と満1年葉のCs-137/Kの相対比を示した。カリウム摂取に対するCs-137の量は，2年葉では生神，福浦，柴垣を除いて，ほぼ同じ値を示し約26pCi/gKであり，また，1年葉では約10pCi/gKで，2年葉の⅓～½の量である。この相対比はカリウムの大半が根から吸収され樹木の各部位に供給されることに伴なうCs-137挙動のうち根から吸収される割合を考慮したものであるが，葉令的に順次みるとこの比は増加している。しかし，カリウムは葉令に伴って一般的に減少する傾向を示すのでこの増加傾向はカリウムの減少分がCs-137の増加分より大きく効いていることからCs-137の松葉への取り込み過程はカリウムの経根吸収とやや異なることを伺わせる。また，植物のCs-137における経根吸収に関してはカリウム欠乏土壌にあっては土壌中のカリウム濃度に逆比例するといわれている[3]が，本結果ではこれまでの土壌の測定報告[4]との比較でそのような傾向が特に認められないことなどから，Cs-137の多くは空気中からの供給によ

表 6　　松葉中の Cs-137 とカリウムとの相対比

試料名	採取年月日	Cs-137/K (pCi/gK)	試料名	採取年月日	Cs-137/K (pCi/gK)
富来高校　黒2年葉	昭和54. 6. 1	26.8	赤住新芽	昭和54. 5.24	7.2
1年葉	54.12. 3	7.6	赤1年葉	54. 8.21	6.8
1年葉	55. 2.20	9.0	1年葉	54.12. 3	8.3
生神　黒2年葉	54. 5.24	15.8	1年葉	55. 2.20	11.9
3年葉	54. 5.24	38.7	柴垣　赤2年葉	54. 5.24	16.3
新芽	54. 5.24	2.6	1年葉	54.12. 3	9.1
1年葉	54. 8.21	2.4	1年葉	55. 2.20	15.1
1年葉	54.12. 3	2.4	若松　赤2年葉	54. 5.24	26.3
1年葉	55. 2.20	5.1	新芽	54. 5.29	8.8
福浦　黒2年葉	54. 5.24	13.4	1年葉	54. 8.21	2.3
1年葉	54.12. 3	3.8	1年葉	54.12. 3	3.5
1年葉	55. 2.20	3.5	1年葉	55. 2.20	9.0
鉄塔　赤2年葉	54. 5.24	25.3	辰口　赤2年葉	54. 8.21	27.2
1年葉	54. 8.21	3.0	1年葉	54. 8.21	11.4
1年葉	54.12. 3	4.2	1年葉	54.12. 3	14.6
1年葉	55. 2.20	8.5	1年葉	55. 2.20	14.0
赤住　赤2年葉	54. 5.24	24.3	押水　赤1年葉	54.12. 3	4.8
3年葉	54. 5.24	44.9	1年葉	55. 2.20	6.2

るものと推定される。このことは長半減期核種Cs-137の摂取過程において，長期間のタイムスケールにおける地域環境特性を反映する結果として，風の収束域や，滞留性の地域的相違による樹木と大気との交換回数や量の違いによる核種の捕捉割合に影響を及ぼすことを連想させる。表3から各地域の葉中の Cs-137 濃度や，葉令に伴う Cs-137 の経時的濃度変化をみることが出来るが，2年葉でやや高いのが赤住，鉄塔地域であるが，1年葉における経時的変化では，各地域ともそれほど大きな変化は示していない。また，葉表面積と全ベータ放射能濃度に比例関係のあることを考慮し，単位葉表面積当りの Cs-137 濃度を比較すると，2年葉で平均0.07±0.01pCi/cm²で，偏差の3倍をとった範囲ではいずれの地域もその範囲内である。同様にほぼ満1年葉では0.03±0.009 pCi/cm² でいずれの地域でも 3σ 内にある。このように大気との接触を考慮した表面積での検討においても多少の変動や差はあっても長寿命核種の Cs-137 に関してはそれほど地域的な濃度差は認められないように思われた。他の核種については，その摂取過程は必しも明確ではないが，その大半は空気中からの供給によるものと思われるが今後検討を進めたい。

4 ま と め

本県の中央地域から富来地域に及ぶ6地域11地点での松葉中の放射能について，葉令別に採取を行い，全ベータ放射能測定と核種分析を行って，葉表面積と放射能濃度との関係や葉令別ごとの放射能濃度の変化量を測定することによる蓄積性の検討，さらに葉中から検出された核種の種類と濃度との相関性の検討等を通じて，地域間の比較を行った。

この結果，全ベータ放射能と葉表面積とには，いずれの地域においても正の比例関係が成立することが認められた。また，葉令に伴ってほぼ放射能濃度が増加することが認められ，核種濃度別にみても，長寿命のフォールアウト核種に同様の傾向が認められた。この増加割合の地域差は，全ベータ放射能比較では，赤住，辰口，柴垣地域が他の地域よりもやや高い傾向を示したものの，核種濃度別ではそれほど明らかな地域差は認められず，わずかに Ce-144，Cs-137 において，赤住，辰口地域が生神や若松地域よりやや高い傾向を

示しているだけであった。

松葉中の放射能はそれが生育していた期間の放射能状況を反映するものと考えられるが，1年葉と2年葉の相関性を検討した結果，ほとんど相関性は認められず，前年度に核実験が行われたにも拘わらず，本年度ではその影響が余り認められなかった。

地域別では，核種の蓄積性や濃度に特に大きな差は認められなかったものの，自然林を形成している志賀町赤住，鉄塔，辰口町などでは，他の地域よりも濃度レベルがやや大きいことが認められた。地域間の相関性をみた場合，1年葉においては，類似環境を示す地域間では相関性の高いことが認められたが，平衡状態に近い系を外乱するような核実験などの存在は，地域間の相関性にも影響を与えるように思われた。この松葉中の核種組成を用いる相関性の検討は，逆に地域間の環境類似性を抽出する手段として利用することも可能であると考えられる。

以上，松葉中の放射能と地域性の比較検討等を行ったが，松葉と周辺環境との関連におけるこれら検出された核種の挙動は様々であるので，放射生態学(Radioecology）的な問題として，今後検討する必要があろう。

5 文　　献

1） 小森正樹：石川衛公研年報，**16**，153—162(1979)
2） 日本地球化学会編：水汚染の機構と解析，産業図書，東京（1978）
3） 日本原子力学会編：環境被曝線量評価（1975）
4） 石川県環境部：環境放射能調査（1980）

〔報　文〕

ダム湖水の臭気と環境因子につて

石川県衛生公害研究所環境部　折　谷　禎　一

1 はじめに

水道水源とするダム湖水に異臭味の発生した事例は古く，昭和26年頃に神戸市上水道の水源である千苅貯水池で発生して以来，特に昭和45年以降全国的にみられている[1)~3)]。

この異臭味は，本県において昭和50年に加賀地区の我谷ダム，奥能登地区の山口防災ダムの湖水に発生した[4)]。当所では，これを契機に環境衛生課の依頼を受け，52年から54年にかけて水道水源となっている県内の我谷ダム，犀川ダム，内川ダム，山口防災ダム，若山ダムの水質調査と生物調査を実施した。

また，全国的にも異臭味の発生に関する調査研究が進められて，55年1月には厚生省が「異臭味対策の指針」で予知方法等を発表している。しかし，この発生原因は各々のダム湖によって異り，決定的な原因究明は未だなされていないのが実情である。

そこで，我谷ダムでの異臭味の発生に関係すると考えられる環境因子，特にダム湖へ流入する河川の水温，流入量，日照時間などの経日変化と異臭味との関連をマクロ的に比較検討し，知見を得たので報告する。

2 環境因子と測定場所

環境因子とした項目は，我谷ダム管理事務所で観測した流入水温，貯水位，流入量，放流量及び山中町浄水場で観測した気温，日照時間，降水量，臭気で，これらの観測地点，観測方法は次のとおりである。また，評価は昭和50年から昭和54年まで毎年6月1日から9月30日の間のデータで行った。

(1) 流入水温は，山中町片谷町地内の測水所付近で，棒状ガラス製温度計を用いて毎日9時に観測。

(2) 貯水位は，我谷ダム堤体で1日24回観測した水位の平均値。

(3) 流入量及び放流量は，同ダムでの測定値。

(4) 臭気は，山中町上水道第2水源（ダム直下）の原水を上水試験方法により測定。

(5) 気温は，山中町浄水場における最高気温と最低気温の平均値。

(6) 日照時間は，山中町浄水場でバイメタル日照計により日界を24時として観測。

(7) 降水量は，山中町浄水場で，当日9時から翌日9時までに観測された雨量。

3 臭気と環境因子の評価

3・1 臭　気

山中町上水道における昭和50年の臭気問題は，図1で示すように7月30日に住民から水道水がカビ臭いとの苦情が相次いだのを発端に8月10日頃まで続き，以後苦情は減少し，この臭気は消滅の傾向にあると思われたものの，再び9月2日以降感知されるようになった。しかし，9月28日からは活性炭処理を行ったため，浄水に対する苦情はなくなった。

一方，原水では，8月5日に当所が依頼試験の結果，カビ臭を認知しており，9月6日には，富山県立技術短大の水質研究グループが調査に入り，また9月28日以降，山中町浄水場でも臭気試験を実施した結果，このカビ臭は10月いっぱい続いた。

51年は，図2で示すように原水で6月初めから連日青草臭を感じ，7月上旬からは臭気濃度（以下「TO」という。）10度を超え，7月8日からカビ臭に変り，変動しながら徐々に上昇し28日から8月1日にかけては

Relationship between Environmental Factors and Odor of Water in Reservoir, Wagatani.
by Teiichi ORITANI (Department of Environmental Sciense, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment.)

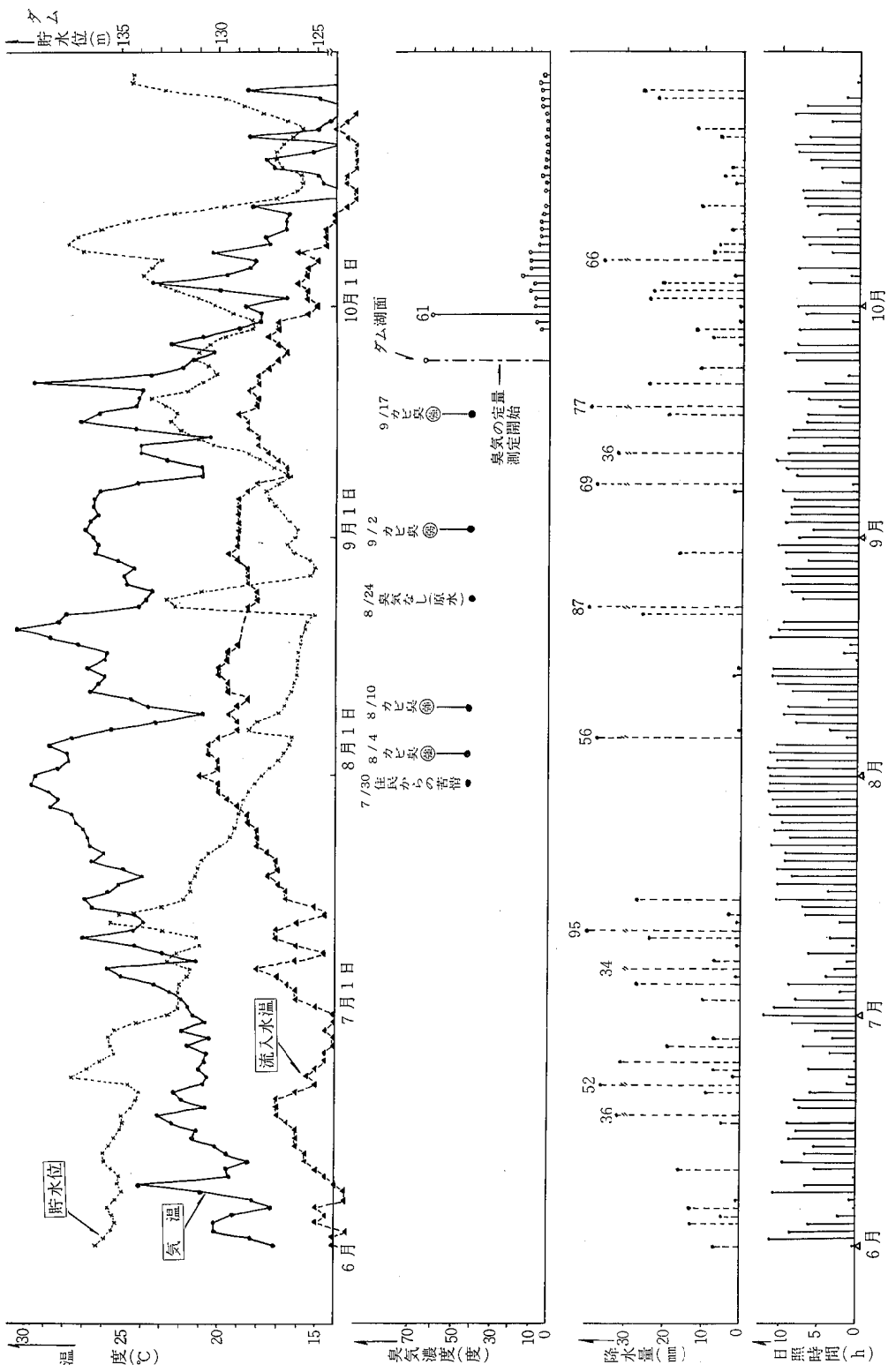


図 1　臭気と環境因子の経日変化（昭和50年）

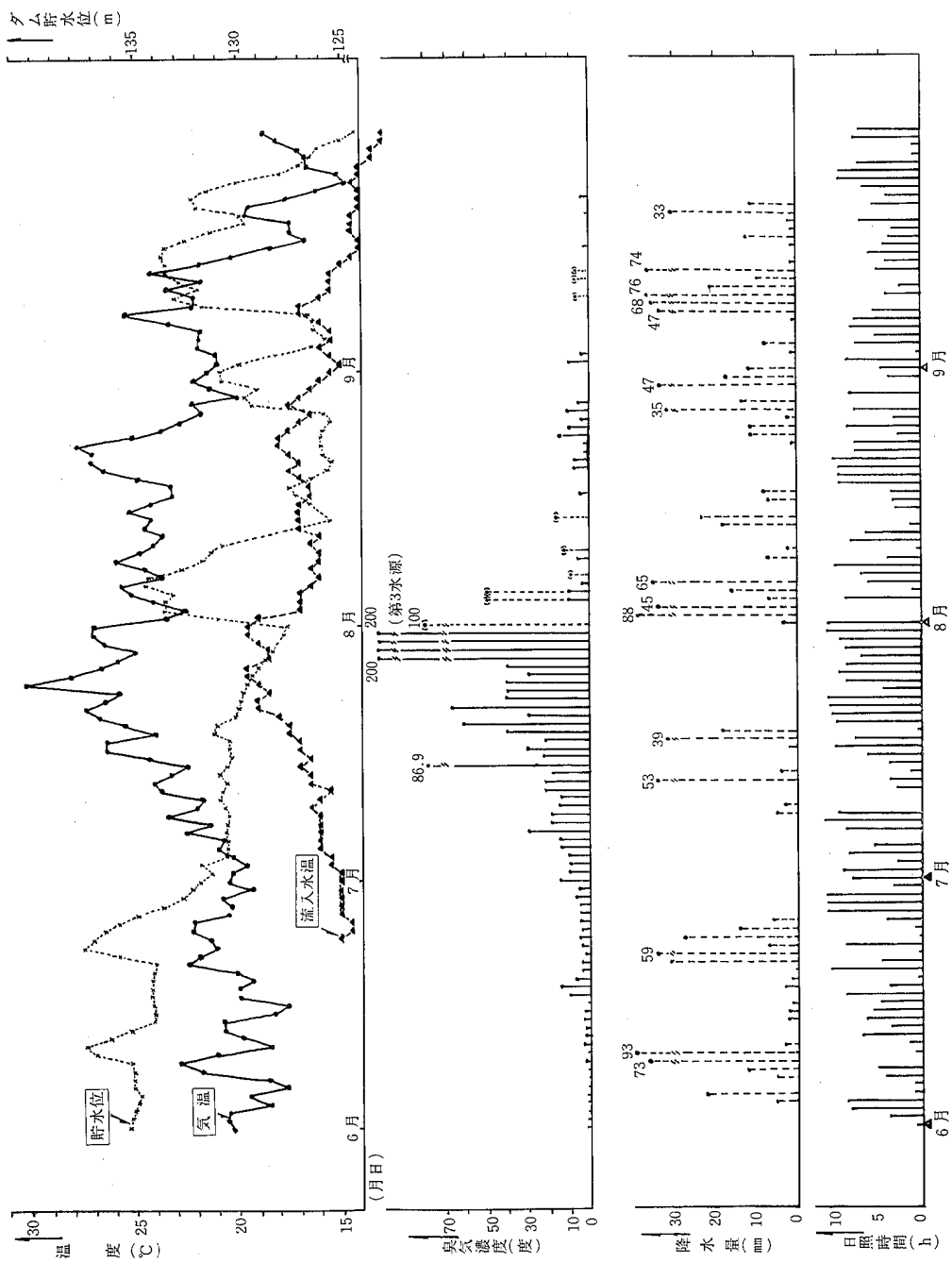


図 2　臭気と環境因子の経日変化（昭和51年）

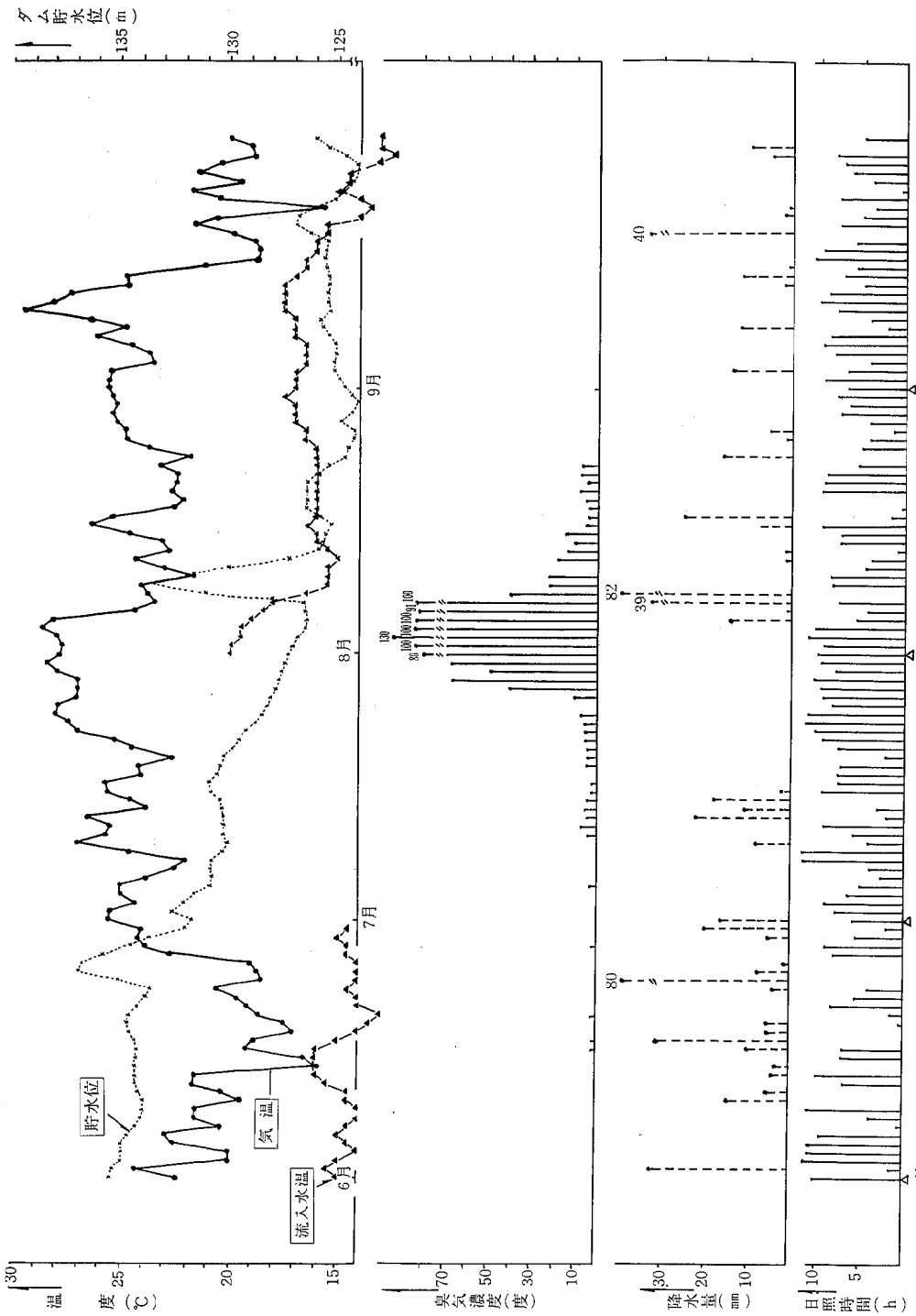


図 3　臭気と環境因子の経日変化（昭和52年）

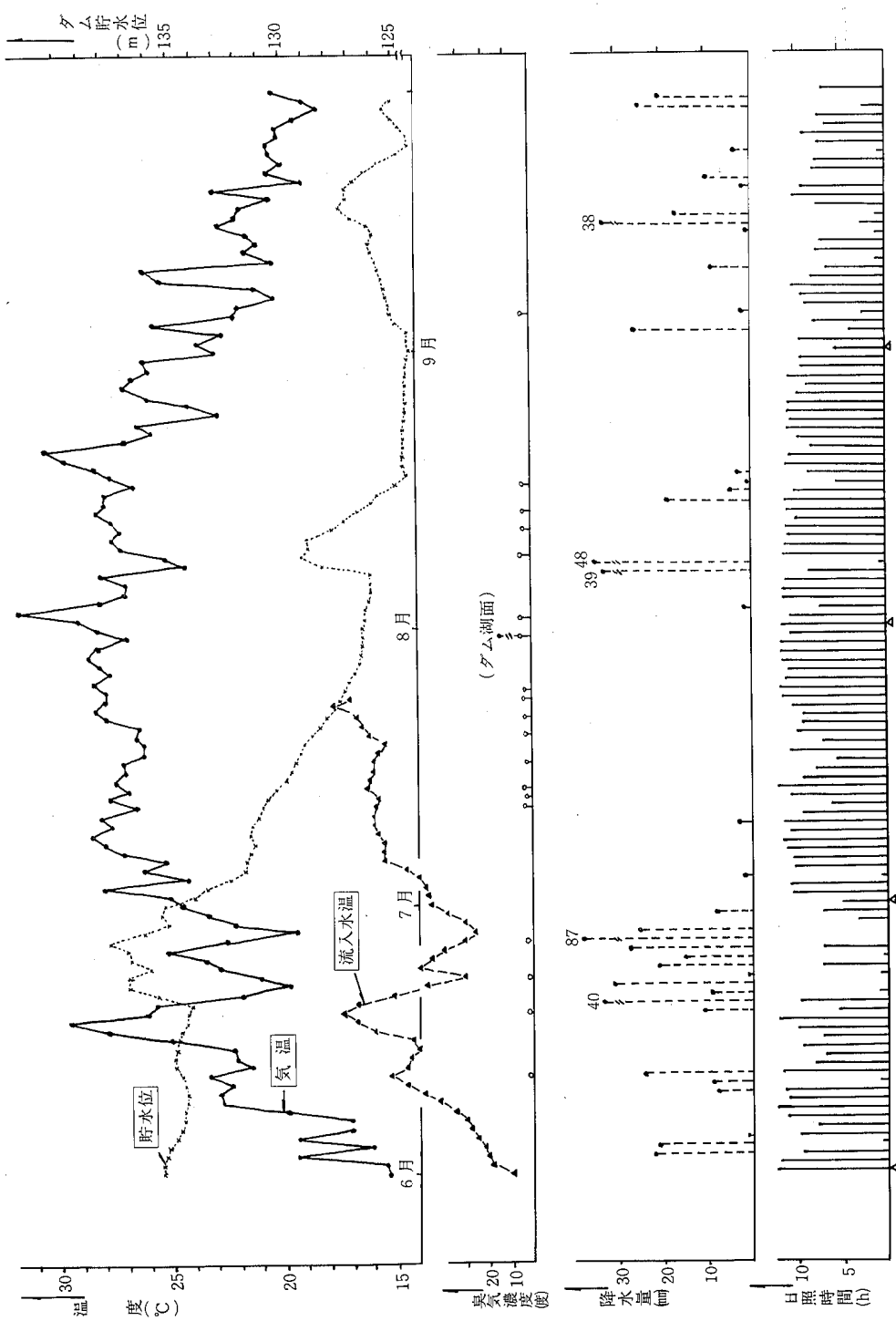


図 4　臭気と環境因子の経日変化（昭和53年）

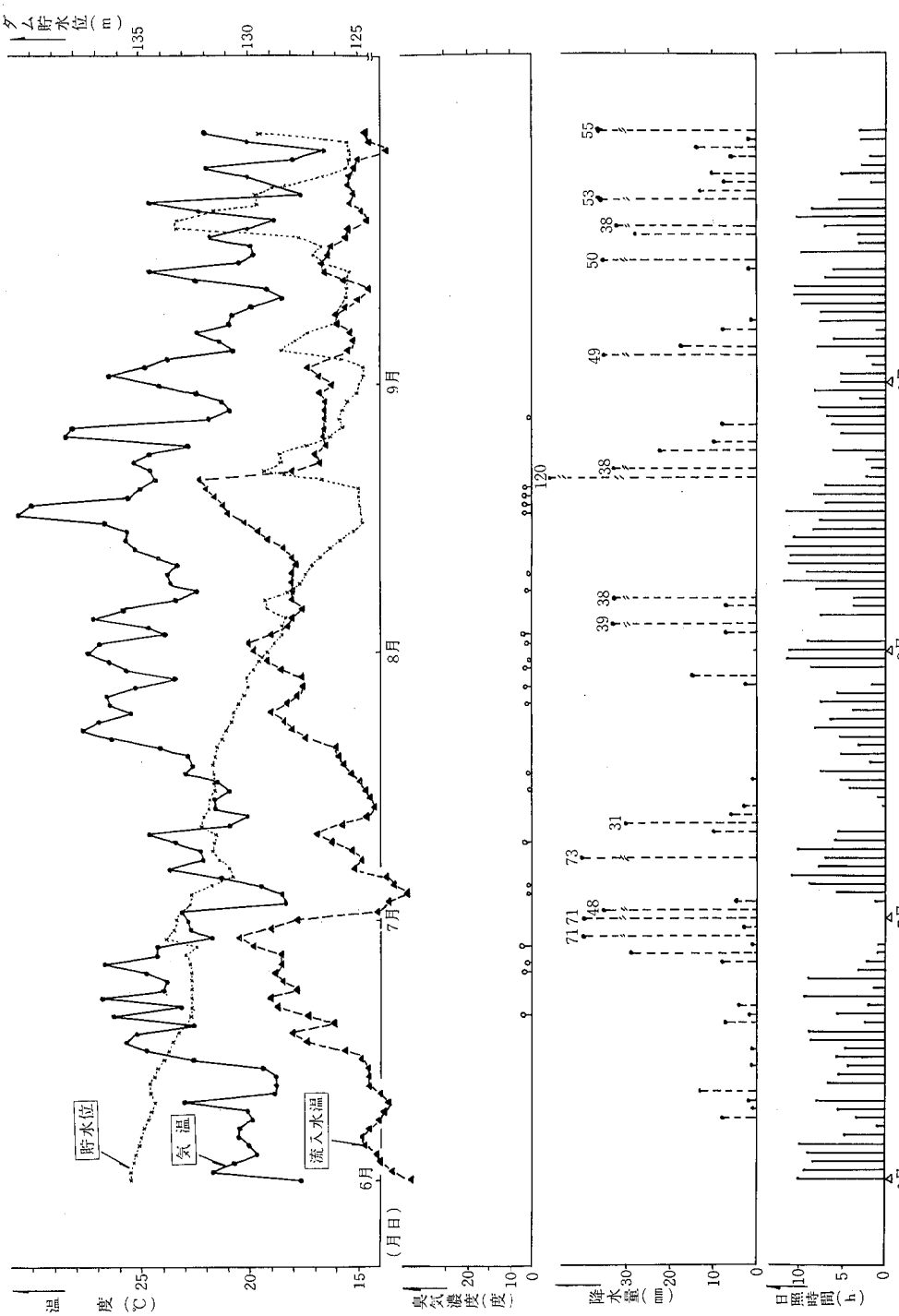


図 5　臭気と環境因子の経日変化（昭和54年）

最高のTO：200（カビ臭）であった。その後は急激に低下し，9月中旬まで TO：10 前後が断続していた。52年は，図3で示すように TO：5 を超えたのは7月12日以降で，3週間後の8月2日にはTO：100まで急騰し1週間程続いたが，この後急に低下した。53年は，図4で示すように7月中旬から下旬にかけてTO：5（カビ臭）以下であった。54年は，図5で示すように前年よりも低く，TO：4（青草臭）以下であり，毎日連続して発生することはなかった。

以上のように，臭気を年毎に比較すると，TOは51年から54年へと低下し，臭気の発生した年では7月上旬から徐々に上昇し，7月末から8月上旬にかけてピークとなり，その後は集中的な降雨と同時に急激な低下を示している。ただし，50年のように臭気が一旦低下しても，再び上昇するケースもみられた。また，臭気の種類は50年，51年，52年，53年はカビ臭，54年は青草臭が主であった。

3・2 気　温

昭和50年は7月20日頃まで24～27°Cの間で変動し，22日から徐々に上昇し31日に29.7°Cとピークを示した。その後急に低下したが，再び30.4°Cまでの上昇があった。51年は，変動が大きく7月中旬まで19～24°C，その後は徐々に上昇し7月25日にはピークの30.3°Cを示し，後は徐々に低下した。52年は，7月20日頃まで22～27°Cの間で変動し，25日に28.1°Cまで上昇，その後8月5日までは27～28°Cと変動の少ない日が続いた。53年は，7月上旬から26～28°Cと比較的高温で変動の少ない日が続き，31日には一旦低下したものの，8月1日から3日にかけ31.8°Cまで急騰し，5か年中の最高気温を記録した。54年は，前年とは逆に7月20日頃まで18～23°Cと低温で，変動の大きい日が続いた。その後上昇したものの，27.7°Cと低温であった。

以上の5か年を比較すると，54年のように気温が低くて変動の大きい場合に臭気は低く，53年のように高温で変動の少ない場合にも臭気は低いことから，臭気と気温には相関関係が必らずしもあるとはいえない。

3・3 日照時間

昭和50年7月上旬の日照時間は，平均5.6時間，中旬6.2時間，下旬11.5時間，8月1日から5日までは11.0時間と好天に恵まれ，長時間の日が多かった。51年7月は，中旬まで比較的変動が大きく，中旬から下旬にかけては晴れの日が多く，日照時間も長かった。8月上旬に入ると降雨が続き，平均7.5時間と短かくなった。52年は，前年よりもやや短時間であったものの，よく似た経日変化を示した。53年の7月は，平均10.2時間，8月上旬で9.7時間と5か年中で最も長く，変動の少ない好天続きであった。54年は，前年とは逆に7月の平均日照時間は4.8時間と短かく，しかも下旬は6時間と例年の6割であり，8月に入っても延びは少なかった。

以上5か年を比較すると，臭気の高かった年は，6月下旬から7月上旬の降雨ピークの後，日照時間の延長がみられ，これと同様に臭気濃度も上昇する傾向がみられた。また，53年7月上旬からは，長い日照時間が観測されていたにもかかわらず，臭気濃度は低かった。これらのことから，日照時間も気温と同様，臭気の上昇には直接関係しているとは考えにくい。だが，臭気の発生がある場合には，この臭気を助長することが考えられる。

3・4 降 水 量

昭和50年の7月は，上旬から中旬までに12日の95mmを最高に230mm降ったが，その後20日間はほとんど降雨がなく，さらに8月6日に56mm降った後，21日まで5mmを超す日はなかった。51年7月は，9日から19日にかけて124mmの降雨があったが，残りの20日間に降雨はなかった。また，8月上旬には多量の降雨があり，10日までに200mmを超えていた。52年7月は比較的少なく，10日から16日までに61mm，8月上旬でも136mmと前年よりも少なかった。53年は，5か年中で最も少なく，7月に5mm，8月上旬に89mmであった。54年は，前年と逆に降水量が多く，6月末から7月上旬にかけて50mm以上の日が3日もあり，7月上旬には，5か年中最高の197mmを記録した。

以上5か年を比較すると，7月下旬は各年とも降雨はほとんどなく，7月上旬から中旬にかけて，また，8月上旬（50年は除く）には必らず多い降雨がみられた。更に，臭気との関連をみると，発生する前（6月下旬から7月上旬）には，ダム湖水が入れ替らない程度の適当量の降雨があり，臭気の発生があってからの少ない降水量はこの臭気を助長させる原因になっていると考えられる。また，高濃度の臭気が発生した年では，8月以降に集中した降雨があると，ダム湖水が入れ替るためか臭気が消えることがわかった。

3・5 流入水温

昭和50年は，7月17日まで14～18°Cの間で変動していたが，以後徐々に上昇し，8月1日の21°Cをピ

ークに 19°C 前後の水温が継続していた。51年は，7月12日まで 16°C 程度と比較的変動が少なく，その後8月1日まで 19°C 前後の水温が続いた。この間，臭気は6月上旬の TO：1度（青草臭）から継続して発生し，6月上旬から7月末にかけては，幾何級数的に上昇した。また，降雨の多かった8月2日以降の水温は急に低下し，臭気も同時に低下した。52年は，一部のデータしかないため評価はできない。53年は，7月24日までの水温しかないが，少なくとも50年，51年，52年よりも低温であり，7月初旬は 13～16°C まで上昇し，その後20日頃までは 16°C 前後と変動の少ない日が続き，21日から23日には 18°C 近くまで上昇した。54年7月は，4日から10日にかけて 12～16°C 位までに上昇し，14日には 14°C まで低下した。その後は25日の 19°C まで上昇した。このような水温の上昇は，7月末から8月初めにかけてもみられた。

このように，53年，54年の流入水温は，TO の高かった年よりも全体的に低かった。特にこれらの年には一時期に水温上昇がみられたものの，低水温からの上昇，上昇期間が短いこと，水温変動が大きいことのため，臭気の発生がほとんどなかったものと考えられる。また，TO の高かった年の流入水温は高いうえ，上昇期間も長く，さらに TO の上昇と流入水温の上昇との間には相関があるように思われた。

3・6 貯水位

昭和50年7月上旬は，EL 132m 位から徐々に低下し，8日に一時回復した後11日まで徐々に低下していた。11日からは急上昇し，13日にはピークの 135.5m となり，その後 131.8m まで急激に低下し，17日以降緩やかに低下して7月31日には 128.1m となり，その後も徐々に低下した。51年7月上旬は，前年とほぼ同様の水位から低下しはじめ，7月いっぱい前年のような大きな変動はなかったが，8月に入り2日には急上昇し，6日をピークに数日間 130m 位の水位が続いた。52年7月も同程度の貯水位から低下し，変動も少なく，8月5日まで低下が続き，翌6日からは逆に急上昇を始め，9日にピークの 133.5m となり，その後急低下した。53年7月上旬は，例年よりも高水位から始まり，5日までに 131.7m と急低下した。その後は5か年中の最低水位で変動の少ない緩やかな低下状態が8月7日まで続いた。54年7月は，133.3m から水位低下が始まり，中旬からは5か年中の最高水位で変動の少ない状態が8月上旬まで続いた。特に6月末から7月上旬には降水量（流入量）が非常に多かったにもかかわらず，水位の上昇はほとんどなかった。

以上，5か年を比較すると，各年7月から8月上旬にかけては水位低下があり，その後降雨による急上昇が必らずみられた。また，53年は低水位での低下，54年は高水位での低下と，他の3か年を中心に対称的であり，特に54年の貯水位の変動は，流入量の変動の割に少なかった。TO の高かった年は，他の年よりも水位変動が大きく，流入量と類似していた。

3・7 流入量

図6に示すように，昭和50年7月上旬の平均流入量は，6.6m³/s，中旬 13.2m³/s，下旬 3.9m³/s であった。この流入量は8月に入っても増加せず，上旬で 4.1m³/s であった。7月12日の 34.1m³/s，13日の 39.1m³/s は，この年では比較的多い日であった。51年7月の平均流入量は，前年の2分の1程度と少なく，上旬で 3.6m³/s，中旬 5.1m³/s，下旬 3.4m³/s であり，8月上旬には前年の3倍以上の流入量があった。52年7月は，前年と同程度であり，特に7月下旬は少なく 1.9m³/s の日が5日間もあった。8月上旬は，7.2m³/s と多く，7月下旬から続いた少ない流入量は8月4日で終った。53年の7月，8月上旬は，流入量が5か年中最少で，7月上旬にはこの月の2分の1程度の流入があり，その後徐々に減少し，8月6日には 1.17m³/s であった。54年7月の流入量は多く，しかも上旬にこの月の6割程度が流入し，その後8月上旬まで徐々に減少した。

5か年を比較すると，50年と54年の7月の流入量は多く，他の年の2倍程度であった。これとは逆に，53年は最少であった。また，51年，52年の8月上旬には7月下旬の2～4倍もの流入があった。

臭気の関連では，TO の高かった年には，流入量の変動が比較的大きく，特に，7月中旬の流入量増加の後，徐々に少なくなる頃から TO が高くなる傾向がみられた。また，この臭気は，8月上旬に現われる流入量のピークと同時にほとんどなくなることがわかった。

3・8 放流量

図7で示すように，昭和50年7月の放流量は，中旬が平均 13.1m³/s と特に多く，13日にこの月最高の 50.5m³/s の放流があり，13日以降の減少は8月5日まで続き，7日には 7.9m³/s と小さなピークがみられた。51年7月は，流入量と同様前年の2分の1程度で，特に上旬に 4.0m³/s，中旬は 5.1m³/s と前年の5割程度であった。しかし，8月上旬に入ると前年の

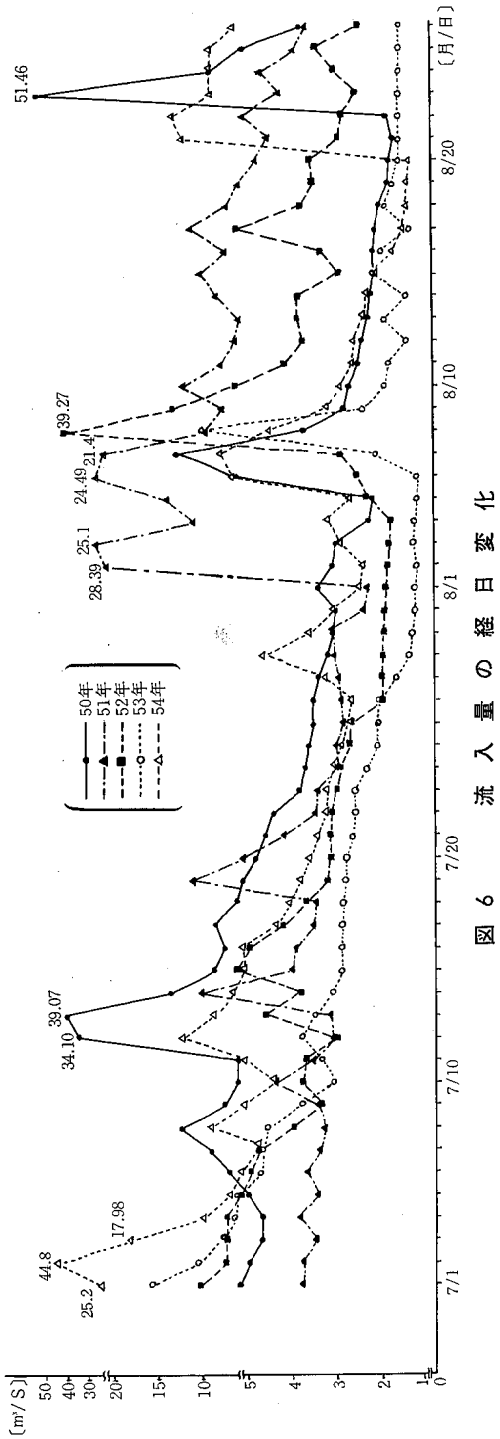


図 6　流 入 量 の 経 日 変 化

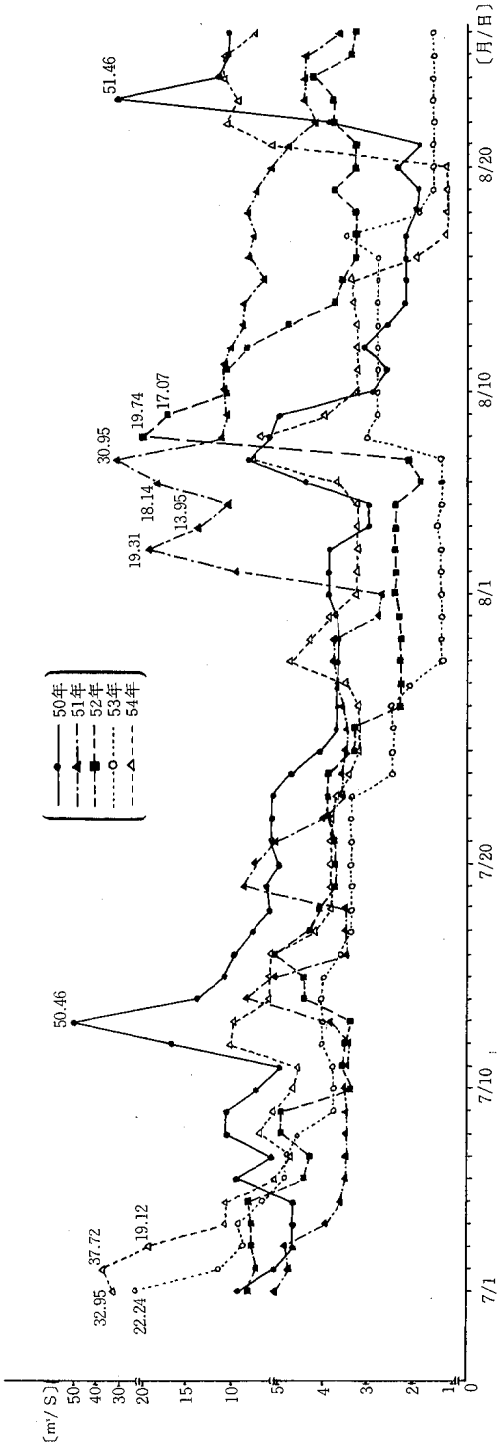


図 7　放 流 量 の 経 日 変 化

3倍程度の放流があり，7日に期間中最高の30.95 m^3/sが観測された。52年7月は，前年とほぼ同様で，平均放流量が上旬で6.1 m^3/s，中旬4.0 m^3/s，下旬3.3 m^3/sと徐々に減少していた。8月に入っても多くの放流はなく，8日にはじめて19.7 m^3/sのピークがみられた。53年7月は，前年よりもやや多かったものの，上旬に平均放流量8.0 m^3/sと同月の6割を占めていた。その後は，5か年中最少で，中旬から8月上旬にかけて減少した。54年7月の平均放流量は，50年をやや下まわり，その多くは，7月上旬に放流された。特に，7月2日には37.7 m^3/sと多かった。

5か年を比較すると，50年の放流量は多く，特に7月中旬に集中していた。また，逆に53年は少なく，50年の6割であった。50年から53年まで，期間中の放流量は減少しているが，54年は50年程度にもどり，各年のピークは流入量と同様，概ね7月中旬と8月上旬にみられた。さらに臭気との関連をみると，流入量が多くても貯水位を高く上昇させずに流入と同程度の放流をした54年には，臭気の発生はほとんどみられなかったのに対し，臭気の発生がみられた50年，51年，52年は，貯水位の上昇が数m以上みられた。このことは，ダム湖水中の栄養塩量の急激な増加が，臭気発生の一因になっている可能性が高いと考えられた。

4 ま と め

昭和50年に山中町の我谷ダムで発生したカビ臭は，53年以降ほとんど発生しなくなった。こういった状況下で試みた5か年間における臭気と環境因子の間には次のような関係があることを知ることができた。

(1) 臭気と流入水温との間には特に関係があり，流入水温が15°C以上で変動が少なく，その水温（15°C以上）を保持する期間が概ね2週間以上継続することが，このカビ臭発生や助長に大きく関与したと考えられる。

(2) 臭気発生の前には，比較的多くの降水量があり，さらに臭気発生期間中にダム湖水が入れ替らない程度の降水量（流入量）があると，これが水中への栄養塩の補給作用となり，臭気の発生や，助長の一因となっていると考えられる。

(3) 臭気の発生や上昇は，比較的長い日照時間が，長期間あることのほか他の条件（流入水温や降水量）が重なり合うことによって生ずるものと考えられる。

(4) 貯水位の変動は，流入量と放流量の調整等で決まるが，降雨時の流入量が放流量を上まわると水位が上昇し，ダム湖水の滞留時間が長くなると同時に，栄養塩も豊富になるため臭気が発生し易くなると考えられる。

(5) 8月上旬には必らずといってよいくらい非常に強い降雨があり，これと同時に強いカビ臭が湖水中から消失することがわかった。

このように，我谷ダムの湖水中のカビ臭は，流入水温や降水量などの関連で発生し，助長されると考えられるので，今後のカビ臭発生は，特に流入水温の経日変化をみてゆくことによって予知することが可能となると思われる。

なお，この報告をまとめるにあたり，資料の提供をいただいた山中町浄水場，県河川課の関係各位に記して謝意を表する。

文　献

1) 衛生常設調査委員会：水道協会雑誌，No. 532，67—90（1979）
2) 衛生常設調査委員会：同上誌，No. 533，81—108（1979）
3) 衛生常設調査委員会：同上誌，No. 536，80—106（1979）
4) 戸田修史郎，加藤充哉：石川衛公研年報，13，95—101（1976）

〔報　文〕

凝集反応による *Clostridium botulinum* E型無毒株の同定

石川県衛生公害研究所微生物部　芹川俊彦・木村晋亮

1 はじめに

我々は昭和49年度から石川県内における *C. botulinum* の分布調査を実施してきたが，その途次，浅野川と手取川の土壌からE型毒素を検出し，本県におけるE型菌の存在を確認した[1]。そこで，このE型毒素が証明された浅野川の土壌からE型菌の分離を試みたところ，有毒E型菌は分離出来なかったが，有毒E型菌と培養性状，生化学性状がほとんど一致する多数の無毒株（*C. botulinum* E型類似菌株）を分離することが出来た。我々は既に，*C. botulinum* C型菌無毒株の同定に際し，凝集反応が有効な方法であることを証明したが[2]，E型菌の無毒株の同定にも凝集反応が利用出来るのではないかと考え，検討を行った。

2 実験方法

2・1 使用菌株

浅野川のE型毒素が証明された土壌から分離した *C. botulinum* E型類似菌株22株を使用した。また，凝集反応の対照菌株として，*C. botulinum* A型菌13株，B型菌9株，C型菌1株，D型菌1株，E型菌11株，F型菌6株及びレチシネース並びにリパーゼ陽性 Clostridia 15株（*C. paraperfringens*, *C. ghoni*, *C. bifermentans*, *C. sordellii*, *C. lituseburense*, *C. limosum*, *C. novyi* A,B,D型菌, *C. subterminale*, *C. perfringens*, *C. perenne*, *C. oceanicum*, *C. absonum*, *C. sporogenes*）を用いた。なお，対照菌株はすべて金沢大学医学部微生物学教室の保存株である。

2・2 抗原の作製

肝片加肝ブイヨン培養菌液を，抗原作製用培地（プロテオーズペプトン No. 2 (Difco)；3%，酵母エキス (Difco)；0.5%，ブドウ糖；1.0%，塩化ナトリウム；0.5%，システイン塩酸塩；0.05%，pH 7.2）に植菌し，37°C，16時間培養後3,000rpm，20分間遠心し，菌体を生理食塩水で1回遠心洗滌後，沈渣に0.4%ホルマリン加生理食塩水を加え，15倍濃縮菌浮遊液を抗原液とした。

2・3 抗菌血清の作製

土壌分離のE16株及び紫外線処理によって無毒化した *C. botulinum* E型岩内株に対する抗菌血清を作製した。

上記の方法により作製した抗原液を，家兎の耳静脈へ3日間隔で7回，0.5mlから3.0mlに漸次増量しながら注射し，最終注射の7日後に採血し抗菌血清を作製した。

2・4 凝集価の測定

抗菌血清を生理食塩水にて10倍より倍数希釈法によって5,120倍まで希釈し，この希釈血清1.0mlに抗原液を1滴加えよく攪拌した後，56°C，2時間反応させ，凝集塊を認めたものを凝集反応陽性として凝集価を求めた。

3 実験結果

土壌分離 *C. botulinum* E型類似菌22株について凝集反応を行った結果，E16，E57，E74，E75の4株が，E16株と岩内株の抗菌血清に対し，80～2,560の

Applicability of Agglutination Test to Identification of Nontoxigenic Isolates of *Clostridium botulinum* Type E. *by Toshihiko SERIKAWA and Nobuaki KIMURA (Department of Microbiology, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

表1　2種の抗菌血清に対する凝集反応

菌株	菌株数	抗菌血清に対する凝集価	
		E 16 株	岩 内 株
土壌分離株			
E 16	1	2,560	1,280
E 57	1	80	640
E 74	1	320	160
E 75	1	160	160
対照菌株			
C. botulinum			
A 型	13	0	0
B 型	8	0	0
	1	160	160
C 型	1	0	0
D 型	1	0	0
E 型	8	1,280～2,560	320～2,560
	3	0	0
F 型	5	0	0
	1	320	320
他の15菌種*	15	0	0

＊レチシネース並びにリパーゼ陽性の Clostridia について凝集反応を行った。

凝集価を示した（表1）。この凝集反応陽性の4株及び陰性の18株の生化学性状は表2のとおりで，凝集を示した4株はすべてE型菌の性状と一致したが，凝集を示さなかった18株中12株は，糖分解性状がE型菌とわずかに異なっていた。

凝集反応に用いた2種の抗菌血清の特異性を検討するため，*C. botulinum* 41株及びレチシネース並びにリパーゼ陽性の Clostridia 15株を対照の菌株として用い凝集反応を行った。その結果，E16株と岩内株の抗菌血清に対し，*C. botulinum* E型菌11株中8株が320～2,560の凝集価を示し，また，B型菌とF型菌の1株（いずれも蛋白非分解性の株）も160～320の凝集価を示したのに対し，*C. botulinum* 以外のレチシネース並びにリパーゼ産生 Clostridia は2種の抗菌血清のいずれに対しても凝集反応を示さなかった（表1）。以上の結果から，この2種の抗菌血清は *C. botulinum* E型菌及び蛋白非分解性のB型菌とF型菌の一部に特異性が高いということが明らかとなった。

4 考　　察

C. botulinum E型毒素が検出された浅野川の土壌からE型菌の分離を試み，数百株の分離株について毒素産生能を調べたが，有毒株を分離することは出来なかった[1]。これら分離株のうち，22株の培養性状，生化学性状が有毒E型菌とほとんど一致することから，この22株はE型菌の無毒株ではないかと考えられたが，有毒 Clostridia では，毒素の産生が同定の際の最も重要な規準となっており，もし無毒であった際には，いかにその性質が似ていても "unidentified" とした方が良いとさえされている[3]ことから，一応未同定とした。しかし，前報[2]で述べた如く，C型菌の無毒株の同定に凝集反応が有効であったことから，これら無毒のE型類似菌株にも凝集反応が応用出来るのではないかと考え，E型菌の無毒株と思われる土壌分離株1株とE型菌の標準株の抗菌血清を作製し，凝集反応による検討を行った。その結果，22株の分離株中4株が抗E16株血清と抗岩内株血清に高い凝集価を示した。更に，これらの抗菌血清の特異性を調べると，レチシネース並びにリパーゼ産生 Clostridia の中では，*C. botulinum* E型菌及び蛋白非分解性のB型菌とF型菌の一部とのみ反応し，特異的であった。また，凝集を示した4株の培養性状，生化学性状が有毒E型菌と完全に一致したことから，土壌から分離した22株のうち，少なくとも4株は *C. botulinum* E型菌の無毒株である可能性が示唆された。一方，抗菌血清に対して凝集を示さなかった18株のうち，特に有毒E型菌と培養性状，生化学性状が全く同じであった6株については，E型菌の他の抗原型である可能性もあり，今後更に多くの抗菌血清を作製し検討を加える必要がある。

5 ま　と　め

浅野川の土壌から分離した *C. botulinum* E型類似菌株の同定のため，凝集反応の手段を用いて検討した結果，凝集反応の特異性から，本法を同定に用いうることが判明し，分離株22株中4株は *C. botulinum* E型菌の無毒株であることが示唆された。

この稿を終えるにあたり，直接御指導御助言をいただいた金沢大学医学部微生物学教室西田尚紀教授並びに中村信一助教授に深く感謝の意を表する。

表 2　　土壌分離株の生化学性状

性状＼菌株	凝集反応陽性株 (4*)	凝集反応陰性株 (6)	凝集反応陰性株 (12)	岩内株 (*C. botulinum* E型菌)
レチシネース	4**	6	12	+
真珠層	4	6	12	+
糖分解性状				
グルコース	4	6	12	+
イノシット	0	0	7	−
マルトース	4	6	12	+
マンノース	4	6	12	+
フラクトース	4	6	12	+
ガラクトース	0	0	0	−
白糖	4	6	3	+
リボース	4	6	12	+
ソルビット	4	6	12	+
インドール産生	0	0	0	−
硝酸塩還元	0	0	0	−
凝固卵白消化	0	0	0	−
ゼラチン液化				
2 %	4	6	12	+
10 %	2	1	3	−
毒素産生	0	0	0	+

*供試菌株数。　**陽性菌株数

文　献

1) 芹川俊彦，木村晋亮：石川衛公研年報，**16**，167—171 (1979)

2) 芹川俊彦，木村晋亮：石川衛公研年報，**14**，106—109 (1977)

3) Smith, L. DS.: Introduction to the pathogenic anaerobes, 1st ed., p 22, University of Chicago press, Chicago (1955)

〔報　文〕

小児上気道疾患からのウイルス分離

（昭和54年の成績）

石川県衛生公害研究所微生物部　木村晋亮・梶　哲夫
尾西　一・佐藤邦代

（本報告の要旨の一部は，第16回日本細菌学会中部支部総会で発表した。昭和54年10月28日，富山市）

1 はじめに

いわゆる「かぜ」の病原体は現在まで数多く知られているが，個々のケースについてはインフルエンザウイルスによる流行性感冒以外は全くと言ってよい程明らかにされていない。症状も比較的軽く，数日で回復してしまうことが多く軽視され勝ちである。しかし，ポピュラーではあっても「かぜは万病のもと」の例えのとおり，他の疾患への引き金になることは充分考えられてよい。

小児，それは大人に比べて感染歴も浅く，多くの病原体に対して極めて高い感受性を有している。小児の上気道疾患については，その病因の90%以上はウイルス性であるとされており，大人の上気道疾患の病因ウイルスとは若干差異はあるものの，病因ウイルスの流行状況を把握するには格好の対象と言える。我々は昭和47年から，石川県におけるマイナーイルネスとしての小児の「かぜ」を対象に，その病因ウイルスの流行像を捕えるべく，金沢赤十字病院小児科の協力を得て，患児の咽頭ぬぐい液からのウイルス分離を試みてきた。その結果，分離ウイルスが必ずしも病因ウイルスであることの確認はできないまでも，年次別，季節別，年令別のウイルス流行状況の推移はこれまでの調査から浮き彫りにされつつある。そしてこれら分離ウイルスの時期的分布状況は，こと石川県のみに特有なパターンを示すものではなく，北陸，もっと広く中部地方，いや日本全体の流行像の凝縮された形としてみることができそうである。言い換えれば，若干時間的なずれこそあれ，常在しているタイプも外来と思われるタイプも，1地域で分離され流行が確認されれば，特に我々が目的としている呼吸器系のウイルスにあっては，他の日本各地でも既に流行しているか，或いはこれから流行するであろうことを予測することができそうである。また，我々は小児の上気道疾患を対象としているが，我々が得た分離成績は，他の機関での異なった対象疾患，例えば不明熱性疾患であるとか無菌性髄膜炎，或いは健康人を対象として得られた成績ともかなり似かよっていることに気付く。このことは，我々が「かぜ」患児から分離することができるミクソ，パラミクソ，アデノ，エンテロの各ウイルスは，人に感染した場合，大部分は不顕性に経過するであろうが，時に呼吸器性の疾患として，或いは消化器性の疾患として，また，不明熱性疾患やウイルス性髄膜炎として，多彩な形で顕われてくることを示している。

流行するウイルスタイプは年により季節により必ずしも同じではない。ミクソ，パラミクソウイルスは毎年流行するが，季節的集積性が高いこと，アデノウイルスは毎年よく分離される型と稀にしか分離されない型とがあり，このことは常在している型と非常在の型とがあることが示されている。また，エンテロウイルスの流行は5年とか10年という長い年周期型と3年までの短かい年周期型があることがこれまでの調査で明

Virus Isolation from Children Suffering from Upper Respiratory Diseases in 1979.
by Nobuaki KIMURA, Tetsuo KAJI, Hajime ONISHI, and Kuniyo SATO (Department of Microbiology, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)

表1　上気道疾患患児の年令別内訳とウイルス分離状況

年　令	供試数	分離株数	分離率%
0	106	19	17
1	97	24	25
2	61	12	20
3	72	17	24
4	52	12	23
5	45	15	33
6	25	4	16
7	22	5	23
8	10	3	30
9	5	1	20
10	10	2	20
11	7	1	14
12	7	1	14
13	1	0	0
14	4	0	0
15	3	1	30
0～6	458	103	22.5
7～12	61	13	21.3
13～15	8	1	12.5
計	527	117	22.2

らかとなっている。

本年も引き続き「かぜ」患児を対象に，主として呼吸器系疾患を惹き起すウイルスの分離を行ってきたが，以下昭和54年1月から12月にかけて得られたウイルス分離成績について報告する。なお，この調査で得られた成績は，月毎にまとめて，国立予防衛生研究所内のWHO地域エンテロウイルスレファレンスセンター（センター長：多ケ谷勇予研腸内ウイルス部長）あて通報している。これら全国から集められた情報は，月毎に分離ウイルス，分離個体，性別，年令，症状，試供検体，採取年月日，採取地，流行状況などを付して月報として還元されてきており[1]，国内でのウイルス流行の動向を知るための貴重な資料となっている。また，これはまとめられ，エンテロウイルスを中心とした国内ウイルス分離状況として，「医学のあゆみ」に掲載されている[2]。

2　調　査　方　法

昭和54年1月から12月の1年間，毎週1回（通常は火曜日），金沢赤十字病院小児科外来に受診した，いわゆる「かぜ」症状を示す上気道疾患児10人（平均）から咽頭ぬぐい液を採取し，ウイルス分離を行った。検体は既述の方法[3]に従って保存液 5 ml を加え，分離に供するまで −80°に凍結保存した。昭和54年に対象とした患児はのべ527人であった。

ウイルス分離細胞には，初代培養細胞としてアフリカミドリザル腎（AGMK）細胞を，継代細胞としてVERO細胞2種，HEp-2細胞，MDCK細胞を用いた。各細胞の培養条件，検体接種後の維持条件，培養観察日数，ウイルス増殖有無の判定及びその方法，分離ウイルスの同定は既述の方法によった[4][5]。

3　調査成績と考察

3・1　年令別ウイルス分離状況

咽頭ぬぐい液を採取した「かぜ」患児の年令別内訳を表1に示した。延べ人数は527人，このうち0～6歳の乳幼児は458人で全体の87%弱，7～12歳の小学生は61人で12%弱，13～15歳の中学生は僅か8人で1%強であった。年令別では0歳が最も多く，1歳がこれに次ぎ，ほぼ加令と共に減少する傾向であった。

これら患児を対象に，AGMK，VERO（2種），HEp-2，MDCKの5細胞を用いウイルス分離を試みたところ，117株のウイルスを分離した。分離率は22.2%であった。各年令別の分離率は表1に示したとおりで，最も高かったのは5歳児の33%であり，年令層別では0～6歳が103株，22.5%，7～12歳が13株，21.3%，13～15歳が1株，12.5%と，年令層が高くなるにつれ，分離率は低下する傾向を示した。このことは昭和54年1月～12月にかけて，例年小学校や中学校を中心として発生する「集団かぜ」が，本年は極めて少なかったことに起因しているものと考えられる。

表2に分離されたウイルスの年令別内訳を示した。21種の分離ウイルスは，0～6歳の乳幼児からすべて分離されているのに対し，小学生ではアデノが9例とこの年令層での分離例の69%を占めた他はエコー2例，パラインフルエンザ，コクサッキーBが各1例，中学生ではコクサッキーBの1例のみであった。このように常在もしくは非常在型でも短周期で流行しているウイルスの感染は，感受性が高い乳幼児期に大部分が罹患してしまうことを物語っている。なお，ポリオの4例については，被験者は4人とも春期のポリオ生ワクチン投与を受けており，マーカー試験は行ってい

表 2　　分離ウイルスと上気道疾患患児の年令別分布

分離ウイルス	ウイルスが分離された患児の年令																計
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
インフルエンザA（H1）					1												1
パラインフルエンザ 1	1	1	2		1	1											6
〃 2	1	1		1	2	1		1									7
〃 3	3	5	2	2													12
ムンプス				2		1											3
RS				1													1
アデノ 1				1		1											2
〃 2	1	2			2		1				1						7
〃 3		1	2	5	2	4		1	1	1							17
〃 4	3	2					1	1			1	1	1				10
〃 5	1	2	3			1		1									8
〃 6	1				1												2
ポリオ 1	2	1															3
〃 2		1															1
コクサッキーB 1	2	2		3	1	1			1								10
〃 2	1	2	1	1												1	6
〃 4		1				1											2
エコー 6	1	2				1	1										5
〃 14	1		1	1	1	3	1	1	1								10
〃 21		1	1		1												3
エンテロ 71	1																1
計	19	24	12	17	12	15	4	5	3	1	2	1	1	0	0	1	117

ないが，接種後20日以内であることから，生ワクチン由来の弱毒株であると考えられる。

3・2　月別ウイルス分離状況

「かぜ」患児からの月別ウイルス分離状況を表3に示した。分離されたウイルスは，インフルエンザA（H1型）1株，パラインフルエンザ（1，2，3型）25株，ムンプス3株，RS1株，アデノ（1，2，3，4，5，6型）46株，ポリオ（1，2型）4株，コクサッキーB（1，2，4型）18株，エコー（6，14，21型）18株，エンテロ71型1株であった。このうち10株以上分離されたウイルスは，パラインフルエンザ3型，アデノ3型，4型，コクサッキーB1型，エコー14型で，これらのウイルス型は流行したと思われる。そして時期的には，パラインフルエンザ1，2型は10～12月の冬季に，同じく3型は3～6月の春期に，アデノ各型は1月から9月にかけて，ポリオは春期生ワクチン投与後に，コクサッキーB各型は7月～11月にかけて，エコー6型は9～11月に，同じく14，21型は2～3月に比較的よく分離された。1カ月に5株以上分離されたウイルス型としてはパラインフルエンザ1型，アデノ4型，コクサッキーB1型があり，比較的濃厚な流行のあとが伺える。

3・3　細胞別ウイルス分離状況

「かぜ」患児の咽頭ぬぐい液からのウイルス分離に使用した5細胞系別の分離状況を月別に示したのが表4である。使用した細胞系はトリプシン添加VERO-K，VERO-O，MDCK細胞，HEp-2細胞，2代AGMK細胞で，これら5細胞系で分離された株数はそれぞれ66，29，1，74，30株であった。これを全分離株数117株に対比すると，56%，25%，1%，

表 3　　上気道疾患患児からの月別ウイルス分離状況（昭和54年）

分離ウイルス	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
インフルエンザA(H1)						1							1
パラインフルエンザ 1										5	1		6
〃 2										3	2	2	7
〃 3			1	4	4	3							12
ムンプス						1	1	1					3
R S												1	1
アデノ 1				1								1	2
〃 2			1	2	2		1		1				7
〃 3	4	3	4	2		2	1	1					17
〃 4	4	5						1					10
〃 5	1	1			2	1	2					1	8
〃 6											1	1	2
ポリオ 1				3									3
〃 2			1										1
コクサッキーB 1								2	2	5	1		10
〃 2							1	3		2			6
〃 4								2					2
エコー 6									1	3	1		5
〃 14		1	4	2								3	10
〃 21		2		1									3
エンテロ 71											1		1
計	9	12	11	15	8	8	6	10	4	18	7	9	117

63%，26%となり，トリプシン添加 VERO-K 細胞，HEp-2 細胞では比較的高い分離率を示した。一方，他の4細胞系で分離されずその細胞系のみで分離された株数は，VERO-K18株，VERO-0 1株，MDCK 1株，HEp-2 38株，AGMK 6株の計64株あり，全分離株数の55%を占めたが，このことは各細胞系に特有なウイルス感受性スペクトルがあることを示しているもので，理想としては全てのウイルスに感受性をもつ細胞系があれば最も良いが，現実にはいくつかの分離系を組み合わせて，出来るだけ多くのウイルスを分離する工夫がなされている。そしてこの場合，切り出して用いる初代培養細胞よりは，半永久的に継代可能な継代細胞を用いる方が遙かに使用し易いことは論を待たないが，細胞系が樹立されると細胞自身の性質は切り出した当時とは異なってしまうことが多く，中には高い感受性は有するが，継代細胞とはなり得ない細胞株もあり，この細胞系の選択がウイルス分離を行う上での大きな隘路になっている。

3・4　細胞別ウイルス感受性

これら上気道疾患患児から分離された21型，117株のウイルスの細胞別の感受性を表5に示した。

インフルエンザウイルスはトリプシン添加 MDCK 細胞系のみで分離され，他の細胞系では分離されなかった。パラインフルエンザウイルスは，トリプシン添加 VERO-K 細胞系が高い感受性を有しており，25株中24株（96%）が分離され，AGMK の10株（40%）よりは遙かに有用な系であることが示された。ただ同じパラミクソウイルスグループでもムンプスウイルスは分離された3株のうち，AGMK 細胞では2株分離されたが，VERO 細胞では2系とも1株ずつしか分離できなかった。また，同グループの RS ウイルスは VERO-K 細胞のみで分離された。アデノウイルスは

表 4　上気道疾患患児からの月別，細胞別ウイルス分離状況

分離月	使用細胞 VERO-K	VERO-O	MDCK	HEp-2	AGMK	分離株数	供試数	分離率
1 月	5(2)	3(0)	0	7(3)	0	9(5)	45	20.0%
2 月	3(0)	1(0)	0	11(9)	0	12(9)	51	23.5
3 月	5(0)	3(0)	0	10(6)	2(0)	11(6)	45	24.4
4 月	11(3)	4(0)	0	11(3)	6(0)	15(6)	58	25.9
5 月	8(3)	4(0)	0	4(0)	1(0)	8(3)	50	16.0
6 月	5(1)	1(0)	1(1)	3(0)	3(2)	8(4)	28	28.6
7 月	6(0)	4(0)	0	4(0)	0	6(0)	36	16.7
8 月	5(0)	5(1)	0	3(1)	7(2)	10(4)	42	23.8
9 月	0	0	0	3(3)	1(1)	4(4)	39	10.3
10 月	10(5)	2(0)	0	9(8)	4(0)	18(13)	50	36.0
11 月	3(1)	1(0)	0	3(3)	3(1)	7(5)	43	16.3
12 月	5(3)	1(0)	0	6(2)	3(0)	9(5)	40	22.5
計	66(18)	29(1)	1(1)	74(38)	30(6)	117(64)	527	22.2%
分離率%（対総数）	12.5(3.4)	5.5(0.2)	0.2(0.2)	14.0(7.2)	5.7(1.1)	22.2(12.1)	100	—
分離率%（対分離株数）	56.4(15.4)	24.8(0.9)	0.9(0.9)	63.2(32.5)	25.6(5.1)	100(54.7)	—	—

（ ）内数字は他の細胞系では分離されず，その細胞系のみで分離された株数，若しくは分離率を示す。

46株中43株（93%）がHEp-2細胞で分離され，VERO-K細胞での27株（59%），VERO-O細胞での16株（35%）に比し高い感受性を示した。しかし分離された1～6型のうち，3型に対しては分離率88%，4型には90%と，他の1，2，5，6型に対しては分離率が100%と感受性が高い上に感染価も高い価を示したのに比較すると，感染価も感受性同様低い値を示した。ポリオウイルスは生ワクチン由来の弱毒株と思われ，分離では1，2型のみが得られたが，細胞の感受性はMDCK細胞が非感受性であった他は，ほぼ同じ感受性を示した。コクサッキーBウイルスは，型によって感受性に差がみられた。即ち，1型はHEp-2細胞で10株中8株が分離され，AGMK細胞での3株に比し高い感受性を示した。これに対し2型，4型は分離株8株中HEp-2細胞で分離されたのは僅かに1株のみと感受性が極端に低く，逆に1型に感受性が極度に低かったVERO細胞系では7株と高い感受性を示した。なお，AGMK細胞では5株と中等度の感受性であった。エコーウイルスでは，分離された6，14，21型の全ての株がHEp-2細胞で分離され，高い感受性を示した。これに対しAGMK細胞では14型のみ10株中5株，VERO-K細胞も同じく2株と感受性は低く，VERO-O，MDCK細胞では1株も分離されなかった。エンテロウイルス71型はAGMK細胞でのみ1株分離されたが，他の細胞系では分離されなかった。

分離に用いた使用細胞別に，昭和54年に分離されたウイルス株の2/3以上が分離できたウイルスをあげると，VERO-K細胞では，パラインフルエンザ（1，2，3型），RS，アデノ（2，5型），ポリオ（1，2型），コクサッキーB（2，4型），VERO-O細胞では，アデノ2型，ポリオ（1，2型），コクサッキーB（2，4型），MDCK細胞ではインフルエンザA（H1）型のみ，HEp-2細胞では，アデノ（1，2，3，4，5，6型），ポリオ（1，2型），コクサッキーB1型，エコー（6，14，21型），AGMK細胞では，ムンプス，ポリオ（1，2型），コクサッキーB4型，エンテロ71型であった。

3・5　昭和54年に小児から分離されたウイルス

金沢赤十字病院小児科外来に受診した「かぜ」患者から117株のウイルスが分離されたが，このほかに依頼検査及び行政検査で分離されたウイルス株のうち，被検者が15才以下であった17株を加え，年令層別に掲げたのが表6である。新たに加わったウイルスは，インフルエンザA（H1）型16株，コクサッキーB2型

表 5　上気道疾患患児から分離されたウイルスの細胞別感受性

分離ウイルス	VERO-K 分離株数	VERO-K 分離率	VERO-O 分離株数	VERO-O 分離率	MDCK 分離株数	MDCK 分離率	HEp-2 分離株数	HEp-2 分離率	AGMK 分離株数	AGMK 分離率	計 分離株数	計 分離率
インフルエンザA(H1)	0		0		1	100%	0		0		1	100%
パラインフルエンザ 1	6	100%	0		0		0		3	50%	6	100
〃 2	7	100	1	14%	0		0		2	29	7	100
〃 3	11	92	0		0		0		5	42	12	100
ムンプス	1	33	1	33	0		0		2	67	3	100
RS	1	100	0		0		0		0		1	100
アデノ 1	0		0		0		2	100%	0		2	100
〃 2	6	86	6	86	0		7	100	0		7	100
〃 3	11	65	3	18	0		15	88	0		17	100
〃 4	4	40	3	30	0		9	90	0		10	100
〃 5	6	75	4	50	0		8	100	0		8	100
〃 6	0		0		0		2	100	0		2	100
ポリオ 1	3	100	2	67	0		3	100	3	100	3	100
〃 2	1	100	1	100	0		1	100	1	100	1	100
コクサッキーB 1	0		1	10	0		8	80	3	30	10	100
〃 2	5	83	5	83	0		1	17	3	50	6	100
〃 4	2	100	2	100	0		0		2	100	2	100
エコー 6	0		0		0		5	100	0		5	100
〃 14	2	20	0		0		10	100	5	50	10	100
〃 21	0		0		0		3	100	0		3	100
エンテロ 71	0		0		0		0		1	100	1	100
計	66	56.4%	29	24.8%	1	0.9%	74	63.2%	30	25.6%	117	100%

1株である。

この表で，昭和54年に15歳までの小児から分離されたウイルス株は134株で，内訳は就学前の0～6歳児からは104株で，全分離株数の78%，小学生の7～12歳からは24株，18%，中学生の13～15歳からは6株，4%であった。検査対象母数に差はみられるものの分離株数は乳幼児に圧倒的に多く，ウイルス別ではインフルエンザのように集団生活の場での感染機会が高いケースを除けば呼吸器系のウイルスの大部分は乳幼児期に罹患を経験してしまうと言ってよい。即ち，この表で見る限り，パラミクソウイルスの97%，アデノウイルスの80%，エンテロウイルスの88%は0～6歳児からの分離で，就学後の生徒からの分離はインフルエンザウイルスを除けば僅に分離株数の13%を占めたに止まった。なお，インフルエンザウイルスの分離率は乳幼児で12%，小学生で65%，中学生で24%であった。

4 まとめ

昭和54年1月から12月にかけて，金沢赤十字病院小児科外来に受診したいわゆる「かぜ」症状の患児527人から咽頭ぬぐい液を採取し，5系の細胞系を用いてウイルス分離を試みたところ，117株を分離し得た。分離率は22.2%であった。

年令別では，0～6歳の乳幼児から103株，7～12歳の小学生から13株，13～15歳の中学生から1株が分離され，供試数に対する分離率は各々22.5%，21.3%，12.5%であった。

分離されたウイルスは，インフルエンザウイルスA型（H1型）1株，パラインフルエンザウイルス（1，

表6　小児から分離されたウイルスの年令層別内訳

分離ウイルス	0～6歳	7～12歳	13～15歳	計
インフルエンザA(H1)	2	11	4	17
パラインフルエンザ 1	6	0	0	6
〃 2	6	1	0	7
〃 3	12	0	0	12
ムンプス	3	0	0	3
RS	1	0	0	1
アデノ 1	2	0	0	2
〃 2	6	1	0	7
〃 3	14	3	0	17
〃 4	6	4	0	10
〃 5	7	1	0	8
〃 6	2	0	0	2
ポリオ 1	3	0	0	3
〃 2	1	0	0	1
コクサッキーB 1	9	1	0	10
〃 2	5	0	2	7
〃 4	2	0	0	2
エコー 6	5	0	0	5
〃 14	8	2	0	10
〃 21	3	0	0	3
エンテロ71	1	0	0	1
計	104	24	6	134

2，3型）25株，ムンプスウイルス3株，RSウイルス1株，アデノウイルス（1，2，3，4，5，6型）46株，ポリオウイルス（1，2型）4株，コクサッキーBウイルス（1，2，4型）18株，エコー（6，14，21型）18株，エンテロウイルス71型1株であった。

分離時期では，パラインフルエンザ1，2型は秋に，同3型は春に，アデノは冬から夏にかけて，ポリオは春期生ワクチン投与期に，コクサッキーBは夏から秋にかけて，エコーは6型が秋に，14，21型は春に多く分離された。

使用細胞別では，VERO-K細胞で66株，VERO-O細胞で29株，MDCK細胞で1株，HEp-2細胞で74株，AGMK細胞で30株分離され，全分離株数に対する比率は，各々56%，25%，1%，63%，26%であった。このうち他の4系の細胞系では分離されず，当該細胞系でのみ分離された株が64株（54.7%）あり，細胞別では各々18株，1株，1株，38株，6株であった。また，細胞別に本年分離された株の⅔以上を分離できたウイルスをみると，VERO-K細胞ではパラインフルエンザ（1～3型），RS，アデノ（2，5型），ポリオ（1，2型），コクサッキーB（2，4型），VERO-O細胞ではアデノ2型，ポリオ（1，2型），コクサッキーB（2，4型），MDCK細胞ではインフルエンザA型，HEp-2細胞ではアデノ（1～6型），ポリオ（1，2型），コクサッキーB1型，エコー（6，14，21型），AGMK細胞ではムンプス，ポリオ（1，2型），コクサッキーB4型，エンテロ71型であった。

昭和54年に小児から分離されたウイルス株は134株あり，そのうち就学前の0～6歳児からはその78%にあたる104株が分離された。主なウイルス別内訳はパラミクソウイルスの97%にあたる28株，アデノウイルスの80%にあたる37株，エンテロウイルスの88%にあたる37株で，インフルエンザウイルスは僅かに12%にあたる2株であった。小学生の7～12歳児からは18%にあたる24株が分離されており，その83%はインフルエンザウイルスとアデノウイルスであり，とりわけインフルエンザウイルスは全分離株の65%にあたる11株がこの年令層で分離された。中学生の13～15歳児からは僅かに6株が分離されたに止まり，そのうちの4株はインフルエンザウイルスであった。

この稿を終えるにあたり，検体の採取に御協力いただいた金沢赤十字病院小児科の向井幹夫医長ほか関係各位に記して謝意を表する。

文　献

1) WHO Enterovirus Reference Laboratory in Japan : Monthly Report to WHO of Virus Infections Diagnosed in Laboratories, 1979-1—1979-12 (1979)
2) WHO 協力センター，国立予防衛生研究所腸内ウイルス部：医学のあゆみ，**110**，233—234，362，493—497 (1979)，**111**，36—38，161，717—718 (1979)，**112**，531—534 (1980)
3) 木村晋亮，梶哲夫，尾西一：石川衛公研年報，**16**，209—215 (1979)
4) 梶哲夫，尾西一，木村晋亮：石川衛公研年報，**13**，160～170 (1976)，**14**，110—116 (1977)
5) 木村晋亮，梶哲夫，尾西一：石川衛公研年報，**15**，122—129 (1978)

（報　文）

対血清で有意上昇をみたＨＩ抗体価から推測した単一血清抗体価の血清学的意義づけの試み

石川県衛生公害研究所微生物部　木　村　晋　亮

（本報告の要旨は，第22回日本感染症学会中日本地方会において発表した。昭和54.11.23　石川県内灘町）

1　はじめに

ウイルス感染を経過することによって生体にはある種の免疫状態が成立する。その一つである体液性免疫の成立は血清中に産生される液性抗体である免疫グロブリンが，その目安の一つになるが，感染源となったウイルスに対する宿主としての生体の反応は画一的ではなく，それはウイルスによっても，また個人によってもその程度には差がみられる。一口にウイルス感染症と言っても，中には大部分が発症するいわゆる顕性感染もあるが，一方では，殆んど発症することなく不顕性に経過する例もまた数多く存在する。また，発症の軽重は必ずしも産生抗体量とは相関しないし，症状が類似する疾患にあっては，時として免疫反応や病因ウイルス分離の方が的確な診断の決め手となることもあり得る。このようにウイルス感染症にあっては，細菌感染症よりももっと様相が複雑であり，確実な診断には典型的な臨床経過をたどるいくつかの疾患を除いては，ウイルス学的，血清学的な診断方法を導入する必要がある。しかし，一口にウイルス感染症と言っても非常に多種類あり，中には現在までもその診断方法が確立されていないか，特定の研究機関のみでしか診断できないものもある。

一般に当該感染症から病因ウイルスを分離するにしても，細菌分離と比較しても遙かに手数がかかる上，例え分離されても，その分離ウイルスをその疾患の病因と決めつけるには，通常無ウイルス状態であるサンプルからの分離を除けば，かなりの困難を伴うことは衆知の事実である。ある感染症とその病因ウイルスとが対であるような疾患にあってはさほど問題は起らないが，概して大部分の病原ウイルスにあってはその来たす症状は多種多様であり，従って症状とウイルスを簡単に結びつけることは大概不可能である。しかし将来，病巣からの細菌定量分離培養のような direct plaque assay が容易にできるようになれば，優勢ウイルス種ということで分離操作のみで病因ウイルスとすることが可能になるかも知れないが，少なくとも現在では一般的であるとは言えない。

では，血清学的・免疫学的な方法では如何であろうか。ウイルス感染後宿主がこれに対応し，免疫抗体を産生することはよく知られた事実であり，現に発病直後２～３病日までの急性期の血清抗体価に比し，通常発病２～３週後の回復期の抗体価が４倍以上（中には８倍以上を有意とするものもあるが）上昇していれば，当該ウイルスによる感染若しくは再活性化を疑えるとされている。感染後比較的早期に発症し，かつ抗体産生が顕著である疾患にあっては，採血時期が適切であれば，まず血清学的検査による診断は可能である。しかし，発症が軽微であったり，発症までの日数が長い疾患にあっては，適正な時期に採血することが困難となり，特に急性期血清の抗体価が既にある程度

A Trial of Establishment of Laboratory Serodiagnostic Criteria in a Single Serum Specimen Conjectured from 4-Fold or Greater Increase in HI-Antibody Titer between an Acute- and Convalescent-Phase Serum Specimen. *by Nobuaki KIMURA (Department of Microbiology, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

高まっている場合には，回復期との間に有意差がなくなり，有意上昇による診断は下せなくなる。また，このような例は，初感染後潜伏感染したり，慢性に経過する疾患でもみられ，やはりこのような方法での診断は困難な場合が多い。有意上昇がみられない例でも，それが初感染である場合には，急性期血清中の初感染時に形成されるIgM抗体の血清学的特異性を直接的若しくは間接的に証明できれば，単一血清でも感染の有無については意味を持たせられるため，血清学的な診断は可能となる。しかし，これとて初感染に限られ，再感染時では典型的な経過をとらず診断は困難となる。

我々が一般医療機関からウイルス血清反応検査の依頼を引受けるようになってから当面したことの一つは臨床生化学検査におけるような正常値とか健常値とかいう値が抗体価でもないかという問合せであった。当然の疑問である。この場合でも抗体の有無が問題となるような検査やチエック可能な検査による既応の有無については殊更問題とはならないが，ある抗体価が示されて，この値が正常なのか異常なのか，端的にはその値をある疾患と結びつけられるかどうかと言う場合は問題となってくる。前述したように血清学的診断の根拠は対血清での有意上昇の有無が原則となるが，2回の採血でその間に有意上昇がみられたものは感染を疑えるとして，なかった場合感染と無関係と言い切れるかどうか，また，急性期に採血できなかった場合は診断は不可能なのか，問題点は残る。

そこで，我々はウイルス血清反応検査で得られた抗体価が正常なのか異常なのかというより，むしろその値とあるウイルス感染症とを結びつけられないかどうかを試みた。その一つの試みとして，これまで検査依頼のあった患者対血清の中で，採血時期が適切であり，かつ急性期に比し回復期で抗体価が有意に上昇した例を抽出し，その有意上昇した対血清回復期の抗体価をもとに，任意の時期に採血された単一血清でも当該ウイルスによる感染が疑える抗体価を設定できないかどうかについて検討を加えた。ここでは一般依頼検査と行政依頼検査のうちからHI抗体価測定を行ったインフルエンザA，B，パラインフルエンザ1～4，ムンプス，麻疹，風疹，日本脳炎について，単一血清での診断基準の設定を試みた。なお，日本脳炎と風疹については，既に日本脳炎研究会（1965）と風疹ウイルス研究班（1976）によって，単一血清での感染を疑える診断基準が設定されている。

2 材料と方法

2・1 被験血清

石川県衛生公害研究所へ昭和48年10月から54年8月までの過去7年間に，県下の医療施設等からHI抗体価測定（インフルエンザA，B，パラインフルエンザ1～4，ムンプス，麻疹，風疹，日本脳炎の10項目）のために検査依頼のあった患者血清，厚生省委託のインフルエンザ流行予測（昭和51年～54年）並びに県公衆衛生課事業のインフルエンザ定点観測（昭和47年～54年）調査用に採取された血清，集団かぜ（昭和48年～54年）に際して採取された血清（以上インフルエンザA，Bに対するHI抗体価測定），厚生省科学研究費によるパラインフルエンザの抗体保有調査（昭和52年）時の血清，調査研究（昭和45年～48年）と県公衆衛生課事業（昭和49年～51年）として行った県下在住の妊婦並びに20才女子の風疹HI抗体保有状況調査に用いた血清及び日本脳炎様患者の血清学的診断のため，昭和35年から54年にかけて県下各保健所から送付を受けた血清，合せて32,243検体を対象とした。その項目別の内訳は表1に示したとおりで，うち対血清でかつ4倍以上の有意上昇がみられた回復期血清は総数 2,268検体あり，血清検体の7.03%を占めた。その項目別比率はインフルエンザ，麻疹，風疹，日本脳炎では5～10%，ムンプス4%，パラインフルエンザは0.7～1.6%であった。

表1　項目別HI抗体価測定血清検体数と対血清で有意上昇がみられた回復期血清検体数の内訳

項目	検体数	有意上昇がみられた回復期検体数	陽性率
インフルエンザ A	7,492	748	9.98%
〃 B	5,978	302	5.05%
パラインフルエンザ 1	1,555	11	0.71%
〃 2	1,308	14	1.07%
〃 3	1,277	21	1.64%
〃 4	910	11	1.21%
ムンプス	1,895	82	4.33%
麻疹	1,613	140	8.68%
風疹	9,386	857	9.13%
日本脳炎	829	82	9.89%
計	32,243	2,268	7.03%

表 2　　HI 抗体価測定の方法

項目	HA試験			HI試験			
	赤血球	濃度	反応条件	血清の前処理	処理後の希釈	抗原抗体反応	HI抗体価の表示
インフルエンザ	ニワトリ	0.4%	4°C1時間	RDE(37°C, 1夜) 56°C30分	1：4	室温 1時間	血清の最終希釈倍数
パラインフルエンザ	モルモット	0.5%	室温90分	〃	〃	〃	血清の希釈倍数
ムンプス	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
麻疹	アフリカミドリザル	1.0%	37°C1時間	冷アセトン2回抽出 浮遊後4°C1夜	1：8	〃	〃
風疹	1日ニワトリひな	0.3%	4°C1時間	〃	〃	〃	〃
日本脳炎	〃	0.33%	37°C1時間	〃 更に56°C30分	1：10	〃	〃

表 3　　インフルエンザ HI抗体価測定に用いた HA 抗原株

年度	インフルエンザ流行予測	発生時行政検査	一般依頼検査
昭和47	A/福岡/1/70(H3N2) B/大阪/2/70	左に同じ	なし
昭和48	A/東京/1/72(H3N2) B/群馬/1/73	左に同じ	左に同じ
昭和49	A/東京/1/72(H3N2) B/群馬/1/73	左に同じ	左に同じ
昭和50	A/東京/6/73(H3N2) B/岐阜/2/73	A/東京/6/73(H3N2) A/東京/2/75(H3N2) A/山梨/20/75(H3N2)	A/東京/6/73(H3N2) B/岐阜/2/73
昭和51	A/熊本/22/76(H3N2) B/岐阜/2/73	B/石川 分離株	A/熊本/22/76(H3N2) B/岐阜/2/73
昭和52	A/熊本/22/76(H3N2) B/神奈川/3/76	左に同じ	左に同じ
昭和53	A/USSR/92/77(H1N1) A/山梨/2/77(H3N2) B/神奈川/3/76	左に同じ	A/USSR/92/77(H1N1) B/神奈川/3/76
昭和54	A/USSR/92/77(H1N1) A/福島/103/78(H1N1) B/神奈川/3/76	A/USSR/92/77(H1N1) A/福島/103/78(H1N1) A/山梨/2/77(H3N2) B/神奈川/3/76	A/USSR/92/77(H1N1) A/山梨/2/77(H3N2) B/神奈川/3/76

2・2 HI抗体価測定

HI試験はすべてマイクロタイター法により，システムは希釈血清25μlにHA抗原液（4或いは8単位/25μl）25μlを加え，室温60～90分間抗体反応を起させた後，至適濃度の血球浮遊液50μlを加えHA反応を起させ，一定時間経過後判定を行った。HI抗体価の表示はインフルエンザではWHO方式による最終血清希釈倍数によったが，他の項目では血清反応の通例である血清希釈倍数表示により，抗体価は便宜上原則として逆数表示によった。従って，インフルエンザでの表示は他項目での表示より4倍高い値を示している。なお，HA試験，HI試験の概略は表2に示したとおりである。また以下に，各項目別の使用HA抗原，HA試験の条件，被験血清の前処理，HI試験について述べる。

(1) インフルエンザ

使用HA抗原は原則として当該年度のワクチン使用株を用い，すべて武田薬品工業KKから市販されている製品を使用した。昭年47年から昭和54年までに使用した株はまとめて表3に示した。

HA試験には0.4％ニワトリ（1日ひな若しくは成鶏）赤血球浮遊液，HA抗原と血球浮遊液の希釈にはPBS（リン酸緩衝食塩水）pH7.4を用い，抗原液と血球浮遊液を混和後4°C 1時間以上静置後判定した。

被験血清の前処理は血清1容にRDE (Receptor Destroying Enzyme)（武田薬品工業KKから市販）3容を加え（血清は1：4に希釈），37°Cのふらん器内で1夜放置後，56°C 60分間の非働化を行う方法によった。

HI試験は前処理血清の2倍階段希釈列に同量の8単位抗原液を加え，室温60分間放置後血球浮遊液を加え判定を行った。HI試験にはHA抗原の2次定量列及び血清対照として既知抗体価の抗血清希釈列並びに被験血清の血清対照希釈列をおいた。被験血清対照列にヘテロヘマグルチニン（異種血球凝集素）価が認められた場合にはニワトリ赤血球による吸収操作を行った後，再度HI試験を行った。なお，対血清のHI抗体価測定は同時に行うことを原則とした。

(2) パラインフルエンザ

使用HA抗原は表4に示したように，1型HA-2株，2型CA株，3型HA-1株，4型M-25株で，いずも東芝化学工業KKから市販されている製品を使用した。増殖系はすべてVero細胞である。HA試験には0.5％モルモット赤血球浮遊液を用い，抗原液と混和後室温90分後に判定した。抗原及び血清の希釈にはPBSを用いた。血清の前処理はインフルエンザの場合と同様である。HI試験で血清対照に異種血球凝集素が認められた場合にはモルモット赤血球による吸収を行い，再度HI抗体価の測定をした。使用HA抗原力価が4凝集単位であるほかはインフルエンザのHI試験に準じた。

表 4　　HI抗体価測定に用いた市販HA抗原

HA抗原	使用株	増殖系	市販先
インフルエンザ A	ワクチン使用株 *	ふ化鶏卵漿尿膜腔	武田薬品工業KK
〃 B	〃	〃	〃
パラインフルエンザ 1	HA-2	Vero細胞	東芝化学工業KK
〃 2	CA	〃	〃
〃 3	HA-1	〃	〃
〃 4	M-25	〃	〃
ムンプス	Enders	〃	〃
麻疹	豊島	KB細胞	〃
風疹	Baylor	BHK-21細胞	〃
日本脳炎	JaGAr#01	哺乳マウス脳	武田薬品工業KK

＊ 各年度のワクチン株で，株名は表3参照

(3) ムンプス

HA抗原は東芝化学工業から市販されている製品で，使用株はEnders株，増殖系はVero細胞である。HA試験，被験血清の前処理，HI試験はパラインフルエンザと同様である。

(4) 麻疹（はしか）

使用HA抗原はKB細胞で増殖させた豊島株で，東芝化学工業KKから市販されている製品である。HA試験には1.0％アフリカミドリザル赤血球（Flow Laboratories. Inc. から市販）PBS浮遊液を用い，抗原液と混和後，37°C 1時間静置後判定を行った。

血清中のインヒビターの除去は冷アセトン2回抽出法によった。即ち，血清の約20倍量の冷アセトンを加えて混和し，静置若しくは軽い遠心で上清を除去する操作を2回繰返した後，沈渣を管壁に薄く拡げて室温で真空乾燥し，8倍量のPBSを加え，4°Cに1夜放置する。血清対照に凝集がみられた場合には血球による吸収を行うのは他と同じである。抗原には4 HA単位を用い，等量混和後室温1時間反応させ血球浮遊液を加え，37°C 1時間静置後判定を行った。対照の設置はインフルエンザの項と同様である。HI抗体価の表示は血清の希釈倍数で示した。

(5) 風　疹

東芝化学工業KKから市販されている乾燥HA抗原で，使用株はBaylor株，BHK-21細胞で増殖させたものを測定に用いた。HA試験の方法は予研法[1]に準じ，血球は1日ニワトリひな赤血球の0.3％浮遊液を用い，抗原液と混和後4°C 1時間静置して判定を行った。被験血清の前処理法は麻疹と同様である。HI試験には4凝集単位のHA抗原を用い，希釈血清と混和して室温1時間反応を行った後血球液を加え，HA試験と同様にして判定した。

(6) 日本脳炎

HA抗原には哺乳マウス脳内で増殖させたJaGAr #01株の市販凍結乾燥抗原（武田薬品工業KK製品）を用いた。HA試験は予研法に準じて行い，昭和49年まではHAトレイを用いる方法（抗原液0.4ml＋血球浮遊液0.4ml）[2]，以降はマイクロタイター法[3]によった。血球には0.33％ 1日ニワトリひな赤血球浮遊液，希釈液はHA抗原には0.4％EA（卵白アルブミン）加BS（硼酸緩衝液）（pH 9.0），赤血球の浮遊には至適pHのVAD（virus adjusting diluent）を用い，抗原液と血球とを混和後，37°C 1時間静置後判定した。

被検血清は麻疹，風疹の場合と同じく冷アセトン2回抽出法によりインヒビターを除去後真空乾燥し，10倍量のBS（pH 9.0）で再浮遊し，1夜4°Cに放置後検査に供した。昭和50年以降は1：10に希釈された血清をHI抗体価測定に先立って56°C30分非働化を行っている。なお，血清対照で血球が凝集する場合には血球による吸収を行った。

HI試験は予研法により，HAトレイ法[2]では16凝集単位，マイクロトレイ法[3]では8凝集単位の抗原液を血清希釈列に加え，室温1時間の抗原抗体反応後，至適VADに浮遊した血球浮遊液を加え，37°C 1時間後判定した。なお，この条件下では2つの方法によるHI抗体価の測定には差異がないとされている[4]。

2・3 単一血清での診断基準設定の目安

(1) 有意上昇がみられた対血清回復期の平均抗体価

対血清の急性期抗体価に比し4倍以上の有意上昇がみられた回復期抗体価を罹患後に得られる抗体価群とし，その平均HI抗体価を算定した。値は2の指数で示し，平均抗体価の直近上位の整数値（血清の2倍階段希釈倍数で2の指数値）をほぼ確実に診断してよい(＋)値とし，更に平均抗体価＋1標準偏差値内に含まれる血清希釈倍数の2の指数値を参考値とした。

(2) 健常群での平均抗体価

各抗体価の全数から4倍以上の有意上昇を認めた対血清回復期の数を引いた数を仮に健常グループとした。従って，このグループには単一血清で，抗体価が高かった血清，それから対血清でも既に急性期で抗体価が高く血清学的には有意上昇と認められなかった例等が入っているため，厳密には採血時の罹患とは全く無関係の正常若しくは陰性グループとは言い難いが，一応正常人の集団と考え，その平均抗体価を算定した。従って，この集団の値は真の健常集団の値よりも高くなっている。しかし一応の目安として，ここで得られた平均抗体価と罹患グループのそれとの間に2（4倍）以上の差があることを確かめると共に，平均抗体価＋1標準偏差値内の最大整数値に2を加えた値（この集団で算定された最大血清希釈倍数の4倍の値）を感染を疑える(±)値とした。

(3) 有意上昇がみられた対血清回復期の数が50％以上を占める抗体価の設定

任意の抗体価において，4倍以上の有意上昇を示した回復期血清の数をその抗体価の全数で除した陽性率を求め，その値が50％を越える最小血清希釈倍数をほぼ確実に罹患があったと診断してよい（＋）基準とし

た。この値では50%以上の確率で当該ウイルスによる感染を疑うことができるからである。

(4) 高抗体価からの累積度数が5%未満となる最小抗体価の設定

任意に採血された血清の抗体価のうちで，高抗体価の方から順次累積した度数が5%未満となるような抗体価は稀な値ということで意味をもってくると思われる。しかし，項目によっては，抗体価測定が，罹患の確認とか疑いのために依頼される場合も多く，陽性率の高い項目ではその値は高くなることも考慮に入れ，一応参考値として示した。

(5) 正常集団での高抗体価からの累積度数が2%未満となる最小抗体価の設定

有意上昇がみられた回復期血清の数を全体から減じたいわゆる正常集団を高抗体価の方から順に累積し，その度数が2%未満になる最小抗体価を正常集団では稀な値とし参考値とした。

2・4 総合判定による診断基準の設定

前項の(1)，(2)，(3)を主たる基準として，当該ウイルスによる感染が疑われる（±），ほぼ確実に感染があったと診断してよい(＋)を設定し，(4)の値を参考とし，更に(5)の条件を満たしているかどうかを確かめ，前記（±），(＋)及び確実に診断してよい(卄)を設定した。なお，この診断基準の設定にあたっては，日本脳炎研究会が1965年に出した血清学的診断による日本脳炎の診断基準[2)]を参考とした。

3 HI抗体価による診断基準の設定と考察

3・1 インフルエンザA型（H1，H3）

総件数 7,492件のうち，有意に抗体価上昇を示した回復期件数は9.98%の748件、健常集団の件数はその差の6,744件であった。求めた平均HI抗体価はそれぞれ61，592，47で，有意上昇した集団は健常集団に比べ12.6倍と有意に高い値を示した。診断基準設定の目安に従って(±)，(＋)を設定すると(±)は512,(＋)は1,024となった。なお(＋)以上の値は総件数の累積度数では6.7%，健常件数のそれでは1.9%であった。総件数での度数が高かったのは，インフルエンザAの検体が主として集団かぜやインフルエンザ様患者の対血清であり，陽性例が多かったことに起因していると思われ，(卄)の2,048ではその度数は2.7%であった（表5）。

3・2 インフルエンザB型

インフルエンザB型では，総件数 5,978件のうち，

表 5　インフルエンザA型（H1，H3）のHI抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

HI抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
≦ 4	3,076	0	3,076	0	100	100
5	808	22	786	2.7	59	54
6	919	57	862	6.2	48	43
7	879	68	811	7.7	36	30
8	724	74	650	10	24	18
9	585	159	426(±)	27	14	8.3
10	296	184(＋)	112	62(＋)	6.7	1.9(○)
11	147	126(○)	21	86	2.7(○)	＜1
12	43	43	0	100	＜1	0
13	15	15	0	100	＜1	0
計	7,492	748	6,744	診断基準 ±	9 (512)	
平均	5.92±2.09	9.21±1.83	5.56±1.78	＋	10 (1,024)	
（範囲）	（4～8）	（8～11）	（4～7）	卄 ≧	11 (2,048以上)	

（○）は参考値を示す。

有意に上昇した件数は302件（5.05%），健常件数は5,676件，求めた平均HI抗体価は55，744，48で，有意上昇グループは健常グループより15.5倍と有意に高い値を示した。診断基準を設定したところ(±)は512，(+)は1,024，(++)は2,048以上となり，(+)以上の累積度数は全体では4.7%，健常グループのみでは1.6%といずれも5%，2%未満の値を示した。これはB型がA型に比らべ流行間期が長いこと，A型程流行規

表 6　インフルエンザB型のHI抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

HI抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
≦4	2,528	0	2,528	0	100	100
5	802	8	794	1.0	58	55
6	564	17	547	3.0	44	41
7	680	18	662	2.6	31	32
8	789	30	759	3.8	20	20
9	332	34	298(±)	10	10	6.8
10	189	107(+)	82	57(+)	4.7(○)	1.6(○)
11	55	49(○)	6	89	1.6	＜1
12	25	25	0	100	＜1	0
13	14	14	0	100	＜1	0
計	5,978	302	5,676	診断基準 ±	9 (512)	
平均	5.78±1.98	9.54±1.96	5.57±1.77	+	10 (1,024)	
(範囲)	(4～7)	(8～11)	(4～7)	++ ≧	11 (2,048以上)	

(○) は参考値を示す。

表 7　パラインフルエンザ1型のHI抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

HI抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
≦2	130	0	130	0	100	100
3	231	0	231	0	92	92
4	449	0	449	0	77	77
5	484	0	484	0	48	48
6	211	0	211	0	17	16
7	40	3	37(±)	7.5	3.2(○)	2.5
8	9	7(+)	2	78(+)	＜1	＜1(○)
9	1	1	0	100	＜1	0
計	1,555	11	1,544	診断基準 ±	7 (128)	
平均	4.37±1.24	7.82±0.57	4.35±1.21	+	8 (256)	
(範囲)	(4，5)	(8)	(4，5)	++ ≧	9 (512以上)	

(○) は参考値を示す。

模が大きくないことに起因しているためと思われる（表6）。

3・3　パラインフルエンザ1型

表7にパラインフルエンザ1型の診断基準を示した。しかし，パラインフルエンザウイルス感染症は主として小児の疾患であり，このような minor illness で対血清をとられることは少なく，ましてやその中で有意に上昇した件数は僅かに11件（0.71%）と少なかった。しかし，一応診断基準設定の目安に従って値を求めた。全体の平均 HI 抗体価は21，有意上昇例では226，健常グループでは20で，有意上昇した回復期血清は健常集団の平均抗体価より11.3倍高い価を示した。これから1型の診断基準を求めると，(±)は128，(+)は256，(卄)は512以上となった。なお，(+)以上の累積度数は全体でも1%未満であった。

3・4　パラインフルエンザ2型

我々が昭和52年に行った調査では[5]，パラインフルエンザウイルスに対する HI 抗体保有率は，0～6歳では，1型48%，2型32%，3型96%，7～12歳では90%，77%，100%，13～15歳ではすべて100%となり，このことは3型は小学生までに1，2型も中学生までには抗体を獲得していることを意味しており，先の1型同様，小児の血清検体の依頼は極度に低いこともあって，回復期に有意上昇した件数は少なかった。総件数 1,308件のうち有意上昇例は僅かに14件，1.07%であった。平均 HI 抗体価は全体で28，有意上昇グループでは 465，健常グループで27で，健常値に比し17.2倍の有意な上昇を示した。目安に基いて診断基準を設定したところ，(±)は256，(+)は512，(卄)は1,024以上となった。なお，(+)以上の全体に占める度数は1%未満であった（表8）。

3・5　パラインフルエンザ3型

パラインフルエンザウイルスの中でも3型は平均して最も早く罹患し，従ってあとで他の型の罹患を受けるとしばしば交差による抗体価の上昇があることが知られており，これは1型，2型でも同様である[6]。対血清で有意上昇した回復期血清件数は 1,277件中21件に過ぎず，僅か1.64%であった。平均 HI 抗体価は全平均74，健常群71，有意上昇群929で，13.1倍の上昇であった。診断基準設定では(±)512，(+)1,024，(卄)2,048以上となり (+)以上を占める累積度数は全件数で1.2%，健常群では1%未満であった（表9）。

3・6　パラインフルエンザ4型

4型の HI 抗体価測定は健康保険の診療報酬点数では認められておらず，一方で感染症としても1～3型

表 8　　パラインフルエンザ2型の HI 抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

HI抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
≦2	90	0	90	0	100	100
3	143	0	143	0	93	93
4	262	0	262	0	82	82
5	416	0	416	0	62	62
6	263	0	263	0	30	30
7	105	1	104	1.0	10	9.3
8	19	3	16(±)	16	2.2(○)	1.2(○)
9	7	7(+)	0	100(+)	＜1	0
10	3	3	0	100	＜1	0
計	1,308	14	1,294	診断基準　±	8 (256)	
平均	4.81±1.42	8.86±0.83	4.77±1.36	+	9 (512)	
(範囲)	(4～6)	(8，9)	(4～6)	卄 ≧	10 (1,024以上)	

(○) は参考値を示す。

表 9　パラインフルエンザ3型HI抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

HI抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
≦2	16	0	16	0	100	100
3	14	0	14	0	99	99
4	73	0	73	0	98	98
5	251	0	251	0	92	92
6	429	0	429	0	72	72
7	302	0	302	0	39	38
8	132	0	132	0	15	14
9	45	8	37(±)	18	4.7(○)	3.1
10	11	9(+)	2	82(+)	1.2	＜1(○)
11	3	3	0	100	＜1	0
12	1	1	0	100	＜1	0
計	1,277	21	1,256	診断基準 ±	9 (512)	
平均	6.21±1.37	9.86±0.83	6.14±1.29	+	10 (1,024)	
（範囲）	（5～7）	（9，10）	（5～7）	++ ≧	11 (2,048以上)	

（○）は参考値を示す。

に比べればその診断的，疫学的価値は低いと考えられる。4型の血清反応検査はすべて依頼検査であり，910件依頼があったうち，対血清回復期で11件(1.2%)の有意上昇がみられた。その平均HI抗体価は全体で12，有意上昇例で175，健常例で12で，有意上昇したグループは健常グループに比し14.6倍と有意に高い価を示した。目安に従った基準設定では，(±)が64，(+)が50%陽性率では128，有意上昇例の平均抗体価からは256であったが，256では陽性率100%であったので，(+)は128とした。なお，(+)を128とした場合，(+)以上を占める累積度数は全体で1.0%，健常集団では0%であった。(++)は256以上とした（表10）。

3・7　ムンプス

ムンプスは成人でも罹患例があったため，1,895件中82件，4.33%の有意上昇例がみられた。平均HI抗体価は全体では7，健常群で6，有意上昇群では72で，健常群に比し12倍高い価を示した。基準設定の目安に従って得られた（±）は健常群の平均抗体価の範囲の上限を4倍して得られた32，(+)は50%以上の陽性率を示す最小抗体価の64，及び有意上昇群の平均抗体価から求めた128であるが，抗体価128では陽性率が100%であることを考慮して64とした。また，(++)は128以上とした。この設定基準での(+)以上の累積度数は全体では4.4%，健常群では1.3%と，いずれも5%，2%未満であった（表11）。

3・8　麻　疹（はしか）

麻疹は大部分顕性に経過するが，弱毒生ワクチンの定期接種が昭和53年から行われるようになってから，典型的経過を辿ることは少なくなった。以前の不活化ワクチンの時代では，一部にまぎらわしい経過を辿る場合もあり，異型麻疹で依頼を受ける場合が多かった。その他には，風疹流行期における血清学的鑑別診断のためとかSSPE（亜急性硬化性全脳炎）の例があった。従って，対血清のうち回復期に有意上昇した例は比較的多く，総件数1,613件のうちの8.68%にあたる140件にみられた。健常例は1,473件である。平均HI抗体価は全体では18，健常例では14であったが，有意上昇例は16から16,384にまで分布し，平均は191であり，健常例平均抗体価より13.6倍有意に高い価を示した。健常例からみた(±)値は64，(+)値は有意上昇例の平均抗体価からは256，陽性率からは128となったが，有意上昇例が多いこと，抗体価256での陽性率

表 10　パラインフルエンザ4型のHI抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

HI抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
≦2	194	0	194	0	100	100
3	223	0	223	0	79	78
4	304	0	304	0	54	54
5	155	0	155	0	21	20
6	25	2	23(±)	8.0	3.7(○)	2.5
7	3	3	0	100(+)	1.0	0(○)
8	5	5(+)	0	100	＜1	0
9	1	1	0	100	＜1	0
計	910	11	899	診断基準 ±	6（64）	
平均	3.59±1.16	7.45±0.89	3.54±1.09	+	7（128）	
（範囲）	（3，4）	（7，8）	（3，4）	++	≧ 8（256以上）	

（○）は参考値を示す。

表 11　ムンプスHI抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

HI抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
≦2	1,110	0	1,110	0	100	100
3	344	3	341	0.9	41	39
4	250	8	242	3.2	23	20
5	108	11	97(±)	10	10	6.6
6	53	30	23	57(+)	4.4(○)	1.3(○)
7	16	16(+)	0	100	1.6	0
8	9	9	0	100	＜1	0
9	5	5	0	100	＜1	0
計	1,895	82	1,813	診断基準 ±	5（32）	
平均	2.82±1.23	6.16±1.42	2.67±0.98	+	6（64）	
（範囲）	（2～4）	（5～7）	（2，3）	++	≧ 7（128以上）	

（○）は参考値を示す。

がほぼ100%であることから128とした。しかしこの(+)の設定基準では，総件数での(+)以上の累積度数は8.2%と5%を越えたが，この項目が臨床診断の血清学的確認目的のための依頼が多かったことを考慮し，また，健常例での(+)以上の度数が1.8%と2%未満を示したことから，128という値は妥当なのではないかと思う。また，確実に診断してよい基準(++)については，256とした場合，健常群に1例未確認例がみられるが，単一血清で確認できなかったことから，256以上とした（表12）。

表 12　麻疹HI抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

HI抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
≦3	805	0	805	0	100	100
4	305	1	304	0.3	50	45
5	227	10	217	4.4	31	25
6	144	24	120(±)	17	17	10
7	74	48	26	65(+)	8.2	1.8(○)
8	24	23(+)	1	96	3.6(○)	＜1
9	14	14(○)	0	100	2.1	0
10	11	11	0	100	1.2	0
11	4	4	0	100	＜1	0
≧12	5	5	0	100	＜1	0
計	1,613	140	1,473	診断基準 ±	6 (64)	
平均	4.14±1.55	7.58±1.75	3.82±1.08	+	7 (128)	
（範囲）	（3～5）	（6～9）	（3，4）	++ ≧	8 (256以上)	

（○）は参考値を示す。

≧12の内訳は12：3件，13：1件，14：1件で，すべて有意上昇例であった。

3・9 風　疹

昭和51年から52年にかけて，全国的に風疹の大流行がみられ，その間に罹患者，妊娠適令期の女性，妊婦の数多くの血清検体が当所に持ち込まれた。昭和50年度の依頼が433件，51年度が5,491件，52年度3,685件，53年度1,260件の推移をみても流行の一端が伺い知れ，ピークの昭和52年度には全依頼件数の35%をも占めた。HI抗体価の測定にあたっては，まず，血清希釈1：8から8管希釈の1：1024まで測定し，終末点の出なかった血清いついては更に希釈を行って抗体価を測定するのが習わしであるが，一部打切った例もあったため，ここではHI抗体価の最高を1,024以上とした。従って，平均抗体価や累積度数の算定では一部不都合なことも生じたが，およその目安による設定を敢えて行った。総件数は9,386件，有意上昇件数は9.13%にあたる857件，健常件数は8,529件で，抗体価10以上を10として算定した平均HI抗体価は，全体では57，健常群では44，有意上昇群では671となり，健常群に比し15.3倍高い有意上昇を示していた。目安による診断基準の設定では，(±)は512，(+)は1,024となり，(+)以上の累積度数は全体で6.2%，健常群では1.1%であった。流行期を挟んでいるため，1024以上の高抗体価件数が多く，全体の累積度数5%未満の価は求めることが出来なかった（表13）。なお，風疹についてのHI抗体価による診断基準は「風疹の胎児に及ぼす影響に関する研究班」でまとめを出しているが，それによれば512以上ならば風疹ウイルスによる初感染と考えてよいとしている[7][8]。

一般に風疹の流行時には平常時に比べてHI抗体価は1～2管高い方へずれる[9]と言われていることから，流行期の1976，1977年の件数を除いて，所謂非流行期における診断基準の設定を試みてみた。2年分を除いた件数は2,057件で，79例（3.84%）に有意上昇がみられた。平均HI抗体価は全体では45，健常群で41で，この価は流行期を含めた場合に比べ若干低いが，ほぼ同じとみてよい。また，有意上昇群では非流行期で512，含めた場合で671であったが，平均抗体価でみる限り1管以下の差であった。この例で診断基準を設定してみると健常群からみた(±)は512，有意上昇群と陽性率からみた(+)も512となり(±)値は設定できなかった。なお，(+)以上の累積度数は全体で3.9%，健常群では1.0%で条件を満していることか

表 13　風疹HI抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

HI抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
≦ 3	2,507	0	2,507	0	100	100
4	485	0	485	0	73	71
5	998	0	998	0	68	65
6	1,554	10	1,544	0.6	57	53
7	1,588	17	1,571	1.1	41	35
8	1,083	91	992	8.4	24	17
9	590	250	340(±)	42	12	5.1
≧10	581	489(+)	92	84(+)	6.2	1.1(○)
計	9,386	857	8,529	診断基準 ±	9 (512)	
平均	5.83±2.20	9.39±0.84	5.47±1.97	+	10 (1,024)	
（範囲）	（4～7）	（9，10）	（4～7）	++ ≧	11 (2,048以上)	

（○）は参考値を示す。

表 14　非流行期における風疹HI抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

HI抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
≦ 3	455	0	455	0	100	100
4	172	0	172	0	78	77
5	336	0	336	0	70	68
6	458	1	457	0.2	53	51
7	366	2	364	0.5	31	28
8	190	16	174	8.4	13	9.8
9	56	37(+)	19(±)	66(+)	3.9(○)	1.0(○)
≧10	24	23	1	96	1.2	＜1
計	2,057	79	1,978	診断基準 ±		
平均	5.50±1.79	9.00±0.84	5.36±1.67	+	9 (512)	
（範囲）	（4～7）	（9）	（4～7）	++ ≧	10 (1,024以上)	

（○）は参考値を示す。

ら(+)は512でよいと考えられた。従って(++)は1,024以上としたが，その陽性率は96%とほぼ100%であることから，非流行期において1,024以上の値を示した場合，感染によるものと考えて差支えないと思われる。

3・10　日本脳炎

1960年から1979年までに集められた829件の血清について解析を試みた。有意上昇例の大部分は日本脳炎様患者の確認のため依頼されたもので，殆んどが行政検査例である。石川県における日本脳炎の発生は，

1968年までは毎年患者発生はみられたものの，以降は1972，73，78，79に5名の確認患者をみただけであり，診断基準設定を試みるには余りにも有意上昇例が少ないことから，以前の流行時における件数も加えた。測定方法は昭和52年以降にマイクロタイター法を用いているが，方法で述べた如く，HAトレイ法とそのHI抗体価を対応させることができることから，そのまま合算して用いた。総件数は829件でうち9.89%にあたる82件が有意な上昇を示した。平均HI抗体価は<0を−1として計算すると，全体では12，健常群では8，有意上昇がみられた回復期血清では440で，健常群に比し55倍高い価を示した。診断基準の目安に忠実に設定を試みると，健常群からみた(±)は80，有意上昇群からの(+)は640，陽性率からでの(+)は160となったが，有意上昇例での(+)の640，1管下の320では共に陽性率が100%であることから，320以上は(卄)とした方が妥当と考えられた。また，(+)を160とした場合，全体における(+)以上の累積度数は9.7%と高いが（5%未満を示す最小希釈倍数は640となった)，これは流行期における有意上昇例数が多いことに起因していると考えられること，320，640での陽性率が100%であること，健常群での160以上の度数が1%未満であることから，(+)は一応160に設定して差支えないと考えられた（表15)。日本脳炎研究会が未だ日本脳炎の流行期である1965年に，過去5年間のデータを基にまとめた日本脳炎の血清学的診断基準では，単一血清の場合の疑わしいとする(±)は160，ほぼ確実に診断してよいとする(+)は320，確実に診断してよいとする(卄)は640以上である[2)3)]。

4 ま と め

石川県衛生公害研究所へ，過去7年間に一般医療施設等からHI抗体測価定（インフルエンザA，B，パラインフルエンザ1〜4，ムンプス，麻疹，風疹，日本脳炎の10項目）のため，依頼を受けた患者血清は32,243件で，そのうち，対血清でしかも回復期に4倍以上の有意上昇を示した2,268件（全体の7.03%）のHI抗体価をもとに，任意の時期に採血された単一血清でも当該ウイルスによる感染が疑える抗体価を設定できないかどうかについて検討を加えた。その結果，単一血清でも血清学的にほぼ確実に当該ウイルスによる感染を受けたと診断してよい(+)（日本脳炎研究会が1965年に出した日本脳炎の血清学的診断基準[2)3)]に

表 15　日本脳炎HI抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

HI抗体価 $2^n \times 10$	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①−②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①−②
<0	505	0	505	0	100	100
0	100	0	100	0	39	32
1	70	0	70	0	27	19
2	49	3	46	6.1	19	9.6
3	25	5	20(±)	20	13	3.5
4	21	15	6	71(+)	9.7	<1(○)
5	21	21	0	100	7.1	0
6	14	14(+)	0	100	4.6(○)	0
7	14	14(○)	0	100	2.9	0
8	10	10	0	100	1.2	0
計	829	82	747	診断基準 ±	3（80）	
平均	0.23±2.10	5.46±1.58	−0.35±1.12	+	4（160）	
（範囲）	（<0〜2）	（4〜7）	（<0〜1）	卄 ≧	5（320以上）	

（○）は参考値を示す。

表 16　単一血清のHI抗体価による血清学的診断基準の設定（1979）

項目＼診断基準	(±) 疑わしい	(+) ほぼ確実に診断してよい	(++) 確実に診断してよい
インフルエンザ A	512	1,024	2,048 以上
〃 B	512	1,024	2,048 以上
パラインフルエンザ 1	128	256	512 以上
〃 2	256	512	1,024 以上
〃 3	512	1,024	2,048 以上
〃 4	64	128	256 以上
ムンプス	32	64	128 以上
麻疹	64	128	256 以上
風疹	512	1,024	2,048 以上
〃（非流行時）	—	512	1,024 以上
日本脳炎	80	160	320 以上

準拠した）は，インフルエンザA型1024，同B型1,024，パラインフルエンザ1型，256，同2型512，同3型1,024，同4型128，ムンプス64，麻疹128，風疹1,024（非流行期では512），日本脳炎160となった。なお，表16に，当該ウイルスによる感染を疑える基準(±)，確実に感染したと診断してよい基準(++)と共に，設定した診断基準を一覧にして供した。

文　献

1) 国立予防衛生研究所編：マイクロタイター法による風疹HI試験の術式指針（1970）
2) 大谷明，奥野剛：国立予防衛生研究所学友会編 ウイルス実験学各論，p 132—159，丸善，東京（1967）
3) 大谷明：厚生省監修　微生物検査必携　ウイルス・リケッチア検査，第2版，p 249—264，日本公衆衛生協会，東京（1978）
4) 厚生省公衆衛生局保健情報課編：伝染病流行予測調査検査術式，p 66—79（1975）
5) 梶哲夫，尾西一，木村晋亮：石川衛公研年報，15，136—141（1978）
6) 西川文雄：厚生省監修　微生物検査必携　ウイルス・リケッチア検査　第2版，p 193—204，日本公衆衛生協会，東京（1978）
7) 風疹の胎児に及ぼす影響に関する研究班：臨床とウイルス，1976特別号，58—61（1976）
8) 宍戸亮：厚生省監修　微生物検査必携　ウイルス・リケッチア検査　第2版，p 347—356，日本公衆衛生協会，東京（1978）
9) 甲野礼作，早川泰：麻疹・風疹（奥野良臣，高橋理明編），p 206—214，朝倉書店，東京（1969）

〔報　文〕

対血清で有意上昇をみたCF抗体価から推測した単一血清での血清学的診断基準設定の試み

石川県衛生公害研究所微生物部　木　村　晋　亮

（本報告の要旨は第22回日本感染症学会中日本地方会で発表した。昭和54.11.23　石川県内灘町）

1 はじめに

前報[1]では，赤血球凝集（HA）能を有するウイルスの血清診断に，現在最も多用されている赤血球凝集抑制（HI）試験による抗体価測定によって，これまで依頼を受けて行った血清検体のうち，対血清でしかも4倍以上の有意上昇をみた回復期血清の抗体価をもとに，任意の時期に採血された単一血清のHI抗体価に何らかの血清学的意義をもたせようと企て，診断基準の設定を試みたわけである。現在，県内の医療機関から依頼を受けて実施しているウイルス血清反応は，HI試験10項目，補体結合（CF）試験20項目であるが，HI抗体価での診断基準設定の試みに準拠して，これまで依頼を受けたCF抗体価，特に対血清での有意上昇例を参考に，単一血清のCF抗体価に何らかの血清学的裏付けを持たせられないかどうかについて検討した。

ウイルス血清反応として現在よく用いられている試験法としては，中和試験（NT），HI試験，CF試験がある。中和試験はこれら3試験法のうちでは最も特異性が高く，ウイルスが増殖し，かつ病的状態になる増殖系があれば，これを行うことができ，培養系が未だ確立されていないウイルスを除けばすべてのウイルスについて実施することが可能であり，抗体価測定としては生ウイルスの増殖の抑制をみるだけに理想的な系と言える。しかし，常時生ウイルスや培養細胞，動物等を用意しておかねばならないこと，時日を要すること，他のHI試験やCF試験に比較すると手技としては繁雑であることもあって，通常のルチーン血清診断には余り用いられていない。それに対しHI試験やCF試験は無菌的操作を必要とすることもなく，手技も簡単であり，日常多用されているが，前述したようにHI試験はHA能を有するウイルスのみにしか適用できないこと，ウイルスに合った血球が必要なこともあって，すべてのウイルスに適用するという訳にはゆかない。

その点CF試験は，中和試験やHI試験に比すれば，感度の点では若干劣るものの，すべてのウイルスがCF抗原となり得，従ってすべてのウイルスに対する血清診断がCF試験で可能になり，広く日常の検査に用いられるという利点がある。しかし反面，CF抗体は中和抗体やHI抗体とは異った性状を示すことが少なくないうえ，示されたCF抗体価がどのような意味をもっているのか，その解釈をめぐって問題が多いウイルスもある。例えばエンテロウイルス，中でもコクサッキーA，エコーなどでは，各型間におけるCF抗原と抗体とのクロスチェックが充分でなく，例え4倍以上の有意上昇が或る型でみられても，果して当該ウイルスによる罹患が原因なのか，或いは他型罹患による共上り現象なのか，また，正常抗原に対するものなのか，本当に特異的なものなのかどうか，即ち上述し

A Trial of Establishment of Laboratory Serodiagnostic Criteria in a Single Serum Specimen Conjectured from 4-Fold or Greater Increase in CF-Antibody Titer between an Acute- and Convalescent-Phase Serum Specimen. *by Nobuaki KIMURA (Department of Microbiology, Ishikawa Research Laboratory for public Health and Environment)*

たようなウイルスにあってのCF抗体価測定の血清学的診断価値の是非をめぐっては未だ異論の多いのが実状である[2]。しかし，とかく異論はあるものの，エンテロウイルスのCF抗体価測定には，現在まで市販されている抗原のうち，ポリオウイルス1，2，3型，コクサッキーAウイルス4，9型，コクサッキーBウイルス2，3，4，5型，エコーウイルス3，6，9型について常時検査を行っており，既に診断的価値があるとされるポリオウイルス[2]以外にも，血清学的意義をもたせられる項目がないのかどうかに興味をもちながら依頼検査を続けている。現在までのところ，ポリオに関しては生ワクチン投与以後，野性株による患者の発生はなく，診断的価値はあっても患者に遭遇することはなく，念のための検査依頼が多いが，他にはコクサッキーBで，型別の罹患はウイルス分離と併行しないと特定できないが，心筋炎や心外膜炎の患者で，1つの型，多い時は3つの型に有意上昇がみられることがあり，コクサッキーBに関しては1～6型とコクサッキーAやエコーからみれば型数が少なく，血清学的診断価値はありそうに思える。このように，個々の項目では問題となる点が多々あるが，とにかく例数を重ね，経験を積むことも解決の糸口を見出す一つの方途と考えている。現在常時実施しているCF抗体価測定項目は上記エンテロウイルス関係12項目のほか，麻疹（はしか），風疹，アデノ（3型），単純疱疹（1型），水痘・帯状疱疹，サイトメガロ，RS，マイコプラズマの8項目である。

2 材料と方法

2・1 被験血清

石川県衛生公害研究所へ昭和48年10月から54年8月までの過去7年間に，県下各地の医療機関並びに民間検査機関からCF抗体価測定のために寄せられた血清検体で，CF試験の項目は前述の20項目のほか，コクサッキーAの項目では7型，16型とエンテロ71型，エコーの項目では，4型，5型，7型，8型，11型，14型，25型について抗体価の測定を行った。これら検査件数は後述するが，件数としてはコクサッキーA，エコーの項目に含めてある。各項目別の検査件数並びに4倍以上の有意上昇がみられた回復期血清の件数を表1に示したが，総数28,469件，有意上昇をみたもの1,248件で，陽性率は4.38%であった。陽性率が高かった項目は，水痘・帯状疱疹の17.7%，サイトメガロの11.7%で，麻疹，マイコプラズマ，単純疱疹，風疹は5～10%，コクサッキーBは4.2%，RSは1.4%，

表1　項目別にみたCF抗体価測定血清件数と対血清で4倍以上の有意上昇があった回復期血清件数

常時検査項目	検査件数	有意上昇をみた回復期件数	陽性率
麻疹	664	63	9.49%
風疹	1,984	112	5.65%
アデノ 3	2,257	17	0.75%
単純ヘルペス 1	2,384	140	5.87%
水痘・帯状疱疹	1,745	309	17.7 %
サイトメガロ	1,885	221	11.7 %
RS	845	12	1.42%
ポリオ 1～3	2,209	9	0.41%
コクサッキーA 4，9	3,584	6	0.17%
コクサッキーB 2～5	5,574	234	4.20%
エコー 3，6，9	3,666	23	0.63%
マイコプラズマ	1,672	102	6.10%
計	28,469	1,248	4.38%

アデノ，エコー，ポリオ，コクサッキーAは0.2～0.8％と陽性率は低かった。

2・2 CF抗体価測定

CF試験はKolmer少量法[3]（本試験での総量0.6ml）に準拠したマイクロタイター法で，総量0.15ml，少量法の更に¼規模である。即ち，被検血清（希釈液で1：4に希釈後56°C 30分間非働化し，更にマイクロプレート上で2倍階段希釈したもの）25μl（1滴），4単位抗原25μl（1滴），2単位補体50μl（2滴），以上を混和し，4°Cで1夜（18時間）反応させる。翌朝，マイクロプレートをふらん器（37°C）で充分暖めた後（通常1時間程度），感作血球浮遊液（あらかじめ37°Cの恒温水槽で充分暖めておいたもので，3％ヒツジ血球液と3単位の溶血素の等量混合液）50μl（2滴）を加え混和し，37°Cのふらん器で30分間反応させた後，冷蔵庫で充分沈澱させ判定した。判定はマイクロプレートの各ウエルの底に沈んだ赤血球量と溶血度により，100％不溶血を溶血度4，100％溶血を0とし，1，2，3はそれぞれ25％，50％，75％不溶血を表わすものとし，3以上を陽性とした。本試験（line titration）にあたっては，補体2次定量列，血球対照，被験血清対照（抗補体性の検討），抗正常抗原吟味列，抗血清による抗原力価吟味列を対照としておいた。なお，希釈液にはマグネシウム食塩水（MgS）[4]，ヒツジ血球は

表 2　一般依頼検査に常時使用しているCF抗原

CF抗原	使用ウイルス株	増殖系	市販先
麻疹	Edomonston	Vero細胞	東芝化学工業KK
風疹	Baylor	BHK細胞	〃
アデノ 3	GB	HeLa細胞	〃
単純ヘルペス 1	HF	Vero細胞	〃
水痘・帯状疱疹	VZ-10	HELF細胞*	Flow Laboratories, Inc.
サイトメガロ	AD-169	HEF細胞**	〃
RS	Long	Vero細胞	東芝化学工業KK
ポリオ 1	Mahoney	FL細胞	Microbiological Associates
〃 2	MEF-1	〃	〃
〃 3	Saukett	〃	〃
	Sabin 1	Vero細胞	東芝化学工業KK
	Sabin 2	〃	〃
	Sabin 3	〃	〃
コクサッキーA 4	不明	新生マウス	Immunitalia s.r.l
〃 9	〃	〃	〃
コクサッキーB 2	Ohio-1	LLC-MK 2細胞	Microbiological Associates
〃 3	Nancy	〃	〃
〃 4	Benchoten	〃	〃
	JVB	〃	〃
〃 5	Faulkner	〃	〃
エコー 3	不明	サル腎臓細胞	Immunitalia s.r.l
〃 6	〃	〃	〃
〃 9	〃	〃	〃
マイコプラズマ	M. pneumoniae, Mac	PPLO培地（液体）	栄研化学KK

* Human embryo lung fibroblasts

** Human embryo fibroblasts (whole embryo)

日本生物材料センター発売の市販品，溶血素と補体は東芝化学工業KK製品を用いた。溶血素価の測定及び補体価の測定はKolmer少量法で行った。

2・3　使用抗原

CF抗体価測定に用いたCF抗原は表2に示したとおりで，すべて市販の製品を使用した。ポリオ，コクサッキーBについては，国産品（東芝化学工業KK製品）が市販されるまで，米国MBA社製品を使用していたことを示す。なお，正常抗原については，表中増殖系に用いられたウイルス未接種の培養細胞，マウス，液体培地などをウイルス抗原と同様に処理して作られた市販品を用いた。常時測定外のCF抗原も市販品を用い，コクサッキーA 7，16型（新生マウス増殖），エコー4，5，7，11，14，25型（サル腎細胞増殖）は伊国ID社製品を使用した。ただ，エンテロ71型のCF抗原は富山県衛生研究所香取幸治技師から分与を受けたものを使用した。

抗原の保存は，水痘・帯状疱疹，サイトメガロ，腸内ウイルスは−80°Cに，他は−30°Cに保つようにし，頻回の凍結融解による抗原性の低下を防ぐため，抗原を小分けして保存，使用するようにした。

2・4　CF抗体価による単一血清での診断基準設定の目安

CF抗体価による診断基準設定の目安は，前報[1]でのHI抗体価の場合とほぼ同様であるが，CF反応はHI反応に比して若干感度が劣るので，この点を考慮して目安を定めた。

(1)　有意上昇がみられた対血清回復期の平均抗体価の算定

対血清の急性期CF抗体価に比し4倍以上の有意上昇がみられた回復期のCF抗体価を当該ウイルスに感染した後に得られるCF抗体価とし，その平均CF抗体価を算定した。この際抗体価は2の指数で示すこととし，抗体価2未満は1として計算した。ここで算定された平均CF抗体価の直近上位の整数値をほぼ確実に診断してよい値（＋）とし，更に平均CF抗体価＋1標準偏差値の範囲内に含まれる整数値を参考値(○)とした。ただし，この目安で求められた（＋）値の抗体価がすべて有意上昇例で占められていた場合，その抗体価を確実に診断してよい値（卄）とした。

(2)　健常群での平均抗体価の算定

各抗体価毎の血清件数から4倍以上の上昇が認められた有意上昇件数を減じた件数を健常群（この中には単一血清や対血清でも有意上昇がみられなかったものが含まれており，厳密には正常群とは言いきれないが，便宜上正常人での値とした）とし，その平均CF抗体価を算定し，有意上昇群との間に2（4倍）以上の差があることを確かめた。また，平均CF抗体価＋1標準偏差値の範囲内の最大整数値に1を加えた値（2倍値）を疑わしい値（±）とした。ただし，その価に有意上昇例がないか，若しくは極めて少ない場合は2を加えた価（4倍値）を（±）値とした。

(3)　有意上昇例が50%以上を占める抗体価の設定

各抗体価毎に，4倍以上の有意上昇がみられた件数を総件数で除した値を各抗体価における陽性率%とし，その率が50%を越える最小抗体価を（＋）値とした。即ち，50%以上の確率で感染を疑うことができる値をほぼ確実に診断してよい基準値とした。

(4)　高抗体価からの累積度数%が5%未満となる最小抗体価の設定

ある項目での検査件数の5%未満しか占めない抗体価を稀にしかない価，即ち，罹患によって獲得された価と考え，高抗体価の方から順次累積した度数%を求め，5%未満となる最小CF抗体価を設定した。しかし，全体に占める有意上昇件数が多い場合にはこの価は高い方へ移行することから，一応参考値（○）として示した。

(5)　健常群における高抗体価からの累積度数%が2%未満となる最小抗体価の設定

4倍以上の有意上昇がみられた件数を除外した健常群で，高抗体価の方から件数を順次累積し，その度数%が2%未満となるような最小CF抗体価を求めた。2%にした根拠は特別ないが，完全に正常な群ではないことを考慮し，2%未満は健常群で稀であれば，正常群ではもっと稀な価となり得ると考え，この価を（＋）に相当する参考値（○）とした。

2・5　5つの目安による診断基準の設定

前述の50%陽性率による(3)の目安を基準として，有意上昇群の平均CF抗体価及び健常群の平均CF抗体価を参考に，疑わしい（±），ほぼ確実に診断してよい（＋），確実に診断してよい（卄）の各CF抗体価を設定した。設定には(4)の全体の累積度数%を考慮し，更に設定した（＋）以上のCF抗体価が健常群での累積度数%の2%未満にあるかどうか，(5)の条件を満たすかどうかを確めた。なお，この診断基準の設定にあたっては，日本脳炎血清学的診断基準（日本脳炎研究会，1965年）を参考とした[5)6)]。

3　CF抗体価による単一血清の診断基準の設定と考察

現在まで常時検査を行っている12種のウイルス血清反応（CF試験）項目について，以下に単一血清でも当該ウイルスによる感染を疑えるCF抗体価の設定を試みた。

3・1　麻　　疹（はしか）

依頼件数は664件あり，うち63件（9.49%）に4倍以上の抗体価上昇がみられた。平均CF抗体価は全体で3，有意上昇群では21，健常群では3で，健常群に比し平均で7倍高い価を示した。基準設定の目安に従って診断基準を求めると，（±）は8，（+）は50%陽性率からは16，有意上昇群の平均抗体価からは32となり，16では健常群での累積度数が2%未満であるが，32での陽性率が89%であることを考慮し，（+）は16と32，（++）は64以上とした。なお，CF抗体価16以上が全体に占める割合は7.5%，32以上は3.6%，64以上は2.3%であった（表3）。

3・2　風　　疹

風疹のCF抗体はHI抗体に比べてその価は低く，その上持続期間も短いため，単独で測定しても余り意義がないと思われるが，HI抗体価測定にあたって，急性期血清の採血時期が遅れたり，或いは対血清でも有意上昇がみられない例には立上がりが遅い利点を考慮して測定してみる価値はある。また，HI抗体価が比較的高い価であった場合，その感染が過去の感染か現在の感染かを知る目的にもCF抗体価の測定は有用であると考えられる。この項目の測定に寄せられた血清は殆んど大部分がHI抗体価測定も行っており，CF抗体価測定のみでは有意上昇とはみなされない＜4から4への2倍の上昇もHI抗体価測定では4倍以上の有意上昇例であった場合が多かった。これはHI抗体の場合，1週間の間隔でも充分に有意上昇するため，急性期と回復期の間隔が立上がりの遅いCF抗体には短かすぎたためである。このように風疹にあってはCF抗体価の4と言う価は意味があると思われる。

この項目に寄せられた件数は1,984件で，その5.65%にあたる112件がCF抗体価のみで4倍以上の有意上昇を示した。この陽性率はHI抗体価での場合に比べ半分程度であるが，これは前述の理由によるものである。平均CF抗体価は全体と健常群では2，有意上昇群では10で両者間には5倍の開きがみられた。健常群の平均抗体価の上限から求めた（±）値は4，50%陽性率からみた（+）値は8，有意上昇群の平均抗体価から求めた（+）値は16であった。（±）値であるCF抗体価4では陽性率は0%であるが，前述のHI抗体価からの推定から，この抗体の大部分は罹患例とみ

表3　　麻疹CF抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	460	0	460	0	100	100
2	85	0	85	0	31	23
3	69	21	48(±)	30	18	9.3
4	26	19	7	73(+)	7.5	1.3(○)
5	9	8(+)	1	89	3.6(○)	＜1
6	8	8(++)	0	100	2.3	0
7	3	3	0	100	1.1	0
8	2	2	0	100	＜1	0
9	2	2	0	100	＜1	0
計	664	63	601	診断基準 ±	3（8）	
平均	1.64±1.23	4.40±1.61	1.34±0.69	+	4，5（16，32）	
（範囲）	（1，2）	（3～6）	（1，2）	++	≧6（64以上）	

表 4　風疹 CF 抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	1,660	0	1,660	0	100	100
2	207	0	207(±)	0	16	11
3	92	87	5	95(＋)	5.9	＜1(○)
4	15	15(＋＋)	0	100	1.3(○)	0
5	9	9	0	100	＜1	0
6	1	1	0	100	＜1	0
計	1,984	112	1,872	診断基準 ±	2（4）	
平均	1.24±0.62	3.32±0.66	1.12±0.33	＋	3（8）	
（範囲）	（1）	（3，4）	（1）	＋＋	≧ 4（16以上）	

なし得るため，（±）値は4とした。また，CF 抗体価16では，陽性率が100%であるため，この値は(＋＋)値とした。なお，この設定による（＋）値以上の累積度数は全体で5.9%，健常群で1%未満であり（±）値は4，（＋）は8，（＋＋）値は16以上が妥当と思われる（表4）。

3・3 アデノ3型

アデノウイルスの CF 抗原は group specific であって，すべての型に共通であるので，アデノウイルス感染症の診断に CF 試験は極めて有効な手段となる。従って CF 抗原にはどの型を用いてもよく，我々は東芝化学工業KK製品の3型 CF 抗原を使用している。このため，CF 抗体価測定のみで型決めはできない。

CF 抗体価測定を行った件数は2,257件で，うち17例（0.75%）にしか有意上昇はみられなかった。平均 CF 抗体価は全体で3，有意上昇群で23，健常群で2であり，有意上昇群は健常群に比し，11.5倍と有意に高い価を示した。有意上昇群の平均抗体価及び50%陽性率からみた（＋）値はいずれも32であったが，この抗体価での陽性率は100%であることから，32を(＋＋)値とした。一方，健常群の平均抗体価の上限から設定した（±）値は8であるが，陽性率が1%と低いた

表 5　アデノ3型 CF 抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	1,748	0	1,748	0	100	100
2	301	0	301	0	22	22
3	160	2	158	1.3	9.2	8.5
4	41	8	33	20	2.1(○)	1.5(○)
5	4	4(＋＋)	0	100(＋＋)	＜1	0
6	2	2	0	100	＜1	0
7	1	1	0	100	＜1	0
計	2,257	17	2,240	診断基準 ±	—	
平均	1.34±0.73	4.53±1.04	1.32±0.67	＋	4（16）	
（範囲）	（1，2）	（4，5）	（1，2）	＋＋	≧ 5（32以上）	

め，上限の4倍にあたる16を（±）としたが，全体と健常群の高抗体価からの累積度数%がそれぞれ 2.1%，1.5%と5%未満，2%未満であるので，この値を（+）値とすることとし，（±）値は設定しないこととした（表5）。

3・4　単純疱疹1型

CF 抗原として用いているのは 1 型（口唇型）であるが，2型（陰部型）と交差するため，血清診断上は問題ないと思われる。しかし，水痘ウイルスに感染した場合，その10%程度に単純疱疹に対する CF 抗体価の有意上昇がみられることが知られているが，このような例でも水痘での CF 抗体の上昇率がはるかに高いうえ follow up すれば単純疱疹の CF 抗体価が早期に下がることから，両方の CF 抗体価を同時に測定すれば区別はつくと思われる。

抗体価測定を行った数は2,384件，うち5.87%の140件に有意上昇がみられた。平均 CF 抗体価は全体も健常群も5，有意上昇群は32で，6.4倍高い価を示した。有意上昇群の平均抗体価からみた（+）値は64，50%陽性率からは32，健常群からみた（±）値は16であった。（+）値を32とした場合の累積度数は全体で6.4%，健常群で2.5%，64とした場合はそれぞれ1.7%，1%未満となったため，(+) 値を32と64とした。なお，(++) 値は陽性率100%の128以上とした（表6）。

3・5　水痘・帯状疱疹

発疹性疾患のうちにあって，血清診断では特に単純疱疹との交差が認められるため，両方の抗体価測定を併行して行うことが望ましい。単純疱疹，水痘とも1度感染したあとも体内に留まるため，CF 抗体保有率は高く，依頼検体でみる限りでは，健常群でも CF 抗体価4以上の人は単純疱疹で54%，水痘でも39%，8以上でも42%，20%と多く，疾病とは関係なく CF 抗体を保有している。

依頼を受けた総数は 1,745件，うち17.7%にあたる309件に有意上昇がみられた。陽性率が高いのは，金沢市内の皮ふ科の開業医からの依頼件数が多かったことに因っている。平均 CF 抗体価は全体で5，健常群で3，有意上昇群では健常群の18.7倍にあたる56であった。目安に基ずいて基準を設定すると，50%陽性率からみた（+）値は32，健常群からみた（±）値は8と16，有意上昇群からみた（+）値は64となったが，（±）値8での陽性率は2%と低いため16のみ（±）値とし，また，(+) 値64では同じく96%と高いため，64以上は（++）とした。この設定による（+）以上の累積度数は健常群では 1.3%であった。なお，全体の累積度数は抗体価32以上で17%，64以上で10%，128以上で漸く 4.5%であったが，水痘患者の対血清が多かったこと，陽性率が抗体価64で96%，128以上では100%であることを考慮し，（±）値 16，（+）値 32，

表 6　　単純ヘルペス1型 CF 抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	1,029	0	1,029	0	100	100
2	271	0	271	0	57	54
3	544	9	535	1.7	45	42
4	388	34	354(±)	8.8	23	18
5	112	62	50	55(+)	6.4	2.5
6	24	19(+)	5	79	1.7(○)	＜1(○)
7	13	13	0	100	＜1	0
8	3	3	0	100	＜1	0
計	2,384	140	2,244	診断基準 ±	4 (16)	
平均	2.34±1.40	5.01±1.10	2.17±1.24	+	5, 6 (32, 64)	
（範囲）	（1～3）	（4～6）	（1～3）	++	≧ 7 (128以上)	

表 7　　水痘・帯状疱疹 CF 抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	872	0	872	0	100	100
2	283	0	283	0	50	39
3	174	4	170	2.3	34	20
4	124	32	92(±)	26	24	7.7
5	116	101	15	87(+)	17	1.3(○)
6	97	93(++)	4	96	10	＜1
7	49	49(++)	0	100	4.5(○)	0
8	23	23	0	100	1.7	0
9	5	5	0	100	＜1	0
10	2	2	0	100	＜1	0
計	1,745	309	1,436	診断基準 ±	4 (16)	
平均	2.41±1.90	5.81±1.24	1.68±1.01	+	5 (32)	
（範囲）	（1～4）	（5～7）	（1，2）	++ ≧	6 (64以上)	

（++）値64以上とした（表7）。

3・6 サイトメガロ

単純疱疹や水痘ウイルスと同じく潜伏感染を起こす特徴があり，妊娠，輸血，免疫抑制療法などにより再活性化され，CF 抗体価の有意上昇がみられる。依頼検体からみた健常群におけるサイトメガロ CF 抗体保有者は，4以上で81%，8以上で72%，16以上で53%，32以上でも27%と高い率を示している。

依頼された総件数は1,885件，うち221例（11.7%）に4倍以上の有意上昇がみられた。平均 CF 抗体価は全体で14，健常群で11，有意上昇群では90で，健常群に比し8.2倍高い価を示した。有意上昇群の平均抗体価と50%陽性率からみた（+）値は共に128，健常群の平均抗体価の上限からみた（±）値は64となった。（+）以上の全体及び健常群における累積度数は 5.9%と1.6%であり，サイトメガロ CF 抗体価による単一血清での診断基準は，（±）値64，（+）値128,256，（++）値512以上とした。なお，サイトメガロ CF 抗体価の有意上昇例に単純疱疹 CF 抗体価有意上昇がみられた例があった（表8）。

3・7 RS

小児の「かぜ」の病因となるウイルスで，主として下気道炎を起こし，特に乳児では毛細気管支炎や肺炎の原因ともなる。初感染では中和抗体価，CF 抗体価共に低く，血清学的診断ではしばしば陰性となる。その上抗体の持続期間が短かいため再感染を起こし易く，何回かの繰り返し感染の後，始めて免疫になると言われている。従って乳児で RS の CF 抗体価があればごく最近感染があったと考えてよく，年長児や成人での有意上昇例は再感染と考えてよいとされる。

CF 抗体価測定依頼があった件数は845件あり，うち12例（1.42%）に有意上昇がみられた。平均抗体価は全体で3，健常群で2，有意上昇群で17で，有意上昇群は健常群に比し8.5倍高い価を示した。CF 抗体価は4～32に分布しており，有意上昇群の平均抗体価からみた（+）値は32，50%陽性率からの（+）値は16，健常群の平均抗体価範囲からの（±）値は8となった。ここで CF 抗体32での陽性率は100%を示したことから，この価は（++）値とした。（+）以上の全体及び健常群に占める累積度数%はそれぞれ2.1%，1%未満で，各れも5%未満，2%未満であった（表9）。

3・8 ポリオ（1，2，3型）

一般にエンテロウイルスの診断に CF 試験を用い得るのはポリオの場合のみとされているが，昭和36年以降弱毒ポリオ生ワクチンが投与されるに及んで，患者

表 8　サイトメガロ CF 抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	310	0	310	0	100	100
2	158	0	158	0	84	81
3	316	1	315	0.3	75	72
4	436	3	433	0.7	58	53
5	377	68	309	18	35	27
6	177	64	113(±)	36	15	8.4
7	60	40(+)	20	67(+)	5.9	1.6(○)
8	20	14(+)	6	70	2.7(○)	＜1
9	16	16	0	100	1.6	0
10	8	8	0	100	＜1	0
11	5	5	0	100	＜1	0
12	2	2	0	100	＜1	0
計	1,885	221	1,664	診断基準 ±	6 (64)	
平均	3.79±1.86	6.49±1.65	3.43±1.60	+	7, 8 (128, 256)	
(範囲)	(2～5)	(5～8)	(2～5)	++	≧ 9 (512以上)	

表 9　RS CF 抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	640	0	640	0	100	100
2	123	0	123	0	24	23
3	64	1	63(±)	2	9.7	7.6
4	16	9	7	56(+)	2.1(○)	＜1(○)
5	2	2(++)	0	100	＜1	0
計	845	12	833	診断基準 ±	3 (8)	
平均	1.36±0.72	4.08±0.49	1.32±0.65	+	4 (16)	
(範囲)	(1, 2)	(4)	(1, 2)	++	≧ 5 (32以上)	

の発生は急激に減少し，近年では患者の発生はないと言ってよく，従って，患者の診断のための CF 抗体価測定は殆んど意味ないものとなっている。

当所にポリオ1型，2型，3型の CF 抗体価測定依頼があった件数は827，699，683の計2,209件で，うち1型に4例，2型に3例，3型に2例，計9例（0.41%）の有意上昇例がみられた。これら有意上昇例はポリオ様患者ではなく，ワクチン接種と関連があると思われる。平均 CF 抗体価はポリオウイルス全体及び健常群で共に2，有意上昇群では14であり，7倍高い価を示した。有意上昇群の平均抗体価からみた（+）値，50%陽性率からみた（+）値は共に16となった。健常群

の平均抗体価の上限からみた（±）値は4と8になったが，4では有意上昇例を確認できなかったことから8とした。また，累積度数%からみると，全体の5%未満となるCF抗体価は4，健常群の2%未満となる価は8となった。これらの目安からポリオCF抗体価による診断基準としては，（±）値は8，（＋）値は16，（卄）値は32以上とするのが妥当だと考えられる。なお，（＋）以上の累積度数は全体，健常群とも1%未満であった（表10）。

3・9　コクサッキーA（4，9型）

コクサッキーA群ウイルス感染症の診断にCF抗体価測定が用いられ得るのは初感染時のみとされ，従って手足口病の流行時のように比較的病原ウイルスとの因果関係が高く，かつ初感染例では，回復期における4倍以上の有意上昇による血清学的診断が成り立つと考えられる。しかし，手足口病におけるコクサッキーA16型やエンテロ71型を除けば，疾患と病因ウイルスと関係は多岐にわたり，関連あるすべてのウイルス抗原を用いるのであればともかく，僅か2抗原だけでのCF抗体価測定は殆んど無意味と思われる。特にウイルス分離成績からみるとA群ウイルスは殆んど常在していると考えられ，従って再感染も多いと予想される上，コクサッキーA群とB群が往々CF試験で交差すること，他の血清型のウイルス感染によっても非特異的にCF抗体の上昇がみられることもあることから，血清学的な診断目的には特定の型を除いては実用的でない。しかし，ともかく抗体価測定のために依頼された血清の成績を基に，敢えて診断基準の設定を試みた。

CF試験をした項目別件数は，コクサッキーA4型1,532件，7型425件，9型1,587件，16型20件，エンテロ71型(A16型との関連でこの項目に入れた)20件，計3,584件，そのうち回復期に4倍以上の抗体価上昇がみられたのは，9型に3例（0.19%），エンテロ71型に3例（15%），計6例（0.17%）みられた。このように手足口病の例では15%に有意上昇がみられ，血清診断の有用性が伺えたが，A9型では僅かに0.19%と低く，その上A9型の場合，コクサッキーB群と不完全粒子が共通抗原を有することもあり，交差を否定できない。この項目におけるCF抗体価は最も高くて16と，他のCF抗体価に比して最も低い価であった。平均抗体価は全体，健常群ともに2，有意上昇例では13で，6.5倍高い価を示した。設定の目安に従い，有意上昇群の平均抗体価からみた（＋）値は50%陽性率からみた（＋）値と同じく16であったが，この抗体価16の4例はすべて有意上昇例であるところから，この価を（卄）値とした。一方，健常群の平均抗体価の上限からみた（±）値は4と8であるが，4での有意上昇例がないことから8のみとした。なお，累積度数%からみた全体での5%未満，健常群での2%未満を示す最小CF抗体価は4と8であった。従って，得られた診断基準は，（±）値は8，（＋）値は設定せず(卄)値を16以上とした（表11）。

3・10　コクサッキーB（2，3，4，5型）

コクサッキーB群については，日本で比較的よく流行がみられる2～5型についてCF抗体価の測定を行

表 10　　ポリオ（1～3型）CF抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	2,153	0	2,153	0	100	100
2	32	0	32	0	2.5	2.1
3	17	3	14(±)	18	1.0(○)	＜1(○)
4	6	5(＋)	1	83(＋)	＜1	＜1
5	1	1	0	100	＜1	0
計	2,209	9	2,200	診断基準　±	3（8）	
平均	1.04±0.27	3.78±0.63	1.03±0.21	＋	4（16）	
（範囲）	（1）	（4）	（1）	卄 ≧	5（32以上）	

型別内訳は，1型：827（うち有意上昇4），2型：699（3），3型：683（2）である。

表 11　コクサッキーA（4，7，9，16型），エンテロ71 CF 抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	3,425	0	3,425	0	100	100
2	122	0	122	0	4.4	4.3
3	33	2	31(±)	6.1	1.0(○)	＜1
4	4	4(卄)	0	100(卄)	＜1	0
計	3,584	6	3,578	診断基準　±	3（8）	
平均	1.06±0.28	3.67±0.47	1.05±0.26	＋	—	
（範囲）	（1）	（4）	（1）	卄	≧ 4（16以上）	

型別内訳は，4型：1,532（0），7型：425（0），9型1,587（うち有意上昇3），16型：20（0），エンテロ71型：20（3）である。

っているが，以前はエンテロウイルスでは国産の CF 抗原は市販されていなかったが，現在では東芝化学工業からポリオ1～3型，コクサッキー B1～6型が市販されており，CF 試験による抗体価測定は容易に出来るようになった。これまでのエンテロウイルスの CF 抗体価測定の経験からは，型別による特定は難かしいが，有意上昇例が比較的多くみられること，その抗体価が他のポリオ，コクサッキー A，エコーなどに比し高いこと，型別に流行周期があること，型数が6と少ないことなどから，コクサッキー Bでは CF 抗体価測定による血清学的診断は有用なのではないかと思われる。正確に型を特定するためには中和試験を実施する必要があろうが，現在はそれを行っていないものの，ウイルス分離によるコクサッキー B群ウイルスの動向を考慮すれば，CF 試験による血清診断のみでも意義があるように思える。

コクサッキー B群ウイルスの CF 抗体価測定の目的で依頼された件数は，2型 1,616，3型 1,225，4型 1,223，5型1,510，計5,574件，このうち回復期に4倍以上の有意上昇をみた件数は，2型に65（4.02%），3型に52（4.24%），4型に54（4.42%），5型に63（4.17%），計234例（4.20%）あった。これら有意上昇がみられた例の大部分は，心嚢炎，心筋炎，筋痛症，無菌性髄膜炎などの患者例であり，B群ウイルスのある型の感染による有意上昇と考える方が妥当と思われる。ただ多くの例では，抗体価測定に2～5型の4種を抗原として用いたため，交差による共上りがあり，2種，時には3種の抗原に同時に有意上昇を示した例が少なくない。しかし，このような例でも，follow up した場合には，共上りした CF 抗体価の減衰は本命の CF 抗体価のそれよりは遙かに早い。算定された平均 CF 抗体価は全体では3，健常群では2で，有意上昇群では健常群より14倍高い28を示した。有意上昇群の平均抗体価からみた（＋）値は32，50%陽性率からみたそれは16，健常群の平均抗体価の上限からみた（±）は8となった。ここで，抗体価32での陽性率は98%とほぼ 100%であるため，これを（卄）とした。なお，このようにして得られた（＋）値の CF 抗体価16以上が占める累積度数%は，全体では4.8%，健常群で1.4%と，いずれも5%，2%を下回った。このことから，コクサッキー B群の CF 抗体価からみた単一血清の診断基準は，（±）値8，（＋）値16，（卄）値32となった（表12）。

3・11 エコー（3，6，9型）

エコーウイルスの中には疾患との関係が必ずしも明確でないものもあり，健康者からも分離されてくる。しかし，このグループのウイルスは2～3年の短周期から10年以上もの長周期で流行することが知られていることから，常在性とみられるコクサッキー Aよりもはるかに高い率で血清診断も可能なのではないかと思われる。ただ，そのためには，その時点で流行している型のウイルス抗原を使用しなければならず，それを考慮しないで血清診断をした場合は意義ずけが難しいと思う。現在まで，各型間における CF 試験による交差があるのかどうかも知られていないが，少なくとも今我々がとっているシステムでは，3型か6型か9型

表 12　　コクサッキーB（2～5型）CF抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	4,221	0	4,221	0	100	100
2	696	0	696	0	24	21
3	388	39	349(±)	10	12	7.9
4	162	89	73	55(＋)	4.8(○)	1.4(○)
5	45	44(＋＋)	1	98	1.9	＜1
6	34	34	0	100	1.1	0
7	11	11	0	100	＜1	0
8	8	8	0	100	＜1	0
9	5	5	0	100	＜1	0
10	3	3	0	100	＜1	0
11	1	1	0	100	＜1	0
計	5,574	234	5,340	診断基準 ±	3（8）	
平均	1.45±1.00	4.80±1.57	1.30±0.65	＋	4（16）	
（範囲）	（1，2）	（4～6）	（1，2）	＋＋	≧ 5（32以上）	

型別内訳は，2型：1,616（うち有意上昇65），3型；1,225（52），4型：1,223（54），5型：1,510（63）である。

かの流行時でなければ，得られたCF抗体価の意義ずけは難しいことになる。ともかくコクサッキーAの場合と同様，依頼検査で得られたCF抗体価を基に，診断基準の設定を試みた。

寄せられた総件数は3,666件，項目別実施件数は，3型1,206，4型126，5型145，6型853，7型113，8型53，9型823，11型119，14型111，25型117で，うち回復期に4倍以上の有意上昇をみた例は，3型に5（0.41%），4型に1（0.79%），6型に8（0.94%），9型に9（1.09%），計23例（0.63）みられた。CF抗体価は4未満から32に分布しており，その平均抗体価は2，健常群でのそれも2であった。有意上昇がみられた23例の平均抗体価は13で，健常群に比し6.5倍高い価を示した。有意上昇群の平均抗体価からの（＋）値は16で，50%陽性率からのそれと一致した。また，健常群の平均抗体価の上限からみた（±）値は4と8で，抗体価4では有意上昇例がないことからこれを除外した。一方，累積度数%から全体の5%未満，健常群の2%未満を満たす最小抗体価を求めると，共に8であった。以上のことから，エコーウイルスに対するCF抗体価による単一血清の診断基準を，（±）値は8，（＋）値は16，（＋＋）値は32以上とした（表13）。

以上，エンテロウイルスを抗原としたCF抗体価の測定では，抗体価16が，型を特定できないまでも，エンテロウイルスと何らかの関わりがあると考えてよい価であることが示唆された。

3・12　マイコプラズマ

マイコプラズマは無細胞培地に発育できる細菌の1種であるが，細菌濾過膜を通過することもあって，ウイルス，リケッチアなどと一諸に取扱われることが多い。以前にはPPLOと総称されたこともある。ヒト由来のマイコプラズマはいくつか知られているが，ヒトに原発性異型肺炎を起こすのは *Mycoplasma pneumoniae* である。季節的には夏には少なく，2～3年毎の流行周期があるように思われる。

CF抗体価測定に依頼された件数は1,672件あり，うち回復期に4倍以上の有意上昇をみた例が102例あった。陽性率は6.10%であった。CF抗体価は4未満から2,048にまで分布し128以上はすべて肺炎患者の有意上昇例であった。平均抗体価は全体，健常群とも

3であり，これに比し有意上昇群では 100と33倍も高い価を示した。有意上昇群の平均抗体価からみた(＋)値は 128，50%陽性率からのそれは32，健常群の平均抗体価の上限から推定した（±）値は 8 と16であった。各抗体価別陽性率から，抗体価 128は 100%のため（卄）に，抗体価8は0%のためこれを除外した。また，抗体価 64でも陽性率は 95%と高いため，（卄）とした。一方，累積度数%から全体の5%未満，健常群の2%未満を求めると，その CF 抗体価は64，32となった。以上からマイコプラズマでの CF 抗体価による単一血清の診断基準は，(±）値16，(＋）値32，(卄）値64以上となった（表14)。

表 13　　エコー（3～9，11，14，25型）CF 抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	3,401	0	3,401	0	100	100
2	186	0	186	0	7.2	6.6
3	62	9	53(±)	15	2.2(○)	1.5(○)
4	14	11(＋)	3	79(＋)	＜1	＜1
5	3	3	0	100	＜1	0
計	3,666	23	3,643	診断基準 ±	3（8）	
平均	1.10±0.39	3.74±0.67	1.08±0.33	＋	4（16）	
（範囲）	（1）	（3，4）	（1）	卄 ≧	5（32以上）	

型別内訳は，3型：1,206（うち有意上昇5），4型：126（1），5型：145（0），6型：853（8），7型：113(0)，8型：53（0），9型：823（9），11型：119（0），14型：111（0），25型：117（0）である。

表 14　　マイコプラズマ CF 抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	1,056	0	1,056	0	100	100
2	313	0	313	0	37	33
3	156	0	156	0	18	13
4	51	13	38(±)	25	8.8	2.9
5	23	17	6	74(＋)	5.7	＜1(○)
6	20	19(卄)	1	95	4.4(○)	＜1
7	17	17(卄)	0	100	3.2	0
8	26	26(卄)	0	100	2.2	0
9	4	4	0	100	＜1	0
10	3	3	0	100	＜1	0
11	3	3	0	100	＜1	0
計	1,672	102	1,570	診断基準 ±	4（16）	
平均	1.80±1.51	6.64±1.74	1.49±0.81	＋	5（32）	
（範囲）	（1～3）	（5～8）	（1，2）	卄 ≧	6（64以上）	

3・付　インフルエンザ（A，B型）

インフルエンザの血清学的診断にはHI試験が多用されているが，HIでは試験株特異性が強いために，適当な株をHA抗原としないと，罹患していながら抗体価上昇がみられない場合がでてくる。その点CF試験では型特異性を示すので，罹患の有無のみの判定にはCF抗体価の方が優っているように思える。事実，B型ではHI試験よりもCF試験を行った方が誤診率が低かったとしている[7]。しかし，我々が昭和55年でのA（H1）型，A（H3）型，B型の同時混合流行時に行ったA型CF抗原による診断では，HI試験に劣る結果であった[8]。この際の78人の急性期並びに回復期血清の成績をもとに作製したのが表15で，例数は少ないがこれまでの診断基準設定の目安に準じて設定を試みた。

延べ件数312件のうち，回復期に4倍以上の有意上昇がみられたのは30例（9.6%）あり，平均抗体価は全体で4，有意上昇例で17，健常群で4，有意上昇群は健常群に比し4.3倍高い価を示した。有意上昇群の平均抗体価からみた（+）値は32，50%陽性率からのそれは16，健常群の平均抗体価の上限から求めた(±)値は8となった。また，全体及び健常群での高抗体価からの累積度数%が5%未満及び2%未満となるCF抗体価を求めると共に32となった。以上を総合して，インフルエンザウイルスに対するCF抗体価による単一血清での診断基準の設定を試みたところ，(±)値は8，(+)値は16と32，(卄)値は64以上となった。

4　ま　と　め

昭和48年10月から54年8月にかけて，県下各地の医療機関からCF抗体価測定（麻疹，風疹，アデノ，単純疱疹，水痘・帯状疱疹，サイトメガロ，RS，ポリオ1～3，コクサッキーA4，9，コクサッキーB2～5，エコー3，6，9，マイコプラズマの20項目）のため検査依頼のあった件数は28,469件あり，そのうちの4.38%にあたる1,248件は回復期に4倍以上の有意上昇を示した。この有意上昇をみたCF抗体価を基にして，任意の時期に採血された単一血清でも当該ウイルスによる感染乃至再活性化を疑えるCF抗体価を設定出来ないかどうかについて検討を加えた。即ち，有意上昇群並びに健常群の平均CF抗体価別陽性率%，全体並びに健常群の高抗体価からの累積度数%から，日本脳炎の血清学的診断基準[5][6]に準拠して，単一血清でもほぼ確実に診断してよい最低抗体価を求めた。その結果，麻疹　16，風疹　8，アデノ　16，単純疱疹　32，水痘・帯状疱疹　32，サイトメガロ　128，RS　16，ポリオ　16，コクサッキーA　16，コクサッキーB　16，エコー　16，マイコプラズマ　32，インフルエンザ　16となった。

なお，設定した単一血清での診断基準，(±)，(+)，(卄)は項目別にまとめて表16に示した。参考までに日本脳炎研究会による日本脳炎CF抗体価による単一血清での診断基準は，(±)は8，(+)16，(卄)は32以上である[5][6]。

表15　　インフルエンザ（A，B型）CF抗体価による単一血清診断基準の設定（1979）

CF抗体価 2^n	総件数 ①	有意上昇件数 ②	健常件数 ①—②	陽性率% ②/①	累積度数% ①	累積度数% ①—②
＜2	114	0	114	0	100	100
2	113	0	113	0	63	60
3	51	8	43(±)	1.6	27	20
4	21	11	10	52(+)	11	4.3
5	13	11(+)	2	85	4.2(○)	＜1(○)
計	312	30	282	診断基準　±	3（8）	
平均	2.06±1.08	4.10±0.80	1.84±0.86	+	4，5（16，32）	
（範囲）	（1～3）	（4）	（1，2）	卄	≧ 6（64以上）	

型別内訳は，A型：156（うち有意上昇30），B型：156（0）である。

表 16　単一血清の CF 抗体価による血清学的診断基準の設定（1979）

項目＼診断基準	(±) 疑わしい	(+) ほぼ確実に診断してよい	(卄) 確実に診断してよい
麻疹	8	16, 32	64以上
風疹	4	8	16以上
アデノ	—	16	32以上
単純疱疹	16	32, 64	128以上
水痘・帯状疱疹	16	32	64以上
サイトメガロ	64	128, 256	512以上
RS	8	16	32以上
ポリオ	8	16	32以上
コクサッキー A	8	—	16以上
コクサッキー B	8	16	32以上
エコー	8	16	32以上
マイコプラズマ	16	32	64以上
インフルエンザ	8	16, 32	64以上

文　献

1) 木村晋亮：石川衛公研年報，17，364—377（1980）
2) 多ケ谷勇：厚生省監修　微生物検査必携　ウイルス・リケッチア検査　第2版，p 265—278，日本公衆衛生協会，東京（1978）
3) 石井慶蔵：改訂2版ウイルス実験学総論（国立予防衛生研究所学友会編），p 226—259，丸善，東京（1973）
4) 国立予防衛生研究所学友会編：ウイルス実験学総論，p 196—228，丸善，東京（1964）
5) 大谷明，奥野剛：ウイルス実験学各論（国立予防衛生研究所学友会編），p 132—159，丸善，東京（1967）
6) 大谷明：厚生省監修　微生物検査必携　ウイルス・リケッチア検査　第2版，p 249—264，日本公衆衛生協会，東京（1978）
7) 須藤恒久：ウイルス学（植竹久雄編），p 277—295，理工学社，東京（1979）
8) 木村晋亮，尾西一，梶哲夫，佐藤邦代：石川衛公研年報，17，442—445（1980）

〔報　文〕

野生鳥類に対する有機リン系農薬の影響に関する基礎調査（第1報）

—— 鳥類の血漿及び臓器中のコリンエステラーゼ（ChE）活性値とその有機リン剤阻害について ——

石川県衛生公害研究所食品薬品部　土肥祥子・北井　博・四月朔日富司子

1 はじめに

農薬の急性毒性評価においては水生生物を用いた試験による多くのデータの集積がある[1]。しかし，農薬が散布された後の環境中の生物や人畜への影響に関する研究報告は少ない。

有機リン系農薬の毒作用は，一般に動物体内の神経の刺激伝達に関与しているアセチルコリンを分解する酵素アセチルコリンエステラーゼ（AchE）の活性阻害に起因することが明らかになっている。そして，この有機リン系農薬は，昆虫と哺乳動物との間の選択毒性により人畜に対する毒性が低いとされているが，他の生物種間，例えば，昆虫一鳥類間の選択毒性や野鳥に対する毒性に関しては諸外国においてもほとんど報告がない。

近年，石川県では野鳥の衰弱あるいは斃死事故が増加しており，これらの事故が，稲の出穂期以後の農薬散布時期と相前後していることから，散布された有機リン系，カルバメイト系農薬による亜急性中毒がその事故原因の1つである可能性があるとの指摘がある。鳥の脳中AchEは，哺乳類動物の4倍多いといわれている[2]ので，環境中の有機リン剤の影響を敏感に受けやすいと思われる。

われわれは，野鳥の血中ChE活性阻害度の測定が，環境中の農薬の生物汚染のメルクマールとして有用であると考え，その基礎調査として野鳥やニワトリのAchE活性の正常値の把握と，3種の有機リン剤の *in vitro* での脳中AchE阻害，及びニワトリへの経口1回投与による2種の有機リン剤の毒性を検討した。

2 実験方法

2・1 実験動物

実験鳥類は昭和54年9月から12月にかけて金沢市近郊で交通事故や台風のため骨折等で飛翔不能となったトビ4羽，ゴイサギ2羽，アオサギ1羽及び通常の水と餌（市販の成鶏用配合飼料）で飼育した雄鶏（7～9月齢）を用いた。上記の野鳥については，トビ1羽を除いては薬剤による中毒症状等の異常は見られなかった。

2・2 実験方法

採血は抗凝固剤ヘパリンを用いて翼下静脈より行ない，直ちに遠心分離し血漿と赤血球を得た。赤血球は生理食塩水で洗った後，1％ TritonX-100で3倍溶血した。

脳，肝臓，心臓，胸筋肉の酵素抽出液は次のように調製した。各臓器を生理食塩水で洗った後，1％ TritonX-100を最終的に20％ホモジネイトになるよ

Actual Survey on the Influence of Organic Phosphorus Pesticides upon Wild Birds. 1. Cholinesterase Activity of Blood and Tissues of Birds and Inhibition of Organic Phosphorus Pesticides on the Enzyme. *by Yoshiko DOHI, Hiroshi, KITAI,* and *Fujiko WATANUGI* (*Department of Food and Drug, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment*)

うに加え，ガラスホモジナイザーで均質化し，pH を Na_2HPO_4 液で6.8に調整後，さらに超音波ホモジナイザー（日本精機製）で10KHz，1分間超音波処理した後，13,000×g，15分間遠心した上清を ChE 粗抽出液とした。

True ChE (AchE) 活性は Ellman ら[3]のヨウ化アセチルチオコリンを基質に用いる比色法により測定し，活性は粗抽出液の蛋白1 mg 当り25°C，1分間の基質変化を μM 数で表わした。Pseudo ChE (ChE) 活性は臨床検査に使われているヨウ化 β-カルボナフトキシコリンを基質とした比色法により粗抽出液の蛋白1 mg の作用で15分間に生成した β-ナフトール量を求めこれの μM 数で表わした。ただし血漿，血球の ChE 活性は μM/50μl/min で表わした。

鳥の脳中AchEに対する有機リン剤の阻害実験は水田に多く散布されている3種の農薬，キタジン-P (IBP, O,O-diisopropyl-S-benzylphosphorothiolate)，バイジット (MPP, mercaptophenylphosphorothionate)，ヒノザン (EDDP, O-ethyl-S,S-diphenyldithiophosphate) を2～15μM にしてトビ，ゴイサギ，ニワトリの脳抽出液と25°C 30分間 incubate した後，基質濃度 50μM における AchE 活性阻害度を測定した。

成鶏への EDDP，MPP 投与実験は，雄鶏1羽ずつにサラダ油に溶かした EDDP を50mg/kg，200mg/kg の割合で胃チューブを用いて強制的に1回経口投与し，1時間と4時間後に採血し，血漿中 AchE を測定，MPP も同様に別の雄鶏1羽ずつに50mg/kg，115 mg/kg の割合に経口投与し，30分後と24時間後の血漿 AchE を測定した。

血中 EDDP，MPP 濃度分析は次のように行った。血液1～2 ml に石油エーテル2 ml（残留農薬分析用）を加え，充分振とうし，3,000rpm 5分間遠心分離する。下層に再び石油エーテルを加え抽出を繰り返し，得られた石油エーテル層は濃縮後 FPD 付ガスクロマトグラフィーにより定量した。ガスクロマトグラフィーにおける充てん剤は，EDDP の分析には2% OV-17/Chromosorb W，MPP の検出には2% QF-1/Chromosorb W を用いた。

3 結果及び考察

3・1 鳥類の臓器及び血中のコリンエステラーゼ活性値

トビ，ゴイサギ，アオサギ，ニワトリの各臓器及び血中の True ChE と Pseudo ChE 活性値を表1，表

表 1　　各臓器中のコリンエステラーゼ活性値

Species of Bird	Sex	Age	Weight (g)	Length (cm)	True-ChE (μM/mg protein/min) Brain	Liver	Heart	Muscle	Pseudo-ChE (μM/mg protein/15min) Brain	Liver	Heart	Muscle
Kite 1	male	infancy	485	49	171.40	9.78	6.91	—	17.38	35.97	3.64	—
Kite 2	male	adult	1015	52	153.27	7.19	2.73	3.21	10.65	35.39	2.73	1.89
Kite 3	male	adult	950	53	87.47	5.32	3.09	0.75	8.41	50.79	1.64	tr
Kite 4	male	adult	800	56	102.80	8.06	6.00	2.45	9.53	47.91	tr	tr
B. C. N. Heron 1	male	infancy	270	36	102.98	4.12	7.31	—	8.10	12.77	tr	—
B. C. N. Heron 2	female	infancy	540	44	73.22	2.20	1.53	—	4.96	13.18	tr	—
Grey Heron	female	adult	850	91	102.31	10.16	1.87	1.01	2.31	28.41	nd	2.35
Chick 1	male	infancy	200	—	111.25	12.36	3.45	—	12.50	26.19	12.18	—
Chick 2	male	iufancy	230	—	167.50	10.34	4.36	1.17	—	—	—	—
Chick 3	male	infancy	250	—	144.64	6.98	3.82	—	—	—	—	—
Cock 1	male	adult	1000	—	101.07	3.89	2.91	—	5.54	13.30	3.27	—
Cock 2	male	adult	1350	—	102.14	6.18	2.73	—	7.86	19.20	3.27	—

— : Not examined

表 2　　血液中のコリンエステラーゼ活性値

Species of Bird	True-ChE（μM/50μl/min）		Pseudo-ChE（μM/50μl/15min）	
	Plasma	Erythrocyte	Plasma	Erythrocyte
Kite 1	8.90	tr	12.92	nd
Kite 2	13.24	2.9	22.77	nd
Kite 3	6.62	tr	18.02	nd
Kite 4	10.00	1.3	18.32	nd
B. C. N. Heron 2	2.55	1.8	2.08	nd
Grey Heron	1.64	tr	0.86	nd
Chick 1	8.83	—	12.08	nd
Ckick 2	6.47	1.2	—	—
Chick 3	5.88	2.4	—	—
Cock 2	6.25	2.4	13.75	nd

— : Not examined

表 3　　有機リン剤投与後の血漿中 AchE 活性残存率

Time after dosage	Per cent AchE activity			
	EDDP (mg/kg body weight)		MPP (mg/kg body weight)	
	50	200	50	115
0.5 hr	—	—	17.5	2.9
1 hr	100	71.5	—	—
4 hr	100	100	—	—
24 hr	—	—	3.5	4.9

— : Not examined

2に示した。今回測定した野鳥は翼や脚の骨折等により飛翔不能となった鳥であるので，ChE 活性値は正常値とみなした。種類と数が少ないので結論は出せないが，脳中 AchE は平均118μM/mg protein/min であり，血漿中 Pseudo ChE は平均 13μM/50μl/15min であった。なお，人の血漿の Pseudo ChE は 22—46μM/50μl/15min であった。True ChE と Pseudo ChE の分布は前者が脳に，後者が血漿，肝臓に多く，哺乳類にみられるこの酵素の分布とほぼ同じであったが，赤血球には True ChE 活性も Pseudo ChE 活性もほとんどなく，True ChE が赤血球中に多い哺乳類とはこの点が異っていた。ニワトリの有機リン剤による毒性試験で50—70日齢未満の若鶏は，あまり感受性が高くないこと[4]から ChE 活性が加齢により変動することが考えられる。今後，野鳥やニワトリの ChE 活性の季節的変動や性差，加齢による変動について調査を進めていきたい。

3・2 *in vitro* における有機リン剤による鳥の脳中 AchE 阻害

3種の有機リン剤 IBP，MPP，EDDP を2～15μM の濃度にして脳抽出液と incubation した後の AchE 阻害度は図1に示したように，EDDP が最も阻害力が強く，5×10^{-6}M で50%阻害（I_{50}）が起り，MPP と IBP の阻害は同程度で I_{50} は約1.5×10^{-5}M であった。

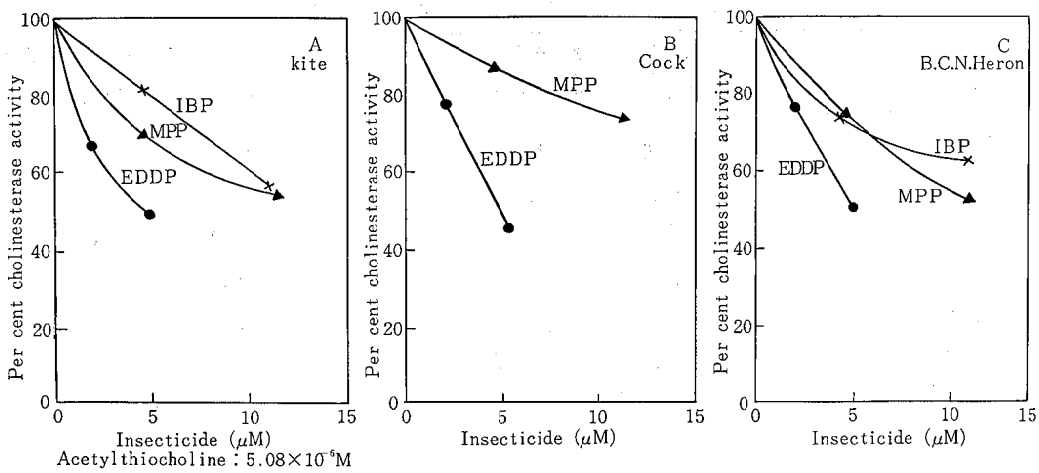


図 1　　有機リン剤による脳中 AchE 活性阻害

3・3 有機リン剤の経口投与実験

表3は EDDP, MPP 1回経口投与後の AchE 活性値を対照ニワトリの血漿 AchE 活性値に対する残存率で表わしたものである。EDDP50mg/kg 投与では1時間後，4時間後とも AchE 活性の低下はみられず，200mg/kg 投与1時間後には AchE は71.5%に低下したが，4時間後には AchE 活性は 100%に回復していた。どちらも何ら症状はみられず，食欲や動きも正常であった。また EDDP200mg/kg 投与の1時間後の血液には EDDP は痕跡程度（<0.02ppm，検出限界 0.01ppm）しか検出されなかった。

次に，MPP50mg/kg 投与では，30分後に血漿 AchE 活性値は 17.5%に，24時間後には3.5%に低下し斃死した。MPP115mg/kg 投与においては30分後に血漿中 AchE は3%しか残っておらず，24時間後にも AchE 活性の回復はみられず，まもなく斃死した。症状については有機リン剤による典型的な中毒症状であり，投与後40分から1時間後には蹌踉として自立不能になり，嘔吐，縮瞳がみられた。斃死直後の脳中 AchE 活性は，50mg/kg 投与のニワトリで対照ニワトリ脳中 AchE の 39%であり，115mg/kg では27%に下がっていた。また，MPP 投与後30分の血液から50mg/kg 投与の場合 0.008ppm，115mg/kg 投与の場合 0.18ppm の MPP が検出された。なお，血液からの石油エーテル抽出液中に，EDDP, MPP のガスクロマトグラム上に分離に支障をきたす妨害物質は認められなかった。

Oral rat に対する MPP の毒性は LD_{50} 値 310mg/kg であるのに対し Oral Chicken や Oral duck に対しては LD_{50} はそれぞれ 28mg/kg，6 mg/kg と鳥類に対する毒性は高い[5]。

また，*in vitro* における脳中 AchE に対する阻害力は，EDDP>MPP であったが，経口投与後の毒性は MPP>EDDP であった。これは有機リン剤の化学構造の違いから，体内に吸収された薬剤の代謝や加水分解速度の相違によるものと考えられる。即ち，選択性の強い有機リン剤の多くは Phosphorothionate 型（P=S）を有する化合物で ChE 活性阻害は弱いが，生体内で酸化・活性化され，Oxon 型（P=O）を有する代謝物に変化すると，ChE 阻害力が増すことが多い[6]。そこで *in vitro* においては，P=S 型の MPP は生体内で直ちに P=O 型に酸化され ChE 阻害力が増強したためであり，*in vitro* においては thiophosphate 型の EDDP の方が直接 ChE をリン酸化しやすいために ChE 阻害力が強いと考えられる。また，2種の有機リン剤の *in vivo* と *in vitro* での作用の逆転は，血中への吸収率の相違も一つの原因と思われる。有機リン剤 phosvel のニワトリへの経口投与後の薬剤の血中濃度の消長をみると，投与後1～3時間で血中濃度は最高値に達し，以後急速に減少する[7]ことから，EDDP, MPP 投与後 30分～1時間での血中濃度はピーク時の濃度に近いとみなすと，EDDP はかなり吸収され難いと考えられる。

実験鳥類の種類や数が少なく，ChE 活性の正常値，

有機リン剤の種類別の ChE 阻害度等に不明な点が多いので，今後野鳥の種類，加齢，季節的変動等を考慮して，できるだけ数多くの正常値のデータをとり，農薬散布時における野鳥の ChE 活性値を調査し，環境中の農薬汚染の実態を把握したい。また，農薬の種類と投与後の血中濃度の推移と ChE 阻害度や中毒症状との関連を検討していきたい。

4 ま と め

(1) 野鳥トビ，ゴイサギ，アオサギ及びニワトリの血中，臓器中の True ChE, Pseudo ChE 活性値を測定し脳中 True ChE は平均118μM/mg protein/min，血漿中 Pseudo ChE は平均13μM/50μl/15min の正常値を得た。

(2) 鳥脳中 AchE に対する有機リン剤 EDDP, MPP, IBP の阻害度は *in vitro* では EDDP＞MPP＞IBP であり EDDP の I_{50} は 5×10^{-6}M, MPP と IBP の I_{50} はほぼ同じで 1.5×10^{-5}M であった。

(3) 有機リン剤の雄鶏への経口投与実験の結果，EDDP は体内吸収率が低く，200mg/kg の投与でさえ血漿中 AchE 活性は70%にしか低下せず中毒症状は発現しなかったが，MPP の毒性は強く，MPP50mg/kg 投与30分後には血漿中 AchE 活性は20%以下となり重症中毒症状を呈し斃死した。

最後に採血に御協力下さった石川県立農業短大の泉徳和講師に感謝します。

文　献

1) 田中二良編：水生生物と農薬，急性毒性資料編，サイエンティスト社，東京（1978）
2) 武藤聡雄：農薬概説，p 45—68，技報堂，東京（1970）
3) Ellman, G. L., Courtney, K. D., Andres, V., and Featherstone, R. M. Jr. : Biochem. Pharmacol., 7, 88—95 (1961)
4) Aldridge, W. N., Barnes, J. M., and Johnson, M. K. : Annals of N. Y. Aced. Sci., 160, 314—322 (1969)
5) 米国国立労働安全衛生研究所編：化学物質毒性データ総覧，日本メディカルセンター，東京（1976）
6) Dahm, P. A., Kopecky, B. E., and Walker, C. B. : Toxicol. Appl. Pharmacol., 4, 683—696 (1962)
7) 紺野信弘，木根淵英雄：日本公衛誌，25，1—4（1978）

〔報　文〕

バイ貝及びスルメイカ肝臓中の重金属の化学形態に関する研究

—— スルメイカ肝臓中のカドミウム結合性低分子量成分の精製について ——

石川県衛生公害研究所食品薬品部　四月朔日富司子・北井　博・土肥祥子

1 はじめに

軟体動物の内臓に含まれる重金属濃度は，他の動物に比べて高いことが古くから知られており，動植物体内における重金属の存在形態とその生体に及ぼす影響に関する研究の一環として，我々は肝臓中にカドミウム(Cd)を高濃度に蓄積しているバイ貝，スルメイカについてCdの細胞内分布や化学形態について検討してきた[1)2)]。バイ貝やイカ肝臓中の重金属は，0.25M庶糖に抽出されない不溶性画分，可溶性画分のうちSephadex G-75によるゲルろ過で，Column volumeに溶出される低分子画分，及び非透析性あるいはvoid volumeに溶出される高分子画分の3つに大別される。ゲルろ過の挙動だけからみると，カキ貝やバイ貝，イカ肝臓の可溶性画分の重金属の大部分は，非常に小さい分子量の生体成分と何らかの化学形で結合している[3)]ことが示唆される。そして，肝臓中のCd含有量と低分子画分におけるCd量との関連をみると，肝臓中のCd濃度が高い場合は，低分子画分のCd量は相対的に低くなり，高分子画分のCd量が多くなることや，カキ貝へのCdの暴露実験において，とり込まれたCdは，まず低分子画分に，次いで高分子画分で検出される[3)]こと等から，貝やイカ肝臓での重金属の蓄積や存在形態には，低分子画分が重要な役割を果していることが示唆された。そこで我々は，イカ肝臓中のCdに対して親和性の高い低分子量成分に着目し，その化学形を明らかにするために，まずCd結合性低分子量成分の精製を検討した。

2 実験方法

2・1 試料

日本海近海産の新鮮なスルメイカの肝臓のみを単離し，生理食塩水で洗った後，前に報告したバイ貝肝臓の場合[1)]と同様に遠心分画した105,000×g上清の可溶性画分を出発試料とした。

2・2 方法

スルメイカ肝臓の可溶性画分からのCd結合性低分子量成分の分離・精製は図1の操作手順に従った。

ゲルろ過のCd量は，Tris-HCl緩衝液のまま直接原子吸光光度計（島津AA640—01）で，蛋白量を表わす280nmにおける吸光度はJASCO UVIDEC 505自記分光光度計で測定した。

Bio-gel P-2ゲルろ過で分画されたCd濃度の高い画分を，それぞれロータリーエバポレータで約10倍に濃縮し，シリカゲル薄層上（Eastman Chromatogram sheet）にpH 6.4では20μl，pH 7.9では10μlをチャージし，高圧電気泳動を行った。泳動用緩衝液としては，ピリジン・酢酸・水（25＋1＋225）pH 6.4，あるいは0.068 M N-エチルモルホリン・0.25M酢酸pH 7.9を用い，冷却装置のついた泳動槽上で，40～50 V/cmの割合で約1時間泳動し，泳動後のCd量は，シリカ

Studies on the Chemical Form of Heavy Metal Contaminants in the Liver of whelk, *Buccinum tenuissimum* and Squid, *Todarodes pacificus*. Purification of Cadmium-Binding Low Molecular Components in the Soluble Fraction of Squid Liver. *by Fujiko WATANUGI, Hiroshi KITAI,* and *Yoshiko DOHI* (*Department of Food and Drug, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment*)

105,000×g 上清(15ml)
↓
Sephadex G-75 ゲルろ過，溶出緩衝液：Tris-HCl 緩衝液0.05M pH 7.0
(1.8×90cm)
↓
F-I　　F-III
↓ ロータリエバポレーターで減圧濃縮
Bio-gel P-2 ゲルろ過
(1.5×140cm)（予め2 μM$CdCl_2$ で平衡化してある）
溶出緩衝液（0.2M 炭酸アンモニウム＋酢酸＋2 μM$CdCl_2$）pH9.0
↓
低 Cd 含有 Faction　　高 Cd 含有 Fraction
↓ 減圧濃縮
シリカゲルプレート上での高圧電気泳動（75×120×0.1mm）
pH 6.4
pH 7.9

図 1　　Cd 結合性低分子量成分の分離・精製

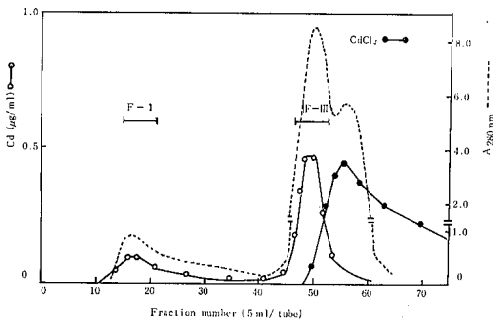


図2　　スルメイカ肝細胞可溶性画分の Sephadex G-75 によるゲルろ過

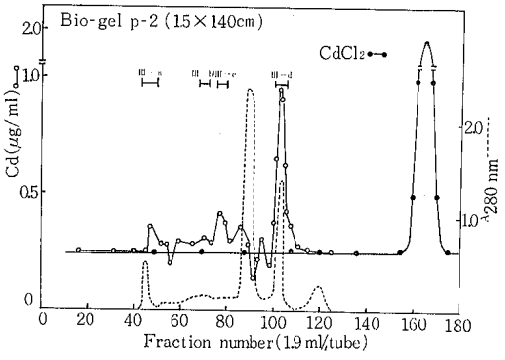
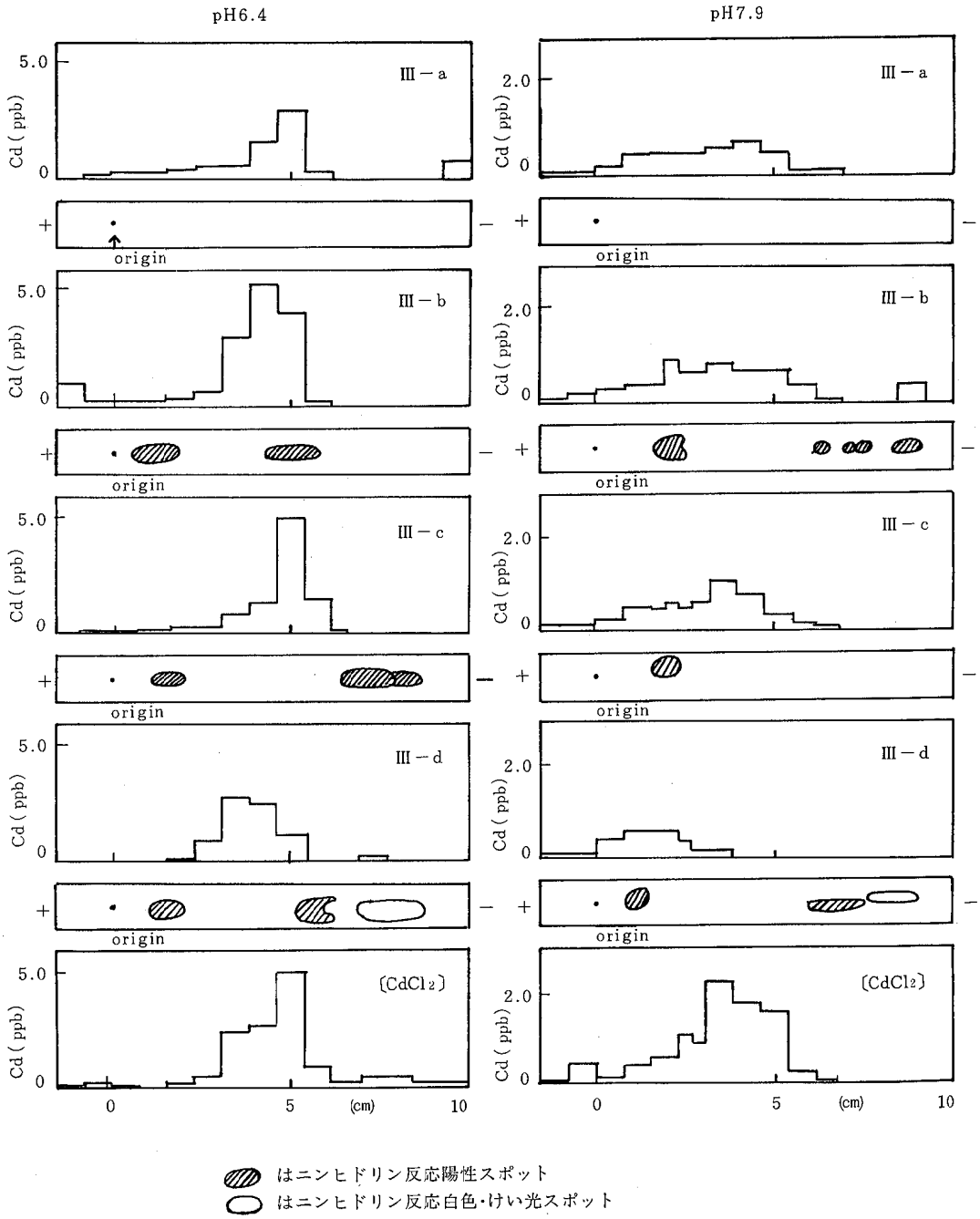


図3　　Bio-gel p-2 によるゲルろ過

ゲルプレートを一定間隔に細分し，それぞれをかきとり，0.1 N HCl 0.5ml で抽出し，フレームレス原子吸光法により，Jarrel-Ash FLA-10で測定した。
アミノ酸やペプチドは，0.2%ニンヒドリン・アセトン溶液を噴霧した後 100°C 5分間加熱して検出した（ニンヒドリン反応）。

3 結果と考察

イカ肝臓には Cd が20～100ppm の濃度で含まれていて，その約40%が可溶性画分に抽出されるのであるが，この可溶性画分（Cd, 3 ppm）を Sepbadex G—75 によるゲルろ過を行い，5 ml ずつ分取し Cd 濃度と 280nm における吸光度を測定した（図2）。図2で示すようにイカ肝臓可溶性画分の Cd は，void volume（分子量＞75,000）に溶出される高分子量タンパク画分 F-I と，Column volume に溶出される低分子量画分 F-III に分画され，その Cd 量の比はほぼ1：3であり，カラムにのせた可溶性画分中の Cd の約61%しか回収されなかった。また，$CdCl_2$（Cd として56μg）のみを同様の緩衝液を用いてゲルろ過したときの Cd 溶出ピークは，図2で示したように，イカ肝臓可溶性画分の F-III 画分より遅れ55%の回収率であった。このように溶出緩衝液の濃度が希薄な場合，Cd^{2+} や Zn^{2+} はデキストランゲルに吸着されやすく溶出が遅れ回収率が低くなる[4]。可溶性画分のゲルろ過の結果，その Cd はすべて無機の Cd^{2+} より早く溶出されること，カ



はニンヒドリン反応陽性スポット
はニンヒドリン反応白色・けい光スポット

図 4　　薄層シリカゲルプレートによる高圧電気泳動

ラムからのCdの回収率が低いことから，可溶性画分中では，F-Iの高分子タンパク質やF-Ⅲ画分中の低分子量有機成分と遊離のCd^{2+}とが$Cd^{2+}+L \rightleftarrows Cd\text{-}L$ (L：Ligand) ……(1)

式(1)のような熱力学的平衡状態にあることが考えられる。またF-Ⅲ画分はニンヒドリン反応陽性であり，その中に含まれているCdは，陽イオン交換体CM-Sephadex C-25にpH 7.0以下で吸着し，pH 8.5以上でようやく溶出された。

F-Ⅲをさらに分画するために低分子量分画が可能なBio-gel P-2（分画可能分子量100～1,800）を用いた。$CdCl_2$をBio-gel P-2カラムにのせ，0.2Mの緩衝液濃度で溶出させると，無機のCd^{2+}はゲルに吸着されずにほぼ100％回収されることを確認した後，Bio-gel P-2でF-Ⅲを分画すると，そのCdの大半が無機のCd^{2+}と同じ位置に溶出された。このことから，CdとF-Ⅲ中の低分子量成分との結合は不安定で，ゲル内の遊離のCd濃度が非常に低いため，Cdと有機成分中配位子（リガンド）との結合が切れることが考えられた。ゲル内をある任意の濃度のCdイオンで平衡化しておくことは，このような不安定なCd-リガンド複合体の分離や金属-リガンドの平衡恒数等の測定には有用である[4]。そこで，予め，2 μMの$CdCl_2$ (Cdとして0.224 ppm) を含む0.2M炭酸アンモニウム緩衝液pH 9.0で平衡化したBio-gel P-2でF-Ⅲを分画した。F-Ⅲをロータリエバポレータで濃縮し，その2 mlをBio-gel P-2カラムにのせ，上記の$CdCl_2$を含む緩衝液で0.13～0.15ml/minの速度で溶出させ，1.9mlずつ分取し，Cd量と280nmにおける吸光度を測定した結果を図3に示した。また$CdCl_2$のみを上記と同様に分画すると，Fraction number 165にCdのピークがあり，カラムにのせた$CdCl_2$の約95％が回収された。図3にみられるようにF-Ⅲを Bio-gel P-2で分画すると，無機のCd^{2+}より早く溶出する4つのCdピークがみられ，溶出順にⅢ-a (Fr. No. 43～50)，Ⅲ-b (Fr. No. 68～72)，Ⅲ-c (Fr. No. 75～80)，Ⅲ-d (Fr. No. 100～105) とした。このことからも，F-ⅢにはCdと結合しやすい有機物質の存在が考えられる。いづれのCdのピークも280nmにおける吸光度のピークとは少しづつずれていた。最もCd結合量の多いⅢ-dは260nmに極大吸収を持つ紫外部吸収を示した。そこで，できるだけCd-リガンド複合体が切れ難いマイルドな条件で分離精製するために，シリカゲル薄層を支持体にした高圧電気泳動を行った。Ⅲ-a，Ⅲ-b，Ⅲ-c，Ⅲ-dの高圧電気泳動後のCdの濃度分布を図4に示したが，pH 6.4，pH 7.9のどちらのpHにおいても4つの画分中のCdはすべて陰極側へ移動し，Ⅲ-a，Ⅲ-cのの泳動距離はどちらのpHでもCd^{2+}のそれとほぼ同じであり，Ⅲ-b，Ⅲ-dのの移動度は2つのpHにおいてCd^{2+}のそれと異っていた。以上のことから，Ⅲ-b，Ⅲ-d中のCdはリガンドとの複合体を形成し，それは弱塩基性物質であることがわかる。また，ニンヒドリン陽性スポットとCdピークとが必ずしも一致しないので，アミノ酸，ペプチド以外の物質がリガンドである可能性がある。しかし，ニンヒドリン反応より高感度のアミノ酸，ペプチド検出法についても検討する余地があろう。また，Ⅲ-a，Ⅲ-cのの Cd-リガンドの結合が不安定で泳動中にCdが解離することも考えられる。

今後，図1の操作で得られたCdに対して親和性の高い低分子量成分（特にⅢ-d）を多く集めて，マススペクトルや赤外スペクトル等を測定して化学構造について検討してゆくつもりである。

文　献

1) 土肥祥子，小坂菊枝：食衛誌，19，282—293 (1978)

2) 土肥祥子，小坂菊枝：環境保全研究成果集（I）（環境庁企画調整局調整課編）29—3—29—6，(1979)

3) 児玉陽太郎，森本一義，中島暉躬：衛生化学，24，132—138 (1978)

4) Brushmiller, J. G. and Ames, R. W.: Analytical Chem, 51, 839—843 (1979)

〔報　文〕

浴用剤中の酵素について

—— その活性と安定性並びに効能・効果 ——

石川県衛生公害研究所食品薬品部　大西孝司・勝田幸恵・西木雅美

（本報告の要旨は第16回全国衛生化学技術協議会年会において発表した。昭和54.10.3，福岡市）

1 はじめに

医薬部外品として，神経痛，リウマチ，冷え症等に用いられている浴用剤は，ホウ砂，炭酸ナトリウム，炭酸水素ナトウム，硫酸ナトリウム，リン酸ナトリウム，塩化ナトリウム等の有効成分，それに微量の香料，色素，湿潤剤から成っているが[1]，最近，その他に蛋白分解酵素を配合したものが，増えてきている。酵素としては，Papain[2]，Pancreatin[3]，Protease の一種が通常用いられており，その効能・効果としては①壊死組織融解除去作用，②創傷部の修復治癒促進作用，③毛孔拡大による老廃物の除去作用等が挙げられている。

われわれは浴用剤中の酵素の分析法について，検討を加えると共に，実際に上記の効能・効果があるものかどうかを知る目的で，これらの酵素の一部について，基礎的な性質を調べてみたので報告する。

2 試薬及び装置

2・1 試　薬

(1) 蛋白分解酵素：Protease (Subtilopeptidase A, E. C. 3．4．4．16)[4]，Trypsin[5] 及び局方 Pancreatin[3]

(2) L－チロジン標準液：特級品を用い5，10，15，20，25，30及び35μg/ml 0.2N 塩酸の7種の溶液を調製する。

(3) 蛋白質沈殿試薬：トリクロル酢酸，酢酸ナトリウム，酢酸を各々 0.11M，0.22M，0.33M となるように混合して調製する。

(4) 酵素希釈液：酢酸カルシウム，酢酸ナトリウム，塩化ナトリウムを各々 0.001M，0.02M，0.1M となるように混合した後，pH を7.5に調製する。

(5) 発色試薬：0.55M炭酸ナトリウム溶液及び下記の4種，

A液……2％炭酸ナトリウム/0.1N 水酸化ナトリウム

B液……0.5％硫酸銅/1％クエン酸ナトリウム

C液……A液とB液の50：1の混合液（用時調製）

D液……Folin–Ciocalteu 試薬（和光純薬市販品）

(6) 定量試験用基質溶液：Milk Casein (Hammersten, E. Merck) 1.2g に0.05M リン酸一水素ナトリウム溶液 150ml を加え，加温して溶かす。冷後 pH を7.5に調製し，精製水にて全量 200ml とする。

(7) Sörensen 緩衝液：pH 3.95，5.59，6.81，8.04，9.18，9.86，10.91及び12.13の各緩衝液を常法[6] により調製する。

(8) 浴用剤モデル処方原料：局方ホウ砂，同炭酸水素ナトリウム，同乾燥硫酸ナトリウム，同炭酸ナトリウム，同プロピレングリコール，黄色202号の(1)（ウ

Proteolytic Enzymes in Preparation for Bath. Its Activity, Stability and Medical Effectiveness. *by Takashi OHNISHI, Yukie KATSUTA, and Tadayoshi NISHIKI (Department of Food and Drug, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

表 1　試　料　の　組　成（モデル処方）

試　料　A			試　料　B		
局　方	ホ　ウ　砂	65%	局　方	炭酸水素ナトリウム	80%
〃	乾燥硫酸ナトリウム	20%	〃	炭酸ナトリウム	18.8%
〃	炭酸水素ナトリウム	14.7%	〃	パンクレアチン	1.0%
	プロテアーゼ	0.2%	〃	プロピレングリコール	0.1%
	黄色202号の(1)	0.1%		青色1号	0.05%
	レモン香料	微　量		黄色202の(1)	0.05%
				ジャスミン香料	微　量

ラニン），青色1号（ブリリアントブルーFCF），(1)に記載の蛋白分解酵素，香料（レモン及びジヤスミン）。

(9) 基質特異性測定用蛋白質溶液：γ-Globulin (Bovine Serum), Albumin (Bovine Serum), Lysozyme(Egg white), Casein(Milk ; Hammersten), β-Globulin (Human Serum), Liver Acetone Powder (Pig), Hemoglobin (Human blood), Gelatin, 及び Collagen (Bovine) は和光純薬工業製，Albumin (Human Serum), Liver Acetone Powder (Rabbit) 及び Keratin (Krebs) は東京化成工業製

各基質0.1g を8種類の Sörensen 緩衝液 15ml に溶解し用いる。

(10) 定性試験用基質溶液：Gelatin 5g に約50ml の精製水を加え，加温して溶かす。冷後，精製水にて全量 100ml とする。

2・2 装　置

(1) 恒温水槽（大洋科学工業，ミンダージュニア）
(2) 恒温乾燥器（ヤマト科学，DS-61型）
(3) 分光々度計（日立製作所，124型）
(4) pH メーター（日立—堀場，F-7型）

3 試　料

今回，分析を試みた浴用剤試料（モデル処方品，2種類）の組成は表1に示すとおりである。試料Aはホウ砂を主成分として，Protease (Subtilopeptidase A) を0.2%，試料Bは炭酸水素ナトリウムを主成分として，Pancreatin を1.0%含有させたものである。

4 方法及び結果

4・1 蛋白分解酵素の測定法の検討

蛋白分解酵素の活性の測定方法は種々あるが，一般には基質蛋白質（一般的には Casein, Hemoglobin など）の水解後，トリクロル酢酸上清液中に存在する非蛋白性分解産物の量を 280nm 付近の吸光度，又は Folin-Ciocalteu 試薬呈色度でもって測定することにより，活性を表わす方法が用いられている[7)-17)]。

今回の場合，発色条件等を検討し，4・1(4)の測定条件で，30°，1分間に1 μg のチロジンに対応する Folin 呈色物を生成した際の酵素活性を1単位（Unit）として，モデル処分に用いた蛋白分解酵素の量を表わすことにした。また，浴用剤中の酵素の測定結果も同様の単位で表わすことにした。

(1) **L-チロジンの発色条件の検討**：まず発色に及ぼすアルカリ溶液の濃度や銅溶液の有無の影響をみるため L-チロジン標準液（30μg/ml）を用い，表2に示す9条件（a~i）における発色度を比較した。条件bは局方「パンクレアチン」の定量法[3)]に準拠したもので，「Anson-萩原氏変法」[14)~16)]と呼ばれている方法である。結果をみると発色試薬としてアルカリ溶液と Folin-Ciocalteu試薬を作用させる方法よりもアルカリ性銅溶液で処理して，銅錯塩を形成させた後（ビウレット反応），Folin-Ciocalteu 試薬を作用させた方法の方が発色度は高くなっている。この傾向は，各種の蛋白質を発色させた場合でもみられ[9)11)]，今回の定量法には条件eの発色法（Lowry-Folin 法）を用いることにした。また，測定波長は 700nm とした。

(2) **L-チロジンの検量線の作成**：7種類の濃度の標準液を用いて，(1)に記載の条件eにて発色させた場合の検量線を図1に示す。今回の場合，20μg 以上の範囲において，良好な直線を示した。

表 2　　L-チロジンの発色条件の検計

条件	標準液	発色試薬				吸光度 A 660	吸光度 A 700
a	2 ml	0.55M Na_2CO_3	5 ml+	3倍希釈D液	0.5 ml	0.452	0.515
b	〃	〃	5 ml+	〃	1.0 ml	0.512	0.594
c	〃	〃	10ml+	〃	0.5 ml	0.112	0.149
d	〃	〃	10ml+	〃	1.0 ml	0.205	0.254
e	〃	C 液	5 ml+	2倍希釈D液	0.5 ml	0.650	0.759
f	〃	〃	5 ml+	〃	1.0 ml	0.406	0.502
g	〃	〃	10ml+	〃	0.25ml	0.132	0.165
h	〃	〃	10ml+	〃	0.5 ml	0.277	0.333
i	〃	〃	10ml+	〃	1.0 ml	0.419	0.505

30°, 30分間放置

L-チロジン標準液（30μg/ml）を用い，上記の9条件における発色度を比較した。

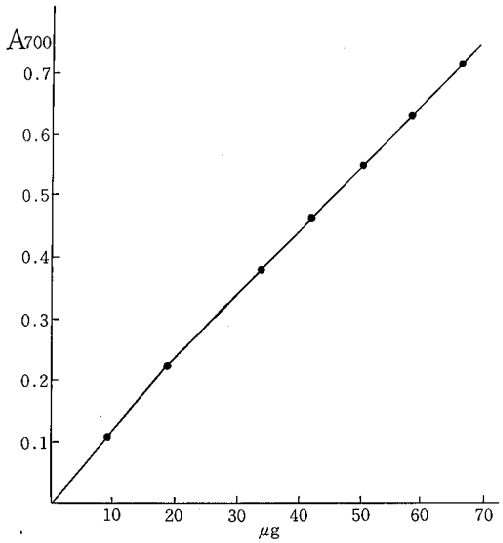


図1　　L-チロジンの検量線

(3) **浴用剤試料中の蛋白分解酵素の定性試験：**試料2gを定性試験用基質溶液10mlに加え，よく振とうした後，40°で10分間放置する。その後，氷水中で5分間冷却する時，ゼラチン液が流動性を有するならば，蛋白分解酵素の存在が考えられる。この方法は，基質蛋白質の分解による物理的・化学的変化を測定する方法を応用したもので，ゼラチンの粘度低下測定法，液化力測定法，凝乳作用測定法として，活性度の測定にも広く用いられている[18]。今回の試料A及びBは共に本試験に陽性であった。

(4) **蛋白分解酵素の活性度の測定：**まず蛋白分解酵素約0.2gを正確に量り，1,000mlの酵素希釈後に溶解させたものを酵素試料液とする。この液を1mlずつ各々2本の試験管（φ18×180mm）に分取し，30°の恒温水槽に約5分間浸漬しておく。そのうちの1本に，あらかじめ30°に保温しておいた定量試験用基質溶液5mlを加え，正確に10分間反応させた後，蛋白質沈殿試薬5mlを加え，酵素反応を停止させる。未消化蛋白質の沈殿を完全にするため，さらに30分間恒温水槽中に放置した後，反応混液をろ過し，ろ液を得る。もう1本の試験管（空試験用）には，最初に蛋白質沈殿試薬5mlを加え，次に定量試験用基質溶液5mlを加える。その後，同様に30分間恒温水槽中に放置した後ろ過し，ろ液を得る。各々のろ液を2ml分取し，4・1(2)と同様の操作により発色させ，空試験用を対照として700nmにおける吸光度を測定する。あらかじめ作成しておいた検量線により，相当するL-チロジンの量を求める。この時，蛋白分解酵素1g当りの活性度（Unit）は次式で与えられる。

$$\text{Units/g} = \text{L-チロジン相当量}\ (\mu g) \times \frac{11(\text{ml})}{2\ (\text{ml})} \times \frac{1}{10(\text{分間})} \times \frac{1{,}000(\text{ml})}{1\ (\text{ml})} \times \frac{1\ (\text{g})}{\text{酵素試料採取量(g)}} = \frac{\text{L-チロジン相当量}(\mu g)}{\text{酵素試料採取量(g)}} \times 550$$

今回測定した Protease, Trypsin, 及び Pancreatin は各々1g当り150,100 Units, 29,700 Units, 42,900 Units であった。

(5) **浴用剤試料中の蛋白分解酵素の定量試験：**試料A約10gを正確に量り，100mlの酵素希釈液に溶解させ浴用剤試料溶液とする。試料Bの場合は約2gを正確に量り，同様にして試料溶液を調製する。これらの液を各々1ml分取し，4・1(4)と同じ操作を行い，相当するL-チロジンの量を求める。この時，浴用剤試料1g中の蛋白分解酵素の量（Unit）は次式で与えられる。

$$\text{Units/g}=\text{L-チロジン相当量}(\mu g)\times\frac{11(\text{ml})}{2(\text{ml})}\times\frac{1}{10(\text{分間})}\times\frac{100(\text{ml})}{1(\text{ml})}\times\frac{1(\text{g})}{\text{試料採取量}(\text{g})\times\frac{\text{酵素含有率}(\%)}{100(\%)}}=\frac{\text{L-チロジン相当量}(\mu g)}{\text{試料採取量}(\text{g})\times\text{酵素含有率}(\%)}\times 5{,}500$$

今回，実際に2種類の浴用剤試料から，上記の方法にて求めた酵素活性度は，試料Aの場合282.4Units/g，試料Bの場合415.8Units/gであった。これは処方として加えた蛋白分解酵素のうちの各々94.08%，96.92%に相当する。なお，配合されている他の成分による影響や色素による妨害は，今回の試料ではみられなかった。

4・2 Protease の基礎的性質について

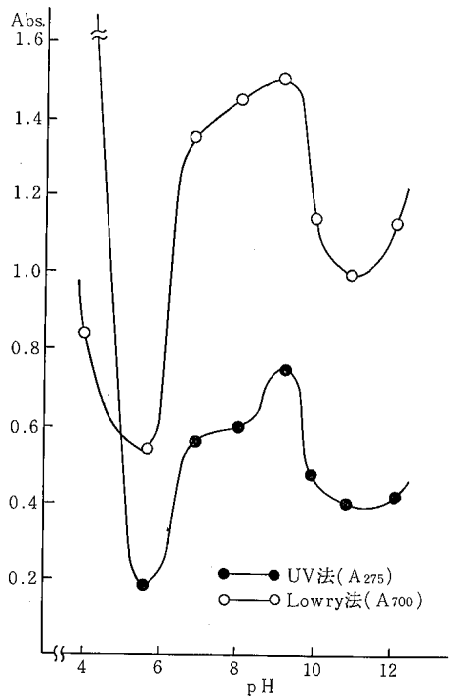
浴用剤の中に，蛋白分解酵素を入れる目的としては，前述したように①壊死組織融解除去作用（古い表皮の除去による若がえり），②創傷部の修復治癒促進作用，③毛孔拡大による老廃物の除去作用（なめらかな肌にする），④毛細血管拡張による血行改善作用（湯ざめ防止），⑤炎症部位の抗炎症作用，⑥浴槽内の殺菌作用等が挙げられる。

実際に用いる場合に，上記のような作用（効果）が期待できるのかどうかを知る目的で，用いた蛋白分解酵素のうち Protease (Subtilopeptidase A) について，いくつかの基礎的な性質を調べてみた。

通常，皮膚の表皮細胞は角質（Keratin）と呼ばれる硬蛋白質の層から構成されており[19)-24)]，浴用剤の酵素もこの部位に作用し，各種の効果を表わすものと思われる。

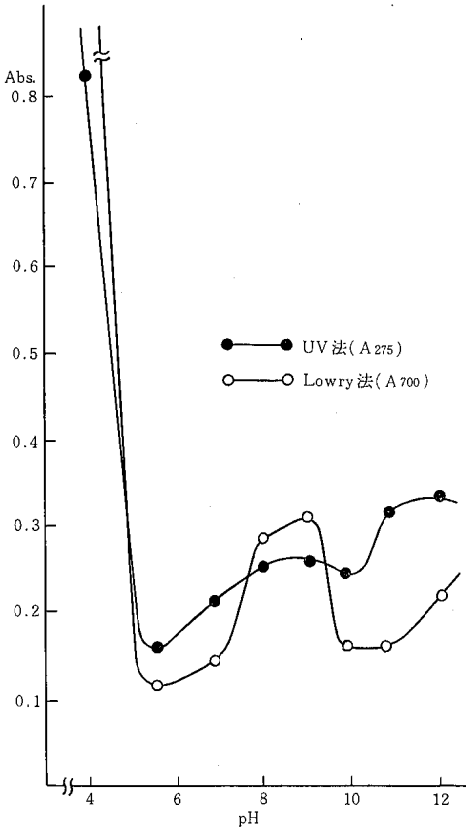
そこで，まず硬蛋白質に対する Protease の至適 pH を求めると共に，12種の蛋白質・臓器に対する基質特異性，熱に対する安定性などを調べた。

(1) **Keratin 及び Collagen に対する至適 pH 曲線：**まず過剰濃度（0.1g/pH 3.95, 5.59, 6.81, 8.04, 9.18, 9.86, 10.91及び12.13各 Sörensen 緩衝液15ml）の基質溶液15ml に蛋白分解酵素水溶液（0.2g/100ml）1 ml を加え，40°，30分間反応させた後，蛋白質沈殿試薬，10ml を加えろ過する。ろ液中の非蛋白性分解産物の量はUV法（275nmの吸収）及びLowry-Folin法にて測定する。結果は図2，図3に示したとおりである。測定原理が異なることや，蛋白質の変性がpHの変化により起こることなどから，必らずしも一致したパターンを得ることはできなかったが，pH 9～10付近にピーク，酸性側にショルダーを有する非対称形のパターンが，Keratin と Collagen に共通してみられた。なお，ここには示さなかったが基質として Casein を用いた場合にも，pH 10付近にピークを有する同様の pH 至適曲線が得られた。



基質：Keratin 溶液(0.1 g /15mℓ各pH緩衝液)
反応条件：40°、30分間
酵素濃度：18.8Units/ ml 反応液

図2　Keratin に対する至適 pH 曲線



基質：Collagen 溶液(0.1 g /15mℓ各 pH緩衝液)
反応条件：40°、30分間
酵素濃度：18.8Units/ml 反応液

図3　Collagen に対する至適 pH 曲線

(2) **各種蛋白質に対する基質特異性**：2・1(9)に記載した12種類の基質溶液を用い，4・1(1)と同様の方法で，非蛋白性分解産物の量を測定した。UV法の場合，Keratin, Collagen, Gelatin 及び Liver では，明らかな極大吸収を示さなかったが，他の蛋白質はすべて275nm付近に極大吸収を有していた。結果は表3に示したとおりであり，この場合も測定法により若干得られた結果が異なっていたが，Keratin, Collagen 等の硬蛋白質に対する作用は，他の Albumin, Globulin 等に対する作用に比べ，かなり低い傾向を示した。

(3) **熱，pH に対する安定性**：まず熱に対する安定性を調べる目的で，酵素水溶液を4°，37°及び70°の各温度で24時間放置した後，Keratin 溶液（0.1g/15ml pH 9.18 Sörensen 緩衝液）を基質として，40° 30分間作用させ，残存活性率を比較した。結果は表4に示したように，Lowry-Folin 法で測定した場合，4°ではほとんど失活しないが，37°では約20%，70°では80%以上が失活していることがわかった。同様にして，3種類の蛋白分解酵素（Protease, Pancreatin 及び Trypsin）の，37° 保存における残存活性率を経時的に比較したのが図4である。同じ蛋白分解酵素でも，安定性に大きな差がみられる。今回の場合，Protease が最も高い安定性を有し，48時間放置後も70%以上の残存活性率を示したが，Trypsin の場合，最も高い安定性を保つ pH が2～3で，pH 5 以上では自己消化で失活するためか，非常に低い結果を示した。

次に Protease の安定性に及ぼす pH の影響をみた

表3　各種蛋白質に対する基質特異性

(γ- Grobulin の時の値を100とした時の割合：%)

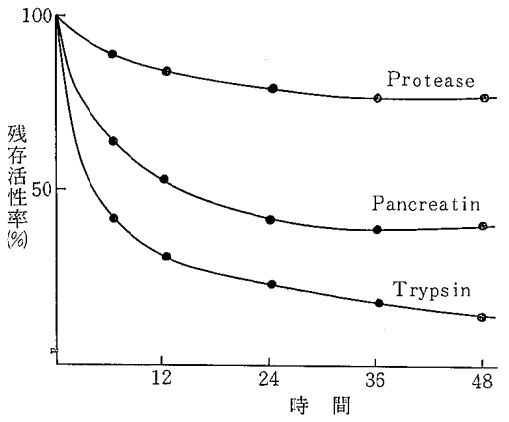
基　　質	UV 法	Lowry 法
γ-Globulin (Bovine)	100	100
Albumin (Bovine)	53.2	87.7
Lysozyme (Egg)	93.2	81.1
Albumin (Human)	50.8	80.4
Casein (Milk)	49.0	64.4
β-Globulin (Human)	50.9	58.4
Livar (Pig)	65.3	45.7
Keratin (Krebs)	17.9	44.8
Liver (Rabbit)	52.9	43.2
Hemoglobin (Human)	31.1	42.8
Gelatin	10.1	23.7
Collagen (Bovine)	8.1	10.0

基質濃度：0.1g/15ml pH 9.18緩衝液
反応条件：40°，30分間
酵素濃度：18.8Units/ml 反応液

表4　酵素の熱に対する安定性

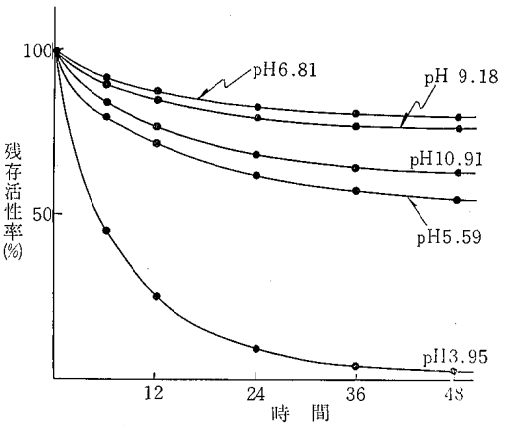
保存条件	残存活性率(%)	
	UV 法	Lowry 法
4°，24時間	96.0	94.9
37°，〃	93.6	78.6
70°，〃	49.1	19.7

酵素水溶液（300Unit/ml）を上記条件で保存した後，Keratin 溶液（0.1g/15ml pH 9.18緩衝液）を基質として，40°，30分間作用させ（酵素濃度 18.8Units/ml 反応液）残存活性率を比較した。



基質：Kenatin溶液(0.1 g/15mℓ pH9.18緩衝液)
保存温度：37°
反応条件：40°、30分間
酵素濃度：18.8Units/mℓ反応液
測定方法：Lowry-Folin法

図4　　各種蛋白分解酵素の安定性



基質：Keratin溶液
(0.1 g/15mℓ各 pH Sörensen緩衝液)
保存温度：37°
反応条件：40°、30分間
酵素濃度：18.8Units/mℓ反応液
測定方法：Lowry-Folin法

図5　　酵素の pH に対する安定性

のが図5である。pH 7～9付近で最も高い安定性を示し，48時後でも80%近い残存活性率を有している。この結果は，図2と比べた場合，至適 pH における安定性が比較的高いことを表わしている。

(4) **酵素濃度と活性率の相関性**：最後に Keratin 溶液（0.1g/15ml pH 9.18 Sörensen 緩衝液）を基質として，0.0002～187.6Units/ml の濃度（反応液中）の酵素水溶液を各々作用させた時の活性率を比較したのが表5である。UV 法に比べ，Lowry-Folin 法の方が高めの値を示す傾向があるが，187.6Units/ml の濃度の時の活性を 100%とした場合，濃度の低下に伴ない活性率も低下し，0.019Units/ml の濃度以下ではほぼ一定の活性率を示す傾向がみられた。

表5　　酵素濃度と活性率の相関性

（187.6Units/ml の濃度の時の値を 100 とした時の割合：%）

酵素濃度 (Units/ml)	UV 法	Lowry 法
187.6	100	100
18.8	50.2	62.9
1.88	15.7	31.3
0.19	6.4	16.1
0.019	3.2	8.0
0.002	1.9	6.3
0.0002	3.0	6.2

Keratin（0.1g/15ml pH 9.18緩衝液）を基質として，上記酵素濃度を各々40°，30分間作用させ，活性率を比較した。

5　考　　察

以上のことから，浴用剤中に蛋白分解酵素が配合されている場合，Milk Casein を基質として用いた酵素反応後，分解物を Lowry-Folin 法にて測定することにより定量が可能であることがわかり，ほぼ満足すべき結果を得ることができた。

今回の実験に用いた Protease の1種である Subtilopeptidase A は，枯草菌の1菌株 *Bacillus subtilis var. biotecus* から主に生産される蛋白分解酵素で，作用形式からみた場合，エンドペプチダーゼに属している。この酵素のアミノ酸配列は既に決定されており，275個のアミノ酸残基より構成される単一ペプチド鎖から成り[25]，221番目に位置する L-セリンが活性部位を形成している。また，その立体構造も研究され，8個のα-ヘリックスを有する直径42Åのほぼ球状の分子であることも明らかにされている[26]。この酵素はほとんどの種類のペプチド結合を分解する能力を持ち[27]，しかも比較的高い安定性を有しているため，味噌，チーズなどの醸造・醗酵食品や食肉加工品の製造のほか，消

化剤や抗炎症剤などの医薬品製造，洗剤製造，皮靴処理等，各種の工業的用途に広く用いられている[28)29)]。

浴用剤の中にこのような蛋白分解酵素を入れる場合，その主な目的は，壊死組織・創傷部の融解除去・修復治癒促進作用等の効果の期待にある。通常，皮膚の表皮細胞は角質（Keratin）と呼ばれる硬蛋白質の層から構成されており，浴用剤中の酵素もこの部位に作用し，上記のような効能・効果を表わすものと思われる。特に酵素風呂に入った時には，①化膿している場合，治癒が早まったり，②神経痛やリウマチの場合，痛みが早くとれたり，③胃腸・肝臓・腎臓疾患では，食欲が出たり，疲労感がとれたり，④高血圧症の場合，降圧効果があったり，⑤尿中カルシウムの排泄が抑制されるということである。最近このような理由から，酵素を配合した浴用剤が増える傾向にあるが，実際にこのような効能を有するのかどうか，*in vivo* で調べることは困難であると思われるので，蛋白分解酵素として，Subtilopeptidase A，基質として Keratin を用いた基礎的な実験を *in vitro* において検討した。人の入浴温度・時間を考慮に入れて，40°，30分間作用させた場合の，至適 pH は約9となり，浴用剤の液性が通常弱アルカリ性であることから考えて，作用を表わす上で好都合であると思われた。しかし，各種の蛋白質に対する作用を比較した場合，Keratin に対する作用は他の蛋白質に比べて低くなることや，実際に使用する際の浴槽内の酵素濃度を，処方量及び使用量（通常 10～15g/180l）から計算すると，0.01～0.03 Units/ml と極めて低濃度になることなどを考慮した場合，前記のような効能を期待することには若干の問題があるように思われる。もちろん，今回の実験に用いた蛋白質は，ほとんどのものがヒト由来の蛋白質ではなかったことや，測定方法（UV 法及び Lowry-Folin 法）により得られる結果が若干異なっていたこと，それに濃度と実験の作用（効能）との関係が，明瞭ではないことなどから考えて，必らずしも酵素入浴療法におけるすべての効能・効果を否定することはできないが，少なくとも，前述の①及び②の効能・効果による化膿・湿疹の予防・治癒の促進効果は期待できるとしても，それ以外の効果を期待することには疑問が残るものと思われる。

6 ま と め

医薬部外品として用いられている浴用剤の中に含まれる蛋白分解酵素について，若干の検討を加え次の結果を得た。

(1) 浴用剤中の酵素は，Milk Casein を基質とした酵素反応後，分解物を Lowry-Folin 法にて測定することにより，定量が可能であることがわかり，ほぼ満足すべき結果を得ることができた。モデル処方からの Protease 及び Pancreatin の回収率は，各々 94.08%，96.92%であった。色素その他の配合成分による影響はみられなかった。

(2) これらの酵素の効能・効果を調べる目的で，*in vitro* における Protease の基礎的な性質を調べた。その結果，皮膚の表皮細胞構成成分である Keratin（角質）に対する至適の pH は 9～10 であった。

(3) 12種の各種蛋白質，臓器に対する基質特異性を調べたところ，Keratin, Collagen 等の硬蛋白質に対する作用は，他の Albumin, Globulin 等に対する作用に比べて，かなり低かった。

(4) 熱に対する安定性を調べた結果では，37°，24時間保存後（水溶液）の残存活性率は 78.6 %であった。Pancreatin, Trypsin と比べた場合では，最も高い安定性を示した。

(5) pH に対する安定性を調べた結果では，pH 7～9 付近で最も高い安定性を示し，48時間後でも80%近い残存活性を有していた。

(6) Keratin を基質として，0.0002～187.6 Units/ml の各濃度の酵素水溶液を作用させ，濃度と活性の相関性をみた結果では，濃度の低下に伴ない活性率も低下し，0.019Units/ml 以下の濃度では，ほぼ一定の活性率を示した。

(7) 以上のことから，Protease の至適 pH が約9で，浴用剤の使用時の pH とほぼ一致していること，37°，pH 9 における安定性が比較的高かったことは，酵素の作用を期待するうえで好都合と思われる。しかし，角質に対する作用が他の蛋白質に比して低かったこと，実際に浴用剤を使用する際の浴槽内の酵素濃度は約0.01～0.03Units/ml となることを考慮した場合，前記のようないわゆる酵素療法としての効能・効果を期待するには，若干の問題があるように思われる。

文　献

1) 日本公定書協会編：医薬品製造指針，p 237—253 薬業時報社，東京（1977）

2) 赤堀四郎監修：酵素ハンドブック，第5版，p517

—518，朝倉書店，東京（1970）
3）日本公定書協会編：第9改正日本薬局方解説書，pD-697—D-700，広川書店，東京，（1976）
4）赤堀四郎監修：酵素ハンドブック，第5版，p522—523，朝倉書店，東京（1970）
5）赤堀四郎監修：同上書，p509—510
6）吉村寿人，松下寛，森本武利：新版pHの理論と測定法，p122—124，丸善，東京（1968）
7）日本生化学会編：生化学実験講座1　タンパク質の化学Ⅰ-分離精製-，第1版，p45—55，東京化学同人，東京（1977）
8）日本生化学会編：生化学実験講座5，酵素研究法（上），第1版，p19—33，東京化学同人，東京（1976）
9）日本化学会編：実験化学講座23，生物化学Ⅰ，第3版，p23—46，丸善，東京（1968）
10）安藤鋭郎，寺山宏，西沢一俊，山川民夫編：生化学研究法Ⅱ，p441—446，朝倉書店，東京（1968）
11）水島三一郎，赤堀四郎編：蛋白質化学2，p120—121，共立出版，東京（1958）
12）Folin, O., Ciocalteu, V.: J. Biol. Chem., **73**, 627—650（1927）
13）Lowry, O. H., Rosebrough N. J., Farr, A. L. ard Radall, R. J.: J. Biol. Chem., **193**, 265—274（1951）
14）Arson, M. L.: J. Gen. physiol., **22**, 79—89（1938）
15）Hagihara, B., Matsubara, H., Nakai, M and Okunuki, K.: J. Biochem., **45**, 185—194（1958）
16）赤堀四郎編：酵素研究法2，p240—246，朝倉書店，東京（1956）
17）朝比奈正人：衛生試報，**76**, 209—212（1955）
18）小原哲二郎，岩尾裕之，鈴木隆雄編：食品分析ハンドブック，p374—377，建帛社，東京，（1969）
19）佐々木雅英：日本化粧品技術者連合会会誌，**9**(2)，5—15（1975）
20）西岡清：同上誌，**12**(2)，5—9（1978）
21）河合通雄，岡本暉公彦：同上誌，**12**(2)，36—43（1978）
22）篠原利明，北浜睦夫：科学警察研究所報告，**19**(4)，76—85（1966）
23）篠原利明，北浜睦夫：同上誌，**20**(1)，46—54（1967）
24）篠原利明，北浜睦夫：同上誌，**21**(1)，57—61（1968）
25）Smith E. L., Markland F. S., Kasper C. B., DeLange R. J., Landon M., and Evans W. H.: J. Biol. chem. **241**, 5974—5976（1966）
26）Wright C. S., ALden R. A. and Kraut J.: Nature, **221**, 235—242（1996）
27）高橋健治：蛋白質・核酸・酵素，**8**，229—236（1963）
28）桜井芳人，斉藤道雄，東秀雄，鈴木明治：三訂版総合食料工業，p1178—1190，恒星社厚生閣，東京（1978）
29）フィーニー R. E.，ウィテーカー J. R. 編（藤巻正生，荒井綜一監訳）：食品蛋白質 化学的・酵素的修飾による改良，89—149，学会出版センター，東京（1979）

〔報　文〕

医薬品製剤の品質とその安定性に関する研究（第7報）

—— 医療用医薬品製剤の品質について（その3）——

石川県衛生公害研究所食品薬品部　大西孝司・勝田幸恵・西木雅美

1 はじめに

昭和52年度から，全医薬品のうちの8割以上を占める医療用医薬品の品質についての実態を知る目的で，生産・使用量が特に多く，長期間投与される可能性があり，しかも品質的にみて不安定なもので影響が大きいと思われる品目をその中から選び，崩壊試験，定量試験の両面から検討を加えてきた。その結果，抗生物質製剤，酵素製剤，ATP製剤など，温度や湿度等の因子に対して不安定な薬物の場合，90～110%（含有率）の範囲から，はずれる傾向が多くみられることなどを報告した[1)2)]。

今回は，単一製剤33製品（21品目），複合製剤26製品（感冒剤，ビタミンB剤，肝臓疾患用剤等）を選び，同様の面から試験を行うと共に，更に重量偏差試験について検討を試みたので，その結果について報告する。

2 試料と方法

2・1 試　料

選定した試料は59製品（単一製剤33製品，複合製剤26製品）で，薬効・品目別及び剤型別に分類したのが表1及び表2である。

2・2 分析方法

崩壊試験は前報[1)]と同様の方法で行った。定量試験は表1に示す試験方法に略記したが，資料a, b, h, j, q及びyは「J. P. IX（第9改正日本薬局方）」[3)]の定量法，資料d及びsは「医薬品承認申請書」規格及び試験方法に，試料iは「新医薬品とその試験法」[4)]の定量法，試料vは「解熱鎮痛薬試験法」[5)]の定量法に準拠した試験をそれぞれ採用した。また，試料c, e, f, g, k, l, m, n, o, p, r, t, u, w及びxは前報[1)2)6)7)]と同様の方法によった。なお試料zの定量については，複合酵素製剤であったので試みなかった。また今回，新たに試みた錠剤・カプセル剤の重量偏差試験は，J. P. IXの製剤総則の項に準じて行った。

3 結果と考察

崩壊試験の結果については，今回51製品（単一製剤26製品，複合製剤25製品）について試みたが，全て規格に適していた。

また，2・2の方法で行った単一製剤33製品の定量試験の結果（表示量に対する含有率）を示したのが図1である。平均値101.3%（89.5～114.3%）標準偏差5.5%で，cephalexinカプセル及びビタミンAカプセル各1製品が90～110%の範囲から外れており，前回とほぼ同様の結果が得られた。複合製剤の場合，解熱鎮痛剤（11製品）ではcaffeine（8製品に含有）が98.2～106.8%，chlorpheny-lamine malateが94.8～107.1%，その他表4に見られるような結果が得られ，すべて90～110%の範囲に入っており，問題はなかった。また，vitamine B剤（10製品）では，B_1（TDSを含む）93.8～117.6%，B_2 96.4～116.3%，B_6 96.8

Studies on the Quality and Stability of Pharmaceutical Preparations. 7. Quality Control of Pharmaceuticals for Medicine. *by Takashi OHNISHI, Yukie KATSUTA, and Tadayoshi NISHIKI (Department of Food and Drug, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment).*

表 1　　試料の薬効・品目別一覧表と試験方法

試　　料	試料数	試　験　方　法
a) etilefrin（血管収縮剤）	4	比色法（A_{505}，ジアゾ化法）
b) methyldopa（降圧剤）	〃	〃　（A_{520}，鉄塩法）
c) indomethacin（消炎鎮痛剤）	3	UV 吸収法（A_{320}，緩衝液）
d) clemastine（抗ヒスタミン剤）	2	〃　（A_{258}，エタノール）
e) lysozyme（酵素製剤）	〃	Bioassay 法
f) cephalexin（抗生物質）	〃	I_2 滴定法
g) diazepam（精神安定剤）	〃	$HClO_4$ 滴定法，UV 吸収法（A_{285}，メタノール）
h) methylephedrine（鎮咳剤）	1	〃
i) methylcysteine（去痰剤）	〃	KIO_3 滴定法
j) aminopyrine（解熱剤）	〃	$HClO_4$ 滴定法
k) ibuprofen（消炎鎮痛剤）	〃	NaOH 滴定法
l) homochlorcyclizine（抗ヒスタン剤）	〃	$HClO_4$ 滴定法
m) ampicllin（抗生物質）	〃	I_2 滴定法
n) amoxicillin（　〃　）	〃	酸分解法
o) scopolamine-N-buthyl bromide（鎮痙剤）	〃	$HClO_4$ 滴定法
p) rescinnamine（降圧剤）	〃	比色法（A_{390}，ニトロ化法）
q) betamethasone（ホルモン製剤）	〃	UV 吸収法（A_{239}，メタノール），INH 法（A_{405}）
r) dexamethasone（　〃　）	〃	〃　，　〃
s) valethamate bromide（鎮痙剤）	〃	〃　（A_{258}，水溶液）
t) vitamine A（ビタミン製剤）	〃	UV 吸収法（A_{326}，イソプロパノール）
u) sulpyrine（解熱剤）	〃	比色法（A_{510}，p-ジメチルアミノシンナムアルデヒド法）
v) anti cold drug（感冒剤）	11	アスピリンは硫酸-逆滴定法，カフェイン，マレイン酸クロルフェニラミン，塩酸メチルエフェドリン，エテンザミド，フェナセチン，アプロナール，ブセチン，グリセリンモノグアヤコールエーテル，塩酸エフェドリン，イソプロピルアンチピリン，塩酸ジフェンヒドラミンは FID-GC 法
w) vitamine B preparation（ビタミン製剤）	10	VB_1 はチオクロームケイ光法，VB_2 はルミフラビンケイ光法，VB_6 は比色法（A_{650}，ジブロムキノンクロルイミド法），TDS はシスティン分解後，チオクロームケイ光法
x) glycyrrhizin preparation（肝臓疾患用剤）	3	グリチルリチンは DEAE-Sephadex A-25分離後，UV 法（A_{259}）マレイン酸クロルフェニラミンは FID-GC 法，臭化メチルベナクチジウムは比色法（A_{416}，BCG 法）
y) naphazoline preparation（抗炎症剤）	1	塩酸ナファゾリンは比色法（A_{540}，鉄塩法），マレイン酸クロルフェニラミンは FID-GC 法
z) pancreatine preparation（消化酵素剤）	1	——

表 2　試料の剤型別一覧表

剤型	試料数		
	単一製剤	複合製剤	計
錠剤	21	20	41
カプセル剤	5	4	9
坐剤	4		4
顆粒・散剤	1	1	2
軟膏	1		1
注射剤		1	1
点鼻剤		1	1
計	32	27	59

～112.5%となり，過剰仕込みの傾向がみられたが，一応規格（90～130%）上問題がないものと思われた[8]。その他 glycyrrhizin 製剤（3製品）は 91.2～101.3%，naphazoline 製剤（1製品）では 108.0%と共に90～110%の範囲に入っていた（製4）。

最後に，重量偏差試験であるが，J. P. IX の規定では，錠剤（糖衣錠を除く）の場合①試料20個をとり，その重量を精密に量り，平均重量を計算するとき，この値と個々の錠剤の重量との偏差は，表5に示す値を越えるものがあっても2個以下で，2倍以上のものがあってはならないとなっている。また硬カプセル剤の

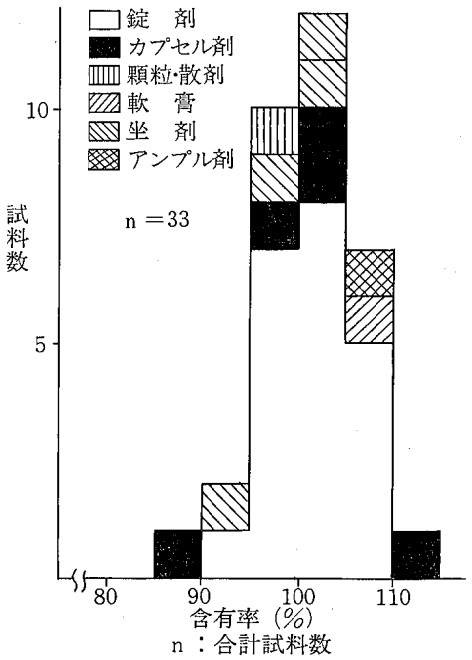


図 1　単一製剤の定量試験成績（ヒストグラム）

場合，②試料20個の平均重量を，同様にして計算するとき，この値と個々の重量との偏差が10%以下のとき適合とする，軟カプセル剤の場合，③試料20個について個々の内容物の重量を求め，平均重量を計算すると

表 3　単一製剤の試験成績（一部試料）

試料	試料数	含有率（%）
etilefrin	4	106.3, 102.5, 109.1, 108.0
methyldopa	〃	99.0, 98.4, 102.1, 105.8
indomethacin	3	101.7, 92.6, 104.7
clemastine	2	92.6, 102.5
lysozyme	〃	100.4, 102.6
cephalexin	〃	96.5, 89.5
diazepam	〃	102.1, 96.0
ibuprofen	1	96.1
homochlorcyclizin	〃	104.3
ampicillin	〃	95.9
amoxicillin	〃	103.3
scoporamine-N-buthyl bromide	〃	103.1
rescinnamine	〃	96.1
betamethasone	〃	102.8
dexamethasone	〃	105.8
vitamine A	〃	114.3
sulpyrine	〃	108.7

表 4　　複合製剤の試験成績

試　　料	試料数	含　　有　　率（%）
感　　冒　　剤	11	カフェイン　（8試料含有）平均100.5（範囲 98.2～106.8）
		マレイン酸クロルフェニラミン（6試料含有）平均101.2(範囲94.8～107.1)
		塩酸メチルエフェドリン（5試料含有）平均102.8（範囲99.6～108.4）
		エテンザミド（3試料含有）平均100.3（範囲 95.8～102.7）
		フェナセチン（2試料含有）平均 98.7（範囲 94.6～102.7）
		アプロナール（2試料含有）平均101.3（範囲 96.9～105.7）
		ブセチン　（2試料含有）平均 97.5（範囲 94.9～100.1）
		アスピリン　（1試料含有）104.9
		グリセリンモノグアヤコールエーテル（1試料含有）96.1
		塩酸エフェドリン　（1試料含有)101.2
		イソプロピルアンチピリン　（1試料含有)105.8
		塩酸ジフェンヒドラミン　（1試料含有）98.1
ビタミンB剤	10	VB_1 又は TDS（全試料含有）平均108.5（範囲93.8～117.6）
		VB_2（全試料含有）平均107.5（範囲96.4～116.3）
		VB_6（8試料含有）平均102.6（範囲96.8～112.5）
グリチルリチン製剤	3	グリチルリチン（全試料含有）平均94.6（範囲91.2～101.3）
		臭化メチルベナクチジウム（1試料含有）92.5，マレイン酸クロルフェニラミン（1試料含有）97.2
ナファゾリン製剤	1	塩酸ナファゾリン108.0，マレイン酸クロルフェニラミン107.1

表5　　錠剤の重量偏差試験法（規格）

平均重量	偏差（%）
0.12g未満	10
0.12g以上 0.3g未満	7.5
0.3 g以上	5

き，この値の12.5%の偏差を越えるものが2個以下で，かつ25%の偏差を越えるものがないとき適合とする，と各々定められている。

今回の場合，29製品（単一製剤22製品，複合製剤7製品）について試験を行なったが，全て規格に適合していた。ただ cephalexin 錠（平均重量0.38g）において，偏差が平均重量の5%を越えるものが含まれていた例や，betamethasone 錠（平均重量0.13g）及び homochlorcyclizine 錠（平均重量0. 13g）において，偏差が7.5%を越えた例が各々1例ずつみられた。重量偏差試験はいうまでもなく，製剤の製造時における重量のバラツキを管理する試験であるが[9)10)]，このような製剤がわずかでもみられたということは，製剤の均一性が製造時に完全に行われていたとするならば，含量のバラツキも同じような傾向にあることが，ある程度予想されるので，主薬含量が小さい製剤，例えば今回の betamethasone 錠のようなものについては，J. P. X に収載が予定されている「含量均一性試験」[10)~13)]により，更に検討してゆく必要があると思われる。

4 ま　と　め

前報に引き続き，生産，使用量が多く，品質的に不安定と考えられる医療用医薬品の中から，単一製剤33製品，複合製剤26製品，計59製品を選び，その実態を知るため，崩壊・定量・重量偏差試験を行ない，次の成績を得た。

(1) 崩壊試験は，単一製剤26製品，複合製剤25製品計51製品について行ったが，すべて規格に適合していた。

(2) 定量試験では，単一製剤のうち cephakxin カプセル，vitamine A カプセル各1製品が90～110%（含有率）の範囲から外れていた。複合製剤では，vitamine B 剤が過剰仕込みのせいか，高めの値が得られる傾向にあったが，その他の製剤はすべて上記の範囲に入っていた。

(3) 錠剤(糖衣錠を除く)及びカプセル剤の重要偏差試験では，不適になるものはなかったが，cephalexin, betamethasone, homochlorcyclizine 錠各1製品に，バラツキの大きいものがみられた。今後は主薬含量が50mg以下の製剤等について，「含量均一性試験」により品質を検討してゆく必要があるものと思われる。

文　献

1) 大西孝司，勝田幸恵，小坂菊枝，小川清，軽海英太郎：石川衛公研年報，15，161—165 (1978)
2) 大西孝司，勝田幸恵，小坂菊枝：石川衛公研年報，16，198—201 (1979)
3) 日本公定書協会編：第9改正日本薬局方解説書，広川書店，東京 (1976)
4) 日本公定書協会編：新医薬品とその試験法，薬業時報社，東京 (1973)
5) 日本公定書協会編：医薬品製造指針，薬業時報社，東京 (1975)
6) 大西孝司，坂本藤夫，小坂菊枝，矢田峰子：石川衛公研年報，13，47—57 (1975)
7) 大西孝司，坂本藤夫，小坂菊枝，矢田峰子：石川衛公研年報，14，117—124 (1976)
8) 厚生省薬務監視課長通知薬監第120号 (1972)
9) 金谷允清，藤元春海，山本成志：医薬品研究，9，563—566 (1978)
10) 川村邦夫，東本研三，長尾重行：医薬品研究，7，138—147 (1976)
11) 水谷清：医薬品研究，8，409—412 (1977)
12) 東京医薬品工業協会，技術委員会，含量均一性試験法小委員会：医薬品研究，9，581—588 (1978)
13) 金谷允清，藤元春海，山本成志：医薬品研究，9，567—572 (1978)

〔資　料〕

石川県におけるインフルエンザの流行

（昭和53年4月～昭和55年3月の記録）

石川県衛生公害研究所微生物部　木村晋亮・梶　哲夫
尾西　一・佐藤邦代

石川県厚生部公衆衛生課　会津善宏

1　昭和53年4月以降の散発例

昭和53年1月から3月にかけてのインフルエンザの流行では，石川県でも学校関係施設で，在籍10万人のうち5万4千人余りの罹患を示すなど，大きな流行となった。石川県における発生状況のパターンは，初発の1月12日から2月14日までは，いわゆる香港型のA（H3N2）型によるもので，ピークは1月下旬，第2波は新しく入ってきたソ連型によるもので，一旦香港型による流行が終息した後2月19日以降3月17日まで，2月下旬から3月上旬をピークとして流行をした。このシーズン中途での流行型の交代は，石川県においてばかりではなく，若干の発生時期のずれこそあれ，全国共通のパターンであった。

一応ソ連型の流行も終息した後，5月16日に宇出津保健所管内柳田村柳田中学校において集団かぜが発生し，1年生に発熱，咳嗽，頭痛の症状を示す患者が多発したために，学級閉鎖が行われた。この学級閉鎖が行われたクラスの生徒5人から咽頭ぬぐい液と対血清を採取し，ふ化鶏卵及びMDCK細胞によるウイルス分離並びにA（H3N2）型，A（H1N1）型，B型の各ワクチン株を抗原としたHI試験を実施したところ，1株のA（H1）型ウイルスが分離されたと同時に，5人中4人がA（H1N1）型ウイルスに対し抗体価の有意上昇が確認され，この集団かぜはA（H1）型（ソ連型）インフルエンザウイルスによるものであったことが確認された。これはおそらく，2月から3月にかけて県内で流行した通称ソ連かぜの終発集団発生例であったと思われる。

その後は昭和53年度においては年度末に至るまでインフルエンザによる集団かぜは確認例がなく，流行は

表　1　　集団かぜのウイルス学的，血清学的検査成績（昭和53年度）

発生年月日	検体採取月日	施　設　名	管轄保健所	ウイルス分離(型)	対血清HI抗体価測定
昭53. 5.16	5.18	柳田村柳田中	宇出津	1/5* A(H1)	4/5　A(H1)
昭54. 2.19	2.27	松任市笠間中	松　任	0/5	0/5

* 確認数/供試数を示す。

Prevalence of Influenza in Ishikawa Prefecture from 1978 April to 1980 March. *by Nobuaki KIMURA, Tetsuo KAJI, Hajime ONISHI and Kuniyo SATO (Department of Microbiology, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment), Yoshihiro AIZU (Section of Public Health, Department of Health and Welfare. Ishikawa Prefecture)*

なかったと思われる。ただ1例，昭和54年2月19日に，松任保健所管内，松任市笠間中学校において咳嗽（発熱なし）のみを主訴とする集団かぜが発生し，全校の約半数が同じような症状を示し，休校の処置がとられた例があったが，患者5人から咽頭ぬぐい液と対血清を採取し，ウイルス分離並びに抗体価測定を行ったものの，インフルエンザは否定され，病因は不明に終った。

なお，昭和53年度に届出された集団かぜのウイルス学的，血清学的検査成績は表1に示したとおりである。

2　昭和54年4月～6月の流行

例年ならばインフルエンザのシーズンである1月～3月には，本年は全国的に流行発生が少なく，前年同期に比べると約8%の患者発生に止まっている（厚生省公衆衛生局保健情報課のインフルエンザ様疾患発生報告による）。この間，石川県では集団かぜの報告は全くなかったが，全国的には1月下旬から3月上旬にかけて発生がみられ，32都府県でA（H1N1）型インフルエンザウイルスが分離され，国立予防衛生研究所での抗原分析結果では，A/Brazil/11/78類似株が大勢を占め，残りがA/USSR/92/77類似株とのことであった。しかし，この年のワクチン株A/USSRはA/Brazilにも有効とのことから，大きな流行とはならないであろうと予想された。ただ，この時点で福島県と鹿児島県では散発的ではあるが，ワクチンによる効果を期待できないA/Peru/1/78類似株が分離され，流行に加わる可能性が示唆された。一方，B型インフルエンザウイルスは，2月上旬に静岡県で分離されたが，その後は他の都道府県での流行は3月末日まで報告されておらず，インフルエンザの流行は沈静するかにみえた。

ところが，3月の春休みをはさんで4月に入って，石川県では集団かぜの発生をみた。4月12日，輪島保健所管内の輪島市松陵中学校において，発熱，悪寒，頭痛，せき，咽頭痛を主訴とした集団かぜの発生の届出があり，5人の生徒の咽頭ぬぐい液と対血清の送付を受けた。ふ化鶏卵並びにMDCK細胞を用いたウイルス分離では，1人からA（H1）型ウイルスを分離した。一方，対血清については，ワクチン株であるA/USSR/92/77（H1N1）株とB/神奈川/3/76株を抗原としてHI試験を実施した結果，5人中4人がA/USSR株に対して回復期に8～64倍の有意な上昇を示し，この集団かぜはA（H1）型（通称ソ連かぜ）によるものであることが判明した。このケースでは，ウイルス分離率が集団かぜにしては½と低率であったが，これは分離用検体の採取が4～8病日であったことに起因していると考えられた。

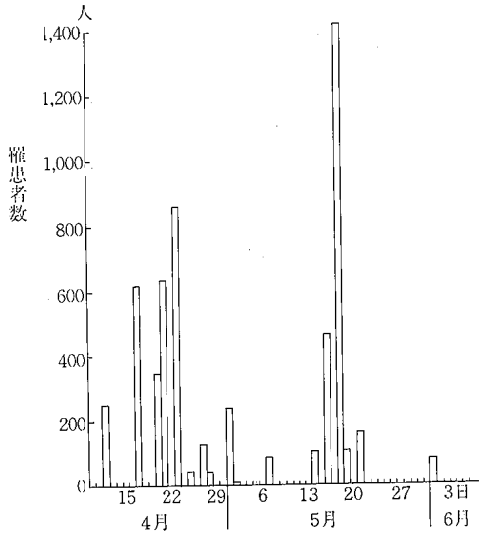


図1　昭和54年4月～6月の集団かぜの日別発生状況（公衆衛生課資料による）

その後石川県では，6月上旬に至るまで37施設（在籍数14,018人）から集団発生の報告があり，5,566人（うち欠席者885人）の患者の発生（罹患率39.7%）をみた。各施設での措置状況は，休校7校，学年閉鎖14校，学級閉鎖2校，授業打切8校，措置なし6校であった。この期間中の集団かぜの日別発生状況を図1に示したが，散発的小流行ながら，流行のピークは4月23日（863人）と5月18日（1,421人）とにみられた。なお，発生校は主に金沢以北であった。このシーズンにおける集団かぜの初発は4月12日，終発は6月1日であった。

この間，県下8保健所から8施設34人の咽頭ぬぐい液と39人の対血清の送付があり，ウイルス分離並びに抗体価測定を行ったところ，6施設17人から17株のA（H1）型インフルエンザウイルスを，7施設31人にA（H1）型の罹患を示す有意上昇を認めた。これらウイルス学的，血清学的検査の成績は，まとめて表2に示した。また，分離株中8株については，更に詳細な抗原構造の分析のため，国立予防衛生研究所へ送付したが，うち3株についてのフェレット感染血清による交差HI試験の成績を表3に転載したが，3株とも

表 2　集団かぜのウイルス学的，血清学的検査成績（昭和54年4月～6月）

発生月日	検体採取月日	発生施設	管轄保健所	ウイルス分離(型)	対血清HI抗体価測定
4. 5	4.12	輪島市松陵中	輪　島	1/5* A(H1)	4/5 A(H1)
4.13	4.20	七尾市香島中	七　尾	3/5 A(H1)	5/5 A(H1)
4.14	4.17	門前町門前高	門　前	—	4/5 A(H1)
4.16	〃	珠洲市西部小	珠　洲	3/4 A(H1)	4/4 A(H1)
〃	4.18	富来町西浦小	富　来	3/5 A(H1)	4/5 A(H1)
4.20	4.23	志雄町樋川小	羽　咋	3/5 A(H1)	5/5 A(H1)
5. 6	5. 7	鳥越村鳥越中	松　任	4/5 A(H1)	5/5 A(H1)
5.10	5.18	金沢市野田中	金沢泉野	0/5	0/5

* 確認数/供試数を示す。

表 3　A(H1N1)型インフルエンザウイルスの交差HI試験成績（昭和54年4月～6月）

抗原	フェレット感染抗血清					備考
	A/大町/1/53	A/新宿/1/56	A/USSR/92/77	A/Brazil/11/78	A/福島/103/78	
A/新宿/1/56	32	2,048	<32	64	32	
A/USSR/92/77	<32	<32	1,024	256	<32	
A/Brazil/11/78	<32	<32	256	512	<32	
A/福島/103/78	2,048	<32	32	64	2,048	
A/石川/1/79	<32	<32	256	512	<32	松陵中
A/石川/2/79	<32	<32	256	512	<32	西部小
A/石川/11/79	<32	<32	256	512	<32	樋川小

（予研資料による）

A/Brazil 型であった。表中，A/福島/103/78株は散発例からの分離株ではあるが，既ワクチン株の A/USSR 株や流行の大勢を占める A/Brazil 株とは抗原的差異が大きく新ワクチン株に加えられたものである。抗原型は A/Peru 型とされていたが，その後の抗原分析結果では前回の A_1 型流行の時の原株（ワクチン株として使用）である A/大町/1/53（H1N1）株に近いことが判明し，大町型とされた。

厚生省のインフルエンザ様疾患発生報告第22報（6月2日現在，最終版）によれば，石川県のように4月以降発生をみたのは富山県，鳥取県，名古屋市で，福井県，滋賀県，香川県，沖縄県ではこのシーズンに発生報告はない。全国的には，1月～5月にかけて，やがて半年近くも流行が地域的散発を繰返しながら遷延したが，これはワクチン株と流行株がほぼ一致していたこと，昨シーズンでの流行で免疫が獲得されたことなどから，流行を免がれた地域に次々と小流行を起したことによっていると思われる。この間，37道府県で A（H1N1）型インフルエンザウイルスが分離され，予研での抗原分析結果では，流行株の約90%は A/Brazil 型で，残りが前年の主流行型であった A/USSR 型と散発例から分離され流行が懸念される A/大町型であった。なお，B型インフルエンザウイルスは，5月に入って新潟県と熊本県で分離され，計3県で分離され

表 4　昭和54年12月に分離されたインフルエンザA型株のHI試験による抗原分析

抗原	フェレット感染抗血清						
	A/USSR 92/77	A/福島 103/78	A/Brazil 11/78	A/California 10/78	A/熊本 37/79	A/東京 501/79	A/東京 1/77
A/USSR/92/77	**512**	<32	512	128	128	64	<32
A/福島/103/78	64	**2,048**	256	64	32	<32	<32
A/Brazil/11/78	128	<32	**1,024**	512	512	256	<32
A/California/10/78	64	<32	256	**1,024**	512	256	<32
A/熊本/37/79	64	<32	256	256	**256**	128	<32
A/東京/501/79	64	<32	512	256	256	**256**	<32
A/東京/1/77	<32	<32	<32	<32	<32	<32	**2,048**
A/兵庫/1/79	<32	<32	<32	<32	<32	<32	2,048
A/石川/18/79	<32	<32	<32	<32	<32	<32	2,048

（予研資料による）

たが，ワクチン株のB/神奈川/3/76株とは抗原的差異は少なく，昭和54年度も引続きワクチン株として用いられることになった。

3　昭和55年1月～3月の流行

昭和54年12月下旬，インフルエンザ流行予測・定点観測調査の対象者1人からA（H3）型が分離されたが，県内では12月末までに集団かぜの発生は起きていない。全国的には，厚生省のインフルエンザ様疾患発生報告（12月22日現在）によると，1都1道1府17県で集団かぜの届出があり，鹿児島，熊本，沖縄，富山（確認順）でA（H1）型，兵庫でA（H3）型が分離されている。これらウイルス分離はすべて集団かぜ発生例からであるが，主流はA（H1）型であり，A（H3）型は散発的とのことであった。なお，兵庫，石川で分離された株は，国立予防衛生研究所での抗原分析の結果，1977年～1978年の流行株A/東京/1/77株と同型であり（表4），従って大きな流行を起さないと考えられた。

冬休みが終って第3学期が始まると，関東以西の地域を中心に集団かぜの発生が相次ぎ，石川県でも1月12日には門前保健所管内門前町劔地中学校，金沢市元町保健所管内千坂小学校，1月14日には珠洲保健所管内内浦町松波小学校で集団かぜの発生があった。主な臨床症状は38～39°Cの発熱，せき，咽頭痛，頭痛で，大部分の児童，生徒は秋期に2回のワクチン接種を受けていた。上記3校から患者の咽頭ぬぐい液10検体，対血清16人分の送付を受け，ウイルス分離並びにHI抗体価の測定を行った。ふ化鶏卵とMDCK細胞を用いたインフルエンザウイルス分離では，千坂小学校の5人中4人，松波小学校の5人中3人からA（H1）型ウイルスが分離され，これら2校の集団かぜは通称ソ連かぜのA（H1）型インフルエンザウイルスによるものであった。一方，対血清のHI抗体価測定には，厚生省のインフルエンザ流行予測調査に準拠し，HA抗原としてはブタ型のA/NJ/8/76(X-53)（HswlN1）株，A（H1）型ワクチン株のA/USSR/92/77（H1N1）株とA/福島/103/78株及びB型ワクチン株のB/神奈川/3/76株，更に本県ではA（H3）型株が分離されたことから，昭和53年度のワクチン株のA/山梨/2/77株の計5株を用いた。その結果，千坂小学校の5人中4人，松波小学校の6人全員がA（H1）型株に回復期で4～32倍の有意な上昇を示し，A（H1）型ウイルスによる罹患が明らかとなった。このHI抗体価の上昇はA/USSR株で8～32倍（平均17倍），A/福島株で4～32倍（平均9倍）であり，流行株は抗原構造がA/大町株よりA/USSR株に近いことが示唆された。なお，今期の初発であった劔地中学校の例では対血清では全く抗体価の上昇がないうえ価も高くなく，インフルエンザウイルスによる罹患は否定された。

以降，石川県では3月中旬に至るまで，県下41市町

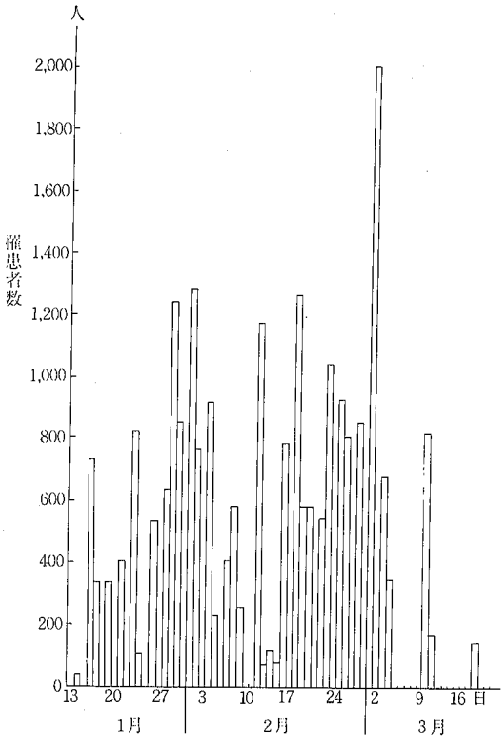


図2　昭和55年1月～3月の集団かぜの日別発生状況（公衆衛生課資料による）

村中16市町村を除くほぼ全域で集団かぜの発生をみた。県公衆衛生課のまとめによると，発生施設数118（在籍数57,243人），患者数24,559人，うち欠席者数3,942人，罹患率42.9%，措置の内訳は休校14，学年閉鎖27，学級閉鎖39，授業打切り24，措置なし14であった。この期間中初発の1月14日から終発の3月18日にかけての日別患者発生状況を図2に示したが，発生のピークは1月下旬から2月上旬にかけてと2月下旬，3月上旬にみられ，流行規模としては中程度であった。地区別では，能登地区が2月上旬と下旬，金沢地区は1月下旬から2月上旬にかけてと3月上旬，加賀地区は2月下旬に小規模な流行で，発生施設は金沢，能登地区に偏っていた。

この流行期間中，1月中旬から2月中旬にかけて，県下の9保健所から12施設60人の咽頭ぬぐい液と11施設49人の対血清の送付があり，ウイルス分離並びにHI抗体価の測定を行った。その結果は表5に示したとおりで，7施設20人からA（H1）型，1施設2人からA（H3）型，1施設4人からB型インフルエンザウイルスを分離した。また，抗体価の測定では，回復期における8倍以上の有意上昇か1：2048以上の高い抗体価保有を罹患の目安としてみると，A（H1）型は10施設37人に，A（H3）型が1施設3人にみられた。そして松陽小学校の例では，5人中2人がA（H1）型

表5　集団かぜのウイルス学的，血清学的検査成績（昭和55年1月～3月）

発生月日	検体採取月日	発生施設	管轄保健所	ウイルス分離(型)	対血清HI抗体価測定
1.12	1.14	門前町劔地中	門　前	—	0/5*
〃	1.16	金沢市千坂小	金沢元町	4/5* A(H1)	4＋1/5　A(H1)
1.14	〃	内浦町松波小	珠　洲	3/5　A(H1)	6＋0/6　A(H1)
1.23	1.24	能都町能都中	宇出津	0/5	—
1.25	1.30	七塚町緑ケ丘保	津　幡	3/5　A(H1)	5＋0/5　A(H1)
2. 1	2. 2	七尾市山王小	七　尾	0/5	0＋2/3　A(H1)
〃	〃	七尾市七尾工業高	〃	0/5	0＋1/3　A(H1)
2.12	2.18	松任市松陽小	松　任	0/5	2＋3/5　A(H1),(H3)**
2.13	2.15	鹿島町鹿島路小	羽　咋	5/5　A(H1)	5＋0/5　A(H1)
2.15	2.20	野々市町野々市小	松　任	1/6　A(H1)	2＋0/2　A(H1)
2.18	2.19	門前町門前中	門　前	4/5　B	—
〃	2.25	高松町高松中	津　幡	1/5　A(H1)	3＋1/5　A(H1)
〃	2.19	金沢市三馬保	金沢泉野	2/2　A(H3)	—
2.19	2.20	小松市養護学校	小　松	3/5　A(H1)	5＋0/5　A(H1)

* 確認数/供試数を示す。血清診断は回復期における8倍以上の上昇数＋対血清が共に1：2048以上の高抗体価数として示した。

** 0＋2/5がA（H1），1＋1/5がA（H3），1＋0/5がA（H1）とA（H3）。

表 6　松陽小学校におけるA（H1），A（H3）両型による混合流行例（昭和55年2月）

患者	性	年令	発病月日	採血* 病日	HI抗体価 A/NJ/8/76	A/USSR/92/77	A/福島/103/78	A/山梨/2/77	B/神奈川/3/76	ワクチン接種月日
N.H.	女	10	2.15	4	<16	32	64	32	64	① 11.27
				20	16	2,048	512	2,048	64	② 12.11
K.H.	女	10	2.12	7	32	2,048	2,048	256	256	〃
				33	32	2,048	2,048	512	128	
S.K.	男	10	2.13	6	<16	512	256	64	128	〃
				32	<16	512	256	2,048	128	
H.T.	男	10	2.15	4	<16	512	512	2,048	256	〃
				20	<16	512	512	2,048	256	
N.S.	女	10	2.15	4	≤16	2,048	1,024	512	256	〃
				20	≤16	2,048	1,024	512	128	

* 採血月日は急性期が2月18日，回復期が3月5日。

表 7　昭和55年1月と2月に分離されたインフルエンザA（H3）型株の抗原分析

抗原	フェレット感染抗血清 A/熊本/22/76	A/東京/1/77	A/愛知/1/80	A/Bangkok/1/79	A/Bangkok/2/79	備考
A/熊本/22/76	512	128	64	32	32	
A/東京/1/77	128	512	256	64	64	
A/愛知/1/80	64	1,024	1,024	256	128	
A/Bangkok/1/79	64	1,024	512	256	64	
A/Bangkok/2/79	64	512	1,024	32	512	
A/石川/1/80	128	512	256	128	128	流行予測（1月）
A/石川/24/80		512	512	256		三馬保（2月）

（予研資料による）

に，2人がA（H3）型の罹患を示したが，1人はA（H1）型とA（H3）型に共に64倍の上昇を示すという同時感染を疑わせる事例であった。参考までにその抗体価の推移を表6に示した。なお，これら患児5人からの急性期におけるウイルス分離はすべて陰性，臨床症状としては，有意上昇がみられた2人が39℃の発熱，せき，咽頭痛，頭痛を示したが，他の3人はせきと咽頭痛のみであった。ワクチンは5人共2回接種済であった。

集団かぜから分離されたウイルス26株と流行予測・定点観測で分離された35株のうち，A型16株，B型2株は更に詳細な抗原構造分析を行うため国立予防衛生研究所へ送付したところ，1月から2月にかけての分離株のうち，A（H3）型2株（1月1株，2月1株）（表7），A（H1）型9株（1月3株，2月6株）（表8，表9），B型2株（2月のみ）（表10）について分

表 8　昭和55年1月に分離されたインフルエンザA（H1）型株の抗原分析

抗原	フェレット感染抗血清				備考
	A/USSR/92/77	A/Brazil/11/78	A/California/10/78	A/熊本/37/79	
A/USSR/92/77	**512**	256	64	128	
A/Brazil/11/78	128	**512**	128	256	
A/California/10/78	64	128	**512**	256	
A/熊本/37/79	64	128	128	**512**	
A/石川/4/80	64	128	64	128	千坂小
A/石川/5/80	128	256	256	512	松波小
A/石川/9/80	128	256	256	512	緑ケ丘保

（予研資料による）

表 9　昭和55年2月に分離されたインフルエンザA（H1）型株の抗原分析

抗原	フェレット感染抗血清			備考
	A/USSR/92/77	A/Brazil/11/78	A/熊本/37/79	
A/USSR/92/77	**512**	128	64	
A/Brazil/11/78	128	**512**	128	
A/熊本/37/79	128	512	**512**	
A/石川/12/80	128	256	512	流行予測
A/石川/17/80	128	256	512	鹿島路小
A/石川/19/80	128	256	512	養護学校
A/石川/22/80	128	256	512	とくの幼
A/石川/27/80	128	256	512	野々市小
A/石川/29/80	128	256	512	高松中

（予研資料による）

析がなされた。その結果，A（H3N2）型では，1月に流行予測から分離されたA/石川/1/80株は昨年12月に同じく流行予測で分離されたA/石川/18/79株と同じのA/東京/1/77型，2月に分離されたA/石川/24/80株はA/Bangkok/1/79型，A（H1N1）型では，1月分離の3株，2月分離の3株ともA/熊本/37/79型，B型は2株ともB/横浜/1/80型であった。

このように石川県ではほぼ全域で中程度の流行となったが，今冬の流行の特徴としてはインフルエンザウイルスA型のA（H1N1）型とA（H3N2）型とが同時に混合流行したうえ，更にB型も混ったことであろう。全国的にも集団かぜの流行はほぼ3月までに終息し，規模としては昨冬よりは大きかったものの一昨年に比すれば小さく，この原因としては流行株とワクチン株との合致による予防接種の効果，A（H1）型の流行が3年目に入っていること，一昨冬までの流行でA（H3）型に対する感受性者が少ないこと等が指摘されている。なお，3月27日現在での全国でのウイルス分

表 10　昭和55年２月に分離したＢ型株のＨＩ試験による抗原分析

抗原	フェレット感染抗血清			備考
	B/神奈川/３/76	B/天草/９/79	B/横浜/１/80	
B/神奈川/３/76	**512**	128	512	
B/天草/９/79	64	**256**	256	
B/横浜/１/80	128	256	**512**	
B/石川/１/80	64	128	512	門前中
B/石川/３/80	128	256	512	〃

（予研資料による）

表 11　石川県における集団かぜの発生状況（昭和46年度～54年度）

年度	発生施設数	休校数	学年閉鎖校数	学級閉鎖校数	在籍者数	患者数	罹患率%	発生期間 初発月日～終発月日	流行型
昭和46	14					6,183		47. 1.28～47. 2.28	A(H3)
47	10	2	0	6	4,872	476	9.8	48. 1.29～48. 3.17	A(H3)
48	95	25		(28*)	52,412	12,852	24.5	48. 5.28～48. 7.19	B
〃	81	2	1	9	49,680	22,846	46.0	48.11. 5～48.12.20	B
〃	18	4	5	4	2,372	894	37.7	49. 1.16～49. 3. 9	B,A(H3)
49	21	10	5	6	5,512	2,412	43.8	49.11.26～50. 3.17	A(H3)
50	219	22	18	30	100,944	34,018	33.7	50.12.16～51. 2.16	A(H3)
51	1	0	0	0	156	53	34.0	51. 4.26～	B
〃	266	28	57	82	114,209	63,611	55.7	52. 1.20～52. 3.14	B
52	169	10	29	58	102,595	54,379	53.0	53. 1.12～53. 3.17	A(H3)/A(H1)
53	1	0	0	1	235	132	56.2	53. 5.16～	A(H1)
54	37	7	14	2	14,018	5,566	39.7	54. 4.12～54. 6. 1	A(H1)
〃	118	14	27	39	57,243	24,559	42.9	55. 1.14～55. 3.18	A(H1),A(H3),B

＊ 学年閉鎖校数を含む閉鎖校数

（公衆衛生課資料による）

離状況はＡ（H1N1）型47都府県市，Ａ（H3N2）型36都道府県市，Ｂ型９県市となっている。

以上，昭和53年度と54年度における石川県での集団かぜ（インフルエンザ）の流行とそのウイルス学的，血清学的検索の結果について概況を述べたが，表11に過去10年間における石川県での集団かぜの発生状況（公衆衛生課資料による）を示す。

この稿をまとめるにあたり，資料の提供や検体の採取に御協力いただいた保健所の関係各位に深く感謝の意を表する。

〔資　料〕

石川県におけるインフルエンザの流行予測並びに定点観測調査の成績（昭和54年度）

石川県衛生公害研究所微生物部　梶　哲夫・佐藤邦代
尾西　一・木村晋亮

1 はじめに

多くの伝染病が次第に我々の眼前から姿を消していったり，或いは予防が可能になったりしてゆく中にあって，インフルエンザとは今後も人類が棲息する限り，恐らく縁を切ることができないだろう。あの猛威をふるった痘瘡も1977年発生の患者を最後としてこの世界から姿を消し，ポリオも弱毒生ワクチンの投与後は野生株の強毒株は全く見あたらなくなってしまった。また，乳幼児期に大部分が顕性感染してきたムンプス（おたふくかぜ），麻疹（はしか），風疹，水痘も，やがては予防接種によって発症することなしに免疫を獲得することになろう。このように，ウイルス感染症の中でも顕性感染率の高い疾病は次第に減少しつつあるのに，インフルエンザだけは未だ毎年のように流行し，時には世界的な流行までも惹き起している。この疫病の流行に対処するために，現在世界各国でワクチン接種が励行されているが，それにも拘らず流行が跡を絶たないのは，一つには抗原変異の問題があり，また，痘瘡やポリオのように最良のワクチン形態が理論的にも実用的にも統一されたものが出来ないのも，インフルエンザを根絶できない問題点の一つである。これまで我国では，前年の流行株のうち更に引続き流行の怖れのある株をワクチン株として指定し，以前は whole vaccine として，また近年は subunit vaccine として流行期前に皮下接種する方法がとられてきているが，これとて一種の賭であり，使用株が予想と一致した時は極めて有効であるが，そうでなければ余り有効でないこと，また予防対策の眼目を個人防衛でなくむしろ集団防衛においていること，すなわち学校関係施設のような集団での免疫度を高めることに力点をおいているため，時にワクチン接種したにも拘らず罹患し発症する例があったりすると接種率の低下を来たし当初の目的が達せられないなど，その上毎年のように流行株は前年の株との間に抗原構造のずれを生じており，しかも10年に一度位は大きな不連続変異を起すこと，またその変異の方向は抗原循環説の順路をとると予想されていたのに必ずしもそうならなかったこと，更にこれまでの経験では世界的な大流行を起すA型インフルエンザにあっては，各々の亜型にはそれぞれの era があり，確かに昨年まではそうであったのだが，本年は予想だにされなかった2亜型の同時混合流行となり，言わばこれまで集積された知識が簡単に反故にされるなど，まだまだ未知のことが多い。

このようにインフルエンザの予防については，それを完全に抑えこむには未だ時日を要しそうである。とすれば，いち早く流行を察知し，一般的な個人的，集団的防衛を図る以外にとるべき道はない。それにはインフルエンザの流行期前にウイルスを分離し，その株の抗原構造分析を行い，流行に対処することが必要となってくる。我が国では，昭和50年までは数県を対象にしかインフルエンザの流行予測（住民のインフルエンザウイルスに対する免疫度の調査である感受性調査とインフルエンザ様患者からのウイルス分離と対血清の HI 抗体価測定である感染源調査）を行っていなか

Epidemiological Survey for Influenza in Ishikawa Prefecture, 1979. *by Tetsuo KAJI, Kuniyo SATO, Hajime ONISHI, and Nobuaki KIMURA (Department of Microbiology, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

ったが，現在では感染源調査に関しては全国の都道府県を対象として調査を実施し，流行を事前に察知する試みを続けている。

本県では，既に昭和45年度から調査研究の一環として，また昭和47年度からは県公衆衛生課事業の「インフルエンザ定点観測」として，更に昭和51年度からは国の伝染病流行予測事業の一部としての「インフルエンザ流行予測」の分も含め，保健所，民間医療機関の協力を得て調査を実施している。以下に本年度得られた調査成績について報告する。なお，本年度は感受性調査についてはこれを行わず，感染源調査についてのみ実施した。

2 調 査 方 法

インフルエンザの流行期前から流行期にかけて，表1に示した石川県内3地区の実施協力医療機関に受診したインフルエンザ様患者について，ウイルス学的並びに血清学的方法による確認を行うもので，調査期間は昭和54年7月から昭和55年3月までの9カ月間，調査要領は昭和54年度伝染病流行予測調査実施要綱[1]によった。

2・1 ウイルス分離

県内3地区6医療機関に受診するインフルエンザ様患者333人，月平均37人を客体として（表1参照），急性期に咽頭ぬぐい液を採取し，伝染病流行予測調査検査術式[2]に準拠してウイルス分離，同定を行った。分離系には発育ふ化鶏卵並びにMDCK細胞を用いた。ウイルス存否の確認及び同定の具体的方法は既報[3][4]のとおりである。

2・2 対血清のHI抗体価測定

県内3地区4医療機関に受診したインフルエンザ様患者198人，月平均22人から採血して得た対血清（急性期並びに回復期）396検体について（表1参照），本年度ワクチン株のA/USSR/92/77（H1N1），A/福島/103/78（H1N1），B/神奈川/3/76の3株とブタ型インフルエンザのA/NJ/8/76（X—53）（HswlN1）及び昨年度のワクチン株であるA/山梨/2/77（H3H2）の計5株をHA抗原としてHI試験を行った。抗原はいずれも武田薬品工業KKから市販されているものを使用した。検査方法は伝染病流行予測調査検査術式[2]並びに前報[4]記載の方法により，抗体価の測定は対で同時に行った。

3 調査成績と考察

3・1 ウイルス分離

昭和54年7月から翌55年3月までの9カ月間に，県内の七尾，金沢，小松の3地区で採取された211人の咽頭ぬぐい液についてウイルス分離を試みたところ，35株のインフルエンザウイルスを分離した。結果は表2に示したとおりで，地区別では七尾が12人中1人から，金沢では191人中31人から，小松では8人中3人から，また型別では，A（H1）型が13株，A（H3）型が16株，B型が6株分離された。月別では，昭和54年12月末に金沢地区でA（H3）型が分離されたのを皮切りに昭和55年1月にもA（H3）型1株，2月，3月には3型ともにそれぞれ14株，19株分離された。

本年度の4～6月の集団かぜは，いわゆるソ連かぜのA（H1）型であったことから，大方の予想では冬期

表 1　　インフルエンザ流行予測・定点観測調査地区と検査予定件数

調査地区	実施協力医療機関	咽頭ぬぐい液 件数	（人数/月）	対血清 件数	（人数/月）
七　尾	董仙会恵寿病院	45件	（5人）	90件	（5人）
金　沢	鳴和総合病院	90	（10人）	180	（10人）
	金沢赤十字病院	90	（10人）	—	
	石川県立中央病院	45	（5人）	—	
	石川県職員診療所	18	（2人）	36	（2人）
小　松	市立小松総合病院	45	（5人）	90	（5人）
県	計	333件	（37人）	396件	（22人）

表 2　　インフルエンザ流行予測・定点観測調査（ウイルス分離）成績

採取月日	七尾地区			金沢地区					小松地区			県計				
	検体数	分離数	型別 A(H1)	検体数	分離数	型別 A(H1)	A(H3)	B	検体数	分離数	型別 A(H3)	検体数	分離数	型別 A(H1)	A(H3)	B
昭和54年																
7月	0	—	—	17	0	—	—	—	0	—	—	17	0	—	—	—
8月	2	0	—	20	0	—	—	—	0	—	—	22	0	—	—	—
9月	1	0	—	12	0	—	—	—	1	0	—	14	0	—	—	—
10月	2	0	—	15	0	—	—	—	4	0	—	21	0	—	—	—
11月	2	0	—	13	0	—	—	—	0	—	—	15	0	—	—	—
12月	0	—	—	19	1	0	1	0	0	—	—	19	1	0	1	0
昭和55年																
1月	4	0	—	30	1	0	1	0	0	—	—	34	1	0	1	0
2月	1	1	1	28	13	6	6	1	0	—	—	29	14	7	6	1
3月	0	—	—	37	16	6	5	5	3	3	3	40	19	6	8	5
計	12	1	1	191	31	12	13	6	8	3	3	211	35	13	16	6

表 3　　インフルエンザ流行予測・定点観測調査対象者の年令構成

年令	ウイルス分離					抗体価測定				
	検体数	分離数	型別 A(H1)	A(H3)	B	対血清数	4倍以上上昇数	型別 A(H1)	A(H3)	B
6歳以下	94	15	7	6	2	0	—	—	—	—
7～18歳	18	6	3	0	3	2	1	1	0	0
19～30歳	30	5	3	2	0	21	0	—	—	—
31～60歳	45	6	0	6	0	36	6	0	5	1
61歳以上	24	3	0	2	1	31	7	0	6	1
計	211	35	13	16	6	90	14	1	11	2

の流行型はA（H1）型にほぼ間違いないとされていた。にも拘らず，石川県で最初に分離されたのは通称A香港型と呼ばれるA（H3）型であり，また1月の分離株1株も同型であったことから，これまでの常識を破って，再び（H3）型による流行が懸念された。その後この調査で，A（H3）型は2月に金沢地区で6株，3月には金沢地区で5株，小松地区でも3株分離され，2月から3月にかけては流行があったことが示唆された。しかし表3に掲げた年令層別の分離状況で明らかなように，A（H3）型は7～18歳の小中学，高校生からは分離されておらず，現に集団かぜとして確認できたのは2月中旬の松任市松陽小学校の1例のみであった。

一方，4月～6月の集団かぜの主役であったA（H1）型は，この調査では，2月上旬に初めて七尾地区と金沢地区で分離されたのを端緒に，この月は七尾地区で1株，金沢地区で6株，3月には金沢地区で6株分離された。しかし，集団かぜからのウイルス分離では，1月上旬発生の例から既にA（H1）型が検出されており，流行予測とは裏腹に逆に1カ月程度遅れた結果となった。これは本年度冬期に発生した集団かぜにあって，検査の対象になった13施設中8施設もがA（H1）型によるものであったことを考え合わせると奇異に感ずるが，その原因としては，好発年令層である7～18歳の就学年令層の検体数が少なかったこと（表3参照），調査対象者のかなり大部分を占める20歳台以上は，過去にA（H1）型ウイルスの流行に遭偶しており，現に31歳以上の年令層のグループからはA（H3）

型は分離されているがA（H1）型は分離されていないこと，6歳以下の乳幼児からは7株分離されているが，この年令層での流行は小中学校での集団発生よりは遅れていて2月以降にずれこんでいたことなどが考えられる。

B型については，昭和51年に流行して以来散発例からのみしか分離されていないが，本年度の調査では2月下旬に金沢地区で1株，3月に入っては同じく金沢地区で5株分離された。集団かぜではほぼ同時期に門前町門前中学校でB型の流行がみられた。例数はA型の2亜型に比べれば少なかったものの，この結果からは2月から3月にかけて流行があったことが示唆され，B型ではよく春先の小流行が冬期の大流行の先駆けとなることもあり，現在のところ抗原的にはワクチン株と大きな差異はないとは言われるものの注意が喚起される。

このように，本年度の調査では，例年になく，A型のH1，H3の2亜型とB型の3つの型が同時に混合流行すると言う，極めて複雑な珍しい流行形態であったことが判明した。この調査で分離されたウイルス株の国立予防衛生研究所での抗原分析の結果は，集団かぜの分離株の分析と共に別項に記載した[5]。

3・2　対血清のHI抗体価測定

昭和54年7月から翌55年3月にかけて，七尾地区11人，金沢地区74人，小松地区5人の計90人から採血された急性期と回復期（急性期の2週間後）の対血清について，ブタ型のA/NJ，ソ連かぜのA（H1）型であるA/USSR，A/福島，香港かぜのA（H3）型のA/山梨，B型のB/神奈川の5株を抗原として抗体価の測定を行った。調査対象者は当初の198人に比べて半数にも満たない。

調査結果はまとめて表4に示した。表では回復期のHI抗体価が急性期のHI抗体価に比べ8倍以上上昇したものを＋，4倍上昇したものを±，上昇がないか若しくは2倍上昇したものを－で表示したが，4倍以上上昇の±，＋の例を地区別にみると，金沢地区では74人中12人が＋，1人が±，小松地区では5人中1人が＋で，この調査では90人中僅かに13人が＋，1人が±を示したに止まった。なお七尾地区は11人すべてが－であった。年令層別では，90例中88例が19歳以上であり，このうち4倍以上の上昇がみられたのは，7～18歳の2人中1人，31～60歳に36人中5人，61歳以上に31人中7人で，型別ではA（H1）型は7～18歳の1人のみ，A（H3）型は31歳以上に11人，B型も31歳以上に2人みられた（表3）。

血清学的に初めて確認された例は1月下旬に急性期血清を採血した例で，金沢地区でのA（H3）型によるものであった。表5に＋及び±の例の月別，地区別，型別内訳を示したが，＋は2月には金沢地区でA（H3）型4例，A（H1）型とB型各1例，3月には金沢地区でA（H3）型4例，B型1例，小松地区にA（H3）型1例の計13例，±は2月に金沢地区でA（H3）型1例がみられた。これら有意上昇がみられた時期は，ウイルス分離によって流行が推定された時期とよく一致していた。

次に，全対血清の抗原別，採血時期別HI抗体価の

表 4　　インフルエンザ流行予測・定点観測調査（対血清のHI抗体価測定）成績

急性期血清	七尾地区				金沢地区				小松地区				県計			
採血時期	人数	＋*	±*	－*	人数	＋	±	－	人数	＋	±	－	人数	＋	±	－
昭和54年7月	0	—	—	—	2	0	0	2	1	0	0	1	3	0	0	3
8月	2	0	0	2	6	0	0	6	0	—	—	—	8	0	0	8
9月	0	—	—	—	1	0	0	1	0	—	—	—	1	0	0	1
10月	2	0	0	2	4	0	0	4	3	0	0	3	9	0	0	9
11月	2	0	0	2	3	0	0	3	0	—	—	—	5	0	0	5
12月	0	—	—	—	6	0	0	6	0	—	—	—	6	0	0	6
昭和55年1月	4	0	0	4	16	1	0	15	0	—	—	—	20	1	0	19
2月	1	0	0	1	18	6	1	11	0	—	—	—	19	6	1	12
3月	0	—	—	—	18	5	0	13	1	1	0	0	19	6	0	13
計	11	0	0	11	74	12	1	61	5	1	0	4	90	13	1	76

＊ 回復期のHI抗体価が急性期に8倍以上上昇したものを＋，4倍を±，2倍以下を－とした。

表 5　対血清のHI試験で4倍以上の抗体価上昇がみられた例の型別内訳

急性期血清採血時期	金沢地区						小松地区		県計			
	＋*	型別 A(H1)	型別 A(H3)	型別 B	±*	型別 A(H3)	＋*	型別 A(H3)	＋,±*	型別 A(H1)	型別 A(H3)	型別 B
昭和55年1月	1	0	1	0	0	0	—	—	1	0	1	0
2月	6	1	4	1	1	1	—	—	7	1	5	1
3月	5	0	4	1	0	0	1	1	6	0	5	1
計	12	1	9	2	1	1	1	1	14	1	11	2

＊表3の脚注参照

表 6　対血清のインフルエンザ各型に対する時期別HI抗体の分布状況

抗原	急性期血清採血時期	急性期HI抗体価（2^n） ≦4	5	6	7	8	9	≧10	平均	回復期HI抗体価（2^n） ≦4	5	6	7	8	9	≧10	平均
A/NJ (Hswl)	昭和54年7～9月	10			1	1			4.6	10			1	1			4.6
	10～12月	14		2	1	2	1		5.0	14		2	1	2	1		5.0
	昭和55年1～3月	25	2	5	4	7	11	4	6.3	25	2	5	4	7	11	4	6.3
A/USSR (H1)	昭和54年7～9月	4	2	3	3				5.4	4	2	3	3				5.4
	10～12月	10	5	2	3				4.9	11	4	2	3				4.9
	昭和55年1～3月	32	10	8	6	1		1	4.9	30	10	9	6	2		1	5.0
A/福島 (H1)	昭和54年7～9月	4	3	4	1				5.2	5	2	4	1				5.1
	10～12月	11	2	4	3				5.0	12	1	4	3				4.9
	昭和55年1～3月	32	11	7	5	1	2		4.9	31	11	7	5	2	2		5.0
A/山梨 (H3)	昭和54年7～9月	9	2	1					4.3	10		2					4.3
	10～12月	14	4	1	1				4.5	13	5	2					4.5
	昭和55年1～3月	37	11	2	5	1	1	1	4.8	30	11	2	6	2	1	6	5.5
B/神奈川	昭和54年7～9月	6	3	2		1			4.9	6	3	2		1			4.9
	10～12月	10	3	3	4				5.1	11	2	3	4				5.0
	昭和55年1～3月	30	11	5	7	2	3		5.1	28	11	5	7	2	5		5.3

分布を表6に示した。時期別の人数は，昭和54年7～9月12人，10～12月20人，昭和55年1～3月58人である。表中HI抗体価は2の指数で表示してあるが，最低を4以下とし，平均HI価算定にはこれを4と計算したため平均HI価は4.3～6.3と低い値を示した。また急性期と回復期の平均HI価の比較では，ブタ型のA/NJは全く差なし，A（H1）型のA/USSR，A/福島では1～3月に0.1の上昇，A（H3）型のA/山梨では同じく1～3月に0.7の上昇，B型のB/神奈川でも同じ1～3月に0.2の上昇がみられた。従来，一般に大きな流行のあとでは集団における平均抗体価は2程度高い方へずれるとされているが，この対象となった集団の年令構成が大部分密接な接触機会が比較的少ない就学年令層外の19歳以上であることを勘案すれば，集団における流行が示唆される上昇を期待することは無理と思われる。

4 ま と め

昭和54年7月から昭和55年3月にかけて，石川県下の七尾，金沢，小松の3地区の6医療機関に受診したインフルエンザ様患者について，感染源調査を実施

し，次の成績を得た。

(1) 患者から採取した咽頭ぬぐい液211検体についてインフルエンザウイルス分離を試みたところ，A (H1) 型ウイルス13株，A (H3) 型ウイルス16株，B型ウイルス6株を分離した。月別では，7月～11月は分離陰性，12月はA (H3) 型1株で分離率5%，1月は同じくA (H3) 型1株で3%，2月はA (H1) 型7株，A (H3) 型6株，B型1株で分離率48%，3月はA (H1) 型6株，A (H3) 型8株，B型5株で分離率48%であった。この結果，本年度冬期の2月，3月には，A (H1) 型，A (H3) 型，B型の3つの型が同時に混合流行したことが確認された。

(2) 90人の患者から採血された対血清について，ブタ型のA/NJ，A (H1) 型のA/USSR，A/福島，A (H3) 型のA/山梨，B型のB/神奈川の5株を抗原としてHI抗体価の測定を行ったところ，回復期に8倍以上の有意上昇を示した例がA (H1) 型に1例，A (H3) 型に10例，B型に2例の計13例，4倍上昇例がA (H3) 型に1例みられた。また月別では，7月～12月は確認例なし，1月はA (H3) 型1例のみ，2月はA (H1) 型1例，A (H3) 型4例，B型1例，3月はA (H3) 型5例，B型1例の計13例，4倍上昇例1例は2月にみられた。このうちA (H1) 型の1例が7～18歳の確認例であったのを除くと他のA (H3) 型，B型のすべての例は31歳以上での確認例であった。

おわりに，本年度の調査成績をまとめるにあたり，検体の採取，移送に御協力いただいた小松，七尾両保健所並びに菫仙会恵寿病院，鳴和総合病院，金沢赤十字病院，石川県立中央病院，石川県職員診療所，市立小松総合病院の関係各位に，記して深く感謝の意を表する。

文　献

1) 厚生省公衆衛生局保健情報課編：昭和54年度伝染病流行予測調査実施要綱，p21—28 (1979)
2) 厚生省公衆衛生局保健情報課編：伝染病流行予測調査検査術式，p32—56 (1978)
3) 梶哲夫，尾西一，木村晋亮：石川衛公研年報，14，110—116 (1977)
4) 梶哲夫，佐藤邦代，尾西一，木村晋亮：石川衛公研年報，16，223—230 (1979)
5) 木村晋亮，梶哲夫，尾西一，佐藤邦代，会津善宏：石川衛公研年報，17，415—422 (1980)

〔資　料〕

石川県産豚の血中日本脳炎HI抗体保有状況

（昭和54年の成績）

石川県衛生公害研究所微生物部　梶　哲夫・佐藤邦代
尾西　一・木村晋亮

1 はじめに

日本脳炎については，このウイルスの増幅動物であるブタとベクターであるコガタアカイエカとの間で成立する感染増殖サイクルと，ベクターからヒトへの伝播経路とが存在し，日本脳炎の流行に際しては，人における流行に先駆けて豚の間で流行が起き，かつその規模も大きいことが知られている。したがって，ある地区内で飼育されている前年の流行を経ていない豚を対象として，日本脳炎ウイルスに対する感染状況，すなわち豚血中の日本脳炎ウイルスに対する赤血球凝集抑制（HI）抗体保有率の推移を調査することにより，その地区における日本脳炎ウイルス汚染状況を把握でき，かつ人への感染の危険度を知ることが可能となる。

本調査は，このような観点に立って，昭和40年度は県単独事業として，また昭和41年度からは厚生省の伝染病流行予測事業として委託を受けて実施しているものである。以下，本年度石川県において得られた日本脳炎流行予測事業の感染源調査（屠場豚血中日本脳炎HI抗体保有調査）の成績について報告する。

2 調査方法

調査要領は，厚生省の昭和54年度伝染病流行予測事業実施要領[1]に準拠して行った。

調査期間は昭和54年7月中旬から9月下旬までの3カ月間で，各旬毎1回，計8回の調査を行った。

客体としては，能登地区は輪島保健所管内の奥能登牛肉処理加工場，加賀地区は小松保健所管内の小松屠畜場へ屠殺のため送られてくる石川県産の豚を対象とし，各旬あたりの採血頭数は30頭（能登地区20頭，加賀地区10頭）とした。選定にあたってはブタの種類，性別は問わず，前年の流行を経ていない生後5～8カ月のブタを対象とした。血液の採取は屠殺後放血時に行い，血清を分離して検体とした。

調査事項は，豚血清中の日本脳炎ウイルスJaGAr #01株に対するHI抗体価の測定及びHI抗体価1：40以上の検体についての2－メルカプトエタノール（2ME）感受性抗体の測定である。検査方法は，伝染病流行予測調査検査術式[2]に準拠した。血清は冷アセトン2回抽出法によるインヒビターの除去後，56°C 30分の非働化を行い，更に1日令ニワトリひな赤血球によるヘテロヘマグルチニンの吸収処理をしてからHI試験に供した。HI試験には1日令ニワトリひな赤血球を至適の赤血球希釈液（VAD）に0.33％に浮遊させて使用した。

3 調査成績と考察

昭和54年7月中旬から9月下旬までの3カ月，のべ8回にわたり，県内2カ所の屠畜場（輪島，小松）で屠殺された240頭（能登地区160頭，加賀地区80頭）の

Serological Survey of HI-Antibodies against Japanese Encephalitis Virus in Swine Bred in Ishikawa Prefecture, 1979. *by Tetsuo KAJI, Kuniyo SATO, Hajime ONISHI, and Nobuaki KIMURA (Department of Microbiology, Ishikawa Research Laboratory for Public Health and Environment)*

表1　調査対象豚の飼育地別内訳

能登地区	160頭
鹿島郡	46
珠洲市	42
羽咋郡	36
鳳至郡	19
輪島市	12
珠洲郡	5
加賀地区	80頭
小松市	50
能美郡	20
加賀市	10
計	240頭

豚について，その血中日本脳炎 HI 抗体の保有状況を調査した。本年度における調査豚の飼育地別内訳は，表1に示した。

3・1　豚の血中日本脳炎 HI 抗体保有状況

本年度における屠場豚血中日本脳炎 HI 抗体保有状況を表2に示した。HI 抗体陽性（HI 抗体価1：10以上）の豚は，調査期間中7月中旬を除き，すべての時期に1～24頭みられた。また，日本脳炎ウイルス汚染推定地区指定の指標となる HI 抗体保有率50%以上の水準を越えた時期は，9月上，中，下旬の3旬1カ月間のみで，それぞれ80%，63%，67%の保有率であった。一方，77頭の陽性豚のうち，HI 抗体価1：40以上の豚は74頭あり，2ME 感受性試験の結果から2ME 感受性抗体保有豚は6頭みられた。2ME 感受性抗体保有豚の出現時期は8月下旬（2頭）と9月上旬（4頭）であった。

HI 抗体価1：40以上の74頭についての2ME感受性試験の結果は表3に示したとおりで，2ME 処理により低下した希釈倍数が2倍以下の2ME 感受性（－）が61頭，4倍低下の2ME 感受性（±）が7頭，8倍以上の低下を示し新鮮感染の可能性が高い2ME 感受性（＋）は6頭（8%）いた。

HI 抗体と2ME 感受性抗体の保有状況を地区別に比較すると，能登，加賀両地区間ではその推移に差がみられた（表4）。陽性率のピークとなった時期では，能登地区が9月下旬（100%）であったのに対し，加賀地区は9月上旬（100%）と2旬早く，また陽性豚出現の時期でも能登地区では7月下旬から9月下旬にかけてみられたのに対し，加賀地区では8月下旬と9月上旬のみと異った傾向を示した。この地区による差違は，豚の飼育状況や気候的，風土的要素などに起因すると考えられるが，その他に，毎旬あたりの検査頭数の差や対象とする客体の選定などサンプリングにおける要素に起因する可能性も充分にあると思われる。しかし，HI 抗体保有率では地区による差がみられたものの，2ME 感受性抗体保有豚の出現時期では差はみられず，両地区共8月下旬と9月上旬の2旬のみであった。このことは，本年度石川県において，日本脳炎ウイルスが侵入し散布汚染が起きた時期は8月中旬以降であったことを示唆している。

豚における日本脳炎 HI 抗体有率の推移を，データ

表2　屠場豚血中日本脳炎 HI 抗体の分布状況

月旬	採血月日	検査頭数	JaGAr#01株に対する HI 抗体価 <10	10	20	40	80	160	320	640	1280	2560	陽性[1]頭数	陽性[2]率(%)	2ME感[3]受性頭数
7月 中	7.11～16	30	30										0	0	—
7月 下	7.24～27	30	29					1					1	3	0
8月 上	8. 2～10	30	29	1									1	3	0
8月 中	8.13～24	30	29						1				1	3	0
8月 下	8.29～31	30	19		1	1		4(2)	4				11	37	2
9月 上	9. 7	30	6			1	4(1)	6(1)	9(1)	4(1)		1	24	80	4
9月 中	9.13～14	30	11	1			1	8	7		2		19	63	0
9月 下	9.25～26	30	10			1	3	5	9	2			20	67	0

1)　HI 抗体価1：10以上の頭数
2)　陽性頭数÷検査頭数×100(%)
3)　2ME 処理により8倍以上 HI 抗体価が低下した頭数で，抗体価別内訳は（　）内に示した。

表 3　　屠場豚血中日本脳炎2ME感受性HI抗体の分布

月	旬	検査頭数	2ME[1] 処理頭数	2ME感受性 − 1	2	± 4	+ 8	16	32	2ME感[2] 受性頭数	2ME感[3] 受性率（%）
				2ME処理により低下した希釈倍数							
7月	中	30	0							—	—
	下	30	1	1						0	0
8月	上	30	0							—	—
	中	30	1		1					0	0
	下	30	10	2	3	3	2			2	20
9月	上	30	24	2	14	4	1	2	1	4	17
	中	30	18	7	11					0	0
	下	30	20	14	6					0	0

1）HI抗体価1：40以上の頭数
2）2ME感受性（+）の頭数
3）2ME感受性頭数÷2ME処理頭数×100（%）

表 4　　地区別屠場豚血中日本脳炎HI抗体保有状況

月旬	加賀地区 検査頭数	陽性[1] 頭数	陽性[2] 率%	2ME感受性[3] 頭数	2ME感受性[4] 率%	能登地区 検査頭数	陽性頭数	陽性率%	2ME感受性頭数	2ME感受性率%	全県 検査頭数	陽性頭数	陽性率%	2ME感受性頭数	2ME感受性率%
7月 中	10	0	0	—	—	20	0	0	—	—	30	0	0	—	—
7月 下	10	0	0	—	—	20	1	5	0	0	30	1	3	0	0
8月 上	10	0	0	—	—	20	1	5	0	0	30	1	3	0	0
8月 中	10	0	0	—	—	20	1	5	0	0	30	1	3	0	0
8月 下	10	4	40	1	33	20	7	35	1	14	30	11	37	2	20
9月 上	10	10	100	1	10	20	14	70	3	21	30	24	80	4	17
9月 中	10	0	0	—	—	20	19	95	0	0	30	19	63	0	0
9月 下	10	0	0	—	—	20	20	100	0	0	30	20	67	0	0

1)〜4）表2，表3の脚注を参照

のある能登地区に限って，過去4年間についてみたのが図1である。本年の推移は，8月下旬から立ち上がり9月中旬にはほぼプラトーに達するという，立ち上がりの時期的なずれはあるものの，日本脳炎の流行年型の推移を示した。このパターンは，患者の発生がなかった昭和51年，52年の推移とはかなり異なっており，むしろ，患者の発生がみられた昭和53年の推移パターンと類似している。ここ数年の年度別推移をみると，昭和52年までは豚の日本脳炎HI抗体保有率が減少の一途をたどってきたのに対し，昭和53年からは一転して増加の傾向を示してきており，ここ2年ほぼ同じ推移を示したことは，本県における日本脳炎ウイルスの散布汚染の度合が再び高まってきていることを示すものと考えられる。

3・2　豚での日本脳炎HI抗体保有率と患者の発生

上述したように，本年での豚血中日本脳炎HI抗体保有率は，9月上旬には50%を越え，昨年に引き続き日本脳炎ウイルス汚染推定地区の指定を受けた。ま

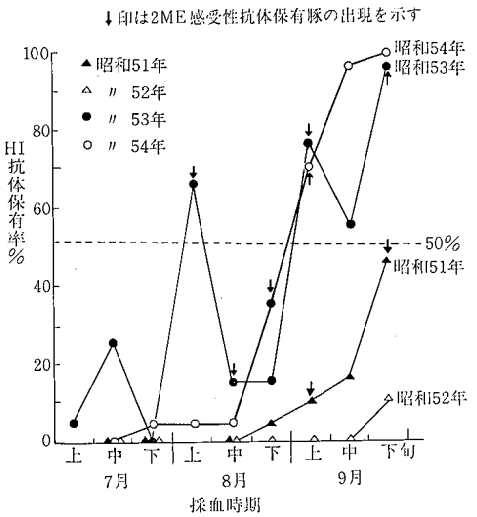


図1　**屠場豚の血中日本脳炎HI抗体保有率の推移と2ME感受性抗体保有豚の出現**（能登地区）

表5　**石川県における日本脳炎確認患者の発生状況**

年次	確認患者発生数（人）		
	加賀地区	能登地区	県計
昭和36	0	7	7
37	0	2	2
38	0	1	1
39	1	12	13
40	0	4	4
41	1	5	6
42	0	2	2
43	0	1	1
44	0	0	0
45	0	0	0
46	0	0	0
47	0	0	0
48	0	1	1
49	0	0	0
50	0	0	0
51	0	0	0
52	0	0	0
53	0	2	2
54	0	1	1
計	2	38	40

た，新鮮感染の指標である2ME感受性抗体を保有する豚の出現は，8月下旬と9月上旬にみられた。これらのことから，本年も患者発生の可能性が高いことを示唆し注意が喚気されたが，この危惧は9月上旬能登地区での患者発生となって現われた。この患者は，急性期血清のHI抗体価が1：10未満であったのに対し，回復期の価は1：320と4倍以上の有意な上昇があった上，2ME処理ではその価が1：10にまで低下するなど，血清学的には日本脳炎の真性患者であることが確認された。この患者の発生時期は，豚でのHI抗体保有率が50%を越えた時期と一致しており，保有率50%以上を指標とした日本脳炎ウイルス汚染推定地区指定による警報前の発生となったが，新鮮感染豚（2ME感受性抗体保有豚）出現以降の発生であり，両方を加味すれば充分発生の予測は可能であると思われる。

ここ数年，日本脳炎患者の発生は，豚でのHI抗体保有率の傾向同様，昭和52年までは減少の一途であったが，一転して昨年，今年と2年連続して患者発生があった。全国集計による患者発生数も昭和48年以降昭和52年までは減少傾向であったのに対し，昭和53年からは増加傾向に転じており[3]，再び流行の気配が伺われ，この傾向は来年以降も継続しそうである。この原因については，農薬の毒性低下によるベクターであるコガタアカイエカの大量発生によるとも言われるが，蚊の発生の大小のみでは患者の発生の多少を必ずしも充分に説明できず，他にも未だ確認されていない要素が関係している可能性も考えられる。

表5に，昭和36年から昭和54年までの間に，県へ届出された日本脳炎患者のうち血清学的に確認された患者数を年次別，地区別に示した。確認患者40人のうち，加賀地区での発生は僅かに2人と少ないのに反し，能登地区では38人と患者数の95%を占めている。このような患者発生の顕著な差が何に起因しているのかは，過去にいろいろな考察を試みてきたが，全く不明のまま現在に至っている。

おわりに，この報告をまとめるにあたり，資料の提供をいただいた県公衆衛生課並びに検体の採取に多大な御協力をいただいた県輪島，小松両保健所の関係各位に，記して謝意を表する。

文　献

1）厚生省公衆衛生局保健情報課編：昭和54年度伝染病流行予測調査実施要領，p29—34（1979）
2）厚生省公衆衛生局保健情報課編：伝染病流行予測調査術式（日本脳炎）（1979）
3）厚生省公衆衛生局保健情報課編：全国日本脳炎情報（1965—1979）

〔短　報〕

珪藻土耐火物製造工場から排出されるイオウ量の推定

石川県衛生公害研究所環境部　吉田　弘・田嶋隆俊

（本報告の一部は第16回大気汚染研究全国協議会大会で発表した。昭和50年11月7日，新潟市）

珪藻土を主原料とする耐火物（レンガ，コンロ等）を製造する工場からは，製造工程において使用燃料からだけでなく，珪藻土自体からもそのイオウ分が硫黄酸化物として排出される。七尾市の石崎地区には，これらの工場が集中し，かつ民家が混在していることから，気象条件によっては，発生源の影響を直接受けた局地的な短時間高濃度汚染が出現する可能性がある。そこで，原材料の珪藻土中のイオウ分を測定し，これらの工場から排出される全イオウ量を推定することにより，今後の大気汚染防止対策の基礎資料を提供した。

珪藻土から排出されるイオウ分の分析方法については，元素分析器（三田村理研工業製150—No 432）を使用し，試料を約950°Cに加熱し，発生する燃焼ガス（通気量1l/min）を3%の過酸化水素水で2時間捕集し，重量法で定量した。分析結果は表1のとおりであった。珪藻土中のイオウ含有率は採掘地点，珪藻土層の深度によりバラツキがあり，平均イオウ含有率は0.85～1.44wt%（風乾重量）の範囲にあった。また，珪藻土耐火物の完成品中のイオウ含有率は検出限界の0.02wt%以下であった。

表1　珪藻土等のイオウ含有率

珪藻土耐火物製造工場名	珪藻土層地区名	試料名	平均イオウ含有率（wt%）	イオウ含有率の範囲（wt%）	備考
A社	和倉	原料	1.35	1.28～1.41	
		レンガ(乾燥後)	0.93	0.81～1.03	
		レンガ(完成品)	trace	検出限界0.02wt%以下	
	珠洲	原料	0.85	0.76～0.95	
		レンガ(乾燥後)	0.56	0.49～0.65	
		レンガ(完成品)	trace	検出限界0.02wt%以下	
B社	珠洲	原料	1.44	1.40～1.46	
		レンガ(乾燥後)	1.22	1.07～1.39	
		レンガ(完成品)	trace	検出限界0.02wt%以下	
C社	和倉	原料	1.02	0.87～1.28	
		コンロ(乾燥後)	1.11	1.09～1.12	
		コンロ(完成品)	0.51	0.42～0.59	焼成温度が約600°Cと低いためと考えられる
	愛知県産粘土	原料	—	検出限界0.02wt%以下	

※ いおう含有率は，風乾重量（含水率3.0～0.1wt%）に対するものである。

表2　珪藻土のイオウ含有率

珪藻土耐火物製造工場名	珪藻土層地区名	平均イオウ含有率（wt%）
A社	和倉（森地区）	1.34
	珠洲（谷地区）	1.04
B社	珠洲（塗谷地区）	1.02
C社	和倉（石崎地区）	1.04
	和倉（香島地区）	1.10
D社	和倉	0.94
G社	和倉	0.86
I社	和倉	1.03

いおう含有率は，風乾重量（含水率3.0～0.1 wt%）に対するものである。

表3　ばい煙調査結果

珪藻土耐火物製造工場名	煙道ガス温度 °C	水分量 %	流速 m/s	乾き排ガス流量 Nm^3/min	ばいじん濃度 g/Nm^3	硫黄酸化物 濃度 ppm	硫黄酸化物 排出量 Nm^3/h
A社	95	6.0	8.5	228.2	0.27	730	10.0
C社	270	4.3	11.2	122.8	0.09	380	2.8

参考として，石川県工業試験場で行った二酸化硫黄分析計（島津製作所製 URA—5型）による分析結果を表2に示した。この結果は表1の分析値とほぼ一致しているな。なお，この分析過程において，加熱温度と燃焼ガス中の二酸化硫黄濃度との関係が明らかになった。これによれば，150°C付近から徐々に二酸化硫黄ガスが発生し，含水物が抜けきった250°Cあたりから濃度が急上昇し，350°C前後で最大濃度に達した。それ以後急速に低下し，500°Cあたりでほとんどなくなり，800°C付近で僅かであるが再び発生した。

また，煙道中の硫黄酸化物濃度の測定結果（JIS K0103アルセナゾⅢ法）を表3に示した。A社，B社とも測定期間中は燃料としてB重量を使用しており，その使用量等から煙道中の硫黄酸化物濃度を推算すると，A社については153ppm，B社については101ppmとなり，いずれも実測値の方がはるかに高かった。この結果から，乾燥・焼成工程で珪藻土耐火物から発生する硫黄酸化物が，重油中のイオウ分にプラスされて排出されていることがわかる。

昭和51年度の珪藻土耐火物製造工場における珪藻土及び重油の使用量を表4に示した。珪藻土使用量と重油使用量が比例しないのは，珪藻土以外に粘土等を原料として混入しているためと考えられる。当該地区における珪藻土の使用量の総量は約53,600トン/年（平均含水率50wt%）であり，珪藻土中のイオウ含有率を1.2wt%とすると，イオウ分として大気中に排出される量は約322トン/年となった。一方，重油使用量の総量は約11,400kl/年であり，それぞれの油種別にイオウ分を計算し，これらを合計すると207トン/となった。これらの概算結果から，珪藻土中のイオウ分による汚染負荷の方が，重油中のイオウ分によるものより大きいと推定される。

石崎測定局，及び珪藻土耐火物製造工場の影響を受けない七尾測定局の測定結果を表5に示した。両測定

表 4　昭和51年度珪藻土耐火物工場における珪藻土及び重油使用量

珪藻土耐火物製造工場名	珪藻土層地区名	珪藻土使用量 トン/年	重油使用量 kl/年
A社	和倉	25,000	3,412
	隠岐	271	
B社	珠洲	3,947	3,782
C社	和倉	1,651	1,082
D社	和倉	3,360	325
E社	和倉	4,673	638
F社	和倉	2,752	342
G社	和倉	4,633	875
H社	和倉	2,912	384
I社	和倉	2,860	446
J社	和倉	658	88
K社	和倉	880	61
L社	和倉	37	2
合計		53,634	11,437

局とも年平均値は，ほぼ同程度であるが，石崎測定局では1時間値が0.1ppmを超える値が出現するなど，短時間ではあるが比較的高濃度を示した。この様に，当該地区において短時間高濃度汚染の可能性が生じるのは，気象条件によっては疾風汚染〔発生源からの汚染物質が充分拡散しないままに風下側の特定地点に到達する。〕の影響と考えられるほかに，特定の温度範囲で二酸化硫黄の高濃度ガスが発生する現象が，回分式の乾燥炉，焼成炉の場合に生じているのではないかと思われる。

本調査にあたり，資料の提供をいただいた県工業試験場公害防止技術研究室に謝意を表します。

表 5　自動測定機（導電率法）による二酸化硫黄測定結果

測定局	用途地域	年度	年平均値	1時間値が0.1ppmを超えた時間数とその割合		1時間値の最高値	日平均値が0.04ppmを超えた日数とその割合		日平均値の2%除外値
			ppm	時間	%	ppm	日	%	ppm
石崎測定局	未指定	50	0.013	17	0.3	0.19	0	0.0	0.031
		51	0.011	18	0.2	0.22	2	0.7	0.028
		52	0.010	3	0.0	0.13	0	0.0	0.026
		53	0.008	4	0.0	0.15	0	0.0	0.024
七尾測定局	住居地域	50	0.013	0	0.0	0.09	0	0.0	0.030
		51	0.012	0	0.0	0.08	0	0.0	0.025
		52	0.006	0	0.0	0.05	0	0.0	0.012
		53	0.006	0	0.0	0.09	0	0.0	0.012

〔短　報〕

Clostridium difficile の毒素産生用培地の検討

（本報告の要旨の一部は第16回日本細菌学会中部支部総会で発表した。昭和54年10月27日，富山市）

石川県衛生公害研究所微生物部　芹川俊彦・木村晋亮
金沢大学医学部微生物学教室　中村信一・高畠学

近年，Clindamycin などの抗生剤投与によって起こる偽膜性大腸炎の起因菌として *C. difficile* が注目されて来た[1)2)]。本菌は，常法にて作製された平板培地にはほとんど発育せず，分離培養の際には，前もって還元された（pre-reduced）培地を用いる必要がある。また，本菌の毒素産生用培地としては，CMG 培地[3)]（Chopped-meat-glucose medium）や BHI 培地[4)]（Brain heart infusion broth）などが従来用いられているが，いずれも嫌気培養を必要とする点で操作が煩雑である。しかし，我々は種々の培地を用いて本菌の毒素産生を検討している途次，ペプトン，フラクトースを含む比較的簡易な培地において毒素産生が良いことが判ったので，本培地の有用性を検討するため，ヒトからの新鮮分離株について，その毒素産生能を比較検討した。

本実験に用いた菌株は，*C. difficile* ATCC（American Type Culture Collection）9689株，17857株，17869株とヒトからの新鮮分離株32株で，すべて金沢大学医学部微生物学教室の保存株である。実験方法は，被験菌株を肝片加肝ブイヨンで24時間培養後，0.2ml を 10ml の TGC培地（日水）で18時間培養し，その1.0 ml を 10ml TGC 培地に植菌し，37°C，8時間培養後 0.2ml を TYF 培地（トリプトース；2.0%，フラクトース；0.5%，酵母エキス；0.4%，チオグリコール酸ナトリウム；0.1%），CMG 培地，BHI 培地に植菌し，37°C，1週間培養した。培養後遠心し，その上清を0.02%ゼラチン加0.05Mリン酸緩衝液（pH 6.5）で2倍段階希釈し，その 0.25ml をマウス尾静脈に注射し，3日間生死を観察し致死毒性（MLD/ml）を測定した。なお，必要に応じて *C. sordellii* の抗毒素血清による毒素中和試験を行った。また，培養条件については，TYF 培地は非嫌気的培養（好気的条件下での静置培養），CMG 培地及び BHI 培地は，窒素80%，二酸化炭素10%，水素10%を含むジャーの中で嫌気培養を行った。

毒素産生における培養条件の影響について，ATCC 17869株を用い検討した結果を表1に示したが，TYF 培地では非嫌気的培養で最大の毒性を認めたのに対し，CMG 培地及び BHI 培地においては，嫌気培養において高い致死毒性が認められた。また TYF 培地（非嫌気的培養）と CMG 培地（嫌気培養）では同程度の高い致死毒性が認められたが，BHI 培地では低い毒性しか得られなかった。更に，培養時間について検討した結果，いずれの培地においても1週間培養が最良であった。

表1　毒素産生における培養条件の影響

培　地	培　養　条　件	MLD/ml
T Y F	非嫌気的培養*	1,024
	嫌　気　培　養**	128
C M G	非嫌気的培養	128
	嫌　気　培　養	1,024
B H I	非嫌気的培養	64
	嫌　気　培　養	256

* 好気的環境で静置培養を行った。
** 窒素80%，二酸化炭素10%，水素10%を含むジャーの中で嫌気培養を行った。

ヒトからの新鮮分離株32株と標準株3株について，

表 2　　*C. difficile* 35株の毒素産生能

培地	下記の毒素原性(MLD/ml)を示す菌株数					
	0	4 — 8	16 — 32	64 — 128	256 — 512	1,024—2,048
T Y F *	9	1	9	6	6	4
C M G**	9	1	5	9	7	4
B H I**	9	5	7	8	5	1

* 非嫌気的培養　　**嫌気培養

上記3種の培地における毒素産生能を比較検討した成績を表2に示した。被験35株中9株は，いずれの培地においても毒素を産生しなかったが，残り26株は毒素を産生し，最大2,048MLD/ml の致死毒性を示した。TYF 培地と CMG 培地ではほぼ同程度の毒素産生がみられたが，BHI培地ではやや低い毒性しか認められず，毒素産生用培地としては前者より劣っていた。

以上の結果から，TYF 培地は非嫌気的培養で高い致死毒性が得られ，*C. difficile* の毒素産生用培地として良好であることが確認された。一方，CMG 培地においても高い毒性が認められ，良好な培地であることが解ったが，TYF 培地が非嫌気的培養という簡易な培養法で済むのに対し，CMG 培地は，窒素80%，二酸化炭素10%，水素10%の条件下で培養する必要があり，しかも製造方法が煩わしいことからも，TYF 培地の方がより有用であると言える。また BHI 培地は，前二者と比べ毒素産生が悪いことが判明した。

C. difficile は，抗生剤投与によって起こる偽膜性大腸炎の起因菌として注目されているが，一般の下痢症の起因菌としても関与していることが考えられ，検査室ではルーチンとして本菌の検査を取り入れる必要があるのではないかと思う。但し，本菌の分離は難かしい上に，下痢症患者の糞便から分離されるものと健康保菌者から分離されるものとは，細菌学的な区別がつかないため，本菌の下痢症の起因菌としての確証を得るには，定量培養による菌数測定，下痢便中の毒素の検出のほか分離菌株の毒素産生能を調べることが必要であることなど，一般の検査室では取扱いが難かしい点が多い。今後は更に簡便な検査方法，培地などの開発を行い，一般検査室でも取扱えるような方途を講じたい。

本実験にあたり，直接御指導御助言をいただいた金沢大学医学部微生物学教室西田尚紀教授に深く感謝の意を表する。

文　　献

1) Bartlett, J. G., Chang, T. W., Gurwith, M., Gorbach, S. L., and Onderdonk, A. B. : New Engl. J.Med., 298, 531-534 (1978)
2) Larson, H. E., Price, A. B., and Honour, P. : Lancet, 1, 1063-1066 (1978)
3) George, W. L., Sutter, V. L., and Finegold, S. M. : Curr. Microbiol., 1, 55-58 (1978)
4) Bartlett, J. G., Onderdonk, A. B., Cisneros, R. L., and Kasper, D. L. : J. Infect. Dis., 136, 701-705 (1977)

〔短　報〕

インフルエンザウイルス分離系についての一考案

—A（H1），A（H3），B型同時混合流行例における4分離系によるウイルス分離—

石川県衛生公害研究所微生物部　木村晋亮・梶　哲夫・尾西　一

インフルエンザウイルスが増殖可能な細胞系はいくつか知られていたが，ある特定の株であるとか，継代株が増殖するに過ぎず，一般の患者材料からの分離には感受性が低く実用に供するには程遠かった。しかし，1958年 Mardin & Darby によってイヌの腎臓から樹立化された株化細胞である MDCK 細胞がインフルエンザウイルス B型株のみか[1]，トリプシンを培養液中に添加することによってA型株のすべての亜型株が増殖すること[2]，更に患者材料からのウイルス分離に用いたところ，その成績はふ化鶏卵に匹敵するか優れていることが飛田によって報告された[3]。この飛田の報告以後，患者材料からのインフルエンザウイルスの分離にこのトリプシン添加 MDCK 細胞の系が多用され，我々もこの細胞の分与を受け，この系とふ化鶏卵との分離成績や得られたウイルス株の抗原性の比較について報告してきた[4]。ところが先の報告では，インフルエンザウイルスが分離可能な細胞系が開発されたということで，成績比較のための患者材料は長期間凍結保存してあったものを用いたこと，両系に同時期に接種できたのではなく，MDCK 細胞への接種が1～2年遅れていたことなどから，分離成績の比較は必ずしも妥当とは言えない面があった。しかし実用的にはほぼ匹敵する成績が得られるため，培養が比較的面倒なふ化鶏卵による分離は第二義的となり，以後は主として MDCK 細胞による分離を行っている。だが一方で，ワクチン株としては卵分離株を用いる必要があること，また1週30個程度の受精卵の自給が可能になったこともあって，昭和54年末から昭和55年春にかけての集団かぜ流行期でのインフルエンザウイルスの分離には，MDCK 細胞と併行してふ化鶏卵による分離を行った。

ふ化鶏卵並びに MDCK 細胞による分離方法，被検材料の調製などは既報のとおりである[5][6]。またインフルエンザウイルス以外のウイルス分離の目的で AGMK 細胞（アフリカミドリザル腎2代細胞）とトリプシン添加 VERO 細胞（アフリカミドリザル腎細胞から樹立化された継代細胞）を使用した[7]。

被検材料は咽頭ぬぐい液276検体で，内訳は調査研究用の小児上気道疾患（いわゆる「かぜ」）患児材料が147検体，集団かぜ発生時採取材料が60検体，インフルエンザ流行予測・定点観測調査（公衆衛生課事業）の材料が69検体である。

4分離系を用いてのインフルエンザウイルスの分離成績は表1に示したとおりで，昭和54年12月から昭和55年4月にかけての流行はA型2亜型とB型による同時混合流行であったため，A（H1）型，A（H3）型，B型がそれぞれ34，19，15株，計68株分離された。分離率は24.6%であった。分離系別ではふ化鶏卵とMDCK細胞では各々55株，AGMK 細胞で16株，VERO 細胞で6株分離された。この成績のみからでは，ふ化鶏卵と MDCK 細胞とは同じ感受性を示したが，型別分離状況では，ふ化鶏卵がA型では MDCK 細胞に若干優り，B型では MDCK 細胞の方がふ化鶏卵に比し2倍近く高い感受性を示した。また AGMK 細胞は前記両系に比し全般的に感受性が低く，VERO細胞はA(H1)型にのみ AGMK 細胞程度の感受性を示したに止まった。

次に比較的感受性が高かったふ化鶏卵と MDCK 細胞とによるインフルエンザウイルス各型別の分離成績の比較を行った。A（H1）型での例を表2に示した。276検体から両系で分離された株数は33株（34株中1株は VERO 細胞でのみ分離）あり，うち両系で共に

表 1　昭和54年12月～昭和55年４月に分離されたインフルエンザウイルスの分離系別内訳

型別	分離数	分離系 ふ化鶏卵（９日令）	MDCK 細胞（トリプシン添加）	AGMK 細胞	VERO 細胞（トリプシン添加）	計
A (H1) 型	分離数	31	29	4	6	34
	(分離率)	(91%)	(85%)	(12%)	(18%)	(100%)
A (H3) 型	分離数	17	14	7	0	19
	(分離率)	(89%)	(74%)	(37%)		(100%)
B 型	分離数	7	13	5	0	16
	(分離率)	(44%)	(81%)	(31%)		(100%)
計	分離数	55	56	16	6	69
	(分離率)	(80%)	(81%)	(23%)	(9%)	(100%)

被検材料の総数は 276検体，分離率は25.0%。

表２　ふ化鶏卵と MDCK 細胞によるインフルエンザウイルスA (H1) 型の分離

A (H1) 型		MDCK細胞 +	MDCK細胞 −	計
ふ化鶏卵	+	27 (9.8%)	4 (1.4%)	31 (11.2%)
	−	2 (0.7%)	243 (88.1%)	245 (88.8%)
計		29 (10.5%)	247 (89.5%)	276 (100%)

表３　ふ化鶏卵と MDCK 細胞によるインフルエンザウイルスA (H3)型の分離

A (H3)型		MDCK 細胞 +	MDCK 細胞 −	計
ふ化鶏卵	+	12 (4.4%)	5 (1.8%)	17 (6.2%)
	−	2 (0.7%)	257 (93.1%)	259 (93.8%)
計		14 (5.1%)	262 (94.9%)	276 (100%)

分離されたのは27株（82%），ふ化鶏卵のみで分離されたのは４株（12%），MDCK 細胞のみで分離されたのは２株（６%）あった。分離率はふ化鶏卵で94%，MDCK 細胞で88%と前者が若干高い傾向を示した。

A (H3) 型についてみたのが表３である。両系では合せて19株分離され，両系共通の株が12株（63%），MDCK 細胞で分離できなかったものが５株（26%），ふ化鶏卵で分離できなかったのが２株(11%)あった。分離率はふ化鶏卵で89%，MDCK 細胞で74%で，前者の方がやはり若干高い感受性を示した。

B 型は両系合せて15株分離され，そのうち両系共に分離陽性例は僅かに27%の４株，ふ化鶏卵のみ陽性が20%にあたる３株，残り８株（53%）は MDCK 細胞でのみ分離陽性であった（表４）。分離率はふ化鶏卵で

表４　ふ化鶏卵と MDCK 細胞によるインフルエンザウイルス B型の分離

B 型		MDCK 細胞 +	MDCK 細胞 −	計
ふ化鶏卵	+	4 (1.4%)	3 (1.1%)	7 (2.5%)
	−	9 (3.3%)	260 (94.2%)	269 (97.5%)
計		13 (4.7%)	263 (95.3%)	276 (100%)

47%，MDCK細胞で80%と，MDCK細胞の方が高い感受性を示した。

ここに得られたインフルエンザウイルス分離系としての両系の感受性の差は，我々が以前に行ったA(H3)型とB型の分離成績[4)6)]と同じ傾向を示した。古山らは，1973年～1975年のインフルエンザ流行時の凍結保存サンプルについて両系での分離の比較を行っているが，A型ではふ化鶏卵の方が，B型ではMDCK細胞の方が他に比べて高い感受性を示したことを報告している[8)]。しかし今度の成績でも明らかなように，MDCK細胞はインフルエンザウイルスに対する感受性は高いとは言え，分離率でみる限りA型では83%，B型でも80%と，それぞれ13%，20%の分離できない部分があり，ふ化鶏卵併用での分離率が97%，100%であることを考慮すると，分離率を高めるためにはどちらの系を主，従とすることなく，併用するのが現在のところ最も望ましいと考えられる。

文　献

1) Tobita, K.: Med. Microbiol. Immunol., 162, 23—27 (1975)
2) Tobita, K., Sugiura, A., Enomoto, C., and Furukawa, M.: Med. Microbiol. Immunol., 162, 9—14 (1975)
3) 飛田清毅：臨床とウイルス，4，58—61 (1976)
4) 梶哲夫，尾西一，木村晋亮：臨床とウイルス，5，333—338 (1977)
5) 木村晋亮，高橋直邦，池田外男：石川衛研年報，6，39—50 (1969)
6) 梶哲夫，尾西一，木村晋亮：石川衛公研年報，14，110—116 (1977)
7) 梶哲夫，尾西一，木村晋亮：石川衛公研年報，13，160—170 (1976)
8) 古山宗成，緒方正名，上羽修，石田立夫：臨床とウイルス，4，314—318 (1976)

〔短　報〕

A型インフルエンザの血清学的診断法としてのCF抗体価測定

石川県衛生公害研究所微生物部　木村晋亮・尾西　一・梶　哲夫・佐藤邦代

ほとんど毎年のように流行するインフルエンザの診断には，患者から採血された急性期と回復期の対血清についてHI（赤血球凝集抑制）抗体価の測定を行い，抗体価の有意上昇があったかどうかで罹患を確認する方法がとられており，現在でもよく使われている。ところが，インフルエンザA型の場合亜型がある上に，毎年のように連続的な変異が起るため，患者の血清診断をHI試験によって行う場合には，使用するHA抗原に出来るだけ流行している株と同じか近縁の株を用いないとインフルエンザウイルスに罹患しているにも拘らず有意上昇がみられず，結果としては血清学的に陰性という間違った診断が下されることになる。この傾向はB型でも言えることであるけれども，A型に比べれば連続変異の度合いは低いと言える。このようにHI試験に用いるHA抗原は株特異性が強く，時にはHA抗原の適切な選択を誤ると，正確さを期し難いことがある。これに対し，CF（補体結合）試験にS抗原（soluble antigen）を用いた場合には，S抗原が型特異性であるため株の選択の必要性が全くなく，A型とB型の2CF（S）抗原を用いればこと足り，診断上極めて便利となる。現にB型でも在来株との間に比較的大きな変異差があったB/73型株の流行に際して，須藤はHI試験による診断率がワクチン株で47.4%，分離株でも69.7%であったのに対し，分離株のS抗原を用いたCF試験では96.7%と極めて高かったとしている[1]。また，現行のワクチン接種では株特異性の高いV抗原（viral antigen）に対する抗体のみ上昇し抗S抗体の上昇はないため，ワクチン免疫集団でも自然感染（抗V抗体と抗S抗体の両方が産生される）の有無は精製したS抗原を用いることによって確認可能となる[2]。このようにCF試験で抗S抗体を測定すれば，罹患の有無をHI抗体価の測定よりもはるかに高い頻度で容易に判定できると言える。しかし，現実にはCF試験よりもHI試験の方がルーチンには繁用されているのが現状である。そこで我々は，昭和55年1月から3月にかけてのインフルエンザ流行（主流はA（H1）型であったが，他にA（H3）型とB型とが同時に混合流行した）に際して，集団かぜの診断やインフルエンザ流行予測と定点観測の目的で採血された対血清78例について，HI抗体価とCF抗体価とを同時に測定し，S抗原によるCF試験の有用性について検討を加えた。ただしここではB型罹患例は極めて少数であったので，A型での例についてのみ記述することとする。

使用した抗原はHI試験にはA/NJ/8/76(HswlNl)，A/USSR/92/77（H1N1），A/福島/103/78（H1N1），A/山梨/2/77（H3N2）を，CF試験にはインフルエンザA型CF（S）抗原を用いた。抗原はいずれも市販品で，HA抗原は武田薬品工業KK，CF抗原は東芝化学工業KK製のものを使用した。HI試験，CF試験は共にマイクロタイター法によった。

78例の対血清中，HI試験ではA（H1）型に対し30例，A（H3）型に4例，A（H1）型とA（H3）型とに1例の計35例（表1では両方の亜型に上昇した例は

表1　患者対血清のHI，CF抗体価測定による血清学的診断成績の比較

検査法	HI（+）		HI(−)	計
	A(H1)	A(H3)		
CF(+)	16	2	1	19
CF(−)	15	3	42	60
計	31	5	43	79

（+）は4倍以上の上昇，（−）は2倍以下の上昇を示す。

78例中1例はA（H1）とA（H3）に有意上昇を示した。

各々に1例として計上してあるため1例多い記載になっている）の有意上昇例があったのに対し，CF試験では僅かに19例，HI（−）・CF（＋）は1例あったに止まり，4倍以上の有意上昇を示した例はCF試験では意外と少なく，診断率は51％と低かった。

有意上昇がみられた対血清の病日別のHI抗体価並びにCF抗体価の分布を示したのが表2と表3である。表中急性期血清は1～7病日に採血されており，回復期は4例が8，9病日であった他は15～25病日であった。急性期採血時に同時に採取された咽頭ぬぐい液からは19株のA（H1）型株と1株のA（H3）型株が分離され，分離時のHI抗体価は＜16～256にあった。急性期の平均HI抗体価は＜16を8として計算すると42，回復期では970で，23倍の抗体価上昇を示した。一方，CF抗体価の分布では急性期で抗体価16の例からもウイルスが分離されているが，この例のように急性期で既に高い抗体価を示した例では回復期の抗体価が最高32であったこともあり血清学的には陰性となった。HI（＋）・CF（−）の例は37例中18例にみられ，A（H1）型罹患例で15例（抗体価上昇なし5例，2倍上昇例10例），A（H3）型罹患例で3例（各れも抗体価上昇なし）あった。血清学的に罹患が認められた急性期血清の平均CF抗体価は＜4を2として計上すると4.0，回復期のそれは12で3.0倍の上昇率であった。ちなみにCF試験で有意上昇がみられた例19例では急性期3.0，回復期17で，上昇率は5.5倍であった。CF（＋）・HI（−）の例は1例にみられ，CF抗体価は4から32へ上昇し，かつA（H1）型ウイルスが分離されたにも拘らず，前記4HA抗原に対するHI抗体価はいずれも16未満，分離株では16未満から16へと1管の上昇はみられたもののHI試験では陰性であった。

次にHI抗体価とCF抗体価との相関をみるために，HA抗原別に78例全例をプロットしたのが表4である。一般に感染後はHI抗体価の上昇に少し遅れてCF抗体は上昇するものの，インフルエンザの有意上昇が

表 2　　有意上昇がみられた対血清の病日別HI抗体価の分布とウイルス分離

病　日	HI抗体価（2^n）									
	＜4	4	5	6	7	8	9	10	11	平　均
（急性期）										
1 ～ 7	3②	4①	14⑧	8④	7④	1①				5.4
（回復期）										
8 ～ 14									4(4)	11
15 ～ 21	1				1(1)	2(2)	4(4)	7(7)	11(11)	9.7
22 ～						1(1)	1(1)	2(2)	3(3)	10

急性期の　○　内数字はウイルス分離例を示す。37例中20例。
回復期の（　）内数字は4倍以上の有意上昇例を示す。37例中36例。

表 3　　有意上昇がみられた対血清の病日別CF抗体価の分布とウイルス分離

病　日	CF抗体価（2^n）					
	＜2	2	3	4	5	平　均
（急性期）						
1 ～ 7	12⑥	15⑤	7⑥	3③		2.0
（回復期）						
8 ～ 14				2(1)	2(2)	4.5
15 ～ 21		5	8(6)	8(3)	5(4)	3.5
22 ～	1	2		2(2)	2(1)	3.3

急性期の　○　内数字はウイルス分離例を示す。37例中20例。
回復期の（　）内数字は4倍以上の有意上昇例を示す。37例中19例。

表 4　　HA 抗原別 HI 抗体価と CF 抗体価の分布

抗I-A(S) CF抗体価 (2^n)	抗 A/NJ/8/76 (Hsw1N1) HI 抗体価(2^n)									
	<4	4	5	6	7	8	9	10	11	計
<2	21	2	2		2	2		1		30
2	41	6	2	6	2		4			61
3	19	3	1	2	1		4	1		31
4	15	1	1	2	1	1				21
5	3		1	3	1	3	2			13
計	99	12	7	13	7	6	10	2	0	156

抗I-A(S) CF抗体価 (2^n)	抗 A/USSR/92/77 (H1N1) HI 抗体価(2^n)									
	<4	4	5	6	7	8	9	10	11	計
<2	7	3	4	8	3		4	1		30
2	19	4	12	3	7	3	1	2	10	61
3	6	5	5	4		4	1	3	3	31
4	3		2		1	3	1	6	5	21
5	2				2		1		8	13
計	37	12	23	15	13	10	8	12	26	156

抗I-A(S) CF抗体価 (2^n)	抗 A/福島/103/78 (H1N1) HI 抗体価(2^n)									
	<4	4	5	6	7	8	9	10	11	計
<2	8	4	3	5	5	2	2	1		30
2	18	3	15	5	8	1	3	4	4	61
3	10	4	2	4	2	2	4	3		31
4	4		2		1	8	6			21
5	4					4	1	4		13
計	44	11	22	14	16	17	16	12	4	156

抗I-A(S) CF抗体価 (2^n)	抗 A/山梨/2/77 (H3N2) HI 抗体価(2^n)									
	<4	4	5	6	7	8	9	10	11	計
<2	8	4	3	3	1	7			4	30
2	9	7	9	10	10	8	6	1	1	61
3	2	4	5	4	4	4	5	3		31
4	2			2	4	9	4			21
5	3				2	1	5	1	1	13
計	24	15	17	19	21	29	20	5	6	156

表 5　　HA 抗原別の HI 並びに CF 抗体価上昇率の分布

抗I-A(S) CF抗体価上昇($\times 2^n$)	抗 A/NJ/8/76 (Hsw1N1) HI 抗体価上昇($\times 2^n$)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	計
0	43	2			1				46
1	9		1	3					13
2	5	2	1	3	1				12
3	3		1			1			5
4	1					1			2
計	61	4	3	6	2	2	0	0	78

抗I-A(S) CF抗体価上昇($\times 2^n$)	抗A/USSR/92/77 (H1N1) HI 抗体価上昇($\times 2^n$)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	計
0	41		1			2	2		46
1	3				6	3	1		13
2	2			3	1	2	3	1	12
3	1			1	2	1			5
4					1	1			2
計	47	0	1	4	10	9	6	1	78

抗I-A(S) CF抗体価上昇($\times 2^n$)	抗 A/福島/103/78 (H1N1) HI 抗体価上昇($\times 2^n$)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	計
0	41		1	2	1	1			46
1	2	1	1	6	3				13
2	2		1	3	5		1		12
3	1		1	2		1			5
4			1		1				2
計	46	1	5	13	10	2	1	0	78

抗I-A(S) CF抗体価上昇($\times 2^n$)	抗 A/山梨/2/77 (H3N2) HI 抗体価上昇($\times 2^n$)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	計
0	42	1				2	1		46
1	13								13
2	10				1			1	12
3	5								5
4	2								2
計	72	1	0	0	1	2	1	1	78

表 6　　HA 抗原別対血清の血清学的診断成績の比較

I-A(S)	A/NJ/8/76(Hsw1N1)			A/USSR/92/77(H1N1)			A/福島/103/78 (H1N1)			A/山梨/2/77(H3N2)		
	HI(+)	HI(−)	計	HI(+)	HI(−)	計	HI(+)	HI(−)	計	HI(+)	HI(−)	計
CF(+)	8	11	19	16	3	19	16	3	19	2	17	19
CF(−)	5	54	59	15	44	59	15	44	59	3	56	59
計	13	65	78	31	47	78	31	47	78	5	73	78

表中（+）は回復期における4倍以上の抗体価上昇，（−）は2倍以下の抗体価上昇を示す。

認められた例ではHI抗体価同様CF抗体価も第3病週では既に高くなるのが通例であるが[1]，この両抗体価の分布ではHI抗体価が1,024以上と高くてもCF抗体価が4以下とか，CF抗体価が16以上と高いのにHI抗体価が16以下とか，かなりばらつきがみられ，相関はみられなかった。

両試験法による回復期血清の抗体価上昇倍数を比較したのが表5である。主流行株であったA（H1）型株ではHIで最高64倍，CFで16倍，マイナーのA（H3）型株では64倍と16倍，ブタインフルエンザのA/NJでは16倍と16倍であったが，A（Hswl）型は現在はA(H1)型とされているところから，この株での有意上昇はA（H1）型に対するHI抗体価上昇に伴なう交差によるものと思われる。この上昇率の分布でも前の抗体価分布の場合と同じく，HI抗体価で32倍以上の高い上昇があるにも拘らずCF抗体価の上昇が2倍以下である例がみられた。なお，有意上昇がみられた例の抗原別平均HI抗体価上昇率はA/NJは13例で9.4倍，A/USSRは31例で24倍，A/福島は31例で10倍，A/山梨は5例で42倍，CF抗体価上昇例は19例で5.5倍であった。このように今冬でのインフルエンザの流行では，A（H1）型のA/USSR，A（H3）型のA/山梨に対して高い抗体価上昇がみられた。表6は表5をHI，CF抗体価上昇を各々4倍以上と未満に分けて抗原別に集計したものである。表中A/USSRとA/福島でのCF（+）・HI（−）の3例は，うち2例がA（H3）型罹患例，1例がCF試験でのみ有意上昇がみられた例，同じくA/山梨での17例は16例がA（H1）型罹患例，1例はCFでのみ陽性の例であった。

以上，昭和55年1月から3月にかけてのインフルエンザ流行時に採血した78例の対血清について，HI試験はA（Hsw1N1）型1株，A（H1N1）型2株，A（H3N2）型1株，CF試験はA型（S）抗原を用いてHI並びにCF抗体価の測定を行ったところ，HI抗体価の測定ではそれぞれ13例，31例，5例の有意上昇があり罹患が認められたが，CF抗体価の測定では19例が有意上昇を示したに過ぎず，流行株に近縁のHA抗原を有する株を用いればHI抗体価測定のみでも充分と考えられる。ただ今冬の流行でのようにA（H1）型に混ってA（H3）型も同時に流行することもあり，抗体価測定に用いるHA抗原の選択には吟味をする必要があろう。今回有意上昇がみられた37例の対血清中，A（H1）型にもA（H3）型にも有意上昇がなく，全経過中HI抗体価が4未満の例が1例あったが，この例からはA（H1）型ウイルスが分離されていること，CFではA型に有意上昇が認められていることからA型ウイルスによる罹患は間違いないと思われるが，何故HI抗体価の上昇がみられなかったのかについては今後の検討に待ちたい。

なお，患者血清のCF抗体価測定には，太陽厚生科学研究所の笹野祐一氏の協力を得た。記して謝意を表する。

文　献

1）須藤恒久：ウイルス学（植竹久雄編），p 277—295，理工学社，東京（1979）

2）水谷裕迪：ウイルス実験学各論（国立予防衛生研究所学友会編），p 31—53，丸善，東京（1967）

石川県衛生公害研究所調査研究報告投稿規定

石川県衛生公害研究所（以下「研究所」という）の年報における調査研究報告の投稿規定を次のとおり定める。

1　投稿者の資格

投稿者は原則として研究所職員とする。

2　報告の内容

研究所職員が行った調査研究で，印刷物として未発表のものとする。ただし，抄録についてはこの限りではない。

3　報告の種類

報告は，総説，報文，資料，短報及び抄録の５種類とする。

(1)　総　　説

内容，形式は自由とし，英文タイトルを付記する。

(2)　報　　文

新知見を含むまとまった研究報告で，形式はおおむね，はじめに，材料と方法，成績，考察，まとめ，謝辞，付記及び文献の順とし，英文タイトルを付記する。

(3)　資　　料

既知の方法による調査，試験検査の結果又は統計等をまとめたもので，形式は報文に準じ，英文タイトルを付記する。

(4)　短　　報

断片的な研究であっても，新しい事実で価値のあるデータを含む報告で，形式は報文に準ずるが，見出しは付けない。

(5)　抄　　録

当該年度に他誌に掲載された論文の抄録で，表題名，著者名，所属名，掲載誌名，巻(号)，始ページ—終ページ，発行年及び紹介文の順に記載する。

4　編集委員会の構成

編集委員会は次長を委員長とし，委員は管理部２人，環境部２人，微生物部１人，食品薬品部１人で構成する。

5　原稿の執筆

原稿は所定の年報用原稿用紙Ａ４判（24×22字）に横書きすることとし，記載は別に定める原稿執筆要領による。

6　原稿の提出と編集

原稿は所属部長の校閲を経て，編集委員に提出する。提出された原稿の掲載順序，掲載区分，表現の用語等の統一化及び校正は編集委員会が行うものとし，必要な場合には投稿者に内容の変更，表現の統一化のための作業あるいは内容の確認などを求めることがある。編集委員会で編集された原稿は所長がこれを校閲する。

7　校　　正

初校，再校は著者校とし，誤植の訂正に止め，内容の改変をしてはならない。３校以降の校正は編集委員会が行う。

8　そ の 他

その他必要な事項は編集委員会で協議する。

この投稿規定は，昭和54年４月１日から適用する。

調査研究報告原稿執筆要領

調査研究報告投稿規定第5項に基づく別に定める原稿執筆要領を，次のとおり定める。

〔文　体〕

1　原稿は原則として新かなづかい，新送りがな，ひらがなまじり国語文とし，簡潔で理解し易い表現にする。止むを得ぬ学術用語，地名，人名などのほかは当用漢字を用いる。

2　欧文はタイプ印字若しくは明瞭なブロック体とする。

〔表　題〕

3　表題はなるべく短くまとめ，本文とは別の用紙に書く。続報の場合は必ず副題を付ける。

4　表題又は副題の下に1行あけて所属名（部まで）と著者名を連記する。

5　総説，報文，資料には英文の表題，副題，著者名及び所属名を和文の下へ1行あけてタイプ印字する。

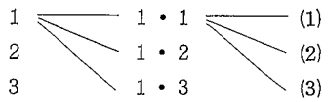
6　報告の一部若しくは全部を学会等に発表した場合には，最下段に発表学会名，発表年月日及び開催地名を明記する。

〔本　文〕

7　本文は表題とは別の用紙に新しく書き出す。

8　本文の構成はおおむね　1　はじめに，2　材料と方法，3　成績，4　考察，5　まとめ　の順とし，1行あけて謝辞及び付記を記載する。文献は別の用紙に書き出す。ただし，総説の形式はこれらにとらわれず自由とする。

9　項目を細別するときの見出し符号は，次の順序で用いる。



ただし，考察とまとめはポイントシステムをとらず　(1)，(2)，(3)　とする。

10　ポイントシステムとその見出しはゴジック体とする。短報は見出しを付けない。

11　文の書き出しは1字あける。行を改めるときも同じ。

12　句読点は「，」及び「。」，かっこは「（　）」を用いることとし，それぞれ1字に数える。ただし，これらの記号が行の頭に出る場合は，前の行の右欄外に書く。

13　数字は成語となっているもの以外はアラビア数字を用い，1こま2字とする。小数点，コンマ等の記号も数字に準じて記載する。

14　数量の単位は原則としてメートル法により，慣用されている記号，略号を用いる。

15　物質名，術語等で慣用されているものはそれに従う。物質名には化学式を用いない。

16　生物名（和名）はカタカナ書きとし，その学名はイタリック体とする。

17　外国語の地名，人名は原則として欧語を用いる。

18　本文中の人名は姓のみとし，欧語にあっては頭文字を大文字とする。なお，人名が複数の場合は列記しないで，最初の人名のあとに「ら」を付け，年号は原則として省く。

19　用語を略記するときは，最初に必ず正式な名称を共に示す。

〔書体の指定〕

20　印刷時の書体を原稿中で指定するときは，ゴジック体は必要ある文字の下に ～～～ 線を，イタリック体は ——— 線を，スモールキャピタル体は ═══ 線をそれぞれ朱書する。

〔表と図〕

21　表や図は，本文とは別に一つごとにA4判の用紙に書き，番号と表題を付ける。

22　番号と表題は，表では表の上部に，図では図の下部に表示し，説明，注釈は表や図の下部に記載する。

23　番号，表題，説明及び注釈は和文，欧文のいずれでもよいが，欧文の場合は本文での引用にも欧文の番号を用いる。

24　表や図に用いる文字は書体を指定することができる。
25　表や図の本文中への挿入位置は，原稿用紙の右欄外に「←表１」，「←図１」のように朱書する。
26　表や図は原則として，その巾を刷り上り７cm（半ページ巾）若しくは14cm（全ページ巾）とするが，特に大きさを指定したいときは，表や図の原稿の右下に刷り上りの大きさを朱書する。
27　表の周囲は枠で囲まないのを原則とし，縦，横の罫は差し支えのない限り省く。
28　チャートや写真はなるべく用いない。

〔引用文献〕

29　文献は本文の引用個所の右肩[1)，2)3)，4)-6)]のように記載し，本文とは別の用紙に一括して引用番号順に１文献ごとに行を改めて記載する。
30　文献の略名は，邦文誌は日本自然科学学術雑誌総覧，欧文誌は，Chemical Abstract 及び Cumulative Indexed Medicus に従って記載する。上記に指示のないものは原則として略名を用いない。
31　雑誌の場合は，著者名：雑誌名，巻（号），始ページ—終ページ（発行年）の順に記載する。
32　単行本の場合は，著者名：書名，版（編者名），p始ページ—終ページ，発行所名，発行地（発行年）の順に記載する。
33　共著の場合は，原則として全員を記載する。外国人名はファミリーネームを先にする。
　巻数は，ゴジック体にする。
　通巻ページのあるものは，号を省略する。
　ページは原則として通巻ページを記載する。
34　重版又は改訂版のない単行本は版の記載を省略する。単行本の全内容を総括的に引用した場合は，ページの記載を省略する。

〔謝辞と付記〕

35　謝辞は本文の最後に１行の余白をあけて書き出す。見出しは付けない。
36　付記は謝辞に引続き行を改めて記載する。見出しは付けない。

石川県衛生公害研究所年報（第17号）

昭和56年2月20日　印刷
昭和56年2月27日　発行

金沢市三馬2丁目251（〒921）
発行所　石川県衛生公害研究所
☎（0762）47－0077㈹

金沢市尾張町2丁目8－5（〒920）
印刷所　徳野印刷株式会社
☎（0762）62－3301