

平成19年度環境技術実証モデル事業

湖沼等水質浄化技術分野

実証試験結果報告書

実証機関：石川県保健環境センター

環境技術開発者：有限会社パイプ美人

技術・製品の名称：浄化藻床樋による自然浄化工法

－ 目 次 －

○ 全体概要	1
○ 本 編	9
1. 導入と背景	10
2. 実証対象技術及び実証対象機器の概要	11
2.1 実証対象技術の原理及びシステムの構成	11
2.2 実証対象機器の仕様及び処理能力	12
3. 実証試験実施場所の概要	13
3.1 実証試験場所の名称、所在地、管理者等	13
3.2 水域の概要	14
3.3 実証対象機器の配置	16
4. 実証試験の方法と実施状況	18
4.1 実証試験の基本的考え方と実証項目	18
4.2 実証試験の実施時期（実証試験工程）	18
4.3 分析方法	20
4.4 環境への上記以外の影響調査	21
4.5 その他の調査	21
4.6 維持管理調査	21
5. 実証試験結果と検討	23
5.1 実証試験期間の気象条件	23
5.2 水塊の水深と水位	24
5.3 水塊への注入水量	24
5.4 実証試験開始時における条件の設定	25
5.5 浄化装置と水塊の水質に関する実証試験結果	26
(1) 浄化装置（藻床水路）	26
(2) 実験区水塊	30
5.6 環境への上記以外の影響調査結果	33
5.7 機器の維持管理に関する実証結果	35
5.8 実水域への適用可能性を検討する際の留意点	36
5.9 実証委員会での論点とそれに対する技術開発者の意見等	36
6. データの品質管理	39
7. 品質管理システムの監査	39
○ 資料 編	40

【1】全体概要

実証対象技術／環境技術開発者	浄化藻床樋による自然浄化工法/有限会社パイプ美人
実証機関	石川県保健環境センター
実証試験期間	平成19年8月23日～11月15日

1. 実証対象技術の概要

【フローシート】

【原理】水塊の対象水を揚水し、繊維状形態の土壌性緑藻類を敷き詰めた藻床水路に導入、通過させ、SS成分の濾過、吸着並びに栄養塩類の吸収を行う。また、藻床内の微生物作用によって有機物質の分解吸着を促進浄化させ、元の水塊に放流するものである。

2. 実証試験の概要

○実証試験実施場所の概要

処理区	名称／所在地	河北潟西部承水路/石川県河北潟内灘町～かほく市
	水域の種類／利水状況	河川/農業用水
	規模	面積:約28ha、平均水深:約1.4m、平均滞留時間:約7日
	流入状況	上流から、生活排水を含む農業排水が流入
	その他	12×12m、水深約1.3m(容量約190m ³)の隔離水塊を用い、同じく水中ポンプにて平均28m ³ /日の西部承水路の水を処理区(水塊)内に注水した。
対照区	名称／所在地	同上
	水域の種類／利水状況	同上
	規模	同上
	流入状況	同上
	その他	対照区として実証試験区と同規模(容量約190m ³)の隔離水塊を用い、同じく水中ポンプで西部承水路の水を水塊内に注水した。

○実証対象機器の仕様及び処理能力

区分	項目	仕様及び処理能力
施設概要	名称／型式	グリーンプラント工法
	サイズ(mm)	藻床水路:木製 幅300×高さ150×厚み(壁面部)25(底部)40 長さ7,800×4,000 流量調整貯留タンク:鉄製 幅600×高さ600×長さ1,000
	設置基数と場所(水中、水面、水域外)	藻床水路:1系統(水域外) 揚水ポンプ:1台(水中) ※藻床水路に充填した藻類:サヤミドロ属(Oedogonium sp.:緑色植物門・緑藻綱・サヤミドロ目)
設計条件	対象項目と目標	浮遊物質(SS):40%削減、COD:40%削減、全窒素(T-N):40%削減、全リン(T-P):40%削減、クロロフィル濃度(Chl-a):30%削減 以上実証技術申請者の経験に基づき設定
	面積(m ²)、容積(m ³)、処理水量(m ³ /日)	面積:28.8m ² (藻床水路) 容積:0.864m ³ (藻床) 処理水量:72m ³ /日
	稼働時間	24時間連続運転(8月下旬～11月中旬)の2,040時間

○実証対象機器の設置状況



図1
河北潟干拓地と実証試験が行われた西部承水路の位置関係



図2 西部承水路に設置された隔離水塊
(図中最も奥に見える水塊に装置を設置)



図3 実証対象装置である藻床水路
(正面奥の流量調節槽から水塊の水を供給)

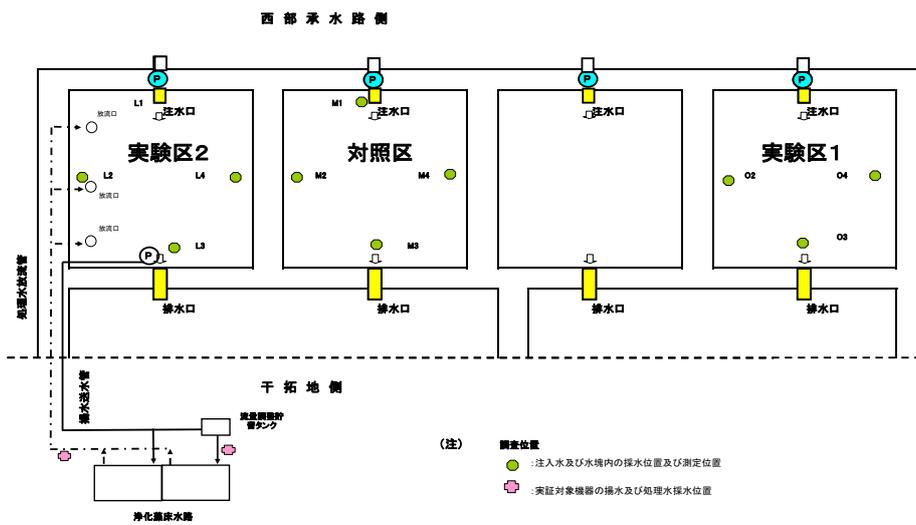


図4 隔離水塊(実験区)と藻床水路の設置状況

3. 実証試験結果

浄化装置(藻床)の浄化能力については、装置への揚水に対する処理水の水質の変化をもって、また水塊の水質については、対照区の水質と比較して評価することとした。

3.1 浄化装置

COD、SS、クロロフィル-a、T-N及びT-Pなどの項目に実証期間全体を通じて浄化効果(通水前と比較した濃度の低下)が認められた。物質ごとの期間平均の浄化率はそれぞれ、CODが18.5%、SSが51.6%、クロロフィル-aが36.7%、T-Nが15.1%、T-Pが32.5%であった。このうち、低減目標を達成した項目は、SS(目標値40%)とクロロフィル-a(目標値30%)であった(表1)。

なお、CODやT-N、T-Pに関しては、藻床通水により低減が認められるものの、これらの溶存態には、低減効果は現れなかった。D-N(溶存態窒素)については逆に処理水で増大していた。以下の図に実証期間中の各項目の濃度推移を示した。

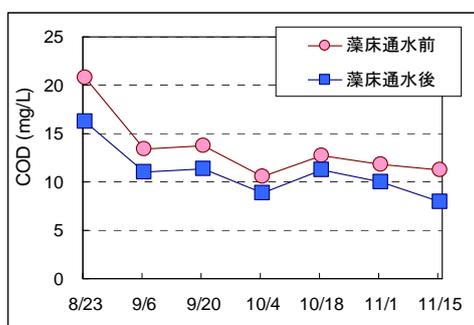


図 5-1 COD

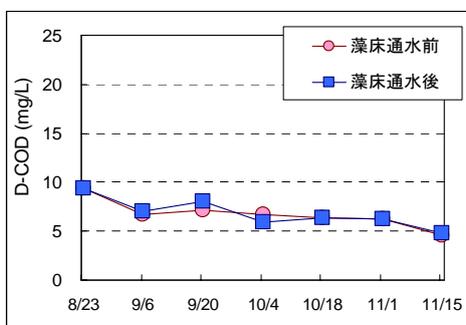


図 5-2 D-COD

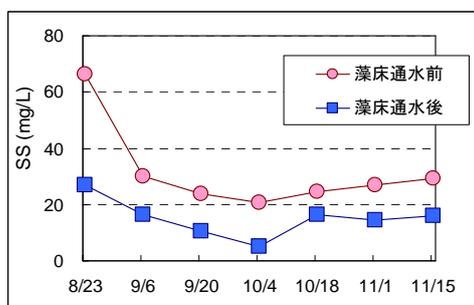


図 6-3 SS

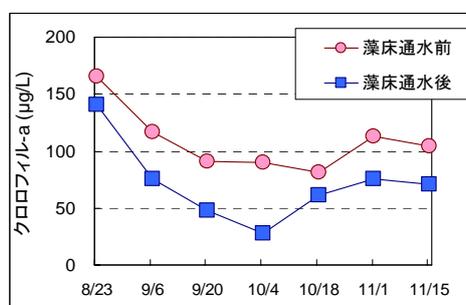


図 6-4 クロロフィルa

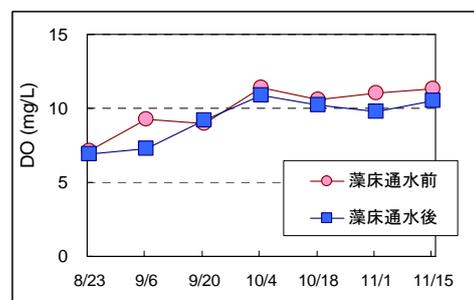


図 6-5 DO

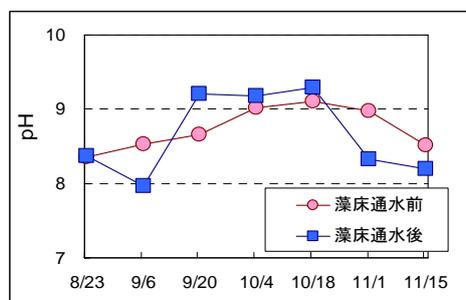


図 6-6 pH

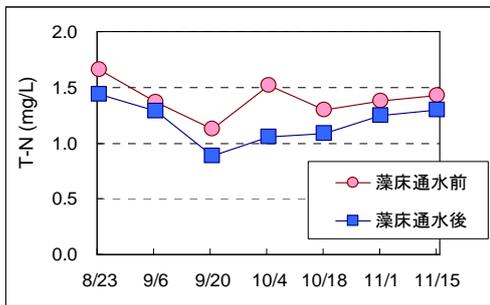


図 6-7 T-N

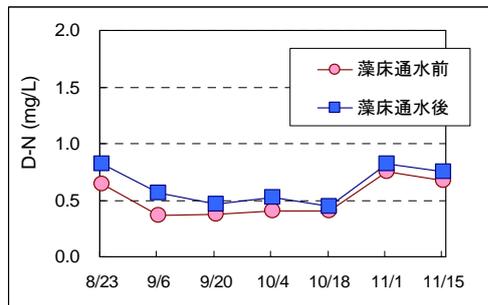


図 6-8 D-N

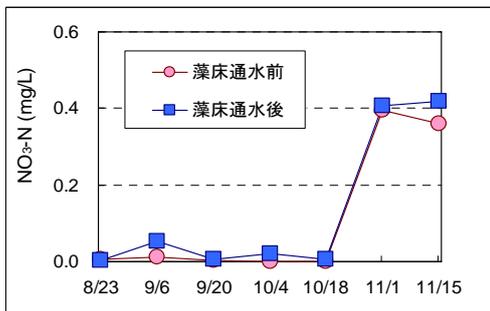


図 6-9 NO₃-N

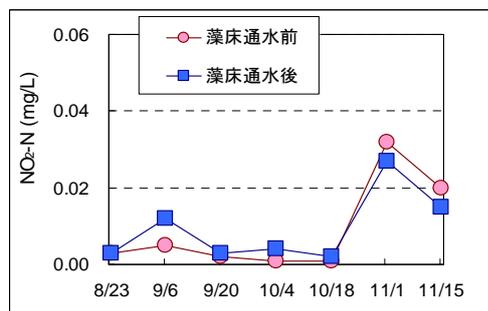


図 6-10 NO₂-N

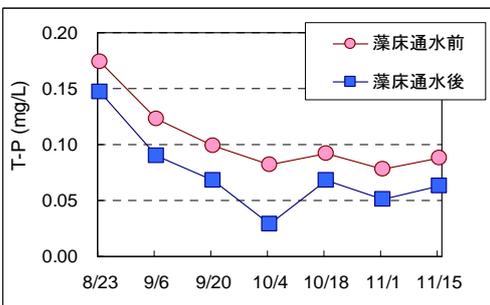


図 6-11 T-P

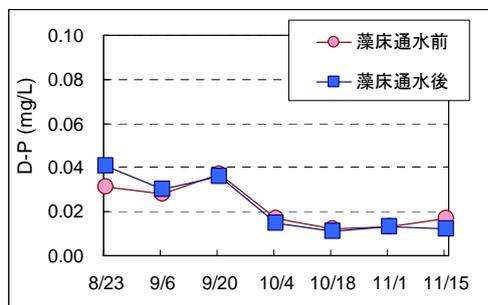


図 6-12 D-P

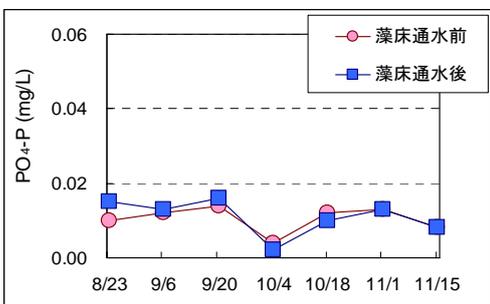


図 6-13 PO₄-P

表1 浄化装置(藻床)による物質の浄化率(%)

項目	期間平均の低減率(%)	判定
COD	18.5	未達成
SS	51.6	達成
T-N	15.1	未達成
T-P	32.5	未達成
クロロフィル-a	36.7	達成

3.2 水塊

浄化装置(藻床)には一定の浄化効果が認められたのに対して、以下の図に示すように、実験区水塊の水質には、実証項目(COD、SS、クロロフィル-a、T-N、T-P)のうち、対照水塊と比較して、期間を通じて低減した項目はみられなかった。物質ごとの期間平均の低減率(%)は表2に示すとおりであり、いずれの項目も低減目標を達成できなかった。

なお、実験区水塊の溶存酸素(DO)とpHは、対照区と比較して期間を通じて、やや低下する傾向が認められた。

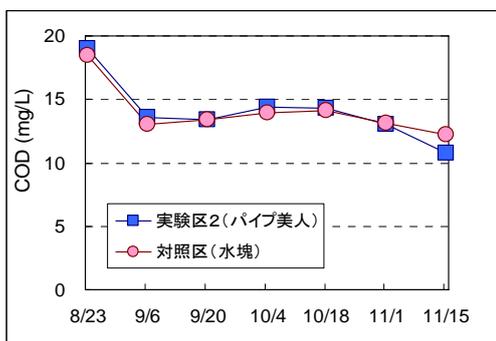


図 6-1 COD

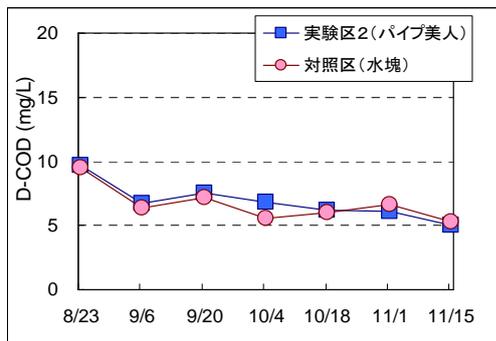


図 6-2 D-COD

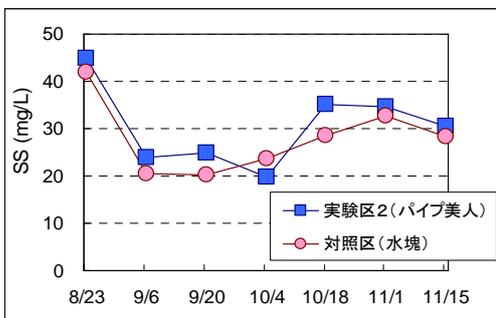


図 6-3 SS

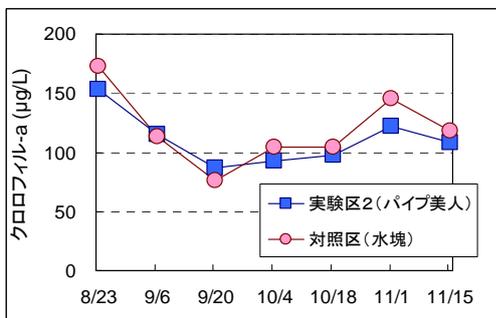


図 6-4 クロロフィルa

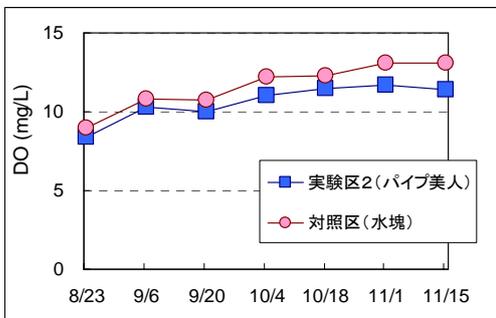


図 6-5 DO

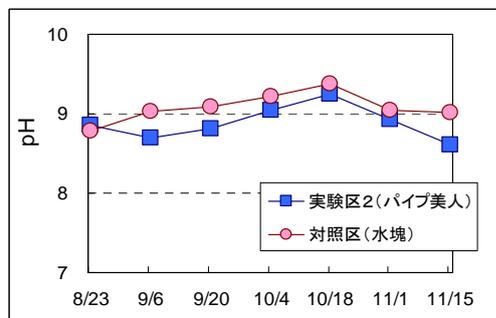


図 6-6 pH

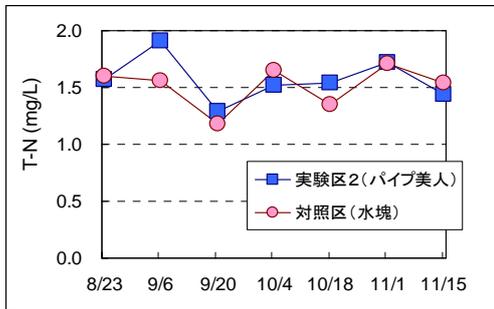


図 6-7 T-N

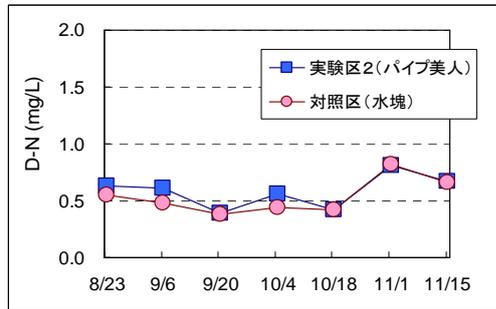


図 6-8 D-N

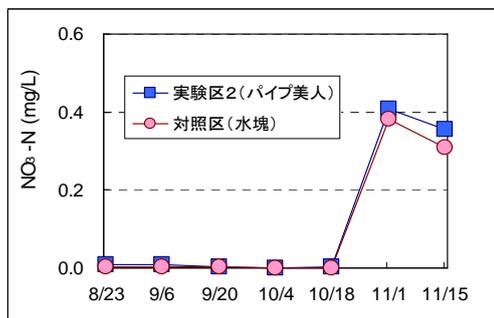


図 6-9 NO₃-N

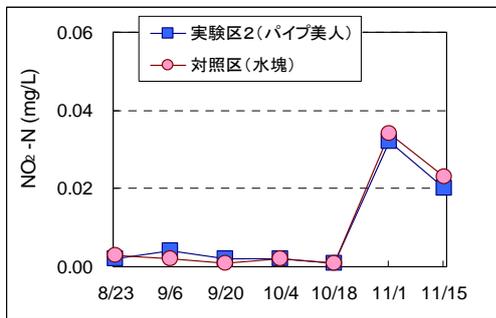


図 6-10 NO₂-N

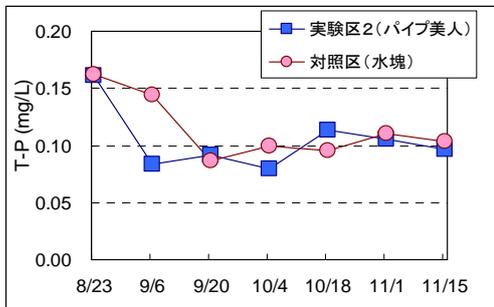


図 6-11 T-P



図 6-12 D-P

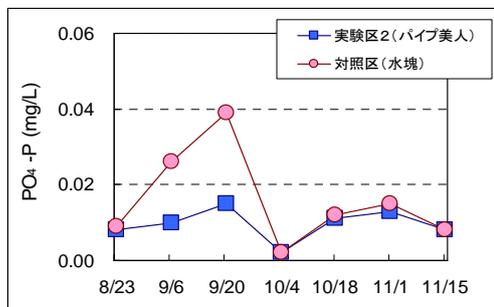


図 6-13 PO₄-P

表2 対照区に対する実験区水塊の物質濃度低減率(%)

項目	期間平均の低減率(%)	判定
COD	0.0	未達成
SS	-9.7	未達成
T-N	-4.2	未達成
T-P	7.0	未達成
クロロフィル-a	5.2	未達成

○環境影響項目

項目	実証結果
汚泥発生量	1日あたり藻床水路長1mあたり21.4g(水路内6地点の平均値)(ただし湿重量)
騒音	なし
におい	なし

○使用資源項目

項目	実証結果
電力使用量	西部承水路からの揚水:18.82kwh/日(装置総電力使用料/小電力メーターによる)
〃	水塊から装置への引水:35.82kwh/日(装置総電力使用料/大電力メーターによる)

○維持管理性能項目

管理項目	一回あたりの管理時間	管理頻度
揚水状況等確認、採水	30分	1回/週
藻床水路の洗浄、調整	40分	1回/週
各設備の点検、調整	20分	1回/週

○定性的所見

項目	所見
水質所見	藻が十分に生育しなかったため、水塊の顕著な水質改善効果は認められなかった。
立ち上げに要する期間	搬入、設置に10日
運転停止に要する期間	揚水ポンプの運転停止で即時停止可能。
維持管理に要する人員数	1人×0.5日/回
維持管理に必要な技術	揚水ポンプメンテナンス、藻床に溜まった浮遊状物質の洗い流し。
実証対象機器の信頼性	実証試験期間中、対象機器は問題なく稼動している事を確認した。
トラブルからの復帰方法	実証期間中、復帰を必要とするトラブルはなかった。
維持管理マニュアルの評価	維持管理マニュアルにより作業が可能であり特に改善を要する点はない。
その他	藻の設置時期が夏季であり、特に今年は猛暑であったため藻の衰弱が頻繁に見受けられ、根付かずに枯死した部分も観察された。 西部承水路より24時間実験区に注水を行ったが、浄化装置(藻床水路)に供給される揚水中の浮遊状物質量が予想以上に多く、藻床に泥が溜まり藻の生育に悪影響を及ぼしたことが、水質浄化が期待したほど進まなかった要因のひとつであると考えられた。 11月に入り藻が完全に定着し、一部で増殖が観察された。これは藻自体がその水環境に順応した結果と考えられる。

○実水域への適用可能性に関する科学技術的見解

<p>隔離水塊外から揚水ポンプにて処理区内に注水する隔離実験で、湖外設置した処理装置により実証実験を実施したが、水塊の水質に関しては達成目標を定めた項目には目立った低減効果は得られなかった。</p> <p>藻の生育に伴う溶存態栄養塩類の吸収などの浄化効果が期待されたが、浮遊物質が藻床に予想以上に溜まり、実験水域への適応が当初の予想より遅れたことが、藻の浄化作用が十分に現れなかったことの原因ではないかと考えられた。</p> <p>しかし、水塊の顕著な水質改善には至らなかったものの、藻類の処理能力に関しては、浮遊物質の除去との組み合わせや滞留時間の長時間化により光合成を活性化させることで、より効果的な水質浄化が期待される。</p> <p>また、生物の自然な活動による浄化を期待するシステムであるため、藻の生育時期を十分に考慮して、絶えず藻類の増殖を促すなど定着を図ることで、より効果的な水質浄化が期待される。</p>
--

(参考情報)

注意:このページに示された製品データは、すべて環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○製品データ

項目	環境技術開発者 記入欄			
名称	グリーンプラント工法			
型式				
製造(販売)企業名	有限会社パイプ美人・有限会社セイキ環境管理			
連絡先	TEL/FAX 0776-28-6885/0776-28-6884 047-170-7885/047-170-7870			
Webアドレス	http://www.pipe-bijin.co.jp/			
E-mail	info@pipe-bijin.co.jp seikikankyo@m2.gyao.ne.jp			
サイズ・重量				
前処理、後処理の必要性	なし・あり 具体的に []			
付帯設備	なし・あり 具体的に []			
実証対象機器寿命	揚水ポンプ 1年毎に点検修理			
立ち上げ期間	2ヶ月～3ヶ月			
コスト概算 ※1 対象規模10,000㎡ (平均水深1.5m、水量15,000㎡)のため池を想定。	費目	単価(円)	数量	計(円)
	イニシャルコスト			18,450,200-
	土木費		一式	10,000,000-
	建設費	30,000/㎡	50㎡	1,500,000-
	本体機材費	100,000/m3	60m3	6,000,000-
	付帯設備費	15,000/㎡	40㎡	600,000-
	ランニングコスト			
	薬品・薬剤費	—	—	
	微生物製剤費	500	150kg	75,000-
	その他消耗品費		一式	150,000-
	汚泥処理費	15,000/m3	1m3	15,000-
	電力使用料	17/kwh	600kwh/日	10,200-
	維持管理人件費	20,000/人	5人/日	100,000-

○その他 本技術に関する補足説明(導入実績、受賞歴、特許・実用新案、コストの考え方 等)

[特許・実用新案] グリーンプラント工法 特許出願中(特願2007-189635)

[コストの考え方]

※1 コスト概算は水際に設置する場合を想定し、定価ベースで積算。

※2 増殖した藻を他所施設にて利用可能。

※3 運転期間は1年中を想定、年間人件費を月当たり換算。

【2】 本 編

1. 導入と背景

環境技術実証モデル事業は、既に適用が可能な段階にありながら、環境保全効果等について客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない先進的環境技術について、その環境保全効果等を第三者が客観的に実証する事業を、モデル的に実施することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展を促進することを目的とするものである。

本実証試験は、「環境技術実証モデル事業 湖沼等水質浄化技術分野 湖沼等水質浄化技術実証試験要領第3版(平成19年3月19日 環境省水・大気環境局)」(以下、「実証試験要領」という。)に基づいて選定された実証対象技術について、同実証試験要領に準拠して実証試験を実施することで、以下に示す環境保全効果等を、客観的に実証するものである。

(実証項目)

- 水質に与える影響(水質浄化性能及び水質への悪影響)
- 底質に与える影響(底質浄化性能及び底質への悪影響)
- 生物への影響
- 環境への上記以外の影響
- 機器の維持管理に関する性能

本報告書は、その結果を取りまとめたものである。

2. 実証対象技術及び実証対象機器の概要

2.1 実証対象技術の原理及びシステムの構成

グリーンプラント工法水質浄化システムは、対象水をくみ上げ、流量調整貯留タンクを通して流量を調節後、繊維状形態の緑藻類を用いた浄化藻床水路に滞留・通過させ、緑藻類の生物作用、物理作用によって、栄養塩類の吸収とSS成分のろ過を行い、浄化した水を元の水域に戻す、水質浄化システムである。

藻床に用いる緑藻類が生育・増殖するにしたがって、水路を通過する水の溶存酸素も増加し、藻床内に棲息する微生物作用によって有機物の分解も促進されることが期待される。あくまで自然な生物作用が主体であるので、対象水域の原水が装置内を循環する過程で浄化処理が進むシステムである。

構造は単純明瞭であり、コスト面でも装置に水を導入する揚水ポンプの稼動に要する電力のほかには、特にエネルギーは必要としない。また、装置の維持管理にも特別な技術は必要としない。実証対象機器の構成を図 2-1(装置の構成と処理フロー)、図 2-2(模式的断面図)に示す。

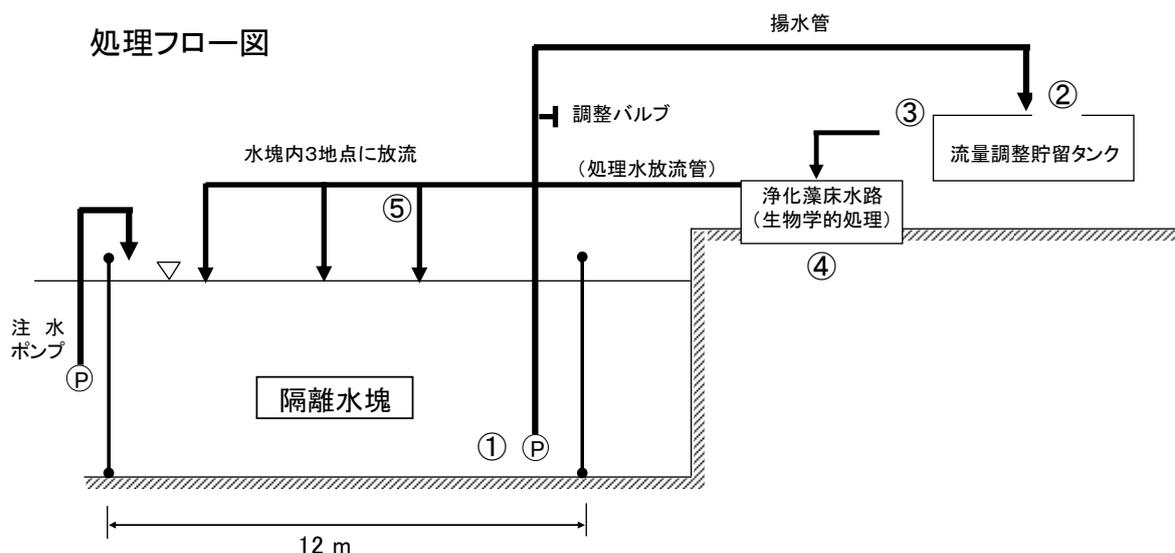


図2-1 装置の構成と処理フロー

- ①揚水ポンプ：実験池の原水を流量調整貯留タンクへ送水する。
- ②流量調整貯留タンク：藻床水路に導入する水量を一定に保つために一時的に水を貯留する。
- ③流量計量装置：原水の濁りの状態や藻床の生育状況により処理水量を調節する。流量は三角堰で把握する
- ④浄化藻床水路：原水を繊維状形態の緑藻類に接触させることにより水質の浄化を行う。
- ⑤処理水放流管：生物接触処理された水を実験池に戻す。以上の循環を繰り返す。

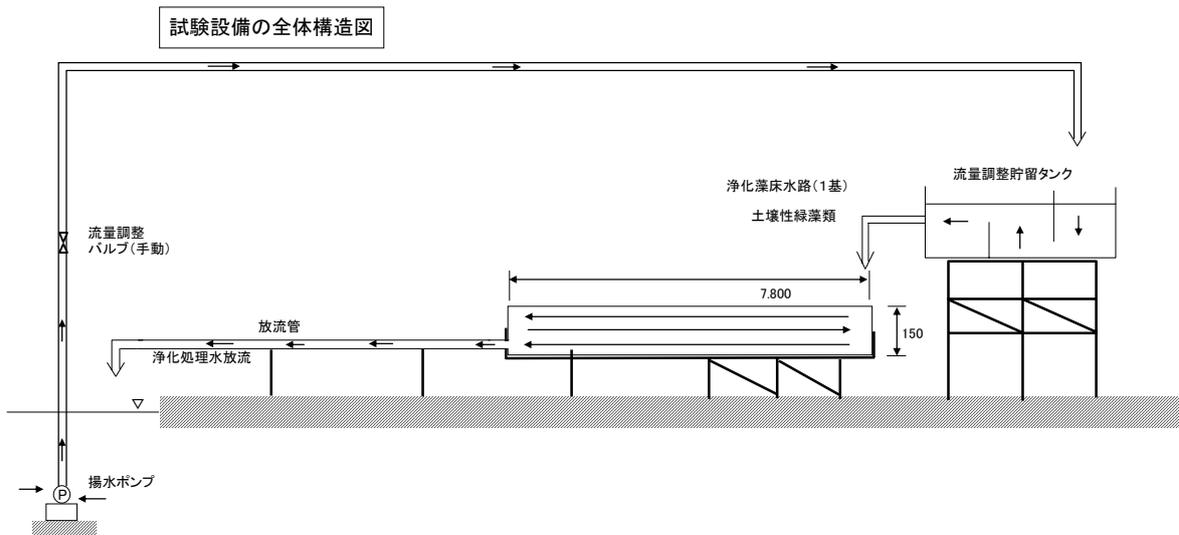


図2-2 装置の模式的断面図

2.2 実証対象機器の仕様及び処理能力

本処理装置の仕様と基本的な処理能力を表2-1に示す。また、藻床水路の平面図を図2-3に示す。

表2-1 実証対象機器の仕様及び処理能力

区分	項目	仕様及び処理能力
施設概要	名称/型式	グリーンプラント工法
	サイズ(mm)	藻床水路:木製 幅300×高さ150×厚み(壁面部)25(底部)40 長さ7,800×4,000 流量調整貯留タンク:鉄製 幅600×高さ600×長さ1,000
	設置基数と場所 (水中、水面、水域外)	藻床水路:1系統(水域外) 揚水ポンプ:1台(水中) ※藻床水路に充填した藻類:サヤミドロ属(Oedogonium sp.: 緑色植物門・緑藻綱・サヤミドロ目)
設計条件	対象項目と目標	浮遊物質(SS):40%削減、COD:40%削減、全窒素(T-N):40%削減、全リン(T-P):40%削減、クロロフィル濃度(Chl-a):30%削減 以上実証技術申請者の経験に基づき設定
	面積(m ²)、容積(m ³)、処理水量(m ³ /日)	面積:28.8m ² (藻床水路) 容積:0.864m ³ (藻床) 処理水量:72m ³ /日
	稼働時間	24時間連続運転(8月下旬~11月中旬)の2,040時間

※藻床に用いた緑藻『サヤミドロ属』の特徴や採取場所等の情報は、資料編に記載した。

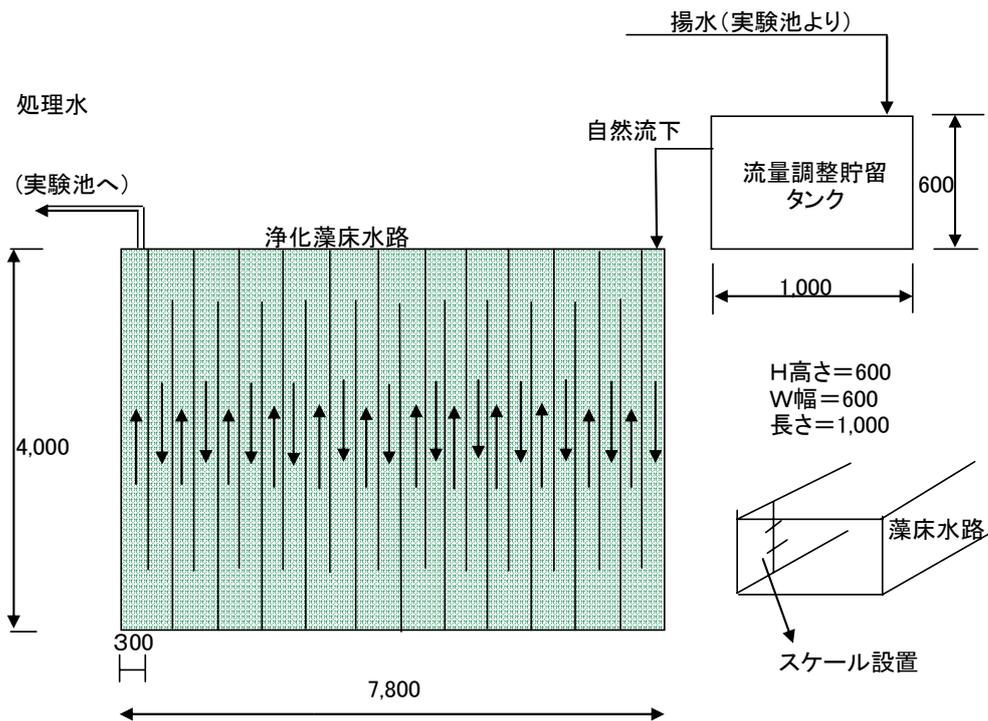


図2-3 藻床水路の平面図

3. 実証試験実施場所の概要

3.1 実証試験実施場所の名称、所在地、管理者等

実証試験実施場所の名称、所在地、水域の規模等の諸元は、表3-1に示すとおりである。また、周辺の状況は図3-1に示すとおりである。河北潟西部承水路は、干拓地の周囲に残された幅数十メートルの河川状の水路である。水は図の右側(宇ノ気川河口)から左側(内灘放水路)に向かってゆっくりと流下している。

表3-1 実証試験実施場所(水域)の諸元

名称	河北潟西部承水路	
所在地	石川県河北郡内灘町～かほく市	
水域の規模等	承水路の面積	約28 ^{km} ₂
	平均水深	約1.4 ^m
	平均滞留時間	約7日
	利水目的	農業用水
	水質汚濁状況	(夏季のCOD) 20 mg/L
管理者	石川県土木部河川課	

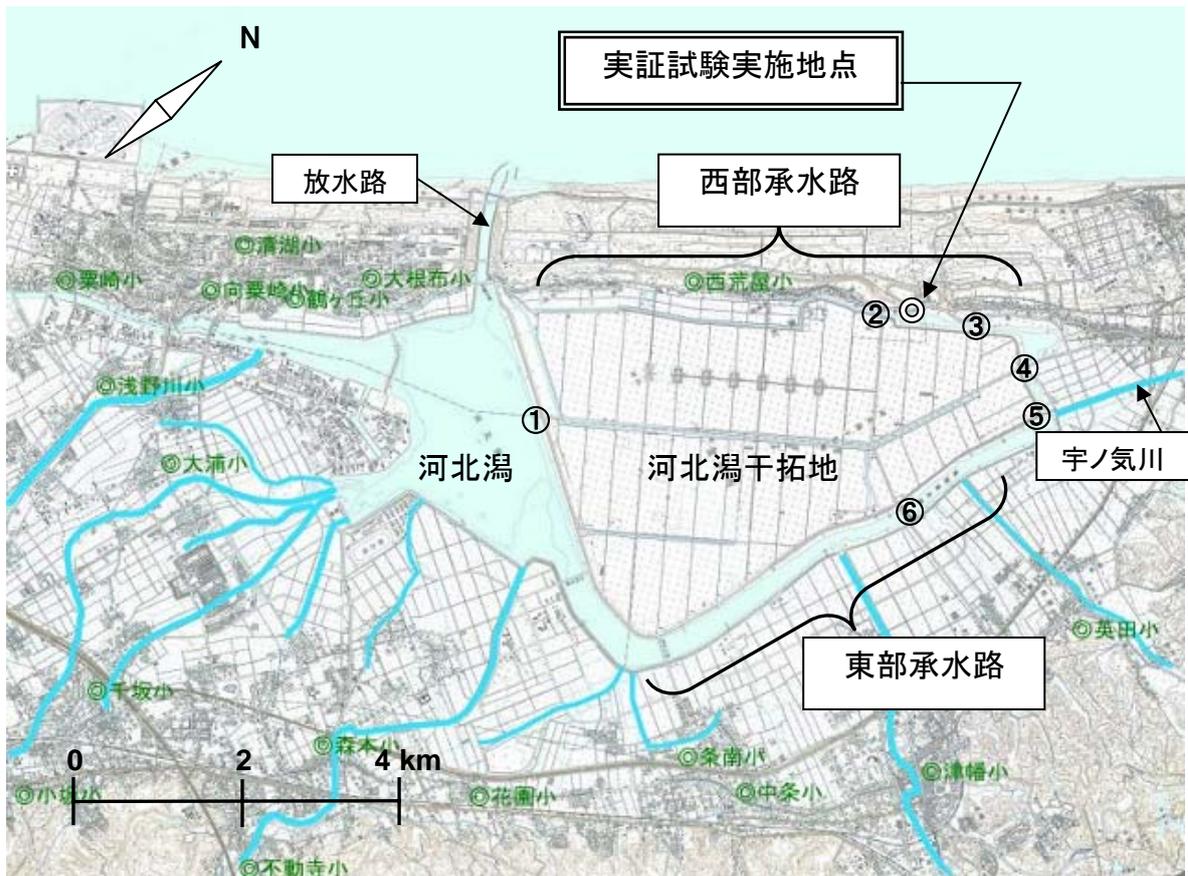


図3-1 実証試験実施場所とその周辺の状況

3.2 水域の概要

西部承水路に設置した実証試験用隔離水塊の様子を図3-2に示す。本技術は、図中最も奥(流れの下流側)の水塊を使用して実証試験を実施した。



図3-2
西部承水路に設置された
隔離水塊

実証装置(藻床水路)は水塊外に設置され、実験池水塊の水がくみ上げられ装置との間を循環する。

実証試験の実施に先立ち、周辺水域の水質の現状を把握するために、図 3-1 中の①～⑥の地点において、平成 17 年 11 月から平成 18 年 10 月にかけて水質の概況調査を実施した。その結果を表 3-2 に示す(詳細は資料編付表 1 を参照)。

表3-2 周辺水域の水質の概況調査結果

地点名		項目(単位)	平均値	範囲
①	河北潟中央	透視度 (cm)	22	11 ~ > 30
		pH	8.4	7.4 ~ 9.3
		SS (mg/L)	21	7 ~ 39
		COD (mg/L)	7.0	3.4 ~ 10.2
		T-N (mg/L)	1.03	0.65 ~ 1.80
		T-P (mg/L)	0.090	0.023 ~ 0.188
		クロロフィル-a (µg/L)	50	3 ~ 113
②	室橋	透視度 (cm)	18	13 ~ > 30
		pH	8.8	7.9 ~ 9.7
		SS (mg/L)	22	5 ~ 32
		COD (mg/L)	11.8	4.1 ~ 19.3
		T-N (mg/L)	1.56	1.24 ~ 2.07
		T-P (mg/L)	0.114	0.036 ~ 0.170
		クロロフィル-a (µg/L)	78	21 ~ 123
③	大崎橋	透視度 (cm)	18	11 ~ > 30
		pH	9.1	7.9 ~ 9.9
		SS (mg/L)	21	9 ~ 31
		COD (mg/L)	11.8	5.1 ~ 20.9
		T-N (mg/L)	1.60	1.11 ~ 1.94
		T-P (mg/L)	0.117	0.072 ~ 0.181
		クロロフィル-a (µg/L)	103	45 ~ 169
④	内日角	透視度 (cm)	21	12 ~ > 30
		pH	8.3	7.4 ~ 9.5
		SS (mg/L)	19	10 ~ 34
		COD (mg/L)	10.2	5.3 ~ 13.2
		T-N (mg/L)	1.59	0.88 ~ 2.01
		T-P (mg/L)	0.135	0.084 ~ 0.189
		クロロフィル-a (µg/L)	84	43 ~ 144
⑤	宇ノ気揚排水機場	透視度 (cm)	22	9 ~ > 30
		pH	7.4	7.1 ~ 7.8
		SS (mg/L)	21	6 ~ 68
		COD (mg/L)	8.1	3.6 ~ 13.5
		T-N (mg/L)	1.50	0.97 ~ 2.23
		T-P (mg/L)	0.149	0.077 ~ 0.253
		クロロフィル-a (µg/L)	23.2	2.5 ~ 68
⑥	湖北大橋	透視度 (cm)	23	6 ~ > 30
		pH	7.8	7.0 ~ 8.9
		SS (mg/L)	20	5 ~ 60
		COD (mg/L)	7.7	3.5 ~ 10.6
		T-N (mg/L)	1.24	0.55 ~ 1.45
		T-P (mg/L)	0.116	0.051 ~ 0.223
		クロロフィル-a (µg/L)	40	3 ~ 82

※表の地点番号(①~⑥)は図 3-1 中の番号に対応する。

3.3 実証対象機器の配置

実証試験実施場所における実証対象機器の設置状況は図 3-3 に示すとおりである。なお説明の便宜上、本技術の実証対象装置を設置した水塊を『実験区2』とし、比較の

ために装置を置かなかった水塊を『対照区』と呼ぶことにする。

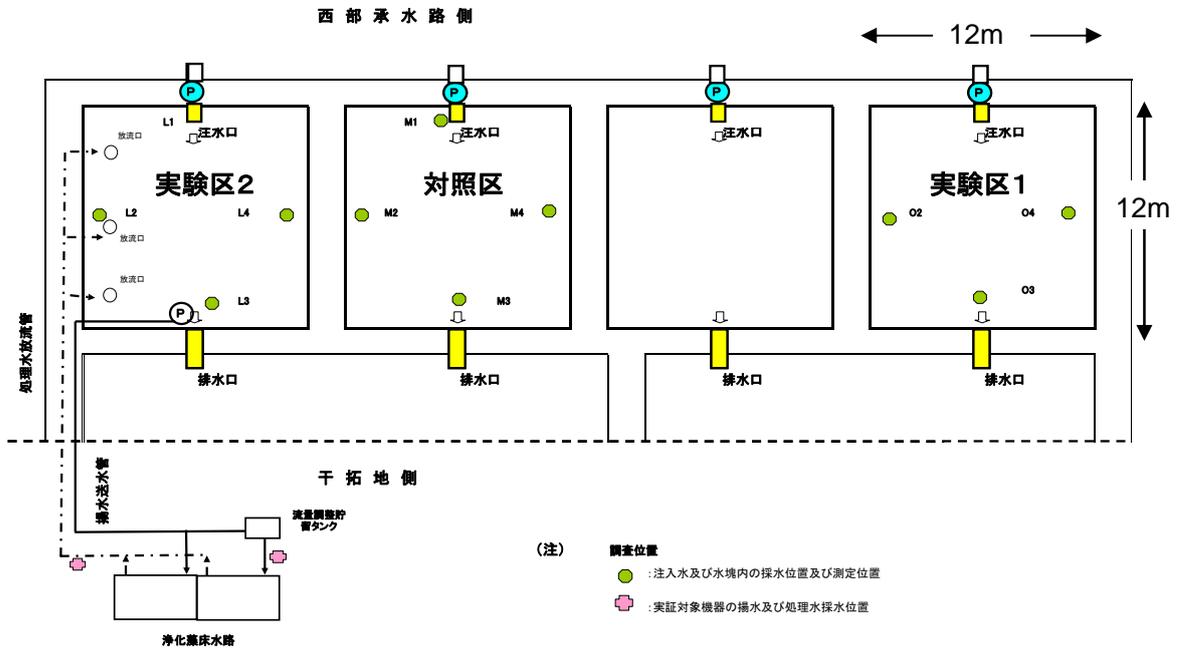


図3-3 隔離水塊と実証装置の配置



図3-4 実験池水塊横に設置された実証対象装置である藻床水路

図3-4に藻床水路(図2-3参照)の設置状況を示した。実験区2、対照区いずれの水塊も一辺が12mの正方形の形状であり、深さ方向は水底(水深約1.3m、従って水塊の貯水量は約190m³)まで硬質ゴムの隔壁で周囲から遮蔽されている。なお、西部承水路全体の滯水の平均的な滞留時間(7日)を考慮し、それぞれの水塊の水が7日で全て入れ替わるように、西部承水路の滯水を水深0.5mからポンプで揚水し、28m³/day (19L/min)で

実験区2と対照区の両水塊に注水し続けるという条件の下に、実証試験を実施した。

4. 実証試験の方法と実施状況

4.1 実証試験の基本的な考え方と実証項目

本実証装置の原理は、実験区内の水をくみ上げて緑藻類を敷き詰めた藻床水路に導入し、藻と接触させることにより、その生物作用により溶存態の無機塩類を吸収させるとともに、懸濁態物質を濾過・吸着させ、さらに藻の光合成活性により溶存酸素量が高められた処理水を実験区に戻すものである。藻の旺盛な生育が行われるならば、本装置を稼働させ実験区の水を循環させることで、溶存態、懸濁態両方の汚濁物質の低減が期待できることから、表4-1に示すような項目について実証試験を実施した。なお、実証項目の低減目標水準は実証技術申請者の経験に基づき設定した。

表4-1 本実証試験における水質および生物調査項目と低減目標水準

種類	試料種類	項目分類	調査の種類	調査項目	目標水準	種類	試料種類	項目分類	調査の種類	調査項目	目標水準
実験区・対照区	注入水水塊の貯水	実証項目	水質調査	COD	40%低減	実証装置	揚水処理水	実証項目	水質調査	COD	40%低減
				T-N	40%低減					T-N	40%低減
				T-P	40%低減					T-P	40%低減
				SS	40%低減					SS	40%低減
			生物調査	Chl-a	30%低減				生物調査	Chl-a	30%低減
		追加項目	水質調査	水温	—			追加項目	水質調査	水温	—
				pH	—					pH	—
				透視度	—					透視度	—
				DO [*])	—					DO [*])	—
				D-COD ^{**)}	—					D-COD ^{**)}	—
				D-N ^{**)}	—					D-N ^{**)}	—
				NO ₃ -N	—					NO ₃ -N	—
				NO ₂ -N	—					NO ₂ -N	—
				D-P ^{**)}	—					D-P ^{**)}	—
PO ₄ -P	—	PO ₄ -P	—								

*) 実験室での分析のほか、現地での採水時にDOメータにより水深別測定を行った。

**) D-: 溶存態(試料水を1μmのガラス繊維ろ紙でろ過したろ液中の量)を示す。

4.2 実証試験の実施期間(実証試験工程)

実験池水塊に本装置を設置して、適当な準備期間(8/23~9/5)を経た後、実証試験を開始した。試験の実施期間は平成19年9月から平成19年11月の3ヵ月間とし、この間表4-2に示すように、隔週に試料の採取と水質測定を実施した。水試料の採取方法等については表4-3に示すとおりである。

表 4-2 実証試験の工程

区分	調査番号				8月 運転開始前 (8/9)	NO.1 運転開始 (8/23)	NO.2 8月 (8/30)	NO.3 9月1週 (9/6)	NO.4 9月2週 (9/13)	NO.5 9月3週 (9/20)	NO.6 9月4週 (9/27)	NO.7 10月1週 (10/4)
	対照の種類	調査の種類	試料の種類	項目								
実証試験の種類	対照区	水質調査	注入水と水塊の貯水	実証項目		○		○		○		○
				追加項目		○		○		○		○
		生物調査		実証項目		○		○		○		○
	実験区2	水質調査	水塊の貯水 (3か所のコンボジット)	実証項目		○		○		○		○
				追加項目		○		○		○		○
		生物調査		実証項目		○		○		○		○
運転管理	実証機器類の設置・準備				←	→						
	機器の立ち上げ					○						
	機器運転					←	→					→
	清掃点検							○		○		○
	動作確認					○		○		○		○
	電力消費量					○		○		○		○
	後始末・実証機器類の撤収・現状復帰											

表 4-2 実証試験の工程 (続き)

区分	調査番号				NO.8 10月2週 (10/11)	NO.9 10月3週 (10/18)	NO.10 10月4週 (10/25)	NO.11 11月1週 (11/1)	NO.12 11月2週 (11/8)	NO.13 運転停止 (11/15)	終了後 12月~ 1月
	対照の種類	調査の種類	試料の種類	項目							
実証試験の種類	対照区	水質調査	注入水と水塊の貯水	実証項目		○		○		○	
				追加項目		○		○		○	
		生物調査		実証項目		○		○		○	
	実験区2	水質調査	水塊の貯水 (3か所のコンボジット)	実証項目		○		○		○	
				追加項目		○		○		○	
		生物調査		実証項目		○		○		○	
運転管理	実証機器類の設置・準備										
	機器の立ち上げ										
	機器運転				←	→					→
	清掃点検					○		○		○	
	動作確認					○		○		○	
	電力消費量					○		○		○	
	後始末・実証機器類の撤収・現状復帰										←

表 4-3 水試料採取場所及び方法など

実験の種類	水の種類	項目分類	採取場所	採取方法	採取頻度
実験区2・対照区	注入水・水塊の貯水	実証項目及び追加項目	注水口(対照区)	10リットルのポリバケツ	運転開始前及び運転中の延べ7回 (1回/2週)
			水塊内3か所 [*] (水深0.5m、コンボジットサンプル)	バンドン採水器	
実証装置	揚水処理水	実証項目及び追加項目	藻床水路前 藻床水路後	柄杓等	運転期間中延べ6回 (1回/2週)

^{*}) 水塊内3ヶ所とは、漏水の注入側を除く水塊の3辺の中央地点3点であり、昨年度の実証

試験結果から、水塊内のこれら3地点の水質はほぼ同一であるとみなして差し支えなかった
ので、これら3地点で採取した水試料をコンポジットして1試料として扱うこととした。

4.3 分析方法

実証項目（水質、生物調査項目）の分析方法は表4-4に示すとおりである。また、ここに用いる分析機器とその校正方法・頻度等は表4-5に示す。

表4-4 実証項目の分析方法一覧

種類	項目分類	分析項目	分析方法		
水質調査	実証項目	COD	JIS K 0102 17	100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量(COD _{Mn})	
		T-N	JIS K 0102 45.4	銅・カドミウムカラム還元法	
		T-P	JIS K 0102 46.3.1	ペルオキシ二硫酸カリウム分解法	
		SS	昭和46年 環告第59号付表8	ガラス繊維ろ紙(孔径1μm)法	
	追加項目	水温	JIS K 0102 7.2	サーミスター温度計	
		pH	JIS K 0102 12.1	ガラス電極法	
		DO	JIS K 0102 32.1	ウインクラー・アジ化ナトリウム変法	
		NH ₄ -N	JIS K 0102 42.2	インドフェノール青吸光光度法	
		NO ₂ -N	JIS K 0102 43.1.1	ナフチルエチレンジアミン吸光光度法	
		NO ₃ -N	JIS K 0102 43.2.3	銅・カドミウムカラム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法	
		PO ₄ -P	JIS K 0102 46.1.1	モリブデン青(アスコルビン酸還元)吸光光度法	
透視度	JIS K 0102 9	透視度計			
生物調査	実証項目	Chl-a	上水試験法 27	アセトン抽出・吸光光度(Scor/Unescoの方法)	

表4-5 分析機器とその校正方法及び頻度

機器の名称	製造者及び形式	校正方法	校正頻度	機器使用項目
pH計	HORIBA F54	JCSS認定pH標準液	測定時	pH
恒温水槽	木村科学	標準温度計	1回/月	COD
マクロ&セミクロ天秤	ザルトリウスME215S	JCSS認定標準分銅	1回/月	SS
吸光光度計	ブラン・ルーベTRAACS 800	標準液	測定時	N, P
	島津 UV-1600PC	標準液	測定時	クロロフィル
定温乾燥機	ヤマトDS-44	標準温度計	1回/月	SS
純水製造装置	ヤマトWAG-28	電気伝導度の測定	1回/月	—
DOメーター	YSI	滴定法との比較	測定時	DO(現地)

4.4 環境への上記以外の影響調査

実証試験の実施による電力消費量、廃棄物の発生量等の環境への影響調査項目は表4-6に示すとおりである。なお電力消費量は、実証装置の稼動による分と、実験区及び対照区の水塊に漏水を供給するポンプの分を別々に計上した。

表 4 - 6 環境への影響調査項目（水質、生物以外）

調査項目		方法	関連費用
実証項目	電力消費量	対象機器の電源の積算動力計によって測定する(kwh/日)。	揚水ポンプ・散水ポンプ稼働費(円/月)
	汚泥または汚泥由来の廃棄物量	藻床水路内に堆積する汚泥重量を測定する(kg/日)	廃棄物処理費(円/月)
	廃棄物の種類と発生量(汚泥関連のものを除く)	乾燥重量を測定する(kg/日)。	廃棄物処理費(円/月)
監視項目	騒音	所見	—
	におい	所見	—

4.5 その他の調査

その他の調査項目としては、表4-7に示すとおり、公表されている気象庁アメダスデータ（かほく）を用いて気象に関する調査を実施した。また試料の採水時に、水深、水位などを測定したので、補足的なデータとして使用する。

表 4 - 7 その他の補足的な調査項目

調査項目	項目	内容
気象	天候、降水量、気温、日照など	気象庁アメダスデータ（かほく地域気象観測所）
水深		採水地点においてメジャーで測定
水位		採水地点において水塊壁上端から水面までの長さを測定

4.6 維持管理調査

実験区水塊、対照区水塊及び実証対象装置の維持管理は、事業者においては運転期間中毎週1回の頻度で、実証機関においては隔週の試料採水時に行うこととした。事業者の点検で異常が認められた場合は実証機関に通報し、両者の協議の上速やか

に復旧するものとした。なお、事業者の判断で運転状況等を変更する場合は、事前に実証機関と協議するものとし、実証機関が了承した後に変更の作業を行うこととする。維持管理項目は表4-8に示す。

表4-8 維持管理調査項目

調査項目	点検・操作箇所	確認内容・注意事項	調査頻度	
使用資源	電力消費量	配電盤に設置している電力メーターを監視し、実証対象機器の電力消費量(kwh/日)を記録。	維持管理作業実施時	
隔離水塊における注入水量	注入口 (実証水塊及び対照水塊)	ポリバケツで10リットル採水した時間の測定 注入水量を設定値(19 l/分)に調節 ★異常時:注入水量を設定値に調節できない場合、管理責任者に連絡	維持管理作業実施時	
維持管理性能	実証対象装置	実証対象機器の立ち上げに要する期間	環境技術開発者が立ち上げ時を判断。	立ち上げ時
		維持管理に必要な人員数と技能	作業に必要な人員と時間	維持管理作業実施時
		揚水ポンプの作動状況	漏電ブレーカーの作動確認 異常時:漏電の可能性が有り、管理責任者に連絡	維持管理作業実施時
		流量調整貯留タンク	水位変動の傾向確認 滞留物の有無の確認、清掃	維持管理作業実施時
		流量計量装置	流出流量の記録を行い必要に応じ流量調整 異常時、流量調整が行えない場合管理責任者に連絡	維持管理作業実施時
		浄化藻床水路	外観に異常の有無を確認 流路に異物等がないか確認 藻床の生育状態を確認し必要に応じて裁断撤去を行う 異常時:異常箇所の確認後、管理責任者に連絡 余剰藻発生量	維持管理作業実施時 試験開始前、維持管理作業実施時、終了時
		処理水放流管	配管の損傷、水漏れの有無確認 異常時:管理責任者へ連絡	維持管理作業実施時
		維持管理マニュアルの評価	わかりやすさ	試験終了後

5 実証試験の結果と検討

5.1 実証試験期間の気象条件

今回の実証試験を行った平成19年8月から11月の気象条件の概要を表5-1に示す。これらは気象庁が公開しているアメダス（地点名：かほく）データに基づくものである（アメダスデータの詳細については、資料編付表2-1、付表2-2を参照）。

表5-1 実証試験期間の気象条件概況

	月間降水量(mm)		日平均気温(°C)		日最高気温(°C)		日最低気温(°C)		平均風速(m/s)		月間日照時間(hr)	
	平成19年	平年	平成19年	平年	平成19年	平年	平成19年	平年	平成19年	平年	平成19年	平年
8月	138	142	26.8	25.6	30.7	29.1	22.7	22.3	2.5	1.9	242.3	189.5
9月	90	220	24.1	21.6	28.2	25.1	20.3	18.2	2.3	1.9	146.2	139.6
10月	88	169	16.9	15.9	21.3	19.9	12.6	12.0	2.4	2.1	143.8	144.0
11月	117	213	10.5	10.7	14.9	14.7	6.1	6.8	2.9	2.7	95.2	101.9

降水量は9月から11月にかけて平年と比べて半分またはそれ以下と、著しく少なかった。また気温は、8月は平年比+1.2°C、9月は平年比+2.7°C、10月は平年比+1.0°Cと高めに推移した。8月には連続21日を含む23日の真夏日があったばかりでなく、9月後半にも真夏日が7日もあるなど、9月中は盛夏のような気象条件が持続した。これに伴い8月、9月の月間日照時間も平年を上回って（特に8月は平年比+53時間）いた。8月から11月の平均気温と日降水量の推移を図5-1に示す。また、この期間の日照時間の推移を図5-2に示す。

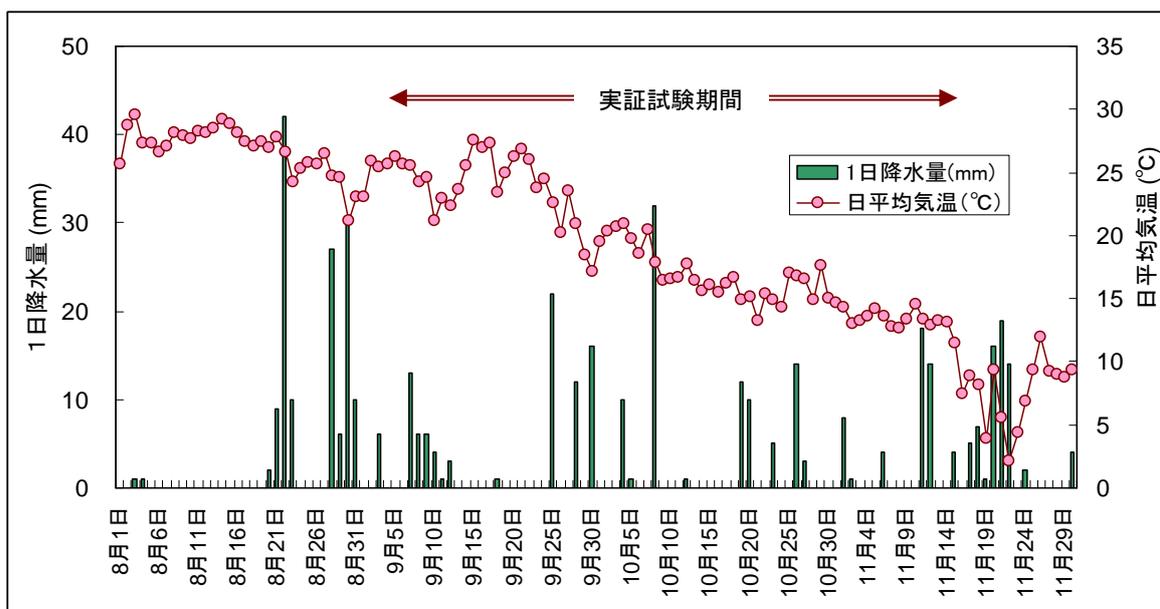


図5-1 8月から11月にかけての平均気温と日降水量の推移

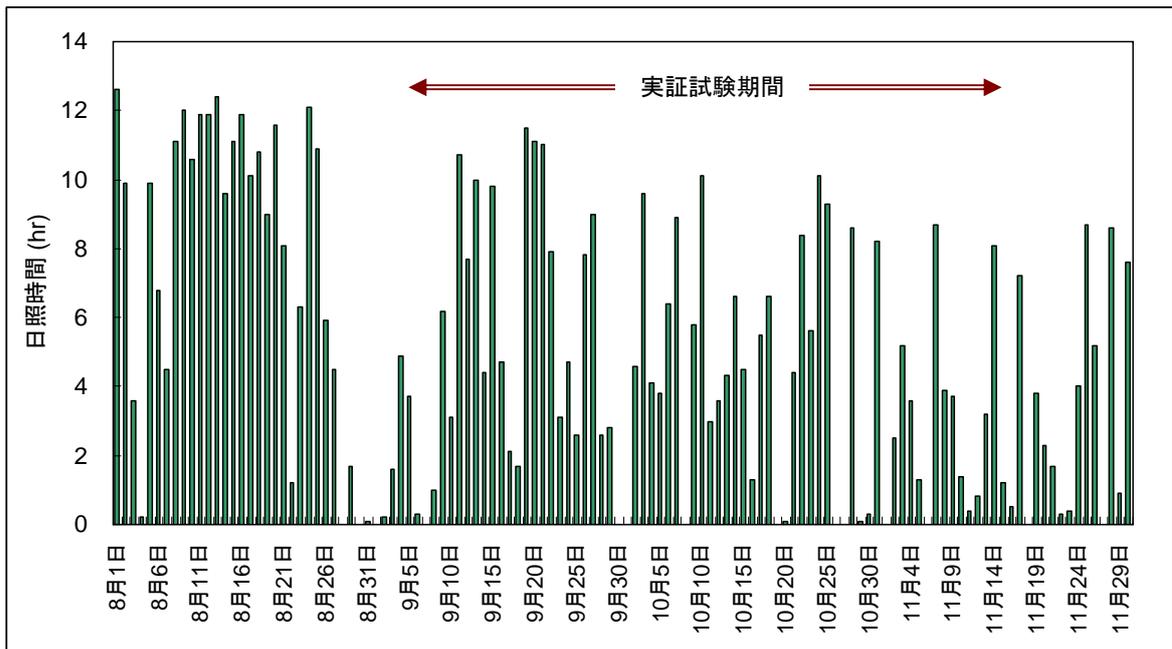


図5-2 8月から11月にかけての日照時間の推移

実証装置の運転を開始した8月23日の日平均気温は24.2℃であり、その後1ヶ月はほぼ同様の気温が続き、9月の月末から徐々に気温が下がり始めた。10月および11月の前半は引き続きゆっくりとした気温の低下傾向が続いたが、実証期間の最終日である11月15日からは急速に冷え込み、それ以降は平均気温が10℃を下回る日が多くなった。

実証装置の運転開始前日に42mmの降水が認められたが、それ以降、降水量が20mm以上となったのは、8月28日、8月30日、9月25日、10月8日の4日だけであり、全体として降水量は少ない傾向であったばかりでなく、調査（採水）日やその直前2、3日にまとまった降水は観測されていない。したがって水質の測定結果に降水の影響を受けていると考えられるデータはないものと推定された。

5.2 水塊の水深と水位

西部承水路の平均水深は1.4mとされているが、実証試験を行った隔離水塊の水深は約1.2mであった。表5-2に示すように、この水深と、水位の目安（水塊側壁上端から水面までの長さ）を毎回の採水時に測定したが、実験区2、対照区ともに変動幅は2~3cm程度であり、実証試験期間中に大きな変動はみられなかった。

5.3 水塊への注入水量

実験区2と対照区の両水塊には、一定量の西部承水路の水を、深さ50cmのところからポンプで注水しながら実証試験を実施した。両水塊の条件を同一に保つため、

常に等量の水を注入し続ける必要があり、それが正しく行われているか否かを毎回の採水時に確認した。注入水が一定容量の容器（バケツ）を満たすのに要する時間をストップウォッチで計る方法で行った。なお測定誤差を考慮して、複数回の測定の平均値から算出した。その結果、西部承水路からの注水量の平均値は、表5-3に示すように、実験区2に19.6L/分（28.2m³/日）、対照区に19.4L/分（28.0 m³/日）であった。これら平均値の間にt-検定を行ったところ、危険率5%で有意差は認められなかった。

表5-2 実験区水塊および対照区水塊の水深

	水深 (m)		水位(水塊の側壁上端から水面までの距離) (m)	
	実験区2 (パイプ美人)	対照区	実験区2 (パイプ美人)	対照区
8月23日	1.25	1.24	0.53	0.53
9月6日	1.24	1.14	0.55	0.55
9月20日	1.23	1.25	0.55	0.55
10月4日	1.20	1.14	0.53	0.55
10月18日	1.23	1.22	0.54	0.54
11月1日	1.25	1.26	0.51	0.52
11月15日	1.20	1.16	0.53	0.55

表5-3 水塊への濁水の注水量

	西部承水路からの注水量 (L/min)	
	実験区2 (パイプ美人)	対照区
8月23日	18.8	19.8
9月6日	19.9	20.1
9月20日	20.0	18.9
10月4日	19.8	19.4
10月18日	19.4	19.8
11月1日	20.2	19.5
11月15日	20.1	19.5
平均値	19.6	19.4

5.4 実証試験開始時における条件の設定

実験の公正さを保つため、実証装置の運転開始時点で実験区と対照区の水塊間の

水質の差がなくなることが必要であると考えられたため、装置の運転開始日の1週間前の8月16日から、西部承水路からの連続的な注水を開始した。その結果、表5-4に示すように、8月23日には水塊間の水質の差はほとんど見られなかった。

表5-4 実証装置運転開始時における水塊の水質

項目	実験区2 (パイプ美人)	対照区水塊	西部承水路 からの注入水
COD (mg/L)	19	19	17
SS (mg/L)	45	42	40
クロロフィル-a (µg/L)	153	173	162
T-N (mg/L)	1.6	1.6	1.4
T-P (mg/L)	0.16	0.16	0.14
pH	8.86	8.78	8.08
DO (mg/L)	8.4	9.0	6.4
透視度 (cm)	14.5	16.5	15.0

5.5 浄化装置と実験区水塊の水質に関する実証試験結果

(1) 浄化装置(藻床水路)

浄化装置(藻床水路)の水質浄化効果は、COD、SS、T-N、T-P及びクロロフィル-aを実証項目とし、装置へ導入する揚水の水質に対する処理水の水質の低減率(浄化率)で評価する。緑藻類の水質浄化効果が顕著に現れるならば、栄養塩類の吸収により、処理水では溶存態成分の低減が図られるものと考えられることから、追加項目として、溶存態のCOD(D-COD)、溶存態窒素(D-N)、溶存態リン(D-P)、硝酸態窒素(NO₃-N)、リン酸態リン(PO₄-P)、などを測定した。さらにpH、溶存酸素量(DO)、透視度なども追加項目に含めることとした。

揚水(藻床通水前)の水質に対する浄化装置の処理水(藻床通水後)の項目別濃度低減率(実証期間内平均値)はそれぞれ、CODが18.5%、SSが51.6%、T-Nが15.1%、T-Pが32.5%、クロロフィル-aが36.7%であった(表5-5)。これらのうち、低減目標水準を達成した項目はSSとクロロフィル-aであった。なお、水質各項目の分析結果生データは、資料編付表3-1~付表3-13に示した。

表5-5 藻床通水前に対する通水後の物質濃度低減率(%)

項目	期間平均の 低減率(%)	達成目標(%)	判定
COD	18.5 [*])	40	未達成
SS	51.6 [*])	40	達成
T-N	15.1 [*])	40	未達成
T-P	32.5 [*])	40	未達成
クロロフィル-a	36.7 [*])	30	達成

*) 印はt-検定の結果、藻床通水前に対して通水後の水質の期間平均値に有意な差がみられたことを示す。(データ数n = 6, 自由度n-1 = 5, 危険率α = 5%)

揚水と浄化装置処理水の水質各項目の濃度の推移を以下の図5-3に示す。

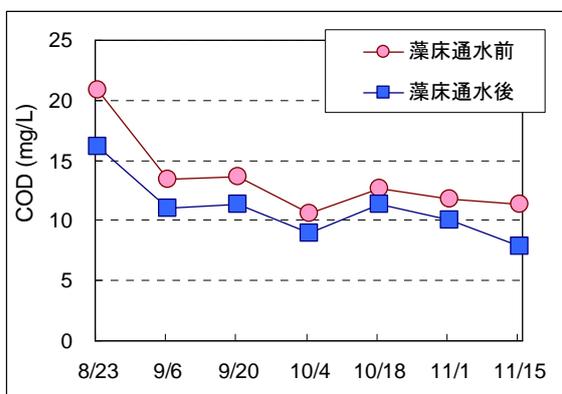


図5-3-1 CODの測定結果

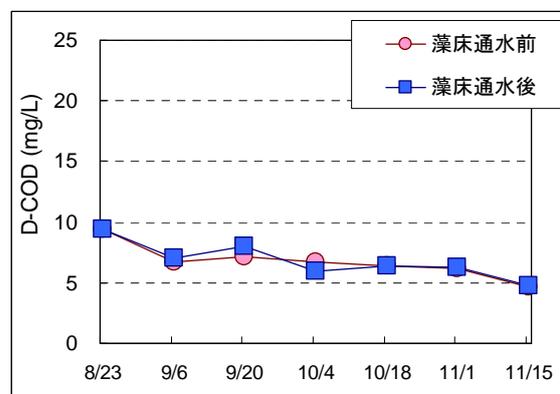


図5-3-2 D-CODの測定結果

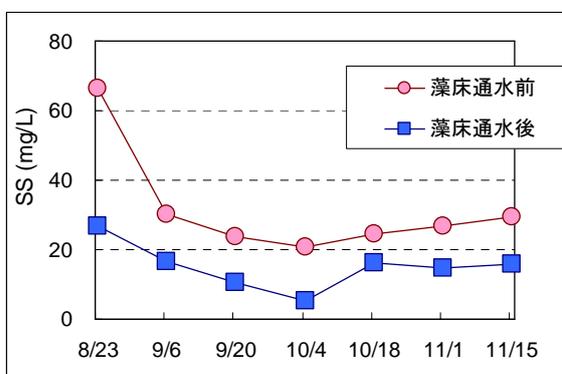


図5-3-3 SSの測定結果

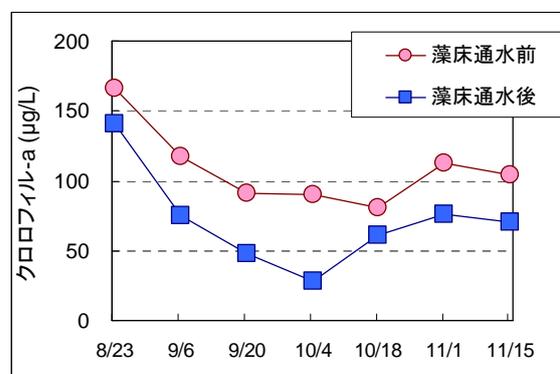


図5-3-4 クロロフィル-aの測定結果

CODについては、藻床通水前と通水後の水質が実証試験期間を通じてほぼ平行に推移しており一定の浄化効果が持続していることが確認された。浄化率の期間平均値は18.5%であり、目標低減率(40%)には達しなかったが、両者の濃度の期間内平均値にはt-検定の結果、危険率5%で有意差があると判定された。なお溶存態のCODについては、実証試験期間を通じて、藻床通水前後で測定値にはほとんど差はなく、溶存態の除去効果はみられなかった。

SSについてもCODと同様に、藻床通水前と通水後の水質が実証試験期間を通じて、ほぼ平行に推移しており、一定の浄化効果が持続していることが示された。期間平均の浄化率は51.6%と高い値を示した。目標低減率(40%)を達成しており、藻床通水前後の濃度平均値にはt-検定の結果、危険率5%で有意差があると判定された。

植物プランクトンの指標であるクロロフィル-aについても、実証期間内平均の浄化率が36.7%と目標低減率(30%)を達成した。ここでも藻床通水前後の濃度平均値にはt-検定の結果、危険率5%で有意差があると判定された。9月末頃までの酷暑や少雨のため、藻床水路に定植されたサヤミドロ類の生育が妨げられ、旺盛な繁殖が見られなかったこともあり、期待していた藻による溶存態物質の吸収浄化は進まず、ろ過・吸着効果

による懸濁態物質の低減のみが現れたものと考えられた。

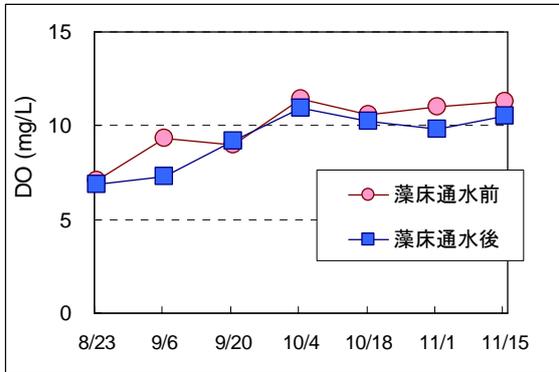


図5-3-5 DOの測定結果

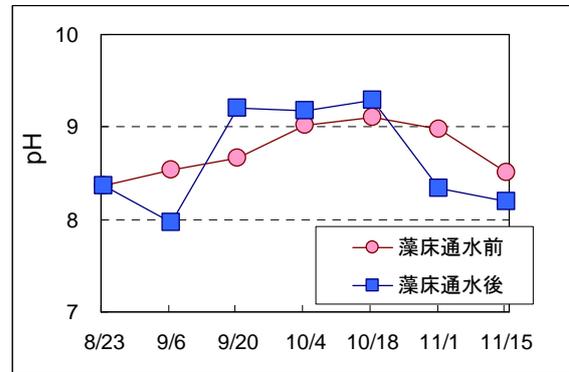


図5-3-6 水素イオン濃度(pH)の測定結果

実証項目ではないが、DOは実証期間を通じて、藻床通水前と比較して目立った差は認められなかった。貯留タンクから藻床水路に導入される水量が約50L/minに設定されており、藻床を通過するのに要する時間は約50分と考えられることから、水路内における藻との接触時間が十分でなかったことが、藻床の通水によってDOが増大しなかった理由と考えられた。pHについては、藻床通水前後で一定の変化傾向は現れなかった。

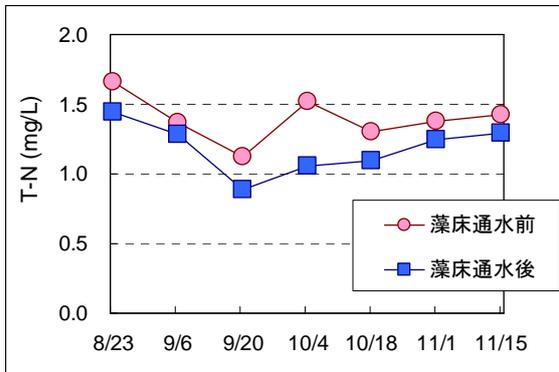


図5-3-7 全窒素(T-N)の測定結果

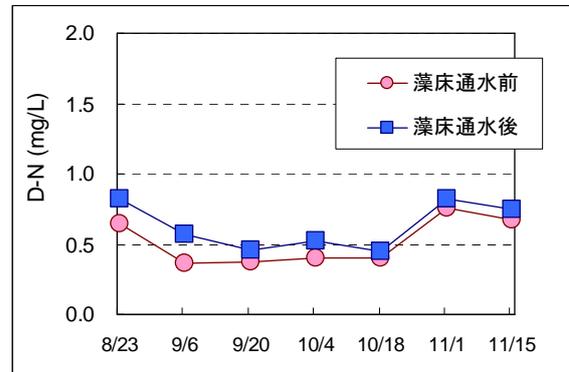


図5-3-8 溶存態窒素(D-N)の測定結果

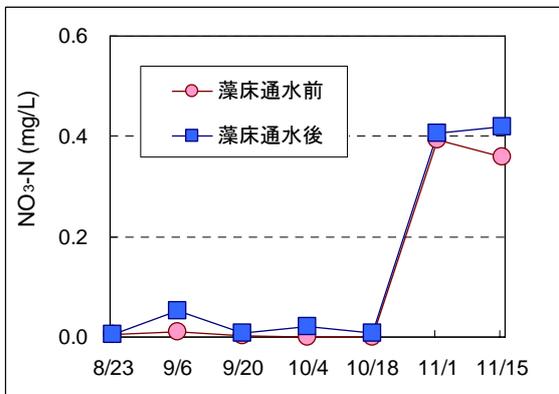


図5-3-9 硝酸性窒素(NO₃-N)の測定結果

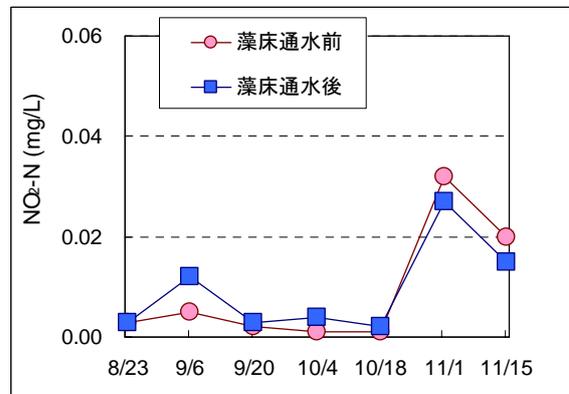


図5-3-10 亜硝酸性窒素(NO₂-N)の測定結果

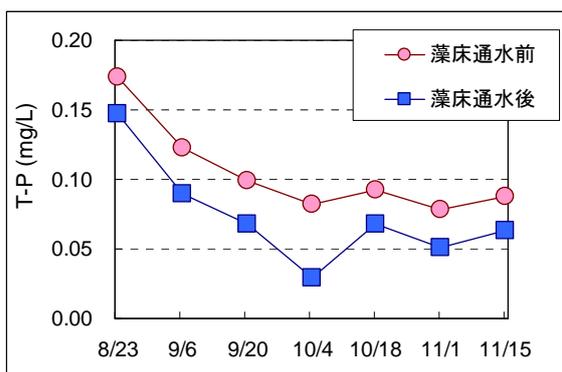


図5-3-11 全リン(T-P)の測定結果

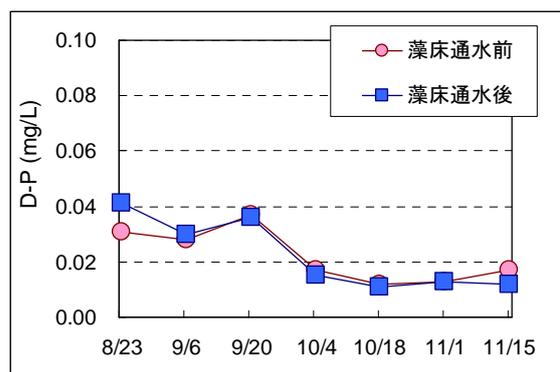


図5-3-12 溶存態リン(D-P)の測定結果

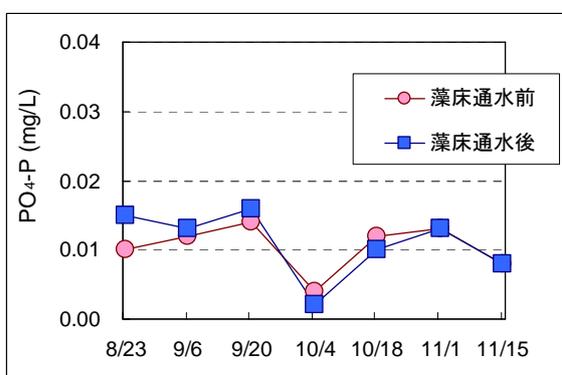


図5-3-13 リン酸態リン(PO₄-P)の測定結果

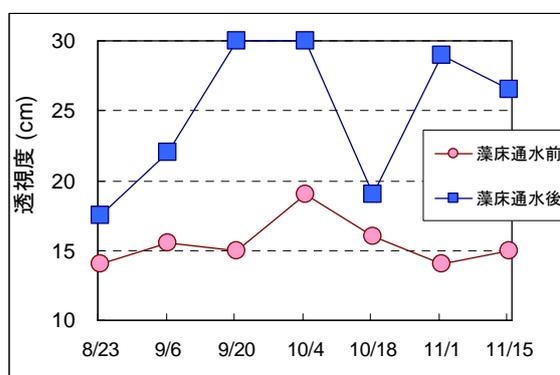


図5-3-14 透視度の測定結果

T-Nの濃度は、実証期間中藻床通水前後いずれの水質も大きく変動することはない、期間中の平均濃度は通水前が1.4mg/L、通水後1.1mg/Lであり、通水前に対する通水後の濃度低減率は平均で15.1%であった。目標低減率(40%)には達しなかったが、両者の濃度の平均値にはt-検定の結果、危険率5%で有意差が認められた。このように、全窒素については浄化が認められたが、溶存態(D-N)についてみると、藻床水路通水前に比べて通水後の方が期間を通じて濃度が増大していた(低減率としては-24%)。藻床により捕捉された懸濁態物質が分解して溶存態に変化し、装置から排出されたものと考えられた。

T-Pの実証期間中の平均値は、藻床通水前が0.11mg/L、通水後が0.074mg/Lであり、通水前に対する濃度低減率は期間平均で32.5%であった。目標低減率(40%)には達しなかったが、通水前後の平均値の間にはt-検定の結果、危険率5%で有意差が認められた。溶存態リン(D-N)とリン酸態リン(PO₄-P)については、いずれも実証期間を通じて、藻床通水前と通水後の濃度差はほぼ等しく推移しており、浄化効果は現れなかった。

懸濁物質の除去効果が顕著であったことに対応して、透視度の値も藻床通水の前で改善が認められた。藻床通水後のSS濃度が最も低下した9月20日と10月4日には、透視度も最大となり、30cm以上であった。

(2) 実験区水塊の水質

浄化装置(藻床水路)には、これまで述べたように一定の浄化効果が認められたのに対して、その藻床によって処理された水を戻した実験区水塊の水質には、表5-6に示すように、対照区と比較して濃度が明瞭に低減した項目はなかった。その原因として、酷暑と極端な少雨のために、当初期待された藻の生育が阻害されたことのほか、藻床に導入された原水のSS成分が汚泥として藻にかぶり、このことによっても藻の生育が遅れたため、藻の生物作用による無機栄養塩類の吸収効果が結局実証期間の最後まで現れなかったことなどが考えられた。

実証項目であるCOD、SS、T-N、T-P、およびクロロフィル-aの、対照区に対する濃度低減率の期間内平均値はそれぞれ、0.0%、-9.7%、-4.2%、7.0%、5.2%であった。

表5-6 対照区に対する実験区水塊の物質濃度低減率(%)

項目	期間平均の低減率(%)	目標低減率(%)	判定
COD	0.0	40	未達成
SS	-9.7	40	未達成
T-N	-4.2	40	未達成
T-P	7.0	40	未達成
クロロフィル-a	5.2	30	未達成

実験区と対照区の両水塊の水質各項目の濃度推移を以下の図 5-4 に示した。COD及びその溶存態濃度は、実証期間中実験区と対照区がほぼ同じ濃度で推移しており、低減効果はみられなかった。目標低減率(40%)は未達成である。

SSについては、対照区に比べて実験区の濃度が約10%高くなっており、浄化装置(藻床水路)から水塊に戻される水の放流時に底泥の巻き上げを起こしやすく、対照区よりやや濁った状態が続いたものと考えられた。浄化した処理水を水塊に戻す際の方法について、課題を残すことになった。目標低減率(40%)は未達成である。

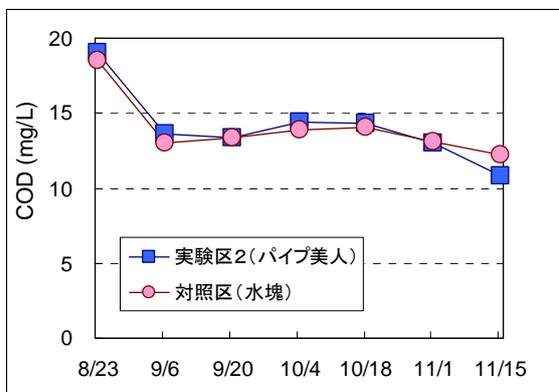


図5-4-1 CODの測定結果

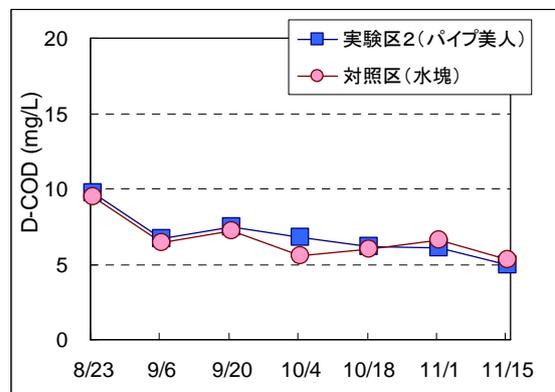


図5-4-2 D-CODの測定結果

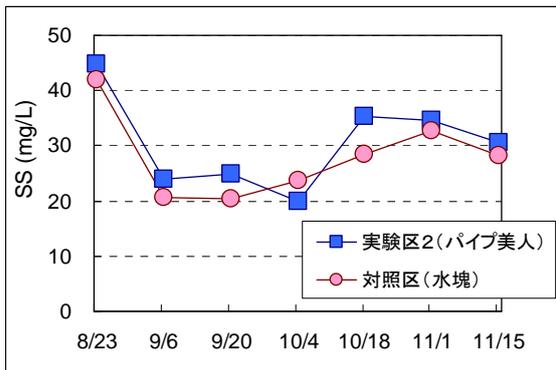


図5-4-3 SSの測定結果

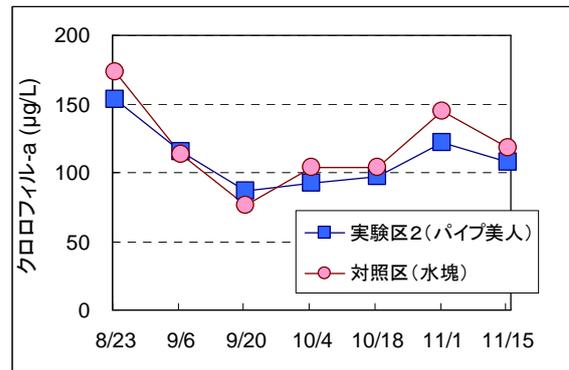


図5-4-4 クロロフィル-a の測定結果

クロロフィル-aについてもCODなどと同様に、実証期間中実験区と対照区がほぼ同じ濃度で推移しており、目だった低減効果はみられなかった。目標低減率(30%)は未達成であった。なお、以上の項目はいずれも、実証期間中の実験区の濃度平均値と対照区の濃度平均値のあいだにt-検定を施したところ、有意な差は認められなかった。

実証項目ではないが、実験区のDOは対照区に比べてやや低下する傾向がみられた(期間平均で1.1mg/Lの低下、低減率で8.3%)。実証期間中の実験区の濃度平均値と対照区の濃度平均値のあいだにはt-検定の結果、5%の危険率で有意差が認められた。またpHについては、実験区の値が対照区に比べて実証期間平均で0.2、最大で0.4程度低く推移していた。

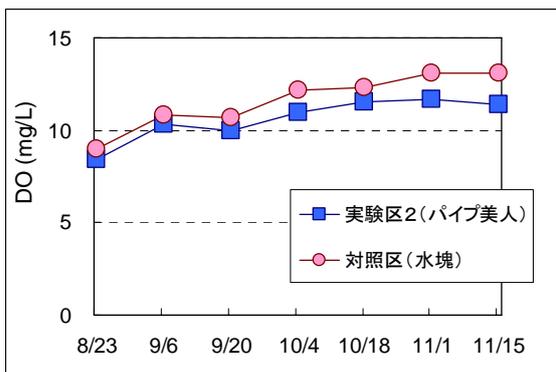


図5-4-5 DOの測定結果

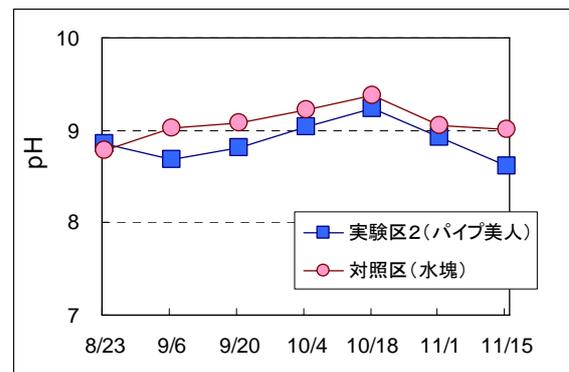


図5-4-6 pHの測定結果

T-Nの濃度は、実証期間中実験区水塊、対照区水塊いずれの水質も大きく変動することはなく、期間中の平均濃度は実験区が1.6mg/L、対照区1.5mg/Lと、濃度の低減はみられなかった。目標低減率(40%)は未達成であり、両者の濃度の平均値にはt-検定の結果、有意差は認められなかった。

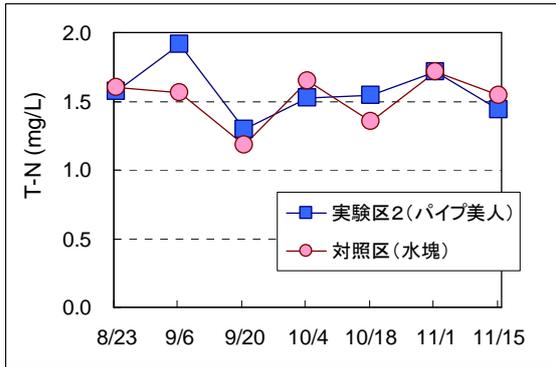


図5-4-7 全窒素(T-N)の測定結果

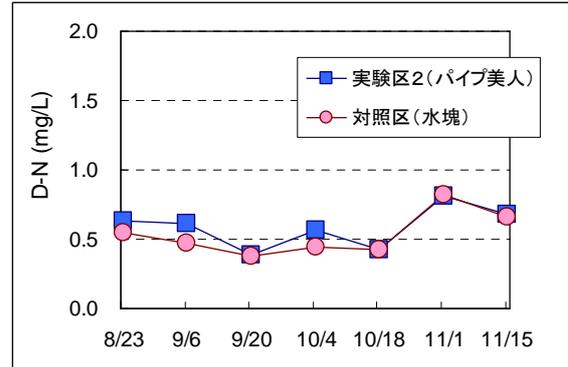


図5-4-8 溶存態窒素(D-N)の測定結果

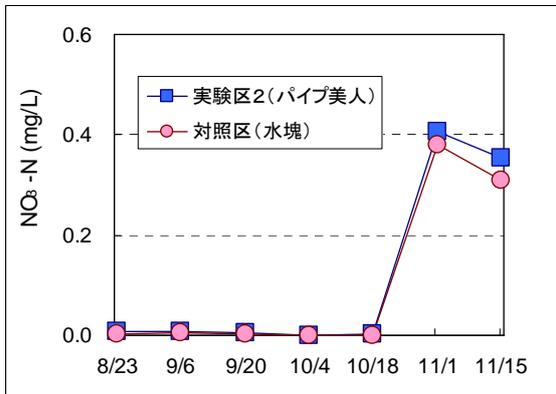


図5-4-9 硝酸性窒素(NO₃-N)の測定結果

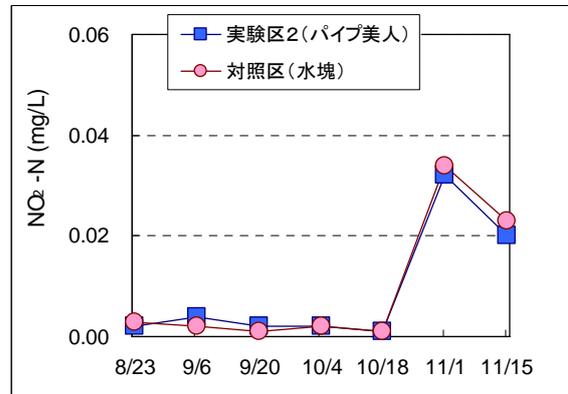


図5-4-10 亜硝酸性窒素(NO₂-N)の測定結果

T-Pの実証期間中の平均値は、実験区が0.10mg/L、対照区が0.11mg/Lであり、対照区に対する濃度の低減はみられなかった。目標低減率(40%)は未達成であり、両水塊の期間内平均値の間にはt-検定の結果、有意差が認められなかった

水質の各項目に低減効果が現れなかったことに対応して、透視度の値も実験区と対照区で差は現れなかった。実証期間中の実験区の透視度は、最小12.5cm—最大17.5cm(平均値14.8cm)であり、対照区の透視度は、最小11.5cm—最大16.5cm(平均値15.1cm)であった。

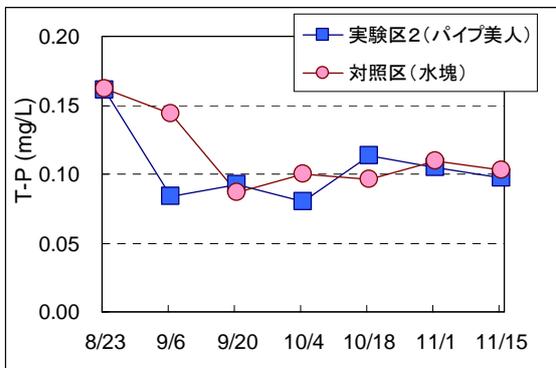


図5-4-11 全リン(T-P)の測定結果

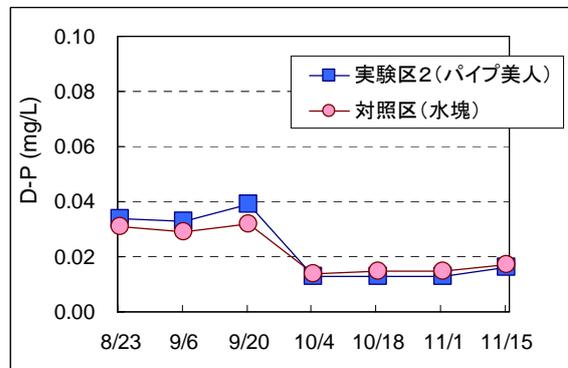


図5-4-12 溶存態リン(D-P)の測定結果

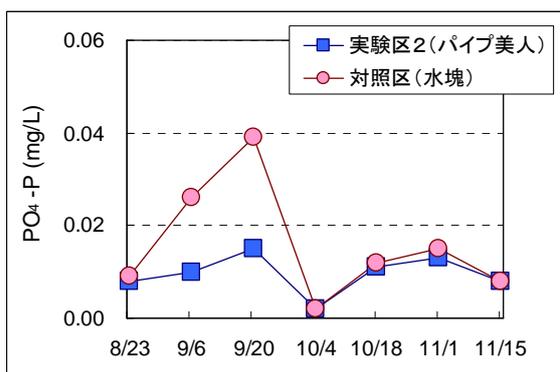


図5-4-13 リン酸態リン(PO₄-P)の測定結果

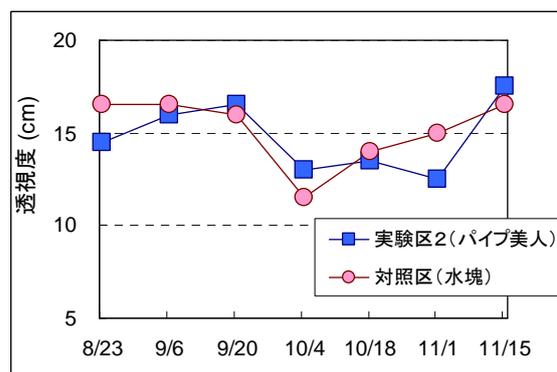


図5-4-14 透視度の測定結果

5.6 環境への上記以外の影響調査結果

(1) 電力消費量

実証装置は試験期間中、表5-6に示すように異常なく稼動しており、装置の運転(藻床水路への揚水用ポンプの稼動)に必要な電力消費量は、試料採取を行った2週間ごとの値で、平均269kwhであった。これを1日あたりの消費量に換算すると、19.2kwh/dayである。

本実証試験は、計画書に述べたとおり、西部承水路から一定の水量を注入しながら行うので、上記の装置稼動に必要な電力量のほかに、注入水ポンプの稼動に伴う電力消費量を加味する必要がある。事業者が実証装置を設置した実験区水塊のほかに、対照区にも注水を行っていることから、対照区への注水分は今回同時に実証試験を行った別事業者と折半とすることとし、2週間ごとの平均値で、91.3kwh(1日あたりでは6.5kwh/day)であった。したがって両者を合計すると、2週間ごとの平均値で361kwh(1日あたりでは25.7kwh/day)の電力を必要とすることが明らかとなった。

表5-6 実証装置の消費電力(kwh)と運転状況の概要

月日	時刻	濁水の注入用ポンプ + 藻床への揚水ポンプ電力メータ(kwh)		藻床への揚水ポンプ電力メータ(kwh)		濁水の注入用ポンプパイプ美人負担分(kwh)	特記事項 ^{*)}
		電力消費量(kwh)	前回からの電力消費量(kwh)	電力消費量(kwh)	前回からの電力消費量(kwh)		
8月23日	10:15	5451.4	—	1203.9	—	—	藻床水路への揚水ポンプ運転開始
9月6日	9:55	5964.4	513	1472.2	268	91.8	藻への散水用スプリンクラー稼動中
9月20日	11:50	6714.3	750	1974.9	503	92.7	同上
10月4日	9:45	7295.5	581	2315.0	340	90.4	同上
10月18日	10:50	7657.9	362	2435.1	120	90.9	
11月1日	10:10	8045.9	388	2581.8	147	90.5	
11月15日	10:30	8528.0	482	2819.8	238	91.5	試験終了 ^{**)、濁水の注入停止}

^{*)} 事業者の点検時に藻床水路中の汚泥を適宜水洗除去(10月中旬まで)。

^{**)} 水塊からの揚水を継続し、寒冷期の藻の生育を観察した。

(2) 汚泥の発生量

実験区の水を藻床水路に導入することにより、その水に含まれる懸濁態成分が藻床に付着する形で残り、通過する水は浄化されていくが、その懸濁態成分は藻の生育を妨げる汚泥となって藻床内に蓄積されていく。藻の生育を促進するためには、定期的な汚泥の除去が必要不可欠であることが今回の実証試験からも明らかとなった。また、汚泥の発生量を把握しておくことは、この実証装置を実水域に適用する際にも重要な情報のひとつと考えられることから、以下に示す方法で汚泥の発生量を算出した。

懸濁態成分を比較的多く含む原水を処理する場合、藻床水路の導入部付近と、流出部付近では汚泥の発生量が大きく異なることが予想されるので、水路中の複数の地点で汚泥の発生量を測定して、それを平均化した量を把握しておくことが望ましい。

- ① 藻床水路の流入側、中央部、排出側それぞれ2地点、計6地点で水路の流れ方向に50cmの藻を汚泥の付着した状態で重量を測定する。
- ② ①の藻を目の細かい網などに入れて水洗し、泥を洗い落とす。
- ③ 泥を取り除いた藻だけの重量を測定して、①の重量との差を汚泥の重量とする。
- ④ 藻床水路の単位長あたりの重量に換算、さらに直近の汚泥除去実施日からの日数で除することにより、1日あたりの汚泥発生量を得る。

※ 今回の実証試験では、上記重量測定日の前1ヶ月間は維持管理の際の汚泥の除去を行っていないので、④の日数は30日であり、水路単位長は1mとした。

表5-7 藻床水路内の汚泥発生量

	藻+汚泥の重量(g)	汚泥除去後の重量(g)	汚泥の重量(g)	藻床水路流れの方向に50cmの藻に1ヶ月間に付着した汚泥の重量(g)	藻床1mあたりの日量汚泥発生量(g)
流入側 1	627	110	517	451.0	30.1
流入側 2	781	396	385		
中央部 1	783	484	299	354.5	23.6
中央部 2	790	380	410		
排出側 1	785	599	186	158.5	10.6
排出側 2	754	623	131		
平均値					21.4

表5-7に示したように、藻床水路流れの方向1mあたりの汚泥発生量は、流入側 30.1g/day、中央部 23.6g/day、排出側 10.6g/dayであった。これらを平均して21.4g/dayを得た。

(3) 廃棄物等の発生量

実証装置の運転により、試験期間中において処理、搬出の必要がある廃棄物の発生はみられなかった。装置や関連機材の運搬にかかる梱包材等の廃棄物(ごみ)も事業者の責任で適切に処理されており、試験終了・撤収の後現地に残存するものはなかった事を確認した。

(4) 騒音・におい

実証試験期間中、騒音やにおいの発生等の異常は確認されなかった。

5.7 機器の維持管理に関する実証結果

(1) 電力消費量

環境への影響項目のひとつとして、5.6 (1)に述べたとおりである。なお、通電にともなう消耗品の交換は、今回の実証試験期間内には行わなかった。

(2) 隔離水塊への注入水量

本実証試験の実施条件として最も重要な項目であり、5.3に述べたとおりである。

(3) 実証機器の立ち上げ及び停止に要する期間

機器の搬入、設置及び立ち上げに要した期間はおよそ10日であった。

(4) 実証機器の維持管理に必要な人員数と技能

機器の維持管理(日常の点検作業)に際して特別な知識や技能は必要としない。作業は1人で行えるものであった。

(5) 実証機器の信頼性

藻床水路、それらへの配管、揚水用ポンプ及びその電源からの配線等に、試験期間を通じて故障は発生しなかった。このことは、事業者の実施した毎週の維持管理(点検)及び実証機関(石川県保健環境センター)の隔週の試料採取時の点検から確認されている。

(6) トラブルからの復帰方法

実証試験期間内に復帰を必要とするトラブルは発生しなかった。

(7) 維持管理マニュアルの評価

事業者作成の維持管理マニュアルにより誰にでも点検作業が行えるように配慮されており、特に改善を要する点はなかった。表5-6に記した装置の運転状況の概要は、このマニュアルにしたがって実施された点検の際の記入事項に基づくものである。

5.8 実水域への適用可能性を検討する際の留意点

実験池水塊外から西部承水路の水を注水し続ける条件の下、藻床水路を通水させた処理水を水塊に戻すという今回の実証試験の結果、通水前に比べて処理水は、COD、SS、クロロフィル-aなど、懸濁態物質の低減に関しては一定の浄化効果が確認された。しかし、当初期待された藻の生育が、酷暑と極端な少雨のために阻害され、また藻床に導入される原水のSS成分が汚泥として藻にかぶり、このことによっても藻の生育が遅れたため、藻の生物作用による溶存態の汚濁物質(無機の栄養塩類)の吸収による低減効果は現れなかった。

処理水に戻した水塊の水質に関しては、系外から常に負荷(未処理の原水)が供給される条件であることや、藻床水路に捕捉された懸濁物質が分解して溶存態となったものが水塊に戻り、植物プランクトンの増殖に寄与する効果などのため、達成目標を定めた項目には目立った低減効果は現れなかった。

これらのことから、効率的な懸濁態物質の除去法との組み合わせを行うことにより、藻の生育を促して浄化能力を高めるとともに、導入する原水と藻との接触時間を十分に取れるよう処理水量を最適化する必要があると考えられた。

今回の実証試験では、11月に入ると藻が完全に定着し、一部で増殖が確認された。本来この時点で試験を開始すべきであり、旺盛な増殖を示す季節(春～初夏)に装置を設置し実験準備を完了すべきであったと考えられる。

生物の自然な活動による水の浄化を期待するシステムであるから、実水域への適用を図る際は、藻が設置する場所の水環境にすみやかに順応できるよう、藻の生育時期を考慮した設置・準備期間を設け、絶えず藻の増殖を促すような維持管理が必要不可欠である。

5.9 実証委員会での論点とそれに対する技術開発者の意見等

Q1 委員>

装置(藻床水路)通過前後の水質では、SSについては期間の初期のうちから明瞭な低減が認められるが、クロロフィル-aやTPでは期間の中ごろになってその差が大きくなってきている。この差は何なのか。

A1 委員>

期間の初期からSS（懸濁態物質）の低下が認められるのは、水路内でSSが沈むからであり、最初にその効果が現れたあと、徐々に植物プランクトン類の抑制が進んできたためと考えられる。懸濁態の窒素やリンは直接食われることはない。本来、このシステムはこのような濾過（沈降）による浄化効果を期待していたのではなく、藻床水路の藻が十分に生育していれば、直接その栄養分となる溶存態の栄養塩類（窒素、リン）の吸収がされることで低減されることを期待していたはずであった。

A1 技術開発者>

正直言って処理対象となる湖沼水のSSがこれほど高いとは予想していなかった。湖沼水がSSを多く含むため、藻床水路内で藻が泥をかぶり生育が阻害された。さらに今年は9月いっぱい猛暑だったため、乾燥と高温により藻の生育が思わしくなく、期待していた効果が現れにくかったと考えている。

Q2 委員>

藻床に使用されたサヤミドロはどこにでもある緑藻類だと思うが、それなりにきれいな水域に繁殖していると考えられるので、SSの多い今回のような湖沼水では、効果が出せなかったのではないかと。藻の種類によって適性水域（水質）があるのではないかと。

A2 技術開発者>

今後は原水に適した藻の種類を選定できるように、藻の特性に関するノウハウを身に付けていきたい。これまでに、浄化槽処理水や工場排水など窒素やリンの濃度が高く（藻の栄養が十分ある）、SSの低い（濁りの少ない）水を原水として処理実績をあげてきたが、今回のような経験はなかった。

A2 委員>

サヤミドロかそれ以外の藻を用いるかは重要な問題ではない。緑藻はどんな種類であれ、エサとなる窒素とリンさえ豊富であれば繁茂する。水塊中に生息し、藻床水路に水とともに取り込まれ、サヤミドロに付着した植物プランクトン（同じ単細胞でもサヤミドロのように糸状ではないもの）の光合成活性も使えるので、藻床内に生えるものは何でも使えるつもりで利用したい。

Q3 委員>

採水は毎回何時ごろに行ったのか。日照の有無などにより藻の光合成活性が異なるので、期間内で統一されていることが望ましいが。処理前に比べて処理後の水のpHが明瞭に下がっていれば、CO₂の発生が考えられ、光合成よりも呼吸が卓越していると判断されるが、データを見る限りそうでもない。接触時間が短すぎたとは言えないだろうか。

A3 事務局、技術開発者>

採水時刻は平均して午前10時～11時ごろであった。処理水量は毎分50Lであり、藻床の長さからその通過には40～50分程度要するものと考えられる。したがって、採水時における処理水は昼間の条件と考えて差し支えない。ただし、装置内の滞留時間が短いことから、その間での藻から水へのDOの補給が行われるだけの時間はないように思われる。

すでに述べたように期間の前半において藻の生育が十分でなく、その原因として高温と、原水にSSが多いために藻に泥がかぶったことが考えられた。泥をかぶることを避けるために通水量を減らしてみたり、一方で乾燥のため弱りがちな藻に十分な水を供給する必要があるために通水量を元に戻した上にさらにスプリンクラーによる散水を施したり、試験期間内にも試行錯誤が繰り返されていた。本来、藻の着床が完了し、旺盛な生育が認められる条件下で試験が開始されなければならないはずであったが、今回は事業者にとっては想定外の厳しい条件でのスタートになったと言わざるを得ない。

A3 委員>

水質浄化のポイントは旺盛な生育と藻床における接触時間を十分にとることである。この点について今後十分に検討してほしい。藻の光合成活性は午後2時ころ最大になるので、その時間帯に採水を行えば藻の特性が現れていた可能性もある。いずれにしてもこのタイプの浄化装置では、処理装置内の滞留（接触）時間の最適化が重要であるから、漏水の注入量とのバランスも含めて装置への揚水量の設計を慎重に行うべきである。

Q4 委員>

実水域への適用可能性に関する科学的見解の記述に関して修正はないか。

A4 委員>

SS（泥）がかぶることで藻が育ちにくかったことを回避するための方法として、藻床導入の前段にSSを有効に除去する部分（沈殿槽orフィルター）の設置を考えるか、または藻床そのものを多段構成にするなどの工夫が必要と思われる。SS、クロロフィル-aの低減は、藻による吸収効果ではなく、物理的な沈殿、濾過によるものであるから、表現に注意すること。

A4 委員>

藻の定着と活性化については、時間をかければよいというわけではなく、今回は季節的な時期が悪かったと考えられるので、藻の定着に適した時期に立ち上げることが重要であるという記載が必要だと思う。溶存態の窒素、リンが卓越する時期に立ち上げを行えば、今年ならば春のうちに立ち上げておけば、もっと良好な結果が得られたかもしれない。

6 データの品質管理

本実証試験を実施するにあたり、分析データの品質管理は、石川県保健環境センターが定める『実証試験業務品質マニュアル(以下、品質マニュアル)』に従って実施した。

データの品質管理のため、毎回の測定試料数の1割以上の頻度で同一試料の二重測定を実施してその良好な一致を確認した(結果は資料編付表5-1～付表5-5に示す)。また、分析に用いた全ての測定機器について、実証計画に示した頻度で機器の校正を実施した(結果は資料編付表5-6～付表5-11に示す)。

7 品質管理システムの監査

本実証試験で得られたデータの品質監査は、上記品質マニュアルにしたがって行った。実証試験が適切に実施されていることを確認するために試験期間中に内部監査を1回実施した。この内部監査は、石川県保健環境センター・企画情報部長を内部監査員に任命して実施した。

その結果、実証試験は品質マニュアルに基づく品質管理システムの要求事項に適合し、適切に維持、実施されていることが確認された。内部監査の結果は、資料編に添付した。

内部監査員は、内部監査の結果をデータ品質管理責任者(石川県保健環境センター次長(技術担当))及び石川県保健環境センター所長に報告した。

資料編

— 資料編 —

1. 実証試験に先立って実施した周辺水域の水質概況調査結果(付表1)

○実施期間:平成17年11月～平成18年10月

○調査項目:透視度、pH、SS、COD、全窒素、全リン、クロロフィル-a

○調査地点:本編図3-1に示す河北潟水域6地点

付表1 周辺水域の水質事前概況調査結果(平成17年11月～平成18年6月)

地点名	項目(単位)	11月24日	1月25日	2月22日	3月17日	4月26日	5月11日	5月25日	6月7日
① 河北潟中央	透視度 (cm)	17	>30	>30	11	25	29	16	21
	pH	7.5	7.6	7.4	7.5	8.6	9.1	8.6	8.4
	SS (mg/L)	28	7	8	39	23	9	31	25
	COD (mg/L)	7.1	3.4	3.5	4.3	7.8	6.3	8.5	7.6
	T-N (mg/L)	1.80	1.14	0.99	1.37	1.25	0.67	1.08	0.85
	T-P (mg/L)	0.099	0.076	0.066	0.188	0.098	0.023	0.100	0.084
	クロロフィル-a (µg/L)	76	3.4	13	9.4	50	39	85	55
② 室橋	透視度 (cm)	19	>30	22	17	20	13	18	17
	pH	7.9	8.1	9.3	8.7	9.1	9.4	8.4	8.2
	SS (mg/L)	23	5	13	24	23	20	22	24
	COD (mg/L)	9.8	4.1	8.2	8.6	12.8	11.7	10.8	12.4
	T-N (mg/L)	1.76	1.61	1.78	2.07	1.63	1.43	1.30	1.36
	T-P (mg/L)	0.126	0.036	0.089	0.147	0.075	0.107	0.103	0.108
	クロロフィル-a (µg/L)	91	21	53	95	120	103	77	81
③ 大崎橋	透視度 (cm)	20	>30	19	14	19	15	18	17
	pH	7.9	8.1	9.7	8.3	9.5	9.5	9.1	9.2
	SS (mg/L)	19	9	20	28	21	10	19	27
	COD (mg/L)	8.6	5.1	9.1	9.7	12.4	10.2	10.4	11.8
	T-N (mg/L)	1.82	1.93	1.84	1.94	1.68	1.27	1.38	1.53
	T-P (mg/L)	0.119	0.077	0.114	0.149	0.072	0.090	0.111	0.127
	クロロフィル-a (µg/L)	99	45	90	133	169	95	93	139
④ 内日角	透視度 (cm)	19	>30	19	12	20	14	26	24
	pH	7.8	7.9	9.5	9.1	8.7	8.4	7.5	7.4
	SS (mg/L)	19	10	25	34	20	20	16	19
	COD (mg/L)	9.0	5.3	10.1	10.0	9.9	12.2	10.1	11.5
	T-N (mg/L)	1.91	1.64	1.76	2.01	1.46	1.58	1.61	1.76
	T-P (mg/L)	0.159	0.094	0.135	0.189	0.181	0.084	0.149	0.157
	クロロフィル-a (µg/L)	108	43	93	144	102	114	45	73
⑤ 宇ノ気揚排水機場	透視度 (cm)	23	>30	>30	9	25	18	>30	26
	pH	7.1	7.6	7.4	7.3	7.4	7.2	7.3	7.4
	SS (mg/L)	12	10	6	68	20	27	13	18
	COD (mg/L)	4.7	5.1	3.6	6.3	6.9	10.5	8.7	11.2
	T-N (mg/L)	1.21	1.37	0.97	0.98	1.82	2.23	1.58	2.02
	T-P (mg/L)	0.105	0.077	0.082	0.225	0.120	0.253	0.179	0.182
	クロロフィル-a (µg/L)	6.3	26	2.5	19	6.9	20	7.6	53
⑥ 湖北大橋	透視度 (cm)	13	>30	18	6	27	25	26	23
	pH	7.0	7.4	7.4	7.3	7.5	8.9	7.6	7.9
	SS (mg/L)	33	5	24	60	18	14	14	17
	COD (mg/L)	6.2	3.5	4.4	6.5	6.3	9.6	9.3	10.5
	T-N (mg/L)	1.32	1.17	1.39	1.14	1.45	1.09	1.45	1.37
	T-P (mg/L)	0.202	0.093	0.147	0.223	0.129	0.051	0.107	0.114
	クロロフィル-a (µg/L)	10	3.0	6.7	18	26	82	57	80

付表1(つづき:平成18年6月～平成18年10月)

地点名		項目(単位)	6月20日	8月8日	9月28日	10月26日	平均値	範囲
① 河北潟中央	透視度	(cm)	13	30	23	25	22	11 ~ >30
	pH		9.2	8.9	9.3	9.1	8.4	7.4 ~ 9.3
	SS	(mg/L)	36	11	21	14	21	7 ~ 39
	COD	(mg/L)	10.2	6.0	9.8	9.5	7.0	3.4 ~ 10.2
	T-N	(mg/L)	1.05	0.65	0.76	0.81	1.03	0.65 ~ 1.80
	T-P	(mg/L)	0.111	0.062	0.087	0.089	0.090	0.023 ~ 0.188
	クロロフィル-a	(µg/L)	113	30	44	76	50	3 ~ 113
② 室橋	透視度	(cm)	15	13	17	13	18	13 ~ >30
	pH		8.7	9.2	9.2	9.7	8.8	7.9 ~ 9.7
	SS	(mg/L)	28	26	25	32	22	5 ~ 32
	COD	(mg/L)	12.8	15.8	15.3	19.3	11.8	4.1 ~ 19.3
	T-N	(mg/L)	1.57	1.35	1.24	1.63	1.56	1.24 ~ 2.07
	T-P	(mg/L)	0.143	0.120	0.143	0.170	0.114	0.036 ~ 0.170
	クロロフィル-a	(µg/L)	123	63	50	60	78	21 ~ 123
③ 大崎橋	透視度	(cm)	27	11	18	13	18	11 ~ >30
	pH		8.6	9.8	9.5	9.9	9.1	7.9 ~ 9.9
	SS	(mg/L)	20	31	20	31	21	9 ~ 31
	COD	(mg/L)	11.6	20.9	14.3	17.7	11.8	5.1 ~ 20.9
	T-N	(mg/L)	1.66	1.31	1.11	1.77	1.60	1.11 ~ 1.94
	T-P	(mg/L)	0.141	0.130	0.096	0.181	0.117	0.072 ~ 0.181
	クロロフィル-a	(µg/L)	113	115	54	90	103	45 ~ 169
④ 内日角	透視度	(cm)	22	20	16	28	21	12 ~ >30
	pH		7.6	8.9	9.1	7.6	8.3	7.4 ~ 9.5
	SS	(mg/L)	11	17	24	15	19	10 ~ 34
	COD	(mg/L)	10.5	10.5	13.2	10.4	10.2	5.3 ~ 13.2
	T-N	(mg/L)	1.95	0.88	1.16	1.42	1.59	0.88 ~ 2.01
	T-P	(mg/L)	0.142	0.090	0.106	0.131	0.135	0.084 ~ 0.189
	クロロフィル-a	(µg/L)	95	72	62	61	84	43 ~ 144
⑤ 宇ノ気揚排水機場	透視度	(cm)	21	28	12	>30	22	9 ~ >30
	pH		7.5	7.8	7.2	7.3	7.4	7.1 ~ 7.8
	SS	(mg/L)	17	16	30	10	21	6 ~ 68
	COD	(mg/L)	9.7	8.2	13.5	8.2	8.1	3.6 ~ 13.5
	T-N	(mg/L)	2.08	1.19	1.16	1.39	1.50	0.97 ~ 2.23
	T-P	(mg/L)	0.167	0.118	0.158	0.123	0.149	0.077 ~ 0.253
	クロロフィル-a	(µg/L)	68	52	9.3	9.1	23.2	2.5 ~ 68
⑥ 湖北大橋	透視度	(cm)	>30	29	25	28	23	6 ~ >30
	pH		8.1	8.4	8.4	7.6	7.8	7.0 ~ 8.9
	SS	(mg/L)	13	9	14	16	20	5 ~ 60
	COD	(mg/L)	10.1	7.2	10.6	8.5	7.7	3.5 ~ 10.6
	T-N	(mg/L)	1.17	0.55	1.45	1.39	1.24	0.55 ~ 1.45
	T-P	(mg/L)	0.084	0.057	0.088	0.092	0.116	0.051 ~ 0.223
	クロロフィル-a	(µg/L)	62	27	46	61	40	3 ~ 82

2. 実証試験期間中の気象条件(付表2-1、付表2-2)

付表2-1 アメダス(かほく)における平成19年各月の気象概況

月	降水量(mm)			気温(°C)					風向・風速(m/s)			日照時間(h)
	合計	日最大	1時間最大	平均			最高	最低	平均風速	最大		
				日平均	日最高	日最低				風速	風向	
1	117	29	5	4.6	8.2	1.2	12.2	-2.1	2.9	15	北西	78
2	104	23	6	5.6	9.8	1.3	18.8	-2.7	3.4	15	西	136.2
3	132	20	8	6.5	10.8	2.2	21.3	-1.4	3.5	13	西南西	131.9
4	40	19	5	11	15.1	6	23.8	-0.1	3	13	西南西	181.2
5	84	25	7	16.3	20.6	11.7	25.7	7	3.2	11	西南西	201.1
6	285	90	31	20.7	24.1	17.4	27.6	13.7	2.3	10	西南西	134.1
7	130	42	17	22.6	25.1	20.5	29.5	18	2.3	8	西南西	82
8	138	42	18	26.8	30.7	22.7	34.8	18.3	2.5	12	南西	242.3
9	90	22	16	24.1	28.2	20.3	34.9	15.4	2.3	10	西南西	146.2
10	88	32	9	16.9	21.3	12.6	27.6	9.1	2.4	11	西南西	143.8
11	117	19	10	10.5	14.9	6.1	19.2	-0.1	2.9	11	西南西	95.2
12	232	21	6	7	10.6	3.9	15.1	-1.2	3.5	14	西南西	44.3

付表-2-2(1) アメダス(かほく)における8月の日々の気象概況

日	降水量(mm)			気温(°C)					風向・風速(m/s)				日照時間(h)	
	合計	1時間最大		平均	最高		最低		平均風速	最大				最多風向
		値	時分		値	時分	値	時分		風速	風向	時分		
1	0	0	—	25.7	31.7	10:20	18.3	5:20	2.5	6	西	15:10	南	12.6
2	0	0	—	28.7	34	14:10	21.3	4:50	1.8	5	東南東	20:10	北北西	9.9
3	1	1	21:30	29.6	34.8	12:00	24.7	21:20	4.1	10	南西	20:40	南東	3.6
4	1	1	15:30	27.3	30.6	11:40	24.7	4:50	4.7	8	南南西	1:40	南西	0.2
5	0	0	—	27.3	30.8	13:20	23.7	23:30	2.7	6	西南西	13:00	西南西	9.9
6	0	0	—	26.6	30.1	15:10	22.3	5:10	1.8	4	北西	14:50	南東	6.8
7	0	0	—	27.1	31.2	14:20	23.4	4:40	1.7	4	北西	15:40	南	4.5
8	0	0	—	28.1	32.2	16:40	24.2	3:50	2.2	5	南西	19:00	北西	11.1
9	0	0	—	27.9	31.5	13:20	24	5:20	2.3	7	西南西	10:40	西	12
10	0	0	—	27.7	31.2	10:40	23.5	3:00	2	4	北西	15:20	南南東	10.6
11	0	0	—	28.3	31.2	17:20	23.8	4:00	2.2	4	北北西	15:20	北西	11.9
12	0	0	—	28.2	31.7	16:20	24.5	3:30	1.7	6	北西	12:40	北北西	11.9
13	0	0	—	28.5	32.9	16:30	23.4	4:40	1.9	5	北西	12:10	北	12.4
14	0	0	—	29.2	33.8	12:20	24.2	5:00	2.1	4	北北東	15:00	南南東	9.6
15	0	0	—	28.9	32.5	15:40	25.8	6:00	2.4	6	西北西	12:30	南南東	11.1
16	0	0	—	28.1	31.5	12:00	24.6	5:30	1.8	5	北西	13:40	北北西	11.9
17	0	0	—	27.4	30.9	11:30	23.8	5:00	2.2	6	西	12:10	西南西	10.1
18	0	0	—	27.1	30.5	13:00	23.4	5:50	1.9	5	西北西	12:20	北西	10.8
19	0	0	—	27.4	30.8	14:10	24.3	5:10	1.8	4	西北西	16:00	西北西	9
20	2	3	1:40	27	31.1	12:30	21.8	5:40	3	7	西	13:00	西	11.6
21	9	9	18:00	27.8	32.3	13:40	23.5	5:10	4.6	9	西南西	15:40	西南西	8.1
22	42	18	9:20	26.6	29.4	13:50	23.4	24:00:00	4.5	9	西南西	13:20	南西	1.2
23	10	5	1:00	24.2	28.3	14:40	21.1	24:00:00	1.9	4	北北西	13:50	北西	6.3
24	0	0	—	25.3	31.3	13:00	19.4	4:50	2	4	東	17:30	南東	12.1
25	0	0	—	25.8	29.6	13:00	21.1	6:20	1.6	4	西北西	15:00	西北西	10.9
26	0	0	—	25.6	29.7	14:40	21.2	4:50	1.9	4	西北西	15:20	南南東	5.9
27	0	0	—	26.5	30.1	14:10	22.7	3:30	2.3	6	西南西	12:30	西南西	4.5
28	27	13	6:50	24.7	27.4	1:10	22.8	8:30	3.5	7	南西	15:00	南西	0
29	6	5	24:00:00	24.6	28.7	13:50	19.2	24:00:00	2.1	5	北北東	24:00:00	東	1.7
30	30	10	3:40	21.2	22.8	17:20	18.7	4:10	2.4	5	南東	7:10	東	0
31	10	4	8:10	23.1	25.6	12:40	20.5	24:00:00	2.8	12	南西	8:10	北東	0.1

付表-2-2(2) アメダス(かほく)における9月の日々の気象概況

日	降水量(mm)			気温(°C)					風向・風速(m/s)				日照時間(h)	
	合計	1時間最大		平均	最高		最低		平均風速	最大				最多風向
		値	時分		値	時分	値	時分		風速	風向	時分		
1	0	0	—	23	26.2	13:00	20.4	3:40	1.9	4	東北東	14:30	東北東	0
2	0	0	—	25.9	30.4	16:50	22.2	3:00	1.5	3	東南東	13:30	南東	0.2
3	6	6	10:10	25.4	27.7	0:10	23.5	10:00	2	5	西	9:30	西	1.6
4	0	0	—	25.6	29.8	12:50	22.4	3:40	2.4	6	東	15:10	東	4.9
5	0	0	—	26.3	29.4	12:30	23.5	2:00	2.8	5	東北東	14:40	北東	3.7
6	0	0	—	25.7	28.3	11:30	23.5	5:40	1.2	4	西	12:30	西北西	0.3
7	13	4	16:40	25.5	27.1	13:00	24	24:00:00	5.7	9	西南西	17:10	西南西	0
8	6	4	2:20	24.2	26.7	14:30	22.6	5:50	2.4	4	西南西	10:10	南南西	1
9	6	4	20:00	24.6	29.4	9:50	21.4	24:00:00	1.5	6	西	10:30	南東	6.2
10	4	2	2:30	21.2	24.9	15:20	18.1	23:00	1.3	3	東南東	14:30	南東	3.1
11	1	2	24:00:00	22.9	28.5	13:30	16.8	3:00	2.5	5	東南東	24:00:00	南南東	10.7
12	3	2	1:10	22.3	26.2	15:50	18.1	2:10	2.3	6	東南東	2:30	東南東	7.7
13	0	0	—	23.7	27.8	14:10	18.6	5:40	2.1	5	北北西	14:50	北北西	10
14	0	0	—	25.5	30.5	12:10	21.9	1:10	2.2	5	東南東	19:10	東南東	4.4
15	0	0	—	27.6	32.8	14:20	22	5:40	2	5	西南西	18:00	北西	9.8
16	0	0	—	27	30.7	13:30	22.8	4:10	1.8	5	東	19:20	北北西	4.7
17	0	0	—	27.3	34.9	13:40	24.1	5:30	4.9	10	西南西	21:50	南西	2.1
18	1	1	7:10	23.4	25.6	15:20	19.5	24:00:00	2.3	6	西南西	1:10	北北西	1.7
19	0	0	—	24.9	30.1	13:30	18.5	4:50	1.5	4	北西	12:00	南	11.5
20	0	0	—	26.3	32.1	9:50	20.8	5:40	1.5	5	北西	13:00	南南東	11.1
21	0	0	—	26.9	32.2	10:40	20.9	5:10	2	5	西北西	14:10	南南東	11
22	0	0	—	26	29.7	9:40	22.9	5:50	2.4	6	北西	12:40	南南東	7.9
23	0	0	—	23.8	28	12:40	21.4	23:00	3.4	6	東北東	15:20	東北東	3.1
24	0	0	—	24.5	28.1	10:30	21.6	4:10	1.8	6	南西	23:50	北西	4.7
25	22	16	8:30	22.6	25.3	13:40	18.9	23:30	2.6	6	南西	0:50	北	2.6
26	0	0	—	20.2	24.5	12:50	15.4	6:10	1.9	4	北北西	14:10	東	7.8
27	0	0	—	23.5	29.2	13:00	16.3	5:30	2.7	7	南西	16:30	南南東	9
28	12	5	12:40	20.9	29	10:40	15.8	21:00	3.3	9	南西	11:00	北	2.6
29	0	0	—	18.5	21.6	14:20	15.4	4:40	2.3	5	北東	9:50	北東	2.8
30	16	4	10:30	17.1	18.1	23:40	16.2	0:50	1.8	3	東南東	13:50	東南東	0

付表-2-2(3) アメダス(かほく)における10月の日々の気象概況

日	降水量(mm)			気温(°C)				風向・風速(m/s)				日照時間(h)		
	合計	1時間最大		平均	最高		最低		平均風速	最大			最多風向	
		値	時分		値	時分	値	時分		風速	風向			時分
1	0	0	—	19.5	23	13:20	16.3	2:40	1.3	3	東南東	9:40	北東	0
2	0	0	—	20.3	25.2	10:50	15.6	24:00:00	1.9	5	東北東	16:00	東北東	4.6
3	0	0	—	20.7	26.3	12:30	14.6	4:20	2	4	東	18:40	東南東	9.6
4	10	9	22:30	20.9	26.1	13:40	16.2	5:30	2	3	南東	23:40	南南東	4.1
5	1	1	8:30	19.8	23.6	13:10	16.3	23:50	1.9	4	北東	16:50	北北東	3.8
6	0	0	—	18.6	24.6	13:30	14.4	5:30	1.8	4	東	16:30	東北東	6.4
7	0	0	—	20.5	27.6	13:50	12.9	4:30	2.7	7	南西	14:40	南	8.9
8	32	6	12:00	17.9	23.5	9:50	14.6	20:30	2.7	8	南西	10:50	南東	0
9	0	1	9:20	16.4	20.5	14:50	11.8	23:40	1.8	3	北東	20:20	北北西	5.8
10	0	0	—	16.6	21.6	13:10	10.6	4:20	1.8	4	東北東	16:30	東	10.1
11	0	0	—	16.7	21.2	13:30	12.1	6:00	1.3	3	北北西	15:00	北北西	3
12	1	1	7:00	17.7	22.1	14:10	14.5	1:40	2.3	4	北北東	22:30	東北東	3.6
13	0	0	—	16.4	20.4	13:00	12.1	24:00:00	2.8	5	北北東	4:30	北東	4.3
14	0	0	—	15.6	21.5	14:20	10	4:30	1.8	5	東	10:30	東北東	6.6
15	0	0	—	16.1	20.5	12:40	12.3	6:00	2.6	4	北北東	20:50	北東	4.5
16	0	0	—	15.5	20	14:00	11.2	4:30	2.3	5	東北東	14:20	東	1.3
17	0	0	—	16.2	20.9	12:50	13.3	3:50	3.3	6	北東	13:30	東北東	5.5
18	0	0	—	16.7	20.7	12:00	14.2	24:00:00	2.5	6	東	15:40	東	6.6
19	12	3	13:50	14.9	17.5	18:40	12.8	5:50	2.4	7	東南東	15:40	東南東	0
20	10	6	2:50	15.1	17.2	7:20	12.9	24:00:00	6.4	11	西南西	15:00	西南西	0.1
21	0	0	—	13.3	17.8	14:30	9.4	6:20	2.5	5	西南西	13:30	南南東	4.4
22	0	0	—	15.4	20.6	11:50	9.9	6:30	3.1	7	西南西	13:10	南南東	8.4
23	5	3	7:40	14.9	19.8	14:00	10.7	22:00	1.8	3	北北東	24:00:00	東北東	5.6
24	0	0	—	14.3	20.4	12:40	9.1	3:30	2.4	4	東	16:40	東	10.1
25	0	0	—	17	23.5	14:40	10.4	3:20	1.9	4	東	18:40	南南東	9.3
26	14	7	14:30	16.8	18.6	11:20	13.9	2:10	1.4	3	東南東	16:10	南	0
27	3	2	11:10	16.5	17.3	12:00	14.6	23:20	2.8	6	北北東	17:00	北北東	0
28	0	0	—	14.9	19.2	14:00	10.2	5:40	1.6	4	北西	13:50	南	8.6
29	0	0	—	17.6	23	11:40	12	1:50	4.5	9	南西	14:40	西北西	0.1
30	0	0	—	15	17.8	12:30	12.5	21:40	1.3	3	北東	18:20	北東	0.3
31	0	0	—	14.7	19.6	13:10	9.8	6:20	2	4	東南東	15:30	東	8.2

付表-2-2(4) アメダス(かほく)における11月の日々の気象概況

日	降水量(mm)			気温(°C)				風向・風速(m/s)				日照時間(h)		
	合計	1時間最大		平均	最高		最低		平均風速	最大			最多風向	
		値	時分		値	時分	値	時分		風速	風向			時分
1	8	3	20:00	14.3	17.5	9:10	11.8	2:10	3	8	南西	9:20	南	0
2	1	1	16:20	13	16.4	14:20	8	23:20	2.2	6	北西	2:50	西北西	2.5
3	0	0	—	13.3	17.9	12:00	8.5	0:10	2.3	5	西南西	15:00	南南東	5.2
4	0	0	—	13.6	17.5	13:50	9.7	0:20	2.1	5	東	14:20	北東	3.6
5	0	0	—	14.2	19.2	12:20	9.1	3:40	1.9	3	東	17:30	東南東	1.3
6	4	2	3:20	13.6	15	14:50	11.5	22:50	1.5	4	北北東	15:20	北東	0
7	0	0	—	12.8	16.9	13:20	8.3	22:40	1.9	3	東北東	22:00	北東	8.7
8	0	0	—	12.7	17.3	15:10	8.1	6:50	1.7	4	南東	5:40	東南東	3.9
9	0	0	—	13.4	17.8	13:20	8.1	5:50	2.3	6	東北東	14:20	東北東	3.7
10	0	0	—	14.6	18.3	15:10	11.6	3:00	1.9	5	西南西	14:20	西南西	1.4
11	18	10	3:30	13.4	15.2	5:30	11.6	19:20	3.8	8	西北西	21:00	北西	0.4
12	14	4	15:40	12.9	14.5	20:00	10.3	1:10	6.9	11	北西	17:40	北西	0.8
13	0	0	—	13.3	16.1	12:40	9.1	24:00:00	3.3	9	北西	1:20	北西	3.2
14	0	0	—	13.1	17.9	13:10	7.8	6:30	2.4	6	西南西	15:40	南南東	8.1
15	4	1	19:40	11.5	17.9	10:50	7.3	24:00:00	2.9	8	南西	11:40	南	1.2
16	0	0	—	7.4	10.7	13:50	3.1	23:50	1.7	4	北北東	19:00	北東	0.5
17	5	2	23:30	8.9	16.6	14:10	2.3	1:30	3.6	9	西	16:00	南	7.2
18	7	2	24:00:00	8.2	14	3:50	1.7	24:00:00	5.8	11	西北西	7:30	西北西	0
19	1	2	0:30	3.9	8.3	13:10	1	4:10	2.7	5	東	15:40	南東	3.8
20	16	6	11:30	9.4	14.1	10:00	3	2:40	6	11	西南西	12:50	南南西	2.3
21	19	4	22:20	5.5	9.1	0:40	1.6	23:20	4.5	10	西	14:50	南東	1.7
22	14	2	13:50	2.1	6.2	17:50	0.2	5:30	2.1	5	北北西	17:30	南東	0.3
23	0	0	—	4.4	8.4	14:10	1.5	24:00:00	2.1	4	東	11:40	東	0.4
24	2	2	16:00	6.9	15.5	11:40	-0.1	3:50	2.7	8	西北西	15:10	南南東	4
25	0	0	—	9.4	15.8	14:20	3.7	7:00	1.5	3	南南東	19:00	南	8.7
26	0	0	—	12	17.3	14:00	4.3	6:10	4.1	8	南西	12:40	南西	5.2
27	0	0	—	9.2	15.4	0:30	6.8	24:00:00	2.9	5	北北東	4:30	北東	0
28	0	0	—	9	13.3	12:40	4.9	3:40	3.3	7	東北東	13:10	北東	8.6
29	0	0	—	8.7	11.1	10:40	5.5	22:50	2.8	7	東北東	13:40	東北東	0.9
30	4	4	23:10	9.4	14.3	13:30	2.8	4:10	2.5	5	西北西	22:30	東	7.6

3. 実証試験結果(水質測定結果生データ)(付表3-1~付表3-13)

付表3-1 COD測定結果 (mg/L)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	19.0	13.6	13.4	14.4	14.3	13.0	10.8
藻床通水前	20.8	13.4	13.7	10.6	12.7	11.8	11.3
藻床通水後	16.2	11.0	11.4	8.9	11.3	10.0	7.9
西部承水路注入水	16.6	12.4	12.7	13.0	14.2	12.3	10.0
対照区(水塊)	18.5	13.0	13.4	13.9	14.1	13.1	12.2

付表3-2 溶存態COD(D-COD)測定結果 (mg/L)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	9.7	6.7	7.5	6.8	6.2	6.1	5.0
藻床通水前	9.4	6.7	7.1	6.7	6.4	6.2	4.6
藻床通水後	9.4	7.0	8.0	5.9	6.4	6.3	4.8
西部承水路注入水	9.3	6.4	7.1	4.5	6.1	6.3	5.0
対照区(水塊)	9.5	6.4	7.2	5.6	6.0	6.6	5.3

付表3-3 SS測定結果 (mg/L)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	45	24	25	20	35	35	31
藻床通水前	67	30	24	21	25	27	29
藻床通水後	27	17	11	5	16	15	16
西部承水路注入水	40	26	22	28	39	28	25
対照区(水塊)	42	21	20	24	29	33	28

付表3-4 水素イオン濃度(pH)測定結果

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	8.86	8.69	8.81	9.04	9.24	8.93	8.61
藻床通水前	8.36	8.53	8.66	9.02	9.11	8.98	8.51
藻床通水後	8.37	7.97	9.20	9.18	9.29	8.33	8.19
西部承水路注入水	8.08	8.18	8.71	8.90	9.06	8.51	8.88
対照区(水塊)	8.78	9.03	9.08	9.22	9.38	9.05	9.01

付表3-5 溶存酸素量(DO)測定結果

(mg/L)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	8.4	10.3	10.0	11.0	11.5	11.7	11.4
藻床通水前	7.1	9.3	9.0	11.4	10.6	11.0	11.3
藻床通水後	6.9	7.3	9.2	10.9	10.2	9.8	10.5
西部承水路注入水	6.4	8.6	8.6	11.0	11.0	11.8	12.5
対照区(水塊)	9.0	10.8	10.7	12.2	12.3	13.1	13.1

付表3-6 クロロフィル-a 測定結果

(μg/L)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	153	115	87.1	92.6	97.4	122.0	108.0
藻床通水前	166	117	90.9	90.3	81.0	113.0	104.0
藻床通水後	141	75.2	47.8	27.7	61.5	75.7	70.5
西部承水路注入水	162	115	94.4	142	123	136.0	119.0
対照区(水塊)	173	113	75.9	104	104	145.0	118.0

付表3-7 全窒素(T-N)測定結果

(mg/L)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	1.57	1.91	1.29	1.52	1.54	1.72	1.44
藻床通水前	1.66	1.37	1.13	1.52	1.30	1.38	1.42
藻床通水後	1.44	1.28	0.89	1.06	1.09	1.24	1.29
西部承水路注入水	1.40	1.66	1.16	1.62	1.71	1.68	1.49
対照区(水塊)	1.60	1.56	1.18	1.65	1.35	1.71	1.54

付表3-8 溶存態窒素(D-N)測定結果

(mg/L)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	0.63	0.61	0.39	0.56	0.42	0.81	0.68
藻床通水前	0.65	0.36	0.37	0.41	0.41	0.75	0.67
藻床通水後	0.82	0.57	0.46	0.52	0.45	0.82	0.75
西部承水路注入水	0.56	0.41	0.34	0.40	0.46	0.81	0.71
対照区(水塊)	0.55	0.48	0.38	0.45	0.43	0.82	0.66

付表3-9 硝酸性窒素(NO₃-N)測定結果

(mg/L)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	0.009	0.009	0.004	0.001	0.002	0.407	0.354
藻床通水前	0.006	0.011	0.003	0.001	0.001	0.394	0.360
藻床通水後	0.004	0.052	0.007	0.020	0.007	0.407	0.419
西部承水路注入水	0.001	0.010	0.002	< 0.001	0.051	0.423	0.386
対照区(水塊)	0.002	0.004	0.003	< 0.001	< 0.001	0.381	0.308

付表3-10 亜硝酸性窒素(NO₂-N)測定結果

(mg/L)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	0.002	0.004	0.002	0.002	0.001	0.032	0.020
藻床通水前	0.003	0.005	0.002	0.001	0.001	0.032	0.020
藻床通水後	0.003	0.012	0.003	0.004	0.002	0.027	0.015
西部承水路注入水	0.003	0.005	0.002	0.001	0.013	0.030	0.024
対照区(水塊)	0.003	0.002	0.001	0.002	0.001	0.034	0.023

付表3-11 全リン(T-P)測定結果

(mg/L)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	0.16	0.084	0.092	0.080	0.11	0.11	0.097
藻床通水前	0.17	0.12	0.099	0.082	0.092	0.078	0.088
藻床通水後	0.15	0.090	0.068	0.029	0.068	0.051	0.063
西部承水路注入水	0.14	0.085	0.10	0.12	0.15	0.11	0.11
対照区(水塊)	0.16	0.14	0.087	0.10	0.10	0.11	0.10

付表3-12 溶存態リン(D-P)測定結果

(mg/L)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	0.034	0.033	0.039	0.013	0.013	0.013	0.016
藻床通水前	0.031	0.028	0.037	0.017	0.012	0.013	0.017
藻床通水後	0.041	0.030	0.036	0.015	0.011	0.013	0.012
西部承水路注入水	0.096	0.031	0.038	0.026	0.014	0.022	0.017
対照区(水塊)	0.031	0.029	0.032	0.014	0.015	0.015	0.017

付表3-13 リン酸態リン(PO₄-P)測定結果 (mg/L)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	0.008	0.010	0.015	0.002	0.011	0.013	0.008
藻床通水前	0.010	0.012	0.014	0.004	0.012	0.013	0.008
藻床通水後	0.015	0.013	0.016	0.002	0.010	0.013	0.008
西部承水路注入水	0.014	0.010	0.011	0.003	0.012	0.015	0.010
対照区(水塊)	0.009	0.026	0.039	0.002	0.012	0.015	0.008

付表3-14 透視度現地測定結果 (cm)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	14.5	16.0	16.5	13.0	13.5	12.5	17.5
藻床通水前	14.0	15.5	15.0	19.0	16.0	14.0	15.0
藻床通水後	17.5	22.0	30.0	30.0	19.0	29.0	26.5
西部承水路注入水	15.0	15.5	17.5	11.5	11.0	16.0	16.0
対照区(水塊)	16.5	16.5	16.0	11.5	14.0	15.0	16.5

付表3-15 透明度現地測定結果 (m)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	0.30	0.35	0.40	0.50	0.35	0.45	0.50
対照区(水塊)	0.40	0.30	0.55	0.50	0.40	0.45	0.55

付表3-16 水温現地測定結果 (°C)

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	28.0	28.0	29.1	23.1	18.8	16.3	14.2
藻床通水前	29.0	28.0	30.5	24.4	19.4	16.5	14.0
藻床通水後	29.5	28.3	33.2	24.8	20.6	16.4	16.2
西部承水路注入水	27.5	27.5	28.0	22.8	18.2	16.4	14.5
対照区(水塊)	27.5	27.6	29.0	23.2	18.7	16.5	14.2

付表3-17 水色(ウーレ水色計)現地測定結果

	8月23日	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日
実験区2(パイプ美人)	17	16	17	16	17	18	17
実験区1(サリック)	17	16	17	16	17	18	17
対照区(水塊)	17	16	17	16	17	18	17

4. 実証試験結果の評価(水質の比較方法)(付表4-1、付表4-2)

付表4-1は藻床水路通水前に対する通水後の水質の比率(百分率表示)を、付表4-2は対照区水塊に対する実験区水塊の水質の比率(百分率表示)を、それぞれ測定項目ごとに示したものである。その比率の試験期間内平均値と、標準偏差の大きさから、平均的な水質改善の度合いとその変動を評価することができる。付表4-1、付表4-2には参考として、水質の各項目の平均値に、藻床通水前と通水後、対照区と実験区水塊で有意差があるか否かをt検定により確認した結果を併記してある。なお、表中の比率の平均値を100から差し引いたものが、本編表5-5で示した、『平均の低減率(%)』に相当している。

本編では、試験期間平均の物質の低減率が目標水準に達したか否かを評価の基準としたが、付表4-1、付表4-2に示されるように、項目によっては測定回により変動が大きいため、平均値だけの評価では不十分と考えられる場合があり、ここでは標準偏差を付記するとともに、統計的な検定による考察も加えたものである。標準偏差が比較的小さい場合に、対照区に比べて有意差があるという判定となっており、本編表5-5、図5-3及び図5-4などと併用することにより、本実証試験結果の多面的、客観的な評価が可能になると考えられる。

付表4-1 藻床通水前に対する通水後の水質各項目の比率(%)

	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日	平均値 ± 標準偏差	有意差検定の結果 ^{*)}
SS	55	44	25	66	54	54	48 ± 13.2	有意に低下
COD	82	83	84	89	85	70	82 ± 6.1	有意に低下
D-COD	104	113	88	100	102	104	102 ± 7.4	有意差なし
クロロフィル-a	64	53	31	76	67	68	63 ± 17.5	有意に低下
DO	78	102	96	96	89	93	93 ± 7.6	有意差なし
T-N	94	79	70	84	90	91	85 ± 8.4	有意に低下
D-N	156	124	129	111	109	112	124 ± 16.4	有意に上昇
T-P	73	69	35	74	65	72	68 ± 15.4	有意に低下
D-P	107	97	88	92	100	71	98 ± 18.9	有意差なし

*) データ数 n=6、自由度 n-1=5、危険率 $\alpha=5\%$

付表4-2 対照区水塊に対する実験区水塊の水質各項目の比率(%)

	9月6日	9月20日	10月4日	10月18日	11月1日	11月15日	平均値 ± 標準偏差	有意差検定の結果 ^{*)}
SS	150	169	168	93	79	113	125 ± 36.9	有意差なし
COD	99	99	96	91	87	93	96 ± 5.7	有意に低下
D-COD	98	92	96	105	95	85	96 ± 6.8	有意差なし
クロロフィル-a	97	111	101	81	62	74	88 ± 16.6	有意差なし
DO	109	124	142	103	115	118	116 ± 14.6	有意に上昇
T-N	83	97	82	89	88	96	89 ± 5.8	有意に低下
D-N	74	99	98	110	115	104	101 ± 13.5	有意差なし
T-P	51	108	86	80	121	101	89 ± 23.3	有意差なし
D-P	103	141	64	100	300	106	162 ± 103.5	有意差なし

*) データ数 n=6、自由度 n-1=5、危険率 $\alpha=5\%$

5. 本実証試験に係る品質管理関係資料

- COD、T-N、T-P、SS及びクロロフィル-aの各項目において、実証計画に述べたように、毎回の測定時に二重測定を実施し、それぞれの測定値の差が両測定値の平均の20%以下であることを確認した(付表5-1～付表5-5)。いずれの項目も良好な一致を示した。
- 分析機器類の校正記録(付表5-6～付表5-11)。校正はいずれの正常に行われた。

付表5-1 CODの二重測定結果

測定項目	測定年月日	判定	採水地点	測定結果a (mg/L)	再測定結果b (mg/L)	平均値 (mg/L)	差(a-b)	差/平均値 (%)	判定 (20%以下)
COD	8月23日	良好	実験区2	19.0	18.6	18.8	0.4	2.1	20以下
		良好	対照区	18.5	17.8	18.2	0.7	3.9	20以下
	9月6日	良好	実験区2	13.6	13.9	13.8	-0.3	-2.2	20以下
		良好	対照区	13.0	13.2	13.1	-0.2	-1.5	20以下
	9月20日	良好	実験区2	13.4	13.6	13.5	-0.2	-1.5	20以下
		良好	対照区	13.4	13.4	13.4	0.0	0.0	20以下
	10月4日	良好	実験区2	14.4	13.2	13.8	1.2	8.7	20以下
		良好	対照区	13.9	14.3	14.1	-0.4	-2.8	20以下
	10月18日	良好	実験区2	14.3	14.2	14.3	0.1	0.7	20以下
		良好	対照区	14.1	13.9	14.0	0.2	1.4	20以下
	11月1日	良好	実験区2	13.0	13.2	13.1	-0.2	-1.5	20以下
		良好	対照区	13.1	13.4	13.3	-0.3	-2.3	20以下
	11月15日	良好	実験区2	10.8	11.1	11.0	-0.3	-2.7	20以下
		良好	対照区	12.2	11.7	12.0	0.5	4.2	20以下

付表5-2 T-Nの二重測定結果

測定項目	測定年月日	判定	採水地点	測定結果a (mg/L)	再測定結果b (mg/L)	平均値 (mg/L)	差(a-b)	差/平均値 (%)	判定 (20%以下)
T-N	8月23日	良好	実験区2	1.57	1.49	1.53	0.08	5.2	20以下
		良好	対照区	1.60	1.74	1.67	-0.14	8.4	20以下
	9月6日	良好	実験区2	1.91	1.68	1.80	0.23	12.8	20以下
		良好	対照区	1.56	1.52	1.54	0.04	2.6	20以下
	9月20日	良好	実験区2	1.29	1.27	1.28	0.02	1.6	20以下
		良好	対照区	1.18	1.15	1.17	0.03	2.6	20以下
	10月4日	良好	実験区2	1.52	1.65	1.59	-0.13	8.2	20以下
		良好	対照区	1.65	1.85	1.75	-0.20	11.4	20以下
	10月18日	—	—	—	—	—	—	—	—
		良好	対照区	1.71	1.85	1.78	-0.14	7.9	20以下
	11月1日	良好	実験区2	1.72	1.65	1.69	0.07	4.2	20以下
		良好	対照区	1.71	1.73	1.72	-0.02	1.2	20以下
	11月15日	良好	実験区2	1.44	1.64	1.54	-0.20	13.0	20以下
		良好	対照区	1.54	1.61	1.58	-0.07	4.4	20以下

付表5-3 T-Pの二重測定結果

測定項目	測定年月日	判定	採水地点	測定結果a (mg/L)	再測定結果b (mg/L)	平均値 (mg/L)	差(a-b)	差/平均値 (%)	判定 (20%以下)
T-P	8月23日	—	—	—	—	—	—	—	—
		良好	対照区	0.162	0.165	0.164	-0.003	1.8	20以下
	9月6日	良好	実験区2	0.084	0.086	0.085	-0.002	2.4	20以下
		良好	対照区	0.144	0.140	0.142	0.004	2.8	20以下
	9月20日	良好	実験区2	0.092	0.101	0.097	-0.009	9.3	20以下
		良好	対照区	0.087	0.085	0.086	0.002	2.3	20以下
	10月4日	良好	実験区2	0.080	0.076	0.078	0.004	5.1	20以下
		良好	対照区	0.100	0.092	0.096	0.008	8.3	20以下
	10月18日	良好	実験区2	0.113	0.096	0.105	0.017	16.3	20以下
		良好	対照区	0.096	0.099	0.098	-0.003	3.1	20以下
	11月1日	良好	実験区2	0.105	0.098	0.102	0.007	6.9	20以下
		良好	対照区	0.110	0.103	0.107	0.007	6.6	20以下
	11月15日	—	—	—	—	—	—	—	—
		良好	対照区	0.103	0.103	0.103	0.000	0.0	20以下

付表5-4 SSの二重測定結果

測定項目	測定年月日	判定	採水地点	測定結果a (mg/L)	再測定結果b (mg/L)	平均値 (mg/L)	差(a-b)	差/平均値 (%)	判定 (20%以下)
SS	8月23日	良好	対照区	42	42	41.9	0.0	0.0	20以下
	9月6日	良好	対照区	21	23	21.9	-2.8	12.8	20以下
	9月20日	良好	実験区2	25	25	25.1	-0.6	2.4	20以下
		良好	対照区	20	21	20.5	-0.3	1.5	20以下
	10月4日	良好	対照区	24	24	23.7	0.1	0.4	20以下
	10月18日	良好	実験区2	35	37	36.0	-1.6	4.4	20以下
		良好	対照区	29	31	29.8	-2.5	8.4	20以下
	11月1日	良好	実験区2	35	34	34.3	0.9	2.6	20以下
良好		対照区	33	35	33.6	-2.0	6.0	20以下	
11月15日	良好	実験区2	31	30	30.3	0.7	2.3	20以下	
	良好	対照区	28	28	28.4	-0.1	0.4	20以下	

付表5-5 クロロフィル-aの二重測定結果

測定項目	測定年月日	判定	採水地点	測定結果a (mg/L)	再測定結果b (mg/L)	平均値 (mg/L)	差(a-b)	差/平均値 (%)	判定 (20%以下)
クロロフィルa	8月23日	良好	実験区2	153	151	152.0	2.0	1.3	20以下
		良好	注入水	162	153	157.5	9.0	5.7	20以下
		良好	対照区	173	181	177.0	-8.0	4.5	20以下
	9月6日	良好	実験区2	115	116	115.5	-1.0	0.9	20以下
		良好	注入水	115	106	110.5	9.0	8.1	20以下
		良好	対照区	113	109	111.0	4.0	3.6	20以下
	9月20日	良好	実験区2	87.1	85.2	86.2	1.9	2.2	20以下
		良好	注入水	94.4	91.3	92.9	3.1	3.3	20以下
		良好	対照区	75.9	74.7	75.3	1.2	1.6	20以下
	10月4日	良好	実験区2	92.6	91.6	92.1	1.0	1.1	20以下
		良好	注入水	142	130	136.0	12.0	8.8	20以下
		良好	対照区	104	103	103.5	1.0	1.0	20以下
	10月18日	良好	実験区2	97.4	94.2	95.8	3.2	3.3	20以下
		良好	注入水	123	126	124.5	-3.0	2.4	20以下
		良好	対照区	104	101	102.5	3.0	2.9	20以下
	11月1日	良好	実験区2	122	117	119.5	5.0	4.2	20以下
		良好	注入水	136	131	133.5	5.0	3.7	20以下
		良好	対照区	145	141	143.0	4.0	2.8	20以下
11月15日	良好	実験区2	108	108	108.0	0.0	0.0	20以下	
	良好	注入水	119	118	118.5	1.0	0.8	20以下	
	良好	対照区	120	122	121.0	-2.0	1.7	20以下	

付表5-6 pHメータの校正記録(平成19年4月以降)

用途	機器または設備 の名称	校正年月日	判定	担当者: 本田		
				pH標準液4 20°C 4.00 25°C 4.01	pH標準液7 20°C 6.88 25°C 6.86	pH標準液9 20°C 9.22 25°C 9.18
pH	pH計(HORIBA M-13)	平成19年4月26日	良好	4.002	6.881	9.226
		平成19年5月10日	良好	4.008	6.865	9.177
		平成19年5月25日	良好	4.002	6.854	9.177
		平成19年6月7日	良好	4.011	6.858	9.157
		平成19年6月19日	良好	4.011	6.859	9.158
		平成19年6月21日	良好	4.011	6.860	9.160
		平成19年7月5日	良好	4.008	6.867	9.180
		平成19年7月19日	良好	4.010	6.859	9.161
		平成19年8月9日	良好	4.007	6.868	9.182
		平成19年8月23日	良好	4.011	6.860	9.158
		平成19年9月6日	良好	4.008	6.886	9.180
		平成19年9月20日	良好	4.007	6.870	9.195
		平成19年10月4日	良好	4.008	6.864	9.176
		平成19年10月18日	良好	4.005	6.872	9.201
		平成19年11月1日	良好	4.004	6.874	9.210
平成19年11月15日	良好	4.002	6.881	9.228		

付表5-7 COD用水浴槽温度校正記録(平成19年4月以降)

担当者:東海林

用途	設備の名称	校正年月日	判定	測定値 (使用前~使用)	判定基準
COD	COD用水浴槽 (木村科学器械(株))	平成19年4月12日	良好	98~98℃	95~100℃
		平成19年4月19日	良好	98~98.5℃	
		平成19年4月26日	良好	98~98℃	
		平成19年5月10日	良好	98~98℃	
		平成19年5月14日	良好	98~98℃	
		平成19年5月25日	良好	98~98℃	
		平成19年6月7日	良好	98~98℃	
		平成19年6月19日	良好	98~98.5℃	
		平成19年6月21日	良好	98~98℃	
		平成19年7月5日	良好	98~98℃	
		平成19年7月6日	良好	98~98℃	
		平成19年7月19日	良好	97.5~97.5℃	
		平成19年8月9日	良好	98~98℃	
		平成19年8月23日	良好	98~98℃	
		平成19年9月6日	良好	97.5~98℃	
		平成19年9月20日	良好	98~98.5℃	
		平成19年10月4日	良好	97.5~98℃	
		平成19年10月18日	良好	98~98℃	
平成19年11月1日	良好	97.5~98℃			
平成19年11月15日	良好	98~98.5℃			

付表5-8 SS測定時のろ紙秤量用天秤の校正記録(平成19年4月以降)

担当者:柿本

用途	機器の名称	校正年月日	判定	ycw113-00 10mg	ycw213-00 100mg	ycw313-00 1g	10mgとの 差(g)	100mgとの 差(g)	1gとの差(g)
				協定値 0.010mg	協定値 0.01mg	協定値 0.04mg			
SS	マクロ&セミクロ 天秤(サルトリウス ME215E)	平成19年4月19日	良好	0.01002	0.10001	1.00008	0.00002	0.00001	0.00008
		平成19年5月10日	良好	0.01001	0.10001	1.00008	0.00001	0.00001	0.00008
		平成19年6月7日	良好	0.01001	0.10002	1.00008	0.00001	0.00002	0.00008
		平成19年7月5日	良好	0.01002	0.10001	1.00008	0.00002	0.00001	0.00008
		平成19年8月9日	良好	0.01003	0.10002	1.00007	0.00003	0.00002	0.00007
		平成19年9月4日	良好	0.01002	0.10001	1.00007	0.00002	0.00001	0.00007
		平成19年10月4日	良好	0.01003	0.10002	1.00008	0.00003	0.00002	0.00008
		平成19年11月15日	良好	0.01002	0.10003	1.00007	0.00002	0.00003	0.00007
		試験液100mlとしてのSS濃度							0.1~0.3mg/l

付表5-9 SS測定時のろ紙乾燥用定温乾燥機の温度校正記録(平成19年4月以降)

担当者:柿本

用途	機器の名称	校正年月日	判定	測定値 (使用前~使用 後)	判定基準
SS	定温乾燥機 (ヤマトDS-44)	平成19年4月12日	良好	106~106℃	105~110℃
		平成19年5月10日	良好	106~106℃	
		平成19年6月7日	良好	107~107℃	
		平成19年7月5日	良好	106~107℃	
		平成19年8月9日	良好	105~105℃	
		平成19年9月6日	良好	107~107℃	
		平成19年10月4日	良好	106~106℃	
		平成19年11月1日	良好	105~106℃	

付表5-10 窒素・リン分析用吸光光度計校正記録(平成19年4月以降)

担当者:小森

用途	機器の名称	校正年月日	判定	T-N(0.5mg/l)			T-P(0.4mg/l)		
				校正値	濃度(mg/l)	評価(%)	校正値	濃度(mg/l)	評価(%)
T-N T-P	吸光光度計 (フランチーベ TRAACS800)	平成19年4月24日	良好	0.5020	0.5000	0.20	0.4004	0.4000	0.05
		平成19年5月2日	良好	0.5050	0.5000	0.50	0.3996	0.4000	-0.05
		平成19年5月7日	良好	0.5095	0.5000	0.94	0.3876	0.4000	-1.57
		平成19年5月14日	良好	0.5000	0.5000	0.00	0.3956	0.4000	-0.55
		平成19年5月16日	良好	0.5050	0.5000	0.50	0.3930	0.4000	-0.88
		平成19年5月21日	良好	0.5010	0.5000	0.10	0.3994	0.4000	-0.08
		平成19年5月23日	良好	0.5003	0.5000	0.03	0.3987	0.4000	-0.16
		平成19年5月28日	良好	0.5034	0.5000	0.34	0.3994	0.4000	-0.08
		平成19年5月31日	良好	0.5014	0.5000	0.14	0.3981	0.4000	-0.24
		平成19年6月5日	良好	0.5021	0.5000	0.21	0.3994	0.4000	-0.08
		平成19年6月12日	良好	0.5016	0.5000	0.16	0.4000	0.4000	0.00
		平成19年7月5日	良好	0.5009	0.5000	0.09	0.4012	0.4000	0.15
		平成19年7月11日	良好	0.5006	0.5000	0.06	0.4035	0.4000	0.44
		平成19年7月24日	良好	0.5185	0.5000	1.82	0.4050	0.4000	0.62
		平成19年7月26日	良好	0.5175	0.5000	1.72	0.4094	0.4000	1.16
		平成19年8月1日	良好	0.5002	0.5000	0.02	0.3984	0.4000	-0.20
		平成19年8月7日	良好	0.5125	0.5000	1.23	0.4109	0.4000	1.34
		平成19年8月13日	良好	0.5135	0.5000	1.33	0.4108	0.4000	1.33
		平成19年8月16日	良好	0.5155	0.5000	1.53	0.3982	0.4000	-0.23
		平成19年9月12日	良好	0.5340	0.5000	3.29	0.4098	0.4000	1.21
平成19年9月18日	良好	0.5155	0.5000	1.53	0.4105	0.4000	1.30		
平成19年10月2日	良好	0.5090	0.5000	0.89	0.4086	0.4000	1.06		
平成19年10月16日	良好	0.5095	0.5000	0.94	0.3953	0.4000	-0.59		
平成19年10月22日	良好	0.5005	0.5000	0.05	0.3984	0.4000	-0.20		
平成19年11月8日	良好	0.5180	0.5000	1.77	0.4087	0.4000	1.08		

◎判定基準:(校正値-平均値)/平均値×100<5%

付表5-11 クロロフィル測定用吸光光度計校正記録(平成19年4月以降)

担当者:澤田

用途	機器の名称	校正年月日	判定	標準液の吸光度 (濁度 20µg/mL)	超純水 ブランク吸収強度	平均値との差	判定基準
クロロ フィル-a	吸光光度計 (SHIMADZU UV-1600PC)	平成19年5月16日	良好	0.265	0.000	-0.002	0.72
		平成19年5月31日	良好	0.266	0.000	-0.001	0.35
		平成19年6月13日	良好	0.266	0.000	-0.001	0.35
		平成19年6月21日	良好	0.266	0.000	-0.001	0.35
		平成19年7月10日	良好	0.269	0.000	0.002	0.78
		平成19年7月23日	良好	0.267	0.000	0.000	0.03
		平成19年8月2日	良好	0.268	0.000	0.001	0.40
		平成19年8月17日	良好	0.268	0.000	0.001	0.40
		平成19年8月24日	良好	0.266	0.000	-0.001	0.35
		平成19年9月6日	良好	0.266	0.000	-0.001	0.35
		平成19年9月28日	良好	0.268	0.000	0.001	0.40
		平成19年10月9日	良好	0.268	0.000	0.001	0.40
		平成19年10月19日	良好	0.268	0.000	0.001	0.40
		平成19年11月16日	良好	0.266	0.000	-0.001	0.35
		平均値		0.267	0.000		

◎判定基準:(吸光度-平均値)/平均値×100<5%

6. 本実証試験の実施状況

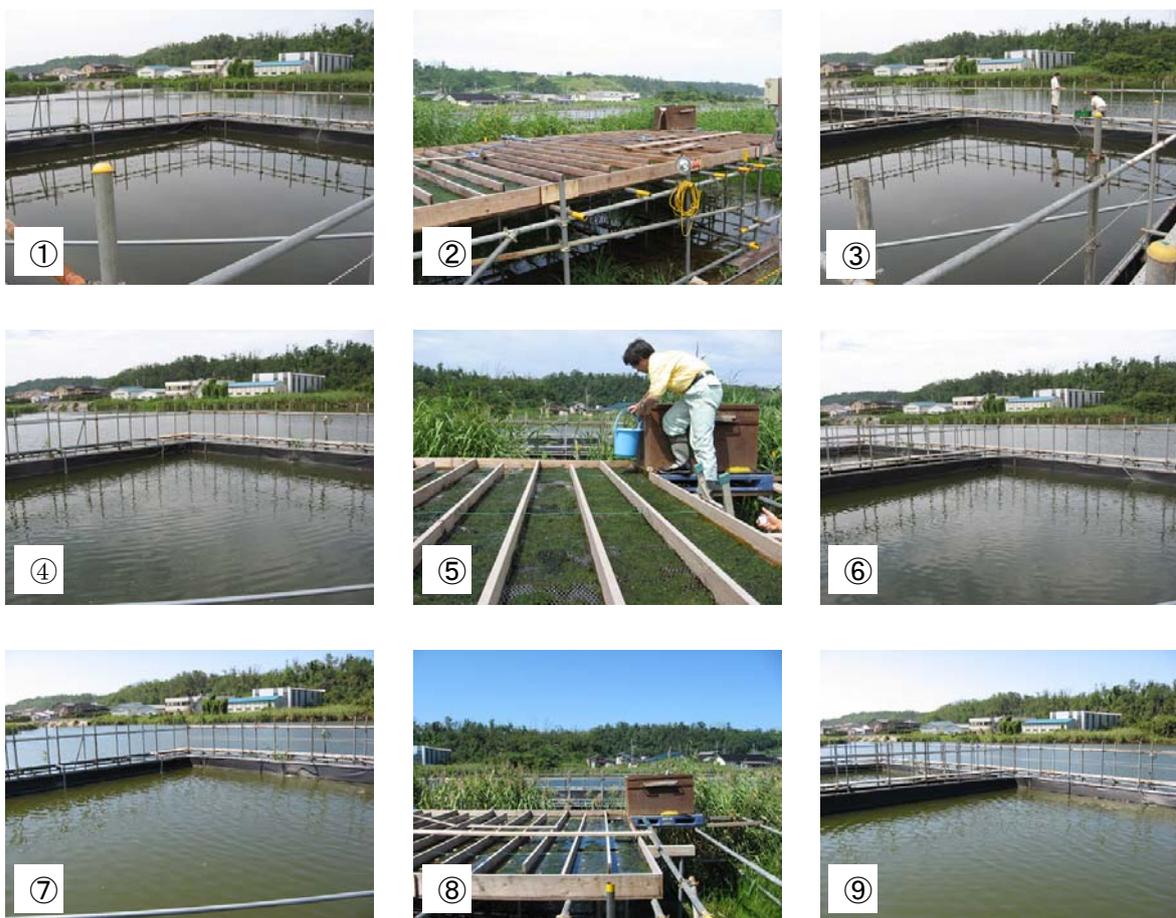
- 現地作業・試料採取の実施状況(付表6-1)
- 試料採取時の写真(付図1)

付表6-1 現地作業・試料採取の実施状況

月日	天候		開始時刻	終了時刻	作業を行った職員等の氏名	作業の内容
	日照 ^{*)}	降水量 ^{**)}				
8月9日	晴れ	3.0	0.0	9:55 ~ 11:15	澤田 橋田 柿本 東海林	事前調査、現況確認
8月23日	曇	0.8	0.0	9:50 ~ 11:00	澤田 小森 柿本 東海林	装置運転開始、水・底質試料採取
9月6日	曇	0.0	0.0	9:50 ~ 10:45	澤田 橋田 柿本	装置運転状況確認、水試料採取
9月20日	晴れ	3.0	0.0	10:15 ~ 12:00	橋田 柿本 東海林	同上
10月4日	晴れ	1.4	0.0	9:20 ~ 10:40	橋田 小森 東海林 張	同上
10月18日	晴れ/曇	1.1	0.0	9:55 ~ 11:40	澤田 柿本 東海林 張	同上
11月1日	小雨	0.0	3.0	9:35 ~ 11:00	澤田 橋田 柿本 張	同上
11月15日	晴れ/曇	1.2	0.0	9:35 ~ 11:15	澤田 橋田 柿本 東海林	装置停止、水・底質試料採取

^{*)} 日照: 午前9時~正午の間の日照時間 (hr) (アメダスカはくのデータによる)

^{**)} 降水量: 午前9時~正午のあいだの降水量(mm) (アメダスカはくのデータによる)



付図 1 実証試験期間中の現地写真(実験区水塊、藻床水路および対照区水塊)

左の3枚の写真(①、④、⑦)は実験区水塊、中央の3枚の写真は藻床水路、右の3枚の写真は対照区水塊である。

②および⑧から貯留タンクから藻床水路に水が供給される様子が分かる。⑤は藻床内の藻の生育状態を示す。

7. 藻床水路に用いたサヤミドロについて

藻床水路に充填したサヤミドロは代表的な緑藻の一種であり、その形態上の特徴及び採取地点の情報等を付表7-1に示す。また、その写真を付図7-1～付図7-3に示す。

付表7-1 サヤミドロに関する情報

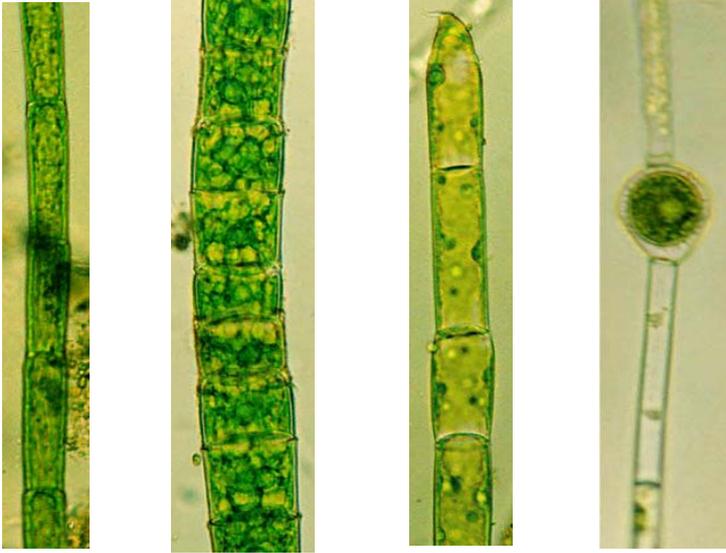
採取した場所	①福井市大瀬町地内 日野川、足羽川合流地点付近の用水路 ②加賀市弓波町地内 田園地帯の用水路	
種の名称	界 (Kingdom)	原生生物界
	門 (Division)	緑色植物門 (Chlorophyta)
	綱 (Class)	緑藻綱 (Chlorophyceae)
	目 (Order)	サヤミドロ目 (Oedogoniales)
	科 (Family)	サヤミドロ科 (Oedogoniaceae) : この一科のみ
	属 (Genus)	サヤミドロ属 (Oedogonium sp.) : 他にブルボケーテ属、エドクラジウム属
	種 (Species)	サヤミドロ属は多数(国内に65種)存在するので種名は同定できない
形態上の特徴	サヤミドロは、沼や池、水田、湿原などに生息する付着性の糸状をした緑色の藻類で、水辺の水草や水中に沈んでいる棒杭などに着生し、うぶ毛状に群生していることが多い。	
分布・生態の特徴	サヤミドロは世界中に広く分布し、日本においても非常に多くの種類が確認されている。雌雄同体の種とそうでない種が存在し、種の識別をするには糸状体の外形だけではなく、生卵器、造精器、生活史などの特徴を調べる必要がある。したがって、今回採取した種の同定は不可能であった。	



付図7-1 上記採取地点で生育するサヤミドロ



付図7-2 水槽に採取されたサヤミドロ



付図7-3
サヤミドロの顕微鏡写真

※下記サイトからダウンロードしたものである。

<http://cyclot.hp.infoseek.co.jp/ryokuso2/oedo.html>