

IV 登山道侵食

1 はじめに

昭和50年代後半以降、中高年層を中心とした登山ブームは、山岳地への登山者の増加を促進した。特に深田久弥に紹介された日本百名山を中心とした有名山岳へ登山者が集中し、これら山岳地では、登山道沿いの植生の荒廃や登山道の侵食等の問題が取りざたされるようになった(長田、2002)。

このことを背景に、わが国でも昭和50年代後半以降に登山道侵食の研究が行われるようになった(関根、1982)。これらの研究の中で、人為的な要因による登山道の侵食が指摘されている(依田・小野、1990・1991、山田、1992、池田、2000など)。

白山においても、登山者数の増加などによる登山道の荒廃が昭和50年代後半頃から問題となり、特に人為的影響による登山道の侵食が指摘されるようになった(石川県環境部環境保全課・石川県白山自然保護センター、1977)。弥陀ヶ原での高山植物群落の荒廃(石川県環境部、1978)、エコーラインや展望歩道の荒廃(石川県環境部、1992)が指摘され、植生復元や登山道整備が行われて来ている。

日本百名山のひとつでもある白山の登山者数は現在年間約4-5万人とされ、平成14年8月には山頂部の中心的宿泊施設である室堂センターがリニューアルオープンするなど、今後も登山者数の増加が見込まれ、人為的な要因による登山道の侵食が危惧される。

本研究は、白山の登山道がどのような要因により侵食されるか、特に人為的な要因による侵食の影響を明らかにすることを目的として行った。また、侵食の予防策に対しても若干の検討を行った。

2 調査内容と調査方法

対象とした登山道は、砂防新道、観光新道、エコーライン、山頂お池めぐりコース、南竜道である(図IV-1、表IV-1)。これらの登山道は白山において、利用度が高い主要登山道といえる。なお、黒ボコ岩-室堂間は正式には、観光新道に入るが、利用率が高い砂防新道からの登山者がこの区間を多く利用するので、砂防新道に加えてある。また、お池めぐりコースには室堂から千蛇ヶ池への最短コースである中宮道区間も含めた。

登山道に働く侵食としては、流水(雨水、融雪水)、凍結融解、風食などの自然的要因によるものと、人のけとばしによる礫・砂の移動や人の踏みつけ・人の踏み出しなどによる植生破壊などの人為的要因によるものが指摘されている(例えば小野ほか、1990)。これらの侵食作用により、形成された侵食形態について調査をした。形態は、「踏み分け道」、「拡大」、「踏み跡」、「掘り込み」、「崩壊」、「ノッチ」、「その他」に分類し、その分布を調べた。

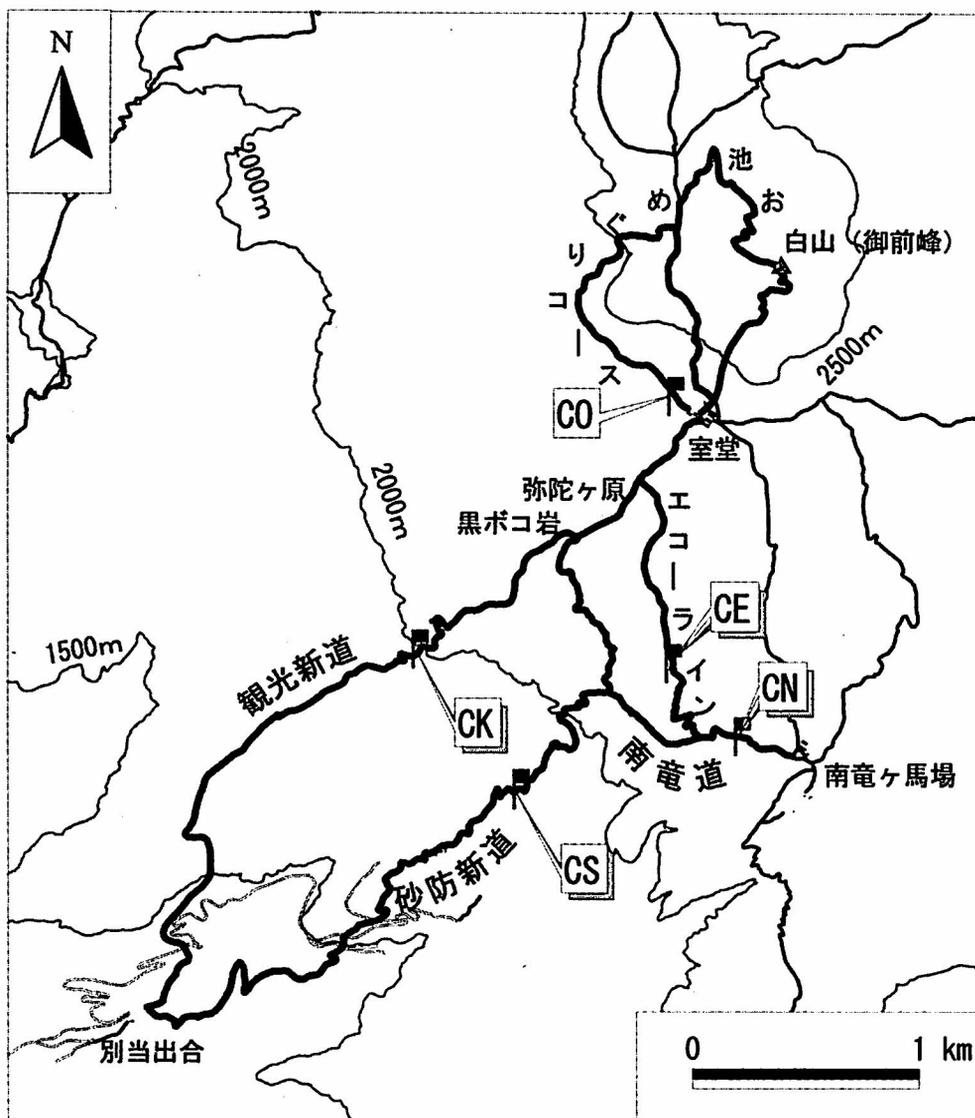
また、定点観測地点を設けて、横断面の計測や定点撮影を行って1年間の侵食量やそこにどのような侵食作用がもたらされているかを調べた。定点地点は、対象登山道沿いの5か所(CS、CN、CE、CO、CK)である(図IV-1)。このうち、砂防新道の1か所において人為的な要因を知るため、平成15年7月27日(日)5:00-17:00の12時間、デジタルビデオカメラによる撮影を行い、人の歩行パターンを調べた。

3 調査結果

(1) 登山道沿いに見られる侵食形態

ア 侵食形態の分類

侵食形態は、形成要因なども考慮して、7つに分類した(表IV-2)。「踏み分け道」は、「本来の登山道」(これを本道とする)とは別に形成された道で、登山道とほぼ平行した小道である(写真IV-1)。規模が大きくなると本道と区別がつかず、登山道が複線化する。また、本道とはずれた近道(写真IV-2)や巻き道、あるいは網状(写真IV-3)になって本道がどれかよくわからなくなったものもこれに含める。「拡大」は登山道が側方向に広がったものである(写真IV-4)。本道が何らかの要因で歩きにくい場合や起伏のない緩斜面で登山者が踏み出して歩いたために形成されたものである。もともとは「踏み分け道」であったものが結合したも



-  登山道 太線は調査対象登山道
 横断面計測地点 記号は表Ⅳ-4に一致する

図Ⅳ-1 調査対象登山道

表Ⅳ-1 調査対象登山道

登山道	区 間	距離 (km)	標高 (m)	標高差 (m)	備 考
砂防新道	別当出合-室堂	6.5	1,260-2,450	1,190	黒ボコ岩-室堂間は砂防新道に加えた。
観光新道	別当出合-黒ボコ岩	4.4	1,260-2,320	1,060	
南竜道	南竜分岐-南竜ヶ馬場	1.3	2,100-2,070	30	
エコーライン	エコーライン分岐-弥陀ヶ原	1.6	2,100-2,350	250	
お池めぐりコース	山頂部周遊	5.7	2,450-2,700	250	含む室堂-千蛇ヶ池最短ルート

距離・標高・標高差は、国土地理院発行1/25,000地形図から判読したものの。

表Ⅳ-2 侵食形態

分類	具体例
踏み分け道	・登山道にほぼ平行にできた道 ・登山道と外れてできた道（近道、巻き道） ・網状の道
拡大	・登山道が側方向に広がったもの
踏み跡	・登山道沿いの広場（分岐、標識、眺望地） ・行き止まりの道
掘り込み	・登山道が周囲の地形より、凹地状になったもの
崩壊	・崩壊斜面
ノッチ	・凍結融解、風食によるへこみ
その他	・谷筋の登山道 ・落石

のもあると思われる。「踏み跡」は登山道の方向とは別の不規則な広がり、登山道の分岐点や標識、眺望地、史跡（写真Ⅳ-5）などにできた広場や行き止まりの道である（写真Ⅳ-6）。これらの「踏み分け道」、「拡大」、「踏み跡」は登山道本道はずれて、人が踏み出したことにより形成されたものであり、人為的な要因が主となった侵食形態を指す。

「掘り込み」は登山道が周囲の地形に比べて溝のように凹んでいるものを指す（写真Ⅳ-7）。「崩壊」は登山道側面の崩壊地である（写真Ⅳ-8）。自然植生斜面を横切って登山道が作られたために、斜面が不安定となり、発生したものであろう。「ノッチ」は登山道側壁のへこみである（写真Ⅳ-9）。稜線部の風衝地に見られ、冬季の寒気に直接さらされ、凍結融解作用や風食により形成されたものと思われる。崩壊後に凍結融解作用や風食の影響を受け形成されたものもあると考えられる。「その他」は特異なものを指し、急斜面上の谷筋に登山道があり、流水などの侵食が活発に行われている地点（写真Ⅳ-10）や転・落石の堆積地（写真Ⅳ-11）をここに含めた。これらの「掘り込み」、「崩壊」、「ノッチ」、「その他」は自然的要因が主となって形成されたものである。なお、「掘り込み」は人の踏み込みも関与していると思われるが、侵食量としては、主として地表水などの自然的要因によるものと考えた。

このように分類した侵食形態について対象登山道上の分布を調べた。原則として、登山道に沿って長さ10m以上連続するもの（崩壊の場合はその高さが10m以上のものも含む）を1か所としてカウントした。ただし、「踏み跡」については10m未満のものも含めた。また、いくつかの形態が重なり合って見られる場合は、主たる形態の方に分類した。

イ 侵食形態の分布

調査の結果、120か所の侵食形態を把握した（表Ⅳ-3）。一番多いのは「踏み分け道」であり、以下「拡大」、「踏み跡」、「掘り込み」、「崩壊」、「その他」、「ノッチ」の順である。上位3形態は、人為的要因により形成されたものであり、残りは自然的要因により形成されたものである。前者が81か所の67.5%、後者が39か所の32.5%で、人為的要因が主となり形成された侵食形態が多いことがわかった。

登山道別にいくつか特徴的な点を見ると砂防新道では「拡大」が一番多く、全体の半数以上を占めた。砂防新道は、以前から登山者が集中する登山道であり（石川県環境部環境保全課・石川県白山自然保護センター、1977、島木・早川、1988）、第Ⅰ章の登山者利用動態のアンケート調査でも砂防新道利用登山者が跳びぬけて大きい。このことが「拡大」の数に表れていると思われる。観光新道にのみ見られる「その他」は、起点の別当出合から国土交通省の砂防工事用道路を横断して、稜線部に至る急斜面上に集中している（図Ⅳ-2）。これは急斜面上の谷筋に登山道が敷設されているものであり、降雨があると地表水が発生して流水の影響を受けやすい。また、上部崩壊地から径1m以上の転・落石が10数個ある地点もあった（写真Ⅳ-11）。このほか崩壊地も多く見られ、自然的要因による侵食が活発に起こっている。本論から外れるが、この観光新道の区間は、将来的に登山道の付け替えなどの必要性が生じるか所であると思われる。エコーラインの「踏み跡」はエコーラインの下部に集中して見られた。ここでは尾根側面の急傾斜の平滑斜面上に登山道がジグザグにつけられてい



写真Ⅳ-1 踏み分け道①
登山道とほぼ平行な踏み分け道（本道の左側部分）



写真Ⅳ-2 踏み分け道② 近道
（正面が近道で左側部分が本道）



写真Ⅳ-3 踏み分け道③ 網状
（登山道がいくつにも分かれ本道が不明瞭）



写真Ⅳ-4 拡大（左側部分）



写真Ⅳ-5 踏み跡① 史跡
（人が出入りし植生が踏み荒らされ、裸地となっている）



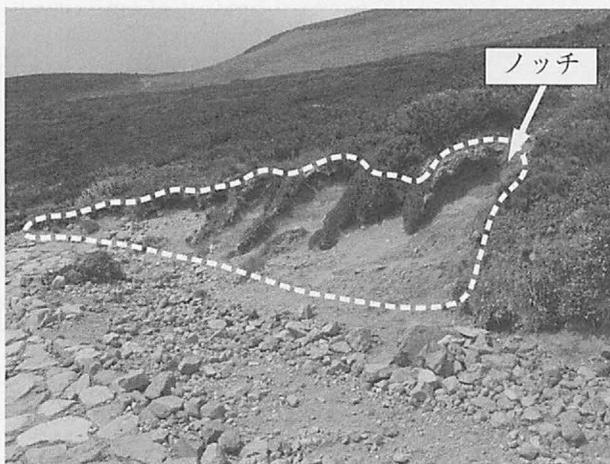
写真Ⅳ-6 踏み跡②
行き止まりの道



写真Ⅳ-7 掘り込み
(登山道がおつ凹状に掘り込まれている)



写真Ⅳ-8 崩壊
(登山道左側斜面上の裸地部分)



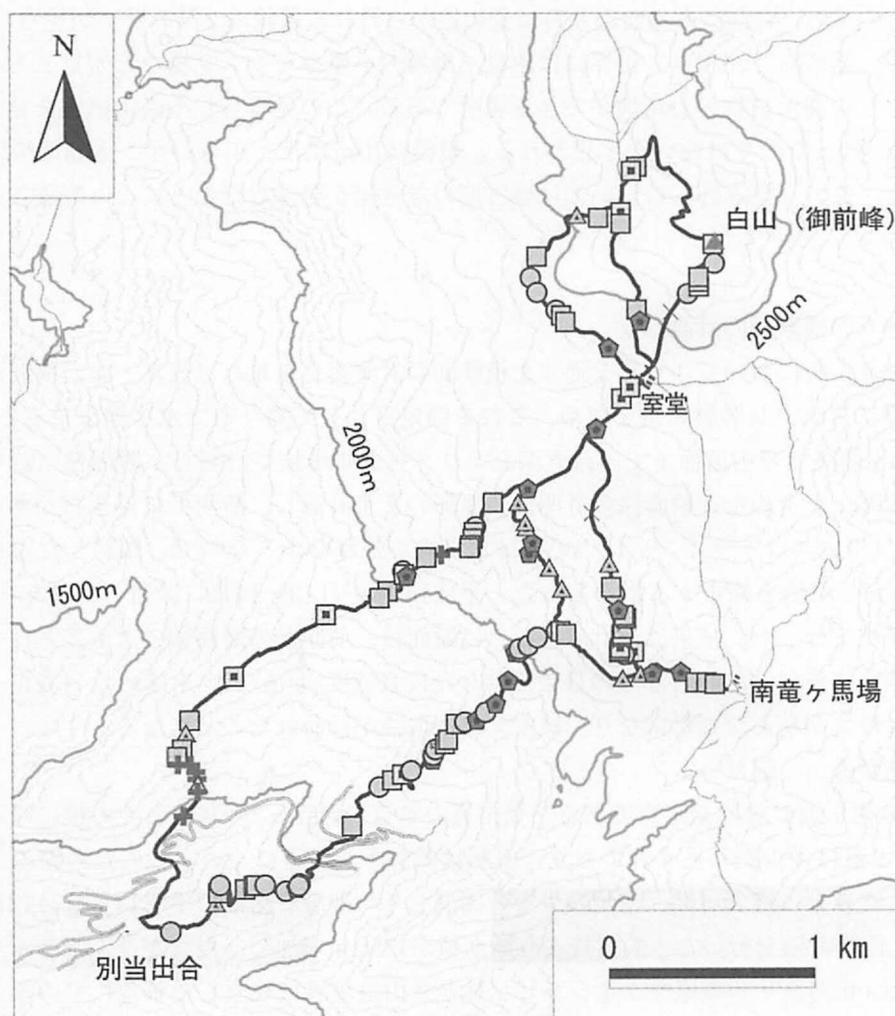
写真Ⅳ-9 ノッチ
(登山道側面の馬蹄形の凹んだ部分)



写真Ⅳ-10 その他①
急斜面上の谷筋の登山道 (出水時に登山道が荒される)



写真Ⅳ-11 その他② 転・落石地
(人物の左及び右奥に上部からの転・落石がある)



- 登山道 太線は調査対象登山道
 踏み分け道 拡大 踏み跡
 掘り込み 崩壊 ノッチ その他

図IV-2 登山道の侵食形態

表IV-3 対象登山道における侵食形態

登山道	距離 (km)	踏み分け道 (か所)	拡大 (か所)	踏み跡 (か所)	掘り込み (か所)	崩壊 (か所)	ノッチ (か所)	その他 (か所)	計 (か所)
砂防新道	6.5	9	18	3	9	6	0	0	45
観光新道	4.4	10	2	4	2	2	0	7	27
南竜道	1.3	4	0	1	2	2	0	0	9
エコーライン	1.6	4	2	6	1	1	3	0	17
お池めぐりコース	5.7	8	5	5	2	1	1	0	22
計	19.5	35	27	19	16	12	4	7	120
割合		29.2%	22.5%	15.8%	13.3%	10.0%	3.3%	5.8%	100.0%
		67.5%			32.5%				100.0%

る。この曲がり角のうち、東側にある曲がり角に登山道から外れ直線状の「踏み跡」が見られる（写真Ⅳ-6）。周辺はササ草原で、見晴らしが利き、視界には南竜ヶ馬場の小屋やキャンプ場などが見下ろせる。また夏にはニッコウキスゲなどの高山植物のお花畑ができる場所である。この見晴らしや高山植物を見るために登山者が入り、「踏み跡」が残ったのではないかと思われる。規模は10m以下と小さいが、人為的要因を考慮し分布数に含めた。ただし、この「踏み跡」については残雪期の巻き道が発達したことにより形成された面もあるかもしれない。

(2) 定点観測地での横断面の計測

対象登山道内の5か所において、1年を通した横断面の計測変化を見た（表Ⅳ-4）。横断面の計測は、対象地点の登山道両側にステンレス製の杭を埋め、これを固定点として釣り糸で水平線をたるまないように張り、その線上から5cm間隔で登山道面までの鉛直深をミリメートル単位で計測し、断面積（釣り糸と登山道の横断面で囲まれた範囲）を求めた。鉛直深の計測は、原形のまま計測し、断面上に浮き石があっても、そのまま計測した。なお、CE（エコーライン）については水平線が張れなかったため、傾斜した線を張り、その線上に5cm間隔で計測した値を補正する形をとった。平成14年9月13-14日に設置し、翌年の平成15年7月-9月に各地点で計測を行った。結果は、計測日ごとに断面積、前回との断面積の計測差及びこの計測差を登山道の幅で除し、さらに前回の計測日からの日数で除した侵食速度（cm/日）を求めた（表Ⅳ-5）。前回より断面積が増加すれば侵食が進んだことになり、減少すれば堆積が行われたことになる。

ア CS（砂防新道） 図Ⅳ-3

標高1,860m、砂防新道に設けた定点である。登山道の本道（図Ⅳ-3の㊸）とその横に踏み分け道（図Ⅳ-3の㊹）がある。本道は多少掘り込まれており、表層は礫が多く歩きにくい。このため踏み分け道が形成されたものと考えた。踏み分け道表層は、空隙の少ない礫混じりの砂層である。平成14年9月13日設置後、平成15年7月18日に第1回の計測を行った。設置後より断面積が135cm²増加し、侵食が進んだとみられるが、これは草地（計測0-85cm間。ササ草原やオオシラビソ林と登山道境界に成立した草地）での誤差によるところが大きく、登山道上での大きな変動は見られなかった。しかし、この8日後に行った7月26日時点の侵食速度は0.024cm/日となり、この地点での最大となった。これは本道での礫の移動によるものであり、他の断面での変化はほとんど観測されなかった。礫の移動は、地表水の痕跡が見られないこと、長軸方向が不規則な礫が周辺に散在していることから、人のけとばしによるものと考えられる。環境省白峰自然保護官事務所が平成15年5-10月に行った入・下山者通行量計測器（LRカウンターⅡb、映像サイエンス社製）を登山口に設置して行った登山者カウンター調査によれば、砂防新道での登山者数は、7月中旬以降に増加しており、このころから人の影響が顕著になるとと思われる（図Ⅳ-4）。

9月16日の計測では、断面積が前回より282cm²減少し、いわゆる堆積するという結果になった。これは、本道での堆積によるものであり、現地で見ると本道断面は、礫が敷き詰められたように密になっており、さらにその隙間を砂・シルトが充填している。おそらく、礫は人の踏みつけで踏み固められ、隙間を上手から流水などで運搬された砂・シルトが埋積したものではないかと思われる。

この地点では、デジタルビデオカメラによる12時間の連続撮影を行った。侵食状況については次節で後述したい。

イ CN（南竜ヶ馬場） 図Ⅳ-5

標高2,070m、南竜道の南竜ヶ馬場付近の定点である。登山道の一部が崩壊し、その地点を巻くように別ルートで平成10年、新しく開設された登山道上に設置した定点である。計測地点上手に、人工的に木板と石が置かれ、段差ができています。平成14年9月13日に設置後、平成15年7月2日の計測時点で断面積が207cm²増加し、侵食が確認された。さらに8月11日には、断面積が1,008cm²も増加し、侵食速度は0.115cm/日を記録し、5地点での計測中最大となった。この定点の表層部は厚さ10cm程度の泥炭層があり、その下部に火山灰層と泥炭層が数cm-30cmの厚さで互層している。これらの地層は一部粘土化しており、水の浸透が悪く表面にたまりやすい状態となっている。計測日の前前日には降雨があったせい（金沢地方気象台白峰アメダス降水量による）、当日は足を置くだけで土壌が削れるような状態であった。明瞭な登山靴の靴底跡や靴でえぐった跡が観

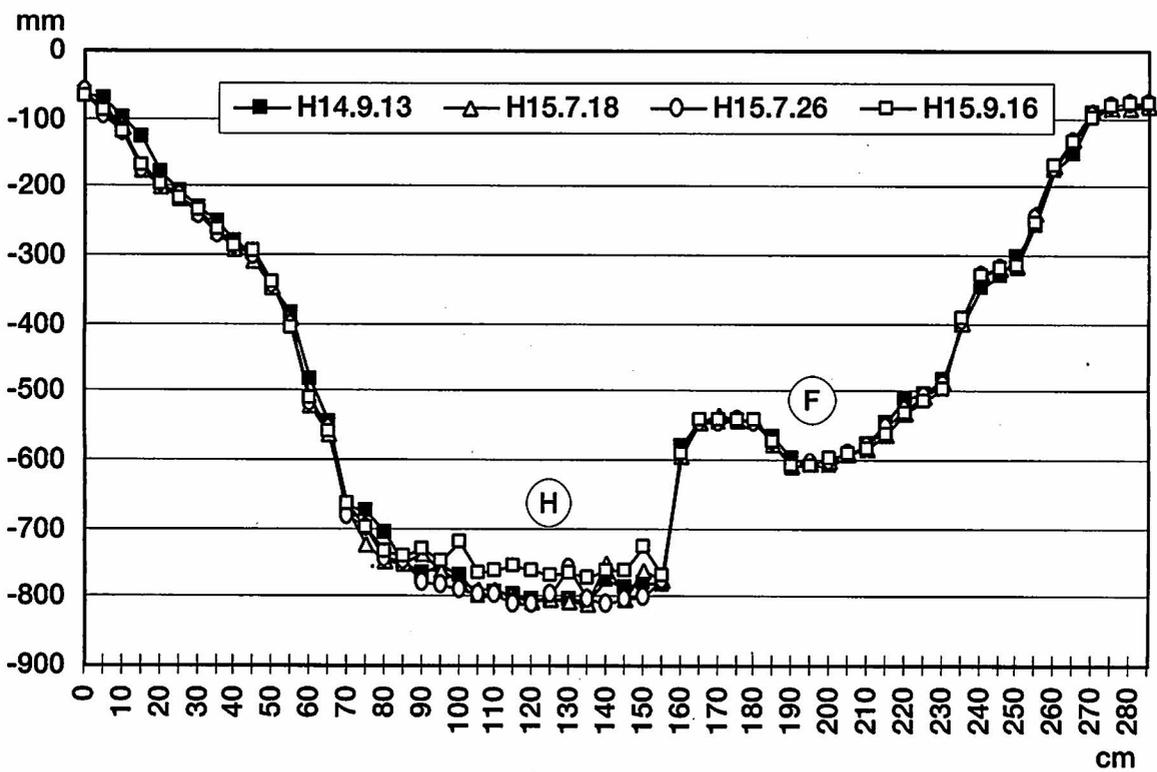
表IV-4 定点観測地点

地点番号	CS	CN	CE	CO	CK
場所	砂防新道 甚之助避難小屋下	南竜道	エコライン上部	お池めぐりコース 室堂-千蛇ヶ池間	観光新道 殿ヶ池避難小屋下
標高	1,860 m	2,070 m	2,270 m	2,440 m	1,990 m
方位	東	西北西	北	北北東	北北東
傾斜	5°	11°	10°	6°	13°
地質	手取層群	白山火山噴出物	白山火山噴出物	白山火山噴出物	手取層群
表層	砂礫層、下部ほど 角礫が増える	泥炭・火山灰層	火山灰層、 下部に角礫層	砂礫層	砂礫層、下部ほど 角礫が増える
植生	オオシラビソ-ダケ カンバ群落	ササ自然草原	ササ自然草原	草本と低木	ササ自然草原
斜面形	緩斜面	緩斜面	尾根上の緩斜面	谷状の緩斜面	谷状の緩斜面
登山道の 侵食形態	踏み分け道	掘り込み	掘り込み、 踏み分け道	踏み分け道	踏み分け道

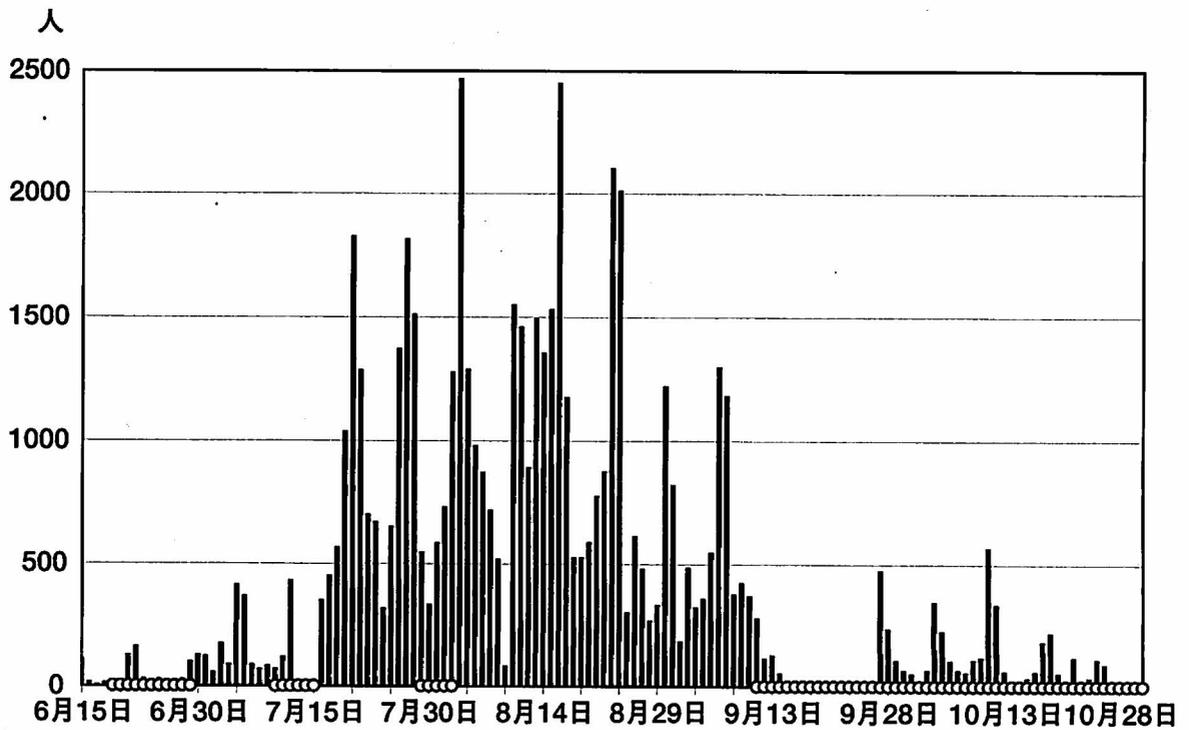
表IV-5 横断面の計測結果

CS (砂防新道)	H14.9.13		H15.7.18	H15.7.26		H15.9.16	年間の変化
断面積 (cm ²)	13,944		14,079	14,134		13,843	
前回計測時との差 (cm ²)			135	54		-282	-102
侵食速度 (cm/日)			0.002	0.024		-0.019	-0.001
CN (南竜ヶ馬場)	H14.9.13	H15.7.2			H15.8.11	H15.9.16	年間の変化
断面積 (cm ²)	3,841	4,047			5,099	(5,744)	
前回計測時との差 (cm ²)		207			1,008	(645)	(1,903)
侵食速度 (cm/日)		0.003			0.115	(0.081)	(0.024)
CE (エコライン)	H14.9.14	H15.7.2				H15.9.17	年間の変化
断面積 (cm ²)	14,624	14,871				14,936	
前回計測時との差 (cm ²)		247				65	312
侵食速度 (cm/日)		0.003				0.003	0.003
CO (お池めぐりコース)	H14.9.14	H15.7.3				H15.9.17	年間の変化
断面積 (cm ²)	2,413	3,124				3,221	
前回計測時との差 (cm ²)		711				98	0.1
侵食速度 (cm/日)		0.017				0.009	0.016
CK (観光新道)	H14.9.15				H15.8.13	H15.9.18	年間の変化
断面積 (cm ²)	7,080				7,370	7,427	
前回計測時との差 (cm ²)					290	57	0.0
侵食速度 (cm/日)					0.005	0.008	0.005

() のデータは、人工的な改変が施された後に測定したもの。



図IV-3 横断面の計測結果 CS (砂防新道)
 ㊦は本道、㊦は踏み分け道の位置を示す。



図IV-4 砂防新道日別登山者数 (平成15年)
 ○印は当日5:00-19:00の間に欠測のある日
 (環境省白峰自然保護官事務所登山者カウンター調査資料により作成)

察され、人の踏みつけにより削られたと思われる。周辺はササ草原であり、周囲から地表水が流れ込むような痕跡も見られなかった。なお、この地点は、その後人工的な補修が行われたため、計測は8月11日をもって終了した。

ウ CE (エコライン) 図Ⅳ-6

標高2,270m、エコライン上部の定点である。本道中央に溝状の小さな掘り込みが発達し、両側には幅45cmの踏み分け道(図Ⅳ-6の㊦)とノッチ化したへこみがある(図Ⅳ-6中には省略)。平成14年9月14日の設置後、平成15年7月2日の計測では、断面積が247cm²増加し、侵食されるという結果になったが、これは断面上の草地面での測定誤差による所が大きい(計測0-35cm、278-293cm)。中央部の掘り込みには登山道上手の残雪から供給された地表水が観察された。9月17日時点になると、中央の掘り込みには砂礫の堆積が見られた。反面、その両側の断面は侵食されており、一部には基盤の露出が顕著になったか所もみられた。また、踏み分け道部分でも地表面の低下がみられ、断面積を合計すると65cm²の侵食となった。中央部の堆積は地表水により運搬・堆積されたものであろう。掘り込み両側の斜面は、人の踏みつけ、雨滴、布状流、風食による侵食が考えられる。踏み分け道部分は、人の踏みつけによるところが大きいと思われる。周辺の現地表面とは80cm程度の比高差があり、長年の侵食により掘り込みがすすんだと思われる。なお、ノッチ部分の深さ・高さについても簡略な計測を行ったが、大きな変動は見られなかった。

エ CO (お池めぐりコース) 図Ⅳ-7

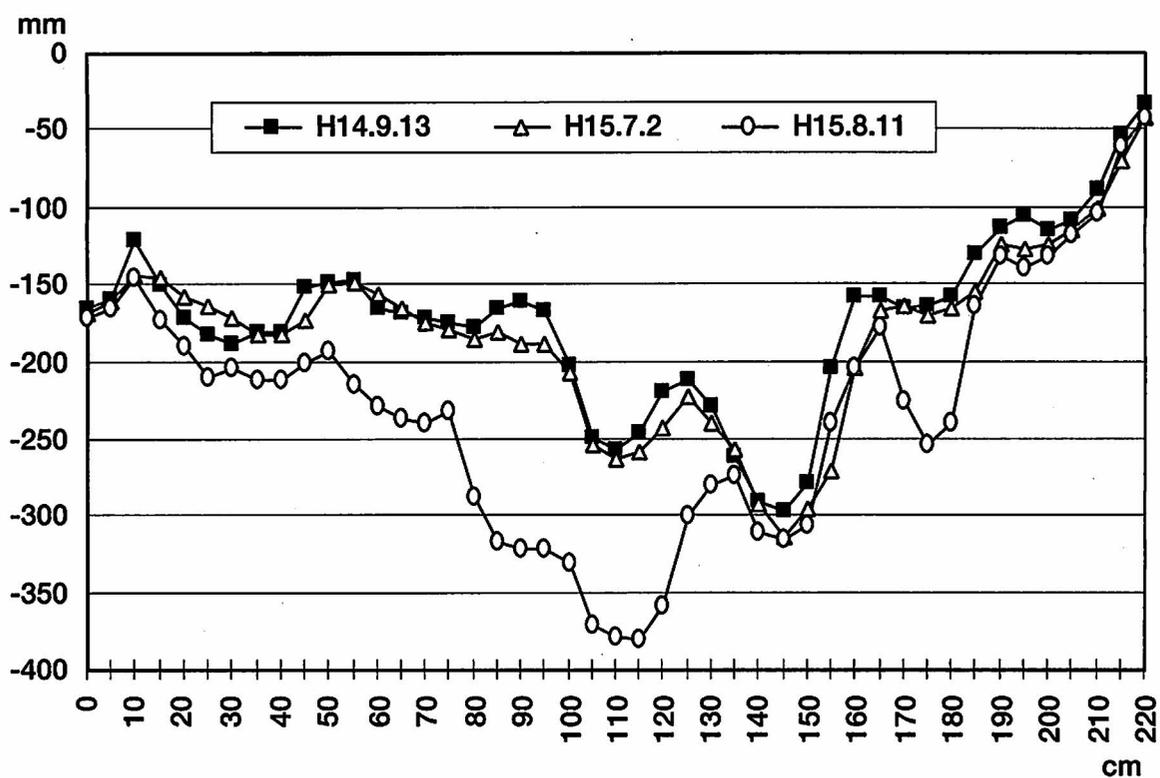
標高2,440m、山頂お池めぐりコースの室堂付近の定点である。もともとの登山道本道に平行して隣接している踏み分け道の部分である。本道はCS(砂防新道)と同様に礫が多く歩きにくい。このため踏み分け道が形成されたと思われる。表層は砂礫層からなる。平成14年9月14日の設置後、平成15年7月3日の計測では、断面積が711cm²も増加し、大きな侵食が確認された。小さな崩れた跡があり、中央部分に馬蹄形の小さな崩壊地状の地形が観察された。当日は、上部から地表水が供給されており、明瞭な流路跡が確認された。恐らく、残雪が梅雨の降雨によって、融解し大量の地表水がもたらされ、小さな崩れが発生したと思われる。全体に湿った感じがし、手で簡単に崩れるような状態になっていた。9月17日時点になると、断面積は98cm²増加し、全体として侵食が進んでいるが、中央部では堆積がみられた。地表水などにより側面が削られ、中央部は運搬された土砂が堆積したと思われる。

オ CK (観光新道) 図Ⅳ-8

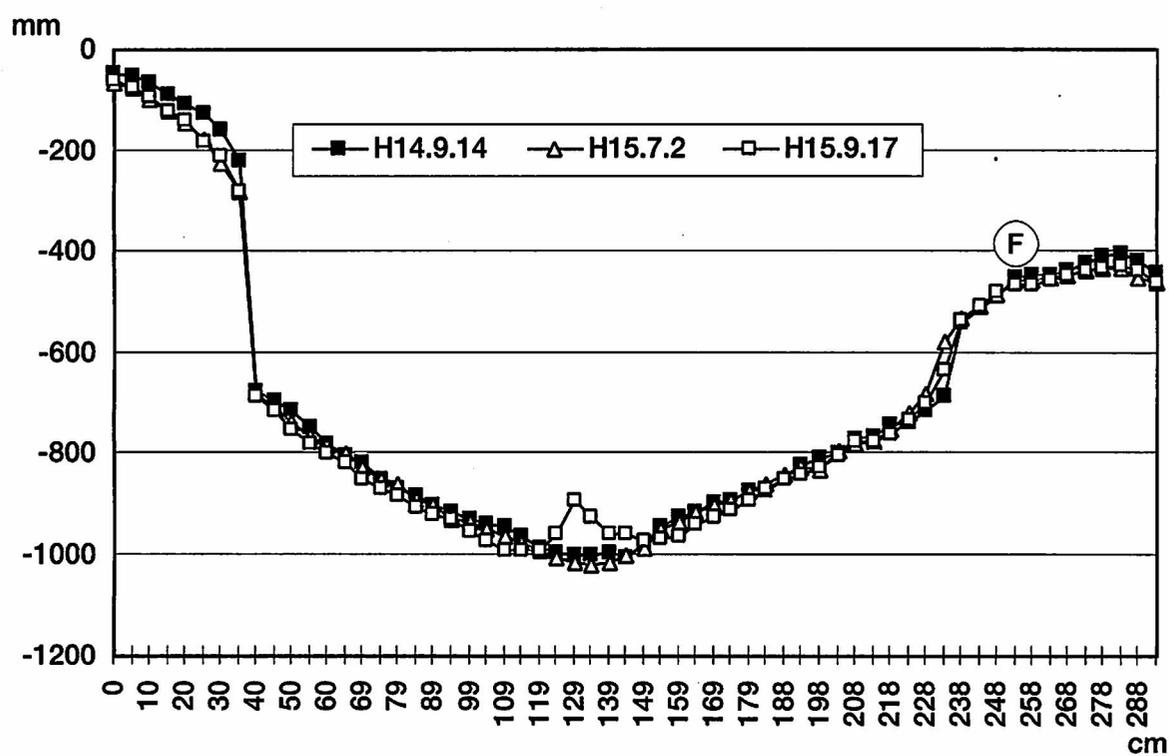
標高1,990m、観光新道の殿ヶ池避難小屋付近の定点である。登山道の本道(図Ⅳ-8の㊦)とその横に踏み分け道(図Ⅳ-8の㊦)がある。本道表層は、CS(砂防新道)、CO(お池めぐりコース)同様に礫が多く歩きにくく、また幅が狭く上りの人と下りの人が交差しにくい。このため踏み分け道が形成されたものと思われる。踏み分け道は2段に分かれ、表層は礫混じりの砂礫層である。平成14年9月15日設置後、平成15年8月13日に計測を行った。断面積が290cm²増加し、設置後より侵食がすすんだが、特に踏み分け道での侵食が顕著であった。もともと2段の踏み分け道があったが、その段差がなくなり、表層中に含まれる礫の露出度も高くなった。この傾向は融雪直後の平成15年7月15日の観察でも同様であった。この時期はまだ登山者の数がそう多くないので、原因としては梅雨の降雨で雪が解け大量の地表水により、侵食されたと考えるのが妥当と判断した。本道では、断面線前後での礫のけとばしによる移動が観察された。9月18日の計測では、断面積が57cm²増加し、さらに侵食が進むことになった。現地では踏み分け道での踏み出しによる侵食と本道で登山者のけとばしによると思われる礫の移動が観察された。特に本道ではCS(砂防新道)と同様に礫が密に敷きつめられる傾向を示した。

カ まとめ

以上5地点での横断面測定の結果を見ると、融雪期の流水により、大きな侵食が進むこと(CO(お池めぐりコース)の平成15年7月3日の測定)、人の踏みつけやけとばしなどの人為的な要因による侵食(CN(南竜ヶ馬場)の平成15年8月11日の測定やCS(砂防新道)の7月26日の測定)が、予想した以上に登山道に影響を及ぼすことを知る事ができた。特にCN(南竜ヶ馬場)の変化は非常に大きいものがある。しかし、人だけの問題ではなく、もともとは、その地点の自然的な条件に左右されて侵食の程度に違いが生じていることは明らかである。小野ほか(1990)は、登山道の侵食要因について、自然の侵食プロセスに人為的な影響が加わっ

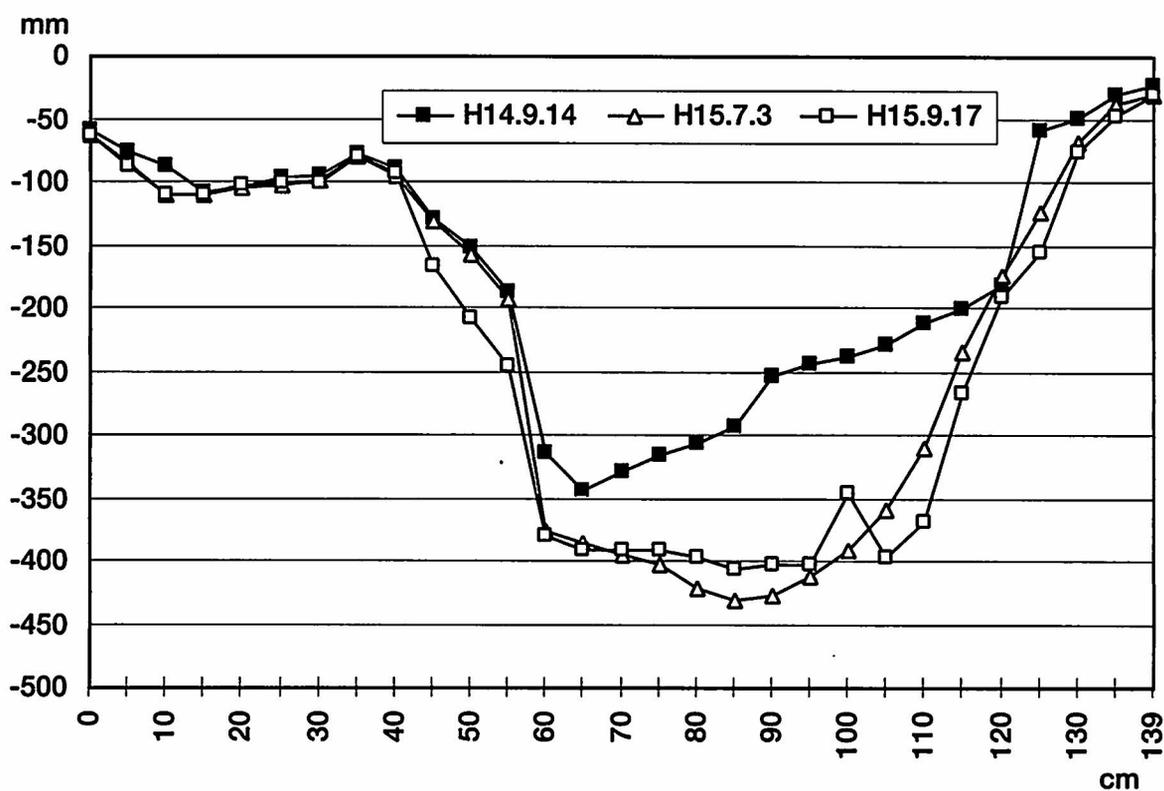


図IV-5 横断面の計測結果 CN (南竜ヶ馬場)

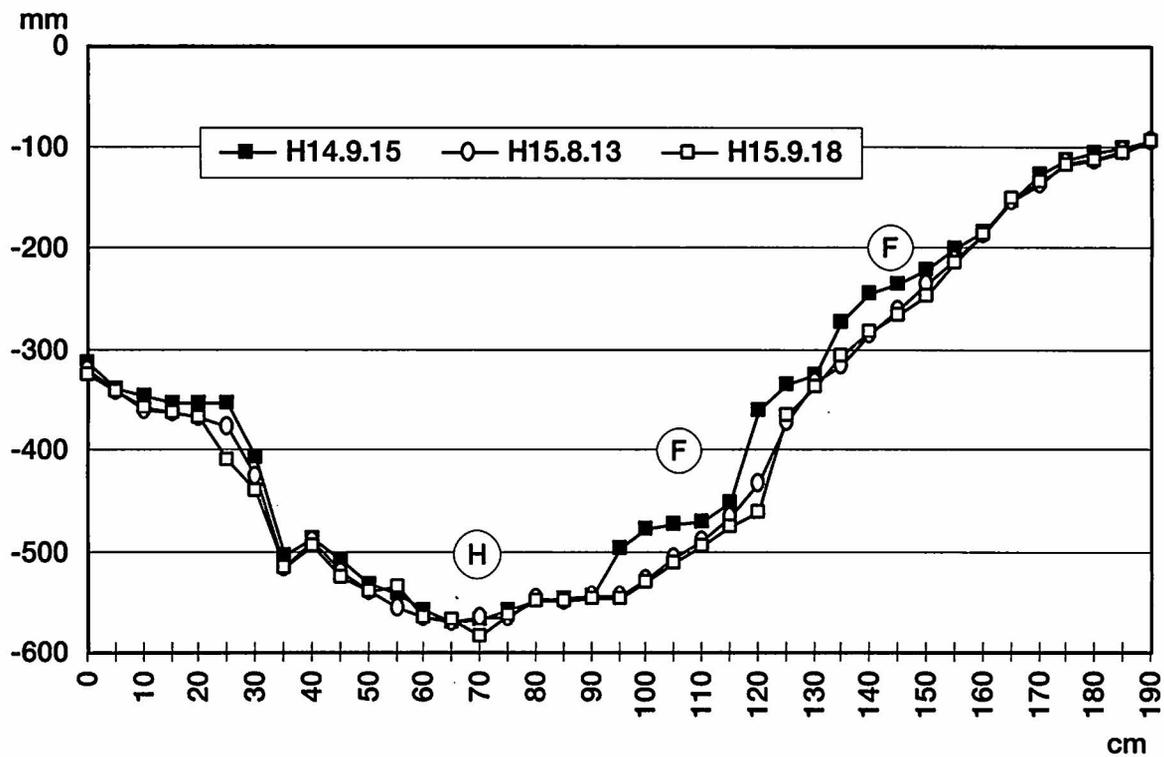


図IV-6 横断面の計測結果 CE (エコーライン)

ⓕは踏み分け道の位置を示す。



図IV-7 横断面の計測結果 CO (お池めぐりコース)



図IV-8 横断面の計測結果 CK (観光新道)
 (H)は本道、(F)は踏み分け道の位置を示す。

たことが侵食を加速化していると指摘している。今回の結果もそれを裏付ける結果となった。特に素因として表層の地質が何であるかが問題であり、CN（南竜ヶ馬場）地点のような泥炭や火山灰が厚く堆積している所では、植生が剥ぎ取られて裸地化すると侵食されやすいといえる。

(3) デジタルビデオカメラによる撮影とその時の侵食状況

ア デジタルビデオカメラによる撮影

人の踏み出し、けとばしなどの人為的要因がどの程度登山道に影響を及ぼすかを明らかにする上で、デジタルビデオカメラによる撮影を行い、登山者の歩行パターンを調べた。地点は横断面の計測を行ったCS（砂防新道）で、前節で述べたように登山道に沿って踏み分け道が形成されている（写真Ⅳ-12）。撮影日時は平成15年7月27日（日）5:00～17:00までの12時間である。自然な状態での歩行を知るために、ビデオカメラは登山道脇に登山者から見つからないように設置して撮影した。撮影記録はLPモードでテープに記録し、約120分ごとにテープを取り換えた。前日に少々雨が降ったが、当日の天候は概ね晴れであり、撮影中風が吹いたり、ガスがかかったりすることは多少あったが終日穏やかな天候であった。金沢地方気象台（2003）によれば、この日に北陸地方は梅雨明けをした。記録したテープから登山者の歩行パターンを①本道、②踏み分け道、③踏み分け道より更に外側の植生地、④その他の4種類に分類し、上りと下り別に1時間毎に集計し、整理した（図Ⅳ-9）。当日の上りは1,255人、下りは941人、合わせて2,196人であった。

歩行パターンは、本道を歩く登山者と踏み分け道を歩く登山者が大部分を占めた。③の植生地を歩く登山者は、上りと下りのすれ違い、追い越しの場合であり、④のその他は①～③のいずれの分類にも含まれない場合である。いずれも数は少なかった。

当日、踏み分け道を歩いた登山者は547人で、全体の24.9%、約4分の1を占めた。特に下りの登山者の中で踏み分け道を歩く人の割合が高い。下りで踏み分け道を歩いた登山者は941人中359人で、下りの全登山者の38.2%を占め、4割近くになった。10:00～11:00、11:00～12:00の時間帯では、踏み分け道を歩く下山者が本道を歩く下山者を上回った。この時間帯は登山者が多く、上り下りのすれ違い時に下りの登山者が踏み分け道を歩くパターンがよく見られた。

そもそも下りの登山者が踏み分け道を歩行するパターンは、他の地点の踏み分け道でもよく観察された。この理由としてひとつは登山者のすれ違い時の「登り優先」の原則があげられる。すなわち下山者は、上りの登山者に対して、道を譲り脇によけるなど本来の道でないところを歩く、つまり踏み分け道を歩くことがあると思われる。

また、地形を見ると登山道本道から踏み分け道へ入りやすくなっているのは下山者側からの場合が多い。踏み分け道の多くは登山道本道より高い位置にあり、下山者に比べ体力的に余裕のない上りの登山者にとっては、踏み分け道を歩くのがかえって面倒に感じ、むりに体力を消耗して登山道から踏み出すことはしないという心理が働くように思われる。しかし、上から下りてくる下山者は、体力的に余裕があり、そのような弊害は少なく、むしろ本道にちょっとした歩きにくさがあればわりと簡単に本道から踏み出すのではないかとと思われる。

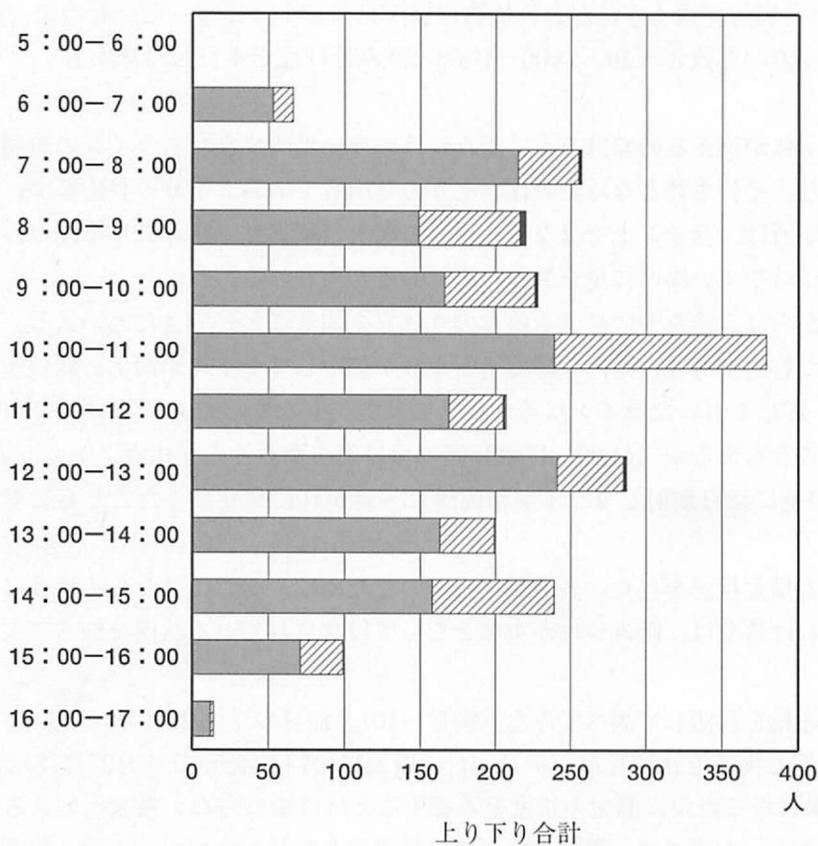
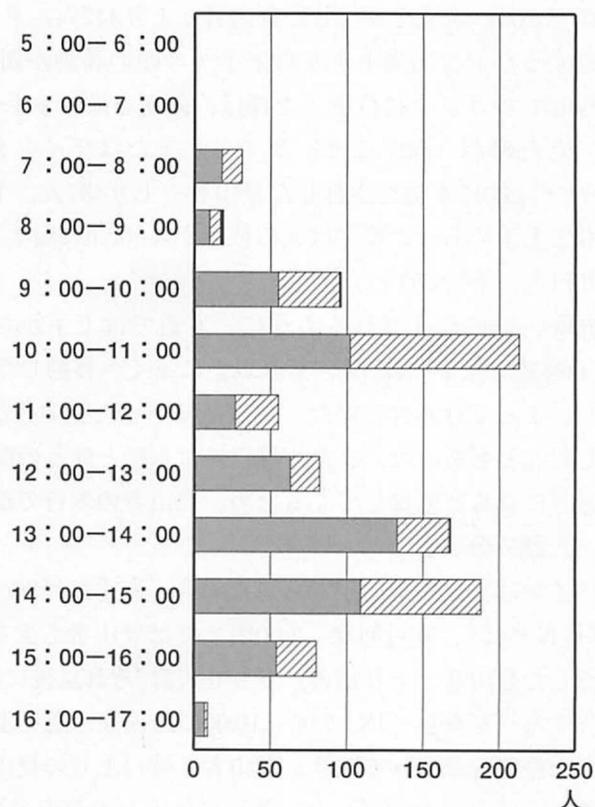
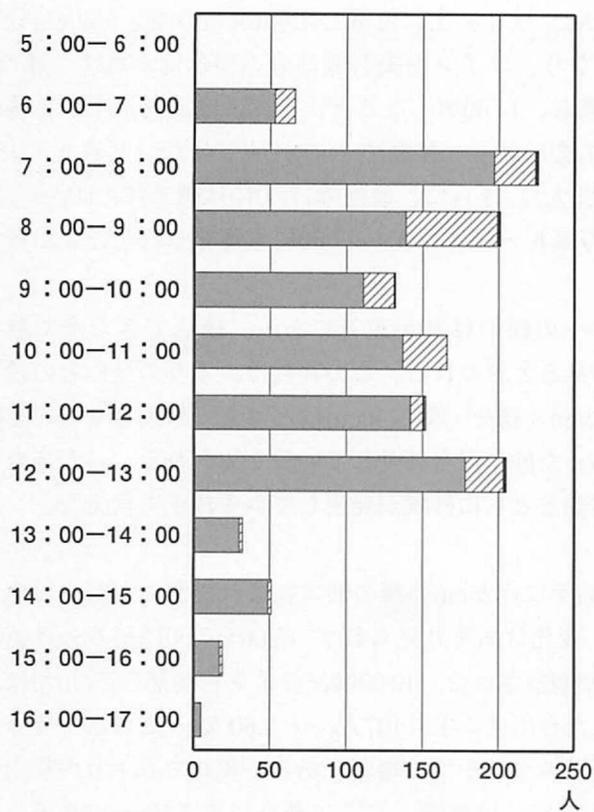
この点については、今後も検討してみないとよく分からないが、いずれにしても踏み分け道形成には上りの登山者より、下山者のほうが関与していると思われる。

イ 12時間の侵食状況

ビデオカメラの撮影にあわせて、登山道の侵食状況についても調べた。定点観測している横断面上に、撮影前にペンキでラインを引き、そのラインの消失過程及びライン前後域での礫の移動を観察した。この定点は、径60cmの礫を間に数cm～25cmの垂角礫が表面に多くある本道と比較的堅く締まった礫混じりの砂層が表層にある踏み分け道に分かれており、表層の地質に違いがあるという特徴を有す。以下本道と踏み分け道に分けて述べ、最後に侵食量について述べる。

(ア) 本道

本道は凹んだ断面をしている。ラインは、この底に引いた（図Ⅳ-10、写真Ⅳ-13）。5:00の計測開始から7:00頃までは登山者も少なく、変動は見られないが（5:00～7:00に本道を歩行した登山者：上り53人、下り0人）、これ以後は、登山者が増加し、ラインが変化する。10:00頃、ラインはかなり不鮮明になった（写真Ⅳ-14、



図IV-9 登山者の時間帯別歩行パターン

7:00-10:00に本道を歩行した登山者：上り447人、下り83人)。ライン上に位置した径15cmの礫⑧が30cm程度移動するなど登山道上手から下手への礫の移動が顕著となり、ライン中央右側部分の礫は除かれてしまう。12:00頃、ライン上に位置した礫は、両側を除き下手へ移動し、14:00頃になると、今度は登山道上手から移動してきた礫が(礫⑨など)ライン上またはラインを通り越し下手へ移動するのが見られた(写真Ⅳ-15、10:00-14:00に本道を歩行した登山者：上り487人、下り325人)。さらに、最終の17:00には礫⑧は、60cm、もともと上手にあった礫⑨は元の位置から80cm移動した(写真Ⅳ-16、14:00-17:00に本道を歩行した登山者：上り71人、下り170人)。

礫⑧、⑨に代表されるように、本道では上手から下手への礫の移動が顕著である。確認できた礫で最大80cm移動したが(礫⑨)、それ以上に遠くへ移動した礫もあると思われる。この移動は、下りの登山者のけとばしによって行われていた。急ぎ足で下った登山者が径12cmの礫を一気に40cmけとばして移動させたのを観察したこともあった。また、礫以外にも礫と礫との間にあった砂や泥も移動していると思われる。日が当たり昼過ぎになると乾燥してくるため、登山者の歩行で礫の移動とともに砂埃が発生している様子も伺えた。

(イ) 踏み分け道

ラインは、登山道上手から見た場合、左手に径20cm、右手に径25cmの礫の間に挟まれた凹んだ部分である(写真Ⅳ-17)。本道同様、7:00頃までは登山者も少なく、変化はあまり見られず(5:00-7:00に踏み分け道を歩行した登山者：上り13人、下り0人)、それ以後に変化が観察された。10:00頃、ライン右側部分15cmがほぼ消失する(写真Ⅳ-18、7:00-10:00に踏み分け道を歩行した登山者：上り107人、下り60人)。ここは、ライン上の一番凹んだ部分であり、登山者、特に上りの登山者が踏みつけやすい場所である。現地でも上りの登山者が踏みつけるのを観察した。さらにラインの消失が進んだので、11:00頃、ここに新たに長さ10cmのラインを引き、観察することにした(10:00-11:00に踏み分け道を歩行した登山者：上り29人、下り111人)。14:00頃、新たに引いたラインも含め、全体的にラインが少し消え(写真Ⅳ-19、11:00-14:00に踏み分け道を歩行した登山者：上り35人、下り81人)、周辺では土がはがれ、植物の根が見えるようになった。その後、最終の17:00まで大きな変化は見られなかった(写真Ⅳ-20、14:00-17:00に踏み分け道を歩行した登山者：上り4人、下り107人)。

登山道に引いたラインは、全体が消えるのではなく、踏みつけの多い場所すなわちラインの右側部分が集中して消えるという結果になった。その主体となったのは、上りの登山者である。下りの登山者が、踏み分け道を通る場合の踏みつけのか所は、ライン上ではなく、平らな礫上(写真Ⅳ-19の①)を踏みつけているのが観察された。登山者は踏みつけやすい場所に足を置くためであると思われる。

この踏み分け道の観察結果からは、踏みつけによる侵食のされ方を知ることができたといえる。登山者が踏みつけて表面をえぐるといった行為であり、踏みつけた場所だけが集中してラインが消え、他の所はほとんど変化しない。また、11:00頃、新しく引いたラインはその後あまり消失しなかった。これは、この場所を踏みつける登山者が少なくなったこともあるが(11:00-17:00に踏み分け道を歩行した登山者：上り39人、下り188人)、南西向き斜面上にある当地には日が射してラインが乾燥して剥がれにくくなったことも影響していると思われる。

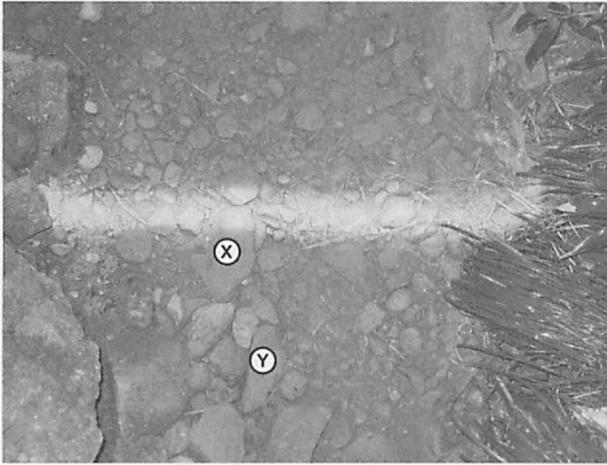
以上、本道と踏み分け道での侵食状況を見た。表層が違っていたために、そこにはたらく侵食にも違いがあり、本道ではけとばし、踏み分け道では、踏みつけが主体となって侵食されている状況を知ることができた。

(ウ) 12時間の侵食量

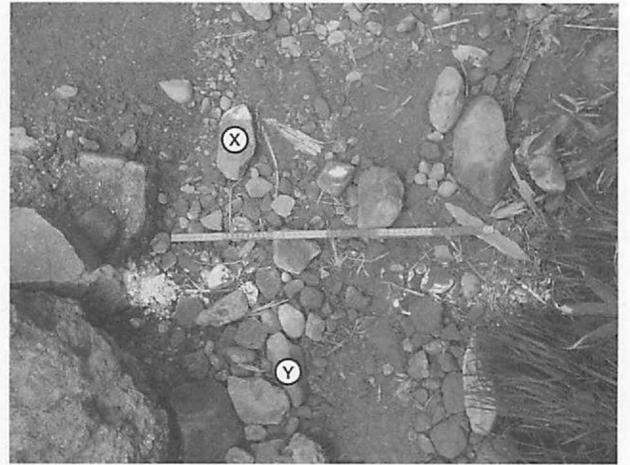
実際の侵食量についても断面積を計測して調べてみた(図Ⅳ-10)。前日の7月26日の17:00以降と当日7月27日の17:00以降に断面積を計測し両者を比較した。7月26日の断面積は14,134cm²で7月27日は14,124cm²となり、10cm²減少するという結果になったが、測定精度を考慮するとほぼ変わらない結果といえる。ラインの消失や現地での観察から考えると、本道では、礫や砂などの移動が激しく行われたが、下手へ移動した分、上手からも礫や砂が移動し結果的にはほぼ変わらなかったようだ。踏み分け道では、ラインの右側部分が消失したように、明らかな侵食が行われたが、計測で現れるほどのものではなかったといえる。



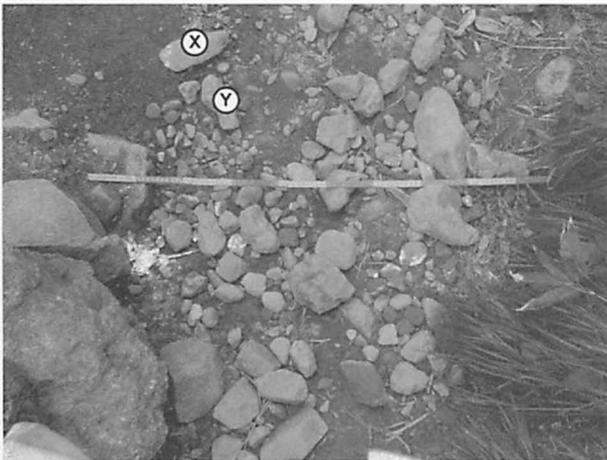
写真Ⅳ-12 デジタルビデオカメラ撮影地点 (CS)
 (登山道下手から上手を撮る。左側が本道、右側が踏み分け道。白線部分にペンキでラインを引く)



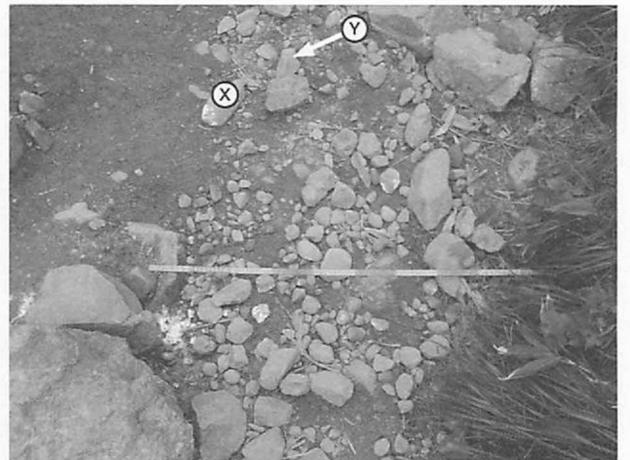
写真Ⅳ-13 デジタルビデオカメラ撮影点本道①
 5:00頃
 (写真の下側が上手、上側が下手。以下同様)



写真Ⅳ-14 デジタルビデオカメラ撮影点本道②
 10:00頃



写真Ⅳ-15 デジタルビデオカメラ撮影点本道③
 14:00頃



写真Ⅳ-16 デジタルビデオカメラ撮影点本道④
 17:00頃



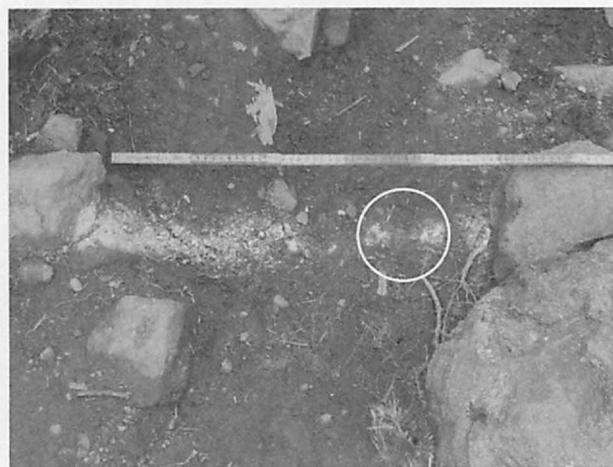
写真Ⅳ-17 デジタルビデオカメラ撮影点
踏み分け道① 5:00頃
(写真の下側が上手、上側が下手。以下同様)



写真Ⅳ-18 デジタルビデオカメラ撮影点
踏み分け道② 10:00頃



写真Ⅳ-19 デジタルビデオカメラ撮影点
踏み分け道③ 14:00頃
(○印内は11:00に新たに引いたライン。Aは下
りの登山者がよく踏みつけた場所)



写真Ⅳ-20 デジタルビデオカメラ撮影点
踏み分け道④ 17:00頃

4 考察

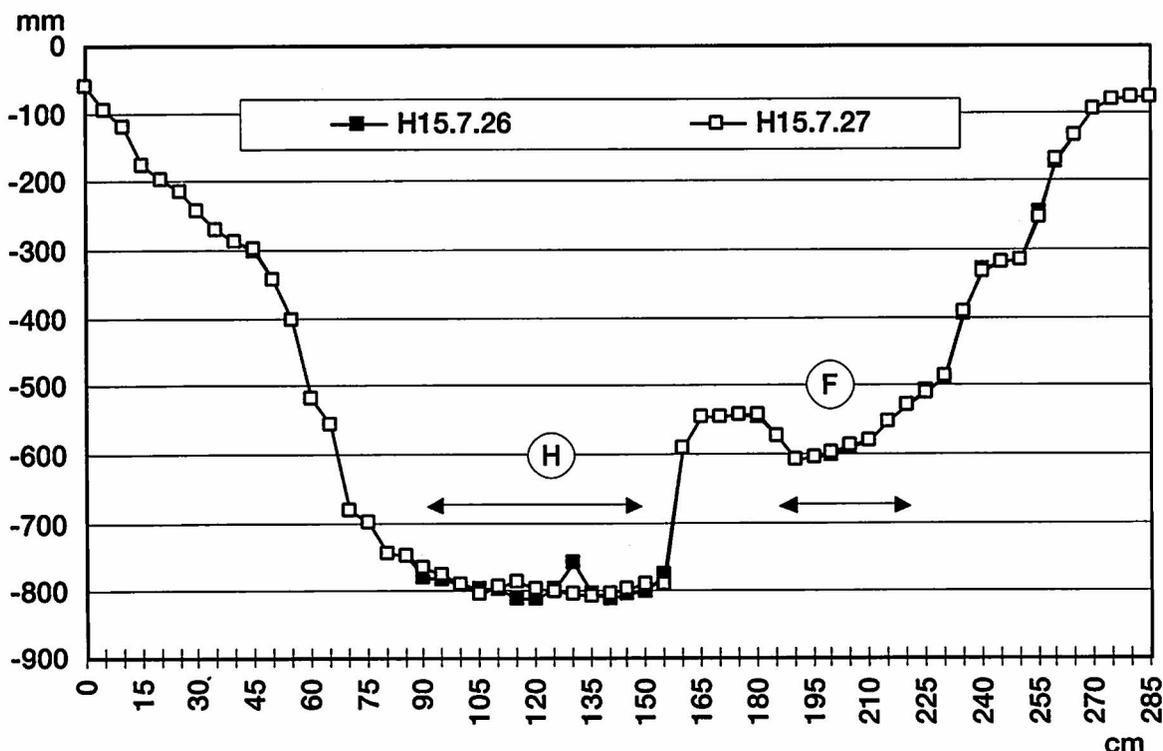
白山の登山道の中で利用度の高い登山道を対象に、主として人為的な要因による侵食がどのように働いているのかを調べた。その結果、以下のようなことが明らかとなった。

- 1 砂防新道、観光新道、エコライン、山頂お池めぐりコース、南竜水平道の登山道において、そこに働く侵食形態の分類を試み、「踏み分け道」、「拡大」、「踏み跡」、「掘り込み」、「崩壊」、「ノッチ」、「その他」に分類した。その結果、120か所の分布地を把握し、主として人為的要因により形成された「踏み分け道」、「拡大」、「踏み跡」が81か所の67.5%を占めた。
- 2 5か所において、一年間の定点観測を試み、横断面を計測した結果、融雪期の流水により、侵食が進むこと、また登山者の多い夏山シーズン中には人為的要因による侵食が進むことがわかった。
- 3 踏み分け道を含む定点観測地点の1か所において、デジタルビデオカメラによる12時間の撮影を行い、その結果、踏み分け道を歩行する登山者の割合は上り15.0%、下りが38.2%で、下りの登山者が踏み分け道形成に大きな役割を果たしていることが示された。また、けとばしや踏みつけなど人為的要因による侵食の実態を知ることができた。

このように登山道の侵食には人為的要因が、かなりのウエートを占めることが明らかになった。よって、この人為的要因を考慮した対策を取らなければならない。

そもそも登山道は、もともと自然植生を剥ぎ取ったり、あるいは自然斜面を横切る形で登山道を敷設するなど、何らかの形で自然を改変しているわけで、登山道自体が侵食そのものであるともいえる。よって、自然斜面に比べて侵食が働きやすくその侵食を完全になくすことはできない。要するに少しでも侵食が進まないように保つことが大切であり、そのためには、登山道各地点ごとに働く主たる侵食を把握し、その侵食に応じた適切な対策をとる必要がある。

今回、登山道上の侵食形態を把握したが、この侵食形態に応じた対策をとることができないか考えた。人為的要因により形成された「踏み分け道」、「拡大」、「踏み跡」についてみるならば、これらは登山道外に登山者



図IV-10 横断面の計測結果 デジタルビデオ撮影点 CS (砂防新道)
 ㊦は本道、㊦は踏み分け道の位置を示す。←→は、ペンキラインか所。

表Ⅳ-6 侵食形態における登山道整備の必要性と登山者のマナーの重要度及びオーバーユースの影響

分類	登山道整備の必要性	登山者のマナーの重要度	オーバーユースの影響
踏み分け道	高	低	高
拡大	中	中	高
踏み跡	低	高	中
掘り込み	高	低	低
崩壊	高	-	-
ノッチ	高	-	-
その他	高	-	-

が踏み出したために、形成されたものなので、登山者が踏み出さないようにすることが侵食を予防する対策として重要である。

この登山者が登山道から踏み出した原因として、ひとつは「登山道自体が何らかの理由により歩きにくい」こと、次に「登山者のマナー」の問題、そして「オーバーユース」の3点があげられる。

ひとつめの「登山道自体が何らかの理由により歩きにくい」ということは、例えば「踏み分け道」の場合がそれに当たる。「踏み分け道」は、本道の「段差が大きい、ぬかるんでいる、礫が多い」などの理由で、人が踏み出して形成されたものである。予防策としては本道自体の歩きにくさを解消することが必要で、段差が大きい場所には適切な高さの階段工を施したり、ぬかるみやすい地点には排水溝の設置、礫が多い地点には砂などを入れるという方法が考えられる。つまり登山道自体に適正な整備を図ることが重要である。

次に「登山者のマナー」の問題については、「踏み跡」が例として考えられる。「踏み跡」は、登山者が登山道を上ったり下ったりする本来の目的とは別に、「景色や花を見たい、休息のため」といった登山者の願望・意志に左右され、登山道以外に踏み出してしまふものである。つまり、登山道自体には問題がない（ただし、路線選定に問題があるかもしれない）ので、登山道から踏み出さないように登山者自身が心掛けることが重要である。すなわち「登山者のマナー」が重要になると思われる。具体的な対策としてはマナー向上を図るためのリーフレット作成や注意看板を設置することがあげられよう。

「オーバーユース」とは、特定の日に利用者が集中し利用過剰状態になることを指す。このため、登山道ではすれ違い時などに登山道から踏み出す行為が生じる。白山でも夏山シーズン中の土曜日、日曜日、祝日に多くの登山者が訪れ、砂防新道では1日の総登山者数が2,500人近くに達する日もあった（環境省白峰自然保護官事務所登山者カウンター調査による）。このオーバーユースも登山道の侵食に影響を及ぼす。特に「踏み分け道」や「拡大」などでこの影響が高いと思われる。今回のデジタルビデオカメラの撮影時にも、上りの登山者と下りの登山者のすれ違う時や追い越しをする時に踏み分け道を歩くパターンが多く見られた。その対策のひとつとして特定の日に登山者が集中しないようにすることがある。現在石川県では登山者の分散化を図る上で、夏山・秋山シーズン中、週末のマイカー規制や、宿泊施設の予約制を取り入れているが、将来的にさらに登山者数が増加し、よりオーバーユースが顕著になるならば、別な対策が必要であろう。具体的には登山道の入山者制限・一方通行・休道などの措置が考えられる。しかし、そのためにはどれだけの登山者になるとそのような措置が必要になるのかその裏づけとなる調査をしていかなければならないであろう。

以上の3点が登山者の踏み出しの理由と考えられ、この理由に応じた予防策が必要である。そこで、前述の7つの侵食形態すべてに対し、この3つの踏み出し理由の重要度を整理した（表Ⅳ-6）。「拡大」は、登山道の整備の必要性や登山者のマナーの重要度が「踏み分け道」と「踏み跡」との中間に位置すると思われ、「掘り込み」や「崩壊」、「ノッチ」などの自然的要因により形成された侵食形態は、登山者のマナーやオーバーユースとは、あまり関係がないと考えられた。オーバーユースの影響は「踏み分け道」、「拡大」などで高い。

すなわち、侵食形態ごとに予防策をまとめると、「踏み分け道」では、登山道の整備やオーバーユースの軽減が必要であり、「拡大」ではすべての面での対策が必要で、特にオーバーユースの軽減が必要となる。「踏み跡」では、登山者のマナーの向上が重要である。「掘り込み」、「崩壊」、「ノッチ」、「その他」の自然的要因に

より形成された侵食形態については、登山道の適正な整備が重要である。

このように各侵食形態に必要な予防策には違いがあらわれる。よって、登山道上の侵食形態を的確に捉え、適切な予防策を講じていくことが必要であろう。

5 文 献

池田雄二 (2000) 日光男体山における登山道侵食. 筑波大学大学院環境科学研究科修士論文, 52pp.

石川県環境部環境保全課・石川県白山自然保護センター (1977) 自然公園地域環境容量設定手法研究報告書－白山地域ケーススタディー. 94pp.

石川県環境部 (1978) 白山弥陀ヶ原の保護と復元. 69pp.

石川県環境部 (1992) 白山・高山帯歩道の保護と復元. 88pp.

依田明美・小野有五 (1990) 登山道の侵食について. 地形, 11, 298.

依田明美・小野有五 (1991) 登山道の侵食について (第二報). 地形, 12, 76-77.

小野有五・依田明美・後藤忠志 (1990) 登山道の侵食について. 森林航測, 16-1, 15-19.

金沢地方気象台 (2003) 石川県の気象・地震概況 平成15年7月 (簡易版). 2pp.

島木正則・早川禎二 (1988) 白山国立公園の保護と利用に関する登山道調査中間報告. 石川県白山自然保護センター研究報告, 15, 135-146.

関根 清 (1982) 登山道に起因した高山地域の地形変化について (講演要旨). 地形, 3, 83.

長田 啓 (2002) 国立・国定公園における登山道のあり方に関する検討調査の結果について. 国際山岳年記念行事 山と自然のシンポジウム資料集, 環境省自然保護局 山と自然のシンポジウム実行委員会, 28-35.

山田周二 (1992) 白山における登山道のひろがりとその要因. 筑波大学大学院環境科学研究科修士論文, 79pp.