

# 砂防新道における登山道の侵食量

小川 弘 司・佐川 貴 久 石川県白山自然保護センター

## TRAIL EROSION ON SABOSHINDO, MT. HAKUSAN

Hiroshi OGAWA and Takahisa SAGAWA, *Hakusan Nature Conservation Center, Ishikawa*

### はじめに

1980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、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)。

このことを背景として日本でも登山道侵食に関する研究が行われるようになったが(関根, 1982), これら問題を解決するにはその侵食プロセスを明らかにし適正な保全対策を進めて行くことが必要であると思われる。

登山道の侵食プロセスを明らかにして行く上で、その基礎となる侵食量は重要である。そのために登山道横断面の計測が行われている(依田・小野, 1990; 依田・小野, 1991; 依田・渡辺, 1998; 池田, 2000; 中村, 2000など)。

筆者の小川(2004)も、白山の登山道上の5地点において横断面の定点計測を行った。その結果、流水(雨水, 融雪水)などの自然的な要因のほか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り、また地質の違いにより登山道に働く侵食状況に差があることなどを明らかにした。

本研究は、小川(2004)の行った計測5地点のうちの1地点において横断面の計測を継続して行い、その侵食量を把握するとともに気象データや登山道の利用者数などの外的な要因と、登山道侵食との関係についてより詳細な検討を行った。本稿ではその結果について報告する。



図1 調査地点

### 調査地点と調査方法

調査地点は、砂防新道の甚之助避難小屋から約100m下に位置する標高1,860mの地点である(図1)。砂防新道は白山へ通ずる登山道の中で最も利用度の高い登山道である(四手井・野崎, 2003)。周辺の植生はオオシラビソ・ダケカンバ群落(石川県, 1995)からなり、林床にはチシマザサが広がる。地質は中生代白亜紀の手取層群の砂岩を主体とした頁岩・礫岩からなる(石川県, 1993)。表層部はその砂岩・頁岩などが風化した砂・泥、礫から構成されている。砂防新道は、調査地点において南向き斜面



写真1 横断面計測地点(2002年9月13日撮影) 登山道下手から見たもの。⊗の大礫を境として左側が本道、右側が踏み分け道。点線部分の横断面を計測した。

上を傾斜5度で西方向に下っている。

登山道には、本来の登山道とは別にそれと平行した小道が形成されている(写真1)。これは登山者が本道を外れて歩いたために形成されたものであり、これを筆者の小川(2004)は踏み分け道と呼んだ。踏み分け道は登山道に水たまりがあったり、礫が多く分布していたり、段差があるなどの理由から登山者が本来の登山道から外れて踏み出し、植生が剥がれるなどして形成された小道のことをさす。調査地点には、この踏み分け道が約10m平行して連なっている。本来の登山道(これを本道と呼ぶ)と踏み分け道との侵食の違いを知る上でも、当地において横断面の計測を行った。

計測地は径20cmの礫(写真1の⊗)を間にし、数cm~25cmの垂角礫がルーズな形で表面に多くある本道(水平幅約115cm)と比較的固く締まった中・大礫混じりの砂礫層が表層にある踏み分け道(水平幅約95cm)に分かれている。本道は、多少掘り込まれており、表層の礫のためゴツゴツして歩きにくい。このため、踏み分け道が形成されたと考えられる。また、本道の幅が広くないので上りの登山者と下りの登山者がすれ違いにくい。このことも踏み分け道形成に関与していると考えられる。

計測は、登山道の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を水平に張り、その線上から5cm間隔で登山道面までの鉛直深をmm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。計測の長さは0-285cmである(図2)。断面の両側は草地(ササ草原・オオシラ

ピソ林と登山道境界に成立した草地)で覆われており、計測0-70cm間、270-285cm間は草地となっている。0-70cm区間は、7月、8月には草が延びて85cmあたりまで植生で覆われる時もある。

2002年9月13日にステンレス杭を設置し第1回の横断面の計測を行い、以後2004年11月2日までに計9回の計測を行った。計測結果は、計測日ごとに断面積、前回断面積との計測差、初回断面積(2002年9月13日)との計測差、前回断面積との計測差を前回計測日からの日数で除した侵食速度( $\text{cm}^2/\text{日}$ )として整理した(表1)。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。また、計測日ごとの断面図を2002年-2003年(図3(1))と2003年-2004年(図3(2))に分けて作成した。さらに観察と写真撮影のみの現地調査も数回行った。

また、この横断面の変化の要因を明らかにする上で降水量、地表面温度のデータ及び登山道の利用者数のデータを収集した。一般に登山道を侵食する要因としては、流水(雨水、融雪水)、凍結融解、風食などの自然的要因と、人のけとばしによる礫・砂の移動、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がある(例えば小野ほか、1990)。

そこで、自然的要因のうち特に重要な流水の影響については、調査地点の南西方向に水平距離で約800m離れた中飯場(標高1,540m)<sup>1)</sup>において、国土交通省金沢河川国道事務所が計測している降水量データを使用した。データは日降水量として整理した(図3(1))。また凍結融解作用の影響を把握するため現地で地表面温度の観測を2003年10月31日から行った。観測は温度自動測定器(HOBO Water Temp Pro, 米国Onset Computer社製)のセンサー部分を地表面に接するように設置し、1時間ごと毎正時に計測した(図3(2))。

人為的な要因については、登山道の利用者数が重要である。利用者数は環境省白峰自然保護官事務所が行った登山者カウンター調査のデータを使用した。調査は登山口の別当出合(標高1,260m)に入・下山者通行量計測器(LRカウンター b, 映像サイエンス社製)を設置して行ったものであり、入・下山者数を合計し日登山者数として整理した(図3(3))。

データの期間は、降水量については2002年9月13日-10月31日、2003年5月31日-11月30日及び2004

表 1 横断面の計測結果

全体(0-285cm)	2002/9/13	2003/7/18	2003/7/26	2003/9/16	2003/10/31	2004/6/14	2004/7/23	2004/9/15	2004/11/2
断面積(cm <sup>2</sup> )	13944	14079	14134	13843	13876	13698	13633	13958	14150
前回計測時との差(cm <sup>2</sup> )		135	55	-282	34	-178	-65	325	192
初回計測時との差(cm <sup>2</sup> )		135	190	-102	-68	-246	-311	14	206
侵食速度(cm <sup>2</sup> /日)		0.439	6.813	-5.525	0.750	-0.765	-1.667	6.023	3.990

本道(50-165cm)	2002/9/13	2003/7/18	2003/7/26	2003/9/16	2003/10/31	2004/6/14	2004/7/23	2004/9/15	2004/11/2
断面積(cm <sup>2</sup> )	8112	8182	8237	7942	7949	7858	7782	7839	8016
前回計測時との差(cm <sup>2</sup> )		70	56	-290	7	-91	-76	58	177
初回計測時との差(cm <sup>2</sup> )		70	125	-170	-163	-254	-330	-273	-96
侵食速度(cm <sup>2</sup> /日)		0.226	6.938	-5.676	0.161	-0.402	-1.942	1.065	3.682

踏み分け道(180-50cm)	2002/9/13	2003/7/18	2003/7/26	2003/9/16	2003/10/31	2004/6/14	2004/7/23	2004/9/15	2004/11/2
断面積(cm <sup>2</sup> )	3969	3965	3962	3982	4006	3923	3947	4237	4249
前回計測時との差(cm <sup>2</sup> )		-3	-3	22	23	-63	24	290	12
初回計測時との差(cm <sup>2</sup> )		-3.3	-6.5	13.8	37.0	-45.8	-21.5	268.3	280.5
侵食速度(cm <sup>2</sup> /日)		-0.011	-0.406	0.422	0.517	-0.365	0.622	5.366	0.255

年 5 月 1 日 - 11 月 30 日であり、地表面温度は 2003 年 11 月 1 日 - 2004 年 11 月 1 日まで行った。登山道の利用者数は 2003 年 5 月 1 日 - 10 月 31 日及び 2004 年 5 月 1 日 - 5 月 16 日、2004 年 7 月 24 日 - 10 月 25 日までである。

これらのデータは、横断面の計測結果及び現地での断面観察結果と比較し、自然的な要因及び人為的な要因と当地での侵食等との関係について検討した。

## 調査結果

横断面の計測結果をもとに、計測日ごとに登山道全体及び本道と踏み分け道での横断面の変化及び現地での断面観察と降水量、地表面温度、登山者数との関連について述べる。

### 2003年 7 月 18 日

2002 年 9 月 13 日の設置後の最初の計測は 2003 年 7 月 18 日に行った。設置後より断面積が 135cm<sup>2</sup>増加したが、これは草地(計測 0 - 85cm 間)での誤差によるところが大きい。

本道でも断面積が増加したが、それほど大きなものではない。しかし表面の礫の移動は明らかであり、中・大礫の移動が観察された(礫の移動は 7 月 2 日時点で確認された)。断面積があまり変化しなかったのは、計測地点の礫が移動しつつも、上手から新たに礫が移動しているためであると考えられる。踏み分け道では断面積が減少しているがその値は 3 cm<sup>2</sup>と小さく、現地での観察においても目立った変

化は見られなかった。

2002 年 9 月 13 日の設置後約 10 か月を経ているが、秋の終わりから冬季を経て春先までは長期間積雪下にあると予想され、この期間は外気から遮断されて安定した状態にある。本道での礫の移動は、この積雪期の前あるいは消雪後のどちらかであると考えられる。

### 2003年 7 月 26 日

前回の計測日よりわずか 8 日後にあたる日であるが、断面積が前回より 55cm<sup>2</sup>増加し侵食が進んだ。これは本道での断面積の増加によるものである。踏み分け道では、断面積が減少しているがわずかである(前回より 3 cm<sup>2</sup>減少)。よって本道で侵食が進んだ。本道では表面の礫が移動しており、砂・泥が取り除かれたような状態になっていた。その下位には、礫(一部岩塊)を主体にマトリックスが砂・泥で構成された層が見られた。この時期の侵食要因として大きいのは人の影響である。7 月 20 日(土)に 1,825 人、7 月 26 日(土)に 1,370 人の登山者(環境省白峰自然保護官事務所の登山者カウンター調査による)があった。

小川(2004)は翌日の 7 月 27 日(日)に当地点での登山者の歩行パターンを知る上で、5 時から 17 時までデジタルビデオカメラ撮影と本道及び踏み分け道にペンラインを引き断面の侵食状況を調べた<sup>2)</sup>。当日、ビデオカメラでカウントした登山者数は 2,196 人と多く、現地での観察によれば、本道では下りの登山者のけとばしによる礫や砂・泥などの移動(例えば径 20cm の礫が 80cm 移動)が激しくあり、

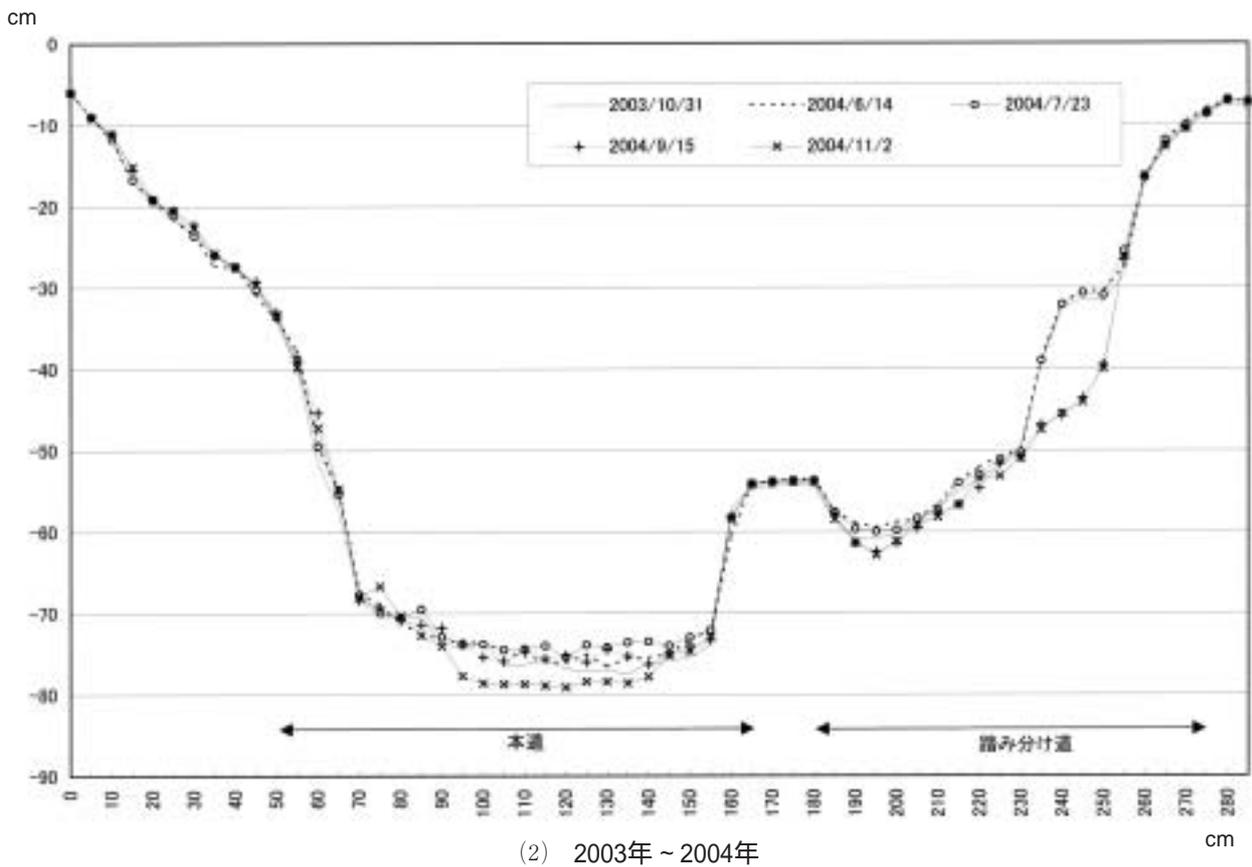
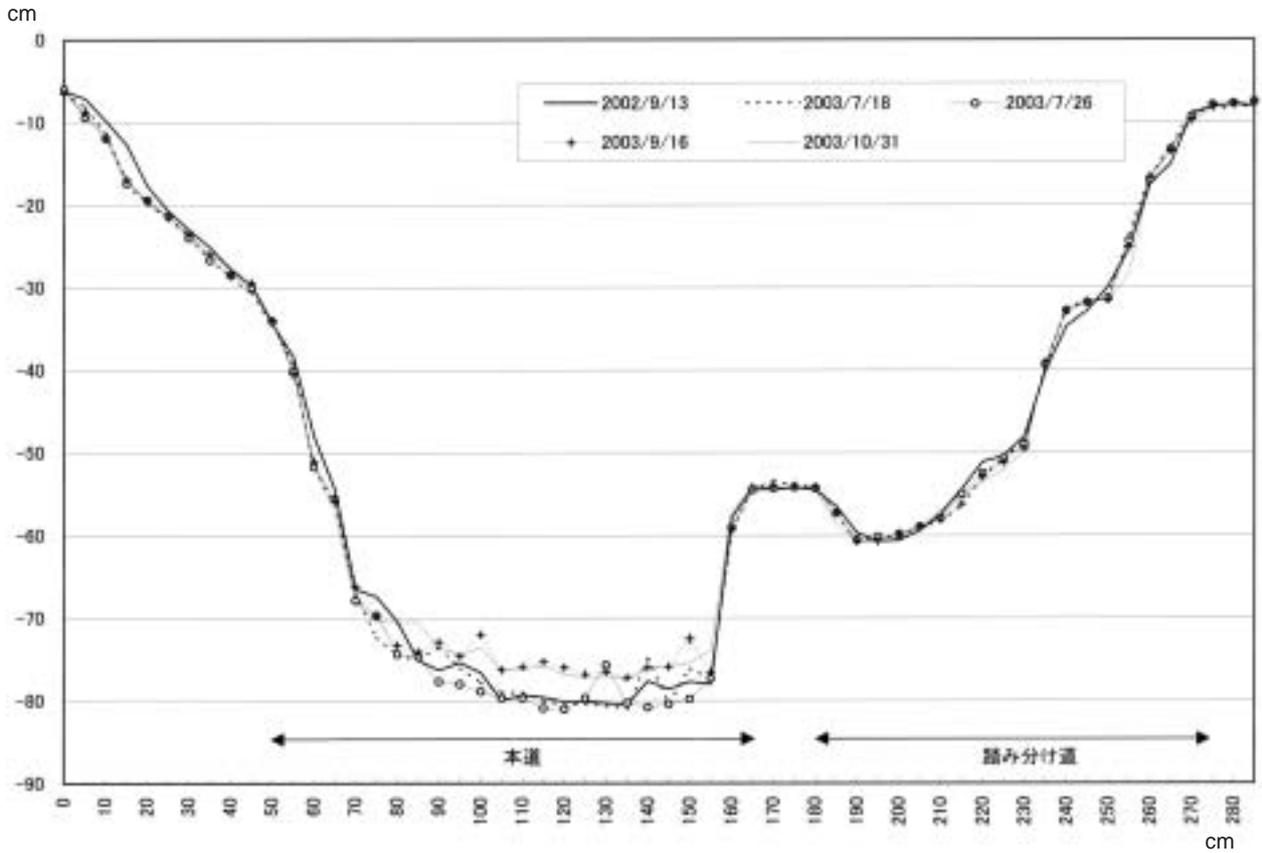
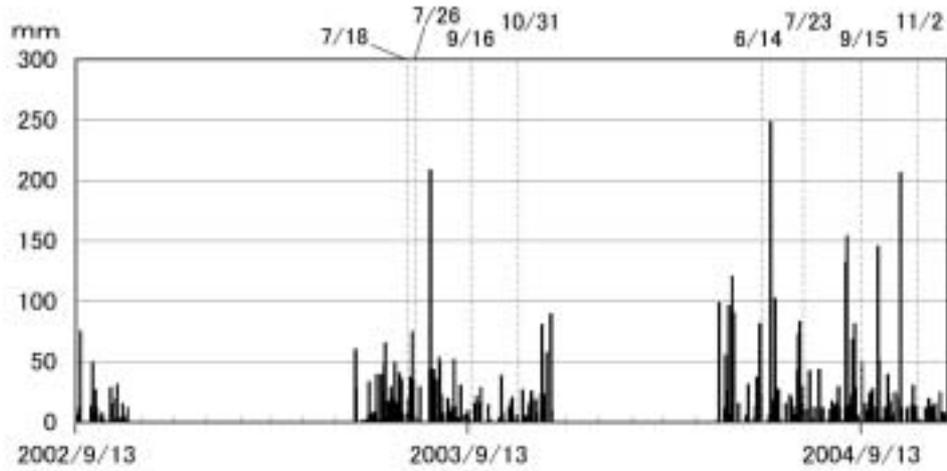
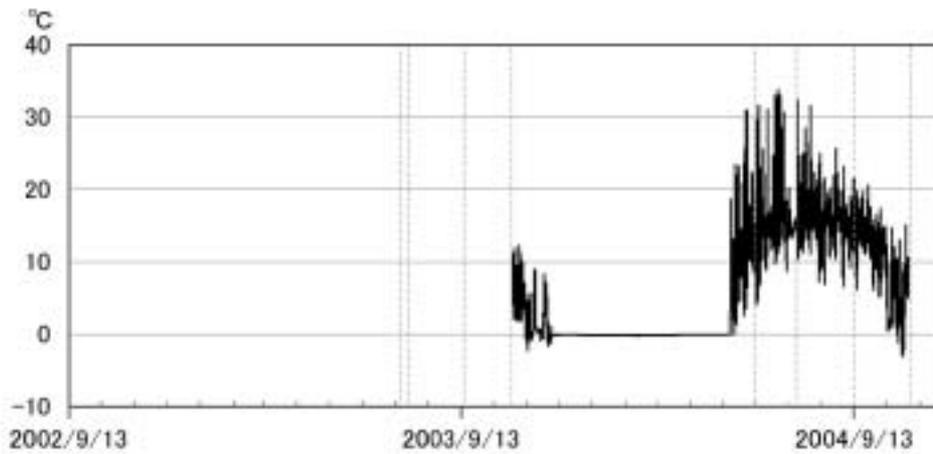


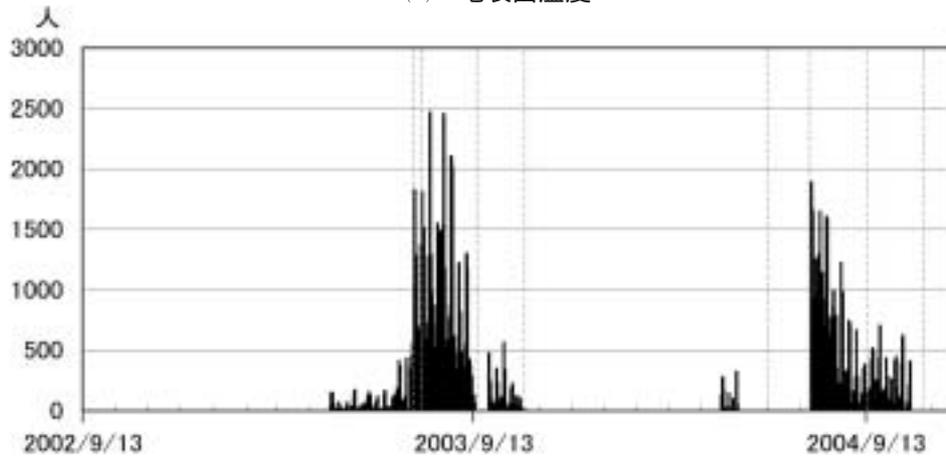
図2 計測横断面の変化



(1) 日降水量



(2) 地表面温度



(3) 登山者数

図3 気象データと登山者数

縦の破線は横断面の計測日を示す。(1),(3)のグラフ横軸下の点・線は欠測日・欠測期間を示す。(1)の測定期間は2002年9月13日 - 10月31日, 2003年5月31日 - 11月30日, 2004年5月1日 - 11月30日。毎正時24回測定した値の合計を1日の降水量とした。1日のうちで1回でも欠測があるときにはその日は欠測とした。従って欠測であっても降水量が0でない日がある。国土交通省金沢河川工事事務所資料より作成。(2)の測定期間は2003年11月1日 - 2004年11月1日。(3)の測定期間は2003年5月1日 - 10月31日, 2004年5月1日 - 5月16日, 2004年7月24日 - 10月25日。2003年の欠測でありながら人数がカウントされているのは, 上り下りのいずれか一方で欠測がある場合である。環境省白峰自然保護官事務所資料より作成。

ペンキラインは10時頃に不鮮明となり、最終的には両側を除きほぼ消失した。このような形で礫や砂・泥の移動が前回計測日より行われ侵食されたのではないかと考えた。ただし、7月23日に74mmの降水量が記録されており、降水の影響がなかったとは言いつれない。踏み分け道にもペンキラインを引き侵食状況を調べたが、ペンキラインは登山者が踏みつけた場所だけが集中して消え、他の所はほとんど変化しなかった。

#### 2003年9月16日

断面積は前回より282cm<sup>2</sup>減少し、いわゆる堆積するという結果となった。本道だけでみると290cm<sup>2</sup>減少しており、全体の減少より大きく、本道での断面積の減少が全体の断面積の減少を押し上げている。特に本道の底部分の計測75 - 155cm区間の侵食深がほぼ一様に減少し、平均で3cm程度浅くなったのが特徴的である。

現地で見ると本道断面は、中・大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礫が充填していた。上手から流水などで運搬された砂礫が中・大礫の間を埋積し、その後登山者の歩行により踏み固められたと考えた。50mm以上の降水量があったのは8月9日(200mm)、8月17日(53mm)、8月31日(51mm)であり、この時などに運搬された可能性が大きい。一方登山者数は8月中旬以降減少傾向にあり、登山者のけとばしなどの影響は少なかったと思われる。踏み分け道の断面積は22cm<sup>2</sup>増加して侵食が進んだ。断面を見ると砂・泥がなくなり、表層にあった礫が露出していた。

なお、7月27日に引いたペンキラインは、側壁部分を残し本道、踏み分け道とも消失していた。

#### 2003年10月31日

断面積は34cm<sup>2</sup>増加し侵食となったが、量的にはそれほど大きいわけではなく変化が少なかった。降水量も多い日もなく、登山者も7、8月に比べてかなり少ない。

本道では礫の移動が確認できたが、断面積は7cm<sup>2</sup>減少した程度であり変化していない。2003年7月18日と同様に計測地点の礫が移動する反面、上手から新たな礫が移動したためであると考えられる。表面は礫の間を砂・泥が充填されて移動がなく安定しているように見えた。踏み分け道では、前回同様、砂・泥がなく表層にあった礫が顔を出してお

り、断面積が増加し侵食が進んだと考えられる。なお、今回の断面計測後、断面線に沿ってペンキラインを引き今後の侵食状況を把握することとした。

#### 2004年6月14日

本道、踏み分け道とも断面積が減少しあわせて178cm<sup>2</sup>の減少となり、堆積となった。前回2003年10月31日の計測時に引いたペンキライン上の礫は、本道、踏み分け道とも移動しており、本道では最大で135cmの下方への移動が確認された。踏み分け道の断面は砂・泥が少なく礫が目立っていた。

先にも触れたように積雪下では地表面は安定しており、地表面の温度はほぼ0℃で安定する(東野ほか、1998)。前回の計測時から地表面温度の観測を踏み分け道側のステンレス杭付近ではじめたが、そのデータから推察すると当地が積雪に覆われたのは、2003年の12月6日頃である(図32)。また消雪時期は、2004年5月28日に現地を確認した時は踏み分け道側のステンレス杭から踏み分け道の側壁部分までが既に消雪していた。すべての断面が消雪したのは6月上旬であると思われる。よって中・大礫、砂礫の移動は前回計測した11月1日以降12月上旬と6月上旬となる。この期間の登山者の利用は多くはない。特に6月上旬については砂防新道が通行止めだった(後述)。ゆえにこの移動は積雪に覆われる前か消雪期の流水などによりもたらされたのではないかとと思われる。

ただし、断面積の変化については誤差が含まれている。現地でも断面を計測する際、水準器で釣り系の水平を確認した時、水平面に対して踏み分け道側のステンレス杭が下がっていた。このため計測値は真の値よりも小さくなっている。おそらくどこかの時点で登山者により杭が踏まれてへこんだためであると思われる。なお、この後の測定値もこの誤差を含んだ値となる。

#### 2004年7月23日

断面積は65cm<sup>2</sup>減少し、堆積となった。本道の断面積が76cm<sup>2</sup>減少したことが大きい。現地で見ると本道は2003年9月16日同様中・大礫が敷き詰められたようになりその隙間を砂礫が充填していた。砂防新道は5月17日夕方に発生した別当谷の土石流によって登り口の別当谷にかかる吊橋が流出したため、通行止めとなった。このためこの期間の登山者の影響はほとんどない。一方、北陸地方は6月7日頃に

梅雨入りし（金沢地方气象台，2004b），50mm以上の降水量があった日が4日間あった（図3(1)）。特に6月21日の日降水量は248mmに達した。礫は登山者のけとばしなどによる移動は考えられず，降雨によって上手からの砂礫そして中礫の移動があったと考えられる。本道では計測90 - 100cm区間に砂礫が薄く堆積していた。

踏み分け道は断面積が24cm<sup>2</sup>増加し侵食となった。断面の底の部分（計測185 - 225cm区間）が平均して0.5cm下降していた。降水時の雨滴などで，砂泥そして細礫が移動したと思われる，断面上には細礫が多く露出していた。

#### 2004年9月15日

断面積は325cm<sup>2</sup>と大きく増加した。特に踏み分け道で290cm<sup>2</sup>増加し，このことが全体の断面積の増加に寄与している。これは踏み分け道の計測230 - 255cm区間にあった径12cmの礫（写真3(1)のY）が崩落したことが大きい（この礫の崩落は8月10日時点で確認した）。それ以外にも断面の底の部分（計測190 - 230cm区間）が一様に下降しておりその深さは平均して1.4cmであった。登山者が踏み分け道を歩行する際の歩き方は小川（2004）が2003年7月27日に実施したペンキラインの消失過程で述べたように登山者（この場合は上りの登山者）は踏みつけやすい所（計測190 - 205cm区間）を集中して踏みつける事がわかっている。今回のように底の部分が一様に削られた場合は人の踏みつけではなく降雨などの自然的な影響によると思われる。この期間，降水量は8月30日（132mm），31日（154mm）の台風16号や9月7日（81mm）の台風18号の通過時に多かった。断面を見ると前回同様，砂・泥が少なく地中にあった細礫が露出していた。雨滴や流水などで砂・泥が運搬されたものと考えられる。

本道においても，断面積が58cm<sup>2</sup>増加し侵食が進んだ。特に底部分が前回に比べ一様に下降しており，9月1日に現地で確認した時には本道に沿って流水の跡があった。この時の流水により砂礫が運搬されたと考えられる。一部にはその砂礫がかぶったところもあった。

#### 2004年11月2日

断面積は本道・踏み分け道とも増加し全体で192cm<sup>2</sup>となり侵食となった。特に本道で177cm<sup>2</sup>増加した。本道の底部分の計測90 - 145cm区間は，115 -

120cm区間を底としてくぼんだ断面をしており，その表面は大・中礫が少なく砂礫が主体となっていた。これは流水の痕跡と考えられ，その跡は登山道の上手から計測横断面を通過し下手へと続いていた。登山者も多くない時期であり，9月29日（145mm）の台風21号，10月20日（206mm）の台風23号の降雨などにより発生した流水によって砂礫の移動があったのではないと思われる。これに対して踏み分け道では，断面積が12cm<sup>2</sup>減少しただけだった。しかし，表面を見ると礫の露出が顕著であり，砂・泥で覆われていた礫が徐々に露出度を増しているように見えた。

また，この時期には凍結融解の影響も考えられるが地表面温度の観測結果をみると，氷点下を記録したのは10月23日以降11月2日の計測日まで（11月2日の横断面計測は12時頃に行った）わずか5日間だけであった。よって凍結融解の影響もほとんどなかったと考えられる。2004年の5月，10月は例年に比べ高めに平均気温が推移した年であり金沢では年平均気温が平年よりそれぞれ2.0，0.6高かった（金沢地方气象台，2004b；2004c）。例年に比べ凍結融解の影響の少ない年であったと考えられる。また，降雪についても地表面温度の変化を見るかぎり，この日まで根雪になるほどの降雪はなかった。雪についても例年に比べ少なかったと考えられる。

## 考 察

以上，横断面の計測日ごとに登山道全体及び本道，踏み分け道での断面の変化について報告した。計測期間中の最終的な変化量は，登山道全体で206cm<sup>2</sup>の増加，本道で96cm<sup>2</sup>の減少，踏み分け道で281cm<sup>2</sup>の増加となった（表1）。

主として変化しているのは本道と踏み分け道の部分である。両側の草地（計測0 - 70cm間，270 - 285cm間。一部本道や踏み分け道の側面を構成）や本道と踏み分け道との間にある巨礫間（計測160 - 185cm間。一部本道や踏み分け道の側面を構成）についてはほとんど変化していなかった。図2の断面図上には計測の違いが現れているがこれは測定時の誤差によるものである。特に草地部分については草の繁茂の程度で，それが現れてしまった。よって真の変化量はこの部分の誤差を除く必要があるが，今後植生部分の後退や巨礫の基底部分の侵食などによる変化も予想され，継続的な調査のためにもこの部

分を含めた測定値として示す。このほか2004年6月14日以降の計測値にはステンレス杭のへこみによる誤差も含まれている。

2002年9月13日から2004年11月2日までの計測した断面積は、面積が増加したり、減少したりを繰り返していた(図4)。その変化もわずかの期間で増加する場合(2003年7月18日から同年7月26日の全体や本道での変化)もあれば、長期にわたり変化が少ない時期(2002年9月13日から2003年7月18日まで)もある。また、年の違う同じ期間を取ってみても(2003年7月26日 - 9月16日と2004年7月23日 - 9月15日の本道。2003年の梅雨明けは7月26日、2004年の梅雨明けは7月22日)、断面積が増加する年もあれば、減少する年もある。

これは横断面的な変化をもたらす外的な要因がいつ働くか、はっきりしていないためであると思われる。特に大きな変化要因である雨の降り方が問題である。例えば1日で多くの雨が降れば断面上に地表流ができ、断面は大きく変化するが、雨が降らないと変化は少ない。また、雨が降っても断面の変化に大きな影響を及ぼす本道部分で、断面が減少する場合と断面が増加する場合があることが大きい。ただし、積雪期間は外気から遮断されて安定した状態にあると思われる。以下、変化の中心となった本道と踏み分け道での変化の特徴について述べる。

## 本道

表面に中・大礫が多く存在する本道では、いずれの計測時にもその礫の移動が確認された。小川(2004)が2003年7月26日に確認したように礫は人のけとばしなどにより簡単に移動する。よって登山

者数の多少に関わらず、礫が表面にルーズな形であれば、礫の移動は顕著になると思われる。しかし、この人の影響だけでなく2004年6月14日、同年7月23日の計測時に観察されたように、流水などの影響による礫の移動も見られた。おそらく激しい降雨があった時、それに加えて融雪水が加わった時には相当量の流水が地表水となって本道を行っているものと思われる。

地表水が流れた時は、移動した砂礫が横断面上に堆積したり(例えば2003年9月16日、2004年7月23日など)、あるいは下手へ移動する場合もあると考えられる。このような砂礫の移動が本道の底部分(計測75 - 155cm区間)の状態に影響し、砂礫が移動して侵食が進めば底部分が深くなり、砂礫が堆積すると浅くなる。2003年7月26日時点の横断面の状態は、侵食が進んだ状態であり、2004年7月23日は堆積した状態であると思われる(図2、写真2)。2003年7月26日の横断面に流水の痕跡は認められないが、砂礫が堆積していなく、表面の中・大礫の下には固く締まった大礫あるいは岩塊を含む砂礫の層が見られる。傾斜も5度と緩く、この層から下は余程の営力が働かない限り、侵食されない。一方2004年7月23日の横断面は、降雨によって上手から移動した砂礫が堆積している状態のものである。この2時期の断面の底部分を比較すると深さ5 - 6cmの差がある(図2)。この部分が表層部において砂礫の動きやすいルーズ化した部分といえる。

横断面的な変化は、この部分の変化によってもたらされていると考えられる。いいかえれば、本道は表層のこの部分を除いて安定した状態にあり、それより下層へはあまり侵食が進まないと考えられる。

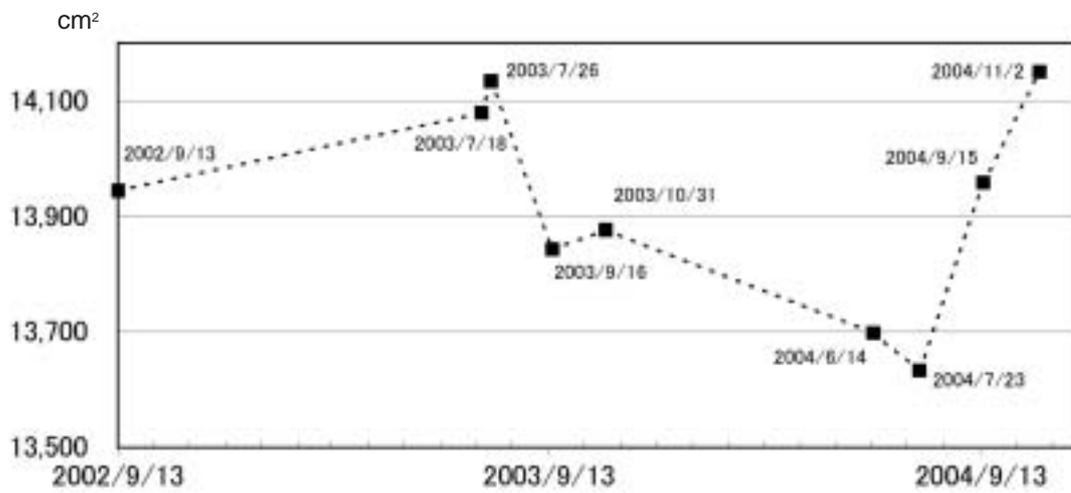


(1) 2003年7月26日

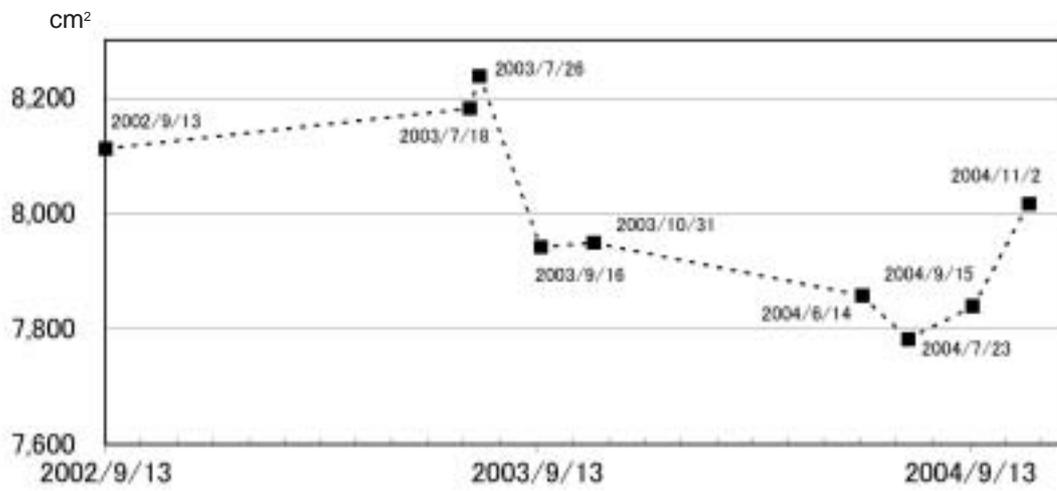


(2) 2004年7月23日

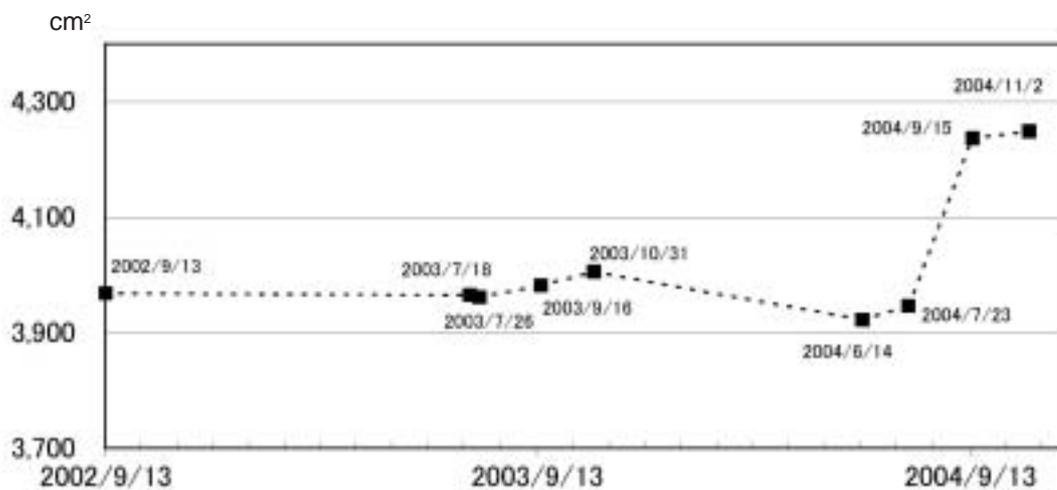
写真2 本道の横断面(上手から撮影)



(1) 全体 (計測0 - 285cm区間)



(2) 本道 (計測50 - 165cm区間)



(3) 踏み分け道 (計測180 - 275cm区間)

図4 計測横断面の変化

### 踏み分け道

踏み分け道の横断面の変化は、2004年9月15日の大きな変化を除けば、断面積が漸増傾向にあると思われる(図4)。2002年9月13日 - 2003年7月18日、2003年7月18日 - 7月26日、2003年10月31日 - 2004年6月14日の期間は減少しているが前2者の減少は極めて小さく、2003年10月31日 - 2004年6月14日の減少にはステンレス杭のへこみによる誤差を含み、断面積の減少はもっと小さい。よって踏み分け道では、徐々に下方へ侵食が進む傾向にあると思われる。

2004年9月15日の変化は計測230 - 255cm区間にあった大礫が崩落したためである(写真3(1)のY)。崩落は、7月23日以降8月10日までの間に起こったが、それが登山者の踏みつけによるものか、自然落下によるものかはわからない。少なくとも長年の侵食により大礫の基底部分が侵食されたことによって発生したと考えられる。

このような崩落は少なくない頻度で発生すると推察される。踏み分け道での侵食状況を初回計測時の2002年9月13日と今回の計測の最終回である2004年11月2日の写真で比較した(写真3)。2002年9月13日時点ではまだ、表層部に埋まっていた礫(写真3(1)のa, b, c, d)が、2004年11月2日になるとその露出度が高まっている(写真3(2)のa, b, c, d)。また、礫以外の砂礫で表面が覆われた部分が細礫で覆われた部分に変化してきた。礫の露出は2003年9月16日から見られ、それが徐々に顕著になっていた。これは雨滴や流水などによって砂・泥が洗食されたものと思われ、2004年9月15日の底部

分(計測190 - 230cm区間)が一様に侵食されていたのは、それが顕著に表れたものであろう。すなわち、写真3中のa~dの礫についても計測230 - 255cm区間にあった大礫が崩落したように、将来的にはさらに露出し、崩落する可能性が大きい。

一方、踏み分け道での侵食は自然的な要因だけでなく、登山者の踏みつけなどによる人為的要因もみられた。それは小川(2004)が2003年7月27日に行ったペンキラインの消失に現れていた。その特徴は踏みつけられたか所のみが集中的に侵食されることであり(具体的には計測190 - 205cm区間)、侵食量としてはそう大きくはない<sup>3)</sup>。ただし、今回の断面観察では見られなかったが、登山者が踏みつけた際に足がすべるなどした時は大きな侵食要因となりうる場合も考えられる。

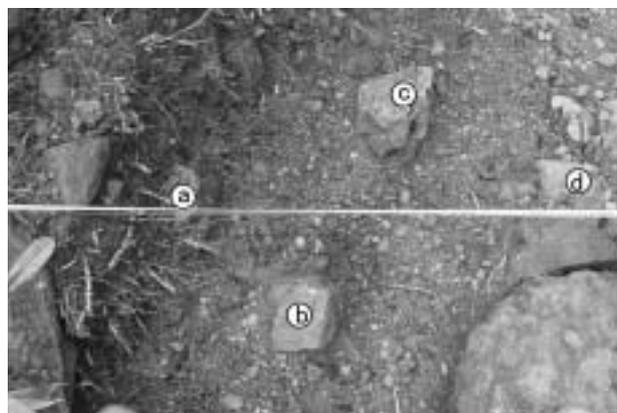
このように踏み分け道では自然的要因を主に人為的要因も加わってマトリックスの部分である砂礫が徐々に下方へ侵食され、時に大・中礫が崩落し、大きく侵食が進行すると考えられる。

### 今後の計測横断面の変化

本道は、傾斜がゆるく、しかも表層部分の下位に緻密な硬い層があるために今後も下方侵食はあまり進まないと考えられる。これに対して踏み分け道は、マトリックス部分が徐々に下方へ侵食され続けるとともに地中にあった中・大礫が時おり崩落し、下方侵食がさらに進むと考えられる。結果的には、踏み分け道の深さが、本道と同じ深さにまで達すると考えられる。踏み分け道部分の侵食は、上手へ連なる踏み分け道部分へと進行し、同様に本道と変わらぬ



(1) 2002年9月13日



(2) 2004年11月2日

写真3 踏み分け道の横断面(上手から撮影)

写真中のa, b, c, dの記号をつけた礫は同じ礫を示す。

高さまで侵食される。また、その表面も崩落した中・大礫の存在も含めて考えれば、本道と同じような表面の状態になると思われる。

このようにして、もとの踏み分け道部分がなくなり見分けがつかなくなって、結果的に幅が広がった登山道が新たにできてしまうと考えられる。

### おわりに

砂防新道の標高1,860m地点において、2002年9月13日から2004年11月2日まで、横断面の計測を継続して行い、その侵食量を把握するとともに気象データ、登山道利用者数などの自然的・人為的要因と侵食との関係について検討した。

横断面上全体での断面積は最終的に206cm<sup>2</sup>増加し侵食が進んだが、時期によっては断面積が減少し堆積する時期もあり、単純に侵食が進むような形にはならなかった。これは外的な要因（特に自然的な要因）がどの程度の規模がいつごろ働くかによって決まるためである。特に、本道は傾斜がゆるく上手から移動した砂礫が断面上に堆積する時もあることが大きい。

また、横断面上の本道と踏み分け道では侵食プロセスに違いがあった。本道は傾斜がゆるく固く締まった大礫あるいは岩塊を含む砂礫の層が下位にあるため、これより侵食が進まず上部の5 - 6 cmのルーズな砂礫層部分が流水や登山者のけとばしなどの外的な要因を受けて移動を繰り返していた。これに対して踏み分け道は、雨滴、流水や人の踏みつけなどによって徐々に侵食されるとともに大礫が崩落して大きく侵食が進んだ。将来的に崩落する可能性のある礫もいくつかみられ、今後も今回の計測期間のような侵食プロセスを続けると考えられた。

このように、本道では下方侵食が進まず、踏み分け道では下方侵食が進行するため、本道の侵食深に踏み分け道の侵食深が、追いつくと推定された。登山道が踏み分け道の形成によって徐々に拡大されていくプロセスの一旦を明らかにできたといえる。

小川（2003）は、白山にある登山道のうち砂防新道、観光新道、南竜道、エコーライン、お池めぐりりコースについて侵食形態を調査した結果、ほぼ10 m以上の長さを持つ踏み分け道を35か所、明らかにした。このうちのいくつかは今回の計測地点と同じプロセスで変化すると思われる、登山道の拡大を促進することになると思われる。

最後に今後の調査を進めていく上での課題について述べたい。今回の調査では、横断面計測時の現地での観察状況からして、横断面の変化に影響する最も重要な要因は流水であると思われたが、その実際の状況を現地で確認することはできなかった。激しい豪雨時やその直後の状況を把握することで、推察したことが確証として得ることができ、より正確な侵食プロセスの把握ができると思われる。また、今回のような標高1,860mの亜高山帯で、かつ多雪山地での侵食要因として凍結融解作用や残雪期の大量の融雪水による侵食も重要と考えられる。今回の調査ではこの影響があまりみられなかった。積雪量が少なかったこと、気温が高めに推移した年であったことが大きい。今後、このようなことも含めた調査の継続が望まれる。

### 謝 辞

本稿の作成に当たり、国土交通省金沢河川国道事務所測定している降水量のデータを、環境省白峰自然保護官事務所から登山者カウンター調査のデータを使用させていただいた。お礼申し上げます。

### 注

- 1) 国土交通省の観測地点名は、甚之助谷となっている。
- 2) 当日の天候は、概ね晴れで調査中風が吹いたり、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。
- 3) 実はこの7月27日の17時以降にも横断面の計測を行った。前日の7月26日（17:00以降計測）と比較し全体で10cm<sup>2</sup>減少するという結果になったが、測定の精度を考慮するとほぼ変わらない結果といえる。踏み分け道では、登山者の踏みつけによりラインの踏みつけか所部分が消失したが、計測で現れるほどのものではなかった。

### 文 献

- 東野外志男・小川弘司・野上達也（1998）白山高山帯の室堂平における気温、地温の通年変化．雪氷，60-2，157-165．  
依田明美・小野有五（1990）登山道の侵食について．地形，11，p298．  
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.
- 依田明美・渡辺悌二(1998)大雪山国立公園黒岳石室周辺の登山道侵食. 日本地理学会発表要旨集, 53, 358-359.
- 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(1993)石川県地質誌. 321pp.
- 石川県(1995)白山地域植生図及び同説明書.
- 金沢地方気象台(2003)石川県の気象・地震概況 平成15年7月. 9pp.
- 金沢地方気象台(2004a)石川県の気象・地震概況 平成16年6月. 8pp.
- 金沢地方気象台(2004b)石川県の気象・地震概況 平成16年9月. 10pp.
- 金沢地方気象台(2004c)石川県の気象・地震概況 平成16年10月. 14pp.
- 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.
- 中村洋介(2000)大菩薩嶺における登山道の侵食. 日本地理学会発表要旨集, No.59, 102.
- 小川弘司(2004)登山道侵食. 白山高山帯保全対策調査報告書, 石川県白山自然保護センター, 36-55.
- 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.
- 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.
- 四手井英一・野崎英吉(2003)登山者利用動態. 白山高山帯保全対策調査報告書, 石川県白山自然保護センター, 1-10.
- 渡辺悌二(2000)登山道とそのワイズユース, ワイズマネジメント. 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, 26-27.
- 渡辺悌二・深澤京子(1998)大雪山国立公園, 黒岳七合目から山頂区間における過去7年間の登山道の荒廃とその軽減のための対策. 地理学評論, 71A-10, 753-764.