

白山における登山道のひろがりとその速さ

Footpath Erosion in Mt. Hakusan

山田 周二*

Shuji YAMADA

I はじめに

人間活動の活発化にともなう、人間の地形変化に与える影響は大きくなってきた。近代以前にはほとんど人の手が入っていなかった亜高山や高山にも、レクリエーション活動の増加によって登山道やその周辺で地形変化が発生し、周辺の植生が破壊されつつある (Price, 1985; 八神・野崎, 1987; 小野ほか, 1990; 依田・小野, 1990)。特に高山では、一旦植生が破壊されると回復が困難なため (Willard and Marr, 1971; 菅沼・辰巳, 1985)、登山道の拡大に対して早急に対処する必要がある。

欧米では、1960年代からこの問題に着目し、主に土壌学や生態学の方面から人の踏みつけによる土壌や植生の変化についての実験的な研究や、道の幅や深さを規定する要因についての分析的な研究が行われてきた (Liddle, 1975; Price, 1985)。また、わが国においても、1960年代の後半に八甲田山の湿原の人の歩行による破壊に関して研究がなされ (Tachibana, 1969)、1980年代には高山の登山道が研究対象となった (関根, 1982; 後藤・牧田, 1990; 依田・小野, 1990, 1991)。それらの研究によって、人の歩行によって土壌が締め固められることや、歩きにくくなると登山道を選けて横に踏みだすということはわかったが、登山道の設置によってどの程度侵食されたかということには触れられていない。今後の対策を立てるためには、登山道の設置による地形変化がどの程度のものなのかといった現状を把握

する必要がある。

本研究では中部日本の白山において、比較的最近に設置されたエコーラインおよび展望歩道と呼ばれる2本の登山道の測量を行った結果、登山道の設置による侵食量とその速さをあきらかにしたので、ここに報告する。

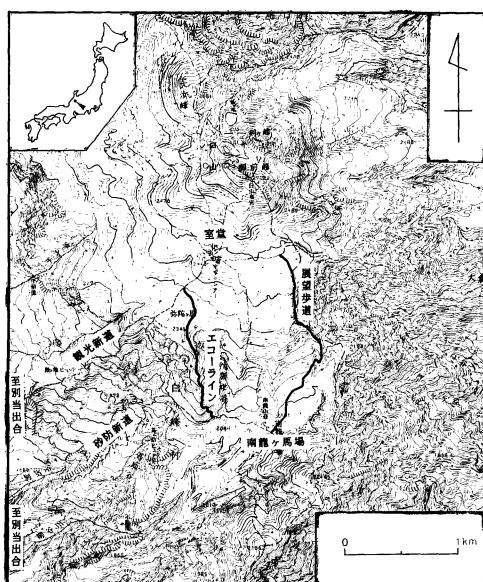
II 調査地域の概要

白山は石川県と岐阜県の境に位置し、新第三紀以降に2000m以上に隆起した山地の上に、第四紀に噴出した火山である (紮野ほか, 1970)。最高点は標高2702mの御前峰である。

白山は、古来より多くの人々によって登られてきた。最も古い記録としては、養老元年 (717年) の泰澄という僧による開山が伝えられており、天長九年 (832年) に加賀・越前・美濃の登山口が開かれ、江戸時代まで盛んに信仰登山が行われていた。明治維新後、白山山上の諸仏像は、神仏分離によって破壊または下山させられ (山岸, 1977)、その後スポーツ登山の対象となった。大正13年 (1924年) には、1575人の登山者がいたという記録があり (石川県, 1977)、1950年まで登山者数は年間3000人以下であったが、1951年以降毎年約1000人ずつ増え続け1975年には30,000人を越えた。この間に、新たに登山道が設置された。1976年以降、登山者数は30,000人から40,000人の間で安定している (石川県環境部, 1989)。

現在の登山口は、石川県側に7ヶ所、岐阜県側に1ヶ所あり、約90%の登山者が石川県側の別当出合と

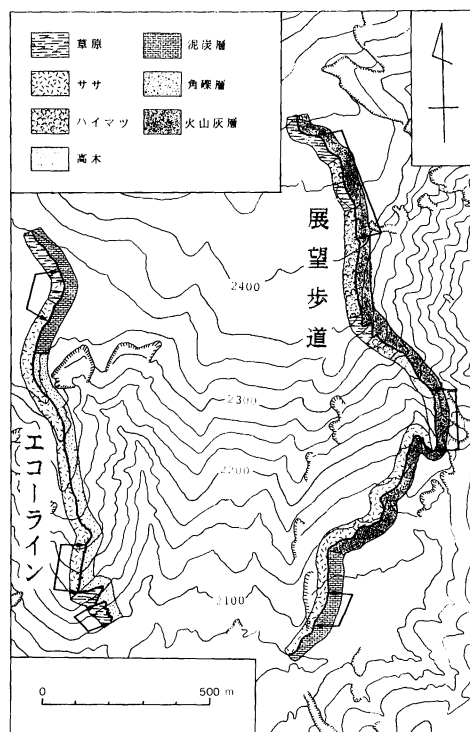
*筑波大学環境科学研究科 (現 北海道大学環境科学研究科)



第1図 白山周辺の地形図
基図には国土地理院発行の1:25,000地形図「白山」を使用。

いう登山口を利用している（石川県環境部，1989）。別当合からは、砂防新道および観光新道と呼ばれる二本の登山道がつけられており、砂防新道は上部で4本の登山道に分かれる（第1図）。本研究では、このうちの二本の登山道で、1969年に新たに設置されたエコーラインおよび展望歩道を調査対象とした。

エコーラインは、標高2050mの南龍ヶ馬場と標高2350mの弥陀ヶ原とを結ぶ登山道で（第1図）、全登山者の約15%が利用している（石川県環境部，1989）。年間の登山者数は約30,000人から40,000人であるから、エコーラインは毎年4500人から6000人の登山者に利用されていると考えられる。エコーラインは、設置された当時の幅が1mであった（石川県環境部，1988）。この登山道は、上部では弥陀ヶ原と呼ばれる緩傾斜な溶岩台地につけられており、そこから下は、尾根のやや谷よりに、そして最下部では尾根の側面の平滑な斜面にジグザグにつけられている（第2図）。ここでは便宜的に上部の緩傾斜な部分を上部、尾根の谷よりにつけられた部分を尾根部、平滑な斜面につけられた部分を下部と呼ぶ。



第2図 エコーラインおよび展望歩道周辺の表層地質と植生
登山道の西側に植生を、東側に表層地質を示す。矢印で示した範囲が測量を行った区間。基図には石川県白山自然保護センター（1990）：中部白山地域現存植生図（1:7,500）を使用。

展望歩道は、標高2050mの南龍ヶ馬場と室堂の東の標高2450mとを結ぶ登山道である（第1図）。全登山者の約8%がこの登山道を利用しており（石川県環境部，1989）、年間2400人から3200人に利用されていると考えられる。展望歩道は、設置された当時の幅が1mから1.5mであった（石川県環境部，1988）。この登山道は、上部と下部で緩傾斜なところに、その間は、比較的急傾斜な尾根上に道がつけられている（第1図）。ここでは便宜的に上部の緩傾斜な部分を上部、下部の緩傾斜な部分を下部、その間の尾根上につけられた部分を尾根部と呼ぶ。

調査対象とした登山道周辺の、表層地質と植生を第2図に示す。植生図は、石川県白山自然保護セン

ター (1991) と菅沼ほか (1976) を参考に、現地での観察に基いて作成した。表層地質図は現地での観察によって作成した。

植生は、1) 草原、2) ササ、3) ハイマツ、4) 高木の4つに分類した。エコーラインには草原とササがみられ、展望歩道には草原、ササ、ハイマツ、高木がみられる。草原は、エコーラインの上部と下部、それに展望歩道の上部でみられる。これらはいずれも残雪が6月以降までみられるところである。展望歩道上部では、コバイケイソウやハクサンコザクラ、アオノツガザクラなどからなる雪田群落の草原がみられ、エコーラインの上部と下部では、ミヤマキンポウゲなどの高茎草原がみられる。ササは、エコーラインの上部と尾根部、展望歩道の下部にみられる。ササも比較的残雪が遅くまで残るところに分布する。ハイマツは展望歩道上部にのみみられる。ハイマツの林床には、コケモモやクロマメノキなどの小低木や、ヒロハノコメススキなどのイネ科の草本がみられるところが多い。ハイマツは6月以前に残雪がなくなるところに分布する。高木は展望歩道尾根部にのみみられ、ここも6月以前に残雪がなくなる。ここではアオモリトドマツが最も多くみられ、ミヤマハノキなどの広葉樹もみられる。

表層地質は、1) 泥炭層、2) 角礫層、3) 火山灰層の3つに分類した。エコーラインには泥炭層と角礫層が、展望歩道には泥炭層と火山灰層がみられる。泥炭層はエコーライン上部と展望歩道下部にみられる。エコーライン上部では層厚が最大120cmで、展望歩道下部では層厚が最大120cmである。泥炭層中には合計18枚の火山灰層が含まれる (遠藤, 1985)。この火山灰は主に完新世の白山火山の活動によってもたらされたものである。角礫層はエコーラインの尾根部と下部に分布し、角礫と密なマトリクスとからなる。層厚は最大50cmである。火山灰層は展望歩道の上部と尾根部に分布する。層厚は最大70cmで粘土化しているところが多い。

III 登山道の形態

1) 測量の方法

登山道の測量は、エコーラインの上部および尾根

部、下部と、展望歩道の上部および尾根部、下部にて、1991年の6月から10月にかけて行った (第2図)。測量は、それぞれの区間に基点をもうけ、その基点から道のりにして102mから294m行った。測定長を2mに設定した斜面測量器を用いて登山道の縦断面形を測量し、それとあわせて2mおきに登山道の幅と深さを計測した。幅は、登山道脇の植生から植生までとし、深さは、最も深いところとした (第3図)。

ここで、登山道に関する用語を便宜的に定義しておく (第3図)。まず、最も低い面を登山道面、その側面に位置し登山者は歩かないが植生がない部分を登山道の側壁、登山道面よりも一段高いところにある植生がない部分を踏みだし道とする。

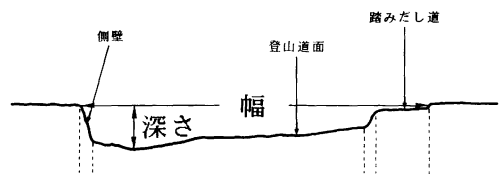
測量結果をもとに、登山道の模式図と登山道の幅と深さを表す帯グラフを第4図に示し、以下に測量を行った区間の登山道の形態を記載する。

2) エコーラインの形態

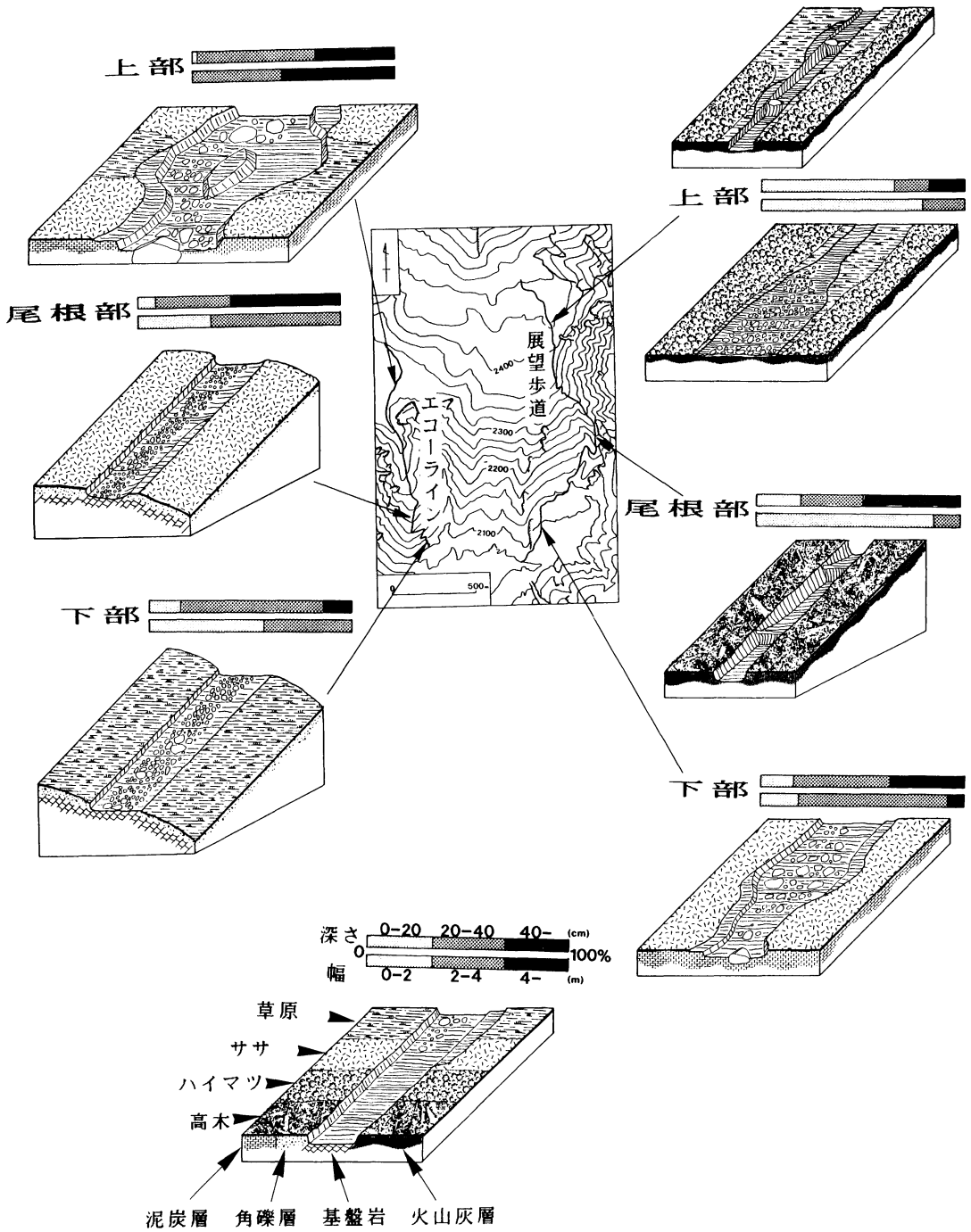
(1) 上部

エコーライン上部では、標高2326mから2338mまで道のりにして180m測量した。登山道は、起伏が小さい緩斜面の谷状になった部分につけられており、登山道の平均傾斜は3.6°である。この区間には、幅が2m以下の地点はみられず、91%の地点で3m以上となっており、深さは、97%の地点で20cm以上となっている。

形態の特徴として、幅がひろいことがあげられ、道が二本に分岐しているところ (複線化しているところ) では幅が6m以上になっている。複線化しているところの中央の部分にも踏みだし道ができており、登山道上には植生はほとんど残っていない。複線化しているのは、周辺の植生が草原のところに限



第3図 登山道の幅・深さと各部分の名称



第4図 各区間の形態の模式図
 模式図の上の帯グラフは、網かけが濃い部分が多いほどひろがっていることを示す。

られるが、複線化していないところでも、大部分の地点に踏みだし道がみられる。踏みだし道の幅は、60cm から 1 m のものが多い。

(2) 尾根部

エコーライン尾根部では、標高2174m から2212m まで道のりにして154m 測量した。登山道は、傾斜が約15°の尾根のやや谷よりにつけられている部分と、尾根上にジグザグにつけられている部分とがあり、登山道の平均傾斜は14.9°である。この区間には、幅が3m 以上の地点はみられないが、2m 以上の地点は64%を占める。深さは、91%の地点で20cm 以上になっている。

この区間は、登山道が最大傾斜方向に対して斜めにつけられているため、谷側の側壁が非常に小さく、横断面形は直角三角形に類似する。谷側にある程度側壁がみられるところでは、踏みだし道がつけられているところが多く、踏みだし道の幅は30cm から60cm である。道がジグザグにつけられた部分では、曲がり角から谷側に土砂が流出した跡がみられた。また、登山道面には、流水によると思われる舌状の堆積地形が、調査期間中の6月から7月の間に形成された。

(3) 下部

エコーライン下部では、標高2098m から2136m まで道のりにして162m 測量した。登山道は傾斜約30°の平滑な斜面にジグザグにつけられており、登山道の平均傾斜は12.9°である。この区間は、幅が2m 未満の地点が57%を占め、深さが20cm 以上の地点が84%を占める。

この区間でも、登山道が最大傾斜方向に対して斜めにつけられているため、谷側にはほとんど側壁がみられず、横断面形は直角三角形に類似する。いっぽう、山側の側壁には崩れの跡が多数みられた。この崩れは、表層の腐植層と植生がもとの形態を残していることから、角礫層の部分で滑りが発生したために起こったものと考えられる。踏みだし道はほとんどみられず、登山道の谷側には道から土砂が流出した跡がみられた。

3) 展望歩道の形態

(1) 上部

展望歩道上部では、標高2406m から2432m まで道のりにして294m 測量した。登山道は、基点から138m まで(下半部)は尾根状の緩斜面に、138m から294m まで(上半部)は谷状の緩斜面につけられており、登山道の平均傾斜は2.9°である。この区間は、尾根状の緩斜面の部分(下半部)と谷状の緩斜面の部分(上半部)とでは形態が異なる。幅が2m 以上の地点が、下半部では34%であるのに対して、上半部では7%である。いっぽう、深さが20cm 以上の地点は上半部では67%であるのに対して、下半部では3%にすぎない。展望歩道上部全体では、幅が2m 未満の地点が79%を占める。深さは、20cm 未満の区間が64%を占める。

上半部では、登山道が侵食されガリー状の形態になっている。上半部の縦断面形は階段状を呈し、ガリーの谷頭の上流側で浅く、下流側で深くなっている。深いところとその後では横に踏みだし道がみられ、浅いところよりも若干幅がひろくなっている。いっぽう、下半部ではほとんど深くならず、登山道面に礫がみられるところでは幅が3m 前後で、そうでないところでは、幅は1m 以下となっている。

(2) 尾根部

展望歩道尾根部では、標高2184m から2260m まで道のりにして250m 測量した。登山道は傾斜約20°の尾根上につけられており、登山道の平均傾斜は18.3°である。この区間は、幅が2m 未満の地点が87%を占め、深さは、78%の地点で20cm 以上になっている。

この区間は、展望歩道上部の上半部と同様、ガリー状の形態になっているところが多く、縦断面形は階段状を呈する。木の根が道の上に張っているところでガリーの谷頭が形成されており、谷頭の上流側で浅く下流側で深くなっている。この区間では、調査を行った6月から10月までのあいだに、登山道面の礫の移動や、登山道の深さの変化が観察された。基点近くの標高2184m 地点で、6月中旬から7月中旬までの間の深さの変化を計測したところ、登山道面が約25cm 深くなった。

(3) 下部

展望歩道下部では、標高2086m から標高2094m まで道のりにして102m 測量した。登山道は平滑な緩斜

面のやや谷状になった部分につけられており、登山道の平均傾斜は4.3°である。この区間は、幅が2m以上の地点が82%を占め、深さは84%の地点で20cm以上になっている。

この区間には、ほとんどの地点で踏みだし道がみられ、踏みだし道の幅は30cmから1mである。登山道は、最大傾斜方向に対してやや斜めについているため、ところどころに道と交差するガリーがみられる。

IV 登山道の侵食量とひろがりの速さ

登山道の測量を行った結果、どの区間でも幅が2m以上の地点がみられることがわかった。これらの登山道は1969年に設置され、そのときの幅が1mから1.5mであるから(石川県環境部, 1988), 2m以上の地点はその後の22年間でひろがったことはあきらかである。また、どの区間でも深さが20cm以上の地点がみられる。設置されたときの深さに関する資料はないが、おそらく深くなかったであろうから、少なくとも深さが20cm以上の地点は設置されてから深くなったものと考えられる。つまり、どの区間でもある程度は幅も深さもひろがったといえる。

しかし、区間によってひろがりの程度は異なる。エコーライン上部では幅が2m未満の地点はなく、57%の地点で4m以上とひろがりが大きく、また展望歩道下部でも、2m以上の地点が82%を占める。いっぽう、展望歩道上部と展望歩道尾根部では、2m未満の地点が70%以上を占める。深さは、展望歩道上部の下半部では、ほとんど深くなっていないのに対して、その他の区間では20cm以上の地点が80%前後を占める。

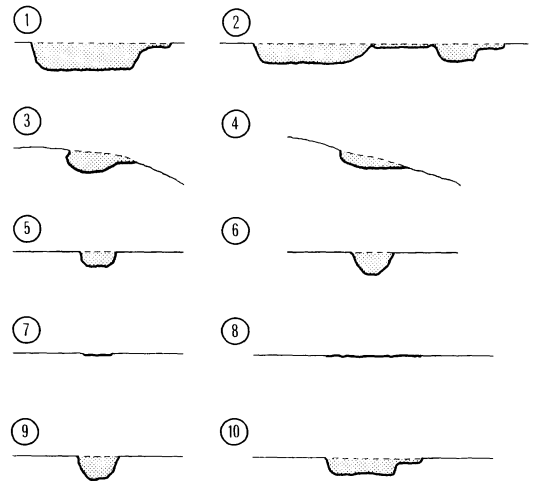
以上のように区間によってひろがりの程度は異なり、また同じ区間内でも異なる形態の登山道がみられるが、斜面形、植生、表層地質が同じところでは、登山道もほぼ同じ形態を呈する。そのため、斜面形、植生、表層地質から、測量した登山道を10区間に細分し(第1表)、侵食量を求めた。

侵食量を求めるにあたっては、以下の方法を用いた。まず、登山道が設置されたときにはまったく深くなかったと考え、侵食量を登山道の横断面の面積

第1表 各区間の登山道周辺の斜面形、植生、表層地質

区間	位置	斜面形	表層地質	植生
①	エコー上部	谷状の緩斜面	泥炭層	草原
②	エコー上部	谷状の緩斜面	泥炭層	ササ
③	エコー尾根部	尾根	角礫層	ササ
④	エコー下部	平滑斜面	角礫層	草原
⑤	展望上部	谷状の緩斜面	火山灰層	草原
⑥	展望上部	谷状の緩斜面	火山灰層	ハイマツ
⑦	展望上部	尾根状の緩斜面	火山灰層	草原
⑧	展望上部	尾根状の緩斜面	火山灰層	ハイマツ
⑨	展望尾根部	尾根	火山灰層	高木
⑩	展望下部	谷状の緩斜面	泥炭層	ササ

で表した。第5図に各区間の横断面形の模式図を示す。①, ②, ⑩の横断面形は、ほぼ長方形になっているが、踏みだし道がみられるため横断面積からその部分を引く必要がある。踏みだし道の幅は0.6から1mのものが多いため、幅から0.8m引いた値と深さをかけて侵食量とした(A)。ただし、②は踏みだし道が登山道の中央にもあるため、幅から1.6m引いた値



第5図 各区間の横断面形の模式図

網かけをした部分が侵食量とした部分。図中の番号は第1表および第2表の番号と対応している。

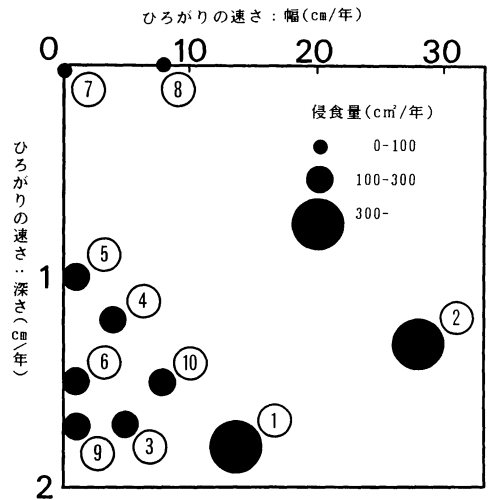
と深さをかけて侵食量とした。③、④の横断面形は、ほぼ三角形を呈する。そのため、幅と深さをかけて2で割った値を侵食量とした(B)。⑤、⑥、⑦、⑧、⑨の横断面形は、やや底辺が短い長方形に近似できると考え、幅と深さをかけた値を侵食量とした(C)。計算には、それぞれの区間の幅・深さの平均値を用いた。

各区間で求めた侵食量を第2表に示す。まったく深くなっていない⑦、⑧では、侵食量は0に近い値となっている。③、④、⑤、⑥、⑨では、侵食量はいずれも0.2から0.5 m^2 で、③、④の方が⑤、⑥、⑨よりも幅はひろいが、侵食量には顕著な違いがみられない。①、②の侵食量は、1.3 m^2 、1.6 m^2 と他の区間よりも大きい値となっている。従来、登山道は傾斜が急になるほど侵食されやすいといわれてきたが(例えば Coleman, 1981)、今回調査した登山道では、傾斜約15°の区間である③、④、⑨よりも傾斜が3°から4°の①、②の方が2倍以上侵食量が多い。これは、傾斜が登山道の侵食に対する絶対的な指標にはならないということを示している。

つぎに、登山道のひろがりの速さを、幅、深さ、侵食量について計算した。幅は、初期の状態が1mであったと仮定し、現在の幅から1m引いた値を用いた。深さは、初期の状態がまったく深くなかったと仮定し、現在の深さを用いた。侵食量については、さきに計算した値を用いた。以上の値を、登山道が

第2表 各区間の侵食量
横断面形の分類については本文参照。

区 間	横断面形	幅 (cm)	深さ (cm)	侵食量 (m^2)
①	A	412	40	1.3
②	A	730	28	1.6
③	B	211	38	0.4
④	B	189	27	0.3
⑤	C	108	22	0.2
⑥	C	119	33	0.4
⑦	C	86	2	0.0
⑧	C	280	0	0.0
⑨	C	125	37	0.5
⑩	A	274	32	0.6



第6図 各区間のひろがりの速さ
図中の番号は第1表および第2表、第5図の番号と対応している。

設置されてから現在までの年数である22で割ったものをひろがりの速さとし、各々の区間の幅・深さの平均値を用いて計算した。

第6図に各々の区間の一年当りの幅と深さのひろがりの速さと、一年当りの侵食量とを示す。幅は、年間数cmから大きいところでは約30cmずつひろがっており、深さは、まったく深くなっていないところを除くと、年間1cmから2cmずつ深くなっている。また、侵食量は年間数 $100cm^2$ になる。そこで、1984年8月にエコーライン上部で行われた測量結果(八神・野崎, 1987)と今回の測量結果とを比較し、最近7年間の幅のひろがりの速さを求め、22年間の平均値と比較した。その結果、今回(1991年9月)の測量では、エコーライン上部の基点から75m付近(②に当たる地点)の幅は10.5mであったが、1984年当時は、同地点付近の幅が8.5から9mで、7年間で1.5から2mひろがったということがわかった。これを一年当りの値にすると、約20cmから30cmとなる。この値は、登山道が設置されてから現在までの平均のひろがりの速さとほぼ一致し、現在も活発に登山道はひろがっていることを示す。

V まとめ

中部日本の白山において、登山道の測量を行った結果、以下のことがあきらかになった。

- 1) 測量を行った区間では、ほとんどのところで設置当時の状態よりも幅・深さがひろがっている。
- 2) 登山道が設置されてから現在までの22年間の侵食量は、まったく深くなっていないところを除くと、横断面積にして0.2m²から1.6m²になる。
- 3) 登山道が設置されてから現在まで22年間のひろがりの速さを求めたところ、幅は年間数 cm から30 cm、深さはまったく深くないところを除くと年間1 から2 cm、侵食量にして年間数100cm²になる。
- 4) 1984年に行われた測量結果と今回行った測量結果との比較から最近7年間の幅のひろがりの速さを求めたところ、20から30cm という値となり、現在も登山道は活発にひろがっていると考えられる。

謝 辞

筑波大学地球科学系の安仁屋政武助教授には終始ご指導いただいた。また、筑波大学地球科学系の松本栄次助教授、農林学系の糸賀 黎教授、農林工学系の天田高白助教授には有益なご助言をいただいた。筑波大学環境科学研究科流域環境研究室の涌井純二(現国際協力事業団)、BANDYOPADHYAY, Partha の両氏と三重大学生物資源学部の宮坂 仁氏には現地調査を手伝っていただいた。また、筑波大学地球科学研究科の渡部 真氏には斜面測量器を貸していただいた。石川県白山自然保護センター、石川県環境部、白峰村役場の方々には快く資料を提供していただいた。以上の方々に、記して感謝します。

文 献

- 石川県環境部 (1988) : 「石川県環境白書 昭和62年度版」 石川県環境部。
- 石川県環境部 (1989) : 「白山国立公園の保護と利用に関する報告書」 石川県環境部, 95p.
- 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」94p.

- 石川県白山自然保護センター (1990) : 「中部白山地域 (別当出合～白山山頂) 植生調査報告書」25p.
- 遠藤邦彦 (1985) : 白山火山地域の火山灰と泥炭層の形成過程. 「白山高山帯自然史調査報告書」, 石川県白山自然保護センター, 11-30.
- 小野有五・依田明実・後藤忠志 (1990) : 登山道の侵食について, 森林航測, **161**, 15-19.
- 紘野義夫・山崎正男・中西信弘・松尾秀邦・木村一夫 (1970) : 白山地域の地質. 白山学術調査団編 : 「白山の自然」石川県, 1-49.
- 菅沼孝之・辰巳博史 (1985) : 白山室堂平の高山雪田植生の回復. 「白山高山帯自然史調査報告書」石川県白山自然保護センター, 71-81.
- 菅沼孝之・芳賀真理子・四手井英一・小松晶子 (1977) : 白山室堂平および弥陀ヶ原の植生. 石川県白山自然保護センター研究報告, **3**, 31-47.
- 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. 地形, **3**, 83.
- 八神徳彦・野崎英吉 (1987) : 白山弥陀ヶ原における登山道の荒廃状況. 石川県白山自然保護センター研究報告, **13**, 89-94.
- 山岸 共 (1977) : 白山信仰と加賀馬場. 高瀬重雄編 : 「白山・立山と北陸修験道」名著出版, 28-58.
- 依田明実・小野有五 (1990) : 登山道の侵食について. 地形, **11**, 298.
- 依田明実・小野有五 (1991) : 登山道の侵食について (第二報). 地形, **12**, 76-77.
- Coleman, R. (1981) : Footpath erosion in the English Lake district. *Applied Geography*, **1**, 121-131.
- Liddle, M. J. (1975) : A selective review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems. *Biological Conservation*, **7**, 17-36.
- Price, M. F. (1985) : Impacts of recreational activities on alpine vegetation in western North America. *Mountain Research and Development*, **5**, 263-277.
- Tachibana, H. (1969) : Vegetation changes of a moor in Mt. Hakkoda caused by human treading. *Ecological Review*, **17**, 177-188.
- Willard, B. E. and Marr, J. W. (1971) : Recovery of alpine tundra under protection after damage by human activities in the Rocky Mountains of Colorado. *Biological Conservation*, **3**, 181-190.