

登山道修復の新しい設計思想と工法

松田 益義

要旨

近年の登山ブームで、全国の山岳地の歩道では登山者の踏圧により裸地化と洗掘が進みガリー（沢形）地形が形成されている。融雪期と降雨時には表流水が出現して土壌流出が激しく、自然環境の保全上もはや看過できないレベルに達している。こうした事態への対処として木道化などの土木工事が行われているが、縦杭などの埋設により地下の土壌構造を破壊し、荒廃の進行をむしろ早める結果をもたらしているケースが多い。蛇籠の3面張りや延々と続く木道の設置は、自然との力ずくの勝負であり、環境の復元にはまったく役立っていない。子孫に残すべき貴重な自然遺産の蹂躪にも通じるこうした方向の現場土木工事は、今やストップをかけるべき時期にある。

登山道の修復は現場での土木工事を止めて、「登山道本来の機能の維持」と「環境復元」の両立を目指すべきである。筆者はこの両立を可能にするための3原則を提示し、杭打ちをせず、金属メッシュなどの床板を地表から離して空中に設置する新工法を考案した。新工法は床板の隙間から雨水と日光を地表まで透過させ、裸地化し不安定であった地表を新たな平衡状態に向わせるもので、荒廃地形の安定化と植生復活を自然の治癒力で実現させる工法である。

1 登山道荒廃の実態

近年の登山ブームで、地表が土壌で覆われた全国の山道が登山者の踏圧によって裸地化し、洗掘が進行している（写真1）。土壌層が厚い森内は洗掘の進行が早く（写真2）、降雨時と融雪期には登山道は雨水の流路となっている（写真3）。土壌流出による登山道荒廃の実態調査事例は多く、渡辺 悌二（2008）の「登山道の保全と管理」に詳しい。

近年は雨具が進歩し、荒天でも登る登山者が多くなった。泥濘と化した登山道の路面を登山靴の固い靴底で踏みしめれば結果がどうなるか。雨天時に一步一步踏みしめるたびに自分の靴底の下から茶色く濁った泥水が流れ出ていることに気付いた登山者ならば、登山道洗掘（→ガリー化）の最大の原因が自らの登山靴による踏圧、特に流水時の踏みしめによる表土流出にあることを認めざるを得ないであろう。文明と砂漠の関係に似て、登山



写真1 斜面全域が裸地化した福島県尾瀬至仏山頂部付近 (A) とそのクローズアップ (B)



写真2 洗掘が始まった登山道 (A)、洗掘がすでに深さ 2 m に及んだ登山道 (B)、降雨時に流路と化した登山道 (C) (いずれも尾瀬森内道)



写真3 洗掘され、降雨時と融雪期のみ流水が出現する登山道 (A：長野県八ヶ岳、B：長野県霧ヶ峰)

者の前には植生があり、登山者の後には荒廃地形（ガリーや沢形、写真 2、3）が残るのである。

融雪期と降雨時にのみ表流水が現われるこうした地形は日本全国の山道で出現しつつあり、山岳地の環境保全上もはや看過できないレベルに達している。土壌洗掘はトラバース道（斜面を横断する道）でも発生するが、急傾斜の直登道で最も顕著である。理由の第 1 は急傾斜の土壌登山道ほど登山者の下降時の踏圧が大きいことであり、第 2 は急傾斜地ほど雨水と融雪水の流下速度が速く土壌浸食力が大きいことにある。洗掘が進んで岩が露出した凸凹のガリー底を歩き続けるのは辛い。降雨時であればなおさらである。雨水の流路と化したガリーの底を歩くことは洗掘を早めるので側方の裸地部分を植生に気遣いながら歩くことになる。裸地部分がない時は裸地拡大に至ると知りつつも、洗掘の深化・拡大の加害者になるくらいなら、側方の植生地帯をそっと歩くことの方がまだマシだと思う者もいるであろう。かくして登

山道周辺の植生は破壊し、裸地は拡大し、ガリーが深化して登山道の荒廃と周辺の自然破壊が進行する。

地表が岩石で覆われている場所では洗掘は起きない。土壌地で洗掘が開始すると、土壌流出によって土壌内に埋没していた岩石が地表に露出する（写真 3 A、B）。丹沢山塊での筆者による洗掘量調査の例を図 1 に示す。洗掘は深さ方向に進行する（1～2 m）だけでなく、側方壁面から土壌粒子が崩れ落ちることにより幅も拡大（2～4 m）している。この調査事例と多くの登山道での観察に基づき、土壌内で岩石が占める割合が一樣である場合、土壌中の岩石含有（体積）割合と洗掘深さ、ならびに洗掘底での岩石の地表被覆率の 3 者の関係性を大胆に推察した結果を図 2 に示す。

同図の見方は、土壌の岩石含有割合 20% の場合、洗掘が 1 m の深さに及んだ時には地表被覆率は 45% に、2 m になった時は約 70% に、3 m になると地表はほぼ 100% 岩石で覆われることを示

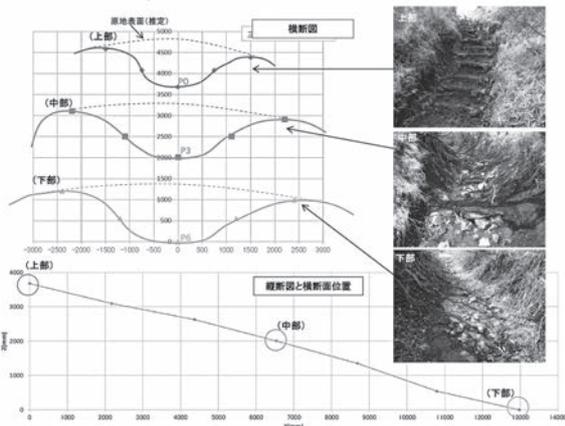


図1 神奈川県丹沢表尾根縦走コース三ノ塔直下の登山道13mの間の洗掘状況(2015年4月2日、数字の単位はmm)

す。図中の○は丹沢調査事例で、土壌の岩石含有割合は約5%、洗掘深さ2.5mの洗掘底の岩石被覆はほぼ40%であったことを示す。

洗掘の進行には当然のこととして、地表の傾き、土壌の固結度、含有岩石の大きさ、登山者の踏圧回数、気象条件などの要素も関与するであろう。しかし、これらはすべて洗掘の進行速度、すなわち時間にかかわる要素と考え、図2にはあえて時間の要素を捨象し、状態にかかわる要素に絞って3種(土壌の岩石含有割合、洗掘の深さ、洗掘底での岩石地表被覆率)の関係性を表現した。図2に関しては筆者の不勉強で類似の先行研究がすでにあるかもしれない。また、他地域での研究事例や上記仮説の妥当性などについても読者のご指摘を頂ければ幸いである。

2 登山道改修の実態

洗掘の進行を止めるために全国の多くの土壌登山道で様々な土木工事が行われている。土木工事の典型例は、土壌中に丸太の縦杭を打ち込み、これを支柱として水平丸太で土止めする階段工である(写真1B、4A、4B)。この階段工は図3の模式図に示すように登山者の踏圧によって縦杭は次第に傾斜し、雨水の流入や土壌水分の融解・再凍結などによって土壌が流出してやがて水平丸太も脱落する。積雪寒冷地では、積雪グライドと凍上さらには多量の融雪水が加わることによって、階段の劣化が急速となる。この階段工は縦杭打ち込み時の土壌掘削が土壌構造を著しく破壊し、意図とは逆に土壌洗掘を早める結果をもたらしている。図1の丹沢の階段工の寿命は関係者によると

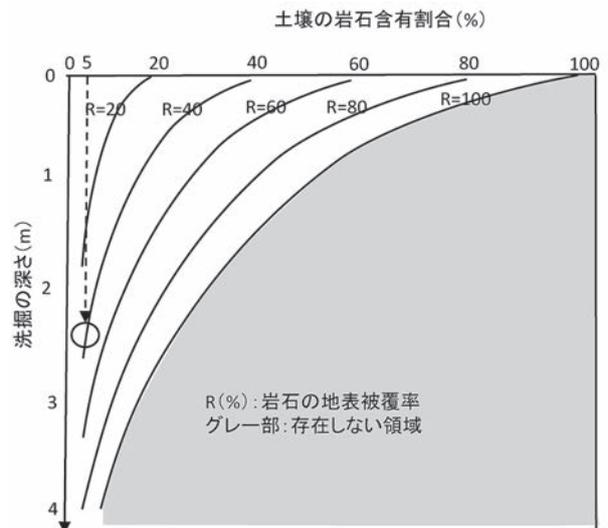


図2 土壌の岩石含有割合、洗掘の深さ、洗掘底での岩石の地表被覆率の関係

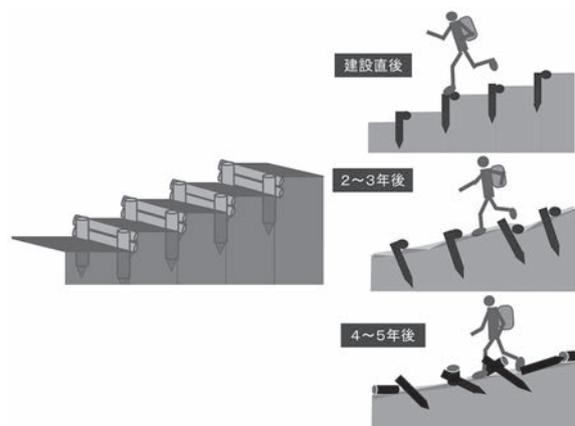


図3 丸太で土止めした階段工における、登山者の踏圧と土壌流出による登山道劣化の模式図

3~5年程度とのことである。すでに洗掘し、凹地化した登山道の底に階段を作っても雨水と融雪水の流れ込みが続くので、流水は階段の側方を削りだす(写真1B、4A)。洗掘の位置を中央から側方に移して凹地を拡幅しただけの結果となる。流水を止めない限り洗掘は止まらない。そこで次は、登山道の横断方向に排水路を掘って水を側方に逃がすか、側溝を作ることになる(写真5)。排水路と側溝は作った当初は機能するが、枯枝や土砂で直ぐに詰まる。維持管理しきれずに放置され、数年で機能不全に陥り、雨水は路面上を流れることになる。

木杭では寿命が短いとわかると、次の手段は金属網に岩石を詰め込んだ蛇籠の登場となる。蛇籠3面張りの登山道も登場し(写真6A)、かつての植生豊かな場所はヘリコプターで運搬した外来岩石で固めた人工の岩石道となる。施工直後は違和感を禁じ得ず、こんな道を歩きたいと思う者がい

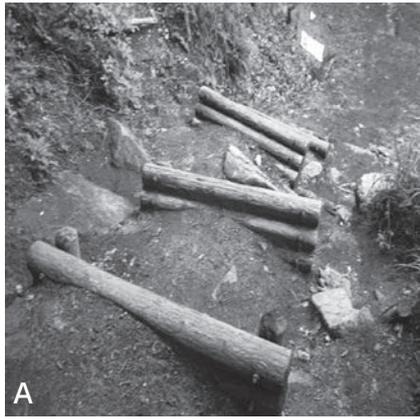


写真4 登山道の側面が洗掘した擬木丸太階段 (A: 山梨県瑞牆山、B: 尾瀬至仏山)



写真5 流水を側方に逃がす横断排水路 (A) と木製側溝 (B) (いずれも八ヶ岳遊歩道)



写真6 階段工と側面の蛇籠の組合せ (A)、年月が経過してなじんだ階段工と蛇籠の組合せ (B) (ともに尾瀬)

るかと感じるが、年月の経過とともに土壌が入り込み、植生が増えれば、やがては周囲の自然に馴染んで行く(写真6B)。緩斜面では、平たい外来石を敷き詰め、隙間をコンクリートで固めた市街地の公園の石畳歩道のような登山道も出現している(写真7)。多大な工事費がかかるこれらの改修工法はどこでもやれるというものではないし、景観上の問題もある。また、踏圧による木杭の傾斜や老朽化、金属網の破れ、凍上による石畳の亀裂発生などで劣化が進んだ際の改修工事をどうするかなどの問題も残る。しかし、たとえ10年程度の耐用年数ではあっても、激しい水流によって土壌

流出が起こらないようにと地表を外来岩石で固めきる方法は、伝統的かつ究極的な修復工法と言えなくはない。

もう一つの代表的な改修工法が木道化である。地表を石で覆わずに木材を地表に直接置く工法は、踏圧によって裸地化した平地ないし緩やかな傾斜地で多用されている。また、傾斜地で洗掘が進行した直登道では木製階段を、トラバース道では水平材を、ともに地中に打ち込んだ縦杭に固定する方法がとられている。これらの木道登山道では踏圧が直接土壌に及ばないので土壌洗掘は停止する。しかし、傾斜地の木道は、地表に突き出た



写真7 コンクリートで固めた敷石登山道（尾瀬）

構造物なので積雪地では様々な積雪による力が働き、損傷と劣化が早まる(写真8(1)~(3))。特に重要な力は木道を谷側に引きずる積雪グライド（積雪のズレ滑り）である(写真8(1))。積雪グライドは木道を支えている縦杭に大きな回転力を生じさせ、その結果、傾斜地の縦杭は年々着実に谷側に傾斜し続けることになる。この回転力は傾斜地の地上に突き出たすべての物体に働くので標識も例

外ではない(写真9)。傾斜が急で積雪量が多いほど回転力は強い。積雪粒子は上下左右前後と3次元的に互いに連結しているので、縦杭の幅だけでなく、周辺の雪を引き連れて縦杭に作用する。したがって、雪が深い傾斜地ではいくら縦杭を太くしても無駄な抵抗に終わるばかりか、太い縦杭の埋設には大きく深い穴掘りが必要であるから、土壌構造をより広範囲に破壊することになる。あらゆる縦杭は裸地への踏圧と同様、土壌洗掘を早める要因になっている。必要以上に大きな案内板や標識、山頂への巨大な石碑の設置は、静寂な自然を愛しみ、それを守りたいと願う素朴で優しい人の心根に対する視覚的かつ心理的な暴力ではなからうか。静寂に包まれた場所に穴を掘り、コンクリートで固めた巨大な案内板を立てて「自然を大切にしましょう 環境省」などと書かれた文字を読ませて人の心に何を感じさせたいのであろうか？ 公園管理者の環境保全に対する責任と影響の重さを考えると、時としてその自然認識の驚くほどの底の浅さを感じさせることがあるのは残念である。

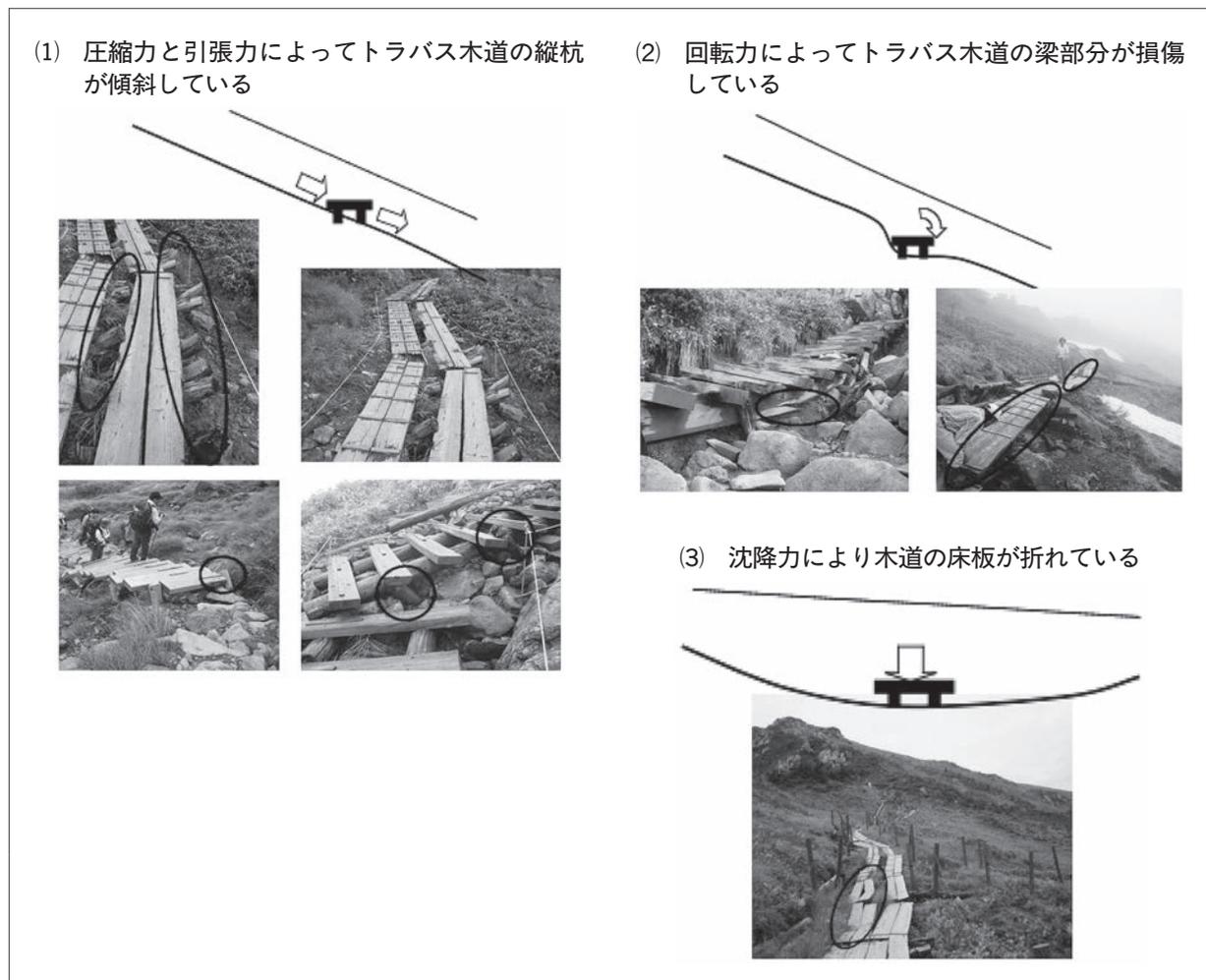


写真8 積雪の力による木道の損傷



写真9 積雪グライドで斜面下方に傾斜した標識(尾瀬)

荒廃登山道の岩石道化と木道化は、登山道を裸地化と洗掘以前の自然状態に戻す修復工法とは言えないであろう。これらの工法は、荒廃の進行を防ぐことを目的とした、いわば現状を固定化する改修工法と言ってよい。こうした観点から登山道の荒廃から改修への現行のプロセスを整理すると、次の3段階に分けることができる。

- 第1段階：踏圧による裸地化
- 第2段階：雨水と融雪水による土壌流出と洗掘の進行
- 第3段階：土木工事によるガリー地形の固定化

3 現行の登山道改修工法への疑問

日本各地の登山道で行われている土木工事によるガリー地形の固定化は、はたして正しい方法なのであるか？ 大量の外来岩石や木材を運び込んで敷き詰め、傾斜地では自然の形状を壊して階段にして、スニーカーでも歩けるような市街地公園の歩道に近づけることが登山道に望まれている姿なのであるか？ 階段とは、市街地や建造物内などの空間に限りがある場所において、高低差がある2点間を最短距離で連結し、そこを人が安全かつ最短時間で移動することを目的として作る

構造物であろう。市街地や建造物内では有効な移動手段である階段が、自然に親しむために歩む登山道でも本当に適正かつ必要なものであろうか？ 答えは否であろう。

最短距離を最短時間で移動することへの希求と、移動という行為それ自体を楽しむことへの希求は、どう考えても相反し両立しない。目的が異なるのだから当たり前であろう。階段化は登山者から登山道を歩むことの楽しさを奪い取っている。

生の自然には傾斜一定の階段などは存在しないし、階段と自然傾斜の山道が並行している場所で、階段を選ぶ登山者はまずいない(写真10)。脚力のトレーニングを目的とする山岳アスリートの一部には階段が好む者がいるかもしれないが、多くの自然愛好者とそこで生きる動物たちは階段を好んでいない。にもかかわらず、望まれてはいない階段工事がなぜか登山道のいたるところで行われているのであろうか？ 建築基準法施工令の階段段差の基準(22 cm など)や膝曲げ130度、段差は15 cm までといった条件を山道に対して適用しているケース(丹沢)もある。「坂道の階段化」は、市街地歩道の管理者サイドの論理であり、登山道に対してもこれを条件反射のように適用することは誤りであろう。我々はパプロフの犬ではな



写真10 丸太階段と並行するスロープ道 (A：瑞牆山、B：丹沢、C：埼玉県秩父山塊正丸峠)

い。考える葦のはずだ。少し立ち止まって登山道修復のあり方を葦のごとくしなやかに考え直す必要があるだろう。

登山道修復の本当の目的は「親しく自然に触れながら楽しく歩む登山道本来の機能の回復」のほずである。しかし、土壌流出と洗掘を防ぐための手段であった土木工事の多くが、実は山道のガリー化を固定し、市街地のどこにもあるような階段と公園歩道に近づけているとすれば、それは手段と目的の混同ではあるまいか。自然空間を市街地公園化して、登山者から生の自然環境に親しく接し、歩むことの喜びを奪うことで、登山道改修を一件落着とする事態が全国で進行しているかに見えるのである。

4 登山道荒廃の原因除去

一度裸地化した山道も登る者がいなければ、多くは数10～数100年の長い年月が経過すればやがては植生に覆われ尽くされる。このことから、裸地化と洗掘の主因が登山者の踏圧にあることは明らかであって、これを避けるには踏圧を止めること、これ以上に本質的な解決策はありえない。したがって、本来の意味における修復、すなわち元の自然状態に復するには、原因である踏圧を除去するという単純明快なことをいかにして実行するかに尽きる。

これまで日本の各地で採用されてきた原因除去の方法は次の2つに集約できる。

- ① 地表を石材や木材などで覆う現場土木工事（ガリー地形の固定）
- ② 入山禁止ないし入山制限による入山者数の縮小

現状は前述のように①の現場土木工事が最も一般的である。入山者数が多く、降水（雨と雪）量も多い中・高山地域の土木工事は効果が持続しないばかりか、度重なる縦杭の打ち込みが土壌構造を破壊して、多くの場合長期的にはむしろ土壌浸食と洗掘を促進する結果をもたらしている。傾斜地の地表を部分的にしても岩石や材木などで覆い始めると、それでもダメなら蛇籠の3面張りや延々と続く木道となり、次第に自然との力づくの勝負となる。最後はアスファルトやコンクリートで固めて登山道は公園遊歩道を経て、市街地歩道と化す。子孫に残すべき貴重な自然遺産の蹂躪に通じるこうした方向の現場土木工事は、今やストップをかけるべき時期に来ている。

では②の入山制限はどうか？ 入山制限は期間限定とするにしても、自然愛好者から自然に親し

む機会を奪うばかりでなく地元経済にも少なからぬ影響を与える。自然が持つ文化的価値の死蔵にもなりかねないこの最後の手段はできれば使いたくない。ではどうしたら良いか？

山岳地帯の自然は動植物の生態系を含めたその存在自体が貴重なのであり、人間のため登山者のために存在すると考えるのは不遜であろう。したがって、荒廃登山道は登山者の安全と快適さを中心に据えた改修を行うべきではない。貴重な自然の中を通る登山道は、自然の形質変更を最小限度に止めるだけでなく、荒廃原因（踏圧）を除去してその空間にある動植物、土壌、水、雪、大気などを、そこに元々あった自然状態にできる限り近づけること、すなわち環境復元を目指すべきである。「登山道本来の機能の維持」と「環境復元」の両立は、荒廃した登山道を前にすると一見不可能と感ずるかもしれない。しかし、知恵を働かせて両立を可能にしないてはならない。

5 登山道修復の3原則

「登山道本来の機能の維持」と「環境復元」の両立を可能にする上で必要な事項を、筆者は以下の3か条に整理し、これを登山道修復の3原則とすることを提案した（松田 2015a）。

- ① 土壌が流出し、洗掘した地表は原則としていじらない（→地下の土壌構造を破壊する木杭の埋め込みや地表水の流水システムの変更などの土木工事はやらない）。
- ② 登山者には土壌が露出した地表を踏ませない（→空中に人工路面をつくる）。
- ③ 土壌が露出した地表には雨水と日光を注がせる（→自然治癒力による地形と植生の復活を静かに待つ）。

登山者に地表を歩かせず、空中に人工の歩行面を作る代表的な事例を写真11に示す。同図のエキスパンドメタルとグレーチングは一般には足場や外階段などに使用される金属材であり、岩場や沢を横断する際の橋の床板として利用が近年は増えてきた。渡辺（2008）はグレーチングなどを地表に置くオーストラリアの金属メッシュ・ウォーク工法を紹介し、雨水と日光を地表まで透過する利点を有していることからわが国の登山道への採用を推奨している。石や木は自然のものだが、金属は自然にない人工物である。自然に帰りにくいものを自然の中で使用することは避けるべき、との反論や心理的抵抗感に出会うかもしれない。しかしこの種の議論も手段と目的を混同している。目的はあくまでも登山道周辺の荒廃阻止と環境復元

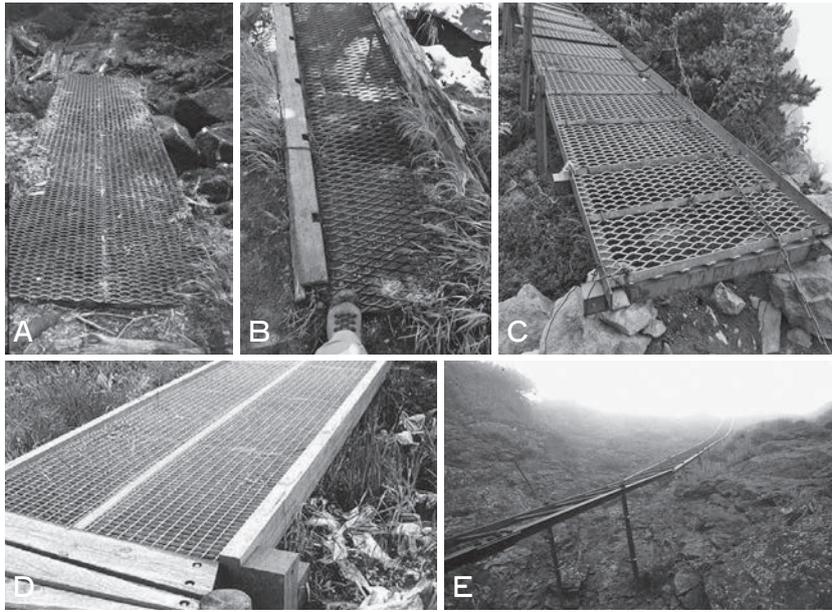


写真11 金属製の登山道
A、B、C: エキスパンドメタル (ハヶ岳)、D: グレーチング (雨竜町雨竜沼湿原)、E: 金属ハシゴ (ハヶ岳)

であって、素材を自然に帰すことではない。劣化して使用に耐えられなくなった素材は、それが木材であろうと岩石や金属であろうと撤去するのが原則であろう。しかし、現実には遠くから運搬され敷き詰められた多くの木材と外来岩石が、その目的を達しえなくなった後も放置、散乱しているケースが圧倒的に多い。金属の利点は、耐用年数が長く、劣化しても散乱しにくく、かつ回収が比較的容易なことが挙げられる。また、エキスパンドメタルやグレーチングなどの金属メッシュは地表から離して空中に設置しやすく、日照と雨水を透過する利点を積極的に生かすことで、岩石道や木道では実現不可能であった「環境復元」に向けた道筋が見えてくる。

裸地化と洗掘で荒廃した登山道を上記の3原則を順守しつつ「登山道本来の機能を維持」しながら、荒廃以前の状態に少しでも近づく「環境復元」を目指して、筆者が考案した新工法の概要を以下に述べる。

6 登山道修復の新工法

新工法は、前記登山道修復の3原則にあるように、裸地化し洗掘された荒廃地表には手を触れず、したがって土壌掘削や地表岩石類の再配置などによる地形の形状変更は行わない。工場で加工した金属メッシュの床板を現場に搬入して、ガリー底上方の空中に設置し、人は空中の床板上を歩み、土壌に接触しない方式である。図4はその応用例として筆者が描いたイメージ図である。金属材は写真11に見られるように橋やハシゴに使用されているもので、これを空中床板として積極的に活

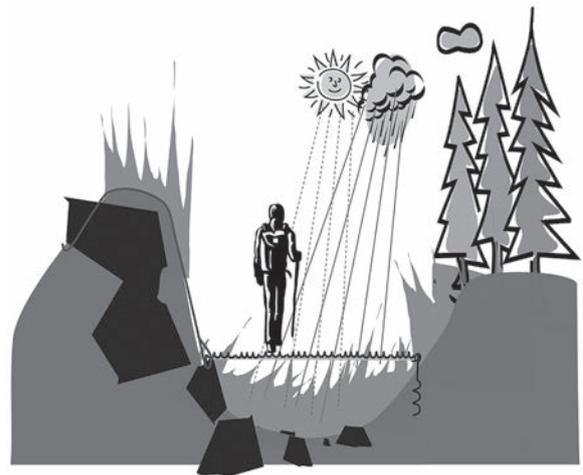


図4 金属床板を用いた新工法のイメージ図

用する。

新工法の概要を以下に列記する。

- ① 必要な部材は地上（空中又は地表）に置く床板と床板を固定する支持材の2種で、ともに工場生産品を使用する。
- ② 床板には、積雪荷重が小さい箇所には軽量のエキスパンドメタルを、積雪荷重が大きい箇所には丈夫なグレーチングを用いる。ただし、日照と雨水の透過を確保できれば木材を利用する
- ③ すべての部材は人力運搬が可能な程度にユニット化する
- ④ 事前の精密測量は不要とし、床板の相互連結や脚の長さ調整などはすべて現場で地表形状に合わせてボルト等を使用して行なう
- ⑤ 床板の固定は、現場の地表形状に合わせて打ったスクリー杭ないしロックボルトなど



写真12 スクリュー杭とその挿入と引抜

を支持点として、ワイヤーで吊る方式とする。新工法で重要な点は、床板の固定に従来の縦杭の使用を止め、土壌構造を破壊する掘削を必要としないスクリュー杭に改める点である(写真12)。

洗掘したガリーの拡幅を防ぐために丸太の縦杭を打って板張りし土止め工事が行われており、植栽が試みられているところもある。しかし、側壁の土壌粒子は不安定な状態にあるから崩れるのであり、崩れることで安定な平衡状態になろうとしているのである。人為による自然破壊を更なる人為によって破壊前の状態に力づくで戻すことはしない。新工法では、従来の土止め工事は行わず、崩れるに任せる。壁面から崩れ落ちた土壌は底を埋め、踏圧さえなければ長い年月をかけて、平衡状態に戻ろうとするはずである。この平衡状態になろうとする働きを「自然の治癒力」と筆者は呼びたい。この自然の治癒力が十分に働くよう土壌露出した洗掘壁面とその底部には自然の降雨と日光とを注がせたい。そして地形・地表の安定化と植生復活を静かに辛抱強く待ちたい。自然は時として様々な天変地異を引き起こすが、やがては落ち着くべきところに落ち着いてゆく。傷ついた登山道周辺の自然も同様であろう。自然の治癒力が次の安定した自然状態へと向かわせてくれるはずである。数10年間かけて痛めた傷を癒すにはその数10倍、数100倍の年月を必要とするかもしれない。しかし、道はそれしかない。上で提案した新工法は周囲の自然が傷ついた登山道を、登山道として利用しながらも、自然の治癒力が働くようにと筆者が考えた1つの手段としての修復工法である。

今日まで全国の登山道関係者は長い年月をかけ、登山道の荒廃阻止に向け営々として努力を積み重ねてきた。それでもなおその努力が十分に実っていない箇所は多い。上で述べた新工法がそ

うした箇所で少しでも役に立てば大変嬉しい。新工法は、現在尾瀬至仏山や丹沢への適用が検討されている(松田2015b、至仏山環境調査専門委員会2015)。試験施工による実証試験の結果が少しでも早く出ることを期待したい。

最後に、渡辺悌二博士(北大)、浦野岳孝氏(硫黄岳山荘)および横山隆一氏(日本自然保護協会)はじめ至仏山環境調査専門委員会の諸氏からは種々のご教示を受けた。また山の荒廃を心配する中島滋、鈴木茂、谷上俊三の各氏から写真提供を、更に清水孝彰、斉藤明弘(MTS雪氷研究所)の両氏の協力を受けたことを記し、感謝の意を表します。

文献

- 渡辺悌二編著(2008) 登山道の保全と管理. 古今書院, 220 p.
- 松田益義(2015a) 登山道の荒廃を防ぐ新しい工法. 「自然保護」1・2月号, No.543, 20-21, 日本自然保護協会.
- 松田益義(2015b) 土壌を痛めない登山道の設計思想と新工法. 丹沢大山自然再生シンポジウム「登山道を考える」
- 至仏山環境調査専門委員会(2015) 第IV章 水理調査, 第VII章 新しい登山道構造の提案. 尾瀬国立公園至仏山登山道迂回案の妥当性検討報告書, 98-115, 137-141

松田 益義 (まつだ ますよし)

株式会社 MTS 雪氷研究所代表。高校時代は丹沢や日本アルプスで、大学時代は大雪山や日高で遊ぶ。北大理学部で地質学を学び、北大低温科学研究所で多年性雪渓や氷河水の研究を行う。40年にわたり気象と雪氷のコンサルタントとして各種の技術的課題に取り組むかわら千葉大学、山口大学(客員教授)などで環境政策を講じる。尾瀬至仏山環境調査専門委員就任がきっかけで登山道の荒廃実態に触れて危機感を抱き、近年は荒廃原因の究明と実務者の立場から登山道改善の具体策提言を積極的に行っている。理学博士(北大)、技術士(応用理学部門、地球物理および地球化学)