

4. 屋久島の伝統を生かした登山道整備手法

1) 屋久島で見られる浸食、荒廃の概要把握

屋久島で見られる浸食、荒廃の状況は森林帯と高山帯で二分すると、地形勾配を軸に、ぬかるみ化(平坦部)、根元浸食・段差(緩勾配部)、段差連続(急勾配部)、落差拡大(落差部)等が見られる。荒廃の要因、メカニズムを把握しその対策を設定するにあたり、まず、屋久島におけるこの基本的な状況を以下に示す。

<森林帯での浸食荒廃状況>

森林帯では雨水、流水によるほか特に林内雨や樹幹流による浸食がある。





表-2 森林帯での浸食荒廃状況の例

ぬかるみ化(平坦部)		<ul style="list-style-type: none"> 平坦部では前後の傾斜区間から水が流入する。 樹冠部の葉に降った雨が大粒の水滴になって落ちる。 水溜りでは雨滴浸食によりさらに深く掘れる。 同時に固結化が進み浸透しにくくなる。 登山者は水溜りを避けて通り幅が進む。
根元浸食・段差(緩傾斜部)		<ul style="list-style-type: none"> 緩傾斜部でも周りからの水が登山道に集まる。 踏圧のかからない箇所は植生が残るが、通路部分は次第に深く掘れていく。 林内雨の水滴と木の幹を伝って流れる水が根元まで及ぶ。 踏圧を受けると共に、上部からの水流により土壌が流出し、根元が掘れていく。 水は向きを変えて蛇行しながら流れる。
段差連続(急傾斜部)		<ul style="list-style-type: none"> 急傾斜部では流水の流速がさらに早くなり、掃流力が増して、土壌だけでなく砂利や石も流される。 縦浸食により、深く掘れる箇所が出来、登りにくい箇所ではさらに大きな踏圧がかかる。 はしごをかけた地盤の部分で土が掘れていく。 段差のある箇所では、水が滝のように落ち、落ちた箇所がさらに掘れていく。
落差拡大(落差部)		<ul style="list-style-type: none"> 傾斜の大きな変化点では、上流からの水が滝のように落ち、大きな落差となる。 はしごや階段をかけた場所の地盤は、絶えず足元が流されるため基礎を打ち込んでも洗い流されていく。 水落部は乱流となって周りの地形を掘り、平面的にも拡大する。

<高山帯(ヤクシマダケ帯)での浸食荒廃状況>

高山帯では降雨頻度が高く、また樹林帯のように落ち葉や腐植土で保水されないため、降雨後の流出ピークが早く現れる。また凍上融解や風食による浸食も重なる。

表-3 高山帯(ヤクシマダケ帯)での浸食荒廃状況

ぬかるみ化(平坦部)		<ul style="list-style-type: none"> 平坦部の縦浸食は少なくとも、^{みおすじ} 溝筋は広く網状に流れる特徴がある。 高山帯稜線部では小ピーク間で平坦部があり、森林帯と同様に、前後の傾斜区間から水が集まる。 集まった水が水溜りとなり、降りつける雨や踏圧により深く掘れ、ぬかるみ化する。 ぬかるみ箇所では登山者が避けて通るため浸食が横に広がる。
根元浸食・段差(傾斜部)		<ul style="list-style-type: none"> 傾斜面に形成される溝筋は、緩勾配と急勾配の水路地形が交互に形成される。 浸食の初期状態は、直線状の溝筋に続いてステップ・プールが形成される。 プールを無視した丸太土留で道を整備すると、側方や下部の地盤が掘られて倒壊する。 高山帯では気温が0度前後になるため、凍上融解を繰り返す。 持ち上がった土粒子は雨で流される。
段差連続(急傾斜部)		<ul style="list-style-type: none"> 急傾斜部でも水路はステップ・プールを形成して、流水は減勢されながら流下しようとする。 ステップ部が踏み圧で破壊されていくと、下方浸食は更に進行する。 側壁部も凍上融解と風食により土壌が落下し流出する。 丸太土留は端部での浸食が激しく、高い段差が登山者の障害になり、周りが踏まれてさらに浸食が拡大する。
落差拡大(落差部)		<ul style="list-style-type: none"> 水の集まる勾配の変化点では、滝のように水が落ち、浸食が一気に進む。 水の各落下点にそれぞれのプールが形成されていなければ、流水は基岩を露出するとともに、流路をさらに浸食する。 登山者もステップが確保でき通りやすいところを通るため、踏圧による浸食が進む。

2) 浸食・荒廃のメカニズムの分析

登山道の整備にあたっては、まず浸食・荒廃化の原因とメカニズムについて把握したうえで、適切な対応を図る必要がある。屋久島においては以下の特徴が挙げられる。

- ① 降雨量が多い(山地では年間 6,000～10,000mm を越す)ため、適切な登山道整備がなされなければ、雨滴や雨水流など雨水による浸食(ガリー浸食等)が激しい。
- ② 登山道に流れ込む雨水は流水となり、河川のように縦浸食、横浸食が進むため、洗掘や水衝部の浸食が著しくなっている。
- ③ 森林帯では、林内雨による雨滴浸食、樹幹流による根系部の土壌流出が生じる。
- ④ 冬季には氷点下前後の気温変動が多く凍上融解による浸食が激しい。
- ⑤ 地盤が風化しやすい花崗岩で形成されているため、登山者の踏圧と合わさって土壌が流亡しやすく、ガリー化が促進されるメカニズムとなっている。
- ⑥ 平坦な歩道部分は土壌表面が踏み固められて固結層を生じ、透水性が悪く水たまりになり、歩道の拡幅を生じている。
- ⑦ 縄文杉ルート、宮之浦岳ルート及び縦走ルートの年間登山者数は 51,000 人程度(平成 14 年度)から 106,000 人程度(平成 21 年度)へと顕著な増加傾向にあり、ルートによっては、踏圧と厳しい自然条件により荒廃が進む。
- ⑧ 豊富な降水と温暖な気候により植物の繁茂がしやすく、すぐに登山道部分に覆いかぶさる可能性がある一方、浸食を受ける部分では植生が回復せずさらに浸食が進む。

(1) 屋久島における登山道の基盤・背景

屋久島では、以下の地質特性や地表被覆といった基盤の上に、地形特性(尾根、谷、斜面、平坦等)に応じた荒廃が生じるおそれがある。

■地質特性

花崗岩/ 砂礫(土)	屋久島では多くの登山道の基盤を形成し、山塊上部には花崗岩の露頭も多く見られる。樹林では根による表土の捕捉が一定程度期待できるが、一旦、踏圧や水流による流出が進行すると大きな段差が形成されるなど、荒廃が助長される。
堆積岩/ 森林土壌	屋久島北西部を除いて海岸に沿って基盤となる堆積岩が分布し、登山道では、愛子岳線の標高 1,000m 付近まで、尾之間線の標高 270m 付近まで等に分布する。また、標高が比較的低い樹林帯等では登山道の表土が森林土壌からなる箇所も多い。局所的にぬかるみも生じている。

■地表被覆(植生特性等)

岩露出	露出した岩の周囲でえぐれが生じると水流等による土砂の流出が助長されるおそれがある。
樹林帯	屋久島の山地斜面に広く分布する針葉樹高木林では、林床に根が張り巡らされている箇所が多く、一定程度の表土の捕捉が期待できる。ただし、一旦、踏圧や水流による流出が進行すると荒廃が助長される点は表土が露出している箇所と同様である。また、基盤岩が地表近くまで分布し表土の薄い箇所が多く、根が浮き上がったりして一旦、針葉樹高木が倒れたり、表土が崩れたりすると、広い範囲にわたって荒廃が及ぶおそれがある。 一方、広葉樹について、針葉樹との混交林や針葉樹高木林の中低木では根も細く、表土の捕捉は余り期待できない。 なお、比較的緩い斜面等で見られた発達した照葉樹高木林では、林床の堆積物や森林土壌が安定し、表土の流出といった課題は特に認められなかった。 このように、流水や林内雨による土砂の流出、更なる水みちの集中といった課題は踏圧の強い針葉樹林や、広葉樹中低木林や混交林、表土が露出した樹林一般で生じやすいものと考えられる。
竹草原帯	竹草原帯では、元来、表土が薄い上に樹木の根による土砂の捕捉等が期待できない。また、屋久島では竹草原帯の標高には風化した花崗岩の砂礫が広く分布し、浸食を受けやすい。一旦、踏圧や凍上融解でえぐれが生じ始めると、水みちの集中による土砂流出が助長されやすいものと考えられる。

(2) 屋久島における登山道の浸食・荒廃の主な影響要因

以上の基盤・背景の上に、登山道や迂回路を設置した時点から考慮すべき影響(利用特性、気象特性等)、既往の整備による荒廃の助長が作用する。これらの体系的な把握に基づき、登山道の荒廃等が生じるメカニズムに応じた対策を講じる必要がある。

① 登山道の脆弱性及び浸食・荒廃可能性に係る基盤・背景

- ・利用特性 : 利用多寡
- ・気象特性 : 多雨:流水、林内雨、冬季の凍上融解、風食

② 登山道の荒廃の進行過程に係る知見

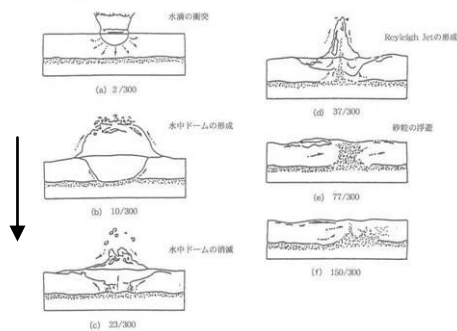


図-8 地表流に雨滴が加わった場合の

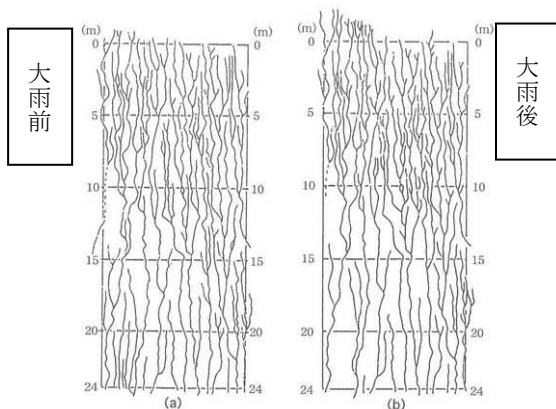
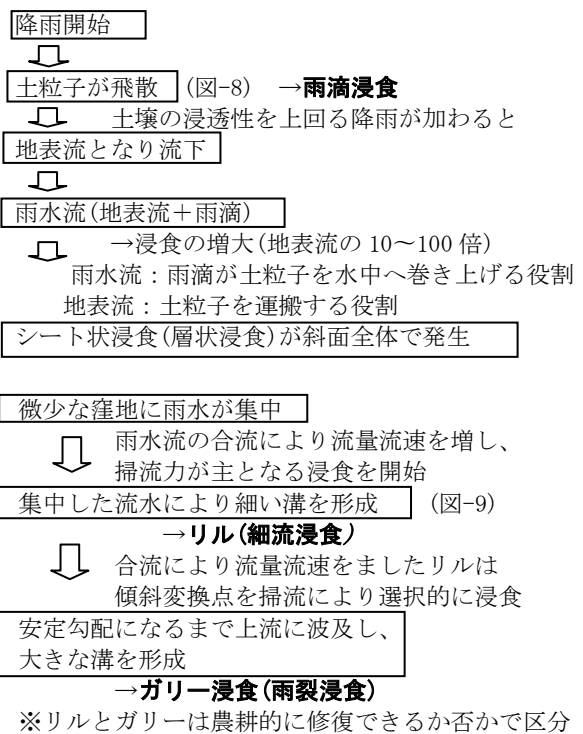


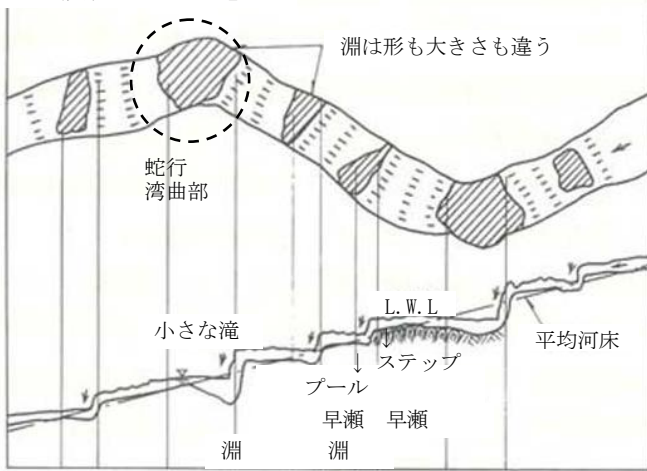
図-9 切り取りのり面にできたリル流路網(北原ら) 上下図とも「新編治山・砂防緑化技術」より

ア. 雨水による浸食(浸食の始まりの過程)



これらの浸食を防ぐためには、植生による被覆が重要であり、その損傷を極力防止する必要がある。

山地溪流型河道形態



平地中流型河道形態

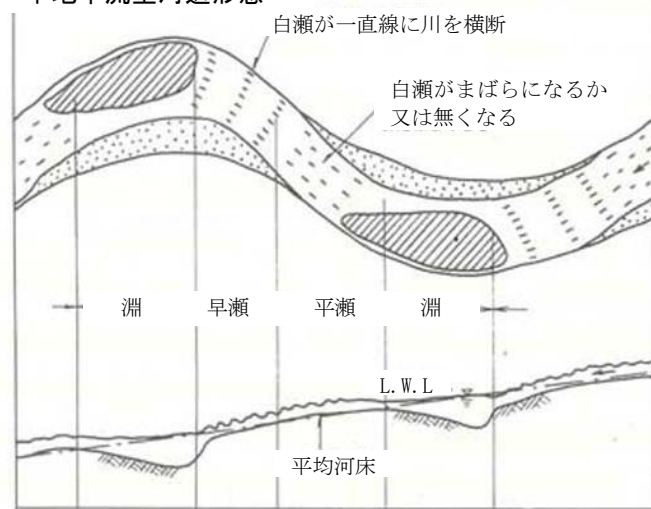


図-10 流路の基本動態「自然的河川計画」(千田稔)より作成。(上が山地溪流型の河川形態、下が中流型の河川形態をしめす)

イ. 流水による河川状の浸食地形

浸食された登山道に雨水流が集まると、急勾配区間ではステップ・プールの山地型河川、緩勾配では蛇行して瀬・淵・砂州の沖積地型河川に共通する地形が現れる。(図-10)

山地溪流型河川の地形



急勾配の溪流では、水路幅規模の直線的な流路が蛇行の半波長単位で現れ、その流路上に水深規模のステップ・プールが形成される。その小さな段差が安定しておれば河床は低下しない。また蛇行湾曲部では小滝状の落ち込みで大きな淵ができ、急流はここで一度減勢される。

平地中流型の地形

河床勾配が緩くなると蛇行の波長が長くなり水路幅規模での瀬・淵・砂州の河床形態が現れ、流れは淵で減勢される。

登山道の浸食地形から降雨時の流れを上記のような型に分けて、まず流水が自然河川のように安定して流れる水みちを確保し、その流れを乱さないように人の歩く道を確保する。

ウ. 森林における雨水の浸食

森林部では雨が樹木に蓄えられる。

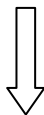
降雨開始



樹幹流となって流下(ごく一部)

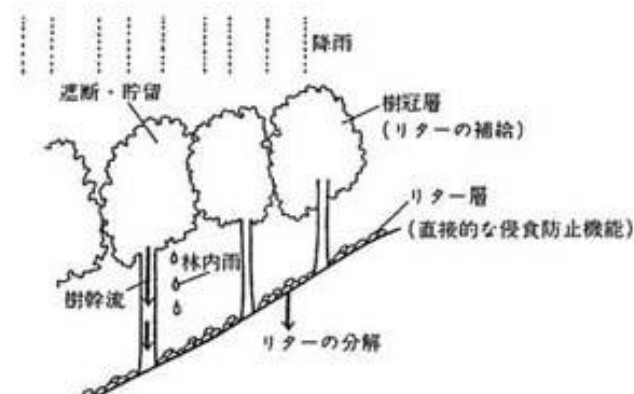
林内雨となって樹冠層から再び落下

樹冠層で再生された雨滴の粒径は比較的大さい



→**雨滴浸食** 土壌構造が破壊され、飛散した土粒によって土壌表面にある孔隙が目詰まりを起こし、その結果、雨水の浸透が妨げられることで、雨水が地表面を流下し浸食が起こる

林床が裸地状態であると、浸食が発生(リター層があれば浸食を防止)(図-11)



森林の浸食防止機能(「山地保全学」小橋澄治,1993より転載)

図-11 森林の雨水浸食機構

特に森林部では土壌流出により、根系が裸出しやすく、水の分散と踏圧の防止が重要。

更に、凍上融解及び風食に対しても植生による被覆が、浸食防止に必要であり、踏圧による損傷を避けるための対策が必要となる。

エ. 凍上融解による浸食

霜柱や土壌凍結により、土砂が持ち上がる。



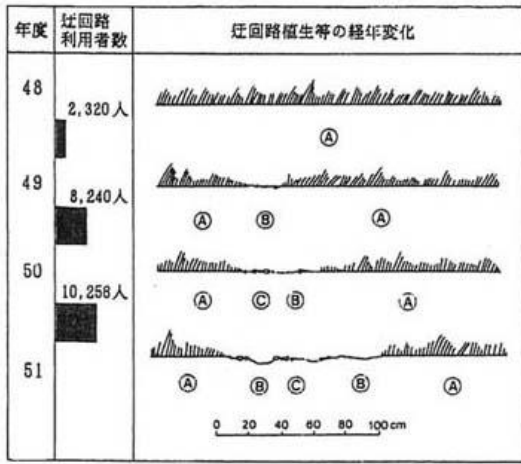
日中気温や日射により融解し、土砂が落下

オ. 風食

山頂付近の風衝面において小裸地が発生



冬季の凍上により疎しょうになった土壌が強風で吹き飛ばされ裸地が拡大



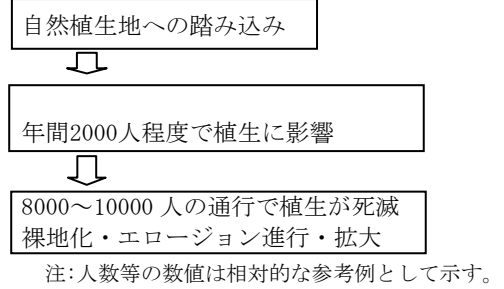
注：人数等の数値は相対的な参考例として示す。
 ① 自然植生地
 ② 植生が死滅
 ③ 完全に裸地化エロージョン進む

出典：富士山大沢川峡谷域外1箇所自然環境影響調査（中部地方整備局富士砂防事務所）

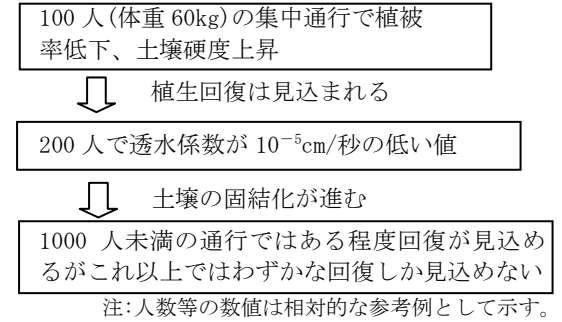
図-12 踏圧による浸食

踏圧による植生や土壌の損傷を防止するためには、ルートの明示やわかりやすいステップの確保及び路面の補強が必要となる。

カ. 踏圧による植生の損傷(図-12)



キ. 土壌表層の破壊・浸食(図-13)



連続踏圧に伴う植物・土壌の変化 注：人数等の数値は相対的な参考例として示す。



無踏圧



100人通行



500人通行



1000人通行



3000人通行



5000人通行

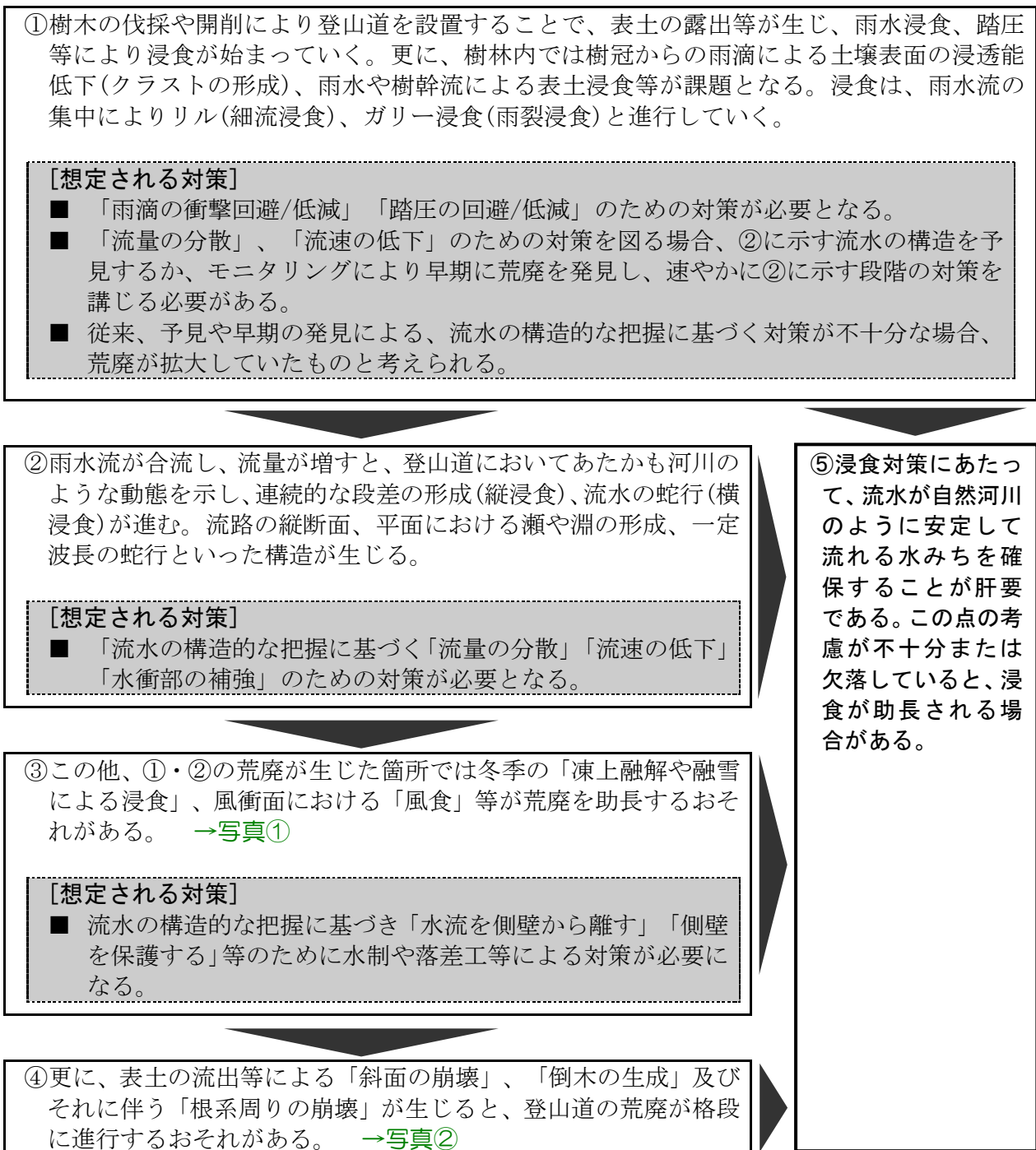
出典：富士山大沢川峡谷域外1箇所自然環境影響調査（中部地方整備局富士砂防事務所）

図-13 連続踏圧による浸食の例

③屋久島の登山道における浸食及び荒廃の状況及び対策

屋久島における登山道の基盤・背景、登山道の浸食・荒廃の主な影響要因を踏まえ、実際の登山道の浸食・荒廃(予見的なものも含む)の状況を以下に整理した。なお、表-5及び表-6に示す事例写真は「平成22年度 霧島屋久国立公園屋久島地域整備計画策定業務」における現地調査の成果から引用している。

ア. 登山道を設置した時点から考慮すべき影響(利用特性、気象特性等)



注 写真番号は表-5に示す写真の番号に対応する。

図-14 登山道を設置した時点から考慮すべき荒廃の段階的な進行と対策の考え方

表-4 屋久島における課題及び対策の考え方の類型

地形 地表被覆	尾根	谷	断層	斜面(縦断)	斜面(横断)	平坦
岩露出	<ul style="list-style-type: none"> ・岩上植生等への影響を考慮し、踏圧を回避する必要がある。 →写真③ ・岩盤周縁の表土が登山道の場合、流水が集中するおそれがあり、流量の分散を図る必要がある。 →写真④ 					
表土露出	<ul style="list-style-type: none"> ・鞍部では元来、流水の集中が生じやすく、林内の雨滴の衝撃回避/低減、踏圧の回避/低減を図る必要がある。 →写真⑤ 	<ul style="list-style-type: none"> ・谷部を登山道が縦走する場合、従来からのガレ場の石の崩落を防ぐ必要がある。 →写真⑥ ・谷部を登山道が横断する場合、飛石などで流路や植生を保全する必要がある。 →写真⑦ <p>※土石流や増水への安全対策を別途講じる必要がある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・鞍部は登山道として利用しやすいが、成因からして脆い地質となり、流水の集中や浸食が生じやすい。雨滴の衝撃回避/低減、踏圧の回避/低減を図る必要がある。 →写真⑧ 	<ul style="list-style-type: none"> ・特に流水の構造的な把握に基づく「流量の分散」、「流速の低下」、「水衝部の補強」が必要となる。 →写真⑨、⑩ 	<ul style="list-style-type: none"> ・踏圧によりえぐれが生じ始めると、水流による影響も及び徐々にえぐれが進行するおそれがあり、石敷工等による踏圧の回避/低減、雨滴の衝撃回避/低減の必要がある。 →写真⑪ ・必要に応じ流量の分散も必要となるが、栈道や石組みとすることもありうる。 →写真⑫ 	<ul style="list-style-type: none"> ・雨水や流水で泥濁化や砂礫の扇状地化、石等の浮き上がりが見られる。上流側での流量分散が必要である。 →写真⑬ ・また、踏圧の回避/低減が必要である。 →写真⑭
広葉樹林				<ul style="list-style-type: none"> ・中低木の根は流水と踏圧で浮き上がる。根は活用し難く、流水対策の上、木製階段等による踏圧の回避が考えられる。 →写真⑮、⑯ 		
針葉樹林				<ul style="list-style-type: none"> ・高木の根はある程度表土を捕捉するが、踏圧や水流が著しいと荒廃は進行する。流水対策の上、勾配等の条件が許せば根系を活用した石の間詰め等が考えられる。 →写真⑰、⑱ 		
竹・草原帯				<ul style="list-style-type: none"> ・砂礫質の上、凍上融解等で浸食を受けやすい。流水対策の上、路盤や側面の保護が必要である。 →写真⑲、⑳ 		

注 写真番号は表-5に示す写真の番号に対応する。

表-5(1) 登山道を設置した時点から考慮すべき影響(利用特性、気象特性等)

<table border="1"> <tr> <th>登山道名</th> <th>写真番号</th> <th>①</th> </tr> <tr> <td>8.宮之浦岳縄文杉線:(淀川口～花之江河)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>標高</td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>状況等</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">融雪による浸食が荒廃を助長</td> </tr> </table>	登山道名	写真番号	①	8.宮之浦岳縄文杉線:(淀川口～花之江河)			標高	-		状況等			融雪による浸食が荒廃を助長			<table border="1"> <tr> <th>登山道名</th> <th>写真番号</th> <th>②</th> </tr> <tr> <td>9.栗生線:(栗生(国立公園境界)～栗生歩道入口～花之江河)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>標高</td> <td>1,467m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>状況等</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">横断方向に土砂が流され開せきされている。道に迷う可能性高い。</td> </tr> </table>	登山道名	写真番号	②	9.栗生線:(栗生(国立公園境界)～栗生歩道入口～花之江河)			標高	1,467m		状況等			横断方向に土砂が流され開せきされている。道に迷う可能性高い。		
登山道名	写真番号	①																													
8.宮之浦岳縄文杉線:(淀川口～花之江河)																															
標高	-																														
状況等																															
融雪による浸食が荒廃を助長																															
登山道名	写真番号	②																													
9.栗生線:(栗生(国立公園境界)～栗生歩道入口～花之江河)																															
標高	1,467m																														
状況等																															
横断方向に土砂が流され開せきされている。道に迷う可能性高い。																															
<table border="1"> <tr> <th>登山道名</th> <th>写真番号</th> <th>③</th> </tr> <tr> <td>8.宮之浦岳縄文杉線:(花之江河～焼野三叉路～黒味分岐～投石平)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>標高</td> <td>1,680m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>状況等</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">深い溝脇(右岸)の植生部が崩落し、歩道が狭くなっている。</td> </tr> </table>	登山道名	写真番号	③	8.宮之浦岳縄文杉線:(花之江河～焼野三叉路～黒味分岐～投石平)			標高	1,680m		状況等			深い溝脇(右岸)の植生部が崩落し、歩道が狭くなっている。			<table border="1"> <tr> <th>登山道名</th> <th>写真番号</th> <th>④</th> </tr> <tr> <td>7.太忠岳線:(ヤクスギランド～太忠岳山頂)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>標高</td> <td>1,307m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>状況等</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">岩の根元まで浸食、落差1.2m</td> </tr> </table>	登山道名	写真番号	④	7.太忠岳線:(ヤクスギランド～太忠岳山頂)			標高	1,307m		状況等			岩の根元まで浸食、落差1.2m		
登山道名	写真番号	③																													
8.宮之浦岳縄文杉線:(花之江河～焼野三叉路～黒味分岐～投石平)																															
標高	1,680m																														
状況等																															
深い溝脇(右岸)の植生部が崩落し、歩道が狭くなっている。																															
登山道名	写真番号	④																													
7.太忠岳線:(ヤクスギランド～太忠岳山頂)																															
標高	1,307m																														
状況等																															
岩の根元まで浸食、落差1.2m																															
<table border="1"> <tr> <th>登山道名</th> <th>写真番号</th> <th>⑤</th> </tr> <tr> <td>5.花山線:(大川林道・国立公園境界～鹿之沢小屋)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>標高</td> <td>1,057m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>状況等</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">登山道が尾根に取り付く箇所での道方向への崩壊</td> </tr> </table>	登山道名	写真番号	⑤	5.花山線:(大川林道・国立公園境界～鹿之沢小屋)			標高	1,057m		状況等			登山道が尾根に取り付く箇所での道方向への崩壊			<table border="1"> <tr> <th>登山道名</th> <th>写真番号</th> <th>⑥</th> </tr> <tr> <td>5.花山線:(大川林道・国立公園境界～鹿之沢小屋)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>標高</td> <td>1,604m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>状況等</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">登山道がガレ場</td> </tr> </table>	登山道名	写真番号	⑥	5.花山線:(大川林道・国立公園境界～鹿之沢小屋)			標高	1,604m		状況等			登山道がガレ場		
登山道名	写真番号	⑤																													
5.花山線:(大川林道・国立公園境界～鹿之沢小屋)																															
標高	1,057m																														
状況等																															
登山道が尾根に取り付く箇所での道方向への崩壊																															
登山道名	写真番号	⑥																													
5.花山線:(大川林道・国立公園境界～鹿之沢小屋)																															
標高	1,604m																														
状況等																															
登山道がガレ場																															
<table border="1"> <tr> <th>登山道名</th> <th>写真番号</th> <th>⑦</th> </tr> <tr> <td>10.湯泊線:(七五岳国立公園境界～七五岳山頂・烏帽子岳山頂・花之江河)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>標高</td> <td>1,582m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>状況等</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">溪流を登山道が横断飛石様の足場不足</td> </tr> </table>	登山道名	写真番号	⑦	10.湯泊線:(七五岳国立公園境界～七五岳山頂・烏帽子岳山頂・花之江河)			標高	1,582m		状況等			溪流を登山道が横断飛石様の足場不足			<table border="1"> <tr> <th>登山道名</th> <th>写真番号</th> <th>⑧</th> </tr> <tr> <td>8.宮之浦岳縄文杉線:(淀川口～花之江河)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>標高</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>状況等</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">断層鞍部状の地形に一定延長の登山道が設置され、水流と踏圧が荒廃を助長</td> </tr> </table>	登山道名	写真番号	⑧	8.宮之浦岳縄文杉線:(淀川口～花之江河)			標高			状況等			断層鞍部状の地形に一定延長の登山道が設置され、水流と踏圧が荒廃を助長		
登山道名	写真番号	⑦																													
10.湯泊線:(七五岳国立公園境界～七五岳山頂・烏帽子岳山頂・花之江河)																															
標高	1,582m																														
状況等																															
溪流を登山道が横断飛石様の足場不足																															
登山道名	写真番号	⑧																													
8.宮之浦岳縄文杉線:(淀川口～花之江河)																															
標高																															
状況等																															
断層鞍部状の地形に一定延長の登山道が設置され、水流と踏圧が荒廃を助長																															
<table border="1"> <tr> <th>登山道名</th> <th>写真番号</th> <th>⑨</th> </tr> <tr> <td>12.尾之間線(尾之間歩道口～蛇之口滝、淀川登山口)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>標高</td> <td>1,353m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>状況等</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">流水で石段下部流出、周辺に踏み込み有り。高さ2m</td> </tr> </table>	登山道名	写真番号	⑨	12.尾之間線(尾之間歩道口～蛇之口滝、淀川登山口)			標高	1,353m		状況等			流水で石段下部流出、周辺に踏み込み有り。高さ2m			<table border="1"> <tr> <th>登山道名</th> <th>写真番号</th> <th>⑩</th> </tr> <tr> <td>1.龍神杉線:(宮之浦川(神之川林道)～龍神杉)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>標高</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>状況等</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">流水を構造的に把握した石組みで水流の分散、低下、水衝部の補強が図られた例</td> </tr> </table>	登山道名	写真番号	⑩	1.龍神杉線:(宮之浦川(神之川林道)～龍神杉)			標高			状況等			流水を構造的に把握した石組みで水流の分散、低下、水衝部の補強が図られた例		
登山道名	写真番号	⑨																													
12.尾之間線(尾之間歩道口～蛇之口滝、淀川登山口)																															
標高	1,353m																														
状況等																															
流水で石段下部流出、周辺に踏み込み有り。高さ2m																															
登山道名	写真番号	⑩																													
1.龍神杉線:(宮之浦川(神之川林道)～龍神杉)																															
標高																															
状況等																															
流水を構造的に把握した石組みで水流の分散、低下、水衝部の補強が図られた例																															

表-5(2) 登山道を設置した時点から考慮すべき影響(利用特性、気象特性等)

<p>登山道名</p> <p>3.楠川線:(白谷雲水峡駐車場～楠川分れ)</p> <p>標高 866m</p> <p>状況等</p> <p>旧道のえぐれによる踏み込みのおそれ。高さ1.2m</p>	<p>写真番号</p> <p>⑪</p> 	<p>登山道名</p> <p>8.宮之浦岳縄文杉線:(高塚小屋～大株歩道入口)</p> <p>標高 1,301m</p> <p>状況等</p> <p>広葉樹中低木の根系部への踏圧を木製階段で回避</p>	<p>写真番号</p> <p>⑫</p> 
<p>登山道名</p> <p>7.太忠岳線:(ヤクスギランド～太忠岳山頂)</p> <p>標高 1,350m</p> <p>状況等</p> <p>流水の水みちで木と石で補修された形跡があるがエロージョンが上回っている</p>	<p>写真番号</p> <p>⑬</p> 	<p>登山道名</p> <p>4.永田線:(永田岳～焼野三叉路)</p> <p>標高 1,773m</p> <p>状況等</p> <p>浸食幅4m、高さ2m</p>	<p>写真番号</p> <p>⑭</p> 
<p>登山道名</p> <p>4.永田線:(永田岳～焼野三叉路)</p> <p>標高 1,773m</p> <p>状況等</p> <p>浸食幅4m、高さ2m</p>	<p>写真番号</p> <p>⑮</p> 	<p>登山道名</p> <p>8.宮之浦岳縄文杉線:(焼野三叉路～新高塚小屋～高塚小屋)</p> <p>標高 1,241m</p> <p>状況等</p> <p>砂礫質の路面を石敷工で保護。</p>	<p>写真番号</p> <p>⑯</p> 
<p>登山道名</p> <p>3.楠川線:(白谷雲水峡駐車場～楠川分れ)</p> <p>標高 797m</p> <p>状況等</p> <p>踏圧によりえぐれが生じ始めると横断斜面でも徐々にえぐれが進行</p>	<p>写真番号</p> <p>⑰</p> 	<p>登山道名</p> <p>3.楠川線:(白谷雲水峡駐車場～楠川分れ)</p> <p>標高 771m</p> <p>状況等</p> <p>斜面の横断にあたり棧道で踏圧を回避するとともに、開削等による水みちの生成を回避</p>	<p>写真番号</p> <p>⑱</p> 
<p>登山道名</p> <p>4.永田線:(桃平広場付近～鹿之沢小屋)</p> <p>標高 1,492m</p> <p>状況等</p> <p>登山道からの土砂が沢側に扇状地様の荒廃湿地を形成、踏み込み易い</p>	<p>写真番号</p> <p>⑲</p> 	<p>登山道名</p> <p>8.宮之浦岳縄文杉線:(高塚小屋～大株歩道入口)</p> <p>標高 1,290m</p> <p>状況等</p> <p>踏圧により、根茎への影響が見られる。</p>	<p>写真番号</p> <p>⑳</p> 

イ. 既往の整備による荒廃の助長

○既往の整備による荒廃の助長のパターン

既往整備により荒廃が助長されているパターンは以下のとおり考えられる。また、これらの事象は、主に既往の整備がなされてきた斜面(縦断)で散見される。

- a. 「流量の分散」、「流速の低下」を基本とし、「水衝部の補強」を行う上で、流水の構造的な把握が不適切な場合。
- b. 「踏圧の回避/低減」等を行うにあたって、流水の考慮の不十分さ又は欠落により、整備によって表土流出等が助長されている場合。

○課題及び対策の考え方

- a. 「流量の分散」、「流速の低下」を基本とし、「水衝部の補強」を行う上で、流水の構造的な把握が必要な場合。
 - ・ 水流を抑制する石の配置が逆アーチとなっており、石組みの倒壊、水流の拡散、路面浸食の助長側方浸食を誘発する。 →写真 A
 - ・ ステップ・プール等、「流速の低下」措置が不適切、不十分。 →写真 B
 - ・ 水みちを考慮した「流量の分散」、「流速の低下」が不十分。 →写真 C
- b. 「踏圧の回避/低減」等を行うにあたって、流水の考慮の不十分さ又は欠落により整備で表土流出等が助長されないよう配慮が必要な場合。
 - ・ 木製階段工の設置にあたり流水の処理が不十分な場合、階段の下部や基礎で流水によるえぐれが助長されるおそれがある。 →写真 D,E

○その他、既往整備の不適切なパターン

- ・ 石材等、素材の選定にあたっては、周辺 15m 範囲から資材を調達する等、屋久島らしい登山道景観との整合を図る必要がある。 →写真 F
- ・ 構造として、高木の針葉樹林で根に適切に石の間詰めを行うことで荒廃を抑制できる場合でも、木製階段等を設置しているとすれば、屋久島らしい登山道整備の観点からは、不適切となるケースも想定される。
- ・ 石組みでは、段差を小さくする、水平ではなく蛇行させて配置する、線形や巨石のアクセントを設ける等の配慮により、歩行のしやすさ、美しいデザイン、流量の分散といった効果を図る必要がある。 →写真 G
- ・ 大きな倒木により、開けた箇所が生じてルートを見失いやすくなったり、周辺の踏み荒らしが生じたりする。登山道の特性に応じて、自然に放置するか、一定の安全対策やルート整備を講じるか、といった検討を行う必要がある。 →写真 H

表-6 写真票 既往の整備による荒廃の助長

登山道名	写真番号	A	登山道名	写真番号	B
8.宮之浦岳縄文杉線:(淀川口～花之江河)		標高 - 状況等 石組の間隔が狭いと反転流で浸食を受ける。また、本事例は石の配置が逆アーチで不可。	8.宮之浦岳縄文杉線:(花之江河～焼野三叉路)		標高 1,772m 状況等 流水により木製段差工の基礎、石組みが損壊。
8.宮之浦岳縄文杉線:(淀川口～花之江河)		標高 - 状況等 流路への配慮が不十分で斜面の途中に設置したのみであり、登山道周縁の浸食を助長。	8.宮之浦岳縄文杉線:(焼野三叉路～新高塚小屋～高塚小屋)		標高 1,678m 状況等 流水により木製段差工の基礎が損壊。
8.宮之浦岳縄文杉線:(淀川口～花之江河)		標高 1,552m 状況等 木製階段工の下部、基礎に流水に対する処理を施した例	8.宮之浦岳縄文杉線:(淀川口～花之江河)		標高 - 状況等 異質な資材を用いた例。流水対策としても流路への配慮が不十分な施工。石組でも岩質が異なる例あり。
1.龍神杉線:(宮之浦川(神之川林道)～龍神杉)		標高 391m 状況等 蛇行やアクセントにより水の処理や歩行性、景観を高めた例	9.栗生線:(栗生(国立公園境界)～栗生歩道入口～花之江河)		標高 1,359m 状況等 巨倒木により迷い易い。う回にはしごがあるが、前後のルート判別が困難。

3) 個別の整備対策設定の手順

浸食・荒廃のメカニズムとタイプについての理解を踏まえたうえで、具体的な整備対策を設定する。そのためには、整備を必要とする箇所の詳細な調査を行い、環境保全・利用安全確保の視点から評価して整備箇所をきめ、対策内容を設定する。

整備対象箇所の詳細調査

- 環境条件および浸食、荒廃の原因を把握する
 - ・地形の把握：尾根、谷、斜面部の違い、勾配の違いにより浸食の要因と度合いが異なる。地形回復の可能性を把握する。
 - ・水系の把握：集水範囲により流量が異なる。排水方法を検討する。
 - ・植生の把握：森林帯、ヤクシマダケ帯等植生状況により浸食要因が異なる。
 - ・利用状況の把握：踏圧の程度により浸食の度合いが異なる。

整備対策箇所の設定

- 具体的に手を入れて対策を施す箇所の設定を行う
 - ・浸食の度合い、段階、進行の可能性を検討して必要最小限の整備対策箇所をきめる。

整備対策内容の設定

- 浸食のタイプ、原因に応じて具体的な対策内容を設定する
 - ・ぬかるみ、根系裸出、段差、連続段差、落差箇所等の浸食タイプと雨滴、水流による浸食や凍上融解、風食および踏圧などの原因を把握し、浸食を低減あるいは地形、植生の回復を目指した対策を設定する。
- 対策は流水のコントロールと植生の回復をポイントに設定する。

流水のコントロール

- ・微細な水流が集まって浸食が生じるため、登山道内の水流跡をよく見る。
- ・降雨時には一気に水量が増える場所があるため周りの地形と集水範囲、増えた水かさの跡を把握する。
- ・水を集めないことが第一に必要であり、きめ細かく分散箇所を設定する。
- ・傾斜の変化点、段差のある箇所では垂直方向の浸食(縦浸食)が進むため、水たたき部をプール、もしくは石等で受け止める。
- ・水流は勾配を増すにつれて蛇行するため、水衝部になる箇所を石等で補強する。(横浸食への対応)
- ・排水可能な箇所で適確に誘導排水する。

植生の回復

- ・地表面の浸食は植生の損傷から始まるため浸食箇所では植生の回復を目標に対策を講じる。
- ・植生回復のためには踏圧による損傷を避けるとともに、土粒子の定着が必要なため、ステップの確保や路面の補強、被覆を行う。
- ・周辺の植生からの回復を目指すことを主眼とし、地形安定のための土留めなど適切な対策を施す。

図-15 整備対策の設定

4) 個別の登山道整備実施時の要点

屋久島の伝統を生かし、原生的な自然環境、景観の保全を図るため、自然石や土埋木などを用いた整備を軸にその工法を設定する。

これまでの整備においては、施工の困難さ、早急な対策の実施の必要性などから木道等による整備を軸に展開されてきた。しかしながら、屋久島にふさわしい登山道として、地域と一体になって、より自然に近い、自然と一体になった登山道づくりを進める観点から自然石等の使用も加えて流水のコントロールと、植生の回復を主眼とした整備を展開するものとする。

楠川歩道で見られるように、自然石を用いた整備の中では、流入水に対するきめ細かい配慮と浸食を防止する工夫が見られる。

また、益救参道(龍神杉歩道)での整備においても、河川の技術と伝統的な石積み技術を応用して水をコントロールしながら登山道の整備が図られた。

これらをモデルとしつつ、今後の登山道整備で想定される条件を考慮しつつ伝統を生かした登山道整備の要点として整理を行う。

登山道整備に際して重要な点は、材料の如何に関わらず、浸食を防止するために雨水・流水のコントロールと地形・植生の回復を図りつつ複合的にステップを確保し、登山道として自然環境の保全と通行の機能を整備することにある。

① 自然石等自然の材料を出来るだけ自然に用いて整備する。

- ・整備方針においては周辺の自然石(もしくは同等の自然石)、土埋木・倒木等を用いることを原則としており、これらの材料をできるだけ加工せずに用いることが基本となる。
- ・なお、土埋木・倒木等は森林帯で利用することを基本とし、耐久性と、滑りやすいことに注意して用いる必要がある。
- ・また自然石の多用は固い登山道となるため必要な箇所限定しながら用いる。
- ・自然石を用いる場合は、基岩や安定する大石(力石)に中小石をかませるなど、溪流のステップ・プールにみられる石組みが参考となる。河川では、その工法として分散型落差工(福留, 2010, 土木学会)が用いられており、益救参道でもこの技術が多く用いられている。
- ・分散型落差工の石組みは、ステップ段差が数十cmから1m内外であっても自由に組むことができ、また下方にプールを形成して土砂を溜めるはたらきもする。
- ・いずれの石組みにしても、人工的な工作物となることを避けて、石材の並ぶ線形や大小のバランスをとって、景観的にも自然に見えるよう配置する。

② 浸食の要因とメカニズムを把握して対策を講じる。

- ・登山道の浸食、荒廃は踏圧によって植被が損傷し、雨水や流水、林内雨や樹幹流、凍上融解や風食など自然の要因によって複合的に進行する。
- ・そのため対策を講じる上では浸食の要因を把握し、そのメカニズムに対応して浸食を低減、停止する処置が必要となる。

③ 流水のコントロールを主眼にする。

- ・ 浸食、荒廃化を進める大きな要因としては、雨水の表流水やしみだしてくる地中水、林内雨や樹幹流などが登山道に流入して川のようになり、土粒子を削り流してしまうことにある。
- ・ 勾配が増し、流量が多くなることでより浸食のエネルギー(掃流力)が大きくなり、縦浸食(下刻作用)で水の落ちる箇所が掘られ(洗掘)、横浸食で水衝部が削り取られる。
- ・ 特に高山帯では、森林で保水しないため降雨がいきなり流出し、登山道に流入する水量も多くなる。また登山道の勾配も急な場所が多く浸食の度合いが増す。
- ・ 一方、森林帯では、流水量が少なくても林内雨の大粒の水滴が流路に落ちることで路面の粒子を巻き上げ、流されてしまうことで浸食が進む。
- ・ これらに対する方策として、第1には水みち(流路)を読み取って、水の分散化を図り、浸食に耐えるよう補強することがあげられ、流水をできるだけコントロールすることが基本となる。

④ 踏圧のコントロールを図る。

- ・ 踏圧は浸食・荒廃化を引き起こす要因であり、数多くの登山者の踏圧により植被が損傷し、土壌や土層を掻き起して流亡させ、基岩の風化、浸食に到る。
- ・ そのため、踏圧による影響を極力低減することが必要であり、流水のコントロールと共に一体的かつ複合的に踏圧をコントロールする処置が必要となる。
- ・ 具体的には流路と通路を一体的に整備することが必要であり、狭い区間では兼用し、複線化や拡幅化している箇所では区分又は統合して整備するなど、周辺の状態を考慮して整備する。

⑤ 植生の回復、地形の回復をねらいとする。

- ・ 登山道の整備は、浸食の低減、停止を図ることが第一となる。浸食が低減し、停止することは土粒子の移動が無くなり、種子や胞子が定着発芽することとなる。また逆に、植生が回復することで浸食も低減、停止する。
- ・ 流水や踏圧のコントロールは、同時に植生を回復することがねらいであり、基幹部分での対策とあわせ、細部では土粒子の定着、植生回復を意図した措置を講じる。
- ・ 特にガリー化が進行して溝状に掘れた箇所では、土留のための処理を行って土砂を堆積し、地形の回復を図る処置も考慮する。

5) 伝統を生かした登山道整備工法の参照

自然石等を用いた具体的な整備工法について、基本的な手順に沿って整理する。

- ① 浸食要因の把握と対策検討
- ② 段差ステップの設置
- ③ 分散排水
- ④ 段差の処理
- ⑤ 落差の処理



写真-15



写真-16 試験施工地点 A



写真-17 石と石の間にこぶし大の石（飼い石）をしっかりとこまらせて、力が伝わり、一体的な構造になるように組む。周りの地面もしっかりとつき固める。

①浸食要因の把握と対策検討

◆浸食の要因を探る

森林内では林内雨や樹幹流の作用があるが、登山道でない箇所は植生に覆われ浸食は生じていない。登山道ルートが踏圧と林内雨と樹幹流および上部からの流水で土壌が流出して**根系の裸出**が進行している。この現象を抑止するには、小段差を利用して流水の勢いを弱めることが有効である。

◆水みちを把握する

非降雨時でも、地形を細かく観察すれば流路蛇行と水衝部（水が当たる箇所）の大きな窪み（河川の淵）、またはステップ・プール状の地形が把握できる。

◆分散排水箇所を見つける

流路の蛇行湾曲点で、上流側の水路を直進させる方向に、周りの地盤との差が小さく排水が可能な地形を見いだす。（登山道への流水の集中を避ける）

②段差ステップの設置(水みちと兼用)

◆ステップとプールを確保する

流路の段差ごとに、ステップに横断方向へ石を組み、同時にその中間にプールを確保する。

◆ステップ石組みは上流に凸型の円弧状とする

上流側に凸型の円弧状石組みは、流水を下流側の円心方向に導く。（側方浸食を抑える）

◆ステップ石組みは平面アーチ状に組む

石礫河川の礫列・礫段をモデルにした分散型落差工が参考になる。



写真-18 水を誘導して排水する

③分散排水(誘導型)

◆流向を誘導する石組みは流向と直角に据える

誘導する流向は、既往の蛇行と流れを延長する方向として、その流線に直角方向に石や丸太を伏せて越流させる。

原理は、河川における越流型の上向水制と同じである。

④段差の処理

◆ステップアンドプール

段差箇所での浸食を滝つぼのように水塊で受け止めて和らげることを意図し、踏み段ともなるステップを石組みで確保して段差の処理を行う。

適正なステップ・プールの間隔と水深を設けると(図-10)、そこに土砂溜まりの機能も果たされ、地形の回復も図れる。

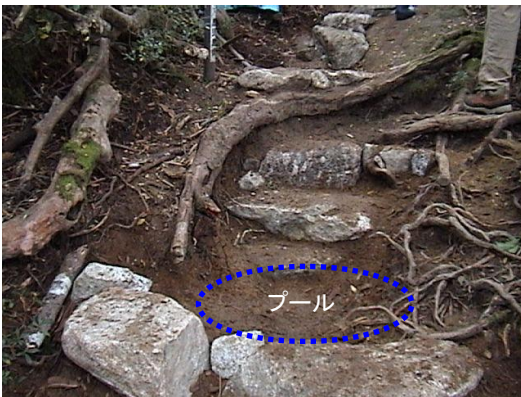


写真-19

⑤落差の処理(分散型落差)

◆砂防と同様の対策を講じる

高山帯で登山道へ一気に水が集まると、激流となる箇所がある。登山道における激流対策は、まさに砂防のミニ版であり、上流からの外力を受け流し、下流に影響を及ぼさないようにする必要がある。

◆土砂を溜める

対策の基本は急傾斜面の法尻の浸食を止めることで、プールにより流水を減勢し、続く緩傾斜部に一定間隔の分散型落差工を設置し土砂を堆積させる。

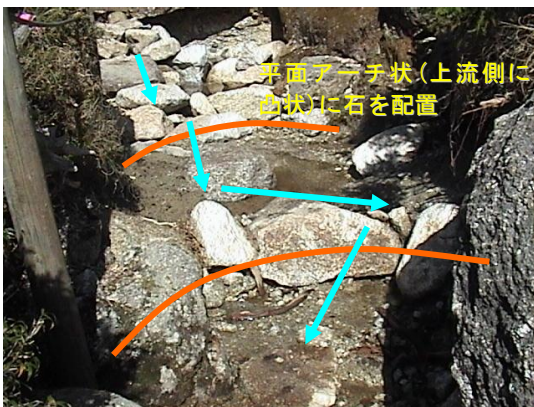


写真-20 試験施工地点B

⑥その他(土埋木等を用いた工法)

伝統的な整備工法として、土埋木や、倒木を用いて整備を行うことが想定される。土埋木は腐りにくく耐久性が高いことから登山道として整備に適するが、コスト面と、加工が必要なため限定される。

用いる場合には、流水を側方に集めない措置と、滑りにくくフラットに設置することに留意する。



写真-21 楠川歩道での土埋木を用いて整備したケース