

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第2801号

土 木 研 究 所 資 料

山腹工の現状と今後の展望

平成元年 9 月

建設省土木研究所
砂防部砂防研究室

「Copyright © (1989) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted,
nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、
複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

山腹工の現状と今後の展望

砂防研究室 室 長 水 山 高 久
部外研究員 黒 川 興 及

要 旨

山腹工事は、我国において古くから荒廃山地の植生を復旧するために行われてきた。山腹工事は今後とも土砂生産防止、景観の保全、貯水池の濁水防止のため、積極的に行っていくべきである。本研究では山腹工の効果およびその工法を整理した。また建設省では新工法を用いた試験施工を実施しており、これらの実態と問題点を取りまとめた。この結果より今後の山腹工を展望して、実施基本方針、工法について検討を行った。

キーワード：山腹工、砂防、緑化、崩壊、試験施工、とくしゃ地、景観

Sabo Hillside Works-Past, Present and Future

Sabo Division, Sabo Department
Head of Division : Takahisa Mizuyama
Visiting Researcher : Okichika Kurokawa

Synopsis

Hillside works have been applied to restore the devastated mountainous areas to their former beautiful forests in Japan. Hillside works should be continued to prevent the surface erosion, to conserve landscapes and to diminish the turbidity of reservoir water. Functions and methods of hillside works were reviewed. Test works at several sites have been carried out by the Ministry of Construction.

Studying their conditions and problems, authors considered future hillside works and propose basic ideas and methods to be taken.

KEY WORD: Hillside Works, Sabo, Revegetation, Collapse, Test Works, Devastated Area, Landscape.

ま え が き

山腹工については、積極的に実施すべきであると言われる反面、試験施工は行われるが本格的な事業とはならない傾向がある。その原因は複雑であるが、ここでは技術的な面から、既往の考え方、試験施工の実態、問題点を整理し、今後の展望について述べてみた。今後の山腹工の参考になれば幸甚である。本研究に関連して、山腹工およびその試験施工に関する資料を提供頂いた直轄の砂防関係工事事務所の皆様に深く感謝いたします。

平成元年 9 月

砂防研究室長	水 山 高 久
部外研究員	黒 川 興 及

目 次

まえがき

1. 研究の目的	1
2. 山腹工の目的と効果	2
2.1 山腹工の目的	2
2.2 山腹工の効果	2
2.2.1 森林の効果	2
2.2.2 樹木根系の斜面安定効果	3
3. 山腹工の体系	5
3.1 山腹工の工種とその内容	5
3.2 山腹工施工箇所の区分	9
3.3 山腹工の工種選定	11
3.4 山腹工の種子、樹種選定	13
4. 建設省試験施工の実態	16
4.1 試験施工実施箇所	16
4.2 試験施工箇所の分類	16
4.3 試験施工の概要	17
4.4 問題点のとりまとめ	32
5. 今後の山腹工の展望	33
5.1 山腹工に求められる機能	33
5.2 今後の山腹工の基本方針	37
5.3 山腹工の実施環境	37
5.3.1 自然環境	37
5.3.2 社会環境	44
5.4 今後の山腹工法に関する基礎的検討	45
5.4.1 基本方針	45
5.4.2 斜面安定対策	46
5.4.3 緑化対策	48
5.4.4 対策工法の選定	49
6. まとめおよび今後の課題	52
参考文献	53

1. 研究の目的

我国の砂防事業は山林の保全、荒廃地の復旧のための山腹工に始まったといえる。淀川上流瀬田川の田上山を代表とするとくしゃ地の山林復旧工事の実施等により、山腹工の技術は進歩してきた。近年の砂防工事は砂防ダムを中心とした溪流工事が生体となっている。溪流工事は土砂の流出を抑制する効果は高いが崩壊地の根本的な対策とはならない。この崩壊地を放置しておくと、崩壊の拡大により土砂が間断なく下流へ供給されることになる。また、近年貯水池で問題となっている濁水を防止する場合には、一旦流水に混じって流出したら砂防ダム等で止めることができない細粒土砂も対象としなければならない。結局、根本的な対策は土砂の生産源対策となり、そのため再び山腹工に着目するものである。

我国では、田上山のようなくしゃ地は先人達の努力の結果、姿を消しつつある現在、山腹工を必要とする場所は大規模な崩壊跡地、長大な溪岸斜面、火山地域等のより厳しい施工条件の所となってきた。このような場所はこれまでの山腹工事では未経験な部分が多い。またこれまでに築かれてきた山腹工技術は豊富な労働力を背景にしていたのに対して、現在以上に労働力が質量ともに不足していく状況で従来工法の山腹工の施工は困難となる。

一方、社会が豊かになり、砂防工事についても防災の機能一辺倒ではなく、景観への配慮が求められるようになってきている。そのような状況で緑化工としての山腹工事の比重も高まってきている。

以上のような山腹工をとりまく環境の中で、建設省では試験施工を精力的に実施している。より厳しい施工条件の現場で省力化、二次製品利用、機械施工、新工法適用、緑化技術の開発等の検討が進められている。

今後の山腹工の展望を考えて行く上で、山腹工の現状把握を行う必要があり、そのためこれらの試験施工の実態をとりまとめ、問題点を整理する。さらに今後の山腹工を展望するために、試験施工における問題点を踏まえ、山腹工に求められる機能について言及し、山腹工実施の基本方針をとりまとめる。また山腹工の実施環境と対策工法についても基本的な検討を加える。

2. 山腹工の目的と効果

2.1 山腹工の目的

山腹工事は山腹の荒廃地に土木的工事を補助手段として植生を導入し、植生によって水源地域における土砂生産の抑制を図るものである。¹⁾ 以上の山腹工の目的を明確に表現するならば以下のように区分される。

- ① 斜面侵食・崩壊拡大を防止する → 防災効果
- ② 裸地を緑化する → 景観効果

当然①が砂防工事としての山腹工の主目的であるが、通常①、②の両方達成することを前提としている。

2.2 山腹工の効果

山腹工の効果は山腹斜面が保全されることにより土砂生産が抑制されることで十分達せられたといえる。しかしながら、我々が山腹工の効果として期待するのは、山腹斜面の保全にとどまらず、そこに形成される植生、およびその植生が遷移した結果形成される森林の有する効果である。土砂生産抑制すなわち土地保全効果はこの森林の有する効果の一つに過ぎない。

2.2.1 森林の効果

森林の効果としては以下のように言われている。²⁾

1) 水資源確保……水源かん養能力：

落葉・落枝、地表植物、地中の小動物、樹冠、樹幹などが流出水を減速し、浸透・保水性を高める。

流出量の最大、最小の差を小さくし、有効水を長期間に平均的に流出する（年60%位）。

森林は 150～350 mm/年 を蒸散する。

250～300 mm/年 を貯留する。

ただし、少雨地帯（たとえば瀬戸内地方）では年間流出率は高く、したがって森林の水資源かん養能力はマイナスであり、これが瀬戸内地方で溜池が多い理由でもある。

2) 土地保全……治山的効果：

表面侵食の防止力により表土流出防止に効果がある。しかし、崩壊防止力は制限付きで、幼・老令林は防止効果は少なく6～15年生林で崩壊が最も多い。これについて多いのは1～5年生混交林である。異令林は防止効果が大である。ただし、どんな林でも深層崩壊防止には無効である。

3) 治水機能……洪水防止：

森林が流出水量のピークを低下させ、森林土壌の浸透能力と相まって治水の効果をあげ、洪水および土砂流出防止に効果が期待できる。

4) 草・木の酸素生産効果：

緑化植物の効果については、今さら多言を要しないが、米国農務省土壌保全局で試算された2～3の例を紹介すると、生育盛んな芝草は広さ225㎡の家庭芝生があれば、1家族4人が必要とする酸素が得られ、うまい空気を胸いっぱい吸って、健康な生活ができる。

また、樹木1本が蒸散作用の結果発揮する空冷能力は1日25万kcalである。これは普通のルームクーラー10台を20時間連続運転した時の能力に相当する。つぎに、樹木1tが生長する間には、1.5tの炭酸ガスを吸収し、1.1tの酸素を生産する。

なお、大人1人1日に必要な酸素は500g～900gで、これには30㎡～60㎡の緑地が必要である。

5) その他の効用：

イ．野生鳥獣保護，ロ．休養林，ハ．林産物生産，ニ．気候緩和，ホ．大気浄化，ヘ．防音。

2.2.2 樹木根系の斜面安定効果

樹木根系の斜面安定効果については竹下は以下のように述べている。³⁾

崩壊発生に対する森林の直接的な効果は根系によって果されている。従来この概念としては、まず崩壊しようとする不安定な土層や風化層に対して、これを安定した基盤に結び付けようとする杭効果があげられる。また、不安定箇所と安定箇所との間にあって、各部分を互いに結び付けて強い一体化したものとしようとする緊縛効果があげられる。しかし、これらの効果は実際に確認されたものではない。ところが、現実には林齢を増し樹木が大型化するほど、森林内での崩壊発生率は減少するという傾向がある。これを説明するため、上述の2つの効果を想像したとも言える。

以下にこれら2つの効果と、樹木根系の斜面安定効果に関しての構想について説明する。

(1) 崩壊面内での根系の直接的杭効果

崩壊面は堅密な風化層や基岩層など、物理的な堅密層が不連続に現れる場合に、その上部面に現れ、根系の存在とは無関係に形成されている。一方、根系は乾性環境下では深く伸長し、いわゆる深根性の形状を呈するが、崩壊は多発する湿性ないしは適潤性の凹形斜面部では、どの樹種も伸長せず、結局、この面内での直接的杭効果は認められないものと判断された。

(2) 根系の土層緊縛効果

アカマツや先駆樹種として広葉樹種は若齢林であっても良く根系を広がらせ、樹冠よりも広い根系を示して高い緊縛効果を発揮しているが、高齢林となると、伸びなやみ気味となって緊縛効果に衰えを見せている。これに対して、スギ、ヒノキをはじめ、将来極盛相主林木となる広葉樹種は若齢期の根系の広がりには樹冠に劣るが、高齢期になると樹冠よりも広い根系の広がりをみせている。いずれにしても、単木的に見る限りでは、根系の広がりとはそれほど大きくはなく、隣接根系の間には弱体部分が介在していることが認められる。林木は群集をなしていることが多く、この場合群としての、やや大きな根系ブロックは形成されるが、ブロック間にはやはり弱体部分が介在している。結局、林分全体を連結するような根系群の成立は認められず、緊縛作用としては、断片的なものしか期待されないようであった。端的な緊縛作用としては崩壊面側壁での、非崩壊部分との結び付き

(杭長力)が重要であり、高齢林となるほど、この機能が向上することは伺えたが、これまで考えていた構想を下回る内容のものであった。

(3) 樹木根系の斜面安定効果に関する構想

従来の根系の機能に対する期待は、主として引っ張りに対する抵抗力であったが、構想を変えて圧縮に対する抵抗力の効用について検討を加えてみた。この結果、根系ブロックによるアーチ構想が想定され、これによると、たとえ根系間に若干の弱体部があっても機能の発揮が期待されるようであった。凹形斜面部での杭効果は期待されなかったのであるが、尾根型の凸形斜面部での杭作用は期待され、これを支点としてのアーチ効果が想定されるわけである。この場合土層内に占める根系の占有体積率が増大するほど、圧縮抵抗の増大し、アーチ構造の強化と、剪断抵抗の増加とが期待される。

3. 山腹工の体系

3.1 山腹工の工種とその内容

山腹工の工種はその目的から山腹基礎工と山腹緑化工に大別される。⁴⁾

1) 山腹基礎工

のり切工等を行った後の堆積土の安定を図るとともに、山腹排水路を設け、雨水による侵食を防止することにより、施工対象地を将来林地とするための基礎作りを行う工法である。

2) 山腹緑化工

施工対象地に直接植生を導入して緑化を図る工法である。

各々の代表的な工種は図-3.1のとおりである。

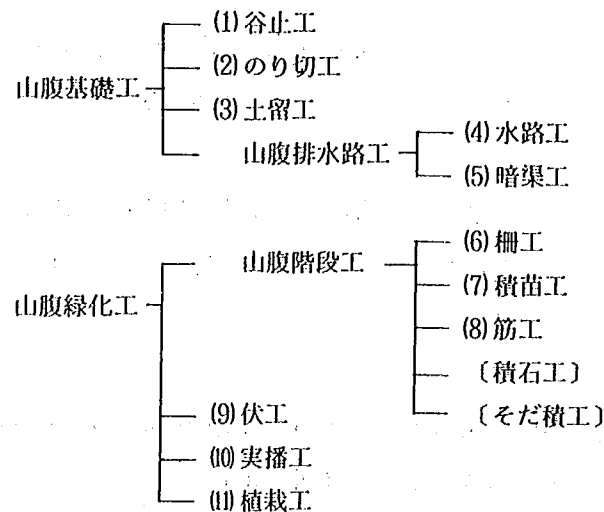


図-3.1 山腹工の工種⁴⁾

以下に各工法の内容を説明する。^{1), 4)}

(1) 谷止工

とくしゃ地および崩壊地内の侵食溪において、山脚の侵食を防止する。

(2) のり切工

山腹斜面に不規則な起伏および急峻な斜面があって、放置すれば将来斜面の安定を保つことができないと予想される場合、起伏を整正し、緩傾斜として安定した斜面（土層の安息角を目標）を造成する。

(3) 土留工

山腹工事の基礎となるもので、のり切土砂の安定、のり切勾配の緩和、水路・暗渠工の基礎、山腹斜面の保護を目的とする。

のり切工においては、堆積地の傾斜が急な場合、堆積土砂の安定を図り、上部に施工する山腹工の支えとする。また、とくしゃ地および崩壊地の斜面が急勾配である場合や、上部の林地が急傾斜

である場合は土留工により、のり切面積を最少限にとどめ、のり勾配を緩和させることができる。

(図-3.2)

(4) 水路工

流水による斜面の侵食を防止するために、斜面長が長い場合、斜面に起伏がある場合、崩壊地周辺から水が集まる場合および暗渠工によって集水された水を表流水として排水する必要がある場合に設置する。(図-3.3)

(5) 暗渠工

斜面の安定に対して悪影響を及ぼす恐れのある地下水を排除するために、湿潤な所や湧水の生じる所、再崩壊の恐れが多い箇所およびのり切土砂を大量に堆積せざるをえない箇所に設置する。

(図-3.4)

(6) 柵工

山腹斜面の表土流出を防止するため、施工地付近に山芝や石材が乏しく、山腹斜面の土層が比較的厚く植生の導入が容易な箇所において配置する。(図-3.5)

(7) 積苗工

地山が露出した寡雨、乾燥の激しい箇所に配置する。地山に直高1.5m程度、幅1m程度の階段状の段切りを行った後、芝またはわらを積み、土砂で埋め戻して植栽床とするものである。(図-3.6)

(8) 筋工

比較的表土の深い地味良好な箇所または崩壊地の地山部に雨水の分散と山腹斜面侵食防止および植生の早期導入を図ることを目的とする。(図-3.7)

(9) 伏工

表土層の風化が進んでおり、そのまま放置した場合は、雨、凍上、霜柱および風等によって侵食の恐れのある場合や、斜面に種子を実播する際、その種子の流亡、乾燥等を防ぐ場合に配置する。

積苗工、筋工等の間ののり面における表面侵食を防止する。また使用材料が腐朽するまでにのり面を安定させるため、草木の種子を播種することが望ましい。(図-3.8)

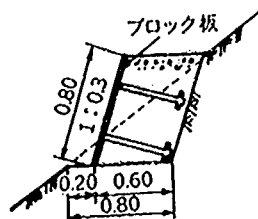
網伏工は緩傾斜で軟弱な山腹に適合しており、網に合成樹脂製品を利用して、その中に草木の種子を入れた種子袋工や植生盤工が利用されている。

(10) 実播工

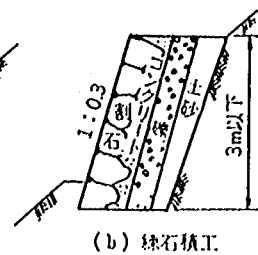
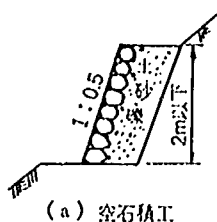
草木の種子を直接播き、早期に緑化を図ることが目的であり、山腹斜面が緩やかで土壌条件の良好な箇所に用いる。実播工を急傾斜で用いる場合は、一般に伏工等により種子、肥土の流亡を防ぐことに留意する必要がある。

(11) 植栽工

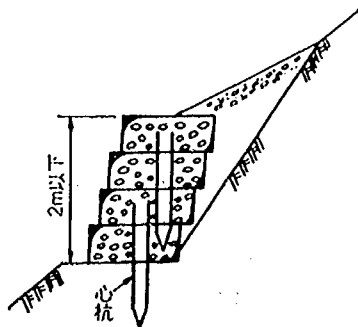
とくしゃ地、崩壊地を早期に緑化するために行う。



(1) ブロック板積工 (単位: m)

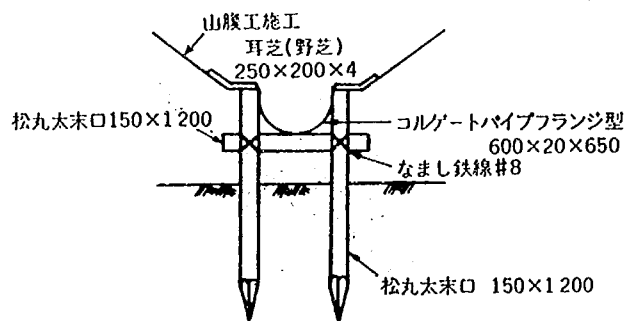


(2) 石積工



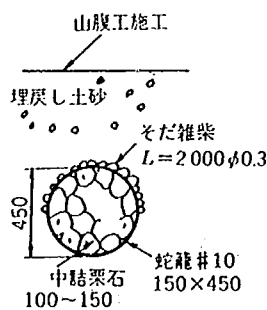
(3) ふとん籠工

図-3.2 土留工

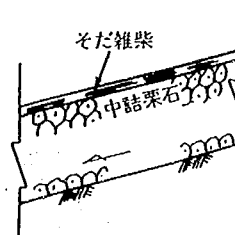


コルゲート水路工の例 (単位: mm)

図-3.3 水路工



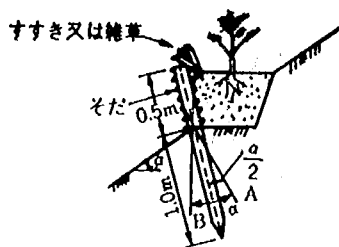
(a) 正面図



(b) 断面図

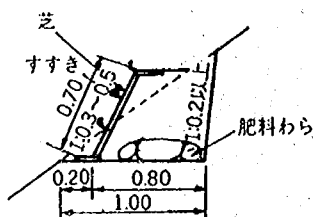
蛇籠暗渠工の例 (単位: mm)

図-3.4 暗渠工

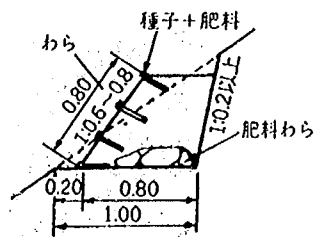


編柵工の例

図-3.5 柵工



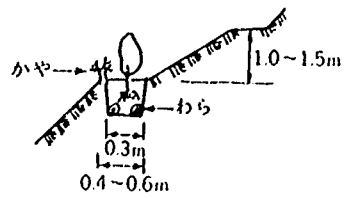
(a) 芝積苗工



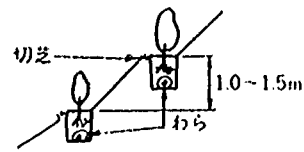
(b) わら積苗工

積苗工の例 (単位: m)

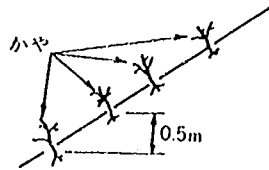
図-3.6 積苗工



(1) かや筋工

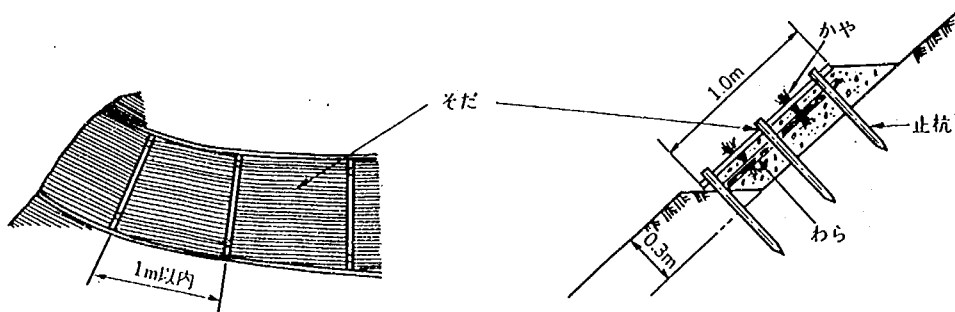


(2) 芝筋工

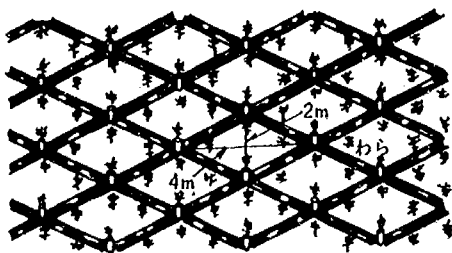


(3) そだ筋工

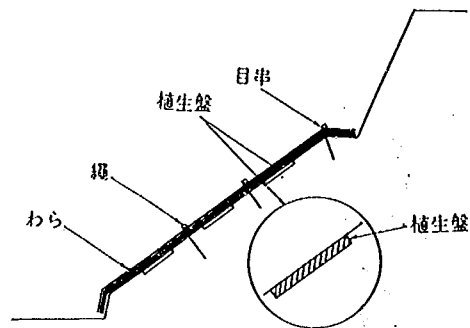
図-3.7 筋工



(1) そだ伏工



(2) 網伏工



(3) わら伏工及び植生盤工

図-3.8 伏工

3.2 山腹工施工箇所の区分

山腹工事の成否を決定する最も重要な事項は、植栽樹種の選定と工種の選定および配置である。これらは施工箇所の地形、地質、土壌、気象等の諸条件に制約を受ける。林野庁治山課では荒廃地の特性が気象的、地質的特性によってかなり特徴づけられることから、両者の組み合わせによる地帯分類を行っている。⁵⁾ これは山腹工施工上の指針として、環境条件をマクロにとらえたもので建設省でも準用している。^{1), 4)}

気候的には以下の5地帯に区分されている。

- ① 多雨地帯：年降水量が約2000mm以上の地域（積雪地帯を除く）
→伊豆，東海南部，南紀，四国南部，九州南部
- ② 寡雨地帯：年降水量が約1500mm以下の地域
→瀬戸内海沿岸，関東南部，東北東南部，北海道等
- ③ 多雪地帯：最大積雪深が1.5m以上の地域（降雪による降水量が年降水量の40～50%を占める）
→北海道，東北北部，北陸，山陰，中部山岳地帯
- ④ 凍上地帯：気温の低下が著しいか積雪が少なく，凍上の起る地域
→関東北部山地
- ⑤ 一般地帯：①～④以外の地域

地質的には以下の4地帯に区分されている。

- ① 中・古生層地帯
- ② 第三・第四紀層地帯
- ③ 花崗岩類地帯
- ④ 火山堆積物地帯

上記の気候条件と地質条件を組み合わせ、山腹工の工程、工法の採用に際して留意すべき点を考慮し、表-3.1のように地帯別山腹工事の施工基準を作成している。

一方、山腹工は荒廃地に施工されるわけであるが、荒廃自体が様々な形態があり、各々に対して工種の選定が異なることになる。砂防における山腹工の施工対象となる荒廃地を以下の2形態に区分する。⁴⁾

- ① とくしゃ地：主に乱伐等によって土壌が流亡し植生がなくなり，表面侵食が行われている箇所
- ② 崩壊地：山腹斜面等の一部が崩落して裸地化した箇所

以上のような分類はマクロ的な環境であるが、実際の施工箇所で施工計画をたてる場合には、さらにミクロな環境に着目する必要がある。この場合、対象荒廃地を細区分する根拠となる重要な因子は微地形と土壌である。

表-3.1 地帯別山腹工事の施工基準⁵⁾

地帯区分	特 徴	工 法
積雪地帯	北海道、東北、裏日本の積雪地帯	なだれのため山腹工は困難であるので、主として溪間工事を行ない、山腹工を行なう場合には、階段幅を広くし、柵工等を併用する。また萱株等は伏臥して雪崩発生を助長するので使用をさけること。
凍上地帯	関東、中部山岳地帯の少雪寒冷地帯	凍上による土砂の移動が著しいので、山腹工は階段切付けを避け、伏工、編棚等を行ない、溪間工も十分に行なうこと。
多雨破砕帯	主として中央構造線に沿った中部、紀伊半島、四国、九州の南半の多雨（台風常襲）地帯	深部からの大崩壊が発生することが多く、溪流の侵蝕が著しいので高堰堤を主力とした溪間工に重点を置く。山腹工は植生の侵入が容易のため簡易なものでよいが、排水工を十分に行なうこと。
多雨、三、四紀層地帯	房総半島および佐賀長崎等の地すべり地帯	山腹工は排水工を主とし、被覆工、骨格工等はあるべく簡易化する。溪間工はあるべく少なくし、岸欠潰防止のために低い谷止護岸等を行なうこと。
多雪、三、四紀層地帯	長野、新潟、石川、富山等の地すべり地帯	前項に準じて行なうが、山腹工にはなだれ防止の工法も併用する。
多雨火山堆積物地帯	南九州のシラスおよび阿蘇等の火山堆積物の地帯	山腹工は地質的に表面侵蝕に弱いために地表水処理の水路工に重点をおき、被覆工は軽いものおよび全面被覆工法をとる。溪間工は低い床固群とすること。
寡雨花崗岩三紀地帯	瀬戸内海沿岸から、滋賀、愛知中央部にいたる寡雨の花崗岩三紀層の地帯	溪間工はあるべく簡略化し、山腹工事に重点をおく。山腹工事は全面被覆を図ること。

i) 微地形

① 斜面勾配は35°を超すと植生の定着が一段と難しくなる。

② 斜面方位は主として南向きか北向きかで、日射量に差異が出る。一般に北向き斜面は南向き斜面にくらべて、寒冷で湿潤であって土壤凍結深も大であるが、地温較差が小さいので凍結融解現象による表土の崩落が少ない。

③ 集水地形により、水路工等の排水対策を検討する。

ii) 土 壤

① 風化土層の厚さ

② 土性区分（砂質土、粘質土、礫質土、軟岩等）→草木植物の相性

③ 土壤硬土指数（一般に山中式土壤硬度計で測定されmm単位であらわされる）を30mmを限界

として、それ以上を硬、以下を軟とする。(植物の根の土壌中の伸長圧は 10 kg/cm^2 とされ、これは硬度指数 23 mm に相当するので、根の伸長に影響のない値として、土壌の孔隙を考慮すれば 25 mm 以下を基準にするのが妥当である。)⁶⁾

- ④ 化学性として土壌酸度 (pH)、塩素 (Cl)、炭素量が有力な指標となり、このうち pH については 4.0 未満であれば酸度矯正する必要がある。

3.3 山腹工の工種選定

(1) 地質および気象等の環境別

表-3.2を参考に工種の選定を行う。

表-3.2 地質および気象等の環境別工種⁴⁾

地質区分 気 象	中, 古生層地帯	第三, 第四紀層地帯	花 崗 岩 地 帯	火山堆積物地帯
一 般 地 帯	渓流工事に重点をおき、山腹工事では土留工を最少限度とする	崩壊面の土壌は比較的良好であり、植生の導入を積極的に図る	客土的要素をもつ山腹緑化工を十分に行う。斜面は侵食されやすいため、被覆を完全に行う	地形が急峻であるため、基礎工事によって地形を修正する。全面被覆工を必要とする所もある
多雨地帯 (年間降水量 2000 mm 以上)	山腹工事に重点をおくが、山腹基礎工を少なくし、山腹緑化工に主力を注ぐ	山腹基礎工を十分に行う必要がある	一般地帯に準ずる	シラス地帯 (南九州) がこれに相当する。のり切りは垂直とし、客土的效果のある緑化工を行う
寡雨地帯 (年間降水量 1500 mm 以下)	一般に荒廃は軽微であり、簡単な筋工等によい	山腹緑化工とし、一気に実施する。山腹基礎工は、比較的簡易とすることができ	山腹基礎工は最少限とし、山腹面の緑化に重点をおく (特に客土の緑化工)	
多 雪 地 帯	なだれを考慮した山腹工事を必要とする	山腹排水路工の施工密度を高くし、完全排水に努める	なだれを考慮した山腹緑化工を必要とする	
凍 上 地 帯	各種の伏工と植生によって地表を被覆し、温度低下を防止する。階段工は破壊されやすいため、できる限り施工を避ける			

(2) 崩壊形態別の工種

とくしゃ地では植生を主体とする山腹緑化工に重点をおいて工種を選定する。崩壊地においては土砂の安定を図るため工作物を全体とする山腹基礎工に重点を置く。

山腹工の工種選定の手順は以下のとおりである。() 内は主として使用される工種である。⁴⁾

i) とくしゃ地

谷止工→土留工 (ブロック板積工) →のり切土→山腹階段工 (積苗工, 筋工) →伏工 (そだ伏工, わら伏工, 種子袋工, 植生盤工) →植栽工

ii) 崩壊地

谷止工→土留工 (コンクリート擁壁工, コンクリートブロック積工)

—〔自然復旧の期待しにくい所〕→山腹排水路工（コルゲート水路工，そだ暗渠工）→山腹階段工（積苗工，筋工）→伏工→植栽工

④ 縦横保食の大きな谷がある

YES → 谷止工

NO → ⑤

⑤ 上方で崩壊の恐れがあり、比較的良好的な基礎がある

YES → 土留工

NO → ⑥

⑥ 斜面に起伏があり不安定

YES → のり切工

NO → ⑦

⑦ 山腹階段工の間等の斜面の表面保食が予想される

YES → 伏工

NO → ⑧

⑧ 立地条件

不良 → 積苗工

比較的良 → 筋工

⑨ 基礎

大 → 基礎

小 → 基礎

良 → 練石積工
コンクリート擁壁工
コンクリートブロック積工

不良 → コンクリート捨工

⑩ 芝の入手

OK → 芝積苗工

NO → わら積苗工

⑪ 地味良く、比較的傾斜緩

かや筋工

⑫ 地味良く、雨水による侵食少

芝筋工

⑬ 比較的水分が多い

そだ筋工

⑭ 転石多く、常時水分が多い

積石工

⑮ 切り取り部の土層が厚い

柵工

⑯ 凍上、凍結がはげしい

そだ積工

④ 比較的急な斜面

④ 比較的斜面が緩やかで、凍上の恐れのある斜面

YES → 土層が著しく薄い

NO → そだ伏工
わら伏工
むしろ伏工

種子袋工
植生盤工

山腹工終了

— 12 —

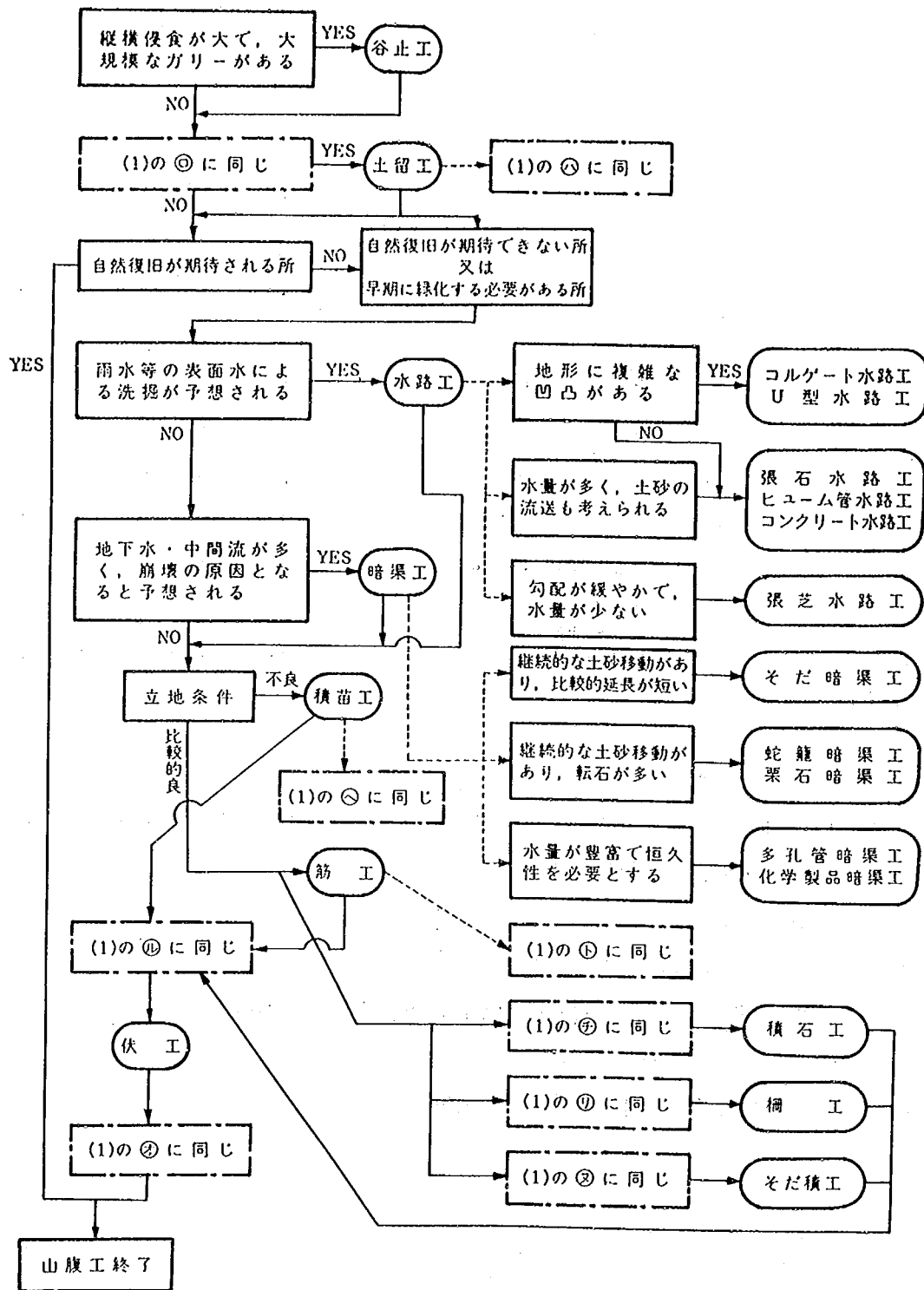


図-3.9 (2) 山腹工工種選定フロー図 (崩壊地)⁴⁾

3.4 山腹工の種子、樹種選定

(1) 実播工における草木の種子選定

周囲の植生状況を考慮し、単一なものに片寄らず生育期間の異なる草木を選択することを原則とし、脊地に耐え、根径、地上茎がよく繁るもの、再生力が強く多年生であるもの、草丈が低く広が

り性の大きいもの、秋から早春にかけて成長するものを用いる。表－3.3に重要な山腹工用草本類とその特性をとりまとめた。

表－3.3 重要な山腹工用草本類⁴⁾

種 名	成長期間	特 性	耐寒性	耐暑性	耐旱性	耐酸性	求肥性
チカランバ	多年生	煙害地に適する	中強	中強	中強		小
メドハギ	同		強	強	強	強	小
イタドリ	同		強	強	強		小
ヨモギ	同		強	強	強		小
カルカヤ	同	適地性大、常緑	強	中	中	強	大
ケンタッキ	31		強	強	強	強	中
フエス	同		強	強	強	強	小
レッドフェスク	同		強	強	強	強	大
レッドトップ	同	被覆力が大	強	強	強	強	中
チモシ	同	寒さと湿地に強い	非常に強	弱	弱	強	大
ウィーピング	同	他の草を圧倒する	弱	強	強	強	小
ラブリ	同	冬期の施工に助長種として混合する	強	弱	弱	強	大
イタリ	1～2年		強	弱	弱	強	大
アイグ	同		強	弱	弱	強	大
パーミューダグラス	多年生		弱	強	強	強	小
ホワイトクローバー	同	高温でないと発芽しない	強	強	強	中	小
ホワイ	同	稲科の草と混播する	強	中	中	強	小
オーチャードグラス	同	耐陰性が特に高い	強	中	中	強	大

(2) 植栽工における樹種の選定

樹種の選定は、適地、適木を原則として、次の条件に適合するものとし、土壌条件の悪い箇所では原則として2～4種類組み合わせる。¹⁾

- ① 成長力が旺盛でよく繁茂するもの
- ② 根張りがよく、土壌緊縛度の大きいもの
- ③ やせ地、乾燥、寒害、虫害等に対して適応性、抵抗力があるもの
- ④ 土壌改良効果の大きいもの

植栽工に用いる樹種は表－3.4に示すものを標準とする。

表- 3.4 重要な山腹工用樹木類⁴⁾

種名	適応性	造林方法	特性							
			活着力	根系の発達	耐瘠悪性	耐乾性	耐湿性	耐寒暑	耐陰性	耐酸性
アカマツ	潮風に弱いから、内陸に用いる	植栽、播種	良	良	大	大	小	大	小	小 小 中 中 大 大 大 大 大 大 大
クロマツ	最も一般的である	同	良	良	大	大	中	大	小	
ニセアカシヤ	崩壊地、やや肥沃なげ山	同	良	良	大	大	小	大	中	
トゲナシヤ	一般の荒廃地に適するが、強風	植栽、さし木	良	良	大	大	小	中	小	
ニセアカシヤ	地、寒冷地は不適當である	さし木、枝ま	良	良	大	大	小	大	小	
イタチハギ	適応性は最も高い	き、播種	良	良	大	大	小	大	小	
ヤマハギ	イタチハギに準ずる	同	良	不良	大	大	小	大	小	
ハシノキ	乾燥に強い	植栽	良	中	大	大	大	大	小	
ヤマハシノキ	高冷地に適する	同	良	良	大	大	大	大	中	
ヒメヤシャブシ	寒冷地以外には適する	同	良	良	大	大	大	大	小	
オオバヤシャブシ	大部分の荒廃地に適する	同	良	良	大	大	小	大	中	
ヤマモモ	暖地に適する	同	不良	良	大	大	小	中	大	

4. 建設省試験施工の実態

4.1 試験施工実施箇所

現在建設省で実施あるいは計画されている山腹工の試験施工箇所は表－4.1に示すとおりである。

4.2 試験施工箇所の分類

山腹工の施工箇所については、3.2で示した区分では崩壊地ととくしゃ地であるが、いわゆるとくしゃ地と区分される場所は少ない。現在では山腹工を試みようとする場所は多様化しており、以下のように分類される。これらに従い各施工箇所の分類を表－4.1に示した。

- ① 深層崩壊跡地
- ② 表層崩壊地
- ③ 崖錐堆積地
- ④ 溪岸斜面
- ⑤ 火山地域
- ⑥ その他

表－4.1 建設省山腹工試験施工箇所

施 工 箇 所		場所の分類	工 事 の 特 性	写真番号
地 名	工事事務所名			
荒川（阿武隈川）	福 島	溪岸斜面	緑化と劣化岩盤の処理	—
大雑（大谷川、鬼怒川）	日光砂防	溪岸斜面（火山灰）	急崖斜面の土留対策	写真 4.1
久蔵川、大雑沢（渡良瀬川）	渡良瀬川	表層崩壊地（鉱害による裸地）	鉱害によるとくしゃ地の緑化	—
大畑川（渡良瀬川）	渡良瀬川	その他（樹林帯予定地）	樹林帯形成のための成木植栽	—
水谷、有峰左岸、六九谷、水谷沢下流（常願寺川）	立山砂防	崖錐堆積地 溪岸斜面	大規模崩壊跡地、崖錐堆積地での効果確認	—
別当谷（手取川）	金 沢	崖錐堆積地、溪岸斜面	厳寒地における緑化対策	写真 4.2
外ヶ谷（神通川）	神通川水系砂防	溪岸斜面	国立公園内裸地斜面の緑化で、斜面上部からの落石防止対策	—
大谷崩れ（安倍川）	静岡河川	崩壊跡地 崖錐堆積地	対象斜面を保護するための落石防止対策	写真 4.3
富士山源頭部	富士砂防	火山地域 溪岸斜面	落石防止対策、施工条件が悪い場所（高地、厳寒、短期間）での施工、緑化	写真 4.4
紅葉谷（住吉川）	六甲砂防	表層崩壊地	従来のとくしゃ地対策	—
笹間ヶ岳（瀬田川）	琵琶湖	〃	〃	—
大谷山（木津川）	木津川上流	〃	〃	—
引ノ平（野尻川、桜島）	大 隅	火山地域	降灰地帯で強酸性土壌の緑化対策	写真 4.5

4.3 試験施工の概要

各試験施工の目的、採用工種等については表－4.2に一括してまとめた。

これらの試験施工の実態をまとめると以下のような傾向となっている。

① 長大な急斜面の対策

斜面中・下部の対策で上部斜面からの落石防止に苦慮している。土留対策には鋼製二次製品（枠エクスパンドメタル）等の利用が進み、上部滑落崖の土留対策として補強土工法（テールアルメ）見られる。

② 省力化

従来のとくしゃ地に対する山腹工も、二次製品の利用を図り省力化を進めている。

③ 山腹基礎工と緑化工の一体化

切り盛りを伴う山腹基礎工を省略して、現状のまま斜面安定対策を行い、種子、客土を吹付ける緑化を行っている。従来の伏工をより土木工事化している。基礎工として見ると面状基礎工といえる。

④ 自然公園地域での緑化

景観対策へのニーズの高まりに伴い、自然公園地域内で緑化を主体とした山腹工が見られる。

⑤ 特別な地域でハイコストな工事

富士山の源頭部対策としてヘリコプター施工を行っている。また桜島では浸食防止剤の利用も考えられている。

なお、試験施工の状況はp.21以降に写真で示す。

表-4.2(1) 建設省山腹工試験施工概要

試験施工箇所	試験施工の目的	採用工種		特記事項
		山腹基礎工	山腹緑化工	
荒川 阿武隈川	火山性荒廃地および自然公園地域での技術体系の確立	- のり切工（浮き石除去） - 土留工 - 鉄筋コンクリート - 片法枠工 - フトンカゴ工 - 簡易鋼製土留工 - コンクリート土留工 - 山腹排水路工 — 水路工 - その他 - ネット張工 - モルタル注入工 - 法枠工	- 山腹階段工 - 積苗工 - 柵工 - 筋工 - 伏工（ムシロ） - 実播工 — 客土種子吹付工 - 植栽工	計画中で実施効果は未明。亀裂、節理の発達した岩盤の補強と浮き石の除去。
大薮、男体山 大谷川、鬼怒川	早期緑化・安定化のための樹種、草種選択を行う早期に安定した植物群落に導く方法	- 土留工 - フトンカゴ工 - 鋼製編柵工 - グリーンウォール・土留工 - テールアルメ工法	山腹階段工 — 筋工 — 植生盤筋筋工	テールアルメ工法は上部滑落崖の後退を防ぐ、土留対策として施工された。上部からの落石を受け止めることができ、有効な対策である。
	火山性礫混じり土の急斜面での設計定数、施工条件の基礎的資料を得る。	その他 — TOP工法		地山の持つせん断強度をより積極的に発揮させることにより斜面の安定をはかる。ロックボルト以外の斜面は客土吹付けし、金網被覆して、植生導入をはかるため、緑化工の機能も有する。
久蔵川、大薮沢 渡良瀬川	鉱害裸地の復旧		- 実播工 - 種子吹付工 - 客土吹付工	
大畑沢 渡良瀬川	砂防樹林帯形成		植栽工	砂防樹林帯形成のための成木植栽
水谷 常願寺川	施工性、安全性、自在性、排水性、緑化性、耐久性、経済性に関して試験方法の検討を行い、工種・工法の選定マニュアルを作成する。	- その他 ①厚ネット ②金網張工 ③ソイルクリート工	- 実播工 - イビコンボグリーン(①) - ON吹付工(②) - ソイルファクター(③)	急崖斜面部
		- 土留工 - ダフレックス自在枠 - 山腹排水路工	- 山腹階段工 - レックス（筋工） - グリーンウォール（筋工） - ネクサー - 土のう（ハイメデル）	崖錐堆積面

表-4.1(2) 建設省山腹工試験施工概要

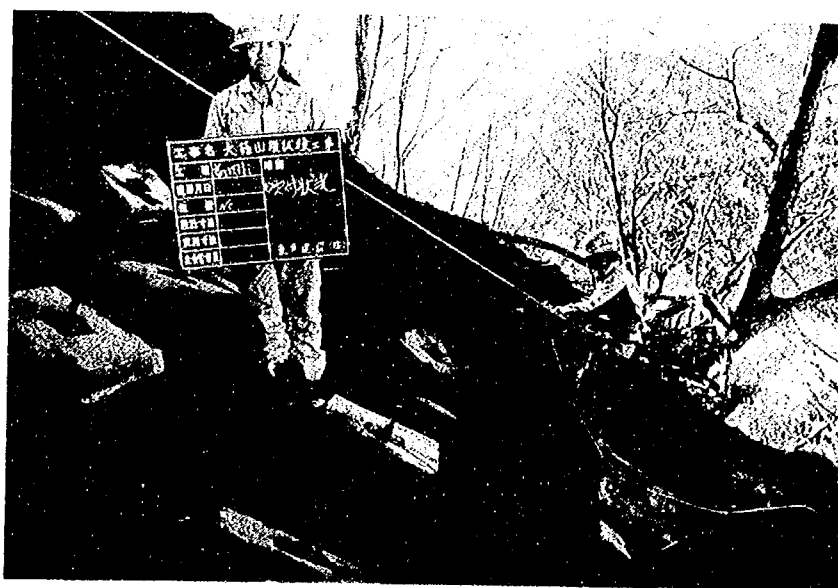
試験施工箇所	試験施工の目的	採用工種		特記事項
		山腹基礎工	山腹緑化工	
有峰左岸 六九谷 水谷沢下流 常願寺川	土砂処理上、生産源対策しか選択の余地がなく、崩壊危険度を検討し、優先順位の高い斜面をピックアップして大規模崩壊跡地、崩壊拡大地、ガリ-発達地を対象とした。	のり切工 土留工 — 鋼製自材枠 表面排水工	筋工 — グリーンウォール 植生マット (張芝) 山腹階段工 その他 — 土壌改良 実播工 — 厚層基材吹付工 伏工 — 金網張工	3箇所を各々、斜面の特性に応じて3~5ブロックに分けて、上、中、下部斜面一体となった工事を計画している。
別当谷 手取川	寒冷な気象条件で、急峻な地形における緑化の可能性を確認する。		実播工 — 厚層基材吹付工 客土種子吹付工	広大な崩壊地の一部で行われており、緑化主体のため、斜面そのものの安定性の維持と、上部からの崩落土砂からの防御に疑問がある。
外ヶ谷 神通川	国立公園内の大規模崩壊地の緑化工法を検討する。	土留工 — ダブルックス (山脚) グリーンレックス (のり面) その他 — 落石防護網	伏工 — 肥料袋付金網 実播工 — セメント混入厚客土吹付工 客土吹付工 樹脂系浸食防止剤混入厚層客土吹付工	
大谷崩れ 安倍川	大規模崩壊地における崩落対策と、山腹階段工を中心とした緑化工の検討を行った。	その他 — 落石防止柵工	山腹階段工 — 柵工 (編柵、ネット柵、鋼製柵) 伏工 — 丸太面状基礎工 金網面状基礎工	上部斜面からの崩落土砂による工作物、植生の破壊が目立つ。面状基礎工そのものは効果を上げている。
富士山源頭部	高標高で環境の厳しい地域での施工性および施設の効果について調査する。	谷止工 — 床固式低ダム 溪岸工 土留工 — コンクリート張 石張 鋼製枠 その他 — 落石防止ネット	実播工 — 植生基盤材吹付 伏工	機材搬入、コンクリート打設がヘリコプター施工となり、極めてコスト高な工事となる。
紅葉谷 住吉川	ハイキングコースであり、景観を良好にするため、とくしゃ地で山腹工を実施する。	谷止工 — 石積護岸工 土留工 — ブロック板積工 排水工	植栽工 伏工 — 植生マット	従来、我国で実施してきている、とくしゃ地における山腹工法を踏襲している。

表-4.2(3) 建設省山腹工試験施工概要

試験施工箇所	試験施工の目的	採 用 工 種		特 記 事 項
		山 腹 基 礎 工	山 腹 緑 化 工	
笹間ヶ岳 瀬田川		土留工 — ブロック板積工 └─ ブロック板段積工	山腹階段工 — 積苗工(わら、芝) 伏工 — わら伏工 保育工	従来、我国で実施してきている、とくしゃ地における山腹工法を踏襲している。
大谷山 木津川		土留工 — 麻袋土のう └─ 植生土のう 水路工 — じゃかご	伏工 — 張芝(こも) 植栽工	同 上
引ノ平 野尻川 桜島	降灰およびガリーの発達で植生が減退しており、この土砂生産を抑制する緑化工の導入を検討する。		山腹階段工 — 柵工	火山灰が強酸性土であるため、植生の育成が課題



写真－ 4.1 (1) 大難（TOP工法ロックボルト締め付け）



写真－ 4.1 (2) 大難（TOP工法吹付状況）



写真- 4.1 (3) 大難 (TOP工法完成)

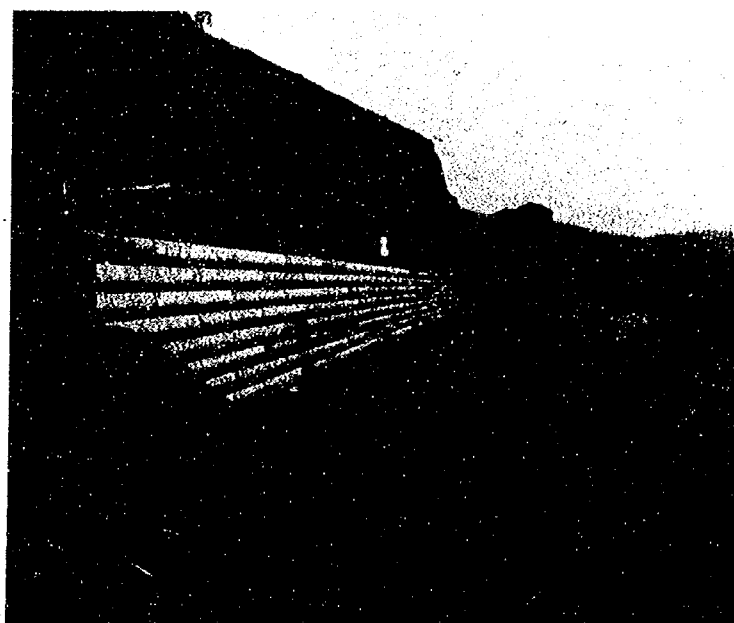


写真- 4.1 (4) 大難 (テールアルメ工法)



写真－ 4. 2 (1) 別当谷（昭和61年度施工直後，10月18日）



写真－ 4. 2 (2) 別当谷（昭和62年10月16日）



写真－ 4. 2 (3) 別当谷（昭和63年度施工直後，10月27日）

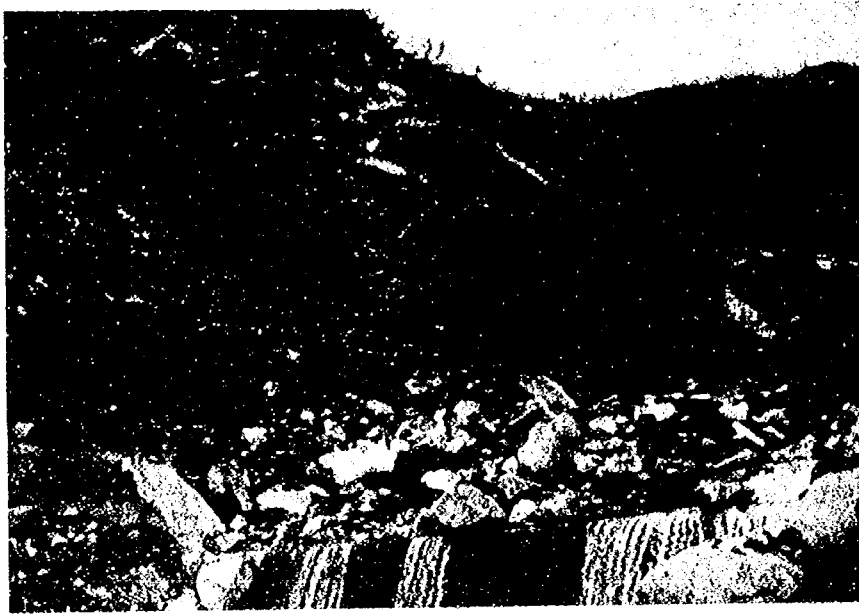


写真- 4.2 (4) 别当谷 (昭和61年度施工直後, 10月18日)



写真- 4.2 (5) 别当谷 (昭和63年10月27日)



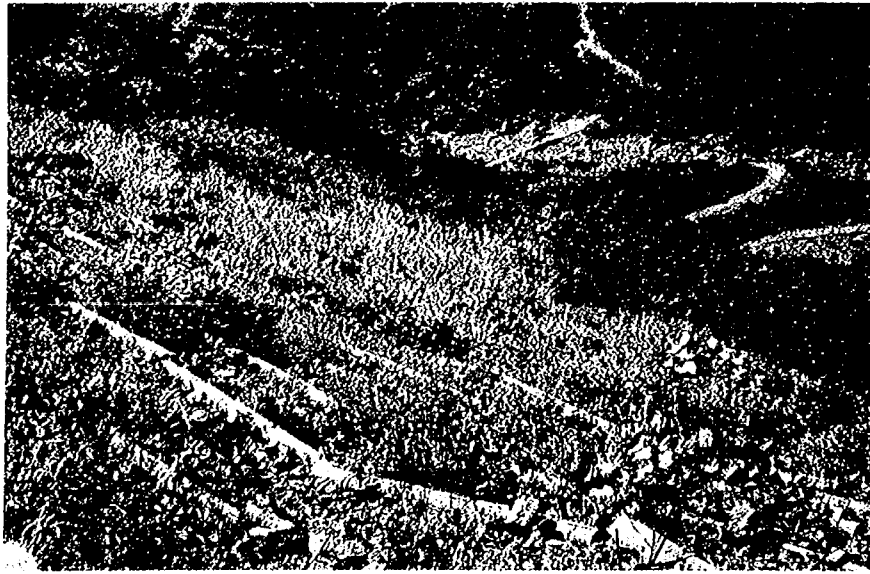
（試験地全景
落石防止柵（左上方）
植栽施設新設工事中（左中央部））

写真－4.3(1) 大谷崩れ



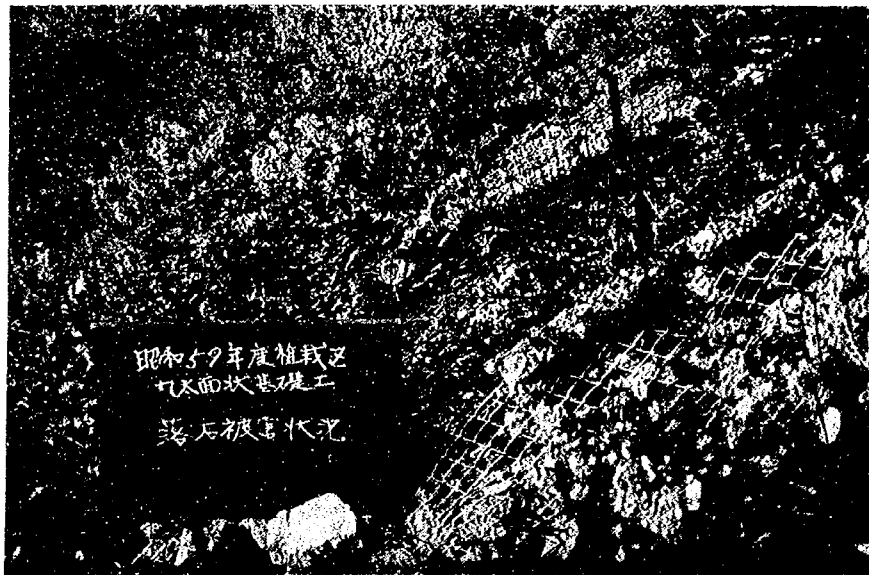
— 植栽施設の状況（トリカルネットの劣化，表土若干流出）—

写真－4.3(2) 大谷崩れ



— 昭和59年度試験地全景 —

写真— 4.3 (3) 大谷崩れ



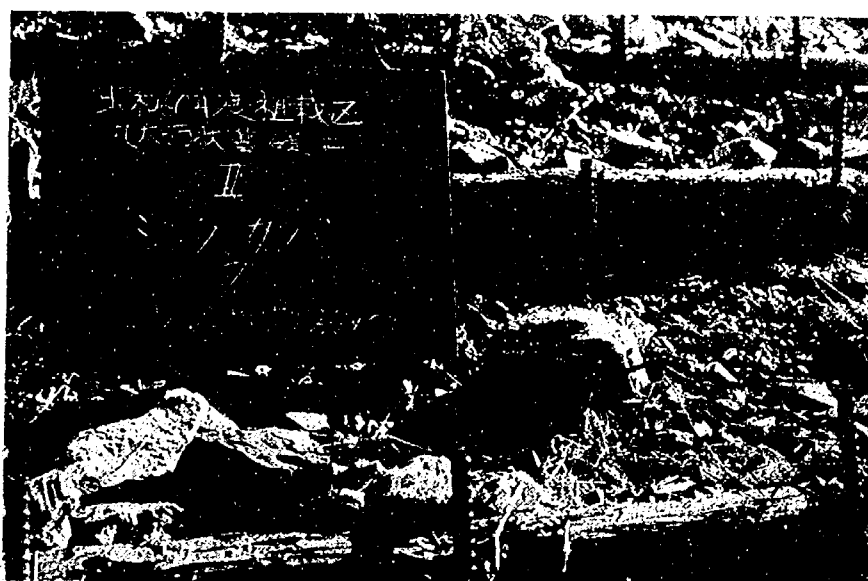
— 丸太面状基礎工落石被害の状況 —

写真— 4.3 (4) 大谷崩れ



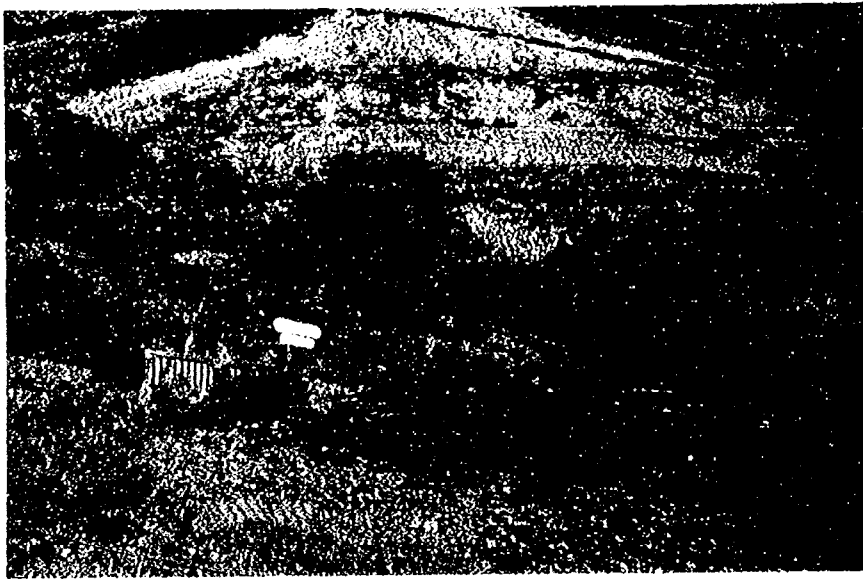
— 試験地の状況（上部に階段基礎工と落石防止柵設置） —

写真－ 4.3 (5) 大谷崩れ



— シラカバ落石被害状況 —

写真－ 4.3 (6) 大谷崩れ



昭和62年度試験地の状況
(上部に植栽施設と落石防止柵設置)

写真－ 4.3 (7) 大谷崩れ



— 落石防止柵の状況 —

写真－ 4.3 (8) 大谷崩れ



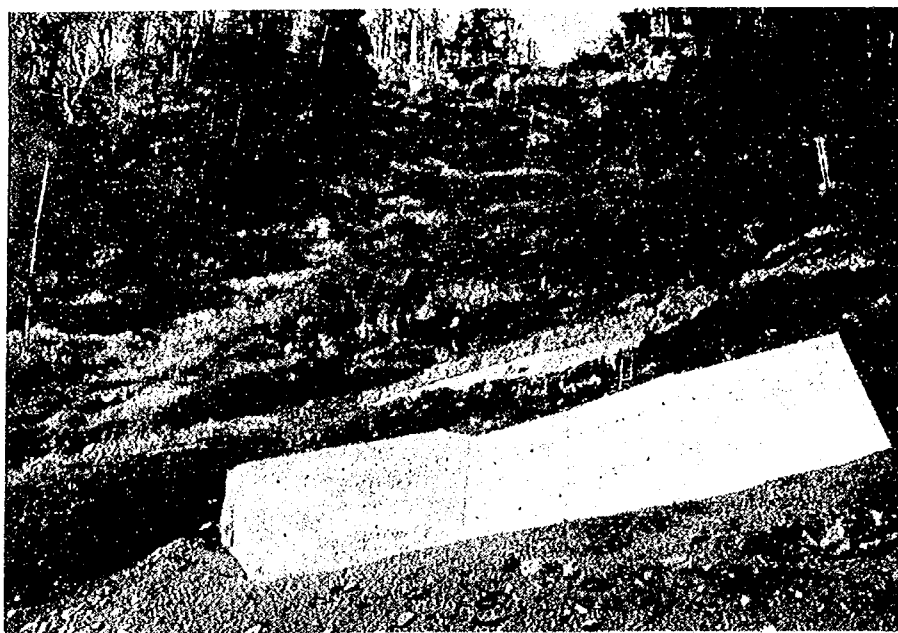
写真－ 4. 4 (1) 富士山源頭部（ヘリコプターによるコンクリート打設）



写真－ 4. 4 (2) 富士山源頭部（鋼製枠工，鋼製壁体工）



写真－ 4. 4 (3) 富士山源頭部（落石防止網工の施工状況）



写真－ 4. 4 (4) 富士山源頭部（斜面基礎工）

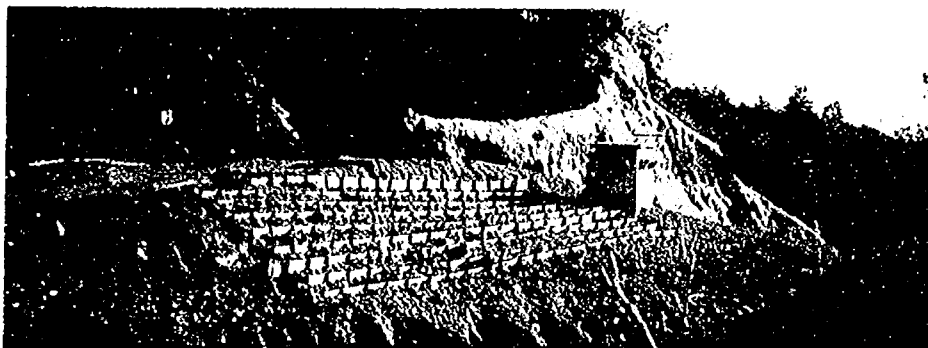


写真-4.5(1) 引ノ平, 桜島



写真-4.5(2) 引ノ平, 桜島

4.4 問題点のとりまとめ

現在建設省で実施している山腹工試験施工における問題をとりまとめると次のようである。

砂防山腹工の本来の目的とする土砂生産抑制のために行う場所としては、大規模崩壊跡地や長大溪岸斜面を対象とする場合が多くなっている。そのため対象とする斜面が広大な急勾配斜面であり、試験施工の対象は予算等の制限からその一部となっている。結局、斜面の下部、中部での工事になってしまう。そのため上部斜面からの落石対策を行っていても効果が上がらず、せっかく施工した山腹工が崩落した土石により破壊されている例が見られる。

山腹基礎工については、斜面の安定上、切り盛りの土工が必要となる。ところが、この土工については省力化が困難である。一方、近年景観重視のため山腹工も急速な緑化が必要と考える風潮がある。そのため従来のような線状の山腹基礎工を省略して、ネット張りの面状基礎工で斜面を安定させ、客土、種子を吹き付ける緑化工が多く見られる。このような緑化工法は斜面を段切りするより省力化が図れるため、今後とも採用されていくものと思われる。

砂防で行う山腹工にも景観対策の機能が求められるのは必然ではあるが、本質的には斜面の安定をまず図るべきである。上述のような斜面安定工法はすべての斜面で有効であるとは言えず、拙速な緑化を求めるよりは、斜面安定のためには山腹基礎工に力を入れるべきである。何が何でも裸地を緑化するのではなく、緑化対策の必要性をまず十分検討する必要がある。

また、砂防工事としては民生安定上、また近年の火山対策への要望の高まりから、火山地域への山腹工も本格的にとり組まなければならないだろう。しかしながら富士山の例を見るまでもなく、工事には莫大なコストを要する。これらは通常の砂防工事とはコストパフォーマンスが異なると思われるが、ぜいたく過ぎる工事という批判を受けないようコストダウンを図る必要がある。

5. 今後の山腹工の展望

5.1 山腹工に求められる機能

山腹工は建設省の砂防事業あるいは林野庁の治山事業の一環として実施されており、各々の事業ではその目的が異なる。砂防山腹工は、治水上砂防として、下流域を保全するために土砂生産を抑制する目的で実施される。そのために植生の導入を図り、結果的に良好な森林が育成されることを期待している。一方、治山山腹工では、森林の造成、保全が主目的で、山腹工事の結果、治山が達成され、あわせて下流域の保全も達成できるということである。

以上のことから、砂防事業で実施する山腹工は山腹斜面の土砂移動が防止できる機能を有すれば、植生の人為的導入は必要ないという考え方もできる。しかしながら砂防山腹工においても、斜面侵食・崩壊を防止する防災効果と、裸地を緑化させるという景観効果の両機能が期待されている。

近年においては国民の要望の多様化から砂防の山腹工においても後者の機能が重視され、4.で述べた試験施工も緑化技術の検討が目立っている。道路等の人工斜面を対象とするのではなく、砂防事業は主として自然斜面が対象となる。このような自然斜面において、すべての裸地を相当な費用をかけて緑化する必要があるのかという疑問が生じる。これに対して、斜面への樹木の導入の是非はその斜面に求められる景観的、防災的保安度から決定されるべきであるという意見がある。⁷⁾

砂防の山腹工であるから防災的保安度が重要となるのは当然であるが、問題は景観的保安度の判断である。自然感といった根本的な価値判断にかかわるもので、自然感については、

- ① 移り行く（斜面が崩壊する等の）姿も自然である。
- ② 現在ある美しい自然は、人為的に手を加えても守られるべきである。

という2つの立場がある。

このうち①の立場をとる例として、以下のようにアメリカ合州国の国立公園で示されている。（写真－5.1，5.2，図－5.1）

・グランドキャニオン（Grand Canyon）

「地質的性質から風化により、どんどん崩落が進んでおり、Canyon（深い狭谷）はValley（谷）に変化している。」と観光客に対するパンフレットで説明している。

・バッドランド（Badlands）

自然の造形美を人々に楽しんでもらうこととし、公園内には湿地もあれば荒涼とした裸地もある。

一方、我国においては②の立場をとる例が多く見られ、代表的な例としては富士山や上高地の保全である。これらは防災的保安度を保つ意義もあるため納得の行く面もあるが、その斜面だけ緑化しても流域全体の防災的保安度が上がると思われない場合でも山腹工を行うような例が見られる。

基本的に、アメリカは国土が広大でグランドキャニオンをはじめとして自然のスケールが大きいことと、それらと保全対象が離れていることから防災的・景観的保安度が低いと言える。一方、我国は国土が狭いため防災的保安度が高い上に、古来より盆栽とか庭園といったように自然に手を加える風

習があり、そのため裸地を緑化しようとする傾向が強いように思われる。

結局山腹工に求められる機能は砂防の原点に立ち帰って、防災的保安度にまず配慮すべきである。
その上に、その斜面の景観的保安度を判断して、それに応じた機能の山腹工とすべきである。

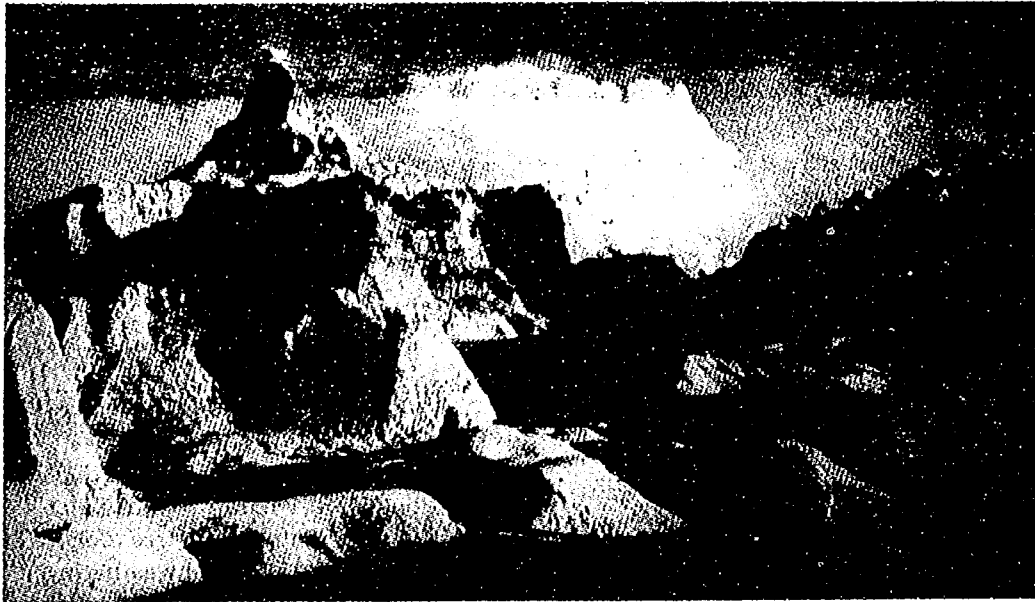


写真- 5.1 バッドランド



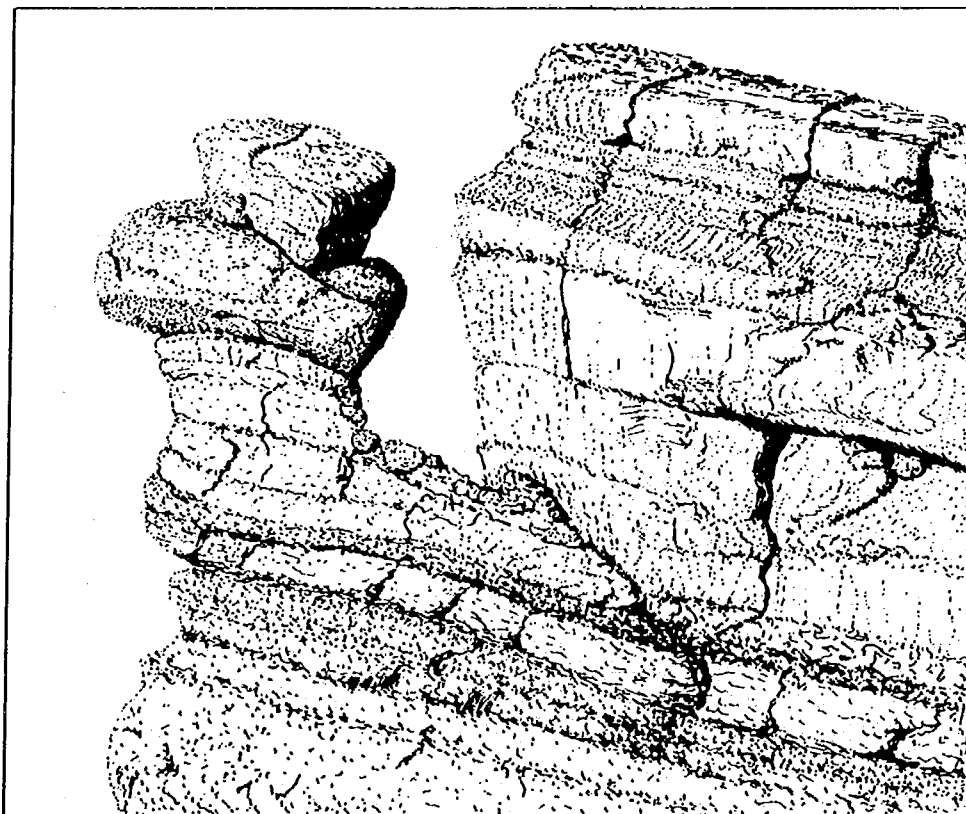
写真- 5.2 グランドギャニオン

the grand canyon is getting wider — today.

The Kaibab limestone, beneath our feet, is laced with cracks, or joints. Water within the joints freezes and expands, cracking the solid rock so that it can be carried into the canyon by running water and gravity. As tree roots grow larger they also break off pieces of bedrock. Animals dig their burrows, scattering soil into the canyon, and expose new rock faces to weathering and erosion.

Today, or tomorrow, or someday — the rock columns separated from the rim along joints will fall. Wind, water, ice and snow, animals and tree roots, gravity — all the agents of weathering and erosion — will turn their attentions to the next set of exposed joints.

The Grand Canyon is becoming the Grand Valley.



図－5.1 グランドキャニオン観光客用地質ガイド（一部）

5.2 今後の山腹工の基本方針

山腹工の機能を防災面と景観面とでとらえたが、砂防の山腹工においても個々のケースでは防災面が重視される場合と、景観面が重視される場合と、あるいは両方重視される場合が考えられる。これは具体的に言えば、自然公園内や人家に近い場所で人目に触れやすく、なおかつその裸地斜面が周辺環境と違和感がある場合には、景観面を重視して緑化が必然であるということである。これに対して、山奥の崩壊地では土砂生産を防止する防災機能をより重視して山腹工を実施する。この場合は緑化が目的なのではなく、植生と一体となって防災機能を高めようとするものである。

以上のような考え方に立ち、今後砂防事業で行う山腹工については以下のような原則に基づいて行うのが良いと考えられる。

- ① 当該斜面の放置が下流域に対して有害であり、その他の砂防工事で防止するよりも効果が期待できると予想される場合に実施する。
- ② ①の場合で対象斜面が広大な場合は、山腹工の効果を早く出すためにできるだけ早期に広い面積を施工する。そのために当該斜面の状態により、斜面安定対策だけにとどめるか、緑化対策だけか、あるいは両方行うか、いずれかを決める。
- ③ 山腹工を施工する場所にあっても、早期の緑化の必要性は人の目に触れる頻度等景観保安度から判断する。早期緑化を図る場合でも、当該斜面がそれより上位の斜面からの落石等による破壊を受ける危険性を極力除去してからとする。

5.3 山腹工の実施環境

山腹工を実施する場合、工法は様々な条件に対応して選択されなければならない。これらの条件を整理するために、自然および社会環境から山腹工を実施する場の区分を試みる。

5.3.1 自然環境

(1) 斜面の形態

3.でも説明したとおり、従来山腹工における斜面の形態はとくしゃ地と崩壊地であった。ここでは以下のように区分する。

1) 崩壊地

崩壊地はその崩壊が発生した段階で下流に有害な土砂を供給するが、その後降雨による2次的な土砂の生産が活発となる。その崩壊地についても、表層崩壊地では崩壊の拡大を懸念しなくてもよい場合もあるが、大規模崩壊地では周辺に滑落崖が形成され崩壊の拡大が問題となる。また、縦横断侵食の進んだ溪流では長大な溪岸斜面が発達している。特に火山灰堆積地のようなルースな山体ではこのような溪岸斜面が見られ、土砂生産が活発である。このような斜面は溪流工事で土砂生産を抑止するのは限界があり、今後山腹工の対象としていく必要性は高まると思われる。以下に各々の場所を列举する。

① 大規模崩壊地

崩壊跡地 (写真－ 5.3 大谷崩れ)

崩壊残土堆積地 (写真－ 5.4 水谷, 立山)

② 表層崩壊地 (写真－ 5.5 浜田, 島根県)

③ 溪岸崩壊地 (写真－ 5.6 大難, 日光)

2) 裸 地

崩壊地以外の裸地であるが, これは人為的作用が原因のものと, 自然現象が原因のものがある。
裸地斜面では降雨による表面侵食が活発となる。裸地を区分すると次のとおりである。

① とくしゃ地

我国でもかつては森林の乱伐で多く見られるが, 現在はほとんど消滅している。現在, 海外では多く存在する。

写真－ 5.7 田上山, 滋賀県
写真－ 5.8 黄土高原 (中国)
写真－ 5.9 スンコシ川 (ネパール)

② 火山灰堆積地

活火山の降灰地域で植生が育たない。

(写真－ 5.10 桜 島)

③ 特殊地域

火山の硫気, 鉱山 (精練所) の煙害, 酸性雨等で植生が破壊され裸地化している。

(写真－ 5.11 足尾－鉱山の煙害)

④ 乾燥地 (砂漠)

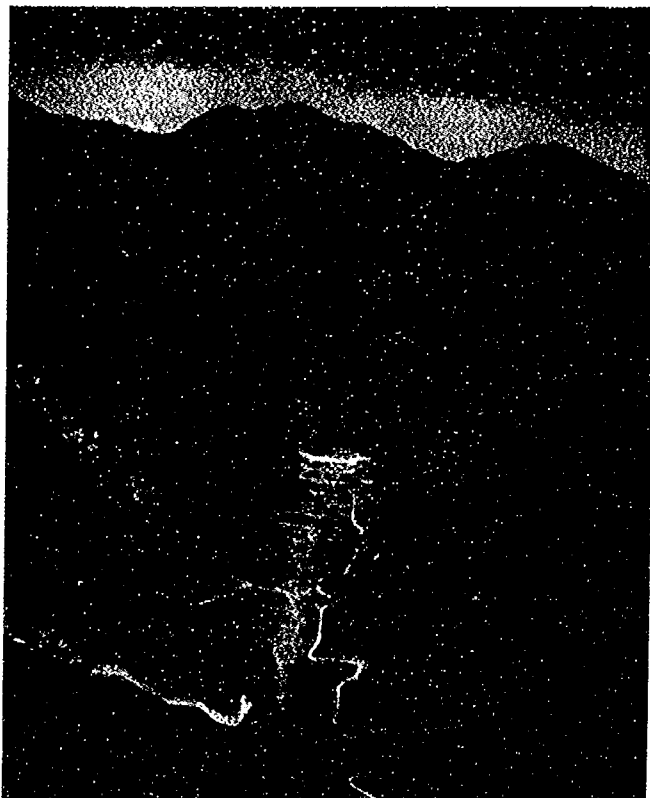
日本では見当たらないが, 海外では緑化工としての山腹工が望まれる場所が多い。

(写真－ 5.12 毛烏素砂漠 (中国))

⑤ 森林伐採跡地

とくしゃ地までは至っていないが, 植林するまでの間に豪雨にあうと, 活発な土砂生産が見られる。

(写真－ 5.5 浜田, 島根県)



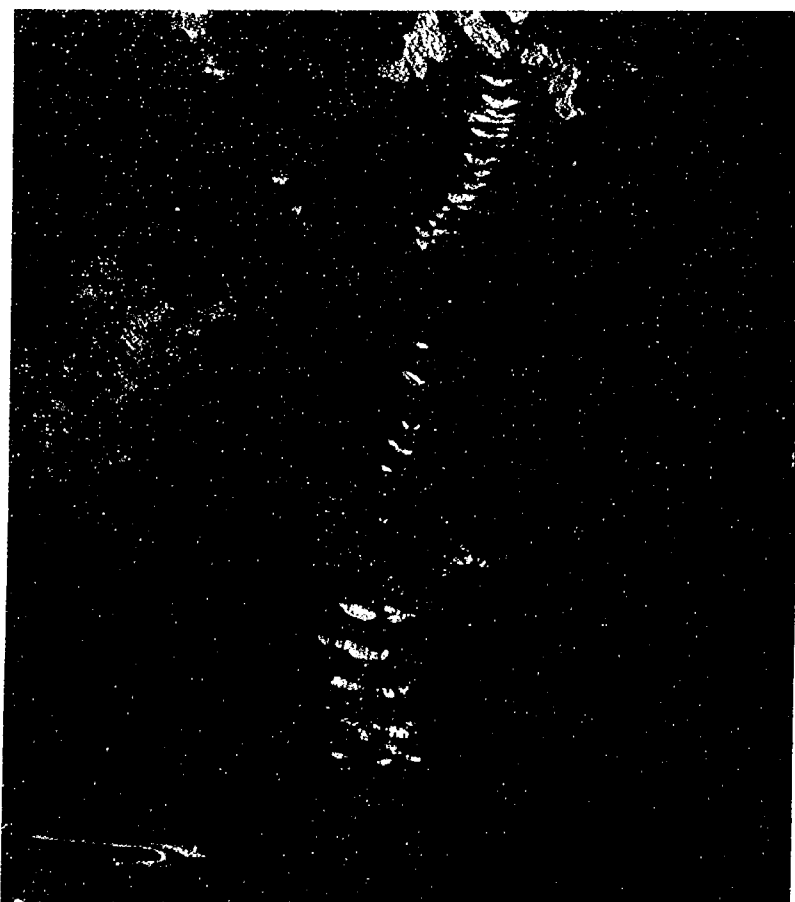
写真－ 5.3 大谷崩れ（大規模崩壊）



写真－ 5.4 立山カルデラ（大規模崩壊，崖錐堆積地）



写真－ 5.5 表層崩壊地，伐採跡地（浜田，島根県）



写真－ 5.6 溪岸崩壊地（大雫，日光）



写真-5.7 とくしゃ地（田上山，滋賀県—一部山腹工施工）



写真-5.8 とくしゃ地（黄土高原，中国）



写真- 5.9 とくしゃ地 (スンコシ川, ネパール)



写真- 5.10 桜島 (火山灰による植生破壊)



写真- 5.11 特殊地域（足尾，渡良瀬川- 鉾山煙害）

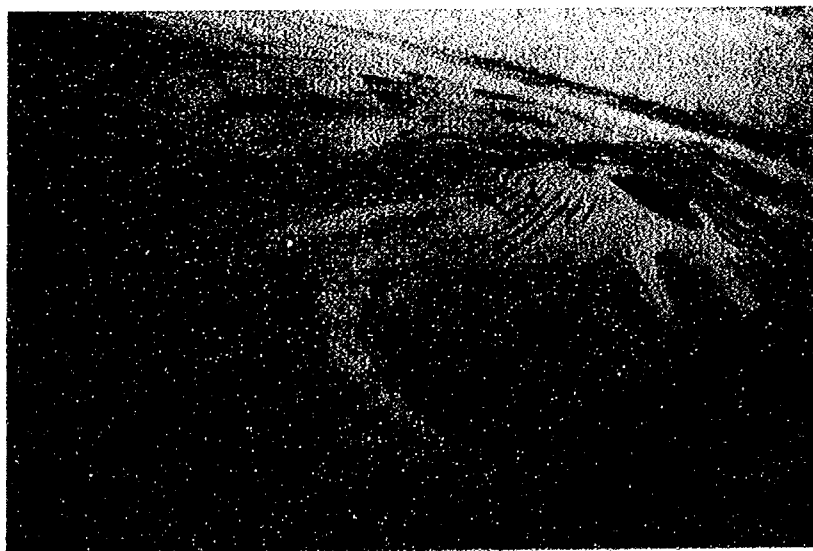


写真- 5.12 乾燥地（毛烏素沙漠，中国）

3) 一般斜面

土砂の生産が見込まれ、従来山腹工が対象としてきたのは上述の1)、2)であるが、今後濁水対策のために、今まで以上にきめ細かな土砂生産抑制が必要となる。このため1)、2)に該当しない一般斜面も、従来の山腹工とは異なるかもしれないが、何らかの対策を行うことになるだろう。

具体的には、木本類は生育しているが、下ばえがなく、表面侵食が活発な、表層土未発達地域が考えられる。このような例はヒノキ林地内の異常侵食として報告されている。⁸⁾

(2) 植生の自然回復力

崩壊地等裸地面積の大きさや、その斜面の安定度にもよるが、特別な緑化対策をしなくても、植生の自然回復が期待できる場合がある。特に小規模な表層崩壊跡地ではこのような例が多い。

また、そのままでは斜面が不安定で植生が育たないが、山腹基礎工等で斜面の安定化を図れば、時間はかかるかもしれないが、植生が生育することが期待できる場所がある。温帯地方に属する我国は降雨量も多いため、一部の寒冷高地等を除いてほとんどがこのような場所である。以上のような区分を以下にまとめて示す。

- ① そのままで植生の自然回復が期待できる場所
- ② 斜面安定対策を行えば植生の自然侵入が期待できる場所
- ③ 植生の自然回復が期待できなく、緑化対策によらなければ植生が生育しない場所

(3) 斜面の安全度

山腹工を施工しようとする斜面の安全度は、その斜面自体の安定性と、それより上部の斜面からの落石等による破壊の危険性の有無によって評価される。これらは斜面の勾配、地質等によって変化するが、以下のように場を区分する。

- ① そのままでは崩壊の危険性が高い
- ② 上部斜面からの落石等による危険性が高い
- ③ ①, ②に該当せず安全度は高い

5.3.2 社会環境

山腹工の施工においては、上述の自然環境だけでなく、実施する場合の社会環境により、適正な投資規模や、緑化の必然性等が異なる。そのため自ずと山腹工法も、同一自然環境でも異なったものとなる。このような観点で以下に今後の山腹工を考えていく上での社会環境について整理する。

(1) 国内と海外

日本国内においては労働力が不足しているという社会環境が無視できない。今後の山腹工においては省力化がますます必須となる。そのため施工を機械化したり、材料を二次製品化することにより、人件費を含めたトータルなコストの節減を図る必要がある。

一方、海外において、我国が技術協力として山腹工を行う場合は、相手は発展途上国で、豊富な人力が期待できる。このような国々では基本的には人力でできる限り工事を行い、材料も現地で手に入る低廉なものを用いることが望ましい。

(2) 場の特性

土砂生産抑制を目的として山腹工を考えた場合にも、その施工場所の位置によっては緑化に対するニーズの違い、ひいては山腹工法の違いがでてくる。すなわち、山奥の人目につかない場所と、人家や交通量の多い道路の付近、あるいは自然公園内の人々が集まり、目に触れるケースが多い場所では各々、緑化に対するニーズの違いが予想される。

これらを緑化のニーズに応じて以下のように区分する。

① 人家密集地付近、交通量の多い道路脇等

裸地が周辺環境の中で極めて異和感を持つと考えられ、山腹工にも早期緑化が求められる。またこのような場所は人工構造物が多く、自然斜面といえども、多少の人工化は容認されやすいと思われる。

② 自然公園内の人目に多く触れる景観ポイント

周辺の美しい景観の中で裸地が異和感を与える場合は、山腹工により緑化することが望ましい。ただし自然地域であるため極力人工的な感じは排除しなければならない。

③ その他

拙速な緑化を避け、植生の導入に時間がかかっても、まず斜面の安定を図る。

(3) 砂防指定地

近年の砂防事業において、砂防指定地は要設備地という考え方が定着しており、砂防設備を施工する場合には買収が条件となる。ところが、山腹工の施工範囲は、砂防ダム、流路工のように限られたものではないため、土地の収用が困難となる。古い時代には砂防指定地も面指定が可能で、流域単位で指定地となっている場所が現在でも残されている。今後、山腹工を施工する場合、砂防指定地あるいは指定がかけられる場所か、そうでない場所かで、いずれの場所にも山腹工の施工ができるとしても、その内容が異なる可能性がある。つまり、地形の改変を伴ったり、表面排水路等の施設や保育を含めた管理を考える場合と、空中実播工のように緑化だけを考える場合では砂防指定地の必要性は異なる。すなわち前者のような場合は山腹工が設備的な色合いが濃く、これらを砂防指定地でない場所に施工するのは今後とも困難である。一方後者のような緑化対策は設備という概念から遠く、施工範囲が特定できないこともあり、砂防指定地でなくとも実施は問題ないと思われる。

5.4 今後の山腹工法に関する基礎的検討

5.4.1 基本方針

2で説明したとおり、従来の山腹工は大きく山腹基礎工と山腹緑化工に工法が分けられている。各々について様々な工法が開発され今日に至っている。ところが4の近年の建設省の試験施工でも示されているように従来の山腹基礎工・緑化工という区分でなく、一体的な工法が目につくようになってきている。また緑化工については、道路をはじめとした土木工事全般で、その必要性が高まり、それに合わせて技術の進歩が目ざましい。そのため従来、砂防、治山で行ってきた人力を主体とする山腹

工では考えられもしなかった場所での緑化も可能となってきた。しかし、緑化効果に目をうばわれて、斜面安定対策不足のため、せっかく緑化した斜面が破壊、埋設して再び裸地化するような失敗例が見られる。山腹工は植生の基盤をまず確保することが重要で、そのために斜面安定対策を施し、これに付随して緑化がなされるものと考えらるべきであろう。

以上のような考え方に立ち、山腹工を従来の基礎工、緑化工という分け方でなく

① 斜面安定対策

② 緑化対策

に分けて、対策工法を整理する。

5.4.2 斜面安定対策

斜面の安定対策は、結局植生生育の基盤を守ることと、表土を保全することである。表土の保全は、その斜面の崩壊、流出による移動を防止することと、それより上部斜面からの崩壊、流出土砂による埋設を防止することである。

これらの対策を以下に述べる。

(1) 斜面脚部の安定化

当該斜面の脚部の安定化は崩壊を防止する上で基本的な対策である。脚部が溪流に接している場合は、その縦横断侵食を防止することになる。

溪流の縦横断侵食を防止するためには、谷止工を考えるが、大きな溪流になると、砂防ダム、床固工、護岸工を一体化して配置しないと効果が上がらず、このような工事は山腹工だけでとらえられない。このような対策は大規模な工事となるので、早期に山腹工、すなわち緑化に着手できないが、長い目で見ると最も効果的な対策といえる。この好例が常願寺川上流の立山、泥谷である。

(写真－5.13)

小規模な溪流の縦横断侵食やリル・ガリ侵食防止は従来から山腹工で用いられている谷止工が有効である。今後は土壌安定剤の使用も考えられる。

一方、溪流に接しない斜面の脚部安定のためには土留工を行うが、従来からの工法だけでなく、近年進歩の著しい補強土工法の利用が考えられる。これは山腹工施工斜面下部だけでなく、上部滑落崖対策にも有効と思われる。実際に日光、大雑ではテール・アルメ工法が適用され、その効果が期待できる。補強土工法は多少コストがかかるかもしれないが、長い時間と費用をかけて行う山腹工を守るため、上部斜面からの崩落土砂に対処することは絶対必要なので、今後その利用を図るべきである。



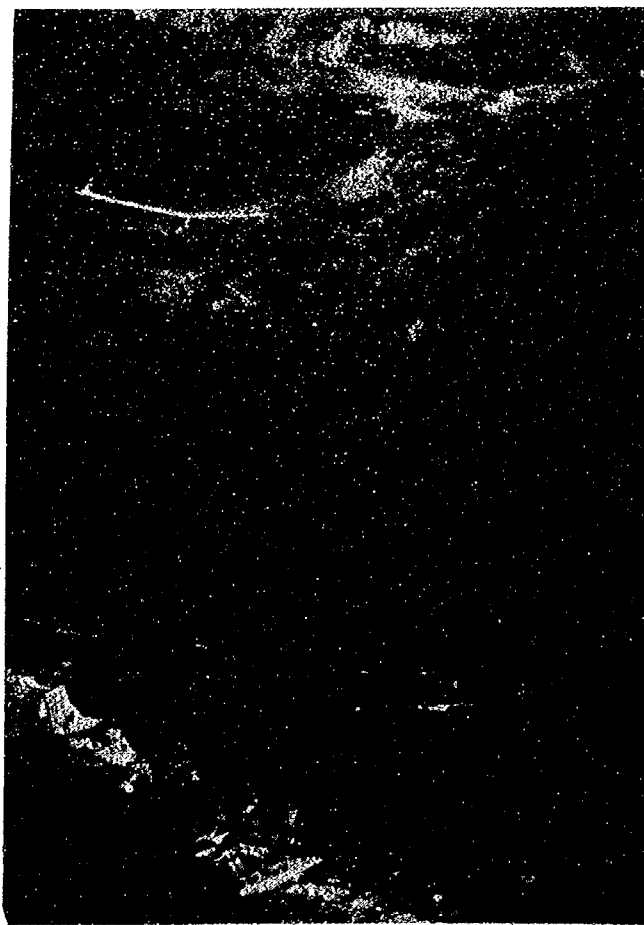
(施工中の状況)



(施工前の状況－昭和5年)



(泥谷ダム群竣工直後－昭和8年10月)



(昭和59年)

写真－ 5.13 立山泥谷

(2) 斜面の整形

斜面の整形は当該斜面で行うケースと、その斜面を保全するために、不安定な上部斜面で行うケースがある。前者は山腹階段工で後者がのり切工である。

階段工は良好な植生床を確保する上で基本的な工事である。ところが急勾配斜面での施工で機械化施工に限界があるが、今後とも省力化、安全施工のための工夫が必要である。階段工のための段切りはどこでもできるわけではなく、特に三紀層崩壊地では表土が風化崩壊しやすく、北海道では積雪の移動による表層剥落が著しい場所では植栽が不可能となる。⁴⁾ このような場所では後述の(3)の方法が考えられる。

また、上部不安定斜面では、のり切工により安定勾配斜面に整形したり、落石を除去したりして山腹工施工斜面への土砂の崩落、落石を防止する。

(3) 原斜面の安定化

いわゆる面状基礎工と言われるもので(2)のような大きな斜面の整形を伴わないで、原斜面のままにネット張りにより止めるもので東らによって開発された。⁹⁾ この考え方を基にした工法は近年多く開発されている。

(4) 表流水の排除

保水能力の極めて低い裸地斜面では、表流水による土壌流亡が著しく、表面排水が重要である。斜面上の工作物の保護とのり面の保全のために雨水を適当に排水して、表流水を発生させないようにする。

植生が生育し、腐植土層が形成されると保水能力が高まり、表流水は発生しにくくなる。

5.4.3 緑化対策

本報告では樹種の選定や、客土・播種の量等の緑化技術そのものについては言及しないが、これらについては日本の長い山腹工技術の開発の中で、多くの研究実績があるので他にゆずる。^{2), 3)} 他

ここでは緑化対策としての工法を簡略してとらえ、次のように工法を区分する。

① 植栽 (張芝等を含む)

② 実播

- 人手による
- 散布緑化工
- 航空緑化工
- 無土壌、岩盤緑化工

5.4.4 対策工法の選定

5.3 でとりまとめた自然，社会環境に応じた対策工法の選定を以下のように表に整理する。

なお，表中の斜面安定対策，緑化対策の欄の記号は次のとおりである。

斜面安定対策：A. 斜面脚部の安定化（渓流の縦横断侵食防止）

B. " " （土留対策）

C. 斜面の整形（階段工，段切り）

D. " （のり切工）

E. 原斜面の安定化

F. 表流水の排除

緑化対策 ：イ. 植栽

ロ. 実播（人手による）

ハ. " （散布緑化工）

ニ. " （航空緑化工）

ホ. " （無土壌，岩盤緑化）

自 然 環 境				斜面安定対策						備 考
				A	B	C	D	E	F	
斜面の形態	1) 崩壊地	① 大規模崩壊地	跡 地			○	○		○	
			残土堆積地	○	○				○	
		② 表層崩壊地					×		○	
		③ 溪岸崩壊地		○	○				○	
	2) 裸 地	① とくしゃ地		○	○	○			○	
		② 火山灰堆積地							○	
		③ 特殊地域							○	
		④ 乾燥地							×	
		⑤ 森林伐採跡地								皆伐をやめ、 択伐とする
	3) 一般斜面									

○：優先的に実施，×：実施されない，空欄：実施する場合がある。（以下同じ）

自 然 環 境		斜面安定対策					
		A	B	C	D	E	F
斜面の安全度	① そのままでは崩壊の危険性が高い	○	○	○	○	○	○
	② 上部斜面からの落石等による危険性が高い			○	○	○	○
	③ ①, ②以外で安全度は高い	×	×	×	×		

自 然 環 境		緑 化 対 策				
		イ	ロ	ハ	ニ	ホ
植生の自然回復力	① そのままで植生の自然回復が期待できる場所	×	×			×
	② 斜面安定対策を行えば植生の自然侵入が期待できる場所	○				
	③ 植生の自然回復が期待できなく、緑化対策によらなければ植生が生育しない場所	○	○	○	○	

社 会 環 境		緑 化 対 策				
		イ	ロ	ハ	ニ	ホ
国内・海外	① 日本国内	○	○	○	○	
	② 海外（発展途上国）	○	○		×	×
場 の 特 性	① 人家密集地付近、交通量の多い道路脇等	○	○	○	○	○
	② 自然公園内の人目に多く触れる景観ポイント	○	○	○	○	
	③ その他	○	○	○	○	×

社 会 環 境		斜面安定対策						緑 化 対 策				
		A	B	C	D	E	F	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
砂防指定地	① 砂防指定地である	○	○	○	○	○	○	○	○			
	② 砂防指定地でない	○	○	×	×			×	×		○	×

6. まとめおよび今後の課題

我国は古くからとくしゃ地の植生復旧に取り組んできて、山腹工技術が発達してきており、そのノウハウの蓄積は多い。また、近年では景観保護の声の高まりに伴い、土木工事による人工のり面の緑化が必然となっている。そのため緑化技術の進歩も著しい。また、最近では労働力が不足しているため、山腹工事の省力化が図られ、施工法、材料に変化をもたらしている。

景観への配慮という土木工事の傾向に砂防工事も無縁であろうはずはなく、緑化を中心にとらえた山腹工事が建設省で行っている山腹工試験施工でも見られる。これらの工事は予算の関係上施工範囲が全体の崩壊地あるいは裸地のごく一部分に限られる場合が多い。このため中には、上部斜面から崩落した土石により、あるいはその部分の不安定化により、せっかく施工した山腹工（緑化対策）が効果を失っている例が見られる。結局、健全な植生の生育を望むなら、その斜面自体の安全性をまず確保しなければならない。森林には表面侵食防止、水源カン養効果等様々な効果があるが、それは単なる緑化対策では成立しない。

今後、砂防における山腹工は、まず斜面对策を重視し、それに付随した形で緑化対策をとらえるのが良い。これらの対策には各々実績のある工法や最近開発された工法がある。これらの工法の選択は山腹工の実施環境に応じてなされる必要がある。実施環境の中で自然環境としては斜面の形態、その安全度、植生の自然回復力、また社会環境としては国内か海外か、緑化の必然性の観点から見た場の特性、砂防指定地かどうかというような項目で整理される。

本研究では山腹工の実施環境に従って斜面安定対策と緑化対策の各々の工法の選定について考え方をまとめた。ただし、ここでは個々の対策に関して工法的な検討を加えていない。以下に今後の検討課題をとりまとめる。

- ① 効果的な落石、崩落防止対策
- ② 落石、崩落防止対策が不可能な場合に、それらの土石を斜面上に、植生に悪影響を与えないように貯留する方策の開発
- ③ 急斜面での効果的、安価な土留対策
- ④ 長大斜面における上・中・下斜面一体となった山腹工法の開発（②、③と合わせて）
- ⑤ 貯水ダムの濁水対策などに必要となる効果的な林内侵食の防止方法
- ⑥ 砂防工事で急速な緑化を必要とする条件の整理
- ⑦ 場と目的に応じた山腹工事の適正なコスト（⑥と関係する）
- ⑧ 崩壊を未然に防止するため、補強土工のような土木工学的工法を利用した新山腹工法の開発

参 考 文 献

- 1) 建設省河川局, (社)日本河川協会:建設省河川砂防技術基準(案), 計画編, 山海堂, p. 180~183, 1976
- 2) 倉田益二郎:緑化工技術, 森北出版, p. 4~6, 1986
- 3) 竹下敬司:土砂災害・地形と森林の機能, 自然災害特別研究成果, 森林の土砂災害防止機能に関する研究(研究代表者 山口伊佐夫), 昭和63年9月, p. 25~45
- 4) 建設省河川局, (社)日本河川協会:建設省河川砂防技術基準(案), 設計編, 山海堂, p. 26~31, 1976
- 5) 林野庁治山課:日本の治山, 創文, 1968
- 6) 斎藤一雄:緑化土木, 森北出版, p. 249, 1979
- 7) 小橋澄治:緑化工の今日の課題<講座:緑化工シリーズ-1>, 新砂防39-1(144), p. 33~37 1987
- 8) 陶山正憲, 原敏男, 宮川清, 荒木誠:林内侵食機構に関する研究(I)-ヒノキ林地における異常侵食現象の検討- 昭和60年度砂防学会研究発表会概要集, p. 156~159, 1985
- 9) 東三郎:面状基礎工の原理と効用, 治山-治山研究会発足30周年記念-, 治山研究会 p. 142~150, 1986

山腹工の現状と今後の展望

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第2801号

平成元年9月(1989)

要 旨

水山高久, 黒川興及

本研究は建設省で行われている山腹工の試験施工の実態と問題点を取りまとめた。その結果から、今後の山腹工を展望して、実施基本方針、工法について検討を行った。

キーワード: 山腹工, 砂防, 緑化, 崩壊, 試験施工, とくしゃ地, 景観



郵便はがき

四十円切手
をはって
さい。

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
砂防研究室
行

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 2801 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印