

これからの山腹保全工の整備に向けて

一里地里山の山腹斜面に植生を回復させ、その機能を維持・増進していく
ためのポイント集 ー

平成21年 6月

国土交通省砂防部保全課

国土交通省国土技術政策総合研究所

はじめに

砂防事業は、事業開始以来、とくしや地や斜面崩壊、無秩序な伐採により生じた裸地斜面等の侵食が著しく植生の回復が見込めない山腹斜面において、積極的に「山腹保全工」に取り組んできました。土砂の生産・流出を軽減する観点から、山腹斜面が植生で被覆されていること、その植生が健全に維持されることは砂防事業の基本となるものです。また、砂防事業の山腹保全工は、植物という“生き物”を扱うことから、植栽方法、生育基盤の造成方法、保育方法にさまざまな工夫や知恵を生み出してきました。これらの技術は、国内はもとより国外でも活用され成果をあげています。

「生物多様性国家戦略」においても、“里地里山地域”を自然環境及び防災の両面から保全していく意義が改めて認識されています。「生物多様性国家戦略」によると“里地里山”とは、“二次林を中心に農耕地、ため池、草地等を構成要素とし、奥山自然地域と都市地域の幅広い中間地域に位置するもので、奥山自然地域と都市地域とを繋ぐ緩衝地帯”とされています。この地域にはもともと土砂災害の危険箇所が多く存在し、従来から砂防事業が数多く実施されてきました。

“里地里山”での砂防事業の実施にあたっては、平常時の土砂の生産・流出への対応と豪雨時の土砂の生産・流出への対応をともに行っていく必要があります。豪雨時の対応は、想定される土石流等に対して構造物により安全を図ることを基本としています。豪雨時の山腹斜面の植生については、樹木が流木化するおそれを含んでいますが、一方で、植生が健全に維持されるように保育を行うことで、平常時の土砂流出を抑制し、土石流対策施設の容量確保に寄与する効果などが期待できます。このように、平常時および豪雨時の両方に適応できる対策が講じられることで、防災及び自然環境の両面から望ましい環境が形成されるものと考えます。このようなことから、砂防事業においては、流域からの土砂生産および流出を抑制し、下流域の土砂災害を防止するために、砂防堰堤や溪流保全工、山腹保全工の整備など、多様な手法を組みあわせて、対策を実施してきました。

これらの手法のうち山腹保全工については、平成14～15年度に山腹整備の目標の定め方や樹林化の手法などを再整理し、今後の山腹保全工の実施の方向性を導き出すことを目的に「山腹工・緑化工検討・推進ワーキンググループ」（以降、WGと称します）を設置して検討を行いました。

本書はWGの検討内容を基に、山腹保全工の整備目標の考え方などを整理したものです。なお、本書は、全国の一般的な現場を念頭においており、用いる樹種等については、各地域の自然環境を考慮して選定することが必要です。また、本書については今後得られる知見を適宜、反映させて改訂していく方針としています。引き続き、事例の収集に努め、内容を充実させることとしていますが、本書が山腹保全工の整備の一助になれば幸いです。

山腹工・緑化工検討・推進ワーキング [H14・H15]

京都府立大学 大手桂二名誉教授、
国土交通省砂防部保全課、国土交通省国土技術政策総合研究所（砂防研究室）
独立行政法人 土木研究所（土砂管理研究グループ）
関東地方整備局、北陸地方整備局、中部地方整備局、近畿地方整備局、
四国地方整備局

財団法人 砂防フロンティア整備推進機構、財団法人 砂防・地すべり技術センター

目 次

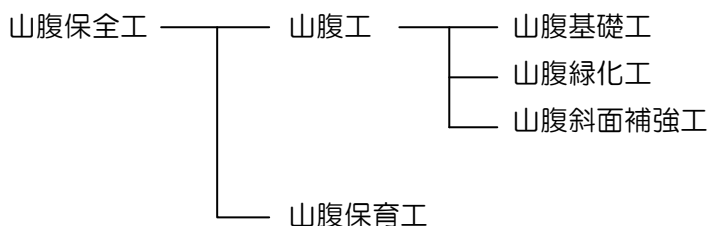
1. 山腹保全工の考え方	1
1.1 山腹保全工の基本	1
1.2 山腹保全工の機能・効果	2
1.3 山腹保全工の実施にあたって	3
2. 「整備目標」	4
2.1 砂防事業としてどこまでの整備を考えるのか	4
2.2 目標林の形成に向けて	6
3. 効果的な「手法」の選定	8
3.1 山腹斜面に植生を回復させるには	8
3.2 目標林への遷移を促すためには	12
4. 整備目標に対する達成度の「評価」と適切な「山腹保育工」	14
4.1 なぜ「評価」が必要か	14
4.2 なにを「評価」するか	14
4.3 適切な「山腹保育工」とは	15

1. 山腹保全工の考え方

1.1 山腹保全工の基本

(1) 山腹保全工は、植生を回復させ、植生の機能を維持・増進させて、土砂生産・移動等を軽減するために実施する。

- 山腹保全工は、崩壊地又はとくしゃ地などにおいて切土・盛土や土木構造物により斜面の安定化を図り、また、植生を導入することにより、表面侵食や表層崩壊の発生又は拡大の防止又は軽減を図る山腹工と、導入した植生の保育によりそれらの機能の維持・増進を図る山腹保育工から構成されます。
- 山腹工は、1)「山腹の斜面の安定化や斜面の侵食の防止を図る山腹基礎工」、2)「崩壊地又はとくしゃ地において表面侵食や表層崩壊の発生又は拡大を防止又は軽減するため植生を導入して緑化を図る山腹緑化工」、3)「崩壊地や崩壊のおそれのある山腹の斜面においてコンクリートのり砕工や鉄筋挿入工を施工することなどにより、斜面そのものの崩壊抵抗力を高める山腹斜面補強工」に分けられ、これらを単独若しくは適切に組み合わせて施工することによって、土砂生産を抑制します。
- 山腹保育工は、表面侵食や表層崩壊の発生又は拡大の防止又は軽減機能の維持・増進を図るために、植生の適正な生育を促す保育を行うものです。



(2) 山腹斜面に侵食や崩壊がある場合には、山腹基礎工や山腹斜面補強工により山腹斜面の土砂の移動を抑えて植生の自然侵入を期待する。

- 山腹斜面に侵食や崩壊がある場合には、山腹基礎工、山腹斜面補強工により土砂移動を抑えて山腹斜面の安定を図り、植生の生育基盤を確保します。山腹基礎工、山腹斜面補強工の実施後は、植生の侵入状況等について経過観察を行います。

(3) 植生の自然侵入が期待できない場合には、山腹緑化工を行う。

- 早急に緑化が必要な場合や、経過観察の結果から植生の自然侵入が期待できない場合は、山腹緑化工を実施して植生の成立を助けます。
- 山腹緑化工で裸地に最初に植栽する植物種を「初期導入植物種」と言います。また、山腹保育工で林相転換のために用いる場合については導入の考え方が異なります。



土屋原山腹工：平成元年施工時の状況



土屋原山腹工：平成13年撮影
草本や木本類の自然回復がみられる。

1.2 山腹保全工の機能・効果

(4) 山腹保全工には、表面侵食の抑制、表層崩壊の低減の効果をはじめとして、主に次のような機能・効果を期待する。

工種・工法		砂防上の機能・効果	その他機能・効果
山腹保全工	山腹基礎工	表面侵食の抑制→生産土砂・流出土砂の低減→渓床堆積土砂量の低減→土石流対策堰堤への土砂堆積量の低減（堰堤の機能の維持）	<ul style="list-style-type: none"> ●植生の回復、維持により ・生態系の保全 ・農林産物の生産 ●持続的な山腹保全工の実施により ・建設資材、種子等の地元からの供給 ・市民活動団体等、地域連携による地域活性化 ・レクリエーション 等
	山腹緑化工	表面侵食の抑制→生産土砂・流出土砂の低減→渓床堆積土砂量の低減→土石流対策堰堤への土砂堆積量の低減（堰堤の機能の維持）	
	山腹斜面補強工	表面侵食の抑制・表層崩壊の抑制→生産土砂・流出土砂の低減→渓床堆積土砂量の低減→土石流対策堰堤への土砂堆積量の低減（堰堤の機能の維持）	
	山腹保育工	林床植生の発達→表面侵食の抑制→生産土砂・流出土砂の低減→渓床堆積土砂量の低減→土石流対策堰堤への土砂堆積量の低減（堰堤の機能の維持） 表面侵食抑制機能の維持	

1.3 山腹保全工の実施にあたって

(5) 山腹保全工の「整備目標」を明確にすること。

(6) 効果的な「手法」を選択すること。

(7) 経年的に目標達成度を「評価」すること。

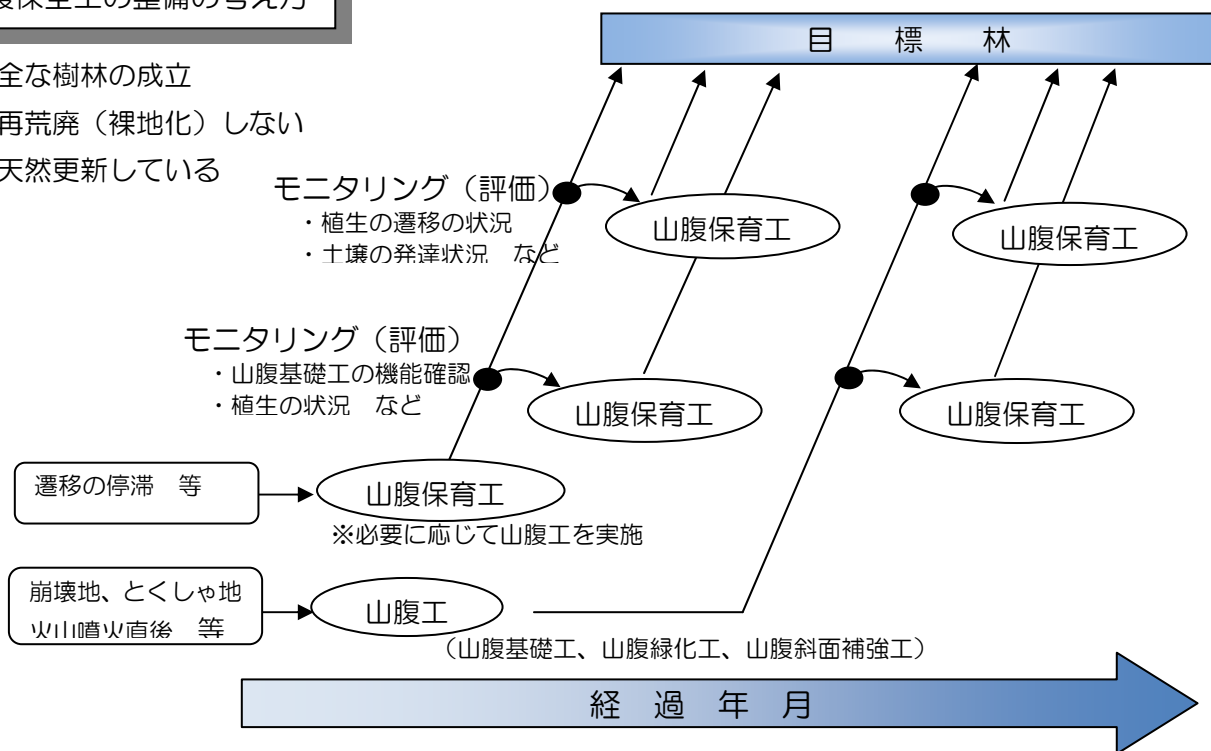
(8) 状況に応じて適切な「山腹保育工」を講じること。

- 山腹保全工は、植生（生き物）を利用して整備を行うものであるため、想定どおりに植生の生育が進むとは限りません。実施にあたっては、「整備目標」を明確にすること、目標を達成するために当該地域の自然環境・社会環境にあった効果的な「手法」を施工の当初段階から十分に検討して選択・実施すること、経年的に植生の状況等を把握して達成度を「評価」し、状況の変化にあわせて、植生密度の改善、林相転換等の適切な「山腹保育工」を講じることが必要になります。

山腹保全工の整備の考え方

健全な樹林の成立

- ・再荒廃（裸地化）しない
- ・天然更新している



目標林： ここでは砂防事業として目標に設定した樹林を指します。

目標林は、その地域の気候、生活・文化にあった樹林とし、この水準まで整備することで以後は安定化して持続することが期待できる樹林を想定します。

目標林は地域条件により異なり、極相林とする場合もありますが、上記の条件を満足すれば極相林に限るものではありません。

極相林とは、構造や種組成がこれ以上変化しない動的平衡状態の安定した樹林（構成種はその地域の環境条件により異なる）をいいます。

2. 「整備目標」

2.1 砂防事業としてどこまでの整備を考えるのか

(9) 裸地の場合、整備の通過点として早期の緑化を考える。同時に目標林の形成までを視野に入れて整備を行う。

- 山腹基礎工・山腹斜面補強工を実施した後に先駆植物が自然侵入あるいは山腹緑化工により成立し、斜面の表面を覆った時点で表面侵食抑制効果のある程度得ることができると考えられます。
- しかしながら、先駆植物を中心とした樹林では多様性に乏しく不安定であるため、場合によっては植生が衰退して再び荒廃を引き起こす可能性があります。砂防事業においては、防災上の機能を維持・増進させ、植生が安定した健全な山腹斜面の成立を目指し、目標林の形成までを視野に入れて整備を行っていくことが必要です。

(10) 目標林の設定は、現況の植生状況、過去の攪乱の経緯、その土地の極相等から遷移系列を予測し、これを基に行う。

山腹保全工での目標林は、土砂生産・流出抑制機能の高い植生とするため、低木層成立段階以降の植生で、植生が健全に生育し、樹令や樹種の異なる樹木により階層構造が発達しているものが望ましい。また、樹種は、その土地において適切な樹種を主体とする。

- 通常森林は、ある気候条件、立地条件のもと、極相に向かって遷移します。一方で、その遷移に抗し、人間が利用することにより初めて維持される森林もあります。たとえば、スギやヒノキに代表される木材生産のための人工林、炭を作るための薪炭林、竹製品・タケノコ採取を目的とした竹林があります。また、長期間にわたって樹種構成の入れ替わりが見られず、遷移が停滞してしまっている場合もあります。この状態は偏向遷移と呼ばれ、砂防の現場では、ニセアカシア林やイタチハギ低木林等の初期緑化において外来種を導入した場所で見られることがあります。
- このように、現況の森林は、自然または人為による攪乱とその後の遷移系列の段階、その土地の極相の違いから様々なタイプの森林が見られるのが普通です。
- 現況がどのような状態にあるのかについて、現在の森林形態、過去の攪乱の経緯、土地の利用・管理状況、その土地の極相等から検討し、その後の遷移系列を予測して、中長期的な視野からその土地に成立し得る適切な樹林構成を目標林として設定します。
- 目標林は、その土地において適切な樹種を主体とした植生とすることが重要です。また、人工林、薪炭林、竹林等として利用され管理されている場合には、山腹保全工の実施は必要ありませんが、斜面崩壊等が生じ山腹保全工の実施が必要になった場合には、土地利用の実情を踏まえて実施します。

- 一般に、高木を主体とした目標林をイメージしがちですが、対象地が急勾配等の立地条件に制約がある場合には、必ずしも高木林にこだわる必要はありません。
- 山腹保全工は、持続的に実施されなければ機能・効果を持続させることができません。山腹保全工が有する機能・効果が持続的に地域にもたらされるよう、その地域の方々との協働も欠かせません。

「植生の効果」

土壌が発達し、様々な種類の本木・草本植物が生育している「階層構造」が発達した樹林では、土壌の浸透能等の機能が発揮されることで、日常的な降雨に対して①表面侵食の抑制、②表層崩壊の抑制が期待できます。また、溪流においては、溪岸侵食の抑制、樹林帯での土砂堆積の促進の効果が期待できます。

以上の植生の効果に関する研究の成果については、「緑のゼミナールテキスト」(平成10年～13年、(社)全国治水砂防協会が開催)などに整理されています。

巻末の参考文献リスト等を参照。

2.2 目標林の形成に向けて

(11) 同じ温帯気候でも暖温帯と冷温帯では目標林の構成種が異なる。

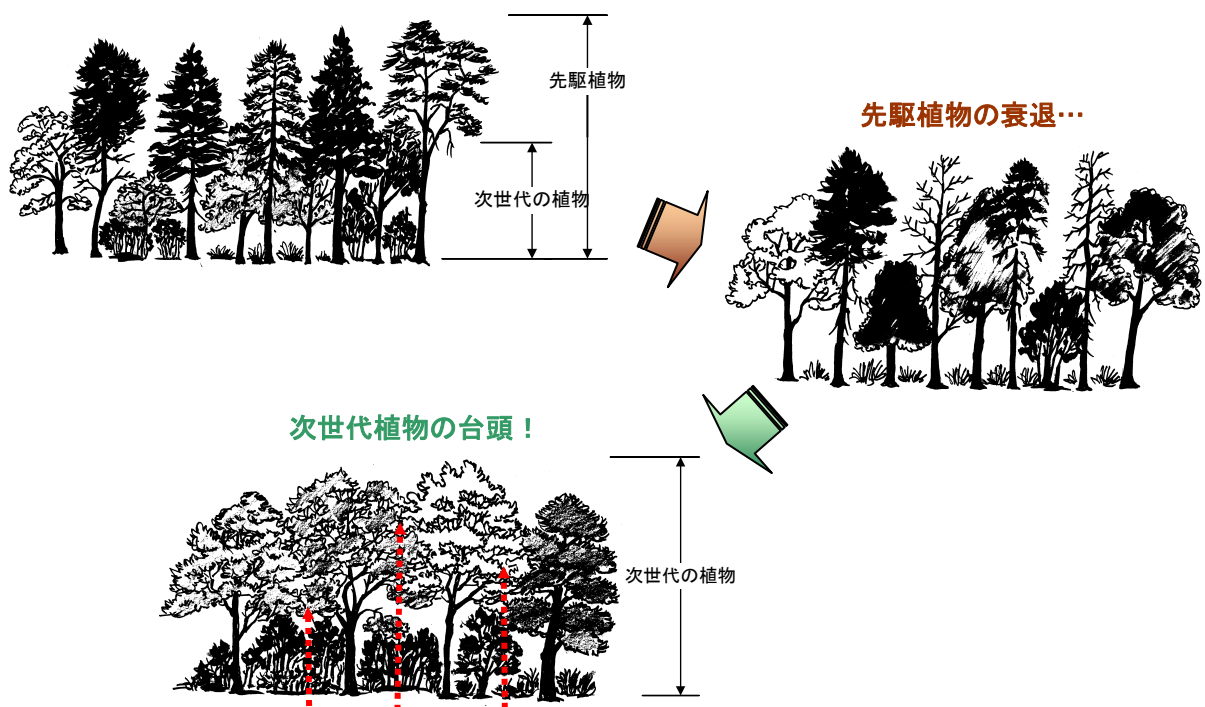
- 日本は温帯気候に区分されますが、暖温帯と冷温帯では、成立する群落が異なります。高木層にみる遷移としては、一般的に暖温帯では先駆植物→落葉広葉樹→常緑広葉樹と遷移して極相林となりますが、冷温帯では先駆植物→落葉広葉樹と遷移した後、その種の構成を変えて極相林となります。先駆植物として常緑広葉樹の亜高木・低木（ヒサカキ、ソヨゴ等）や高木（クスノキ、アラカシ、シラカシ等）が成立することもあります。これらは遷移系列の途中相と考えます。
- 目標林の高木層としては、暖温帯ではコナラを中心としてクヌギやアベマキ等で構成され、冷温帯ではミズナラやアカシデ、イタヤカエデ等で構成されるのが一般的です。

(12) 先駆植物により土壌の形成を補い、次世代植物の侵入を助ける。

- 山腹基礎工や山腹緑化工の実施直後は土壌条件が整っていないため、先駆植物によって土壌の形成を補って次世代植物の侵入を助けます。それを効果的に行うためには、場の条件に適した先駆植物と次世代植物の種を選定する必要があります。

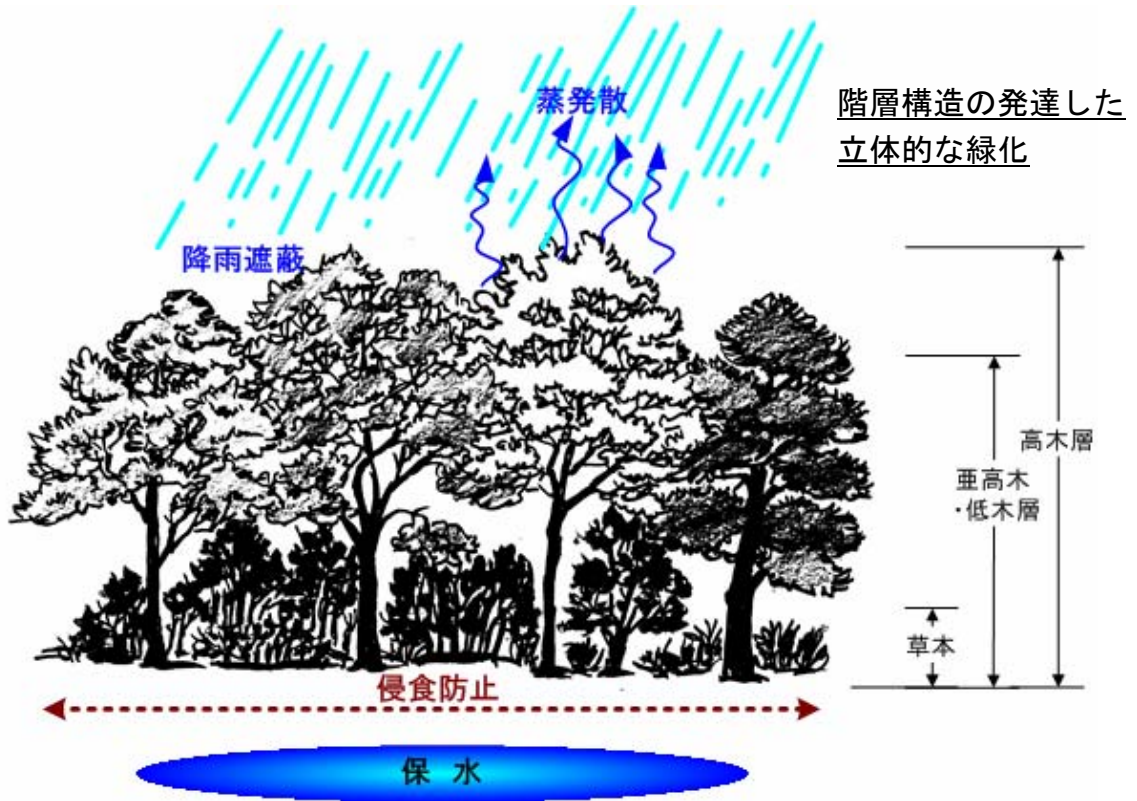
(13) 多様な林相を形成する。

- 斜面の再荒廃を引き起こさないためには、先駆植物が衰退した場合に次世代植物が台頭するような多様な林相を形成するように、導入する植物種を検討する必要があります。



(14) 階層構造の発達した樹林を形成する。

- 土砂生産・移動の軽減等の機能を発揮させるためには、階層構造の発達した樹林を形成する必要があります。



3. 効果的な「手法」の選定

3.1 山腹斜面に植生を回復させるには

(15) とくしゃ地等の裸地斜面の場合、植生の生育基盤を確保するため、山腹斜面に階段状に山腹基礎工を整備することを基本とする。

- 植生の生育基盤を確保するためには、山腹基礎工を等高線に沿って階段状に整備し、斜面勾配がおおむね 10° 以下となる平坦面を作ることが重要です。これにより、表土が頻繁に移動して植生の回復が妨げられることを防ぎ、将来的に樹林の成立が期待できます。ただし、斜面頂部部など平坦部を確保することが難しい場合は、ネット工により安定を図るなど、状況に応じた工法の選定を行います。



田上山腹工：当初は積苗工間ののり面処理を行っていなかったが、積苗工が土砂により埋没してしまうため、昭和35年以降はわら伏工を実施した。その結果、斜面が安定し植栽木が正常に成長するようになった。



大難山腹工：土留工で風等により移動しやすいスコリアを確実に固定している。



水谷山腹工：山腹基礎工の形式を斜面勾配により使い分けている。

緩勾配部：土留工+植生マット
急勾配部：ネット工+厚層基材吹付工



(16) 地形を的確に判断して斜面の表流水や伏流水の処理を確実に行う。

- 表流水等により局部的な侵食などが発生し、植生の生育基盤が損なわれ、山腹基礎工や水路が破壊されることがあるため、より確実に植生を定着させるためには、地形を的確に判断して山腹斜面の表流水や伏流水の処理を行うことが重要です。



土屋原山腹工：表流水により山腹基礎工の下面が洗掘され浮いた状態となり、土砂移動が発生している。その結果植生の回復が遅れている。
※現在は対策済み



野麦峠山腹工：土屋原山腹工と同様に山腹基礎工に間伐材を使用したのが、表流水や伏流水の処理が適切に行われており、洗掘等は確認されていない。

(17) 客土は植生の生育基盤の改善効果が大きく有効な工法であるが、その現場において期待できる効果と費用との関係等を考慮して使用する。また、施肥は植生の生育に弊害となる場合もあるので注意する。

- 植生の生育基盤となる土の粒度組成が偏ると、含水比の低下や空隙の低下を招き、植生の生育に必要な水分や空気が不足した状態となります。これを適度な粒度組成に改善する工法が客土であり、客土量が多いほど効果は大きくなります。
- 客土は効果は大きいですが、経費が高く、対象地の広さやその土地の持つ植生を生長させる力をどこまで高めるのかなどを勘案した上で採用する必要があります。
- 施肥は植生の生長を早める一方で、多量に用いると過生長による個体の軟弱化、根やけ、特定成分の不吸収などが生じて植生の生育に弊害となる場合があります。
- 施肥のポイントとしては、次のようなものがあります。
 - ・ 効果の発現の緩やかなワラ等の有機物とすることが望ましい。
 - ・ 肥料については養分としての効果のほか、土中の空隙を確保（土壌の物理特性の向上）する効果も兼ねて、パーク堆肥（ウッドチップ）を使用する場合もあるため、このような効果についても検討して選定します。

(18) 山腹基礎工の使用材料は初期の植生が定着するまでの期間やその期間に求められる強度を考慮する。

- 山腹基礎工は一般的に長期間の耐久性や高い強度を必要としない場合が多いので、間伐材や土のう等の自然の材料を利用することを検討します。植生の定着までに腐朽等が生じた場合には補修を行います。



野麦峠山腹工：間伐材の使用例



土屋原山腹工：土のうの使用例

京大演習林における研究では、土のうの中詰材にソイルセメントを使用することが試みられた。

(19) 成長時期を考慮して山腹緑化工を実施する。

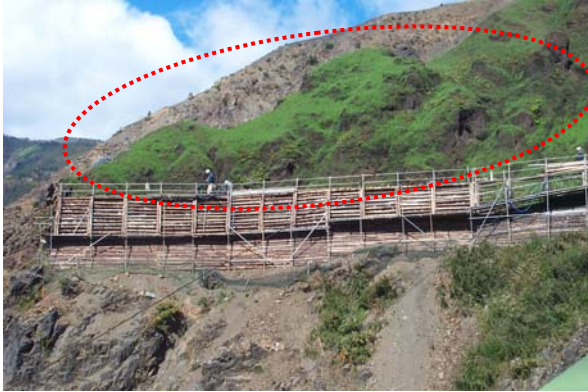
- 山腹緑化工は、初期導入植物種の成長時期を考慮して行うことが望ましい（一般的な植生の成長時期は、春（3～6月）と秋（9～10月）の2時期ですが、地域により異なるので、施工現場の状況を考慮します）。

(20) 播種工（実播工）の実施に際しては、発芽条件等のその種子の特性を熟知した上で、採取 → 保存 → 播種といった作業を行う必要がある。

- 播種は発芽が不安定である欠点もありますが、生長した場合にはポット苗による更新よりも根茎の土壌に対する緊縛力が強いとの研究報告もあります。
- 播種は、春期に行うのが適しています。梅雨期は降雨により種子や肥料の流亡が生じやすく、夏期は乾燥により発芽・活着が不良になりやすく、冬季までに大きく育たないと越冬できない場合もあります。秋期は、比較的播種に適していますが、発芽や生育が不良になる場合が多いようです。晩秋期は、木本植物は発芽しない場合が多く、冬季は霜柱や凍上による種子・肥料の流亡、乾燥・低温により発芽・活着が不良になりやすい。
- ナラ、クリ、カシなど保存の困難な種子は、秋期の種子採取後直ちに播く場合もあります。

(21) 岩盤緑化は、その目的・必要性等を考慮して実施する。

- 岩盤緑化は、景観的に不自然なものとなることが多く、土砂流出の軽減という観点から早急な対策を必要としない場合には実施しないという選択もあります。



松木山腹工：岩盤緑化を行った事例
冬の凍上・寒風害等の厳しい気候条件下における風化岩の表面侵食対策として岩盤緑化が実施されている。
斜面下部施工時における落石対策として、斜面上部の露岩箇所ネット工が実施されることが多いが、安易な緑化は極力避ける。

3.2 目標林への遷移を促すためには

(22) 繁殖能力の高すぎる植物種は植生遷移を遅らせるなどの弊害となる場合がある。

- 裸地において早期緑化を第一に考える場合の初期導入植物種の条件としては、次のようなものがあげられます。
 - ・ 生育の初期から日光の直射、乾燥、凍寒等の気象条件や土性に対する適応性が高いもの。
 - ・ 母樹からの種子が多く広く供給されるもの。
 - ・ 生長速度が速いもの。

目標林の形成までを視野に入れた整備を行っていく場合には、初期導入植物種のもつ繁殖能力（競争能力）の高さが結果的に遷移を遅らせるなどの弊害となる場合もあるため注意する必要があります。

- 繁殖能力の高さから採用されることの多いマツやスギ等の針葉樹は、落葉が分解され難しく土壌の形成に時間を要します。また、分解されない落葉が地表を覆い、他の植生の侵入を妨げて遷移を遅らせることがあります。



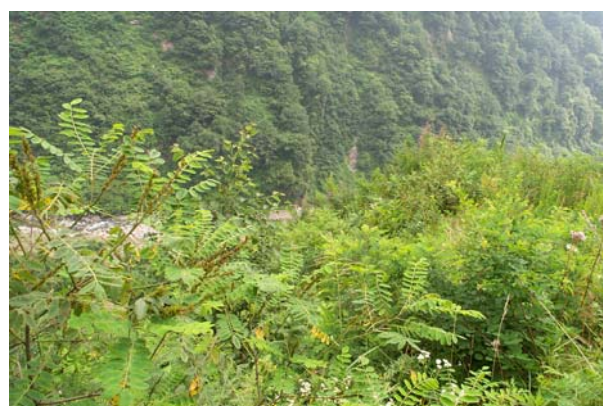
田上山腹工：皆伐試験を行い、植生の自然侵入を試みたが、光条件が良くても母樹がないため他の植生の侵入は見られなかった。その後、同一箇所、広葉樹の植栽を実施したが成長が見られなかった。マツの葉が分解されずに下層に堆積して土壌が形成されていないことが要因であると推察される。

(23) 山腹保全工に使用する植物種は、将来的に目標林へ遷移した時の構成種を念頭に選定する必要がある。

- 初期導入の場合は、実施当初から先駆植物と次世代の植物を混植することが望ましい。
- 山腹保育工では、一般的な植生の遷移系列（1年生草本→多年生草本→低木林→高木林）にとらわれずに、近傍の遷移系列等を参考に、場の条件に応じて選定します。（必ずしも1年生草本からはじめなくともよい。）
- また、極力、在来種（できれば地元産のもの）を採用することが望ましい。

(24)注意が必要な植物種としては、マメ科の植物や外来のイネ科の植物が挙げられる。

- 窒素固定菌をもつ植物種を選定することは植生の定着に有効です。これまでは、ニセアカシアやイタチハギ等のマメ科の植物が多く使用されてきました。ただし、その後の植生遷移を考慮するとこれらなるべく避け、地元産の窒素固定菌をもつ種を選定することが望ましい。
- 山腹緑化工に用いる場合に注意が必要な植物種については、次のものがあげられます。
 - ・ イタチハギ（マメ科）等のハギ類は、施工時の配合が多すぎると根が地表付近を密に覆い、他の植生の侵入を妨げて遷移を遅らせることがあります。
 - ・ イタチハギ（マメ科）等のハギ類は、窒素固定菌を保有しているため、配合量が多すぎると窒素に偏った土壌となります。その結果、窒素を好むイネ科の草本やササで占有され、他の植生の侵入を妨げて遷移を遅らせることがあります（前掲）。
 - ・ ニセアカシア（マメ科）は繁殖能力が非常に高く、他の植生の侵入を妨げて遷移を遅らせることがあります。また、根が浅く倒木しやすい性質があります（前掲）。
 - ・ ケンタッキー31 フェスクに代表される外来のイネ科の植物は、多くの肥料分を必要とし、肥料分がなくなると枯れやすい。また、繁茂した状況が不自然に青々しているため、周囲の景観に違和感を与えることが多い。



水谷山腹工斜面上部：全体的に初期導入植物種の本ハギ、ヤマハギ、イタチハギの繁茂が目立ち、実施後10年以上が経過するが顕著な植生遷移は見られない。



伏区A-1	
新植樹木	コナラ 5本
	ミズナラ 5本
	クナギ 5本
	シナノキ 5本
	ミスミ 5本
小計	21本
原植樹木	サカサマ 5本
	カツラ 7本
	トドナ 7本
	オシロイ 5本
	カハシ 5本
	クヤキ 5本
	ミスミ 8本
合計	48本

牛伏山腹工：ニセアカシアが問題となった事例当初はアカマツ、ヒメヤシャブシ、ニセアカシア等の植樹が行われたが、その後、ほとんどがニセアカシアによって占められるようになった。よって、ニセアカシア一斉林の防災上及び生態系上の問題点を解決するために林相転換を実施し、在来種であるコナラ、ミズナラ、クリ、シナノキ、サワグルミ、カツラ等を中心とした在来種の林への誘導を図っている。

4. 整備目標に対する達成度の「評価」と適切な「山腹保育工」

4.1 なぜ「評価」が必要か

(25) 斜面の再荒廃を招かないためには、生育状況等を把握し、整備目標に対する達成度を「評価（チェック）」する必要がある。

- 目標林へ遷移するまでには数十年単位の長い年月が必要であり、斜面の再荒廃を招かないためには、生育状況等の経過を把握することが重要です。よって、3～5年毎に各種のモニタリング調査を実施して、その時点での整備目標に対する達成度を「評価（チェック）」する必要があります。またこの結果をもとに「山腹保育工」の必要性や、その整備方法を検討します。

4.2 なにを「評価」するか

(26) 「評価」では、植生の定着状況や植生の遷移状況、土壌の発達状況、土砂生産・移動の状況等のモニタリングを行い、目標に対してどのような状況にあるかを把握する。

- 主な「評価」の項目としては、次の事項があげられます。

- ・ 植生の定着（生育）状況
 - ・ 植生の遷移（侵入）状況
- } 植生調査
- ・ 土壌の発達状況⇒土壌硬度調査、pH 試験
 - ・ 土砂生産・移動の軽減状況⇒流出土砂量調査

また、必要に応じて生物群集の種類や個体数の経時変化を調査し、類似度指数などにより、山腹保全工による自然環境の状況を評価することも考えられます。

*類似度指数：2つの群集間の種構成を比較しどれくらい似ているのかを表した指数。どういう点をもって似ていると考えるかによって様々な類似度がある。

土屋原山腹工では、施工後に下に示すような各種調査を実施して、導入効果の検証や場の特性に応じた工法の効果的な適用等を検討しています。

○植生基盤安定の確認（腐朽度調査）

- ・ 山中式土壌硬度計を利用した腐朽度把握
- ・ 肉眼による腐朽度の観察記録

○植生定着状況の確認

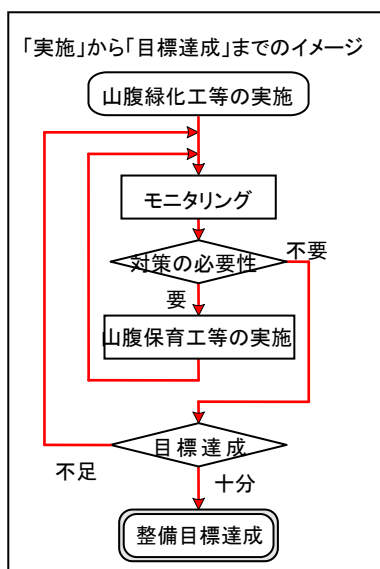
- ・ 山腹保全工の導入効果（植生定着状況の観察、記録）
- ・ 崩壊地特性との関係（土壌厚、斜面勾配の測定）

4.3 適切な「山腹保育工」とは

(27) 目標林への遷移に支障をきたしている場合は、その原因を究明して手助けとなる適切な「山腹保育工」を行う必要がある。

- 整備目標に対する達成度評価の結果から、次に示すような場合には適切な「山腹保育工」を行い、目標林への遷移の手助けを行う必要がある。
 - ・ 植生が定着しない。
 - ・ 植生の衰退（再荒廃化）が見られる。
 - ・ 経過時間に対して明らかな植生遷移の停滞が見られる。
 - ・ 土砂生産・移動の軽減効果が向上しない。 など
- 山腹保育工には、生育の支障となっている原因や対策の緊急性等の状況に応じて、次に示すような作業があります。
 - ・ 支障の原因が特定できず状況が軽度な場合 ⇒ 経過観察の継続
 - ・ 光条件が悪く草本類や次世代植物が育たない（侵入しない）
 - ⇒ 補植、林相転換[※]等
 - ・ 草本類による被圧 ⇒ 下草刈り、マルチング
 - ・ 土壌の条件（土の粒度、乾燥）による生育不良
 - ⇒ ウッドチップによる土壌の改善・改良、マルチング
 - ・ 食害 ⇒ ネット、植生保護管の設置 など

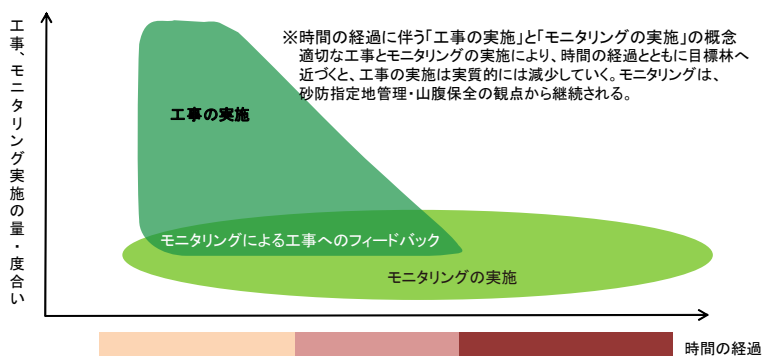
林相転換[※]—現存する樹林の質的向上を図るため、既存木を伐採した跡に新たに植生を導入し積極的な管理を行うことで、より安定した健全な樹林への誘導を図ること。



モニタリング等項目	(経過年数の目安) 0 10 30 50 100 (年)				
	第Ⅰ期		第Ⅱ期		第Ⅲ期
山腹基礎工等による表層土の安定化機能	施工		機能確認		(機能の低下・自然斜面との同化) [修繕・維持管理]
植生等の被覆による表面侵食抑制機能	表層土の移動抑制 または植生の導入		草本または低木 等による被覆	森林の成立 A ₀ 層・下草の存在 [間伐等による鬱閉の緩和]	A ₀ 層・下草の維持
斜面植生の遷移および維持	先駆性樹種による 群落の成立 [保育(補植, 施肥等)]		根系の発達する 樹種の侵入 [樹種転換・遷移促進]	周辺自然植生 樹種の侵入 [樹種転換・遷移促進]	多様な混交林等の成立・ 周辺自然植生との融合
植生基盤としての土壌の発達	山腹工施工等による 初期基盤の整備		A層の形成 の発達	A・B層 の発達	植生の衰退を生じ させないか [二次的山腹工の実施]
表層土の安定に寄与する根系の発達	水平根の発達による ネットの形成		土壌の発達に見合った 垂直根の生長		

モニタリング等の項目と対応方法の目安

(小山内ら、2000に一部加筆)



参考文献リスト

- 「国土交通省 河川砂防技術基準 同解説 計画編」、山海堂、平成17年
- 「建設省 河川砂防技術基準(案)同解説 設計編Ⅱ」、山海堂、平成9年
- 「現場技術者のための砂防・地すべり・がけ崩れ・雪崩防止工事ポケットブック」、山海堂、2001
- 「山腹工の現状と今後の展望」建設省、土木研究所資料第2801号、1989
- 「樹林の砂防学的効果に関する研究の現状」、建設省、土木研究所資料第3679号、2000
- 小山内・南・竹崎・大手・堀内・吉田：砂防事業としての山腹斜面の整備・管理のあり方に関する一考察—既往山腹工の評価を通しての検討—、砂防学会誌、Vol. 52、No5、2000
- 「緑のゼミナールテキスト (第1回～第5回)」、(社)全国治水砂防協会、平成10年—13年
- 「わかりやすい砂防山腹工工法集」、(社)北陸建設弘済会、1994
- 「緑化技術用語辞典」、山海堂、1990
- 「松本山腹工(パンフレット)」、国土交通省渡良瀬川河川事務所
- 「緑のスケッチブック大畑沢緑の砂防ゾーン創出事業(パンフレット)」、国土交通省渡良瀬川河川事務所
- 「大薙山腹工(パンフレット)」、国土交通省日光砂防事務所
- 「常願寺川の上流をたずねて(パンフレット)」国土交通省立山砂防事務所
- 「野麦峠床固工群設計業務委託報告書」、国土交通省松本砂防事務所、2000
- 「「安倍川大谷における山腹工について—崩壊地の安定のための緑化工法—(PowerPoint資料)」、国土交通省静岡河川事務所
- 「瀬田川砂防 田上山の山腹工(パンフレット)」、国土交通省琵琶湖河川事務所
- 「瀬田川の砂防(パンフレット)」、国土交通省琵琶湖河川事務所
- 「崩壊地における山腹工節減工法」国土交通省木津川上流河川事務所
- 「間伐材を用いた山腹工節減工法の導入効果と今後の展開について(PowerPoint資料)」、国土交通省木津川上流河川事務所
- 「安全で自然豊かな森づくり 六甲山系グリーンベルト整備事業(パンフレット)」、国土交通省六甲砂防事務所
- 「出し平地区他植生追跡調査報告書」、関西電力(株)、1995
- 「音沢発電所(パンフレット)」、関西電力(株)
- 「牛伏川砂防の歴史(パンフレット)」、長野県松本建設事務所
- 「牛伏川に関するニセアカシア林の林相転換ガイドライン(改訂版)」、長野県松本建設事務所、2003
- 「大富川砂防工事 滋賀県直営(パンフレット)」、滋賀県長浜土木事務所、1986
- 太田猛彦他：「森林の百科事典」、丸善株式会社、1996