

第2章 荒砥沢地すべり対策の考え方と今後の活用

前章では荒砥沢地すべりが抱える課題と検討結果を主に防災面に着目して取り上げた。本章では、地形・地質・景観等の保全、地すべり地の利用・活用に当たっての留意点についても考慮しながら、当該地すべり地への具体的な対応を検討した結果をとりまとめた。

対策工実施に当たっての基本的な考え方は、安全を確保するために必要な対策は実施するが、新たに創出された環境・景観等の保全、防災教育等への有効活用等にも留意し、過大なものとならないように配慮した。モニタリングを行うことで、施工効果の検証を行い、また状況が変化した場合は即応して追加の対策を行うこととした。

重要な保全対象、対策工の目的として、市道馬場駒の湯線の安全確保、荒砥沢ダムへの土砂流入防止を行う必要がある。

市道馬場駒の湯線については、滑落崖上部に発生した冠頭部拡大亀裂の安定化を図るため、排土工を実施中であり、竣工により当面の危険性は回避される見込みである。今後は緑化工を行うとともに、施工効果、完成後の変状をモニタリングする計画とした。

荒砥沢ダムへの土砂流入防止対策として、地すべり地内の水系・地形を解析するとともに、土砂の生産量の予測、土石流発生の危険性を検証し、土砂流入の危険性のある区域を抽出した。この区域については、溪間工、山腹工、緑化工を実施し、確実に土砂の流入を防止する。

一方当面土砂流出のおそれのない区域については、流出土砂量等のモニタリングを行いながら、当面对策工を行わず自然の復元に委ねる区域とした。

緑化工については、緑化目標を設定し、緑化対象箇所と条件から具体的な緑化手法の検討を行い、森林土壌と埋設種子等の活用、肥料木の植栽等による緑化も実施することとした。

これらのことから対策工について全体計画の見直しを行った。

モニタリングによる施工効果の判定、経過観測、変状の把握は対策工の施工と一対となる重要事項であり、今後モニタリングにより新たな現象を捉えた場合は、即応して対策工を実施する。

モニタリングの対象として、地すべり動態観測、滑落崖拡大崩壊の動態監視・機構把握、土砂生産量の把握にも関与する地形変化・植生遷移の追跡、ダム湖への影響を把握するための流出土砂量・水質調査を計画した。

地すべり地の利用・活用に当たっても安全の確保は前提条件となるので、想定される危険区域を提示するとともに、ジオサイト的な特徴となりうる事象や対策工施工後の景観シミュレーションを紹介

した。モニタリングで得られる情報の提供と利用についての提案を行った。

危険区域の抽出は、現地調査により落石や崩壊の危険箇所を把握し、落石・崩土の到達範囲を推定した。冠頭部の拡大崩壊はシミュレーションにより崩落土塊が到達する範囲を予想した。地すべり地内に流下するヒアヒクラ沢による土石流発生時の危険箇所も考慮して、危険箇所抽出図を作成した。

ただし、宮城県沖地震が豪雨や頭部载荷等他の要因とともに発生した場合は地すべり全体ブロックが再滑動する危険性がある。また既存の亀裂が影響を受け拡大する可能性があり、地すべり地周辺部まで危険区域と考えられ、立入に関しては慎重な検討が必要である。

ジオサイト等を検討する際に参考になると思われる、地形地質等の観察対象となる事象、対策工施工後の景観シミュレーション、モニタリングから得られる情報を紹介、提示した。

1. 今後必要な対策工の検討

1.1 対策工実施の基本的な考え方

今後実施する対策の主な直接的目的は、次の2点である。

- ① 生活道路として利用されている、「市道馬場駒の湯線」の安全確保
- ② 荒砥沢ダムへの土砂流出の防止

したがって、今後の対策導入の考え方は以下の通りとする。すなわち、対策の導入は市道への影響と荒砥沢ダムへの土砂流入のおそれがある箇所限定し、これらに対して直接的な影響の低い箇所については、当面の間、対策工は行わず自然の復元に委ね、今後の地形や植生の変化を見守るとともに、防災教育や環境教育等の教材として利用されることへの検討に配慮する。

なお、当該地への立入は、地すべりの再活動、斜面の崩壊、落石等の危険性があるため、十分な安全性の確認、避難体制の確保等が行われる場合に限られることに留意する必要がある。

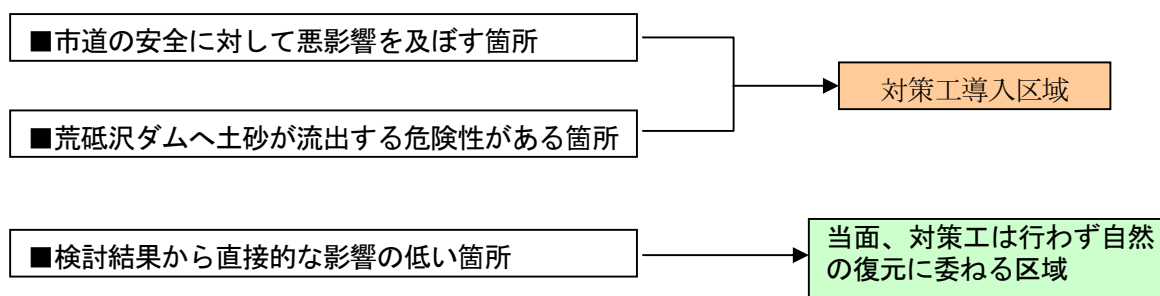


図 1.1.1 対策導入の基本方針

以上の方針にもとづき、今後対策工を導入する必要がある区域を抽出し、図 1.1.2 に示した。

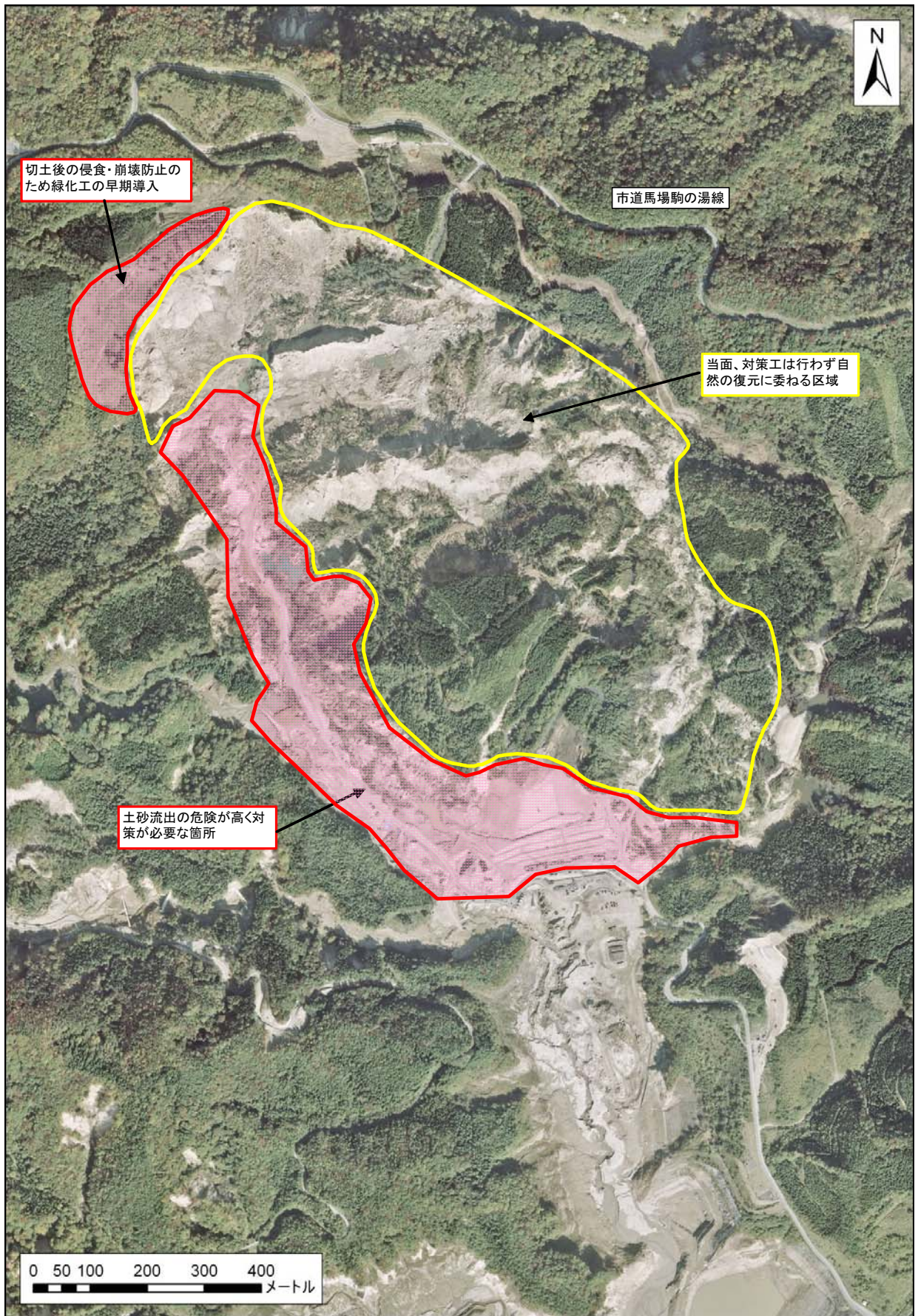


図 1.1.2 対策必要箇所抽出図

1.2 対策必要箇所の抽出と全体計画

1.2.1 対策工必要箇所の抽出

(1) 市道馬場駒の湯線の安全確保対策

- ① 市道への安全確保を図る上では、滑落崖上部に発生している冠頭部拡大亀裂の安定化を図ることが必要となるが、現在、応急対策工として排土工が実施中であり、これによって、当面の危険性は回避される見込みである。
- ② したがって、今後は、モニタリングによって経過を観察し、変状が確認された場合に追加の対策について検討することとする。
- ③ ただし、応急排土工によって生じる切土法面については、そのままの状態で放置すると、侵食・風化ならびに降雨等による崩壊が発生する危険があることから、早期に緑化工を導入する必要がある。

(2) 荒砥沢ダムへの土砂流出防止対策

- ① ダムへの土砂流入の危険性のある箇所について、治山ダム工、流路工、山腹工（緑化工を含む）等の対策を計画する。
- ② 特に、ダムに直接面している末端ブロックとヒアヒクラ沢沿いの斜面については緊急性が高く、既に対策に着手している。今後は、引き続き緑化工を導入して土砂流出の防止を図るものとする。
- ③ 一方、湛水池が形成されている地すべり地内右岸側流路については、現在仮排水路が施工中であり、今のところ顕著な土砂の流出は認められない。しかし、前述の検討結果に示したように、土砂による閉塞区間は今後侵食を受けて河床が低下し、湛水池に堆積した土砂が下流に位置する荒砥沢ダムへ流出する危険が高いため、恒久対策として治山ダム工を配置するとともに緑化工を導入し、土砂の流出を防止する必要がある。
- ④ また、ヒアヒクラ沢左岸側の斜面には崩壊が連続しており、降雨等により土砂が流出する危険性が高いことから、山腹工を導入する。

1.2.2 対策工全体計画

今後必要な対策工の内容と概算数量をまとめ表 1.2.1 に示す。

表 1.2.1 今後対策工の全体計画表

No.	区分	工種	概算数量	摘要	優先度
①	冠頭部拡大亀裂	緑化工	11,300 m ²	降雨による侵食と降雨による崩壊の防止を図る。	A
②	末端ブロック	緑化工	9,000 m ²	現在実施中の末端ブロック法面のうち、緑化工未実施箇所の緑化	A
③	末端部山腹～湛水地	山腹工	15,000 m ²	荒砥沢ダムに面している斜面の中で、対策未実施箇所について対策を導入し、土砂の流出を防止する。	B
		湛水解消対策(流路工等)	270 m	上流の湛水池の排水状況をモニタリングし、必要に応じて対策工を実施する。	C
④	ヒアヒクラ沢流路沿い	緑化工	25,000 m ²	現在実施中の流路工沿いに緑化工を導入し、土砂の流出防止を図る。	A
⑤	〃	山腹工	30,000 m ²	ヒアヒクラ沢下流部左岸側の崩壊地に山腹工を導入し、土砂の流出防止を図る。	B
⑥	地すべり地内右岸流路沿い(下流部)	溪間工(ダム工等)	5基(L=200m)	右岸側流路の下流部は急勾配を呈し、今後の侵食によって不安定化する危険があるため、溪間工を導入して恒久的な安定を図る。	B
⑦	〃	山腹工	9,000 m ²	第1湛水池下流の右岸側には地すべり性崩壊が発達し、今後、土砂流出のおそれがあるため、山腹工を導入して安定を図る。	B
⑧	地すべり地内右岸流路沿い(上流部)	溪間工(ダム・護岸工)	3基(L=250m)	第1湛水池～第2湛水池間の流路については、⑥の区間に比べ勾配は緩いものの、今後の侵食状況によっては土砂流出の危険があるため、侵食状況をモニタリングし、必要に応じて溪間工を導入する。	B

※ 表中の数量は、平面図から読み取った概算数量を示す。

※ 優先度は以下の区分による。

A：保全対象への影響が大きく早急な対策が必要

B：放置すると保全対象への影響が懸念され、対策の実施が必要

C：現時点では保全対象への影響は少ないため、今後の動向を見極めた上で必要に応じて対策を検討



図 1.2.1 今後対策工の全体計画図

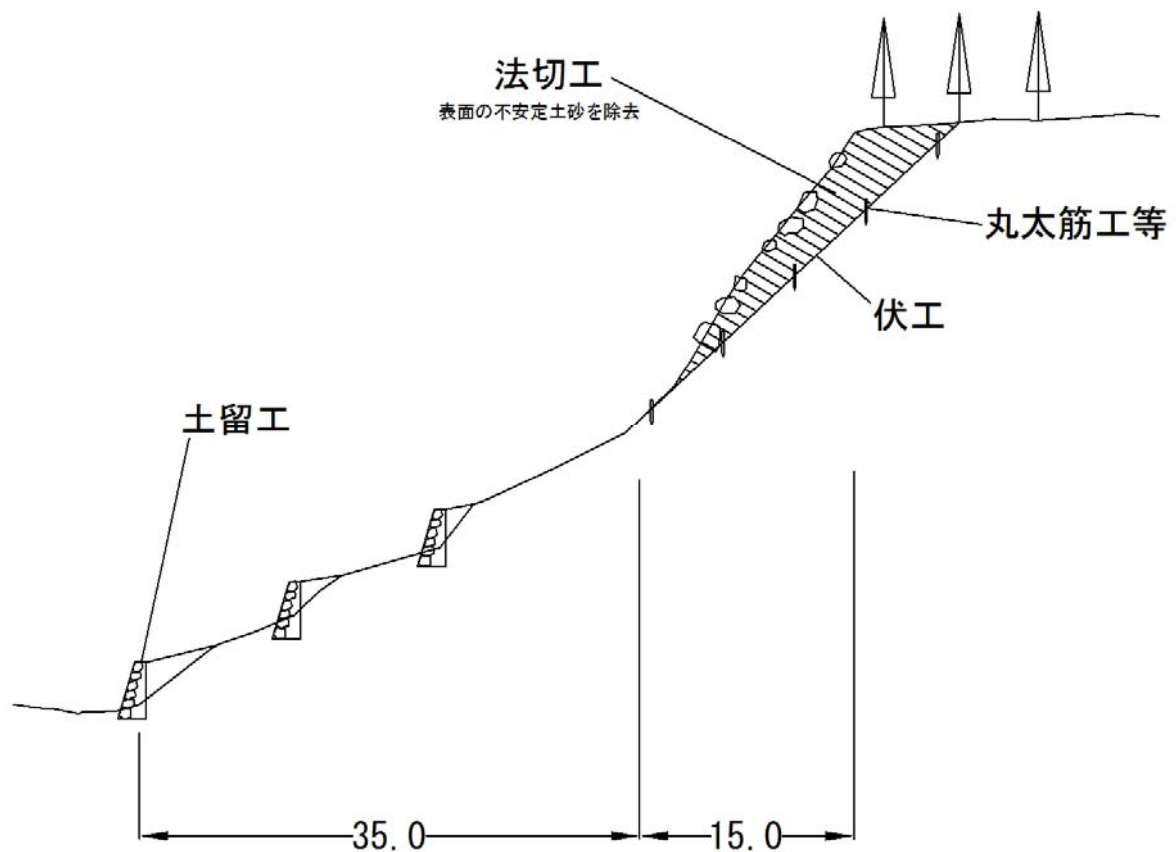


図 7.2.3 山腹工イメージ図

<山腹工計画方針>

山腹工は、拡大傾向にあり荒砥沢ダムへの土砂流出の危険を有する崩壊地について導入するものとし、主として以下の工種を導入する。

- ① 頭部急崖の法切工
- ② 山腹基礎工としての土留工（自然石・鋼製枠・ふとん籠等）
- ③ 早期緑化を図るための緑化基礎工（丸太筋工）
- ④ 緑化工（伏工）
- ④ 地表水による侵食を防ぐための水路工

1.3 対策工全体計画の比較（当初計画／見直し計画）

以上の方針に基づき作成した対策工の全体計画を、当初計画と対比して図 1.3.1 に示すとともに、全体計画の数量を下表に示した。

表 1.3.1 荒砥沢地すべり対策全体計画表（当初計画と見直し計画の対比）

当初全体計画		変更後全体計画		備考
工 種	数 量	工 種	数 量	
<全体ブロック>		<全体ブロック>		
整地工	1,212,000 m3			地すべり地内を平坦化
(強制排水工)	8,950 m			
<拡大ブロック>		<拡大ブロック>		
排土工	1,355,000 m3	排土工	367,000 m3	緊急対策の実施
盛土工	1,355,000 m3	盛土工	367,000 m3	"
法面緑化工	81,300 m2	法面緑化工	11,300 m2	
現場打ち法枠工	30,100 m2			
<末端ブロック>		<末端ブロック>		
法切工(整形工)	10,500 m3	法切工(整形工)	10,500 m3	
盛土工	45,500 m3	盛土工	45,500 m3	
暗渠工	400 m	暗渠工	400 m	
杭打工	3,423 m	杭打工	3,423 m	
土留工	200 m	土留工	200 m	
切土法面緑化工	3,700 m2	切土法面緑化工	3,700 m2	
盛土法面緑化工	8,800 m2	盛土法面緑化工	8,800 m2	
植栽工, 筋工, 柵工他	1 式	植栽工, 筋工, 柵工他	1 式	
<山腹工1>		<山腹工1>		
法切工	35,000 m3	法切工	35,000 m3	
切土法面緑化工	2,700 m2	切土法面緑化工	2,700 m2	
土留工	25 t	土留工	25 t	
柵工・丸太筋工	1 式	柵工・丸太筋工	1 式	
<山腹工2~4>		<山腹工2~4>		
法切工		法切工	108,400 m3	
切土法面緑化工		切土法面緑化工	52,200 m2	
土留工		土留工(鋼製枠) 590m	270 t	
柵工・丸太筋工		柵工・丸太筋工	1 式	
<湛水解消対策>		<湛水解消対策>		
NO.1流路工	260 m	NO.1流路工	260 m	シヅミクラ沢
NO.2流路工	630 m	NO.2流路工	630 m	ヒアヒクラ沢
NO.3流路工	1,150 m			地すべり右岸側
NO.4流路工	1,010 m	NO.4流路工	120 m	左側壁側末端部対策
NO.5流路工	1,430 m	暗渠工(小断面トンネル等)	150 m	"
帯工A	18 基	帯工A	5 基	
帯工B	1 基	帯工B	1 基	
帯工	87 基			
NO.1谷止工	1,400 m3	NO.1谷止工	1,400 m3	シヅミクラ沢
NO.1集水井工	36 m	NO.1集水井工	36 m	左側壁側末端部対策
排水ボーリング	152 m	排水ボーリング	152 m	
排水ボーリング	67 m	排水ボーリング	67 m	
NO.2集水井工	19 m	NO.2集水井工	19 m	"
排水ボーリング	70 m	排水ボーリング	70 m	"
NO.1仮排水路工	65 m	NO.1仮排水路工	65 m	"
NO.2仮排水路工	40 m	NO.2仮排水路工	40 m	"
湛水池ポンプ排水	2 式	湛水池ポンプ排水	1 式	"
仮排水路工	690 m	仮排水路工	690 m	地すべり右岸側流路
仮排水路工	1,340 m	仮排水路工	1,340 m	地すべり左岸側
<土砂流出対策>		<土砂流出対策>		
治山ダム工(鋼製枠)		治山ダム工(鋼製枠) 83	475 t	地すべり右岸側流路
護岸工(鋼製枠)		護岸工	300 m	"
緑化工		緑化工	66,000 m2	"
<作業道仮設>		<作業道仮設>		
A路線(頭部~残土処理場)	1,180 m	A路線(頭部~残土処理場)	1,180 m	1級林道規格2車線
B路線(A路線~末端部)	2,200 m	B路線(A路線~末端部)	2,200 m	2級林道規格
C~E路線	1,850 m			2級規格作業道

今年度実施中

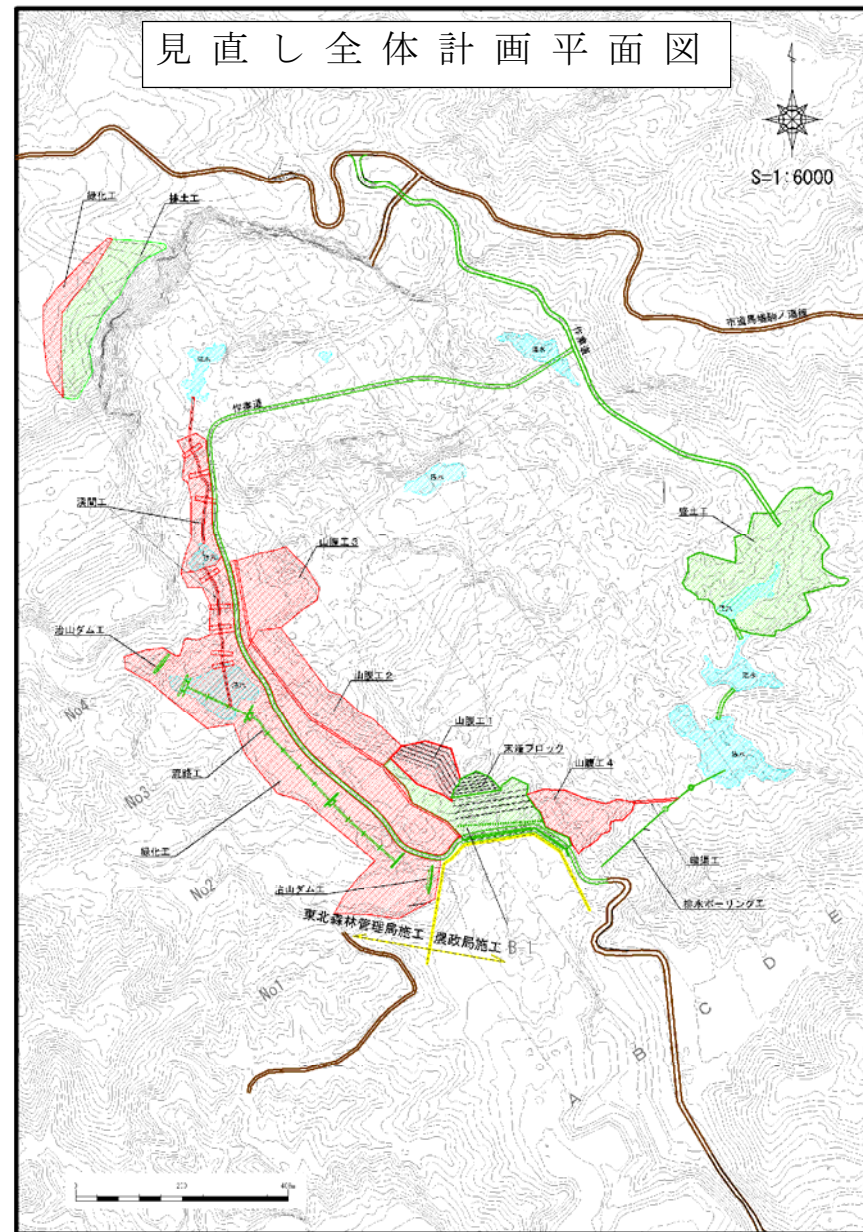
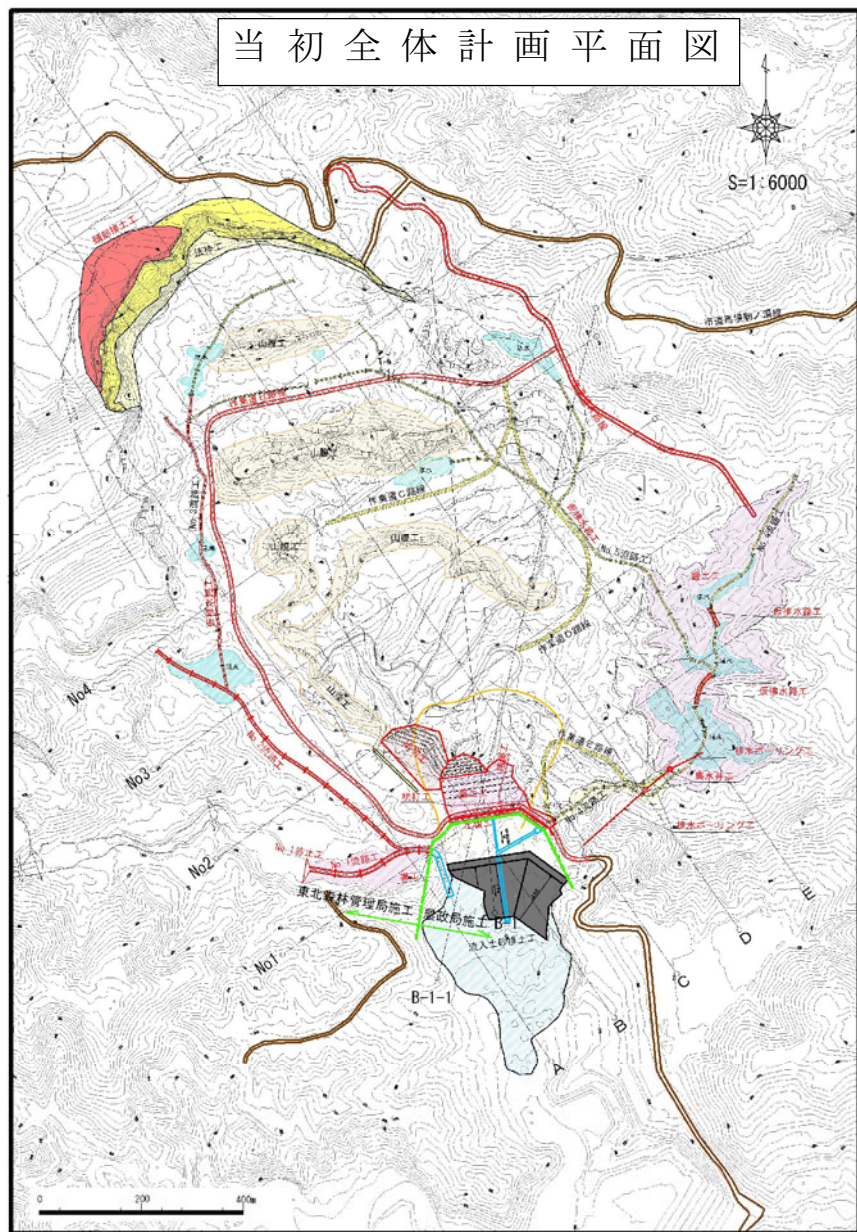






図 1.3.1 当初全体計画と見直し後の全体計画平面図

1.4 緑化手法の検討

1.4.1 既施工箇所の緑化状況

荒砥沢地すべりにおける緑化工事は、地すべり末端部付近の杭打工実施箇所背後の盛土箇所において、既に実施されている。今後の対策工の検討に先立ち、それらの既施工箇所の緑化状況を確認する。確認した結果は、表 1. 4.1としてとりまとめた。

表 1. 4. 1 荒砥沢地すべりの末端部付近における既設緑化工に関する検討

施工場所	施工場所の条件	緑化工法			緑化結果の評価
		緑化基礎工	緑化工	施工写真	
杭打工背後法面	盛切:盛土法面 土質:シラス系 勾配:1:2	丸太柵工 縦水路工 法肩集水路 法肩土砂扞止ネット	種子入り(牧草)緑化マット	 P1.丸太柵と緑化マットによる緑化状況  P2.法肩の集水路および土砂扞止ネット	【良い点】 ①ダム湖に近い牧草類による早期緑化されている。 ②緑化マットの敷設により大きな侵食は発生していない。 【改善点】 ①緑化の不良箇所がある。想定される原因は、 原因1.法面の一部が植物の根系伸張に支障がでるほどの土壌硬度になっている。 原因2.生育基盤としての養分が欠乏 原因3.表面侵食により緑化マット伏工の破損が著しい。 【今後の改善の方策】 ①法面の養分が少なく、土壌硬度が高い箇所が想定されることから、木本類を中心とした長期的な緑化につなげるためには有機質を含む植生基盤の導入が有利
緩勾配斜面	盛切:盛土 土質:シラス系 勾配:1:5前後	【当初施工】 縦水路 横工なし 【二次施工】 丸太筋工 現地発生木チップ敷設 (生チップ)	人為的種子導入なし	 P3.丸太筋工とリルの発達状況  P4.チップによるマルチング状況	【良い点】 ①伐採木の現場内活用を図っている。 【改善点】 ①当初の施工では筋工がなく、リルが発生して土砂が流出。 ②生チップを厚く敷設しており、表土がマルチングされた状態となっており、植生が定着できる状態になるまでに時間を要することも想定されるが、施工後間もないことから、今後の経過観察が必要である。 【今後の改善の方策】 ①施工地の経過観察を行ったうえで、緑化に時間を要するようであれば、種子や肥料の追加散布等を検討する。 ②裸地面積が広大であり、自然侵入植生だけに頼るのは厳しいので、在来種種子を低密度で導入し、斜面安定を図ったうえで、自然侵入植生による緑化に期待する。 ③早期の緑化と土壌養分の補給を目的として、肥料木本を植栽する。

1.4.2 植生が自然侵入するための条件

荒砥沢地すべり地内における現段階の自然侵入植生は、その侵入パターンが3つある。列記すると、

- a) 全域共通パターン（風散布植物侵入）
- b) 森林表土影響パターン（風散布植物＋元々の森林植生）
- c) 旧道路法面植生影響パターン（風散布植物＋道路法面緑化植物）

である。

これらの3つのパターンについて、模式的に示したのが図 1.4.1 荒砥沢地すべりの植生侵入パターン模式図である。

また、自然侵入による植生が活着する条件を整理し、それに対応した緑化工法について検討したのが、次ページの表 1.4.2である。

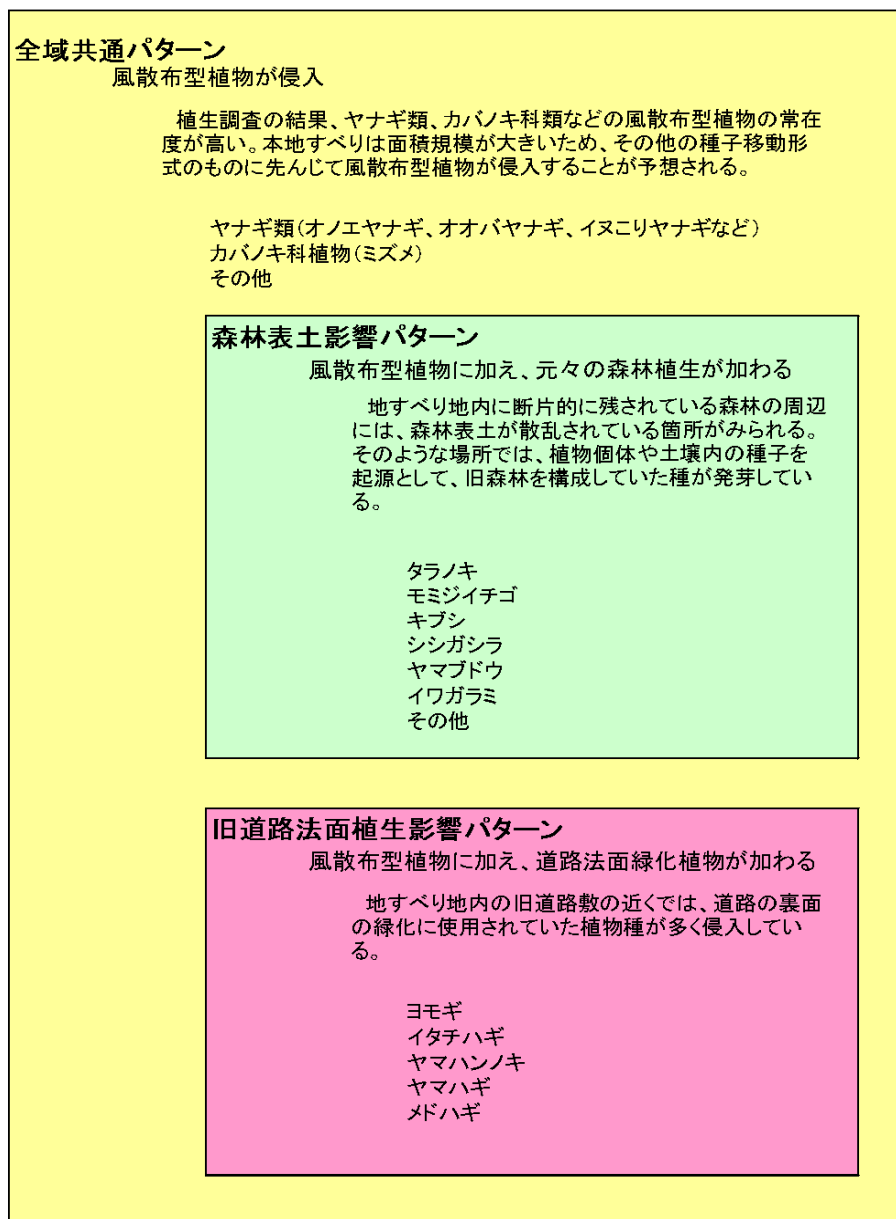


図1.4.1 荒砥沢地すべりの植生侵入パターン模式図

表1.4.2 植生の自然侵入を促進するためのポイントと緑化工法

植生自然侵入促進の条件	現地観察結果	対応工法
表土の安定	 <p data-bbox="517 687 951 714">倒木で表土が安定している箇所が発芽多い</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 等高線方向への緑化基礎工 丸太柵工 丸太筋工 ■ 侵食営力の低減 水路工 ■ 面的侵食防止対策 無種子マット 無種子マットの素材によっては、自然侵入植生の種子をキャッチしやすくする効果もある。
土壌水分の確保	 <p data-bbox="517 1084 951 1111">岩陰など乾燥しない条件で発芽個体数多い</p>  <p data-bbox="517 1435 976 1462">土壌が乾燥状態にならない箇所が発芽量多い</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 保水性高い植生基盤導入 保水性能に優れた素材を配合した植生基盤を導入する。 ■ 無種子マット 表土の安定効果だけではなく、水分保持の機能にも期待できる。
土壌養分の確保	 <p data-bbox="517 1778 1007 1805">森林表土がある箇所では発芽植生の生育が早い</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 養分バランスの良い植生基盤導入 森林植生の生育基盤として、物理性および化学性にすぐれた基盤を導入。

1.4.3 緑化手法の検討

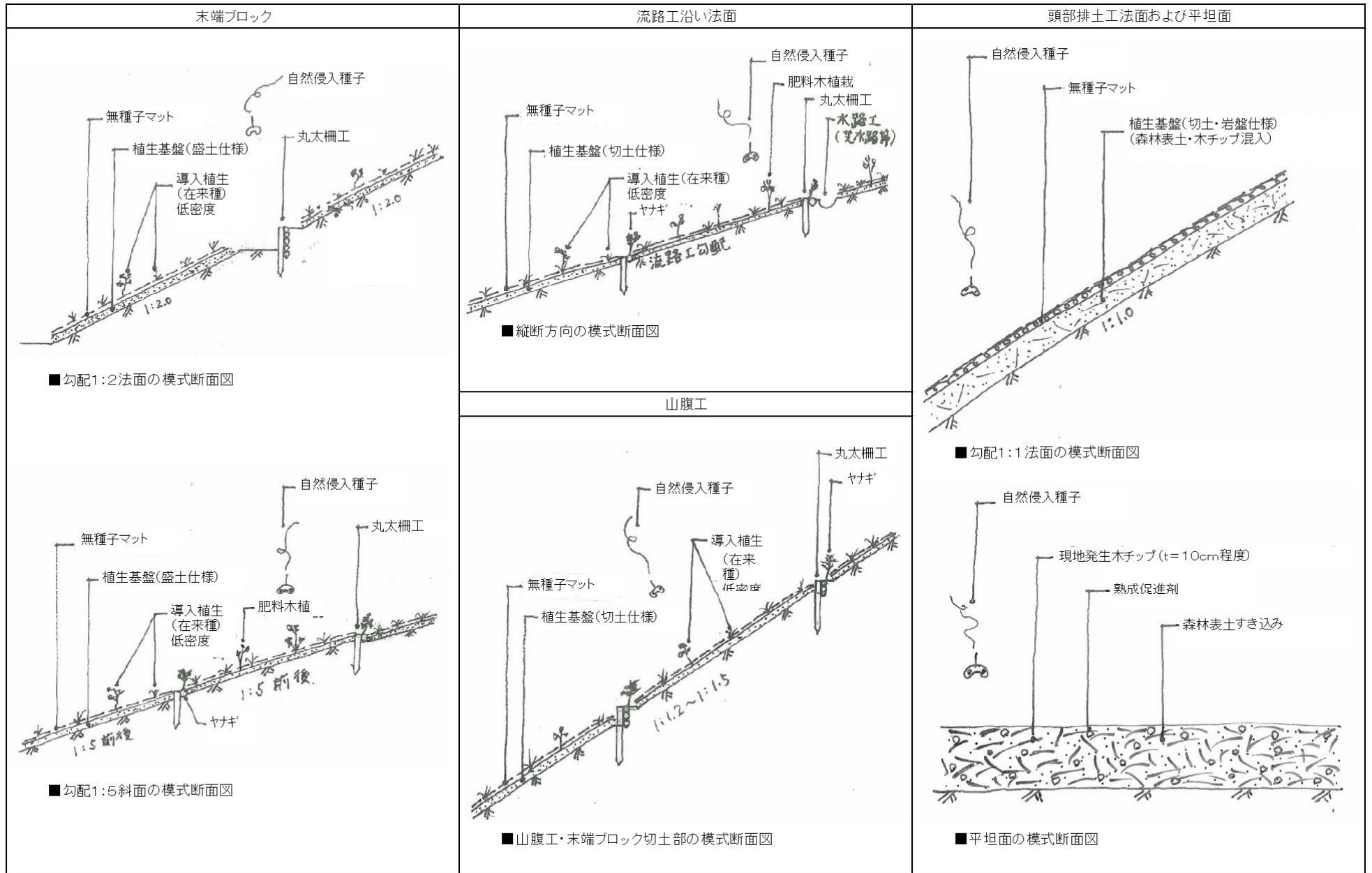
(1) 検討箇所別緑化手法

今後対策工を計画する箇所別に、緑化手法を検討した。検討結果は、表 1.4.3 として整理した。また、緑化手法のイメージは、表 1.4.4 荒砥沢地すべりにおける緑化工対策のイメージ図に模式図として示した。

表 1.4.3 荒砥沢地すべりにおける緑化工法検討表

緑化対象箇所	計画条件と課題	基本方針	緑化基礎工	導入植生	緑化工検討箇所位置図
①末端ブロック	盛土 急勾配 (1:2) 貧養分 受蝕性大きい 保全対象 (ダム湖) 近い	中速緑化 急速植生：低密度で在来種導入 緩速木本：自然侵入に期待	植栽基盤導入 盛土対応仕様 侵食防止対策 無種子マット	在来草本種子 ヨモギ、ヤマハギなど流通種子 成立期待本数は小さく設定 その他は自然侵入植生に期待	 <p>緑化対象箇所位置図</p>
②末端ブロック	盛土 緩勾配 (1:5前後) 貧栄養 受蝕性大きい 保全対象 (ダム湖) 近い	中速緑化 急速植生：低密度で在来種導入 個体繁殖 (挿木) 緩速木本：自然侵入に期待	植栽基盤導入 盛土対応仕様 侵食防止対策 無種子マット	在来草本種子 ヨモギ、ヤマハギなど流通種子 成立期待本数は小さく設定 肥料植物 (木本) 植栽 ヤマハシノギ、ヤシヤブシなど その他は自然侵入植生に期待	
③流路工沿い法面	切土 (一部盛土?) 緩勾配 貧養分 受蝕性大きい 周辺樹林帯が近い 土砂が流路工に流入	中速緑化 急速植生：低密度で在来種導入 個体繁殖 (挿木) 緩速木本：自然侵入に期待	植栽基盤導入 切土対応仕様 侵食防止対策 筋工多用+ムシロ伏せ (古典工法) or 筋工少量+無種子マット (新工法) ↓ 受蝕性が大きい地質であり、耐浸蝕性能に優れたマット工法 (新工法) の採用が有利	在来草本種子 ヤナギ類現地周辺採取枝 (筋工部) 肥料植物 (木本) 植栽 ヤマハシノギ、ヤシヤブシなど その他は自然侵入植生に期待	
④山腹工および末端ブロック (切土部)	切土 (一部盛土) 急勾配 (1:1.2~1.5) 貧栄養 土砂が流路工に流入	同上	同上 (勾配以外)	同上	
⑤頭部排土工法面	切土 急勾配 (1:1) 貧養分 伐採木発生 保全対象が遠い 表土ストックあり 周辺植生非常に近い	緩速緑化 森林表土活用 自然侵入種子活用 伐採木チップ一部利用	植栽基盤導入 切土岩盤対応仕様+森林表土活用 現地発生木チップを利用 侵食防止対策 従来植生基材+急速緑化植生 (従来工法) or 改良植生基材+無種子マット (新工法) ↓ 植生基盤の安定と自然侵入植生を活用できる新工法の採用が有利	種子導入なし 森林表土と自然侵入植生	
⑥当部排土平坦面	切土 平坦 貧養分 侵食ほとんどなし 保全対象が遠い 伐採木発生 表土ストックあり 周辺植生非常に近い	超緩速緑化 森林表土活用 自然侵入種子活用 伐採木チップ利用	表土散布 伐採木チップによるマルチング チップは10cm程度敷設・現地熟成 現地熟成には促進剤を添加し、植生の侵入が早期に実現できるようにする	種子導入なし 森林表土と自然侵入種子	

表 1.4.4 荒砥沢地すべりにおける緑化工対策のイメージ図



(2) 類似工法の施工例

荒砥沢地すべりにおける緑化手法として、大きく分けて『植生基盤と無種子マットを併用した緑化工法』と『牧草などの一般的緑化種子を用いない工法』の2つを取り入れる計画とした。ここでは、それらの工法の施工事例について示す。

事例は、次ページの表 1.4.5 に示すとおりである。

表 1.4.5 検討緑化工法の類似施工例一覧表

【植生基盤と無種子マットを併用した緑化工のイメージ写真】



■植生基盤の吹付



■無種子マットの敷設



■導入種子の発芽



分解型マット



非分解型マット

■無種子マットは侵食営力の大きさにより生分解型と非分解型を選択

【牧草などの一般的緑化種子を用いない工法による施工事例写真】

■完全に無播種の事例(森林表土の活用もなし)
大分県 林道切土法面



施工後1年3ヶ月の状況



施工後4年3ヶ月の状況

■無播種+森林表土活用
岐阜県 山腹工



施工後2年の状況



施工後4年9ヶ月の状況

■無播種+森林表土活用
鳥取県 林道切土法面



施工時の状況



施工後3年10ヶ月の状況