

森林作業道開設の手引き

ー土砂を流出させない道づくりー



独立行政法人 森林総合研究所

石川県農林総合研究センター 林業試験場

岐阜県森林研究所



目次

はじめに	3
土砂を流出させない道づくりのための対策	4

I 計画時 の対策

1. 緩傾斜斜面を選び、切土法面を低くする	6
<参考> 切土法面からは常に土砂が生産される	7
<参考> 急傾斜地では路体の崩壊が起こりやすい	7
2. 縦断勾配を緩くする	8
<参考> どのように土壌の侵食は起こるのか?	9
3. SR+を用いて土砂を出さない路線を計画する	10
4. ルート選定は谷から遠ざける	11

II 施工・作業時 の対策

1. 作業道からの排水は分散させ、ゆっくり流す	12
<参考> 濁水の流出を防ぐ林地の浸透能	13
2. 降雨時の作業は避ける	14
<参考> 濁水が透明になるために必要な距離は?	15

III 作業終了時 の対策

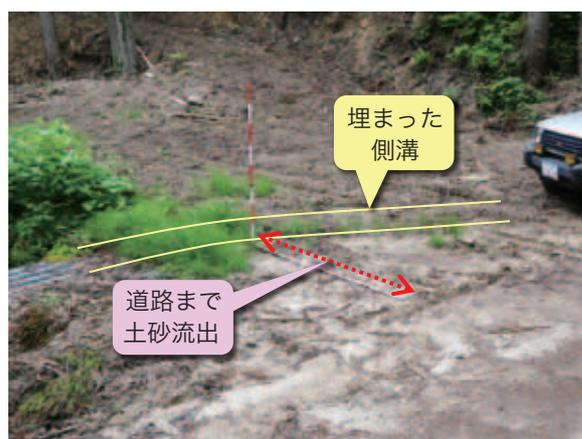
1. 枝条を利用して林外に土砂を出さない	16
<参考> 作業道の土砂流出はいつまで続くのか?	17
2. こまめに維持管理をする	18
<参考> 表土を活用して盛土法面を早期緑化する	18
用語解説	19
引用文献	19

はじめに

近年、林業では機械の導入による低コスト化を図るため、その基盤となる森林作業道(以降、作業道という)の開設が積極的に進められています。作業道を含めた林内路網整備は、平成21年度に国が公表した「森林・林業再生プラン」でも重要項目の1つになっており、全国の林業関係者が一体となり推進していくことが求められています。作業道の開設にあたっては、経済的、能率的であることはもちろんですが、地形の改変を伴うことから、土砂や濁水の流出などによる周辺環境への負荷が少ないことが求められます。

しかし、一部の作業道では、次のような事例が見られます。

- 作業道から濁水が流出したことによる飲料水の取水停止、養魚場への影響
- 作業道に接続する公道へ土砂が流出し、側溝等が閉塞(右写真)

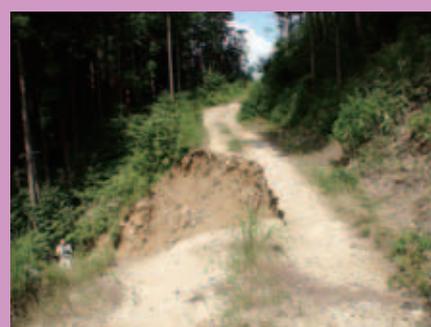
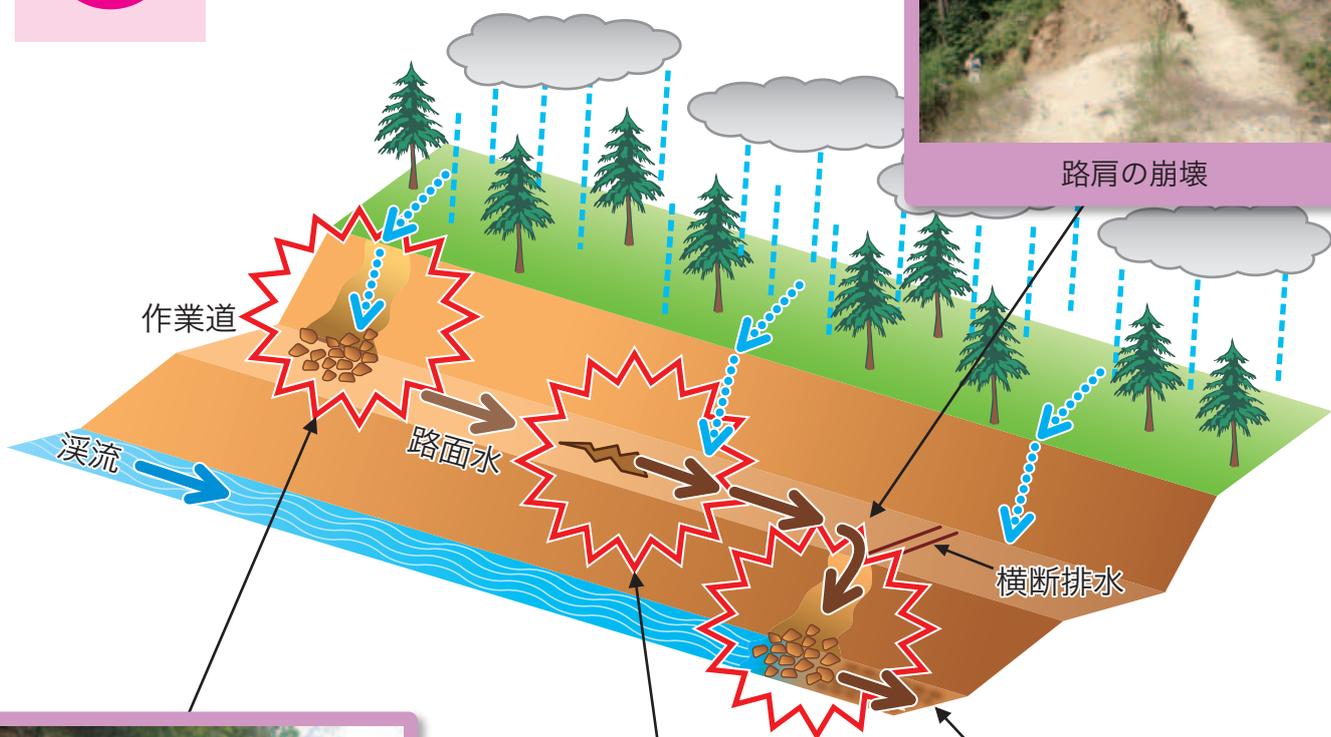


これらの事例は、計画時に適切なルートを選定する、施工・作業中、作業終了後の作業道の水の流れをコントロールすることで防ぐことができます。作業道の整備をスムーズに進めていくためには、これらの被害を未然に防ぐための適切な対策が求められます。

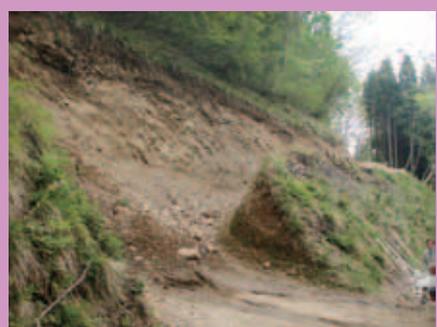
この手引きでは、土砂や濁水を流出させない道づくりを進めるための対策と、注意すべきポイントなどを紹介しています。この手引きを参考に現場をよく観察し、地域の気候や地質に応じた適切な対策を講じてください。

土砂を流出させない道づくりのための対策

対策前



路肩の崩壊



法面の侵食・崩壊



路面侵食



土砂・濁水の流出

対策後



降雨時の作業を避ける → P14

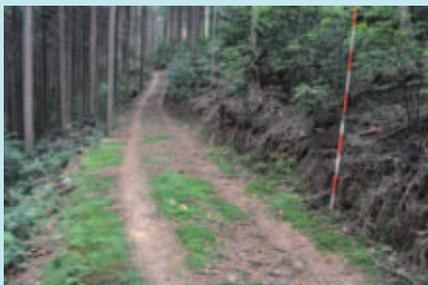
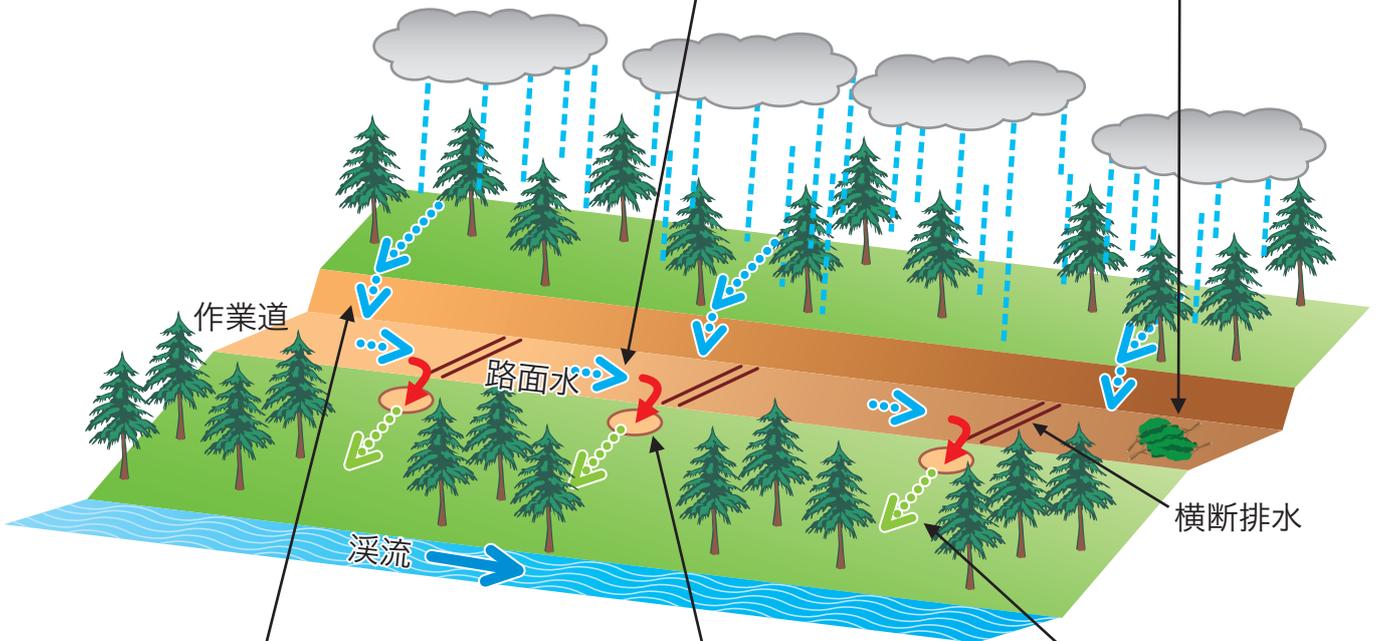
作業道を溪流から離す → P11



緩い縦断勾配 → P8



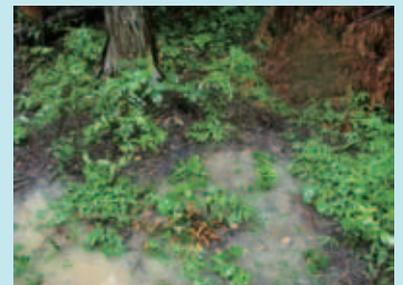
枝条による路面保護 → P16



低い切土法面 → P6



沈砂池 → P12



林地への浸透 → P13

1. 緩傾斜斜面を選び、切土法面を低くする

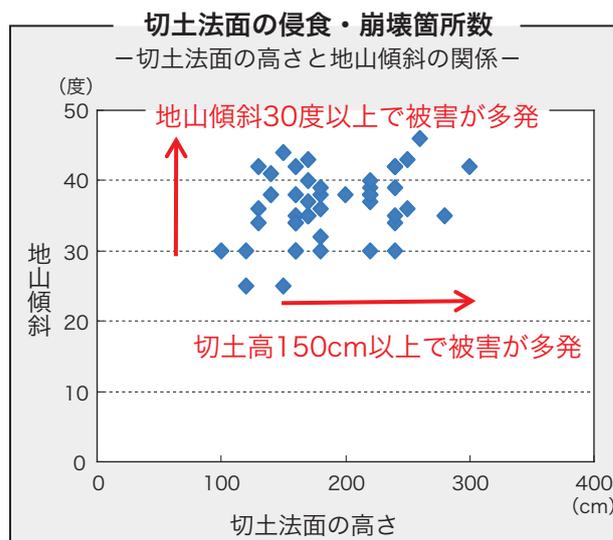
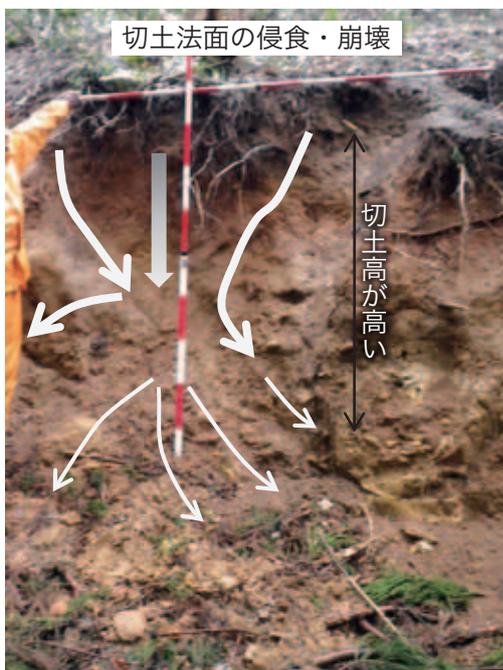
■ 方法

- 切土法面の高さを最大150cm程度までとします。
- 傾斜の緩い斜面(30度未満)に開設します。

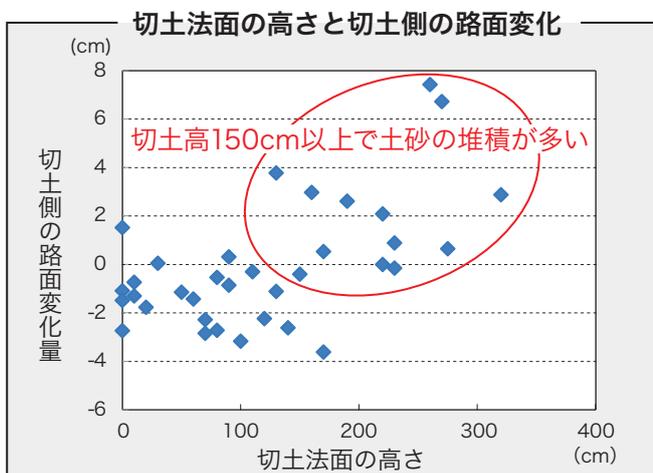


■ なぜ？

- 切土法面は侵食・崩壊を続け、大量の土砂が発生します。
- 地山傾斜は30度以上、切土法面は150cm以上で崩壊の被害が多発しています。

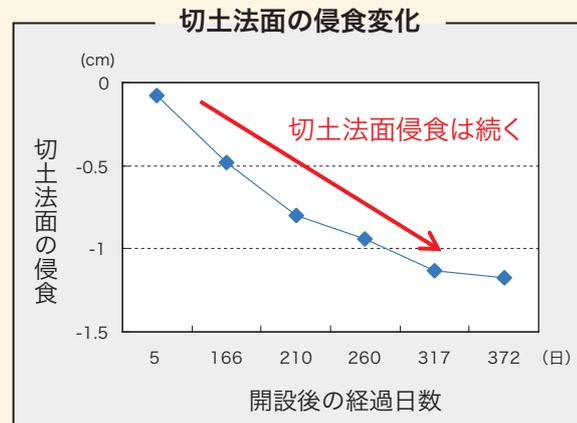


切土法面の崩壊箇所を調査した結果、崩壊の8割以上が切土高が150cm以上で起こっています。また、地山傾斜が30°を越えると崩壊が多く見られるようになります。また、開設1年後の切土側路面の平均路面高を調査した結果、法面の高さが大きくなるほど、切土側の路面に法面の侵食土砂が堆積することが分かりました。切土側の側溝はすぐに埋まると考えられますので、切土高が高い場合は、こまめな維持管理が必要です。



〈参考〉

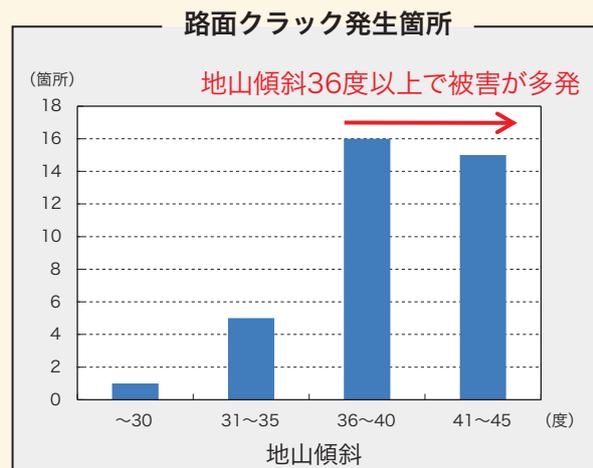
— 切土法面からは常に土砂が生産される —



開設直後から1年間、切土法面の侵食程度を調査した結果、**切土面は常に侵食され続け、路面へ土砂を供給し続けます。**開設後30年以上経過した路線でも侵食が見られます。

〈参考〉

— 急傾斜地では路体の崩壊が起こりやすい —



路面のクラック箇所を調査した結果、**地山傾斜が36度以上になるとクラックが多く見られ、一部では路体の崩壊も見られます。**また、多くのクラックは盛土・切土の境目付近で起こっています。このような被害は、急傾斜地を避けた路線選定や、路体の施工・排水を適切に行うことで避けることができます。

2. 縦断勾配を緩くする

■ 方法

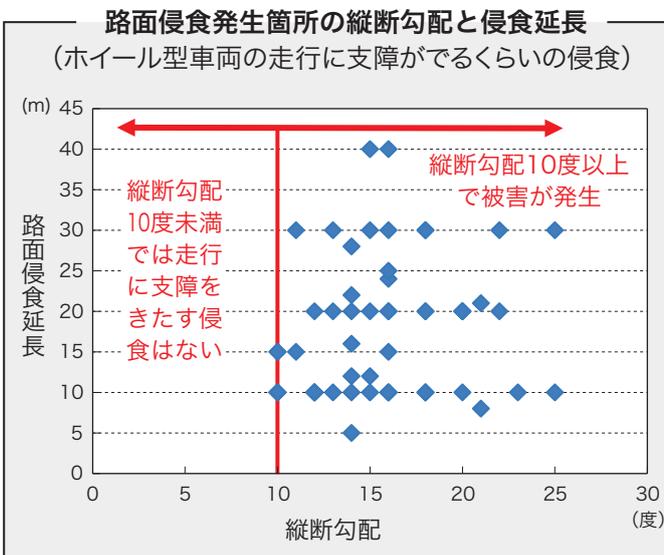
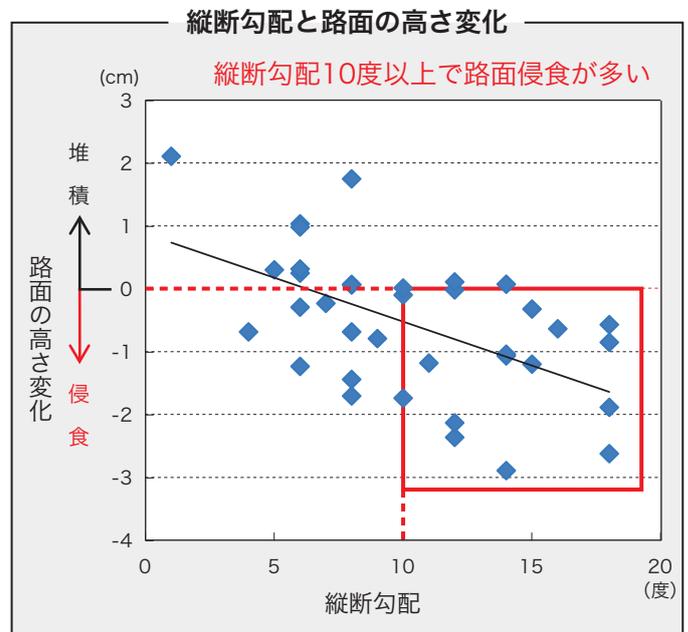
- 路線選定の際に、作業道の縦断勾配を10度(18%)以下に抑えます。
(マサ土などの侵食されやすい土質の場合はさらに緩くする必要があります)

■ なぜ？

- 縦断勾配が10度以上の路線では、特に路面侵食が起こりやすくなります。



路面が侵食された作業道



縦断勾配と路面の高さ変化を調査した結果、縦断勾配が4度(7%)を超えると路面が侵食されるようになり、縦断勾配が大きくなるほど、侵食される量(侵食の深さ)が大きくなることが分かりました。また、ホイール型車両の走行に支障がでるほど路面が侵食された箇所の縦断勾配を調べた結果、**10度(18%)以上で被害が発生している**ことが分かりました。

■ やむをえず縦断勾配が大きくなる場合の対処



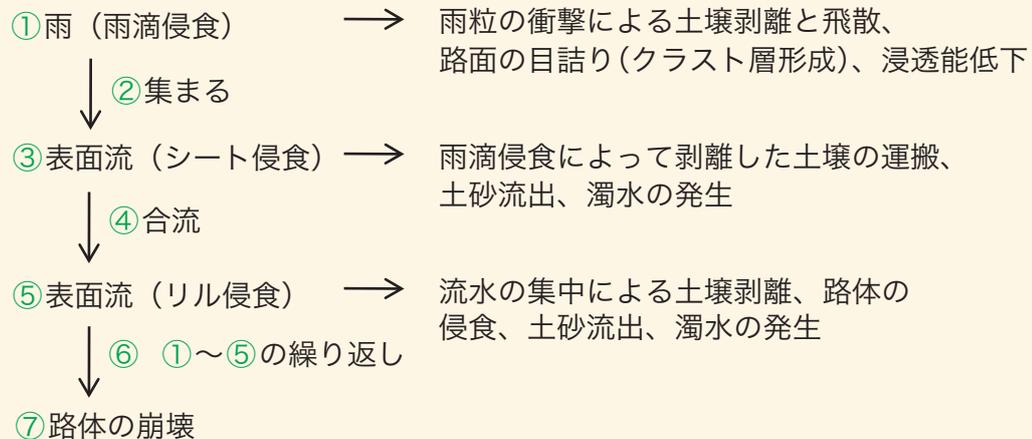
波形勾配を採用した作業道

縦断勾配が大きくなってしまふ場合は、敷砂利などの簡易な路盤工を行うと侵食を抑えることができます。また、枝払い時の枝条を路面に散布することも効果的です(詳細はP16参照)。ただし、路面の枝条はホイール型車両の通行に支障をきたすこともあるため、注意が必要です。こまめな横断排水溝の設置や、波形勾配を採用することでも侵食を抑えることができます。

〈参 考〉

— どのように土壌の侵食は起こるのか? —

・ 土壌侵食は次のような過程で起こります。

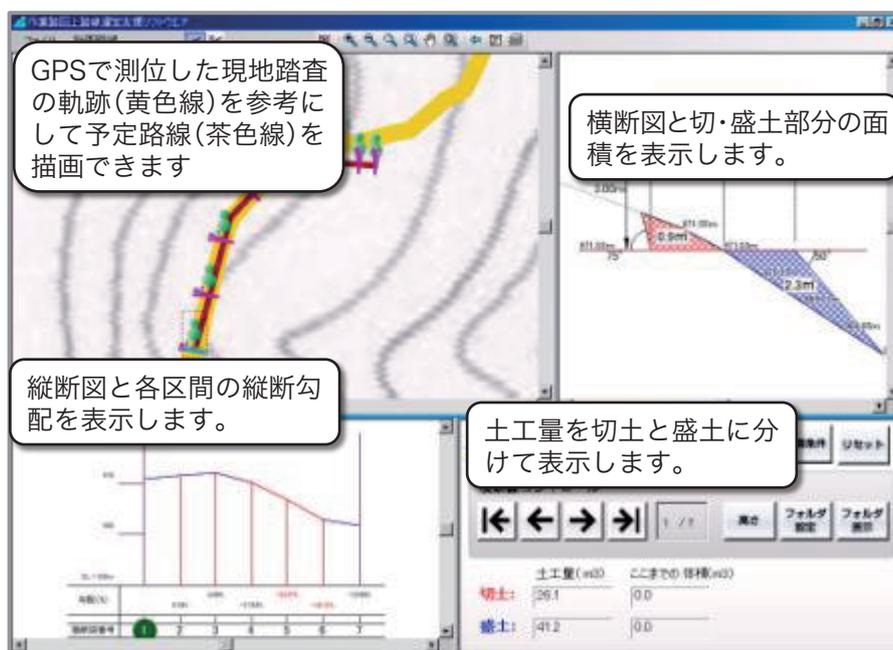


裸地化した作業道では、通常の降雨であれば①あるいは①～③が起こります。しかし、強い雨になると①～⑤が起こります。降雨強度が強くなると、①雨滴侵食量、③シート侵食量、⑤リル侵食量のいずれも多くなります。①～⑤が繰り返されたあと非常に強い降雨があると、リル侵食によってできた路体の溝が深まり、路体が崩壊する場合があります。

水が集まると、そのエネルギーは制御できなくなります。このため作業道では、水を集中させて排水するのではなく、**水を分散させて排水することが非常に重要**となります。また、**法面の侵食は開設後数十年経過しても続く**場合もあります。土砂を林外へ出さないためにも、路面保護による雨滴侵食防止や、表面流の集中を防ぐこまめな排水を行うことが重要です。

3. SR+を用いて土砂を出さない路線を計画する

■ SR+（森林作業道支援ソフト）とは



SR+の画面

SR+ (森林作業道支援ソフト)は、画面上にマウスで描いた予定路線の縦・横断面図を表示し、切・盛土量を計算します。これらを参考に**比較路線の検討**、**線形の修正**を行い、土工量が少なく、土砂を流出させない路線を計画できます。

■ SR+の機能

- 路線作図
- 幅員設定
- のり面勾配設定
- 路面高さ設定
- 縦・横断面図作成
- 切・盛土量算出
- GPSデータの入・出力
- 縦・横断面図の画像出力

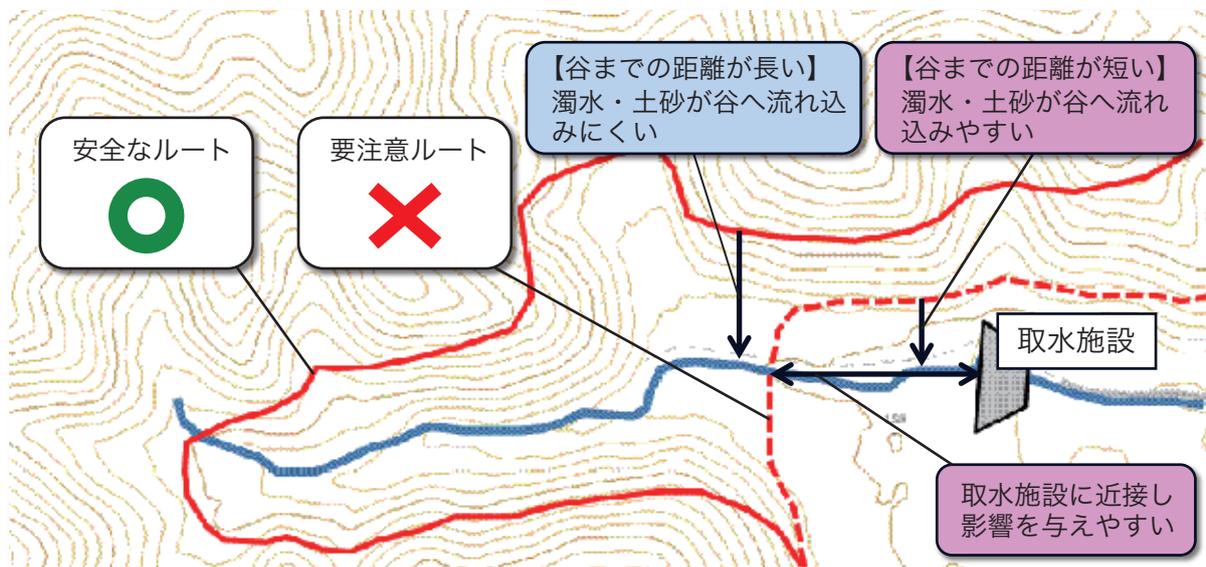
■ SR+の動作環境

SR+は無償で提供いたしますが、使用にあたっては、SIS ActiveX Modeller 7.0 SR2(株式会社インフォマティクス)が必要となります。

4. ルート選定は谷から遠ざける

■ 方法

- ルート選定は谷からできるだけ離し、濁水・土砂が谷へ直接流れ込まないようにします。
- 下流に取水施設や養魚場などがある場合には、作業道から流出する土砂の到達距離（P13参照）や、濁水の影響範囲（P15参照）に留意します。



■ なぜ？

- 路面水など作業道からの濁水が溪流へ直接流入すると、溪流が濁り、下流域の飲料用取水、養魚場等に被害を与える恐れがあります。



路面から溪流へ直接流れ込む濁水

■ やむを得ず保全対象に近接したルートを選択する場合の対処

この手引きで紹介されている土砂流出防止対策(沈砂池など)を活用し、保全対象に被害を与えることがないように十分に配慮しましょう。

1. 作業道からの排水は分散させ、ゆっくり流す

■ 方法

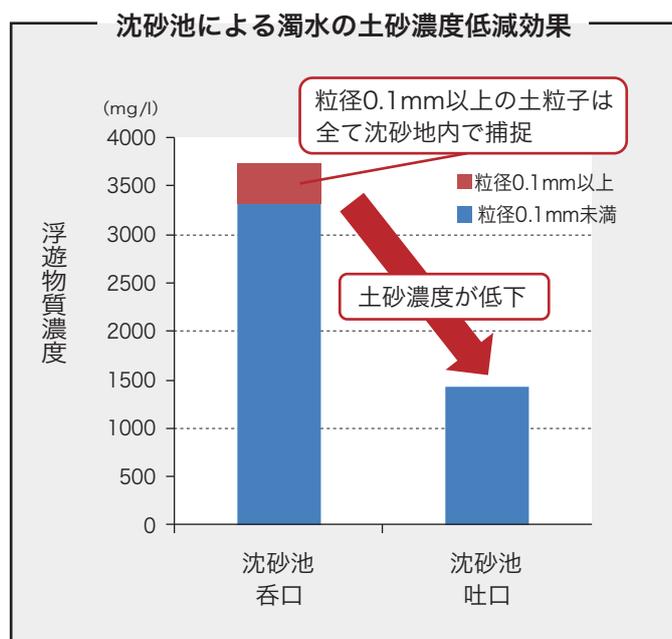
- 作業道からの排水は横断溝などによりできるだけ分散させます。
- 排水先には沈砂池などを活用して、ゆっくり流します。
- 沈砂池の周りを枝条で囲むと、濁水中の土砂の流出を防ぐ効果が期待できます。



横断溝による分散排水と流末に設置された沈砂池

■ なぜ？

- 排水を集中させると地表面が侵食され、土砂流出や濁水が発生しやすくなります。
- 濁水は沈砂池などにより流速を緩やかにすることで、濁水中の土砂が沈み、土砂濃度の低下が期待できます。
(右図参照)
- 粒径0.1mm以上の土粒子(主に砂)は、沈砂池による流出の抑制が可能です。



〈参 考〉

－濁水の流出を防ぐ林地の浸透能－

表土が下層植生や落葉落枝に覆われている安定した林地では、水を速やかに地中へしみこませる「高い浸透能」が確認できます。

沈砂池などの土砂・濁水防止対策と併せて、さらに濁水の流出を抑えたい場合には、この林地の浸透能の活用が効果的です。

ただし、作業道から林地へ排水する場合には、下の留意点を参考に、排水に適した箇所を慎重に選定してください。



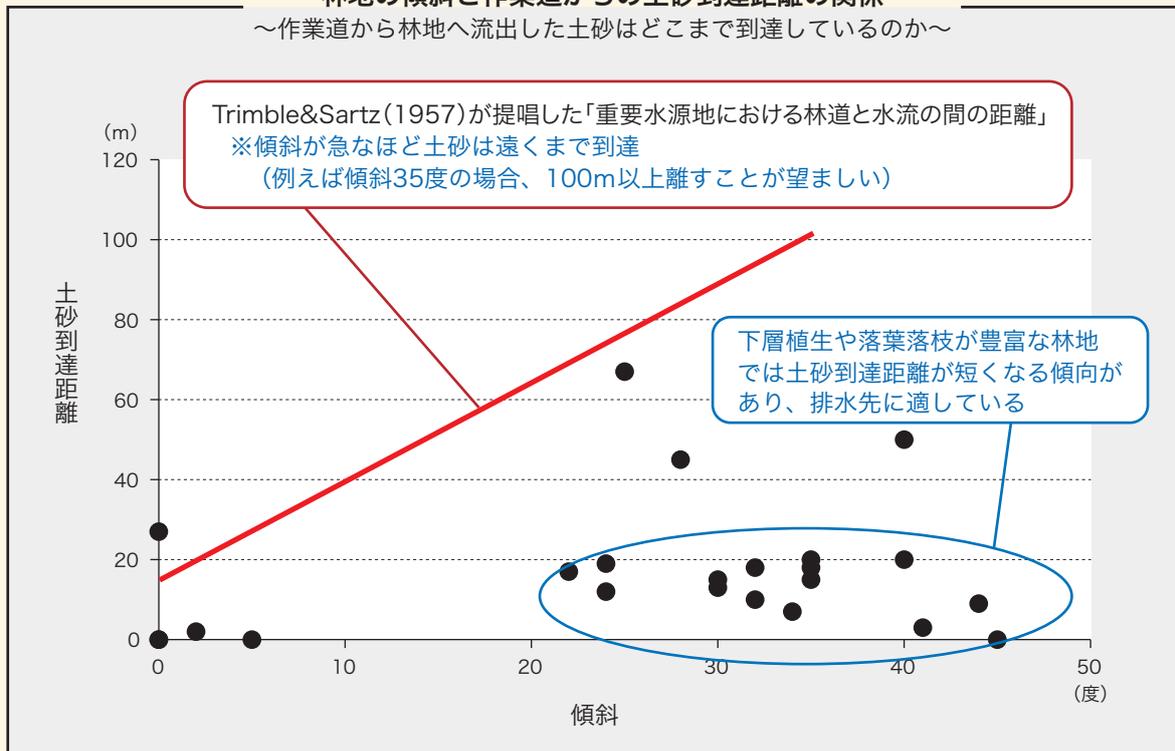
安定した林地へ浸透する濁水

林地への排水の留意点

- 落葉落枝が少なく表土が流亡していたり、傾斜が急な林地は避ける。（下図参照）
（排水先は下層植生や落葉落枝が豊富な林地が適している）
- 排水をできるだけ分散させ、沈砂池などにより土砂濃度をできるだけ低下させてから流す。

林地の傾斜と作業道からの土砂到達距離の関係

～作業道から林地へ流出した土砂はどこまで到達しているのか～



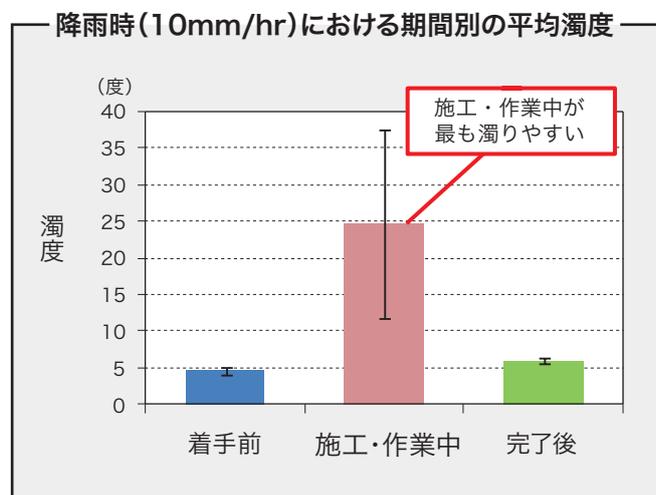
2. 降雨時の作業は避ける

■ 方法

- 土工などの作業は、降雨時をできるだけ避けるようにします。

■ なぜ？

- 土砂は主に水によって、下流へ移動します。
- 掘削作業や車両走行は、土砂を緩ませ動きやすくします。
- 水の流れが発生する降雨時に作業を行うと、土砂や濁水が下流へ流出しやすくなります。



■ 常に水が流れている谷を渡る場合の対処

常に水が流れている谷を渡る場合には、作業道から発生した濁水が流出しやすくなります。このため、濁水の影響範囲（P15参照）や保全対象までの距離などを十分考慮して濁水による被害を与えないよう注意が必要です。なお、谷の中で作業を行う場合には、パイプなどを用いて一時的に廻水すると作業中の濁水の発生を抑えることができます。



洗越施工における廻水の状況

〈参考〉

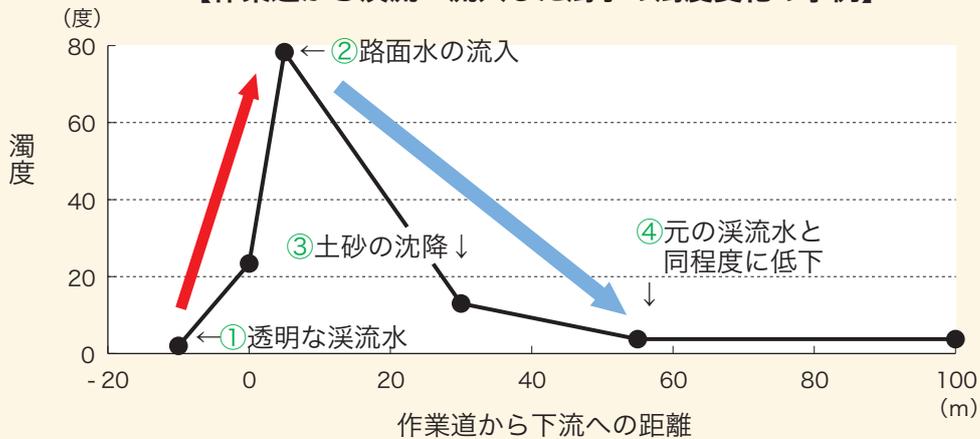
－濁水が透明になるために必要な距離は？－

作業道から流出した濁水は、その下流に新たな濁水の供給がなければ、ほとんどの場合、次第に濁度(濁りの程度)が低下して行きます。これは、流下途中の淵などで流速が減少することによる濁水中の浮遊土砂の「沈降効果」や、合流したきれいな渓流水による「希釈効果」が大きく寄与しています。

では、作業道から発生した濁水が透明になるために必要な流下距離はどのくらいなのでしょう。作業道から発生した濁水の濃度や濁水が流下する渓流の状況により差がありますが、先に述べた「流速の減少による浮遊土砂の沈降が期待できる箇所」や下流に「水量が豊富で濁りのない渓流の合流箇所」が多いほど、より短い距離での濁度の低下が期待できます。

実際に作業道から発生した濁水の濁度変化を調査したところ、元の透明な渓流水にもどるまでに約60mの流下距離を要した事例がありました(下図参照)。なお、渓流内の掘削作業などにより濁度が著しく大きくなる場合には、濁りの影響が数百メートル下流にまで及ぶこともあります。

【作業道から渓流へ流入した濁水の濁度変化の事例】



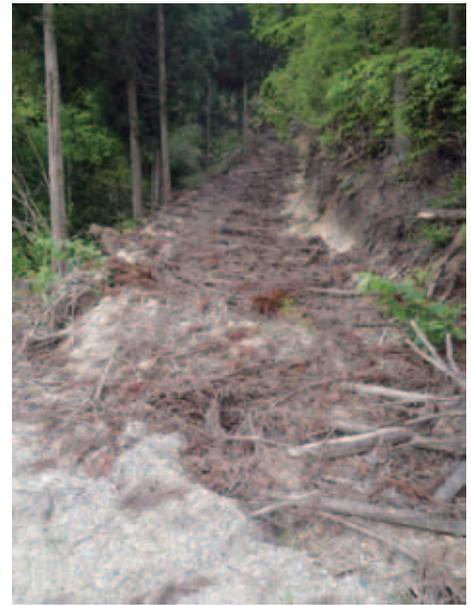
1. 枝条を利用して林外に土砂を出さない

■ 方法

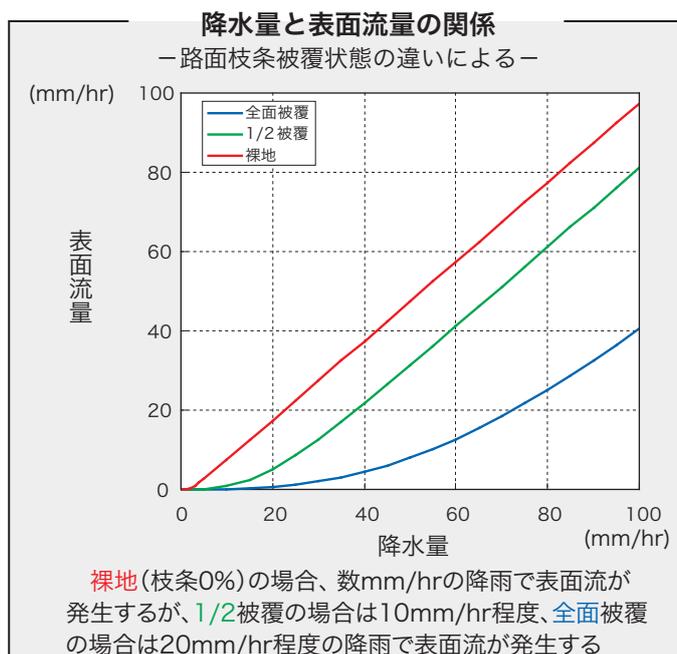
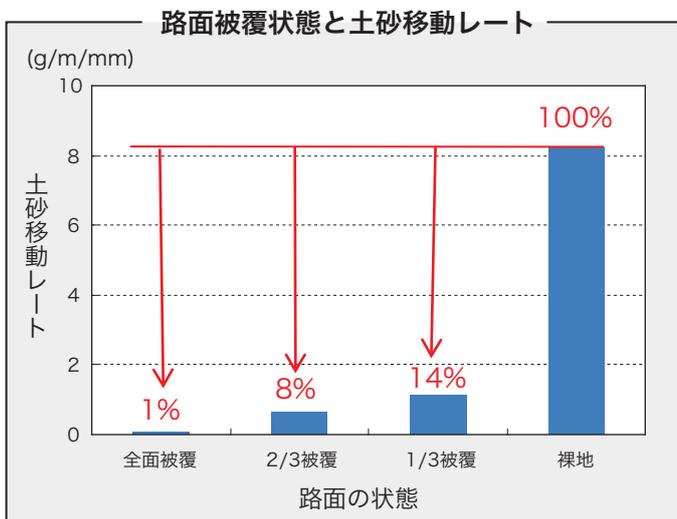
- 枝払い時に発生した枝条を路面等の裸地部分に散布します。
※枝条とは通常は枝だけを示しますが、ここでは枝払いにより発生した葉付きの枝とします。

■ なぜ？

- 裸地化した箇所を枝条で覆うことが、雨滴侵食・表面流・濁水発生の防止になります。



路面に枝条を散布した作業道



使用後の作業道路面に枝条を散布すると、**路面侵食・濁水の発生を防ぐ**ことができます。枝条を散布した場合の侵食量を調査した結果、路面全面に枝条を密に散布すると、土砂の移動を裸地の**1%程度に軽減**させることができます。また、枝条を散布することで、**表面流が発生しにくく**なります。

枝条散布の方法は、使用後の路面のわだちなどを無くし、薄く広く路面に枝条をまくだけです。グラップルを使用したスギの枝条散布作業では、**20秒/m程度**かかりました。

■ 枝条散布の作業手順 (グラップル使用)

- ①枝条を散布したい箇所の周辺に枝払いで発生した枝条をあらかじめ集積しておきます。
 - ②集材後、路面のわだちなどを無くします。この時、2m程度の端材を使用し、文鎮で紙のシワを延ばすような要領で行うとよいでしょう。
 - ③枝条を均等に路面へまきます。
 - ④グラップルを丸め、枝をたたき、ならすと、歩きやすくなります。なお、枝条散布を優先する場所は、公道入り口、沢周辺、縦断勾配・地山傾斜の急な場所、切土法面の高い所、盛土法面の長い箇所です。
- ※スギ林でもヒノキ林でも通常の利用間伐であれば、路面すべてを覆う枝条量は十分にあります。



端材を利用したわだちなどの整地

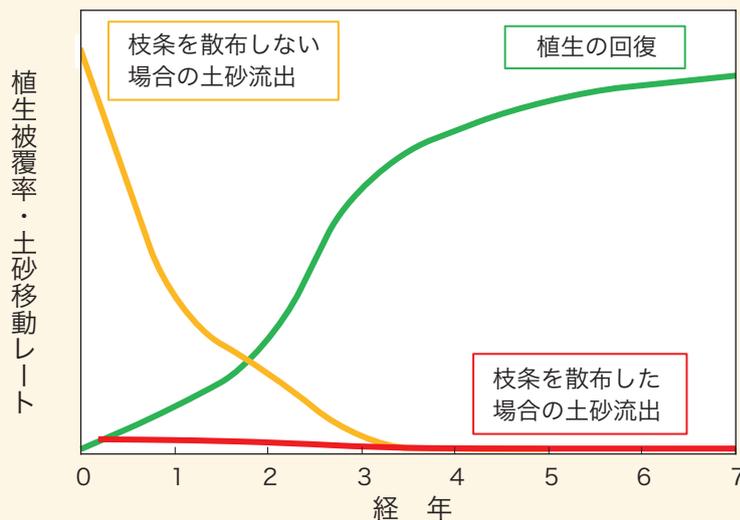


枝条散布の様子

〈参 考〉

－作業道の土砂流出はいつまで続くのか？－

路面の土砂移動レートと植生の経年変化



適切な条件で開設され、その後使用されていない作業道では、枝条を散布しても裸地のままでも、開設後概ね3年程度で路面全体が植物に覆われます。ただし、谷部分はこれより早く、尾根部分は遅くなります。植生が回復した路面からはほとんど土砂が流れません。しかし、枝条を散布していないと、開設直後から2年目までは、多くの土砂が流れ出します。枝条で路面を覆うことは、初期の土砂流出に関して非常に有効であることがわかります。

2. こまめに維持管理をする

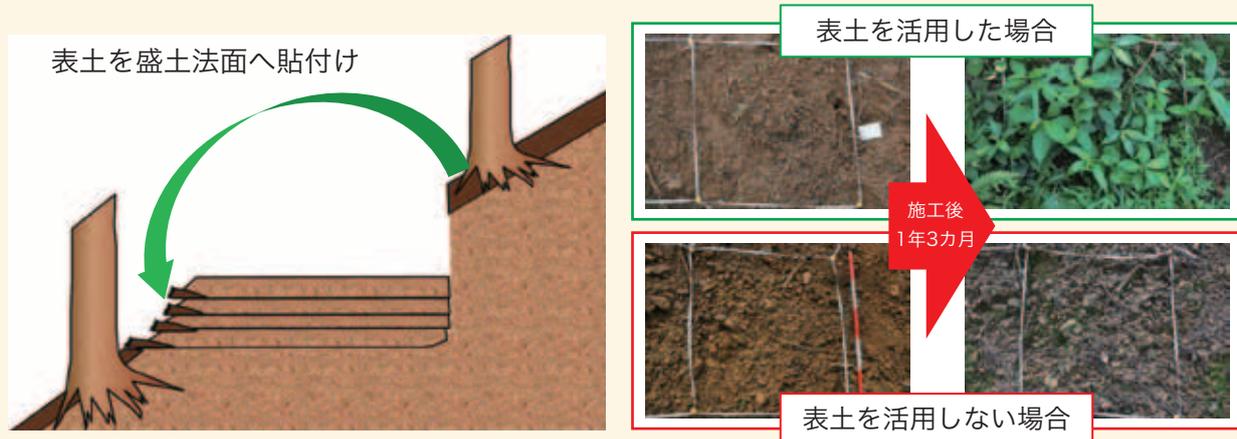
■ 方法

土砂を流出させない道づくりは適切なルート選定と適切な流出防止対策が大切ですが、長期にわたり土砂を流出させない道とするためには、こまめな維持管理が必要です。

- 横断溝・波形勾配による分散排水を確実にを行い、水の大量集中箇所を無くします。
- 路面等の裸地部分への枝条散布、盛土法面の早期緑化を行い、土砂が露出した地面を少なくします。
- 路面・切土法面は必ず侵食が起こりますので、堆積土砂の除去や路面のわだちなどを無くす補修をします。

〈参考〉

ー表土を活用して盛土法面を早期緑化するー



黒っぽい土壌層である表土は、腐植層に富み、埋土種子や植物根系を含みます。これを盛土法面に貼付けることにより、盛土法面の早期の植生導入が促されます。植生は土砂、濁水の流出低減に有効です。

用語解説

【浸透能】

水のしみ込みやすさ。一定時間に地表面に浸透する雨水の量。

【雨滴侵食】

落下する雨滴の衝突によって地表面を作る土壌粒子が削剥、跳ね飛ばされることによる侵食。

【クラスト層】

土壌表面に形成される薄い細粒物質の集積層のこと。この皮膜が形成されると浸透能が劇的に低下する。

【シート侵食(面状侵食)】

雨滴の衝突によって剥離された土壌粒子が表面流によって運搬されること。

【リル侵食】

表面流の集中によって強い流水が発生し、流水の力で土壌が剥離・運搬され、浅い溝ができる侵食のこと。

引用文献

- 「How far from a stream should a logging road be located?」 Trimble G.R. & Sartz R.S.、Journal of Forestry、55、1957
- 「簡易作業路における土砂流出量の実態と抑制方法」小倉晃ら、中部森林研究、57、2009
- 「山地小流域における作業路開設時の濁水発生について」杉山正典ら、中部森林研究、57、2009
- 「路網開設による濁水流出の実態について」臼田寿生ら、中部森林研究、58、2010
- 「現地散水試験による枝条被覆した作業路の浸透能の測定」小倉晃ら、石川県林試研報、43、2011
- 「簡易作業路の土砂流出特性」小倉晃ら、中部森林研究、59、2011
- 「森林作業道の路線選定を支援する」鈴木秀典、季刊森林総研、17、2012
- 「作業道における表土ブロック積み工法の法面保護効果」臼田寿生、機械化林業、703、2012

この手引きは、農林水産技術会議「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」において実施されている「間伐促進のための低負荷型作業路開設技術と影響評価手法の開発」(平成21～24年度)における研究成果の一部を取りまとめたものです。手引きに関するお問い合わせは、下記までお気軽にお尋ね下さい。

本誌掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。

問い合わせ先

独立行政法人 森林総合研究所 編集刊行係

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1

TEL 029-829-8135

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/>

E-mail kanko@ffpri.affrc.go.jp

石川県農林総合研究センター 林業試験場 小倉 晃

〒920-2114 石川県白山市三宮町ホ1

TEL 076-272-0673 FAX 076-272-0812

<http://www.pref.ishikawa.lg.jp/ringyo/>

E-mail fes@pref.ishikawa.lg.jp

岐阜県森林研究所 白田寿生

〒501-3714 岐阜県美濃市曾代1128-1

TEL 0575-33-2585 FAX 0575-33-2584

<http://www.forest.rd.pref.gifu.lg.jp/>

E-mail c25108@pref.gifu.lg.jp

森林作業道開設の手引き

ー土砂を流出させない道づくりー

2012年11月発行

編集・発行

独立行政法人 森林総合研究所 林業工学研究領域

石川県農林総合研究センター 林業試験場

岐阜県森林研究所