



長野県 森林作業道 作設マニュアル

平成23年1月

長野県作業路作設マニュアル作成検討委員会編
監修：長野県林務部



III マニュアル作成にあたって

森林路網は、森林の多面的機能を持続的に発揮していくための基盤であるとともに、林業経営を支える基盤でもあります。

これからの森林路網の整備に当たっては、戦後、営々と造成されてきた人工林を中心に森林資源が成熟、充実する状況の中で、森林の多面的機能を持続的に発揮させつつ、生業としての林業に主眼を置き、路網を計画していくよう意識を切り替えていく必要があります。

林業の収益性向上のためには、生産性の向上による低コスト化が必要であり、そのためには路網と各種林業機械の合理的な組合せによる生産性の高い作業システムの構築が重要です。そして、作業システムを機能させていくための作業用の道と、木材の輸送コスト縮減のためトラックが走行可能な道とを一体的かつ有機的に整備し、合理的な路網を構築し、林業全体の生産性を向止させていくことが必要です。そのためには、整備する路網は、‘丈夫で簡易な、使いやすい’道づくりを適切かつ有効に行うことが必要となります。

今回、長野県森林整備加速化・林業再生協議会と長野県は、作業システムを機能させていくための作業用の道である「森林作業道」について、県内各地の実績、事例収集を行い、基本的な作設の工程と、工種・工法について取りまとめた「長野県森林作業道作設マニュアル」を作成しました。

日本アルプスが象徴するように、東西日本が合体する境にあって日本の中心に位置する長野県の複雑な地質・地形条件は、全国のまさに縮図であるといっても過言ではありません。‘丈夫で簡易な、使いやすい’道づくりにとって、画一的な作設方法では対応することができません。適切な判断と現場の工夫が求められます。本マニュアルは、様々な条件に適応する工種・工法を記載し、現場で活躍される技術者の皆さんが実施、また参考として利用していただける内容に取りまとめています。

昨年11月17日に制定された森林作業道作設指針によれば、今後、各都道府県では、地域に即した同様のマニュアル・指針を作成するよう定められています。本マニュアルは、かねてより準備、検討されてきたものではありませんが、このたび、はからずも全国のさきがけとして、長野県の地域特性を考慮して作設技術等を取りまとめたことはその意義も大きく、全国関係各位の理解と普及の一助となることを願うものです。

今後の長野県の森林・林業の発展、さらなる森林路網の構築のためにも、最新の事例や成果を取り入れた本マニュアルが実際の森林整備に生かされ、持続的な森林づくりの大きな原動力となることを願います。

平成23年1月

長野県作業路作設マニュアル作成検討委員会
委員長 酒井 秀夫
東京大学大学院農学生命科学研究科教授

目次

マニュアル作成にあたって

長野県作業路作設マニュアル作成検討委員会

委員長 酒井 秀夫

東京大学大学院農学生命科学研究科教授

■ はじめに

はじめに	1
------	---

■ 基礎・共通編

1 基本・共通事項	4
1-1 「森林作業道」とは	4
1-2 森林作業道作設の目標	5
1-3 作設地域の自然特性の把握	6
1-4 地形・傾斜の把握	6
1-5 地質と崩壊地	10
1-6 土壌	14
1-7 気候・気象	16
1-8 作業システムと森林作業道	18
1-9 幅員の決定	21
1-10 平面線形	24
1-11 曲線半径	25
1-12 縦断線形	26
1-13 縦断勾配	27
1-14 路体構築	29
1-15 路体の横断勾配	31
1-16 路面（路盤）	32
1-17 排水対策	32
1-18 待避所・車廻し・作業ヤード	33
2 配置・測量	35
2-1 路線配置	35
2-2 現地踏査	36
2-3 予測	36
2-4 測量・設計	36
3 森林作業道の維持と環境への配慮	37
3-1 壊れにくい道と維持	37
3-2 地形改変による自然環境への影響	39

■ 施工・技術編

「施工・技術編」の流れ	44
標準的な路体構築の方法	45
4 施工	47
4-1 施工時期	47
4-2 伐開	49
4-3 伐採木の活用	52
4-4 除根	52
4-5 伐根の活用・処理	54
4-6 表土の剥ぎ取りと利用	56
4-7 土工（土質の判定）	58
4-8 土工（切土・盛土の配分）	59
4-9 土工（土砂流出防止）	61
4-10 切土（掘削）	62
4-11 切土（法切勾配）	63
4-12 切土（切取法面の処理）	67
4-13 盛土（基本事項）	68
4-14 盛土（切土・盛土の接合部）	68
4-15 盛土（締固め）	69
4-16 盛土（軟弱地盤の盛土）	72
4-17 盛土法面の保護	74
4-18 排水対策（路面排水）	77
4-19 排水対策（湧水処理）	82
4-20 渡河と排水	84
4-21 構造物	90
4-22 路面工構造物	99
5 作業の安全対策	104
5-1 林業労働災害の現状	104
5-2 林業労働災害の防止	105
5-3 森林作業道作設における労働災害	106
5-4 森林作業道作設災害の基本的対策	111
5-5 作設機械の災害防止対策	111
5-6 組織・人為的な災害防止対策	113
5-7 安全な作業・丈夫な森林作業道	114

■【参考】

‘付加コンプレックス’	11
‘黒色土’	15
‘ゲリラ豪雨’	17
‘作業システムの例’	18
‘林業機械’	19
‘作設機械’	20
‘大型化する林業機械’	23
‘崩積土’	30
‘集積場’	34
‘実際の現場では・・・?’	46
‘樹木根系の引き倒し抵抗力’	53
‘作設方法で道が違って見える!’	59
‘温泉変質帯’	67
‘転圧不足><’	71
‘走行車両も考慮して!’	81
‘雨上がり確認隊!’	81
‘割栗石を投入’	102
‘改築技術と維持管理技術’	103
‘安全な作業のためのテキスト!’	114

■ おわりに

おわりに	115
委員会設置要綱	117

■ 資料

角度・勾配換算表	119
森林作業道作設(施工)チェックリスト(案)(3/3)	120



はじめに

森林の適正管理や林業の効率化が求められるなか、路網整備の要望が高まりを見せており、なかでも簡易な森林作業道については、コストも抑制でき維持管理も容易なことから、今後も更に開設への要望が高まっていくことが予想されます。

しかしながら、長野県は南北に長く、また地質・地形条件も複雑であり、地域特性を考慮した道づくりの作設技術が必要となってきました。

このため、県内全域で共有でき、かつ、山を壊すことなく、長期間使用できる道づくりの作設技術を取りまとめた「長野県森林作業道作設マニュアル」を作成することとしました。

このマニュアルは、現場で活躍する技術者の技術の向上と森林整備の推進に資することを目的としています。



(1) 「長野県森林作業道作設マニュアル」の適用の範囲

本マニュアルは、作設における基本的な事項について記載したもので、主に林業事業者等が作設する造林事業等の補助対象事業に係る森林作業道作設に適用します。

自社林（法人有林）や森林所有者が自ら実施する道づくりの作設の参考としてください。

(2) 「長野県森林作業道作設マニュアル」の基準

本マニュアルは、以下の指針等を基準として整理しました。

- ・「林業専用道作設指針」林野庁 平成 22 年 9 月 24 日 22 林整整第 602 号 林野庁長官通知
- ・「森林作業道作設指針」林野庁 平成 22 年 11 月 17 日 22 林整整第 656 号 林野庁長官通知
- ・「路網・作業システム検討委員会中間とりまとめ（今後の路網整備の基本方向について）」森林・林業再生プラン 路網・作業システム検討委員会 平成 22 年 7 月 27 日
- ・路網・作業システム検討委員会最終とりまとめ 平成 22 年 11 月

(3) 「長野県森林作業道作設マニュアル」の用語、施工・工法

本マニュアルは、「林道規程」等に示されている森林土木用語、一般土木（道路土工指針等）に示されている土木用語を基本としています。

施工方法・工法も上記を基本として、県内の林内路網作設における実績、治山事業も含めた森林土木事業で用いられている施工・工法を記載しています。

なお、全国の道づくりの実績から「〇〇式」、「・・式」と称される施工・工法がありますが、本マニュアルではこれらの表現はしていません。さらに、施工・工法がこれらの作設方法に限定されるものではないことを十分理解してください。

(4) 「長野県森林作業道作設マニュアル」の構成

本マニュアルは、「基礎・共通編」、「施工・技術編」の構成になっています。

「基礎・共通編」では、第 1 章として森林作業道の定義から作設に係る共通な基準、第 2 章として計画と測量設計、第 3 章として維持管理と環境への配慮について取りまとめました。「基礎・共通編」は、後編への序章としての内容であり、基本的な事項のみ記載しています。特に森林作業道の作設に影響する「線形・配置計画や測量設計」は、今後、長野県で策定される指針等で明確に示される予定となっています。

「施工・技術編」は、施工時期の注意事項から、作設の工程別に施工方法、工法等を記載しました。

また、該当地域の地形・地質条件から施工方法、工法等を検討してもらえるように参考記事も記載しました。



基礎・共通編



1 基本・共通事項

1-1 「森林作業道」とは

「森林作業道」は、主として林業機械の走行を予定するものであり、走行する車両には2 t 積程度の小型トラックなどを含み、森林施業のために特定の人が利用するものである。

森林路網とは、林道、作業道、森林作業道（集材路）から成り、これらを総称して森林路網（Forest road net）と呼ばれてきましたが、平成22年7月、国の「森林・林業再生プラン」の「路網・作業システム検討委員会」で、路網の区分が見直され、以下のとおりと定義されました。

- ※ 「林道」とは、原則として不特定多数の人が利用する公共施設で、林道台帳により管理されるもの。
- ※ 「林業専用道」は、普通自動車（10 t 積程度のトラック）及び大型ホイールタイプフォワードの走行を予定し、森林施業のために特定の人が利用する必要最小限の構造をもつもの。
- ※ 「森林作業道」は、主として林業機械の走行を予定するものであり、走行する車両には2 t 積程度の小型トラックなどを含むものとして整理し、森林施業のために特定の人が利用するもの。

「森林作業道」は、特定の者が森林施業のために利用するものであり、主として林業機械（2 t 積程度の小型トラックなどを含む）の走行を予定するものです。また、集材等のために、より高密度な配置が必要となる道で、作設に当たっては、経済性を確保しつつ、丈夫で簡易な構造とすることが求められます。

そこで本書は、この区分に準拠した「森林作業道」について、その作設方法等の基本的な事項を取りまとめました。

表 1-1 森林作業道の基本的条件

路 網 区 分	森林作業道	
目 的	導入する作業システムに対応し、森林整備の促進を図るための整備	
走 行 車 両	林内作業車両、一部2 t 級トラックの走行も想定	
整 備 ・ 管 理	通常、森林所有者や事業者によって整備され、維持管理される	
使 用 期 間	継続的に使用できるもの（ただし、簡易な補修で復旧できる施設）	
構 造 物	簡易的構造物（現地発生材等）	
設 計 条 件	設 計 速 度	特に規定なし
	幅員（全幅員）	2.5～4.0m以内（3.0m程度）
	曲 線 半 径	R=6.0m以上（場合によりスイッチバック可）
	縦 断 勾 配	10度（18%）以下 （クローラタイプの場合は10度以上可、短区間に限って）

1-2 森林作業道作設の目標

森林作業道は、「低コストで、壊れにくく、耐久性のある道」でなければならない。

森林作業道は、「低コストで、壊れにくく、耐久性のある道」でなければなりません。また、簡易な修復で復旧できる森林作業道を作設することを目標とします。

(1) 森林づくり・林業活動における役割

森林づくりを持続的に進めていくためには、木材資源を有効に活用しながら、森林所有者や事業者の経営が成り立っていくことが重要です。現状では、木材価格の状況等から間伐材の生産利用は限られていますが、可能な限り収益を上げて森林所有者に還元し、将来植栽する際の資金に充てられるような仕組みづくりが求められます。そのためには低コストで間伐材を生産できるよう、それぞれの地域に合った作業システムを構築していく必要があります。また、森林資源が将来にわたりスムーズに生産・流通・利用できる仕組みを構築するために、長期にわたる資源の維持、確保と計画的な施業が不可欠であるため、集約化（団地化）を行う必要があります。

これらの対策として、林内道路網の整備と高性能林業機械等を組み合わせた低コストで効率的な作業システムの構築が有効な手段となります。地域に即した作業システムによる施業に直結した効率的な路網づくりを行うことは、森林づくり・林業活動における低コスト化になります。さらに、簡易な修復で復旧できる森林作業道を作設することは、持続的な森林経営の礎となり、森林経営のトータルコストを抑制できる「低コスト林業」の一翼を担うこととなります。

(2) 道づくりにおける低コスト化

高性能林業機械は、生産能力が高いものの高価であるため、高性能林業機械等の林内作業車を有効に使用するためには、林内路網は‘低コスト’で作設する必要があります。森林作業道は、公共施設ではありません。森林施業に特化した道であることから、低コストで作設することも重要です。

ただし、丈夫な構造の道でなければ、森林を荒廃させる要因にもなり、トータル的に高コストになってしまうこともあります。

(3) 壊れにくく、耐久性のある道

森林施業を効率的に実施するためには、安全に作業ができることが必須条件となります。そのため、車両通行だけでなく、路体自体が作業ヤードとなる森林作業道は、‘壊れにくく、耐久性がある’ことが条件となります（図 1-1）。

さらに、森林作業道を作設して施業しただけで‘後は知らない’では困ります。森林作業道が山地災害（荒廃）の誘因となる可能性も考えられるため、「壊れにくく、耐久性のある森林作業道」が必要です。



図 1-1 「壊れにくく、耐久性のある作業道」は、作業の安全性を高めます

1-3 作設地域の自然特性の把握

森林作業道作設に当たり、対象地域の地形、地質、土壌などの自然特性の把握に努める。

森林作業道の作設に当たり、対象地域の地形、地質、土壌、気象などの自然特性の把握に努めてください。これは、森林作業道の作設だけでなく、森林の管理など林業活動にも必要な事項です。

地形、地質、土壌等は、既存の資料を用います。森林基本図等（長野県版森林 GIS）、地形図にもいろいろありますが、地形を読み取るには、対象地の市町村等が保有する都市計画図など、最新の地形図を用いることをお勧めします。

また、現在は、地形図、地形分類図、地質図、土壌図などがインターネットで閲覧または入手可能となっています。「土地基本分類調査」にはこれらの図面が揃って公開されていて、国土交通省のホームページからダウンロード可能です。さらに、地形の計測などに使用できるフリーソフト（数値地図「カシミール3D」など）もあり、これらを活用します。

1-4 地形・傾斜の把握

対象地域の地形概要を把握し、作設の難易度や作業システムを検討する。

既存資料を用いて地形概況を把握して、作設の難易度の検討や作業システムの選択根拠とします。上記（1-3）の資料を用いて対象地域の自然特性等を把握しますが、下記に長野県の地形、傾斜等の概要を記載します。

（1）地形

長野県は山地の総面積が84%を占める山岳県です。そしてその地形は、山地（火山地を含む）と低地との対照が明確です。

長野県内には、日本の広域的な地質構造区分上特異な地帯であるフォッサマグナや、西南日本から連続する中央構造線と呼ばれる大規模断層などがあり、しかも山地と盆地がモザイク状に入り組む複雑な地形が発達しています。

県の北東部はフォッサマグナに属し、主に1000～2000m級の山地からなり、浅間山やハケ岳等の火山も多く分布します。フォッサマグナの西縁には糸魚川-静岡構造線という大規模断層があり、この構造線に沿って松本盆地や諏訪盆地などが連なります。盆地内には、多くの扇状地やはらん原からなる低地が分布します。また県の東側中央には南から北へ千曲川が流れ、これに沿って佐久・上田・長野・飯山盆地が分布します。

県の南西部には、日本アルプスを構成する赤石・木曾・飛騨山地と呼ばれる3000m級の大起伏山地が、それぞれ北東南西方向の軸をもちながら南北に並行配列しています。これらの山地の間には木曾川や天竜川が流れ、とくに天竜川沿いの伊那谷には古い扇状地に由来する多くの段丘地形が発達しています。

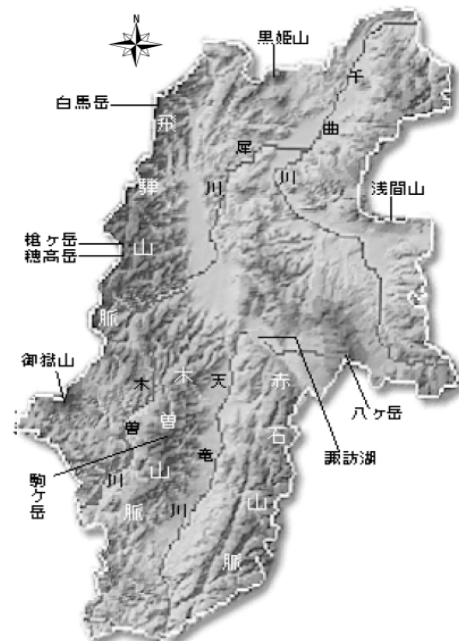
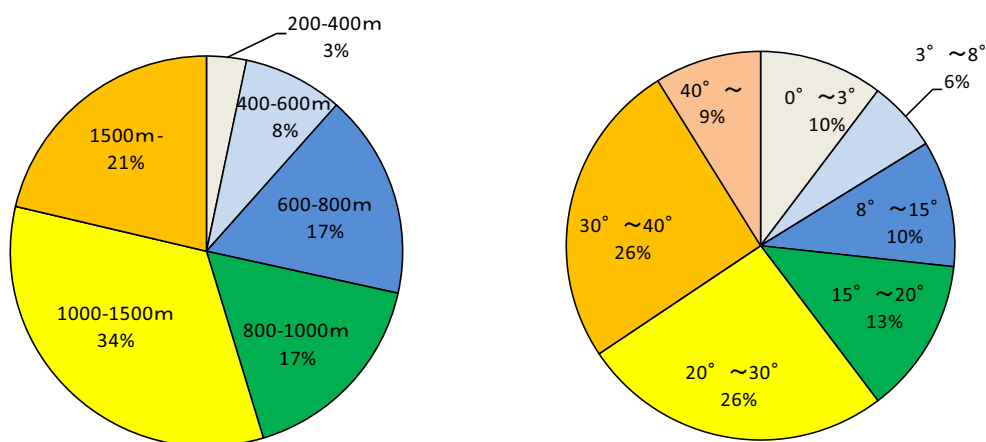


図 1-2 長野県全域

(2) 標高と傾斜

長野県の標高分布は、標高 200m以下の低地はほとんどなく、標高 1000m以上が全体の55%を占めています(図 1-3 左、図 1-5)。



※「縮尺 20 万分の 1 土地分類図付属資料(長野県)」参考
 ※標高・傾斜分布面積は昭和 48 年土地分類調査時点の面積から旧山口村面積を控除
 図 1-3 標高分布割合(左)と傾斜分布割合(右)

傾斜分布は、20 度以上の丘陵山地帯が全体の61%を占めています(図 1-3 右、図 1-6)。長野県内を東信・南信・中信・北信の 4 区分として、県行政区分(地方事務所単位)による傾斜分布は以下のとおりとなります。

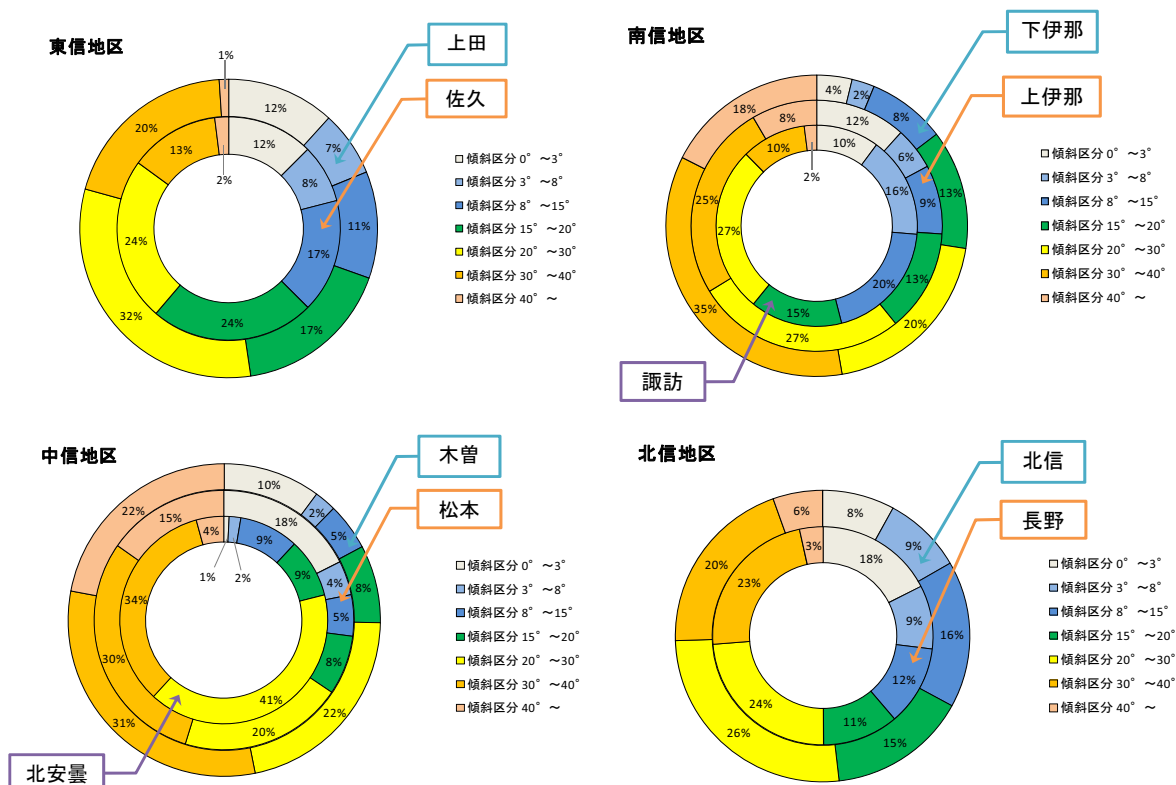


図 1-4 県内 4 区分(東信・南信・中信・北信)の県行政区分(地方事務所単位)による傾斜分布

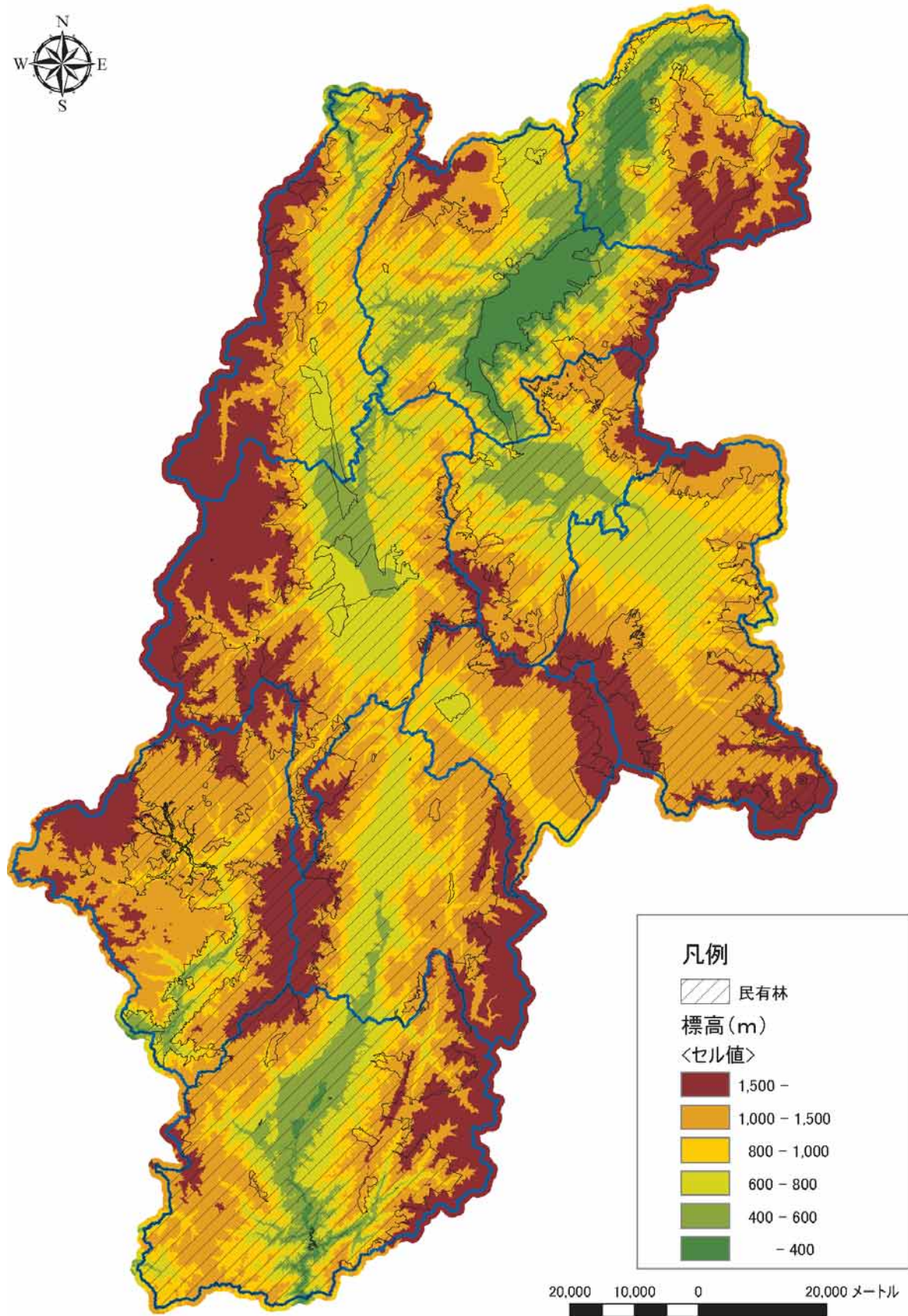


図 1-5 長野県の標高分布

国土地理院の50mメッシュ数値地図データを用いて標高分布図を作成。私有林区域は図中黒斜線部。
(作成：県林業総合センター戸田堅一郎)

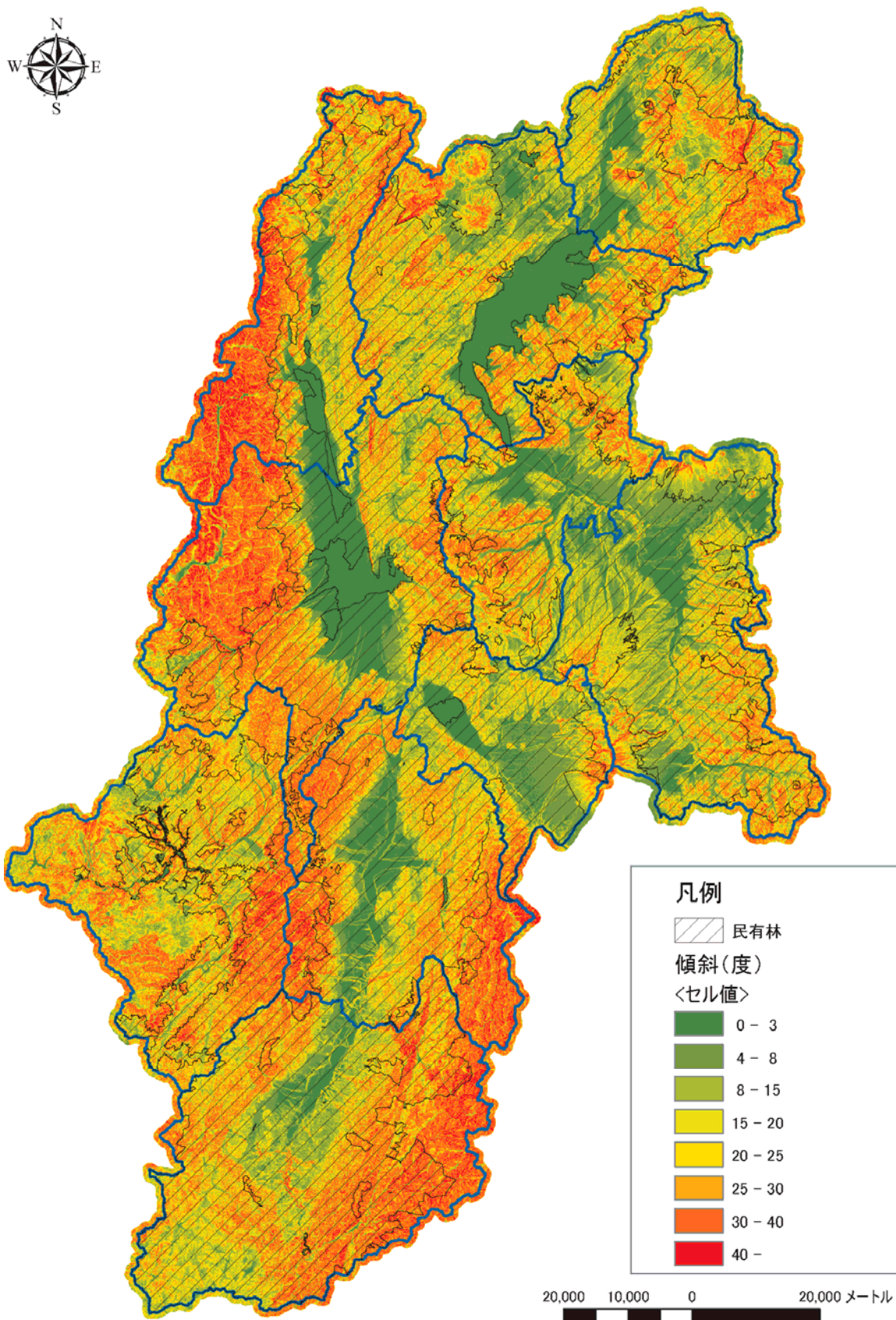


図 1-6 長野県の傾斜分布

国土地理院の50mメッシュ数値地図データを用いて傾斜分布図を作成。私有林区域は図中黒斜線部。
 (作成：県林業総合センター戸田堅一郎)

1-5 地質と崩壊地

対象地域の地質概要を把握し、作設の難易度や作業システムを検討する。さらに、対象地域周辺の崩壊地、地すべり地等を把握する

地質構造は地形傾斜とともに森林作業道の作設における重要な因子です。対象地の地質構造の把握に努めてください。既存資料を用いて地質概況と周辺地域の崩壊地や地すべり地の分布を把握して、作設の難易度の検討や作業システムの選択根拠とします。前述（1-3）の資料を用いて対象地域を把握しますが、下記に長野県の地質と崩壊地及び地すべり地の分布の概要を記載します。

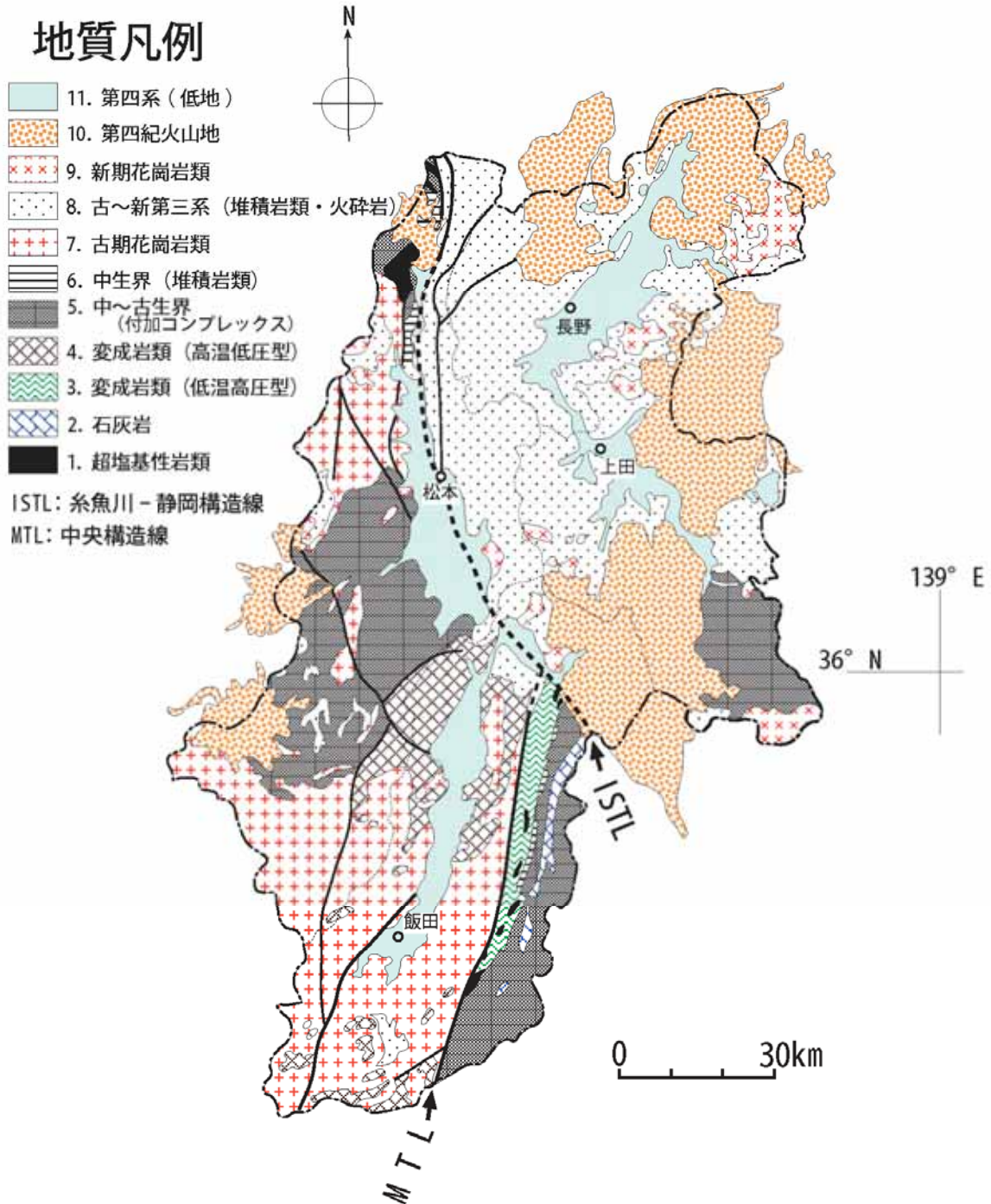


図 1-7 長野県の地質概略図（富樫編図,2010）

(1) 地質

長野県の地質は複雑です。長野県は、糸魚川-静岡構造線（図 1-7 の I S T L）と呼ばれる大規模断層を境に、県の南西部と北東部で基盤地質が大きく変わります。

県南西部は主に中生代以前の地質時代に形成された古期岩層の分布域で、県北東部は新生代新第三紀以降に形成された中期岩層の分布域です。古期岩層は西南日本に広域に連続分布する地質の延長で、それらはさらに諏訪湖付近から南～南西方向へ走る中央構造線（図 1-7 の M T L）と呼ばれる大規模断層によって二分されます。中央構造線を境に東ないし南東側は西南日本外帯の地質区に、西ないし北西側は西南日本内帯の地質区に分けられます。

また、県北東部はその全域がフォッサマグナと呼ばれる地質区に属しています。フォッサマグナとは、日本列島中央部に認められる大陥没構造をもつ地帯のことで、新生代新第三紀の時代には海が入り込んで厚い海成層が堆積しましたが、その後隆起に転じ、山地をつくった変動帯です。

県南西部を構成する地質は、泥岩・砂岩・礫岩などの堆積岩類や、花崗岩などの火成岩類、あるいは結晶片岩・片麻岩などの変成岩類といった多種多様な岩石からなっています。そのなかには石灰岩や超塩基性岩（蛇紋岩）といった特殊な化学組成をもつ岩石が含まれます。

一方、北東部のフォッサマグナ地域は、主に新生代新第三紀の海底に堆積した、泥岩・砂岩・礫岩・火砕岩やそれらに貫入した小規模な花崗岩体からなります。県北部の北部フォッサマグナ地域には、比較的軟質な新第三紀の堆積岩類が分布し、第四紀以降の地殻の変形や隆起運動などの影響により、地すべりが集中する地域となっています。

さらに、上記の地質を覆って、第四紀の最新の地質時代に形成された新期堆積物が分布します。新期堆積物は、火山活動にともなって堆積した火山砕屑物と、低平地に分布する扇状地性の堆積物に二分されます。前者の分布は、第四紀火山の分布域と一致し、溶岩流・火砕流・泥流・火山灰などの堆積物から構成されます。後者は主に砂層・礫層・泥層からなる陸成の未固結堆積物で、それらは河川の氾濫や土石流などの繰り返しによって山地から供給され、盆地や基盤の凹地を埋めるように堆積したものです。山地と低地の境界付近や盆地の縁にあたる部分には活断層が多く存在します。

【参考】 '付加コンプレックス'

地球上に起こっている種々の地殻変動を統一的に説明する理論として、プレートテクトニクス理論があります。

付加コンプレックスは、この理論の進展とともに認識されるようになった特徴的な地質体の名称です。大陸地殻や島弧の縁の海底で斜め下方に向かって海洋プレートが沈み込んでいく際に、海洋プレートの上に堆積していた地層がはぎとられ、大陸地殻につぎつぎと付け加わっていきます。このようにして形成された地質体が付加コンプレックスです。日本では 1970 年代以降の研究によって、それまで「秩父帯」「美濃帯」「四万十帯」などという名称で呼ばれていた地層の大部分が、中生代～古第三紀にかけて形成された付加コンプレックスであることがわかっています。付加コンプレックスの中には砂岩層や泥岩層とともに、様々な規模のチャートや石灰岩などの地質ブロックが、強く変形を受けながら泥質岩中に混在するような地質体が大量に含まれるという特徴があります。

解説：富樫 均委員（長野県環境保全研究所）

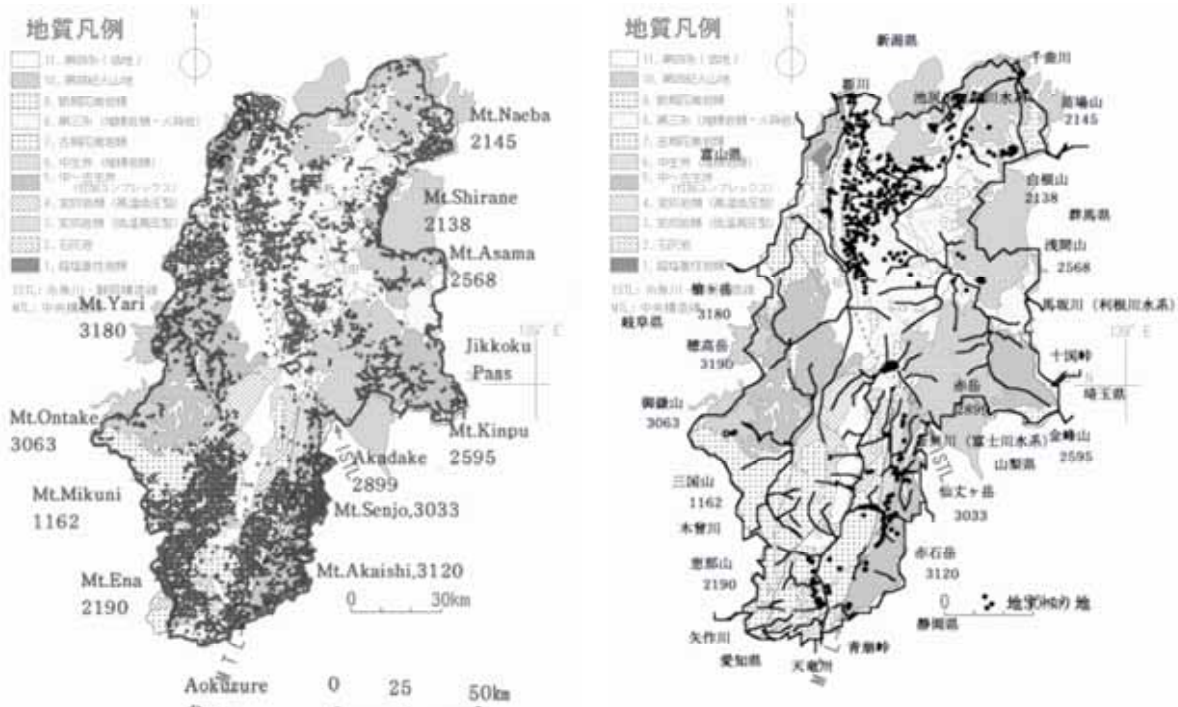
(2) 崩壊地分布と地質との関係

1970年代から80年代にかけて、長野県全域を対象に崩壊地分布を調査した結果があります(北澤 1999)。それによれば、県全域で61,494箇所(箇所)の崩壊地があり、崩壊面積80.22Km²、崩壊面積率0.59%となっています。また地域別の崩壊面積率は、下伊那1.16%、上伊那1.05%、北安曇1.02%で、もっとも低いのは千曲市周辺(旧埴科郡)の0.07%となっています。さらに、県の北東部と南西部で崩壊地を集計し比較した結果では、崩壊地は圧倒的に県南西部の古期岩層分布域に多く、崩壊の規模も大きいとされています(図1-8左)。この集計では崩壊地に地すべりは含まれません。

(3) 地すべり地分布と地質との関係

平成11年(1999年)3月時点における長野県の地すべり危険箇所数は、1949箇所(箇所)で全国都道府県の中でもっとも多く、また同年の地すべり防止区域の指定状況は、587箇所(箇所)で全国3位の箇所数となっており、平成16年(2004年)3月時点には615箇所(箇所)に達しています(社)日本地すべり学会, 2007)。

県内の地すべりを地質条件との関連からみると、長野県北部から新潟県にかけての新第三紀層の分布域は、わが国における典型的な第三紀層地すべり地帯であり、高密度に地すべり地が集中します。県北部のフォッサマグナ地域に県内の地すべり分布の約70%が集中しており、その他には県南部の中央構造線沿いなどに、まとまった地すべりの分布が認められます。また、県南部において南アルプスの西麓を走る中央構造線の周辺には、破碎帯地すべりの例が多く、さらに、県中央から東北部の火山地域の周辺には温泉地すべりの例がみられます(図1-8右)。



地質と崩壊地分布(濃い黒点が崩壊地) 地質と地すべり地分布(濃い黒点が地すべり地)

図1-8 長野県の地質と崩壊地、地すべり地分布

富樫編図(図1-7)に北澤(1999)の崩壊分布図を画像処理にて合成

(4) 脆弱と想定される地質

地質に関する評価は、一般に岩石種だけではなく、地質年代、あるいは亀裂の発達程度や風化状態などによっても大きく左右されます。そのため、地質と災害を一義的に対応づけることはできませんが、地盤構成物質として相対的に脆弱と考えられるものとしては、以下のような地質があげられます。

例えば、砂や泥、砂と粘土、礫・砂・粘土の互層などの未固結堆積物や未固結の火山砕屑岩、マサ土とも呼ばれる花崗岩の強風化部分、あるいは片理の発達した変成岩類、鉱物組成や化学組成がやや特殊な岩石である蛇紋岩（超塩基性岩）などには注意を要します。また、断層や褶曲構造などの地質構造が、斜面崩壊等の発生箇所の分布に影響する場合も多いとされます。

長野県の地質は多種多様で構造も複雑であるため、小縮尺の地質区分図だけで判断することは危険で、地域の特性ならびに対象地周辺の崩壊状況及び露岩状況等を確認して、危険度を推定する必要があります。

主な地質の特徴を以下に示します。

表 1-2 長野県内に分布する主な地質（岩種）の特徴

地質区分 (図 1-7 参照)	岩種別	特 徴
11. 第四系 10. 第四紀火山地 (火砕岩など)	未 固 結 堆 積 物	続成作用（石化作用）がすすんでおらず、固結していない堆積物の総称。多くは低地や山腹斜面の表層部に分布する。
8. 新～古第三系 6. 中生界（堆積岩類） 5. 中～古生界 (付加コンプレックス) 2. 石灰岩	堆 積 岩	既存の岩石が風化・削剥されて生産された礫・砂・泥、または火山灰や生物遺骸などの粒子（堆積物）が、海底や湖底などの水底や地表に堆積し、続成作用を受けて固結した岩石。固結の程度が弱い泥岩層等は、崩壊や地すべり発生の際の弱線（すべり面）になる場合がある。
10. 第四紀火山地 (溶岩など) 9. 新期花崗岩類 7. 古期花崗岩類	火 成 岩	地下深くに存在するマグマが冷えて固まって出来た岩石。火成岩は火山岩（火山噴火によりマグマが急に冷えて固まったもの）と深成岩（マグマが地下でゆっくり冷えて固まったもの）に大きく分けられる。また、岩石に含まれる二酸化珪素（SiO ₂ ）の量や鉱物組成、岩石組織の違いにより、玄武岩、安山岩、花崗岩などのように岩質が細かく分類される。
4. 変成岩類 (高温低圧型) 3. 変成岩類 (低温高圧型)	変 成 岩	既存の岩石が強い熱や圧力を受けて形成される岩石で、再結晶作用によって変成鉱物が晶出し、片理などの特有の構造がみられる。広域変成岩、接触変成岩、動力変成岩に分類され、さらに、鉱物組成や岩石組織により、緑色片岩、ホルンフェルス、マイロナイトなどのように細かく分類される。
1. 超塩基性岩類	蛇 紋 岩 ※	かんらん岩等の二酸化珪素（SiO ₂ ）に乏しい超塩基性岩類が風化・変質して出来る岩石。かんらん石や輝石が変質して生じた蛇紋石と呼ばれる粘土鉱物が多く含まれる。不規則な亀裂が発達して脆弱化しやすいため、崩壊等の土砂災害の素因となりやすい。県内では、県南部の中央構造線の近くや県北部の北アルプス北部地域に分布する。植生復元は困難。

「災害に強い森林づくり指針解説、長野県林務部、2008」 pp63-66、富樫均分担を一部加筆
※蛇紋岩は岩石分類名であるが、脆弱化しやすいため、特に記載した。

1-6 土壌

対象地域の土壌概要を把握し、作設の難易度や作業システムを検討する。

森林土壌は作設における土工等の難易度などを判断するうえで重要な因子です。対象地の土壌分布の把握に努めてください。前述（1-3）の資料を用いて対象地域を把握しますが、下記に長野県の森林土壌の概要を記載します。

(1) 森林土壌型の分布

長野県民有林の土壌型別分布面積率は、褐色森林土群 79%、ポドゾル群 4%、黒色土群 16%、その他（未熟土・受食土等）1%となっています（図 1-9）。

褐色森林土群（Brown forests soil group：p 15 参考写真.1 左）は、ほぼ全県で 70%以上を占め、下伊那地方が 94.4%と最も高い割合を示します。黒色土群（Black soil group：p 15 参考写真.1 右）は、諏訪地方で 42.1%、佐久地方で 30.5%となっています（図 1-10）。

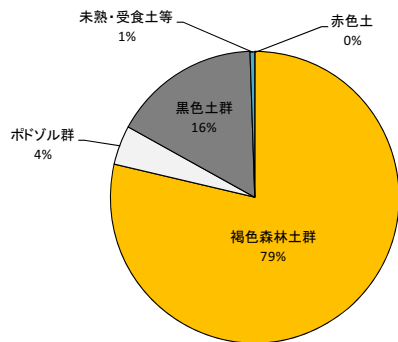


図 1-9 長野県民有林の土壌型別分布面積率

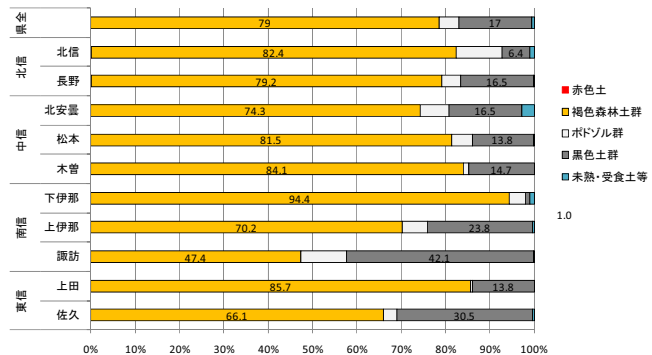


図 1-10 県内地域別の土壌型分布面積率
(図中値は、褐色森林土群と黒色土群の割合)

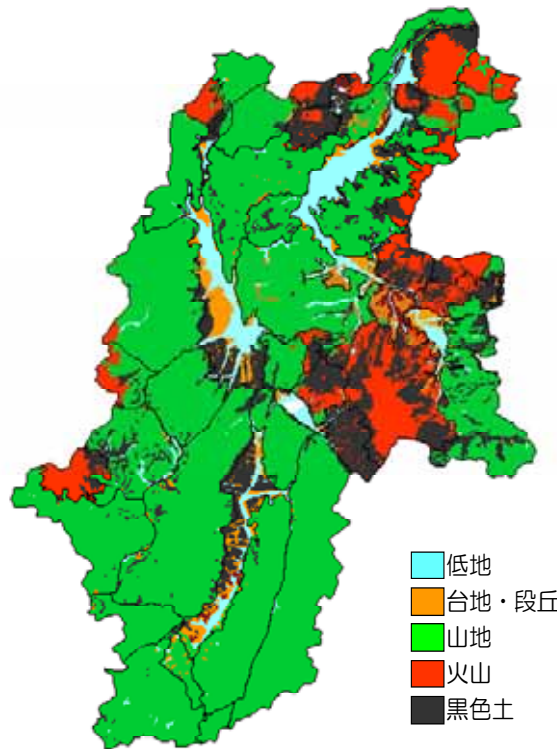


図 1-11 長野県の地形分類と黒色土分布図
(国土交通省土地・水資源局国土調査課 20 万分の 1 土地分類調査 GIS データを使用)

(2) 森林土壌の物理性

土壌の物理性の指標である細土容積重（単位容積あたりの細土量）は、褐色森林土群は黒色土群よりも各層位とも大きな値を示し、固相率（細土、根、礫からなる固体部）も同様な傾向を示します。透水速度において褐色森林土群が黒色土群より大きな値を示します（表 1-3）。

表 1-3 褐色森林土群と黒色土群の土壌理化学性

土壌群名	層位名	細土容積重 (g/cc)	固相(%)	透水速度 (ml/min)	試料数 (N)
褐色森林土群	A、A1	71	27	103	56
	A2	85	31	121	8
	B、B1	94	33	68	55
	C	99	35	58	20
黒色土群	A、A1	54	23	81	43
	A2	59	23	68	24
	B、B1	76	28	49	36
	C	77	27	33	11

※表中値は、資料平均値（資料数は実数）

※片倉正行（2010）長野県民有林の土壌,p60,表-3 を転記（一部空除）

【参考】'黒色土'

黒色土は、厚い黒色ないし黒褐色の層（A層）があり、火山山麓台地や隆起準平原などの緩斜面に主として分布します。農業土壌では'黒ぼく土'と呼ばれ、肥沃度が高く重要な土壌とされています。森林内では大部分は適潤性ないし弱湿性として分布します。

この土壌は火山灰が関与したものと考えられており、世界土壌図区分では'アンドソル'（ando=日本語の暗土）として、火山灰を母材とする土壌として分類されています。

上記表 1-3 の透水速度の結果をみると黒色土群は褐色森林土群よりも透水速度が小さくなっていて、黒色土群の方が水はけに劣ることが分かります。軟弱になり易いこともあり、森林作業道の作設には注意が必要な土壌です。



褐色森林土 (B_p)



黒色土 (B_{lp})

写真1 土壌断面写真

1-7 気候・気象

対象地域の気候・気象条件、特に降水量を把握し、作設時期の検討を行う。

対象地域の気候・気象条件を調べ、特に雨の降りやすい時期、降水量を把握して、作設時期の検討を行います。以下に長野県の気象・気候特性を記載します。

(1) 気象・気候概要

長野県は海岸から遠く離れた内陸に位置していることから、全県的に内陸特有の気候が明瞭となっています。一日のうちで最も高い気温と、最も低い気温との差（日較差）、一年のうちで最も高い月の平均気温と、最も低い月の平均気温との差（年較差）が海岸地方に比べて大きく、湿度が低くなっています。一年の降水量も少なく、特に北部や中部の盆地では東日本の太平洋側、北海道および瀬戸内海と並ぶ年間 1,500mm 以下の雨の少ない地域となっています（図 1-12）。

また、冬季では、北部は季節風の影響で雪の日が多く、中部や南部の平地は季節風が山脈を越えてくるため空気が乾燥し、晴れの日が続きます。

(2) 災害をもたらす気象

長野県内の降水量は6月から9月にかけて多く、一年を通して降水量の最も多い月は7月もしくは9月です。7月と9月の平均降水量を地域ごとに比較すると、伊那谷南部から木曾地方にかけて、北アルプスの山沿いで多くなっています。この傾向は年平均降水量にも現れていて（図 1-13）、長野県に低気圧が西から移動してきた際に県西部の山岳部で雨雲が上昇し、多量の降水をもたらされること、前線の停滞時に本州の南海上から湿った暖かい空気が流れ込んだ場合に木曾・伊那地域の山岳部の南西向きの斜面で上昇気流により、雨雲が発達して降水量が多くなることによります。

豪雨による災害地域の分布は、平均降水量の分布とほぼ同じで、降水量の少ない東信地方で少なく、南信地方や中信地方で多い傾向となっていました。近年の災害発生については、年平均降水量の少ない地域での局所的な集中豪雨（参考：ゲリラ豪雨参照）によるものが多くなっています。

豪雨災害は、長時間にわたって一定以上の雨が降り続く長雨で発生する場合

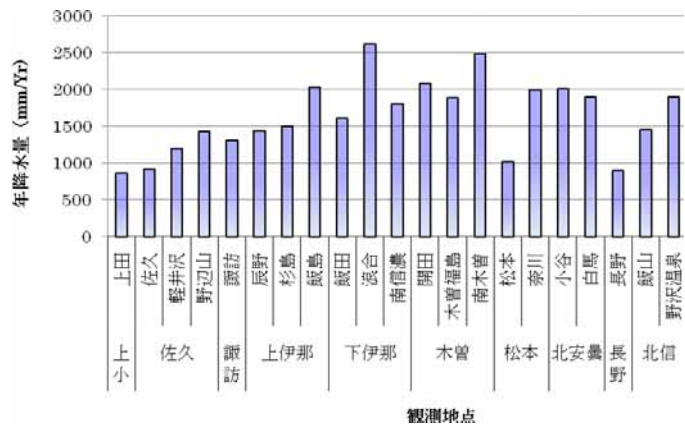


図 1-12 県内の主な地点の平均の年間降水量
 (統計期間：長野、松本、飯田、軽井沢、諏訪は 1971～2000 年、その他の地点は 1979～2000 年)

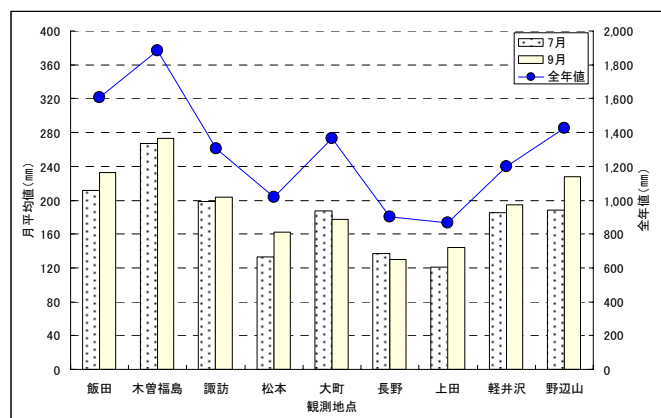


図 1-13 県内観測地点別 7月、9月および年平均降水量
 (県内アメダス観測データ、飯田、諏訪、松本、軽井沢、長野は 1971～2000 年の 30 年統計値、その他は 1979～2000 年の 22 年統計値)

と、短時間の強雨で発生する場合及び長雨と短時間強雨の両方が同時（複合して）に発生する場合があります。台風や梅雨前線などによる豪雨は、両方が同時に発生することが多いので総降水量が多くなり、被災面積が広がるなど災害規模が大きくなります。一方、短時間強雨のみによる大雨は、局地的に発生するので被災面積が狭い傾向となります。近年、このような降雨が頻繁に発生しています。平成22年7月～8月にかけて発生した災害も、局地的で被災面積が狭いものでした。

季節的には、前線の停滞（梅雨前線、秋雨前線）や南方からの高温・多湿の空気が入り込むことの多い6月から9月にかけて、豪雨災害の発生が多くなります。特に、停滞する梅雨前線に南から湿った空気が吹き込み（湿舌）、集中豪雨がしばしば発生する梅雨期後半の7月、秋雨前線に加えて台風の襲来が多い9月は、豪雨災害の発生頻度が高くなっています。

【参考】‘ゲリラ豪雨’

近年、局地的な集中豪雨が発生しています。このような突発的に起こる局地的な大雨を「ゲリラ豪雨」と呼んだりします。「ゲリラ豪雨」は正式な気象用語ではありませんが、主に集中豪雨の代わりとして使われている言葉です。

局地的な集中豪雨の発生のメカニズムとしては、上空に入った冷たい空気と上昇した地表付近の湿った暖かい空気が混ざることによって積乱雲が発達し、大気の状態が不安定になって局地的な大雨をもたらします。通常の豪雨と違うのは、1時間当たりの降雨量で、局所的にかつ短時間に集中的に降るのが特徴です。梅雨期や夏季に多く発生し、梅雨期では、この発生のメカニズムにもとづく大雨が1日や2日で終わらず、長く続くことも特徴です。

平成22年（2010年）も長野県内でこのような集中豪雨が発生しました。7月には、梅雨前線が日本海沿岸から東北地方に停滞し、前線上を低気圧が北東に進み、低気圧や前線に向かって南から暖かく湿った空気が次々と流れ込み、14日昼前から16日にかけて南部を中心に所々で1時間に30mmから50mmの激しい雨が降りました。南信濃地域気象観測所（飯田市）では14日の日降水量が223.0mmとなり、1979年の統計開始以来、7月としての極値を更新するなど、下伊那地域では記録的な大雨となりました（図-1）。

また8月には、県内各地で大気の状態が不安定となり所々で激しい雷雨が発生しました。1日から2日には上田で1時間に57.0mmの非常に激しい雨を観測し、統計開始（1976年）以来第1位を記録しました。6日には南木曾で1時間に42.5mmの激しい雨を、10日には菅平で1時間に51.5mm、笠岳で1時間に51.0mm、奈川で1時間に43.0mmの激しい雨を観測し、統計開始（1979年）以来8月として第1位を記録しました。

過去に見られた年降水量に比例したような豪雨災害ではなく、降水量の少ない県内の地域でも、今後このような集中豪雨が発生する可能性があります。梅雨期や夏季の雷雨が発生しやすい時期には気象情報を十分に確認してください（後述p47）。

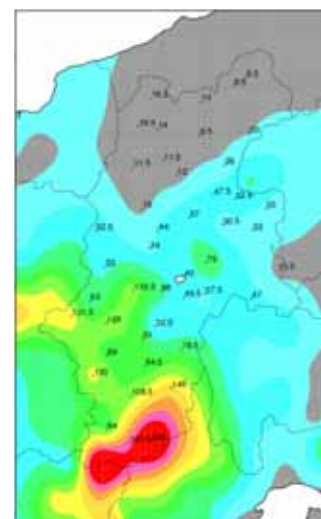


図-1 平成22年7月14日から15日12時までの降水量分布図

長野地方気象台

参考：平成22年7月14日から15日の長野県の大雨に関する気象速報 平成22年7月16日 長野地方気象台
平成22年7月11日から16日の長野県の大雨に関する気象速報 平成22年7月23日 長野地方気象台
2010年（平成22年）8月の長野県内の天候 平成22年9月1日 長野地方気象台

1-8 作業システムと森林作業道

施業地の地形条件と既存の路網配置（林道等）を十分把握して、導入する林内作業機械と森林作業道の組み合わせを検討する。

森林作業道も作業システムの一部と考えます。作業システムを検討する場合、施業森林の立地条件が重要です。最も影響を受ける要因は地形傾斜（山腹傾斜）で、既存の研究結果からも30度以上の勾配では森林作業道を含めた作業システムの適用が困難となります。前述（1-3）の地形の把握結果によって導入システムと森林作業道の組み合わせを検討します。

参考として、長野県内の地形区分によって、比較的用いられている作業システムを以下に記載します（表1-4）。

表 1-4 作業システムの適用例

区分	作業システム	作業システムの例			
		伐採	木寄せ・集材	造材（玉切り）	運搬
緩傾斜地 (0~15°)	車両系	ハーベスタ	グラップル	プロセッサ	フォワーダ トラック
中傾斜地 (15~30°)	車両系	ハーベスタ チェーンソー	グラップル ウインチ	プロセッサ	フォワーダ トラック
	架線系	チェーンソー	スイングヤーダ	プロセッサ	フォワーダ トラック
急傾斜地 (30~35°)	車両系	チェーンソー	グラップル ウインチ	プロセッサ	フォワーダ トラック
	架線系	チェーンソー	スイングヤーダ タワーヤーダ 短距離簡易架線	プロセッサ	フォワーダ トラック
急峻地 (35° ~)	架線系	チェーンソー	タワーヤーダ 大型架線	プロセッサ	トラック

※この表は、長野県内で想定される作業システムを示したものです。

※緩傾斜地では、車両系（チェーンソー → トラクタ・ブルドーザ等土引き → プロセッサ → フォワーダ）が主流の地域もある。

※近年、導入がみられるロングリーチ式、テレスコ式は、グラップル、ハーベスタに含む。

【参 考】 '作業システムの例'



（長野県林務部「森林づくり指針」より）

【参考】‘林業機械’

ハーベスタ：伐採、枝払い、玉切り（材を一定の長さに切りそろえること）の各作業と丸太の集積作業を一貫して行う自走式機械。（harvest：収穫する）



プロセッサ：伐採木の枝払い、玉切り、丸太の集積作業を一貫して行う自走式機械。（process：加工する）

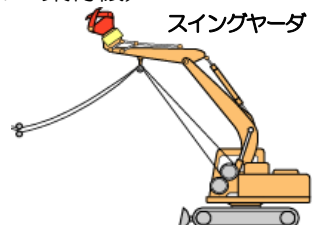
グラップル：油圧シリンダーによって動く一対の爪で丸太をつかんで集積する機能を持ったアタッチメント（付属品）。建設用ベースマシンのアームの先に装着して利用するが、装着した状態のベースマシンも含めて「グラップル」と呼んでいる。（grapple：つかむ）



スキッド：装備したグラップルにより、伐倒木を牽引式で集材する集材専用トラクタ。（skid：引きずって運ぶ）



スイングヤード：建設用ベースマシンに集材用ウインチを搭載し、旋回可能なブームを装備する集材機。（swing：回転する、yarder：集材機）



タワーヤード：架線集材に必要な元柱の代わりとなる人工支柱を装備した移動可能な集材車。



フォワーダ：玉切りした材をつかみ荷台に積載して運ぶ集材専用トラクタ。（forward：運送する）



（長野県林務部「森林づくり指針」引用・一部加筆）

【参考】作設機械

現在、作設重機として用いられているショベル系掘削機械は、「油圧ショベル」が主流で、「バックホウ」、「パワーショベル」、「コンボ」などと称され、英語ではエクスカバータ(excavator)と呼ばれています。

掘削に用いるバケット(ショベル)がオペレータ側向きに取り付けた形態のものが一般的ですが、これをバックホウ仕様といいます(図-1)。一方、バケット(ショベル)がオペレータと反対側向きに取り付けた形態のものを「ローディングショベル仕様」といいます(図-2)。

建設工事歩掛においては、土工における機械掘削の機種表示はバックホウ(B.H)が一般的となっていて、「バックホウ掘削はバックホウによる掘削及び積込作業をいう。」と定義されています。例えば「掘削機種：バックホウ」、「規格：クローラ型、バケット容量山積0.45m³」などです(森林整備保全事業標準歩係道路土工,第3編林道)。

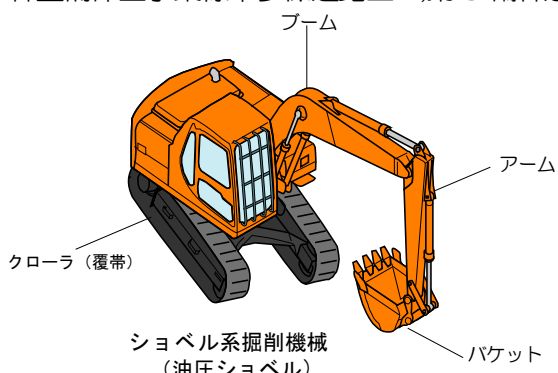


図-1 バックホウ仕様

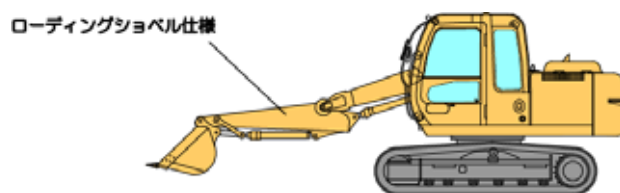


図-2 ローディングショベル仕様

油圧ショベルは、日本工業規格(JISA8304-1-5)によってその仕様等が規定されています。油圧ショベルの表し方をバケット容量で表すことがあり、多くの場合、バケット容量0.45m³クラスなどと呼びます。メーカーでは油圧ショベルの表し方を機体重量とし、バケット容量0.45m³クラスの機械は、9-13トンの重量であることから、12トクラスと呼んでいます。機械の大きさを区分すると、一般的に機体重量が6トン以下を小型(ミニショベル)、6トンから40トン以下を標準、40トン以上が大型ショベルとなります。また、近年の油圧ショベルの形態として標準型や現場条件によって狭所作業にも適する後方小旋回型、超小旋回型など多くの機種があります(本文図1-18)。

油圧ショベルは、油圧本体にエンジンと油圧発生装置が搭載され、運転室には操作装置が配置されています。また、足回り装置、ブーム・アームで構成されています。足回り装置は走行するための装置で、クローラ(履帯)式とホイール(タイヤ)式がありますが、クローラ式は接地面積が広く不整地走行性に優れているため、多く使われています。クローラ式には、鉄製シューとゴムクローラがあります。鉄製シューは標準シューとシングルグロウサシューがあります。ゴムクローラは、鉄製シューに比べ耐久性の点では劣りますが、路面を傷めることが少なく、市街地の工事などでみられ、舗装道の自走に適しています。なお、鉄製シューにパッドを取り付けたものもあります。

1-9 幅員の決定

森林作業道は、作設する地形傾斜と、作業システムとして想定した林内作業機械によって、効率性と安全性を確保する幅員を決定する。

作業機械を考慮した場合は、機種車幅の1.2倍以上を確保する。

森林作業道は、作設する地形傾斜と作業システムとして想定した林内作業機械によって、効率性と安全性を確保する幅員を決定します。

(1) 地形勾配

①25度以下

比較的緩やかな地形傾斜の場合、切土、盛土による移動土砂量を抑制した路体構築が可能です。

作設重機がバケット容量 0.25m^3 (6~7.5 t) 級の場合は、2.5m幅で、作業空間、路肩として0.5m程度を確保した3.0m程度の幅員とします。

作設重機が 0.45m^3 (9~13 t) 級の場合は、3.0m幅で、作業空間、路肩として0.5m程度を確保した3.5m程度の幅員とします。

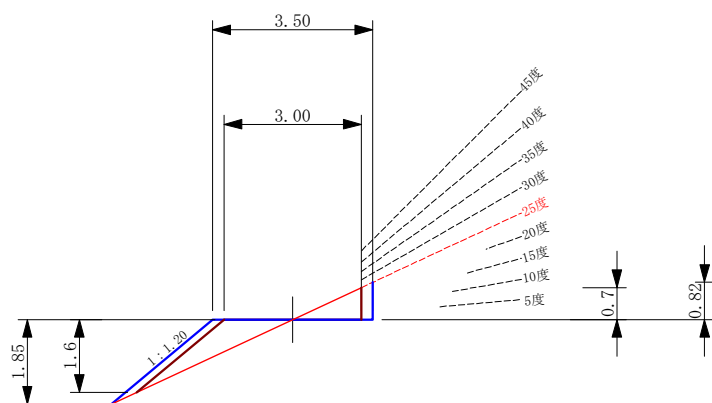


図 1-14 地形傾斜 25 度以下の基本路体横断面図

②25~30度以下

地形傾斜 25~30 度以下では、切土、盛土による移動土砂量が大きくなります。可能な限り、作設重機はバケット容量 0.25m^3 (6~7.5 t) 級を用い、2.5m幅で作業空間、路肩として0.5m程度を確保した3.0m程度の幅員とします。

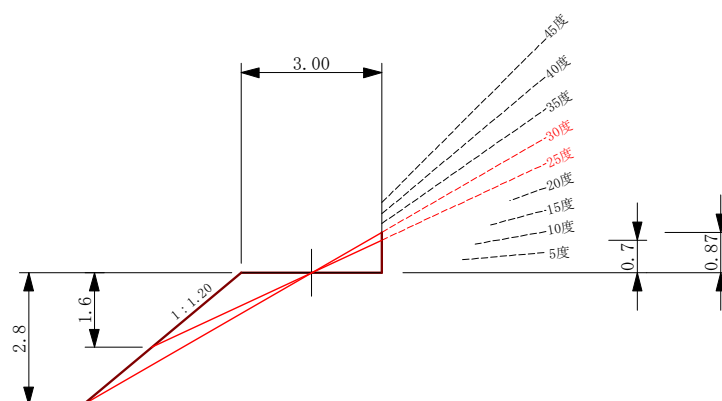


図 1-15 地形傾斜 25~30 度以下の基本路体横断面図

③30度以上

地形傾斜30度以上では、切土、盛土による移動土砂量が必然的に大きくなります。コンクリート構造物等を想定しない森林作業道では、力（力学的に）で路体を構築しないため、「壊れにくい道」を作設するのは困難になってきます。30度以上の斜面では、2.0m幅で作業空間、路肩として0.5m程度を確保した2.5m程度の幅員とします。この場合、作設重機は0.25m³（6～7.5t）級未満で、走行車両は小型車両となります。

なお、急傾斜で、路体構築が困難な場合は、無理な作設はやめ、作業システムを架線系などに変更する必要があります。

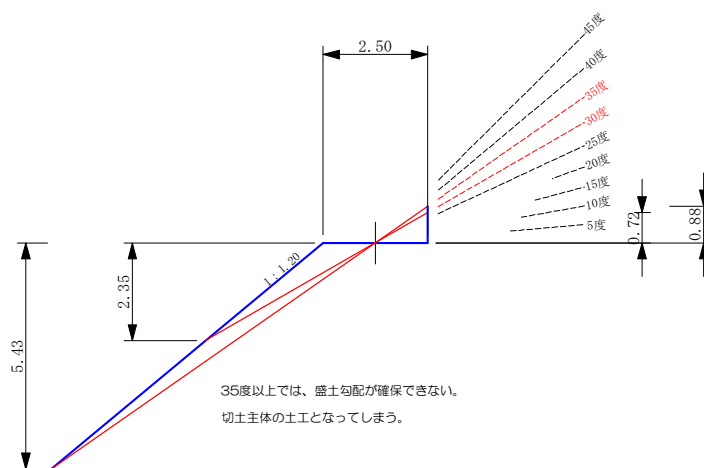


図 1-16 地形傾斜 25～30 度以下の基本路体横断面図

(2) 作業機種

作業機種を考慮して幅員を決定する場合は、表 1-5 に示す機種車幅の **1.2 倍以上** を確保します（図 1-17）。また、車幅だけでなく、作業の安全性も考慮する場合や森林作業道上で木寄せ・集材をする場合などは、作業機械の選択によっては、幅員の取り方で安全な作業や機械の旋回が困難になります。使用する機種も検討して幅員を決定します（図 1-18）。

表 1-5 機種と全幅員の関係

区分	機種(通称)	車幅(m)	安全率1.2(m)	安全率1.5(m)	全幅員の目安(m)	車幅と目安との割合
ベースマシン (ショベル系掘削機械)	0.11	1.8	2.2	2.7	2.5	1.4
	0.16	2.0	2.4	3.0	2.5	1.3
	0.25	2.3	2.8	3.5	3.0	1.3
	0.45	2.5	3.0	3.8	3.5	1.4
	0.70	2.8	3.4	4.2	4.0	1.4
フォワーダ	3tクラス	1.9	2.3	2.9	2.5	1.3
	4tクラス	2.3	2.8	3.5	3.0	1.3
	6tクラス	2.5	3.0	3.8	3.5	1.4
2tトラック	ダンプ	1.7	2.1	2.6	2.5	1.5
	平ボディー	1.9	2.3	2.9	3.0	1.6
	クレーン付	1.9	2.3	2.9	3.0	1.6

※ベースマシン（ショベル系掘削機械）の機種は、バケット容量規格

※フォワーダは積載量による標準規格

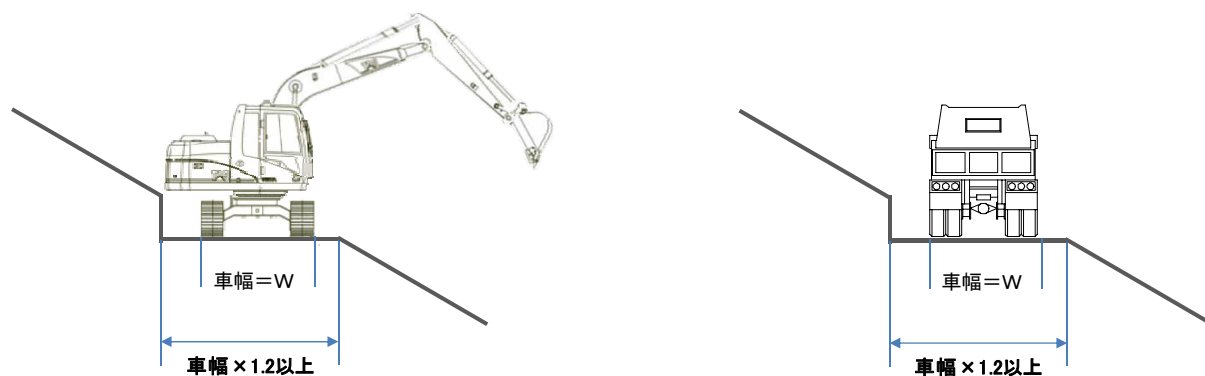


図 1-17 機種と幅員

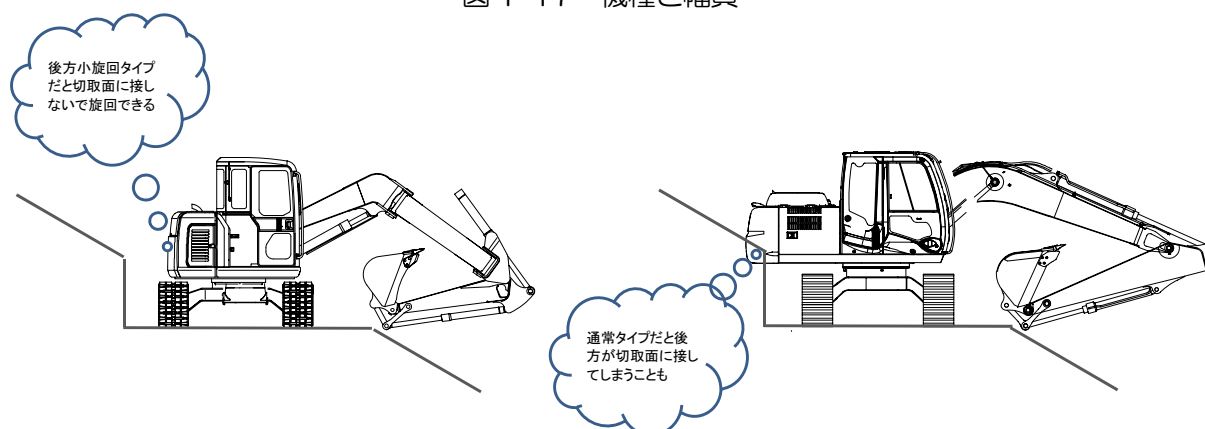


図 1-18 機種による旋回の違い（後方小旋回型と標準型）

【参 考】 ‘大型化する林業機械’

森林作業道の幅員は、適用する作業機械の規模・規格で決まりますが、年々搬出現場で目にする高性能林業機械が大型化してきているようです。

ハーベスタ、プロセッサ、グラブは中型（0.45=12 t 級）のベースマシン、運材で活躍するフォワーダも 4 t 級以上が主体になってきています。東信地域の主な木寄せ・集材機械であるブルドーザは、旧式（D3,写真.1）は小型で 2m 程度の幅員でも十分に稼動していますが、最新式ブル型（D5,写真.2）は全長 4,865mm、全幅 2,890 mm、全高 2,765mm のサイズでした（メーカー公表データ）。

森林作業道の規格は、一般的に幅員 3.0m 程度が多く、ハーベスタなどベースマシン中型（0.45=12 t 級）を導入する場合は、最低幅員 3.0m（幅員の 1.2 倍）が必要となります。4 t 級フォワーダでは最低 2.6m、最新式ブル型では幅員 3.5m が必要となります。

最新式ブル型以外は、幅員 3.0m があれば、ほぼ走行には問題はないのですが、森林作業道を作業ヤードとして伐採、造材作業をする場合は多少問題があります。

作業の安全性が確保されなければ、本当の「低コスト林業」とはいえません。大型化するのであれば森林作業道の規格も大きくする必要があります。



写真.1 旧式 B.D



写真.2 新式 B.D

1-10 平面線形

森林作業道の平面線形は、地形に沿った屈曲線形を原則とする。

森林作業道は、運搬による土の流用は想定しません。したがって平面線形は、地形に沿った屈曲線形が原則となります。

切盛法高の高い森林作業道は、切盛土量の増加や路側構造物の設置等、開設コストが増加し、降雨等による法面崩壊の危険性が高まること、間伐等の森林施業の実施に支障をきたすことも想定されます。

平面線形は、等高線を考慮し切盛法高を抑え、できるだけ路側構造物の設置が少なくなるような線形を検討します(図 1-19)。なお、地形や路線配置の関係からヘアピンカーブを設置することが必要となる場合は、尾根部を活用します。尾根部は、山腹斜面に比べて傾斜が小さく地質的に安定していることが多いことや水が集まりにくいことからヘアピンカーブに適地とされています(図 1-20)。

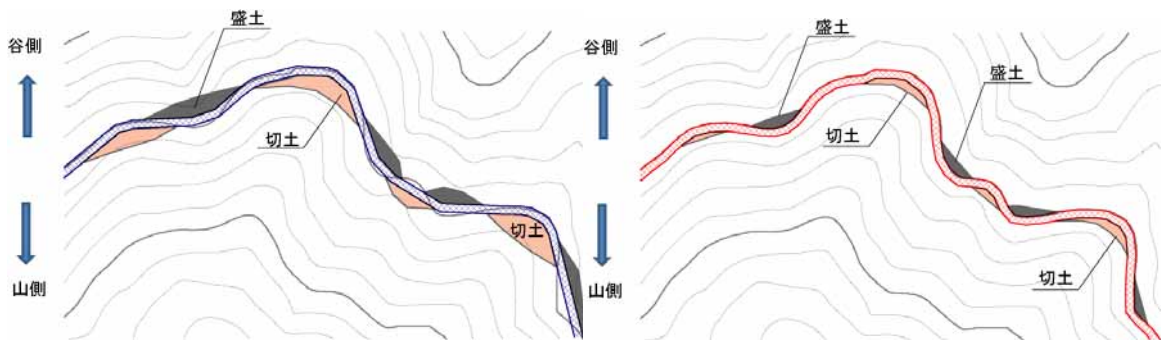


図 1-19 直線型線形(左)と屈曲線形における切・盛土の変化

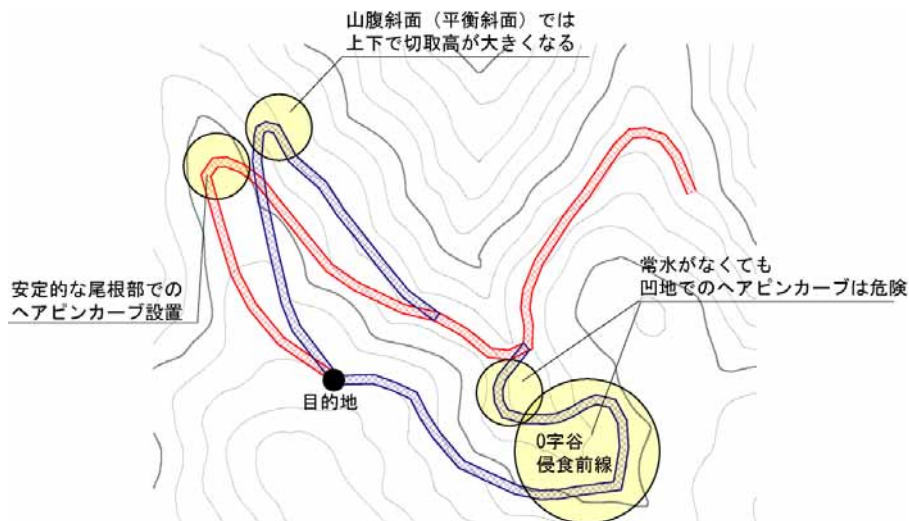


図 1-20 ヘアピンカーブ設置箇所の注意点

1-11 曲線半径

曲線半径は使用する林内作業車に対応した最小半径を設定する。なお、2t以下のトラックを走行させる森林作業道においては、安全に走行できる曲線半径6.0m以上を確保する。

使用する高性能林業機械等に対応した最小曲線半径となるよう設定します。

(1) 林業機械

森林作業道の曲線半径は、使用する高性能林業機械等の規格及び生産する素材の長さ等を勘案して決定します。その際、高性能林業機械等は走行速度が自動車と比べて低いため、理論上は作業道よりも小さな曲線半径の設置が可能ですが、通行及び使用する林業機械の規格や搬出する素材の長さ等を考慮する必要があります。また、フォワーダについては、急勾配の前後に半径の小さな曲線を配置することは、安全面から避けます。

(2) 2tトラック以下の車両

2tトラック以下の車両の走行のためには、最小半径6.0m以上を確保します。2t級トラックは、幅員3.0m、曲線半径6.0mで十分に走行できますが、2t級トラックでもクレーン付のトラックは車幅も広く、全長も長いため曲線半径8.0m以上が必要です(図1-21、表1-6)。さらに、内輪差、スリップを考慮して拡幅部をとるようにします。

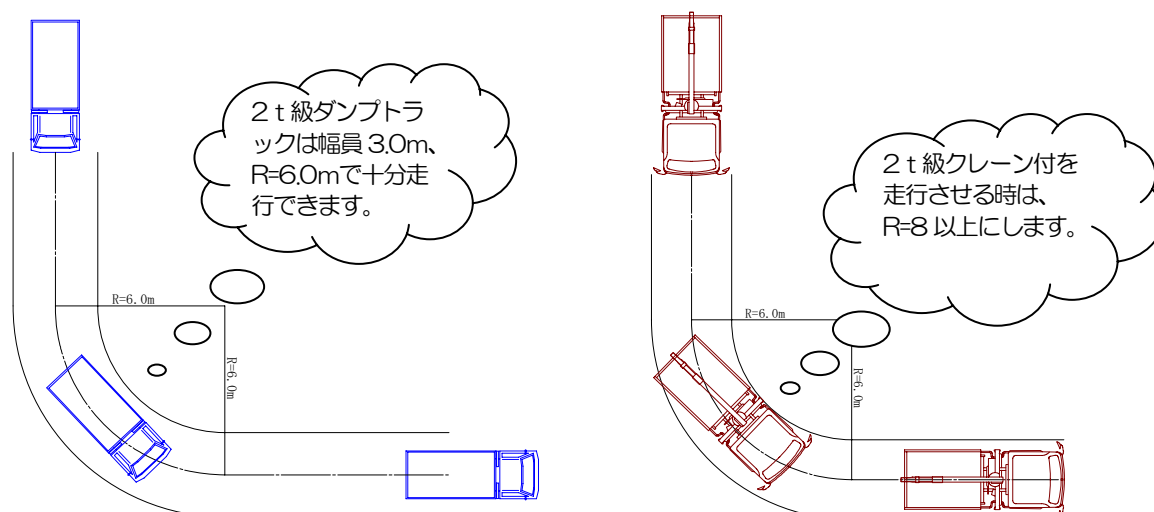


図1-21 幅員3.0m、曲線半径6.0mの2tダンプトラックと2tクレーン付トラックの走行模式図

表1-6 2t級トラックの標準規格

品名	2tダンプ			2t平ボディ		2tクレーン付
全長(mm)	4,690	4,690	4,690	5,990	5,980	5,980
全幅(mm)	1,690	1,690	1,690	1,880	1,930	1,930
全高(mm)	1,960	1,990	1,950	2,215	2,150	2,540
床面地上高(mm)	840	1,030	840	1,020	855	1,390
車両重量(kg)	2,620	2,620	2,760	3,110	2,470	3,440
最大積載量(kg)	2,000	2,000	2,000	1,500	2,000	2,000
最小回転半径(m)	4.6	5.5	4.8	6.2	6.2	7.2
登坂能力	(tan θ)	0.59	0.47	0.59	0.49	0.51
	(度)	30.5	25.2	30.5	26.1	27.0

※標準的な規格(登坂能力はあくまでも最大能力であり、走行制限勾配ではない)

1-12 縦断線形

森林作業道の縦断線形は、地形等を考慮して、切盛法高や切盛土量の抑制と、路面排水を図るため波形線形（波形勾配）を基準とする。

一般的に林道等の縦断勾配は、自動車の通行を前提としているため、通行する車両が同一の走行状態が得られるよう定められるものですが、これに対し、森林作業道における勾配決定に際しては平面線形と同様に、切盛法高や切盛土量の抑制、災害防止等を重視する必要があります。

このため、地形等を考慮して、安全に通行可能な縦断勾配とするとともに、路面排水を考慮した波形線形（勾配）が基本となります。

切盛法高や切盛土量の抑制を図る波形線形（勾配）を基準とし、同一の勾配を長距離にわたって継続させないことが重要です。

①凹部が盛土とならない場合と凹部が常水のある沢の場合

尾根部や常水のある沢部等では、縦断勾配（路面）を下げ前後の路面水を安全に流下させます。また、凹地形を通過するとき、路体が盛土とならない場合は、凹部に向かって縦断勾配を下げます（図 1-22 上）。このように、凹地形に向かい逆勾配（－）、凸地形に向かい順勾配（＋）をこまめに用います。

②凹部が盛土となる場合や凹部が脆弱な場合

常水のない小さな谷部（凹地形）は水が集まりやすくなります。路体が盛土となる場合は、縦断勾配（路面）を上げる工夫をします（図 1-22 下）。また、尾根部と常水のある沢部の間の中腹部もやや上げるようにします。

【凹部が盛土とならない場合と凹部が常水のある沢の場合】



【凹部が盛土となる場合・・・尾根部を下げる波形線形】



図 1-22 波形縦断線形の模式図

1-13 縦断勾配

縦断勾配は使用する林内作業車が安全に走行できる勾配とし、基本的に10度（18%）以下とする。

縦断勾配は使用する林内作業車が安全に走行できる勾配とし、縦断勾配は基本的に10度（18%）以下とします。

ただし、短区間に限って概ね14度（25%）までを限度とします。

(1) 林内作業車

クローラタイプの建設機械（ベースマシン0.45級）では、荷積で登坂できる基準（登坂能力：単位は $\tan\theta$ ）として最大30度の性能の機種がほとんどです。林業作業機械は、これらをベースマシンとする機種では30度の勾配を登坂できますが、運搬用のフォワーダなどのクローラタイプ（ゴム履帯）では14度（25%）程度として、可能な限り12度（21%）以下とします（図1-23）。

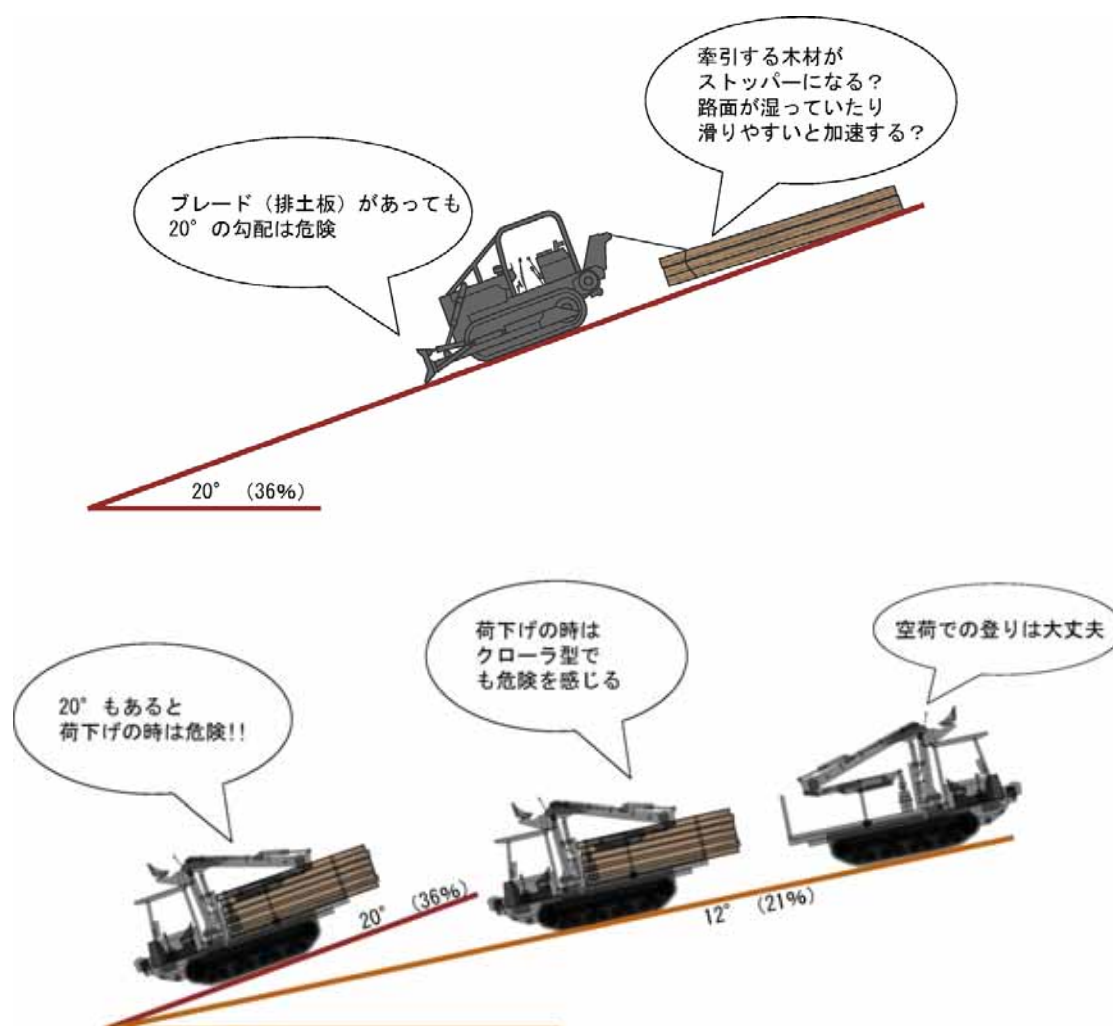


図1-23 急勾配における作業車両

(2) 2 tトラック以下の車両

2 t 級以下のトラックを走行させる場合は、最大縦断勾配を 10 度（18%）以下とします（図 1-24）。この勾配は、林道規程にも示されている想定車両の最大勾配です。森林作業道において林業作業車として 2 t トラックの走行を想定する場合は、同様に自動車道としての基準範囲とします。

なお、表 1-6（p25）に掲載したトラックの登坂能力は、あくまでもトラックの能力であり、一般走行における登坂制限勾配ではありません。

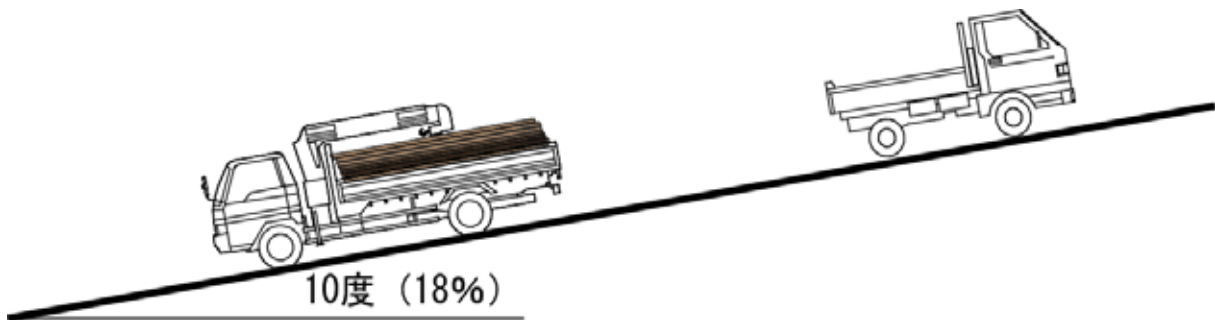


図 1-24 2 t 以下のトラックを想定車両とした場合の最大縦断勾配（10 度=18%）

(3) 縦断勾配の留意点

縦断勾配を急勾配にした場合は、路面水の流勢の増加による洗掘が発生しやすくなるため、横断勾配の工夫等による適切な排水対策を講じること、急勾配の前後には安全走行のため緩勾配区間を設けることが重要です。

また、曲線部やその前後では、急勾配をできるだけ避けます。曲線部は遠心力が働き、急勾配区間は重力加速度が増加します。安全に走行するためには、急カーブと急勾配の組み合わせを避ける必要があります。地形条件からこのような組み合わせが必要な場合は、曲線部への侵入手前（前後）に緩勾配区間を設けたり、一時停止や低速走行となるような表示、施設（水切工の設置）などの処置を行い、運転者が注意を行うようにします。

さらに、曲線部内に縦断勾配の変化点を設けることは、運転者の目の錯覚を招く可能性があります。曲線部内は一定の勾配とします。

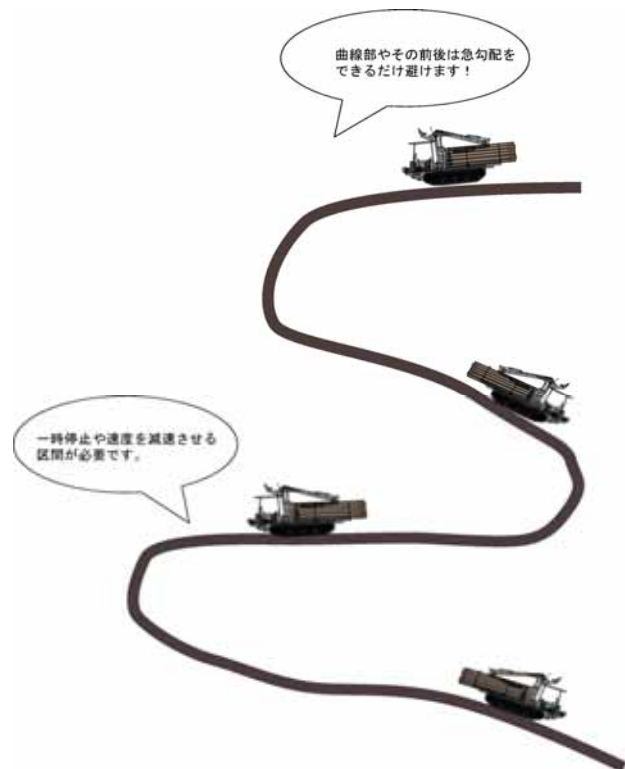


図 1-25 曲線部と縦断勾配

1-14 路体構築

森林作業道の路体構造は、土構造を基本とする。

路体構築は土工量の抑制を図る切土、盛土とし、路体及び法面の安定が確保できる構造とする。

森林作業道の路体構造は、土構造を基本とします。路体構築は、現場の地質・土質条件を十分精査して、切取勾配、盛土勾配を決定します。中心線を基準として「半切り・半盛り」が基本となります。なお、「半切り・半盛り」の場合、盛土の土量が不足する場合があります、切土を高くして補おうとしますが、盛土工にも留意して可能な限り「半切り・半盛り」を基本とします。

なお、軟弱地盤帯では、極力作設を回避しますが、やむを得ず通過しなくてはならない場合は、粗朶排水（水抜き）、現地発生丸太利用、砂・碎石を用いた簡易サンドマット工法などの軟弱地盤対策を行います（後述p72）。

(1) 切土

切取勾配はおおむね1:0.6（6分）としますが、1.5m以内の直切も可能です。林道の切取勾配は、通常土砂の場合1:0.8の勾配が基本となりますが（図1-26上）、森林作業道では締った地山の場合、1.5mまでは直切が可能です（図1-26下）。切土高は林地傾斜が急になるほど高くなりますが、可能な限り切土高は高くしないようにします。急傾斜地やヘアピンカーブ入口など、区間によっては切土高が高くなりますが、縦断勾配を調整して高い切土が連続しないようにします。

ただし、沢沿いの崩積土地帯（崖錘）を通過する場合は、直切では危険な場合があります。近くの同質の土質の現場状況をよく観察して切取勾配を決定することが必要です。

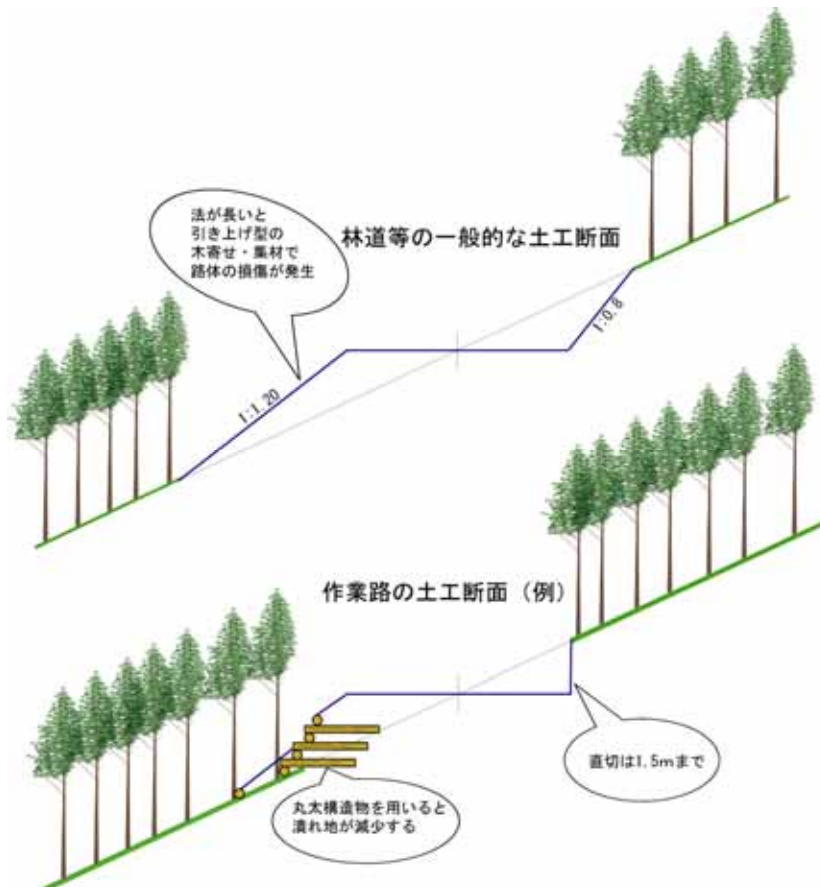


図 1-26 路体模式図

(2) 盛土

盛土勾配は、盛土高さや土質等にもよりますが、原則1 : 1.2 (1割2分) より緩い勾配とします。急傾斜地では盛土高を抑える丸太構造物などの工法を採用する場合がありますが、画一的に丸太構造物などを用いることはやめましょう(後述p90)。

盛土工は、地山の地形・地質等を十分把握して、使用する重機の重量などを考慮して、支持力を有する路体構築に努めなければなりません。

基本的な締固めは、一般土木工事に準じて30cm程度の層厚で十分に行います。一般的には、盛土面の地山に階段切り付け(段切)を行い30cm層厚で転圧します。土質的に強度を有しない土(シルト、粘性土など)の場合は、地山と盛土を区分せず、一体として30cm層厚で締固めて路体を構築します(後述p69)。

【参考】‘崩積土’

崩積土の特徴は以下のとおりです。

- ・ 重力の作用で移動または崩落堆積したもの。
- ・ 急斜面の下部にそれよりやや緩傾斜をなして堆積している。
- ・ 表層から下層に至るまで大小の角礫が多量に含まれていることが多い。
- ・ 通気透水の良い林地になっている場合が多く、水分、養分の供給も多い。
- ・ 特に急傾斜をなして半円錐状に堆積したものを「崖錐」という。

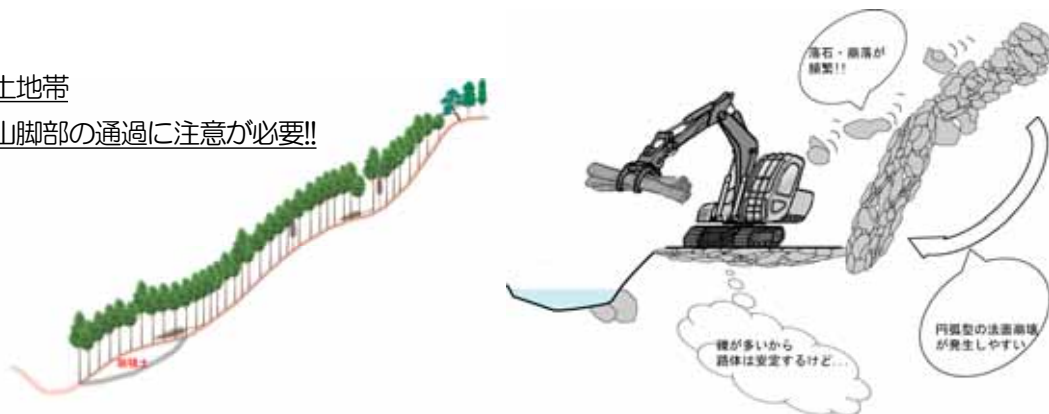
崩積土地帯には、上記にあるように通気性、透水性の良く、水分、養分の供給も多いことから、スギの適地となっている場合が多く、良質な木材が生産されます。したがって、森林作業道を作設する場合も多くなります。

ただし、崩積土地帯は大小の角礫が多量に含まれていることから、比較的締った路体を構築することが可能ですが、切土部は礫間を充填している粘着性に富む土質(マトリックス)が少なく、切取面が不安定になりがちです。特に崖錐部は落石や崩落が頻繁に発生します。また、切土高が高くなると円弧型の法面崩壊が発生しやすくなります。

どうしても通過する場合は、「切土高を極力抑え、盛土だけで路体を構築する」、「切土法尻に現場発生の巨石などを並べ、法留対策を行う」などを検討してください。

崩積土地帯

特に山脚部の通過に注意が必要!!



1-15 路体の横断勾配

路体の横断勾配は、水平（フラット）を原則とする。

森林作業道の横断勾配は、直線部、曲線部とも水平（フラット）を原則とします。

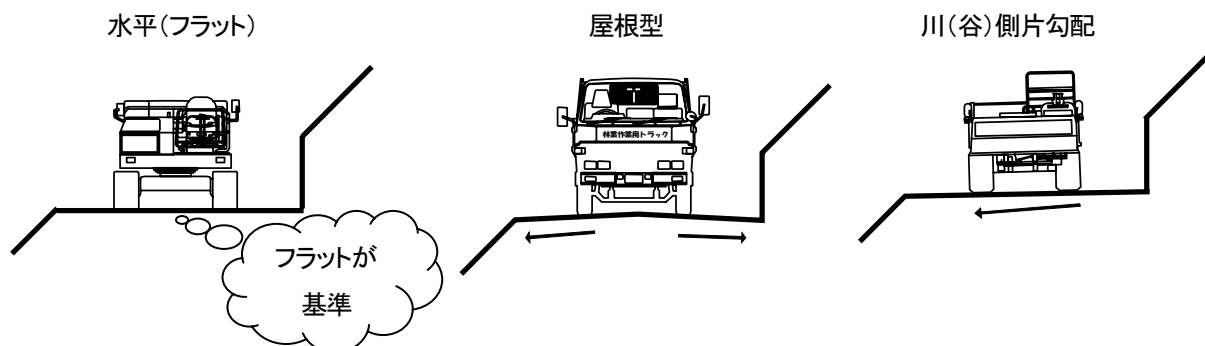


図 1-27 路体（路面）の横断勾配

未舗装の林道等の横断勾配は、一般的に両路肩外縁から車道中心線に向けて取り付けられる屋根形（図 1-27 中央）が用いられています。横断勾配は、排水上の目的で決定することとし、路面の洗掘を起こさない限度において 3~5%以下が基準となります。

「林道規程—運用と解説—（2008）」では、「林道の利用形態が、もっぱら森林施業の実施であって、かつ自動車道の区分が 3 級の場合にあっては、川側に片勾配を附することができる。」とされ、川側片勾配の横断勾配は、5%以下とし、以下の条件の全てを満たす箇所に設置することができます（図 1-27 右）。

- ・縦断勾配が 5.0%以下の箇所
- ・路面の凍結のおそれがない箇所
- ・地形傾斜度が 20 度程度以下の箇所

川側片勾配は、コストの低減のほか、地形の改変量の減少、路面水の集中を避ける等の効果が期待でき環境の保全面からも有効なものであり、森林作業道ではその実績が多く報告されています。

路面水の集中を避ける分散型への対処ですが、極端な川側片勾配は走行性、安全性等、実際の運転者からの疑問も挙げられています。さらに、川側片勾配では森林作業道における高性能林業機械による引き上げ型の木寄せ・集材作業でも安全性についてオペレータの不安感が増大するとの意見もあり、画一的な川側片勾配の採用は避ける必要があります（図 1-28）。

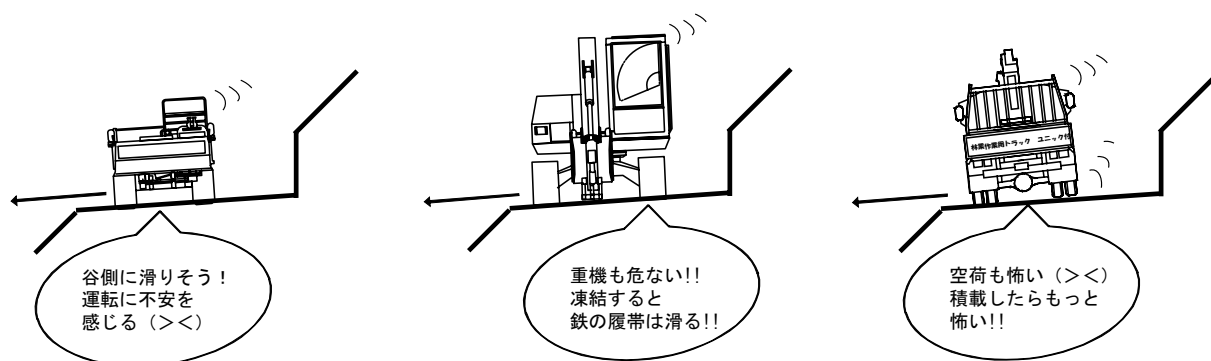


図 1-28 極端な川（谷）側片勾配の模式図

一般的には、トラックの走行、林業機械の走行によって轍部が沈下し、路面中心付近は盛り上がり、実質的には路面中心付近から轍部にかけて、自然に横断勾配に近い形となる場合があるなど、路面変化が早期に発生するため、直線区間も曲線部も路面勾配はフラット（勾配0%）で仕上げます（図1-27左）。

1-16 路面（路盤）

森林作業道の路面は、土工により形成される現場土砂で構築するが、林内作業車両の走行に支障がある場合は、現場発生の石礫を用いて路面を仕上げるか、安価な石礫資材を用いての路面処理を検討し、路面の安全の確保を図る。

一般に砂利道の構造は、自動車の重量化にともなう支持力の不足、地下水、地表水などの排水の不完全による軟弱化、寒冷地における凍結、融解などの諸条件に適応したものであり、特に砂利道の路盤工の厚さは、砂利道表面から路床へ伝達される自動車荷重を広く分散するなど、交通量、輪荷重の大きさ、路盤工材料、路床土の性質、地下水位、凍結深さなどの諸要素を考慮して決定するものとしています。

森林作業道は、土工により形成される現場土砂で構築し、林内作業車両の走行に支障がある場合は、現場発生の石礫を用いて路面を仕上げるか、安価な石礫資材を用いての路面処理を検討し、路面の安全の確保を図ります（後述p99）。

1-17 排水対策

**森林作業道作設には、適切な排水対策を行う。
路面排水は、分散型排水とする。沢の横断は、関連法規（規制）を確認の上、原則「洗い越し」とする。**

（1）路面排水

既設の林内路網の主な破損原因は、雨水による法面崩壊や路面洗掘で、特に路面水については、路面洗掘の発達と、路面水の集中で路肩崩壊が発生する場合があります。このため、こまめな排水対策を講じる必要があります（後述p77）。

前述（1-15）の路面の横断勾配をフラットにしたうえで、縦断勾配を波形線形にすることにより、分散型排水により処理します。路面水の排水先（流末処理）は、盛土部、凹部を避け、地山が強固と想定される凸部の尾根などで処理します。盛土が連続する場合などは明瞭な沢などで排水しますが、側溝等の導水対策は一般的に行わないため、盛土の始まりと終わりの地点で必ず排水するように水切工等を設置します。

（2）沢の横断

小溪流などの横断（渡河）には暗渠工ではなく、原則として「洗い越し」とします（後述p84）。洗い越しには、暗渠併設タイプなどもありますが、森林作業道の場合は現地発生の巨石や丸太を用いた洗い越しとします。溪流の横断に当たっては、河川法、砂防指定など制限指定されている場合があり、関係機関との調整を行う必要があります。制限等によっては、仮設工として暗渠により横断し、作業終了後に撤去する場合があります。

(3) 湧水処理

計画段階で識別される湧水箇所については、地形改変を極力回避することとしますが、やむを得ない場合は簡易な暗渠を設けること等により、湧水の流路を遮断しないように努めます（後述p 82）。

1-18 待避所・車廻し・作業ヤード

森林作業道は、木寄せ・集材作業のフィールドになるため、平面線形を利用したスペースに、適度に待避所と同規模の作業スペースを設置する。

森林作業道は、木寄せ・集材作業のフィールドにもなり、こまめに待避所と同規模の作業スペースを設置することが望ましいと考えます。幅員を確保して緩傾斜の箇所（図 1-29）や凸地形などを有効利用した作業スペースを設置します（図 1-30）。

集積場までの運材路となることから、フォワーダの方向転換が可能な車廻しを路線の中間部や路線終点部に設置します。また、他の作業道、森林作業道との交差・分岐する箇所や集材等の行われる拠点となる箇所には、作業スペース等を設置します。

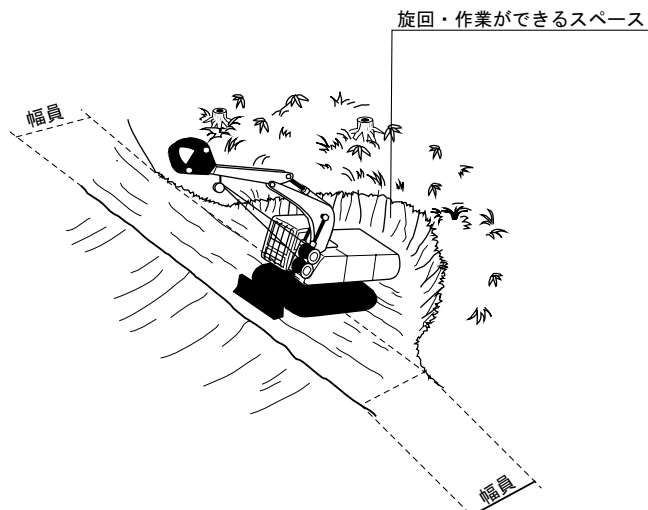


図 1-29 森林作業道と作業旋回スペース模式図

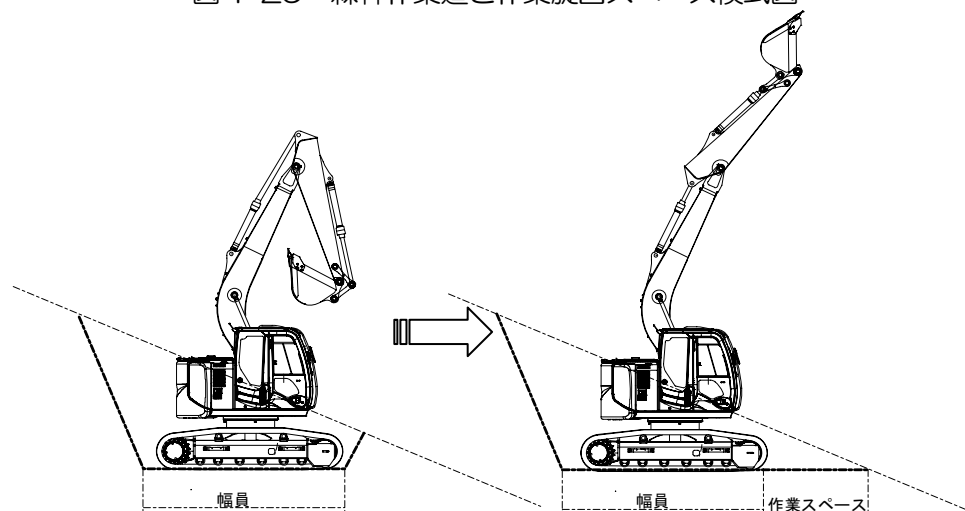


図 1-30 尾根部を利用した作業スペース模式図
通常の場合（左）と尾根部をカットして作業スペースを確保した場合（右）

【参考】‘集積場’

高性能林業機械の稼働を想定した路網配置においては、集積場等の林業作業用施設の配置が重要です。

林道・森林専用道は主に木材の運搬路として利用されますが、既存の林道の利用形態を見ると路上において木材の搬出作業や丸太の積込等が行われており、他の通行車両に支障を及ぼしている実態がしばしば見受けられます。

さらに、今後は施業団地の集約化などによって今までよりも多い木材の搬出量が想定されるため、これまでよりも規模の大きい造材、桷積、積込み作業ができる集積場を設置することが望ましいと考えます。

集積場の配置は、林道・林業専用道の終点部または森林作業道との分岐点に設置することが必要です。集積場は、林道・作業道等の路体と一体的に設置することが望ましく、土場は水平で、グラップル等の稼働に安全な地盤支持が得られるものとしします。

集積場の規模は、仮に造材も可能とする場合、プロセッサ稼働の安全性を考慮すると、幹材長の2倍程度を確保できるスペースが必要です。

さらに、桷積、積込み作業を考慮すると積込みグラップルのブーム・アームを伸ばした2倍の半径の距離の円内と、材を送る前後の方向が危険区域であることから、グラップルのブーム・アームを伸ばした2倍程度（20m程度）のスペースが必要となります。



写真1 作業道、森林作業道分岐点に設置した大型トラック積込み用の集積場（面積910㎡）



写真2 上記集積場での集積・積込み作業

2 配置・測量

2-1 路線配置

森林基本図(1/5,000)の図上で路線計画を検討し、可能な限り路線計画箇所の概要を把握する。既存の路網(林道等)との接続、危険地区などの把握に努める。

前述(1-3~7)の対象地域の自然環境をあらかじめ把握したのち、森林基本図(1/5,000)を用いて図上で路線計画を検討します。この場合、森林基本図・計画図の他、航空写真、地質図等の既存資料によって、可能な限り路線計画箇所の概況を把握します。また、図上での路線計画の決定に際しては、下記の事項に留意し、間伐等の施業が継続的に予定されている一連の森林での効率的な施業に対応できるよう、路線及び作業ポイントの配置や起終点位置等について検討します。

【線形】

- 施業が計画されている箇所を有機的に結ぶ線形となっているか。
(施業実施箇所等の必須通過ポイントを全て通過しているか。)
- 効率的な線形となっているか。
(急傾斜の箇所を可能な限り避けているか。大規模な切土・盛土が必要とはならないか。)

【安全性】

- 想定される高性能林業機械等の通行に支障はないか。
(搬出材積載時の下り走行で安全に走行できるか。曲線部の通行に支障はないか。)

【災害誘引】

- 完成後の災害発生の恐れはないか。開設を避けるべき箇所及び周辺路網の既往被災箇所と同形態の箇所を図面上で把握した上で確実に避けているか。なお、避けるべき箇所は一般的には以下の形態が想定され、事前調査において、注意する必要がある。

【危険地区の判定】

- 地すべり地、破碎帯、崩壊地、温泉変質帯
一般的には、森林計画図等の地形図を用いて判断する。機械的な読み取りではなく、人の目によって、これまでの知見を踏まえて判断する。地すべり地図、地質図を用いて把握する。
- リニアメント(地形上に認められる連続する直線状の模様のこと、断層や地質の不連続面などを反映する場合が多い)
地形図、航空写真で判断する。地形図で判断する場合には等高線の変曲線の連続性を見る。航空写真で判断する場合には、植生の色調の違い等を見る。森林計画図及び航空写真で判断する。

【社会的条件】

人家裏、公道及び鉄道の上部等における森林作業道開設は、できるだけ避けますが、林道・公道等との接続部など、やむを得ない場合は、土砂流出の防止のため、木製構造物の設置など必要な対策を講じます。

- 用地的問題はないか。(周辺の所有形態、用地確保に支障はないか。)
- 起点位置において、既設道路と森林作業道の接続部分の規格・構造が使用する機械の通行に支障がないか。
- 終点位置において車廻し等が確保されているか。

2-2 現地踏査

事前調査で森林計画図に記載した路線計画に関して、詳細に踏査を行い、詳細な現場条件を把握することに努める。

現地踏査では、事前調査で森林計画図に記載した路線計画に関して、詳細に踏査します。併せて、森林計画図等で判読できない現場条件（土質、岩盤、小規模崩壊地、湧水、転石等）に関して、路線部分及び周辺森林の状況を踏査します。

危険区の判定では、避けるべき箇所は、岩の露頭や植生状況から判断することになるため、路線計画箇所だけでなく周辺の既往の路網の状況も参考とします。

また、路線計画と併せて、簡易構造物、洗い越し、路面工の必要な箇所を森林計画図等に図示しておきます。

事前調査及び現地踏査の結果を基に、森林作業道の中心線を立木等に印す際は、高性能林業機械等が搬出材積載時の下り走行で安全に走行できる縦断勾配となっているかを確認しながら進めます。

2-3 予測

現地踏査等を踏まえ、予測を行い、縦断勾配を確認する。

森林作業道もハンドレベルを用いて予測を行うことが望ましいと考えます。前述の現地踏査等を踏まえ、予測を行います。ハンドレベルで縦断勾配を確認（目標勾配以内であるか）します。

実際にハンドレベルを用いた予測では、設定した勾配よりも設計勾配、仕上がりが高くなる場合があります（15%で設定すると仕上がりは16~17%程度になることが多い：経験則）。

したがって、制限勾配（18%）に近い場合は、緩め（16~17%以下）にハンドレベルの勾配を設定して、予測を行います。

2-4 測量・設計

土工量の極小化や必要な幅員の確保等を勘案し、中心線の調整を行いながら延長の確定、標準的な横断勾配を測量する。

土工量の極小化や必要な幅員の確保等を勘案し、中心線の調整を行いながら延長を確定する測量を実施します。

地形変位地点、曲線部となる箇所には中心杭（交点杭）を設置します。中心杭を設置した箇所では横断勾配を計測します。

一般的には、森林作業道は詳細な設計図作成は行いません。設計において土砂の流用計算等も行わず、標準断面による切土盛土計算により、開設費を見積ります。

3 森林作業道の維持と環境への配慮

3-1 壊れにくい道と維持

適切なルート選定と作設技術により、壊れにくい森林作業道の作設を図り、対象森林の維持管理等に資する長期使用の道として管理する。

(1) 壊れにくい道は長期使用可能な道

例えば、幅員 3.0m の森林作業道は、同じ幅員 3.0m の林道と比較して開設単価 (円/m) が 1/3 ~ 1/30 程度で作設されます。低コストで、作設も短期間で実施できますが、適切なルート選定及び作設を行わないと、林道と比較して損壊しやすいことも事実です。

‘安い・早い・壊れやすい’、‘土砂災害の原因 (誘引) が森林作業道’ といわれなかったためにも、的確な路線選定と作設が求められます。



路肩決壊が発生した森林作業道



法面崩壊が発生した森林作業道



放置されている森林作業道



山に戻った？森林作業道



里山に作設された森林作業道。森林作業道起点部分 (写真左) は歩道として利用されているが、放置された先線 (写真右) はクズに覆われ歩行することもできない。

写真 3-1 森林作業道のその後

現在まで森林作業道は、搬出間伐等において木寄せ・集材、運材のみに使用する短期使用の道として考えられてきました。使用後は‘山に戻す’ことが原則とされていました（写真3-1 中段右）。

しかし、一度改変した土地は簡単には山に戻りません。‘山に戻す’といっても、その後路面を掻きほぐし、植栽するなどの事例は極めて稀で、ただ放置する場合がほとんどでした（写真3-1 中段、下段）。

今後は、森林作業道では一般車両の通行は不可能でも、森林の維持管理等に資する施設として使用し、搬出期の1度だけの施設として放置しないことが必要です。このことが山地保全にもつながるものと考えます（写真3-2）。

したがって、今後作設する森林作業道は、全て長期間使用するものとして配置及び作設を行う必要があります。

（2）維持管理

森林作業道は、作設後すぐに搬出作業車両などの車両が走行します。また森林作業道上で作業する場合があります。当然、森林作業道には負担がかかるので、轍ができたり法面が痛んだりします。壊れにくい道や長期使用の道として維持していくためには、作業終了後に路面の轍の補修（不陸整正）をして作業を終了するように心がけましょう（写真3-3）。

（3）安全管理と環境保全

森林作業道は一般車両の通行を想定していません。したがって、一般車が進入すると事故が発生したりします。また、誰も通行しないような道には、ゴミなどの不法投棄が発生したりします。不法投棄は森林作業道のせいではないのですが、不法投棄の温床とならないように注意する必要があります。

そのためには、作業時には連絡道に看板（作業中等）を設置して周知を図ります（写真3-4）。森林作業道起点にはバリケードなどを設置して一般車両の進入を規制してください。

作業終了後には、一般車両が進入できないようにゲート（ちょっと高価になります）やバリケード、長期間使用しない場合は、素掘りや高盛土をして、進入防止対策などを行ってください（写真3-5）。



写真3-2 植生が侵入した作業路

作設後1年で植生が侵入しているが、歩行は可能。搬出間伐後の維持管理に歩道として有効利用することが望ましい。また、数年後、この路体を有効利用して搬出を行うと低コスト化につながる。



写真3-3 不陸整正

搬出作業で変状した路面（轍）を直して作業終了！



写真3-4 連絡道に設置した看板



写真3-5 作業路起点の溝（素掘り）進入防止対策

3-2 地形改変による自然環境への影響

対象地において希少野生動植物の生息・生育に配慮して森林作業道を作設する。保護対策が必要と判断された場合は、関係機関との協議を行う。

森林整備・林業活動が積極的に進められている施業団地であっても、その現場における野生動植物の種類や分布状況について、あらかじめ詳しく把握されている例は少ないと思われます。

そこで、地形の改変等を伴う森林作業道の作設にあたっては、希少野生動植物への配慮が求められます。

環境保全を担う森林整備が、「貴重な自然環境の破壊」ということにならないように注意しましょう。

(1) 希少野生動植物

複雑で多様な地形や気候に適応し、長野県には国内でも有数の多種多様な動植物が分布しています。長野県は「長野県版レッドデータブック～長野県の絶滅のおそれのある野生生物～」を作成するとともに、希少野生生物の保護のために「長野県希少野生動植物保護条例(以下保護条例という)」を施行しています。

この保護条例では、希少野生動植物の個体や生息地の保護のための規制や保護回復事業等に関して必要な事項が定められています。保護条例では、希少野生動植物のうち特に保護を図る必要のあるものを「特別指定希少野生動植物」もしくは「指定希少野生動植物」とし、それらの個体の捕獲・採取、踏み荒らし及び開発行為等については、原則として禁止、もしくはあらかじめ知事に届出をしなければならないとされています。

①指定希少野生動植物(動物)

保護条例では、脊椎動物の9種が指定希少野生動植物に指定され、そのうちの2種が特別希少野生動植物に指定されています。また無脊椎動物では4種(5亜種及び2地域個体群)が指定希少野生動植物に指定されています。

②指定希少野生動植物(植物)

県内に自生する在来植物は2,979種に上ります(長野県植物誌編纂委員会編1997)。長野県版レッドデータブック(維管束植物編)では、これらの植物のうち759種が絶滅の危機に瀕していると報告されています。保護条例では52種が指定希少野生動植物に指定され、そのうちの14種が特別指定希少野生動植物に指定されています(表3-1)。

なお、国では1993年に「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律」を施行しています。これにより23種の植物が国内希少野生動植物種に指定され、そのうち7種は特定国内希少野生動植物に指定されています。長野県に自生する種としては、アツモリソウ、ホテイアツモリが特定種に該当します。詳細については、環境省のホームページで確認してください(URL <http://www.env.go.jp/nature/yasei/hozonho/index.html>)。

表 3-1 長野県指定希少野生植物と長野県特別指定希少野生植物

【長野県指定希少野生植物】		
センジョウデンダ	ハナノキ	ヒメシャガ
トヨグチウラボシ	ルリソウ	ユウシュンラン
カザグルマ	ツキヌキソウ	コアツモリソウ
オキナグサ	ツツザキヤマジノギク	キバナノアツモリソウ
シラネアオイ	ヤマタバコ	サワラン
エンピセンノウ	ホソバナシバナ	キリガミネアサヒラン
ヤマシャクヤク	ウラシマソウ	モミラン
ベニバナヤマシャクヤク	ヒメカイウ	サギソウ
コイワザクラ	シライトソウ	ミスチドリ
クモイコザクラ	ヤマユリ	トキソウ
サクラソウ	ササユリ	カヤラン
シラヒゲソウ	ハナゼキショウ	ヤクシマヒメアリドオシラン
タヌキマメ	ミカワバイケイソウ	
【長野県特別指定希少野生植物】		
ヤシャイノデ	シナノコザクラ	キンラン
ウロコノキシノブ	コマウスユキソウ	クマガイソウ
ツクモグサ	イワチドリ	アツモリソウ
トガクシソウ	ヒメホテイラン	ホテイアツモリ
タデスミレ	ホテイラン	

※長野県希少野生動植物保護条例指定植物

長野県環境部のホームページ (URL <http://www.pref.nagano.jp/kanky/hogo/kisyuu2/index.htm>)



写真 3-6 ルート選定時に確認されベニバナヤマシャクヤク

長野県希少野生動植物保護条例指定種であるため、関係機関と協議し、保護対策を講じた



写真 3-7 林道環境影響調査で確認されたヤマトイワナ (2008 年)

森林作業道の予定ルート付近にあらかじめ希少な動植物の分布が知られている場合には、計画段階で関係機関と協議をします。植生等についての状況が不明の場合は、作設前にルートセンサスなどの植生調査を実施しておくことが望ましいといえます (写真 3-6)。

調査時期としては、なるべく春 (花が多い時期) や秋 (花や実が多い時期) に行うほうが、他の時期よりも多くの植物を確認しやすく効率的です。

(2) 河川や溪流の流域の環境保全

森林作業道の作設は土工が中心となりますが、河川や溪流に作業道作設に起因する土砂の流出 (崩壊を含む) を発生させてはなりません。陸水生物等に直接悪影響を与えるばかりでなく、より下流域の河川環境にも悪影響を与える可能性があります。

また、奥山の施業団地ではヤマトイワナ (日本固有亜種) のような絶滅が危惧される溪流魚等の生息も想定されるため、環境保全に十分に配慮しましょう (写真 3-7)。

さらに、下流域に養魚池等がある場合や、漁業に影響を及ぼす可能性がある場合は、作設前に関係機関と協議等を行い、関連法規や許認可の有無についても確認します。

(3) 猛禽類への配慮

森林には多様な動物が生息しています。森林整備を実施するにあたり、とくに猛禽類（ワシタカ類）への影響の有無が問題になる場合があります。森林作業道の作設にあたっては、必ずルート選定時に猛禽類の営巣木の有無を確認してください（写真3-8）。

また、作設のための先行伐採時にも営巣木の有無を確認しながら実施してください。希少な猛禽類が生息している場合には、騒音や振動等も繁殖活動に影響を与えることがあるため、ルートの回避ならびに繁殖期を避けた作設を行うなどの慎重な配慮が必要で、計画段階で関係機関と協議をします。



写真3-8 作設予定地で確認された猛禽類の古巣

(4) 外来植物の持ち込みへの対策

森林作業道の作設にあたり、外来植物の種子等が工事用機械に付着して森林内に持ち込まれることのないように注意します。

とくに河川敷や荒地等で使用した作設機械を使用する場合は、機械の搬入前に付着した土等を洗い落としておく等の配慮が必要です（図3-1）。

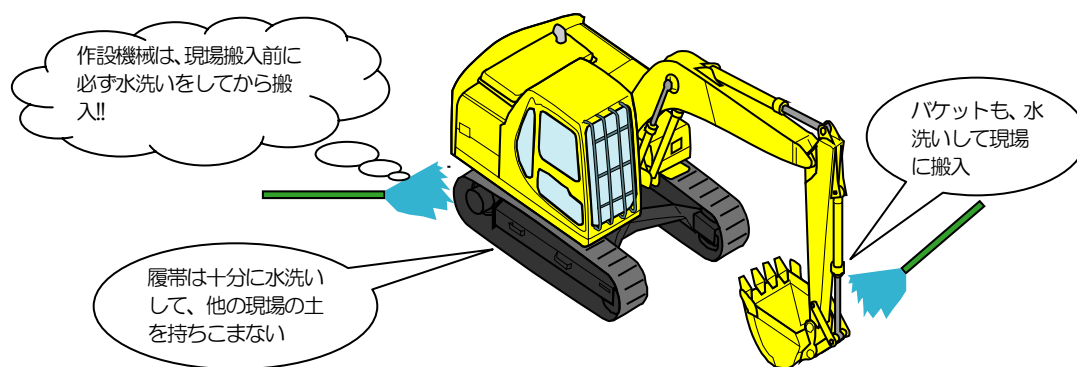


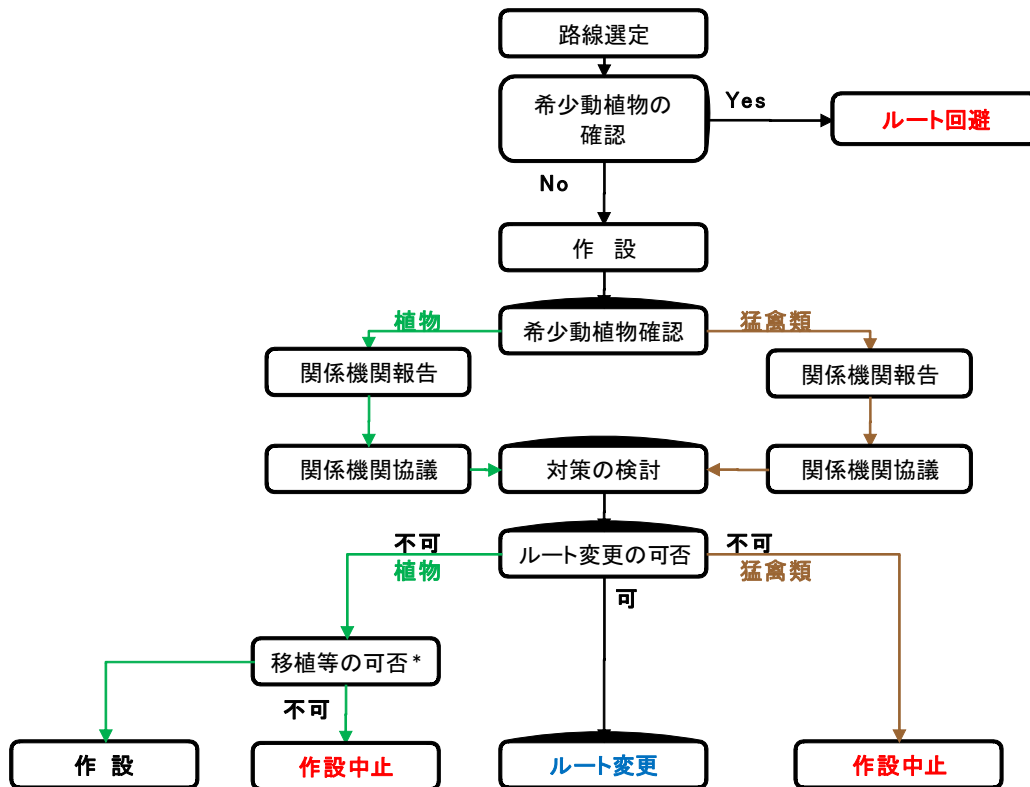
図3-1 工事用機械の現場搬入前の清掃模式図

(5) 希少野生動植物が確認された場合

注意すべき希少野生動植物が作設時に確認された場合は、工事を中断して関係機関に報告し対策を協議します（図3-2）。その際、希少野生動植物の分布情報は関係機関のみに伝え、一般に公開することは控えます。

対象が保護条例における指定希少野生動植物の場合は、原則作設は中止してください。故意に生息地・生育地を改変したり、採取したりした場合は条例違反となり罰せられます。

森林作業道の場合、可能な場合はルート変更をしますが、ルート変更が困難な場合は、その区間までの延長としてください。



※移植は最終手段であり、移植を前提とした対策法としない

図 3-2 希少動植物が確認された場合の対策検討の流れ

(6) 埋蔵文化財包蔵地や史跡への配慮

野生動植物の保護・保全とともに、文化財等の歴史遺産を保護することも重要です。

長野県内には森林の中にも多くの遺跡が分布しています。段丘化した扇状地上や、起伏の小さい火山山麓等には旧石器時代や縄文時代以降の古い遺跡が多く、また盆地を見下ろす山地の稜線付近には山城の跡等が多く分布しています。

埋蔵文化財については、当該市町村の教育委員会でその分布状況を調べることができます。原則として埋蔵文化財包蔵地内での作設は行いません。

埋蔵文化財包蔵地とされていない森林において、作設時に土器等の遺物や遺構が発見された場合は、作設を中止して関係機関に連絡してください(図 3-3)。知り得た状態で報告をせずに作設を続けると、文化財保護法に抵触します(文化財保護法第 96 条)。また、仮に土器等を採取してしまうと、遺失物法に抵触します。

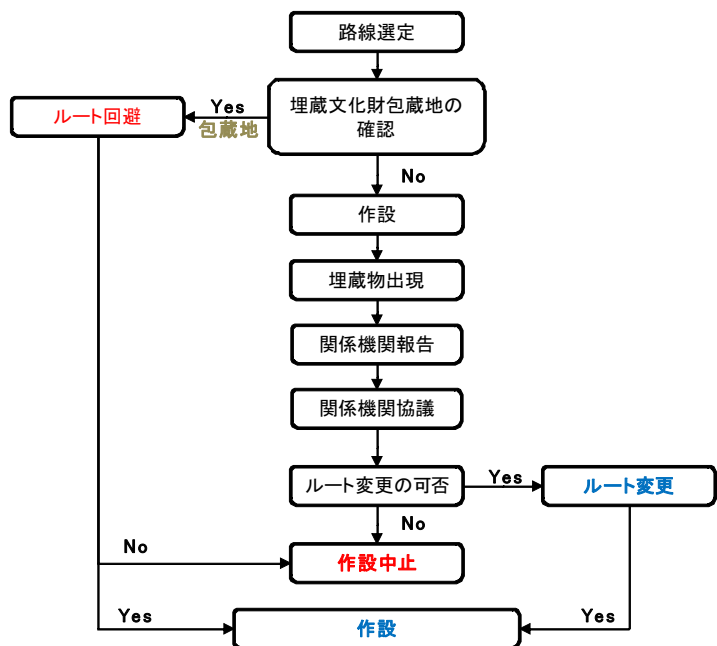


図 3-3 文化財・史跡等が確認された場合対策検討の流れ

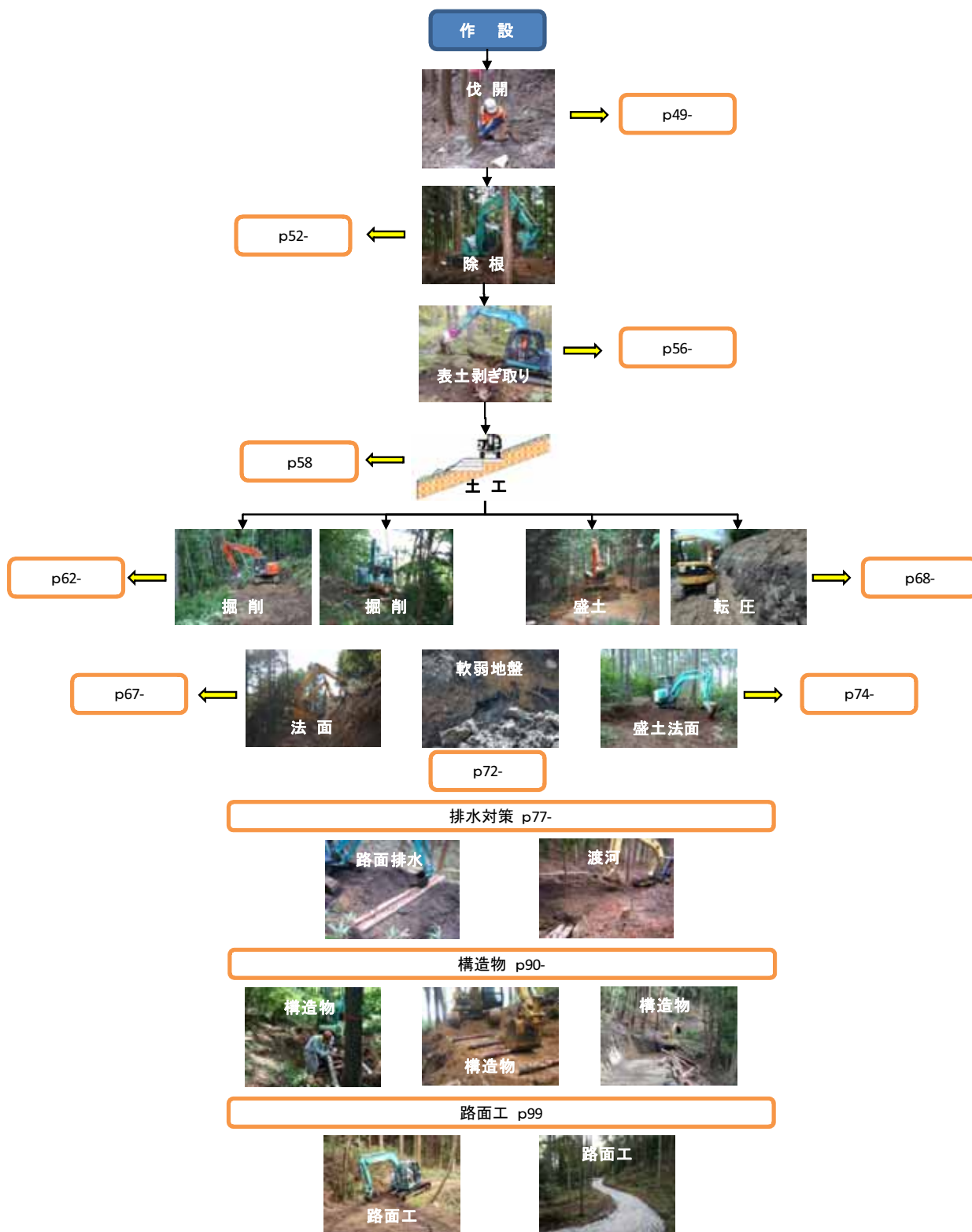


施工・技術編



「施工・技術編」では、作設における工種・工法について事例写真等を掲載しながら、基本的な作設方法を解説します。立地条件が複雑な長野県では、画一的な作設はできません。ここに記載されている基本的な事項を参考にして、対象地に即した作設を行ってください。

基本的な作設の工程と、工種・工法の記載ページは以下のとおりです。

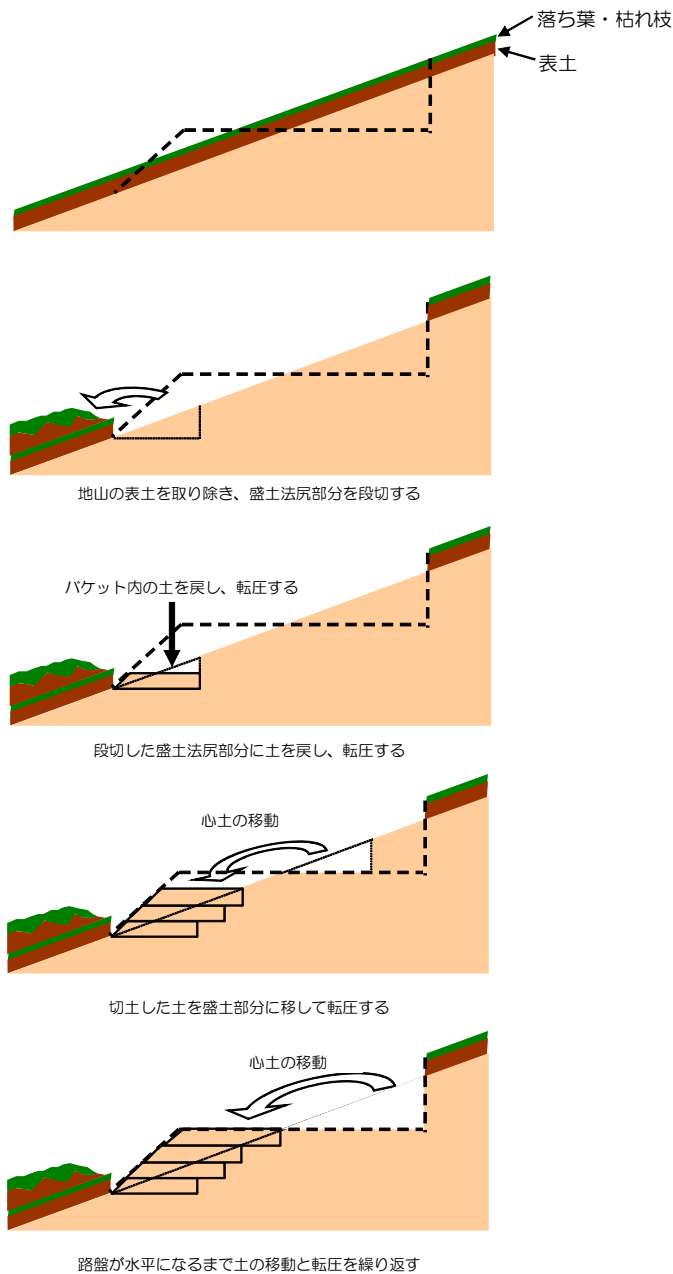


標準的な路体構築の方法

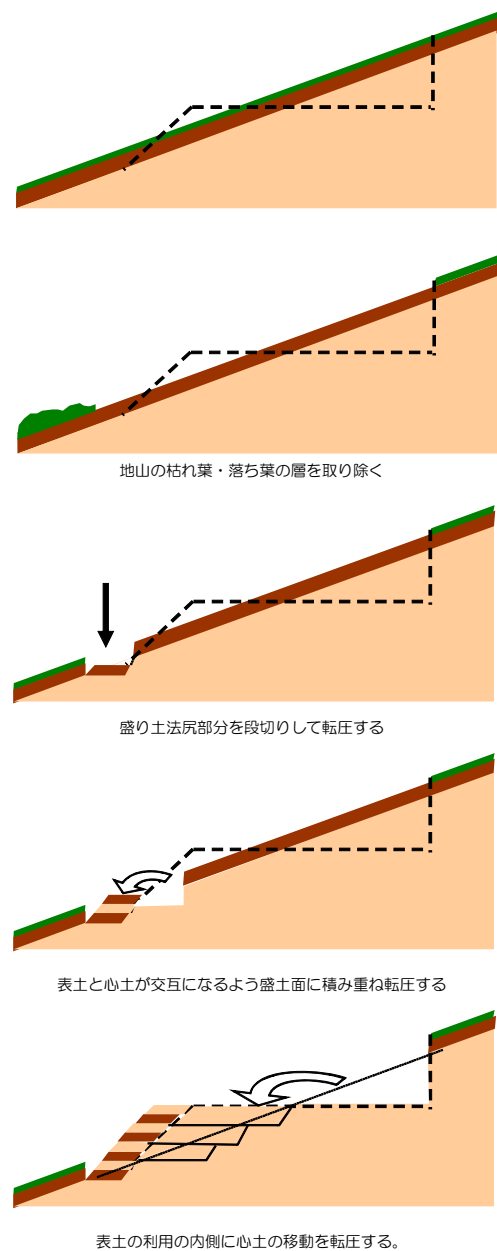
森林作業道は、切土・盛土による路体構築（下図左、p60）が基本です！

また、盛土面の保護（盛土の安定と早期緑化）として、表土を利用した表土積工（下図右、p74）があります。

一般的な土工



表土を利用した工法の例（表土積工）
（表土積工の詳細はp74参照）



【参考】 ‘実際の現場では・・・?’

平成22年8月、本マニュアル作成にあたり、県内の事業者と実務者（オペレータ）の皆さんにアンケート調査を行いました（県信州の木振興課）。

回答をいただいた事業者は23団体、実務者の皆さんは27名の方から、貴重な回答をいただきました。その結果から、事業者に回答いただいた内容と実務者の皆さんからの回答の一部を紹介します。

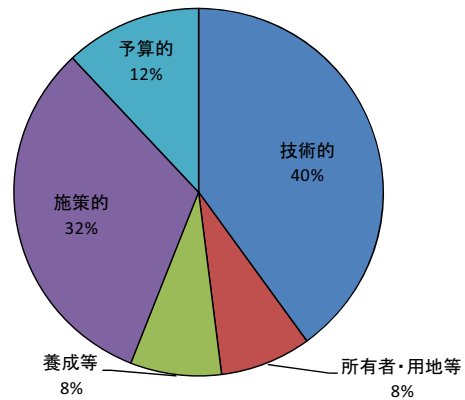


図-1 事業者向けアンケート 課題区分別回答数割合

【事業者向けアンケート】

「今後、森林作業道を作設するに当たり、課題と思われる事項を教えてください。」の問いに対し、技術的課題（40%）、所有者・用地等課題（8%）、養成等課題（8%）、施策的課題（32%）及び予算的課題（12%）の回答となり、作設に係る技術的な事項が多く記載されていました（図-1）。

【実務者向けアンケート】

①幅員の実績

「作設路線の平均的な幅員（m）を教えてください。」の問いに対し、回答数26で、最大幅員は4.0m、最小幅員は2.0m、最も多かった回答は3.0m（最頻値）となり、幅員3.0m（65%）、次いで4.0m、3.5m、2.5mが多く、2.0m、2.3m、3.5mがそれぞれ1つの回答でした。

②1日当たりの作設延長の実績

「これらの路線作設において1日約何メートル作設できましたか。」の問いに対し、回答数23で、最大作設延長は150m、最小延長は10m、平均作設延長は57mとなり、最も多かった回答は50m（最頻値）でした。

これらの結果を県内地域別でみると、図-2のとおりとなります。幅員は地域差はみられませんが、作設延長では佐久地方で日作設延長が長くなっています。

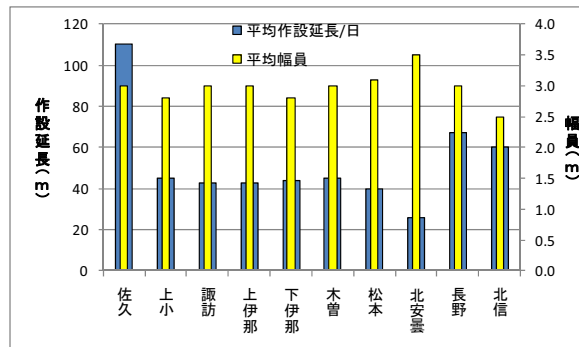


図-2 実務者向けアンケート 地区別の日作設延長（m/Day）と平均幅員（m）

③作設機種

「通常作設に使用されている作設機種についてお答えください。」の問いに対し、BH=0.2m³級以下が11.6%、BH=0.25m³級が34.6%、BH=0.45m³級が34.6%、ブルドーザーが3.8%となり、0.25級と0.45級が作設の主流となっています。その他、0.25m³級と0.45m³級複合タイプや、これらとクローラダンプ（6t級）を使う複合タイプの回答がありました。

4 施工

4-1 施工時期

施工は、原則として梅雨期、積雪期、融雪時期等を避け、降雨時や降雨直後の作業は極力行わない。

施工期は、原則として梅雨期、積雪期、融雪時期等を避けます。施工中も降雨時や降雨直後、降雪及び強風時の作業は極力行わないこととします。

明確な定義はありませんが、「豪雨（大雨）」の目安は1回の降雨量が50mm以上、「豪雪（大雪）」は1回の降雪が25cm以上、「強風」は10分間の平均風速が10m/秒以上をいいます。

(1) 降雨

降雨に対する災害の目安は、その地域によって異なります。「長野県砂防情報ステーション <http://133.105.11.45/index.html>」では2007年6月1日より長野地方象台と共同で土砂災害警戒情報を発表しています。

そのなかで、1kmメッシュごとの土砂災害発生の危険性を評価する実行雨量「スネークライン」図があります。これは、縦軸を短期降雨指標の60分間積算雨量、横軸を長期降雨指標の土壤雨量指数として、土壌中の水分量を評価し、土砂災害（土石流、がけ崩れなど）の起こりやすさを表示する図です。雨の降り出しから3時間先までの予測が表示され、30分ごとに最新の状況に更新されます（図4-1）。なお、この曲線は、その変化の様子が蛇の動きに似ていることから「スネークライン」と呼ばれています。

強い雨が降ってきた場合は作業を中止してください。また、降雨が長時間続いた場合などは、長野県HPから上記の実行雨量図を確認して現場の安全性を確認してください。

(2) 強風

森林の暴風害は、地上10mの風速が20m/秒になると起こり始め、風速30m/秒以上になると耐風性の高い森林にも団地状に被害が発生します（写真4-1）。また、暴風の継続時間が長いほど、風速の乱れが強いほど被害が激しくなります。被害形態別に見ると、根返りと幹折れでほぼ90%を超えます。風害被害地は、山地全体に一様には発生せず、激害区域はとびとびに団地状に現われることが多く、一般的な風害危険地は、大地形として山岳の風向面、暴風経路に向かって開いた河川沿いの底部、山脈の稜線部、孤立した高山の側面の中腹部以上などです。

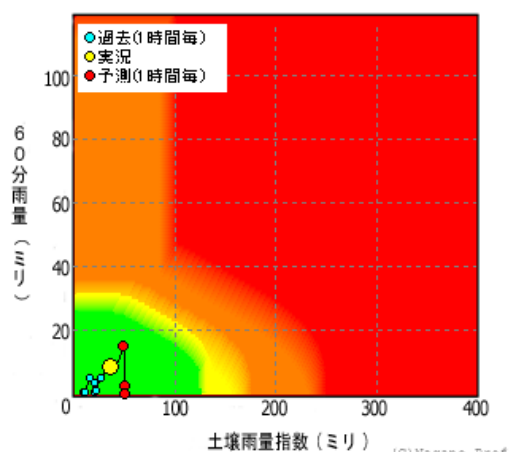


図4-1 実行雨量図
長野県砂防情報ステーション



写真4-1 風倒木被害
平成19年台風9号災害最大瞬間風速は東の風27.7m/秒：軽井沢AMeDAS

(3) 積雪

長野県北部では、12月になると本格的な冬の訪れとなり、「冬型の気圧配置」となる日が多くなります。冬のシベリア大陸では、放射冷却により非常に冷たい空気が蓄積され、高気圧が発達します。



写真 4-2 冬期の作設
薄らと積もった雪の中、作設作業を実施している。



写真 4-3 除雪状況
20cm を超す積雪では、除雪をしても作設作業に支障をきたす。



写真 4-4 作業機械の退避
20cm を超す積雪で、作業を中止し、森林作業道の安定した尾根部に退避させたプロセッサ。

一方、日本付近を低気圧が発達しながら通過した後、カムチャツカ半島あるいは日本の東海上で、その低気圧が猛烈に発達することがあります。このような「西が高く東が低い」気圧配置（冬型の気圧配置）になると、シベリア大陸から日本列島にむけて冷たい季節風が吹き、本州の脊梁山脈を境にして天気が二分され、長野県の北部では雪の日が多くなります。

中部・南部の大雪は、東シナ海などで発生した低気圧が、日本の南海上を進むときに発生しやすく、「かみ雪」と呼ばれています。2月から3月にかけて、低気圧が太平洋の沿岸を発達しながら進む場合には、北からの冷たい気流が流れ込み、中部・南部を中心に「大雪」になることがあります。また、低気圧の発達程度や進路のわずかな違いで「雨やみぞれ」になることもあります。県内で地上の気温が2℃以下で、上空1,500m(850hPa)の0℃の温度線が太平洋側まで下がる時には、南岸低気圧による県内の降水は雪になります。

冬期には長野県全域で雪の影響を受けます。豪雪地帯の北部では、長期間、雪に覆われるので作設は行われませんが、中南部では作設される場合が多い状況にあります(写真4-2・3)。10cm程度の積雪の場合は、除雪作業を行った後、雪を路体に混入させないように施工することは可能ですが、それ以上の積雪の場合は、作業を中止してください。これは路体に影響を与えるだけでなく、作業の安全性(スリップ、転倒等の防止)を確保するために重要です。

(4) 機械等の退避

施工中、悪天候によって作業を中止する場合、作設重機等は安全な場所に退避させてください。作設中の路体に据え置くことは避け、既存の集積場や尾根部など、地盤が安定した広い場所に移動させます(写真4-4)。

4-2 伐開

支障木の伐採は必要最小限とし、線形の変更に柔軟に対応できるよう大きく先行した伐開を避け、土工と連携した作業により林地への影響を最小限に抑え、幅員及び作業空間の確保を図る。

(1) 伐開作業

森林作業道においては、中心線の曲線部を表す交点のみが現地測設されている場合が多く、現地測設された中心線を基準に、現場代理人や伐採作業員及び機械運転手は、伐開前に現地を踏査して、地形・地質・障害物等の状況を把握する必要があります。

線形の変更に柔軟に対応できるよう大きく先行した伐開を避け、オペレーターが指示できる先線を伐開するようにして、土工と連携した作業により、林地への影響を最小限に抑えるよう考えます。おおよそ重機先線 10m程度で伐開を行います(写真 4-5)。これは、伐開幅を抑制するだけでなく、重機による伐倒木の処理も可能となり、作業の効率化が図れます。



写真 4-5 先行伐採の状況(先線 10m程度まで伐採)

(2) 伐開幅

伐開幅は土質、地形、気象状況等を考慮して決定する必要があります(図 4-2)。

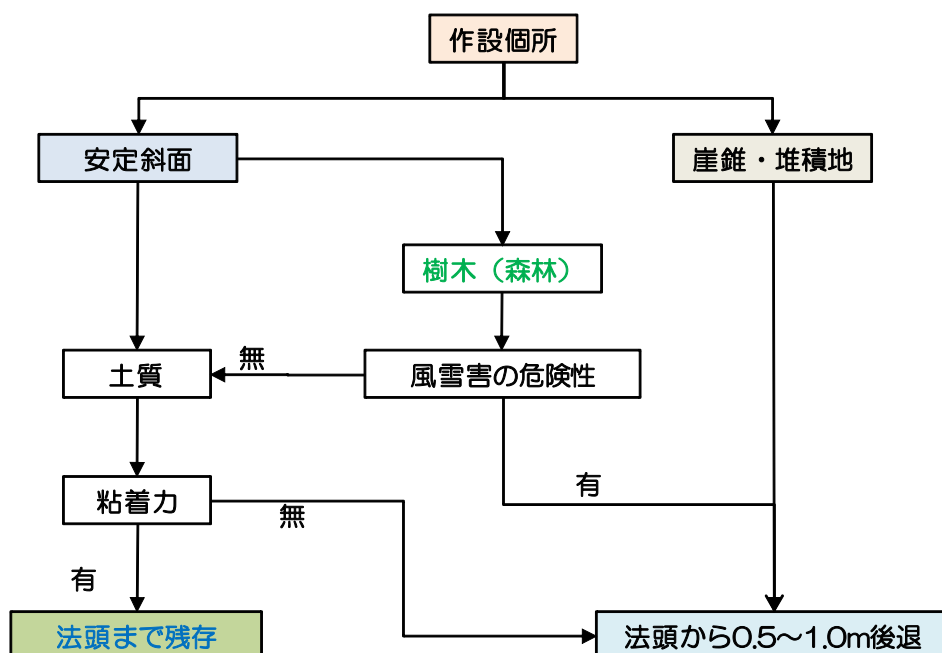


図 4-2 法頭における伐開幅決定の目安

①切土法面上部

- ※ 切土高が1.5m直切で安定する土質は、粘着性（粘着力=C）が高い土質です。このような土質で切土高が低い場合に、切土法頭の立木は残存させます（写真4-6上）。
- 一方、粘着性（粘着力=C）が低い花崗岩強風化の「マサ土」や粒子が細かい砂質土の切取面は法面自体が不安定になりやすく、法面が崩れやすいため、法頭が後退します。このような土質の場合は、0.5m～1.0m程度後退させて伐開幅を広くします。
- ※ 沢沿いの崖錐地を通過する場合も、法面自体が不安定になりやすく法面が崩れやすいため、0.5～1.0m程度後退させて伐開幅を広くします（写真4-6左下）。
- ※ 斜面方位（山の向き）が西向きで季節風の影響を受けやすい所や、「風の通り道」と言われるような強風の影響を受けやすい箇所では、風によって立木が揺れて崩落が発生する場合があります。特に過密なカラマツ林などでは風倒木になりやすいため、これらの現象が危惧される法頭では、0.5～1.0m程度後退させて伐開幅を広くします。なお、これらは、近傍の立木の偏倚でおおよそ想定することができます。立木のほとんどが同じように一定方向に傾いていたり、枝が一方に偏倚していたりした場合は、この影響を想定してください。
- ※ 長野県は南北に長く、北部は豪雪地帯となっています。北部では立木の雪害が発生する可能性があるため、偏倚樹形や劣勢木は法頭に残存せず伐採します。なお、中南部では2月下旬から3月にかけて発生する「かみ雪」の影響を受けやすく、アカマツを中心とした雪害が発生します。中南部も偏倚樹形や劣勢木は法頭に残存せず伐採するようにします。
- ※ なお、法頭の立木を伐採した場合、除根は原則行いません（写真4-6右下）。



法頭に残存させた立木（佐久地方カラマツ林）



法頭に残存させた立木（長野地方スギ林）



法頭立木の後退伐採（南アルプス破碎帯、崩積斜面）



法頭の立木を伐採しても根株を除根しない事例（松本地域）

写真4-6 伐開幅の状況

②盛土下（谷側）

- ※ 盛土土羽尻に係る支障木は、地表から若干高めに伐採し、柵工等の支柱代わりに利用することもできます（写真4-7）。
- ※ 路体に接しない箇所では、多少盛土内に立木が残存しても影響がありません（写真4-6上）。特に広葉樹の場合は、立ち枯れも発生せず、萌芽更新（写真4-8）も期待できるため、有効に利用してください。また、視線誘導の観点からも有効です。



写真 4-7 柵工等の支柱事例



写真 4-8 路肩切株からの萌芽（ホオノキ）

③作業空間

- ※ 森林作業道を利用して木寄せ・集材作業を行う場合は、導入する作業車両（重機）の旋回幅、アームの長さ（高さ）を考慮して、作業スペースを確保できる幅まで伐開幅を広くすることができます（写真4-9）。
- ※ 引き上げ型や引き下げ型の木寄せ・集材作業では、法頭、盛土土羽尻の立木が支障となる場合があります。その場合も伐開幅を広くすることができますが、森林作業道線形に合わせて同一幅で広い伐開幅とすることは回避してください。



写真 4-9 作業空間は作業効率に影響（左：0.45 級ハーベスタ、右：フォワーダ積載）

4-3 伐採木の活用

支障木として伐採した幹のうち、用材として利用できないものは、盛土法尻の保護や、丸太構造物、丸太路面排水工などに利用する。

また、盛土法尻に係る支障木は、地表から若干高めに伐採し、柵工等の支柱代わりに利用する。

支障木として伐採した幹のうち、用材として利用できないものは、盛土法尻の保護（写真 4-10）や、丸太構造物、丸太路面排水工などに利用します（後述）。また、盛土法尻に係る支障木は、地表から若干高めに伐採し、柵工等の支柱代わりに利用します。

支障木は、無造作に林内に放置せず、有効活用できる工夫が必要です。また、産業廃棄物と認められないよう注意しなければなりません。



写真 4-10 伐根、伐木を用いた作設状況（0.45 級グラップル機能付きバケット）

4-4 除根

除根に際しては、重機の安定を確保し、安全に除根しなくてはならない。

路体構築には除根が必要です。除根作業は使用重機の安定を確保して、安全に除根をしなくてはなりません。

除根作業は以下のとおり進めてください。

- ① 除根作業は傾斜地で行うことが多いので、まず重機の安定を確保します。
- ② 続いて、対象根株の周りの土を掘り起こします。
- ③ 根株の上部にバケットの爪だけを充てるのではなく、バケット全体を根株に掛るようにします。
- ④ 一気に引き抜くのではなく、徐々に力を加えて引き抜きます。
- ⑤ 主根が深くまで達している場合（アカマツやスギなど）は、無理せずチェーンソーで根切りをして、株全体を持ち上げます。
- ⑥ 除根した根株は、速やかに利用（後述 p54）する場所に移動するか、安定した箇所に据え置きます。

作設重機 0.45^m3 級での一般的な除根作業の規模（作業量：運搬、集積含む）は、以下のとおりとなっています（公共標準歩掛）。除根には時間がかかりますが、丁寧な路体構築を行う場合は、作業の安全と慎重な除根が必要です。

疎林：	（立木蓄積量 30～60 ^m 3/ha）	・・・	0.8 時間/100 ^m 2
中林：	（立木蓄積量 60～90 ^m 3/ha）	・・・	1.01 時間/100 ^m 2
密林：	（立木蓄積量 90 ^m 3/ha 以上）	・・・	1.22 時間/100 ^m 2



除根状況

根株据え置き

写真 4-11 除根作業

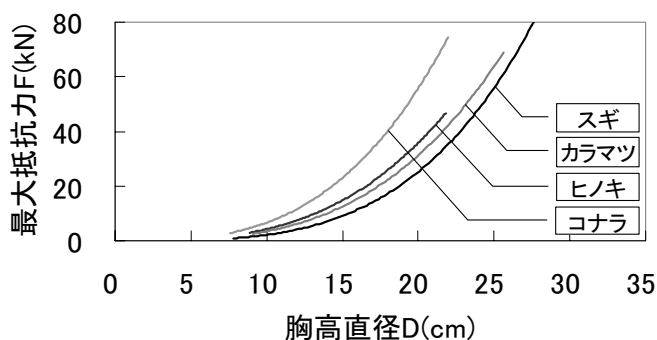
【参 考】 樹木根系の引き倒し抵抗力

平成 20 年に信州大学農学部治山研究室（北原曜教授）、県林業総合センター、県林業コンサルタント協会が共同で、同一立地環境に生育するスギ・ヒノキ・カラマツ・コナラの立木引き倒し試験を行った結果、樹木根系の引き抜き抵抗力は、胸高直径によっておおよそ推定することができました。

胸高直径と抵抗力の関係は、 $F = a \times D^b$ の表され、ここで、 F が抵抗力（kN）、 D が胸高直径、 a 、 b は樹種別の係数です。

この試験結果では、 a は樹種によって差が大きい値となっていますが、スギで約 0.005、カラマツ約 0.002、ヒノキ約 0.003、コナラ約 0.005 で、 b （べき乗）は各樹種とも約 3 でした。その結果、下図のような関係が示され、胸高直径 30 cm のカラマツでは 113 kN（約 11.3 t）、ヒノキ 123 kN（約 12.3 t）、スギ 107 kN（約 10.7 t）、コナラ 195 kN（約 19.5 t）の抵抗力があると計算されます。

森林作業道では、B.H=0.45 級以上の重機を用いることが少ないため、大径木を対象とした森林での除根作業は本文で述べたように、根系周りを掘削し、必要であれば根切りをして安全に作業をする必要があります。



最大抵抗力と胸高直径の関係の回帰曲線（対象4樹種の比較）

なお、試験の対象林分は、標高 915m、傾斜約 6 度の西南西緩斜面、火山灰を起源とする適潤性黒色土（ B_{lp} ）の同一立地環境で、この 4 樹種の抵抗力はコナラ>ヒノキ>カラマツ>スギとなっています。立地条件によって樹種間の抵抗力は変化する可能性があるため、この順位は一応の目安なので注意してください。

4-5 伐根の活用・処理

森林作業道の開設において発生する伐根は盛土法面の保護等に利用するが、直接荷重がかかる路体内に用いてはならない。さらに、林内に無造作に放置してはならない。

(1) 根株の取り扱い

通常、道路工事（林道開設も含む）において発生する根株等は産業廃棄物となりますが、森林保全のために自然還元利用が可能な場合は、根株等を有効に活用できます。これは以下の通達（通知）で示されています。

- ・「森林内における建設工事等に生ずる根株、伐採木及び末木枝条の取扱いについて 林野庁 森林組合課長 林産課長 計画課長 造林保全課長 治山課長 基盤整備課長 業務課長連名通知 11-16 平成 11 年 11 月 16 日付」
- ・「工作物の新築、改築又は除去に伴って生じた根株、伐採木及び末木枝条の取扱いについて、厚生省産業廃棄物対策室長 衛産第 81 号 平成 11 年 11 月 10 日付」



写真 4-12 無造作に放置された伐根

路体に利用しない場合は、林内の安定した場所に集積し、自然的に腐朽し分解されるのを待つようにします。ただし、不安定な場所に無造作に据え置くことや（写真 4-12）、作設以外の場所から搬入するなどの行為は産業廃棄物とみなされます。

産業廃棄物として処理する場合は、根株は土の振り落としと根切りをしますが、森林作業道に用いる場合は、丁寧な土の振り落としや根切りは行いません。除根（掘削）した状態で用いるのが一般的です。

これは、運搬する必要がないことと、この根に付着している土には、埋土種子や木の成長に必要な菌根菌などがあるため、盛土法尻などの早期緑化の役目を担います。

(2) 根株利用の注意点

伐根は、基本的に盛土法尻に据え置きます。路体内の深部に埋めたり、盛土法面に据え置くことは、してはいけません（図 4-3）。必ず盛土法尻の外側に設置するようにしましょう。

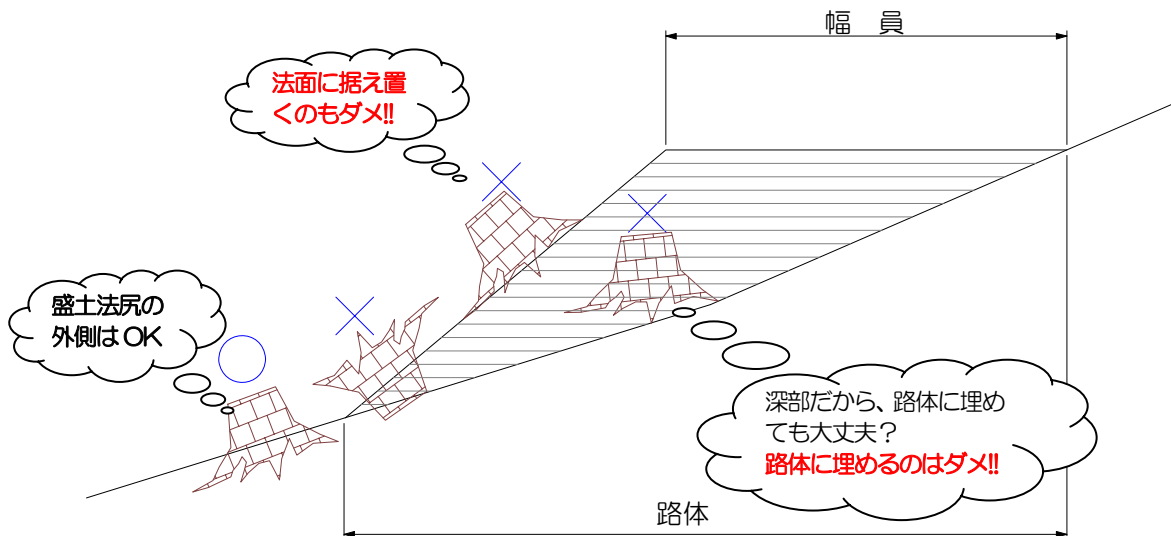


図 4-3 根株を利用する（設置する）場所

実際に根株を路体に用いている森林作業道が多くありますが、「森林作業道作設指針 林野庁」でも、根株や枝条残材の盛土路体内への埋設による路体構築は、行ってはならないと定められました。本マニュアルもこの指針に準拠して盛土路体内への埋設は行わないこととします。

(3) 利用方法

①盛土法尻への利用

盛土法尻の外側に設置することは、盛土法尻の保護工や盛土法面保護（後述p74）の基礎として利用することです（図4-4）。

一般的に根株は、切株上部を上にして盛土法尻に据え置きますが、切株上部を下にして差し込む（逆さま）工法を用いる場合もあります（図4-5）。さらに、切株を互い違いにして設置する場合もあります（図4-6）。どちらの場合も不安定な状態とはせず、盛土法尻にしっかり埋め込みます。

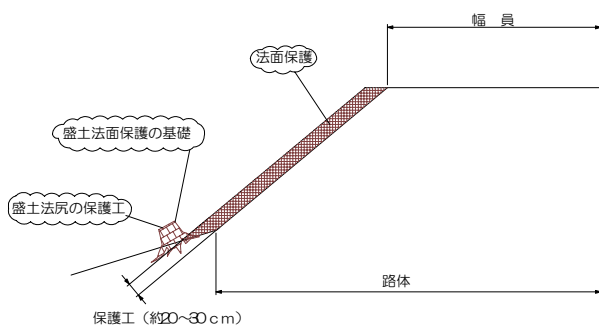


図4-4 盛土法尻保護や盛土法面保護の基礎

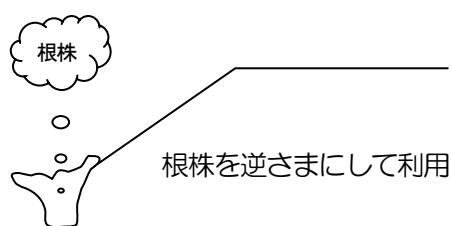


図4-5 根株の盛土法尻への設置方法（逆さ設置方法）



上から差し込み、重機バケットで押し込む

図4-6 根株の盛土法尻への互い違いの設置模式図（断面的）

②根株を利用して作業空間を広くする利用法

前述のとおり、盛土法面に据え置くことはしませんが、根株や枝条残材は、早期に緑化を促すうえでも有効な場合があるため、以下に利用事例を示します。

路体は、有機物を混入しないように構築します。盛土の路面を構築したらその外側に表土積工（後述p74）と併用で根株を積み上げていきます。

この方法では、車両の荷重を支える路体は通常の土工により構築できます。さらに、幅員（有効幅員）の外にスペースができます。これを余裕幅として利用すれば路面上の空間が広がります。

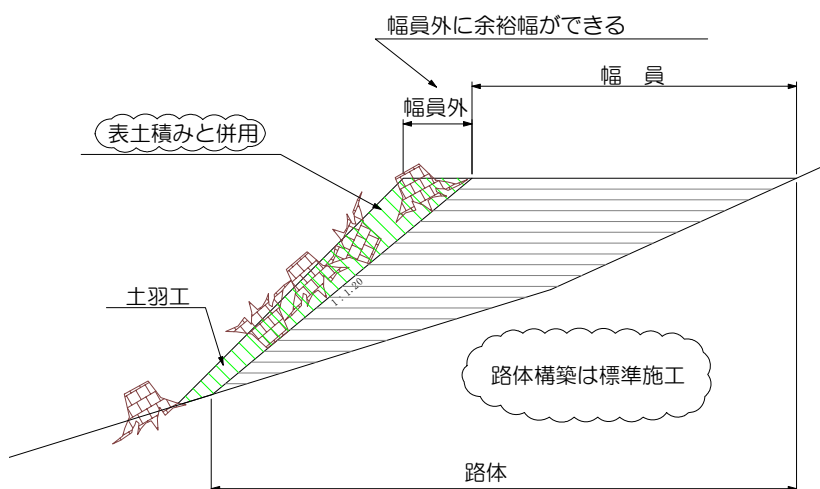


図4-7 根株を表土積工に用いる事例（模式図）

仮に幅員 2.5m で構築して、2m の盛土高に対して 1 割積みで表土積工を行うと、約 40cm の余裕幅ができ、路面上の幅は 2.9m 程度になります（図 4-7）。また、盛土高が高い場合など、切株を路面高よりも少し出すと、視線誘導や路肩侵食防止の効果もあります（図 4-8）。

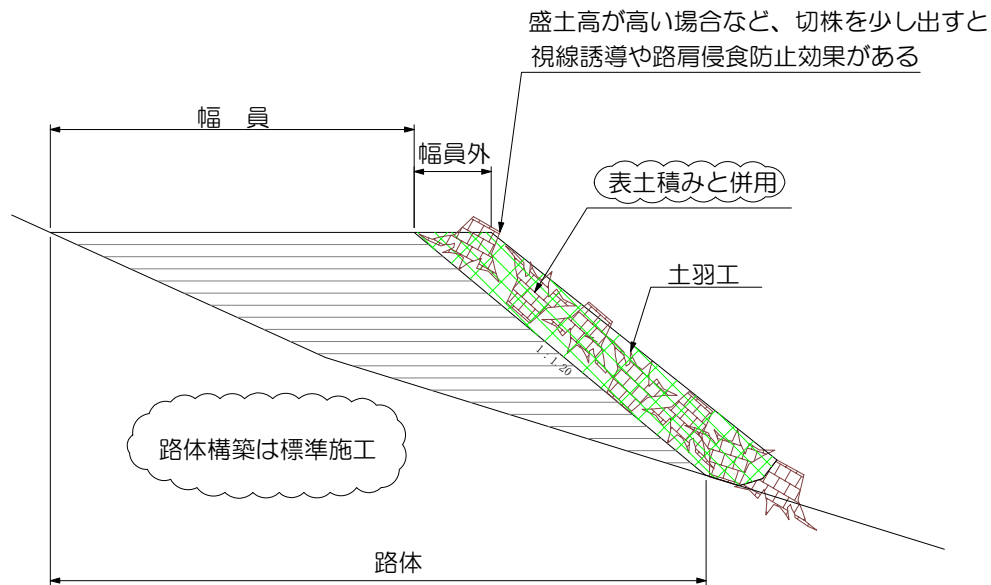


図 4-8 根株を利用して作業空間を広くする例

4-6 表土の剥ぎ取りと利用

林床を覆っている有機物層(A0)は必ず剥ぎ取る。腐植が多い表層土(A層)には埋土種子が豊富に埋設されているので剥ぎ取り、再利用を図る。厚い黒色土は、表層(A層)下部の褐色を呈した土層(B層)もその湿潤状態を確認し、多量の水を含んだ土は剥ぎ取って、盛土には使用しない。

まず、簡易な断面を掘削して作設地の土を確かめます。その断面を観察して、表土の剥ぎ取り厚を確認します。

林床を覆っている有機物層(A0層)は必ず剥ぎ取ります。一般的な森林土壌では、腐植が多い表層土(A層)の厚さは20cm程度です。これらには、埋土種子が豊富に埋設されているので、表土復元的に再利用が可能です(図4-9上)。したがって、盛土内部には混入せず、可能な限り作業の支障とならない場所にストック(保管)します。

黒色土は、比較的厚いA層からなり、その厚さは50cmに達することもあります(図4-9下)。また、表層(A層)下部の褐色を呈した土層(B層)は、ローム[★]、粘性土である場合が多いため、その湿潤状態を確認し、多量の水を含んだ土は剥ぎ取って、盛土に使用しないようにします。

さらに、一般的な乾燥した尾根部などでは、有機物層(A0層)は厚くなりますが、A層、B層は薄く、その下に鋳物質が風化した母材層(C層)が直ぐに現れたりします。これらは堅密で岩となっている場合があります(写真4-9右上)。なお、緩やかな丸尾根やお椀を逆さまにしたような地形の尾根部では、乾燥状態にあっても、火山灰を起源とする土壌が形成されている場合があるため、必ず試掘断面を確認して剥ぎ取る表層土の厚みを決定します。

★ロームとは、砂とシルトと粘土がほどほどに混じり合った土あるいは堆積物の名称です。単純に、ロームを火山灰と解釈してはいけません。

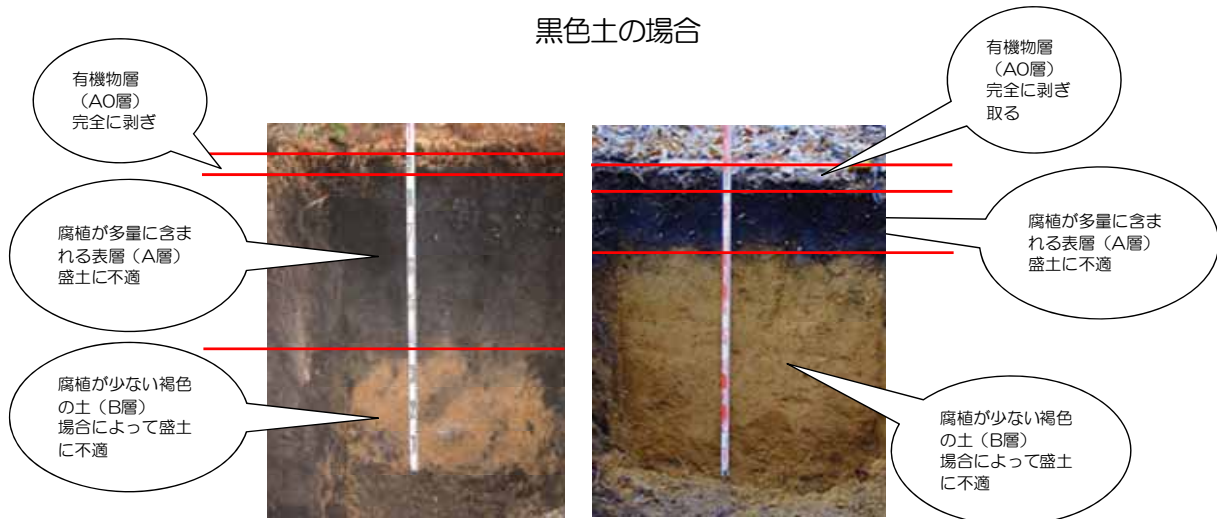
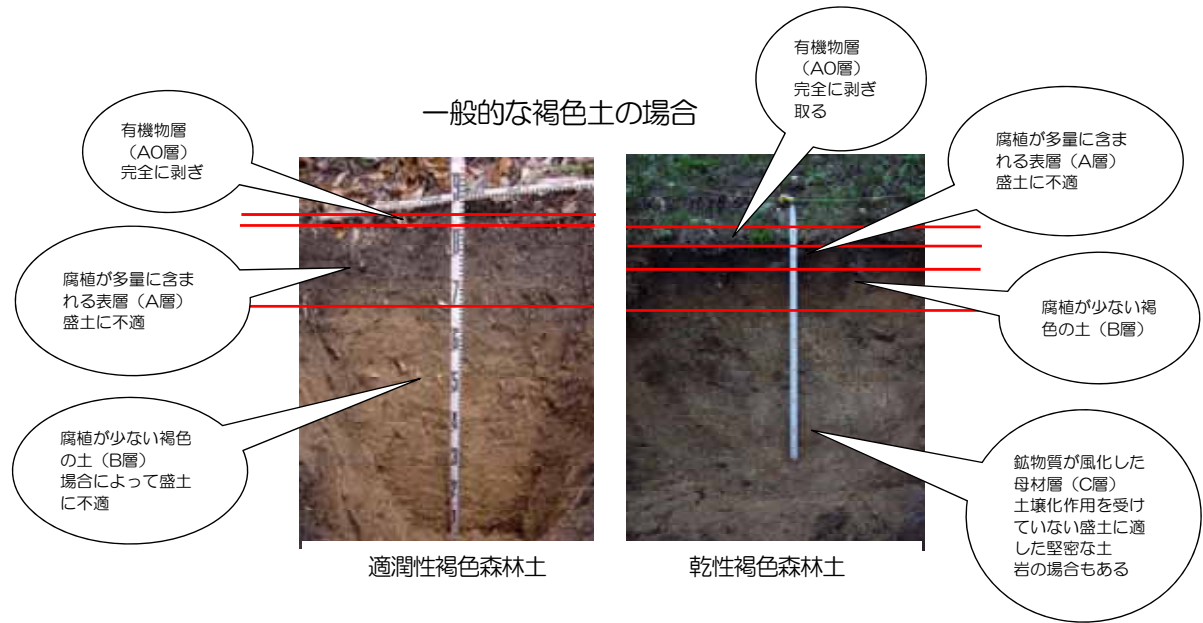


図 4-9 土の断面構造と処理区分

4-7 土工（土質の判定）

近接地での切土・盛土状況を確認して、土質の判定に努める。また、初期掘削時には必ずその状態を詳細に確認する。

近接地での切土・盛土の状況（切取法面、路盤のたるみ、路体の湿潤状態、湧水及び落石等）を確認して土質の判定に努めます。また、作設を開始する時には必ず重機に付着する土の状態などによって土質を確認します。掘削バケットに付着する状態や、転圧時の重機走行の良し悪しにより判断することができます。

表 4-1 は、掘削における難易度と盛土材料としての可否について概略をまとめたものです。

表 4-1 掘削時の難易度と土質別の盛土の適否（概略）

名称	分類	掘削(切取)		盛土			
		説明	備考	盛土材料	盛土基礎地盤	備考	
岩または石	硬岩	亀裂が全くないか、少ないもの、密着のよいもの	作業道に用いる通常重機による掘削は不可能 作業道作設は不可	—	—		
	中硬岩		作業道に用いる通常重機による掘削は不可能 作業道作設は不可	—	—		
	軟岩		作業道に用いる通常重機による掘削は不可能 尾根などで部分的露頭することがある	—	—	破碎の度合いで、盛土材、路盤材として△～○	
	転石群	大小の転石が密集しており、掘削が困難なもの	崖錐や溪流沿い、火山地帯の凹地形などに出現	×	×	空隙が多く、充填する土によっては盛土基礎として△	
	岩塊・玉石	岩塊・玉石が混入して掘削しにくく、バケットなどに空隙のできやすいもの	崖錐や溪流沿いなどの崩積・水積地帯、火山地帯の凹地形などに出現	△	○	破碎の程度によって使用区分を考える。	
土	礫混じり土	礫[G] 礫質土[GF]	礫の混入があって、掘削時の能率が低下するもの	礫の多い砂、礫の多い砂質土、粘性土も含む	○	○	礫[G]は有効有機質、火山灰質の細粒土を含むものは盛土材料、盛土基礎として△
	砂	砂[S]	バケットなどに山盛り形状になりにくいもの	花崗岩風化‘マサ土’	○	○	緩い飽和した地盤では△
	普通土	砂[S] 砂質土[SF] シルト[M]	掘削が容易で、バケットなどに山盛り形状にし易く、空隙のすくないもの	砂質土、マサ土、粒度分布の良い砂、条件の良いローム	○	○	有機質、火山灰質の細粒土を含むものは盛土材料、盛土基礎として△、緩い飽和した地盤では△
	粘性土	シルト[M] 粘性土[C]	バケットなどに付着し易く、空隙の多い状態になりやすいもの、重機走行(トラフィカビリティ)が問題になり易いもの	ローム、粘性土	△	△	
	高含水比粘性土	シルト[M] 粘性土[C] 火山灰質粘性土[V] 有機質土[O]	バケットなどに付着し易く、重機走行(トラフィカビリティ)が悪いもの	条件の悪いローム・粘性土とくに火山灰質粘性土	△	△	
	有機質土			分解の進んだ有機質(A0層) 有機質(黒色を呈する厚い表土A層)	×	△	

※道路土工要綱 p100、道路土工土質調査指針 p295（日本道路協会）を参考に作成（一部加筆、修正）

4-8 土工（切土・盛土の配分）

土工は、林地への影響を最小限に抑え、切土・盛土ともに土量が少なくなるよう留意する。

土工は、林地への影響を最小限に抑え壊れにくい構造とするとともに間伐等の作業を実施しやすいよう、切土・盛土ともに土量が少なくなるよう留意します。

横断構造を半切・半盛とするなど、近接地での切土・盛土の均衡に努め、土砂運搬・捨土は極力避けます。

掘削機械（B.H）の稼働距離は、20m以内までは自走流用が可能です（図4-10）。土工地点の左右（片切片盛）、前後の掘削土を盛土に用います（図4-11）。

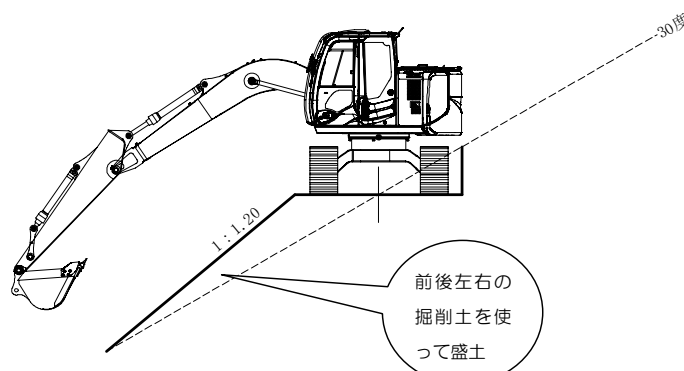


図4-10 盛土・切土の均衡を図る

【参考】 ‘作設方法で道が違って見える！’

路体構築に当たって、法切勾配の違いによって、森林作業道自体が違って見えます。下の写真2枚は、同一路線ですが、作設年時が違います。

写真1は法切勾配を直にして、盛土側を表土積工（後述p74）により作設した路線で、写真2は、写真1の前年度に従来型の路体構築（土工）により作設された森林作業道です。ともに幅員は3.0mです。

優劣を付ける必要はありませんが、写真1は写真2より路体空間が狭く感じます（林相の違いもあります）。実際に、切取法頭と盛土法尻の幅は、写真1の方が狭くなっていて、潰れ地は少なくなります。

写真2は大型トラック（10t級）が走行できそうな路体です。新たに設定された‘林業専用道’（前述P4）はこのような路体となるのではないかと考えられます。



写真1 切取直、表土積工による路体



写真2 切取6分、盛土1割2分による路体

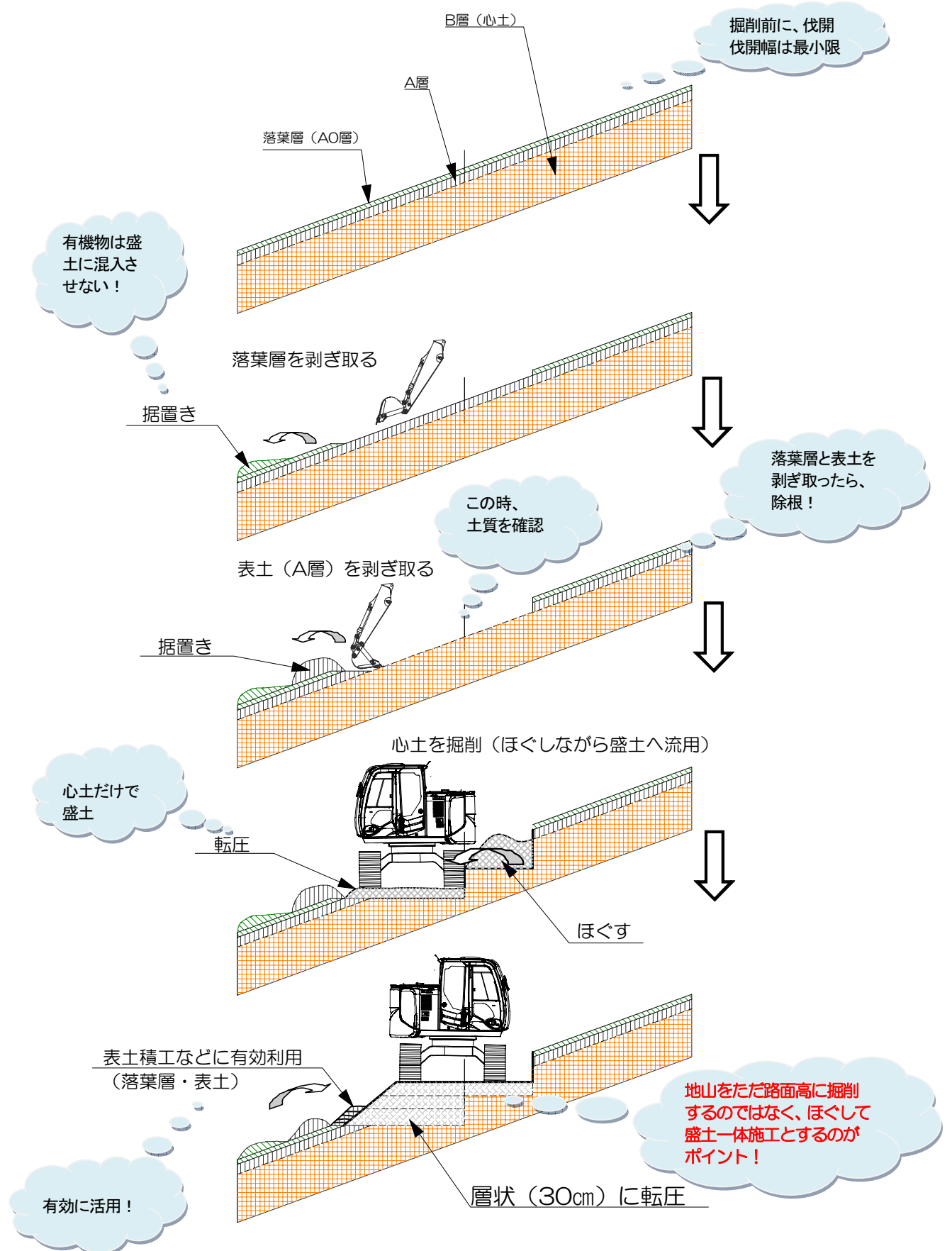


図 4-11 路体構築の標準的な流れ (模式図)

4-9 土工（土砂流出防止）

土工に際して下方斜面に土砂を流出させないよう防止対策を施し、下方林地の荒廃を防止する。

30度以上の急峻な地形では、切取土や盛土時に下方（谷側）に土砂が流出する危険性があります。下方斜面への土砂の流出は、林地荒廃を誘発させる可能性があります（写真4-14・15）。意図的な土砂の排土は絶対に行ってはいけません。

また、盛溢し（もりこぼし）もしないように注意して施工してください。

急峻な地形では伐採木の幹や枝条等を盛土尻などに柵状に設置して、土砂を流出させない対策を行います（写真4-13）。



写真4-13 土砂流出対策事例



写真4-14 盛溢しの事例（盛溢しによって林地荒廃が発生してしまった現場）

溪流に沿って上流に作設された森林作業道（写真左）。地形傾斜35度以上、地質は第三紀泥岩砂岩互層と溪流を挟み凝灰岩質。

切土構築の路体で、急峻であるため十分に締固めた盛土工ではなく、余土は盛溢しされている。急峻地形で作設した森林作業道も盛溢しが顕著で、下方斜面の林地荒廃を誘発した（写真右）。

なお、この路線について、盛溢しは林地荒廃の要因ではあるが、盛溢しだけによるものではなく、急傾斜地形と脆弱な地質構造上に作設したことが、林地荒廃の主要因である。したがって、作業システムを十分に検討し、森林作業道によらない搬出システムまたは、作設ルートの見直しが必要であったと考えられる。



写真4-15 盛溢しの事例

地形傾斜35度以上、地質は第三紀泥岩砂岩互層。切土構築の路体で、急峻であるため盛土工ではなく、余土は盛溢しされている。作設ルートの検討が必要であったと考えられる路線。

4-10 切土（掘削）

掘削は地形、掘削高さ、掘削量、地層の状態及び森林作業道の幅員などから、最も適した掘削機械（大きさ）を選定する。

施工時は、掘削中の掘削法面崩壊に対する注意を払い施工する。

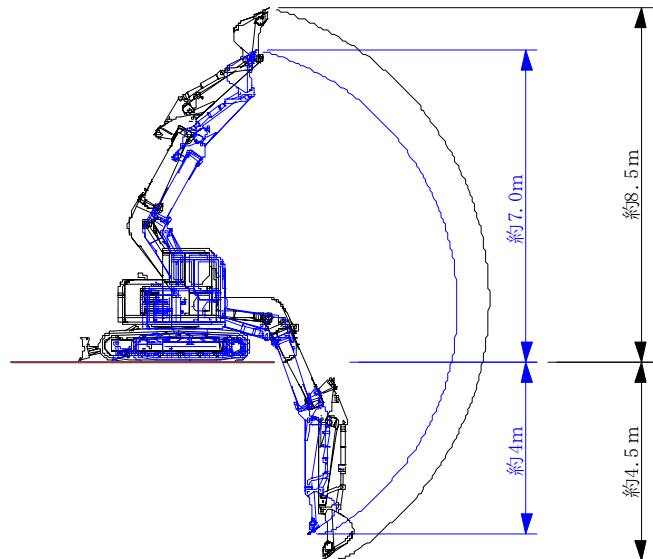
（1）掘削方法

掘削は地形、掘削高さ、掘削量、地層の状態及び森林作業道の幅員などから、最も適した掘削機械（大きさ）を選定しなければなりません（図 4-12）。前述の幅員の決定（基礎・共通編 1-9、p21-23）でも地形傾斜と作設重機や走行車両の大きさによって幅員を決定するようにしています。

基本的な掘削方法は、掘削幅が狭くてもベンチカット方法（階段式掘削）となります（図 4-13 左）。ベンチの高さは機種のパフォーマンスや重機のバケット容量を考量して決定します。

ブルドーザーを用いる場合などは、ダウンヒルカット方法（傾斜面掘削）が用いられます（図 4-13 右）。この方法は傾斜面の下り勾配を利用して押し切る方法ですが、森林作業道では緩勾配の斜面などで施工可能です。ただし、この方法は下方斜面に土砂を流出させやすいため注意が必要です。

バックホウ仕様の掘削機械で地表を切り崩すようにダウンヒルカット方法に似た施工がみられますが、バックホウ仕様の掘削機械を用いる場合は、ベンチカット方法により施工してください。



（注：機種によって異なる）

図 4-12 0.25 級(青)と 0.45 級(黒)の最大掘削高さおよび深さ

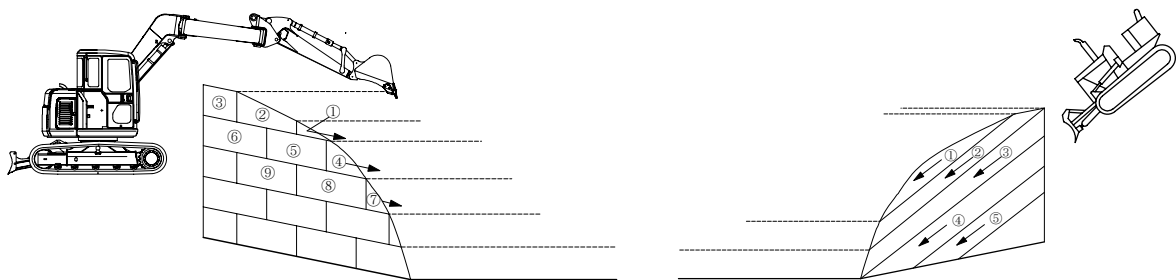


図 4-13 ベンチカット方法(左)とダウンヒルカット方法(右)の模式図

（2）岩・転石の掘削

尾根部などで岩盤が露出する場合や部分的に岩や転石がある場合があります。岩の露出規模によりますが、一般土工では主にプレーカを用い、比較的少量の岩や転石の破碎に使用します。森林作業道を作設する場合は、プレーカ付掘削機を持ちこむ場合はほとんどありません。仮に岩盤が先線を超え拒む場合は路線を変更します。路線変更ができない場合は、プレーカ付重機を導入して掘削を

行います(写真4-16)。現在、ブレーカはB.Hにアタッチメントとして取り付けるものが主流ですが、ベースマシン0.45級以上(通常0.7級以上)でないと装着できない場合や作業効率が極めて悪くなる場合があります。



写真 4-16 ブレーカ掘削を行った岩盤

転石群を通過する場合は、転石をバケットによって掘り起こしや移動させますが、転石が大きい場合は破碎が必要となります。バケットで掘り起こしても大転石では、移動ができない場合があり、作設に支障をきたし、岩掘削よりも作業効率が落ちたりします。

(3) 掘削時の掘削面崩壊注意

施工時は、掘削中の掘削法面崩壊に対する注意を払い施工します。掘削面の崩壊は、崩壊の素因となる地形、地質などとの関係が深く、切取衝撃(振動)、凍結融解、降雨、風化などの誘因によって発生します。特に降雨時は崩壊が発生し易いため、掘削面を確認して切土施工を中止します。

切土は自然斜面に手を加えるため、斜面の安定性を低下させる行為です。施工中は常に掘削面の挙動を監視する必要があります。作業開始時は、これまで掘削した箇所や今後掘削する地山状態を必ず確認します。施工中は、オペレーター1人の作業はやめ、先行伐採する作業員に伐採と併せて監視してもらるか、監視員を配置して常時監視します。

4-1 1 切土(法切勾配)

土質及び切土高に応じて法面勾配を決定する。通常は1:0.6、直切法面については1.5m以下とする。

(1) 法切勾配の基準

土質及び切土高に応じて法面勾配を決定します。前述(基礎・共通編1-14、P29-30)のとおりに、通常の土質の場合は1:0.6を基準とし、最大法高は3m以下とします。直切については、1.5m以下とします(図4-14)。硬岩から軟岩の場合は直~1:0.3とします。

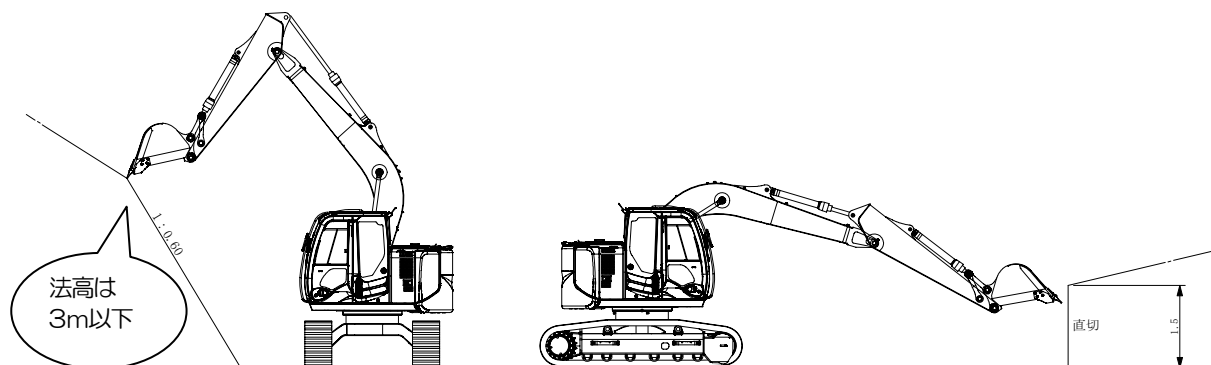


図 4-14 法切勾配掘削の模式図

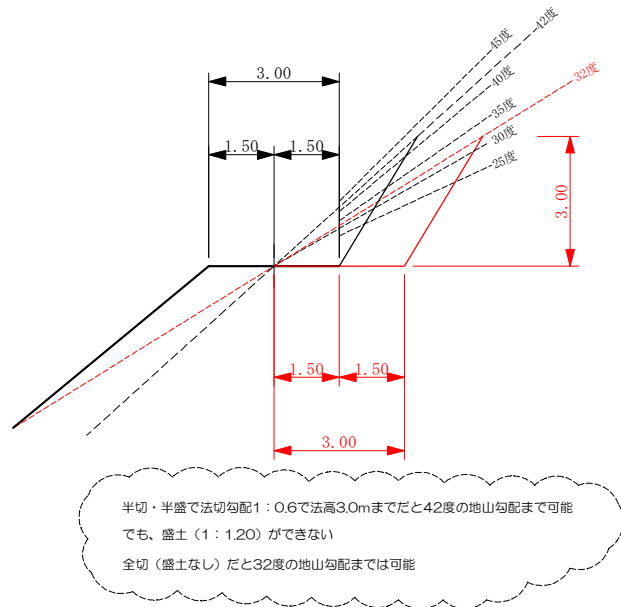


図 4-15 切取勾配と切土高の関係(幅員 3.0mの場合)

(2) 注意すべき土質

一般的に地山は均一ではなく、未固結の土質や不安定になり易い土質などが混在しています。この場合は上記の基準にこだわらず、条件に応じて切取勾配を変えます(図 4-16)。

以下に示す注意すべき土質の場合は、全般にわたって切土高を 1.5m以下に抑制し、直切とします。また、やむを得ず 1.5m以上となる場合は、最大切土高を 3.0m以内に抑制します。

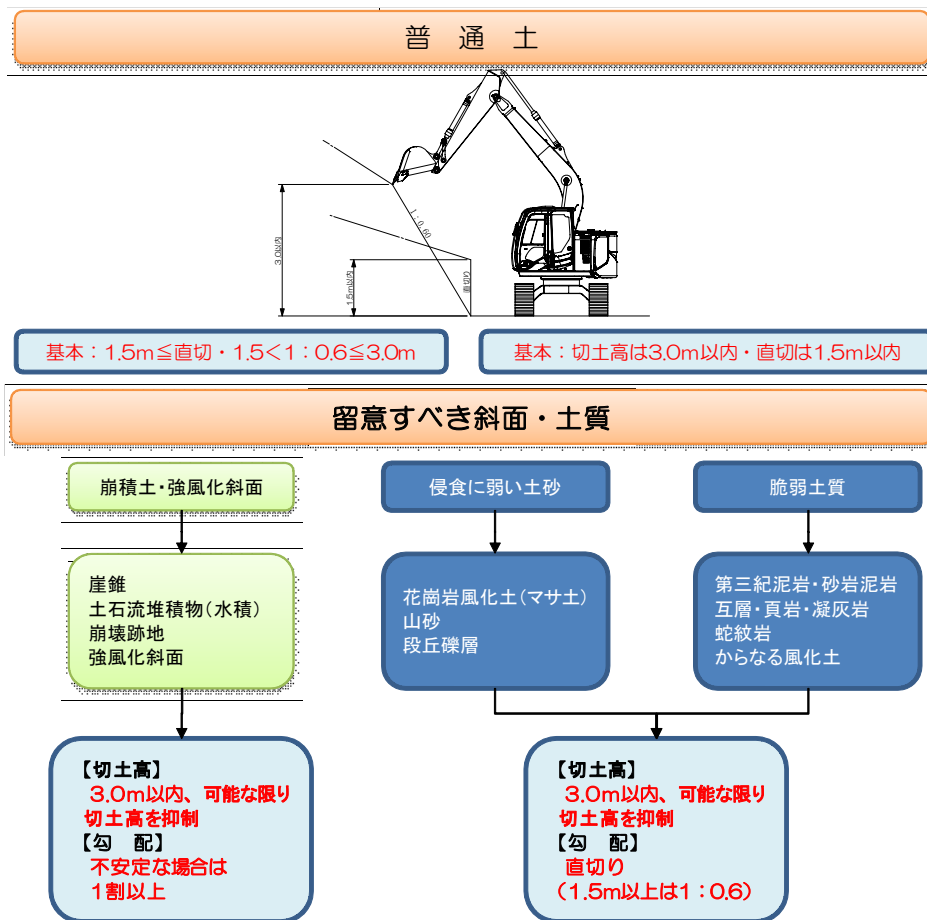


図 4-16 注意すべき土質の切土高と切取勾配

①崩積土、強風化斜面

崖錐、土石流堆積物（水積）、崩壊跡地、強風化斜面などの土砂は、自然状態でも降雨などにより飽和による強度低下と間隙水圧の発生などによって不安定となり、崩壊が発生し易くなります。このような箇所を地山より急な勾配で切取ると不安定となります（写真 4-17）。

原則これらの地帯を通過する場合は、切土による路体構築を回避することを原則としますが、やむを得ず切土で通過する場合は、切土高を 3m以下にして可能な限り切取勾配を 1 割以上に緩くします。崖錐など巨石（礫）で構成されている場合は、その最大巨石の大きさと同じ程度の切土高とし、直切または 1 : 0.6 の勾配とします。



写真 4-17 不安定な堆積土砂部の切取斜面
凹地形には堆積土砂が出現する。このような箇所を大きく切取ると不安定となる。

②特に侵食に弱い土砂

マサ土（強風化花崗岩砂質土：上伊那～下伊那）、山砂、段丘礫層など、主として砂質からなる土砂は、表面水による侵食に特に弱く、小崩壊や土砂流失が発生し易い特徴があります（写真 4-18 右）。

一般土木工事では、これらの耐食性に劣る土砂の斜面は緑化工等による侵食防止を行い、法面の安定を図りますが、森林作業道の場合は法面緑化工を用いないため切土高を抑制する必要があります。切土高は可能な限り 1.5m以下として、切取勾配を直とします（写真 4-19）。

また、法肩は侵食、崩落が発生し易いため、法肩の樹木は 0.5～1.0m後退して伐採します（前述：p50）。



写真 4-18 花崗岩風化土の森林作業道崩壊状況（左）と崩壊全景（右）
崩壊発生箇所は切取法長が長い。



写真 4-19 作設直後の花崗岩（左）と花崗岩風化土地帯で安定している作業路（右）
 花崗岩は、均一な法面を整形し易いがマサ化し易い。左の写真では法面はまだ安定しているが、路面に侵食が発生し始めている（施工 1 年以内）。
 安定した路体は地山勾配が緩く、切取法長が短い（写真右）。

③泥岩、凝灰岩、蛇紋岩等を基礎岩とする土石

第三紀の泥岩や砂岩泥岩互層（写真 4-20 左：県内中～北部）、頁岩、固結度の低い凝灰岩（写真 4-20 右：上伊那～中部～北部）、蛇紋岩（写真 4-21：南アルプス長谷-大鹿、北アルプス白馬以北）などは、表土に露出した場合は応力解放やその後の乾燥湿潤及び凍結融解の繰り返し作用で、細粒化・粘土化が進行し、大小の崩壊を招きやすいという特徴があります。これらの土石が表れた場合は、切取り直後には安定していても、時間の経過とともに短期間に脆弱化するものと想定して切土高を抑制します。

切土高は可能な限り 1.5m 以下として、切取勾配を直とします。やむを得ず切土高が高くなる場合は最大 3.0m 以下に抑制してください。



写真 4-20 第三紀砂岩泥岩互層（左）と凝灰岩質の脆弱な岩盤法面



写真 4-21 破碎帯地帯の脆弱な岩盤法面（左）と露頭した蛇紋岩法面（右）

④強く温泉変質を受けた土石

温泉変質を強く受けて粘土化しているような場所は、地形改変後の植生回復が困難で、崩壊や荒廃の拡大を招きやすいため、作業道作設ルートはこのような場所を極力回避するように計画します。

【参考】 温泉変質帯

県内で温泉変質を強く受けている地帯は、火山地帯を中心に志賀高原、菅平、北小谷、八ヶ岳地帯などで、局所的には温泉が噴出している地域にも分布しています（右図の赤色）。これらは、「日本の熱水変質帯分布図、鮮新世後期～完新世；地質調査所発行、1/20万（1979）」、その解説書「日本の鮮新世後期から完新世の熱水変質帯・温泉沈殿物一覧（1980）」などで確認することができます。

温泉変質帯は、粘土化するなど極めて脆弱で、また熱水変質作用により硫酸性の強酸性土壤である場合もあります。



温泉変質帯の荒廃地

主な分布地

4-12 切土（切取法面の処理）

切取法面は浮石等の除去のみとして、法面整形は行わない。

切取法面に落石の危険性がある浮石等がある場合は、浮石の除去を行います。通常、むしろ張りや二次製品によるネット張り等の緑化工を行わないため、均一な法面整形は行いません。

法面整形は行いませんが、切取仕上げ面から20～30cmの余裕をとって機械掘削を行います。この余裕幅をとることで、想定切取法面に礫や転石が介在しているか確認することができます。その後、バケットの爪を使って法肩から順次余裕幅の土砂を切取ります（図4-17、写真4-22）。

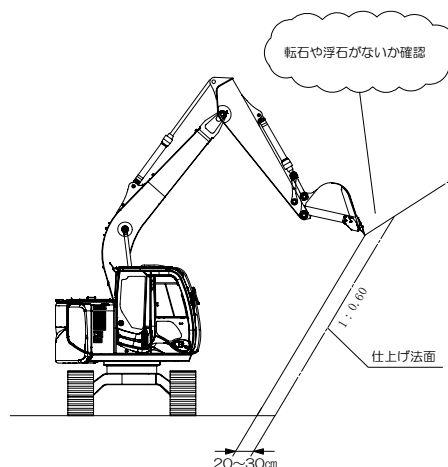


図4-17 切取法面の処理



写真4-22 切取法面の仕上げ状況（左：法勾配1：0.6仕上げ、右：低い法面の仕上げ）

4-13 盛土（基本事項）

盛土は、作業機種の荷重を確実に支持し、完成後の盛土の変形や沈下が通行車両や作業機種に支障を及ぼさないものであることと、降雨などの破壊要因に対し強靱であること。

盛土は、特に水の影響を受け不安定になり易いため、軟弱化や沈下、さらに崩壊を発生させやすくなります。均質で十分な締固めをして、下記の性質を確保することが盛土の基本事項となります。

盛土に求められる性質は、以下のとおりです。

- ①作業機種の荷重を確実に支持すること
- ②完成後の盛土の変形や沈下が通行車両や作業機種に支障を及ぼさないこと
- ③降雨などの破壊要因に対し強靱であること

4-14 盛土（切土・盛土の接合部）

盛土に先立ち盛土基礎地盤の表土の剥ぎ取り、地盤の確認を行った後、基礎地盤と盛土部が均一の状態となるように処理を行う。

盛土に先立ち盛土基礎地盤の表土の剥ぎ取りを行います。剥ぎ取りの基準は前述（4-6）のとおりとします。剥ぎ取った地盤の確認を行った後、基礎地盤と盛土部が均一の状態となるように処理を行います。

盛土基礎地盤や切土・盛土の接合部では、以下の現象が生じやすくなります。

- ①切土部と盛土部の支持力の不連続
- ②切土部と盛土部の境に湧水や浸透水が集まり、盛土が軟化する
- ③境界部分の盛土が不十分となる
- ④片切り、片盛りの傾斜した基礎地盤と盛土の密着が不十分で滑りを生じる

このような現象を生じさせないために、「基礎地盤の段切（階段切りつけ）」、「地山のほぐし処理」などを行います。盛土部と地山部（切土部）を一体化させることが必要で、盛土の基礎部分を掘削及び敷均しにより水平にして盛土のすべり出し防止を図ります。

段切（階段切りつけ）は、一般土工では水平幅 1.0m、高さ 0.5m 以上とされています（図 4-18）。森林作業道は幅員が林道などよりも狭い路体となりますが、可能な限り水平幅をとり、重機転圧ができるようにします。

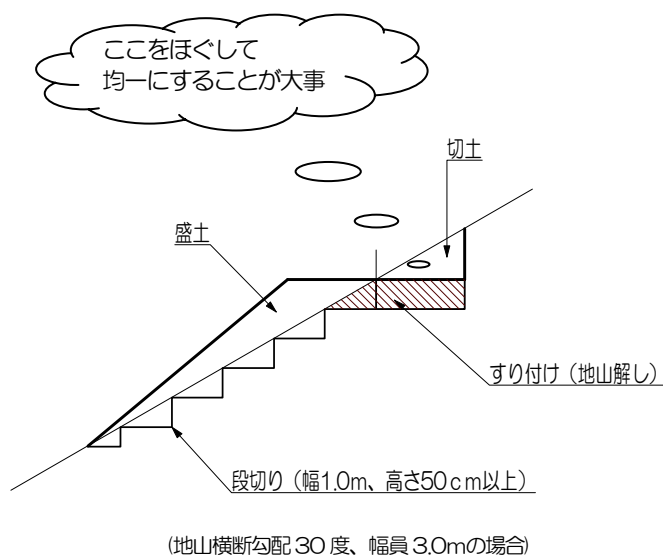


図 4-18 盛土基礎地盤や切土・盛土の接合部に処理

4-15 盛土（締固め）

盛土は、原則として一層 30cm ごとに盛り立て、十分に転圧しながら均等に締固めを行う。

（1）盛土（締固め）の基本事項

盛土は丁寧な盛土（締固め）が必要です。土を気相、液相、固相の三相モデルとして考える場合、締固め（Compaction）とは、簡単に言うと‘土の空気を抜く’ことであり、土は、締固めによって強度増加、圧縮性の減少、透水性の減少が図られます。

締固めは土質によって異なりますが、締固め強度が最も高まる最適含水比が存在します。多量の水分を含む場合は、十分な締固め強度が得られない場合が多いため、工事区間の水分状況を十分確認して施工します。また、積雪期では、雪を盛土本体部に混入しないよう注意します。

なお、掘削時の転石や礫は、路肩の補強用として埋戻す他、路盤材、木製構造物の中詰材として全て有効活用することに努めます。

（2）施工

盛土は、ただ切取った土を川側（谷側）に貼り付けることは避けます。階段切り付けをした地山の土をほぐして地山、盛土を区別せず均等に敷き均して締固めます。原則として一層仕上り 30cm（敷き均し厚 35～45 cm）ごとに盛り立て、基礎部から十分に転圧しながら締固めを行います（図 4-19）。

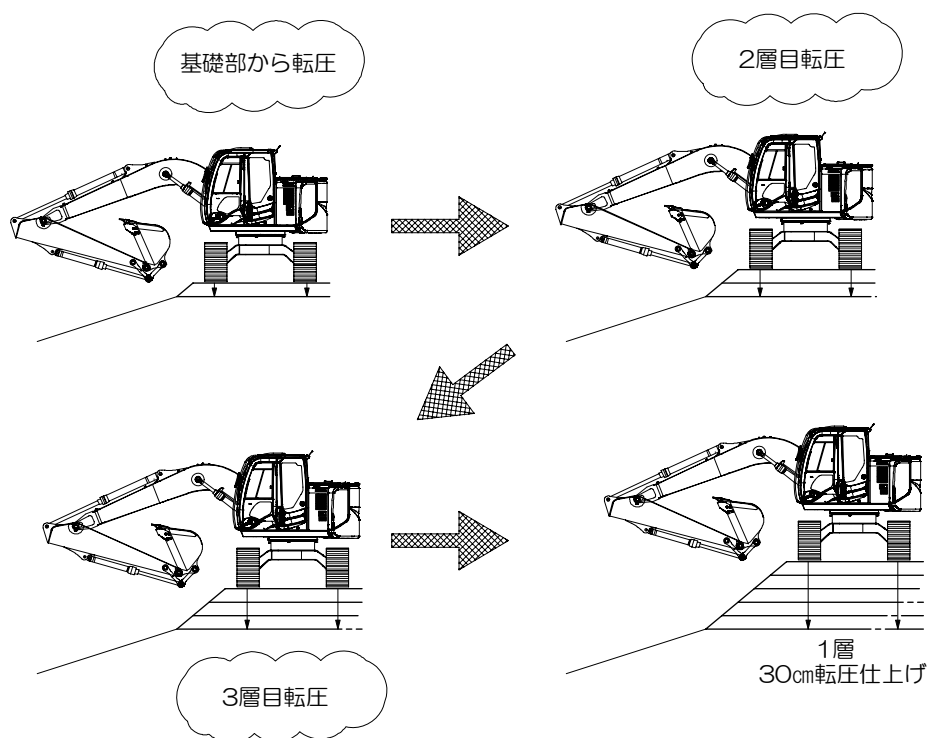


図 4-19 盛土締固め模式図

森林作業道の盛土作業は、掘削機械を併用する場合がほとんどであるため、使用する掘削機械の重量と現場の土質により締固め度合いが異なりますが、十分な締固めを行う必要があります。可能な限り、掘削機械（BH）の他、小型のブルドーザーを使用しての転圧を推奨します（図 4-20）。

転圧は、履帯による転圧を十分に行うこととし、路肩部分についても安全に配慮しつつ、履帯の向きを路線方向に対して斜めに向けて転圧します（図 4-21）。

締固め回数は既往の作設状況を参考に一層当たりの締固め回数を決定します。参考までに林道工事における路体工の敷均し・締固め（1層 30 cm）は、ブルドーザー11 t級を用いる場合、同一地点を履帯が通過する回数を5回以上としています。



図 4-20 締固め模式図

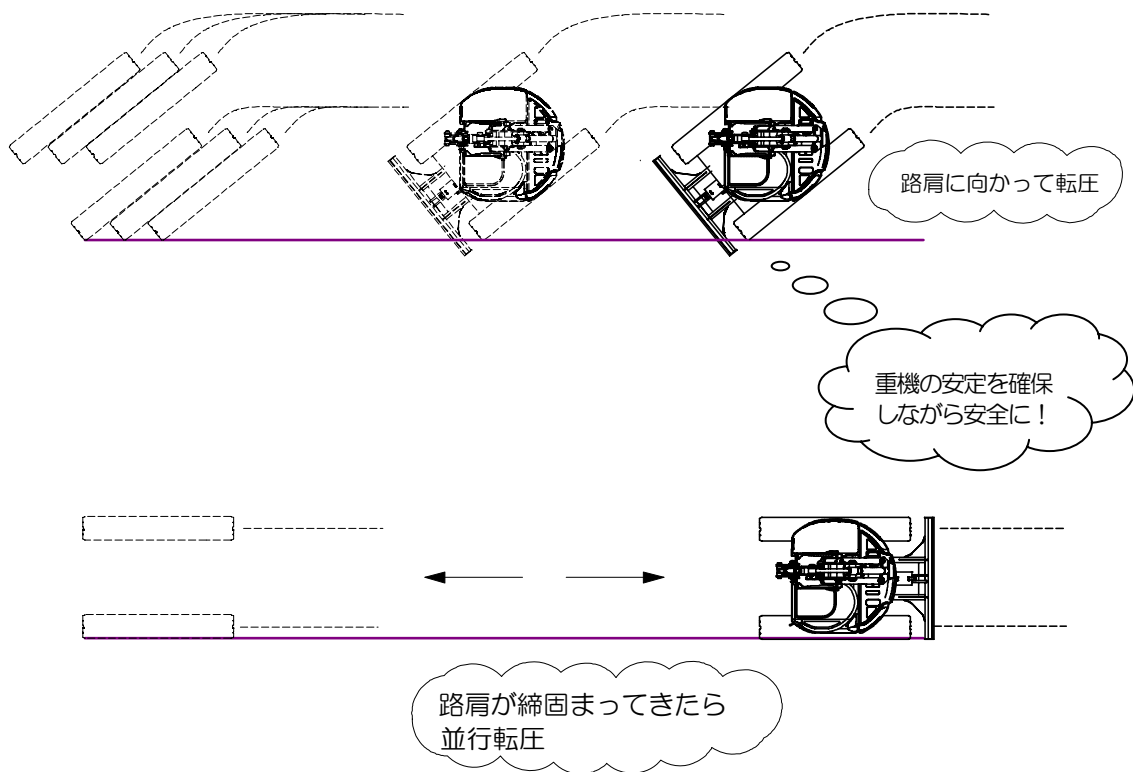


図 4-21 路肩盛土部の締固め模式図



写真 4-23 掘削重機を用いた転圧状況

【参考】 転圧不足<>

路体の転圧不足は、森林作業道の経年変化でわかります。

写真.1 は、作設後1年あまり経過した森林作業道ですが、搬出作業時の履帯の跡がはっきり残っています。‘履帯轍’ができています森林作業道で、中心部が‘ふかふか’の状態です。

これは作設当時からと考えられます。この森林作業道は幅員2.0mで、作設時はBH=0.11級で作設されていました。この作設重機の履帯幅だけが転圧されたものと考えられます。幅員が狭いため、履帯を斜め走行により転圧する余裕がなかったのかもしれない。このような場合は、小型ブルドーザーを導入するか、作設重機のバケット背面で十分に付固め、排土板（ブレード）で仕上げる方法を丁寧に行う必要があります。ただ敷き均すだけでは、‘履帯轍’ができてしまいます。



写真.1 履帯轍ができた森林作業道

写真.2 は、第三紀泥岩砂岩互層の地質条件で、山腹傾斜が40度ほどの急峻斜面の下部斜面に幅員3.0mで作設した森林作業道です。作設後1年を経過していますが、路体に連続したクラックが発生しています。このクラックの位置と切取法頭を結びと、ほぼ旧地山線であることがわかります。急勾配の地形であったため、切土を主体とした作設であり、掘削した土砂・礫は谷側に張り付けた状態であったと考えられます。

作設当初は、礫が豊富にある土質のため、路盤が締った状態であったかもしれませんが、基礎地盤と盛土部が均一でない状態で仕上がり、さらに転圧が十分なされていなかったと考えられます。

このような状態になると、クラックから雨水・地表水がしみ込み、さらに高標高であることから凍結融解作用なども相まって、雪融けの春先や降雨時に路肩決壊を発生させる可能性が極めて高くなります。崩壊までに至らなくても今後利用するためには、一度路肩部を掘り直す必要があります。そうすると急峻であるために構造物（最低でもフトン箆）の設置が必要不可欠となります。

この現場については、地質的、地形的に作設を回避すべき森林作業道だったと考えられます。



写真.2 谷側の路体にクラックが連続して発生した森林作業道

4-16 盛土（軟弱地盤の盛土）

部分的に軟弱地盤が出現した場合は、排水処理を施すとともに、現地発生材を用いた丸太敷き路盤基礎工や礫質土を用いた簡易サンドマット工法などを検討して路体の安定を図る。

部分的に軟弱地盤が出現した場合は、排水処理を施すとともに、現地発生材を用いた丸太敷き路盤基礎工や礫質土を用いた簡易サンドマット工法などを検討して路体の安定を図ります。

(1) 丸太敷工（丸太路盤基礎工）

路盤下部に敷き丸太（横木）を縦木で連結した現場発生材使用の丸太敷き路盤基礎工で（図 4-22 左）、部分的な軟弱地盤の箇所に敷設します。施工は、路盤基礎（箱掘り基礎が理想的）に横木として丸太を全面敷き並べて縦木との連結に鉄線（なまし鉄線#10～13 程度）を使用して固定します。敷き並べが終わったら、その上部に軟弱ではない現地発生土砂か、碎石を敷き均して転圧します。この厚みは 30cm 以内の厚みとします。

さらに、現地発生の丸太を用いて井桁組にする場合もあります（図 4-22 右）。井桁組は、路面の補強も兼ね、軟弱地盤でなくても粘性土等の路体構築に用いられています（写真 4-24）。

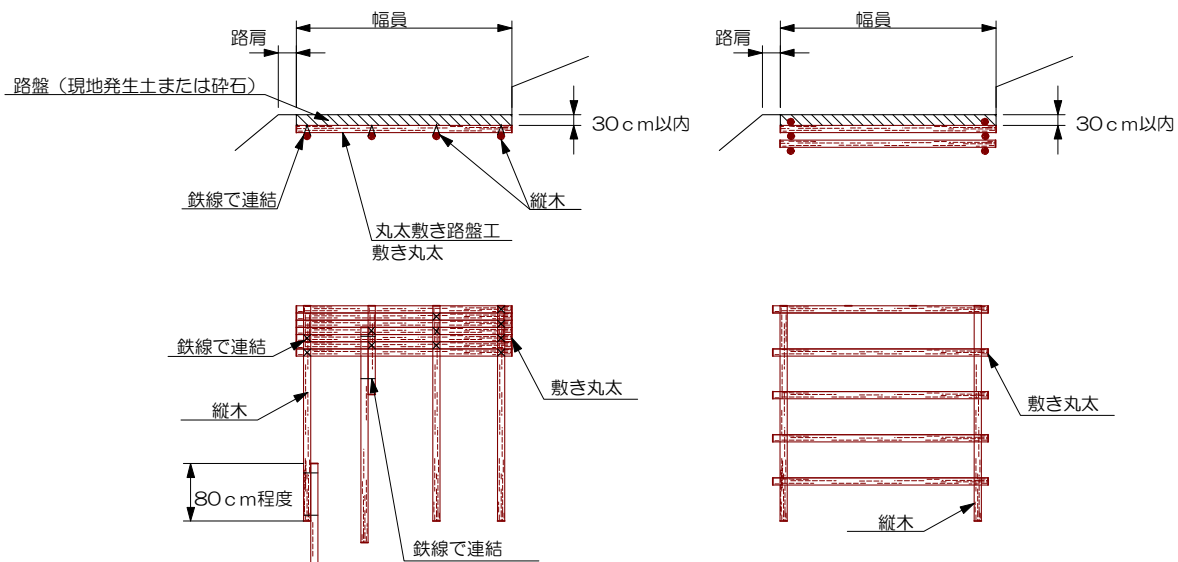


図 4-22 丸太敷工（丸太路盤基礎工）模式図

(2) 簡易サンドマット工法

サンドマット工法は軟弱地盤上に 0.5～1.2m 程度のサンドマット（敷砂）を施工するものですが、ここでは敷砂または碎石を層状に積み上げ、軟弱層の圧密のための上部排水、排水層として路体内の水位の低下を目的とします（図 4-23）。

軟弱地盤の上に路体を盛土構築する場合は、軟弱地盤の上にサンドマット（敷砂）を敷設します。この層が本来のサンドマットとなるので、この層だけは 50cm 程度の厚さを目標とします。その上の層は通常の盛土工と同じように、良質の現地材を用いて転圧しながら盛立てますが、30cm 層の転圧をしたら、次に碎石や礫を敷設して盛立てます。これを繰り返すことで、軟弱層の圧密のための上部排水、排水層としての路体内の水位の低下を図ることができます。



設置基面（路床）整地

縦木設置後埋戻し

横木敷き並べ



縦木・横木連結（この場合は釘）



上部縦木設置後埋戻し

写真 4-24 現地発生井桁組施工の事例

この場合の注意点は、敷いた砂層が排水能力を有していなければならないため、比較的粒度が調整された資材が理想ですが、粒度が大きく粘性質を含まない礫や碎石などでも排水機能（目詰しない）があれば利用可能です。

施工に当たっては、均一な厚みの層に仕上げることで、均一な転圧が必要で、局部的に荷重をかけないように注意します。また、軟弱地盤の上に敷設するサンドマット層や中段に設置する礫層は排水性に優れるため、盛土法尻末端の湧水（滲水）処理や盛土法面への滲出水の処理に注意しなければなりません。したがって、大きな盛土断面となる路体では注意が必要となります。

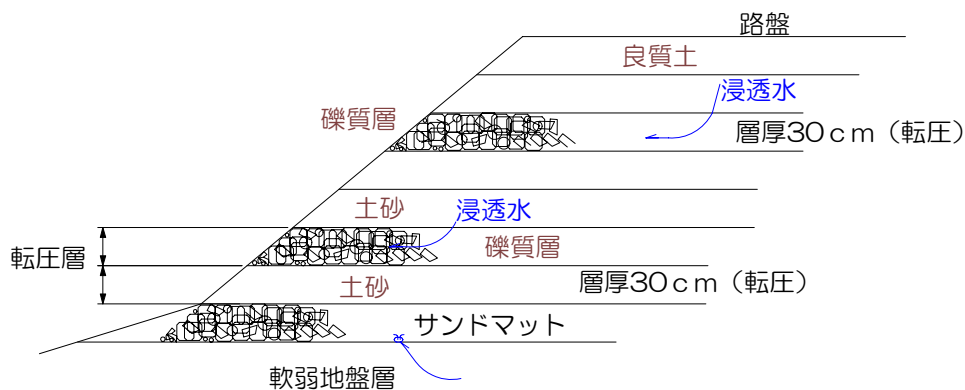


図 4-23 簡易サンドマット工法

(3) その他

あまりにも軟弱な場合や2tトラックを走行させる場合などは、簡易サンドマット工法と丸太敷工（丸太路盤基礎工）の複合タイプにしたり、鉄線籠（フトン籠）を路体に敷き並べるなどの対策が必要です。

現在の森林作業道において、一部に見られるような伐採木の枝条を敷き並べる工法は、一時的な効果しか期待できません。長期間使用する場合は、上記のような工法を検討してください。

4-17 盛土法面の保護

盛土法面は、現地発生材を用いた自然還元利用により保護を図る。なお、自然還元利用による工法は路体盛土の外側に施工する。

盛土法面は、人工的な播種工やむしろ・ネット張工は、原則として行いません。土工において剥ぎ取った表土や根株、丸太構造物（後述）を用いた自然還元利用法により盛土の保護を図ります。

以下に代表的な2工法について記載しますが、これらは路体盛土の外側に施工するものとして、路体工とは区別します（図4-24）。もう1工法は比較的法長が長くなった場合などに有効な工法で、伐採木の丸太を用いた法面保護工です。

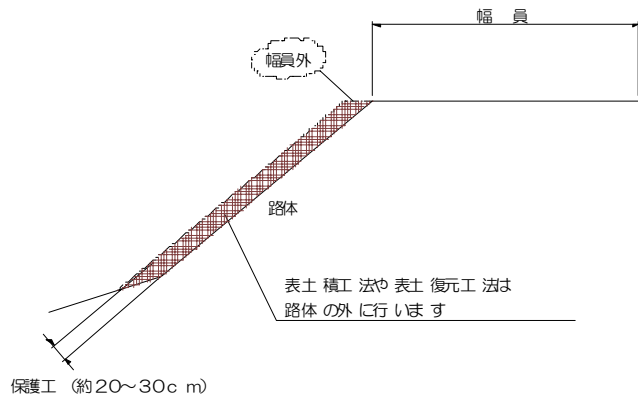


図4-24 盛土保護工の基本的な考え方

(1) 表土積工法

有機物を含んだ表土と心土を交互に積み上げる工法です（図4-25）。しっかりとした施工を行うと、1年後には、埋土種子や広葉樹の根株からの萌芽発生で緑化が図れます（写真4-25）。

路体構築として基準通りの盛土勾配を確保した法面に沿って積み上げます（基礎・共通編p30）。しっかりと締固めて積み上げますが、仕上げ面は削り取り整形や土羽打ちは行いません。

- ① 可能な限り表土を崩さないように水平に切取ります。
- ② 基礎部をしっかりと締固めて水平な基礎部を作ります。なお、基礎部は路体の外（盛土基準勾配の外側）とします。
- ③ 表土を基礎部に据え置きます。
- ④ バケットで十分に転圧します。
- ⑤ 締固めた表土の上に無機質（心土）を置いて締固めます。
- ⑥ この表土-心土を交互に積み上げます。

※表土と心土を同時に掘削して、上記③～⑤の作業を行う場合もある。

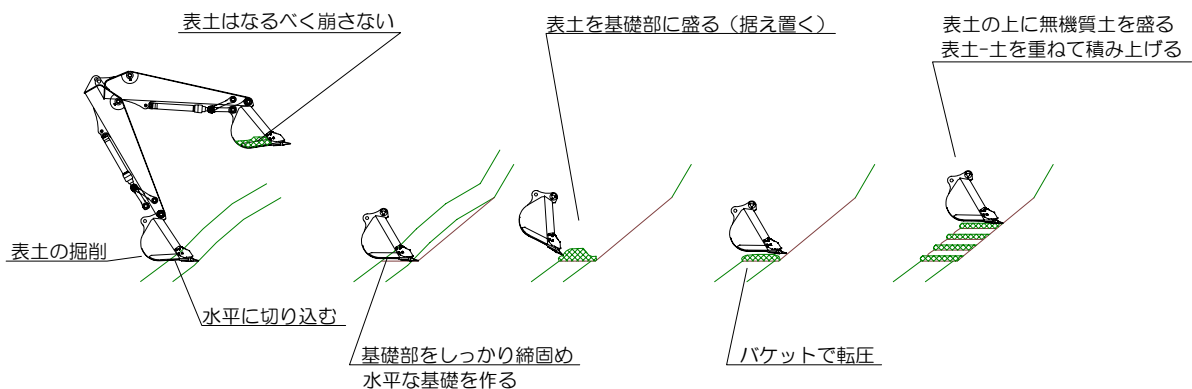


図4-25 表土積工の基礎部と積み方法



写真 4-25 表土積工の施工事例（施工 1 年後）

（2）表土復元法

剥ぎ取った表土（有機物層 A0 や黒色の A 層）を路体構築した盛土表面に張り付ける工法です（図 4-26）。この工法を用いる場合は、法長が短く通常の盛土勾配（1：1.2）よりも緩勾配とする必要があります。また、盛戻には立木や高切りした根株を利用した柵工や枝条柵積みを行って表土の下方への流出を防止します。

重機バケットを利用してストックしておいた表土を盛土法面に丁寧に貼り付けます。張り付けるにあたり、盛土と同様の付固めはせず、比較的ルーズな状態で、おおよそ 20cm 程度の厚みとなるようにします。表面には可能な限り有機物層を用いるようにします。腐植が進んだ枝や落葉が混在しているので、表面に据え置くことで雨滴侵食の防止効果が得られます。なお、仕上げとして均一に仕上げる必要はなく、自然状態に近い状態にしてください。

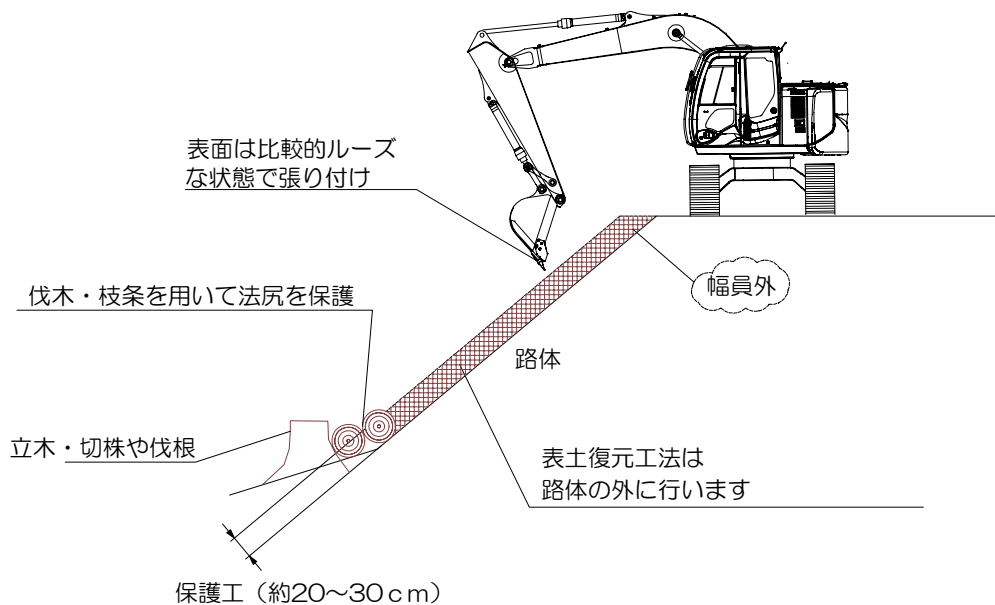


図 4-26 表土復元工法の模式図

(3) 伐木筋工

支障木として伐採した丸太を2~4m程度に玉切りして、千鳥状に配置して杭で固定します(図4-27)。この工法は、平成15年頃から県内の治山山腹工の緑化基礎工や保安林保育事業で発生した現地材を用いて林地の侵食防止補完手段として用いられています(写真4-26)。

この工法について、現在までの追跡調査結果等によると、以下の効果が示されています(平成22年度第50回全国治山研究発表会,長野県)。

- ※ 千鳥状の配置による地表流分散で、リルやガリーの発達(侵食)防止に効果的
- ※ 自然散布種子の捕獲と流失防止、水分環境の向上による発芽環境の整備による植生生育環境の創出

盛土法面への利用でもこれらの効果が十分期待できるため、比較的長くなった盛土法面に利用可能です。ポイントは、必ず千鳥配置とすることです。



写真4-26 伐木筋工の事例(岡谷市,平成18年7月豪雨災害復旧現場)
左: 伐木筋工の千鳥配置状況、右: 施工3年目の自然散布種子起源のコナラ発芽状況

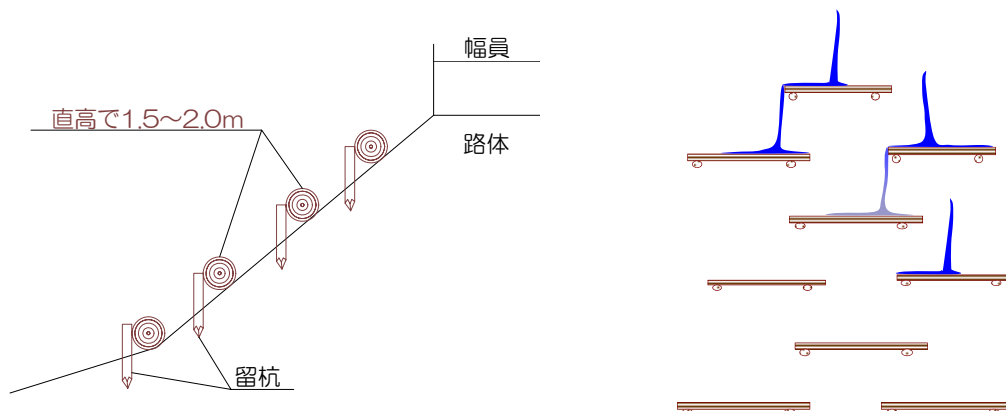


図4-27 伐木筋工の設置断面(左)と地表流分散効果による耐侵食性(右)模式図

4-18 排水対策（路面排水）

縦断波形線形による排水と併せ、水切工をこまめに設置して路面排水を行う。

林道、作業道等の破損事例のほとんどは、雨水等が誘引となって発生します。耐久性のある森林作業道を作設する際に最も重要な要因が水処理対策です。

路面侵食（写真 4-27）は、走行の安定性に支障をきたすだけでなく、路面水の集中によって路肩決壊、盛土部の崩壊を発生させます。森林作業道では、側溝を設置して路面水を長い区間導水する場合はほとんどありません。したがって、路面の土質、縦断勾配によって異なりますが、侵食に対する強度により降雨時には侵食が発生します。

林道規程では、横断排水施設は 50～100m 間隔と示されていますが、森林作業道の場合、波形線形の縦断勾配を考慮して短い区間（20～50m 程度以内）で路面排水工を設置することが理想的です。



写真 4-27 路面侵食が発生した作業道
左：ガリーの発達した路面、右：地表流の集中流下による路肩結果

（1）波形線形と片勾配

縦断勾配を波形線形とすることで、路面水を短区間で分散排水させます。図 4-28 は波形線形の事例で、左はこまめに縦断勾配を変化させています。右は凹部を高くし表面水の凹部への集中を回避しています。

これに合わせて、盛土路体ではなく、谷側（川側）が内カーブとなる箇所では、横断勾配をフラットから若干、谷側勾配にして表面水を分散排水としています（写真 4-28）。また、縦断勾配が弛むような変化点では、片勾配と併せて素掘り排水を行っています（写真 4-29）

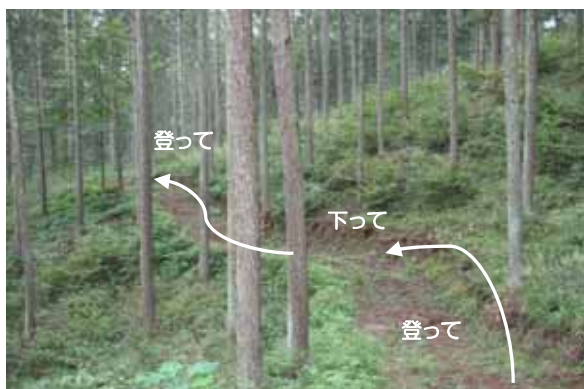


図 4-28 波形線形の事例



写真 4-28 谷側片勾配による分散排水



写真 4-29 横断変化点の素掘り排水工

(2) 縦断勾配変化点の対策

波形線形の縦断勾配が弛むような変化点で、排水施設（素掘りまたは木製水切工）を用いない場合は、弛みに表面水が滞留する場合があります（写真 4-30）。

写真 4-30 の事例の場合には、勾配が変化する手前で水切工によって排水するようにします（図 4-29）。



写真 4-30 縦断勾配変化点での滞留事例



図 4-29 縦断勾配変化点への表面水集中防止対策（滞留防止対策）

(3) 水切工

①水切工の種類

現在の既設森林作業道では路面排水工として、路面素掘り排水が多く用いられています（写真 4-31 左）。その他、木製二次製品の水切工（写真 4-31 右）や現場発生の丸太を用いた水切工が使用されています（図 4-30、写真 4-31 中央）。また、丸太の端部材等（写真 4-32）を敷設するもの、丸太による横断溝タイプ（写真 4-33）などもあります。

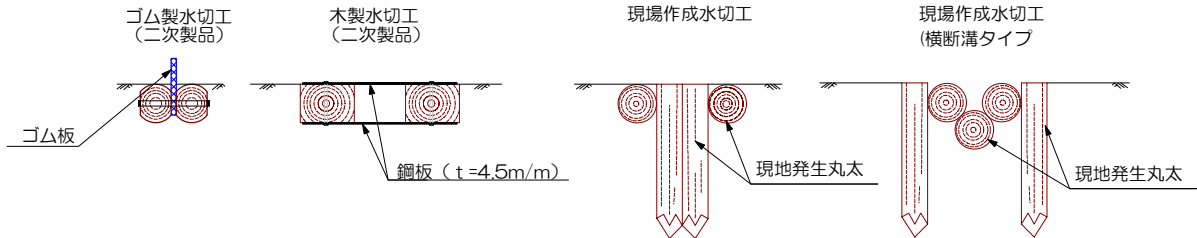


図 4-30 森林作業道に使用される水切工（左・中は二次製品、右は現場発生材使用）



写真 4-31 水切工の事例



写真 4-32 丸太利用の水切工の設置事例

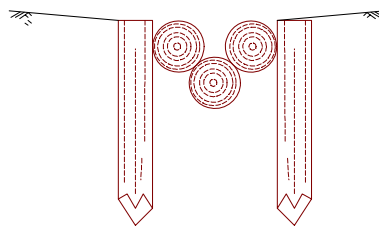


写真 4-33 現場作成水切工（横断溝タイプ）の設置事例

②水切工の設置

既存の研究[※]によると、素掘りは大雨の時の排水機能に限界が生じることや、ゴム製の水切工は傾斜角度（横断方向は水平）、森林作業道中心線に対する設置角度及び縦断勾配との関係で、土砂が堆積しにくいことなどが明らかとなっています。

ゴム製や現場発生丸太水切工を設置する場合は、横断方向に対して斜めに設置する必要があります。前述の研究では、水が流下してくる方向（高い方向）に対し傾斜角度は6～7度とし、縦断勾配に応じて森林作業道の中心線に対する角度を55-65度にする事で排水効果と維持管理（土砂の堆積）効果があるとされています（図4-31）。

図4-31の右の表は、上記の研究結果を早見表にしてみました。ゴム製や現地発生丸太水切工を設置する場合は、縦断勾配が11度以下の場合、中心線に対する設置角度を57度以下にすることが理想的です。

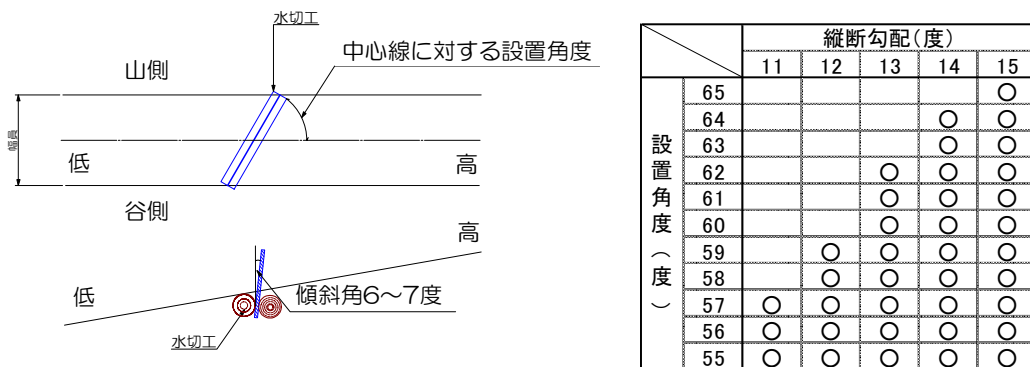


図4-31 水切工の設置模式図と設置角度と縦断勾配の関係

上表は鳥海春夫 「横断排水工の機能調査」表-3を参考に作成

③設置上の注意

水切工は、十分な長さが必要です。山側は切取法尻まで確実に接するようにします。谷側（流末側）は、幅員外の地山までの長さが必要です。中途半端な長さで設置すると、山側では法尻に侵食が発生します。谷側では路肩部が侵食を受け流路が形成されたり（写真4-34右）、路肩が決壊したりする恐れがあります。

現場発生材を用いる場合は、設置する場所を確認して作成するために、寸不足の水切工にはなりにくいのですが、二次製品の水切工は、長さ（規格）が決まっています。上記の斜め設置をすることでどうしても山側や谷側が足りなくなる場合ができてしまいます。二次製品を用いる場合は、幅員と縦断勾配、設置箇所の状況を十分確認して、長尺の資材を購入するようにしてください。



写真4-34 排水効果を発揮しているゴム製水切工（左）と寸不足で路面侵食が発生している水切工（右）

[※] 鳥海春夫 「横断排水工の機能調査」、高密度作業道の低コスト工法に関する研究、東京都農林総合研究センター緑化森林科

(4) 水切工の流末処理

流末処理は、現場で発生した根株、石砕等を積み、地山部の緩衝に努め、洗掘防止を図ります。なお、盛土部への流末処理は行わないようにします。特に侵食に弱い花崗岩風化のマサ土等などは、盛土が侵食を受け、路体決壊の原因となります（写真 4-35）。



写真 4-35 盛土に設置した水切工による盛土法面の侵食
右は花崗岩マサ土質の盛土法面への路面排水。施工後 1 カ月で侵食が発生した。

【参考】 '走行車両も考慮して！'

ゴム製水切工などの二次製品は、有効に路面水を排水します。ただし、森林作業道において走行する車両が全て、クローラタイプであったりすると、壊れてしまう場合もあります（右写真）。

クローラタイプの作業機種のみが走行する森林作業道の場合は、直ぐ取り換えができる現地発生材使用の丸太水切工などを用いることをお勧めします。

一方、主に軽トラックや 2t トラックなどの車両が通行する路線（区間）では、排水能力が高い二次製品などを用いると、長期の路面安定が図られ、車両走行性にも支障をきたすことが少なくなります。



ゴム製水切工の破損
クローラタイプと大型ダンプ 10t 級が走行して破損した。長尺型の抑木を用いないタイプで、荷重がかかる位置に抑木の継ぎ手がある水切工

【参考】 '雨上がり確認隊！'

作設後の路面水の流下状況、湧水の有無（後述 4-19）、沢の渡河地点の状況（後述 4-20）等の '水の挙動' を確認するには雨上がりが最適です。経験則として、崩壊地の調査などは以前から雨上がりに確認するのが最適と言われてきました。

森林作業道でも作設時点では、水の問題がないと思われた箇所でも、雨上がりに確認すると、路面水の滞留地点（写真 4-30 など）や流下方向が確認できます。思わぬところに湧水が確認できるかもしれません。また、洗い越し工を行った沢を確認すると、通水断面が適正であったか確認できます。

壊れにくい森林作業道として利用するためには、雨上がりの調査・確認をお勧めします。

4-19 排水対策（湧水処理）

切土法面や凹部微地形から湧水が発生した場合は、導水距離を短くして、湧水箇所付近で川側へ排水する。

盛土内に湧水が確認された場合は、粗朶暗渠工・丸太暗渠工等により、速やかに路体外へ排水する。

（1）導水

掘削時に切土法面や凹部微地形から湧水が発生した場合は、なるべく導水距離を短くし、湧水箇所に近い場所で下流側に排水します。湧水の流路を人工的に遮断しないように努めることは、法面の安定に寄与するばかりでなく、下流側の野生動植物の生息環境を保全するうえでも重要です。

排水は水切り（前述図 4-30）によりますが、湧水地点が切取法面下部や法尻と路面との境部などの場合は、伐採木の枝条（粗朶：そだ）、現地発生材等を暗渠として設置するなどの対策が必要です。

（2）盛土や路体内の排水

盛土内に湧水がある場合は、粗朶暗渠工、丸太暗渠工等により速やかに盛土法尻の外に排水します。

①粗朶暗渠

粗朶（そだ）とは、直径数 cm 程度の細い木の枝を集めて束状にした資材のことです。古くからある工法で、冬季長野オリンピックの志賀高原会場の造成にも多自然型工法として用いられました。

広葉樹の比較柔軟性がある枝条を用いるのが理想的とされています。

一般的に暗渠材として用いる場合は約 30～40 cm に鉄線などを用いて束ねたものを敷設する方法が用いられます（図 4-32）。敷設は、地山に多少の箱掘りをして敷設します（写真 4-36）。敷設が長くなる場合は連結箇所に隙間があかないように重ねます。また、急勾配の箇所では敷設した粗朶に簡易な杭木を打ち込み埋め戻しによる移動が発生しないようにします。



写真 4-36 粗朶暗渠の敷設

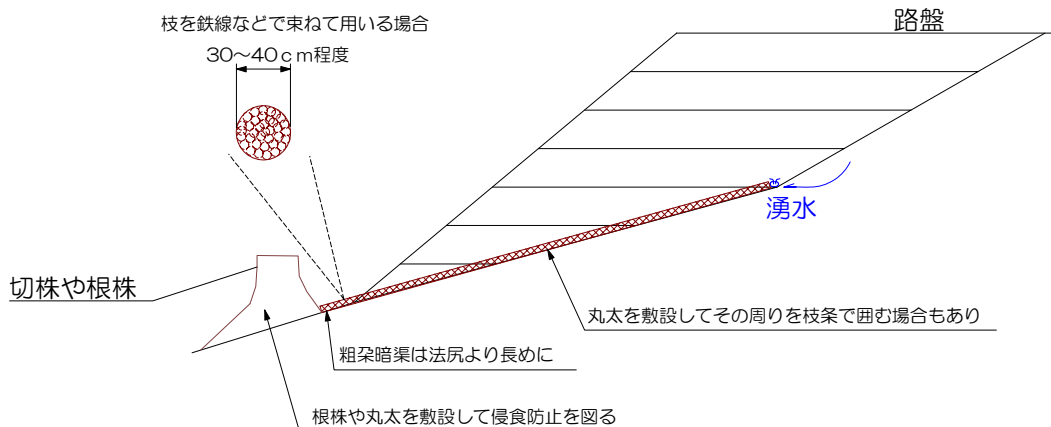


図 4-32 盛土路体の粗朶暗渠工敷設模式図

②丸太暗渠

現場発生丸太を用いた暗渠工も多く用いられています（写真 4-37）。敷設は、湧水地点と排水したい方向に直線的に丸太を設置します。



敷設（重機※）

埋設

埋設

※重機/バケットで吊り上げる場合は、専用のクレーンフック付のバケットで行ってください
写真 4-37 丸太暗渠工の事例

（3）その他の工法と流末処理

その他、複合型として、現地発生丸太を敷設面に置き、その周りを粗朶で覆う場合などもあります。湧水量が多い場合は、粗朶暗渠と鉄線カゴ（蛇カゴ）暗渠などの複合型もあります。また、安価な二次製品もあり（写真 4-38）、眼詰まりを発生させやすい粘性土等の場合は湧水量を確認して比較検討をしてください（図 4-33）。



写真 4-38 二次製品の暗渠資材
吸い出し防止材で作られた資材で、粘性土など目詰りしやすい土質に有効。

流末処理は、盛土法尻より長くし、切株や根株に据え付け、盛土法尻の侵食を防止します。

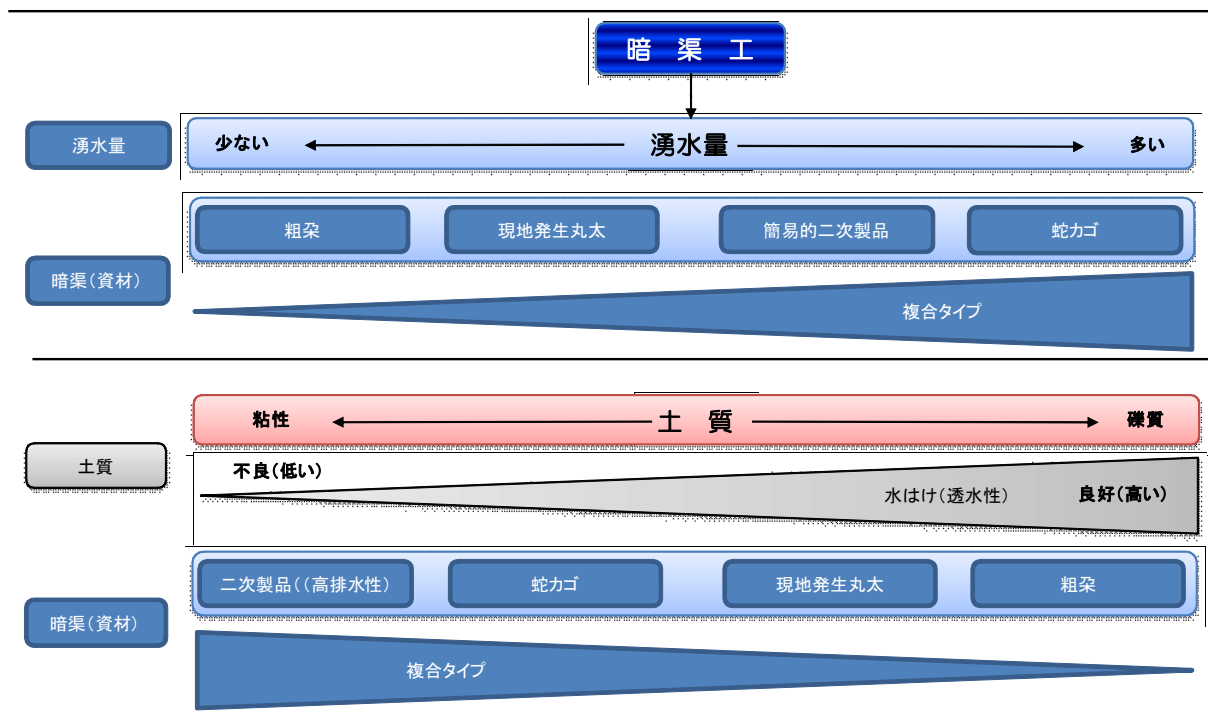


図 4-33 暗渠工選定の比較検討の例（湧水量と土質条件からの比較）

4-20 渡河と排水

森林作業道では現場発生丸太、枝条を用いた粗朶暗渠併用の洗い越しで渡河することを原則とする。ただし、法的規制がある溪流・河川においては、森林作業道であっても関係機関に協議して渡河方法を決定する。

林道は、流域面積から流出量を計算して、安全に通水させる暗渠工等で渡河します。ヒューム管等の管渠を埋設する場合は、土砂、枝条等による呑口部の閉塞が発生しないよう、必要に応じて土砂止工などを設置しますが、森林作業道では、現場発生丸太、枝条を用いた粗朶暗渠併用の洗い越しなどで渡河します。なお、溪流の規模（流量、流域）を十分確認し、場合によってはヒューム管等と併用の構造も検討します。

ただし、法的規制がある溪流・河川においては、森林作業道であっても関係機関に協議して渡河方法を決定する必要があります。

(1) 洗い越し工の路面高と縦断勾配

洗い越し工は極力、河床高と路面高との高低差を低くします（図4-34）。沢（河川）の流水方向に沿って道路に直角に設置するとともに、洗い越し工の上面は出来るだけ水平にし、沢部から路面上への流水を防ぐため前後の路面高よりも低くなるように調整します（図4-35）。

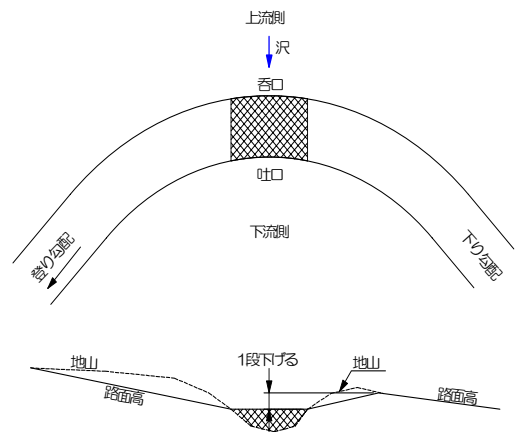


図4-34 洗い越し工の標準平面と縦断面

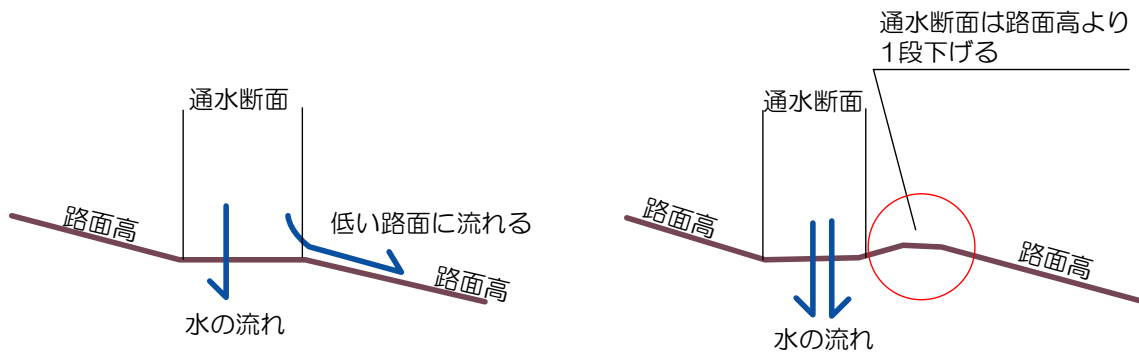


図4-35 洗い越し工の路面高

左図は通水断面だけを水平にした場合で、これでは表流水が縦断勾配に沿って低い路面に流入する。右図のように通水断面は縦断勾配が低い側も路面高よりも一段下げるようにする。



写真4-39 洗い越し工部の縦断勾配事例
通水部を低く、両側を高めになっている。写真手前が下り勾配。

(2) 洗い越し工の作設

洗い越し工の材料は、現地で発生した転石、伐採木等を利用して、浸透水を排する暗渠部を作設します。暗渠部は必ず現溪床（今、水が流れているところ）から下に掘削し、十分に床を転圧します。そこに伐採木等と枝条を交互に積み上げます（図4-36 ①～⑤、写真4-40）。ポイントは以下の通りです。

- ※ 丸太は流水方向に並行（路線線形に直角）
- ※ 枝条は丸太に直角
- ※ 積み上げるとき枝条を潰さない
- ※ 可能な限り隙間がないように、丸太の太さや枝条を敷き詰める

暗渠部の上に越流させる路面を作設します（図4-36 ⑥～⑦）。一般的な土では、長期的にみて越流水によって侵食されて流亡するため、比較的大きめの礫を用いて敷き詰めましょう。前後の縦断勾配を考慮して一段下げた路面高を決定して十分に締固めます（写真4-40）。

最後に、上流側（呑口）と下流側（吐口）の処理として、転石を敷き並べます（図4-36 ⑧）。呑口側の転石敷き並べは、流下してくる水によって洗い越し工が侵食を受けないこと、暗渠部に集中的に浸透させないこと、さらに路体安定のための土留工的な役割を目的とします。吐口側も洗い越し工の侵食防止、路体安定のための土留工的な役割を目的としますが、必ず越流部の下にも転石を敷き並べて、洗掘防止を図るようにします（写真4-41）。



写真4-40 洗い越し工の作設事例



呑口

路面

路面（軽トラックの通行可）

写真4-41 洗い越し工の呑口・吐口と路面

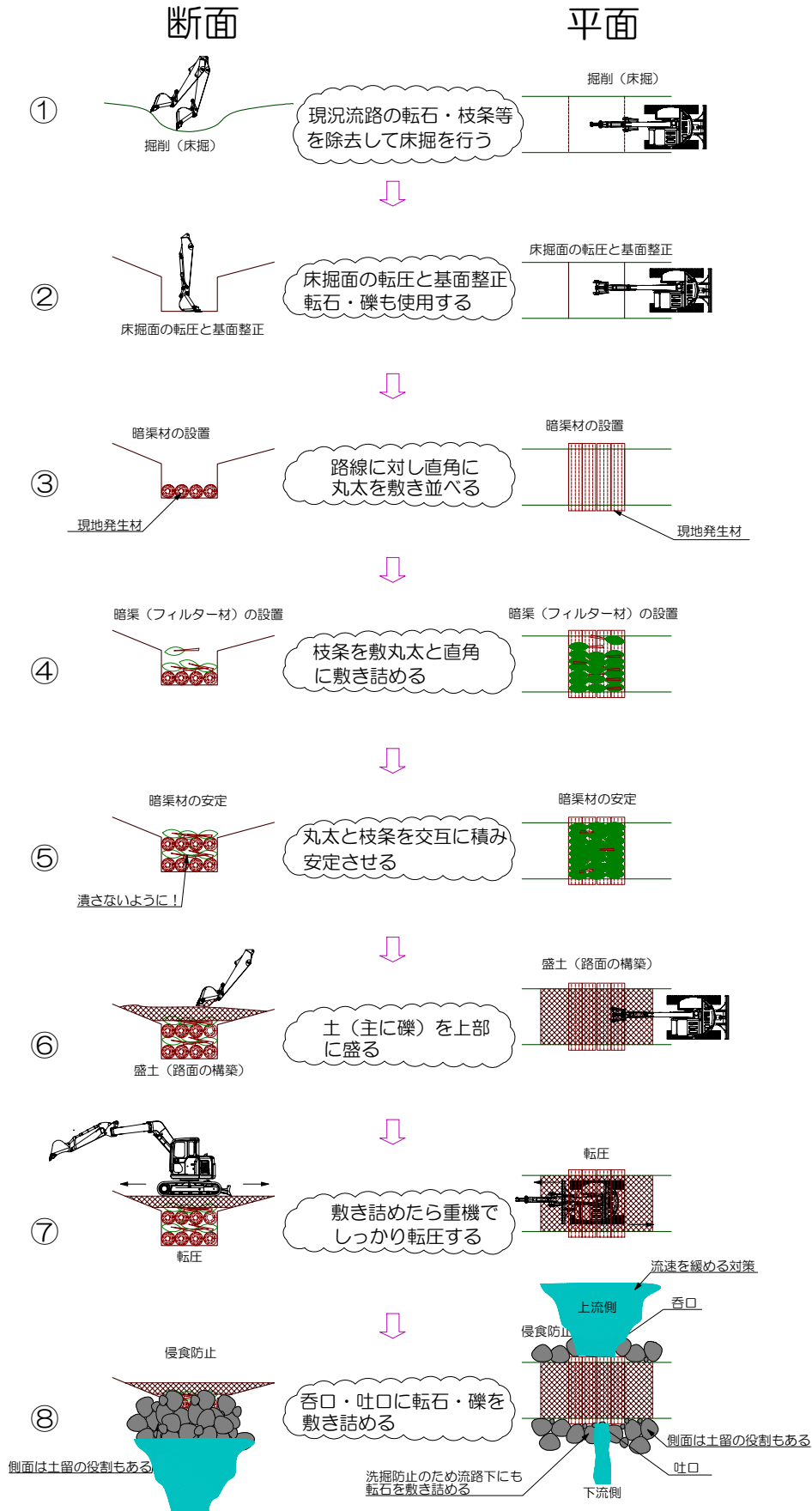


図 4-36 洗い越し工の作設模式図 (比較的転石・礫がある場合)

(3) 土質条件による作設区分

礫が豊富にある現場では、丸太や枝条を用いず礫や転石だけで洗い越し工を構築します。路面も礫だけで構築できますが、表流水を速やかに下方に流下させるために丸太を路面に敷くと流路規制効果が得られます(図4-37)。

転石や礫が少ない現場では、丸太組工(井桁工)などを用いた処理が必要となります(図4-38)。丸太の間には十分に土を充填して丸太が安定するようにします。また、丸太組(井桁)の下から2段目程度は必ず埋めるように床掘をし、上流側、下流側ともに粘性土で遮水層を作るように埋め戻し転圧を行います。越流部となる路面の丸太は必ず流水方向に縦に並べ、幅員よりも長い材(1.2倍以上)とします。

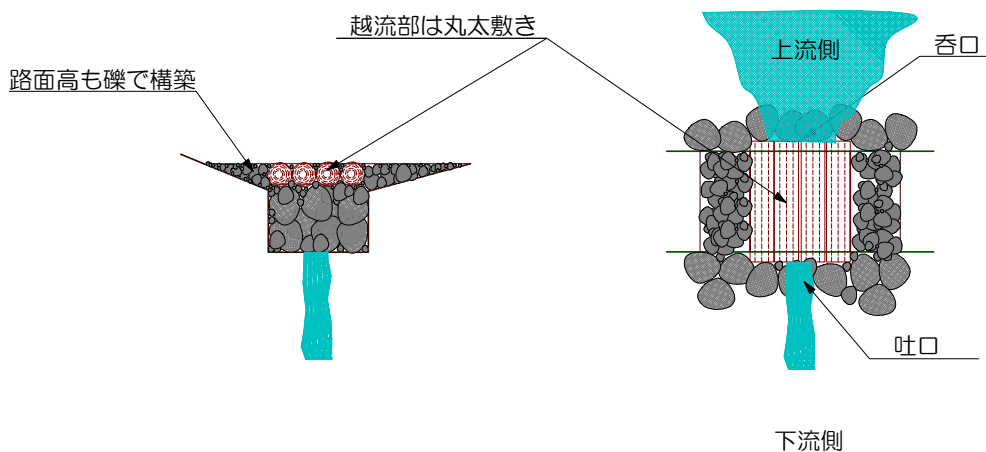


図4-37 洗い越し工の作設模式図(転石・礫が豊富にある場合)

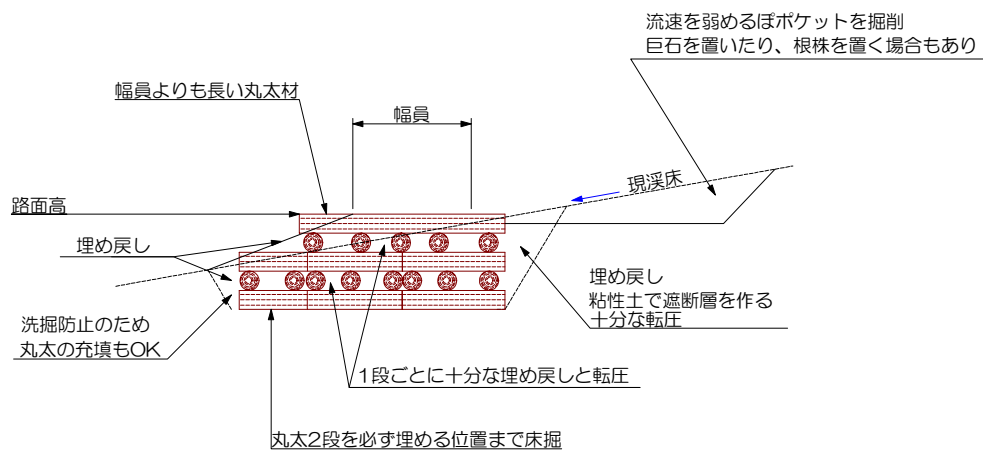


図4-38 丸太組(井桁工)の洗い越し工作設模式図(転石・礫がない場合)

(4) 洗い越し工作設の注意点

①規模が大きい渓流

洗い越し工の規模が大きくなることや渓流の流勢が強い箇所などでは、呑口側に流速を減速させるように、現溪床の流路を広げることや現溪床を下げるなどの流勢を弱めるような水溜を作る場合もあります(写真4-42)。また、吐口側も流路を広げることで沈砂効果が高まります。

大きな溪流では、ヒューム管、塩ビ有孔管、二次製品の暗渠資材等の暗渠工との併用構造を検討してください（写真4-43）。また、このような規模の大きくなる溪流では、河川法、砂防指定、保安林などの制限等がある場合が多く、仮設工として暗渠により横断し、作業終了後に撤去する渡河方法も検討してください。

洗い越し工では、吐口部は比較的大きな転石等を使用して丸太を固定するなど、使用した丸太、転石等が降雨時に下流に流出しないよう注意します。



写真4-42 丸太利用洗い越し工の経過（左：作設当初、右：1年後）

呑口側は、流速を弱めるように現溪床を掘削して流路断面を広げている。1年間のうちに、数回路面を流水が越流したが、路面の損傷、縦断勾配下方への流下はなかった。



写真4-43 暗渠（ヒューム管φ300）併用型の洗い越し工（暗渠上部に丸太通水路）

②吐口の処理（流末処理）

排水機能が良好でも、吐口が侵食を受けている洗い越し工があります。急勾配の流路で発生しやすく、敷設した丸太が浮き上がり、路体が不安定となります（写真4-44）。前述したとおり転石や枝条を用いた吐口処理を行うか、丸太を水叩として組み上げる、または伐根を積み上げるなどの対策を行ってください。



急傾斜地の洗い越し工

排水機能は良好だが、吐口側に侵食が発生している。

写真4-44 急勾配箇所設置された洗い越し工

③耐食性に脆弱な土質

写真 4-45 は、花崗岩風化土（マサ土）に作設した丸太の洗い越し工ですが、降雨時の越流によって越流部の路面が荒れています。また、呑口の流水減速対策で、流水速度（押し出す水：縮流）は弱まっていますが、敷設した丸太の排水機能が劣り、路面に滞水しています（写真 4-45 中段）。通常時に滞水するような通水断面では、降雨時には通水断面を流下しきれず、路線の下方側（縦断勾配が低い側）に路面水として流下し、路面侵食を発生させています（写真 4-45 下段）。

この事例の問題点は、①洗い越し工箇所の路線縦断勾配、②通水断面の構造、③敷設丸太の排水機能の低下が考えられます。

花崗岩風化土（マサ土）のように侵食に対し脆弱な土質の場合は、降雨時に流下する流量を想定して、路面の縦断勾配を検討して余裕を持った通水断面を確保する越流部を作ってください。また、侵食に弱い土質であることから、路面構造を丸太敷きにするなどの対策が必要です。さらに、粘性土でなくても粒子の細かい砂質土なども通水用の丸太が眼詰りし、その機能を低下させることがあります。路体の長期安定を図るためには、このような現場では二次製品の暗渠材（前述 p83）も検討して、通常水の流水（排水）機能も確保するようにしてください。



洗い越し工



洗い越し工



呑口（流水減速対策）



降雨時の越流で路面が荒れた越流部。排水機能が劣り、水流が路面上で滞水している。



越流水が路面下方に流出



流路が形成される



流路は侵食を拡大

写真 4-45 侵食に対し脆弱な土質に作設された洗い越し工の事例

4-2 1 構造物

森林作業道は、現場発生材を用いるなど簡易な構造物とし、基本的に永久構造物を設置しない。

(1) 構造物

森林作業道は、原則的に土構造で構築しますが、局所的に急勾配の箇所などでは、構造物を用いて路体の安定を図ります。

林道などでは安定確保のために構造物を検討しますが、森林作業道は、コンクリート等の構造物は原則使用しません。森林作業道では、現場発生材を用いるなど簡易な構造物とします。基本的に永久構造物を設置しないことから、事前調査及び現地踏査時に路線計画（路面計画高等）を十分検討し、できるだけ構造物を作らない路体構築とします。

しかし、地山勾配が急な箇所や切土面の軟弱地盤（前述 4-16）、盛土部路肩の補強が必要な箇所などは、開設時に丸太構造物を設置し、壊れにくい森林作業道の作設に努めます。その場合、使用する木材は支障木等の現地発生材を使用します。また、2 t 以下のトラックが頻繁に通過するような森林作業道では、局所的に急勾配の箇所にフトン箆等の簡易構造物を設置することができます（表 4-2）。

表 4-2 森林作業道における局所勾配と幅員に応じた簡易構造物適用例

局所勾配	幅員 (m)		
	2.5~3.0	3.0~3.5	3.5
30 度以下	土構造	土構造	土構造
30~35 度	土構造	丸太構造等	フトン箆等
35~40 度	丸太構造等	丸太構造等 フトン箆等	フトン箆等
45 度以上	フトン箆等	(フトン箆等)	(フトン箆等)

※この表は、あくまでも適用例であり、基準ではない。

※局所的な対応であり、35 度以上が連続する地形の箇所では、路線選定の見直しを行うこと。

※フトン箆については、作設費用等も検討すること。

(2) 丸太構造物

①路側構造物

盛土部路肩の補強が必要な箇所や急勾配箇所を通過するときには、現地発生材の丸太構造物を設置します。この構造物は路肩に設置する場合（図 4-39 左）と盛土下部に設置することができ（図 4-39 右）、現場に即して設置することで十分な路体構築が可能となります。この工法は、従来林道工事などで用いられていた丸太積工の改良版または応用版と考えてください。ただし力学的効果（安定計算）は想定していませんし、木材が腐朽するまでの一次的施設で、木材の腐朽後はそれまでに侵入した自然植生で路体・盛土法面の保護が図られることが条件となります。

現場発生材（支障木）を用いて、縦木（桁木）と横木（控え木）を連結させて部材を固定します。まず基礎（土台木）となる縦木（桁木、L=2.0~4.0m）を敷設します。続いて横木（控え木、L=0.8~1.5m）を縦木（桁木）に直角に 1.0m 間隔で連結させます。この 2 段は可能な限り基礎地盤に設置します。

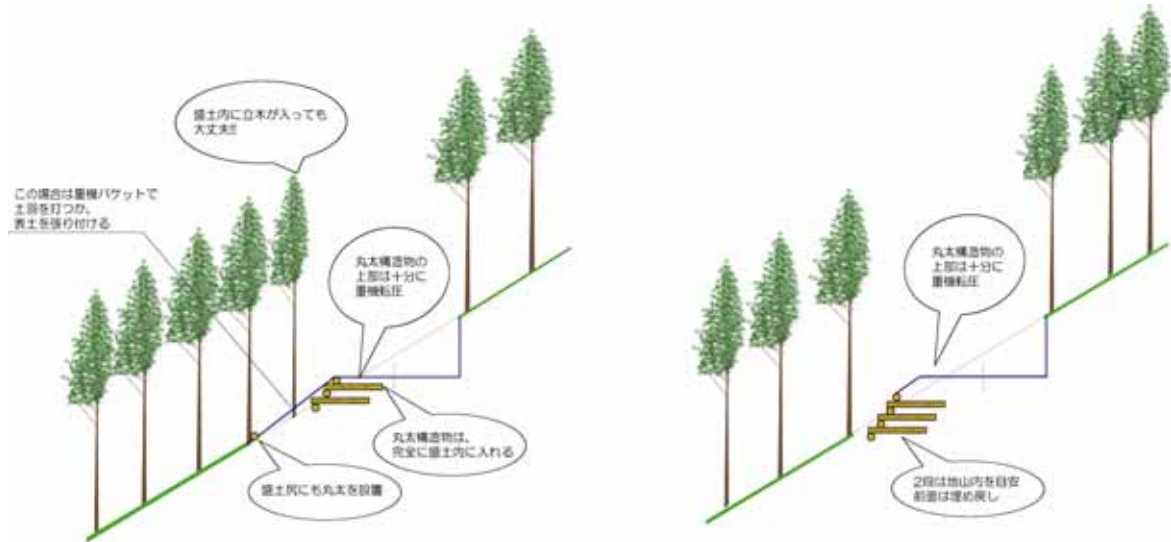


図 4-39 路側構造物設置例（左：肩に設置する場合、右：盛土下部への設置）

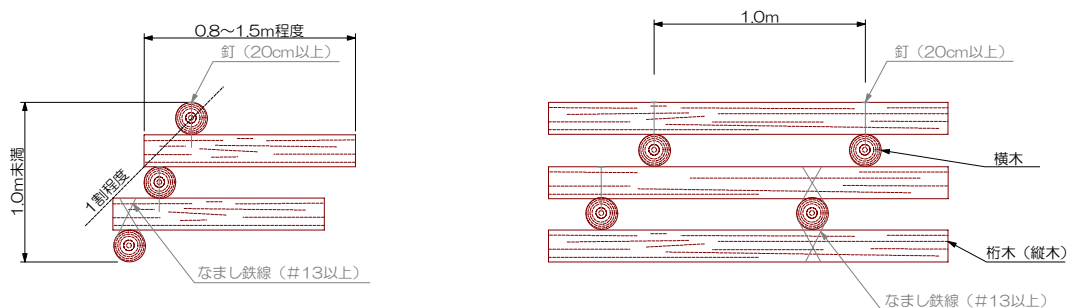


図 4-40 路側構造物の標準図

構造物表面（前面）の出来型勾配は、3分～1割程度の事例が多いのですが、可能な限り1割程度が有効であると考えられます。構造物の高さはおおよそ1.0m未満とします（図4-40）。1.0m以上の構造物もありますが、構造物を高くする場合は、下段の横（控え木）を長くし、背面にも縦木を連結してください。均一の横木では、構造物の変状や路肩決壊が発生します（写真4-46）。

連結は釘、鉄線、鉄筋を用いて固定します。構造物の中詰には、重機で十分な土砂を投入し、固定した組立て構造を壊さないように、まずバケットで埋め戻し、次いで重機走行転圧を行います。



写真 4-46 高さ2m（7段）の丸太積工が破損した事例

横木背面が滑り面となって連結したまま滑落した構造物。全ての段の横（控え）木が同じ長さで積み上げられている。



写真 4-47 盛土部路肩の補強丸太構造物の作設の流れ

②盛土下部

盛土下部に設置する場合の留意点は以下のとおりです。

- ・ 路体を補強する構造である
- ・ 重機による掘削・埋め戻し及び盛土構築ができない場合がある（人力施工による効率化の低下）

③切土側構造物

切土側の構造物としては、丸太組構造による法留工や、丸太を法面に立て掛けるタイプの法面保護構造物が用いられています（図4-41）。

丸太組構造物の構造は、横木（控え木）を水平または若干奥を高くする傾斜タイプとします（図4-42の水平、傾斜タイプ）。作業道の横木（控え木）は、1.0m程度の長さで、地山に突き刺します。構造物の高さも1.0m以内にします。連結鉄線や釘等を用いて十分な連結を行うと法留効果が高まります（図4-42）。また、最下段の横木の前面に止め杭を設置（打設）する場合もあります。

法面保護構造物の立て掛けタイプは、最下部に抑え縦木を据え置き、転倒防止を図るなど、変状が発生しないようにします。

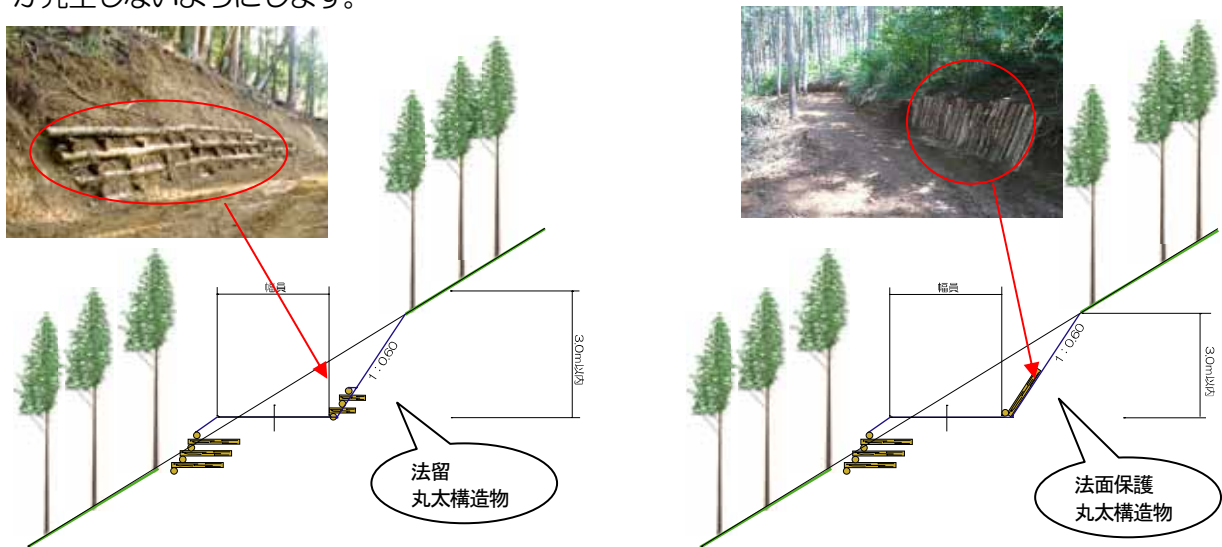
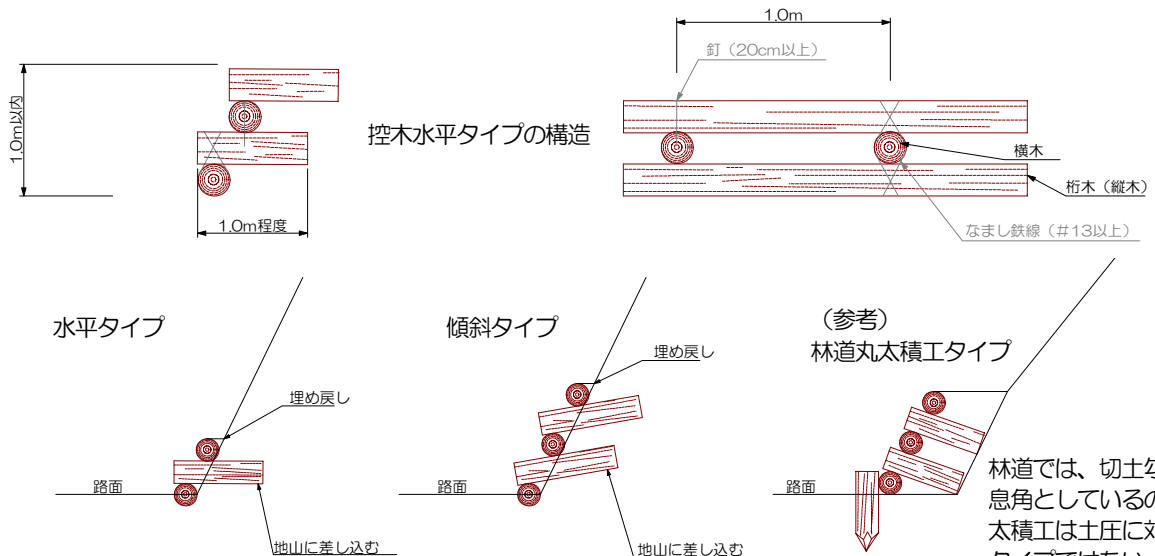


図4-41 切土側構造物設置例



森林作業道では、切土が低く、急勾配の切土勾配に対応した土留タイプとして、組構造は水平・傾斜タイプとする。

林道では、切土勾配を安息角としているので、丸太積工は土圧に対応するタイプではない。法面保護工の緑化基礎工として、崩土等の路面流出を防止することを目的としている。

図4-42 切土側の丸太組構造物

(3) 丸太構造物設置の注意

①土質条件による適用

花崗岩地帯や砂礫層等の土質の場合、中詰土（風化粗粒土）が枠組みから流出、流亡し、路体に変状、決壊している作業道が認められます（写真 4-48）。このような土質の場所では、路線選定にも留意して、構造物を設置しない路体構築を行うとともに、土質条件を十分検討して丸太構造物を適用してください。



写真 4-48 花崗岩マサ土地の構造物破損状況

写真左は路肩決壊による構造物の破損、写真右はマサ土の中詰土の流出による変状

②構造物連続の注意点

森林作業道全線に丸太構造物を設置している路線があります（写真 4-49）。路体の安定と現地発生材を有効に利用する目的を併せての施工ですが、緩地形の箇所も積み段数を変えて連続させています。

かなりの労力を掛けて作設した路線ですが、路面排水の視点からは問題があります。これらの路線では、全て構造物の上で路面排水をしています。その結果、水切工を設置できず、縦断勾配凹型箇所に水が滞留して軟弱化している事例（写真 4-50 左）や、水切工を設置した結果、構造物の基礎部に洗掘が発生したり、丸太構造物の天端に侵食が発生している場合が多く認められます（写真 4-50 右）。

丸太構造物は「必要な箇所に必要なだけ」設置するように、平面線形や縦断勾配を検討してください。



写真 4-49 連続した丸太構造物

起点から終点まで路肩側に全て丸太構造物を設置した森林作業道（写真左右は別路線）



写真 4-50 丸太構造物と路面排水の関係

写真左は構造物があるため路面排水ができない縦断勾配の凹型箇所（路面が軟弱化している）。写真右は構造物上に設置した現場発生材利用の水切工。丸太構造物基礎部が洗掘削を受け、丸太構造物天端が侵食されている。

③据え付け（床付け）

丸太構造物を設置する場合は、最下段の横（控え）丸太は十分な長さのものとし、しっかり床掘りした地山に据え付けてください。

写真 4-51 は、丸太構造物を設置した路面に亀裂が発生しています。このような変状は丸太構造物が迫り出したことによります。この事例の場合、上部の地山線を延長してみると、旧地山線上に亀裂が発生していることが分かります。地山線をあまり掘削せずに控え木を据え付けたものと推察され、車両の荷重等によって構造物が迫り出したものです。

このような変状を発生させないためには、十分な掘削（根入れ）と最下段の横木（控え木）を長くするなどの対策を行う必要があります（図 4-43）。



写真 4-51 丸太構造物設置箇所の路肩変状

下段丸太の据え付けが地山まで達しておらず、旧地山線上（写真上の赤点線）で路面にクラックが発生した事例。左の事例では、路面水が浸入して、クラックが拡大を続けている。

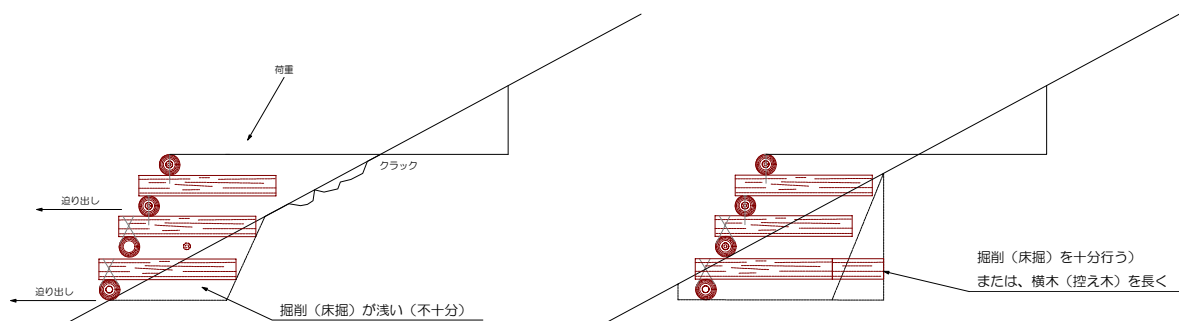


図 4-43 路肩構造物の変状発生（左）と対策（右）

④転圧と中詰め

転圧と、中詰めが十分にできていない構造物は、路面水の浸入と中詰め材の中抜けが発生して、構造物の変状や崩壊が発生し易くなります（写真 4-52）。



写真 4-52 中詰め土砂の流出による路肩変状

丸太構造物を積み上げた箇所では、天端の転圧を十分しない場合があります。構造物を埋めた場合は履帯による転圧もし易いのですが、路面高まで構造物がある場合は、構造物を破壊する恐れがあることと、履帯による転圧への恐怖感から十分な転圧ができません。路面高まで構造物を積み上げた場合は、バケツで叩くのではなく、じっくりと油圧転圧（押さえつけ）をするようにします（写真 4-53）。

花崗岩地帯のマサ土や砂岩風化土に多くみられる砂礫質では、構造物内に充填される土砂の空隙が大きいため、経年変化で路面水が浸透するとマトリックスが流亡してさらに空隙が大きくなる場合や、砂礫そのものが洗いだされる場合があります（写真 4-54）。



写真 4-53 設置、埋め戻し転圧状況

この事例では、縦（桁）木の長さ分だけしか地山掘削せず、1 スパンごとに掘削、組み上げを行っている。転圧は1段（30 cm）ずつの履帯転圧。履帯で1段ずつ転圧すると、設置箇所より重機の重みで若干谷側に張り出すが、鉄線による二重連結で組み丸太は変状しない。



写真 4-54 丸太構造物の中詰め材の状態（礫質土）

⑤使用材料の統一

構造物には現地発生材を用いますが、構造物を組み立てる際は、縦木（桁木）は上下ともほぼ同一規格（太さ）のものを用いるようにします。横木（控え木）も同様に太さを統一することが作業効率を高めめます。

⑥組立・連結の注意事項

近年、現場発生材は中目材が多く、現場発生材を利用する場合は、規格を整えると15～25cm程度の材となります。構造物を組立て、連結させる場合、縦木（桁木）と横木（控え木）を釘、鉄線（なまし鉄線）等で固定する必要があります。

近年の事例の多くは連結に釘を使う場合が多くなっていますが（写真4-55）、日本工業規格の釘は150mmまでで、それ以上は特別注文製品の釘となります。現在の主な規格は200mm、250mm、300mmで、中目材の連結には250mm程度（旧称：八寸釘）が必要となります。また、経年変化で丸太構造物が腐朽した場合、釘だけが腐食せず森林作業道内や林内に散乱残置される可能性があります。

自社林や個人所有者自ら実施する場合を除き、木材の連結には釘が定石と考えず、多少行程は劣りますが、従来の丸太積工に用いられる連結鉄線（なまし鉄線#10-13程度）を使用することを推奨します。鉄線を用いる場合は、従来の丸太積工の2重結線（巻き）を用いる必要はなく、固定できる程度の1重結線で十分です（写真4-56左）。

その他、連結には縦木（桁木）と横木（控え木）にドリルで削穴して鉄筋を差し込む方法も見られます（写真4-56右）。



写真4-55 丸太構造物部材連結に用いる釘の状況
（左：釘を用いた連結、右：この現場に用いた規格外特注釘）



写真4-56 鉄線を用いた1重連結（左：なまし鉄線#10）と鉄筋を差し込んだ事例（右）

⑦構造物の安定

構造物に使用した木材の腐朽までに、自然植生が侵入することが必要です。そこで、作設現場にヤナギ類などがある場合は、その枝を切って丸太構造物の側面に挿し木をすることをお勧めします。

また、路肩構造物の場合は、地山との境（構造物前面の埋め戻し部）に支障木となった小径の広葉樹根株やストックしておいた表土を用いると早期緑化が期待できます（写真 4-57）。



写真 4-57 で構造物に侵入した植生
施工3年後、木本類（スギ）の発生も見られる。構造物下方は畑で手前の植生は畑のミョウガ。

（４）その他の構造物

①フトン箆

丸太以外の構造物としては、表 4-2 に示したフトン箆があります。

フトン箆の設置について特に注意すべきことは積み段数です。路側部に接して設置する場合も、盛土下に設置する場合も最大3段（直高 1.5m）以内としてください（図 4-44）。

その他、詳細については、森林土木仕様書（長野県）に従って施工してください。

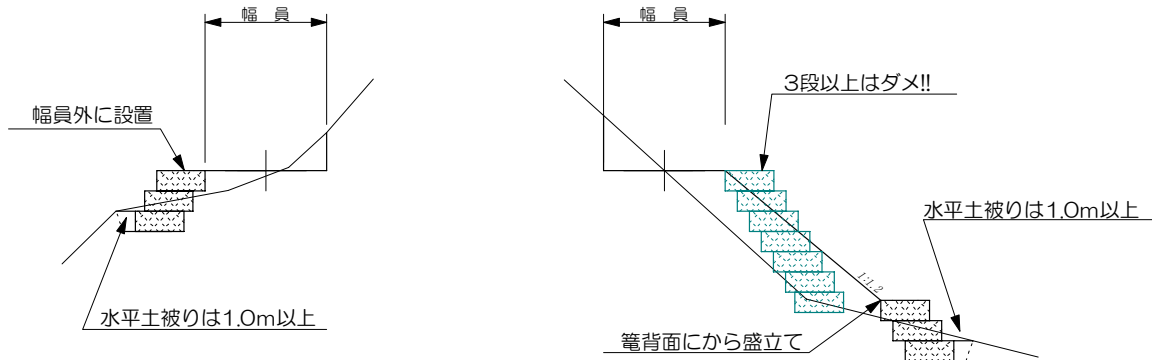


図 4-44 フトン箆設置の模式図（左：路側構造、右：盛土下構造）

②鋼製L型擁壁

盛土高が高くなり、丸太構造物やフトン箆工では路体の安定が確保できない箇所に、鋼製L型擁壁が用いられる場合があります（写真 4-58）。これは、軽量で組立て易く、構造物として力学的（安定計算）に高さを変化させられる資材です。森林作業道ではあまり用いられていませんが、常に2tトラックを走行車両とする場合などは、この構造物を用いると路体の安定が確保されます。ただし、作設費用等も含め、適用の可否については、十分に検討してください。



写真 4-58 鋼製L型擁壁が設置された作業道（事例は路網旧区分の作業道）

③その他の事例

その他の構造物として、大型土のう（通称トンパック）を用いる事例があります（写真 4-59）。近年は、耐光性の劣化（紫外線等による劣化）しにくい資材もあり、応急処置（仮設工）以外にも使用することが可能です。

さらに、路体構造物ではありませんが、局所的に急勾配の地山を通過する箇所や盛土が大きくなってしまった箇所などでは、走行の安全確保のため、現地発生材を杭として用いた視線誘導柱などがあります（図 4-45）。



写真 4-59 大型土のう設置事例
事例は路網旧区分の作業道（暗渠呑口）

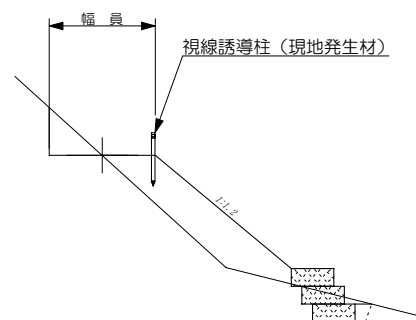


図 4-45 現地発生材使用の視線誘導
（安全施設）

4-22 路面工構造物

森林作業道の路面処理は、設計車両の通行に支障がある場合に、土質（局地的な軟弱地盤を含む）及び過去の施工事例を参考に必要最小限の範囲で行う。

森林作業道の路面処理は、設計車両の通行に支障がある場合（写真 4-60）に、土質（局地的な軟弱地盤を含む）及び過去の施工事例を参考に必要最小限の範囲で行います。

また、これ以外の箇所についても、切土によって発生した岩砕、礫等をバックホウ等により走行転圧して路面の保全に努めます。その際、川側への岩砕の転落（盛溢し）には十分注意します。この場合、使用する岩砕等は、雨水等により流出しないよう粒径の比較的大きいものを用います。



侵食が発生している路面



花崗岩風化土の路面



上層路盤工（敷き砂利）をした急勾配の区間は、路面水が走り、侵食を発生させる。森林作業道は、土側溝は作らず、敷き砂利を行う場合は、全幅に敷き詰めることが理想的。

写真 4-60 路面洗掘の事例

(1) 路盤

路面侵食防止を考慮した場合、急勾配（7%以上）路面には大きい粒径（5—15cm）の碎石（岩砕）等を用いると路面侵食に有効です(写真 4-61)。

上層路盤材として用いられる石礫の限界摩擦速度（限界掃流力）と林道の勾配、路面流の水深等から求められる摩擦速度（掃流力）との関係から、急勾配箇所等では、限界摩擦速度 > 摩擦速度（流失しない）の条件を満たすことが必要です(図 4-46)。

また、直に路体による木寄せ・集材作業を実施する場合は、作業車両も 12 t 級以上の機種が多いため、路面（路体）の損傷が軽減されます。さらに、資材費としても調製された礫材よりも安価となります。

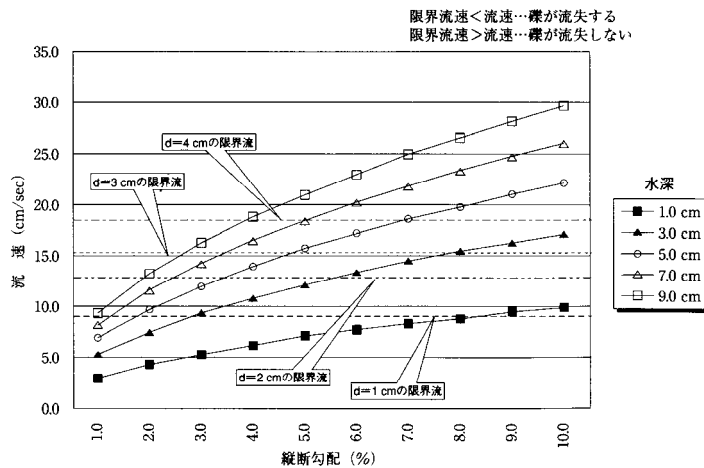


図 4-46 摩擦速度と限界摩擦速度の関係
林道規程—運用と解説— p175 (2008)



写真 4-61 現場発生材を用いた路面工（左）と碎石（切込み破石・栗石）を用いた路面工（右）
写真右は 12 t 級ハーベスタによる路上作業後。路面の損傷は発生していない。

(2) 丸太構造物による補強

水分状況が安定している路体にも丸太構造物を敷き均したりする場合があります。軟弱地盤対策（参照 p72）と同様に、丸太敷き均しや井桁組を行う場合があります。水切工などの路面排水処理をこまめに設置しても、縦断勾配が凹型に弛んで水が集中し易い箇所や、湧水が滲み出る程度の箇所に、局所的に丸太構造物路床工として用いられます。

路床工として用いる場合は、軟弱地盤対策と同様に完全に路面下部に埋め戻すことが重要で、路肩外まで飛び出す形状を用いると、逆効果として侵食を発生させる場合があります(写真 4-62)。



写真 4-62 路面補強丸太が路面侵食を発生させている事例

写真左は花崗岩地域の設置事例で、花崗岩風化土（マサ土）の侵食が発生。写真右は第三紀泥岩砂岩互層地域。両事例とも路面補強材が路肩部に露出しているため、土砂と丸太との粗度係数の差によって、丸太と土砂との境に侵食が発生している。

（3）その他の路面補強

支障木の枝条や根株を移動式木材粉碎機でチップ化して敷き均す事例があります（写真 4-63）。

チップ敷きは、発生材の処理としても有効です。また、チップの敷き均しにはマルチ効果があり、路面への植生侵入を抑制する働きがあります。

ただし、チップ敷きを用いる場合は、以下について注意してください。

- ・チップ敷きは路面の支持力は期待できない。
- ・急勾配の箇所では、雨水等により流出し易い。
- ・植生侵入を抑制する働きがあるため、林地へ流出した場合には、林床植生に影響を与える可能性がある（特に針葉樹のチップ）。



写真 4-63 路面へのチップ敷き事例

（4）路肩の保護

路盤保護と同様に、路肩保護として丸太を並べる事例や現場発生の石礫を敷き並べる事例があります（写真 4-64・65）。

盛土部路肩の補強の場合では、最上部の縦木（桁木）は視線誘導も兼ねた露出とする場合と、完全に埋め戻す場合があります。視線誘導として露出させておくことは、森林作業道の路肩（幅員）を明確に示すことで有効です。ただし、路面よりも比較的高くなっている場合は、路面と縦木（桁木）との境目に路面水による侵食が発生する可能性がありますので注意してください。

一方、丸太構造物を完全に埋め戻すことは、丸太の腐朽を抑制することになります（木材の腐朽の要因を簡単に言うと、空気に常に接していないこと）。この場合は路土工の一部となります。

森林作業道は、搬出等の作業に直結します（写真 4-65）。路肩が強固でないと作業の安全確保や作業効率が劣ることになります。軟弱な場合や作業機械が路肩で作業する場合などは、強固な路肩とするために、丸太や石礫を用いた保護路肩を行ってください。



写真 4-64 現場発生丸太による保護路肩



写真 4-65 石礫を路肩に並べた事例



写真 4-66 森林作業道上でのロギングトラクタによる集材とグラブによる木寄せ作業
ロギングトラクタは路肩部までタイヤが張り出す。強固な路肩でないと安全に作業ができない。



【参 考】 ‘割栗石を投入’

県内のある地域では、森林作業道であってもフォワーダ運材はどうしても車の入らない所のみとして、走行車両をトラックに定めて森林作業道を作設している事例があります。トラックを走行させるため、路面に割栗石を全面に敷き詰めて、強固な路面を築いています（右写真）。

この現場周辺は、厚い黒色土で覆われていて、冬季には積雪も多いため、局所的ではなく、ほぼ全線に渡って軟弱な路体であると想定されますが、かなりの厚みで割栗石を敷き詰めているので、路面の沈下などがほとんど発生していません。

局所的に軟弱な場合は、割栗石を大量に投入する方法も有効です。



森林作業道に割栗石を全面敷き詰めている事例（左上は森林作業道が分岐する幹線）

【参 考】 改築技術と維持管理技術

県内の比較的緩やかな地形の森林内には、多くの古い作業路（ブル道）があります。これらの作業路や歩道などの中には、少し手直しただけで使用できるものがあります。これらを改築して、森林作業道として整備する場合、路体があるので改築することは容易と思いがちですが、旧路体があるために盛土を張り付けるような作設をしている事例が見受けられます。また、簡易な柵工などで幅員を確保しているものもあります（写真-1）。

このような盛土をすると旧路体と盛土の境にクラックが発生することがあり、改築によってかえって路体が不安定になったりします（図-1）。このようなことが発生しないためには、路体をもう一度掘り起こして、路体を構築する必要があります。手間を惜しまず、もう一度構築するつもりで路体を構築してください。



写真-1 旧作業路を改築した路線

盛土ではなく路側を柵で構築している。作設機械が旧路体に乗っていると安心して作業ができるが、この写真の路体構築では、柵の下に空隙ができるなど十分な土の締固めができていない。

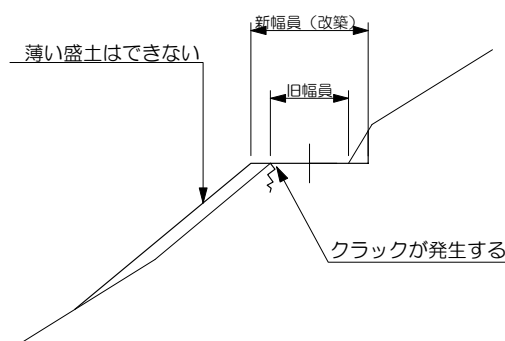


図-1 改築路体の模式図

森林路網は、森林の多面的な機能を維持発揮していくための基盤となります。これからの森林作業道は、長期にわたって使用していくことを前提に作設しますが、維持管理の技術の構築も必要となってきます。しかしながら、森林作業道は、その目的が森林施業・林業活動のみに使用されるものなので、林業関係者が自ら整備する必要があります。維持管理のための費用負担等の制度や処置は、現時点では定まっていません。これらを考えると、地域に即した合理的な維持管理を検討していかなければなりません。

維持管理には課題もあり、またその基準も定まっていませんが、作設時にしっかりした道づくりをすると、維持管理も容易になることは事実です。そのためにもただ作設するだけでなく、作設した路線、工法をチェックすることが重要です。本書巻末に簡易なチェックリストを添付します。作設した森林作業道のチェックに使用してください。

さらに、管理技術としては、頻繁に使用することが最も重要と考えます。継続的に使用できる森林作業道は、継続的に森林整備ができる森林（団地）に作設することが重要です。

5 作業の安全対策

5-1 林業労働災害の現状

安全は、能率に優先する。

林業は全産業中、最も労働災害が発生しているため、林業に携わる者は、その現状を把握し、労働災害発生の防止に努めなければならない。

安全は、能率に優先します。全ての産業活動において、安全が第一です。

急峻かつ足場の悪い山の中で、重量物を取り扱う林業は、他産業に比べて労働災害の発生が多く、危険な業種です。林業に携わる皆さんは、労働災害発生の現状を十分把握してください。

(1) 全国的な林業労働災害の現状

厚生労働省と林野庁による全国の林業における労働災害の発生状況は、表5-1のとおりです。近年の林業労働災害の発生は、各種災害防止活動の展開等、関係者の努力により減少傾向で推移していますが、平成21年には43名の死亡事故が発生しています。

足場の悪い山の中で、伐採木等重量物を取り扱う林業の労働災害の発生率は、災害の発生度合を表す「千人率」で他産業と比べると、全産業の中で最も高くなっています(表5-1下)。

表5-1 林業労働災害の発生状況(上)と労働災害発生率(下)

労働災害(林業)の発生推移

(単位:人)

区分		平成17年	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年
死傷災害 (休業4日以上)	全産業	120,354	121,378	121,356	119,291	105,718
	林業	2,171	1,972	2,080	2,073	2,128
死亡災害	全産業	1,514	1,472	1,357	1,268	1,075
	林業	47	57	50	43	43

産業別労働災害の発生率

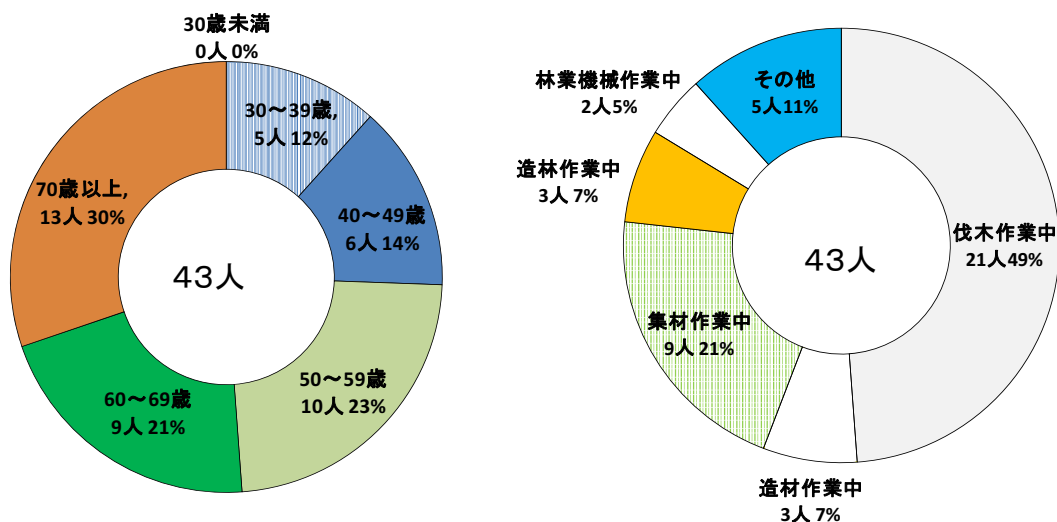
(単位:年千人率)

区分	平成16年	平成17年	平成18年	平成19年	平成20年
全産業	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3
林業	27.7	26.8	26.3	29.5	29.9
鉱業	18.3	18.8	16.9	16.3	14
建設業	6	5.8	5.7	5.6	5.3
製造業	3.4	3.3	3.2	3.2	3
木材製造業	10.1	9.9	9.3	9.2	8.3

資料:厚生労働省「労働者災害補償保険事業年報」及び「労災保険給付データ」

注:年千人率は、労働者1,000人あたり1年間に発生する死傷者数を示すもので、千人率=1年間の死傷者数÷1年間の平均労働者数×1,000で表されます。

林業における年齢別死亡災害発生状況は、50歳以上が32人で74%を占めており(図5-1左)、作業の起因別の死亡災害では、伐木時作業中での災害が21人で49%を占めています(図5-2右)。



年齢別死亡災害発生状況 (平成21年の林業) 作業の起因別の死亡災害 (平成21年の林業)
 図5-1 全国の林業労働災害の状況 (資料: 厚生労働省「死亡災害報告」)

(2) 長野県の林業労働災害の状況

長野県内の林業における死傷災害件数は、ここ数年は60～100件程度で推移していますが、県内でも死亡災害が発生しています。また、災害の発生頻度を表す「年千人率」は、建設業と比較した場合、高い水準にあります。

表5-2 長野県の林業労働災害の発生状況 (上) と労働災害発生率 (下)
 労働災害 (林業) の発生推移 (単位: 人)

区分	平成17年	平成18年	平成19年	平成20年	
死傷災害 (休業4日以上)	全産業	2,046	2,133	2,096	2,067
	林業	60	84	63	66
死亡災害	全産業	24	23	20	16
	林業	0	4	0	3

長野県産業別労働災害の発生率 (単位: 年千人率)

区分	平成16年	平成17年	平成18年	平成19年	平成20年
林業	83.3	60.2	84.3	61.8	64.7
建設業	5.4	5.3	5.0	6.8	6.0

(資料: 長野県信州の木振興課業務資料)

5-2 林業労働災害の防止

林業に携わる者は、安全教育、安全対策を十分行い、労働災害の発生を防止する。

林業・森林整備に携わる皆さんは、安全教育、安全対策を十分に行い、労働災害の発生を防止しなければなりません。労働災害の撲滅を図るためには、今後とも安全衛生対策の確実な実行を推進することが必要です。

5-3 森林作業道作設における労働災害

森林作業道作設は、林業作業と建設作業の複合型であり、危険を回避し、労働災害を未然に防ぐため、作設現場で発生する可能性のある事項を把握する必要があります。

安全は能率に優先します。

森林作業道作設は、伐採作業等の林業作業と作設重機を用いる建設作業の複合型です。前述(表5-1)の労働災害の発生状況でも林業と建設業は、災害発生率が高い業種となっています。そのため、危険を回避し、労働災害を未然に防ぐために、作設現場で発生する可能性のある事項(危険)を把握する必要があります。

以下に、作設重機を用いた建設現場で発生した事故の事例や危険な事項等について記載します。作設の経験が浅く、また、従来の林業作業から建設重機を用いて森林作業道を作設しようとする皆さんは参考にしてください。

(1) 作設重機による事故の概要

最近の建設業においては、工事の大型化、新工法の開発、省力化等に伴い、工事の機械化が進み、なかでも森林作業道の作設重機として用いられるショベル系掘削機械に代表される車両系建設機械は、様々な工事現場で使用されています。工事の機械化は、工期の短縮、省力化等に寄与するとともに、労働災害の面でもメリットがあり、掘削作業における斜面下方での人力作業が少なくなることによる土砂崩壊等による災害の減少が挙げられます。

しかし、急峻な山地などの作設現場に、大きなエネルギーを有する建設機械を導入することによる災害の増加も考えられます。

建設現場における車両系建設機械による災害は、機械の機種別では、ショベル系掘削機械やブルドーザーなどによるものが圧倒的に多く、また、事故発生型では路肩や傾斜地から転落したり、運転中転倒したりする事故やバケット等に激突されたり、はさまれたり、巻き込まれる人身事故が多く発生しています。

(2) 作設重機の事故

① 傾斜地の転倒

履帯(クローラ)式の建設機械では、比較的急な傾斜地も走行できると考えられますが、急傾斜地での転倒事故も発生しています。特に掘削機械が傾斜している状態で、早い傾斜走行や、掘削したり、急激なアームの旋回を行った場合など、安定性を失い転倒(横転)します。

車両や車両系の建設機械は、機種ごとに、重量や車幅などから安定傾斜角が計算されています。ただし、実際の現場では片輪が根株や石に乗り上げたりすることもあり、理論上の角度よりも緩い勾配で走行したり、作業する必要があります(図5-2)。

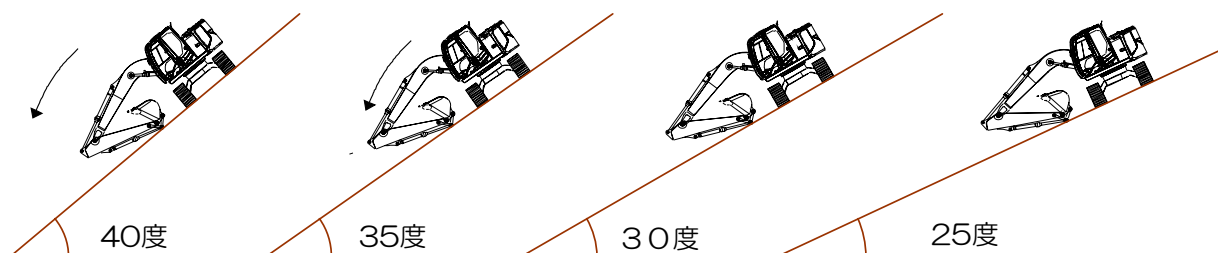


図5-2 傾斜角別の掘削機械の接地模式図

②登りと降りによる転倒

前述の傾斜地の転倒と同様に、急傾斜の登坂や降り時に転倒事故が発生します。この場合も掘削機械が傾斜している状態で、掘削したり、急激なアームの旋回を行った場合など、安定性を失い転倒します（図5-3）。

履帯（クローラ）式の建設機械では、最大登坂能力は30度となっていますが、これは安定した斜面で、シューのスリップが無く、無負荷、全装備状態で登坂、降坂及び停止が出来る能力です。現場の条件は均一ではないため、最大登坂能力よりも緩い勾配で走行や作業をする必要があります。

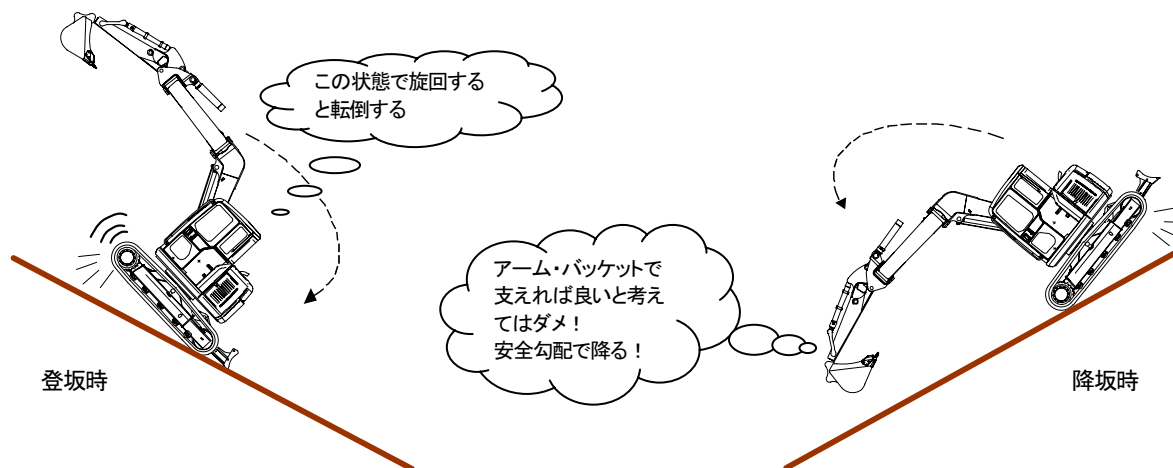


図5-3 登坂、降坂による事故発生の様式図

③地盤の崩落による転倒と転落

既存の道での走行や不安定な地盤で作業を行っている時、路肩部や谷側の地山が崩落して転倒・転落したりする事故が発生します（図5-4左）。また、後方に移動する際に、十分に後方を確認せず移動し、不安定な地山や路肩部に荷重を掛け、地山が崩落して転倒・転落したりする事故が発生します（図5-4右）。

走行・作業時は、走行する路肩を十分に確認する必要があります。また、後進する場合も後方の確認を十分に行うとともに、後進を頻繁に行う場合は、監視員を配置するほか、ポールや杭などにより、視線誘導をするなどの安全対策が必要です。

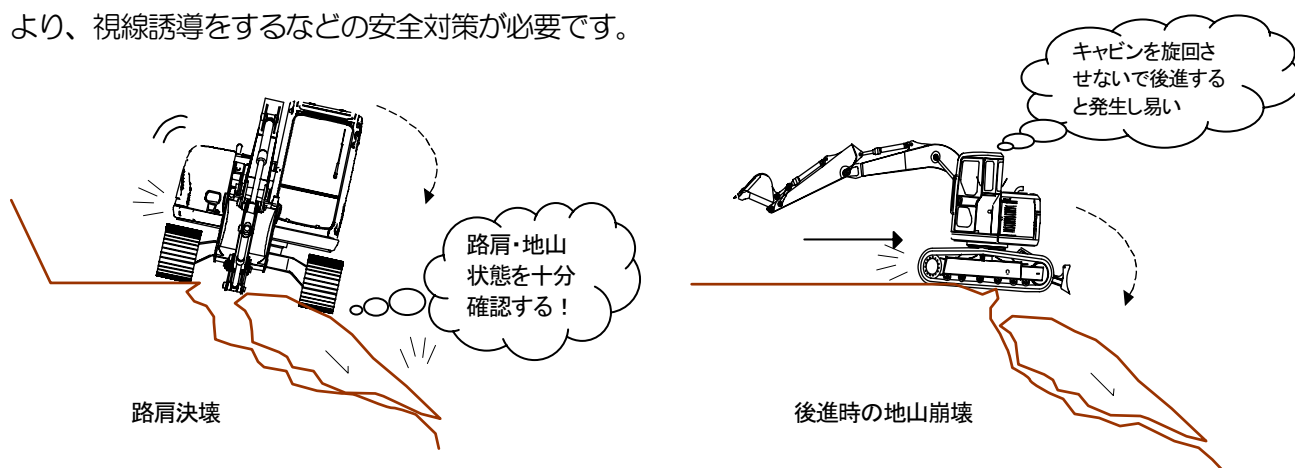


図5-4 地盤の崩落による転倒と転落の様式図

④資材吊り上げによる横転

ショベル系掘削機械のバケットやアームで資材等を吊り上げて走行や旋回した時に、安定性を失って転倒（横転）する事故です。特に小型機種で重量物を取り扱う場合に発生し易くなります（図5-5）。

吊り上げ作業には、クレーン機能付の装置を装着したショベル系掘削機械を使用しなければなりません。また、吊り下げる重量は機械の許容値以内にする必要があります。

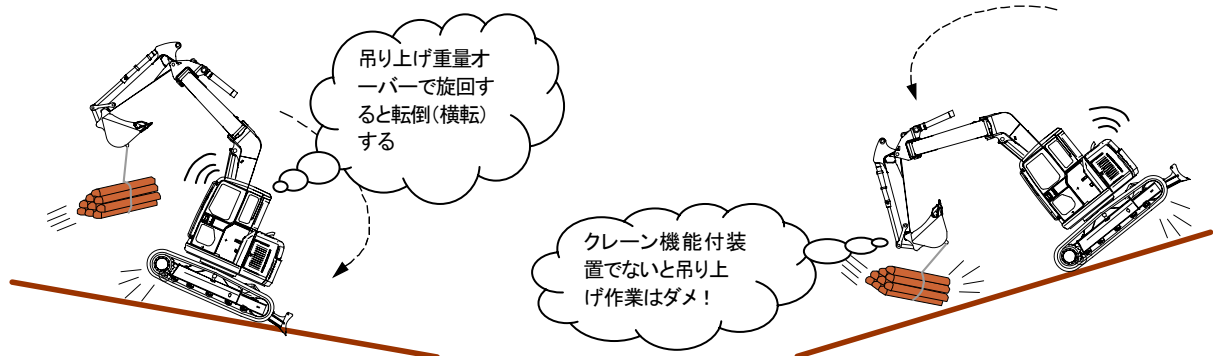


図5-5 吊り上げ作業における転倒事故模式図

（3）作設重機による人身事故

①作業（旋回）範囲内の接触事故

ショベル系掘削機械と作業員が同じ場所で、共同作業をしているときに、重機の本体やアーム・バケットと作業員が接触する事故で、建設機械を使用する中では、危険の確率が非常に高く、発生確率が高い代表的な事例です。

作業道作設においても、先行伐採を行う作業員と掘削機械とが共同作業をしたりするため（前述p49）、発生確率が高くなります。

この中で多い事例は、掘削機械稼動中に作業範囲内に立ち入り、掘削バケットに接触するもの、同じく作業範囲内に立ち入り、掘削機械旋回時にバケットやアーム、本体に接触するものです（図5-6）。

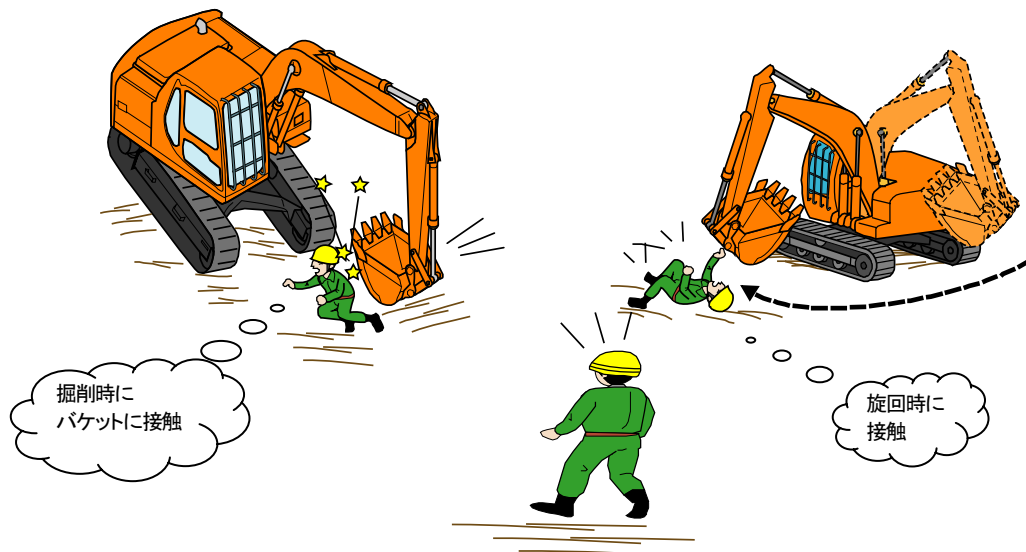


図5-6 ショベル系掘削機械と作業員の接触事故

その他、切取法面や構造物と掘削機械との間に挟まれてしまう事故などがあります（図5-7）。従来型の掘削機械に多く、後方小旋回型や超小旋回型の機種では、このような事故は少なくなっていますが、狭い箇所での共同作業時に発生し易くなります。

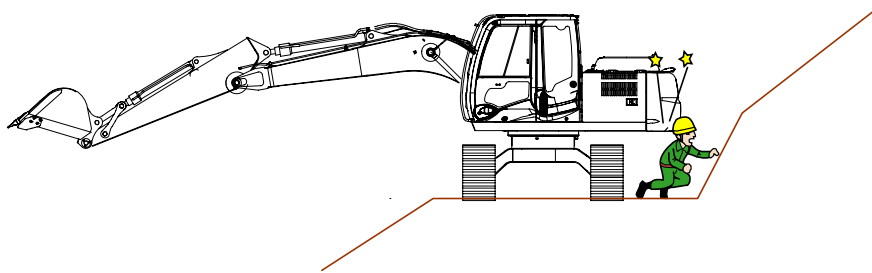


図5-7 掘削機械旋回による掘削機械と切取法面との挟まれ事故

これらの事故は、主に掘削機械の作業範囲内に立ち入ったため発生するものであるため、機械稼働中は作業範囲内に立ち入らない、誘導員を配置する、指差し呼称の励行など、作業員もオペレーターも安全確認が必要です。

森林作業道作設で主に使用されるショベル系掘削機械の危険（旋回作業）範囲は、0.25級（6t級）で機械中心から半径約6m、0.45級（12t級）で機械中心から半径約7.5m程度となります（図5-8）。なお、使用機種ごとの範囲は異なるので、使用する機械の性能等を十分に確認する必要があります。

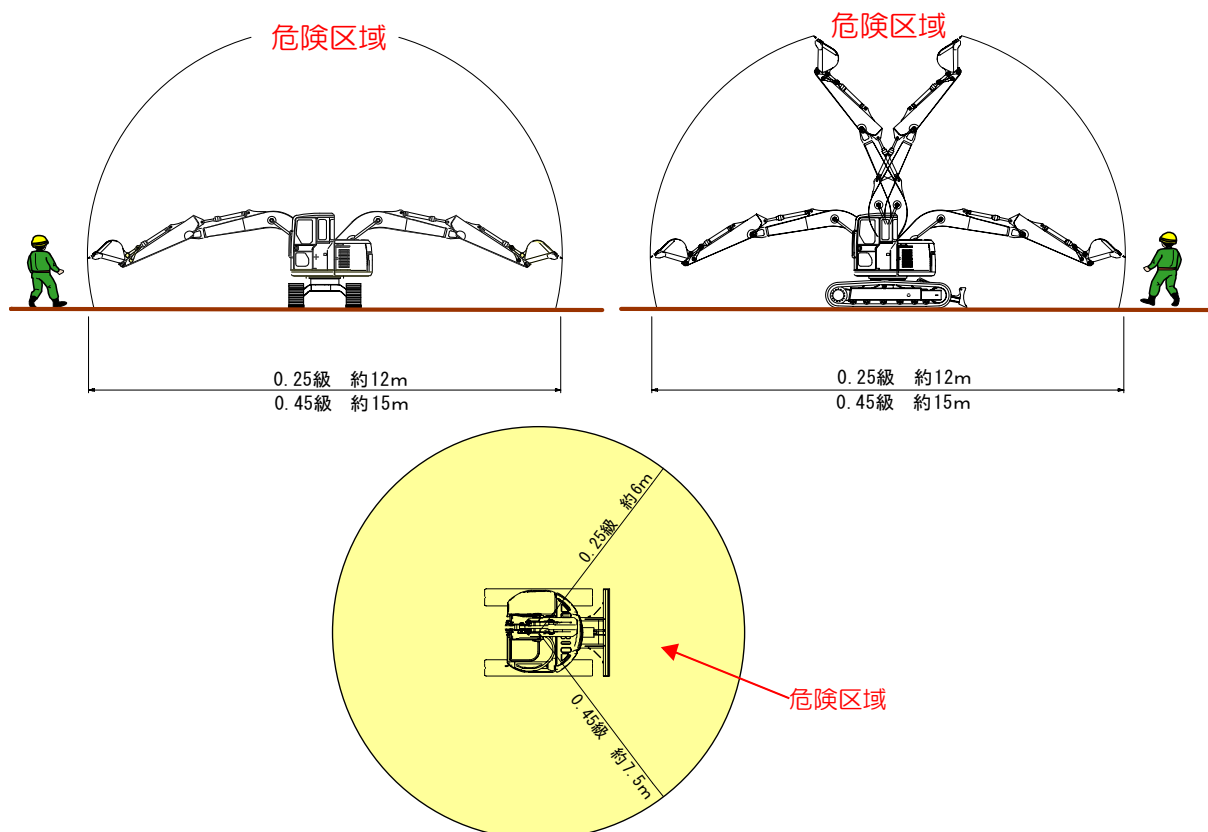


図5-8 森林作業道作設に用いられる掘削機械の作業範囲

②急発進、後進時の接触事故

掘削機械等の操作ミスによる急発進や周囲確認を怠った後進時に接触事故が発生します（図 5-9）。

旋回による事故も旋回レバーの操作ミスがありますが、走行中の接触事故では、機械搬入時や作業開始・作業再開時の急発進による事故が発生します。

また、後方確認をせず、急な後進などで作業員に接触する事故が発生します。

これらは、オペレータの操作ミスの防止や、作業開始時の合図（呼称）、機械移動時には誘導員を配置するなどの対策が必要です。

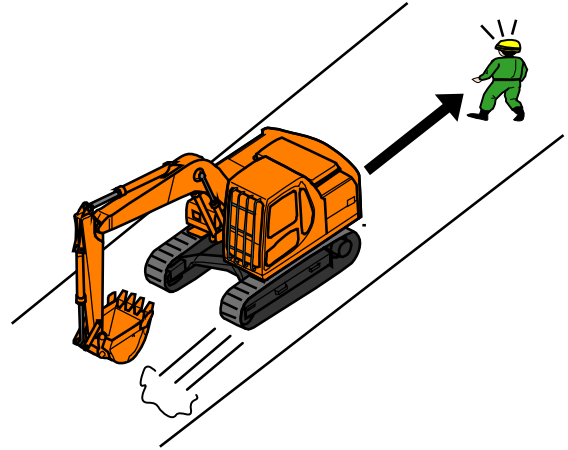


図 5-9 急発進・後進時の接触事故

③吊り荷資材の下敷きになる事故

荷吊り作業時に吊り下げた荷の落下によって荷の下敷きになったり、機械の不安定化による荷の揺れによって吊り荷に衝突する事故です（図 5-10）。

これらは、機械の作業範囲内に作業員が立ち入ったため発生しますが、吊り荷の落下は、連結や玉掛けが不十分であったり、クレーン機能付の装置を装着していない機械による作業時に発生します。

機械の作業範囲内に作業員が立ち入らないことや正確な玉掛け、荷吊りには、クレーン機能付の装置を装着した機械を使用しなければなりません。

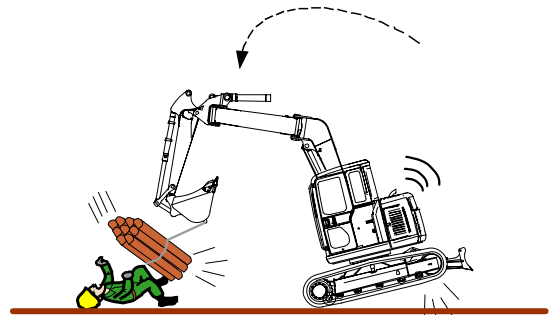


図 5-10 吊り下げ作業時の落下物にいる事故

④掘削時の人身事故

掘削機械が掘削作業を一時中断した直後に掘削面の下に作業員が入った時、地山が崩壊して作業員が土砂の下敷きになったり、掘削機械に接触したりする事例があります（図 5-11）。また、路側の構造物の基礎部を掘削後、作業員が床掘面に入ったりした時、掘削機械の移動に伴う振動や脆弱な土質の影響で、崩壊が発生して作業員が土砂の下敷きになったりします。

掘削を一時中断するときなどは、掘削機械は後方や広いスペースに移動させ、作業員の緊急退避空間を作る必要があります。また、作業員が掘削機械よりも下方に移動する場合などは、掘削機械は静止して、地山への振動を与えないよう注意する必要があります。

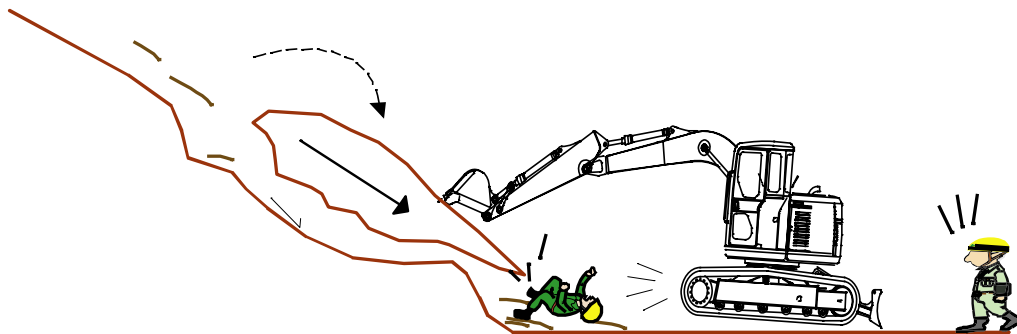


図 5-11 掘削地山崩壊による事故

(4) 人為的・組織的な災害要因

掘削機械オペレータや同時作業を行う作業員等の人為的災害原因について以下の事項が考えられます。

①個人に起因する原因

個人に起因する災害要因として、知識不足、理解不足、注意・用心不足、疲労・体調不良、連絡不足、誤判断、誤った理解、状況に対する誤判断、事前検討不足、環境調査不足などが考えられます。

②組織に起因する原因

事業体などの組織的には、企画不良、安全意識不良、組織運営不良、運営の硬直化などが考えられます。

③不可抗力に起因する原因

異常事象（気象害）の発生などが考えられます。

5-4 森林作業道作設災害の基本的対策

森林作業道作設は、作設機械の災害防止対策、個人・組織的な災害防止対策等の安全衛生対策の確実な実行を推進することを基本とする。

森林作業道作設は、使用する作設機械の取り扱い等の災害防止対策と、個人に起因する災害要因に対する対策や組織が実施する安全教育など、総合的に災害防止対策等を実行する必要があります。

5-5 作設機械の災害防止対策

作設機械の取り扱い等に起因する災害を防止するため、使用機械の取り扱いについて、個人・組織を問わず、安全衛生対策を十分に行う。

作設機械の取り扱い等に起因する災害を防止するために、使用機械の取り扱いについて、個人・組織を問わず、安全衛生対策を十分に行う必要があります。

(1) 作設機械の災害防止対策

建設用機械を用いる森林作業道の車両系建設機械災害を防止するための基本的対策は、以下のとおりです。

①作業計画の樹立

- ★ 作業場の地形、地質の状態などに適応した具体的な作業計画をたてること。
- ★ 作業計画には、機械の種類・能力、運行経路、作業の方法等が示されていること。
- ★ 立木の状況を事前に十分調査すること。
- ★ 各種の作業が混在して行われる現場では、作業間の連絡および調整を十分に行うこと。

②運転時の安全対策

- ★ 運転は、技能講習を修了した者など、それぞれの機械に応じて一定の資格を有する者に行わせること。
- ★ 定められた制限速度および作業方法を守ること。
- ★ 機械の作業装置や荷吊装置の下などの危険箇所に作業者を立ち入らせないこと。

- ★ 軟弱な路肩等には近づかないこと。やむを得ず近づくときは、必ず誘導者の誘導のもとに運行すること。
- ★ 機械の構造上定められている能力の範囲内で作業を行うこと。また、機械は、原則として、その主たる用途以外の用途に使用しないこと。
- ★ 合図および誘導の励行
- ★ 機械を用いる作業は、原則として合図者の合図および誘導により行うこと。

③機械の移送時における安全対策

- ★ 機械を移送するときは、十分な長さ、幅および強度を有し、平坦で堅固な場所で行い、貨物自動車に確実に取り付けること。

④機械本体の安全対策

- ★ 機械を安全に使用するためには、十分に整備されたものを使用すること。
- ★ 年次検査、月例検査および作業開始前の点検において異常が発見されたときは、ただちに補修すること。

(2) 運転技能講習

作設機械を使用するためには「車両系建設機械(整地・運搬・積込・掘削)運転技能講習」を受講する必要があります。

車両系(整地)建設機械の運転資格には、機体質量によって特別教育(3t未満)、技能講習(3t以上)を修了する必要があります(労働安全衛生法施行令)。油圧ショベル(掘削)とホイールローダ(積込)は(図5-17)、目的が異なる車両ですが、車両系(整地)の資格で共に運転できます。

なお、油圧ショベルのフロントアタッチメントを取り替えることにより、様々な作業目的の車両に変化します。高性能林業機械のハーベスタ、プロセッサもアタッチメントの取り換えを基本としています。建設現場では、ブレーキを装備すれば解体用車両になりますが、この操作を行うためには別の資格(解体用機械ブレーキ技能講習)が必要となります。



図5-17 ホイールローダ

また、吊り荷フック付きのクレーン付油圧ショベルは、移動式クレーンに相当するので、その操作には車両系整地ではなく、移動式クレーンの講習(吊り上げ5t未満なら小型移動式クレーンの免許)が必要となります。クレーン作業を行うにはモードを切り替える安全装置や旋回スピードを減速する装置、取り外しができない格納式フックや過負荷制限装置、水準器など構造的に安全が確保できる仕組が定められています。さらに、玉掛け、吊り上げ作業には、「玉掛け技能講習」の受講が必要です。

さらに、建設機械の公道走行には「大型特殊運転免許」、現場までの搬送には「大型運転免許」等が必要となります。

5-6 組織・人為的な災害防止対策

個人・組織的な災害防止に資する安全衛生対策の確実な実行を推進する。

(1) 作業に対する準備

作設機械のオペレータも林業作業を実施する一員です。伐木作業をする作業員とともに、十分な服装・装備による作業を行ってください。

林業作業には、作業に耐えられる十分な服装（防護服）と装備が必要です。林業作業と土木的作業の両方を効率良くかつ安全に行うためには、以下の服装・装備を参考にしてください（図 5-18、写真 5-1）。

ヘルメット：可能な限り「フェイスガード付・防音装置付ヘルメット」

服装：可能な限り「林業用防護服」

足周り：可能な限り「防護地下足袋またはスパイク付安全靴」



図 5-18 服装・装備の模式図



写真 5-1 先行伐採時の服装（左）とオペレータの服装・装備（右）

この作業者はヘルメット装着のフェイスガードではなく防護眼鏡を着用し、切創防止用の作業着を着用している。オペレータは伐木作業にも耐え得る服装を着用している。

(2) 安全教育や救急体制の整備

労働災害を減少させるためには上記の服装・装備の整備と、安全意識の高揚、勤務体制や組織の改善、事故発生時の救急体制の整備などが必要です。

①作業時

現場ごと、さらに作業班（チーム）ごとに朝礼を行い、作業内容や安全対策の確認を必ず行います。

②悪天候時の作業回避

降雨・降雪や雷がなったら、作業を中止するなど、気象条件に影響を受ける作業は回避します。詳細は前述p47を参考にしてください。

悪天候の作業を中止することで、災害の誘因となる危険も回避することができます。悪天候では危険度が高まることを全員で認識することも重要です。また、悪天候を避け、晴天時に作業をすると気持ちも良く、作業効率も向上します。

③安全教育・技術向上

公共団体や公的機関が実施している資格取得研修、林業技術研修、救急救命法の研修等の技術講習会への参加・派遣による技術向上と安全意識の高揚を図ってください。

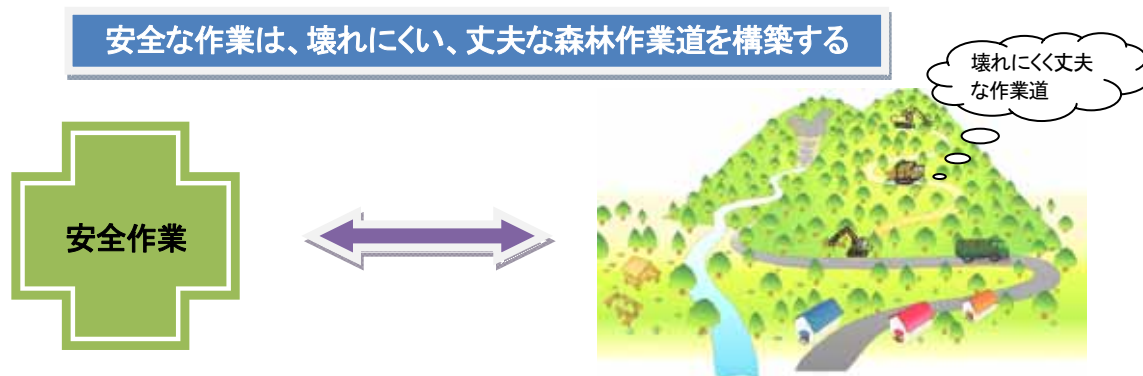
④緊急時の体制づくり

作業現場では携帯電話で通信ができる場所を予め調べ、無線の通信範囲を確認し、迅速に連絡できるよう通信網を確保します。消防署、救急施設、関係機関との連絡体制（連絡網）を事前に定め、業務に携わる全員に周知（記載用紙を携帯）するようにしましょう。

5-7 安全な作業・丈夫な森林作業道

労働災害を発生させないための安全な作業は、慎重にかつ丁寧な作業となり、壊れにくく、丈夫な森林作業道を構築する大切な事項である。

労働災害を発生させないための安全な作業は、慎重にかつ丁寧な作業となります。作業において無理をせず、しっかりとした作業工程を踏むことになり、これは、壊れにくい、丈夫な森林作業道を構築する上でも大切な事項です。



【参考】安全な作業のためのテキスト！

林業関係の安全対策としての参考文献やテキストは、「林業・木材製造業労働災害防止協会」が出版している「技能講習・特別教育・能力向上等教育用テキスト」があります。これらの書籍は、同協会のホームページ（<http://www.rinsaibou.or.jp>）で確認することができます。

また、掘削工や積込・運搬、敷均し・締固めなどの建設機械による安全対策は、国土交通省総合政策局建設施工企画課の「建設機械施工安全マニュアル」があり、同省政策のホームページ（<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kensetsusekou/safety/safety.htm>）で確認することができます。

安全対策のため、法令や上記の参考図書を活用して、安全な作業を行ってください。

おわりに

おわりに

現在、地球温暖化防止に向けた森林吸収目標の達成と木材・木質バイオマスを活用した低炭素社会の実現が求められる中、間伐等の森林整備のさらなる推進と林業・木材産業の活性化を図ることが重要な課題となっています。さらに、多面的機能を有する森林を計画的に維持管理していくことも私たちに課せられた重要な課題です。

これらの課題に対し、持続的な森林管理・経営を実現するためには、基盤となる森林路網が重要です。

平成22年度、森林路網の区分が見直され、より森林管理・林業活動に密着した「林業専用道」、「森林作業道」が定められました。

現在までの森林路網の根幹をなす林道については、公益性・公共性を重視した整備がすすめられてきましたが、今後の森林路網に当っては、森林資源の有効活用に向けた基盤の整備に重点がおかれ、林業の生産性を向上させる作業システムの要素であるこれらの路網が重要な役割を担うことになります。

そこで、「森林作業道」のうち、従来の集材・搬出路として作設されてきた「作業路」について、その作設に当たっての基本的な事項や施工方法等について検討を行ってきました。長野県は、日本国内でも類を見ない地質条件下にあり、また南北に長く、地形条件も複雑であるため、一様な作設方法では、簡易で丈夫な道づくりができないという特性があります。県内各地の実績等、事例収集を行い、長野県の持つ地域特性を考慮した道づくり、作設技術について議論を行い、ここに「長野県森林作業道作設マニュアル」として取りまとめました。

本マニュアルは、基本的な作設の工程と、工種・工法を記載しましたが、ここに記載した内容が全てではありません。本マニュアルを参考として使用していただき、対象地に即した作設を、また現場の皆さん方には、ますますの創意工夫を期待しております。

今後、長野県では、長野県版の林道を含めた森林路網の配置等にも踏み込んだ、「長野県森林路網作設指針(案)」を策定する予定にしています。本マニュアルは、これらの内容に即して順次、改訂をする必要がありますが、本マニュアルが長野県内の森林・林業に携わる皆様方、特に現場で活躍する技術者の皆様方の技術の向上、ならびに森林所有者の皆様方の一助となれば幸甚の至りでございます。

平成23年1月
長野県作業路作設マニュアル作成検討委員会

作業路作設マニュアル作成検討委員会設置要綱

施行：平成22年（2010年）9月8日

（設 置）

第1条 森林の適正管理や林業の効率化が求められる中、路網整備の要望が高まりを見せており、なかでも簡易な作業路については、コストも抑制でき維持管理も容易なことから、今後も更に開設への要望が高まっていくことが予想される。しかしながら、長野県は南北に長く、また地質・地形条件も複雑であり、地域特性を考慮した作業路作設技術が必要である。

このため、県内全域で共有でき、かつ、山を壊すことなく、長期間使用できる作業路の作設技術検討し、現場で活躍する技術者の技術の向上と森林整備の推進に資することを目的として、作業路作設マニュアル作成検討委員会（以下：委員会という。）を設置する。

（検討事項）

第2条 委員会は下記の事項について検討する。

- (1) 現場での研修や実践の参考となる作設技術（施工）について
- (2) 長野県に適した規格及び施工技術について
- (3) 作業路の作設にあたっての留意点について

（組 織）

第3条 委員会の構成員は、別表1のとおりとする。

- 2 委員会には、委員の互選により委員長、副委員長を置く。
- 3 委員長は、会務を総括し、委員会を代表する。
- 4 副委員長は、委員長に事故ある時は、委員長の職務を代理する。

（会 議）

第4条 委員会は、委員長が招集し、議事を進行する。

（オブザーバー）

第5条 別表2のとおり、長野県林務部職員がオブザーバーとして参加し、委員会に対し意見を述べることができる。

- 2 委員会には、オブザーバーの補佐として必要に応じ長野県林務部職員が参加することができる。

（事務局）

第6条 事務局は、別表3のとおりとし、庶務は、長野県森林整備加速化・林業再生協議会（作業路部会）が努める。

（補 則）

第7条 この要綱に定めるもののほか必要な事項は、委員長が委員会に諮って定める。

おわりに

(別表1)

50音順：敬称略

所 属	役 職	氏 名	備 考
(独) 森林総合研究所林業工学研究領域	研 究 領 域 長	梅田 修史	○副委員長 農学博士
長野県林業総合センター	育 林 部 長	近藤 道治	農学博士
東京大学大学院農学生命科学研究科	教 授	酒井 秀夫	◎委員長 農学博士
(社) 長野県林業コンサルタント協会	技 監	下田 哲也	技術士(総合監理・森林部門)
長野県環境保全研究所自然環境部	自然環境保全班長	富 樫 均	技術士(応用地質部門)
長野県林業総合センター	指 導 部 林業専門技術員	宮崎 隆幸	
根羽村森林組合		中村 成一	実務者
信州上小森林組合		中村 武志	実務者

※◎：作業路作設マニュアル作成検討委員会委員長、○：副委員長

(別表2)

敬称略

所 属	役 職	氏 名	備 考
長野県林務部森林政策課	課長補佐兼企画係長	春日 嘉 広	
長野県林務部信州の木振興課	主任林業専門技術員	宮崎 広雄	
長野県林務部信州の木振興課	副参事補佐兼林道係長	池内 政光	
長野県林務部信州の木振興課	課長補佐兼経営普及係長	山 岸 貴	

(別表3)

所 属	役 職	氏 名	備 考
長野県森林組合連合会	参 事	安原 輝 明	
(社) 長野県林業公社	森林整備課主査	和合 武 志	
(社) 長野県林業改良普及協会	常 務 理 事	藤 巻 博 明	
(社) 長野県林業センター	常 務 理 事	北 島 邦 造	協議会事務局
(社) 長野県林業コンサルタント協会	専 務 理 事	轟 敏 喜	作業路部会長
(社) 長野県林業コンサルタント協会	調 査 研 究 課 長	松澤 義明	担当

※長野県森林整備加速化・林業再生協議会作業路部会事務局は(社)長野県林業コンサルタント協会が務める。

※事務局住所：長野県長野市大字中御所字岡田 30-16

(社) 長野県林業コンサルタント協会内

TEL：026-228-7221

FAX：026-228-7222

角度・勾配換算表

割合	度	度	勾配 (%)	度	勾配 (%)	度	勾配 (%)
1分	84	1	1.7	31	54.1	61	106.5
2分	79	2	3.5	32	55.9	62	108.2
3分	73	3	5.2	33	57.6	63	110.0
4分	68	4	7.0	34	59.3	64	111.7
5分	63	5	8.7	35	61.1	65	113.4
6分	59	6	10.5	36	62.8	66	115.2
7分	55	7	12.2	37	64.6	67	116.9
8分	51	8	14.0	38	66.3	68	118.7
9分	48	9	15.7	39	68.1	69	120.4
1割	45	10	17.5	40	69.8	70	122.2
1割1分	42	11	19.2	41	71.6	71	123.9
1割2分	40	12	20.9	42	73.3	72	125.7
1割3分	38	13	22.7	43	75.0	73	127.4
1割4分	36	14	24.4	44	76.8	74	129.2
1割5分	34	15	26.2	45	78.5	75	130.9
1割6分	32	16	27.9	46	80.3	76	132.6
1割7分	30	17	29.7	47	82.0	77	134.4
1割8分	29	18	31.4	48	83.8	78	136.1
1割9分	28	19	33.2	49	85.5	79	137.9
2割	27	20	34.9	50	87.3	80	139.6
2割1分	25	21	36.7	51	89.0	81	141.4
2割2分	24	22	38.4	52	90.8	82	143.1
2割3分	23	23	40.1	53	92.5	83	144.9
2割4分	23	24	41.9	54	94.2	84	146.6
2割5分	22	25	43.6	55	96.0	85	148.4
2割6分	21	26	45.4	56	97.7	86	150.1
2割7分	20	27	47.1	57	99.5	87	151.8
2割8分	20	28	48.9	58	101.2	88	153.6
2割9分	19	29	50.6	59	103.0	89	155.3
3割	18	30	52.4	60	104.7	90	157.1

勾配 (%)	度	勾配 (%)	度	勾配 (%)	度	勾配 (%)	度	勾配 (%)	度	勾配 (%)	度
1.0	0.6	16.0	9.2	31.0	17.8	46.0	26.4	61.0	43.9	76.0	58.9
1.5	0.9	16.5	9.5	31.5	18.0	46.5	26.6	61.5	44.4	76.5	59.4
2.0	1.1	17.0	9.7	32.0	18.3	47.0	26.9	62.0	44.9	77.0	59.9
2.5	1.4	17.5	10.0	32.5	18.6	47.5	27.2	62.5	45.4	77.5	60.4
3.0	1.7	18.0	10.3	33.0	18.9	48.0	27.5	63.0	45.9	78.0	60.9
3.5	2.0	18.5	10.6	33.5	19.2	48.5	27.8	63.5	46.4	78.5	61.4
4.0	2.3	19.0	10.9	34.0	19.5	49.0	28.1	64.0	46.9	79.0	61.9
4.5	2.6	19.5	11.2	34.5	19.8	49.5	28.4	64.5	47.4	79.5	62.4
5.0	2.9	20.0	11.5	35.0	20.1	50.0	28.6	65.0	47.9	80.0	62.9
5.5	3.2	20.5	11.7	35.5	20.3	50.5	28.9	65.5	48.4	80.5	63.4
6.0	3.4	21.0	12.0	36.0	20.6	51.0	33.9	66.0	48.9	81.0	63.9
6.5	3.7	21.5	12.3	36.5	20.9	51.5	34.4	66.5	49.4	81.5	64.4
7.0	4.0	22.0	12.6	37.0	21.2	52.0	34.9	67.0	49.9	82.0	64.9
7.5	4.3	22.5	12.9	37.5	21.5	52.5	35.4	67.5	50.4	82.5	65.4
8.0	4.6	23.0	13.2	38.0	21.8	53.0	35.9	68.0	50.9	83.0	65.9
8.5	4.9	23.5	13.5	38.5	22.1	53.5	36.4	68.5	51.4	83.5	66.4
9.0	5.2	24.0	13.8	39.0	22.3	54.0	36.9	69.0	51.9	84.0	66.9
9.5	5.4	24.5	14.0	39.5	22.6	54.5	37.4	69.5	52.4	84.5	67.4
10.0	5.7	25.0	14.3	40.0	22.9	55.0	37.9	70.0	52.9	85.0	67.9
10.5	6.0	25.5	14.6	40.5	23.2	55.5	38.4	70.5	53.4	85.5	68.4
11.0	6.3	26.0	14.9	41.0	23.5	56.0	38.9	71.0	53.9	86.0	68.9
11.5	6.6	26.5	15.2	41.5	23.8	56.5	39.4	71.5	54.4	86.5	69.4
12.0	6.9	27.0	15.5	42.0	24.1	57.0	39.9	72.0	54.9	87.0	69.9
12.5	7.2	27.5	15.8	42.5	24.4	57.5	40.4	72.5	55.4	87.5	70.4
13.0	7.4	28.0	16.0	43.0	24.6	58.0	40.9	73.0	55.9	88.0	70.9
13.5	7.7	28.5	16.3	43.5	24.9	58.5	41.4	73.5	56.4	88.5	71.4
14.0	8.0	29.0	16.6	44.0	25.2	59.0	41.9	74.0	56.9	89.0	71.9
14.5	8.3	29.5	16.9	44.5	25.5	59.5	42.4	74.5	57.4	89.5	72.4
15.0	8.6	30.0	17.2	45.0	25.8	60.0	42.9	75.0	57.9	90.0	72.9
15.5	8.9	30.5	17.5	45.5	26.1	60.5	43.4	75.5	58.4		

森林作業道作設（施工）チェックリスト（案） (1/3)

区分	チェック項目	確認 (チェック)
施工時の 天候	① 強い降雨時の作設は中止したか。	
	② 強風時の作設は中止したか。	
	③ 10 cm以上の積雪時の作設は中止したか。	
	④ 除雪を行って作設を行ったか。	
	⑤ 悪天候時に作設機種を安全な場所に移動させたか。	
安全管理	① 始業時に作設機械等の安全確認を行ったか。	
	② 始業時に作業メンバーと作業内容のミーティングを行ったか。	
作業機種	① 作設機種の規模（大きさ）は適正か。	
	② 安全に作設機種を搬入したか。	
	③ 作業終了時には、作設機種を安定した場所に移動したか。	
伐開	① 伐開幅は最小限としたか。	
	② 先行伐採は適正な距離で行ったか。	
	③ 土質条件による法頭の立木残存の可否について検討したか。	
	④ 森林整備の作業空間を考慮したか。	
	⑤ 伐採した樹木、枝条を無造作に林内に放置していないか。	
除根	① 安全に除根作業を行ったか。	
	② 根株を無造作に放置していないか。	
	③ 根株を盛土内（路体）に混入していないか。	
土工 (切土)	① 土工前に試掘を行い、土質を確認したか。	
	② 盛溢しは発生していないか。	
	③ 切土高を抑制しているか。	
	④ 切土高を 3.0m以内としているか。	
	⑤ 切土高、切取勾配が標準と適合しない場合の根拠（理由）が整理されているか。	

※計画・路線選定のチェックリストは、本マニュアルでは掲載しない。

※チェックリスト（案）は、今後の「森林路網作設指針（予定）」によって確定する。

区分	チェック項目	確認 (チェック)
土工 (盛土)	① 落葉層 (AO 層)、有機物が混入する表土 (A 層) を剥ぎ取ったか。	
	② 有機物が混入していないか。	
	③ 土質を十分吟味したか。	
	④ 土の流用は適切か。搬入土が必要となっていないか。	
	⑤ 地山 (心土) をほぐして一体の締固めをしたか。	
	⑥ 締固めは 30cm 層厚で実施したか。	
	⑦ 重機バケットでゆっくり圧縮するように繰り返し転圧したか。 また、重機履帯で十分転圧したか。	
	⑧ 十分な支持力が得られる路体構築ができているか。	
	⑨ 盛土法面勾配は適切か。	
	⑩ 盛土勾配が標準と適合しない場合の根拠 (理由) が整理されているか。	
軟弱地盤	① 可能な限り軟弱地盤を回避したか。	
	② 軟弱地盤対策を講じているか。	
盛土法面	① 盛土法面に保護工を実施したか。その場合、盛土路体に根株を混入する工法を用いていないか。	
	② 表土積工、表土復元工を実施した場合、路体内に施工していないか。	
路体	① 路体の横断勾配はフラットが基準となっているか。	
排水対策 (路面)	① 縦断勾配を利用した分散排水となっているか。	
	② 水切工は現地に即した種類となっているか。	
	③ 水切工の設置位置、角度及び間隔は適正か。	
	④ 路面に水が滞水する撓みがあるか。	
	⑤ 水切工の流末処理は盛土となっていないか。また、流末の洗掘防止対策は行われているか。	
渡河	① 洗越工設置部の縦断勾配は適正か。路面に越流し、流下しない勾配となっているか。	
	② 洪水時に通水できる断面を有しているか。	
	③ 路面上に滞水する構造となっていないか。一方、引き水となって流速が早い構造となっていないか。	
	④ 埋設した丸太などが目詰まりしていないか。	

区分	チェック項目	確認 (チェック)
渡河	⑤ 呑口、吐口は侵食に耐えうる構造か。さらに、流速を減速させる構造か。	
	⑥ 規模の大きい溪流で、侵食に対し脆弱な土質の場合、画一的な洗越工となっていないか。暗渠工（二次製品）などを検討したか。	
湧水対策	① 湧水の確認を行ったか。	
	② 湧水箇所に暗渠などの対策を行ったか。	
	③ 暗渠工等は工種・工法は適正か。	
構造物	① 現地に即した構造物を検討したか。	
	② 構造物が連続していないか。	
	③ 路体構築後、不安定となっていないか。	
	④ 丸太構造物の場合、中詰め土砂が流失していないか。またその兆候が表れていないか。	
路面	① 軟弱な場合、路面工を検討したか。	
	② 路肩の保護について検討したか。	
確認	① 作設中、または作設後、降雨後の水の挙動を確認したか。	
	② 路体の変状が発生していないか。	
	③ 林業作業機械（プロセッサ、フォワーダ等）の走行に支障はないか。	

※計画・路線選定のチェックリストは、本マニュアルでは掲載しない。

※チェックリスト（案）は、今後の「森林路網作設指針（予定）」によって確定する。

長野県森林作業道作設マニュアル

平成23年1月

長野県森林作業路作設マニュアル作成検討委員会編

企画・計画作成 : 長野県森林整備加速化・林業再生協議会
作業路部会
長野県長野市大字中御所字岡田 30-16

監修 : 長野県林務部

