

研修補助教材2014

# 急傾斜地やぜい弱地等での 森林作業道づくり



林野庁

## はじめに

利用期を迎えている森林資源の循環的な利用を図り、公益的機能の高度発揮と持続的な林業経営を進めていくに当たって、高性能林業機械の機動的な運用を可能とし、地域の状況に合った効率的な作業システムの確立をするためには、森林作業道の作設が不可欠であり、簡易で丈夫な森林作業道の作設技術を有するオペレーターの育成強化を図る必要があります。

そのため、林野庁では平成22年11月に森林作業道作設指針を制定するとともに、森林作業道作設オペレーターを育成する補助事業を実施し、平成25年度末までに全国で449名の指導者と2,740名の森林作業道作設オペレーターを育成しました。

しかし、森林作業道の作設に係る新たな課題として、これまでよりも奥地の林分や皆伐施業地に至る急傾斜地やぜい弱地の箇所等を通過するための、適切な路線選定や土工、構造物の設置等が求められています。

このため、林野庁補助事業で実施してきた初級研修修了者等の更なる技術向上を目的として、急傾斜地やぜい弱地等での森林作業道作設に関する研修が実施されることとなりました。

本書は、本事業の研修教材として使用するために作成したものです。各種文献を参考にさせていただくとともに、検討委員会（座長 東京大学大学院酒井秀夫教授）を開催し、委員各位から様々なご指導、ご助言をいただきました。また、関係者等からも多くのご指導、ご助言をいただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

平成27年3月

# 目 次

本テキストの基本的な考え方 .....	5
<b>第1章 急傾斜地とは、ぜい弱地とは</b> .....	<b>6</b>
1-1 森林作業道の今後の課題 .....	6
1-2 急傾斜地 .....	6
1-3 ぜい弱地 .....	7
<b>第2章 林業機械と路盤強度</b> .....	<b>8</b>
2-1 路網密度と集材距離 .....	8
2-2 林業機械の規格と接地圧 .....	8
(1) 作業システムと林業機械 .....	8
(2) 林業機械の大きさ .....	9
(3) 土質別支持力 .....	10
<b>第3章 森林作業道作設の検討</b> .....	<b>12</b>
3-1 斜面傾斜 .....	12
(1) 切土 .....	12
(2) 盛土 .....	13
(3) 傾斜と幅員 .....	14
3-2 地形 .....	17
3-3 地質、土壌 .....	18
(1) 地質 .....	18
(2) 土壌 .....	20
3-4 周辺環境 .....	21
3-5 路網のイメージ .....	21
<b>第4章 急傾斜地における森林作業道の作設</b> .....	<b>22</b>
4-1 森林作業道作設の基本 .....	22
4-2 急傾斜地での森林作業道作設の留意点 .....	23
(1) 路線選定 .....	23
(2) 斜面の上がり方 .....	24
ア ヘアピンカーブ .....	24
イ スイッチバック .....	26

(3) 幅員	28
(4) 切土高の抑制、盛土安定勾配の確保	28
ア 切土高の抑制	28
イ 切土のり面の構造物	30
ウ 盛土安定勾配の確保	32
エ 盛土のり面の構造物	34
オ 切土・盛土の安全な施工	36
カ 注意すべき施工	36
(5) 路体の不等沈下の防止	37
(6) 沢・湧水への対応	38
ア 沢の通過	38
イ 湧水の対応	39
(7) 盛土のり面の水処理	42
(8) のり面緑化	42

## 第5章 ぜい弱地における森林作業道の作設 44

5-1 土質の違いによる作設方法の考え方	44
5-2 火山灰質粘性土（関東ローム、黒ボク土）	45
(1) 関東ロームの特徴	45
(2) 黒ボク土の特徴	46
(3) 作設に関する特性	47
(4) 作設時の留意点	48
ア 盛土の締固め	48
イ 切盛土量のバランス	48
ウ 路面の補強	49
エ 天地返し	50
オ 排水による滞留防止	51
カ 悪天候時の対応	52
5-3 まさ土	53
(1) まさ土の特徴	53
(2) 作設に関する特性	54
(3) 作設時の留意点	55
ア 盛土の締固め	55

イ	盛土のり面の緑化	55
ウ	切土のり面の安定	56
エ	路体の洗掘等の防止	57
オ	作設後の洗掘防止	58
5-4	シラス	59
(1)	シラスの特徴	59
(2)	作設に関する特性	60
(3)	作設時の留意点	61
ア	盛土の締固め	61
イ	切土のり面の安定	62
ウ	表土を用いたのり面緑化	63
エ	排水による滞留防止	64
オ	激しい雨等の対策	65

<b>参考資料</b>	<b>66</b>
-------------	-----------

参考1	急傾斜地やぜい弱地等での森林作業道作設事例	67
参考2	全国各地の横断溝の施工事例	76
主な参考・引用文献等		78

## 本テキストの基本的な考え方

森林作業道は、持続可能な林業経営を実現するための基礎的な生産基盤です。森林作業道は、森林所有者が開設し維持管理するものですが、当面の一作業、例えば、間伐のためだけに作設するものではなく、主伐やその後の植付け、下刈り等の保育作業といった森林施業全体を効率的に実施するために、繰り返しの利用に耐える丈夫な道でなくてはなりません。

我が国は複雑な地形や地質を形成していることから、森林作業道の作設に当たっては、基本土工を理解した上で、地形や土質の特徴を見極め、適切な工法を採用することや、走行する車両に対応し、安全かつ効率的な森林施業が実施できるような工夫や配慮も求められます。

森林作業道作設のオペレーターを養成するテキストとしては、既に「研修教材2010 森林作業道づくり」を作成しています。それを基本に、今回、急傾斜地での土工、火山灰質粘性土（関東ローム、黒ボク土）・まさ土・シラスといった特殊土を中心としたぜい弱地についての工法、さらには、流量や形状による沢の横断方法、湧水対策をも検討し、地形や土質に応じた、より多くの作設方法について整理し、「研修教材2010 森林作業道づくり」の補助教材を作成しました。

研修で利用する際は、森林作業道の考え方や基本土工、応用土工、路線選定等について記載されている「研修教材2010 森林作業道づくり」と併せて活用していただければと考えます。

# 第 1 章 急傾斜地とは、ぜい弱地とは

## 1-1 森林作業道の今後の課題

今までの森林作業道は、現地の地形や地質等の自然条件を十分考慮して道づくりを行ってきました。今後、森林施業地の奥地化や皆伐の拡大等に伴い、今まで以上に急傾斜地やぜい弱地での路網整備が必要となることが予想されます。急傾斜地やぜい弱地は、森林作業道の作設に当たって、基本的には避けるべき箇所であり、それらに作設せざるを得ない場合には、堅固な路体を作設するため、より慎重に施工することが求められます。

## 1-2 急傾斜地

Point 1

斜面傾斜25度以上については、急傾斜地としての配慮が必要

本教材で取り扱う急傾斜地とは、森林作業道を土構造と最低限の構造物で作設できる範囲としますが、具体的には、「森林作業道作設指針」の斜面傾斜の区分を参考に、25°以上の斜面を対象とします。

なお、同指針によれば、斜面傾斜の区分並びに傾斜に応じた幅員と林業機械の基本的な考え方は、以下のとおりです。

表1.1 斜面傾斜の区分並びに傾斜に応じた幅員と林業機械

斜面傾斜	幅員と林業機械
傾斜25°以下（緩傾斜地）	・6～8トン、9～13トンをベースマシンとした作業システムの場合は幅員3.0m
傾斜25～35°（中～急傾斜地）	・6～8トンをベースマシンとした場合、幅員は3.0m、3～4トンクラスの林業機械及び2トン積トラックが走行する場合は幅員2.5m
傾斜35°以上（急傾斜地）	・幅員は2.5m以下に抑える、その場合、3～4トンクラスをベースマシンとした作業システム及び2トン積トラックの走行に限られる ・急傾斜地の場合、作業道の作設は土工量が増大し構造物の施工も必要となることから、経済面や環境面、安全面を考慮し、架線集材との組み合わせを検討する

### 1-3 ぜい弱地

Point 1

ぜい弱地では、土の性質を知り、その土質に合った工法で施工することが重要

ぜい弱地とは、土構造のみでは路体を維持できないようなぜい弱な土質が出現する地域を言います。

この補助教材では、ぜい弱地のうち、特殊土と呼ばれる火山灰質粘性土（関東ローム、黒ボク土）、まさ土、シラスについて、それぞれの土質の特徴や、作設における特性、作設時の留意点を紹介していきます。

土構造を主体とした森林作業道作設において、土の性質に適していない工法で作設すると、必要な強度を得られず、崩れる原因となります。土の種類や性質についての正しい知識を持ち、適切な工法で施工することが、非常に重要となります。

地域特有の土質における森林作業道の作設は、森林作業道作設指針のほか、近傍の施工事例を参考にしたり、その作設作業に十分な経験を有する者から技術的な指導を受けたりすることも必要になります。



## 第2章 林業機械と路盤強度

### 2-1 路網密度と集材距離

路網を整備するためには、まず、どういう作業をするために、どれだけの道が必要かを検討しなければなりません。特に急傾斜地やぜい弱地では、どのような路網が作設可能かを見極めることが重要です。それによって、車両系や架線系に区分される作業システムのうち、どのようなシステムが採用可能かを判断することになります。

以下に集材距離と路網密度の関係を示します。

Point 1

路網密度で作業システムが決まる

表2.1 集材距離別路網密度

集材距離	m	30	50	70	80	90	100	200	300	400	500	600	700
路網密度	m/ha	250	150	107	94	83	75	45	30	23	18	15	13

路網・作業システム検討委員会により取りまとめられた「地形傾斜・作業システムに対応する路網整備水準の目安」によれば、例えば、図上設計で路網密度が30~45m/haとなった場合、表2.1から集材距離は200~300mとなり、地域の実情に応じて、車両系ではなく、架線系での集材作業システムを検討することになります。

### 2-2 林業機械の規格と接地圧

森林内に整備する道は、導入する林業機械にも影響されます。林業機械の大きさから、幅員や路体の強度を検討し、その役割や構造から、林道、林業専用道、森林作業道を効率的に配置します。

#### (1) 作業システムと林業機械

Point 1

作業システムに合った機械を選択する

採用する作業システムのイメージが固まると、そのシステムに合った機械を導入します。作業システム別に関係する主な林業機械を、表2.2に示します。

表2.2 車両系・架線系別作業システム

区分	伐倒	集材	造材	運搬
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 ・スイングヤード	・プロセッサ (ハーベスタ)	・フォワーダ ・トラック
架線系	・チェーンソー	・タワーヤード ・集材機	・プロセッサ (ハーベスタ)	・フォワーダ ・トラック

## (2) 林業機械の大きさ

Point 1

機械の大きさを把握し、幅員や路盤強度を検討する

以下に主な林業機械の規格・寸法、接地圧を示します。

表2.3 林業機械の規格・寸法と接地圧

種別	規格・寸法						接地圧 kN/m <sup>2</sup>	備考
	全長 mm	全幅 mm	全高 mm	本体重量 kg	積載重量 kg	総重量 kg		
トラック	6,070	1,900	2,400	2,665	2,000	4,665	290.0	低床ロング
	8,180	2,280	2,550	3,950	4,000	7,950	516.0	標準
フォワーダ	4,080	1,600	2,350	2,400	2,800	5,200	17.0	グラップルなし
	4,785	1,950	2,980	5,010	2,800	7,810	19.0	グラップル付
	5,070	1,910	2,975	4,900	3,000	7,900	27.6	//
	5,425	2,300	3,050	6,500	3,000	9,500	19.5	2.2tクレーン付
	3,180	1,945	1,930	2,450	3,100	5,550	27.5	ウインチ付
	5,940	2,300	2,990	7,950	3,500	11,450	24.5	グラップル付
	5,500	2,060	3,000	6,200	3,500	9,700	25.0	//
	5,560	2,180	3,070	7,700	4,000	11,700	29.4	//
	6,020	2,700	3,200	7,800	4,300	12,100	18.0	3.2tクレーン付
	5,400	2,300	3,000	6,810	4,300	11,110	18.0	グラップル付
	5,850	2,450	3,120	9,270	5,000	14,270	28.8	//
	6,755	2,460	3,110	10,850	5,500	16,350	27.5	//
	6,390	2,500	3,200	10,100	6,000	16,100	20.0	
6,460	2,490	3,100	11,800	6,500	18,300	29.3		
6,800	2,860	3,200	14,200	10,000	24,200	25.0		
タワーヤード	6,010	2,620	2,725	10,700			36.1	タワー高6.5,8.2m
	6,445	1,870	2,765	6,450			36.2	タワー高8.0m
	8,140	2,450	2,720	11,925			43	タワー高9.6m

※トラックはホイール、それ以外はクローラタイプ ※接地圧は未積載時の値

種別	規格・寸法								備考
	全長 mm	全幅 mm	全高 mm	本体重量 kg	バケット容量 m <sup>3</sup>	履帯幅 mm	バケット幅 mm	接地圧 kN/m <sup>2</sup>	
バック ホウ	4,080	1,550	2,490	2,970	0.07	300	450	29.0	超小旋回 3t未満
	5,490	1,960	2,600	5,060	0.16	400	700	29.0	超小旋回 6t未満
	5,315	1,960	2,490	4,440	0.14	400	600	25.1	後方小旋回 6t未満
	5,780	2,320	2,600	7,170	0.28	450	750	32.0	後方小旋回 10t未満
	6,180	2,320	2,600	7,640	0.28	450	750	34.3	超小旋回 10t未満
	7,595	2,490	2,715	11,700	0.50	500	979	38.2	標準
	7,360	2,490	2,740	13,400	0.50	500	1000	42.0	後方小旋回
	9,450	2,800	3,030	19,700	0.80	600	1160	44.0	標準
	9,425	2,800	3,040	19,500	0.80	600	1170	44.1	標準

※接地圧：単位面積当たりに作用している垂直力のこと、重量／接地面積で表されます。すなわち、接地面積が大きくなれば、接地圧は小さくなり、路面に及ぼす影響は小さくなります。

表2.3から、林業機械の全幅を見れば、作設すべき幅員、あるいは使用できる機械の大きさを判断することができます。一般的に、幅員は車幅の1.3倍（車両・機械幅は幅員の7～8割）と言われています。また、曲線部での拡幅については、内輪差を考慮する必要があり、簡単に内輪差を求める方法として、以下の式があります。

$$\text{内輪差} = \text{ホイールベース} \div 3$$

（例：標準的な2tトラックのホイールベースを2,500mmとすれば、その内輪差は2,500mm ÷ 3 = 833mm となります。したがって、拡幅は1.0m程度とすれば良いことになります。）

接地圧を見ると、ホイールタイプのトラックが大きな値となっているのに対し、林業機械の多くを占めるクローラタイプでは、総重量が大きいものの、接地圧は小さい値となっています。このことより、路盤への影響は、機械重量のほかに接地圧が大きく係わっていることがわかります。そのため、この接地圧が大きな値となっている場合には、路体強度をチェックしておくことが必要となります。

ちなみに、人が両足で立った時の接地圧は19～29kN/m<sup>2</sup>程度と言われています。

### (3) 土質別支持力

Point 1

土質ごとに支持力が大きく変わる

土構造で作設される森林作業道の路体強度は、現地での土質に大きく左右されます。締め固まりやすい礫質土ならば路盤は安定しやすくなりますが、前述した特殊土などでは、強度を確保するための工夫が必要となります。

表2.4に土質別の支持力を測定した結果の一例を示します。

表2.4 土質別支持力

土質	極限支持力 (kN/m <sup>2</sup> )	許容支持力 (kN/m <sup>2</sup> )	備考
粘性土	29.7	9.9	施工条件不良(凍上)
粘性土	155.7	51.9	施工条件良
堆積岩質礫質土	877.1	292.4	四万十帯
変成岩質礫質土	503.7	167.9	三波川変成岩帯

※許容支持力とは極限支持力を安全率(3.0)で除した長期支持力  
(出典:林野庁 森林作業道作設ガイドライン(案))

「(2) 林業機械の大きさ」で示した機械ごとの接地圧から、クローラタイプでは、施工条件不良の粘性土以外の土質で、接地圧が許容支持力を下回り、ほぼ通行可能となりますが、ホイールタイプのトラックでは、2t積トラックが堆積岩質礫質土で通行可能となっています。

以上より、林業機械を選択する場合は、その長さや幅とともに、重量や接地圧も把握することが重要です。