

平成27年度成長分野等における中核的専門人材
養成等の戦略的推進事業



林業生産現場技術者
のための

車両系伐出システムの運用と 森林作業道の計画技術



平成28年2月

岩手大学農学部
附属寒冷フィールドサイエンス
教育研究センター

目 次

I. 森林作業道計画技術入門	1
II. 低コスト作業システムの考え方と工程管理	35
III. 車両系伐出作業システムの考え方 ーグラップル系システムの例ー	51

林業生産現場技術者のための

I. 森林作業道計画技術入門



御明神演習林:森林作業道

澤口勇雄
(岩手大学農学部)

第1部 森林作業道を考える

地形傾斜・作業システムに対応する

目標路網密度(メヤス)

区分	作業システム	基幹路網			細部路網	路網密度
		林道	林業専用道	小計	森林作業道	
緩傾斜地 (0~15°)	車両系	15~20	20~30	35~50	65~200	100~250
中傾斜地 (15~30°)	車両系	15~20	10~20	25~40	50~160	75~200
	架線系				0~35	25~75
急傾斜地 (30~35°)	車両系	15~20	0~5	15~25	45~125	60~150
	架線系				0~25	15~50
急峻地 (35°~)	架線系	5~15	-	5~15	-	5~15

2

路網整備計画の変遷 (林野庁)

区分	理論的根拠	目標路網密度 (m/ha)	
		林道*	作業道 (森林作業道)
昭41	中欧方式	13.6	
昭48	コストミニマム方式	18.4	
昭55	コストミニマム方式	19.6	
昭62	コストミニマム方式	20	30
平8	コストミニマム方式	20	30
平13	距離基準方式	20	30
平23	距離基準方式	5 ~ 50	0 ~ 200

注) 林道*: 林内道路密度

高密度路網
指向

明治時代に80m/haの
路網計画!! ⇒ 御料林

3

中欧方式による路網密度

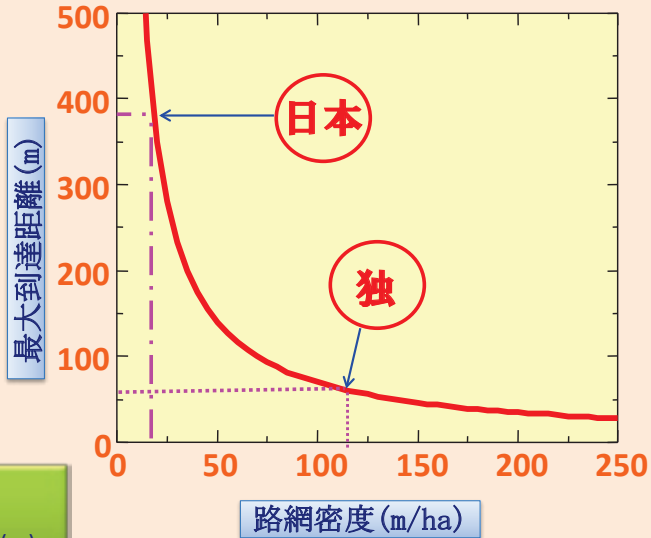
学者	対象地	施業林道密度 (m/ha)	作業道密度 (m/ha)	集材法
ハフナー(奥)	チロール等中級山岳林	30~40		クレーン付トラック
ペスタル(奥)	チロール等中級山岳林	20		架線
シュタイリン(独)	シュワルツバルト	60~80	100~150 (間伐2倍)	クレーン付作業車
サムセット(諾)	丘陵林	40~45		架線トラクタ

4

日本とドイツの路網密度比較



(独: Black Forests, 2014)

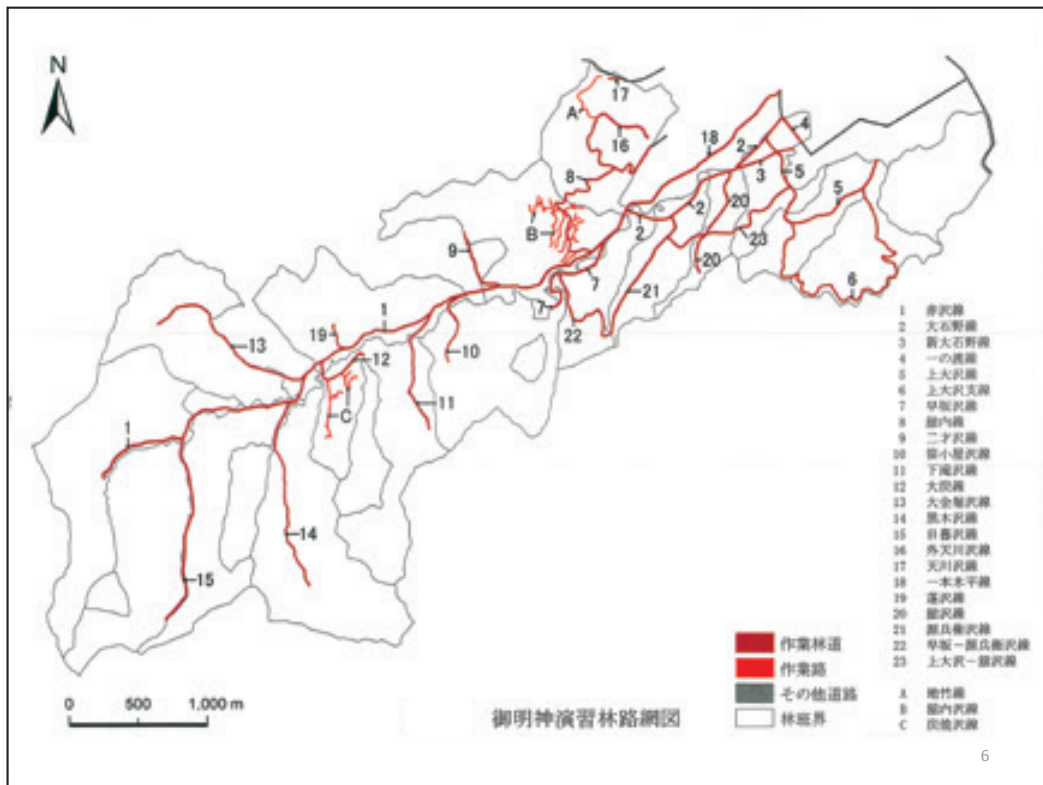


$$Sl = (5,000 * 1.4) / D$$

ただし, Sl , 最大到達距離(m)

D , 路網密度(m/ha)

5



6

森林作業道指針のポイント

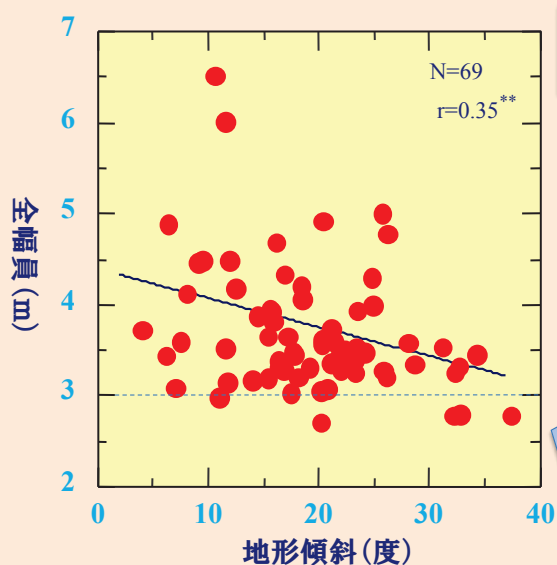
(森林作業道作設指針より)

縦断勾配	18%以下(25%)
切土	切土高1.5m以内目標 法勾配土砂6分(直切<1.2m)
盛土	堅固な路体, 締固め30cm層ごと 法勾配1割(1割2分)
簡易構造物	土構造基本, 丸太組, ふとん籠
排水	分散排水, 簡易な排水施設

簡易構造物の例

局地勾配	幅員		
	2.5m	3.0m	3.5m
~30°	(土構造)	(土構造)	(土構造)
30~35°	(土構造)	丸太組等	ふとんかご等
35~40°	丸太組等	ふとんかご等	
40~45°	ふとんかご等		

7



森林作業道は
本当に作設できるか？



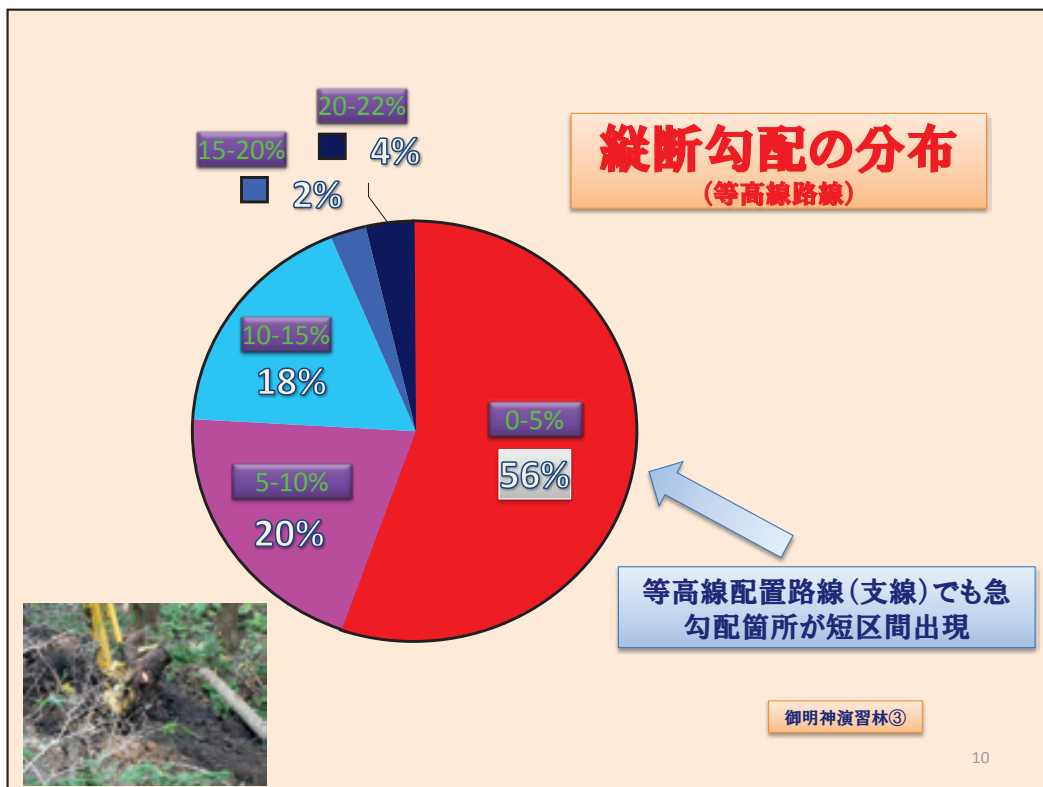
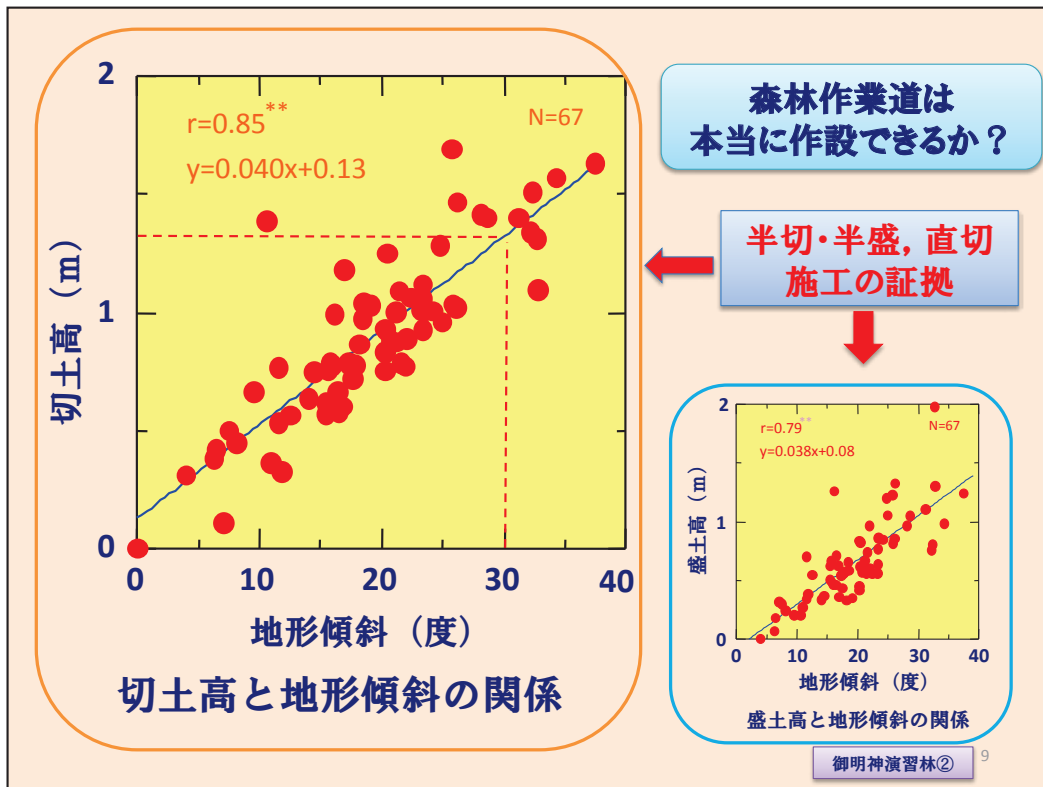
2.8 < W < 6.5m
Avg. 3.7m

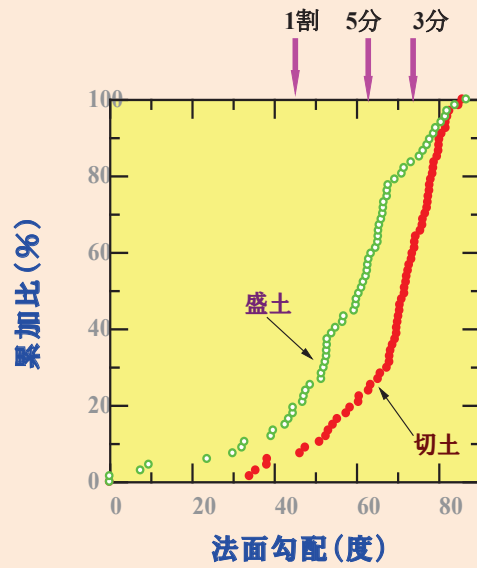
全幅員と地形傾斜の関係

(作業ポイント含む)

御明神演習林①

8





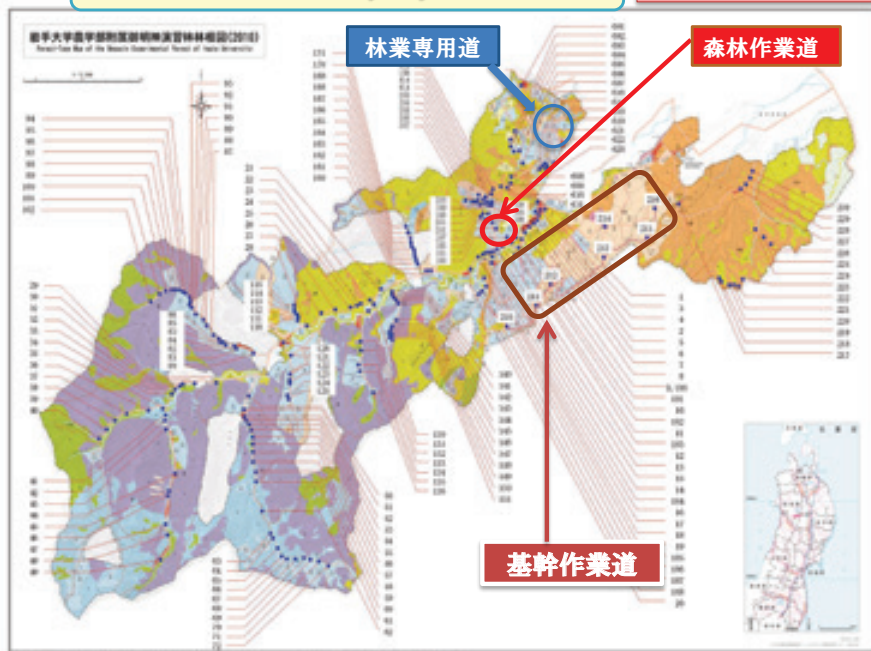
盛土勾配と切土勾配の累加曲線

御明神演習林④

11

御明神演習林2013/08/09豪雨災害

(局地激甚災害指定)



※ 図中の番号は、資料「2013(2)3.九州中部圏-2の調査一覧表(御明神演習林)」の記番号を示す。

12

林道施設災害状況(沢沿林道)



旧来型の沢沿林道を中心に約200箇所、2億円の施設災害

御明神演習林 2013.08

13

森林作業道に起因する災害は皆無



開設後6年経過



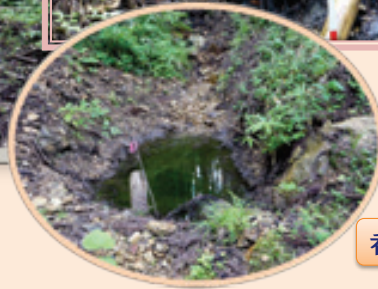
御明神演習林 2013.08

14

無事だった洗い越し

吐口

全景



呑口

御明神演習林 2013.08

15

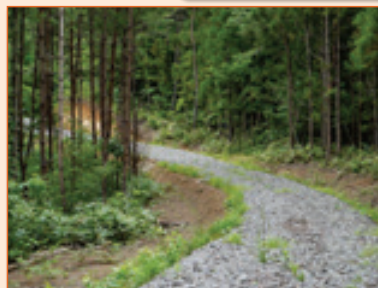
林業専用道の被害も皆無



縦断勾配16%
横断排水溝間隔15m



碎石φ0~80mm,
路盤厚:岩ズリ20cm, 碎石
20cm



(御明神演習林)

16

御明神演習林超高密路網団地

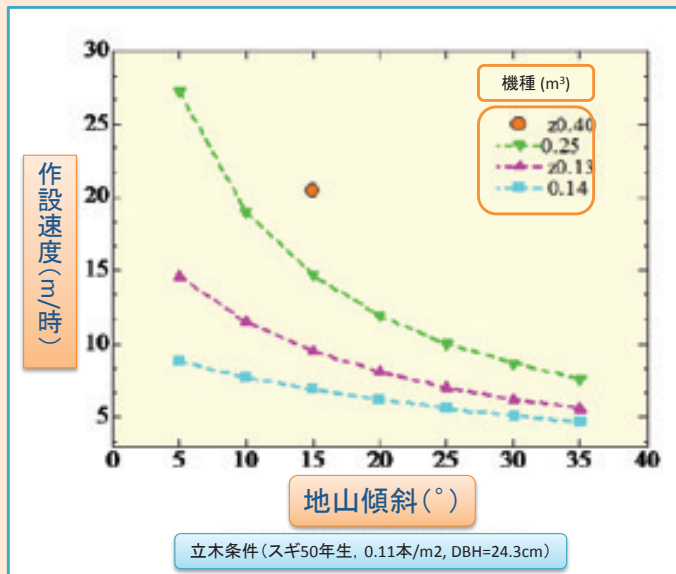


地質	第3系
岩相	凝灰岩類
土質	礫質土
地形傾斜	22°/(3~36°)

対象地面積	10ha
路網密度	250m/ha
路網間隔	50m
高低差	170m

17

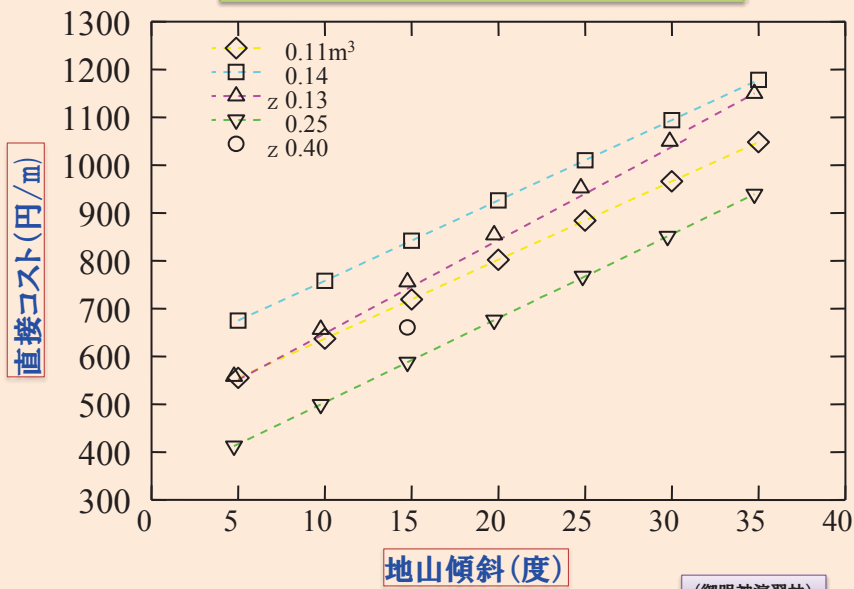
森林作業道作設速度



(御明神演習林)

18

森林作業道作設コスト



19

丸太組のコスト

区分	切土高1.5m			
丸太段数	1	2	3	4
コスト(円/m)	3,590	5,867	8,143	11,079



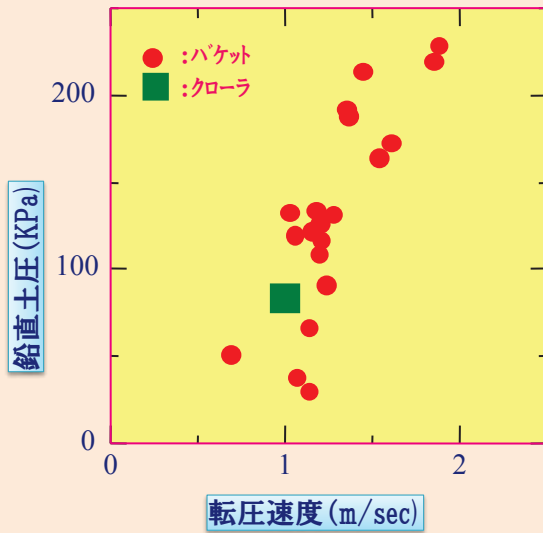
丸太組工



根株工

(御明神演習林) 20

クローラとバケット転圧による鉛直土圧



(深度:60cm)

バケットによる
転圧効果も高い

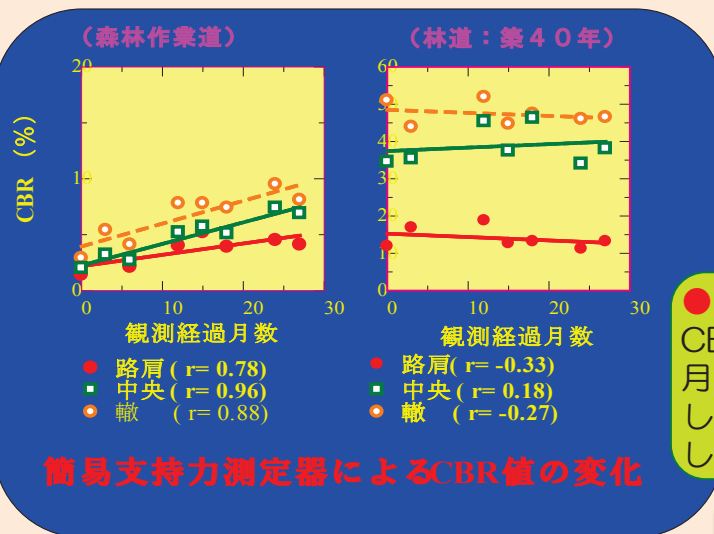
(御明神演習林)

21

路面支持力試験 (CBR値)



(支持力試験器)

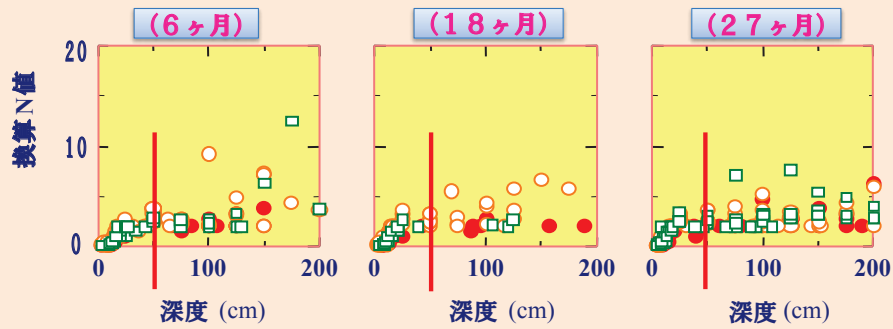


● 森林作業道の
CBR値は約30ヶ月
で明らかに増大
したが、10%に達
していない。

(御明神演習林)

22

路体支持力試験(換算N値)



● 路肩, ○ 轍, □ 中央



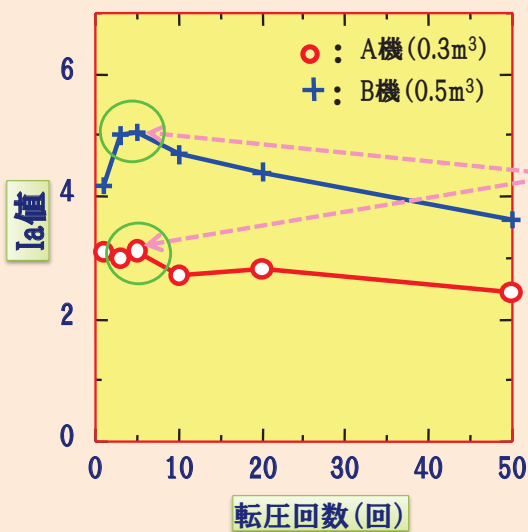
スウェーデン式サウンディング試験

● 森林作業道の換算N値に明らかな増大傾向は見られず, 路体内部の締固めは進んでいない。

(御明神演習林)

23

転圧回数と路面支持力の関係



最適転圧回数
5回程度?

簡易支持力測定装置 (キャスボル)
による路面支持力試験

Ia値 : CBR値に換算可能)

(御明神演習林)

24

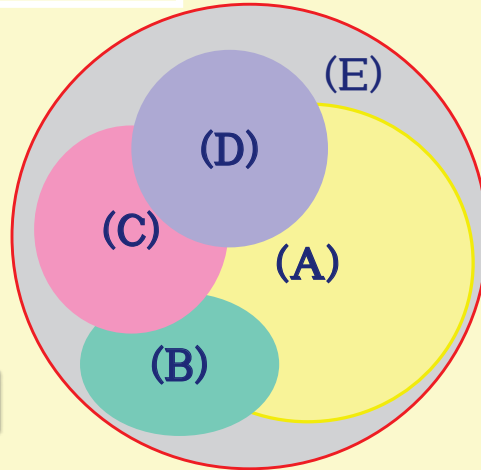
森林作業道の技術課題

- 簡易で丈夫な作設技術の開発 -

- (A) 崩れない路線選定技術
- (B) 強靱な路体構築技術
- (C) 多様な簡易排水技術
- (D) 低環境攪乱技術



(E) 森林作業道技術の普及



25

簡易で丈夫な森林作業道

安定斜面
緩斜面
尾根
沢回避

崩れない場所を作る

豊富な経験と知識が必要

● 山を歩き回らずに良い路網はつけれない

- 地形・地質
- 路網配置(幹線・支線)
- 幾何構造・波形線形
- 縦断勾配
- 測量
- 地形図
- 空中写真
- GIS
- GPS

切盛高
締固め
分散排水

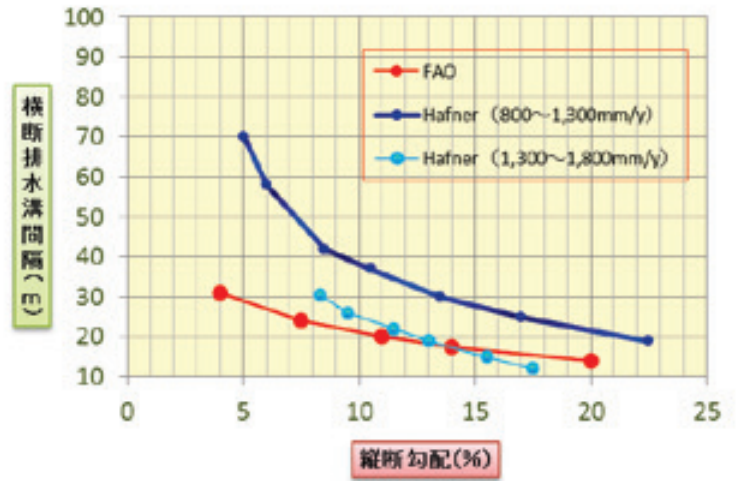
崩れ難く作る

施工(作設)技術は訓練次第でマスター容易..?

- 土質
- 工法
- 四万十式
- 切盛高
- 締固
- 大橋式
- 土移動
- 排水法
- 支障木
- ヘヤピン
- 構造物
- 法勾配

26

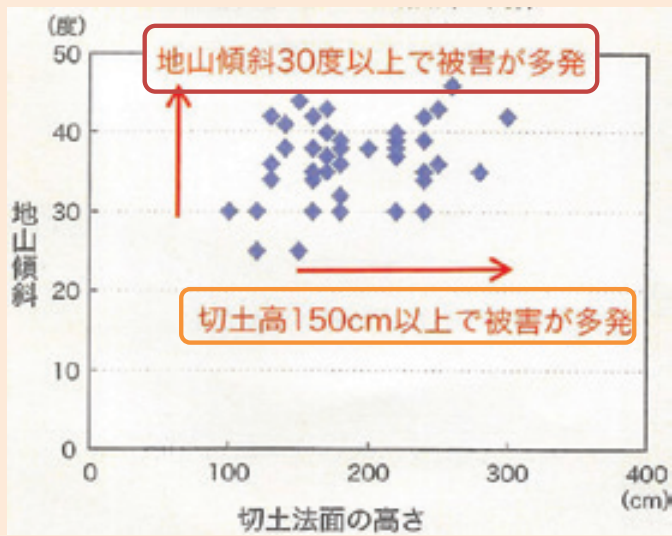
分散排水が重要な証拠はこれ？



林道の横断排水溝適正間隔の決定 (峰松ら(1982))

27

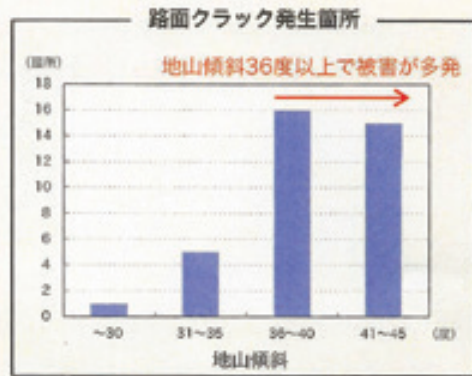
切土法面はどこで崩壊するか



(森林総合研究所外, 2012)

28

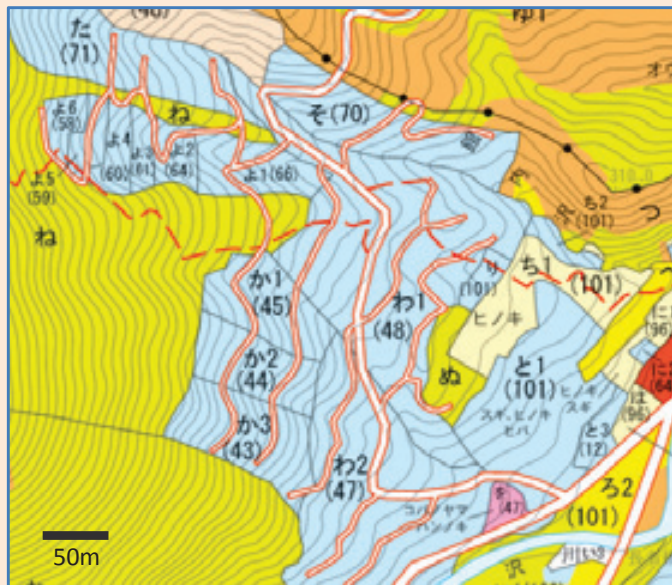
路面クラックはどこで発生しているか



(森林総合研究所外, 2012)

29

第2部 森林作業道を計画・設計する



地質	第3系
岩相	凝灰岩類
土質	礫質土
地形傾斜	22° / (3~36°)

対象地面積	10ha
路網密度	250m/ha
路網間隔	50m
高低差	170m

(御明神演習林7林班)

30

森林作業道の趣旨

森林作業道は、間伐をはじめとする森林整備、木材の収集・搬出のために継続的に用いられる道であり、地形に沿うことで作設費用を抑えて経済性を確保しつつ、**繰り返しの使用に耐えうるよう丈夫なもの**であることが必要である。

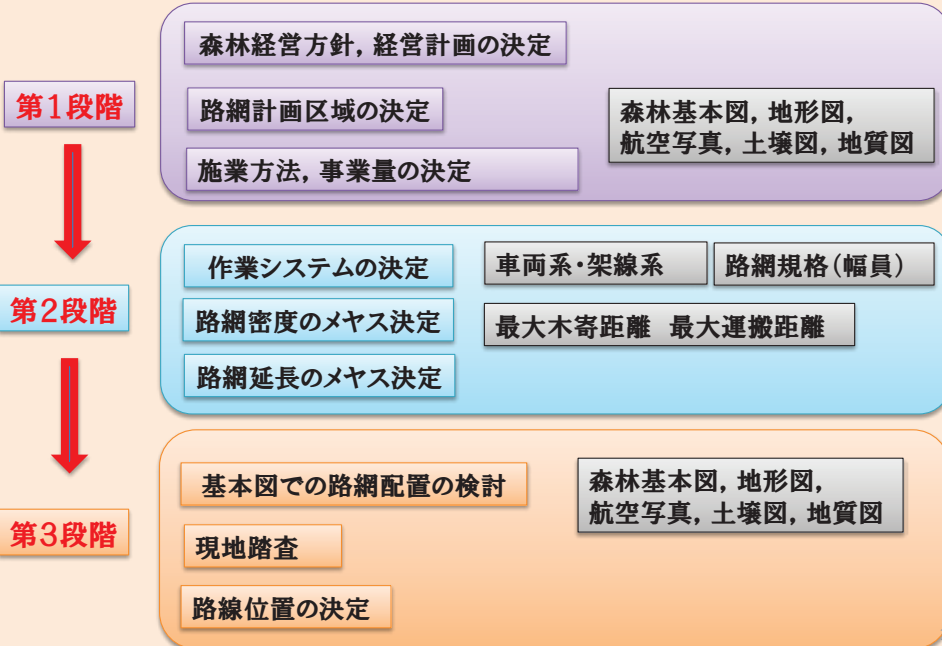


(御明神演習林隣接民有林)

これって
森林作業道？

31

路網計画の流れ



32

第2段階

目標とする最大集材(木寄)距離が目標路網密度を決定する

$$D = \frac{L}{A} \quad (1)$$

ただし, D (m/ha) ; 路網密度,
 L (m) ; 路網延長,
 A (ha) ; 対象地面積

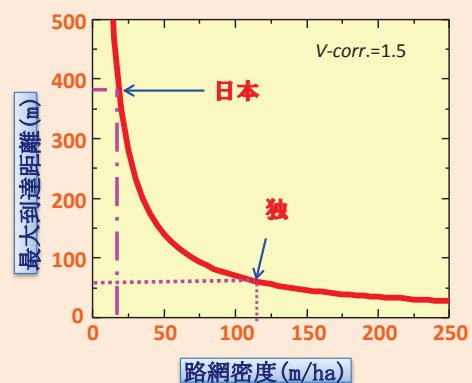
33

路網密度と林内への到達距離の関係

$$D = \frac{5,000 \times V - corr.}{SI} \quad (2)$$

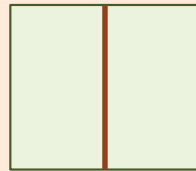
$$SI = \frac{5,000 \times V - corr.}{D} \quad (3)$$

ただし, D (m/ha) ; 路網密度,
 SI (m) ; 最大到達距離,
 V -corr ; 修正係数≒1.3~2.0

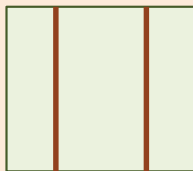


34

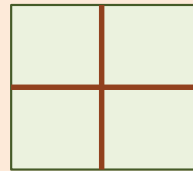
路網配置の偏りと修正係数



V-corr.=1.0



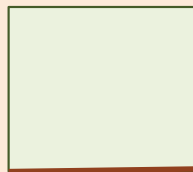
V-corr.=1.0



V-corr.=1.33



V-corr.=2.0



V-corr.=2.0



V-corr.=2.67

(井上源基, 1990)

35

目標路網密度と最大到達距離

路網密度

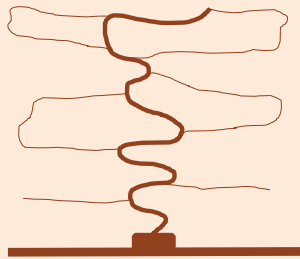
区分	作業システム	基幹路網			細部路網	路網密度
		林道	林業専用道	小計	森林作業道	
緩傾斜地 (0~15°)	車両系	15~20	20~30	35~50	65~200	100~250m/ha
中傾斜地 (15~30°)	車両系	15~20	10~20	25~40	50~160	75~200m/ha
	架線系				0~35	25~75m/ha
急傾斜地 (30~35°)	車両系	15~20	0~5	15~25	45~125	60~150m/ha
	架線系				0~25	15~50m/ha
急峻地 (35°~)	架線系	5~15	-	5~15	-	5~15m/ha

到達距離

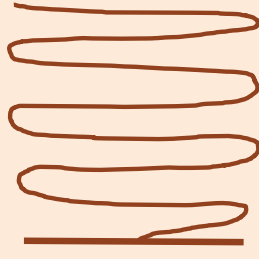
区分	作業システム	基幹路網からの最大到達距離	細部路網からの最大到達距離
緩傾斜地 (0~15°)	車両系	150~200m	30~75m
中傾斜地 (15~30°)	車両系	200~300m	40~100m
	架線系		100~300m
急傾斜地 (30~35°)	車両系	300~500m	50~125m
	架線系		150~500m
急峻地 (35°~)	架線系等	500~1,500m	500~1,500m

36

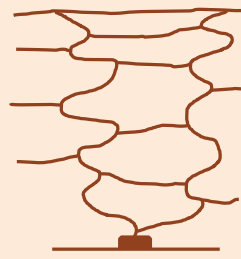
路網配置の方法の例 ①



A 幹線(背骨)を中央部(尾根)支線を水平(等高線)に配置



B 突っ込み型は搬出距離が長い

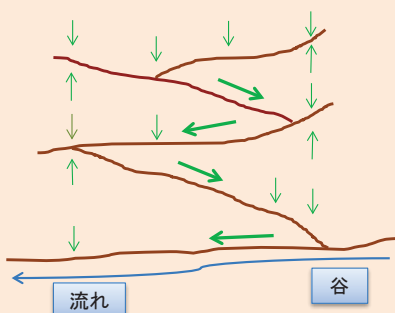


C 循環路全体を基幹的な路網に

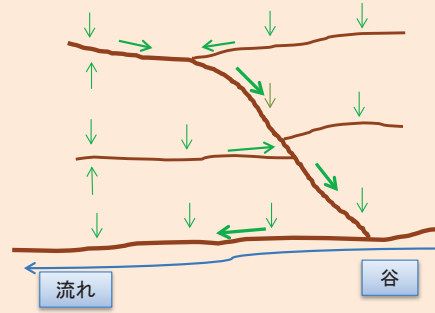
(大橋慶三郎)

37

路網配置の方法の例 ②



蛇行登行路線
(推奨しない)

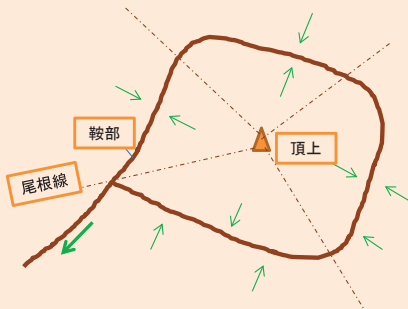


斜めの登行路線
(推奨)

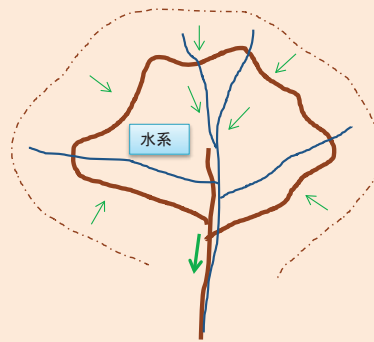
(Walderschliessung)

38

路網配置の方法の例 ③



頂上の輪形路



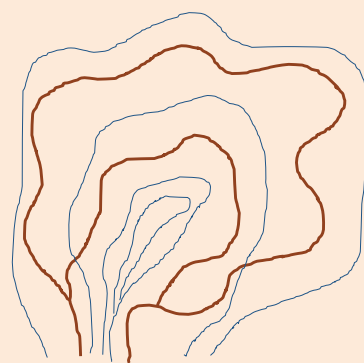
谷の窪みの輪形路

(Walderschliessung)

路網配置の方法の例 ④



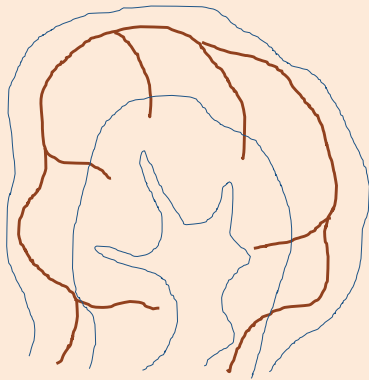
網目型 (エンドレス)
比較的傾斜が続く団地



波型
深い谷の中腹以上が緩傾斜で、
所々に尾根がおりている団地

(森林路網)

路網配置の方法の例 ⑤



菊花型
尾根が平らで谷が深い団地



魚骨型
尾根が沢までそれぞれ独立しており、しわが多く谷も深い団地

(森林路網)

41

森林基本図(地形図)での路網配置の検討

絶対ダメな地形
(堆積様式)

注意すべき地形
(堆積様式)

適する地形
(堆積様式)

岩石地

崩壊地

断層・破碎帯

地すべり地

崖錐

谷頭

溪流沿(水積土)

急峻地
(35°(40°)以上)

谷

(匍行土)

(堆積土(崩積土))

急傾斜地
(30~35°)

安定した尾根

タナ地形

(残積土)

緩~中傾斜地
(0~30°)

スギの適地は「道」の不適地

42

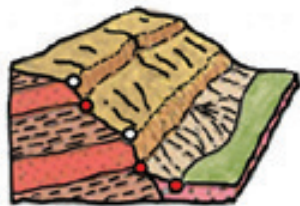
森林作業道の避けるところ10ヶ条

(大橋慶三郎)

- ① 人家や学校, 水資源等施設のあるところ
- ② 急なところ
- ③ 等高線の乱れているところ
- ④ 断層・破砕帯のあるところ
- ⑤ 水分の多いところ
- ⑥ 扇状地の始まる(土石流の停止した)ところ
- ⑦ 山崩れの起こった(起こりそうな)ところ
- ⑧ 地すべり(棚田)のあったところ
- ⑨ 地下水の豊富な(井戸のあった)ところ
- ⑩ 溪流に大きな石がゴロゴロ(土石流)あるところ

43

作設しては絶対ダメな地形 ①



崖錐



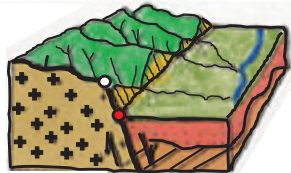
地すべり



建設系技術者のための地形図説入門・
研修教材2010 森林作業道づくり

44

作設しては絶対ダメな地形②



断層(縦ずれ)



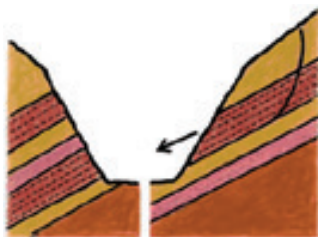
断層(縦ずれ)



建設系技術者のための地形図説入門・
研修教材2010 森林作業道づくり

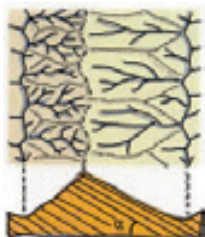
地層の傾斜(流れ盤と受け盤)

流れ盤は崩れやすいので要注意



受け盤

流れ盤



受け盤

流れ盤

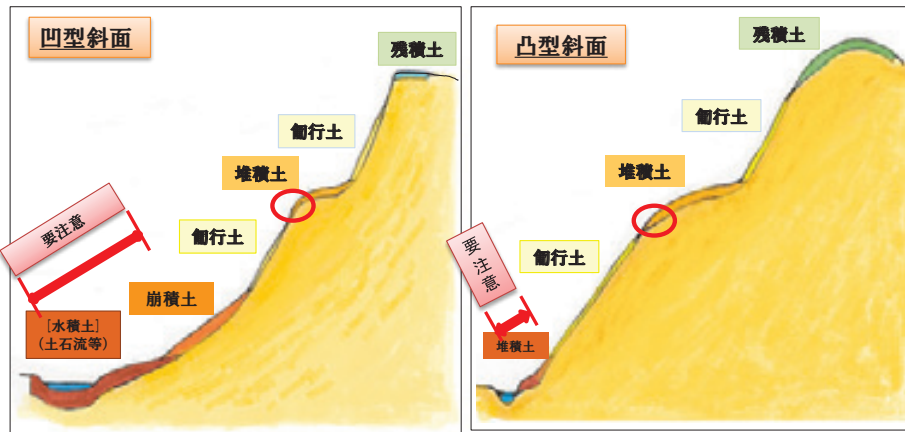


受け盤

流れ盤

研修教材2010 森林作業道づくり

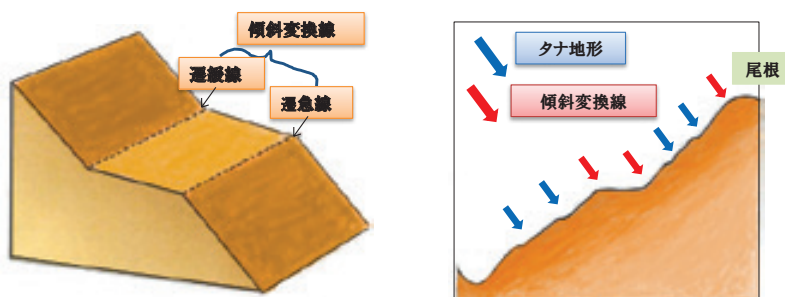
山地における土の堆積様式模式図



研修教材2010 森林作業道づくり

47

タナ地形と傾斜変換線



タナ地形は適地

遷急遷下部は要注意

研修教材2010 森林作業道づくり

48

高低差の克服のためのヘアピンカーブ

登坂路線のカーブ起点(BC)と終点(EC)で切盛調整が必要な高低差(m) -半円の場合-

曲線半径	地形傾斜 (θ)	縦断(計画)勾配(%) (x)							
		10	12	14	16	18	20	22	25
5m	15	1.1	0.8	0.5	0.2	-0.1	-0.5	-0.8	-1.2
	20	2.1	1.8	1.4	1.1	0.8	0.5	0.2	-0.3
	25	3.1	2.8	2.5	2.2	1.8	1.5	1.2	0.7
	30	4.2	3.9	3.6	3.3	2.9	2.6	2.3	1.8
	35	5.4	5.1	4.8	4.5	4.2	3.9	3.5	3.1
	40	6.8	6.5	6.2	5.9	5.6	5.3	4.9	4.5
	45	8.4	8.1	7.8	7.5	7.2	6.9	6.5	6.1

- ① 曲線長(m) = 曲線半径(m) \times 3.14
- ② 斜面における起終点高低差(m) = 曲線直径(m) \times $\tan(\theta)$, θ : 地山傾斜(度)
- ③ 曲線区間における路線の高低差(m) = 曲線長(m) \times $\tan(\beta)$,
 β : 縦断(計画)勾配を角度(%ではない)で表した値(度), $\beta = \tan^{-1}((\% \times 0.01))$
- ④ 切盛調整が必要な高低差 = ② - ①

49

地形図上における図上測設法

- ① できるだけ大縮尺(1/5,000)で等高線間隔の小さい地形図を用いる。
- ② できるだけ空中写真, 地質図等を併用して図上に路線選定する。
- ③ 縦断勾配は最急縦断勾配以下で地形, 地質を考慮して決定する。
- ④ 予定延長(L)は, 起終点の高低差(H), 平均勾配(S)から次式で求める。

$$L = H/S \quad (4)$$

L : 予定延長(m), H : 起終点の高低差(m), S : 平均縦断勾配

- ⑤ 等高線を越えるのに必要な延長(l)は, 等高線間隔(h)から次式で求める。

$$l = h/s \quad (5)$$

l : 等高線を越えるための必要延長(m), h : 等高線間隔(m), s : 縦断勾配

- ⑥ 平均縦断勾配を決め, ディバイダー(コンパス)又は定規で等高線を逐次切りながら, 予定線を図上に選定する。(同時に比較路線を数本選定する。)
- ⑦ 最小半径でカーブが挿入できるかを吟味する。
- ⑧ スイッチバックは安全上問題があるので, 止むを得ない場合に最小限で計画する。

50

等高線間隔(高低差)と路線縦断勾配の関係

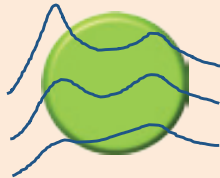
地形傾斜を克服するための地図上での距離

地形図縮尺	等高線間隔	縦断勾配 (S)	地図上での距離 (l)
1/5,000	5m	15%	$l = \frac{5m}{0.15} \times \frac{1}{5,000} = 0.67cm$
1/5,000	10m	25%	$l = \frac{10m}{0.25} \times \frac{1}{5,000} = 0.80cm$
1/25,000	10m	20%	$l = \frac{10m}{0.20} \times \frac{1}{25,000} = 0.20cm$
1/50,000	20m	10%	$l = \frac{20m}{0.10} \times \frac{1}{50,000} = 0.40cm$

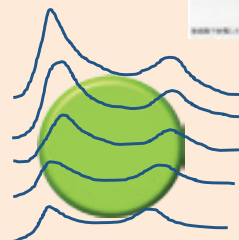
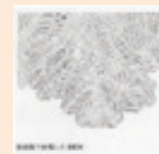
51

地形図で等高線間隔と地形傾斜(地山勾配)の関係は？

縮尺:1/5,000,
等高線間隔:10m
基円直径:1cm



基円内に等高線 3本
高低差 約20m
地山勾配 $20m / (1cm \times 5,000) = 0.4$ 40%



基円内に等高線 3本
高低差 約40m
地山勾配 $40m / (1cm \times 5,000) = 0.8$ 80%

52

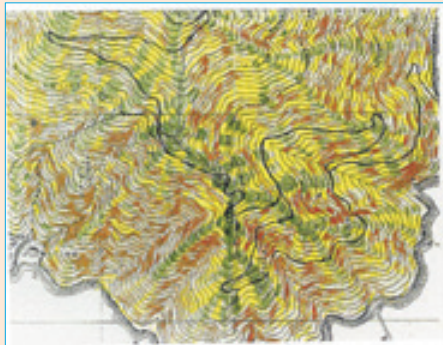
等高線本数と地形傾斜の関係

地形図縮尺	等高線間隔	図上距離	等高線本数	地形傾斜(概略)	
				最小～最大(%)	角度(度)
1/5,000	5m	1cm	2	10～30(20%)	(11°)
			3	20～40(30%)	(17°)
			4	30～50(40%)	(22°)
			5	40～60(50%)	(27°)
			6	50～70(60%)	(31°)
1/5,000	10m	1cm	2	20～60(30%)	(17°)
			3	40～80(60%)	(31°)
			4	60～100(80%)	(39°)
			5	80～120(100%)	(45°)

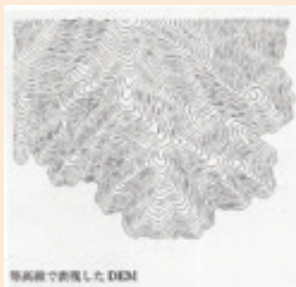
53

路網計画例

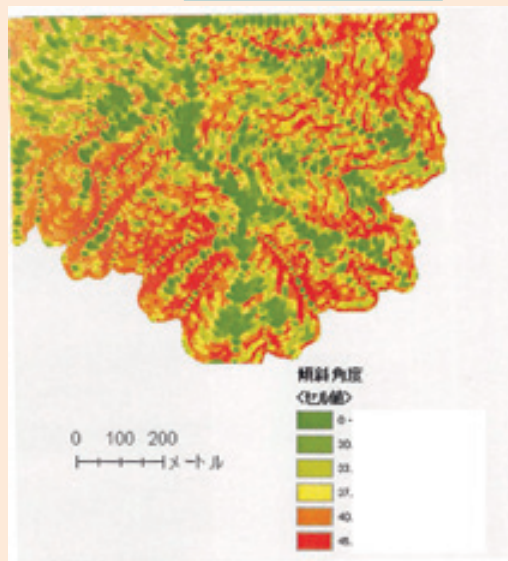
GISによる傾斜区分図



大橋慶三郎(道づくりのすべて)



等高線で表現したDEM



54

現地踏査の心得

路線の良否は踏査ですべてが決定

踏査は繰り返して行い時間をかけよ

踏査は周囲全体を良く見て回れ

踏査の適期は地面の様子が分かる季節が一番

踏査にハンドレベルは必携

55

現地踏査のポイント

地形図にだまされるな(地形図は嘘だらけ)

土が動いているところは気をつけよ

崩壊地形を良く見て回れ

巨岩や露頭に注意しろ

木の生長にだまされるな

軟弱地やジメジメしたところは危険がいっぱい

涸れ溪流も危険だらけ

ヘアピンカーブ(Sカーブ)で路線が決まる

56

森林作業道指針のポイント

(森林作業道作設指針より)

縦断勾配	18%以下(25%)
切土	切土高1.5m以内目標 法勾配土砂6分(直切<1.2m)
盛土	堅固な路体, 締固め30cm層ごと 法勾配1割(1割2分)
簡易構造物	土構造基本, 丸太組, ふとん籠
排水	分散排水, 簡易な排水施設



(御明神演習林)

簡易構造物の例

局地勾配	幅員		
	2.5m	3.0m	3.5m
~30°	(土構造)	(土構造)	(土構造)
30~35°	(土構造)	丸太組等	ふとんかご等
35~40°	丸太組等	ふとんかご等	
40~45°	ふとんかご等		

57

地形傾斜に応じた作業システムのベースマシンと幅員

地形傾斜	ベースマシン	幅員
25° 以下	6~8t(0.25m ³ 級)	3.0m
	9~13t(0.45m ³ 級)	3.5m
25~35°	6~8t(0.25m ³ 級)	3.0m
	3~4t, トラック(2t積)	2.5m
35° 以上	3~4t(0.1m ³ 級), トラック(2t積)	2.5m

注) 地形傾斜25° 以下の9~13tの幅員3.5mには, 付加する幅0.5mを含んでいる。作設指針では3.0mになっている。

58

簡易で丈夫な森林作業道の土工ポイント(1)

切取高

切土高1.5m以下は最優先のポイント
(直切推奨)

低い切土高実現のためには
堅牢な盛土作設がセット

切盛均衡

半切・半盛

全盛土的方法で
盛土基礎部から路体構築

表土ブロックで法面緑化

土層圧30cm程度で転圧



(御明神演習林)

59

簡易で丈夫な森林作業道の土工ポイント(2)

縦断勾配

登坂区間	最急Ⅰ	25% (14°)	短区間(15m以内)
	最急Ⅱ	18% (10°)	できるだけ短区間(30m以内)
等高線区間	0~10% (0~5°)		

曲線半径

最小曲線半径 4~6m

スイッチバックは危険なので避ける



(御明神演習林)

60

簡易で丈夫な森林作業道の土工構造ポイント(2)

排水方法

波形線形の推奨(その場排水)

側溝は原則作らない

巨石, 丸太利用による「洗い越し」の検討

締固め

適切な締固めは基本



洗い越し (御明神演習林)

61

付録

森林作業道簡易チェックリスト①

路網図の 作成	資料や現地調査を行い路網計画したか	
	作業システムや密度は検討したか	
	路網計画図は作成したか	
	路網配置は適切行われているか	
踏査	十分な踏査をして路線計画したか	
	踏査にはハンドレベルなどを用いたか	
	絶対開設してはいけないダメな地形などは通過していないか	
伐開	伐開は過大ではないか	
幅員	幅員は2.5m~3.0m(3.5m)で適切か	
縦断 勾配	縦断勾配は適切か	
	勾配は18%(10°)以下か, 急勾配が連続していないか	
	短区間で最大25%(14°)以下か	

62

森林作業道簡易チェックリスト②

曲線	最小曲線半径(4m~6m)で安全が確保されているか	
	無理なスイッチバックになっていないか	
排水	分散排水(波形線形, カーブ利用)に心がけているか	
	湧水, 軟弱地では側溝などで排水しているか	
	急片勾配排水で走行の危険はないか	
	洗い越しは適切に計画されているか	
	過大な排水施設はないか	
切土	切土高はカーブなどの特殊な箇所を除いて, 1.5m以下か	
	切土高1.5m以下では直切りとしているか	
盛土	盛土は安定するように仕上げられているか	
	表土ブロックをのり面緑化に利用しているか	

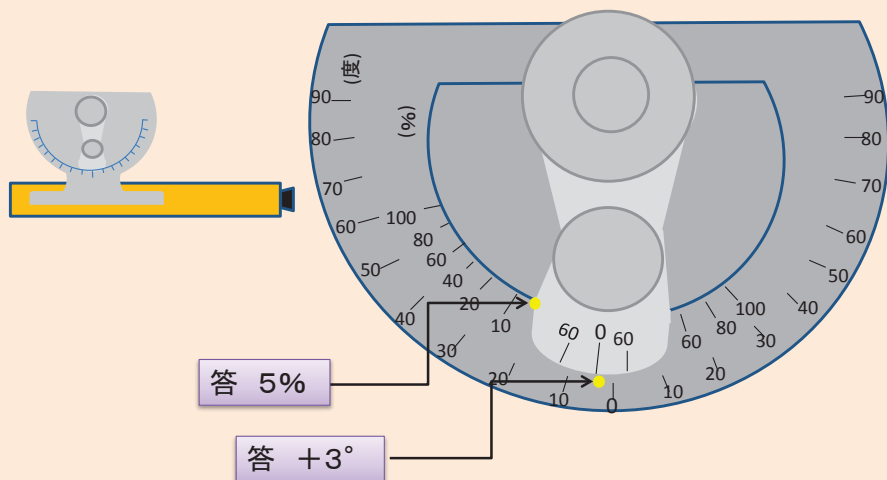
63

付録

ハンドレベル

高低差、高低角を簡易に読み取る器具

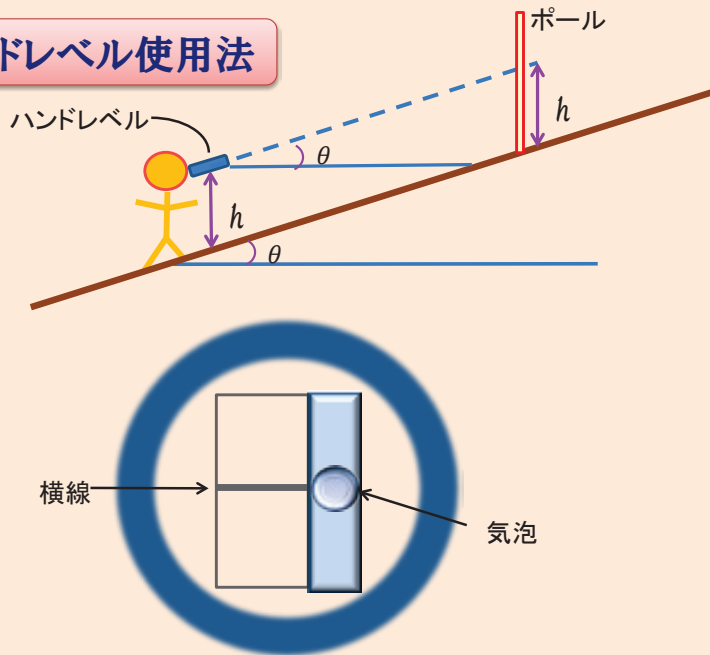
全長: 130mm
高度目盛最小読取值: 1°
遊標読み: 10°



64

付録

ハンドレベル使用法



65

付録

傾斜換算表

傾斜換算表

%	度	割、分	度	%
5	2° 51'45	1 : 0.1	84° 17'22	1000.00
10	5° 42'38	1 : 0.2	78° 41'24	500.00
15	8° 31'51	1 : 0.3	73° 18'03	333.33
20	11° 18'36	1 : 0.4	68° 11'55	250.00
25	14° 02'10	1 : 0.5	63° 26'06	200.00
30	16° 41'57	1 : 0.6	59° 02'10	166.67
35	19° 17'24	1 : 0.7	55° 00'29	142.86
40	21° 48'05	1 : 0.8	51° 20'26	125.00
45	24° 13'40	1 : 0.9	48° 00'46	111.11
50	26° 33'54	1 : 1.0	45° 00'00	100.00
55	28° 48'39	1 : 1.1	42° 16'25	90.91
60	30° 57'50	1 : 1.2	39° 48'20	83.33
65	33° 01'28	1 : 1.3	37° 34'07	76.92
70	34° 59'31	1 : 1.4	35° 32'16	71.43
75	36° 52'12	1 : 1.5	33° 41'24	66.67
80	38° 39'35	1 : 1.6	32° 00'19	62.50
		1 : 1.7	30° 27'56	58.82
		1 : 1.8	29° 03'17	55.56
		1 : 1.9	27° 45'31	52.63
		1 : 2.0	26° 33'54	50.00

66

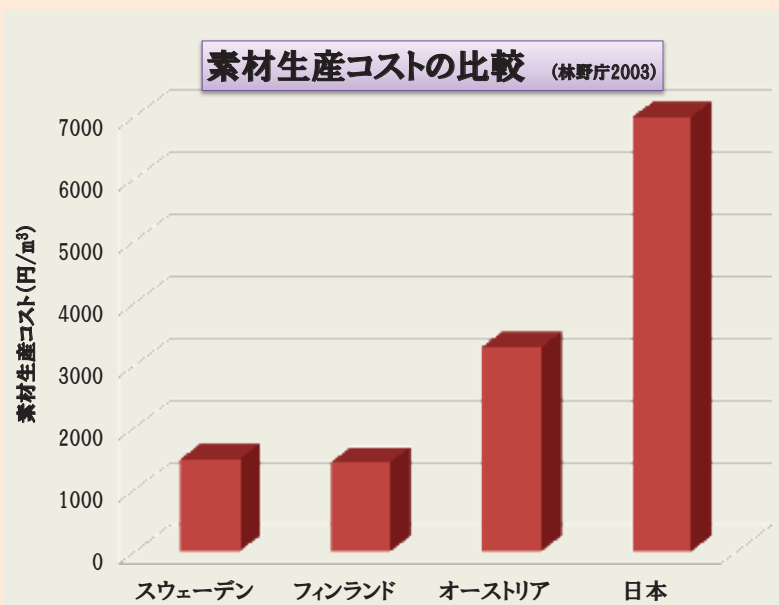
林業生産現場技術者
のための

II. 低コスト作業システムの 考え方と工程管理

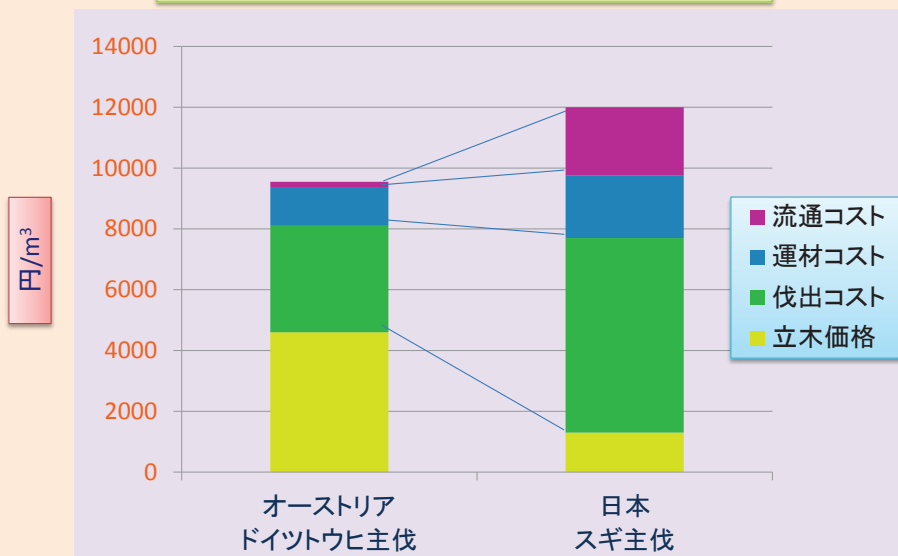


岩手大学御明神演習林

澤口勇雄
(岩手大学農学部)



丸太価格に占める各種コスト比較



(久保山 2013)

3

オーストリアの作業システムの選択

林野庁2008

地形条件	作用形態	作業システム	人員 (人)	労働生産性 (m³/人日)	生産コスト (円/m³)
緩傾斜 (0~20°)	林内走行	ハーベスタ+ フォワーダ	2	30~60	2,600~3,800
中傾斜 (20~30°)	路上作業	チェーンソー+ スキッダ等	3	7~32	2,400~5,300
急傾斜 (30°~)	路床作業	チェーンソー+ タワーヤーダ	3~4	7~43	3,200~5,500

4



ハーベスタの傾斜地作業
(フィンランド)写真Ponsse 社

5



スウェーデン

素材生産コスト

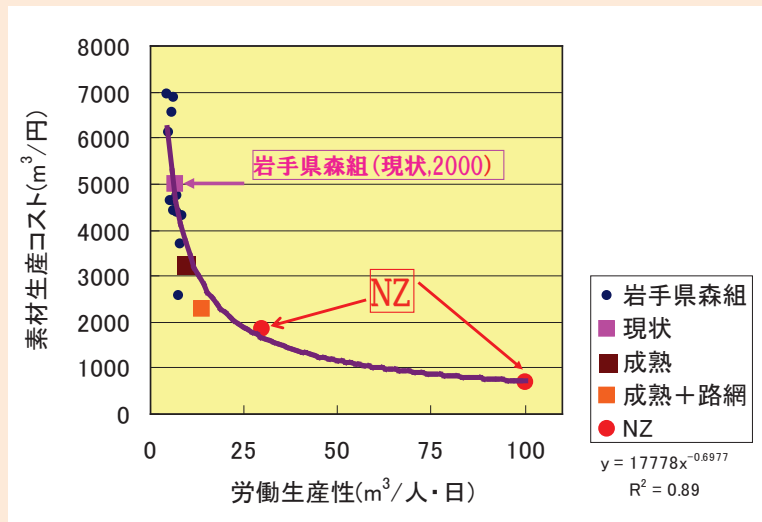
$$\text{コスト (円/m}^3\text{)} = \frac{\text{経費 (円)}}{\text{能率 (m}^3\text{)}}$$

コスト低減のパターン

経費	+	-	--
能率	++	+	-

6

伐出労働生産性と素材生産コストの関係 —日本とNZの比較—



NZ(矢野, 森林技術) 7

伐出作業システムの選択



8

多工程システムの労働生産性

調和平均で示される

全体の労働生産性: E ($\text{m}^3/\text{人日}$)

各工程の労働生産性: e_1, e_2, e_3, \dots ($\text{m}^3/\text{人日}$)

$$E = \frac{1}{\frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2} + \frac{1}{e_3}} \dots\dots\dots(1)$$

9

作業システムの労働生産性の試算例

$$\text{システム労働生産性} = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{1}{10} + \frac{1}{40} + \frac{1}{40} + \frac{1}{80}}$$

工程	労働生産性 ($\text{m}^3/\text{人日}$)
伐倒	20
木寄せ集材	10
造材	40
運搬	40
桧積	80

10

システムの生産性の特徴 と効率化対策

①全体の労働生産性は必ず最低の工程以下になる

したがって、システム労働生産性を向上させるためには

- ②最低の工程の生産性を向上させる
- ③各工程の生産性のバランスを図り、できるだけ近似させる

さらに労働生産性を飛躍的に向上させるには、

- ④無駄な工程をなくする
- ⑤何れの工程も飛躍的に効率化させる

ボトル
ネック

伐出システムによる労働生産性の例(1)

工程	作業機械	人員	生産性	労働生産性	システム			
			(m ³ /日)	(m ³ /人日)				
伐倒	チェーンソー	1	30	30	○	○	○	○
木寄集材	スイングヤーダ	2	20	10	○	○	—	—
造材	プロセッサ	1	40 (35)*	40 (35)*	○	○	○	○
運搬	フォワーダ	1	40	40	○	—	○	—
極積	グラブ	(1)	80	80	○	○	○	○
システム労働生産性(m ³ /人日)					5.1	5.9	10.1	13.6

(35)*: 木寄集材無しの場合

条件

伐倒	立木幹材積	0.3m ³ /本以上
運搬	運搬距離	400m以内
造材	立木幹材積	0.3m ³ /本以上

12

伐出システムによる労働生産性の例(2)

工程	作業機械	人員	生産性	労働生産性
		(人)	(m^3 /組日)	(m^3 /人日)
伐倒	チェーンソー	(4)	60	15
木寄集材	スキッタ	(4)	60	15
造材	プロセッサ	(1)	60	60
システム生産性		(9)	60.0	6.7

工程	作業機械	人員	生産性	労働生産性
		(人)	(m^3 /組日)	(m^3 /人日)
伐倒	チェーンソー	(1)	15	15
木寄集材	スキッタ	(2)	30	15
造材	プロセッサ	(1)	60	60
システム生産性		(4)	26.7	6.7

13

伐出システムによる労働生産性の例(3)

1セット8人体制					
工程	伐倒	木寄集材	造材	運搬	システム
人員	2人	2人+2人	1人	1人	8人
作業機械	チェーンソー 2台	クラッパ 2台	プロセッサ	フォワーダ	重機4台
システム生産性 (m^3/hr)	12	12	12	12	12
システム生産性 ($m^3/日$)	72	72	72	72	72
労働生産性 ($m^3/人日$)	36	18	72	72	9
1セット4人体制					
工程	伐倒	木寄集材	造材	運搬	システム
人員	1人	2人	0.5	0.5人	4人
作業機械	チェーンソー	クラッパ	プロセッサ	フォワーダ	重機3台
システム生産性 (m^3/hr)	6	6	6	6	6
システム生産性 ($m^3/日$)	36	36	36	36	36
労働生産性 ($m^3/人日$)	36	18	72	72	9
1セット6人体制					
工程	伐倒	木寄集材	造材	運搬	システム
人員	2人	2人	1人	1人	6人
作業機械	チェーンソー 2台	クラッパ 1台	プロセッサ	フォワーダ	重機3台
システム生産性 (m^3/hr)	12	6	12	12	12
システム生産性 ($m^3/日$)	72	36	72	72	48
労働生産性 ($m^3/人日$)	36	18	72	72	8

14

視点を改めて

システムの生産量とコスト

2工程 伐出作業システム

区分	伐倒	造材
	チェーンソー	プロセッサ
人件費	400万円	400万円
機械経費		500万円
生産性	20m ³ /人日	80m ³ /人日

注) 年間就労(生産)日数 200日/年

15

作業システムと人員配置

区 分	人員配置			
	1名	2名	2名	5名
作業形態	連続作業	専属配置	弾力配置	並列作業
労働生産性(m ³ /人日)	16m ³	10m ³	16m ³	16m ³
年間生産量(m ³ /年)	3,200	4,000	6,400	16,000
1m ³ 当たり経費	人件費(円/m ³)	1,250	2,000	1,250
	機械費(円/m ³)	1,563	1,250	781
	合計(円/m ³)	2,813	3,250	2,031
評価	コスト	△	×	○
	年間生産量	小		

16

低コスト作業システムを組み立てる

①高性能林業機械の能力を発揮させる

②工程数を減らす

③生産性が低い工程の生産性を高める

④各工程の生産性を高める

⑤待ち時間をなくする

⑥作業期間を短縮する

生産性向上

生産性の高い
工程を中心に
組み立てる

⑦事業規模を拡大し稼働率を上げる

コスト削減

高性能林業機械の導入で
コストダウンは絶対にできるのか？



否

肝に命じよ

高性能林業機械をフル稼働させなければ
採算性の悪化を招く



作業システムの検討

18

生産性改善と コスト管理の基礎データ収集

作業日報による方法

概略の生産性を把握し、作業システムの問題点を大まかに把握することができ実用的

作業時間観測による方法

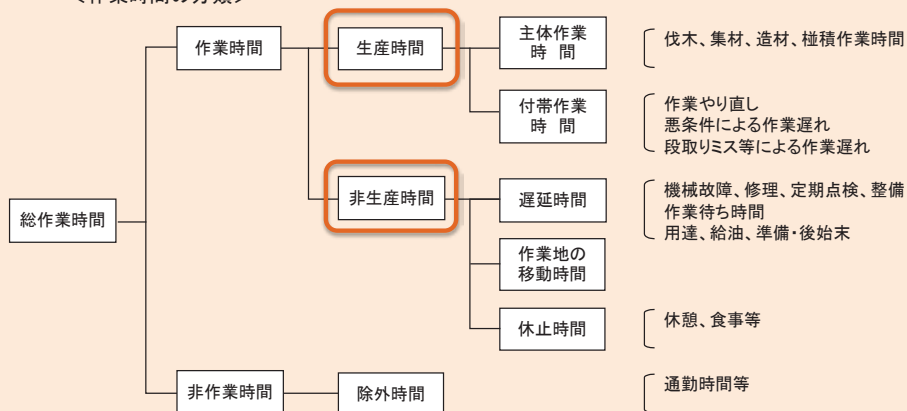
要素作業レベルでの作業実態把握ができ、作業システムの改善に有用な多くの情報を得ることができ研究レベルで重要

19

生産性の改善のための

作業時間の内訳

<作業時間の分類>



20

作業日報による方法

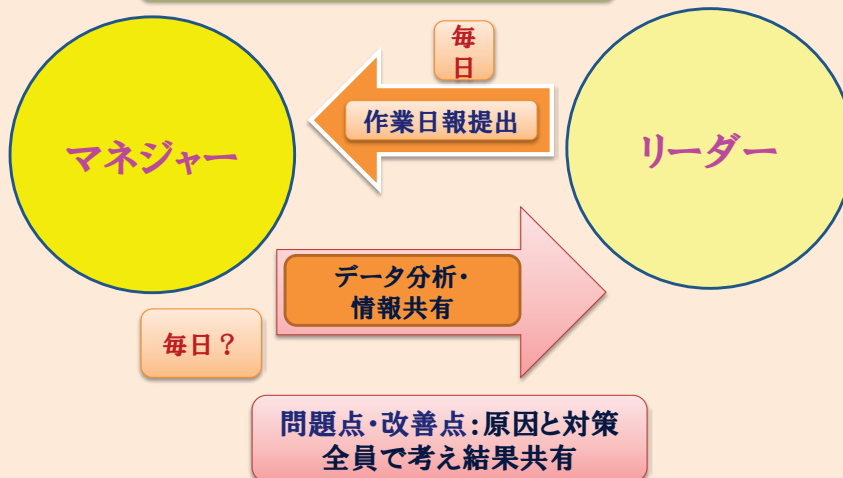
- どこで(場所, 小班名など)
- 誰が(作業員, 使用機械)
- 何を(作業内容)
- 何時間(実動時間, 休止時間, 最低30分単位)
- どうした(出材量, 集材回数, 集材距離など)

カウンターを
持って山に行け

21

作業日報をどう生かす

作業日報が作業改善の基本



22

生産性の高い機械を
中心に組み立てる

機械をフル稼働させる

A班

B班

一体的運用

23

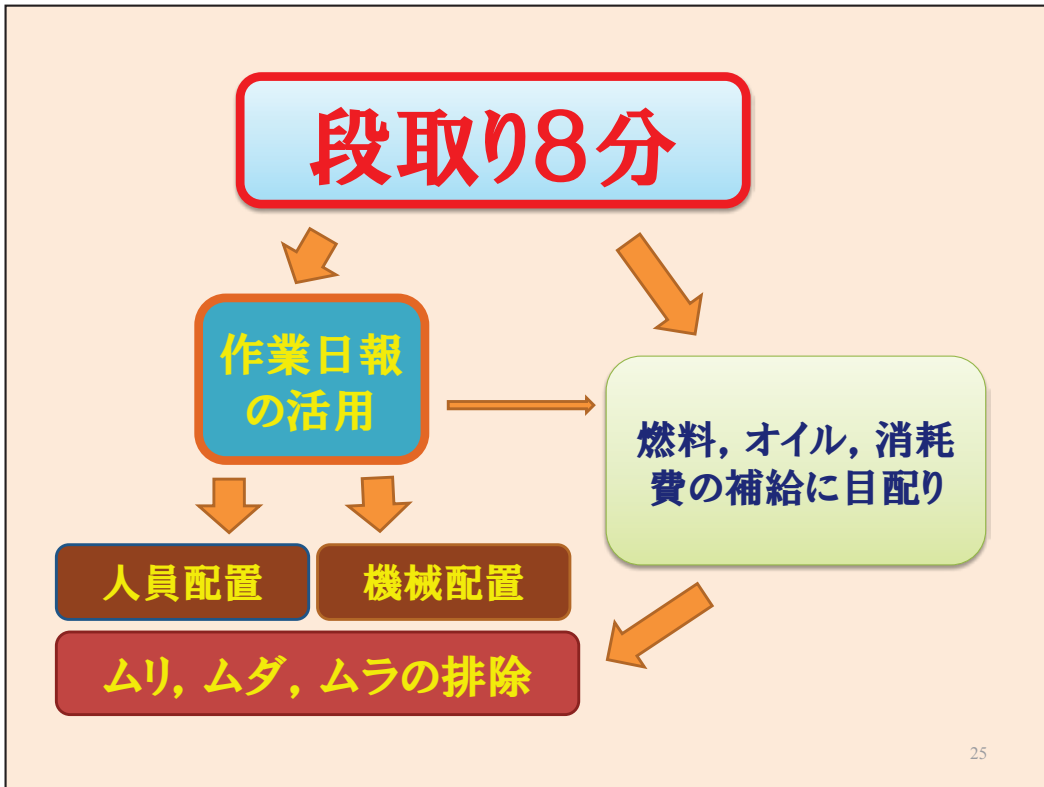
現場技術者をどう育てるのか

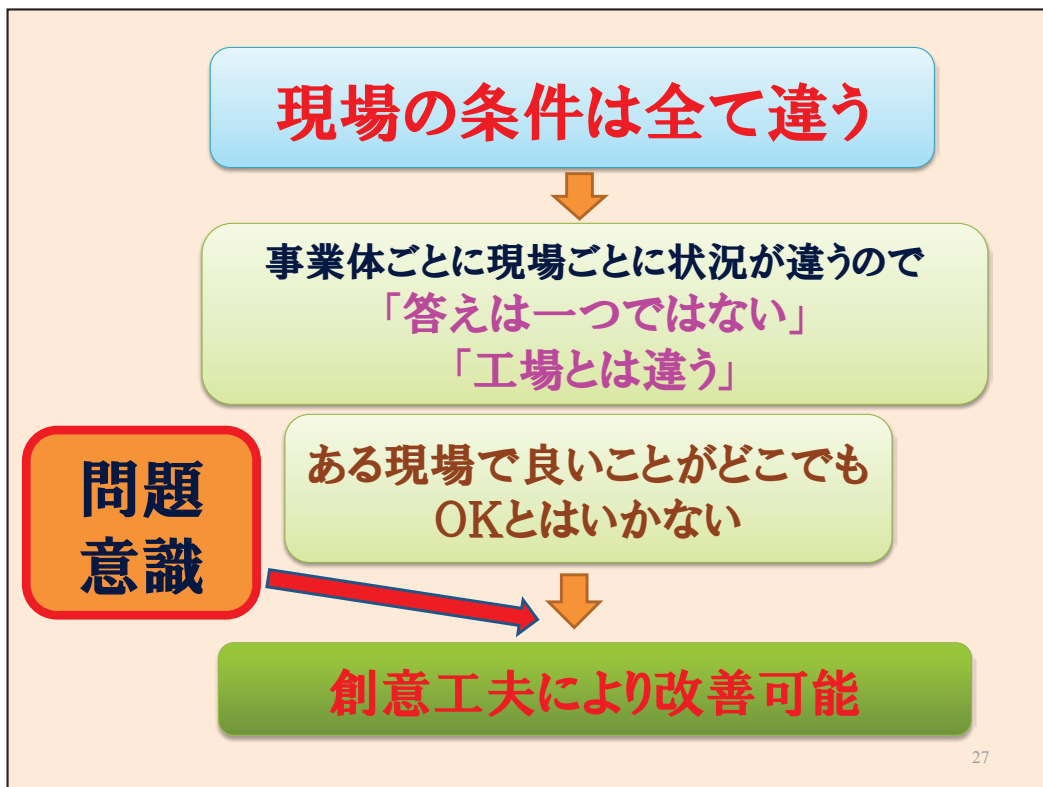
多能工か単能工か？
ゼネラリストかスペシャリストか？

個性を
育てよう

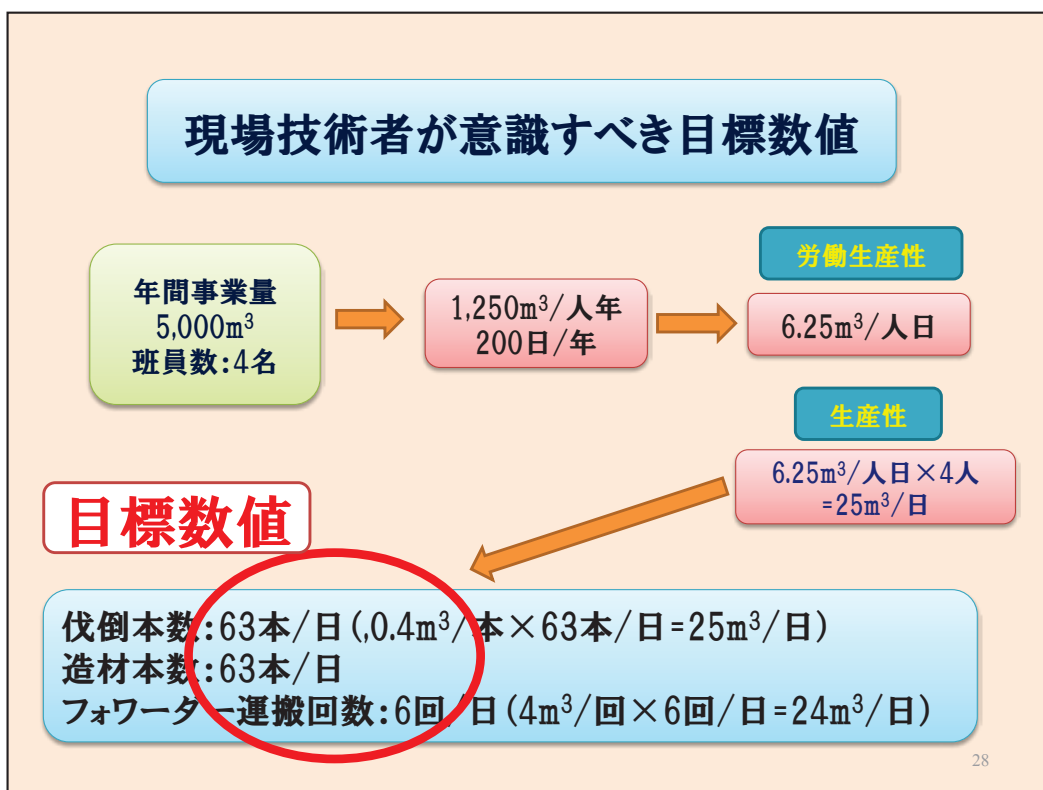
ゼネラリストは
1/3 ？

24





27



28

機械修理費はバカにならない

機械修理に至った原因分析

コスト・利益意識の徹底

人手では防ぎようのない原因・部品劣化

点検・メンテナンスで防げた原因

オペレータのミス

問題

機械を大切に扱う心
自分の機械でなければ扱いが粗末になる

29

林業生産現場技術者
のための

Ⅲ. 車両系伐出 作業システムの考え方

— グラップル系システムの例 —

澤口勇雄
(岩手大学農学部)

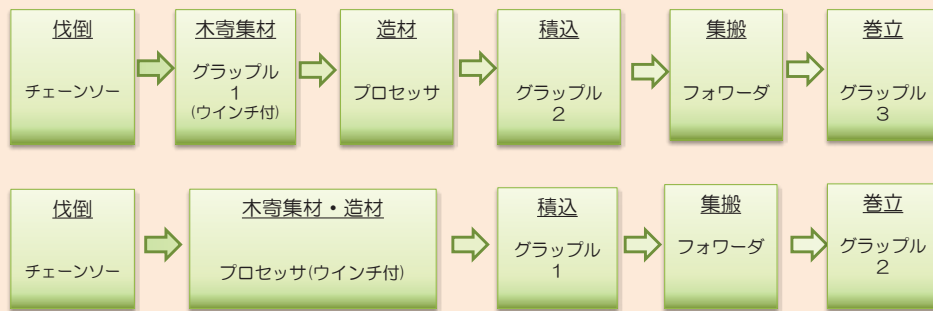
Ⅰ. 当該作業システムの概要

(ア) 当該作業システムの特徴

- 一般的に3～5名のセット人員で、2～5台の機械を導入
- 導入機種はチェーンソー、グラップル、プロセッサ(ハーベスタ)、フォワーダ
- 現地の条件に応じてセット人員、機種、台数は変化
- システムの形態はフレキシブルでバラエティに富む
緩傾斜地から急傾斜地の山岳林まで適用でき、最も広く普及が期待されている車両系作業システム
- 列状間伐が点状間伐に比べてより高い生産性が期待
- 路網を高密化することで点状間伐の労働生産性の向上可能

2

作業システムの作業の流れ



3

代表的な作業システム

標準型Ⅰ

緩傾斜地において150~250m/haの路網密度で、グラップルが林内作業により木寄集材する方法

標準型Ⅱ

中~急傾斜地で路網密度を150~250m/haとして、作業路上でのグラップル作業とウインチ作業を併用する方法。木寄集材距離が10mを越えるとウインチ作業に荷掛け手が必要

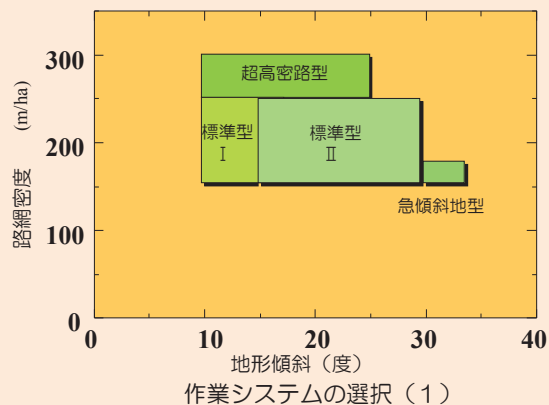
超高密路型

中~急傾斜地で路網密度を250~300m/haとして、木寄集材専用グラップルを配置せずに、プロセッサが木寄集材と造材をする方法。この方法は、伐倒木を最短の作業路方向に伐倒することで、木寄集材距離の短縮が条件

4

- ◆標準型Ⅰ 10～15°（緩傾斜地）
- ◆標準型Ⅱ 15～30°（中～急傾斜地）
- ◆超高密度路型 10～25°（緩～中傾斜地）

- ◆路網密度が高いほど高能率な成果が期待
- ◆高密度ほど高い作設技術が必要



5

- 30～35度の急傾斜地では路網作設の困難さが増す
土質等の条件を満たせば本システムが展開可能
林地環境へのインパクトを考慮して、150～175
m/ha程度の路網密度に抑制

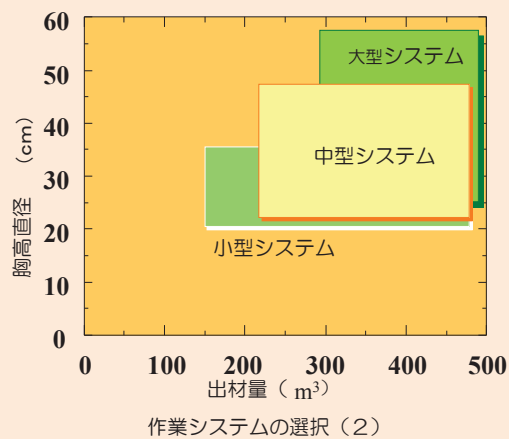
- 35度を超える急峻地では高密度での路網作設が極めて困難。架線系システムを導入

6

機械システムの規模

- 出材量と立木サイズで決定
- 出材量が多いほどコスト低下可能
- 小型システムでも、150m³以上の出材量が目安
- 10m³/人・日以上以上の労働生産性の林分条件
胸高直径平均22cm以上
幹材積平均0.4m³/本以上

- 小型システムでの大径材処理は大変危険、立木サイズに応じた機械選択
- 機械システムによって作業道の幅員が異なるので、林地環境を考慮して機械選択



7

当該作業システムの適用条件

地形傾斜	10~30° (35°)
材の大きさ	0.4m ³ 以上
出材量	150m ³ 以上
既設道からの距離	0~500m
伐採方法	列状間伐
作業システム	小型~大型システム
作業路網密度	150~300m/ha
伐倒生産性	5~10m ³ /人・hr
木寄集材生産性	5~8 m ³ /人・hr
造材生産性	7~15 m ³ /人・hr
集搬生産性	7~10 m ³ /人・hr
生産性	8~13m ³ /人・日
伐出コスト	3,500~6,000円/m ³

8

当該作業システムの適用条件

- 当該作業システムは、
8~13m³/人・日の 労働生産性が期待
- 伐出コスト（直接コスト）
3,500~6,000円/m³が期待
- 作業条件
立木幹材積0.4m³以上
路網密度150~300m/ha
集搬距離500m以内
- 超高密路型（250~300m/ha）における定性間伐
では、列状間伐の8割程度の労働生産性で実行可能

9

労働生産性（m³/人・日）

- 地形傾斜，材のサイズ，路網密度，集搬距離，作業システムによって大きな差があり，これらの因子の組み合わせで決定
- 材のサイズは，労働生産性に決定的な影響を与える最重要因子
- 大型システムの導入は，大径材で伐出量が多く、高い労働生産性を期待できる場合以外は，逆にコスト高になるので，事業地の選択に特に注意が必要

10

(イ) 適用機械と作業仕組み

(1) 適用機械

- 機械システムは事業地の規模と対象木の大きさによって、小型～大型の何れかを選択（図）
- 機械仕様の諸元（表）
- 機械システムは機械間の能力バランスがとても重要
- 各工程の機械間の生産能力バランスが悪いと能力の高い機械に待ち時間発生
- グラップル未搭載のフォワーダの場合
表とは別に積込と荷降し用のグラップルが2台必要
この場合、木寄せ材や造材工程のベースマシンと同等クラスにするが、グラップルの能力が高いので中型でも大型システムに対応可能

11

機械の諸元

システム	工程	機種	全装備重量 (t)	定格出力 (PS)	全幅 (m)	最大積載量 (m ³)
小型	木寄せ材	グラップル	7.0	55	2.3	
	造材	プロセッサ	7.0	55	2.3	
	集搬	フォワーダ	6.1	80	2.3	4
中型	木寄せ材	グラップル	12.7	87	2.5	
	造材	プロセッサ	12.7	87	2.5	
	集搬	フォワーダ	9.0	120	2.5	6
大型	木寄せ材	グラップル	21.8	130	3.0	
	造材	プロセッサ	21.8	130	3.0	
	集搬	フォワーダ	13.2	254	2.9	10

12

(2) 作業仕組み

●チェーンソー伐倒⇒グラップルで全木木寄集材⇒作業路脇に集積後、プロセッサ造材⇒フォワーダ短幹積載⇒トラック積込み可能土場まで集搬が基本

●標準型Ⅰ（緩傾斜地）と標準型Ⅱ（中～急傾斜地）

●標準型Ⅰと標準型Ⅱは荷掛手の有無の差

●標準型Ⅰのセット人員は4名、フォワーダにグラップル未搭載の場合は、積込・荷降を含めて5台の機械が必要

●標準型Ⅱのセット人員は5名、機械台数は標準型Ⅰと同数

●超高密路型

木寄集材にグラップルを配置せずにプロセッサで実行
3名のセット人員で、プロセッサとフォワーダの2台で作業が可能

13

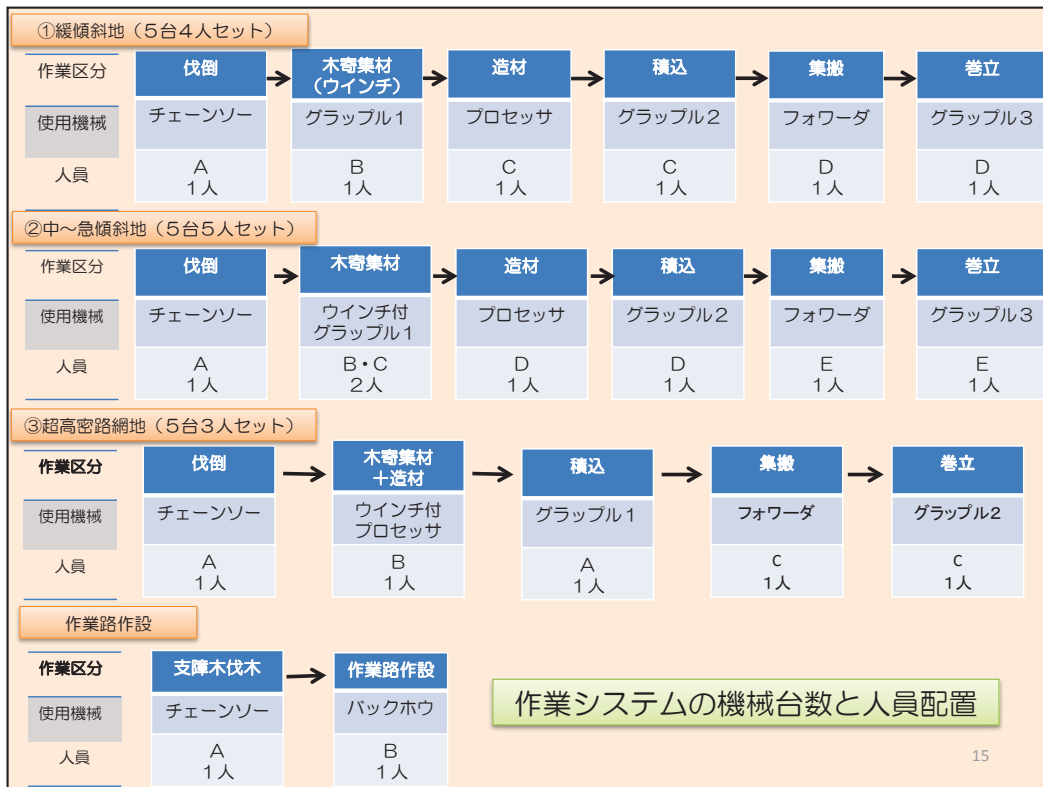
森林作業道の作設

●森林作業道の作設は間伐作業開始前に先行
●森林作業道が開設されていない場合には、作業道作設班が必要

●作業道班は、伐倒手とオペレータの2名セットが基本

●森林作業道は簡易で耐久力のある構造とし、幅員はベースマシンのサイズに応じて、3.0m～3.5mで作設

14



イ. 伐出作業の手順と方法

(ア) 伐採方法と計画

(1) 現地踏査

- 当該作業システムの成否は森林作業道作設の良否で決定
- 対象地全体がシステムに適した路網配置，路網密度にするため，路網計画図の作成が必須
- 路網配置はできるだけ均等配置に心がけることがポイント

- 最初に1/5,000の基本図で概略の路網計画，その後現地踏査
- 10mの等高線間隔で描かれた基本図は，最大で10mの高低差の誤差あり。基本図上での路線計画通り作設できない
- 作業路の善し悪しは現地踏査でほぼ決定，現地でチェックポイントを良く確認，できるだけ踏査に多くの時間を割くことが大事

16

(2) 伐出作業計画

作業パターンと労働生産性

- 列状間伐の労働生産性は点状間伐に比べて、路網密度によって異なるが2割程度高い
- 路網を超高密度化することによって、点状間伐でも相応の労働生産性の向上が期待。伐倒方向や木寄集材方向などの作業パターンによっても労働生産性が大きく異なることにも注意が必要
- 特に、超高密路型で伐倒方向を最短の作業道方向にし、末口把持で木寄集材する方法は、木寄集材を玉切工程のハーベスタが兼ねることで、元口を把持する方法に比べて4割程高い生産性が期待
- 作業パターンは現地を良く検討して決定することが必要

17

★現地踏査のポイント

- ◆地形図で地形条件を事前に把握
地形傾斜，谷，尾根，褶曲，等高線，傾斜変換点等
- ◆急峻地，1次谷，湧水，軟弱地などをよく確認して森林作業道，作業ポイント，土場位置を決定

18

機械化の規模は？

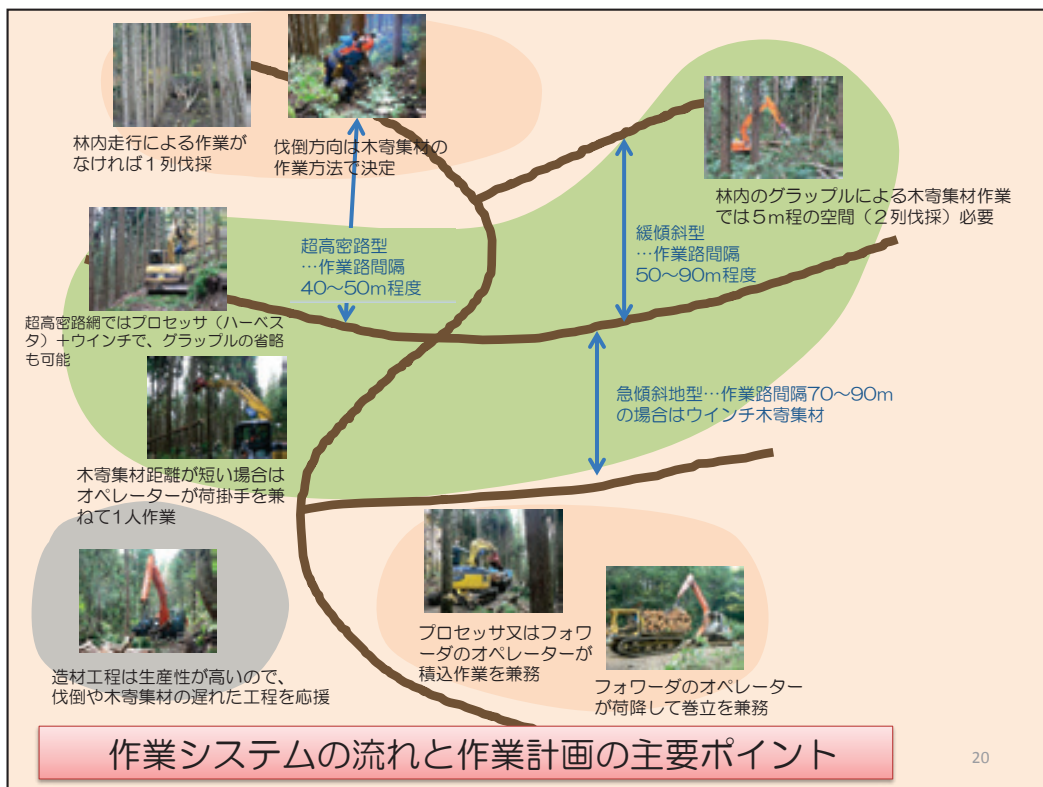
- 導入機種の種類は作業条件によって異なるので、一概に言えない
- 大切なのは、機械システムが対象林分の生産規模、立木幹材積等に見合っているか

●ベースマシンにはバケット容量で小型（ 0.28m^3 ）、中型（ 0.5m^3 ）、大型（ 0.7m^3 ）クラスが存在

●立木幹材積が $0.7\text{m}^3/\text{本}$ 以下は小型、 $1.5\text{m}^3/\text{本}$ 以下は中型、 $1.5\text{m}^3/\text{本}$ 以上は大型クラスが対応機種

●小型機で大径木を処理することは非効率であり、加えて非常に危険。大型機の効率性は高いが、生産規模が小さければ高コスト

19



20

ハーベスタかプロセッサか

- ハーベスタとプロセッサの選択は一概に言えない
- ハーベスタは、我が国では伐倒機能を十分活かすことができる現場が少なく、相対的にプロセッサよりも高額なこともあり、半数程度の導入実績
- 最近、価格差が小さくなり、ハーベスタに根強い人気

フォワーダはグラップル付かグラップル無しか

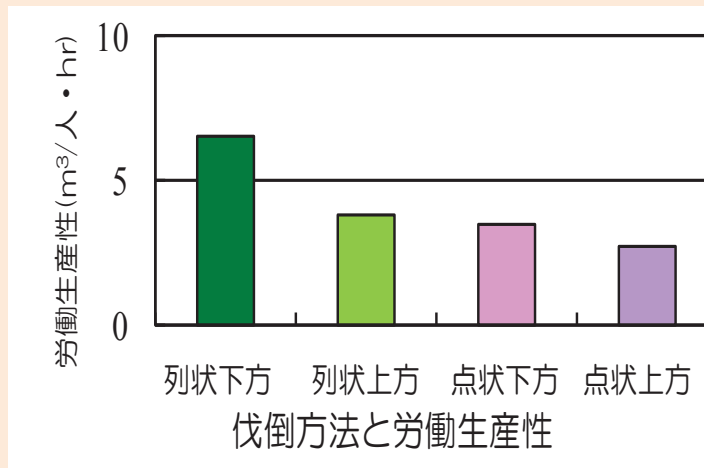
- フォワーダ搭載グラップルはグラップル専用機に比べて積込・荷降し能力が劣り、荷台スペースが狭くなるので積載量も低下。この欠点はグラップル専用機を積込と荷降しにそれぞれ配置することで解消。作業の連携がスムーズでない場合は、グラップルに待ち時間が生じ逆にコスト高
- 生産規模が大きく、中型や大型のフォワーダを導入している現場では、グラップル専用機を配置することで、生産性を高めるケースが多く存在

21

(イ) 伐倒作業の実施

- 伐倒方向は、下方（谷側）が一般的
- 上方（山側）はクサビ打ちなどの作業が生じるので、労働生産性が低下し労働負担も増大
- しかし、伐倒木の樹高を利用して木寄集材距離の短縮や、元口把持で下荷を行うケースなどで上方伐倒を採用
- 伐倒方向は木寄集材方向、造材作業、フォワーダ積込など、次工程以降の作業の流れを良く考慮して決定
- 伐倒の生産性は列状間伐が点状間伐の1.7倍、下方伐倒は上方伐倒に比べて列状で1.7倍、点状で1.3倍程度それぞれ上回ることが期待（次図）

22



23

列状間伐の伐倒方向

- 列状間伐の伐倒方向は、作業道と植栽列の関係、最大傾斜、残存木との関係などを考慮して決定
- 作業道に対して最大傾斜方向の直角に行われることが多い
- 木寄集材を容易にするために斜め方向（80°～60°方向）に伐倒する方法もあり
- クサビ等を用いて安全で確実に予定方向に伐倒することが大切なことは言わずもがな

24

かかり木処理

- 列状間伐は点状間伐に比べてかかり木の発生が少ないことが、列状間伐の伐倒の生産性を高くしている大きな理由
- 伐倒作業における事故の多くは、かかり木処理で発生**
- 木回しなどで容易に処理できないかかり木は、木寄集材の機械で安全に行う
- ヒノキはスギに比較してかかり木になる割合が特段に多いので、木寄集材工程との連携での処理が大切

25

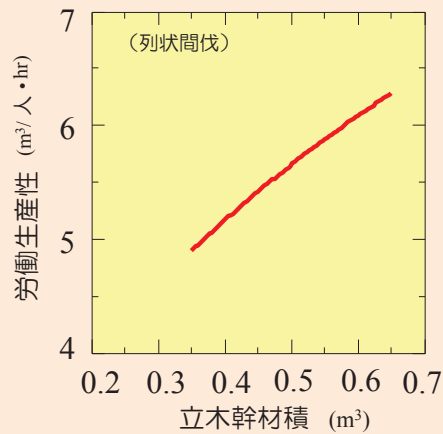
伐根高

- 伐根高が高いと、木寄集材で引っかかり、再度伐根切りが生じるなどにより、作業能率を低下させる
- 安全上支障がない限りできるだけ伐根高を低く
- 特に、上木の元口木寄集材の場合には伐根を地山に合わせて削る等の工夫も必要

26

伐倒の生産性

列状間伐による伐倒作業の生産性は、立木幹材積にほぼ比例



伐倒の生産性

27

(ウ) 木寄集材作業の実施

●200m/haを越える超高密度路網でも、林内にグラップルなどが自由に走行できない場合には、ウインチが必須

●単胴式、複胴式の何れのウインチを選択するかは、木寄集材距離、地形傾斜などによって違うので、一概には言えない

●木寄集材距離が50m以下であれば単胴式での直曳きが可能だが、30m以上では荷掛手の労働負担が大きいので次第に困難

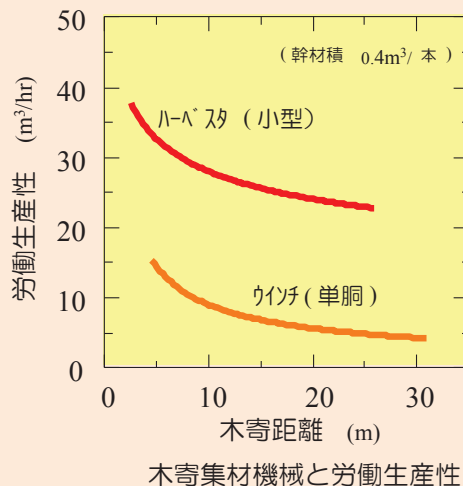
●木寄集材距離が長くなると労働生産性が急激に低下するので、路網密度を高める必要

●ウインチによる木寄集材の有無で労働生産性は大きく変化

28

木寄にウインチを使うと？

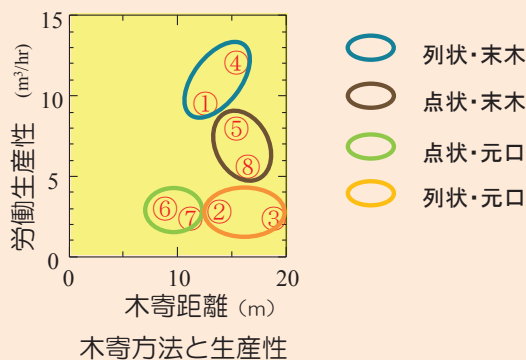
- 図はハーベスタとハーベスタ搭載ウインチの生産性
- 15mの木寄集材で、ハーベスタ25.6m³/hr、ウインチ6.8m³/hr
- グラップルやハーベスタで直接木を掴んで木寄集材すれば、高い生産性になることは明快



29

木寄集材の労働生産性

- 木寄集材の労働生産性は作業パターンによって大きく違う
- 列状間伐の末木木寄が最も高いのに対して、列状間伐、点状間伐ともに元口をウインチで牽引するパターンの生産性が低い

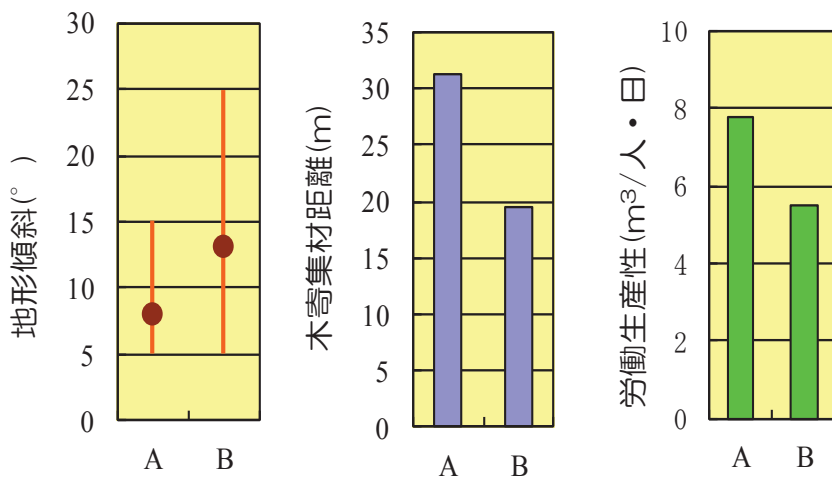


30

次図の

- 「A」は緩傾斜地の林内作業によるグラップルの木寄集材
- 「B」は緩～急傾斜地の路上作業によるウインチを多用した木寄集材
- 機種は「A」が中型で「B」は大型
- 「B」の木寄集材距離は「A」よりも10m以上短距離で、労働生産性は「B」を3割上回る
- この原因は、「B」のウインチによる木寄集材はオペレータと荷掛手の2名が必要なため

31



地形傾斜と木寄集材距離が労働生産性に及ぼす影響

32

安全対策

- 油圧ショベルの転倒防止に最大限の注意が必要
- 油圧ショベルの転倒防止のためにブレードは大変有効
- 油圧ショベルは前後方向には安定度が高いが、横方向に不安定なので、横向き作業は絶対避ける
- 急傾斜地でのウインチによる下木集材は木が滑落することがあるので、滑車やインターロック機構のある機種を使うなど、安全確保に努める

33

(工) 造材

造材場所

- 造材は通常作業道上（中間土場）で行う
- 集積箇所はフォワーダ集搬との関係で、路上か路肩林縁かを選択
- 造材に併行してフォワーダ集搬する場合、路上の集搬積込側に集積し効率化
- 作業ポイントが広ければ、長級別、品質別に集積も検討

34

採材

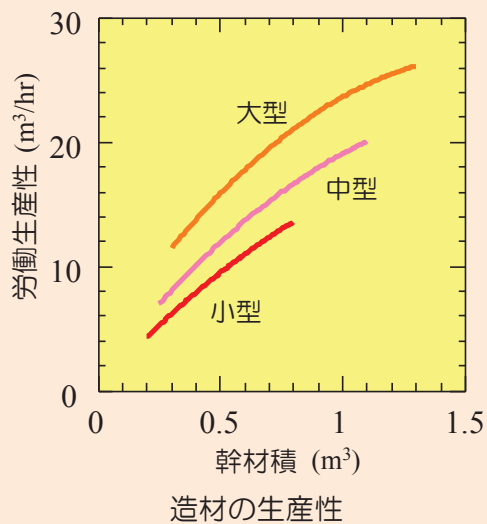
- オペレータは機械操作技能を磨く以上に、採材の目を養うことが肝要
- 有利採材により付加価値の向上を図るために良く木を見ることが大切
- A, B, C, D材を見分ける目を養い利用率の向上に努力
- 残存木に注意を払い、損傷を引き起こさないように

35

造材の労働生産性

- 造材の労働生産性は幹材積と機械の能力によって決定
- 小型システムで $7\text{m}^3/\text{hr}$ を達成しようとする、 $0.4\text{m}^3/\text{本}$ (22cm)程度の立木がなければ困難
- 胸高直径が35cm ($1.5\text{m}^3/\text{本}$)程度で、中型プロセッサでも $20\text{m}^3/\text{hr}$ の非常に高い労働生産性が期待

36

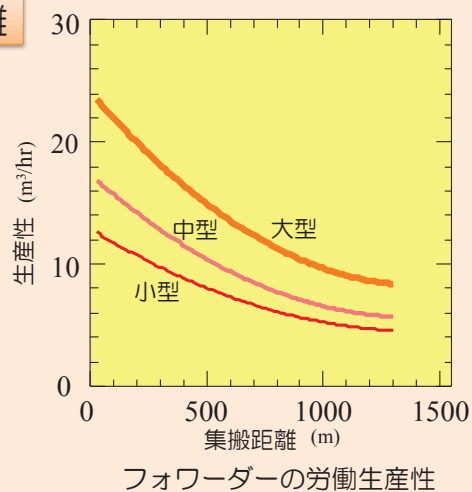


37

（オ）集搬作業の実施

集搬の労働生産性と集搬距離

- 集搬距離は他工程との生産性のバランスで決定
- 大型フォワーダは、集搬距離が長くても高い生産性が期待できるので長距離集搬に対応可能



38

集搬の能率的な限界距離は？

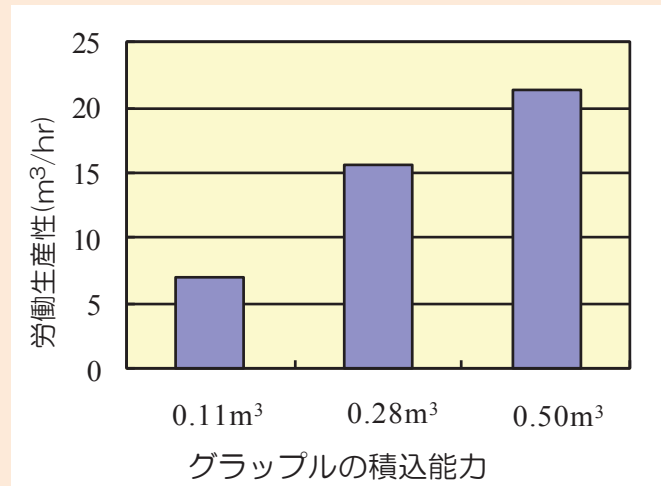
- 集搬の労働生産性 $10\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{hr}$ を確保しようとする
と小型で250m, 中型500m, 大型1,200m程度
が集搬距離の限界
- 集搬距離が長くなり, この工程がシステムのネック
になる場合には, 敷砂利をするなどにより, トラッ
ク作業道の導入も検討が必要

39

積込み

- グラップルの積込能力はベースマシンで決まる
- 0.5m^3 クラスは 0.11m^3 クラスの3倍程度の積込み
能力
- 積込, 荷降しのグラップルの選定も, システムのバ
ランスに十分配慮
- フォワーダが大型化するほど積込, 荷降し時間の短
縮を図らなければ能率は向上しないことに注意が必要

40



41

集搬方法

- 土場作業で仕分けしやすいように積込むことに心がける
- 荷崩れしないように良く積み荷を締めることも忘れずに
- 過積載は重大事故の原因なので絶対ダメ
- 路面が泥濘化や凍結している場合，下り急勾配区間ではスリップの危険が大きいため，走行速度を抑えるなどの細心の注意が必要

42

(力) 桟積作業の実施

- 崩れ防止措置を施し、荷崩れしない積み方を工夫
- 通行人や車両に周知させるための安全標識等の設置が必ず必要
- 2m以上の桟積には「はい作業主任者」の配置が必要

43

Ⅱ. 作業の段取りと人員配置の仕方

段取り

- 段取り8分と言われるくらい、段取りは重要
- 作業日報等を活用して毎日の段取りをきめ細かに行い、作業にムリ、ムダ、ムラが生じないような人員配置を行う
- 燃料やオイル、予備の消耗品の補給に良く注意するなどの細かいことも忘れずに

44

- 木寄集材，造材，集搬のスムーズな流れが確保するまで，作業路作設を先行
- 作業路を先行させながら，列状間伐では作業路配置，地形，伐区形状を考えて伐採列を設定
- 木寄集材などとの関係で伐倒方向を決定してから，伐倒，木寄集材，造材，集搬の各工程を連携しながら

45

セット人員は3~5名+ α

- セット人員は一般的に，少人数の方が無駄を省け，効率化されることが多いので推奨
- しかし，大人数でも構成員が多能工であれば，規模の大きな団地などでは，フレキシブルな人員配置が可能になり，より高い生産性の確保も可能
- 特に，中型や大型システムで機械経費が大きい場合には，セット人員を確保して機械の稼働率を上げる必要性が増す
- セット人員が多くなるほど，生産性が劣る工程に重点的に要員を配置し，工程間の生産性のバランスを保つことに常に心がけることが一層大切

46

人員配置

- 当該作業システムでは、木寄集材の生産性が低くなりがち
- 現場によっては伐倒が遅れがち
- その一方で、造材は最も高い生産性が期待
- 集搬距離が適切であれば集搬も高い生産性が期待
- 伐倒を先行させるためには機械オペレータの応援も必要
- 木寄集材が遅れがちなので、フォワーダやプロセッサのオペレーターは、木寄集材の手伝いが必要

- 次図は標準型Ⅱ（5名セット）の人員配置例
- 伐倒を先行させるには、造材と集搬からの応援が必要なので②のように配置し
- 木寄集材がネックになれば③のように配置するなど
- 人員や機械の配置をフレキシブルに保つ必要
- このような態勢を可能とするためにも、日頃から多工程での仕事に慣れておく必要

47

セット人員5名の人員配置例

伐倒	A	1人
木寄集材	B・C	2人
造材	D	1人
積込	D	(1人)
集搬	E	1人
巻立	E	(1人)

伐倒	A・B	2人
木寄集材	C・D	2人
造材	D	1人
積込	D又はE	(1人)
集搬	E	(1人)
巻立	E	(1人)

伐倒	A	1人
木寄集材	B・C・E	3人
造材	D	1人
積込	D	(1人)
集搬	E	(1人)
巻立	E	(1人)

48

Ⅲ. システムの効率的な運用

(ア) 事前に調整すべき事項の整理

立地条件	アクセス道路は大型トラックの通行可能か？ 作業路の作設が可能な地形、地質、土質か？
林分条件	採算が見込める林分か？ 幹材積0.4m ³ /本以上か？
伐採方法	列状間伐は可能か？
面積	機械システムに見合う出材量が 期待できるか？
伐採率	法令等の制限… 1伐3残25%,1伐2残33%

49

●現地に重機を搬入しなければならないので、まず、アクセス道路の状況確認が必要

●当該作業システムが可能な地形、地質、土質条件かを見分け

●地形傾斜、材の大きさ、出材量、間伐方法、集搬距離などから機械システムを決め、路網や土場を計画し、労働生産性の予測や伐出コストを試算

●伐出コストの試算と生産される丸太売り払い価格から採算性を検討し、事業実行の最終的な可否を決定

50

(イ) システムの効率的な運用

システムを効率的に運用するためには、特に、次の事項に留意する必要

1

各工程間での生産性のバランスの確保

2

機械の日頃のメンテナンスによる稼働時間の確保

3

オペレータの技量の向上

51

一般的注意事項

始業時の点検を必ず実施し、グリスアップは毎日

プロセッサ、ハーベスタのソーと一緒に枝払ナイフも一緒に研ぐことを忘れずに。フォワードのゴムクローラの損傷も必ずチェック

機械修理者を育成し自前で修理できる体制を整えることがムダな経費をおさえ、仕事をスムーズに進めるために大切

高性能機械の性能を引き出すのは熟練オペレータの技能次第。優秀なオペレータの育成なくして、高い生産性は不可能

優良事業体の作業現場見学等を通じて井の中の蛙にならないような、実りある研修に参加することも大切

52

システムの生産性向上のポイント

- トータルとしてのシステムの生産性を向上させる鍵は各工程のバランスが良くとれていることが最も重要
- グラップル系作業システムは、投入される機械台数も多いので、特にこのことに留意
- このことを次表で確認

53

システムの生産性 (1)

区分	労働生産性(m ³ /人・日)		
	A	B	C
伐倒	30	30	30
木寄集材	15	30	50
造材	60	60	60
集搬	60	60	60
巻立	80	80	80
システム	6.9	8.9	10.1

システムの生産性 (2)

区分	労働生産性(m ³ /人・日)		
	A	B	C
伐倒	30	40	50
木寄集材	15	15	15
造材	100	100	100
集搬	100	100	100
巻立	100	100	100
システム	7.7	8.2	8.6

54

- 前頁の表はそれぞれA, B, Cの3パターンを示す
- 左表で生産性が変動しているのは木寄集材だけ
- 木寄集材以外の労働生産性は、立木が極端に細かったり、集搬距離が極端に長距離だったりしないかぎり、達成が可能
- グラップル系作業システムのネックは、木寄集材工程にあること多し

- 木寄集材工程の労働生産性を向上させることが、システムとして高い労働生産性につながる
- 表からも明らかなように、造材や集搬の労働生産性をいくら向上させても、最も生産性が低い木寄集材の改善がなければ旨い話にはならない

55

生産性向上の改善策

伐倒

- 次工程以降の作業をスムーズに流れるようにするため伐倒を先行
- 伐倒が遅れがちになる現場では、余裕のある工程の機械オペレータが伐倒作業を応援
- 中～大型システムで伐倒工程以外での高い生産性が期待できる現場では、複数の伐倒手を配置することも考慮する必要

56

木寄集材

- 緩傾斜地でグラップルが林内を自由に走行できるような現場では、150m/ha程度の路網密度があれば、木寄集材はスムーズに進行

- グラップルが自由に林内走行ができない中～急傾斜地では、200～300m/haの路網を整備することでウインチ木寄集材でも、高い労働生産性が期待

- 10m程度の木寄集材距離であれば、オペレータが荷掛手兼務でも良い結果。ウインチ操作をリモコン化して、荷掛手を省くことも検討すべき

- 生産規模が大きく、造材や集搬の生産性が木寄集材よりもはるかに高ければ、グラップルを複数導入することも検討

造材

- オペレータの技量が高ければ、造材はどの現場でも最も高い労働生産性が期待できる工程

- 造材が進みオペレータに余力があれば、遅れている工程を応援することが必要

- ハーベスタの能力を最大限に発揮するため、他工程への機械追加導入も検討

集搬

- 集搬の労働生産性はフォワーダの積載量と集搬距離でおおむね決定
- フォワーダが大型になるほど積込・荷降し能力を高めなければならないので、積込・荷降し専用のグラップルが有効
- 1回当たりの積載量が多いほど能率は高くなるが、過積載は危険なので絶対にしてはダメ
- 中型～大型フォワーダは高い労働生産性が期待できるので、オペレータは巻立のみならず、余裕があれば木寄集材も実行

林業生産現場技術者のための
車両系伐出システムの運用と森林作業道の計画技術

2016年2月発行

文部科学省「平成27年度成長分野等における中核的専門人材養成等の戦略的推進」事業
「東北地方における林業再創生のための中核的林業生産技術人材養成プログラムの開発・実証」

〒020-8550 岩手県盛岡市上田3丁目18番8号
岩手大学農学部附属
寒冷フィールドサイエンス教育研究センター
