

低コスト森林作業研究会

成果報告書

—研究成果と事業的な取り組みの事例—

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会
「低コスト森林作業システム研究会」

2011 年 3 月

はじめに

「低コスト森林作業研究会」は、「機械化森林施業研究会（H17～19）」の後を受けて平成 20 年に設置されました。高密度作業路網開設による間伐の低コスト化が、全国的に一律に広まろうとしていました。しかし、高密度路網開設は危険性も多く含んでいます。また、関東中部地区の各都県、地域によって森林の状況は様々です。

1 都県だけでは把握しきれない、様々な森林作業に関する調査研究情報を交換し、各都県での作業システムの検討し、各自の調査研究活動の一助となるよう活動を行ってきました。

H20 年 7 月 23 日に、静岡県農林技術研究所森林・林業研究センターを会長とし、10 機関が参加してキックオフとなる第 1 回を開催しました。翌 24 日には静岡県榛原郡川根本町で、スーパーロングリーチグラップルによる間伐作業の現地検討会を開催しました。第 2 回は H21 年 7 月 9・10 日に岐阜県森林研究所に 8 機関が参加し研究会と現地検討会を行いました。現地検討会では、岐阜県関市の「健全で豊かな森林づくりプロジェクト」の団地で作業路開設工法と開設後の水処理方法等について議論しました。第 3 回は長野県林業総合センターを会長とし、H22 年 9 月 2・3 日に長野県山ノ内町で 8 機関が参加して、会長研究会と現地検討会を行いました。現地検討会は「列状間伐研究会」との合同開催となり、育林と利用分野の両面からの意見交換を行うことができました。

本報告書では、この 3 年間の研究会で発表検討された事をまとめました。これから森林作業システムを検討する際に資料として参考になれば幸いです。

最後に、3 年間で会長をお受けいただいた 3 県の関係者の皆様に感謝申し上げます。

低コスト森林作業研究会幹事

岐阜県森林研究所 古川邦明

【参画機関】

森林総合研究所

栃木県林業センター

群馬県林業試験場

埼玉県農林総合研究センター

東京都農林総合研究センター

新潟県森林研究所

山梨県森林総合研究所

長野県林業総合センター

岐阜県森林研究所

静岡県農林技術研究所

森林・林業研究センター

愛知県森林・林業技術センター

目次

【作業】

伐出作業の実態に関するアンケート調査の集計・分析（森林総研）	1
ロングリーチグラップルを用いた作業システム（森林総研）	3
間伐収支プログラムの開発（栃木県）	7
列状間伐による伐採木の搬出作業事例について（埼玉県）	9
基金事業による木材の搬出事例（埼玉県）	14
間伐施業に伴い発生した林地未利用材の搬出および輸送（山梨県）	15
北信木材生産センター協同組合の伐出作業（長野県）	16
現場条件に対応した「信州式搬出法」の索張り方法（長野県）	18
信州式搬出法の実施方法（長野県）	22
小型ハーベスタの造材能力（静岡県）	25
高性能林業機械による効率的作業システムに関する研究（愛知県）	27
0.20m ³ クラスのエクスカベーターで駆動可能なハーベスタヘッド（油圧ストローク式）の改良・導入（山梨県）	29

【路網】

作業道（路）の作設法について（森林総研）	31
山梨県森林総合研究所の取組み（山梨県）	34
山梨県森林総合研究所における簡易作業路への取組み（山梨県）	35
降雨による路面洗掘調査（東京都）	37
横断排水溝の機能調査（東京都）	39
高密度作業路開設間伐作業による下流域への影響調査（岐阜県）	41
作業路開設指針図の作成（岐阜県）	44
枝条による作業路の路面侵食防止対策（岐阜県）	46

【その他】

ヒノキ林における巻枯らし間伐木の伐倒処理（群馬県）	48
列状伐採施業地の林分回復効果について（愛知県）	51
高性能林業機械による列状伐採施業地の林分回復効果に関する研究（愛知県）	52

【参考資料】

路網計画支援ツールで作業路計画を評価する（岐阜県）	54
---------------------------------	----

伐出作業の実態に関するアンケート調査の集計・分析

森林総合研究所 吉田智佳史

アンケート調査概要

- 目的
 - 効率的な作業方法の解明
 - 機械開発や安全性向上のための基礎データの収集
- 実施期間
 - 平成17～19年度
- 実施者
 - 機械化森林施業研究会
 - 岐阜県森林研究所 新潟県森林研究所 栃木県林業センター 山梨県森林総合研究所
 - 長野県林業総合センター 静岡県森林・林業研究センター 愛知県森林林業技術センター
 - 森林総合研究所
- 調査項目
 - 林分条件…林齢、面積、傾斜、胸高直径、etc.
 - 作業システム…使用機械、台数、etc.
 - 作業条件…伐採方法、集材距離、集材方法、etc.
 - 作業結果…生産量、生産性、生産費、etc.

2008/7/23

低コスト森林作業システム研究会発表資料

2

アンケート調査票

2008/7/23

低コスト森林作業システム研究会発表資料

3

収集された調査事例数



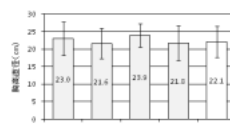
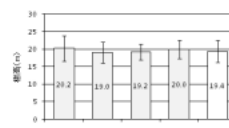
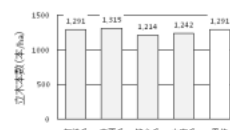
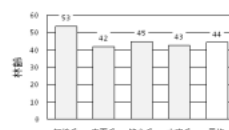
2008/7/23

低コスト森林作業システム研究会発表資料

4

集材系	事例数	集材機械	事例数
スイング	19		
タワー	10		
ラジキャリ	6		
集材機	20		
他	2		
スキッド	19		
トラクタ	45		
フォワーダ	50		
林内車	39		
トラクタ・フォワーダ	24		
スイング・フォワーダ	7		
トラクタ・フォワーダ	6		
チェーンソー	17		
グラブ	33		
クレーン	3		
バックホウ	6		
プロセッサ	3		
合計	308		

林分条件

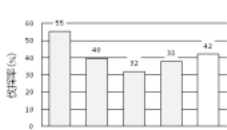
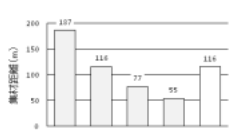
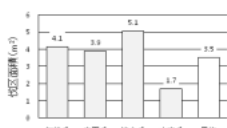
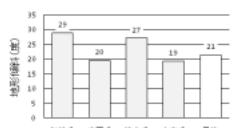


2008/7/23

低コスト森林作業システム研究会発表資料

5

作業条件

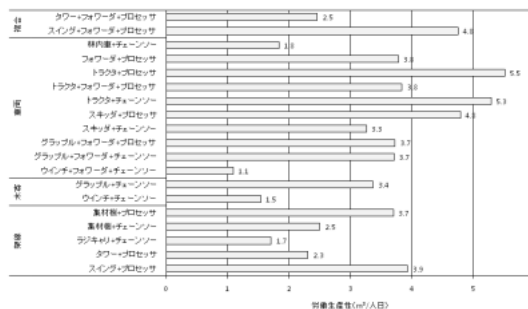


2008/7/23

低コスト森林作業システム研究会発表資料

6

作業システム別の労働生産性

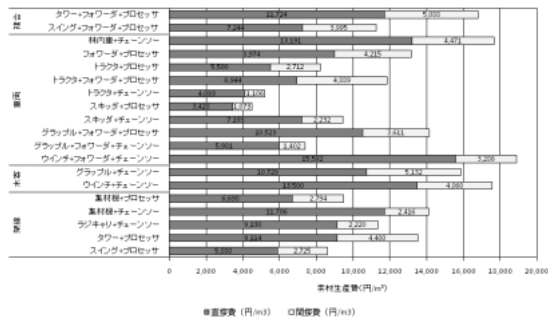


2008/7/23

低コスト森林作業システム研究会発表資料

7

作業システム別の素材生産費

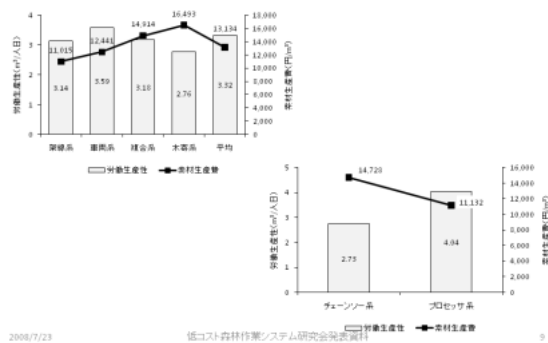


2008/7/23

低コスト森林作業システム研究会発表資料

8

システム区別の生産性・生産費

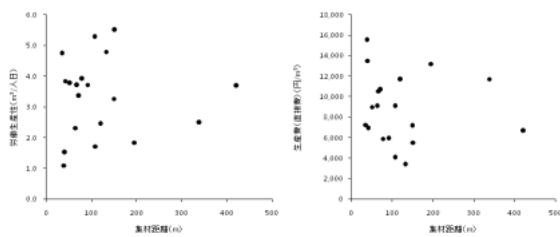


2008/7/23

低コスト森林作業システム研究会発表資料

9

システム別による 集材距離と生産性・生産費の関係

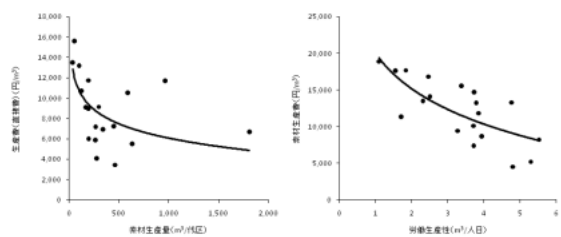


2008/7/23

低コスト森林作業システム研究会発表資料

10

システム別による 生産量・生産性と生産費の関係



2008/7/23

低コスト森林作業システム研究会発表資料

11

データベースの作成

- ・ 動作環境(動作確認済)
 - － OS: Windows xp
 - － ソフト: MS-Excel 2002以上
 - － 機能: 事例毎の閲覧・印刷、入力フォーム
- ・ 公開方法
 - － 会員に配布済み
 - － パスワード制限
 - － 一般公開は未定
- ・ 要検討課題
 - － 調査票の改良、データの整備・公開方法、検索機能

2008/7/23

低コスト森林作業システム研究会発表資料

12

ロングリーチグラップルを用いた作業システム

森林総合研究所 中澤昌彦

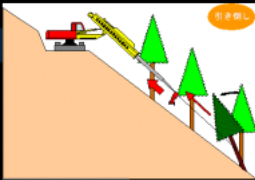
スーパーロングリーチグラップル

林野庁 平成18年度 環境負荷低減対応等機械緊急開発事業
 諸元: ベース0.45m³ (13t)、リーチ長20m、引込力3t (100m/分)




小型先端ウィンチ
(1t、φ8×50m)

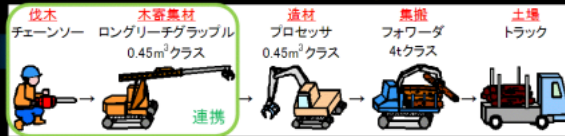
適用機械の特徴





- 木寄距離を拡大
- 伐倒方向を安定
- かかり木処理
- 荷掛作業の負担減
- 造材工程への材供給

当該作業システムの概要



地形傾斜	中～急地形	
伐採方法	列状	点状
作業システム	中型システム	
集材路網密度 (m/ha)	100～180	170～230
伐木～木寄せ集材 (m ³ /時)	4～10	3～6
造材・集搬 (m ³ /時)	10	10
労働生産性 (m ³ /人日)	10～15	7～12
生産コスト (円/m ³)	3,000～5,000	4,000～6,000

開発試験

平成19年度 (富士宮市白糸区財産区有林)
 「木寄方向と地形条件が生産性に与える影響」
 作業条件: 点状 (30%)、緩・急傾斜 (25度・35度)
 上・下木、幅員3.5m

平成20年度 (富士宮市根原区財産区有林)
 「路網条件の違いが生産性に与える影響」
 作業条件: 列状 (1伐3残)、緩傾斜 (25度)
 下木、幅員3.5m・3.0m

平成21年度 (榛原郡川根本町私有林)
 「ロングリーチグラップルとウィンチ付グラップルの比較」
 作業条件: 列状 (1伐2残)、急傾斜 (35度)
 上・下木、幅員3.5m

適用作業システム

	伐木	木寄せ集材	造材	集搬
H.19 点状			プロセッサ ウルフ KP-40 1台・1人	フォワーダ イワフジ2.7t U4-SBG 1台・1人
H.20 列状	チェーンソー ハスクバーナ 246 (346) 1台・1人	グラップル イービジョン SLR185-1 1台・1人	ハーベスタ ケスラー 560SH 1台・1人	フォワーダ 諸岡 3.5t MST-650VDL 1台・1人
H.21 列状			プロセッサ イワフジ GP-35V 1台・1人	フォワーダ 諸岡 3.8t MST-800VDL 1台・1人



伐木・木寄集材(点状)



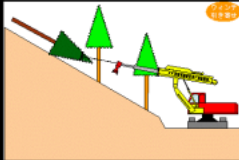
作業のポイント

- 伐倒手とオペレータがその場で選木
 - 路に向けて伐倒
 - 斜めに引き寄せ
 - 路と並行に材を集積
- ↓
- 立木への損傷を軽減
 - 効率と安全を確保
- * ウィンチによる木寄は最低限に

列状間伐



伐木・木寄集材(列状)



受口先行伐倒

先に先に受口、適宜、安全が確認できたときに追口

ウィンチ木寄

グラップルで直接掴めない伐倒木を先端ウィンチで、できるだけ木寄

伐木・木寄集材(列状)



作業の順序

上木を先に作業、場合によっては造材と集搬も

伐倒木の集積

上木：路と並行に集積
下木：伐採列に元口を路側に向けて垂直に集積

木寄集材作業(列状)



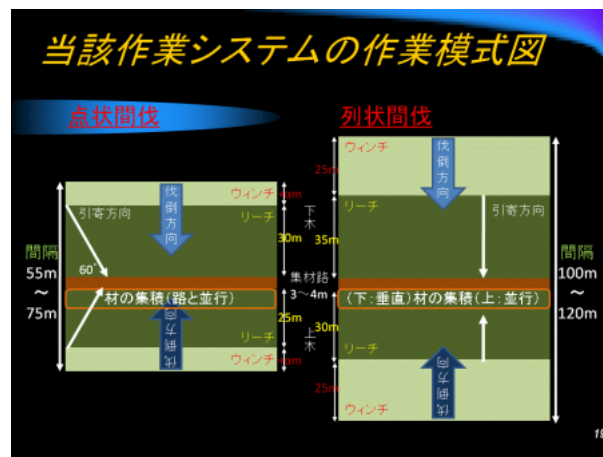
伐木・木寄集材の生産性

最大木寄距離50m(リーチ20m+ウィンチ30m)

+樹高(±滑落)=伐採可能範囲

最大9m³/時 (列状・近距離・下木・緩傾斜・広幅員)

間伐:	点状<列状	1.7倍
距離:	遠<近	1.2倍
集材:	上木<下木	1.6倍
傾斜:	急<緩	1.1倍
幅員:	狭<広	1.6倍



集材路の規格構造



規格構造



作設状況



20

求められる路網条件

路網の規格と構造

間隔: 点状 55～75m (上木35m、下木40m)
 列状 100～120m (上木50m、下木70m)
 密度: 点状 170～230m/ha (配置係数1.3)
 列状 100～180m/ha
 配置: 等高線方向(緩勾配)
 幅員: 3.0～4.0m
 法高: 2m未満
 構造: 車体質量に耐える構造

21

システム生産性と生産コスト

伐採方法	点状		列状				
木寄方向	上木	下木	上木	下木	上木	下木	今年
作業範囲	近	近	近	遠	近	遠	近
木寄生産性 (m ³ /時)	4	6	6	5	9	8	16
労働生産性 (m ³ /人日)	9	11	11	10	14	13	18
生産コスト (円/m ³)	5,400	4,100	4,000	4,400	3,200	3,500	2,500

* 造材・集搬生産性10m³/時、実働6時/日、作業員数4人
 稼働日数130～180日/年、耐用年数3.7～8.6年
 固定費78千円/日、変動費46千円/日、人件費60千円/日

22

間伐収支プログラムの開発

栃木県林業センター 菅沼好一

1 研究背景・ねらい

森林所有者の施業意欲の減退は、持続可能な森林経営を推進する上で、大きな足かせとなっており、さらに森林所有者の高齢化や世代交代等により、森林経営の素人化が進行しています。

所有森林の価値を容易に把握できれば、今後、森林の施業をする上での基本的なデータにすることができると考え、県の行政で進めている間伐収支プログラム開発の一部として取り上げることとしました。

2 成果の概要

開発したプログラムは、次の内容の表示が可能です。

① 森林所有者向けに、簡易に林分の蓄積量と間伐した場合の径級別材積。

→ 材積が判明できれば立木価値の類推は容易です。

② 事業体向けに、上記のほか収支予測。

栃木県内の林分の平均胸高直径は、地位に関わらず、林分の平均樹高・林分の成立本数と強い相関のあることが確認されており、それを参考に計算式を当てはめました。

算定に必要なデータ

① 森林の情報（樹種、面積、ha 当たり成立本数、傾斜、作業路、搬出距離）

② 間伐の情報（間伐率、樹種ごとの出材率）

③ 作業の情報（班員構成、作業機械、機械経費、労務費）

④ 材の情報（曲り等欠損材の除いた率＝”一般材率”、径級別単価）

労働生産性は、事業体によって大きく開きが生じました。労働生産性の高い事業体ほど、データのばらつきが小さく、算定式を求めることができました。一方、労働生産性の低い事業体では、プログラム化出来ませんでした。

3 成果の公表

林業センター研究発表会での口頭発表。県内事業者・普及員向け間伐収支プログラム説明会での配布。

4 行政や現場へのフィードバックの方向性

このプログラムを活用することで、森林事業体はより正確な収支予測が可能となり、森林所有者に経済的な間伐を進めることが可能になり、森林所有者向けに施業提案書のツールとしても活用が期待されています。

労働生産性の低い事業体は、さらにデータを蓄積し、事業体にあったプログラム化を進める予定です。

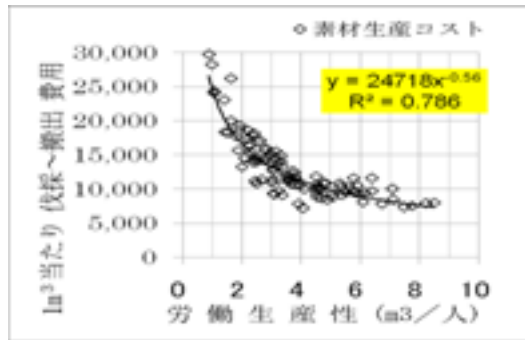


図1 素材生産経費と労働生産性のグラフ
(材価を下回る経費にするための労働生産性が分かる)

[illegible]

図2 プログラムの一例（一部を示す）

列状間伐による伐採木の搬出作業事例について

埼玉県秩父農林振興センター 見富篤

(1) 事例の概要

- ア 場 所 秩父郡内
- イ 時 期 平成19年3月
- ウ 当事者 秩父広域森林組合
- エ 内 容

秩父広域森林組合では、高性能林業機械を使った間伐材等の搬出、販売に取り組んでいるところであるが、今後の事業の拡大にむけて作業の効率化と安全性向上のための資料とするため、作業ごとの所用人工と実際の作業状況について調査し、作業の分析を行った。

○ 調査方法

- ・ 作業ごとの所要人工
選木、番台作り、作業路開設、伐倒、造材、搬出、小運搬の項目ごとに作業員の従事した日数を作業日報に記載してもらい後日集計して各作業に要した人工を算定した。
- ・ 作業内容の詳細調査
実際の作業をビデオ撮影し、伐倒、集材、造材の作業に要する時間を調査した。

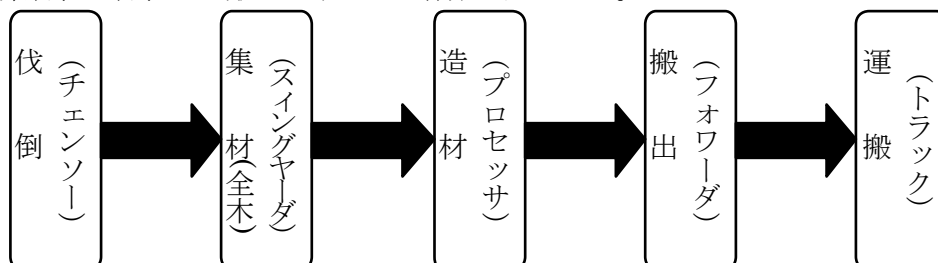
○ 事業地の概要

事業地の中央部に林道(全幅員 4.0m)が横断しており、林縁部には既設作業路 170m 設置されている。林道からの距離は水平で最大 130m であるが、林道の山側には、全線に渡り送電線が設置されている。

面積	4.62ha	傾斜	32° ~44°
樹種	スギ 85%、ヒノキ 15%	林齢	29~45 年
伐採方法	列状間伐(3 残 2 伐)	平均集材距離	47m
平均搬出距離	172m	搬出材積	454.24m ³

○ 作業方法

新たに作業路 429m を作設して、スイングヤード、プロセッサ、フォワーダによる全木集材、造材、小運搬を基本として作業を実施した。



○ 調査結果

- 作業日報による作業ごとの人工数と機械使用時間(搬出材積 454.24m³)

今回の列状間伐による木材生産では、次表から所用人工の 6 割近くが集材作業にかかっており、集材作業の効率化が素材生産経費の低減に大きく影響するといえる。次いで造材作業の割合が多くなっている。

作業内容	使用機械	延べ 人数 人・日	割合	1 人・日当 生産材積 換算 m ³	使用機械 稼働時間 h
調査・選木		6.25	4.8%		
作業路開設	ザウルス	4.50	3.4%		27.9
番台作り		4.00	3.0%		
伐倒	チェンソー	17.25	13.1%	26.33	
集材	スイングヤーダ	57.75	44.0%	7.87	219.8
造材	プロセッサ	26.00	19.8%	17.47	87.5
小運搬	フォワーダ	7.00	5.3%	64.89	61.5
その他		8.50	6.5%		
計		131.25	100%	3.46	

- 伐採作業所要時間の調査結果

伐採方法は、伐採手 1 人、スイングヤーダのウインチ操作 1 人の計 2 人で行い、スイングヤーダのウインチで伐倒方向に引きながら伐採した。次表からスイングヤーダからのワイヤーの取付け、取外しに多く時間を要している。また、掛かり木は 1 本であったが、処理時間が多くかかっている。1 本の伐採に対して常に 2 人での作業となるデメリットがあるが、掛木となったときの処理が容易で安全性は高い作業といえる。

連続した 8 本の伐採について集計

単位 (時間 : 分 : 秒)

作業内容	所要時間計	1 本平均	備考
移動ほか	0:05:18	0:00:40	
ワイヤー掛け	0:08:20	0:01:03	
伐倒木周辺整理	0:05:50	0:00:44	
受口	0:03:10	0:00:24	
追口	0:01:55	0:00:14	
伐倒完了(待避)	0:01:01	0:00:08	
掛かり木処理	0:09:30	0:01:11	掛かり木は 1 本のみ
ワイヤー外し	0:10:34	0:01:19	
伐採に要した時間計	0:45:38	0:05:42	
掛かり木処理を除いた時間	0:36:08	0:04:31	

- 集材作業所要時間の調査結果

集材作業はスイングヤーダを使用した 3 事例について調査した。スイングヤーダでの集材は通常上荷で行うことが多いが、今回の調査事例では、現場条件から下げ荷での集材もおこなわれた。

事例 1 はスイングヤーダのウインチによる単線での木寄せ集材で、設置と撤収の作業が低減された。内容では集材 (引張り) に要した時間が最も多くなっている。単線で

の引張りであるため、地面に集材木の元をずりながらの木寄せとなり根株に掛かるなどして平均の集材速度は低くなっている。集材距離によっては、索張りの時間を要してもランニングスカイライン方式による集材の併用が必要と考えられる。また、この方法は急傾斜の下げ荷では、集材木が作業者(機械)の方へ滑り落ちてくるため危険である。

事例 2、3 はランニングスカイライン方式による下げ荷の結果である。事例地が急傾斜であることと、林道の山側法面の関係で地面から索の高さがとれず、集材時に根株等への掛かりが多くなって、集材速度は平均で 0.10、0.13m/s ときわめて低くなった。作業時間も集材(引張り)に要した時間が多く占めている。また、集材木が根株等に掛かったときに上げ荷で外さなければならず、外し処理に手間が掛かる。荷掛ロープが外れた時の集材木の滑落や他の落下物が多く見られ急傾斜の下げ荷作業は十分注意が必要である。

集材作業に要した時間

単位 (時間 : 分 : 秒)

項目	内容	事例 1	事例 2	事例 3
集材方法	使用機械	スイングヤーダ	スイングヤーダ	スイングヤーダ
	架線方式	単線木寄せ	ランニングスカイライン	ランニングスカイライン
	集材方向	全木上げ荷	全木下げ荷	全木下げ荷
	集材場所	作業路脇	林道脇	林道脇
	作業員数 人	2	2	2
内 容 業	索張回数	—	1	1
	集材本数(A)	5	7	15
	推定平均集材距離(L)	20	15	30
作業内容ごとの時間	設置作業	準備	—	0:03:31
		ロープ回し	—	0:05:15
		ワイヤー接合	—	0:01:59
		ワイヤー回し	—	0:04:23
		キャレτζセット	—	0:05:15
	キャレτζ送り (a)		—	0:06:57
	ワイヤー引き(人力)(b)		0:08:55	—
	荷掛け(c)		0:05:12	0:04:20
	集材(d)		0:10:36	0:17:09
	荷外し(e)		0:01:57	0:03:06
	集材木整理		0:01:29	0:07:53
	撤収	キャレτζ外し	—	0:00:40
		ワイヤー巻き上げ	—	0:03:20
集計	作業全体時間計(B)		0:28:09	1:03:48
	1 本平均 D (B÷A)		0:05:38	0:09:07
	D の1m当たり時間(D/L)		0:01:08	0:01:18
	集材作業時間計 C (a+b+c+d+e)		0:28:09	0:39:25
	1 本当たり集材時間 (C÷A)		0:05:38	0:07:29
	平均集材速度 m/s (L×A/d)		0.16	0.10

・ 造材作業所要時間の調査結果

作業路上の脇に作業路と平行して置かれた集材木のプロセッサによる造材作業について調査した。下表からプロセッサによる玉切り時間に対して、掴み、機械の移動、集材木、丸太の移動整理などの他の作業の合計時間が多くかかっている。現場条件にもよるが、造材しやすい集材場所、集材木の整理を考慮することにより作業効率の向上が見込める。

造材作業に要した時間

単位（時間：分：秒）

項目	内容	事例 1	事例 2	計
造材の内容	作業場所	作業路上	作業路上	
	集材木処理本数（本） A	6	5	11
	造材玉数（本） B	20	20	40
作業内容ごとの時間	集材木の掴み時間	0:03:26	0:00:58	0:04:24
	玉切り時間	0:02:31	0:04:02	0:06:33
	プロセッサ移動時間	0:05:49	0:00:00	0:05:49
	集材木、丸太移動整理	0:00:49	0:06:18	0:07:07
集 計	作業時間計 C	0:12:35	0:11:18	0:23:53
	1 本当たり処理時間 C/A	0:02:06	0:02:16	0:02:10
	1 玉当たり造材時間 C/B	0:00:25	0:00:48	0:00:36

（2）調査者のコメント

今回の調査でスイングヤード使ったランニングスカイライン方式での集材では、集材木が集材時に根株等に掛かることより、作業時間が大幅に増加してしまうことが確認できた。効率のよい集材を行うためには次のようなことが考えられる。

ア 下げ荷集材では索を高く張れないため、根株等に掛かる可能性が増大するとともに掛かりを外す作業もやりにくくなる。さらに、落下物などの危険性も高まる。このため極力上げ荷になるよう作業路を計画する。

イ 集材木の掛かりを少なくするためには、索をなるべく高く張り集材木の根元を地面から離すようにする必要がある。このために、先柱へのブロック設置はなるべく高くする。

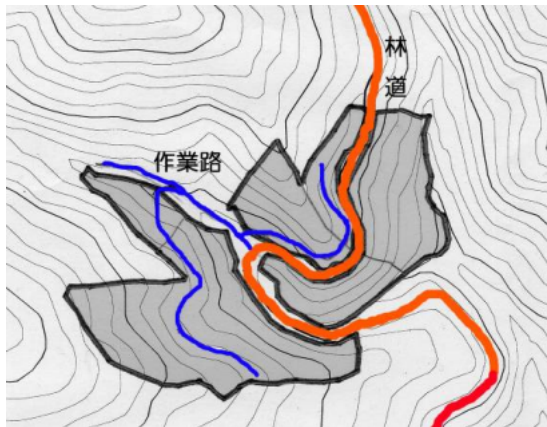
ウ 集材木の掛かりを少なくするため、立木伐倒時の伐根をなるべく低くするようにする。

エ 縦断方向が凸地形では、索を高く張ることは出来ないので、植栽列にとらわれずに地形を考慮して伐採列を決める。

また、作業路への上げ荷作業では、集材木が根株等に掛かったときにスイングヤードに大きな力がかかり不安定になることが見受けられた。作業路は、路肩部分が盛土のことが多く地盤が弱いとともに、狭い作業路ではスイングヤードを集材方向に向けることが出来ないため、無理な作業となり危険性が高まる。安全作業のために作業路計画時には伐採列や集材箇所を念頭におき、機械をセットする箇所を広くとるなど事前の計画が重要であると考えられる。

今後、さらにいろいろな条件での伐採搬出作業を調査し、分析して、現場作業へフィードバックしていくことにより、より安全で効率のよい伐採搬出の作業方法を確立していきたい。

事例地の作業状況写真



事例地の状況図



索張り準備作業



伐採列に索張りして下げ荷による集材



集材が終わりこのあとヘッド(ザウルス)で集材木を整理する。林道脇の電線が作業能率を落としている。



集材木がまとまった段階でプロセッサによる造材



作業路脇に整理された丸太をフォワーダで林道まで小運搬

基金事業による木材の搬出事例

埼玉県農林総合研究センター 後藤克己

1 彩の国みどりの基金とは、

地球温暖化の防止、水源のかん養その他の森林の有する公益的機能の維持増進、生活に潤いと安らぎをもたらす身近な緑の保全及び創出、環境教育の推進等を県民参加の下に図り、もって豊かな自然環境を守り育てるための基金。

財源は、自動車税収入見込額の1.5%相当額(1台当たり約500円)
平成20年度は、約14億円。

2 事例紹介

(1) 現地の状況

場所	面積	作業	班編成
1	4.62ha	列状間伐(3残2伐)	1班5人
2		列状間伐	1班3人

(2) 施業システム(列状間伐)

場所	伐倒	搬出	造材	運搬
1	チェーンソー	スイングヤーダ	プロセッサ&チェーンソー	フォワーダ
2	チェーンソー	スイングヤーダ	プロセッサ	フォワーダ

(3) 作業員班編成

作業内容	スイングヤーダ搬出	プロセッサ造材	フォワーダ運転
人工	2人	1人	1人
内容	オペ、荷掛手		

(4) 工程分析

場所	延べ人工	材積	生産性	コスト(円/m ³)
1	129.2人日	454m ³	3.52m ³ /人日	
2	158.25人日	435m ³	2.75m ³ /人日	約8,000円

間伐施業に伴い発生した林地未利用材の搬出および輸送

山梨県森林総合研究所 小澤雅之

【実験方法】山梨県地域の民有林においてヒノキおよびカラマツ林の間伐施業を行った。チェーンソーで伐木し、チェーンソーおよびハーベスタで造材を行った。材は全て用材として搬出し、それ以外の端材、枝葉等は林地未利用材として分別された。間伐施業終了後、林地未利用材をグラップルにより2tトラックへ積み込み、土場まで搬出した。土場で4tアームロール車にそれを積替え、想定したエネルギー変換施設まで陸送した。この一連の作業に要した作業時間、輸送距離および時間、各種燃費等を実測すると共に陸送先の施設において林地未利用材の質量を計測した。

【結果および考察】間伐施業地に残置された林地未利用材を、そこに配置したグラップルにより2tトラック2台へ積み込んだ。作業はグラップル操縦者1人、トラック運転手2人の計3人で4回行った。積み込み作業に要した時間はトラック1台当たり平均10分33秒であった。積み込み作業の中で最も時間を要したのは、荷台に林地未利用材をロープ等で固定させる作業で、トラック1台当たり平均3分30秒要した。間伐施業地と土場との平均輸送時間(片道4.8km)は、下り(積載状態)約20分、上り(空荷状態)約16分であった。一方、土場では2tトラックから4tアームロール車へ積替え作業が行われた。そこに配置したグラップルを2tトラック運転手が操縦し、トラック1台当たり平均4分40秒要した。2tトラック2台分でちょうど4tアームロール車1台分の積載量となったため、積替え作業終了後直ちに土場から想定したエネルギー変換施設まで一般道路を使って計4回陸送した。平均輸送時間は積載および空荷状態いずれも約28分であった。なおアームロール車は専門運転手1人が対応した。施設に陸送された林地未利用材の総質量は3330kg、その含水率は27.5～118.5%であった。以上のことから、間伐施業地から想定したエネルギー変換施設まで林地未利用材(3330kg)を陸送するのに要した全作業時間は約10時間33分、作業に用いたトラックおよびグラップルの軽油総消費量は71.9リットルであった。なお、陸送した林地未利用材をエネルギー利用するには、さらにチップ化作業等が必要となるが、今回は実施していない。

現在、各地で簡易作業路の作設が行われるようになったが、林業機械による作業を前提としていることが多く、道幅が狭く一般車両には急勾配な区間もあり、大型トラックや4tアームロール車等による施業地への直接乗り入れまで想定されていない。林地未利用材の利活用を推進するためには、簡易で大量に搬出できる手段の検討や車両系の技術開発が必要であると思われる。



図1 間伐施業地での積み込み作業



図2 土場での積替え作業

北信木材生産センター協同組合の伐出作業

長野県林業総合センター 宮崎隆幸

48伐区調査

伐区とは、事業として伐出作業を行う一つのまとまったエリア

①作業条件

(面積、地形傾斜、林分状態等)

②作業方法

(作業システム、使用機械、伐採方法、作業人員数など)

③作業日数、作業人員

④伐出経費

1 作業システム

(作業条件と作業システム)

2 作業工程

(生産性)

3 伐出コスト

48伐区の林況等

伐区数	伐区面積 (ha)	地形傾斜 (度)	樹種 (伐区数)	林齢 (年)
48	4.00 0.82~11.00	21.6 7.0~36.0	スギ 40 カラマツ 22 アカマツ 3	42.4 30~78
(重複混交あり)				
立木密度 (本/ha)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	列状間伐方法 (伐区数)	伐採率
1463.4 520~2500	21.2 18~30	19.3 15~23	1伐3残 37 1伐2残 11	28.5 25~34

1 作業システム

作業システムの状況

伐出システム	(伐木)	(木寄・集材)	(造材)(集材)	伐区数 (内フォワーダ運搬有)	セット人員 (人)
車両系 (プロ・トラクタ等)	チェンソー	ブル・トラクタ	プロセッサ	29 (20)	5 (3-10)
信州型 (ターナー)	チェンソー	タワーヤーダ	フォワーダ	9 (6)	3 (2-4)
信州型+車両 (ターナー+トラクタ)	チェンソー	トラクタ・タワー	プロセッサ	4 (3)	5.5 (3-8)
プロセッサ直取				6 (6)	3 (2-6)

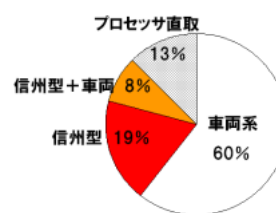
4システムに分類

作業路の作設・補修は24伐区(1/2)で実施
伐木は全てチェンソー
造材は全てプロセッサ
フォワーダ集材は35伐区(3/4)で実施
セット人員は、最小で2名(平均4名)

プロセッサ中心の作業システム
セット人員の削減

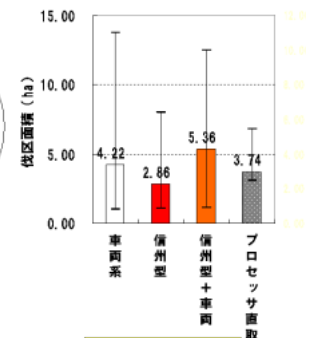
1 作業システム

作業システムの比率



伐区数は、信州型は2割。
信州型+車両をたして2~3割

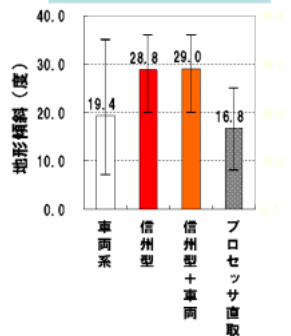
作業システムと伐区面積



小面積でも伐出

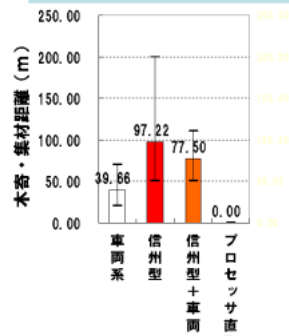
1 作業システム

作業システムと地形傾斜



信州型は、30度前後で実施。

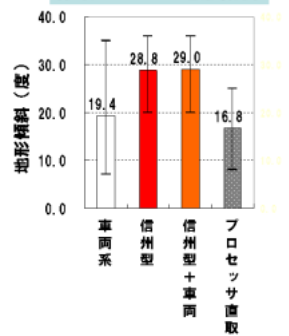
作業システムと木寄・集材距離



信州型の集材距離は、50m以上

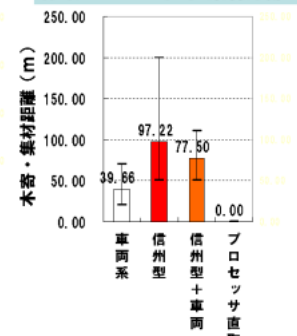
1 作業システム

作業システムと地形傾斜



信州型は、30度前後で実施。

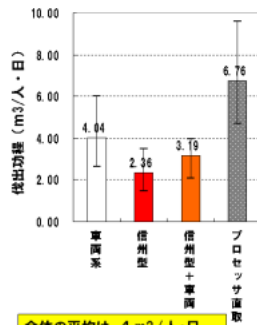
作業システムと木寄・集材距離



信州型の集材距離は、50m以上

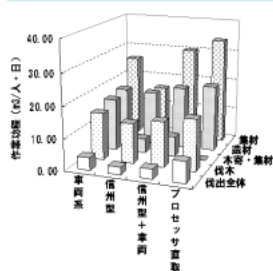
2 作業工程

作業システムの伐出工程



全体の平均は、4 m³/人・日
信州型は、2~3m³/人・日

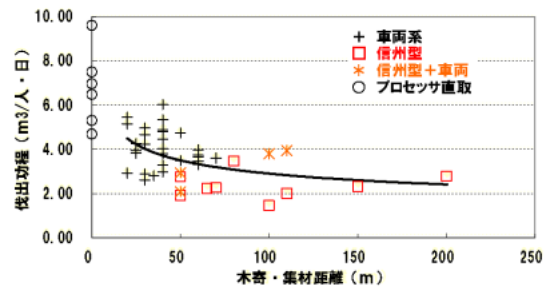
作業システムの工程別の功程



信州型は索張り考えた伐木

2 作業工程

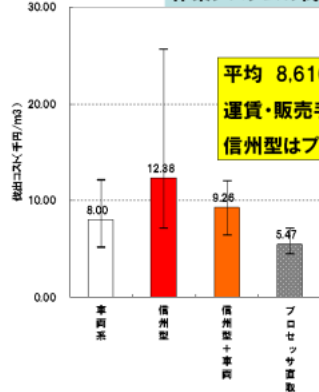
木寄・集材距離と伐出功程



伐出功程には木寄・集材距離が影響

3 伐出コスト

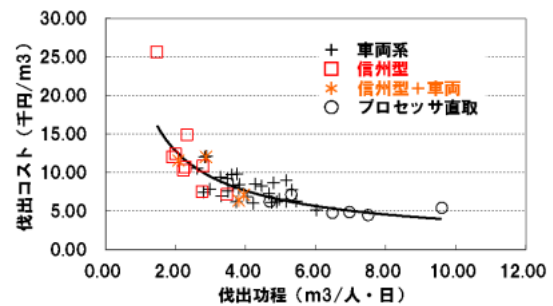
作業システムの伐出コスト(山土場まで)



平均 8,610円/m³
運賃・販売手数料込み12,050円/m³
信州型はプロセッサ直取の2倍

3 伐出コスト

伐出功程と伐出コスト



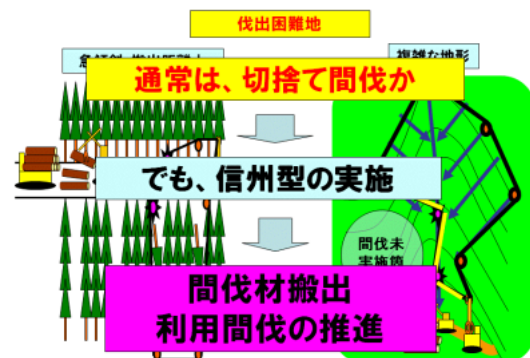
伐出功程とコストの間には相関が認められた

北信木材生産センター協同組合の伐出作業は
信州型だけじゃないんです！

- 作業システム
 - ・プロセッサ中心の作業システム
 - ・作業条件による木寄・集材機械の選択(4システム)
 - ・作業路の活用(フォワーダの活用)
 - ・小面積でも伐出(きめ細かな施業)
 - ・セッティングの削減
- 伐出功程(生産性)
 - ・プロセッサ直取>車両系>信州型+車両>信州型
- 伐出コスト
 - ・プロセッサ直取<車両系<信州型+車両<信州型
 - ・コスト削減のための、労務費の削減(セッティング2名)

信州型は？

信州型はどんな所で実施しているの？



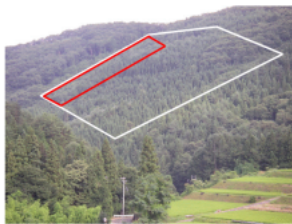
現場条件に対応した「信州型搬出法」の索張り方法

長野県林業総合センター

1 平行型の単純な索張り

場所：長野県上水内郡信州新町

林況



全景



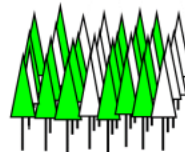
林分状況

面積	0.18 ha
樹種・林齢	スギ・40年生
平均胸高直径	26 cm
平均樹高	23 m
ha当り本数	1,233本/ha
ha当り材積	727m ³ /ha

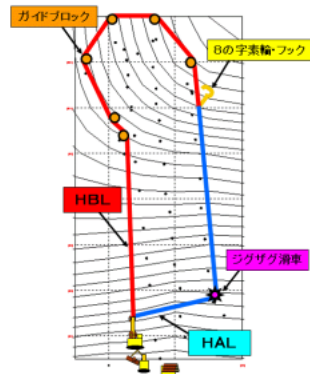
間伐方法

3残1伐列状間伐＋
点状間伐

間伐率 30%～35%

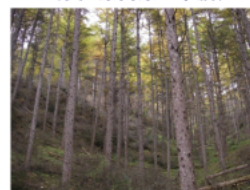


索の張りの方法



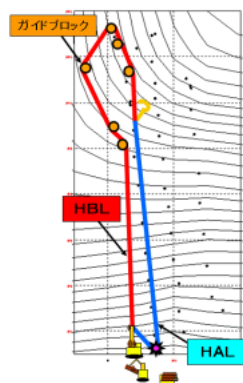
2 沢地形での応用的な索張り

長野県松本市入山辺県有林
(美ヶ原高原の中腹)



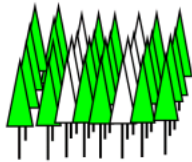
林分状況

面積	1.28 ha
樹種・林齢	カラマツ・47年生
平均胸高直径	34 cm
平均樹高	27 m
ha当り本数	350本/ha
ha当り材積	385m ³ /ha

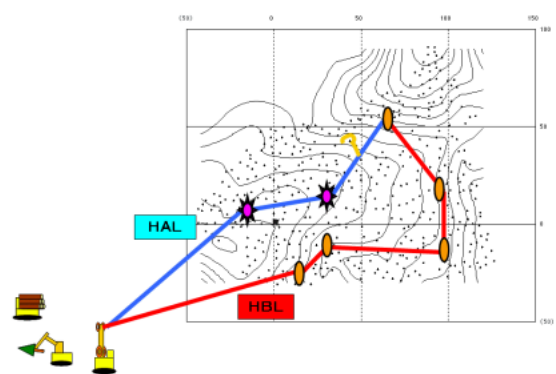
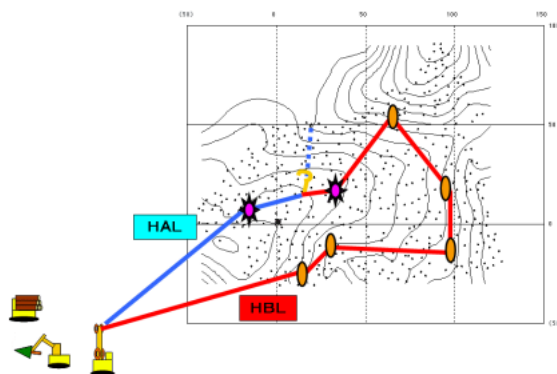
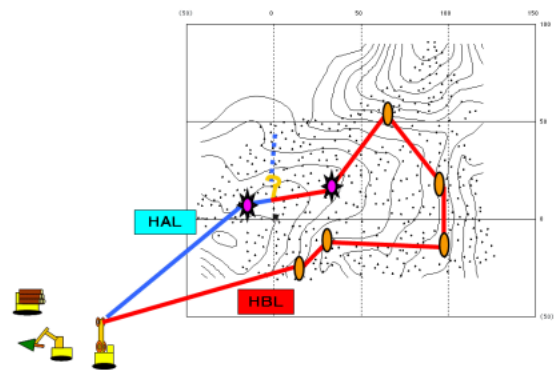
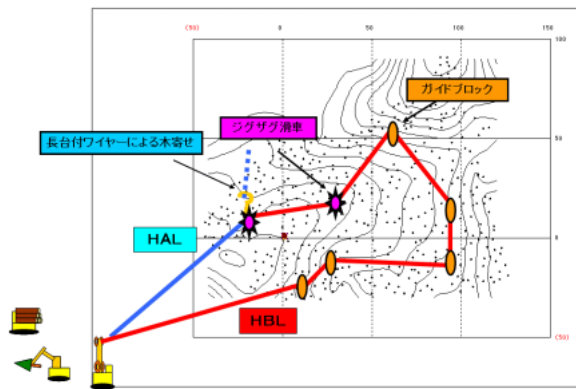
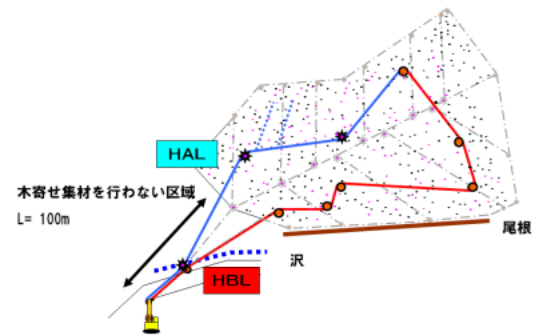


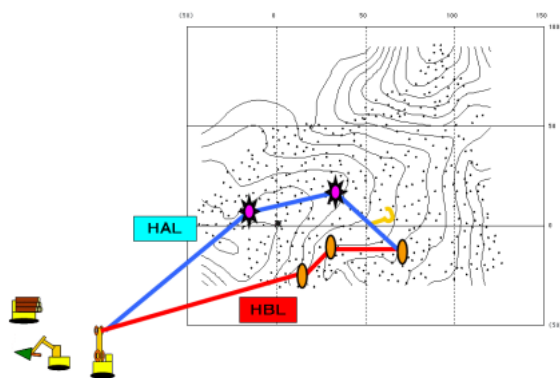
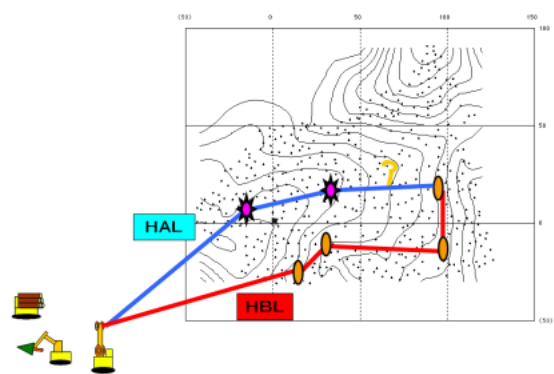
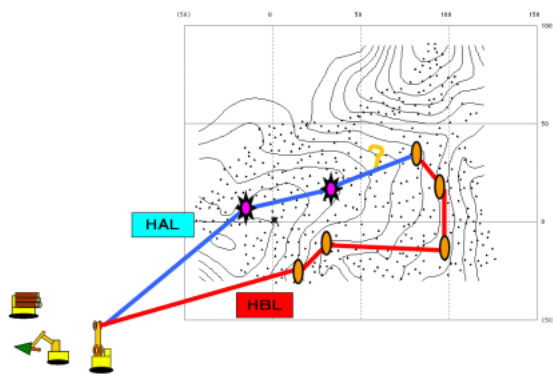
間伐作業方法

2残1伐列状間伐
間伐率 27.8%



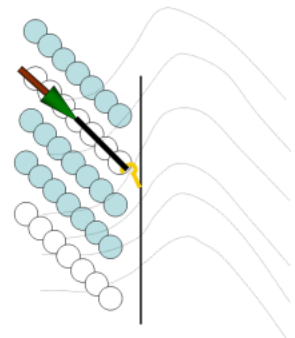
索の張りの方法



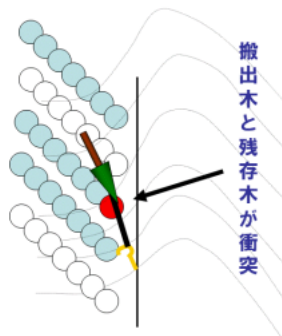


「長台付ワイヤー」での木寄せ

「長台付ワイヤー」で集材そのまま木寄せすると

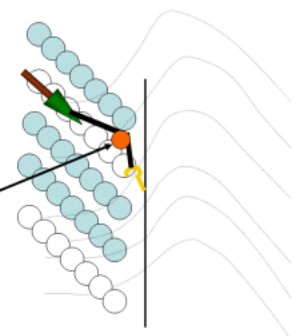


フックに引き寄せられて、搬出木と残存木が衝突する。

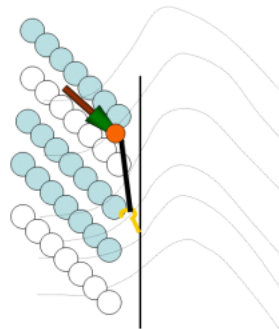


そこで、架線近くの残存木に滑車を設置して、そこまで搬出木を引き寄せる。

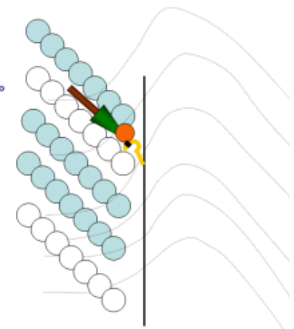
滑車



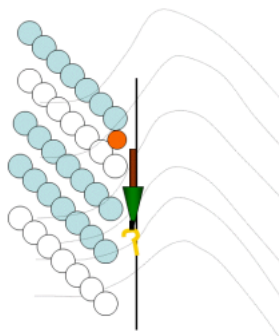
そこで、架線近くの残存木に滑車を設置して、そこまで搬出木を引き寄せる。



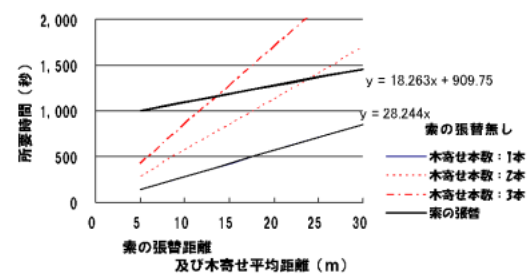
短い台付ワイヤーに掛け替える。



残存木に損傷が発生せずに木寄せできる。

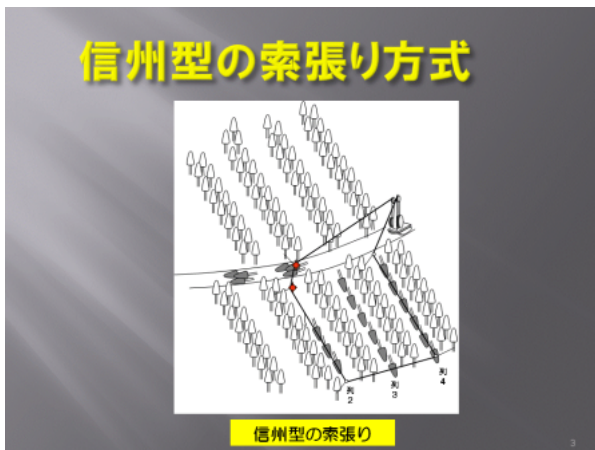
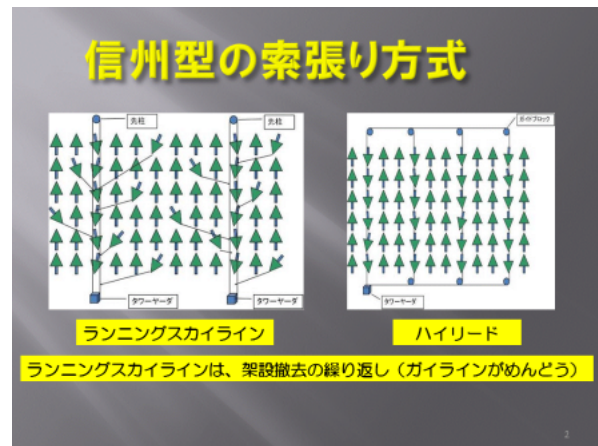


索の張替距離・木寄せ平均距離と所要時間の関係



信州式搬出法の実施方法

長野県林業総合センター 宮崎隆幸



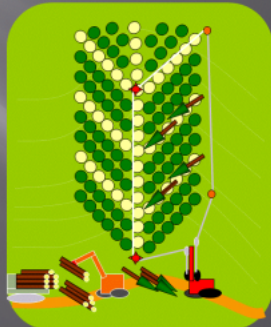
もちろんジグザグ滑車を使用

方向転換に
ジグザグ滑車



7

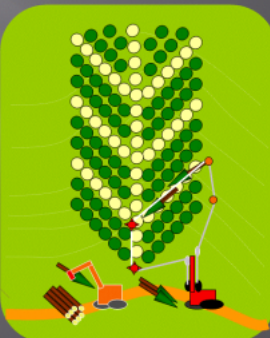
線を張り替えながら搬出



9

線を張り替えながら搬出

HBLを1回で、引き回して列ごとに木寄せ集材を行う時もあります。



10

ジグザグ滑車とは

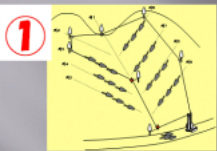
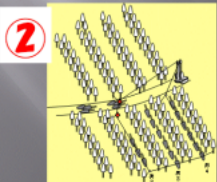
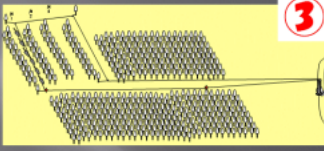
動画 クリック



注意:ジグザグ滑車は、外れる可能性があるあるので決して内角には入らないこと。

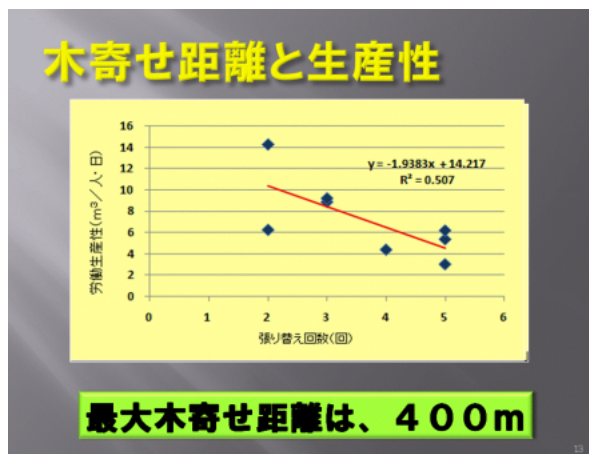
11

信州型の索張りパターン

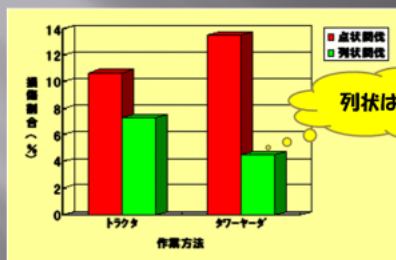




- ① 魚骨式列状間伐
- ② 道端平行列状間伐
- ③ 奥地列状間伐

12



列状間伐は損傷率が低い！

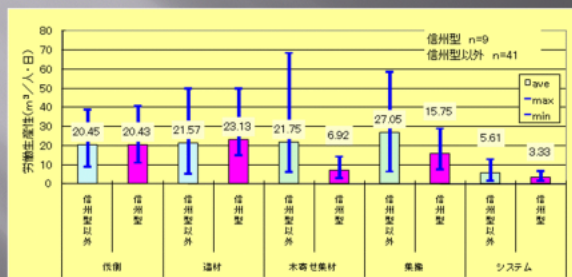


列状は、1/3

列状は、直線的な線下集材
点状は、横取りの際に損傷が発生

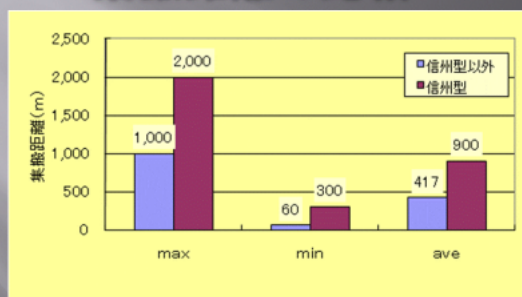
14

信州型の生産性は？



15

集搬距離の比較



信州型は、フォワーダが活躍すると
長距離集搬になっている！

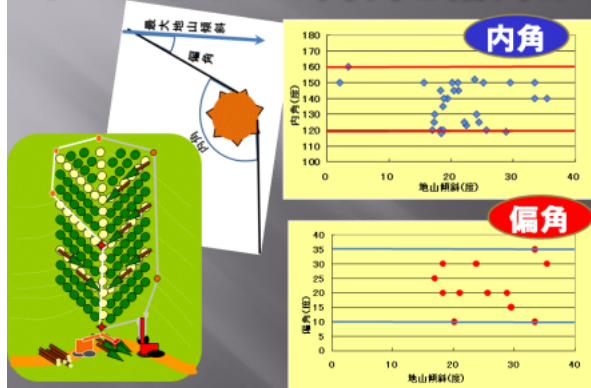
16

効果的な索の引き回し



内側を回すと、延長で20%減

ホールラインの内角と偏角は



損傷防止対策は？



19

小型ハーベスタの造材能力

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター 渡井純

背 景

高性能林業機械の普及促進

- ☆プロセッサ・ハーベスタヘッドの小型・軽量化
- ☆幅員を抑えた作業道（2.5m）での施業
- ☆林地における汎用性が高まっている

目 的

プロセッサ・ハーベスタヘッドの小型・軽量化

- ☆造材径の限界（公表値37cm程度）
- ☆オペレーターの経験で判断

造材作業能力を客観的に把握

新規導入時の判断材料
経験の浅いオペレーターの判断材料

発表内容

- ☆0.25m²クラスのハーベスタの造材作業を調査
- ☆一連の作業でハーベスタ造材を行った材とチェーンソー造材を行った材の径を比較

ハーベスタの造材能力の検証

調査方法

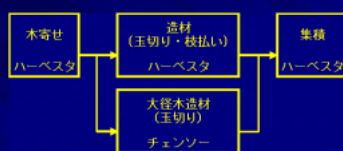
☆調査地の状況

項 目	内 容	項 目	内 容
所在地	西伊豆町宇久須地内	処理材積	43.284m ³
林班	22 区 6	ベース車両	日立ZAXIS 75US・2ベースboom仕様
樹種・林齢	スギ・42年生	ハーベスタヘッド	KETO 51
平均傾斜	19°		
調査面積	0.40ha		



調査方法

☆作業システム

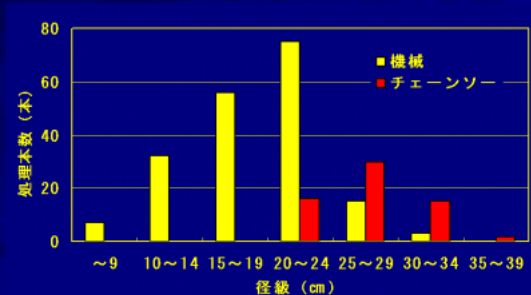


☆検証方法

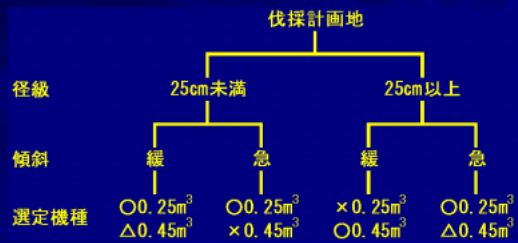
- ・ハーベスタとチェーンソーにより造材された材の末口径を計測
- ・処理材の径級分布を比較

調査結果

各造材作業における処理丸太の末口径分布



機種選定例



まとめ

- ☆0.25m³クラスのハーベスタで造材された材の最大末口径は32cm（公表値37cm）であった。
- ☆末口径25cm以上でハーベスタ造材とチェンソー造材の割合が逆転した。
- ☆0.25m³クラスのハーベスタの定格的な造材能力は25cm程度と考えられる。

今後の計画

- ☆0.45m³クラスのハーベスタの定格造材能力。
- ☆プロセッサヘッドの定格造材能力。

高性能林業機械による効率的作業システムに関する研究

愛知県森林・林業技術センター 小林寛生

○背景と目的

○ 背景

- ・木材価格の低迷。担い手の不足。過密林分の増加。

↓ 機械化による労働生産性の向上

- スイングヤーダ集材
- プロセッサ造材
- フォワーダ運材

○ 目的

- ・各高性能林業機械の労働生産性を明らかにする
- ・林分条件等に応じた作業システムの適応性を検討する

○方法

○ 県内9箇所の列状伐採地において調査

- ・条件ごとに労働生産性(m^3 /人日)を分析

材積条件

傾斜条件

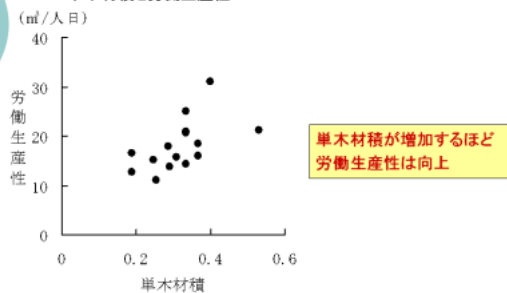
- ・各機械について作業内容を要素化。要素別に所要時間を計測

○調査地概要



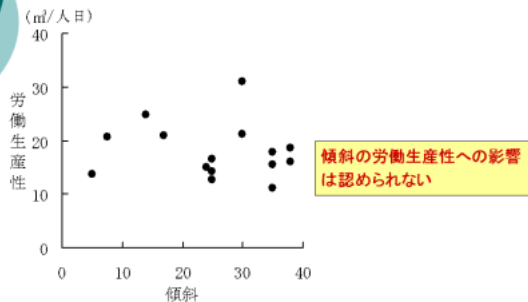
○スイングヤーダ①

○ 単木材積と労働生産性



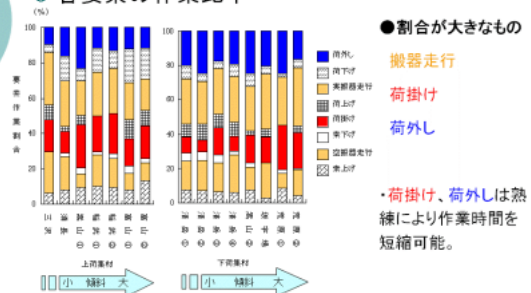
○スイングヤーダ②

○ 傾斜と労働生産性



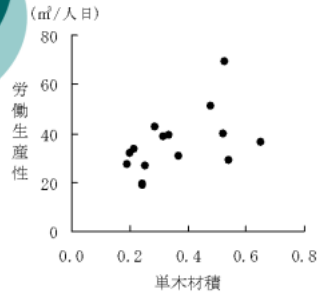
○スイングヤーダ③

○ 各要素の作業比率



○プロセッサ①

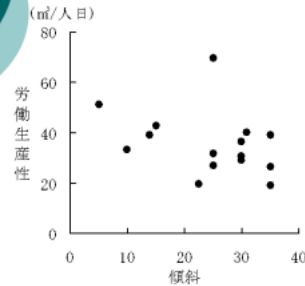
○ 単木材積と労働生産性



単木材積が増加するほど
労働生産性は向上

○プロセッサ②

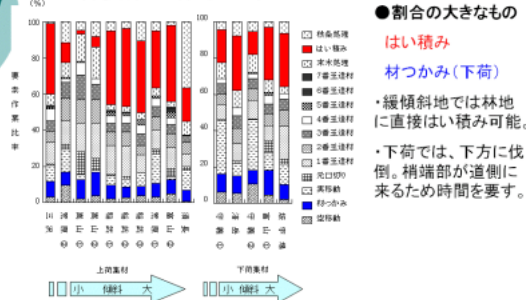
○ 傾斜と労働生産性



傾斜が大きいほど労働生産性は
低下する。

○プロセッサ③

○ 各要素の作業比率



●割合の大きなもの

はい積み

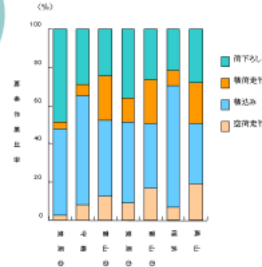
材つかみ(下荷)

・緩傾斜地では林地に直接はい積み可能。

・下荷では、下方に伐倒。梢端部が道側に
来るため時間を要す。

○フォワーダ

○ 各要素の作業比率



・嵩山は長距離だが、作業路が広く高速に運搬。

・富山②は急傾斜。作業路が狭く運材困難。

・好適な作業路の確保

↓
・労働生産性が向上

○総労働生産性

○ 施業地の労働生産性

調査地	平均単木材積 (m³)	伐倒 (m³/人日)	スイング ヤード集材 (m³/人日)	プロセッサ 造材 (m³/人日)	フォワーダ 運材 (m³/人日)	労働 生産性 (m³/人日)
稲武	0.495	49.55	26.01	31.86	2047	7.20
荒原	0.368	36.82	17.60	41.39	3322	7.23
富山	0.198	19.83	13.31	24.34	31.74	5.05
嵩山	0.311	31.15	14.58	50.45	41.85	6.92

・総労働生産性は、5.05～7.23m³/人日

・単木材積が大きいほど高い

・傾斜は、総労働生産性に及ぼす影響は不明確

・現在、間伐の労働生産性は3.45m³/人日(林野庁, 2007)。その1.5～2倍の労働生産性

○まとめ

○ スイングヤード集材

人力作業である荷掛け、荷外しにかかる時間が大きい。ここに労働生産性向上の余地。

○ プロセッサ造材

はい積みにかかる時間が大きい。集材箇所の確保で、労働生産性が向上。

○ フォワーダ運材

好適な作業路の確保で労働生産性が向上。

○ 全国平均の1.5～2倍の総労働生産性。

○ 平均より高い労働生産性が得られていることから、これら3種の機械の組合せによる作業システムは、愛知県の地形条件に適合していると考えられる。

0. 20m³ クラスのエクスカベーターで駆動可能なハーベスタヘッド（油圧ストローク式）の改良・導入

山梨県森林総合研究所 柘植賢二

1 経緯・目的

山梨県中西部にある甲斐市に本社を置く（有）藤原造林では、森林施業計画を策定した団地内において、大橋式高密作業路網（幅員 2.5m）による木材搬出を行なっている。

間伐における現行の作業システムは、伐倒（チェーンソー）→集材（ロングアームグラブ）→造材（チェーンソー）→運材（2 tトラック）であり、チェーンソーによる伐倒及び造材作業における作業効率の低さが問題となっている。中でも造材工程がシステム全体のボトルネックとなっており、改善の必要性が認識されている。

こうした課題を解決するためには造材機の導入が有効であると考えられる。しかし、幅員 2.5m の作業路に導入が可能なベースマシンは 0.25m³ クラス（車体全幅 2.2～2.3m）が最大であるが、作業スペースを考慮すると過大であり、また施業団地内に広く生育しているヒノキの枝払いを行なうにあたり、その処理能力を有する油圧ストローク式のアタッチメントが主な流通製品の中には見あたらない状況にある。

そこで（有）藤原造林では、林野庁の「先進林業機械導入・オペレーター養成促進緊急対策事業のうち先進林業機械の導入・改良費等」（事業実施主体：（株）アミタ持続可能経済研究所）を活用し、0.20m³クラスのベースマシン（車体全幅2.0m程度）以下の小型機であり、かつ高い造材能力が期待できる油圧ストローク式のハーベスタの改良・導入を目的として、試験機の開発を進めている。

2 現状及びこれまでの取り組みの成果

1）導入する機械の内容・仕様・性能等

【ハーベスタヘッド】

形式		Arbro400
メーカー名		A F M（フィンランド）
機械の性能	チェーンソーバー	14～16 インチ装着可能
	総重量	280kg
	枝払い可能材径	360mm
	枝払い力	22kN
	ストローク方式	660mm／1 ストローク
主な改良点（予定）		・日本の気候に適合した部品への交換（結露対策） ・ヒノキ枝払い作業に適合するナイフ形状の検討・改良 ・測尺精度の確認・向上 ・鋸断材長の確認・改良 ・トングのスリップ対策と握力（圧力）調整・改良

【ベースマシン】

機械の名称		日立油圧ミニショベル
形式		ZX55UR-3 モノアーム・ロングアーム仕様（油圧単胴ウインチ搭載）
メーカー名		日立建機株式会社
機械の性能	最大作業半径	アーム先端 6300mm
	車体全幅	2000mm
主な改良点（予定）		・油圧回路の改良（流量確保） ・取付けブラケットの製作（新規設計） ・Arbro400 用 レバー取付け・改造 ・ウインチ用油圧取出し及び油圧回路新設・取付け・改造 ・安定度向上のための増量カウンターウェイトの検討 ・各部汎用製品による改良、改善 （量産化を視野に入れた汎用部品の検討・装着）

2）事業の進捗状況等

9月1日現在の進捗状況は次のとおりである。

・機械発注

ハーベストヘッド：（有）フォレスト（山形県。取付・加装作業も実施）

ベースマシン：山梨日立建機（株）

・現地視察

（有）フォレスト

金山町森林組合（山形県）：Arbro400 を 0.25m³ クラスのベースマシンで使用

・第1回運営委員会（8月31日開催）

現状報告

事業スケジュールの確認・調整

3 今後の主な予定

・機械の納入 10月

・運営委員会（第2回：11月、第3回：1月）

・現地検討会（第1回：11月、第2回：12月、第3回：2月）

・作業システムの検証（12月）

作業道（路）の作設法について

森林総合研究所 梅田修史

作業道（路）の作設法について

森林総合研究所 林業工学研究領域 梅田修史



火山灰質粘性土（関東ローム）での作業路の作設（群馬県松井田）

作業道路網の作設法

- (1) 路線配置 : どこに作るか → 地形
- (2) 施工法(作設法) : どういう方法で作るか → 土質
- (3) 規模 : どの位の大きさか(幅員、密度) → 地形、土質

路網を作設するにあたり、伐採搬出作業の効率、経済性の観点から作業機械と作業法の設定が不可欠。

作業システムの構築

林業経営から求められる道の条件と作設技術

林業経営の立場から
道に求められる条件

- (1) 崩れない
- (2) 維持管理が容易
- (3) 低コストで作設できる

自然条件に
適応した道作り

条件の現場への適応

- ① 緩斜面に開設する
- ② 急斜面では土の性質を生かす
- ③ 構造物は木製(短期的安定)
- ④ 在来種の草本で緑化(長期的安定)

条件の相違、各地で作り方が異なる

作設技術 : ローカルな部分
グローバルな部分

地形、地質、土質の観点
からの判定、理論付け

《地形、地質、土質と作業道の関係》

- ・地形→路網の配置: 緩斜面の抽出←傾斜、崖錐(地形種)
- ・土質→作設法 : 土の種類、土の状態の把握←土の分類、締固め特性等
- ・地質(岩石)は、地形の骨格を作り、土の母材となる

(1) 道の配置(路線選定)

① 緩斜面に道を開設する

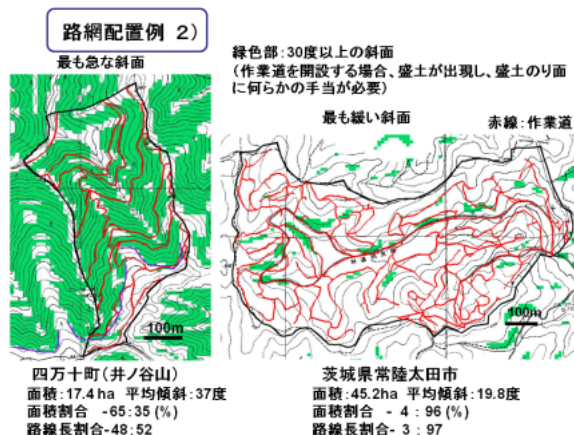
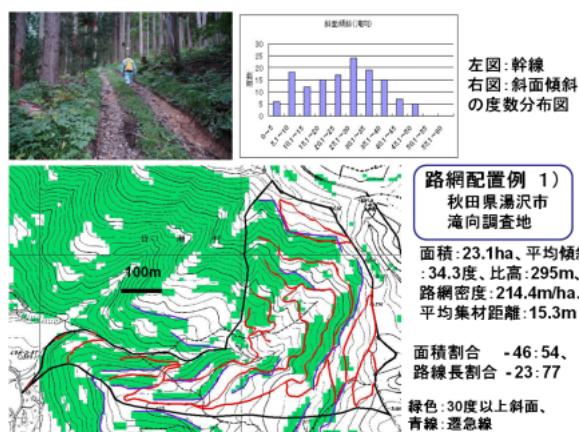
路線選定の手順

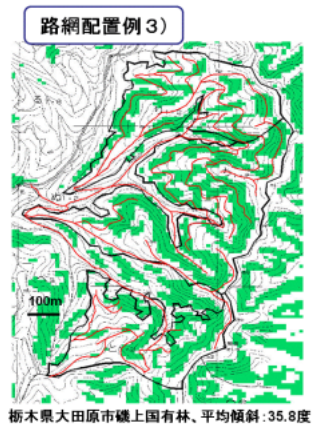
- (1) 図上での予定路線の配置。
- (2) 現地踏査により開設場の適正を検討し、作設位置を選定する。
- (3) 現地で作設位置を決定し、開設予定線に目印を付ける。

(1) の図上での路線配置の段階

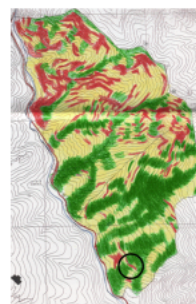
山を見て情報を収集し、要注意箇所、カーブの開設位置、タナ地形(緩斜面)等を抽出して色分け図を作成する。
(大橋氏、道づくりのすべて)

現地踏査の短縮化、労力の軽減化





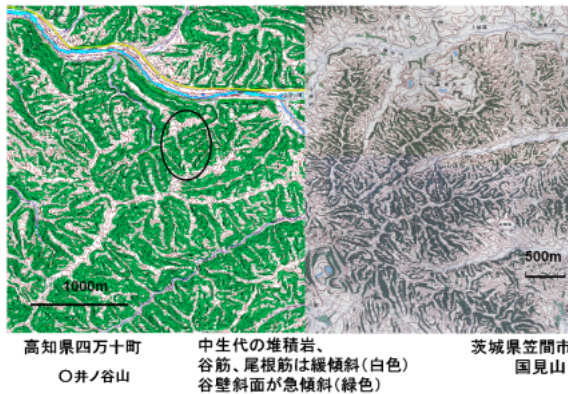
色分け図(左)と30度区分図(右)との比較



色分け図(左)
緑(凸部)、黄(凹部):
直径1cmの円内に
等高線3~4本以下
赤: 道を付けてはいけ
ない所
↓
緑・黄: 土砂移動だけで道
を開設できる所(3本以下)
≒30.9度以下
道を計画できる斜面の
限界(4本以下)≒38.6度

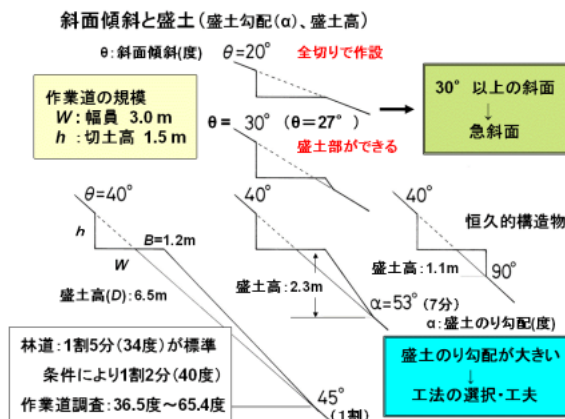
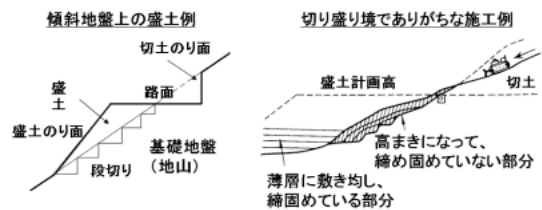
30度区分図(右)
緑: 30度未満の斜面
↓
盛土なし(切土のみ)で
開設できる斜面

30度区分図の利用例(読図)



(2) 道の作設法

- ①地山と盛土全体の密着性、一体化を図る。
- ②急斜面では高盛土となるための勾配を大きくする。
- ③路面の地山部と盛土部の支持力を同じにする。



盛土のり面の工夫



作業道作設法(4種類)

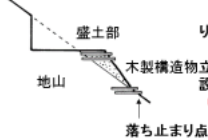
(1) 一般的な方法



- ①地山と盛土全体の密着性、一体化を図る
- ②盛土勾配を大きくする
- ③路面の地山部と盛土部の支持力を同じにする

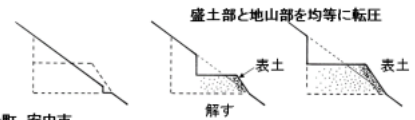
・場所: 常陸太田市、磯上国有林、
・施工法、特徴:
切土を谷側斜面に盛る。谷側斜面と盛土との密着性を高めるために斜面表土は除去する。表土を除去しない場合もある。施工は容易だが、盛土部の締固めが不足する。
①不明 ②常陸太田市: 45.7度、磯上: 46度

(2) 木製工を用いた方法



・場所: 甲府市、奈良県川上村
・施工法、特徴:
路肩部に2段(路面処理工)、土砂の落ち止まり線に高さ80cm程度の丸太組構造物を作る。急傾斜で落ち止まり線が止まらない所に、設置(犬走り)。のり勾配は地山勾配より小。
①不明 ②甲府市: 63度、川上村: 36~41度

(3) 四万十町の方法



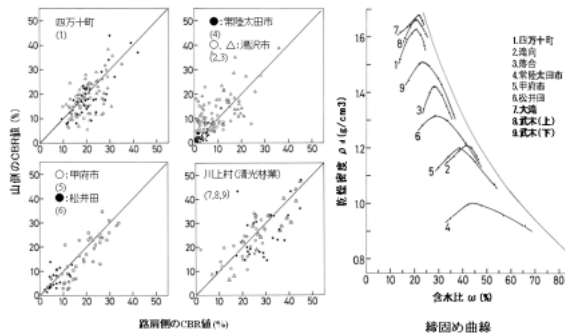
・場所: 四万十町、安中市
・施工法、特徴: 盛土のり尻を転圧し、盛土のり面になる部分に斜面表層土を盛り、地山部の土砂も一度解して転圧する。まき出し厚は50cm程度。伐根は、盛土のり面部に根の部分を埋めている。
①地山、盛り土の区別無し、②53~59度

(4) 湯沢市の方法



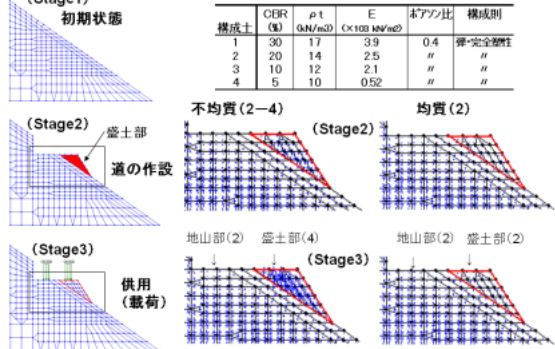
・場所: 湯沢市
・施工法、特徴: 施工開始から供用までに3年をかける。1年目は、土工機械の車幅で作設し谷側の表土は除去して盛る。2年目は、切土からの崩落土を盛土部へ盛り転圧する。3年目は、切土部を切り必要な幅員に拡幅して盛土部に土を入れ転圧して完成。
①表土除去、②47~51度

路面支持力(左)と土の締固め特性(右)



地山・盛土部の一体化(FEMによる評価の試み)

(Stage1) (斜面傾斜35度、幅員3m、切土高1.5m、盛土勾配56度)



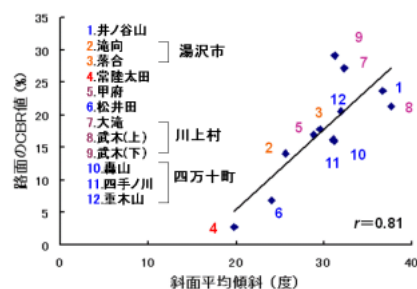
まとめ: 作業道路網の課題

- (1) 現場で路線を決める踏査をどこまで軽減できるか?
図面上から微地形をどこまで把握できるか。
- (2) 盛土部の補強をどうするか。
特に、傾斜30度以上の斜面に作設する場合。
- (3) 地山部と盛土部の一体化。
- (4) 間伐期後の主伐期に備えて(道の規模)。
トラックの通行できる作業道を、どこに、どれくらい、どういう方法で作設出来るか?



斜面傾斜、路面の支持力と作設法

4: 一般的な作設法 2, 3: 湯沢市の方法
1, 6, 10, 11, 12: 四万十町の方法 5, 7, 8, 9: 木製工盛土

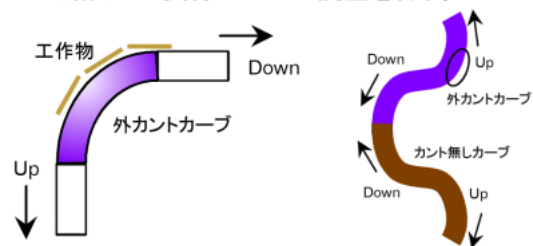


簡易作業路の作設手法の確立

- 平成19～21年度 試験研究課題
- 昨年度は実際の作業路作設現場での工程調査を実施
- 本年度は耐久性に関する試験を実施中
排水と路面との関係
木組工作物の耐久性

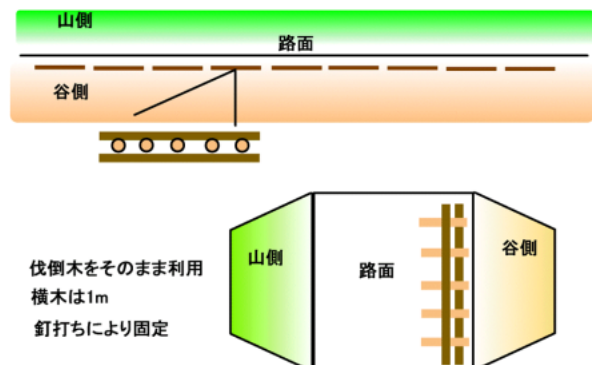
路面排水に関する調査

- 山梨県森林総合研究所裏山実験林にて、外カントを有するモデル作業路を3カ所設置し、排水と路面との関係について調査を行う。



木組工作物の耐久性

- 全長40m程度の作業路を作設し、4mの木組工作物を路肩に9セット埋設した。毎年掘り起こし、経年劣化を調査予定
- 伐倒木はスギの間伐材とした
- 曲げ強度とピロジンによる腐朽の度合いなどを測定する予定



山梨県森林総合研究所における簡易作業路への取組み

山梨県森林総合研究所 小澤雅之

簡易作業路の作設と土質との関係

どんな土質に対しても、同じ作設で良いのか？

転圧して表面を強固に — 完成
↓
降雨等により泥濘に
↓
作業車が走行できない — 修繕



綺麗に作っても、降雨等により路面が崩れ、走行に支障を来す



石を敷いても、底なし沼状態で、なくなってしまう

土質によっては、単に開設するだけではなく、路面の排水や表面土の改良を行う必要がある

路面排水の方法の検討

土質と含水率との関係

どの程度転圧が必要か、あるいは転圧しても無駄か
どの程度の含水率までなら、どの程度の機械走行に耐えるか

外カントによる路面排水試験



表1 各試験路における幅員と縦断および横断勾配の平均値

	平均幅員(m)	平均縦断勾配(%)	平均横断勾配(%)
試験1号路	3.0	23.6	7.6
試験2号路	2.7	11.9	7.7
試験3号路	5.0	15.0	5.6





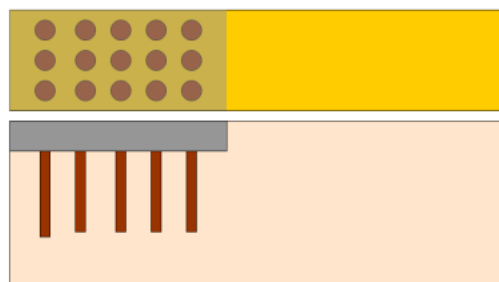
埋設した木材は腐らないのか？

木組みしたモデル路を作り耐久性試験を実施中

土中の木が腐らないなら、木を埋めて使おう

木杭工法 新潟地震の際の新潟駅
北海道での杭丸太の事例

例



杭と土との摩擦力により路盤を安定にする工法

打ち込んだ木が路面に出てこない方法が必要

高密度作業道の低コスト工法に関する研究 －降雨による路面洗掘調査－

東京都農林総合研究センター 鳥海晴夫

【要 約】 作業道は、縦断勾配を 9° (17.6%) 以下にすると路面の洗掘を防ぐことができる。また、横断勾配は谷側に低く勾配をつけることで洗掘が軽減される。

【目 的】

作業道は、間伐や主伐だけでなく育林や保護管理など長期的に利用でき、災害に強いことが求められている。しかし、作業道の一部には雨水の路面流によって徐々に洗掘され、通行不能に結びつくことがある。そこで、どのような箇所で洗掘が発生するのか調査し、長期間にわたって路面を維持する工法を検討する。

【方 法】

2008 年 8 月 28 日から 29 日にかけて低気圧の影響で、青梅市 55 mm/h 、八王子市で 63 mm/h と局地的な大雨をもたらし、至る所で作業道が洗掘された。調査地は、西多摩郡檜原村小坂志及びあきる野市刈寄の作業道で、路面には現場採取された石礫を敷き、バックホウで転圧されたところである。カーブ、構造物や縦断勾配など線形の変化点に杭をうち、杭と杭の間を測点として、縦断・横断勾配、洗掘位置、深さ等を調査した。

【成果の概要】

- 1) 縦断勾配と洗掘の関係は、傾斜が緩い 9° 未満では洗掘があまり発生しないが、 9° 以上では洗掘の箇所が増え、 11° 以上ではほとんどの箇所が洗掘されていた。 9° では「洗掘なし」の割合が多く、 10° になると「洗掘あり」が多くなり、洗掘の目安が $9\sim 10^{\circ}$ 以上であることがわかった（図 1）。
- 2) 縦断勾配と洗掘の深さの間には相関があり、傾斜が急なほど深く洗掘されていた。路面の洗掘を生じさせる掃流力（水により石や砂を動かす力）は傾斜が急なほど大きくなるが、ここでもほぼ同一の傾向を示した（図 2）。
- 3) 図 3 は横断勾配と洗掘位置に関する度数分布図で、マイナスは谷側に低く傾斜して、プラスは山側に傾斜していることを示している。谷側に傾斜しているところは、山からの流水が路面状を横断して排水されるため全面洗掘されることが多く、また谷側の洗掘は自動車の轍（わだち）部分に流水が集中して発生していた。山側に傾斜しているところは山からの流水が縦断方向に流下するため山側が洗掘されていた（図 4, 6）。
- 4) 傾斜方向と洗掘の深さの間には有意な差があり、谷側に傾斜している場合は分散排水されるので洗掘の深さが軽減されるが、山側に傾斜している度合いが高いと流水が集中して洗掘が深くなる傾向を示した（表 1, 図 4）。
- 5) まとめ：洗掘を防ぐための作業道は、縦断勾配が 9° 以下で、横断勾配を谷側に低く傾斜をつけた構造が有効である。また、轍部分に流水が集中するところは横断排水溝をこまめに設置して分散排水を心掛ける必要がある。

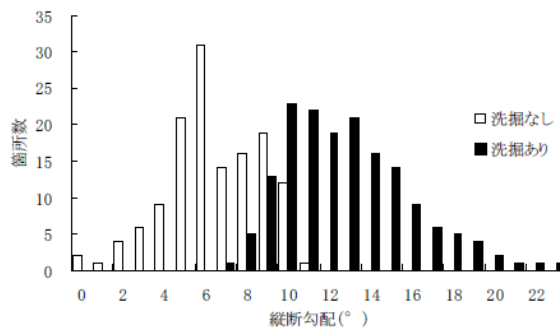


図1 縦断勾配の度数分布図

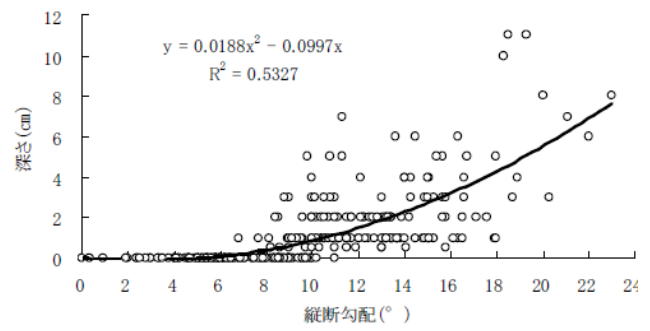


図2 縦断勾配と洗掘の深さの関係

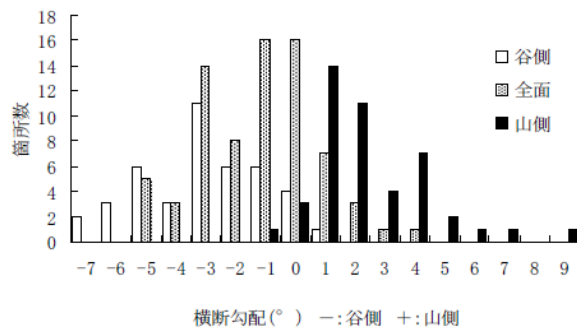


図3 横断勾配の洗掘位置の度数分布図

表1 傾斜方向による掘削の深さの関係

傾斜方向	谷側	山側
掘削の深さ(cm)	0.7 ^a ± 1.0	1.8 ^b ± 2.4

同じ行の異符号間で有意差あり (0.05 > P : t 検定)

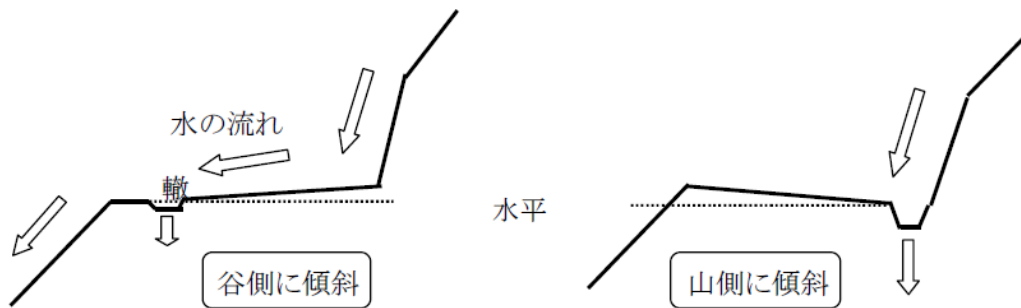


図4 横断勾配による洗掘の概要



図5 洗掘の状況

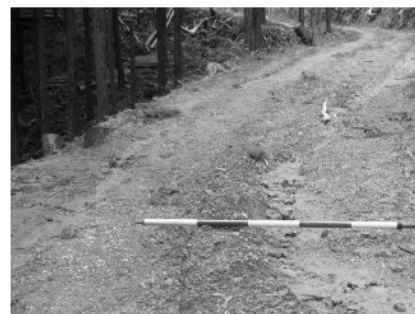


図6 山側に傾斜した作業道の雨水流出状況

高密度作業道の低コスト工法に関する研究

－横断排水溝の機能調査－

東京都農林総合研究センター 鳥海晴夫

【要 約】 ゴム製の横断排水溝は、構造が簡単で施工が容易なためコンクリート製の約30%以下と安価で、傾斜角を6～7°程度に設置することで土砂の堆積が少なくなり、維持管理の省力化が期待できる。

【目 的】

作業道の横断排水溝は、雨水による浸食を防ぐ目的で設置されている。林業の採算性が悪化する中で、横断排水溝の維持管理の省力化が大きな課題になっている。そこで、横断排水溝の機能について調査し、排土作業をしなくても機能が維持できる工法を検討する。

【方 法】

調査地は、西多摩郡檜原村の小坂志林道の支線として開設された延長7,080mの作業道である。調査方法は、横断排水溝があるたびに排水溝の工種、設置角度（道路の中心線に対する排水溝の斜めの角度）、縦断勾配、排水溝の傾斜角、堆積量などを調査し、表1の評価基準により評価を行った。

【成果の概要】

- 1) 横断排水溝は全部で142カ所あり、工種別の内訳はゴム製で130カ所（全体の92%）、以下、素堀[9カ所]、コンクリート製[3カ所]であった。ゴム製が一般的で、素堀は縦断勾配が5°程度の緩い所、コンクリート製(洗越)は窪地の水量の多い所で使われていた(図1)。
- 2) 排水機能の評価割合は、ゴム製が◎25%、○58%、△17%、×1%と◎+○の割合が8割を越えてよく機能していたが、素堀は○56%、△22%、×22%と機能を十分に果たしていないものが多かった。コンクリート製は、すべて◎の評価であった(図2)。
- 3) ゴム製の横断排水溝は、評価別の傾斜角の間に有意差があり、傾斜角を6～7°に設置すると土砂の堆積が少なく、排土作業の省力化につながることがわかった(表2)。
- 4) 作業道の地山に沿って横断排水溝を設置した場合、横断排水溝の傾斜角は、縦断勾配（横断勾配は水平とする）と設置角度によって定めることができるので、縦断勾配・設置角度・傾斜角の関係について表3を作成した。
- 5) 横断排水溝（素堀は、大雨のときの排水機能に限界があるため除く）の設置経費の指数を比較すると、ゴム製[100]>コンクリート製[360]となり、機能が優れ比較的安価なゴム製の横断排水溝が効果的である。
- 6) まとめ：ゴム製の横断排水溝は、傾斜角を6.5°と仮定した場合、表3から縦断勾配が12°のとき設置角度を57°にすると、堆積の少ない横断排水溝が設置できる。

表 1 横断排水溝の評価基準

- ◎ 水が流れ機能している。堆積土がなく、排土する必要がない。
 ○ 水が流れ機能している。堆積土はあるが、排土するほどではない。
 △ 一応機能している。堆積土が多く一部機能していない。排土すれば○になる。
 × 機能していない。完全に埋没し、排土する必要がある。損傷している。

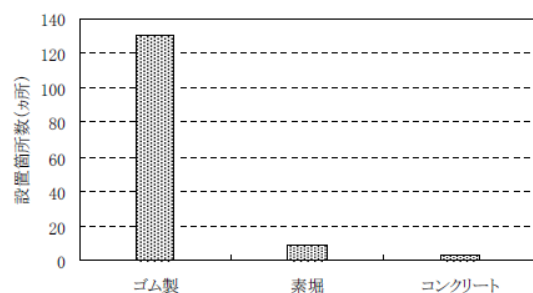


図 1 工種別の度数分布図

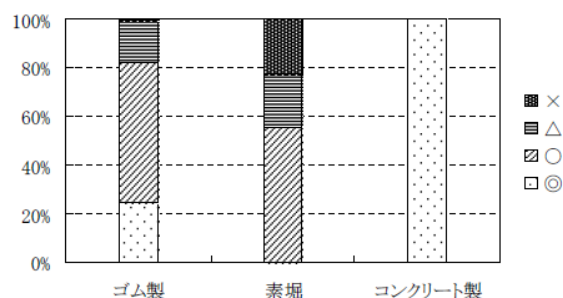


図 2 工種別の機能評価割

表 3 横断排水溝（ゴム製）の傾斜角

表 2 評価と傾斜角の関係(ゴム製)

項目\評価	◎	○	△
傾斜角(°)	6.4 ^a ± 1.8	5.0 ^b ± 1.7	3.8 ^c ± 2.3

同じ行の異符号間で有意差あり (0.05 > P : t 検定)

		縦断勾配(°)							
		9	10	11	12	13	14	15	
設置 角度 (°)	65	3.8	4.2	4.6	5.1	5.5	5.9	6.3	
	64	3.9	4.3	4.8	5.2	5.6	6.1	6.5	
	63	4.1	4.5	5.0	5.4	5.9	6.3	6.7	
	62	4.2	4.7	5.1	5.6	6.0	6.5	6.9	
	61	4.3	4.8	5.3	5.8	6.2	6.7	7.2	
	60	4.5	5.0	5.5	5.9	6.4	6.9	7.4	
	59	4.6	5.1	5.6	6.1	6.6	7.1	7.6	
	58	4.7	5.3	5.8	6.3	6.8	7.3	7.9	
	57	4.9	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	8.1	
	56	5.0	5.6	6.1	6.7	7.2	7.7	8.3	
	55	5.1	5.7	6.2	6.8	7.4	7.9	8.5	

※ 太線内の傾斜角は土砂の堆積が少ない

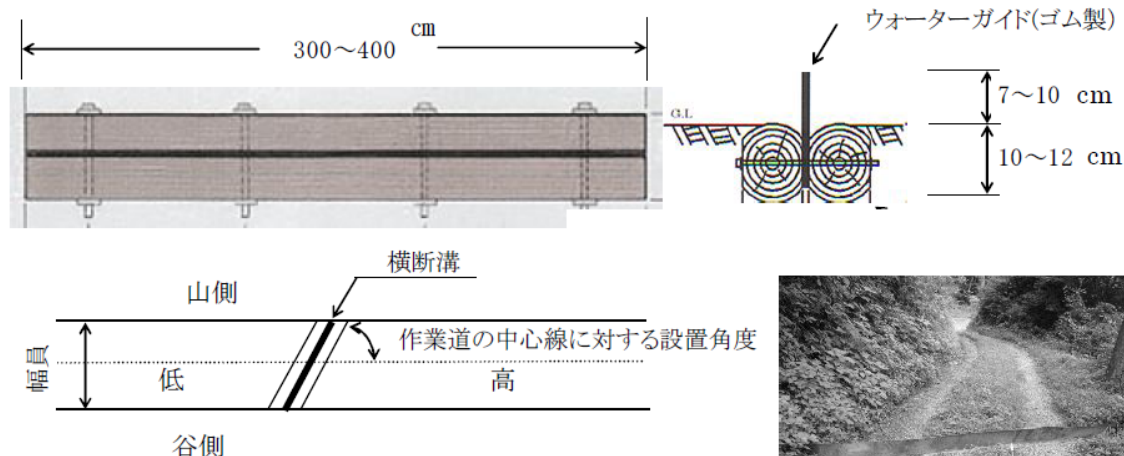


図 3 横断排水溝（ゴム製）標準施工図



図 4 横断排水溝（ゴム製）

高密度作業路開設間伐作業による下流域への影響調査

岐阜県森林研究所 臼田寿生

作業路開設地の流域における 流下水の濁度調査

【目的】

環境調和型作業路網開設技術指針の基礎資料とするため、作業路網開設地の流域における流下水の濁度変化の実態を調査する。

調査地の概要

(関市中之保)

位置図



作業路開設地流域の濁水発生を調査

調査地の概要

(関市中之保)

調査地概略図



作業路開設地の流域における 流下水の濁度調査

【調査方法】

作業路網開設地の流域内に設定した調査箇所において、平常時、降雨時、降雨後の流下水を採水し、濁度を測定する。

【採水の方法】



洗淨した500ml程度のペットボトル容器で採水

【濁度の測定方法】



濁度計
(HACH社製 2100P型)

▶ ペットボトルで採取した水を測定用の瓶へ移し、濁度計で濁度を測定する。
▶ 採水箇所1か所あたり1瓶を5回計測し、最大と最小値を棄却した3回分のデータを平均する。

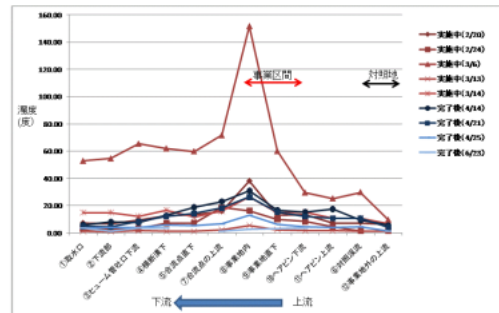
濁度: 散乱光と透過光の強度比 (参考)

水道水の濁度: 0.41度
20度 = 少し濁っている
80度 = 川底が見えない位の
顕著な濁り

濁度の目安

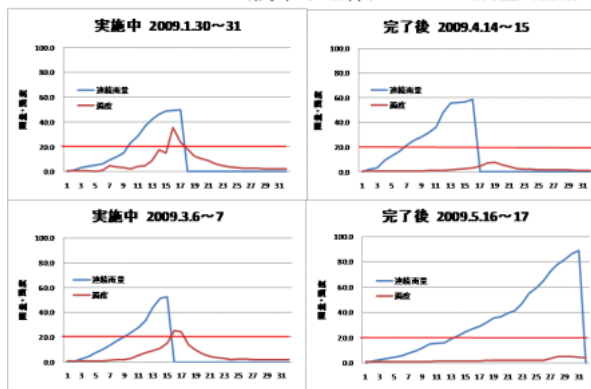


濁度調査結果 (関市下之保)



降雨時の流下にもなう濁度変化

取水口における雨量と濁度の変化 (関市下之保)



2009.6.23(事業完了後約3カ月) 降雨後 (関市下之保)

前日の降雨 約60mm/24h (近隣の観測データより)



横断排水のピッチは5~10m



横断排水の状況

2009.6.23(事業完了後約3カ月) 降雨後 (関市下之保)

前日の降雨 約60mm/24h (近隣の観測データより)



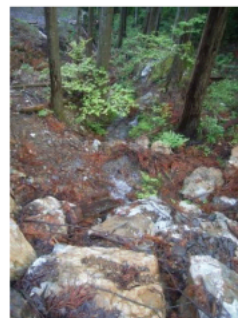
穴を掘り下部に枝葉を集積した
横断排水の流末
(細粒土砂が堆積)



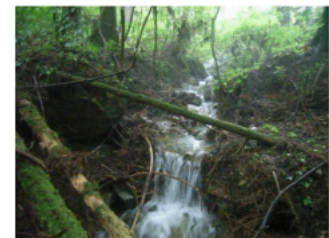
沈砂地
(堆積土の深さ30cm以上)

2009.6.23(事業完了後約3カ月) 降雨後 (関市下之保)

前日の降雨 約60mm/24h (近隣の観測データより)



転石による洗い越しの吐口
(伏流している)



事業地からの流水
採水ポイント⑧
(濁りは少ない)

2009.6.23(事業完了後約3カ月) 降雨後
(関市下之保)
前日の降雨 約60mm/24h (近隣の観測データより)



既設林道の路面水
(水は澄んでいる)



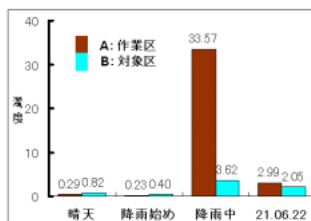
既設林道の横断溝
(土砂が堆積)

濁度調査のまとめ (関市下之保)

- 事業地直下では濁度が大きくなるが約50m下流では、その影響は大きく減少していた。
- 事業期間中は降雨後に濁度が大きく上昇したが、事業完了後は同程度の雨量でも濁度の大幅な上昇は見られなかった。

→ 濁度の上昇には、**車両の走行により路面に堆積した細粒土砂の流出**が大きく影響していると推察される。

作業路発生濁水の林内流下に伴う変化調査 (関市武儀地内)



無降雨時: 作業区と対象区、濁度の差無
降雨時: 作業区は対象区の濁度の10倍
21.6.22: 作業終了後2年経過時、降雨時

枝谷は短く急で、作業中作業路で発生した濁水は、短時間で本流に流入していた。



作業路開設指針図の作成

岐阜県森林研究所 古川邦明

要：詳細な現地調査に基づいた計画・設計

経費増



- ◎現場で作業路線形の踏査作業を軽減させたい
- ✓事前に図面等から微地形が把握できないか
- ✓土砂流出等周辺(下流域)への影響程度が判断できないか
- ✓事業区内の森林の状況が把握できなか

2

目的

作業路開設計画支援に使える指針図作成

- ▶森林環境(特に下流域の)に影響が少なく、安定した作業道(路)の線形決定の指標となる地図できるだけ詳細な地形再現
- ▶図面での計画線形と現場踏査の結果ができる
- ▶間伐材生産、森林管理のトータルコストに配慮した作業路開設計画に使える地図

3

1. 森林環境(特に下流域の)に影響が少なく安定した作業道(路)の線形決定に使える地図作成検討

県作成LP標高ポイントデータ

10mDEM(標高モデル)作成

10メッシュ毎に
全斜面の
集水面積計算

集水面積0.5ha以上を
谷線として地図表示
集水面積10ha以上を
常水ありと地図表示

10メッシュ毎の
最大傾斜を
全斜面計算

傾斜32度以上:工法要
検討箇所
傾斜37度以上:開設困
難箇所 で地図表示

4

1. 濁水流出・崩壊要注意箇所図作成

全斜面集水面積計算結果

集水面積0.5ha以上を谷線として地図表示
集水面積10ha以上を常水谷として地図表示
さらに、全ての谷線に集水面積を表示(ha単位)



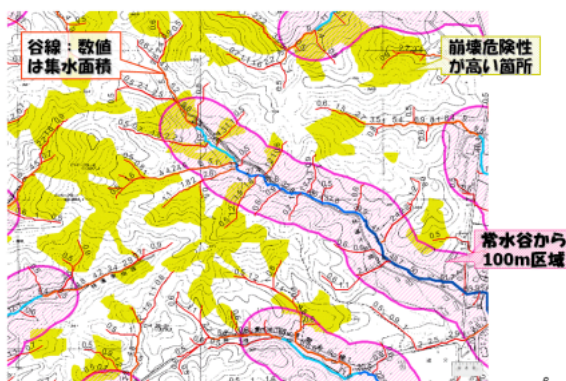
常水ありの谷から100m以内の斜面を濁
水流出注意斜面として地図表示



崩壊危険斜面を地図表示
単位斜面による崩壊危険度情報を利用
(治山課作成)

5

1. 濁水流出・崩壊要注意箇所図の作成



6

2. 急傾斜危険斜面図の作成

最大傾斜を全斜面で計算

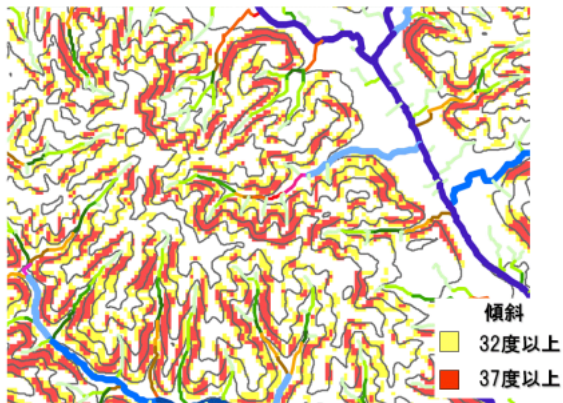
傾斜32度以上:工法要検討箇所
傾斜37度以上:開設困難箇所
として地図表示



集水面積0.5ha以上の谷線を表示

7

2. 急傾斜箇所図の作成

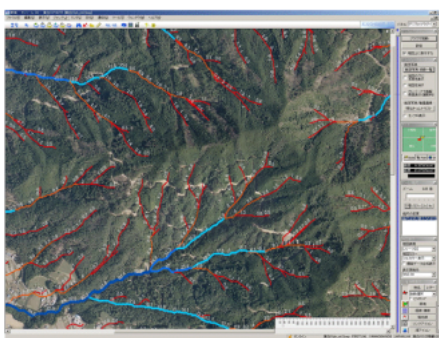


1. 電子地図のカシミールを活用することで②



1. 電子地図のカシミールを活用することで③

航空写真地図に情報を重ねた指針地図の利用



10

1. 電子地図のカシミールを活用することで④

・地図上で作業路線形を検討

計画線形をGPS
に取り込む

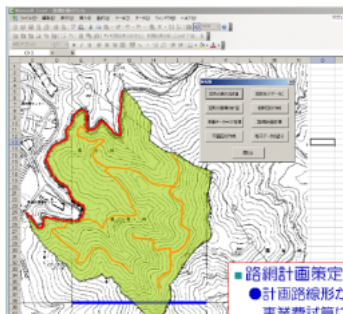
GPSでナビしながら
現地踏査

踏査の結果を
指針図に反映
させ再検討



11

2. 作業路支援ツール用指針図の背景図として提供



集材作業に適した作業道線形と環境とのトータル的な判断が可能になる。

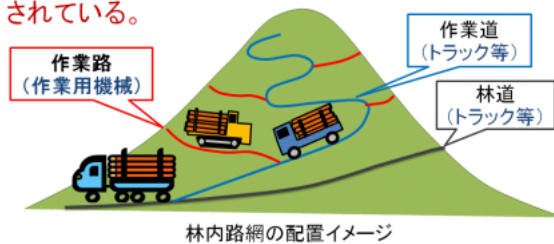
- 路網計画策定を支援するシステム
- 計画路線形から事業区内の平均集材距離など事業費試算に必要な情報を計算する
これの背景として指針図を作成

枝条による作業路の路面侵食防止対策

岐阜県森林研究所 臼田寿生

研究の背景 I

- 現在、作業路などの開設による林内路網整備が積極的に進められている。
- 作業路の多くは次回の施業(間伐等)まで、残置されている。



研究の背景 II

【問題点】

- 路面侵食による土砂の流出は下流へ被害を与える恐れがある
- 残置された作業路は、多大な維持管理費用(路面侵食等への対応)を要する



作業路の路面侵食防止対策が必要

研究目的

【これまでの取り組み】

- スギ枝条による路面被覆は土砂流出を抑制
小倉ら(2009)
- 林内のヒノキ枝条散布は表土流出を防止
井川原ら(2004)



【今回の取り組み】

ヒノキ枝条による路面の侵食防止効果を検証する。

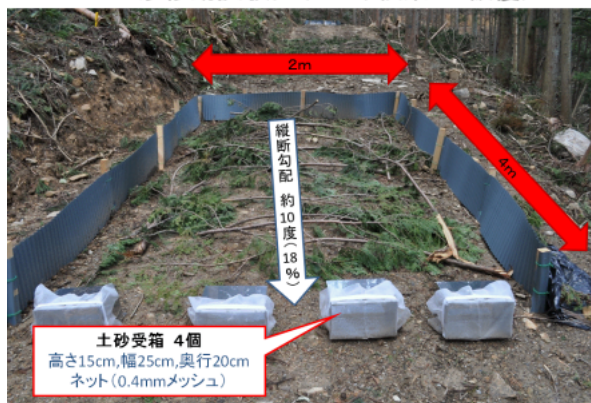
研究内容

開設直後の作業路に枝条被覆の効果を比較するための土砂移動量試験区を設置し、枝条被覆量による土砂流出量の違いを調査する。

【調査期間】

- ヒノキ枝条試験区: 平成22年3月29日
(被覆なし含む) ~ 平成22年6月30日
- スギ枝条試験区: 平成22年4月14日
~ 平成22年6月30日

土砂移動試験区(ヒノキ枝条1/3被覆)



土砂移動量試験区
配置図



調査の手順

【野外】

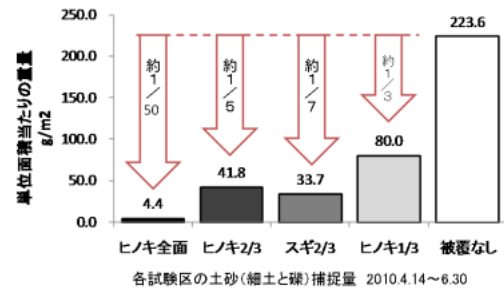
- ① 土砂受け箱の土砂等をビニール袋に回収

【室内】

- ② ビニール袋の回収物を乾燥機で乾燥後（105℃で24～48時間）、重量を測定
- ③ 2mmのふるいにより「細土（2mm未満）」、「礫（2mm以上）」、「有機物」に分類
- ④ 乾燥機で乾燥後（105℃で24時間）、重量を測定

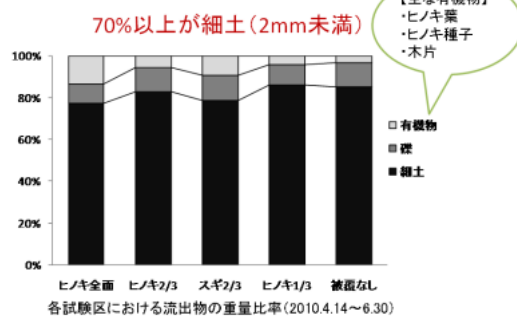
調査の結果

■被覆量と流出土砂量（細土と礫）の関係



調査の結果

■路面からの流出物の内訳



調査結果のまとめ

- ヒノキおよびスギの枝条による路面被覆は、路面侵食防止対策として有効である可能性が示唆された
→ 植生の早期回復を促進？
- 路面からの流出物の7割以上は細土（2mm未満）であった
→ 濁水流出防止対策としても有効？

ヒノキ林における巻枯らし間伐木の伐倒処理

群馬県林業試験場 浅野浩之

【はじめに】

群馬県民有林の人工造林面積は約 11 万 1000ha で、人工林率は 49%である。保育間伐が必要な 5 令級以下の林分では、ヒノキ林の面積がスギ林の面積を上回っているため、今後はヒノキ林の要間伐面積が増加していくと考えられる。特に、ヒノキ林においては間伐が遅れると、下層植生がなくなり、土砂の流出等森林の公益的機能が低下すると懸念されている。

一方、ヒノキ林における間伐作業では、かかり木が頻発するため、作業の危険性が高く、労働生産性も低い状況にある。現場作業員は労働生産性を確保するために、元玉切り、折り倒し等の危険な作業を余儀なくされ、林業労働災害の一因となっている。

巻枯らし間伐は立木を枯死させることにより本数を調整する。伐倒を行わないため、間伐作業の安全性と労働生産性が確保できるとされている。確かに、間伐作業が巻枯らしのみで、完了することができれば、安全性、効率性とも確保できる。

しかし、多数の枯死木を林分に残しておくことで、幹折れ等による人的被害や病虫害発生の危険性が長期間続く可能性があるため、立ち枯れ木処理の必要性を検討する必要がある。

群馬県民有林収獲予想表によれば、保育間伐が必要な 20～30 年生前後のヒノキ林の間伐間隔は、概ね 7～10 年程度である。本報告では、巻枯らし後 4 年経過したヒノキ林分において、巻枯らし木、通常木の伐倒処理を実施した。ヒノキ林において、巻枯らし間伐木が有効な作業法であるか検討した。

【調査方法】

1 調査地の概要

安中市大字上秋間地内の安中実験林に表 1 のとおり調査区を設定した。

表 1 調査区の概要

区 分	樹 種	林 齢	剥皮時期	立木密度	間伐率	伐倒本数
ヒノキ区	ヒノキ	30 年生	2004 年 9 月	900 本/ha	50%	5 本
スギ区	スギ	33 年生	2003 年 10 月	900 本/ha	50%	5 本
通常木区	ヒノキ	30 年生	2004 年 9 月	900 本/ha	50%	1 本

2 調査手順

ヒノキ区、スギ区は、対照木をチェーンソーで斜面下方または斜面斜め下方の倒し易い方向に伐倒した。通常木区は、通常木を巻枯らし木にかかり木になるように伐倒した。鋸断終了後は、表 2 の伐倒指数に従い倒伏処理を行った。

表 2 伐倒指数

伐倒指数	かかり木処理	作業方法	評価の目安
0	無し	人力・くさび等で重心を移動	重心の移動で倒伏
1	有り	つるの一部を切ることで倒伏	枝の弾力で回転させる
2	有り	木回しで回転させ倒伏	外力を加え回転させる
3	有り	牽引具で牽引し倒伏	牽引具で引き倒す

【結果及び考察】

ヒノキ区では、伐倒木 5 本のうち 4 本にかかり木が発生し、倒伏には牽引が必要であった。5 本全てに幹折れが発生した。通常木区では、かかり木になっている通常木を牽引したところ、巻き枯らし木が中間付近で折れた。スギ区では、かかり木は発生しなかった。幹折れは 2 本発生した。

ヒノキ枯死木に枝が残った状態ではかかり木が発生する率が高く、安全性、効率性の確保は困難であった。巻き枯らし木に幹折れが発生するため、いつ、どこで折れるか想定できないため危険性が高い。スギにおいても、くさびによる重心移動時に枯れ枝が落下し直撃を受けた。梢端がいつ折れるか分からないため、不安であった。

ヒノキ林における巻き枯らし間伐を通常の施業体系として取り入れるには、安全性、効率性が確保できないため、利点がないと判断される。

スギは、ヒノキと比較してかかり木が発生しにくく、通常の作業では伐倒指数 2 までの作業でかかり木は倒伏できるため、通常の施業体系に取り入れる利点は少ないと考えられる。

表－3 ヒノキ区結果

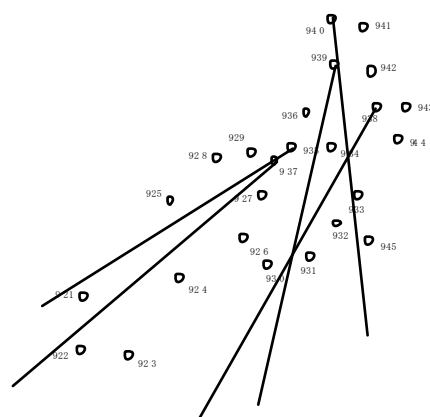
番号	胸高直径 (cm)	樹幹長 (m)	樹幹折れ長(m)			伐倒指数
			元口1	元口2	元口3	
937	13.2	13.80	6.10	7.70		3
934	15.0	10.60	6.95	3.65		3
938	11.8	14.35	4.30	10.05		3
939	15.8	15.06	11.50	2.39	1.17	0
940	20.4	12.78	11.63	1.15		3

表－4 スギ区結果

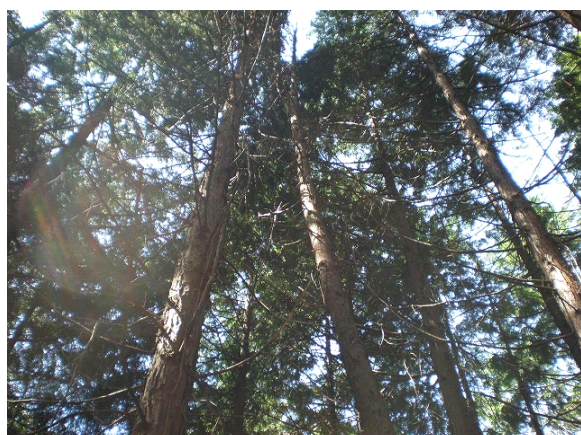
番号	胸高直径 (cm)	樹幹長 (m)	樹幹折れ長(m)			伐倒指数
			元口1	元口2	元口3	
スギ1	15.3	14.80	14.80			0
スギ2	17.3	15.85	11.45	4.40		0
スギ3	19.5	15.81	10.21	5.60		0
スギ4	18.5	18.59	18.59			0
スギ5	13.6	12.63	12.63			0

表－5 通常木区結果

番号	胸高直径 (cm)	樹幹長 (m)	樹幹折れ長(m)			伐倒指数
			元口1	元口2	元口3	
通常木1	15.4	14.13	6.48	7.65		3



図－1 ヒノキ区伐倒平面図



写真－1 ヒノキ区かかり木状況



写真－2 スギ区の落枝した状況

【おわりに】

巻枯らし間伐の試験は、普及員が作業を実施し、試験場が調査を実施してきた。当初、巻枯らし間伐は、間伐作業時の事故防止や効率性の確保に有望な方法と考えていた。事実、剥皮後落葉し、間伐効果が出るまでは、簡便で効率的な方法である。巻枯らし木の到伏に手間がかかり、幹折れによる危険性があることは想定外であった。今後も巻枯らし木の腐朽状況を確認し、伐倒による試験を実施することで、導入の検討をする必要があると考えている。

列状伐採施業地の林分回復効果について

愛知県森林・林業技術センター 小林寛生

背景と目的

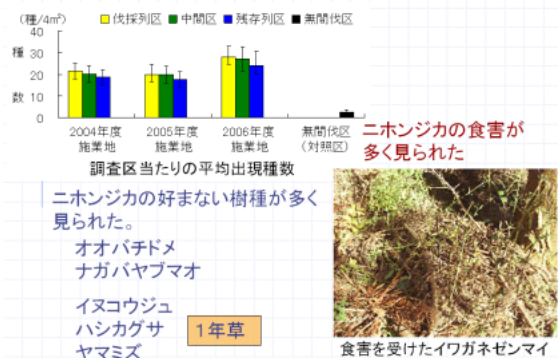
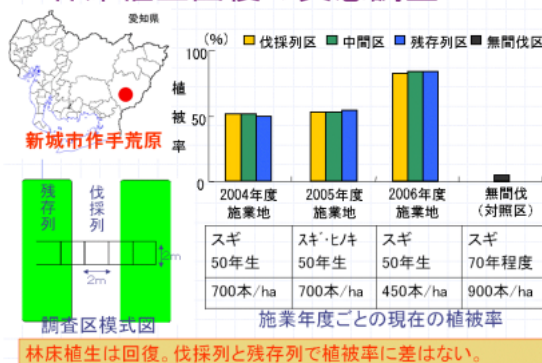
- ◆ 近年、高性能林業機械を利用した列状伐採が行われている。しかし、その後の林床植生の回復や施業後の残存木の成長等の効果については解明されていない。

そこで、列状伐採後の下層植生の動態から施業の植生回復効果を明らかにするとともに、残存木の成長量、損傷程度などの基礎資料を得る。

全体計画(H20～H22)

- 1 林床植生回復の実態調査
既存の伐採地で、下層植生の回復状況を調査。
- 2 残存木の成長量調査
既存の伐採地で、肥大成長、損傷の程度を調査。
- 3 下層植生の動態
(1)林況調査
新規の列状伐採地の林分状況を調査。
(2)下層植生調査
列状伐採跡地に発生する高木稚樹の消長を継続的に調査。

林床植生回復の実態調査



○主な侵入種と優先度

区分	種名	2004年度		2005年度		2006年度		無間伐
		伐採列	中間区	伐採列	中間区	伐採列	中間区	
基本	エビノミヤコ	1	-	+	-	-	-	+
	ニガハコ	1	1	2	+	+	+	+
	クサハコ	1	+	+	+	+	+	+
	コナハコ	1	1	1	1	1	1	+
	ヤブハコ	1	1	1	1	+	1	+
	クサハコ	+	1	1	1	1	1	+
	シキミ	-	-	+	-	-	+	+
	アサギ	-	-	-	-	-	1	-
	アサギ	-	-	-	-	-	-	-
	アサギ	-	-	-	-	-	-	-
多量	フタハコ	1	+	+	+	+	+	+
	オオバチドメ	1	1	1	1	3	3	+
	ナガバヤブマオ	+	1	+	+	+	+	+
	ナガバヤブマオ	-	-	-	-	-	-	-
	ナガバヤブマオ	-	-	-	-	-	-	-
	ナガバヤブマオ	-	-	-	-	-	-	-
	ナガバヤブマオ	-	-	-	-	-	-	-
	ナガバヤブマオ	-	-	-	-	-	-	-
	ナガバヤブマオ	-	-	-	-	-	-	-
	ナガバヤブマオ	-	-	-	-	-	-	-
1-2年	アサギ	-	-	-	-	-	-	-
	アサギ	-	-	-	-	-	-	-
	アサギ	-	-	-	-	-	-	-
	アサギ	-	-	-	-	-	-	-
	アサギ	-	-	-	-	-	-	-
	アサギ	-	-	-	-	-	-	-
	アサギ	-	-	-	-	-	-	-
	アサギ	-	-	-	-	-	-	-
	アサギ	-	-	-	-	-	-	-
	アサギ	-	-	-	-	-	-	-
シダ	アサギ	1	1	1	+	+	1	+
	アサギ	1	1	1	+	+	1	+
	アサギ	1	1	1	+	+	1	+
	アサギ	1	1	1	+	+	1	+
	アサギ	1	1	1	+	+	1	+
	アサギ	1	1	1	+	+	1	+
	アサギ	1	1	1	+	+	1	+
	アサギ	1	1	1	+	+	1	+
	アサギ	1	1	1	+	+	1	+
	アサギ	1	1	1	+	+	1	+

高性能林業機械による列状伐採施業地の林分回復効果に関する研究

愛知県森林・林業技術センター 小笠原祐介

背景と目的

近年、高性能林業機械を利用した列状伐採が採り入れられている。

機械によるかく乱の影響や施業後の植生回復、残存木の成長等の効果については解明されていない。

施業後の林床植生、残存木の成長量、損傷程度を調査し、列状伐採の施業効果について検討する。

方法

1 林床植生回復の実態調査

既存の伐採地で、下層植生の回復状況を調査

2 残存木の成長量調査

既存の伐採地で、肥大成長、損傷の程度を調査

3 下層植生の動態

(1)林況調査

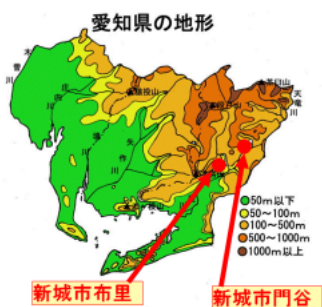
新規の列状伐採地の林分状況を調査

(2)下層植生調査

列状伐採跡地に発生する高木稚樹の消長を継続的に調査

下層植生の動態

布里試験地	
標高	300～350m
傾斜	24～39°
斜面方位	北北西～西南西
地形	尾根沿いの凸～中腹の平行斜面
門谷試験地	
標高	200m
傾斜	33°
斜面方位	南
地形	山脚部の下降斜面



調査区の状況

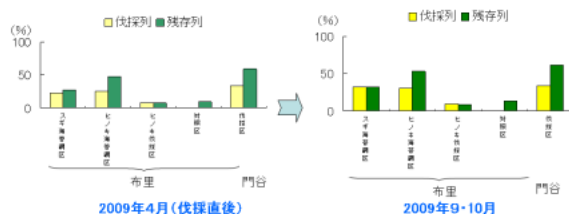
調査地点：2009年1～2月 伐採地

調査区	面積 (㎡)	林齢 (年生)	立木密度(本/ha)		シカ被害率(%)		備考
			施業前	施業後	施業前	施業後	
スギ海苔網	400	44	950	750			シカ防除
ヒノキ海苔網	200	65	1450	1050	13.8	9.5	シカ防除
布里 ヒノキ伐採	200	44	1050	600	23.8	33.3	
スギ対照	100	44	1200				シカ防除
門谷 ヒノキ伐採	400	48	825	600			



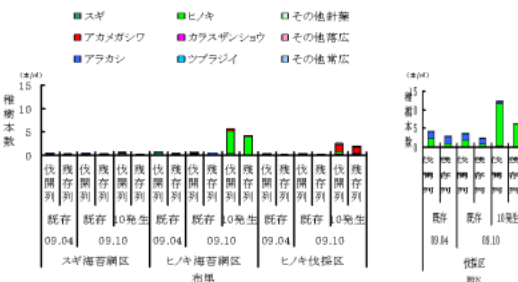
・ニホンジカ被害木など、形質の悪い木も残存。

林床植被率の経過



- ・まだニホンジカの影響は見られない。
- ・伐採列では低木が伐開され、植被率が低い。
- ・列状伐採後、一年目の植被率の回復は少ない。

高木稚樹の発生状況



- ・稚樹の発生は多い。
- ・ヒノキ、アカメガシワなどが多く、有用広葉樹の侵入は極めて少ない。

まとめ

- 既存の施業地では林床植生が回復していたが、ニホンジカによる影響が見られた。
- 伐採後1年目の林床植生の回復は少ない。
- 稚樹の発生は上層木や先駆樹種が多い。有用広葉樹は少なく、天然更新での広葉樹の導入は困難。

路網計画支援ツールで作業路計画を評価する

岐阜県森林研究所 古川邦明

I. 路網計画支援ツールとは

路網を開設する際、全体の集材距離（道路から林地への到達距離）を短くし、集材効率がよくなるように配置することが重要になる。集材距離や路網配置の効率性を定量的に表すものとして、これまで道路から林内までの平均集材（到達）距離（Segebaden, 1964）や路網の配置効率を示す路網密度修正係数（Segebaden, 1964）および道路から一定の距離内の面積割合を示す開発率（堀, 1988）といった指標が提示されている。

しかしながら、これらは実際の林業生産の現場では路網の特徴を現す指標としては必ずしも一般的とはいえない。これらの指標は手作業で求める場合は非常に労力を必要とし、コンピュータを使用する場合には、プログラミング技術が必要となる。また、開発率については GIS の基本機能であるバッファリング機能により簡易に求められるが、平均集材距離および路網密度修正係数を求めるような機能を実装していないソフトが多い。しかしながら、平均集材距離や路網密度修正係数および開発率は非常に重要な指標であり、作業路網を計画・施工する担当者に広く普及を計るべきものと考えられる。

そこで、実際の路網の整備を担う森林組合、林業事業体の職員およびこの方々を支援する都道府県の普及担当職員を主な対象者として、汎用性の高い環境下で、簡易な操作性で使えることを基本方針として作業路網の計画や管理、作業路網の配置の評価、および測量や現地調査を支援するツールを作成した。（森林科学 No.60(Oct. 2010)より引用）

II. 支援ツールで解析する路線評価指標

1. 事業区域面積

ツールでは事業区域をフリーフォームで描画する、その区域内の面積を算出する。

2. 事業区内の路線延長と路網密度

路網配置は、フリーフォームで描く。路線毎の延長と事業区内の路網密度を計測する。

3. 迂回率

フリーフォームで画いた事業区域内の路線系から路網の迂回率を計算する。

4. 平均集材距離分布

事業区域ないを任意の格子に区切り、各格子の路網までの最短距離を解析して、事業区内の平均集材距離、集材距離の度数分布表を作成する。またメッシュの集材距離に応じて色分けした集材距離分布メッシュ図も作成も行う。

5. 開発率

路網計画で可能となる集材可能面積の事業区に占める割合を算出する。

6. その他

- ①計画線形の各頂点の座標を緯度経度に変換し、ハンディ GPS（ガーミン）で表示できる形式で出力する。
- ②GPS で計測した緯度経度を平面座標系に変換し、ツールに読み込む。
（GPS からは直接は読み込めない。カシミール等の GPS 連携ソフトを使って、Trk や WayPoint 形式に変換し ておく必要がある。）
- ③写真から面積を計算する。
などの機能があるが、路網計画評価とは直接関連しないため、この稿では説明しない。

Ⅲ.支援ツールの使用方法

背景地図画像の準備

動作環境

Windows2000 以降 (Mac の Win エミュレーションモードでも可)。

Microsoft Excel (2003 推奨、2007、2010 は解析時に処理時間が異常に要することがある。)

背景地図とは

背景となる地図をエクセルのワークシート上に表示し、この地図上で作業路線形計画を行う。背景図には、地形図や資源分布図などを使う。一般的には森林基本図や計画図を使うことが多い。

地図に必要な条件

平面直角座標系で作成された地図が適している。ちなみに森林基本図、森林計画図が、平面直角座標系でつくられている。国土地理院発行の2万5千図や5万図地形図は、UTM図法で描かれているが、ツールでの使用には差し支えないと考える。

航空写真等も背景図とすることができるが、オルソ化されているなど、場所による歪みを取るなどの幾何補正をしたものでないと、路線延長や平均集材距離などの計測結果が不正確となる。

地図画像ファイルの作成

すでにビットマップや JPG、TIFF 等の画像ファイルになっていればそのまま使用できる。紙媒体の地図の場合は、スキャナーで読み込んでファイル化しておく必要がある。

当ツールだけで使用するだけであれば、地図の緯度経度や平面直角座標系の座標値が無くても問題ない。しかし、計画路線形データを GPS とやりとりする場合、地図画像ファイルの位置情報が必要となる。

Excel の画像挿入を使う場合は、エクセルで表示できる画像方式であれば、ファイルの種類は選ばない。位置情報は無いので、表示させた後に入力する。

※注意 地図画像ファイルを作成する際、地図が一部に描かれ、左上には地図がない場合があるが、あくまでもファイルの左上端の位置

位置情報付き地図画像

地図画像の左上端の平面直角座標系の座標を調べ記録しておく。森林基本図を利用する場合は、各図幅の左上に座標が記入してある。基本図の一部を使う場合、基本図には南北、東西それぞれ 500m 間隔で基準線が描いてあるので、これを目安にして左上端部の座標を求める。

都道府県で森林 GIS を運用している場合、森林基本図や計画図はデジタル化されている。地図画像として交付が受けられるようであれば、ワールドファイルで位置情報を付加した Tiff 画像を入手すれば、位置情報を含めツールは自動で読み込み表示する。また、自分で作成した地図画像でも、ワールドファイルを作成すれば同様の読み込むことができる。

画像ファイルの左上角が基準点としてなるため、

地図画像ファイルは、ワールドファイルで位置情報が付加された Tiff 画像であれば、位置情報を読み込んでワークシートに貼り付けることができる。

路網計画支援ツールの操作

1. ツール起動

Excelファイルの「路網計画支援ツール Ver0.0.xls」を起動。MAIN メニューが表示される。

2. メインメニュー表示

「MAIN」メニューが表示されていない場合は、Excelのメニューバーから、[ツール]-[マクロ]-[マクロ選択]-「支援ツール」で支援ツールマクロを起動する。

3. 背景地図をワークシートに挿入

ワールドファイル*1 付き Tiff 画像ファイルでの背景地図

〔操作〕

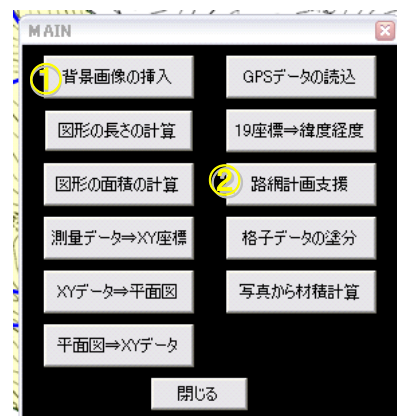
- 1)「MAIN」メニューから[背景画像の挿入]ボタンを選択。【①】
- 2)ファイル選択画面が開くので、読み込む地図画像ファイルを選択
- 3)地図画像を貼り付ける位置を聞いてくるので、適当なセルを選択 ([B3]～[B4]セルあたりをしていますが、その後の操作が行いやすい)。
- 4)選択したセルを左上端とした地図と座標を読み込み、シートに表示。

{現時点では、位置情報付き地図画像はTIF形式にのみ対応}

ワールドファイル無しの背景地図画像 Excel が表示できれば どの形式でも可

〔操作〕

- 1)「MAIN」メニューが表示されていれば、一旦閉じる。
- 2)画像を貼り付ける位置のセルを選定しておく。([B4]セルあたりがその後の操作が行いやすい)
- 3)Excel のメニューバーから、[挿入]-[画像]を選択、背景画像ファイルを選択する。
- 4)背景画像がシートの指定位置に貼り付けられる。
- 5)貼り付けた画像の移動、回転は行わない。



支援ツールMAINメニュー

4. スケール線を描画

スケール線は1シートに1つのみ描画する。スケール線の背景地図上での実際の長さを指定することで、面積、距離等の計測を可能になる。

〔操作〕

- 1)メインメニューが表示されていれば一旦閉じる。
- 2)Excel のメニューから、[挿入]-[図形]-[オートシェープ]で[直線]を指定する。
- 3)地図上の横(東西)方向で、距離の判る2点間にマウスで[直線]を引く。基本図や計画図であれば、500m 間隔に線が描かれているので、これを利用すると便利。その他の地図では画像ファイルを作成する際に、あらかじめ地図に長さの分かった直線を入れておくと、スケール線が描きやすい。
- 4)スケール線は、システムが計測する基準となるものなので、出来るだけ正確に描く。

5. 1事業区域を描画

間伐等の予定事業区域を地図上で指定する作業。Excel のオートシェープで多角形により区域を囲む。飛び地や2カ所以上の事業区域を同時に解析計算することはできない。

〔操作〕

- 1)Excel のメニューから、[挿入]-[図形]-[オートシェープ] を指定し、[フリーフォーム]を選択する。
- 2)事業区域の外周測点をマウスで左クリックして順次描画していく。
- 3)終点は、必ず起点と同じ点となるよう指定する*2。
- 4)描画し終わったら外周線が途中交わっていないか確認する。外周線が交わっていると、この後の平均集材距離などの解析計算が正しく行われない。

*1ワールドファイルとは、地図などの画像に位置情報を付加するファイル。ファイル名は画像ファイルと同じ。画像ファイルの拡張子が t i f の場合 t f w、bmp なら b m w となる。

*2 路網線形もフリーフォームを使って描く。起点と終点と同じ場合は多角形(事業区域)、異なっていると線(道路)と判断する。多角形の場合は領域内が塗りつぶされ、線の場合は塗り潰しはない。

- 5)事業区のフリーフォームのプロパティを設定する。
- 6)背景色を選択(色は自由に)。その後必ず透明設定とすること。透明率は 50%前後が適当であると思うが、作業が行いやすい透明率とする(特に規定はない)。

5. 2境界線の修正

事業区域を描いた後に外周線を修正する場合は、オートシェープの頂点編集で頂点の追加や移動を行う。

〔操作〕

- 1)描画済みの[フリーフォーム]をマウスでクリックし選択する。
- 2)選択したフォームをマウス右クリックしてプルダウンメニューを表示。[頂点編集]を選択して各頂点を移動・追加・削除する。

6. 背景の地図に平面直角座標を与える

Excel のシート上で座標値を計測して、スケール線との比較から平面直角座標値を求めるため、背景図の原点(左上端)の平面直角座標値を入力する。

ただし、ツールだけで路網評価を行い、GPS や GIS 等のデータ連携を行わない場合は、入力する必要はない。またワールドファイル付き TIFF の背景地図画像を読み込んでいる場合も再入力する必要はない

〔操作〕

(基準点座標を入力)

- 1)適当なセルを選択して、左上端の座標をx, yそれぞれ1セルに入力する。
- 2)入力するセルは、x を[B3]セル、y を[C3]セルと言うように列に並べて入力する。位置はどこでも構わないが、背景地図画像が上に重ならないセルとする。

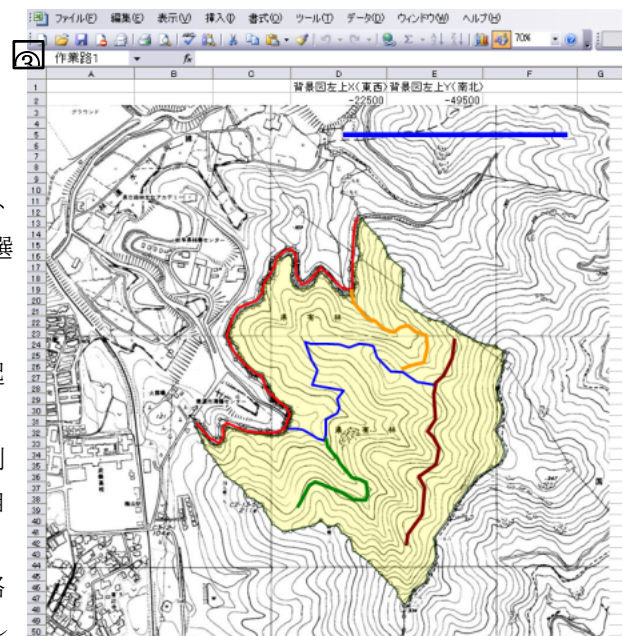
地図上で路網配置を評価する

1. 路網を配置

路網計画を評価するため、背景地図に路網を配置する。既設の路線も描画する。

〔操作〕

- 1)Excel のメニューから、[挿入]-[図形]-[オートシェープ] を指定し、[フリーフォーム]を選択。
- 2)起点から順番に、頂点を配置していく。
- 3)単純な線形の場合でも、頂点は3点以上(起点と終点以外に1点)必要。
- 4)路線名を設定すると路線毎の解析結果が判断しやすい。設定しない場合は、Excelで自動設定される。【③】
- 5)フリーフォームのプロパティで、線の色を路線毎に変えておく解析結果と路線の照合がしやすくなる。



スケール線、路網配置が終了した画面

2. 路網配置を評価

路線延長、路網密度、平均集材距離等を解析し、配置した路網を評価する。

〔操作〕

(メニュー表示)

- 1)[ツール]-[マクロ]-[マクロ]から、[支援ツール]を選択実行
- 2)表示された「ツールメニュー」から、[路網計画支援]ボタンをクリック【MAINメニュー画面の②】

3)確認表示がでるので[OK]をクリック。

(評価結果の出力場所の指定)

- 1)出力セルを聞いてくるので、マウスで解析結果の出力を開始するセルを1カ所のみ指定する。
- 2)評価結果は、配置した路線数に応じて行数は変わる。地図の横など後から見やすい場所を選択する。

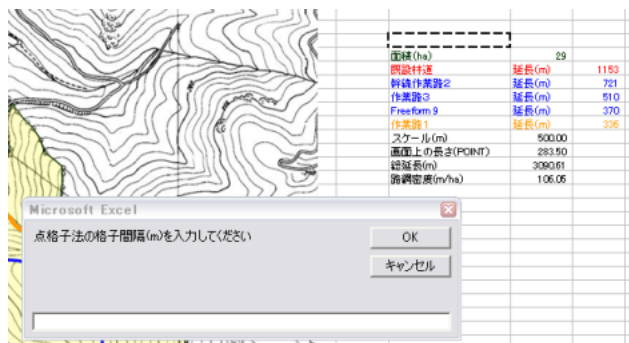
(スケールの長さの指定)

- 1)「スケール線」の長さを聞いてくるので、実際の線長を入力する。
- 2)単位はmのみ。

以上の操作で、事業区域の面積、作業道の路線毎の延長、路網密度の解析結果が指定セル位置から表示される。続いて点格子法による集材距離の計算に必要な設定入力に移る。

(点格子法による集材距離解析の設定)

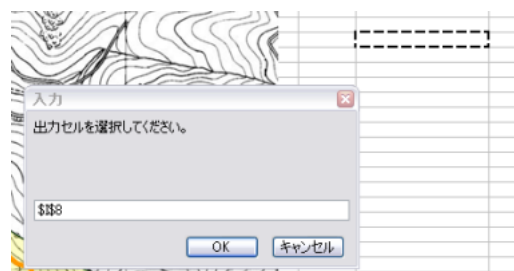
- 1)「天格子法の格子間隔」を聞いてくるので、間隔をm単位で入力する*3。
- 2)「格子データ」を出力するかどうかを確認してくるので、[はい]を選択する。
- 3)「格子データの出力セル」の入力待ちとなるので、必ず背景地図のあるシートとは別のシートのセルを指定する。



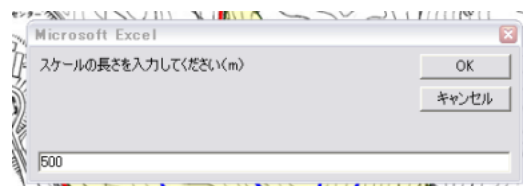
点格子法の格子間隔入力画面
路線毎に色分けして結果表示

(度数分布表の作成)

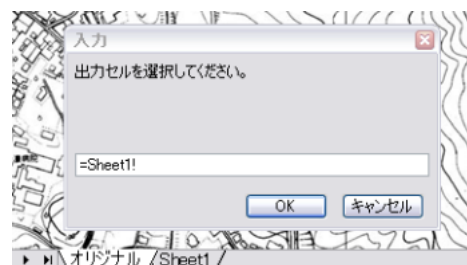
- 1)「度数分布」を出力するか確認してくるので、「はい」をクリックする。
- 2)「出力セル」の入力待ちとなるので、任意のセルを選択する。これまでの解析結果が出力してあるセルとは重ならないよう注意する。
- 3)集材距離の間隔の入力待ちとなるので、任意の距離をm単位で入力する*4。
- 4)指定したセル位置に集材距離毎の度数*5と開発率*6を計算して表示する。



解析結果の出力セル指定



スケール長の指定画面



格子データの出力セル指定画面
背景地図表示シートとは別のシートのセルを選択する。

*3ツールでは、平均集材距離を点格子法で計算している。格子を細かくするほど計算精度は高くなるが、指数的に処理時間とメモリーを要する。地図の縮尺によっても格子間隔は異なるが、1/5000 の基本図の場合 10m以上が適切であろう。

*4間隔は任意であるので、解析の目的に応じて決める。10～20m間隔が一般的か。

*5度数は格子数。したがって、度数に格子の単位面積を掛けると集材距離毎の面積が計算できる。

(集材距離分布図の作成)

1)集材距離分布図を出力するか確認待ちとなるので、必要であれば「はい」を選択する。

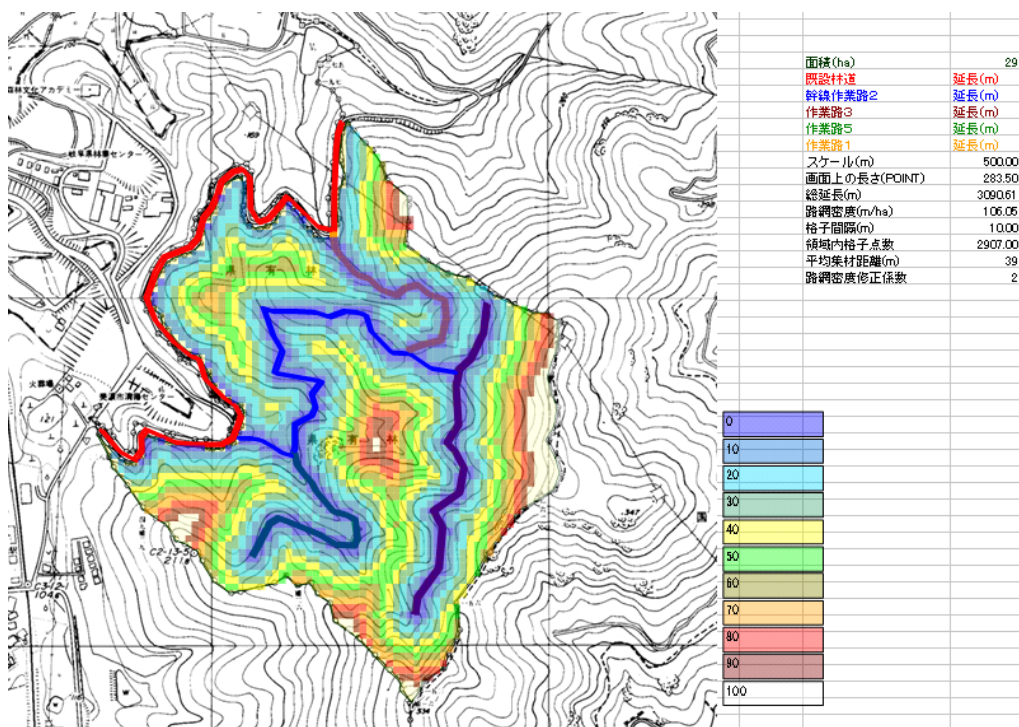
※この機能は、Excel2003 で最適化されている。Excel2007、2010 で使用すると長時間の処理を要する。最新のマルチコア CPU と数ギガメモリを搭載した PC であれば、数十秒から数分で処理が終わるが、実用的でないので作成しないを選択する。

2)集材距離別に色分けした格子図と凡例が作成される。格子図は位置がずれているので、移動させて位置調整を行う。

			階級	度数	開発率(%)
面積(ha)	29		0<= <10	415	14
既設林道	延長(m)	1153	10<= <20	481	17
幹線作業路2	延長(m)	721	20<= <30	441	15
作業路3	延長(m)	510	30<= <40	352	12
作業路5	延長(m)	370	40<= <50	314	11
作業路1	延長(m)	336	50<= <60	283	10
スケール(m)	500.00		60<= <70	195	7
画面上の長さ(POINT)	283.50		70<= <80	139	5
総延長(m)	3090.61		80<= <90	104	4
路網密度(m/ha)	106.05		90<= <100	78	3
格子間隔(m)	10.00		100<=	105	4
領域内格子点数	2907.00				
平均集材距離(m)	39				
路網密度修正係数	2				

解析結果は、指定したセルに表示される。いくつかの配置案を解析して、比較検討し、作業システムと経営計画に最適な路線配置を選択する。

解析結果の出力画面



集材距離分布図と凡例の出力画面

背景地図表示シートとは別のシートのセルを選択する。

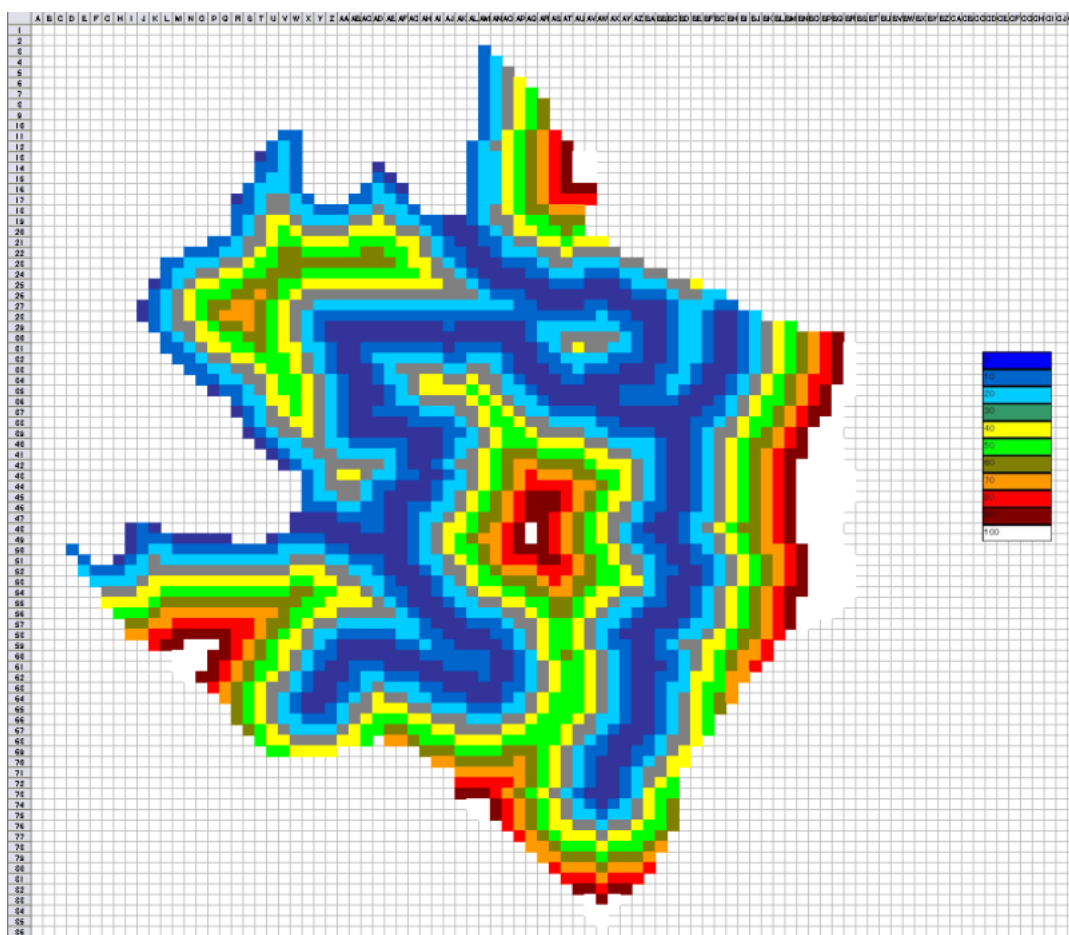
*6開発率は、集材距離の度数分布階毎の事業区面積に占める率。例えば、最大スパン長が 100m のスイングヤーダで事業区内の何割を集材できるかなどを判断するときに使う。

3.点格子法の結果を可視化する

点格子法による集材距離解析結果を出力したセルを距離毎に色分け表示し、路網配置による集材距離の分布図を作成する。前項の集材距離分布図と同様の分布図が作成されるので、前項で作成できない場合に使用すると良い。

〔操作〕

- 1)格子データを出力したシートを選択する。
- 2)格子データを出力したセルの形が正方形に近くなるよう、列の幅を調整する。格子の大きさを拡大又は縮小させたい場合は、行の高さも調整する。
- 3)Excelの[表示]-[ズーム]を使って、出力セルが全て表示されるようシート表示を縮小しておく。
- 4)[ツール]-[マクロ]-[マクロ]から、[支援ツール]を選択実行。
- 5)[格子データの塗り]ボタンをクリック。
- 6)「データ範囲」の入力待ちとなるので、格子データが出力されているセルがすべて含まれるよう、マウスでセル範囲を選択する。少し大きめに範囲指定しても良い。
- 7)「階級値」の入力待ちとなるので、集材距離の区分け距離を入力する。
- 8)セルに入力されている格子点からの集材距離の値に応じてセルが色分けされる。



集材距離分布図（セルの色塗り）と凡例の出力画面