

技術開発完了報告

関東森林管理局

課題	急傾斜地における架線系高性能林業機械を用いた集材システムとコンテナ苗造林による一貫作業システム実証試験					平成26年度～27年度	
開発箇所	天竜森林管理署管内	担当部署	資源活用課 森林整備課 技術普及課 天竜森林管理署 森林技術・支援センター	共同研究機関	森林総合研究所 静岡県森林・林業研究センター	技術開発目標	①
開発目的 (数値目標)	従来の架線集材システムに代わる新しい高効率な高性能林業機械を使用した架線系作業システムによる木材生産の低コスト化とコンテナ苗による造林作業の組み合わせによる造林の低コスト化実証試験を実施するとともにシカ食害対策についても併せて効果を検証する。						
実施経過	平成26年度			平成27年度			
	<p>試験地の設定 静岡県浜松市天竜区龍山村瀬尻国有林868に林小班</p> <p>1 伐倒～地拵えの作業効率の検証（全木・全幹集材の比較等）</p> <p>2 高速自走式搬器ウッドライナーの集材効率の検証（適切な横取り距離の検討等）</p> <p>3 集材架線による苗木運搬（「架線系一貫作業」によるメリット）</p> <p>4 コンテナ苗の植栽能率</p> <p>5 破碎機のチップ化工期調査</p>			<p>試験地の設定 静岡県浜松市天竜区春野町小俣京丸1番地狙小路国有林566い林小班</p> <p>1 植栽苗（裸苗とコンテナ苗の比較調査等）</p> <p>2 下刈りプロット調査</p> <p>3 シカ防護対策及びシカ調査（センサーカメラ定点調査）</p> <p>4 ウッドライナーの集材効率調査</p> <p>5 試験結果とりまとめ</p> <p>6 関係機関等への情報提供</p>			
開発成果等	別紙のとおり						

<別紙>

開 発 成 果 等

【課題名】

- 急傾斜地における架線系高性能林業機械を用いた集材システムとコンテナ苗造林による一貫作業システム実証試験

平成26年は天竜森林管理署管内瀬尻国有林868に林小班のスギ・ヒノキ人工林(70年生)箇所において、平成27年度は同署管内狙小路国有林566に林小班のスギ・ヒノキ人工林(54年生)箇所において、一貫作業システムによる伐採、造林を実施し、調査を行った。

従来の架線集材システムに代わる新しい効率的な高性能林業機械を使用した架線系作業システムによる木材生産の低コスト化とコンテナ苗による造林作業の組み合わせによる造林の低コスト化試験を実施するとともにシカ食害対策についても検証を行った。

【年度別調査結果】

- 平成26年度については、タワーヤードと高速自走式搬器ウッドライナーを使用した下げ荷での全幹・全木集材による伐倒・地拵え工期比較、集材架線による苗木運搬の工期調査を実施。結果として、全木伐倒は全幹伐倒に比べ56%に省力化となり、地拵えについては、全木集材は全幹集材に比べ74%の省力化となった。また、集材架線による上げ荷による苗木運搬効率は、人力に比べha当たり39,000円の労務コストの削減となった。さらに、コンテナ苗の植栽効率については、急傾斜地である当事業地においては、唐鍬がディプルに比べ1.28倍となる結果が得られた。
- 平成27年度については、集材機とウッドライナーを使用した上げ荷での集材工期等の調査を実施。下げ荷集材と上げ荷集材における集材工期比較を実施し、材を安定的に扱える上げ荷集材が有効であるとの結果となったほか、土場での造材作業について、広い場所(H26年度使用)と狭い場所(H27年度使用)との工期比較を実施した。

また、急傾斜地における防鹿柵の縦張りとは斜め張りの設置作業の比較調査を実施し、斜め張りについては、縦張りの1.73倍の作業効率で設置することができるという結果が得られた。なお、斜め張り、縦張りのいずれも今までシカの侵入は認められていないものの設備の耐久性等の維持管理等に関しては、さらに調査が必要である。

【解析結果】

平成26年度及び平成27年度の調査結果を比較等を行い、以下の結果を得た。

- 搬出:ウッドライナーによる下げ荷と上げ荷における工期等比較については、全木で下げ荷が $14.7\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$ に対し上げ荷が $21.42\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$ となった。このことから、上げ荷の方が効率的であるという結果となった。上げ荷集材の方が下げ荷集材に比べて材を安定的に扱い易いという作業状況の違いが一因として考えられる。
- 架線:タワーヤードと集材機における工期等比較については、架線の架設・撤去に係る所要人工を調べたところ1線当たりタワーヤードでは18.45人、集材機では31.63人という結果となり、タワーヤードは集材機の59%の効率で設置・撤去できることが分かった。場所によってはさらに、効率が上がる可能性があることから調査が必要である。また、現状では、タワーヤードを所有している事業者が少ないこと、タワーヤードの走行が可能な林地整備が不十分であることから、タワーヤードと集材機をケースバイケースで使用する事が適当であると思わ

れる。

- 土場:広い面積の土場と狭い面積の土場との比較では、土場における荷はずし・造材の作業を、狭い土場では2人作業を配置したのに対し、広い土場では1人で実施することができた。このことから、広い土場等の基盤整備をあらかじめ行っておくことによる伐出時のシステム人数削減効果を確認できた。
- 枝条処理:現状では地域において枝条の需要がないため、現地に残すほかないが、今後木質バイオマス需要が増加すれば、全木集材等で発生した枝条の利活用が見込める。
- 苗木運搬と植栽:上げ荷での架線を利用した苗木運搬は人力に比べ労務コストの大幅な削減につながった。また、コンテナ苗植栽に使用する道具は急傾斜地では専用のディプルを用いるより唐鍬を使用した方が1.28倍の効率性が認められた。
- 防鹿柵設置:縦張り柵と斜め張り柵との設置工期の比較を行った結果、縦張りが5.35m/人・時に対し、斜め張りが9.28m/人・時となり、縦張り柵の1.73倍の作業効率で斜め張り柵を設置することができた。ただし、獣害防止効果の検証が今後必要であると思われる。

【まとめ】

- 急傾斜地での架線系高性能林業機械を用いた一貫作業システムにおいて、特に苗木の運搬コストで架線使用で低コスト化を図ることが分かった。また、タワーヤーダとウッドライナーを組み合わせて使用することで、架線の設置・撤去労力の省力化、集材能力の向上が期待できる。さらに、全幹集材による搬出・地拵え効率の比較については、全木集材の優位性が検証できた。

なお、シカの食害対策として防鹿柵の設置については、縦張りより斜め張りの方が設置効率が高いことから、一貫作業システムと併せて防鹿柵を設置することで作業効率のアップにつながるものと期待できる。

さらに、急傾斜地におけるコンテナ苗の植付け道具については、更に改良を加える必要があると言える。

また、本技術開発は2年間で2箇所の調査事例に基づく成果であり、全ての急傾斜地に当てはまるものではなく、各地域の特性に応じて「一貫作業システム」のコンセプトを活かした最適な「一貫作業システム」を採用する必要がある。

【普及指導】

平成26年度:現地検討会(デモンストレーション、シンポジウム)H26.10.28

(広報誌等掲載)

林政ニュース(H26.11.5第496号)

関東森林管理局広報誌(H27.1第130号)

山林(H27.2.5No.1569)

産経新聞等新聞掲載

平成27年度:現地検討会H27.5.12~13

成果報告会H27.10.13~14

(広報誌等掲載)

機械化林業(H27.4.15No.737)

関東森林管理局広報誌(H27.10第136号)

中日新聞等新聞掲載

完了報告

急傾斜地における架線系高性能林業機械を用いた集材システムと
コンテナ苗造林による一貫作業システム実証試験(平成26~27年度)



関東森林管理局

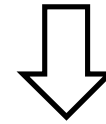
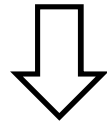
天竜森林管理署

静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター

背景

静岡県内の森林蓄積
年々充実

木材価格の低下
主伐収入 < 育林経費



伐期に達した林分が増加するも、主伐が進まない



木材の安定・大量供給が困難
林分の齢級構成の偏りが是正されない

低コスト更新手法の開発が不可欠

背景

- ・静岡県内：急傾斜地の森林が多い・・・
「作業道整備 + 車両系作業システム」の限界
→ 架線系作業システムの必要性高い



九州：「車両系一貫作業システム」
で低コスト化を実証



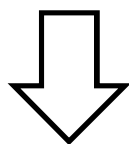
伐採～植栽を同時期に連続して行う
(伐ったらすぐ植える)

- 「架線系一貫作業システム」
- ・全国的に調査事例ほとんどない
- ・集材架線による苗木運搬が可能

目的

「架線系一貫作業システム」

- ・伐採～植栽までの作業全体を効率的に行う手法は？
- ・欧州製自走式搬器による架線集材の効率化は？
- ・集材架線における苗木運搬効果は？
- ・急傾斜地におけるコンテナ苗植栽は？



急傾斜地における効率的な更新手法の構築

調査地の概要(26年度)

静岡県浜松市天竜区龍山町 瀬尻国有林868林班ほ

面積: 1.69ha

樹種: スギ・ヒノキ

林齢: 70年生

土質: 礫質

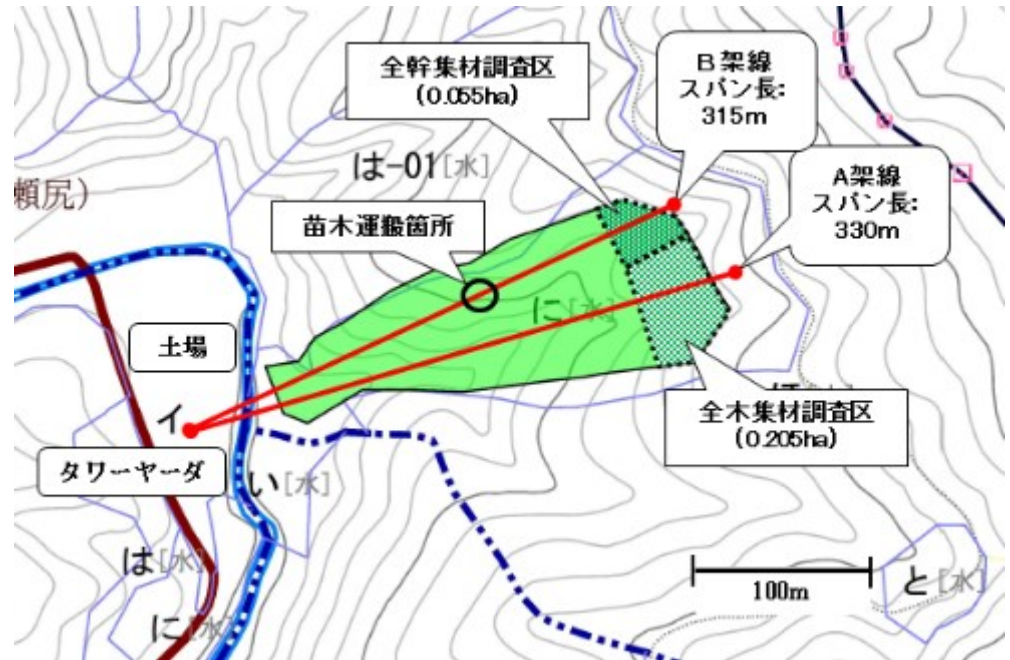
標高: 550m~640m

平均傾斜: 35°

索張り数: 2線

スパン長: 330m、315m

平均集材距離: 180m



調査地の概要(27年度)

静岡県浜松市天竜区春野町 狙小路国有林556林班い、ほ

面積:1.56ha

樹種:スギ

林齢:54、79年生

土質:礫質

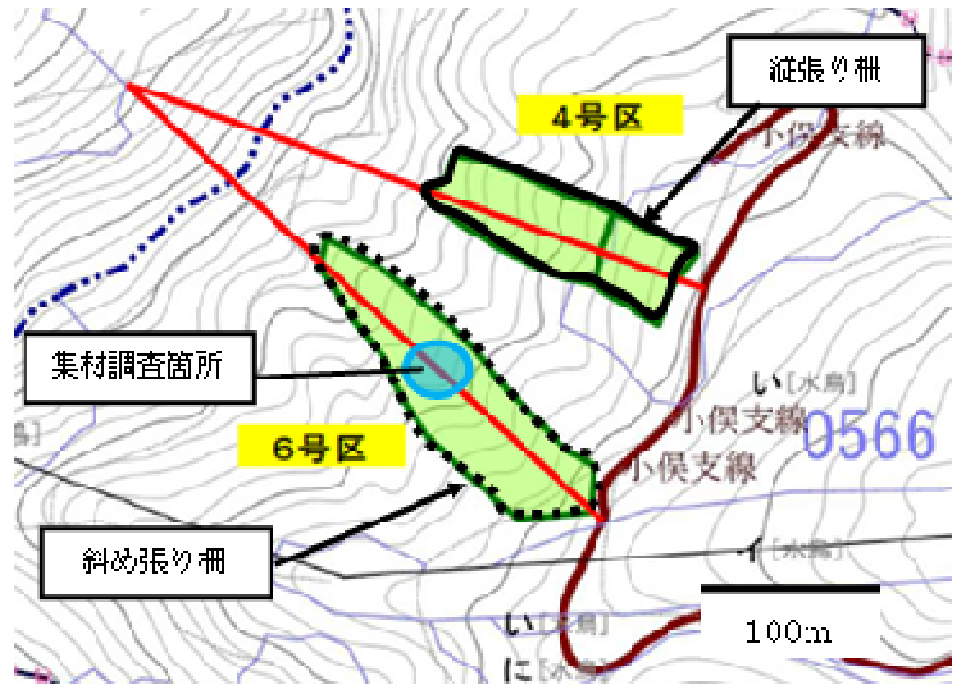
標高:440m~610m

平均傾斜:34°

索張り数:2線

スパン長:380m、360m

平均集材距離:86、120m



一貫作業システム

工程	平成26年度	平成27年度
伐倒	チェーンソー	チェーンソー
架設・撤去	タワーヤーダ使用	集材機使用
集材	ウッドライナー(下げ荷) (元柱にタワーヤーダ使用)	ウッドライナー(上げ荷) (タワーヤーダ未使用)
造材	ハーベスタ	プロセッサ
はい積み※	ハーベスタ、グラップル	グラップル
地拵え	人力	人力
獣害防護柵	なし	斜め張り柵、縦張り柵
苗木運搬	ウッドライナー	人力
植栽	ディブル、唐鍬	唐鍬

※はい積みについては、土場側・林道側の集材作業員が待ち時間等に適宜実施

一貫作業の状況(26年度)



ウッドライナーで集材(下げ荷)・ハーベスタで造材

一貫作業の状況(26年度)



コンテナ苗をウッドライナーで運搬

一貫作業の状況(26年度)



コンテナ苗の植栽

一貫作業の状況(27年度)



ウッドライナーで集材(上げ荷)・プロセッサで造材
グラップルではい積み

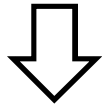
一貫作業の状況(27年度)



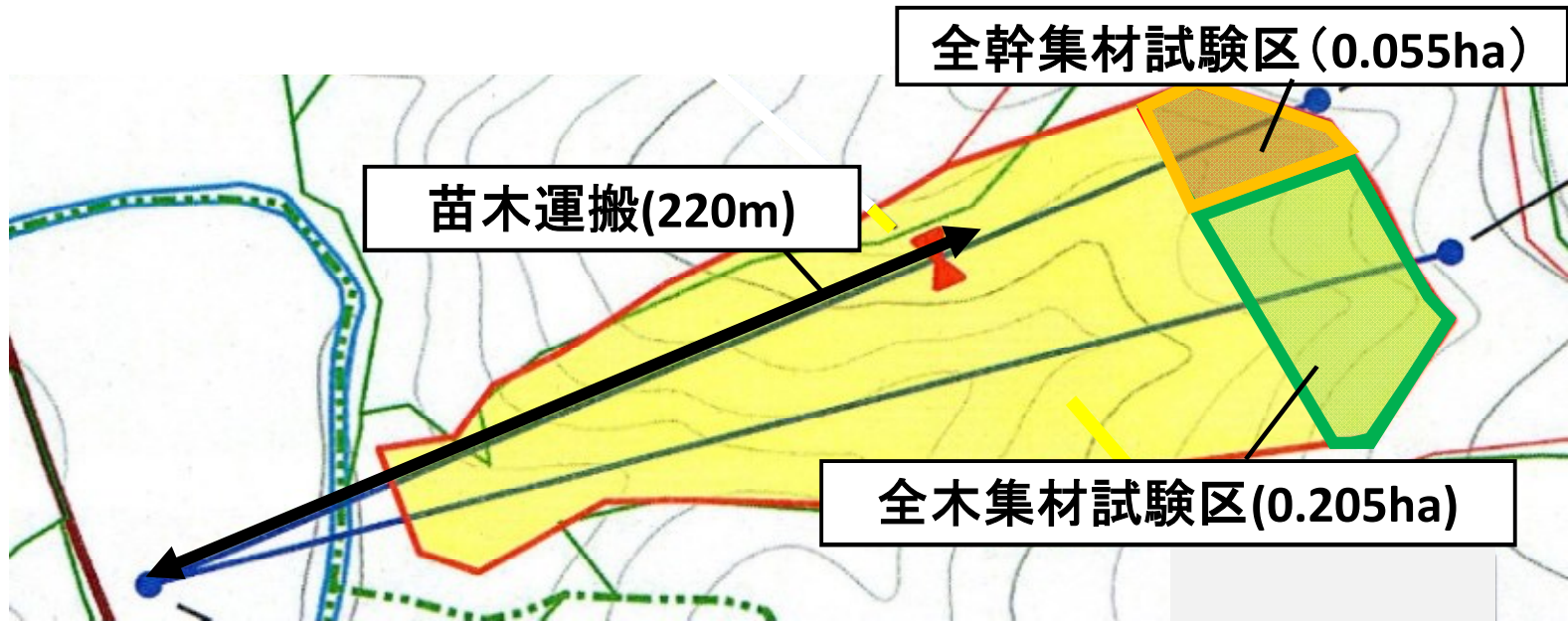
獣害防護柵設置(斜め張り柵)

試験方法

伐倒～植栽一貫作業工程調査



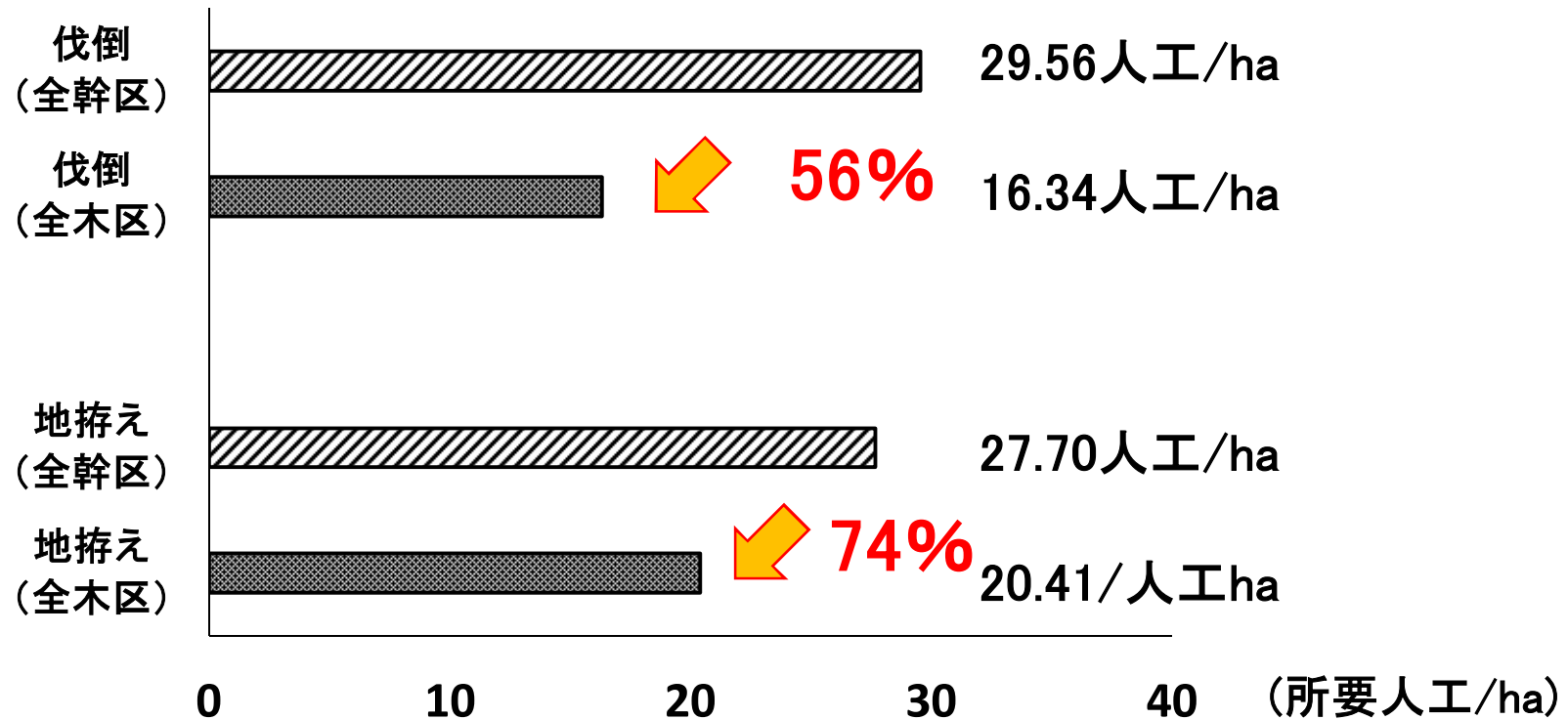
- ① 伐倒・枝払い、地拵え工程
(全木集材区と全幹集材区の比較)・・・26年度
- ② 苗木運搬工程
(人力運搬と架線運搬の比較)・・・26年度



試験方法

- ③ 架設・撤去工程
(タワーヤーダ・集材機比較)・・・26・27年度
- ④ ウッドライナーによる集材工程
(全木・全幹集材の比較、上げ荷・下げ荷の比較)
(横取り距離の検討)・・・26・27年度
- ⑤ 獣害防護柵設置工程
(縦張り・斜め張りの比較)・・・27年度
- ⑥ 植栽工程
(裸苗・コンテナ苗/唐鍬・ダブルの比較)・・・26年度

結果① 伐倒・枝払い、地拵え工程 (全木集材区と全幹集材区の比較)



伐倒 → 全木集材区は全幹集材区の56%に省力化
(全木集材は枝払いなし) 枝払いを行わないため

地拵え → 全木集材区は全幹集材区の74%に省力化
集材木の枝葉が林内に残されないため

全木集材により大量の枝葉が土場で発生 (結果①の補足)

枝葉の処理 → 山へ戻す？ 破砕機でチップ化？



チップの買い手がない

→ 現状では、山へ戻さざるをえない

→ チップ化・販売して採算がとれる環境整えば全木集材の
メリットが明確になる

(木質バイオマス需要増加に期待)

下層植生の処理(地拵え) (結果①の補足)



間伐が適切に実施された林分では下層植生が繁茂
→ 植栽、下刈り等に影響しない程度の地拵えが必要
(集材方法とは無関係)

結果② 苗木運搬工程

架線による苗木運搬 = 架線系一貫作業の特徴

苗木運搬(運搬距離220m)

運搬方法	運搬本数	運搬時間
人力運搬	50本	22分57秒
架線運搬	650本	4分 5秒

コスト分析(試算)

(仮定) — 植栽密度 2,100本/ha
植栽工期 300本/人・日
平均運搬距離220m



架線運搬

1人1日5往復(約115分)の運搬時間削減
(土場から植栽地への最初と最後の移動
は削減時間から除く)



39,000円/ha
労務コスト削減



結果③ 架設・撤去工程 (タワーヤーダ・集材機比較)

	架設方法	1線あたり所要人工
26年度	タワーヤーダ使用	18.45 人工
27年度	集材機使用	31.63 人工

<タワーヤーダ使用のメリット>

集材機使用の59%の人工で架設・撤去可能

条件によってはもっと短時間で可能といわれる(要データ蓄積)

<タワーヤーダ使用のデメリット>

タワーヤーダを所有している林業事業体は現状少ない

タワーヤーダ進入可能な林道の整備必要

タワーヤーダ・集材機をケースバイケースで使用すべき

結果④ ウッドライナーによる集材功程

欧州製自走式搬器 ウッドライナー



オーストリア Konrad社製

架設・撤去が容易(主索のみの架設で走行可能)
リモコン操作による自動走行設定が可能
従来自走式搬器に比べ走行速度・引揚げ能力が高い

ウッドライナーによる新たな架線集材の期待
調査事例は全国的に少ない

結果④ ウッドライナーによる集材工期 (全木・全幹集材の比較、上げ荷・下げ荷の比較)

方法	労働生産性 ($\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$)	平均幹材積 ($\text{m}^3/\text{本}$)	土場の状況
下げ荷 全木	14.70	1.39	広い
下げ荷 全幹	10.02	1.06	広い
上げ荷 全木	21.42	0.61	狭い

※1日＝6時間として1日あたり労働生産性を算出

- ・全木集材と全幹集材で大きな差はなし(幹材積の差を考慮)
- ・上げ荷集材＞下げに集材
材を安定的に扱える上げ荷集材が有利である可能性

＜参考＞土場側作業の様子

土場が広い・・・荷はずし～造材 1人で実施

土場が狭い・・・荷はずし～造材 2人で実施

結果④ ウッドライナーによる集材工期 (全木・全幹集材の比較、上げ荷・下げ荷の比較)

方法	労働生産性 ($\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$)	平均幹材積 ($\text{m}^3/\text{本}$)	土場の状況
下げ荷 全木	14.70	1.39	広い
下げ荷 全幹	10.02	1.06	広い
上げ荷 全木	21.42	0.61	狭い

※1日＝6時間として1日あたり労働生産性を算出

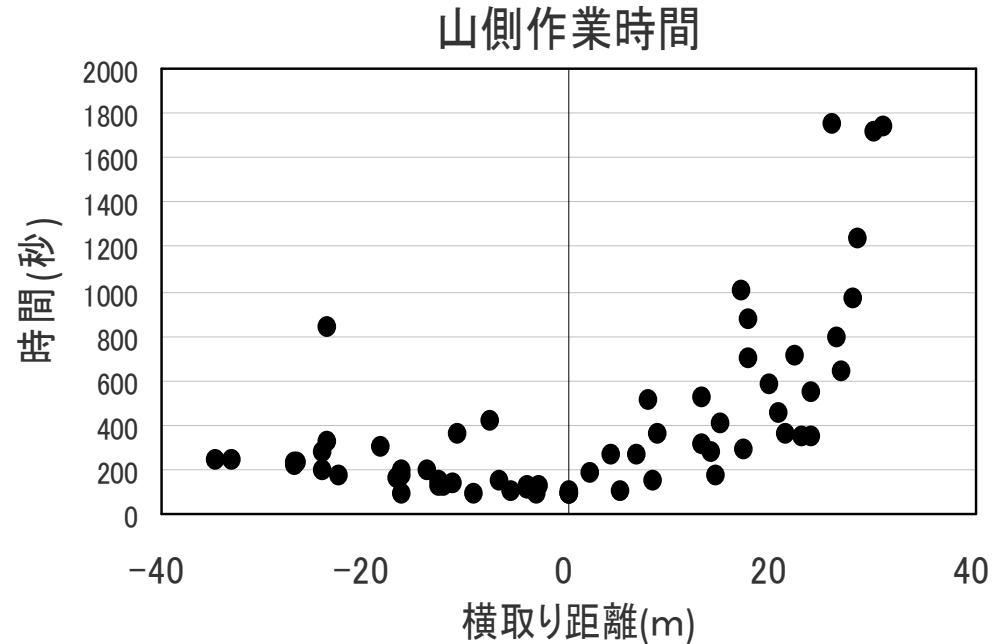
- ・全木集材と全幹集材で大きな差はなし(幹材積の差を考慮)
- ・上げ荷集材 > 下げに集材
材を安定的に扱える上げ荷集材が有利である可能性

<参考> 土場側作業の様子

土場が広い・・・荷はずし～造材 1人で実施

土場が狭い・・・荷はずし～造材 2人で実施

結果④ ウッドライナーによる集材工期 (横取り距離の検討)



滑らかな斜面

→ 大きなトラブルなし
横取り距離が30m程度まで問題なし

陰しく複雑な斜面

→ 荷掛手の移動に時間がかかる
横取り中にトラブルが発生
著しく陰しい場所では、山側2人で作業

結果⑤ 獣害防護柵設置工期 (斜め張り・縦張りの比較)



縦張り柵
(従来より一般的)



斜め張り柵
(シカの侵入抑制効果期待)

<設置工期>

5.35 m/人・時



9.28 m/人・時

1.73倍

設置作業の効率化

※ただし、獣害防止効果の検証が必要

結果⑥ 急傾斜地におけるコンテナ苗植栽

コンテナ苗への期待 : 植栽の効率化、植栽時期の拡大

苗形態



Mスターコンテナ苗



裸苗

根形態



円筒形



不定形

結果⑥ 急傾斜地におけるコンテナ苗植栽



唐鍬

ディブル



結果⑥ 急傾斜地におけるコンテナ苗植栽植栽工期 (裸苗・コンテナ苗/唐鍬・ディブル)

<植栽効率>

➤ ディブル > 唐鍬
(コンテナ苗) (裸苗)

1.2倍

➤ 唐鍬 > 唐鍬
(コンテナ苗) (裸苗)

1.5倍

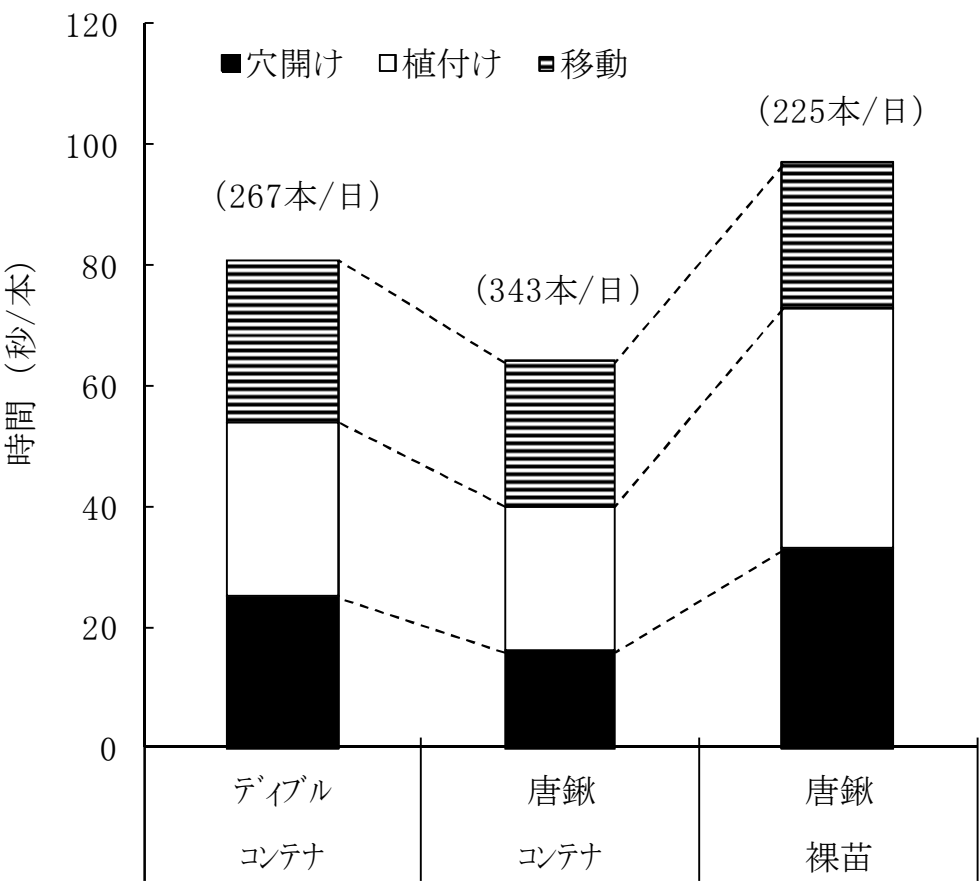


図 コンテナ苗及び裸苗の器具別の工期
()内は1人1日(6時間)当たりの植栽本数を示す。

コンテナ苗の植栽効率
(急傾斜地)
唐鍬 > ディブル

まとめ

- 1 全木集材は全幹集材に比べ省力化
伐倒・枝払い:56%、地拵え:74%
- 2 集材架線による苗木運搬
人力運搬に比べ短時間、労働負荷の軽減
- 3 架設・撤去(ウッドライナー使用の場合)
タワーヤード使用による省力化
- 4 ウッドライナー集材
条件による生産性の影響大
- 5 獣害防護柵設置
斜め張り柵設置による省力化
- 6 コンテナ苗植栽
急傾斜地では唐鍬によるコンテナ苗植栽が効率的