

令和6年度

造林に係る省力化・低コスト化技術指針 事例集



令和7<2025>年3月
林野庁

はじめに

「令和5年度省力・低コスト造林に係る技術指針の策定に関する調査委託事業」及び「令和6年度省力・低コスト造林技術の普及に向けた調査委託事業」を通じて「造林に係る省力化・低コスト化技術指針」が策定された。当該技術指針は、林業現場での省力・低コスト造林技術の定着に向けて、林業研究機関や林野庁実証調査事業等で開発された個々の造林技術を体系的に整理したもので、「指針」とその「解説」から構成されている。

本事例集では、指針・解説に記載された個々の造林技術について、その基となった各地での調査取組事例等を紹介しており、それぞれの造林技術について理解を更に深め、普及啓発や現場レベルでの実践に活用されることを期待している。

なお、事例集で紹介する個々の造林技術は、指針の第5「具体的な省力・低コスト化技術」に示す技術項目の順番に対応するよう、（1）機械による地拵え、（2）機械による苗木運搬、（3）コンテナ苗の植栽、（4）伐採と造林の一貫作業、（5）低密度植栽、（6）下刈り回数の削減、（7）下刈り面積の削減、（8）付帯施設整備、等とし、各事例のタイトル欄には関連する指針の箇所（頁及び解説番号）を記載しリンクさせているので、それらと合わせて参考にすることをお薦めする。

目次			頁
はじめに			1
(1) 機械による地拵え	事例1	緩傾斜地での機械地拵え（長野県信濃町他）	3
	事例2	中傾斜地での機械地拵え（広島県三次市）	4
	事例3	グラップルレーキを用いた機械地拵え（長野県佐久穂町他）	5
(2) 機械による苗木運搬	事例4	フォワードによる苗木運搬（広島県三次市）	6
	事例5	架線系機械による運搬（高知県土佐町他）	7
	事例6	架線運搬されたコンテナ苗の現地保管（高知県土佐町他）	8
(3) コンテナ苗の植栽	事例7	森林組合管理による苗木生産（宮崎県都城市）	9
(4) 伐採と造林の一貫作業	事例8	ハーベスタ伐倒・造材による一貫作業（北海道千歳市）	10
	事例9	チェーンソー伐倒・造材による一貫作業（山形県西川町）	11
	事例10	苗木の自前生産を含めた一貫作業への取組（徳島県つるぎ町他）	12
	事例11	森林組合による一貫作業の取組（宮崎県都城市他）	13
(5) 低密度植栽	事例12	低密度植栽による造林等のコスト削減（長崎県東彼杵町）	14
	事例13	スギの植栽密度と推定林分材積（宮崎県日南市）	15
(6) 下刈り回数の削減	事例14	雑草木との競合状態を観察して下刈り判断（長崎県東彼杵町）	16
	事例15	下刈り回数の削減に及ぼす機械地拵えの効果（長野県信濃町他）	17
	事例16	スギ大苗（裸苗）を植栽して下刈り省略（岩手県遠野市）	18
	事例17	スギ大苗（コンテナ苗）を植栽して下刈り省略（宮崎県都城市）	19
(8) 付帯施設整備	事例18	フォワードで獣害防止資材を運搬（広島県三次市）	20
	事例19	架線で獣害防止資材を運搬（東京都檜原村）	21
その他	事例20	架線集材後にドローンで苗木運搬（和歌山県日高川町）	22
	事例21	多目的造林機械を用いた下刈り作業（宮崎県日南市）	23
	事例22	クローラタイプの運搬機で苗木運搬（茨城県大子町）	24
参考文献			25

(1) 機械による地拵

事例 1 緩傾斜地での機械地拵 (長野県信濃町他)

概要

- ✓ 長野県の地形が平坦～中傾斜 (0～25°) の国有林及び民有林でグラブプル及びバケットによる機械地拵の試験を実施。
- ✓ 機械地拵の方が人力地拵よりも約 5～6 倍の生産性となり、コストは約 45～75% 低下した結果となった。

■ 対象地の概要

場所	長野県 (霊仙寺山国有林、浅間山国有林、大門山国有林、諏訪市民有林)
標高	820～1,340m
傾斜	0～25°
前生樹	スギ、カラマツ
実施年	2016年、2017年



グラブプル地拵

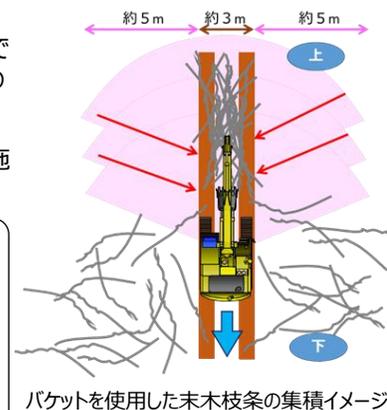


バケット地拵

■ 実施のポイント

- ✓ 全木集材を原則とし、造材は作業道上または土場で行い、伐倒、木寄せ時に折れた枝を地拵で枝条の棚にする (右図)。
- ✓ バケットを使った地拵の方法は、以下の要領で実施した。

1. 斜面下方から上方へ (伐根の位置を確認しながら) 前進する。
2. 斜面下方へ後退しながら、機体前方の左右に未木枝条をバケットの爪の部分で地面をなぞるように寄せて集積する (土を掘り返さない)。
3. 表層の腐植土壌、灌木類等の根株も含めて寄せる。
4. 機械の走行路は棚 (枝条) の下になるため、植栽する場所は踏み固めない。



バケットを使用した未木枝条の集積イメージ

■ 使用機械

試験地	種別	機種 (ベースマシン/アタッチメント)
霊仙寺国有林	バケット	コマツ PC138US
	グラブプル	コベルコ SK135SR-2F/南星 BHS10KR-4
浅間山国有林	バケット	コマツ PC138US
	グラブプル	CAT 314C/イワフジGS-90LJ
大門山国有林	バケット	コベルコ SK125SR
	グラブプル	-
諏訪市民有林	バケット	-
	グラブプル	日立 ZX50U/イワフジGS-50LJ

■ 得られた結果

- ✓ 人力地拵と比較して、グラブプル地拵で約 5 倍、バケット地拵で約 6 倍の生産性となり、コストはバケット地拵で 75% の減、グラブプル地拵で 45% の減となることが試算された。

地拵作業	生産性 (平均値±標準偏差)	コスト (平均値±標準偏差)
人力	131±28 m ² /人時	264±55千円/ha
グラブプル	647±349 m ² /人時	146±81千円/ha
バケット	829±255 m ² /人時	67±27千円/ha

(1) 機械による地拵え

事例 2 中傾斜地での機械地拵え (広島県三次市)

概要

- ✓ 広島県の地形が平坦～中傾斜 (0～25°) の民有林で立木の伐倒後の木寄せと地拵えをグラブプルにより実施。
- ✓ グラブプルのアームが届かない範囲は人力地拵えを実施。
- ✓ 機械による地拵えは標準的な人力地拵えと比較して約3.4倍の生産性となった。

■ 対象地の概要

場所	広島県 (三次市民有林)
標高	511～562m
傾斜	0～25°
前生樹	スギ、ヒノキ
実施年	2021年



グラブプルによる地拵え



グラブプルによる木寄せ



傾斜地における人力地拵え

■ 使用機械

種別	機種 (ベースマシン/アタッチメント)
グラブプル	住友建機 SH135X-7/イワフジ GS-90LJV

■ 実施のポイント

- ✓ 傾斜があつてグラブプルによる機械地拵えができなかった場所は人力による地拵えを行った。
- ✓ グラブプルの木寄せと地拵えの稼働時間を分別した結果、木寄せが全体の47%、機械地拵えが39%であった。
- ✓ 伐採で発生した末木枝条は、バイオマス燃料として利用した。

■ 得られた結果

- ✓ 機械地拵えは、2.95haで9.3人日であった (下表)。
- ✓ 機械地拵えができない場所 (全体面積の5.4%) での人力地拵えは、0.17haで3.9人日だった。
- ✓ 機械地拵えと人力地拵えを組合せた全体の生産性は0.24ha/人日となった。
- ✓ 標準的な人力地拵えの人工である0.07ha/人日と比較すると3.4倍の生産性を実現した。

作業	面積	人工	生産性
機械地拵え	2.95ha	9.3人日	0.32ha/人日
人力地拵え	0.17ha	3.9人日	0.04ha/人日
組合せ	3.12ha	13.2人日	0.24ha/人日

(1) 機械による地拵え 事例3 グラップルレーキを用いた機械地拵え (長野県佐久穂町他)

概要

- ✓ 長野県佐久穂町の南佐久北部森林組合では、傾斜地における地拵え作業について、グラップルと独自に製作したレーキを使用。
- ✓ レーキを使って地拵え面積のほぼ100%で機械地拵えを実施することができ、生産性は0.2人日/haとなった。

■ 対象地の概要

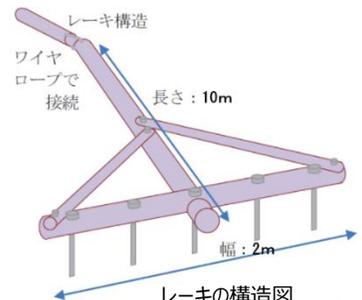
場所	長野県 (佐久穂町民有林他)
標高	1,060～1,100m
前生樹	カラマツ
実施年	2024年



レーキとグラップル

■ 使用機械

種別	機種 (ベースマシン/アタッチメント)
グラップル	コベルコ SK135SR / イワフジ GS-90LJ



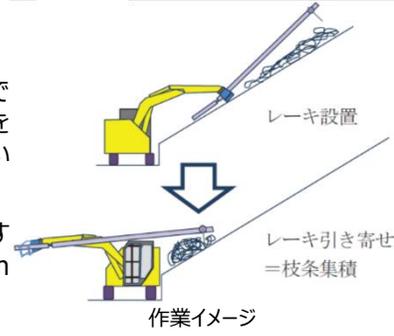
原図: 高野ら (2018)



写真提供: 大矢信次郎

■ 実施のポイント

- ✓ レーキを使うことでアームと合わせて約15mの範囲で機械地拵えが可能になる (右図) ため、作業路を30m間隔 (路網密度約300m/ha) で開設している。
- ✓ 地拵え時にレーキの歯が伐根に引っかからないようにするため、伐採時はできるだけ地際 (追い口を6～8cm程度) で残るようにしている。



原図: 高野ら (2018)

■ 得られた結果

- ✓ 2024年に機械地拵えをした現場の生産性は、0.20人日/haであった。
- ✓ 機械地拵えは生産性の向上だけでなく、人力作業を極力減らすことで熱中症の予防につながるメリットとして捉えている。



レーキを使ったグラップル地拵えの作業前後
(左) 作業道の開設と伐倒作業が終了した状況、(右) 地拵え作業が終了した状況

造林面積: 約8.4ha
地拵え開始: 2024年10月7日、地拵え終了: 2024年12月18日 43人日

(2) 機械による苗木運搬 事例4 フォワードによる苗木運搬 (広島県三次市)

概要

- ✓ 広島県の地形が平坦～中傾斜 (0～25°) の民有林でフォワードによるコンテナ苗の運搬を実施。
- ✓ 当該地で丸太の運搬を行ったフォワードを苗木運搬にも使用した。
- ✓ 1往復当たり1,680本のコンテナ苗を運搬でき、施業地の植栽本数を約4往復で運搬できる結果となった。

■ 対象地の概要

場所	広島県 (三次市民有林)
面積	3.12ha
標高	511～562m
傾斜	0～25°
苗木	コンテナ苗 (150cc)
実施年	2021年



フォワードの発着地点 (赤丸) と荷下ろし2地点 (青丸) の位置関係

■ 実施のポイント

- ✓ 発着地点から2箇所の荷下ろし地点にそれぞれ1往復ずつ苗木を運搬した (左図)。
- ✓ 苗木を荷下ろしする場所と本数を事前に設定し、作業班全体で共有することで作業の円滑な実施に努めた。
- ✓ 必要に応じて苗木以外の資材 (獣害対策資材など) の運搬も可能 (事例18参照)。

■ 得られた結果

- ✓ フォワード1回の運搬でコンテナ苗 (150cc) を1,680本積載した (下表)。
- ✓ 1往復当たり11分～17分で運搬した。
- ✓ 施業地 (3.12ha) の植栽本数 (6,240本) を約4往復で運ぶことができた。

■ 使用機械

種別	機種
フォワード	イワフジ工業 U-5C



丸太を運搬するフォワード



コンテナ苗の積み下ろし作業

運搬区間	発着地点～荷下ろし地点 ①	発着地点～荷下ろし地点 ②
運搬距離	905m	1,376m
作業人員	1人	1人
1往復当たりの 平均運搬本数	1,680本	1,680本
1往復当たりの 平均運搬時間	11.20分	16.90分
1人日当たりの運搬本数 (運搬重量)	63,000本 (10,500kg)	41,751本 (6,959kg)

(2) 機械による苗木運搬 事例5 架線系機械による運搬 (高知県土佐町他)

概要

- ✓ 高知県の地形が急傾斜 (24~34°) の私有林で集材に使用した架線 (H型架線、エンドレスタイラー式架線) の撤収前にコンテナ苗の運搬を実施。
- ✓ 架線集材後、撤収前に架線でコンテナ苗を運搬することで、人肩運搬よりも生産性が4.5倍~7.3倍になった。

■ 対象地の概要

場所	高知県 (土佐町、いの町民有林)
標高	720~900m
傾斜	24~34°
前生樹	スギ、ヒノキ
実施年	2014年, 2015年



架線系機械による苗木運搬

■ 得られた結果

- ✓ 300ccのコンテナ苗の運搬であったが、エンドレスタイラー式架線では、人肩運搬と比較し4.5倍、H型架線では7.3倍の生産性となった (下表)。
- ✓ エンドレスタイラー式架線は、横引き運搬に難があるため、架線高が低い場合、架線直下に降ろし、コンテナ苗を人肩で植栽場所付近に小運搬の方が効率的である。
- ✓ H型架線は、2本の主索間で任意の地点での荷揚げ、荷下ろしできることから、植栽場所付近に直接苗木を運搬することが可能であり、よりコンテナ苗の運搬に適した方法であると考えられる。

■ 使用機械

試験地	高知県土佐町	高知県いの町
方式	H型	エンドレスタイラー式
運搬距離	約250m	140~314m
比高差	約120m	50~130m



コンテナ苗を運ぶ金属製のカゴ

- ✓ コンテナ苗の運搬は、金属製の運搬カゴ (高さ70cm、幅95cm、奥行80cm、容積0.53m³、質量50kg) を使用し、運搬カゴを引き上げる形式で実施。

	エンドレスタイラー式架線		H型架線	
	架線運搬	人肩運搬	架線運搬	人肩運搬
運搬本数	400本/回	60本/回	400本/回	40本/回
作業員数	3人※1	1人	3人※1	1人
運搬距離	200m	405m (作業道・山腹)	299m	671m (作業道・山腹)
所要時間	9分13秒/回	18分42秒/回	14分40秒/回	32分6秒/回
生産性※2	0.48人日/ha	2.16人日/ha	0.76人日/ha	5.57人日/ha

※1 : 集材機・積込・苗木おろし

※2 : いずれも2,500本/ha、実働6時間/日として計算

(2) 機械による苗木運搬 事例 6 架線運搬されたコンテナ苗の現地保管 (高知県土佐町他)

概要

- ✓ 高知県の地形が急傾斜 (24~34°) の民有林で集材に使用した架線 (H型架線、エンドレスタイラー式架線) の撤収前にコンテナ苗の運搬を実施。
- ✓ 運搬したコンテナ苗は、枝条被覆による現地保管を1~4週間行った後に植栽したが、問題なく活着した。

■ 対象地の概要

場所	高知県土佐町	高知県の町
苗木	スギ	ヒノキ
苗種	コンテナ苗 300cc	コンテナ苗 300cc
コンテナ苗運搬日	2014/9/12	2015/7/29
植栽日	9/12, 9/19, 9/26, 10/10	7/29, 8/5, 8/12, 8/26



架線系機械による苗木運搬

■ 現地保管の使い所

- ✓ 架線撤収前にコンテナ苗を運搬し、人力による地拵えと付帯施設 (獣害防護柵等) 設置が終わるまで現地で保管する (下図)。
- ✓ 地拵え作業等の終了後に植栽する。



■ 得られた結果

コンテナ苗の現地保管試験

- ✓ 7月下旬 (ヒノキ) 及び9月中旬 (スギ) にメッシュ袋に入れたコンテナ苗を枝条被覆し、1~4週間林地に保管した (下写真)。



コンテナ苗の枝条被覆前



コンテナ苗の枝条被覆後

- ✓ 現地保管したコンテナ苗は、枯れていなかった。
- ✓ 植栽地に植栽した結果、ほぼ全て生存していた (下表)。
- ✓ 苗木にとって、気温が高く根鉢の乾燥が懸念される過酷な時期であっても1か月程度の現地保管は可能である。

植栽したコンテナ苗の生存率

植栽日	運搬当日	1週間保管後		2週間保管後		4週間保管後	
		皆伐地	林内	皆伐地	林内	皆伐地	林内
スギ	88%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
ヒノキ	87%	94%	-	98%	-	99%	-

(3) コンテナ苗の植栽

事例7 森林組合管理による苗木生産 (宮崎県都城市)

概要

- ✓ 宮崎県の都城森林組合では、再造林率100%を目標に掲げて伐採と造林の一貫作業システムを導入し、素材生産・再造林を実施。
- ✓ 円滑な事業実施には、植栽のタイミングに合わせたコンテナ苗の安定的な供給が不可欠であるため、平成27（2015）年からコンテナ苗の本格的な生産を開始し、自前での供給体制を整えている（同組合による一貫作業の取組は事例11参照）。

■ 苗木の生産体制

- ✓ 2010年からMスターコンテナによるスギさし木コンテナ苗の生産を開始し、2015年から本格的な苗木出荷（約10万本）をしている。
- ✓ さし穂は、組合が管理している採穂園から調達しており、現在の生産規模は、従事者9名でビニールハウス38棟を管理している。
- ✓ 苗木の生産は、さし穂をさすタイミングを通年にすることで作業と出荷のタイミングの平準化を図り、作業員の通年雇用を実現している。

■ 得られた結果

- ✓ 2024年度のスギコンテナ苗の生産本数は、約54万本に達しており、組合が植栽する苗木の全量を本管理圃場で生産している（2023年度は、167ha（約33万本植栽））。
- ✓ 2023年度に、花粉の少ない品種のスギ母樹園を10ha造成し、5年後に、花粉の少ないスギコンテナ苗木100万本の生産を目指している。
- ✓ 今後は特定母樹等の採穂園の造成にも取り組む予定。



コンテナ苗生産のビニールハウスの外観



育苗中のコンテナ苗



写真提供：都城森林組合

造成中の採穂園

(4) 伐採と造林の一貫作業

事例 8 ハーベスタ伐倒・造材による一貫作業 (北海道千歳市)

概要

- ✓ 北海道の地形が平坦 (0 ~ 5°) なカラマツ人工林において、ハーベスタ等多様な林業機械を用いてカラマツコンテナ苗を植栽する一貫作業を実施。
- ✓ 地拵え及び植栽が通常の施業より約 5 倍の生産性となった。

■ 対象地の概要

場所	北海道 (千歳国有林)
造林面積	0.87ha (調査面積)
前生樹	カラマツ、その他広葉樹
斜面傾斜	0 ~ 5°
植栽樹種	カラマツ (コンテナ苗)
植栽密度	1,400本/ha (合計 : 1,198本)
伐出材積	164.1 m ³ /ha



林地の状況



グラップルレーキ



植栽穴あけ用アースオーガー

■ 使用機械

種別	機種 (ベースマシン/アタッチメント)
フェラーバンチャザウルスロボ	キャタピラー 312D/松本システムエンジニアリング MSE-45FGZX
ハーベスタ	キャタピラー312D/KETO 150Supreme
グラップル (先山)	キャタピラー312D/イワフジ工業 GS-90LJV
グラップル (土場)	キャタピラー312C/玉置機械工業
グラップルレーキ	キャタピラー312D/イワフジ工業 GSR-14B
フォワーダ	諸岡 MST-1500VDL

■ 作業のポイント

- ✓ 作業の流れは、以下のとおり

1. フェラーバンチャやハーベスタによる伐倒、グラップルやハーベスタ等による木寄せ・地拵え、ハーベスタによる造材、フォワーダ及びグラップルによる搬出。
2. 一連の作業の最後にグラップルレーキによる仕上げの地拵え (小さな末木枝条の片付け) を追加。
3. 植栽作業は、植え穴マーキング、アースオーガーによる植え穴あけ、植栽。

- ✓ 伐倒をフェラーバンチャ及びハーベスタ、木寄せはグラップル、造材はハーベスタというように機械を使い分けて効率性を高めることが可能となった。

- ✓ 機械を効率的に使うために作業の段取りを工夫するとともに、作業チーム全員が伐倒、木寄せ、植栽において、次の作業を考えながら作業の連携を意識した効率的な作業を実施した。

■ 得られた結果

- ✓ 一貫作業と通常の施業と比較した結果、地拵え及び植栽の人工は、一貫作業が7.2人日/haで通常の施業が34.3人日/haとなり、通常の4.8倍の生産性となった (下表)。

	一貫作業	通常の施業
伐採面積	0.87ha	2.09ha
伐採樹種	カラマツ・その他広葉樹	カラマツ
出材積	164.1 m ³ /ha	138.8 m ³ /ha
伐採の生産性	15.7 m ³ /人日	11.2 m ³ /人日
植栽樹種	カラマツ (コンテナ苗)	トドマツ (裸苗)
地拵えの生産性	1.74ha/人日	0.07 ha/人日
植栽の生産性	0.15ha/人日	0.05ha/人日
地拵え + 植栽人工	7.2人日/ha	34.3人日/ha

(4) 伐採と造林の一貫作業

事例9 チェーンソー伐倒・造材による一貫作業 (山形県西川町)

概要

- ✓ 山形県の地形が平坦～緩傾斜 (0～15°) の国有林で、チェーンソー伐倒・造材とグラップルによる集材、スギコンテナ苗の植栽を一貫作業で実施。
- ✓ 地拵え及び植栽が通常の施業より約2倍の生産性となった。

■ 対象地の概要

場所	山形県 (仁田山外14国有林)
造林面積	0.2ha
前生樹	スギ
斜面傾斜	0～15°
植栽樹種	スギ (コンテナ苗)
植栽密度	2,250本/ha
伐出材積	633.5 m ³ /ha



林地の状況

■ 作業のポイント

- ✓ 作業の流れは、以下のとおり
 - 1. チェーンソーによる伐倒と造材、グラップルによる木寄せ・地拵え、フォワーダによる搬出という流れで実施。
 - 2. 伐採作業が完了したら、地拵え作業をただちに実施し、その後植栽作業。
- ✓ 造材箇所を2箇所設け、チェーンソーによる玉切りとグラップルによる丸太移動を交互に行う作業方法で実施した。

■ 得られた効果

- ✓ 一貫作業と通常の施業と比較した結果、地拵え及び植栽の人工は、一貫作業が15.0人日/haで通常の施業が32.5人日/haとなり、通常の2.2倍の生産性となった(下表)。

■ 使用機械



グラップル地拵え

フォワーダによる苗木運搬

ディブルによる植栽

種別	機種 (ベースマシン/アタッチメント)
グラップル	コマツ PC138US-10NM(林業グラップルSP仕様車)
地引ウインチ	イワフジ工業 TW-2S
フォワーダ	諸岡 MST-800VDL
グラップルクレーン	Cranab FC45DT

	一貫作業	通常の施業
伐採面積	0.2ha	4.58ha
伐採樹種	スギ	スギ
出材積	633.5 m ³ /ha	100.0 m ³ /ha
伐採の生産性	15.3m ³ /人日	5.4m ³ /人日
植栽樹種	スギ (コンテナ苗)	スギ (裸苗)
地拵えの生産性	0.12ha/人日	0.05 ha/人日
植栽の生産性	0.15ha/人日	0.08ha/人日
地拵え+植栽人工	15.0人日/ha	32.5人日/ha

(4) 伐採と造林の一貫作業

事例10 苗木の自前生産を含めた一貫作業への取組 (徳島県つるぎ町他)

概要

- ✓ 徳島県つるぎ町のつるぎ木材加工協同組合では2013年頃から一貫作業を実施。
- ✓ フェラーバンチャを地拵えまで利用することで地拵え作業の9割以上を機械で実施し、地拵えの生産性が6～10倍になった。
- ✓ 自前でコンテナ苗生産圃場を管理して苗木の供給体制を確保することで、伐採後速やかに植栽できる円滑な一貫作業体制を整備している。

■ 主な作業機械と作業システム

- ✓ スイングヤーダで全木集材を行い、作業道作設に使用したフェラーバンチャのアームが届く範囲で地拵えを実施する。(下図)。
- ✓ 集めた丸太や末木枝条をバイオマス燃料としてフォワーダで搬出し、地拵え終了後、伐採用機械を撤収する。
- ✓ コンテナ苗等の造林資材を運搬車で運搬し、植栽作業を行う。
- ✓ 自前でコンテナ苗生産圃場を管理し、組合の施業計画に基づいて苗木を生産している。

■ 作業のポイント

- ✓ 伐採班と造林班が連携して施業することで造林コストの大幅な削減が可能になるため、伐採班は造林作業工程を意識した施業を心がけている。
- ✓ 伐採と造林の一貫作業を行う上でのポイントは以下のとおり。

・作業道は、機械地拵えと造林のことを考えて開設している。後の除間伐に使うことも想定して維持している。

・地拵えは、伐採班が機械地拵えを実施している。伐採班が地拵えをすることで造林班が新たに機械やオペレーターを導入する必要がなく、結果として伐採側と造林班(外注を含む)でコストを折半できる。

・除地を減らすため、末木枝条を破碎してバイオマス発電所の燃料として出荷している。運送コストがネックだが、後の作業のしやすさを考えるとバイオマスとして出した方がよい。

■ 得られた結果

- ✓ 機械地拵えを導入したことで、地拵え作業の9割以上を機械で実施できるようになり、人工は従来の地拵えが20～40人日/haであったのに対し、現在は2～6人日/haとなり、生産性が6～10倍になった。
- ✓ さらにこの取り組みを通して伐採班の意識が変わり、植栽のことも考えて施業するようになった。
- ✓ 特に、一貫作業を実施するためには、安定的な苗木供給体制が不可欠でその体制を敷いたことで、一貫作業が滞りなく実施できている。

使用機械	伐倒	木寄せ	造材	搬出	地拵え	植栽
	チェーンソー	フェラーバンチャ	プロセッサ	フェラーバンチャ	フェラーバンチャ	運搬車
		スイングヤーダ		フォワーダ	刈払機	
				グラブ		



末木枝条をバイオマス燃料として搬出



自前でコンテナ苗を生産



運搬車で苗木等を搬入



植栽作業

(4) 伐採と造林の一貫作業

事例11 森林組合による一貫作業の取組 (宮崎県都城市他)

概要

- ✓ 宮崎県都城市の都城森林組合において、伐採から造林までの一貫作業を実施。
- ✓ 機械地拵えによる生産性が人力地拵えより2.3倍高くなった。さらに、フォワーダによる丸太運搬の帰り荷で苗木運搬を行うことでコスト等が1割減となった。

■ 対象地の概要

場所	宮崎県 (都城市民有林)
造林面積	3.5ha
植栽密度	2,000本/ha(合計：7,000本)
植栽樹種	スギ(コンテナ苗)
作業期間	2023/10/1-2024/2/20(143日)
伐出材積	770m ³ /ha



グラップルによる地拵え



フォワーダによる材の積み込み
※帰り荷でコンテナ苗を運搬

■ 作業のポイント

- ✓ 伐採を実施する際に伐採班と造林班で協議を行い、除地と棚積みの位置などの打合せの後に、機械地拵えを実施し、少しでも多くの場所に植えられるように配慮した。
- ✓ 従来の作業ではフォワーダで丸太を山土場へ運搬した後、空荷で山に登っていたが、苗木を載せて登るようにした。
- ✓ 作業エリアごとに分けて伐採・搬出作業と同時に地拵え作業を行った。
- ✓ 都城森林組合で植栽する苗木の全量を組合が管理する圃場で生産して円滑な供給体制を構築している(事例7参照)。

■ 得られた結果

- ✓ 作業日報によると、伐採の生産性は15.7m³/人日と算出された。地拵えは、ほぼ機械地拵えを行っており、生産性は0.16ha/人日であった(左下表)、標準の人力地拵え(0.07ha/人日)と比較すると2.3倍となった。
- ✓ フォワーダでの丸太運搬の帰りに苗木運搬を実施した結果、苗木単独で運搬するより作業人員・作業期間・事業費が1割減となった。
- ✓ エリアごとに伐採・搬出作業と同時に地拵え作業を行うことで、造林作業を並行して行うことができ、さらに期間を短縮することができた。

■ 使用した機械と生産性

作業内容	種別	台数	作業日数	作業従事者数	生産性
搬出	フォワーダ	5台	14日	70人	-
機械地拵え	グラップル	4台	6日	22人	0.16ha/人日
植栽	-	-	12日	76人	0.04ha/人日

(5) 低密度植栽 事例12 低密度植栽による造林等のコスト削減 (長崎県東彼杵町)

概要

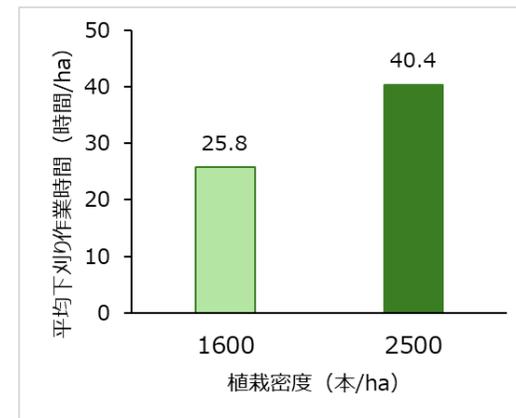
- ✓ 長崎県の県有林に設定した低密度植栽試験地において密度別に造林コスト等（植栽 + 下刈り）を試算。
- ✓ 造林コスト等が植栽密度1,600本/haで2,500本/haに対して36%削減した。

■ 対象地の概要

場所	長崎県東彼杵町（県有林）
標高	610～620m
傾斜	2～16°
植栽苗木	ヒノキ（コンテナ苗）

■ 得られた結果

- 低密度植栽の1,600本/haを2,500本/haに対して比較
- ✓ 苗木購入費及び植栽労務費は、36%削減した（右下表）。
 - ✓ 下刈り作業時間は1,600本/haで25.8時間/haとなり、2,500本/haで40.4時間/haと比較すると14.6時間短くなる試算となった（右図）。
→これは、作業対象木が少なく植栽間隔が広いことで、下刈り作業が容易になったことに起因すると考えられる。
 - ✓ 結果として、下刈り経費は4回の合計で36%削減した。
 - ✓ 植栽～下刈りまでの初期保育コストは合計で36%削減した。
 - ✓ この試験地は下刈り4回で終了した（事例14参照）。



植栽密度による下刈り時間の比較
※植栽3年目に実施

■ 施業履歴

植栽時期	2016年1月	
植栽密度	1,600本/ha、2500本/ha	
下刈り時期	1年目	2016年8月
	2年目	2017年8月
	3年目	2018年7月
	4年目	2019年7月
下刈り時の競合植生	落葉広葉樹→ススキへ遷移	



下刈り作業



下刈り終了後

項目	2,500本/ha	1,600本/ha	削減率
苗木購入費	365,000円	233,600円	36%
植栽労務費	167,500円	107,200円	36%
下刈り1年目	108,550円	69,442円	36%
下刈り2年目	247,321円	158,216円	
下刈り3年目	466,325円	298,317円	
下刈り4年目	466,325円	298,317円	
合計	1,821,021円	1,165,092円	36%

※「植栽労務費」は実際に掛かったコストである
※下刈りコストは、工期調査結果を基に算出した

(5) 低密度植栽 事例13 スギの植栽密度と推定林分材積 (宮崎県日南市)

概要

- ✓ 宮崎県の国有林でスギの植栽密度試験地（ネルダー型）を1974年に設定。
- ✓ 45年生時の調査結果から、1,600本/ha程度の低密度植栽であれば推定林分材積として従来の植栽密度（3,000本/ha）と大差が無いことが明らかになった。

■ 対象地の概要

場所	宮崎県 (大荷田国有林)
標高	320m
傾斜	25°
前生樹	スギ
植栽苗木	スギ・トサアカ (裸苗)
実施年	1974年

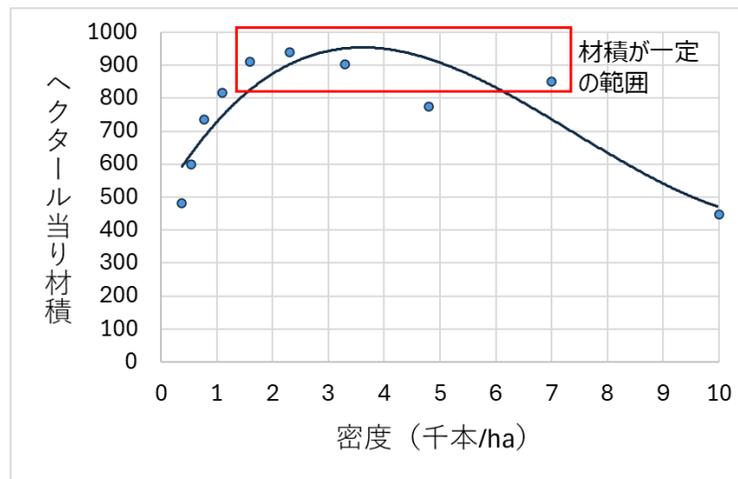


ネルダー型植栽密度試験地

■ 得られた結果

2018年に45年生になった試験地でのヘクタール当たり推定林分材積を算出した結果

- ✓ 林分材積は、植栽密度2,339本/haで900m³を越え最高となり、従来の3,000本植栽よりも高い値を示した（下図）。
- ✓ 植栽密度1,626本～6,987本/haの範囲では林分材積は一定の範囲に収まり、従来の3,000本/ha植栽より低密度植栽であっても材積はあまり変わらなかった。



植栽密度とha当たりの推定林分の関係

■ 系統配置による密度試験地の諸元

番号 C _i	Ciの半径 (m)	苗間 (m)	単木の専有面 積(m ²)	植栽密度 (本/ha)
C ₀	4.6	—	0.7	最円内
C ₁	5.6	1.1	1.0	10,027
C ₂	6.7	1.3	1.4	6,987
C ₃	8.0	1.6	2.1	4,850
C ₄	9.6	1.9	3.0	3,365
C ₅	11.5	2.3	4.3	2,339
C ₆	13.8	2.8	6.2	1,626
C ₇	16.6	3.3	8.9	1,128
C ₈	49.9	4.0	12.8	783
C ₉	23.9	4.8	18.5	544
C ₁₀	28.7	5.7	26.6	377
C _E	34.4	—	38.3	最円外

C₀とC_Eは、隣接木の影響が不均一になるため調査対象外

(6) 下刈り回数の削減 事例14 雑草木との競合状態を観察して下刈り判断 (長崎県東彼杵町)

概要

- ✓ 長崎県の県有林に設定した低密度植栽試験地において植栽木と雑草木との競合関係をC区分を用いて判断し下刈り省略を検討。
- ✓ 植栽木と雑草木のC区分の追跡調査から、下刈りは4年目までの実施で5年目は不要となり省略した。

■ 施業履歴

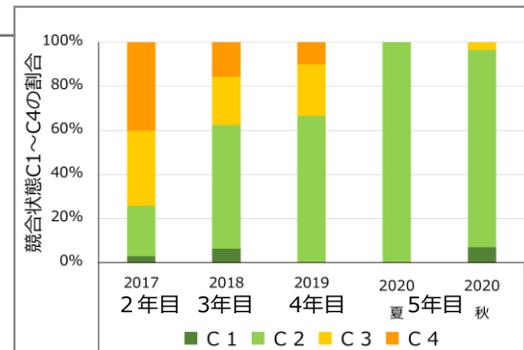
対象地の概要は、事例12参照。

植栽時期	2016年1月	
植栽樹種	ヒノキ	
植栽密度	1,600本/ha	
下刈り時期	1年目	2016年8月
	2年目	2017年8月
	3年目	2018年7月
	4年目	2019年7月

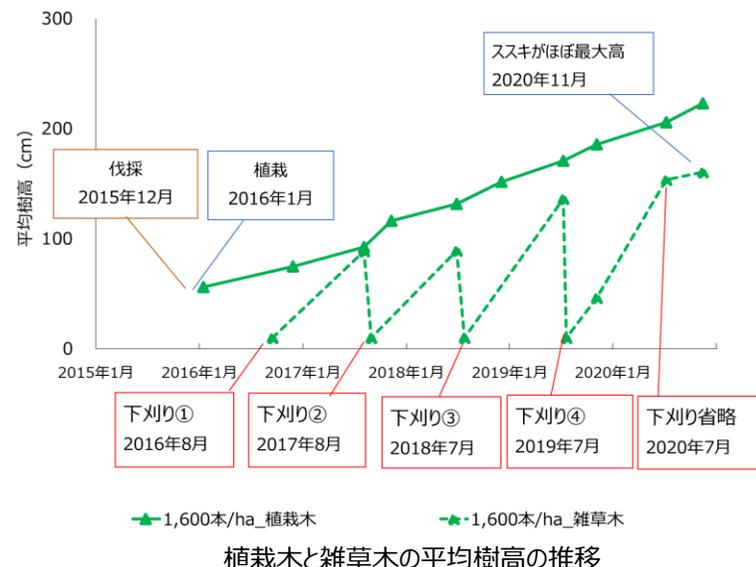
■ 得られた結果

植栽1年目～4年目までは毎夏1回下刈りを実施した。

- ✓ 植栽2年目(2017)からC区分を記録した(右上図)。
- ✓ 植栽2～4年目でC1+C2の割合が増え、5年目にはほぼ全ての植栽木が競合状態を脱していることが確認できた。
- ✓ 植栽1～2年目はアカメガシワ等の広葉樹の稚樹等が優占していたが、下刈りを繰り返すことで植栽3年目以降はススキが優占するようになった(下写真)。
- ✓ 5年目にはススキの高さが平均1.5m(最大で約1.8m)、ヒノキの平均樹高が約2mを越し、C区分調査の結果も踏まえて当年の下刈りを省略した(右下図)。
- ✓ 植栽木と雑草木の現場でのC区分を継続的に観察したことで下刈りの省略の判断ができた。このケースでは4年目まで実施で5年目は不要である。



植栽木と雑草木の競合状態 (C区分) の推移
※緑色 (C1+C2) が多くなるほど植栽木の樹高が雑草木に勝っている状態



(6) 下刈り回数の削減 事例15 下刈り回数の削減に及ぼす機械地拵えの効果 (長野県信濃町他)

概要

- ✓ 長野県の地形が緩傾斜 (5.5~9.6°) の国有林でグラップル及びバケットによる機械地拵えの試験を実施し、植栽後雑草木の繁茂状況を調査。
- ✓ 機械地拵えで雑草木の繁茂が抑制され、下刈り回数削減の効果が認められた。特にバケット地拵えでその効果が大きかった。

■ 対象地の概要

場所	長野県 (霊仙寺山国有林、浅間山国有林)
標高	830~1,220m
傾斜	5.5~9.6°
植栽苗木	スギ (コンテナ苗) カラマツ (コンテナ苗)
実施年	2016年、2017年



人力地拵え



グラップル地拵え



バケット地拵え

■ 得られた結果

- ✓ 人力地拵えでは、植栽木は繁茂した雑草木に埋もれた状態であった (下写真)。
- ✓ バケットやグラップルで地拵えした場所では雑草木の再生・繁茂が少なく植栽木が成長していた。
- ✓ 特にバケット地拵えの方が雑草木の繁茂を抑える効果が高かった。



人力地拵え

○ 雑草木がほとんど繁茂していないエリア

■ 実施のポイント

- ✓ 人力地拵えは、チェーンソーや鎌等で末木枝条や雑草木を刈り払い・除去し、棚積みする作業なので、土中にある雑草木の根株や種子は植栽地に残存する (下表)。
- ✓ グラップル地拵えは棚積みの過程で、根株や種子が多く埋まっている腐食土壌層 (主にA₀層) を攪乱することになるため、結果的に雑草木の発芽を抑える働きがある。
- ✓ バケット地拵えは末木枝条やA₀層を寄せ集める過程で軽度の地掻きをすることになり、根株や種子を棚に集めることで植栽地の雑草木の発芽を抑える働きがグラップル地拵えよりも強い。



グラップル地拵え



バケット地拵え

植栽2年目の状況 (霊仙寺山国有林)

地拵え区分	人力地拵え	グラップル地拵え	バケット地拵え
地拵え動作	チェーンソーで枝条切断、鎌等で刈り払い、棚積み	枝条等を掴んで棚積み	引き寄せ等で棚積み
A ₀ 層の土壌攪乱と灌木の抜根抜き取り	なし	部分的	面的

(6) 下刈り回数の削減 事例16 スギ大苗（裸苗）を植栽して下刈り省略（岩手県遠野市）

概要

- ✓ 岩手県の民有林で成長に優れた品種のスギ大苗（裸苗）を植栽した。
- ✓ 植栽2年目の夏に下刈りを実施後、毎年秋に下刈りの要否を判断した結果、下刈りが2年目の1回で終了した。

■ 対象地の概要

場所	岩手県 (遠野市民有林)
標高	330m
植栽木	スギ 雪害抵抗性品種（実生品 種）等25家系
苗木の形態	裸苗
植栽時の平均苗長	約60cm



現地の様子

■ 得られた結果

- ✓ 植栽2年目(2010年)の夏に下刈りを実施した。
- ✓ 毎年秋に下刈りの要否を判断した結果、植栽3年目(2011年)は下刈り不要と判断し、下刈りを終了した(下表)。

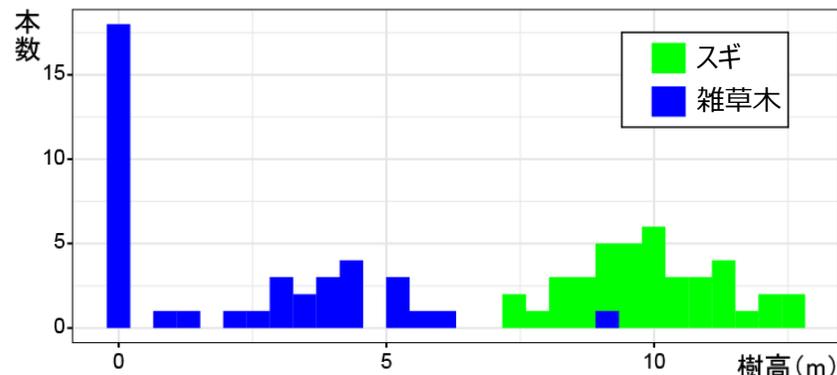
1年目 2009年	2年目 2010年	3年目 2011年	4年目 2012年	5年目 2013年
X	○	X終	-	-

○：下刈り実施、X：下刈り省略、終：下刈り終了判断

- ✓ 2022年10月（植栽14年目）に現地調査を行った結果、林分の高木層はスギが優占しておりスギ林として成林していることを確認した（左写真、下図）。

■ 施業履歴

植栽時期	2009年4月
植栽密度	1,500本/ha
下刈り時期	2010年夏
下刈り時の競合植生	イチゴ類、タラノキ等



スギ及び雑草木の樹高分布（2022年10月：植栽14年目）

※植栽木145本に対して40本調査

(6) 下刈り回数の削減 事例17 スギ大苗（コンテナ苗）を植栽して下刈り省略（宮崎県都城市）

概要

- ✓ 宮崎県の地形が緩傾斜（6～20°）の民有林でスギ大苗（コンテナ苗）を植栽。
- ✓ 平均苗長57cm（300cc）及び92cm（470cc）の大苗を一貫作業で植栽した結果、初年度の下刈りは不要、2年目及び3年目の下刈り2回で終了した。

■ 対象地の概要

場所	宮崎県 （都城市民有林）
標高	295～355m
傾斜	6～20°
植栽木	スギ（タノアカ）
苗木の形態	コンテナ苗
植栽時の 平均苗長	57cm（300cc）、 92cm（470cc）



現地の様子

■ 施業履歴

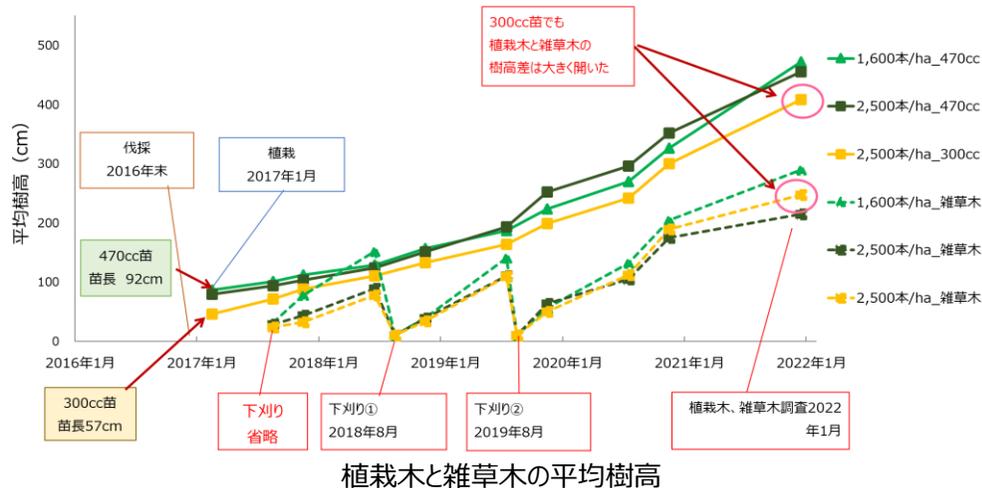
植栽時期	2017年1月
下刈り時期	2018年8月、2019年8月
植栽密度	1,600本/ha、2,500本/ha
下刈り時の競合植生	クサギ、アカメガシワ

■ 得られた結果

- ✓ 一貫作業システムで植栽したため、植栽した年の下刈りは省略。
- ✓ 植栽2年目（2018年）と3年目（2019年）に下刈りを実施し、それ以降は調査の結果から下刈り不要と判断し、下刈りを終了した（下表）。
- ✓ 2022年1月に現地確認し、470ccと300ccのコンテナ苗ともに樹高4m以上に達し雑草木より十分に高くなり、下刈りが2回で終了していることを確認した（下図）。
- ✓ 下刈り回数削減という観点からは、苗長が60cm程度あれば十分であった。

1年目 2017年	2年目 2018年	3年目 2019年	4年目 2020年	5年目 2021年
X	○	○	X終	-

○：下刈り実施、X：下刈り省略、終：下刈り終了判断



(8) 付帯施設整備 事例18 フォワーダで獣害防止資材を運搬 (広島県三次市)

概要

- ✓ 広島県の地形が平坦～中傾斜 (0～25°) の民有林でフォワーダを用いて獣害防止資材の運搬試験を実施。
- ✓ 獣害防止資材 (単木保護材) をフォワーダによって1往復で280kg (約280本分の単木保護資材) を運搬した。

■ 対象地の概要

場所	広島県 (三次市民有林)
標高	511-562m
傾斜	0～25°
実施年	2022年

※事例4の試験地で実施

■ 作業のポイント

- ✓ 発着場所から荷下ろし地点までフォワーダが作業路で回送し、荷下ろし地点から人肩で目的地まで運搬する。
- ✓ 発着地点から荷下ろし地点①と② (事例4参照) にそれぞれ1往復ずつ苗木を運搬した。



獣害防止資材の荷下ろし

■ 使用機械

種別	機種名
フォワーダ	イワフジ工業 U-5C

■ 得られた結果

- ✓ 距離の異なる2地点に獣害防止資材を運搬し、1往復で平均280kgの資材 (約280本分の単木保護資材) を運搬した。1往復時間は概ね15分程度で、1人日当たりの運搬重量は、7t～10t (7,000～10,000本分) 運搬できる計算となった (下表)。

■ 資材

単木保護用ネット類、支柱用篠竹



単木保護資材

運搬区間	発着地点～荷下ろし地点 ①	発着地点～荷下ろし地点 ②
運搬距離	905m	1,367m
作業人員数	1人	1人
1往復当たりの 平均運搬重量	280.0kg	280.0kg
1往復当たりの 平均運搬時間	11.2分	16.9分
1日当たりの運搬重量	10,500kg	6,959kg

(8) 付帯施設整備 事例19 架線で獣害防止資材を運搬 (東京都檜原村)

概要

- ✓ 東京都の地形が急傾斜 (約35°) の私有林で架線を用いて獣害防止資材の運搬試験を実施。
- ✓ 運搬の生産性は架線運搬 (+ 人肩運搬による小運搬) により人肩運搬よりもコストが45%程度に抑えられた。

■ 対象地の概要

場所	東京都 (檜原村民有林)
標高	約1,000m
傾斜	約35°
運搬距離	297m (架線)
比高差	170m
実施年	2020年

■ 作業のポイント

- ✓ 架線による防護柵等の資材の運搬を「もっこ」を用いて行う予定だったが、架線につるされた「もっこ」が地面と接近する恐れがあったため、小口に分けて搬器のフックに直接ロープで固定して運搬した (右写真)。
- ✓ 架線を使用した運搬に従事した人数は、4名 (先山での受取りに2名、土場での送り出し1名、集材機の運転1名)。

■ 得られた結果

- ✓ 架線長297m (比高差170m) の架線を利用して資材運搬を行った場合に掛かる時間は、1往復当たり平均9分01秒であり、1回に運搬した資材の平均は54.28kgであった。防護柵 1 km延長一式 (705.6kg) を運び切るのに13往復、1時間57分で運び上げた。
- ✓ 人肩によりステン入りネット20.7kgを運搬した場合に掛かる時間は、往復38分34秒であった (下表)。
- ✓ 獣害防護資材を架線 (+ 人肩による小運搬) の場合と人肩運搬のみで運んだ場合を比較すると前者の方が後者より、運搬の生産性で2.6倍、運搬コストで54%となった。

■ 使用機械

種別	方式	機種名
架線	ダブルエンドレス	南星 RK-72C



集材機

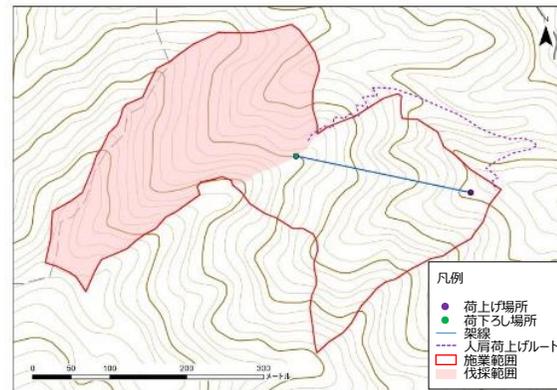
■ 運搬資材

ポール類、ステン入りネット、プラアンカー、
道具類入箱
計705.6kg (1km延長分)

	人肩運搬	架線 (+ 人肩) 運搬
生産性	128.1kg/人日	328.8kg/人日
運搬コスト	206.1円/kg	94.3円/kg



獣害防止資材の荷下ろし



架線運搬と人肩運搬の経路図

その他 事例20 架線集材後にドローンで苗木運搬 (和歌山県日高川町)

概要

- ✓ 和歌山県の地形が急傾斜（約35°）の私有林の造林予定地にドローンを使ってスギコンテナ苗を運搬する試験を実施。
- ✓ 2～3時間で2,000本程度のコンテナ苗を運搬し、ドローン運搬が人肩運搬よりも1人日当たりの運搬本数が約3.4倍であった。

■ 対象地の概要

場所	和歌山県 (日高川町私有林)
標高	721～859m
傾斜	約35°
比高差	113～251m
水平距離	350～540m
実施年	2020年

■ 作業のポイント

- ✓ ドローンの荷下ろし地点は、植栽のしやすさ、地形を加味して6箇所設置した（右下図）。
- ✓ バッテリーの充電時間が40分かかり、最小限でバッテリー3本、充電器2個、発電機1個が必要で、バッテリーを充電しながら交換した。荷掛け時は毎回ドローンを着地させてバッテリー交換を同時に実施した。
- ✓ 出発点に操縦者と補助者を各1人、荷下ろし点に操縦者を1人の計3人配置して手動飛行させた。

■ 得られた結果

- ✓ 水平距離350～540m（比高113～251m）の苗木運搬地点へスギコンテナ苗を161分で2,280本（約296kg）運搬した。時間の内訳は、飛行時間132分（33往復）・バッテリー交換16分（10回：荷掛けを含む）。
- ✓ 1人日当たりの運搬本数は、ドローン運搬で1,503本、人肩運搬で446本と算出され、3.4倍の効率化が図られた（下表）。
- ✓ ドローン運搬は、機械の償却が大幅に増加することから、それに見合った事業量の確保が必要である。

計測・算出項目	運搬方式	
	ドローン	人力
作業人員数	3人	1人
1往復当たりの平均運搬本数	60本	80本
1往復当たりの平均運搬時間	5.19分	70分
1人日当たりの運搬本数 (運搬重量)	1503本 (195kg)	446本 (58kg)



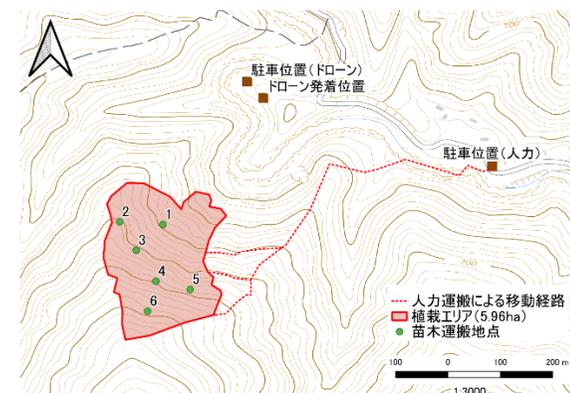
ドローンの飛行経路イメージ

■ 使用機械

種別	機種名
運搬用ドローン	マゼックス 森飛 2オベ型



運搬用ドローン



苗木運搬地点（緑丸）の配置と人肩運搬の経路図

その他 事例21 多目的造林機械を用いた下刈り作業（宮崎県日南市）

概要

- ✓ 宮崎県の地形が緩傾斜（6.4°～21.6°）の国有林で多目的造林機械を使用した下刈り試験を実施。
- ✓ 下刈り作業の1ha当たりの生産性は、多目的造林機械が人力下刈りよりも約2倍高くなった一方で、コストは増加した。

■ 対象地の概要

場所	宮崎県 （小松国有林）
標高	約900m
傾斜	6.4°～21.6°
実施年	2023年

■ 作業のポイント

- ✓ 機械による下刈り作業は、植栽列間を筋状に刈り払う「列間筋刈り」となる（右図）。
- ✓ 作業は以下の要領で行う。
 1. 植栽列間を刈り進む
 2. 作業区域の端から同じ植栽列間をバックで引き返す。
 →往復（往路は前進、復路は後進）で位置をずらして刈ることで、列間の刈り幅を広くする（残存植生を少なくする）ことができる。
 →実際の走行距離は、植栽列の長さのほぼ2倍になる。

■ 得られた結果

- ✓ 山もつとモットによる下刈りの生産性は、機械1台当たりの刈払機による人力下刈りの生産性よりも2倍以上となった（下表）。
- ✓ コストは、機械の償却費の関係で山もつとモットが人力下刈りよりも約4倍となった。
- ✓ 機械下刈りは、機械の償却が大幅に増加することから、それに見合った事業量の確保が必要である。
- ✓ 列間筋刈りとなるため、植栽列にそって雑草木が残る形になり（右写真）、人力下刈りと組合せると追加の人力下刈りに1.45人日/haかかる。

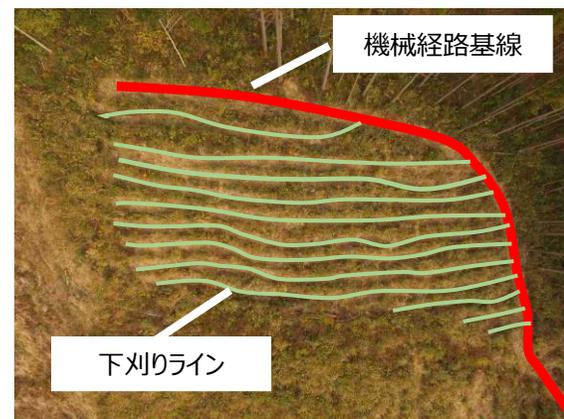
■ 使用機械

種別	機種名
多目的造林機械	筑水キャニコム 山もつとモット CG510



多目的造林機械

作業種	山もつとモット	人力下刈り （全刈り）
生産性/1台or人	3.0台日/ha	6.2人日/ha



実際の機械経路基線と下刈りライン



スギ

その他 事例22 クローラタイプの運搬機で苗木運搬（茨城県大子町）

概要

- ✓ 茨城県の地形が中傾斜（29°）の国有林でクローラによるコンテナ苗の運搬試験を実施。
- ✓ 1回の作業路走行の運搬で600本の苗木を運搬した。

■ 対象地の概要

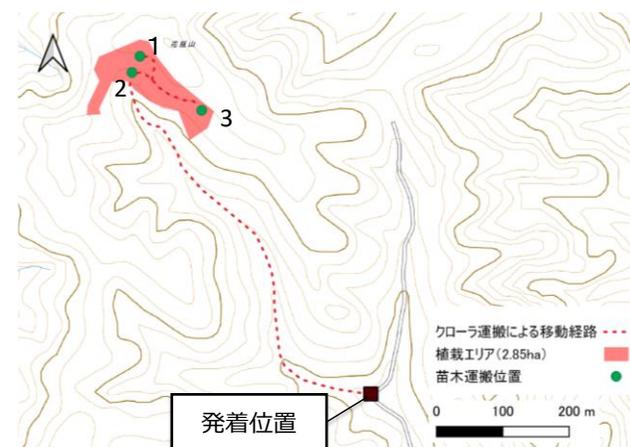
場所	茨城県 （八溝多賀国有林）
標高	664～673m
傾斜	29°
比高差	約80m
水平距離	約560m
実施年	2020年

■ 作業のポイント

- ✓ トラックで駐車スペースまでコンテナ苗を運搬した。
- ✓ コンテナ苗をクローラ運搬機に載せ替え、作業路を使って造林予定地まで運搬した（右図）。
- ✓ 移動距離約40m、標高差約80m（累積標高差115m）だった。

■ 得られた結果

- ✓ 1人で苗木を運搬し、1回の運搬で600本苗木（約86kg）が運搬できた（下表）。
- ✓ 1人日当たりの苗木運搬本数が4,105本（587kg）と算出された。
- ✓ 運搬機は、不整地の作業路が走行可能であるが、急傾斜地は走行できないため、植栽地で人肩による小運搬が必要になる。



運搬機の運搬経路

■ 使用機械

種別	機種名
クローラ運搬機	野沢製作所※ クローラカート



クローラ運搬機による運搬作業

計測・算出項目	測定値
作業人員数	1人
1往復当たりの平均運搬本数	600本
1往復当たりの平均運搬時間	57分
1人日当たりの運搬本数 （運搬重量）	4,105本 (587kg)



積み込み作業

※野沢製作所は廃業しており、別のメーカーから同様の商品が販売されている

参考文献 1/2

事例	文献
事例1	大矢信次郎・中澤昌彦・猪俣雄太・陣川雅樹・宮崎隆幸・高野毅・戸田堅一郎・柳澤賢一・西岡泰久（2018）緩傾斜地から中傾斜地における機械地拵え作業の生産性とコスト,森林利用学会誌：33（1）．15-24.
事例2	広島県（2022）令和3年度低コスト再造林実証業務報告書
事例3	高野毅・小山泰弘・百瀬浩行・大矢信次郎（2020）機械地拵え作業の特徴と工期．中部森林研究68：67-68. 林野庁（2023）令和4年度革新的造林モデル事例集
事例4	広島県（2022）令和3年度低コスト再造林実証業務報告書
事例5	藤本浩平・山崎真・渡辺直史・山崎敏彦（2016）架線系一貫作業システムの実用化に向けて－コンテナ苗の架線による運搬・現地保管・植栽－．森林技術897：16-19. 山崎真・渡辺直史・山崎敏彦・藤本浩平（2020）大型製材工場に対応した原木の供給と皆伐後の更新推進に関する研究(2)：急傾斜地における一貫作業システム：コンテナ苗の運搬方法について．高知県立森林技術センター研究報告43：14-27.
事例6	藤本浩平・山崎真・渡辺直史・山崎敏彦（2016）架線系一貫作業システムの実用化に向けて－コンテナ苗の架線による運搬・現地保管・植栽－．森林技術897：16-19. 藤本浩平・渡辺直史・山崎真・山崎敏彦（2020）大型製材工場に対応した原木の供給と皆伐後の更新推進に関する研究(3)：植栽地保管したコンテナ苗の活着と成長．高知県立森林技術センター研究報告43：28-38.
事例7	林野庁（2025）省力・低コスト造林技術の普及に向けた調査委託事業報告書 志々目道夫（2024）経済林としての里山の再生．森林技術981：22-25.
事例8	林野庁（2016）平成27年度低コスト造林技術実証・導入促進事業事例集
事例9	林野庁（2016）平成27年度低コスト造林技術実証・導入促進事業事例集
事例10	林野庁（2025）省力・低コスト造林技術の普及に向けた調査委託事業報告書
事例11	林野庁（2025）省力・低コスト造林技術の普及に向けた調査委託事業報告書
事例12	林野庁（2020）令和元年度低密度植栽技術の導入に向けた調査委託事業報告書 林野庁（2022）令和3年度低密度植栽技術の導入・早生樹利用による森林整備手法に係る追跡調査報告書

参考文献 2/2

事例	文献
事例13	下山晴平・石神智生（2017）オビシギ密度試験地40年の成果. フォレストコンサル147：49-63. 宮崎南部森林管理署（2025）林分密度試験林 https://www.rinya.maff.go.jp/kyusyu/miyazakinanbu/attach/pdf/sub1-2.pdf （2025/2/19web閲覧）
事例14	林野庁（2022）令和3年度低密度植栽技術の導入・早生樹利用による森林整備手法に係る追跡調査報告書
事例15	大矢 信次郎・倉本 恵生・小山 泰弘・中澤 昌彦・瀧 誠志郎・宇都木 玄（2021）機械地拵えによる競合植生抑制効果と下刈り回数の削減，森林利用学会誌：36（2）.
事例16	林野庁（2023）下刈り作業省力化の手引き 玉城聡、長岐昭彦、星比呂志、外館聖八朗（2016）大苗利用による下刈り回数の削減，東北地方の多雪環境に適した低コスト再造林システムの実用化に向けた研究成果集「ここまでやれる再造林の低コスト化―東北地域の挑戦―」，p20-21.
事例17	林野庁（2022）令和3年度低密度植栽技術の導入・早生樹利用による森林整備手法に係る追跡調査報告書 林野庁（2023）下刈り作業省力化の手引き
事例18	広島県（2022）令和3年度低コスト再造林実証業務報告書
事例19	東京都（2021）令和2年度低コスト林業技術の普及及びコンテナ苗の調査業務委託報告書
事例20	林野庁（2021）令和2年度ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業報告書
事例21	九州森林管理局宮崎南部森林管理署（2024）令和5年度造林作業の機械化に向けた実証調査委託事業報告書
事例22	林野庁（2021）令和2年度ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業報告書