

7 京阪奈+三重 需要地と供給地の事業連携による新しい地方創成型SDGs 林業への挑戦

バイオマスパワーテクノロジーズ(株) (株)玉木材 (株)古家園
(株)森のエネルギー研究所

森林資源調査、主伐、流通、再造林の各分野でICTや新技術の実証を進めた。森林調査では地上・空中デジタル機器による省力化と資源量把握に、主伐では架線集材と林地残材のチップ化によるコスト削減に、流通では製材向けの品質評価と付加価値化に、再造林では獣害対策と新たな樹種・省力技術の導入に取り組んだ。

1. 森林調査

地上レーザスキャナやドローンなどを用いて地上・空中からの森林資源調査を実施し、機器操作やデータ解析技術を習得した。地上レーザスキャナによる単木情報の取得と現地照合では、推計材積と実際の出材量がほぼ一致しており、資源量把握に有効だった。一方、曲がりや傷などの品質面については判断が難しく、製材向け原木の選定には課題が残った。

ドローンによる植林木の生育状況確認や防獣ネットの点検を試行した結果、傾斜地の巡視作業に比べて大幅な省力化が可能であることが確認できた。従来、1~1.5日かかっていた作業を、60分程度の飛行で視認できるようになったことから、今後は年間を通した定期巡回などに応用できると考えられる。

2. 主伐

2年間にわたって2箇所(勢井・川股)で主伐と架線集材を実施した。伐倒にはチェーンソーを使用し、集材にはウッドライナーとグラップルを活用した。伐採・造材・架設撤去まで含めた労働生産性は勢井で約4.2m³/人・日となり、素材生産コストは、令和4年度13,048円/m³に対し、令和5年度は11,924円/m³と約1,100円の削減を実現した。目標とした1万円/m³以下には届かなかったが、今後プロセスの導入等によりさらなる効率化が見込まれる。また無線通信機器(インカム)の導入により、架線作業中の意思疎通が円滑になり、安全性が向上したほか、ウッドライナーの習熟により作業員の負担が軽減され、現場運営の改善に繋がった。

従来は残置されていた林地残材(枝条や小径材等)を対象に、移動式チップパーによる現地チップ化の実証も行った。1kgあたり9.1円のコストで製造可能となり、近隣のバイオマス発電所でのFIT活用を前提とすれば、経済的に成立する可能性が示された。ただし年間1,725トン相当の残材を確保する必要があり、現在は十分な発生量がないことが課題である。



ウッドライナーによる集材



移動式チップパーによる残材チップ化

3. 流通

森林資源の安定供給と需要サイドとの連携強化に向けて、立木ナンバリングによるトレーサビリティ管理や、

単木ごとの立地・形状・枝跡・材質の照合を行い、原木の品質評価手法を検証した。製材工場への直送では、ヒノキ・スギ各10m³を供給するとともに、立木時に二番玉で高評価の得られる部位を見極め、搬出・加工後に評価との整合性を確認した。製材後のデータから、山側と製材側との基準共有の必要性が示された。

広葉樹を含めた木材の多用途利用を拓くため、RP加工（樹脂含浸）による製品化にも取り組み、スギ材をウッドデッキ材として施工し、高評価を得た。「素材→商品→販売」までの一貫した取り組みと、それに伴うトレーサビリティの確保が木材の新たな価値創出の鍵と考える。

4. 再造林

獣害対策として、歩き道を設けたシカ柵の設置とツリーシェルターの使い分けを行った。ツリーシェルターでは当初、苗の引き抜き被害が発生したが、設置方法の改善により被害が大幅に減少し、効果が確認できた。

広葉樹（センダン・コナラ・クヌギ・ウバメガシ・ミズナラ）の植栽も行い、中でもセンダンは肥料区で良好な成長を示した。直接播種では発芽率が低いという課題もあるが、一定の生育が見られたことで、将来的な省力化の可能性が示された。

また、ドローンや電動運搬機を活用した資機材搬送や植栽支援の実証も行った。斜面での運搬には課題が残るものの、電動オーガによる穴あけ作業では省力化の効果が見込まれた。センダンなどの新たな樹種による育林とあわせ、今後の再造林モデル構築に向けた技術的知見が蓄積されつつある。



製材工場への直送材選定と運送



獣害防護ネット間のシカの歩き道

今後の取組としては、立木データの精度向上と製材側との評価基準の共有、主伐におけるコスト削減、広葉樹などの付加価値化と販路拡大、獣害対策の改善、省力機材の活用ノウハウの確立、地域連携の強化等が挙げられる。これらを通じて、調査・主伐・再造林・流通までの一連の工程の効率化と収益性の向上が求められる。



「新しい林業」PV動画：三重奈良
<https://youtu.be/DPSOsv7TRyg>

8 先進的林業経営体によるタワーヤードフル活用モデルの構築

前田商行(株)
(一社)日本森林技術協会

地形急峻な地域におけるトラック搭載大型タワーヤードによる主伐作業における架線計画の高度化、タワーヤードを活用した再生林の効率化に取り組むとともに、林地残材のバイオマス発電用資材としての収益化、再生林の支出削減等を検討した。

1. 架線計画の高度化

オープンソースのソフトウェア等を活用した架線計画シミュレーションの作業手順を確立することができたほか、机上計画の段階において、令和4年度は213,400円、令和5年度は372,200円の収益改善効果を得る結果となり、タワーヤードを用いた架線計画の検討において最初に実施する机上計画の高度化を実現することができた。

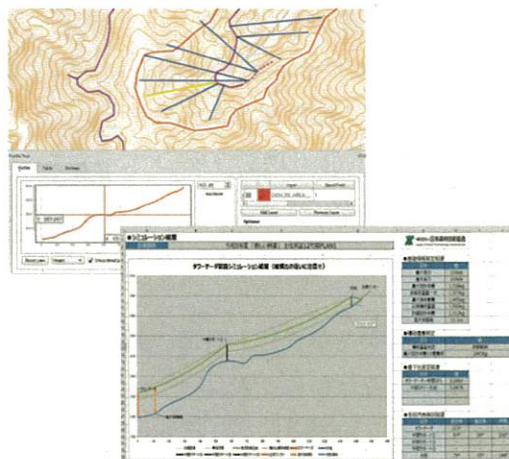
架線計画シミュレーションについて、実証で確立した作業手順では、「QGIS」と国土地理院が発行する基盤地図情報のうち5mメッシュの数値標高モデルを用いた縦断面図により架設状況を「見える化」した。熟練技能者の技術と架線計画シミュレーションの結果を一致させるには、シミュレーションで使用する数値標高モデルから作成した等高線を活用する必要がある。

実際の架線配置は、計画結果を基に現地踏査により決定される。現地踏査では、先柱や主索を固定するアンカーの選定、架線配置に応じた伐倒方法や集材範囲などについて検討することが必要である。

計画の段階でより効率的な架線配置を検討し、さらに熟練技能者の知識や経験を付加することで、タワーヤードを活用した安全で効率的な架線集材を実現することができる。そのため「QGIS」等を有効活用できる人材とタワーヤードを安全で効率的に使用するための知識や技術を有した人材の育成が必要である。



タワーヤード



架線計画シミュレーション

2. 林地残材の収益化

全木集材で発生する林地残材を現場で破碎・運搬して、バイオマス発電用の資材として流通させることによる収益化を検証した。

林地残材を活用したチップの安定供給体制を実現するには、事業量の確保や木材破碎機の性能を最大限に発揮できるチップの運搬体制など、安定供給のためのサプライチェーンを考慮した作業システムが必要となる。また、林地残材をバイオマス発電用として、現場で破碎・利用することを想定した機械装置の開発が望まれる。



チップパーによる林地残材の活用

3. 再造林の効率化・収益性向上

ツリーシェルターの活用では、植栽・獣害対策・下刈りまでを考慮することで再造林の支出を削減できることを検証した。

タワーヤードによる全木集材では、車両系システムによる短幹集材と比較し、地拵えの省略や路網による除地を抑えることで植栽面積が確保できる。さらに、ツリーシェルターによる再造林作業の収益改善を実現できれば、下刈り作業の省略も可能となり、急傾斜地においても、「伐って・使って・植えて・育てる」を実現できるものと考ええる。

ツリーシェルターについては、初期投資の増大を考慮する必要があるため、経過観察が必要となるが、その効果が認められる場合は、植栽本数の削減により初期投資を削減することができる。また、下刈り作業を省略できれば、労働強度や危険性が高い急傾斜地における保育作業が減少し安全性の向上に繋がる。なお、下刈り作業に従事する人員を木材生産等に従事させること等により、事業量拡大や収益性の向上も期待できると考える。

このほかに、タワーヤードによる再造林資機材の運搬方法を確認することができれば、ツリーシェルター以外にも、大苗を用いた再造林の支出削減が期待される。この場合は、苗木購入の経費が増加するが、急傾斜地における大苗の運搬や植栽作業を補助するための機械化等も同時に検討することが必要である。



架線を利用した資機材運搬



ツリーシェルター

これら成果を踏まえ、地形の厳しい地域における効率的な主伐・再造林作業を実現するため、QGIS等を活用した架線計画シミュレーションの高度化と、それを運用できる人材の育成に取り組む。また、林地残材のバイオマス資源としての収益化を図るため、作業システムや機械開発を検討する。さらに、ツリーシェルターや大苗を活用した再造林手法の導入により、急傾斜地での作業の省力化・安全性向上と収益性改善を目指す。



「新しい林業」PV動画：和歌山
https://youtu.be/cRoIW_aa0dg

9 森林管理組織「リフォレながと」を核とした長門型林業経営モデル構築事業

(一社)リフォレながと

山口県農林総合技術センター 住友林業(株)

ICT機器の活用による森林境界の遠隔確認、レーザ計測による資源量把握、ICTハーベスタによる生産性と収益性の改善、日報データを用いた進捗・生産性管理、再造林作業における資機材・苗木運搬の省力化、獣害対策とジビエ活用等に関する実証に取り組み、労働負荷の軽減、作業効率や精度の向上、コスト削減といった成果が得られた。

1. ICTを活用した森林境界の明確化

従来の現地立会が困難な高齢者や遠隔地の森林所有者に対応するため、ICT機器(スマートグラス、アクションカメラ、GNSSなど)を活用した遠隔での境界確認を実証した。令和6年度には地籍未調査地において航空レーザや森林計画図を用いた境界候補図を作成し、88%の所有者は現地に行かずに同意された。一方で、所有者特定には地元で詳しい有識者の協力が不可欠であり、情報の電子化や高齢化による人材確保が今後の課題である。



現場撮影者の装備

2. ICT機器による資源量把握・施業提案

地上・航空レーザを用いた資源量調査では、省力化と一定の精度が確認できた。OWLによる胸高直径誤差は1.6%と良好だったが、等級判定などは難しい。地上レーザは施業提案用の説明ツールとしては有効である。航空レーザによるラインプロット調査では、立木材積の誤差は3.5%、出材見込みとの差も5.6%と高精度であった。これらのデータを活用した生産計画支援は、林業初心者への作業理解にも大いに貢献した。



使用機器：左から、mapry (iPhone)、mapry (LA03)、OWL

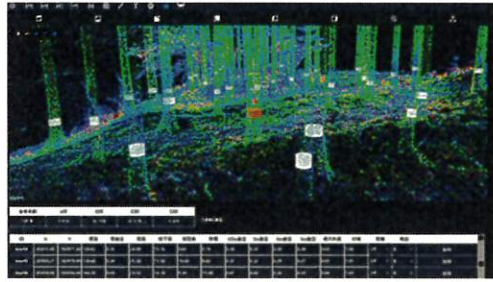
3. 素材生産におけるICTハーベスタ活用

長門地域で従来主流であったチェーンソーや0.25クラスのハーベスタに加え、0.45クラスのICTハーベスタを導入し、生産性やコストの優位性を検証した。特にバリューバック機能により、需要に応じた造材(管柱用3m材、梱包材用2.4m材など)が可能となり、従来の4m材よりも高単価で販売できることが明らかとなった。

カラーマーキング機能による集材・仕分け作業の効率化、土場での仕分け作業における直感的な判断が可能となった。一方で、細り予測や表示径級のズレ、直曲判断の不正確さ、大型ハーベスタ使用による丸太の傷といった課題も生じている。

県外製材工場への直送実証も実施し、初心者・熟練者を問わずバリューバック機能により販売価格・生産性ともに向上することが確認された。ただし、仕分けや検収に不慣れな場合、山土場での対応に時間

がかかるといった課題も見られた。直送の効率化のため、iPhone版Mapryを活用した在庫把握も行った。検知時間の大幅な短縮が可能で、林業未経験者でも在庫量や進捗状況を一定程度把握できることを確認した。



素材生産作業の実施例

ただし、色味による木口認識の誤差が径級・材積に影響し、10%程度の誤差が発生することも明らかとなった。

4. 日報データによる進捗・生産性管理

現場作業の進捗や生産性を可視化・分析するため、Googleフォームによる日報入力を導入した。作業者や作業量など基本的な5項目に絞ったシンプルな入力形式とし、班長による一括入力にも対応したことで運用性が高く、入力漏れも少ない。生産性目標との比較や、コスト分析にも活用でき、現場マネジメントの効率化に貢献した。今後は地形や資源条件との関係性も検証していく。

5. 再造林における資機材・苗木運搬の効率化

再造林作業の省力化に向けて、苗木や獣害資機材の運搬に多様な手法を導入し、効果と課題を検証した。ドローンによる苗木運搬は、初年度は集中的な運搬方法を採用したが、作業者の負担が大きく、翌年には小面積ごとの分散配置に切り替えることで作業効率が改善された。一方で、ドローンの委託費が高額なため、購入も視野に入れる必要がある。防護柵資機材の運搬にも大型ドローンを使用し、作業効率は高かったが、費用面での課題が残った。電動一輪車を用いた苗木運搬では、コストを抑えつつ労働負荷の軽減が確認できた。



電動一輪車

6. 獣害対策とジビエ活用

再造林地における獣害対策として、通信カメラと罠を併用した捕獲システムを導入し、シカの個体数削減や見回り作業の省力化を図った。令和5~6年度には合計4地区・約15haで実証を行い、出現頻度の低下や、巡視コストの削減効果も確認できた。高齢化や地形条件などにより捕獲活動に制約があるものの、ICTと地域資源を活用した獣害対策は、植栽木の保護と管理の効率化に有効であり、今後はその持続性と体制強化が求められる。

ICT機器を活用し、森林境界の遠隔確認や資源量把握、スマート造材、生産性管理、再造林作業の効率化、獣害対策などに取り組み、労働負荷軽減やコスト削減、精度向上に成果が得られた。一方で、情報の電子化や担い手の高齢化、機器精度や運用面での課題も明らかとなった。今後は、デジタル基盤整備と地域連携により実用化と普及を目指す。



「新しい林業」PV動画：山口
<https://youtu.be/7Z0pBm9zGlg>

10 伐境の奥地化に適応した主伐・再造林作業システムの実証 ～最新鋭の架線集材システムの導入による重機集材との二刀流へ～

(特非) ひむか維森の会
宮崎大学農学部

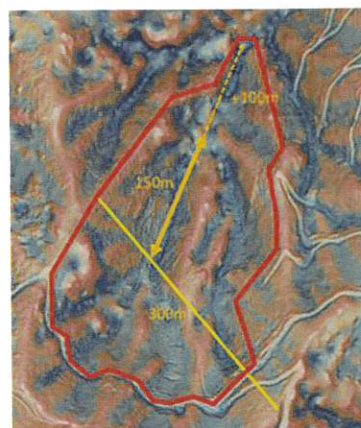
林業ICT導入について、油圧集材機と架線グラップルの導入により安全性と労働生産性の向上が確認された一方、1日あたりの生産量やコスト面での課題も明らかとなった。また、ドローンやアシストスーツによる再造林作業の軽労化効果が示された。さらに民有林の模擬入札を通じて、価格形成の多様な要因や入札制度の課題も整理された。新技術導入と作業システムの最適化の両立が今後の普及の鍵となる。

1. 架線集材におけるICT機器導入の実証

油圧集材機(YR302E)と架線グラップル(BLG16R)の導入による主伐作業の効率化と安全性向上の可能性を検証した。架線集材は急傾斜地での搬出作業で稼働しているが、架線グラップルについては従来型のものと比較して本当に生産性で上回るかという点については、事業者の慎重な姿勢がある。

現地での実証作業では、架線グラップルと通常搬器の両方式を切り替えながら活用し、それぞれの作業効率と安全性を比較検証した。グラップルによる集材では、ラジコン操作により荷掛け作業者が自ら搬器を動かすことが可能で、作業の自由度が高まり、安全性も向上したという評価が得られた。特に、谷筋など危険な地形では、グラップルによって安全な位置からの作業が実現し、技術習熟が進むにつれて生産効率も改善された。一方で、横引き距離が長くなると油圧式集材機では搬器の移動速度の遅さが顕在化し、最終的には従来の機械式集材機に戻して作業を完了させる必要が生じた。

生産性の面では、グラップル方式は労働生産性で20%の向上が見られたが、1日あたりの総集材量は低下しており、全体の売上高に影響するという課題が明らかになった。機械導入による追加コストを吸収するには、さらなる作業量の確保や、2オペ化によって浮いた1人の活用法を工夫する必要がある。架線グラップルは通常搬器と競合する存在ではなく、用途や地形に応じて併用するなど、それぞれの強みを生かせる可能性が示された。



集材架線の設計



架線集材作業

2. ドローンによる資機材運搬の実証

再造林を見据えた技術として、大型農業用ドローンを転用して、急傾斜地での苗木やシカ柵資機材の運搬作業の効果を検証した。抜屋林業の伐採跡地において、ドローンはおよそ70mの距離を5分程度のサイクルで往復し、苗木2,000本を90分ほどで搬送し、人力運搬と比較して生産性は約3倍に達し、重労働の大幅な軽減につながった。また、ドローンによる正確な資機材配置を目指してRTK誘導も活用されたが、測位の安定に時間がかかるなど、現場での運用には改善の余地も残された。



ドローンによる資機材運搬

3. アシストスーツによる造林作業の軽労化

造林作業の軽労化に関しては、アシストスーツの導入も試みられた。パッシブ型とアクティブ型の2タイプ計5種を導入し、特に下刈り作業での使用効果を検証した。パッシブスーツでは効果が限定的で、急傾斜や不安定な足場ではかえって動きの妨げになりストレスや疲労が増す傾向が確認された。一方、アクティブスーツは、植栽作業や資機材搬入など動作が比較的単純な作業において、特に体力に不安のある作業員からは好評価を得ており、今後の活用可能性が示された。



アシストスーツを装着した資機材運搬

4. 民有林における立木公売の模擬入札

民有林における立木公売のあり方について模擬入札を通じた分析を行った。小林市内の民有林を対象にドローンレーザ計測による森林情報を提供した上で、地元事業体による入札とその評価を行った。入札形式による価格競争の効果は確認されたが、価格決定にはデジタル情報だけでなく、実地の状況や作業リスク、搬出条件、他社の動向など、複合的な判断が大きく影響した。また、価格の裏には伐出後の対応や再造林への取り組みといった見えないコストが存在するため、入札価格をそのまま適正価格とするには慎重な検討が必要であるという課題も示された。



立木購買でのデジタル森林情報の提供例

以上の実証結果から、架線集材へのICT機器の導入によって林業の労働負担や安全性に明確な改善効果が見られた一方で、生産性や導入コストに対する慎重な評価が引き続き必要であることが確認された。とりわけ、架線集材技術の高度化と再導入に向けては、単なる機械導入にとどまらず、作業システムそのものの最適化と、浮いた労働力の再配分を含めた新しい運用モデルの構築が求められる。また、再造林の現場では、ドローンやアシストスーツなどの新技術を活用することで、高齢者や女性の就労を支援し、労働力確保と持続可能な林業の基盤形成につながる可能性がある。



新しい林業PV動画：宮崎一ひむか
<https://youtu.be/7fiUo9CPUPg>

11 「伐採・植栽・楽下刈一貫システム」構築事業

都城森林組合 耳川広域森林組合
宮崎県林業技術センター、豊田通商(株)

都城森林組合および耳川広域森林組合において多様な技術・機械を用いた実証試験を行い、森林施業の省力化・低コスト化、就労環境の改善に向けた取組み・検討を行った。

1. 都城エディションによる中出し

都城森林組合で改良した4トン4WDダンプ(通称:都城エディション)を用いて、短尺材および用材の中出し作業を実施した。短尺材の中出しでは、約2,000m³分の材積を対象に運搬を実施。従来の積込み・小運搬経費3,500円/m³に対し、9%のコスト削減を達成した。しかし、バイオマス向け短尺材の買取価格が想定より安い4,000円/m³となり、作業員への支払い単価も同水準の設定となった。持続的な施業のためには、買取価格6,500円/m³程度が必要である。用材の中出しについては、同じく約2,000m³の材積を対象に実施し、中出し経費は1,186円/m³であった。従来単価1,654円/m³に比し28%のコスト削減を実現した。



4トン4WDダンプ
(都城エディション)

都城エディションの課題として、雨天時のチェーン装着、落下バークによる路盤補修の必要性があり、伐出路規格(例:全幅2.2m、最大勾配40%、最小曲線半径4m)の整備と普及が不可欠である。また、砂地や湿地でも走行可能なタイヤの開発が望まれる。

2. 電動一輪車による苗木運搬

コンテナ苗約20,000本と広葉樹大苗330本の運搬を行ったが、傾斜35°程度の急傾斜地でも安全に運搬可能であり、アウトリガーの効果もあり安定した作業が実現した。大苗運搬でも良好な成果が得られたが、電動オーガに苗の踏み固め機能がない点は改良が求められる。

3. 防草シートの耐久性および忌避効果の検証

木タールを含浸したコーヒー豆袋の麻シートを3カ所(2ha)に敷設し、また胡椒麻袋と木タールの組み合わせによる鹿忌避効果を7カ所(12ha)で試験した。これにより、下刈り人工数(54人/ha)を平均68%削減できた。従来の忌避剤は効果が数か月であったが、今回使用した油性木タールと工業用アルコールによる含浸処理で、有効期間の延長が期待された。今後も忌避効果やマルチング効果(地温上昇による成長促進)について定量的な実証が必要であるほか、忌避剤の作成作業等の改善が必要である。



防草シートの敷設

4. マルチャーによる地寄せ

マルチャーの使用により、枝葉の粉碎物が下草の生育を抑えるマルチング効果が認められ、下刈り作業の

負担軽減につながった。35°程度の傾斜地でも重機が通れる作業路を確保すれば運用可能であることが確認され、急傾斜地の多い地区でも活用の可能性が見いだされた。今後は、稼働時間の最大化のため1か月単位の作業計画の策定と、皆伐終了後の迅速な情報共有体制の構築、そして高技能オペレータの育成が課題となる。

5. マルチャーによる下刈り

マルチャーによる下刈りを5haで実施し、haあたり経費70,000円～175,000円、人工数2人/ha～5人/haであった。従来の下刈りコスト(180,000円/ha、10人/ha)と比較して最大61%のコスト削減、最大80%の人工削減を達成した。急傾斜地でも路網沿いでの筋刈りや法面での作業が可能であり、0.2クラスの小型重機でも対応できた。ただし、既植栽地では苗木の誤伐を恐れる声があり、普及には意識改革と操作技術の習熟が必要である。



マルチャーによる下刈り作業

6. ドローンによる資機材運搬

大型ドローンを用いて、シカ防止ネットとコンテナ苗を同時に運搬する実証を行った。1日あたり、ネット1,400m、苗1,200本を4人で運搬し、コストは149,000円であった。移動費や設置費の削減、現場での負荷軽減、新規就業者のモチベーション向上など、副次的効果も大きい。一方で、初期費用・保守費用が高額であり、天候やバッテリー稼働時間に作業が左右されるため、運用の安定性には課題が残る。また作業地の条件が地域によって異なることも考慮した比較検討が必要である。

7. 軽トラックによる苗木運搬

メッシュ袋(苗木40本収納)による運搬を試行し、約10,000本を搬送。従来の「コモ」(100本束)と比べて積み込みが効率的で、苗の損傷も少なかった。加えて、苗木の根の状態が確認できるため、品質管理の観点でも優れている。ただし、長年コモを使用してきた苗木生産者の間では、新方式への転換に抵抗があり、周知と意識改革に時間を要することが想定される。

短尺材の中出しやマルチャーの活用などによる省力化・軽作業化の可能性が確認された。都城エディションの導入により、小規模事業地でも運搬の効率化が可能となり、再造林率の向上や作業の持続性につながる成果が得られた。一方で、労務単価や資機材価格の見直し、機器導入に伴う技術支援、現場従業員への理解促進など、現場実装に向けた課題も浮き彫りとなった。防草シート、ドローン、一輪クローラなどの実証について、効果検証や改良を重ねていく。下層植生や立地条件を踏まえ、継続的な検証と情報共有が求められる。



「新しい林業」PV動画：宮崎・都城・耳川
<https://youtu.be/kXgbCgZ8Q8M>

12 大隅で持続可能な林業を実現する先進林業モデル事業 —OSUMI (Oosumi SUsustainable forest Management Initiative) モデル—

(株)岡本産業 上野物産(株) 駿河木材(有) 山生産業(株) 大隅森林組合 山佐木材(株)

鹿児島大学農学部

素材生産50万 m^3 を担う鹿児島県大隅地域における持続可能な林業を実現するため、先進林業モデル(OSUMIモデル)として、主伐後の確実な再生林による森林資源の保続、次世代の林業経営や従事者のための安全な林業、機械伐倒主体の素材生産システムや低密度植栽等の導入、ウェブ需給マッチングによる稼げる林業に取り組んだ。

1. 森林資源調査

大隅地域では、森林簿の地位区分が「地位中」に偏っており、林分ごとの成長量や収量の正確な評価が困難だった。そこで、デジタル航空写真からSfM技術を用いて得られたDSMと、LiDARによるDEMの差分から林冠高(DCHM)を求め、鹿児島大学高隈演習林でのスギ人工林160林分(計463ha)に適用した。結果、林冠高と林齢の関係から新たな地位評価が可能となり、主伐対象林分の選定精度が向上。地位再評価により、50年生時点での収穫予測量が14,567 m^3 増加した。

さらに、肝付町では森林資源把握のために航空写真3D化による林冠高解析を行い、高蓄積林分のゾーニングを実施。主伐対象林分ではドローンによる作業前後の撮影と3D解析によって、収穫予測と生産実績の比較が可能となった。

2. 主伐(機械化施業による生産性と安全性の両立)

本事業では、チェーンソー伐倒に依存しない機械化素材生産システムの構築を目指し、ロングリーチハーベスタやフェラバンチャー、グラップルソーといった高性能林業機械を導入した。肝付町後田の実証地



ハーベスタヘッド

(1.4ha)では、チェーンソー伐倒を約79%削減し、757 m^3 の素材生産を達成した。伐倒から造材までの作業生産性は25.6 m^3 /人日と、従来の18.8 m^3 /人日から約1.36倍向上した。

作業の進捗や生産量の変化を把握するためにドローンを用いた空撮・3D解析を活用し、切株の数や位置をもとに、オペレータの習熟度や日ごとの生産量の変化を分析した。その結果、作業初期の18 m^3 /日から約1週間で30 m^3 /日超へと生産量が増加するなど、短期間での操作技術の習得効果が確認された。

一方で、機械導入には高額なリース費用がかかり、今回の3機種のリース料は合計約594万円にのぼった。また、機械の作業半径に応じた高密度な作業道の整備(今回の実証では約428m/ha)が必要となり、伐出コスト全体は従来より増加した。

こうしたことから、コスト抑制には広面積での施業実施や高材積の確保により、機械の稼働率を最大化することが不可欠である。さらに、地形や既存路網に応じた効率的な作業道設計、安全性を確保した路網開設技術、そしてオペレータの育成体制の整備が、機械化主伐の定着に向けた重要な課題であるといえる。

3. 木材流通 (ICT 活用による検収・需給マッチングの効率化)

本実証では、木材の流通・販売過程においてもICTを活用し、現場の業務効率化と情報の透明化を図る取り組みを実施した。

中間土場でのICT活用として、スマートフォンで丸太の画像撮影・検収を行う原木検収システムを導入した結果、市場検収と比較して5%以内の誤差であり、実用可能な精度を有することが確認された。これにより、検収作業の省力化だけでなく、加工業者や買い手側との迅速な情報共有による取引の透明化が期待される。

木材需給のマッチングに向けて、既存のGoogleクラウドサービスを活用した簡易なWebシステムを構築し、需要者が希望する木材の規格や数量を「需要者入力マトリクス」に記入し、生産者側はそれに応じた供給情報を登録することで、相互にマッチングが可能となる。今回、その基本的な操作性や情報集約の実現可能性が示された。木材流通におけるICT導入は、省力化・効率化だけでなく、需給のミスマッチを解消し、木材販売の計画性を高める可能性を示しており、今後の運用体制の整備が期待される。

4. 再造林

主伐後の連続的な再造林を実証した。地拵えでは、山間部での作業に適した乗用型草刈機(山もつとモット)や、0.4クラスバックホーに草刈りクラッシャーを装着して実施した。クラッシャーでは地面の雑草木を粉碎できるため、地拵え作業が不要になる可能性が示された。

植栽では鹿児島県の優良品種「県始良20号」を用い、1,500本/haの低密度でコンテナ苗を植栽した。苗木運搬にはドローンを活用し、約2,500本の苗を30本ずつ袋に入れ、2人で3時間で作業を完了した。作業道がない斜面では有効な手法と確認された。

また、植栽配置については機械下刈りに対応した植栽間隔(1.9m×3.5m)で実施し、下刈り機械の搬入・旋回のための余地を確保することとした。

本実証事業では、森林資源調査による高蓄積林分の抽出、ICT・高性能機械による機械伐倒、画像検収やマッチングシステムによる流通効率化、低コストかつ省力的な再造林の実証まで、一連の作業が実現された。一方で、高性能機械の有効活用にはオペレータの熟練、広面積での連続施業、路網整備など、コスト回収に向けた体制構築が必要であることも明らかとなった。今後は、生産性評価を継続しつつ、経営体としての持続可能性を視野に入れた取り組みが求められる。



クラッシャーを装着したバックホー



「新しい林業」PV動画：鹿児島
<https://youtu.be/J0gJG03WzvK>

別表1 12 実証主体の取組総括一覧

実証主体1 北海道 事業名 (テーマ) 北海道・十勝型機械化林業経営 (背景) 高齢化、低コストな木材生産実現のため、林分資源や事業地微地形等の安全で迅速な把握ととも、各種データ処理による完全機械化作業システムの導入、ICT機能のフル活用が課題。また将来の労働力不足を見据え、造林保育作業の機械化やICT化が課題。		実証経営モデル		導入した新技術・新手法		実証成果	
分野	従来型作業システム	UAVを活用した資源管理	ICTを活用した路網設計	ICTハーパーベスタ、フォワーダの完全機械化CTLシステムの構築	ICTハーパーベスタによる最適採材・素材データをICT生産流通管理	ICTハーパーベスタ、フォワーダの完全機械化CTLシステムの構築	ICTハーパーベスタによる最適採材・素材データをICT生産流通管理
森林資源把握	・人力事前調査 ・人力収穫調査(標準地調査・毎木調査) ・人力周囲測量	・UAVを活用した資源管理	・LIDAR搭載UAVを活用した路網設計	・ICTハーパーベスタ、フォワーダの完全機械化CTLシステムの構築 ・ICTハーパーベスタによる最適採材・素材データをICT生産流通管理	・LIDAR搭載UAVによるCS立体図から作業道開設計画策定	・光学UAV(通常型)及びLIDAR搭載UAVによる森林資源内容の把握、3D地形モデルによる伐採作業計画の策定	・伐採・造林保育作業を行う各事業体、また川上〜川下を通じて関係者による取得データの共有・活用(データ循環サイクルの構築) ・伐採データとの整合性
主伐・業材生産	・人力調査による路網設計	・LIDAR搭載UAVを活用した路網設計	・ICTハーパーベスタ、フォワーダの完全機械化CTLシステムの構築	・ICTハーパーベスタによる最適採材・素材データをICT生産流通管理	・LIDAR搭載UAVによるCS立体図から作業道開設計画策定	・光学UAV(通常型)及びLIDAR搭載UAVによる森林資源内容の把握、3D地形モデルによる伐採作業計画の策定	・伐採・造林保育作業を行う各事業体、また川上〜川下を通じて関係者による取得データの共有・活用(データ循環サイクルの構築) ・伐採データとの整合性
流通販売	・人力調査による路網設計	・LIDAR搭載UAVを活用した路網設計	・ICTハーパーベスタ、フォワーダの完全機械化CTLシステムの構築	・ICTハーパーベスタによる最適採材・素材データをICT生産流通管理	・LIDAR搭載UAVによるCS立体図から作業道開設計画策定	・光学UAV(通常型)及びLIDAR搭載UAVによる森林資源内容の把握、3D地形モデルによる伐採作業計画の策定	・伐採・造林保育作業を行う各事業体、また川上〜川下を通じて関係者による取得データの共有・活用(データ循環サイクルの構築) ・伐採データとの整合性
再造林・保育	・人力調査による路網設計	・LIDAR搭載UAVを活用した路網設計	・ICTハーパーベスタ、フォワーダの完全機械化CTLシステムの構築	・ICTハーパーベスタによる最適採材・素材データをICT生産流通管理	・LIDAR搭載UAVによるCS立体図から作業道開設計画策定	・光学UAV(通常型)及びLIDAR搭載UAVによる森林資源内容の把握、3D地形モデルによる伐採作業計画の策定	・伐採・造林保育作業を行う各事業体、また川上〜川下を通じて関係者による取得データの共有・活用(データ循環サイクルの構築) ・伐採データとの整合性

若手
実証主体2
事業名
(テーマ)ICTを活用したCTLシステムによる垂直統合型経営モデルの構築
(背景)林業経営体の業材生産計画・管理、造林計画・管理等のシステム化

分野	従来型作業システム	美証移管モデル	導入した新技術・新手法	実証成果	課題
森林資源 把握	・人力事前調査 ・人力収穫調査	・ドローンレーザによる地形データ把握と 森林資源把握	・ドローンレーザ計測データの解析により、 樹頂点抽出から本数、樹高を、樹 冠サイズから直径を推定し、資源量を 把握 ・縦断データの解析により、単木位置、 幹材種、地形傾斜等を基に生産性予 測モデルを作成	・施設提案や立木購入に必要な森林資 源情報、地形情報の把握の効率化、 森林調査の省力化などが可能 ・伐木造材時間を予測可能(50%精度)	・レーザ計測データの解析処理の習熟、 高機能ソフトの活用 ・機械の移動、メンテナンス、準備作業 等の時間予測等が課題
主伐・ 素材生産	・ハーパースタ伐木造材	・ICTハーパースタとフォワーダのICTデー タ連携により、CTLシステムを前提とし た垂直統合型素材生産管理システム の構築	・ハーパースタ、フォワーダの走行軌跡や 生産造材丸太の生産量、位置情報の データ連携 ・現場ごとに現場情報、作業計画と作業 進捗管理をパソコン上で情報共有 ・ICTハーパースタのカラマーマーキー 機能による効率的仕訳、自動検知	・StanForDに準拠したハーパースタ造材 データを簡単に利用できるシステムを 構築し、生産現場の作業実績や丸太 在庫情報などのデータ連携により、素 材生産部門と製材部門間の作業進捗 管理や生産性管理に反映させ、垂直 統合型のPDCAサイクルを実現 ・カラマーマーキー機能による生産材の 径級判別機能を確認 ・オペレータの仕訳時間の短縮、自社製 材向けの人力手検知作業の省略によ り、生産性が向上、出材量増加を確認 (生産性 従来型 10m/人日→R5: 32.6m/人日、R6:42.2m/人日、生 産コスト2,000円/㎡低減) ・従来型の検知・積込、荷下ろしコスト の低減(167円/㎡削減)	・データ連携(システムへの反映)の自動 化(現在はUSBによるデータ移行)を 可能とする通信環境の整備 ・森林資源データと素材生産データを基 にした生産性予測から立木購入時 の見積制度の向上 ・CTLシステムの導入には、事業地の確 保、稼働率向上が必要 ・StanForD形式に未対応な機種や CTLシステム以外の作業システムへ の作業進捗管理や生産性管理シス テムの普及
流通販売 ・再造林・ 保育	・人力地植え ・人力植付け(普通植栽) ・人力下刈り	同上 ・機械地植え(トラクタ) ・低密度植栽(機械下刈りを前提とした 植栽密度) ・機械下刈り(トラクタ)	同上 ・クラッシュャーを装備したトラクタによる伐 根破碎等地植え	・緩傾斜地での伐根破碎によるマルチン グ効果(競争植生の抑制、植栽木の 生存率向上)は不明確	・機械が稼働可能な地形条件を有する 事業地の確保、稼働率向上が課題

実証主体3 宮城

(テーマ)「川下側の需要を反映した川上での効率的な素材生産と特定母樹及び早生樹・ユリノキの低密度植栽による低コスト造林での収支採算向上の取組」
(背景) 国産材需要の高まりに伴い県産材生産の増産が必要となるが、このためには、主伐による収益増加と木材流通及び再造林保育作業の効率化、低コスト化を要し、適正な山元還元が不可欠。

分野	近未来型作業システム	実証経営モデル	導入した新技術・新手法	実証成果	課題
森林資源把握	・人力事前調査 ・人力収穫調査(毎木調査) ・人力周囲測量 ・人力調査による路網設計				
主伐・素材生産	・チェーンソー伐採 ・プロセッサ造材 ・フォワーダ運材	・チェーンソー伐採 ・ハーベスタ伐採・造材 ・ICTハーベスタによる最適採材とカラーマーカーキング仕訳 ・フォワーダ運材	・川下の木材需給情報に基づく造材指示データをICTハーベスタに入力し、有利な最適採材の造材作業 ・造材指示に基づき、カラーマーカーキング仕訳、生産制限機能により効率的な仕訳	・伐木造材作業の生産性向上(R3:7.9m/人日→R4:11.1m/人日、R5:9.1m/人日)、生産コスト削減(R4:△766千円/ha推定) ・造材指示により経験の浅いオペレータでも作業効率向上が可能 ・小径木仕訳に有効。スムーズな仕分け作業はオペレータの負担軽減と仕分けコストの削減が可能	・さらなる生産性向上には事業ロットの拡大及び土場スペースの確保等が必要
流通販売	・人力山元検知	・ICTハーベスタによる検知自動化 ・写真検知	・樹皮分を差し引いた直径で材積自動計算 ・丸太木口の写真撮影により単木毎に材積計算	・人力検知(手検知)、トラック運転手本数検知の省略により検知コスト削減(R4:ハーベスタ検知175円/m³削減・73千円/ha、写真検知162円/m³・68千円/ha削減)により生産流通コストの削減が可能 ・合板や製材丸太では検知数量誤差は少なく有効。地形や運搬技術(木口揃えなど)の習熟度台等の条件次第でさらなるコスト削減が可能	・川下側の機械検知・写真検知の精度に対する信頼性の確保が必要
再造林・保育	・人力植付け(通常密度) ・人力下刈り(5回)	・特定母樹低密度植栽 ・早生樹低密度植栽 ・特定母樹 人カ下刈り(3回) 早生樹 人カ下刈り(1回)	・スギ特定母樹「遠田2号」の低密度植栽(1,600本/ha) ・早生樹「ユリノキ」の超低密度植栽(1,000本/ha) ・スギ特定母樹植栽地の下刈りを坪刈3回 ・ユリノキ植栽地の下刈りを坪刈1回	・低密度植栽による苗木費用、植栽費用の削減により、再造林コスト削減(特定母樹の場合521千円/ha、早生樹の場合640千円/haの削減) ・坪刈の採用により下刈りコスト削減(特定母樹の場合56千円/ha削減)、下刈り回数の削減等により再造林コストの大幅な低減が可能	・坪刈実施箇所では植栽木周辺以外の下草繁茂が著しく、次回以降の坪刈りの効率性の検証が必要

実証主体4
事業名
福島
(テーマ) 新たな技術を融合させた経営モデル(古殿モデル)の実証
(背景) 福島県古殿町は人工林資源が豊富で、地価調査がほぼ完了しているなど林業生産活動基盤が整備されているにもかかわらず、森林情勢の未活用、人材不足、造林意欲の低下等により、森林資源の循環利用が危惧。魅力的な林業経営環境を構築し林業活性化を図るため、ICTや新技術を活用した資源把握、伐採造林作業の低コスト化や、木材の販路拡大、山元立木価格の向上等が課題。

分野	従来型作業システム	実証経営モデル	導入した新技術・新手法	実証成果	課題
森林資源把握	・人力事前調査 ・人力収蔵調査	・レーザ計測データの活用 ・ICTを活用した事業地測量	・森林データベースの活用 ・GNSSを活用した路網設計測量 ・撮影写真のオルソノ化から本数把握 ・路網設計支援ソフトFRDの活用	・測量に係る省力化、効率性向上によりコスト削減が可能(デジタルコンパス2名体制→GNSS 1名体制) ・径級の小さいものは捕捉不十分 ・設計作業の省力化・低コスト化(人力踏査路網設計の8倍の作業効率。人件費は1/10以下)	・精度向上のため解像度の向上が必要 ・懸傾斜地では路線選択が絞り切れず ・効率的で、細やかな伐採・搬出作業計画が考慮されない
主伐・素材生産	・チェーンソー伐採 ・プロセッサ造材仕訳 ・フォワーダ運材 ・人力検知・野帳記入	・チェーンソー伐採 ・プロセッサ造材仕訳 ・フォワーダ運材 ・検知のICT化 ・現場管理のICT化	・丸太検知アプリの導入(タップ入力・音声入力・写真検知) ・ノーコードアプリによるスマホアプリ活用	・作業の効率化、省力化で効果あるものの、費用対効果が見合わない ・ノーコードアプリによる自社内スマホアプリを作成し、多数の作業機械(重機)の位置、燃料使用量(免脱軽油)等の把握、作業進捗管理(事務量が1/4に低減)。無駄、精神的ストレスを解消	・写真検知の精度向上
流通販売		・生産材のトレーサビリティ付与による立木価値向上	・伐採位置、伐採事業者、流通事業者等原木流通情報を付与したQRコード貼付し、マーケティング調査 ・伐採箇所、造林地(トレーサビリティ)の確認(施工候補に対し)	・最終消費者への普及には工務店段階の運用の検討が必要 ・川下での少量管理は手間 ・付加価値を向上させる情報の検討	
再造林・保育	・人力地植え ・人力植付け(普通植栽) ・人力下刈り	・機械地植え ・電動一輪車による苗木運搬 ・早生樹等植栽 ・機械下刈り(マルチャー)	・キリ玉苗植栽 ・スギ大苗(40cm)低密度植栽 ・コウヨウザン大苗(40cm)低密度植栽 ・ロングリーチマルチャーによる機械下刈り。誤伐防止のためのモニターカメラ装備	・伐根破砕処理は高効率 ・破砕物の地表マルチングによる防草効果は小さい ・切削型圃形マルチャーで効率向上 ・植栽作業効率の向上と作業の軽労化効果があり、高齢作業員に有効 ・超短伐期収穫による収支改善の可能性 ・作業効率の向上、省力化(5~6人日/ha→1オベ2人日/ha)、安全性の向上 ・モニターカメラにより誤伐減少	・地表残置の丸太、枝葉処理が課題 ・急傾斜地、枝葉多い箇所では操作が困難 ・バケットサイズが小さく、運搬量小さい ・病虫害、施肥等管理コストが課題 ・路網からロングリーチで届かない箇所は人力下刈りとの組合せ ・機械下刈りを想定した植栽列の設定

実証主体 5 長野
(テーマ)川上と川下のデータ連携を往とするコスト削減と山元還元の実証事業
(背景)北信州森林組合では、施業の集約化やICTを活用した森林調査や木材流通に取組んでいるものの、再造林・保育費用の負担から主伐・再造林のインセンティブを高めることが大きな課題。
産と流通の簡素化により材価の上昇を図るとともに、新技術を導入し造林・保育作業のコスト削減を実現し、山元還元額を増加させ、主伐・再造林のインセンティブを高めることが大きな課題。

分野	従来型作業システム	実証経営モデル	導入した新技術・新手法	実証成果	課題
森林資源 把握	・人カ森林調査	・ドローンレーザ、地上レーザ(背負子レーザ、ハンディレーザ)による精密森林資源調査	・ドローンによる空撮とレーザ計測により対象林のオルソ画像化と立木位置、樹種分類、樹高の把握 ・地上モバイルレーザ計測により、樹高、胸高直径の把握 ・立木の単木解析により、品等区分と需要に応じた造林シミュレーション(R4R5カラマツ、R6スギ)	・カラマツは、レーザ計測データ利用の造林シミュレーションに基づく造材丸太は、製材部門ではサイズ不足、曲がりの品質の面で十分な結果を得られず ・スギは、資源データ把握、造材シミュレーションは実施済み	・造林シミュレーションの実効性を高めるため、シミュレーション事例を増やし、材質指定、樹種ごとの計測特性等のデータ蓄積が必要 ・製材部門との検証は今後実証
主伐・ 素材生産	・チェーンソー伐採 ・プロセッサ造材仕訳 ・フォワーダ運材 ・人カ検知・野帳記入	・ICTハーフベスタによる最適採材	・住宅部材のオーダーに基づき、ICTハーフベスタへの造材指示により吊尺造材	・ICTハーフベスタの測定方法は選木機や人カ検知に比し精度に限界。キャリブレーションデータの蓄積による測定精度向上により、従来型流通に適用可能。曲がりや内部品質の判別は難しく、判別するオペレータの経験・技量が必要	・ICTハーフベスタの吊下需要に応じた最適採材機能の発揮には、寸法精度の問題から、1需要との1対1対応でなく、多需要対応が効果的
流通販売		・建築と森林のデータ連携による実現連携	・木造大型パネル工法に使用する建築部材リストを基に、製材時に歩留まり最大化する最適な木取、製材数量等の情報を作成し、必要丸太数を算出、森林資源データや立木の単木解析データと突合し、必要量を伐採・採材、供給	・カラマツは、製材段階で多くの丸太が曲がりや、ヤニ袋、死節等の内部品質上の欠点(カラ松出来)により、ほとんどが使用不可 ・スギは今後実証	・住宅建築部門で進行するAI化(概算見積AI)を念頭に、地域レベルで、大型パネル等建築部材需要に即応できる森林資源把握 ・造林シミュレーションは地域材活用、新たな地域林業も形成に有効
再造林・ 保育	・人カ植付け	・ホロレンズによる植栽支援	・ドローンレーザによる地形情報ドローン空撮によるオルソ画像からGIS上で植栽計画を作成、植栽位置座標情報から植栽計画画点をホロレンズに投影し、効率的な植栽を支援	・位置情報の基準点補正(キャリブレーション)が頻繁 ・GIS上の植栽計画地点のズレ(水平距離と斜距離のズレ)、ホロレンズ上の植栽位置座標が作業列(植栽列)を捕捉しづらい、視界が狭いなどにより、植栽速度は上がらず、植栽効率は低下	・デバイスの精度向上、ホロレンズ投影のプログラム改良により作業の効率性向上が必要 ・屋外使用が可能で、ヘルメット装着でも使用できるデバイスの改良が必要 ・視界が狭い、視覚情報過多、煩雑(位置補正)等による乗り物酔い症状の改善策
	・人カ下刈り	・ホロレンズによる下刈り支援	・植栽位置座標をホロレンズに投影し下刈り作業の効率化を支援	・視界が狭く危険性が高くなる、投影される植栽点の視覚情報過多となるなど ・作業速度は低下(人カ下刈りの8割) ・植栽位置座標に基づき植栽列の不規則性が作業効率を低下	・ホロレンズによる植栽、下刈り作業の効率化には、植栽点の視覚性、地持えの出来形とも大きく関係 ・地持え・植栽・下刈りの作業過程で後工程の効率化につながる最良な前工程、出来形仕上げが課題

実証主体6 岐阜

(テーマ) 最新式集材機とICTハーベスタ等を核とした主伐・再造林システム実証・普及事業

(背景) 木材需要の増大が見込まれ、間伐から皆伐へのシフトを進める必要。森林技術者数が伸び悩む中、最新式の林業機械の普及定着が課題。また車両系システムが困難な急傾斜地で架線システムの取り組みを進める中で、荷掛け作業の安全と効率の向上が課題。

分野	従来型作業システム	実証経営モデル	導入した新技術・新手法	実証成果	課題
森林資源把握	・人力事前調査 ・人力収穫調査(毎木調査) ・人力周囲測量 ・人力調査の路線設計				
主伐・集材生産	・架線集材	・油圧集材機と架線式グラブシステムによる架線集材	・無線・遠隔操作による油圧集材機と架線式グラブシステムにより架線集材	・集材作業の省人化(従来型3人体制→2人体制で労働生産性は1.5倍)、荷掛け・荷外し作業の省人化、時間短縮 ・上記により効率性、労働生産性が向上(オペレータの習熟、立木サイズ向上により最大26.3m ³ /人日)を実現 ・人力での荷掛けと荷下し、急傾斜地での移動等が不要となることから、飛躍的な安全性の向上と労働強度の軽減	・荷掛け作業、権数本組みで時間的ロス ・グラブの自重が大きいため最大使用荷重が小さくなり丸太積載量が低下 ・草木重量が小さいエリア等では、グラブを従来型のフックスリングに換装することも必要
	・プロセッサ造材仕訳	・ICTハーベスタによる最適採材とカラーマーキング仕訳	・川下のマーカーネットニーズに即した造材指示データをICTハーベスタに入力し、有利な最適採材の造材作業 ・造材指示に基づき、カラーマーキング機能により効率化仕訳	・最適採材(パリュエーパッキング)機能は経験の浅いオペレータに有効 ・従来のオペレータによる検知作業(チェック印字)が不要となり、仕訳作業時間の短縮(1日当たり15分短縮)	・曲がり等の欠点は判別できないため、オペレータの見る目の習熟は必要 ・多種仕訳には対応できず
流通販売	・人力山元検知	・ICTハーベスタによる検知自動化	・樹皮分を差し引いた直径で材積自動計算	・ICTハーベスタの機械検知の材積は人力検知(手検知)材積とほぼ一致し、十分な精度を確認	・多種仕訳には対応できず ・造材データの需要先とのリアルタイム情報共有には林内通信環境整備が必要 ・造材データを川下納品データとするには現在の多段階流通に留置した工夫とネットワークの構築が必要
再造林・保育	・人力地植え ・人力植付け ・人力下刈り(全刈)	・乗用草刈り機による地植え ・人力植付け ・乗用草刈り機による地植え	・「山もつとモット」による伐根処理 ・「山もつとモット」による下刈り	・緩傾斜地等条件が良ければ、根株処理含めても作業効率は大幅に向上(従来型人力地植え:13.4人日/ha→機械地植え:1.17人日/ha)	・急傾斜地(25度超)や、転石、伐倒木、枝条の多い箇所では走行が難しい ・傾斜地での使用は制約が多く、機械自体もオペレータの足場やパワー不足等の改善が必要
				・下刈り作業効率は大幅に向上(人力下刈り:7.6人日/ha→機械下刈り:1.9人日/ha) ・安全性の向上、労働強度の大幅な軽減	・造林・育林作業の機械化には、伐倒木や枝条の残置が少ない全木集材が望ましい

分野	従来型作業システム	実証経営モデル	導入した新技術・新手法	実証成果	課題
森林資源把握	・人カ踏査 ・人カ毎木調査	・地上レーザ測量による森林の3D化等 精密な資源情報の調査把握 ・ドローン見回り	・3Dレーザバックパック型スキャナ(3Dウォーカー)により詳細地形や単木毎の立木位置、サイズ、曲がり等を把握しデジタルデータ化 ・ドローンにより、獣害防止策の被害有無や単木単位での生育状況をリアルタイムで確認し、写真、動画で記録・共有	・森林調査の効率化、省力化 ・架線計画立案(先柱元柱の選定等)が容易 ・立木見込み推計の精度は高い ・詳細な地表データをGIS上で活用し、適地適木、獣害対策等のゾーニングを各めた造林計画の策定が可能 ・ドローン見回りによる大幅な省力化(人カ0.25人日/ha→0.07人日/ha 1/3程)	・調査手の体力負担増 ・地上レーザによる単木デジタルデータは、材質(径)が整合せず、品質(曲がり、傷等)も不十分で、良材絞り込みに精度不足 ・資源量のみ把握なら地上レーザ以外の手法の検討が必要 ・定期的な見回りの実施
主伐・素材生産	・人カ伐倒、造材 ・ヘリ集材(役物搬出)	・自走式搬器を装備した架線集材 ・林地残材の収益化	・地上レーザ解析データをGIS上に展開し最適な架線設計(索張) ・自走式搬器(ワッドライナー)による架線集材 ・林内通信装置(インカム)の導入 全木集材に伴う未木残材をバイオマス燃料として移動式チップパーでチップング、搬出利用	・経費少ない者でも架線索張り習得 ・労働強度の軽減にも効果 ・ワッドライナー架線集材により生産コストを低減(ヘリ集材コスト27,800円/m ³ →R4 13,048円/m ³ 、RS 11,924円/m ³ (トラック運搬料等含む)) ・集材時の安全性が向上 ・山土場チップ製造コストは、9,100円/生トン ・需要先まで片道30分以内1日3往復できれば採算可能(バイオマス発電所着価格12,000円/生トン)	・技術面の習熟が必要 ・集材作業やプロセッサ等による造材の効率化によりさらなるトータル生産コストの低減が課題 ・チップパーの稼働率向上(残材処理現場の確保) ・発電所までの運搬距離により山元チップ化は要検討
流通販売	・原木市場での販売	・流通分野、需要地との連携	・地域の製材工場や工務店のニーズ把握 ・地上レーザによる立木単木データや施業履歴と、製材品質、木材価格のマッピング、材品質に合った木材生産 ・広葉樹材の需要把握等	・利益率の高い原木特性、原木外観と内蔵品質の判断基準の把握から、山側が川下が求める材品質を評価、判断できないまま、造材が進められていることが判明 ・生産材搬出作業と造林作業の一貫作業により省力化、生産性向上と人件費低減を実現 ・労働強度の低減、雇用に効果 ・電動オーガによる植穴掘りの効率化、軽労化を確認 ・造林保有トータルコスト(獣害対策含む)の大幅な低減を実現 ・センダン造林では施肥区で顕著な成長	・資源量把握だけでなく、立木外観から材品質を評価できる基準を川上川下で共有する必要 ・川上現場では材品質の評価精度を高め、全体ロス低減と山元還元のための収益向上を図る必要 ・広葉樹の販売先の探索・確保 ・針葉樹一般材、広葉樹材の付加価値製品化等による収益向上のための需要地と木材供給地の事業連携が課題
再造林・保育	・人カ苗木運搬 ・人カスギ、ヒノキ植栽 ・人カ下刈り ・獣害保護柵	・架線利用等による造林資器材運搬 ・電動一輪車による苗木運搬・植付け ・植栽樹種の多様化 ・センダン種子の直播造林 ・シカ食害対策(ゾーニングフェンス、単木保護) ・獣害対策の現状把握	・苗木、獣害対策資材(保護柵、ヘキサチューブ)を集材終了後に架線運搬 ・「斜装」による苗木運搬、付属電動オーガによる植付け ・GIS上の地形判読等による適地適木・ゾーニングに基づき、スギ、ヒノキのほか広葉樹種、アカマツ等多様な樹種を植栽 ・GIS上の地形判読等によるゾーニングに基づき、シカ通路設置とゾーニング柵、ヘキサチューブの単木保護措置を組合せ ・ドローンによる保護柵の破損状況等確認	・生産材搬出作業と造林作業の一貫作業により省力化、生産性向上と人件費低減を実現 ・労働強度の低減、雇用に効果 ・電動オーガによる植穴掘りの効率化、軽労化を確認 ・造林保有トータルコスト(獣害対策含む)の大幅な低減を実現 ・センダン造林では施肥区で顕著な成長 ・地形条件等を考慮した適地適木・ゾーニングとシカ通路設置等多様な獣害対策によりシカ食害は激減 ・獣害防護柵の設置技術、効率が向上	・中程度以上傾斜地では運搬作業に腕力を要し生産性向上や軽労化に難点 ・造林保育のさらなる生産性向上 ・センダン直播造林では、生存率、生育状況の追跡が必要 ・センダン等苗木生産体制の構築

実証主体8 和歌山 (デューマ) 先進的林業経営体によるタワヤーダフル活用モデルの構築
事業名 (背景) 急傾斜地において、安全かつ一層効果的・効果的な架線システムによる木材生産を推進するため、タワヤーダをフル活用し、①架線計画の高度化、②集造材後の林地残材の収益化、③主伐後再造林の効率化や低コスト化などの課題解決が必要。

分野	実証経営モデル	導入した新技術・新手法	実証成果	課題
森林資源把握	・人力事前調査 ・人力収穫調査(毎木調査) ・人力周囲測量 ・人力調査の路線設計			
主伐・素材生産	・チェーンソー伐採 ・地形図と人力調査による架線設計	・オープンソースデータのソフトウェア(QGISとExcel)を活用した架線計画の高度化(架線計画シミュレーション)	・架線計画シミュレーションによる架線架設経路の削減効果を確認 ・下げ荷集材、架線架設の手戻り防止、架線高に合った効果的な集材作業の事前検討等の面で、机上シミュレーションの効果を確認 ・間伐や取伐での机上シミュレーションの効果を確認	・現場での架線架設に当たっては、現地調査とシミュレーションを活用して、効率のかつコスト削減となる架線計画を作成する必要がある ・シミュレーションを作成できる人材育成から有効活用できる体制までの構築 ・タワヤーダを有効活用できる人材の育成(路線整備技術、架線架設の基礎知識技術の習得) ・タワヤーダを効果的にフル活用するため、タワヤーダが走行可能な架線林道(森林作業道)の整備とその条件整備(森林作業道指針の改定、作業道の維持管理支援等)が必要 ・ハーベスタダ材の効率化・低コスト化等のためには、ベースマシンの公道走行も課題
販売流通	・移動チップパーによる木材破砕とチップ運搬	・架線、タワヤーダによる全木集材、造材後に発生する末木枝葉や雑木(林地残材)を、履帯式ベースマシン搭載木材破砕機でチップ生産、コンテナトラックで輸送	・架線林道から公道を経て需要先に至る到達経路を、QGISやGoogleMAPを活用しシミュレーションと、タブレット端末GNSSによる走行軌跡の作成 ・現場から発電所までの運搬時間、運搬可能量を推定し、林地残材の1日当たりのチップ生産量を算出(21.24t/日) ・末木枝葉の最速、効率的なチップ生産、販売による収益増(23,690円/ha)は可能 ・低密度循環による苗木費用の削減 ・一貫作業で有効	・チップ運搬大型箱型トラックが走行できる路線整備が課題
再造林・保育	・人力植付け(通常密度) ・人力苗木運搬	・スギ・ヒノキ1,500本/ha植栽 ・苗木、ネット・支柱をセレクトにしたツリーシェルダー等資機材をロングタイプコンテナバッグに詰めタワヤーダ運搬	・下刈り省略 ・生分解性ツリーシェルダー設置	・架線の架設撤収を繰り返すため、タワヤーダ集材と再造林作業が近接作業にならないよう作業時間の調整が必要 ・架線張替回数が少ない小面積皆伐では効果が期待はかかるしに時間を要する
	・人力下刈り(全刈) ・獣害防護柵の設置		・ツリーシェルダーへの転換によりコスト増となるが、下刈り不要のため、再造林コストは低減(294,405円/ha)が可能	・ツリーシェルダーにより再造林初期費用は高くなる

実証主体9 山口
事業名

(テーマ) 森林管理組織「リフォレスト」を核とした長門型林業経営モデル構築事業
(背景) 境界明確化や集約化の促進のため省力化の促進の必要が認識。さらには主伐後の再造林に必要なコンテナ苗や獣害防範資材の導入等が課題。

ICTを活用した高性能林業機械、需要に即応で

分野	従来型作業システム	実証型作業システム	導入した新技術・新手法	実証成果	課題
森林資源 把握	・森林所有境界の関係者立会による明確化 ・森林所有境界の明確化	・スマートグラス、スマホGNSSを活用した現地映像中継と航空レーザ解析地形図等による境界確認(R4) ・アクシオンカメラ、高精度GNSS受信機、スマートフォンを組合せた現地映像中継による境界確認(R5) ・鳥獣被害予測、解析用システムによる立木評価、生産量予測、丸太販売価格予測 ・ドローンレーザ及び地上レーザ(MAPRY, OWL)による資源解析、資源量把握、解析用システムによる立木評価、生産量予測、丸太販売価格予測 ・ICT機器を活用した資源量把握、立木評価	・スマートグラス、スマホGNSSを活用した現地映像中継と航空レーザ解析地形図等による境界確認(R4) ・アクシオンカメラ、高精度GNSS受信機、スマートフォンを組合せた現地映像中継による境界確認(R5) ・鳥獣被害予測、解析用システムによる立木評価、生産量予測、丸太販売価格予測 ・ドローンレーザ及び地上レーザ(MAPRY, OWL)による資源解析、資源量把握、解析用システムによる立木評価、生産量予測、丸太販売価格予測 ・ICT機器を活用した資源量把握、立木評価	・高齢者、県外等遠隔地の所有者の現地立会なしの正確な境界確認に有効で高い評価 ・集約化の促進にも効果 ・現地確認作業での省力化が困難(現地1~2名配置) ・境界明認担当者数の削減が必要(現地と映像中継場所のそれぞれに配置が必要) ・森林所有者へのヒアリングや、所有者特定のため地元の森林に詳しい者からの情報入手が重要 ・森林所有者への提案提案の推進には、地域での最適な生産歩留まりや等級比率、シカ・獣害被害率を適切に反映した生産量予測精度や、丸太価格予測、立木評価の精度向上等が必要 ・曲がり、腐れ、傷の判断が不可欠であるが不正確などから、仕訳の精度向上やオペレータの習熟が課題 ・大型ハーベスタ造材時の丸太表面の腐れへの理解醸成が必要 ・等級、材積に誤差 ・作業進捗や仕舞管理概数把握での利用	・使用機器の低コスト化、省力化・手振れ補正、位置精度の向上が課題
主伐・ 業材生産	・チェーンソー伐採造材 ・4m造材(市場向け)	・ICTハーベスタ伐採造材	・ARナビゲーション(OWLデータの表示)による造材指示 ・カラーマーカー機能による仕訳 ・検知アプリによる写真検知 ・Googleフォームを利用した日報による生産性分析 ・日報データ管理による生産性分析	・生産性向上とコスト削減に有効(R4造材生産性52m³/人日) ・材生産性の向上 ・生産材の有利販売を実現(木材市場向け従来型4m材→専門住宅用3m材の出材で400円/㎡増) ・スマートグラス装着オペレータにより造材指示とおりの造材 ・山土場での仕訳作業の効率化 ・検知時間の大幅な短縮 ・作業の進捗管理、生産性やコスト分析、ボトルネックの見える化により、一層の効率化、低コスト化に有効	
流通販売		・原木生産の口頭での受発注	・需給情報のマッチングシステム構築(ながと型住宅)	・工務店・製材所へ原木生産(リフォレスト)の受発注システムの策定 ・ICT機器活用による資源把握、ICTハーベスタのハリーバッキング機能との連携	
再造林・ 保育	・人力苗木運搬 ・苗木の電動一輪車運搬 ・猟友会補償	・苗木・資機材のドローン運搬 ・苗木の電動一輪車運搬 ・ICT機器を活用した獣害捕獲	・コンテナ苗の分散運搬 ・大型ドローン(最大55kg)による獣害防止ネット用資機材の運搬 ・県外運参入者(閑散期の漁業者)の労働負担軽減 ・通信機器を活用した捕獲	・労働強度の大幅な軽減 ・分散運搬により植栽効率向上(1人/日/haの削減効果) ・獣害対策資材運搬の省力化、効率化 ・大田の効率化(人2,546円/ha→1,944円/ha) ・センサーカメラ付き通信システムによる捕獲効率の軽減 ・地元猟友会との連携	・ドローン運搬コスト増に対し、作業人員削減や大田植林によるトータルコスト削減の検討が必要

実証主体10 宮崎 ひまか

(テーマ)伐地の奥地化に適応した主伐・再造林作業システムの実証 ～最新鋭の架線集材システムの導入による重機集材との二刀流へ～
 (背景)伐採対象地の奥地化に伴い、集材生産の収益性低下とともに再造林の困難性が増大。林地に対する環境負荷も低減できる架線集材の復活の気運。生産性、収益性が高い架線集材システム
 の導入とともに、山元立木価格の上昇、主伐後再造林の効率化・軽労化、ICT活用による省力化が課題。

分野	従来型作業システム	実証経営モデル	導入した新技術・新手法	実証成果	課題
森林資源把握	・人力事前踏査 ・人力収穫調査(標準地) ・人力周囲測量	・ドローンレーザ計測による森林資源調査、主伐・再造林作業のデジタル支援	・ドローンレーザ計測により点群データを取得し林分材積を算出		
主伐・集材生産	・チェーンソー伐採 ・地形図と人力踏査による架線設計 ・架線集材(人力荷かけと荷外し)	・ドローンレーザ計測データによる架線集材計画 ・油圧集材機・架線式グリップシステムによる架線集材システム ・プロセッサ造材仕訳	・ドローンレーザ計測データによる架線設計 ・無線・遠隔操作による油圧集材機とグリップ報器による架線集材システム	・ドローンレーザ計測LASデータの立体表示を活用し、架線設計を支援 ・集材機、荷掛け・荷外しの無人化により省力化・軽労化と安全性が大幅に向上 ・労働生産性は、3オペ→2オペが可能となるが、1日当たり生産量が少なく、従来型を下回る(25㎡/人日→17~30㎡/人日) ・線下周辺の集材作業では高い生産性・操作習熟により集材効率は向上 ・グリップ自重500kgでも従来型集材機と同等の大径材搬送は可能 ・架線グリップ集材と従来型のロージックグリップ集材の併用も可能交換、作業も比較的平易 ・作業場所の奥地化、重機集材から架線集材への転換に際し、導入の選択	・具体的架線集材作業ができる技術者の育成が必要 ・グリップ自重500kgのため、搬送時に主伐低下し、線下高の確保や尾根越し搬送に難点、横取り範囲が狭い等も課題 ・複数本集材が難しい、グリップ自重のため空荷走行が遅い等から、1日当たり生産量(売上)に直結)は通常型集材より低下 ・導入コスト回収(償却)のため1日当たり生産量(売上)の上昇が課題 ・線下への先行集材の検討 ・2オペ化で得いた1名分の有効活用
販売流通		・民有林での立木公売(シミュレーション)	・ドローンレーザ計測データによる森林情報の提供等による履歴入力	・競争による落札価格(立木価格)の上昇効果を確認	・デジタル資源情報のみで入札価格は決められず、参考情報程度 ・入札価格決定には、デジタルデータでは表現できない材質や様々なコスト・リスク等を判断するため、現地・現物熟覧が必要 ・再造林等条件付与を含めた立木価格設定の困難性、集材事業者の技術力、創意工夫の発揮・裁量を制限する恐れ
再造林・保育	・人力植付け(通常密度) ・苗木、獣害防護柵等資機材に人力運搬	・アシストスーツ着用による再造林作業 ・資機材運搬用大型ドローンによる奥地再造林	・アシストスーツ着用による資機材運搬、植付け、下刈り作業 ・ペイロード30kgの農業用大型ドローンによる資機材運搬	・パッシブ型スーツ(ゴム、パネのサポート)は、安定した足場での確保作業では軽労化に効果があり、苗畑作業や道材作業等の安定した足場での作業に適している ・アクティブ型スーツ(電動サポート)は、斜面移動や苗木運搬、補欠掘りの作業の軽労化に有効 ・高齢労働者や女性労働者の現場作業が軽労化、大田造林での活用効果が期待 ・人力に比し大幅な運搬時間の短縮等による生産性向上と省人化・軽労化を実現(5~6人、2~3h/ha→3人、1.5h/ha) ・獣害防護柵等造林資機材のバックゲージ輸送や大田造林への活用が可能	・パッシブ型スーツは、急傾斜地での不安定な足場を移動する下刈り作業では軽労化の効果は薄い ・大型ドローンは燃料コストが高くなるため、農業はか多用金利用により稼働率を高め燃料コストを低減する必要 ・レンタル利用を検討する必要

実証主体 11 宮崎 都城 (テーマ)「伐採・運搬・集下刈り一貫システム」構築事業
事業名 (背景) 再造林の進展による新植、下刈り面積の増大に対し、造林保育作業のコスト削減や省力化、軽労化等就労環境の改善が不可欠。また木質バイオマス需要増に対し、農地化する主伐地からの短尺材等の搬出運搬の効率化、コストの削減が課題。

分野	従来型作業システム	実証経営モデル	導入した新技術・新手法	実証成果	課題
森林資源 把握					
主伐・ 素材生産	チェーンソー伐採造材 ・フォワーダ搬出	ダンブトラック搬出	- 風呂敷型フレコンバックを活用した短尺材の収集と改良箱型四駆ダンブトラックによる短尺材の搬送 4WDダンブトラックによる作業道へのバーク散布	- 搬出の効率化、コスト削減(9%削減) - フォワーダより初期投資が少なく、燃費、機動性の面で有利 - 路網補修費の大幅な削減(94%削減)	- ダンブトラック走行に適した林内作業路の開闢が必要 - 雨の日走行ではチェーン装着や路盤補修が必要
流通販売 再造林・ 保育	- 人力地格え - 人力植付け - 苗木の軽トラック運搬 - 人力下刈り(全刈)	- 機械地格え - 電動一輪車による植穴掘り - トラックによる苗木運搬 - 電動一輪車による苗木運搬 - 造林資機材のドローン運搬 - 機械下刈り	- 付属電動オーガによる植穴掘り - 改良箱型四駆ダンブトラックによる苗木運搬 - クローラ型電動一輪車による苗木の林内運搬 - 大型ドローン運搬による獣害防護柵、苗木の同時運搬 - マルチャーによる下刈り	- 労働生産性の向上、低コスト化(従来型から22~55%削減) - 緩傾斜地での有効性を確認 - 道路勾配35度程度箇所でも操作は可能 - 粉砕枝葉のマルチング効果により下刈り回数の抑制に期待 - コンテナ苗運搬時間の短縮、運搬コストの低減(94%削減) - 傾斜地での走行、操作性の良さを確認 - 造林作業の軽労化に有効 - 造林資機材運搬コストの低減 - 労働強度の低減 - 労働生産性は大幅に向上しコスト削減(人工数10人/ha→2~5人/ha、コストは最大60%削減) - 緩傾斜地、路網沿での有効活用により、造林作業の効率化、省力化 - 急傾斜でも路網沿いなら筋刈は可能 - 下刈り労務費下量低減による低コスト化、軽労化(敷設に17~19人/ha/ha要するが、従来型の下刈り6回に比し68%コスト削減の可能性)	- 地形的制約あり - 事業地移動を少なく機動性を上げられるよう、まとまった作業地の確保が必要 - 機械の改良が必要 - ダンブトラック→大型クローラ運搬車→一輪クローラ運搬車(植林地小運搬)といった苗木の効率的運搬システムの構築 - 一輪車運搬トレイの大きさにあった苗木梱包 - 初期投資、ランニングコストが高い - オペレータの養成 - 重機稼働の地形的制約あり - 事前に植栽木マスキングが必要 - 操作技術の高いオペレータの養成 - 下層植生により防草効果はバラツキ、必要に応じて部分刈を検討 - 木タール等含有成分による獣害忌避効果は今後の課題

実証主体12 鹿児島

(テーマ)大隅で持続可能な林業を実現する先進林業モデル事業 -OSUMI (Osumi Sustainable forest Management Initiative) モデル-
 (背景)大隅地域での持続可能な先進的林業の確立に向け、林業の低コスト化と高い木材価格の実現が課題。このため、マケットイン型素材生産への転換、素材生産～流通～再造林の各段階でコスト削減や再造林保育の低コスト化技術の普及が必要。

分野	従来型作業システム	実証経営モデル	導入した新技術・新手法	実証成果	課題
森林資源把握	・森林帯情報による事業地選定 ・人力収獲調査 ・人力周囲測量	・林分地位の再評価による収益性高い事業地選定	・デジタル航空写真の3次元化による樹(林)冠高から地位を再評価し、高蓋樹林分を抽出	・素材生産予測により黒字化実現可能な高蓋樹林分のソーニングが可能	
主伐・素材生産	・チェーンソー伐採 ・作業道作設(バックホー) ・プロセッサ造材仕訳 ・フォワーダ運材	・チェーンソー伐倒を伴わない安全な素材生産システム ・フォワーダ運材 ・森林内通信システムの導入	・フレキシブルチャージャーザウルスによる作業道作設 ・ロングリーチハーベスタ、ロングリーチグラップルソーによる伐倒・木寄せ ・ICTハーベスタのカラマーマーキング機能による仕訳 ・森林内通信システムSoko-co forestによる作業位置情報等の通信	・伐木・選集材作業で高い生産性を実現(25～30m/人日) ・チェーンソー伐倒を機械伐倒に8割弱転換 ・安全性の向上 ・2km離れた生産現場での位置情報やチャット機能による通信が可能 ・時間ロスを抑制し生産性、安全性が向上	・作業道開設量の増加と高蓋密網は不可避のため、作業道開設コストが増大 ・機械導入コスト(リース代金)の増大 ・事業地・生産量の拡大確保が不可欠 ・先進林業機械のオペレータ養成
流通販売	・手検知・市場検知 ・相対取引	・写真検知 ・需給情報のマッチングシステム	・スマートフォン等アンドロイド端末での木材検収システムLog-co(写真検知)の導入 ・Googleクラウドサービスを利用した需給マッチングシステムの導入	・市場検知との誤差5%以内 ・スマホ写真検知の有効性を事業体間で共有 ・複数の需要者・供給者(素材生産事業者)間での需給情報の共有化	・需給情報のマッチングができて、需要時期、出材時期等による価格変動に懸念
再造林・保育	・人力地植え ・人力苗木運搬 ・植付け(普通苗、通常密度3,000本/ha植栽) ・人力下刈り	・機械地植え ・ドローン運搬 ・植付け(エリートツリー、低密度植栽) ・機械下刈り	・乗用草刈り機(山もつとモット)による地植え ・クラッシャーによる地植え ・1,500本/ha植栽 ・乗用草刈り機(山もつとモット)、クラッシャーによる下刈り	・緩傾斜地での作業性は高い ・作業後の残木残渣がほとんどなく、植付け前の事前処理が不要 ・苗木運搬に利用できる作業路がない場合に有効 ・苗木コスト、植付け作業コストの削減 ・緩傾斜地では生産性高い	・傾斜等地形条件により作業制約 ・作業後の残木残渣が残り、植付け前の事前処理が必要 ・安全確保上、植栽作業と同時運搬はできないため、植栽前日に運搬する必要がある ・傾斜等地形条件により作業制約