

「新しい林業」

経営モデル実証事業3か年の成果

～新技術を導入した12の実証事例から～



令和7年3月

一般社団法人 林業機械化協会

普及版刊行にあたって

「新しい林業」経営モデル実証事業の3年間の成果を普及版として簡潔にまとめました。

この事業は、令和3年の森林・林業基本計画の中で「従来の施業方法等を見直し、エリートツリーや自動操作機械等の新技術を取り入れて、伐採から再造林・保育に至る収支のプラス転換を可能とする「新しい林業」を目指す取組を展開する」とされたことをうけ、令和4年度から3年かけて全国各地で新しい技術や機械、これまでにない取り組みの有効性を実証し、その成果等をもとに「新しい林業」経営モデルを作るというものです。

こうした課題に応えるには、森林林業の川上から川下までの様々な側面について専門的な知見をもって総合的に検討することが必要であるため、当協会が事務局をつとめ、全国素材生産業協同組合連合会、(一社)全日本木材市場連盟、(一社)全国木材組合連合会、日本造林協会及び(一社)日本林業経営者協会の協力を得つつ進めるという森林林業オールジャパン体制で取り組みました。

各団体の皆さまには、事業への参加・協力の要請に快く応じていただき、3年間にわたって事務局と一体となって実証主体の指導等に真摯に取り組んでいただきました。ありがとうございました。

また、有識者委員会では座長の酒井秀夫様をはじめ、宇都木玄様、鹿又秀聡様、佐川賢司様、坪野克彦様、松下幸司様の皆様には、お忙しい中、委員会だけでなく、実証主体の現場へ出向いての意見交換や助言、シンポジウム等での「新しい林業」に関する情報発信など事業の実施と普及に大いにご尽力くださいました。心から感謝申し上げます。

さらに、地域で直面する課題について自らが考えた対応策を実証した、12実証主体の林業経営体と研究機関などの方々、長期にわたっての取り組みお疲れさまでした。今後も地域林業の改革の推進役として活躍されることを期待しています。

そして、行政機関、試験研究機関、森林所有者、森林組合、林業事業体などの皆さん。この報告書をご覧くださいありがとうございます。これは先に掲げた非常にたくさんの人たちが関わり、そこから得た多くの知見をまとめたものです。それぞれの地域で、林業経営の改善を考えるときのお役に立てば、大変うれしく思います。

最後に、林野庁ご当局へ。関係者一同は今後の林業施策の検討に活かせるものを作ろうとの想いでこの報告書をまとめました。このようなやり甲斐のある事業の実施主体に選定してくださったことに感謝を申し上げます。

一般社団法人 林業機械化協会 会長 島田泰助

「新しい林業」への期待

令和4年度から始まり6年度まで3カ年にわたり続いた「新しい林業」経営モデル実証事業において有識者委員会の座長を務めさせていただいた。

有識者委員会は、私を含め、森林総合研究所から林業生産技術を専門とする宇都木玄氏、林業経営を専門とする鹿又秀聡氏、素材生産業を営む佐川賢司氏、林業経営コンサルタントの坪野克彦氏、京都大学教授で森林計画を専門とする松下幸司氏とバラエティに富んだ6名のメンバーからなり、それぞれが専門的な観点から助言・指導等を行い、事業を精力的に進めることができたと自負している。

事業は北海道から鹿児島までの日本各地で、12の実証主体が研究機関などのサポートを得ながら協議会や現地検討会を実施し、研究レベルではなく社会実装の観点から新たな技術・仕組みの実用性の検証と今後解決すべき課題提起を行なうなど、その目的に沿った所期の成果をあげることができたものと考えている。

事業期間は、円安やウクライナへの軍事侵攻などの時期と重なり、燃料費や資材費の高騰が企業努力による生産コスト節減を飲み込んでしまうという厳しい状況が現出した。「新しい林業」は、こうした中にあっても、減少傾向が続く林業労働力の下で、安全・低コストに、さらには環境に配慮した作業を行い、労働に見合った対価、報酬を捻出し、魅力ある林業でなければならない。

川上ではLiDAR等を活用した精密な森林調査、在庫管理ができるようになっており、森林の在庫状況を川下の需要側と共有していくため、双方のマッチングが必要になる。そうした中から、立木市場という新しい概念もでてきたものと想像する。

本事業で最初から取り組んでいるICTハーベスタの課題や解決策も明らかになってきたが、需要側との相互理解が依然として必要である。今後はICTを活用したトレーサビリティなど、流通へのさらなる取り組みが望まれる。

また、立木に対する歩留まりを上げ、森林資源を有効利用する取り組みも重要である。バイオマス資源としての利用により収益を上げることはもとより、林地残材が大量に発生すると除地になってしまうので、林地残材が発生しない仕組みを作ることも重要である。

木材の適正価格を確立するため、シカ柵や再造林など、原価を消費者に説明する働きかけも大事である。グローバル化の中で安いものを買うのではなく、適正価格による適切な取引を心がけなければならない。そのためには品質管理や品質評価も重要になってくる。

なお、ICT活用に必要なソフトウェアの導入や小規模事業体への実務レベルの普及には、教育研究機関の支援が大きな役割をもっている。

本冊子を手にとっていただいた皆様には、様々な立場の方がいると思います。是非この事業の成果を参考に「自分たちに今求められていることは何か」を考えていただき、残された課題を解決し、「新しい林業」の道を伐り開いていってください。

東京大学 名誉教授 酒井秀夫

目 次

はじめに

第1章 経営モデル実証事業の取組成果の概要	3
1 北欧をモデルにした北海道・十勝型機械化林業経営	4
2 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	6
3 川下側の需要を反映した川上での効率的な素材生産及び特定母樹「遠田2号」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性向上の取り組み	8
4 新たな技術を融合させた経営モデル(古殿モデル)の実証	10
5 川上と川下のデータ連携を柱とするコスト削減と山元還元の実証事業	12
6 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	14
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	16
8 先進的林業経営体によるタワーヤーダフル活用モデルの構築	18
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	20
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～	22
11 「伐採・植栽・楽下刈一貫システム」構築事業	24
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 SUstainable forest Management Initiative)モデル—	26
別表1 12実証主体の取組総括一覧	28
第2章 実証技術の評価と課題	40
2-1 森林資源把握(森林資源調査)	41
2-2 主伐・素材生産	43
2-3 再造林・保育	49
2-4 流通販売・その他	54
別表2 機械装備及び作業システム等の特性評価	58
第3章 経営モデルの提案とその実現に向けて	59
3-1 「新しい林業」の経営モデルが求められる理由	59
3-2 「新しい林業」経営モデルの検討	61
別表3-1 ICTハーベスタ造材データ連携を軸とした生産・流通の合理化と 造林保育作業の機械化	64
別表3-2 従来型作業システムと新たな作業システム事例のコスト等比較	65
3-3 「新しい林業」の実現に向けて	70
参考	76

はじめに

現行の森林・林業基本計画（令和3年）では林業について「従来の施業方法等を見直し、エリートツリーや自動操作機械等の新技術を取り入れて、伐採から再造林・保育に至る収支のプラス転換を可能とする「新しい林業」を目指す取組を展開する」こととしている。

この森林・林業基本計画について議論した令和2年11月の林政審議会の資料をみると、将来の目標とする「新しい林業」においては、様々な前提条件においてはいるが、作業員賃金を現状の16,000円／人日から24,000円／人日としたうえで、造林を行った後に森林所有者にヘクタールあたり113万円の黒字が残る試算を示している。

こうしたことを受け、林野庁では令和4年度から「新しい林業」経営モデル実証事業をスタートし、（一社）林業機械化協会は事業実施主体として令和6年度までの3年間取り組んできた。

事業では伐採から造林・保育に至るそれぞれのポイントにおいて、林業のデジタル化、合理化、自動化等にかかる現在ある技術を現実の生産・造林現場に落とし込み、どのようなメリットデメリットが生じるのか、北海道から九州に至る全国12の地域において林業事業体と研究機関等が実証主体を構成し地域林業における課題の解決方策の実証に取り組んだ。

「新しい林業」は、丸太価格の上昇と経費の軽減により立木価格が上昇し、森林所有者に還元されること、各種作業経費を減少させるとともに軽労化、安全化等が進み林業経営体が利益を得ること、必要な原料が必要な時に必要な量届くことで丸太から製材品を作りだす製材所は経営の効率化・合理化を果たすこと、等により川上から川下までの関係者にWIN-WINの関係を形成し、地域林業に活力をもたらすことを期待するものである。

本報告では、これまでの背景および取組状況を踏まえつつ、上記の考え方に基づいて、本事業の成果を総括することとし、第1章から第3章において以下のことを整理した。

第1章 事業実施の趣旨および先進林業機械化の現況を鑑みて、新技術導入による作業効率化・省力化・収支改善に向けた12団体による積極的な取組の実証成果を総括した。

第2章 「新しい林業」の展開に必要と考えられる現状の先進林業機械や各種技術について、その特徴・メリット、導入に際して求められる条件・環境等を整理して、新しい機材や技術を導入しようとする林業関係者への有益な技術情報として提供した。

第3章 本事業で得られた実証成果及び整理した技術情報をもとに、今後、新しい林業の「経営モデル」として想定される機材・技術の基本構成のイメージを整理するとともに、経営モデルの具体的な取組において考慮されることが望ましいポイント・検討事項を集約した。

第1章

経営モデル実証事業の取組成果の概要

「新しい林業」に向けた林業経営育成対策のうち「経営モデル実証事業」(林野庁補助事業)において、令和4から6年度に実施された「新しい林業」への12団体の取組みについて、その成果概要を取りまとめた。

実証主体12団体の取り組んだ事業は以下のとおりである。

実施事業名 (実施年度)

- 1 北欧をモデルにした北海道・十勝型機械化林業経営 (R4~6)
 - 2 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 (R4~6)
 - 3 川下側の需要を反映した川上での効率的な素材生産及び特定母樹「遠田2号」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性向上の取組み (R4~5)
 - 4 新たな技術を融合させた経営モデル(古殿モデル)の実証 (R4~6)
 - 5 川上と川下のデータ連携を柱とするコスト削減と山元還元の実証事業 (R4~6)
 - 6 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 (R4~5)
 - 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 (R4~6)
 - 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 (R4~5)
 - 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 (R4~6)
 - 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～ (R4~5)
 - 11 「伐採・植栽・楽下刈一貫システム」構築事業 (R4~5)
 - 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— (R4~5)
-

1 北欧をモデルにした北海道・十勝型機械化林業経営

(有)大坂林業 (株)渡邊組 (有)サンエイ緑化
(国研)森林総研 (地独)道総研森林研究本部 (株)フォテク

北欧で実施されているICTを活用した高効率性と低環境負荷が両立する持続可能な作業システムを参考モデルとして、作業計画から素材生産、流通、再造林、保育に至る各工程において、新技術を導入した安全で収益性の高い作業システムの構築に取り組んだ。

1. 生産計画

LiDAR搭載UAVによる点群データを令和4年度に3.5ha、5年度に8ha取得し、ScanXで解析し、地表面抽出、等高線出力、樹木分類、樹頂点抽出、樹高・樹冠面積を把握した。

出材量予測と伐採後の実績比較では高精度な予測が確認され、地域特性に応じたデータ蓄積の重要性が示された。6年度には、3D点群データの森林資源把握・路網計画への有用性が確認され、DEMを活用した作業道作設の効率化と安全性向上を実現した。トドマツ人工林において、オルソ画像と樹高データを用いたAI資源解析を試行し、従来の全木毎木調査(4人・日)と比較して、UAV調査(1人・日)で大幅な省力化と人的コスト削減を達成できた。今後の課題は撮影技術・解析スキルの向上があげられる。

計測データをタブレット端末に取り込み、現場作業者がリアルタイムで確認できる仕組みを整備したことにより、誤作業の防止や計画修正の柔軟性が向上し、現場と管理部門の情報連携が強化された。また、GISソフトと連携し、新設路網の設計や既存路網の把握を効率的に行うことが可能となった。



単木判別、樹冠計測からDBHの推定



携帯端末による現場とのデータ共有

2. 素材生産・流通

完全機械化CTL(短幹集材)作業システムの実証にICTハーベスタを活用し、北欧で川上と川下の間の情報共有システムとして活用されているStanForD準拠のhprファイルを出力することでExcel等での管理を可能にし、位置情報付加や通信機能を持たない普及型ハーベスタを含め、生産性の比較検証を実施した。Timber base Cloudの開発により、地図重ね合わせ機能、材のソート機能、hprインポート機能が追加され、フォワーダ集材との連携を強化した。ハーベスタ計上材積と自動選木機の誤差が5年度は0.1%と極めて小さく、データ活用による流通効率化の可能性を実証した。6年度には、機械検知材の径級区分を人力検知・ICTハーベスタ・製材工場の自動選木機で比較し、ICTハーベスタのキャリブレーションや取引慣行の変革が課題として残るが、機械化による検収作業の効率化・経費削減が確認された。

ICTハーベスタとフォワーダを活用した完全機械化CTL作業システムをカラマツ人工林(約3.4ha)で実証した。StanForDを山側と製材工場間の情報共有の核とし、作業指示ファイルを用いたリミテーション機能やカラーマーキングにより、材の仕分け効率化を実現し、生産量は11日間で704.8m³、作業生産性は64.1m³/人・日を達成した。

また、トドマツ林を対象にICTハーベスタによる原木生産と製材工場での受け入れを実証した。ハーベス

タ計測データと工場の自動選木機データを比較し、高い一致率が確認できた。ICT活用により伐採現場での採材データの即時記録と、材種別・直径階別管理が可能となり、従来の手検知方式に比べ作業効率が大幅に向上した。一方で、製材工場での受け入れ方法やデータの信頼性向上、現場の運用体制整備が課題として残る。

フォワーダ集材では、重量検収の実用性を確認した。また、トドマツ林では全木作業システムで林地残材が質量の4割を占めるため、バイオマス収穫の可能性が示唆された。

3. 再造林・保育

再造林作業の機械化に向け、自動植付け機(Bracke社P12.a)、乗用刈払機(筑水キャニコム社 山もつとモット)、クラッシャー(Seppi社 MINI-BMS125)を活用し、地拵え・植栽・下刈り作業の効率化を実証した。自動植付け機に植栽位置誘導装置を実装し、植栽列の整列性向上と下刈り時の誤伐防止(誤伐率0.8%)を実現した。また、乗用刈払機による列間下刈りの作業工期は0.7人/haと省力化の効果を確認した。6年度には、電動クローラ型一輪車「斜楽」を活用した小型植栽ユニットを開発し、30°の登坂・下降試験でも平地と同様の作業時間で植栽可能であることを確認できた。ただし、等高線方向の移動では地面への干渉があり、改良が必要である。

植栽試験では、自動植付け機と人力用植栽器具(スプレーマーカ、電動オーガ、エンジンオーガ)を比較し、それぞれの作業効率と精度を検証した。植栽位置誘導装置の高い誘導精度により、自動植付け機・人力植栽・乗用刈払機下刈りでの作業効率が向上し、コスト削減を上回る価値を提供できたが、位置誘導装置を外して下刈り作業を試験した結果、「ルートロスト」による作業時間ロスが13%発生し、位置誘導装置の有無が作業効率に与える影響が明確となった。

本実証により、LiDARを活用した高精度な森林資源把握、ICTによる素材生産の効率化、再造林・保育作業の機械化による省力化が確認された。一方で、技術の精度向上、機械化導入のコスト対策、取引慣行の見直しなどの課題も明らかとなり、今後の改良が求められる。



クラッシャー



自動植付け機



乗用刈払機



「新しい林業」PV動画：北海道
<https://youtu.be/g-cNOSRQ204>

2 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

(株)柴田産業
住友林業(株) 岩手大学農学部

素材生産から再造林、製材までのプロセスを一貫して管理する「垂直統合モデル」の構築を目指し、CTL(短幹集材)システムの採用とICT機器の活用による林業生産の効率化を実証し、その普及に取り組んだ。

1. システム構築

(1) 素材生産管理システム

生産計画機能(収穫・搬出材積の管理、複数現場対応、土場管理、機体の走行軌跡記録、メモ機能)と作業進捗管理機能(進捗管理・生産性把握)を構築し、実証と改良を行った。

(2) 造林計画システム

地拵え・植栽・下刈りなどの作業進捗を管理し、地形データを活用して最適な植栽列とトラクタの走行軌跡を設計する機能を構築した。作業班間・管理者間、素材生産部門と製材工場の情報共有を可能にし、CTLシステム導入の判断材料と精度の高い生産計画の策定に寄与した。

2. 森林調査

飛行高度80mで点密度約400点/m²のドローンレーザ計測を実施し、点群データからDEM作成・資源量推定を行った。事前にDSMを取得し、相対高によるコンターフライトを実施し、詳細な森林情報を基に、単木位置・幹材積・地形傾斜などのデータを活用した生産性予測モデルを構築し、伐木造材時間の予測精度を約50%向上させた。柴田産業の全4作業現場でドローン計測による材積推定を行い、目標を達成した。



ドローンレーザによる地形と立木位置

3. 素材生産

(1) 生産管理機能

ハーベスタとフォワーダの機械間連携を強化し、作業班や管理者との情報共有を通じてPDCAサイクルの推進を目的とした。ハーベスタの走行軌跡や造材データを記録し、StanForD準拠データとしてフォワーダと共有することで、経験の浅いオペレータでも生産性を維持しながら作業ができ、集材漏れの防止につながった。

(2) 生産進捗管理機能

従来ホワイトボードで管理していた作業進捗をデジタル化。ドローン計測による地形・森林情報を基に作業計画を作成・登録し、作業実績や在庫数量をリアルタイムで記録・分析。作業計画の見直しや環境配慮の確認が容易になった。システム活用により生産目標の変動要因を分析し、現場作業の改善を図ることが可能となった。



ICTハーベスタとフォワーダの連携

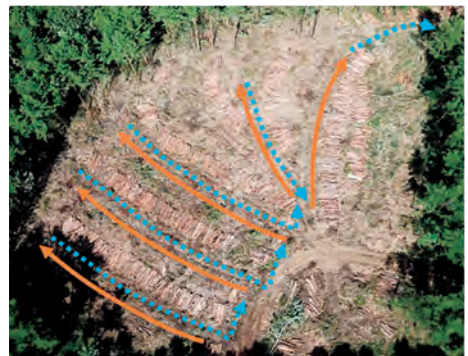
(3) 素材生産コスト

燃料や資材の価格高騰により目標を達成できなかった。前提条件の変動と生産性向上効果を分離して評価するための要因分析が求められる。また、システムへのデータ反映はオペレータが手動で行う必要があり、大曲り材や広葉樹などでは造材データの取得が難しいといった課題が残った。

(4) 作業進捗管理機能

本機能の導入により、途中段階での進捗率の確認が可能となり、月間生産目標との差異（例：機械の故障などの要因）が可視化された。柴田産業では、従来ホワイトボードを用いて作業進捗を管理していたが、新たに導入した進捗管理機能を活用し、実証現場の作業管理をデジタル化した。この機能では、作業前にドローン計測で取得した地形・森林情報を基に作業計画を作成・登録し、生産管理機能にも地形情報を取り込む。作業開始後は、作業実績数量を手動で、在庫数量を自動で記録し、リアルタイムで進捗・採材・生産性を分析する。これにより、作業計画の見直しや環境配慮の確認を適宜実施できる。また、計画時に現場情報や作業計画を登録し、日々の作業実績を記録することで、生産性や進捗率を正確に把握できる仕組みが構築された。素材生産管理システムの活用により、生産作業の進捗状況をリアルタイムで確認・分析できるため、目標生産量の変動要因を随時把握し、現場作業の改善を図ることが可能となった。その結果、このシステムが非常に有効であることが確認された。

→ 作業ライン ▶ 別ラインへの大移動



リアルタイムで素材生産状況を把握

4. 流通・販売

カラーマーキング機能により、自社製材工場での仕分け作業や在庫管理の時間を短縮できた。原木種別の境界となる径級付近の判別が容易になり、フォワーダによる集材時の作業が効率化され、作業時間の短縮につながった。垂直統合モデルにおいては、原木の売買が不要であり、これにより検知作業の省略が可能となった。

5. 再造林

地拵えの機械化のためトラクタに地拵え用アタッチメントを装着し、緩傾斜地での伐根を含む破碎作業を実施したが、急傾斜地では刈払機による対応が必要となった。また伐根破碎物のマルチング効果を評価するためクラッシャーによる地拵えの際、伐根破碎物の散布による競争植生抑制効果を検証したが、期待された効果は確認されなかった。

本実証により、CTLシステムの導入判断基準の明確化、ICTを活用した生産管理の効率化、カラーマーキングによる作業負担軽減が実現可能であることが確認された。その一方、カラーマーキングに伴うコスト増やデータ取得の制限などの課題が残っており、費用対効果を検証しつつ、さらなる改善が求められる。



「新しい林業」PV動画：岩手
<https://youtu.be/Vs2prQ4EW-8>

3 川下側の需要を反映した川上での効率的な素材生産及び特定母樹「遠田2号」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性向上の取り組み

守屋木材(株) (株)仙台木材市場 (株)佐藤製材所 (株)寺島木材
宮城県林業技術総合センター

県産材の安定供給と持続的利用ならびに確実な再造林を進め、採材方法による収益改善、伐採～造林～保育及び流通における低コスト化、作業効率の向上を図る。安定供給体制の構築には、素材生産業者と製材・合板需要者間の情報共有等により、素材生産の向上と確実な再造林、山元への収益還元に向けて取り組んだ。

1. 主伐・素材生産

Waratah社製H414のICTハーベスタを用い、川下の需給情報をもとに最適な採材を行う「造材指示事項」をあらかじめ設定し、現場での伐採・造材に反映させた。小径丸太も含めた多様なサイズの丸太を造材できることにより、素材単価の向上が期待され、またICTシステムによって経験の浅いオペレータでも一定の作業効率が見込める点が確認された。

一方で、品質判断をオペレータが担う場面では、熟練度によって判断精度に差が出るため、未熟なオペレータが不適格材を生産し、土場での再仕分けに時間を要する懸念も見られた。カラーマーキング機能は、はい積みや小運搬の現場において仕分け作業を視覚的にわかりやすくする効果があり、現場作業の効率化に貢献すると評価された。また、生産制限機能を活用することで、出荷先ごとの必要本数を自動で管理する仕組みも試行され、従来の手検知に比べて労力の削減が期待された。

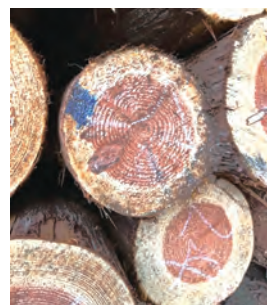
実際の労働生産性を比較すると、令和3年度の従来方式による7.9m³/人日に対し、ICTハーベスタを用いた4年度は11.1m³/人日、5年度は9.1m³/人日となった。作業経費も、従来の9,800円/m³から、ICT導入後は最大で1,600円/m³の削減が見られた。5年度の生産性がやや低下した背景には、対象地の面積が狭く蓄積量が少なく、また現場条件や作業者の習熟度の影響があったものと考えられる。ICTによる丸太の検知については、手検知と比べて本数・材積ともにやや過大にカウントされる傾向が見られ、品質の誤認やボタン操作のミスが原因とされる。今後は、こうした精度の見直しとともに、異なる現場条件での作業実績を蓄積し、より効率的な作業方法の検討が求められる。



Waratah社ICTハーベスタ



造材作業の様子



カラーマーキング

2. 再造林・保育

令和4年度にスギ特定母樹「遠田2号」のコンテナ苗を1,600本/haの低密度で植栽し、苗木費用や地

拵え・植栽費用を合わせて521千円/haのコスト削減を実現した。5年度には、下刈り作業を従来の全刈から「坪刈り」へと切り替え、苗木の周囲のみを直径1m程度の範囲で刈り払う方法により、1haあたり56千円(約20%)の経費削減効果が確認された。ただし、坪刈りでは雑草の繁茂によって作業箇所を探す手間が増すこともあり、今後は効率面の検証が必要である。

令和5年度には新たに宮城県の造林樹種として認定された早生樹ユリノキを1,000本/haで植栽し、従来のスギ3,000本/ha方式と比較して大幅な経費削減効果が得られた。コンテナ苗の単価はユリノキの方が高かったものの、本数が少ないため、苗木費用は合計339千円、地拵え・植栽費用は約28千円の削減となり、総額で437千円の再造林コスト削減が実現した。ユリノキは初期成長が速いため、保育作業の省力化も期待されているが、落葉樹であることから植栽位置の把握に課題があるほか、獣害対策の必要性も指摘されている。



スギコンテナ苗の植栽



ユリノキ

3. 経営収支の分析・評価

本実証事業における総収支の試算結果は、当初の目標を上回る成果となった。まず、ICTハーベスタの導入によって、haあたり作業経費が766千円削減されたほか、手検知および丸太輸送時に運転手が行っていた検知作業を省略することにより、さらに73千円の経費削減効果が得られた。加えて、木材検収を写真による検知のみに限定することで、68千円の削減が見込まれた。これらのコスト削減に加え、ICTの活用により丸太1本あたりの単価が上昇し、販売収入の増加分として340千円/haの増収が得られた。再造林においても、低密度植栽や作業方法の見直しにより、521千円/haの経費削減が確認されている。

以上の結果から、令和4年度総収支はhaあたり1,800千円のプラスとなり、当初設定していた収支目標を上回った。また、主伐作業の労働生産性については、チップを含む材積ベースで9.1m³/人日となり、従来型のハーベスタによる7.9m³/人日と比較して約1.15倍の向上が確認され、ICT機能による作業効率の改善効果と考えられる。

今後、従来型ハーベスタによる生産性や作業効率の比較、現場条件を異にする事業箇所での川下側の需給情報に応じた最適採材の効果、検知省略による材積精度の再検証、一貫作業システムによる低コスト再造林の経費削減効果等について検証する必要がある。

ICTハーベスタの計測精度向上には校正作業が重要であること、また、操作の習熟など、オペレータの養成も不可欠であるが、その信頼性が広く認知されれば、検知省略などによるスムーズな流通販売につながると考えられる。新技術導入を契機として、森林調査、伐出作業、造材作業等に関わる慣行の見直しなど、川上と川下の双方に利益をもたらすことが期待される。



「新しい林業」PV動画：宮城
<https://youtu.be/u1vWd4iJPuM>

4 新たな技術を融合させた経営モデル(古殿モデル)の実証

(株)サンライフ

福島県林業研究センター 古殿町

ICT等の新技術活用による伐採、造林、保育作業の軽労化、低コスト化を目指すとともに、効率的で将来的に成長できる林業事業体の体制づくり、投資回収までの期間短縮、内部収益率(IRR)の向上によって、持続可能な木材供給の定着による販路拡大と立木価格の向上を目指して取り組んだ。

1. ICT活用

(1) 路網設計支援ソフトFRDの活用

伐採搬出のための作業道作設の効率化を図るため、FRDを試行した。傾斜30°以上の急傾斜地では、FRDを活用することで踏査作業の効率が向上することが確認された。また測量作業にGNSSを活用することで、省人化(2人作業→1人作業)が実現した。FRDは、路線案の方向感を得るのに有効だが、作業道作設では林内の立木収穫を考慮する必要がある、今後の検討課題である。人力踏査が困難な広範囲の現場では、FRDが有効であると考えられた。



路網設計支援ソフトによる作設路網の検討

(2) ノーコードアプリの開発・活用

林業現場における機械と作業の効率的な管理を目的に、社内でノーコードツールを活用したスマートフォン用アプリを2種開発した。1つは林業機械の管理アプリで、もう1つは現場進捗を可視化する管理アプリである。

これらのアプリを通じて、保有する約40台の林業機械の所在地、稼働状態、給油量を一元的に把握できるようになり、従来の紙や口頭による報告に比べ、事務作業が大幅に軽減された。また、社員を対象とした操作研修(基本編・応用編各3時間×2回)を実施し、社内での運用体制を整備した。



ノーコードアプリの活用例

今後、新たな管理ニーズが発生した場合にも、社内で柔軟にアプリを自作・改良できる体制が構築された点は大きな成果である。

(3) 森林資源量の把握

森林資源の把握に向け、ドローンで撮影したオルソ画像を活用し、樹木を目視マーキングする試行を行った。その結果、胸高直径が30cm以下の細い立木に関してはカウント精度が低いことが判明した。また、スマートフォンを用いた丸太検知アプリの導入可能性についても検証を実施した。製材用丸太を直接工場に搬入する場合には有効性が見込まれたが、ライセンス料の高さや取扱数量との費用対効果を考慮すると、現段階での導入は難しいと判断された。

2. 現場作業の機械化

(1) 地拵え・下刈り作業の効率化

作業負担が大きく人手不足の課題が顕著な地拵え・下刈り工程について、機械化による省力化を図った。

0.45クラスのベースマシンにマルチャーヘッドを装着し、切削刃を替えることで作業効率が向上した。また、0.25クラスのマルチャーヘッドをロングリーチ機に装着し、下刈りの実証を行った。

植栽列に沿って下刈りするため、ヘッドを横置きに、誤伐を防ぐため、カメラ映像をモニターで確認可能に、さらに苗木を物理的に保護するための金属ガードも装備した。ヘッド動作は植栽列に並行に調整されている。この機械化により、人力作業と比較して年間100ha規模の下刈りで約40万円のコスト削減を達成した。とくに夏場の重労働を軽減する効果が大きく、今後の普及が期待される。



ロングリーチ機にマルチャー装着



マルチャーヘッド

(2) 苗木運搬の効率化

苗木の運搬作業に電動一輪車を活用し、最大傾斜19度の斜面やトラバース方向でも安定走行が可能であることを確認した。これにより植栽作業の効率が200本/日から250本/日へと向上し、作業負荷の軽減にも貢献した。

3. 再造林(早生樹の試験植栽)

バイオマス資源の活用を視野に、ユーカリ、ユリノキ、センダン、チャンチンモドキといった早生広葉樹を試験的に植栽した。また、キリやコウヨウザン、スギの大苗による成長調査も併せて実施した。

特にキリは、適切な施肥により1年目で高さ約4m、胸高直径6cmにまで成長する高い成長性を示したが、カミキリムシによる虫害対策にかかるコストが課題となった。コウヨウザンでは約4割の苗木がウサギによる食害を受けており、獣害対策が必要である。



早生樹の植栽

4. トレーサビリティの確保

木材の価値向上と森林の適切な管理のため、エンドユーザーへの働きかけを実施した。施主候補者を対象に、電動アシスト自転車による林業現場のツアーを開催し、また、ハウスメーカーの感謝祭では一般消費者を対象にアンケート調査を行い、森林管理に対する関心度を把握することができた。

本実証により、ICTを活用した効率的な林業経営、機械化による省力化、新たな経営手法の可能性が確認された。一方で、費用対効果の見極めや、害獣・害虫対策、目標林型をどのように考えるかなどの課題も残されており、さらなる改善が求められる。



「新しい林業」PV動画：福島
<https://youtu.be/obrcA8-oEUs>

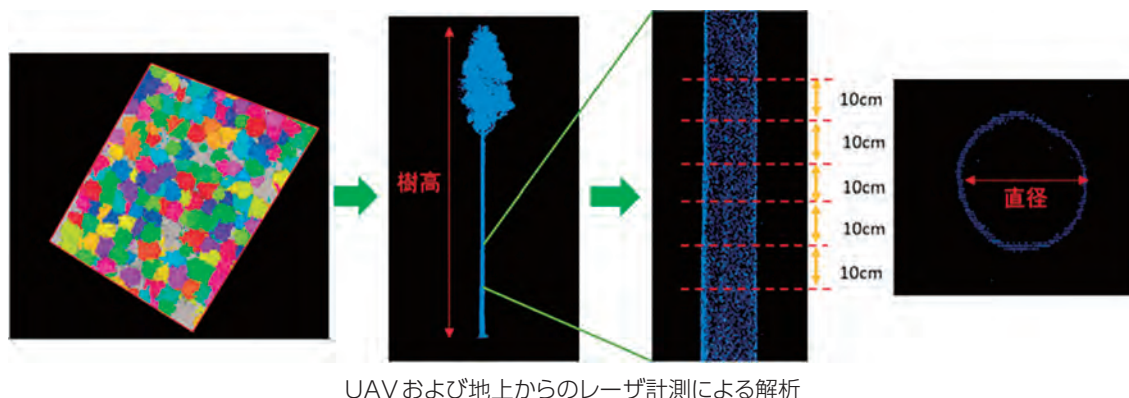
5 川上と川下のデータ連携を柱とするコスト削減と山元還元の実証事業

北信州森林組合
信州大学 精密林業計測(株)

新技術の活用による再造林・保育作業のコスト削減を実証するとともに、ICTハーベスタを用いた造材指示による乱尺丸太の生産・納入の可能性を検証する。主伐費用の増加を抑えつつ、納入丸太の品質を維持できるかを評価し、木材の販売価格向上と保育経費の削減により所有者への還元、主伐インセンティブを高めることを目的とする。

1. 森林資源の評価

令和4～5年度にかけて、カラマツ林のレーザ計測と造材シミュレーションを実施した。レーザデータを用いた直径推定は比較的高精度であったが、実際の造材では樹皮の厚みによる直径不足、曲がり材の予測精度の低さ、ヤニ壺や偏材による製材時の品質低下が課題として浮上した。令和6年度にはスギ林の造材シミュレーションを進め、伐採データとの比較を行い、より実用的な予測モデルの構築を行った。



2. 主伐と収支改善

本経営モデルでは、主伐材のA材販売価格を向上させ、A～C材全体の平均単価を上昇させる「マーケットイン」の戦略を採用した。

実証事業では、主伐地全体のA材供給量に対し、実際の建築需要が2棟分と少なく、森林資源調査の測定誤差や内部品質の不適合により歩留まりが低下した。結果として、現場生産A・B材のうち本モデルを適用できたのは1.1%(2.845m³/253.44m³)にとどまり、大幅な収支改善には至らなかった。ただし、本モデルのカラマツ販売価格は26,000円/m³(税抜)で、通常の合板用価格21,500円/m³より20%高く設定できた。今後、適用量を増やすことによる収支改善が期待される。

また、ICTハーベスタの造材指示機能・生産報告機能を活用し、作業の簡素化を図ったが、レーザ計測の誤差や丸太内部品質のばらつき、ハーベスタの測定精度限界、オペレータの操作など、不確実な要因が多く、森林資源データと建築部材の1対1対応は困難であった。適用材積も少量にとどまり、「生産量が多くて処理しきれない状況を解決する」というStanForDの強みを十分に発揮することはできなかった。今後、多対多対応へと発展することで、ICTハーベスタの有効性が高まるものと期待される。

3. 再造林・保育

「新しい林業」に向けた技術革新として、Microsoft HoloLens2を活用した植栽・下刈り作業の支援を実施した。レーザセンサによる地形計測を行い、そのデータを基に植栽位置を決定したが、定期的なキャリブレーション作業が必要であり、作業全体の負担が増加した。また、視界の狭さや長時間使用による乗り物酔いのような症状も発生し、実用面での課題が明らかとなった。

さらに、ヘルメットやフェイスガードの装着ができない点や、ホロレンズに投影される植栽位置が作業後も視認できることで混乱を招くといった問題もあった。これらの課題に対しては、ハードウェアの改良やアタッチメントの開発、プログラムの改善により対応が求められる。現時点では即時実用化は難しいが、技術改良を重ねることで、より効率的な植栽・下刈り作業の実現が期待される。

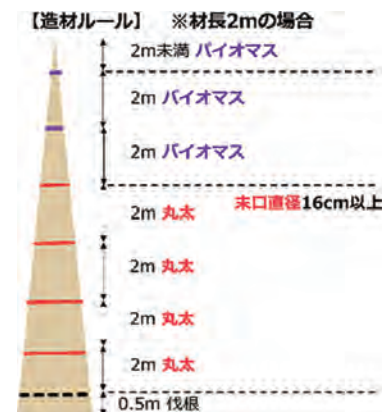


ホロレンズを装着した下刈り作業

4. 経営モデルの構築

本経営モデルの実現は、もはや「可能か否か」ではなく、「いつ・どのように実装するか」の段階に移行している。現在、日本の森林は史上最大の蓄積量を抱えているが、林齢の偏りが著しく、現行の再造林率のままでは数十年後に資源が枯渇するリスクがある。大規模林業地ではバイオマス発電の燃料需要が高まり、A材までもが燃料として消費される危機に直面している。一方、林業が盛んでない地域では他産業との人材獲得競争が激化し、新たな挑戦をする人材が減少している。

この状況を打開するためには、リモートセンシングによる森林資源のデジタル化と、AIを活用した建築用部材の生産・販売モデルの確立が求められる。本モデルでは、リモートセンシングで得られた森林資源情報をAIで解析し、建築側に提供することで、効率的な資源利用を促進する。さらに、地域に大型パネル工場を設置し、建築部材として成形・販売することで、その利益を山の維持管理に充てる仕組みを構築する。



新しい林業への取り組みの多くはコスト削減や省力化に重点を置いているが、本モデルは木材価格を向上させることを目的としており、その点で特に注目に値する。

ただし、マーケットインを目指すには、乱尺造材の歩留まりを向上させる必要があり、今後は高齢林での検証などが必要と考える。



「新しい林業」PV動画：長野
<https://youtu.be/2xWE5w51oXo>

6 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

白鳥林工協業組合 中江産業(株)
岐阜県立森林文化アカデミー 岐阜県郡上農林事務所

急傾斜地等で路網開設が困難なエリアでは、架線系システムによる集材の取組が求められることから、主伐・再造林の工程に最新式の集材機とICTハーベスタ等を導入したシステムにおける作業効率及び安全性の向上、林業経営上のメリットやデメリット、導入条件等を明らかにすることをテーマとして取り組んだ。

1. 再造林作業機械の活用

地拵え作業の機械化として、乗用刈払機を使用することで根株処理など一定の作業効果が確認できたが、傾斜25度超や転石の多い場所、地形の凹凸が激しい現場では走行が困難で、岐阜県内では活用可能なエリアが限られた。その能力をより良く活かすためには、地形的に凹凸の少ない緩傾斜地での使用が望ましい。また転石による刃こぼれ、林床の落枝によるクローラの滑りや機体下部への巻き込みが発生することもあり、乗用刈払機の活用の際には注意が必要と考えられた。



乗用刈払機

2. ICTハーベスタの活用とその有効性

Waratah製アタッチメントのICTハーベスタを導入し、自動採材機能であるバリューバックングを用いた造材実証を行った。価格入力に基づく最適採材プラン提案が可能で、特にオペレータの経験が浅い場合に有効な支援ツールとなった。直径計測の精度は手計測との比較ではほぼ一致(15%の不一致も隣接径級)。ただし、採材材種が多い(約15種)場合、バリューバックング機能のみでは判断が難しく、細りや曲がり等の材質は自動検出できず、精度はオペレータの技術に依存することになる。

また、カラーマーキング機能の導入により、玉切りと同時に木口へスプレー色分けが可能となり、現場での仕分け効率が向上した。オペレータの降車作業も省略でき、1日15分程度の省力化が見込まれた。さらに、生産した丸太の情報(樹種、材長、直径、材積など)はキャビンで記録され、リアルタイム送信が可能であるが、今回はUSBで持ち帰り運用した。情報共有の仕組みの整備や通信環境の向上が、今後の導入促進の鍵となる。



ICTハーベスタ

3. 油圧集材機と架線式グラップルの導入効果

油圧集材機と架線式グラップルシステムを用いた架線集材作業の実証では、初めて挑戦するチームながら労働生産性は2.99m³/人日を記録した。トラブル発生や架設撤去に時間を要したが、指導を受けつつ行ったことで、作業が進むにつれ生産性が向上し、最終的には26.3m³/人日という高効率を達成した。

架線式グラップルの導入により、荷掛けや荷外しの作業時間が大幅に短縮した。従来型と比較し、荷掛けでは最大106秒(1本掛け)、荷外しでは平均73秒の削減となった。一方で、狙った材をうまく掴めずに時間がかかるなど、オペレータの熟練度に依存して、ばらつきが課題となった。メリットとしては、作業員の斜面移動が不要で安全性が向上することがある。またリモコン操作により2人で集材作業が可能で人員効率が向上すると考えられる。デメリットは500kgという機体重量による最大荷重制限、複数本の同時掴みが難しいこと、バッテリー消費の早さなどがあった。



架線式グラップル(○は荷掛け手)

導入・維持コストが嵩み、破損リスクもあるため、生産量や現場条件に応じた判断が求められる。集材対象の重量が適正範囲内であれば効率悪化の恐れもあり、特に軽量材区域や長距離搬出では使用可否の検討が必要である。現場での万能ツールというわけではなく、地形や材の条件、オペレータの技量による適用判断が重要である。

コスト面では、油圧集材機の導入による人件費削減効果は年間約226万円と見積もられたが、導入・維持にかかる設備費(減価償却費など)を大きく上回るものではなかった。特に架線式グラップルの導入はコスト的にハードルが高く、集材対象の重量や地形条件、サイクルタイム等に応じて使用可否を慎重に判断する必要がある。

4. 安全性と作業負担軽減効果

安全性については、特に荷掛け作業において顕著な改善が見られた。従来型のように傾斜地で材の上を移動する必要がなく、荷外しでも複数のスリングが絡まるリスクを避けられる。また、斜面での作業量が大幅に減り、夏場作業では日陰での操作が可能であり、ハーベスタのキャビン内作業など、熱中症対策の観点からも有効であることが確認された。

この取組では、機械化による省力化と安全性向上の効果が確認された一方で、各機械の特性や現場条件との適合性が導入の可否を左右することが明らかとなった。ICTハーベスタは一定の効率化を実現したが、流通や通信インフラの整備が不可欠である。架線式グラップルは労働強度の軽減に有効だが、訓練と現場適性が重要である。再生林の機械化については地形的制約があり、今後の改良が求められる。



「新しい林業」PV動画：岐阜
<https://youtu.be/dn5XNpK6ulM>

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、今後プロセッサ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

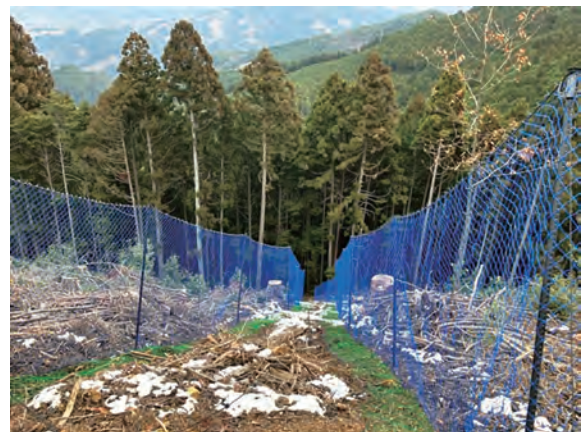
獣害対策として、歩き道を設けたシカ柵の設置とツリーシェルターの使い分けを行った。ツリーシェルターでは当初、苗の引き抜き被害が発生したが、設置方法の改善により被害が大幅に減少し、効果が確認できた。

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造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、再造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。

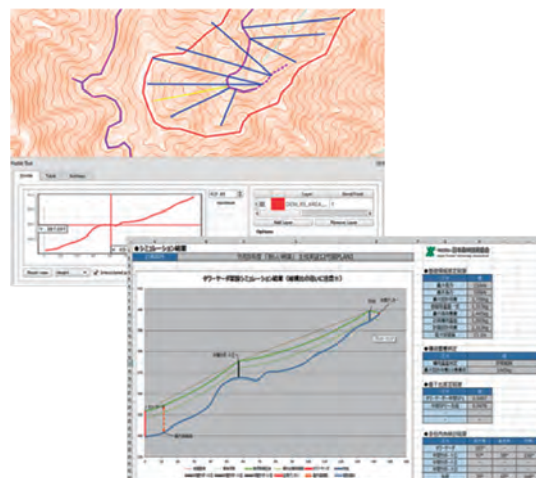
架線計画シミュレーションについて、実証で確立した作業手順では、「QGIS」と国土地理院が発行する基盤地図情報のうち5mメッシュの数値標高モデルを用いた縦断面図により架設状況を「見える化」した。熟練技能者の技術と架線計画シミュレーションの結果を一致させるには、シミュレーションで使用する数値標高モデルから作成した等高線を活用する必要がある。

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. 再生林の効率化・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生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生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する。

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生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、大苗を用いた再生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・再生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生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

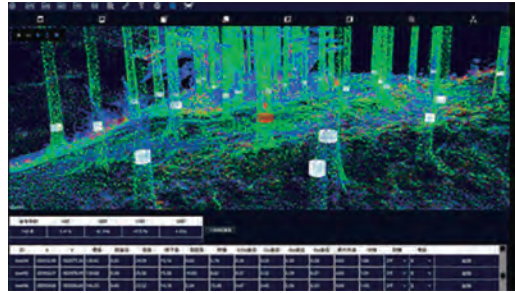
3. 素材生産におけるICTハーベスタ活用

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ング機能により、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ング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



素材生産作業の実施例

認した。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。作業量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/7Z0pBm9zGIg>

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

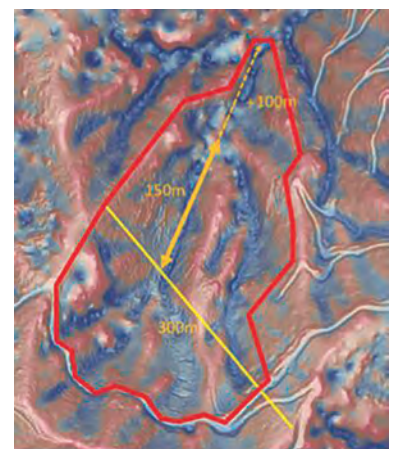
林業ICT導入について、油圧集材機と架線グラップルの導入により安全性と労働生産性の向上が確認された一方、1日あたりの生産量やコスト面での課題も明らかとなった。また、ドローンやアシストスーツによる再造林作業の軽労化効果が示された。さらに民有林の模擬入札を通じて、価格形成の多様な要因や入札制度の課題も整理された。新技術導入と作業システムの最適化の両立が今後の普及の鍵となる。

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

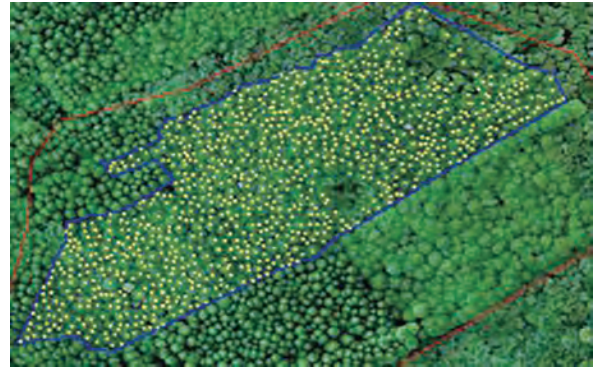
造林作業の軽労化に関しては、アシストスーツの導入も試みられた。パッシブ型とアクティブ型の2タイプ計5種を導入し、特に下刈り作業での使用効果を検証した。パッシブスーツでは効果が限定的で、急傾斜や不安定な足場ではかえって動きの妨げになりストレスや疲労が増す傾向が確認された。一方、アクティブスーツは、植栽作業や資機材搬入など動作が比較的単純な作業において、特に体力に不安のある作業者からは好評価を得ており、今後の活用可能性が示された。



アシストスーツを着用した資機材運搬

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JPV動画：宮崎-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。従来の積み込み・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m³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14,567m³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、757m³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25.6m³/人日と、従来の18.8m³/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18m³/日から約1週間で30m³/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(山もっとモット)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。



クラッシャーを装着したバックホー

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。



「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
事業名

北海道
(テーマ) 北欧をモデルにした北海道・十勝型機械化林業経営
(背景) 高効率、低コストな素材生産実現のため、林分資源や事業地微地形等の安全で迅速な把握とともに、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。

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 (標準地調査・毎木調査) ・人力周囲測量 ・人力踏査による路網設計	・UAVを活用した資源管理 ・LiDAR搭載UAVを活用した路網設計	・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 ・LiDAR 搭載 UAV による CS 立体図から作業道開設計画策定	・地形を含めた森林構造、樹木分類、樹頂点、樹高、樹冠面積等の解析に加えて、AI を活用した自動樹冠抽出を実施。これにより、高い精度の資源把握や出材数量予測が可能となり、従来の標準地調査や毎木調査作業等現地調査の大幅な縮減、省力化・効率化を実現 (人力調査 9,000 円/ha → LiDAR 搭載 UAV 1,900 円/ha、光学 UAV 5,300 円/ha。事務作業 75% 削減) ・UAV 取得データから、CS 立体図上で既設路網と伐採予定樹木の位置情報を重ね表示し、新設路網計画の検討が可能	・伐採→造林保育作業を担う各事業体、また川上～川下を通じた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・ 素材生産	・ハーベスタ伐木造材 ・フォワーダ運材	・ICT ハーベスタ、フォワーダの完全機械化 CTL システムの構築 ・ICT ハーベスタによる最適採材、素材データを ICT 生産流通管理 ・GNSS 付属ハーベスタとフォワーダの生産、集材データによる丸太の図上管理と在庫管理 (Timber base Cloud)	・製材工場の需要情報に基づく ICT ハーベスタによる最適採材 ・ICT ハーベスタのカラマーキング機能による効率化の仕訳 ・GNSS 付属ハーベスタとフォワーダの生産、集材データによる丸太の図上管理と在庫管理 (Timber base Cloud)	・迅速で柔軟な需給マッチングの実現 ・集材時の識別を容易化し、作業効率化を実現 ・災害リスクの軽減 ・ハーベスタの移動経路、フォワーダによる丸太の移動表示や在庫を明らかにし、丸太生産・流通を効率化	・森林域での通信の確保 ・カラマーキングの多色化または仕訳別の簡素化・ルール化。日本の気象環境下に適したインク ・トレーサビリティの確保
流通販売	・人力山元検知 ・製材工場自動選別機	・ICT ハーベスタによる検知自動化 ・生産量の重量検収	・造材データ活用による検知省略 ・フォワーダ積載質量、積載比重から積載材積を予測 ・前生樹、伐根全数切削 (末木枝条破砕)	・製材工場自動選別機で計算された材積とばらばらで、十分な精度を確認 ・ICT ハーベスタによる造材データに基づく新たな木材取引の可能性 ・丸太検知に係る人件費の大幅な削減 (人力検知の 1/10) ・材積誤差は僅かであり、重量検収の可能性	・選木機や ICT ハーベスタで処理量のデータ管理する工場では受け入れの可能性 ・小規模製材工場では受入れ時、選木時、製材機投入時にも寸面 (末口径級表記) 確認するため、人力検知省略に難色 ・ハーベスタコンピュータ操作の技術習得体制が未整備
再造林・ 保育	・人力地植え ・人力植付け ・人力下刈り	・クラッシャー、乗用刈払い機 (山もつとモット) による機械地植え ・植栽位置情報を活用した植栽作業の機械化 ・植栽位置情報を活用した保育作業の機械化	・植栽位置誘導システムを実装した自動植付け機 (スウェーデン製) による植栽 ・小型植栽機による植栽 ・植栽列位置誘導装置を実装した乗用刈払機による下刈り作業	・GNSS 測位により計画植栽位置にほぼ正確に誘導。植付け時の圧不足は大きな問題なし。マーキング、苗間測尺作業は不要となり、作業の効率化、省力化を実現 (4 名体制で 6.6 人/ha → 植栽ナビ 2 名体制で 3.5 人/ha、自動植付け機 1 名体制 1.64 人/ha) ・植栽実位置を記録し機械下刈り (列間刈) の効率向上に有効 ・軽労化に期待 ・乗用刈払機による列間刈 (人力補正を含む) は人力全刈より作業効率良く省力化に効果 (生産性は 1.2 倍) ・刃物災害リスク、ハチ刺されリスクが軽減し安全性が向上	・計画植栽位置に岩、伐根がある場合は実位置と若干のズレ ・植穴開けに時間がかかる。装置完成度が低く改良が必要 ・位置誘導ズレに起因し若干誤伐発生するため、作業開始時に位置ズレ補正が必要 ・乗用下刈り機での列間刈時の誤伐率は極めて低いが、その後の人力補整刈りで誤伐が発生するので、位置情報を人力作業にも活用することが必要

実証主体2 岩手
(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)林業経営体の素材生産計画・管理、造林計画・管理等のシステム化と実証・普及、さらには森林調査のICT化や造林機械の導入が課題。

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	・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、 冠、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 ・継続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	・施業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	・ハーベスタ伐木造材 ・フォワーダ運材 ・人力検知	・ICTハーベ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	・ハーベスタ、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ハーベスタのカラマキング機 能による効率的仕訳、自動検知	・StanForDに連携したハーベスタ造材 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 ・カラマキング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 ³ /人日→R5: 32.6m ³ /人日、R6:42.2m ³ /人日、生 産コスト2,000円/m ³ 低減) ・従来型の検知・積込、荷下ろしコスト の低減(167円/m ³ 削減)	・データ連携(システムへの反映)の自動 化(現行は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 にした生産性等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

事業名 (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、低コスト化を実現し、適正な山元還元が不可欠。

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(毎木調査) ・人力周囲測量 ・人力踏査による路網設計	・チェーンソー伐採 ・ハーベスタ伐採・造材	・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		
主伐・素材生産	・チェーンソー伐採 ・プロセッサ造材	・ICTハーベスタによる最適採材とカラーマーキング仕訳 ・フォワーダ運材	・造材指示に基づき、カラーマーキング機能、生産制限機能により効率的仕訳	・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	・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	・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	・経験浅いオペレータでは材品質判断ミスにより不適格材を生産し手戻りによる仕分けコスト増にもなることもあり、オペレータの習熟も課題
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 人力下刈り(3回) ・早生樹 人力下刈り(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11回	・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/m削減・73千円/ha、写真検知162円/m・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。地形や植栽技術(木口揃えなど)の習熟度合等の条件次第でさらなるコスト削減が可能 ・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) ・坪刈実施個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	・チップ用丸太では材長設定ができず、曲がり等により木口揃え極積み不可能なため、トラックによる重量検知の方が有利

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)の事証
(背景)福島県古殿町は人工林資源が豊富で、地籍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、森林情報の未活用、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	・人力事前踏査 ・人力収獲調査 ・人力路網設計	・レーザ航測データの活用 ・ICTを活用した事業地測量 ・UAVを活用した資源量調査 ・路網設計のICT化	・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 ・緩傾斜地では路網選択が絞り切れず ・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(免税軽油)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、マーケット調査 ・伐採箇所、造林地(トレーサビリティ)の確認(施主候補に対し)	・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 ・切削型菌形状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有り、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、枝条処理が課題 ・急傾斜地、枝条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
事業名

長野
(テーマ)川上と川下のデータ連携を柱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り組んでいるものの、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が高まらない現状。川下需要と連動した木材生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が高まることを大きな課題。

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	・人力森林調査	・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追材シミュレーション(R4,R5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、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	・造材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、材質推定、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 ・人力検知・野帳記入	・ICTハーベスタによる最適採材	・住宅部材のオーダーに基づき、ICTハーベスタへの造材指示により乱尺造材	・ICTハーベスタの測定方法は選木機や人力検知に比し精度に限界。キャリア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・投量が必要	・ICTハーベスタの川下需要に応じた最適採材機能の發揮には、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棟建設	・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き合し、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(カラ松由来)により、ほとんどのが使用不可 ・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 ・造材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	・人力植付け	・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点をホロレンズに投影し、効率的な植林を支援	・位置情報の基準点補正(キャリアレーション)が煩雑 ・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投影が作業列(植栽列)を捕捉しづらい、視野が狭いなどにより、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 ・視野が狭い、視覚情報過多、視準(位置補正)等による乗り物酔い症状の改善策
	・人力下刈り	・ホロレンズによる下刈り支援	・植栽位置情報をホロレンズに投影し下刈り作業の効率化を支援	・視野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(人力下刈りの8割) ・植栽位置情報に基づく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、植栽点の規則性、地帯えの出来形とも大きく関係 ・地帯え～植栽～下刈りの作業過程で後工程の効率化につながる最適な前工程、出来形仕上げが課題

実証主体6 岐阜

(デーマ)最新式集材機とICTハーベスタ等を校とした主伐・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	・人力事前踏査 ・人力収穫調査(毎木調査) ・人力周囲測量 ・人力踏査の路網設計	・油圧集材機と架線式グラップル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ップルにより架線集材	・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/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	・荷かけ作業、複数本掴みで時間的ロス ・グラップル自重が大きいため最大使用荷重が小さくなり丸太積載率が低下 ・単木重量が小さいエリア等では、グラップルを従来型のフックスリングに換装することも必要
主伐・素材生産	・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	・川下のマーケ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仕訳	・最適採材(バリューハッキング)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(チョーク印字)が不要となり、仕訳作業時間の短縮(1日当たり15分程度)	・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意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	・急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) ・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	・急傾斜地(25度超)や、転石、伐採木、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 ・造林・育林作業の機械化には、伐採木や枝条の残置が少ない全木集材が望ましい

実証主体7 三重奈良

(テーマ) 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

(背景) 境界不明など森林情報が未整備で施設計画立案が難しく、正確な施設地データの把握が課題。吉野地区の木材生産では、ヘリ集材の採算性が悪く、架線集材への切り替えや最新式の架線集材技術の習得普及が課題。これに伴い、A材のみの幹材集材から全木集材への転換、B,C材の有効利用ため、流通分野や需要者との連携が不可欠。さらには、再造林では、コスト高で収益性も不安定な従来型の針葉樹造林だけでなく広葉樹造林や獣害対策による低コストでの成林を目指す必要。

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	・人力踏査 ・人力毎木調査	・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視認し、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 ・出材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含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(人力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、材積(径)が整合せず、品質(曲がり、傷等)も不十分で、良材絞り込みには精度不足 ・資源量のみの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	・人力伐倒、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 ・全木集材に伴う末木枝条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	・経験少ない者でも架線索張りを習得 ・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/m³→R4 13,048円/m³、R5 11,924円/m³(トラック運増料等含む)) ・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
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、木材価格のマッチング、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、原木外観と内部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 ・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	・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
再造林・保育	・人力苗木運搬 ・人カスギ、ヒノキ植栽 ・人力下刈り ・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(ゾーンデフェンス、単木保護) ・獣害保護柵	・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 ・「斜架」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樹、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ン保護柵、ヘキサチューブの単木保護措置を組み合わせ ・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、軽労化にも効果 ・電動オーガによる植穴掘りの効率化、軽労化を確認 ・造林保育ツールコスト(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	・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 ・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

(テーマ) 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
(背景) 急傾斜地において、安全かつ一層効率的・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集材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。

②集材材後の林地残材の収益化、③主

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(毎木調査) ・人力周囲測量 ・人力踏査の路網設計				
主伐・素材生産	・チェーンソー伐採 ・地形図と人力踏査による架線設計	・オープンソースデータによる架線設計(机上シミュレーション)	・オープンソースのソフトウェア(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費の前減効果を確認 ・下げ荷集材、架線架設の手戻り防止、架線高に応じ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 ・間伐や択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、現地踏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作成が必要 ・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
	・架線集材	・タワヤーダ集材			・タワヤーダを有効活用できる人材の育成(路網整備技術、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稜線林道(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 ・ハーベスタ造材の効率化・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
	・ハーベスタ造材仕訳	・ハーベスタ造材仕訳			
販売流通		・移動チッパーによる木材破碎とチップ運搬	・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条や雑木(林地残材)を、履帯式ベースマシンの搭載木材破砕機でチップ生産、コンテナトラックで輸送	・稜線林道から公道を経る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) ・末木枝条の最適、効率的なチップ生産、販売による収益増(23,690円/ha)は可能	・チップ運搬大型箱型トラックが走行できる路網整備が課題
再造林・保育	・人力植付け(通常密度) ・人力苗木運搬	・人力植付け(低密度植栽) ・タワヤーダによる苗木、防護柵等の資材運搬	・スギ精英樹1,500本/ha植栽 ・苗木、ネット・支柱をセッ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	・低密度植栽による苗木費用の縮減 ・一貫作業で有効	・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期の調整が必要 ・架線張替回数が少ない小面積皆伐では効果が期待 ・荷かけ荷下ろしに時間を要する
	・人力下刈り(全刈) ・獣害防護柵の設置	・ツリーシェルダーの設置	・下刈り省略 ・生分解性ツリーシェルダー設置	・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

(テーマ) 森林管理組織「リフレながと」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で制度の高い森林評価が必要。搬出間伐から主伐再造林への転換を進めるため、異業種参入も想定しICTを活用した高性能林業機械、需要に即応できる造林支援システムの導入等が課題。さらには主伐後の再造林に必要なコンテナ苗や獣害防護資材の人力によらない運搬方法の採用が課題。

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	・森林所有境界の関係者立会による明 確化	・ICT機器を活用した境界の明確化	・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) ・アクションカメラ、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) ・県森林計画図を基に航空レーザ計測データ、林地台帳等を活用し境界候補図を作成、アクションカメラ等による境界確認(R6) ・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) ・現地調査や分析評価の省力化に有効だが、資源量把握ではデータ精度にバラツキ	・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 ・境界明認担当者数の削減が必要(現地で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
主伐・ 素材生産	・チェーンソー伐採資材 ・4m 造材(市場向け)	・ICTハーベスタ伐採造材	・リニューバッキング機能による販売に有利な採材(管柱用3m材、梱包材用2.4m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	・生産性向上とコスト削減に有効(R4造材生産性52㎡/人日) ・生産材の有利販売を実現(木材市場向け従来型4m材→長門住宅用3m材の出材で400円/m程) ・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	・曲がり、腐れ、傷の判断が不可欠あるいは不正確なことから、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傷への理解醸成が必要 ・径級、材種に誤差 ・作業進捗や在庫管理概数把握での利用
流通販売		・日報データ管理による生産性分析	・需給情報のマッチングシステム構築(なかと型住宅)	・工務店～製材所～原木生産(1)フレながと)の受発注システムの策定 ・ICT機器活用による資源把握、ICTハーベスタのバリエーション機能との連動	
再造林・ 保育	・人力苗木運搬 ・苗木の電動一輪車運搬 ・猟友会捕獲	・苗木・資機材のドローン運搬	・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 ・異業種参入者(閑散期の漁業者)の労働負荷軽減 ・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が増(1人/日/haの削減効果) ・獣害対策資材運搬の省力化、効率化 ・大苗の効率的植栽が可能 ・コスト削減(人力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監視の軽減	・ドローン運搬コスト増に対し、作業人員削減や大苗植林によるトータルコスト削減の検討が必要 ・地元猟友会との連携

実証主体10 宮崎 ひむか
(テーマ)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～
(背景)伐採対象地の奥地化に伴い、素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・ 素材生産	・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・架線式グラップルシステ ムによる架線集材システム	・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 ラップル搬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オベ→2オベが可能と なるが、1日当たり生産量が少なく、従 来型を下回る(25m ³ /人日→17~30m ³ /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 ・グラップル自重500kgでも従来型集材 機と同等の大径材搬送が可能 ・架線グラップル集材と従来型のロージ ングプロック集材の併用も可能交換、 作業も比較的平易 ・作業箇所の奥地化、重機集材から架 線集材への転換に際し、導入の選択 肢	・具体の架線架設作業ができる技術者 の育成が必要 ・グラップル自重500kgのため、搬送時 に主索低下し、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、グラップル自重 のため空荷走行が遅い等から、1日当 たり生産量(売上)は直結)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オベ化で浮いた1名分の有効活用
販売流通	・プロセッサ造材仕訳	・プロセッサ造材仕訳	・ドローンレーザ計測データによる森林情 報の提供等による模擬入札	・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、素材事業者の技術 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	・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	・パッシブ型スーツ(ゴム・パネのサポー ト)は、安定した足場での植栽作業では 軽労化に効果があり、苗畑作業や造 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(電動サポータ)は、 斜面移動や苗木運搬、植穴掘りの作 業の軽労化に有効 ・高齢労働者や女性労働者の現場作業 の軽労化、大苗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パッケー ジ輸送や大苗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 ・大型ドロローンは償却コストが高くなるた め、農業ほか多用途利用により稼働率 を高め償却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・植栽・乗下刈り一貫システム」構築事業
(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、奥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パーク散布	・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%減)	・ダンブトラック走行に適した林内作業路の開設が必要 ・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	・人力地植え	・機械地植え	・マルチャーによる地植え	・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 ・粉碎枝葉のマルチング効果により下刈り回数の抑制に期待	・地形的制約あり ・事業地移動を少なく稼働率を上げられるよう、まとまった作業地の確保が必要
	・人力植付け	・電動一輪車による植穴掘り	・付属電動オーガによる植穴掘り	・機械の改良が必要	
	・苗木の軽トラック運搬	・トラックによる苗木運搬	・改良箱型四駆ダンブトラックによる苗木運搬	・コンテナ苗運搬時間の短縮、運搬コストの低減(94%削減)	・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
		・電動一輪車による苗木運搬	・クローラ型電動一輪車による苗木の林内運搬	・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	・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
	・人力下刈り(全刈)	・造林資機材のドローン運搬 ・機械下刈り	・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 ・下刈り労務投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)	・事前に植栽木マーキングが必要 ・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ツキ、必要に応じ部分刈を検討 ・木タール等含浸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、マー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	- 森林簿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、高蓄積林分を抽出	素材生産予測により黒字化実現可能な高蓄積林分のゾーニングが可能	
主伐・素材生産	- チェーンソー伐採 - 作業道開設(バックホー)	チェーンソー伐倒を伴わない安全な素材生産システム	- フレアバンチャーザウルスによる作業道開設 - 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・造集材作業で高い生産性を実現(25～30m³/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	- 作業道開設量の増加と高密度網は不可避のため。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取システム 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	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 - 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 - 作業後の雑木残査がほとんどなく、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 - 作業後の雑木残査が残存し、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、作業スケジュールを適切に設定 - 低密度植栽での活用 - 傾斜等地形条件により作業制約

第2章

実証技術の評価と課題

12実証主体が取り組んだ主な機材および技術の実証成果を踏まえつつ、「資源把握」、「主伐・素材生産」、「再造林・保育」、「流通販売・その他」の4分野に区分して、それぞれの技術について、「導入メリット」および「導入条件と課題」という視点で評価結果を集約した。

本事業で取り組んできた実証技術のうち、主な機材および技術として以下列挙したものについて、その技術概要のほか、現時点における導入メリット等を、また、導入に際して考慮すべき条件ならびに課題等を整理した。これら先進機材や技術を活用する際の参考としていただきたい。

2-1 森林資源把握(森林資源調査)

- ・レーザ計測等による資源調査
- ・空撮画像による資源調査

2-2 主伐・素材生産

- ・ICTハーベスタ
- ・リモコン式油圧集材機・架線グラップル

2-3 再造林・保育

- ・地拵えの機械化
- ・植付けの機械化
- ・下刈りの機械化
- ・苗木等資機材運搬

2-4 流通販売・その他

- ・バリューバックングによる生産データの共有・連携
- ・写真検知等による自動化
- ・ノーコードアプリなどの活用による事業効率化
- ・ICT機器を活用した境界明認

2-1 森林資源把握(森林資源調査)

1. レーザ計測等による資源調査

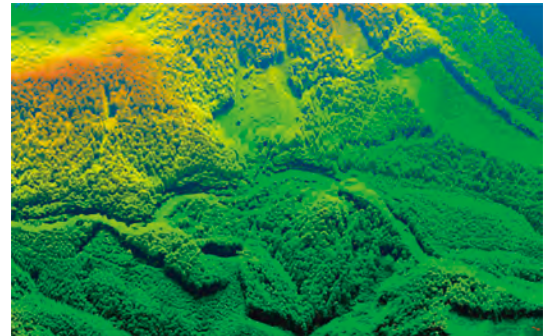
森林資源を持続的に利用するためには、森林資源量や地形データ等を取得する必要がある、上空あるいは地上のレーザスキャナにより、詳細な3次元データが得られる。

(1) 技術の概要

レーザスキャナによる計測技術(LiDAR)としては、固定翼あるいは回転翼の有人航空機によるもの(以下、航空レーザ)、無人航空機(ドローン、無人ヘリ等)によるもの(以下、UAVレーザ)、地上を移動しながら計測するもの(以下、地上レーザ)がある。

(2) 導入メリット

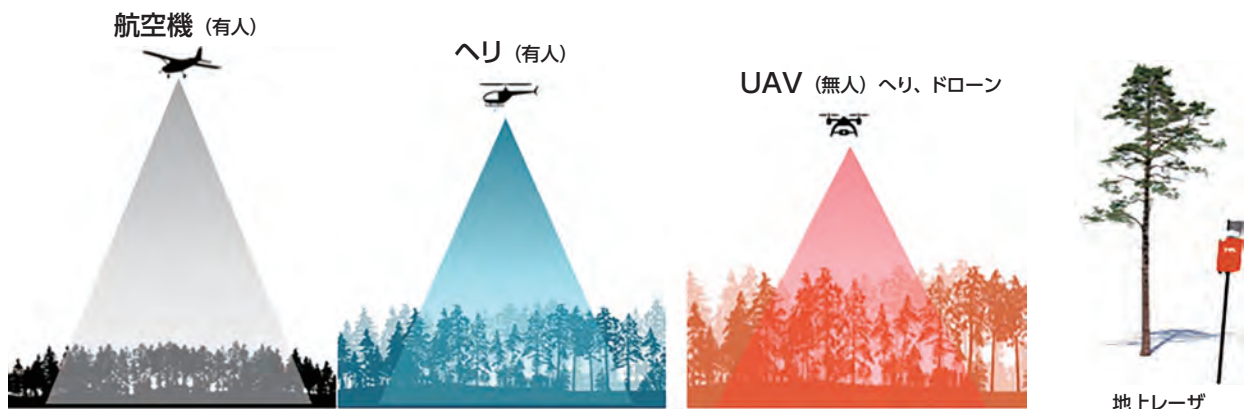
- ・ 航空レーザおよびUAVレーザでは、林冠を含む3次元点群データが得られ、単木ごとの樹高や樹冠形等のほか、地面データから微地形を捉えることも可能である。
- ・ 地上レーザでは樹幹に直接レーザが照射されるので、樹幹形状(曲がりなど)が把握しやすく、胸高直径も計測され、詳細な地表データが得られる。
- ・ 少人数、短期間で詳細なデータが得られ、効率性、省力化、作業安全性にメリット。



航空レーザ計測による点群画像

(3) 導入条件と課題

- ・ 航空レーザおよびUAVレーザでは、林内の点群密度が少なく、樹幹形状や胸高直径を直接計測することは難しい。胸高直径については近似的に推定する必要がある。生育樹種やその混み具合あるいは地形等の影響により、画一的かつ簡便な近似解析法は確立されていない。
- ・ 地上レーザでは、枝葉等で遮蔽されるため、林冠内部あるいは樹高までレーザが到達しにくく、樹高の計測精度は低下する。下層植生が多い森林では計測に難あり。
- ・ 得られた詳細データの活用法、膨大なデータの保存・管理について要検討。取得データの信頼性を担保するための調査方法ならびに計測基準の策定が必要。
- ・ 導入コスト問題、そのコストの負担者問題。



航空機・ヘリ・UAV・地上からのレーザ

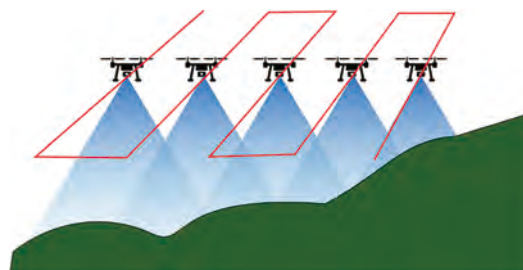
2. 空撮画像による資源調査

空中写真やドローン画像を地形補正(オルソ補正)したオルソ画像を使って、立木情報の取得、森林資源分布等のマッピングに活用できる。

(1) 技術の概要

航空機による空中写真やドローンによる空撮写真を使って、正射影(オルソ画像)を作成することによって、単木ごとの立木位置や樹冠サイズを測定できる。また常緑樹と落葉樹の分類など、対象範囲の樹種構成を判読して大まかな林相区分が作成できる。

画像の色合いを基に、機械学習等の分析により、森林と開けた土地(裸地、草地、建物など)の識別、あるいは伐採地や森林回復エリアの変化を検出するなど、森林被覆率(森林と非森林の分類)などを自動的に処理することも可能である。また、周辺の道路状況を含めた判読により、林道や作業道の検出、伐採作業や搬出に適したルートを選定、森林境界の識別等で利用できる。



森林上空をドローンで空撮

(2) 導入メリット

- ・ドローンや航空写真の画像で安価に資源解析に利用できる。
- ・高解像度のドローン画像を活用すれば、広範囲の森林解析とマッピング(林相区分、植被率、単木識別、森林インフラ(路網、地形)など)に活用できる。
- ・定期的な航空・ドローン撮影を行うことで、伐採監視、土地利用変化、森林の成長変化等のモニターも可能である。

(3) 導入条件と課題

- ・樹高計測や精緻な地形情報を得るためには、DSMおよびDEMが必要である。
- ・他樹種が混在していたり、高密度の森林では、単木抽出や樹種分類の精度が低下する。
- ・一般的なデジタル画像でも常緑樹と落葉樹の識別は可能だが、細かい樹種分類は難しい。
- ・陰や地形の影響を受けやすく、草地と森林の判別、樹冠に隠れた道の検出など難しい場合がある。
- ・天候条件や光の加減、季節による被写体の画像の違いがデータの品質に影響する。
- ・詳細な樹種識別や生育診断等には高解像度データが必要である。
- ・LiDARデータとの併用が必要なケースが多い。



オルソ画像等を用いた解析



オルソ画像を用いた造林跡地検査

2-2 主伐・素材生産

1. ICTハーベスタ

ICTハーベスタとは、情報通信技術 (ICT) を活用して伐採・造材作業を高度に最適化する林業機械である。地形データや木材情報をリアルタイムで解析し、作業の効率化やコスト削減を実現するもので、以下の機能を備えている。

- ・ **バリューバックング**：木材の直径・長さを測定し、リアルタイムで市場価値に応じた最適な造材パターンを自動計算する、最適採材システムである。
- ・ **自動検知機能**：木材情報の自動解析：ハーベスタヘッドに搭載されたセンサーが、伐採木の直径・長さを自動測定できる。
- ・ **地形データ連携**：DEM (数値標高モデル) をもとに、機体の正確な位置を測定して作業範囲の最適化、安全かつ効率的な作業ルートの選定等が可能。
- ・ **作業データの記録**：伐倒・造材・搬出のデータを記録し、作業後の分析やコスト算出に活用可能。
- ・ **リアルタイム通信**：伐採・造材・搬出のデータをリアルタイムで記録し、クラウドや遠隔管理システムと接続し、作業状況を関係者と共有できる。
- ・ **樹木情報の可視化**：事前 to 取得したLiDARデータや現場スキャンをもとに、木の位置やサイズを把握することができる。



ICTハーベスタ

こうしたICTハーベスタの機能を活かすことにより、作業効率の向上、コスト削減、森林資源の有効活用が可能になることが期待される。

以下、バリューバックング、自動検知、カラーマーキング、作業記録・作業進捗管理・在庫管理に関する概要である。

ア. バリューバックング(採材指示機能、数量制限機能)

ICTハーベスタのバリューバックングは、木材の価値を最大化するための玉切り最適化技術である。センサーを活用し、市場ニーズに応じた最適なカットを自動で決定することで、収益向上・作業の標準化・物流の効率化など、多くのメリットがある。

(1) 技術の概要

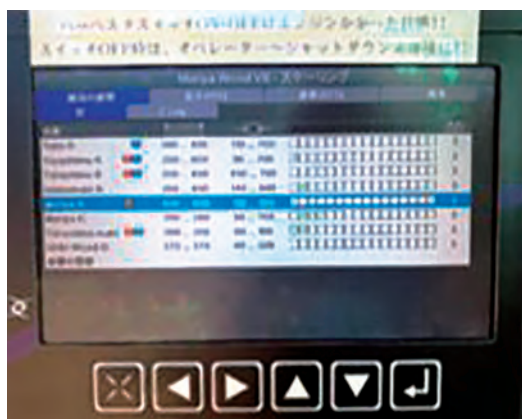
伐採木材の価値を最大化するために、木の切り分け(玉切り)方法を最適化する技術であり、ICTを活用して木材の長さや径級をリアルタイムで解析し、市場価値が最も高くなるように自動で最適なカットを決定する。

(2) 導入メリット

- ・ 市場価格、加工用途、木材の品質、製材所の受入れ規格を考慮して、自動的に最適な位置で木がカットされる。
- ・ オペレータは、提案されたカット方法を確認するだけで済み、作業効率が向上する。
- ・ 従来はオペレータの技能に依存していたが、バリューバックングでは誰が操作しても最適な玉切りが可能になる。
- ・ 市場価格や製材工場の需要に基づいてカットされるので、単価の高い木材の割合を増やすことが可能になる。
- ・ 事前に決められたサイズの木材の搬出が可能で、運搬や加工の効率が向上し、コスト削減につながる。
- ・ 木材の価値を最大化するためのデータ駆動型の玉切り最適化技術であり、センサーを活用し、市場ニーズに応じた最適なカットを自動で決定することで、収益向上・作業の標準化・物流の効率化など、多くのメリットをもたらす。



最適造材作業



操作パネル(例)

(3) 導入条件と課題

- ・ 初期導入コスト：ICTハーベスタ導入には高額な投資が必要。特に中小規模の林業事業者にとっては負担が大きい。
- ・ データ活用と市場連携：バリューバックングの精度を高めるためには、リアルタイムでの市場価格データや加工工場の受け入れ基準との連携が必要。これが十分に整備されていないと、最適なカットができない可能性がある。
- ・ オペレータのトレーニング：ICT機器を使いこなすためのオペレータ教育も重要。デジタル技術に慣れていない作業員にとってはハードルが高い場合がある。
- ・ 材品質(欠点)の見極めに限界。
- ・ 単一需要生産(材長等定規格)にはオーバースペック。多様な需要には有効。

イ. 自動検知(造材同時検知、データ集積機能)

(1) 技術の概要

ハーベスタに搭載された各種センサーを活用して伐採木の特性等をリアルタイムで解析し、最適な伐採・加工・運搬の判断を自動化する技術である。従来のハーベスタではオペレータが目視や経験に頼っていたが、ICTハーベスタを導入することで、精度の高い木材選別や作業効率の向上が可能になる。

木材特性の自動検知：LiDARセンサー、画像解析カメラ、直径測定装置などによって、伐採対象木の情報をリアルタイムで解析して、最適な切断を自動で行う。

伐採対象木の自動認識：周囲木をスキャンして、伐採対象木を自動識別できるので、適切な伐採木選定が可能。

作業環境の自動検知：作業現場の環境(地面状況、周囲木との距離、作業エリアの最適化(運搬しやすいルート の提案))を判断し、オペレータの負担が軽減される。

自動伐倒方向の制御：伐倒方向を自動で最適化する機能を持ち、適切な伐倒方向を自動選択することで、運搬の効率向上と安全性の確保ができる。

リアルタイムデータの自動記録：伐採作業中のデータ(伐採木の位置・本数・直径・長さ、作業時間と生産量、伐採エリア)を自動記録し、森林管理システムと連携可能。



自動検知システム



人力検知作業

(2) 導入メリット

- ・ 作業の効率化：機械が瞬時に木材情報を解析して、最適なバッキング(玉切り)により、価値の高い木材を効率的に生産できる。
- ・ 木材価値の最大化：市場価格や製材所の需要を考慮し、高価値な玉切りが提案される。
- ・ ハーベスタ・フォワーダのデータ連携で生産流通管理・山元在庫管理が期待される。
- ・ 安全性の向上：倒木方向を自動制御することで事故リスクが削減されるほか、地形や障害物を検知してオペレータに警告を発する。
- ・ 森林資源の持続的活用：適切な選木・伐採により、森林生態系の維持・保全に配慮されるほか、GISとの連携により計画的な伐採が可能。

(3) 導入条件と課題

- ・ 適時のキャリブレーションにより自動検知データに対する信頼性を確保するとともに、「川下」サイドが人力検知への依存体質から脱却できるかどうかのカギ。
- ・ AIによる自動検知の精度向上のためには、市場価格・GISデータとの連携が不可欠だが、データ連携に必要な通信環境やデータ管理システム等のインフラ整備が不可欠。
- ・ 自動検知機能を最大限に活用するためには、オペレータがICTに習熟する必要があり、適切な教育プログラムが必要。
- ・ 最新ICTハーベスタは高額であり、中小規模の林業事業者にとって導入のハードルが高く、資金的支援や共同利用を促すなど適切な対応策が求められる。

ウ. カラーマーキング(造材指示に基づくカラーリングによる仕訳機能)

(1) 技術の概要

ICT ハーベスタのカラーマーキング機能とは、伐採した丸太の用途や品質に応じて自動的に色をマーキングする機能で、ハーベスタのヘッド(伐採ユニット)に搭載された塗料スプレー装置により、事前に設定されたルールに基づいて(丸太サイズや価格等に基づいた木材用途の分類)、丸太の表面に特定の色をマーキングする。木材の選別や運搬を効率化し、適切な用途に分配するために活用される。



カラーマーキングされた材

(2) 導入メリット

- ・ 作業の効率化：作業者の目視による仕訳作業が省略され、フォワーダやトラックへの積み込み作業がスムーズになり、仕分けミスの削減、作業のスピードアップが図られる。
- ・ 木材価値の最適化：高品質な木材が適切な市場に流通することで、収益の最大化が期待されるとともに、低品質な木材も適切に分類されて無駄の削減が期待される。
- ・ デジタル記録とトレーサビリティの向上：どの木がどの用途に使用されたかのデジタル記録が可能となるほか、森林管理や生産計画の精度向上に役立てられる。

(3) 導入条件と課題

- ・ 塗料の補充・管理：マーキング用の塗料の消費量が多く補充作業が必要、低温環境では塗料が固まりやすい。
- ・ マーキングの視認性：雨や泥でマーキングが消えやすいため、特定の条件下では追加の対策が必要。積み重ねられた木材ではマーキングが見えづらくなる場合がある。
- ・ 初期導入コスト：カラーマーキング機能を搭載したICT ハーベスタは高価であり、中小規模の事業者にとっては、コスト負担が課題である。

工. 作業記録・作業進捗管理・在庫管理

ICTハーベスタ搭載の各種センサーやGNSS等で記録されるリアルタイムのデータを使って、作業の進捗状況および出材データを自動記録し、進捗管理(日報)・出材管理ができる。ICTハーベスタを使うことで、伐倒から出材管理までの一連の流れをデジタル化し、より効率的な森林管理が可能になる。

(1) 技術の概要

- ・ 作業進捗管理：伐倒の位置情報のほか、ハーベスタのエンジン稼働時間・作業時間が記録され、1日の処理本数や作業量が計測・記録される。
- ・ 出材量管理：伐倒木の直径や長さを自動測定し、樹種ごとに材量を自動集計する。
- ・ 通信環境が整っていれば、GISやクラウドサービスと連携して、伐倒エリアをマップ上に表示し、作業進捗データや伐倒木データなどを関係者と共有・確認するなど、伐倒作業の進行状況をリアルタイムで記録・可視化できる。

(2) 導入メリット

- ・ GISやクラウドシステムとの連携を強化することで、現場と管理部門の情報共有がスムーズになり、全体の最適化が進む。
- ・ 作業進行状況の遠隔監視、作業計画との比較が容易。
- ・ 遅延や問題発生時の迅速な対応(進捗の遅れや機械トラブルを早期発見)。
- ・ 出材量をリアルタイムでデジタル管理(トラックの配車や市場供給計画が立てやすい)。
- ・ 人手による計測ミスを削減(手作業での材積計測よりも正確)。
- ・ 出材データをデジタル管理(販売・請求管理との連携も可能)。
- ・ 伐倒データと出材データを一元管理(記録ミスの削減)。
- ・ 市場への供給を計画的に管理(需要に応じた最適な搬出計画)。
- ・ 伐倒位置や集積箇所のGISマッピングが可能。

(3) 導入条件と課題

- ・ 導入メリットを発揮できるかどうかは、GNSSの精度や通信環境に依存する。
- ・ 操作データの統一フォーマットが必要である。メーカーごとにデータ形式が異なることがあるほか、製材所や市場での受け入れ時にデータ互換性が必要。
- ・ 樹皮や幹曲がりなどの影響で誤差が出る可能性がある(完全に正確な材積測定ではない)。
- ・ ハードウェアのメンテナンスが必要(センサーの定期校正が必要)。

2. リモコン式油圧集材機・架線グラップル

(1) 技術の概要

架線を利用して木材を運搬するグラップル集材機で、リモコン操作によって油圧でグラップルを開閉・旋回して、木材の集材作業を行う。

(2) 導入メリット

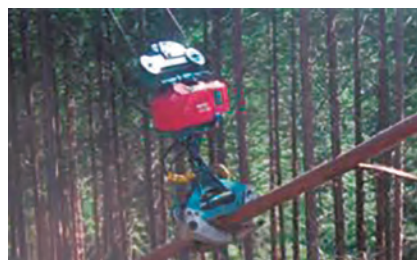
- ・ 集材作業の操作自体は比較的容易で、集材機運転に習熟していない作業員でも操作が可能。
- ・ 作業効率を上げるためには、グラップルの開閉・旋回を精密にコントロールするなど、リモコン操作の習熟が求められる。
- ・ オペレータはリモコン操作で、集材搬器（グラップル付き）の移動、丸太の荷掴み・荷上げ・荷外しを行うことができる。
- ・ 集材機運転手、荷掛け荷外し作業の無人化・省人化により、安全性が向上するとともに、労働生産性が向上する。特に、架線直下付近の集材作業では生産性は高い。



架線集材システム

(3) 導入条件と課題

- ・ 適切な索張り技術の習得が必須であるほか、架線設置の初期準備に時間を要する。
- ・ 架線グラップルの自重が大きいため（約500kg）、1回当たり集材量が制約される。
- ・ グラップル自重が大きいため横取り（横曳き）可能な範囲が制限され、1架線で集材可能な範囲が従来型よりも狭くなる。
- ・ 油圧集材機や架線グラップルは高価で、中小規模の林業事業者には負担が大きい。補助金や共同利用の仕組みが必要。
- ・ 伐倒方向を極力線下方向とし、線下集材量を増加させるなど、架線グラップル集材の効率性、生産性を最大限に発揮するような対応が必要。
- ・ 架線張替を極力減らし、1架線単位での集材範囲が拡大するように、従来型搬器（ロージングブロック）との組み合わせが有効。架線グラップルと従来型搬器の交換作業は比較的短時間で可能。
- ・ 事前に現場地形等から、架線設計（架線位置）とともに、架線グラップル集材作業、従来型集材作業の効率的組合せを念頭に、作業方法のゾーニング（採面取り）や、伐採順序などの作業計画を策定しておく。
- ・ 全木集材の利点を生かし、短コロ、末木枝条の燃料原料材等としての利用・収益化を進め、高い導入コスト負担を抑制する工夫が望ましい。



架線グラップル



リモコン式油圧集材機

2-3 再造林・保育

1. 地拵えの機械化

機械化・自動化を想定した地拵え用の機材として、マルチャーおよびクラッシャーがある。また一定の性能を持つ乗用刈払機でも地拵えが可能とされる。

(1) 技術の概要

マルチャーおよびクラッシャーについては、バックホーやトラクタあるいはロングリーチグラブのアタッチメント交換での対応が可能で、ショベルベースのハーベスタでもアタッチメント交換で対応できる場合がある。ただし、地拵えの性能はベースマシンの油圧パワーに依存する。



マルチャー

(2) 導入メリット

- ・マルチャーおよびクラッシャーは、伐採作業機械等のベースマシンのアタッチメント交換で、効率的に伐採～地拵えの一貫した機械化作業が可能。
- ・地拵え作業の効率化、省人化・省力化によって生産性が向上する。残置丸太、末木枝条及び伐根の破碎に威力を発揮する。
- ・低密度植栽を前提とすれば、地拵え後の下刈り作業の機械化が可能である。伐採～地拵え～下刈りに至る作業工程をすべて一貫して機械化することも可能である。
- ・従来行われてきた人力による下刈りや保育作業の軽労化、安全性の向上が図られる。
- ・伐根、伐採残渣の破碎物による一定のマルチング効果により下草抑制に期待。



トラクタによる地拵え

(3) 導入条件と課題

- ・傾斜地であっても作業路脇ではアームの届く範囲であれば実行可能。ロングリーチタイプを導入することや、ベースマシン走行路を利用することも考えられる。
- ・破碎物のマルチングによる下刈り抑制効果は限定的である。また破碎物があるために植付け作業が阻害される懸念もあり、注意が必要である。
- ・機材導入コストのほか。切削刃損傷や維持管理のコストが必要。
- ・傾斜度等地形条件に応じて、機械作業導入区域と従来型人力作業区域をゾーニングして、綿密な作業計画を策定することで、作業の効率性やコスト削減が図られる。



乗用刈払機による伐根処理

(参考) マルチャー (Mulcher) とクラッシャー (Crusher) は、どちらも伐採後の処理に使われるが、目的や粉碎の仕組みについて、以下のような違いがある。

- ・マルチャー：回転式カッターで木材を細かく砕き、表層を均一に処理するもので、木材を細かくチップ状

にするが、土壌の掘削までは想定しない。

- ・クラッシャー：強力なハンマーやローターで硬い伐根や岩石を砕くもので、硬い岩盤や土壌に埋まった伐根も砕き、深くまで掘削できる。

2. 植付けの機械化

林業の労働力不足解消や効率化を目的に、苗木の植栽作業を自動化する機械開発が進んでいる。普通苗、コンテナ苗、大苗などに対応する技術が開発されつつあるが、高額な導入コスト、急傾斜地対応、苗木適応性の課題があり、特にコンテナ苗に適した機械が中心となっている。また植栽およびその後の下刈りを含めた作業効率化に向けて植栽位置誘導システムが開発・導入されつつある。

(1) 技術の概要

自動植栽機の機能概要としては、地形認識(LiDAR・カメラの活用による植栽位置の決定)、GNSS制御(プログラムされた植栽位置に植栽)、自動掘削・植付け・覆土(ロボットアームやドリルで植穴を掘り、適切な深さに植栽)で構成される。

機械タイプとしては、自動植栽ロボット(コンテナ苗を、小型無人機で地形認識しながら植栽)、GNSS・AI制御植栽機(普通苗・コンテナ苗を、自動で適切な間隔に植栽)、大型自走式植栽機(高性能林業機械に搭載された植付け用ヘッドを用いて普通苗・大苗の大規模植栽が可能)、ドローン活用型植栽機(種子・コンテナ苗を、山間部や急傾斜地に投下)などがある。



自動植付け機(苗の装填部)



自動植付け機

(2) 導入メリット

- ・労働力不足の解消：人手に頼らず、大規模な植栽作業が可能であり、高齢化や人手不足の影響が軽減される。
- ・作業効率の向上：従来の手作業よりも短時間で広範囲の植栽が可能であり、GNSS・AI技術により適切な間隔・深さ・方向で植栽できる。
- ・コスト削減：人件費削減による長期的なコストカット、作業計画の最適化により無駄な資機材使用が削減される。
- ・下刈り作業への波及効果：植栽間隔等を精密に制御することで、下刈り作業の機械導入における走行路を確保し、下刈り作業の効率化につながる。

(3) 導入条件と課題

- ・高額な導入コスト：最新の自動植栽機は価格が高く、中小規模の事業者には負担が大きい。初期投資を回収するまでの期間が長くなる可能性がある。
- ・地形適応性の課題：急傾斜地や岩場では機械が適切に動作しない場合があり、柔軟な地形適応技術の開発が必要。
- ・苗木の適応性：苗の重量や根の形状によって、機械での扱いやすさが異なる。コンテナ苗を前提とした機械が多く、普通苗や大苗には完全対応できていない。

- ・技術習得・運用の課題：オペレータの操作・メンテナンススキルが必要である。

3. 下刈りの機械化

機械化・自動化を想定した下刈り用の機材として、ここではマルチャー、乗用刈払機について述べる。

(1) 技術の概要

林地表面の伐根や残材を破碎処理することで、苗木植栽後のマルチング効果による雑草木の抑制、下刈りの省力化等が期待される。乗用刈払機については、低密度植栽地での導入が可能であり、無人の計画走行の実用化が期待される。



乗用刈払機

(2) 導入メリット

- ・低密度植栽とすることで、下刈り作業の機械化が可能となり、マルチャーおよび乗用下刈り機の活用が期待される。伐採～地拵え～下刈りに至る作業工程をすべて一貫して機械化することも可能である。
- ・従来行われてきた人力による下刈りや保育作業の軽労化、安全性の向上が図られる。
- ・伐根、伐採残渣の破碎物による一定のマルチング効果により下草抑制に期待。

(3) 導入条件と課題

- ・急傾斜地での導入は困難。傾斜地であっても作業路脇ではアームの届く範囲であれば実行は可能である。したがって、ロングリーチタイプを導入することや、ベースマシン走行路での利用も考えられる。
- ・マルチャー、乗用刈払機による破碎等の作業における機材操作について、一定程度の習熟は必要である。
- ・機材導入コストのほか、切削刃損傷や維持管理の費用が必要である。
- ・UAV調査に基づく林況把握と傾斜度等地形条件に応じ、機械作業導入区域と従来型人力作業区域をゾーニングして、作業手順など作業計画を策定しておくことで効率性が向上する。
- ・伐採～地拵え～下刈りを通じた一貫した機械化作業を可能とするベースマシンのフル活用が考えられる。その際、各作業用アタッチメントの適切な選択が必要である。
- ・一定ロットの事業地を確保しておくことと、ベースマシンの事業地間移動を極力少なくする作業手順や作業計画の作成が望まれる。
- ・伐採～地拵え～下刈りの一貫した機械化作業（ロングリーチ活用含む）を前提として、効率的な作業路網を作設しておくことでさらに効率性が向上すると考えられる。

4. 苗木等資機材運搬

苗木植栽やシカ防護柵の設置等における各種資機材の林内での運搬作業は、作業者のかなりの労働負担となっており、作業拠点からこれら資機材を小運搬することで、作業効率、軽労化、安全性を向上させることが期待される。以下、ドローン、架線、電動運搬車について述べる。

ア. ドローンによる資機材運搬

(1) 技術の概要

ドローンを活用した苗木や林業資機材の運搬は、山間部や急傾斜地での作業を効率化し、作業者の負担が軽減される。特に、植林作業の苗木運搬・肥料や資機材の配送での活用が進んでいる。ドローン活用による省力化・コスト削減・安全性向上が期待される。

(2) 導入メリット

- ・大型(中型)ドローン(機材によるが、積載量10~50kg、飛行距離2~10km)による苗木運搬や造林資機材の運搬により、人力重筋作業の大幅な省力化、作業員の労働時間削減によりトータルコスト削減が可能。
- ・一度に大量の資機材を輸送できるため、人手不足対策にも有効である。
- ・急斜面や崖を登らずに資機材運搬が可能であるため、作業員の安全対策としても有効。
- ・急傾斜地やアップダウンの多い事業地、路網が届かないエリアへの運搬に効果発揮。
- ・積載量の大きい大型ドローンにより、運搬効率のさらなる向上と獣害保護柵・支柱など重量物の運搬も可能となり、現場作業の軽労化に極めて効果的。



ドローンによる防護柵の運搬

(3) 導入条件と課題

- ・現在のバッテリー技術では、長距離・重量物の運搬に制約がある。バッテリー交換が最小となるよう、フライト回数、バッテリー消耗の少ないフライト計画の調整が必要。
- ・強風・雨・雪の影響を受けやすいため安定運用が課題である。天候データとAIによる運行管理の導入が望まれる。
- ・導入経費が高価。植栽作業の季節性から適用作業期間(稼働期間)が短く償却コストが高い。稼働率向上の点から、他作業との組合せや複数事業者での共同利用も課題。
- ・導入コストの負担軽減、早期の償却が可能となるよう、事業地・事業量の確保、複数事業地での共同利用、造林資機材運搬だけでなく多用途への利用等による稼働率向上が課題。大型ドローンでは農業等異業種との共同利用(レンタル利用含む)も課題。
- ・遠隔操作や自動飛行の設定には専門知識を要し、操縦トレーニングが求められる。
- ・輸送距離や作業員の歩行距離をさらに短縮するためには、路網との組み合わせも重要。

イ. 架線による資機材運搬

(1) 技術の概要

集材架線を活用して、各種資機材を効率的に輸送するもので、苗木の大量運搬、獣害防備柵等の重量物輸送が可能。

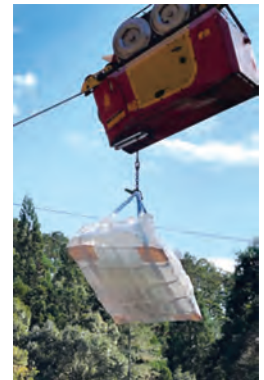
架線によって500m以上の長距離運搬が可能である。



集材架線を利用した運搬

(2) 導入メリット

- ・苗木や資機材の運搬を短時間で実施でき、植林作業の省力化に期待。
- ・架線集材による伐採と造林の一貫作業で、植栽苗木や獣害保護資機材等の架線運搬により大幅な省力化となる。
- ・急斜面での重労働が不要で、軽労化、安全対策としても有効。
- ・最大500m以上の長距離運搬が可能である。



資機材の吊り下げ

(3) 導入条件と課題

- ・荷下ろし地点が架線下に限定されるため、ドローンと比べて小運搬の融通性は限定的だが、電動一輪車との組み合わせ等で省力・軽労化が図られる。
- ・架線集材と資機材運搬の錯綜、架線集材作業と植付け作業の調整が必要。
- ・伐採造林一貫作業での架線活用では、集材作業と造林作業の近接作業とならないような配慮、作業手順等について安全確保と効率的な作業計画の策定が必要である。

ウ. 電動運搬車による資機材運搬

電動運搬車(電動キャリア、電動運搬車)は、苗木や資機材を小分け運搬する際に活用される。バッテリー駆動の運搬機材である。人力運搬の負担を軽減し、効率的に資機材を運ぶことが可能である。

(1) 技術の概要

バッテリー駆動のアシスト機能で、重量物でも軽い力で運搬が可能。坂道や不整地でも概ね安定走行が可能である。多少の狭い道や段差のある地形でも小回りが利く。積載量50kg程度を運搬可能なモデルが多い。荷台の形状を変更できるモデルもあり、苗木・肥料・工具など多様な資機材に対応できる。



電動一輪車を利用した運搬



電動一輪車の足回り

(2) 導入メリット

- ・人力負担を大幅に削減し、作業の安全性が向上する。
- ・ある程度の長距離や急斜面でも一定速度で運搬でき作業時間が短縮される。
- ・エンジン式と比べて、オイル交換や燃料補給が不要で管理が簡単。
- ・電動一輪車は造林現場での資機材小運搬に効果的。大型ドローンや架線による資機材運搬と現場での小運搬の組み合わせが効果的。大型ドローンや架線でパーツを運搬し、現地で組立ても可能。

(3) 導入条件と課題

- ・急傾斜地、地表の状況等によっては操作に注意が必要。

2-4 流通販売・その他

1. バリューバックングによる生産データの共有・連携

(1) 技術の概要

バリューバックング機能を活用することによって、素材生産業者（伐採業者）と木材工場（製材所・合板工場等）との取引が、取得データに基づいて最適化され、取引の効率化、迅速化、客観性、公正性などが担保され、川上～川下の具体的な連携の進展も期待される。

(2) 導入メリット

- ・ 需要に応じた木材供給の最適化：事前に市場ニーズを把握し、求められる寸法・品質の木材を計画的に生産・供給でき、余分な在庫が削減され、販売効率の向上が期待される。
- ・ 価格決定の透明性：木材の品質・寸法データがリアルタイムで記録され、客観的な評価が可能であり、価格交渉がデータに基づいて行われ、公正な取引につながる。
- ・ 販売プロセスの効率化：木材情報のデジタル化と共有により、売買契約や物流手配が円滑になり、木材工場の生産計画と同期させることで、ジャストインタイム供給が可能。
- ・ 輸送・搬出コストの削減：収穫時に木材の種類・品質が分かるため、適切な積み分け・運搬計画が可能。最適ルートを選定で、無駄な輸送コストの削減につながる。
- ・ トレーサビリティの向上：どの森林・伐採現場から生産された木材か追跡可能であり、FSC認証やSGEC認証などの証明における活用も期待される。

(3) 導入条件と課題

- ・ ICT 導入コスト：ICT ハーベスタ本体の導入コストに加え、データ管理システムの構築等が必要である。そのため、中小の素材生産業者には導入ハードルが高い。
- ・ データ活用の標準化：木材工場ごとに求めるデータフォーマットや品質基準が異なるため、データ統一基準が必要で、取引先とのデータ連携が不可欠。
- ・ 取引先のデジタル対応：木材工場側もICTを活用しなければ恩恵を受けられない。従来のアナログな取引方法（現場確認・経験値に基づく価格交渉）との調整が必要である。
- ・ 作業者のスキル向上：ICT 機器の扱い方、データ管理・分析のスキルが必要であり、特に従来の伐採業者がデータ活用に慣れるまで時間を要する。
- ・ データ精度：初期のデータ収集・解析段階では、誤差やバラつきが発生する可能性がある。また精度管理のため、計測センサーの校正や継続的なデータ改善が必要である。

2. 写真検知等による自動化

(1) 技術の概要

画像解析（機械学習・ディープラーニング）により、丸太の特徴を学習させて、写真内の丸太を自動検出して、丸太の径・長さ・本数を自動計測し、材積算出や在庫管理に活用する。レーザ計測と画像解析を併用する解析法では、3次元点群を取得して、丸太の高さ・直径・位置を精密に測定する。山元で一定の長さに造材後、桎積した状態で、木口を写真撮影し、事前に登録した丸太木口サイズを基に、専門アプリ（AI活用）で、全量を個別に測定・記録する。

(2) 導入メリット

- ・ 人力手検知と比較して大幅に省力化され、本数・材積の集計、通信機能による川下側とのデータ連携も可能である。

(3) 導入条件と課題

- ・ 丸太径級は末口サイズ取引(末口二乗法)であるため、撮影時は木口を末口に揃えて桎積する必要がある。小径材の混載や木口の不揃いの場合は、判読できない場合がある。
- ・ 丸太本数・材積概数について一定の精度は満たせるが、取引慣行上、人力手検知と同じ精度が求められるため、木口表示がない場合は受け入れ不可の場合がある。写真検知による本数および材積の計測精度向上が求められる。
- ・ 造材後に桎積みする際に、一定範囲の径級を見極めて桎積みし、写真による捕捉精度を高める工夫が必要である。
- ・ 担い手不足から手検知の継続が困難であることを、川上川下の双方が理解し、丸太の取引・流通管理における省力化、低コスト化、デジタル化に臨むよう仕向ける必要がある。



写真撮影による写真検知

3. ノーコードアプリなどの活用による事業効率化

ノーコードアプリを活用すれば、林業生産の現場管理を効率化できる。特に、作業管理・進捗管理・出材量管理・安全管理・GIS連携にノーコードツールを活用することで、リアルタイムで情報共有が可能になる。しかし、現場の通信環境や作業員のデジタル対応、運用ルールの確立が導入時の課題であり、試験運用しながら導入していくことが望ましい。

(1) 技術の概要

ノーコードアプリは、プログラミングの知識がなくても、ドラッグ&ドロップなどの直感的な操作でアプリを作成・運用できるツールである。目的に応じたアプリの一例を示す。

例1) 作業管理アプリ

- ・ 作業日報の記録(作業者がスマホやタブレットで簡単入力)
- ・ 作業エリア・タスク管理(伐採エリアの進捗や担当者を可視化)
- ・ 使用ツール例: Airtable, Notion, Google Forms + Google Sheets, Glide

例2) 進捗管理・現場可視化アプリ

- ・作業エリアごとの進捗チェック(地図ベースのUIで管理)
- ・タスクの割り当てと優先順位の管理(作業員の負担を最適化)
- ・使用ツール例:Trello, Monday.com, Power Apps, Glide

(2) 導入メリット

- ・紙入力だった作業日報を、簡単な入力フォームで記録でき(デジタル化)、作業員の負担が軽減される。
- ・スマホやタブレットで操作・入力・分析も容易であり、リアルタイムで共有が可能。
- ・タスクの進捗状況やチーム全体の作業効率が把握しやすく、データを自動集計して、直ちに活用することができる。



活用方法はいろいろ

(3) 導入条件と課題

- ・ネット環境がない場所も多く、オフライン入力や後で同期する仕組みが必要。
- ・現場作業員がスマホやタブレットを使いこなす教育とともに、作業員の習慣化が必要。
- ・既存のエクセルや紙媒体との統合フォーマットを作成し、データの整合性を保つ必要がある。
- ・どのアプリをどの用途に使うのか、運用ルールを明確にする必要がある。
- ・セキュリティ管理が重要。クラウド保存の場合、アクセス権限やデータ保護対策が必要。
- ・情報過多になる可能性があり、情報を整理しないと混乱を来す懸念がある。
- ・誤入力やデータの正確性を維持するためのルールが必要。
- ・システムの更新・メンテナンスが必要。過去のデータを管理するルールが必要。

4. ICT 機器を活用した境界明認

本事業で取り組む「新しい林業」で検討すべき主な課題とはやや方向性が異なるが、森林所有者の高齢化や代替り及び遠隔地居住等の進展により現地立会が進まない状況を打開するため、林業事業地の境界明確化を進めるための作業技術について検討してきた。

(1) 技術の概要

現地と遠隔地とを通信で接続し、スマートフォンや高精度 GNSS 機器による位置情報を活用して、スマートグラスやアクションカメラからの現地映像等を、遠隔地にいる関係者が共有することで、現地立会不要の境界明認作業を可能とするものである。

(2) 導入メリット

現地確認が困難な対象者が、遠隔地からICT機器を介した現地映像等を活



アクションカメラ(例)

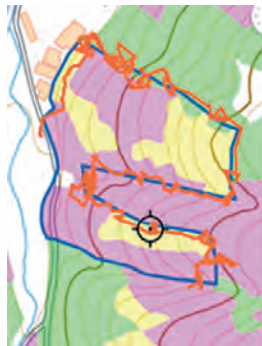
用することによって、現地立会の簡素化、関係者間の情報共有がなされ、境界確認が可能となる。

(3) 導入条件と課題

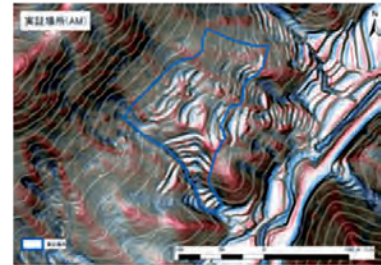
- ・ 現地映像の手振れ、位置精度の向上が課題。高精度のGNSS機器や手振れ補正機能により、より正確な現地情報の提供が可能。
- ・ 通信環境が良い事業地が対象である。
- ・ 現地映像の撮影要員や遠隔地での説明要員が必要であるが、境界明認作業を着実に進展させることが期待される。
- ・ 現地映像や境界提示の信頼性を高めるため、施業対象森林のUAVレーザ計測等による資源情報もあわせて提供することが望ましい。
- ・ 遠隔地での説明要員の省力化(現地撮影者による説明)も今後の課題である。



スマートグラスによる現地映像の送信



地図情報も共有して、現地の位置や状況を遠隔で確認



別表2 機械装備及び作業システム等の特性評価

	従来型(現状) 林業経営	林業経営に導入する 新技術(主なもの)	導入メリット	選択検討の主たる視点					導入条件と課題
				効率・ 生産性 向上	低コス ト・収 支改善	簡略・ 省略・ 省力	安全性 向上	労働強 度低減	
森林資源把握	人力森林調査 事前踏査 毎木調査	UAV空撮(写真)	・事業地の概況把握(地形、本数、林相区分)						・森林資源および地形に係るデジタルデータの収集 ・点群密度: 航空レーザ<ドローンレーザ<地上レーザの順に多い ・取得データの使途、必要に応じた解析方法の決定 ・生産性、効率性、省力化、安全性の向上 ・導入コスト問題、そのコストの負担者問題
		UAVレーザ 地上レーザ	・上記に加え、樹高、DEM、森林構造3D化 ・本数、3D化、細り率の把握	○		○	○	○	
主伐・ 素材生産	チェーンソー伐倒・ ハーパーバスタ伐倒・ 枝払 プロセッサ造材・ 仕訳	ICTハーパーバスタ伐倒・枝払 造材 ICTハーパーバスタ造材・仕訳 バリューバック カラーマーキング	・需要・価格動向を反映した採材指示に沿った生産による収益性アップ ・未習熟オペレータの戦力化 ・カラーマーキングによる仕分けの明確化	○		○		○	・材品質(欠点)の見極めに限界 ・StanForDを機能させる仕組みづくり(垂直連携、水平連携) ・単一需要生産(材長等定規格)にはオーバースペック ・多様な需要には有効 ・林内通信環境未整備ではリアルタイムのデータ連携困難 ・高い導入コスト
		リモコン式油圧集材機 架線グラブ	・集材機運転手、荷掛け荷外し手の無人化や省人化で、人工あたり労働生産性は向上 ・架線下(一定の横取り)集材作業では、生産性向上 ・荷かけ、荷外しの無人化により安全性が向上 ・新規参入者、長期未操作者のオペレータ化が可能	○			○	○	・1回の集材量が小さく、日あたり生産量(収益額)が低下 ・横取り範囲が狭く、架線単位の集材範囲は従来型より狭い ・グラブバッテリー充電のため、架線スパンに一定の距離が必要 ・高い導入コスト
再造林・保育	人力地植え エンジン刈払機	機械地植え(伐採造林一貫システム) マルチャー・クラッシャー 乗用刈払機	・ハーパーバスタのヘッド交換で、伐採から地植えの効率的な一貫機械化作業 ・地植え、下刈りや保育作業の安全性向上 ・伐根処理による林内機械走行の安定 ・マルチング効果により一定の下草抑制効果 ・低密度植栽下で伐採～地植え～下刈りの一貫した機械化作業	○	○		○	○	・傾斜地であっても作業路脇はアームの届く範囲で実行 ・マルチングによる下草抑制効果は限定的 ・機材導入コストに加え維持管理コストも必要 ・ゾーニングによる綿密な作業計画が必要
	人力苗木運搬	機械運搬 UAV運搬 フォワーダ活用 架線活用 電動運搬車	・人力運搬作業の軽労化、省力化 ・大苗植栽の導入	○	○	○	○	○	- UAV ・電池の問題でフライト回数、フライト距離、重量物運搬に制限 ・導入経費が高価。他作業との組合せ、共同利用も検討 ・専門的知識を要し操縦トレーニングも必要 - 架線 ・荷下ろし地点に制限。電動運搬車との組合せも検討 - 電動運搬車 ・エンジン式に比べ管理が容易。大型UAV、架線との組合せ
	人力植栽	植栽位置誘導装置	・間縄などによる位置決めが不要となり植栽時の時間短縮・省力化 ・植栽位置記録により下刈り時の誤伐減少 ・植栽地の外杭が不要、測量を省略化 ・CLAS技術を活用し単独測位のGNSSで上記の作業が高精度に可能	○	○	○		○	・GNSS受信の精度 ・装置本体及び配線周りの強度、防水・防塵などが必要
	人力植栽	機械植付け 自動植付け機 スマートグラス 低密度植栽 特定母樹・エリートツリー 早生樹、広葉樹、大苗	・大規模な植栽が可能で高齢化、人手不足を解消 ・短時間で広範囲に適切な配置で植栽が可能 ・人件費削減、作業計画の最適化 ・下刈り作業の機械導入が可能	○		○	○	○	・導入コストが高く、中小事業者には負担が大きい ・急傾斜地、岩場では機械導入が困難 ・現状の機械ではコンテナ苗の使用が前提 ・オペレータの技術習熟が必要
	人力下刈り	機械下刈り マルチャー・クラッシャー 乗用刈払機	・下刈り作業の安全性向上、労働強度の低減 ・作業効率は人力下刈り作業に比し、全刈で2倍、刈間6倍 ・植栽位置表示により誤伐率低下 ・新規就業者の確保	○		○	○	○	・高い導入コスト 転石等による切削刃損傷や維持管理コスト ・伐根破砕作業を伴う場合は操作習熟が必要 ・急傾斜地では導入不可、適用平均傾斜は30度前後までを推奨 ・マルチャーヘッドではアームの届く範囲が限定
	山元人力検知	ハーパーバスタ検知、データ連携 写真検知	・人力検知省略による省人化 ・川上～川下のデータ連携 (ポイントごとの検知省略)	○	○	○		○	・川下の人力検知絶対主義、ICT造材データの信頼性確保 ・林内通信環境未整備によるリアルタイムのデータ連携困難
流通販売・ その他	フォワーダ運材	ICTハーパーバスタ・フォワーダ 連携 生産進捗管理・在庫管理	・需要に応じた木材供給の最適化 ・価格決定の透明性、データに基づく価格交渉 ・無駄な輸送コストの削減 ・トレーサビリティの向上、森林認証への活用	○	○	○			・データ統一基準、データ管理システムの構築が必要 ・木材工場側のICT活用が条件 ・データ精度管理のための計測センサの校正、継続的な改善
	人力仕訳 自動選別機仕訳	ICTハーパーバスタ造材仕分け カラーマーキング仕分け	・人力検知省略による省人化 ・川上～川下のデータ連携 (ポイントごとの検知省略) ・カラーマーキングによる仕分けの明確化	○	○	○		○	・川下の人力検知絶対主義 ・ICT造材データの信頼性確保
	境界確定立会	ICT機器を活用した境界明認 スマートレンズ アクションカメラ	・現地確認が困難な者が遠隔地から現地確認 ・現地立会の簡素化、関係者間の情報共有	○		○	○	○	・現地映像の手振れ補正、位置情報の向上 ・通信環境の確保 ・対象森林のUAVレーザ測定解析等による資源情報の提供

第3章

経営モデルの提案とその実現に向けて

第1章では全国12地域で実施した取組内容を、第2章では各地で実証した技術等を整理した。本章においては、これらを参考とし、現状の技術水準、関係者の連携の可能性を念頭に置き、一定の条件を前提とした経営モデルの試案作成を試みた。併せて、その収支改善に関わる要因等について検討事例を示した。また、提案したモデルを実現するために目指すべき方向性を整理した。

3-1 「新しい林業」の経営モデルが求められる理由

すでに現実となっている林業の担い手不足の解決を図るとともに、従来の林業業務の内容や慣行を見直す必要性を理解する必要がある。他産業で急速に進展している技術革新の現状に留意しつつ、林業界の「担い手不足」への対応策の一環として、先進機材や新技術の導入による「新しい林業」の展開が求められていることを理解しておく必要がある。

(1) 技術革新の現状

他産業での技術革新は急速に進んでおり、AI(人工知能)、UAV(無人航空機)、演算処理、高機能センサーの展開は、今後の産業や社会に大きな影響を与えつつある。森林に関わる近い将来の姿としては、次のような状況が予想される：

- ・ AI×UAV×高機能センサーの融合により、森林管理が完全デジタル化
- ・ 量子コンピュータとエッジAIの発展で、環境シミュレーションや自動運用が加速
- ・ ノーコード開発と自動プログラミングで、新技術導入のハードルが低下
- ・ 高性能センサーによるリアルタイムデータ収集で、持続可能な資源管理が可能に

こうした技術革新により、森林管理・資源活用・環境保全のDX(デジタルトランスフォーメーション)が加速し、林業生産における変革が自ずと求められるであろう。

(2) 異業種参入の可能性

林業界よりも、他産業(建設、農業、物流、IT、AI、自動車・ロボティクスなど)の技術進展はより速いスピードで進んでいる現実がある。この他産業の技術革新が、林業界にもたらす影響を考慮する必要がある。他産業が開発する技術革新は、以下のように、林業界でも応用し得るものである。

- ・ スマート建機・ICT施工の進化
 - ICTハーベスタ、ロングリーチグラブプル、フォワーダの自動操縦技術
- ・ BIM/CIM(3Dデータ活用)の林業への応用
 - GISやLiDARと連携した3Dシミュレーションによる伐採計画・土木作業の最適化
- ・ 農業の自動化技術の転用
 - 苗木植栽ロボットなど、自律機械導入の可能性
- ・ AIによる伐採・生産管理の最適化
 - 伐採計画・需要予測の分析、最適な木材供給計画立案をAIが担う可能性

他産業の技術を積極的に取り入れることで、林業はより持続可能で収益性の高い産業へと進化していくと考えられる。そのことは逆説的に、旧来の計測手法や取引慣行から脱却できずに新技術の導入に後ろ向きであり続けるようなことがあれば、他産業によって林業界が席卷される可能性は否定できず、事実、すでにその予兆が見られている。

(3) 林業界の担い手問題

林業界では担い手不足は深刻な課題であり、特に高齢化や若年層の定着率の低さが問題である。林業従事者の約60%が50歳以上で、10年後には熟練者が大量に引退し、技術継承が困難になる可能性が高い。労働環境の厳しさ(危険・重労働・季節変動)、低い給与水準、不安定な雇用環境のため、若年層に敬遠される現状がある。若年層が地方から都市部に流出し、地域によっては、現場作業員だけでなく指導者・技術者の不足も深刻である。

3-2 「新しい林業」経営モデルの検討

3-1では、技術革新の現状、林業を取り巻く現況を踏まえ、「新しい林業」の展開が求められていることを記載した。

「新しい林業」で導入される機材が搭載する様々なセンサーによって、有効かつ有益なデジタルデータが提供されることが期待されるが、そうしたデータを即座に活用できるからこそ「新しい林業」の効果的な展開に期待が寄せられるのである。しかし、現状では様々な問題が残されており、特にICT機器を活用するための通信環境の整備や大型機械の能力を発揮させるための路網整備等の基盤整備の充実が求められる。

今後の林業の目指すべき方向を考えれば、こうした基盤整備等の課題が解消されていることを前提として、どのような林業が展開できるのかを示すことには大きな意味があるものと考えている。そうした前提のもとで、「新しい林業」の新たな経営モデルについて検討する。

1. 経営モデル試案

「経営モデル」の検討にあたっては、言うまでもなく、一定の前提条件が必要である。素材生産の林業経営での事業展開では、事業規模に応じた適切な人員配置と機材導入が不可欠であり、特に、ICT機材の導入にはオペレータやデータ解析担当者の育成が重要であり、新たな資金調達や事業者連携によるコスト削減がカギとなるであろう。

そこで、12実証主体が取り組んできた新しい林業機械および技術等による成果、ならびに有識者や実証主体からの聞き取り等を通じて得た様々な知見を踏まえ、一定条件のもとで「新しい林業」の経営モデル試案を作成し、立木販売の収入で再造林・保育の経費を賄うことの可能性等を検討した。

特に、効率性、省力性、安全性の向上等に有効であり、普及展開の可能性も高いと考えられる機械・機器、作業システムを抽出して、経営モデルを構成した。

(1) 検討事項

試案の検討にあたっては、現在の林業が抱える課題に対処することを念頭に、想定するモデル事業体の経営方針および事業規模等を以下の基本方針を想定した上で、森林所有者や素材生産業者などの林業経営体が持続的経営を行うことが可能かを検討した。

- ① 林業従事者は長期的に減少を続けており、今後大幅な増加は想定しがたいことから、積極的に機械化を進め省力化・軽労化を図ること。
- ② 林業労働災害の総数は減少してきているが、重大災害が依然として多いことを念頭に、安全教育、IT化・IT機器の導入などによって、林内を歩かない、重量物に手を触れない現場の実現を図ること。
- ③ 伐採後の再造林の実施率が低位であり、また、植栽してもシカ等の獣害被害が多いという現状の下、造林から保育・保護までを含めた経費が捻出できること。

(2) 想定する事業体及び前提条件

① 事業規模及び事業内容

- ・ 素材生産は、事業規模が拡大傾向にあり、新しい作業システムの導入が期待される年間素材生産量5,000m³以上の林業経営体が、森林所有者から伐採・再造林・保育の作業を一貫して受託・実施。
- ・ 事業対象地は緩傾斜のスギ主伐林分とし、林分蓄積が600m³/ha(林野庁「森林生態系多様性基礎調査」のスギ人工林50年生林分蓄積を参考。)、生産材積は歩留まり7割程度として400m³/haと設定。

② 価格およびコスト

- ・スギ素材(丸太)価格を13,900円/m³、スギ山元立木価格を3,300円/m³と設定(農林水産省「木材需給報告書」、日本不動産研究所「山林素地及び山元立木価格調」。2018~2023のうちウッドショック2021~2022を除いた4年間の単純平均価格)。
- ・現状の再造林・保育の作業種別コストは林野庁業務資料(R2 林政審議会資料)より引用。

③ 新技術等の導入

「新しい林業」の事業展開を以下の方針で取組むことを想定した。

作業計画の作成

- ・UAV 空撮による森林資源データ解析を行い、路網作設計画を作成し、安全に配慮した効率的な作業計画を作成。

素材生産

- ・ICT ハーベスタを導入し、生産事業における伐木・造材・仕訳を全面的に機械化。
- ・フォワーダ運材とのデータ連携により生産性を向上。
- ・管理部門とデータ共有し、作業の進捗管理、素材丸太の在庫管理、トラック運材、製材等、川下部門とのデータ連携により生産~出材に至る効率化を図り、コストを削減。

造林・保育

可能な限り全ての作業工程の機械化を前提として、

- ・マルチャー搭載重機による地拵え(伐根処理含む)。
- ・UAV 等による造林資機材の運搬。
- ・植栽位置誘導によるエリートツリーの低密度植栽。
- ・下刈り回数の削減と乗用刈払機の導入等により、労働強度の高い造林・保育作業の省人化・省力化・軽労化等を図りつつ、大幅にコストを削減。

全体に係る方針

- ・導入機械は取得費が極めて高額であるため、すべてレンタルで対応。
- ・山元への利益還元の増加、森林所有者の再造林意欲の喚起、伐採後の再造林・保育の実現。

(3) 経営モデル試案の概要

上記前提条件のもとで、導入機材、作業工程、人員配置、必要経費、販売収益等に係る収支試算等について、集計表の形式で別紙(別表3-1、別表3-2)に示した。

2. 試算結果と考察

(1) 経営モデルによる収支改善等の見通し

① 主伐～流通販売

- ・ ICTハーベスタを導入し、労働生産性を向上させ直接作業のコストを削減できるものの、ICTハーベスタの機械費用(レンタル費)が必要となることから、素材生産のトータルコストを大きく削減することは難しい。
- ・ 素材生産作業の省人化、労働安全性の向上が大幅に図られるとともに、ICTをフル活用した高性能機械化により若年労働者の新規参入が期待される。
- ・ 直接作業コスト削減分の一部を間接費(経営体利益含む)に増加充当し、安全教育の強化、安全装備の充実、作業者の処遇改善を図ることが可能になる。
- ・ ICTデータの川上・川下連携により、トラック運送や製材用資機材調達・在庫管理等が円滑化・効率化し、コスト削減が見込まれる。

② 再造林・保育

- ・ 各作業段階で全面的な機械化とエリートツリーの低密度植栽や下刈り回数の削減を進めることで、作業効率の向上、作業コストの削減が図られる。
- ・ マルチャー等の機械レンタル費が非常に大きいことから、トータルコストを大きく削減することは難しい。
- ・ 過酷な気象下で労働強度の高い現場作業を大幅に軽減させることが可能であり、若年労働者の参入を含め、担い手の確保に大きな期待がもてるとともに、素材生産のオペレータが再造林においても活躍しやすくなり、生産・再造林の一貫作業が促進される。

(2) 収支試算に係る考察

この経営モデルでは、現状のモデルと比較して収支が大きくプラスになり、森林所有者が得られる山元収入で再造林・保育に要する経費を賄える結果となった。

一方で、素材生産～再造林・保育を担う林業経営体、森林所有者の利益までは見込まれておらず、このままでは将来にわたって林業経営を継続することは困難である。

林業経営体が現に保有している林業機械の有効活用や従来型の作業システムを実態に応じて柔軟に組み合わせ、より機動的で効率的な作業システムとしコスト削減を図ることや、現地の実情に応じて、造材端材等の燃料材活用により更なる収益化を図ることについても、投入する機械(スキッダ、チッパー等)の費用対効果を検証しつつ検討する価値もあるであろう。

持続可能な林業経営の実現に向けては、木材・木製品等から立木までの取引に関わるすべての関係者が森林の再生産を可能にする適切な価格になるよう努力を継続することが重要である。

なお、地形などの自然条件、市場との距離などの経済条件などが不利で関係者の努力だけでは解決できない地域も多く、当分の間、資金調達への支援が必要である。

現実的林業経営においては、それぞれの森林や林業経営体がおかれた条件の下で生産性と安全性が高い新しい林業経営へ徐々に移行していくことになるが、その先には将来的に他産業並みの労働環境、就労条件が実現することが期待される。

別表3-1 ICTハーベスタ造材データ連携を軸とした生産・流通の合理化と造林保育作業の機械化

区分	新たなモデル(作業システム)	実施内容	期待される効果	条件整備(機械機器導入等)
森林資源 把握	UAV空撮による森林調査	- 森林蓄積の概数把握 - アプリによる地形データ、資源データの分析による路網計画、作業区割、作業手順等作業計画や生産計画の作成	- 人力森林調査の大幅な省力化 - UAVデータ分析による現場作業の効率性向上	- 空撮用UAV導入 - 分析アプリ導入
	主伐・造材生産 素材・仕訳	- ICTハーベスタによる伐倒・造材・仕訳 - 造材仕訳データの蓄積、フォワーダとのデータ連携 - 管理部門とのデータ共有(USBデータ移行、進捗管理)	- 伐木造材作業の生産性向上、省力化 - 仕訳作業の効率化、生産性向上 - 人力検知作業の省略	- ICTハーベスタのレンタル - ICTハーベスタ造材データ取引の合意 - 通信環境の整備(リアルタイムデータ連携の場合)
流通販売	フォワーダ運材	ICTハーベスタ造材仕訳データの連携	フォワーダ作業の効率化、生産性向上	
	トラック輸送	販売先との生産、山元在庫データの連携	トラック運転手作業(検品等)の省略化	
再造林・ 保育	UAV空撮による造林地調査	- 地形データ分析による区割、作業手順等造林作業計画の作成 - 造林除地、伐根の情報把握と植栽位置情報の把握	- 人力造林地調査の大幅な省力化 - 植栽位置誘導の準備	空撮用UAV導入(再掲)
	マルチャーターによる地拵え(伐根処理含む)	- 伐採ベースマシンのマルチャーターアタッチメント換装 - 伐根及び末木枝条の破砕処理	人力地拵えの大幅な省力化、安全性向上	マルチャーターのレンタル
	植栽位置誘導によるエリートツリーの低密度植栽	- GNSS測位によりUAV位置座標を捕捉し植栽箇所に誘導 - 成長早いエリートツリーに転換。低密度植栽(3,000本→1,500本/ha)	- 苗間測定、マスキング作業の省略 - 苗木コスト低減 - 植栽作業の省力化、生産性向上	GNSS受信機の導入、装着
	UAVによる苗木運搬	運搬用UAVによる苗木、資機材の指定箇所への運搬(中運搬)	人力運搬の大幅な省力化、安全性向上	運搬用UAVのレンタル
	電動一輪車による苗木小運搬	電動一輪車による苗木、資機材の運搬(小運搬)	人力運搬の大幅な省力化、安全性向上	電動一輪車のレンタル
	獣害防護柵の設置	運搬用UAVによる獣害防護柵等資機材の運搬	人力運搬の大幅な省力化、安全性向上	運搬用UAVのレンタル(再掲)
	植栽位置誘導実装乗用刈払機による下刈り	- GNSS受信機実装乗用刈払機による列間下刈り(乗用刈払機の無人化・自動化にも応用) - 下刈り回数の低減(5回→2回)	人力下刈りの大幅な削減、省力化、安全性向上	- 乗用刈払機のレンタル - GNSS受信機の導入、装着(再掲)
	UAVによる獣害等見回り	UAVによる獣害被害、防護柵の破壊等異常の確認	人力見回りの大幅な省力化	空撮用UAV導入(再掲)

別表3-2 従来型作業システムと新たな作業システム事例のコスト等比較

(前提)

- ・コスト比較は、伐採(主伐)から再造林・保育(下刈り)までの短期のスパンを対象。境界明認に係るコストは除く。
- ・新しい作業システムの導入が期待される年間取引量5,000m³以上の林業経営体(素材生産事業体)が、森林所有者から主伐、再造林・保育を一貫して受託を実施。
- ・対象地は緩傾斜地のスギ主伐林分で林分蓄積は600m³/ha(林野庁「森林生態系多様性基礎調査」スギ人工林50年生林分蓄積を参考。)、生産材積は生産歩留7割として400m³/haと設定。1事業地3ha程度、4事業地で約5,000m³の素材生産を想定。
- ・生産は全幹集材とし、一般材として、主に集成材、合板等用途に、製材工場への直送を想定。
- ・従来型システムのスギ素材(丸太)価格を13,900円/m³、スギ山元立木価格を3,300円/m³(百円単位)と設定。いずれも2018～2023のうちウッドショック2021～2022を除いた4年間平均価格(素材価格：農林水産省「木材需給報告書」、山元立木価格：日本不動産研究所「山林素地及び山元立木価格調」)。
- ・従来型の再造林・保育の作業別コストは、林野庁業務資料(R2林政審議会資料。)を引用。

区分	従来型作業システム	コスト(円/m ³)	新たな作業システム試算	コスト(円/m ³)	コストの考え方
森林資源把握	森林調査(人力)	—	・UAV 空撮による森林調査	—	・空撮用UAVは経営体の必須装備としてコスト計算から除外
主伐・素材生産	作業路作設(バックホー)	内訳 作業コスト	作業路作設(バックホー)	7,000	・作業道作設コストは作業コストに含む。 ・労働生産性は4倍程度(7～10m ³ /人日→30～40m ³ /人日)を見込む 不要機械費用、機械燃料費増等を考慮し、作業コスト半減を想定
	伐倒(人力・チェーンソー)		伐倒(ICTハーベスタ)	2,800	
	木寄せ(グラブプル・ウィンチ)		仕訳(同上機)		
	造材(プロセッサ)		検知(同上機)		
流通販売	運材(フォワーダ)	3オペ+1 ⇒ 1セット4人名体制	運材(フォワーダ)	1,600	・ICTハーベスタのレンタル費1,000千円/月、回送費117千円/月(400千円/回・往復、4事業地間移動3回300千円、レンタル期間6月)、月20日稼働で、35m ³ /人日生産(中央値)を想定し、m当たりレンタル費用を算出 ・間接費増は、作業員の処遇改善、作業安全措施等にも充当
	検知(人力)			2,600	
生産・流通費用合計	・トラック運材(納品伝票作成)	間接費(26%) 2,000	2オペ ⇒ 1セット2名体制	3,000	・ICTハーベスタデータ連携による効率化、省力化はコスト計算から除外。経営体所有トラックで輸送する場合はコスト削減可能
		10,600円/m ³	・トラック運材	10,000円/m ³	
販売価格	林業事業体	素材(丸太)価格 13,900円/m ³		素材(丸太)価格 15,300円/m ³	・ICTハーベスタ、フォワーダ等のICTデータ連携による生産・出材進捗管理や流通の円滑化等により、素材価格の10%上昇を見込む(参考；R5 15,800円/m ³)
	森林所有者(林業事業体)	山元立木価格 3,300円/m ³ 1,320千円/ha		山元立木価格 5,300円/m ³ 2,120千円/ha	(参考；R5 4,361円/m ³)

区分	従来型作業システム	コスト(千円/ha)	新たなモデル(作業システム)	コスト(千円/ha)	コスト考え方
再造林・保育	人力造林地調査	—	・UAV空撮による造林地調査	—	・空撮用UAVは経営体の必須装備としてコスト計算から除外(再掲)
	人力地植え	310	・マルチャーによる地植え(伐根処理含む)	内訳 作業コスト 328	・労働生産性を4倍程度向上(12→3人工/ha(1オペ3日/ha))を見込む
				レンタル費用 173	・機械燃料費増等を考慮し、作業コスト半減を想定。
					・マルチャーのレンタル費800千円/月、回送費350千円/月(400千円/回・往復、4事業地間移動3回300千円、レンタル期間2月)月20日稼働で3日/ha地植えを想定し、ha当たりレンタル費用を算出
	普通植栽	苗木代 360 人力植代 270	・エリートツリーの低密度植栽	内訳 作業コスト 180 246 135	・苗木購入代の削減(3,000本/ha→1,500本/ha)
			・UAVによる苗木運搬	レンタル費用 100	・植栽本数は50%減、UAV、電動一輪車及び植栽位置誘導実装植付け機(電動オーガ)の活用による省力、生産性向上を考慮し、作業コスト半減を想定。
			・電動一輪車による苗木小運搬	6 5	・運搬用UAV:50千円/回、2日(1,500本/ha)
					・電動一輪車:60千円/月(含回送代)=3千円/日、2日(1,500本/ha)
					・植栽位置誘導(GNSS)実装植付け機:50千円/月(想定)=2.5千円/日、2日
	獣害対策	防護柵設置 720	・獣害防護柵の設置	作業コスト 650	・運搬用UAVによる省力、生産性向上等を考慮し作業コスト10%減を想定
再造林・保育費用			・UAVによる資機材運搬	レンタル費用 —	・運搬用UAVレンタル(再掲・苗木、防護柵の同時運搬)
	人力下刈り	860	・植栽位置誘導実装乗用刈払機による下刈り	内訳 作業コスト 730 260	・労働生産性を3.5倍程度向上(6~7人工/ha→2人工/ha)を見込む
					・機械燃料費増等を考慮し、下刈り1回当たり作業コストは30%減、加えて下刈り回数の6割減(5回→2回)となることから、下刈りトータルの作業コストは7割減を想定
				レンタル費用 460	・乗用刈払機:100千円/日、回送費15千円/日(200千円/回・往復、4事業地間移動3回100千円、レンタル期間1月20日稼働)2人工/ha(1オペ2日)下刈り2回
	人力見回り	—	・UAVによる獣害等見回り	10	・植栽位置誘導(GNSS)実装。50千円/月(想定)=2.5千円/日、2日。下刈り2回
再造林・保育費用		2,520千円/ha		2,134千円/ha	・空撮用UAVは経営体の必須装備としてコスト計算から除外(再掲)

3. 経営モデル作成において検討すべき事項

他の地域や事業体で経営モデルを適用する際には、「地形・森林資源・人件費・機械インフラ・市場環境・補助金・経営戦略」などの違いを考慮し、最適なシナリオを作成する必要がある。特に、作業効率やコスト構造の変動要因を十分に分析し、地域ごとの事業評価を行うことが重要である。

参考までに、林業事業体の経営モデルを他の地域や事業体で適用・計算しようとする場合に、考慮すべき検討事項を以下例示する。

◇ 1 地域特性の違い

(1) 地形・気候

- ・ 傾斜・地形(急傾斜地か平坦地か → 作業効率や機械化の可否に影響)
- ・ 気候条件(降雪量、降水量、気温 → 作業可能日数や木材成長に影響)
- ・ 土壌条件(地拵えや植栽の難易度に関係)

(2) 樹種・森林資源

- ・ 主伐・間伐の割合(施業方針に直結)
 - ・ 樹種の違い(スギ・ヒノキ・広葉樹など → 成長速度・市場価格に影響)
 - ・ 材積・密度(収穫量や搬出効率が変化)
-

◇ 2 労働力・人件費

(1) 人材確保

- ・ 地元の林業労働者の数と質、地元の若者の雇用
- ・ 新規雇用の可能性(都市部からの移住者が確保できるか)
- ・ 作業者の年齢構成(高齢化率 → 技能継承の難易度)

(2) 賃金・労働条件

- ・ 地域の賃金水準(都市部に近いか遠いかで変動)
 - ・ 雇用形態(正社員・契約社員・季節雇用のバランス)
 - ・ 作業負担(傾斜地では肉体的負担が増し、労働時間も影響)
-

◇ 3 機械・インフラ

(1) 機械化の適用可否

- ・ ICTハーベスタ、フォワーダの導入可能性
- ・ 機械化が困難な場所(急傾斜地、狭い林道)
- ・ 機械購入かレンタルか(初期投資 vs. ランニングコスト)

(2) 道路・搬出インフラ

- ・ 林道網の整備状況
- ・ 森林施業プランにおける搬出コスト
- ・ 路網整備コストの試算(新設・改良・維持費)

◇ 4 コスト構造

(1) 作業ごとのコスト

- ・伐採・集材コスト
- ・地拵え・植栽・下刈りの人件費・資材費
- ・苗木代(地域ごとに価格が異なる)

(2) 補助金・助成金

- ・地域ごとの林業支援制度
 - ・補助金依存度(事業継続性への影響)
 - ・補助金活用による投資回収シミュレーション
-

◇ 5 木材市場と販売戦略

(1) 木材価格の地域差

- ・地元市場の需要・供給バランス
- ・近隣の製材所・バイオマス発電所の有無
- ・輸送コスト(市場への距離、輸送手段)

(2) 収益確保のための施策

- ・認証材(FSC、SGEC)の取得
 - ・地域ブランド化(高付加価値化)
 - ・直販(地域工務店との連携)
-

◇ 6 事業体の運営方針

(1) 経営規模の適正化

- ・地域の森林資源に応じた最適な経営規模
- ・事業規模の拡大余地(新規受注やエリア拡大)

(2) 多角経営の可能性

- ・素材生産以外の収益源(観光、CO₂クレジット、熱利用、キノコ栽培など)
 - ・地域のお産業との連携(農業・観光業とのシナジー)
-

◇ 7 事業規模

(1) 年間伐採量：～5,000m³

- ・特徴：個人経営や小規模事業者が中心、手作業や小型機械が主流
- ・メリット：初期投資が少なく、地域密着型経営が可能
- ・デメリット：生産効率が低く、コスト削減が難しい
- ・機材：小型ハーベスタ、小型フォワーダ、チェーンソー

(2) 年間伐採量：5,000～50,000m³

- ・特徴：数名の作業チームが組織化され、ICT 機材を部分導入
- ・メリット：機械化により作業効率が向上し、コスト削減が可能
- ・デメリット：機材導入費用がかかるが、資金調達手段(補助金・融資)あり

- ・ 機材：ICTハーベスタ、中型フォワーダ、ドローン、GISシステム
 - (3) 年間伐採量：50,000m³～
 - ・ 特徴：大規模企業やコンソーシアム形式での事業展開、ICT化が進む
 - ・ メリット：ICT機材やAIを活用し、最適な伐採・搬出計画を実施
 - ・ デメリット：高度な経営管理が必要で、初期投資も大きい
 - ・ 機材：大型ICTハーベスタ、大型フォワーダ、リモセンデータ、AI解析システム
-

◇ 8 必要な人員

- ・ ICT機材を導入する場合：従来の作業者に加え、データ解析や機材管理の人員が必要
 - ・ 作業効率向上のため：フォワーダやプロセッサの運転者、作業計画担当者も配置
-

3-3 「新しい林業」の実現に向けて

新しい林業の「経営モデル」が、今なぜ必要かという理由については、3-1で述べたように、他分野でのICTやAI等の新技術導入による劇的変化に林業分野が立ち遅れることなく、有望な新技術を積極的に導入すべきであり、そうすることが逼迫する担い手問題の解決策でもあることを認識しておくべきであろう。

これまでのわが国の林業技術は、人力を中心とする生産技術や取引慣行を前提とし、ある意味、緻密で丁寧な職人芸的な方法に頼っていたとも言える反面、今後は情報通信技術ICTや人工知能AIを導入していく余地は相当にあり得ると考えられる。

これまでに辿ってきた「旧い林業」を脱却し、「新しい林業」では、川上～川下、森林調査～素材生産～造林保育に至る各段階で最新鋭機械・機器の活用、ICT化、無人化・省人化、新技術等を駆使し、生産性向上、コスト削減を図り収益性を向上させること、そして山元への収益還元、森林価値の向上を図りつつ、再造林と保育を確実に実施して、持続可能な循環型林業を実現することがこれからまさに目指すところである。

そのためには、「これまでの林業」が踏襲してきた計測技術や手法、あるいは判断基準や様々な慣行を必要に応じて見直し、「新しい林業」を進めていく努力が必要である。本節では、本事業を実施するなかで改善が望ましいと考えられる「これまでの林業」における様々な約束事や慣行等を含めて、改善すべき内容とその方向性を整理し、「新しい林業」のさらなる展開を期待するものである。

1. 新技術・デジタルデータの信頼性・慣行の見直し

ICTハーベスタのデータ活用は、木材流通改革の大きな一歩となり得るものと期待されるが、林業界における計測技術や商取引慣行は旧態依然としており、新しい林業を推進する上で妨げとなっているものが少なくない。その一例が丸太検知である。

丸太検知は、現在その担い手が不足している中において、そのコスト(人件費)削減は不可避であるにもかかわらず、丸太数量取引では、人力検知(手検知)と木口表示を必須(絶対主義)とする伝統的な商慣行がある。川上で検知しなければ、川下(製材分野)で検知が行われ、そのコストは丸太価格に転嫁(値下げ)されるというスタンスである。

(1) 計測システムの信頼性の認知と「検知」見直し

川下側にとって、ICTハーベスタの検知データは、直径が皮厚分過大に計測され(人力検知では皮除き直径を計測)、結果的に材積が過大評価されて損益が生じるとの疑念である。しかし実際には、ICTハーベスタでは、伐採箇所、樹種ごとに皮厚分を事前に評価し、直径計測から皮厚分を差し引き計測しており、しかも定期的に、計算値のキャリブレーションも実施して誤差修正を行っている。こうした対応が実施されていることを周知し、川下側の理解醸成を重ねていく必要がある。

北欧などではハーベスタの計測だけでなく、出材の最終重量を確認するため、フォワーダの重量検知も行うことが検討されている。フォワーダのクレーンにはロードセルが内蔵されている。

一方で、丸太の品質、腐れ、傷、曲がり、扁平等の欠点については、ICTハーベスタでは検知・判別が不可能であるため、高品質材(役物)の仕訳には限界があり、ICTハーベスタの活用を一般材に限るなどの対応も検討しておく必要がある。

(2) 丸太検知・選別仕訳の対応の地域較差

九州の木材市場や大規模製材工場では、自動選別機が装備されているケースが多い。そのため極端な例としては、山元の生産材は指定の長さに造材後は仕訳や検知をせずに、トラックに混載して運搬し、製材工場等装備の自動選別機で検知・仕分け後に取引数量・代金を精算するケースもある。あるいはトラック混載状態での重量検知も行われている。

こうした取引がすでに行われている地域では、ICTハーベスタの自動検知機能や仕訳機能の必要性は低いものと思われるが、こうした地域でも、ICTハーベスタ等のデータ連携機能による作業進捗管理や在庫管理は極めて有効であろう。自動選別機の更新時に、川上と合意の上で、検知方法や木材価格(構成)等を見直すことも検討する価値はある。ただし、検知の農林規格があり、何らかの調整・工夫が必要である。

一方、北海道では木材市場が少なく、製材工場でも自動選別機の導入例は少ない。したがって、依然として山元人力手検知が主流であるが、山元での検知担い手不足が問題となっている。ICTハーベスタの自動検知仕訳機能を活用すること、あるいは山元での造材・仕訳後にトラック運送で重量検知するといった転換も大きな課題となっている。

このように、それぞれの地域における丸太取引形態や担い手実態等を踏まえて、新しい手法を検討していくことが必要である。

2. 川上～川下の連携関係

川上(素材生産)と川下(木材工場)が対立すると、業界全体の効率が低下し、持続可能な木材供給が困難になる。そのため、情報共有・長期契約・ICT活用などを通じた協力体制の構築が不可欠である。現在直面する問題について、その根本要因をお互いが理解し、問題意識を共有して、課題をクリアしていくためには、双方の立場や状況をお互いに理解し、連携協力することが必要である。つまり、対立的関係から相互理解と双方が調整し合う関係へと転換することが求められる。

(1) 利益追求に伴う対立関係

- ・ 価格競争の発生：素材生産側(川上)はできるだけ高く売りたいが、木材工場(川下)は原料を安く仕入れたい。そのため、価格交渉が対立しやすい。
- ・ 品質基準のズレ：素材生産側は効率的な生産を重視し、木材工場側は加工しやすい材質や寸法を求めるが、要求が一致しないことがある。
- ・ 情報共有の不足：木材市場の需要変動や製材所の設備仕様に関する情報が川上に十分に伝わらず、無駄な生産や調整コストが発生する。

(2) 協力関係によるメリット

- ・ 安定的な木材供給の確保：互いに協力し、市場変動に対応できる供給体制を構築することで、急激な価格変動を防ぐ。
- ・ 生産・加工効率の向上：需要に合った木材を供給することで、無駄を削減し、全体の収益性を向上させる。
- ・ 持続可能な森林経営の実現：適正な価格設定と計画的な伐採で、長期的な森林資源の活用を促進する。

(3) 相互理解・相互協力の必要性

- ・データ共有と情報の透明化：ICTを活用し、生産・需要データを共有することで、適正な取引を実現。
- ・共同の価格・品質基準の設定：材寸・品質基準を統一し、取引の安定化を図る。
- ・契約や長期パートナーシップの強化：短期的な価格交渉ではなく、長期的な契約や協定を結び、互いに利益を確保。

3. ICT計測データの信頼性の問題と解決策の検討

林業でICT計測データが受容されない問題の所在は、「精度への不信」、「旧来の取引慣習への依存」、「データ活用の遅れ」にある。この課題を解決するためには、精度検証と標準化、データ基準の統一、現場への浸透、インセンティブなどを通じて、ICT計測を正当な取引手法として定着させる必要がある。

(1) 問題の所在

- ① 計測精度に対する不信感
 - ・ICTハーベスタやセンサー技術は進化しているが、現場の作業者や取引先（木材工場など）がデータの精度に納得できず、旧来の人力計測が依然として重視されている。
 - ・計測誤差が発生した際の責任の所在が不明確で、トラブルを避けるために従来の手法が選ばれやすい。
- ② 取引の基準が旧来の慣習に依存
 - ・価格決定や木材品質の判断が、経験則や目視に依存しているため、データ主導の取引に移行しにくい。
 - ・取引先ごとに求めるデータ基準が異なり、統一的な指標が確立されていない。
- ③ データの受容と活用の遅れ
 - ・ICT計測データを活用する仕組みが整っておらず、現場レベルでの受容が進まない。
 - ・ICT機器の導入コストが高く、中小事業者には導入しづらい。

(2) 問題解決の例

- ① 計測精度の検証と標準化

ICT計測と人力計測を比較検証し、誤差傾向を明確化し、業界全体で納得できる基準を策定する。

例えば、木材の直径・長さの計測誤差が許容範囲内であることを科学的に示す。
- ② データ基準の統一と法整備

木材取引の計測基準を、業界団体や行政が統一し、ICT計測データを正式な取引基準として認めるようにする。
- ③ ICT計測のメリットを現場に浸透させる

データの透明性と再現性を向上させ、木材工場や素材生産業者が安心して利用できる環境を整える。例えば、「ICT計測データをリアルタイムで可視化し、現場作業者も納得できる形でフィードバックする」仕組みを導入する。
- ④ インセンティブの導入

ICT計測を活用することでコスト削減や品質向上につながることを明確にし、ICT活用を促進するための経済的メリットを示す。

4. 持続的事業展開のための事業体の連携協力

素材生産業者は収益性の低さやICT 機材導入の難しさといった課題を抱えており、個々の事業体だけでは経営の安定が難しい場合が多い。持続的経営のためには、事業体の連携・共同化、ICT 導入の促進、効率的な生産・物流体制の確立、付加価値の向上が鍵となる。共同化によるコスト削減、ICT シェアリング等で、収益性を向上させることが必要と考えられる。

(1) 事業体の連携・共同化による経営基盤の強化

- ・協同組合・コンソーシアムの形成：小規模事業者が連携し、共同で機材を導入・運用して初期投資負担を軽減。例えば、ICT ハーベスタやプロセッサを共同所有・運用し、複数の事業者が効率的に利用。
- ・他業界との連携：林業は季節性のある産業。導入機械を林業専用とせず、農業等異業種との共同利用も要検討。例えば、農業用トラクタと専用アタッチメントで、機械地拵えや下刈り等に対応。共同利用でなくても期間レンタルもあり得る。
- ・共同販売・共同出荷体制の確立：複数の事業体が協力して、まとまった量の木材を供給することで、安定した販売が可能。
- ・受発注プラットフォームの導入：生産量・需要データを共有し、無駄のない受発注を実現する仕組みを構築。例えば、森林組合や自治体がICTを活用した木材流通プラットフォームを整備し、小規模事業者も効率的に販売できる環境を作る。

(2) ICT 導入を促進するための施策

- ・補助金や助成金の活用：国や地方自治体のICT 機材導入補助制度を活用し、導入負担を軽減。
- ・シェアリングモデルの導入：ICT 機材をレンタル・リースで利用し、初期投資を抑える。例えば、森林組合がICT 機材を保有し、地域の事業者に貸し出すなど。
- ・データ活用の教育・研修：ICT 機材の導入だけでなく、データを活かすスキルの向上が重要。例えば、自治体・林業大学校と連携し、ICT 活用の研修プログラムを提供。

(3) 効率的な生産・物流体制の確立

- ・作業標準化：生産プロセスを統一し、効率的な作業手順を確立することで無駄なコストを削減。例えば、ICT データを活用して、適正な伐採・搬出計画を作成する。
- ・低コストでの搬出・輸送の最適化：共同輸送や積載率の向上によって輸送コストを削減。例えば、複数事業者によるトラックの共同利用や、地域における3PL (3rd Party Logistics：第三者物流) の導入によって、運搬の効率化を図る。

(4) 付加価値の向上による収益性改善

- ・地域ブランドの創出：地域ブランドを作り高付加価値木材として販売。例えば、「○○産スギ」などとしてプレミアム価格での取引を目指す。
- ・カスタマイズ生産：ICT データを活用し、市場ニーズに合った木材生産を行って余剰在庫を減らす。例えば、家具メーカーと連携して、求められるサイズ・品質の木材を供給。

5. 新技術導入のための経済的・技術的な支援

林業のICT化や先進機械導入を推進するためには、資金援助・ノウハウ教育・実践的な支援体制の整備が重要。以下のような支援が効果的と考えられる。林業のICT化を促進するためには、機械導入にあたっての経費的支援・教育研修・技術サポートを組み合わせた総合的な支援が不可欠。特に、小規模事業者にも適用しやすい共同導入支援・デジタル教育・アフターサポートの充実が、持続可能な林業の実現につながる。

(1) 資金援助(補助金・助成金・融資)

最新鋭機械や新技術の導入コストは高く、導入には高いハードルがある。「新しい林業」を実現するためには、新たな機械、新技術の導入にあたっての支援に関する検討が必要である。

(2) ICT活用ノウハウの教育・研修

担い手確保が喫緊の課題。林業経営の継続、持続的林業が危機的な状況下では、収益性が不十分であっても、最新技術等を駆使し、安全性の向上、労働強度の軽減等により次代を担う若手の参入、異業種からの参入を促す必要がある。実践的な研修プログラム、eラーニング・オンライン教育、デジタル人材育成の支援が不可欠である。

(3) 実践的な支援・コンサルティング

林業DX支援センターの設置、経費支援に係る手続きのサポート、ICT導入後のフォローアップが必要である。

6. 通信網や林道等のインフラ整備

林業におけるICT機材は、作業効率の向上、安全性の向上、資源管理の高度化を進める上で不可欠であるが、通信網(インターネット・GNSS・クラウド)や路網(林道・作業道)などの林業インフラが重要であり、これらの整備が不可欠である。

(1) 通信環境の整備

ICTハーベスタやドローンのデータをリアルタイムで送信・解析したり、リモートセンシングなどの森林資源データをクラウドで管理しGISと連携できれば現地で直ちにデータ確認・解析が可能である。また土砂崩れや火災の早期発見・緊急対応等に際してIoTセンサー・監視カメラの活用が想定され、道路の被害情報をリアルタイムで自治体や関係機関と共有することもできる。そのほか、作業員の安全管理(緊急時の通信手段確保・遠隔指示)という側面でも山間部の通信網整備が求められる。

しかし山間部では、携帯電話の電波が届かない地域が多く(特に4G・5Gが未整備)、GNSSの受信精度も低下しやすい(森林の樹冠により、衛星信号が遮られる)。そのため、クラウドデータのリアルタイム更新が困難で、必要なデータや情報が途絶する地域が多い。

具体的な対策としては、携帯基地局やWi-Fiスポットの整備、衛星通信の導入(Starlinkや衛星電話の活用による通信圏外の作業環境の改善)、オフラインでもデータを記録・同期できるシステムの導入(作業終了後にクラウドへアップロード)などが考えられる。

(2) 路網(作業道・林道)の整備

作業道が未整備であるため、ICT機器を搭載したハーベスタやフォワーダが入れない箇所が多い。また路網密度が低いために、搬出コストも割高で、ICT機器を使った効率的な搬出が困難となる。また災害時の復旧等に際しても、現地へのアクセスが困難で、倒木や土砂崩れの処理が遅れるという問題も生じる。

ICT林業の効果を最大化するためには、ICTハーベスタの効果的な活用を可能とする作業道の整備が不可欠であり、そうすることで林業機械の稼働率向上・搬出コスト削減につながる。適切な路網があれば、ICT機器で管理した出材量データを活用して、スムーズな搬出計画の実行が可能であり、高性能林業機械(フォワーダ、グラップル)の活用を最大化することが期待される。緊急時の安全確保に関しても、路網が整備されていれば、災害時の作業員の避難・救助が迅速化され、通信機器(基地局・衛星通信機器)の設置も容易である。

対応策としては、必要性に応じて区域のゾーニング等によって優先順位を設定して、林道・作業道の最適な配置を計画的に整備して路網密度を増やし、ICT機器を活用できるエリアを拡大させていくことが考えられる。

7. GIS関連オープンデータの活用

GIS(地理情報システム)を活用することで、森林資源の可視化・管理の効率化・意思決定の精度向上が可能になる。特に、オープンデータを利用することで、コストを抑えつつ高品質な地理情報を活用でき、持続可能な森林経営への貢献が期待される。以下、森林関係で考えられるオープンデータの活用例を示す。

(1) 森林資源管理での活用

- ・ 森林オープンデータ(LiDARデータ)により、UAV空撮画像を補完した森林資源の解析
- ・ 国土地理院によるDEMにより、地形解析(傾斜・標高)を通じた伐採計画の最適化
- ・ 森林管理データ(森林簿など)による、樹種・樹齢・成長予測管理への利用

(2) 作業計画・搬出ルート最適化

- ・ 国土交通省の道路オープンデータにより、路網との接続を考慮した搬出コスト削減
- ・ 河川・地盤情報により、土砂崩れリスクを考慮した安全な作業エリアの選定

(3) 森林災害・環境変化の監視

- ・ 気象庁の降雨量・災害リスクデータにより、伐採や施業のタイミング決定に活用
- ・ 航空・衛星画像 → 台風・山火事後の被害状況の迅速な把握

8. データ共有および管理システムの整備

ICT、新しい技術、最新鋭機械を駆使した新しい林業の実現のためには、そのベースとなる資源データ把握、データ連携、データ管理を適切に実施するシステムが不可欠である。事業対象地の森林資源量把握、事業地の地形・面積、資源内容(林相、樹種構成等)を把握して、素材生産、流通販売、造林保育の各分野でも活用できる基礎データとして共有、利用、管理する体制を整備する必要がある。

参考

- ・これから「新しい林業」を具体化して、林業家の収入を安定的に確保するためには、木材価格の安定や取引の透明性、技術革新など、多方面にわたる取り組みが必要と考えられます。
- ・林業先進国とも言われるスウェーデンやフィンランドでは、林業生産と木材産業が持続的に発展し、双方に利益をもたらされるような対策が取られていると言われます。
- ・以下、北欧で取られている様々な方策について、参考情報として記載しました。

参考1 北欧における林業生産と木材産業の双方に利益をもたらすための対策

(1) 持続可能な森林管理の推進

これらの国々では、伐採量を森林の成長量以下に抑え、計画的な植林を行うことで、森林資源の持続可能性を確保している。例えば、スウェーデンでは、適切な伐採と植林により、20世紀初頭から森林資源が増加し続けている。

(2) デジタル技術の活用

フィンランドでは、リモートセンシング技術やGISデータの活用により、森林資源の正確な把握と管理が行われている。これにより、伐採や植林の最適化が図られ、持続可能な林業経営が実現している。また、5年ごとに航空レーザー測量を行い、オープンデータ化している。これを多くのベンチャー企業が活用してソフトを開発し、山元に還元している。

(3) 森林管理認証制度の導入

スウェーデンやフィンランドでは、森林管理認証制度を導入し、持続可能な森林管理を行っていることを第三者機関が認証しており、国際的な市場での信頼性が向上し、木材製品の付加価値が高まっている。

(4) 林業家の収入確保策

林業家の収入を安定させるため、スウェーデンでは、木材の測定と報告を専門とする機関「Biometria」が設立され、木材の品質や量を正確に評価し、公正な取引を支援している。フィンランドでは、木材取引のデジタル化が進み、ハーベスタによる測定が主流となることで、取引の透明性と効率性が向上し、林業家の収入安定に寄与している。

参考2 北欧における林家の収入を安定的に確保するため方策

(1) 公正な木材価格評価と取引の透明性

- ・専用機関の設立

スウェーデンでは「Biometria」のような機関が設立され、木材の品質や量を客観的に測定・評価しており、買い手と売り手の間で公正な価格が決定され、林業家が適正な収入を得られる仕組みが整備されている。

- ・取引のデジタル化

フィンランドでは、木材取引プラットフォームがデジタル化され、伐採後の木材量や品質がオンラインで即座に確認でき、取引の透明性が高まり、価格交渉が公正に行われる。

(2) 木材価格の安定化策

- ・価格安定基金の設置

林業国では、木材価格の変動を緩和するために価格安定基金が設けられる場合がある。例えば、木材価格が市場で低下した際には、基金から補填が行われる仕組み。

- ・長期契約の促進

製材所やパルプ工場との間で長期契約を締結することで、一定期間にわたり安定した木材販売価格を保証し、林業家は市場価格の変動に左右されにくくなる。

(3) 技術革新による効率化

- ・ICTハーベスタの導入

ICTハーベスタにより、伐採作業の効率化と精度向上が実現する。木材の品質や収量をリアルタイムで計測し、最適な伐採を可能にすることで、収益性が向上する。

- ・リモートセンシングとGIS技術

ドローンや衛星データを用いた森林資源のモニタリングにより、収穫タイミングの最適化や病害木の早期発見が可能となり、林業家はより高い収益を得る機会が得られる。

(4) 付加価値の創出

- ・高付加価値製品の開発

木材を単純な原材料として販売するのではなく、高付加価値の製品（例えば、家具材や建築材）として加工することで、収益が向上する。

- ・森林認証の取得

森林認証（FSCやPEFCなど）を取得することで、持続可能な森林管理が認められた木材としてプレミアム価格で販売でき、林業家の収益が向上する。

(5) 公的支援と補助金

- ・政府の補助金

フィンランドやスウェーデンでは、植林や森林管理、機械購入に対する補助金が提供されており、初期投資の負担を軽減し、経済的な安定を図っている。

- ・森林保険制度

自然災害による損害をカバーする保険制度が整備され、林業家は予期せぬ損害から収入を守ることができる。

(6) 林業家の協同組合の強化

・協同組合を通じた収益の最大化

林業家が協同組合を結成することで、木材販売の交渉力を強化し、製材所やパルプ工場との取引条件を有利にできる。また、協同組合が共同で機材やサービスを提供することで、コスト削減と収益向上を実現している。

参考3 フィンランド林業デジタル化の歩み(先進技術導入の先見性)

1921年：国による「森林インベントリー」作成スタート

1970年代：リモートセンシングを用いた区画ごとの森林インベントリーの作成、区画別の森林計画と森林価値の可視化

1980年代：伐採の機械化・林業機械導入、持続可能な森林サイクル確立のための森林法制定

1984年～1989年：国有林と民有林(土地)所有者登録簿のデジタル化

→ 誰もが簡単に登録簿へのアクセスが可能に！ 登録内容更新も簡単に！

1990年：木材取引における、ハーベスタによる測定的主流化

→ ハーベスタが木材取引のデジタル化を牽引

※ハーベスタヘッドで丸太を1本ずつ計測し、登録

2000年代初頭：製材所主導により、需要に対する伐採の最適化が始まる

2008年：森林資源情報や地形情報を高精度で得ることができるリモートセンシング技術、「LiDAR」による森林インベントリー作成がスタート

2010年代：NODP(ナショナル・オープンデータ・ポリシー) 国家情報開示政策が始まる

→ GISデータ(気象、道路網、衛星画像など)へ無料でアクセス可能に

林業機械内・運転席で、リアルタイムに森林区画内の正確な位置情報などを確認可能。

→ ドローンによる森林データ取得やインターネットでの森林所有者サービス

2020年：第2世代「LiDAR」による森林インベントリー作成がスタート

2021年：インターネットを利用した木材販売契約に画期的な変化が起きる

令和6年度 林野庁補助事業
「新しい林業」に向けた林業経営育成対策のうち経営モデル実証事業

令和7年3月
一般社団法人 林業機械化協会



「新しい林業」

経営モデル実証事業3か年の成果
～新技術を導入した12の実証事例から～