

「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。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ハブ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ド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 SUsustainable 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、様々な前提条件をおいてはいるが、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り組み （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)フォテック

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变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。

フォワード集材では、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程は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。



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、フォワード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。

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。



ノーコードアプリの活用例

(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>

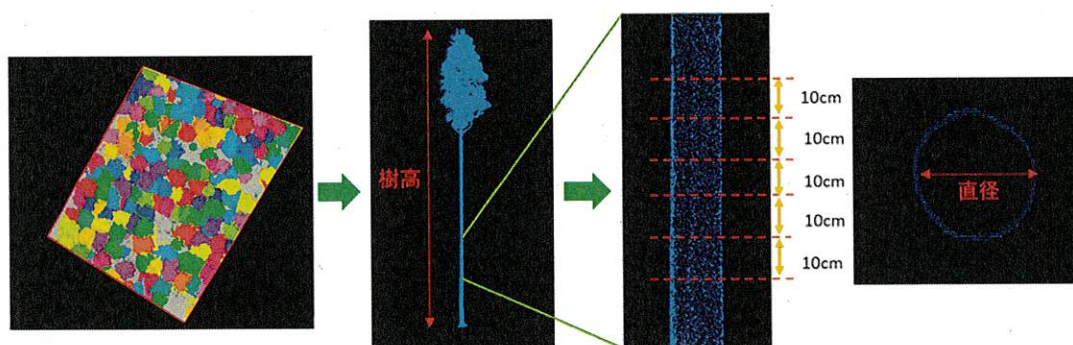
5 川上と川下のデータ連携を柱とするコスト削減と山元還元の実証事業

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。



UAVおよび地上からのレーザ計測による解析

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。

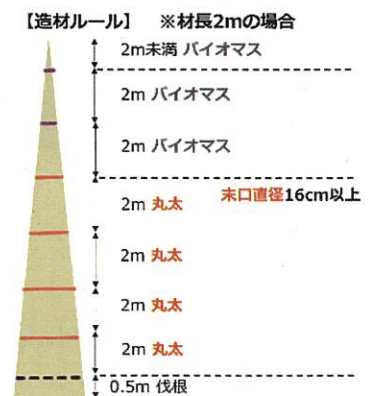


ホロレンズを装着した下刈り作業

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

地植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キ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、バリューバックキング機能のみでは判断が難しく、細りや曲がり等の形状は自動検出できず、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・維持コストが高み、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/dn5XNpK6uIM>