

林野庁補助事業

令和5年度「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

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
事業成果報告書

令和6年3月

株式会社岡本産業

上野物産株式会社

駿河木材有限会社

山生産業株式会社

大隅森林組合

山佐木材株式会社

国立大学法人鹿児島大学農学部

目 次

I 実証事業の概要・・・・・・・・・・・・・・・・	1
1 事業の名称	
2 取組の背景	
3 実証のテーマ	
4 実証団体の構成	
5 実証事業の内容	
6 実証事業の目標	
II 実証事業の実行結果及び課題・・・・・・・・	6
1 令和4年度の実施結果	
2 令和5年度の実施結果	
① 協議会、現地検討会の開催経過	
② 令和5年度の実行結果及び取組の評価と課題	
3 実証事業の総括	
III 今後の事業の展開方向・・・・・・・・	30

I 実証事業の概要

1 事業の名称

大隅で持続可能な林業を実現する先進林業モデル事業
「持続可能な林業を実現するOSUMIモデルの構築及び再造林が保証された国産立木マーケットへの供給方式の実証」
—OSUMI(Oosumi SUsustainable forest Management Initiative)モデル—

2 取組の背景

鹿児島県大隅地域は、4市5町(曾於市、志布志市、鹿屋市、垂水市、大崎町、東串良町、錦江町、南大隅町、肝付町)で構成され、総面積の 63%にあたる 13 万2千 ha が森林であり、森林の所有形態は、民有林が8万4千 ha (63%)、国有林が4万9千 ha (37%)となっている。鹿児島県内でも早くからスギを主体に人工林化が進められたこともあり、人工林率は 60%と、県平均の 45%を上回っており、素材生産量についても増加傾向にあり、県内の素材生産量(令和2年度実績)117 万7千 m^3 の4割を占める 50 万 m^3 を生産している。

大隅地域は、充実した人工林資源を背景に大型製材工場の本格稼働、CLTや国産材2×4工法部材の生産、志布志港からの木材輸出といった新たな需要が創出され、今後も木材需要が増加していくことが期待されている。こうした旺盛な木材需要に対応するため、安定的な供給体制の構築を図ることが課題となっている。

さらに、大隅地域は平成29年度～令和3年度に林野庁林業成長産業化地域創出モデル事業で林業成長産業化地域に指定され、地域の川上から川下までの関係者が連携して森林資源の循環利用を進め、林業の成長産業化を図ることで地元利益を還元し、地域の活性化に結びつけることを目標としてきた。重点プロジェクトとして、1.施業集約化推進プロジェクト、2.低コスト素材生産推進プロジェクト、3.原木流通効率化推進プロジェクト、4.木材需要創出プロジェクト、再造林推進プロジェクトに取り組んできた。それらの成果として、参加事業体の素材生産コストの低減及び素材生産量の増加が図られてきており、モデル事業開始前と比較して、素材生産コスト(この部分は地域の平均値)は 5,700 円/ m^3 から 5,200円/ m^3 に低減し、素材生産量は 17 万8千 m^3 から 23 万4千 m^3 に増加した。新たな木材加工施設の整備により、地域材の利用量が平成 27 年度の 17 万8千 m^3 から令和2年度には 23 万 4 千 m^3 に増加している。さらに、コンテナ苗の使用により、取組実施前(平成 27 年度)には約 40%であった地域内の再造林率が、令和2年度には 67%に上昇し、再造林面積についても平成 27 年度の 190 ha から令和2年度には 452 ha に増加するといった成果を上げることができた。

これらの林業成長産業化地域創出モデル事業の成果を活かして、大隅地域での持続可能な林業経営を実現・定着してゆくためには、林業経営の黒字化すなわち新しい林業経営モデルの構築に挑戦していかなければならない。

3 実証のテーマ

【新しい林業経営モデル実現の考え方】

森林の資産価値を向上させて森林所有者が再造林の意欲を持つことが必要である。そのため、再造林の自己負担分を実質的になくすだけの立木価格の還元が最低限の条件である。素材生産―流通―再造林のコスト削減により、造林補助残の自己負担分以上に立木価格を向上さ

せる。

本事業の目的は課題名に掲げているように、大隅地域で持続可能な林業を実現するための先進林業モデル(OSUMIモデル)を構築することである。OSUMIモデルでの持続可能な林業とは、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の実現、さらに低コスト化と材価向上により、稼げる林業とすることである。以上を通じて本事業では、新しい技術を投入し、大隅地域での林業成長産業化後の持続可能な林業の実現を目指す。

【目的等を達成するために解決すべき課題】

主伐後の確実な再生林を行うためには、森林の資産価値を向上させて森林所有者が再生林の意欲を持つことが必要である。そのためには再生林の自己負担分を実質的になくすだけの立木価格の実現が最低条件となり、低コスト化と材価向上が課題である。

次世代の林業経営や林業従事者を維持・発展させるためには、何よりも安全な林業作業の実現が必要である。林業労働災害のかなりの割合が、チェーンソーによる伐倒作業で発生していることから、チェーンソー伐倒を行わない素材生産システムを構築することを課題として挙げる。

さらに、稼げる林業とするための低コスト化と高い木材価格の実現のための木材流通における課題として、需要と関係のない見込み生産からマーケットイン型素材生産への転換、丸太のトレーサビリティができず商品の保障ができないことが挙げられる。加えて、再生林と保育における低コスト化技術として、成長が早い品種のコンテナ苗での低密度植栽技術と下刈り回数の削減、下刈り機械の利用が実証されていないことがある。なお、鹿児島県の大隅流域地域森林計画での植栽密度は2,000本～3,000本/haとされており(市町村森林整備計画で1,500本植栽が認められていなければ)、今回実証する予定の1,500本/haの低密度植栽は通常の森林整備事業では補助対象とならない。今後、低コスト造林を普及させるためには、低密度植栽の実例を示すことが必要である。

4実証団体の構成

【林業経営体】

株式会社岡本産業:責任者:岡本孝志、他2名

上野物産株式会社:責任者:重田行洋、担当者:上野 綾

駿河木材有限会社:責任者:大竹野千里、他6名

山生産業株式会社:責任者:吉重英生、他2名

大隅森林組合:責任者:川崎一久、担当者:大保 寛始、葎迫 昭太

山佐木材株式会社:責任者:森田悠介

【支援機関】

国立大学法人鹿児島大学農学部:責任者:加治佐剛、担当者:奥山洋一郎、牧野耕輔、

本実証団体は、鹿児島県大隅地域の森林管理、素材生産、木材流通、製材、再生林を行っている事業体で構成している。本実証団体に山佐木材株式会社(製材業)が参画している点は特徴的である。その理由としては、製材工場の需要を山側が対応できる仕組みを模索していること、地域材の持続的な利用に関心を持っていることである。マーケットイン地域資源を持続的に活用する体制で本事業を実施することができた。

5実証事業の内容

【実証内容】

2年間の実証期間での新しい技術として、(1)広域森林資源調査、(2)素材生産、(3)木材流通1(トレーサビリティ技術と中間土場活用)、(4)木材流通2(マーケットイン型木材需給体制の構築)、(5)再造林技術、(6)保育省力化に取り組む。

(1)広域森林資源調査(R4年度～R5年度実施)(担当:鹿児島大学)

森林資源調査のための情報元として、最近では航空レーザ計測データによる資源解析がある。大隅地域での航空レーザ計測は国土交通省系の計測が実施されているものの、レーザの照射密度が1点/m²で行われており、一部分のみで4点/m²が整備されている。このため、地形解析やDEM作成には利用できるが森林資源の解析には不十分な状況である。そこで、デジタル航空写真の3次元化技術(鹿屋市、垂水市、曾於市、志布志市、大崎町、東串良町、錦江町、南大隅町で撮影と3次元化が完了している)により表層標高値(DSM)を得ることができることから、DEMとの差分による林冠高(DCHM)により地位を推定する。3次元化データから(AssistZにより)樹頂点抽出が可能であるため、立木密度を算出し、地位、林齢、立木密度から伐期以上の人工林で森林蓄積量を推定する。検証のための現地調査は、地上レーザ計測装置(鹿児島大学所有)とドローン撮影画像解析(鹿児島大学所有)とともに実施する。

以上の森林資源解析により素材生産量を予測し、黒字化を実現可能な高蓄積林分をゾーニングする。なお、実際に素材生産対象となる林分では、ドローン計測による資源解析も行う。

(2)素材生産(R5年度実施)(担当予定:上野物産、山生産業、大隅森林組合、鹿児島大学)

次世代の林業経営や林業従事者を維持・発展させるためには、何よりも安全な林業作業の実現が必要である。林業労働災害のかかなりの割合が、チェーンソーによる伐倒作業で発生している。そこで、チェーンソー伐倒を行わない素材生産システムを構築する。具体的には、フェラーバンチャーザウルス(参加事業体所有)による森林作業道の作設とロングリーチハーベスタ(日立建機日本製FL135USL-6+ハーベスタヘッドH412)あるいはロングリーチグラップルソー(Forest製M12)による伐倒・木寄せにより、チェーンソーを利用しない生産システムを実証し、その生産性とコストを明らかにする。また、本地域の民有林ではあまり取り組まれていない一貫作業システムを適用する際にも、ロングリーチによる地寄せを行う。

ロングリーチグラップルによる間伐の伐木・木寄せ作業では、ウィンチ集材と比べてシステム生産性が11.2m³が15.8m³/人日まで向上したと報告(中澤ら、2011)されており、チェーンソー伐倒をハーベスタまたはグラップルソーに転換することとロングリーチによる木寄せすることで素材生産費を1割程度コストダウンすることを目指す。

素材生産時の安全性と生産性の両方を向上させるために、作業員間の通信の利用も実証する。登録申請は必要なものの、使用者の免許が不要な業務用デジタル無線機で、作業員の位置をお互いに把握するアプリケーション(BREAKTHROUGH製Soko-co)により、作業員間の意思疎通を図る。

なお、10mDEMを利用して、路網設計支援ソフトのFRD(住友林業製)で主伐対象地の路網設計を行い、線形について現地での検討会を行う。

(3)木材流通1(トレーサビリティ技術と中間土場活用)(R4年度実施)(担当:岡本産業、山佐木材、鹿児島大学)

電子タグ、QRコードを小口に張り付けることによるトレーサビリティと認証技術を確立する。成長

産業化事業で整備された中間土場を活用してトラック大型化による輸送コストの低減を図る。また、スマホ撮影画像による検収(BREAKTHROUGH製Log-Co)を行い、需要側との情報共有・透明化による取引コストの低減を図る。

(4) 木材流通2(マーケットイン型木材需給体制の構築)(R4年度～R5年度実施)(担当:岡本産業、山佐木材、鹿児島大学)

生産流通におけるコストダウンばかりではなく、稼げる林業とするためには木材価格を上げることも必要である。そこで、「需要側の必要なサイズと数量の原木を供給することで在庫・調達コストが削減され、より高く原木を購入できる」という仮説を立てた。この実現のために、マーケットイン型木材需給体制を構築し、需給情報の共有化を図ることを目指す。

林業・林産業におけるサプライチェーン構築に向け、実績や在庫の管理をこれまで以上に厳密に行い、そのマネジメントで扱う情報を「見える化」することから始めなければならない。またプロダクトアウトだけでは需給マッチングは難しく、マーケットインの考え方の導入が必要である。そのためには、川上から川下まで一貫した情報の流れをつくり、適切に管理する必要がある。さらに、サプライチェーンマネジメント(以下、SCM)の実行は情報連携体制の構築や情報システムの導入だけではなく、サプライチェーンを築く事業者それぞれが取引に関わる情報を正確に発信・伝達・共有し、その情報に基づいた生産・物流活動を確実に実行する必要がある。そこで、木材加工業である製材企業が工務店等から受注した住宅用製材品に必要となる原木を素材生産業者に注文生産とする仕組みを導入する。具体的には、木材加工業者が必要とする素材のサイズ、数量、規格の発注情報を取りまとめ、素材生産業者に配信することで、その生産可能数量について販売契約まで交わせるクラウドシステムの構築を目指す。この素材情報クラウドシステムとは、ICTを活用した需要(注文)と供給(生産)のマッチング、在庫・調達コスト削減、最適輸送を実現する、川上～川中の木材サプライチェーンの運用を可能にするシステムである。このシステムでは、木材加工業者が必要とする素材の規格やサイズ数量の発注情報を、「需要者入力マトリクス」としてウェブ上に開設し、その該当欄に必要な数量を入力することとしている。これらの情報を木材クラウドサーバ上にアップロードし、需要情報を集計する。複数の需要者と複数の素材生産者とのマッチングをこのクラウドサーバ上で行い、販売契約を行う想定である。

上記のシステムによるマーケットイン型の取引を試行し、木材価格を500円/m³上げることが目標とする。

(5) 再造林技術(R4～R5年度実施)(担当:大隅森林組合、駿河木材、上野物産、鹿児島大学)

主伐から再造林までを連続的に取り組む一貫作業システムを導入する。素材生産で利用するロングリーチにより機械地帯えを行う。

鹿児島県内にはエリートツリーの採穂園が整備中であり、苗の供給体制が整っていない。そこで、エリートツリーではないものの、特定母樹であり鹿児島県内での優良品種である県始良20号を通常のコンテナ苗(200cc程度)として育苗し、1,500本/haでの低密度植栽を行う。

林野庁低密度植栽技術導入のための事例集(2022)より、2,500本植栽に比べて1,600本(本提案書ではこれを1,500本植栽とみなす)植栽は苗購入費及び植栽コストが67%になるとしている。これにより植栽コストは従来型が97万円であるが、65万円に低減できる可能性がある。

(6) 保育省力化(R4年度実施)(担当予定:大隅森林組合、駿河木材、上野物産、鹿児島大学)

林野庁低密度植栽技術導入のための事例集(2022)より、2,500本植栽に比べて1,600本(本提案書ではこれを1,500本植栽とみなす)での下刈りは作業時間が6%削減されるとしている。さらに、

下刈り回数を6回から3回に削減する。(3回下刈りの実現可能性は鹿児島大学(Fukumotoら、2017)及び鹿児島県森林技術総合センター(穂山・内村、2021)で実証済)単価の削減と回数の削減により、下刈りのコストは従来型の118万円から55万円(53%減)まで削減が可能と考えられる。さらに、下刈り機械(キャニコム製山もつとモット等)を利用して、下刈り作業の機械化を実証した。

6実証事業の目標

・想定:スギ50年生皆伐で再造林を行い下刈り終了までの保育を想定する。

・従来型スギ再造林:造林費用は地拵え、スギ植栽、下刈りまでとして、鹿児島県の標準単価を利用して積算した。造林費は198万円/ha、補助金は132万円/haとなり、所有者負担は66万円/haとなっている。なお、標準単価ではスギ裸苗を2,500本/ha、下刈りは6回実施としている(鹿児島県資料)。

・低コスト型造林:スギコンテナ苗を1,500本/ha、下刈りは3回実施としている(林野庁低密度植栽技術導入のための事例集(2022))。低コスト型での造林費は120万円、補助金が80万円となるので、所有者負担は66万円/haから40万円/haとなる。したがって、立木価格を40万円程度上げることで、実質的に所有者負担をなくすことが可能となる。

・ヘクタールあたり素材生産量を500 m³と仮定し、原木市場経由での販売とする。

この地域の従来型の皆伐生産では、素材生産費4,000円/m³、輸送費2,000円/m³、販売手数料1,500円/m³であり、立木価格は3,000円/m³程度である。森林所有者の収入は150万円/haとなる(参加事業体実績値)。

・新しい技術による低コスト・高生産性:素材生産においては、ロングリーチハーベスタまたはグラップルソーを使って伐倒、木寄せの効率アップで300円/m³を削減する。原木輸送では、中間土場の活用でトラックを大型化することに加え、最適運行計画により、輸送費を200円/m³削減する。販売手数料は、AB材の2分の1を直送することで、選別積積み料(600円)の半分である300円/m³を削減する。以上の削減分を所有者還元することで立木価格を800円/m³(40万円/ha)上げることができる。

○低コスト素材生産モデル設定:従来型と削減後のコスト構造を以下に示し、結果としての立木価格の上昇が見込める。

・支出:	【従来型】(単価)ha当価格	【削減後】(単価)ha当価格	
素材生産費	(4,000円/m ³) 200万円	→ (3,700円/m ³) 185万円	△300円
立木価格	(3,000円/m ³) 150万円	→ (3,800円/m ³) 190万円(+40万円)	+800円
輸送費	(2,000円/m ³) 100万円	→ (1,800円/m ³) 90万円	△200円
販売手数料	(1,500円/m ³) 75万円	→ (1,200円/m ³) 60万円	△300円
支出合計	(10,500円/m ³) 525万円	→ (10,500円/m ³) 525万円	
・収入:	(10,500円/m ³) 525万円	→ (10,500円/m ³) 525万円	

さらに、スギ50年生の皆伐を行い、素材生産量が600 m³/haである場合は、コスト構造は変わらないが、立木価格は222万円(+72万円)となり、再造林費を負担しても所有者還元がさらに32万円増えることになる。

つまり、近年大径材化が問題となってきた南九州スギ人工林では、高蓄積林分が珍しいことではなく、森林資源情報をもとにして高蓄積林分を生産対象として抽出・ゾーニングできる。再造林を担保した新しい林業経営モデルの提示が可能となる。

Ⅱ 実証事業の実行結果及び課題

1 令和4年度の実施結果

(1)【森林資源調査】

OSUMIモデルでは、森林蓄積量の高い林分を生産対象とすることで、主伐収入を増加させることを重要視している。したがって、どの林分が森林蓄積が多いのか調べる必要がある。森林簿にある地位と林齢をその地域の林分収穫表に当てはめて森林蓄積量を知るのが一般的である。しかし、大隅地域の森林簿データにある地位は、ほとんどが「地位中」となっており、林分の生産力を指標しているとはいえない状況にある。そこで、デジタル航空写真を利用して、高さ情報(林冠高)を得ることで各林分の地位を推定する方法を検討した。そこで大隅地域にある鹿児島大学高隈演習林をのスギ人工林を対象として、2016年撮影のデジタル航空写真から得られた SfM (Structure from Motion の略で、視点の違う複数枚の画像と位置情報から被写体の3次元形状を再現する技術) 処理による0.5 m/pixelの数値表層モデル(Digital Surface Model、以下DSM)と2016年にLiDAR計測から得られた数値標高モデル(Digital Elevation Model、以下DEM)の差分による数値樹冠高モデル(Digital Canopy Height Model、以下DCHM)を樹冠高として求めた。高隈演習林内のスギ人工林のうち、広葉樹等と混交していない林分を抽出し、17年生から100年生の純林スギ160林分(林分面積0.05~16.46 ha)、総面積463 haを対象とした。得られた林冠高と林齢から地位指数曲線上で当該林分の地位を評価した。その結果、スギ人工林での適正な地位の評価が可能であることが分かった。森林簿上で地位中とされていた145林分のうち39林分(約95 ha)は地位上に、29林分(約22 ha)が地位下に区分された。その結果、森林蓄積量の評価も変わることとなり、50年生時の主林木材積を基準として計算すると、収穫予想量が14,567 m³増加することとなった。鹿児島県内は3年ごとにデジタル航空写真の撮影が行われており、対象とする大隅地域の自治体も航空写真の利用が可能であるところが多い。したがって、林冠高からの地位の再評価手法を適用することで、大隅モデル適用地域での高蓄積林分の抽出が可能であることが分かった。

(2)【主伐】

・森林内通信システム(Soko-co Forest)の導入と試験運用

林業の生産性向上と安全確保のために、通信の重要性が認識され始めている。例えば、素材生産現場でのボトルネックはフォワーダでの土場までの輸送であるが、フォワーダの位置情報や作業状況の情報共有ができれば、待ち時間の大幅な短縮ができる。また、伐倒時の掛かり木の発生時にグラップルローダの応援を頼むにも、徒歩での移動に時間を要してしまう。位置情報と通信ができれば、このような時間のロスを削減できると期待される。Soko-co Forestは重機の車両に搭載、または現場作業員が携帯し使用する林業専用アプリである。業務用簡易無線トランシーバーを介して携帯電波圏外においてもタブレット、スマートフォン等のアンドロイド端末間でメッセージ・位置情報の共有などのデータ送受信を可能とするシステムである。機能としては、森林内での通信網の確立(最大半径3 km程度)、データ通信によるコミュニケーション、その他にも距離・面積計測機能、ポイント・写真登録機能、位置情報共有機能、安全管理・接近アラート機能、行動軌跡表示・記録機能、作業道データ作成・記録機能、オフライン地図表示機能、インポート・エクスポート等を標準装備している(小川、2023)。鹿児島大学高隈演習林(垂水市)において、約2 km離れた素材生産現場と演習林事務所で2台のSoko-coシステムを利用して、位置情報とチャット機能による通信が行えることが確認された。

(3)【流通販売】

・原木検収システム(Log-co)の導入と試験運用

タブレット、スマートフォン等のアンドロイド端末ではい積みされた丸太数量と木口サイズの計測により、材積計算を可能とするシステムを参加事業体に1台ずつLog-coをインストールした原木検収システム端末を配布し、使用方法の講習を行った

・需給情報のマッチングシステムの試験運用

新たにクラウドサーバーを運用する必要がない、安価で利用できる既存のGoogleのクラウドサービスを使った、需給マッチングシステムを自前で試作し、運用実験を行った。 需要情報入力シートおよび生産者情報シートの入力方法について参加事業体に開設した。

(4)【再造林】

・植栽苗の育苗

令和5年度の造林地が4 ha程度を見込んでいることから、必要となる育苗に取り組んだ。鹿児島県内ではスギのエリートツリーの採穂園が整備中であり、県からのエリートツリー苗の供給はできない状況にある。そこで、利用するスギ品種を鹿児島県内の優良品種である県始良20号として、コンテナ苗の育苗を開始した。本事業での植栽密度は1,600本/ha程度としているので、6,500本以上の育苗に取り組んだ。

・機械による地拵えと下刈りの実証

低コスト育林技術確立のために、地拵えと下刈り作業での機械化に取り組んだ。使用機械は、キャニコム製乗用タイプ草刈り機(山もつとモット)と、0.4クラスバックホーの草刈りアタッチメントのクラッシャー(NIKKEN製NKB120)の2種類である。実証は鹿屋市内で行った。ササ類を含む雑草木が繁茂するスギ人工林の林床の刈払いを、①下刈り機(ビーバー)、②山もつとモット、③クラッシャーの3種類で行った。まず、下刈り機(ビーバー)での刈払いは、通常通り実施可能であった。刈払い作業後は、写真のように刈払った雑草木が林床に残るため、植栽を行うにはこれらを集めて集積する、いわゆる地拵えが必要となる。使用した乗用下刈り機械(山もつとモット)は、車体の前面に刈払い装置があり進行とともに雑草木を刈払う仕組みであり、雑草木を押し倒して刈払った後、林床に残されることとなった。比較的平坦な場所での作業性は高いが、段差がある場合には乗り越えることが難しかったことから、作業場所に制約があった。 バックホーに装着した草刈り用アタッチメントのクラッシャー(NKB120)での刈払い作業は、刈払いと同時に雑草木を粉砕するため、林床に雑草木がほとんど残らなかった。したがって、このクラッシャーを利用する場合には、地拵え作業が不要になると考えられた。一方で、今回使用したベースマシンが0.4クラスで、車幅が2.5 mあることから、3,000本/ha植栽時での植栽間隔1.8 mでは導入できない。さらに林地を踏み荒らす可能性も高いとも判断された。以上のことから、地拵えや下刈りの機械化は地形及び植栽間隔に制約されるものの、実施可能などところもあり、低コスト育林のための方策として活用すべきと考えられた。さらに、乗用下刈り機械での下刈り実証を令和5年1月に行った。南大隅町のスギ幼齢林1.84 haを対象として、山もつとモットによる下刈りでの工期調査を行ったところ、0.15 ha/時となった。緩斜面の現場であったが、人力での下刈りよりも生産性は高かった。

2 令和5年度の実施結果

1. 協議会・事務局会議の開催経過

○第一回協議会

開催期日・場所:令和5年5月24日(水)・岡本産業(鹿屋市)

参加者:岡本、吉重、大竹野、重田、雪丸、加治佐

協議内容:

- ・助成金交付申請書について
- ・事業での役割分担について
- ・ロングリーチハーベスタおよびグラップルに関する意見交換
- ・素材生産、輸送の現状についての意見交換

○現地検討会

開催期日・場所:令和5年7月5日(水)・上野物産実証事業地

参加者:上野、重田、奥山

現地検討内容:

・作成書類の確認最先端の商性能林業機械を使用しチェーンソーを使わない素材生産の実現に向けた方法と課題を実証する。最も重大災害の多いチェーンソー伐倒を行わない安全性の高い作業システムに加えてハーベスタはValuebackingシステムを備えたICTハーベスタであり精度の高い計測と需要に合致した採材を行い、造材後の仕分け作業の効率化や有利販売をサポートする。さらに、高性能な伐倒機械として、ロングリーチグラップルソー(松本製ブラキオ型式)とフレューバンチャザウルスロボ(松本製)を導入し、伐倒作業の効率化を実証した。

○第二回協議会

開催期日・場所:令和5年9月29日(金)・岡本産業(鹿屋市)

参加者:岡本、吉重、重田、森田、雪丸、加治佐

協議内容:

- ・実施状況報告
- ・ロングリーチハーベスタおよびグラップルに関する意見交換
- ・ログコ活用状況報告

○第三回協議会

開催期日・場所:令和4年11月13日(月)・岡本産業(鹿屋市)

参加者:岡本、吉重、川崎、重田、大竹野、雪丸、奥山、牧野、加治佐

協議内容:

- ・ロングリーチハーベスタおよびグラップルに関する意見交換

○推進調整会議

開催期日・場所:令和4年12月4日(月)・林業機械化協会(林友ビル)

参加者:加治佐、雪丸

協議内容:

- ・進捗報告
- ・取りまとめに向けた注意事項の確認

○第四回協議会およびシステム研修会

開催期日・場所:令和6年1月31日(水)・大隅森林組合(鹿屋市)

参加者:有馬、森田、吉重、重田、川崎、大竹野、雪丸、牧野、加治佐

協議内容:

- ・ウェブ木材需給マッチングシステムに関する意見交換
- ・植栽実証の状況について報告と確認

研修内容:

- ・Soko-co Forest及びLog-co使用法について

講師:北原((株)BREAKTHROUGH)

○ドローン運搬実証試験

開催期日・場所:令和5年2月13日(火)

参加者:川崎、雪丸

○令和5年度事業成果報告会

開催期日・場所:令和5年2月26-27日(月、火)

参加者:奥山、雪丸

○第五回協議会(予定)

開催期日・場所:令和6年3月7日(木)・大隅森林組合(鹿屋市)

参加者:岡本、有馬、森田、大竹野、川崎、雪丸、奥山、牧野、加治佐

協議内容:

- ・広域森林資源把握に関する議論
- ・FRDによる路網作設計画の確認
- ・原木検収システムの活用方法について議論
- ・地上レーザ計測成果の活用方法について議論
- ・需給マッチングシステムの活用方法について議論
- ・令和5年度取りまとめと報告書について確認

②令和5年度の実行結果及び取組の評価と課題

(1)広域森林資源調査(R4年度～R5年度実施)(担当:鹿児島大学)

森林資源調査のための情報元として、航空レーザ計測データによる資源解析があるが、大隅地域では森林資源把握のために必要な4点/m²以上のレーザ計測が整備されていないため、肝付町を対象にデジタル航空写真の3次元化技術により表層標高値(DSM)を取得し、デジタル地形モデルDEMとの差分による林冠高(DCHM)を推定し、高蓄積林地の抽出を行った。以上の森林資源解析により素材生産量を予測し、黒字化を実現可能な高蓄積林分のゾーニングを行った。



図-1. 肝付町全域のオルソ画像およびDSM(林冠表層モデル)

一方、実際に素材生産対象となる林分では、ドローン計測を素材生産前後で行うことによる資源解析も行った。



図-2. 実証対象地1(上野物産社有林)における素材生産前のドローンによる樹高計測

(2) 素材生産(R5年度実施)(担当:上野物産、山生産業、大隅森林組合、鹿児島大学)

今年度はチェーンソー伐倒を行わない素材生産システムを構築した。具体的には、フェラーバンチャーザウルス(参加事業体所有)による森林作業道の作設とロングリーチハーベスタ(日立建機日本製FL135USL-6+ハーベスタヘッドH412)あるいはロングリーチグラップルソー(Forest製M12)による伐倒・木寄せを行った。その結果、従来であれば、チェーンソーによる先行伐倒を

行う事業地において、面積割合で78.6%を機械伐倒に置き換えることができた。今回のICTハーベスタでは、採材情報が集積されるため、採材情報と出材情報の精度検証を行った。また、スプレーマーキングをすることにより、仕分けの効率化に取り組んだ。ロングリーチグラップルを使用することで木寄せ桟積みの際の移動距離が短くなり、桟積みが素早く実施可能となった。

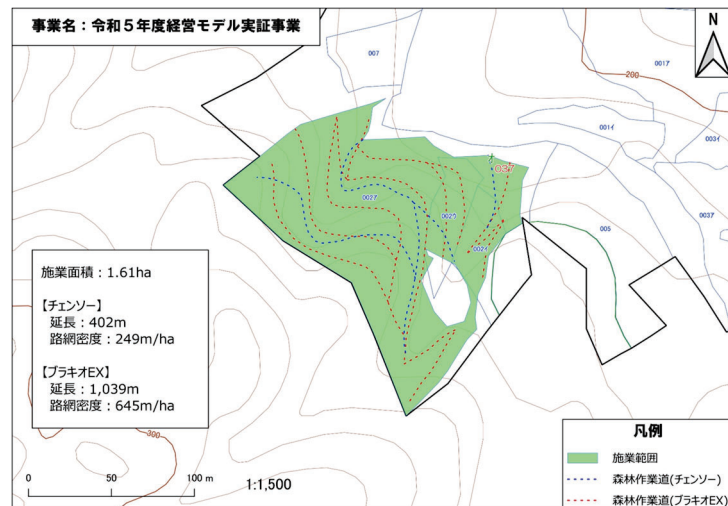


図-3. チェーンソー伐倒での路網延長と機械集材による路網延長の比較



図-4. 機械伐倒範囲とチェーンソー伐倒範囲

作業生産性の評価は通常の出材量と作業日報による集計値で算出する方法と対象地の皆伐の進捗に合わせて、ドローン空撮を行い、3次元復元を行うことによる生産性把握を行った。全体平均の生産量は17.4m³高い生産性を示し、作業期間の始めは機械操作手順の理解に時間を要したため生産性が低かった。

主伐においてチェーンソー伐倒を行わない素材生産として、①ロングリーチハーベスタ、②ブラキオ(ロングリーチ伐倒)、③フェラバンチャーザウルスの主要3機種を4実証地において検証した。いずれの実証地においても伐採および集材の生産性において高い生産性が示された。とりわけ上野物産株式会社が実行した後田実証地においては事業地内のチェーンソー伐倒を79%減少させることができた。ただし、ここで課題として浮かび上がってきたのが作業道の開設距離である。大隅地域での皆伐における作業道開設延長距離は300m/ha程度の作業現場が多いため、今回のシステムではその1.5倍程度450～500m/haが必要となった。ハーベスタおよびロングリーチでの集材を実現するためには高密度路網は避けられない。

施業地の傾斜や既設作業道の有無によって変化するが、今回の実証試験ではフェラバンチャーザウルスを用いた作業開設は60m/人日程度が一つの目安となった。

上野物産の検証結果

施業面積:1.4ha

チェーンソー伐倒:約0.3ha(チェーンソー伐倒削減達成率79%)

作業道延長428m/ha

素材生産材積:757.386m³(540.99m³/ha)

施業期間:33日間

使用機械のリース料は

ロングリーチハーベスタ:3,184千円

フェラバンチャーブラキオ:1,679千円

フェラバンチャーザウルス:1,079千円

計 :5,942千円

機械リース代のみで6,967円/m³の負担となり、さらに作業道延長が1.5倍となるため通常の249m/haからの延長分179m/haが追加される。作業効率と安全性の向上を両立させることができた一方で、機械リース代金および作業道開設費用が大きくなるのしかかってくる。これを解消するための第一義は生産量の拡大であり施業地の広域化による出材積量を増加させる必要があり、高い生産性を維持したままで稼働し続ける必要がある。具体的な数値の検証は引き続き行っていく。

表〇 実証地概要

	実施主体	上野物産	大隅森林組合 現場①	大隅森林組合 現場②	山生産業
1 実証地住所		鹿児島県肝属郡肝付町後田字立谷7600番-1	鹿屋市蔵川町長谷4029-3	鹿屋市上高隈町後原2036	肝付町北方松性
2 施業面積		1.4ha	0.56ha	0.19ha	1.5ha
3 立木密度		1000本/ha	900本/ha	800本/ha	密度少
4 実証のために導入した機械名・台数		ICTハーベスタ・ロングリーチ伐倒機(ブラキオ)・フレ ラバンチャザウルスロボ 各1台	ロングリーチプロセッサ・1台	ロングリーチプロセッサ・1台	ロングリーチグラップル
5 その他の使用機械名・台数		グラップル×3台, フォワード×1台, 破碎機×1台	フレラバンチャ・グラップル・フォ ワード・3台	フレラバンチャ・グラップル・フォ ワード・3台	プロセッサ等4台
6 作業員数		作業員数(2~4名)、植栽(7名)	2~3名	2~3名	4名
7 一日の就業時間		約8時間	8時間	8時間	7.5h
8 開始日~終了日(日数)		○皆伐:5/22~7/8(実働33日) ○造林:8/1~8/23(実働11日)	7/13~8/16	7/7~8/25	9/15~10/18
9 稼働日数		○皆伐:実働33日 ○造林:実働11日	35日(実働20日)	20日(実働14日)	23日(実働10日)
10 作業道延長(密度)		約1000m(428m/ha)	250m(446m/ha)	100m(526m/ha)	400m
11 作業道づくりにかかった人工数		10人工	8人工	8人工	18人工
12 出材積量		757.386m³	256.755m³	139.103m³	292.944m³
13 生産性[伐採・集材]		16.83m³/人	18.340m³/人	19.872m³/人	10.850m³/人
14 生産性[伐採・集材・その他]		10.098m³/人	6.095m³/人	5.455m³/人	3.708m³/人
15 導入重機に対するオペレーターの慣 れ具合・感想等		ブームとアームが運動するため慣れるのに時間を 要した。	終盤は慣れた。事前の研修で搭 乗練習をしたかった。	終盤は慣れた。事前の研修で搭 乗練習をしたかった。	徐々に慣れスムーズに
16 チューンソーをどの程度利用したか		面積で0.3ha≒20% チューンソー:13人日 重 機伐倒:8人日	3割	3割	伐倒全て
17 使用してみての問題点や有効性、 良い点、悪い点、感想など		枝払い能力が高い。切高が高い。材長の計測精 度が高い。ペンキマーカ―は有効。	腐れ等切上げがコンピュ―ターにより 出来なかった。切高が高い。	腐れ等切上げがコンピュ―ターにより 出来なかった。切高が高い。	地存えに有効
18 生産性向上にむけての課題		ブラキオは大径木に対応。	大径木を避ける。オペの技術。	大径木を避ける。オペの技術。	作業路の確実性

今回の事業ではロングリーチを使用することで機械費用、路網整備の経費の関係が交換条件となる。そこで、従来方式の皆伐作業を行った現場と本実証の費用比較を行った。

従来の皆伐作業として比較検討する現場は、2020年3月から行っている現場で、場所は大平国有林147は林小班である。伐採搬出に関しては今回のモデル事業と同じ作業班が行っている。当時の賃金と現在では違うため、ここで比較検討を行う上で現在の賃金単価で集計した。施業面積:6.92ha、搬出材積:2851.441m³生産を行っている。

・従来の路網開設

チェンソー伐倒、バックホーのバケットによる森林作業道の開設を行う。

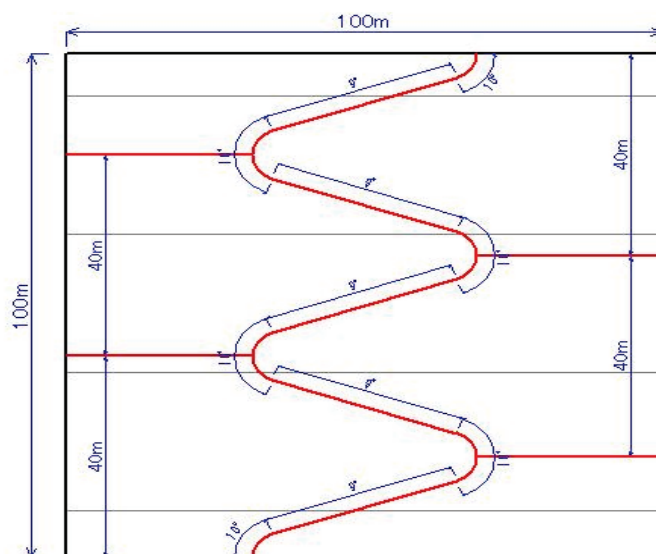
樹高18mから20mを生かし、作業道作設指針に基づき縦断勾配10度以下(やむを得ない場合で短区間14度以下)の設定で従来の路網計画を行った場合は、樹高を活かし40m間隔に路網を配置している。

・森林作業道開設実績(図はイメージ、40m間隔の配置、縦断勾配:9~10度である)

施業面積1.61ha

森林作業道延長:402m

路網密度:249m/ha



・路網開設費(資料①)

当社では、事業全体の施業結果を作業工程ごとにデータ表によりコスト分析を行っている(資料①、①—1)。しかしながら、皆伐事業では伐出コストや全体経費の分析は行っているが、路網開設についてだけの、延長や路網密度、路網開設費用だけの算出は行っていない。工程ごとの伐倒、集材、造材、運材の伐出コストの中に路網開設費用も含まれている。このため、路網開設費を含めた伐出コストで、比較するしかありません。

・生産性と作業費

施業面積:6.92ha、搬出生産材積:2851.441m³

伐倒(人工55.05人):51.80m³/人日

伐倒+集材+造材

(人工151.9人)18.8m³/人日

集材+造材(人工96.85人):29.4m³/人日

路網開設から伐倒、集材、造材、運材まで 2,096円/m³

【モデル実証事業の皆伐施業】資料②

令和5年度「新しい林業」経営モデル実証事業の事業地は、肝属郡肝付町後田7600番地1の

当社社有林の1.61ha(除地が発生した為1.40ha)である。搬出材積はスギ・ヒノキ757.386m³生産できた。

・モデル実証事業の路網開設

ロングリーチ伐倒機ブラキオ、フェラバンチャザウルスロボによる森林作業道の開設を行う。今回は、伐木を全て機械により行う事とし、チェンソーを使わない計画である為、ブラキオとロングリーチハーベスタによる伐木を行わせる。ブラキオのロングリーチ作業半径は12m、ロングリーチハーベスタの作業半径11.4mの手が届く範囲に路網の配置設計が必要となる。従来ではチェンソー伐倒で樹高18～20mを活かし約40m間隔の路網配置の計画を行ったが、モデル実証事業では機械の手が届く範囲に路網を配置する為、約20m間隔に森林作業道を計画した。従来の路網密度より高い路網密度で路網を開設する必要がある。

計画

施業面積1.61ha

森林作業道延長:1039m

路網密度:645m/ha を計画。

結果

岩石で路網開設できなかった場所と、地域住民の取水路があった為に除地にせざるを得なかった区域の発生で、施業面積予定1.61haが1.40haとなった。

施業面積1.40ha

森林作業道開設延長:600m

路網密度:428m/ha となった。

・路網開設費(資料②)

取水路があった為に除地が発生したことにより施業面積が0.21ha減少した。そのほかに岩石により路網の開設不可能な区域があつて、チェンソー伐木が約2割発生した。

施業面積:1.40ha、生産材積:757.386m³

森林作業道開設費(資料②)

60m/人日(10.0人日)、675円/m、535円/m³

・生産性と作業費(資料②)

施業面積:1.40ha、生産材積:757.386m³

伐倒+集材+造材(人工29.6人):25.6m³/人日

・・・従来の生産性の1.36倍増加して生産性が良くなった。

伐出コスト 2,474円/m³、作業路開設コスト 535円/m³

路網開設から伐倒、集材、造材、運材まで 3,009円/m³

高額なレンタル費用で算出している為、コスト高となった。今回の実証事業での、費用の比較は難しかった。今回の検証では、全体コストが15,699円/haである。山元の立木価格を上げることは出来ないという結果となった。

従来の皆伐施業の同じ作業班人員による比較検討

施業結果

施業Na.

施業結果		技 術 者			林 業 機 械				工程費用③ (①+②)	工程単価 (③÷材積)	工程生産性 (材積÷人工数)	
		人数	平均 日額	小計①	使用機械(主要)	機械損料	燃料費	小計②	円	円/m³ 円/m	m³/人日 本/人日 m/人日	
作業工程												
作業道 関連作業	支障木処理 作業道開設		21,000									
			9,000									
			21,000									
			9,000									
前作業		1.45	21,000	39,450	B	刈払機	1,643	1,473	3,116	42,566	-	-
		1.00	9,000									
間伐・皆伐作業	伐倒	55.09		1,096,534	A	チェンソー	5,109	87,521	92,630	1,189,164	438 円/m³	51.80 m³/人日
	集材	63.85		1,052,390	GP5	グラブ&SH135X	158,350	402,724	561,074	1,613,464	667 円/m³	44.66 m³/人日
					GP10	SK135SR-SF						
	造材	33.00		838,430	HV4	0.45t〜1.25Sh135C-7	801,676	241,634	1,043,310	1,881,740	609 円/m³	86.41 m³/人日
					GS1	グラブ&SH175X						
	運材	35.45		722,412	FW4	6tフォワーダ	85,719	258,842	344,560	1,066,972	382 円/m³	80.44 m³/人日
					GP6	0.45tグラブ&SH135C-7						
後作業		4.05	21,000	121,050	GP10	SK135SR-SF	551	3,661	4,212	125,262	-	-
		4.00	9,000									
土場作業		47.25	21,000	1,001,250	GP6	0.45tグラブ&SH135C-7	111,757	319,300	431,057	1,432,307	-	-
		1.00	9,000									
その他作業		51.25	21,000	1,076,250	8301		274,071	306,070	580,141	1,656,391	-	-
			9,000									
重機回送		2.30	21,000	48,300	5896		16,306	140,625	156,931	205,231	-	-
木材運搬		12.75	21,000	267,750	8,301		113,603	1,101,561	1,215,164	1,482,914	-	-
その他運搬		5.50	21,000	115,500	KD6	レンタル4tダンプ 4台×3回	46,775	515,624	562,399	677,899	-	-
プランナー作業	測量		21,000									
			9,000									
	調査	2.50	21,000	52,500								
			9,000									
	道設計		21,000									
			9,000									
	施設構築		21,000									
			9,000									
	工程管理		21,000									
			9,000									
その他	その他①		-			レンタル費		356,800				
	その他②		-			外注費/その他		-				
	その他③		-			車輛燃料/修繕/資材/運送/備品/販売費		282,785				
	その他④		-			木材買取		6,000,000				
									6,639,585			

レンタル機械日額損料	94,210	※レンタル機械日額損料のダブリを削除
------------	--------	--------------------

＜間伐作業および作業道開設の生産性・コスト＞

受託事業売上	
木材売上	25,318,540 円
総事業費	17,971,786 円
利益	7,346,754 円
利益率(利益÷売上)	29.0%

資料②

R5年度経営モデル実証事業 施業結果
レンタルで機械損料を計算 耐用年数5年

施業結果 (詳細費：機械損料が自社固有のもの)

施業No. 13

		期 間	2023/5/18	～	2023/7/5	実働日数	33	日
作業過程・結果		事業名	令和5年度経営モデル実証事業					
現場代理人	重田行洋	事業地	肝属郡肝付町後田7600番地1 上野物産株式会社社有林					
所有者・契約者	-	林班	36	樹種	スギ・ヒノキ			
林 齢	-	樹高	-	直径	-			
作業路開設	600 m	搬出材積	757.386 m ³	搬出率	-			
作業路予定延長	1000 m	施業面積	1.40 ha	路網密度	428 m/ha			
伐採本数	-	ha当たり		平均集材距離	-			
伐採方法	皆伐	傾斜	以上	灌木・ササの多さ		地形条件		
備考	木材売上額 8,235,792円							

施業結果		技 術 者		林 業 機 械				工程費用③ (①+②)	工程単価 (③÷材積)	工程生産性 (材積÷人工数)	
作業工程	人工数	平均日額	小計①	使用機械(主要)		機械損料	燃料費	小計②	円	円/m ³ 円/m	m ³ /人日 ha/人日 m/人日
作業道開設 作業	支援 本処理	-----								-	-
	作業道 開設	10.00	123,850	FBZ3	225m ³ エンジン75.720-45	176,930	104,372	281,302	405,152	675 円/m	60 m/人日
前作業		9	140,756	B	刈払機	1,450		1,450	142,206	-	-
間伐・皆伐作業	伐倒	15.50	282,680	LBR	5.1m ³ エンジン75.720-45	194,694	57,405	252,099	534,779	706 円/m ³	0.09 ha/人日
	集材	5.75	135,822	GP6	9.45tトラックS4125R-7	91,708	55,839	147,547	283,369	374 円/m ³	131.72 m ³ /人日
				LBR	5.1m ³ エンジン75.720-45	459,238	87,151	546,389	758,537	1002 円/m ³	90.70 m ³ /人日
	造材	8.35	212,148	RLHV	レンタルロングハーベスタ						
運材	5.75	139,172	GP6	9.45tトラックS4125R-7	98,250	60,014	158,264	297,436	383 円/m ³	131.72 m ³ /人日	
			FW2	4tフォワード(GP6付)							
後作業		-----								-	-
土場作業		16.20	304,744	GP6	9.45tトラックS4125R-7	180,613	163,864	344,477	649,221	-	-
その他作業		16.35	333,176	LBR	5.1m ³ エンジン75.720-45	343,200	83,498	426,698	759,874	-	-
重機回送		0.60	8,077	5896	10tセルフ 日産	2,400	9,284	11,684	19,761	-	-
木材運搬		17.20	252,511	5272	10tヒアブ 日産	68,800	157,835	226,635	479,146	-	-
その他運搬										-	-
プランナー作業	測量	-----				-					
	調査	-----				-					
	道設計	-----				-				-	-
	施業提案	-----				-					
	工程管理	-----				-					
その他	その他①	-	-	運送費			2,309,109		8,780,210	-	-
	その他②	-	-	レンタル費			5,999,300				
	その他③	-	-	ガソリン車両/修繕費/資材費			118,649				
	その他④	-	-	販売費/外注費			333,152				
						レンタル機械日額損料		1,199,568			

<間伐作業および作業道開設の生産性・コスト>

間伐・皆伐	
間伐・皆伐人工数	35.4人日
生産性	21.4m ³ /人日
伐出コスト	2,474 円/m ³
作業路開設	
開設工程人工数	10.0人日
生産性	60 m/人日
開設コスト	675 円/m

全体	
全作業人工数	104.7人日
生産性	7.2m ³ /人日
伐出コスト	15,699 円/m ³

補助金	
木材売上	8,235,792 円
総事業費	11,890,123 円
利益	-3,654,331 円
利益率(利益÷売上)	-44.4%

ICTハーベスタ(ロングリーチ)とロングアーム伐倒機(ブラキオ)の導入によりチェーンソー伐倒の面積を79%減少させることができた。その一方で、導入にあたり広い事業面積・材積, 高い生産性を持続させることが必須となる。本協議会では多機能な新規林業機械を導入した場合, 生産体制が整うまでにどの程度の期間が必要なのかが議論された。ここには林業機械のオペレーターの慣熟度が大きく関与することになり, 導入するか否かを判断するための重要な要素となる。素材生産の生産性評価は, 機械の種類, 作業方法, 地形条件, 林道や作業道の規格・密度, 作業員の知識や熟度等多くの要因の影響を受けるため評価・比較することは容易ではない。本事業での検証にオペレーターの慣れがどの程度の期間で確認でき, どの程度の生産性の向上が達成できるのかを検証した。林業機械, 複数の現場およびオペレーターによる生産性を評価する必要があるため, 作業の経過日数と施業範囲(エリア), 作業(伐倒・造材・集材)に要する日数に着目し, UAVを用いた空中写真撮影を適宜行い, 作成したオルソ写真の変化を追う検証方法を試みた。

[撮影等機材]

- ・使用UAV(Unmanned Aerial Vehicle/ドローン):ファントム4(DJI社製), air2s(DJI社製)
- ・撮影高度:100m, 70m
- ・オルソ写真生成:メタシェイプ

[方法]

(1)ドローンによる撮影(地上高100m)

実証地の作業進捗を把握するため, 今回の実証地の内3カ所についてUAVを用いて空中撮影を行った複数回鹿児島県肝付町後田(撮影回数:6回), 鹿児島県鹿屋市祓川(撮影回数:2回), 鹿児島県高隈町後原(撮影回数:2回)。飛行高度は100mおよび70m能での撮影を基本とした。撮影後は事務所内で解析ソフトウェアのメタシェイプを用いてオルソ写真を生成した。

(2)伐倒木の切り株をポリゴン化

オルソ写真に写っている切株を目視にて確認し, 切株直径の位置, 大きさに合わせて円ポリゴンを作成した。なお, 円ポリゴンは切株の円周に近似することからGIS上で円の直径を算出し, これを切株直径として扱った。また, ポリゴンは切株数であるが, 立木本数と同義であるため, 当該対象地から生産された材積を立木本数で除算することで立木一本当たりの材積を算出した。

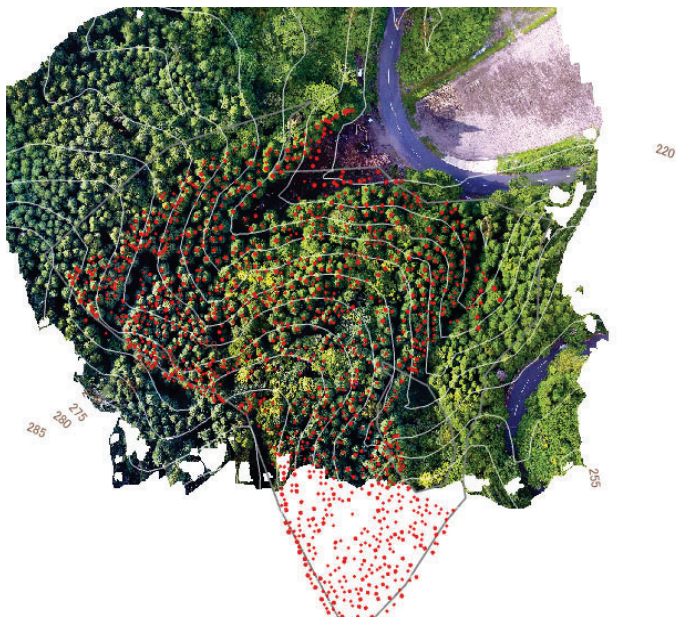
(3)撮影期間毎の作業範囲をエリア化

実証事業体から提出いただいた作業段日報や施業進捗が分かる図面を基に実証地内を複数のエリアに区分し, 各エリア内から生産された材積が試算できるようにデータを整えた。

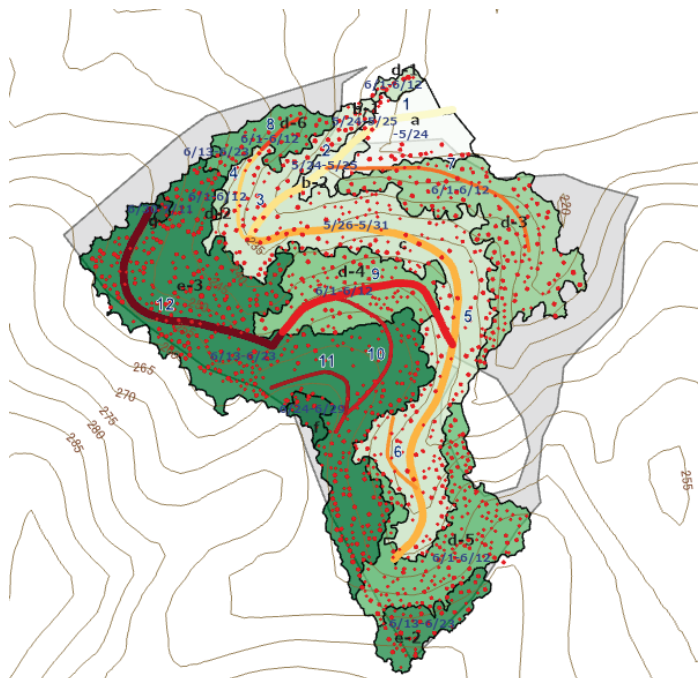
前後の撮影写真を比較すると未伐採だった立木の樹冠が消失し切株が出現する場合は当該期間中に伐採された痕跡として認められる。作業道についても開設状況を確認することが可能だが, 正確に進捗を把握するためには短期間での写真撮影を行わないと作業期間を確定することが困難となる。

(4) エリア毎の作業進捗を確認

傾斜地での作業道開設や伐倒作業においては林内の傾斜角が大きく影響する。そこで、国土地理院・基盤地図情報サイト（基盤地図情報 数値標高モデル <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>）から5mメッシュのDEMデータ入手し、GISで等高線と傾斜角分布図を作成し、立木位置図および進捗状況と合わせて実証地の作業進捗状況を検証した。



うしろだ
図-5 後田実証地の施業範囲およびオルソ写真



うしろだ
図-6 エリア位置図（後田実証地）



図-7 立木位置図 (うしろだ 後田実証地)

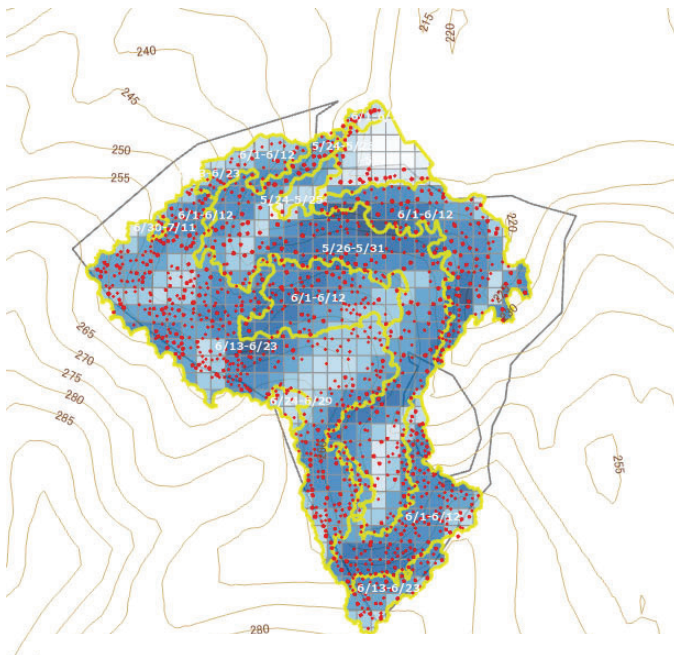


図-8 傾斜角分布図 (うしろだ 後田実証地)

表-2 上野物産株式会社 [後田実証地^{うしろだ}]

エリア		作業日	日数 (日)	面積 (ha)	平均傾斜角 (度)	切株本数 (本)	平均根本直径 (cm)	算定材積 (m ³)	生産量 (m ³ /日)
a	-	～5月23日	1	0.07	11.3	27	37.5	18.601	18.601
b	1	5月24日	2	0.00	25.0	2	29.9	1.378	1.033
	2			0.02	21.8	1	37.8	0.689	
c	-	5月26日	6	0.38	29.9	268	30.8	184.633	30.772
d	1	6月1日	12	0.01	18.5	9	40.8	6.200	25.376
	2			0.00	33.4	1	30.0	0.689	
	3			0.19	31.0	140	31.5	96.450	
	4			0.11	31.2	90	26.6	62.004	
	5			0.14	31.1	167	27.7	115.051	
	6			0.05	25.8	35	29.2	24.113	
e	1	6月13日	11	0.00	23.8	1	31.3	0.689	30.125
	2			0.05	27.8	44	31.8	30.313	
	3			0.46	27.3	436	29.5	300.374	
f	-	6月24日	5	0.01	19.2	12	23.4	8.267	1.653
g	-	6月30日	12	0.00	27.3	5	26.4	3.445	0.287
			49	1.50	25.9	1238	29.8	852.896	17.406

(4) 結果

後田実証地: 上野物産株式会社

- 総出材積: 852.896m³
- 切株本数: 1,238本
- 本当たり材積: 0.689m³

後田実証地から生産された852.896m³を切株本数1,238本で除算し、立木一本あたり0.689m³の値を得た。これを各エリアの切り株本数に積算することで算定材積を求め、一日当たりの素材生産量を算定した。各エリアは施業開始日からの経過日数ごとのまとまりでもあるので、生産された材積により作業者の機械操作に対する慣熟度を検討することが可能であると考えた。

エリアの内、「d-5」と「e-2」はチェーンソーによる伐倒範囲なので注意が必要である。作業初期はエリアa(作業日5月23日)は一日あたりの生産量が18m³であり、エリアbは1m³であった。機械が動き始めたこの時期は伐倒よりも操作方法や機械の特徴をつかむことに時間をかけていた。エリアcに入ってくると30m³まで増加し以降25m³以上を保っている。このことから、今回のハーベスタお

よびロングアームの林業機械は約1週間位の作業である程度機械操作に慣れてきている。「作業の慣れ」が早い時点で確認でき、本システムを用いると25～30m³程度の高い生産量が期待でき結果となった。

生産性の開きは、エリア面積、平均傾斜角、平均根元直径による立地や立木の太さによるものではなく、切株本数および算定材積に影響を受けている。作業開始当初は機械操作の不慣れによる影響があり、エリアaの5月23日の生産量18.601m³/日から3日間経過したエリアcの6月1日の生産量30.772m³/日を比較すると12.171m³/日であり一日当たりの生産量が165%増加している。なお、エリアdのチェーンソー使用は2日間、エリアeは3日間であり伐倒手1名による作業である。エリアdは57.526m³/日、エリアeは10.104m³/日の生産量となる。ここでの生産量は日報による人役と図面上での算定材積によるものなので、その他付随する作業内容等がについて厳密に把握することが難しいことが課題としてあげられる一方で、チェーンソー作業の柔軟性とスピード感が現れている。

はらいがわ

祓川実証地:大隅森林組合

- 総出材積:256.755 m^3
- 切株本数:391本
- 本当たり材積:0.657 m^3



はらいがわ
図-9 祓川実証地の施業範囲およびオルソ写真



はらいがわ
図-10 立木位置図 (祓川実証地)

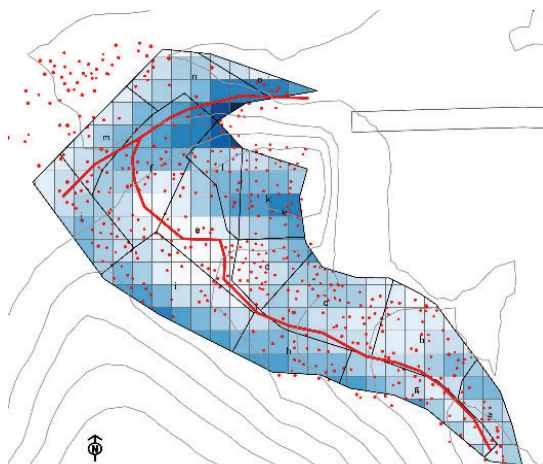


図-11 傾斜角分布図 (祓川実証地)

祓川実証地から生産された 256.755m^3 を切株本数391本で除算し、立木一本あたり 0.657m^3 の値を得た。作業開始4日目のcエリアからは生産量が飛躍的に上昇し 30m^3 を超えている。当エリアは面積も比較的広めで立木本数が多いことから効率よく作業ができたことが推察される。その後、生産量にバラツキがあるがエリア面積、立木本数ともに過少であるため一概に比較することは難しい。ここでも「作業の慣れ」が早い時点で確認でき、本システムを用いると $25\sim 30\text{m}^3$ 程度の高い生産量は期待できる。

生産量の開きは、後田実証地と同様に切株本数および算定材積量に比例する。なお、作業開始直後のエリアb(7月21日)の生産量 $8.537\text{m}^3/\text{日}$ とエリアc(7月24日)の $32.833\text{m}^3/\text{日}$ と比較するとエリアbを施業した3日後の24日には385%に増加した。この生産量は全エリアの施業の中でも最も高い数値を示しているが切株本数および算定材積が最も多いエリアであるため、他のエリアとの比較において過大となっている可能性が高い。そのため、エリアfの $26.266\text{m}^3/\text{日}$ 、エリアkの $24.297\text{m}^3/\text{日}$ のエリアでの生産量が最大値と見込む方が妥当だと考えられる。なお、生産量が低いエリアについては、切株本数が少ない箇所が多く、他の作業との関係において伐倒量が過少となっている。

表-3 大隅森林組合〔祓川実証地〕

エリア	順序	作業日	日数 (日)	面積 (ha)	平均傾斜角 (度)	切株本数 (本)	平均根本直径 (cm)	算定材積 (m3)	生産量 (m3/日)
A	1	7月20日	1	0.02	16.8	14	31.1	9.193	9.193
B	2	7月21日	3	0.05	10.2	39	28.1	25.610	8.537
C	3	7月24日	1	0.06	14.3	50	28.8	32.833	32.833
D	4	7月25日	1	0.03	11.7	34	24.5	22.327	22.327
E	5	7月26日	1	0.04	7.9	29	28.4	19.043	19.043
F	6	7月27日	1	0.07	18.1	40	32.1	26.266	26.266
G	7	7月28日	3	0.04	15.4	24	28.9	15.760	5.253
H	8	7月31日	1	0.03	21.0	18	30.8	11.820	11.820
I	9	8月1日	2	0.06	15.5	29	29.9	19.043	9.522
J	10	8月3日	1	0.03	15.4	25	30.1	16.417	16.417
K	11	8月4日	1	0.04	22.5	37	22.9	24.297	24.297
L	12	8月5日	2	0.02	22.6	22	26.4	14.447	7.223
M	13	8月7日	3	0.03	14.4	14	32.2	9.193	3.064
N	14	8月10日	6	0.04	21.3	10	38.4	6.567	1.094
O	15	8月16日	1	0.01	20.7	6	38.0	3.940	3.940
合計			28	0.57	16.0	391	28.8	256.755	135.272

単木材積 0.657

祓川実証地:大隅森林組合

- 総出材積:256.755m³
- 切株本数:391本
- 本当たり材積:0.657m³

後原実証地から生産された139.103m³を切株本数123本で除算し、立木一本あたり1.131m³の値を得た。祓川実証地からの引き続きとなり作業開始2日目から20m³を超える生産量となっている。後半になるにつれて立木本数が少ないエリアになることや他の作業との関連から生産量が徐々に低下している。本実証地は後原実証地からの継続となるため「作業の慣れ」は事業地への対応に要する早さと捉えた方が良くと考えられる。全実証地を通して、平均傾斜角が比較的緩く、最も急斜面であったのは後田実証地の33.4度であったため、急傾斜地での影響を検討することはできなかったが、翻って30度未満程度の傾斜地であれば3日程度の練習期間を経ることで高い生産性を実現できることを知ることができた。

本システムを用いると25～30m³程度の高い生産量は期待できる。



図-12 後原実証地の施業範囲およびオルソ写真



図-13 立木位置図（後原実証地）



図-14 傾斜角分布図（後原実証地）

表-4 大隅森林組合〔後原実証地〕

エリア	順序	作業日	日数 (日)	面積 (ha)	平均傾斜角 (度)	切株本数 (本)	平均根本直径 (cm)	算定材積 (m3)	生産量 (m3/日)
A	1	8月17日	1	0.02	13.7	12	37.9	13.571	13.571
B	2	8月18日	1	0.02	15.4	22	31.7	24.880	24.880
C	3	8月19日	1	0.03	17.1	19	35.3	21.487	21.487
d	4	8月21日	1	0.02	22.9	16	35.0	18.095	18.095
E	5	8月22日	1	0.02	17.5	27	29.6	30.535	30.535
F	6	8月23日	1	0.02	17.3	8	36.7	9.047	9.047
G	7	8月24日	1	0.02	14.2	7	36.7	7.916	7.916
H	8	8月25日	1	0.02	17.1	12	34.5	13.571	13.571
合計			49	0.16	16.9	123	33.7	139.103	139.1

単木材積 1.131

(3)木材流通1 (ICTを活用した木材検収) (R5年度実施) (担当:岡本産業、山佐木材、上野物産、鹿児島大学)

成長産業化事業で整備された中間土場においてスマホ撮影画像による検収(BREAKTHROUGH製Log-Co)を行い、需要側との情報共有・透明化による取引コストの低減に関して検討した。スマホ撮影画像による径級および本数カウントについてシステムの有効性については事業体間で一定の理解を得た。スマホ画像による木材検収、市場検収、従来型の手検収を比較し、市場検収を真値とした場合に誤差は5%以内となっていた。

(4)木材流通2(マーケットイン型木材需給体制の構築) (R4年度～R5年度実施) (担当:岡本産業、山佐木材、鹿児島大学)

昨年度導入したウェブ需給マッチングシステムでは、木材加工業者が必要とする素材の規格やサイズ数量の発注情報を、「需要者入力マトリクス」としてウェブ上に開設し、その該当欄に必要な数量を入力することとしていた。これらの情報を木材クラウドサーバ上にアップロードし、需要情報を集計する。複数の需要者と複数の素材生産者とのマッチングをこのクラウドサーバ上で行い、販売契約を行う想定である。需要の時期や出材の時期、採材方法の違いによる価格および収益構造の変化についての懸念があった。

(5)再造林技術(R5年度実施) (担当:大隅森林組合、駿河木材、上野物産、鹿児島大学)

主伐から再造林までを連続的に取り組む一貫作業システムを導入した。素材生産で利用したロングリーチにより機械地拵えを行った。苗木についてはエリートツリーではないものの、特定母樹であり鹿児島県内の優良品種である県始良20号を通常のコンテナ苗(200cc程度)として育苗し、1,500本/haでの低密度植栽を行った。林野庁低密度植栽技術導入のための事例集(2022)より、2,500本植栽に比べて1,600本(本提案書ではこれを1,500本植栽とみなす)植栽は苗購入費及び植栽コストを削減した。

また、ドローンによる苗木運搬についても実証した。ドローンによる苗木運搬作業は、オペレーターと下す箇所には1人ずつ、計2人で作業を行った。苗数2510本を30本くらいずつ袋に入れて運搬した。1回のフライトで運べる苗木は重量の関係で、2袋が限界であった。1往復あたり1分30秒程度であるが、1回の充電で2～3往復が限界とのことであった。作業は、3時間で終了した。ドローンによる苗木運搬は、苗木を運搬する作業道路がない場合等に有効だと考えられた。同日中の運搬および植栽は作業効率が悪い(安全上、飛行ルート下での作業は行わない)ため、植栽の前日にドローンで配るポイントに配っておく方が良い。そのため、ドローンによる苗木運搬を行う際には植栽・苗木運搬の作業スケジュールを適切に設定する必要がある。

(6)保育省力化(担当:大隅森林組合、駿河木材、上野物産、鹿児島大学)

林野庁低密度植栽技術導入のための事例集(2022)より、2,500本植栽に比べて1,600本(本提案書ではこれを1,500本植栽とみなす)での下刈りは作業時間が6%削減されるとしている。さらに、昨年度実証した機械下刈りを想定して植栽した。2.5m等間隔上の場合1,600本植栽となるところを、1.9m×3.5mと下刈り機械が搬入できる植栽方法で植栽した。今年度の植栽は斜面傾斜方向に下刈り機械が移動可能となるように植栽間隔を上げたが、機械の稼働可能傾斜や下刈り機械の旋回場所を想定した植栽方法について意見が交わされた。

3実証事業の総括(令和5年度で実証事業を終了する場合)

広域森林資源調査においては、既撮の航空写真から平均林冠高を推定し、高蓄積林分の抽出を行った。林分条件だけでなく地理条件および社会的条件を加味したゾーニングが必要であると考えられる。素材生産においては、チェーンソー伐倒から機械伐倒への転換により、危険が伴うチェーンソー伐倒比率を7-8割削減することができた。一方で機械伐倒のための路網作設が必要となるため、災害にならない作業道作りとセットで機械伐倒について検討する必要性が示唆された。ロングリーチの伐倒機および集材機を使用することで土場での作業も従来に比べると移動が少なくなり、作業しやすくなっていた。今回の事業では事業地毎の生産性を評価することができた一方で、機械導入を含めた経営体としてみた場合には、機械費用の減価償却を含めたコスト構造が課題となった。高性能林業機械を経済的に使用するには、作業ロットの拡大つまり事業地の拡大が必要だと考えられた。再造林については低コスト化、省力化した植栽方法を実証したが、下刈り機械を運用するにあたっての植栽間隔や枕(機械の旋回場所)の配置といった新たな課題を知ることができた。

Ⅲ今後の事業の展開方向

平成29年度～令和3年度の林野庁林業成長産業化地域創出モデル事業そして今回の「新しい林業」経営モデル構築経営モデル実証事業を通じて、チェーンソー伐倒から機械伐倒へと移行することで生産性が向上し、より安全性の高い素材生産システムを実証した。また、参加事業体内での地域材生産を連携する体制を構築できた。森林経営、素材生産、木材流通、木材加工の各事業体が参画することで、新たな木材供給体制の構築する素地が整った。今回の事業を進める中で製材工場の需要と素材生産側での供給におけるミスマッチの解消やタイムスケジュールの認識を共有できてきているため、マーケットイン型の製材工場の需要を直接素材生産側への要求する生産する体制への展開を見据えることができた。今後はさらに持続可能な木材生産を実現する協働体制で再造林を担保する木材生産システムへと展開する。機械伐倒による素材生産においては作業道作設による崩壊リスクを評価し、安全な環境で生産できるための基準を示す必要がある。

山側は資源の定量的な把握と低コスト再造林・保育作業による持続的で安定的な資源供給体制が出来つつあり、地域資源の見える化は地域の産業の基盤となる。流通に関しては、木材サプライチェーンを安定化させるとともに、輸送の最適化への展開が必要となる。各事業体での経営努力だけでなく、事業体連携による体制づくりが今後必要となる。