

林野庁補助事業

令和6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

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
事業成果報告書

令和7年2月

(代表林業経営体) 一般社団法人 リフォレながと

(代表支援機関) 山口県農林総合技術センター

(支援機関) 住友林業株式会社

内容

1. 実証事業の概要	3
1.1. 事業の名称	3
1.2. 取組の背景	3
1.2.1. 山口県長門市の林業・木材産業の背景	3
1.2.2. 代表林業経営体の背景	3
1.2.3. 集約化（施業地確保）の背景	4
1.2.4. 素材生産の背景	4
1.2.5. 流通・販売の背景	5
1.2.6. 再造林の背景	6
1.3. 実証のテーマ	6
1.4. 実証団体の構成	6
1.5. 実証事業の内容	7
1.6. 実証事業の目標	8
2. 令和4年度及び令和5年度の実施結果	8
2.1.1. ICT機器を用いた境界明確化	8
2.1.2. ICT機器を用いた資源量把握・立木評価・施業提案	11
2.1.3. 素材生産の実施	13
2.1.4. 再造林に伴う資材運搬	16
2.1.5. 再造林地の獣害対策のための獣害捕獲	18
2.1.6. ながと型住宅を核とした需給情報マッチング	19
3. 令和6年度の実施結果	20
3.1. 実証内容	20
3.1.1. ICT機器を用いた境界明確化	20
3.1.2. ICT機器を用いた資源量把握・立木評価・施業提案	23
3.1.3. 素材生産の実施	26
3.1.4. 再造林に伴う資材運搬	30
3.1.5. 再造林地の獣害対策のための獣害捕獲	31
3.2. 令和6年度の実行結果及び取組の評価	33
4. 今後の事業の展開方向	33
4.1. ICT機器を用いた境界明確化	33
4.2. 立木評価と生産計画、素材生産	34
4.3. 再造林・獣害対策	34

1. 実証事業の概要

1.1. 事業の名称

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

1.2. 取組の背景

1.2.1. 山口県長門市の林業・木材産業の背景

長門市の森林面積は 26,839ha、うち地域森林計画対象面積は 26,695ha と、民有林率が高い。民有林のうち、人工林が 13,379ha と、約 46% である。主要造林樹種は、面積比率で、スギが約 34%、ヒノキが約 42% である。人工林の齢級構成としては、蓄積量の比率で、10 齢級以上が 54% 以上を占め、戦後植栽した資源が成熟期を迎えている。

長門市では、平成 29 年度から、林野庁の補助事業「林業成長産業化地域創出モデル事業」を利用し、林業・木材産業の成長産業化に取り組んできた。その一環として、長門市の林業・木材業の発展と森林所有者への利益還元を実現するための「長門市林業成長産業化地域構想」を取りまとめ、現在、二期目を迎えている。

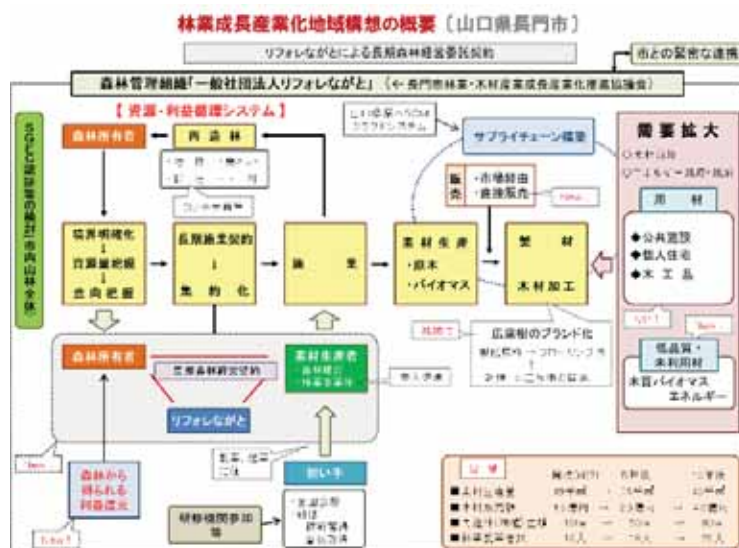


図 1 長門市林業成長産業化地域構想の概要

1.2.2. 代表林業経営体の背景

構想を実現させるため、令和 2 年 7 月に、長門市内の関係者が出資して、「一般社団法人 リフォレながと」を立ち上げ、①素材生産量の拡大、施業の効率化・低コスト化（川上分野）、②担い手の確保・育成（人材育成）、③需要の確保・拡大、新たな流通販売体系の確立（川中・川下分野）に関する事業を地域林業の

司令塔として担っている。特に境界明確化・森林の集約化（施業地確保）や素材生産量の拡大、長門市産材を活用した住宅（ながと型住宅）向けを含めた原木の流通・販売などを主要業務として実施している。

リフォレながとは、設立目的が地域林業の司令塔であり、収益を上げることが第一の目的ではないが、川上から川中・川下に至るまでの林業活性化の担い手として、大きな期待が寄せられている。



図 2 リフォレながとの役割

1.2.3. 集約化（施業地確保）の背景

長門市では、森林所有者の高齢化が進み、また、市外在住の所有者も増えつつあり、施業地確保を行う上での現地境界確認が困難になりつつある。

一方、リフォレながとは、森林所有者に施業提案を行う際に、毎木調査を行っているが、施業箇所が増加するにつれ、調査時間の確保が課題となっている。さらに、調査項目のうち、樹高や形質は目視に頼っているものの、経験の度合いによって、調査精度にばらつきが生じている。

1.2.4. 素材生産の背景

長門市の伐採は、これまで搬出間伐を中心に施業を行い、素材生産量について、長門市とリフォレながとは、令和 8 年度までに素材生産量を一年間当たり 40 千 m^3 、再造林面積を一年間当たり 80ha まで増やすことを目標に掲げているが、現状は 12 千 m^3 と、未達である。

表 1 長門市の素材生産量等の目標

	令和 2 年度	令和 8 年度	令和 13 年度
○素材生産量の拡大	12 千 m^3	40 千 m^3	40 千 m^3
（うちスギ・ヒノキ）	10 千 m^3	30 千 m^3	30 千 m^3
○木材販売額	1.2 億円	4.0 億円	4.0 億円

○再造林（新植）面積：	17ha	→	80ha	→	80ha
（うちスギ・ヒノキ：	13ha	→	60ha	→	60ha）
○林業就業者数	： 9 人	→	26 人	→	26 人
※但し、令和 5 年度に終了する航空レーザ測量の結果を踏まえ令和 7 年度に目標の再調整を行う予定となっている。					

長門市内の多くの森林組合や事業体は、これまで搬出間伐を中心に施業を行ってきたため、ハーベスタやプロセッサなどの高性能林業機械をあまり所有しておらず、重機も 0.25m³ クラスの小型サイズを使用していることが多いため、コスト競争力は高くない。また、担い手の育成について、異業種からの参入として、山口県建設業協会長門支部の会員企業が、今年度から参入する計画となっており、代表支援機関である山口県農林総合技術センターで短期育成研修を受講している。

さらに、長門市で素材生産を行う事業体は、日報を記載する事業体はあるものの、生産性分析や進捗管理に活用できていない。

1.2.5. 流通・販売の背景

長門市では、長門市や山口県内のメーカーと協力し、管柱やフローリングに長門市産材を活用した「ながと型住宅」の取組を開始している。



図 3 ながと型住宅建て方現場

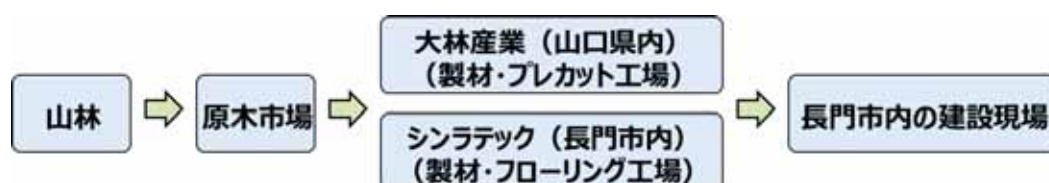


図 4 現状のながと型住宅の物流

ただし、工務店、プレカット工場及び製材工場（同一企業が運営）、素材生産事業体の 3 者による需給情報が共有されておらず、各者とも、十分なリードタ

イムを持った受発注による余裕を持った生産活動ができていない。

特に、ながと型住宅に必要な管柱用 3m 造材を行っておらず、スギ・ヒノキとも、径級に関わらず、基本的には 4m に造材している。

1.2.6. 再造林の背景

長門市における再造林推進に関しては、シカ等による獣害対策が大きなテーマとなる。長門市では、これまで皆伐をあまり実施していなかったため、事業体は再造林の経験が乏しい。造林した苗木に対して獣害防護柵などで対策を講じなければ、甚大な被害を受ける。

また、再造林における防護柵や苗木の運搬について、UAV の活用による労務低減が、可能性として見出されている。

1.3. 実証のテーマ

地上レーザや ICT ハーベスタなどの先進的技術を駆使し、素材生産効率や労働安全性を高めるとともに、製材工場等との詳細な需要情報の共有を図ることによって、原木の付加価値を高め、林業収益性の向上につながる経営モデルの構築を実証する。

1.4. 実証団体の構成

代表林業経営体、支援機関のほかは、下表のとおりである。

表 2 協力団体一覧

協力団体	役割
山口県建設業協会 長門支部	主伐
(株)清水林業	主伐・再造林
(株)横山木材	主伐
山口県西部森林組合	再造林
(株)シンラテック	製材
大林産業(株)	製材
山口県猟友会長門支部	獣害対策

本事業について専門的な立場からの審査や助言等を行うため、協力団体メンバーのほか、有識者等からなる推進協議会を設置した。

表 3 新しい林業推進協議会名簿

委員名	所属 肩書	備考
寺岡 行雄	鹿児島大学 教授	有識者
吉村 博克	長門市 経済観光部長	行政
安藤 繁之	山口県建設業協会 長門支部長	素材生産
清水 政則	(株)清水林業 代表取締役	素材生産
河内 武二	山口県西部森林組合 代表理事	造林者
近藤 友宏	(株)シンラテック 代表取締役社長	実需者
山根 満広	建築士会長門支部長	実需者
本田 聡	山口県森林企画課	オブザーバー
山内 茂雄	山口県下関農林事務所	オブザーバー
角谷 隆士	長門市経済観光部農林水産課	オブザーバー

1.5. 実証事業の内容

本事業の主な実証項目を下図に示す。



図 5 本事業の主な実証内容

◇ 集約化（施業地確保）

- 境界明確化の効率化
- 資源量把握の効率化
- 立木評価の高精度化

◇ 素材生産

- 需要先の実需要に合わせた材長・径級での造材（4m 採材からの脱却）による直送
 - 異業種からの新規参入企業への造材作業支援
 - 進捗管理・請負単価の適性判断

- 在庫管理（山土場・中間土場（設置の場合のみ））
- ✧ 流通・販売
 - 需給情報の川上側への円滑な情報共有
 - 供給情報の川中・川下側への円滑な情報共有
- ✧ 再造林・保育
 - 再造林の効率化
 - 獣害対策の効率化

1.6. 実証事業の目標

令和4年度当初に掲げた目標は、以下のとおりである。

（集約化）

私有林との長期施業委託契約面積：150ha/年

（素材生産）

ICT ハーベスタの導入により、素材生産のコストダウン：500 円/m³

ICT ハーベスタの導入により、確保する新規参入事業者：1 社

（流通・販売）

需要者との情報共有によるバリューアップ、運送効率化のコストダウン：併せて 500 円/m³

安定的な供給体制構築による、ながと型住宅建設：5 棟/年

（再造林）

皆伐実施後の再造林率：100%

ICT を利用した罠によるシカの捕獲：100 頭/年

ただし、シカの捕獲頭数はあくまで目安であり、最大の目的は、再造林地を獣害から守り、苗木を活着させることである。

上記目標の達成度合いについて、次項で評価する。

2. 令和4年度及び令和5年度の実施結果

2.1.1. ICT 機器を用いた境界明確化

令和4年度はスマートグラスとスマートフォンの GNSS を用いた中継システムの実証を行った。スマートグラスでは、中継先の会場での指示をスマートグラスのディスプレイ上に表示できる利点があったが、ブレが酷く、歩行も難しいという課題があった。そのため、令和5年度は低コストで手ブレ補正に優れているアクションカメラによる現地映像を行った。また、精度の高い現在地を示すために、センチメートル級の精度がある中で比較的安価な GNSS である Drogger を使用して、スマートフォンの位置情報の修正を行っ

た。映像を投影するカメラが示す方向(=スマートフォンが向いている向き)について表示することが可能なアプリケーションも使用した。

また、県外の森林所有者が遠隔地からの境界明確化を想定し、事務所と集会所の2ヶ所へ分散する実証も行った。

令和5年度に実施した実証の日時や参加者等を以下に示す。

- ・ 日付 令和5年10月28日(土)
- ・ 場所 長門市三隅地区(二か所)
- ・ 面積 三隅A2.83ha、三隅B 0.54ha
- ・ 対象者 三隅A公民館5名、三隅B公民館5名、リフォレながと事務所1名



図 6 実証のイメージ



図 7 現場の撮影者の様子

中継については、以下の通り、3つのシステムを用いて行った。複数会場の森林所有者が同じ画面を共有するために、また司会者(リフォレながと職員)が1名で実施するために2つのWEB会議システムを用いて現場と司会者、司会者と各会場を中継する手法で実証を行った。

表 4 中継に使用したシステム

映像	中継者	使用した中継システム
スマートフォンアプリケーションによる現在位置と撮影向き	現場と司会者のいる会場	WEB会議システム1の画面共有
アクションカメラの映像	現場と司会者のいる会場	アクションカメラ専用の中継システム
複数会場での映像投影	司会者のいる会場と各会場	WEB会議システム (現場の2つの情報を画面共有)

参加者に確認したところ、納得感や正確性、将来への期待感など、高い評価を得ることができた。アンケート結果は、下図の通り。

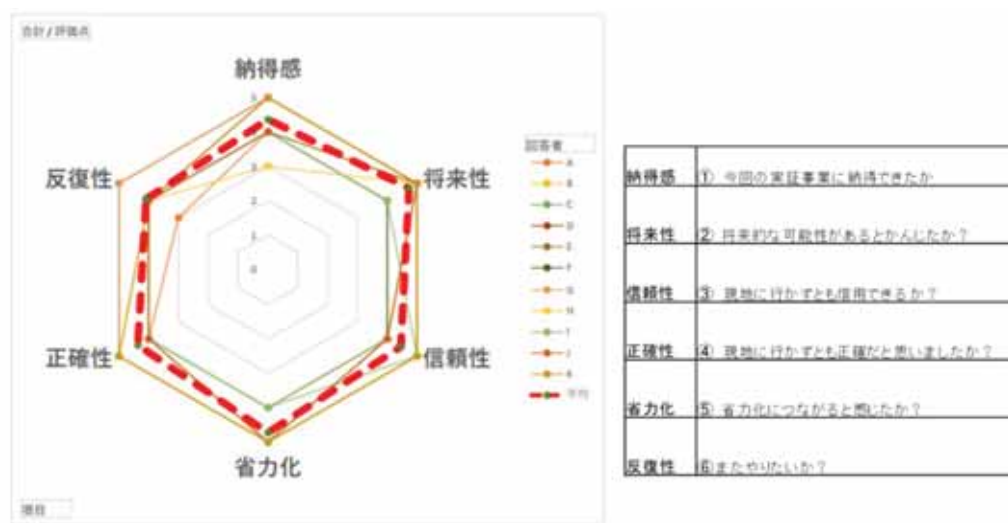


図 8 ICT 機器を用いた境界明確化へのアンケート結果

必要なスタッフの数は、集会場に 1 名、現場に 2 名必要だった。通常の現場立ち合いの場合の境界明確化が 1 名から 2 名であることから、人工の削減にはつながらないが、ICT 機器を使用する境界明確化は、山に行くことができない高齢者や遠方の所有者に対し非常に有効な手法である。

表 5 実証に使用した機器の概算費用（単位は円）

アクションカメラ	Wi-Fi(月単位)	GNSS	スマートフォン	合計
60,000	5,000	120,000	30,000	215,000

2.1.2. ICT 機器を用いた資源量把握・立木評価・施業提案

リフォレながとによる立木評価は、立木データから原木換算による生産予測を実施している。しかし、現地調査と内業に多大な労力・負担がかかることから、地上レーザ機器による立木評価の高精度化・省力化について、検討した。

表 6 使用した機器と生産予測方法

	1本計測	歩行型	設置型
機器名	iPhone	LA01、LA03	OWL
解析ソフト	mapry	mapry	OWL Manager
開発者	(株)マプリ	(株)マプリ	(株)アドイン研究所
レーザ点/秒	非公表	80,000点/秒	43,200点/秒
計測人数	2人(樹高計測時)	1人	2人
計測方法	iPhone搭載LiDARスキャナで、1本単位で樹種確認しながらスキャン	背負い式で、12m幅で歩行しながら連続計測（30分内）	約10m毎に一脚で設置、45秒静止した状態でスキャン林内を一筆書で計測
計測風景			
生産予測	リフォレながと立木評価書 ※等級は、現地調査結果から調整、入力		OWL施業提案作成システム ※ 等級は地上レーザ解析から自動入力

本業務では、立木評価を 4 つの調査地で実施した。また、どの調査地での主伐を実施したことから実績との誤差を検討する。

表 7 調査地の概要と調査方法

○ 調査地一覧

事業地	面積:ha	調査方法	標準地箇所数	調査面積	従来 2人	Mapry 2人	LA01 1人	OWL 2人
事業地 1	2.58	標準地	9	0.1425	○	○	○	○
事業地 2	4.32	標準地	13	0.23	○	○	○	○
事業地 3	0.19	全木	—	0.19	○	○	○	○
事業地 4	0.81	全木	—	0.81	○	○	x	○

○ 標準地、全木調査における面積あたりの平均所要時間			時間：分		
調査方法	項目	従来	Mapry	LA01	OWL
標準地調査(0.01haあたり)	現地調査	0:27	0:56	0:14	0:33
	内業(データ入力・確認)	0:36	0:18	1:28	1:41
	計	1:03	1:15	1:42	2:14
毎木調査(1haあたり)	現地調査	11:01	12:01	0:42	6:04
	内業(データ入力・確認)	1:28	0:32	1:08	1:22
	計	12:29	12:33	1:50	7:26

調査、立木評価に費やす人工について、リフォレながとの従来手法と Mapry で
の調査に差はなかったが、LA01 や OWL では省力化が図れることを確認した。

表 8 機器ごとの調査結果の比較

○ 詳細調査を真値とした誤差

項目	調査地	詳細 調査	詳細調査との平均値の誤差					
			従来	LA01	Mapry	OWL	OWL補 (参)	航空
平均胸高直径 cm	事業地 1	26.5	-2.3	3.3	-0.9	0.3	0.3	0.6
	事業地 2	32.2	-2.0	-1.1	0.4	0.4	0.4	2.2
	事業地 3	35.8	-3.1	-2.5	-0.3	0.9	0.9	-1.1
			-2.2	0.6	-0.1	0.4	0.4	1.4
平均樹高 m	事業地 1	18.4	-0.2	0.9	0.3	-2.2	0.4	-0.4
	事業地 2	24.3	-4.0	0.0	-2.4	-4.1	0.3	-1.3
	事業地 3	25.8	-5.4	1.2	-0.7	-5.8	-0.6	-0.9
			-2.6	0.4	-1.3	-3.4	0.3	-0.9
ha材積 m	事業地 1	668.0	-65.6	225.7	-27.8	-75.8	30.3	-114.5
	事業地 2	1004.7	-234.5	-235.1	-135.5	-289.5	-144.3	-347.0
	事業地 3	1277.7	-382.0	-281.9	-50.1	-371.3	-146.5	-490.6
			-174.8	-56.8	-89.6	-209.4	-76.1	-262.3

※ OWL補は、樹高補正した数値

詳細調査（胸高直は直径巻尺、樹高は超音波測定器）と比較したところ、それぞれの調査手法で差があった。これは、レーザ計測のハード面の性能、解析ソフトの違いなどによる。

あわせて、生産予測から、原木生産予測による生産予測を行った結果、毎木調査手法との差が、生産予測にも比例して大きくなった。

これらは、過去の生産実績に基づいた安全率と等級比率の調整により、精度が向上できることを確認している。

表 9 立木評価の手法

立木評価に必要な指標	従来	実証中の検討している手法
素材材積	毎木調査の立木データから原木換算	航空レーザと地上レーザの組合せ
等級割合	毎木調査時の調査者の経験数値	地上レーザとこれまでの実績
生産原価	現況と地域相場と事業体への交渉	現況と地域相場と事業体への交渉
形質別販売価格	市況と製材所への交渉	市況と製材所への交渉

2.1.3. 素材生産の実施

令和4年度、令和5年度に素材生産を実施するに当たり、下記項目について、実証を行った。

表 10 素材生産実証内容

実施内容	実証で利用した機械やソフト	実証を行った施業地
ICTハーベスタを利用した需要に応じた材長・径級での造材による直送	機械：Waratah社のICTハーベスタ ・細りを予測した採材支援（ValueBucking） ・カラーマーキング ・原木1本毎の造材結果	全現場
電子日報による進捗管理、生産性分析	Googleフォーム（無料）と表計算ソフト	三隅二条久保、扉檜
在庫管理	Ipadのレーザ機能を利用したソフトMapryの検知システム	三隅二条久保

さらに、下記項目について、定量、または定性評価を実施した。

表 11 評価項目

ICTハーベスタ造材とチェーンソー造材の生産性比較	・日報による従来型とICTHVの生産性の定量評価 ・従来型（HV、手造材、初心者）とICTHVによる造材する材長など造材の違い（最適採材との違いを検証する）
ICTハーベスタのスプレー効果の検証	スプレーの有無での仕分けの効率（定性）
Mapryによる検収データと実測データの比較	検収システム実用性（定量）
日報データ・ドローン空撮データ・ハーベスタ造材数量データを使った進捗管理・生産性分析	日報の記録、電子化の有効性について（定性）

(1) ICT ハーベスタの活用

前述した通り、長門では、手造材や0.25ハーベスタが多く、0.45ハーベスタと造材の生産性について、それぞれの事業体ごとに比較を行った。なお、生産性の算出方法について、令和4年度は日報データの造材時間から算出したが、令和5年度は実際の造材している時間のみを計測することにより算出したため、生産性が高くなっている。

表 12 ハーベスタとチェーンソーの造材比較（令和4年）

造材	生産性(m ³ /人日)	造材費用(円/m ³)
ハーベスタ	52.01	951
チェーンソー	18.18	1,117

表 13 0.25HV と 0.45HV の造材比較（令和 5 年）

造材	生産性（m3/人日）	造材費用（円/m3）
0.25HV	124.2	297
0.45HV	270.5	183

表 14 バリュースタッキング（VB）機能の有無による生産性比較（令和 5 年）

造材	生産性（m3/人日）	備考
0.45HV-VB あり	76.8	長門建設業協会 が実施
0.45HV-VB なし	75.7	

比較した結果、チェンソーや 0.25 ハーベスタよりも 0.45 ハーベスタの生産性が高く、導入コストを加味しても、造材費用も有利であることが分かった。

次に、ICT ハーベスタに搭載されているバリュースタッキング機能を利用した造材を行った。長門では、従来、4m のみの造材をして県森連などの市場に販売していたが、「ながと型住宅」にも使用する管柱用 3m 材（径級 16～22）や梱包材用の 2.4m 材（径級 30cm～）の需要が県内や近隣の製材所・プレカット工場にあり価格も高いことが分かった。特に管柱用 3m 材（径級 16～22）は、同じ径級を市場に 4m 材として販売するよりも価格が 3,000 円程度高いため、積極的に採材したい。そのため、ICTHV の細り予測を用いて 2 番玉・3 番玉の採材を重視した採材を行った。なお、梱包用材は、同じ径級の 4m 材と比較すると、1m3 当たり 2,000 円高く販売できた。

バリュースタッキング機能の有無による造材平均単価は約 400 円、有利に造材できた。また、実証を行った造材オペレータからは、細りの予測があるため造材が簡易になった、曲がり等の形質のみを確認すれば良いので造材時の負担が減ったという話があった。

表 15 バリュースタッキング（VB）機能の有無による造材比較

	経験者	初心者
VB機能あり（円/m3）	11,861	14,103
VB機能なし（円/m3）	11,406	13,523
備考	従来は0.25HV	長門建設業共同組合

さらに、ICT ハーベスタに搭載されているカラーマーキング機能を用い、集材、仕分を効率化した。長門では、従来、造材した原木の全量を近隣の原木市場に納材するシステムであった。今回は、管柱用材、梱包用材を、製材工場に直送したことにより、土場での仕分作業が必要になった。仕分を行うオペレータにヒアリングしたところ、直感的に作業ができるため、効率化につながっており、今後もこの機能を継続してほしい、とのことであった。

ICT ハーベスタや直送実証での課題として、ICT ハーベスタでは、細りの予測と実測と合致しない、表示径級が平均径のため最小径と合致しない、キャビンからの直曲判断が不正確、といった問題点も生じた。また、これまでセンサーや小型ハーベスタ造材が多い地域のため、大型ハーベスタを使うことで従来よりも丸太に傷がつきクレームとなった。傷については、事前に市場や製材所に説明して合意形成を得ておく必要があり、用途によりつかみ圧を変更するなど工夫する必要がある。

直送の課題としては、曲がりや腐りなどの仕分けの正確性の向上、仕分け・検収実施によるリフォレながとや林業事業体の労務の増加、トレーラーや大型トラック・会社の不足があげられる。

(2) 日報による進捗把握及び生産性分析

本事業では、Google フォームを利用して、日報入力を行った。作業開始前に、作業工程ごとに予定生産性を作成し、オペレータが日報を電子データとして入力することで、事業体やリフォレながとが進捗率を視覚的に把握できた。

表計算ソフトを用いて、進捗や生産性、コストをグラフ化したものが、下図である。

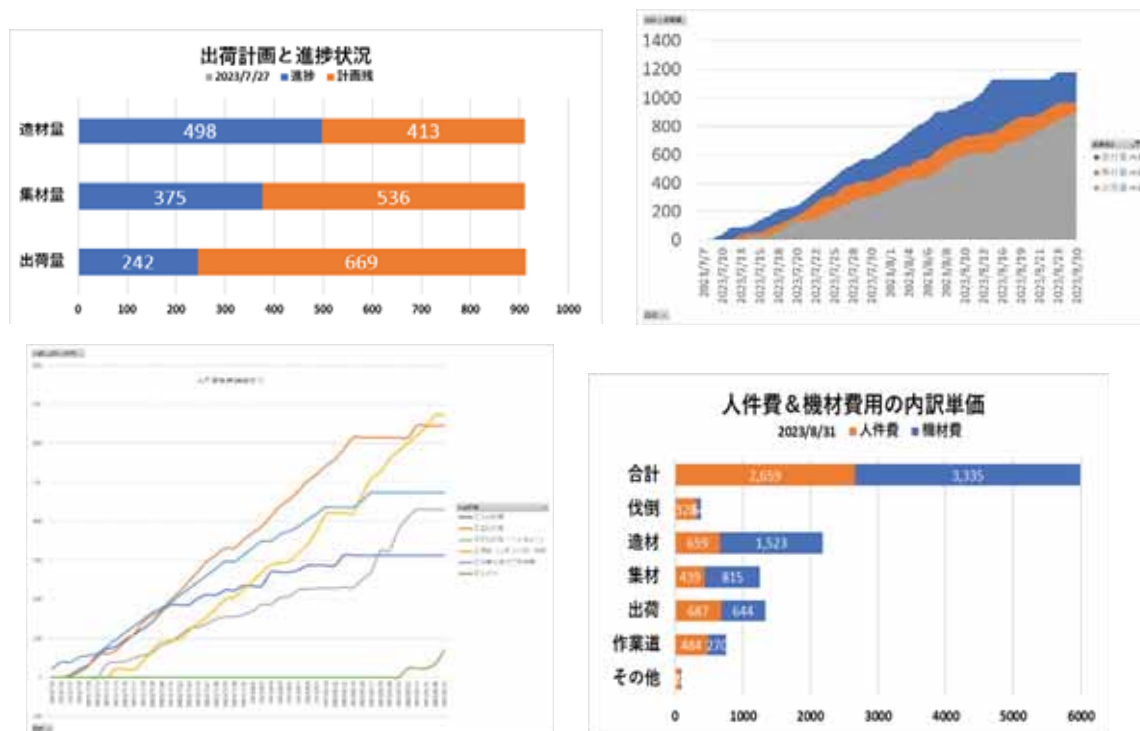


図 9 日報による進捗率や実績の分析グラフ

運用については、入力項目を「作業者」、「作業内容（伐採、造材、集材など）」、「作業時間」、「使用した機械」、「作業量」の5項目のみを入力することで入力時間の省力化を図った。入力者も作業者それぞれが入力する方法と班長がまとめて入力する方法のどちらでも可としたことで、入力漏れが少なくなった。

リフォレながとでは、コストや生産性のデータを用いて、林業事業体への発注額の妥当性や施業の歩掛基準の作成、現場の段取りの検討に活用できる。林業事業体は、作業途中の作業ごとの稼働時間や目標と進捗の差などを確認しながらコスト把握・生産性分析に活用できる。

また、日報データが電子化されていることから、日報の集計のみの簡易な作業で知りたいデータや表、グラフの作成を行えるようになるとさらに利用を進めることができるため、表計算ソフトにて作成を行った。

2.1.4. 再造林に伴う資材運搬

令和4年度は苗木の運搬を行った。運搬効率を考え、ある程度固まった箇所には苗木を運搬したが、ドローンでの運搬後に人力で植栽箇所まで運搬するのに労力がかかった。令和5年度は、植栽効率を考量し、苗木を凡そ0.05ha分を1か所に置くように分散させて運搬した。

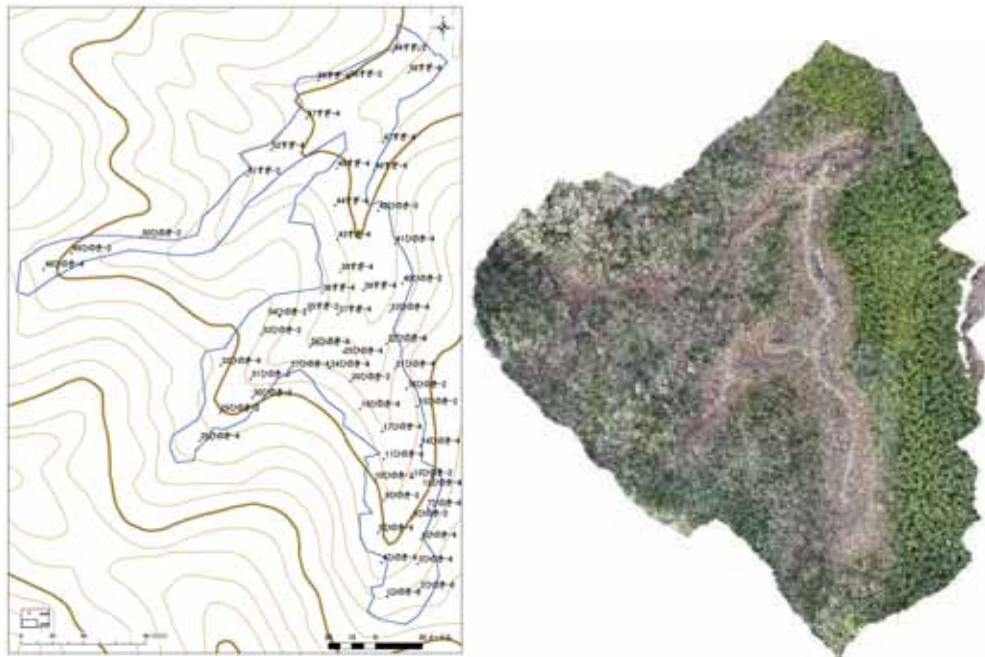


図 10 ドローンにより苗木運搬した箇所と箇所ごとの運搬した資材

令和 5 年度の苗木運搬について、従来の人力による獣害資材運搬と比べ、人工は減少したが費用は高くなってしまった。しかし、作業員にヒアリングしたところ、労働強度の軽減に効果的であった。また、苗木を分散して運搬することでオペレータの移動に時間を要するが、その後の植栽効率が向上した。分散させることの植栽効率について、植栽した事業者へのヒアリングによると 1 人/ha の削減が図れるという意見もあった。また苗木を分散して運搬することが可能であれば、大型苗木を効率よく植栽することも可能である。費用については、ドローン運搬を委託すると、運搬コストが高くなるため、毎年一定量の運搬を行うのであれば、費用対効果を考慮したうえで購入することを検討する必要がある。

表 16 人力運搬とドローン運搬の比較（ドローン運搬は委託を想定）

作業	掛かった人工	費用
人力運搬	2	4 万円
ドローン運搬	1.5	約 35 万円

(3) 獣害ネット用資材運搬

最大 55kg の資材の運搬が可能な大型ドローンで獣害対策用防護柵の運搬を行った。本事業では、獣害資材を 50m 分 1 セットとして林縁部に 50m 毎に運搬し、2 現場計 650m 分の資材運搬を実施した。



図 11 実証の様子

650m の資材を 4 人で 2 時間 29 分の時間で運搬できた。しかし、約 38 万円の委託費が必要だったことから、従来の方法よりも費用は高くなってしまった。しかし、作業員にヒアリングしたところ、労働強度の軽減に効果的であった。

2.1.5. 再造林地の獣害対策のための獣害捕獲

植栽木の食害をなくすこと、リフォレながとの植栽地の見回り軽減、植栽地周辺から鹿を減らすことを目的に猟友会と連携した効率の良い捕獲システムの確立を目指し、実証を行った。

リフォレながとと猟友会の見回り軽減のためのセンサー付き通信機器と小型囲い罠や、長門では事例が少なかったくくり罠を組合せた捕獲を行った。令和 4 年度は 2 地区で実施したが、令和 5 年度は長門市内全域の 4 地区 15.19ha の再造林地で実証を行った。



図 12 獣害捕獲の概要と通信制カメラの映像イメージ

令和 5 年 11 月より捕獲を始め、3 か月でシカ 25 頭を捕獲した。

捕獲の課題として、4 地区で実証を行ったが、地区によっては猟友会の高齢化が進んでおり、山林の険しい地形での捕獲が難しい場合があった。また、捕獲時の巡視やシカを運搬する際に利用したい作業道が急傾斜であったり、ボサの影響で通行できないことも多いため、施業者とも捕獲場所を共有することで協力体制を構築する必要がある。そのほか、植栽地の管理者としては、1 頭でも植栽地周辺にシカが確認されれば、捕獲を依頼したいが、猟友会としては、捕獲効率

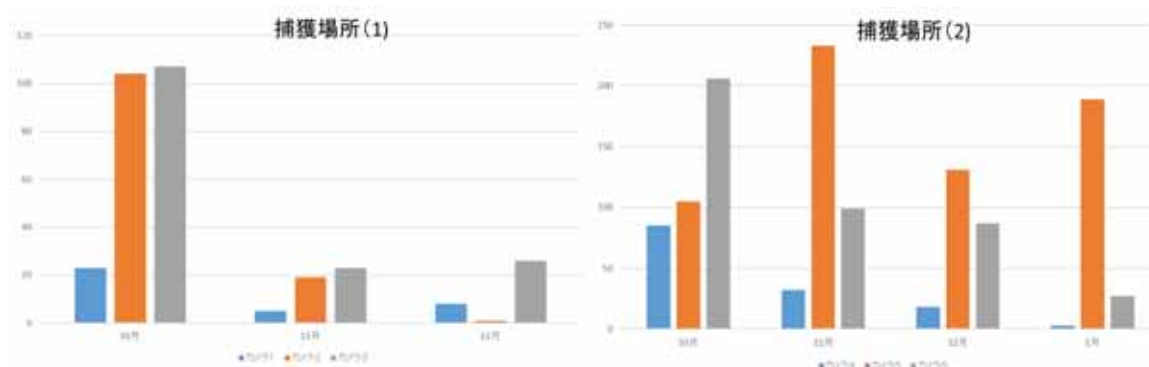
が下がった場合、捕獲の手間が増えるため、意識や手法のすり合わせが必要となることも分かった。

植栽地周辺で猟友会に捕獲をしてもらうことやセンサーカメラの設置は、リフォレながとの植栽地見回り軽減につながる。巡視の軽減効果は、通信制カメラの機械代を考慮しても 70,000 円/年のコストダウンが見込め、今後皆伐が増えた場合に有効な方法であることが分かった。

表 17 見回り効果

5台設置の場合	ハイカムCT4G +見回り(年4回)	見回りのみ (人件費(※))
初期費用	506,000	
ランニングコスト (1年目)	33,900円 +25,000円/回×4	25,000円/回 ×12回=300,000
ランニングコスト (2年目)	133,900	300,000
ランニングコスト (3年目)	133,900	300,000
ランニングコスト (4年目)	133,900	300,000
ランニングコスト (5年目)	133,900	300,000
合計	1,175,500	1,500,000円
1年あたりの費用	231,500円	300,000円

また、シカ捕獲による生息密度の変化を調査した。調査方法は、センサーカメラを用いたシカ出没個体数変化確認法を用いた。結果は、どちらの捕獲場所でも捕獲地周辺ではシカ捕獲を開始後に出現数が減少した。減少した要因としては、冬期に入り、シカの生息場所が変化した可能性もある。また、捕獲場所2では、捕獲をしていない尾根部分に設置したカメラでは出現数が減少していないため、シカの捕獲後の処理に労力を費やす尾根部分でも捕獲をすることも検討する必要がある。



2.1.6. ながと型住宅を核とした需給情報マッチング

長門市では、長門市産材管柱を活用した、「ながと型住宅」の普及に力を入れており、令和5年度は、1棟完工の見込である。ながと型住宅の需給調整は、リフォレながとが実施している。今年度は、これまでリフォレながとの担当職員

が電話による口頭で実施していた需給マッチングや受発注を表計算ソフトのマクロによりシステム化した。

来年度は、実際に運用することでの効果や課題を抽出する。



図 13 「ながと型住宅」今年度完工物件

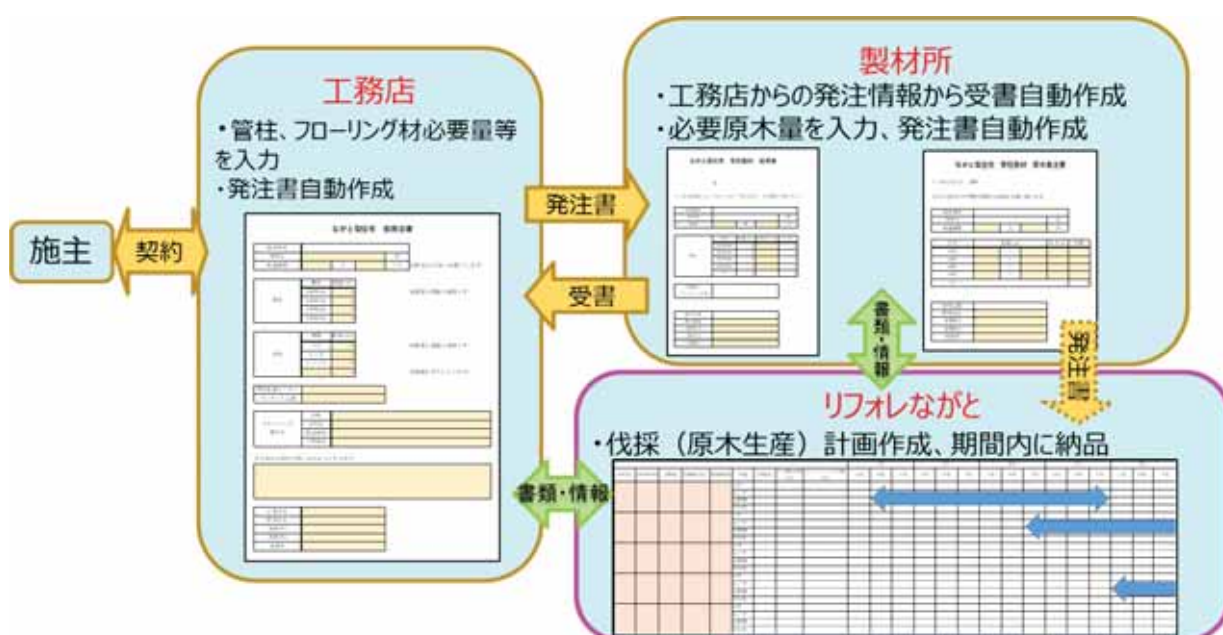


図 14 作成した受発注システムのフロー

3. 令和 6 年度の実施結果

3.1. 実証内容

3.1.1. ICT 機器を用いた境界明確化

令和 5 年度までは地籍が完了しているエリアで伐区確定のために境界明確化を行っていた。今年度は、地籍調査が完了していない森林で境界候補図の策定と森林所有者から境界同意を行った。

境界候補図の策定手順については、以下に示す。長門市は公図が存在しない山林が多く、今回の対象地も公図がない森林であった。そのため、山口県の森林

簿・森林計画図をベースの情報として長門市が取得した航空レーザ計測データを活用して所有者界の素案を策定した。次に森林所有者特定のために林地台帳や地番情報特定のために保安林指定調査図、対象地の森林に詳しい人を境界明確化推進委員に就任してもらいヒアリングを行い、森林所有者や地番の特定を行った。特定した森林所有者に直接訪問して固定資産課税明細書や過去の植栽履歴などを受領して所有山林の位置などの確認を行い、境界候補図の策定を行った。

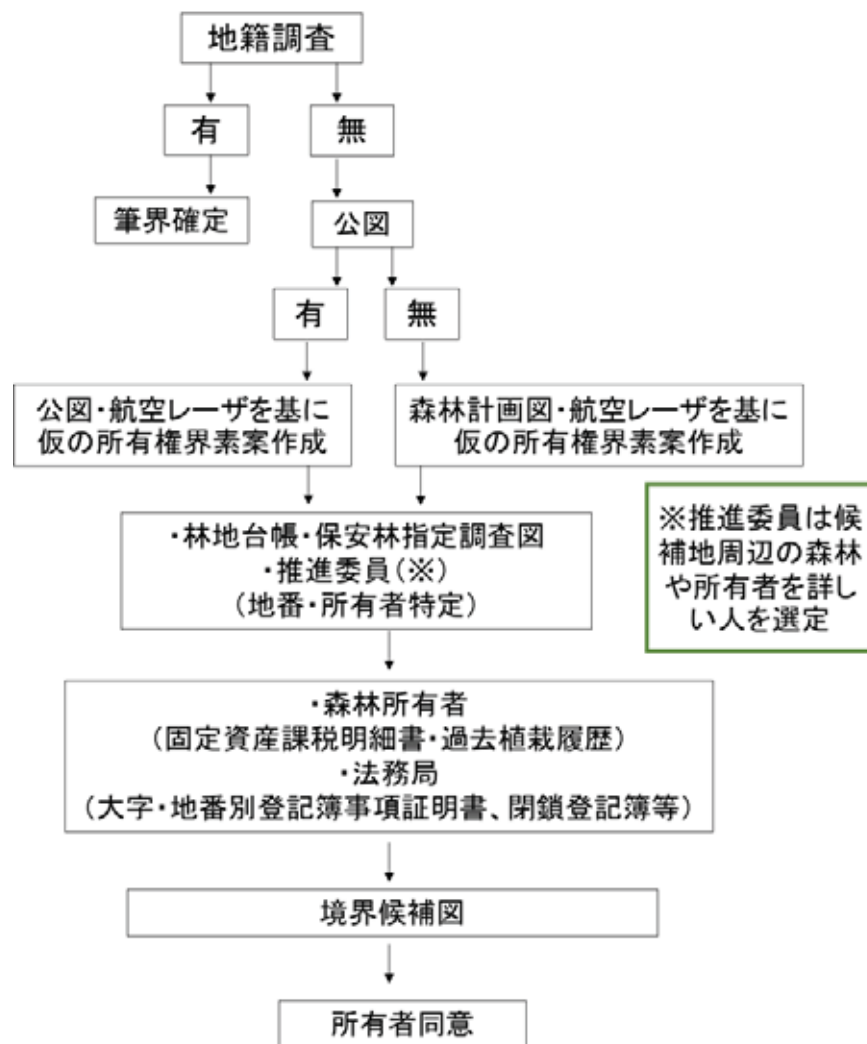


図 15 境界候補図作成までの手順

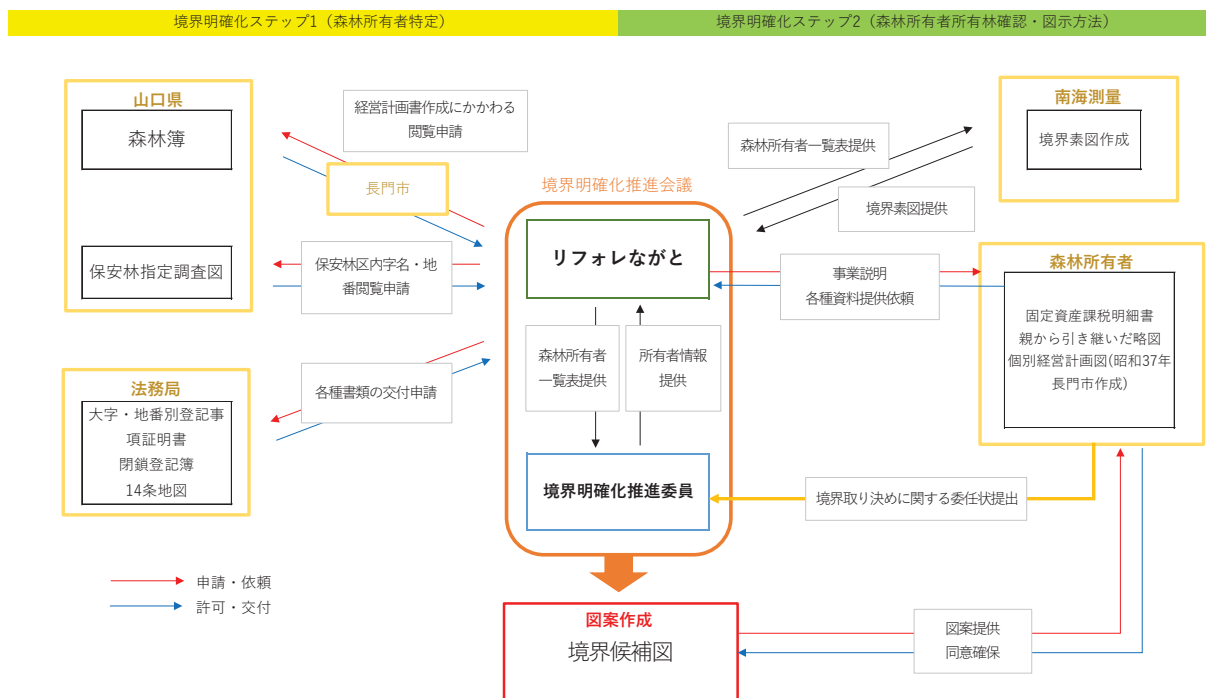


図 16 境界明確化で使ったデータと入手先

作成した境界候補図について、昨年度までの手法と同様にアクションカメラ等を使い、森林所有者が現地に行かずに、境界同意を取得する手法について実証を行った。

森林所有者に提示した情報は、まずは森林 GIS にて地形データや林相区分データを 3D 画像なども用いて説明した。森林 GIS での説明のみで納得した森林所有者が参加者の 88% とほとんどであった。次に山林の様子を映像で確認したい森林所有者に対して現地と公民館の森林所有者が同じ映像を確認しながら相互指示できるように令和 5 年度と同様の方法でアクションカメラと WEB 会議システムを用いて現地映像を投影した。また、現地の場所を示すために航空レーザを解析した地形図や林相区分図を背景にした GPS 位置情報とアクションカメラが向いている向き(=スマートフォンが向いている向き)を表示した。

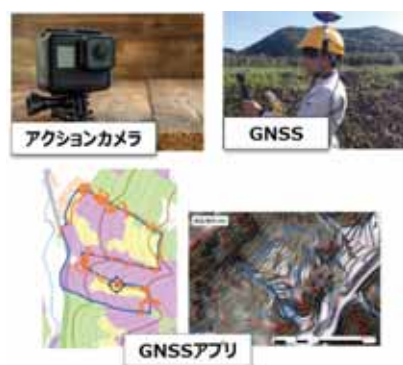


図 17 実証で使ったスマートグラスと実証の様子

参加者に確認したところ、納得感や正確性、将来への期待感など、高い評価を得ることができた。アンケート結果は、下図の通り。

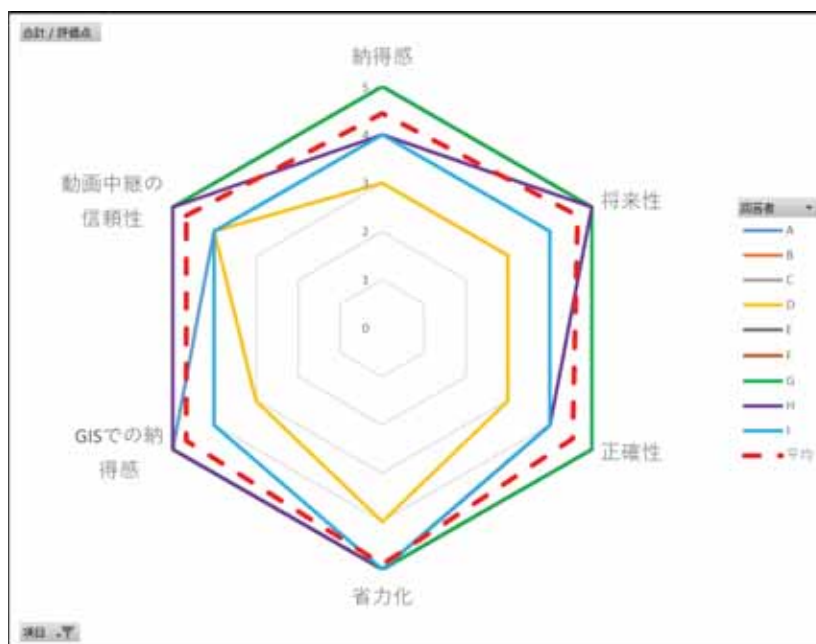


図 18 ICT 機器を用いた境界明確化へのアンケート結果

ICT 機器を使用する境界明確化は、山に行くことができない高齢者や遠方の所有者に対し非常に有効な手法であることがわかった。課題としては、地籍がない箇所での所有者特定には地元の山林に詳しい人（推進委員）が必須であり、詳しい人は高齢な人が多いことから優先順位を決めて境界明確化を早急に必要ながある。

民間事業者のため、公共機関から入手できる個人情報が少ないことも課題であった。入手できた個人情報は林地台帳のみで所有者不明な箇所が 7 割以上あり、所有者特定に苦労した。また、電子データとして入手できる資料が登記簿や森林所有者からの資料も含めて少ないことから、データの電子化に労力を費やした。

3.1.2. ICT 機器を用いた資源量把握・立木評価・施業提案

リフォレながとでは、森林所有者から立木購入による皆伐を進めており、正確な立木評価が求められている。そのため、毎木調査による資源量把握と立木評価・施業提案を実施している。本業務では航空レーザによる森林資源解析、地上レーザ(OWL)にて資源量把握を行い、毎木調査との比較を行った。また、資源量把握のデータを基に、丸太販売価格予測を実施した。

まず、地上レーザの精度について検証を行った。丸太販売価格予測に必要な樹高、胸高直径、丸太ごとの末口直径、矢高（等級）の精度について計測を行った。なお、地上レーザは Mapry 社の LA03 と OWL の 2 種類にて精度の検証を行っ

た。実証結果を抜粋したものを以下に示す。DBHは実測値と比較してLA03は9.4%、OWLは1.6%の誤差率であった。樹高については、両機とも大きな差異があった。丸太ごとの末口直径については、2cm 括約の数値として元玉でLA03は16%、OWLは1%の誤差率があり、両機とも先端に行くほど精度が落ちる傾向が確認できた。丸太ごとの矢高についてもLA03は164%の差異があり、等級一致率についてもどちらも2番玉で15%と精度が低かった。

現時点では、径級・等級とも精度は低く、地上レーザの解析による丸太販売価格予測は困難な状況であることから今後もメーカーと連携して精度向上の取組を続ける。ただし、地上レーザはデジタルデータとしての客観性、施業提案時の所有者説明には有効であると考えられるため、対象とする森林所有者の状況によるがDBHの計測に活用する。

表 18 実測と地上レーザの精度結果

	樹高	DBH	丸太ごとの 末口直径(細り)	矢高→等級
LA03	要改善	△	要改善	要改善
OWL	要改善※1	○	△	要改善※2

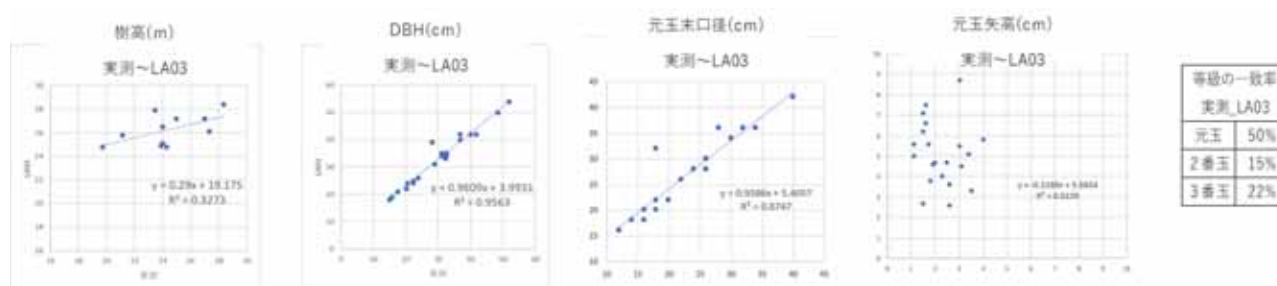


図 19 精度結果 (抜粋)

次に資源量調査の省力化を図るために航空レーザを活用したプロットによる資源量調査の実証を行った。プロットの選定方法は林野庁が公開している「地上レーザスキャナによる収穫調査(令和3年度)」に基づいて実施し、航空レーザ計測の10mメッシュ内の立木密度によるラインプロットを設定する。ラインプロットは伐採地全体と同様の立木密度のヒストグラムになるように設定した。

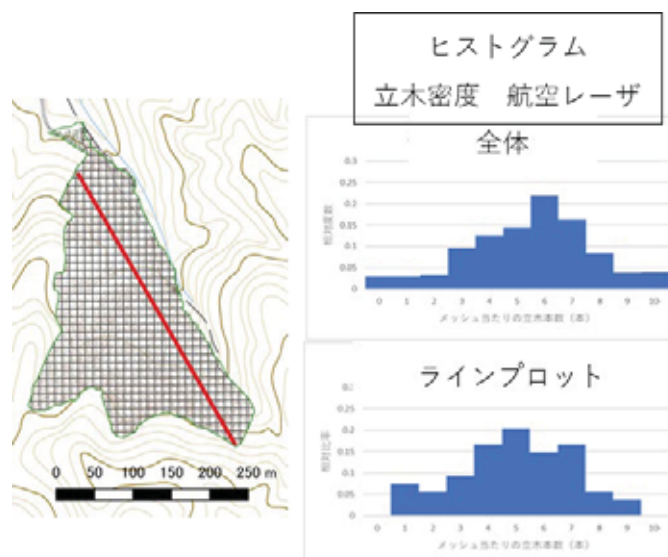


図 20 ラインの位置図と設定したラインと伐採地全体の立木密度ヒストグラム

設定したラインプロット内の全木を毎木調査して、径級は地上レーザ (LA03)、樹高は航空レーザ、素材材積算定のための細り式は山口県調製データ、等級 (矢高) は目視で測定した。

資源量調査の結果を以下に示す。ラインプロットによる伐採地全体の立木材積の推定結果と毎木調査の結果の差異は 3.5% となり実測値の方が立木材積は少なくなった。

表 19 資源量調査の結果

計測方法	計測面積 (ha)	計測材積 (m³)		全体の立木材積 (m³)	②を基準とした差異率
ラインプロット	0.41	298	全体面積に割り戻した立木材積を右欄に算出	4,116 ①	3.5% (①-②)/②
手動による毎木調査結果	5.66	3,978	—	3,978 ②	—

出材見込みとライン調査、毎木調査の素材材積の比較を下表に示す。ライン調査結果と出材材積の見込みの誤差は 5.6% の誤差率となった。

表 20 素材材積の比較

計測方法	面積 (ha)	素材材積		A材 素材材積に対 する割合	B材 素材材積に対 する割合	C材 素材材積に対 する割合
		計 (m ³)	出材材積見込 を基準と した素材材積			
ライン調査	5.66	3,339	-2.5%	1,001 30%	1,503 45%	835 25%
毎木調査	5.66	3,168	-7.5%	943 30%	1,431 45%	794 25%
出材材積	5.66	3,426	—	855 25%	1,231 36%	1,340 39%

また、計測した地上レーザデータを用いて生産計画の策定も行った。今年度本事業で皆伐を実施した長門建設業協同組合は、異業種からの参入につき林業初心者であり、山口県主催の研修に昨年度まで参加した研修生が皆伐を行った。昨年度までの研修後のアンケートにおいて研修で林業機械の操作方法は習得できたが、施業手順や作業道の開設線形などの習得が課題であったとの声が多かった。そのため、計測した地上レーザや航空レーザデータについて、森林 GIS を用いて作業道の路線や作業手順を説明した。3D データを活用することで現場開始前に現場の様子や作業手順が分かりやすく理解できたという声があった。

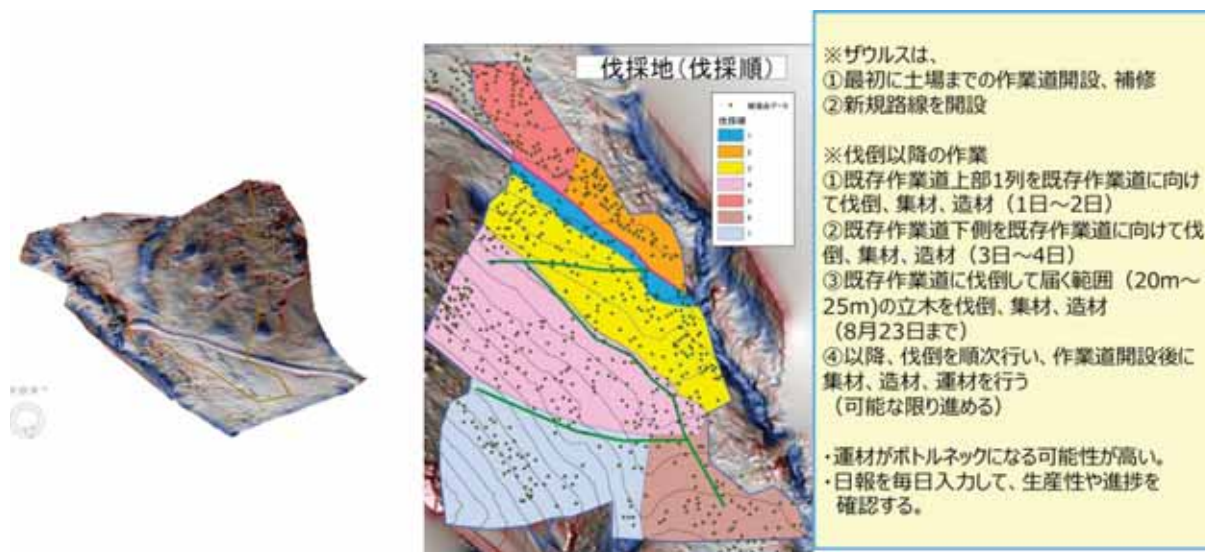


図 21 作成した生産計画の概要

3.1.3. 素材生産の実施

(4) ICT ハーベスタの活用

今年度は、県内ではほとんど事例がなかった県外への直送を行い、より多種多様な造材を行うことで ICTHV の効果を検証した。

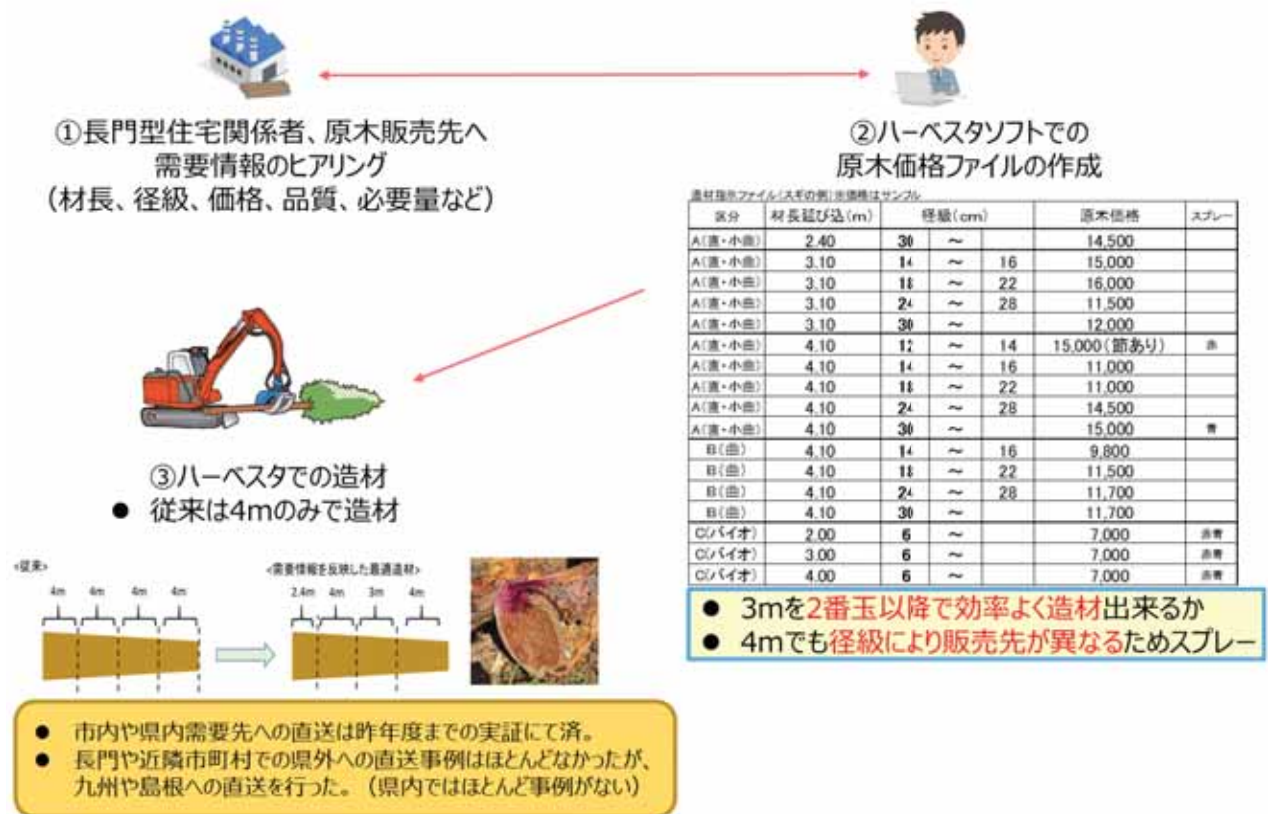


図 22 ICT ハーベスタの実証の流れ

Value バックキングの有無による造材効果を初心者（建設業協会）、熟練者ともに計測を行い実証した。比較した結果、初心者、熟練者ともに、販売価格が高く有利な造材がバリューバックキング機能により可能となることが分かった。

表 21 バリューバックキングの有無による造材比較（単位は円/m3）

	建設業協会（初心者）	熟練者
Valueバックキングあり	10,908	10,861
Valueバックキングなし	10,409	10,406
効果	499	455

また、バリューバックキング有無による造材の生産性も比較した。初心者、熟練者どちらもバリューバックキングありの方が生産性が高かった。この結果は造材時に材長などを検討する必要がないため、造材時間が早くなったと考察できる。

表 22 バリュースタッキングの有無による生産性比較（単位は m³/人時）

	建設業協会（初心者）	熟練者
Valueバッキングあり	32.18	41.14
Valueバッキングなし	27.21	27.81
効果	4.97	13.33

これまで原木市場への販売がメインだったが、長門型住宅に必要な材を含め、県内外の製材工場への直送を行った。直送による効果は、運賃や手数料など考慮しても以下の効果があったが、林業事業体が仕分けなどに慣れていないため山土場での仕分けや検収に時間を要した。

	販売価格（円/m ³ ）（※）	
	スギ製材用	スギ合板用
直送	12,300	10,000
原木市場	10,500	9,300
効果	1,800	700

（5） iPhone 版 Mapry を活用した在庫把握

本事業では、直送を行うため、土場での在庫を把握し、トラックの手配ために、iPhone 版 Mapry を検知アプリとして活用した。



図 23 iPhone 版 Mapry による検知画像

手検知と比べ、検知時間は大幅に短縮できた。しかし本数は正確だが、手検知と比べ径級及び材積に誤差が生じた。スギを測定したことから、色が濃い部分のみを小口面として認識して径級が細くなったことが要因と考えられる。誤差は 10%程度であったことからトラックの手配やリフォレながとの新人や異業種参入者などの林業未経験者が、ある程度正確に、在庫把握や進捗を把握するのには有効であった。

表 23 計測時間と測定した径級の比較



(6) 日報による進捗把握及び生産性分析

本事業では、Google フォームを利用して、日報入力を行った。作業開始前に、作業工程ごとに予定生産性を作成し、オペレータが日報を電子データとして入力することで、事業体やリフォレながとが進捗率を視覚的に把握できた。

表計算ソフトを用いて、簡易に進捗をグラフ化したものが下図である。



図 24 日報による進捗率グラフ

作業別成果量の推移や計画と進捗の差異などによる進捗管理や作業別見込費用により最終的な経費予測、最終的な生産性算定などが容易となった。今後日報データを蓄積して傾斜や地利、資源量と生産性の検証を進める。

3.1.4. 再造林に伴う資材運搬

本事業では、再造林に必要な苗木を電動一輪車で運搬し、再造林に係る労働負荷の省力化と、労働強度の軽減を図った。1ha 分の苗木を運ぶのに費用対効果を検証した。

表 24 電動一輪車と人力運搬の比較（1ha 分）

作業	運搬費用
人力運搬	2,546 円/ha
電動一輪車運搬 (機械代+人件費)	1,944 円/ha

また、特定苗木コンテナ苗の植栽を山口県の第一期として配布を受け、漁業の閑散期である冬の仕事として「山口県漁業協同組合長門支部」が植栽した。



図 25 電動一輪車



図 26 山口県漁業協同組合長門支部による植栽

3.1.5. 再造林地の獣害対策のための獣害捕獲

植栽木の食害をなくすこと、リフォレながとの植栽地の見回り軽減、植栽地周辺から鹿を減らすことを目的に猟友会と連携した効率の良い捕獲システムの確立を目指し、実証を行った。

本事業では、リフォレながとと猟友会の見回り軽減のためのセンサー付き通信機器と小型囲い罠や、長門では事例が少なかったくくり罠を組合せた捕獲を行った。また、捕獲の有無や捕獲したシカの状態が分かることから新鮮なジビエに加工することも可能となるため、ジビエ加工場と連携して捕獲したシカをジビエとして活用し、市内の道の駅などで肉を販売した。



図 27 獣害捕獲の概要

捕獲効果として、捕獲後に捕獲地周辺では減少傾向がみられた。ただし、上流域には増加傾向がみられた地域もあったが、総じて個体数削減及び保護対象区域の植栽地からの追い払い効果が見られた。

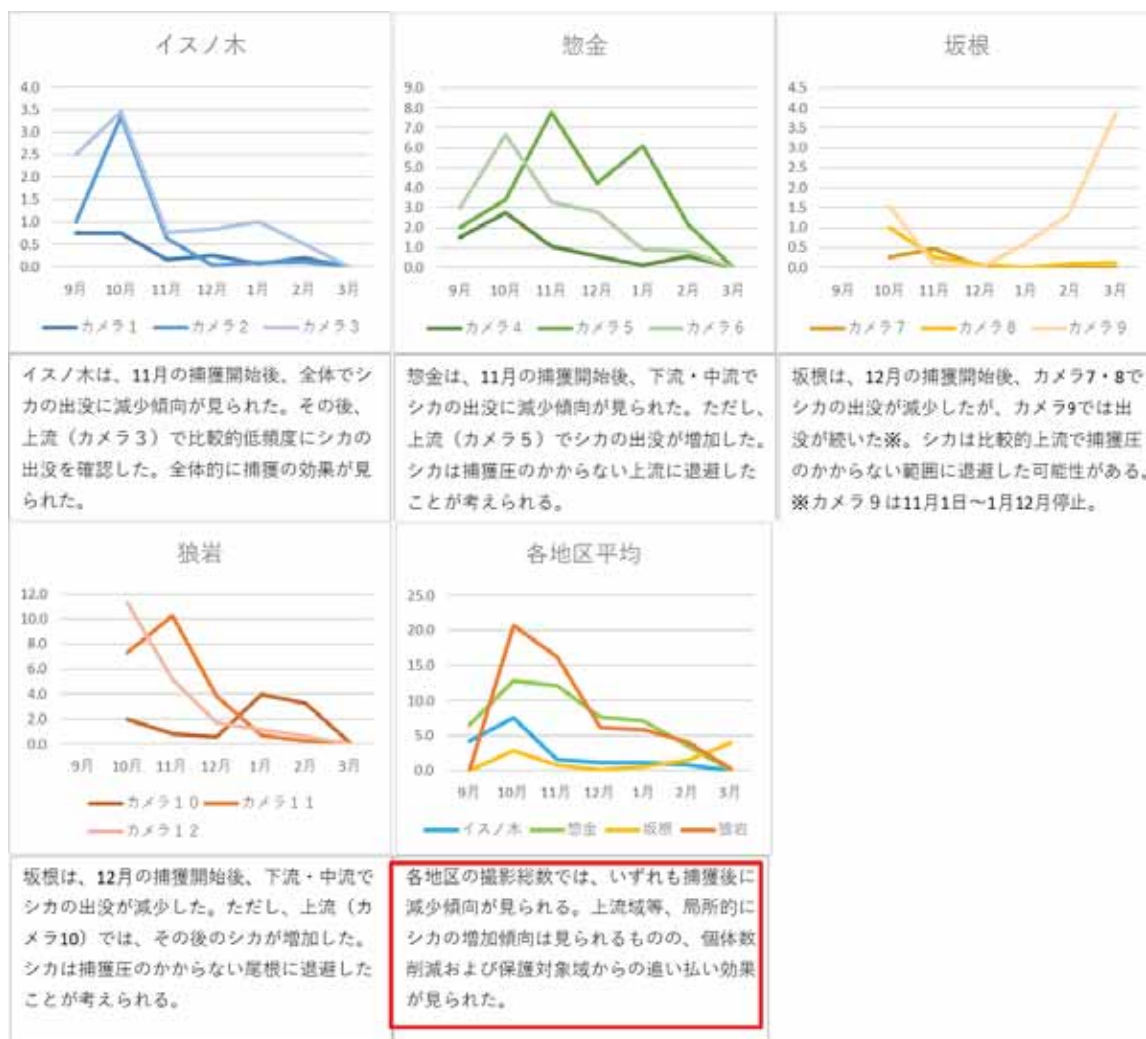


図 28 出現数の推移（令和5年度）

また下表にセンサーカメラに撮影された1日当たりのシカの出現数を示す。罾設置箇所周辺では捕獲期間で出現数が減少していることが分かる。

表 25 1日当たりのシカの出現数

	カメラ	油谷浅井					三隅大平・大久保				
		尾根	罾付近	罾付近	谷	合計	尾根	罾付近	罾付近	谷	M計
捕獲前	6月	3.6	0.7	0.7	0.6	5.5	4.3	0.9	1.3	1.9	8.4
	7月	5.5	1.1	0.7	0.5	7.8	7.5	3.9	1.1	1.2	13.7
捕獲期間	8月	3.3	0.3	0.2	2.0	5.8	2.5	0.9	0.7	0.4	4.5
	9月	5.8	0.9	0.3	2.2	9.2	5.8	1.0	2.1	0.7	9.6
	10月	6.5	0.7	0.9	1.6	9.7	13.3	1.6	0.0	1.6	16.5
	11月	2.8	0.4	0.3	0.1	3.7	12.5	2.7	2.3	2.2	19.7
	12月	9.6	0.7	0.2	1.1	11.6	7.5	0.7	-	9.8	18.0
	1月	8.7	0.3	0.0	1.6	10.6	9.3	0.9	-	5.4	15.5
	計	45.8	5.0	3.3	9.7		62.6	12.5	7.5	23.2	

3.2. 令和 6 年度の実行結果及び取組の評価

I -6 項で示した目標の今年度および令和 6 年度末までの達成見込み状況は、次表のとおりであった。

表 26 目標項目達成見込

目標項目	目標指標	3力年での達成見込状況	備考欄
集約化	150ha/年	190ha/年	150ha/年
素材生産 コストダウン	500円/m3	約200円/m3	手造材や小型ハーベスタとの比較により
新規参入 事業体	1社	1社	長門建設業協同組合が来年度以降の施業を検討中
流通販売 バリューアップ・ コストダウン	500円/m3	約1,300円/m3	最適採材と流通の省力化により
ながと型住宅	5棟/年	5棟	令和 4 年度に達成
再造林率	100%	100%	100%
シカ捕獲頭数	100頭/年	100頭/年(全域に換算)	長門4地区のうち2地区での実施で25頭/年

素材生産のコストダウンには、小型ハーベスタ(0.25)と ICTHV(0.45)の機械代の償却費と人件費を含んだ金額で効果を検証した。また、流通販売やバリューアップ・コストダウンでは、製材用(長門型住宅用など)と合板用を直送した際に直送、市場販売のどちらも検収費や販売手数料を含んだ金額で試算している。また、1,300円と効果が大きかったのは、市場で販売時よりも直送の方が販売金額が高い、山土場での検収費が市場での検収費よりも安くなっていることが要因としてあげられる。

4. 今後の事業の展開方向

4.1. ICT 機器を用いた境界明確化

今年度実施した境界候補図の作成については、デジタルデータでの作成以外に森林所有者などにヒアリングしなければ候補図の作成が難しいことが分かった。一方で、本実証で航空レーザデータや ICT 機器を使った境界明確化は有効だと実証されたので、引き続き境界明確化を推進していきたい。また、個人情報など 1 事業体で入手しづらい情報も多いため、長門市とも連携して境界明確化を進めていきたい。

4.2. 立木評価と生産計画、素材生産

本実証では地上レーザの精度について、検証を行い、有効な点、改善する点について整理した。前述している通り、メーカーによる精度向上が必須となるが、デジタルデータとしての客観性があり、所有者提案につながることから地上レーザを活用していく。また、代表支援機関である山口県農林技術センターは地上レーザ OWL のレンタルなどしており、引き続き情報共有を行い、山口県内での水平転換を図っていききたい。

素材生産については、長門建設業協会が、今年度 1 現場の皆伐を実施した。ICTHV やザウルスロボ、掴み付フォワーダなどを利用して、長門での新規事業参入事業体が少ない機械（初期投資低）で効率よく施業を行うシステムを検討した。来年度以降も継続して皆伐を行う意向はあるが、今年度の課題であった作業手順や林業独自のやり方を習熟するまでには作業員や日数を確保出来なかった。今後もデジタルデータを活用して生産計画を策定して、進捗把握など行うが、素材生産の班長の存在は必須であり、人材確保も課題である。ICTHV については、今後も直送を行うには様々な材長の需要があることから、直送を効率よく実施する手段の 1 つとして検討していききたい。

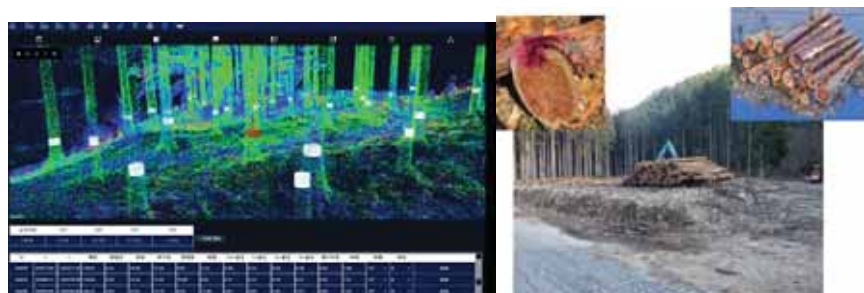


図 29 素材生産の実施内容例

日報管理については、長門建設業協会（初心者）の進捗把握や施業途中での原価計算と見込み、生産性分析方法を検討する。また、立木評価時の施業費や歩掛算定の情報として活用する。

4.3. 再造林・獣害対策

令和 6 年度に長門建設業協会が皆伐予定の箇所において、同じ異業種からの参入として「山口県漁業協同組合長門支部」が、漁業の閑散期である冬の仕事として再造林業務へ参入を行ったが、ドローン運搬もしくは電動一輪車により労務負荷を図り、参入時の課題の抽出を行った。また、山口県で令和 6 年度より苗木の配布が開始される特定母樹コンテナ苗の植栽を行ったが、植栽地の地位

を確認しながら、低密度植栽など低コスト化を今後も検討したい。

獣害対策については、猟友会やシカのジビエ加工所との関係性を構築できた。また、長門市内の造林地ではシカの被害も増えてきているので、長門市、猟友会や森林組合と連携して捕獲と巡視を行う体制を構築していく。

以上