

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

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
成果報告書

令和6年3月

実証主体

(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年度の実施結果	8
2.1. 実証内容	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	10
2.1.3. 素材生産の実施	10
2.1.4. 再造林に伴う資材運搬	12
2.1.5. 再造林地の獣害対策のための獣害捕獲	13
2.2. 令和4年度の実行結果及び取組の評価と課題	15
3. 令和5年度の実施結果	15
3.1.1. ICT機器を用いた境界明確化	15
3.1.2. ICT機器を用いた資源量把握・立木評価・施業提案	18
3.1.3. 素材生産の実施	20
3.1.4. 再造林に伴う資材運搬	24
3.1.5. 再造林地の獣害対策のための獣害捕獲	25
3.1.6. なかと型住宅を核とした需給情報マッチング	27
3.2. 令和5年度の実行結果及び取組の評価と課題	28
4. 今後の事業の展開方向	29
4.1. ICT機器を用いた境界明確化	29
4.2. 立木評価と生産計画、素材生産	29
4.3. 再造林・獣害対策	30

1. 実証事業の概要

1.1. 事業の名称

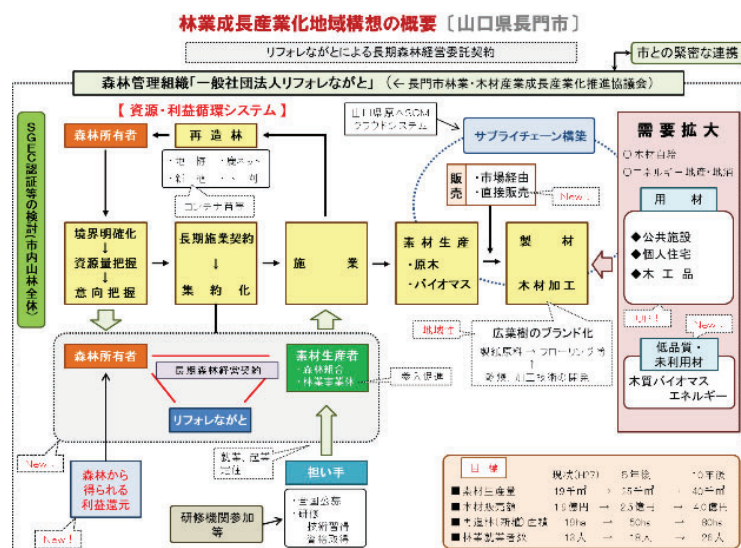
森林管理組織「リフォレながと」を核とした長門型林業経営モデル構築事業

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。



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。

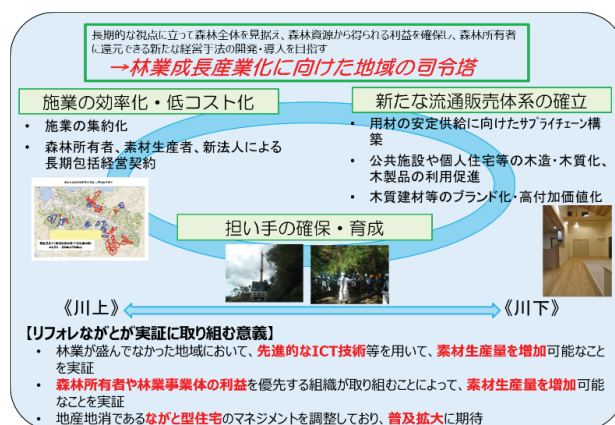


図 2 リフォレながとの役割

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 6 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

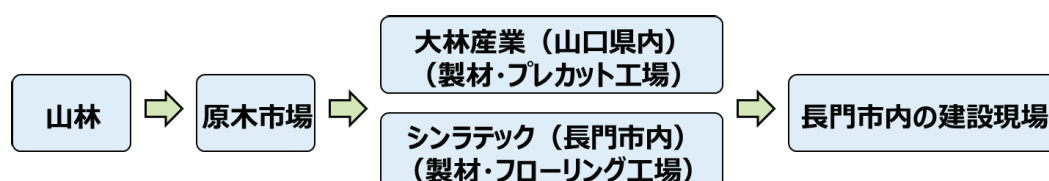


図 4 現状のながと型住宅の物流

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、事業者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
山口大学	獣害調査
(株)キンシュウ	UAV 資材運搬
(株)東洋エンジニア	UAV 資材運搬

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
堀 俊洋	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
佐伯 正巳	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。

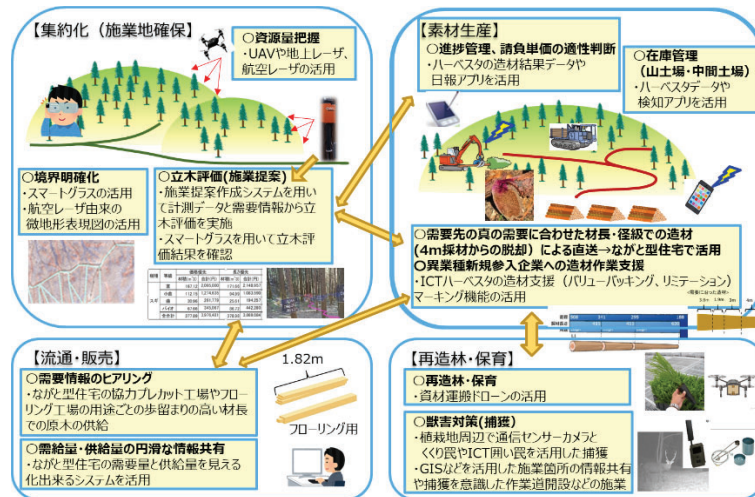


図 5 本事業の主な実証内容

◇ 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年度の実施結果

2.1. 実証内容

2.1.1. ICT機器を用いた境界明確化

伐採区域を確定させることを目的とした境界明確化について、スマートグラス等を使い、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、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スマートグラスにより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 位置情報とドローンによる上空映像を森林所有者に提示した。



図 6 実証で使し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。

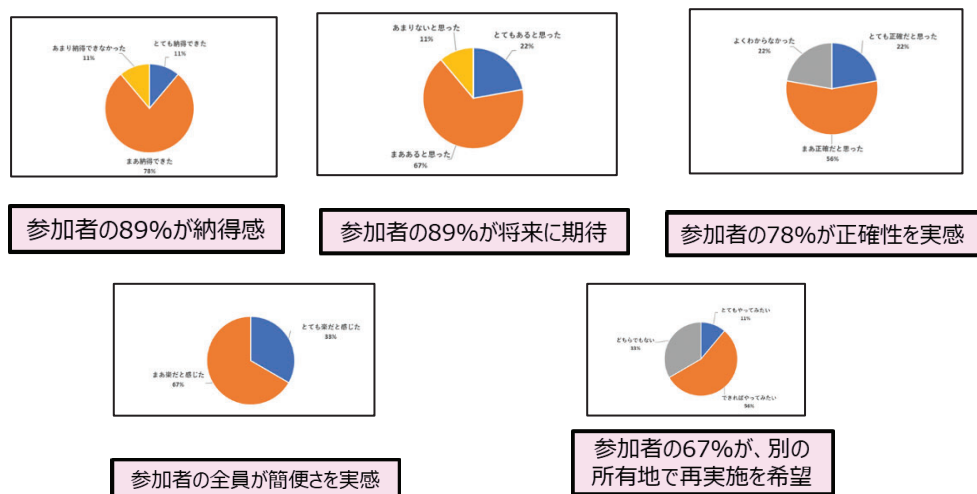


図 7 ICT 機器を用いた境界明確化へのアンケート結果

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、使用機器の低コスト化と位置情報をスマートフォンの GNSS を使っていたため、位置精度が悪く、所有者に誤解を与えてしまう点が挙げられた。

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、それぞれの解析用システムを用いて、立木評価・生産予測を実施した。生産結果を比較検証することで、長門における最適な立木評価、施業提案システムを検討した。

資源量調査を比較した結果は、下表のとおりである。従来型の毎木調査の結果と比較し、航空レーザデータも OWL のデータも調査場所ごとの精度が高い場所もあれば、ばらつきが見られる場所もあった。

各手法による生産予測と生産結果比較は、次表のとおりである。OWL による毎木調査を実施した浅井・大平の結果を検証する。

それぞれの手法と実績との比較については、従来手法予測、航空レーザ予測、OWL での予測ともに生産結果と差異があった。それぞれの予測手法について、メーカー等とも相談しながら算出方法や算出式の見直しなどを行い、予測精度を上げる必要がある。特に、OWL 予測は生産結果を上回っているが、県内の事例から歩留まり計算が必要であることが分かっており(事業体によって歩留り値 0.5～0.8 程度)、実績と比較検証することで地域に適した最適な歩留り値を求めることにより、予測精度をあげることができる。

一方で、シカや虫害によりバイオ材の比率が増えていることから、いずれの予測においても被害率の適切な反映による正確な材種割合の予測が必要であることから、次年度も検証を行う。

表 4 各手法による生産予測と生産結果比較表

地区	樹種	原木	従来手法予測		航空レーザ予測		OWL予測		生産結果		予測比（予測/結果）			
			割合	材積	割合	材積	割合	材積	割合	材積	従来手法	航空レーザ	OWL	
大平	スギ	材積計	m	100.0%	594.3	100.0%	668.0	100.0%	947.2	100.0%	759.7	127.8%	113.7%	80.2%
		市売り材	m	61.0%	362.5	—	—	83.6%	792.3	55.3%	420.3	115.9%	—	53.1%
		バイオ材	m	39.0%	231.7	—	—	16.4%	154.9	44.7%	339.4	146.5%	—	219.1%
浅井	スギ	材積計	m	100.0%	444.1	—	732.0	100.0%	425.6	100.0%	620.6	139.7%	84.8%	145.8%
		市売り材	m	64.7%	287.1	—	—	77.7%	330.8	54.9%	340.8	118.7%	—	103.0%
		バイオ材	m	35.3%	157.0	—	—	22.3%	94.8	45.1%	279.8	178.3%	—	295.1%
	ヒノキ	材積計	m	100.0%	354.4	—	119.0	100.0%	461.4	100.0%	443.1	125.0%	372.4%	96.0%
		市売り材	m	54.7%	193.8	—	—	81.9%	378.0	54.9%	243.3	125.5%	—	64.4%
		バイオ材	m	45.3%	160.6	—	—	18.1%	83.4	45.1%	199.8	124.4%	—	239.6%
	計	材積計	m	100.0%	798.5	100.0%	851.0	100.0%	887.0	100.0%	1063.7	133.2%	125.0%	119.9%
		市売り材	m	60.2%	481.0	—	—	79.9%	708.8	54.9%	584.1	121.4%	—	82.4%
		バイオ材	m	39.8%	317.5	—	—	20.1%	178.2	45.1%	479.6	151.0%	—	269.1%

2.1.3. 素材生産の実施

(1) ICT ハーベスタの活用

大平・大久保地区において伐採を行った清水林業は、従来、チェーンソー造材を

行っており、ハーベスタを導入することによって、生産性及び生産コスト比較を行った。

表 5 ハーベスタとチェンソーの造材比較

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

比較した結果、チェンソーよりも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。

サンプル数が少なく、長門市内の事業体は、0.25HV など小型機械が多いことから 0.25HV との比較も必要である。

(2) OWL-AR ナビゲーションシステムによる造材指示の実証

OWL-AR ナビゲーションシステムは、地上レーザ OWL で計測・解析した結果を AR ナビゲーションに表示するシステムである。事前に取得した立木位置情報で合わせるため、GNSS 精度が悪い林内でも正確に表示できる。

バリュースタッキング機能を搭載していないハーベスタを使用することを想定し、あらかじめ、OWL 採材計画策定支援システムで分析した採材表示により、伐採・造材を実施した。スマートグラスに表示される画像例は、下図のとおりである。



図 8 スマートグラスに表示される立木位置と最適造材情報

スマートグラスを装着したオペレータにより、立木の位置を特定し、指示通りの伐採を実証できた。次年度は、今年度の課題を整理したうえで、バリュースタッキング機能を搭載していないハーベスタで、実証を行う。また、AR ナビゲーションシステムを、境界明確化で利用できないか、試用する。

(3) Mapry を活用した在庫把握

本事業では、土場での在庫を把握し、直送を円滑に計画するために、Mapry を

検知アプリとして活用した。



図 9 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。しかしながら、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。生じている誤差に一貫性がなく、現状では、伝票などの確証に利用できていない。

ただし、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。

(4) 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。

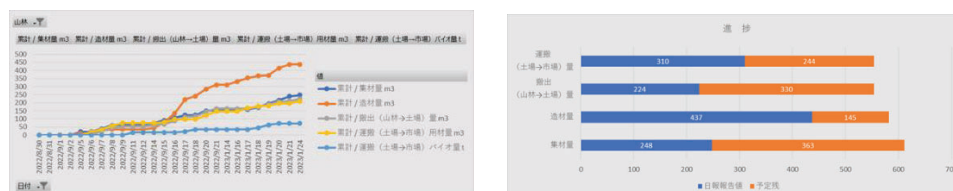


図 10 日報による進捗率グラフ

今年度は、進捗率把握にとどまったが、次年度以降は生産性分析も行い、事業中に業務効率の改善を検討する。生産性を分析できれば、ボトルネックを洗い出すことができ、今後の投資計画も作成できるようになる。

ただし、日報入力漏れなど、オペレータが不慣れであったため、ドローンによる伐採面積把握など、進捗状況を修正する必要も生じていた。

2.1.4. 再造林に伴う資材運搬

本事業では、再造林に必要な獣害対策用防護柵をドローンで運搬し、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。

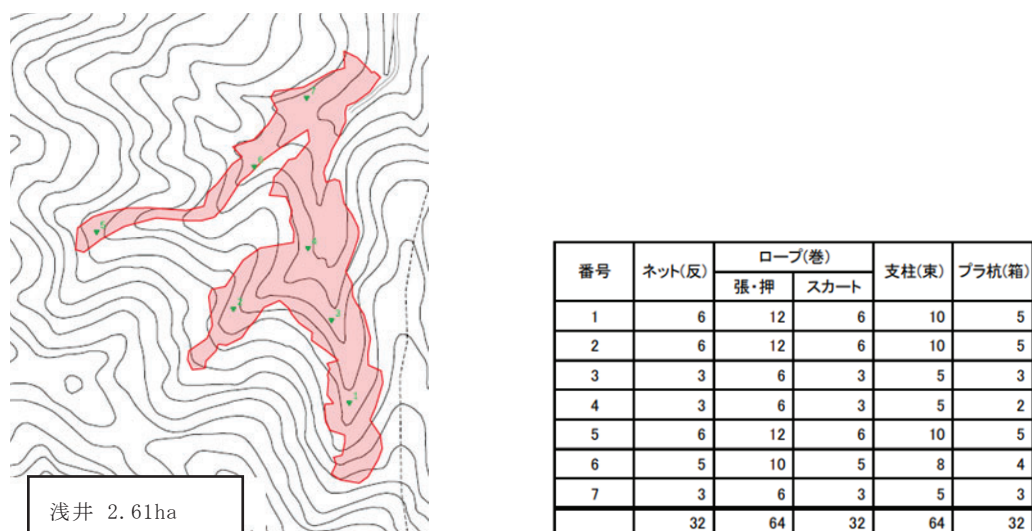


図 11 ドローンにより資材運搬した箇所と箇所ごとの運搬した資材

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。今後、積載能力の高いドローンの使用や、購入により、さらなるコスト低減を検討する。

また、皆伐地の形状、標高差、路網状況等により効果は変わるため、次年度は苗木運搬も含めて実証に取り組む。

表 6 人力運搬とドローン運搬の比較

作業	掛かった人工	費用
人力運搬	5	10 万円
ドローン運搬	3.2	約 34 万円

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。

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。

表 7 獣害実施場所の概要

獣害実施場所	油谷狼岩	俵山坂根	合計
捕獲業者	猟友会油谷隊	猟友会俵山隊	—
造林面積	1.43	7.54	8.97
捕獲時期	12月～2月	12月～2月	—
作業システム	センサー付き通信カメラ ＋ くくり罠、小型囲い罠	センサー付きLPWA通信システム ＋ くくり罠、小型囲い罠	—

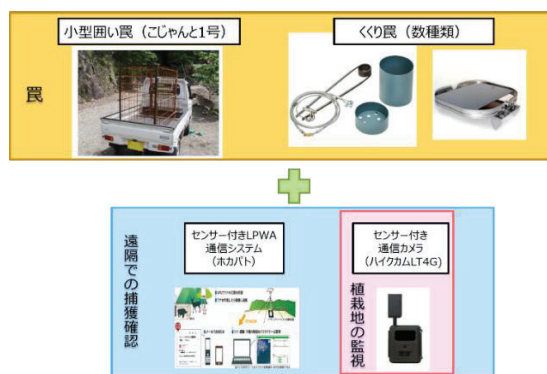


図 12 獣害捕獲の概要

山口大学に委託して、シカ捕獲による生息密度の変化を調査した。調査方法は、糞塊除去法、および、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、次表のとおりである。

表 8 糞会除去法による生息密度推移

		推定生息密度(頭/km2)			
調査プロット		①	②	③	平均
調査時期	11/24～1/11	205	44	40	96
	1/11～2/10	214	53	32	100

調査時期が、捕獲時期と重なったこともあり、有意な変化を確認できなかった。ただし、シカが農林業に被害を及ぼさない適正密度は、10 頭/km2 と言われており、本地区の密度は、捕獲を行ったにもかかわらず、依然として非常に高いことがわかった。

また、造林地周辺に設置したセンサーカメラを用いて、シカの出没頭数を計測し、シカ捕獲の効果を検証した。結果は、次表のとおりである。

表 9 センサーカメラによるシカ出没頭数推移

		出没個体数(頭)			
調査カメラ		①	②	③	平均
調査時期	12/1～1/10	5	34	58	32
	1/10～2/10	54	9	11	25

カメラ設置箇所により、増減が異なる結果となった。捕獲を開始したばかりであり、有意な変化を確認できなかった。

次年度は、捕獲の有無にかかわらず、年間を通じて生息密度の調査を行うことにより、傾向をつかむことができれば、より効率的な捕獲につながり、ひいては、造林地を獣害から防ぐことが可能となる。

2.2. 令和4年度の実行結果及び取組の評価と課題

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 10 目標項目達成見込

目標項目	目標指標	令和4年度達成見込状況	令和6年度事業完了後達成見込状況
集約化	150ha/年	143.62ha	150ha/年
素材生産コストダウン	500円/m3	従来型とICTHVの生産性など検証中	500円/m3
新規参入事業体	1社	1社	山口県建設業協会長門支部の定着を目指す。1社
流通販売バリューアップ・コストダウン	500円/m3	直送による効率化、需要に応じた採材によるバリューアップ効果を検証中	500円/m3
ながと型住宅	5棟/年	5棟	5棟/年
再造林率	100%	100%	100%
シカ捕獲頭数	100頭/年	30頭(3か月)	通年で100頭/年

3. 令和5年度の実施結果

3.1.1. ICT機器を用いた境界明確化

昨年度は、スマートグラスによる現地映像と航空レーザ地形図や林相区分図を背景にしたスマートフォンのGNSSによる現在地表示にて実証を行った。課題として、使用機器の低コスト化や省力化・手振れ補正、現在地情報の精

度向上が挙げられた。

今年度は、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と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。また、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を使用した。

また、今年度の実証では、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。

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 13 実証のイメージ



図 14 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 11 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。

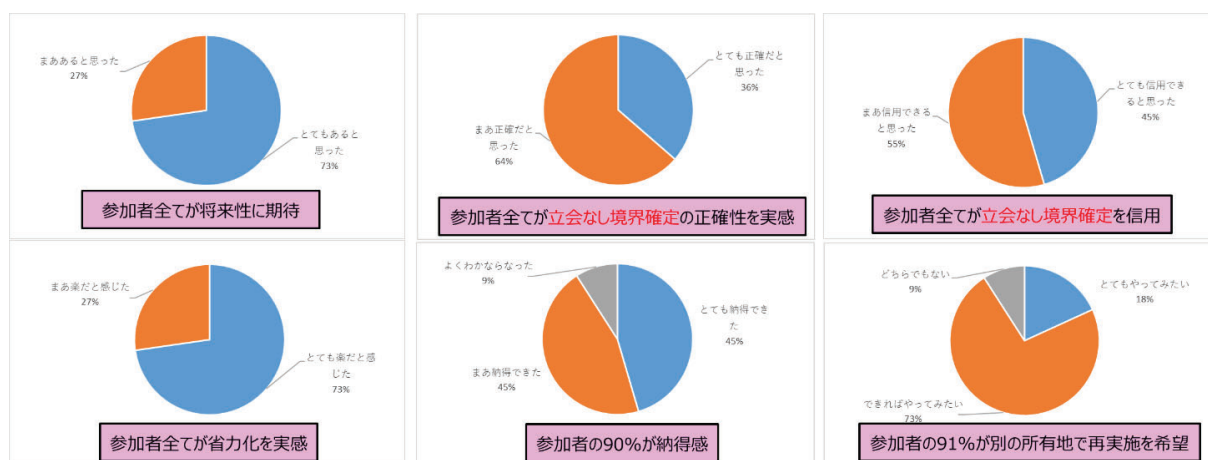
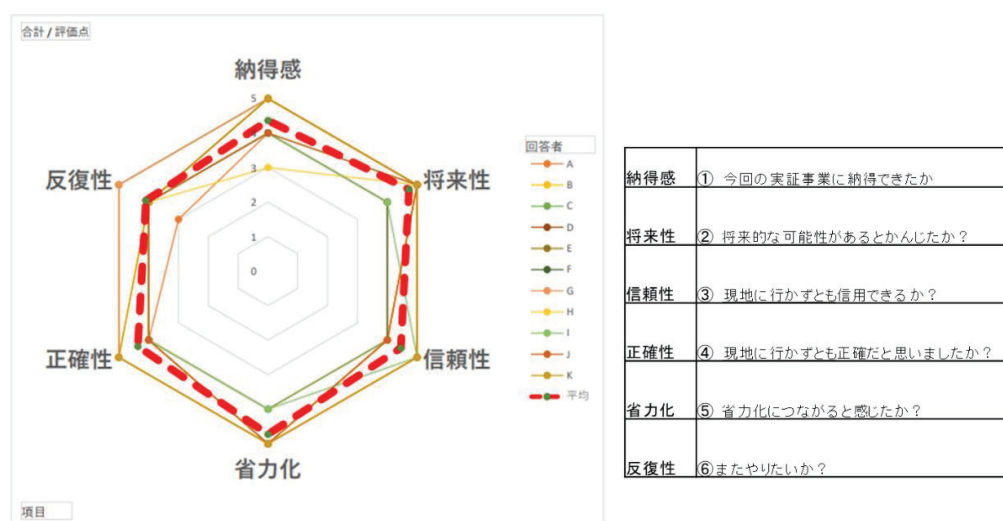


図 15 ICT 機器を用いた境界明確化へのアンケート結果

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。地籍が終わっていない場所での境界明確化にも利用可能なため、次年度検討する。

表 12 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

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し、林業事業体への委託による皆伐を進めており、森林所有者と林業事業体の中立的な立場として、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。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 13 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 14 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	○	○	×	○

○ 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 15 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。

それぞれの予測手法について、メーカー等とも相談しながら算出方法や算出式の見直しなどを行い、内業の省力化を図る必要がある。

また、長門市では航空レーザデータがあることから、航空レーザデータと地上レーザを組み合わせ、素材材積の算出や等級比率を簡易に算定できる手法を次年度に検討していかなければならない。

表 16 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

3.1.3. 素材生産の実施

4 事業地・3 事業者で皆伐実証を実施した。実施内容については、下表のとおりである。

表 17 皆伐実証事業詳細

伐採場所		三隅下字二条窪	三隅下字二条久保	依山字扉檜	油谷伊上字浅井
伐採業者		清水林業	清水林業	横山木材	長門建設業協同組合
計画面積	スギ(ha)	0.62	3.98	-	-
	ヒノキ(ha)	1.26	0.43	2.61	0.20
	合計(ha)	1.88	4.41	2.61	0.30
施業時期		11月～2月	8月～2月	7月～9月	12月
システム		路網集材	路網集材	路網集材	路網集材
備考		・昨年度本事業での境界明確化実証地 0.25のHVを所有	0.25のHVを所有 (清水林業)	従来手造材	山口県「異業種新規参入促進事業」と連携

新規参入事業体として長門建設業協同組合が「異業種新規参入促進事業（山口県）」により、研修で皆伐を実施した。研修後に、ICT ハーベスタを利用した造材の実証を行った。

令和 4 年度に本事業で境界明確化を実施した箇所で皆伐の実証を行った。また、ながと型住宅等のために管柱用や梱包材用の一部の材について、直送を行った。

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 18 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、屏樫
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 19 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）

（5） 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、2022 年度は日報データの造材時間から算出したが、2023 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 20 ハーベスタとチェーンソーの造材比較（2022 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 21 0.25HV と 0.45HV の造材比較（2023 年）

造材	生産性 (m ³ /人日)	造材費用 (円/m ³)
0.25HV	124.2	297
0.45HV	270.5	183

表 22 バリューバッキング（VB）機能の有無による生産性比較（2023 年）

造材	生産性（m3/人日）	備考
0.45HV-VBなし	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バ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。

バリューバ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。しかし、長門建設業協同組合の造材初心者による造材は、販売先ごとの受け入れ可能な曲がりや腐りの程度を十分に理解できない中での実証となったため、来年度に追加の実証を行う必要がある。なお、曲がりや腐りの程度を理解して造材出来るようになるにも、1 か月程度では不十分で時間を費やす必要がある。

表 23 バリューバッキング（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、本事業では、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、これまでチェーン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。

(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、進捗や生産性、コストをグラフ化したものが、下図である。

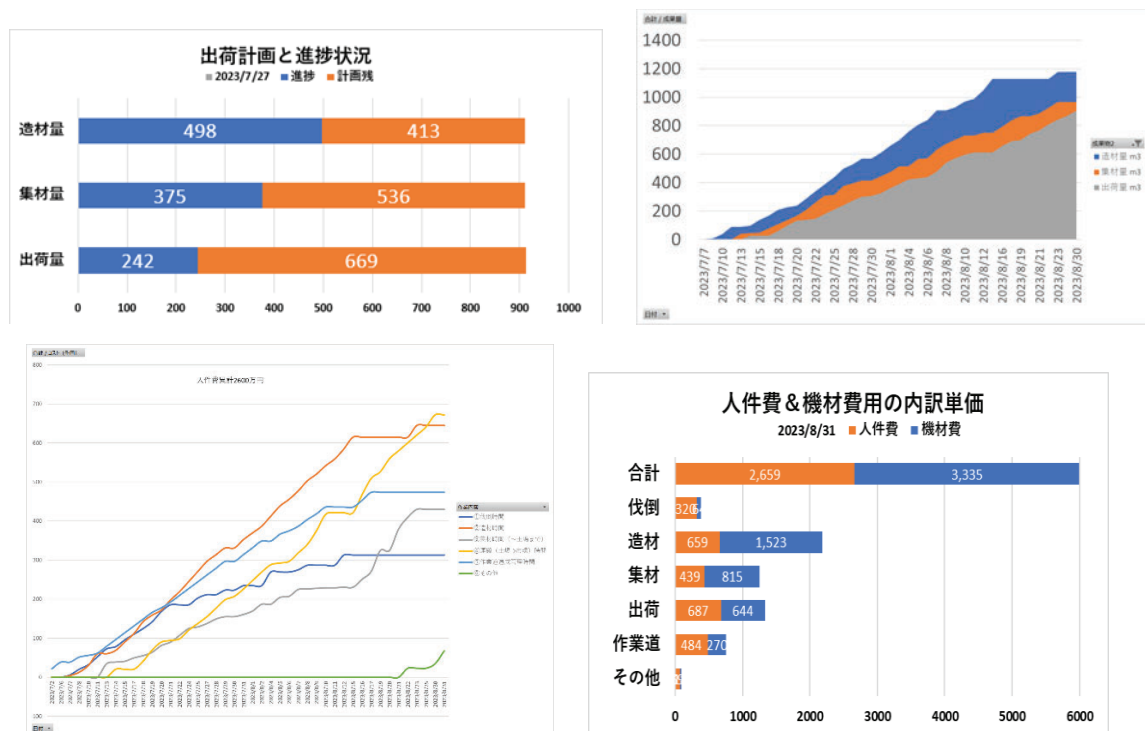


図 16 日報による進捗率や実績の分析グラフ

今年度は、昨年度実施した進捗率把握に加えて、生産性やコストが分かるグ

ラフや表を作成し、事業中や事業終了後の生産性やコストを分析できるようにした。生産性を分析できれば、ボトルネックを洗い出すことができ、施業途中での改善や今後の投資計画も作成できるようになる。

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。

3.1.4. 再造林に伴う資材運搬

今年度は、再造林に必要なコンテナ苗木と獣害対策用防護柵をドローンで運搬し、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。

(7) コンテナ苗運搬

コンテナ苗運搬については、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。

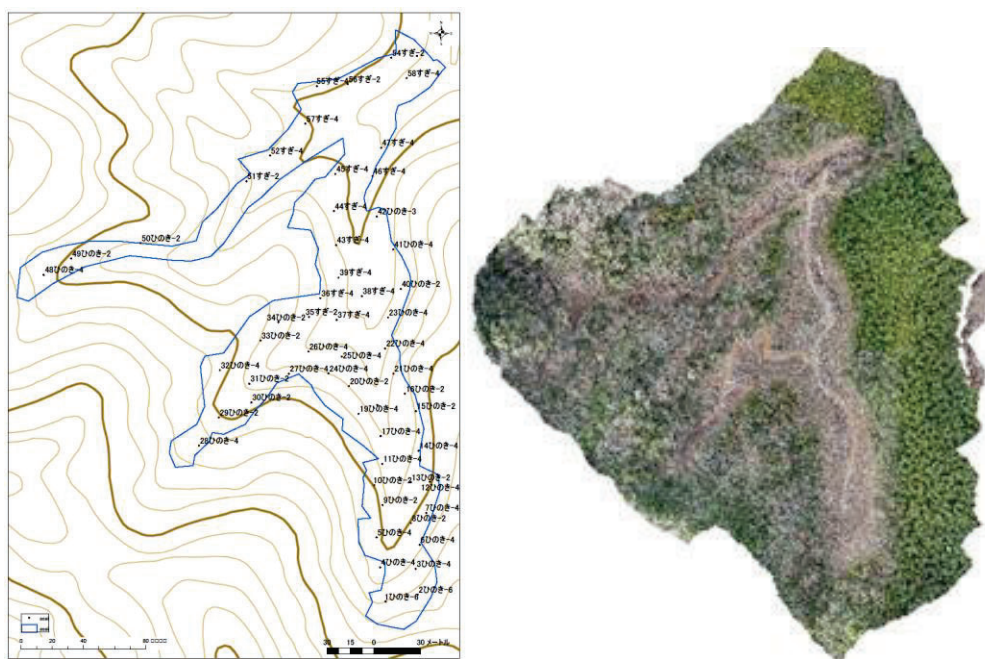


図 17 ドローンにより苗木運搬した箇所と箇所ごとの運搬した資材

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 24 人力運搬とドローン運搬の比較

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

(8) 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 18 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。

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。昨年度は2地区で実施したが、今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 19 獣害捕獲の概要と通信制カメラの映像イメージ

2023年11月より捕獲を始め、3か月でシカ25頭を捕獲した。

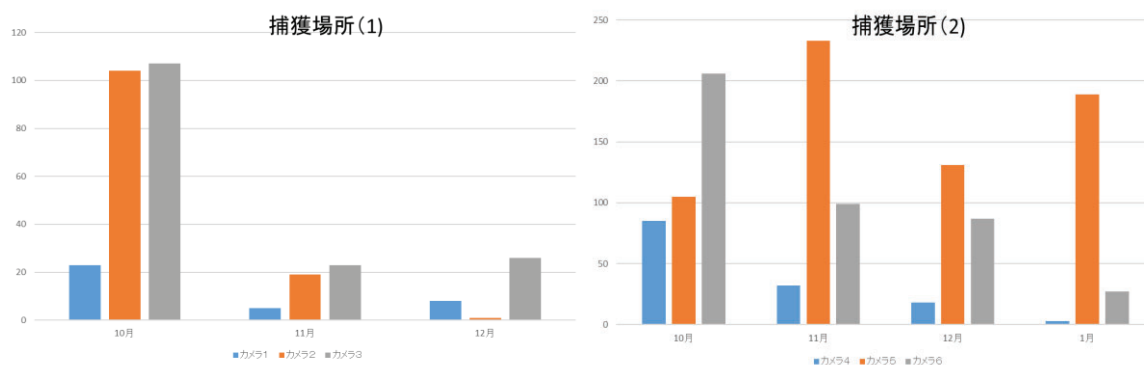
捕獲の課題として、4地区で実証を行ったが、地区によっては猟友会の高齢化が進んでおり、山林の険しい地形での捕獲が難しい場合があった。また、捕獲時の巡視やシカを運搬する際に利用したい作業道が急傾斜であったり、ボサの影響で通行できないことも多いため、施業者とも捕獲場所を共有することで協力体制を構築する必要がある。そのほか、植栽地の管理者としては、1頭でも植栽地周辺にシカが確認されれば、捕獲を依頼したいが、猟友会としては、捕獲効率が下がった場合、捕獲の手間が増えるため、意識や手法のすり合わせが必要となることも分かった。

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 25 見回り効果

5台設置の場合	ハイクカム LT4G +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。



次年度は、捕獲の有無にかかわらず、年間を通じて生息密度の調査を行うことにより、傾向をつかむことができれば、より効率的な捕獲につながり、ひいては、造林地を獣害から防ぐことが可能となる。

3.1.6. 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 20 「ながと型住宅」今年度完工物件

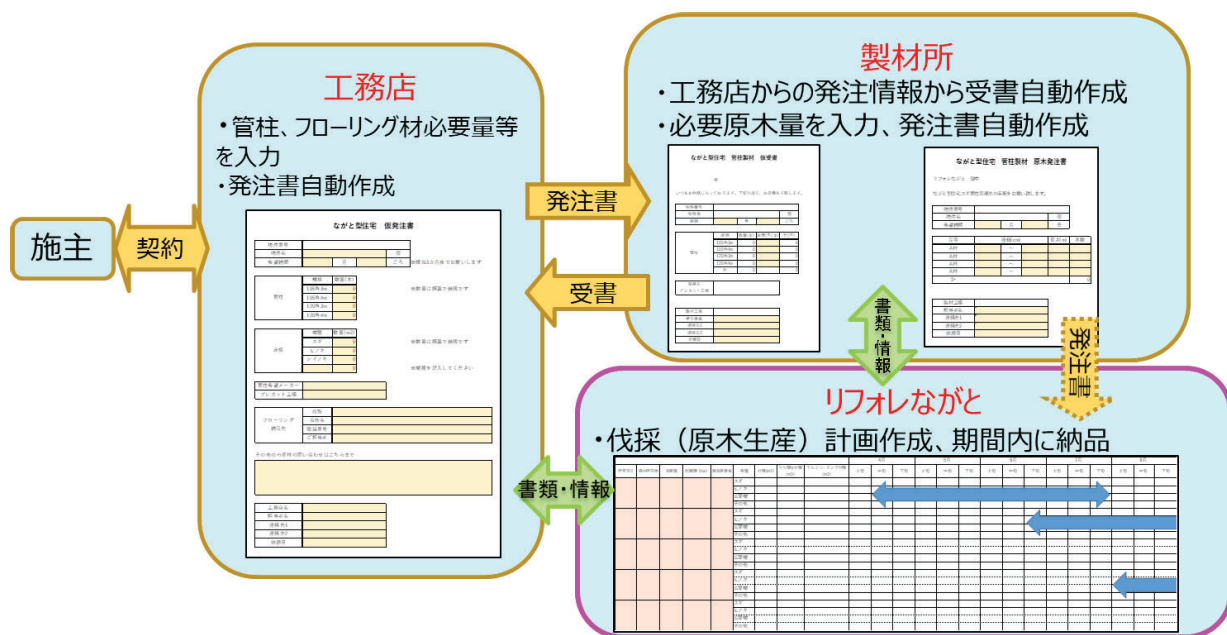


図 21 作成した受発注システムのフロー

3.2. 令和 5 年度の実行結果及び取組の評価と課題

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 R5 年度の達成状況見込

目標項目	目標指標	令和5年度達成見込状況	令和6年度事業完了後達成見込状況
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	500円/m3
新規参入 事業者	1社	1社	長門建設業協同組合の定着を目指す。1社
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	500円/m3
ながと型住宅	5棟/年	1棟/年	5棟/年
再造林率	100%	100%	100%
シカ捕獲頭数	100頭/年	22頭(2.5か月)	通年で100頭/年

素材生産におけるコストダウンについては、手造材や小型ハーベスタと 0.45 ハーベスタとの比較により算出した。また、流通・販売面におけるコストダウン・バリューアップ効果に関しては、通常の市場での販売時と直送時の原木販売価格や市場販売時の市場手数料や検収料の削減、ICT ハーベスタのバリュー

バックギングによる効果から算出した。サンプル数が少ないため、令和 6 年度まで実証することにより、最終的な数字を提出することとしたい。

事業体に関しては、令和 6 年度に、長門建設業協会が初めて皆伐を 1 か所実施するため、定着・拡大できるよう、連携を深める。

シカ捕獲頭数に関しては、2.5 か月で 22 頭と、通年で 100 頭ペースとなった。引き続き、猟友会と連携を図り、獣害から苗木を守る取り組みを継続させる。

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

R5 年度までは、地籍が完了した地域で伐区決定のために境界明確化の実証を行ったが、R6 年度は地籍が完了していない地域で境界候補図の策定と境界同意の取得を行う。境界候補図の策定については、地籍が完了していない場所については。公図が存在しないため、航空レーザデータを活用して森林計画図などの情報を基に策定する。境界同意については、R5 年度までの知見を活かして中継や GIS を活用した机上同意を目指す。

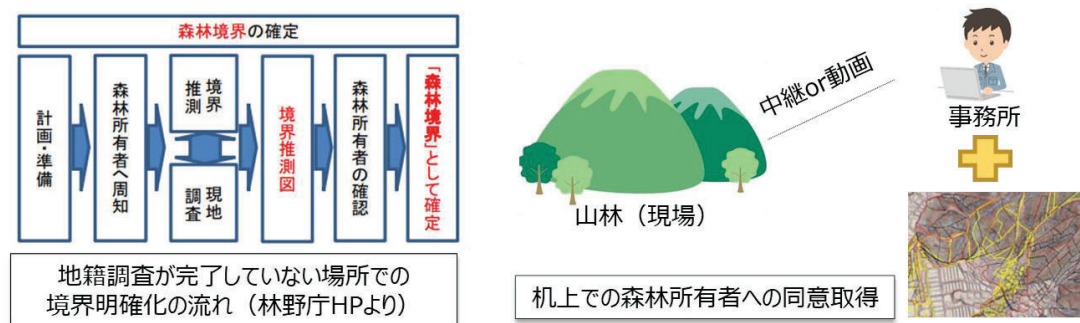


図 22 境界明確化の実施の流れと同意取得のイメージ

4.2. 立木評価と生産計画、素材生産

2 事業地、2 事業者で実証を計画している。

1 事業地については、長門建設業協会が、1 現場すべての皆伐を実施する。ICTHV やザウルスロボ、掴み付フォワーダなどを活用して、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、課題を抽出する。また、異業種参入の研修を行った山口県によると、長門建設業協会の作業員は、林業の個別技術は習得したが、林業の経験が浅いため、施業の段取りや施業手順の習得を研修生も含めて課題に挙げている。そのため、立木評価時に活用する地上レーザや航空レーザのデジタルデータを基に生産計画の策定を行うこととする。

また、中間土場設置による、県外の合板工場への直送を行い、直送材が増えた場合の造材・仕分け・在庫管理の効率化手法を検討する。

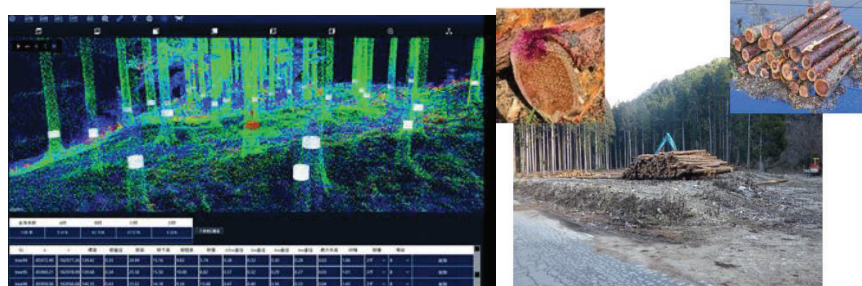


図 23 素材生産の実施内容例

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。

R5 年度までに実施した従来型との比較結果についても、R6 年度のデータと合わせて整理することで、長門や近隣事業体へ、ハーベスタの大型化や ICTHV の有効性を示す。

4.3. 再造林・獣害対策

令和 6 年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検討しており、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う。また、山口県で 2024 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い、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検討する。

獣害対策については、1 年間を通じての捕獲によりシカの出現数と獣害被害の関係や現場移動のタイミングなどの知見を構築する。

以上