

令和6年度（2024年度）試験研究成果

課題番号：

課題名：自動化・無人化技術を活用した林業技術体系の構築

研究期間：令和4～6年度（2022～2024年度）

研究担当：農林業技術部 林業技術研究室

1 研究の目的

(1) 背景・目的

- 戦後造成されたスギ・ヒノキ人工林は成熟し、本格的に循環利用することが可能な段階を迎えており、県内の大型製材工場や木質バイオマス発電施設、隣接県での合板工場等における木材需要は旺盛である。
- しかし、本県の林業現場では生産性の低さから、その需要に十分に 대응することができず、原木安定供給体制の強化が求められている。
- 一方、伐出工程の一部で機械化が進んでいるが、地拵、造林、下刈りおよび伐採作業の多くを未だに人力に頼っており、3K（危険・きつい・高コスト）の原因となっている。
- 林業生産現場の労働強度の軽減、労働災害の発生防止および作業の効率化を図るために、人力作業の機械化が求められている。
- 国や機械メーカーが、林業生産現場におけるRFM¹⁾の開発、実証を推進しており、近い将来の実用化が期待されている。

(2) 到達目標

実用化に向けて開発が進んでいるICTやロボット技術、AI等による自動化・無人化技術を前提とした林業技術体系を構築する。

2 成果の概要

(1) 地拵え・植栽・下刈り工程の無人化【図1～6】

- 効率的な機械作業を実現する手法として、ドローン空撮及びフリーソフトQGISで作成した「植栽デザイン²⁾」と、これを投影したARゴーグルをオペレータが装着し、機械を操作する実証試験を行った。
- 実証試験データに基づくシミュレーションの結果、多目的造林機械等による3工程トータルの作業効率は、従来の標準的な作業の45～66%と大幅に効率化が期待できる。
- 一方で、作業コストは従来の約1.8～3.4倍となった。これは人力作業が機械作業となることによって機械経費が増加することによるもので、導入の検討にあたっては作業効率や安全性の向上と作業コストの増を勘案した経営判断が林業事業体に求められる。
- 多目的造林機械は約30度までの傾斜に対応するが、特に機能を発揮するのは平坦～緩傾斜地である。
- 上記の直接的な効果のほか、機械施工地は競合植生の繁茂抑制効果が期待されることから、下刈り回数の削減が期待できる。

(2) 伐木工程の無人化【図7～12】

- ウインチアシストシステム³⁾は、作業機として考えている油圧ショベルが安全に利用できる範囲（緩～中傾斜：30度以下）での利用を検討しなければならない。
- 実証試験でラジコン式伐倒作業車⁴⁾を組み込んだ主伐作業システムの労働生産性は6.61m³/人日で、国の当面の目標（主伐：11m³/人日）に及ばなかったが、オペレータの操作習熟と森林作業道の高規格化に取り組むことにより十分到達可能なレベルと考えられる。チェンソー伐木を機械に代替できるため、労働災害の低減を期待できる。

(3) 架設器具撤収の省力化・軽労化【図13～14】

- 架線集材現場（傾斜地）で使用する架設器具（滑車・ワイヤロープ）の撤収をドローンで実施するために必要となる簡易な傾斜地用ドローンポートを製作した。
- 実証試験結果は、現在分析中

脚注 1) R F M：自動化・無人化技術を活用した林業機械（Remote-controlled Forest Machines）
 2) 植栽デザイン：植栽木、残存根株等の位置情報及びドローン空撮画像から植栽木の配置や下刈り走行ルート等を設定した設計図。
 3) ウインチアシストシステム：ウインチアシスト機械（テザー）と伐出機械をワイヤでつなぐことにより、傾斜地内での移動や伐出作業の安定性を向上させる作業システム。
 4) ラジコン式伐倒作業車：ラジコン操作で傾斜林内を自走し、伐木・木寄せの機能を有する機械。

3 成果の活用

- 従来作業を機械作業へ置き換え、効率化・軽労化した森林作業の姿を提案する【図15】。地拵え～下刈りについては県内スギ・ヒノキ人工林の約2割（36千ha）、伐木については同約9割（156千ha）での活用が期待される【図16】。架設器具撤収はほぼ全域を対象と見込む。
- 地拵え・植栽・下刈り工程の無人化の成果は、やまぐち伐採と造林の連携の手引き（農林水産部森林整備課作成）に掲載済み。
- 過酷で危険な運搬業務のほぼすべてをドローンで代替するため、現場作業者の評価は非常に高い。
- その他、小課題ごとに随時研究報告投稿し、「山口県の林業DX」の取組や全国の応用的な研究の進展に資する。

4 主なデータ



図1 植栽デザイン作成・実行手順

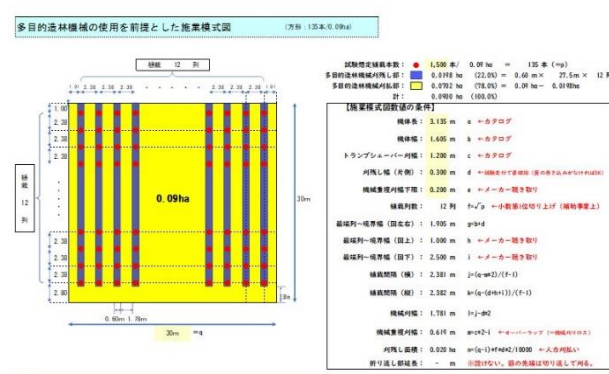


図2 植栽模式図



図3 オペレータのスマートグラス視界

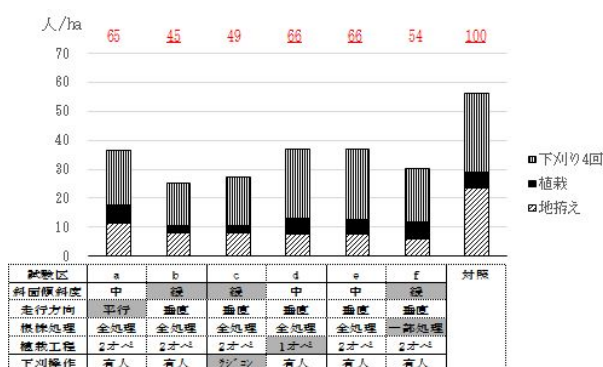


図4 地拾え・植栽・下刈りトータル作業効率

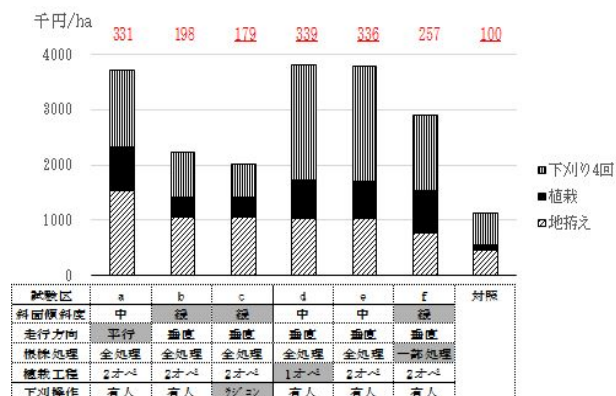


図5 地拾え・植栽・下刈りトータル作業コスト



図6 施行直後とその1年後の比較



図7 ウインチアシスト機械 (テザー)



図8 ウインチアシスト作業中のハーベスタ



図9 ラジコン式伐倒作業車

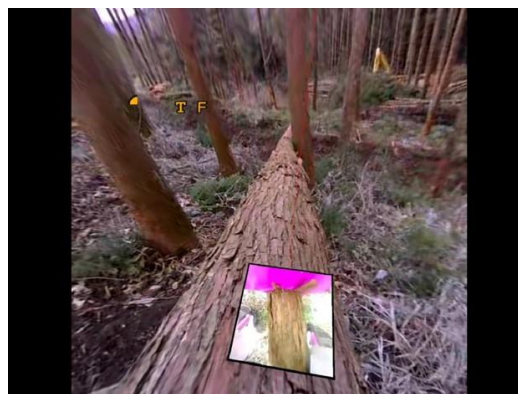


図10 ラジコン式伐倒作業車VRゴーグル視界

※造材工程に前作業（集材）待ちを含めた実際の時間で算出

工程	組生産性	作業時間	稼働率
		秒	
伐倒・木寄せ	m ³ /組・時	7.95	2,752
集材	m ³ /組・時	6.23	3,512
造材	m ³ /組・時	4.37	5,006
システム生産性	m ³ /組・時	2.64	
作業員数	人	3	
労働生産性	m ³ /組・時	0.88	
1日当たり労働生産性	m ³ /人・日	6.61	

図11 伐木～造材作業システム労働生産性

※造材工程に前作業（集材）待ちを含めない仮定の時間で算出

工程	組生産性	作業時間	稼働率
		秒	
伐倒・木寄せ	m ³ /組・時	7.95	2,752
集材	m ³ /組・時	6.23	3,512
造材	m ³ /組・時	9.74	2,247
システム生産性	m ³ /組・時	3.97	
作業員数	人	3	
労働生産性	m ³ /組・時	1.32	
1日当たり労働生産性	m ³ /人・日	9.91	

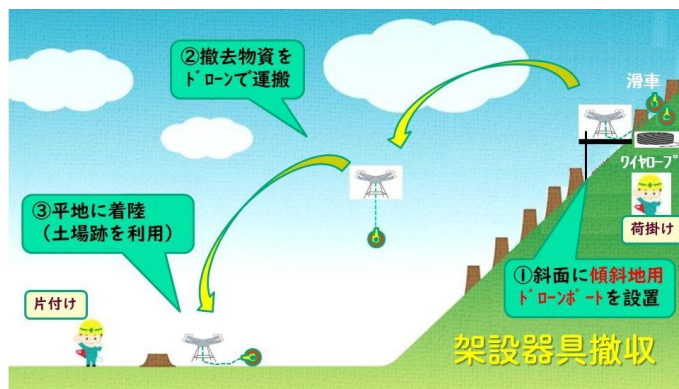
図12 伐木～造材作業システム労働生産性
(集材待ち時間除外シミュレーション)

図13 傾斜地用ドローンポートの考え方



図14 ドローン運搬架設器具（約20kg/個）



図15 機械化した森林施業の姿（当面）

地域	市町	区分	0-15度	15-30度	30度以上	総計
岩国	計	人工林	199.98	7,330.76	13,145.75	20,676.49
		割合	1.0%	35.5%	63.6%	100.0%
柳井	計	人工林	1,183.64	10,331.08	451.89	11,966.61
		割合	9.9%	86.3%	3.8%	100.0%
周南	計	人工林	7,948.20	19,313.57		27,261.77
		割合	29.2%	70.8%		100.0%
山口	計	人工林	4,780.55	30,552.32	37.00	35,369.87
		割合	13.5%	86.4%	0.1%	100.0%
美祿	計	人工林	4,947.20	16,584.55		21,531.75
		割合	23.0%	77.0%		100.0%
下関	下関市	人工林	8,529.16	8,483.79		17,012.95
		割合	50.1%	49.9%		100.0%
長門	長門市	人工林	5,491.22	7,171.59		12,662.81
		割合	43.4%	56.6%		100.0%
萩	計	人工林	2,756.52	20,510.72	686.00	23,953.24
		割合	11.5%	85.6%	2.9%	100.0%
全県	全県	人工林	35,836.47	120,278.38	14,320.64	170,435.49
		割合	21.0%	70.6%	8.4%	100.0%

【機械化が期待できる範囲】

: 地拵え～下刈り

：伐木

図16 機械化のポテンシャル（山口県の人工林面積）

自動化・無人化技術を活用した林業技術体系の構築

現状

導入後

伐採・搬出



人力
+
一部機械



地拵え・植栽

保育



RFMと新しい林業技術

伐倒作業車



資材運搬用ドローン



自動化・無人化

多目的造林機械



RFMと新しい
林業技術の導入
による作業の
効率化・軽労化

3K（危険・きつい・高コスト）
からの解放

令和 4 年度研究推進計画書

(変更年：6 年度)

1 課題分類	スマート農林漁業「匠の技」創出事業 (農林水産業D Xの研究開発)		
2 課題名	自動化・無人化技術を活用した林業技術体系の構築		
3 研究期間	R 4 ～ R 6	4 希望予算区分	国庫
5 担当研究室 協力研究室 共同研究機関	林業研究室 機械メーカー ソフトメーカー	6 要望提出機関	森林企画課 森林整備課 農林総合技術センター

7 研究の背景及び目的

(1) 背景

- 戦後造成されたスギ・ヒノキ人工林は成熟し、本格的に循環利用することが可能な段階を迎えており、県内の大型製材工場や木質バイオマス発電施設、隣接県での合板工場等における木材需要は旺盛である。
- しかし、本県の林業現場では生産性の低さから、その需要に十分に 대응することができておらず、原木安定供給体制の強化が求められている。
- 一方、伐出工程の一部で機械化が進んでいるが、地拵、造林、下刈りおよび伐採作業の多くを未だに人力に頼っており、3 K (危険・きつい・高コスト) の原因となっている。
- 林業生産現場の労働強度の軽減、労働災害の発生防止および作業の効率化を図るために、人力作業の機械化が求められている。
- 国や機械メーカーが、林業生産現場における R F M の開発、実証を推進しており、近い将来の実用化が期待されている。

※ R F M : 自動化・無人化技術を活用した林業機械 (Remote-controlled Forest Machines)

(2) 既往の成果と残された問題点

人力依存度の高い作業工程	既往の成果	残された問題点
伐木	①ウインチアシスト機械 (テザー) 住友林業 : R3 開発・受注開始 ②ラジコン式伐倒作業車 松本システムエンジニアリング : R6 開発・受注開始	具体的な作業方法が明らかでないこと。

地拵、植栽、 下刈り	①有人機械は市販されており、遠隔操作・無人化の研究をメーカーが実施中。 (キャニコム：多目的造林機械) ②電動クローラ 1 輪運搬車	①地形データ等から走行ルート(＝植栽計画)の設計方法。 ②本県での作業効率やコスト分析事例がないこと。
その他 (器具、資材 等の運搬)	ドローンを活用した架設器具運搬の人力運搬との比較試験を令和 3 年に実施し、有効性を確認済み。 ①スオウ架線：上記試験に協力し必要性を認識 ②キンシュウ：運搬用(30 kg)ドローン及び周辺器具の開発、改良、保有	傾斜地ではドローンが発着する場所がなく、撤収にドローンを使用できないこと。

(3) 目的

実用化に向けて開発が進んでいる ICT やロボット技術、AI 等による自動化・無人化技術を前提とした林業技術体系を構築する。

(4) 農林水産部の施策方向(関連施策)

事項	R03 基準	R08 目標
県産木材供給量 (m ³)	301,000 ⇒	418,000
再造林率 (%)	28.5 ⇒	50 以上
森林バイオマス利用量 (t)	64,200 ⇒	94,000
林業認定事業体数	19 ⇒	24
新規就業者数 (人)	35 ⇒	200

8 共同研究をする必要性

技術・機械の早期の普及、導入に資するため、林業現場のニーズと R F M 等の開発・改良とのマッチングを図る。

9 研究計画の内容

(1) 概要

①伐木工程の無人化、②地拵え・植栽・下刈り工程の無人化、③架設器具撤収の省力化・軽労化に係る研究を実施し、成果を研究報告または施業マニュアルの作成により公

開する。

到達目標

- 作業人役（人/ha）を現状に比べて右表のとおり削減
- その他、生産コストの低減、安全性向上、労働強度の軽減等による3K林業からの解放を期待

工程	作業人役（人/ha）	
	現状値 (R02)	目標年度 (R06)
主伐	70.0	55.8（▲20.3%）
地拵・植栽	26.1	22.2（▲15.0%）
下刈	38.0	32.3（▲15.0%）

（２）課題構成、達成目標及び研究年次

別紙（p.4）のとおり

（３）主要な利用施設・備品

- むつみ林木育種園ほか県内のスギ・ヒノキ人工林
- 自動化・無人化技術を活用した林業機械
- ビデオカメラ、PC等

10 研究のポイント

新たな林業技術体系を構築することで、以下の効果が期待される。

- ① 林業生産現場におけるRFMの円滑な早期導入
- ② 伐採から植栽までの労働強度の軽減、労働災害発生の防止および作業の効率化

11 普及に向けたスキーム

- 研究成果は、普及・定着を図るため、県林業関係機関と連携して施業マニュアルを作成する。
- 研究期間中に研修部門と連携して現地検討会等を開催し、新技術に関する知見を広く周知するとともに、省力化・軽労化に向けた意識醸成を図る。

別紙

「自動化・無人化技術を活用した林業技術体系の構築」
に係る課題構成、達成目標及び研究年次

