

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

京阪奈+三重 需要地と供給地の事業連携による
新しい地方創生型 SDGs 林業への挑戦
事業成果報告書

令和7年3月

実証主体 代表経営体 バイオマスパワーテクノロジーズ株式会社(BPT)

林業経営体 株式会社玉木材、株式会社古家園

代表支援機関 株式会社森のエネルギー研究所

目 次

I 実証事業の概要

- 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 林業経営体、支援機関、実証事業関係者連関図
- 6 実証事業の内容
- 7 実証事業の目標

II 実証事業の実行結果及び課題

- 1 令和4年度及び5年度の実施結果及び課題
- 2 令和6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

I 実証事業の概要

1 事業の名称

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生型 SDGs 林業への挑戦

2 取組の背景

本事業は、各事業者が存在する京阪奈地区および三重地区において、種苗・木材生産とその利活用を通じて、需要地（京阪奈+三重エリアの製材工場【川中】、都市部の地域密着型の工務店【川下】）と供給地（種苗・素材生産事業者【川上】）が相互に事業連携し、もって地域経済を活性化させ、地方創生 SDGs 林業に挑戦しようとする新たな取組である。

山林の ICT データを整備して森林情報だけでなく毎木単位で情報を「見える化」し、需要側のニーズを組み入れたゾーニング概念（適地適木）に基づく多様な森林づくりを立案することで、収益を最大化するサプライチェーンを作り上げ、新たな安定したロングテール型収益構造を形成することを目指すものである。

3 実証のテーマ

各項目別のテーマは以下のとおりである。

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生型SDGs林業への挑戦

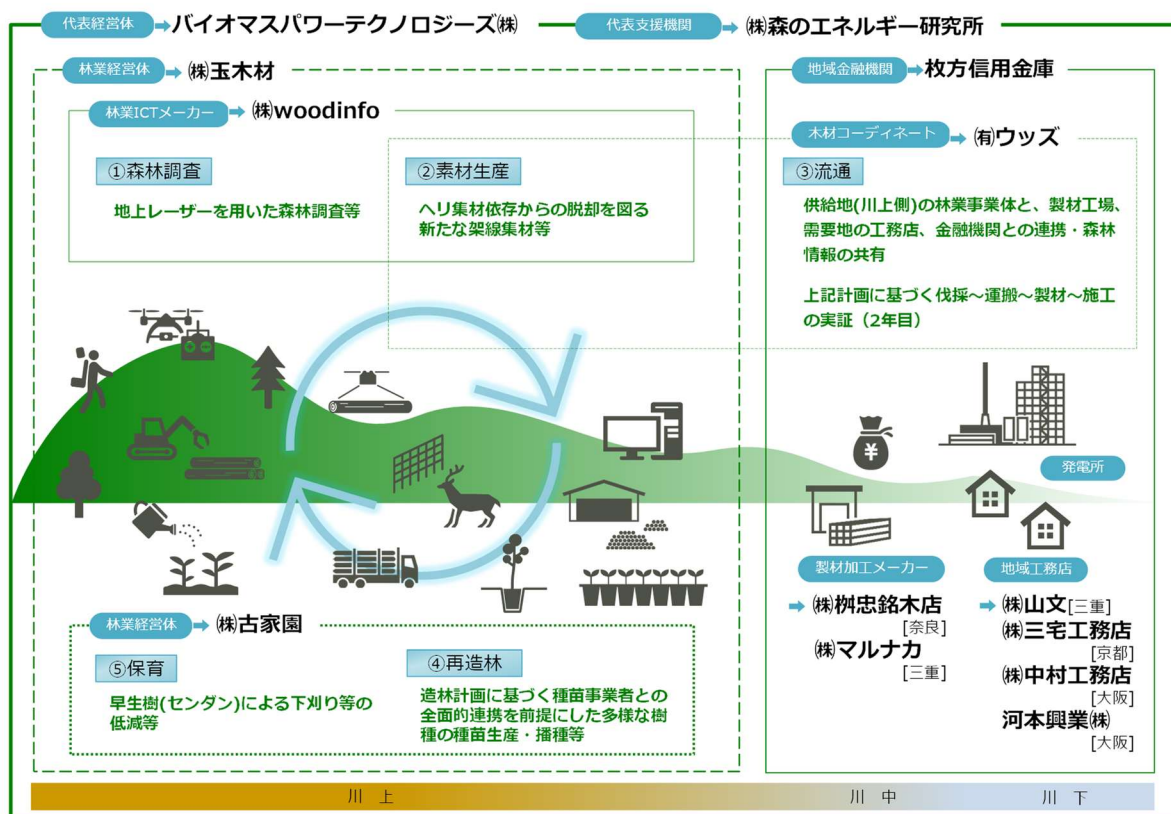


4 実証団体の構成

実証事業の代表経営体はバイオマスパワーテクノロジーズ(株)(BPT)、林業経営体は(株)玉木材、(株)古家園、代表支援機関は(株)森のエネルギー研究所である。

5 林業経営体、支援機関、実証事業関係者連関図

実証に参加した林業経営体、支援機関、事業関係者の関連性は以下のとおりである。



◆本事業の全体概要と特徴 | 実証内容の全体像と参加企業の関連性



6 実証事業の内容

バイオマスパワーテクノロジー株式会社（以下 BPT）は、三重県松阪市で地域の多様な燃料を活用する出力 1,990kW のバイオマス発電所の運営を行っている。2020 年 7 月には、発電事業の持続可能性向上、林業事業の更なる推進を目的として株式会社玉木材（本社：奈良県五條市）をグループに迎え、エネルギー事業者である BPT 自身が、川上から川下までを一気通貫した事業を行うことで、林業の成長産業化を目標に森林イノベーション & 林業リノベーション事業の推進を目指している。森林を適切に「ゾーニング」し、スギやヒノキのみではなく早生樹・広葉樹などの多様な木材を生産し、キャンプ場など森林の空間的な利用も含めて新たな価値の創出に取り組んでいる。

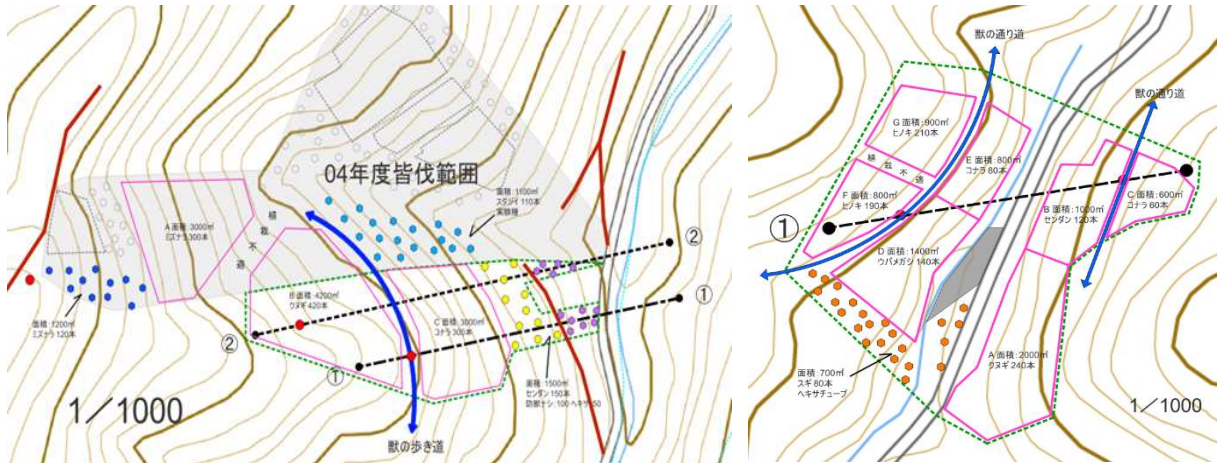
BPT・玉木材は、五條・吉野地区、及び三重県内に約 600ha の森林資産を所有しており、「2050 カーボンニュートラル」「脱炭素社会」の観点から、「SDGs×ESG 時代に相応しい新たな林業・エネルギー事業」の構築・実現を通じて、地域経済活性化に貢献し、資源循環型経済の構築に寄与する「**地域創生型 SDGs 林業**」を展開するものである。これまでの吉野林業地で行われていたスギ・ヒノキの優良大径木のみを軸にした森林づくりではなく、多様な空間利用を図ることをコンセプトに森林を適切に「ゾーニング」し、適切な獣害対策を組み合わせた上で、多種多様な樹種・生産物と新たなサービスを異業種とも連携して産み出していくことで新たな安定したロングテール型収益構造の形成を目指すものである。

他地域と比べ特筆すべき課題は、BPT・玉木材が山林を所有する紀伊半島の奈良県・三重県における壊滅的なシカの獣害が挙げられる。玉木材所有林において皆伐後の植付を広面積で行っているが、2008（平成 20）年以降にスギ・ヒノキ等を植林した山林のほとんどが「はげ山」と化しているといっても過言ではない状況である。従来型の密植・人力での植付時に高止まりする造林コストはもとより、地域内で植林した木々が全く育たないことが繰り返されており、造林経費の浪費はもとより林業従事者の造林意欲低下にもつながっている。また、従来型の一律に手間をかけて育てるスギ・ヒノキの優良材一辺倒の大量生産方式では、収益が減少・不安定化し、主伐後の再造林費も捻出が困難な状況となっている。

6 実証事業の内容

◆実施場所（位置図、写真等）

主伐及び再造林の実施場所は奈良県五條市川股、及び五條市勢井の玉木材所有山林で、傾斜 45 度超えもある急傾斜地である。スギ・ヒノキ 70～110 年生の林地で、主伐を実施後に再造林を実施した。植栽密度はヒノキが 2,000 本/ha、センダン等の広葉樹、スギについては 1,000～1,200 本/ha という疎植を行った。また、奈良県五條市大日川の玉木材所有山林においては、皆伐跡地にてセンダンの直接播種後の生育状況検証、及び電動クローラー輸運搬車「斜楽」での苗木運搬・植え付け作業を試行した。



川股(R4)主伐 2.6ha 造林 1.6ha (R5)主伐 0.5ha 造林 1.3ha 勢井(R5)主伐 1.0ha 造林 1.0ha



五條市川股、及び五條市勢井での作業写真

主伐及び再造林の樹種・規模一覧(川股)

川股	R4年度	主伐	2.6 ha	
標高：600m～		本数(本)	面積(ha)	植栽密度(本/ha)
スギ	ヘキサ	380	0.36	1,056
ヒノキ	防獣ネット	1100	0.55	2,000
アカマツ	ヘキサ	240	0.22	1,091
混成	防獣ネット	140	0.12	1,167
ウバメガシ	防獣ネット	220	0.18	1,222
センダン	防護なし	160	0.14	1,143
造林面積小計(R4)			1.57 ha	

川股	R5年度	主伐	0.5 ha	
標高：600m～		本数(本)	面積(ha)	植栽密度(本/ha)
ミズナラ	ヘキサ	120	0.12	1,000
ミズナラ	防獣ネット	300	0.30	1,000
スダジイ	ヘキサ	110	0.11	1,000
クヌギ	防獣ネット	420	0.42	1,000
コナラ	防獣ネット	300	0.30	1,000
センダン	防護なし	100	0.10	1,000
センダン	ヘキサ	50	0.05	1,000
造林面積小計(R5)			1.28 ha	

主伐及び再造林の樹種・規模一覧(勢井)及び、再造林のみ実証地(大日川)樹種・規模一覧

勢井	R5年度	主伐	1.0 ha	
標高：700m～		本数(本)	面積(ha)	植栽密度(本/ha)
スギ	ヘキサ	180	0.18	1,000
ヒノキ	防獣ネット	340	0.17	2,000
ウバメガシ	防獣ネット	140	0.14	1,000
クヌギ	防獣ネット	200	0.20	1,000
コナラ	防獣ネット	200	0.20	1,000
センダン	防獣ネット	130	0.13	1,000
センダン	ヘキサ	50	0.05	1,000
造林面積小計(R5)			0.89 ha	

大日川	R6年度	皆伐跡地	0.45 ha	
標高：380m～		本数(本)	面積(ha)	植栽密度(本/ha)
センダン	ヘキサ	50	0.05	1,000
センダン	防獣ネット	220	0.22	1,000
クヌギ・コナラ※	防獣ネット	180	0.18	1,000
造林面積小計(R6)			0.45 ha	

※クヌギ・コナラ50本ずつを0.10haに、同40本ずつを0.08haに植栽

◆事業区分ごとの計画内容

事業区分毎の計画内容（森林資源調査、素材生産、流通、再造林）を以下に示す。

【森林資源調査】

3Dレーザバックパック型スキャナ（woodinfo 社：3DWalker）を用いた地上レーザ測量等を使用して、現地の詳細な等高線データ・立木毎の位置情報・径・材長・曲がりの情報等の精密な情報を取得した。この情報を森林資源デジタルドキュメント化システム「Digital Forest」によって、林内の毎木の位置と太さ・高さ・材積・曲り等を自動で情報化し、一本一本の性質・特徴を把握することで現在から将来に渡って森林資源の有効活用とどのような森林に育てていくかの計画づくりに役立てた。さらに令和6年度には、玉木材の従業員自らがドローンを飛行させて令和4年度・5年度の植栽木生育状況と獣害対策の現状(防獣ネット・ヘキサチューブ破損有無)を確認することで、現況把握にかかる見回りの人工数・コストを削減する検証を行った。

また、品質調査に基づき木材利用の可能性を検討すると、木材価値向上と選別の有効性を判定し、作業時の作業基準を示すことが可能であることから、令和5年度には原木の内部品質と毎木データとの関係を調査し、品質に見合う木材生産手法を検討した。具体的にはデータ採取用に数本を先行伐採し、製材時の出来高を記録することで残りの木の伐採前に川中・川下の事業者側がどのようなデータを値付けに活用することが可能か(3)流通販売分野と連携し試行した。

【素材生産】

吉野地域では使用事例が少ない架線系集材（自走式搬器：ウッドライナー）を、急傾斜で凹凸のある山林内で使用する計画を設計・立案するにあたり、レーザ測量結果を解析して得られた立木及び微地形のデータをGIS上で判読した結果を活用することで、経験の少ないメンバーでも架線の索張り方法を効果的に習得する一助とした。

【流通】

玉木材の売上の約9割は原木市場での販売に依存している。当該事業を継続・発展させていくためには独自の販路開拓と収益源の多角化が急務となっている。上記課題を解決していくためには、流通分野や需要地の事業者との連携が不可欠であり、パートナーとなる地域の製材工場や工務店の実態とニーズを十分に把握することが求められている。

そこで、地域金融機関（枚方信用金庫）の協力も得て、供給側（BPT・玉木材及び古家園【川上】）と需要側（京阪奈+三重エリアの製材工場【川中】、都市部の地域密着型の工務店【川下】）との生産する製品の種類や流通に関する意見交換を行った。他、玉木材所有林から伐採・搬出される原木丸太（スギ・ヒノキ）を榊忠銘木店に直送し製材・製品化する際に原木の内部品質と毎木データとの関係を調査し、品質に見合う木材生産手法を検討した。また、広葉樹のエネルギー用途以外の用材としての活用可能性・販売先探索（センドンの家具材利用等）や、針葉樹・広葉樹それぞれに樹脂を加圧含浸し耐久性を高めた木材等の機能的・デザインの付加価値をつけた商品化といった検討を行った。

【再造林】

玉木材所有林の整備にあたり、長期的には森林全体の生産量を高める少量多品種の木材生産を掲げ、地形、方角（日射）や水条件などを勘案し適切な樹種を選定し、それに応じた獣害対策を多様に用いて低コストでの成林を目指している。そこで、造林予定地について、GIS 上での地形判読に基づき、獣害対策手法、及び災害発生予測等も考慮した「ゾーニング」による適地適木の、低コスト成林が可能となる造林計画の立案を目指した。

造林地調査とゾーニング計画は、種苗事業者(古家園)と林業事業体(玉木材)が綿密に連系し、年間で必要となる苗木の生産計画を、古家園にフィードバックし、スギ・ヒノキだけでなく早生樹（センダン）、広葉樹（ウバメガシなど）、アカマツの苗木といった多様な樹種の生産計画を立案し植栽スケジュールに合わせ必要な量・品質の苗を揃えた。

造林コストの削減方策としては、素材生産で架線を張って全木搬出した後、その架線を利用して獣害対策品と植栽苗を林地に搬入することで、搬出作業と造林作業の一体化による人件費削減の実現を目指した。

センダンについては、苗木植栽だけでなく種を直接林地にまく直播も行い生育状況を比較検証した。また、農業的植付手法を応用する試みとして、農業利用されているマルチ用穴あけ植付機（ホーラー）を転用した機械的植付手法と、コンテナ苗用鋤、コンテナ苗用穴あけ機モーター（ディブル）とを比較し、植栽速度の効率化、及び植栽精度の向上を試みた。また、傾斜地での苗木運搬及び植え付け作業の省力化・低コスト化を目的に、電動クローラー輪運搬車「斜楽」での苗木運搬・植え付け作業を試行した。



獣害対策 地形条件等に応じた組み合わせ ヘキサチューブ及び獣害防護柵設置、生育状況



獣害防護柵(防獣ネット)間シカの歩き道 植付作業状況(令和4年度玉木材実証地)

令和4年度の工程表について、項目別の実施状況を記載したものを以下に示す。

【令和4年度】										
	令和4年					令和5年			進捗率	
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	令和5年2月10日時点	3月10日時点
①森林調査										
地上レーザを用いた森林調査 講習を受け、自社で調査・解析									100%	100%
GISによる森林資源の精密管理									100%	100%
②素材生産										
新たな架線集材の導入、搬出実証・技術者育成									90%	100%
GISによる集材範囲や材積試算									95%	100%
デジタルによる生産計画作成									100%	100%
森林調査・素材生産分科会の開催(現地デモ調査含む)										
③流通										
候補先各社の基本情報の収集・整理、意見交換									90%	100%
具体的な流通システム(連携内容)の検討									80%	100%
流通分科会の開催(事業者間の施設見学会等を兼ねて実施)										
④再造林										
種苗事業者との全面連携による苗木準備、育苗体制構築									100%	100%
ゾーニング概念(適地適木)を反映した多様な獣害対策導入									90%	100%
架線を用いた苗運搬、農機的植付や床肥手法の導入・試行									60%	100%
再造林・保育分科会の開催										
早生樹(センダン)の苗木植栽と直播手法の検証									60%	100%
生育試験と評価に基づく、広葉樹等多段階植栽実証										
全般										
協議会(3回開催)										
定例会議(提案者3社及び代表支援機関):毎月第一金曜									90%	100%
事務局打合せ(代表林業経営体及び代表支援機関)										
※年度内(3/10)に事業を全て完了予定										
青棒:実施済 黄→:年度内完了(予定) 赤→:年度内未了										

令和5年度の工程表について、項目別の実施状況を記載したものを以下に示す。

	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	進捗率
①森林調査 ※昨年度取得データ使用											100%
②素材生産 ※勢井1ha、川股0.5ha											100%
川股ヒノキ 音伐搬出											
川股スギ 搬出開始											
11/30 搬出完了											
12/2 架線搬去完了											
③流通 ※川股0.5ha											100%
例証さんへ直納済み(20ml)											
④再造林+保育 ※勢井1ha、川股1.2ha											100%
勢井防獣網設置完了 植付設置完了											
12/15 川股防獣網設置完了 2/7 植付完了											

令和6年度の工程表について、項目別の実施状況を記載したものを以下に示す。

令和6年度工程表	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	進捗率
①森林調査 ドローン活用 (柵・苗 見回り)											100%
免許取得 実践講習受講											
ドローンレンタル 苗および防獣ネット確認など											
②素材生産 川股林地残材 チップ加工											100%
必要機材段取り											
チップ加工											
③再造林+保育 大日川事業地 防獣ネット設置											100%
防獣ネット設置											
④再造林+保育 斜楽(傾斜地)での 運搬・植栽機械化											100%
レンタル契約締結											
11/15~12/15までレンタル 資材運搬、植付											
⑤令和4.5年事業地 生育調査(人力)											100%
植林苗および防獣ネット被害確認など											

7 実証事業の目標（収支改善目標含む）

事業開始時点で、以下の目標を掲げた。

【森林調査】

BPT・玉木材社員が、林地でのレーザ測量技術及び取得データ解析技術を習得する。5年を目途に玉木材の経営する全ての森林情報をデータ化・森林GIS上で解析可能にする。

【素材生産】

搬出コストが高額のため、従来はヒノキの役物（売値の平均単価3万円/m³以上）しか搬出できなかったヘリ集材に対して、目標として、架線系集材技術の習得、A材だけでなくB材・C材（発電所向けの燃料材）搬出も含めることによる生産量増大、及び集材技術の熟練による低コスト化を目指す。また、森林GISを活用した索張り検討等も行う。

◆申請時点の目標値

- ・ヘリ集材時の素材生産費（※）

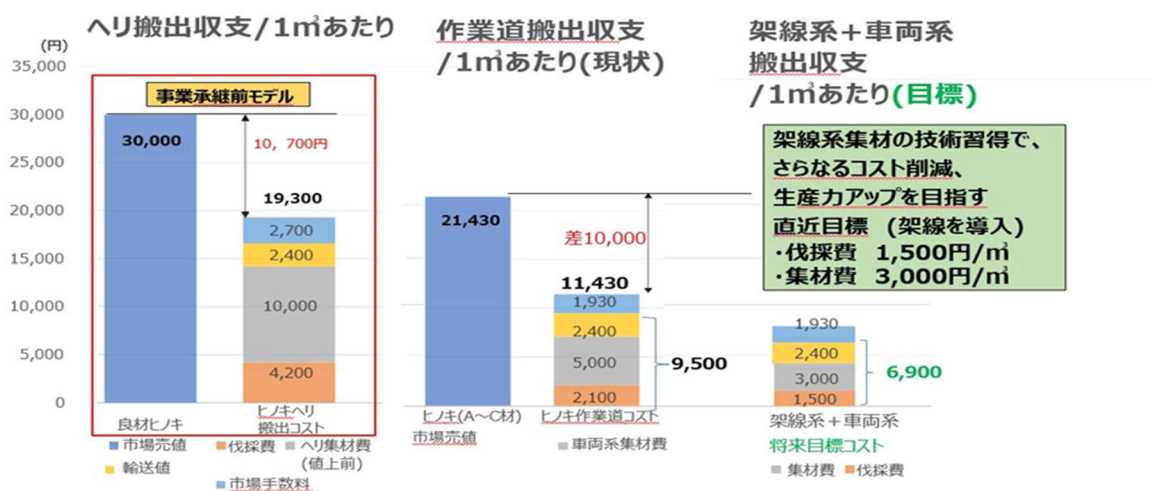
16,600 円/m³=伐採 4,200 円/m³+集材 10,000 円/m³+輸送 2,400 円/m³

- ・現状の車両系素材生産費（※）

9,500 円/m³=伐採 2,100 円/m³+集材 5,000 円/m³+輸送 2,400 円/m³

- ・目標とする素材生産費（※）

6,900 円/m³=伐採 1,500 円/m³+集材 3,000 円/m³+輸送 2,400 円/m³



※注：令和4年申請時点では労務費に保険料を含めず計算したが、本事業では保険料を含め収支を計算。

また、目標コストの設定においては、令和4年度以降の労務費・燃料費等の高騰は考慮していない。

【流通】

製材工場・工務店といった需要側にヒアリングを行い、ターゲットとする製品、コスト、品質基準を策定する。スギ・ヒノキだけでなく、多様な広葉樹材のマーケティング・ニーズを把握する。

【再造林】

スギ・ヒノキ以外の樹種も活用した確実な成林・獣害対策を確立する。早生樹（センダン）、広葉樹（クヌギ、ウバメガシ）、アカマツの造林に必要な苗木生産体制を拡充する。広葉樹の植栽（1,000本/ha程度）による下刈り回数の軽減、及び経費削減を目指す。センダンの苗木植栽と直播の2つの手法における、生育状況の差異を比較する。

II 実証事業の実施結果及び課題

1 令和4年度及び5年度の実施結果及び課題

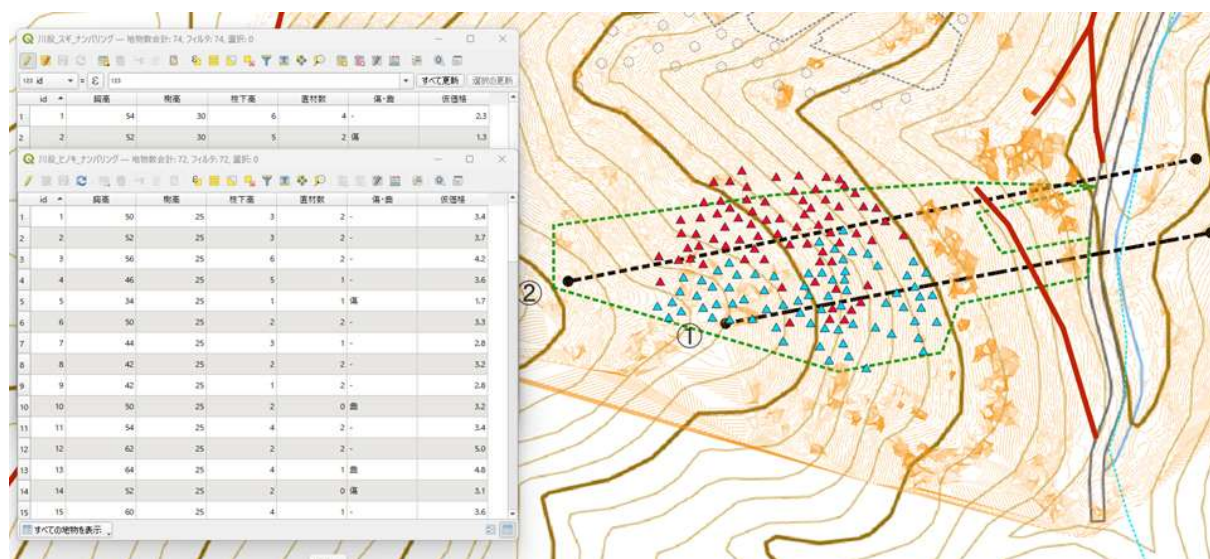
(1) 森林資源調査

令和4年度は、BPT・玉木材社員が自ら3Dwalkerによる林地でのレーザ測量を行うことで、技術及び取得データ解析技術の取得を目指した。その成果と得られた課題について、長所・短所及び従来との比較結果を記載する形で以下のとおりまとめた。

内容	成果	長所○・短所●	従来との比較
3Dwalkerによるレーザ計測	急傾斜地7ha程度の計測を実施	○1日で広範囲計測可 ●肉体的負担が大きい	輪尺を用いた毎木調査より効率的
	自社でデータ解析	●エラーが多い、長時間	結果の視認が容易
	架線計画の立案	○元柱・先柱の選定容易 ○樹高・材積等の一覧表示・フィルタリングが可能	PC上だけの計画には不安が残る
	材積推計と、実際の搬出材積比較	○出材見込推計 1,176m ³ に対し、市場への出材材積 1,142m ³ とほぼ正確	人の経験に頼り推計していた総材積推計がレーザ測量で可能
	製材工場向けのデータ活用	●傷・曲がり把握不可、径のズレ⇒毎木データが活用可能か不明	全体の数量と本数は高い精度で把握可能が径・曲がり不可

BPT・玉木材社員により、林地でのレーザ測量技術及び取得データ解析技術に加え、県による航空レーザ測量結果等の新たなデータ解析・活用方策を習得することを目標に掲げた。また、取得した単木のデジタルデータを実際に現地で照合し、立木にナンバリングを行った上で材の品質を確認・写真等と紐づけしデータの有用性を確認することとした。

23年6月より五條市川股の林地にて現地調査を行い、9月に伐倒・搬出を行う候補木の決定とナンバリングの状況確認・データ照合を実施し、10月～11月に搬出を行った。

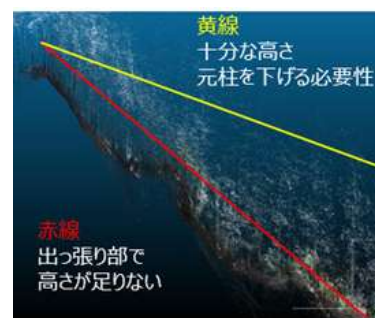


搬出対象木(橙:スギ 青:ヒノキ)毎の地図上へのプロット、単木のレーザ計測データ

【評価・分析】

架線計画の立案においては、取得データから作成した地形断面図をもとに元柱・先柱を検討することができた。

需要側向けのデジタルデータ活用として、事前にどの程度まで用途別の材の量や品質（太さ、曲がり、傷等）を絞り込めるかを検証したが、令和4年度に3Dwalkerで計測したデジタルデータと現地で候補とした材を照合した結果、推計材積と市場への実際の出材材積はほぼ一致していた。



地形断面図を活用した元柱・先柱検討

資源量の推計には役立ったが、現時点の精度では良材を出荷する目的で製材工場向けに搬出する候補材を絞り込むデータとしては不十分であった。

(2) 主伐

【実行経過・結果】

令和4年度事業においては、当初の計画通りの規模となる、約2haの主伐を令和4年9月～令和5年2月までの期間内に実行できた。

令和5年度も当初計画通りの規模となる、1.5haの主伐(勢井1.0ha、川股0.5ha)を期間内に実行した。

【評価・分析】

- ・労働強度の低減(省力化、軽労化)：ウッドライナーでの作業に作業員が習熟したことで、労働強度を軽減することができた。
- ・安全性の向上・・・インカム(林内通信装置)の採用により、架線集材の作業時に作業員全員が円滑に作業内容を伝達できるようになり、当初計画とおりの安全性が向上した。
- ・低コスト化、効率化・生産性の向上

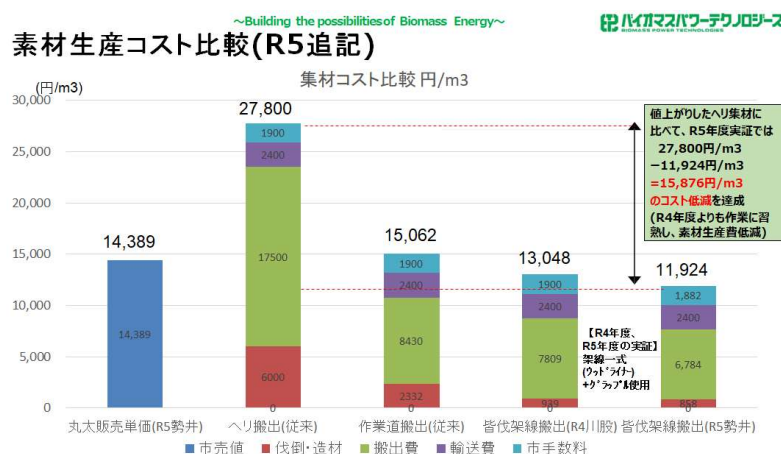
令和5年度実証において皆伐・架線搬出(ウッドライナーとグラップルを使用し、トラック)における素材生産コストを、勢井での実証結果をもとに試算した結果、

チェーンソー伐倒 858 円/m³ + 架線集材(造材含む) 6,784 円/m³ = 7,642 円/m³ となった。

これに、市場までのトラック輸

送費 2,400 円/m³ + 市場手数料 1,882 円/m³ = 4,282 円/m³

を加えると、素材生産コストは 11,924 円/m³ となり、4年度(13,048 円)よりも 1,124 円コストを削減できた。生産性としては、勢井(1.0ha)で搬出材積 461.9m³ に対し、伐採・造材 69 人工 + 搬出(架線の架設・撤去含む) 41 人工 = 110 人工で、約 4.2m³/人・日となった。



【課題】

素材生産コスト 10,000 円/m³ を切ることを令和 5 年度目標としていたが約 2,000 円/m³ 未達となった。今後、集材作業の効率化や造材の効率化(プロセッサ導入等)によりさらにコスト低減を図ることが考えられる。

(3) 流通

【実行経過・結果】

令和 4 年度事業のヒアリングにおいて、川下側の複数の事業者(工務店)から、「既存製品との品質や価格だけ勝負になると流通に乗せるのはコスト的に厳しく、国内の森林整備・保全につながるストーリーの見える化や地域材の利用に対する補助金等も必要」との意見が出された。

製材工場に安定的に供給できる材の量、品質、価格を決めるためには、中長期的には玉木材の森林資源に関して、樹種・樹高・直径などをベースとする単木単位の資源量把握(←地上レーザ計測等を活用)だけでなく、ある程度のレベルで立木の品質(価格決定の最大要素)も見極める必要がある。

令和 5 年度は、原木の内部品質と毎木データとの関係を調査し、品質に見合う木材生産手法を検討することを目的に、製材工場での製材方法確認と材質チェック・記録、原木単位での利益率等の試算を実施した。具体的には以下の手順で行った。

- 1 (森林調査)立木の状態で、品質に応じた造材を事前に検討
- 2 ナンバリングした立木を伐採搬出後、製材工場で(腹と背などの)取れ高の違い確認
- 3 樹皮の枝跡と内部品質の関係を把握(1 と 2 の結果を照合)

製材工場への直送は、約 120 年生のヒノキ 10m³、スギ 10m³ (川股地区) 計 20m³ とした。なお、樹高別の品質を確認するために直納に先立ちサンプル木調査を実施し、4m 造材を基準に元玉から 4 番玉までのサンプルを調達した。



製材工場へ直送材の選定と値決め(上段)、運送(下段)

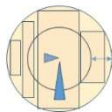


製材時の材質チェック、記録、タイプ毎に仕分け作業(左) 製材原木の集計結果(右)

製材原木集計結果			
樹種	ヒノキ	スギ	合計
本数	25	26	51
合計材積(m ³)	10.318	10.206	20.524
平均直径cm	31.69	32.04	
平均材積(m ³)	0.413	0.393	
金額(円)	274,790	166,906	441,696
平均単価	10,992	6,419	8,661
平均m ³ 単価	26,632	16,354	
原木径	178mm幅のラミナ枠挽き用 直径28cm以上40cm未満		
造材	元玉から4番玉		
原木価格	玉順と径級から市場相場を目安に設定		



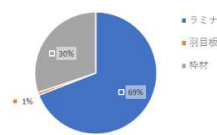
- ・ラミナ幅を基本にタイコ挽きを行う
- ・役物が取れる箇所については、その都度無節層の予測を行い製材寸法を決定する



(左)製材方法の現場確認

【スギ】製品材積割合 平均値と優良材の比較

スギ製品別材積 (m³)



34cm以上の元木の利益率が高い傾向にある。
ヒノキに比べ自然落枝のタイミングが早く、
元玉の無節の層が製品規格に適した厚
みで形成されており、役物の割合が高く
なった。

径級判定による収穫時期の設定が有効



(右)スギの製材結果 集計例の抜粋

【得られた成果、考察】

- ・製材規格に適した原木の規格とその価格検討に必要なデータが得られた。
- ・利益率の高い原木の傾向が判明。これにより製品規格に対応した径級・形状・玉順の判定ができる。
- ・原木の外観と内部品質の関係の判断基準の共有が可能となる。
- ・製材工場への直送を試みた結果、材としての評価は高いものが多く得られた。

【課題】

- ・外見から見た節の配置でどういう製品がとれるかという基準を、山側がもっていない。現在は情報がないうまに造材している。
- ・たとえば、原木評価が低い製材価値の高い2番玉でいい評価が出ている。そうした基準を双方(山側と製材側)で共有しておく必要があると考えられる。
- ・製材工場への直送を試みた結果、山側の手間(作業)が現状では増加している。

(4) 再造林

【実行経過・結果】

令和4年度実証では、地形条件を考慮した上で「獣害防護柵(防獣ネット)による対策(ゾーンディフェンス)」を実施する区画と、「ヘキサチューブによる単木保護(マンディフェンス)」を実施する区画を組み合わせて実証地造林計画を立案した。シカに獣害防護柵を飛び越えられぬよう柵間に1mの通路(シカの歩き道)を設定する箇所も設けた。

令和5年度は以下の成果が得られた。

- ・効率化・生産性の向上

伐採班が植林作業まで一体的に動くことで、伐採～搬出時に何をすると効率的かを把握することができ、一体型施業での生産性向上に役立てた。

- ・労働強度の低減(省力化、軽労化)

ウッドライナーによる苗木・獣害対策資材等の荷あげを実施したところ概ね1日以内に荷あげ作業を実施でき、人力での荷あげに比べて省力化・時間短縮を実現できた。

造林作業風景

獣害対策地では被害に遭いやすい他の樹種を育て、**多樹種の木材生産**を行っていきます。今回、伐採班が**植林作業まで行うことで前段階(調査、搬出)でどう動く(何をすると)**と**効率的なのか確認することができました**。関係者全員で意見を出し合い、来年度事業に繋げていきます。



苗の荷あげから急傾斜地での植林の流れ

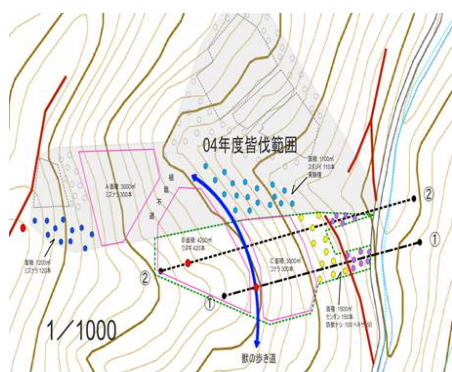


架線を活用した獣害対策資材荷あげ(左) 防獣ネット・ヘキサチューブ施工の様子(右)



防獣ネット施工作業 一連の流れと、作業時間の目安

再造林・保育



川股施業計画



防獣ネット: 小面積で囲う



シカの通り道



ヘキサチューブ: 地形変化の多い場所



器具を使用しての植付

地形条件を考慮した獣害対策(ゾーンディフェンスとマンディフェンス)の組み合わせ

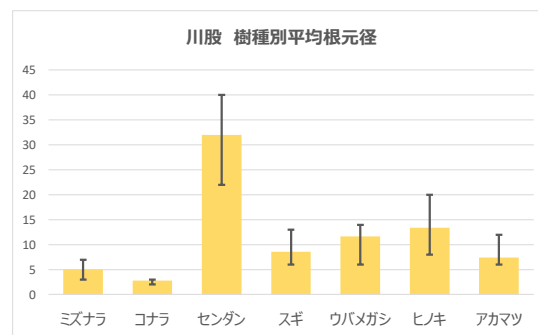
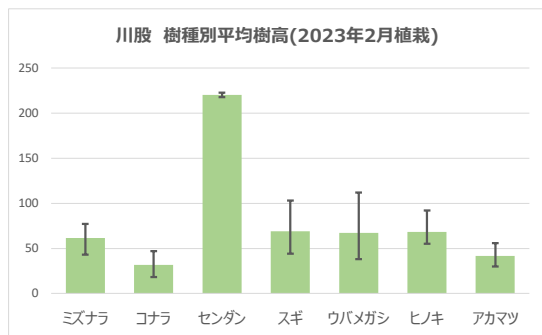
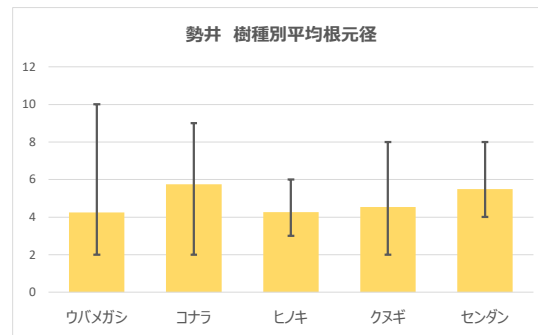
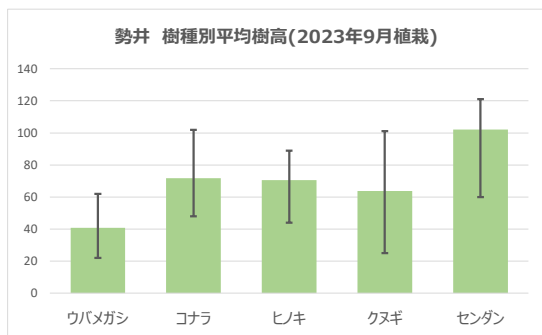
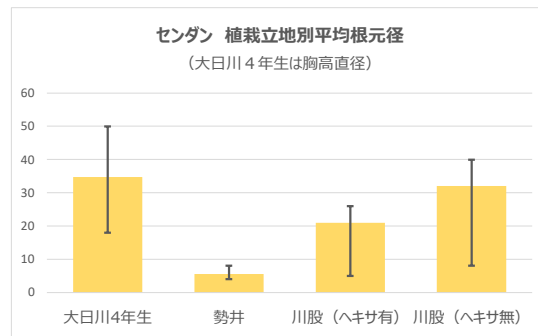
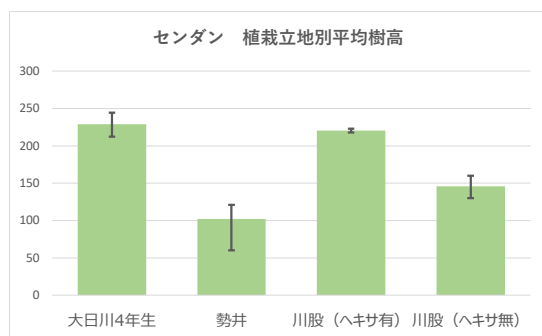
シカの通り道は、傾斜や岩の状態に応じて配置した。幅は最狭で幅 1m、ニホンジカの角がネットに引っかかるようなことはないような程度とした。

この結果、シカはこの通り道を中心に通行するようになり、令和4年度の実証地及び5年度の実証地双方において、防獣ネットについては設置から半年ないし1年半を経過した後もシカの食害なしという成果が得られた。

一方、ヘキサチューブを設置した箇所においては、令和4年度の設置後に、シカによる下の隙間から苗ごと引っこ抜き、チューブの破壊、鼻での押し上げ等、相当数の被害が生じた。これを受けて令和5年度は隙間が生じないように設置方法を改善したことから被害が大きく減少し、ヘキサチューブによる効果も実証確認することができた。

【センダンをはじめとする広葉樹の生育状況】

ウバメガシ・コナラ・クヌギ・ミズナラ・センダンを植栽したが、スギ・ヒノキ・アカマツと比較しても遜色ない生育であった。中でもセンダンは際立って早い成長を見せた。



2024 年 1 月 計測 樹種別の平均樹高、根元径

【センダンの直接播種 生育状況の検証】

1月調査（播種後7ヶ月）



【センダン直播 検証まとめ】

肥料投入区画は肥料投入なしに比べて1.5～2倍程度の成長をしており、ネットなしの場所でも鹿の食害を受けても生存し成長していることから、やせている土地等で新しい林業モデルとしてセンダン直播の可能性は、大いに期待できるものではないかと考える。

【センダン ヘキサチューブの有無による、樹高及び根元径の比較】

■川股 防護無し

調査区	センダンの成長調査・比較	調査日	2023年10月25日
調査員	佐々木(川股)	調査員	川股、今野、西村
調査方法	プロット・ネット	調査方法	プロット・ネット
エリア	No. 1	調査区	川股
1	200	樹高 (cm)	200
2	200	樹高 (cm)	200
3	200	樹高 (cm)	200
4	200	樹高 (cm)	200
5	200	樹高 (cm)	200
6	200	樹高 (cm)	200
7	200	樹高 (cm)	200
8	200	樹高 (cm)	200
9	200	樹高 (cm)	200
10	200	樹高 (cm)	200
平均	200	樹高 (cm)	200



■勢井 防護ネット

調査区	センダンの成長調査・比較	調査日	2023年10月25日
調査員	佐々木(勢井)	調査員	川股、今野、西村
調査方法	プロット・ネット	調査方法	プロット・ネット
エリア	No. 1	調査区	勢井
1	200	樹高 (cm)	200
2	200	樹高 (cm)	200
3	200	樹高 (cm)	200
4	200	樹高 (cm)	200
5	200	樹高 (cm)	200
6	200	樹高 (cm)	200
7	200	樹高 (cm)	200
8	200	樹高 (cm)	200
9	200	樹高 (cm)	200
10	200	樹高 (cm)	200
平均	200	樹高 (cm)	200



◆センダン獣害対策別 成長比較 実証まとめ

①ヘキサチューブを施した個体では、特に樹高成長や通直性が他に比べて安定している。芽かき作業の軽減にもつながることがわかった。風の影響で折れ曲がったまま成長してしまうこともあるためヘキサチューブが支柱がわりになり、生育も安定している。

②ネットなしの場所でも鹿の食害に耐えて粘り強く成長していることから、センダン植栽が造林のコスト低減に大きく寄与することが期待できると考えられる。

■川股 ヘキサチューブ

調査区	センダンの成長調査・比較	調査日	2023年10月25日
調査員	佐々木(川股)	調査員	川股、今野、西村
調査方法	プロット・ネット	調査方法	プロット・ネット
エリア	No. 1	調査区	川股
1	200	樹高 (cm)	200
2	200	樹高 (cm)	200
3	200	樹高 (cm)	200
4	200	樹高 (cm)	200
5	200	樹高 (cm)	200
6	200	樹高 (cm)	200
7	200	樹高 (cm)	200
8	200	樹高 (cm)	200
9	200	樹高 (cm)	200
10	200	樹高 (cm)	200
平均	200	樹高 (cm)	200



樹種	センダン1年生	センダン2年生	センダン4年生
エリア	勢井 (R5)	川股	大日川
植栽年・月	2023年9月	2023年2月	2021年3月 ※林野庁実証前
植栽本数	130本	150本	200本
	ヘキサチューブ 無	ヘキサチューブ 有	ヘキサチューブ 無
<計測結果>	2024年1月	2024年1月	2024年1月
平均樹高 (cm)	102.1	220.5	145.8
平均根元径 (mm)	5.5	21.0	32.0

ヘキサチューブ無しでもおおよそ7割～8割は生存している状況

【造林作業の効率化 器具による差異の検証】

植栽器別の実証結果



◇コンテナ用鍬

最も汎用的で砂利を含んだ硬い土壌にも適応可能な必携の植栽器具といえる

- 利点 ①片手で使えるため急斜面でも安全
②何度も打ち込み、土壌をほぐすことも可能
欠点 ①深く打ち込む時には両手でしっかり持ってそれなりに力が必要である

◇モーラー

やや急な場所でも足で踏み込んで植え穴の確保が可能のため、鍬に次いで使用しやすいといえる

- 利点 ①コンテナ容量の穴ができるため、その後の植栽アクションがスムーズ
欠点 ①一時的に片足立ちが必要であるため転倒等に注意が必要
②土壌をほぐす行為が困難なため硬い土壌では使いづらさもある

◇ホーラー

土壌の状態や急傾斜地に適用しづらいが、多彩なアクションで緩い傾斜地や平地での利用に向いている

- 利点 ①植え穴を作りやすいためその後の肥料投入が容易
②土壌への差込のほか土をはさんで移動させることも可能なためモーラーよりアクションが多彩
欠点 ②モーラー同様、一時的に片足立ちが必要となるため転倒等に注意が必要

実施日：2023年9月28日、29日

実施内容：B、C、D、E区画
約3,230㎡にセンダン130本、ツバ
130本、ツバガシ150本をそれぞれ
植栽した。植穴には肥効持続性
肥料を施した。



区画	樹種	植栽器具	本数(本)
A (未経験者)	センダン	コンテナ用鍬	80
B (未経験者)	センダン	コンテナ用鍬	92
C (未経験者)	センダン	モーラー	82
D (未経験者)	センダン	モーラー	80
E (未経験者)	ツバガシ	コンテナ用鍬	89
F (未経験者)	ツバガシ	コンテナ用鍬	98
G (未経験者)	ツバガシ	コンテナ用鍬	88
H (未経験者)	ツバガシ	コンテナ用鍬	76
I (未経験者)	ツバガシ	コンテナ用鍬	98
J (未経験者)	ツバガシ	コンテナ用鍬	98
K (未経験者)	ツバガシ	モーラー	80

◆総合

令和4年度の実証結果をもとに、五條エリアにおける造林コストは全国の標準的なエリアと異なり、五條エリアでは獣害対策費として100万円/ha程度、さらに補植・改植費として70万円/ha程度もの費用を要しているが、それだけの手間と費用をかけても成林せずに荒れ地となっている林地が各所に存在する状況となっている。この現況を打開するために、現地の状況に合致したゾーニング計画を作成した上で、獣害対策の防護ネット・ヘキサチューブ等を効果的に設置し、その後は保育の手間を減らしつつ確実に成林させていくことを目指した。

2 令和6年度の実施結果

① 協議会、現地検討会の開催経過

令和6年度の協議会は、6月から1月まで実証主体の事業者が毎月1回実務者会議を行う形に代えて実施した。現地検討会は実施しなかった。

② 令和6年度の実行結果(経過)及び取組の評価と課題

令和6年度に行った事業について、項目別に実行結果と取組の評価・課題をまとめた。

(1) 森林資源調査：自社従業員によるドローン飛行で、獣害柵の被害有無や生育状況把握

(2) 主伐：林地残材のチップ化による歩留まり向上・燃料利用の実証調査

(3) 流通：樹脂を加圧含浸し耐久性を高めた木材等の、機能的付加価値をつけた商品化

(4) 再造林：電動クローラー輸運搬車「斜楽」での苗木運搬・植え付け作業を試行

R4・R5年度の植林木の生育状況調査、及びセンダン播種後の生育状況調査

(1) 森林資源調査

令和6年度の夏より玉木材社員がドローン講習・指導を受けた上で、自らの操作で複数回のカメラドローン飛行を玉木材山林で行った。ドローン撮影の目的は、防獣ネットの落石等による被害有無の確認や植林木の生育状況を上空からのドローン撮影により視認することで、人力で傾斜地を歩いて見回らずとも状況を確認し省力化することにおいた。



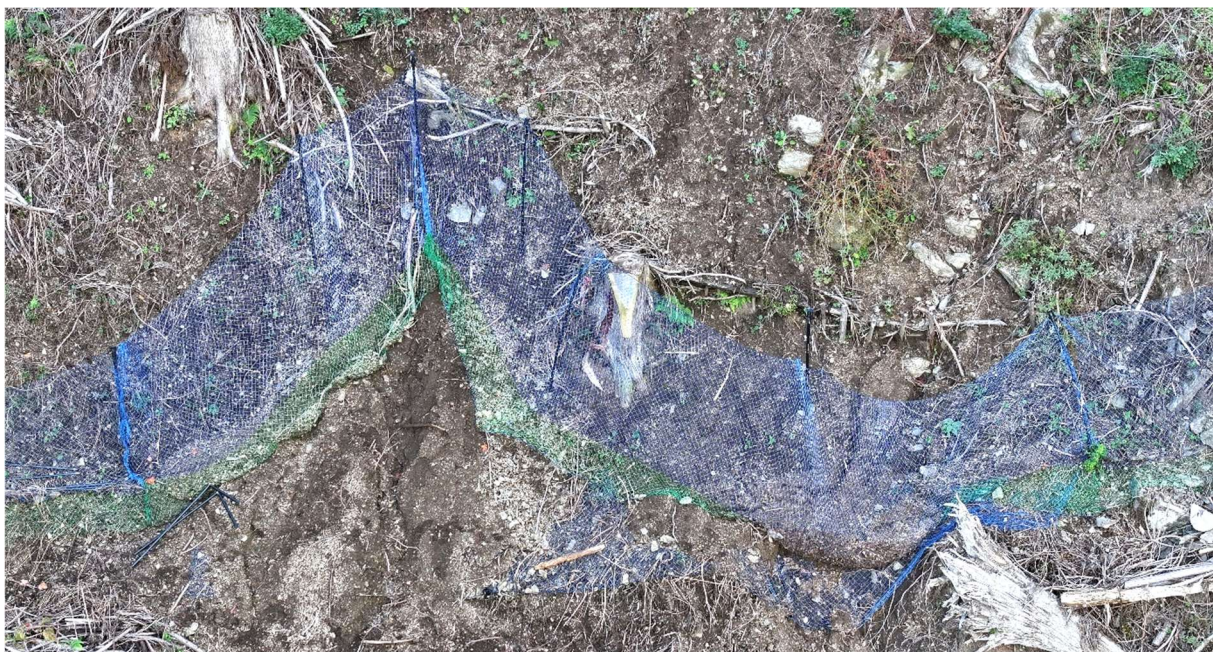
ドローン飛行の指導を受ける様子(左)及び、川股実証地でのドローン飛行の様子(右)



飛行中にリアルタイムで視認可能な防獣ネットの状況(左)、ドローン撮影した植栽木(右)

使用機器・性能	実証内容	成果	評価・分析
DJI 社製 カメラドローン 機種：Mavic 3 Pro 最大上昇速度 8 m/s 水平方向の最大飛行速度（無風）21 m/s ・3種のカメラ Hasselblad(広角)：2,000 万画素 中望遠カメラ：4,800 万画素 望遠カメラ：1,200 万画素 デジタルズーム 望遠カメラ：7～28 倍	面積 2ha、標高差 150m の林地で、上空 20～50m 程度から防獣ネット及び植林木を目視内でドローン撮影。 ・要した時間：防獣ネット設置エリア約 2ha の撮影に 4 回の飛行で約 60 分（バッテリー交換・休憩等を含めても約 90 分程度）	1 回あたりの飛行時間：15～20 分（バッテリー容量の制約） →0.5ha 程度の防獣ネットを確認可能。これに併せて植林木の生育状況も概略を把握可能。	○ドローン撮影写真・動画をリアルタイムで操縦者が視認し、防獣ネットの被害有無確認・現状把握が容易 ○植林木は下草の状況次第で視認できる状況が変化。 ○人力見回り（半日/2ha）より 3 倍程度早い 30 分～60 分/日程度の飛行を数か月に 1 度程度行えば、効果的な見回り、補修可能。 ●長時間操縦は神経を使う疲労感あり、1 日あたり 1～2 時間程度が上限という感想。

カメラドローンによる見回りの最大の効果として「大幅な省力化」を確認できた。従来、作業員が歩いて斜面を上り下りして防獣ネットの被害有無を確認する場合、植栽木の生育調査と併せて獣害ネットの見回りと補修をする場合には二人がかりで1日～1日半/2ha、見回りだけであれば1名で半日程度を要していたものが、今回の川股実証地でのカメラドローン飛行では実飛行時間約60分で2haを視認することができた。今後のカメラドローン活用方策としては、例えば年に数回、伐採・搬出作業に取り掛かる前の午前中の早い時間帯に30分～60分程度の時間を確保しドローン見回りを行うことで、その林地での獣害被害の状況や植栽木の生育状況を把握する、といったことが考えられる。



川股実証地(R4年度センダン等植栽)防獣ネット設置箇所ドローン撮影(24年11月21日)

(2)主伐

令和4年度及び5年度の実証にて、架線による全木集材後に林道脇に残置された林地残材を対象に、トラックで運搬すると嵩張るため輸送効率の悪い枝条部・タンコロ等の活用について、エネルギー利用による歩留まりの改善とコスト評価を目的に移動式チッパーによる現地チップ化実証を実施した。



川股実証地の林地残材(左)、及び移動式チッパーを活用した林地残材の現地チップ化

使用機器・性能	実証内容	成果	評価・分析
Eschelböck 社(独) 製ドラムチッパー 機種名：Biber 6 最大処理径 32 cm (中型トラックで 運搬可能なチッパ ーの中で最大級の 処理能力を持つ機 種を選定)	・タンコロ系 ・枝葉系 ・両者の混合 3パターンに分け 山土場でのチッ プ製造を実施。 製造したチップ は松阪の発電所 へ輸送。 ・グラップル及 びチッパーに作 業員が1名ずつ、 計2名従事	・実稼働時 間4時間弱で 11.5t のチッ プ製造 ・製造した チップの水 分：46～55% (WB) (堆積した残 材の内部が 乾いてない 状態)	○1時間に3～4t 程度のチップを 大きなトラブルなく製造可能 ○製造したチップは発電所で問 題なく使用できる品質 →五条近辺の発電所へ約 12,000 円/t(※)で販売が期待 ●チッパーを1週間単位でフル 稼働させるには、1か所で60t 程 度の残材の集積、及び積載コン テナ・輸送車両の手配が必要 ●根元部・枝条が多いため刃の 損耗が激しかった

※チップ原材料は、丸太だけでなく材積換算ができない枝条部も含んでいるため、チップの製造コスト及び販売単価の単位は、材積単価(円/m³)ではなく重量単価(円/生t)を使用

2024年11月のチップ化試験をもとに、移動式チッパーを自社で購入しフル稼働させた場合のコスト試算を行ったところ、山土場でのチップの製造コストは9.1円/kg(9,100円/生t)となった。FITを活用しているバイオマス発電所での林地残材チップの買取単価は、未利用材であれば着価格で12,000円/生t程度が見込めることから、片道30分以内・1日3往復ができるような五條市近辺の木質バイオマス発電所であれば輸送費を加えても燃

料チップ製造の収支が成り立つ見込みのある結果となった。ただし、チップパーの稼働日数を年間 150 日、その際の年間チップ製造量は 1,725 生 t という想定であり、現状ではそれに見合うような大量の枝条系の林地残材は発生していない状況にある。

川股実証地 林地残材チップ化コストの試算結果と設定条件

残材チップ化コスト（全木集材で山土場に集積した状態の枝条・末木、タンコロ）						
項 目		グラブプル： 0.25タイプ	チップパー： Biber6	費目別コスト (円)	チップ kgあたり (円/生kg)	備考
重機償却/レンタル費	(円/日)	6,625	10,833	17,458	1.5	・グラブプルレンタル費：265,000円/月 20日/月、他の現場での素材生産作業と併用 ・チップパー想定購入費：2,600万円/年 半額補助 年間稼働日数150日、耐用年数 8 年 $2,600\text{万円} \times 0.5 \div 150 \div 8 = 10,833\text{円/日}$ チップパー代理店ヒアリングより試算
重機 保守・修理費	(円/日)		5,400	5,400	0.5	(4枚の刃を15h毎に研ぐ。2,000円/枚の研ぎ賃。 300hの稼働で刃を交換、等)
燃料費	(円/日)	3,834	3,873	7,707	0.7	軽油消費量 グラブプル24.3L/日 チップパー24.5L/日 軽油単価 158円/L
労務費(グラブプル1名、チップパー1名)	(円/日)	24,000	24,000	48,000	4.2	作業員労務費 24,000円/日 × 2名 実質、0.5日ずつの作業。
回送費	(円/日)	0	26,000	26,000	2.3	1つの現場でチップパーが5日間稼働の想定。 往復回送費130,000円 ÷ 5 = 26,000円/日。
重機別コスト 小計	(円)	34,459	70,106	104,566		
1日あたりのチップ製造量	(kg)	11,500	11,500			3サイクル/日。片道30分圏内の、五條市近辺の発電所 までチップを積載したトラックが3往復する想定。 (トラックの運送時は、グラブプル等の作業員は、 別の現場作業に従事)
チップkgあたり製造コスト (輸送費含まず)	(円/kg)	3.0	6.1		9.1	チップパーの1日あたり稼働時間：3h/日 年間での林地残材チップ製造規模： $11.5\text{トン/日} \times 150\text{日/年} = 1,725\text{トン/年}$ 想定
バイオマス発電所での、 チップの買取価格目安(FIT未利用)	(円/kg)				12.0	

(3)流通

新しい林業のテーマとして、流通分野では「ICTを活用した、需要に応じた生産・販売の取組検討」という項目が掲げられている。バイオマスパワーテクノロジーズ㈱では、このテーマを「新技術を活用して、新たな需要を創出し、材を高く売るための方策の探求」と発展させ、令和6年度は広葉樹のエネルギー用途以外の用材としての活用可能性・販売先探索(センダンの家具材利用等)や、針葉樹・広葉樹それぞれに樹脂を加圧含浸し耐久性を高めた木材等の機能的・デザインの付加価値をつけた商品化といった検討を行った。

◆植栽した広葉樹の、樹種・伐期に応じた用途・価格探求

植栽した広葉樹は、将来的には隣接する現存の高齢級スギ・ヒノキ林分を順に15～20年程度の間隔をあけて伐採・架線を活用して搬出する計画とも併せて、その際に伐期が適した用途のある広葉樹の樹種があれば伐採していく予定である。言い換えると、今回の実証で植栽したセンダン・クヌギ・コナラ・ウバメガシ・ミズナラ等が15～20年、30～40年、45～60年後等にどのような販売用途があるかは将来動向が分からず予測も立てづらいが、現状では将来的に多様なニーズに応えられる地域に合った樹種を植栽しつつ、どのようなニーズ・用途が広葉樹材にあるのかという情報収集は必要と考えられる。そこで、これまで家具材・燃料材両方の用途を九州の事例も参考に探求していたセンダンに加えて、令和6年度は広葉樹について奈良県内での樹種・伐期等に応じた用途の整理や、他地域での広葉樹材についてのニーズ把握と付加価値を高めていく取組等の文献・情報収集(2024年10月29日に飛騨市で開催された広葉樹活用研究発表会へ参加等)を行った。

樹種ごとの主な分布域、伐期、用途

樹種名	主な分布域	伐期	木材の用途
クヌギ	低地	15年生～	しいたけ原木・薪炭材(良質)
センダン	低地	20年生～	建築材・家具材(ケヤキ・キリの代替材)など
キリ	低地	20年生～	建築材・家具材(筆筒)など
ウバメガシ	低地、中間地帯	30年生～	薪炭材(備長炭)
コナラ	低地、中間地帯	15年生～	しいたけ原木・薪炭材(良質)
		100年生～	家具材など
ミズナラ	中間地帯、高地	100年生～	建築材、家具材、ウイスキーの樽材など
		200年生～	天板など
ブナ	中間地帯、高地	100年生～	建築材、家具材、器具材など

低地：標高600m以下、中間地帯：標高600mより高く標高800mより低い、高地：標高800m以上

樹種ごとの主な分布域、伐期、用途

樹種名	主な分布域	伐期	木材の用途
クヌギ	低地	15年生～	しいたけ原木・薪炭材(良質)
センダン	低地	20年生～	建築材・家具材(ケヤキ・キリの代替材)など
キリ	低地	20年生～	建築材・家具材(筆筒)など
ウバメガシ	低地、中間地帯	30年生～	薪炭材(備長炭)
コナラ	低地、中間地帯	15年生～	しいたけ原木・薪炭材(良質)
		100年生～	家具材など
ミズナラ	中間地帯、高地	100年生～	建築材、家具材、ウイスキーの樽材など
		200年生～	天板など
ブナ	中間地帯、高地	100年生～	建築材、家具材、器具材など

低地：標高600m以下、中間地帯：標高600mより高く標高800mより低い、高地：標高800m以上

出典：広葉樹利用に関する調査報告 奈良県森林技術センター (令和5年3月)



写真:広葉樹4種のフローリング加工例(広葉樹活用研究発表会より)

◆RP 加工による、針葉樹・広葉樹の付加価値をつけた販売方策検討について

RP 加工とは、大型木造船等にも活用されていた強化プラスチック (FRP) 技術をベースに、多様な樹脂を木材と一体化させる技術である。腐朽や変色を防ぐ加工を行うことで、屋外のベンチ・ウッドデッキ、木道、学校の机などに活用事例がある。樹脂は木材用途に合わせて素材設計可能であり、着色も可能で、長さ 4m・幅 2m までの木材なら加工可能である。RP 加工が可能な樹種はスギ・ヒノキだけでなく、広葉樹(クヌギ・ミズナラ、ナラ枯れ材)等を原材料にした実績もあり、A 材のみならず C 材・D 材等を原材料にした高付加価値化が可能になると期待されている。



ミズナラ材を着色・RP 加工した例、ナラ枯れ材(クヌギ)を原材料に RP 加工した例
(出典：(株)e2m ホームページ)

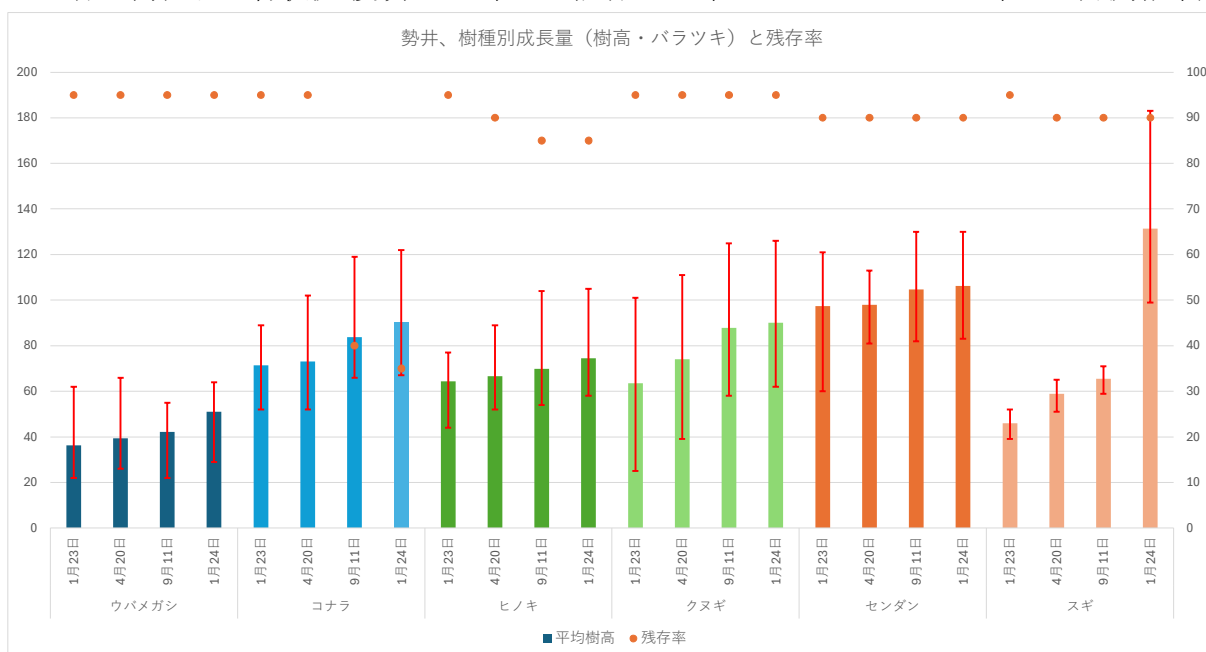
玉木材の所有する山林において資源量把握を行った立木について、トレーサビリティを明確化した上でこうした RP 加工向けの原材料として多様な樹種・形状の(小径木・曲がり材・根元部等を含む)原木を出荷する事業が成立すれば、従来は燃料材等としての利用用途しか無かった原木に新たな需要を創出し、m3 あたりの単価を高めることで山側への収益を生み出すことが可能となる。そこで、令和 6 年度の「新しい林業」での実証事業とは別の独自事業として、松阪市内の山林から搬出したスギ材を市内で製材・乾燥後、ウッドデッキ材料(床材：120mm×1995mm×厚み 24 mm)として 1.1m3 を出荷し(株)e2m 社に RP 加工を委託した。そして、神奈川県藤沢市内の住宅にウッドデッキ約 36m² を施工し高評価を得ており、今回の新しい林業でテーマに掲げた「需要地と供給地の事業連携の取組」の 1 つの形を実現した。



独自事業(補助対象外)として行った実証 神奈川県藤沢市内の住宅にウッドデッキを施工

(4) 再造林

◆造林地樹種別生育状況(勢井：R5年8月植林→R6年1月・4月・9月・R7年1月計測結果)



R5年度に獣害対策・植林を行った勢井実証地では、食害を受ける頻度が減り、概ね90%程度の高い残存率となった。この理由としては、R4年度に獣害対策・植林を行った川股実証地に比べて防獣ネット・ヘキサチューブの施工に習熟し、作業能率・精度も向上したことが要因としてあげられる。樹高については、スギ(ヘキサチューブ)が急激に伸長した一方で、センダン苗(防獣ネット)は1回目の夏を越した時点では目立った成長は見られなかった。センダンは2回目の夏以降に伸長する場合もあることから、標高の高い勢井実証地でのセンダンの生育については、引き続き計測を行っていく予定である。

現在、玉木材では、「新しい林業」とは別の実証事業(NEDO“エネルギーの森”づくり実証事業)において、ドローンを活用した獣害対策資材や苗の荷揚げ作業も業者委託している。この実証ではドローン300回の飛行で総重量約5.2トンの輸送を5日間で終えており、人力での作業であれば6名で1か月間を要するという推計に比べて圧倒的な省力化・工期の短縮を実現している。



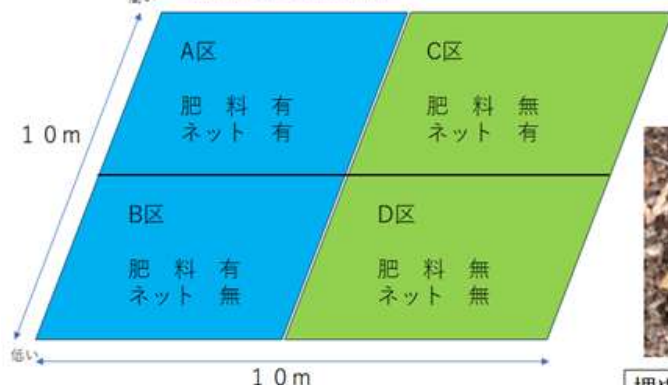
参考：勢井実証地における NEDO “エネルギーの森” づくり実証事業 ドローン実証

◆センダン(直接播種)の生育状況

センダン播種(直播)実証



実施日：令和5年6月16日(金) センダン播種(大日川山) 大日川山 大日川山
防獣ネット設置日：令和5年6月16日(金)



実施日：令和5年6月16日
実施場所：玉木材 大日川山林

実施内容：
山林地約100㎡区画を4つの区分に分け地帯えを行い(2名で約30分)、左図のとおり獣害ネットの有・無、肥料(ハイコントロール360シェイカムアグリ社製)の有・無としてセンダンを直播した。(肥料施肥には50㎡へ約4kgを施肥し、1名で約15分要した)

センダン播種は、乾燥を避けるため実のままの種をそれぞれの区画に100粒づつ播種(2名で約40分)した。播種にはミニマ人力播種機MH-3麻場製を使用した。



埋め込まれたセンダン種子

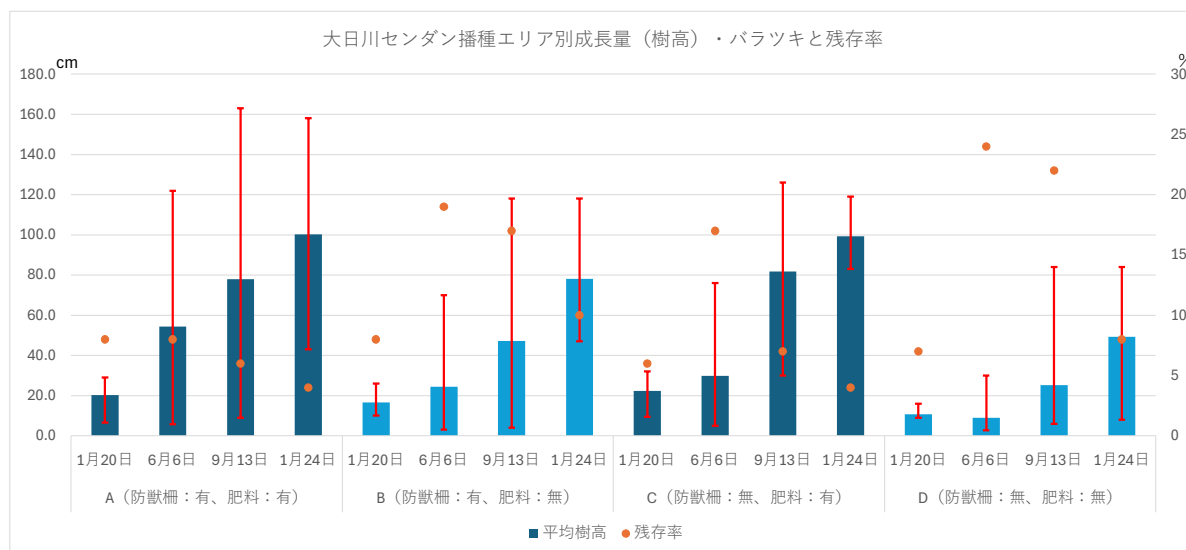


播種の様子

発芽～生育～残存した本数を生存率とすると、播種後7か月では最低7%～最高14%、播種後19か月では最低4%～最高10%という結果となった。鹿の往来が激しく下層植生がほとんど見られない不毛な林地でどの区分でも播種による生存が確認できたことは大きな一歩といえる。肥沃な平地での成長記録に比べると、播種後7か月での成長量は最大のものでも約6分の1程度にとどまるものの、成林させることが困難な林地や林道から遠く離れた林地で実施することに一定の期待が持てる結果となった。また、施肥を行ったA・C区画では、播種後19か月での平均樹高が共に約100cmとなり、施肥を行わなかったB区画(78cm)、D区画(49cm)と比較し高くなっていた。



播種後14か月のセンダン



◆令和6年度新規植栽地(大日川) 電動クローラー輪運搬車「斜楽」での苗木運搬・植付

令和6年度の新たな造林は、五條市大日川(おびかわ)山林にて、センダン及びクヌギ・コナラの植栽を実施した。うち、センダン苗の植栽地においては、電動クローラー輪運搬車「斜楽」での苗木運搬・植え付けを試行し、これまでの人力による植栽時と比較した。その結果、20度を超えるような傾斜地で枝条が多く残された林地では運搬に時間を要したことと腕の疲労といった課題がありトータルで生産性の向上には繋がらなかったが、電動オーガドリルを活用した植栽穴あけは生産性を高める可能性があることが分かった。



令和6年度大日川実証地 ゾーニング(左)、センダン植栽地(植栽前)の林地の状況



大日川実証地(平均傾斜20度)でのセンダン苗木運搬(左)、電動オーガドリルでの植栽

使用機器	実証内容	成果	評価・分析
電動クローラー輪運搬車「斜楽」(オプション:電動オーガドリル付)	【運搬】 苗 30 本 入り袋(3~5 kg) ×6 袋を積み、1 名で操作 【植栽】 電動オーガドリルを用いて、斜面に平行に植栽	運搬+植栽 【斜楽使用時】 24 分/30 本 【従来型(人力運搬+クワ植栽)】 作業員 A: 17~22 分/30 本 作業員 B: 34 分/30 本	○電動オーガドリルでの植栽は、大日川実証地の土壌では能率が高く有効だった。 ●運搬時、林地に枝条が残っているエリアでは操作に苦慮し時間も要した。中程度の傾斜では腕力を相当に使い疲労が激しい。 ●運搬+植栽総合では、慣れた作業員が人力で行う方が早い。

3 実証事業の総括

令和4年度から6年度の3年間の実証事業について、(1)森林資源調査、(2)主伐、(3)流通、(4)再造林 それぞれの当初目標、実行結果・成果、取組の評価・分析・課題について要約した一覧表を以下に示す。

(1) 森林資源調査

評価項目	当初目標	実証結果・成果	評価・分析、課題
作業の効率化・簡便化	・ 玉木材社員によるレーザ測量及び解析技術習得 ・ 将来5年以内を目途に、玉木材の経営する全ての森林情報をデータ化する	○ 玉木材社員が、レーザ測量及びデータ解析に加え、林地の見回りを行うカメラドローンの操縦技術まで習得 ○ ドローンによる林地の見回りは、人力に比べて約3分の1に省力化	・ 材積推計は可能だが良材の抽出(傷・曲がり、径の判断)に課題あり ・ 立木情報は、レーザ計測データで把握しきれない材質・施業履歴等を写真データ等と共に紐づけ、川中・川下側が求める形にする必要

(2) 主伐

評価項目	当初目標	実証結果・成果	評価・分析、課題
作業の効率化・簡便化 労働強度の低減	・ 架線の索張りを、微地形及び立木データを考慮して森林GIS上で計画 ・ 架線系集材技術の習得	○ レーザ計測データを活用した元柱・先柱の選定、材積推計を実現 ○ ウッドライナーでの作業に作業員が習熟し、労働強度軽減	主伐～再造林の一体型施業で架線を活用し獣害対策資材の荷あげも効果的に実施し、省力化を実現。
低コスト化 効率化・生産性の向上	・ 素材生産費 10,000 円/m³ 以下	○ 素材生産費 11,924 円/m³ 事業開始前より 15,876 円/m³ の削減に成功。 ● 目標に 1,924 円/m³ 未達	集材作業の効率化や造材の効率化(プロセス導入等)によりさらにコスト低減を目指す。

(3) 流通

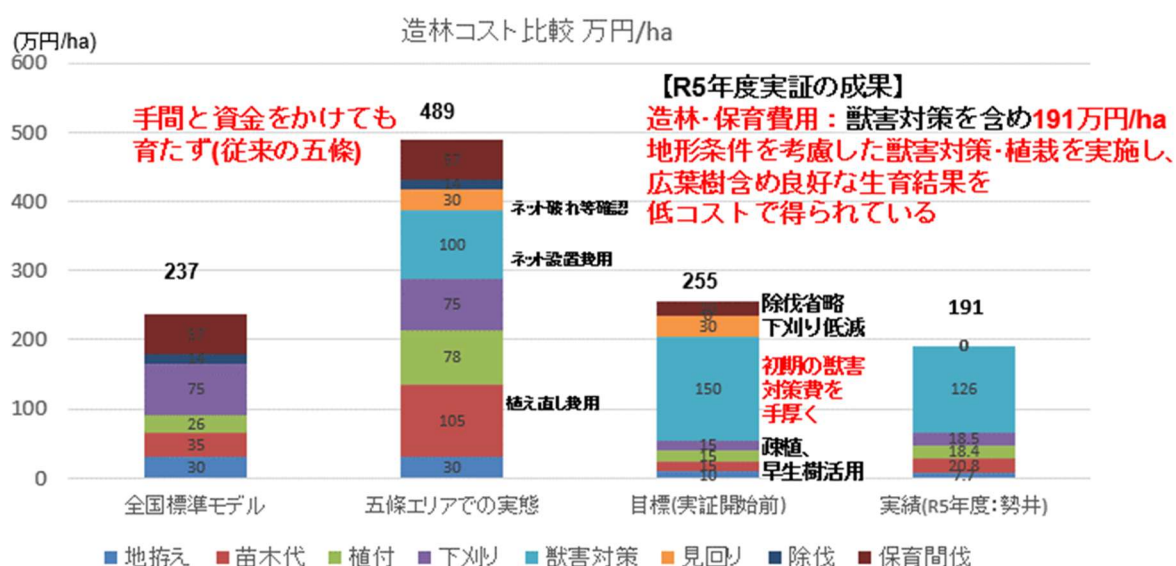
評価項目	当初目標	実証結果・成果	評価・分析、課題
効率化・生産性の向上	・ 林業事業体と、製材工場・工務店等の事業連携	○ 製材工場へ直送・材の評価試行(機能的付加価値を加え商品化)	山の現場で品質評価精度を高める必要性を認識。
	・ 広葉樹材のニーズ把握	・ センダンだけでなく、クヌギ・コナラ・ウバメガシ・ミズナラ等の用途を探索。	建築材に加え薪炭材・家具材等、樹種・径級に応じ用途・価格を探索。

(4) 再造林

評価項目	当初目標	実証結果・成果	評価・分析、課題
低コスト化、効率化・生産性の向上	・センダン、クヌギ・ウバメガシ等の広葉樹を1,000本/haで植栽、下刈り軽減	獣害対策費(126万円/ha) 再造林費(47万円/ha) ○従来の再造林費から約60%削減	地形条件を考慮した獣害対策の組み合わせが効果を発揮。 生育状況も良好。
作業の効率化、簡便化	センダン種子の直播・施肥	○播種は12秒/個と、苗の植栽より3~6倍速い ○施肥の効果もあり	播種後残存率1年後に6~22%とばらつきあり ●苗と比較した生育状況を今後整理。
作業の効率化、簡便化	・農業的植付・施肥検証	・条件に応じ植付器具の適性整理	今後の保育コスト・生育状況の把握

【再造林のコスト分析】

造林コスト 従来と実証時比較



令和5年度の実証結果のうち、勢井(1.0ha)での伐採・搬出～再造林(防獣ネット中心)の実証結果をもとに単位面積1haあたりの費用面を整理すると、下記のとおりであった。

【再造林費の試算根拠】

◆R5年度 勢井(1.0ha) 皆伐・搬出、再造林に要した時間(作業員5名の合計を従事日誌より集計)						
		素材生産		造林		
		伐採・造材	集材(架線準備/撤収含)	資材準備・荷上	獣害対策(ネット張り等)	下刈り
作業時間(h)小計	6hで1人工換算	416.5	245	12	132	57

	素材生産			獣害対策		
労務費（平均単価：3,443円/h） ※各作業員の従事時間が異なるため、 作業ごとの労務費合計とは不整合	伐採・造材	集材(架線準備/撤収含)	資材準備 ・荷上	獣害対策 (ネット張り等)	下刈り (保育)	
小計	1,446,746	849,730	37,932	458,391	185,064	

内訳	(単位：円)					
獣害対策(資材費)	840,400	獣害ネット70万円＋ヘキサチューブ14万円				
獣害対策(労務費)	496,323	資材荷あげ12h＋獣害対策(ネット張り等)132h				
苗木代	207,800	苗木 1,120本（単価 170円～180円/本）				
造林作業(労務費)	94,229	1ha 1,240本の植栽 27h				
その他	90,000	地拵え関連＋肥料代＋造林器具資材費等				
		※獣害資材・苗の荷あげ 架線のレンタル費・燃料費は、主伐経費に計上				
地拵え・植栽 小計	1,728,752					
下刈り(労務費)	185,064	57h				

【実証の成果 再造林費の現状試算と、将来見込み】

- ・ 獣害対策費：資材費 84 万円＋労務費 50 万円＝ 134 万円/ha(伐採・造林一貫作業)
 - ・ 地拵え・植栽：機材費＋肥料代＋苗木代＋労務費 39 万円/ha
(※)下草刈り：18.5 万円/ha（1 回に省略、現地見回り含む）
- 合計 191 万円/ha

獣害対策費と地拵え・植栽を足した再造林費の内訳としては、
 獣害対策(資材費 84 万円＋労務費 50 万円)＋植栽(30 万円)＋地拵え含むその他(9 万円)
 ＝173 万円/ha
 であり、玉木材の従来(4,250 千円/ha)に対して費用を 60%も削減する結果であった。

も と に し た 試 算 玉 木 材	基本情報	主伐	地拵え・植栽	下刈り	除伐	保育間伐	搬出間伐	計
	○伐期：20～80年 ○材積：460m ³ /ha ○作業員：5名 ○作業員賃金：約21,000円/人・日(保険料含む) ○丸太販売単価：14,400円/m ³ (74*・74良材＋並材も含む)	 架線系集材(ワッド・フー)で生産性UP ✓生産量:460m ³ ■収支 114万円 ▲経費-551万円 ※市売手数料込丸太収入665万円	 ✓伐採・造林一貫作業システム(架線) ✓複合的獣害対策 ✓1,240本植/ha ▲支出 -173万円 獣害対策133万円 再造林費 39万円	 ✓大苗等の併用により下刈り回数低減 ✓1回実施 ▲支出 -18万円 下刈り 18万円	除伐は実施せず コスト削減	保育間伐は実施せず コスト削減	 短・中・長伐期の樹種を組み合わせた多段階植栽のローリングにより、長伐期の搬出間伐と短伐期主伐を組合せ実施	1haあたりの合計 ■収支 -77万円 経費 -742万円 収入 665万円 【経費削減の方向】 ・センダングラ等雑草・萌芽更新で造林費削減 【収益増加可能性】 ・植栽・下刈りの補助 ・広葉樹の用材活用 ・カーボンクレジット等

玉木材 令和5年度の実証結果をもとにした、主伐～再造林～保育の1haあたり総収支
○再造林費：獣害対策(資材費84万円＋労務費50万円)＋植栽・地拵え(39万円)＝173万円/ha
→当初目標(255万円/ha)の3割強(67.8%)のコストダウンを達成
○補助金を一切考慮しない場合▲77万円/haの赤字ではあるが、造林コスト削減と売上増次第で黒字化も期待できる

玉木材 令和5年度の実証結果をもとにした、主伐～再造林～保育の1haあたり総収支

課題提案時に記載した経営収支の改善目標の達成状況(課題提案時と実証結果後の対比)を、以下のとおり整理した。

支出	再造林費				◆2023年以降の再造林費(1回)		
					作業の効率化、架線での資材荷上げ等 【R5勢井：獣害対策・地拵えの労務費】	496	▲ 496
	人件費		500	200	作業の効率化、見回り・補植の低減 【R5～勢井：植林作業の労務費】	105	95
	燃料代		100	50	資材荷上げ時など	10	40
	機械経費		200	100	クワ等植林機材含む	20	80
	苗木代		350	200	植栽本数の低減(広葉樹なら1,000本/ha) 【R5勢井：針広混交 1,240本/ha】	210	▲ 10
	通信・消耗品費		100	50	肥料等含む	50	0
	獣害対策費		3,000	500	適切な獣害対策	840	▲ 340
	◆再造林費用計(補助金非考慮)		4,250	1,100		1,731	▲ 631
	保育経費		1,000	300	下草刈りの回数低減(1回に)、除伐の省略 【R5以降勢井：下草刈り】	185	115
	流通・販売経費		2,000	450	市場に限らず一部直販等での削減		
	うち、市場手数料		1,000		【R5】 市場手数料1,882円/㎡×300㎡×60%	565	
	うち、輸送費(用材)		1,000		【R5】 トラック輸送費2,400円/㎡×500㎡	1,200	
	うち、輸送費(燃料チップ等)		0				
	調査経費		200	100	ドローンによる植栽木・獣害柵見回り (レーザ計測による単木調査は含まない) 【R6勢井】 年1回程度の見回り 5千円/年	35	65
総収支			▲ 3,380	94		63	

Ⅲ 今後の事業の展開方向

令和4年度・5年度・6年度の3年間の実証事業で得られた成果・課題認識を踏まえ、今後の事業展開を以下のように想定する。

1. 森林資源調査

- ・令和4年度・5年度はスギ・ヒノキを主対象に単木の3Dレーザ計測による森林資源調査を行った。これにより、詳細な地表データ及び立木の位置データを得られたことで搬出を行う架線架設の計画や、獣害対策を考慮した造林計画は容易となった。しかし、流通分野にて製材工場側が用材を購入する際に必要となる情報は十分に得られず、良材の絞り込みには精度が不十分であった。
- ・一方で、再造林と関連する内容として、令和4年度・5年度の植栽木残存状況と獣害対策の現状把握(防獣ネット・ヘキサチューブ破損有無の確認)については、玉木材の社員自らドローンを飛行させることで視認にかかる人工数・見回りコストを削減することが可能となり、資源量の推計までは現時点では困難なものの単木単位での生育状況までは視認・写真や動画の共有が可能であった。このドローン撮影のデータ(3)流通分野(製材工場の視点)で、販路拡大に向けて必要な情報として加工・提供する可能性を探求したい。

2. 主伐

【架線集材】令和4年度・5年度の実証において、架線集材によるコスト低減効果が確認できた。今後は作業の習熟により架設・撤去や集材作業の生産性を高めると共に、プロセッサ導入等によりさらにコスト低減を目指していく。

【エネルギー利用】林地残材の発生量が2,000t/年規模になった際には、トラックに直接積載した方が輸送コストが安価な根元部等と、チップ化した方が輸送コストの安価な枝条部分について分別したうえで現地でのチップ化・チップ輸送体制を構築し、五條市近辺のバイオマス発電所等での活用を検討する。

3. 流通販売

- ・令和5年度においては、スギ・ヒノキの林地での3Dレーザ計測データと実際の材の品質とを製材工場の視点で照合し、また製材時の製品の取れ高を検証した。今後の方向性としては、製材工場での検証よりもまずは伐採・搬出現場において「外観判定による木材の評価基準を現場で共有」や「木材生産(素材生産)の工程で発生するロス低減を目指し、現場での品質評価の精度を高める」ことが必要と結論づけられた。
- ・需要地と供給地の新たな事業連携のモデルとして、直納による吉野材(スギ・ヒノキ)の新たな高付加価値化を図るため、針葉樹をハードウッド化する加工工場へ直販した場合の丸太からの歩留まり検証・経済性試算を行う。
- ・広葉樹について、小径木・種子なども含めて多様な活用先を異業種とも連携して生み出していく。建築材料だけでなく、伐期15~30年以内ではしいたけ原木・薪炭材・家具材・楽器の材料(トーンウッズ)等、100年先を見据えるとウイスキーの樽材

(ミズナラ)等、20年単位で見ても複数回の収入を得られるような収益構造を確立する。

- ・新たな用途として、針葉樹・広葉樹の並材についても、デジタルデータを活用しトレサビリティを確保した上で、例えば、令和6年度に取り組んだRP加工・高硬度塗膜のような機能的付加価値+デザインの付加価値をつけた製品との連携・展開を試みる。

4. 再造林・保育

【ゾーニング】令和4年度から6年度まで継続して取り組んできた適地適木（水平・垂直温度分布や温量指数、降水量、土壌、斜面方向、地形、斜度、樹種の組み合わせ＝周囲の自然林の状態が見本）+伐期+利用目的+生産コスト を考慮して植林の計画を立案していく。

【獣害対策】地形・樹種に応じて、防獣ネットとヘキサチューブを組み合わせた対策を継続。

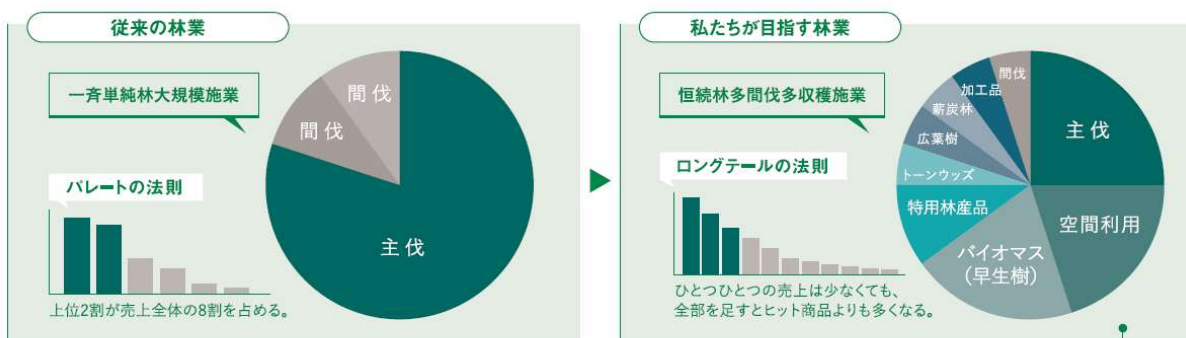
【センダン】古家園が自社でセンダン採種園を運営し、直接播種・苗の植栽を使い分け、燃料材利用・用材利用を組み合わせ、10～15年程度の短伐期での収益化を目指す。

【ドローンの更なる活用】また、玉木材ではNEDO事業でドローンを活用した獣害対策資材や苗の荷あげ作業(5日間にわたるドローン300回の飛行で総重量約5.2トン)も業者委託しており、低コスト化・省力化評価も実施中。

3年間の実証を通して、当初の目的としていた「これまでの吉野林業地で行われていたスギ・ヒノキの優良大径木のみを軸にした森林づくりではなく、森林を適切に『ゾーニング』し、地形や樹種の条件に応じた適切な獣害対策を組み合わせ、多様な樹種・多様な生産物を生み出す」モデルとなるエリアを作り出すことができた。今後も、多様な樹種・多様な生産物と新たなサービスを異業種とも連携して産み出していくことで新たな安定したロングテール型収益構造の形成を目指していく。

恒続林多間伐多収穫施策

私たちが新しく始めようとしている林業は、従来の林業とは大きく異なります。



従来のようにスギやヒノキだけを植えるのではなく、自然本来の力を利用し、多様な種の木を植えることで収益構造を変えていきます。

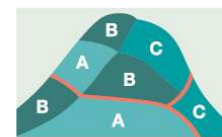
施業五原則 自然本来の力、生態系サービスを最大限活用した持続性の高い恒続林を目標に、以下の「施業五原則」に則って林業を展開します。

合自然性	持続可能性	多様性	技術的合理性	経済性
自然の原則に則っているか	収穫量＜成長量	ゾーン全体で担保できるか (遺伝子的・種・生態系)	技術的に可能なのか	費用対効果
				

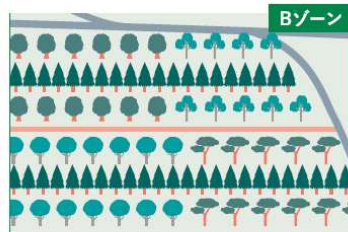
ゾーニング

森林を適切に「ゾーニング」し、多様な空間利用を図ります。数種を大量生産する林業に拘らず、少量でも多品種を生産していきます。そして人手をしっかりとかけるところと自

然に任せるところ、多種共存による木材生産の森、面的な森林利用から空間的な森林利用へのシフトなど、どのような形が望ましいかを深く考えて森に関わっていきます。



スギ・ヒノキなどの主材をしっかりと管理するゾーン。



早生樹・有用広葉樹など、多様な種で構成するゾーン。



高齢林化を目標とし、空間利用も図るエリア。

これらを徹底的に行って森林経営にイノベーションを起こし、日本林業再生の一翼を担う。それが私たちの目標です。

林野庁 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

事業名：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生型 SDGs 林業への挑戦

発行者：バイオマスパワーテクノロジーズ株式会社(BPT)

連絡先：バイオマスパワーテクノロジーズ松阪木質バイオマス発電所

〒515-1204 三重県松阪市小片野町 1790-1 TEL：0598-67-2561