

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025 プログラムNo.1-11

事業件名：木質バイオマス燃料等の安定的・効率的な供給・利用システム構築支援事業 / 新たな燃料ポテンシャル（早生樹等）を開拓・利用可能とする
“エネルギーの森”実証事業／

温帯気候の里山における持続可能な木質バイオマス 燃料生産システムの構築実証事業

発表日：2025年7月16日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 吉岡 剛

団体名 （社）徳島地域エネルギー

問い合わせ先 （社）徳島地域エネルギー E-mail:info@tene.jp TEL: 050-2024-5033

1. 目的

本事業では長期間放置されている広葉樹の二次林を対象に、他の市場に左右されない低コストで森林調査から伐採・搬出・更新を行う手法を確立し、里山に代表される広葉樹林を対象に、持続可能で経済的に自立可能な木質燃料生産システムの構築を目的とする。

2. 期間

開始：2023年11月、終了(予定)：2027年3月（2029年3月まで延長予定）

3. 目標

- ① 森林調査コスト・精度：ICTを用いて、従来型調査（毎木調査形式）と比較して、1/3程度の人工数と推定林分材積精度90%以上を目指す。
- ② 伐採・搬出コスト：既存事業（2022年度実績）では、6,350円/m³（原木換算）となっているコストを、目標コストの3,020円/m³（原木換算）への低減を図る。
- ③ 萌芽更新：基本的に天然更新を目指す、低コストかつ早期の更新ができる手法を確立する。

4. 成果・進捗概要

対象エリアにおけるバイオマスポテンシャルの把握とICTによる調査精度を高め、今後の育林、モニタリングにも活用を図る。

1

事業概要

2

調査状況

3

今後の取組み

1. 事業概要

本事業では、兵庫県の県有環境林（宝塚市西谷地区）を対象に事業化の検討を行う。また、玉瀬地区をフィールドとして、実際に広葉樹の伐採、運搬、植林、育林を行い、持続可能なエネルギーの森づくりの実証を行う。なお、搬出した木材は、玉瀬地区の土場でチップング化し、チップの含水率の状況に応じて、バイオマスラボで乾燥後、または需要家に直接供給する。バイオマスラボでは、施設に熱供給を行うバイオマスボイラを設置しており、バイオマスボイラ等の視察・研修等を行う。このように木材の伐採・搬出後以降のプロセスも対応可能な環境を整えている。

- ・UAVを活用した森林調査
- ・効率的な伐採・搬送手法
- ・持続可能な更新方法の確立

< 今回の実証範囲 >



【目標】

- ・森林調査コスト・精度
- ・伐採・搬出コスト
- ・低コストかつ早期の更新

乾燥チップ(含水率約30%)は直接需要家に運搬

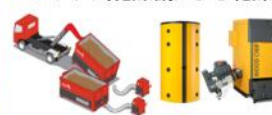


玉瀬地区の土場でチップング

湿潤チップ(含水率40%以上)はバイオマスラボで乾燥

バイオマスラボ(神戸市有野)

コンテナ式乾燥機による乾燥



バイオマスボイラ等の研修施設

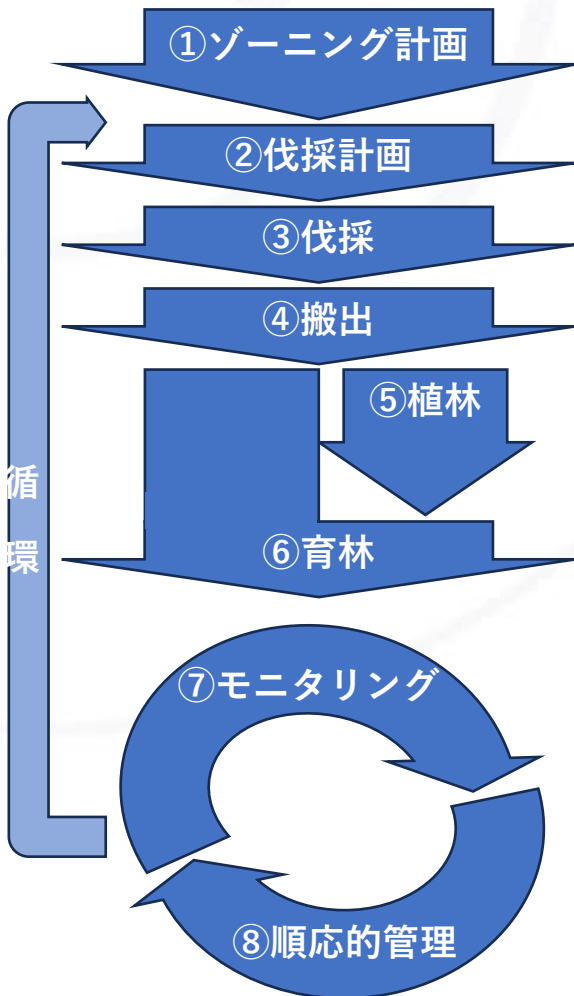


1. 事業概要（対象フィールド）



- 1 事業概要
- 2 調査状況
- 3 今後の取組み

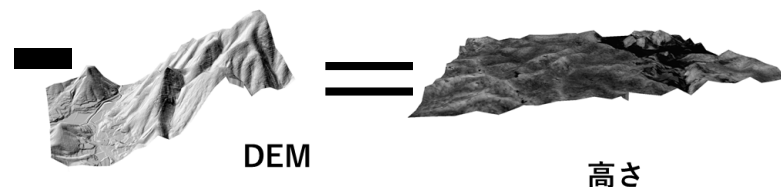
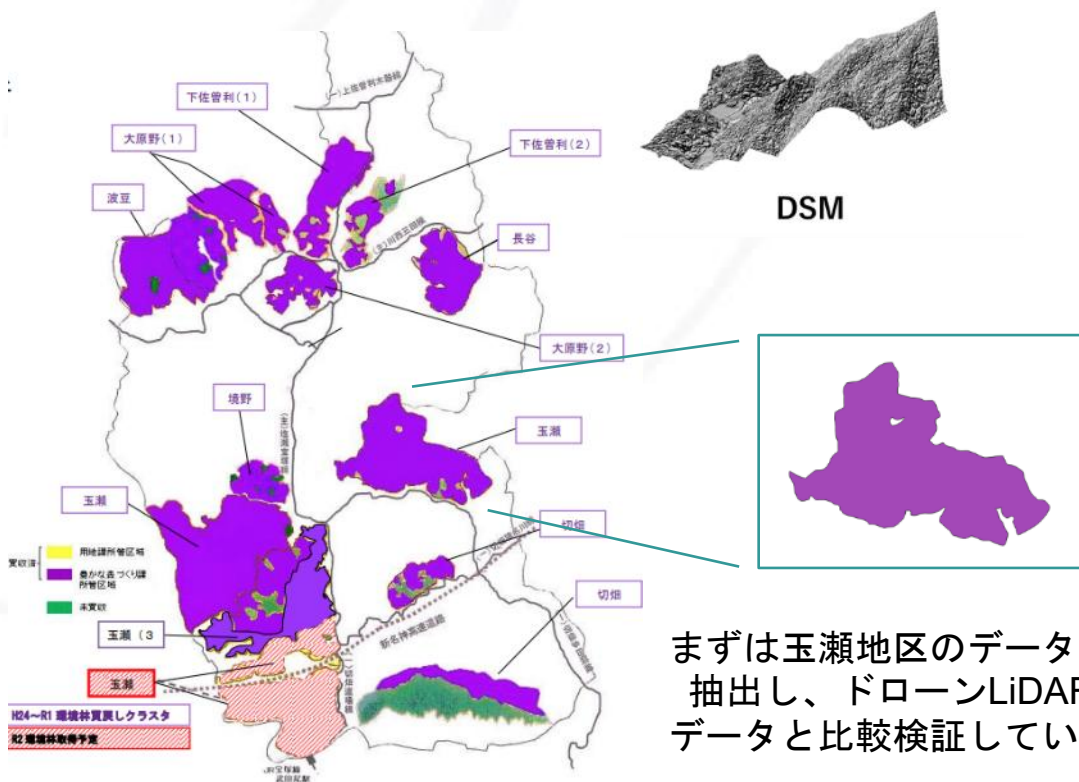
2. 事業内容



- ・対象エリアにおける立地環境や素材の材積見積、現存植生から再生能力を想定、持続的な利用の観点により、ゾーニングを行う。
- ・ゾーニング計画をもとに、対象エリアにおける伐採計画を策定する。
- ・伐採計画をもとに、伐採作業を行う。
- ・搬出材のチップ化方法、運搬等も考慮した、効率的な搬出を実施する。
- ・伐採後のエリアは自然の萌芽更新を前提とするが、萌芽状況を確認しながら、必要に応じてコンテナ苗で補植を行う。
- ・対象樹種の状況に応じて下草刈り等を行い、樹木の再生促進を図る。
- ・高木性樹種について、切り株からの萌芽を含む樹木の成長を追跡モニタリングして、既往のデータ及び周辺の森林と比較する。
- ・伐採、搬出、植林、育林において、それぞれの生産性、コストを確認する。また更新状況に応じて改善策を講じ、その結果についてもモニタリングし、比較検討を行う。
- ・伐採後のモニタリング状況に応じて、除伐、補植など適切な管理方法を検討する。

①ゾーニング計画：3Dデータ

- 兵庫県が公開する高精度3次元地理空間データ（点群データ）から、県有林の資源量を把握
→数値標高モデル（DEM：Digital Elevation Model）・数値表層モデル（DSM：Digital Surface Model）から森林の体積を算出し、森林の密度を掛けることにより、森林材積を推定



兵庫県3Dデータをもとに算定（玉瀬地区）

面積 (ha)	163
高さ平均(m)	8.7
空間体積 (m3)	14,145,278
haあたり空間体積 (m3/ha)	86,905
推計材積 (m3)	4,234

西谷地区の県有林配置図

出典：兵庫県高精度3次元地理空間データ（点群データ）
<https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk26/3dgeo.html>

- The screenshot shows the HoloBuilder software interface. The main 3D view displays a point cloud model of a forest. A pink rectangular area is highlighted on the ground, and a label 'tree12' points to a specific tree. The left sidebar shows a file explorer with a tree structure. The bottom panel displays a table with columns for object ID, coordinates, and various attributes.

对象ID	位置坐标	尺寸	材质	颜色	透明度	旋转										
616211d	10.58	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000										
ID	X	Y	深度(x)	位置(x)	位置(y)	位置(z)	高度(x)	高度(y)	高度(z)	材料ID	半径	高度				
1	60601.1	-12233	266.16	0.30	15.39	6.90	6.70	6.45	0.32	0.26	0.32	0.16	0.06	0.00	正圆形	树冠下底
2	60601.6	-12219	275.88	0.31	15.43	6.82	6.71	6.16	0.33	0.27	0.23	0.19	0.07	0.00	正圆形	树冠下底
3	60601.4	-12237	275.79	0.21	15.38	6.89	6.19	1.87	0.25	0.19	0.16	0.13	0.05	0.00	正圆形	树冠下底
4	60601.9	-12233	275.59	0.22	15.27	6.81	5.26	2.47	0.23	0.19	0.14	0.07	0.05	0.00	正圆形	树冠下底
5	60601.3	-12233	275.59	0.22	15.27	6.81	5.26	2.47	0.23	0.19	0.14	0.07	0.05	0.00	正圆形	树冠下底

住所 / 郵便番号検索

0909_2

名前

経緯度

グループを開く

エクスポート

MAPEYE MAP に遷移

0909_2

地区ID	標高	樹高	断面距離	樹種ID	樹種	経緯	経緯方位
1	361.2340692421875	5.22	0	0	ヒノキ	17.318149103725586	318.218053446796875
2	308.05810234375	13.73	0	0	ヒノキ	25.72857666115625	344.0054016113281
3	341.8804931640625	9.703	0	0	ヒノキ	33.687696668791016	294.89617911921875
4	307.05157470703125	9.363	0	1	スズ	20.21773338317871	32.19189453125
5	359.22186279296875	10.277	0	0	ヒノキ	28.1279888611307617	319.30363330078125

属性 スタイル ラベル 形状

新規作成

A black quadcopter drone is shown from a top-down perspective, resting on a dry, cracked, and sandy surface. The drone has four arms extending outwards, each with a propeller. A camera is mounted on the front of the drone, and a small orange light is visible on the underside of the main body. The background is a flat, arid landscape with scattered small rocks and debris.

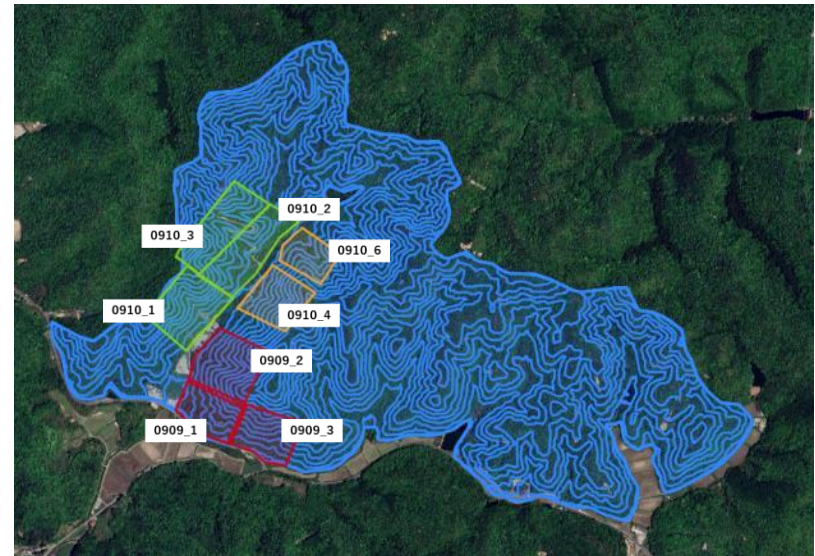


①ゾーニング計画：ドローンデータ

- ドローンLiDARにより、対象フィールドの作業道（1号線、5号線）の周辺情報を取得
- 今後、5号線の伐採実績等をもとに補正
→材積ポテンシャルと年間チップ製造可能量を推計

1号線伐採実績から、材積量を推計

	面積(m ²)	材積(m ³)	材積(t)※1	材積(t)※2	haあたり材積 (m ³ /ha)
0909_1	28,203	384	307	230	136
0909_2	29,610	322	258	193	109
0909_3	39,808	471	377	283	118
0910_1	38,942	463	371	278	119
0910_2	38,153	437	349	262	114
0910_3	37,277	403	322	242	108
0910_4	28,070	310	248	186	111
0910_5	19,690	219	175	131	111
total	259,753	3,009	2,407	1,805	116



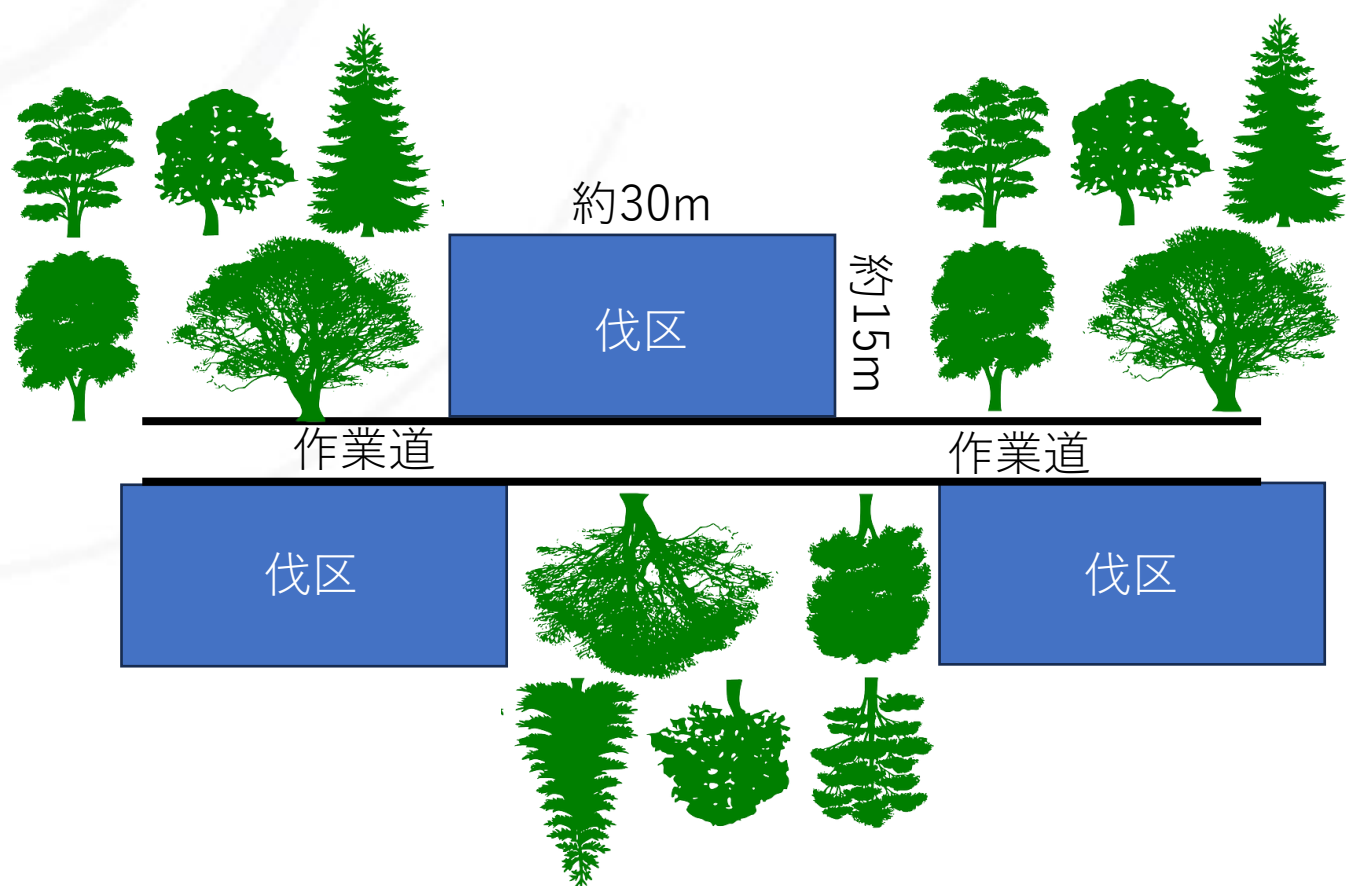
※空間材積密度：0.001019と設定

※1：比重0.8(バイオマスボイラー用,含水率30%想定)

※2：比重0.6(バイオマスCHP用,含水率10~15%想定)

②伐採計画（伐区設定）

これまで、伐採幅5-15m×奥行30-50m程度の伐区を設定して伐採を行ってきた。今後は、生産性や材積量を考慮し、作業道の開設を行う。また、伐採幅30m×奥行15m程度の伐区を設定し、生産性の分析を行う。



③伐採、④搬出

2024年11月20日、21日において、作業道5号線沿いの2伐区（10-15m幅、奥行き30-35m）において、伐採・搬出を行った。



伐採作業



搬出作業



伐採後（伐区A：上段、伐区B：下段）

③伐採、④搬出：伐採結果

植生調査で抽出した標準木（伐区1：15本）について、胸高直径、樹高、重量、含水率を計測し、材積および密度を推計した。

樹種	胸高直径(cm)	樹高(m)	重量(kg)	含水率(%)	材積推計(m3)	密度(t/m3)
ソヨゴ	11	7	39.5	33.9	0.023	1.70
ソヨゴ	14	13.4	94.5	33.6	0.085	1.12
ソヨゴ	10	9.8	71	35.8	0.047	1.51
ソヨゴ	7.5	11.7	37.5	31.2	0.037	1.02
ソヨゴ	15.5	11.3	183	35.2	0.128	1.43
ソヨゴ	12	11.8	86	33.1	0.065	1.32
ソヨゴ	8	8.9	35	35.4	0.029	1.19
ソヨゴ	18	12.6	285	34.8	0.244	1.17
ソヨゴ	11.4	10.1	81	35.7	0.064	1.27
ソヨゴ平均				34.3		1.234
コナラ	17	15	295	41.1	0.342	0.86
コナラ	21	14.6	351	38.5	0.249	1.41
コナラ	24.5	14.5	362	37.9	0.267	1.36
コナラ	9	9.2	40	36.9	0.044	0.90
コナラ	13.5	12.2	105	40.7	0.178	0.59
コナラ	11	10.2	62	37.8	0.073	0.85
コナラ平均				38.8		0.995

■ソヨゴ密度（含水率30%換算）：1,188kg/m3
 ■コナラ密度（含水率30%換算）：1921kg/m3

* 材積推計は、森林総合研究所の「幹材積計算プログラム」より算定

③伐採、④搬出：伐採結果

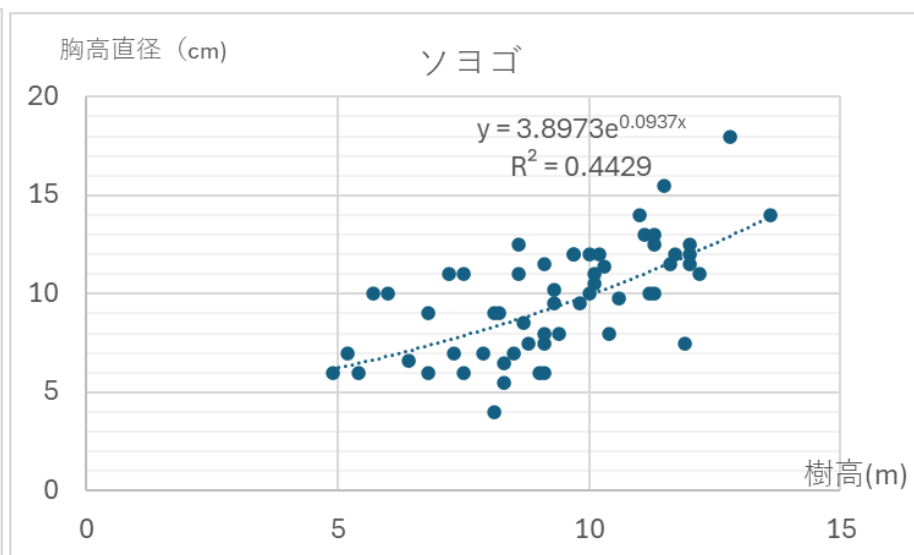
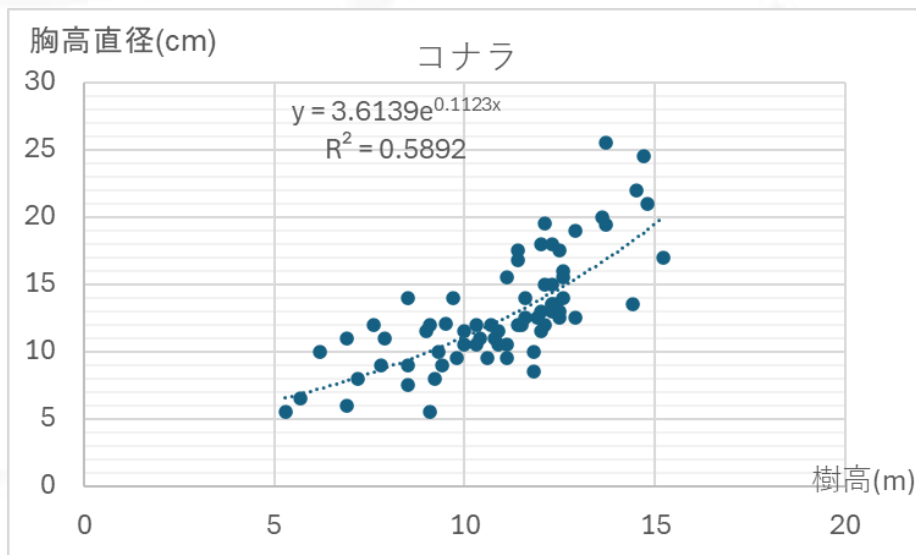
■ 2 伐区における伐採・搬出結果

- 伐採・搬出方法は、作業員の技術力、地形、森林の状況、作業道等により、大きく異なる。
- 今後は、再度伐採計画を練り直し、生産性の高い伐採・搬出方法を検証していく。

	伐区A		伐区B		伐区A、B	
樹種	本数	推計材積 (m ³)	本数	推計材積 (m ³)	本数	推計材積 (m ³)
コナラ	17	2.2	54	3.66	71	5.86
ソヨゴ	21	1.17	37	1.21	58	2.38
マツ	—	—	4	0.36	4	0.36
リョウブ	—	—	4	0.13	4	0.13
不明	3	0.16	1	0.01	4	0.17
合計	41	3.53	100	5.37	141	8.90
作業時間(h)	4.58		5.58		10.16	
作業効率(m ³ /日)	4.62		5.77		5.25	
材積量 (m ³ /ha)	133.2		102.2		112.6	

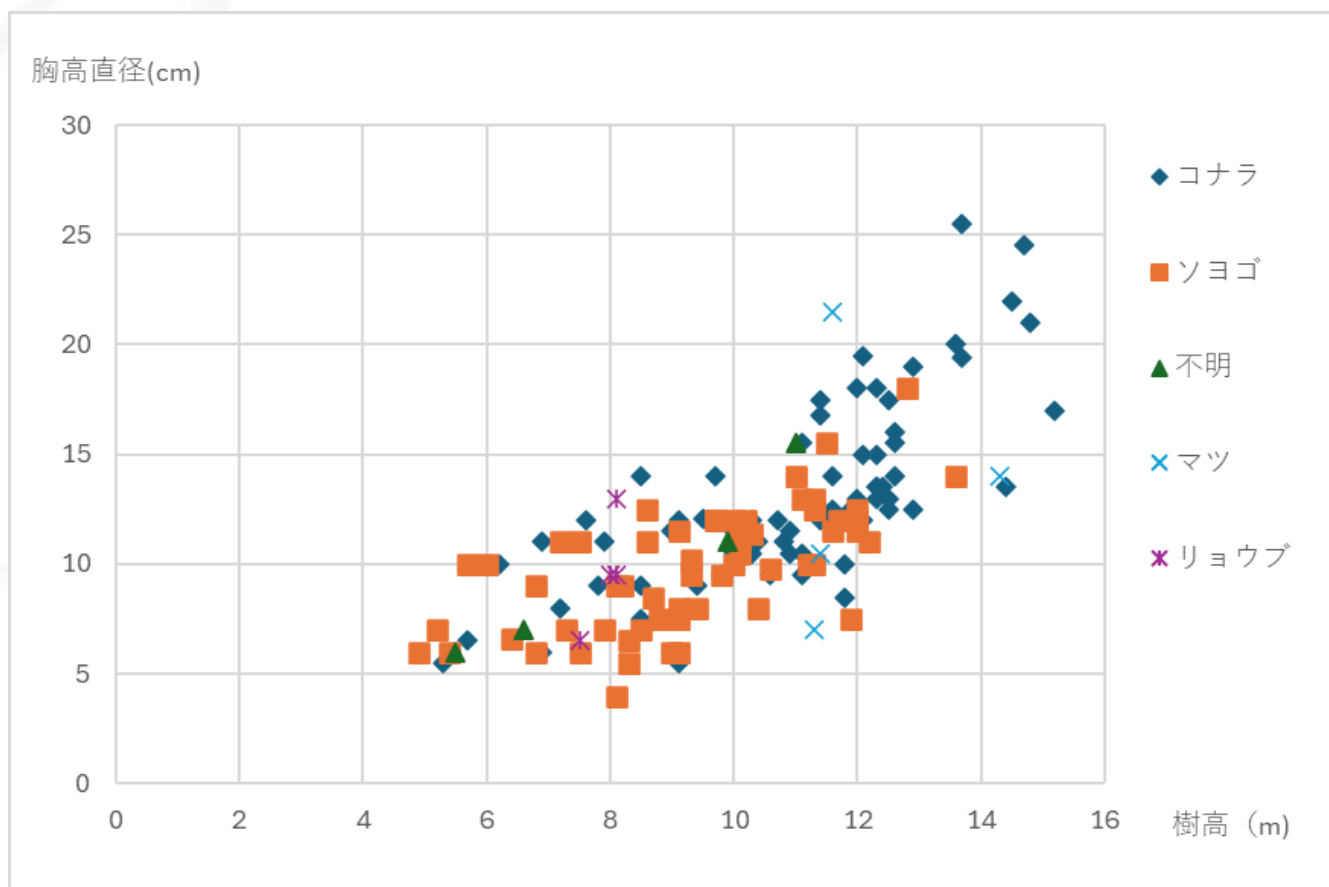
③伐採、④搬出：分析結果 1

- 玉瀬地区5号線の2伐区（2024年11月伐採）の伐採木140本について、樹高と胸高直径の関係を整理した。
- 樹種別（コナラとソヨゴ）に整理した結果を以下に示す。



③伐採、④搬出：分析結果 2

- 樹高と胸高直径は、指数関数の関係(R^2 : 0.5~0.6程度)
- 伐採結果を蓄積し、樹高と胸高直径の関係式の精度を向上させ、ICTでの調査結果へ反映させる。



③伐採、④搬出：生産コスト

- 過去事業では、「3.架線系」方式により、10,530円/m³の生産コスト
- 今年度事業では、「1.車両系」方式により、5,459円/m³の生産コスト

	伐倒	造材	集材
1: 車両系 林内走行	 チェーンソー	 チェーンソー + グラップル または グラップルソー	 フォワーダ
2: 車両系 路網作設	 チェーンソー	 グラップル または グラップルソー	 チェーンソー + グラップル または グラップルソー フォワーダ
3: 架線系 スイング ヤーダ	 チェーンソー	 スイングヤーダ	 チェーンソー + グラップル または グラップルソー フォワーダ
4: 架線系 タワー ヤーダ	 チェーンソー	 タワーヤーダ	 チェーンソー + グラップル または グラップルソー
5: 架線系 集材機	 チェーンソー	 集材機	 チェーンソー + グラップル または グラップルソー

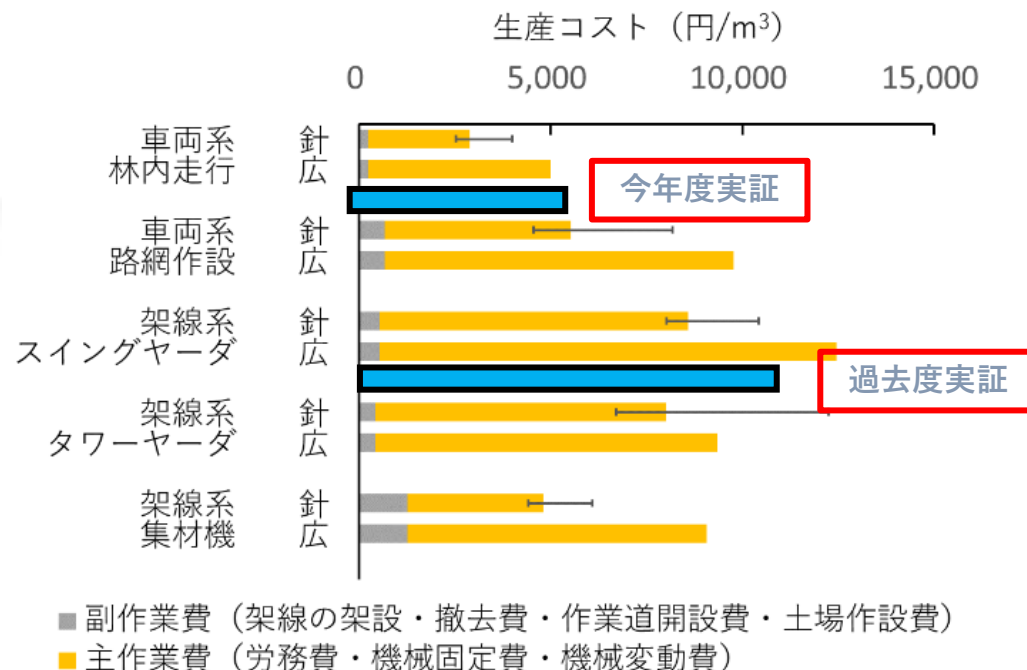


図2 針葉樹材（針）と広葉樹材（広）の作業システムごとの単位材積あたりの生産コスト（*針葉樹は既報の平均値（エラーバーは範囲）広葉樹はモデルによる推定値）

*今年度事業では、過去事業と同様の計算方法で算出しているが、計算方法、単価等もあらためて今後再検証予定

図 生産コストモデルで想定した広葉樹林施業の作業システム図の出典：広葉樹利用に向けた林分の資産価値および生産コストの評価（森林総合研究所交付金プロジェクト研究 成果 No.98）

⑤植林：育苗

伐採前の植生を考慮し、地域の既存植生から採取した種子で、コンテナ苗システムにより育苗する。現在、ハウス内において育苗を進めている。今後は灌水設備等も整備を進める。



育苗を行うハウス（上図）と育苗状況（右図）

⑥育林、⑦モニタリング：1号線

過去実証事業*において、伐採・搬出を行った（2022年9月～2024年3月）1号線沿いの更新状況の確認を行い、兵庫県と協議のうえ、今後の育林方針を検討した。

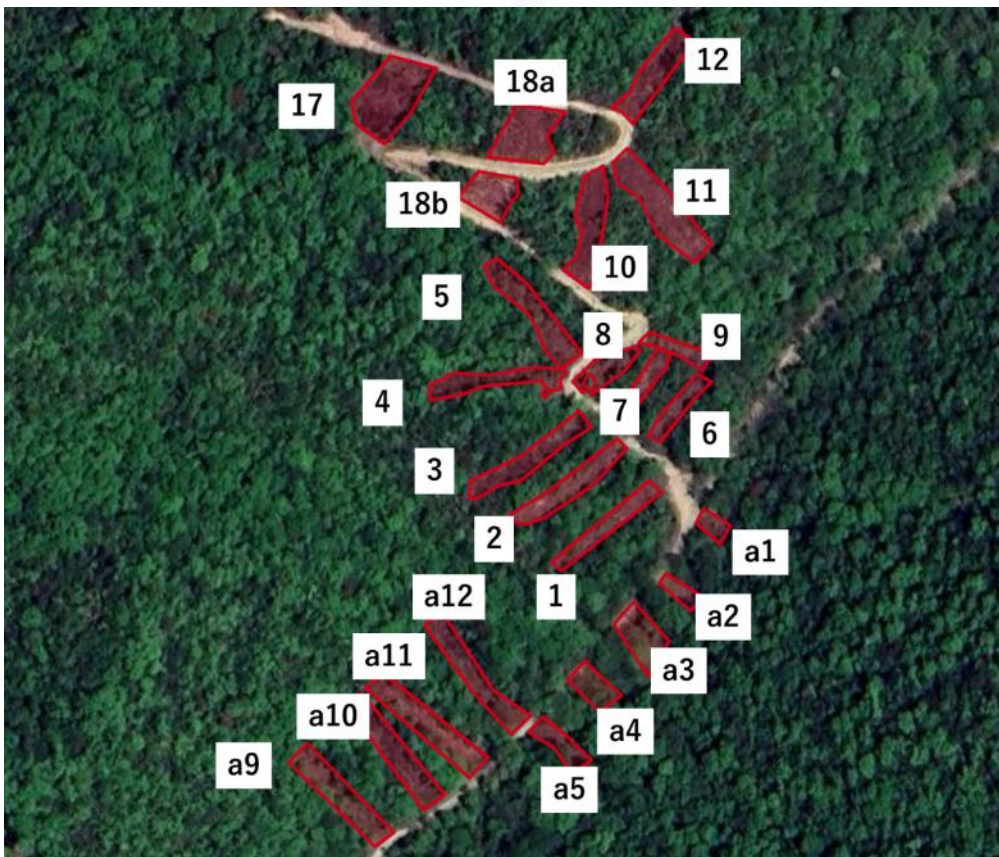


図 1号線伐区

■育林方針（全体）

- 優先順位：① 萌芽更新 → ② 実生 → ③ 植栽
- 兵庫県再生基準 2,000本/ha = 20本/100m² → 基準に満たない場合に植栽を行う事が基本。
- 植栽する苗は1年生も可能だが、2年生のほうが良。
 - ✓ 植栽時期の適期は春先。
 - ✓ 植栽第一候補：コナラ
 - ✓ 第二候補：ヤマグリ（伐区17）
- 伐区毎に保存対象木を決めて、成長度合い見守って行く。→ 要 マーキング（全伐区）
- マーキングの目安：樹高20cm以上
- 伐区毎、樹種毎（「コナラ」「アカマツ」「〇〇」）の本数を把握していく。
- 手入れの頻度は2～3年に1回程度とする。

* 木質バイオマス燃料（チップ、ペレット）の安定的・効率的な製造・輸送等システムの構築に向けた実証事業／可搬チップ・コンテナ乾燥機とバイオマスボイラを組合せた広葉樹林の燃料利用実証事業

⑦モニタリング：植生調査 1号線

過去実証事業*において、伐採・搬出を行った（2022年9月～2024年3月）1号線沿いの更新状況

伐区18



日当たりが良いため、更新が順調に進んでいる

伐区a1



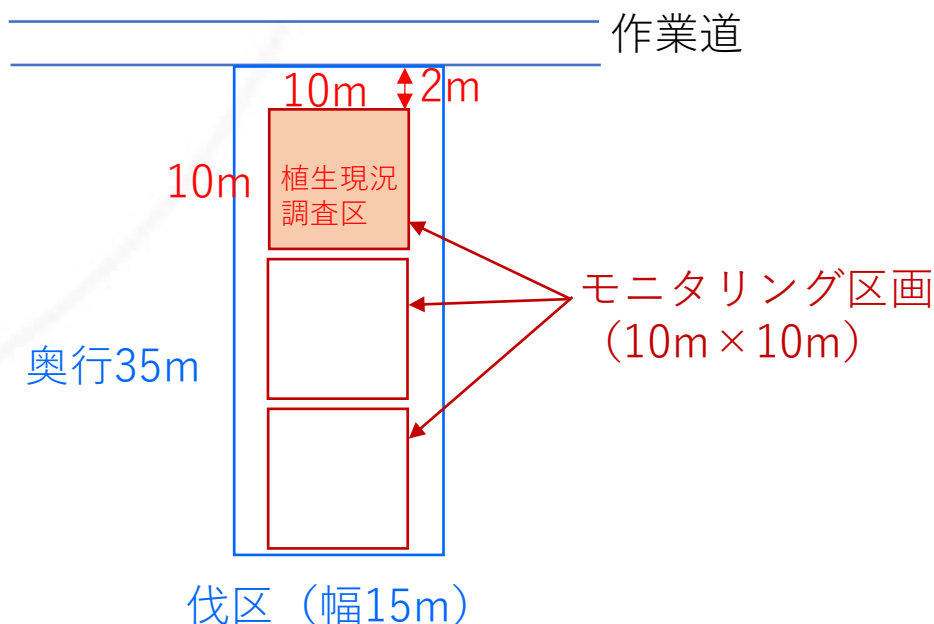
日当たりが悪く、下草のみが成長

* 木質バイオマス燃料（チップ、ペレット）の安定的・効率的な製造・輸送等システムの構築に向けた実証事業／
可搬チップ・コンテナ乾燥機とバイオマスボイラを組合せた広葉樹林の燃料利用実証事業

⑦モニタリング：植生調査 5号線（区画設定）

2024年度伐区における伐採前の植生現況調査区は、各伐区毎に、作業道から2m程度離れた所に、約10m*10m方形区を設定する。

なお、この植生現況調査区は、その後のモニタリング区画のひとつとして使用するものとする。



伐採前植生現況調査区の設定

⑦モニタリング：植生調査 5号線（調査概要）



作業道5号線沿いの伐採予定地の2伐区のモニタリング用区画（10m×10m/伐区）において、植生調査を行った。調査では、燃料対象とする高木層だけではなく、低木層、草本層も対象とした。

表 調査地点概要

調査地点	植生タイプ	調査日	コドラート情報											
			経度	緯度	標高(m)	方位	傾斜	地形	相観	土性	土湿	日当	風当	面積
1	コナラ林	2024.09.09	34° 53'20.10"	135° 18'57.02"	269m	S70 W	15	斜面・中	高木林	褐色森林	乾	陽	中	10m×10m
2	コナラ林	2024.09.09	34° 53'23.59"	135° 18'55.29"	260m	S30 W	20	斜面・中	高木林	褐色森林	乾	陽	中	10m×10m

表 調査結果概要

調査地点	植生タイプ	Ⅰ：高木層			Ⅱ：亜高木層			Ⅲ：低木層S1			Ⅲ：低木層S2			Ⅳ：草本層		
		高さ	植被率	優占種	高さ	植被率	優占種	高さ	植被率	優占種	高さ	植被率	優占種	高さ	植被率	優占種
1	コナラ林	14～18	10	コナラ	4～14	80	コナラ	0.5～4	30	ヒサカキ	—	—	—	0～0.5	3	—
2	コナラ林	12～16	30	コナラ	6～12	70	コナラ	3～6	70	ヒサカキ	0.5～3	40	ヒサカキ	0～0.5	2	—

⑦モニタリング：植生調査 5号線

- 育林は、森林総合研究所等でマニュアル化された既存データ等の活用、兵庫県森林林業技術センターの指導等、多様な方法を試みる。
- 伐採後の森林の持続的な利用に向けた管理として、試験区の案を以下に示す。(順応管理を併用) 各伐区において、下記A～Cのモニタリング区画(10m×10m)を設定した。

試験区	現行森林 (放置里山)	本事業A 粗放管理区	本事業B 自然萌芽	本事業C 萌芽+補植
下刈り管理の方法	無し	無し	2-3年に1度 坪刈/刈払機	2-3年に1度 坪刈/刈払機
構成	コナラ林 常緑樹混交	自然萌芽コナラ 落葉広葉樹	自然萌芽コナラ 落葉広葉樹	コナラ 落葉広葉樹
状態(想定含む)	薪炭利用していた 有用な木質バイオ マス原料が腐朽菌 分解される	コナラ等利用木の 密度を高める	コナラ等利用木の 密度を高める。構 成樹種を多く含む	皆伐状態に植栽し たコナラを中心と した燃料林
管理の特徴	管理停止	伐採後に萌芽再生 と競合する植物が 少ない場合は省力 化を望める	坪刈により管理作 業軽減を図る	坪刈により管理作 業軽減を図る

⑦モニタリング：植生調査 5号線

モニタリングは、伐採後の伐区毎に調査区を設け、高木性樹種について、切り株からの萌芽を含む樹木の成長を追跡モニタリングして、既往のデータ及び周辺の森林と比較する。なお、UAVによるレーザー計測も行い、調査区の実測値との精度比較も検証する。

■モニタリング概要

1) モニタリング調査区の設置

- I. 10m*10m方形区を基準とする
- II. 伐区ごとに代表地点を基準に設置する。
- III. 調査区数は試験区or林分タイプあたり代表3区を設定

2) 調査項目

- I. 萌芽調査：毎木調査サイズ計測（樹種、本数、樹高、根株高、D20H、根株直径、位置座標）
- II. 植栽木調査：毎木調査サイズ計測（樹種、樹高、D0H(地際直径)、D20H、位置座標）
- III. 実生調査：高木性樹種について毎木調査、樹高、D20H、位置座標

3) モニタリング調査の時期

- ・追跡調査伐採1年後（翌年）～以降
- ・落葉前の生育期に実施。
- ・判断基準、伐採前の樹種別の密度（面積あたり本数）→ 不足時には補植
- ・萌芽個体（根株枝）生残数

1 事業概要

2 調査状況

3 今後の取組み

3.1 2024年度の実施状況

研究開発項目	研究内容	達成レベル (2024年度目標)	達成度	達成状況
①ゾーニング計画	・兵庫県宝塚市西谷エリアの県有林(880ha)を対象としたゾーニング計画策定	・兵庫県宝塚市西谷エリアの県有林(880ha)を対象としたゾーニング計画策定	△	・空間体積より材積量の推計は行ったが、実証結果、更新状況を踏まえて、具体的なゾーニングを再検討予定
②伐採計画	・UAVレーザ計測による森林調査結果を用いた伐採計画の作成	・地上・UAVレーザ計測による森林調査結果を用いた伐採計画の作成と精度の検証	△	・定期的なLiDAR調査・分析を行っているが、まだ精度が低く、精度向上策を要検討 ・現地状況や伐採体制に応じて、伐採計画を見直す予定
③伐採	・効率的な伐採・搬出方法の確立	・育林、モニタリングに必要となる試験区の伐採・搬出	△	・モニタリング区画の伐採・搬出を実施 ・計画より伐採量は少ないが、効率よく伐採・搬出が行えた（伐採・搬出コスト約5,000円/m ³ ）。更に伐採・搬出効率を向上できる予定
④搬出				
⑤植林	・コンテナ苗システムによる植林	・コンテナ苗システムによる植林の準備	○	・育苗を進めている。
⑥育林	・様々な手法による試験区毎の育林の実施	・様々な手法による試験区の設定	○	・過去伐採地の更新方針の設定
⑦モニタリング	・試験区毎の育林結果のモニタリング	・試験区毎のモニタリング準備	○	・モニタリング区画の設定、事前調査
⑧順応的管理	・モニタリング結果に応じた育林方法の検討	—	—	・今後、林分の更新状況に応じて、順応的管理のフローチャートを更新予定

3.2 今後の取組み

研究開発項目	今後の取組み予定
①ゾーニング計画	・ 新たな伐採方針に基づき、ゾーニングと材積量の把握
②伐採計画	・ 玉瀬地域を対象に、地上・UAVレーザ計測により、季節毎の定点計測 ・ 伐採木のデータを用いた材積量の補正等の検討
③伐採	・ 新たな伐採計画に基づき、伐採・搬出作業の実施 ・ 伐採・搬出の生産性の把握 ・ 伐採木のデータ（樹種、樹高、胸高直径、重量、含水率等）の蓄積
④搬出	
⑤植林	・ コンテナ苗システムによる育苗、植林の実施（2026年度予定）
⑥育林	・ 1号線は、伐区毎に更新状況・植生状況に応じた手入れ ・ 5号線は、試験区毎に対応
⑦モニタリング	・ 1号線は、伐区毎に更新状況を確認 ・ 5号線は、試験区毎に更新状況を確認 ・ ICTにより、定期的に計測
⑧順応的管理	・ 各伐区の更新状況に応じて対応策の検討・整理

3.3 今後の調査スケジュール

