

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025

プログラムNo.1-6

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／
雪国(福井県坂井地区)におけるエネルギー向け早生樹の森づくりと一体型施業システム構築の実証事業

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 齊藤正実

*団体名 坂井森林組合

問い合わせ先 坂井森林組合 E-mail: f-sakai@sakai-sinrin.jp TEL:0776-74-2120

事業概要



1. 目的

- ①地域内需要へ持続可能な安定供給確保
- ②中長期的に成長の良い樹種・立地を選択し、施業並びにチップ製造コストを低減すること

2. 期間

2022年2月～2025年3月

3. 目標（最終）

- ①「エネルギーの森」造成条件の整理

助成期間内では、収量推測データ取得のため、約3.0ha(※1)の伐採および植林を行う(※2)

また各試験地において造成条件（標高、土質、植栽密度など）を整理する。

- ②施業コストの低減（伐採・林地残材込みの搬出・植林・育林）

伐採・搬出・植林・育林のトータルコストの削減を目指す。

※1 約1.0ha/年×3年、8～10箇所程度

※2助成期間終了後、2,400ton/年の生産が可能な面積に植林を行う。

出典：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構



4. 成果・進捗概要

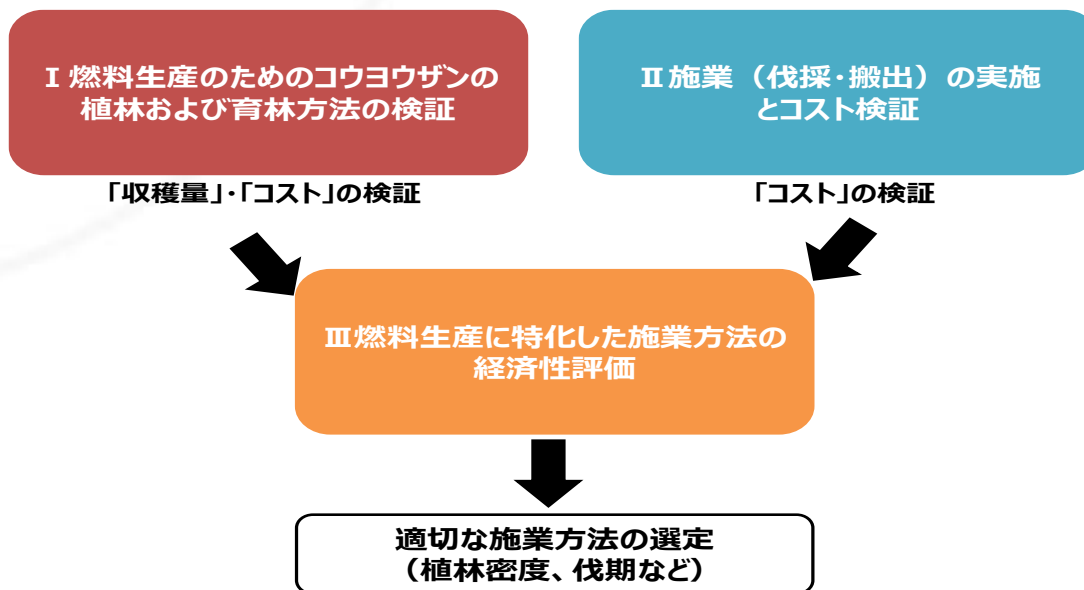
①伐採・植栽（約2ha、7事業地）を実施、収量推測

樹高・根元径を計測し、標高など諸条件別の分析およびスギとの比較を行った。

また、その他早生樹として約0.3ha、6事業地にユーカリを植栽。

②施業コストの低減

今回試験地においては、施業のトータルコストが従来比14～31%削減できると想定されることを確認した。



事業者概要



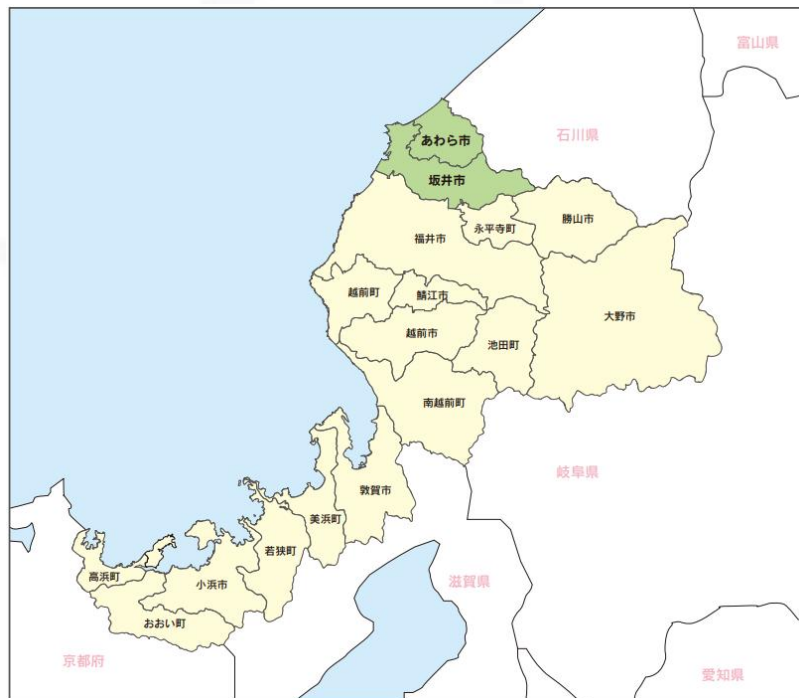
事業者名	坂井森林組合
設立年月日	1988年3月1日
所在地	【本所】 福井県あわら市御簾尾15-6 【WOODリサイクルセンターさかい】 福井県あわら市蓮ヶ浦68-18-1 【WOODバイオマスセンターさかい】 福井県あわら市蓮ヶ浦34-10-1
払込済出資金	65,775,000 円
組合員数	正組合員 1480名 准組合員 346名
役員・職員	●常勤理事 1名 ●非常勤理事 12名 ●非常勤監事 3名 ●事務職 13名 ●現場職 30名
事業内容	● 森林管理業 ● 森林病虫害防除業 ● 木質リサイクル事業 ● 木質バイオマス事業 ● 産業廃棄物処理業（木くず） ● 一般廃棄物処理業（木くず）

出典：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構



事業者概要

あわら市・坂井市の位置



〈出典：あわら市・坂井市森林整備構想2020-2030より抜粋〉

管内の森林分布



管内の森林面積
11,834ha

	全国	福井県	当組合管内
森林率	66.40%	74.50%	36.10%
民有林人工林率	41.00%	43.10%	61.10%

出典：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構



事業背景

- ✓ 現在、木質バイオマス熱利用施設、発電所などに、4,800ton/年の木質チップを供給している。
- ✓ このうち、あわら市・坂井市の木質バイオマス熱利用施設向けの管内需要は約2,400ton/年（2021年提案当時）
- ✓ 近年、地域内外で、熱利用施設、発電施設向けの**木質チップ需要が増加**している。

坂井森林組合



温泉宿泊施設
3 施設

- 2,400ton/年
- 用途：加温・給湯・暖房
- 今後もボイラ導入計画有

【市外・県外】

発電所

- 2,400ton/年

出典：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

事業背景

課題

コスト

生産コスト > 販売価格

・主伐時再造林費が捻出できない。等

量

需要量 > 燃料用丸太

・建材等需要の低下により燃料材の供給量も減少。

持続可能で安定的な供給状態ではない。

目的

地域内需要へ持続可能な安定供給確保

**中長期的に生長の良い樹種・立地を選択し、
施業並びにチップ製造コストを低減すること**

事業目標

<エネルギーの森 イメージ>



- ✓ 2,400ton/年（＝管内需要）分のエネルギーの森創出
- ✓ 早生樹（コウヨウザン）を用いて従来の森林経営サイクルを早める。
- ✓ 伐採→植林→育林サイクルを順次に複数の区画で行い、持続安定供給モデルを構築する。

この実現に向けて…

<本事業期間内の目標>

▶ 早生樹「エネルギーの森」造成要件の整理

- ✓ 当地域での植栽試験による、収量推測に関する情報を取得
 - 樹高、径、獣害などのリスク要因
- ✓ 造成条件の整理
 - 標高、植栽密度など

▶ 一体型施業による施業コストの低減

- ✓ 一体型施業による伐採・搬出・植林・育林のトータルコストの削減可能性を検討

実施概要



Ⅰ 燃料生産のためのコウヨウザンの植林および育林方法の検証

1. 植林の実施と生育状況の検証

実施項目	実施内容
① 県内生育状況調査	県内の他試験地におけるコウヨウザンの成長量を調査し、生長推計に用いるデータを作成。
② 実証試験地選定・施工	標高別に約0.3haずつ年2～3箇所にて伐採・植栽を実施。（計7箇所、約2.0haを実施）
③ 生長量比較	試験区分条件ごとに成長量計測を実施。
④ その他精英樹の調査・比較	ユーカリのうち、寒さに強いとされる5種を計6か所に植栽し、生長量を計測。樹種別比較を実施。

2. 低コスト育林の実施と生育状況の検証

実施項目	実施事項
① 下刈りの低減	・防草（兼獣害対策）シートを敷設し、効果の検証を実施。 ・コストの整理および下刈コストとの比較を実施。
② 獣害対策等の検討	獣害対策の有無による生存率（枯死率）への影響を調査。



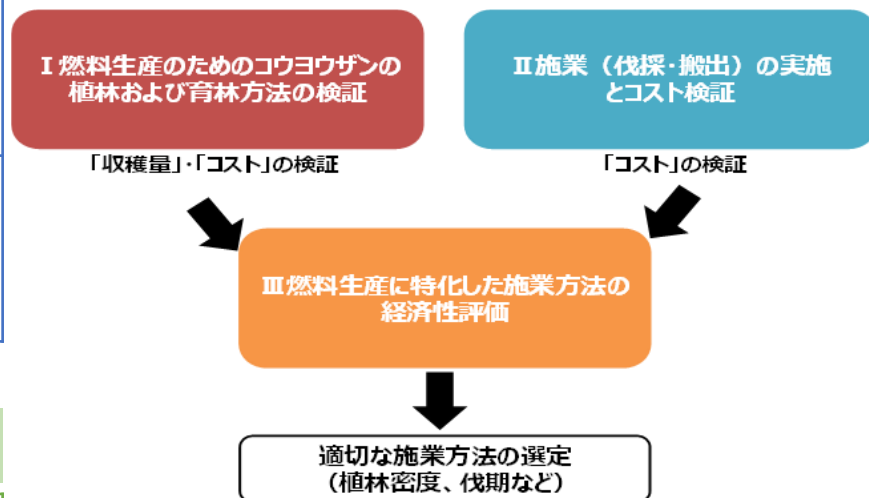
実施概要

II 施業の実施とコスト検証

実施項目	実施内容
1. 一体型施業システムの実施とコストの検証 ① 一体型施業システムの実施	試験地について一体型施業システムを実施し、コスト試算に必要な条件（労働時間、機械稼働時間、消耗品使用量等）に関するデータを取得し、コストの整理および削減効果を算出した。
2. 山林内における乾燥およびチップングのコスト検証 ① 立木乾燥法の検証	立木乾燥法を実施し、水分率の低減効果を検証した。 結果からチップ化工程を選定し、コストを算出した。

III 燃料生産に特化した施業方法の経済性評価

実施項目	実施事項
1. 施業方法の経済性評価	本事業内で得られた結果・データを基に、伐採～搬出～植栽～育林の森林サイクルおよび施業方法を設定し、収支を算出した。
2. 施業方法の選定	



実施内容・フロー図

I-1-②. 実証試験地選定と施工

■ 標高と植栽密度（3000本/ha,2500本/ha,1500本/ha）を変数として、**全7か所に植栽**した。

試験地概要

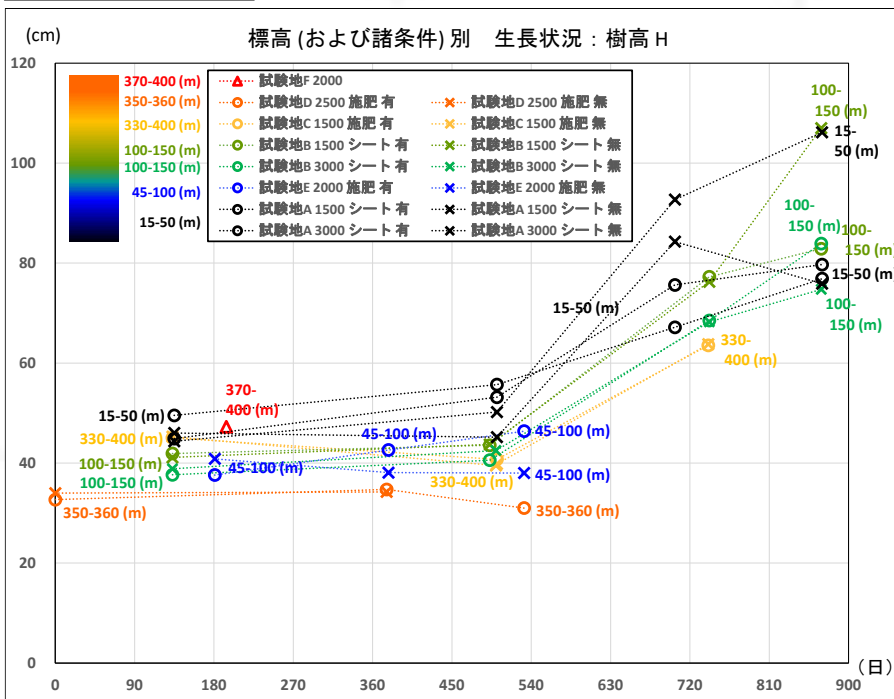
試験地名	植栽年月	標高(m)	植栽面積(ha)	前生樹	植栽樹種	植栽密度 (本/ha)	植栽 本数(本)
試験地A	2022.11	15~50	0.30	スギ	コウヨウザン	3000	675
			—		スギ（比較区）	1500	—
試験地B	2022.11	100~150	0.30	スギ	コウヨウザン	3000	675
			—		スギ（比較区）	1500	—
試験地C	2022.11	330~400	0.30	広葉樹	コウヨウザン	1500	450
			—		スギ（比較区）	2500	—
			—		ヒノキ（比較区）	2500	—
試験地D	2023.11	350~360	0.04	広葉樹	コウヨウザン	2500	100
試験地E	2023.11	45~100	0.50	広葉樹	コウヨウザン	2000	600
			—		ヒノキ（比較区）	2500	—
試験地F	2024.05	370~400	0.30	広葉樹	コウヨウザン	2000	600
試験地G	2024.11	11	0.30	スギ	コウヨウザン	2000	600

I-1-③. 生長量比較

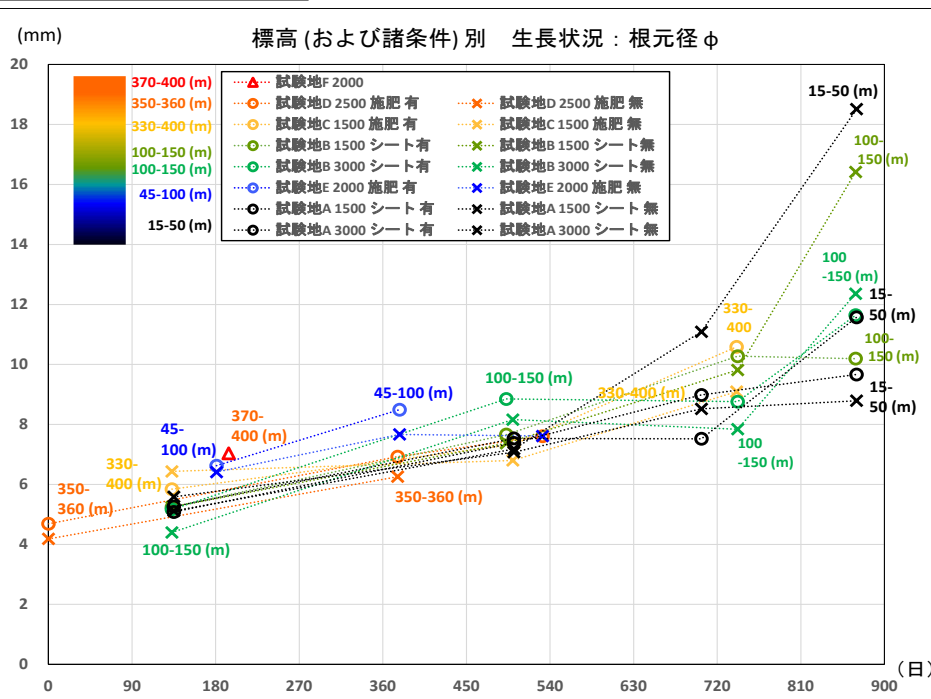
≪標高別および諸条件別の生長状況≫

- ✓現段階では、樹高および根元径共に、標高による成長状況に大きな影響は無いと思われる。
- ✓ただし、樹高について、330m以上の標高において、植栽後約2年経過以降に若干の成長阻害が発生する可能性はある。

樹高 (cm)



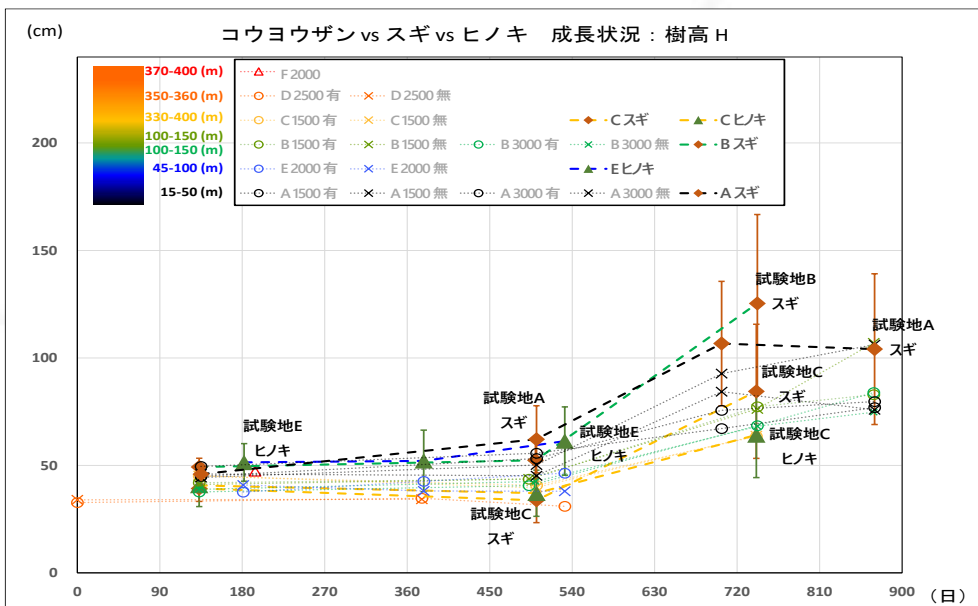
根元径 (mm)



I-1-③. 生長量比較

《スギ・ヒノキとの比較》

- ✓ 本事業期間内においては、樹種間の生長量に大きな差は無いと思われる結果となった。
- ✓ ただし、スギの生長がコウヨウザン・ヒノキと比較して、わずかながら相対的に良好だった可能性がある。
- ✓ コウヨウザンの樹高が低く、根元径は複数株になったことで細い状態で計測を行った。この原因は、コウヨウザンのみ野兎等による食害が顕著であったためである。
- ✓ 一方で、食害を受けたコウヨウザンの方が、食害を受けていないスギよりも高い伸び率を見せた事例が観測され、食害を受けて、一旦枯れたと思われる個体が新たに芽吹いて成長している場合も散見された。



I-1-④. その他精英樹の調査・比較

- ✓「ユーカリ」のうち、寒冷地に強いとされる5種を採用し、6試験地に試験植栽した。
- ✓コウヨウザンの標高限界と同程度の標高382mの試験地も選定した。



植栽後1年(ベンタミー)

	標高 (m)	樹種	植栽本数 (本)
試験地イ	67	ベンタミー	25
		マカースリィ	21
試験地ロ	34	ベンタミー	9
		マカースリィ	9
試験地ハ	171	ベンタミー	6
		マカースリィ	5
試験地ニ	34	ビミナリス	10
		ダニー	10
		ナイテンス	10
試験地ホ	382	ビミナリス	5
		ダニー	5
		ナイテンス	5
試験地ヘ	114	ビミナリス	15
		ダニー	15
		ナイテンス	15

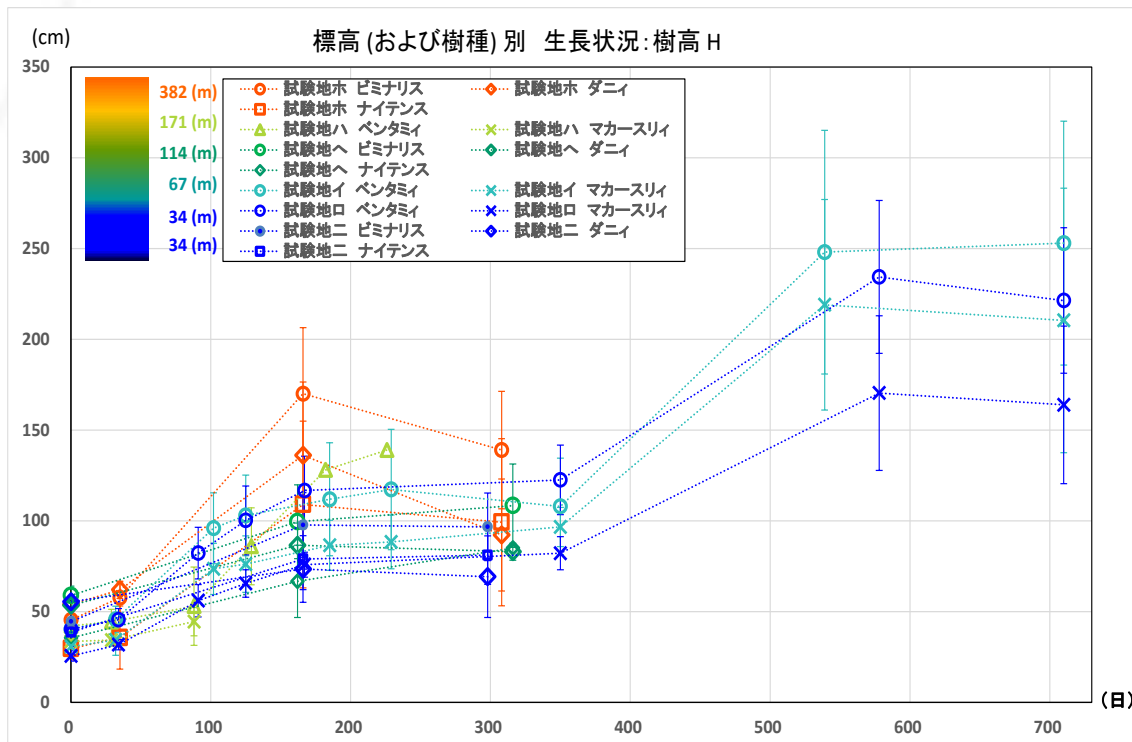
I-1-④. その他精英樹の調査・比較

＜＜生長状況の樹種別比較＞＞

- ✓試験地イ・ロ・ハ（2023年植栽）では、マカースリイに比較して、**ベンタミの成長が良好**であった。
- ✓植栽後7ヶ月時点で樹高1mを超える。早期に生長障害リスクを回避できる可能性が高い。
 - 試験地ハ：猪による苗の引き抜き、折れ等の被害を受け、個体が全て消失。食害は受けにくい結果だが、植栽場所によっては、防護柵などの獣害対策を行う必要がある。
- ✓試験地二・ホ・ヘ（2024年植栽）では、**ビミナリスの成長が最も良好**であり、ナイトンスは相対的に伸びが悪く、個体のバラつきも大きい。

＜＜標高別の生長状況＞＞

- ✓標高による生長差はほぼ無く、品種による差が顕著である。
- ✓試験地ロ（標高34m）のベンタミや試験地ホ（標高382m）のビミナリスの成長がやや良好であるが、有意な差までは見られなかった。
- ✓試験地ホ（2025年積雪量185cm）では、**雪による折損被害**が多くみられ（折損率46%）、**一部枯れ被害**も確認された。
 - 雪解け直後であったため、**今後復活する可能性**もあり、経過観察が必要である。



I-2. 低コスト育林の実施と生育状況

✓下刈及び獣害対策の低減について、試験を実施し、従来型と比較した。

【獣害対策が不要な場合】

① 従来	② 本事業
下刈1回/年× <u>8年</u>	下刈1回/年× <u>3年</u>

- 樹高が下草の高さを超える速度が速い（3年程度で超す）と仮定。
- 下刈には従来通りの草刈機を使用。

【獣害対策が必要な場合】

③ 従来	④ 本事業
<u>単木保護</u> <u>+下刈1回/年×3年</u>	<u>防草・獣害対策シート</u> <u>+下刈1回</u>

- 双方下刈を行わず、防草シートには獣害対策用の忌避剤をしみ込ませたものを利用。



防草・獣害対策シート施工

I-2. 低コスト育林の実施と生育状況

■ 防草効果

- 防草効果はある一方で、シート間に生える灌木の枝がコウヨウザンの上空を覆い、被圧はしないものの、日当たりが悪くなり成長阻害を起こしている可能性がある。
- そのため、2年目に下刈を実施している。

2022.11植栽	防草シート有	防草シート無
試験地A	2023.下刈無	2023.下刈1回
	2024.下刈1回	2024.下刈1回
試験地B	2023.下刈無	2023.下刈無
	2024.下刈1回	2024.下刈1回
試験地C	2023.下刈無	2023.下刈無
	2024.下刈1回	2024.下刈1回

■ 獣害対策効果

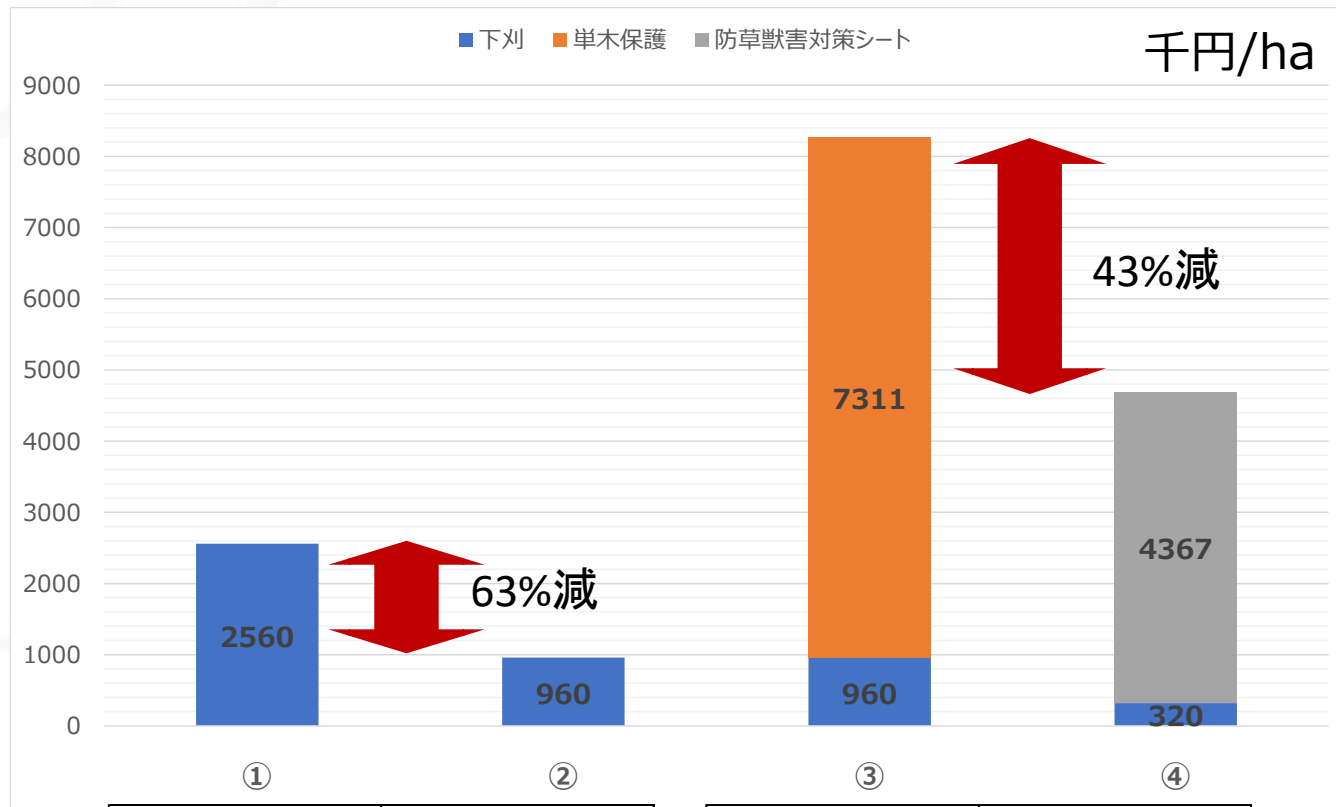
- 1年後の食害率は1%未満であったが、2年後食害率3～61%（平均25%）となった（2023年植栽地）。
- シート敷設により、植栽木の周りに草が生えにくく、苗木が目立ちやすくなり、食害に合いやすい状態であったことも獣害を誘引したと思われる。
- ただし、コウヨウザンは食害があった場合でも、地際から萌芽更新するため、完全な枯死はしない。



梢端部の食害

I-2. 低コスト育林の実施と生育状況

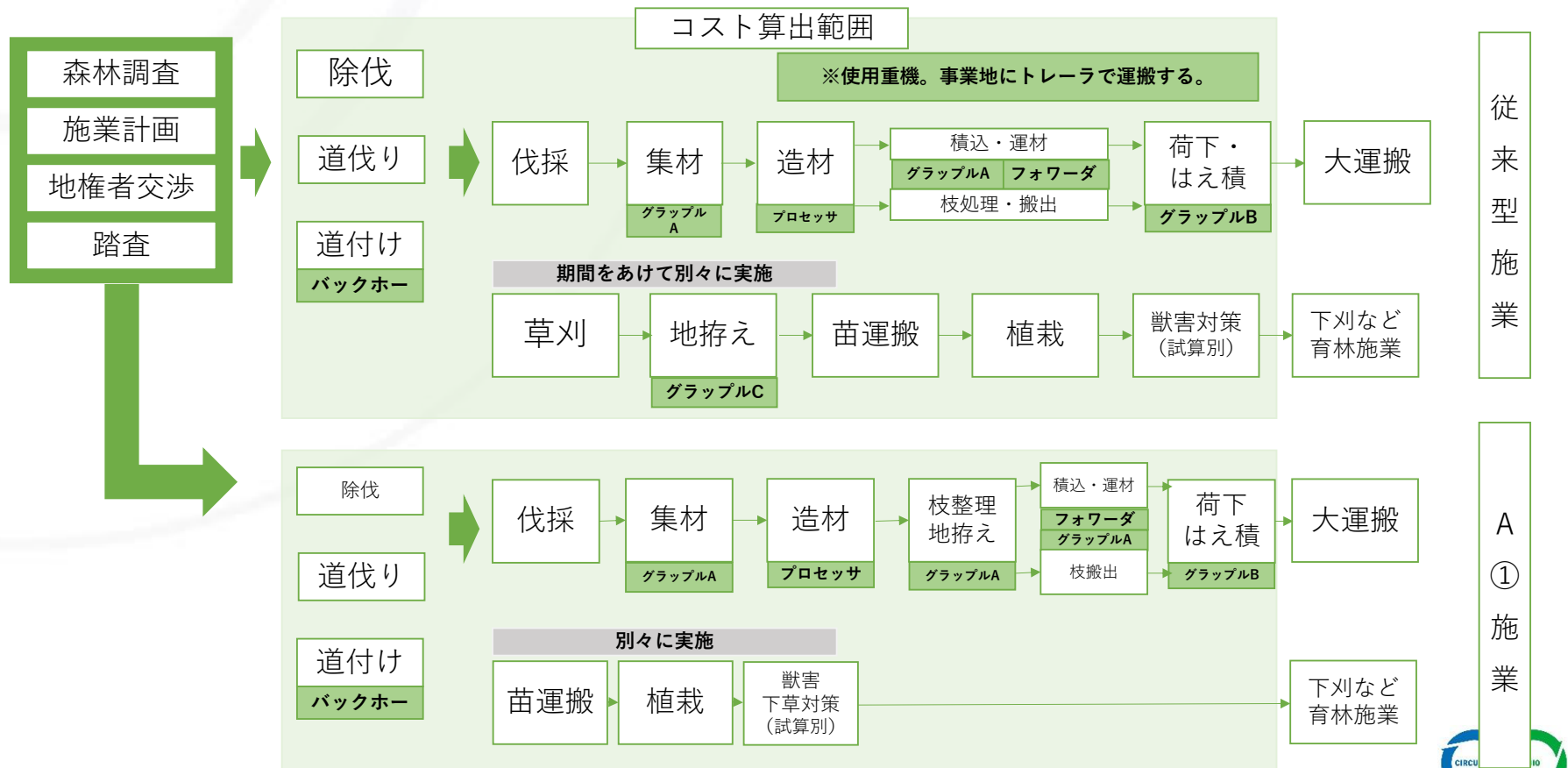
- 【獣害対策が不要】早生樹の場合、96万円/haとなり、コスト63%減の見込み。
- 【獣害対策が必要】防草・獣害対策シートの場合、440万円/haとなり、コスト43%減の見込み。



① 従来	② 本事業	③ 従来	④ 本事業
下刈1回/年× 8年	下刈1回/年× 3年	<u>単木保護</u> +下刈1回/年× 3年	<u>防草・獣害対策シート</u> +下刈1回

Ⅱ-1. 一体型施業の実施とコスト検証

- ✓ 伐採施業時に地拵えも行うこと、下草が繁茂する前に植栽を計画し、
- 「除伐・下刈」の削減効果
 - 「地拵え」の省力化・重機運搬の削減効果 を検証した。

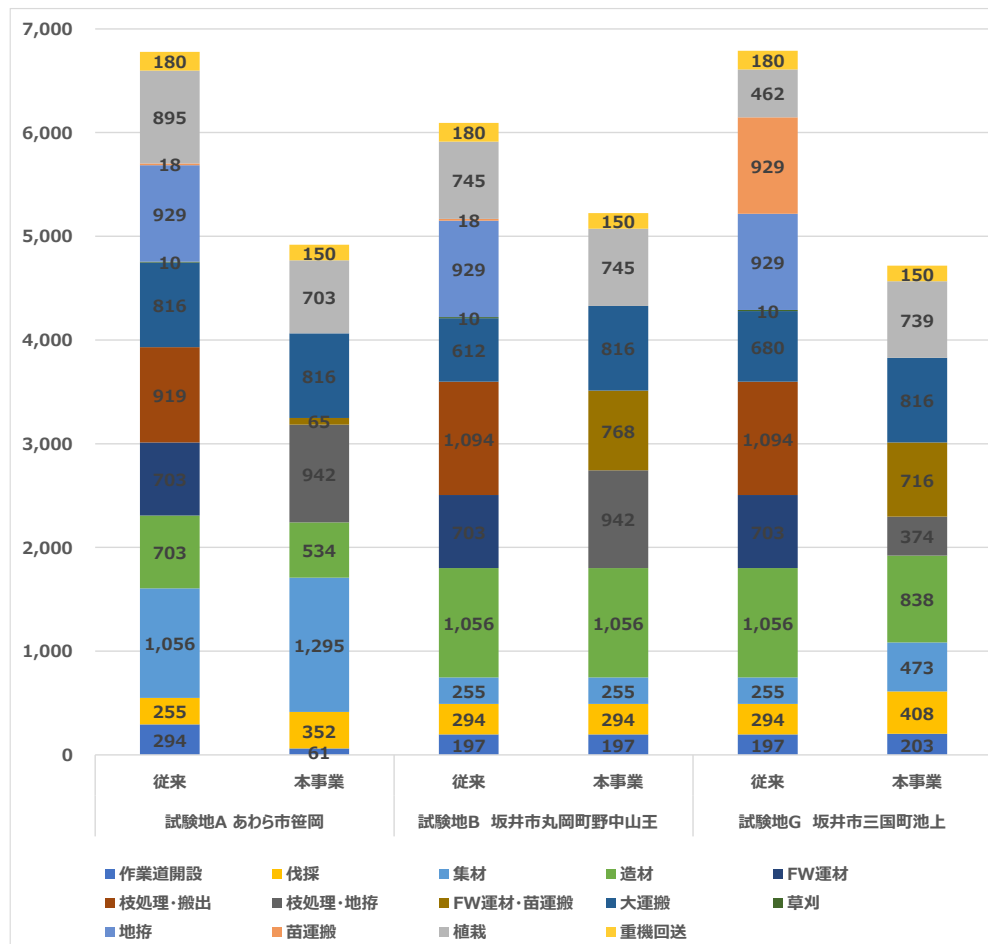


Ⅱ-1. 一体型施業の実施とコスト検証

- ✓ 本事業では、現場によって異なり、14-31%のコスト削減できると想定される結果となった。
 - 主に、植林を見越した伐採搬出時での「地寄せ」「草刈」のコスト・労力の低下が要因である。
 - 伐出と苗木運搬間の円滑な計画が困難であること、また、更なるコスト削減の検討のために、今後はドローンによる苗木運搬の試験を計画している。

1haあたりの施業コスト（千円/ha）

	従来	本事業	削減率
試験地A	6,778	4,918	27%
試験地B	6,093	5,223	14%
試験地G	6,789	4,717	31%
平均	6,553	4,953	-

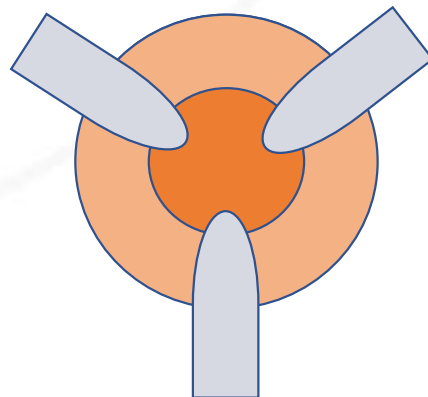


Ⅱ-2-①. 山林内における乾燥およびチップングのコスト検証 立木乾燥法の検証

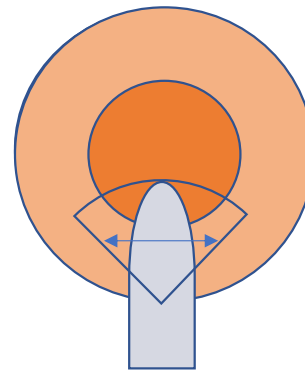
✓ 林内チップングおよび需要家への直送によるコスト削減を検討するため、立木状態での乾燥方法を検討した。

《立木乾燥法の試験概要》

- 計測日: 2024年3月21日 ■ 天候: 雪/晴れ ■ 斜面: 南向き斜面、平坦 ■ 試験本数: 10本/区
- 区画: 次の4パターンで含水率の低下状態を調査した。
A 梶本式 B 扇状型 C 巻き枯らし D 比較区



A 梶本式



B 扇状式

Ⅱ-2-①. 山林内における乾燥およびチップングのコスト検証 立木乾燥法の検証



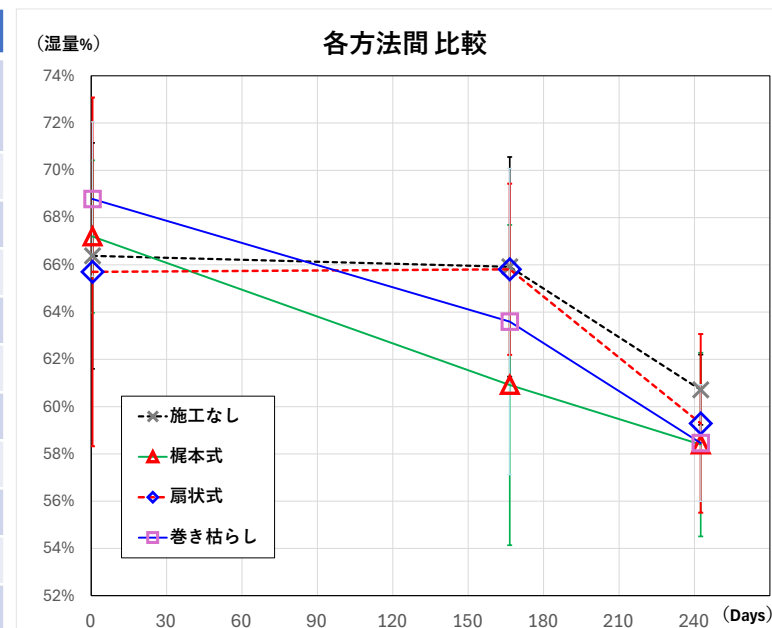
「作業効率について」

✓ B扇状型最も高く（34sec/本）、A梶本式（1min18sec/本）となり、C巻き枯らしは10分以上要した。

「乾燥効果について」

✓ 乾燥法間での乾燥の進み具合について、この期間内では、有意な差は見られなかった。相対的に、A梶本式が最も含水率の低下が早くなる可能性が考えられる。

	区画A		区画B		区画C			
No	胸高直径 (cm)	作業時間 (min)	胸高直径 (cm)	作業時間 (min)	胸高直径 (cm)	作業時間 (min) (マーキング)	作業時間 (min) (皮剥)	作業時間計 (min)
1	49	01:44.0	54	00:47.9	51	-	-	-
2	52	03:01.3	63	00:36.2	62	03:21.7	20:00.0	23:21.7
3	63	00:00.0	55	00:45.7	61	02:20.3	04:52.0	07:12.3
4	61	01:17.2	64	00:50.9	33	01:35.1	02:29.4	04:04.5
5	57	01:21.0	36	00:27.0	59	02:28.9	-	-
6	60	01:31.9	37	00:38.8	44	01:39.6	-	-
7	39	01:22.4	50	00:23.7	41	01:33.5	02:56.2	04:29.7
8	39	00:29.3	31	00:28.3	27	01:12.2	10:47.0	11:59.2
9	59	01:09.1	33	00:20.8	35	01:05.6	-	-
10	62	01:11.4	53	00:23.4	39	01:01.8	-	-
平均	54.1	01:18.7	47.6	00:34.3	48	01:48.7	08:12.9	10:13.5



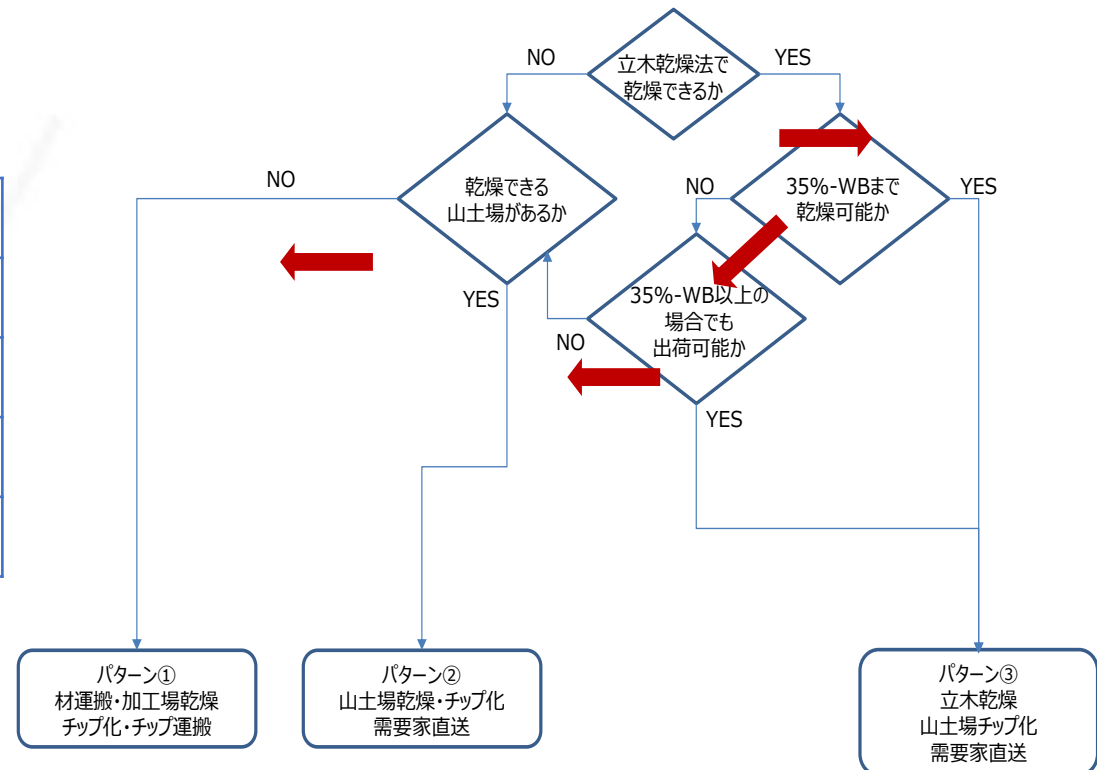
Ⅱ-2-①. 山林内における乾燥およびチップングのコスト検証 立木乾燥法の検証

- ✓ 現段階において、立木乾燥にて35%-WB程度の含水率低下の効果はなく、加工場等に運搬して乾燥する工程は必須である。
- ✓ この場合のコストを試算した結果、4,989円/ton（35%-WB）となる。

コスト試算結果

パターン	円/m3	円/ton
①	3,070	4,989
②	1,921	3,122
③-1	2,511	4,080
③-2	2,511	3,139

- ✓ ①～③-1：35%-WB出荷
- ✓ ③-2：50%-WB出荷



Ⅲ. 燃料生産に特化した施業方法の経済性評価

✓収支試算のため、以下の通り森林サイクルモデルを設定した。

- マテリアル利用を目的とした従来スギの施業（従来）：下刈8回、除伐3回、間伐3回、60年で主伐再造林。
- 燃料生産を目的とした施業（本事業）：下刈2回、約20年で主伐・萌芽更新を行う。

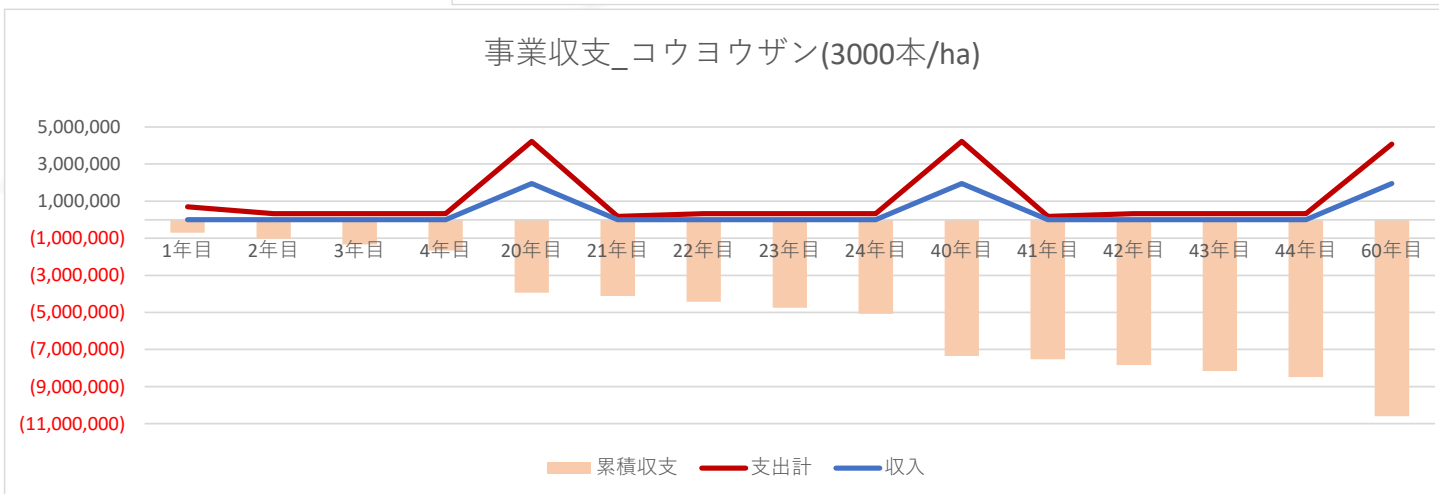
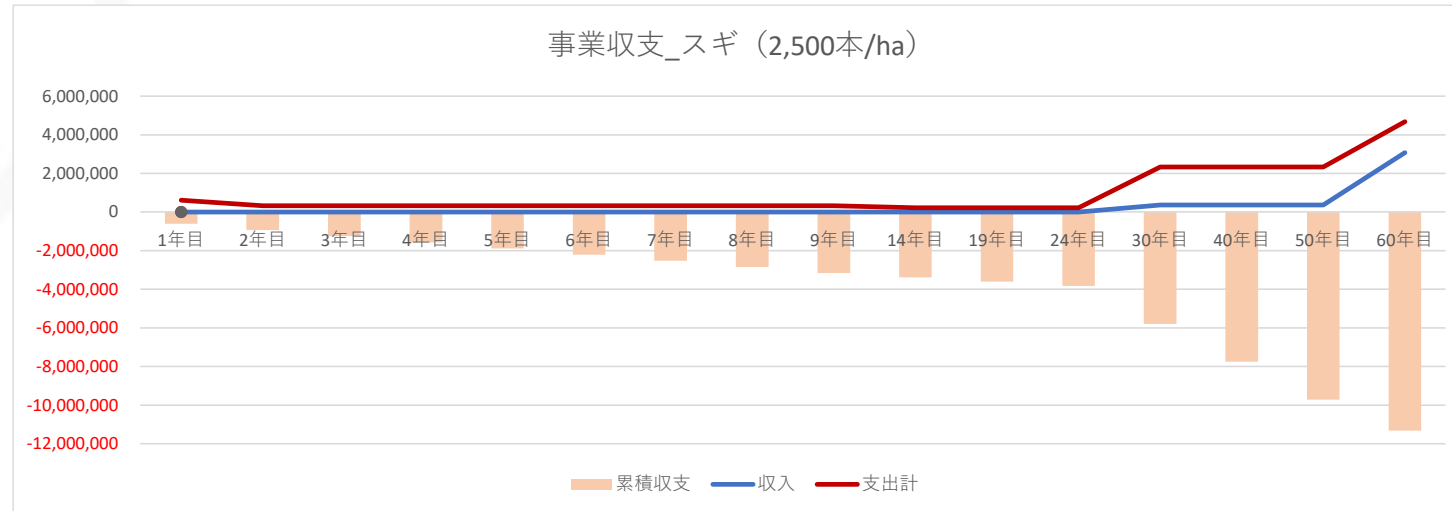
✓燃料生産を目的とした場合、以下の可能性が見込まれる。

- 収穫の早期化
- 萌芽更新による植林費の低減



Ⅲ. 燃料生産に特化した施業方法の経済性評価

- ✓ 従来モデルと比較した場合、本事業モデルがやや収支改善。
- ✓ 赤字である結果は変えられず、現状、コウヨウザンに対しても補助金等が必要であると考えられる。



- 本事業期間内において、コウヨウザンは当初の期待ほど早い生長を見せず、**今後も経過観察が必要**であるが、大きな雪害などなく、**食害を受けても完全枯死をせず萌芽するなど生存力を確認**できた。
また、コウヨウザンのみへの食害が顕著であるなど、獣害への課題を確認できた。
- その他樹種として選定したユーカリは、当地域においても越冬し、成長良好であり、今後も有用樹種として植栽を検討できる樹種と考えている。
- 従来モデルと比較した場合、本事業モデルがやや収支改善する理由として、
 - コウヨウザン天然萌芽更新による再植栽費のコストが削減
 - 良質材生産に必要とされる除伐や枝打のコストが削減
 - 伐採時にスギ良質材のような造材作業（枝払いや検尺等）の必要が無いためコストが削減
などが想定されるため、燃料材向けとしては望ましい樹種であると考えられる。
- 燃料向けでは、赤字である結果は変えられず、現状、コウヨウザンに対しても補助金等が必要であると考えられるが、その場合、除伐・間伐作業を行わないため、主伐までの総補助金額としては、現状のスギを大きく下回ると考えられる。