

2024年度NEDO再生可能エネルギー一部成果報告会 プログラム No.3

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

亜寒帯地域における早生樹の多品種の開拓による “エネルギーの森”実証事業

発表日：2024年12月17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 柴田 君也

団体名（企業・大学名など） (株)柴田産業

問い合わせ先 (株)柴田産業 E-mail : s-info@shibata-sangyou.com TEL:019-532-2043

1. 目的

早生樹を活用し山の稼働率を高め、新たな作業方法で木質資源の低コスト生産を実現し、地域バイオマスエネルギーの活用を増加させることにより、脱炭素社会の実現に向けた新しい林業の循環モデル事業を立上げること

2. 期間

2023年11月27日 ～ 2029年3月31日

3. 目標（中間・最終）

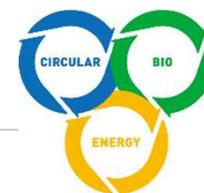
中間：亜寒帯地域に適した樹種の選定、高効率収穫システムの開発

最終：チップ生産費用の3割減（現状比）

4. 成果・進捗概要

高効率収穫システムの仕様検討

次年度の植栽に向けた穂木の確保及び各樹種における栽培計画の策定中



研究背景

◆ 背景

- ・ 岩手県一戸町は市の総面積30,003ha、森林面積21,777ha（町の72.6%が森林）
- ・ 亜寒帯地域に属し、最大降雪量は200mmを超える
- ・ 近隣で木質バイオマス発電所が多数稼働し、木質チップは年間123万Dtの需要見込み
- ・ 従来のカスケード利用の副産物としての燃料用チップ製造の量の限界
（量を得るには、伐採場所を奥地の急傾斜地に移すしかなく、コスト増を招く）
- ・ 町内に多くの耕作放棄地があり、有効利用への対策が急務

◆ 課題

燃料用チップの需要が増加傾向にあり、国内供給が不足

- ・ 脱炭素社会の実現に向け、各地で木質バイオマス発電が稼働・増設
- ・ 安価な輸入材やFITの利用ありきの稼働計画
- ・ 世界情勢の影響による国外産燃料用チップとPKSのコスト増加
- ・ 海外からの長距離輸送時のCO₂排出量が多い
- ・ 国内産のチップの原材料となる低質材の供給が不足

研究目標

◆チップ生産コストの3割減

- ・伐採、搬出作業の同一工程による効率化や早生樹の樹種に応じた適切な植林、収穫方法の検討を通じてチップ生産費用の削減を図る

	現在	目標
チップ生産費用 (①+②)	18,000円/Dt (9,000円/ m ³)	12,600円/Dt (6,300円/ m ³)

◆50Dt/haの収穫量の実現

- ・既存林（針葉樹）の約2.9倍のMAIを目指す
(北海道下川町での栽培試験の実績はあるが事業として成立させている事例はない)

既存林（スギ50年）

連年成長量MAI = 175Dt/ha ÷ 50年 = 3.5Dt/ha・年 (350 m³/ha ÷ 50年 = 7 m³/ha/年)

早生樹

5年伐期の収穫期待量 : 0.5kg/本/年 × 20,000本/ha × 5年 = 50Dt/ha

(※MAI = 0.5kg/本・年を目標値とし、20,000本/haを植林したと想定)

参考：馬淵川上流地域森林計画変更計画書（岩手県）

全期間の事業計画

I. バイオマス燃料として最適な早生樹の選定と立地・栽培条件の検証

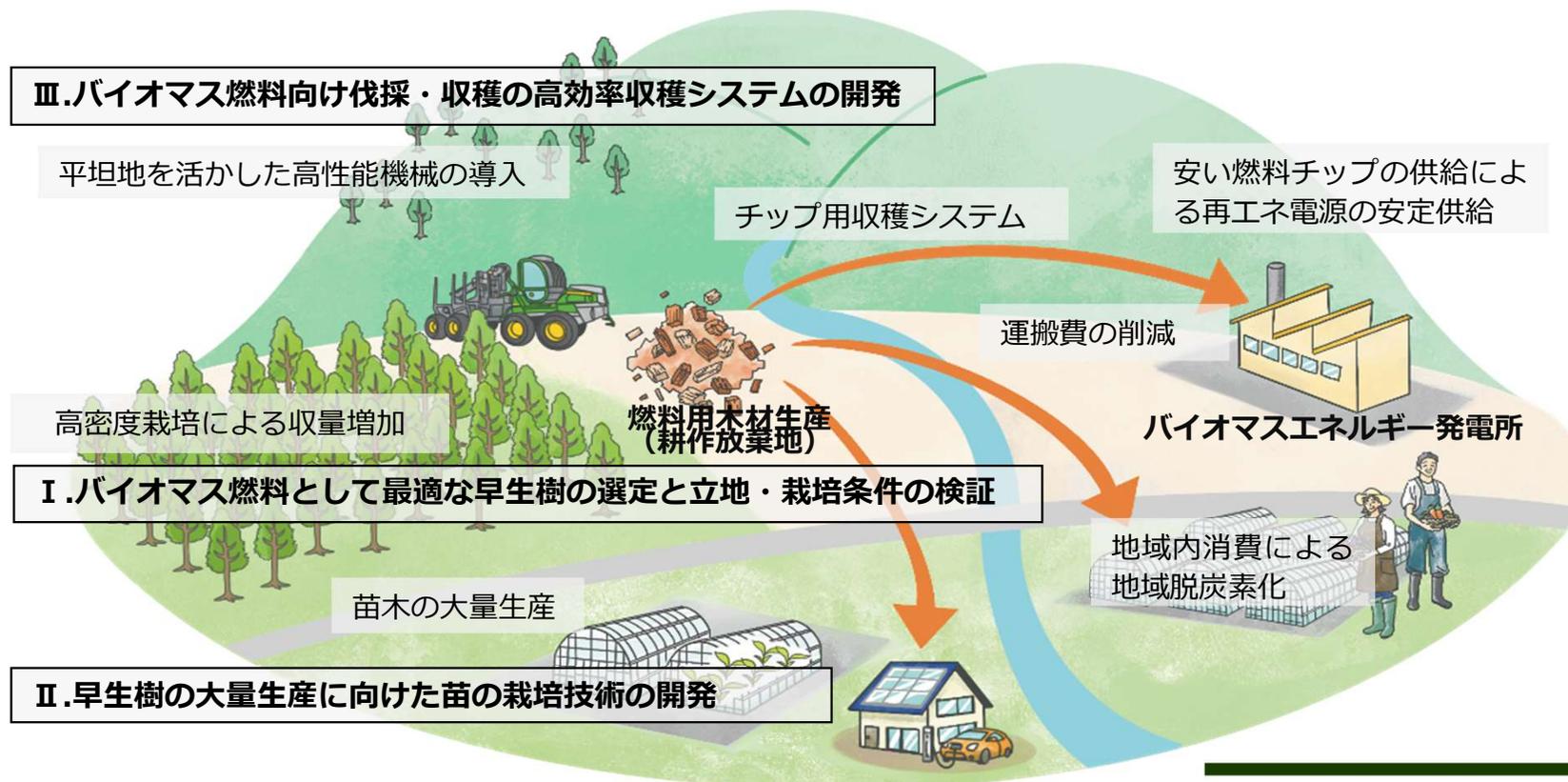
気候帯別対象樹種一覧に基づき、各タイプの樹種を多品目栽培し、バイオマス燃料生産事業に適した樹種と植栽環境条件を選定し、育林方法を検討

II. 早生樹の大量生産に向けた苗の栽培技術の開発

苗の育成試験や優良個体選抜の実施及び苗の増殖技術の検証や穂木園の構築

III. バイオマス燃料向け伐採・搬出の高効率収穫システムの開発

高性能機械等を導入し作業効率化による安全性の向上及び伐採・搬出の低コスト化



I. バイオマス燃料として最適な早生樹の選定と 立地・栽培条件の検証

I. バイオマス燃料として最適な早生樹の選定と立地・栽培条件の検証

◆ 成長量や事業性を比較し、亜寒帯地域に最適な樹種の選定・適地を検討

- ・ 植林の立地・栽培条件や樹種の違いによる生育比較
- ・ 成長量に影響を与える環境（気象・土壌特性）の分析
- ・ バイオマス燃料としての性能評価

実施状況

※本事業では下表に示す樹種の栽培を実施し、植林後2年間の初期成長量や想定事業費を比較の上、2～3種程度に絞り込みを行う

タイプ		樹種	種類	植栽密度
A	短期間での供給拡大が見込める樹種	ヤナギ	2種類 (自生種) ・シロヤナギ ・イヌコリヤナギ	二条植え 5,000本/ha (株間1m、列間2m) 20,000本/ha (株・条間50cm、列間1.5m)
		ポプラ	1種類	5,000本/ha
B	未利用広葉樹林による供給拡大が見込める樹種	キリ	1種類	5,000本/ha
C	早生樹利用による中長期的な供給拡大が見込める樹種	ナラ	1種類	1,000本/ha (2023年より栽培)
		ホオノキ	1種類	1,000本/ha (2023年より栽培)
		ユリノキ	1種類	1,000本/ha (2023年より栽培)
		ハンノキ	1種類	1,000本/ha (2023年より栽培)

◆穂木の採取

- ・ 奥中山地区に自生するヤナギ母樹39本から採取（2023年12月～2024年2月）
- ・ 樹種はシロヤナギ，イヌコリヤナギが混在（落葉期のため判別できなかった）
- ・ 穂木は当年生～3年生枝から25cm
（ただし当年生枝は細い事，花芽が多かったため植栽には使用しなかった）
- ・ 採取した穂木は，母樹ごとにポリレジ袋に入れ，コンテナ積みで冷蔵庫保存



採取風景



採取した穂木
（赤い穂木は当年生枝で植栽には使用しなかった）



穂木の保管状況（6℃設定）

栽培試験

◆試験地における栽培条件

実施状況

試験区	樹種	植栽密度	施肥*	その他
八幡平試験区	ヤナギ	5,000本/ha 20,000本/ha	無施肥 2kg/m ² 4kg/m ²	・ 39母樹の穂木使用
	ポプラ	5,000本/ha	2kg/m ²	
	キリ			
一戸試験区	ヤナギ	20,000本/ha	2kg/m ²	・ 20母樹の穂木使用
	ポプラ	5,000本/ha	2kg/m ²	
	キリ			
岩手大学構内 (プランター)	ヤナギ	-	無施肥	・ 一戸試験区と同じ20母樹の穂木植栽を5本ずつ植栽 ・ 鹿沼土、毎日灌水
岩手大学構内 (下台苗圃)	ヤナギ	-	2kg	・ 一戸試験区と同じ20母樹の穂木植栽を5本ずつ植栽

*バーク牛糞堆肥



八幡平試験区 (5/24)
(手前5,000本/ha、奥20,000本/ha)



一戸試験区 (5/29)



岩手大学構内 (プランター) (6/27)

栽培試験

実施状況

◆地拵え・鳥獣害対策

- ・4月下旬～5月上旬（八幡平・一戸試験地）
マルチャーで地拵，人力で施肥後，再度マルチャーですきこみ&表層耕耘
試験区周囲を防獣ネットで囲った。
- ・6月下旬から刈払い機による除草開始（10月まで）



4/30八幡平地拵



6/25八幡平雑草状況
(雑草高60cm程度)

◆栽培時の測定項目

- ・7月下旬～8月上旬
ヤナギ：各試験地で発芽個体確認，発生シュートの数と長さの測定
- ・10月下旬～11月上旬
ヤナギ：各試験地で発生シュートの数と長さ，シュート根本径の測定
早生キリ・ポプラの樹高測定
八幡平・一戸試験地で，土壌表層の含水率（八幡平170カ所，一戸139カ所），貫入計による土壌硬度（八幡平60カ所，一戸18カ所，40cm深程度まで）。

栽培試験

◆発芽状況のまとめ

実施状況

試験区	樹種	施肥条件		発芽率	最終生存率
八幡平	ヤナギ	無施肥	5,000本/ha	13.0%	9.6%
			20,000本/ha	4.2%	3.0%
		2kg/m ²	5,000本/ha	4.7%	3.6%
			20,000本/ha	6.0%	4.0%
		4kg/m ²	5,000本/ha	7.9%	5.7%
			20,000本/ha	4.3%	3.7%
		計		5.7%	4.3%
一戸	2kg/m ²	20,000本/ha	17.0%	11.5%	
岩手大学	プランター		39.0%	39.0%	
	苗圃		13%	14%	

- ・発芽しない個体が多数
- ・八幡平試験区は全体的に発芽が悪い
- ・プランター栽培は、ほぼ毎日灌水したため発芽率が高かったと思われる
(既往研究の半分程度)
- ・8月以降に発芽した個体も多少みられた
- ・八幡平、一戸では除草刈払時の誤伐が散見

試験区	樹種	施肥条件		樹高 (cm)	最終生存率
八幡平	キリ	2kg/m ²	5,000本/ha	51±16.9	14.1%
	ポプラ			124±39.7	67.9%
一戸	キリ	2kg/m ²	5,000本/ha	104±13.0	83.3%
	ポプラ			109±26.6	86.6%

(平均値±SD)

- ・八幡平試験地では水路近くの低地で帯水傾向の場所で、キリの成育状況が悪かったと考えられる。
- ・ポプラの成長は数cm～30cm程度

栽培に関する振り返り

◆今年度の課題と次年度への対策

実施状況

	課題項目	想定される原因	今後の対応方針
ヤナギ	発芽率の改善	・冷蔵庫内での穂木乾燥による発芽力の低下	・採取後にビニールで密閉して冷蔵 ・穂木採取を3月におこない保管期間を短縮
	植栽後の乾燥	・マルチャーでは表層しか耕耘されず、土壌が硬く挿しつけが困難 ・土壌と密着せずぐらついていたものも多数	・トラクター等の耕耘深さを検討(20~30cm深程度まで) ・穂木を20cm程度は挿しつけ、土壌をしっかり固める
	立地環境	・一戸試験地は水田跡地のため、硬盤層があり表層も全体的に締まっており、降雨後の水分の抜けが少なかったため、発芽率が多少良かった	・土壌表層の含水率の影響等について今後検証
	雑草対策	・雑草の再生が早く、刈払機による除草は限界 ・初期成長への影響、除草時の誤伐も問題	・チップマルチ等で初期の被陰を防ぎ除草軽減を図る
	植栽密度	・成長量、雑草の繁茂状況から、5,000本/haは密度が低いと考えられる ・今年度は初期保育の問題が大きく、施肥の影響を検証には至らなかった	・次年度は条件を整理し、植栽密度、立地環境、雑草対策、施肥の状況等の各種効果の検討
	樹種の選定	・イヌコリヤナギは芽が対生する場合が多いので、葉が無い時期でも母樹の見分けは可能 ・イヌコリヤナギはシュート発生率が高い一方、成長はシロヤナギの方が良い傾向がみられた	・成長はシロヤナギの方が良いような傾向がみられたが検証は次年度の課題 ・母樹系統の違いについても同様に次年度の課題として引き続き検証
キリ	立地環境	・八幡平試験地で成長が悪かった	・帯水しやすい立地は避ける。
	栽培可能性	・10月下旬に早霜害(気温が氷点下に下がった)があった(一日で葉の変色・しおれ)	・翌春に開葉するかどうかを調べ、寒冷地での栽培可能性を判断
ポプラ	栽培可能性	・成長が悪かった	・植栽当年は活着が遅れて成長が低い事も考えられるため、成育状況をみて寒冷地での栽培可能性を判断

作業コスト

実施状況

◆素材生産費用の更なる低減に向けた取組

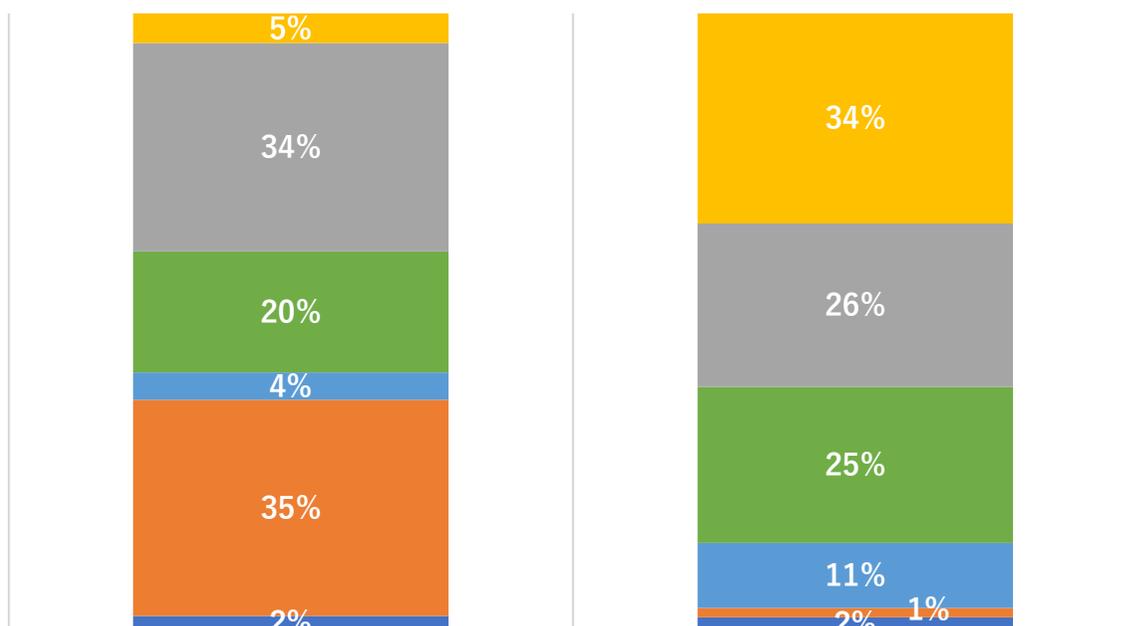
今年度は試行錯誤のため費用が全体的に増大傾向

下川町の実績費用割合と比較し、植付作業、施肥、除草の費用が相対的にコストが高くなっている作業の効率化や省力化、省人化などについて引き続き検討

A0

素材費生産コストの構成比（％）

■ 穂木 ■ 造成／地拵 ■ 雑草／除草 ■ 鳥獣 ■ 施肥 ■ 植栽／植付



下川費用割合（％）

柴田費用割合（％）

項目	次年度改善検討
穂木採取・選定	実績を基に優良株を選定
造成／地拵	作業性の良い土地の選定等
植付	作業効率化や機械化等の検討
除草	マルチの実施や機械化等の検討
鳥獣害対策	最低限の対策や獣害になりにくい樹種選定等の検討
施肥	省人化などの対応検討

※植付面積から想定収穫量を想定し計算

※植付から複数回の収穫を想定し今年度分の素材生産費を計上

※2023年度「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」
技術検討委員会「ヤナギ超短伐期施業技術を活用した木質バイオマス燃料供給体制構築の実証事業」
(株)グリーンアース、(国研)森林研究・整備機構から算出

A0

グラフの横幅変更

作成者, 2024-11-28T10:35:18.296

樹種の選定調査

実施状況

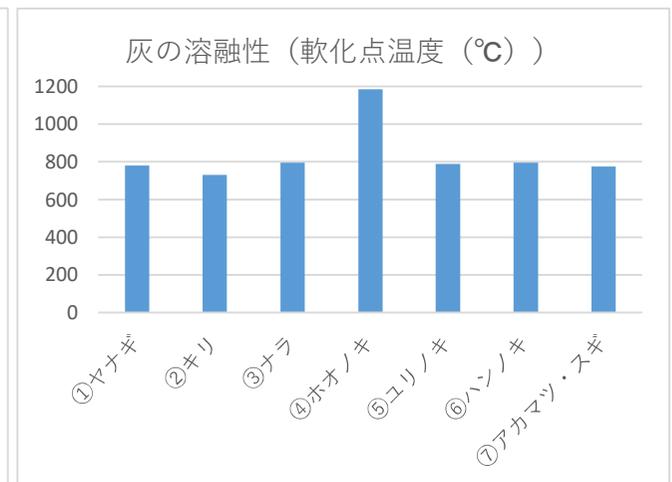
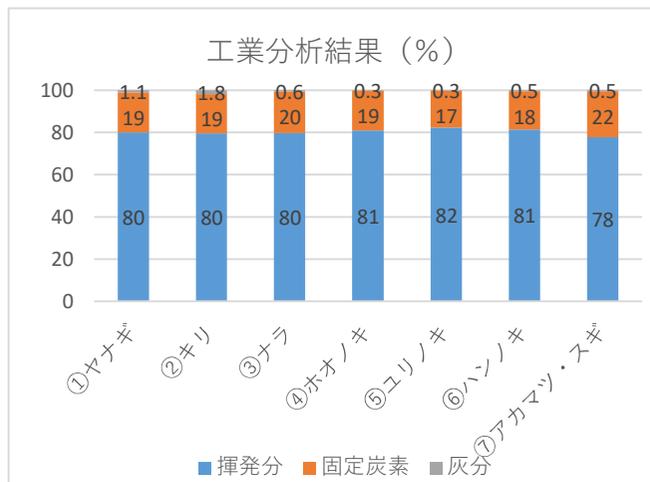
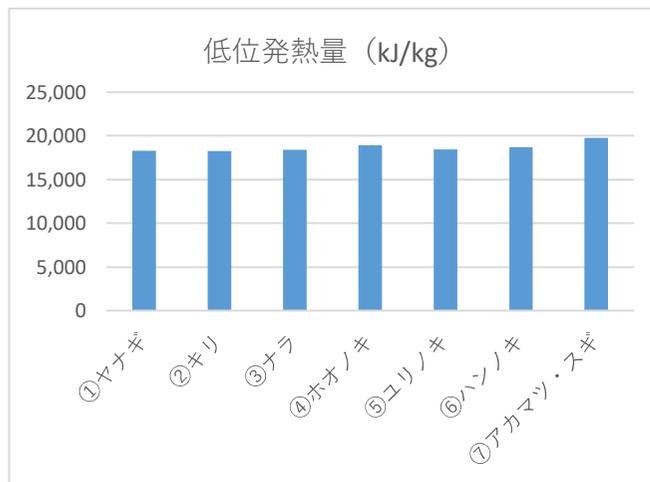
◆ 樹種別燃料チップ分析

分析結果

- ・ 発熱量はバイオマス一般値と同程度であり、揮発分は一般値より多く、燃焼性に優れているといえる。
- ・ 灰の溶融性分析の結果、ホオノキを除いて軟化点が800℃を下回っており、ガス化CHP、ボイラータービン発電ともに、100%の専焼は難しい可能性がある。
- ・ 実際に燃料として活用する際には、既存燃料との混焼比率を高めながら、設備の挙動を確認していく必要がある。

対象樹種

ヤナギ、ナラ、ホオノキ、ユリノキ、ハンノキ、アカマツ・スギ



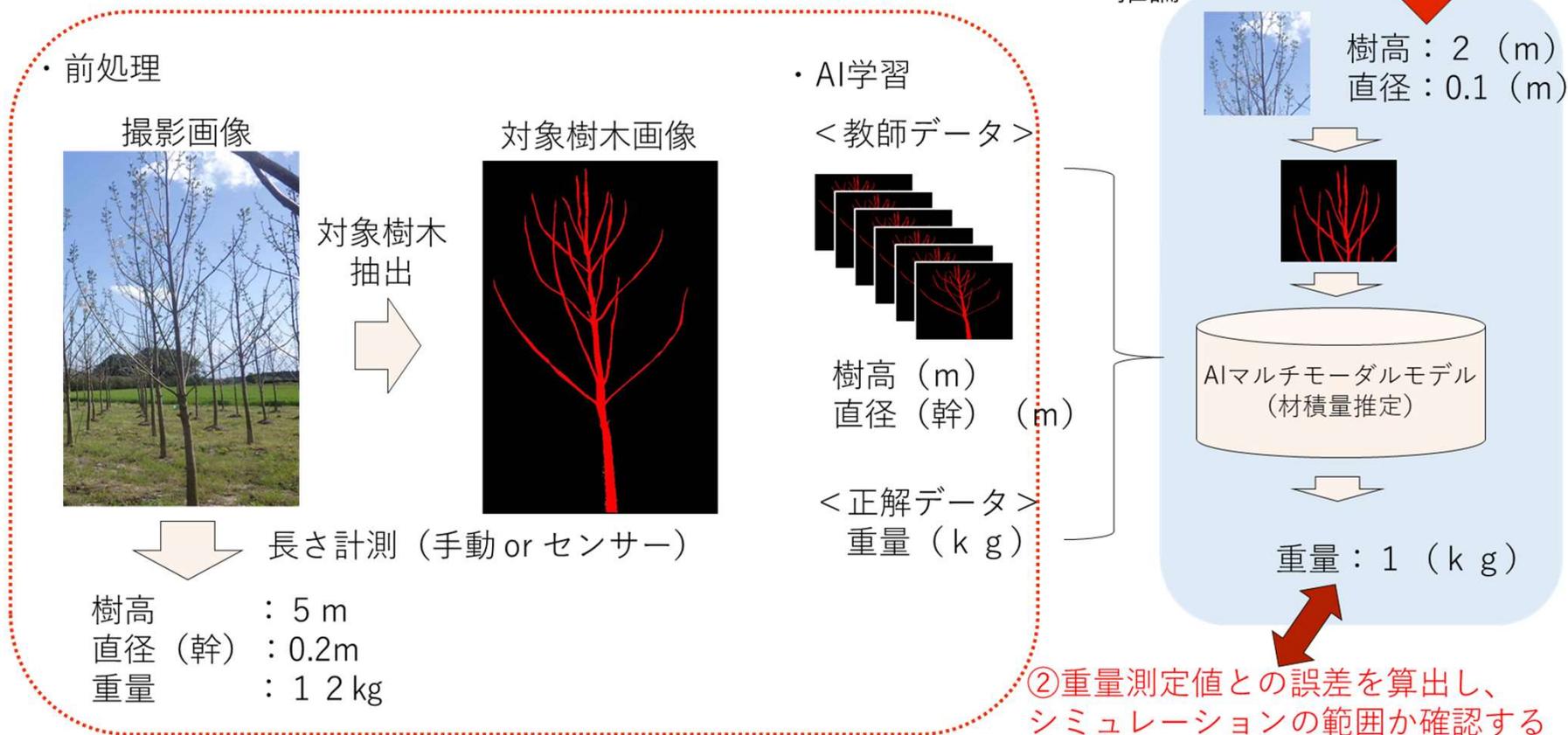
II. 早生樹の大量生産に向けた苗の栽培技術の開発

◆画像解析による生育状況把握

材種に合わせ、推定モデル技術を用いて簡易的に材積推定を行う予定

- ・材種は早生桐（今年度別サイトで確認）、ヤナギ（適用するための技術確認）

材積量推定モデルの概要



Ⅱ.早生樹の大量生産に向けた苗の栽培技術の開発

◆先進的施業の国内外事例調査

実施状況

先進事例として2拠点の視察を行い、早生樹の課題認識を行った。特に下記については次年度の施策の参考とする。

- ・優良苗（挿木）の取得・保管方法（ポット苗はコストが合わないため、挿木）
- ・雑草対策（植林から1年目）
- ・土地の選定（土壌水分、過去の栽培履歴（耕作放棄地の場合）、日照条件）

岡山県真庭市様（岡山県真庭市）

概要：2022年から開始（1～3年生）
栽培場所：耕作放棄地（岡山県真庭市）
樹種：オノエヤナギ（穂木の母樹は自生）
植付：コンテナ苗、穂木
成功部分：苗の保管期間短縮による歩留り高
課題：獣害対策、適地条件



獣害を受けても成長する



雑草より成長すれば、除草不要

グリーンアース様（千葉県成田市）

概要：2023年から栽培（1年生）
栽培場所：耕作放棄地（千葉県成田市）
樹種：オノエヤナギ、ジャヤナギ
植付：穂木（森林総研・一部自生母樹より）
成功部分：優良苗の入手、穂木の保管
課題：除草・防虫対策



雑草対策（竹マルチ）



成長の良い環境条件

Ⅲ. バイオマス燃料向け伐採・搬出の高効率収穫システムの開発

Ⅲ. バイオマス燃料向け伐採・搬出の高効率収穫システムの開発

◆ 早生樹向けの高効率収穫システムを開発し、高効率・高収穫化の実現 実施状況

平坦地であり細い木や枝も収穫する特徴を活かした、高収量施業システムを検討

- ・タイプA 50Dt/日 (100 m³/日)
- ・タイプB・C 35Dt/日 (70 m³/日)

タイプ	想定収穫システム	イメージ
タイプA	<ul style="list-style-type: none"> ・重機（トラクター）で樹木を倒し、アタッチメント式粉砕機により粉砕し、トラクターに充填するまでを一貫して実施 ・収穫時に粉砕・充填することで、株立ちの多い木でも、運搬効率を向上 ・機械の稼働率を上げるため、トラクター等の従来機械にアタッチメントで活用できるシステムを想定 	
<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block;">今年度検討</div> タイプB タイプC	<ul style="list-style-type: none"> ・フォワーダ（ホイール式）のグラップルに小径木が伐採可能なフェラーバンチャ機構を搭載し伐採・集材・運搬作業を同時実施 ・荷台に搬出容器（箱）もしくは、クラムバンクの改良等により、一サイクル当たりの積載量を確保 ・集材・積載時にチップ化する一貫した収穫システムにより、チップ需要先への直送運搬 	

Ⅲ. バイオマス燃料向け伐採・搬出の高效率収穫システムの開発

◆ フォワーダ・小型フェラーバンチャ諸元

実施状況



ホイール式フォワーダ

John Deere 1010G
8輪ホイール
最大積載量 11t



小型フェラーバンチャ
アタッチメント

MOIPU 240 elf
適正伐採径 3-20cm
最大伐採径 25cm

Ⅲ. バイオマス燃料向け伐採・搬出の高効率収穫システムの開発

◆小径木生産現場

実施状況



対象林分

小径広葉樹
ナラ・ハンノキ・サクラ等

平均DBH 9.2cm
樹高 9.9m
材積 0.06m³

伐採集材工程

作業道上から
伐採木へアタッチメント移動
伐採
荷台へ積み込み
(小移動)
⇒ 次サイクル
の工程で伐採集材を実施

Ⅲ. バイオマス燃料向け伐採・搬出の高効率収穫システムの開発

◆ 生産性調査結果

実施状況



60本程度 伐採収穫 30本/台

生産性 約 3.0m³/人時

林分での作業であったため他の立木との緩衝や
下方の位置確認で時間がかかる

早生樹対応ではもう少し生産性は向上しそう
ただし、単木が小さいので限界有

15cmを超える立木は二度切り等の増加

次年度以降の取り組み

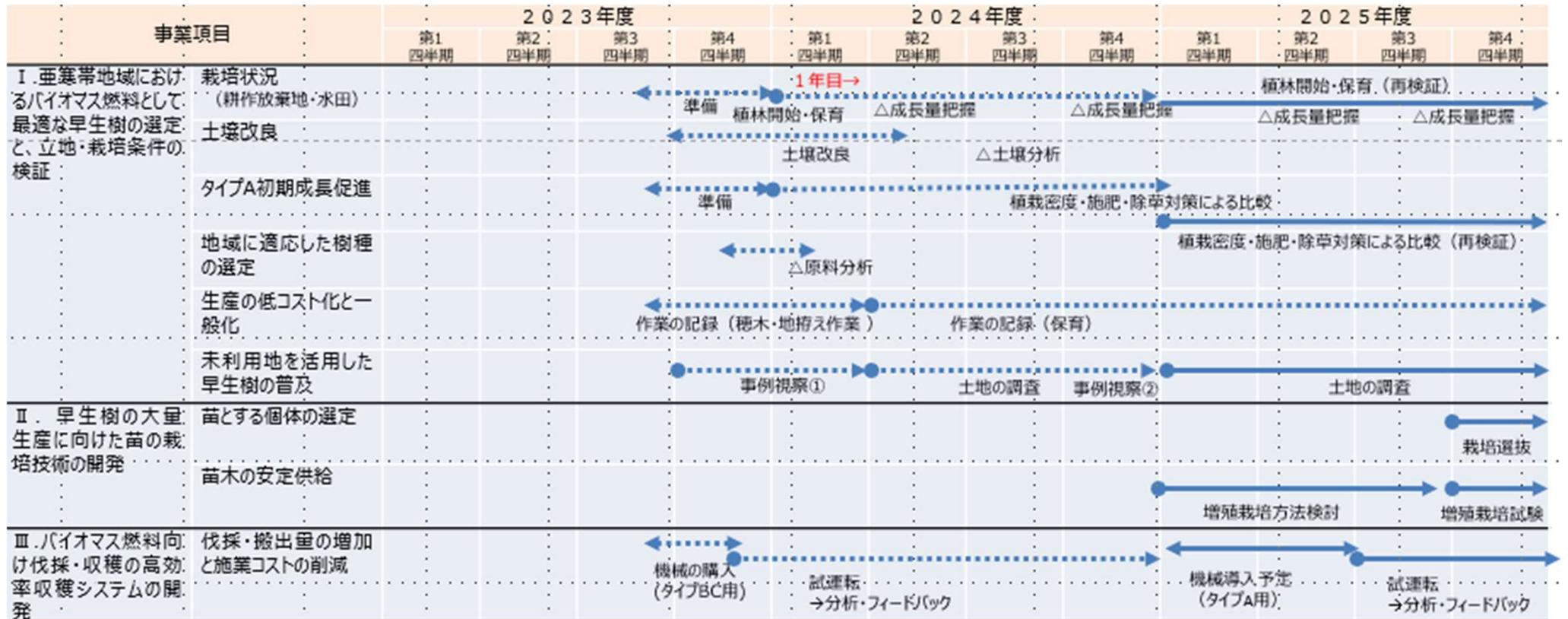
実施状況

◆今年度の検証により判明した課題の再検証

成育：穂木の採取時期、保管方法、土地条件、施肥条件、雑草対策
 コスト：除草対策への効率化や無人化などの追加検討

◆タイプAの導入機械の検討

他事例の視察を踏まえた適切な導入機械検討



研究体制

