

2023年度成果報告会

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／

キリ早生樹から始まる「エネルギーの森」 システムの構築助成事業

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

*(株)環境公害分析センター 主任研究員:加藤 茂 (国)宇都宮大学 准教授:石栗 太

問い合わせ先 (株)環境公害分析センター

URL: <http://www.kankyou-kougai.com> TEL:028-601-8835

- **期間**

2023年10月～2025年3月

- **最終目標**

- 1) 伐期の短縮（従来の1/2である5年に設定）
- 2) 単位面積あたりの収量の増加（従来の年平均に対して3～10倍）
- 3) 燃料材・用材の量的・質的向上（成長量・材密度など5%向上系統の選抜）
- 4) 平地であることを生かした造林・保育・収穫効率性向上（具体的な数値目標を設定せず）
- 5) 遺伝的多様性の維持（具体的な数値目標を設定せず）

背景：提案者のこれまでの取組



提案者のグループは、半世紀に亘って土建業を通じて地域への貢献に努め、さらに時代とともに環境問題解決への取り組みを進めてきた。

- ・ 1970年 塚田土建（株） 創業（以来、地域の雇用創出とインフラ整備に貢献）
- ・ 1999年 （株）環境公害分析センター 設立（環境問題解決の一助としたい）
- ・ 2018年 新たな環境問題、特に地球温暖化問題への取り組みと、地域で問題となっている耕作放棄地の有効活用の議論が始まる。

・ 2020年 早生樹キリの耕作放棄地への植栽開始

並行して木質バイオマスチップの生産事業を企画

中小企業庁の木質バイオマス生産事業の事業再構築補助金を獲得、しかし…

燃料用チップの需要の高まり + ウッドショック = 原材料確保が困難

→事業を断念

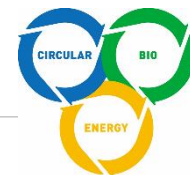


このことから、持続的な燃料供給のためには

1) 燃料生産と木材生産のバランスが極めて重要

→お互いを補える様な生産体系の確立が必要

2) 自社植林による原材料確保の必要性



背景：提案者のこれまでの取組



事業の背景 (コスト低減・安定供給に係る課題①)
 ※萌芽特性：切り株等から新たに芽が出る性質
広葉樹・早生樹の活用

日本の林業は主に針葉樹の育成・管理・利用をメインに展開されているため、以下の課題がある。
 (1) 広葉樹は、資源量は豊富だが、曲がって育つ性質等のため搬出が難しく**活用が進んでいない**
 (2) 早生樹等は、成長が早く萌芽特性※を持つため植林・育林作業量の低減が期待されるが、**活用手法が未確立**

<早生樹の収穫量>
 早生樹は、成長が早く針葉樹の2.5倍の収穫量

<間伐・皆伐のイメージ>
 皆伐は間伐に比べて生産性が良くコストが2/3

<木材育成費削減のイメージ>
 早生樹はやはりも育速が速い
 間伐、養分作業が削減

事業の背景 (コスト低減・安定供給に係る課題②)
製造・輸送システムの効率化

日本の木材は主に建材材として利用され、**燃料用途の木材が副次的な位置づけ**であるため、以下の課題がある。
 (1) 建材需要動向に左右され**供給量の見通しが立たない**
 (2) 建材向けに形成された**生産・輸送システムが燃料向けには過剰で非効率**

別次的な生産物

木質チップ原料の構成

チップ原料コスト 25%
 燃料原料コスト 34%
 ラフ材コスト 16%
 燃料原料コスト 20%

運搬・加工コストが約2/3を占める (製造・輸送システムの効率化が必要)。

・キリを植林

- 古くから日本人に親しみがある
- 比較的冷涼な気候でも成長が早い
- 植栽や保育の知見がある
- 萌芽特性のある樹種 (しかし)
- 燃料と木材生産の両立は可能か?
- 科学的知見のアップデートなし
- 育種のアップデートなし
- 実際の伐期と収量は?

・耕作放棄地の利用

- 農村の環境保全と経済再生
- 農地法に抵触しない
- 比較的平坦な場所が多い (しかし)
- 平坦だが本当に植栽や保育が楽になるか?

早生樹としてのキリの材質再評価 (2) : 板材の材質と他材料との曲げ性能の比較
 Re-evaluation of wood quality of kiri (*Paulownia tomentosa*) as a fast-growing tree species (2): Wood quality of lumber and comparison of bending properties with other wood products

(宇大期) 石塚 大、津津野 大、大島 剛一、横田 隆三、(環境公新分析センター) 仁平 昌志、漆島 秀浩
 (Osaka Univ. / Chubu Eng. Res. Inst., Rumi NISHI, Yusaku OHYAMA, Shunji YOKOTA, Shunpei NISHIMOTO, Masahiko YOSHIMARU)

結論
 最近、日本においても早生樹の植林が目目盛りに見られる。本研究では、成長が早く、古くから植林されているキリ (*Paulownia tomentosa*) を再評価し、その木材利用の可能性を検討することを目的とした。第1報 (植栽から2023) では、肥水処理と定期的な萌芽特性との関係性を明らかにした。本報告では、実験として板材の材質を調査するとともに、実験2として無欠点曲げ試験材を製作し、市販されている木材との曲げ性能を比較した。

材料と実験項目
実験1: 栃木県宇都子町で生育した樹齢約50年のキリ1個体 (胸高直径88.5 cm、樹高19.2 m) を用いた。地上高1.3~3.3 m で得られた丸太から、断面50×100 mm の板材を15枚得た。得られた板材は、湿材にて天然乾燥した。完全乾燥中、含水率 (含水率計を用いて測定) 寸法および動的ヤング率の変化を測定した。乾燥後、断面38×89 mm に加工し、静的曲げ試験を行った。
実験2: 1) 栃木県宇都子町で育成された1年生キリから得られた材。2) 実験1で使ったキリ材。3) 福岡県金山町で育ったキリ材。4) 市販の中国産キリ材 (材種不明)。5) スパ。6) ノフトスプルース。7) 市販の中国産マツ属種の集成材を用いた。これらの材から断面15 mm、縦横方向長さ240 mm の無欠点小径試験材を製作し、静的曲げ試験を行った。

実験1の結果と考察
 含水率の経時変化
 生材から約140日の天然乾燥で約10%に減少
 乾燥中の積層や変形は見られず
 含水率の経時変化

2×4材の気乾密度、MORおよびMOEの比較

板材では認められなかった、気乾密度とMOR、MOEとMORとの間でも正の相関関係が認められた。
 一板材では、繊維方向MORに及ぼす影響が大きい?

まとめ今後の展望
 ・気乾密度=約0.39 g/cm³ MOR=約56 MPa MOE=約25 GPa
 →想定より低くないが、そのままでは構造用材に用いることは難しい。内装材でも多少の力学的性質が必要な部材への利用を検討
 ・繊維材の課題
 →製材時に注意を要することで改善が可能。現在進行中の植林木では、芽欠きをしており、比較的適度な幹を持つものが多いため、解決できる可能性
 ・隣材近の気乾密度および強度が著しく低い。
 →安定した高品質の製品を得るためには、隣材近を除いて製材する必要

2023年3月 日本木材学会大会にて発表 (宇都宮大学との共同研究)

事業採択前までの植林実績：

植栽箇所数：37箇所、植栽面積：11.17 ha、植栽本数：約10,000本



[助成先]

(株) 環境公害分析センター

- ・ 平地を生かした造林・
 保育・収穫効率性向上
- ・ 単位面積あたり収穫量
 増加試験
- ・ 伐期短縮試験

[委託先]

(国) 宇都宮大学

- ・ 燃料材・用材の量的把握
- ・ 質的向上試験
- ・ 毎木調査・材積評価

- 1) キリ材の収穫量向上に向けた造林・保育方法の検討**
(最終目標1および2に関連)
- 2) 優良系統の選抜と燃料材および木材の評価**
(最終目標3に関連)
- 3) 資源量調査の省力化と伐採に関わるコスト算出**
(最終目標2および4に関連)
- 4) 種苗の遺伝的多様性の評価**
(最終目標5に関連)

①キリ材の収穫量向上に向けた造林・保育方法の検討

- ・既存の林分37箇所および、新規植栽地20箇所の合計57箇所を対象
- ・収穫量向上のために、以下の項目を検討する。
 - 1) 異なる4つの植栽間隔（3×3、2.5×2.5、2×2および2×1m）
 - 2) 植栽間隔下草刈り・芽かき：実施方法、タイミングを検討
 - 3) 間伐：異なる林齢の既存林分において、強度の異なる間伐を実施
 - 4) 施肥：土壌分析のデータに基づき肥料の種類、施用のタイミングを検討
 - 5) 苗木の生産：生産工程をレビューし、生存率の向上の可能性を検討

②優良系統の選抜と燃料材および木材の評価

- 1) 既存林分で成長が良好な個体について材密度などを非破壊測定。
- 2) 成長・材密度等の優れた系統を選抜し、優良系統の根による増殖。
- 3) 伝統的産地で優良な苗木等入手し新規林分を造成、既存林分と比較。

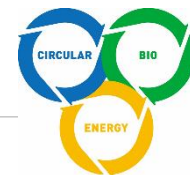
③資源量調査の省力化と伐採に関わるコスト算出

- 1) ドローンを活用した資源量調査方法を検討。
- 2) 伐採に関わるコストを試算。
- 3) 山間地でのデータと比較、伐採等のコストの低減を具体化。

事業の波及効果



- **木質バイオマス燃料の持続的な供給を通じた新たな早生樹林業の確立**
 - 燃料生産を主として木材生産を加えた新しい早生樹林業を確立
- **地域活性化**
 - 耕作放棄地を活用した経済活動
- **国内他地域での成果の波及効果**
 - 古くから各地に産地が存在していたので…
 - 気候が冷涼な地域での早生樹林業の可能性
- **伝統工芸に用いられるキリを守る**
 - 伝統的産地は消滅しそう…
- **海外展開の可能性**
 - ヨーロッパ・東南アジアでの可能性大



本年度の成果 (1)

・新たな植林地の設定

事業計画に沿って、No.38北高岡⑥圃場（茂木町北高岡天矢場1198）を新たに1林分植栽。



本年度の成果 (1)

・新たな植林地の設定

事業計画に沿って、No.38北高岡⑥圃場を新たに1林分、植栽。



本年度の成果 (1)

・新たな植林地の設定

事業計画に沿って、No.38北高岡⑥圃場を新たに1林分、植栽。



桐苗成長と雑草防除の取組

2023-8-02



桐苗成長と雑草防除の取組

2023-8-02



成長旺盛な個体は樹高2m超

2023-10-05



2023-10-05

本年度の成果（2）

・ 施業の省力化に向けた取組

XAG社 R150地上走行ドローンの導入により、
防除・除草・施肥作業の省力化を検討



本年度の成果 (3)

・ 既存林分の毎木調査 (3年生林分の例)



茂木町天子キリ林分
(2023年12月27日撮影)

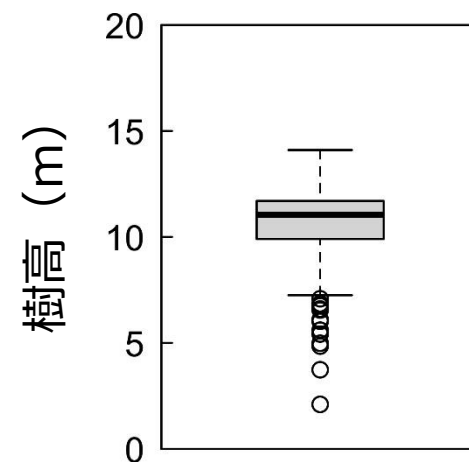
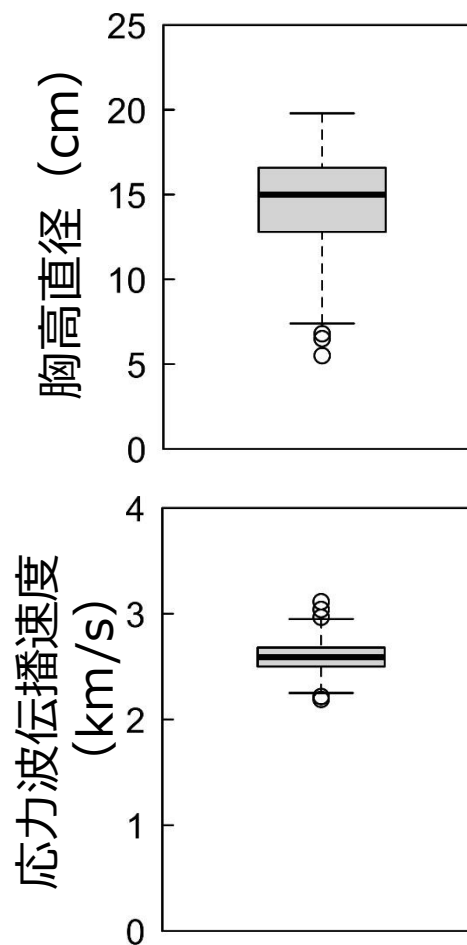
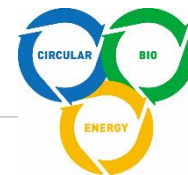


図 林分内の全個体の各性質の箱ひげ図
注) 個体数 = 181



本年度の成果 (4)

・ 既存林分の毎木調査 (2年生林分の例)



益子町芦沼キリ林分
(2023年12月29日撮影)

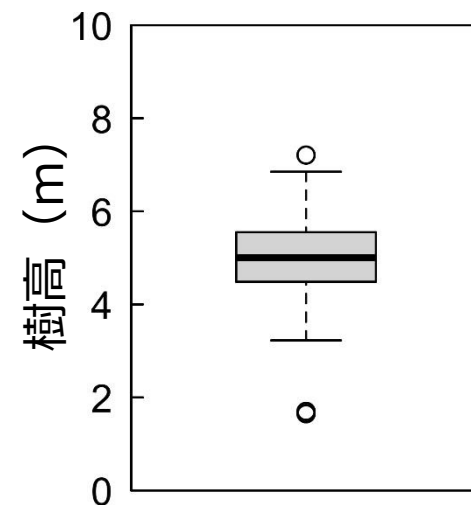
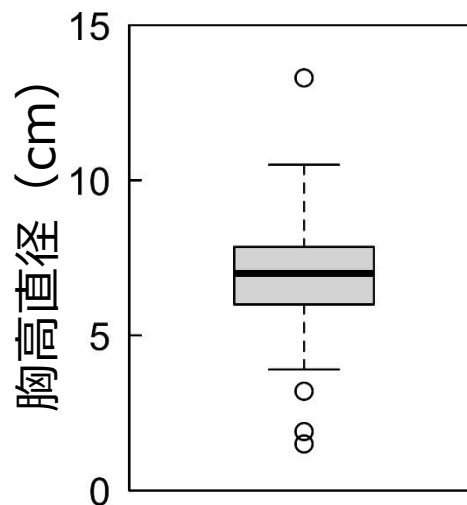


図 林分内の全個体の各性質の箱ひげ図
注) 個体数 = 176

本年度の成果 (5)

・ 精英樹の選抜可能性



図 3年生林分における通直な個体（左）および幹曲がり認められた個体（右）

いくつかの個体において、樹幹下部での幹曲がり認められた。
= 遺伝的要因に起因する可能性

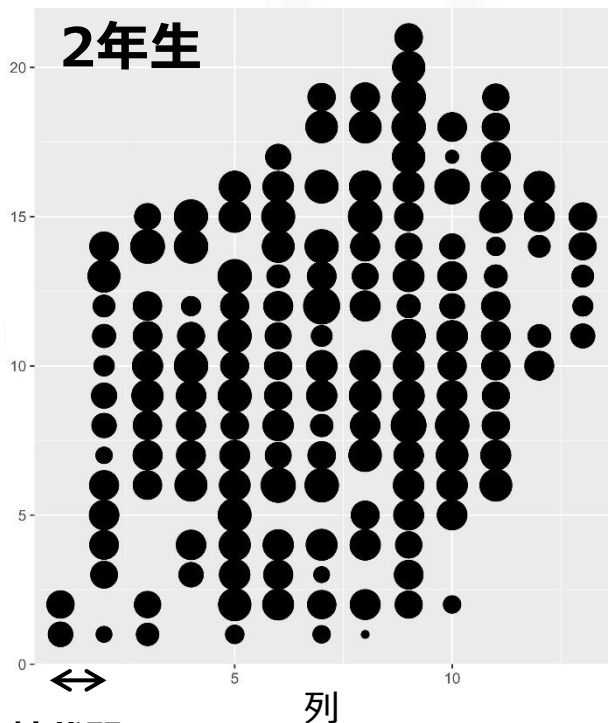


- ・ 用材として用いることを目的とした場合、樹形がよい個体を選抜することが重要
- ・ 一方で、燃料材として用いる場合は、樹形 < 密度？

本年度の成果 (6)

・ 約1年間の成長量の変化

3年生では、ほぼすべての個体が同程度の胸高直径に達していた。



植栽間隔
= 3.64 m

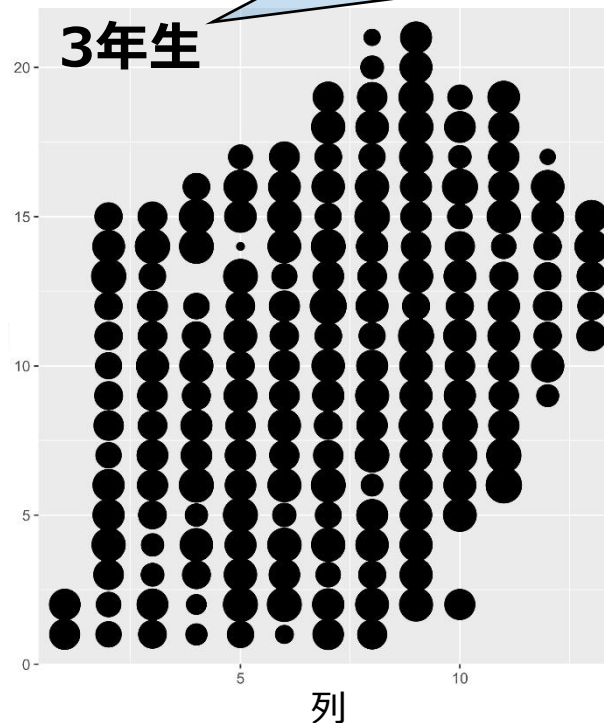
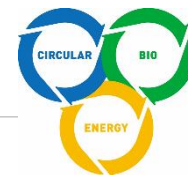


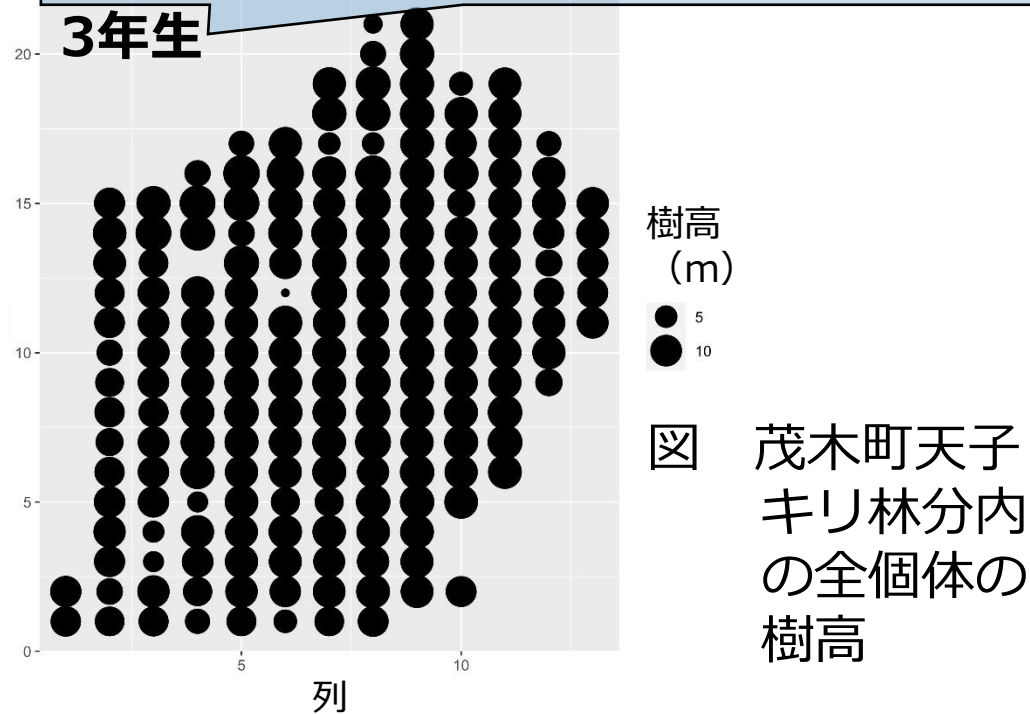
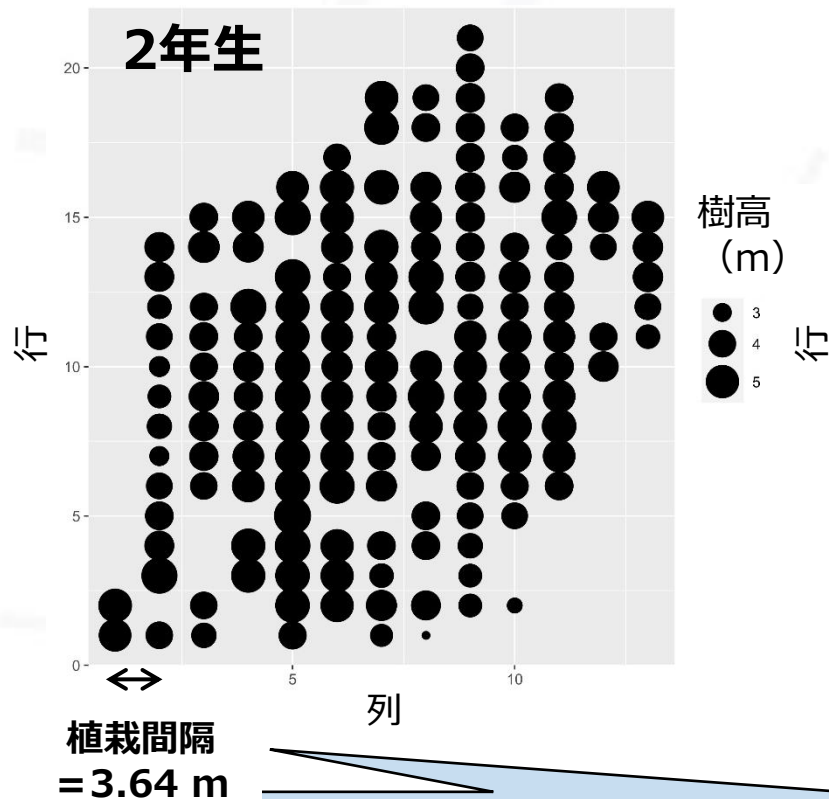
図 茂木町天子
キリ林分内の
全個体の
胸高直径



本年度の成果 (7)

・ 約1年間の成長量の変化

樹高についても、胸高直径と同様に、林分内の個体間差が小さくなる傾向が認められた。
→ 林縁効果が小さい。



☒ 茂木町天子
キリ林分内の
全個体の
樹高

初期の植栽間隔を広くすることで、無間伐&林分内の生育場所に関係なく、同程度のサイズの材が得られる可能性がある。

本年度の成果 (8)

• No.3天子-2圃場

天子-2圃場2023年10月24日の胸高直径（DBH）の平均は19.71cm、最大の個体で胸高直径は27cm、地際で直径32.1cmであった。

キリ植林地と胸高直径の比較

(単位cm)

調査日	下籠谷	天子-2	天子-4	天矢場	大沢	山本
2022-4-08	9.94	9.65	10.61	4.33	9.62	9.11
2023-4-04	10.60	13.24	12.58	7.87	12.07	10.15
2023-5-19	11.27	13.27	12.61	8.31	12.22	9.96
2023-6-30	13.54	15.33	14.33	11.45	14.26	11.36
2023-8-02	14.52	16.65	15.35	13.35	15.08	12.42
2023-9-13	16.50	18.58	16.78	14.55	16.95	14.13
2023-10-30	17.90	19.71	17.94	16.27	18.46	15.73



1) キリ材の収穫量向上に向けた造林・保育方法の検討

- ・今年度に引き続き、計画に従って植林地を増やす。
- ・施業の省力化について具体的なデータの収集を開始する。
- ・土壌分析を進めて施肥の方法を検討する。

2) 優良系統の選抜と燃料材および木材の評価

- ・今年度に引き続き、毎木調査により成長量等を把握しながら、精英樹を探す。
- ・間伐材を利用して、材密度、熱量、バイオマス量を破壊試験により把握する。
- ・伝統的産地からの優良な苗木等を入手して、植林する。

3) 資源量調査の省力化と伐採に関わるコスト算出

- ・ドローンを活用した資源量調査方法を検討開始する。