

## 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／

# 千葉県におけるユーカリを活用した 持続可能なエネルギーの森づくり実証事業

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者:(株)エコグリーンホールディングス 杉島将太

委託先①:(国)東京大学 委託先②:(株)森のエネルギー研究所

問い合わせ先 株式会社エコグリーンホールディングス

E-mail: sugishima@eco-g.com TEL: 03-3537-3240

## 1. 目的

千葉県内の腐朽木や風倒木の被害林にて、ユーカリを中心とした早生樹を植え、短伐期で安価な材を安定的に供給し、林業の収益性向上と森林整備の促進、持続可能な森林活用に繋がるサイクルを生み出す。

## 2. 期間 2022年1月 ~ 2025年3月

## 3. 目標（最終）

①10年伐期で242 t /の原料生産

②初回伐採：12,600円/t、

2期目以降：8,300円/tへのコスト低減（育苗～山土場へ搬出）

③4年間で50～70haの森づくり

④20～35トンco2/年・haの炭素固定能力の達成

## 4. 成果・進捗概要

最終目標に向け、ユーカリの実績獲得、社会実装に向けた課題を得た  
詳細は次スライド以降に記載



## エネルギーの森づくり

**A. 既存林分の伐採・造成**  
ユーカリ林適地の検討



山土場

チップ化

発電所等



10年～

**B. 早生樹苗の生産**  
生産技術の確立  
最適樹種の選定

ユーカリを活用した  
エネルギーの森の実証  
(資源の持続的利用)



育林  
初期成長により  
下刈り不要

10年後

未来のエネルギーの森  
(資源の持続的利用)

伐採・造成  
ユーカリ林の皆伐

更新  
萌芽更新による  
自然更新



0年  
**C. 植林**  
作業効率化・適正植  
栽密度の検討

0年～1年  
**D. 下刈り・育林**  
下刈り回数の低  
減・省力化の検討

**E. 成長記録・環境評  
価・病虫害対策等**  
事業達成に向けた評価



目標達成のための5つの研究開発テーマ

A. 既存林分の伐採・造成 B. 早生樹苗の生産 C. 植林 D. 下刈り、育林  
E. 成長記録・環境評価・病虫害対応等 各テーマを検証し目標達成を目指す。

## 最終目標① 22年度試験区の成果

### ユーカリ (萌芽更新)

22年度富里市試験区における植林後2年目の結果。

### ○樹種比較

単位:cm

樹種	平均樹高 22年10月	平均樹高 23年12月	最大値	計測数	生存率
ユーカリ (全種平均)	110	(137)※	327	362	29%
ユリノキ	77	128	290	301	48%
コウヨウザン	72	148	213	310	95%
センダン	108	235	357	70	99%



### 早生樹 (ユリノキ・コウヨウザン ・センダン)



※参考値：生存種の偏りと萌芽個体が混在しているため

- ユーカリ:5種全て寒害を受けたが、根茎部からの萌芽更新を観測した。全体として生存率は約3割となった。
- ユーカリ以外の樹種:寒害による生育阻害・枯死は確認されていない。センダンが最高樹高を記録し、ユリノキ・コウヨウザンが次いでいる。
- ユリノキ:下草による被圧で枯死が発生した。
- コウヨウザン:個体差が少なく、下草への耐性が高い
- センダン:自生しており、環境適性が高いものと思われる。枝分かれしてきており、収穫方法の検討が必要。

## 最終目標① 10年伐期で242 t /haの原料生産

23年度富里市ユーカリ試験区（種別成長比較）の生長経過  
単位:cm

候補-⑧



下草繁茂の様子



番号	ユーカリ種	平均樹高	最大値	計測数	生存率	生育期間
1	候補-①	184	292	78	88%	3月末～12月
2	候補-②	前年の寒害成果より対象外とした				
3	候補-③	127	228	78	46%	3月末～12月
4	候補-④	117	188	78	63%	3月末～12月
5	候補-⑤	前年の寒害成果より対象外とした				
6	候補-⑥	89	161	78	51%	3月末～12月
7	候補-⑦	99	158	78	86%	3月末～12月
8	候補-⑧	100	157	78	96%	3月末～12月
9	候補-⑨	87	158	78	91%	3月末～12月

- 23年度より番号6～9の種を新たに植林し、耐寒性・成長性の調査を行っている。
- 当試験区は事前の除草剤散布に加え、下刈りを4回実施したが、下草の繁茂が激しく、枯死・生育不良に繋がる試験区となった。

## 最終目標① 10年伐期で242 t /haの原料生産

23年度植林区の樹高（サンプル計測）結果を以下に示す。

○成田市植林区

単位:cm

番号	ユーカリ種	平均樹高	最大値	計測数	生育期間
3	候補-③	290	347	15	23年5月～12月
6	候補-⑥	249	360	30	同上
7	候補-⑦	253	<b>395</b>	15	同上
9	候補-⑨	166	218	15	同上

候補-⑦



約4m

○山武市植林区（一部）

単位:cm

番号	ユーカリ種	平均樹高	最大値	計測数	生育期間
3	候補-③	223	<b>404</b>	40	23年5月～12月
6	候補-⑥	163	270	40	同上
7	候補-⑦	169	285	40	同上
8	候補-⑨	220	292	40	同上

植林直後の様子（成田市）



- 当試験区では候補-⑦3.9m、候補-③4.0mの初期成長成果となり、目標の樹高3mを上回る結果となった。
- 下草との関係もあるが、各植林区の土壌（養分・物理特性）と立地を比較調査し、適地の精緻化を図る。

## ※最終アウトプットイメージ

ユーカリ種ごとの特性（実績を基にした現時点の相対的評価）

◎：目標値を超えた    ○：目標値相当    △：目標値より悪い

番号	ユーカリ種	成長能力	耐寒性	得苗率	総合評価
1	候補-①	◎	○	○	○
2	候補-②	○	○	○	○
3	候補-③	○	◎	◎	◎
4	候補-④	○	△	○	○
5	候補-⑤	○	△	△	△
6	候補-⑥	○	-	○	○
7	候補-⑦	○	-	◎	◎
8	候補-⑧	○	-	◎	◎
9	候補-⑨	△	-	△	△

候補-⑥



候補-⑨



- 来年度、耐寒性が高く、タスマニアの植林企業で使用している1種を追加する。
- 冬の生存率を考慮し、耐寒性と有用性の高い種を選定する。

## 最終目標② 初回伐採：12,600円/t、2期目以降：8,300円/tへのコスト低減

23年度実績コストを以下に示す。

作業	目標	実績	単位	備考
育苗	309	438	千円/ha	3万苗生産。4.3万苗以上の育苗数で目標コストを達成見込み
地拵え	157	264	千円/ha	昨年度の追加的な作業（抜根等）を止め、効率化を図った
植林		191	千円/ha	資材使用量削減と作業効率化により、昨年より微減した
下刈り	125	59	千円/ha	下刈り作業が1回/年で完了した場合のコスト
伐採	2,197	1,782	千円/ha	比較的正常な既存林分による伐採コスト
運材	269	269	千円/ha	土場を設ける必要がなく、目標値を記載
合計	3,056	3,009	千円/ha	
生産コスト	12,629	12,434	千円/t	

目標コストと同程度のコストを達成した。※以下、備考

- 育苗：想定している6万苗の生産であれば目標コストを下回る。
- 植林：硬質土壌の作業が困難であり、オーガーによる植林穴の掘削と植林の2名体制し、施業方法の変更と効率化を図った。植林前除草作業を行い、識別用ポールなど資材を削減し昨年より実績コストは減少した。
- 下刈り：昨年と同程度の実績。現場ごとに必要回数が異なる。植栽地ごとの効率的な作業と管理方法の定型化が必要。
- 伐採：既存林分での実績は目標を下回る結果となった。今後ユーカーリ林分を想定した試験区を設け、伐採効率の検証を行う予定。

## 最終目標③ 4年間で50～70haの森づくり

23年度植林成果を以下に示す。

	面積 (ha)	植林状況	植林時期
富里市	①1.0	ユーカリ含む早生樹4種類	22年4月
	②1.0	ユーカリ9種類	23年4月
山武市	①0.8	ユーカリ5種	22年6月
	②0.3	ユーカリ12種	22年12月→ 23年4月再植林
	③0.3	ユーカリ9種	23年5月
	④2.1	ユーカリ9種	23年6月～10月
	⑤0.7	ユーカリ9種	23年10月
芝山町	1.2	ユーカリ9種	23年5月
成田市	0.2	ユーカリ4種	23年5月
大多喜町	0.1	ユーカリ2種	23年5月
勝浦市	1.1	ユーカリ4種	23年11月
合計	8.8		

- ❑ 伐採は総計で18.4ha（うち、7.6haは植林未実施の林分）、植林は8.8ha実施した。
- ❑ 電線・人家と近距離のため、生育後の影響を考慮しセットバックし植栽しており、伐採面積より植林面積が狭い。
- ❑ 次年度に向け、既に6.0haの予定地を確保している。

大多喜町



勝浦市



芝山町



## 最終目標③ 病虫害の発生

害の種類	内容	対応策
虫害	潜葉性昆虫による葉の食害	経過観察
	カミキリムシと思われる食害の発生	来年春に害虫の確保・同定に向けた調査を実施予定
	ヨトウガによる育苗苗の食害	小規模であり経過観察
病害	育苗苗の多湿環境下を原因とする灰色かび病の発生	対応薬剤の散布 育苗ハウス内環境改善の検討
	樹芸研ユーカリ伐採試験後の根株腐朽の発見	発見された菌種の同定は完了し、原因菌の特定を行う

- 育苗時、生育時、伐採後それぞれのフェーズにおいて病虫害が記録された。
- 現時点で直接的な生育阻害要因にならない状況であり、ユーカリに固有の害も確認されていない。
- 今後も観察・分析を継続する。

灰色かび病の発生



樹皮の食害痕



根株腐朽の発見

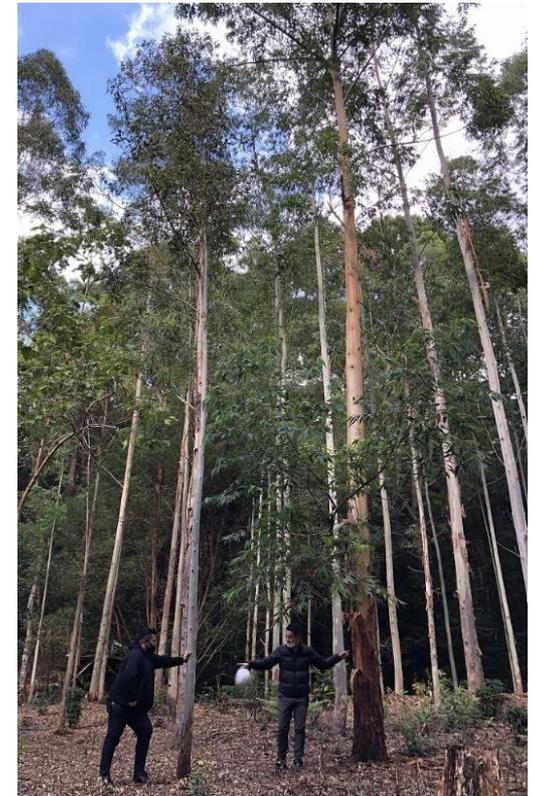


## 最終目標④ 20～35トンco2/年・の炭素固定能力の達成

東京大学演習林（樹芸研究所）にて実施したユーカリ伐採試験の結果を以下に示す。

### ○結果概要

### 伐倒したユーカリ



項目	内容	補足
伐採時期	23年1月	
対象本数	40本	100本植林 (植栽密度1600本/ha)
ユーカリ種	候補-②	
樹齢	10年	6月植林
資源量A	11.1m <sup>3</sup> (182m <sup>3</sup> /相当)	平均樹高22m 平均胸高直径21cm
容積密度B	0.40 (t/m <sup>3</sup> )	伐採時水分60% (W.B.)
炭素含有率C	49.9%	

$$\text{CO2固定量} = A * B * C * 44 / 12 = \underline{133\text{t-CO2/ha}}$$
$$\underline{13.3\text{t-CO2/年} \cdot \text{ha}} \quad (\text{10年単純平均の場合})$$

- ❑ 国産ユーカリの伐採試験を行い、資源量、成分分析、絶乾比重の調査を実施した。
- ❑ 資源量が182m<sup>3</sup>となり、炭素固定量は年平均で13.3t-CO<sub>2</sub>/haとなった。
- ❑ 同現場の他のユーカリ林では10年で242m<sup>3</sup>相当の林分があり、その場合のCO<sub>2</sub>固定量は17.7t-CO<sub>2</sub>/年・haとなる。
- ❑ CO<sub>2</sub>固定量は林分の生存率、ユーカリ種の成長量・比重による

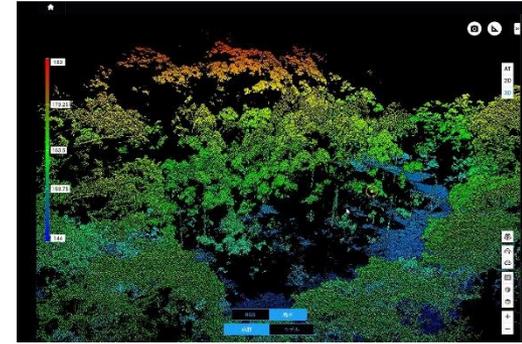
樹芸研究所  
点群データにおける樹高

樹芸研究所・山武市実証地にてドローン調査を実施

## ○樹芸研究所

概要：Phantom4RTK（DJI社）にて空撮・画像解析実施

結果：概ねの樹高は把握できたものの、DSM（ユーカリ樹冠部）を一部認識できず①ユーカリの樹冠充実度が低く、認識できなかった可能性②解析ソフトの処理に不備があった可能性などが考えられる。



## ○山武市実証地

概要：Matrice300RTK（DJI社）にて空撮・レーザーデータ解析を実施

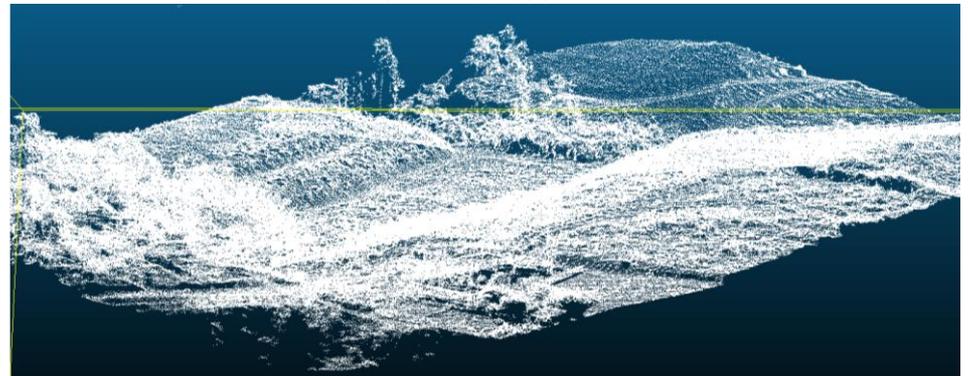
結果：2022年度冬期の寒害の影響もあり、樹高が最高でも3m程度であったため、下草と樹高が競合しユーカリの特定と計測が困難であった。

ユーカリが成長したタイミングでドローン計測を再度行い、計測技術の確立を目指す

山武市 上空写真



山武市 点群データ



指摘事項（要約）	対応状況
<p>早生樹普及のための課題は何か</p>	<p>最大の課題は、伐期に達した木材資源が国内にあり、<b>森林経営計画内における伐採→天然更新（植林放棄）によるFIT40円/kWh材の生産が、経済的に優位</b>な制度となっている。                  （資源管理を行いながら、植林を伴ったバイオマス生産を行うことに対し経済的、社会的なインセンティブが無い）</p> <p>そのため、エネルギー基本計画の木質バイオマス発電から逆算し、エネルギーの森から調達する資源量の目標を設定するなどの位置付けが必要と考える。                  加えて、政策、経済、社会・文化的な整理も課題と考えている。</p> <p>①林業政策の課題：全国森林計画など各森林計画では、人工造林の推奨樹種が定められているため、早生樹を植栽する際に自治体によっては否定的な対応を受けた。また、林業普及指導員等においても推奨樹種以外の造林知識を持っている専門家が皆無であり知ろう・学ぼうともしないため、早生樹普及の課題を感じる。</p> <p>②経済的側面：事業中の予見可能性の明確化、リスク低減の補償など</p> <p>③社会・文化的側面：日本では伐採後の再造林が35%となっている。再造林は国土強靱化の面でも必要である。早生樹であっても使用する木材資源に対して責任持って山で栽培する事業者が社会的に歓迎され、政策的に後押しされ、社会的地位向上につながる風土が必要。</p>

# 2024年度の計画

事業項目	2021年度		2022年度				2023年度				2024年度			
	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
①既存林分の伐採・造成	■		■				■				■			
	■		■				■				■			
	■		■				■				■			
②早生樹苗の生産	■		■				■				■			
	■		■				■				■			
③植林	■		■				■				■			
	■		■				■				■			
④下刈り・育林	■		■				■				■			
	■		■				■				■			
⑤計測・記録・環境評価等	■		■				■				■			
	■		■				■				■			

植林地の造成3ha 植林地の造成5ha 植林地の造成20ha 植林地の造成12ha

事業準備期間 設備整備 育苗試験 育苗期間

植林3ha 植林5ha 植林20ha 植林12ha 植林

下刈り 下刈り 下刈り

計測・記録・環境評価・病虫害

※始期：4月始め3か月間とする

## ○スケジュール変更点

❑ コスト、成長量が目標達成した一方で、人手の確保に直面しており、現場作業の拡大が困難になっている。将来的にも人手確保が難しくなる中で、社会実装を行う必要があり、より踏み込んだ作業の無人化、省力化が必要である。そのため、来期は造林面積を30haから12haに減らし、施業方法の効率化を目指す。

## ○来期予算（変更案抜粋）

- ❑ 除草作業の機械化：農薬散布ドローンによる省力化を検証する。
- ❑ 植林の効率化：コンテナからの複数本苗を抜く器具の開発。
- ❑ 下刈りの無人化：ラジコン式の草刈り機により効率的な除草を行っているが、同時期の作業需要に応えることが困難であるため、自動操縦による無人の草刈り機の開発・試験を検討する。