

令和6年度
(2024)

静岡県農林技術研究所成績概要集
(森林・林業編)

令和7年4月

静岡県農林技術研究所
森林・林業研究センター

目 次

I 研究課題

1	形質的に優れたスギ・ヒノキ苗木を育成するための種子生産に関する研究	2
2	林業用主要樹種の種苗生産と造林技術の改良に関する研究	6
3	木材生産工程におけるCO2排出量推定手法の開発	12
4	林業現場の作業状況モニタリング技術の開発	16
5	静岡県産シイタケ等の付加価値向上技術の開発	22
6	大径材や未利用木材等の品質評価・有効活用技術の開発	30
7	カーボンニュートラルの実現に向けた新たな森林経営モデルの開発	46
8	気候変動に適応した新たな森林病害虫防除に関する研究	50
9	公益的機能の維持・増進のための森林施業技術の研究	56
10	野生動物の出没・柵内侵入リスク評価に関する研究	66
11	農地における既設のイノシシ用電気柵を活用したシカ・イノシシ併用侵入防止柵の研究	68

II 資料

1	スギ花粉発生量の予測	75
---	------------	----

III 研修、共同研究等

1	課題解決及び研究開発研修	78
2	民間企業等との共同研究	78
3	依頼試験	78

IV 普及指導及び行政支援等

1	林業・林産業関係者及び一般県民に対する普及指導	80
2	行政事業等の支援・協力	81
3	試験研究等の発表	82

V その他

1	職員の配置及び氏名	85
2	刊行物	85

I 研究課題

課 題 名：形質的に優れたスギ・ヒノキ苗木を生育するための種子生産に関する研究

形質的に優れた系統の選抜

特定苗木の初期成長の評価

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：福田拓実、山田晋也

協 力 分 担：西部農林事務所

予算(期間)：県単（2021-2025 年度）

1 目的

現在西部農林事務所育種場に造成された閉鎖型採種園には「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」に基づき指定された特定母樹が配置されている。これらの母樹から採取された種子から育苗される特定苗木は、植栽後の初期成長が早いことを期待されているが、特定苗木の成長過程を具体的に検証した事例は少ない。そこで本研究では、特定苗木と従来系統の苗木とを同じ条件で植栽し、初期成長を比較した。

2 方法

以下の 2 箇所において、特定苗木と従来系統の苗木の樹高、胸高直径を測定した。なお、いずれの箇所においても植栽時点での苗木の大きさはほぼ均一のものをを用いた。

(1) 浜松市浜名区根堅

2020 年に植栽間隔 1 m 程度で植栽したスギ 91 本（特定苗木 9 系統 82 本、従来系統の苗木 9 本）の 5 成長期後の樹高及び胸高直径を測定した。なお、本試験地は植栽の翌年から年 1 回下刈りしている。

(2) 藤枝市瀬戸ノ谷

2020 年に植栽間隔 1.8 m 程度で植栽したスギ 62 本（特定苗木 9 系統 55 本、従来系統の苗木 7 本）の 5 成長期後の樹高及び胸高直径を測定した。なお、本試験地は植栽の翌年から年 1 回下刈りしている。

3 結果の概要

(1) 浜松市浜名区根堅

結果を表 1 に示す。従来系統の苗木と比較して樹高で 3 系統、胸高直径で 4 系統有意差が確認された。樹高、胸高直径共に有意差が確認された系統は 3 つあり、うち 2 系統は本県選抜母樹由来の苗木だった。

(2) 藤枝市瀬戸ノ谷

結果を表 2 に示す。従来系統の苗木と比較して樹高で 4 系統、胸高直径で 2 系統有意差が確認された。樹高、胸高直径共に有意差が確認された系統は 2 つあり、共に本県選抜特定母樹由来の苗木だった。

(3) まとめ

(1)、(2)の結果から、T25 は樹高、胸高直径共に 2 箇所で良い成長を示した。T24 は樹高のみ 2 箇所で良い成長を示し、T21 は胸高直径のみ 2 箇所で良い成長を示した。一方で、2-76 は樹高、胸高直径の平均値が 2 箇所で従来系統の苗木より低かった。

表 1 浜松市浜名区根堅の系統別特定苗木の樹高、胸高直径

系統	選抜	個体数	樹高(cm)		胸高直径(cm)		
2-70	国選抜	10	493.8	± 92.4 *	4.03	± 0.89 *	
2-76	国選抜	8	431.4	± 115.8	3.40	± 1.25	
2-117	国選抜	8	470.4	± 85.1	3.86	± 0.96	
2-189	国選抜	10	457.2	± 89.5	3.87	± 1.50	
2-199	国選抜	9	471.3	± 111.2	3.84	± 1.45	
天竜21号	県選抜	7	456.3	± 100.8	4.12	± 1.51 *	
天竜23号	県選抜	8	469.4	± 84.4	3.97	± 1.58	
天竜24号	県選抜	8	519.0	± 77.2 *	4.55	± 0.77 *	
天竜25号	県選抜	10	503.9	± 106.2 *	4.40	± 1.84 *	
従来(対照)	少花粉	9	454.3	± 121.0	3.66	± 1.04	

* : 5%有意差あり(従来系統を基準とした Dunnet の多重比較検定)

※網掛けの系統は樹高、胸高直径共に有意差を確認

表 2 藤枝市瀬戸ノ谷の系統別特定苗木の樹高、胸高直径

系統	選抜	個体数	樹高(cm)		胸高直径(cm)		
2-70	国選抜	8	430.3	± 45.2	5.89	± 1.51	
2-76	国選抜	5	421.8	± 37.5	5.49	± 0.93	
2-117	国選抜	4	395.5	± 47.4	5.23	± 1.54	
2-189	国選抜	8	423.8	± 83.3	5.84	± 1.04	
2-199	国選抜	7	460.6	± 64.7 *	5.83	± 1.33	
天竜21号	県選抜	6	468.2	± 68.9 *	6.60	± 1.56 *	
天竜23号	県選抜	7	452.3	± 92.4	6.18	± 1.72	
天竜24号	県選抜	5	464.2	± 51.8 *	6.19	± 1.73	
天竜25号	県選抜	5	492.0	± 61.6 *	6.93	± 1.17 *	
従来(対照)	少花粉	7	431.6	± 54.5	5.62	± 1.12	

* : 5%有意差あり(従来系統を基準とした Dunnet の多重比較検定)

※網掛けの系統は樹高、胸高直径共に有意差を確認

4 結果の要約

5 成長期後時点で、従来系統よりも成長に優れる系統が複数確認された。うち本県で選抜した 1 系統については、今回植栽した県内 2 箇所の両方で良い成長を示した。
〔キーワード〕 特定苗木 成長量

5 今後の問題点と次年度以降の計画

引き続き成長量について調査を進める。浜松市天竜区春野町の秋葉山の検定林造成及び測定についても順次行う。

6 結果の発表、活用等(予定を含む)

県庁及び西部農林事務所へ情報提供する。
得られた結果は閉鎖型採種園の改良に役立てる。

課 題 名：形質的に優れたスギ・ヒノキ苗木を生育するための種子生産に関する研究
採種園の効率的な管理手法の検証

若齢ヒノキの着花促進技術の確立

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：福田拓実

協 力 分 担：片倉コープアグリ株式会社、日本甜菜製糖株式会社、静岡大学

予算(期間)：県単（2021-2025 年度）

1 目的

閉鎖型採種園でのヒノキの種子生産にあたり、雄花の形成及び開花までの維持が困難であることが課題となっている。2018 年度から 2020 年度までの新成長戦略研究「エリートツリー種子の早期生産技術の開発」内で、ヒノキは水分条件で着花することを確認した。しかし、着花はしたものの花芽（特に雄花）が枯死するという現象も確認された。本課題では、この課題を解決し、ヒノキの花芽を開花まで維持する技術の確立を目指す。今回は、肥培条件について検討した。

2 方法

(1) 試験場所 西部農林事務所育種場15-16ハウス

※浜松市浜名区宮口。ハウスは1棟あたり間口5.4m×奥行18.0m×棟高3.2m。

(2) 調査個体 ヒノキ特定母樹 48 個体

(2024 年 1 月時点で定植後 3 年、平均樹高 139.7cm、平均根元径 34.2mm)

(3) 栽培方法

表 1 のとおり 5 つの条件に振った。このとき、初期の母樹サイズは各試験区でなるべく均一になるようにした。また、肥料以外の影響が反映されにくいよう、ハウス内の母樹配置は各試験区ごとランダムとした。

2024 年 3 月 6 日から 9 月 25 日まで有機肥料であるソイルサプリエキス（以下 SSE）及びグリシンベタイン（以下 GB）を施用した。なお、7 月 3 日から 7 月 23 日までは着花のために灌水頻度を 2 日に 1 回とし、施用は灌水日に行った。上記以外の期間は全試験区同一の条件で通常栽培した。

(4) 調査方法

2024 年 7 月と 12 月に母樹の樹高、根元径を計測した。また、10 月に球果を採取し、乾燥、脱粒、精選を行い種子量を計量した。12 月にシャーレ(直径 90mm)に湿らせたろ紙を 2～3 枚敷き、その上に精選後の種子(直径 1.4mm 以上)を 100 粒播種した。播種したシャーレを 23℃の暗黒空間で保管し、21 日後の発芽率を調査した。なお、発芽試験は採種できた母樹 1 本あたり 3 反復実施した。

表 1 施用条件

	SSE (10倍)	SSE (200倍)	GB(液肥)	GB(粒剤)	対照
施用頻度	回/2週	回/2週	回/週	回/週	回/週
1回あたりの施用量	0.5ℓ	0.5ℓ	4ℓ	1ℓ	4ℓ
倍率等	10倍希釈	200倍希釈	1,000倍希釈	50mM	水を施用

3 結果の概要

(1) 母樹の樹高、根元径について

結果を表2に示す。SSE10倍区とGB液肥区で樹高以外の成長に優れる結果だった。SSE200倍区は、全ての項目で対照区と有意差が確認されなかった。

(2) 種子生産量について

結果を表3に示す。種子生産量は全ての試験区で対照区よりも平均値で低い結果になり、SSE10倍区では有意差が確認された。

発芽率は全ての試験区で対照区よりも平均値で高い値になり、SSE10倍区では有意差が確認された。

100粒重はSSE10倍区とGB液肥区で有意差が確認された。

表2 試験区ごとの母樹の樹高、根元径

	SSE(10倍)		SSE(200倍)		GB(液肥)		GB(粒剤)		対照	
試験体数(本)	10		10		10		9		9	
樹高(cm)	167.7 ± 15.0		164.0 ± 15.8		167.3 ± 15.4		169.9 ± 8.7		164.78 ± 20.2	
根元径(mm)	47.74 ± 6.42 *		45.28 ± 5.65		47.40 ± 5.31 *		48.06 ± 6.01 *		44.98 ± 6.27	
樹高成長量(cm)	25.0 ± 7.7 *		21.1 ± 5.4		22.0 ± 7.6 *		20.0 ± 3.3		19.4 ± 6.6	
根元径成長量(mm)	11.01 ± 4.48 *		8.82 ± 3.19		11.22 ± 3.39 *		10.50 ± 4.59		9.47 ± 3.14	
想定乾重量(g)	693.5 ± 174.0 *		615.0 ± 137.0		685.3 ± 164.7 *		703.8 ± 134.4 *		622.3 ± 217.5	

*: 5%有意差あり(対照を基準としたDunnetの多重比較検定)

表3 試験区ごとの種子生産量

	SSE(10倍)		SSE(200倍)		GB(液肥)		GB(粒剤)		対照	
試験体数(本)	10		10		10		9		9	
種子量(g)	68.4 ± 45.0 *		85.7 ± 51.3		90.8 ± 51.8		86.3 ± 60.8		92.2 ± 47.8	
1.4mm以上種子量(g)	63.7 ± 44.1 *		79.1 ± 48.6		82.1 ± 48.9		79.5 ± 56.6		84.8 ± 46.5	
100粒重(g)	0.166 ± 0.027 *		0.154 ± 0.022		0.166 ± 0.034 *		0.161 ± 0.019		0.159 ± 0.052	
発芽率(%)	14.4 ± 7.4 *		12.3 ± 7.7		12.5 ± 7.3		12.5 ± 7.8		9.7 ± 7.8	

*: 5%有意差あり(対照を基準としたDunnetの多重比較検定)

4 結果の要約

一部の肥料効果で、樹体の大きさが向上することが確認された。

今年度の試験では、施肥による種子生産量の増加は認められなかった。

[キーワード] ヒノキ 施肥 採種量

5 今後の問題点と次年度以降の計画

樹体の大きさが向上すれば種子生産量が増加する可能性があるため、同一条件で継続調査をする必要があると考えられる。

6 結果の発表、活用等(予定を含む)

森林整備課及び西部農林事務所へ情報提供する。

課 題 名： 林業用主要樹種の種苗生産と造林技術の改良に関する研究

次世代エリートツリーの開発

育種価を活用した再造林に貢献できる次世代スギエリートツリーの開発

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：袴田哲司

協 力 分 担：森林総合研究所林木育種センター、天竜森林管理署、農林環境専門職大学

予算(期間)：県単（2023-2027 年度）、農林水産省委託プロジェクト（2021-2025 年度）

1 目的

林業振興、地球温暖化対策、花粉症対策等の観点から、初期成長に優れ、炭素固定能力が高く、花粉が少ない造林用樹種の品種が求められており、エリートツリーや特定母樹の開発が進められている。品種開発では、優れた親どうしで交配系統を作出して育種集団林を設定し、検定の後、優良個体を選抜することが基本的な手法となる。瀬尻国有林に設定した交配系統試験林が次代検定林関東 88 号に指定され、10 成長期を迎え選抜可能な時期になったため、成長や材質、雄花着生量等の調査を行い、各形質の遺伝率や育種価を計算し、形質評価と優良候補木の選抜を試みた。

2 方法

エリートツリー、第一世代精英樹、第一世代精英樹のF₁を親として、2012年3月に交配を行い、第一世代精英樹の自然交配苗や少花粉ミニチュア採種園産種子も含めて採取した種子を根鉢300ccのMスターコンテナ苗として育成した。2015年6月に浜松市天竜区龍山町の瀬尻国有林に単木混交で植栽し、10成長期後の2024年10月下旬～12月上旬に調査を行い、樹高と胸高直径のデータから材積を、FAKOPP測定値から応力波伝播速度をそれぞれ求めた。環境的な要因をできる限り補正し精度の高い遺伝的能力を推定する「育種価」を算出し、同時に各形質の遺伝率（狭義）も計算した。育種価の偏差値および5段階の指数で評価した根元曲がり、幹曲がり、雄花着生量から、優良な個体を選定し、特定母樹の基準と照合して候補木を絞り込んだ。調査対象木は、496個体である。

3 結果の概要

〔前年度までの結果〕

浜松市天竜区龍山町瀬尻に2014年に設定した試験林で、育種価のデータから8本の優良候補木が得られた。雄花着生評価に向けて、これらから採穂して挿し木苗を育成している。

〔本年度の結果〕

(1) 調査個体のデータ解析：

496 個体の平均樹高は 1017cm、平均胸高直径は 13.5cm、平均材積は 0.192m³、平均応力波伝播速度は 2881m/s であった。遺伝率は、樹高 0.375、胸高直径 0.258、材積 0.328、応力波伝播速度 0.782 で、成長形質よりも材質形質で高い数値を示した。人工交配で作出した系統の樹高、胸高直径、材積、応力波伝播速度の平均値は、それぞれ第一世代精英樹自然交配系統の、1.03 倍、1.03 倍、1.09 倍、1.10 倍であった。

(2) 優良個体の選抜：

材積と応力波伝播速度それぞれの育種価偏差値が 55 以上であった個体を選定した上で、特定母樹指定基準と照合し、実測材積が対照系統平均の 1.5 倍以上（ただし、実測材積は補正值とした。表 1 の注 2 を参照。）、実測応力波伝播速度が対照系統平均以上、根元曲がり指数 3 以上、幹曲がり指数 4 以上、雄花着生指数 2 以下の 17 本を候補木とした（表 1）。これらの内訳は、

第一世代精英樹 × F₁ が 5 本、F₁ × F₁ が 10 本、第一世代 × 育種センター開発エリートツリーが 2 本であった。

表 1 優良候補木の形質

候補木 注 1)	交配 ♀ × ♂	材積	応力波伝搬速度	通直性		雄花着 生指数
		実測値 m ³	実測値 m/s	根元	幹	
A	第一世代 × F ₁	0.253	3328	5	5	1
C	F ₁ × F ₁	0.256	3130	5	4	1
D	第一世代 × F ₁	0.291	3115	3	5	1
E	F ₁ × F ₁	0.209	3058	4	5	1
F	第一世代 × F ₁	0.237	3068	4	5	2
G	F ₁ × F ₁	0.311	3242	5	5	1
H	F ₁ × F ₁	0.220	3328	4	4	1
I	F ₁ × F ₁	0.272	3317	5	5	1
J	F ₁ × F ₁	0.216	3295	5	5	1
K	第一世代 × エリートツリー	0.255	3419	3	4	1
L	F ₁ × F ₁	0.226	3546	4	5	1
M	F ₁ × F ₁	0.270	3101	4	5	1
N	F ₁ × F ₁	0.229	3155	4	4	2
O	F ₁ × F ₁	0.217	3125	5	5	1
P	第一世代 × F ₁	0.262	3096	5	4	2
Q	第一世代 × F ₁	0.276	3072	4	4	1
R	第一世代 × エリートツリー	0.277	3072	3	4	1
対照系統 (n=53)	第一世代精英樹自然交配	0.178 (実測値) 注 2) 0.207 (補正值)	2652	3.5	3.9	1.7

注 1) 候補木を育種価の偏差値で分けて表示（材積－応力波伝播速度）。上から、65 以上－65 以上、65 以上－65 未満 55 以上、65 未満 55 以上－65 以上、65 未満 55 以上－65 未満 55 以上

注 2) 関東育種基本区では、「在来系統」に対して「第一世代精英樹」は 1.29 倍の材積とされる。特定母樹の選抜では、「在来系統」の 1.5 倍が基準となるため、対照系統の値を補正した。補正值＝第一世代精英樹自然交配材積／1.29×1.5

4 結果の要約

浜松市天竜区龍山町におけるスギ交配系統の調査結果から、10 成長期後の材積と応力波伝播速度から育種価の偏差値を求めた。根元曲がり、幹曲がり、雄花着生量の評価も含めて優良個体を選抜した。

〔キーワード〕 交配、育種集団林、育種価、材積、応力波伝播速度

5 今後の問題点と次年度以降の計画

10 成長期後のデータから優良候補木が得られたため、林木育種センターとともにエリートツリーや特定母樹の申請に必要なデータ等を精査する。下田市須原や天竜区上野の試験地は 2025 年に 10 成長期を迎えるため、調査し候補木を選抜する。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

第 126 回日本森林学会で口頭発表予定。関東森林管理局発表会で天竜森林管理署職員がポスター発表予定。

課 題 名： 林業用主要樹種の種苗生産と造林技術の改良に関する研究

次世代エリートツリーの開発

育種価を活用した再造林に貢献できる次世代スギエリートツリーの開発

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：袴田哲司

協 力 分 担：森林総合研究所林木育種センター、富士市林政課

予算(期間)：県単（2023-2027 年度）、農林水産省委託プロジェクト（2021-2025 年度）

1 目的

林業振興、地球温暖化対策、花粉症対策等の観点から、初期成長に優れ、炭素固定能力が高く、花粉が少ない造林用樹種の品種が求められており、エリートツリーや特定母樹の開発が進められている。品種開発では、優れた親どうしで交配系統を作出して育種集団林を設定し、検定の後、優良個体を選抜することが基本的な手法となる。富士市有林に設定した交配系統試験林が 10 成長期を迎え選抜可能な時期になったため、成長や材質、雄花着生量等の調査を行い、各形質の遺伝率や育種価を計算し、形質評価と優良候補木の選抜を試みた。

2 方法

エリートツリー、第一世代精英樹、第一世代精英樹の F_1 、無花粉遺伝子を保有する個体等を親として、2012年 3 月に交配を行い、第一世代精英樹の自然交配系統や少花粉ミニチュア採種園産種子も含めて採取した種子を根鉢300ccのMスターコンテナ苗として育成した。2015年 5 月に富士市大淵の市有林に単木混交で植栽し、10成長期後の2024年10月下旬～12月上旬に調査を行い、樹高と胸高直径のデータから材積を、FAKOPP測定値から応力波伝播速度をそれぞれ求めた。環境的な要因をできる限り補正し精度の高い遺伝的能力を推定する「育種価」を算出し、同時に各形質の遺伝率（狭義）も計算した。育種価の偏差値および5段階の指数で評価した根元曲がり、幹曲がり、雄花着生量から、優良な個体を選定し、特定母樹の基準と照合して候補木を絞り込んだ。調査対象木は、724個体である。

3 結果の概要

〔前年度までの結果〕

浜松市天竜区龍山町瀬尻に 2014 年に設定した試験林で、育種価のデータから 8 本の優良候補木が得られた。雄花着生評価に向けて、これらから採穂して挿し木苗を育成している。

〔本年度の結果〕

(1) 調査個体のデータ解析：

724 個体の平均樹高は 766cm、平均胸高直径は 11.0cm、平均材積は 0.099 m^3 、平均応力波伝播速度は 2450m/s であった。遺伝率は、樹高 0.204、胸高直径 0.132、材積 0.126、応力波伝播速度 0.597 で、成長形質よりも材質形質で高い数値を示した。人工交配で作出した系統の樹高、胸高直径、材積、応力波伝播速度の平均値は、それぞれ第一世代精英樹自然交配系統の、1.03、0.99、1.01、1.08 倍であった。

(2) 優良個体の選抜：

材積と応力波伝播速度それぞれの育種価偏差値が 55 以上であった個体を選定した上で、特定母樹指定基準と照合し、実測材積が対照系統平均の 1.5 倍以上、実測応力波伝播速度が対照系統平均以上、根元曲がり指数 3 以上、幹曲がり指数 4 以上、雄花着生指数 2 以下の 42 本を候補木とした（表 1）。

表 1 優良候補木の形質

候補木 注1)	交配 ♀×♂	材積 実測値 ^{m³}	応力波伝搬速度 実測値m/s	通直性		雄花着 生指数
1	F ₁ × F ₁	0.145	2894	5	5	1
2	F ₁ × F ₁	0.158	3140	5	5	1
3	F ₁ × F ₁	0.110	3008	5	5	1
4	F ₁ × F ₁	0.157	2714	4	4	1
5	第一世代 × エリートツリー	0.133	2751	4	5	1
6	第一世代 × エリートツリー	0.112	2981	5	5	1
7	F ₁ × F ₁	0.147	2577	5	5	1
8	F ₁ × F ₁	0.140	2571	4	5	1
9	F ₁ × F ₁	0.161	2688	4	5	1
10	F ₁ × F ₁	0.260	2497	4	4	1
11	第一世代 × F ₁	0.226	2594	4	4	2
12	第一世代 × エリートツリー	0.118	2699	4	5	1
13	F ₁ × F ₁	0.144	2561	4	5	1
14	F ₁ × F ₁	0.175	2597	4	4	1
15	第一世代 × エリートツリー	0.168	2725	4	5	1
16	第一世代 × F ₁	0.182	2594	3	4	1
17	F ₁ × F ₁	0.157	2963	4	5	1
18	第一世代 × エリートツリー	0.128	2721	4	5	1
19	第一世代 × F ₁	0.163	3086	4	4	1
20	第一世代 × エリートツリー	0.127	3053	5	5	1
21	第一世代 × F ₁	0.147	2963	5	5	1
22	第一世代 × F ₁	0.162	3082	4	5	1
23	F ₁ × F ₁	0.126	2894	4	5	1
24	F ₁ × F ₁	0.120	2538	3	4	1
25	F ₁ × F ₁	0.121	3231	5	5	1
26	第一世代自然交配	0.172	2874	4	4	2
27	第一世代 × F ₁	0.143	2681	3	4	1
28	F ₁ × F ₁	0.231	2635	5	5	1
29	第一世代 × F ₁	0.155	2625	4	4	1
30	第一世代 × エリートツリー	0.147	2281	5	4	2
31	第一世代 × エリートツリー	0.125	2635	4	4	1
32	第一世代自然交配	0.166	2513	4	4	1
33	F ₁ × F ₁	0.168	2853	4	5	1
34	第一世代 × エリートツリー	0.194	2584	4	5	1
35	第一世代 × エリートツリー	0.206	2625	4	5	1
36	第一世代 × F ₁	0.167	2497	5	5	1
37	第一世代 × F ₁	0.183	2660	5	5	2
38	第一世代 × F ₁	0.143	2911	3	5	1
39	第一世代 × F ₁	0.190	2421	4	5	1
40	第一世代 × F ₁	0.148	2688	5	5	1
41	第一世代 × F ₁	0.196	2714	4	5	1
42	第一世代 × エリートツリー	0.184	2740	5	5	1
対照系統 第一世代精英樹自然交配		0.098 (実測値)	2278	3.7	4.3	1.1
(n=74)		注2) 0.144 (補正值)				

注 1) 候補木を育種価の偏差値で分けて表示 (材積－応力波伝播速度)。上から、65 以上－65 以上、65 以上－65 未満 55 以上、65 未満 55 以上－65 以上、65 未満 55 以上－65 未満 55 以上

注 2) 関東育種基本区では、「在来系統」に対して「第一世代精英樹」は 1.29 倍の材積とされる。特定母樹の選抜では、「在来系統」の 1.5 倍が基準となるため、対照系統の値を補正した。補正值＝第一世代精英樹自然交配材積／1.29×1.5

4 結果の要約

富士市大淵でスギ交配系統の 10 成長期後の調査を行い、材積と応力波伝播速度から育種価の偏差値を求めた。根元曲がり、幹曲がり、雄花着生量の評価も含めて優良個体を選抜した。

〔キーワード〕 交配、育種集団林、育種価、材積、応力波伝播速度

5 今後の問題点と次年度以降の計画

優良候補木が得られたため、林木育種センターとともにエリートツリーや特定母樹の申請に必要なデータ等を精査する。優良候補木の両親について遺伝子確認する。当試験地は「次代検定林」になっていないため、富士市林政課や林木育種センターと今後の扱いについて協議する。

6 結果の発表、活用等 (予定を含む)

第 126 回日本森林学会で口頭発表予定。

単年度試験研究成績（2025 年 3 月作成）

課 題 名： 林業用主要樹種の種苗生産と造林技術の改良に関する研究

次世代エリートツリーの開発

無花粉、炭素貯留能力等、環境保全に貢献できる優良系統の開発

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：袴田哲司

協 力 分 担：静岡大学、東京都農林総合研究センター、神奈川県自然環境保全センター、
森林総合研究所林木育種センター

予算(期間)：県単（2023-2027 年度）

1 目的

2023 年 5 月に関係閣僚による「花粉症対策の全体像」が示され、全国の花粉症対策が加速化することが予想される中で、精英樹系の無花粉スギの開発や植栽が行われるようになり、国民や県民からの期待が大きくなっている。大井 7 号と中 4 号の交配系統から、静岡県が主体となって静岡神不稔 1 号、三月晴不稔 1～3 号を花粉症対策品種として開発したが、遺伝的多様性を確保するためには、さらに品種を増やす必要がある。そのため、他機関と共同で新たな品種開発を目指す。

2 方法

- (1) 2012年に西部農林事務所育種場に設定した原木集植園と2016年に浜松市天竜区両島に設定した挿し木苗試験林で、神奈川県の無花粉スギ田原 1 号と静岡県の精英樹大井 7 号の交配で作出した無花粉スギと精英樹系対照木の調査を行った。原木と挿し木苗で花粉が無いことを確認した。植栽から 3 成長期後に原木の樹高と胸高直径、7 成長期後に挿し木苗の樹高、胸高直径、応力波伝播速度を測定した。2024 年 1 月に挿しつけ、同年 7 月に挿し木発根性の調査を行った。
- (2) 2018年に東京都日の出町に設定した挿し木苗試験林と2019年に島田市大代の国有林に設定した挿し木苗試験林で、富山県の無花粉スギと東京都の精英樹を交配させたF₁に大井 7 号を交配して作出した無花粉スギと精英樹系対照木の調査を行った。植栽から 6 成長期後に日の出町で挿し木苗の樹高、胸高直径、応力波伝播速度を、4 成長期後に島田市で挿し木苗の樹高、胸高直径を測定した。茨城県、神奈川県、静岡県のそれぞれで、2024 年 3～4 月に挿しつけ、同年 10 月に挿し木発根性の調査を行った。

3 結果の概要

〔前年度までの結果〕

浜松市天竜区や島田市大代等に設定した無花粉スギ試験地の継続的な管理と調査（樹高、胸高直径、応力波伝播速度、通直性等）を行った。2018 年～2022 年に静岡県が主体となって無花粉スギ 4 品種を開発した。

〔本年度の結果〕

- (1) 原木と挿し木苗のそれぞれで花粉が無く、樹高と胸高直径が対照木を上回り、挿し木苗において応力波伝播速度が対照木を上回り、挿し木発根率が対照木以上の優良クローンを選抜した（表 1）。静岡大学内の公募により「春風」（はるな）と命名し、静岡大学、神奈川県自然環境保全センター、林木育種センターと連名で品種申請した。
- (2) (1)と同様に優良クローンを選抜した（表 2）。「心晴れ 6 号」、「心晴れ 7 号」と命名し、東京都農林総合研究センター、富山県農林水産総合技術センター森林研究所、神奈川県自然環境保全センター、林木育種センターと連名で品種申請した。

表 1 春風の特性

調査項目\系統	春風	対照
原木 (植栽から3成長期後)		
花粉	無	—
樹高 cm	484 ¹⁾	472 ²⁾
胸高直径 cm	6.4 ¹⁾	6.0 ²⁾
挿し木苗 (植栽から7成長期後)		
花粉	無	—
樹高 cm	758 ³⁾	710 ⁴⁾
胸高直径 cm	8.5 ³⁾	8.0 ⁴⁾
応力波伝播速度 m/s	2710 ³⁾	2639 ⁵⁾ , 2706 ⁶⁾
挿し木発根率 %	71 ⁷⁾	30 ⁸⁾ , 50 ⁸⁾ , 70 ⁸⁾

- ¹⁾ 1 本 ²⁾ 第一世代精英樹交配家系 12 本の平均 ³⁾ 4 本の平均 ⁴⁾ 第一世代精英樹 43 本の平均
⁵⁾ 精英樹系実生苗 10 本の平均 ⁶⁾ 第一世代精英樹挿し木苗 8 本の平均
⁷⁾ 原木と挿し木苗から採穂した 14 本を供試 ⁸⁾ 第一世代精英樹から採穂した 10 本を供試

表 2 心晴れ 6 号、心晴れ 7 号の特性

調査項目\系統	心晴れ6号	心晴れ7号	対照
挿し木苗 (植栽から3成長期後)			
花粉	無	無	—
樹高 cm	477 ¹⁾	532 ¹⁾	313 ²⁾
胸高直径 cm	5.0 ¹⁾	5.6 ¹⁾	2.4 ²⁾
応力波伝播速度 m/s	2495 ¹⁾	2372 ¹⁾	2352 ²⁾
挿し木苗			
樹高 cm	378 ³⁾	316 ⁴⁾	260 ⁵⁾
胸高直径 cm	5.0 ³⁾	3.8 ⁴⁾	2.3 ⁵⁾
挿し木発根率 %	93.8 ⁶⁾ , 100 ⁷⁾ , 100 ⁸⁾	100 ⁶⁾ , 100 ⁷⁾ , 88.9 ⁸⁾	100 ⁹⁾ , 85.7 ⁹⁾ , 100 ⁹⁾ , 81.3 ¹⁰⁾ , 100 ¹⁰⁾ , 88.9 ¹¹⁾ , 100 ¹¹⁾

- ¹⁾ 3 本の平均 ²⁾ 第一世代精英樹挿し木苗 4 クロンの平均 ³⁾ 6 本の平均 ⁴⁾ 5 本の平均
⁵⁾ 第一世代精英樹挿し木苗 3 クロンの平均 ⁶⁾ 茨城県で調査、挿し木苗から採穂した 16 本を供試
⁷⁾ 静岡県で調査、挿し木苗から採穂した 16～17 本を供試
⁸⁾ 神奈川県で調査、挿し木苗から採穂した 17～18 本を供試
⁹⁾ 茨城県で調査、第一世代精英樹 3 クロンから採穂した 15～16 本を供試
¹⁰⁾ 静岡県で調査、第一世代精英樹 2 クロンから採穂した 12～16 本を供試
¹¹⁾ 神奈川県で調査、第一世代精英樹 3 クロンから採穂した 12～18 本を供試

4 結果の要約

花粉が無いことを確認したうえで、各地に設定した試験地において樹高、胸高直径、応力波伝播速度を測定し、挿し木発根率を調査した。対照木と同等以上の形質を持つ無花粉スギ 3 クロンの花粉症対策品種として申請した。

〔キーワード〕 無花粉スギ、花粉症対策品種、原木、挿し木苗

5 今後の問題点と次年度以降の計画

現時点で無花粉スギ苗の生産体制が整っていない。静岡県が関わった無花粉スギ品種が 10 クロン以上となったため、森林整備課と共同で採穂園造成に向けた取り組みを進める。

6 結果の発表、活用等 (予定を含む)

第 14 回中部森林学会大会で、静岡大学とともに口頭発表し、論文投稿した。静岡大学、神奈川県、東京都、富山県、林木育種センターと連携し、品種申請した。

課 題 名：木材生産工程における CO₂ 排出量推定手法の開発

静岡県内の木材生産における CO₂ 排出量調査

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：稲葉大地 長瀬亘 山口亮 白井達也

協 力 分 担： 静岡大学、静岡理工科大学、静岡県立農林環境専門職大学、
静岡県木材協同組合連合会、天竜フォレスター、フジイチ

予算(期間)：県単（2024-2026 年度）

1 目的

温室効果ガス排出量を実質ゼロとするカーボンニュートラルの実現に向けて、建築資材に木材を使用することは、他の競合材料に比べて、CO₂ の低減に貢献するとされている。また、CO₂ 排出量の定量化は、環境負荷の大きい工程を特定することにつながり、カーボンニュートラルの実現に向けて様々な業界で取り組まれている。CO₂ 排出量は施業現場ごとに異なると予想されるため、本来であれば各々の現場ごとで排出量が示されると望ましい。そこで、本研究では日々の軽油給油量を記録している林業経営体の協力のもと、作業日報（現場の使用機械や機械運転時間の記録）と給油量の関係を調査した。

2 方法

調査対象は、静岡県浜松市内の林業経営体が 2021 年 1 月～2023 年 11 月に実施した素材生産現場（66 現場）とした。作業日報は、林業経営体から提供を受けた。林業経営体が通常記録している作業日報から作業期間（日）、使用機械台数（台）、機械運転時間（h）、軽油給油量（L）の項目を集計した。素材生産の工程は、作業道開設、伐倒、集材、造材、土場への搬出があるが、工程の一部が無い現場もあった。伐倒には支障木伐倒を含み、造材には支障木造材を含んだ。作業日報の作業内容には、前述の素材生産の工程のほか、準備・撤収、作業道修繕、土場造成、機械運搬等もあるが、集計上はその他とした。CO₂ 排出量は、軽油使用量に CO₂ 排出係数¹⁾（2.62t-CO₂/kL）を乗じて算出した。

3 結果の概要

作業日報から集計した項目を表 1 に示す。1 現場あたりの軽油給油量は、1752L であり、CO₂ 排出量に換算すると、4.59t であった。これは、胸高直径 20cm、樹高 18m、35 年生のスギ（枝葉・地下部を含めた材積 0.43m³、容積密度 314kg/m³ と仮定）の炭素固定量に換算すると、18.5 本分に相当する。

軽油使用量の多い機械の上位 5 台を表 2 に示し、上位 5 台の作業内容の内訳を図 2 に示す。軽油使用量の多い機械の上位 5 台は、すべてが 0.45m³ クラスの油圧ショベルであり、上位 5 台で、総軽油給油量の 51.4%を占めていた。このことから、当該経営体では、油圧ショベルを更新時により燃費の良い機械に更新することで、効果的に CO₂ 排出量を減らせると考えられる。作業内容の内訳は、上位 2 台は、作業道開設が最も多く占めており、次いで造材作業であった。作業内容ごとの軽油給油量を図 3 に示す。作業内容では、搬出、造材、作業道開設、伐倒の順で軽油給油量が多かった。搬出が最も多かった理由は、当該経営体が保有するフォワーダが、1 台当たりの軽油給油量は少なかったが、複数台所有していたことと、油圧ショベルを含めた様々な機械が搬出の作業を分担していたため、合計として搬出作業が大きくなったと考えられる。

表1 作業日報から集計した項目

	作業期間 (日/現場)	使用機械台数 (日・台/現場)	機械運転時間 (h/現場)	軽油給油量 (L/現場)
平均	33	93	297	1752
最大	184	769	2424	17247
最小	1	1	1	0
標準偏差	36	127	400	2690

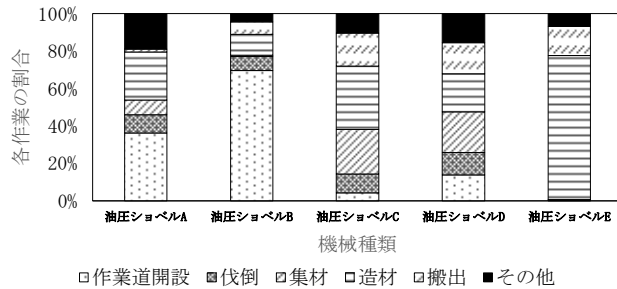


図2 油圧ショベルの作業内容の内訳

表2 軽油給油量の上位5機械

機械種類	軽油給油量(L)	規格(m ³)
A社製油圧ショベルA	15725	0.45
B社製油圧ショベルB	11800	0.45
B社製油圧ショベルC	11670	0.45
B社製油圧ショベルD	11195	0.45
C社製油圧ショベルE+ヘッドマシン	9000	0.45
合計	59390	
総軽油給油量に占める割合	51.4%	

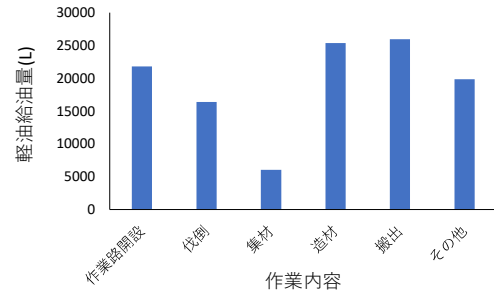


図3 作業内容ごとの軽油給油量

4 結果の要約

1 現場あたりの軽油給油量は、1752Lであり、CO₂排出量に換算すると、4.59tであった。軽油使用量の多い機械の上位5台で、総軽油給油量の51.4%を占めていた。当該経営体では、油圧ショベルを更新時により燃費の良い機械に更新することで、効果的にCO₂排出量を減らせると考えられる。

〔キーワード〕 軽油、CO₂、素材生産

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・ 県内他地域での調査
- ・ 素材生産以降の段階におけるCO₂排出量調査

6 結果の発表、活用等

各林業事業体の現場でのCO₂排出量調査、素材生産におけるCO₂収支の明確化
木材学会（仙台）で発表予定

7 引用文献

- 1) 環境省：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧，
<https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc>，2025年1月23日参照

課 題 名：木材生産工程における CO₂ 排出量推定手法の開発

静岡県内の木材生産における CO₂ 排出量調査

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科、森林育成科

担 当 者 名：稲葉大地 長瀬亘 山口亮 白井達也

協 力 分 担： 静岡大学、静岡理工科大学、静岡県立農林環境専門職大学、

静岡県木材協同組合連合会、静岡木材業協同組合、天竜フォレスター、フジイチ

予算(期間)：県単（2024-2026 年度）

1 目的

木材の生産工程で排出される CO₂ を定量的に示すことは、木材の環境への貢献度を正確に評価することに繋がる。また、CO₂ 排出量の定量化は、環境負荷の大きい工程を特定することにつながり、カーボンニュートラルの実現に向けて様々な業界で取り組まれている。CO₂ 排出量は施業現場ごとに異なると予想されるため、本来であれば各々の現場ごとに排出量が示されると望ましい。しかし、素材生産を行う林業経営体が CO₂ 排出量を算出するためには、自社で現場ごとに消費燃料量等を記録する必要があるが、通常の経営活動では使用しない情報であり、新たに記録をとろうとすると手間が大きい。このため消費燃料量を詳細に記録している林業経営体は少なく、現場ごとの評価は難しい。そこで、本研究では日々の軽油給油量を記録している林業経営体の協力のもと、作業日報（現場の使用機械や機械運転時間の記録）と給油量の関係を調査した。多くの林業経営体が活用している軽油引取税の免除に係る報告書に着目し、この記録を用いて素材生産現場の軽油給油量を推定することを目的とした。

2 方法

調査対象は、静岡県浜松市内の林業経営体が 2021 年 1 月～2023 年 11 月に実施した素材生産現場（66 現場）とした。作業日報は、林業経営体から提供を受けた。林業経営体が普段記録している作業日報から作業期間（日）、使用機械台数（台）、機械運転時間（h）、軽油給油量（L）の項目を集計した。素材生産の工程には、作業道開設、伐倒、集材、造材、土場への搬出があるが、工程の一部が無い現場もあった。免税軽油引取量の按分イメージを図 1 に示す。軽油引取税の免除に係る報告書から、月間の免税軽油引取量を取得し、当該月の現場数、機械運転時間で按分して、現場の軽油給油量を推定した。この推定値を、この林業経営体が記録している軽油給油量と比較した。CO₂ 排出量は、軽油給油量に CO₂ 排出係数¹⁾（2.62t-CO₂/kL）を乗じて算出した。

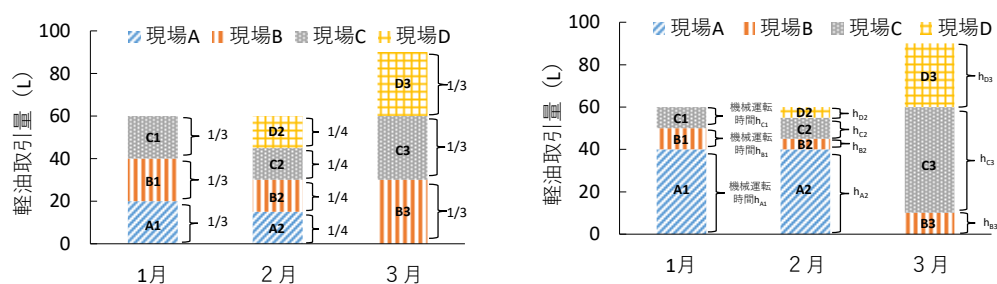


図 1 免税軽油引取量の按分イメージ（例：1～3月）

左：現場数による按分、右：機械運転時間による按分

3 結果の概要

軽油給油量と作業日報から集計した各項目との関係を図 2 に示す。作業期間、使用機械台数及び、機械運転時間当たりの給油量と CO₂ 排出量はそれぞれ、54.4L、142.5kg-CO₂、18.8L、49.2kg-

CO₂、6.0L、15.7kg-CO₂であった。決定係数は、作業期間よりも機械運転時間の方が高く、使用機械台数はその間であった。軽油給油量とそれぞれの項目の回帰式との二乗平均平方根誤差 RMSE は機械運転時間が最も少なく、430L であり、CO₂ 換算で 1.12t-CO₂ であった。これは、胸高直径 20cm、樹高 18m、35 年生のスギ（枝葉・地下部を含めた材積 0.43m³、容積密度 314kg/m³ と仮定）の炭素固定量に換算すると、4.5 本分に相当する誤差であった。軽油給油量と軽油引取量を按分した推定値との関係を図 3 に示す。現場数で按分した場合は、決定係数 R^2 が 0.582、実際の軽油給油量と軽油引取量を按分した推定値との RMSE が 1725L であった。機械運転時間で按分した場合は、 R^2 が 0.991、RMSE が 296L であり、現場数による按分より精度よく軽油給油量を推定できた。これらのことから、現場給油量を記録していない林業経営体が軽油引取量と作業時間で現場ごとの給油量と CO₂ 排出量を推定できる可能性が示唆される。

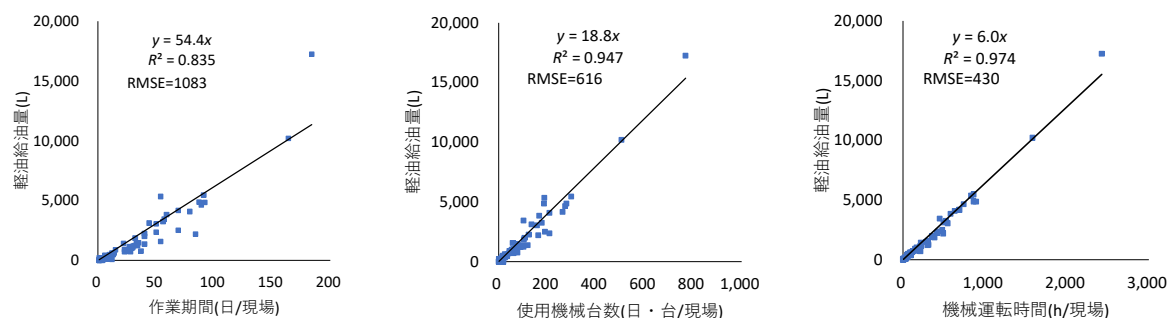


図 2 作業日報から集計した項目と軽油給油量との関係

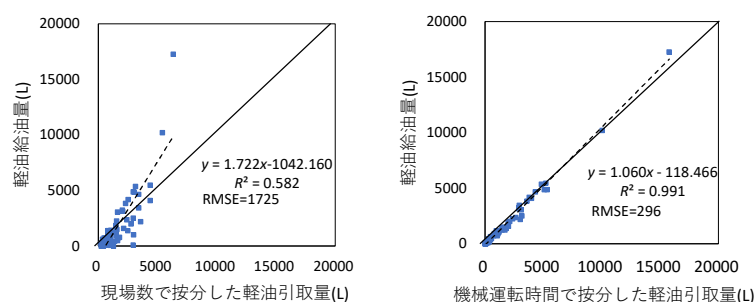


図 3 軽油引取量を按分した推定値と燃料給油量の関係

4 結果の要約

軽油給油量と作業日報から集計した各項目との相関は、機械運転時間が最も相関が高かった。軽油引取量の按分による軽油給油量の推定は、機械運転時間で按分した場合、精度よく推定でき、軽油引取量と作業時間で現場ごとの給油量と CO₂ 排出量を推定できる可能性が示唆された。

〔キーワード〕 軽油、CO₂、素材生産

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・他経営体において、本調査結果を用いた現場ごとの軽油使用量の推定
- ・素材生産以降の木材生産段階における CO₂ 排出量調査

6 結果の発表、活用等

各林業事業体の現場での CO₂ 排出量の定量化、素材生産における CO₂ 収支の明確化
木材学会（仙台）で発表予定

7 引用文献

- 1) 環境省：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧, <https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc>, 2025 年 1 月 23 日参照

課 題 名：林業現場の作業状況モニタリング技術の開発
林業現場における作業状況検知技術の開発
疲労状態の把握手法の検討

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林資源利用科

担 当 者 名：山口亮

協 力 分 担：浜松医科大学、林業経営体

予算(期間)：科研費・基盤研究 C(2022-2024 年度) 国補・普及情報システム化(2021-2024 年度)

1 目的

林業における労働災害の発生は減少傾向にあるものの、依然として他産業と比較すると発生率が大幅に高い状況にある。林業現場では各作業者が離れた場所で作業することが多いため、安全確保は個人の注意に頼らざるを得ない。また、被災や体調変化等の異常の発生を他の作業者が気付にくい状況にある。近年、各種センサーや無線通信機器の小型化・低消費電力化が進んでおり、林業現場でこれらを活用して作業者の疲労具合の把握や注意力を補完することで、労働災害発生のリスクを低減できる可能性がある。

本研究では、唾液分析や身体に装着するウェアラブルセンサー等を用いて、林内での作業による疲労状態を客観的に把握する手法について検討する。

2 方法

- (1) 調査方法 浜松医科大学生命科学・医学系研究倫理委員会の承認を受け、事前に作業者本人から適切な同意を得た後、2024 年 5 月から 12 月に植栽及び下刈、間伐等の作業現場において調査した。作業者には、作業前日から作業終了までスマートウォッチ（Garmin 社製）を装着し、食事、休息、水分摂取などの制限は行わず、通常どおりの作業下で行った。
- (2) 測定方法及び測定項目 作業開始前及び作業中（昼休憩前後を含む）、作業終了時に、主観的疲労度（VAS）及びストレスレベル、脈拍数、呼吸数、Body Battery、唾液中の α アミラーゼ活性を測定した。VAS はアンケート調査、 α アミラーゼ活性は測定用チップ及び測定器（ニプロ社製）を用い、それ以外はスマートウォッチによりデータを取得した。心拍変動解析は、得られた脈拍数を拍動間隔に変換し、心臓の収縮間隔（RR 間隔）と同等であると仮定し Kubios HRV standard version 3.5.0 を用いて算出した。
- (3) 分析内容 作業前後の Body Battery 及び脈拍数、呼吸数、stress index、 α アミラーゼ活性をウィルコクソンの符号順位検定を用いて比較した。作業前・昼の休憩前後・作業後の VAS を Friedman 検定で比較した。 α アミラーゼ活性及び心拍変動解析、VAS、ストレスレベル、Body Battery のピアソン積率相関係数を算出した。なお、個人差の影響を考慮し、複数日測定した作業者については作業時間の最も長い調査日を採用した。また、欠損データがある場合、ピアソン積率相関係数の算出以外は除外し統計解析を行った。

3 結果の概要

[前年度までの結果]

作業者の手首の角速度・加速度から、機械学習による作業種判別が可能であることを示した。作業者の疲労状態の把握に有効であると考えられる指標として、血清中の酸化ストレスマーカー（d-ROMs 及び BAP）、主観的疲労度（VAS）、脈拍数の 4 項目を選抜した。

[本年度の結果]

- (1) 作業終了後、Body Battery 及び脈拍数、stress index、 α アミラーゼ活性は有意な変化を示したが、呼吸数は有意な変化が認められなかった（表 1）。林業作業者の疲労状態を把握す

る指標として、これまでの4項目に加えてBody Battery及び α アミラーゼ活性、stress indexは有効であると考えられる。

- (2) 作業中のVASを表2に示す。作業終了後は作業開始前と比較して有意に増加し、昨年度と同様の結果となった。昼休憩前と作業終了後に有意差が認められず、昼休憩後と作業終了後には認められたことから、1時間程度の休憩であっても疲労軽減の自覚が生じている可能性がある。
- (3) α アミラーゼ活性はstress index及びVASとの間で相関があり、Body BatteryはVASとの間に相関がみられたことから、スマートウォッチで取得可能な指標で代用できる可能性がある。stress indexは心拍変動から算出される交感神経活性の指標であるため、心拍変動から算出されるLF及びHFとの間に強い相関がみられた。ストレスレベルは複数の指標と相関があったが、作業中に計測されない場合が多くみられたため、指標としては適さないと思われる(表3)。

表1 疲労状態の把握に適した測定項目の評価

測定項目	Body Battery (n=15)	脈拍数 (bpm) (n=15)	呼吸数 (brpm) (n=15)	stress index (n=25)	α アミラーゼ活性 (kIU/L) (n=15)
作業前	62.1 ± 17.9	85.5 ± 13.9	14.1 ± 2.6	27.8 ± 8.4	22.9 ± 18.0
作業後	20.5 ± 8.6	108.6 ± 23.4	14.7 ± 2.1	34.2 ± 12.8	37.0 ± 41.9
p値*	0.001	0.001	0.278	0.010	0.015
評価**	◎	◎	×	○	○

平均値±標準偏差、stress indexは2023年度測定結果を含めて解析

* Wilcoxonの符号付順位検定

** ◎:有意差有(1%水準)、○:有意差有(5%水準)、×有意差無

作業種:下刈、除伐、伐倒、間伐

表2 1日の作業中における自覚的疲労度(VAS)の推移

測定時点	VAS (mm)	多重比較 (Scheffe)
作業開始前	14.1 ± 6.7	c
昼休憩前	46.0 ± 13.6	ab
昼休憩後	32.3 ± 16.1	bc
作業終了後	68.9 ± 17.1	a
Friedman 検定	**	

平均値±標準偏差(n=15)

**同順位補正後のp<0.0001

異なる英字間に有意差有(1%水準)

作業種:下刈、伐倒、間伐

表3 各測定項目間の相関関係

測定項目	α アミラーゼ活性	stress index	LF	HF	LF/HF	VAS	ストレスレベル	Body Battery
α アミラーゼ活性		0.51	-0.34	-0.29	-0.21	0.41	-0.06	-0.31
stress index	0.01		-0.82	-0.79	-0.23	0.43	0.48	-0.33
LF	0.36	0.00		0.83	0.44	-0.29	-0.26	0.18
HF	0.81	0.00	0.00		-0.09	-0.26	-0.30	0.20
LF/HF	1.00	0.91	0.01	1.00		-0.20	0.08	0.06
VAS	0.03	0.01	0.36	0.60	1.00		0.29	-0.58
ストレスレベル	1.00	0.34	1.00	1.00	1.00	1.00		-0.29
Body Battery	0.36	0.15	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	

n=24-80、右上が相関係数、左下がp値(holm法)、作業種:下刈、伐倒、間伐

stress index: Baevskyのストレス評価値の平方根、LF:心拍変動の積分値(0.04-0.15Hz)、

HF:心拍変動の積分値(0.15-0.4Hz)、LF/HF:心拍一拍ごとの計算値の平均、VAS:自覚的疲労度、

4 結果の要約

林業作業前後に唾液分析及びウェアラブルセンサーによる測定、アンケート調査を実施した。作業に伴う前後差が認められたBody Battery及びstress index、唾液 α アミラーゼ活性は、作業者の疲労状態の把握に有効であると考えられる。

〔キーワード〕Body Battery、stress index、唾液 α アミラーゼ活性、主観的疲労度(VAS)

5 今後の問題点と次年度以降の計画

なし

6 結果の発表、活用等(予定を含む)

学会等で発表予定

課 題 名：林業現場の作業状況モニタリング技術の開発

森林内における無線通信利用技術の開発

近距離無線通信を活用した近接作業検知技術の開発（アプリの特性把握）

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林資源利用科

担 当 者 名：山口亮

協 力 分 担：浜松医科大学、林業経営体

予算(期間)：国補・普及情報システム化（2021-2024 年度）

1 目的

林業における労働災害の発生は減少傾向にあるものの、依然として他産業と比較すると発生率が大幅に高い状況にある。林業現場では各作業者が離れた場所で作業することが多いため、被災や体調変化等の異常の発生を他の作業者が気付きにくい状況にあり、安全確保は個人の注意に頼らざるを得ない。近年、各種センサーや無線通信機器の小型化・低消費電力化が進んできており、林業現場でこれらを活用して作業者の疲労具合の把握や注意力を補完することで、労働災害発生のリスクを低減できる可能性がある。

本研究では、近距離無線通信（Bluetooth）を活用し、森林内の作業者の近接を検知・警告するスマートフォン用のアプリケーション（以下、アプリ）を開発し、森林内でアプリの精度検証を行うとともに Bluetooth 電波強度の特性を調査する。

2 方法

- (1) 試験地 スギ林（浜松市浜名区根堅 2 箇所・天竜区下平山 2 箇所）、ヒノキ林（浜松市浜名区根堅 1 箇所・天竜区西藤平 3 箇所）とし、下草及び灌木のない範囲を使用
- (2) 精度検証 浜松医科大学と共同開発した近接警告アプリをスマートフォン（OPPO Reno5 A・Android 12）2 台に導入し、試験地内で作動させ、警告音発生時の端末間最長距離及び電波強度、端末間内の立木本数を測定した。スマートフォンは電波発信側を伐採作業者の胸高を想定し地上 0.5m、受信側を立入者の胸高を想定し 1.2m とし、警告音発生時の電波強度を -70dBm 及び -80 dBm、-90dBm に設定した。なお、1 測定における端末検索回数は 10 とした。また、林地においては測定に使用した範囲を中心に立木の胸高直径を計測した。
- (3) Bluetooth 電波の特性把握 スマートフォンを前述と同様に設置作動させ、端末間距離 20m 及び 30m、40m、50m における電波強度を測定した。なお、1 地点での測定回数は 50 とした。

3 結果の概要

[前年度までの結果]

立木地内でスマートフォンから発信される Bluetooth 電波強度を測定した結果、40m の距離で受信可能であり、無立木地との比較から電波強度は減衰することが確認できた。近接警告アプリを林地で実証した結果、警告音の発生が確認できた。端末間最長距離と電波強度との間及び電波強度と端末間内の立木本数との間で強い相関が認められた。近似式は林地ごとで異なったため、警告音設定の電波強度は林地の状況に応じてその都度設定することが望ましいと考えられる。

[本年度の結果]

- (1) すべての調査地で警告音の発生を確認した。警告音発生時の電波強度は、減衰要因と考えられる距離及び立木本数、立木胸高断面積ともに強い相関が認められた（表 1）。減衰要因間に大きな差がみられないことから、警告設定の電波強度は作業負担の少ない距離で推定す

ることが望ましいと考えられる。

- (2) 警告設定に必要な電波強度を決定するための推定式を調査地ごとに算出した(表2)。各調査地の決定係数が樹種ごとでまとめたものより上回ったことから、実際の作業現場では、事前に想定される危険距離において電波強度を測定し、設定することが望ましいと考えられる。一方、スギ及びヒノキ林8箇所を取りまとめた際の近似式は、 $y = -9.3011\ln(x) - 51.803$ (y: 電波強度、x: 距離、決定係数 0.76) となり、目安として使用できると考えられる。
- (3) 森林内における Bluetooth 電波強度の樹種及び距離別の変動係数は-1.2 から-4.1%であった(表3)。数パーセントのばらつきがあることを考慮して、警告設定することが必要である。

表1 端末間における電波強度と減衰要因との関係

減衰要因	相関係数 ρ
距離 (m)	-0.85
立木本数 (本)	-0.86
立木胸高断面積 (m^2)	-0.83

ρ : スピアマンの順位相関係数
調査地: スギ林4箇所及びヒノキ林4箇所の計8箇所
 $n=120$

表3 端末間距離別の電波強度

端末間距離	電波強度 (dBm) * 変動係数 (%)
スギ林	
20m	-87.36 ± 2.52 -2.9
30m	-91.94 ± 3.40 -3.7
40m	-93.34 ± 3.82 -4.1
50m	-99.42 ± 1.23 -1.2
ヒノキ林	
20m	-71.84 ± 1.63 -2.3
30m	-82.58 ± 2.79 -3.4
40m	-85.96 ± 3.32 -3.9
50m	-94.46 ± 2.76 -2.9

*: 平均値±標準偏差、 $n=50$ 、調査地: 各樹種1箇所

4 結果の要約

浜松医科大学と共同開発した近接警告アプリケーションの精度検証を森林内で実証した結果、すべての調査地で警告音の発生が確認できた。実際の使用にあたっては、想定される危険距離での電波強度を事前に測定し、電波強度のばらつきを考慮して警告設定することが必要であると考えられる。

〔キーワード〕 近接警告、Bluetooth、電波強度

5 今後の問題点と次年度以降の計画

アプリの公開方法について検討する必要がある。

6 結果の発表、活用等 (予定を含む)

プレスリリース及びF & F、機関誌等で公表した。

第98回日本産業衛生学会で発表予定(2025年5月)。

表2 警告音発生時の端末間最長距離と電波強度の関係

調査地	近似式	決定係数 R^2
全調査地	$y = -9.3011\ln(x) - 51.803^*$	0.7589
スギ林	$y = -9.1741\ln(x) - 51.665^{**}$	0.7096
	$y = -10.211\ln(x) - 52.73$	0.9115
	$y = -13.881\ln(x) - 37.776$	0.8303
	$y = -9.8251\ln(x) - 46.908$	0.7407
ヒノキ林	$y = -9.9031\ln(x) - 48.677$	0.7832
	$y = -9.5361\ln(x) - 51.66^{**}$	0.8186
	$y = -10.81\ln(x) - 48.956$	0.9342
	$y = -9.8451\ln(x) - 50.746$	0.8797
	$y = -8.3151\ln(x) - 55.904$	0.7946
	$y = -10.711\ln(x) - 46.692$	0.7543

y: 電波強度 (dBm)、x: 端末間距離 (m)

*: $n=120$ 、**: 樹種別4調査地 ($n=60$)、各調査地: $n=15$

課 題 名：林業現場の作業状況モニタリング技術の開発

森林内における無線通信利用技術の開発

近距離無線通信を活用した近接作業検知技術の開発（アプリの使用感評価）

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林資源利用科

担 当 者 名：山口亮

協 力 分 担：浜松医科大学、林業経営体

予算(期間)：国補・普及情報システム化（2021-2024 年度）

1 目的

林業における労働災害の発生は減少傾向にあるものの、依然として他産業と比較すると発生率が大幅に高い状況にある。林業現場では各作業者が離れた場所で作業することが多いため、被災や体調変化等の異常の発生を他の作業者が気付きにくい状況にあり、安全確保は個人の注意に頼らざるを得ない。近年、各種センサーや無線通信機器の小型化・低消費電力化が進んできており、林業現場でこれらを活用して作業者の疲労具合の把握や注意力を補完することで、労働災害発生のリスクを低減できる可能性がある。

本研究では、近距離無線通信（Bluetooth）を活用し、森林内の作業者の近接を検知・警告するスマートフォン用のアプリケーション（以下、アプリ）を開発し、実際の作業現場で実証試験を実施し、作業者の使用感等を収集し評価する。

2 方法

- (1) 調査地 県内各林業経営体の間伐及び除伐、下刈等の作業現場
- (2) 実証試験 浜松医科大学と共同開発した近接警告アプリをインストールしたスマートフォン（OPPO Reno5A・Reno7A、Android 12）を作業者に使用してもらい、通常作業後にアンケート調査を実施した。調査は浜松医科大学生命科学・医学系研究倫理委員会の承認を受け、27 人の作業者から適切な同意を得た後、2024 年 4 月から 8 月に延べ 36 人に対して実施した。
- (3) アンケート項目 総合的な満足度の判定項目（①アプリの満足度、②普及の見込み、③使用意向）、アプリの難易度の判定項目（④設定の容易性）、警告認知度の判定項目（⑤警告音の認識度、⑥バイブレーションの感知）とし、5 段階リッカートスケールで回答を求め、⑦として自由記載欄を設けた。
- (4) アンケート結果の解析 アプリの使用感評価を行うため、CS（顧客満足度）を算出した（CS＝「上位 1 つ or 2 つ」の回答数/全回答数×100）。各アンケート項目の上位 1 つをトップボックス、上位 2 つをトップ 2 ボックスとした。なお、延べ 36 人からの回答すべてを対象とし、⑦の自由記載は解析から除外した。

3 結果の概要

[前年度までの結果]

立木地内でスマートフォンから発信される Bluetooth 電波強度を測定した結果、40m の距離で受信可能であり、無立木地との比較から電波強度は減衰することが確認できた。共同開発した近接警告アプリを林地で実証した結果、警告音の発生が確認できた。端末間最長距離と電波強度との間及び電波強度と端末間内の立木本数との間で強い相関が認められた。近似式は林地ごとで異なったため、警告音設定の電波強度は林地の状況に応じてその都度設定することが望ましいと考えられる。

[本年度の結果]

- (1) 81%がアプリに「満足」あるいは「やや満足」（図1）、72%が普及の見込みがあると「思う」あるいは「やや思う」、83%が実用化されたときに「使いたい」あるいは「やや使いたい」と回答した。警告音の認識度は、89%が「聞こえた」あるいは「少し聞こえた」となり、バイブレーションの感知は、61%が「感じた」あるいは「少し感じた」と回答した。
- (2) 満足度及び普及の見込み、使用意向の3項目を用いて算出したアプリの総合的満足度は、トップボックスが27.8%、トップ2ボックスが78.7%となり、比較的良好な評価を得たと考えられる。容易さ及び警告認知度が、比較的高いCSを得たことがアプリの評価につながった可能性がある（表1）。
- (3) チェーンソー使用時は、刈払い機と比較して警告音、バイブレーションともに高く、使用する機械により警告の認知度合いが異なった（表2）。

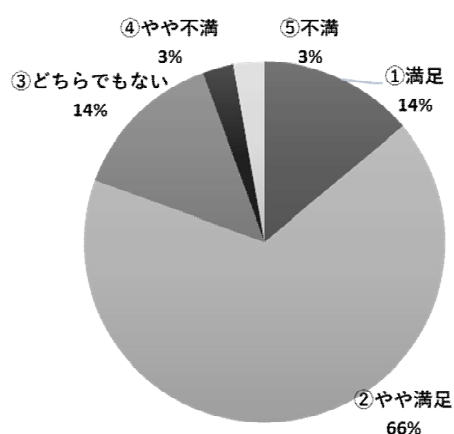


図1 アプリケーションの満足度

表1 アプリケーションの使用感評価

項目	CS (%) *	アンケート項目**
総合的満足度	78.7	①満足度 ②普及見込み ③使用意向
容易さ	88.9	④設定の容易性
警告認知度	75.0	⑤警告音の認識度、 ⑥バイブレーションの感知

*: トップ2ボックス回答数/全回答数

** : 5段階リッカートスケール

表2 使用機械の違いによる警告認知

使用機械		警告音の認識度	バイブレーションの感知
刈払い機	n=19	2 (1, 2)	3 (2, 5)
チェーンソー	n=16	1 (1, 1)	1 (1, 2)
Mann-WhitneyのU検定		**	*

数値: 中央値(第1四分位数, 第3四分位数)

警告音: 1(聞こえた)–5(聞こえなかった)の5段階

バイブレーション: 1(感じた)–5(感じなかった)の5段階

*: 有意水準5%, **: 有意水準1%

4 結果の要約

浜松医科大学と共同開発した近接警告アプリケーションを実際の作業現場で使用してもらい、作業後にアンケート調査を実施し、作業者の使用感等を収集した。満足度及び普及見込み、使用意向が高かったことから、比較的良好な評価を得たと考えられる。

〔キーワード〕 近接警告、アンケート調査、CS（顧客満足度）

5 今後の問題点と次年度以降の計画

アプリの公開方法について検討する必要がある。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

プレスリリース及びF & F、機関誌等で公表した。

第98回日本産業衛生学会で発表予定（2025年5月）。

課 題 名：静岡県産シイタケ等の付加価値向上技術の開発

静岡県産シイタケの鮮度保持技術の開発

鮮度保持のための栽培技術の開発（温度条件と保管条件の検討）

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：大石英史

協 力 分 担：農林技術研究所・加工技術科 菌床シイタケ生産者

予算(期間)：国補（普及情報活動システム化）（2022-2026 年度）

1 目的

生シイタケは野菜に比べて呼吸量が多く、呼吸熱によって子実体内の水分、栄養分を消費し、鮮度が失われていくため、保存期間が短く、海外輸出等の販路の拡大の障害となっている。切り口やひだの褐変など品質低下が顕著に表れる生シイタケを輸出するためには、鮮度保持の方法を確立することが必要である。鮮度保持期間を延長できる保存方法を確立できれば、販路の拡大が期待できる。そこで、保存条件の違いが生シイタケ保存に与える影響を明らかにするため、温度条件・保管条件（傘・ひだの上下）を変更してシイタケを保存して、そのシイタケの鮮度保持状況について調査する。

2 方法

(1) 使用した生シイタケ 川根本町の菌床生シイタケ生産業者から生シイタケを 3.0 kg 購入した（品種は森 XR1 号）。これを 80～110 g（5～6 個）ずつ毎にトレーに分けて置き、トレーごと食品包装用ポリ塩化ビニルストレッチフィルムで包装し、開口部を密封した。その後、パック毎に湿潤重量を測定した。なお、管理は全てパックにナンバーを振り、パック毎にデータを管理した。

(2) 生シイタケの保存条件

実験用子実体 3.0 kg からパックを 30 個作成して、5 区に分けた。（1 区 6 パック）

6 区の保存条件は以下のとおり。（A 区以外の保存期間約 30 日間）

A 区 保存期間が 0 日間

B 区 傘を下、ひだを上にして保存 設定保管温度 2℃（実測平均温度 0.4℃）

D 区 傘を上、ひだを下にして保存 設定保管温度 2℃（実測平均温度 1.9℃）

C 区 傘を下、ひだを上にして保存 設定保管温度 5℃（実測平均温度 5.1℃）

E 区 傘を上、ひだを下にして保存 設定保管温度 5℃（実測平均温度 4.6℃）

B、C、D、E 区に関しては、作成した生シイタケパックをそれぞれの段ボール箱に詰め、B と D の箱、C と E の箱をそれぞれの冷蔵庫に搬入して保管した。

(3) 測定項目

温度、湿度、貯蔵品質（重量減耗率、外観調査）を調査した（保存初日、15 日目、19 日目、33～34 日目、また外観調査は目視による評価）。保存最終日には、傘の硬度を果樹硬度計（KM-1、Fujiwara Factory）で、ひだの明るさをカラーリーダー（CR-20、Konica Minolta Japan）で測定した。

3 結果の概要

(1) 重量減少率の推移（表 1）

最も重量が減少したのは 2℃、ひだ下保存の D 区であり、最も重量減少が少なかったのは 5℃、ひだ下保存の E 区であった。設定保管温度の高い方 C、E 区の方が重量減少は少なかった。

(2) ひだ外観調査の推移（表 2）

B、C、D、E の区に関して、保管 15 日までは概ね販売可能な品質が保たれたが（外観評価 4.0

～3.7) 19日目になると各区で差が出てくる結果になった。必ずしも保管温度が高いC、E区の方が温度の低いB、D区より品質悪化が早かったわけではなく、5℃保存のC、Eの方が悪化は遅かった。ひだの上下で見ると、ひだを上にした区(B、C)の方が悪化が遅い傾向があった。いずれの区も、保存33～34日目にはほぼ販売が不可能な品質(1.8～1.0)となった。

(3) 傘の硬度 (表3)

2℃保存の冷蔵庫の生シイタケB、D区ではひだの上下に関わらず、傘の硬度に変化は見られなかった(0.44～0.45)。5℃保存の冷蔵庫の生シイタケでは、2℃保存の生シイタケより硬度の軟化が見られ、ひだを下にした方がより生シイタケが柔らかくなった。

(4) ひだの明るさの結果 (表4)

ひだの明るさは、2℃保存の生シイタケの区(B、D)より、5℃保存の生シイタケの区(C、E)の方が明るさが保たれた。ひだの上下で見ると、2℃保存の生シイタケでも、5℃保存の生シイタケでもひだを下にした区(D、E)の方がわずかに生シイタケのひだの明るさが保たれる結果となった。

表1 重量減少率の推移

保存日数(日)	0	15	33～34
冷蔵装置・置き方 (新鮮量減少割合※)			
B区 2℃・ひだ上	1.0000	0.8997	0.7509
D区 2℃・ひだ下	1.0000	0.8866	0.7201
C区 5℃・ひだ上	1.0000	0.8930	0.7587
E区 5℃・ひだ下	1.0000	0.9065	0.7662

※経過日生重量/0日生重量(トレーパック込み)

表2 ひだ外観調査の推移

保存日数(日)	0	15	19	33～34
冷蔵装置・置き方 (6パック平均)				
B区 保存温度2℃・ひだ上	5.0	4.0	2.3	1.0
D区 保存温度2℃・ひだ下	5.0	3.7	1.7	1.2
C区 保存温度5℃・ひだ上	5.0	4.0	3.8	1.7
E区 保存温度5℃・ひだ下	5.0	4.0	3.7	1.8

5点…庫内時と同じ良好品質(新品)
4点…良好な品質(ほとんど気にならない程度のシミ、ひだ褐変)
3点…問題ない品質(少しシミ、ひだ褐変が出たが販売には支障なし)
2点…かろうじて販売可能(シミ、ひだ褐変があるが、販売は可能)
1点…販売不可能な品質(シミ、ひだ褐変が激しすぎて販売不可)

表3 傘の硬度

保存期間・置き方	硬度(kg/cm ²)			
A区 0日	0.44	±	0.02	a
B区 33日間・2℃・ひだ上	0.44	±	0.02	a
D区 33日間・2℃・ひだ下	0.45	±	0.03	a
C区 34日間・5℃・ひだ上	0.41	±	0.03	b
E区 34日間・5℃・ひだ下	0.37	±	0.03	c
平均		±	標準偏差	

多重比較検定Scheffe'sFtest(傘硬度)
異なるアルファベット間に有意差あり(5%水準)
n数は6(6パック)

表4 ひだの明るさ

保存期間・置き方	シイタケ(ひだ)			
A区 0日	71.00	±	8.88	a
B区 33日間・2℃・ひだ上	64.41	±	8.90	b
D区 33日間・2℃・ひだ下	67.03	±	9.42	b
C区 34日間・5℃・ひだ上	73.19	±	6.26	a
E区 34日間・5℃・ひだ下	73.50	±	7.49	a
平均		±	標準偏差	

多重比較検定Scheffe'sFtest(ひだ明るさ)
異なるアルファベット間に有意差あり(5%水準)
n数は6(6パック)

4 結果の要約

目視によるひだ外観調査の推移の調査では、ひだを上にした方が品質の劣化が遅くなる傾向が見られたが、定量的調査である硬度、色差の結果は、まず生シイタケの硬度をみると、保存温度によってはひだを下にした方が軟化する傾向にあったが、色差の結果ではひだを下にした方が品質の劣化はひだの明るさが保たれた。

〔キーワード〕生シイタケ、鮮度保持、保存方法

5 今後の問題点と次年度以降の計画

必ずしも5℃保存の生シイタケの方が、2℃保存の生シイタケより品質の劣化が遅いとは言えなかった。温度以外の条件で品質の劣化に影響するものについて調査する必要があると思われる。また、ひだの上下について、目視によるひだ外観調査ではひだを上にした方が劣化が遅かったが、定量的調査(硬度、色差)で劣化が遅いとは言えなかった。ひだ外観調査と定量的調査で差が生じる理由については今後の問題点である。

6 結果の発表、活用等

生産者等へ情報提供を行う。

課 題 名：静岡県産シイタケ等の付加価値向上技術の開発

静岡県産シイタケの鮮度保持技術の開発

鮮度保持のための栽培技術の開発（温度条件と保存ガスの検討）

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：大石英史

協 力 分 担：農林技術研究所・加工技術科 菌床シイタケ生産者

予算(期間)：国補（普及情報活動システム化）（2022-2026 年度）

1 目的

生シイタケは野菜に比べて呼吸量が多く、呼吸熱によって子実体内の水分、栄養分を消費し、鮮度が失われていくため、保存期間が短く、海外輸出等の販路の拡大の障害となる。切り口やひだの褐変など品質低下が顕著に表れる生シイタケを輸出するためには、鮮度保持の方法を確立することが必要である。鮮度保持期間を延長できる保存方法を確立できれば、販路の拡大が期待できる。そこで保存条件の違いが生シイタケ保存に与える影響を明らかにするため、温度条件と充填する保存ガスを変更してシイタケを保存して、そのシイタケの鮮度保持状況について調査する。

2 方法

(1) 使用した生シイタケ 川根本町の菌床生シイタケ生産業者から生シイタケを 3.6 kg購入した（品種は森 XR1 号）。これを 80～120 g（4～5 個）ずつ毎にトレーに分けて置き、トレーごと食品包装用ポリ塩化ビニルストレッチフィルムで包装し、開口部を密封した。その後、パック毎に湿潤重量を測定した。なお、管理は全てパックにナンバーを振り、パック毎にデータを管理した。

(2) 生シイタケの保存条件

実験用子実体 3.6 kgからパックを 36 個作成して、6 区に分けた。（1 区 6 パック）

6 区の保存条件は以下のとおりとした。（A 区以外の保存期間 15 日間、設定保管湿度 90%）

A 区 保存期間が 0 日間

B 区 CO₂ 充填なしで保存 設定保管温度 20℃（実測平均温度 20.7℃）

C 区 CO₂ 充填ありで保存 設定保管温度 20℃（実測平均温度 20.9℃）

D 区 CO₂ 充填なしで保存 設定保管温度 5℃（実測平均温度 9.0℃）

E 区 CO₂ 充填ありで保存 設定保管温度 5℃（実測平均温度 8.0℃）

F 区 CO₂ 充填あり（ドライアイス）で保存 設定保管温度 5℃（実測平均温度 8.2℃）

B、C 区に関しては、作成した生シイタケパックを発泡スチロールの箱に詰め、温度設定した部屋に搬入して保管した。D、E、F 区に関しては、作成した生シイタケパックを発泡スチロールの箱に詰め、温度設定した定温器に搬入して保管した。なお、C、E 区に関しては、CO₂（二酸化炭素）充填を CO₂ スプレー缶で行い（15 日間で 4 回、5.0L/回）、F 区に関しては、保管当初日に発泡スチロール箱の蓋の裏にドライアイスを添付して CO₂ を充填した。

(3) 測定項目

温度、湿度、貯蔵品質（重量減耗率、外観調査）を調査した。（保存初日、3 日目、7 日目、10 日目、15 日目、外観調査は目視による評価）保存最終日には、傘の硬度を果樹硬度計（KM-1、Fujiwara Factory）ひだの明るさをカラーリーダー（CR-20、Konica Minolta Japan）で測定した。

3 結果の概要

(1) 重量減少率の推移（表 1）

20℃保存の B、C 区で 10%程度の重量減少が見られた。設定保存温度 5℃の区（D、E、F）では、ドライアイスによる CO₂ の充填のした F 区が最も重量が保たれた。

(2) ひだの状況の外観調査の推移(表2)

保存温度が20℃のB、C区はひだの外観が3日から7日の間に急激に悪化してCO₂充填の有無に関わらず、販売が不可能な品質となった(数値が5.0から1.0に悪化)。設定保存温度が5℃のD、E区では、10日にはひだ外観が1～2となり、15日目には販売が不可能な品質となった。なお、D、E区ではCO₂充填のあったE区の方がわずかに品質の悪化が遅かった。設定保存温度が5℃で、ドライアイスを設置したF区では、ドライアイスにより凍結した生シイタケが解凍後軟化して、その後品質の悪化が早まった。

(3) 傘の硬度(表3)

20℃保存のB、C区では生シイタケが溶けてしまったため、硬度の測定は出来なかった。設定保存温度5℃の区(D、E、F)では、定期的にCO₂の充填のしたE区が傘硬度が保たれた。CO₂充填のないD区がその次に硬度を保ち、ドライアイス設置を行ったF区が一番軟化した。

(4) ひだの明るさ(表4)

20℃保存の区(B、C)では生シイタケが溶けてしまったため、ひだの色差について測定出来なかった。設定保存温度5℃保存の生シイタケでは、定期的にCO₂充填を行ったE区が一番ひだの明るさが保たれた。その次に最初にドライアイスを設置したF区が続き、CO₂充填のなかったD区が一番暗くなった。

表1 重量減少率の推移

保存日数(日)	0	3	7	10	15
保管方法・ガス条件 (新鮮量減少割合※)					
B区 設定保存温度20℃	1.0000	0.9816	0.9548	0.9339	0.8976
C区 設定保存温度20℃ CO ₂ 充填あり	1.0000	0.9799	0.9531	0.9327	0.9126
D区 設定保存温度5℃	1.0000	0.9886	0.9764	0.9648	0.9447
E区 設定保存温度5℃ CO ₂ 充填あり	1.0000	0.9889	0.9784	0.9686	0.9500
F区 設定保存温度5℃ ドライアイス設置	1.0000	0.9905	0.9759	0.9673	0.9507

※経過日生重量/0日生重量(トレイバック込み)

表2 ひだ外観調査の推移

保存日数(日)	0	3	7	10	15
保管方法・ガス条件 (6パック平均)					
B区 設定保存温度20℃	5.0	5.0	1.0	1.0	1.0
C区 設定保存温度20℃ CO ₂ 充填あり	5.0	4.7	1.0	1.0	1.0
D区 設定保存温度5℃	5.0	4.8	4.8	1.2	1.0
E区 設定保存温度5℃ CO ₂ 充填あり	5.0	5.0	4.8	2.2	1.0
F区 設定保存温度5℃ ドライアイス設置	5.0	4.5	1.8	1.7	1.0

5点…集荷時と同じ良好品質(新品)
4点…良好な品質(ほとんど気にならない程度のシミ、ひだ褐変)
3点…問題ない品質(少しシミ、ひだ褐変が出たが販売には支障なし)
2点…かろうじて販売可能(シミ、ひだ褐変があるが、販売は可能)
1点…販売不可能な品質(シミ、ひだ褐変が進み販売不可)

表3 傘の硬度

保管方法・ガス条件	硬度(kg/cm ²)		
A区 0日	0.46	±	0.04 a
B区 設定保存温度20℃	計測不能		
C区 設定保存温度20℃ CO ₂ 充填あり	計測不能		
D区 設定保存温度5℃	0.26	±	0.03 bcd
E区 設定保存温度5℃ CO ₂ 充填あり	0.29	±	0.04 bc
F区 設定保存温度5℃ ドライアイス設置	0.24	±	0.05 bd
	平均	±	標準偏差

多重比較検定Scheffe'sFtest(傘硬度)

異なるアルファベット間に有意差あり(5%水準)

n数は6(6パック)

表4 ひだの明るさ

保管方法・ガス条件	シイタケ(ひだ)		
A区 0日	72.33	±	7.39 a
B区 設定保存温度20℃	計測不能		
C区 設定保存温度20℃ CO ₂ 充填あり	計測不能		
D区 設定保存温度5℃	24.50	±	8.13 b
E区 設定保存温度5℃ CO ₂ 充填あり	30.76	±	8.19 c
F区 設定保存温度5℃ ドライアイス設置	29.60	±	10.27 c
	平均	±	標準偏差

多重比較検定Scheffe'sFtest(ひだ明るさ)

異なるアルファベット間に有意差あり(5%水準)

n数は6(6パック)

4 結果の要約

20℃保存の生シイタケでは、CO₂の充填の有無に関わらず生シイタケは溶解して各種測定は不可能となった。5℃保存の生シイタケでは、CO₂の充填によって品質の劣化が遅くなるという結果になった。ドライアイスによるCO₂の充填では生シイタケの凍結がシイタケ鮮度の劣化を早めた。

〔キーワード〕生シイタケ、鮮度保持、二酸化炭素

5 今後の問題点と次年度以降の計画

5℃保存の定温器について、実際の温度は9～8℃までしか下がらなかった。定温器の霜取り等の管理を徹底する必要がある。ドライアイスによるCO₂充填では、凍結により生シイタケの劣化早まる結果になったので、ドライアイスと生シイタケの間に緩衝材を設置するなど凍結しない充填法を考える必要があると思われる。

6 結果の発表、活用等

生産者等へ情報提供を行う。

課 題 名：静岡県産シイタケ等の付加価値向上技術の開発

静岡県産シイタケの鮮度保持技術の開発

鮮度保持のための栽培技術の開発(温度条件と充填保存ガスの保持による影響)

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：大石英史

協 力 分 担：農林技術研究所・加工技術科 菌床シイタケ生産者

予算(期間)：国補（普及情報活動システム化）（2022-2026 年度）

1 目的

生シイタケは野菜に比べて呼吸量が多く、呼吸熱によって子実体内の水分、栄養分を消費し、鮮度が失われていくため、保存期間が短く、海外輸出等の販路の拡大の障害となっている。切り口やひだの褐変など品質低下が顕著に表れる生シイタケを輸出するためには、鮮度保持の方法を確立することが必要である。鮮度保持期間を延長できる保存方法を確立できれば、販路の拡大が期待できる。そこで、保存条件の違いが生シイタケ保存に与える影響を明らかにするため、温度条件と充填する保存ガスを変更してシイタケを保存して、そのシイタケの鮮度保持状況について調査する。

2 方法

(1) 使用した生シイタケ 川根本町の菌床生シイタケ生産業者から生シイタケを 3.18 kg 購入した（品種は森 126 号）。これを 80～110 g（6 個）ずつ毎にトレーに分けて置き、トレーごと食品包装用ポリ塩化ビニルストレッチフィルムで包装し、開口部を密封した。その後、パック毎に湿潤重量を測定した。なお、管理は全てパックにナンバーを振り、パック毎にデータを管理した。

(2) 生シイタケの保存条件

実験用子実体 3.0 kg からパックを 35 個作成して、5 区に分ける。（1 区 7 パック）

5 区の保存条件は以下のとおりとした。（A 区以外の保存期間 15 日間、設定保管湿度 90%）

A 区 保存期間が 0 日間

B 区 CO₂ 充填なしで保存 設定保管温度 10℃（実測平均温度 9.1℃）

C 区 CO₂ 充填ありで保存 設定保管温度 10℃（実測平均温度 9.5℃）

D 区 CO₂ 充填なしで保存 設定保管温度 5℃（実測平均温度 6.3℃）

E 区 CO₂ 充填ありで保存 設定保管温度 5℃（実測平均温度 6.5℃）

B、C、D、E 区に関しては、作成した生シイタケパックを発泡スチロールの箱に詰め、温度設定した部屋に搬入して保管した。なお、CO₂（二酸化炭素）充填を行った C、E 区に関しては、充填した CO₂ が漏れないよう、2 重にしたポリエチレンの袋に CO₂ スプレー缶で CO₂ を充填して（15 日間で 4 回、約 2.5L/回）その中にパックを入れ、それを発泡スチロールの箱に入れて保管した。

(3) 測定項目

温度、湿度、貯蔵品質（重量減耗率、外観調査）を調査した（保存初日、4 日目、7 日目、10 日目、15 日目、また外観調査は目視による評価）。保存最終日には、傘の硬度を果樹硬度計（KM-1、Fujiwara Factory）で、ひだの明るさをカラーリーダー（CR-20、Konica Minolta Japan）で測定した。

3 結果の概要

(1) 重量減少率の推移（表 1）

最も重量が減少したのは 10℃ 保存、CO₂ 充填のなかった B 区であり、最も減少が少なかったのは 5℃ 保存、CO₂ 充填のあった E 区であった。B 区と C 区、D 区と E 区で比較すると CO₂ 充填のあ

ったC区とE区で重量の減少が少なくなるという結果になった。

(2) ひだの状況等の外観調査の推移 (表2)

保存温度が10℃のB、C区はひだの外観が7日以降に悪化してCO₂充填の有無に関わらず15日目には、販売がほぼ不可能な品質となった。B区とC区で比較すると、CO₂充填のあったC区の方がわずかに劣化が遅かった。保存温度が5℃のD、E区では保管7日までは品質が保たれたが、10日目にはひだ外観が4.9～4.1(7パック平均)となり、15日目にはなんとか販売可能な品質(ひだ外観3.3～2.7)となった。D、E区では、CO₂充填のあったE区の方が品質の劣化が遅くなった。

(3) 傘の硬度 (表3)

10℃保存のB、C区ではCO₂の充填のあったC区の方がわずかに傘硬度が保たれた。保存温度5℃のD、E区では、CO₂充填のなかったD区の方が硬度が保たれた。(差はわずか)

(4) ひだの明るさの結果 (表4)

ひだの明るさは、10℃保存のB、C区ではCO₂の充填のあったC区の方が明るさが保たれた。5℃保存のD、E区では、CO₂充填のなかったD区の方が明るさが保たれた。0日保存のA区を除けば、最も明るさが保たれたのは、5℃保存でCO₂充填を行わなかったD区であった。

表1 重量減少率の推移

保存日数(日)	0	4	7	10	15
冷蔵装置・置き方	(新鮮量減少割合※)				
B区 保存温度10℃	1.0000	0.9868	0.9744	0.9617	0.9418
C区 保存温度10℃ CO ₂ 充填あり	1.0000	0.9954	0.9913	0.9874	0.9820
D区 保存温度5℃	1.0000	0.9934	0.9889	0.9845	0.9764
E区 保存温度5℃ CO ₂ 充填あり	1.0000	0.9974	0.9953	0.9923	0.9878

※経過日生重量/0日生重量(トレパック込み)

表3 傘の硬度

保管方法・ガス条件	硬度(kg/cm ²)		
A区 0日	0.45	±	0.03 a
B区 保存温度10℃	0.31	±	0.04 b
C区 保存温度10℃ CO ₂ 充填あり	0.33	±	0.04 b
D区 保存温度5℃	0.37	±	0.05 c
E区 保存温度5℃ CO ₂ 充填あり	0.36	±	0.03 c
	平均	±	標準偏差

多重比較検定Scheffe'sFtest(傘硬度)

異なるアルファベット間に有意差あり(5%水準)

n数は7(7パック)

表2 ひだ外観調査の推移

保存日数(日)	0	4	7	10	15
冷蔵装置・ガス条件	(7パック平均)				
B区 保存温度10℃	5.0	5.0	3.3	2.4	1.0
C区 保存温度10℃ CO ₂ 充填あり	5.0	4.4	4.1	2.4	1.1
D区 保存温度5℃	5.0	5.0	5.0	4.1	2.7
E区 保存温度5℃ CO ₂ 充填あり	5.0	5.0	5.0	4.9	3.3

5点…業務時と同じ良好品質(新品)

4点…良好な品質(ほとんど気にならない程度のシミ、ひだ褐変)

3点…問題ない品質(少しシミ、ひだ褐変が出たが販売には支障なし)

2点…かろうじて販売可能(シミ、ひだ褐変があるが、販売は可能)

1点…販売不可能な品質(シミ、ひだ褐変が進み販売不可)

表4 ひだの明るさ

保管方法・ガス条件	シイタケ(ひだ)		
A区 0日	73.22	±	5.73 a
B区 保存温度10℃	36.93	±	12.94 b
C区 保存温度10℃ CO ₂ 充填あり	47.28	±	15.70 c
D区 保存温度5℃	66.45	±	12.85 d
E区 保存温度5℃ CO ₂ 充填あり	64.90	±	10.43 d
	平均	±	標準偏差

多重比較検定Scheffe'sFtest(ひだ明るさ)

異なるアルファベット間に有意差あり(5%水準)

n数は7(7パック)

4 結果の要約

10℃保存の生シイタケでは、CO₂の充填が生シイタケの鮮度保持に効果があったと言えるが、5℃保存の生シイタケでは目視によるひだの外観調査では品質の悪化が遅くなったが、定量的な傘の硬度や、ひだの明るさによる計測でCO₂の充填が効果があると言える結果にはならなかった。

[キーワード] 生シイタケ、鮮度保持、二酸化炭素

5 今後の問題点と次年度以降の計画

CO₂充填を行ったC、E区ではCO₂が漏れないようにポリエチレンの袋に2重に袋詰めを行ったが、結果として、トレ底に水滴が付きやすい傾向はあった。これが鮮度保持に与えた影響について考慮する必要性はあると思われる。今後の課題としては品質を保つためのより良い保存温度・ガス条件等の検討があげられる。

6 結果の発表、活用等

生産者等へ情報提供を行う。

課 題 名：静岡県産シイタケ等の付加価値向上技術の開発
担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林資源利用科
担 当 者 名：中田理恵、大石英史
協 力 分 担：農林技術研究所・加工技術科 シイタケ生産者 JA 静岡経済連
予算(期間)：国補・普及情報システム化（2022-2024 年度）

1 目的

静岡県内で生産されたシイタケを海外で販売すると想定した場合、清水港からの船舶輸送とすれば輸送経費が安い、輸送や税関手続きにより、台湾、香港で 10 日、シンガポール、マレーシアで 20 日、ヨーロッパ等で 30 日ほどの日数が必要になる。シイタケは野菜に比べて呼吸量が多く、温度が上昇するとさらに多くなり、呼吸熱によって子実体内の水分、栄養分を消費し、鮮度が失われていく。切り口やひだの褐変など品質低下が外観に顕著に表れるシイタケを輸出するためには、鮮度保持の方法を確立することが必要となる。そこで、県産シイタケの輸出促進を図るため、生シイタケの品質低下を抑える鮮度保持技術を開発することを目的として、輸出に使用するコンテナ内において包装資材、保存ガスを変えて保存状況を調査した。

2 方法

(1) 包装資材等 原木シイタケ子実体を収穫後、約 100 g 毎にトレーに置き、トレーごと食品包装用ポリ塩化ビニルストレッチフィルムで包装し、開口部を密封した。原木シイタケはサイズ M ～ L で、肉厚な子実体を使用した。包装資材は、①食品包装用ポリ塩化ビニルストレッチフィルム A (Denka Polmer, KL300, 防曇. 以下 A)、②食品包装用ポリ塩化ビニルストレッチフィルム B (Denka Polmer, ML300, 汎用. 以下 B)を使用した。その後、2℃で一晩保冷し、湿潤重量を測定し、包装種別ごとに段ボール箱に入れた。（トレー内に二酸化炭素注入処理の場合あり）
(2) 温度条件 船舶による輸出を模し、冷蔵機械は高規格リーファーコンテナ (Fresh Keeping Device “futecc,” 以下 futecc)、船舶輸送で使用頻度の高い冷蔵コンテナ (以下 reefer) を 3℃に設定し、段ボール箱入りの他の農産物 18 品目と共にコンテナ内で保存した。コンテナは清水港内に据え置き、調査日に冷蔵倉庫内で調査を行った。
(3) 測定項目 10 日目、20 日目、30 日目のコンテナ内の温度、湿度、貯蔵品質（新鮮重減少割合、官能評価）を調査した。外観から見た農産物スコアは、外観を農作物の評価にかかわる専門家 3 名（農林技術研究所加工技術科、バイヤー、市場関係者）が 1 から 5 点の 5 段階のスケールによる評価法により評価した。調査最終日には、傘の硬度を果樹硬度計 (KM-1, Fujiwara Factory) で、ひだと傘の色をカラーリーダー (CR-13, Konica Minolta Japan) で測定した。

3 研究期間を通じての成果の概要

(1) 貯蔵期間中の温度、湿度

貯蔵期間内の冷蔵コンテナ内の温度は、futecc、reefer 共に 3℃付近に保たれていた。futeccの方が温度制御を頻繁に行っており、相対的に湿度が低かった。また、段ボール箱に入れることで、温度を低く、湿度を高く保った。

(2) 新鮮重減少割合（重量/0 日の重量）

保存期間が長くなるほど重量が減少し、重量減少割合が高くなった。futecc の湿度が低いため、futecc の重量減少率が大きくなる傾向があった (図 1)。reefer においては、包装 A の新鮮重減少割合が低かった。

(3) 傘の硬度

傘の硬度は、0 日に比べて 30 日後の硬度が低下し、包装資材 A より包装資材 B の硬度が保たれ

る傾向があった(表1)。冷蔵装置、二酸化炭素処理による有意差はなかった。

(4) 色の変化

30日後のひだの色は、0日に比べ赤み、黄みが増したが、明るさに差はなかった(表2)。傘の色は、0日に比べ黄みが増したが、明るさ、赤みに差はなかった。冷蔵装置、包装資材の違いによる差はなかった。

(5) 貯蔵試験による外観から見た農産物スコア、及び可売率

31日目には、futecc、reefer共に包装資材Aにおいて一部パック内に気中菌糸が発生していたが、外観から見た農産物スコアは、販売可能と評価された(表3)。

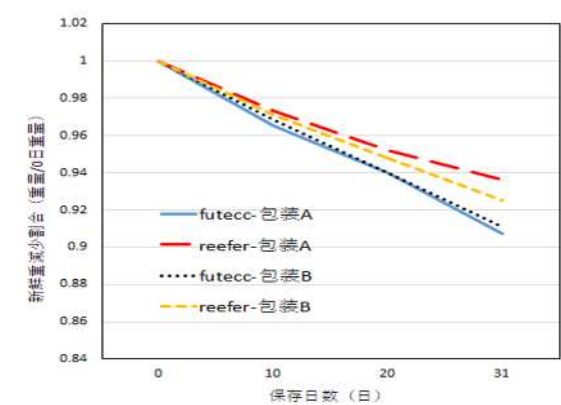


図1 新鮮重量減少割合の推移

表1 傘の硬度 (kg/cm²)

冷蔵装置	包装資材 (保存日数)	シイタケ(傘)
	0日	0.46 ± 0.03
futecc	A(30日)	0.36 ± 0.03 **
reefer	A(30日)	0.36 ± 0.01 **
futecc	B(30日)	0.38 ± 0.02 **
reefer	B(30日)	0.39 ± 0.03 **
包装資材		\$\$
冷蔵装置		NS
交互作用		NS

(検定により0日目と比較して、**は1%で、*は5%で有意差があることを示す)
包装資材と冷蔵装置の二元配置分散分析法により、\$\$は1%で、\$は5%で有意差があることを示す

表2 子実体の色差

明るさL*	包装資材 (保存日数)	シイタケ(ひだ)	シイタケ(傘)
	0日	80.6 ± 2.9	38.0 ± 1.9
futecc	A(30日)	77.0 ± 4.8	40.5 ± 6.6
reefer	A(30日)	77.6 ± 2.2	36.7 ± 3.9
futecc	B(30日)	77.8 ± 2.1	41.7 ± 6.1
reefer	B(30日)	77.5 ± 1.3	37.6 ± 6.0
包装資材		NS	NS
冷蔵装置		NS	NS
交互作用		NS	NS

赤みa*	包装資材 (保存日数)	シイタケ(ひだ)	シイタケ(傘)
	0日	3.2 ± 0.4	9.7 ± 0.5
futecc	A(30日)	5.1 ± 1.3 **	10.2 ± 0.6
reefer	A(30日)	5.0 ± 0.8 **	10.5 ± 0.5
futecc	B(30日)	4.7 ± 0.4 *	10.8 ± 1.1
reefer	B(30日)	4.8 ± 0.4 **	10.1 ± 0.4
包装資材		NS	NS
冷蔵装置		NS	NS
交互作用		NS	NS

黄みb*	包装資材 (保存日数)	シイタケ(ひだ)	シイタケ(傘)
	0日	14.6 ± 0.7	15.0 ± 0.5
futecc	A(30日)	16.6 ± 0.7 **	18.2 ± 1.7 **
reefer	A(30日)	16.8 ± 0.4 **	17.6 ± 1.0 *
futecc	B(30日)	16.6 ± 0.8 **	19.0 ± 1.5 **
reefer	B(30日)	16.8 ± 0.4 **	17.6 ± 1.9 *
包装資材		NS	NS
冷蔵装置		NS	NS
交互作用		NS	NS

(検定により0日目と比較して、**は1%で、*は5%で有意差があることを示す)
包装資材と冷蔵装置の二元配置分散分析法により、\$\$は1%で、\$は5%で有意差があることを示す

表3 外観から見た農産物スコア及び可販率

包装資材	10日目				20日目				30日目			
	農産物スコア(点) 注1)		可販率(%) 注2)		農産物スコア(点)		可販率(%)		農産物スコア(点)		可販率(%)	
	futecc	reefer	futecc	reefer	futecc	reefer	futecc	reefer	futecc	reefer	futecc	reefer
A	5	5	100	100	5	5	100	100	5	5	100	100
B	5	5	100	100	5	5	100	100	5	5	100	100

注1) 1点：販売不可能な品質(Not for sale)、2点：販売可能だが3より劣る品質(less)、3点：販売が可能で問題のない品質(OK)、4点：販売可能で良好な品質(Good)、5点：集荷時と同等の品質
注2) スコア2点、3点、4点、5点が占める割合

4 研究期間を通じての成果の要約

2種類の包装資材で包装された原木シイタケは、futecc、reefer内での30日の保存により、傘の硬度が軟化し、ひだは赤み、黄みが増し、傘は黄みが増加した。reeferにおいては、包装資材Aの鮮重量減少割合が抑えられた。また、二酸化炭素処理はひだ明るさ低下が防止された。
[キーワード] 原木シイタケ 鮮度 包装資材 コンテナ 二酸化炭素

5 成果の活用面と留意点

生産者等へ情報提供を行う(2024年3月)。

6 残された問題とその対応

包装資材による保存方法の検討。

課 題 名：大径材や未利用木材等の品質評価・有効活用技術の開発

人工乾燥材に求められる品質に関するアンケート調査

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：長瀬亘、稲葉大地

協 力 分 担：（一社）全国木材組合連合会

予算(期間)：受託研究(2022 年度)

1 目的

一般の木造住宅の多くで使用されている心持ち無背割り材は材面割れが発生しやすいため、人工乾燥時に高温セット処理を採用する工場が多いのが現状である。しかし、処理条件やその後の乾燥条件によっては、乾燥後の製材の強度性能が低下する可能性があり、適正な乾燥条件を普及する必要がある。そこで、利用者が人工乾燥材に望む品質を明らかにし、乾燥材生産事業者に対して適正な乾燥条件を示す普及資料を作成することを目的として、プレカット会社および住宅供給会社に対して、人工乾燥材に求められる品質についてアンケート調査を実施した。

なお、この調査は全国の主要なプレカット会社、住宅供給会社、11 道県（北海道、栃木県、長野県、静岡県、石川県、兵庫県、岡山県、愛媛県、熊本県、大分県、宮崎県）の住宅供給会社及びプレカット会社に対して実施したもののうち静岡県の事例について報告する。

2 方法

(1) 調査対象

住宅供給会社：しずおか優良木材協力工務店のうち 28 者

プレカット会社：静岡県木材協同組合連合会の会員組合に属するプレカット会社の 12 者

(2) 調査項目

①調査対象会社の規模、②製材・集成材の割合、③使用する樹種、④柱及び梁に要求する含水率及び使用している含水率、⑤構造材に国産材の人工乾燥材を使用する理由・使用しにくい理由、⑥許容できる表面割れの長さおよび幅（柱及び梁）、⑦許容できる内部割れ、⑧人工乾燥材の不具合、⑨人工乾燥材に期待すること、⑩国産樹種の心去り材への利用について

(3) 調査方法及び期間

調査対象に事前予告文書を郵送し、1 週間程度の期間をおいてアンケート様式に返信用封筒を同封して郵送した。調査対象のうち住宅供給会社 4 者、プレカット工場 3 者については、聞き取り調査を行った。聞き取り調査先には、事前にアンケートを郵送し、回答をもとに聞き取りを行った。調査期間は、2022 年 8 月 29 日から 2022 年 9 月 16 日とした。

3 結果の概要

アンケート調査票の回答数（回答率）は、住宅供給会社が 14 者（50%）、プレカット会社が 9 者（75%）であった。調査に回答した住宅供給会社の加工棟数は、年間 4～45 戸（平均 17 戸）であった。プレカット会社の加工棟数は、年間 9～2550 戸（平均 1159 戸）であった。最もよく使う樹種及び製材・集成材の使用割合を表 1 に示す。住宅供給会社では、製材の使用割合が 9 割を超えほとんどの会社が製材のみを取り扱っていた。また、柱ではヒノキ、梁ではスギで最も使用する樹種の割合が最も大きかった。プレカット会社では、製材の使用割合は、柱が 5 割程度、梁が 6 割程度で、製材の柱ではヒノキが、製材の梁ではベイマツが最も使用する樹種の割合が大き

かった。柱および梁に要求する含水率は、住宅供給会社、プレカット会社ともに、下限は15%、上限は20%が多かった。使用している部材の含水率は、柱、梁とも含水率20%の回答が多かった。許容できる表面割れの長さ及び幅を図1及び図2に示す。表面割れ長さは、「材長に対して1/4程度」と回答した会社が最も多かったが、住宅供給会社ではそもそも割れを問題視していない会社の割合も大きかった。割れ幅については、住宅供給会社は、「5mm程度まで」と回答した会社が最も多く、プレカット会社では、「3mm程度まで」と回答した会社が最も多かった。また、住宅供給会社は、貫通割れでなければ許容する会社もあり、プレカット会社よりも住宅供給会社の方が、表面割れに対しての許容が大きい傾向にあった。許容できる木口面の割れ（内部割れ）の大きさについて、柱の断面の画像を示して調査した結果、住宅供給会社、プレカット会社ともに、④（総長さ約150mm）の割合が最も大きかった。国産材を使用する理由として、住宅供給会社では「地産地消の推進」が最も多く、次に「補助金がある」であった、品質面では「耐久性が高い」が最も多く選択された。プレカット会社では「施主からの指定」が最も多く、次に「補助金がある」であった、品質面では「施工性が良い」が最も多く選択された。国産材を使用しにくい理由として、プレカット会社では「価格が不安定」が最も多く、次に「必要なときに必要な量を確保できない」が多かった、品質面では「強度が低い」が最も多く選択された。国産心去り材について、住宅供給会社では、柱及び土台はほとんど使用されず（1社のみ使用）、梁で31%の会社が使用していた。プレカット会社では、柱で22%、土台で0%、梁で56%の会社が使用していた。

表1 最もよく使う樹種及び
製材・集成材の使用割合

	住宅供給会社				プレカット会社			
	柱		梁		柱		梁	
	製材	集成材	製材	集成材	製材	集成材	製材	集成材
スギ	35.7	-	85.7	-	33.3	11.1	33.3	-
ヒノキ	64.3	-	-	7.1	66.7	-	-	-
ベイマツ	-	-	14.3	-	-	-	66.7	-
ホワイトウッド	-	7.7	-	-	-	77.8	-	-
レッドウッド	-	-	-	14.3	-	-	-	77.8
異樹種集成材	-	-	-	-	-	-	-	22.2
その他	-	-	-	7.1	-	11.1	-	-
該当なし	-	92.3	-	57.1	-	-	-	-
使用割合 (平均) (%)	95.4	4.6	94.3	5.7	48.1	51.9	60.7	39.3

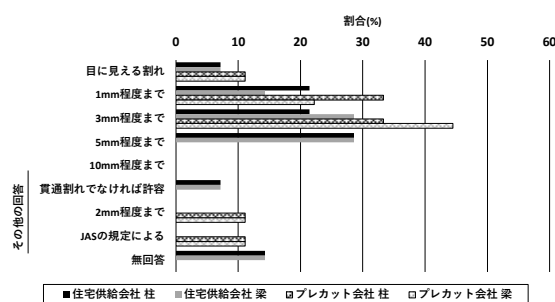


図2 許容できる表面割れの幅

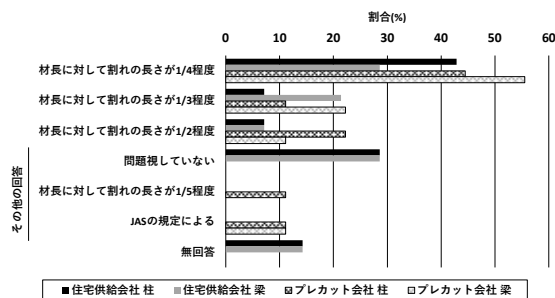


図1 許容できる表面割れの長さ

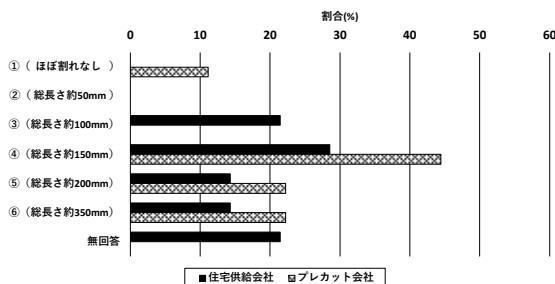


図3 許容できる木口面の割れ（内部割れ）

4 結果の要約

プレカット会社（県産材利用と県外産利用の会社が混在）よりも住宅供給会社（県産材を利用している会社を対象）の方が、表面割れに対しての許容が大きい傾向にあった。表面割れ長さは、「材長に対して1/4程度」と回答した会社が最も多かった

〔キーワード〕 無背割り材、材面割れ、内部割れ

5 今後の問題点と次年度以降の計画

特になし

6 結果の発表、活用等

全国的な集計結果は、冊子「品質の確かな人工乾燥材の生産むけて」として全木連が公表しており、しずおか優良木材認定工場へは配布し説明した。

課 題 名：大径材や未利用木材等の品質評価・有効活用技術の開発

製材工場におけるスギ平角のガンマ線測定による人工乾燥前の選別

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：長瀬亘、稲葉大地

協 力 分 担：マイクロメジャー(株)、大井川小径木加工事業(協組)

予算(期間)：新成長戦略研究 政策課題指定枠(2023 年度)、県単(2021-2023 年度)、
国補(農林水産技術会議「みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち農林水産研究の推進(委託プロジェクト研究)」(2023-2025 年度))

1 目的

スギは含水率のバラツキが大きいため、人工乾燥後の製品に含水率の規格外品が多く出るなど、安定供給に支障がある。この問題の解決方法として、人工乾燥前に選別する方法がある。選別の方法としては、従来の方法として重量選別があげられるが、測定の手間がかかるなどのデメリットもある。そこで、本研究では、スギ平角が製材ラインを通過する際に、ガンマ線測定することで、オートメーションに選別する技術の開発を実施した。また、人工乾燥前に天然乾燥を組み合わせることにより、乾燥コストを削減し、規格外品を減少させる方法を検討した。人工乾燥のみの結果は一部、昨年度報告済みだがまとめて報告する。

2 方法

(1) ガンマ線の測定

試験に用いたスギ心持ち平角を表 1 に示す。試験体数は、人工乾燥のみ(K 試験体と称する)は各 50 体、天然乾燥後に人工乾燥を実施のもの(A 試験体と称する)は、各 25 体とした。それぞれの試験体は製材時に、寸法、重量及びガンマ線の測定(図 1)をした。ガンマ線の測定は、製材ラインに平角が梁せいの中心を通過するように線源(コバルト 60)と放射線検出装置を配置し、平角が放射線検出装置を通過する 5 秒間のガンマ線検出数を測定した。ガンマ線測定装置による測定結果は評価値($\log(I_0 / I)$)(I_0 : 物体がない時のガンマ線検出数、 I : 測定時のガンマ線検出数)を定め、評価することとした。

(2) 人工乾燥と乾燥後の含水率及び材面割れ測定

人工乾燥のスケジュールは、全ての試験体で同一とし、蒸煮(95~97℃で 19 時間)、高温セット処理(乾球温度 120℃、湿球温度 90℃、処理時間 20 時間)、乾燥(乾球温度 90℃、湿球温度 60℃で 246 時間)の工程で人工乾燥を行った。乾燥後は、重量を測定後、モルダー等で仕上がり寸法まで材料を仕上げ、グレーディングマシンでマイクロ波水分計による含水率を測定した。含水率は、水分計の値で 16.1%未満の試験体の中で一部を抽出し、全乾法による含水率との補正を行った。16.1%以上の試験体(89 体)は、99 日間養生を行い、再度グレーディングマシンでマイクロ波水分計による含水率を測定し補正した。また、仕上げ直後の材面割れは、割れの長さ及び最大幅を測定した。

(3) 人工乾燥前の天然乾燥

A 試験体は、製材した翌日の 2023 年 6 月 28 日から 2023 年 8 月 16 日の間(49 日間)、森林・林業研究センター木材実験棟の軒下にて天然乾燥を実施した。天然乾燥中は、定期的に重量、寸法及び材面の割れを測定し、計 7 回実施した。

表 1 試験体シリーズ

試験体名	製材時の寸法(mm)		仕上がり寸法(mm)		試験体数	乾燥の種類	長さ(m)
	幅	厚さ	幅	厚さ			
K15	120	165	105	150	50	人工乾燥のみ(K試験体)	4
K18	120	195	105	180			
K21	120	225	105	210			
K24	120	255	105	240			
A15	120	165	105	150	25	天然乾燥+人工乾燥(A試験体)	
A18	120	195	105	180			

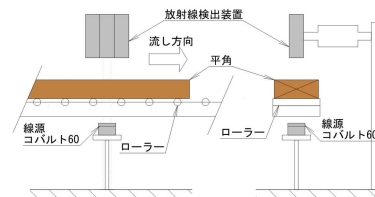


図 1 ガンマ線測定装置

3 結果の概要

ガンマ線評価値と乾燥後の含水率の関係（図2）におけるK試験体の回帰式による決定係数 R^2 は、0.674~0.804で、乾燥前の平角の質量と乾燥後の含水率との関係（図3）における回帰式による決定係数 R^2 は、0.531~0.865で、共に強い相関関係にあった。K15とA15、K18とA18を比較すると、ガンマ線評価値と乾燥前の質量が同程度ものはA試験体の方で含水率が低い傾向にあった。図2および図3の回帰式に基準の含水率-2%を代入して、これを閾値として選別による合格率を求めた（表2）。選別をしない場合の合格率は、42~62%であったのに対し、ガンマ線による選別で81~100%、重量選別では82~95%の合格率であった。

仕上げ後の材長に対する材面割れの長さの比を図4に示す。K試験体ではほとんどの試験体が、材長に対する材面割れの長さの比が1/4以下であったが、A試験体は半数程度が材長に対する材面割れの長さの比が1/4を超えていた。天然乾燥時の含水率および材長に対する材面割れの長さの比の推移を図5及び図6に示す。含水率は、天然乾燥前の平均が87%に対し天然乾燥終了時は36%にまで下がった。材面割れの長さは日数が経過するにしたがって増加していく傾向にあった。

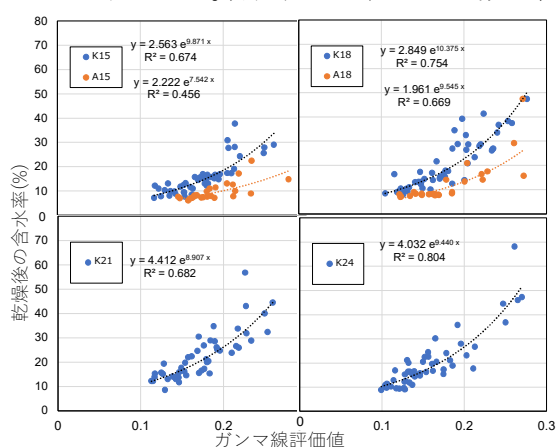


図2 ガンマ線評価値と乾燥後含水率の関係

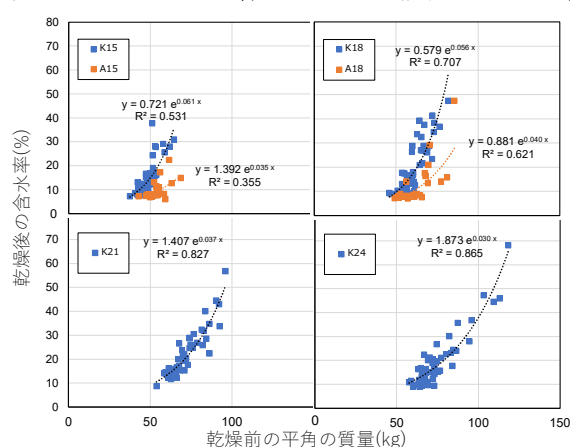


図3 乾燥前質量と乾燥後含水率の関係

表2 含水率基準に対する合格率

材の種類	含水率基準	選別無しの合格率	ガンマ線による選別の合格率 (合格数/選別数)	質量による選別の合格率 (合格数/選別数)
K15	15%	51%	100% (19/19)	86% (12/14)
K18	15%	42%	92% (11/12)	78% (7/9)
K21	20%	51%	95% (20/21)	95% (21/22)
K24	20%	62%	81% (25/31)	82% (28/34)

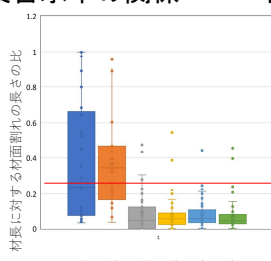


図4 仕上げ後の

材長に対する材面

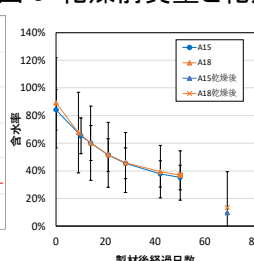


図5 天然乾燥時の

含水率の推移

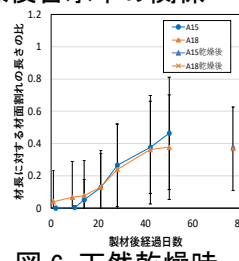


図6 天然乾燥時の材長に対する材面割れの長さの比の推移

4 結果の要約

ガンマ線測定は、重量選別と遜色のない選別が可能であることが明らかになった。天然乾燥と人工乾燥と組み合わせることにより、基準の含水率に対する合格率を高めて規格外品を減少させることができたが、材面割れが多く発生するため、出荷先などへの配慮が必要である。

〔キーワード〕 平角、乾燥前選別、ガンマ線、含水率

5 今後の問題点と次年度以降の計画

製材工場向け実用機の商品化を進める予定。

6 結果の発表、活用等

(公社) 日本木材加工技術協会 第42回年次大会で発表した。

課 題 名：大径材や未利用木材等の品質評価・有効活用技術の開発

人工乾燥したスギ平角のガンマ線検出数とみかけの密度および含水率との関係

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：長瀬亘、稲葉大地

協 力 分 担：マイクロメジャー(株)、大井川小径木加工事業(協組)

予算(期間)：国補（農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち先導プロジェクト）」）（2016-2020 年度）、県単(2021-2023 年度)

1 目的

スギは含水率のバラツキが大きい、人工乾燥後の製品に含水率の規格外品が多く出るなど、安定供給に支障がある。この問題の解決方法として、人工乾燥前に選別する方法がある。選別の方法としては、従来の方法として重量選別があげられるが、測定の手間がかかるなどのデメリットもある。本課題では、ガンマ線測定による選別方法を検討しているが、本研究では基礎的なデータ収集のため、人工乾燥したスギ平角におけるガンマ線検出数とみかけの密度および含水率との関係性を調査した。

2 方法

人工乾燥（乾燥スケジュール：蒸煮 6 時間、高温セット（乾球温度 120℃、湿球温度 90℃）18 時間の後、乾球温度 90℃、湿球温度 60℃で 240 時間）を行ったスギ心持ち平角（仕上げ時の想定寸法を幅 10.5cm、厚さがそれぞれ 15, 18, 21, 24, 27 および 30cm、長さ 4m）を含水率が大小異なる 2 体ずつ用意し、図 1 に示す模式図のとおり、広い面では 3 分割したそれぞれの中心部（測点 1～3）を、狭い面は中心部（測点 4）を透るよう線源（コバルト 60）と放射線検出装置を配置し、10 秒間ガンマ線を測定した。これを、平角の中央部を基準として長さ方向に 40cm 間隔の位置で測定した（計 11 箇所）。その直後に、測定箇所から厚さ 2cm に切り出して 3 分割した試験片を採取し、これらのみかけの密度、含水率および全乾密度を測定した。

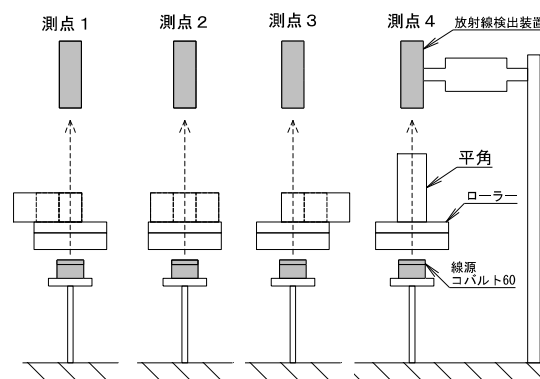


図 1 ガンマ線測定の模式図

3 結果の概要

ガンマ線評価値（ $\log(\text{ガンマ線検出数}/\text{物体がないときのガンマ線検出数})$ ）とみかけの密度の関係を図 2 に、一昨年度報告した生材のガンマ線評価値とみかけの密度の関係を図 3 に示す。ガンマ線評価値とみかけの密度では、決定係数 R^2 が 0.686～0.778 で強い相関関係が確認された。また、測点 1 および 3 の回帰直線の傾きは同程度であったのに対し、測点 2 の結果では勾配が大きくなる傾向にあった。この傾向は生材と同様で、回帰直線の傾きは近い値であった。ガンマ線評価値と含水率の関係を図 4 に示す。含水率においては、ある程度の相関関係は認められたが、ガンマ線評価値は高いが含水率は低い場合も見られた。これは、節等の影響で密度は比較的高いが、人工乾燥によって含水率は低くなった場合に起こっていると考えられる。

測点 4 におけるガンマ線評価値/透過距離とみかけの密度の関係を図 5 に示す。ガンマ線評価値/透過距離とみかけの密度は、決定係数 R^2 が 0.829 で強い相関関係にあった、これにより、ガンマ線評価値を透過距離で除することで、みかけの密度の推定が可能であることが明らかになった。

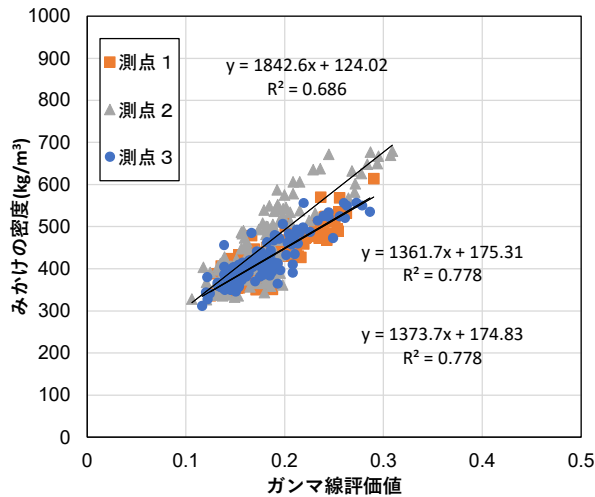


図2 ガンマ線評価値とみかけの密度の関係
(人工乾燥材、測点1～3)

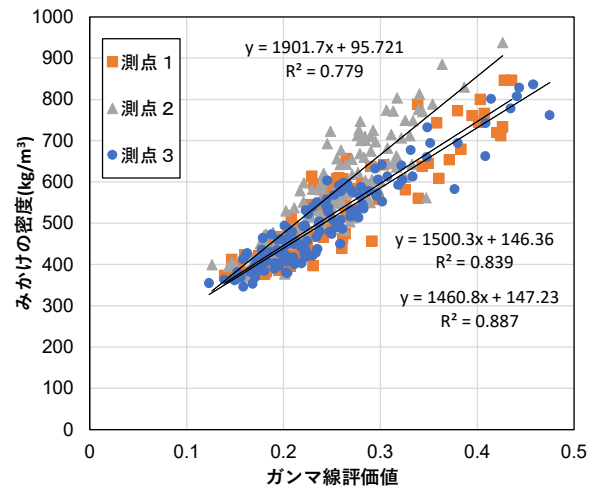


図3 ガンマ線評価値とみかけの密度の関係
(生材、一昨年度報告、測点1～3)

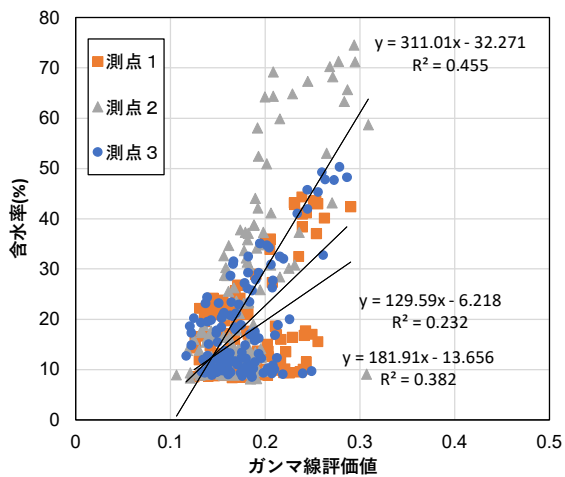


図4 ガンマ線評価値と含水率の関係
(人工乾燥材、測点1～3)

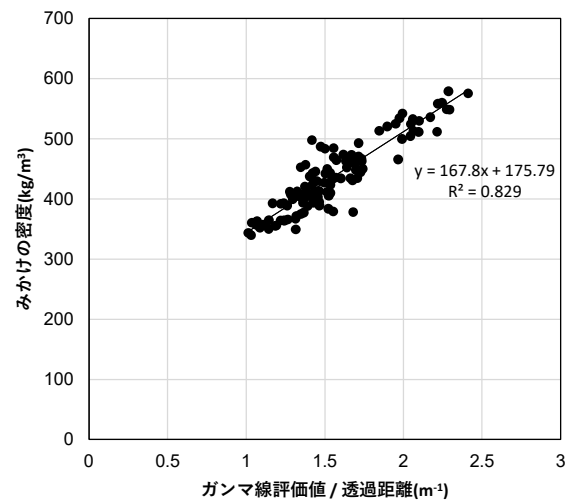


図5 ガンマ線評価値/透過距離とみかけの密度の関係
(人工乾燥材、測点4)

4 結果の要約

スギ平角のガンマ線検出評価値との関係は強い相関関係にあった。ガンマ線評価値を厚さ（透過距離）で除することによって、厚さによる補正が可能であることが明らかになった。

〔キーワード〕 スギ平角、ガンマ線、みかけの密度、含水率、厚さ補正

5 今後の問題点と次年度以降の計画

特になし

6 結果の発表、活用等

出前講座や Web 等で情報提供する。

課 題 名：大径材や未利用木材等の品質評価・有効活用技術の開発

スギ大径材におけるガンマ線測定によるみかけの密度の推定

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：長瀬亘、稲葉大地

協 力 分 担：マイクロメジャー(株)、(国研)森林総合研究所

予算(期間)：国補（農林水産技術会議「みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち農林水産研究の推進（委託プロジェクト研究）」）（2023-2025 年度）

1 目的

スギの心材の含水率はばらつきが大きいことで知られている。このため、大径材から梁桁などの大断面製材の製造時、乾燥による含水率のばらつきや割れの発生により製品歩留りが低下し、品質の確かな乾燥材を安定供給する際の支障となっている。この問題の解決方法として、丸太段階において乾燥のしやすさで選別することが考えられる。そこで、非接触・非破壊による測定が可能なガンマ線測定による選別装置の開発に着手した。丸太段階での選別には、木取りの検討等のため内部のみかけの密度や含水率の分布を把握する必要があると考えられる。本研究では、スギ大径材においてガンマ線測定結果と測定部位のみかけの密度を比較することによってみかけの密度の推定が可能であるか検証することとした。また、開発する選別装置のガンマ線測定方法を検討するため、スギ大径材の含水率分布を把握することとした。

2 方法

スギ大径材 15 本（長さ：4m、末口径：31.7～42.7cm、密度：689±75kg/m³（平均±標準偏差））において、図 1 に示す位置で、丸太 1 本につき直径方向に 3 箇所、長さ方向に 5 箇所、計 15 箇所、図 2 に示すガンマ線測定装置（ガンマ線検出器：5 本、ヨウ化ナトリウムによるシンチレータ（直径および長さ：51mm）および光電子倍增管による構成、線源：コバルト 60、レーザー変位計：2 基、IL-600（株式会社キーエンス製））を用いて 10 秒間ガンマ線を放出した際の検出数及び透過距離を測定した。その後、測定箇所から厚さ 3～5 cm 程度の円板を採取し、ガンマ線を透過した箇所にあわせて試験片を分割して、みかけの密度および全乾法による含水率を測定した。ガンマ線測定装置による測定結果は評価値を(1)式により定め、評価することとした。

$$\text{ガンマ線の評価値} = \log(I_0 / I) / t \cdots (1)$$

ここで、 I_0 ：物体がない時のガンマ線検出数、 I ：測定時のガンマ線検出数、 t ：透過距離

3 結果の概要

ガンマ線の評価値とみかけの密度、含水率の関係を図 3 及び図 4 に示す。ガンマ線の評価値とみかけの密度との関係は、決定係数 R^2 が 0.818 で強い相関が確認された。また、この直線回帰式を用いて密度を推定したところ、二乗平均平方根誤差 RMSE が 45.7kg/m³ であり、今回の方法で丸太の内部の密度推定が一定程度可能であることが示唆された。含水率との関係は、決定係数 R^2 が 0.499 で相関関係にあることが確認された。

各測定部位の含水率の平均を図 5 に、丸太の含水率分布の例を図 6 に示す。試験で用いた丸太の長さ方向で含水率を比較すると元口付近の方が高かった。丸太 No. 6（丸太内の含水率のばらつきが 2 番目に大きい個体）では、中心部の透過 No. 2 において 80% の差が見られた。また、直径方向においては、中心部での含水率が、外側に比べ高いもの、同程度、低いものと様々であった。以上より、丸太段階で製材の含水率やみかけの密度を予測するには、長さ方向と直径方向の両方で計測し、検証する必要があると考えられる。

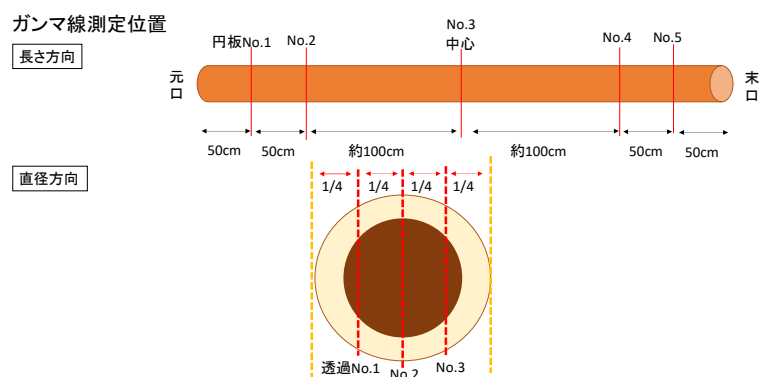


図1 ガンマ線の透過箇所及び試験片の採取位置

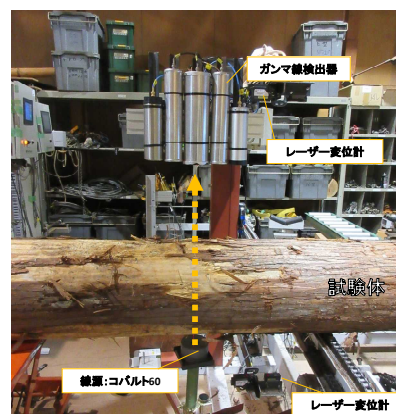


図2 ガンマ線測定装置

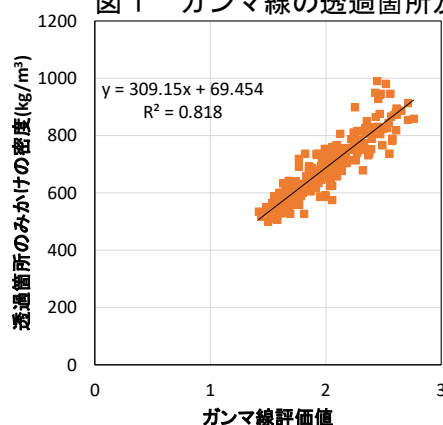


図3 ガンマ線評価値とみかけの密度の関係

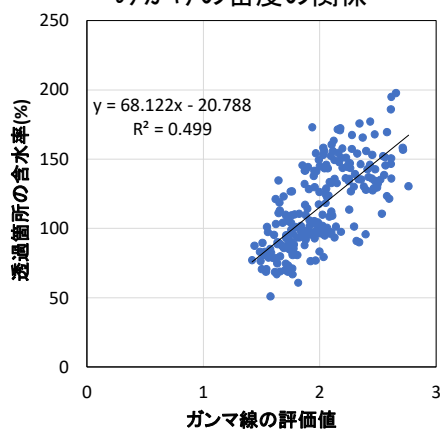


図4 ガンマ線評価値と含水率の関係

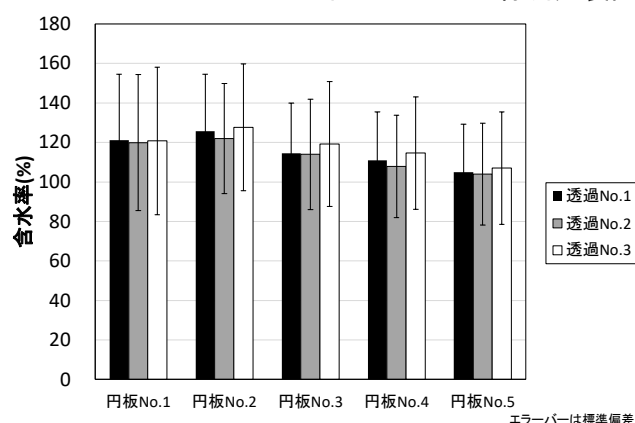


図5 各測定部位の含水率の平均

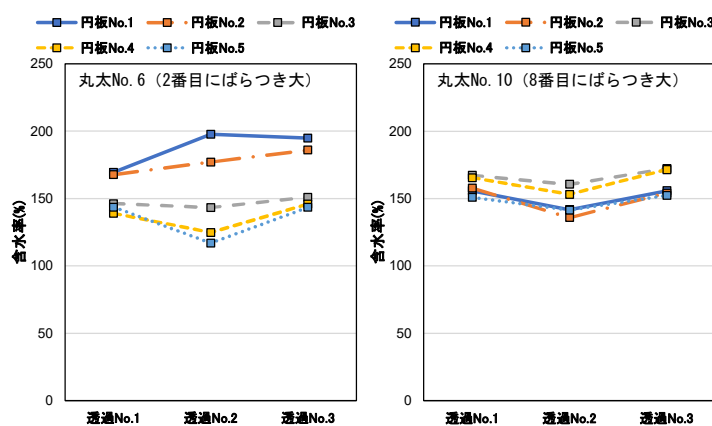


図6 丸太の含水率分布の例

4 結果の要約

ガンマ線評価値と透過箇所のみかけの密度は強い相関が確認された。丸太の含水率の分布は、長さ方向では元口付近で高く、末口付近で低い傾向、直径方向は傾向にばらつきがあった。

〔キーワード〕 スギ、大径材、乾燥前選別、ガンマ線、含水率

5 今後の問題点と次年度以降の計画

ガンマ線評価値と製材のみかけの密度の関係を明らかにする。

6 結果の発表、活用等

第74回日本木材学会大会（2024年3月）で発表した。

課 題 名：大径材や未利用木材等の品質評価技術・有効活用技術の開発

静岡県で生育したテーダマツの乾燥特性

担当部署名：静岡農林技研森林・林業研究センター・森林資源利用科

担 当 者 名：稲葉大地、長瀬亘

協 力 分 担：国立研究法人森林研究・整備機構森林総合研究所

予算(期間)：国補（交付金プロジェクト）（2019-2021 年度）

1 目的

静岡県の森林資源は、その多くが成熟期を迎えており、県では、森林資源を循環利用するため、主伐と再生林を推進している。一方、都市の木造建築ニーズに応える内装材等の大半が輸入材であり、合法木材の利用推進等から供給不安定や価格高騰が生じている。このため、国では短伐期で収穫ができる早生樹の研究が進められている。静岡県でも生育環境や建築・家具等の需要に則した早生樹種の選定に向けた対応が要望されている。一方、ある樹種を工業的に利用する際には、材質・物理特性、加工・乾燥特性等の評価が必要であるが、国産早生樹はその材質等に関するデータが少ない。本研究では、静岡県に生育しているテーダマツ板材の乾燥特性を明らかにするため、天然・人工乾燥を行い、乾燥後の含水率、収縮率を測定した。

2 方法

静岡県浜松市浜名区の県立森林公園内に見本林として集団植栽された林齢 62 年生のテーダマツ林分から、樹高が周辺木の平均値に近い個体 2 本（No. 1, 2）と、森林・林業研究センター構内に植栽されたテーダマツ 1 本（No. 3）を供試した。供試木は、伐採後、根元から枝下高部位にかけて 2.3m 毎に玉切りした。1 番玉を丸引き後、板材（35×135×2300mm）に製材した。その板材から柁目板を抽出後、長さ 600mm に加工し、計 24 体を森林総合研究所施設内において人工乾燥及び天然乾燥を行い、全乾密度、収縮率を測定した。人工乾燥は、両木口からの急激な乾燥を防ぐためシーリング材で両木口をコーティングし、乾球温度 70～80℃で 7 日間の乾燥を行った。天然乾燥は、冬期（2021 年 11 月～1 月）と夏期（2022 年 5 月～7 月）に実施した。

3 結果の概要

供試木の樹高、胸高直径、枝下高を表 1 に示す。乾燥試験に用いたテーダマツの板材の密度を表 2 に示す。全試験体の全乾密度は $585 \pm 28 \text{ kg/m}^3$ であった。テーダマツ板材の乾燥後の収縮率を表 3 に示す。人工乾燥後の幅方向と厚さ方向の収縮率はそれぞれ、 $5.0 \pm 0.7\%$ 、 $4.9 \pm 0.9\%$ であった。天然乾燥後の幅方向と厚さ方向の収縮率は冬期でそれぞれ、 $3.0 \pm 0.8\%$ 、 $2.3 \pm 0.4\%$ 、夏期でそれぞれ、 $2.7 \pm 0.3\%$ 、 $2.8 \pm 0.4\%$ であった。天然乾燥後の収縮率は、文献¹⁾におけるスギの含水率 15% 時の収縮率と近い値であった。乾燥試験の乾燥日数と含水率の関係を図 2 に示す。人工乾燥後の含水率は、8～10% であり、内部含水率傾斜は $\pm 2\%$ 程度であった。天然乾燥後の含水率は、15～17% であり、内部含水率傾斜は $\pm 2\%$ であった。天然乾燥は、冬期、夏期ともに約 1 か月で含水率が安定した。このことから人工乾燥、天然乾燥については、問題なく乾燥できた。両乾燥方法ともに、乾燥後に試験体には表面にヤニがみられた。また、乾燥試験のための保管中に、辺材部に青変菌の侵入がみられた。ヤニについては、適切な蒸煮の条件を検討する必要があると考えられる。青変菌については、多少の侵入でも材の価値が低下する可能性があることから、製材後に期間をおかずに人工乾燥を行う必要があると考えられる。

表1 供試木の樹高、
胸高直径及び枝下高

試験体 No	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下高 (m)
1	26.6	53.2	14.5
2	29.8	37.3	17.1
3	不明	28.5	不明

表2 乾燥試験に用いた
テーダマツ板材の密度

乾燥方法	乾燥前密度 (kg/m ³)	気乾密度 (kg/m ³)	全乾密度 (kg/m ³)
人工乾燥	試験体数	10	10
	平均	959	608
	標準偏差	118	32
	最小	770	560
	最大	1070	620
天然乾燥 (冬期)	試験体数	4	4
	平均	865	625
	標準偏差	134	37
	最小	680	590
	最大	1000	670
天然乾燥 (夏期)	試験体数	10	10
	平均	798	629
	標準偏差	90	32
	最小	660	590
	最大	920	700
全体	試験体数	24	24
	平均	876	620
	標準偏差	129	33
	最小	660	560
	最大	1070	700

表3 テーダマツ板材の
乾燥後の収縮率

乾燥方法	幅方向 (%)	厚さ方向 (%)
人工乾燥	試験体数	10
	平均	5.1
	標準偏差	0.7
	最小	3.8
	最大	6.3
天然乾燥 (冬期)	試験体数	4
	平均	3.0
	標準偏差	0.8
	最小	2.1
	最大	3.9
天然乾燥 (夏期)	試験体数	10
	平均	2.7
	標準偏差	0.3
	最小	2.3
	最大	3.2

表4 人工乾燥前後の含水率

立木No	試験体No	乾燥前含水率 (%)	乾燥後含水率 (%)
1	2	105.7	9.0
1	3	89.3	8.7
1	4	106.4	9.4
1	6	96.7	9.3
1	8	56.7	9.3
2	1	88.3	8.2
2	5	96.2	8.0
2	9	68.0	8.9
3	7	112.9	8.0
3	10	55.9	9.7
平均		87.6	8.9
標準偏差		20.6	0.6

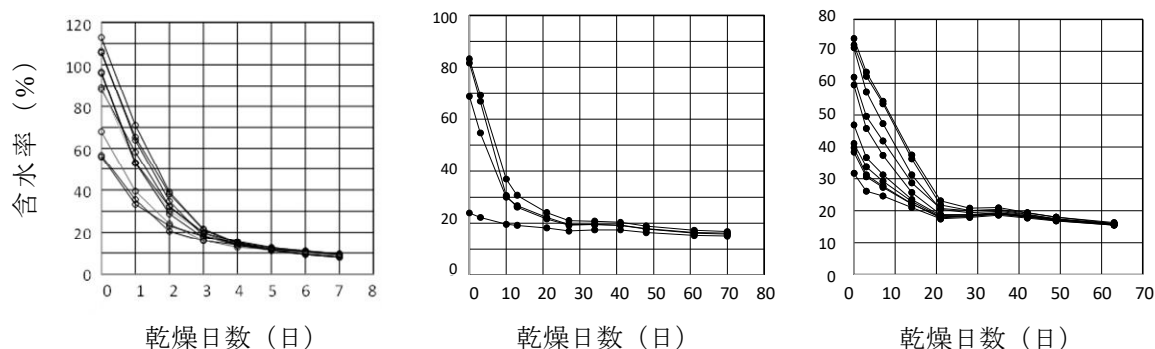


図2 含水率減少経過（左から人工乾燥、天然乾燥（冬期）、天然乾燥（夏期））

4 結果の要約

テーダマツ板材の乾燥試験の結果、人工乾燥、天然乾燥ともに問題なく乾燥が行えた。収縮率は標準的な値であった。辺材部に青変菌の侵入がみられた。このため、製材後に期間をおかずに人工乾燥を行う必要があると考えられる。

〔キーワード〕 早生樹、テーダマツ、含水率、人工乾燥、天然乾燥、青変菌

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・テーダマツ板材から試験体を作成し、曲げ試験を行う。

6 結果の発表、活用等

- ・テーダマツ板材の集成材や合板への活用

7 引用文献

- ・寺澤眞(2004):木材乾燥のすべて. 海青社, 608

課 題 名：大径材や未利用木材等の品質評価技術・有効活用技術の開発

静岡県で生育したユリノキの強度特性

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：稲葉大地 長瀬亘

協 力 分 担：国立研究法人森林研究・整備機構森林総合研究所、株式会社江間忠ホールディングス

予算(期間)：国補（交付金プロジェクト）（2019-2021 年度）、県単（2021-2023 年度）

1 目的

静岡県の森林資源はその多くが成熟期を迎え、今後、主伐の増加が予想される。建築・家具等のニーズの多様化や、輸入広葉樹の供給不安定などを背景に、造林樹種として短伐期で収穫できる国産早生樹種の選定が要望されている。ユリノキは、幹が通直で成長が早く原産地の北米では材質や加工性が良好であることから主要な広葉樹用材として家具用途などにも利用されている。静岡県では、県立森林公園に見本林として植栽され、生長経緯が調査されてきたが、その材質に関する調査は少ない。本研究では、同地に植栽されたユリノキの成熟材と未成熟材の物理的な特性を把握するため、過去の試験に用いた板材から棒状の試験体を採取し、曲げ強度試験を行った。

2 方法

過去の報告¹⁾で用いた人工乾燥後の板材のうち 83 枚を板の中心から幅、厚さ 3cm、長さ 480mm に加工し、髓持ち材を除く 68 体を本試験に供試し、残った板材の一部は、熱処理試験に供した。試験体は、恒温恒湿槽を用いて標準状態（温度 20℃、相対湿度 65%）で、質量が恒量に達するまで養生を行った。試験は、JIS Z2101（木材の試験方法－15 曲げ試験）に準じて行い、オートグラフ（AG-5000B オートグラフ、島津製作所製）を用いて、支点間距離 420mm、中央集中荷重方式で、破壊に至るまで単調荷重を加えた。試験体の中央部のたわみは変位計で測定した。試験の結果から、曲げヤング係数および曲げ強度を求めた。曲げヤング係数は、式(1)及び式(2)による 2 直線で簡易的に近似して、おおまかな変動傾向の推定を試みた。

$$E_{cal}(x) = K_1 x + E_0 \quad x \leq N \quad \cdots (1)$$

$$E_{cal}(x) = K_2 (N - x) + K_1 N + E_0 \quad x > N \quad \cdots (2)$$

ここで式中の E_{cal} はパラメータを用いた動的ヤング係数の計算値、 x はその材の髓からの年輪数を示す。各パラメータは、 E_0 は髓からの年輪数 0 の場合の曲げヤング係数、 K_1 及び K_2 が変化区間と安定区間の傾きで、1 年輪当たりの曲げヤング係数の変化量を示す。 N は変化区間と安定区間との境界点を示す。これらの計算値と実測値の残差平方和が最小となるようパラメータ (E_0 、 K_1 、 K_2 、 N) を算出した。

3 結果の概要

(1) 昨年までの結果

ユリノキ板材の髓からの年輪数と動的ヤング係数 (E_{fr}) の関係について、板材の動的ヤング係数は、年輪数が 15～20 のあたりで徐々に上昇 (2GPa 程度)、20～40 のあたりはほぼ一定となる傾向にあった。成熟材と未成熟材との境界の推定を試みた結果、1～4 番玉までは、おおむね未成熟材と成熟材の境を推定することができ、動的ヤング係数は、成熟材と未成熟材との差が 1.0GPa 程度と小さい傾向にあった。

(2) 今年度の結果

試験体の曲げ試験の結果を表 1 に示す。曲げ強度は 87.1 ± 9.4 MPa（平均±標準偏差）であった。心材と辺材ではそれぞれ 85.5 ± 10.3 GPa、 85.7 ± 8.7 GPa であり、差は小さかった。曲

げヤング係数は、 $11.4 \pm 1.4 \text{ GPa}$ であった。心材と辺材ではそれぞれ $10.8 \pm 1.2 \text{ GPa}$ 、 $11.8 \pm 1.4 \text{ GPa}$ であり、差は 1.0 GPa 程度であった。2 直線近似の各パラメータを表 2 に示す。ユリノキ試験体の半径方向及び樹高方向の曲げヤング係数の関係を図 1 に示す。一年輪当たりの曲げヤング係数の変化量を示す K_1 は $0.047 \sim 0.624 \text{ GPa}$ となった。成熟材と未成熟材の境を示す N は、 $8.0 \sim 26.1$ であった。4 番玉で K_1 が大きく、 N が小さくなった要因は、他の部位に比べて、年輪数 10 前後の試験体の曲げ強度、曲げヤング係数が高く、推定式のパラメータがそれにつられたためと考えられるが、節などの特徴は見受けられなかった。髄からの年輪数と曲げ強度の関係の例を図 2 に示す。半径方向において、曲げ強度に一定の傾向はみられなかった。

表 1 曲げ試験の結果

立木No		密度 (kg/m^3)	含水率 (%)	最大荷重 (kN)	曲げ強度 (MPa)	曲げヤング係数 (GPa)
4	平均値	526	11.0	3.94	90.4	12.2
	最大値	584	11.7	4.59	105.4	14.5
	最小値	459	10.2	2.55	57.0	9.7
	標準偏差	31	0.4	0.50	11.5	1.4
5	平均値	507	11.3	3.61	83.8	11.2
	最大値	637	11.8	4.43	99.8	16.3
	最小値	461	10.8	3.03	72.9	8.5
	標準偏差	44	0.3	0.42	8.5	1.4
15	平均値	521	11.3	3.80	87.5	10.9
	最大値	564	11.8	4.51	98.1	12.9
	最小値	485	10.4	3.19	79.7	8.5
	標準偏差	26	0.4	0.31	6.4	1.1
計	平均値	518	11.2	3.78	87.1	11.4
	最大値	637	11.8	4.59	105.4	16.3
	最小値	459	10.2	2.55	57.0	8.5
	標準偏差	36	0.4	0.44	9.4	1.4
心材	平均値	511	11.1	3.70	85.5	10.8
	標準偏差	28	0.4	0.46	10.3	1.2
辺材	平均値	518	11.3	3.77	85.7	11.8
	標準偏差	41	0.3	0.41	8.7	1.4

表 2 曲げヤング係数の
2 直線近似のパラメータ

番玉数	E_0 (GPa)	K_1 (GPa)	K_2 (GPa)	N	R	$K_1 N$ (GPa)	$K_1 N + E_0$ (GPa)
1	8.7	0.166	-0.0863	26.1	0.793	4.3	13.0
2	9.7	0.104	-0.0559	20.5	0.533	2.1	11.9
3	10.5	0.059	-0.0872	21.5	0.633	1.3	11.8
4	7.8	0.624	-0.0647	8.0	0.674	5.0	12.8
5	9.3	0.194	-0.0866	24.8	0.774	4.8	14.1
6	11.3	0.047	-0.0863	26.1	0.219	1.2	12.6
7	9.2	0.250	-0.0863	26.1	0.742	6.5	15.7
8	-	-	-	-	-	-	-
平均	9.5	0.206	-0.0790	21.9	-	3.6	13.1

注: R は Pearson の積率相関係数

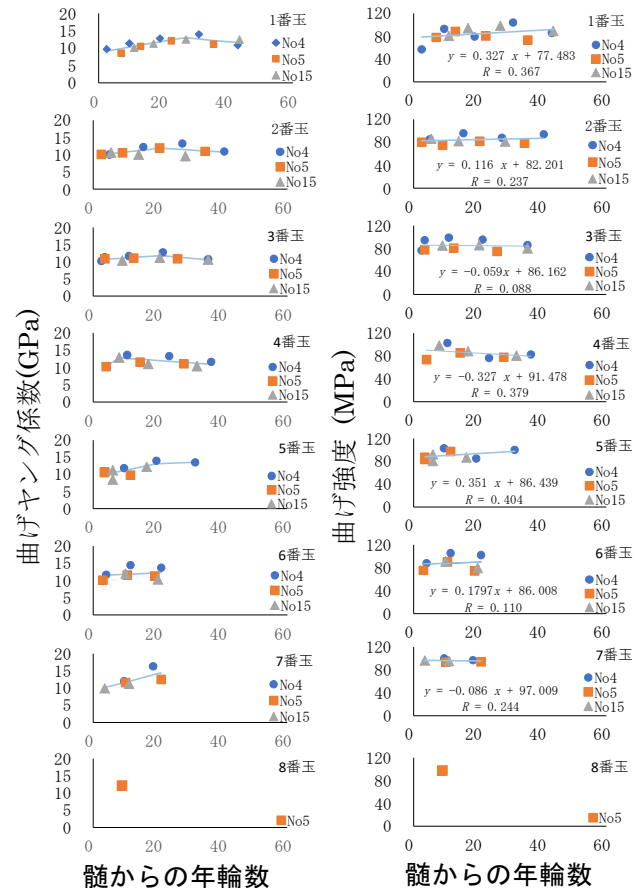


図 1 半径方向の曲げ
ヤング係数

図 2 半径方向の曲げ
強度

4 結果の要約

人工乾燥を行ったユリノキの板材から小試験体を採取し、曲げ強度試験を行った。曲げ強度及び曲げヤング係数はそれぞれ、 $87.1 \pm 9.4 \text{ MPa}$ 、 $11.4 \pm 1.4 \text{ GPa}$ であった。髄からの年輪数と曲げ強度で曲げ強度の変化はみられなかった。

[キーワード] ユリノキ、早生樹、曲げヤング係数、曲げ強度

5 今後の問題点と次年度以降の計画

腐朽試験を予定

6 結果の発表、活用等

なし

7 引用文献

1) 長瀬亘(2023): 静岡県で生育したユリノキの樹幹内における材質変動及び乾燥した板材の性質. 静岡県農林技術研究所研究報告書

課 題 名：大径材や未利用木材等の品質評価技術・有効活用技術の開発

窒素加熱処理加工を行ったユリノキの強度特性

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科

担 当 者 名：稲葉大地 長瀬亘

協 力 分 担：国立研究法人森林研究・整備機構森林総合研究所、株式会社江間忠ホールディングス

予算(期間)：国補（交付金プロジェクト）（2019-2021 年度）、県単（2021-2023 年度）

1 目的

静岡県は、その多くが成熟期を迎え、今後、主伐の増加が予想される。建築・家具等のニーズの多様化や、輸入広葉樹の供給不安定などを背景に、造林樹種として短伐期で収穫できる国産早生樹種の選定が要望されている。ユリノキは、幹が通直で成長が早く原産地の北米では材質や加工性が良好であることから主要な広葉樹用材として家具用途などにも利用されている。一方、ウッドデッキ等の外構材への利用を考慮すると、塗装や熱処理等の防腐処理を行う必要があるが、熱処理を行った木材は、材の含水率、処理方法等によって強度に影響が生じるため、物理的な特性を評価する必要がある。本研究では、県立森林公園に植栽されたユリノキの板材に窒素加熱処理加工を行い、処理後の板材から棒状の試験体を採取し、曲げ強度試験を行った。

2 方法

過去の報告¹⁾で用いた人工乾燥後の板材のうち 68 体を供試した。板材は、窒素加熱処理を行った。窒素加熱処理の条件は、減圧したのちに、窒素を充填し 140～220℃で 12 時間の加熱処理を行った。加熱処理後、板の中心から幅、厚さ 3cm、長さ 480mm に加工し、髓持ち材を除く 62 枚を供試した。試験体は、恒温恒温槽を用いて標準状態（温度 20℃、相対湿度 65%）で、質量が恒量に達するまで養生を行った。試験は、JIS Z2101（木材の試験方法—15 曲げ試験）に準じて行い、オートグラフ（AG-5000B オートグラフ、島津製作所製）を用いて、支点間距離 420mm、中央集中荷重方式で、破壊に至るまで単調荷重を加えた。試験体の中央部のたわみは変位計で測定した。試験の結果から、曲げヤング係数および曲げ強度を求めた。曲げヤング係数は、式(1)及び式(2)による 2 直線で簡易的に近似して、おおまかな変動傾向の推定を試みた。

$$E_{cal}(x) = K_1 x + E_0 \quad x \leq N \quad \cdots (1)$$

$$E_{cal}(x) = K_2 (N - x) + K_1 N + E_0 \quad x > N \quad \cdots (2)$$

ここで式中の E_{cal} はパラメータを用いた動的ヤング係数の計算値、 x はその材の髓からの年輪数を示す。各パラメータは、 E_0 は髓からの年輪数 0 の場合の曲げヤング係数、 K_1 及び K_2 が変化区間と安定区間の傾きで、1 年輪当たりの曲げヤング係数の変化量を示す。 N は変化区間と安定区間との境界点を示す。これらの計算値と実測値の残差平方和が最小となるようパラメータ (E_0 、 K_1 、 K_2 、 N) を算出した。

3 結果の概要

試験体の曲げ試験の結果を表 1 に示す。無処理と熱処理木材の曲げ強度と曲げヤング係数の関係を図 1 に示す。曲げ強度は 35.5 ± 18.8 MPa（平均±標準偏差）であった。心材と辺材ではそれぞれ 27.7 ± 17.8 GPa、 39.0 ± 19.0 GPa であり、辺材が 12.3 GPa 高かった。曲げヤング係数は、 10.9 ± 1.0 GPa であった。心材と辺材ではそれぞれ 10.5 ± 1.1 GPa、 11.1 ± 0.9 GPa であり、差は 0.6 GPa であった。窒素加熱処理を行った場合と、無処理の場合を比較すると、曲げ強度と曲げヤング係数はそれぞれ 40.8%、95.5%と、曲げヤング係数の低下は小さかったが、曲げ強度は 4 割程度に低下した。心材と辺材では、無処理材との比はそれぞれ 88.6%、93.4%であり、心材の方が曲げヤング係数が低下していた。2 直線近似の各パラメータを表 2 に示す。一年輪当たりの変化量を

示す K_1 は 0.124~0.812GPa となった。成熟材と未成熟材の境を示す N は、0~16.1 であった。無処理の曲げ試験と比較して、4 番玉以外の全てで N が小さい値であった。これは、窒素加熱処理で心材の曲げヤング係数が低下したことで、 N が変化したと考えられる。

表 1 曲げ試験の結果

立木No		密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	最大荷重 (kN)	曲げ強度 (MPa)	曲げ ヤング係 (GPa)	無処理材との比	
							曲げ強度 (%)	曲げヤング係数 (%)
4	平均値	468	4.7	2.21	48.0	11.5	53.1	94.9
	最大値	555	5.1	3.77	82.1	12.9		
	最小値	429	4.1	0.82	17.7	9.8		
	標準偏差	36	0.3	0.97	21.3	0.9		
5	平均値	430	4.8	1.50	32.6	10.5	38.9	94.0
	最大値	499	5.1	3.05	64.2	12.2		
	最小値	363	4.3	0.69	14.9	8.6		
	標準偏差	37	0.3	0.79	17.0	0.9		
15	平均値	439	4.7	1.14	25.1	10.7	28.7	97.7
	最大値	500	5.2	1.96	43.7	12.3		
	最小値	403	4.1	0.78	17.2	9.1		
	標準偏差	23	0.4	0.33	7.4	0.8		
計	平均値	446	4.7	1.63	35.5	10.9	40.8	95.5
	最大値	555	5.2	3.77	82.1	12.9		
	最小値	363	4.1	0.69	14.9	8.6		
	標準偏差	36	0.3	0.87	18.8	1.0		
心材	平均値	428	4.4	1.27	27.7	10.5	32.3	88.6
	標準偏差	29	0.2	0.82	17.8	1.1		
辺材	平均値	456	5.0	1.79	39.0	11.1	45.5	93.4
	標準偏差	38	0.2	0.88	19.0	0.9		

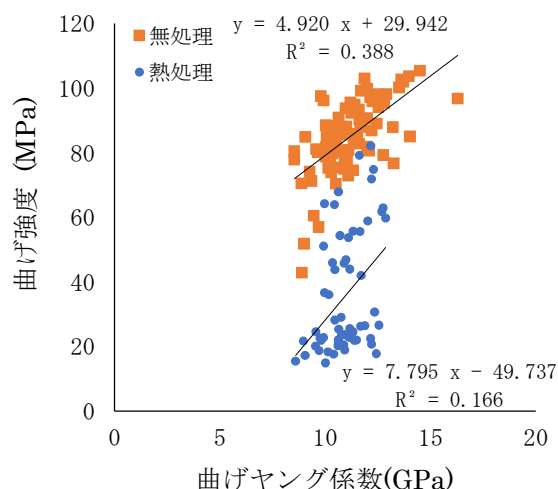


図 1 無処理と熱処理木材の曲げ強度と曲げヤング係数の関係

表 2 曲げヤング係数の 2 直線近似のパラメータ

番玉数	E_0 (GPa)	K_1 (GPa)	K_2 (GPa)	N	R	K_1N (GPa)	K_1N+E_0 (GPa)
1	8.1	0.222	-0.0093	11.4	0.666	2.5	10.6
2	8.9	0.195	-0.0692	14.8	0.781	2.9	11.8
3	9.5	0.137	-0.0163	10.5	0.253	1.4	10.9
4	9.7	0.149	-0.0216	16.1	0.838	2.4	12.1
5	9.4	0.146	-0.0326	14.5	0.707	2.1	11.5
6	8.7	0.812	-0.0275	4.2	0.491	3.4	12.2
7	12.5	0.124	-0.0395	0.0	0.255	0.0	12.5
8	-	-	-	-	-	-	-
平均	9.5	0.255	-0.0308	10.2		2.1	11.7

注: R は Pearson の積率相関係数

4 結果の要約

人工乾燥を行ったユリノキの板材に窒素加熱処理を行った後に小試験体を採取し、曲げ強度試験を行った。曲げ強度は 35.5 ± 18.8 MPa であった。曲げヤング係数は、 10.9 ± 1.0 GPa であった。無処理の場合と比較すると、曲げ強度と曲げヤング係数はそれぞれ 40.8%、95.5% と、曲げヤング係数の低下は小さかったが、曲げ強度は 4 割程度に低下した。

〔キーワード〕ユリノキ、早生樹、熱処理、曲げヤング係数、曲げ強度

5 今後の問題点と次年度以降の計画

腐朽試験を予定

6 結果の発表、活用等

なし

7 引用文献

- 1) 長瀬亘 (2023): 静岡県で生育したユリノキの樹幹内における材質変動及び乾燥した板材の性質. 静岡県農林技術研究所研究報告書

課 題 名：大径材や未利用木材等の品質評価・有効活用技術の開発
超厚厚エレメント木質ボードを張った耐力壁の静的水平加力試験
担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 森林資源利用科
担 当 者 名：長瀬亘、稲葉大地
協 力 分 担：株式会社ノダ
予算(期間)：受託研究（2023 年度）

1 目的

人口減少による住宅着工数の減少や国・県の政策によって、今後は非住宅用、中・大規模木造建築物の需要が高まることが予想される。中・大規模建築用の構造用木質材料にはCLTや大断面集成材など、高強度の製品が求められるが、県内にはこれらの製品の製造工場はない。このため、高強度で中・大規模建築用の超厚厚エレメント木質ボード(FineOSB)を県内関連企業や大学と協力して開発することとした。本研究では、構造用途への利用に向け、試験的に面材張耐力壁の静的水平加力試験を実施した。

2 方法

試験体を図 1 に、試験体シリーズ一覧を表 1 に示す。柱および土台は 105mm×105mm のスギ製材（密度：柱 414±41kg/m³、土台 494±77kg/m³、含水率：柱 8.8±5.0%、土台 17.3±2.5%）（平均±標準偏差）を用いた。梁には 105mm×180mm のスギ製材（密度：444±17kg/m³、含水率：8.2±2.6%）を用いた。面材は 910×2730mm の大きさで、超厚厚エレメント木質ボード（樹種：スギ）の全層が 0.4mm 厚のストランドを構成するもの（厚さ：9mm、密度：629±22kg/m³、含水率：3.2±0.5%）（以下、FOSB と称する）、針葉樹合板（JAS 特類 2 級、厚さ：9mm、密度：623±32kg/m³、含水率：9.0±0.8%）（以下、PW と称する）、構造用 MDF（JIS A 5905、厚さ：9mm、密度：795±16kg/m³、含水率：8.7±0.3%）を用いた。また、面材を留めつける接合具は、N50 釘、N65 釘及び木ねじ 2 種（耐力壁ビス KS4041（4.0×41mm、BX カネシン製）（以下、KS4041 と称する）および呼び径と長さが 4.5×50mm の木ねじ（JIS B1112 と同形状で熱処理を加えたもの）（以下、4.5×50mm と称する）を使用した。外周の釘間隔 75mm とした。両端の柱の柱頭および柱脚は、ホールドダウン金物を用いて緊結した。

試験は、木造軸組構法住宅の許容応力度設計に準じて行い、面内せん断試験機（容量：100kN、ストローク±400mm、島津製作所製）を用い、アクチュエーター制御で加力した。試験体の設置は、アンカーボルト（M16）にて土台と基礎を固定した。加力の方法は、見かけのせん断変形角が 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad で 3 回の正負交番繰り返しとし、1/30rad で 1 回の正負交番繰り返しの後、15/rad 以上になるまで一方向に加

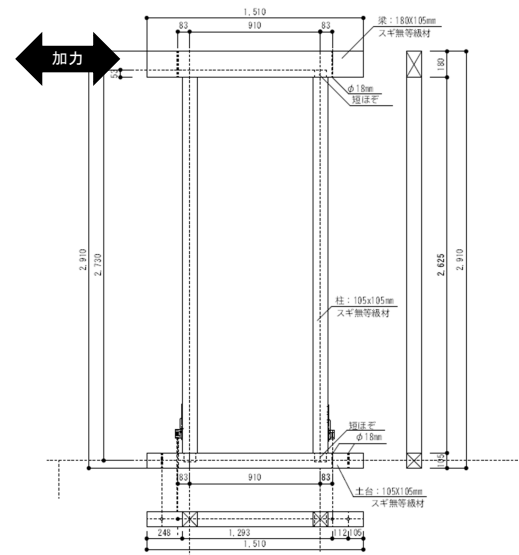


図1 試験体
表1 試験体シリーズ一覧

面材	接合具	HD 金物	試験体数
PW	N50	ビスどめホールダウンHi28	
	4.5×50mm		
MDF	N50	ビスどめホールダウンHi43	
	4.5×50mm		
FOSB	N50	ビスどめホールダウンHi43（タナカ製）	1
	N65		
	KS4041	ビスどめホールダウンHi43+ワッシャー（加力側のみ）	
	4.5×50mm	加力側：ビスどめホールダウンHi28（タナカ製）+ビスどめホールダウンHi43、非加力側：ビスどめホールダウンHi43	

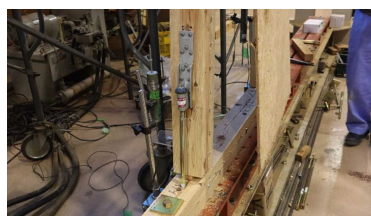
注：最終加力は押しきり

力を行った。

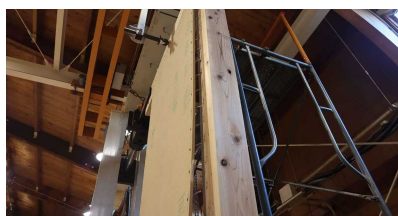
3 結果の概要

破壊性状を図2に示す。PW-N50、PW-4.5×50mm、MDF-4.5×50mm、FOSB-4.5×50mmでは、HD金物での先行破壊が見られてしまった。このため、耐力の高いHD金物を採用し再度試験が必要と考えられる。MDF-N50では引き抜けが多く見られたのに対し、FOSB-N50では、引き抜けとパンチングアウトの両方が見られる傾向にあった。FOSB-N65では、パンチングアウトが多く見られ、FOSB-KS4041では、引き抜けとパンチングアウトの両方の破壊が確認された。

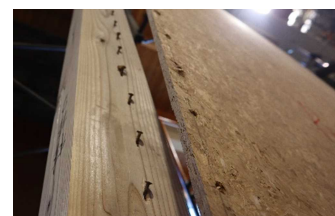
荷重と見かけのせん断角の関係（包絡線）を図3に、得られた特性値を表2に示す。FOSB-N65では、負側で荷重の最大値をむかえ、正側の方で最大荷重が小さい結果となった。これは、1/30radの負側での繰り返し時にパンチングアウトの破壊が多く見られたのからではないかと考えられる。試験体数が1体ずつで参考値ではあるが、降伏耐力、最大耐力および終局耐力は、PW、MDFでは、N50、4.5×50mmの順に、FOSBでは、N50、N65、KS4041、4.5×50mmの順に高い傾向にあり、木ねじを使用することによる耐力の向上が見られた。FOSBとMDFで各耐力を同じ接合具を使用した試験体同士で比較をすると、MDFの方が高い傾向を示した。FOSBではパンチングアウトが確認されたこともあり、釘頭貫通抵抗がMDFの方で高い可能性があると考えられる。このため、今後は面材の要素試験や接合部の一面せん断試験を実施して、その要因を調査する必要があると考えられる。



HD金物での破壊 (FOSB-4.5×50mm)



引き抜け (MDF-N50)



パンチングアウト (FOSB-N65)

図2 破壊性状

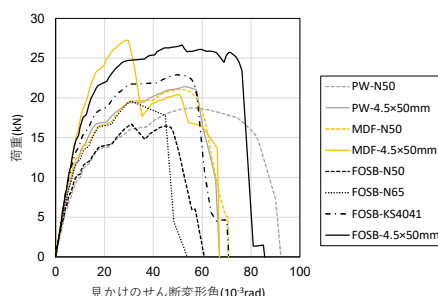


図3 荷重と見かけのせん断変形角の関係（包絡線）

表2 特性値一覧

面材	接合具	降伏耐力	降伏変形角	最大耐力	最大耐力時	終局耐力	終局変形角	初期剛性	塑性率	構造特性	HD金物での破壊
		P_f kN	D_f 10^{-3} rad	P_{max} kN	変形角 D_{max} 10^{-3} rad	P_u kN	D_u 10^{-3} rad	K 10^3 kN/rad	μ -	係数 D_s -	
PW	N50	11.24	11.76	18.74	55.77	17.05	82.39	0.96	4.62	0.35	○
	4.5×50mm	13.01	9.94	21.41	52.82	19.54	59.80	1.31	4.01	0.38	○
MDF	N50	11.74	7.52	21.09	51.22	18.85	61.32	1.56	5.08	0.33	
	4.5×50mm	16.35	9.46	27.28	28.82	24.95	33.33	1.73	2.31	0.53	○
FOSB	N50	9.64	7.71	16.69	31.18	14.97	50.29	1.25	4.20	0.37	
	N65	11.29	7.87	19.57	31.00	17.55	45.45	1.43	3.71	0.39	
	KS4041	12.91	7.86	22.92	49.39	20.91	58.48	1.64	4.59	0.35	
	4.5×50mm	15.73	9.65	26.65	51.69	24.92	76.67	1.63	5.02	0.33	○

4 結果の要約

HD金物が先行破壊してしまい、十分に試験結果が得られなかった試験体があった。FOSBではパンチングアウトが確認されたこともあり、釘頭貫通抵抗がMDFの方で高い可能性があるため、その要因を調査する必要がある。

〔キーワード〕 超薄厚エレメント木質ボード、面材張耐力壁、構造利用

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・HD金物を変更して耐力壁の水平せん断性能を確認する。
- ・面材の要素試験を実施して、FOSBの改良点を整理する。

6 結果の発表、活用等

新たな県産木質材料の開発

課 題 名：カーボンニュートラルの実現に向けた新たな森林経営モデルの開発

利用目的に応じた早生樹の選定と育林技術の開発

担当部署名： 静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：山田晋也、福田拓実

協 力 分 担：

予算(期間)：新成長戦略研究（2022-2024 年度）

1 目的

近年、各地にバイオマス発電所が建設されたことで、発電用燃料材の不足が懸念されている。早生樹を燃料用材として利用するにあたり、灰の溶融点等が低いと、灰がボイラー内の砂等に固着し安定した流動層を形成できなくなる。バイオマス発電所の要望として、灰の溶融点等の高いバイオマス燃料用材の生産がある。そこで、早生樹の燃料分析を行い、発電用燃料材として適する樹種を明らかにした。

2 方法

森林・林業研究センター構内等で育成しているユーカリサリグナ、アメリカヤマナラシ、イタリアポプラ、オノエヤナギを分析に供した。燃料分析は、高位発熱量（JIS M 8814準拠）、灰の軟化点測定(DIN51730準拠)、元素分析（Na・K：JIS K 0102 49 準拠、Cl：吸光度法）とした。

3 結果の概要

[前年度までの結果]

なし

[本年度の結果]

燃焼灰が溶けはじめの温度の軟化点は、ユーカリサリグナ1445℃、アメリカヤマナラシ805℃、イタリアポプラ790℃、オノエヤナギ825℃であった。軟化点が約1000℃以下の場合、ボイラー内で灰と砂が固着したクリンカーを形成しボイラー等を傷める可能性がある。軟化点では、ユーカリサリグナがバイオマス燃料に適していることが分った。また、アメリカヤマナラシ、イタリアポプラ、オノエヤナギは軟化点の高い樹種と混燃の必要があることが分った。また、Kの値は全種で、Na・Clの値はユーカリサリグナで一般的なバイオマス燃料と比べて高い値となった。K・Naには燃焼杯の溶融開始温度を下げる働きがあることから、クリンカーができやすくなるため注意が必要である。さらに、Clは燃焼により、塩酸やダイオキシン等の化合物を形成する。Clの大部分は飛灰と結合し、残りは塩酸となりボイラーの金属部分を腐食する作用を持つとされるので注意が必要である。

表1 早生樹4種の燃料分析結果

分析項目	単位	<i>P. emuloides</i>	<i>P. nigra</i>	<i>S. viminalis</i>	<i>E. saligna</i>
		アメリカ ヤマナラシ	イタリア ポプラ	オノエヤナギ	ユーカリサリグナ
高位発熱量	kJ/kg	19,830	19,790	19,220	18,880
灰の軟化点	°C	805	790	825	1445
Na	%	<0.01	<0.01	<0.01	0.02
K	%	0.50	0.42	0.24	0.24
Cl	%	<0.01	<0.01	<0.01	0.12

4 結果の要約

早生樹4種について、燃料分析を実施したところ、ユーカリが灰の軟化点が1000℃以上と高くボイラーを傷めにくいためバイオマス燃料に適していることが分った。ただし、Na、K、Clの含有量は、一般的なバイオマス燃料と比べると高いため注意が必要である。

〔キーワード〕 早生樹、ユーカリ、バイオマス燃料

5 今後の問題点と次年度以降の計画

同属でも種によって灰の軟化点が変わる可能性があり、特にNa、K、Cl等は植栽環境の影響を受けるため、次年度以降に調査を行う。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

中部森林学会（令和6年11月）で発表した。

課 題 名：カーボンニュートラルの実現に向けた新たな森林経営モデルの開発
早生樹の増殖技術の開発

種子・萌芽による天然更新技術の開発

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：福田拓実、山田晋也

協 力 分 担：天竜森林管理署

予算(期間)：新成長戦略研究（2022-2024 年度）

1 目的

2050 年までに社会全体の温室効果ガス排出量をゼロにする取組は、経済界に課せられた大きな課題である。さらに、2021 年 4 月の気候変動サミットにおいて、中間目標とする 2030 年の温室効果ガスの削減量を 2013 年比 46%減とした。この高い目標の達成には、これまで展開してきたスギ・ヒノキの循環型ビジネスモデルに加え、成長が早く二酸化炭素吸収に優れる「早生樹」を活用するなど、削減量を高める取組が必要である。

早生樹の一部の樹種では、伐採地で自然に発芽した実生が多く確認され、これらをうまく育苗、育林できれば、苗木を植えなくても更新（天然更新）が可能になる。そこで、本試験ではテーダマツについて皆伐地で天然更新が可能になるか調査した。

2 方法

(1) テーダマツ皆伐地における実生数及び樹高調査

ア 試験場所 霧山第一国有林 138 林班（浜松市浜名区引佐町、テーダマツ皆伐地）

※面積 4.6ha で、勾配 16%の北向き斜面である。2021 年 10 月までは 56 年生のテーダマツ人工林で、テーダマツの下に 30~40 年生の広葉樹（カシ類など）がある複層林、テーダマツ本数は 440 本/ha であった。2021 年 10 月から翌年 3 月にかけて皆伐した。林班の外側（試験場所までの距離は 20m~40m）にも同じ時期に植栽されたテーダマツがあり、2024 年 12 月時点でも残っている。2024 年 12 月時点で、明け方と夕刻を除き林床には光が届く環境になっている。

イ 調査内容

2022 年 4 月に 2 m 四方のコドラートを 22 箇所設定した。その後、20 箇所では実生数を月 1 回調査した。2023 年 3 月に 2022 年に発芽した実生とそれ以降に発芽した実生を区別するためタグを付けてそれぞれの数を数えた。

2 箇所では、コドラートの内側に発生した実生の樹高を年 1 回計測した。

(2) テーダマツの樹高推定

2021 年に植栽時期が分かっているテーダマツ林分（57 年生、60 年生、62 年生）から複数本テーダマツを伐採し樹高 4 m ごとに円盤を採取した。円盤の中心からの年輪幅を読みとり、5 年ごとの樹高を推測した。推測した樹高から推定式を用いて成長曲線を作成した。作成した成長曲線と霧山第一国有林で発生した実生の樹高から今後の成長を予想した。なお、成長曲線は植栽時の苗木の状態を 1 年目としているため、実生は発芽から 1 年経過した 2023 年 3 月時点（1 年後）を成長曲線の 1 年目と重ねた。

3 結果の概要

(1) テーダマツ皆伐地における実生数及び樹高調査

実生数の推移を図 1 に示す。2024 年 11 月時点で、70, 125 本/ha の実生が確認された。このうち、2022 年度に発生した実生で現存しているものは 29, 125 本/ha であった。

また、実生の樹高を図2に示す。2024年11月時点で、平均82.5cmであった。

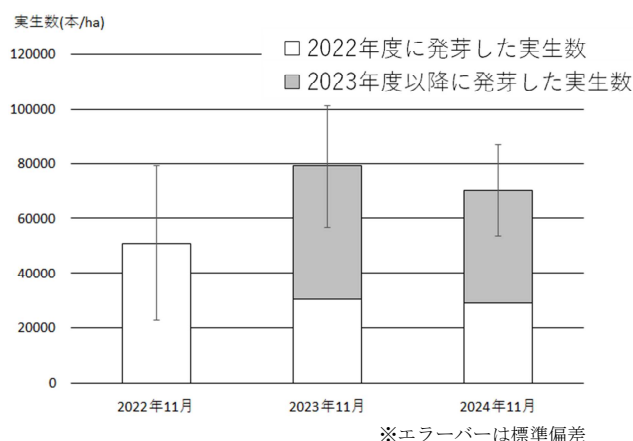


図1 テーダマツ実生数の推移

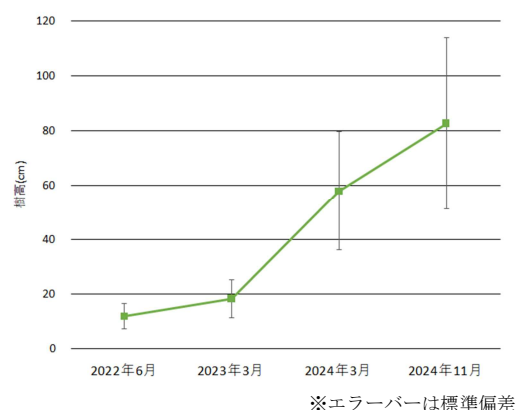


図2 テーダマツ実生の樹高推移

(2) テーダマツの樹高推定

テーダマツ林分から採取した円盤から作成した成長曲線と、図2の実生樹高の推移とを比較した(図3)。なお、静岡県の天然更新完了基準における期待成立本数は6,000本/haとなっている。霧山第一国有林では2022年度からの実生が29,125本/haのため、樹高は上位20%を用いた。

実生樹高の推移は成長曲線よりも上回った。成長曲線と樹高から、5年経過した時点で樹高が2mを超えると予想された。

静岡県の天然更新完了基準では、伐採から5年以内に2m以上の立木が1,800本/ha以上均等に生育していれば天然更新完了と判断している。実生の数や樹高の推移から、5年以内にこの基準を満たす可能性があると考えられる。

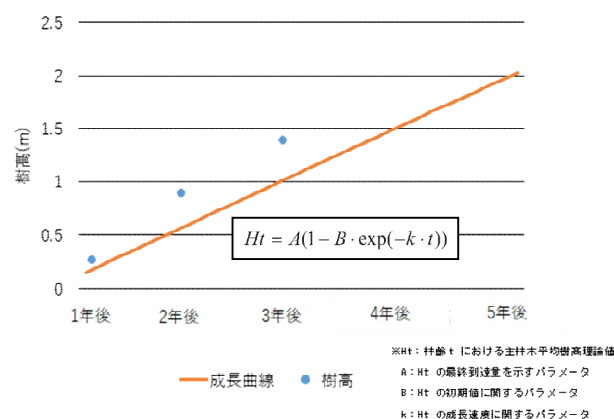


図3 成長曲線と実生の樹高

4 結果の要約

実生数は伐採から3年で29,125本/ha確認された。

伐採完了から5年で静岡県の天然更新完了基準を満たす可能性があると考えられた。

〔キーワード〕 テーダマツ 天然更新

5 今後の問題点と次年度以降の計画

現時点で通常のスギ、ヒノキの植栽密度と比較して過密であるため、天然更新完了後には目標林分へ移行させる密度管理が必要である。そのための施業方法を検証していく必要がある。

6 結果の発表、活用等(予定を含む)

森林整備課、天竜森林管理署へ情報提供する。

課 題 名：気候変動に適応した新たな森林病虫害防除に関する研究
マツ材線虫病被害に対する環境に配慮した防除対策

抵抗性クロマツ品種の実生抵抗性評価

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科・森林資源利用科

担 当 者 名：内山義政、袴田哲司

協 力 分 担：森林整備課、西部農林事務所

予算(期間)：県単（2023-2027 年度）

1 目的

マツ材線虫病（松くい虫）の県内における近年の被害推移は、材積ベースで年間 7 千 m³ 程度と横ばい傾向にあるものの終息の見込みが立っていない。薬剤に頼らない防除が求められる中で、唯一広く実用化に至っている技術が抵抗性マツの育種・育苗である。

本細目課題では、近年品種開発が進み本県採種園にも導入されている東日本産抵抗性クロマツ品種について、実生家系苗におけるマツノザイセンチュウ（以下「線虫」）抵抗性を線虫の接種検定により評価し、より松くい虫に強い品種の解明を目指す。

2 方法

- (1) 供試品種は、東日本産 1 品種、西南日本産 10 品種である。クロマツ実生家系の種子は、東日本品種は西部農林事務所育種場（浜松市浜名区宮口）から、西南日本品種は森林・林業研究センター第二苗畑（浜松市浜名区於呂）から、それぞれ 2019 年 10 月に採取した。採取した種子は、精選後に約 4℃で冷蔵保管した。
- (2) 実生苗は、2022 年 4 月に森林・林業研究センター（浜松市浜名区根堅）構内の苗畑に播種し、その後 2023 年 3 月に西部農林事務所育種場に設けた苗畑へ約 25cm 間隔で床替えして 2024 年 7 月まで育苗した。供試苗数は採取できた球果数や育苗過程の枯死によって品種間でばらつきがあり、1 品種当たり 15 本を 1 反復として、2-9 反復であった。
- (3) 接種検定には強病原性線虫の Ka-4 アイソレイトを使用した。Ka-4 は、接種前日または当日に 100,000 頭/ml に頭数調製した線虫懸濁液を接種に用いた。2024 年 7 月 29 日に、3 年生まで育苗した実生苗に対して改良剥皮接種法で 10,000 頭/本を接種した。接種後 3 か月が経過した 2024 年 10 月 21 日に、供試した実生苗を「①健全」、「②変色または部分枯れ」、「③枯死」の 3 段階で目視判定した。各反復における健全苗数 (①) / 供試苗数 (①+②+③) を健全率として、品種ごとの平均健全率を算出した。

3 結果の概要

[前年度までの結果]

- ・2021 年及び 2022 年の接種検定から、東日本 5 品種（大須賀 15 号、岡崎 35 号、内原 5 号、富浦 7 号、いわき 27 号）が、西南日本で実生抵抗性評価が最も優れる波方 73 号と同等かそれ以上の生存率を示した。
- ・一方で、東日本 2 品種（大須賀 5 号、小高 37 号）では、相対的に実生抵抗性が低いと推察された。

[本年度の結果]

- ・東日本品種のうち大須賀 5 号は、西南日本の実生抵抗性評価で 5 段階中 1-3 にランク付けされる川内 290 号、颯娃 425 号、夜須 37 号と同等程度の平均健全率を示した（図 1）。接種検定の健全率は年次間差が大きく複数年の比較が必要であるが、本品種は、前回までの結果と同様に、相対的に実生抵抗性が低いと推察された。

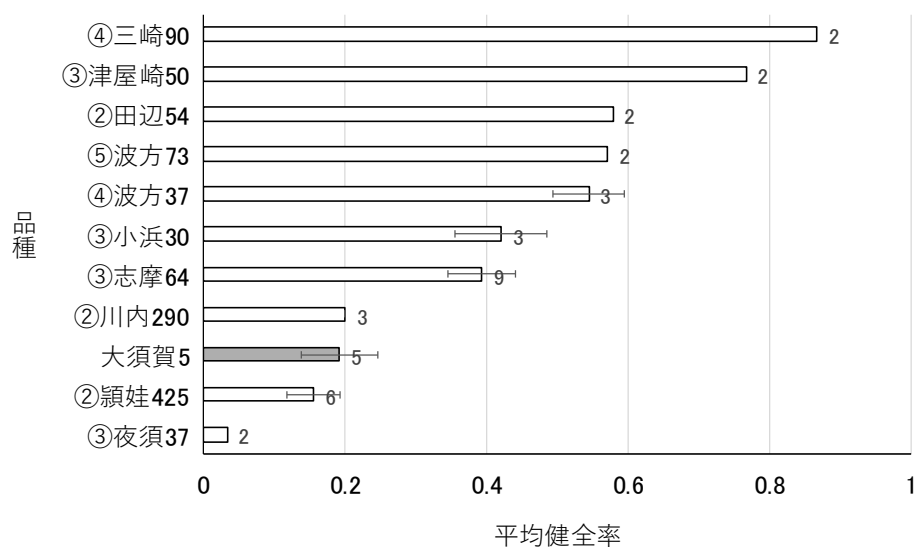


図 1 各品種の線虫接種後における平均健全率

- 1) 棒グラフ右の数字は反復数、エラーバーは3反復以上供試した品種における標準誤差を示す。
- 2) 品種名の前の丸数字は、西南日本の実生抵抗性評価（1-5の5段階、5が最も高い）を示す（九州地区林業試験研究機関連絡協議会 1999）。

4 結果の要約

東日本産抵抗性クロマツ品種の実生家系苗における線虫抵抗性を品種別に評価したところ、本県産品種である大須賀5号は、前回と同様に低い実生抵抗性を示した。

〔キーワード〕 抵抗性クロマツ品種、東日本産品種、実生抵抗性評価、特性表

5 今後の問題点と次年度以降の計画

今年度試験の供試苗木のうち東日本産12品種、西南日本産5品種、対照（非選抜）1系統からなる2年生苗は、接種検定後の健全率が異常に高い結果を示したことから本成果には含めなかった。接種時間帯（正午前後、気温約40℃）の影響で接種直後に線虫が死滅した可能性が考えられるため、引き続き供試品種を増やしながら接種時間帯等を改善し実生抵抗性評価を進める。

6 結果の発表、活用等

- ・ 森林整備課、西部農林事務所及び種苗生産者へ情報提供する。

7 引用文献

九州地区林業試験研究機関連絡協議会（1999）ヒノキ精英樹・抵抗性マツ特性表．九州地区林業試験研究機関連絡協議会，35-58

課 題 名：気候変動に適応した新たな森林病虫害防除に関する研究
マツ材線虫病被害に対する環境に配慮した防除対策

抵抗性クロマツ品種の得苗率評価

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科・森林資源利用科

担 当 者 名：内山義政、袴田哲司

協 力 分 担：森林整備課、西部農林事務所

予算(期間)：県単（2023-2027 年度）

1 目的

マツ材線虫病（松くい虫）の県内における近年の被害推移は、材積ベースで年間 7 千 m³程度と横ばい傾向にあるものの終息の見込みが立っていない。薬剤に頼らない防除が求められる中で、唯一広く実用化に至っている技術が抵抗性マツの育種・育苗である。

本細目課題では、近年品種開発が進み本県採種園にも導入されている東日本産抵抗性クロマツ品種について、実生抵抗性を線虫の接種検定により評価し、より松くい虫に強い品種の解明を目指す。種苗生産現場においては、実生抵抗性に加えて発芽特性の良い品種が求められている。そこで本課題では、東日本産抵抗性クロマツ品種の得苗率評価を行うことを目的とした。

2 方法

(1) 採種

2023 年 10 月上旬に、西部農林事務所育種場（浜松市浜名区宮口）及び森林・林業研究センター第二苗畑（浜松市浜名区於呂）から球果を採種した。対照（野外）系統として、同年 10 月中旬に賀茂郡東伊豆町稲取及び袋井市広岡に自生するクロマツから採種を行った。精選した種子は、播種まで約 2℃・湿度を保った状態で冷蔵保管した。

(2) 播種及び育苗管理

2024 年 4 月 2 日、約 12 時間浸漬し水中に沈んだ種子を森林・林業研究センター（浜松市浜名区根堅）構内に設けた播種床へ各品種 1-4 反復、1 反復あたり最大 100 粒播種した。

(3) 得苗率の測定

2024 年 12 月 13 日、播種床に生存している苗数を目視で計数した。計数は 3 回行い平均値を採用した。ただし、10 個体以下の場合は計数は 1 回とした。得苗率は、苗数を播種粒数で除した値とした。なお、通常国際種子検査規程（定温条件下のシャーレに播種）と異なり、苗畑における発芽数を確認するために低い値が得られることから別途「得苗率」と表記した。

3 結果の概要

[前年度までの結果]

- ・2023 年の得苗率は全品種の平均で 22%となった。
- ・実生抵抗性評価が高い、もしくは高いと推測される品種である波方 73 号及び大須賀 15 号は、おおむね平均程度の得苗率であることが示唆された。

[本年度の結果]

- ・2024 年の得苗率は全品種の平均で 73%であり、発芽検定で得られる発芽率と同等程度の高い得苗率が得られた（図 1）。
- ・2023 年と 2024 年では得苗率の年次間差が大きいことから、各年で品種別得苗率を偏差値化した値で品種比較を行った（図 2）。東日本産品種において、現時点で実生抵抗性が高いと推測される内原 5 号、岡崎 35 号などは平均以上の得苗率が得られる可能性が示唆された。

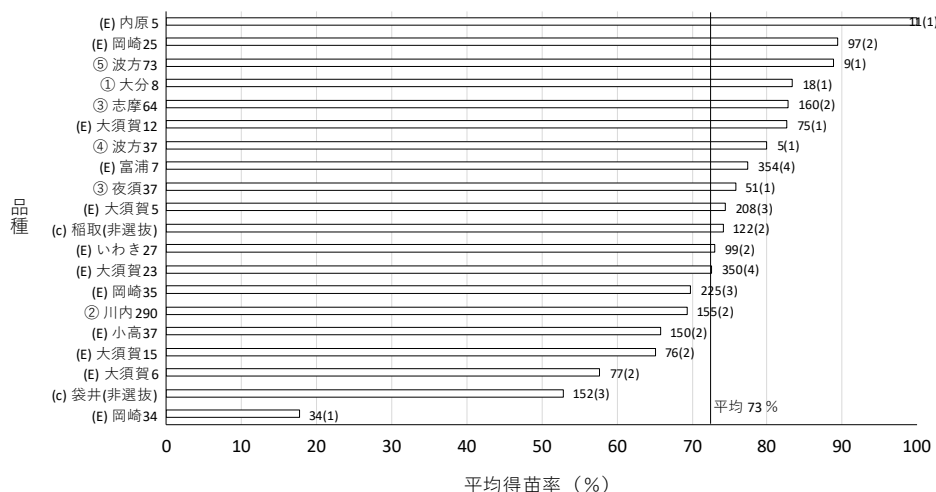


図1 各品種の苗畑における得苗率（2024年）

- 棒グラフ右の数字は播種粒数、() は反復数を示す。
- 品種名の前に、東日本産品種は(E)を、西南日本産品種は実生抵抗性ランクを5段階（⑤が最も強い）で、非選抜（対照）系統は(c)を付した。

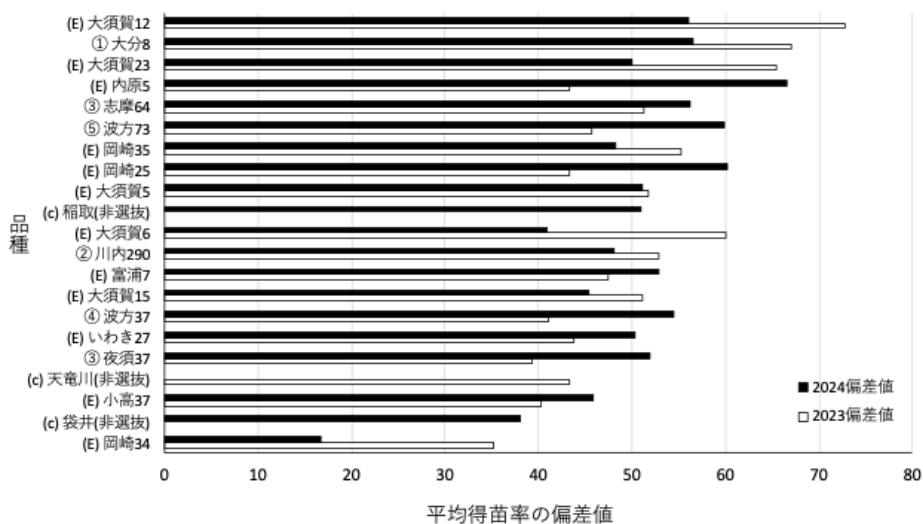


図2 得苗率の偏差値による年次比較（2023年・2024年）

- 品種名の前に付した記号は図1-2)と同様。

4 結果の要約

抵抗性クロマツ品種の苗畑における得苗率を品種別に評価したところ、2024年は平均73%と高い値を示した。2か年の結果に基づき、実生抵抗性が高いと期待される品種でも平均以上の得苗率が得られる可能性が示唆された。

〔キーワード〕 抵抗性クロマツ品種、東日本産品種、得苗率、発芽特性

5 今後の問題点と次年度以降の計画

年変動等の影響が大きいことから、今後も同様の試験を継続していく。

6 結果の発表、活用等

森林整備課、西部農林事務所及び種苗生産者へ情報提供する。

課 題 名：気候変動に適応した新たな森林病虫害防除に関する研究
侵入のおそれのある病虫害の被害リスク評価
カラマツ食葉性害虫の被害状況調査

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：内山義政

協 力 分 担：静岡森林管理署、小山町、東部農林事務所

予算(期間)：県単（2023-2027 年度）

1 目的

国内の主要造林樹種のうちカラマツは、冷涼な気候条件下で植栽されることから、本県における分布は局所的かつ面積も限られている。カラマツは、スギ・ヒノキと分類学的にも離れており、また落葉性であることなどから、発生する害虫相が大きく異なる。こうした背景から、本県におけるカラマツ害虫相の発生状況は知見が限られており、面的な被害が発生したときに備えて、被害発生時の記録を蓄積し、防除対応に必要な知見をアップデートしていく必要がある。

2024 年 9 月から同年 10 月にかけて、富士山五合目須走口（駿東郡小山町須走）周辺で、カラマツの食葉性害虫による葉の枯損が面的に発生した。今回の被害状況を整理するとともに、今後同様の被害が発生したときに備えて、加害種の同定フローチャート（簡易検索表）の見直しを行ったので報告する。

2 方法

(1) 調査場所

駿東郡小山町須走 富士山国有林 500 林班（標高 1,700-2,000m）

(2) 調査時期及び方法

- ・葉の枯損がみられたカラマツ林分において、食葉性害虫以外の枯死原因を除外するため、穿孔性害虫の痕跡や樹病菌の有無を外観から判別した。
- ・被害を受けたカラマツから、見つけ採りによって加害種の幼虫を採集した。一部は 70%エタノールに直ちに液浸保存し、残りは生きたまま実験室に持ち帰った。

(3) 幼虫の形態観察及び種同定

- ・生きた状態で肉眼及び双眼実体顕微鏡（Olympus SZX7）で形態を観察した。
- ・種同定は、幼虫の形態に基づき、長野県林業総合センター（1998）、井上（2007）、一色（1969）により同定し、実物との比較に基づき検索表の見直しを行った。

3 結果の概要

- ・現地調査の結果、食葉性害虫以外の病虫害は確認されなかった。カラマツの食葉性害虫はほとんどの場合、数年で自然終息するとされる。したがって、穿孔性害虫が随伴していないため、特段の防除対応は不要と判断された。
- ・加害種は、幼虫に腹脚を 4 対もつことから、チョウ目害虫であった。幼虫の背面の色彩及び模様や、カラマツの葉を糸をつづって食害する特徴から、カラマツマダラメイガ（メイガ科、学名 *Cryptoblabes loxiella*）と同定された（図 1、表 1）。検索表を表 1 のとおり見直した。

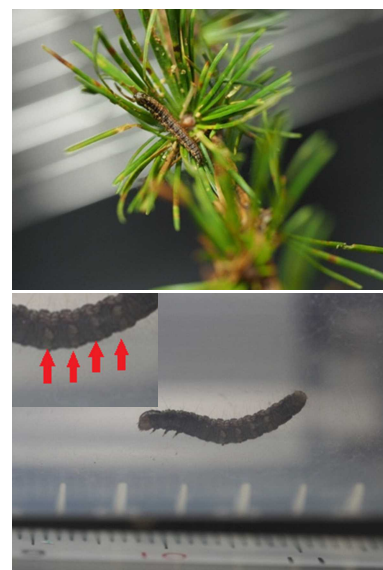


図 1 カラマツマダラメイガの幼虫（上 背面、下 腹面）

表1 カラマツ食葉性害虫の簡易検索表（見直し案）

1. 幼虫は毛虫タイプである	2
1. 幼虫はミノ虫タイプである	5
1. 幼虫は裸虫タイプである	6
2. 頭部に八の字の紋様がある	3
2. 頭部に八の字の紋様をもたない	4
3. 背中に赤い斑点がある	マイマイガ
3. 背中に赤い斑点がない	ハラアカマイマイ
4. 背中の節のコブから毛が生えている	ノンネマイマイ
4. 背中の節のコブに毛はない	ツガカレハ
5. 針葉でミノを作る	カラマツツツミノガ
6. 4対の腹脚（腹部のイボ状の脚）をもつ	7
6. 腹脚は5対以上または目立たない	8
7. 背中に不規則な縦線がある	カラマツマダラメイガ
7. 背中に不規則な縦線がない	カラマツヒメハマキ
8. 長枝葉（新梢の葉）だけを食べている	カラマツキハラハバチ
8. 被害部位に偏りはない	9
9. 群生し被害している	10
9. 群生して被害しない	11
10. 体色は黒色	カラマツアカハバチ
10. 体色は黄色	マツノクロホシハバチ
10. 体色は緑色	カラマツハラアカハバチ
11. 針葉を糸で綴らない	マツノミドリハバチ
11. 針葉を糸で綴る	12
12. 糸で綴った巣に虫糞がたくさんついている	カラマツヒラタハバチ
12. 糸で綴った巣には虫糞が付着しない	13
13. 体色は緑色	ニホンアカズヒラタハバチ
13. 体色は緑色ではない	ニホンカラマツヒラタハバチ

1) 長野県林業総合センター（1998）を基に作成。見直した箇所は太字で示す。

2) 加害の特徴（本検索表の9、11）は幼虫の生息密度が高いと判別が困難となるため、新たに項目6を設けた。

4 結果の要約

2024年10月、富士山五合目須走口周辺のカラマツ林において、カラマツマダラメイガによる葉の枯損被害が発生した。本調査を踏まえて、カラマツ食葉性害虫の同定フローチャート（簡易検索表）について表1のとおり見直し案を示した。

〔キーワード〕カラマツ、食葉性害虫、被害報告、同定フローチャート、検索表

5 今後の問題点と次年度以降の計画

特になし。静岡森林管理署等からの依頼に応じて、必要な追加調査があれば随時対応する。

6 結果の発表、活用等

静岡森林管理署、小山町及び東部農林事務所等の関係機関へ情報提供する。

7 引用文献

井上寛（2007）メイガ科．矢田脩（監修）新訂原色昆虫大図鑑 第I巻（蝶・蛾 編），北隆館
 一色周知（1969）原色日本蛾類幼虫図鑑（下），保育社
 長野県林業総合センター（1998）カラマツ食葉性害虫の見分け方（幼虫態）．長野県林業総合センター ミニ技術情報 1

課 題 名：公益的機能の維持・増進のための森林施業技術の研究
海岸防災林の保育・管理技術の開発

植栽密度の検討①

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：白井達也

協 力 分 担：西部農林事務所

予算(期間)：県単（2024-2028 年度）

1 目的

県では、森林の公益的機能の維持・増進を図ることを目的に、海岸防災林の再整備や荒廃森林の整備などの事業を推進し、森林の適切な管理・整備による多様性のある豊かな森林の保全に取り組んでいる。

県西部および中遠地域の海岸防災林の再整備では、山土の植栽基盤に大規模な一斉植栽を行っており、従来の砂地への植栽とは大きく環境が異なる。今後、植栽木が健全に生育し、早期に防災機能を発揮するには適切な管理手法を定める必要がある。

海岸の盛土にクロマツを植栽する場合、現在は生育に問題がないとして植栽密度を 5,000 本/ha とすることが一般的となっている。さらに植栽密度を低くすることができれば、植栽や維持管理に係るコストを下げることができる。

本試験では、植栽密度を低くしてもクロマツの生育に問題がないかを検証するため、より植栽密度の低い試験地を設定し、植栽後 6 年目の状況を調査した。

2 方法

(1) 試験場所

浜松市中央区の海岸防災林における、植生基盤盛土の陸側法面で実施した。

(2) 試験構成

- ・2019 年 2 月にクロマツを植栽した。植栽密度は 1,500 本/ha ($n=36$)、3,000 本/ha ($n=72$)、5,000 本/ha ($n=120$) の 3 種類で、各々海側に静砂垣を設置した区画としない区画を設け、合計 6 試験区を設定した（表 1）。
- ・2024 年 12 月に、6 成長期後*の生存の有無を調査するとともに、生存個体については樹高、胸高直径を測定し、初期値（2019 年 2 月測定）との差を成長量とした。

3 結果の概要

- (1) クロマツの生存率について、活着状況に起因すると考えられる植栽から 1 成長期までの枯死を除き、1 成長期後から 6 成長期後までの生存率は全て 0.96 以上となり、植栽密度による有意な差は見られなかった（表 1）。（ $p>0.05$, Fisher test）
- (2) 各試験区の樹高成長量について多重比較を行ったところ、低密度植栽では高密度植栽よりも樹高が同等かより大きくなっていることが分かった。
- (3) 樹木生育の健全度の指標として、6 成長期目の樹木の形状比（樹高÷胸高直径）について多重比較検定を行ったところ、静砂垣なしでは植栽密度が低下するほど形状比が低下していた。静砂垣ありでは、1,500 本/ha が 5,000 本/ha よりも優位に形状比が低くなっていた。
- (4) 形状比に影響を与える要因の特定のため、植栽密度と静砂垣の有無で二元配置の分散分析を行ったところ、植栽密度のみが影響を与えるという結果になった（表 2）。

※クロマツは一般的に春期～夏季が成長期である。

表 1 試験区の概要および生存率

試験区	植栽密度 (本/ha)	静砂垣	植栽時 2019年2月	1 成長期後 2019年12月	6 成長期後 2024年12月		6 成長期後の 生存率の検定 (Fisher) p 値
			植栽本数	生存本数 a	生存本数 b	枯死本数 a-b 生存率 b/a	
A	1500	無	36	31	30	1	0.97
B	3000	無	72	65	64	1	0.98
C	5000	無	120	115	115	0	1.00
D	1500	有	36	36	36	0	1.00
E	3000	有	72	67	66	1	0.99
F	5000	有	120	116	111	5	0.96
合 計			456	430	422	8	0.98

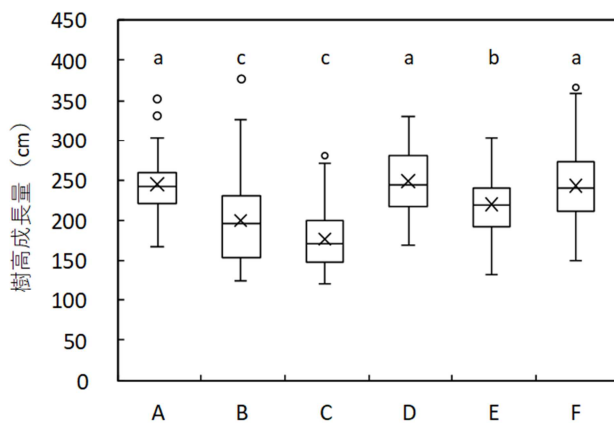


図 1 各試験区の単年度樹高成長量
(異なる小文字アルファベット間で有意差あり $p < 0.05$, steel-dwass test)

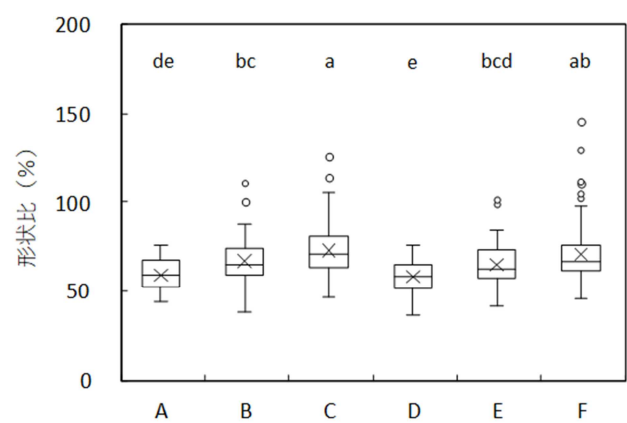


図 2 各試験区の形状比
(異なる小文字アルファベット間で有意差あり $p < 0.05$, steel-dwass test)

表 2 二元配置分散分析による形状比に影響する要因の解析

目的変数	説明変数	自由度	f 値	p 値
形状比	植栽密度	2	27.66	< 0.001
	静砂垣の有無	1	1.0328	n. s
	交互作用	2	0.0799	n. s

4 結果の要約

植生基盤盛土の陸側法面におけるクロマツの植栽から 6 成長期後の生育状況について、生存率および単年度の樹高成長量は、植栽密度、静砂垣の有無の影響はなく、形状比は植栽密度が低いほど低下していることが分かった。

〔キーワード〕 山土、植生基盤盛土、クロマツ、植栽密度、生存率

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・次年度以降も継続調査を行う。
- ・生存率および成長量に加え、枝張り等の樹形についても評価・調査の必要性を検討する。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

- ・F&F、学会等により、情報発信を行う予定。
- ・森林保全課・西部農林事務所、中遠農林事務所に情報提供する。

課 題 名：公益的機能の維持・増進のための森林施業技術の研究
海岸防災林の保育・管理技術の開発
植栽密度の検討②

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：白井達也

協 力 分 担：中遠農林事務所

予算(期間)：県単（2024-2028 年度）

1 目的

県では、森林の公益的機能の維持・増進を図ることを目的に、海岸防災林の再整備や荒廃森林の整備などの事業を推進し、森林の適切な管理・整備による多様性のある豊かな森林の保全に取り組んでいる。

県西部および中遠地域の海岸防災林の再整備では、“ふじのくに森の防潮堤づくり”事業などにより山土の植栽基盤に大規模な一斉植栽を行っており、従来の砂地への植栽とは大きく環境が異なる。今後、植栽木が健全に生育し、早期に防災機能を発揮するには適切な管理手法を定める必要がある。

海岸でクロマツを植栽する場合、現在は生育に問題がないとして植栽密度を 5,000 本/ha とすることが一般的となっている。また、浜松市での試験では、陸側において 1,500 本/ha 程度の低密度植栽であってもクロマツの初期成長に問題はないという結果が得られている。

本試験では、風や飛砂の影響が陸側より厳しい環境である海側でも低密度植栽が可能かを検証するため、遠州灘の 3 地域に試験地を設定し、植栽から 2 成長期後の生育状況を調査した。

2 方法

(1) 試験場所

磐田市、袋井市、掛川市の海岸防災林における、植栽基盤盛土の海側法面～天端で試験を実施した。

(2) 試験構成

- ・ 2023 年 3 月～5 月（掛川市：3 月、磐田市・袋井市：5 月）に、海側法面から天端にかけてクロマツを植栽した。植栽密度は 1,250 本/ha、2,500 本/ha、5,000 本/ha の 3 種類とした。
- ・ 2 成長期後の 2024 年 12 月に、生存の有無を調査するとともに、生存個体については、樹高と根元径を測定した。

3 結果の概要

- (1) 2 成長期後のクロマツの生存率について、各試験地で植栽密度による差を比較したところ、いずれの試験地でも有意な差は確認できなかった（表 1）。第 1 成長期後の枯死率の高さは植栽時の活着不良が影響していると推察された。
- (2) 試験地ごとに各植栽密度で 2 成長期後の樹高を比較した結果、袋井市では植栽密度 5,000 本/ha と比べて 1,250 本/ha の方が有意に小さくなった。一方、それ以外の市では差は見られなかった（図 1）。袋井市の植栽密度が低い試験地では、植栽初期の活着不良が影響したと考えられるが、今後どの程度形状比（樹高÷胸高直径）等に影響を及ぼすかどうかについては、継続して確認する必要があると考えられた。
- (3) 根元径については、磐田市では 5,000 本/ha、2,500 本/ha よりも 1,250 本/ha が有意に小さくなった。袋井市についても、5,000 本/ha よりも 2,500 本/ha と 1,250 本/ha が有意に小さくなった。この原因は、樹高と同様に植栽密度が低いほど植栽初期の活着不良が影響したためだと推察され、今後継続して影響を確認する必要があると考えられた。

表 1 試験地の概要および生存率

試験地 植栽年月	植栽密度 (本/ha)	植栽時	1 成長期後 (2023 年 12 月)	2 成長期後 (2024 年 12 月)			生存率の検定 (Fisher) p 値
		植栽本数	生存本数 a	生存本数 b	枯死本数 a-b	生存率 b/a	
磐田市 2023 年 5 月	1,250	45	42	41	1	0.97	0.941
	2,500	90	78	73	5	0.93	
	5,000	164	148	148	0	1.00	
袋井市 2023 年 5 月	1,250	56	42	42	0	1.00	1.000
	2,500	108	73	73	0	1.00	
	5,000	218	171	171	0	1.00	
掛川市 2023 年 3 月	1,250	66	66	66	0	1.00	1.000
	2,500	135	135	135	0	1.00	
	5,000	246	246	245	1	0.99	

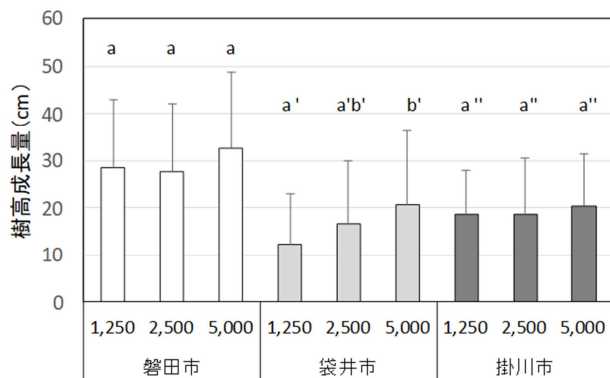


図 1 各試験地の樹高

(横軸の数字は植栽密度 (本/ha) エラーバーは標準偏差
同じアルファベット間: $p > 0.05$ steel-dwass test)

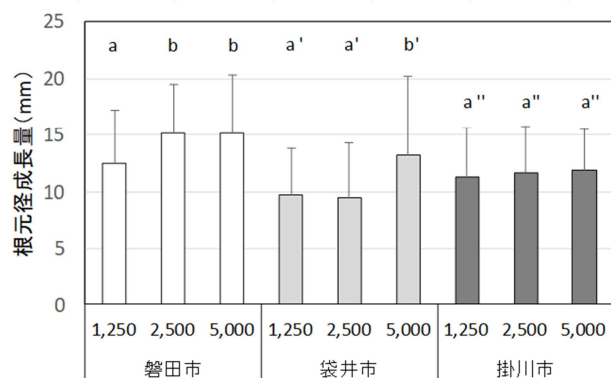


図 2 各試験地の根元径

(注釈は図 1 と同じ)

4 結果の要約

植生基盤盛土の海側法面から海側天端にかけて、異なる植栽密度 (1,250 本/ha、2,500 本/ha、5,000 本/ha) で植栽したクロマツについて、2 成長期後の生存率への影響は確認できなかった。樹高および根元径の成長量については、磐田市では根元径のみ低密度植栽の方が小さい傾向が見られ、袋井市では、樹高・根元径のいずれも低密度植栽で小さい傾向が見られた。掛川市では、植栽密度による成長量の違いは見られなかった。低密度植栽で小さくなった原因は、初期の活着不良に基づくものと推察されたことから、今後継続して生育状況を確認する必要があると推察された。

〔キーワード〕 山土、植生基盤盛土、クロマツ、植栽密度、生存率

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・本試験地においては、次年度以降も継続調査を行う。

6 結果の発表、活用等 (予定を含む)

- ・F&F、学会等により、情報発信を行う予定。
- ・森林保全課、西部農林事務所、中遠農林事務所に情報提供する。

課 題 名：公益的機能の維持・増進のための森林施業技術の研究
海岸防災林の保育・管理技術の開発

間伐による効果の検証

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：白井達也

協 力 分 担：中遠農林事務所

予算(期間)：県単（2024-2028 年度）

1 目的

県では、森林の公益的機能の維持・増進を図ることを目的に、海岸防災林の再整備や荒廃森林の整備などの事業を推進し、森林の適切な管理・整備による多様性のある豊かな森林の保全に取り組んでいる。

県西部および中遠地域の海岸防災林の再整備では、“ふじのくに森の防潮堤づくり”事業などにより山土の植栽基盤に大規模な一斉植栽を行っており、従来の砂地への植栽とは大きく環境が異なる。今後、植栽木が健全に生育し、早期に防災機能を発揮するには適切な管理手法を定める必要がある。

従来の砂地における海岸林の植栽とは環境が異なることから、適切な密度が異なる可能性がある。植栽後の本数調整伐による密度管理で形状比が改善され、気象害に強く防災機能の高い林分になることが期待される一方、伐採直後は林冠に隙間が空くことで海からの飛砂飛塩による気象害を受けやすくなる可能性がある。

本試験では、本数調整伐後の成長量の変化を調査し、適切な密度管理技術について検討した。

2 方法

(1) 試験概要

袋井市湊に試験地を設定し、本数調整伐を行う伐採区と行わない対照区を設置し、伐採から 2 成長期後の成長量を調査した。

(2) 試験構成

- ・調査地には 2014～2015 年に 5,000 本/ha の密度でクロマツを植栽した。
- ・2022 年 10 月に試験地の伐採区で 25%の本数調整伐を行った。
- ・2024 年 12 月に両試験地の伐採区および対照区において、生存の有無を調査するとともに、生存個体について樹高、胸高直径を測定し形状比（樹高÷胸高直径）を算出した（表 1、図 1）。

3 結果の概要

- (1) 枯死本数については伐採区の方が多く、生存率も低かったが、生存率の検定結果からは伐採区と対照区の間には有意な差は見られなかった（表 1）。このことから、本数調整伐によって気象害を受けやすくなるという傾向は見られなかった。
- (2) 1 成長期後と 2 成長期後の形状比については、伐採区と対照区のどちらも有意な差は見られなかった。また、各成長期で伐採区と対象区の形状比を比較した場合も、有意な差は見られなかった（図 2）。このことから、5,000 本/ha の植栽地で、8～9 年後の間伐率 25%程度の本数調整伐では、形状比に顕著な影響を与えない可能性が示唆された。

表 試験地の概要

試験地	試験区	初期値	1 成長期後	2 成長期後		生存率の検定 (Fisher) p 値	
		2023 年 3 月	2023 年 12 月	2024 年 12 月			
		調査本数	生存本数	生存本数	枯死本数		生存率
		a	b	c (a-b)	b/a		
袋井市	伐採区	102	102	98	4	0.96	0.925
	対照区	129	128	127	2	0.98	

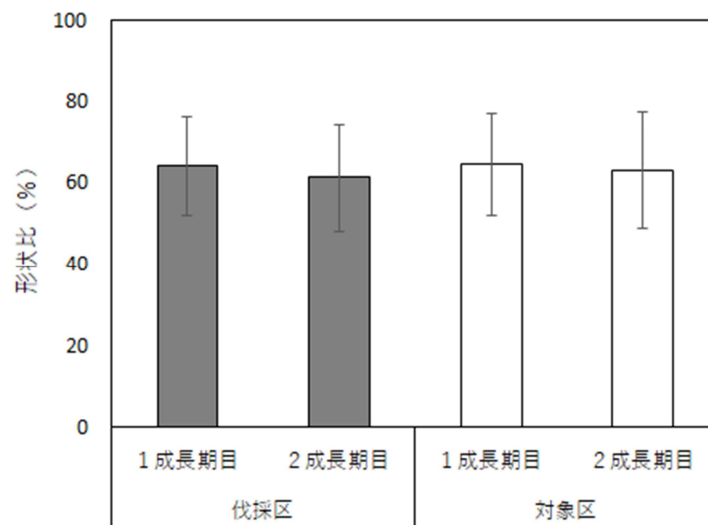


図 形状比の変化（袋井市）

（各水準間はすべて $p > 0.05$, steel-dwass test）

4 結果の要約

5,000 本/ha の植栽地において、本数調整伐を行ったところ、枯死率が高まることはなかった。本数調整伐の有無、成長期ごとの形状比の比較においては、有意な差は見られなかった。

〔キーワード〕 山土、植生基盤盛土、クロマツ、成長、本数調整伐

5 今後の問題点と次年度以降の計画

本数調整伐の伐採率を上げることで、形状比の改善が見込める可能性があるが、保安林の指定施業要件から伐採率には上限があるため、今後の検証の重要性は低いと考えられる。低密度植栽での間伐率など、次年度の実施方針について検討する。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

- ・森林保全課、西部農林事務所、中遠農林事務所に情報提供する。

課 題 名：公益的機能の維持・増進のための森林施業技術の研究
海岸防災林の保育・管理技術の開発

防風工による効果の検証

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：白井達也

協 力 分 担：中遠農林事務所

予算(期間)：県単（2024-2028 年度）

1 目的

県では、森林の公益的機能の維持・増進を図ることを目的に、海岸防災林の再整備や荒廃森林の整備などの事業を推進し、森林の適切な管理・整備による多様性のある豊かな森林の保全に取り組んでいる。

県西部および中遠地域の海岸防災林の再整備では、“ふじのくに森の防潮堤づくり”事業などにより山土の植栽基盤に大規模な一斉植栽を行っており、従来の砂地への植栽とは大きく環境が異なる。今後、植栽木が健全に生育し、早期に防災機能を発揮するには適切な管理手法を定める必要がある。

中遠農林事務所管内では、植栽時に海側の盛土法尻に防風工を設置し、苗木を海風から保護している。防風工は、植栽木が防風工を上回る程度に成長した後は撤去しても支障がない可能性があり、移設して再利用できれば施工コストが削減できる。しかし、生育途中で防風工を撤去した場合の影響は不明であるため、検証を行う必要がある。

本試験では防風工の撤去がクロマツの生育に与える影響について調査を行った。

2 方法

袋井市西同笠、掛川市沖之須、掛川市大渕の海岸防災林の海側法面において、樹高が防風工の高さより高く成長した植栽 5 成長期以降の林分を対象に、防風工を撤去した撤去区と、防風工を残置した対照区を設定した（表 1）。2024 年 12 月にクロマツの生存率を確認するとともに、樹高と胸高直径を測定し、防風工撤去開始時期からの成長量を算出した。

表 1 試験区概要

試験区	植栽時期	防風工撤去時期	植栽密度
袋井市西同笠	2020 年	2024 年 2 月	10,000 本/ha
掛川市沖之須	2016 年	2022 年 10 月	10,000 本/ha
掛川市大渕	2019 年	2023 年 12 月	10,000 本/ha

3 結果の概要

- (1) 1 成長期後では、袋井市西同笠および掛川市大渕において枯死は見られなかった。掛川市沖之須においては、1 成長期後は枯死が見られたが、2 成長期目では枯死は発生しなかった。このことから、植栽 5 成長期後に防風工を撤去しても生存率には影響しないと推察された。
- (2) 樹高について、初期値と 2024 年 12 月の測定値の差から成長量を算出し、撤去区（防風工無）と対照区（防風工有）で比較したところ、掛川市沖之須では対照区の成長量が有意に大きかった（図 2）。しかし、個々のクロマツの成長量が大きくばらついているのに対して、両区画の成長量の差は小さく、防風工の撤去が樹高成長に与える影響は限られていた（ $r=0.22$ ：効果量小）。
- (3) 形状比は、2 成長期後の時点では、いずれの施工地でも防風工の有無による差は見られず、今後どの程度影響が出るか検証する必要がある。

表2 各試験区の枯死割合

試験区	防風工	初期値 2023年3月 ¹⁾ 2024年3月 ²⁾	1 成長期後 2023年12月 ¹⁾ 2024年12月 ²⁾	2 成長期後（掛川市沖之須） 2024年12月		
		調査本数	生存本数 a	生存本数 b	枯死本数 a-b	生存率 b/a
袋井市	残置	116	116	-	-	-
西同笠	撤去	130	130	-	-	-
掛川市	残置	49	48	48	0	1.00
沖之須	撤去	75	69	69	0	1.00
掛川市	残置	79	79	-	-	-
大淵	撤去	104	104	-	-	-

1)は掛川市沖之須、2)は袋井市西同笠、掛川市大淵

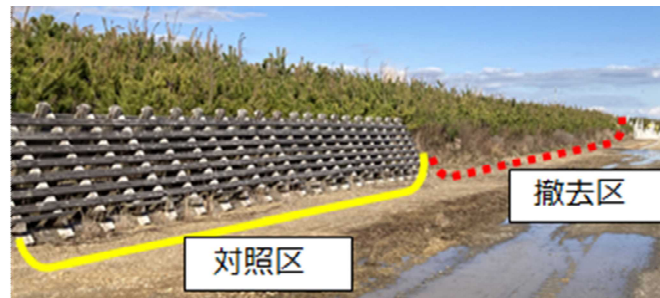


図1 防風工の対象区と撤去区

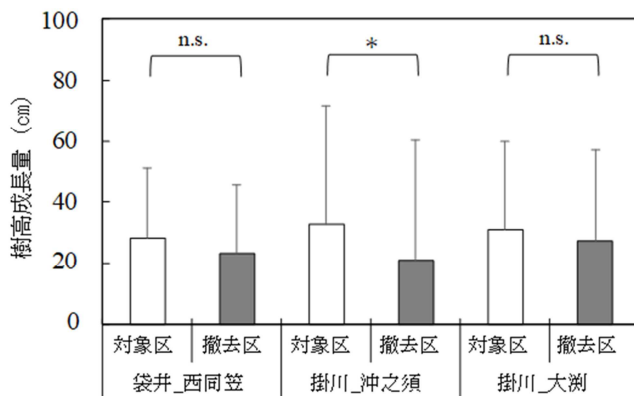


図2 樹高成長量

エラーバーは標準偏差

(*: $p < 0.05$, n.s.: 有意差なし Mann-Whitney U test)

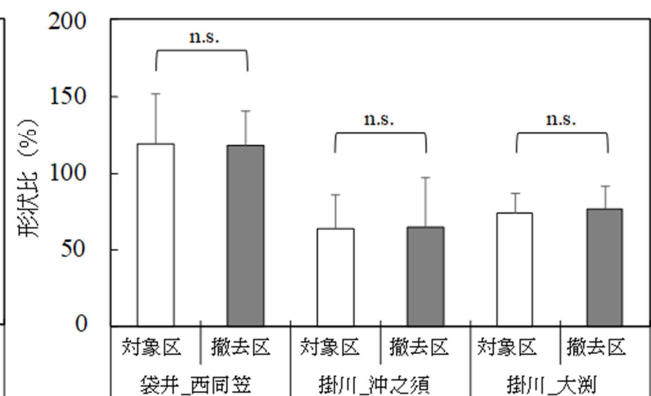


図3 形状比

エラーバーは標準偏差

(注釈は左図に同じ)

4 結果の要約

クロマツが防風工を上回る程度に成長している場合、防風工の撤去による生存率への影響は確認できなかった。樹高成長量は一部の施行地で防風工撤去により低くなったが、形状比の違いは見られず、効果は限定的だと考えられた。

〔キーワード〕 山土、生育基盤盛土、クロマツ、成長、防風工、撤去

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・本試験地においては、次年度以降も継続調査を行う。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

- ・森林保全課、中遠農林事務所、西部農林事務所に情報提供する。

課 題 名：公益的機能の維持・増進のための森林施業技術の研究

荒廃森林の整備効果に影響する要因の解明

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：白井達也

協 力 分 担：—

予算(期間)：県単（2024-2028 年度）

1 目的

県では、森林の公益的機能の維持・増進を図ることを目的に、海岸防災林の再整備や荒廃森林の整備などの事業を推進し、森林の適切な管理・整備による多様性のある豊かな森林の保全に取り組んでいる。

荒廃森林の整備では、森林づくり県民税を財源とした「森の力再生事業」による荒廃森林の整備を進めている。現在、整備の効果をモニタリング中であり、速やかに効果が発揮される整備手法の確立が求められている。一方で、整備目標である下層植生の回復が見られる事業地と見られない事業地があり、どのような要因でばらつきが発生するのか分かっていない。

本研究では、モニタリング調査の結果から下層植生の回復等に影響を与える要因を分析した。

2 方法

(1) 概要

森の力再生事業で伐採した第2期モニタリング調査地 10 箇所（50 プロット）で、伐採後 3、5、7 年目（伊豆市は 2、4、6 年目）の植被率と下層植生の確認種数に影響を与える因子を判断するため、開空度、rPPFD、立木密度、平均胸高断面積合計、間伐率、標高、林内傾斜、斜面方位の 8 項目の値を用いて、重回帰分析が適用可能な条件を検証した。

(2) 分析前調整

開空度と rPPFD は、光環境の指標であり、伐採で改善した効果を評価する必要があることから、最大値を採用した。また、強い相関関係が見られる因子同士は重回帰分析に適用できないことから、開空度のみの採用とした（これ以外は相関係数 $|r| < 0.5$ ）。立木密度、平均胸高断面積合計については、伐採後 1 年目の数値を採用した。方位については、質的データであるため、0 と 1 のダミー変数に置き換えた。

(3) 分析手法

ステップワイズ法(減少法)を用いて、統計的に植被率および下層植生の確認種数に影響を与える因子を選択し、重回帰分析を実施した。

(4) 分析結果の妥当性評価

現地確認結果から、分析結果が妥当かどうかを評価した。

3 結果の概要

- (1) 植被率に影響を与える因子は、3、5、7 年目いずれにおいても開空度と立木密度であり、一部で平均胸高断面積合計と標高が関与していた（表 1）。補正決定係数は 0.23～0.48 であり、影響度はあまり高くないものの、植被率改善の指標となりうる可能性が示唆された。
- (2) 下層植生の確認種数に影響を与える因子は、3、5、7 年目いずれにおいても開空度と立木密度であり、一部で標高や平均胸高断面積合計、斜面方位が関与していた（表 2）。補正決定係数はいずれも 0.5 以上であり、用いた因子で一定程度説明できることが示唆された。
- (3) 植被率および下層植生の確認種数の増加には、間伐率ではなく、光環境の指標である開空度と、伐採後の立木本数が影響する可能性が示唆された。分析結果の妥当性を検証するため、植被率の低い事業地を現地確認した結果、偶発的に立木がなく光環境が改善された場所では、下層植生の繁茂が見られたことから、分析結果は妥当であると判断した（図 1）。また、防護ネットをしていない箇所ではニホンジカの不嗜好性種が優先となることが分かった。

表 1 植被率に影響を与える因子（重回帰分析結果）

説明変数	3 年目植被率		5 年目植被率		7 年目植被率	
	係数	p 値	係数	p 値	係数	p 値
開空度 (%)	1.72	*	3.07	**	3.81	**
立木密度 (本/ha)	-0.014	*	-0.022	**	-0.027	**
平均胸高断面積合計 (m ² /ha)	-	-	0.402	**	-	-
標高(m)	-	-	-0.029	*	-	-
定数項	12.6		6.4		17.5	
補正決定係数 (R^2)	0.23		0.48		0.39	

*: $p < 0.05$ 、**: $p < 0.01$

表 2 下層植生の確認種数に影響を与える因子（重回帰分析結果）

説明変数	3 年目種数		5 年目種数		7 年目種数	
	係数	p 値	係数	p 値	係数	p 値
開空度 (%)	1.76	**	2.05	***	1.23	**
立木密度 (本/ha)	-0.021	***	-0.016	***	-0.010	***
平均胸高断面積合計 (m ² /ha)	-	-	0.23	**	-	-
標高(m)	-	-	-0.016	***	-	-
斜面方位 (南東向き)	-	-	-16.5	***	-	-
斜面方位 (東向き)	-	-	-	-	12.1	*
定数項	63.2		37.5		29.1	
補正決定係数 (R^2)	0.55		0.66		0.51	

*: $p < 0.05$ 、**: $p < 0.01$ 、***: $p < 0.001$

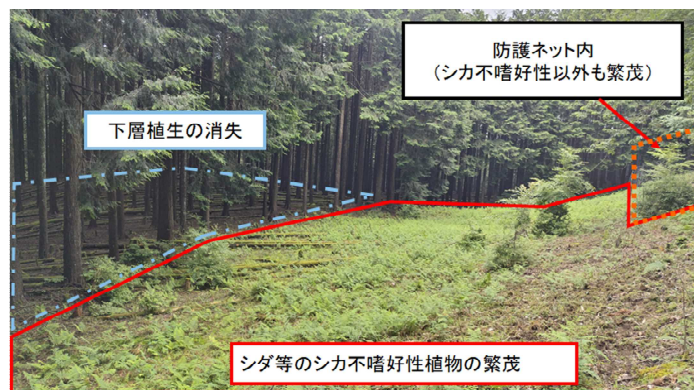


図 1 光環境改善による下層植生繁茂の様子

4 結果の要約

重回帰分析の結果、植被率および下層植生の確認種数に影響を与える因子は、林内光環境を示す開空度と、伐採後の立木密度であった。植被率の低い事業地を確認した結果、光環境の改善により下層植生の回復が見られること、シカ対策をしないとシカ不嗜好性植物が優先することが分かった。

〔キーワード〕 森の力再生事業、植被率、光環境、開空度、シカ

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・本分析内容の取りまとめを実施し、事業効果改善のための整備手法について検討を行う。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

- ・森林計画課に情報提供するとともに、森の力再生事業評価委員会等で分析結果を報告する。

課 題 名：野生動物の出没・柵内侵入リスク評価に関する研究

シカ高密度化リスク評価

担当部署名：農林技術研究所森林・林業研究センター森林育成科

担 当 者 名：阪本森人、大橋正孝

協 力 分 担：自然保護課

予算(期間)：県単（2024-2026 年度）

1 目的

ニホンジカ（以下「シカ」とする）の生息頭数増加による県内の農林業被害は、近年、農作物被害額が 25,000 万円前後、林業被害面積が 60ha 前後と一定水準で継続しており、大きな問題となっている。県では、第二種特定鳥獣管理計画（5 年単位）に基づき、次年度の実施計画を策定して、毎年生息密度調査（糞粒法）で生息状況を把握しながら、万遍なく、かつ高密度である場所に集中的に捕獲を行い、個体数削減を進めてきた。しかし、伊豆地域における推定生息頭数は、減少に転じているものの依然として平均 21 頭/k m²（令和 5 年度中央値）と頭数削減の目安とされる密度 3～5 頭/k m²を大幅に上回る状況が続いており、一層の捕獲強化が求められている。

本課題では、シカが多く増えやすい場所の条件を明らかにする。今年度は、シカが多く生息する条件を仮定し、この条件を満たす場所を選定した。

2 方法

(1) 既往 GPS 行動解析データの分析

過去に伊豆地域で取得したシカ 15 頭の GPS データから利用しやすい地形条件を分析した。

(2) 捕獲位置情報の分析

生息密度調査のうち伊豆地域の 91 地点を対象として、令和 2～5 年度（2020～2023 年度）の生息密度と県捕獲事業による周辺の捕獲位置情報（1 km メッシュ単位）を確認した。また、各地点と国土地理院地図に表示される道路との距離を GIS 上で計測した。

3 結果の概要

[前年度までの結果] 平成 20～21 年度（2008～2009 年度）に伊豆地域のシカ 15 頭の行動解析から、95%行動圏は 45.6 ± 30.9 ha（カーネル法）と 1 k m²（100ha）未満と狭く、季節的变化は認められなかった。

県捕獲事業で令和 3 年度（2021 年度）に記録された捕獲位置情報によると、オスでは 392 頭中 367 頭（93.6%）、メスでは 449 頭中 425 頭（94.7%）が道路から水平距離 100m 以内で捕獲されていた。雌雄差は認められなかった。

[本年度の結果]

(1) GPS 行動解析の分析からは、シカの利用しやすい環境条件を特定できなかった（表 1）。

(2) 生息密度調査地の中には、生息密度が減少しても捕獲頭数が下がらない箇所があった（表 2）。全調査地の 82.4%は、高い捕獲圧のかかる道路から水平距離 100m 以内（表 3）であるため、道路からより離れた地点では、調査結果よりも高い生息密度である可能性が考えられた。

(3) 生息密度調査地と道路から水平距離 300m 以上離れた林内とを比較検証するため、箇所ごとに 1 台ずつセンサーカメラを設置した。設置箇所は、高密度（25 頭以上/k m²）が 2 年以上続き、かつ現在は捕獲圧により密度低下（0～25 頭/k m²）したと考えられる 11 地点を選定した（表 4、図 1）。設置時期は、生息密度調査と同時期である令和 6 年 12 月とした。

表1 シカ 15 頭の GPS 行動解析

個体No	平均方位※1	平均斜度	代表植生※2
No. 2	245° (南西)	11.8± 8.4	別荘地
No. 3	116° (北西)	39.4± 6.8	森林、伐跡
No. 4	104° (北)	19.2± 8.7	ゴルフ場
No. 5	132° (北西)	28.5± 11.8	森林
No. 6	246° (南西)	25.6± 9.8	森林
No. 7	230° (南西)	14.4± 5.4	森林
No. 8	199° (西)	26.9± 10.3	森林
No. 9	112° (北西)	12.9± 7.7	牧草地
No. 11	90° (北)	37.6± 10.4	森林
No. 12	209° (南西)	23.5± 8.9	森林
No. 13	166° (西)	30.8± 11.9	森林
No. 15	131° (北西)	16.4± 6.8	草原、風衝
No. 16	233° (南西)	12.9± 10.8	森林
No. 19	245° (南西)	13.9± 6.3	風衝
No. 20	129° (北西)	8.6± 6.6	ゴルフ場

※1 東を0°とする反時計回りの度数

※2 既往分析結果

表2 捕獲頭数と生息密度 (東伊豆町稲取:I075)

メッシュ番号 (1kmメッシュ)	捕獲頭数				
	R1	R2	R3	R4	R5
j52391061		0	0	0	71
j52391062		0	0	0	53
j52391063		45	110	147	79
j52391051		0	0	0	1
j52391052※		85	136	120	76
j52391053		115	145	145	71
j52391041		6	11	0	1
j52391042		1	0	2	1
j52391043		0	0	0	0
平均捕獲頭数/km ²		28	45	46	39
推定生息密度/km ²	64	34	48	21	17

※ 生息密度調査の調査地点のあるメッシュ

表3 生息密度調査地の道路からの水平距離

100m以内地点数	最大	最小	平均
75 / 91 (82.4%)	215m	3m	63m

表4 センサーカメラ設置位置

市町	生息密度調査地点名	道路からの水平距離
沼津市	I 112	150m、600m
	I 116	40m、500m
伊豆市	I 063	40m、400m
	I 110	170m、500m
	I 048	30m、500m
伊東市	I 081	30m、800m
西伊豆町	I 031	30m、500m
	I 029	60m、350m
東伊豆町	I 075	50m、400m
	I 007	80m、500m
松崎町	I 007	80m、500m
下田市	I 012	90m、300m

図1 設置位置の概略



4 結果の要約

GPS 行動解析からはシカの利用する環境の特性が見出せなかったことから、捕獲が行われていない道路から離れた場所がシカの増えやすい条件の一つと仮定した。捕獲圧により生息密度が低下したと考えられる 11 箇所を対象に条件を満たす位置を選定し、センサーカメラを設置した。

〔キーワード〕 シカ、生息密度調査、糞粒法、センサーカメラ

5 今後の問題点と次年度以降の計画

生息密度調査終了後の令和7年2～3月にセンサーカメラを回収し、自動撮影による静止面の撮影頻度(頭数/日)からシカの生息状況を確認、検証する。

6 結果の発表、活用等

自然保護課に情報共有する。

課 題 名：農地における既設のイノシシ用電気柵を活用したシカ・イノシシ併用侵入防止柵の研究

シカの侵入防止柵に関する研究

既設のイノシシ用電気柵を活用したシカ・イノシシ併用の侵入防止柵の構築

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：神谷健太

協 力 分 担：三ヶ日町農業協同組合、三ヶ日町有害駆除対策協議会

予算(期間)：県単（2022-2024 年度）

1 目的

ウシユウミカンの産地三ヶ日町ではイノシシの被害対策として電気柵が広く普及している。しかし、近年、三ヶ日町では新たにシカの被害や目撃に関する報告が見られる。シカ対策の一つとして侵入防止柵の設置があるが、イノシシ用電気柵は高さが 40cm となり、跨いでしまうため、追加の対策が必要である。そのため既存のイノシシ用電気柵に防風ネットを組み合わせることで両種に有効な侵入防止柵であるシカ・イノシシ併用の侵入防止柵の開発を試みる。本試験では県内のシカの生息地でシカを餌付けた後に餌場を柵で囲い柵の高さを変えながら侵入状況を観察して適切な高さを検討する。

2 方法

(1) 試験地 浜松市天竜区西藤平

(2) 調査期間 2023 年 11 月 1 日～2024 年 4 月 4 日

(3) 調査方法と手順

- 1) シカの生息地域内で週に 3 回程度アルファルファヘイキューブを用い、シカを餌付けた。
- 2) 十分に餌いた後、餌場の周囲約 5m 四方に高さ 40cm(20cm 2 段)の電気柵を設置し、内側に直管パイプを支柱とした防風ネットをインシュロックで留めた柵を設置した。
- 3) 防風ネット柵の高さを 70cm から 15cm 程度ずつ上げていった(図 1)。
- 4) 自動撮影カメラ(TREL20J, GISupply 社)を柵の四方外側と柵内に 1 台設置しシカの柵内侵入の有無や行動を確認した。カメラの動作は 1 回のセンサー感知につき動画 20 秒を撮影する設定とし、撮影された動物については、明らかに体サイズが異なる場合を除いて、30 分以内に撮影されたものは同じ個体とみなしてカウントから除いた。

3 結果の概要

[前年度までの結果]

三ヶ日町のシカの生息や被害状況を把握するアンケート調査や定点カメラ調査を実施し、シカが近年生息範囲を広げ被害が起きていることが確認された。

[本年度の結果]

- (1) 調査期間中、自動撮影カメラ設置日数は 122 日で野生動物 5 種が確認された。出没頻度はシカが最も多かった(表 1)。
- (2) シカが 130cm まで飛び越え柵内への侵入が確認されたが 150cm の高さに柵を設定後 1 ヶ月程度飛び越えたシカはいなかった(表 2)。
- (3) 130cm の飛び越えが確認出来た全ての動画でシカの後ろ足がネットに足を取られていた(表 2)。
- (4) 柵内へ飛び越えが確認された全ての動画で助走を付けず飛び越えていた(表 2)。
- (5) (2)の結果及び(3)、(4)から 150 cm以上の柵では足を痛めるリスクが高いため柵を飛び越えてまで侵入しない可能性があると考えられた。

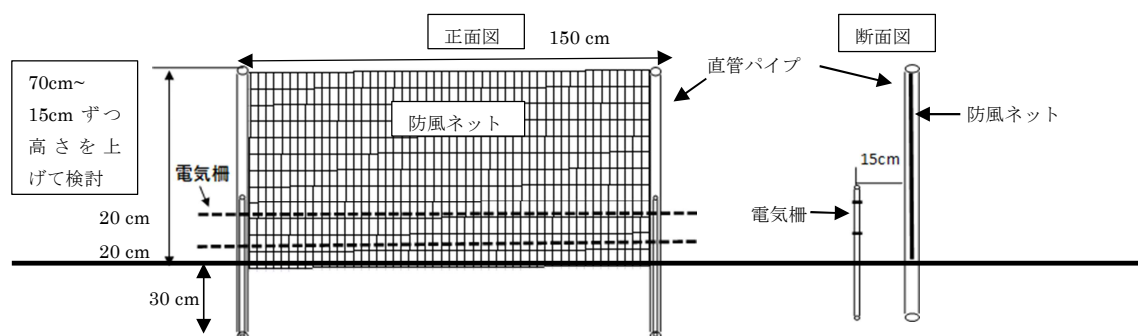


図1 防風ネットと直管パイプを活用した侵入防止柵

表1 試験期間中、柵周辺で自動撮影カメラによる延べ撮影頭数

動物種		撮影頭数（頭）	調査期間中の撮影動物の出没頻度指数※
シカ	<i>Cervus nippon</i>	206	42.2
イノシシ	<i>Sus scrofa</i>	6	1.2
ノウサギ	<i>Lepus brachyurus</i>	121	24.8
アナグマ	<i>Meles meles</i>	1	0.2
イタチ	<i>Mustela itatsi</i>	1	0.2
合計		335	-

※(のべ撮影頭数/(カメラ設置台数×調査日数×100))

表2 防風ネット柵の高さと柵内への侵入行動

調査期間	防風ネット柵の高さ (cm)	シカが柵内に侵入 した回数(回)	柵内への侵入後の 動画を確認出来た 回数(回)	飛び込み前後を動画で 確認できた回数(回)	足を柵にとられ た回数(回)	飛び込み時に助走が あった回数(回)
1/15～19	70cm	5	4	1	0	0
1/20～22	85cm	4	0	4	0	0
1/23～2/9	100cm	10	8	2	0	0
2/10～26	115cm	4	0	4	0	0
2/27～3/4	130cm	8	5	3	3	0
3/5～4/4	150cm	0	0	0	0	0



図2 130 cmの柵を飛び越えた後に足を取られるシカ

4 結果の要約

130cmの柵を飛び越える際に足を取られるシカが確認され、150cmの高さを飛び越えて柵内に侵入することはなかった。

〔キーワード〕シカ、ウンシュウミカン、侵入防止柵

5 今後の問題点と次年度以降の計画

なし

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

三ヶ日町有害駆除対策協議会に情報提供予定

課 題 名：農地における既設のイノシシ用電気柵を活用したシカ・イノシシ併用侵入防止柵の研究

シカの侵入防止柵に関する研究

既設のイノシシ用電気柵を活用したシカ・イノシシ併用の侵入防止柵の構築

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：神谷健太

協 力 分 担：三ヶ日町農業協同組合、三ヶ日町有害駆除対策協議会

予算(期間)：県単（2022-2024 年度）

1 目的

ウンシュウミカン（以下ミカン）の産地三ヶ日町ではイノシシの被害対策として電気柵が広く普及している。しかし、近年、三ヶ日町では新たにシカの被害や目撃に関する報告が見られる。シカ対策の一つとして侵入防止柵の設置があるが、イノシシ用の電気柵高さ 40cm では跨いでしまうため、追加の対策が必要である。そのため既存のイノシシ用電気柵の 15cm 内側に 150cm の防風ネット柵を設置した両種に有効な侵入防止柵であるシカ・イノシシ併用の侵入防止柵の開発を試みる。本試験ではミカンほ場においてシカ・イノシシ併用の侵入防止柵の三ヶ日での現地実証試験を実施し、効果を検証する。

2 方法

（1）試験地 浜松市浜名区三ヶ日町大谷地区 ミカン苗木 2ほ場

（2）調査期間 2024 年 3 月 15 日～12 月 25 日

（3）調査方法

1) 防風ネット柵の防除効果

3 月に大谷地区の林縁の 2 ほ場の試験地にミカンの苗木を定植し、高さ 40cm の既設の電気柵の 15cm 内側に 150cm の高さの防風ネットを設置したシカ・イノシシ併用の侵入防止柵の区と苗木のみの区を設定し、それぞれの区に自動撮影カメラ（TREL20J, GISuplly 社）5 台を設置し、ほ場の侵入個体及び訪問個体数、ほ場の被害本数を確認した。カメラの動作は 1 回のセンサー感知につき動画 20 秒を撮影する設定とし、撮影された動物については、明らかに体サイズが異なる場合を除いて、30 分以内に撮影されたものは同一個体とみなしてカウントから除いた。

2) シカ・イノシシ併用の侵入防止柵の設置コスト比較

シカ・イノシシ併用の侵入防止柵と他の柵（ワイヤーメッシュ柵、電気柵）との設置コスト（資材費、人件費等）を調査し比較した。

3 結果の概要

〔前年度までの結果〕

三ヶ日町のシカの生息や被害状況を把握するアンケート調査や定点カメラ調査を実施し、シカが近年生息範囲を広げ被害が起きていることが確認された。

〔本年度の結果〕

（1）ミカンほ場に苗木を定植し、周囲をシカ・イノシシ併用の侵入防止柵で囲った。（図 1）

（2）シカ・イノシシ併用の侵入防止柵で囲ったミカンの苗木ほ場にミカンの苗木を定植し、周辺の野生動物を調査した結果、柵に接近した獣種は 5 種の動物が確認された。柵内に侵入したのはハクビシンの 1 種のみであった。シカは試験地 1 で 32 頭、試験地 2 では 8 頭が防護柵に接近しており、柵内への侵入はなかった（表 1）

（3）ほ場内の防護柵内外のミカン苗木のシカによる被害状況は試験地 1 では柵の外の全ての苗木が被害にあったが、試験地 2 は柵の外の苗木の半数以上が被害にあった。また柵内の苗木はいずれの試験地でも被害は無かった。

（4）防護柵のコストを比較したところ資材費及び設置人件費は最も低く、耐用年数を加味した経費の比較においても最も低コストとなった。



図1 ミカンほ場の現地試験現場

表1 試験期間中に撮影された柵周辺の野生動物

動物種		試験地 1		試験地 2		合計
		撮影頭数 (頭)		撮影頭数 (頭)		
		柵外	柵内	柵外	柵内	
ニホンジカ	<i>Cervus nippon</i>	32	0	8	0	40
ハクビシン	<i>Pagma larvate</i>	3	0	40	8	51
ノウサギ	<i>Lepus brachyurus</i>	12	0	8	0	20
タヌキ	<i>Nyctereutes procyonoides</i>	3	0	0	0	3
キツネ	<i>Vulpes vulpes</i>	1	0	0	0	1
合計		51	0	56	8	115

※(のべ撮影頭数/(カメラ設置台数×調査日数×100))

表2 防護柵内外で確認されたミカン苗木被害

試験区	供試本数(本)	被害本数(本)	被害割合(%)
試験地 1	柵外	6	100
	柵内	45	0
合計	51	6	11.8
試験地 2	柵外	39	53.8
	柵内	26	0
合計	65	21	32.3

表3 10aあたり侵入防止柵の種類別のコスト

柵の種類	内訳	資材費(円)A	耐用年数(年)B	年間コスト(円)C(A/B)	人件費(円)D	除草剤散布費用(円)E	合計(円)(C+D+E)
ワイヤーメッシュ柵	—	316,976	14	22,641	74,865	5,609	103,115
電気柵5段	—	125,227	8	15,653	47,880	9,348	72,881
シカ・イノシシ併用の侵入防止柵	パイプ	32,255	10	3,226	—	—	—
	防風ネット	12,649	2	6,325	—	—	—
シカ・イノシシ併用の侵入防止柵合算	—	44,905	-	9,550	22,680	9,348	41,578

※耐用年数：減価償却資産の耐用年数等に関する省令やメーカー情報を活用

人件費：県単価表から1,050円/時・人、WM柵設置23人3.1h、電気柵設置19人2.4h、防風ネット柵設置12人1.80h

除草剤散布：約4分/10a、散布回数WM柵3回/年、電気柵5回/年、薬剤・ザクサ液剤(200倍・液量500ml)1,800円

散布量1000/10a 四捨五入から数値が一致しない場合がある。

4 結果の要約

三ヶ日町ミカン苗木ほ場において防風ネットを活用したシカ・イノシシ併用電気柵を設置した結果、柵内のミカンはシカによる被害が無かった。またシカ・イノシシ併用電気柵のコストを試算した結果、既存の柵より低コストな柵の設置が可能であった。

〔キーワード〕シカ、ウンシュウミカン、防風ネット、侵入防止柵

5 今後の問題点と次年度以降の計画

開発柵の有効性について継続確認

6 結果の発表、活用等(予定を含む)

三ヶ日町有害駆除対策協議会に情報提供予定

課 題 名：農地における既設のイノシシ用電気柵を活用したシカ・イノシシ併用侵入防止柵の研究

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：神谷健太 水井陽介

協 力 分 担：三ヶ日町農業協同組合、三ヶ日町有害駆除対策協議会

予算(期間)：県単（2022-2024 年度）

1 目的

ウンシュウミカン（以下ミカン）の栽培が盛んな浜松市浜名区三ヶ日町では、近年新たにシカを目撃や被害が報告されるようになったが断片的な情報が多く、全域における生息や被害の実態は不明であった。また当該地域ではこれまでイノシシに対する電気柵による対策が主でありシカに対しての対策は実施されていなかった。シカが侵入した地域ではイノシシに比べて跳躍力に優れるシカへの新たな対策が必要となることから、シカの生息状況を調査するとともにイノシシ用の電気柵を改良してシカにも有効な侵入防止柵を開発する。

2 方法

(1) シカの生息状況の調査（アンケート調査）

三ヶ日町有害駆除対策協議会 131 人（2021 年）、79 人（2023 年）に対しシカの生息状況（2021 年）と被害実態の把握（2022 年）のアンケート調査を実施した。

(2) シカの生息状況の調査（カメラトラップ調査）

三ヶ日町の上尾奈地区及び大谷地区のミカン圃場において 2022 年 6 月～2023 年 5 月末まで自動撮影カメラ（TREL20J, GISupply 社）を圃場内及び外周に 5 台設置し、撮影された野生獣類数をカウントし、出没を調査した。

(3) シカの侵入防止柵に関する研究（シカ・イノシシ併用侵入防止柵の開発）

林内のシカの生息地域内で週に 3 回程度アルファルファヘイキューブを用い、シカの餌付けを実施した。餌付け場所の周囲、約 5m 四方を高さ 40cm(20cm 2 段)の電気柵を設置し、その内側 15cm に直管パイプを支柱とした防風ネットをインシュロックで留めた柵を設置した。防風ネットを高さ 70cm に設置してからシカ侵入を確認後 15cm 程度ずつに高さを上げていき、自動撮影カメラ（TREL20J, GISupply 社）を柵の四方及び柵内に設置し柵内へのシカの侵入を確認した。

(4) シカの侵入防止柵に関する研究（現地実証）

三ヶ日町の大谷地区のほ場にミカンの苗木を定植し、電気柵の 15cm 内側に 150cm の高さの防風ネットを設置した区と苗木のみの区を設定し、それぞれの区に自動撮影カメラ 5 台を設置し、圃場の侵入個体及び訪問個体数、圃場の被害本数を確認した。また設置時の防風ネット柵と他の柵（ワイヤーメッシュ柵、電気柵）との設置コスト（資材費、人件費等）を調査し比較した。

3 研究期間を通じての成果の概要

(1) シカの生息状況の調査（アンケート調査）

ニホンジカを目撃や被害を面的に把握するアンケート調査を実施し、シカが 5 年程前から生息範囲を広げており、目撃や被害が林縁周辺で特に多かった（図 1）また被害箇所アンケート調査の結果、被害の 9 割が葉への被害であり、このうち半数近くが苗木であることが分かった。

(2) シカの生息状況の調査（カメラトラップ調査）

カメラトラップ調査の結果、ほ場へのシカの出没状況は 6 割が冬期に集中し、12 月に突出して多かった。また雌雄別ではオスジカがメスジカに比べ多かった（図 2）。シカの分布拡大初期の生息域ではオスジカの比率が高いことが報告されていることから、三ヶ日町はシカの分布拡大初期にあたり、定着する前に、特に出没が多い冬期、ほ場周辺で捕獲にも取り組むことが重要と考えられた。

(3)シカの侵入防止柵に関する研究（シカ・イノシシ併用侵入防止柵の開発）

シカを餌付けした試験地の周囲にシカ・イノシシ併用侵入防止柵を設置し、有効なネットの高さを調査した結果 150cm 以上でシカの侵入が無く防除効果が高いと考えられた（図 3）。既存のイノシシ対策用高さ 40cm の電気柵の 15 cm 背面に 150cm の防風ネットを設置する、シカ・イノシシ併用の侵入防止柵を開発した（図 4）。

(4)シカの侵入防止柵に関する研究（現地実証）

開発した高さ 150cm のシカ・イノシシ併用の侵入防止柵をシカが多い冬季他に三ヶ日町のミカン苗木ほ場に設置し効果を検証したところ、周囲の苗木は被害を受けたが柵内の苗木は被害を受ず、効果が認められた。また設置に係るコストを試算したところ既存のワイヤーメッシュ柵や電気柵に比べ半額程度のコストで設置することが可能であった。

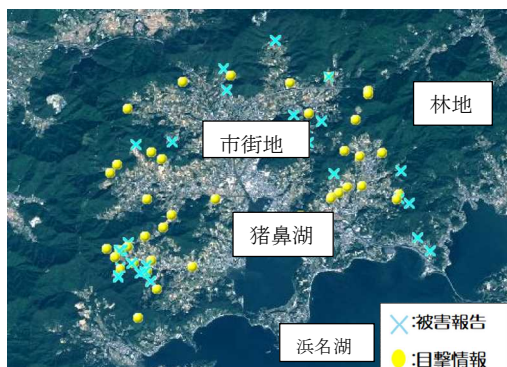


図 1 三ヶ日町におけるシカの被害及び目撃

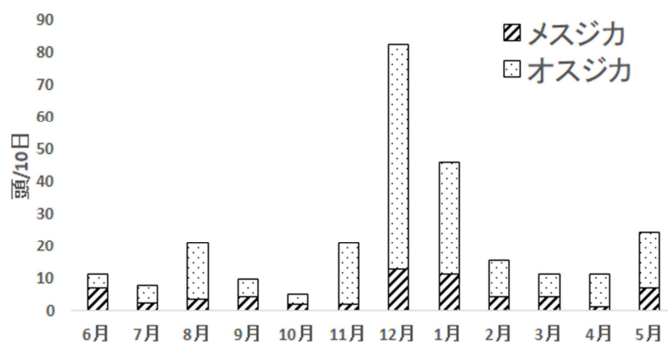


図 2 圃場におけるシカの雌雄別出没頭数の推移

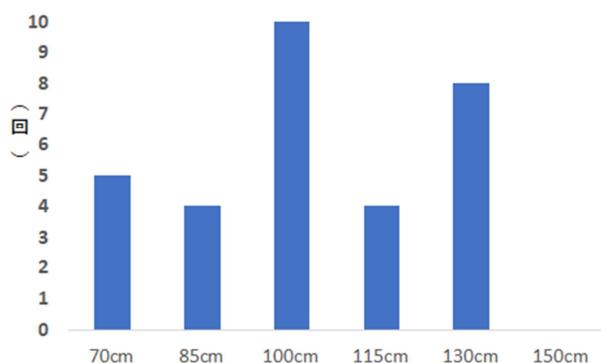


図 3 防風ネットを活用したシカ用侵入防止柵

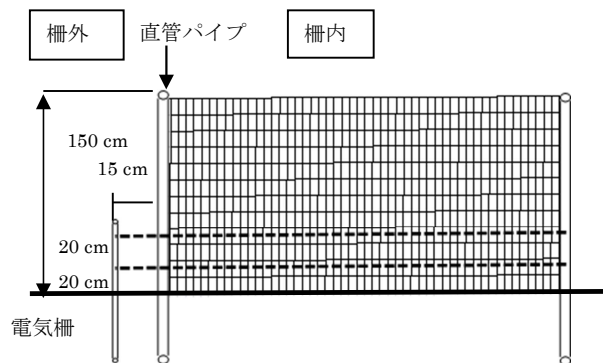


図 4 侵入防止柵の高さとシカが飛び越えた回数

4 研究期間を通じての成果の要約

三ヶ日町のミカンほ場周辺におけるシカの生息状況を明らかにした。また既存のイノシシ対策用高さ 40cm の電気柵の 15 cm 背面に 150cm の防風ネットを設置する、シカ・イノシシ併用の侵入防止柵を開発した。

〔キーワード〕 ウンシュウミカン、シカ、生息状況、防護柵

5 成果の活用面と留意点

- ・生産者で構成されイノシシ主体の捕獲組織「三ヶ日町有害駆除対策協議会」にシカの生息情報や被害情報を提供したことで、原則禁止であったシカの「くくりわな」による捕獲が解禁され、捕獲が開始された。
- ・研究で得られた情報については講習会等で農業者に情報提供や研修会を実施する。

6 残された問題とその対応

- ・開発柵の有効性の確認の継続

II 資料

資料（2025 年 3 月作成）

課 題 名：スギ花粉飛散量の予測

担当部署名：静岡農林技研 森林・林業研究センター 企画指導スタッフ

担 当 者 名：阪本森人

協 力 分 担：－

予 算：国補（委託）スギ・ヒノキ花粉の飛散量推定の推進事業

1 目的

スギ花粉症は、大きな社会問題となっており、森林・林業分野が取り組める対策の 1 つとして、花粉の飛散予測が挙げられる。

県では、平成 15 年度（2003 年度）からスギ人工林において、目視による雄花着花量の調査を全県下で行っている。花粉の飛散開始前に、雄花着生状態を数値化した着花指数の経年変化を公表することで、県民に事前の対策を促している。

2 方法

令和 6 年（2024 年）11 月下旬に、県内 30 箇所のスギ定点林の雄花着花量の調査を実施した。

調査は横山法を用いた。林縁木を除いて無作為に選んだスギを双眼鏡で目視観測し、陽樹冠部分の雄花の着花状況を 4 段階で評価・点数化し（表 1）、地点ごと 40 本に達するまで繰り返し、集計値を求めた。

なお、調査は、判定の個人差を抑えるために 2 名で行い、2 名の集計値の平均値を地点ごとの値（着花指数）とした（表 2）。

3 結果の概要

[前年度までの結果]

過去の着花指数は、平成 26 年度（2014 年度）が 1,194、平成 27 年度（2015 年度）が 675、平成 28 年度（2016 年度）が 1,810、平成 29 年度（2017 年度）が 978、平成 30 年度（2018 年度）が 1,366、令和元年度（2019 年度）が 542、令和 2 年度（2020 年度）が 938、令和 3 年度（2021 年度）が 750、令和 4 年度（2022 年度）が 1,531、令和 5 年度（2023 年度）が 719。

[本年度の結果]

県内 30 箇所の調査地で、延べ 2,400 本のスギを調査した結果、調査木のうち 97%の木（ $A + B + C$ ）で雄花が確認され、これらのうち 76%の木の樹冠ほぼ全面に雄花がついていた（ $(A + B) / (A + B + C)$ ）。

令和 7 年（2025 年）春のスギ花粉の発生は、雄花の着花指数が 1,931.0 であり、直近 10 年間（平成 26 年度から令和 5 年度）の雄花の着花指数の平均値（1,050.3）と比べて 1.8 倍であった。

また、令和 6 年（2024 年）春と比べて 2.7 倍であり、平成 16 年（2004 年）春以降の観測史上最大の値となった。

県内 17 箇所の気象観測所データで、令和 6 年（2024 年）7 月を直近 10 年間平均と比較すると、平均気温は 27.5℃で 2.2℃高く、日照時間は 218.5 時間で 52.6 時間長く、降水量は 175.9mm で 173.3 mm 少なかった。

スギの雄花形成は、一般に、花粉を飛散させる前年の夏、特に 7 月頃の気象条件に影響され、気温が高く、日照時間が長く、降水量が少ないほど花芽が多く着花する。また、生理的な特性として、雄花の着生は年ごとに豊凶を繰り返す傾向が見られる。令和 7 年（2025 年）春は、気象、豊凶ともに着花量が多くなる条件を満たしていたため、高い着花指数になったと推測される。

表 1 雄花着花状態の判定基準

評価	判定基準	配点
A	雄花が樹冠の全面に密についている	100
B	雄花が樹冠のほぼ全面についている	50
C	雄花が樹冠にまばらについている、または樹冠の限られた部分についている	10
D	雄花が観察されない	0

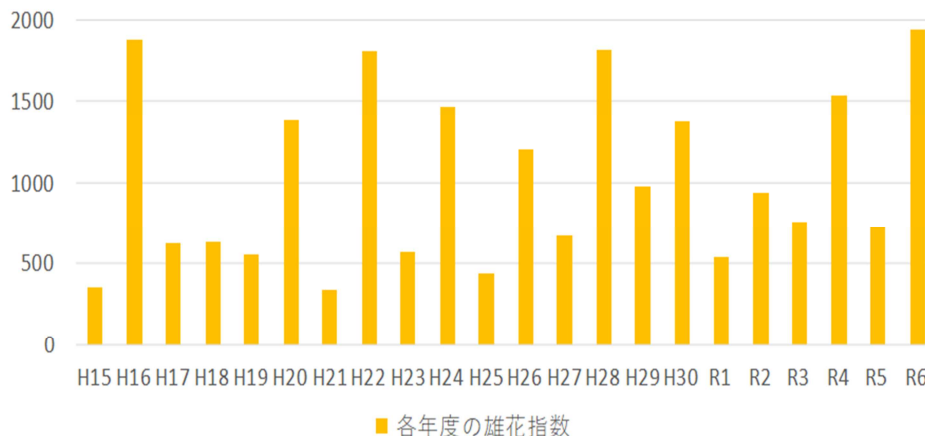
表 2 地域別スギ着花着生状況

調査 地域名	調査 箇所数	調査本数	各評価の構成割合 (%)				雄花指数
			A	B	C	D	
賀茂	3	240	30%	45%	25%	0 %	2, 207
東部	3	240	18%	65%	17%	0 %	2, 093
富士	2	160	17%	66%	17%	0 %	2, 068
中部	4	320	12%	69%	17%	2 %	1, 948
志太榛原	6	480	27%	46%	20%	7 %	2, 062
中遠	3	240	15%	52%	30%	3 %	1, 768
西部	2	160	21%	48%	29%	2 %	1, 905
天竜	7	560	21%	49%	26%	4 %	1, 913
全県	30	2, 400	21%	53%	23%	3 %	1, 931

※ 調査本数は、延べ調査本数を調査人数で除した値

※ 雄花の着花指数は、地域ごとの平均値

図－１ スギ雄花の着花指数の経年変化



4 要約

県内全域でスギ人工林の雄花着生量を調査したところ、スギ花粉飛散量は例年の1.8倍と予測された。原因として、前年7月の気象は雄花量を増加させる条件であったが、前年の雄花量が多かったことから、結果的に平年並みとなったものと推察される。

〔キーワード〕 雄花着花量、スギ花粉飛散予測

5 今後の問題点と次年度以降の計画

調査を継続し、経年変化の情報発信を続ける。

6 結果の発表、活用等

県庁記者クラブへプレスリリースするとともに、当センターのホームページ等で情報発信する。

Ⅲ 研修、共同研究等

1 課題解決及び研究開発研修

—

2 民間企業等との共同研究

件数	研究課題名	共同研究者
1	スギエリートツリー等の交配系統のコンテナ苗を利用した相互植栽試験	森林総合研究所林木育種センター
2	近距離無線通信を活用した林内作業用近接警告アプリケーションの開発	国立大学法人浜松医科大学
3	Garmin 社製スマートウォッチを用いた林業作業員における作業前後の疲労・生体情報とストレスの調査研究	国立大学法人浜松医科大学
4	早生樹の成長特性の解明	(株) ノダ
5	優良品種の開発と普及促進に関わる林木育種研究	国立大学法人静岡大学
6	静岡県に適するユーカリの選抜 閉鎖型採種園におけるスギ・ヒノキの種子生産方法の検討	日本製紙 (株)
7	高強度スギ精英樹交配家系作出に向けた調査・研究	静岡県立農林環境専門職大学
8	ニュートラルの実現に向けた、バイオマス発電燃料用早生樹に係わる持続的な経営モデルの構築	(株) ハケ代造園 丸紅クリーンパワー (株)
9	ソルビタントリオレート (STO) を利用したスギ花粉飛散防止に関する研究	学校法人東京農業大学
10	ユーカリ複数品種の成長調査等	小山町
11	水ストレス履歴がヒノキ花成に及ぼす影響	国立大学法人東海国立大学機構
12	有機肥料などによるスギ、ヒノキの種子生産及び苗木生産の高度化に関する研究	国立大学法人静岡大学
13	薄型小幅内装仕上集成板を用いた耐力壁の実験的研究	浜松医科大学

3 依頼試験

区 分	細 目		件数	金額
林木種子の発芽検定	恒温器による測定	針葉樹の種子		
		広葉樹の小種子		
		広葉樹の大種子		
	軟エックス線による検定	針葉樹の種子		
木材の材質試験	含水率試験		1	3, 890
	実大木材の強度試験	はり	9	543, 600
		柱		
	その他の木材試験			
	難燃性試験			
	接合耐力試験			
	壁せん断試験	幅 1m 未満×高さ 3m 未満		
		幅 2m 未満×高さ 3m 未満	12	1, 074, 840
		幅 3m 未満×高さ 3m 未満		
幅 3m 以上×高さ 3m 未満				
合 計			22	1, 622, 330 円

IV 普及指導及び行政支援等

1 林業・林産業関係者及び一般県民に対する普及指導

令和6年度普及指導実績総括表

分野	来訪		出張		電話(Web)		文書(Email)		計	
	件数	人数	件数	人数	件数	人数	件数	人数	件数	人数
育種育林	21	108	12	116	5	18	3	3	28	158
森林経営	—	—	1	2	—	—	—	—	1	2
森林保護	2	3	3	18	4	4	34	135	43	160
森林保全	1	1	1	1	—	—	1	2	3	4
特用林産	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
木材加工	11	58	8	28	1	1	2	2	16	42
普及	29	813	—	—	—	—	1	1	1	1
小計	64	983	25	165	10	23	41	143	140	1,314
施設見学	—	386	—	—	—	—	—	—	—	386
計	64	1,369	25	165	10	23	41	143	140	1,700

研究発表会及び出前講座等において成果を普及した主なものは次のとおりである。

(1) 研究発表等（学会除く）

分 野	課 題	開催地	時 期	対 象	人数
(森林・林業技術研究発表会)					
育種育林	早成樹の育種・育林	静岡市	R7.2.26	林業関係者	50

(2) 出前講座

分 野	課 題	対 象	開催地	人数
育種育林	無花粉スギの品種開発	浜松科学館来場者	浜松市	18
	抵抗性クロマツ苗の生産技術	活動団体	袋井市	20
	育種集団林の造成	林業関係者	富士市	20
	育種産地・系統、苗の生産技術	苗木生産者	浜松市	5
	早生樹テーダマツの施業	行政職員	群馬県	100

森林経営	木材生産工程におけるCO ₂ 排出量推定 手法の開発、気候	日本林業技士会静岡県支部	静岡市	20
森林保護	シカ・イノシシ複合柵	農家等	浜松市	33
	くくりわなによるシカの捕獲と安全対策	行政職員	富士宮市	38
	集落単位の獣害対策	市、JA、農家	浜松市	30
木材加工	木材の特性	林業関係者	浜松市	20

2 行政事業等の支援・協力

分野	事業名	業務内容	担当機関等
育種育林	次世代種苗生産体制整備事業	母樹の提供・生産技術指導	森林整備課 西部農林事務所
	優良種苗確保対策事業	抵抗性クロマツ種子生産の協力	森林整備課 西部農林事務所
	スギ・ヒノキ花粉調査	スギ・ヒノキ雄花着生量調査	一般社団法人全国林業改良普及協会
森林保護	ニホンジカ保護管理検討会	県関係委員として助言、指導	自然保護課
	カモシカ保護管理検討会	県関係者として助言、指導	自然保護課
	静岡県鳥獣被害対策総合アドバイザー研修	講師として助言、指導	地域農業課
	松くい虫防除連絡協議会	県関係者として助言、指導	森林整備課
	松くい虫発生予察事業	松くい虫防除の薬剤散布時期を検証するためにマツノマダラカミキリ成虫の発生時期を調査	森林整備課
特用林産	静岡県乾しいたけ品評会	銘柄別に出品された乾しいたけの審査及び優良品生産技術の指導	静岡県椎茸産業振興協議会
	静岡県生しいたけ品評会	栽培方法別に出品された生しいたけの審査及び優良品生産技術の指導	静岡県椎茸産業振興協議会
	静岡県乾椎茸箱物品評会	銘柄別に出品された乾椎茸の審査及び優良品生産技術の指導	静岡県経済農業協同組合連合会
森林保全	森の防潮堤づくり事業効果調査報告	風向風速及び飛砂飛塩に関する調査結果の報告	森林保全課 中遠農林事務所
	森の防潮堤づくり事業	保育事業等に関する助言	中遠農林事務所
木材加工	しずおか優良木材認証工場審査	しずおか優良木材認証工場の工場審査に検査アドバイザーとして協力	静岡県優良木材認証審査会
	しずおか優良木材認証審査会	しずおか優良木材認証に関する審査会の検査アドバイザーとして協力	静岡県優良木材認証審査会
	含水率計認定審査委員会	木材用含水率計の認定審査委員会の委員として協力	(財)日本住宅・木材技術センター
森林経営	未利用木材活用トライアル事業事前検証会	構成員として助言、指導	森林計画課 農林事務所
	浜松市デジタル・スマートシティ官民連携プラットフォーム運営委員会	委員として助言、指導	浜松市

3 試験研究等の発表

(1) 学会誌論文

No.	発表課題	分野	氏 名	発表誌	号:ページ	発行年月
1	地域ニーズに対応した林木育種の推進	育種育林	袴田哲司	森林遺伝育種	第 13 35-41	2024. 4
2	静岡県におけるスギの育種集団林造成と優良系統の選抜	育種育林	袴田哲司	中部森林研究	102 37	2024. 10

(2) 学会発表

No.	発表課題	分野	氏 名	学会名	発行年月
1	日本人男性林業労働者における作業前後の血中酸化還元バランスの変化	森林経営	山口亮、 佐々木重樹 他	第 97 回日本産業衛生学会	2024. 5
2	スギとヒノキのコンテナ苗における施肥と増殖方法が獣による食害に及ぼす影響	育種育林	袴田哲司、竹内翔 野末尚希、大場孝裕	第 14 回中部森林学会	2024. 5
3	スギ平角における製材ライン上でのガンマ線測定による乾燥前選別方法の検討（その 2）	木材加工	長瀬亘、稲葉大地 他	日本木材加工技術協会第 42 回年次大会	2024. 9
4	スギ大径材の丸太段階でのガンマ線測定による平角のみかけの密度の推定	木材加工	長瀬亘、白井達也、 稲葉大地 他	第 75 回日本木材学会大会	2025. 3
5	作業日報による素材生産工程の CO2 排出量の推定	木材加工	稲葉大地、長瀬亘 他	第 75 回日本木材学会大会	2025. 3

(3) 農林技術研究所研究報告

No.	発表課題	分 野	氏 名	号：ページ	発行年月
—					

(4) 専門誌等

No.	発表課題	分野	氏 名	発表誌	号:ページ	発行年月
—						

(5) 広報誌・関係団体機関誌等

No.	発表課題	分 野	氏 名	誌号	発行年
1	生シイタケの鮮度保持	特用林産	中田理恵	F & F 第 1170 号	2024. 4
2	松くい虫発生予察から今後の防除適期を考える	森林保護	内山義政	F & F 第 1171 号	2024. 5
3	木材生産における環境負荷の明確化	森林経営	稲葉大地	F & F 第 1172 号	2024. 6
4	近接作業を検知・警告するスマホアプリ開発	森林経営	山口 亮	F & F 第 1173 号	2024. 7
5	収穫したタケノコに群がるハナバエ	森林保護	内山義政	F & F 第 1174 号	2024. 8

6	育種集団林の造成と活用	林木育種	袴田哲司	F & F	第 1175 号	2024. 9
7	ユーカリを発電用燃料材に活用する	林木育種	山田晋也	F & F	第 1176 号	2024. 10
8	スギ平角のガンマ線測定による人工乾燥前の選別技術	木材加工	長瀬 亘	F & F	第 1177 号	2024. 11
9	シカに有効な柵の高さ	森林保護	神谷健太	F & F	第 1178 号	2024. 12
10	令和七年度から始まる新規研究課題	その他	荒生安彦	F & F	第 1179 号	2025. 1
11	テーダマツの天然更新の可能性	林木育種	福田拓実	F & F	第 1180 号	2025. 2
12	令和七年春のスギ花粉予報	その他	阪本森人	F & F	第 1180 号	2025. 2
13	シカ高密度化リスク評価	森林保護	阪本森人	F & F	第 1181 号	2025. 3
14	フィールドサインによる加害動物の判別	森林保護	大橋正孝	森と人	415 号 No.94	2024. 4
15	家畜用飼料を用いた誘引によるニホンジカ捕獲法の改善について	森林保護	佐藤紘朗	研究所 ニュース	No.87	2024. 6
16	林業における労働災害予防アプリの開発	森林経営	山口 亮	研究所 ニュース	No.90	2024. 12
17	新成長戦略研究の成果	林木育種	荒生安彦	研究所 ニュース	No.91	2025. 2

(6) 新聞掲載

No.	日 付	新聞名	見出し	分 野
1	4. 18	静岡	近接作業警告アプリの開発	森林経営
2	8. 18	静岡	情報市場★「無花粉スギ」の苗木を無償配布します	普 及
3	10. 4	日刊木材	早生樹の共同研究成果発表	育種育林
4	11. 25	静岡	ユーカリ栽培、収益化期待 荒廃茶園からバイオマス燃料供給へ 八ヶ代造園（袋井）と静岡県	育種育林
5	12. 20	静岡	「無花粉スギ」品種“浜松発”着々	育種育林

(7) テレビ放映

No.	日付	テレビ局	内 容	分 野
1	10. 7	テレビ朝日	「グッド！モーニング」 富士5合目におけるカラマツ大量枯れ	森林保護
2	12. 20	NHK静岡	「たっぷり静岡」 無花粉スギ、R7スギ花粉飛散	育種育林
3	2. 20	静岡FMラジオ K-MIX	「モーニングラジラ」 SUZUKI マスタートーク（無花粉スギマスター）	育種育林
4	2. 25	静岡放送	「Live しずおか」 無花粉スギ、R7スギ花粉飛散	育種育林
5	2. 26	テレビ静岡	「ただいま！テレビ」 無花粉スギ、R7スギ花粉飛散	育種育林

V その他

1 職員の配置及び氏名

(令和6年度4月1日現在)

部門・職名	氏 名	事務分掌	勤務年月日
センター長	荒生 安彦	総 括	令和 5. 4. 1
技 監	藤田 巖	研究総括	令和 5. 4. 1
総務課森林・林業分室			
分 室 長	市原 真一	事務総括	令和 5. 4. 1
主 査	渡瀬 浩康	庶務会計	平成 30. 4. 1
主 任	市川 俊明	庶務会計	令和 5. 4. 1
主 任 技 能 員	山田 宗二郎	実験棟・試験圃場管理	平成 5. 4. 1
会計年度任用職員	伊藤 龍昭		令和 3. 4. 1
会計年度任用職員	吉田 智佳子		令和 3. 4. 1
企画指導スタッフ			
主 査	阪本 森人	企画・普及指導	令和 6. 4. 1
森林育成科			
科 長	大橋 正孝	総括・森林保護	令和 4. 4. 1
上 席 研 究 員	山田 晋也	育種育苗	平成 19. 4. 1
上 席 研 究 員	神谷 健太	森林保護（獣害）	令和 5. 4. 1
（上 席 研 究 員	佐藤 紘朗	森林保護（獣害）	令和 4. 4. 1）
			※8月31日退職
主 任 研 究 員	内山 義政	森林保護（病虫害）	令和 4. 4. 1
主 任 研 究 員	福田 拓実	育種育苗	平成 31. 4. 1
森林資源利用科			
科 長	袴田 哲司	総括・育種育林	平成 18. 4. 1
上 席 研 究 員	大石 英史	特用林産	令和 6. 4. 1
上 席 研 究 員	山口 亮	森林経営	令和 5. 4. 1
主 任 研 究 員	長瀬 亘	木材利用	令和 2. 4. 1
研 究 員	稲葉 大地	木材利用	令和 4. 4. 1
計	20 人		

2 刊 行 物

- ・ 令和5年（2023）度静岡県農林技術研究所成績概要集（森林・林業編）



ふじのくに
森林の都
もりのみやこ
しずおか