

令和5年度
(2023)

静岡県農林技術研究所成績概要集
(森林・林業編)

令和6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 効率的な主伐作業システムのモデル構築に関する研究	12
4 林業現場の作業状況モニタリング技術の開発	18
5 静岡県産シイタケ等の付加価値向上技術の開発	24
6 県内木材資源を活用した非住宅等のJAS製品加工利用技術の開発	30
7 大径材の有効活用と製材人工乾燥工程の省エネ・効率化に向けた γ 線測定による 事前選別技術の開発	48
8 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	50
9 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	56
10 健全な海岸防災林のための生育環境整備技術の開発	68
11 メスジカ捕獲効率向上のための行動解析と餌誘引捕獲方法の改善	78
12 新植地に侵入するノウサギ対策に関する研究	82
13 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	86

II 資料

1 スギ花粉発生量の予測	91
--------------	----

III 研修、共同研究等

1 課題解決及び研究開発研修	94
2 民間企業等との共同研究	94
3 依頼試験	94

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	96
2 行政事業等の支援・協力	97
3 試験研究等の発表	98

V その他

1 職員の配置及び氏名	103
2 刊行物	103

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
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、山田晋也

協 力 分 担：岐阜大学応用生物科学部、静岡大学農学部

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量が変化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。これらの課題を解決し、ヒノキの種子生産が可能となる技術の確立を目指す。今回は、詳細な灌水条件と温度条件について検討した。

2 方法

(1) 試験場所 森林・林業研究センター内ハウス

※浜松市浜名区根堅。ハウスは間口5.4m×奥行11.0m×棟高2.8m。

(2) 調査個体 単一系統のヒノキ特定母樹 47 個体

(2022 年 4 月時点で定植後 4 年、平均樹高 122.7cm)

(3) 栽培方法

灌水条件と温度条件を表 1 のとおりに振った。温度条件は夏場に 30℃程度の試験区はエアコンの稼働、40℃程度の試験区はハウスのビニールや寒冷紗の開放量を調整することでそれぞれの条件を維持した。表 1 の期間以外は通常栽培した。

(4) 調査方法

2022 年 12 月から 2023 年 1 月にかけて雄花、雌花の数をカウントした。このとき、ヒノキの樹高と根元径から算出するアロメトリ式を用いて個体の乾重量を推定し、花芽数を個体の乾重量で割ることで個体の大きさが結果に反映されないようにした。雄花については、2023 年 2 月下旬に枯死率を調査した。

表 1 灌水条件と温度条件

	NC区	MS区	5中区	高温区
灌水条件	毎日灌水	5月中旬～8月上旬まで 4日ごとに灌水	5月中旬～6月中旬まで 4日ごとに灌水	毎日灌水
温度条件	夏期（6月中旬から9月中旬）に 日中のハウス内温度が30℃程度となるよう調整			夏期に日中のハウス内 温度が40℃程度と なるよう調整
個体数	12	12	12	11

※灌水量は、1 日あたり 250ml～300ml（季節により調整）とした。

3 結果の概要

(1) 灌水期間とヒノキの花芽数の結果を図 1 に示す。雄花、雌花共に MS 区で最も花芽が多かったが、有意差は確認されなかった。

- (2) 温度条件とヒノキの花芽数の結果を図2に示す。高温区では花芽数が増加することが確認された。
- (3) 雄花の枯死率調査の結果、NC区で86.8%の雄花が枯死した。一方で高温区での雄花の枯死率は7.8%であった。
- (4) 今回の試験で利用した個体を通常栽培したところ、高温区個体の半数以上（6/11 個体）が2023年夏に枯死した。

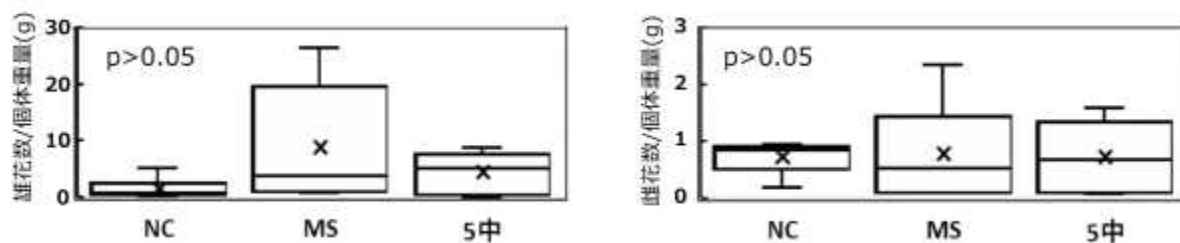


図1 灌水期間と個体重量あたりの雄花数、雌花数

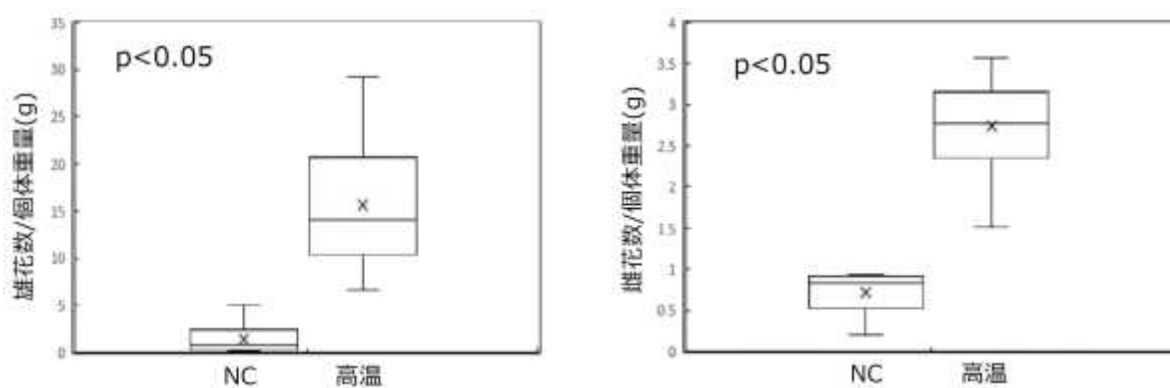


図2 温度処理と個体重量あたりの雄花数、雌花数

4 結果の要約

高温処理をすると花芽数が増加し、雄花の枯死率も低くなった。しかし、高温処理をしたヒノキの半数以上が翌年枯死した。

〔キーワード〕 ヒノキ 灌水量 高温処理 早期着花

5 今後の問題点と次年度以降の計画

高温処理での花芽維持は確認されたが、ヒノキが枯死する可能性があるため普及には向かないと考えられる。そのため、高温処理をしても母樹が枯れない手法などを検証する予定。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

西部農林事務所へ情報提供する。

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
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県内の林業関係者から期待されているが、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、従来の少花粉苗木とを同じ条件で植栽し、初期成長を比較した。

2 方法

(1) 特定苗木と少花粉苗木の樹高、胸高直径の比較

ア 調査対象 2020 年に植栽したスギ 56 本（特定苗木 28 本、少花粉苗木 28 本）

イ 植栽場所 浜松市浜名区尾野

ウ 調査項目 4 成長期後の樹高及び胸高直径

(2) 系統別特定苗木の樹高、根元径の比較

ア 調査対象 2020 年に植栽したスギ 92 本（特定苗木 9 系統 83 本、少花粉苗木 9 本）

イ 植栽場所 浜松市浜名区根堅

ウ 調査項目 4 成長期後の樹高及び根元径

※いずれも植栽時点での大きさはほぼ同一

3 結果の概要

(1) 特定苗木と少花粉苗木の樹高、胸高直径の比較

樹高、胸高直径を表 1 に示す。樹高、胸高直径共に特定苗木の方が大きな値を示したが、有意差は確認されなかった ($p>0.05$ 、ウィルコクソンの順位和検定)。

(2) 系統別特定苗木の樹高、根元径の比較

系統別特定苗木及び少花粉苗木（対照）の樹高及び根元径を表 2 に示す。少花粉苗木と比較して、樹高で 2 系統、根元径で 5 系統有意差が確認された ($p<0.05$ 、少花粉苗木を基準とした Dunnett の多重比較検定)。樹高、根元径共に有意差が確認された系統は 2 つあり、内 1 系統は本県選抜特定母樹由来の苗木だった。

表 1 浜松市浜名区尾野の特定苗木及び少花粉苗木の樹高、胸高直径

	個体数	樹高 (cm)				胸高直径 (cm)			
特定苗木	28	531.6	±	129.8	ns	6.79	±	2.55	ns
少花粉苗木	28	510.8	±	111.8	ns	6.53	±	2.25	ns

(ns:p>0.05)

表 2 浜松市浜名区根堅の系統別特定苗木の樹高、根元径

系統	選抜	個体数	樹高 (cm)				根元径 (mm)			
2-70	国選抜	10	382.9	±	79.8	*	45.89	±	12.54	*
2-76	国選抜	8	331.3	±	108.9	ns	42.66	±	16.90	ns
2-117	国選抜	8	348.2	±	70.1	ns	41.63	±	12.01	ns
2-189	国選抜	10	341.0	±	94.1	ns	44.21	±	15.67	ns
2-199	国選抜	9	360.3	±	105.7	ns	46.00	±	15.27	*
T21	県選抜	9	327.8	±	103.9	ns	43.66	±	13.63	ns
T23	県選抜	10	362.8	±	79.0	ns	48.21	±	19.69	*
T24	県選抜	8	393.0	±	67.7	*	49.49	±	11.04	*
T25	県選抜	10	374.9	±	89.4	ns	48.23	±	19.01	*
少花粉苗木	(対照)	9	342.4	±	89.9		39.48	±	10.98	

※網掛けの系統は樹高、根元径共に有意差を確認

(*:p<0.05 ns:p>0.05)

4 結果の要約

4 成長期後時点で、特定苗木全体と少花粉苗木との平均値比較では特定苗木の方が大きくなったものの、有意差は確認できなかった。系統別比較では少花粉苗木よりも成長に優れる系統が確認され、内 1 系統は本県選抜の特定母樹由来だった。

〔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。

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： 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
 再造林の低コスト化につながる優良種苗の育成技術の開発
 優良候補木の育成

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

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

再造林の低コスト化を進めるための一つの方法として、初期成長に優れる品種を用いて下刈り回数の低減を図ることが挙げられる。また、これらの品種には、一般的な造林木と同程度の材の強度があり、花粉症対策にも有効であることが求められる。そのため、優れた系統を交配親として作出した苗を林地に植栽し、成長や材質、雄花着生量等を継続的に調査してきた。日本における林木育種の過程が示されている中で(図1)、育種集団を構成するエリートツリーの検定や選抜、その後の特定母樹の開発を行うに当たり、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方法として「育種価」が使われるようになった。今年度は、浜松市天竜区龍山町に設定した試験地で10成長期後の調査を行い、育種価による評価を行った。

2 方法

静岡県産スギ精英樹の推奨品種等を親として2012年3月に交配を行い、同年10月に種子を採取した。第一世代精英樹の自然交配種子や少花粉ミニチュア採種園産種子も含めた。これらを播種し、2013年4月から根鉢300ccのMスターコンテナ苗として育成した後、2014年5月に浜松市天竜区龍山町瀬尻の国有林に単木混交で植栽した。10成長期後の2023年11月に、樹高と胸高直径を測定し、そのデータを用いて調査個体とそれらの交配親の成長形質に関する遺伝的な能力を育種価^{*}で推定した。また、Fakoppを用いて応力波伝播速度、目視による幹と根元の通直性、雄花着生量も調査した。調査対象木は、224個体である。

※育種価：調査個体のデータから、交配親の血縁情報を取り入れ、立地環境的な要因を補正した上で、調査個体と交配親の遺伝的な能力を推定する数値。森林総合研究所林木育種センターでは、育種価に基づいてエリートツリーを選抜し、その中から基準を満たすものを特定母樹として選ぶ場合が多い。参考文献：高橋ら（2016） 森林遺伝育種 5 巻

3 結果の概要

〔前年度までの結果〕

県内に設定したスギ交配苗の試験地（浜松市天竜区龍山町瀬尻、浜松市天竜区熊、浜松市天竜区上野、富士市大淵）において、7成長期までの樹高や胸高直径の調査を行い、育種価による評価を行った。優れた育種価を示す優良個体が得られている。

〔本年度の結果〕

10成長期後の樹高及び胸高直径のデータから育種価を算出し、植栽木とその交配親の遺伝的な能力を推定した。材積の育種価で上位30位以内に入る個体を対象に、応力波伝播速度、幹と根元の通直性、雄花着生指数のデータを照合し、優良候補木を選抜した。

(1) 調査個体のデータ解析：

224個体の平均樹高は1095cm、平均胸高直径は17.0cmであり、全体的に優れた成長を示す育種集団林であった。交配系統114個体は平均樹高1113cm、平均胸高直径17.7cmで、対照系統

110 個体の平均、それぞれ 1076cm、16.2cm を上回っていた。交配系統の平均材積は 0.362m³ で、対照系統の 0.312m³ より 16%高かった。

樹高育種価は-388.4～272.0cm、胸高直径育種価が-11.7～10.1 であった (図 2)。

(2) 優良個体の選抜：

交配系統 114 本のうち 1 個体 (候補木 A) が、材積 0.477m³ で対照系統平均の 1.5 倍以上、応力波伝播速度 2732m/s で対照系統平均以上、幹と根元の通直性がそれぞれ 5 (5 段階評価、5 が最も通直性に優れる)、雄花着生指数が 1 (5 段階評価、1 が最も雄花が少ない) となった (表 1)。

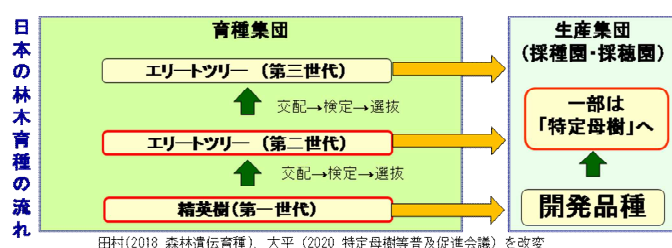


図 1 日本の林木育種の流れ

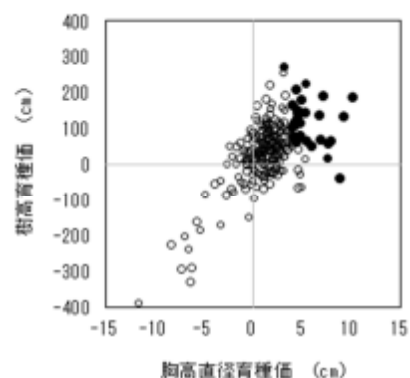


図 2 スギ交配系統の 10 成長期後の育種価
○調査個体

●調査個体のうち、樹高と胸高直径から材積を算出し、その育種価で上位 30 の個体

表 1 優良候補木の形質

調査木	交配 雌×雄	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	幹	根元	
候補木 A	天竜 9 号×天竜 6 号	0.477	2732	5	5	1
対照系統 (n=110)	精英樹自然交配	0.310 (1.5 倍は 0.466)	2408	3.9	3.5	1.5

材積育種価上位 30 位内の個体から優良候補木を選抜

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 成長期後の樹高と胸高直径の育種価を算出した。材積育種価で上位 30 の個体の中から、材積、応力波伝播速度、通直性、雄花着生量の評価で優良個体を選抜した。

〔キーワード〕 交配、コンテナ苗、初期成長、育種集団林、育種価

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。優良候補木の両親について遺伝子確認する。

6 結果の発表、活用等 (予定を含む)

現在調査を進めている試験林は育種集団林として今後も活用する。

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
再造林の低コスト化につながる優良種苗の育成技術の開発
コンテナ苗の育成技術の開発

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：袴田哲司

協 力 分 担：岡山県農林水産総合センター、岐阜県森林研究所

予算(期間)：県単（2023-2027 年度）、農林水産省委託プロジェクト（2018-2022 年度）

1 目的

再造林の低コスト化を進めるに当たり、コンテナ苗の価格が裸苗よりも高いことが課題となっている。それを解決する一つの方法として、枯死する苗を減らして得苗率を高めることや育苗期間を短縮させ管理にかかる経費を下げる事が挙げられる。光合成活性の能力を高めると言われているグルタチオン（3種類のアミノ酸の結合物質）の効果が注目されており、コンテナ苗での実証試験が行われている。今回は市販されている粒剤の効果をヒノキコンテナ苗で検討した。また、肥料過多で苗を枯らす生産現場が見られたため、施肥量が苗の枯死や成長に与える影響を調査した。

2 方法

- (1) グルタチオン粒剤施用試験： 種苗生産者から購入したヒノキ1年生稚苗を、150ccマルチキャビティMスターコンテナへ肥料入りのコンテナ苗専用土又はココピートを使って2月下旬に移植した。ココピートには肥料成分が入っていないため、3月下旬にハイコントロール650-360日を0.5g/本の量で元肥として与えた。6月上旬に、グルタチオン粒剤（商品名：ペプチオン）を1.0g/本となるように、根元に施用した。対照区にはグルタチオン粒剤を施用しなかった。以後、屋外で育苗し12月上旬に苗高と根元径を測定した。1試験区80本としたが、枯死苗や形質不良の苗を除いて1試験区71～74個体でデータ解析した。
- (2) 施肥量試験： ココピートに混合する緩効性肥料エコロンG 413-180の量を2.5g/L、5.0g/L、10.0g/L、15.0g/Lの4区として、種苗生産者から購入した1年生ヒノキ稚苗を300ccマルチキャビティコンテナで育苗した。1試験区48本として4月上旬から屋外で育苗し、7月中旬と12月上旬に健全な苗の本数、苗高、根元径を測定した。

3 結果の概要

[前年度までの結果]

肥料濃度が高いと思われる状態ではグルタチオン施用の効果はなかったが、肥料濃度が低い状況下ではグルタチオンの効果が現れることが示唆された。

[本年度の結果]

- (1) グルタチオン粒剤施用試験： 12月の苗高に培地の種類は影響していなかったが、グルタチオン施用の有無は有意に影響していた（表1）。根元径においては、培地の種類とグルタチオン施用の有無がどちらも影響していた。コンテナ苗専用土では、グルタチオン有区で平均苗高29.1cm、平均根元径3.3mmであったが、グルタチオン無区ではそれぞれ25.6cm、2.9mmであった（図1）。ココピート培地では、グルタチオン有区で平均苗高29.4cm、平均根元径3.1mmであり、グルタチオン無区ではそれぞれ26.8cm、2.7mmであった（図1）。
- (2) 施肥量試験： 7月時点で15.0g/L区は枯死苗が多く、健全な苗は半数となった。12月では、15.0g/L区の健全な苗は10本、10.0g/L区は26本となり、施肥量が多い区で枯死が顕著であっ

た。2.5g/L 区は健全な苗は多かったが、苗高や根元径では、他の区よりも劣った（図2）。

表1 グルタチオン施用試験の一般化線型モデルによる逸脱度分析の結果

目的変数	説明変数	逸脱度	自由度	p 値
苗高	培地の種類	2.008	1	0.157
	グルタチオン施用***	33.240	1	8.144×10^{-9}
	交互作用	1.000	1	0.317
根元径	培地の種類**	9.912	1	0.002
	グルタチオン施用***	50.046	1	1.502×10^{-12}
	交互作用	0.403	1	0.525

** p < 0.01 *** p < 0.001

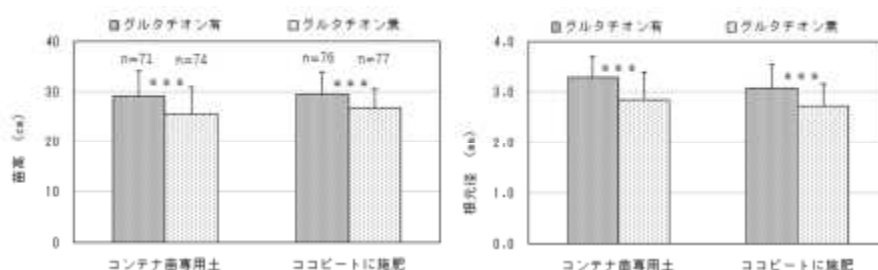


図1 グルタチオンを施用したヒノキコンテナ苗の成長
エラーバーは標準偏差 *** p < 0.001(逸脱度分析)

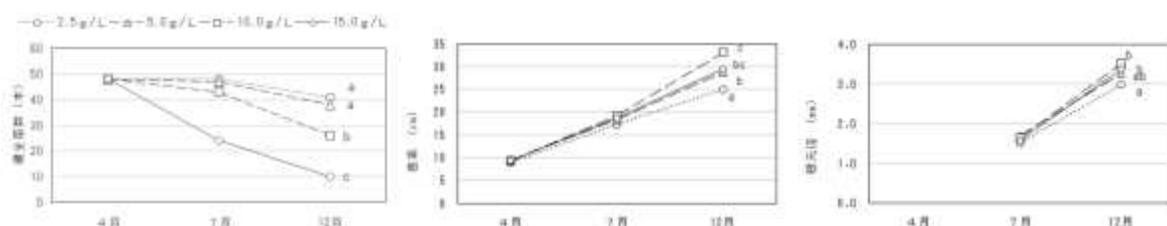


図2 施肥量別のヒノキコンテナ苗の健全苗数（左図）、苗高（中図）、根元径（右図）
健全苗数は Fisher の正確確率検定、苗高と根元径は Sheffe の多重比較検定
苗高と根元径は各調査月の健全苗数（左図）で算出
異なるアルファベットに有意差あり p<0.05

4 結果の要約

ヒノキのコンテナ苗育苗において、グルタチオン粒剤による成長促進効果が認められた。ヒノキは、Mスターコンテナ苗で苗高に対する効果が、マルチキャビティコンテナ苗では根元径に対する効果が認められた。

〔キーワード〕 ヒノキ、グルタチオン、コンテナ苗、施肥量

5 今後の問題点と次年度以降の計画

別の試験では、グルタチオンの施用により苗の耐暑性が高まることが示唆されている。耐暑性向上の観点からもグルタチオンの効果を確認していく。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

山林種苗協同組合連合会とともに、短期間育苗（播種から1年間での出荷）を試みているため、情報提供する。中部森林学会又は森林遺伝育種学会に発表する。

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
再造林の低コスト化につながる優良種苗の育成技術の開発
コンテナ苗の育成技術の開発

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：袴田哲司

協 力 分 担：九州大学、岡山県農林水産総合センター、森林総合研究所

予算(期間)：県単（2023-2027 年度）

1 目的

コンテナ苗を使った再造林事業が県内各地で行われている。コンテナ苗の育成方法として、播種床や育苗箱で育成した稚苗をコンテナへ移植する方法が一般的であるが、育苗期間の短縮化や移植手間の軽減のため、コンテナへ直接種子を播く方法も行われている。その場合、発芽率が低い種子ではキャビティに苗の欠損が生じてしまうため、できるだけ発芽率の高い種子を用いて欠損を少なくする必要がある。また、種子の質により苗の成長にばらつきが生じることが懸念される。そのため、近赤外光を活用した種子選別機で充実種子を取り出すこと、また種子の段階で品質を区別することなどが試されている。前年度の試験で、充実種子の発芽率が高いことは確認できたが、充実種子の質とコンテナ苗の成長については明確ではなかった。そのため、スギ充実種子の質とコンテナ苗の成長について再検討した。

2 方法

種子の胚乳部に蓄積する脂質により近赤外光は吸収される。この吸収量と逆相関する SQI (Seed Quality Index) を種子選別機を使って調べたスギ特定母樹西育 77 号の種子を、岡山県農林水産総合センター生物科学研究所から入手した。この種子は、SQI の値から 3 段階 (Top : SQI 49.12 ~ 62.55、Medium : SQI 73.82 ~ 78.70、Bottom : SQI 85.35 ~ 103.41) にグレード分けされていた。

これらの種子を、2023 年 3 月下旬にセルトレイ内の播種専用土に播種した。播種から発芽までの日数を記録した後、発芽した芽生えの一部をココピートを用いて 5 月上～中旬に 150cc マルチキャビティコンテナへ移植した。移植してから 3 ~ 4 日後に緩効性肥料エコロン 413-180 を 0.75g/本ずつ施肥した。以後ハウス内で育苗し、6 月下旬に屋外に移し、適宜の手灌水で管理した。8 月下旬には緩効性肥料ハイポネックス 5-6 ヶ月を 0.2g/本施用した。11 月にコンテナ苗の苗高と根元径を測定した。

3 結果の概要

[前年度までの結果]

近赤外光での選別による充実種子の発芽率は 77 ~ 84% で、一般的なスギの発芽率より高かった。種子選別のグレード間で、コンテナ苗の生育に関する差は認められなかった。

[本年度の結果]

SQI の 3 段階グレードで、播種から発芽までの平均日数は、Top が 30.0 日、Medium が 31.1 日、Bottom が 31.8 日であり、グレードが良いほど平均値では発芽がやや短期間であったが、有意差は認められなかった (図 1)。

平均苗高は Top が 25.9cm、Medium が 24.7cm、Bottom が 25.7cm であり、有意差は認められなかった (図 2 左)。平均根元径は Top が 2.7mm、Medium が 2.6mm、Bottom が 2.6mm であり、有意差は認められなかった (図 2 右)。

前年度と同様に、充実種子の質 (SQI によるグレード分け) とコンテナ苗の成長については明

確ではなかった。

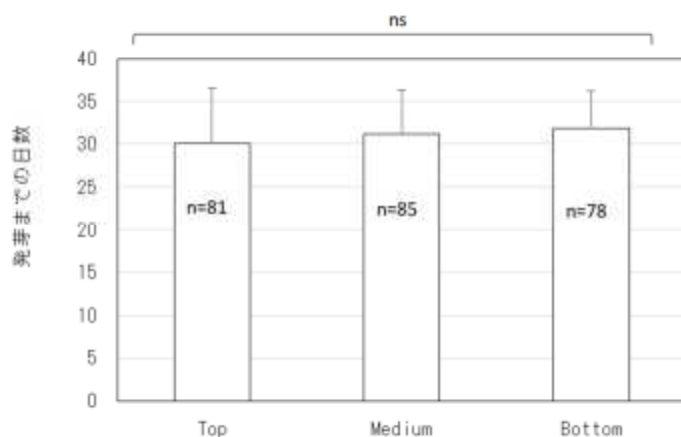


図1 SSIでグレード分けしたスギ種子の平均発芽日数

エラーバーは標準偏差

ns: Scheffeの多重比較検定で全組み合わせで有意差なし

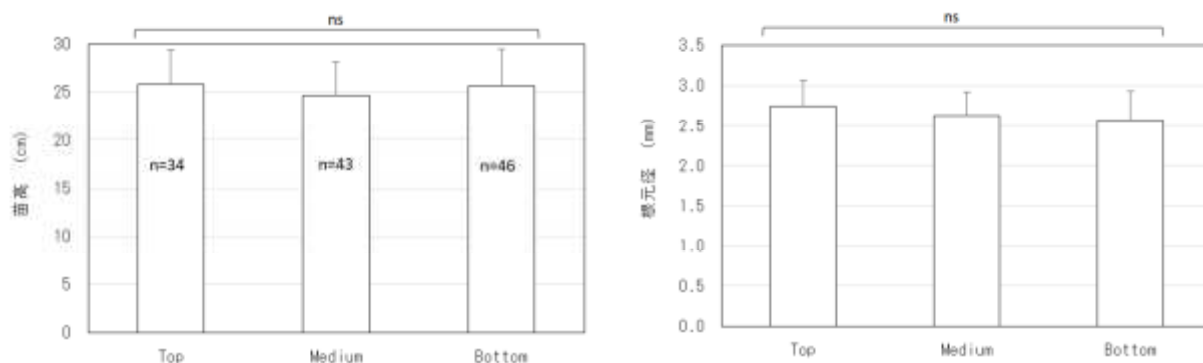


図2 SSIでグレード分けした種子由来のスギコンテナ苗の平均苗高と平均根元径

脚注は図1と同じ

4 結果の要約

SSIの3段階グレードで、播種から発芽までの平均日数は有意差は認められなかった。平均苗高と平均根元径でも、3段階グレードで有意差は認められなかった(図3)。前年度と同様に、充実種子の質とコンテナ苗の成長については明確ではなかった。

〔キーワード〕選別種子、SSI、グルタチオン、スギコンテナ苗

5 今後の問題点と次年度以降の計画

近赤外光による種子選別やグルタチオン試験は、他機関との協力や情報交換が必要である。種子選別機を導入した県もあることから、他機関から情報収集する。グレード分けしても、コンテナ苗の成長差が認められないことは問題点である。

6 結果の発表、活用等(予定を含む)

種苗生産者に情報提供する。中部森林学会又は森林遺伝育種学会に成果を発表する。

課 題 名：効率的な主伐作業システムのモデル構築に関する研究
各作業工程の特性分析

静岡県内の主伐作業現場における現場条件と労働生産性

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、森林育成科

担 当 者 名：稲葉大地、袴田哲司、長瀬亘

協 力 分 担：森林計画課、森林整備課、各農林事務所、林業経営体

予算(期間)：県単（2020-2023 年度）

1 目的

静岡県内の人工林の 9 割が 40 年生以上となり、活用する時代を迎えている。近年、県内では、車両系の高性能林業機械を使用した主伐が各地で行われている。これに加え、急傾斜地など一部の地域では架線系のシステムによる主伐も試みられているが、作業効率は充分検証されていない。このため、主伐の作業効率と様々な要因との関係を分析し、現場条件を踏まえた作業システムの労働生産性を明らかにする。

2 方法

(1) 調査場所

県内各地で行われた主伐のうち、主に低コスト主伐・再造林促進事業および花粉発生源対策促進事業の現場を対象とした。

(2) 調査方法

2015 年～2023 年に行われた主伐の現場において、林業経営体に作業日報の記録をお願いした。作業日報の記録は、工程ごとの所要人数および使用した林業機械が分かるように留意して記録してもらった。併せて、現場の面積、傾斜、路網密度等の現地条件について、当該事業の実績概要書を提供してもらい、データを収集した。これらのデータを現場ごとに集計し、1 m³ 生産するのに必要な各作業の人工を整理した。また、昨年に引き続き、労働生産性と現場条件との関係を分析した。

3 結果の概要

取得した現場条件の概要を表 1 に示す。主伐の事例は、45 件収集した。このうち、車両系作業システムの現場は 27 件（60%）、架線系作業システムの現場は 18 件（40%）だった。架線系では小面積、急傾斜、低路網密度の条件の現場に集中しているのに対し、車両系ではこれらの現地条件が、比較的多様な値を示していた。

両作業システムの 1 m³ の素材生産に必要な各作業の人工を図 1 に示す。車両系作業システムでは 19 件が、県の主伐の目標値 7.0 m³/人日を上回っていた。作業システムでは、7.0 m³/人日を上回る現場は無かったが、生産性の最も高い現場は積み込み運搬と架線の設置撤去にかけている人工が少なかった。

車両系の労働生産性と製材用途生産割合の関係を図 2 に示す。ここで製材用途生産割合は、丸太の用途（製材・合板・チップ用）のうち、製材用の占める割合を示す。製材用の割合が大きいほど、労働生産性が有意に低かった（ $n=21$, $\rho=-0.52$, $p<0.05$, スピアマンの順位相関係数）。

架線系の労働生産性と傾斜との関係を分析したところ、負の相関があった（ $n=17$, $\rho=-0.50$, $p<0.05$, スピアマンの順位相関係数, 図 3）。

表 1 主伐作業現場の概要

作業システム	現場数	傾斜 (度)	面積 (ha)	路網密度 (m/ha)	利用材積 (m ³)	労働生産性 (m ³ /人日)
車両系	27	20±10	2.4±2.0	330±150	1014±582	10.3±5.1
架線系	18	31±7	1.0±0.6	53±128	508±170	3.1±1.2

平均±標準偏差

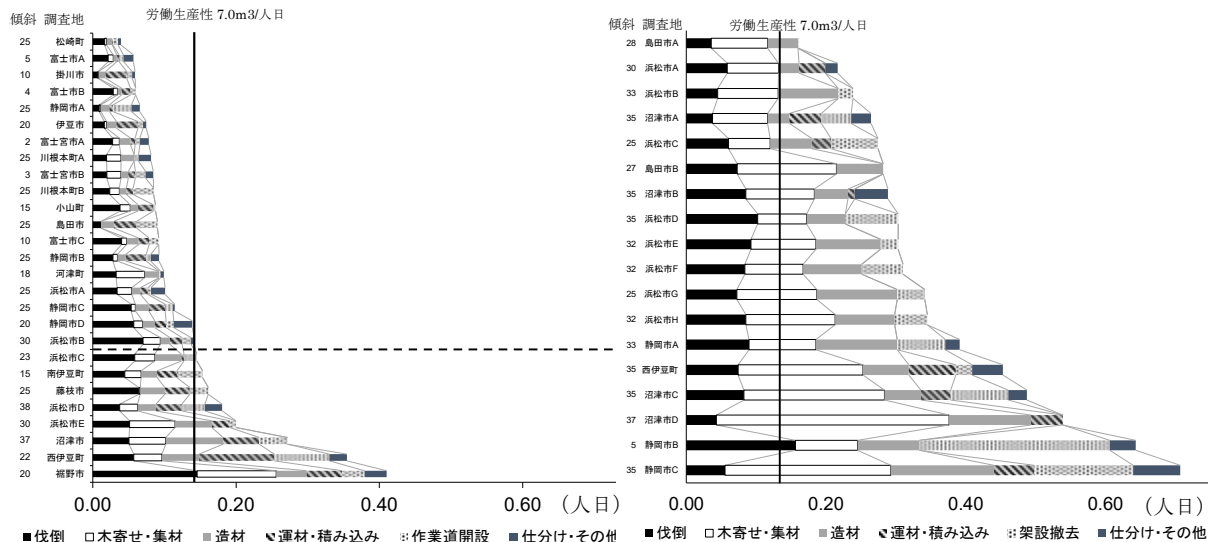


図 1 作業システムの1m³の素材生産に必要な各作業の人工数(左図車両系、右図架線系)

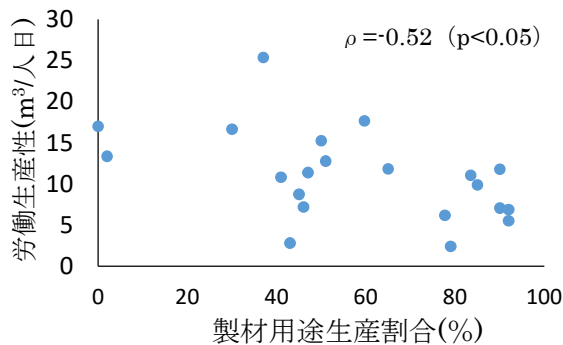


図 2 車両系労働生産性と製材用途生産割合の関係

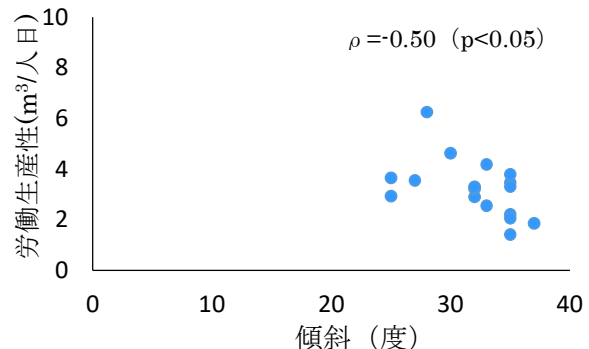


図 3 架線系労働生産性と傾斜の関係

4 結果の要約

県内 45 か所の主伐の事例を集計し、車両系・架線系作業システムの 1 m³ の素材生産に必要な各作業の人工を現場ごと示すことができた。製材用途の生産割合が大きいほど車両系の労働生産性が有意に低かった。架線系の労働生産性と傾斜には負の相関があった。

〔キーワード〕 作業システム、車両系、架線系、労働生産性、面積、傾斜、路網密度

5 今後の問題点と次年度以降の計画

素材生産工程における CO₂ 収支の調査

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

- ・F&F、森林・林業研究センター研究成果発表会等により、情報発信を行う予定。
- ・現場条件等を一覧にした事例集を作成し、林業経営体に配布を行う予定。

課 題 名：効率的な主伐作業システムのモデル構築に関する研究
各作業工程の特性分析

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

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、フジイチ、天竜フォレスター

予算(期間)：県単（2023 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。一方、木材の環境への貢献度を正確に評価及び PR するためには、木材の生産工程で排出される CO₂ を客観的かつ定量的に把握した上で消費者に提示する必要がある。本研究では、新たな木材活用環境評価に関する研究会の協力のもと、素材生産現場で CO₂ 排出量を調査する上で必要となる労力や実際に素材生産現場で排出される CO₂ 排出量を調査した。

2 方法

株式会社フジイチ（以下、フジイチ）と有限会社天竜フォレスター（以下、天竜フォレスター）の 2 社の素材生産現場を調査地とした。調査範囲は、伐採前の掃除伐から大型トラックで搬出するための集積までとした。CO₂ 排出量は素材生産をするために使用された燃料消費量に、環境省が公表している燃料に対応した CO₂ 排出係数をかけて算出した。作業員の作業現場への通勤にかかる燃料消費量については対象外とした。

3 結果の概要

(1) 取得データと本調査に必要な労力

【取得データ】

- ・ 2 社共通 : 作業システム、現場条件（面積、傾斜、材積、使用機械）
 - ・ フジイチ : チェンソー、刈り払い機のガソリン及び集材機の軽油使用量
 - ・ 天竜フォレスター : チェンソー、刈り払い機のガソリン（※ 1）及び林業機械の軽油使用量
- ※ 1 : 現場 D、E については、ガソリン使用量の記録はなかった。

【調査に必要な労力】

- ・ フジイチ : 現場作業員のガソリン移替え量の記録、ガソリン・軽油使用量の集計
- ・ 天竜フォレスター : 電子日報データベースからの抽出、ガソリン・軽油使用量の集計

(2) 現場条件と CO₂ 排出量

調査地の現場条件と CO₂ 排出量、CO₂ 固定量を表 1 に示す。素材生産現場における材積当たりの CO₂ 排出量は、 $0.0093 \pm 0.0075 \text{ tCO}_2$ （平均±標準偏差）であった。生産された丸太の炭素固定量に対する CO₂ 排出量の割合は $1.62 \pm 1.30\%$ であった。車両系作業システム 4 現場の工程ごとの 1 m³ の素材生産に必要な消費燃料量を図 1 に示す。車両系の現場では、特に造材、搬出、作業道開設に多くの燃料が消費されていた。

(3) 調査から分かったこと

消費燃料量の記録方法、記録項目が事業体によって異なる（紙ベースのみ・紙と電子、電子）。各事業体の軽油取引量については、軽油取引税の課税免除申請のための記録が残っているため、一定期間の事業体の軽油による CO₂ 排出量の推定は可能と考えられる。

表1 主伐作業現場の概要及びCO₂固定量・排出量

事業体	現場	面積 (ha)	施業	作業系	作業道 開設延長	材積 (m ³)	消費燃料量		炭素固定量 (tCO ₂)※1	総CO ₂ 排出量 (tCO ₂)※2	排出量/ 固定量	材積当たり排出量 (tCO ₂ /m ³)	非調査項目
							ガソリン(L)	軽油(L)					
フジイチ	A	3.17	皆伐	架線	-	485	227	247	279	1.16	0.42%	0.0024	作業工程ごと
	B	3.25	皆伐	架線	-	129	45.1	80	74	0.31	0.42%	0.0024	作業工程ごと
	C	不明	間伐	架線	-	194	93.5	123	112	0.53	0.48%	0.0028	作業工程ごと
	平均					269	122	150	155	0.67	0.43%	0.0025	
	標準偏差					190	94.2	86.7	109	0.44	0.03%	0.0002	
天電フォレスト	D	8.67	間伐	車両系	2029	972	不明	5350	560	13.80	2.47%	0.0142	ガソリン
	E	3.88	間伐	車両系	807	532	不明	3120	306	8.05	2.63%	0.0151	ガソリン
	F	2.27	間伐	車両系	179	156	35.3	1233.7	90	3.26	3.64%	0.0209	-
	G	1.71	皆伐	車両系	0	848	168.2	2280	488	6.27	1.28%	0.0074	-
	平均					512	102	2211	295	5.86	1.99%	0.0145	
	標準偏差					346	94.0	945	199	2.42	1.18%	0.0068	
	全体平均					474	114	1776	273	4.77	1.62%	0.0093	
	全体標準偏差					339	82	1961	195	4.96	1.30%	0.0075	

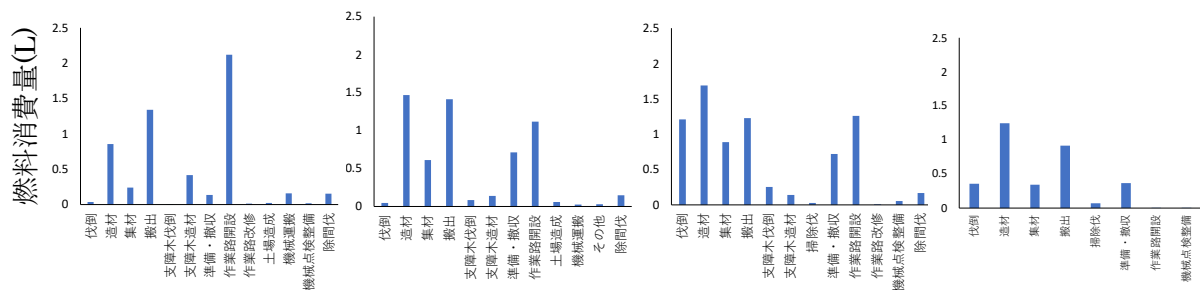
※1 固定量

材積×容積密度(0.314t/m³)×炭素含有率(0.5)×44/12

※2 CO₂排出係数

軽油 2.58 tCO₂/kL

ガソリン 2.32 tCO₂/kL



作業工程（左図から、D、E、F、Gの現場）

図1 1m³の素材生産あたりの各作業工程別の燃料消費量

4 結果の要約

素材生産現場におけるCO₂排出量調査に必要な労力や実際に素材生産現場で排出されるCO₂排出量を調査した。生産された丸太の炭素固定量に対するCO₂排出量の割合は1.62±1.30%であった。消費燃料量の記録方法は事業体によって異なっていた。

〔キーワード〕CO₂、炭素固定

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
- ・製材工場における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

完了試験研究成績（2024 年 3 月作成）

課 題 名：効率的な主伐作業システムのモデル構築に関する研究

担当部署名：静岡農林技研森林・林業研究センター・森林資源利用科、森林育成科

担 当 者 名：稲葉大地、袴田哲司、長瀬亘

協 力 分 担：森林計画課、森林整備課、各農林事務所、林業経営体

予算(期間)：県単（2020-2023 年度）

1 目的

静岡県内の人工林の 9 割が 40 年生以上となり、活用する時代を迎えている。近年、県内では、車両系の高性能林業機械を使用した主伐が各地で行われている。これに加え、急傾斜地など一部の地域では架線系のシステムによる主伐も試みられているが、作業効率は充分検証されていない。このため、主伐の作業効率と様々な要因との関係を分析し、現場条件を踏まえた作業システムの労働生産性を明らかにする。

2 方法

(1) 試験場所

県内各地で行われた主伐のうち、主に低コスト主伐・再造林促進事業および花粉発生源対策促進事業の現場を対象とした。

(2) 試験構成

2015 年～2023 年に行われた主伐の現場において、林業経営体に作業日報の記録をお願いした。作業日報の記録は、工程ごとの所要人数および使用した林業機械が分かるように留意して記録してもらった。併せて、現場の面積、傾斜、路網密度等の現地条件について、当該事業の実績概要書を提供してもらい、データを収集した。これらのデータを現場ごとに集計し、各作業の人工を整理した。また、労働生産性と現場条件との関係を分析した。

3 研究期間を通じての成果の概要

収集した現場条件の概要を表 1 に示す。主伐の事例は、45 件収集した。このうち、車両系作業システムの現場は 27 件（60%）、架線系作業システムの現場は 18 件（40%）だった。架線系では小面積、急傾斜、低路網密度の条件の現場に集中しているのに対し、車両系では比較的これらの現地条件が、比較的多様な値を示していた。

両作業システムの 1m^3 の素材生産に必要な各作業の人工数を図 1 に示す。車両系作業システムでは 19 件が、県の主伐の目標値 $7.0\text{m}^3/\text{人日}$ を上回っていた。架線系作業システムでは、 $7.0\text{m}^3/\text{人日}$ を上回る現場は無かったが、生産性の最も高い現場は積み込み運搬と架線の設置撤去にかけている人工が少なかった。

労働生産性に影響する要因を一般化線形モデルにより分析したところ、施業地の傾斜が労働生産性に有意に影響していることが示された（表 2）。

車両系の労働生産性と傾斜との関係を分析したところ、負の相関があった（ $n=27$, $\rho=-0.43$, $p<0.05$, スピアマンの順位相関係数, 図 2）。傾斜 20 度未満の現場における労働生産性は県が目標と定める労働生産性 $7.0\text{m}^3/\text{人日}$ よりおおむね高かったが、傾斜 20 度から 30 度の範囲内では労働生産性にばらつきがあり、傾斜 30 度以上では $7.0\text{m}^3/\text{人日}$ を下回った。

架線系の労働生産性と傾斜との関係を分析したところ、負の相関があった（ $n=17$, $\rho=-0.50$, $p<0.05$, スピアマンの順位相関係数, 図 2）。

表 1 主伐作業現場の概要

作業システム	現場数	傾斜 (度)	面積 (ha)	路網密度 (m/ha)	利用材積 (m ³)	労働生産性 (m ³ /人日)
車両系	27	20±10	2.4±2.0	330±150	1014±582	10.3±5.1
架線系	18	31±7	1.0±0.6	53±128	508±170	3.1±1.2

平均±標準偏差

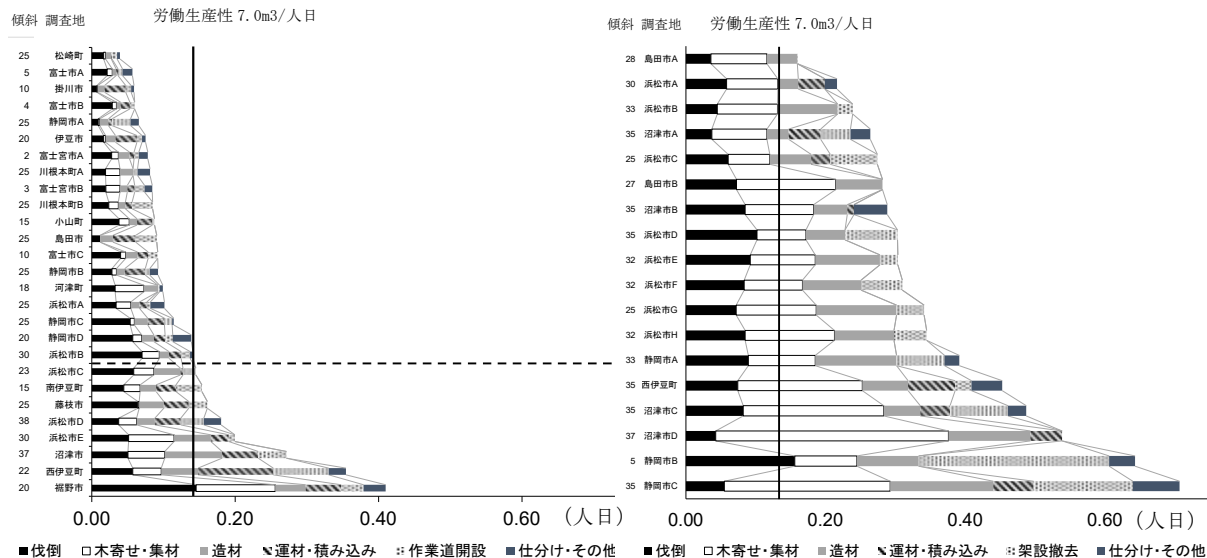


図 1 作業システムの 1 m³の素材生産に必要な各作業の人工 (左図車両系、右図架線系)

表 2 車両系作業システムにおける労働生産性の影響因子の検証

目的変数	説明変数	逸脱度	自由度	p値
労働生産性	傾斜(A)	4.32	1	$p<0.05$
	面積(B)	0.09	1	0.71
	路網密度(C)	2.97	1	0.08
	A×B	0.10	1	0.76
	B×C	1.13	1	0.29
	C×A	1.63	1	0.20
	A×B×C	0.05	1	0.82

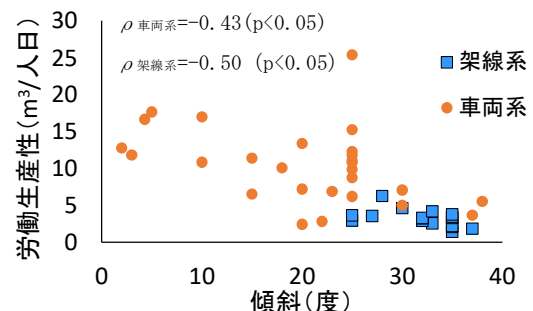


図 2 労働生産性と傾斜の関係

4 研究期間を通じての成果の要約

県内 45 か所の主伐の事例を集計し、車両系・架線系作業システムの現場条件、労働生産性を明らかにした。また、素材生産に必要な各作業の人工を現場ごとに示すことができた。車両系・架線系の労働生産性は傾斜が有意に影響していた。

〔キーワード〕 作業システム、車両系、架線系、労働生産性、面積、傾斜、路網密度

5 成果の活用面と留意点

- ・F&F、森林・林業研究センター研究成果発表会等により、情報発信を行う予定。
- ・現場条件等を一覧にした事例集を作成し、林業経営体に配布を行う予定。これにより、現場条件や所有している機械に照らして必要な人工や生産性等の予測が可能になる。

6 残された問題とその対応

- ・事例集の充実のため、事例の収集を継続的に行う必要がある。今後も、林業補助事業の実績で提供を受けた日報データを集計・整理する。

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、BIPROGY（株）、鹿児島大学、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づきにくい状況にある。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、血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 2023 年 5 月から 9 月に間伐及び下刈り等の作業現場 6 箇所において調査を実施した。調査対象者は事前に文書による同意を得た林業作業員 18 人とした。測定は作業前後に行い、対象者に対して食事、休息、水分摂取などの制限を行わず、通常どおりの作業下で実施した。
- (2) 測定項目 血清中の酸化ストレス（d-ROMs）及び抗酸化力（BAP）、潜在的抗酸化力（BAP/d-ROMs 比）：REDOXLIBRA（ウイスマー社）、主観的疲労度（VAS）：アンケート調査、体重：HD-662（タニタ社）、体水分量及び脈拍数：Galaxy Watch 4（Samsung 社）

3 結果の概要

[前年度までの結果]

作業員へのアンケートによる疲労度と心拍数は連動する傾向が見られ、疲労の時間とともに蓄積する状況が観察された。また、心拍数の揺らぎと作業内容との関係を分析したが、明確な傾向は見られなかった。一方、心拍数の揺らぎの増加により休憩時の緊張緩和が観測できた。

[本年度の結果]

- (1) 林業作業終了後、酸化ストレスマーカーである d-ROMs と BAP は有意な増加を示したが、BAP/d-ROMs 比は有意な変化が認められなかった（表 1）。この結果はアスリートを対象とした先行研究と類似し、作業に伴う酸化ストレスの増加に対する生体の代償機転として抗酸化力の増加が生じ、その結果として酸化還元バランスを示す BAP/d-ROMs 比は一定に保持されたと推測される。体重は 0.5 ± 1.0 kg 減少し、体水分量は 0.7 ± 1.2 kg 増加したが、いずれも生理的な変動範囲にとどまった。主観的疲労度と脈拍数は作業後に有意に増加した。
- (2) 酸化ストレスマーカーの変化と、身体測定値及び主観的疲労度、脈拍数の変化との間には、有意な相関は認められなかった。このため、酸化ストレスマーカーは独立した疲労の指標である可能性が示唆され（表 2）、他の測定項目で代替できないと考えられる。
- (3) 以上から、林業作業員の疲労状態を把握する指標として、d-ROMs 及び BAP、主観的疲労度、脈拍数の測定が有効であると示唆される（表 1）。

表 1 疲労状態の把握に適した測定項目の評価

測定項目	d-ROMs	BAP	BAP/d-ROMs	体重	体水分量	VAS	脈拍数
	U. CARR. (n=17)	$\mu\text{mol/L}$ (n=13)	(n=13)	kg (n=18)	kg (n=18)	mm (n=18)	bpm (n=16)
作業前	319.9 ± 78.3	2307.1 ± 304.8	6.7 ± 1.4	72.4 ± 10.6	40.9 ± 3.1	13.7 ± 9.2	86.8 ± 11.1
作業後	352.7 ± 67.2	2465.5 ± 293.7	6.8 ± 1.5	71.9 ± 9.9	41.6 ± 3.5	61.8 ± 1.5	107.3 ± 12.8
p 値*	0.001	0.003	0.830	0.067	0.024	<0.001	<0.001
評価**	○	○	×	×	×	○	○

平均値±標準偏差

* Wilcoxonの符号付順位検定

** ○:有意差有、×有意差無(1%水準)

表 2 酸化ストレスマーカーと各測定項目の作業前後差での相関

測定項目	d-ROMs		BAP		BAP/d-ROMs	
	相関係数*	p 値	相関係数*	p 値	相関係数*	p 値
体重	-0.37	0.63	0.35	0.65	-0.21	0.79
体水分量	-0.33	0.67	0.36	0.64	-0.24	0.76
VAS	0.42	0.58	-0.38	0.62	0.45	0.55
脈拍数	0.28	0.72	-0.27	0.73	0.09	0.91

* Spearmanの順位相関係数

4 結果の要約

林業作業前後に血液採取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血清中の酸化ストレスマーカーである d-ROMs 及び BAP、主観的疲労度 (VAS)、脈拍数の 4 項目が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] 酸化ストレス (d-ROMs)、抗酸化力 (BAP)、主観的疲労度 (VAS)、脈拍数

5 今後の問題点と次年度以降の計画

血液採取を日常的に実施することは難しいため、作業者に負担とならない他の手法を検討する必要がある。

6 結果の発表、活用等 (予定を含む)

第 13 回中部森林学会大会で発表した (2023 年 10 月)。また、第 97 回日本産業衛生学会大会で発表予定 (2024 年 5 月)。

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

心拍解析を用いた疲労状態の把握・体調変化を検知する技術開発

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：山口亮

協 力 分 担：浜松医科大学、BIPROGY（株）、林業経営体、鹿児島大学

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、作業者の身体に装着するウェアラブルセンサーから取得する情報を用いて、心拍解析を行い、疲労具合を客観的に判断する手法について検討するとともに、体調変化の検知の可能性を探る。

2 方法

- (1) 調査方法 2023 年 5 月から 10 月に間伐及び下刈り等の作業現場 7 箇所において調査を実施した。調査対象者は事前に文書による同意を得た林業作業員 20 人とした。測定は作業前後に行い、対象者に対して食事、休息、水分摂取などの制限を行わず、通常どおりの作業下で実施した。
- (2) 測定項目 血清中の酸化ストレス（d-ROMs）及び抗酸化力（BAP）、潜在的抗酸化力（BAP/d-ROMs 比）：REDOXLIBRA（ウイスマー社）、加速度、脈拍数：Galaxy Watch 4（Samsung 社）、作業状況動画撮影：HERO8（GoPro 社）
- (3) 心拍変動解析 得られた脈拍数から拍動間隔を算出し、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 LF/HF 比を求めた。

3 結果の概要

[前年度までの結果] 心拍数の時間変動に着目して解析を行った結果、心拍数の揺らぎの増加により休憩時の緊張緩和が観測できた。運動負荷に対する心拍数変動のインパルス応答を算出し、これと加速度から推定した心拍数を実際の心拍数と比較することで、心拍数増加の要因が運動とそれ以外に分離できることが示された。インパルス応答の遅延時間には年齢、経験年数、疲労度増加との関連が見られた。

[本年度の結果]

- (1) インパルス応答から算出した遅延時間の平均（delay）及びインパルス応答の積分値（delay sum）と酸化ストレスマーカーである d-ROMs の作業前後差との相関関係を解析したが、有意な相関は認められなかった（図 1）。d-ROMs の値は作業前から正常範囲よりも高い数値を示している場合が多く、林業現場では暑熱ストレス等で作業前から身体にとって高負荷な状態であるため、作業負荷により必ずしも d-ROMs が増加しないことが考えられる。
- (2) ストレス指標の一つである LF/HF 比は、作業前の 1.9 ± 0.9 に対し作業後は 1.9 ± 0.7 となり、作業前後で有意な変化は認められなかった（ $n=16$ 、 $p=9.88$ ：Wilcoxon の符号付順位検

定)が、作業前から一貫して高値を示していた。

(3) 同一作業現場内で伐採作業の有無を比較したところ、伐採作業有の作業者の作業後の LF/HF 比が高くなる事例が観察された(表1)。

(4) 脈拍数の急激な変化(1分間に15bpm以上の上昇・下降)が観察された作業者の作業状況を動画で確認したところ、かかり木処理及び通常歩行であった。一方、LF/HF比に違いがみられたところから、脈拍数の変化のみで体調変化を検知することは困難であり、心拍変動解析等が必要であると考えられる(図2)。

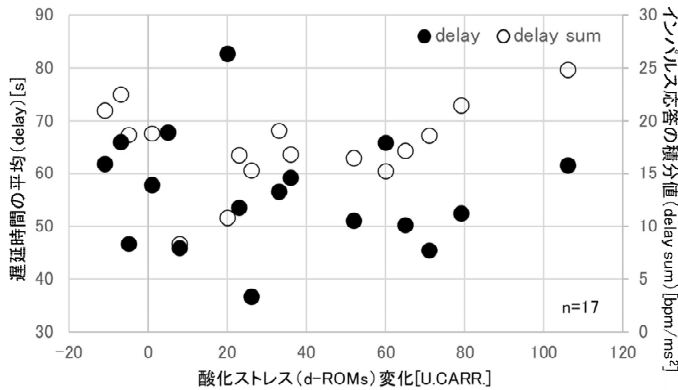


図1 インパルス応答と作業前後の酸化ストレス(d-ROMs)変化

・Spearmanの順位相関係数: delay($\rho=-0.27$, $p=0.28$)、delay sum($\rho=-0.03$, $p=0.91$)

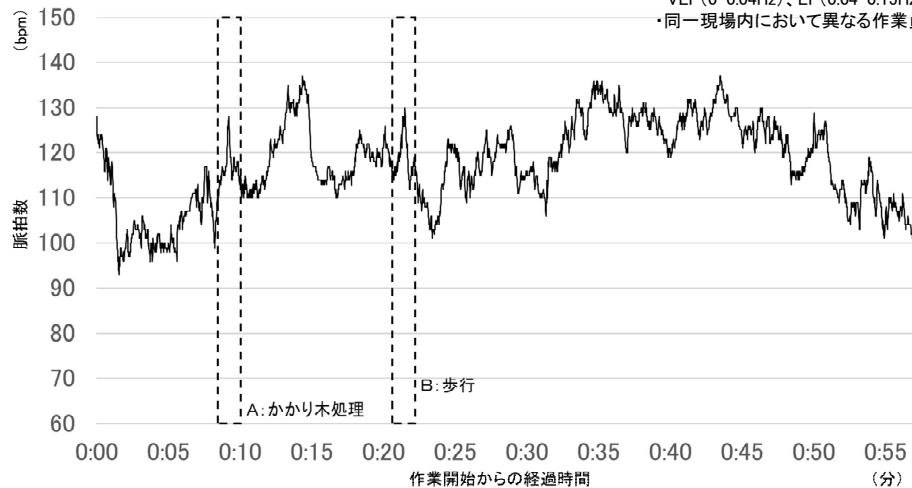


図2 チェーンソー作業時の脈拍数の推移

・LH/HF比 A: 17.60、B: 6.36

表1 作業種の違いにより心拍変動解析結果が異なる事例

心拍変動	伐採作業有		伐採作業無	
	作業前	作業後	作業前	作業後
VLF	2.65	2.74	4.15	3.04
LF	3.54	4.19	4.00	4.51
HF	2.47	2.34	2.87	3.36
LF/HF比	2.90	6.38	3.10	3.17

・数値は5分間のパワー値を各周波数帯で積分したときの対数値[ms²]

VLF(0-0.04Hz)、LF(0.04-0.15Hz)、HF(0.15-0.40Hz)

・同一現場内において異なる作業員で測定

4 結果の要約

センサー値から算出された林業作業で生じる心身への負荷の指標と酸化ストレスマーカーとの間に相関は認められなかった。ストレス指標の一つである LF/HF 比は、作業前後で変化は認められなかったが高い値を示した。伐採作業はストレスを上昇させる要因の一つと考えられる。脈拍数から体調変化を検知することは困難であると考えられた。

〔キーワード〕 インパルス応答、d-ROMs、LF/HF 比

5 今後の問題点と次年度以降の計画

作業者の動きや脈拍数の変化から体調変化を検知することは現時点では困難であると考えられるため、さらに多くの作業者のデータを収集し、心拍変動解析や他の指標について検討し、疲労状態を客観的に把握する手法を開発する。

6 結果の発表、活用等(予定を含む)

第97回日本産業衛生学会大会(2024年5月)及び第14回中部森林学会大会(2024年10月)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

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

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、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づきにくい状況にある。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・警告するアプリケーションを試作し、林内での実証試験を実施する。

2 方法

- (1) 実証試験地 無立木地及びスギ林、ヒノキ林（センター構内：浜松市浜名区根堅）、テーダマツ林（掛川市南西郷）、林地においては下草のない範囲を使用
- (2) 試験方法 浜松医科大学が試作した近接警告アプリケーションをスマートフォン（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 3 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 結果の概要

[前年度までの結果]

無立木地及び立木地において Bluetooth 電波の機器間距離による電波強度の変化を計測した結果、40m の距離で電波の受信が可能であり、近接警告に活用できる可能性が示された。電波強度の減衰には、機器間距離及び立木の有無の双方が影響していると考えられる。

[本年度の結果]

- (1) 警告音発生時の端末間最長距離と電波強度との間に相関がみられ（図 1）、警告音発生時の電波強度を変えることで、危険距離に応じた数段階の警告音発生が可能であると考えられる。無立木地と林地を比較すると、すべての林地で最長距離が下回り、立木による電波の減衰の影響がみられた。端末間最長距離と電波強度の関係は各林地で異なったことから、実際の作業現場では、事前に端末間距離と電波強度を測定し、警告音発生時の電波強度を設定することが望ましいと考えられる。
- (2) 警告音発生時の電波強度と端末間内に存在する立木の胸高断面積の合計との間に相関がみられ（図 2）、電波の減衰には立木本数や立木の太さが影響していると考えられる。端末間内に立木が存在しない場合を除いて相関関係を算出した結果、全林地をまとめたもので有

意な相関が認められたが ($r=-0.54$, $p<0.01$)、林地ごとに算出した決定係数を下回った(図3)ことから警告音設定は林地ごとに行うことが望ましいと考えられる。

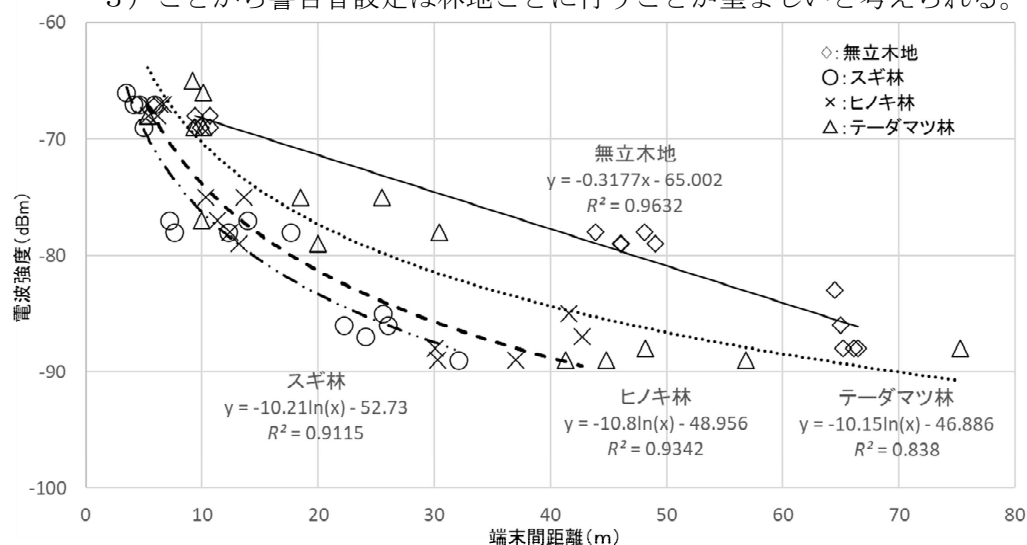


図1 警告音発生時の端末間最長距離と電波強度の関係

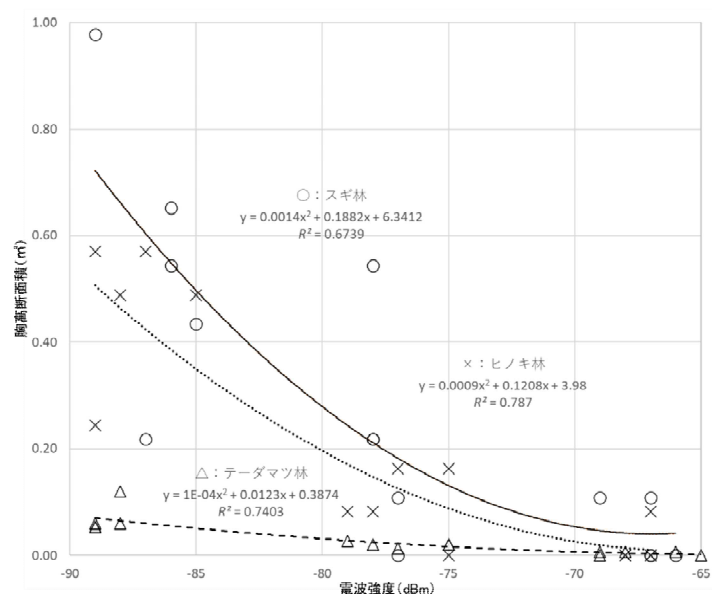


図2 警告音発生時の電波強度と端末間内に存在する立木の胸高断面積の関係

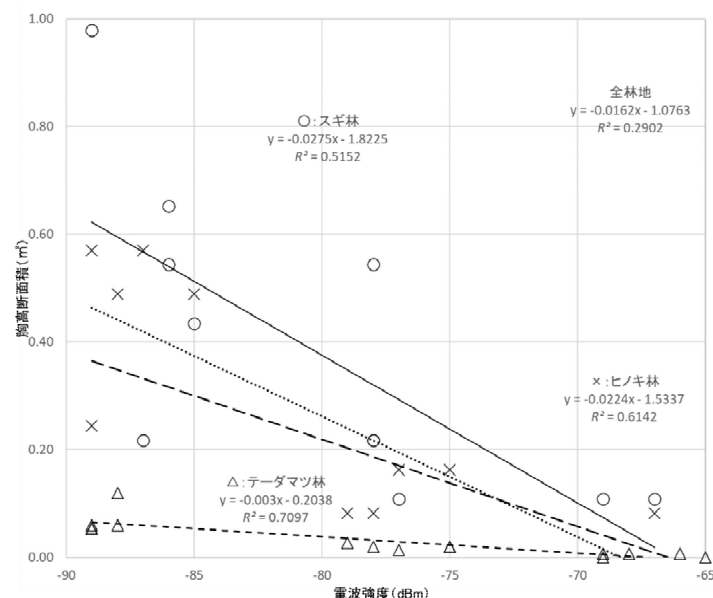


図3 端末間内に立木がある場合の電波強度と胸高断面積の関係

4 結果の要約

浜松医科大学が試作した近接警告アプリケーションを林地で実証した結果、警告音の発生が確認でき、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胸高断面積との間で高い決定係数が得られた。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。

〔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

アプリケーションの開発を継続し、実際の作業現場で実証試験を行うとともに、作業者の使用感や意見等を収集する。

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発表予定（2024年10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

付加価値向上に向けた流通技術の開発

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

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（普及情報活動システム化）（2022-2026 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と見られるが、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。
- (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、傘の硬度を果樹高度計(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 結果の概要

(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。

(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 の湿度が低いと、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)。冷蔵装置による有意差はなかった。

(4) 色の变化

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）。

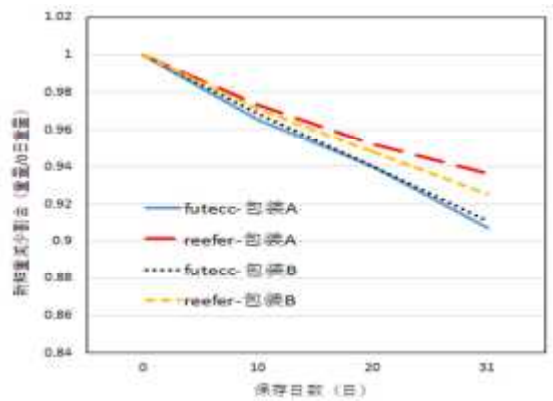


図 1 新鮮量減少割合の推移

表 1 傘の硬度 (kg/c m²)

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

t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*			
冷蔵装置	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*			
冷蔵装置	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*			
冷蔵装置	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

t検定により0日目と比較して、**は1%で、*は5%で有意差あることを示す
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 結果の要約

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。

〔キーワード〕原木シイタケ 鮮度 包装資材 コンテナ

5 今後の問題点と次年度以降の計画

包装資材による保存方法の検討。

6 結果の発表、活用等

生産者等へ情報提供を行う（2024 年 3 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

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

協 力 分 担：菌床シイタケ生産者 農林技術研究所・加工技術科

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外観に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。栽培方法により鮮度保持期間が延長できれば、販路の拡大が期待できる。そこで、栽培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、発生操作時の温度条件を変更して菌床シイタケを発生させ、鮮度保持状況を調査した。

2 方法

- (1) 供試菌と培地 供試菌に菌床シイタケ市販品種を用い、供試培地は、広葉樹おが粉培地（栄養体を重量比で 8 % 含む）を用いた。培地の含水率を約 60% に調整し、耐熱性の袋に 1.3kg ずつ詰め、98℃ で 7 時間滅菌し、放冷後におが粉種菌を接種した。
- (2) 栽培条件 接種後の培地を約 22℃、相対湿度約 60～70% で 83～98 日間培養した。
- (3) 子実体発生条件 培養後に袋を取り除き、相対湿度 90% 以上となるように設定した室内で初回の子実体を発生させた。試験区の室内温度は①16℃、②10℃とした。
- (4) 包装資材等 発生した子実体を収穫後、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 (Denka Polmer, ML300) で包装し、開口部を密封した。その後、湿潤重量を測定し、段ボール箱に入れた。
- (5) 保存温度 2℃、5℃ に設定した冷蔵庫に段ボール箱を設置し、子実体を 32 日間保存した。
- (6) 測定項目 貯蔵品質（新鮮重減少割合、外観評価）を調査した。初日と保存最終日に、傘の硬度を果樹高度計 (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 結果の概要

(1) 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、新鮮重減少率は低下した(図 1)。保存温度が 2℃、5℃ の順に重量減少が少ない傾向があった。保存温度 5℃ においては、発生処理温度 16℃ が発生処理温度 10℃ よりも重量が減少する傾向があった。

(2) 傘の硬度

0 日の傘の硬さは、発生処理温度 16℃ と比較して 10℃ が柔らかい傾向があった(表 1)。32 日後の硬さは、発生処理温度 16℃ と発生処理温度 10℃ の保存温度 5℃ は、各発生温度の 0 日に比べ軟化する傾向があった。発生処理温度 10℃ の保存温度 2℃ の傘の硬さは、0 日の硬さとの間に有意差が無く、硬さが保たれていた。

(4) 色の変化

傘の色とひだの明るさ、赤みは、発生処理温度による有意差はみられなかった(表 2)。保存 32 日後のひだの色は、0 日に比べ保存温度 5℃ は暗くなり、赤み、青みが増し、暗褐色に変色した。保存温度 2℃ は、赤み、黄みが増したが、明るさは差が無かった。保存 32 日後の傘の

色は、0日に比べ保存温度5℃は青みが増して暗くなり、黒っぽくなった。保存温度2℃は、赤み、黄みが増加したが、明るさは差が無かった。ひだ、傘の色は、発生処理温度よりも保存温度による差が大きかった。

(5) 外観

保存温度5℃は、10日前後でひだの褐変が始まり、気中菌糸が発生し、急速に品質が低下した(表3)。保存温度2℃の保存32日後は、ひだに赤み、黄みが差してベージュ色に変色し、新鮮なものに比べて香りが少なかったが、内皮膜が保たれたものがあり、切断面の変色がなく、鮮度がある程度保たれていた。

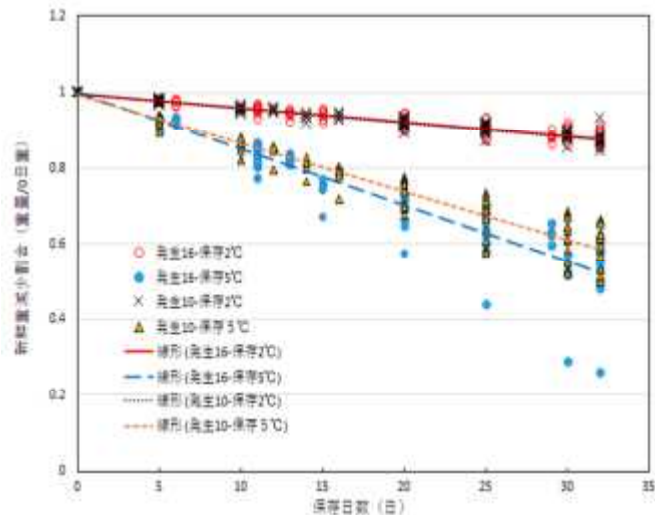


図1 新鮮量減少割合

表1 保存日数と傘の硬度

発生処理温度(℃)	保存温度(保存日数)	シイタケ(傘)硬度(kg/cm ²)
16	(0日)	0.52 ± 0.06
	保存2℃(32日)	0.43 ± 0.01 **
	保存5℃(32日)	0.41 ± 0.04 **
10	(0日)	0.48 ± 0.04
	保存2℃(32日)	0.44 ± 0.02
	保存5℃(32日)	0.39 ± 0.07 **
発生処理温度		\$
保存温度		\$\$
交互作用		\$

t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
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 保存日数と色差

明るさL*			
発生処理温度(℃)	保存温度(保存日数)	シイタケ(ひだ)	シイタケ(傘)
16	(0日)	77.86 ± 3.58	39.7 ± 5.7
	保存2℃(32日)	77.88 ± 3.05	40.0 ± 4.3
	保存5℃(32日)	29.54 ± 3.87 **	23.1 ± 9.2 **
10	(0日)	76.95 ± 4.38	35.7 ± 2.9
	保存2℃(32日)	75.70 ± 4.30	37.8 ± 4.5
	保存5℃(32日)	26.52 ± 4.03 **	23.1 ± 7.2 **
発生処理温度		NS	NS
保存温度		\$\$	\$\$
交互作用		NS	NS
赤みa*			
発生処理温度(℃)	保存温度(保存日数)	シイタケ(ひだ)	シイタケ(傘)
16	(0日)	4.07 ± 0.43	9.7 ± 0.9
	保存2℃(32日)	6.02 ± 1.03 **	11.3 ± 0.9 **
	保存5℃(32日)	10.87 ± 2.48 **	8.7 ± 1.5
10	(0日)	3.77 ± 0.60	9.8 ± 0.7
	保存2℃(32日)	6.25 ± 1.18 **	11.7 ± 0.7 **
	保存5℃(32日)	11.60 ± 1.18 **	9.4 ± 1.2
発生処理温度		NS	NS
保存温度		\$\$	\$\$
交互作用		NS	NS
黄みb*			
発生処理温度(℃)	保存温度(保存日数)	シイタケ(ひだ)	シイタケ(傘)
16	(0日)	16.29 ± 1.35	14.9 ± 1.6
	保存2℃(32日)	18.54 ± 0.79 **	18.2 ± 1.2 **
	保存5℃(32日)	12.79 ± 2.66 **	10.7 ± 3.2 **
10	(0日)	15.15 ± 0.76	14.3 ± 1.1
	保存2℃(32日)	18.02 ± 0.69 **	18.5 ± 0.8 **
	保存5℃(32日)	12.25 ± 1.70 **	11.1 ± 3.4 **
発生処理温度		\$	NS
保存温度		\$\$	\$\$
交互作用		NS	NS

t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
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 外観評価

発生処理温度(℃)	保存温度(℃)	10日	15日	20日	25日	30日	32日
16	2	5	5	4	4	4	4
	5	4	3	2	1	1	1
10	2	5	5	5	4	4	4
	5	5	3	2	1	1	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

4 結果の要約

発生処理温度16℃と発生処理温度10℃の生シイタケの鮮度は、保存温度に影響を受け、温度が高いほど新鮮重減少率が低くなり、品質が低下する傾向があった。2℃での保存が、硬さ、色を保ち高品質を保つことができた。

〔キーワード〕シイタケ 鮮度 保存温度 発生処理温度

5 今後の問題点と次年度以降の計画

包装資材による保存方法の検討。

6 結果の発表、活用等

生産者等へ情報提供を行う(2024年3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

静岡県産きのこの機能性成分調査

静岡県産きのこの機能性表示に向けた成分調査

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：中田理恵

協 力 分 担：きのこ生産者 公益財団法人静岡県産業振興財団

予算(期間)：国補（普及情報活動システム化）（2022-2026 年度）

1 目的

2015 年に食品表示法に基づく食品表示基準が施行され、機能性表示食品制度が新設された。これに伴い静岡県内の農林水産物や加工品でも機能性表示食品に認定される食品の開発が行われており、骨の健康に役立つβ-クリプトキサンチンや、高めの血圧を下げる機能を持つγ-アミノ酪酸（GABA）を含む柑橘類、内臓脂肪の低下を助ける茶カテキンを含む粉末茶等が機能性表示食品に認定されている。しかし、特用林産物である静岡県産きのこ類は成分の分析を行っておらず、成分特性は不明であり、機能性表示食品に認定されているものはなかった。そこで、静岡県産きのこの基礎資料として、静岡県産きのこの機能性関与成分を調査した。調査する機能性関与成分は、機能性表示食品認定の可能性が高いと考えられるγ-アミノ酪酸（GABA）とエルゴチオネインとした。

2 方法

(1) 調査対象 静岡県で生産されているきのこのうち、γ-アミノ酪酸（GABA）の分析はシイタケ（菌床）、マイタケ（原木）、アラゲキクラゲ（菌床）、ヒラタケ（菌床）、タマチョレイタケ（菌床）で行った。エルゴチオネインの分析はタマチョレイタケ（菌床）で実施した。

(2) 調査方法 きのこの乾燥は、森林・林業研究センターにおいて送風低温恒温器（ヤマト科学株式会社 DN-63）で実施し、シイタケ、マイタケは、標準的な乾燥（40～60℃）と標準よりやや低い温度（30～50℃程度 断続的に乾燥）で乾燥を行った。検体は粉碎し、高速液体クロマトグラフを用いてγ-アミノ酪酸（GABA）、エルゴチオネインを測定した。測定作業は、調査会社にて実施した。

3 結果の概要

(1) シイタケのγ-アミノ酪酸（GABA）は、生鮮品は 15～57mg/100g、乾椎茸は 71～130mg/100g と幅があり、同日に収穫した同じ品種の生シイタケを異なる方法で乾燥したところ、γ-アミノ酪酸（GABA）含有量は異なった（表 1）。マイタケ（原木）は、生鮮品は 5～7mg/100g、乾燥品は 31～150mg/100g であった。タマチョレイタケは検体数が少なかったが、生鮮品は 17mg/100g、乾燥品は 160mg/100g であった。タマチョレイタケは乾燥すると表面がゴム状に硬くなり乾燥が進まなかった。タマチョレイタケの乾燥品を食するのには、粉碎するなど工夫が必要と思われた。

(2) タマチョレイタケのエルゴチオネインは、生鮮品は 7mg/100g、乾燥品は 13mg/100g であった（表 2）。

4 結果の要約

1 日当たりの摂取目安量の設定によるが、静岡県産きのこの機能性表示食品認定の可能性が示された。シイタケ、マイタケのγ-アミノ酪酸（GABA）含有量は一定でなく、幅があり、乾燥方法によっても差が生じた。

〔キーワード〕 γ-アミノ酪酸、エルゴチオネイン、機能性表示食品 シイタケ マイタケ

5 今後の問題点と次年度以降の計画

栽培方法、品種、子実体が発生する時期、乾燥の方法などの条件により成分が変動する可能性がある。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

生産者等へ情報提供を行い、結果を公開した（2023 年 9 月）。
関中林試連会報に発表予定（2024 年 3 月予定）。

表 1 静岡県産きのこのγ-アミノ酪酸（GABA）含有量

NO.	品目名	生・乾	原木・菌床	GABA含有量 (mg/100 g)	乾燥時間（h）	検体含水率 (%)	生産者	備考
1 シイタケ	生	菌床	15			88.7		
2 シイタケ	乾	菌床	84	27h（低温）		7.3	森林・林業研究センター	
4 シイタケ	乾	菌床	130	27h（高温）		24.6		
5 シイタケ	生	菌床	26			92.8		
6 シイタケ	乾	菌床	71	12h（連続）		65.6	森林・林業研究センター	
8 シイタケ	乾	菌床	86	12h（断続的）		45.3		
9 シイタケ	生	菌床	57					
11 シイタケ	乾	菌床	130	天日乾2日 乾燥機26.5 h			森林・林業研究センター	
12 シイタケ	乾	菌床	79	天日乾4 h 乾燥機20h				
1 マイタケ	生	原木	7			91.5		
2 マイタケ	乾	原木	54	22 h		8.0		
3 マイタケ	乾	原木	45	22 h		12.0		
5 マイタケ	乾	原木	31	10 h（中断12h有）		14.7		
6 マイタケ	乾	原木	55	6 h（中断12h有・断続的）		20.9	森林・林業研究センター	
7 マイタケ	乾	原木	38	9 h（中断12h有・断続的）		18.3		
8 マイタケ	乾	原木	58	11 h		38.2		
10 マイタケ	乾	原木	57	7 h（断続的 計11h）		10.8		
11 マイタケ	乾	原木	52	11 h 30m		8.8		
12 マイタケ	生	原木	5			92.5		
13 マイタケ	乾	原木	35	21 h		14.3		
15 マイタケ	乾	原木	36	20 h（断続的 計21 h）		13.0	森林・林業研究センター	
16 マイタケ	乾	原木	53	23 h		16.2		
17 マイタケ	乾	原木	150	9 h		65.5		細かい
1 ヒラタケ	生	菌床	6			89.0		
2 ヒラタケ	乾	菌床	36	19h			富士きのこセンター	
3 ヒラタケ	乾	菌床	36	22h				
1 タマチヨレイタケ	生	菌床	17			90.3	富士きのこセンター	冷凍
2 タマチヨレイタケ	乾	菌床	160	41h				生鮮品を冷凍したものの重量を10.6%まで乾燥
1 アラゲキクラゲ	生	菌床	25			89.0	富士きのこセンター	
2 アラゲキクラゲ	乾	菌床	64	23h				

表 2 静岡県産きのこのエルゴチオネイン含有量

NO.	品目名	生・乾	原木・菌床	エルゴチオネイン 含有量 (mg/100 g)	乾燥時間（h）	検体含水率 (%)	生産者	備考
1 タマチヨレイタケ	生	菌床	7			90.3	富士きのこセンター	冷凍
2 タマチヨレイタケ	乾	菌床	13	41h				生鮮品を冷凍したものの重量を10.6%まで乾燥

課 題 名：県内木材資源を活用した非住宅用 JAS 製品等の加工利用技術の開発

効率的な JAS 製品の製造方法の解明および新製品の開発

国有林に植栽されたスラッシュマツの乾燥特性

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、森林育成科

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、静岡県立農林環境専門職大学

予算(期間)：県単（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が、主伐の急激な増加は、森林の公益的機能の低下を招く。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るが、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、国では短伐期収入が得られる点から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スラッシュマツ板材の乾燥特性を明らかにするため、人工乾燥を行い、乾燥後の含水率、収縮率、狂いを測定した。

2 方法

静岡県浜松市浜名区三ヶ日町上尾奈国有林内に生育する林齢 55 年生スラッシュマツ林分から、樹高及び胸高直径が平均から大きく逸脱しない範囲で立木 6 個体を選木し、伐採後 2.0m 毎に丸太に玉切りした。丸太は図 1 に示すとおりの木取りで板材（35×130×2000mm）に製材した。外側の板材の一部を、長さ 600mm に 2 分割し、計 16 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、収縮率及び狂い（幅反り、曲がり、縦反り、ねじれ）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、初期蒸煮（乾球温度 85℃、乾湿球温度差 0℃、8 時間）、乾燥（乾球温度 70~80℃、乾湿球温度差 5~20℃、144 時間）、調湿（乾球温度 80℃、乾湿球温度差 4℃、18 時間）の順に実施した。

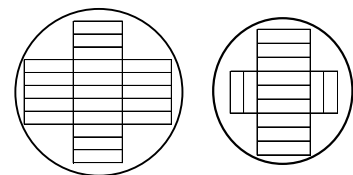


図1 丸太断面木取り図

※縦及び横方向の枚数は
寸法に合わせて決定

3 結果の概要

乾燥試験に用いたスラッシュマツ板材の密度を表 1 に示す。全乾密度は $610 \pm 50 \text{ kg/m}^3$ であった。スラッシュマツ板材の乾燥後の収縮率を図 2 に、乾燥後の狂いを図 3 に示す。乾燥後の収縮率は、1~5%程度で標準的な値を示した。乾燥後の狂いはいずれの乾燥条件でもほとんどなく、加工に影響は少ないと考えられる。乾燥試験の乾燥日数と含水率の関係を図 4 に示す。人工乾燥後の含水率は、8~9%であり、内部含水率傾斜は $\pm 1\%$ 程度であった。天然乾燥後の含水率は、15~17%であり、夏期（8 月下旬から）は約 1 か月、秋期（10 月下旬から）は約 2 か月で含水率が安定した。天然乾燥した材については、青変菌による変色が現れたため、製材後、速やかに人工乾燥を行う必要があると考えられる。また、材内部に含まれるヤニが多い傾向にあったため、初期蒸煮処理を行う必要があると考えられる。

表 1 乾燥試験に用いたスラッシュマツ板材の密度

	乾燥前密度 (kg/m ³)	気乾密度 (kg/m ³)	全乾密度 (kg/m ³)
試験体数	16	16	16
平均値	990	650	610
最大値	1060	730	680
最小値	900	510	500
標準偏差	40	60	50

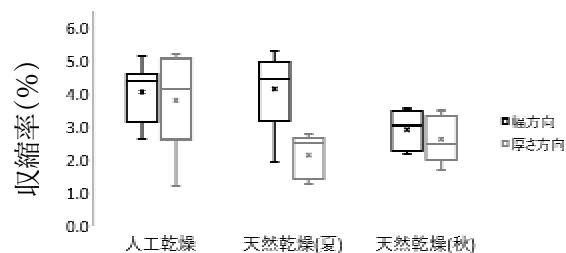


図 2 スラッシュマツ板材の乾燥後の収縮率

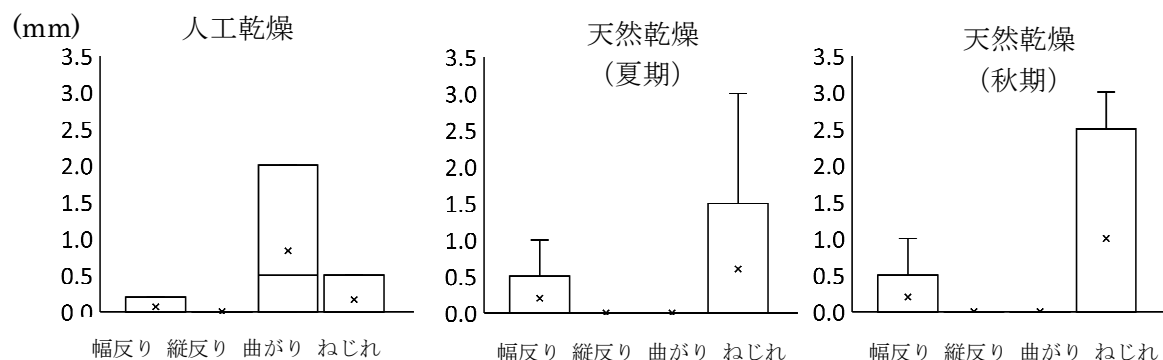


図 3 スラッシュマツ板材の乾燥後の狂い

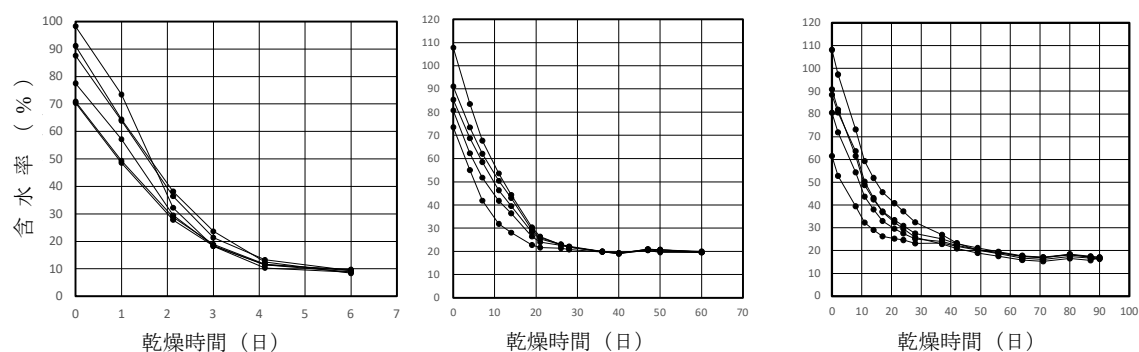


図 4 含水率減少経過（左から人工乾燥、天然乾燥（夏期）、天然乾燥（秋期））

4 結果の要約

スラッシュ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狂いはほとんどなかった。天然乾燥では青変菌が侵入したため、製材後すぐに人工乾燥を行い、ヤニの残留を抑えるため初期蒸煮処理を行う必要があると考えられる。

〔キーワード〕 早生樹、スラッシュマツ、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

- ・スラッシュ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

- ・日本木材加工技術協会第 41 回年次大会で発表した。
- ・スラッシュマツ板材の集成材や合板への活用

課 題 名：県内木材資源を活用した非住宅用 JAS 製品等の加工利用技術の開発

効率的な JAS 製品の製造方法の解明および新製品の開発

国有林に植栽されたスラッシュマツの動的ヤング係数と含水率

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

協 力 分 担：静岡県立農林環境専門職大学

予算(期間)：県単（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が、主伐の急激な増加は、森林の公益的機能の低下を招く。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るが、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、国では短伐期収入が得られる点から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スラッシュマツ板材の材質を明らかにするため、人工乾燥後の平均年輪幅、全乾密度、動的ヤング係数を測定した。

2 方法

静岡県浜松市浜名区三ヶ日町上尾奈国有林内に生育する林齢 55 年生スラッシュマツ林分から、樹高及び胸高直径が平均から大きく逸脱しない範囲で立木 6 個体を選木し、伐採後 2.0m 毎に丸太に玉切りした。そのうち 3 体から 5 cm 程度の円板を採取し、髄から 2 cm 程度ずつ試験片を採取し、平均年輪幅と全乾密度を測定した。丸太は図 1 に示すとおりの木取りで板材（35×130×2000mm）に製材した。板半径方向に採材した板材は最外層の髄からの年輪数を計測した。板材は人工乾燥を行った。スケジュールは、初期蒸煮（乾球温度 85℃、乾湿球温度差 0℃、8 時間）、乾燥（乾球温度 70～80℃、乾湿球温度差 5～20℃、144 時間）、調湿（乾球温度 80℃、乾湿球温度差 4℃、18 時間）の順に実施した。板材は製材後と乾燥後約 3 か月養生した後に寸法、重量を計測し、乾燥後については縦振動法による動的ヤング係数及び狂いを計測した。

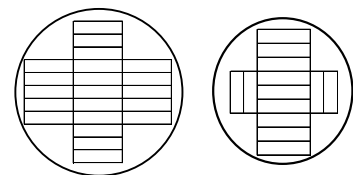


図1 丸太断面木取り図

※縦及び横方向の枚数は
寸法に合わせて決定

3 結果の概要

板材の人工乾燥前後のみかけの密度、人工乾燥後の含水率及び動的ヤング係数 (E_{fr}) を表 1 に、髄からの年輪数と乾燥後の動的ヤング係数との関係を図 2 に示す。人工乾燥後の含水率は、 $8.4 \pm 0.8\%$ （平均±標準偏差）であった。動的ヤング係数は $12.8 \pm 3.2\text{GPa}$ で一般的なスギ・ヒノキと比べて高く、髄付近と外側で約 10GPa の差があった。髄からの年輪数が大きいほど動的ヤング係数が高くなる傾向にあり、未成熟材と成熟材の判別は困難であった。髄からの年輪数と乾燥前の含水率との関係を図 3 に示す。乾燥前含水率は、髄から外側に行くほど高くなる傾向にあり、心材は $51.3 \pm 21.7\%$ 、辺材は $98.1\% \pm 22.1\%$ であった。採取した試験片から測定した平均年輪幅及び全乾密度を表 2 に示す。平均年輪幅は $4.0 \pm 2.3\text{mm}$ 、全乾密度は $476 \pm 78\text{kg/m}^3$ であった。

表1 スラッシュマツ板材の乾燥前後の見かけの密度と乾燥後の動的ヤング係数

立木No	玉切り数	末口径(cm)	乾燥前密度 (kg/m ³)	乾燥前含水率	乾燥後密度 (kg/m ³)	乾燥後含水率	乾燥後 E_{fr} (GPa)
410	10	15.5~29.9	平均値	788	77.6%	548	8.5%
			標準偏差	141	30.1%	54	0.8%
413	5	24.8~28.0	平均値	685	65.7%	505	8.3%
			標準偏差	170	28.6%	59	0.7%
419	7	17.8~27.5	平均値	819	92.8%	510	8.5%
			標準偏差	132	30.5%	51	0.6%
420	12	21.2~51.3	平均値	924	81.2%	578	8.4%
			標準偏差	154	30.6%	69	0.9%
421	4	17.3~22.3	平均値	857	73.8%	587	8.2%
			標準偏差	73	15.2%	36	0.5%
422	11	14.5~32.3	平均値	841	75.9%	606	8.5%
			標準偏差	157	29.7%	47	0.6%
全体			平均値	847	78.9%	570	8.4%
			最大値	1109	148.8%	767	11.6%
			最小値	480	26.6%	420	6.8%
			標準偏差	167	30.4%	66	0.8%

表2 スラッシュマツ試験片の平均年輪幅及び全乾密度

立木No.	平均年輪幅 (mm)	全乾密度 (g/cm ³)
410	平均	4.4
	標準偏差	2.3
413	平均	4.2
	標準偏差	2.5
419	平均	3.4
	標準偏差	1.9
全体	平均	4.0
	標準偏差	2.3
	辺材平均	1.8
	心材平均	5.7

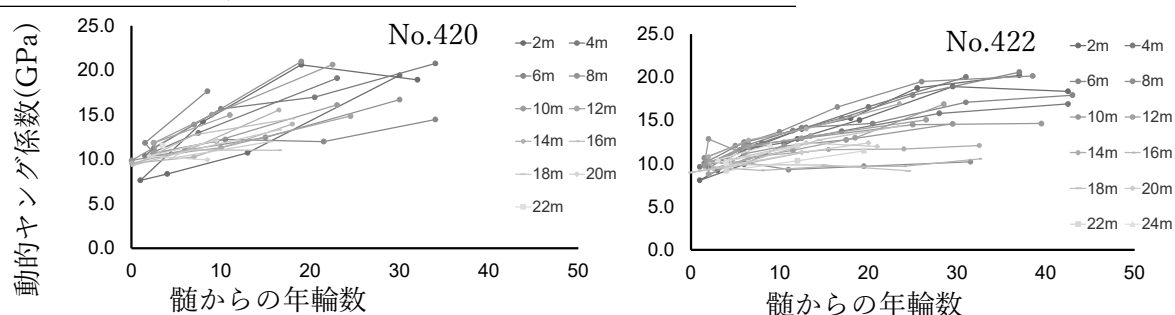


図2 髄からの年輪数と動的ヤング係数との関係（一例）

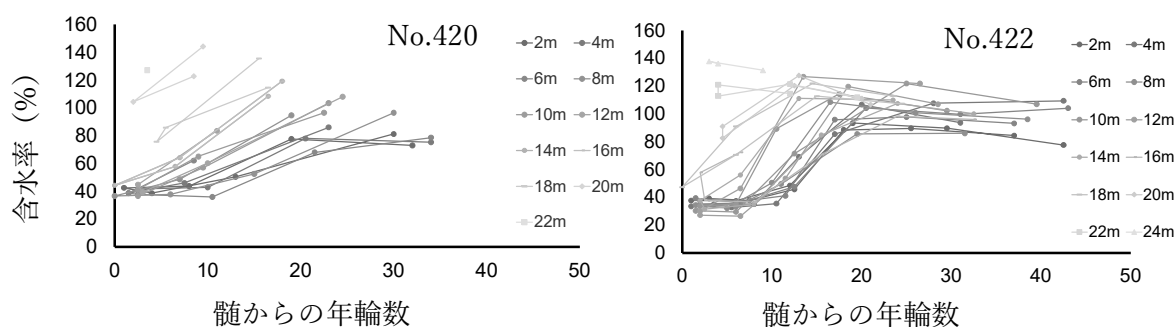


図3 髄からの年輪数と乾燥前含水率との関係（2個体）

4 結果の要約

スラッシュマツ板材の材質調査を行った結果、平均年輪幅は、 4.0 ± 2.3 mm、全乾密度は、 476 ± 78 kg/m³であった。人工乾燥後の動的ヤング係数は髄付近と外側で約10GPaの差があった。乾燥前の含水率は、髄から外側に行くほど高くなる傾向にあった。

〔キーワード〕 早生樹、含水率、スラッシュマツ、全乾密度、動的ヤング係数

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・スラッシュ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

- ・日本木材加工技術協会第41回年次大会で発表した。
- ・スラッシュマツ板材の集成材や合板への活用

課 題 名：県内木材資源を活用した非住宅用 JAS 製品等の加工利用技術の開発
非住宅用の製品化等に向けた技術開発
静岡県で生育したセンダンの材質

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：

予算(期間)：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。センダンは、生長が早く、芽かきを行うことで通直に生長することから、主に九州地域では造林に適した広葉樹として植栽され、家具用途などにも利用されている。静岡県では、河川敷などに自生していることが多いが、造林候補樹として、その材質を調査した事例は少ない。本研究では、その端緒として、農地に植栽されたセンダンの材質を把握するため、丸太の動的ヤング係数と採取した円板の髄からの年輪数及び密度を測定した。

2 方法

静岡県浜松市東区半田町の農地に植栽された 17 年生のセンダン 2 本を伐採し（写真 1）、2.4m の丸太に 2 番玉まで玉切りした。取得した 4 本の丸太について、寸法と重量及び動的ヤング係数の測定を行った。1 番玉の丸太の元口と末口及び 2 番玉の末口から 5 cm 程度の円板を採取し（写真 2）、髄から 2 cm 程度ずつ試験片を採取し、平均年輪幅と全乾密度を測定した。

3 結果の概要

丸太の寸法、みかけの密度及び動的ヤング係数を表 1 に示す。動的ヤング係数は $7.7 \pm 1.1 \text{ GPa}$ （平均値±標準偏差）であり、一般的なスギの動的ヤング係数と同程度の値を示した。センダン試験片の平均年輪幅と含水率及び全乾密度を表 2 に示す。平均年輪幅は $11.3 \pm 4.3 \text{ mm}$ であった。含水率は $73 \pm 17\%$ であった。全乾密度は $509 \pm 66 \text{ kg/m}^3$ であった。髄からの年輪数と全乾密度との関係を図 1 に示す。髄付近と外側の年輪数では、およそ 100 kg/m^3 増加していた。1 番玉の元口と 2 番玉の末口に比べて、1 番玉の末口の全乾密度が低い結果となった、これはどちらの立木も材の芯の腐りが影響したと考えられる。髄からの年輪数と含水率との関係を図 2 に示す。丸太 No. 1 の含水率は、髄から外側に行くほど増加する傾向にあった。丸太 No. 2 では、2.4m の部位で髄付近の含水率が高かったが、0m 及び 4.8m の部位は No. 1 同様に、髄から外側に行くほど増加する傾向にあった。



写真1
センダン伐採の様子



写真2
センダンの円板（一例）

表1 センダン丸太の寸法、
みかけの密度及び動的ヤング係数

立木No.	番玉数	末口径 (cm)	元口径 (cm)	みかけの密度 (kg/m ³)	動的ヤング係数 (GPa)
1	1	33.7	40.4	789	7.5
	2	37.4	33.3	722	6.3
2	1	30.9	38.7	994	8.0
	2	29.4	29.5	926	8.9
平均値		32.8	35.4	858	7.7
標準偏差		3.5	5.0	124	1.1

表2 センダン試験片の平均年輪幅、
含水率及び全乾密度

立木No.		平均年輪幅 (mm)	含水率	全乾密度 (kg/m ³)
1	平均	11.2	71%	498
	最大値	19.2	92%	601
	最小値	3.7	35%	288
	標準偏差	3.9	13%	68
2	平均	11.4	76%	520
	最大値	18.9	161%	640
	最小値	3.5	38%	351
	標準偏差	4.8	20%	61
全体	平均	11.3	73%	509
	最大値	19.2	161%	640
	最小値	3.5	35%	288
	標準偏差	4.3	17%	66

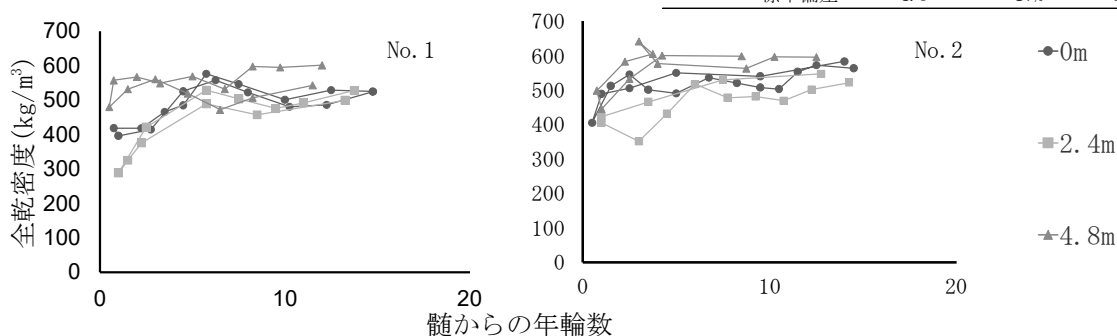


図1 髄からの年輪数と全乾密度の関係

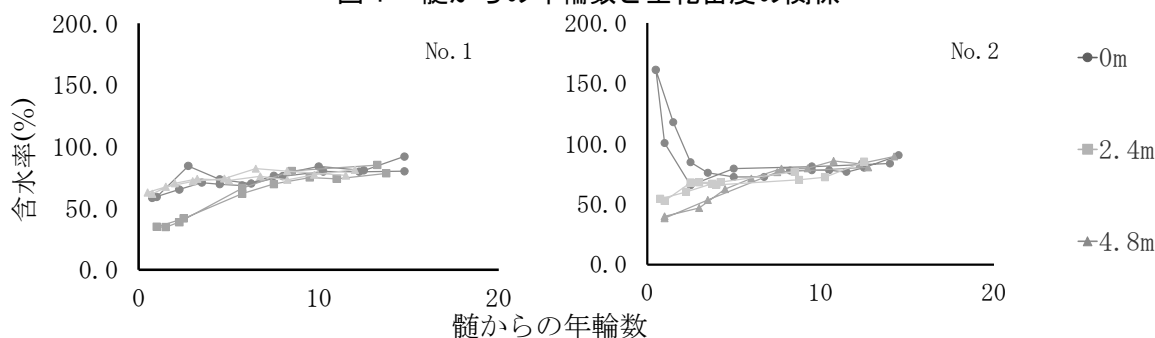


図2 髄からの年輪数と含水率の関係

4 結果の要約

静岡県内の農地に植栽された17年生のセンダンについて、丸太の動的ヤング係数と、丸太から採取した試験片の平均年輪幅、含水率及び全乾密度を測定した。その結果、動的ヤング係数は 7.7 ± 1.1 GPa、平均年輪幅は 11.3 ± 4.3 mm、含水率は $73 \pm 17\%$ 、全乾密度は 509 ± 66 kg/m³であった。
〔キーワード〕センダン、早生樹、含水率、動的ヤング係数

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

センダンの家具用途への活用

課 題 名：県内木材資源を活用した非住宅用 JAS 製品等の加工利用技術の開発
非住宅用の製品化等に向けた技術開発

超薄厚エレメント木質ボードおよびその他の木質面材の面内せん断試験

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、静岡大学、静岡県立農林環境専門職大学

予算(期間)：受託研究（2022 年度）、県単(2021-2023 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・大規模建築用の超薄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せん断弾性係数の把握のため、fineOSBおよびその他の木質面材の面内せん断試験を実施した。

2 方法

試験に使用した面材は、薄厚エレメント木質ボード（樹種：スギ (*Cryptomeria japonica*)) の配向性のあるもの（以下、FOSB と称する）、配向性のない（ランダム）のもの（以下、FROB と称する）、構造用パネル（JAS 4 級以下、OSB と称する）、針葉樹合板（JAS 特類 2 級、以下、SPW と称する）、構造用 MDF（JIS A 5905、30M-S-MDF、以下、SMDF と称する）の 5 種とし、試験体数はそれぞれ 3 体とした。試験体シリーズを表 1 に示す。試験は、EN 789: (Timber structures-test methods-Determination of mechanical properties of wood based panels) に準拠して実施した。面内せん断試験のセットアップを図 1 に示す。面材の寸法は、480×600mm とし、試験面を 200×600mm とした。加力レールには、206 材（SPF、断面寸法：38×140mm）を使用し、荷重を受けるレール端部を 14° の傾斜ができるように加工した。加力レールと試験用面材とをエポキシ樹脂接着剤を用いてプレス機にて 24 時間圧縮により接着し、ビス（4.2

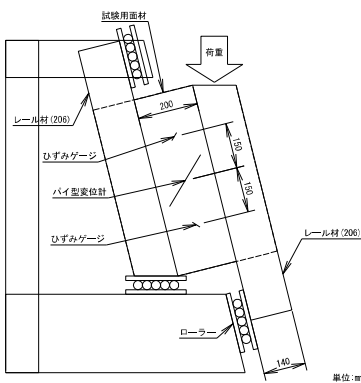
×75mm、半ネジ（ネジ部：50mm））6 本（OSB、SPW および SMDF）または 9 本（FOSB および FROB）で留め付けた。面材の変形は、30mm 長さのひずみゲージ（東京測器研究所：FLAB-30-11）およびパイ型変位計（東京測器研究所：PI-5-200 スパン 200mm）を面材の両面に設置して測定を行った。試験は、大型万能試験機（前川製作所：IPU-B43：容量 500kN）を用い、加力は試験体長辺が 14° 傾いた状態で圧縮力を負荷し、破壊まで 5～15 分程度を目安とした。パイ型変位計より求めたせん断ひずみと荷重の値か

表 1 試験体シリーズ

面材名	密度 (kg/m ³)	厚さ (mm)	含水率 (%)	概要・規格	試験体数
FOSB	673±17	11.25±0.03	6.9±0.2	スギ、配向性あり	3
FROB	673±33	11.38±0.09	6.7±0.3	スギ、配向性なし（ランダム）	
SMDF	767±12	9.08±0.01	9.2±0.3	構造用MDF、JIS A 5905、30M-S-MDF	
OSB	645±25	9.44±0.42	8.9±0.2	構造用パネル、JAS 4 級	
SPW	455±5	8.81±0.01	10.2±0.2	構造用針葉樹合板、JAS特類 2 級	

注：密度、厚さ及び含水率の値は平均±標準偏差

図 1 面内せん断試験のセットアップ



らせん断弾性係数 G を、最大荷重からせん断強度 τ を求めた。

3 結果の概要

FOSB および FROB は、レール材との接着面が剥離してしまうものや、レール部における面材の層内に亀裂が発生し破壊に至ったものが全てであった。このため、面材のせん断破壊を確認することはできなかった。SMDF および OSB では、1 体ずつレール内での面材のせん断破壊が確認されたが、その他においてはレール外でせん断破壊が確認された。SPW においては、すべての試験体がレール内でせん断破壊した。

せん断弾性係数およびせん断強度を表 2 に示す。せん断弾性係数 G は、FOSB および FROB で高い値を示し、SMDF と比較すると、FOSB で 68%、FROB で 83% 高く、SPW と比較すると、FOSB で 253%、FROB で、284% 高い結果となった。せん断強度 τ は、FOSB、FROB および SMDF が同程度で高い値を示したが、FOSB および FROB においては、レール材との接着面で破壊が生じてしまったため、本来は更に高い可能性がある。また、FOSB と FROB では、せん断弾性係数 G とせん断強度 τ に大きな差は見られなかったため、配向性による違いは確認されなかった。今回、FOSB および FROB では、レール材との接着面の剥離が生じ、せん断強度が測定できなかったと考えられるため、レール材の幅を大きくして接着面を広げることや径の大きい接合具を使用して補強するなどレール材と面材との接合方法を改良し、再度試験を実施する必要があると考えられる。

表 2 セン断弾性係数およびせん断強度

		FOSB	FROB	SMDF	OSB	SPW
G (kN/mm ²)	1	1.75	1.89	1.17	1.38	0.54
	2	1.86	2.15	0.95	1.18	0.52
	3	1.89	1.94	1.14	1.31	0.50
	mean	1.83	1.99	1.09	1.29	0.52
	S. D.	0.08	0.14	0.12	0.10	0.02
τ (N/mm ²)	1	12.61	13.23	11.72	8.72	5.53
	2	10.25	12.32	11.92	7.33	5.00
	3	14.21	14.70	14.77	7.45	5.32
	mean	12.36	13.42	12.80	7.83	5.28
	S. D.	1.99	1.20	1.71	0.77	0.27

4 結果の要約

FOSB および FROB は、他の面材と比較してせん断弾性係数が高い傾向にあった。FOSB および FROB のせん断弾性係数に大きな差は見られず、配向性の違いによる差は見られなかった。

〔キーワード〕 超薄厚エlement木質ボード、Two-Rail shear 試験、構造利用

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・ 得られたせん断弾性係数 G を使用して、耐力壁の水平せん断性能を推定する。せん断強度を把握するには、レール材と面材との接合方法を改良するなどし、再度試験を実施する必要がある。

6 結果の発表、活用等

新たな県産木質材料の開発

課 題 名：県内木材資源を活用した非住宅用 JAS 製品等の加工利用技術の開発
非住宅用の製品化等に向けた技術開発

超薄厚エレメント木質ボードおよびその他の木質面材の面圧試験

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、静岡大学、静岡県立農林環境専門職大学

予算(期間)：受託研究（2022 年度）、県単(2021-2023 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・大規模建築用の超薄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最適な接合方法（適した釘や木ねじなど）の検討に必要な物性値を得るため、fineOSB および他の木質面材の面圧試験（圧縮型）を実施した。

2 方法

試験体シリーズを表 1 に示す。試験に使用した面材は、一昨年度の報告において接合部一面せん断試験で使用した面材（試作した fineOSB（ヒノキ・スギ、接着剤：MDI 添加率 9%）、普通 MDF、構造用パーティクルボード および構造用パネル構造用の 5 種と、昨年度試作した fineOSB（接着剤：MDI 添加率 6%、ヒノキ、スギ、テーダマツおよびユリノキ）の 4 種とした。一昨年度に接合部一面せん断試験で使用した面材は、非破壊部を切り出して使用した。図 1 に面圧試験のセットアップを示す。試験は、強度万能試験機（島津製作所製、AG-B オートグラフ）を用いて、半円状の溝を設けずに、面材に対して CN50 釘（JIS A 5508）をめり込ませるように、0.5mm/min の速度で加力した。面圧応力は、荷重に対して釘径×面材の厚さを除することで求めた。また、応力-めり込み曲線に 2.5mm 時の面圧応力の 10%と 40%を結んだ直線の勾配を初期勾配 k とし、この直線を釘径の 5%offset した直線と曲線との交点を面圧強度 F_0 とした。

表 1 試験体シリーズ

面材名	概要・規格	厚さ(mm)	試験体数
NBH	fineOSB（ヒノキ） 接着剤：MDI 添加率 9%、ストランドの配向： ランダム、ストランドの厚さ：0.2~0.3mm	12	8
NBS	〃（スギ）		
MDF	普通MDF JIS A 5905		
PB	パーティクルボード JIS A 5908	9	
OSB	構造用パネルJAS 4 級	9.5	
FH	fineOSB（ヒノキ） 接着剤：MDI 添加率 6%、ストランドの配向： ランダム、ストランドの厚さ：0.2~0.3mm	12	9
FS	〃（スギ）		
FT	〃（テーダマツ）		
U	〃（ユリノキ）		

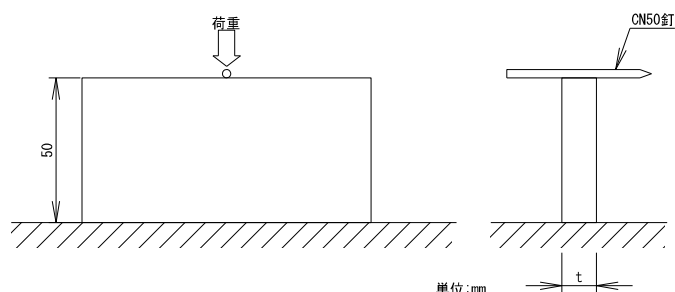


図 1 面圧試験のセットアップ

3 結果の概要

得られた物性値を表2に示す。NBH および NBS は、 F_e が 50N/mm^2 を超えており高い強度が確認された。また、試作したボードは、他の面材と比較して、 F_e のばらつきが大きい傾向にあった。FH および U は NBS に近い値を示したが、FS は MDF や PB、FT は OSB に近い値となった。この傾向は、昨年度の引張型の面圧試験の傾向と一致していた。しかし、同じ CN50 釘を使用した試験体（PB、OSB）は、圧縮型の方が低い結果となった。また、試作した一部のボードは端部の接着が不足しており、面圧応力が極端に小さいものも見られた。

表2 初期勾配および面圧強度

面材	含水率(%)		密度 ρ (kg/m^3)		初期勾配 k (kN/mm^3)		面圧強度 F_e (N/mm^2)	
	mean	S. D.	mean	S. D.	mean	S. D.	mean	S. D.
NBH	9.6	0.3	765.0	112.4	95.7	34.0	75.2	23.9
NBS	9.7	0.4	676.1	99.0	73.4	35.2	54.5	27.1
MDF	8.6	0.1	782.8	4.6	45.7	9.1	36.3	6.0
PB	10.1	0.2	746.3	5.5	45.7	10.2	40.9	8.2
OSB	10.0	0.3	659.2	46.8	35.3	11.6	31.9	9.5
FH	8.6	0.4	665.3	38.0	68.6	17.5	57.3	13.6
FS	9.7	0.5	639.6	65.2	54.2	16.1	39.7	10.4
FT	10.3	0.2	622.9	62.4	50.4	29.4	34.2	14.6
U	8.4	0.3	690.9	37.1	56.6	15.4	50.1	13.2

4 結果の要約

開発する木質ボードと面圧試験を実施した。fineOSB は、 50N/mm^2 を超える高い面圧強度のものが確認された。接着剤の添加量を少なくした fineOSB のうちスギとテーダマツものは他の面材と近い値となった。

〔キーワード〕 超薄厚エレメント木質ボード、面圧試験、構造利用

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・ サンディングを施した fineOSB の面圧強度の検討を実施する。

6 結果の発表、活用等

新たな県産木質材料の開発

課 題 名：県内木材資源を活用した非住宅用 JAS 製品等の加工利用技術の開発
非住宅用の製品化等に向けた技術開発
超薄厚エレメント木質ボードを用いた一面せん断接合部の荷重変位関係の推定
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：株式会社ノダ、静岡大学、静岡県立農林環境専門職大学
予算(期間)：受託研究（2022 年度）、県単(2021-2023 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・大規模建築用の超薄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最適な接合方法（適した釘や木ねじなど）の検討を行うため、過去に得られた物性値を用いて側材にfineOSBを用いた一面せん断接合部の耐力の推定を行った。

2 方法
小林ら^{1,2)}の提案式に準じて、一昨年度報告した接合部の一面せん断試験で用いた側材（fineOSB(NBS)、MDF 及び合板(PW)）における、一面せん断接合部の荷重-変位関係の推定を行った。推定に用いる接合具は、CN50 釘（一昨年度試験で使用、JIS A5508）、CN90 釘（JIS A5508）及び木ねじ（4.5×50mm（呼び径×長さ）、JIS B1112 と同形状で熱処理を加えたもの）とした。推定に使用した物性値を表 1 に示す。主材の支圧強度は、Eurocode5 の設計式における部材の密度と接合の有効径より求めた。側材の支圧強度は、昨年度報告の実験値を使用した。側材における側材貫通抵抗及び接合具の初期軸力は、昨年度報告の実験値を引用し、呼び径比を乗ずることによって求めた。主材における引き抜き抵抗については、CN50 釘は、釘をスギ製材に 41mm 程度打ち込んで実施した引き抜き試験により得られた、引き抜き抵抗と密度の関係の回帰式によって、CN90 釘は木質構造設計規準・同解説の式により密度と有効径より求めた。木ねじは小林³⁾の実験による回帰式で密度と有効径より求めた。主材及び側材の密度は、一昨年度報告した接合部の一面せん断試験の試験材の密度の平均値を用いた。

表 1 推定に使用した物性値

面材の 種類	接合具 の種類	d_1 mm	d_2 mm	F_t N/mm ²	ρ_1 kg/m ³	ρ_2 kg/m ³	t_2 mm	k_1 N/mm ³	k_2 N/mm ³	F_{e1} N/mm ²	F_{e2} N/mm ²	P_{pull} kN	$P_{head-ini}$ kN	P_{head} kN	μ kN
NBS	CN50	2.87	2.87	594	404	658	12	111.3	126.1		58.0	1.10	2.05	2.72	0.275
MDF						791	12	111.3	115.4	32.2	42.6	1.07	2.04	2.07	
PW						536	9	111.3	128.0		31.5	1.03	0.83	1.34	
NBS	CN90	4.11	4.11	594		658	12	91.6	126.1		58.0	2.55	2.94	3.90	
MDF						791	12	91.6	115.4	31.8	42.6	2.51	2.92	2.96	
PW						536	9	91.6	128.0		31.5	2.55	1.19	1.92	
NBS	木ねじ(4.5× 50mm)	3.52	4.5	825		658	12	100.0	126.1		58.0	4.11	3.21	4.26	
MDF						791	12	100.0	115.4	32.0	42.6	4.06	3.20	3.25	
PW						536	9	100.0	128.0		31.5	4.31	1.30	2.10	

ここで、 d_1 ：主材の有効径、 d_2 ：側材の有効径、 F_t ：接合具の降伏引張応力度、 ρ_1 ：主材の密度、 ρ_2 ：側材の密度、 t_2 ：側材の厚さ、 k_1 ：主材の面圧定数、 k_2 ：側材の面圧定数、 P_{pull} ：主材における引き抜き抵抗、 $P_{head-ini}$ ：側材が接合具に及ぼす初期軸力、 P_{head} ：側材における側材貫通抵抗、 μ ：材料の静摩擦係数

3 結果の概要
CN50 釘の接合部の荷重-変位関係と推定曲線を図 1 に示す。MDF 及び PW は最大耐力が実験値よ

りも推定した結果の方で低い結果となったが、おおむね推定曲線は実験結果を推定できていると考えられる。CN90 釘及び木ねじの荷重-変位関係の推定曲線を図 2 に示す。CN50 釘では各面材を比較すると最大耐力に大きな差は見られなかったが、CN90 釘では、PW で 2.14kN、MDF で 2.74kN、NBS で 2.84kN となり、PW が低く、NBS 及び MDF が同程度となった。木ねじでは、PW で 2.28kN、MDF で 3.42kN、NBS で 4.28kN となり、高い順に、NBS>MDF>PW となった。

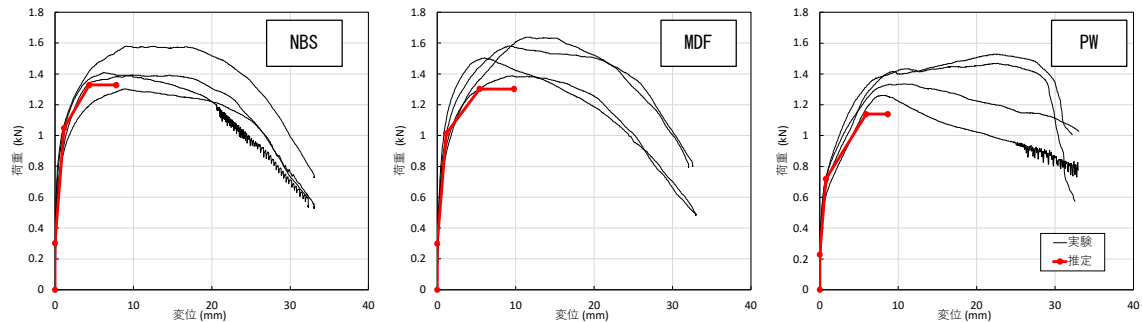


図 1 CN50 釘の接合部の荷重-変位関係と推定曲線

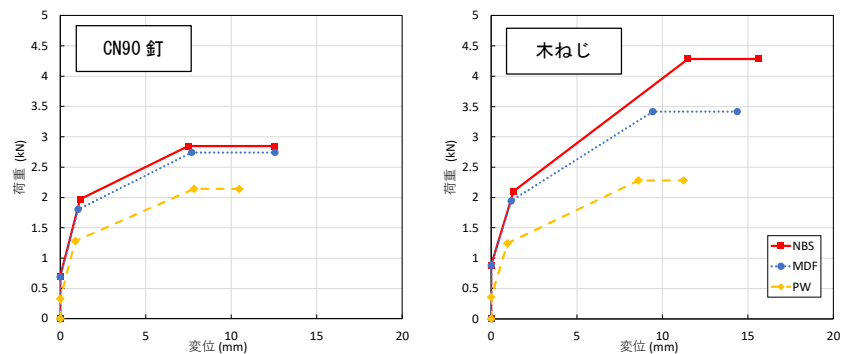


図 2 CN90 釘及び木ねじの荷重-変位関係の推定曲線

4 結果の要約

昨年度の物性試験の結果を用いて、一面せん断接合部の荷重変位関係を推定した。推定曲線は、おおむね実験結果に近い結果となった。接合具を変えて推定したところ、木ねじ (4.5×50mm) を使用することで MDF 及び PW よりも高い耐力が実現できる結果となった。

〔キーワード〕 超薄厚エレメント木質ボード、荷重変位関係、一面せん断接合部、構造利用

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・ 今回の結果を参考に、面材張耐力壁の水平せん断試験を実施する。

6 結果の発表、活用等

新たな県産木質材料の開発

参考文献

- 1) Kobayashi, K. and Yasumura, M.: Shear properties of timber-to-timber joints with large size self-tapping screws, 13th WCTE, Session 2.7, pp.10-14, 2014.8
- 2) 小林研治, 稲山正弘, 安藤直人: 構造用面材を側材に用いたビス接合部における一面せん断剛性・耐力推定式の提案, 日本建築学会構造系論文
- 3) 小林研治: 木質構造におけるビス接合部の荷重変形特性に関する研究, 東京大学博士論文, 2009.3

課 題 名：県内木材資源を活用した非住宅用 JAS 製品等の加工利用技術の開発
効率的な JAS 製品の製造方法の解明

高次固有振動数による平角の天然乾燥時の含水率推定

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式会社

予算(期間)：新成長戦略研究 チャレンジ研究(2022 年度)、県単(2021-2023 年度)

1 目的

天然乾燥は、製材を自然の外気に晒して乾燥を行う手法であるが、乾燥の終了時期を正確に判断するには、乾燥日数に応じた含水率の変動を把握することが重要となる。しかし、含水率変動を把握するには、重量を定期的に測定する必要があり手間がかかる。このため、製材を動かさずに棧積み状態での含水率を評価する手法が必要である。また、乾燥前に縦振動の固有振動数と重量を測定することにより、乾燥過程では重量測定ではなく、製材を動かさない同固有振動数での測定のみで水分の変動を推定できることが知られている。本研究ではこの知見を活用し、スマホ型測定器に機能を追加することを目的として、棧積み状態でのスギ平角の固有振動数測定方法を検討し、スマホ型測定器での含水率変動の推定手法を検討することとした。

2 方法

スギ平角(120×165×4,100mm 20 本、120×195×4,100mm 20 本)を用いて、天然乾燥(2022 年 9 月 8 日～2023 年 5 月 24 日)を実施した。その間において、月に 1～2 回の計 14 回、寸法、重量および固有振動数の測定を行った。両端自由条件で FFT アナライザ(CF 1200、(株)小野測器製)を用いて木口をハンマーで打撃した時の縦振動の 1 次固有振動数、寸法および重量を測定した。その後、平角を棧積みし、木口に加速度センサーを取り付け、スマホ型測定器の FFT 解析機能を使って、ハンマーで打撃したときのパワースペクトルのデータを入手し、1～4 次の固有振動数の値を得た。天然乾燥終了時に、平角の両端から 500mm の部分より厚さ 25mm の試験片を採取し全乾法により含水率を測定した。

3 結果の概要

乾燥初期の棧積み時の各次固有振動数/振動モードの次数と両端自由条件での 1 次固有振動数との関係を図 1 に示す。積み重ねた状態での 1 次固有振動数は、ばらつきがみられる傾向にあった。2 次～4 次は決定係数 R^2 が 0.95 以上で高く、積み重ねることによる影響が小さい傾向にあった。

含水率と動的ヤング係数および体積の変化率との関係を図 2 に示す。水分傾斜を考慮しないみかけの繊維飽和点との明確な関係はみられず、含水率が減少するにつれて、動的ヤング係数は徐々に増加、体積は徐々に減少した。みかけの密度の乾燥初期に測定した動的ヤング係数と長さおよび計測時の 3 次固有振動数(棧積み状態)から推定した値と測定値との比較を図 3 に示す。推定値は実際の値に近い値を示していた(平均二乗誤差平方根 $RMSE$: 23.0kg/m³)。乾燥初期の動的ヤング係数を使用した場合と、動的ヤング係数を 7.0GPa、長さを 4.1m と仮定した場合とで、試験体の含水率を推定した(図 4)。含水率の推定は、動的ヤング係数と長さから密度を推定し、その値と全乾重量/乾燥初期の体積の平均値(343kg/m³)を使用して計算した。 $RMSE$ は、それぞれ

13.3%、20.1%で全乾重量の推定ができないため、ばらつきが大きい結果となったが、大雑把な推定であれば実施できることが確認できた。

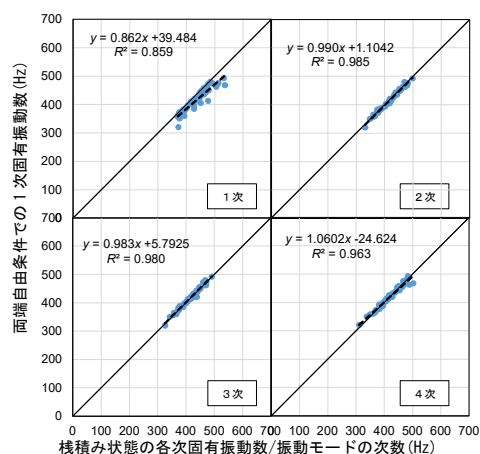


図1 乾燥初期における栈積み状態の各次固有振動数/振動モードの次数と両端自由条件での1次固有振動数との関係

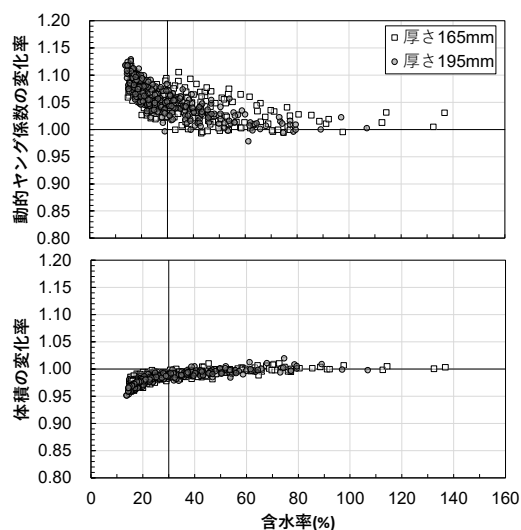


図2 含水率と動的ヤング係数および体積の変化率との関係

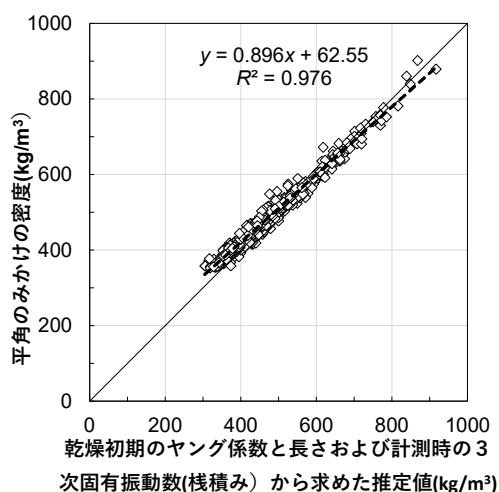


図3 みかけの密度の推定値と測定値との比較

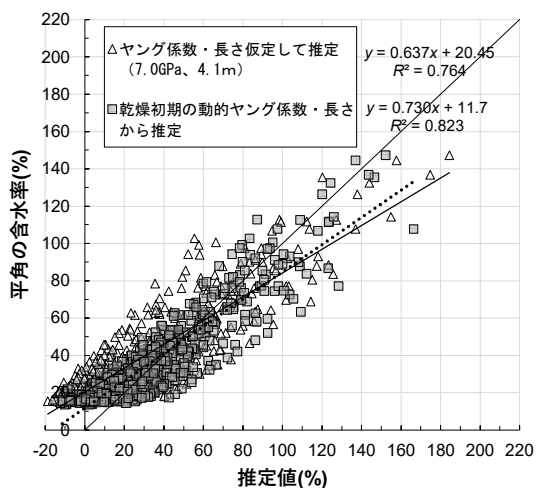


図4 含水率の推定値と実験値との比較

4 結果の要約

GM-10 を用いて、乾燥初期に測定した動的ヤング係数と計測時の固有振動数から、みかけの密度を推定可能であることが明らかになった。含水率においても、大雑把であるが推定が可能であることが明らかになった。

〔キーワード〕 平角、天然乾燥、高次固有振動数、含水率、みかけの密度

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

- ・日本木材加工技術協会第 41 回年次大会で発表した。
- ・メーカーにより本機能を搭載したスマートフォン型ヤング係数測定器が販売中である。

課 題 名：県内木材資源を活用した非住宅用 JAS 製品等の加工利用技術の開発

効率的な JAS 製品の製造方法の解明

スギ平角のガンマ線測定による天然乾燥の乾燥日数の推定

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式会社

予算(期間)：新成長戦略研究 チャレンジ研究(2022 年度)、県単(2021-2023 年度)

1 目的

人口減少による住宅着工数の減少や国・県の政策によって非住宅用、中・大規模木造建築物の需要が、今後高まるとともに、森林の高齢級化により、県産中・大径材丸太が増加するため、平角のような断面の大きな製材品の利用が必要となる。非住宅用の主要構造部の木材は日本農林規格製品(JAS 製品)であることが必須条件であるが、スギ平角の製造には、含水率の基準が厳しく、不適格品を少なくし、コストを下げて製造することは技術的に難しいと言われている。この一因として、心材含水率のばらつきが大きいことがあり、仕上がり含水率が基準に満たないものが多く発生し製品歩留りが低下している。人工乾燥においては、乾燥前にガンマ線を測定することにより、乾燥のしやすさの選別が可能であることを確認した。本研究では、天然乾燥前にガンマ線を測定し、所定の含水率までの乾燥日数を推定できるか調査した。

2 方法

前項の天然乾燥試験で使用した平角について、製材直後の段階で製材ラインに平角が梁せいの中心（心材部）を透るように線源（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（図 1）。その後、前項のとおり天然乾燥を行い、乾燥後の含水率と各測定日の重量から各測定日の含水率を求め、含水率 30%および 20%まで低下するのにかかる乾燥日数を求めた。

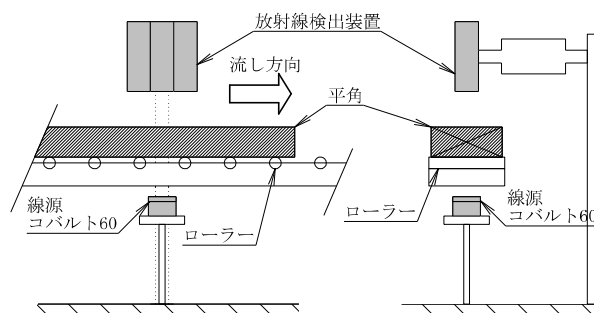


図 1 ガンマ線の測定方法

3 結果の概要

ガンマ線の評価値 $\log(I_0 / I)$ (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) と乾燥日数の関係を図 2 に、乾燥前の含水率と乾燥日数の関係を図 3 に示す。図 2 の直線回帰式による決定係数 R^2 は、0.486~0.815 で、図 3 の直線回帰式による決定係数 R^2 は、0.564~0.736 であった。また、この直線回帰式を用いて乾燥日数を推定したところ、二乗平均平方根誤差 RMSE がガンマ線評価値で 23~43 日乾燥前の含水率で 27~37 日で、1 カ月程度の誤差であった。これより、両者では大まかな推定が可能であると考えられる。また、乾燥前の含水率は、非破壊での測定が困難であるため、ガンマ線測定による推定は有用な方法であると考えられる。

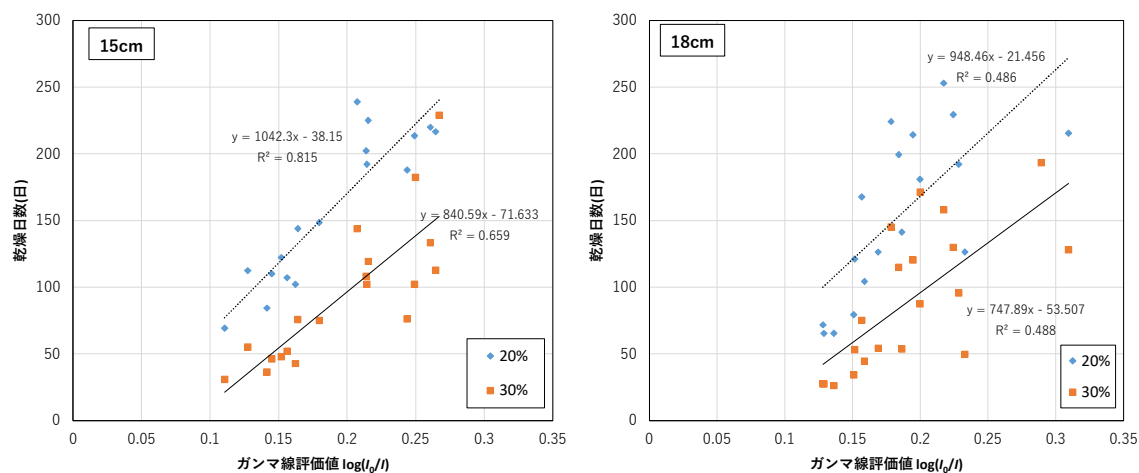


図2 ガンマ線評価値と乾燥日数の関係

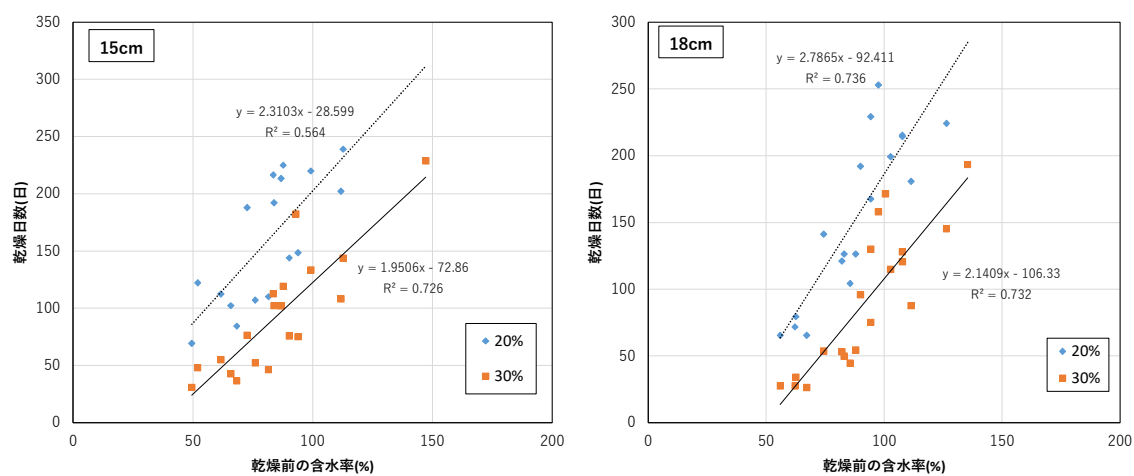


図3 乾燥前の含水率と乾燥日数の関係

4 結果の要約

ガンマ線測定により、スギ平角の天然乾燥による乾燥日数の大まかな推定が可能であることが明らかになった。

〔キーワード〕 平角、天然乾燥、ガンマ線、含水率

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

ガンマ線測定結果を用いて人工乾燥と天然乾燥を組み合わせた乾燥方法を検討できる。

課 題 名：県内木材資源を活用した非住宅用 JAS 製品等の加工利用技術の開発

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：長瀬亘、稲葉大地

協 力 分 担：(株)ノダ、マイクロメジャー(株)、静岡大学、静岡県立農林環境専門職大学、
(国研)森林総合研究所

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）」）（2020 年度）、受託研究（2020-2023 年度）、依頼試験（2021 年度）、
県単(2021-2023 年度)

1 目的

人口減少による住宅着工数の減少や国・県の政策によって非住宅用、中・大規模木造建築物の需要が、今後高まるとともに、森林の高齢級化により、県産スギ・ヒノキの中・大径材生産の増加が予想され、平角のような断面の大きな製材の増加が見込まれる。非住宅用の主要構造部の木材は日本農林規格製品(JAS 製品)であることが必須条件であるが、平角の製造には含水率などの基準が厳しく、不適格品を少なくし、コストを下げた製造することは技術的に難しいと言われている。そこで、製材乾燥前に乾燥のしやすさを選別する装置を工場に導入し製造コストの低下を図る。

また、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・大規模建築用の超薄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。

2 方法

(1) 効率的な JAS 製品の製造方法の解明

- スギの丸太段階で、ガンマ線および電磁波測定を実施し、乾燥後の心持ち平角の含水率を測定し、丸太段階で乾燥のしやすさを選別できるか、調査を行った。
- 6 種の厚さ（15, 18, 21, 24, 27 および 30cm）の平角において、乾燥前にガンマ線検出数を測定し、人工乾燥後に含水率を測定した。
- ガンマ線測定装置を、製材工場に実際に設置し、製材ラインに組み込んでガンマ線検出数を測定し、人工乾燥後の含水率とガンマ線の測定結果を比較した。

(2) 非住宅用の製品化等に向けた技術開発

- スギ、ヒノキ、テーダマツおよびユリノキの fineOSB（接着剤：MDI (Methylene diphenyl diisocyanate)、ストランドの厚さ：0.2～0.3mm、ボードの厚さ 12mm）の試作を行った。
- 試作した fineOSB とその他各種木質面材料を用いた釘（CN50）接合部の一面せん断試験を実施した。
- fineOSB とその他各種木質面材料を用いた面圧試験と釘頭貫通試験を実施し、実験結果と釘や木ねじの既知の曲げ強度等から接合部の耐力を小林らの方法で推定した。
- 面材自体のせん断性能の確認するため、EN 法による面材の Two-Rail せん断試験を実施した。

3 研究期間を通じての成果の概要

(1) 効率的な JAS 製品の製造方法の解明

- 丸太段階での乾燥前選別の検討では、従来行われている見かけの密度と比較した結果、ガ

ンマ線および電磁波での仕分け方法が10%程度で精度よく仕分けができることが明らかになった。

- ・ 6種の厚さ(15, 18, 21, 24, 27 および 30cm)の平角の乾燥前に測定したガンマ線検出数は、乾燥後の含水率と強い相関関係にあった。
- ・ 製材工場に実際に設置して調査した場合においても、工乾燥後の含水率とガンマ線の測定結果を比較したところ、強い相関関係を確認することができた(図1)、また、この回帰式を使用して含水率基準の可否を予測できるか検証した結果、79~90%の高い正答率で予測できることが明らかになった。

(2) 非住宅用の製品化等に向けた技術開発

- ・ スギ、ヒノキ、テーダマツおよびユリノキでは fineOSB の製作が可能であることが確認できた。
- ・ 接合部の一面せん断試験を実施した結果、CN50 釘とスギ製材を使用した条件では、他の面材と比較しても、各種耐力に大きな差は見られなかったが、他の面材に見られた面材の損傷は見られなかった。
- ・ 面圧試験と釘頭貫通試験では、fineOSB の面圧強度および側材貫通抵抗は他の面材に比べて高かった。また、接合部の耐力を小林らの方法で推定した結果、木ねじを使用すると fineOSB は他の面材と比べ高耐力を実現できることが明らかになった。(図2)
- ・ Two-Rail せん断試験の結果、せん断弾性係数 G は、他の木質面材料に比べ大きな値を示し、MDF とは 1.68~1.83 倍の値を示した。

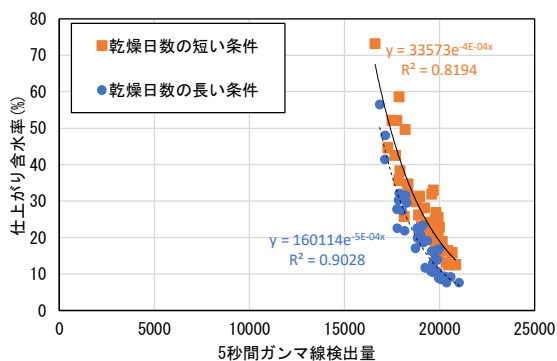


図1 ガンマ線の検出数と含水率の関係

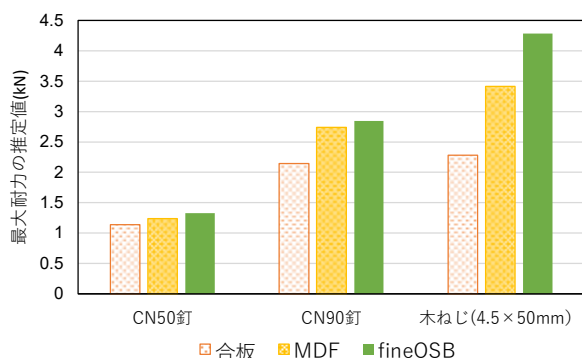


図2 接合部の最大耐力の推定結果

4 研究期間を通じての成果の要約

丸太段階や乾燥前の製材段階で、スギ平角の人工乾燥前の選別が可能か調査した結果、丸太段階ではみかけの密度より精度よく選別が可能であることが確認できた。製材段階では、従来法と遜色のない選別が可能で、作業の効率化が見込める。fineOSB は、各種耐力が他の面材と比較して高い値を示し、接合具を工夫すれば高耐力の耐力壁可以实现できる可能性がある。

5 成果の活用面と留意点

今回の調査結果を基に、乾燥前選別の装置では実用機の開発をメーカーが実施していく予定。fineOSB では、耐力壁の水平せん断試験など、実大での試験を行い商品化へ進めていく。

6 残された問題とその対応

乾燥前選別装置の普及と fineOSB を構造利用するためには実用化に向けた試験研究が必要である。このため、受託研究や国補による研究を進めていく。

課 題 名：大径材の有効活用と製材人工乾燥工程の省エネ・効率化に向けた γ 線測定による
事前選別技術の開発

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：長瀬亘、稲葉大地

協 力 分 担：マイクロメジャー株式会社

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)

1 目的

人口減少による住宅着工数の減少や国・県の政策によって非住宅用、中・大規模木造建築物の需要が、今後高まるとともに、森林の高齢級化により、県産中・大径材丸太が増加するため、平角のような断面の大きな製材品の利用が必要となる。非住宅用の主要構造部の木材は日本農林規格製品(JAS 製品)であることが必須条件であるが、スギ平角の製造には、含水率の基準が厳しく、不適格品を少なくし、コストを下げて製造することは技術的に難しいと言われている。この一因として、心材含水率のばらつきが大きいことがあり、仕上がり含水率が基準に満たないものが多く発生し製品歩留りが低下している。この選別の方法として製材の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、測定の手間を少なくするため、流通量の多い厚さ 15~24cm の平角において実際の製材ライン上で材が流れている間にガンマ線測定を行い、乾燥後の含水率と比較することで乾燥選別が可能であるか検討した。

2 方法

スギ平角（製材寸法：幅 105mm、厚さ 165, 195, 225 および 255mm、長さ 4m 仕上がり寸法：幅 105mm、厚さ 150, 180, 210 および 240mm、長さ 4m）各断面 50 体ずつを試験体とし、製材時に、寸法、重量および 5 秒間のガンマ線検出数の測定を行った。ガンマ線測定のセットアップを図 1 示す。ガンマ線の測定は、製材ラインに平角が梁せいの中心（心材部）を透るように線源（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。その後、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）のスケジュール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。

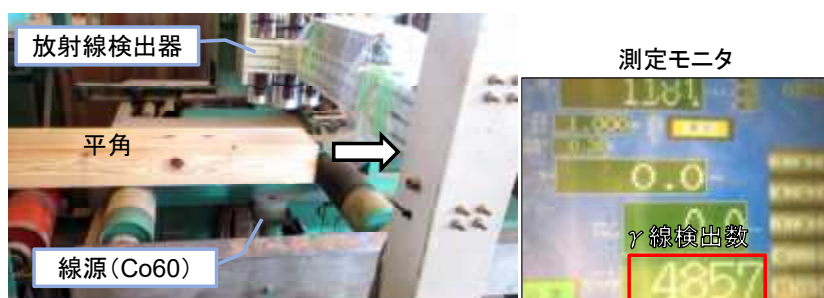


図1 ガンマ線測定のセットアップ

3 結果の概要

ガンマ線の評価値 ($\log(I_0 / I)$) (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) と含水率の関係を図 2 に、乾燥前の重量と含水率の関係を図 3 に示す。図 2 の直線回帰式による決定係数 R^2 は、0.711~0.736 で、図 3 の直線回帰式による決定係数 R^2 は、0.613~0.732 で両者ともに強い相関関係にあった。また、これらの直線回帰式に基準の含水率(厚さ 15・18cm

は15%、21・24cmは20%)-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。その結果を表1に示す。選別をしない場合の合格率は、48～80%であったのに対し、ガンマ線による選別で93～100%、重量選別では78～95%の合格率であった。これより、ガンマ線による平角の乾燥前選別は、重量選別と同等以上の精度で選別が可能であると考えられる。

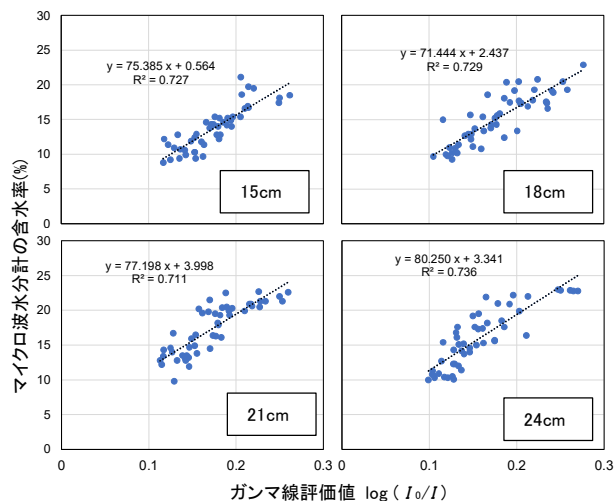


図2 ガンマ線評価値と含水率の関係

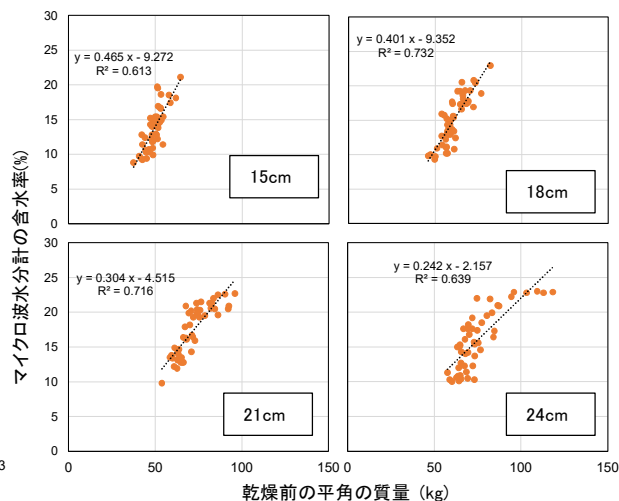


図3 乾燥前の平角の質量と含水率の関係

表1 含水率基準に対する合格率

材の厚さ	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	重量による 選別の合格率
15cm	15%	69%	100%	93%
18cm		48%	93%	78%
21cm	20%	67%	93%	90%
24cm		80%	95%	95%

4 結果の要約

ガンマ線測定により、スギ平角の人工乾燥前の選別が可能か製材工場に装置を設置し検証した結果、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。

〔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

特になし

6 結果の発表、活用等

メーカーによる製材工場向け実用機の商品化

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
建築資材・バイオマス燃料等に適した育林技術
合板試作・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：山田晋也、福田拓実

協 力 分 担：中日本合板工業組合、(株)ノダ

予算(期間)：新成長戦略研究（2022-2024 年度）

1 目的

合板製造の原材料は、外国産材から国産材のカラマツ、スギ、ヒノキなどにシフトしてきており、合板業界では更なる国産材の活用を要望している。全国では、成長が優れる早生樹の普及が始まりつつあるが、合板製品の評価に関する情報は多くはない。

そこで、本研究では、過去に県内で植栽されたテーダマツを使って合板を試作し評価を行う。

2 方法

(1) 供試樹種 テーダマツ（表 1 のとおり）

(2) 試験場所 (株)ノダ富士川工場、林ベニヤ産業(株)七尾工場（石川県七尾市）・舞鶴工場（京都府舞鶴市）

(3) 試験設計

テーダマツ (A) の原木丸太は(株)ノダ富士川工場（富士市）へ搬送した。作製した合板は、12 mm×910 mm ×1820 mmの 5 枚積層で単板構成は1.85 mm、3.55 mm、1.85 mm、3.55 mm、1.85 mm とした。添芯板は同樹種とスギ（県内同一産地）とした。丸太は蒸煮後にロータリーレースで剥芯が直径50 mmになるまで単板を作製し、接着剤はアルカリフェノール（(株)J-ケミカル）を使用し塗付量390 g/m²（両面）、熱圧温度130℃、熱圧圧力0.8 MPa、熱圧時間300 秒とした。テーダマツ (B、C) の原木丸太は林ベニヤ産業(株)七尾工場、テーダマツ (D) の原木丸太は林ベニヤ産業(株)舞鶴工場へ搬送した。作製した合板は、12 mm×910 mm×1820 mmの 5 枚積層で、単板構成は1.8 mm、3.5 mm、1.8 mm、3.5 mm、1.8 mm（七尾工場）、2.1 mm、3.0 mm、2.1 mm、3.0 mm、2.1 mm（舞鶴工場）とした。添芯板は同樹種とスギ（北陸同一産地）とした。丸太は蒸煮後にロータリーレースで剥芯が直径40 mmになるまで単板を作製し、接着剤はアルカリフェノール（アイカ工業(株)）を使用し、塗付量400g/m²（両面）、熱圧温度130℃、熱圧圧力0.8MPa、熱圧時間320秒とした。作成した各合板の曲げヤング係数を測定した。

3 結果の概要

〔前年度までの結果〕

早生樹 4 樹種の合板への適性を調べた結果、テーダマツ、スラッシュマツ、コウヨウザンを使った合板の最小曲げヤング係数は、12mm 2 級構造用合板の基準値を満たしていた。しかし、センペルセコイアの合板は基準値を満たすことができなかった。

〔本年度の結果〕

生育環境と樹齢の異なるテーダマツ（表 1）を用いて、3 工場において問題なく 12mm 構造用合板を作成することができた。各合板の曲げヤング係数を測定したところ、合板の最小曲げヤング係数は、35 年生のテーダマツが他の樹齢の大きいものより低い値になったが、12mm 2 級構造用合板の基準値を全合板で満たしていた（表 2）。

表 1 毎木調査結果

樹種	テーダマツ (A)	テーダマツ (B)	テーダマツ (C)	テーダマツ (D)
場所	県立森林公園	西部農林事務所育種場	森林・林業研究センター	霧山第一国有林 (浜松市浜名区)
n	16	18	8	88
樹齢 (年)	65	35	62	56
樹高 (m)	35.4	25.0	31.0	31.0
胸高直径 (cm)	45.7	47.8	46.9	42.6
応力波伝播速度 (m/s)	3900	3108	3798	3787

※樹高、胸高直径、応力波伝播速度は平均値を示す

表 2 各合板の曲げヤング係数

合板の種類	n	曲げヤング係数 (GPa)		
		平均	最大	最小
全層テーダマツ (A)	5	7.3	8.1	6.3
全層テーダマツ (B)	5	5.1	6.4	4.6
全層テーダマツ (D)	10	7.2	8.7	5.1
テーダマツ (A) スギ複合	5	6.2	6.7	5.6
テーダマツ (B) スギ複合	5	4.7	5.2	4.5
テーダマツ (C) スギ複合	5	5.9	6.7	5.3
テーダマツ (D) スギ複合	10	6.8	9.7	5.0
全層ヒノキ	5	6.5	8.0	5.2
ヒノキ・スギ複合	5	6.6	7.6	5.3

※JAS 基準は 4.0GPa 以上

4 結果の要約

産地と樹齢の異なるテーダマツを用いて、3 工場において 12mm 構造用合板を作成し、曲げヤング係数を測定したところ、12mm 2 級構造用合板の JAS 基準値を全合板で満たしていた。

〔キーワード〕 早生樹、テーダマツ、合板

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（予定を含む）

学会等で発表を行う。

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

獣害対策、下刈経費を抑えた省力的育林技術（ニホンジカの嗜好性調査）

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：山田晋也、福田拓実

協 力 分 担：志太榛原農林事務所

予算(期間)：新成長戦略研究（2022-2024 年度）

1 目的

近年、造林地におけるニホンジカ（以下、シカ）による苗木被害が拡大し、再造林が進まない要因の1つとなっている。テーダマツは、スギ・ヒノキと比べて成長が早い早生樹で、合板用材としての適性を有する。しかし、テーダマツに対するシカの嗜好性に関する調査は少ない。そこで本研究では、シカ生息密度が異なる2地域にテーダマツを植栽し、被害程度を調査して植栽時のシカ対策の必要性について検討を行った。

2 方法

- (1) 調査場所 静岡県島田市川根町身成地内の林地の一部（以下、試験地 A）
静岡県賀茂郡東伊豆町白田地内の林地の一部（以下、試験地 B）
※各試験地周辺のシカの生息密度は、令和4年にくらし・環境部自然保護課が糞粒法で調査した結果から試験地 A は 10-30 頭/㎩、試験地 B は 50 頭以上/㎩と推定されている。
- (2) 調査内容 試験地 A、B とともに 2022 年 6 月と 10 月に 2 年生の各樹種苗木を交互に 50 cm 間隔で植栽し、A 春植、A 秋植、B 春植、B 秋植の試験区を設定した（表-1）。試験地にはセンサーカメラ（サンワプライ(株)、CMS-SC03GY）を設置し加害獣について確認を行った。植栽直後の 2022 年 6 月から概ね 1 か月毎に、シカの被害状況を毎木調査した。シカ被害の状況については、植栽木に対するシカ被害の有無を記録するとともに、被害程度区分（池田 2001）に従い、0、+（1-2 箇所葉先のみ）、1（数箇所葉先のみ）、2（50%以下の枝で被害）、3（50%以上の枝で被害）、4（ほとんどの枝で被害、元食いも多い）、5（全ての枝で元食いされ、葉はほとんどない）の7段階の被害程度を判定した。また、引き抜かれた苗木は被害程度を 5 と判定することとした。集計時は、被害程度 0 から + までを 0 とし、加害獣によって引き抜かれたものと、虫害を受けた苗木は集計から除外して、中央値を算出した。

3 結果の概要

〔前年度までの結果〕 なし

〔本年度の結果〕

シカ被害程度を 8 か月間調査した結果、両試験地共に植栽直後から各樹種で被害が発生し、試験地 B では被害が大きかった（表-1、2）。植栽 4 か月後のテーダマツは、スギ・ヒノキよりもシカの被害程度は低い（図-1）。また、シカの生息密度が 10-30 頭/㎩の地域では 8 か月程度は生残でき、その後、シカ被害程度が上昇しなければ、防護柵なしでも成林できる可能性があることが、被害を受けた苗木の状態から分かった。ただし、植栽したテーダマツは明らかにシカ被害を受けていることから、確実な成長を促すならば、防護柵をする必要があると思われる。

表 1 試験地 A の被害程度

樹種	試験区	植栽 本数	活着 不良 本数	加害獣 引抜 本数	虫害 本数	集計 本数	調査月							
							6月	7月	9月	10月	11月	1月上旬	1月下旬	2月
テーダ マツ	春植	38	0	0	8	30	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	秋植	24	0	4	0	20				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
スギ	秋植	24	0	3	0	21				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ヒノキ	春植	38	2	8	0	28	0.0	1.0	1.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	秋植	24	0	1	0	23				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 2 試験地 B の被害程度

樹種	試験区	植栽 本数	活着 不良 本数	加害獣 引抜 本数	虫害 本数	集計 本数	調査月							
							6月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
テーダ マツ	春植	24	1	11	0	12	0.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.5
	秋植	24	0	2	0	22				0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
スギ	春植	24	0	5	0	19	0.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0
	秋植	24	0	1	0	23				0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
ヒノキ	春植	24	0	8	0	16	0.0	3.0	3.0	3.5	4.0	4.0	4.0	4.5
	秋植	24	0	1	0	23				0.0	0.0	0.0	0.0	4.0

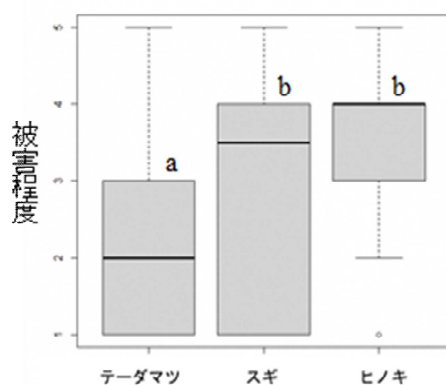


図 1 植栽 4 か月後の 3 樹種の被害程度

※箱内の横棒は、下から第一四分位数，中央値，第三四分位数，ひげの長さは四分位範囲の 1.5 倍とし，○は外れ値を示す。異なる英字間に有意差があることを示す (Kruskal-Wallis 検定後の Scheffe の多重比較， $p<0.05$)。

4 結果の要約

植栽 4 か月後のテーダマツは、スギ・ヒノキよりもシカの被害程度は低いですが、植栽したテーダマツは明らかにシカ被害を受けていることから、確実な成長を促すならば、防護柵をする必要があると思われる。

〔キーワード〕 ニホンジカ、テーダマツ、防護柵

5 今後の問題点と次年度以降の計画

餌条件などによる地域差も考えられるため、他地域を加えた再試験を計画している。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

中部森林学会等で発表を行う。

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ている。これらをうまく利用できれば、苗木を植えなくても更新（天然更新）が可能になる。そこで、実際のテーダマツ皆伐地で天然更新が可能になるか調査した。

2 方法

(1) テーダマツ伐採跡地における実生数調査

ア 試験場所 霧山国有林 138 林班（浜松市浜名区、テーダマツ伐採跡地）

※霧山国有林 138 林班は 4.6ha。勾配 16%の北向き斜面。2021 年までは 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(2021 年 8 月時点)。2021 年 10 月に皆伐。林班の外側にも同じ時期に植栽されたテーダマツがあり、試験地までの距離は 20m～40m。現在（2024 年 1 月）、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 20 箇所設定した。その後、コドラート内の実生数を月 1 回調査した。2023 年 3 月には、2023 年春に発芽した実生と 2022 年春に発芽した実生を区別するためタグを付け、それぞれの数を数えた。

(2) テーダマツの埋土種子性調査

ア 試験場所

森林・林業研究センター内ガラス室

イ 調査内容

2022 年 7 月から、テーダマツ種子（霧山国有林 138 林班で 2021 年に採種し、冷凍保存したもの）を常温かつ暗所の室内で保存した。その後、2023 年 3 月に 88cm×28cm×3 cm（内のり）の育苗箱 2 つにそれぞれテーダマツ種子を 100 粒蒔き、テーダマツが十分に発芽する条件で育成した。播種後 4 ヶ月後の発芽数を調査した。

3 結果の概要

(1) テーダマツ伐採跡地における実生数調査

ア 実生数は毎年初夏をピークに漸減し、3 月から林縁から供給された種子により上昇に転じた（図 1）。

イ 2022 年度に比べて、2023 年度の減少幅は小さい。

ウ 静岡県における天然更新可否の基準を示した「静岡県天然更新完了基準」では、6,000 本/ha の実生があれば天然更新が可能とされているが、2023 年 12 月末時点で 78,625 本/ha の実生が確認されている。

エ 2022 年度に発生した実生は 2023 年 12 月時点で 30,375 本/ha 確認されている（表 1）。

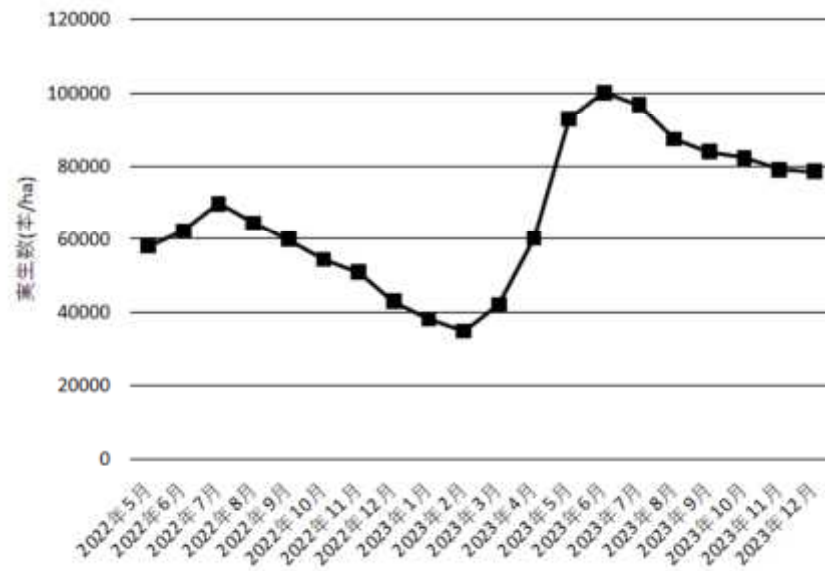


図 1 実生数全体の推移

表 1 2022 年から生存している実生数の推移

調査年月	実生数(本/㎡)			ha換算(本/ha)
2023年2月	3.50	±	2.66	35,000
2023年8月	3.08	±	2.27	30,750
2024年1月	3.04	±	2.23	30,375

(2) テーダマツの埋土種子性調査

播種後、テーダマツ種子は 1 本も発芽しなかった。このことから、テーダマツ種子の発芽能は 1 年も維持されず、埋土種子性は低い可能性が示唆された。

4 結果の要約

霧山国有林では、伐採から 2 年経過してもテーダマツの天然更新の可能性があることが示された。種子供給がなくても天然更新完了基準を満たす可能性が示された。

テーダマツの埋土種子性は低い可能性が示唆された。

〔キーワード〕 天然更新 テーダマツ 発芽条件

5 今後の問題点と次年度以降の計画

発生した実生の本数や苗高などを継続調査し、実際に天然更新によってテーダマツ林が成林しうるか調査する。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

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

マツ材線虫病防除における気候変動適応策

マツノマダラカミキリ発生予察の長期推移

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：－

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。近年の地球温暖化によって媒介昆虫であるマツノマダラカミキリ（以下「カミキリ」）の羽化時期が変化しており、予防散布の適期を検討していく必要がある。

本課題では、過去 50 年間の発生予察結果について、既存の松くい虫防除対策の検証・見直しに向けて傾向の分析を行った。

2 方法

(1) 発生予察の概要

1973 年から毎年、森林・林業研究センター（旧・林業試験場及び林業技術センター）近隣（現・浜松市浜名区及び天竜区）のアカマツ林から、供試年の 1 月に松くい虫被害木数本を伐倒後、約 1～2 m の長さに玉切りして試験開始前日まで屋外網室横に保管した。5 月初旬前後に網室に被害材を搬入し、毎日枯死木から羽化したカミキリを捕獲し計数した。ただし、2019 年は近隣で被害材を採取できなかったため、五島海岸（浜松市中央区）のクロマツ枯死木を予察材として用いた。2006 年及び 2007 年は近隣で比較可能な予察材が採取できなかったため欠測とした。

(2) 発生個体数の集計

カミキリの日別羽化個体数から、当年の合計羽化個体数を 100%とした累積羽化率を算出し、各年の 10%・50%・90%羽化日を推定した。

(4) 50%羽化日における有効積算温度

マツノマダラカミキリの発育ゼロ点を 11℃として、当年の日平均気温を 50%羽化日まで積算し、有効積算温度を経年比較した。なお、使用した気温は、2005 年までは林業試験場及び林業技術センター（当時）構内の気象観測データを、2006 年以降は気象庁アメダス天竜（浜松市天竜区船明）の観測データを用いた。

3 結果の概要

- ・カミキリの羽化日は、長期的には年々遅くなる傾向となった（図 1、表 1 の 90%羽化日）。しかし、2019 年以降急激に発生が早まっていることから（図 1）、今後の推移を注意深く経過観察する必要がある。
- ・50%羽化日の有効積算温度は、2002 年までは 501～514 日度で推移していたが、その後は 563 日度まで遅くなる傾向となった（表 1）。

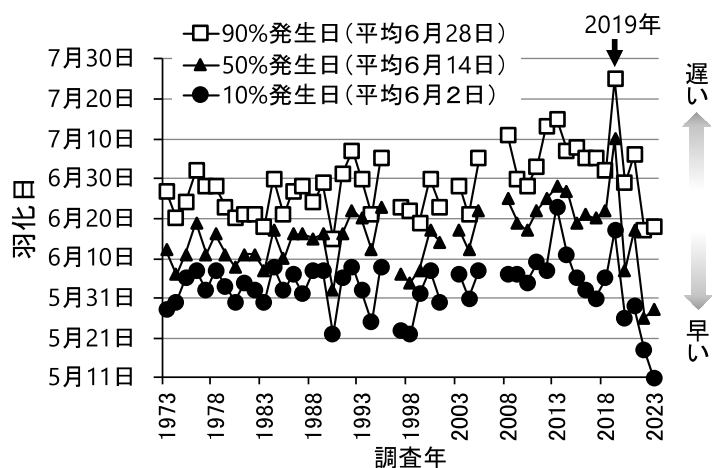


図1 カミキリ羽化日の長期推移

表1 羽化日（10年平均）及び50%羽化日までの有効積算温度の長期推移

調査期間	10% 羽化日	50% 羽化日	90% 羽化日	50%羽化日 までの有効積算 温度(日度)
1973～1982年	6月2日	6月11日	6月24日	514
1983～1992年	6月3日	6月13日	6月26日	501
1993～2002年	5月30日	6月12日	6月25日	503
2003～2012年	6月5日	6月19日	7月2日	558
2013～2022年	6月2日	6月17日	7月3日	563
平均	6月2日	6月14日	6月28日	524

1973年～2005年は研究センター構内の気象観測所、2006年以降はアメダス天竜の気象観測所の気温を用いて算出した。

4 結果の要約

マツノマダラカミキリ羽化日は長期的には遅くなる傾向にあるが、近年羽化日が急激に早まる傾向が現れつつあることから、今後も動向を注視していく。

〔キーワード〕 マツノマダラカミキリ、予防散布、防除適期、有効積算温度

5 今後の問題点と次年度以降の計画

- ・ 今後も調査を継続する。

6 結果の発表、活用等

- ・ 中部森林学会等で成果を発表する。
- ・ 松くい虫防除連絡協議会等を通じて県及び市町へ情報提供する。

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
マツ材線虫病防除における気候変動適応策

マツノマダラカミキリ羽化時期と保有線虫数の関係

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：内山義政

協 力 分 担：－

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。近年の地球温暖化によって媒介昆虫であるマツノマダラカミキリ（以下「カミキリ」）の羽化時期が変化しており、被害予防を目的として実施している薬剤散布の時期を再確認する必要がある。

本課題では、過去 50 年間の発生予察結果からカミキリ発生時期が以前よりも長期化していることを踏まえて、既存の松くい虫防除対策の再検証・見直しを行う。カミキリが保有する線虫個体数は、個体差により大きくばらつくことが知られているものの、羽化時期との関係は明らかになっていない。そこで、予防散布開始前や散布後の残効が切れた時期に、羽化したカミキリがマツノザイセンチュウを媒介する可能性があるか検証し、よりの確な薬剤散布時期及び方法を明らかにする。

2 方法

(1) 試験地

森林・林業研究センター内網室

(2) 供試被害木

森林・林業研究センター近隣（浜松市浜名区）のアカマツ林から、2023 年 1 月に松くい虫被害木 5 本を伐倒後、約 1m の長さに玉切りして試験開始前日まで網室横に保管した。2023 年 4 月 24 日に網室に被害材を搬入し、試験を開始した。

(3) 供試個体の採集

ア カミキリ成虫の捕獲

2023 年 4 月 25 日から 7 月 31 日まで毎日 8 時 30 分頃に網室内を巡回して、枯死木から羽化脱出したカミキリを捕獲し計数した。

イ 保有線虫数の計数

捕獲したカミキリの虫体を直径 3 mm 程度まで解剖ハサミできざみ、ベールマン法によりマツノザイセンチュウ分散型第 4 期幼虫（以下「線虫」）を抽出した。抽出時間は 24 時間とし、抽出液約 10ml をシラキウス時計皿へ移して線虫個体数を計数した。約 1,000 個体を超える場合は時計皿の一部の区画のみを計数して推計値とした。さらに、約 10,000 個体を超える場合は、抽出液を蒸留水で 10 倍希釈してから計数して推計値とした。

3 結果の概要

- ・カミキリの羽化日と保有する線虫個体数には有意な相関はみられなかった（図 1、Spearman の順位相関係数 $\rho = -0.115$; $S = 169,543$; $p = 0.263$ ）。したがって、羽化したカミキリが保有する線虫個体数は時期によらずランダムであると推察され、羽化時期が松くい虫媒介リスクに及ぼす影響は低い可能性があった。
- ・松くい虫媒介リスクの高いカミキリは、時期によらず一定の確率で羽化発生すると予測され

た。そのため、一定の累積羽化率に達した日をもって予防散布を行うことが望ましいと考えられた。

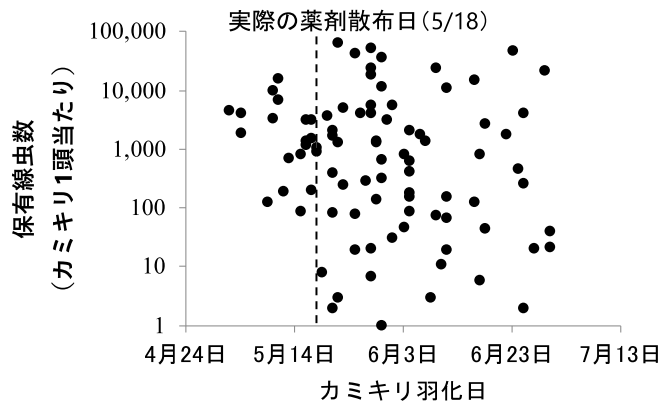


図1 カミキリ羽化日と保有線虫個体数の関係

4 結果の要約

マツノマダラカミキリの羽化時期と保有するマツノザイセンチュウ個体数には相関がみられなかったことから、予防散布の適期は、カミキリ初発日から一定の累積羽化率に達した日をもって実施することが望ましいと考えられた。

〔キーワード〕 マツノザイセンチュウ、予防散布、防除適期、発生予察

5 今後の問題点と次年度以降の計画

試験を継続して再現性をより高めるとともに、マツノザイセンチュウの感染過程の検証を進め、最適な累積羽化率や防除時期を解明していく。

6 結果の発表、活用等

- ・ 中部森林学会等で成果を発表する。
- ・ 松くい虫防除連絡協議会等を通じて県及び市町へ情報提供する。

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

マツ材線虫病防除における気候変動適応策

松くい虫感染初期木のモニタリング調査

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：京都大学

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。近年の地球温暖化によって媒介昆虫であるマツノマダラカミキリ（以下「カミキリ」）の羽化時期が変化しており、被害予防を目的として実施している薬剤散布の時期を検証する必要がある。

本細目課題では、過去 50 年間の発生予察結果からカミキリ羽化時期が以前よりも長期化していることを踏まえて、既存の松くい虫防除対策の検証・見直しを行う。本課題では、いわゆる潜在感染木と呼ばれる感染初期の松くい虫被害木が林分単位での被害拡大に及ぼす影響について、長期毎木調査の結果に基づいて検証した。

2 方法

(1) 試験区の設定

ア 設定年月日 2020 年 3 月 12 日

イ 試験地の場所 掛川市千浜 二線堤のクロマツ林

ウ 試験区の区分 激害区：松くい虫被害が進行しつつある林分 クロマツ計 300 本

微害区：被害木が存在しない林分 クロマツ計 300 本

両区は直線距離で 500m 離れている。

エ 処理区の区分 樹幹注入区：両区の 150 本に予防剤樹幹注入を施工

無処理区：両試験区のうち残りの 150 本

樹幹注入の施工日 2020 年 3 月 26 日及び同年 4 月 3 日

使用薬剤（注入方法） グリンガード NEO（自然圧注入及び加圧注入）

(2) 毎木調査の内容

ア 外観 目視により健全・当年度枯れ・過年度枯れの 3 段階評価を行った。

イ 樹脂滲出量 小田式樹脂検査により、+++～0 の 4 段階評価を行った。

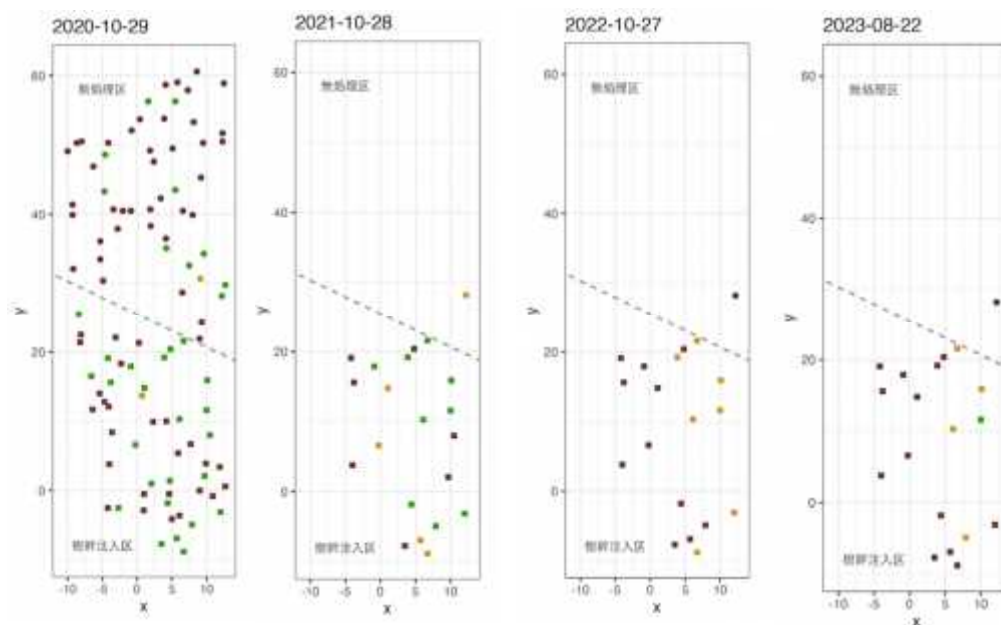
(3) 調査の実施時期

2020 年 3 月から 2023 年 10 月まで、5～10 月の間に最低年 3 回の毎木調査を実施し、外観及び樹脂異常の変化を記録した。

3 結果の概要

- ・激害区の樹幹注入区では、ほぼ全ての木が枯死した（図 1 a）。
- ・微害区では、2023 年以降に枯死木が急増した。微害区のうち樹幹注入区では、比較的健全木が多い傾向が続いていることから、樹幹注入の施工効果が確認された（図 1 b）。
- ・樹脂検査により健全木と確認した上で樹幹注入処理を実施しても、激害区と微害区では、樹幹注入区の被害推移が大きく異なっていた。微害段階で樹幹注入を行うことで、予防効果が確実に発揮されることが示唆された。

(a) 激害区



(b) 微害区

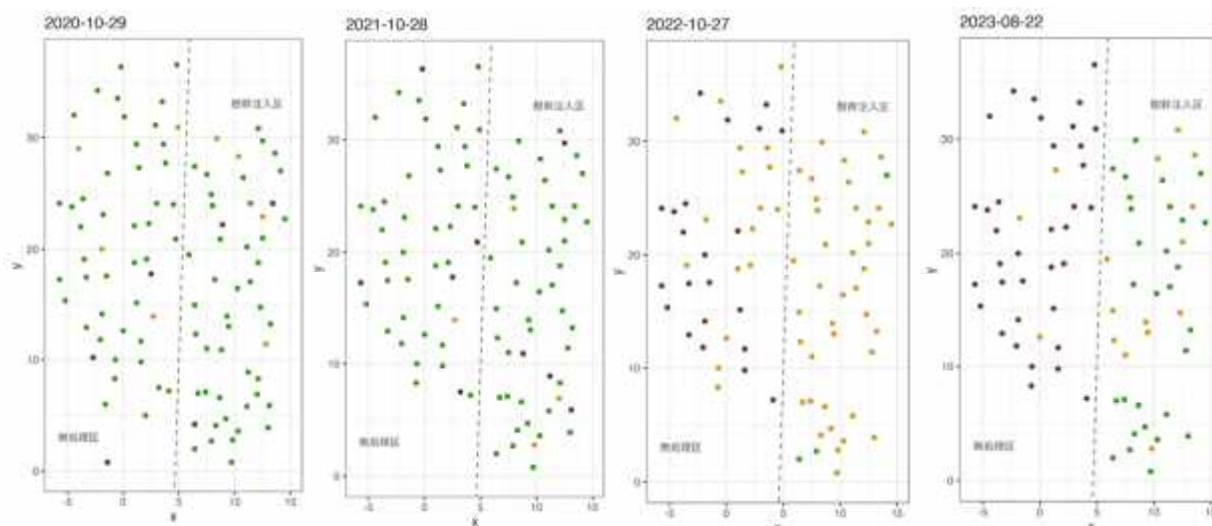


図1 (a)激害区と(b)微害区における2020～2023年の被害推移

図中の緑色は健全木、薄茶色は樹脂異常木、茶色は枯死木を示す。□が樹幹注入区、○が無処理区の対象木を示す。

4 結果の要約

松くい虫予防剤樹幹注入は、林分単位で微害である時期に施工すれば、十分な効果が発揮できることが示唆された。

〔キーワード〕 潜在感染木、年越し枯れ、樹幹注入、予防効果

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

- ・学会等で成果を発表する。
- ・成果は県及び市町等へ情報提供する。

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。近年、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。さらに、実生抵抗性評価と同時に発芽特性を評価することで、得苗率向上に寄与する知見を得ることを目的とした。

2 方法

(1) 採種

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、2022 年 9 月下旬から同年 10 月上旬に球果を採種した。対照（野外）系統として、天竜川河川敷（浜松市浜名区中瀬）に自生するクロマツから同年 11 月下旬に採種を行った。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

2023 年 4 月 6 日、約 12 時間浸漬し水中に沈んだ種子を森林・林業研究センター構内に設けた播種床へ各品種 2 反復、1 反復あたり最大 100 粒播種した。

(3) 得苗率の測定

2023 年 10 月 18 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 回行い中央値を採用した。ただし、5 個体以下の場合は 1 回のみの計数とした。得苗率は、苗数を播種粒数で除した値とした。なお、通常の発芽検定とは異なり、本試験は苗畑における発芽を確認するものであるため「得苗率」と表記した。

3 結果の概要

- ・得苗率は、最も高い大須賀 12 号で平均 41%、最も低い岡崎 34 号で平均 10%であり、全品種の平均は 22%であった。発芽検定で得られる発芽率と比較して低い値であるが、同様の手法で得苗率を試験した結果（袴田ら 2007）とほぼ同等であるため、育苗過程には特段の問題はみられなかったものと判断された。
- ・波方 73 号及び大須賀 15 号は、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。これらの品種は、発芽率でもおおむね平均程度である可能性が示唆された。

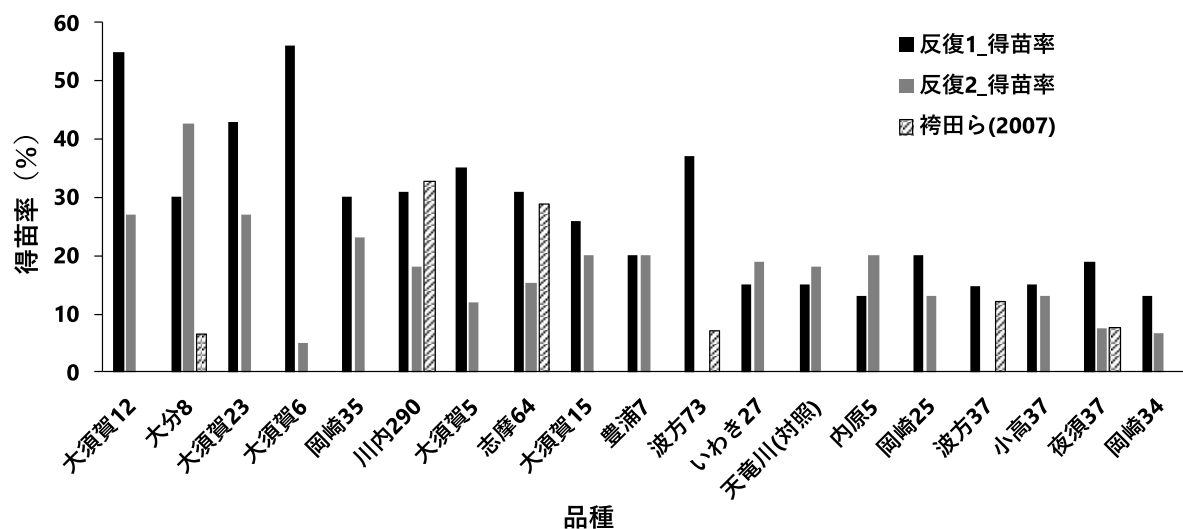


図1 各品種の苗畑における得苗率

反復1は波方37号(n=34)を除きn=100。反復2は大分8号(n=47)・志摩64号(n=46)・波方73号(n=6)、天竜川(対照)(n=72)・波方37号(n=0)・夜須37号(n=40)・岡崎34号(n=74)を除きn=100。

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、平均22%であり、実生抵抗性が高いと期待される品種でも平均的な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。

7 引用文献

袴田哲司・近藤晃・山本茂弘(2007) 静岡県に導入したマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの特性：家系別の種子充実率と発芽率，挿し木の発根性，各種接種検定試験について．静岡県林業技術センター研究報告．35:1-6

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

タケノコモグリハナバエの分類学的再検討

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：内山義政

協 力 分 担：小川地域振興会

予算(期間)：県単（2023-2027 年度）

1 目的

気候変動に伴い南方系の新たな病虫害の侵入リスクが高まっている中で、そうした侵入病虫害の多くは生態も含めて未解明な部分が多く、早期発見・防除が困難となっている。今後県内に侵入し被害が予想される病虫害を早期発見し、適切なリスク評価を行うことで、激害化が予測される種に関しては防除体制を構築していく必要がある。

本課題では、近年静岡県に侵入・定着し、タケノコ収穫時における不快害虫として問題となりつつあるハナバエ類の 1 種について、本県における分布初記録を報告するとともに、本種の分類学的位置づけを再検討し、生産現場における被害実態の基礎知見を得ることを目的とした。

2 方法

(1) 採集地 静岡市清水区中河内 タケノコ生産をしているモウソウチク林

(2) 成虫の採集

採集年月日 25 III 2023 1♂

採集方法 500ml ペットボトルを加工した誘引トラップ（誘引餌 乳酸菌飲料）

(3) 卵の採集

採集年月日 13 IV 2023

採集方法 タケノコに飛来した雌成虫が産卵した直後に見つけ採り

(4) 種同定

原記載論文及び原産地における既往文献に基づき、表 1 の同定形質を検討した。

3 結果の概要

(1) 成虫の形態及び種同定

雄成虫の第 5 腹板外縁が波立っていることから、タケノコモグリハナバエ（*Pegomya kiangsuensis* Fan, 1964）であると同定した（表 1 及び図 1）。

(2) 卵の形態

原産地の記載（表 1）と異なり、長柱形で表面は滑らかであった。この形態は、近縁種である *P. phyllostachys* の記載に類似していた（図 2）。

表 1 *Pegomya* 属近縁 2 種の形質比較

引用文献	形質	<i>P. kiangsuensis</i>	<i>P. phyllostachys</i>
原記載 (Fan 1964)	雄第 5 腹板の外縁	波打つ	平滑
「中国森林昆虫」	卵の形態	長円筒形	長柱形、表面は滑らか
(1983)	竹類への加害程度	生竹を食害	衰弱した竹類を食害

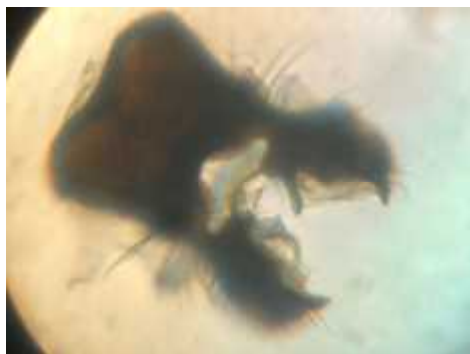


図1 採集した雄成虫の第5腹板
外縁は波打つ。



図2 観察された卵の形態
「中国森林昆虫」図中の長柱形に類似する



図3 (参考) タケノコモグリハナバエ成虫
8 VI 2021 1♀, 浜松市浜名区根堅 体長 7 mm

4 結果の要約

本県に侵入・定着したタケノコに群がるハナバエ科 *Pegomya* 属の1種を同定した結果、他県の分布記録 (Suwa 2018) と同様にタケノコモグリハナバエ (*Pegomya kangsuisensis* Fan) であった。近縁種の *P. phyllostachys* は国内に侵入していないものの、収穫前のタケノコを加害する可能性が高いと推測されたため、今後警戒が必要であると考えられた。

[キーワード] ハナバエ科、タケノコ、外来種、*Pegomya*

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

- ・学会等で成果を公表する。
- ・タケノコ生産者へ情報提供する。

7 引用文献

中国林業科学研究院 主編 (1983) 中国森林昆虫

Fan, T. (1964) Two new flies of the genus *Pegomyia* R.-D., attacking bamboo shoot in East China (Diptera, Anthomyiidae). *Acta Entomologica Sinica*. 13(4):616-617

Suwa, M. (2018) Discovery of *Pegomya kangsuisensis* Fan, 1964 in Japan (Diptera: Anthomyiidae). *Japanese Journal of Systematic Entomology*. 24(2):234-237

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

タケノコモグリハナバエの生活史特性

担当部署名：静岡農林技研・森林・林業研究センター・森林育成科

担 当 者 名：内山義政

協 力 分 担：小川地域振興会

予算(期間)：県単（2023-2027 年度）

1 目的

気候変動に伴い南方系の新たな病虫害の発生リスクが高まっている中で、そうした病虫害の多くは生態も含めて未解明な部分が多く、早期発見・防除が困難となっている。今後県内に侵入し被害が予想される病虫害を早期発見し、適切なリスク評価を行うことで、激害化が予測される種に関しては防除体制を構築していく必要がある。

本課題では、近年静岡県に侵入・定着し、タケノコ収穫時における不快害虫として問題となりつつあるタケノコモグリハナバエ (*Pegomya kiangsuensis* Fan; 以下「本種」とする) について、生産現場における被害実態を明らかにするため、収穫前のタケノコを加害するとされる原産地での生活史を本県個体群で検証した。

2 方法

(1) 調査地 静岡市清水区中河内 タケノコ生産をしているモウソウチク林

(2) 被害実態調査

タケノコ収穫現場で随時本種成虫の産卵行動を観察した。また、2023 年 4 月 4 日から同年 4 月 13 日まで、調査地で地上に稈鞘が出現して間もないタケノコ 3 個を対象に、約 1 m 離れた位置からデジタルカメラ (RICOH WG-30) を用いて 5 分間隔で自動撮影を行い、本種成虫の飛来の有無を確認した。

(3) 幼虫飼育試験

2023 年 4 月 27 日 11 時 30 分から同日 16 時まで、調査地の林床にタケノコ（断面径 5 ～ 10cm）を放置して雌成虫に産卵させた。その後、15℃・20℃・26℃・30℃の各温度条件下で飼育し、毎日、发育ステージ（1 ～ 2 齢幼虫・3 齢幼虫・終齢幼虫・蛹・成虫）ごとの個体数を計数した。なお、各温度条件で 2 個のタケノコを供試し、明暗条件は明期 6:00-18:00、暗期 18:00-6:00 とした。試験は、飼育個体が死亡するまで継続した。

(4) 蛹化場所・天敵調査

2023 年 5 月 25 日、幅 40cm・長さ 60cm・深さ 20cm・メッシュ径 5mm のプラスチック製コンテナ 2 個に深さ 15cm まで現地土壌を入れて地中に埋設し、その地表へ本種の終齢幼虫が生育しているタケノコ（断面径 5 ～ 12cm）を約 10 個入れて同年 6 月 8 日まで放置した。供試後、深さ 5 cm ごとに土中から水で蛹を洗い出し、深さごとの個体数を計数した。その後、採取した蛹は室温で飼育し、本種成虫または天敵寄生蜂等の羽化状況を確認した。

3 結果の概要

(1) 被害実態調査

本種の雌成虫は、収穫後のタケノコの切断面（切断上部及び下部）のみに飛来し、産卵管を挿して産卵することが確認された。インターバル撮影の結果、収穫前のタケノコの稈鞘には、ハエ目の成虫が 2 頭飛来したものの、本種による産卵行動は確認されなかった。

(2) 幼虫飼育試験

卵から1齢幼虫までの発育日数は2.5～3.2日であった。温度による1齢幼虫までの成長速度の線形回帰から、発育ゼロ点は-0.03℃であると予測された(図1)。県内のタケノコ生産現場において、冬季の日平均気温が0℃を下回することはまれであるため、本種の羽化発生時期は、餌であるタケノコの出現時期のみで決定されている可能性が推察された。

孵化した幼虫はタケノコ内部を摂食して成長し、産卵後7.3～13.4日で終齢幼虫に達した。終齢に達した幼虫はタケノコから脱出し、体を跳躍させて周辺の地面へ移動する行動がみられた。

(3) 蛹化場所・天敵調査

調査地で蛹化した個体は、全て土中に分布していた。蛹は、深さ10cm前後に最も多く分布していた(図2)。また、採取した蛹から1個体の本種成虫を得たものの、天敵寄生蜂等の羽化確認はできなかった。

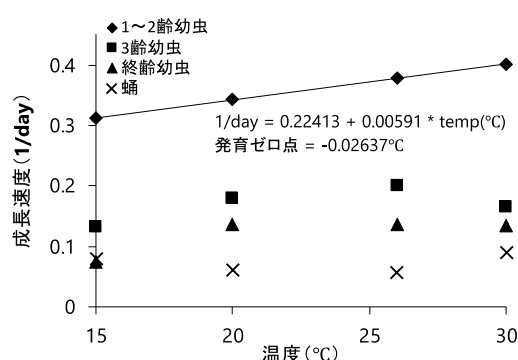


図1 本種の発育ステージ別成長速度
成長速度は平均発育日数の逆数。

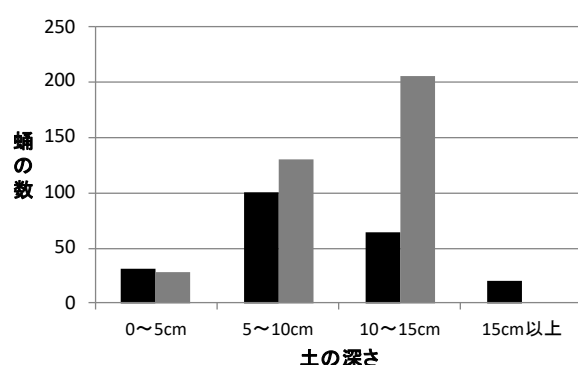


図2 蛹個体数の深さ別分布
バーの色は供試したコンテナを示す。

4 結果の要約

本県に侵入・定着したタケノコモグリハナバエ (*Pegomya kiangsuensis* Fan) は、原産地の既往文献と異なり、収穫前のタケノコを加害しないことが明らかになった。

[キーワード] ハナバエ科、タケノコ、外来種、産卵

5 今後の問題点と次年度以降の計画

収穫前に林産物被害を及ぼさないことが判明したことから、生産者への技術指導を通じて、不快害虫としての防除対策を検討していく。

6 結果の発表、活用等

- ・学会等で成果を公表する。
- ・タケノコ生産者へ情報提供する。

課 題 名：健全な海岸防災林のための生育環境整備技術の開発
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：鷺山立宗

協 力 分 担：西部農林事務所

予算(期間)：県単（2019-2023 年度）

1 目的

県西部および中遠地域においては、山土で植生基盤盛土を造成した場所へのクロマツ等を植栽するこれまでとは異なる海岸防災林の再整備が進められている。この環境下では、適切な植栽密度が従来とは異なる可能性がある。海岸でクロマツを植栽する場合、従来は 10,000 本/ha が標準とされてきたが、近年の盛土上での植栽では、生育に問題がないとして 5,000 本/ha まで植栽密度を下げて植栽している。

本研究では、さらに植栽密度を下げてクロマツの成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 5 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。植栽密度を 1,500 本/ha ($n=36$)、3,000 本/ha ($n=72$)、5,000 本/ha ($n=120$) とした 3 種類で、海側に静砂垣を設置した区画としない区画を各々設け、合計 6 試験区を設定した（表 1）。
- ・2023 年 12 月上旬に、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・胸高直径（樹高が 120cm を超える個体に限る）および根元径を測定した。

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 5 成長期後までの生存率は 1,500 本/ha で 0.97~1.00、3,000 本/ha で 0.98~0.99、5,000 本/ha で 0.96~1.00 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) 樹高と根元径について、植栽時から 5 成長期後までの成長量を算出し、二元配置の分散分析で解析したところ、植栽密度、静砂垣の有無、その交互作用のすべての要因効果が有意という結果になった（表 2）。
- (3) 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、静砂垣無の区画では 1,500 本/ha の成長が他と比べて大きく、静砂垣有の区画では 3,000 本/ha が他と比べて小さかった。静砂垣の有無によって異なる傾向があるが、いずれも 1,500 本/ha の成長はその他の植栽密度に劣らなかった（図 1）。
- (4) 各試験区の根元径成長量について多重比較を行ったところ、静砂垣無の区画では植栽密度が小さいほど成長が大きく、静砂垣有の区画では 1,500 本/ha の成長が他と比べて大きかった。いずれも 1,500 本/ha の成長はその他の植栽密度よりも大きかった（図 2）。

※クロマツは春期～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	5 成長期後 2023 年 12 月		5 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

表 2 二元配置分散分析による樹高および根元径の成長量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
樹高成長量	植栽密度	2	22.382	<0.001
	静砂垣の有無	1	102.865	<0.001
	交互作用	2	17.002	<0.001
根元径成長量	植栽密度	2	84.701	<0.001
	静砂垣の有無	1	17.917	<0.001
	交互作用	2	8.768	<0.001

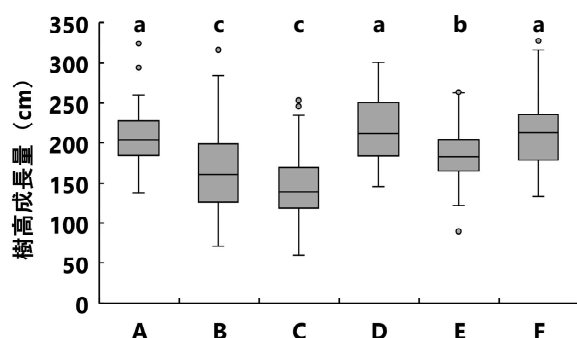


図 1 各試験区の樹高成長量

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)

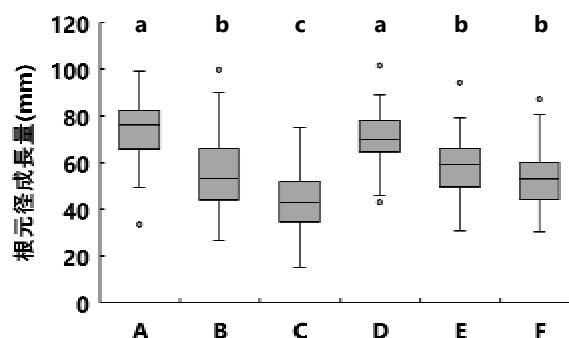


図 2 各試験区の根元径成長量

脚注は図 1 と同じ

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 5 成長期後の生育状況について、生存率は植栽密度による差は無く、樹高成長は植栽密度を下げて劣らず、根元径成長は植栽密度が低いほど大きかった。

〔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

- ・本試験地においては、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、枝張りや防風効果についても調査を行う。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

- ・F&F、森林・林業研究センター研究成果発表会等により、情報発信を行う予定。
- ・西部農林事務所、中遠農林事務所に情報提供する。

課 題 名：健全な海岸防災林のための生育環境整備技術の開発
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：鷺山立宗

協 力 分 担：中遠農林事務所

予算(期間)：県単（2019-2023 年度）

1 目的

県西部および中遠地域においては、山土で植生基盤盛土を造成した場所へクロマツ等を植栽するこれまでとは異なる海岸防災林の再整備が進められている。この環境下では、従来の砂地における海岸林の植栽とは適切な植栽密度が異なる可能性がある。海岸でクロマツを植栽する場合、従来は 10,000 本/ha が標準とされてきたが、近年の盛土上での植栽では、生育に問題がないとして 5,000 本/ha まで植栽密度を下げて植栽することが一般的となってきた。また、浜松市での試験では陸側では 1,500 本/ha 程度の低密度植栽を行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、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 1 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～海側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、海側法面から海側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（表 1）。
- ・ 2023 年 5 月～6 月に、植栽したクロマツの樹高・根元径を測定した。この時、各植栽密度の樹高・根元径に有意な差は確認できなかった。
- ・ 1 成長期後の 2023 年 10 月に、生存個体について樹高、根元径を測定した。

3 結果の概要

- (1) 1 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をしたところ、いずれの試験地でも有意な差は確認できなかった（表 1）。植栽適期よりも遅い 5 月に植栽した磐田市と袋井市の試験地で枯死が発生しているため、植栽時の活着不良が枯死に影響したと推察された。
- (2) 植栽から 1 成長期後に、各植栽密度の樹高を試験地ごとに比較した結果、有意な差は確認できなかった（図 1）。
- (3) 植栽から 1 成長期後に、各植栽密度の根元径を試験地ごとに比較した結果、有意な差は確認できなかった（図 2）。

表 1 試験地の概要および生存率

試験地	植栽密度 (本/ha)	植栽時	1 成長期後 (2023 年 10 月)			生存率の検定 (Fisher) p 値
		植栽本数 a	生存本数 b	枯死本数 $a-b$	生存率 b/a	
磐田 2023 年 5 月植栽	1,500	45	42	3	0.93	0.9585
	2,500	90	78	12	0.87	
	5,000	164	148	16	0.90	
袋井 2023 年 5 月植栽	1,500	56	42	14	0.75	0.7271
	2,500	108	73	35	0.68	
	5,000	218	171	47	0.78	
掛川 2023 年 3 月植栽	1,500	66	66	0	1.00	1.0000
	2,500	135	135	0	1.00	
	5,000	246	246	0	1.00	

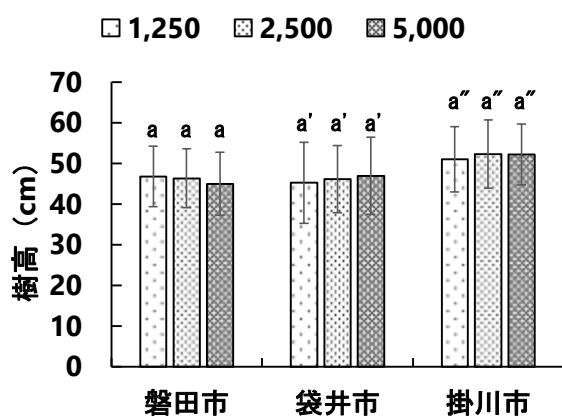


図 1 各試験地の樹高

エラーバーは標準偏差

同じアルファベット間 : $p > 0.05$

(Tukey-Kramer test)

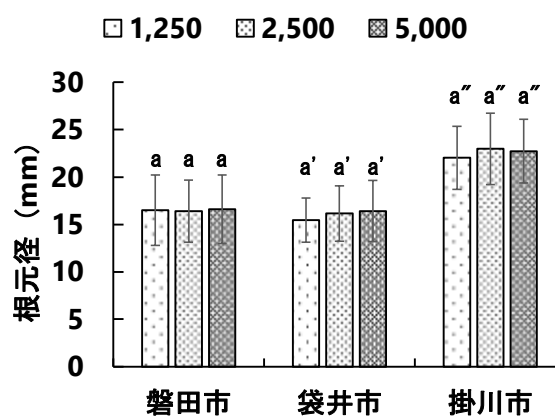


図 2 各試験地の根元径

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、1 成長期後の生存率への影響は確認できなかった。また、樹高および根元径についても植栽密度の影響は確認できなかった。

〔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

- ・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、森林・林業研究センター研究成果発表会等により、情報発信を行う予定。
- ・西部農林事務所、中遠農林事務所に情報提供する。

課 題 名：健全な海岸防災林のための生育環境整備技術の開発
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：鷺山立宗、内山義政

協 力 分 担：中遠農林事務所

予算(期間)：県単（2019-2023 年度）

1 目的

県西部および中遠地域においては、山土で植生基盤盛土を造成した場所へクロマツ等を植栽するこれまでとは異なる海岸防災林の再整備が進められている。中遠農林事務所管内においては、植栽時に海側の盛土法尻に防風工を設置し、海風からの苗木の保護を図っている。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、別の場所へ移設して再利用できれば施工コストの削減にも貢献できる。しかし、生育途中から防風工を撤去した場合の具体的な影響については不明であるため、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成育に与える影響について調査を行った。

2 方法

(1) 試験概要

掛川市沖之須の海岸防災林の海側法面において、樹高が防風工より高く成長した植栽 6 成長期後の林分を対象に、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、翌年の成長量を調査した。

(2) 試験構成

- ・調査地には 2016 年に 10,000 本/ha でクロマツを植栽し、植栽木の海側に高さ約 1.8m の木製防風工を設置した（図 1）。
- ・2022 年 10 月に撤去区の防風工を撤去した。
- ・2023 年 3 月に海側から 3 列目までのクロマツを調査対象とし、撤去区および対照区の樹高・胸高直径を測定した。
- ・2023 年 12 月に調査対象木の生存の有無を調査し、生存個体について樹高および胸高直径を測定した。また、枯死していた個体の材片を採取し、バールマン法によりマツノザイセンチュウの有無を確認した。

3 結果の概要

- (1) 枯死本数については、撤去区 6 本、対照区 1 本であり、撤去区で枯死が多く発生した。バールマン法によりマツノザイセンチュウの有無を確認した結果、撤去区で枯死した 6 本のうち 5 本からマツノザイセンチュウが検出され、マツ材線虫病が枯死要因と考えられた（表 1）。撤去区には防風工撤去時にすでに枯死したクロマツがあり、そこから感染が広がりマツ材線虫病が多く発生したものと推察される。その他の要因により枯死したクロマツは、撤去区と対照区で各 1 本であり、枯死本数に差がなかった。また、いずれも海側から 3 列目に位置し、海風からの影響が比較的少ないと推察された。
- (2) 樹高について、初期値と 1 成長期後の差から成長量を算出し、撤去区と対照区で比較したところ、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) 胸高直径について、初期値と 1 成長期後の差から成長量を算出し、撤去区と対照区で比較したところ、有意な差はなかった（図 3）。

表 1 試験区の概要

試験区	植栽密度 (本/ha)	防風工	初期値	1 成長期後			
			2023 年 3 月	2023 年 12 月			
			調査本数	生存本数	枯死本数	枯死要因	
			a	b	c (a-b)	マツ材線虫病 d	その他 (c-d)
撤去区	10,000	無	75	69	6	5	1
対照区	10,000	有	49	48	1	0	1
合 計			124	117	7	5	2



図 1 設置された防風工

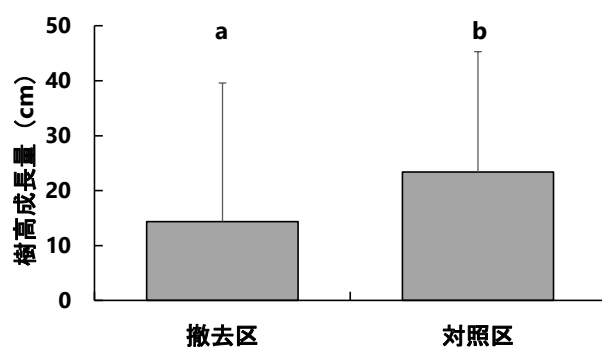


図 2 樹高成長量

エラーバーは標準偏差

異なるアルファベット間で有意差あり

($p < 0.05$, Mann-Whitney U test)

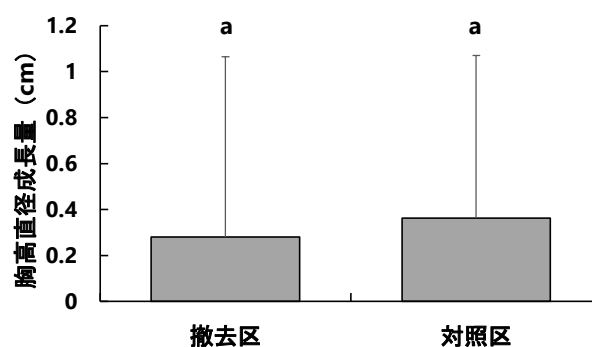


図 3 胸高直径成長量

エラーバーは標準偏差

同じアルファベット間で有意差なし

($p < 0.05$, Mann-Whitney U test)

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。樹高成長量については、防風工の撤去により抑制されている可能性があるが、現在のところその影響は限られていた。胸高直径の成長量については、防風工の撤去による影響は確認できなかった。

〔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。
- ・より精度の高い計測を行う。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

- ・西部農林事務所、中遠農林事務所に情報提供する。

課 題 名：健全な海岸防災林のための生育環境整備技術の開発
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：鷺山立宗

協 力 分 担：中遠農林事務所

予算(期間)：県単（2019-2023 年度）

1 目的

県西部および中遠地域においては、山土で植生基盤盛土を造成した場所へクロマツ等を植栽するこれまでとは異なる海岸防災林の再整備が進められている。この環境下では、従来の砂地における海岸林の植栽とは適切な密度が異なる可能性がある。また、植栽後数年経過後には本数調整伐により密度管理を行っていくが、その効果等は検証されていない。本数調整伐によって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、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もある。

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を行う。

2 方法

(1) 試験概要

掛川市沖之須および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 1 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、両試験地の伐採区にて 25%の本数調整伐を行った。
- ・2023 年 2～3 月に、両試験地の伐採区および対照区のクロマツの樹高、胸高直径を測定した。
- ・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を算出した（表 1、図 1、図 2）。

3 結果の概要

- (1) 枯死本数については、どちらの試験地も対照区の方が多く、生存率も低かった（表 1）。本数調整伐によって気象害を受けやすくなる傾向はなかった。
- (2) 掛川試験地の形状比について、初期値では伐採区と対照区の形状比に有意な差は確認できなかったが、1 成長期後に伐採区の形状比が低下する一方、対照区の形状比が増加したため、伐採区と対照区に有意な差が確認された（図 1）。伐採区は本数調整伐の効果によって形状比が改善し、対照区は過密化によって形状比が増加傾向にあると推察される。
- (3) 袋井試験地の形状比について、初期値では伐採区と対照区の形状比に有意な差は確認できなかった（図 2）。1 成長期後も伐採区と対照区のどちらも形状比が低下したため、有意な差は確認できなかった（図 2）。対照区よりも伐採区の方が形状比の低下が大きく、本数調整伐の効果によるもの推察されるが、対照区の形状比が改善している要因は不明であった。

表 1 試験地の概要

試験地	試験区	初期値	1 成長期後		
		2023 年 2 ～ 3 月	2024 年 12 月		
		調査本数	生存本数	枯死本数	生存率
		a	b	c (a-b)	b/a
掛川市	伐採区	130	128	2	0.98
	対照区	190	180	10	0.95
袋井市	伐採区	102	102	0	1.00
	対照区	129	128	1	0.99

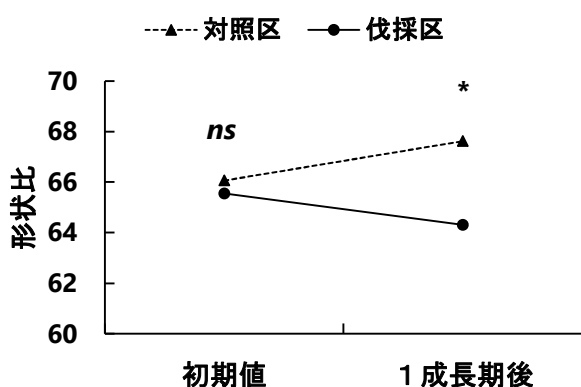


図 1 形状比の変化（掛川市沖之須）

ns: $p > 0.05$, *: $p < 0.05$, Mann-Whitney U test

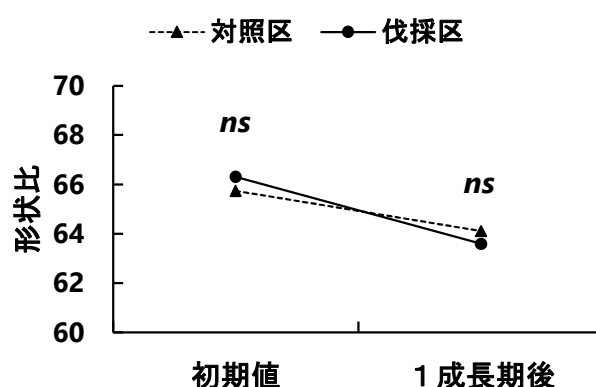


図 2 形状比の変化（袋井市湊）

ns: $p > 0.05$, Mann-Whitney U test

4 結果の要約

本数調整伐によって枯死率が高まることはなかった。本数調整伐を行った林分では形状比の改善が確認された。

〔キーワード〕 山土、生育基盤盛土、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

- ・本試験地においては、次年度以降も継続調査を行う。
- ・より精度の高い計測を行う。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

- ・西部農林事務所、中遠農林事務所に情報提供する。

課 題 名：健全な海岸防災林のための生育環境整備技術の開発

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：鷺山立宗、野末尚希、福田拓実、猿田けい、加藤徹、内山義政

協 力 分 担：西部農林事務所、中遠農林事務所、森林総合研究所

予算(期間)：県単（2019-2023 年度）

1 目的

静岡県西部の遠州灘沿岸では、「ふじのくに森の防潮堤づくり」等により、山土で植栽基盤盛土を造成し、クロマツ等の植栽を行う海岸防災林の再整備を実施している。

盛土条件下における海岸防災林の整備は、気象害や土壌条件などの面で従来の砂地とは異なる環境下で実施される。本研究では、こうした新たな環境下で健全な海岸防災林を育成するための、保育管理技術の検証を行う。

盛土条件下では、従来の砂地に比べて飛砂や乾燥の害が起こりにくく、適切な植栽密度が異なる可能性がある。植栽密度を下げてもクロマツの成育に問題がないかを検証するため、より低い植栽密度の試験地を設定し、初期成長について調査した。

治山技術基準では雑草木の被圧を避けるために下刈りを行うこととされているが、盛土条件下では下刈りを省略可能か検証した。

マツ材線虫病の薬剤の予防散布の開始時期や伐倒駆除の必要性について明らかにするため、樹高がどの程度になったらマツ材線虫病被害が生じるのか調査した。

従来、植栽時には一般的に深さ 30cm 程度まで掘って植栽をしていたが、締め固まった盛土条件下でも同じ植え穴サイズで良いか検証を行った。

2 方法

(1) 保育・管理技術の開発

- ・浜松市の海岸において、2019 年 2 月に異なる 3 種類の植栽密度（1,500 本/ha：n=36、3,000 本/ha：n=72、5,000 本/ha：n=120）でクロマツを植栽した試験区を 2 反復設定し、植栽から 5 成長期後の生存率と樹高・根元径を調査した。
- ・磐田市・袋井市・掛川市の 3 地区の海岸において、2023 年 3 月～5 月に異なる 3 種類の植栽密度（1,250 本/ha、2,500 本/ha、5,000 本/ha）でクロマツを植栽し、1 成長期後の生存率を調査した。植栽本数は 3 地区の合計で 1,250 本/ha：n=167、2,500 本/ha：n=333、5,000 本/ha：n=628 である。
- ・袋井市の海岸において、2021 年に、下刈りを 6 月および 9 月に実施した区画と実施していない区画を設定し、同年 6 月及び 12 月に区画内のクロマツの樹高・根元径を調査した。
- ・浜松市、袋井市、掛川市の海岸防災林において、77 箇所の調査地を設定し、プロット内の任意の 100 本のクロマツについて枯死状況を調べたほか、30 本を抽出し樹高を測定した。枯死木は粗皮を剥ぐなどしてマツノマダラカミキリの生息状況を調査し、パールマン法によるマツノザイセンチュウの検出を行った。

(2) 根系成長の生育環境の検証

- ・浜松市の海岸において、2017 年 6 月に異なる 3 種類の植え穴サイズ（10cm×10cm×10cm（以下、S-10）、30cm×30cm×30cm（以下、S-30）、60cm×60cm×60cm（以下、S-60））でクロマツを植栽し、4～5 成長期後に地下方向および水平方向における根系の発達状況を調査した。

3 研究期間を通じての成果の概要

(1) 保育・管理技術の開発

- ・異なる3種類の植栽密度（1,500本/ha、3,000本/ha、5,000本/ha）のクロマツの5成長期後の生存率を調査したところ、植栽密度によらず生存率は90～94%と同程度であり、初期の生存には問題ないと考えられた。また、植栽密度が下がるほど根元径成長量が大きく、初期成長にも問題はないと考えられた。
- ・3地区の海岸において、異なる3種類の植栽密度（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、いずれの地区でも、植栽密度による植栽から1成長期後の生存率の差は認められなかった。
- ・下刈りを実施した区画と実施していない区画のクロマツの樹高・根元径について、両区画では差はなく、下刈りを省略しても成林が可能と考えられた。
- ・クロマツの平均樹高がおおむね2mを越えると、樹齢にかかわらず枯死発生率が上昇することが確認された。

(2) 根系成長の生育環境の検証

- ・水平方向では、いずれの植え穴サイズにおいても植え穴範囲を超えた先まで根系が伸長していた。一方、地下方向では、S-10では根系伸長が確認されなかったのに対し、S-30およびS-60では植え穴範囲を超えた先まで根系が伸長していた。このため、植栽時の盛土への耕起は、地下方向においてクロマツの根系発達を促進し、30cm程度の深さ以上の耕起を行うことが適切と考えられた。

4 研究期間を通じての成果の要約

- ・植栽密度をおおむね1,500本/haまで下げても初期成長には問題ない。
- ・盛土条件下では下刈りを省略しても初期成長には問題ない。
- ・クロマツの平均樹高がおおむね2mを越えると、薬剤の予防散布や伐倒駆除が必要になる。
- ・盛土条件下では、30cm程度の深さ以上の耕起を行うことが適切である。

〔キーワード〕 クロマツ、植栽密度、下刈り、根系成長

5 成果の活用面と留意点

- ・浜松市、磐田市、袋井市、掛川市、御前崎市の各現場の防災林整備で導入
（下刈り省略：浜松市、磐田市、袋井市、掛川市で導入し、下刈り費用を削減）
- ・R3 研究成果写真集（農林技術研究所HP）掲載1件
- ・R4 静岡県松くい虫被害対策事業推進計画に反映（松くい虫対策時期）
- ・R2～5 海岸林学会 発表1件 情報発信2件
- ・R2～5 F&F（（公財）静岡県林業会議所）掲載3件
- ・R3～5 森林・林業研究センター成果発表会（YouTube）発表3件
- ・R4～5 中部森林学会 発表3件 中部森林研究 論文掲載2件 投稿中1件（受理）
- ・R5 関中林試連情報第47号 掲載 生物被害研究会成果事例集 掲載

6 残された問題とその対応

本研究では植栽から数年までの初期の管理に関する検討を行った。今後、植栽木の成長に伴って間伐などの密度管理が必要になってくるため、次年度から開始する一般研究課題で対策研究に取り組む。

課 題 名：メスジカ捕獲率向上のための行動解析と餌誘引捕獲方法の改善
シカの行動解析

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：佐藤紘朗

協 力 分 担：

予算(期間)：県単（2022-2024 年度）

1 目的

ニホンジカ（以下、シカ）による農林業被害、自然生態系への影響を軽減するため、県管理捕獲事業（以下、管理捕獲）を拡充し、頭数削減を図っている。しかし、生息数を効率よく減らすためには、メスを捕獲することが有効であることから、シカの捕獲頭数に占めるメスの割合が目標に達しておらず、生息数に顕著な減少は認められていないメスがよく利用する環境を把握することが重要である。

本研究課題では、集中的に利用する環境等の行動特性を明らかにし、メスの捕獲効率改善に資することを目的とし、富士山周辺で捕獲されたシカの位置情報の環境要因との関係性を分析した。

2 方法

(1) 調査材料

管理捕獲に導入されたアプリ「HUNTER GO!」により捕獲位置の経度、緯度が確認でき、2022 年 6 月から 2023 年 2 月までに富士山中腹域（平均標高 1,000～1,500m）において、わなにより捕獲されたオス 156 頭、メス 217 頭の位置情報

(2) 調査方法

GIS ソフト（QGIS）を使用し、富士山中腹域の東側（小山町須走）、南側（裾野市須山）及び西側（富士宮市人穴）における雌雄別の捕獲頭数を集計した。

3 結果の概要

[前年度までの結果] 富士山で行ってきた GPS 首輪による行動追跡で取得したシカ 11 頭（オス 4 頭、メス 7 頭）の行動圏における環境要因との関係性を GIS で分析し、標高差のある季節移動をする個体が雌雄ともに見られた。

[今年度の結果]

東側と南側ではメスがオスの約 1.5 倍捕獲されており、夏（6～8 月）は東側に、秋（9～11 月）は南側にメスが多く捕獲されていた。南側では捕獲されたオスの 80%以上が繁殖期の秋に集中していたことから、秋は南側にメスが多くいると考えられた（図 1）。

誘引捕獲が有効である冬（12～2 月）は、メス捕獲率が高かったが、管理捕獲では 1～2 月のわなによる捕獲頭数が落ち込んでいる（図 2）。そのため、1～2 月に捕獲を強化し、3 月以降も継続することでメスを効率よく捕獲できると考えられた。

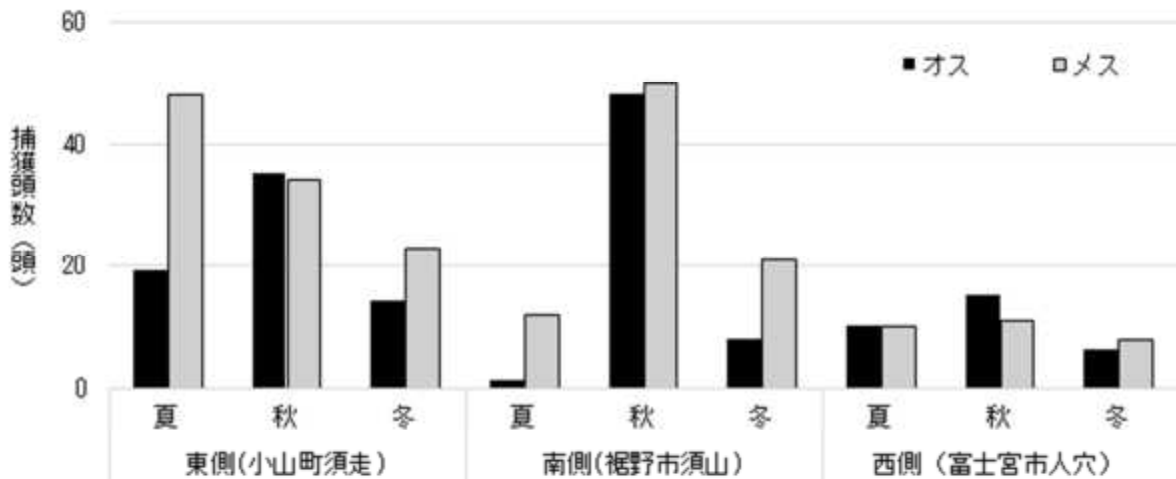


図1 富士山中腹域（平均標高 1,000～1,500m）における捕獲頭数と位置の関係

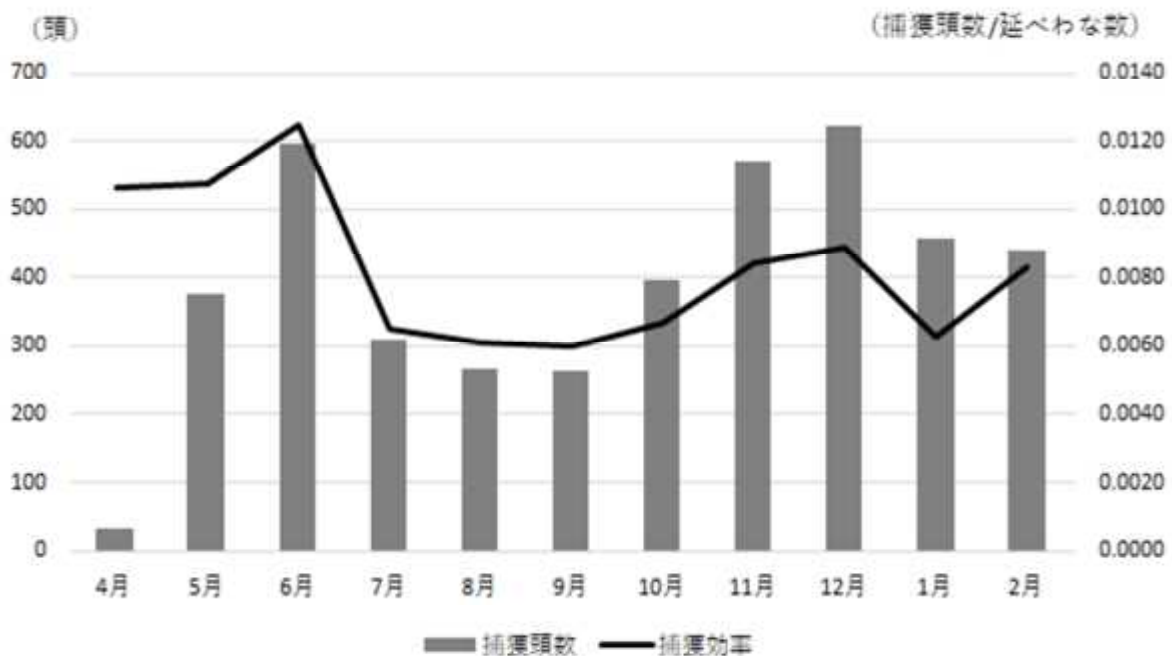


図2 管理捕獲におけるわなによるメスの捕獲効率（捕獲頭数/延べわな数）（2022年度）

4 結果の要約

裾野市須山では秋にメス捕獲頭数が増えていることから、標高が高い場所等から季節移動したメスが多いと考えられた。餌誘引捕獲が有効である冬（12～2月）はメス捕獲率が高かったので、捕獲頭数が落ち込む1～2月に捕獲を強化することでメスを効率よく捕獲できると考えられた。

〔キーワード〕 ニホンジカ、GPS 首輪、行動圏、捕獲位置情報

5 今後の問題点と次年度以降の計画

現地調査を行い、分析項目を追加する。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

メスジカの捕獲率向上に繋がる情報としてマッピングして見える化し、捕獲関係者に提供する。

課 題 名：メスジカ捕獲率向上のための行動解析と餌誘引捕獲方法の改善
餌誘引捕獲方法の改善

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：佐藤紘朗

協 力 分 担：

予算(期間)：県単（2022-2024 年度）

1 目的

当センターで考案し、普及しているニホンジカ（以下、シカ）を効率的に捕獲する方法がある。この捕獲法は、獣道を外した立木根元にシカを誘引するため家畜用飼料アルファルファヘイキューブ（以下、AH）を撒き、餌付き後、湿気や乾燥による劣化を防ぐため透明なビニール袋に入れた AH を用意し、地面に設置したくくりわなへの意識を逸らすため立木の高さ 120cm に吊るして、シカを捕獲する方法である。しかし、普及する中で、吊るした AH にシカが慣れるまで時間がかかることや群れにいる幼獣を先に捕獲してしまい成獣メスが捕獲しにくくなることが課題として残っている。

本研究課題では、誘引期間を短縮し、幼獣より優先的に成獣メスを捕獲できるように本法を改善することを目的とし、餌の種類とわなの設置位置を検討した。

2 方法

(1) 試験場所

県有林（浜松市天竜区）3 カ所、民有林（浜松市天竜区）2 カ所、国有林（森町）3 カ所で実施した。これらの地域はシカの痕跡が多数確認でき、AH 等による給餌を実施していない。

(2) 試験方法

ア 高さ 120cm に設置した袋入り AH 採食時の「足つきポイント」をセンサーカメラと足跡から推定し、「足つきポイント」までの距離を「立木の根元から」及び「立木に吊るした餌から」について、成獣オス、成獣メス、亜成獣メス及び幼獣で比較した。

イ シカの嗜好性が高いとされるアオキ、家畜の体に必要な微量栄養素を配合している牛用栄養剤ミネラルブロック（ソルトリック：共立製薬(株)）5 kg 及びアルファルファヘイキューブ（AH）を透明な袋に入れたもの（250g）を地面で餌付けした後、立木の高さ 120cm に針金で吊るし、シカが採食状況を調査した。

(3) 試験期間

ア 2023 年 1 月から 2023 年 12 月

イ 2023 年 5 月から 2023 年 12 月

3 結果の概要

[前年度までの結果] 立木根元に AH を直接撒くと同時に袋入り AH を立木の高さ 120cm と 60cm に吊るすことでシカを誘引する期間を短縮した。

[本年度の結果]

- (1) ミネラルブロックは舐食されなかった。アオキと AH の両方採食される場合、先に食べられる割合はほぼ同じであったが、いずれかが採食されない場合、アオキを採食しない場合の方が多かった。
- (2) アオキと AH は 6 月及び 10～12 月に成獣メスに採食され、AH の採食は 12 月に 76.0% (19/25) であった（表 1）。
- (3) 「立木の根元から」は幼獣以外で大きな誤差があり、「立木に吊るした餌から」は成獣メスであってもバラツキが少なかった。成獣メスの「立木に吊るした餌から」足つきポイントまでの距離は 129.6 ± 6.5 cm であった（図 1）。この結果に基づき、立木の高さ 120cm に吊るした餌から約 130cm にわなを設置したところ、成獣メスを捕獲することができた（図 2）。

表 1 成獣メスによるアオキと AH の採食時期（のべ回数）

	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
アオキ		1				2	3	16
AH		1				2	3	19

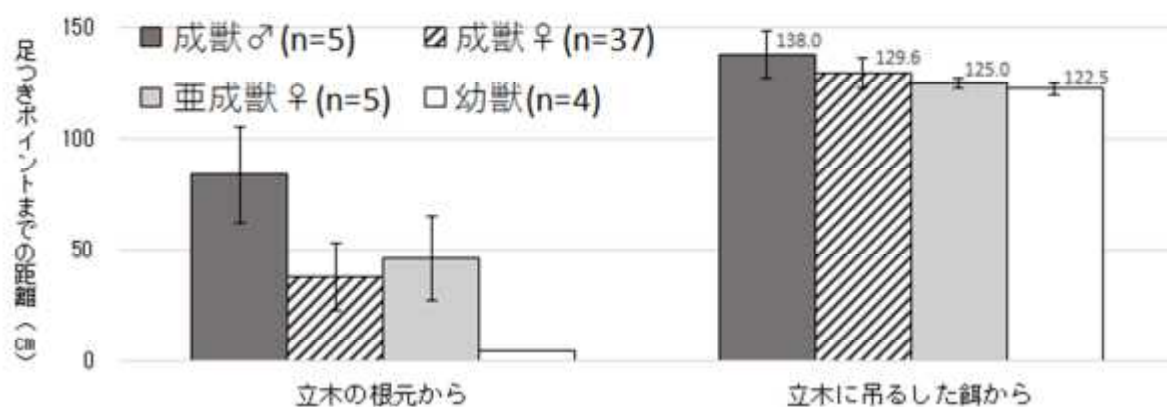


図 1 採食時足つきポイントまでの距離

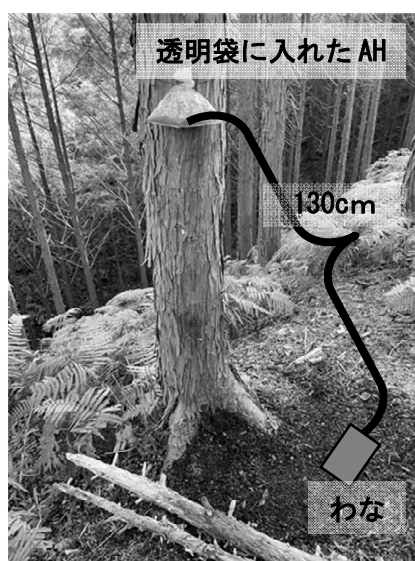


図 2 わな設置ポイント

4 結果の要約

アルファルファヘイキューブを立木根元に直接撒き、立木の高さ 120cm と 60cm に透明なビニール袋に入れて吊るし、成獣メスが高さ 120cm を採食後、再び高さ 120cm に吊るし、吊るした餌から 130cm の位置にわなを設置すると、幼獣より優先的に成獣メスを捕獲できると考えられた。

〔キーワード〕 ニホンジカ、給餌誘引、アルファルファヘイキューブ、透明なビニール袋

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（予定を含む）

- ・ 成獣メス捕獲割合向上に繋がる技術として確立し研修会等で情報提供を行う。
- ・ 捕獲ハンドブックの内容を改訂し普及を図る。

課 題 名：新植地で食害するノウサギの対策に関する研究

新植地におけるノウサギ食害防止方法の検証

新植地におけるノウサギ食害実態の把握及び発生要因の解明

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：佐藤紘朗、鷺山立宗

協 力 分 担：天竜森林管理署

予算(期間)：県単（2021-2023 年度）

1 目的

静岡県森林資源は、その多くが成熟期を迎え、今後、主伐・再造林の増加が予想される。それに伴い、ノウサギによる植栽木への食害が増加する可能性があることから、ノウサギの食害対策が必要となる。しかし、ノウサギによる食害の発生に影響を与える要因については、まだ十分に解明されていない。

本研究課題では、ノウサギの植栽木における食害実態の把握し、食害を受けにくい植栽木の樹高を推定することを目的としており、ノウサギが切断した植栽木の地上高（以下、切断高）とその切断部分の主軸径（以下、切断径）を調査した。

2 方法

ノウサギによる食害が発生した造林地で切断高及び切断径の調査を行った。調査は瀬尻国有林内（浜松市天竜区龍山町瀬尻）の造林地で、ニホンジカ対策用ネット柵が設置されているが、柵内で実施した。ノウサギによる主軸切断被害を受けたヒノキ植栽木（2019 年秋及び 2022 年春実生コンテナ苗植栽、2023 年 11 月挿し木コンテナ苗植栽）210 本とし、2023 年 6 月中旬に切断高及び切断径を測定した。

また、センター内で育成したスギとヒノキ（2020 年実生コンテナ苗植栽）における主軸径と樹高の関係を調査し、最大切断高と最大切断径からノウサギによる被害を受けにくいと樹高を推定した。

3 結果の概要

[前年度までの結果] 浜松市天竜区春野町川上と藤枝市瀬戸ノ谷の造林地におけるスギ被害木 314 本の切断高は 43.7 ± 11.0 cm（平均値±標準偏差）、最大切断高は 69 cm であり、切断径は 6.1 ± 1.4 mm、最大切断径は 9.2 mm であった。

[本年度の結果]

（1）切断高

ヒノキ被害木の切断高は 28.2 ± 9.6 cm、最大切断高は 58 cm であった（図 1）。

（2）切断径

ヒノキ被害木の切断径は 3.8 ± 1.3 mm、最大切断径は 9.2 mm であった。

（3）被害を受けにくい樹高の推定

スギとヒノキの地上高 75 cm の主軸径と樹高の調査したところ、ノウサギによる食害を受けにくいと推測される樹高はスギ 133 cm、ヒノキ 138 cm と考えられた。

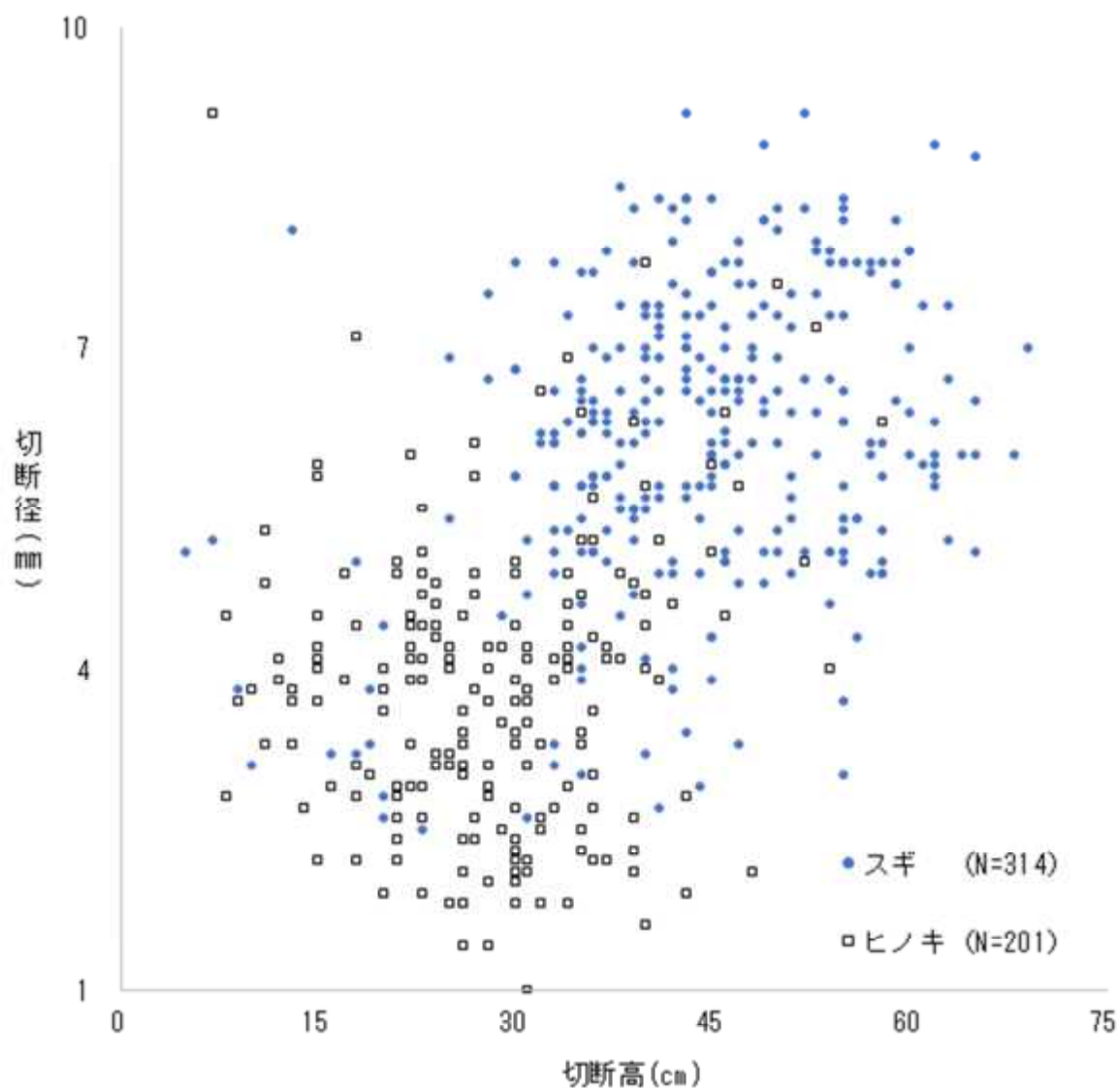


図1 切断高と切断径の関係

4 結果の要約

ノウサギが切断した植栽木（スギ、ヒノキ）の切断部分の最大地上高 69cm であり、その最大主軸径は 9.2mm であった。植栽木の樹高がスギ 133 cm、ヒノキ 138 cm であれば、ノウサギによる食害を受けにくいと考えられた。

〔キーワード〕 ノウサギ、獣害、主軸の切断

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（予定を含む）

- ・ R4 中部森林学会発表、R5 論文掲載
- ・ 林業事業体等に情報提供を行う。

課 題 名：新植地で食害するノウサギの対策に関する研究
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：佐藤紘朗
協 力 分 担：天竜森林管理署
予算(期間)：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・再造林の増加が予想される。それに伴い、ノウサギによる植栽木への食害が増加する可能性があることから、ノウサギの食害対策が必要となる。しかし、ノウサギによる食害の発生に影響を与える要因については、まだ十分に解明されていない。

そこで、本研究では、ノウサギの食害実態の把握及び食害の発生要因を解明してノウサギの加害に対する防護柵用ネット柵の強化材の耐久性を確認し、ノウサギにも有効な防獣ネットを開発すること、ネット柵内に生息するノウサギの捕獲技術の検証に取り組んだ。

2 方法

(1) 新植地におけるノウサギ食害防止方法の検証

- ・新植地の食害調査及び被害地の現況調査：スギコンテナ苗の増殖方法がノウサギの食害に与える影響、ノウサギが切断する主軸の地上高（以下、切断高）とその切断部分の直径（以下、切断径）についての調査、飼育個体における採食可能な高さの測定
- ・ノウサギ侵入防止に有効な柵の形状及び規格の検証：ノウサギの体測、防護柵用ネットの切断試験

(2) ノウサギ捕獲方法の検証

- ・柵内生息するノウサギ捕獲方法の検証：ノウサギの嗜好性確認、わなへの誘導、捕獲試験

3 研究期間を通じての成果の概要

(1) 新植地におけるノウサギ食害防止方法の検証

- ・苗木の増殖方法について、ノウサギによる食害の差を調べるため、スギの苗木 245 本（挿し木 112 本、組織培養 105 本、実生 28 本）について、ノウサギによる食害を「主軸の切断」、「側枝の食害」の 2 項目に分けて調査した結果、どちらの項目でも、挿し木苗は他の増殖方法に対して有意に被害が少なかった。
- ・主軸切断被害を受けたスギ 314 本、ヒノキ 210 本について、切断高及び切断径を調査したところ、最大切断高はスギ 69cm、ヒノキ 58cm であった。また、最大切断径はスギ、ヒノキともに 9.2mm であった。
- ・ノウサギが採食可能な最大地上高を調査するため、餌（ニンジン）を地上高 60cm から 80cm の間に設置し、採食試験を実施した。一晚経過後に採食状況を確認したところ、5 回の試験全てで地上高 70cm 未満の餌は完食し、75cm 以上の餌には食痕が認められなかった。
- ・ノウサギによる食害を受けないと考えられる樹高は、スギ 133cm、ヒノキ 138cm と考えられた。
- ・全国の動物園において飼育されているノウサギの胸囲を測定した。成獣でも 30cm に満たないことから網目が 7 cm（周長 28cm）以下のネットでない、くぐり抜けられてしまうと推測された。
- ・防護用ネットの材質（防護柵に用いられているポリエチレン（PE）ネット、超高分子量ポ

リエチレン繊維混撚 PE ネット、軟質ステンレス鋼線混撚 PE ネット、硬質ステンレス鋼線混撚 PE ネット) の切断強度を比較した。結果、硬質ステンレス、軟質ステンレス、超高分子量ポリエチレン繊維混撚 PE ネットの順に硬く、PE ネットは超高分子量ポリエチレン繊維混撚 PE ネットと同程度だった。

硬質ステンレス鋼線のみ歯のエナメル質よりも硬く、混撚したネットの切断強度も高かったことから、防護柵用ネットの材質として有望と考えられた。

(2) ノウサギ捕獲方法の検証

- ・ノウサギを誘引可能な餌を調査するため、嗜好性の確認試験を行った。餌として、アルファルファとチモシー、ヘイキューブ、ニンジン、リンゴ、カイワレ大根を設置し、自動撮影カメラで観察した結果、ニンジン、リンゴで嗜好性が確認された
- ・嗜好性が確認されたニンジンとリンゴを餌として、箱わなへの誘導試験を行い、ノウサギを捕獲できるか検証した結果、ニンジンのみがノウサギを箱わなの一番奥まで誘導することができた。その後、ニンジンを餌として、ノウサギを誘引し、箱わなで2頭捕獲した。

4 研究期間を通じての成果の要約

網目 5 cm にしてノウサギに有効な防獣ネットパッケージの開発に協力した。また、ニンジンを用いて誘引し箱わなで捕獲する方法を検証した。

〔キーワード〕 ノウサギ、獣害、防護柵網目サイズ、硬質ステンレス鋼線入りネット、誘引捕獲

5 成果の活用面と留意点

- ・ノウサギによる食害被害を受けたスギ苗木の増殖方法の違いとノウサギが主軸を切断可能な苗のサイズについて、中部森林学会で発表・中部森林研究に掲載
- ・メーカーと協力して開発した新たな防獣ネット柵の設置について、県内（浜松市天竜区）2ヵ所、徳島県2ヵ所で施工済み、新たに秋葉山県営林（浜松市天竜区）でも施工予定、西部農林事務所天竜農林局から施工状況を普及情報として3件情報発信、森林環境保全直接支援事業の付帯施設整備の仕様に反映
- ・箱わなによる餌誘引捕獲法を F&F（（公財）静岡県林業会議所刊行）にて情報発信
- ・国有林（森林管理署）に成果情報を提供し、国有林内のノウサギ捕獲を連携して実施

6 残された問題とその対応

- ・ノウサギに有効なネット柵は県内外4ヵ所で施工済みである。切断による破損や侵入は、現在のところ確認されていない。引き続き、破損や侵入がないか検証する。
- ・森林管理署や農林事務所と連携し、ノウサギによる森林被害に関する知見等について情報を共有することで、県内の林業事業者等関係者へ技術提供する体制を整える。
- ・野生動物によるネット柵の切断や破損事例がある。柵内に野生動物が侵入した場合の検知について、次年度から開始する一般研究課題で対策研究に取り組む。

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

シカの生息状況の調査

センサーカメラによるシカの分布拡大状況の調査

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：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

三ヶ日町ではイノシシによる温州みかんの被害が発生しており、現地では侵入防止柵の設置や箱わなによる捕獲等の対策が実施されている。しかし、近年、新たにシカに関する被害や目撃の報告が増加している。三ヶ日町におけるシカの生息状況を把握するため、温州みかん圃場周辺の野生獣類の出没状況を調査した。

2 方法

- (1) 調査場所 浜松市浜名区三ヶ日町 上尾奈地区及び大谷地区の温州みかん圃場
- (2) 調査時期 2022 年 6 月～2023 年 5 月
- (3) 調査内容 センサーカメラ（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。
- (4) カメラ設定 カメラ動作は待機時間 0 秒、1 回のセンサー感知につき動画 20 秒撮影、30 分以内に同種個体が撮影された際には 1 個体とみなし、野生動物の数を計測。なお、センサー感度は Normal 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]

- (1) 圃場におけるセンサーカメラ設置日数は 352 日で野生動物 10 種が確認された。調査期間中
の出没頻度はニホンジカが最も多かった（表 1）。
- (2) センサーカメラの画像から月別のシカの出没推移傾向を分析した結果、シカの出没の約 5
割が 12～1 月であった（図 1）。シカの好む食べ物が冬期に林内で減少していることや冬期
に圃場での温州みかん作業が減少することが要因と推察された（表 2）。
- (3) 出没個体の雌雄の性比を分析したところオスの比率が高かった（図 1）。シカの分布拡大初
期の地域ではオスジカの比率が高い(1)ことから、当該調査地周辺は分布拡大初期段階であ
ると推察された。
- (4) センサーカメラの撮影時間からシカの出没時間を分析した結果、日没後から日の出までに
出没が集中していた。人間の活動が活発になる前後にシカが活動していることが推察され
た（図 2）。
- (5) (1)～(4) から三ヶ日町では、シカが定着する前に冬期にわなによる捕獲に取り組むこ
とが重要と考えられた。

表1 圃場におけるセンサーカメラによる延べ撮影頭数

動物種		地区名		地区名		合計	調査期間中の撮影動物の出没頻度※
		上尾奈		大谷			
		撮影頭数(頭)	割合(%)	撮影頭数(頭)	割合(%)		
ニホンジカ	(<i>Cervus nippon</i>)	595	38.9	337	37.8	932	26.5
イノシシ	(<i>Sus scrofa</i>)	651	42.5	192	21.5	843	23.9
タヌキ	(<i>Nyctereute procyonoides</i>)	115	7.5	65	7.3	180	5.1
ハクビシン	(<i>Pagma larvate</i>)	36	2.4	107	12.0	143	4.1
ノウサギ	(<i>Lepus brachyurus</i>)	67	4.4	56	6.3	123	3.5
カモシカ	(<i>Capricornis crispus</i>)	26	1.7	79	8.9	105	3.0
アナグマ	(<i>Meles meles</i>)	8	0.5	10	1.1	18	0.5
イタチ	(<i>Mustela itatsi</i>)	0	0.0	6	0.7	6	0.2
ネコ	(<i>Frllis catus</i>)	0	0.0	2	0.2	2	0.1
キツネ	(<i>Vulpes vulpes</i>)	0	0.0	1	0.1	1	0.0
不明		33	2.2	36	4.0	69	2.0
	合計	1,531	100%	891	100%	2,422	

※のべ撮影頭数(カメラ設置台数×調査日数)×100

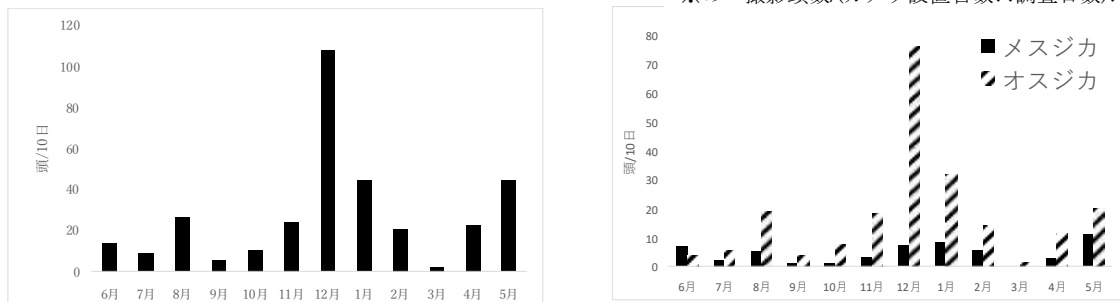


図1 圃場におけるシカの出没頭数の推移及びシカの雌雄別出没頭数の推移

表2 ウンシュウミカンの年間作業表

作業/月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
病害虫防除												
施肥												
剪定・摘果												
苗木定植												

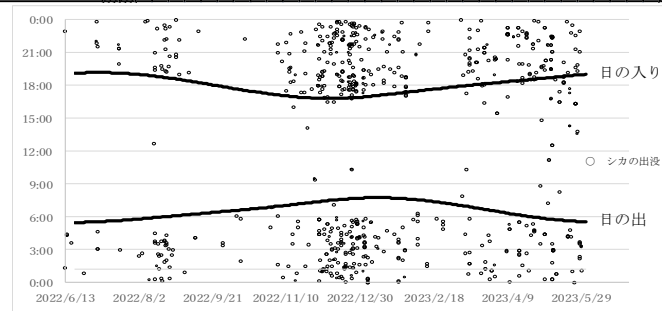


図2 圃場におけるシカの出没時間の傾向

4 結果の要約

三ヶ日町内の温州みかん圃場においてセンサーカメラによる出没状況を調査した結果、冬期にニホンジカの出没が多く、出没個体の性比はオスジカの比率が高かった。

〔キーワード〕シカ、生息範囲、センサーカメラ

5 今後の問題点と次年度以降の計画

生息状況及び被害状況を調査するため、センサーカメラによる調査を引き続き実施する。

6 結果の発表、活用等（予定を含む）

三ヶ日町農業協同組合を経由して三ヶ日町有害駆除対策協議会に情報提供する。

7 引用文献

(1) 浅田正彦(2013)ニホンジカとアライグマにおける低密度管理手法「遅滞層管理の提案. 哺乳類科学 53(2):243-255」

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

シカの生息状況の調査

シカの生息状況についてのアンケート調査

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

三ヶ日町農業協同組合管内ではイノシシによる柑橘の被害が発生しており、現地では侵入防止柵の設置や箱わなによる捕獲等の対策が実施されている。しかし、近年、新たにシカに関する被害や目撃の報告が増加している。昨年度までに、シカの生息や被害状況を把握するアンケート調査を実施し、シカの生息範囲が広がっていることが推察された。今回、更に被害実態について明らかにするためアンケート調査を実施した。

2 方法

(1) 調査対象 三ヶ日町有害駆除対策協議会 79 人

※同協議会は三ヶ日町農業協同組合管内の柑橘生産者であり、自ら箱わなでイノシシ等の捕獲を実施する者で主に構成されており、猟友会とは異なる。また、同協議会は地域によって 4 つの部会に分かれている。

(2) 調査内容 シカの被害実態と対策状況の把握

(3) 調査方法 アンケート調査

(4) 配布及び回収方法 2023 年 3 月に研修会において各部会員に直接配布し、その場で記載し回収した

3 結果の概要

[前年度までの結果]

シカの生息や被害状況を把握するアンケート調査を実施し、シカの生息範囲が広がっていることが推察された。

[本年度の結果]

(1) 回答者は 79 人で回答率は 100%であった。

(2) シカによるミカン被害の有無を質問したところ、「被害がある」の回答は 40 人であった（図 1）。「被害がある」と回答した者のうち成木の葉への被害の回答が最も多く、32 人と全体の半数に及び被害箇所として同様の苗木の葉への被害と合わせると 90%近くが葉への被害であった。また樹皮や果実への被害が確認された。

(3) シカによる被害の時期を質問したところ葉（成木）への被害においては冬が 27%、春が 24%であり、葉（苗木）への被害は冬が 16%、春が 20%、樹皮への被害は冬が 50%、春が 50%となった（図 2）。いずれの被害箇所においても冬から春にかけて被害の回答が多くなり、周辺の林内に好む食べ物が少なくなる時期に被害が多くなっていると推測された。

(4) 現在実施している獣害対策は電気柵とワイヤーメッシュ（WM）柵がいずれも 45%であった（図 3）。

(5) 被害のある圃場における侵入防止柵の設置状況は 90%以上で侵入防止柵を設置している（図 4）。一方、被害のある圃場の侵入防止柵の約 80%程度が 1.5m 未満であり、シカに侵入防止に効果が高いと言われる 1.5m 以上(1)は約 20%程度であった。シカの跳躍力に対応した侵入防止柵が設置されていないことが被害の一因であることが推察された。

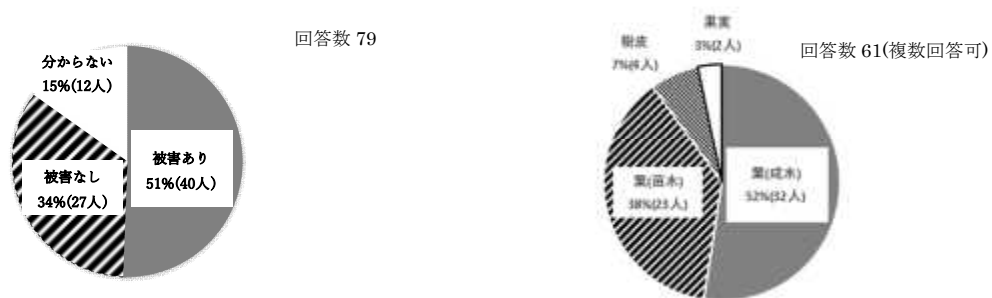


図1 温州みかんの被害の有無と被害部位

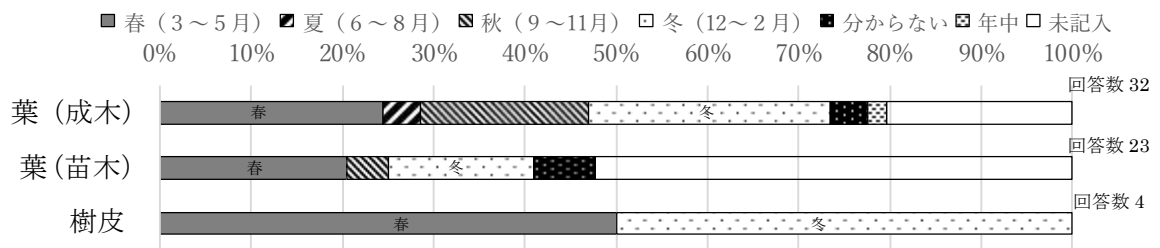


図2 温州みかんの被害箇所と被害時期

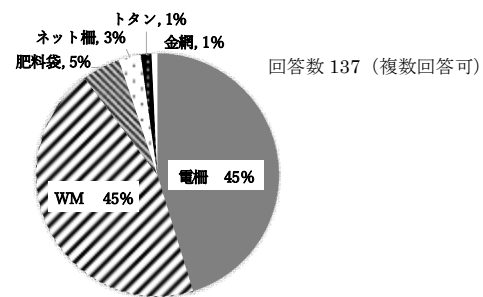


図3 温州みかんの被害対策

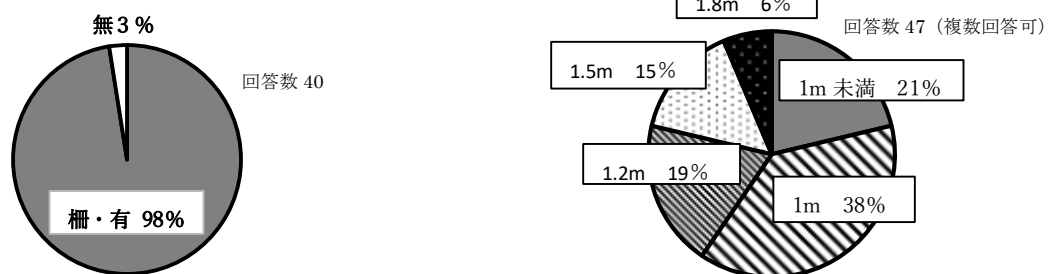


図4 被害のある圃場における侵入防止柵の有無と侵入防止柵の高さ

4 結果の要約

三ヶ日町有害駆除対策協議会員にシカに関するアンケート調査を行った結果、シカの被害箇所は成木や苗木の葉への被害が主で、いずれの被害箇所も被害時期は冬から春の時期が多かった。

〔キーワード〕 シカ、温州みかん、アンケート調査

5 今後の問題点と次年度以降の計画

生息状況を調査するため自動撮影カメラによる調査を行う予定である。

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。

7 引用文献

(1) 高山ら(2008) 牧場採草地へのニホンジカ侵入に対する防護柵の影響 鹿児島大学農場研報 30:11～14

II 資料

資料（2024 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：光本智加良

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、近年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、事前にスギ人工林の雄花着生量を調査して情報提供していくことがある。

このため県では、2003 年からスギ人工林において目視による雄花着生量の調査を県全域で行っている。雄花着生状態を測定した着花指数から花粉飛散量を予測して、花粉の飛散開始前に結果を花粉予報として公表し、花粉症対策を促すため県民に情報提供する。

2 方法

2024 年春の静岡県内のスギ・ヒノキ花粉飛散量を予測するため、2023 年 11 月下旬に、スギ一斉林を対象とした県内 20 箇所の定点スギ林の雄花着生状況の調査を実施した。

調査は横山法により、各箇所 40 本の陽樹冠部分の雄花の着花状況を双眼鏡等で観察し、雄花の着花状況を 4 段階に評価し（表 1）、各評価に配点、その合計値から雄花指数を求めた（表 2）。

3 結果の概要

県内 20 箇所の調査地で、延べ 1,600 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 21%の木の樹冠ほぼ全面に雄花がついていた（A+B/（A+B+C））（表 2）。

2004 年度から 10 年間調査を行った、県内全域 90 箇所の雄花の着花指数の平均値（955.5）を 100 とする花粉飛散度の判定基準（表 3）からは、相対値が 75 となり、2024 年春の花粉飛散度は「平年並」と判定した（表 4）。

地域ごとに差はみられるが、スギの花粉飛散量は県内全域で平年並と予測した。ヒノキ雄花の着花量についても、スギ雄花の着花量とおおむね同調性があることから、2024 年春のヒノキ花粉飛散量も平年並と推測される。

静岡県の 2023 年 7 月の気象（県内 17 箇所の気象観測所データ）は、平均気温は 26.5℃で平年より 1.6℃高かった。降水量は 115.4mm で平年より 167.8 mm少なかった。日照時間が 238.4 時間で、平年より 96.1 時間長かった。

スギの雄花芽の分化は、花粉を飛散させる前年の夏、特に 7 月頃の気象条件に強く影響され、花芽分化期の気温が高く、降水量が少なく、日照時間が長いほど、花芽が多く分化（着生）する。一方、スギの生理的な特性として、雄花の着生が少ない年の翌年は着生が多くなる傾向がみられる。2023 年 7 月の気象では、雄花の着生が多くなる条件を満たしていた。しかし、2022 年の雄花着生が多かったことから、今年度の雄花の着生は平年並になったと推測される。

調査結果については、12 月中旬までに取りまとめを行い、当センターホームページ、YouTube 等で公表し、より早い時期に花粉症対策を促すことができた。なお、国の行う「花粉飛散量予測の精度向上を図るためのスギ雄花着花状況調査」にも、20 箇所の調査データを提出した。

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	2	160	1%	38%	60%	1%	1,053
東部	2	160	0%	8%	88%	4%	503
富士	1	80	0%	32%	68%	0%	920
中部	3	240	0%	17%	82%	1%	662
志太榛原	4	320	0%	13%	81%	6%	598
中遠	2	160	0%	31%	68%	1%	898
西部	1	80	0%	19%	76%	5%	680
天竜	5	400	0%	19%	77%	4%	698
全県	20	1,600	0%	20%	77%	3%	719

表 3 花粉飛散度判定基準

判定	非常に少ない (非少)	少ない (少)	平年並 (並)	多い (多)	非常に多い (非多)
相対値	0～5	6～67	68～131	132～194	195～

表 4 花粉飛散度

調査年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
静岡県全域	152	46	125	71	189	102	143	57	98	78	160	75
花粉発生度	多	少	並	並	多	並	多	少	並	並	多	並

4 要約

花粉症対策を促すため、県内全域でスギ人工林の雄花着生量を調査し、スギ花粉飛散量は平年並と予測した。その原因として、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〕 スギ雄花着生量、スギ花粉発生量

5 今後の問題点と次年度以降の計画

花粉症対策を促すために、継続して県内全域を調査し、花粉飛散量の予測情報を県民へ提供していく。

6 結果の発表、活用等

調査結果は、記者提供資料や当センターのホームページやYouTubeチャンネルで発表し、複数のマスメディアにとりあげられた。

Ⅲ 研修、共同研究等

1 課題解決及び研究開発研修

なし

2 民間企業等との共同研究

研究課題名	共同研究者
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
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	東京農業大学
各種ストレスや肥培管理に対するヒノキの花成応答と物質循環に関する研究	静岡大学 東海国立大学機構岐阜大学
ユーカリの選抜・育苗・育成に関する調査と閉鎖型採取園におけるスギ・ヒノキの種子生産方法の検討	日本製紙株式会社
早成候補樹種としてのロブローリーパイン等の生長・材質特性の解明	静岡県農林専門職大学
早生樹の成長特性の解明	(株) ノダ
早生樹を用いた製品の製造に関する研究	中日本合板工業組合 静岡大学
林業現場の作業状況モニタリング技術の開発	鹿児島大学 浜松医科大学 BIPROGY(株)
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	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		41	159,490
	実大木材の強度試験	はり	12	724,800
		柱		
	その他の木材試験		26	264,420
	難燃性試験			
	接合耐力試験		2	122,900
	壁せん断試験	幅 1m 未満×高さ 3m 未満		
		幅 2m 未満×高さ 3m 未満		
		幅 3m 未満×高さ 3m 未満		
幅 3m 以上×高さ 3m 未満				
合 計			81	1,271,610 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

令和年5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	17	82	4	24	0	0	1	1	22	107
森林経営	0	0	1	3	7	26	4	4	12	33
森林保護	13	35	39	311	19	31	53	92	124	469
森林保全	3	7	3	19	1	1	14	14	21	41
特用林産	15	19	5	13	10	14	55	95	85	141
木材加工	12	28	0	0	2	2	16	16	30	46
普及	1	3	2	130	0	0	0	0	3	133
小計	61	174	54	500	39	74	143	222	297	970
施設見学	—	565	—	—	—	—	—	—	—	565
計	61	739	54	500	39	74	143	222	297	1,535

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・林業研究センター研究成果発表)					
全般	試験研究成果発表（「育種、木材、海岸、特用林産」で4課題） YouTube 動画配信	Web上	R5.8.22～	市町・森林組合・農林事務所他	541 (視聴回)
(森林・林業技術研究発表会)					
育種育林	西部農林事務所育種場における特定母樹苗木供給に向けた採種園管理	静岡市	R5.9.1	林業関係者	50
育種育林	林木育種、育苗、造林に関わる主要研究	静岡市	R5.9.1	林業関係者	50
森林保護	菌床シイタケ栽培の害虫ナガマドキノコバエ類における散水管理による防除	静岡市	R5.9.1	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	テーダマツ植栽に係る研修会	林業事業体ほか	小山町	30
	林業基礎講座(獣害対策、造林の基礎知識)	森林組合員	浜松市	15
	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	日本林業技士会静岡県支部員	静岡市	50
	「無花粉スギ」優良品種の開発と普及活動	静岡日本平ロータリークラブ	静岡市	30
	種苗の産地及び系統、種苗の生産技術	苗木生産者	静岡市	6
4回				131
森林経営	林業労働災害を低減するための ICT・IoT を活用した取組	林業経営体	静岡市	19
森林保護	マツ材線虫病(松くい虫)とブナ科樹木萎凋病(ナラ枯れ)	市、農林	静岡市	44
	松くい虫被害とその対策	自治会・市	浜松市	31
	シカの生態・被害対策	市、農林	静岡市	18
	大型野生鳥獣出没時の対応の方法	市、農林	浜松市	35
	シカのくくりわな捕獲	農家等	浜松市	60
	シカのくくりわな捕獲・止めさし技術	狩猟者等	静岡市	30
	鳥獣被害対策研修会	農家等	浜松市	20
	鳥獣被害対策研修会	農家等	磐田市	20
	鳥獣被害対策研修会	農家等	菊川市	20
	鳥獣被害対策研修会	農家等	森町	20
10回				298
特用林産	県内におけるシイタケ栽培の研究	環境学習指導員	浜松市	20
木材加工	木材の研究概要	県職員	静岡市	15

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	松くい虫防除の空中散布の実施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	東日本から選抜された抵抗性クロマツ品種の静岡県における実生抵抗性評価	育種 育林	内山義政 野末尚希 袴田哲司	中部森林研究	No.71 59-62	2023. 6
2	シイタケ廃菌床を利用したシイタケ菌床栽培	特用 林産	中田理恵	中部森林研究	No.71 81-85	2023. 7

3	スギコンテナ苗の増殖方法 とサイズがノウサギの主軸 切断被害に与える影響	育種 育林	鷲山立宗 袴田哲司	中部森林研究	No.71 19-22	2023. 9
---	--	----------	--------------	--------	----------------	---------

(2) 学会発表

No.	発表課題	分野	氏 名	学会名	号:ページ	発行年月
1	防獣ネット柵の高規格化	森林 保護	大場孝裕 鷲山立宗 他	日本哺乳類学会 2023 年度大会		2023. 9
2	スギ推奨品種を親とした 人工交配系統の若齢期の 形質	育種 育林	袴田哲司 野末尚希 他	第 13 回中部森林 学会大会		2023. 10
3	スギとヒノキのコンテナ 苗における施肥と増殖方 法が獣害に及ぼす影響	育種 育林	袴田哲司 大場孝裕 他	第 13 回中部森林 学会大会		2023. 10
4	テーダマツを用いた再造 林の手法について-育苗条 件及び天然更新の可能性-	育種 育林	山田晋也 福田拓実	第 13 回中部森林 学会大会		2023. 10
5	テーダマツに対するニホ ンジカの嗜好性	育種 育林	山田晋也 福田拓実 山口亮	第 13 回中部森林 学会大会		2023. 10
6	静岡県三ヶ日地域におけ るニホンジカの生息状況 について	森林 保護	神谷健太	第 13 回中部森林 学会大会		2023. 10
7	林業作業前後における主 観的疲労度と酸化ストレ スの変化	森林 経営	山口亮 他	第 13 回中部森林 学会大会		2023. 10
8	菌床シイタケの害虫ナガ マドキノコバエ類の散水 管理による防除	森林 保護	内山義政 加藤徹	第 13 回中部森林 学会大会		2023. 10
9	スマートフォン型測定器 による積み重ねた状態で のスギ丸太および平角の ヤング係数評価アプリの 開発	木材 加工	長瀬亘 稲葉大地	日本木材加工技術 協会第 41 回年次 大会		2023. 10
10	静岡県で生育したスラッ シュマツの樹幹内の動的 ヤング係数変動及び乾燥 特性	木材 加工	稲葉大地 長瀬亘	日本木材加工技術 協会第 41 回年次 大会		2023. 10
11	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	木材 加工	長瀬亘 稲葉大地	第 74 回日本木材 学会大会		2024. 3
12	林業作業におけるウェア ラブルセンサを用いた作 業種と心身状態の予測	森林 経営	山口亮 佐々木重樹 他	第 135 回日本森林 学会大会		2024. 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
該当なし					

(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
該当なし						

(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	シイタケ栽培におけるキノコバエ被害と防除対策	森林保護	内山義政	F&F 第 1158 号	2023. 4
2	シイタケの GABA 含有量	特用林産	中田理恵	F&F 第 1159 号	2023. 5
3	材質に優れるスギ苗の育成を目指して	林木育種	袴田哲司	F&F 第 1160 号	2023. 6
4	早生樹「テーダマツ」の天然更新	林木育種	福田拓実	F&F 第 1161 号	2023. 7
5	三ヶ日地域のシカの生息状況について	森林保護	神谷健太	F&F 第 1162 号	2023. 8
6	丸太を極積みしたままで測れるスマホ型ヤング係数測定器を開発	木材加工	長瀬 亘	F&F 第 1163 号	2023. 9
7	テーダマツは獣害に強いのか	林木育種	山田晋也	F&F 第 1164 号	2023. 10
8	植え穴のサイズは、クロマツの根の成長に影響するか？	森林保全	鷲山立宗	F&F 第 1165 号	2023. 11
9	森林作業員の疲労を的確に把握する	森林経営	山口 亮	F&F 第 1166 号	2023. 12
10	令和六年度から始まる新規研究課題	その他	荒生安彦	F&F 第 1167 号	2024. 1
11	マダニが媒介する動物由来感染症とその対策	森林保護	佐藤紘朗	F&F 第 1168 号	2024. 2
12	静岡県内の主伐現場の条件と生産性の数値化	森林経営	稲葉大地	F&F 第 1169 号	2024. 3
13	海岸林におけるクロマツの根の生長	森林保全	野末尚希	森と人 409 号 No.93	2023. 5
14	森林研究の目的	その他	荒生安彦	研究所 ニュース No.80	2023. 4
15	菌床シイタケ栽培におけるキノコバエ防除法の開発	森林保護	内山義政	研究所 ニュース No.81	2023. 6
16	しずおか優良木材の工場検査でスマホ型測定器が使用できるか検証しました	木材加工	稲葉大地	研究所 ニュース No.84	2023. 12
17	林業経営の継続性の確保に向けて	その他	藤田 巖	研究所 ニュース No.85	2024. 2

(6) 新聞掲載

No.	日 付	新聞名	見出し	分 野
1	8. 6	静岡	情報市場★森林研の夏休み特別企画「木っておもしろい展」	普 及
2	8. 16	日本農業	ミスト散水たっぷり 1 時間 ハエの幼虫が半減 菌床シイ防除に効果	森林保護
3	8. 17	静岡	森と木の恵み 面白さ 親子体験	普 及
4	8. 17	中日	「木っておもしろい」なあ	普 及
5	9. 29	静岡	早生樹合板利用へ 県、静大など実用化研究	育種育林
6	10. 1	静岡	林業の持続性向上へ 早生樹の合板利用模索	育種育林
7	10. 12	日刊木材	中日本合板工業組合、静岡県、静大で産官学連携	育種育林
8	12. 12	静岡	来春スギ花粉量「平年並み」予測	普 及
9	12. 13	中日	スギ花粉発生量 来春は平年並み	普 及

(7) テレビ放映

No.	日付	テレビ局	内 容	分 野
1	11. 8	静岡第一テレビ	浜松でニホンカモシカ出没	森林保護
2	12. 23	NHK 静岡	来春のスギ花粉 県内平年並み	普 及
3	2. 5	テレビ静岡	スギ花粉まもなく本格飛散へ 今年の発生量は？今からできる対策は？	普 及
4	2. 20	静岡第一テレビ	花粉症シーズン到来... 静岡県は“発症率”全国 1 位！？いまからできる対策は	普 及
5	3. 5	静岡朝日テレビ	花粉症発生率ワースト 1 位の静岡県で進む「無花粉スギ」の研究	育種育林

V その他

1 職員の配置及び氏名

(令和5年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	光本 智加良	企画・普及指導	平成 31.4.1
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
主 任 研 究 員	鷲山 立宗	森林保護（獣害）	令和 3.4.1
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	中田 理恵	特用林産	平成 30.4.1
上 席 研 究 員	山口 亮	森林経営	平成 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	21 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