

公立林業試験研究機関
研究成果選集

No.16
(平成 30 年度)

2019.3

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所
編集・発行

はじめに

各地域における森林・林業・木材産業に係わる研究開発に対して、多くのご理解とご協力をいただき、御礼申し上げます。

今日の森林・林業・木材産業における多様なニーズに対し、的確かつ効率的に対応するためには、国・都道府県および公設林業試験研究機関と（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所が、それぞれの役割分担のもと、分野横断的に連携しながら、研究・技術開発を総合的に推進する必要があります。このような状況の中、各地域の研究関係機関が集まる「林業研究・技術開発推進ブロック会議」において、毎年森林・林業・木材産業に関わる地域ニーズへの対応や諸課題の解決に向けた議論がなされています。

林野庁とともに同会議を主催する森林総合研究所には、地域が抱える課題の抽出、研究開発による課題の解決、研究成果の地域への普及に取り組み、研究成果のさらなる社会還元や成果の最大化を目指すことが責務として課されています。そこで、このような場を活かしながら、公設林業試験研究機関のみなさまとの連携を密にしつつ、研究開発・推進の拠点となるハブ機能の強化に取り組んでいるところです。

本成果選集は、こうした取り組みの一環として前述の「林業研究・技術開発推進ブロック会議」において紹介された代表的な研究成果を取りまとめたものです。各機関同士の成果情報の共有や森林・林業・木材産業に携わる方々の業務推進上の参考となるばかりでなく、一般の方々にも興味を持っていただける内容と考えております。引き続き、数多くの実践的な研究成果が得られ、広く一般に活用されることを心から期待しております。

なお、本号も含め、既刊の成果はいずれも弊所のウェブサイト上（<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/rinshikikan.html>）で公開しておりますので、ご利用いただければ幸いです。

平成 31 年 3 月

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所 所長 沢田 治雄

目 次

森林・林業

樹木内部欠陥を非破壊診断する装置の開発	北海道立総合研究機構 森林研究本部 林業試験場	…… 1
低コスト森林施業技術の高度化	青森県産業技術センター 林業研究所	…… 3
スギ樹皮の放射性セシウム濃度の簡易推定手法の開発	福島県林業研究センター	…… 5
栃木県におけるシカによる森林植生への影響把握の試み	栃木県林業センター	…… 7
鉍塩を利用したニホンジカの長期定点捕獲法の確立	群馬県林業試験場	…… 9
圧縮空気を用いたシカの防除装置の開発	東京都農林総合研究センター	…… 11
マツノマダラカミキリの1%発生日の予測	新潟県森林研究所	…… 13
新しいトラップによるナラ枯れの予防	静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター	…… 15
枝条集荷に係る効率的な供給システムの研究について	福井県総合グリーンセンター	…… 17
シカ生息密度と農業被害・森林植生状況の関係解析	大阪府立環境農林水産総合研究所	…… 19
森林防護柵沿いにおけるシカの誘導捕獲技術の開発	和歌山県林業試験場	…… 21
低コスト再造林・保育技術の確立	鳥取県林業試験場	…… 23
資源の循環利用を目指した広葉樹林更新手法の開発	島根県中山間地域研究センター	…… 25
林内に設置した防鹿柵の効果的な維持管理方法の検討	岡山県農林水産総合センター 森林研究所	…… 27
レーザースキャナ搭載ドローンによる森林計測の評価	広島県立総合技術研究所林業技術センター	…… 29
効果的なマツノマダラカミキリ逸出抑制法設置技術	山口県農林総合技術センター	…… 31
広葉樹導入を考慮した強度間伐後の林分構造の変化	熊本県林業研究指導所	…… 33
シカによるクヌギ萌芽枝食害を防止するための伐採高の検討	宮崎県林業技術センター	…… 35
再造林の省力化に関する研究	鹿児島県森林技術総合センター	…… 37

育 種

希少な秋田杉アオヤジロの特性解明と苗木生産法の開発	秋田県林業研究研修センター	…… 39
山形県における抵抗性クロマツの選抜手法の改良	山形県森林研究研修センター	…… 41
コンテナ容器を用いたヒノキの「挿し木・育苗一貫法」	埼玉県寄居林業事務所	…… 43
マツノザイセンチュウ接種検定済苗木の抵抗性評価	千葉県農林総合研究センター 森林研究所	…… 45
ヒノキ両性不稔個体の発見	神奈川県 自然環境保全センター	…… 47

スギ・ヒノキエリートツリー（特定母樹）の選抜	静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター	…… 49
Mスターコンテナを用いたアテ空中取り木苗の生産	石川県農林総合研究センター 林業試験場	…… 51
ハイパーマツ黒の得苗率を向上させるさし木技術	福岡県農林業総合試験場 資源活用研究センター	…… 53

木材・林産

道産カンバ類の高付加価値用途への技術開発	北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場	…… 55
アカマツ材の高付加価値化に向けた用途開発	岩手県林業技術センター	…… 57
宮城県産スギ CLT 用ラミナ及び CLT の強度性能	宮城県林業技術総合センター	…… 59
実矧ぎの接合部を曲線化して意匠性を高めた木製内壁材の開発	山梨県森林総合研究所	…… 61
設置後 30 年を経過したカラマツ製遮音壁の性能評価	長野県林業総合センター	…… 63
人工乾燥工程でスギ心去り製材の曲がりを矯正する研究	岐阜県森林研究所	…… 65
高強度梁仕口 Tajima TAPOS の利用技術の強化	兵庫県立農林水産技術総合センター 森林林業技術センター	…… 67
天然乾燥を主たる手段とした優良材生産技術の検討	奈良県森林技術センター	…… 69
徳島すぎの強みを発揮する高耐久「乾燥材」の開発	徳島県立農林水産総合技術支援センター	…… 71
クヌギ板材利用技術の開発	愛媛県農林水産研究所 林業研究センター	…… 73
大分県産スギ大径材の有効利用技術に関する研究	大分県農林水産研究指導センター	…… 75
スギを用いた室内木製遊具の実用化	宮崎県木材利用技術センター	…… 77
CLT を活用した木造軸組構法用高耐力壁の開発	鹿児島県工業技術センター	…… 79

特用林産

温度変化に伴うマツタケ菌の菌叢の形態変化	茨城県林業技術センター	…… 81
2014 年のヒノキ原木栽培ナメコの放射性セシウムと汚染の低減	埼玉県 寄居林業事務所	…… 83
里山における機能性きのこカワラタケの栽培技術の開発	富山県農林水産総合技術センター 森林研究所	…… 85
菌床シイタケのビン栽培技術に関する研究	長野県林業総合センター	…… 87
カシ備長炭の収率および品質向上に関する研究	高知県立森林技術センター	…… 89
菌床シイタケ栽培における夏期発生温度の検討	大分県農林水産研究指導センター	…… 91
アラゲキクラゲの菌床栽培に適した培地基材	沖縄県森林資源研究センター	…… 93

樹木内部欠陥を非破壊診断する装置の開発

北海道立総合研究機構 森林研究本部 林業試験場 森林環境部 脇田 陽一

研究の背景・ねらい

街路や公園の緑化樹において、倒木や幹折れ等により歩行者や車両に被害を及ぼす事故が全国的にも頻発しており、外観だけでは把握できない樹木内部の腐朽が要因となっていることも多くあります。このような事故を未然に防ぐために、腐朽等の内部欠陥を把握する事は極めて重要であり、さまざまな樹木の腐朽診断装置・技術が開発されてきています。しかし、それらの装置・技術では、樹木に穴を開けてしまうため病原菌等に感染する恐れがあったり、複雑で大がかりな装置で診断に要する時間も長くなるなどの問題があります。そのため当场では、樹木の内部欠陥診断について2007年から広島大学と共同研究を続けており、音（振動）を使った新しい原理（特許第5531251号）に基づく、迅速で手軽に使える樹木内部欠陥非破壊診断装置を開発しました（図1）。

成 果

開発した診断装置の原理は、樹木の幹を低い周波数から高い周波数まで連続的に振動させた時に生じる共振周波数を比較して、その“ばらつき”の大きさによって、幹の均一の程度を評価し、欠陥の度合いを判定します。診断の手順は、①樹木の幹を加振器と受振器で対角線上に挟み込み（図2）、②加振器で機械的に低い周波数から連続的に振動を与え、③受振器で得られた共振をタブレットPCに搭載したアプリで演算して、共振周波数のばらつき等を求め、④それらの結果から幹の均一性を評価して、内部欠陥の度合いを3段階（○：健全、△：要経過観察、×：要精密検査）で判定します（図3）。

本装置の主な利点は、①加振器により機械的に振動を与え、受振器とPCにより診断するため、調査者の習熟度に左右されないこと、②数十秒で樹木の共振データが得られるため、1カ所の診断が2分程度であること、③幹を直接あるいは画鋲程度の細さの針を刺して測定するため、ほとんど傷が付くことなく非破壊であること、④径10cm程度の細い樹木から1m程度の太い樹木まで測定可能であること、⑤樹種ごとに標準データを必要としないため、樹種名が分からなくても診断が可能であることです（表1）。これまでに、55樹種約3,500個体（針葉樹9樹種2,259個体、広葉樹46樹種1,292個体）について診断を行いました（表2）。一部の個体を抽出して判定精度の検証を行った結果、針葉樹も広葉樹も、腐朽が進んで精密診断が必要である検体は確実に判別できることを確認しました。本研究で開発された樹木内部欠陥非破壊診断装置は、樹木の診断を行っている樹木医や、緑化樹の造成・管理に携わる自治体やコンサルタント業者、さらには林業関係者での活用が見込まれ、北海道の緑化樹産業や林業の振興に貢献できます。

成果の活用

国土交通省や林野庁及び、九州、関西、関東、東北各方面の自治体や道内の自治体、樹木診断を行っている民間企業等からの依頼により、公園の樹木や街路樹の腐朽診断や研修会、現地検討会等において活用されています。現在、本装置の問題点等を使用者から聞き取りし、大量生産・市販化に向けて改良・微調整を行うとともに、街路樹等の生きている樹木だけでなく、屋外の木製構造物についても腐朽診断を行っており、データを収集し解析を行っているところです。



図1 診断装置一式の外観



図2 実際の樹木診断の様子

表1 開発した本装置と従来装置との比較

	本装置	従来装置				
		ハンマー打音 測定装置	貫入抵抗 測定装置	多点式音速 測定装置	γ線透過度 測定装置	電波反射波 測定装置
装置の大きさ	小型	小型	中型	大型	大型	大型
測定時間(分)	2	5	20	30	60	10
測定可能直径(cm)	10~100	30~100	15~100	30~500	100以下	150以下
標準データ	不要	要	不要	不要	不要	不要
診断結果の表示	○△× (3段階)	腐朽率	抵抗値	画像& 腐朽率	画像& 腐朽率	画像& 腐朽率

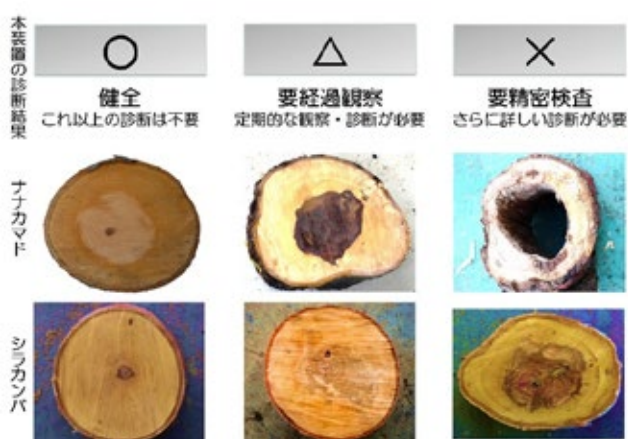


図3 本装置の診断結果と実際の樹木の断面写真

表2 これまでに診断を行った樹木の種類

【針葉樹：9樹種、2,259個体】
アカマツ、イチョウ、カイツカイブキ、カラマツ、クロマツ、スギ、トドマツ、ニオイヒバ、ヨーロッパトウヒ
【広葉樹：46樹種、1,292個体】
アカナラ、アメリカフウ、イタヤカエデ、イヌエンジュ、ウリハダカエデ、エゴノキ、エゾヤマザクラ、オオシマザクラ、オオバボダイジュ、カシワ、カスミザクラ、カツラ、キタコブシ、キンヨウカエデ、クスノキ、クリ、ケヤキ、ケヤマハンノキ、コナラ、サトザクラ、サワグルミ、シウリザクラ、シダレヤナギ、シラカシ、シラカンバ、シンジュ、セイヨウハコヤナギ、センダン、ソメイヨシノ、タブノキ、トチノキ、ドロノキ、ナナカマド、ナンキンハゼ、ニセアカシア、ネグンドカエデ、ハリギリ、ハルニレ、ハンノキ、ヒッコリー、フラタナス、ヘルコーサカンバ、ミズキ、ミズナラ、ヤチダモ、ユリノキ

低コスト森林施業技術の高度化

地方独立行政法人 青森県産業技術センター 林業研究所 森林環境部 矢本 智之

研究の背景・ねらい

近年、木材価格が低迷する一方で人件費などの経営コストが上昇し、収益性が大幅に悪化していることから、主伐期の森林が伐採後に再造林されずに放置される事例が増加しています。

こうした問題を解決するためには、造林や下刈り、間伐等一連の作業コストを低減することにより収益性を高めることが重要です。そこで、適切な再造林が行われるような森林施業モデルの作成を目指して、本県の多雪・寒冷な気象条件に適した森林施業の低コスト技術について調査・研究しました。

成 果

1. 低密度植栽林の実態調査

県内2箇所の低密度で植栽されたスギ林(表1)について、生育調査(写真1)及び樹幹解析(写真2)を行いました。生育調査の結果(表1)、対照林に比較して直径成長及び樹高成長は良好で、形質不良も見られませんでした。両調査地とも除間伐されていませんが、立木本数は植栽本数の約8割まで減少していました。一方、生立木は曲り等が少なく形質は良好でした。また、樹幹解析の結果(図1)から、15年生頃までの初期の肥大成長が旺盛だったことが伺えますが、現在は形状比が高いことから、林冠の閉鎖以降(20～25年生頃)、肥大成長が減少し樹高成長が相対的に増大したと考えられます。

2. コンテナ苗植栽作業工程調査

県内5箇所のコンテナ苗植栽地において、植栽作業工程を調査しました(表2)。裸苗は唐鍬による従来の方法で、コンテナ苗はディブル(写真3)を用いて植栽しました。調査の結果、裸苗とコンテナ苗の植栽効率を比較すると、コンテナ苗植栽の方がいずれも作業効率が良く、スギ150ccコンテナ苗の植栽効率は裸苗の約1.6～2.3倍、スギ300ccコンテナ苗の植栽効率は裸苗の約1.5倍でした。また、カラマツコンテナ苗を植栽した調査地F、Gでも、スギコンテナ苗と同等の植栽効率になりました。

成果の活用

青森県林政課に本研究の成果を提供し、造林補助金の基準数値の変更に活用されました。また、青森県林政課の一貫作業システムの普及関係事業においてデータを共有し、現場への普及に活用されています。

本研究の一部は、生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)」の支援を受けて実施しました。

表1 低密度植栽のスギ林調査地の概要と調査結果

調査地概要						調査結果					
調査地	林齢 (年)	面積 (ha)	調査 本数 (本)	除間伐	植栽時 密度 (本/ha)	調査時 密度 (本/ha)	平均胸高 直径 (cm) ±標準偏差	平均樹高 (m) ±標準偏差	林分材積 (m ³ /ha)	形状比	収量比数
A	65	0.72	101	無	1,000	841	43.0±9.3	32.4±3.1	1896.4	75.3	0.91
Aの対照	60	6.12	74	有	2,000	620	39.6±6.4	25.6±2.0	894.7	64.6	0.71
B	58	0.31	164	無	1,700	1,366	33.2±7.5	27.3±4.0	1674.9	82.2	0.97
Bの対照	60	0.85	99	有	3,000	825	36.7±8.9	27.0±2.5	1186.9	73.6	0.83

対照地は各低密度植栽林の近隣にある林齢の近い林分を選定した。



写真1 調査対象の低密度植栽林（調査地A）



写真2 樹幹解析用円板

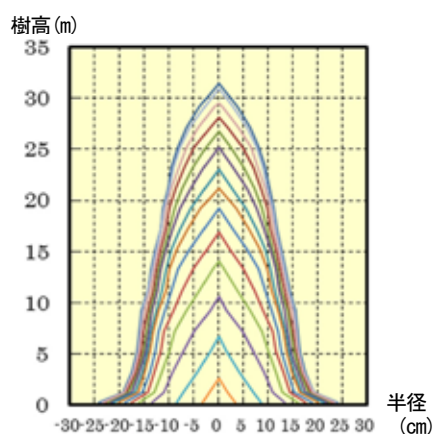


図1 樹幹解析図（調査地A）
5年ごとの樹幹形を示す



写真3 使用したディブル
左: 150cc用、右: 300cc用

表2 植栽作業工程の調査地概要および調査結果

調査地概要					調査結果		
調査地	面積 (ha)	傾斜	前生樹	地拵え	植栽苗の種類	植栽効率 (本/人日) ※	スギ裸苗を100とした場合の比率
C	2.44	5~15°	スギ	機械丁寧	スギ裸苗	187	100
					スギコンテ苗 150cc	374~423	200~226
					スギコンテ苗 300cc	284	152
D	0.16	10~20°	スギ	機械丁寧	スギコンテ苗 150cc	313	167
E	0.10	25°	アカマツ	人力	スギコンテ苗 150cc	305	163
F	0.70	5~15°	カラマツ・アカマツ	機械丁寧	カラマツコンテ苗 150cc	395	211
G	2.58	15~25°	スギ・アカマツ	機械丁寧	カラマツコンテ苗 150cc	416	222

1日の植栽作業＝8時間

スギ樹皮の放射性セシウム濃度の簡易推定手法の開発

福島県林業研究センター 林産資源部 小川 秀樹¹

(¹：現 福島県農業振興課)

研究の背景・ねらい

原発事故後の研究から、製材品に利用されるスギ材部の放射性セシウム (Cs) 濃度は低いものの、樹皮の濃度は材部に比べて非常に高いことが明らかとなっています。福島県では「福島県民有林の伐採木の搬出に関する指針」に従い、森林の空間線量率0.5 μ Sv/hを超える民有林から材を搬出する際は、樹皮の放射性セシウム (Cs) 濃度を確認し、6,400 Bq/kg 以下の場合のみ搬出可としています。

しかし、樹皮の放射性Cs濃度の確認には、伐採、調整および測定等に、多くの時間と労力が必要です。現地にて樹皮の放射性Cs濃度を簡易に推定できれば、確認作業の効率化を図ることができます。そこで、GM管式サーベイメータを活用した樹皮の放射性Cs濃度の簡易推定手法の開発を本研究の目的としました。

成 果

森林内において樹皮からの放射線をサーベイメータによって測定するためには、環境中からの放射線 (γ 線が主) の遮蔽が必要です。そのためには鉛等が必要であり、例えば持ち運びなど簡便性の点で問題があります。一方、 β 線は遮蔽が容易であることから、樹皮の β 線から放射性Cs濃度を推定する手法を検討しました。

β 線と γ 線の透過性の違いを利用し、以下の方法で β 線のみを透過させました。GM管式サーベイメータで樹皮を測定する際に、検出器と樹皮との間に2種類のアクリル板 (穴あき、穴無し) を挿入し、両者での計数率の差 (β 線) を求めました (写真1、図1)。

森林内で測定した樹皮の β 線の計数率 (cpm) とゲルマニウム半導体検出器で測定した樹皮の放射性Cs濃度 (Bq/kg) の関係を調べたところ、両者には正の相関が認められました (図2)。以上の結果から、GM管式サーベイメータと2種類のアクリル板を用いることで、 β 線のための測定から森林内でも樹皮の放射性Cs濃度をおおよそ推定できることが明らかとなりました。

ただし、両者の関係にはバラツキがあることから、本手法は、個体ごとの濃度を測定評価するのではなく伐採地の絞り込みのための事前スクリーニングとしての利用が適切と考えられました。伐採地の事前スクリーニングを本手法で実施することで、現場での迅速な判断が可能となり、森林の利活用が進むことが期待されます。

成果の活用

本手法を利用する際の留意事項は以下の通りです。

- ・樹皮の放射性Cs濃度は同一森林でも立木ごとに異なり、また同一立木でもその方位によって変わってくる可能性があります。多数の立木でかつ方位別に測定を行うことで、推定精度の向上が図られます。
- ・図2で示した関係性は経年的に変化することが予想されるため、定期的な調査が必要です。
- ・図2はThermo Scientific社製RadeyeB-20を利用した結果であり、他の機種を利用した場合には回帰式は異なります。

本成果は2016、2017年の東北森林科学会大会で口頭発表を行いました。



写真1 GM管式サーベイメータによる樹皮測定状況(左)と使用したアクリル板(右)

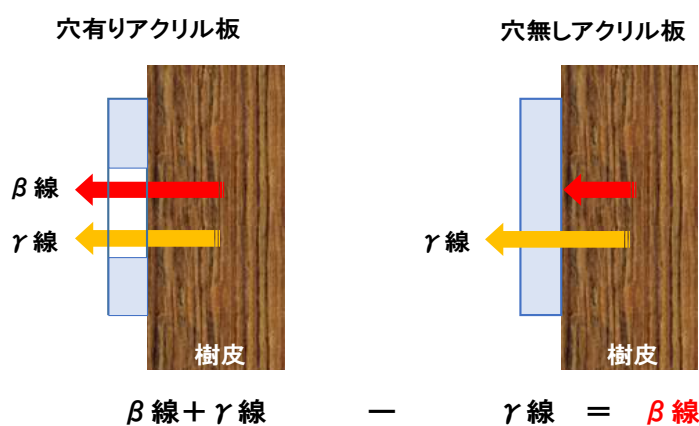


図1 アクリル板を利用した樹皮からのβ線測定イメージ図

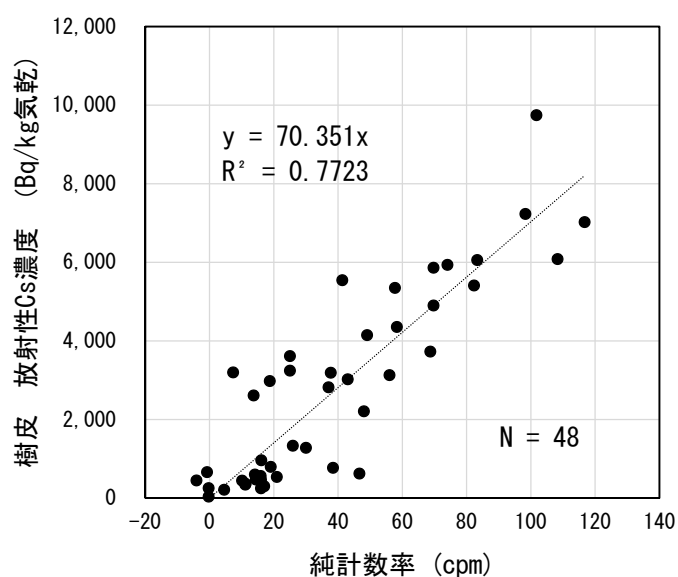


図2 野外におけるGM管式サーベイメータの測定値と放射性Cs濃度の関係
純計数率は以下の算出式により求められ、BG計数率の変動によりマイナス数値となる場合がある。
純計数率 = 総計数率(穴有リアクリル板) - BG計数率(穴無しアクリル板)

栃木県におけるシカによる森林植生への影響把握の試み

栃木県林業センター 研究部 宮下 彩奈¹・高橋 安則・丸山 哲也
(¹: 現 森林総合研究所)

研究の背景・ねらい

シカの食圧による森林植生改変度を簡便に評価する手法として、兵庫県で開発された木本類とササの植生被度を使用した下層植生衰退度（オリジナル版SDR、図1）が西日本の各県で採用されています。しかしながら、シカの食圧に対して耐性があるミヤコザサ等が優占する地域ではSDRランクが過小に判定される可能性があることなどから、東日本地域ではこれまで行われていませんでした。

そこで、日光・利根地域シカ個体群の生息地（日光市周辺）を含む栃木県において、シカが生息している、または生息の可能性がある地域で調査を実施し、栃木版SDR（図2）を作成、シカによる植生への影響の可視化を県域スケールで行いました。栃木版SDRは高い食圧を受けたササは矮小化するという特性に着目したもので、ランク付けする際に棹高により補正されたササ被度を使用します。

成 果

- ・調査地点はおおむね5 km メッシュに1箇所、計174地点設定しました（図3）。
- ・ササ被度の補正值として、食圧によるササの標準的な棹高からの低下率を被度にかけたものを用いました。
- ・栃木版SDRのランクはオリジナルSDRと比較して、全調査地点の2割弱の地点でアップし（図4）、密度指標としての目撃効率（狩猟）が高い地域ほど高くなるという傾向があり、その傾向はオリジナル版より強かったことから、栃木版SDRの有効性が示唆されました。
- ・棹高補正を行った離散的データのマップに逆距離加重法による補間処理（IDW法）を行ってコンターマップ化したことにより、シカによる森林植生への影響度を県域スケールの可視化できました（図5）。
- ・作成したコンターマップをLeave-One-Out法によって検証した結果、83.0%の地点で推定値と実測値の誤差が1ランク差以内に収まっており、十分に活用可能なレベルでした。
- ・栃木県において、シカによる森林植生への影響は標高500m以上で急激に高まること、緩傾斜地よりも中急傾斜地で大きいという地形的要因も関わっていることを明らかにすることができました（図6）。
- ・栃木県のシカ管理計画では、シカの森林植生への影響を継続的に把握する手法の確立が課題となっていました。今回の研究で栃木版SDR法の導入は有効であると考えられます。

成果の活用

この研究については、2018生態学会で公表しました。

栃木県は今回の調査法を栃木県ニホンジカ管理計画におけるモニタリング項目のひとつとして位置付け、実施した対策の評価及び捕獲や防除を重点的に行う地域を抽出するための基礎資料として活用しています。

現在栃木版SDRマップと人工林（スギ・ヒノキ）被害との関係把握のための調査を進めており、栃木版SDRランクと植栽苗木の被害の程度及び防除対策の効果との関連性が明らかになりつつあり、過不足のない被害対策を行うための基礎資料として活用できる見込みです。

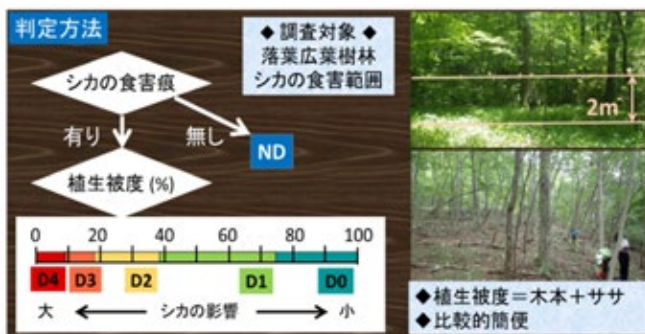


図1 下層植生衰退度(オリジナルSDR)の判定方法

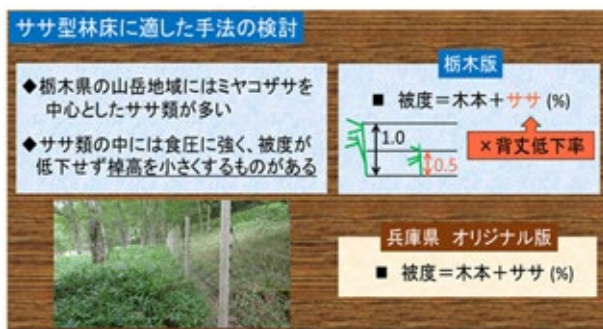


図2 栃木版SDRにおける幹高補正方法

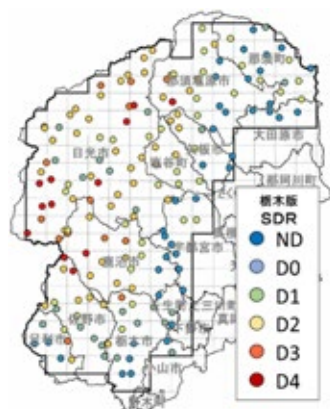


図3 栃木版SDRポイントマップ



図4 栃木版とオリジナル版SDRとのランク差

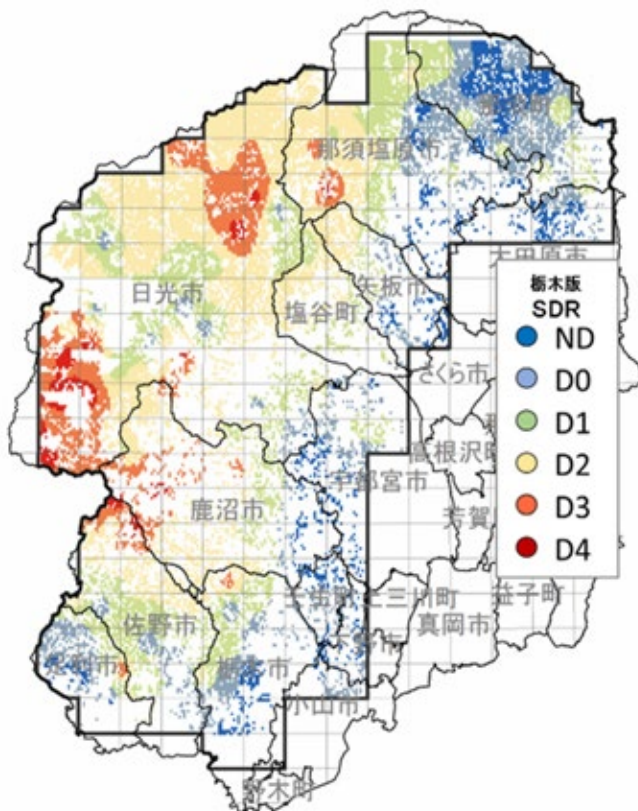


図5 IDW法で補間した栃木版SDRマップ

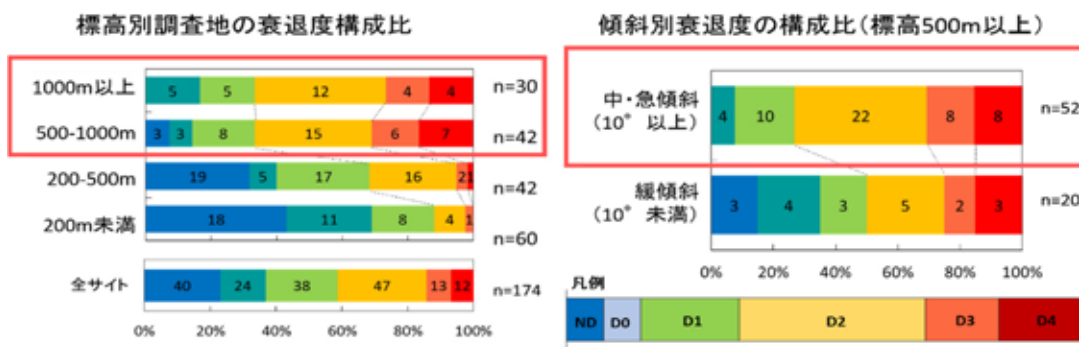


図6 栃木版SDRの地形的傾向

[問い合わせ先: 栃木県林業センター 研究部 Tel 028-669-2211]

鉍塩を利用したニホンジカの長期定点捕獲法の確立

群馬県林業試験場 企画・自然環境係 坂庭 浩之

研究の背景・ねらい

ニホンジカの増加は全国的に問題となっています。捕獲方法として獣道にくくりわなを設置する方法が多く用いられていますが、この方法には、設置場所を見極める熟練技術や設置わなの頻回点検が必要であり捕獲効率が低いこと、非選択的捕獲器具のため錯誤捕獲が発生しやすいことという欠点がありました（以下：獣道法）。

そこで、くくりわなを用いながら、ニホンジカのみを選択的に捕獲する技術の開発が期待されていました。本研究では、鉍塩を用いてニホンジカのみを獣道外に誘導し、長期間にわたり同一場所で安定的に捕獲する方法を確立したので報告します。

成 果

新しい手法を「長期定点捕獲法」と名付けます。捕獲は、鉍塩とくくりわなを図1に示すように配置した捕獲サイトにおいて行います。獣道法の捕獲効率は1%以下とされていますが、この新しい方法を用いることにより捕獲効率を従来の約30倍にまで高めることができました。

鉍塩の嗜好性の確認から実際の捕獲の手順を表1に示しました。実施にあたっては下記のポイントを意識してください。

- ①鉍塩は獣道から離して配置する。これは、鉍塩を好んで利用するニホンジカを獣道の外に誘導するためです。
- ②くくりわなは鉍塩を中心に同心円状に3台設置する。これによりニホンジカがどの方向から近づいても捕獲を可能とします。
- ③鉍塩とくくりわなは30～40cmの間隔を置いて設置する。これは鉍塩を舐めるため頭部を下垂した際に前肢を置く位置にくくりわながあることを想定しています。
- ④くくりわなとそのアンカーとなる元木は20 m程度離す。捕獲された個体が暴れて捕獲サイトを荒らさないための工夫です。森林内では元木とくくりわなを遠く離しても、シカは周囲の立木に巻き付き身動きがとれなくなるので、捕殺に支障を来すことはありません（写真1）。捕獲サイトが荒れないことで、同じ場所で長期にわたって繰り返し捕獲が可能となります。
- ⑤くくりわなは空はじきが少なく、長時間にわたって埋設設置しても確実に動作する機種を使用する。長期定点捕獲実施のためにとても重要なポイントです。空はじきが発生すると、シカが捕獲サイトの危険を察知し、利用しなくなる可能性があります。本研究では（株）三生・スーパーマグナムとフットガイドボックスをセットで使用しました。
- ⑥鉍塩の配置は多くとも1 km²ごとに1個程度とする。これはニホンジカの中心的な行動圏が約1 km²であり、過剰な配置はシカの誘引効果を分散させ管理コストの増加、捕獲効率の低下を生じます。
- ⑦放血は胸腔内放血とし、現場に血液を流さないための対応です（写真2、写真3）。

成果の活用

この技術は、2018年日本哺乳類学会、平成29年度群馬県農林水産業関係機関成果発表会において口頭発表しました。また、群馬県内3か所の事業で導入され、くくりわな初心者やニホンジカの低密度地域でも速やかに捕獲できることが証明されています。

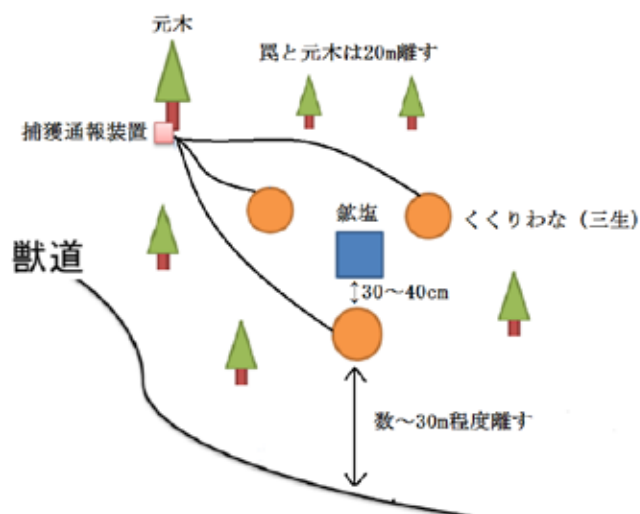


図1 捕獲サイトのレイアウト



写真1 実際の捕獲の様子



写真2 ナイフを刺す位置

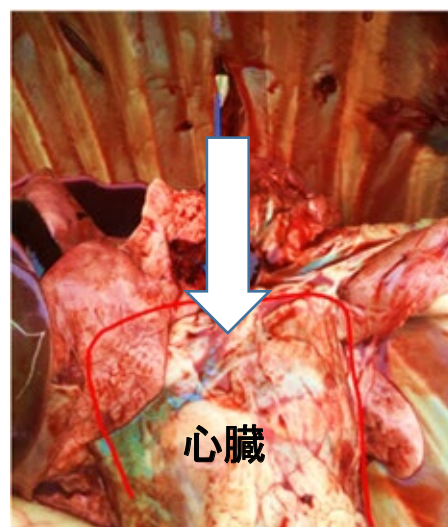


写真3 心臓上端にナイフが刺さる

表1 長期定点捕獲法の手順

ステップ	作業
第1段階	鉾塩を設置 (嗜好性確認)
第2段階	シカの集合状態を確認
第3段階	捕獲サイトを形成 (捕獲通報装置の活用を推奨)
第4段階	実際の捕獲 ・胸腔内放血 ・くくりわなの再設置
第5段階	捕獲効率が低下したら罾を回収 鉾塩は継続して配置 (塩場として学習させる)

圧縮空気を用いたシカの防除装置の開発

東京都農林総合研究センター 緑化森林科 新井 一司
畜産技術科 近藤 穂高・会田 秀樹

研究の背景・ねらい

東京都においては、スギ花粉発生源対策事業（主伐）によって皆伐後に再造林した面積は、2010年度までの5年間で175 haにのぼります。この間、都内のニホンジカ（以下、シカ）は管理捕獲によって生息密度が低下したため、土砂流出に至るような摂食型の激害地はなくなりました。それでも、再造林地の植栽木は10月頃にオスジカの角こすりによって剥皮害を受けるため、この時期にオスジカを寄せ付けないことが重要です。このような再造林地において、コストのかかるシカ侵入防止柵ではなく、簡易な防除方法を検討しました。本研究では、圧縮空気を用いた物理的刺激によるシカの防除品「エアアタック装置」を試作し、その効果を検証しました。

成 果

圧縮空気を用いた物理的刺激の効果を見るために100V電源で稼働する「エアアタック装置」を試作しました（図1）。本装置は、焦電式熱感知センサーにより2.0m以内に近づいたシカを感知し、コンプレッサーを用いて圧縮した空気を吹き付けるものです。近づいたシカに対し、的確に高压のエアを当てるため、筒状の塩ビパイプをセンサーの前に配置してセンサーの検知範囲を8.5°に狭めるとともに、距離センサーを併用しました（図1）。これを用いて、東京都農林総合研究センター青梅庁舎で飼育している2頭のシカで試したところ（図2）、防除効果は、およそ1ヵ月間継続して認められました（図3）。

そこで、林地に持ち運んで稼働できるように「エアアタック装置」を小型軽量化しました（図4）。小型化した装置のセンサーは、1.5m以内でシカを感知します。飼育下のシカに試したところ、センサーが反応する前方1.5mの範囲において餌（アルファルファ ヘイキューブ）の摂食はなく、防除効果が認められました。また、再造林地において野生ジカに試したところ、設置後、シカは餌（塩混じりの土）の匂いに寄ってきましたが、およそ1ヶ月間、5m以内に近づきませんでした（図5）。

このように一定の効果が認められましたが、1haを超えるような広域の再造林地において防除効果を高めるには、シカが頻繁に利用している再造林地の外周の立木の一部に防風ネットなどを取り付け、侵入してくるシカを誘導し、その先に「エアアタック装置」を配置するなどの工夫が必要です。

成果の活用

東京都農林総合研究センター 森林・林業関係研究発表会において都内の林業関係者に向けて発表するとともに、東京都の森林・林業関係 研究・普及・行政連絡会議で情報共有されました。



図1 「エアアタック装置」の外観



驚いて飛び上がるシカ

図2 シカにエアが当たった直後の様子



図3 飼料摂取量の推移

エアがシカに当たってから25日間シカは装置前のエサ場に近づかなかった。



図4 小型軽量化した「エアアタック装置」



図5 5m離れた位置で警戒する4頭の野生ジカ

マツノマダラカミキリの1%発生日の予測

新潟県森林研究所 森林・林業技術課 岩井 淳治・宮嶋 大介[※]
([※]: 現 新潟県治山課)

研究の背景・ねらい

効率的に松くい虫被害を予防するためには、マツノマダラカミキリ（以下、カミキリ）の発生日を把握する必要がありますが、そのためには発生までに必要な有効積算温量を知ることが重要です。新潟県では1980年代に4年間分6セットの調査結果を用いて、カミキリの発生に必要な有効積算温量を320日度と推定しました¹⁾。しかし、発生頭数100頭以下が6セット中4セットあり、1頭発生した時点で1%を超えることから発生頭数100頭以上の再調査の必要性が検討されたことや、近年の気温変化を反映させた有効積算温量への見直しが求められたため、新たに4年間の調査を行い、データを充実させて薬剤散布の適期推定に必要な有効積算温量の予測を行いました。なお、有効積算温量の算出は3月1日以後の日平均気温について発育限界温度を11℃として²⁾算出しました。

成 果

カミキリの1%発生日（被害木からカミキリ全体の1%が脱出する日のことで、本県では従来から初発日ではなく1%発生日を採用しています）の有効積算温量は今回の4年分の調査平均で357.6日度で（表1）、過去の調査結果（表2）と併せた10データの平均値では335.2日度（切捨てで335日度）となりました（表3）。また、カミキリの初発日や終息日などは過去調査と大きな変化はなく（表1、表2）、発生頭数も各年100頭以上であり十分確保できました（表1）。1%発生日から終息日まででは平均42.4日（最短～最長：35～56日）であり（表3）、8週間（56日間）殺虫効果が保証されている予防薬剤を適期に1回散布すれば、予防効果は十分期待できます。

カミキリの1%発生に必要な有効積算温量を320日度から335日度に変更すると、県内各地における気温の平年値から予測したカミキリの1%発生日は従来よりも1～2日遅くなりました。そこで、各地の気温から有効積算温量を計算し発生日を予測するエクセルシート（従来から使用しているもの、図1）において、カミキリ1%発生日の有効積算温量を335日度に変更しました。

成果の活用

この調査結果に基づき本県では平成28年度に従来の有効積算温量320日度を335日度に変更しました。また、本成果は新潟県森林研究所研究報告第58号に掲載するとともに、エクセルシートを県の地域機関森林病虫害防除事業担当者へ配布し、防除事業の実施日の決定に役立てています。

引用文献

- 1) 布川耕市・山崎秀一 新潟県におけるマツノマダラカミキリの生態 新潟林試研報30, 27-41, 1988
- 2) 遠田暢男 マツノマダラカミキリの生活史 森林防疫25, 182-185, 1976

表1 マツノマダラカミキリ発生日と有効積算温量（今回調査）

年 度	調査地	初発日	1 % 発生日		終 息 日	終息日－ 1%発生日 (日)	発 生 頭 数
			日 付	有効積算温量 (日度)			
2013	村上	7月4日	7月5日	443.3	8月9日	35	123
2014	村上	6月18日	6月20日	328.6	8月15日	56	328
2015	村上	6月15日	6月18日	327.7	8月5日	48	580
2016	村上	6月18日	6月20日	330.7	7月27日	37	145
平 均		6月21日	6月23日	357.6	8月6日	44.0	294.0

表2 マツノマダラカミキリ発生日と有効積算温量（過去調査）

年 度	調査地	初発日	1 % 発生日		終 息 日	終息日－ 1%発生日 (日)	発 生 頭 数
			日 付	有効積算温量 (日度)			
1980	村上	6月20日	6月20日	336.0	7月26日	36	57
1980	新津	6月16日	6月14日 ※	339.0	7月30日	46	55
1981	村上	7月3日	7月4日	348.0	8月11日	38	193
1981	新津	6月13日	6月12日 ※	224.0	7月22日	40	54
1982	村上	6月29日	6月29日	404.0	8月3日	35	36
1986	村上	6月16日	6月19日	271.0	8月11日	53	238
平 均		6月21日	6月21日	320.3	8月1日	41.3	105.5

※新津調査地は数日おきの調査であったため、1%発生日は初発日から推定したものであり、逆転している。

表3 マツノマダラカミキリ発生日と有効積算温量（全調査平均）

初発日	1 % 発生日		終 息 日	終息日－ 1%発生日 (日)	発 生 頭 数
	日 付	有効積算温量 (日度)			
6月21日	6月22日	335.2	8月3日	42.4	180.9

日	有効積算温量	平均気温
4日	251.6	18.2
5日	259.0	18.4
6日	266.5	18.5
7日	274.2	18.7
8日	282.0	18.8
9日	289.9	18.9
10日	298.0	19.1
11日	306.2	19.2
12日	314.5	19.3
13日	322.9	19.4
14日	331.4	19.5
15日	340.0	19.6
16日	348.7	19.7
17日	357.5	19.8
18日	366.4	19.9

図1 マツノマダラカミキリ発生日予測シートの画面

335日度以後が着色される。

[問い合わせ先：新潟県森林研究所 森林・林業技術課 Tel 0254-72-1172]

新しいトラップによるナラ枯れの予防

静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター 森林育成科 加藤 徹

研究の背景・ねらい

静岡県では2010年にナラ枯れが初めて確認されましたが、その後県内全域に広がりつつあります。静岡県で主にナラ枯れで被害を受けるのは里山に多いコナラですが、公園や別荘地などの樹木の多い住宅地など、人が集まる場所や生活圏内にもコナラは多く生育しています。ナラ類の枯死木は材の腐朽が早く、枝の落下などの危険があり、そのような場所では速やかな伐倒が必要です。しかし、しばしばコナラは大径化し伐倒にも費用が嵩みます。そのため、枯死木を出さないようにする予防対策が望まれますが、ナラ枯れは松くい虫とは異なり薬剤散布のような面的な予防技術が確立していません。

この課題では、できるだけ安価で面的な予防技術、そして、できれば公園などで活躍するボランティアの人たちにもできるような技術の開発を目的として研究を始めました。

成 果

安価で簡単に作製、設置ができ、しかもカシノナガキクイムシを大量に捕獲できるトラップを開発しました(図1)。これは、市販のA4サイズクリアファイルを使って作製するもので、幹にガンタッカー等を用いて簡単に設置ができます。設置後は見回りと水の入れ替えが必要ですが、トラップ作成時の卓上型シーラー以外は特別な道具や技術は必要なく、誰にでもできます。

方法としては、まず事前調査として6月初めに、対象とする林分の設置しやすい木にトラップを1基ずつ仕掛け、カシノナガキクイムシがたくさん捕獲できる(マスアタックする)木を見つけます。その木に対し、幹の太さに応じて複数のトラップを追加設置します。トラップ設置後は、6月中は1週間おきに、7月以降は2週間おきに見回り、捕獲された虫の回収と水の入れ替えを行います。これを8月末まで継続します。2015年に初めてナラ枯れが発生した静岡市の2haのコナラ林で、2016、2017年に試験した結果、大量のカシノナガキクイムシが捕獲され、トラップ設置木ではナラ枯れによる枯死を概ね防ぐことができ、林分としても被害が軽減されたと考えられました(表1)。

トラップ設置木でも一部のカシノナガキクイムシは穿入しますが、そのような木は抵抗力を獲得し、翌年以降枯れにくくなります。前述の試験では、カシノナガキクイムシが多く捕獲された木では、次の年にはほとんど獲れませんでした(図2)。また、県内各地で、ナラ枯れが発生する前から固定調査地を設定し、7～10年間毎年ナラ枯れの本数を調査したところ、ナラ枯れの継続期間は1～2年が多く、最長で5年で枯死無く安定した(図3)。これらのことから、コナラ林ではナラ枯れが始まってから数年～5年間、このトラップによる防除を続ければ、枯死木発生を抑制しつつナラ枯れは低レベルで抑えられるものと考えられました。

成果の活用

学会誌や当研究所の研究報告のほか、研究発表会や講座で成果を発表しています。また、普及資料として成果をまとめたパンフレットを作成中です。

これらの成果を元に、県立森林公園や浜松市の公園、伊豆市の観光施設などで予防対策として実際にこの技術を使用しています。

表1 静岡市の2haのコナラ林で行ったトラップの
カシノナガキクイムシ捕獲数と枯死木の発生数

調査年	トラップ設置 対象木	トラップ複数 設置木	カシノナガキク イムシ捕獲数	枯死木
2015年	—	—	—	24
2016年	193	36	59750	8
2017年	193	30	160693	7



図1 新しく開発したトラップ

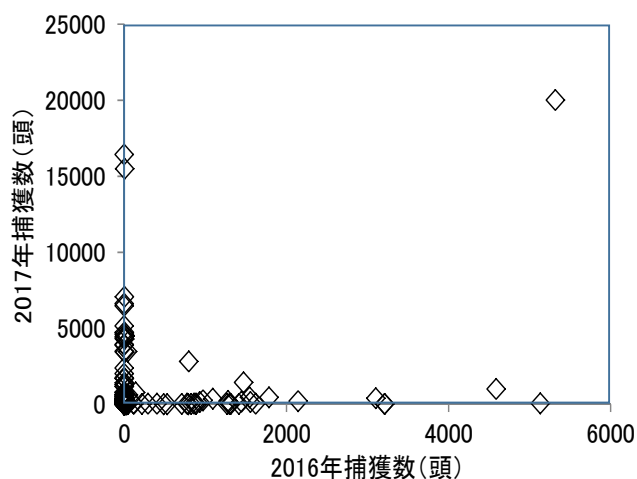


図2 試験木ごとの2016年と2017年の
カシノナガキクイムシ捕獲数
右上1本は、胸高直径62cmの大径木。

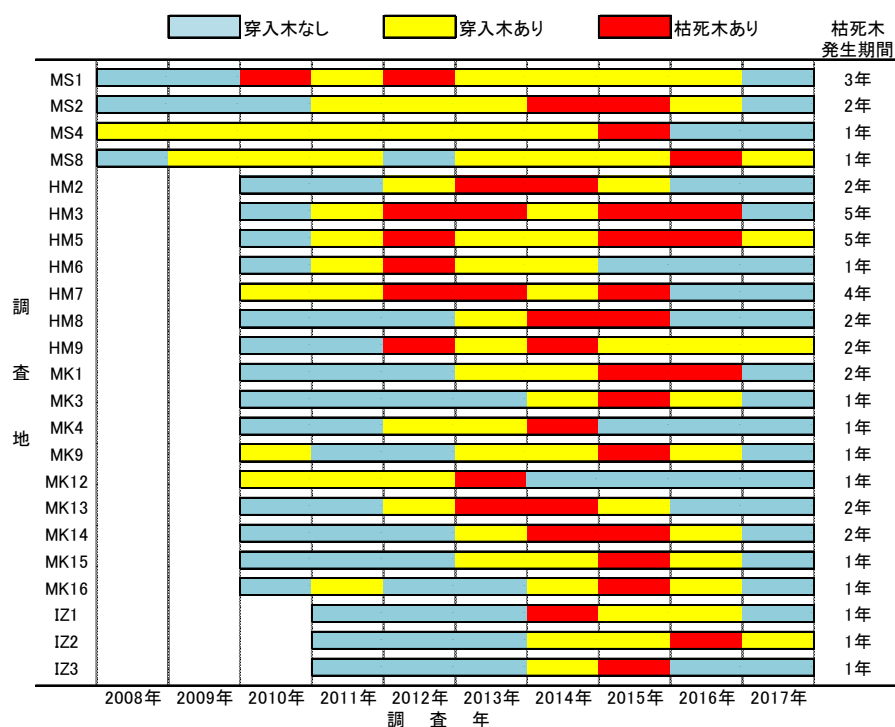


図3 県内各調査地におけるナラ枯れによる枯死木または穿入木の発生期間

枝条集荷に係る効率的な供給システムの研究について

福井県総合グリーンセンター 林業試験部 野村 崇

研究の背景・ねらい

福井県内で木質バイオマス発電所が稼動し始めたことにより、県内で燃料として消費される低質材の量が大きく増えています。低質材の安定的な出荷先が確保されたことで、木材価格を下支えする効果も期待されており、今後も発電所の安定稼動が望まれているところです。しかし、発電所が消費する燃料用材の量は膨大であり、長年にわたり安定した燃料供給を続けられるかどうか不安な面もあります。そこで、将来的に燃料用材が不足する事態も想定して、本研究ではこれまで林地に捨てられていた枝条等（林地残材）を搬出し、燃料として利用した場合の経済性を判断するために必要となる、枝条等の発生量の推定、山林での枝条乾燥試験、枝条等の収集方法について検討することにしました。

成 果

1. 発生量の推定には、図1の計算式で行いました。この手法をもとに、測定したスギ材の結果（表1）と福井県産スギの容積密度、報告されている平均的な幹材歩留まり82%などから計算すると、福井県産スギの林地残材量は、立木伐採量あたり163 dry-kg/m³となることが分かりました（表2）。
2. 枝条の乾燥試験では、メッシュ金網を用いた専用のケースを作成し3段積みすることで、枝条が堆積された状況を再現して行いました（写真1）。その結果、冬期間は積雪による影響で含水率が上昇しましたが、雪解けから梅雨時期までの期間に乾燥が進むことが分かりました（図2）。
3. 枝条等の収集方法についての検討では、搬出コストを抑えるために移動式チップパーを現場へと持ち込み、現地でチップ化する方式で調査しました。使用した機械類は、グラブプル、移動式チップパー、脱着式フォワーダ、アームロール式ダンプの4台で、減価償却費等を加味した時間当たり費用と1現場当たりの平均稼働時間から費用を計算しました。次に、現場から搬出された量と枝条等の買取り価格（8,500円/生t）から収入額を計算し、支出と収入の比較を行いました。その結果、①搬出を行う1現場あたり、90生t以上の枝条搬出が見込める作業地へ絞込み（素材材積80 m³/ha搬出の現場で、含水率が128%、利用可能な量を80%とした場合、3.1ha以上の間伐面積となります。）。②列状間伐・全木集材を導入して枝条を集中的に発生させる。などの工夫を行えば、採算を確保しながら発電用燃料として利用できることが分かりました（図3）。

成果の活用

当センターの業務報告書に掲載するとともに、福井県林業技術研究発表会で公表しています。また、枝条搬出を希望する事業体に対してデータを提供し、作業形態にあった最適な搬出方法を検討していく予定となっています。

○計算手法

・枝条等（林地残材）発生係数 =
$$\frac{\text{容積密度 (t-dry/m}^3\text{)} \times [(100 - \text{幹材歩留まり (\%)}) / 100 + (\text{拡大係数} - 1)]}{1}$$

・枝条等（林地残材）発生量 (t - dry) = 立木伐採量(m³) × 枝条等発生係数

ここで、容積密度とは立木の幹材積1m³あたりの乾燥重量とし、幹材歩留まりは立木の幹材積から末木や幹元を除いた素材丸太の割合を示している。ここでは、82%の数字を使用。
拡大係数は、立木幹材積の重量を1とした場合に枝葉なども含めた全重量を表している。

図1 枝条等発生量の推定手法

表1 スギ各部位の測定結果

調査地区	樹種	齢級	試験体数	全幹材積 (m ³)	幹含水率 (dry%)	末木重量 (生 t)	枝葉重量 (生 t)	枝葉含水率 (dry %)	幹重量 (生 t)
A	スギ	8	6	2.080	163	0.022	0.385	105	1.685
B		9	5	3.855	149	0.097	1.550	128	3.054
C		9	4	2.436	156	0.150	0.479	109	2.051
D		10	5	3.960	133	0.046	1.098	121	2.964
E		12	5	8.178	120	0.099	1.552	101	5.452
計			25	20.509	143	0.413	5.063	113	15.206

表2 林地残材発生係数の計算結果

樹種	容積密度 (t/m ³)	拡大係数	幹材歩留まり (%)	林地残材発生係数
福井 スギ	0.319	1.33	82	0.163



写真1 枝条の乾燥試験状況

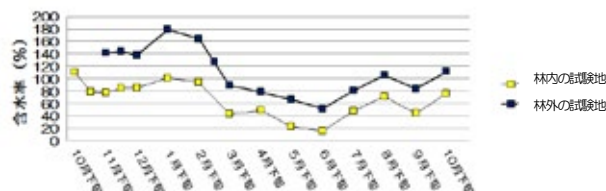


図2 秋設置の枝葉乾燥経過

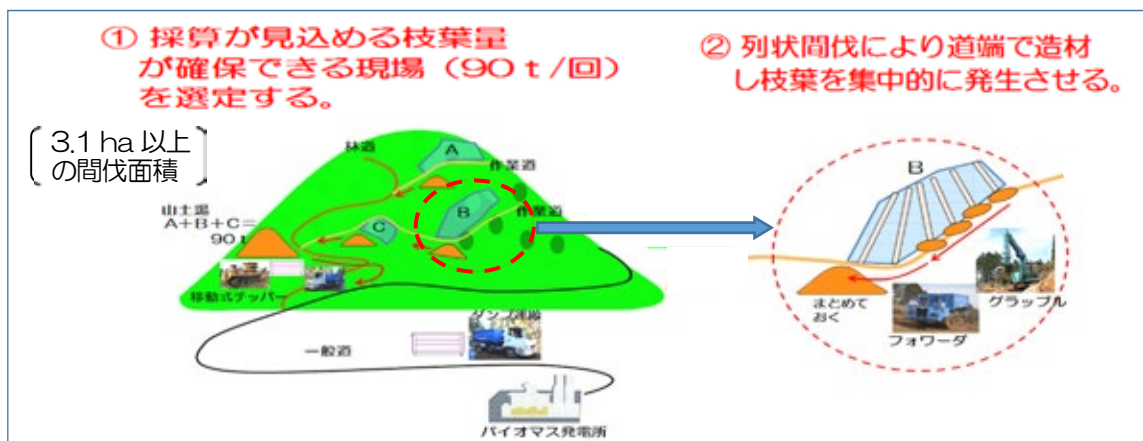


図3 枝条搬出作業のイメージ

[問い合わせ先：福井県総合グリーンセンター 林業試験部 Tel 0776-67-0002]

シカ生息密度と農業被害・森林植生状況の関係解析

(地独) 大阪府立環境農林水産総合研究所 環境研究部 幸田 良介・石塚 譲

研究の背景・ねらい

各都道府県が策定しているシカ管理計画では、管理目標とするシカの生息密度や生息頭数が定められています。しかしながら、多くの管理計画では環境省の定めるガイドラインの目安に従って目標密度が定められており、目標密度の達成によって実際に被害の低減が可能なのかどうかは十分に検証されていないのが実情です。そこで、大阪府における平成24～27年度のモニタリングデータを用いてシカ生息密度と農業被害や森林植生状況との関係を解析し、甚大な被害の発生を抑制できるシカ生息密度について検証しました。

成 果

1. 各種モニタリングデータの取得

シカが生息する大阪府北摂地域に約100ヶ所の調査地を選定し、糞塊除去法¹⁾を用いて各調査地のシカ生息密度を推定しました。その後、逆距離加重法による空間補間を行い、1km²メッシュごとのシカ生息密度を算出しました(図1)。農業被害状況については、府内各地の農業集落を対象としたアンケート²⁾によって、被害強度を5段階(被害なし、ほとんどない、軽微、大きい、深刻)で調査しました(図2)。森林植生状況については、上述の糞塊調査地を用いて下層植生衰退度調査³⁾を行い、低木層の植被率とシカの食痕の有無によって衰退度を6段階(無被害、衰退度0、衰退度1、衰退度2、衰退度3、衰退度4)で評価しました(図3)。

2. 密度と被害の関係解析

得られたモニタリングデータを用いて、密度と被害の関係性を解析しました。解析には、シカの影響の非線形性を考慮できるように、一般化加法モデルを用いました。

農業被害強度との関係解析の結果、シカ密度が10頭/km²程度を上回ると被害が著しく増加することが分かりました(図4)。森林植生との関係では農業被害のような非線形な関係は認められず、基本的にシカ密度増加に応じて被害が単調増加していたものの、シカ密度10頭/km²未満の地域では下層植生衰退度が2以上の地域は全く確認されないことが分かりました(図5)。

以上のことから、農業被害や森林植生への影響を低下させるためのシカ生息密度の一つの目安として、約10頭/km²が示唆されました。

成果の活用

本モニタリング調査結果および解析結果は、大阪府のシカ・イノシシ保護管理検討会や環境審議会野生生物部会で報告しました。この研究成果が一つの根拠となり、現行の「大阪府シカ第二種鳥獣管理計画(第4期)」では「10頭/km²」という生息密度が管理目標の目安として明記されるなど、実際の施策にも研究成果が活用されています。

引用文献

- 1) Koda R, Agetsuma N, Agetsuma-Yanagihara Y, Tsujino R, Fujita N. 2011. Ecological Research 26: 227-231.
- 2) 幸田良介. 2016. 地域自然史と保全 38: 29-40.
- 3) 藤木大介. 2012. 兵庫ワイルドライフモノグラフ 4: 1-16.

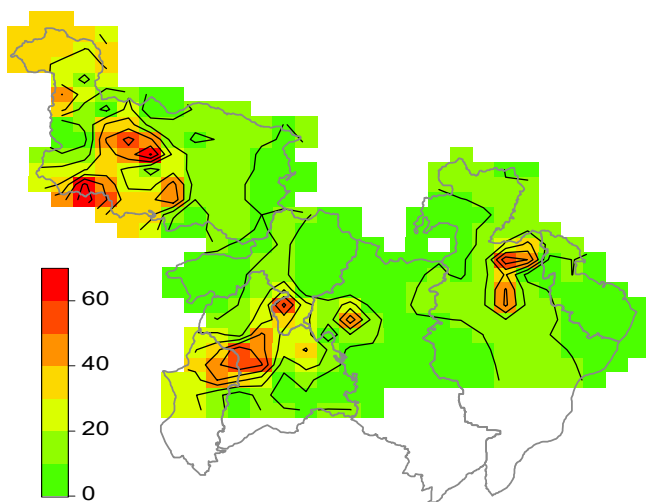


図1 シカ生息密度(頭/km²)の分布
平成26～27年度の推定結果の平均値を用いて作図した。

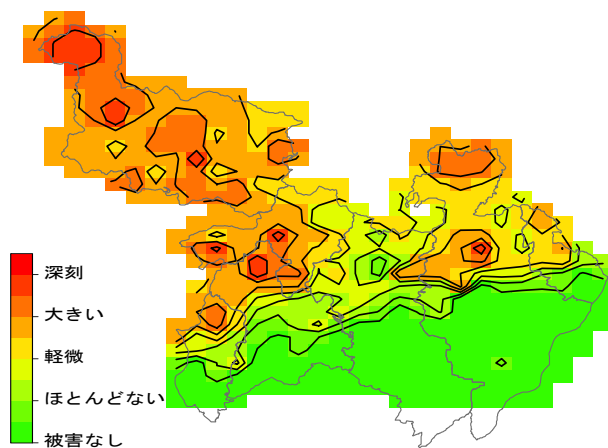


図2 農業被害強度の分布
平成24～27年度の調査結果の平均値を用いて作図した。

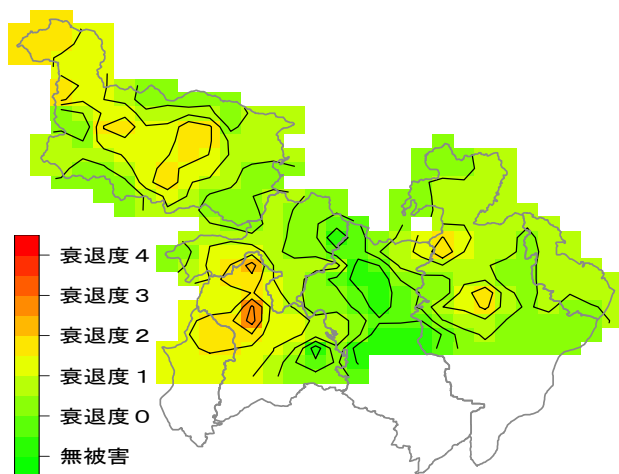


図3 下層植生衰退度の分布
平成27年度の調査結果を用いて作図した。

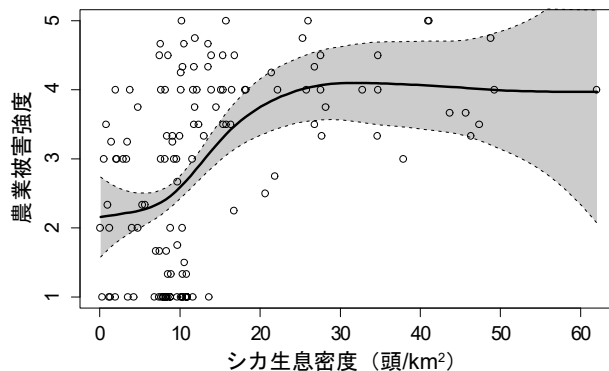


図4 シカ生息密度とアンケートによる
農業被害強度の関係

農業被害強度のアンケート調査結果(被害なし～深刻)をそれぞれ1～5に数値換算した。灰色は95%信頼区間を示す。

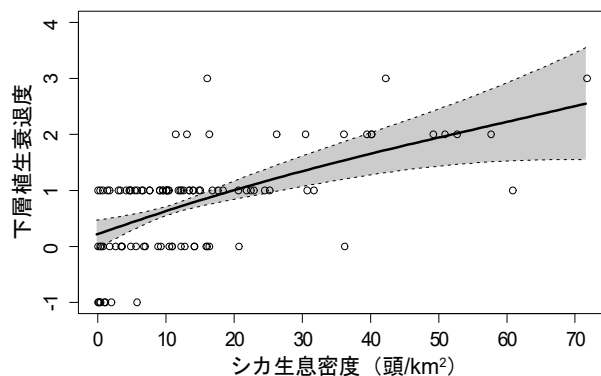


図5 シカ生息密度と森林の下層植生衰退度の関係
下層植生衰退度の調査結果(無被害～衰退度4)をそれぞれ-1～4に数値換算した。灰色は95%信頼区間を示す。

森林防護柵沿いにおけるシカの誘導捕獲技術の開発

和歌山県林業試験場 経営環境部 日下 昭宏
経営環境部 法眼 利幸

研究の背景・ねらい

和歌山県では、ニホンジカ（以下、シカ）の増加に伴い生息域が拡大し、農林業に深刻な被害が発生しています。特に林業では、植栽苗木へのシカによる食害が深刻な問題になっていることから、防護柵（以下、柵）による物理的防除だけでなく、捕獲を取り入れた被害対策を進めることが急務となっています。この状況に対応するため、柵を設置した植栽地に出没するシカの行動を調査するとともに、柵を利用したくくりワナによる誘導捕獲技術の開発に取り組みました。

成 果

1. 柵を設置した植栽地に出没するシカの行動を明らかにするため、柵沿いにセンサーカメラを設置し、シカの出没状況を調べたところ、シカが全く出没しない地点がありました（図1）。このことから、シカは必ずしも柵に沿って移動しているわけではないと推測され、柵沿いにくくりワナを設置しただけでは、効率的にシカを捕獲する事は困難だと考えられました。
2. 柵沿いの多くの地点で、週1回の給餌を3週間継続することによりシカの出没日数が増え、初めて出没ようになった地点も見られました（図1）。出没地点も給餌開始から増え、3週間後には同じ柵沿いのほぼ全ての地点で出没が見られるようになりました（図2）。柵沿いに餌を置くことで、餌が豊富な夏季でもシカを誘引できる可能性があります。
3. 誘引餌（ハイキューブ）とくくりワナを設置した地点を倒木や石で囲うことで、シカの移動方向を制限しワナの上に誘導することができました（図3）。この誘導方法を活用し、柵を設置した植栽地周辺でシカの捕獲を行ったところ、試験地2箇所延べ40日間で13頭のシカを捕獲することができ、餌によって誘導する事で、くくりワナで効果的な捕獲が可能になりました（表1、図4）。
4. 急傾斜地など囲いワナの運搬が難しい場所でも、くくりワナであれば以上のような工夫によって、効率的な捕獲が可能だと考えられます。

成果の活用

実施マニュアルを作成し、県内各機関へ配布すると共に、ホームページに掲載する予定です。成果概要については事業成果集やホームページで公開しています。なお、成果発表会や研修会を通じて、農林業普及指導員や林業関係者への情報提供も行います。日本哺乳類学会2018年度大会ではポスター発表により広く情報の提供も行いました。

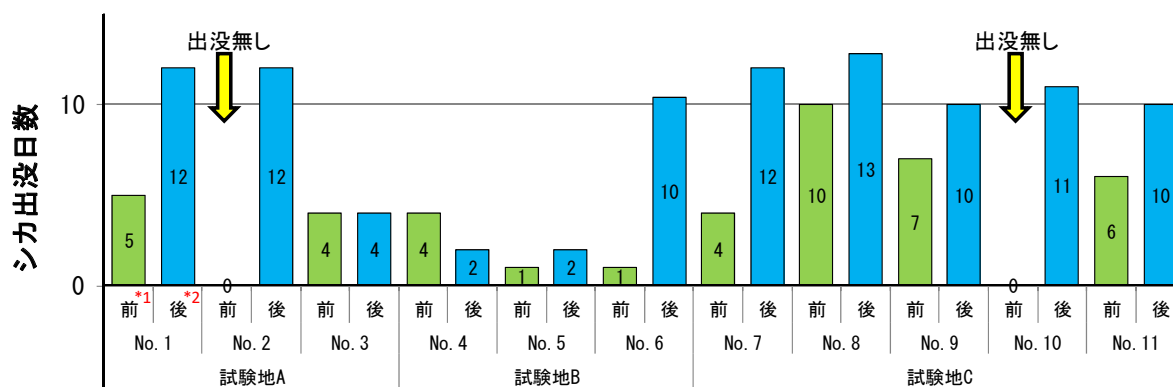


図1 森林防護柵沿いにおける給餌後のニホンジカ出沒日数の変化
調査期間は42日間(*1: 給餌開始前21日間、*2: 給餌開始後21日間*) ※毎週ハイキューブ 1kgを給餌
試験地A:2016年1～2月、試験地B:5～6月、試験地C:7～9月

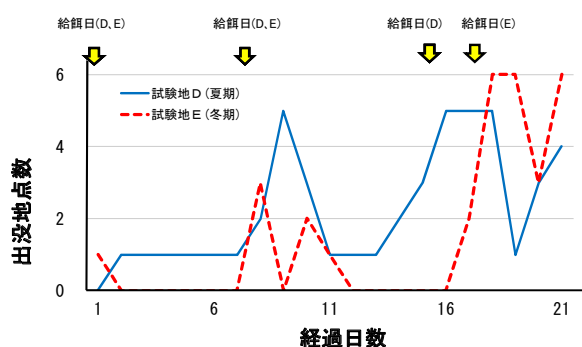


図2 馴化試験におけるニホンジカ出沒地点数の推移
試験地D:2017年6月、E:同年 10～11月の21日間
両試験地とも6地点、1地点あたりハイキューブ 1kgを給餌

表1 ニホンジカ誘導捕獲試験結果

試験地名	試験地点数	試験期間(2017年)	捕獲頭数
試験地D	6	7月～9月のうち20日	5
試験地E	6	11月～12月のうち20日	8

ワナ稼働日の午後から翌日の午前までを1日とした翌日現地確認および作業できる場合のみワナを稼働



図3 ニホンジカ誘導捕獲の機材設置例
くくりワナを固定する立木付近からワイヤーを埋設し、埋めたワナ本体の地表を石で囲うことで、中心部分を踏ませ易くし空はじきを防ぐことができると考えられる。



図4 防護柵沿いでの誘導捕獲事例
2017年12月7日 オス(体重43.5kg)

低コスト再造林・保育技術の確立

鳥取県林業試験場 森林管理研究室 山増 成久

研究の背景・ねらい

鳥取県では、昭和30年代末をピークに造林面積が減少しており、現在の人工林の林齢構成は50年生前後に集中しています。伐期に達している森林資源は充実していますが、木材価格の低迷や皆伐後の造林・保育コストの負担から皆伐・再造林が進まない状況にあります。このままでは将来の森林資源の林齢構成は偏った物になると想定されます。そこで、皆伐・再造林の保育経費の縮減と労働負荷の軽減を目的として下刈方法を変えた実証試験を行いました。

成 果

1. 試験の概要

湯川、蒲生の2か所の皆伐再造林地（スギ）で、下刈作業を図1のように従来の下刈方法（低刈）と地際まで刈りこまない方法（高刈）について、工程調査と下刈の方法の違いが植栽木に与える影響について植栽木の成長量調査をしました。

2. 下刈工程の比較

下刈作業をビデオ撮影し、移動、ツルの処理、小休息、給水などを含まない時間を対象としました。下刈工程の比較では（図2）、高刈は低刈に比べ20～40%程度作業効率が良いという結果になりました。刈り払い機の刃の損耗は高刈のほうが少なく（写真）、燃料消費も抑えられています。刃の損耗が少ないのは刈り払い機運転経費、作業効率の両面で有利といえます。2014年の作業効率が良いのは地拵え後の下層植生が回復していなかったためで、2年目以降は植生の回復が著しく、下刈の作業効率が低下しました。

高刈りは低刈りより刈り払い機を軽く振れるので、炎天下の作業環境下においては体力の消耗を軽減できる利点があります。高刈においては、生長点を刈り払えば伸長成長しない草本・木本類であれば有効ですが、切断面から萌芽するもの、ツル系植物には注意が必要です。

3. 下刈方法の違いによる植栽木の影響

樹高と根元径を樹高成長が落ち着く11月に測定しました（図3）。本試験では植栽から5年の観察ですが、高刈と低刈で大きな差異は見られませんでした。

4. 工程調査から

刈り払い機による下刈の工程調査を行った結果、植栽木の周りに保育作業の障害となるものを残さない地拵えが重要で、植栽から数年行う下刈作業に大きな影響を及ぼします。伐採時の残材の処理は、後の造林・保育作業に配慮する必要があります。

成果の活用

鳥取県森林整備事業仕様書においては地表から15cm以下となるように刈り払わなければならないとされています。植栽木の樹高に応じて30～50cm程度まで緩和されれば作業の効率化と労働負荷の軽減が可能となります。

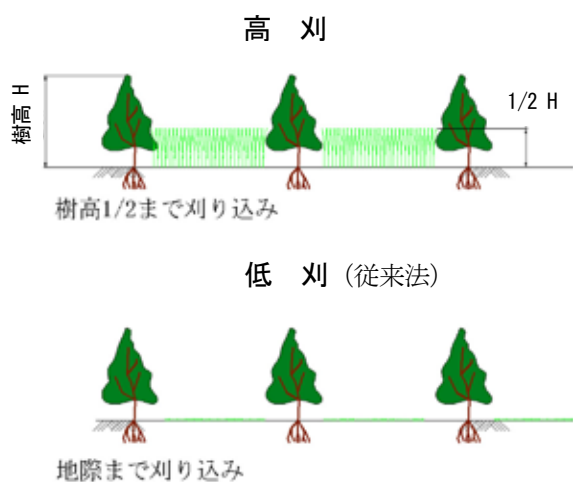


図1 下刈方法

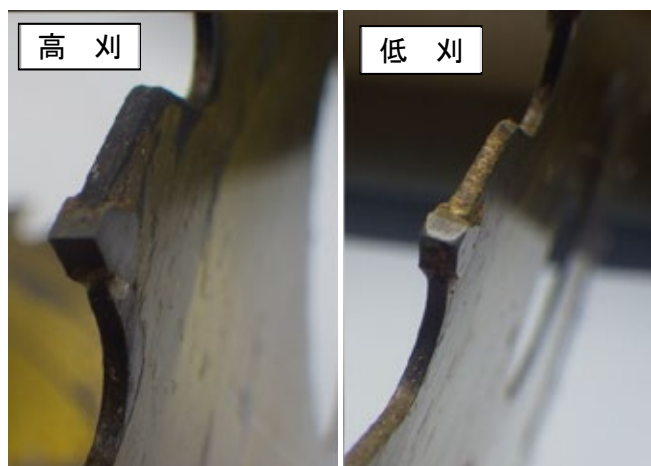
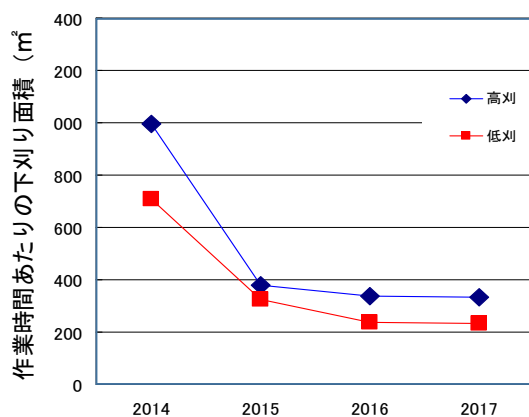
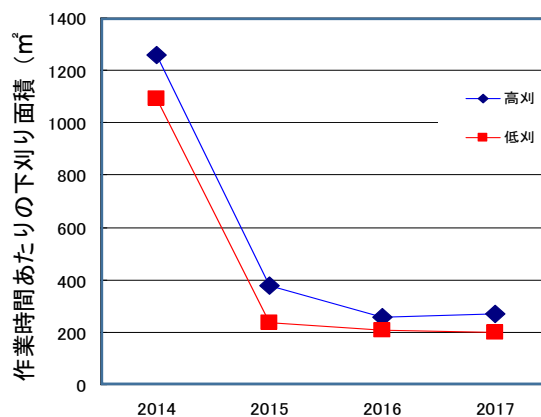


写真 刈刃の損耗状況 (3時間使用)

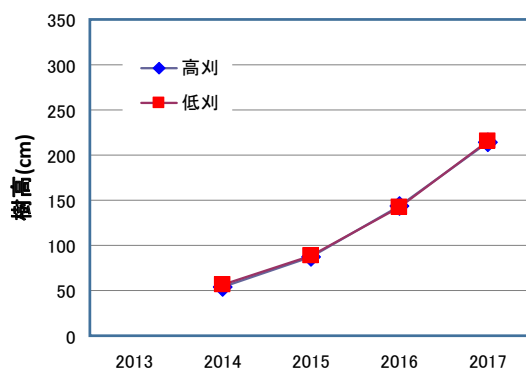


湯河 (計測時間 15時間/年)

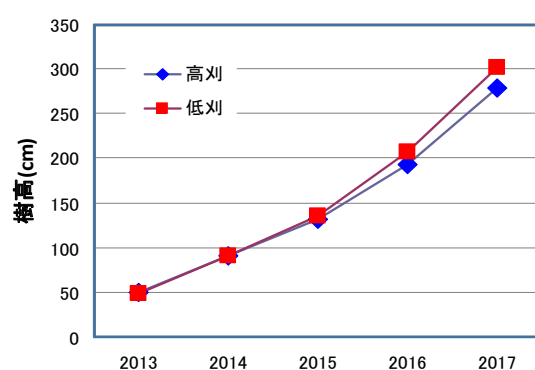


蒲生 (計測時間 13時間/年)

図2 下刈の作業効率



蒲生 (計測本数 119本)



湯河 (計測本数 358本) 1年目下刈せず

図3 植栽木の樹高成長

資源の循環利用を目指した広葉樹林更新手法の開発

島根県中山間地域研究センター 農林技術部 舟木 宏・山西 涼香

研究の背景・ねらい

島根県では「伐って、使って、植えて、育てる」循環型林業を推進しており、広葉樹資源についても「伐って、使う」こととしています。広葉樹林の伐採後はこれまで萌芽更新（写真1）や天然下種更新といった方法で再生してきました。ところが、県内の広葉樹林の多くが高齢大径化し、萌芽能力の低下が懸念されます。また、ササ類による林床被覆が早期の更新を阻害することも考えられます。

本研究では、広葉樹伐採後の萌芽や実生による更新実態を把握し、適切かつ効率的な更新手法の確立を目的としました。また、広葉樹伐採後の更新に悪影響を与えるササ類について、刈り払いによる更新の改善効果を明らかにすることを目的としました。

成 果

1. 高齢広葉樹林の更新実態

県内11カ所で高齢広葉樹林の更新実態を調査しました。調査の結果、スダジイ、タブノキなどの常緑広葉樹では全ての切り株に対する萌芽の発生した株の割合（以下「萌芽率」という。）が高く、萌芽の発生した株の生存率も80%以上あったことから高齢大径化しても萌芽を主体とした更新が期待できると考えられました。一方、落葉広葉樹、とくに県内での出現率の高いナラ類では高齢大径化するにつれて萌芽率が低くなり、萌芽の発生した株の生存率も低下しました（表1）。そして、常緑および落葉広葉樹林とも実生の発生は8～247本/400㎡と調査地によってばらつきが見られました。このように、調査地ごとの更新状況に違いが見られましたが、萌芽、実生とも等しく更新木とした場合には、島根県地域森林計画で定める広葉樹林の天然更新完了基準を満たしていました。ただし、大径のナラ類が多い落葉広葉樹林において優良な広葉樹林としてより高い水準の更新を期待する場合、萌芽や実生だけでは更新が難しい場合も見られ、植栽を併用する必要があることが明らかになりました。

2. ササ類の刈り払いによる更新の改善効果

島根県飯南町内のササ類が繁茂する広葉樹伐採跡地において、刈り払い1回/年を2年実施した区（2回区）、1回/年を1年実施した区（1回区）、刈り払いをしない区を設定し、各試験区の繰り返しは2回（Ⅰ区、Ⅱ区）としました。そして伐根から発生した萌芽および発生した実生からなる更新木の生存率や成長に与える影響を調査しました（写真2）。試験区のササ類の稈高は約50cmでしたが、ササ類の稈高と同等かそれ以上の樹高になった更新木の樹高成長はいずれの試験区においてもササ類の稈高成長を上回りました。また、枯死率には大きな違いが見られませんでした（表2、表3）。ササ類の稈高と同等かそれ以上の樹高になった更新木はササ類による悪影響をほとんど受けないことが明らかになりました。

成果の活用

島根県中山間地域研究センター研究成果発表会で高齢広葉樹林の更新実態調査の結果を発表しました。また、ササ類が落葉広葉樹伐採跡地の天然更新に与える影響については当センター研究報告で報告しました。これらについて、森林所有者、林業事業体、森林組合、林業普及員などに対して研修会を開催して情報提供を行い現場へ普及しています。



写真1 広葉樹の切り株から発生した萌芽枝



写真2 ササ類が繁茂した試験区

表1 落葉広葉樹の胸高直径階別の萌芽率

落葉広葉樹（全樹種）			
胸高直径 (cm)	萌芽率(%)		萌芽株の
	伐採 1 年後	伐採 5 年後	枯死率(%)
～10	87	74	13
11～20	75	66	14
21～30	51	41	23
31～	40	28	25
平均	66	55	16

表2 各試験区のササ類の稈高

試験区		ササ稈高 (cm)	
		2016年6月	2017年6月
2回区	I区	56	53
	II区	32	50
1回区	I区	50	49
	II区	61	58
	平均	50	53
無処理区	I区	59	69
	II区	32	76
	平均	46	73

表3 各試験区の更新木の樹高および本数

区		樹高 (cm)			樹高 成長率 (%)	本数 (本)			枯死率 (%)
		2016年 6月	2016年 10月	2017年 9月		2016年 6月	2016年 10月	2017年 9月	
2回区	I区	87	102	128	—	57	56	54	—
	II区	77	87	109	—	34	33	33	—
	計	164	189	237	145	91	89	87	4
1回区	I区	74	98	133	—	54	54	54	—
	II区	69	95	130	—	32	32	32	—
	計	143	193	263	184	86	86	86	0
無処理区	I区	97	110	128	—	56	56	54	—
	II区	88	112	149	—	29	29	28	—
	計	185	222	277	150	85	85	82	4

林内に設置した防鹿柵の効果的な維持管理方法の検討

岡山県農林水産総合センター 森林研究所 三枝 道生

研究の背景・ねらい

岡山県のシカの生息域はこれまで東部地域とされてきましたが、近年はほぼ全域で生息が確認され（図1、図2）、農林業被害の発生地域も拡大しています。森林で発生した被害は人目につきにくく、気が付いたときには被害が深刻化していることも少なくありません。そのため、早期の対策を呼びかけていますが、被害が少ない地域では防護対策や捕獲活動への関心が低いのが現状です。

さて、防鹿柵は物理的にシカを排除する有効な手法の一つですが、1箇所破損（写真1）すれば侵入防止効果が著しく低下する上に、設置場所が森林内の場合、管理ができないという認識が強く、防護対策には適さないという厳しい意見もあります。そこで、定期的な点検と簡易修繕で防鹿柵の侵入防止効果は維持できるか、また、管理の省力化は可能か否かについて調査しました。

成 果

シカの生息密度が高い地域（30頭/㎢以上）にある治山事業地で、防鹿柵（延長約2km）の侵入防止効果に影響する損傷（写真2）の発生状況を概ね2週間間隔で調査し、発生した損傷は結束バンドで補強するなど簡易修繕を行いました。

2年間の点検で発生した損傷の総数は463件で、そのうち、防鹿柵のネット部の噛み切りや獣類の絡まりなど鳥獣による損傷は421件（90.9%）でした。設置1年目は、事前調査から点検開始までの約2ヵ月で111件の損傷が発生しましたが、2週間毎の定期的な点検開始後は徐々に減少し、点検開始1ヵ月半以降では、ほぼ20件以内/回となりました。同2年目は、積雪のため点検ができなかった3ヵ月（1月～3月）を挟んだ最初の点検で、積雪により支柱が倒伏するなどの損傷が多く発生しましたが、添え木等による簡易修繕を行ったところ、それ以降の損傷の発生はほぼ10件以内/回となり、損傷の発生を抑制する効果は持続されていました（図3）。なお、支柱倒伏時に柵内で足跡が確認されましたが、防鹿柵が正常な状態の期間では、柵内へ侵入した形跡は見られませんでした。

1回の点検に要した日数は、当初は作業に不慣れであったこと、損傷発生数が多かったことから2日間となりましたが、損傷発生数の減少に伴い、台風や雪害などによる突発的な発生数の増加がない限り、1日での点検が可能になりました（表1）。

以上のように、継続的に定期点検を行うことで防鹿柵の侵入防止効果は持続できました。また、点検間隔の延長、1回当たりの点検日数の短縮による労力の軽減が見込めることも確認できました。

成果の活用

この成果は、日本森林学会、治山研究会、県の成果発表会等を通じて公表しました。

また、本研究は県の出先事務所からの要望を受け、共同で防鹿柵の管理方法等を検討し、委託事業として実施しました。設置2年目には実施箇所が拡大され、現在も引き続き実施されるなど、その成果は積極的に活用されています。

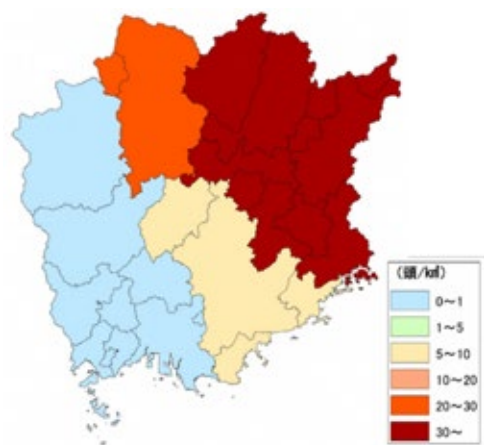


図1 シカ生息密度(旧振興局別：H28)

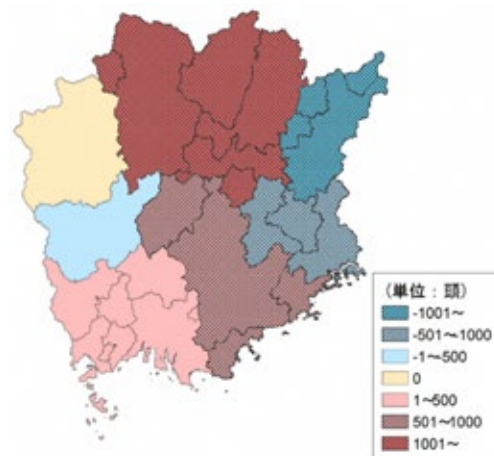


図2 シカ生息数増減(旧振興局別：H28-H27)



写真1 倒木による防鹿柵の破損



写真2 侵入防止効果に影響する損傷
獣類による噛み切りは、完全に切断される前に修繕する。

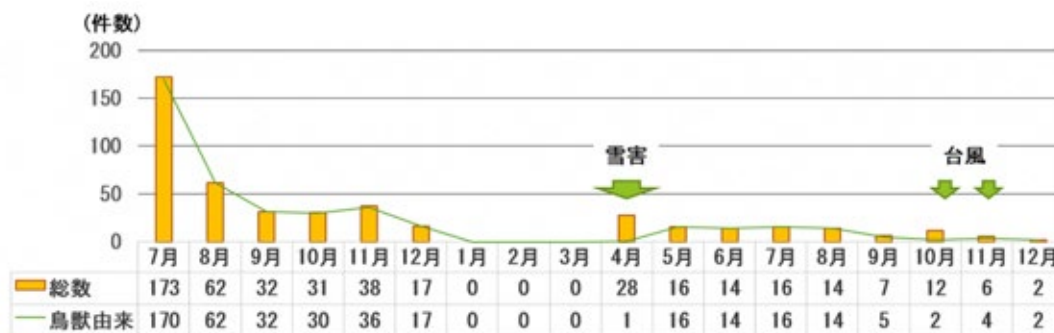


図3 防鹿柵の侵入防止効果に影響する損傷の発生状況(月別)

表1 各点検時における所要日数及び防鹿柵の侵入防止効果に影響する損傷の発生状況

1年目	7月		8月		9月		10月		11月		12月		1月	2月	3月
点検実績	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目	11回目	12回目	積雪により未調査		
柵延長(m)	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910			
前回との間隔	8週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間			
所要日数	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1			
不具合発生数	111	62	45	17	16	16	8	23	17	21	8	9			
備考								管理外作業	管理外作業						

2年目	4月	5月	6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月	
点検実績	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目	11回目	12回目	13回目	14回目	15回目	16回目
柵延長(m)	3,534	3,534	3,534	3,534	3,534	3,534	3,534	3,534	3,534	3,534	3,534	3,534	3,534	3,534	3,534	3,534
前回との間隔	15週間	4週間	3週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間	2週間
所要日数	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1
不具合発生数	28	16	11	3	10	6	9	5	5	2	2	10	4	2	2	0
備考	降雪による支柱折損											台風による支柱破損	台風による支柱破損			
調査箇所拡大(不具合発生件数は1年目に実施した該当箇所を計数)																

[問い合わせ先：岡山県農林水産総合センター 森林研究所 Tel 0868-38-3151]

レーザースキャナ搭載ドローンによる森林計測の評価

広島県立総合技術研究所林業技術センター 技術支援部 山場 淳史
林業研究部 佐野 俊和

研究の背景・ねらい

西日本豪雨(2018年7月)による広域的な土砂災害では、被災状況把握と復旧準備のためにドローンによるレーザー測量が活用されました。このように技術的には既に認められているレーザースキャナ搭載ドローンは、林業の現場でどのように活用できるのでしょうか。ニーズとしては主に詳細な地形情報による路網計画への活用と、森林資源調査の効率化が挙げられると思います。これらのニーズに対して、森林での計測成果を(1)森林地形の把握精度と(2)立木の樹高別本数計算という観点から評価してみました。なお、この研究はルーチェサーチ株式会社と共同で行いました。

成 果

広島県廿日市市吉和の民有林(主にスギ約60年生)内で、地上レーザー計測(TLS: Terrestrial Laser Scanning)を行い立木位置・樹高等の正確なデータベースが整備された約6haの試験林を設定しました。その試験林を対象として、2016年11月にルーチェサーチ株式会社SPIDER-eX(写真1)により対地上高150m、速度3m/秒で飛行し、搭載されたRIEGL社VUX-1UAVによりレーザー照射数38万点/秒で計測を行いました(写真2)。

まず(1)森林地形の把握精度については、得られた3次元点群データから地表面の高さデータ(DTM: Digital Terrain Model)を抽出したうえでTLSの成果とGIS上で比較した(図1)ところ、全体の約85%で両者に差異はないと評価されました。特に、谷部や計測対象区域の境界付近でもTLSと比較してスパイク(点群のノイズに起因する異常値)の少ないDTMが得られました。こうした品質面に加え、レーザースキャナ搭載ドローンによる計測は、航空機によるレーザー計測と比較して、必要な範囲に限定したデータ更新においては、コスト的にも納期的にも優位性があると考えられます。

また(2)立木の樹高別本数計測については、林冠表層の高さ(DSM: Digital Surface Model)をもとに画像解析によって樹頂点を抽出し、その地点における(1)のDTMとの差分から立木の樹高を求めました(図2)。ただし、そのためのDSMの解像度は、解析対象の林分ではもともとの解像度(25cm)を50cmに再調整したものを使用して解析した結果がTLSと最も近い結果となりました(図3)。

なお、今回の結果はスギの成熟した林分で適用可能とされたものであり、樹種や林齢によっては計測・解析条件を調整する必要があることを申し添えておきます。

成果の活用

本研究の成果の一部を第128回(2017)日本森林学会大会及び第24回(2017)森林利用学会学術研究発表会で発表しました。また、本研究の成果の一部は森林利用学会誌(2018)に掲載されました。今後は実際の木材生産現場において、ドローンやレーザー計測の活用によって路網計画・作設作業の効率化・低コスト化に直結するような技術的提案ができるよう、森林組合等の事業体と一緒に実証試験を重ねていく予定です。



写真1 ルーチェサーチ社SPIDER-eX



写真2 計測の様子

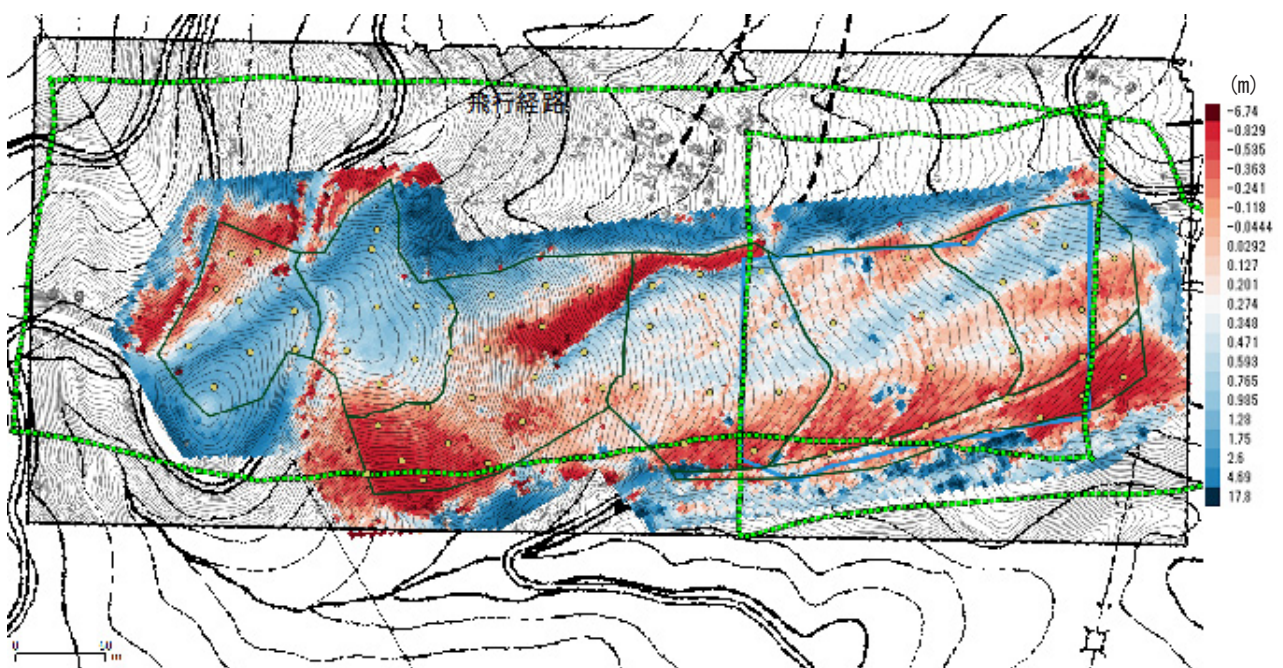


図1 地上レーザーとドローンレーザー測量によるDTM（単位：m）の差

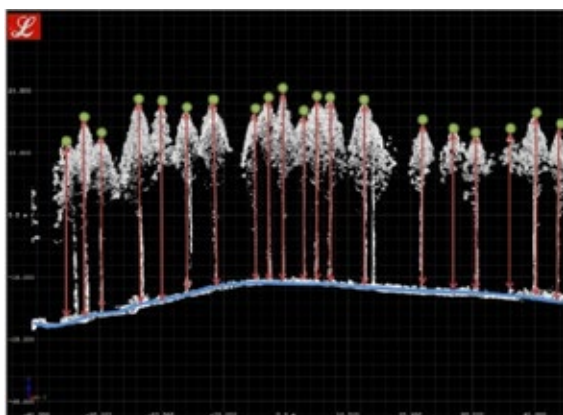


図2 DSMを用いた樹高計算のイメージ

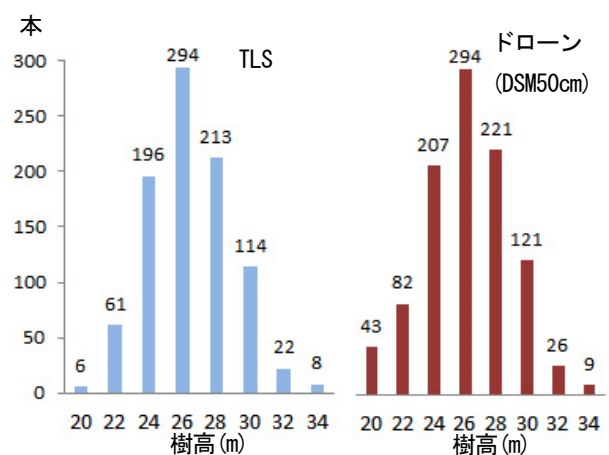


図3 TLSとドローン法による樹高階別立木本数

[問い合わせ先：広島県立総合技術研究所 林業技術センター 技術支援部 Tel 0824-63-0897]

効果的なマツノマダラカミキリ逸出抑制法設置技術

山口県農林総合技術センター 林業技術部 林業研究室 杉本 博之¹
(¹: 現 山口県岩国農林水産事務所 森林部)

研究の背景・ねらい

現在、主流となっている松くい虫の駆除法は、被害木を伐倒・集積し、材内のマツノマダラカミキリ（以下、カミキリ）を薬剤で駆除するものです。しかし、近年、薬剤の使用制限や環境への配慮から薬剤を使用しない防除法が望まれています。そのような中、薬剤の代わりに集積した被害材上部に粘着資材と枝を置き、透明なシートで被覆することで逸出を抑制する方法を開発しました（図1）。しかしながら、本法は物理的な方法であるため、シートが破損した場合はカミキリが逸出する可能性があります。一方、既往試験で、供試木の設置位置や設置場所により材からのカミキリの脱出がない場合のあることが確認されています。これらのことから、集積法や設置環境によるカミキリの脱出状況を確認し、カミキリがシート外に逸出するリスクを軽減する方法を開発しました。

成 果

カミキリ逸出抑制法を露地で行い、そのまま放置した区（日向区）とその上に簡易網室を設置した区（日陰区）の供試木毎のカミキリ脱出状況を比較するとともに、被覆シートを設置しない区（対照区）も併せて調査し、下記の結果を得ました。

1. 日向区、日陰区の材内死亡率は、それぞれ75.8%、10.9%となり、日向区の方が有意に高くなりました（ χ^2 検定 $P < 0.01$ 、表1）。
2. 死亡個体の発育ステージは対照区が全て成虫でありましたが、日向区は81.6%が幼虫であり（図2）、その幼虫は干からびたものが多く見られました（図3）。
3. 日向区では、設置1週間以内にシート内が50℃以上になる温度が16回計測されたことから、早い段階で材内のカミキリが死亡したと考えられました。
4. 穿入孔高／集積材最上部高で各穿入孔の高さを示し、その脱出成功の有無を確認した結果から、日向区では集積上部のカミキリが脱出に失敗していることが確認できました（Wilcoxon符号順位検定 $P < 0.01$ 、図4）。
5. カミキリ逸出抑制法を行う場合は、設置箇所を日向とし、カミキリが入りにくい樹皮の厚い根元付近の被害材を下部に、上端部のカミキリの穿孔密度が高い被害材を上部に集積することで、カミキリの材内死亡率を高め逸出リスクを軽減できると考えます。

本研究は農食研事業「薬剤使用の制約に対応する松くい虫対策技術の刷新」（27020C）の中で実施しました。

成果の活用

本研究で得られた成果は、日本森林学会等において口頭発表を行うとともに、同学術講演集や試験研究成果発表会に成果を掲載して公表しています。また、各種研修会などを通じて、林業普及指導員、林業事業体、林業研究グループなどへの普及を図っていきます。

知的財産取得状況

カミキリ逸出抑制法は、特許第5722641号「粘着及び被覆資材を利用した防除法」（平成27年4月）を取得しています。



図1 カミキリ逸出抑制法の設置方法

表1 設置環境の異なる各試験地区における調査結果(平成29年)

区	試験 本数	調査 孔数	脱出 孔数 (A)	被覆シート内捕獲数			被害材 内死亡 数(B)	材内死亡率 $B/(A+B)$
				粘着 資材	落下 死亡	合計		
日向	17	161	39	6	17	23	122	75.8
日陰	17	175	156	106	35	141	19	10.9
対照	19	187	121	-	0	0	22	15.4

※ 被害材内死亡数とは蛹室を形成した個体の死亡数

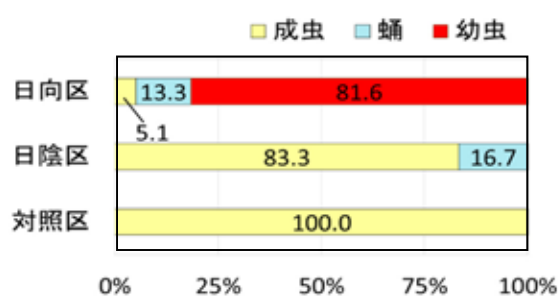


図2 材内で死亡したカミキリの発育ステージ



図3 蛹室内死亡幼虫

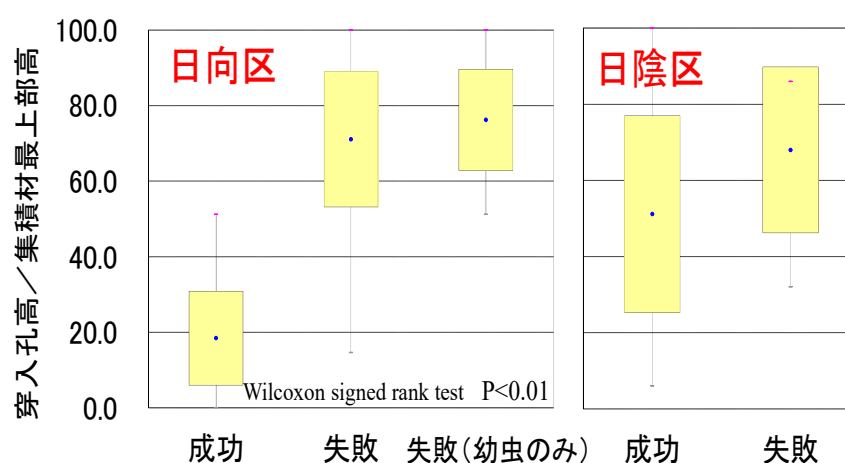


図4 脱出成功有無別の穿孔孔高さ

広葉樹導入を考慮した強度間伐後の林分構造の変化

熊本県林業研究指導所 育林環境部 寺本 聖一郎

研究の背景・ねらい

本県では、間伐遅れ林分の増加により、森林の有する多面的機能が衰退していることが問題となったため「水とみどりの森づくり税」を財源とした「針広混交林化促進事業」を平成17年度から実施しています。管理困難なスギ、ヒノキ人工林に対して比較的強度な間伐（本数間伐率約40%）を行い、広葉樹の侵入・定着を促進し、土壌流出等の林地保全機能の向上を図ることを目的としています。本研究では、事業実施11年後の林分（写真1）の実態調査を行い、事業実施直後、3年後及び5年後に実施した調査成果と合わせて、現場で適用可能な広葉樹の導入のための上層木管理指針作成に向けた検討を行いました。

成 果

1. 林分構造と開空度の関係

上木を指標として樹冠閉鎖状況を推定するため、各調査区においてデジタルカメラ（Coolpix8800、fish-eye converterFC-E8）により全天空写真を撮影し、全天空写真から画像解析ソフトCanopOn2（<http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/>）により開空度を推定しました。間伐実施11年後の調査の結果、16林分中、13林分で胸高断面積合計が50m²/ha以上に到達し、開空度は10%以下となっていました（図1）。開空度は胸高断面積合計が増加するに従って低下する傾向がみられました。

また、間伐直後の開空度が高いほど、11年後の広葉樹本数密度が概ね高い傾向がみられました（図2）。さらに、林分の胸高断面積合計が開空度の推定や制御に有効な指標として利用できることがわかりました。

2. 下層広葉樹個体数の経年変化

間伐5年後まで林内に高木性・亜高木性広葉樹の侵入が続きましたが、間伐5年後以降は個体数が減少しました（図3）。主にサカキ、アラカシ、ヒサカキ、ネズミモチなどが残り、耐陰性のある高木性広葉樹の定着が確認できました。

なお、調査地の多くでシカ生息密度が20頭/km²を超えており、シカ被害が深刻なため、シカ防護柵内外での調査を行いました。図3より、柵外（写真2手前部分）ではシカによって高木性・亜高木性広葉樹の侵入、定着が阻害されていると考えられます。

成果の活用

本研究の成果の一部を、本所業務発表会（2017）、第73回九州森林学会大会（2017）で口頭発表し、第129回日本森林学会大会（2018）でポスター発表しました。林分の上層木のサイズや密度に応じた間伐施業を策定する際の基本資料として活用することや、針広混交林化促進事業の間伐仕様書等に反映していくことを検討しています。今後は行政や林業関係者を対象とした研修会や担当者会議を通じて情報提供を進めていきます。



写真1 強度間伐実施11年後の林分の様子
左：スギ59年生、右：ヒノキ52年生

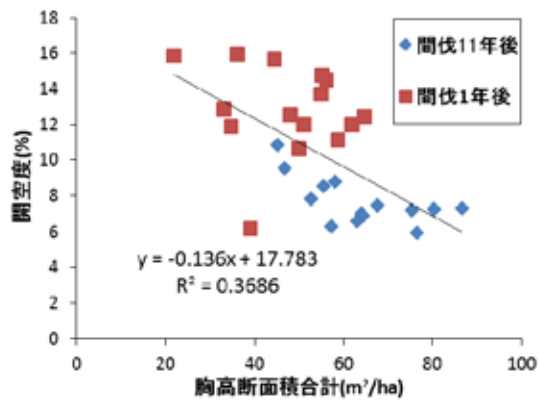


図1 胸高断面積合計と開空度の関係

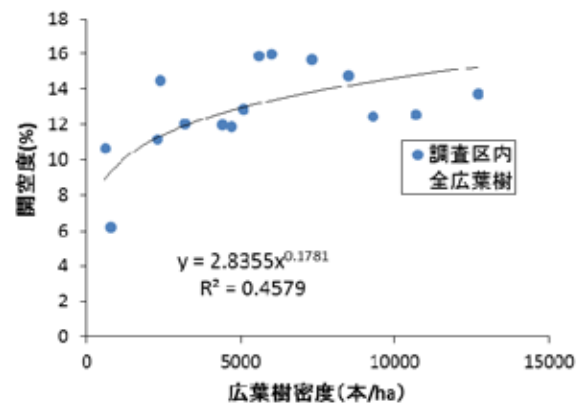


図2 間伐1年後の開空度と間伐11年後の
広葉樹密度の関係

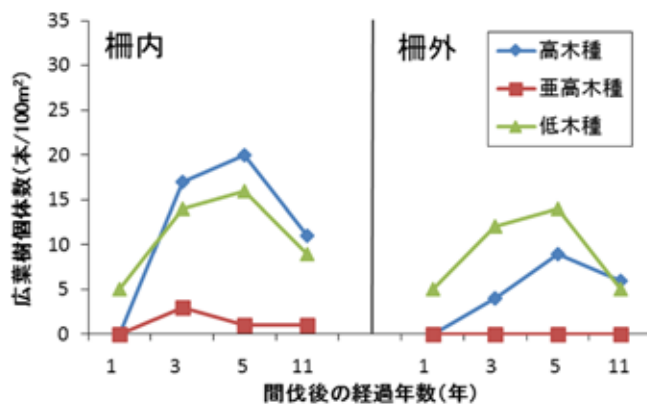


図3 シカ防護柵内、柵外の下層広葉樹個体数の
経年変化
樹高50cm以上の広葉樹を調査対象とした。



写真2 シカ柵設置調査プロット(スギ42年生)

シカによるクヌギ萌芽枝食害を防止するための伐採高の検討

宮崎県林業技術センター 育林環境部 井上 万希

研究の背景・ねらい

シイタケ原木などに使用されるクヌギは萌芽による更新が一般的ですが、近年シカによる萌芽枝食害により更新が困難な箇所が発生しています。更新方法の一つに、台伐りによる更新（頭木更新）があり、例として京都の台スギ施業や丹波地区でのあがりこ施業があげられます。そこで、萌芽枝が早期にシカの採食高（本研究では2mに設定）を超えるよう、4種類の異なる高さで伐採した試験地を設定し、台伐りによる食害防止効果と更新の可能性を検討しました。

成 果

宮崎県日之影町内の30年生のクヌギ林において、異なる4種類の高さで伐採した試験地を設定し（写真1）、1成長期を過ぎた2014年1月に発生萌芽枝数と萌芽枝の成長状況、シカによる被害状況を調査するとともに、同年3月にシカの生息密度を推定するため、糞粒法を実施しました。また、2016年3月に各試験株から主幹候補となる萌芽枝（以下、候補枝）を1～3本ずつ選定し、2016年12月に成長状況調査を行いました。

試験当時のシカの推定生息密度は6.6頭/㎢でした。発生萌芽数は、地際区が最も少なく、120cm区が最も多い結果となり、シカによる摂食率は地際が最も高く、伐採高が高くなるほど低くなる結果となりました（表1）。

また、候補枝について高さを測定した結果、伐採から4年が経過した時点でシカの採食高（2m）以上のものは全体で78.6%～100%という結果になり、120cm区については伐採から3年が経過した時点で全ての候補枝が採食高を超えていました（図1）。

以上のことから、伐採高を高くすることで発生萌芽数が多くなり、早期に採食高を超えるため摂食防止効果が期待され、80cm程度であればシカによる摂食率も低く、約95%の萌芽が3年で2m以上になるため、更新の可能性が高くなることが示唆されました。その一方で、次回収穫時の伐採位置をどうするのか、自然災害や腐朽菌などの台木への影響によりその後の更新がどうなるのかといった課題も残りました。

成果の活用

本研究の成果は、九州森林学会において発表するとともに、九州森林研究及び宮崎県林業技術センター業務報告において詳細な報告をしました。今後は、本研究の成果を現場に普及していくとともに、未解明な部分について引き続き検討していく必要があります。



写真1 試験株状況（120cm伐採）

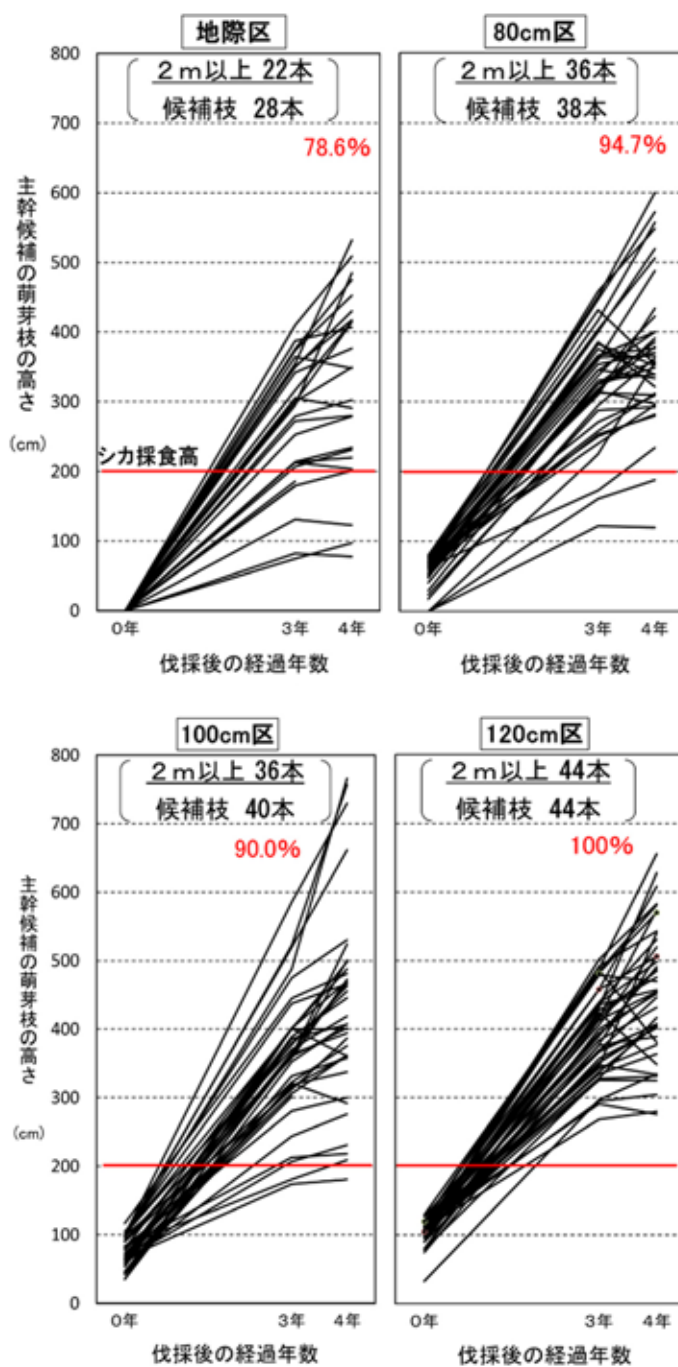


図1 候補枝先端の地上高の変化及び伐採4年後の候補枝先端が地上高2 m以上の割合

表1 伐採高毎の発生萌芽枝数と摂食萌芽枝数

伐採高	試験株数	萌芽枝数 (1株当り)	摂食萌芽枝数 (摂食率%)
地際	14	53 (3.8)	39 (74)
80cm	14	179 (12.8)	49 (27)
100cm	16	200 (12.5)	40 (20)
120cm	17	480 (28.2)	48 (10)

[問い合わせ先：宮崎県林業技術センター 育林環境部 Tel 0982-66-2888]

再造林の省力化に関する研究

鹿児島県森林技術総合センター 資源活用部 河野 雄一^{※1}・是枝 久巳
森林環境部 内村 慶彦^{※2}
(現所属：^{※1} 大隅地域振興局、^{※2} 鹿児島地域振興局)

研究の背景・ねらい

鹿児島県では、スギ・ヒノキの人工林が本格的な利用期を迎え、伐採の増加が見込まれる中、再造林が進まない状況にあります。その中で、低コストの取組としてマルチキャビティコンテナ苗（以下「コンテナ苗」）が注目されていますが、苗木の重量が重く、運搬においてかさばる等、低コスト化に向けての課題がありました。

そこで、この課題に対応するため、容量300cc苗と容量150cc苗のコンテナ苗の作業効率・活着・成長を比較しました。

成 果

コンテナ苗の容量300cc苗と軽量化した容量150cc苗については、表1のとおり容量300cc苗及び容量150cc苗共に同程度の作業効率となり、明確な差は確認できませんでした。これについては、今回設定した試験区が狭小であり、苗木運搬に差が出なかったことが原因と考えられます。

平成29(2017)年7月にコンテナ苗及び普通苗の植栽効率を検証した結果、コンテナ苗は普通苗に対し、約1.5～1.8倍と高い植栽効率となり、少ない人工数での再造林が可能であることを改めて確認できました。また、春（4月；23.7℃）及び秋（10月；25.2℃）植栽に比べて夏（7月；32.6℃、9月；30.3℃）の植栽効率（平均植栽本数）は容量300cc苗及び容量150cc苗共に2割程度下がるということが確認できました（表1）。

苗木の活着率については、表2のとおり容量300cc苗と同様に容量150cc苗の活着率も、90%以上と高い結果が得られました。なお、これは根鉢に対応した専用ディブルを用いることで高い活着率となりました。

苗木の成長については、当初容量150cc苗の専用植栽器具がなかったため、山鋤等を用いた結果、成長に差（平成27(2015)年4月植栽；容量300cc苗：樹高158cm、容量150cc苗：樹高107cm 樹高差51cm）が生じていました。

専用の植栽器具（150cc用ディブル：写真1）を用いて平成28(2016)年9月に植栽したところ、植栽時に容量300cc苗と容量150cc苗の樹高差は約6cmありましたが、一成長期にはほぼ同じ樹高となり、容量150cc苗においても、容量300cc苗と同程度の成長を得られることが確認されました（図1）。

成果の活用

これらの研究結果については、当センターが開催している県民向けの発表会で発表するとともに、林務関係の研修や会議等の中の資料として配布・説明し、森林・林業関係者への普及を図ることとしています。

表1 苗木別植栽効率

区分		300cc		150cc		普通苗	
		植栽本数	平均	植栽本数	平均	植栽本数	平均
H27	4月	254～318	286	238～246	242	180	180
H27	10月	238～242	240	186～385	274	－	－
H28	9月	188～262	225	172～265	219	－	－
H29	7月	145～211	182	198～248	219	122	122
平均			233		239		151

単位：本／人日

表2 苗木活着率

植栽時期		300cc	150cc	普通苗
H27	4月	<i>97</i>	92	81
H27	10月	91	91	－
H28	9月	<i>100</i>	<i>100</i>	－

単位：％

※斜文字は専用ディブルを使用



写真1 直径7cmの300cc 苗用ディブル(上)と直径5cmの150cc 苗用ディブル(下)

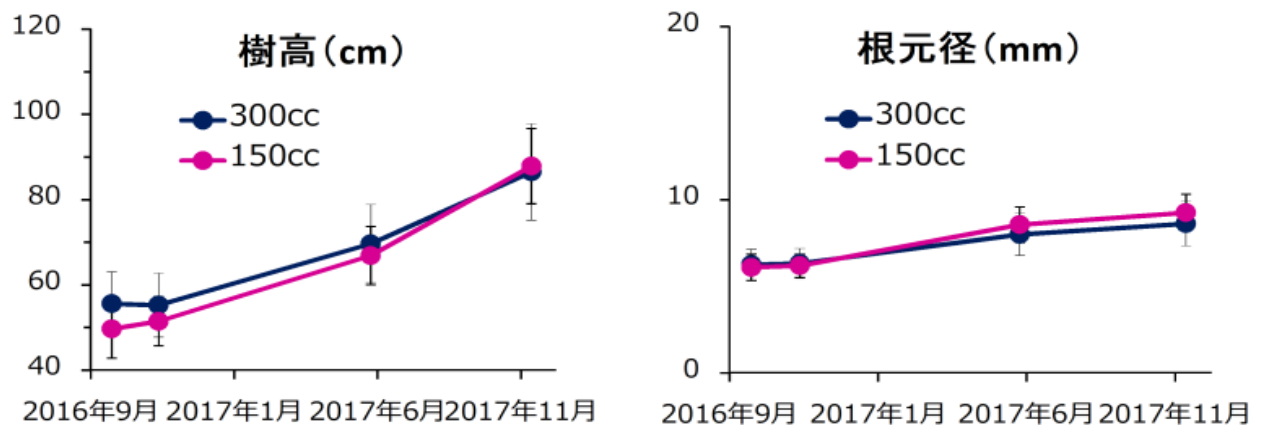


図1 苗木成長量 (平成28(2016)年9月植栽)

希少な秋田杉アオヤジロの特性解明と苗木生産法の開発

秋田県林業研究研修センター 資源利用部 佐藤 博文

研究の背景・ねらい

秋田県には“アオヤジロ”（写真1）とよばれ、夏に針葉が黄色味を帯びる珍しいスギがあります。そして、アオヤジロの材は良質で、昔は上等な酒樽などがつくられたといわれていることから、その希少性と有用性は、園芸や観賞用としてばかりでなく付加価値の高い素材として新たなスギ需要を生み出す可能性を秘めています。しかし、アオヤジロの利用に関し、その個体数や材の性質、苗木の増殖方法などはほとんど知られていませんでした。こうした背景から、アオヤジロの分布、遺伝的な情報や素材としての様々な特性を明らかにし、林業で活用する手法の開発に取り組みました。

成 果

アオヤジロの個体数については、主に所有者や発見者から得た情報と針葉黄化の状況確認により探索を行い、秋田県内では27本の存在を確認するとともに、それぞれの針葉からDNAを抽出して遺伝子型を調べました。その結果、ごく一部の地域で同一と思われる個体群がみられたものの、大半は異なる個体であることを明らかにしました（図1）。

アオヤジロの葉色は季節によって変わることが知られています。そこで、時期別に針葉中に含まれる色素の組成を調べた結果、葉の黄化はクロロフィルの減少によるもので、それが顕著となる時期は9月以降であることを明らかにしました。一方、材の物理化学的特性としては、FAKOPPを用いた非破壊検査法により、曲げ強度に優れ、根元曲がりしにくい特性を持つことが推察されました。また、材中の香気については、クベボール類や δ -カジネンなど酒の腐敗を防ぐ成分が多い傾向にありました。こうしたことによって、アオヤジロが過去に酒樽として用いられたことに関連する科学的なデータを得ることが出来ました。

アオヤジロの繁殖能を明らかにするため、挿し木試験を実施したところ、平均発根率は低かったものの、中には比較的良好に発根する個体もあることがわかりました。一方、種子で苗木づくりを行う場合には、人工交配によってアオヤジロの苗木をつくりだせることが明らかとなりました。この遺伝様式については、花粉親とするアオヤジロが異なると黄色葉を呈する F_1 の出現比が異なることや交配相手となる母方も限られていることから（図2、写真2）メンデルの法則等規則性が認められず、解明に至りませんでした。こうした実験結果をもとに、図3に示す効率的な苗木生産システムを考案しました。本法は、秋田県産少花粉スギである雄勝13号との人工交配を基盤とし、葉に黄化が見られた F_1 の品種改良を進めながら苗木の生産を行うとともに、黄化が見られなかったアオヤジロについては挿し木増殖を行うことによって様々な用途に適した苗木の生産、普及を行うものです。

成果の活用

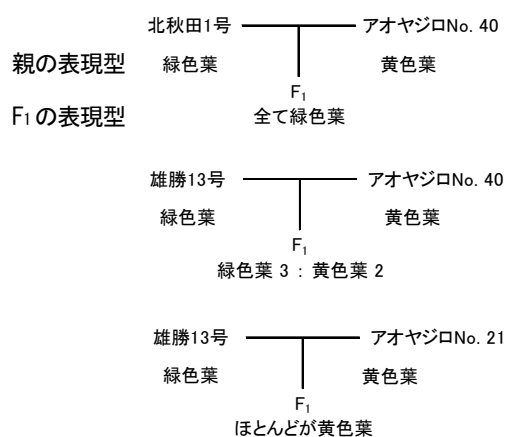
秋田県内で発見されたアオヤジロについては、形質の良い24系統について挿し木苗をつくって当センター構内に植栽し、上述の遺伝子型によって分類した個体ごとに保存を行っています。これらのアオヤジロについては、今後の研究材料や地域興しの素材として利活用いただければ有り難いと考えています。



図1 アオヤジロの分布と個体識別結果
黒以外で同色の○は同一と思われる個体



写真1 No.22北秋田市米内沢のアオヤジロ



雄勝13号×アオヤジロNo. 40



雄勝13号×アオヤジロNo. 21

図2 アオヤジロの人工交配

写真2 人工交配苗にみられた針葉の黄化

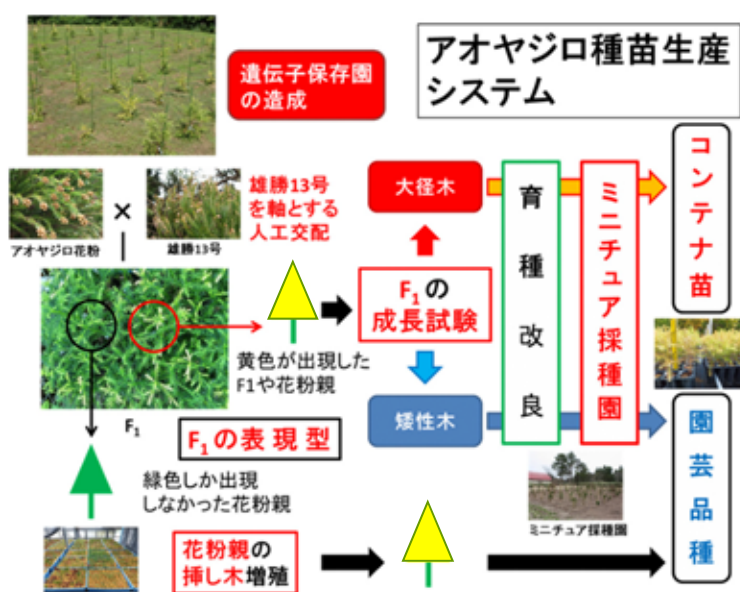


図3 アオヤジロの苗木生産システム

[問い合わせ先：秋田県林業研究研修センター 資源利用部 Tel 018-882-4511]

山形県における抵抗性クロマツの選抜手法の改良

山形県森林研究研修センター 宮下 智弘・渡部 公一

研究の背景・ねらい

マツノザイセンチュウ（以下、線虫と呼ぶ）への抵抗性を有するマツを選抜する取組みは全国的に行われています。本県も品種開発に取り組んできましたが、抵抗性マツとして国から認定を受けた系統はわずかでした。本県は松枯れ被害地の生存個体そのものに着目して選抜してきましたが、この方法では偶然に感染を免れた個体の誤選抜が多いと考えました。

そこで、被害地の生存個体から育成した実生苗の遺伝的多様性に着目し、これらに統一した条件で線虫を接種して生存苗を選抜すれば、選抜精度が高まると考えました。このような選抜方法は国内で広く行われていますが、山形県ではさらなる選抜精度の向上を目指しました。すなわち、環境条件、接種頭数、生存苗への連年接種という枯損を促す3つの方法を検討し、抵抗性の低い個体を十分に淘汰させて生存苗の選抜を行いました。

成 果

1. 環境条件の制御

環境条件の穏やかな露地と比べ、ビニルハウス内で高温・乾燥ストレスを与えると生存率は低くなりました。これらの生存苗に翌年も接種すると、後者の生存苗の抵抗性は高いことがわかりました。環境条件を制御して苗木を淘汰することは選抜精度の向上に有効でした（図1）。

2. 接種頭数の増加

線虫の接種頭数について検討したところ、接種検定で一般的な1万頭と比べて2万頭を接種すると生存率は半減しました。接種頭数の増加は苗木の淘汰に有効であることが確認できました（図2）。

3. 連年接種

生存苗に対して翌年以降も接種を繰り返すと、生存苗集団の抵抗性は高まる傾向が観察できました。接種を連年繰り返すことにより、抵抗性の低い個体を着実に淘汰できました（図3）。

4. 抵抗性マツの認定数

上記の接種方法を組み合わせて実生苗に強い淘汰を与え、抵抗性個体の選別を試みました。その結果、国が認める抵抗性マツの認定数は大幅に向上しました（図4）。

成果の活用

本研究の成果の一部は日本森林学会誌（宮下・渡部（2015））や東北森林科学会誌（宮下・渡部（2016））などに発表しています。また、本研究で開発した選抜手法により認定を受けた抵抗性マツは採種園に導入され、それらから採種・育苗した苗木は海岸林の造成などに活用されます。

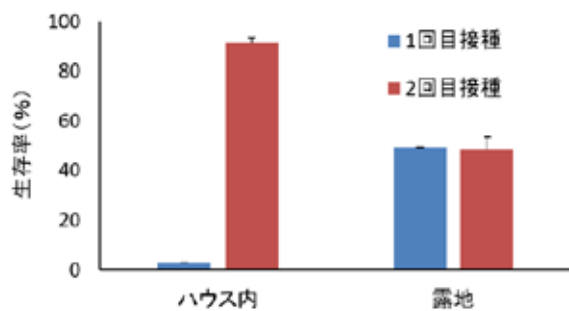


図1 環境条件による生存率の違い

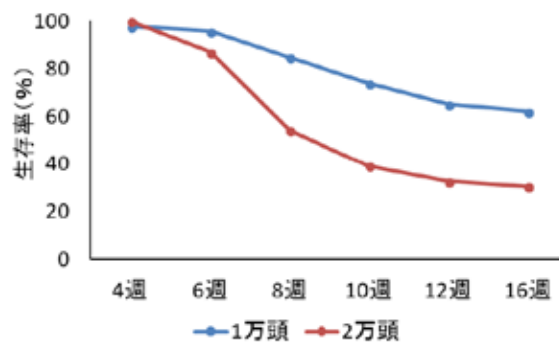


図2 接種頭数と生存率の関係

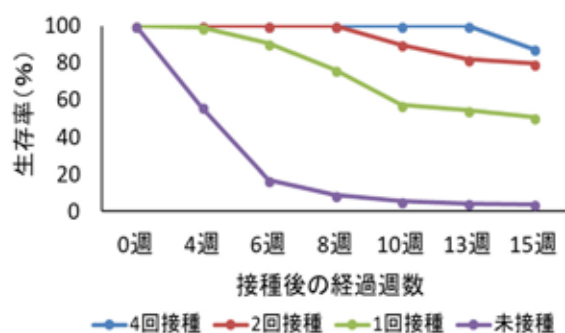


図3 連年接種を繰り返した集団の生存率

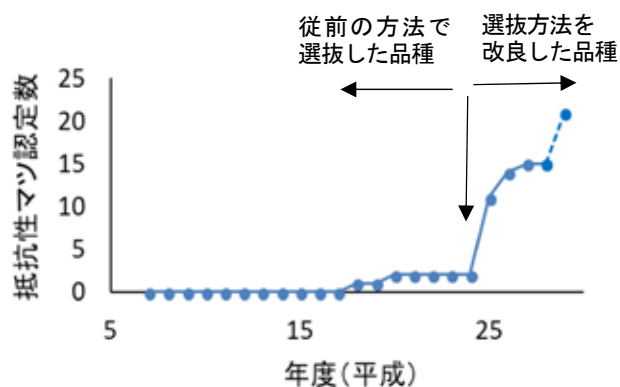


図4 抵抗性マツ認定数（見込含む）



写真1 線虫の接種状況



写真2 抵抗性マツの選抜状況

コンテナ容器を用いたヒノキの「挿し木・育苗一貫法」

埼玉県寄居林業事務所 森林研究室 原口 雅人

研究の背景・ねらい

スギでは実生苗ならびに挿し木によるコンテナ苗生産が盛んになってきました。一方、ヒノキでは挿し木による苗木生産の実用化は一部の品種に限られています。これは一般的なヒノキの挿し木では根数が少なく分岐に乏しい長い根となり、活着しにくい苗木となってしまうためです。コンテナ容器に直接挿し木をして育苗する方法では、空中根切りによる根量の増加、植え替えが不要になることでの省力化や根痛みの回避などが期待できます。

そこで、赤玉土を詰めたコンテナ苗容器に少花粉ヒノキ2品種を直接挿し木し、山地植栽可能な苗木を育苗する「挿し木・育苗一貫法」について、発根性及び発根後の成長促進を目的とした菌根菌剤の施用について検討しました。

成 果

1. コンテナ容器による挿し木 少花粉ヒノキ（西川4号、西川15号）の長さ15cmの挿し穂の基部から1/3までの枝葉を落とし、液体発根剤（オキシベロン液剤を100ppmに希釈）に24時間浸漬しました。浸漬後、赤玉土小粒を充填した3種類の形状のMスターコンテナ（直径6cm×高さ8cm、同4.5cm×12cm、同3cm×16cm）に穂を挿し付けました（写真1）。少花粉ヒノキ2品種では、コンテナ容器の形状の違いによる発根率及び一次根の発根数には差が認められず、発根率は事業用に望ましいとされる71%以上でした（図1）。一方、二次根の量は口が広く高さが低い容器ほど増加する傾向でした（写真2）。
2. 挿し木育苗時の菌根菌剤による成長促進 市販のアーバスキュラー菌根菌剤（バイオポンプP、出光アグリ、直径0.5cm・深さ11cmの3つの穴に充填。写真3）と液肥（6.5-6-19微粉末500倍希釈あるいは20-20-20粉末2000倍希釈、週1回）について、育苗時の施用の有無が挿し木苗の成長に及ぼす影響を検討しました。菌根菌剤と液肥を共に施用した場合には、液肥のみに比べて品種・挿し穂長にかかわらず苗高の分布が大きい方に拡大しました（図2）。天日干しされた園芸用赤玉土は在来の菌根菌が極めて少なく、菌根菌剤施用区の中でも菌根菌の感染根（写真4）の割合に違いがあることが苗高に影響したと推察され、①菌根菌剤のタイミングや回数、②成長促進効果の高い菌根菌のヒノキ林土壌からの選抜など、菌根菌の感染法に改良の余地があると考えています。

成果の活用

本研究は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「花粉症対策ヒノキ・スギ品種の普及拡大技術開発と雄性不稔品種開発」の一部として実施し、第125回日本森林学会大会、埼玉県農林総合研究センター研究報告14号及び関東・中部林業試験研究機関連絡協議会花粉症対策研究会の花粉症対策研究会成果集（2015年）で公表しました。この方法で得られた挿し木苗は、県内で造林されるヒノキ苗木の生産のための少花粉ヒノキ採種園の採種母樹の改良や補植に用いられています。



写真1 挿し木容器に用いたMスターコンテナ(上)とヒノキ挿し付け後の状況(下)

Mスターコンテナ(上)の形状は左から、直径6cm×高さ8cm、直径4.5cm×高さ12cm、直径3cm×高さ16cm

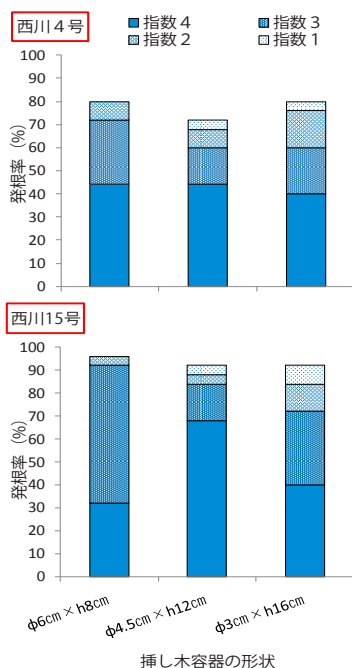


図1 挿し木容器の形状が発根指数*に及ぼす影響
発根指数 (袴田ら(2012))

- 1：一次根1～2本、二次根少
- 2：一次根3～4本、二次根少
- 3：一次根5～6本、二次根多
- 4：一次根7本以上、二次根多



写真2 形状の異なる挿し木容器での発根状況(発根指数4)



写真3 挿し木苗の根周辺に穴をあけ、菌根菌剤を処理

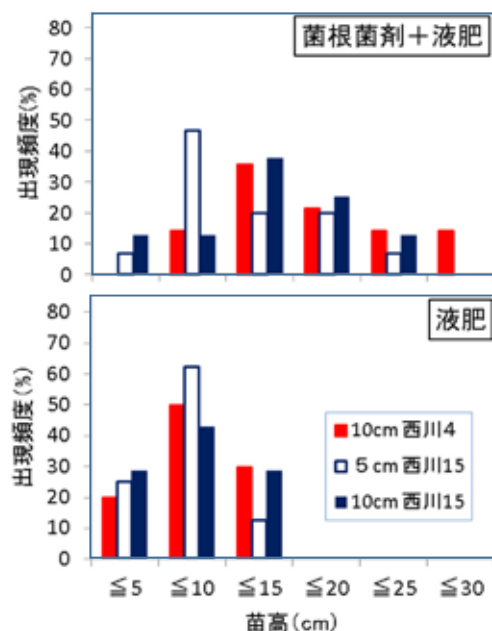


図2 挿し木育苗時の菌根菌剤・液肥の施用が1年後の苗高に及ぼす影響
5cm、10cm挿し穂とも菌根菌剤により大きい苗木が増加

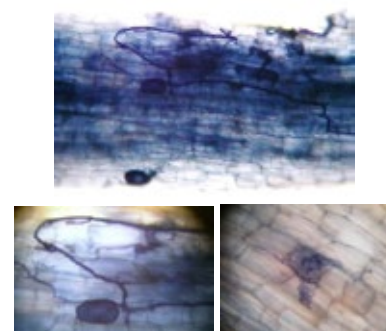


写真4 菌根菌剤と液肥を施用した挿し木苗の苗高の高い個体の染色根
アーバスキュラー菌根で特徴的な細胞間菌糸、のう状体及び樹枝状体を確認

マツノザイセンチュウ接種検定済苗木の抵抗性評価

千葉県農林総合研究センター 森林研究所 福原 一成

研究の背景・ねらい

千葉県におけるマツ材線虫病による海岸防災林の松枯れは依然として続いており、その復旧に際しては、マツ材線虫病に抵抗性を持った苗木が求められています。

接種検定済クロマツ苗は、マツ材線虫病の病原であるマツノザイセンチュウを育苗2年目に接種し健全であったものであり、高い抵抗性を持つことが期待されています。しかし、接種検定済クロマツ苗を実際に海岸に植栽した後のマツノザイセンチュウに対する抵抗性に関する情報は十分ではありません。そこで、海岸防災林に接種検定済クロマツ苗を植栽し、マツノザイセンチュウを再接種する試験を行って実際の植栽環境下での抵抗性を評価しました。

成 果

海岸に植栽し、再接種を行った接種検定済苗木の各年の生存率は、接種検定を行っていない抵抗性苗木に比べ同等から3倍程度となり、いずれの年も高くなりました(表1)。

また、海岸に植栽(写真1)した接種検定済苗木から各年の再接種試験前に無作為に10本抽出し、枝、幹、根に分解してベールマン試験を行い、マツノザイセンチュウの検出を行いました。その結果、いずれの部位からもマツノザイセンチュウは検出されず、接種検定済苗木は海岸に植栽しても潜在感染木にはならないことが明らかとなりました。

さらに、マツノザイセンチュウを再接種後に、各年とも健全であった個体を無作為に10本抽出してベールマン試験を実施したところ、マツノザイセンチュウは検出されませんでした。このことから、一度マツノザイセンチュウを接種した接種検定済苗木に再度接種を行っても、健全であった個体ではマツノザイセンチュウの増殖が抑制されることが考えられます。

以上のことから、接種検定済苗木は通常の抵抗性苗木に比べ、海岸防災林に植栽後もマツノザイセンチュウに対し高い抵抗性を発揮することが明らかとなりました。

成果の活用

接種検定済クロマツ苗木は、本県のマツノザイセンチュウの培養設備、圃場を最大限に活用し、平成23年度から29年度にかけて約16万本が生産されました。これらは海岸防災林の再生事業において、マツ材線虫病に対しより抵抗性が高い苗木として植栽されています。

この成果は、行政、林業関係者、一般県民等を対象とした千葉県試験研究成果発表会で公表しています。

表1 接種検定済苗と非接種検定苗の再接種検定後の生存率

年度	試験地	苗木の 由来 (注1)	苗畑での 接種検定 (注2)	海岸での 再接種検定 (注2)	供試本数	健全本数	部分枯 本数	生存率 (%)
27	富津	採種園	I	I	12	6	2	66.7
		海岸	III	I	10	6	1	70.0
		採種園	非接種	I	16	5	1	37.5
28	東浪見	採種園	III	II	56	14	12	46.4
		海岸	III	II	30	4	4	26.7
		採種園	非接種	II	30	4	1	16.7
	富津	採種園	II	II	108	40	9	45.4
		採種園	非接種	II	79	19	5	30.4
29	東浪見	採種園	III	II	29	10	13	79.3
		採種園	非接種	II	30	10	11	76.7
		採種園	II	II	31	17	12	93.5
		採種園	非接種	II	37	8	14	59.5
	富津	採種園	II	II	72	16	2	25.0
		採種園	非接種	II	74	5	1	8.1

注1) 苗木の由来は、採種園は上総試験園抵抗性クロマツ採種園で採取した種子、海岸は海岸に植栽した抵抗性採種園苗木から採取した種子を示す。

2) 接種したマツノザイセンチュウは、IがKa-4 10,000頭／本、IIがKa-4 3,000頭／本、IIIは島原 3,000頭／本を示す。

3) マツノザイセンチュウの接種日は、平成27年度が7月30日、28年度が7月27日（東浪見）及び28日（富津）、29年度が7月25日（富津）及び27日（東浪見）である。

4) 枯死の判定は、平成27年度が11月11日、28年度が11月18日（東浪見）及び21日（富津）、29年度が10月27日（富津）及び11月9日（東浪見）に行った。

5) 接種検定済苗と非接種苗の生存率の間には、比率の検定の結果、平成29年の東浪見（接種III）を除くすべての組み合わせで5%水準の有意差あり。



写真1 再接種を行った海岸試験地（一宮町東浪見）

ヒノキ両性不稔個体の発見

神奈川県自然環境保全センター 研究企画部 研究連携課 齋藤 央嗣

研究の背景・ねらい

ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) は、日本の固有種で広く造林されていますが、ヒノキ花粉の主要なアレルゲンはスギと共通抗原性を持ち、スギ花粉症患者がヒノキ花粉でも発症することから、スギと同様の花粉症対策が必要です。このため神奈川県では、県内産の精英樹の中から雄花着生量の少ないヒノキを選抜し (齋藤、2004)、スギ・ヒノキともに花粉症対策品種に全量転換しています。しかし無花粉となるものはスギでは発見されているものの、ヒノキではこれまで報告されていません。そこで県内のヒノキ林を網羅的に探索した結果、雄花及び雌花が着花するものの、花粉を飛散せず種子も生産しない両性不稔個体を発見しました。今回両性不稔であることを確認するとともに、雄性不稔の発現の要因について検討を行いました。また、さし木による増殖試験を実施しましたので報告します。

成 果

1. 雄性不稔ヒノキ選抜調査

林道沿いなどのヒノキ林で、高枝ばさみ (3~4m) で雄花の着花している枝をたたき、花粉が飛散すれば可稔個体とし、飛散しない場合は、雄花を落として雄花内部の花粉の有無を調べました。2011年春に西湘・足柄上方面で2,867本、2012年春に丹沢方面で1,207本を調査しました。その結果、2012年に秦野市内の山林で花粉が飛散しないヒノキを発見しました (写真1)。採取した雄花をつぶすと、通常個体と異なり褐色の溶液が放出されました (写真2)。採取した雄花を顕微鏡で観察したところ、花粉嚢内で大小の粒子が観察されました (写真3)。そこで、雄花のついた枝を袋がけし水差したところ、雄花は開いたものの、花粉飛散期を過ぎても花粉嚢が開かず花粉を飛散しませんでした (写真4)。翌年再現性を調査したところ同様に花粉を飛散しませんでした。

2. 雌性の稔性、雄性不稔の発現過程

花粉嚢内の粒子に大小が認められたことから減数分裂期の異常が想定されたため、雌性についても稔性を調査しました。結実した球果は、通常個体の半分以上の重量で、球果に種子が付着したままで放出されませんでした。ピンセットで外した種子は明らかに小さく (写真5) 全く発芽しませんでした。

また、花粉形成期に減数分裂期の状況を観察したところ、花粉母細胞から花粉四分子に分裂の際に不均等な分裂や2~7個への分裂が観察され、雄性不稔の原因が減数分裂期の異常によることが明らかになりました (写真6)。

3. さし木による増殖効率

2年間にわたるさし木の試験の平均の発根率は67%であり、さし木増殖が可能であることが明らかになりました。

成果の活用

本成果は、第2回森林遺伝育種学会 (2013) でポスター発表を行うとともに、日林誌に掲載されました (齋藤央嗣 (2017) 両性不稔ヒノキ個体の発見. 日林誌 99: 150-155)。また、県の農業系4県試の成果発表会で発表しました (2018.3)。さらに、品種の概要をとりまとめ品種登録出願を行いました (2018)。現在、当該品種のさし木生産に向けて、採穂園の造成を進めています。

知的財産取得状況

平成30年7月「神奈川無花粉ヒ1号」品種登録出願 (平成30年10月29日出願公表)



写真1 発見した不稔個体（中央）

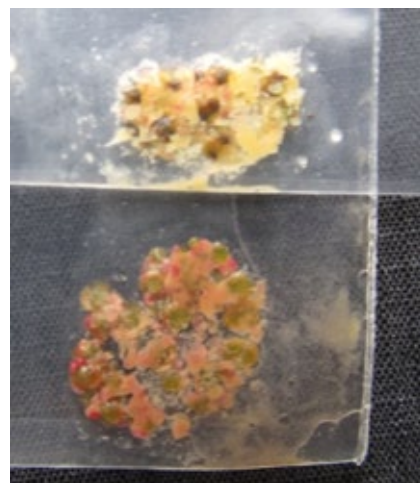


写真2 つぶした雄花（下が不稔個体）

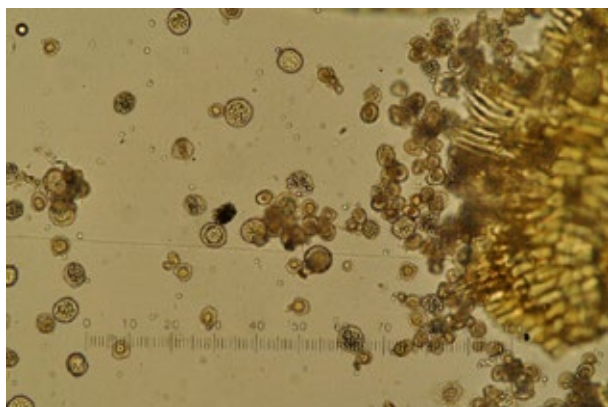


写真3 花粉囊内の大小の粒子の状況

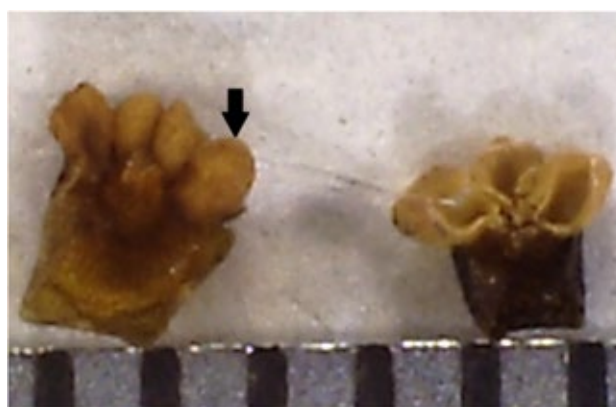


写真4 開花期を過ぎた雄花の花粉囊
矢印、左が不稔個体



写真5 不稔個体(左)と通常個体(右)の種子

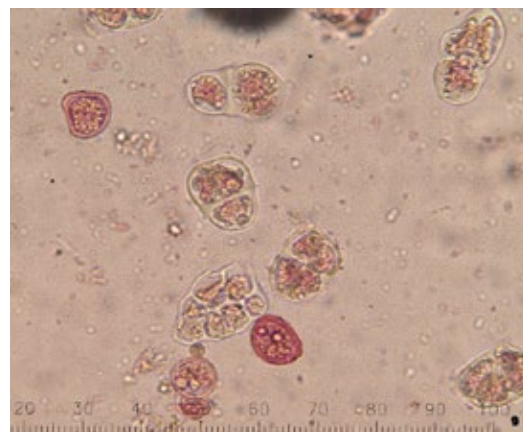


写真6 不稔個体の花粉四分子期の状況
7分子(中央下)や3分子(右上)等が見える

スギ・ヒノキエリートツリー（特定母樹）の選抜

静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター 森林育成科
山田 晋也・猿田 けい・山本 茂弘

研究の背景・ねらい

森林資源の更新には低コスト造林が不可欠であり、低コスト造林に適する成長等に優れた品種が求められています。エリートツリー（特定母樹）は静岡県内から選抜がされていませんでした。林木育種は精英樹等の優良個体の選抜から始まり、次代検定林等でその優良性を調べるとともに、成長、形質等の優れた個体同士の交配によって育成された次代の集団から優れたものを選抜することを繰り返すということが主な方法です。それにより、徐々に収量増大や材質の向上が図られます。

そこで本課題では、第1世代スギ・ヒノキ精英樹を評価した試験林から、林野庁で定める特定母樹選抜基準（材積1.5倍以上、強度平均以上等）を満たした優良個体を選抜しました。

成 果

各試験林における調査の結果、スギは周智郡森町三倉①②から7個体、浜松市天竜区神沢から2個体、同区龍山町下平山から3個体、同区佐久間町川合から3個体、静岡市葵区口坂本から1個体、賀茂郡西伊豆町宇久須から1個体、賀茂郡河津町梨本から1個体、浜松市北区引佐町渋川から1個体の合計19個体を選抜することができました。ヒノキは富士市桑崎から3個体、賀茂郡東伊豆町稲取から2個体、伊豆市冷川から2個体、富士宮市佐折から2個体の合計9個体を選抜することができました。選抜した個体は全て農林水産大臣から特定母樹として指定を受けることができました。

さらに、先行して選抜したスギ特定母樹を挿し木で増殖を行いました。平成30年度に特定母樹同士の確実な交配を行うことを目的に、ビニールハウスを使った特定母樹の種子生産試験を実施しました。その結果、本県でスギの種子生産を行っている少花粉スギミニチュア採種園産種子に劣らない種子を生産することができました。平成30年11月の調査結果では、特定母樹の種子発芽率は46%、少花粉スギの種子発芽率は21%で、種子の大きさは同程度でした。

成果の活用

平成28年度林木育種成果発表会で「静岡県における特定母樹選抜の取組」を、平成28～30年度に静岡県内の研究成果発表会等で選抜結果を公表しました。また、林野庁ホームページにおいて選抜した合計28個体の特定母樹の選抜時データが公表されました。

当センターが先行して選抜した特定母樹を挿し木によって増殖し、静岡県西部農林事務所育種場においてビニールハウスを用いた閉鎖型採種園を造成して母樹の育成を行って、県が進める主伐・再造林に必要な苗木の種子生産体制整備を進めています。

※本研究の一部は農研機構生研支援センターイノベーション創出強化研究推進事業と静岡県新成長戦略研究事業の支援を受けて行っています。



天竜 21 号

天竜 22 号

天竜 23 号

富士 21 号

富士 22 号

写真 1 選抜したエリートツリー（特定母樹）

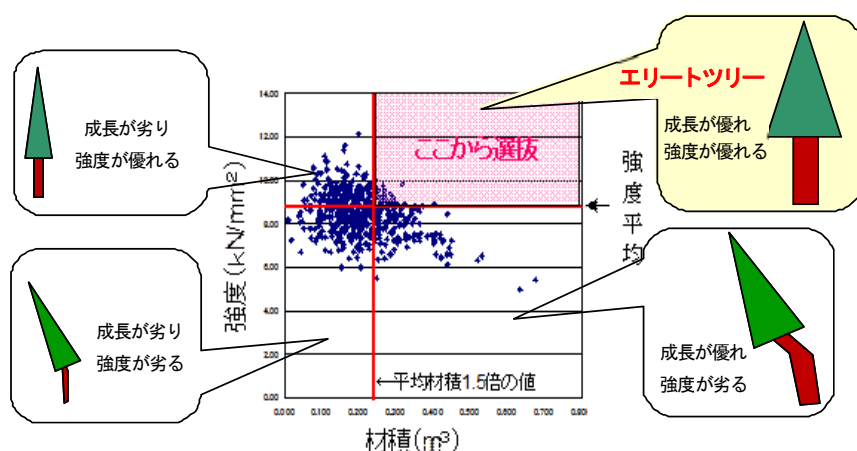


図 1 試験林に生育するスギの材積と強度

表 1 選抜した特定母樹一覧

指定番号	樹種	樹木の名称	成長量				剛性※3		選抜場所	
			調査年次 ※1	特定母樹 の材積 (m³)	基準材積 (m³) ※2	基準材積と の 材積比較	特定母樹 の値 (m/ 秒)	対照個体 の平均値 (m/秒) ※4		
1	スギ	天竜21号	21	0.363	0.237	1.53	3086	3084	周智郡森町三倉①	
2		天竜22号	21	0.398	0.203	1.96	3142	3030	周智郡森町三倉①	
3		天竜23号	21	0.369	0.19	1.94	3132	3036	周智郡森町三倉①	
4		天竜24号	32	0.791	0.514	1.54	3188	3053	浜松市天竜区神沢	
5		天竜25号	32	0.756	0.514	1.47	3067	3053	浜松市天竜区神沢	
6		安倍21号	21 (剛性31)	0.402	0.263	1.53	2629	2602	静岡市葵区口坂本	
7		伊豆21号	47	1.221	0.674	1.81	3226	2966	賀茂郡西伊豆町宇久須	
8		伊豆22号	51	1.38	0.577	2.39	3077	2977	賀茂郡河津町梨本	
9		天竜26号	46	1.813	1.086	1.67	3371	3283	浜松市天竜区龍山町下平山	
10		天竜29-25	天竜27号	46	1.232	0.674	1.83	3352	3352	浜松市天竜区龍山町下平山
11		天竜29-26	天竜28号	46	1.232	0.683	1.80	3371	3351	浜松市天竜区龍山町下平山
12		天竜29-27	天竜29号	44	1.85	0.78	2.37	3360	3309	浜松市北区引佐町洪川
13		天竜29-56	天竜210号	36	0.988	0.458	2.16	3484	3048	周智郡森町三倉②
14		天竜29-57	天竜211号	36	0.703	0.458	1.53	3390	3048	周智郡森町三倉②
15		天竜29-58	天竜212号	36	0.789	0.458	1.72	3233	3048	周智郡森町三倉②
16		天竜29-59	天竜213号	36	0.977	0.458	2.13	3290	3048	周智郡森町三倉②
17		天竜29-60	天竜214号	46	1.383	0.758	1.82	3077	3075	浜松市天竜区佐久間町川合
18		天竜29-61	天竜215号	45	1.222	0.765	1.60	3268	3118	浜松市天竜区佐久間町川合
19		天竜29-62	天竜216号	45	1.128	0.682	1.65	3378	3212	浜松市天竜区佐久間町川合
1	ヒノキ	富士21号	39	0.669	0.253	2.64	3448	3416	富士市桑崎	
2		富士22号	39	0.518	0.253	2.05	3841	3815	富士市桑崎	
3		富士23号	39	0.494	0.253	1.95	3718	3415	富士市桑崎	
4		富士24号	44	1.206	0.602	2.00	3807	3610	賀茂郡東伊豆町稲取	
5		富士25号	44	0.973	0.644	1.51	3717	3550	賀茂郡東伊豆町稲取	
6		伊豆21号	44	0.721	0.378	1.91	3836	3559	伊豆市冷川	
7		伊豆22号	44	0.698	0.458	1.52	3759	3566	伊豆市冷川	
8		伊豆23号	45	1.098	0.531	2.07	3722	3680	富士宮市佐折	
9		伊豆24号	45	0.689	0.396	1.74	3906	3707	富士宮市佐折	

※ 1 調査年次は、調査時の樹齢である。

※ 2 基準材積とは特定母樹の周辺10本以上の平均値である。

※ 3 剛性は応力波伝播速度による数値である。

※ 4 対照個体とは、環境及び林齢が特定母樹と同様の林分に生育する平均的な個体のことである。

[問い合わせ先：静岡県森林・林業研究センター Tel 053-583-3121]

Mスターコンテナを用いたアテ空中取り木苗の生産

石川県農林総合研究センター 林業試験場 千木 容

研究の背景・ねらい

石川県能登地域では、スギに加えアテ（ヒノキアスナロ）が主要な造林樹種として植栽されています。アテの苗木は、挿し木と空中取り木により生産されており、後者は1年以内に出荷できることから、近年主流になりつつあります。しかしながら、挿し木苗に比べて単価が高いことが欠点で、今後増加が見込まれる主伐再造林に当ってはより単価の安い苗木の供給が望まれています。

そこで、植栽適期が広いとされるMスターコンテナ（写真1）を用いた空中取り木苗（写真2）について実用性を検討しました。

成 果

1. 資材の低コスト化

従来の空中取り木苗では培養土として水苔を使用していますが、Mスターコンテナ苗では安価なココピート（商品名：エイジドココ）を使用し、資材費が苗木1本当たり約5割の低減が可能となりました。さらに、コンテナは再利用が可能なため、よりコストの低減が見込まれます。

2. 直根による活着率の向上

従来の空中取り木苗では、水苔を直接ビニールで覆っていたため根が巻根状になりますが、Mスターコンテナを使うことでシートの溝に沿って根が伸長するため直根となり、しかも空気根切り効果によって万遍なく発根しますので、活着率の向上が期待できます（写真3）。

3. 根量増加による高品質苗の生産

従来の水苔を用いた方法に比較して、Mスターコンテナ苗の根は、乾燥重量、伸長度合ともに約2倍となりました。ココピートの保水力が高いため、根の成長に好影響を与えたと考えられます。そのため、バランスのとれた充実した根となり高品質苗の生産が望めます（図1）。

成果の活用

Mスターを使った空中取り木の作り方について、林業普及指導員や森林組合員を対象に研修を行っています。また、石川県では現在アテ漏脂病抵抗性品種系統の選抜に取り組んでいます。今回の成果は、採穂園での苗木生産事業に活かされているとともに、再造林跡地にこの苗を植栽し成長経過について観察を行っています。



写真1 Mスターコンテナと培養土



写真2 Mスターコンテナの空中取り木



写真3 空中取り木苗の発根状態の比較
従来の空中取り木苗（左）、Mスターコンテナ苗（右）

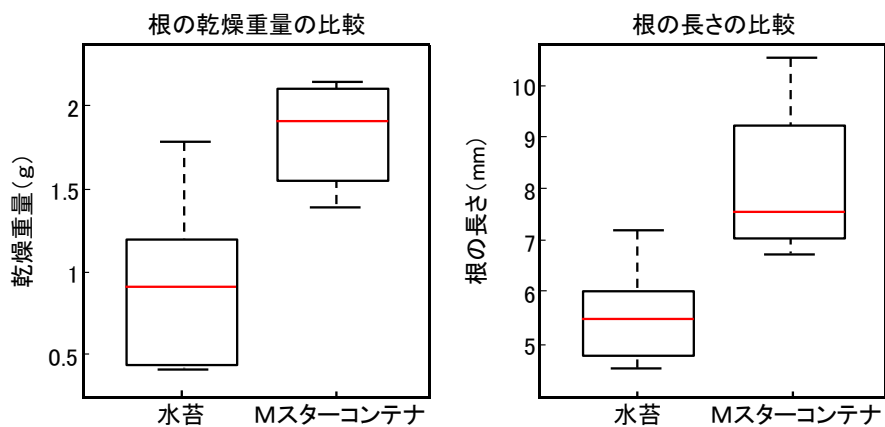


図1 根の乾燥重量（左）及び伸長度合（右）の比較

ハイパーマツ黒の得苗率を向上させるさし木技術

福岡県農林業総合試験場 資源活用研究センター 森林林業部 宮原 文彦・檜崎 康二

研究の背景・ねらい

海岸のクロマツ林では、松くい虫被害（マツ材線虫病）で枯れた跡地へ復旧植林する際には、マツ材線虫病に強い抵抗性を持つとともに、将来のクロマツ林の遺伝的な多様性を維持できる苗の供給が重要です。

福岡県では、産学官の共同研究でマツ材線虫病に極めて強いクロマツ「ハイパーマツ黒」73クローンとそれをさし木で増やす技術を開発しましたが、実際にさし木苗を生産する段階では得苗率が低く、需要に対応できていませんでした。そこで、得苗率を向上できるさし木の発根技術と、発根率が高いクローンの選定を行いました。

成 果

1. ハイパーマツ黒のさし木の適期は12月から翌年2月ですが、この時期に電熱線をさし木床の下に敷き、地温を15～25℃に加温（以下、電熱温床）してさし木すると、発根率が12月のさし木では42ポイント、2月では23ポイント向上して、それぞれ81%、72%となりました（図1）。
2. 電熱温床を用いないさし木で、適期である2月のさし木においては、さし穂が細いほど発根率は高くなりました（図2）。適期を過ぎた3月下旬では4mm以上のさし穂の発根率が大きく低下しましたので（図3）、さし木する時期は重要です。
3. 今回の結果を含む過去6回のクローン別発根試験の成果ではハイパーマツ黒73クローンの平均発根率は52.8%ですが、これらの中から、特定の種子親（雌花）系統や花粉親（雄花）系統のクローンが除去されないように注意しながら、発根率が高い44クローンを選定しました。これらのクローンを採用することで、平均発根率の向上（64.5%）が期待できます（表1）。

成果の活用

本研究は、第71回九州森林学会において口頭発表を行い、福岡県農林業総合試験場のHP上で成果情報として広く公表されています（<http://farc.pref.fukuoka.jp/farc/farcis.htm>）。さらに、福岡県の林業種苗生産組合マツ部会に紹介し、ハイパーマツさし木苗生産に生かされています。

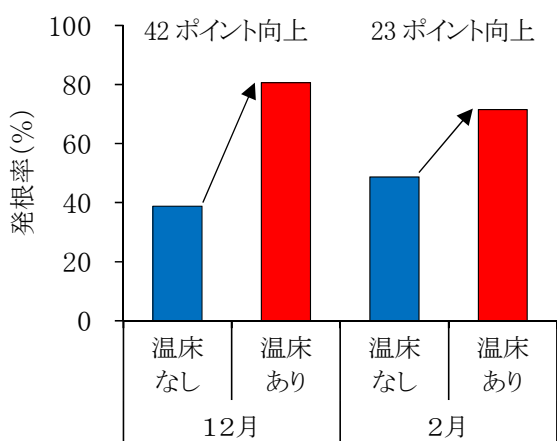


図1 時期別・電熱温床の有無別の発根率
各時期とも温床の有無間には1%の水準で有意差あり。

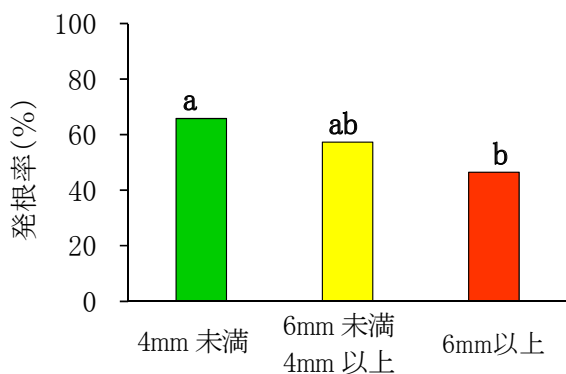


図2 2月におけるさし穂の太さ別発根率
図中の異なるアルファベット間には5%の水準で有意差あり。

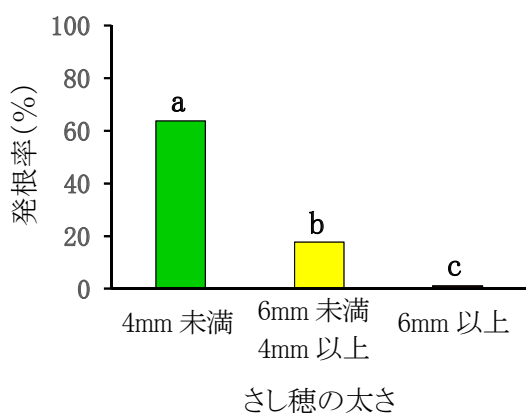


図3 3月下旬におけるさし穂の太さ別発根率
図中の異なるアルファベット間には5%の水準で有意差あり。

表1 過去6回の結果を基にしたクローン別の発根率順位と親家系の出現率に配慮したクローンの絞込み

クローン	発根率 順位	上位から その順位 までの 平均発根率	種子親	花粉親	親家系の 出現率
A	1	86.4%	波方37	津屋崎50	7.4%
B	2	85.8%	波方37	大瀬戸12	11.3%
C	3	84.6%	波方73	大瀬戸12	14.8%
D	4	83.8%	波方37	大瀬戸12	14.8%
E	5	83.2%	波方37	川内290	18.7%
F	6	82.6%	夜須37	波方73	26.1%
G	7	82.1%	津屋崎50	三崎90	33.5%
H	8	81.5%	波方37	志摩64	37.4%
I	9	81.0%	波方37	大分8	41.2%
J	10	80.6%	願娃425	波方73	44.8%
K	11	80.2%	吉田2	波方73	48.4%
L	12	79.7%	津屋崎50	波方37	52.2%
M	13	79.3%	願娃425	願娃425	56.0%
N	14	78.8%	三崎90	波方73	59.6%
O	15	78.2%	波方73	小浜30	63.5%
P	16	77.6%	波方37	小浜30	63.5%
Q	17	77.1%	吉田2	願娃425	63.5%
R	18	76.6%	津屋崎50	波方73	63.5%
S	19	76.1%	波方37	吉田2	67.3%
T	20	75.7%	波方73	三崎90	67.3%
U	21	75.2%	吉田2	土佐清水63	71.2%
V	22	74.7%	志摩64	波方37	74.7%
W	23	74.1%	川内290	土佐清水63	78.3%
X	24	73.7%	川内290	津屋崎50	78.3%
Y	25	73.2%	波方37	波方73	78.3%
Z	26	72.7%	波方37	土佐清水63	78.3%
AA	27	72.3%	大分8	津屋崎50	81.9%
BB	28	71.8%	大分8	波方37	81.9%
CC	29	71.4%	小浜30	津屋崎50	85.4%
DD	30	70.8%	夜須37	志摩64	85.4%
EE	31	70.3%	津屋崎50	大分8	85.4%
FF	32	69.9%	大分8	土佐清水63	85.4%
GG	33	69.3%	三崎90	波方37	85.4%
HH	34	68.8%	吉田2	大分8	85.4%
II	35	68.3%	波方73	波方37	85.4%
JJ	36	67.8%	土佐清水63	吉田2	89.0%
KK	37	67.4%	大分8	三崎90	89.0%
LL	38	66.9%	土佐清水63	願娃425	89.0%
MM	39	66.5%	三崎90	大分8	89.0%
NN	40	66.1%	大瀬戸12	土佐清水63	92.6%
OO	41	65.7%	大分8	波方73	92.6%
PP	42	65.3%	波方73	吉田2	92.6%
QQ	43	64.9%	波方73	田辺54	96.4%
RR	44	64.5%	田辺54	波方73	100.0%

全73クローンの
平均発根率 52.8%

- 注) 1. 結果には、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター九州育種場のデータを含む。
2. 黄色セルの種子親・花粉親は、上位から見て初めて出現するクローンを示す。
3. 親家系の出現率は、各順位までの重複を除く親家系の累積出現割合を示す。

道産カンバ類の高付加価値用途への技術開発

北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 性能部 秋津 裕志

研究の背景・ねらい

シラカンバ、ダケカンバは、更新が良好であることから、北海道の持続的広葉樹資源としての可能性があります。しかし、細い材がほとんどで、欠点も多いことから、原木の9割以上がパルプ用チップ材などの低位利用です。そこで、林産試験場ではシラカンバ、ダケカンバ（カンバ類）から、内装材や家具などの高価値な用途に利用できる材料を製造する技術を開発しました。

成 果

1. 利用モデルの提案

天然林、人工林合わせて、のべ8カ所の林分で毎木調査を行い、カンバ類の径級別出材量を予測した結果のうち、シラカンバについて図1に示します。従来はチップ利用の多い径級24cm以下が全体の9割を占めることがわかりました。そして、北海道におけるカンバ類の市況、需要動向の調査と径級別の出材頻度を踏まえて検討を行った結果、径級24cm以上の原木において、欠点の少ないものを製材用に、径級14cm以上24cm未満の原木においては、単板切削時の原木長さの検討によって歩留まりが向上し、一定の利益率を確保できることが明らかになりました。

得られた単板を積層しフローリングや内装材として使用するという利用モデルが得られました（表1）。このモデルにより、予測された出材量の約70%を高度利用できる可能性が示されました。

2. 内装材への利用

カンバ類単板を用いた内装材としてLVLフローリングの開発を行いました。LVLフローリングは無垢材に近い風合いを持ちながら、内層には、欠点を有する低質単板が使用可能です。フローリングは湿度変動による変形への対応が必要ですが、7層のうち2層に直交層を設けることによって、それを大幅に減少でき（図2）、隙間の発生についても、住宅メーカーと行った実証施工試験で、問題のないことを確認しました（図3）。

3. 家具への利用

無垢材利用として、カンバ類の家具用材としての利用可能性を検討しました。曲げ強度は、実用上問題ない値であることがわかりました。接合部強度は実用時にやや不足する可能性もあったため、接合部にダボとホゾの併用や金属部品による補強が必要と考えられました。これらの結果をもとに、複数のデザインの椅子を試作し、JISに基づく強度試験を行ったところ、軽量化や高さ調整などの機能を付与しても、強度的に問題のないことを確認しました（図4）。

成果の活用

研究成果をもとに、建材メーカー数社が単板利用を検討し、家具メーカー数社が家具の製造販売をしています。そして音響特性がシラカンバ、ダケカンバともにシュガーメイプルに近いことがわかったため、ギターを試作したところ（図5）、楽器メーカー数社で評価され、カンバ材を使ったギターの製造販売が予定されています。ダケカンバにおいては、材質が野球のバットに適していることから、バットを試作したところ（図5）、既存バットと同等の評価が得られ、数チームで試用を予定しています。

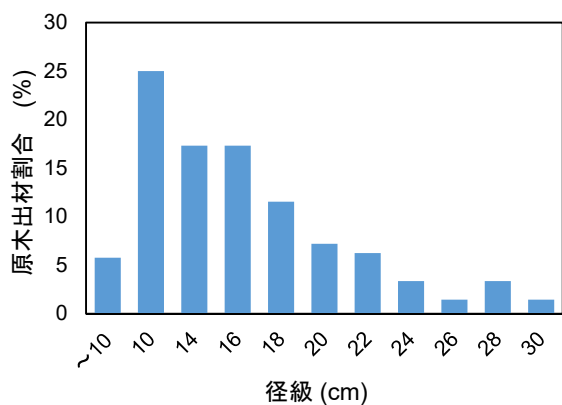


図1 シラカンバ原木の径級別出材予測

表1 カンバ類の径級別利用モデル

径級 cm	出材割合 %	用 途		従来 用途
～14	30.8	チップ		チップ
14～	34.6	単板 加工	フロー リング 内装材	
18～	11.5			
20～	13.5			
24～	9.6	製材	無垢材 利用	無垢材

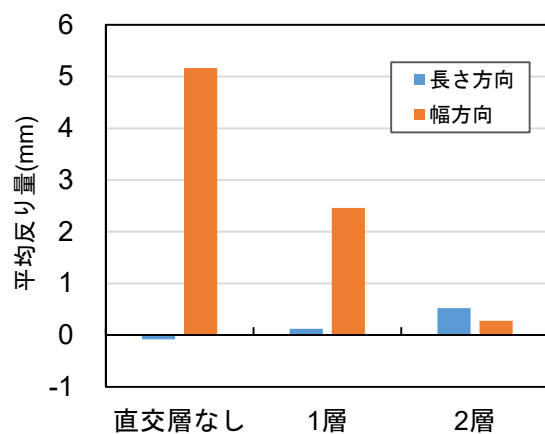


図2 フローリングのそり（変形量）
寸法：長さ900mm、幅150mm、厚さ15mm



図3 実証施工試験

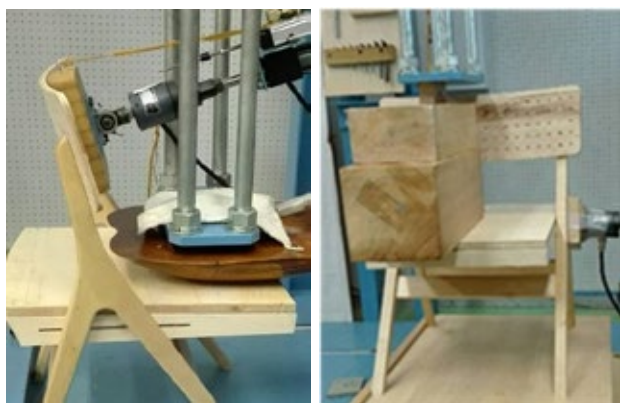


図4 いすの強度試験（JIS準拠）



図5 試作した野球バットとギター

アカマツ材の高付加価値化に向けた用途開発

岩手県林業技術センター 研究部 後藤 幸広¹・谷内 博規
(¹: 現 森林整備課)

研究の背景・ねらい

岩手県のアカマツ資源は豊富にあり、アカマツの用途拡大による製材用丸太の需要増加は、アカマツ林の高付加価値化や松くい虫被害隣接地域の予防伐採の促進につながります。そこで、国産材の新たな用途として期待されるCLTへのアカマツの利用を目的に、利用適性評価、実大CLTの試作、強度性能評価を行いました。

成 果

岩手県産のアカマツ丸太およびその丸太から製材された乾燥ラミナの動的ヤング係数（以下Efrという）を測定の後、直交集成板日本農林規格（以下JASという）に準拠し、ラミナの等級区分、節除去、縦継ぎを行い、岡山県のCLT工場でアカマツCLTを製作しました。そのCLTから試験体を切り出し、接着剝離、曲げ、せん断、めりこみ試験を実施しました。

1. アカマツラミナの強度分布

県産アカマツ丸太のEfrの平均値は県南、県北地域で差異があったものの（表1）、ラミナのEfrは、t検定の結果、県南と県北地域の間には有意差は無く同程度の分布となりました（図1）。また、得られたラミナのEfrを、便宜的にJASの強度等級に区分すると、出現頻度はM120相当が約60%、M90相当が35%となり、強度等級の高いラミナが多く出現しました（図2）。このことから、アカマツは強度面でCLT利用適性が高いことが明らかとなりました。

2. アカマツCLTの試作、接着剝離試験

過去に、アカマツCLT小試験体を試作し明らかとした接着条件（表2）を用いて、実大のアカマツCLTを試作（写真）し、JASに準拠して、接着剝離試験を実施した結果、すべての試験体で基準を満たし、接着条件が検証されました。

3. アカマツCLTの強度性能

アカマツCLTパネルの面外曲げ試験の結果、すべての試験体において、曲げ強度、曲げヤング係数はJASの基準を満たしていました（表3）。さらに、CLTに関連する建築基準法告示に対応するため、様々なCLT強度データの収集を行いました（表3）。

成果の活用

本研究の一部は、農林水産業・食品産業科学技術推進事業「薬剤使用の制約に対応する松くい虫対策技術の刷新」（課題番号27020C）により実施しました。本研究の成果は、学会等で発表を行うとともに、当センターのホームページで成果速報、研究報告として公表しております。また、CLTに関心のある企業・団体等に対し、講演などにより成果の普及を進め、必要に応じて技術指導等を進めていく予定です。



写真 試作したアカマツCLT

表1 供試したアカマツ丸太の性状

産地 (本数)	項目	材長 (cm)	径 (cm)	年輪数	密度 (kg/m ³)	Efr (GPa)
県南 (n=55)	平均値	205.8	30.6	40	865.0	9.5
	最大値	211.0	38.0	45	1002.3	12.4
	最小値	199.5	25.0	33	613.5	6.9
	C.V.(%)	1.3	10.2	7.2	7.9	12.6
	平均値	413.0	26.6	49	835.6	10.3
県北 (n=52)	最大値	427.0	31.0	56	982.1	13.0
	最小値	401.0	23.5	40	704.0	7.3
	C.V.(%)	1.1	5.1	9.2	7.9	13.3

Efr: 動的ヤング係数、C.V.: 変動係数

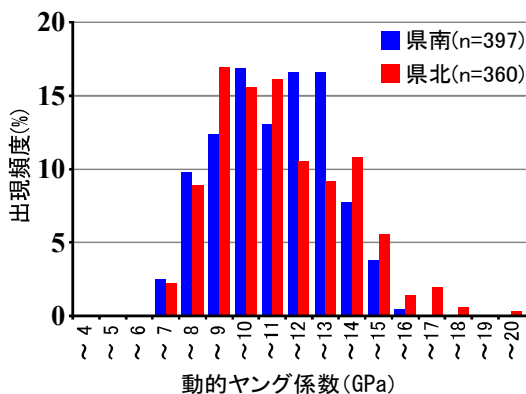


図1 県産アカマツラミナの動的ヤング係数の出現頻度

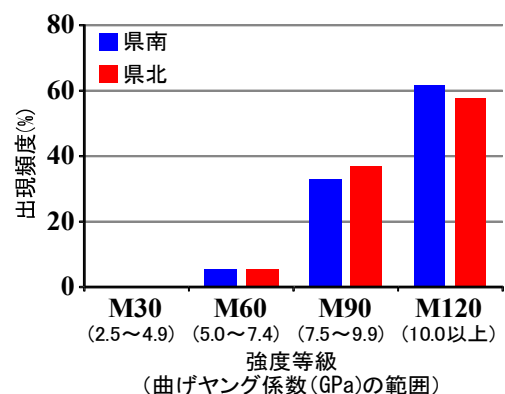


図2 JASに基づくアカマツラミナの強度等級の分布

表2 試作したアカマツCLT

強度等級	寸法 長さ×幅×厚(mm)	n	ラミナ 幅×厚(mm)	接着条件				
				接着剤	圧縮圧 (MPa)	塗布量 (g/m ²)	圧縮時間 (分)	幅はぎ
Mx90-3-3	6,000×2,700×90	1	110×30	水性高分子-イソシアネート系樹脂	1.0	200	60	なし
Mx90-5-5		1						
S90-5-5	6,000×2,700×150	1						
S120-5-5		1						

表3 アカマツCLTの強度性能

強度等級	n	曲げ試験(面外)						曲げ試験(面内)			
		曲げ強さ		JAS基準値 (MPa)	曲げヤング係数		JAS基準値(GPa) 平均値 下限値	曲げ強さ		曲げヤング係数	
		Ave.(MPa)	C.V.(%)		Ave.(GPa)	C.V.(%)		Ave.(MPa)	C.V.(%)	Ave.(GPa)	C.V.(%)
Mx90-3-3	4	44.6	8.1	14.0	9.7	7.3	7.8 6.4	27.9	14.1	7.5	3.9
Mx90-5-5		29.7	12.5	12.2	7.4	2.3	6.2 5.0	22.4	14.3	6.2	4.8
S90-5-5		23.1	5.9	12.8	7.7	1.8	6.4 5.2	19.7	15.6	6.0	1.2
S120-5-5		34.4	9.5	15.8	9.5	4.5	8.6 7.0	27.3	6.0	7.6	5.6

強度等級	n	せん断試験		めり込み試験			
		せん断強さ		めり込み強さ(平使い)		めり込み強さ(縦使い)	
		Ave.(N/mm ²)	C.V.(%)	Ave.(N/mm ²)	C.V.(%)	Ave.(N/mm ²)	C.V.(%)
Mx90-3-3	4	4.7	11.1	12.6	5.1	19.0	15.3
Mx90-5-5		2.9	5.5	10.7	9.2	20.6	6.8
S90-5-5		2.9	3.3	10.0	6.5	21.2	10.5
S120-5-5		3.3	5.2	11.6	11.0	25.9	4.2

Ave.: 平均値、C.V.: 変動係数

[問い合わせ先: 岩手県林業技術センター 研究部 Tel 019-697-1536]

宮城県産スギ CLT 用ラミナ及び CLT の強度性能

宮城県林業技術総合センター 地域支援部 大西 裕二

研究の背景・ねらい

直交集成板（以下CLTという）は、平成25年に日本農林規格（以下JASという）の制定、平成28年には国土交通省からCLT工法の標準的設計法と基準強度の告示がなされるなど、利用推進に向けた態勢が急速に整いつつある中、県内では平成28年4月、東日本では最初のCLT製造工場がJAS認定されました。

これらを背景に、宮城県産スギをCLTラミナとして活用を図っていけるよう、県産スギラミナ及びこれから製造されるCLTの強度性能を調査しました。

成 果

1. ラミナの等級区分及び強度性能試験

宮城県産スギ丸太30本（長さ4m、末口直径22～32cm）からラミナ（長さ4m×幅120mm×厚30mm）195枚を製造し、JASに基づく目視及び機械等級区分（打撃法）を行い、等級の出現率を調査しました。機械等級区分ラミナは目視等級と較べて規格外の出現率が低く、利用歩留りが良いことが分かりました（図1）。

目視等級1等・2等、機械等級M90A、M60AのラミナについてCLTのJASに基づき性能を調査しました。目視等級、機械等級のラミナともJASの基準値を満たし、CLTラミナとして十分な強度性能を有していました（図2）。

2. CLTの等級構成の検討及び強度性能試験

ラミナを歩留り良く利用し、力学的合理性の高いCLTの等級構成を検討しました。その結果、外層に機械等級ラミナM90A、内層にM60を配置した異等級構成Mx90相当の5層5プライのCLTを製造しました（長さ4m×幅900mm×厚150mm 2体を幅300mmとして6体）。

これをJASに基づく強度性能試験を行ったところ、試験値及び95%下限値はMx90の基準値を満たしました。現行JASではラミナ性能に基づく製造基準によるスギCLTのMx90は認められていませんが、CLTの性能を担保する性能基準では製造が可能であり、適正に製造されたスギCLTはMx90を満たす十分な強度性能を持つことが分かりました（図3）。

成果の活用

宮城県林業技術総合センター成果報告や設計・施工業者等で構成する宮城県CLT等推進協議会で報告するとともに、県内CLT工場やラミナを製造する工場に対し指導するなど、県産木材の有効利用と付加価値向上に取り組んでいます。

また、この成果を活かし、さらなるデータ収集により、JASにおいてより高い強度をもつスギCLTを認められるよう目指していきたいと考えています。

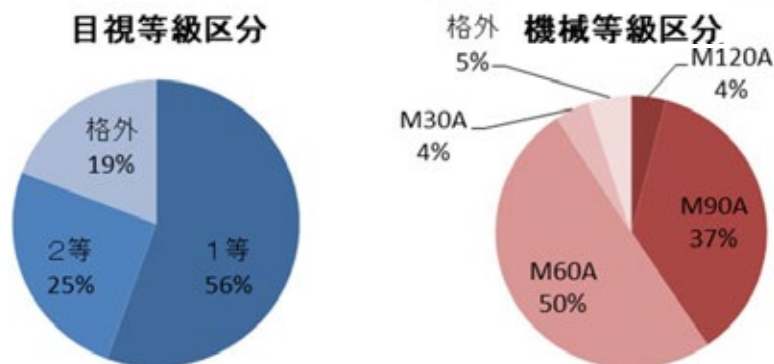


図1 ラミナ等級の出現率

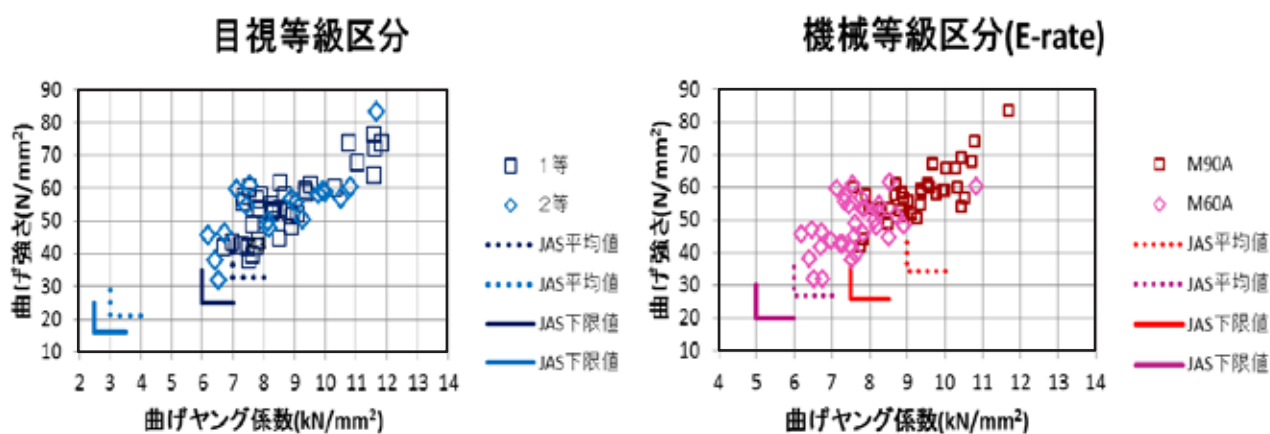


図2 ラミナ曲げ試験結果

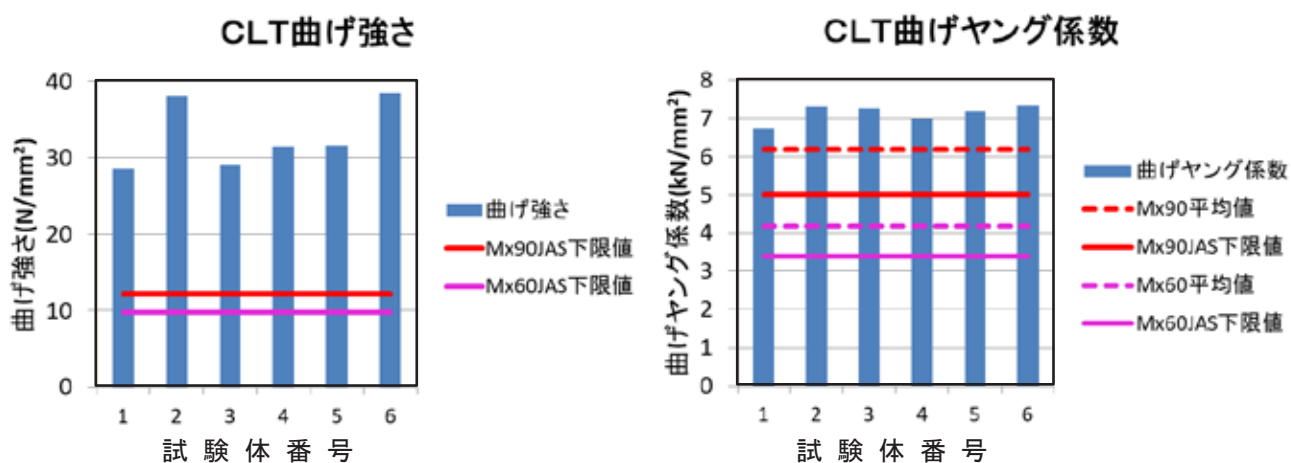


図3 CLT曲げ試験結果

実矧ぎの接合部を曲線化して意匠性を高めた木製内壁材の開発

山梨県森林総合研究所 森林研究部 三枝 茂

研究の背景・ねらい

住宅内装の腰壁など、長尺の板を幅方向に張り合わせて木材の壁面を構成する場合、そこで使われる板材は木材の繊維方向に沿って整形されるために、内装材の表面に現れる木目はともかく、外形は直線ばかりで構成されるのが一般的です。この板材を張り付けた壁面に、直線ではない板の継ぎ目や凹凸ができることで、より多彩な木質空間を創り出すことが出来ると考え、内装板材のはぎ合わせ部の形状に工夫を加えて、出来上がる壁面に形質的な意匠性を加える内装材を開発しました。

成 果

開発した内壁材（図1）は、幅120 mm、厚さ30 mm（従来は9～15 mm程度）の厚いスギの無垢板を原板として使用しています。実矧ぎ（サネハギ）部の凹型の溝は深さ31 mmに対してはぎ合わせそれぞれの厚みを10 mmに、凸型突起の突出し30 mmに対して厚みを9.5 mmにしたことで、切削整形によって加工した部分の割れや欠けが起きにくくなっています。このように、厚みをとって壊れにくくしたことで、実矧ぎの矧ぎ合わせ深さ30 mmのうち、25 mmほどを意匠性を与える曲線に利用できるようになりました。曲線部の加工はNCルーターで行いますが、内壁材1枚の幅120 mmのうち、接合部分で30 mm使用し、仕上り面は90 mm間隔ではぎ合わせることになります。そのため、同じ長さの壁面を仕上げる枚数は1.3倍程度多くなります。また、壁材としての有効長さは900 mmで、壁下地への固定に使う上部20 mmと下部20 mmを加えた、全体の長さは940 mmです。接合部分に過度に細かい加工の意匠を施すと、樹種によっては欠けが発生してしまいます。今回、31種類の試作品意匠を製作し、試作品をはぎ合わせ45度傾斜させた状態にして、接合部分に落差2 mでソフトボール（3号）、サッカーボール（5号）、ドッジボール（3号）、硬式テニスボールを自由落下させる簡易な衝撃試験を行い、欠け等の破損は発生しませんでした。以下試作品の一部を示します。

写真1は試作品の第1号になります。はぎ合わせ部の凹型の溝の片方を波形に切削加工するとともに、凸型突起の根元部分を凹形の波型に沿って加工し、12 mmの目地を設けています。

写真2は内壁材面に、横および斜め方向の溝を断続加工して組合せ、蜂の巣状に見せたものです。

写真3は内壁材面の接合部以外の部分に、花形模様の彫り込みを入れたものです。板厚を30 mmとしたことで、深い彫り込み量の奥行きのある模様入れが可能となりました。

写真4は全体的なデザインの統一性を図りながら4種類の内壁材（A、B、C、D）を用意し、それぞれ接合部と内壁材面の形状を変えてあります。これを順次（ABCDABCD・・・）接合させることで、変化に富んだ壁面を仕上げるができます。

成果の活用

研究成果は「やまなし産学官連携交流事業」にて展示発表を行いました。現在、各種の冊子に発表を行って普及を図っております。

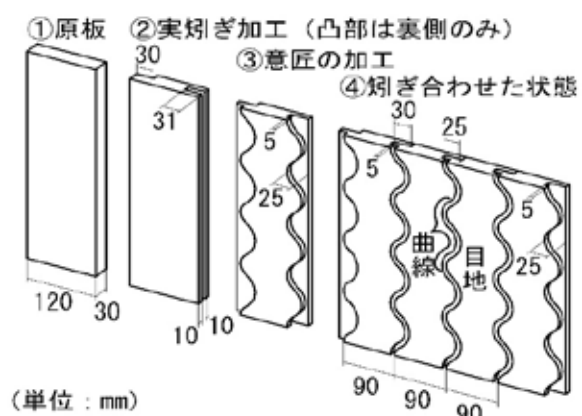


図1 開発した内壁材の構造

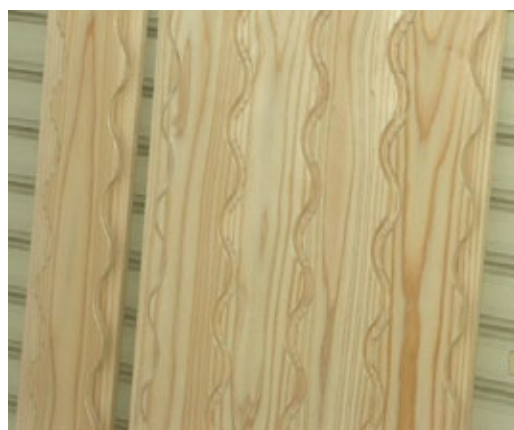


写真1 試作品第1号

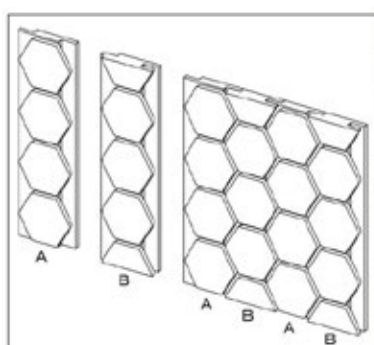


写真2 蜂の巣状の試作品

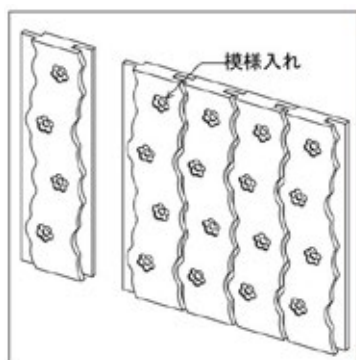


写真3 表面に模様を入れた試作品

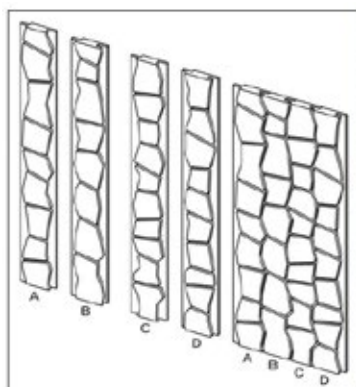


写真4 接合部の形状が異なる試作品

設置後30年を経過したカラマツ製遮音壁の性能評価

長野県林業総合センター 木材部 奥原 祐司

研究の背景・ねらい

長野県内の中央自動車道（飯田IC南付近）には、1985年度末に試験施工された日本初の木製遮音壁（延長200m、100スパン）があります（写真1）。この遮音壁は、中日本高速道路（株）が定めた遮音性能（木製遮音壁技術指針（案）（2005））を満たすカラマツ製遮音壁として、当センターが開発したものです。遮音壁は、矢羽型の断面を有する心持ち材に、PF3の加圧注入防腐処理を行った木製部材5本をボルトで留めて1枚のパネル上にし（図1）、1スパンではそれをさらに5枚積み重ねたものとなっています（写真1）。設置から30年が経過し、長期にわたる屋外での木材利用事例となったこの遮音壁を、20年経過時の調査*と同様に遮音性能と強度性能について調査し基準値と比較検討しました。

成 果

設置後30年を経過した遮音壁から3.6スパン分の遮音パネル18枚を新しいものと交換して回収しました。このうち、遮音パネル10枚を音響試験体とし、5枚はそのまま試験に供し、残り5枚は端から部材長が1,540mmになるように切り詰めて、JIS A1416（2000）「実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定方法」に基づいてパネルのまま音響透過損失測定を実施しました。また、音響試験体として利用した無加工の遮音パネル5枚と残りの遮音パネル8枚、あわせて13枚は、パネルあたり5本の部材を綴っていたボルトを外して65本の本製部材とし、施工現場におけるH型鋼の縁間距離に相当するスパン1,875mmの、3等分点4点荷重方式の実大材曲げ試験を実施して強度を確認しました。

音響性能： 音響透過損失の測定結果を図2に示します。各周波数の測定値も20年経過時と比較して顕著な差はありませんでした。また、全ての隙間を油粘土で埋めると遮音性能は向上し、要求されている基準性能を満足しました。部材の形状及び接合方法の改良によって隙間が生じにくい構造ならば、カラマツ製遮音壁の遮音性能を30年以上維持できるものと思われます。

強度性能： 部材断面寸法（部材の中央部で測定）や密度（表1）については、20年経過時とほぼ同じ数値でしたが、曲げヤング係数（MOE）、最大荷重（Pmax）、曲げ強さ（MOR）については、20年経過時よりも低い数値となりました（全乾法による平均含水率は12.8%）。これは、一部の部材に局所的な腐朽が認められ、さらにスパンの最上段に設置された一部の部材に発生していた断面欠損（写真2）が要因と推察しました。「150 kgf/m²（約1.5 kN/m²）の風荷重」に耐える要求性能基準については、全試験体中で最小の最大荷重の7.2 kNから算出される強度でも36.8 kN/m²と十分に満足していることを確認しました。なお、MOEとMORの関係を図3に、密度とMORの関係を図4に示しました。

成果の活用

回収した状態のパネルそのままでは、強度性能は基準を満たしていましたが、音響性能は基準を満たすことは出来ませんでした。これにより、定期的な隙間・割れ等の点検や維持・補修の重要性が確認出来ました。

※:公立林業試験研究機関 研究成果選集No.5（2008.3）75-76

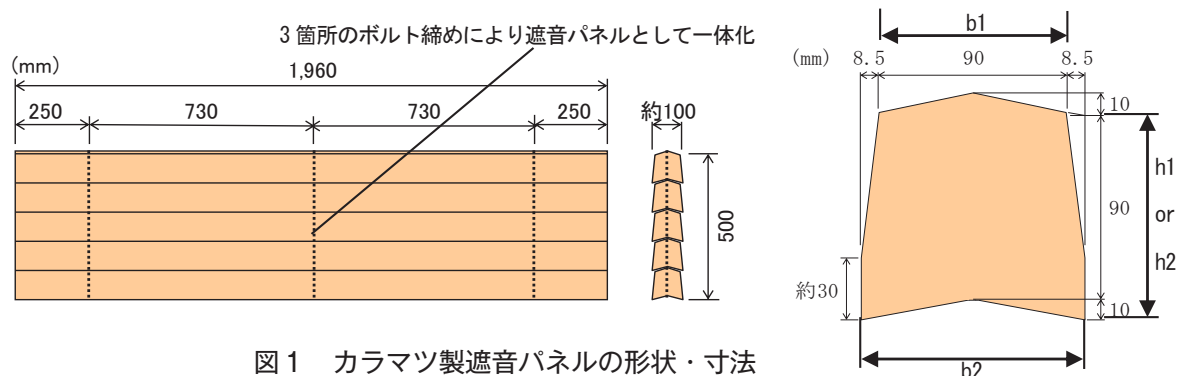


図1 カラマツ製遮音パネルの形状・寸法

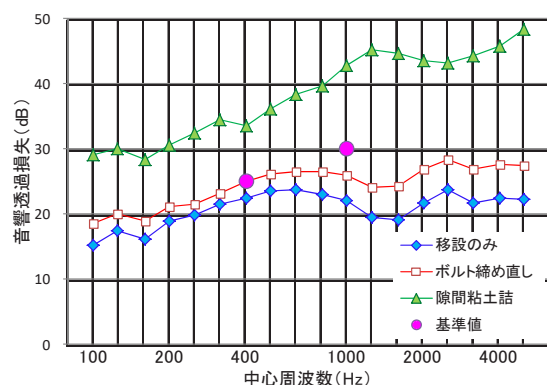


図2 30年経過時の音響透過損失試験結果



写真1 遮音壁交換前

実線：今回交換
(全3.6スパンのうちの3スパン分を表示)
点線：前回(20年経過時)交換済み
(3スパン)

写真2 腐朽状況

表1 部材の断面寸法と強度性能結果

20年経過 (n=50)								
測定項目	中央部の断面寸法 (mm)				密度	MOE	Pmax	MOR
	b1	b2	h1	h2	(kg/m ³)	(kN/mm ²)	(kN)	(N/mm ²)
平均	87.01	104.42	97.00	97.46	503	11.00	19.23	40.5
最大	94.88	109.60	103.76	104.08	590	14.37	30.28	66.5
最小	83.79	99.17	90.45	91.47	392	8.18	9.37	20.0
標準偏差	2.29	2.55	2.70	2.89	43	1.47	5.20	10.9

30年経過 (n=65)								
測定項目	中央部の断面寸法 (mm)				密度	MOE	Pmax	MOR
	b1	b2	h1	h2	(kg/m ³)	(kN/mm ²)	(kN)	(N/mm ²)
平均	86.50	104.53	98.29	98.25	497	8.42	14.13	28.8
最大	89.81	109.90	104.23	106.05	590	14.35	24.26	48.3
最小	79.91	100.40	89.4	92.95	382	5.10	7.23	14.4
標準偏差	1.54	2.24	3.04	2.66	48	1.81	4.00	8.3

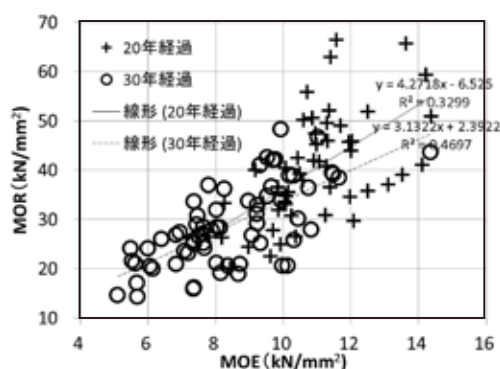


図4 部材のMOEとMORの関係 (n=115)

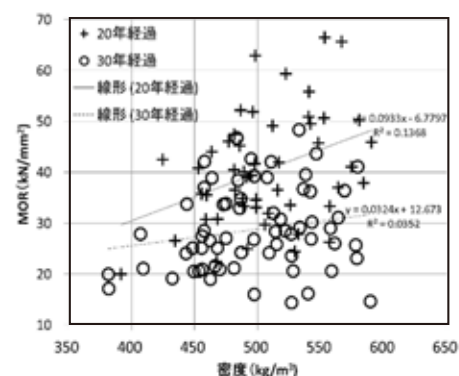


図5 部材の密度とMORの関係 (n=115)

[問い合わせ先：長野県林業総合センター Tel 0263-52-0600]

人工乾燥工程でスギ心去り製材の曲がりを矯正する研究

岐阜県森林研究所 森林資源部 土肥 基生

研究の背景・ねらい

岐阜県の民有林におけるスギ人工林の齢級構成は11齢級がピークとなっており、木材市場に流通するスギ丸太も大径化が進んでいます。大径材では1本の丸太から複数の製材品を取ることが可能となります。しかし、丸太の中心の髓を外して製材した心去り材では曲がりが発生します。この曲がりは、人工乾燥後のモルダー等による寸法調整の段階である程度修正できますが、製材歩留りが大きく低下することが問題となります。

そこで本研究では、心去り材に発生した曲がりを人工乾燥の工程で矯正する方法について、県内の製材会社と共同で検討しました。

成 果

2丁取り及び3丁取り製材の曲がりの矯正

岐阜県内で伐採されたスギ丸太（径級24cm、34cm、長さ4m）から、図1に示すとおり粗挽き寸法101mm×101mm（仕上がり寸法90mm×90mmを想定）の正角材を2丁取り及び3丁取りで製材しました。2丁取りの心去り材と3丁取りの心去り材では木表側が凹状になる方向に曲がりが発生します（写真1）。この曲がりの向きが上下方向・左右方向に交互になるように栈積み（写真2）した後、重しによる荷重をかけ、高温セット処理を含む人工乾燥を行いました。この結果、製材時に正角材に発生した矢高が2丁取りでは約1/4に、3丁取りでは約1/3に低減されました（図2）。モルダーによる寸法調整を経て、2ヶ月養生後、約1年の養生後もこの値に変化はありませんでした。

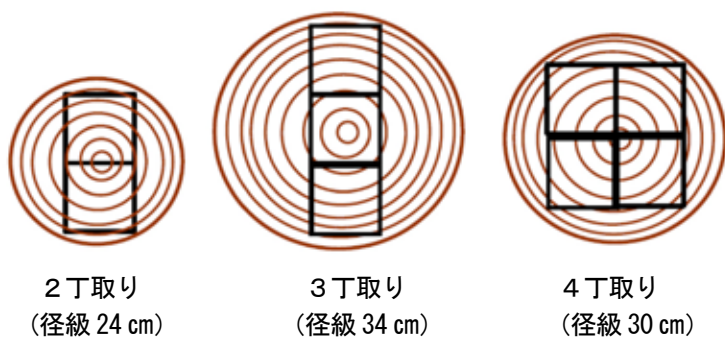
径級24cmの2丁取り製材の歩留りを比較した場合、今回の方法は、予め歩増しを大きくとる（118mm×101mm）方法と比べて約2%の歩留り向上効果が見込まれるため、大径材の利用方法が広がることを期待できます。

4丁取り製材の曲がりの抑制

県産スギ丸太（径級30cm、長さ4m）を用い、4丁に製材する前の段階で206mm×206mmに製材し予め蒸煮処理を行う（写真3）ことで、発生する矢高を低減させることを試みました。4丁取り製材では2方向に曲がりが発生しますが、ここでは製材時の向きを基準とし縦・横方向の曲がりを、それぞれ反り、曲がりとしています。24時間の蒸煮処理により、4丁に製材する前の蒸煮を行わない場合と比べ、曲がり、反りともに矢高を約2/3に低減できる（図3）ことが判りました。しかしこの方法では実用上十分な効果が得られないため、今後も引き続き4丁取り製材での矯正方法を検討することとしています。

成果の活用

特に2丁取り及び3丁取り製材の曲がりの矯正については、共同研究先である長良川木材事業協同組合の工場において実用化が図られ、県産大径材の有効利用が進んでいます。またこれらの成果は県庁記者クラブでの発表等を通じて新聞記事として取り上げられ、県内外の木材加工業界へのPRと技術の普及を図っています。



2丁取り
(径級 24 cm)

3丁取り
(径級 34 cm)

4丁取り
(径級 30 cm)

図1 心去り材の製材木取り
(製材寸法はいずれも 101 × 101mm)



写真1 左：製材直後に発生した矢高(2丁取り)
右：処理後に矢高が矯正された製材

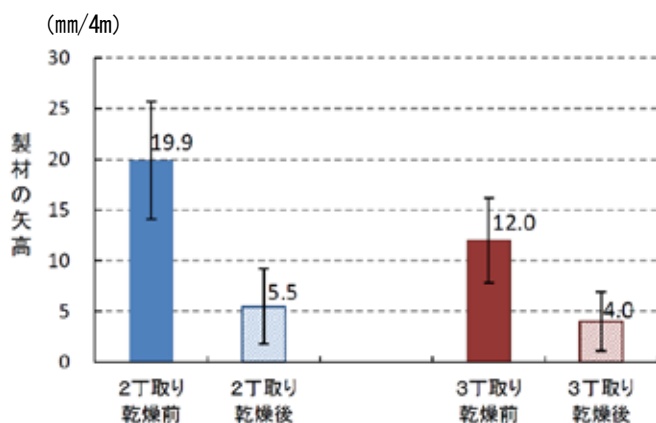


図2 乾燥処理前後の曲がり(矢高)の変化



写真2 棧積の状況(曲がり方向を交互に揃える)

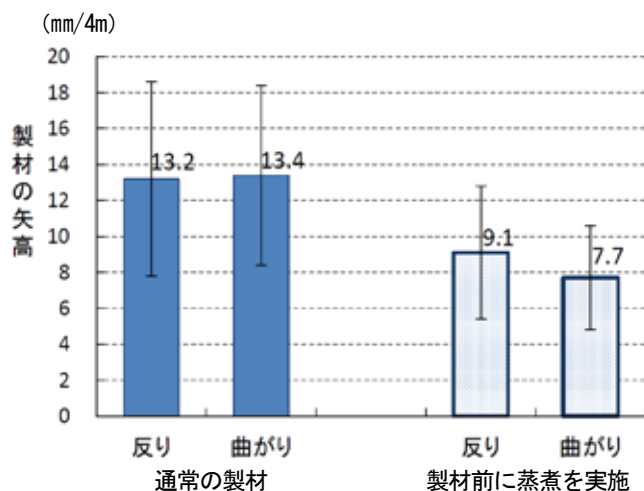


図3 4丁取りの製材直後の曲がり(矢高)



写真3 4丁に製材する前の蒸煮処理

高強度梁仕口 Tajima TAPOS の利用技術の強化

兵庫県立農林水産技術総合センター 森林林業技術センター 木材活用部 永井 智

研究の背景・ねらい

木造軸組工法の在来仕口（梁－梁仕口接合部）についてせん断試験を行うと、多くは下側となる梁の支圧面のめり込み、あるいは木材繊維に沿った割裂によって破壊します（写真1）。在来仕口では、部材の高さが高くなっても、下側となる梁の支圧面の面積が不変であるため、せん断耐力はほとんど変わりません。これに対し、当センターで開発したTajima TAPOS（但馬テイポス）加工仕口（写真2）では、梁高さが高くなるほど、力を伝えるテーパー部分の加圧・支圧面積が大きくなるため、耐力の増大が見込まれます。

そこで平成27～28年度に豊岡市内でTajima TAPOSを加工しているプレカット工場の加工ラインが改良されたことにより、幅105～180 mm（15 mm毎）、高さ150～600 mm（30 mm毎）、長さは9 mまでの横架材のTAPOS加工が可能になったことを受け、当センターでは当該工場と連携して、強度が安定的に発揮できるよう、TAPOS加工形状を横架材断面の大きさに合わせて最適化するとともに、強度推定式を考案して、設計用せん断力を誘導しました。

成 果

一般的なせん断耐力の算定式では、凸部のせん断耐力から設計用せん断力を求めますが、本研究では、凸部のせん断耐力と凹部の支圧耐力をそれぞれ求めて、その小さい方の値を設計用せん断力とする推定式を考案しました（詳しくは永井・岡本・玉田、第67回日本木材学会2017、H18-P1-03参照）。また、梁断面の組み合わせを変化させた94種のTAPOS加工形状を設計し（図1）、前述の推定式により個々の設計用せん断力を算出しました（表1）。このうち、表1において黄色セルで示した35断面について、各断面1～3組、総計46組の試験体をスギ集成材で作製し、せん断加力試験を行い（写真3）、耐力を誘導しました。

推定式により求めたTAPOS加工仕口の設計用せん断力（表1）は、小断面（幅105×高さ150 mm）から大断面（幅180×高さ600 mm）へと増大する傾向にありました。これらは、小規模の木造軸組工法住宅から中規模の非住宅建築物までに使用される横架材について、様々な断面ごとに、必要とする設計用せん断力を満足できる値であるといえます。そして、せん断加力試験の結果から、これらの設計用せん断力は、1) 実測値と高い正の相関関係にあること、2) 実測値よりも安全側の値を示していること、が確認できました（図2）。

成果の活用

兵庫県および石川県の契約工場5社において、表1の設計用せん断力が活用されています（加工可能寸法範囲は工場によって異なります）。行政では、Tajima TAPOS活用住宅に対し、兵庫県産木材利用木造住宅特別融資制度での融資増額や、助成金充当等の事業が実施されています。

知的財産取得状況

特許第6340499号：「テーパー加工された仕口を備えた横架材並びにそのプレカット方法並びにその横架材を加工するための加工機およびプログラム」（平成30年5月25日）、商標第5742816号：「TAPOS」（平成27年2月20日）



写真1 在来仕口のせん断試験後の状況例



写真2 Tajima TAPOS加工仕口

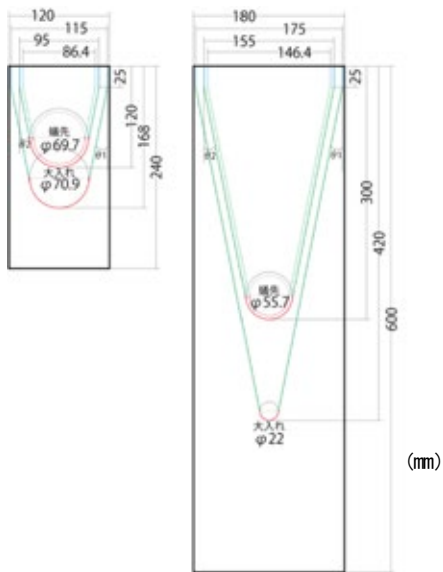


図1 Tajima TAPOS仕口形状例
左：120×240mm、右：180×600mm。

表1 設計用せん断力（短期）

		梁幅(mm)					
		105	120	135	150	165	180
梁高さ(mm)	150	15.8	18.2	20.5	22.8		
	180	18.4	21.4	24.4	27.3	30.1	31.7
	210	20.7	24.3	27.4	30.1	32.8	35.4
	240	22.6	26.1	28.7	31.4	34.1	36.7
	270	24.2	28.7	30.0	32.7	35.4	38.1
	300	25.4		31.4	34.0	36.7	39.4
	330	25.8	30.0	32.7	35.4	38.0	40.7
	360	26.0	31.0	34.0	36.7	39.3	42.0
	390	26.2	31.6	35.3	38.0	40.7	43.3
	420	26.2	31.6	36.6	39.3	42.0	44.6
	450	26.2	31.6	37.1	40.6	43.3	46.0
	480	26.2	31.6	37.1	41.9	44.6	47.3
	510	26.2	31.6	37.1	42.5	45.9	48.6
	540	26.2	31.6	37.1	42.5	47.2	49.9
	570	26.2	31.6	37.1	42.5	47.9	51.2
	600	26.2	31.6	37.1	42.5	47.9	52.6

(kN)



写真3 横架材端接合部のせん断試験（梁-梁型）

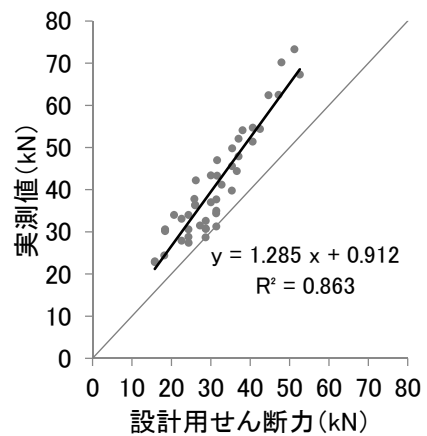


図2 設計値と実測値の関係

天然乾燥を主たる手段とした優良材生産技術の検討

奈良県森林技術センター 木材利用課 寺西 康浩・成瀬 達哉・柳川 靖夫

研究の背景・ねらい

平成25年6月に製材の日本農林規格（以下、JAS）が改正され、これまでの人工乾燥（以下人乾）を前提とした含水率基準に加え、天然乾燥（以下天乾）による含水率基準（30％以下）が定められました。今後は天乾したJAS材の生産が予想されるため、時期別の乾燥所要日数および含水率管理の方法、および割れの発生程度に関する情報が必要と考えられます。また、人乾等を併用し、乾燥期間を短縮する取り組みも重要と考えられます。そこで、無背割り・心持ちのスギ正角、スギ平角、およびヒノキ正角と、背割り・心持ちのスギ正角およびヒノキ正角を使用した天乾実験を実施し、上記の点について検討を加えました。

成 果

無背割りのスギ正角、ヒノキ正角、およびスギ平角を、夏期（7月）および冬期（2月）から、屋内および屋根付き屋外において天然乾燥に供しました。天乾中の含水率は、①初期含水率および乾燥中の試験材重量（以下初期含水率推測）、および②初期の試験材重量および天乾終了後の全乾含水率（以下初期重量推測）、より推測しました。なお、初期含水率は、試験材木口面より50cm内側で測定しました。

図1に、夏期に天乾を開始したスギ平角の、乾燥日数と含水率との関係を示します。直線回帰式および指数回帰式の決定係数（ R^2 ）は、いずれも（b）初期重量推測の方が（a）初期含水率推測よりも大きくなりました。これは、夏期に伐採した丸太は乾燥が進行し、木口面付近の含水率が内部よりも低かったためと考えられます。

図2には、冬期に天乾を開始したスギ平角の乾燥日数と含水率との関係を示します。回帰式の決定係数は、（a）初期含水率推測の方が（b）初期重量推測よりも大きくなりました。冬期開始では、試験材木口面付近の含水率は夏期ほど低下しておらず、そのため、初期含水率推測の決定係数が大きくなったものと考えられます。以上より、天乾中の含水率管理は、夏期開始では製材重量を基とし、冬期開始では初期含水率を基として行うことが望ましいと思われます。

図3は、スギ正角背割り材10本を30％および20％に達するまで天乾した後に室内で静置し、幅方向の寸法変化を測定した結果です。天乾後の寸法変化は、20％仕上げ材は30％仕上げ材よりも小さく、また、背割り面の寸法変化は無背割り面よりも小さいことが分かります。

図4は、スギ平角5本を、120℃で6、12、18、24時間の各高温セット処理時間に供した後、450日間屋内で天乾した後の材面割れ長さを、割れ幅別に集計した結果です。高温セット処理を行うことにより天乾中の割れが減少する傾向が読み取れ、天乾中の割れ発生防止に高温セット処理は有効であると思われます。

成果の活用

本研究の成果は、製材工場での技術指導および成果普及講習会等の開催により、企業へ周知を図っています。

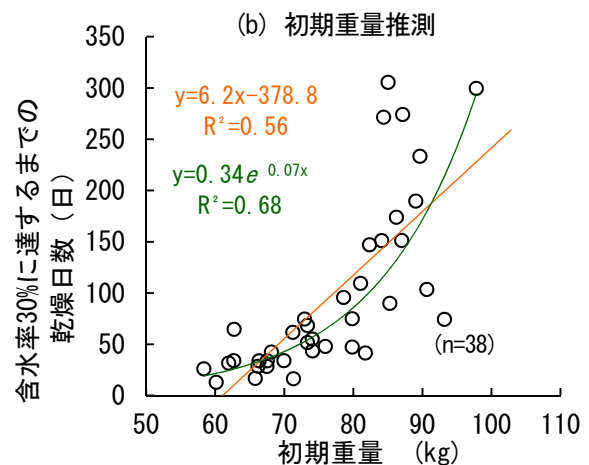
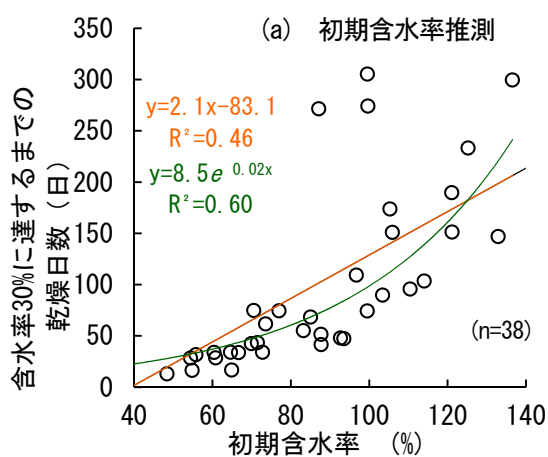


図1 天然乾燥によりスギ平角を含水率30%までの所要日数(夏期開始)

— : 指数回帰式、— : 直線回帰式

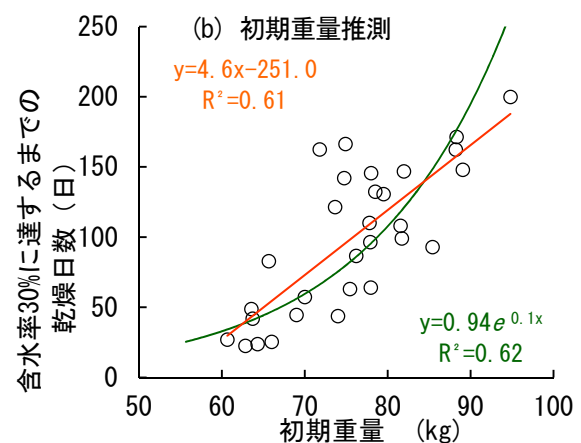
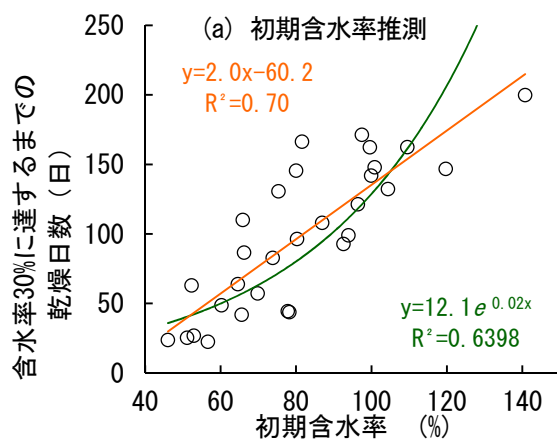


図2 天然乾燥によりスギ平角を含水率30%までの所要日数(冬期開始)

— : 指数回帰式、— : 直線回帰式

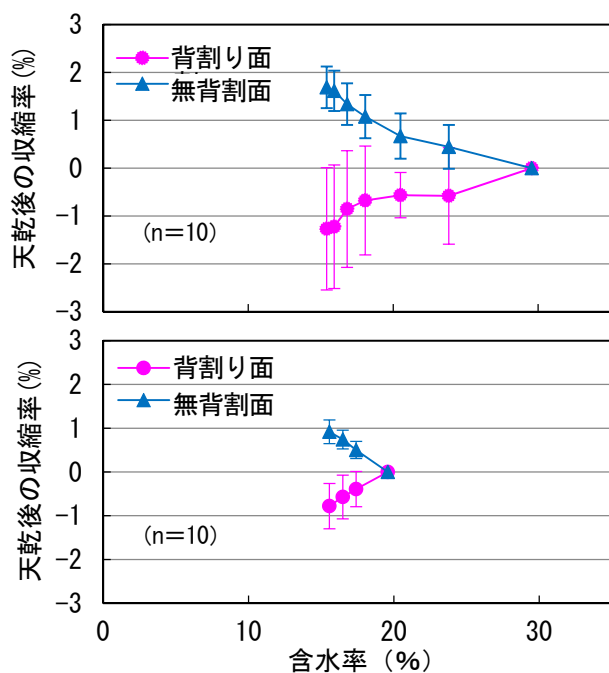


図3 天然乾燥後のスギ正角の幅方向寸法変化

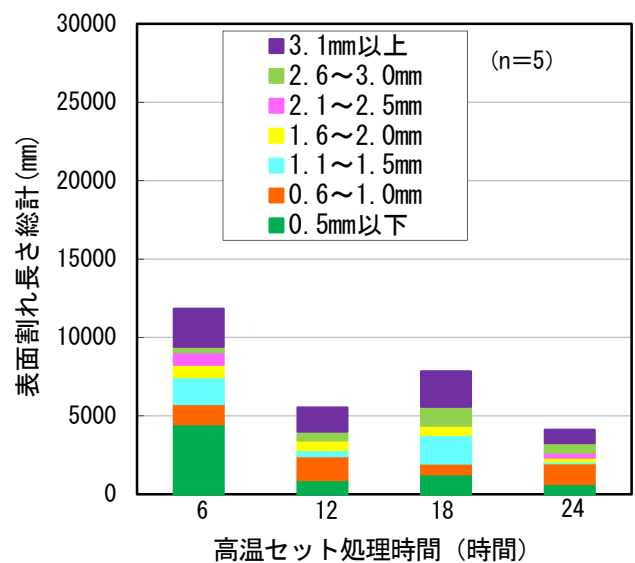


図4 高温セット処理時間別に天然乾燥したスギ平角の表面割れ長さ総計

注：割れの幅別に集計。

徳島すぎの強みを発揮する高耐久「乾燥材」の開発

徳島県立農林水産総合技術支援センター 資源環境研究課 森林資源担当 橋本 茂

研究の背景・ねらい

徳島県におけるスギ人工林の蓄積量は7千万 m^3 を超え、50年間で7倍にまで増加しており、半数以上が樹齢50年を超えています。さらに、今後5年間でスギ人工林の70%が樹齢50年を超えることとなり、これから供給量の増加が予想される「スギ大径丸太」の用途開発が喫緊の課題となっています。

そこで、スギ高樹齢・大径丸太に多く含まれる心材部の耐久性能を把握するとともに、異なる乾燥温度等の条件下における耐久性能の違いを明らかにし、スギ本来の耐久性を損なわない人工乾燥技術を徳島大学、徳島文理大学、九州大学及び京都大学等と共同で開発しました。

成 果

【実験】乾燥条件の決定：まず、乾球温度50～90℃、乾湿球温度差5～20℃の9条件による乾燥材の耐腐朽性試験及び耐蟻性試験を行い、天然乾燥材と同等の耐腐朽・耐蟻性能を維持できる乾燥条件を明らかにし、この結果から乾燥条件を乾球温度90℃、乾湿球温度差20℃と決定しました。

乾燥試験：この温湿度条件によるスギ心材の乾燥特性を確認するため、乾燥前後の含水率、乾燥後の収縮率および乾燥前後の材色を測定しました。試験材には徳島県那賀郡那賀町産のスギ丸太の心材部から製材した板材(130mm×36mm×4,000mm)82枚を用意しました。この中から全試験材の平均に近い質量を持つ試験材を選び、乾燥試験終了時期を判定するためのサンプル材としました。試験装置は蒸気式木材乾燥機((株)新柴設備製、SK IF 20L)を用い(写真1)、サンプル材の含水率が15%以下になるまで乾燥を行いました。乾燥試験の前後に試験材の質量、幅および厚さ寸法と、高周波木材水分計((株)ケット科学研究所製、HM-520)を用いて含水率を測定しました。また、試験材の材色は分光測色計(ミノルタ(株)製、CM-2002)によって測定しました。

【結果】乾球温度90℃、乾湿球温度差20℃でスギ心材板材を乾燥した結果、約50時間で平均含水率87.6%であった試験材が12.6%となりました。図1に乾燥試験前後における含水率の測定結果を示します。試験材の収縮率の平均値及び収縮量は、幅方向では2.4%、約3.2mm、厚さ方向では3.0%、約1.1mmとなりました(表1)。また、 $L^*a^*b^*$ 表色系によりスギ心材板材の材面を測色した結果、 L^* 値、 a^* 値及び b^* 値の全ての値が僅かに減少し、色差の平均値は7.72となりました(図2)。以上の結果から、高い耐久性を維持できる乾燥条件(乾球温度90℃、乾湿球温度差20℃)で乾燥したスギ心材は、乾燥材として十分な品質を持つことが明らかとなりました。これら成果の一部は第68回日本木材学会大会にて発表しました。

成果の活用

本研究で得られた成果について、平成30年7月、「徳島フォレストサイエンスシンポジウム-スギ大径材の用途開発と利用促進を考える-」を開催し、製材業の方々等に対して共同研究者とともに解説しました。

知的財産取得状況

本研究で得られた成果について、平成30年3月に特許を出願しました(特願2018-037680)。

本研究は、「革新的技術開発・緊急展開事業」(うち地域戦略プロジェクト)個別・FS型及び「高品質・高機能化による新たな価値創出プロジェクト推進事業」にておこなわれました。



写真1 人工乾燥後のスギ心材板材

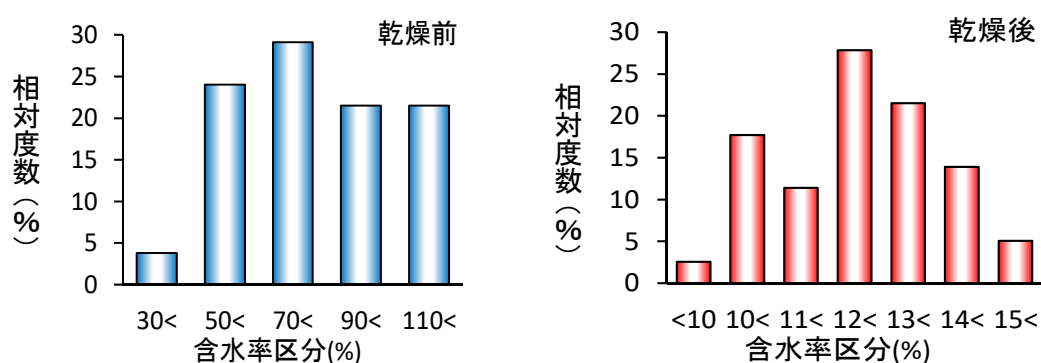


図1 スギ心材板材の人工乾燥前後における含水率の相対度数分布

表1 スギ心材板材の幅及び厚さ方向における収縮率

項 目	幅 (%)			厚さ (%)		
	端部A	中央部	端部B	端部A	中央部	端部B
平 均 値	2.5	2.4	2.4	3.0	2.9	3.0
最 小 値	0.8	0.8	0.7	0.7	0.5	0.9
最 大 値	4.8	4.2	4.1	5.6	5.2	7.0
標準偏差	0.9	0.9	0.8	1.1	0.8	0.9

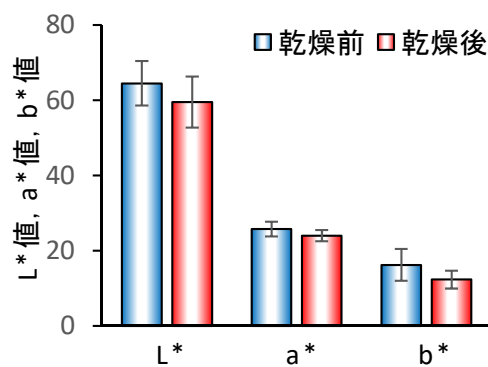


図2 スギ心材板材の人工乾燥前後におけるL*値、a*値及びb*値

クヌギ板材利用技術の開発

愛媛県農林水産研究所 林業研究センター 横田 由香

研究の背景・ねらい

クヌギはシイタケ原木等としての需要が減少しており、高齢化・大径化しています。大径化したクヌギ林は、カシノナガキクイムシの侵入によって枯損する可能性が高くなり、森林の公益的機能の発揮にも悪影響を及ぼす恐れがあります。一方、木材業界では、「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」等により、全国で建築物の木造・木質化が推進されています。

そこで、大径化したクヌギ材を建築用材等として安定的に利用することが有効であると考え、フローリング材への利用を検討しました。

成 果

まず、クヌギの材質特性を把握するため、曲げ試験、表面硬さの測定、摩耗試験を行った結果、建築用材としてよく用いられるヒノキやミズナラと比較して同等またはそれ以上の強度があることが明らかとなりました(表1)。

次に、製品目標を厚さ15mmのフローリング材とし、製材や乾燥による変形・収縮を見込んで厚さ20mm、幅乱尺、長さ2mに製材し、乾燥スケジュールを検討しました。細胞の落ち込みによる内部割れを防ぐため、天然乾燥(写真1)を108日間(12月～翌3月)、含水率が材中心部においても30%以下になったと見込まれるまで行った後(図1)、人工乾燥を乾球温度50～65℃、乾湿球温度差5～25℃で行い、216時間で目標含水率の8%に仕上げることができました(図2)。

続いて、クヌギの人工乾燥材が空気中の水分を吸放湿することにより、どれだけ寸法変化するかを把握するため約10ヵ月間室内に静置し、板幅と厚さ及び含水率を測定しました。その結果、幅方向で最大約1%、厚さ方向で最大約0.8%膨張することがわかりました(図3)。

なお、フローリング試作品の製作において、幅方向の継ぎ手として「さねはぎ加工」を行うと刃物の破損と不良品が相次いだので「あいじゃくり加工」を試したところ、うまく製品に仕上げることができました。試作したフローリング材は、当センターの実験棟内に展示施工(約1.8㎡)していますが(写真2)、土足でも傷が目立ちにくく、特有の木目や色合いは、来客者からも好評です。

成果の活用

本研究により、クヌギ板材をフローリング材として使うために必要な乾燥技術が明らかとなり、板材としての利用が可能となりました。ホームページや一般向け研究成果発表会、民間団体主催の講習会等で成果報告を行い、反響を得ています。

今後は、山側、製材・加工会社、さらに設計者・消費者へ働きかけ、実用化に向けてクヌギ材の生産・流通体制を構築していきたいと考えています。

表1 クヌギの材質試験結果

項目	クヌギ	対照材	
		ヒノキ	ミズナラ
ヤング係数(kN/mm ²)	12.9(11.2)	9.0(6.0)	10(8.0)
曲げ強さ(N/mm ²)	93(72)	75(60)	100(65)
表面硬さ (N/mm ²)	木口	32(29)	35(30)
	柾目	16.3(13.9)	11.0(8.0)
	板目	20.3(18.3)	14.5(11.0)
摩耗量 (μ)	100回転※	58	92
	500回転※	142	357

(注) 対照材の値は、改訂4版木材工業ハンドブック 森林総合研究所監修、丸善、東京、2004、pp.130、194-195より引用。
()外は平均値。内は最小値。
クヌギの試験体数は摩耗量が4、他が6。
※は摩耗輪をそれぞれ100、500回転した時の値。



写真1 天然乾燥の実施状況

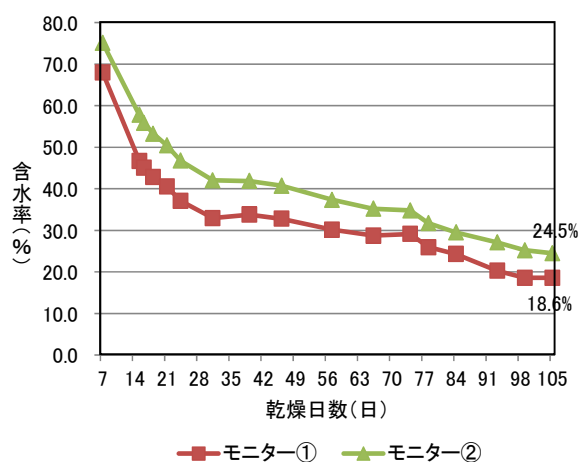


図1 天然乾燥による含水率の変化
(厚さ20mm)

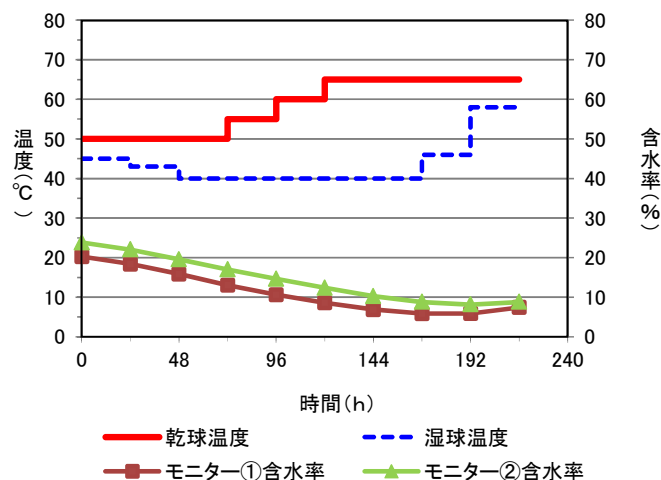


図2 人工乾燥スケジュールと含水率の変化
(厚さ20mm、試験体数76枚)

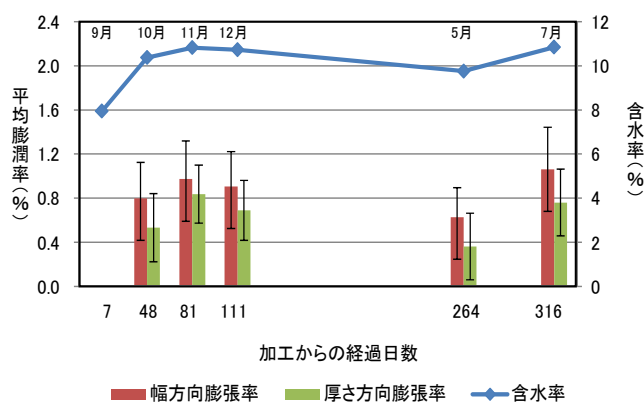


図3 板材の寸法変化
(平均値と標準偏差を示す。材長800mm、試験体数34枚。)

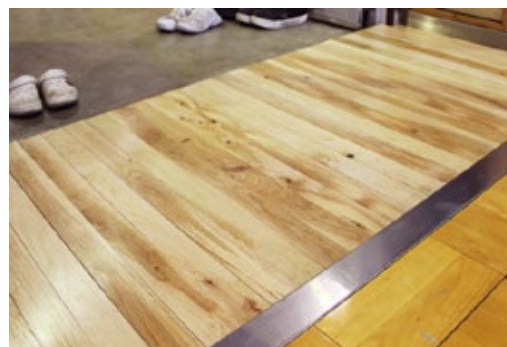


写真2 試作したクヌギフローリング材の
展示施工 (H29.5～)

大分県産スギ大径材の有効利用技術に関する研究

大分県農林水産研究指導センター 林業研究部 河津 渉

研究の背景・ねらい

戦後造林したスギの齢級構成は12齢級をピークとした山型をしており、末口径30cmを超えた大径材の生産が増加しています。しかし県内の製材所の多くが中径材（末口径24～28cm）以下の丸太から主に構造材を生産しており、大径材は木材市場では買い意欲が低く柱適寸丸太に比べて相対的に安いのが現状です。

大径材からは大きな断面の構造材や割物など様々な規格の製材品が生産可能ですが、今回は新たな利用方法を開拓することを目的として、意匠性が高いと言われる心去り構造材の乾燥方法と曲がり、割れの発生状況との関係の把握、節の調査及び各種強度試験による性能の評価を行いました。

成 果

1. 乾燥方法ごとの曲がり割れ

末口径が42cm～50cm、材長4mの丸太から図1を基準とした木取りで製材（側面定規、修正挽き有）し、表1に示す方法で乾燥しました。どの方法でも乾燥終了時点での曲がり率は80%以上の材でJAS甲Ⅱの1級の0.2%以内に収まりました（図2）。

その後モルダーで整形し、欠点調査を行いました。表面割れ（図3）は「高温セット」を行った方が割れ長さが短くなる傾向にありました。内部割れ（図4）は高温乾燥で最も多く発生しました。

2. 節

節は調査した40本中18本に1面以上無節の面が現れました（写真1）が、数は少ないものの節径が30mm以上のものが現れる材もありました。

3. 強度性能

縦圧縮強さ、引張強さ、曲げ強さ試験は（公財）日本住宅・木造技術センターの「構造用木材の強度試験マニュアル」に準じて、せん断強さは実大椅子型せん断試験を行いました。その結果、いずれの強度も平成19年11月27日付け国土交通省告示第1524号の無等級材の基準強度を上回りました（表2）。

以上のことから大径材の有効利用方法として心去り構造材が有効であることがわかりました。しかし、意匠性の高い製品を作るためには丸太の選別が重要だと考えられました。

成果の活用

スギ大径材から得られる心去り構造材の強度や意匠性の高さを再評価してもらうために年次報告やマニュアルの作成、さらにホームページ等を通じて広く情報を公開していきます。

また、現状では心去り構造材を専門に扱う製材所は県内にはありませんが、関係業界に向けても積極的に普及を行う予定です。特に県内有数の林業地である日田市では林業成長産業化地域構想の中でスギ大径材の利用促進が掲げられており、今回の成果だけでなく心去り構造材以外の大径材の新たな利用方法の研究にも取り組んで参ります。

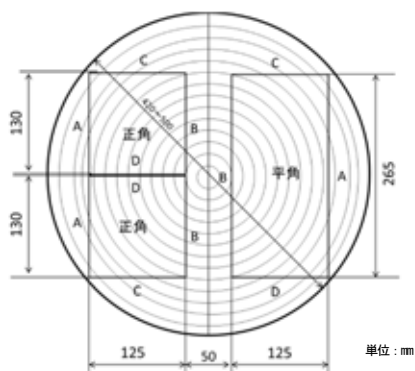


図1 木取り図

表1 乾燥方法

乾燥方法	乾燥前寸法 (mm)	蒸煮 時間 (h)	高温セット			中温乾燥			目 標 含水率
			乾球 温度 (°C)	湿球 温度 (°C)	時間 (h)	乾球 温度 (°C)	湿球 温度 (°C)	日数 (日)	
高温乾燥	正角 130×125	6	120	90	12	80	60	9	平均 20% 以下
中温乾燥	正角 130×125	—	—	—	—	90	60	16	
	平角 265×125	—	—	—	—	90	60	22	
大分方式*	正角 130×125	6	120	90	12	—	—	180	

* 大分方式とは「高温セット」と「天然乾燥」などを組み合わせる乾燥方式



図2 曲がりの出現頻度

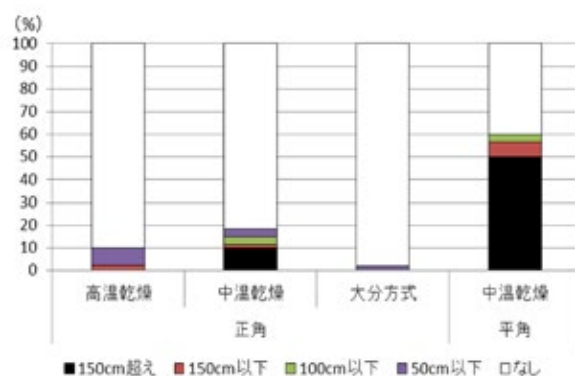


図3 表面割れの出現頻度

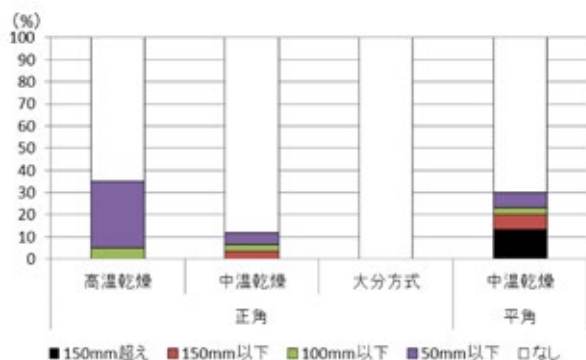


図4 内部割れの出現頻度

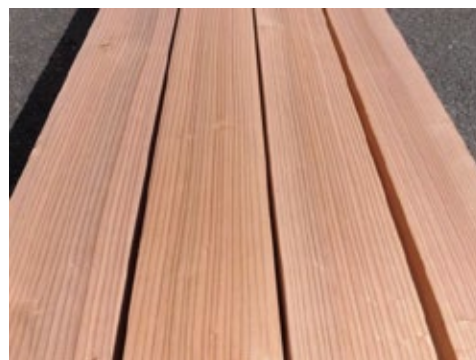


写真1 無節の材面

表2 強度試験結果

区 分	縦圧縮強さ		引張強さ		曲げ強さ		せん断強さ
	正角	平角	正角	正角	平角	正角	
個 数 (個)	55	27	48	60	28	96	
平 均 値 (N/ mm ²)	28.3	29.5	21.6	38.9	36.3	5.2	
最 大 値 (N/ mm ²)	37.8	35.9	31.9	63.0	59.9	7.3	
最 小 値 (N/ mm ²)	20.3	22.6	15.3	20.8	22.4	3.5	
標 準 偏 差 (N/ mm ²)	4.3	4.1	4.5	10.0	10.2	0.7	
分 散 ((N/ mm ²) ²)	0.15	0.14	0.21	0.26	0.28	0.14	
5 % 下 限 値 (N/ mm ²)	20.5	—	14.6	23.6	—	3.9	
(基準強度 (N/ mm ²))	17.7		13.5		22.2		1.8

試料は全て含水率15%に補正した

スギを用いた室内木製遊具の実用化

宮崎県木材利用技術センター 木材加工部 森田 秀樹

研究の背景・ねらい

2010年に公共建築物等木材利用促進法が施行された後は、国産材に対する関心や環境保全意識の高まり、あるいは地域経済への貢献もあって、公共建築物の多くが木造化・内装木質化が促進されている状況にあります。木質化された空間は、子供の情操面に良い効果があると言われており、また安全・安心な国産材製品の評価には非常に高いものがあります。宮崎県では、大手オフィスメーカーと連携し、スギを用いた内装木質化や家具開発に継続的に取り組んでいます。今回、より多様な木質空間を実現させるために、屋内で子供が自由に遊ぶ場（キッズスペース）を有する事業者に向けて、スギを用いた室内木製遊具（以下、スギ遊具）の開発を産官連携により行いました。

成 果

遊具の安全性は、一般社団法人日本公園施設業協会の「遊具の安全に関する規準JPFA-SP-S:2014」(以下、規準)で定められており、“遊具の構造と強度”として構造設計方法が示され、許容応力度計算することが求められています。遊具には、一般的な建築物と同様に、固定荷重、遊動荷重、積載荷重、風圧力、積雪荷重及び地震力に対する安全性を検証することになりますが、今回は屋内専用の遊具としたことから、跳ねる、振る、回す、揺らすなど、遊具の利用形態を考慮した“遊動荷重”と“固定荷重”に対する安全性を検証しました。設計したスギ遊具は、横に寝かせた三角柱形状が基本ユニットとなり、それらを連結して様々なバリエーションが実現します(図1)。ユニット間の連結部、および基本ユニット内の床部分に負荷がかかることになりますが、負荷が大きい連結部の安全性に特に配慮する必要があります。この部分には過去に開発した金物を使用して組み立てています(図2)。連結部に規準で定める面荷重(1 m²あたり3.2 kN)に相当する荷重9.0 kNが負荷された想定で解析を行った結果、1つの接合部のせん断力として2.2 kN、モーメントとして327 N・mが必要となり、これを上回る強度が必要とされることが分かりました(図3)。この接合部を取り出してせん断力、およびモーメント抵抗力の確認試験を行い、その安全性を評価しました。

せん断実験の荷重-変位曲線から、強度性能評価ツール(PickPoint)を用いて特徴点を取り出し、降伏荷重を算出しました(図4)。その結果、要求性能2.2 kNを大きく上回る5.3 kNが得られ、十分な安全が確認できました。モーメント抵抗力についても同様に、実験で得られたモーメント-回転角曲線から降伏モーメントを算出しました(図5)。その結果、要求性能327 N・mを上回る463 N・mが得られ、モーメントに対しても安全であることが確認できました。

成果の活用

接合部試験により、規準を満足する製品の実現が見通せる状態になりました。以上のように宮崎県と県内企業、大手オフィス家具メーカーとの産官連携により、スギ遊具を開発実現し、2017年3月に宮崎市内に設置できました(図6)。

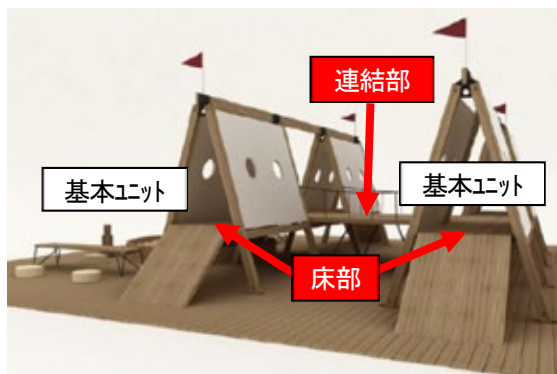


図1 スギ遊具の基本設計図
((株)内田洋行提供)

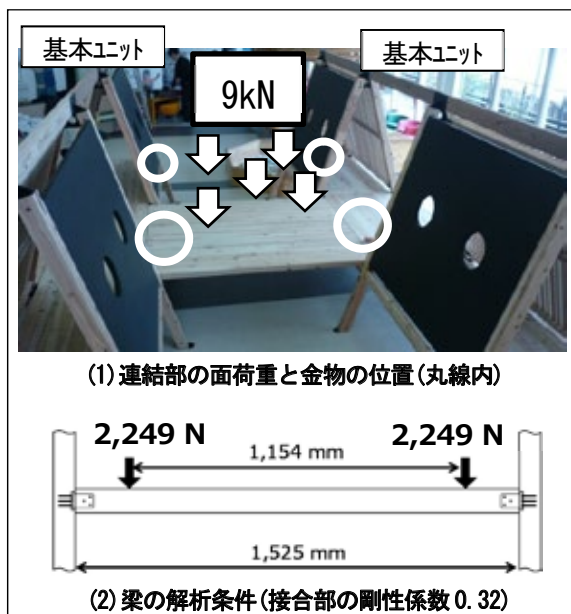


図3 連結部への面荷重と梁の解析

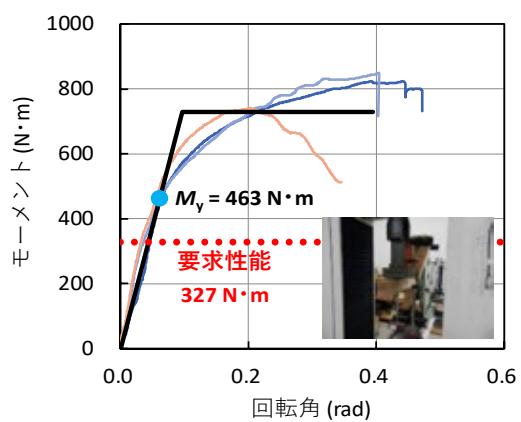


図5 モーメント試験におけるモーメントと回転角の関係

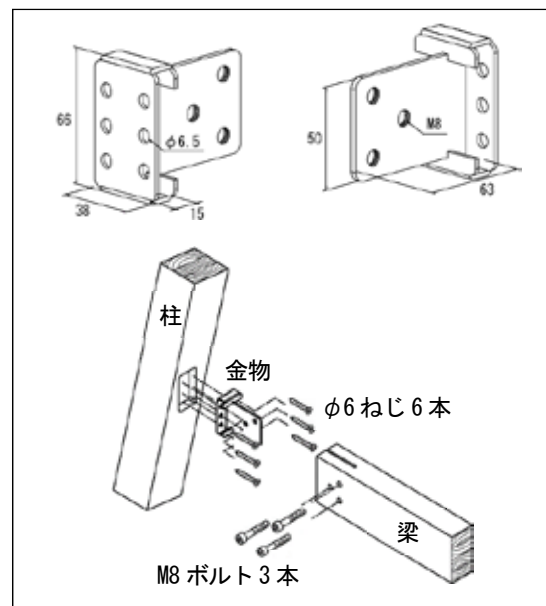


図2 接合部に使用したスギ造作用金物

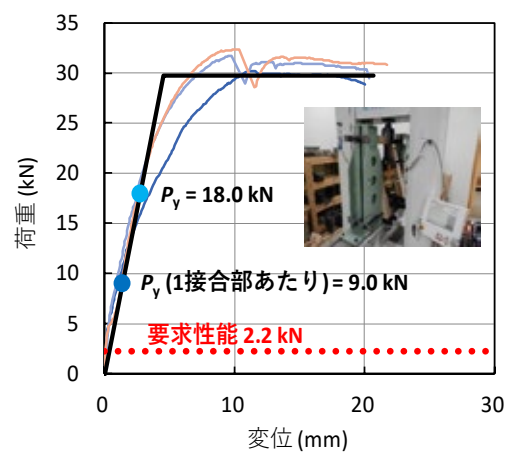


図4 セン断試験における荷重と変位の関係



図6 県内施設への設置

CLTを活用した木造軸組構法用高耐力壁の開発

鹿児島県工業技術センター 地域資源部 中原 亨・福留 重人

研究の背景・ねらい

CLT（直交集成板）は欧州で開発され、寸法安定性が高く、高耐力・高剛性かつ多機能性を持つ部材です。主に中・大規模建築への利用が考えられているCLTですが、その特徴である高耐力・高剛性は中・大規模建築だけでなく一般住宅においても大きな効果を発揮すると考えられます。本県では、年間6～7千戸の木造の新設着工があり、木造軸組構法はその8割以上のシェアを占めています。

本研究では、CLTの特徴の一つである高耐力・高剛性を活かし、木造軸組構法用耐力壁の面材に利用することで、高性能の耐力壁（壁倍率5倍相当）を開発することを目的としました。

成 果

1. 一面せん断試験

まず、CLTの向きが接合性能に及ぼす影響を確認するため一面せん断試験を行いました。試験体は、主材にスギ製材、側材にCLT（スギ3層3プライ 厚さ36mm）、接合具はビス（コーススレッド半ねじ75mm）、CN90釘、CN75釘を用いました。精密万能強度試験機を用いて単調加力で試験し（図1）、得られた荷重－変位曲線から完全弾塑性モデル解析を行い、短期基準接合耐力を算出しました（表1）。釘では強軸と弱軸との間に有意差はありませんでしたが、ビスでは有意水準5%で弱軸より強軸のほうが高い値となりました。

2. 簡易試験体面内せん断試験

仕様を絞り込むため簡易試験体による面内せん断試験を行いました。試験体は、2本の柱材に表2に示す条件でCLT（幅500mm×高さ1,000mm）を接合しました。試験は面内せん断試験装置により大臣認定の業務方法書に準拠して実施し（図2）、得られた荷重－変位曲線から完全弾塑性モデル解析を行い、短期基準せん断耐力を算出しました。短期基準せん断耐力およびこの結果から、面材張り大壁の詳細計算法（（公財）日本住宅・木材技術センター『木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017年版）①』）を参考に、実大耐力壁を作製した場合の壁倍率を推測した結果を表2に示します。CLTの強軸を高さ方向にし、CN90を用いて120mm間隔で留めることで、目標とする壁倍率5倍が達成できることがわかり、実大試験体はこの仕様で作製しました。

3. 実大試験体面内せん断試験

上記で得られた結果をもとに決定した仕様で想定した壁倍率が得られるかを検証するため、実大壁試験体による面内せん断試験を行いました。幅1m×高さ3mの軸組を作製し、これにCLTの強軸を高さ方向にし、CN90の120mm間隔留めで耐力壁を作製しました。試験は上記と同様に行い（図3）、壁倍率を算定しました。その結果を表3に示します。算定した壁倍率は5.6倍となり、目標の5倍を達成できるとともに、簡易試験体による予測結果と一致していることが確認されました。

成果の活用

今回の試験によりCLTを用いて壁倍率5倍相当の耐力壁仕様が明らかにできました。今後は、県内の工務店等に情報提供を行うとともに、壁量計算による一般住宅へのCLT普及促進のためには壁倍率認定も必要になるため、大臣認定の取得についても検討していきます。



図1 一面せん断



図2 簡易試験体面内せん断



図3 実大試験体面内せん断

表1 一面せん断試験結果

短期基準 接合耐力 (kN)		
	強軸	弱軸
ビス	5.47	3.38
CN90	5.00	3.92
CN75	3.09	3.42

表2 簡易試験体面内せん断試験結果

仕様	大壁							真壁
接合具	ビス		CN75	CN90				
留め間隔(mm)	100					120	150	100
CLT 方向(鉛直)	強	弱	強	強	弱	強	強	強
短期基準 せん断耐力(kN)	2.99	3.04	3.13	3.92	4.20	3.20	3.19	5.07
1本あたりの 耐力(kN)	2.39	2.35	2.00	2.64	2.64	2.13	2.01	4.08
期待壁倍率(倍)	5.37	6.03	5.94	6.72	7.39	5.47	3.94	—

表3 実大試験体面内せん断試験結果 (単位: kN)

番号	P_y	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	$2/3 \cdot P_{max}$	$P_{1/120rad}$
1	14.16	10.91	17.40	11.89
2	14.27	10.68	17.20	10.77
3	15.85	12.30	20.67	12.59
平均	14.76	11.29	18.42	11.75
変動係数	0.052	0.063	0.086	0.064
ばらつき係数	0.957	0.970	0.959	0.970
平均×ばらつき係数	14.40	10.96	17.67	11.40
相当壁倍率(倍)	7.3	5.6	9.0	5.8

温度変化に伴うマツタケ菌の菌叢の形態変化

茨城県林業技術センター きのこと特産部 小林 久泰

研究の背景・ねらい

マツタケは栽培が困難な菌根性きのこです。近年の生産量の減少に伴い、市場では高値で取引され、重要な特用林産物のひとつです。これまで、マツタケの発生には、地温の低下や降雨量とその頻度が影響を及ぼすことが述べられてきました。しかしながら、マツタケの発生を制御することができないため、このことは検証できていません。当センターでは、マツタケ菌をアカマツ実生苗へ感染させて大型のマツタケ菌根形成苗の作出に成功しています。そこで、このマツタケ菌根苗から土壤中を広がる菌糸体の生育を指標として、マツタケの生育に影響を及ぼすと考えられる日長変化、温度変化や灌水処理の効果を明らかにすることを目的とした試験を実施しました。

成 果

用いたマツタケ菌根苗は、マツタケ分離菌株(AT638)を、無菌的に発芽させて育苗したアカマツ苗に感染させて作出しました。この菌根苗46本を、温度20℃、湿度60%、照度20,000 Lxで24時間連続照射条件の人工気象室で、3～4年間育苗しました。低温処理の効果をみるため、これらの菌根苗を温度25℃、湿度未設定、照度20,000 Lxで24時間連続照射条件のインキュベーターに移し、1か月間管理しました。その後、表1に示す3つの処理条件を組み合わせた8つの処理区を設けて、3か月かけて処理を行いました。

低温処理の15℃低下が完了してから2か月半後に、菌根苗の生育状況を目視により観察しました。その結果、容器側面の菌叢(きんそう)が濃い領域(写真1)や菌糸塊の形成(写真2)が認められました。菌叢が濃い領域は1つの容器に1か所形成されました。その直径は最大で5cm程度の広がりでした。菌糸塊は白色で直径約2mmの丸い形態をしており、1つの容器に1個形成されました。特に、短日処理を行い、乾燥処理を行わず、温度を15℃下げた処理区で、菌糸塊の形成頻度が高く(3/6)、菌叢が濃い領域が高頻度(2/6)で認められました(表2、処理3)。その後、子実体形成は認められませんでした。一般的にきのこは子実体形成の前に菌糸密度が上昇し、菌糸塊を形成することが知られていることから、短日処理などを行うことが子実体形成を促進する可能性が考えられました。

成果の活用

得られた研究成果については、マツタケの子実体発生に向けた重要な知見であると考えています。そこで、第8回関東森林学会大会で口頭発表しました。また、成果の概要をパネルにまとめ、茨城県林業技術センターの一般公開行事等で一般県民にも広報しました。

表1 処理条件の詳細

処理条件		方 法
短日 処理	あり	2週間ごとに以下のように日長を変えた。 ①日長 20 時間夜 4 時間→②日長 16 時間夜 8 時間→③日長 12 時間夜 12 時間→ ④日長 8 時間夜 16 時間
	なし	24 時間連続照射
乾燥 処理	あり	容器のふたを外し、乾燥気味に管理した。乾燥が早いので、枯死防止のため、週に 2 日、滅菌水で灌水した。
	なし	容器のふたをしたまま湿潤気味に管理した。枯死防止のため、2 か月に 1 回、滅菌水で灌水した。
低温 処理	10℃低下	20℃で育苗していた菌根苗を一旦 25℃に上げ、1 か月育苗した後 2 週間ごとに 2.5℃ずつ温度を 4 回下げ、15℃まで下げた。
	15℃低下	20℃で育苗していた菌根苗を一旦 25℃に上げ、1 か月育苗した後 2 週間ごとに 3.0℃ずつ温度を 5 回下げ、10℃まで下げた。



写真1 菌叢が濃い領域



写真2 菌糸塊の形成（矢印）

表2 菌糸の形態変化出現頻度

処理番号	短日処理	乾燥処理	低温処理	菌糸密度上昇*	菌糸塊の形成*
1	あり	なし	10℃低下	1/5	2/5
2	あり	あり	10℃低下	0/6	3/6
3	あり	なし	15℃低下	2/6	3/6
4	あり	あり	15℃低下	1/6	2/6
5	なし	なし	10℃低下	3/6	1/6
6	なし	あり	10℃低下	3/5	1/5
7	なし	なし	15℃低下	0/6	3/6
8	なし	あり	15℃低下	2/6	0/6

*: 出現苗数/観察苗数

2014年のヒノキ原木栽培ナメコの 放射性セシウムと汚染の低減

埼玉県寄居林業事務所 森林研究室 原口 雅人

研究の背景・ねらい

2011年3月の福島第一原子力発電所事故後、埼玉県内では露地栽培きのこで放射性セシウム（以下、「Cs」）濃度が一般食品の基準値100 Bq/kgを超えることはほとんどありませんでした。しかし、子実体発生時期に雨の少ない埼玉県での原木ナメコ栽培では、環境中のCs濃度が比較的高いとされる地表面に接地あるいは一部を埋め込む方法が採用されています。このため、他の露地原木栽培きのこに比べてナメコ子実体の放射性セシウム濃度を示しており、生産者からはなるべく低い値にするための対策が求められました。

そこで、ヒノキ原木によるナメコ栽培に取り組んでいる、ときがわ町の場合・林相の異なる5カ所の試験地において、土壌表面の除去などのCs濃度の低減をめざした栽培試験を実施しました。

成 果

2013年3月下旬にときがわ町内のヒノキ林から伐採し、4月上旬に長さ90 cmに玉切った原木に植菌しました。各試験地（表1、写真1）に無処理区・土壌0～5 cm層除去区・寒冷紗被覆区を設定し、それぞれに8本ずつほだ木を設置しました。2014年10～11月に子実体を収穫し、Cs濃度をゲルマニウム半導体検出器および波高分析器で定量しました。

- ・リター層と鉍質土壌層のCs濃度は、いずれの試験地でもリター層で高く、鉍質土壌の深部ほど低下しました。一方、各層の単位面積当たりCs現存量では、鉍質土壌表層（0～5 cm層）で最も多いことが分かりました（表2）。なお、ヒノキ原木の絶乾重当たりのCs濃度は23 Bq/kgでした。
- ・子実体のCs濃度は、無処理区のほだ木1本で45 Bq/kg生を検出しましたが、無処理区の平均値は13 Bq/kg生であり、安全でした。土壌0～5 cm層除去区のCs濃度は平均8.5 Bq/kg生であり、他区に対しておよそ2/3に低減し、かつ値のばらつきが少なく濃度が高めの子実体がなくなりました（図1）。
- ・今回の事故により放出されたCsの $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比（表3）は、事故時点ではほぼ1となる一方、過去の核実験やチェルノブイリ事故由来の同比は核種の半減期の違いからほぼ0になると考えられています。このことから、子実体中のCsは今回の事故の放出物であり、子実体の付着物からリター層由来と推定できます。一方、土壌表層や原木は過去のCsも含まれますが、「放射性核種は時間経過とともにエイジング効果により土壌中で動きにくくなっていく」（田上2012）ので、子実体からは今回の事故のCsのみが検出されたと推察できます。

成果の活用

この報告の一部は、第5回関東森林学会大会及び日本森林学会誌第98巻3号で公表しました。この成果はヒノキ原木を用いたナメコ露地栽培試験での結果ですが、ときがわ町等では広葉樹の原木丸太を用い地表面にほだ木を置いて露地栽培するきのこ類もあります。この場合もヒノキ原木ナメコと同様に放射性セシウムが子実体に移行しやすい栽培条件となりますので土壌表面の除去が有効と考えられ、実践されました。なお、この研究は埼玉県衛生研究所及びときがわ町の協力を得て実施しました。

表1 試験地の概況

状 態	林 齢(年)	地 形
栗 園	20-30	北向き斜面下の平地
ヒノキ林G	70	北西向き斜面
ヒノキ林K	30	北向き斜面
ユズ園	25	南向き斜面
人工ほだ場	—	東向き斜面下の平地



写真1 試験状況

表2 試験地のリター層・鉱質土壌層の放射性セシウム

試験地	採取部位	乾重量当たり(Bq/kg乾)			単位面積当たり(Bq/m ²)		
		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴⁺¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴⁺¹³⁷ Cs
栗園		234	462	696	81	160	242
ヒノキ林G		346	661	1007	120	229	350
ヒノキ林K	リター層	428	839	1267	221	434	655
ユズ園		110	225	335	10	21	31
人工ほだ場		—	—	—	—	—	—
栗園		22	55	77	915	2288	3203
ヒノキ林G		13	31	44	424	1012	1437
ヒノキ林K	鉱質土壌 0~5cm層	65	140	205	1654	3563	5217
ユズ園		27	61	88	1420	3209	4629
人工ほだ場		28	60	88	1106	2370	3476
栗園		2.1	17	19	80	645	725
ヒノキ林G		2.0	5.6	8	51	143	194
ヒノキ林K	鉱質土壌 5~10cm層	1.6	18	20	63	708	771
ユズ園		ND	9.0	9	—	563	563
人工ほだ場		ND	2.7	3	—	90	90

※2013年4月下旬にヒノキ林K・ユズ園・人工ほだ場、5月上旬にヒノキ林G、5月下旬に栗園から採土

※人工ほだ場にはリター層なし。NDは不検出

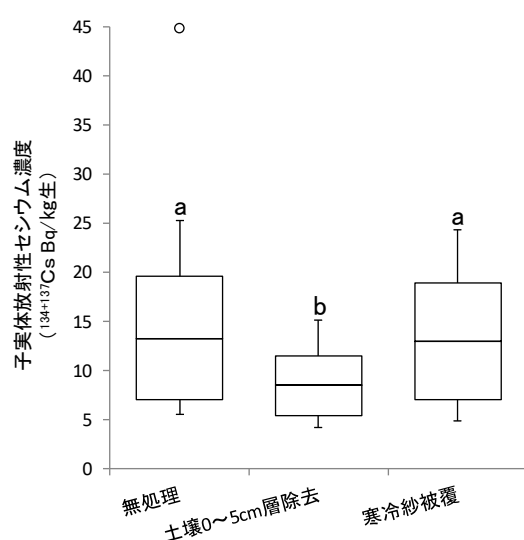


図1 処理区別のナメコ子実体中の放射性セシウム濃度

図中上から、外れ値(○)、最大値、標準偏差、平均値(外れ値除く)、最小値。アルファベット異符号間で有意差。

表3 2011年3月11日時点の¹³⁴Cs/¹³⁷Cs比※1

種 類	試験地・処理区	¹³⁴ Cs/ ¹³⁷ Cs比 (Bq/kg乾)
土 壤	栗園	1.01
	ヒノキ林G	1.03
	ヒノキ林K リター層	0.99
	ユズ園	0.95
	人工ほだ場※2	—
	栗園	0.80
	ヒノキ林G	0.82
	ヒノキ林K 鉱質土壌 0~5cm層	0.90
	ユズ園	0.86
	人工ほだ場	0.91
子実体	栗園	0.25
	ヒノキ林G	0.70
	ヒノキ林K 鉱質土壌 5~10cm層	0.17
	ユズ園※2	—
	人工ほだ場※2	—
原 木		0.81
子実体	無処理区	1.04±0.059
	土壌0~5cm層除去区	1.03±0.051
	寒冷紗被覆区	1.03±0.050
	全体	1.03±0.053

※1 ¹³⁴Cs 濃度及び¹³⁷Cs 濃度を3月11日に減衰補正

※2 人工ほだ場にはリター層がなく、ユズ園・人工ほだ場では表層5~10cmの¹³⁴Cs濃度は不検出

子実体の「±」は標準偏差

里山における機能性きのこカワラタケの栽培技術の開発

富山県農林水産総合技術センター 森林研究所 森林資源課 佐々木 史

研究の背景・ねらい

近年、様々な地域で森林ボランティアや地域住民による里山林の整備が進められていますが、こうした活動を継続的に行うには、資金の確保やモチベーションを如何に持続させるかが大きな課題となっています。このため、森林整備によって発生した伐採木を活用してシイタケ栽培や薪の生産といった副産物を得ることによって活動を進めているグループも多く存在しており、その中からシイタケ以外のきのこ生産にも取り組んでみたいという要望が出てきました。

県内の里山林でよく見かけるカワラタケ(写真1)は、抗がん剤の原料や健康食品としての機能が注目される一方、収穫後の保存性がよく扱いやすい利点があり、粗放的な栽培が可能です。このため、このカワラタケに着目し、生産施設等を持たないボランティアや地域住民でも利用できる簡易栽培技術の開発を行いました。

成 果

富山県内外から野生カワラタケ子実体を採取し、組織分離により県内産および県外産の純粋培養菌株を10株ずつ得ました。最も良好な菌糸伸長を示した県外産1株(庄原6)と、比較的良好であった県内産の2株(金山4、金山5)を選抜し、controlのNBRC30340菌株と共に子実体発生試験に供試しました。

カワラタケのホダ木を刈り払い地(上層木なし)、林内、草地内(上層木なし)の三か所に設置したところ、刈り払い地が最も高い収量を示しました(図1)。選抜した菌株による刈り払い地での栽培比較試験を行ったところ、種駒の活着率は系統間において大きな差は無く(図2)、県内産2株で特に良好な子実体発生が見られました(図3)。林内や草地内で発生した子実体表面には藻類等が多く発生し、商品価値の低下を招きました。

子実体の収穫を目的としたカワラタケ栽培用の種駒は市販されておらず、また種駒の作製には滅菌器具等を必要とするため、栽培方法が確立しても一般の方々が栽培する事は事実上困難です。そこで、特殊な機器類を使用しない種駒作製方法を開発しました。まず、竹楊枝を耐熱性のビンに入れ、さらにネット状の袋に入れて口を縛り、鍋の中で10分間煮沸します。次に、竹楊枝が入ったビンから煮沸の際に入った水を取り除き、水道水を加え、電子レンジで約1分間加熱し放冷します。最後に、竹楊枝の入ったビンに、カワラタケ菌が蔓延した寒天数片を接種し、室温で1か月程度培養することで種駒が完成します(写真2)。本方法はエノキタケやナメコ等の食用きのこの種駒の作製にも用いることができました。駒に竹楊枝を用いることで、充電式ドリルと一般のドリル刃で穴開け作業ができるため、電源が無い里山整備の現場等においても接種が可能となりました。

成果の活用

平成30年度の研究成果発表会や技術マニュアル「とやまの森と技術No.2:自分で作るキノコのホダ木」の発刊等にて本成果を公表しました。また、講習会の開催や、マニュアルを行政機関等を通じて森林ボランティア等へ配布することで、普及を図っています。



写真1 原木から発生したカワラタケ子実体

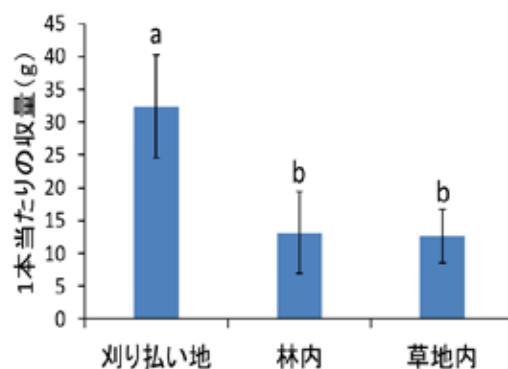


図1 設置場所別子実体発生試験結果
エラーバーは標準誤差を、異なるアルファベットは有意差を示す ($p < 0.05$)

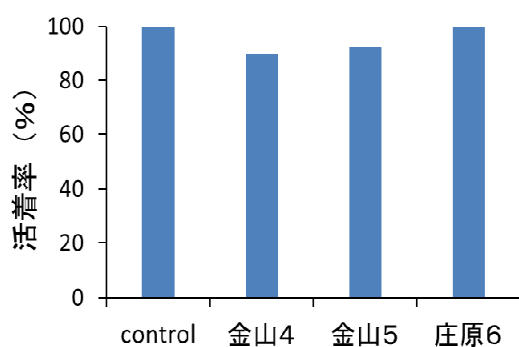


図2 系統別種駒活着率

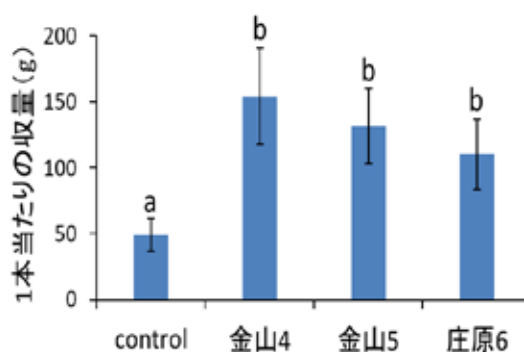


図3 系統別子実体発生試験結果
エラーバーは標準誤差を、異なるアルファベットは有意差を示す ($p < 0.05$)



写真2 カワラタケ種駒の簡易作成手順

- ①竹楊枝をネットに入れ10分煮沸、②電子レンジで約1分加熱、
③カワラタケ菌を接種、④室温で培養し完成

菌床シイタケのビン栽培技術に関する研究

長野県林業総合センター 特産部 片桐 一弘・加藤 健一・増野 和彦

研究の背景・ねらい

近年、きのこ価格の低迷により、長野県では菌床栽培の品目をエノキタケやブナシメジ等から単価の高いシイタケへ転換を検討する生産者が増えています。前者はプラスチック製の容器に作製した菌床で栽培しますが（ビン栽培）、後者はプラスチック製の袋に作製した菌床で栽培します（袋栽培）。長野県ではビン栽培に慣れた生産者が多く、袋栽培への適応が難しいため、シイタケのビン栽培化が求められています。ビン栽培は、袋栽培より機械化が容易で、労働負荷軽減の面でも優れています。

そこで本研究では、エノキタケ等のビン栽培に慣れたきのこ生産者が容易にシイタケを栽培できるよう、既存栽培施設を活用したシイタケビン栽培法の開発に取り組みました。

成 果

1. 遮光したビンで子実体を誘導

きのこ栽培ビンにはエノキタケ等の栽培で使う口が細長いものやナメコの栽培で使う口が平たく広がったものがあります。予備試験では、ナメコ栽培ビンが他のきのこ栽培ビンに比べシイタケ栽培に適していたものの、ビンの中に多数の子実体が発生してしまい袋栽培に比べ収量が著しく低下しました（写真1）。そこで、ビンの中で子実体が発生しないよう、原基形成に必要な光を遮断する対策を施しました。遮光はビンの口を除き、「アルミ箔で覆う」「黒い袋で覆う」「黒く塗る」の3つの方法で行いました（写真2）。その結果、ビンに遮光した全ての方法で、遮光しなかった容器より、ビンの口からの子実体発生量が多くなりました（図1）。発生処理後50日目にビンに覆うアルミ箔を剥いで観察したところ、ビンの中では子実体は発生していませんでした。

2. 遮光したビンでの長期子実体収量試験

遮光したビンでシイタケの収量がどの程度得られるか調べるため、子実体収穫調査を長期間（265日間）実施しました。試験した回数は1回で、市販の3品種を用い各11本のビン栽培（アルミ箔で遮光）を行い、その平均値から子実体発生重量率（表1注）を比較しました。その結果、森産業113は31%、森産業XR1は29%、北研607号は26%となり、袋栽培における標準値とされる33%には及ばなかったものの、それに近い値となりました（表1、写真3）。

以上の試験結果から、シイタケを遮光したビンで菌床栽培すれば、ビンの中で子実体が発生することを防ぎ、ビンの口からの子実体発生量を増加させることができ、品種によっては袋栽培とほぼ同程度の収量が得られることが分かりました。

成果の活用

2017年5月に開催された「長野県林業総合センター研究成果発表会」（国際ウッドフェア併催行事）にてポスター発表しました。日本きのこ学会第22回大会（2018）では優秀ポスター賞を受賞しました。例年開催されている「長野県きのこ生産振興研修会」（主催：長野県、長野県農業協同組合中央会、全農長野ほか）にて、農協の技術員や林業普及指導員等へ本技術を紹介しています。



写真1 ナメコビン内に発生したシイタケ子実体



写真2 ナメコビン光遮断状況
アルミ箔 黒袋 黒塗り

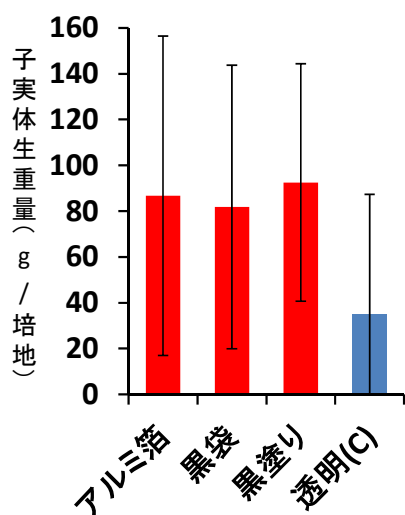


図1 遮光方法別菌床シイタケ子実体収量調査結果
収穫期間：147日間。垂線は標準偏差。



写真3 森産業XR1子実体発生状況

表1 遮光したビンでの菌床シイタケ長期子実体収量調査結果
(収穫期間265日間)

品種	供試数	子実体発生量(培地当り)		培地重量(g)	子実体発生重量率(%)
		個数	重量(g)		
森産業113	11	3.5	168	540	31
森産業XR1	11	4.4	155	540	29
北研607号	11	4.4	140	540	26

子実体発生重量率(%) = 子実体発生重量 / 1培地当り培地重量 × 100

カシ備長炭の収率および品質向上に関する研究

高知県立森林技術センター 資源利用課 溝口 泰彬

研究の背景・ねらい

中国政府が木炭の輸出を禁止し、日本の木炭輸入量が減少したことで国産備長炭の需要が高まり、問屋から増産の要望を受けています。しかし、近年、原料のひとつであるウバメガシの資源量が減少し、原木の調達が困難になりつつあります。一方、ウバメガシ以外のカシ類（主にアラカシ、以下「カシ類」）は県内に豊富に存在するため、持続的な備長炭生産にはカシ類の利用が必要不可欠となっています。ところが、当センターによる研究結果からカシ類を原料とした場合、収率と品質が高い炭の割合が低下することが確認されており、製炭者の間でも「ウバメガシは焼き易いがカシ類は焼き難い」と言われています。

本研究では、カシ類を原料とした備長炭（以下「カシ備長炭」）の収率や品質を向上させるため、改良した製造法による調査とその結果に基づき検討を行いました。

成 果

本研究では、県内で多く使用されている原木が9～10t程度入るタイプの窯を使用しました（図1）。試験区分については、カシ類を原料とした場合と、ウバメガシを原料とした場合の試験区分を設定し（表1）、それぞれについて、炭の収率および品質、窯投入時の原木含水率を調査しました。品質については、炭の直径や長さなどを基に規格*の高いものから順にA区分（備大丸、備丸、備小丸、備割、備細丸）、B区分（徳丸、徳小丸、徳細丸、徳割）、C区分（1級、2級）、D区分（粉炭）に分け、その割合を求めました。

収率調査の結果、カシ類は、製造方法を改良しても17%（ドライベース）程度であり、ウバメガシと比較すると2～3%程度低くなりました（図2）。品質についても、ウバメガシはA区分割合が69.7%で最も高くなり、窯入時の含水率に関わらずA区分割合が高い傾向にあるのに対して、カシ類は、窯入時の原木含水率が高いほどA区分の割合が増加する傾向が見られ、逆に窯入後は初期の乾燥時間を延長してしっかり乾燥することで通常の54.8%から66.7%とA区分割合が増加することが判りました（図3、4）。

そこで、カシ備長炭の品質に原木の含水率が影響している可能性があるため、伐採後の原木保管についてカバーをした場合としていない場合のアラカシの含水率変化について調査しました。含水率の減少割合から、窯入前の原木にカバーをして保管することで乾燥抑制に一定の効果があることがわかりました（図5、図6）。

これらのことからカシ類を利用する場合、建築用材の高温セット乾燥法と同じように伐採後できるだけ早く窯に入れる、あるいは、カバーをして乾燥を抑制した含水率の高い原木を窯に入れ、その後は、焚き口で薪を燃やす「乾燥工程」で窯の中の原木を十分に乾燥させることが望ましいと考えられます。

成果の活用

これらの成果については、当センターの研究成果報告書や研究成果セミナー等により公表するとともに、県内新規参入者への技術相談で説明しています。

*：規格の直径、長さ、名称等は生産者と問屋によって多少異なります。

表1 設定した試験区分の概要

原 料	試 験 区 分	概 要	目 的
ウバメガシ	ウバメ	通常通り製炭する方法	比較対照
カシ類 (アラカン)	通常	通常通り製炭する方法	比較対照
	乾燥延長	初めの3日間、乾燥時間を延長する方法	乾燥促進
	くべ方改良	木くべ時、敢えて荒く積む方法	乾燥ムラの抑制
	焚き口改良	焚き口に蓋をしながら乾燥させる方法	乾燥促進

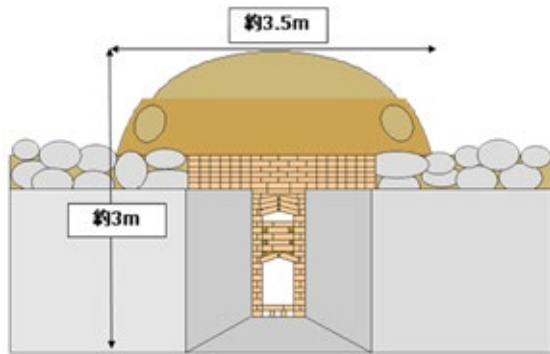


図1 試験に使用した窯のイメージ

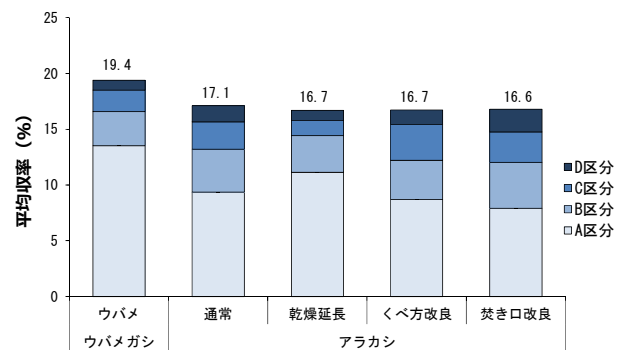
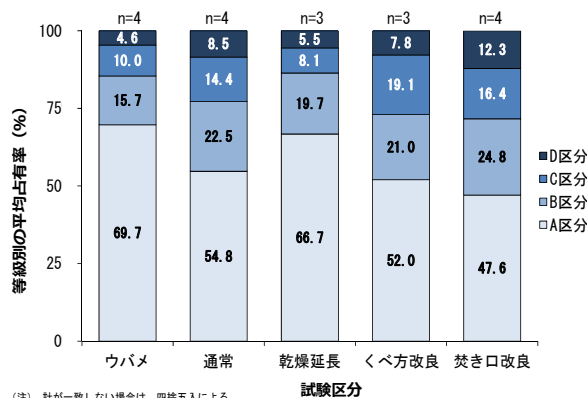


図2 平均収率（ドライベース）



(注) 計が一致しない場合は、四捨五入による

図3 等級別の占有割合

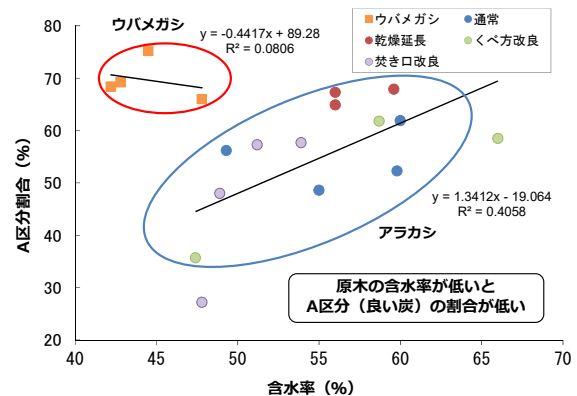


図4 窯投入時の原木含水率とA区分割合

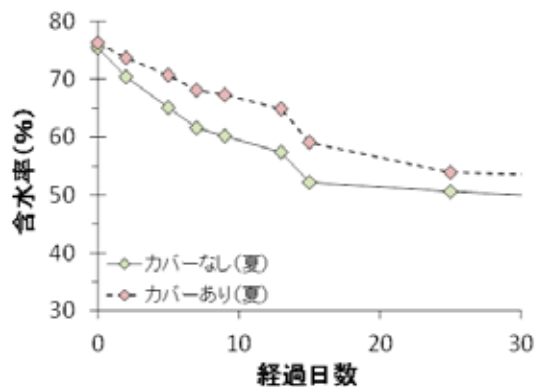


図5 伐採後の含水率減少の推移（夏期）

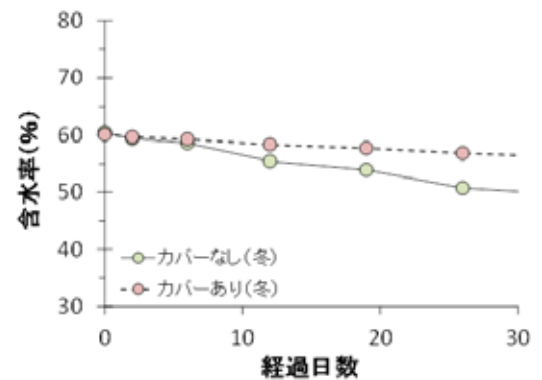


図6 伐採後の含水率減少の推移（冬期）

菌床シイタケ栽培における夏期発生温度の検討

大分県農林水産研究指導センター 林業研究部 きのことグループ 彌田 涼子・有馬 忍

研究の背景・ねらい

菌床シイタケ栽培は計画的な周年栽培が可能ですが、経営には施設整備の経費のほか光熱水費といったランニングコストが必要です。近年、電気代が高い状況が続いており、生産者の経営に影響を及ぼしています。特に、夏期の高温は発生舎等の冷房コストに大きく影響します。しかしながら、生産現場における発生温度の見直しは、計画生産や品質に負の影響を及ぼすことも予測されることから、行われていない現状があります。

そこで、電気使用量が多い夏期において、発生温度の変更による、電気使用量の削減効果と発生量及び品質への影響を明らかにすることを目的に本研究を行いました。

成 果

大分県内の菌床シイタケの短期栽培の多くは、培養期間3ヶ月、発生期間3ヶ月で行われています。培養終了後の菌床を搬入する発生室の温度は、種菌メーカーが推奨する温度やこれまでの経験則から生産者が判断し、管理を行っています。

研究所内の発生室2室を使用して、設定温度を変えた比較試験を行いました。慣行区(10～20℃の変温)と慣行区より2℃高い高温区(12～22℃の変温)を設定し、夏期(2015年6月30日～8月7日)に発生試験を行いました(図1)。

結果のポイントは以下のとおりです。

1. 夏期39日間における高温区の電気使用量は慣行区の57%であり、電気使用量が43%削減され、経営費を削減できました(表1)。
2. その間の高温区の発生量は、慣行区よりも19%減少したものの、LM個数は14%増加したため、市場単価を考慮して配点した品質指数に大きな差はなく、粗収益は変わりませんでした(表2)。

成果の活用

短期栽培の温度を慣行区と比較して2℃高くすることで、発生量は減少しますが、LM個数は増加したため、品質指数に差がない一方、電気使用量が大きく削減できることがわかりました。つまり、高温区は慣行区と比較して、粗収益が変わらない一方、経営費が削減でき、所得を増加させることがわかりました。今回の結果は生産者の発生温度制御条件の見直しに役立つと考えています。温度管理の実際は生産者により異なることから、現状の温度の把握を把握し、普及することが必要です。

平成29年度きのことグループ研究発表会で口頭発表するとともに、生産者の発生舎の温度を実測し、普及を図っています。

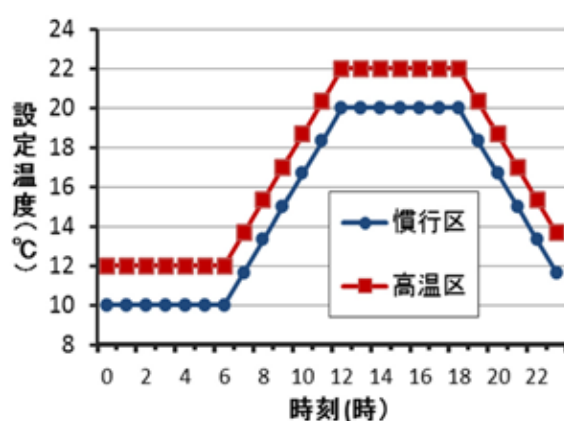


図1 発生室の時間別温度制御条件

表1 電気使用量の削減効果

試験区	電気使用量
慣行区 (10℃-20℃)	2,057.40 kWh (100%)
高温区 (12℃-22℃)	1,172.48 kWh (57%)

表2 発生温度が子実体の発生に及ぼす影響

試験区	個数 (個/菌床)	発生量 (g/菌床)	個重 (g)	M以上 発生率 (%)	品質指数 ¹⁾
慣行区 (10℃-20℃)	69.6	872.6	12.5	9.2	161.7
高温区 (12℃-22℃)	51.8	706.2	13.6	23.0	158.3

1) 平成28年次の市場単価を基に子実体の規格毎に配点された評点を合計したもの
 10点：A2L、8点：AM・BL・BM、6点：B2L、4点：AS・CM、
 2点：BS・C2L・CL・CS、0点：A2S・B2S・C2S

アラゲキクラゲの菌床栽培に適した培地基材

沖縄県森林資源研究センター 伊藤 俊輔¹

(¹: 現 沖縄県森林管理課)

研究の背景・ねらい

アラゲキクラゲの菌床栽培は、沖縄の気候に適しているうえ夏場にも収穫できることから、しいたけ生産者の夏場の収入源として注目を集めています。

これまで、菌床の供給は県外や国外に頼っていましたが、2012年から県産おが粉を用いた菌床の生産が開始されています。しかし、アラゲキクラゲの菌床栽培に適した培地基材に関する情報が不足しているため、異なる培地基材における発生量について県内で使用されている種菌（森産業89号）を用いて検討しました。

成 果

アラゲキクラゲの菌床栽培に適した培地基材について、コーンコブ (Cc)、タイワンハンノキ (Aj)・アカギ (Bj)・ブナ (Fc)・イタジイ (Cs) おが粉 (写真1) をそれぞれ100%用いて発生量と収穫に至るまでの期間を検討 (試験Ⅰ) したところ、コーンコブの培地基材が最も収量が多くなるものの、発生時期は他の培地基材より遅くなることが分かりました (図1)。

なお、培地組成は培地基材：ふすま = 9 : 1 (絶乾重比) で、培地含水率は65%とし、栽培袋に1.5 kg充填しました。培養は23℃の培養室内で61日間行い、発生は簡易施設で2015年7月27日から12月14日まで140日間行いました。

次に、コーンコブにイタジイおが粉を混合して発生量と収穫に至るまでの期間を検討 (試験Ⅱ) したところ、イタジイの混合率が25%～50%で子実体の発生量はコーンコブのみと同程度に維持したまま、発生に至るまでの期間は樹木由来の基材100%と同程度になることが明らかになりました (図2)。

なお、培地組成は培地基材：ふすま = 4 : 1 (絶乾重比) で、培地重量の0.5%消石灰を添加し、培地含水率は65%とし、栽培袋に1.5 kg充填しました。培養は23℃の培養室内で71日間行い、発生は簡易施設で2016年5月13日から8月28日まで107日間行いました。

コーンコブ (Cc)、イタジイ (Cs) の子実体発生量がいずれも試験Ⅰの結果よりも試験Ⅱの方が多くなっており、試験Ⅱでのみ添加した消石灰 (培地重量0.5%添加)、栄養材 (ふすま) 量の増加などの影響により増加したものと考えられました。

成果の活用

成果は「九州森林研究」(第70号125～127頁) で公表するとともに、林業普及指導員を通して生産者への情報提供を行っています。



写真1 使用した培地基材

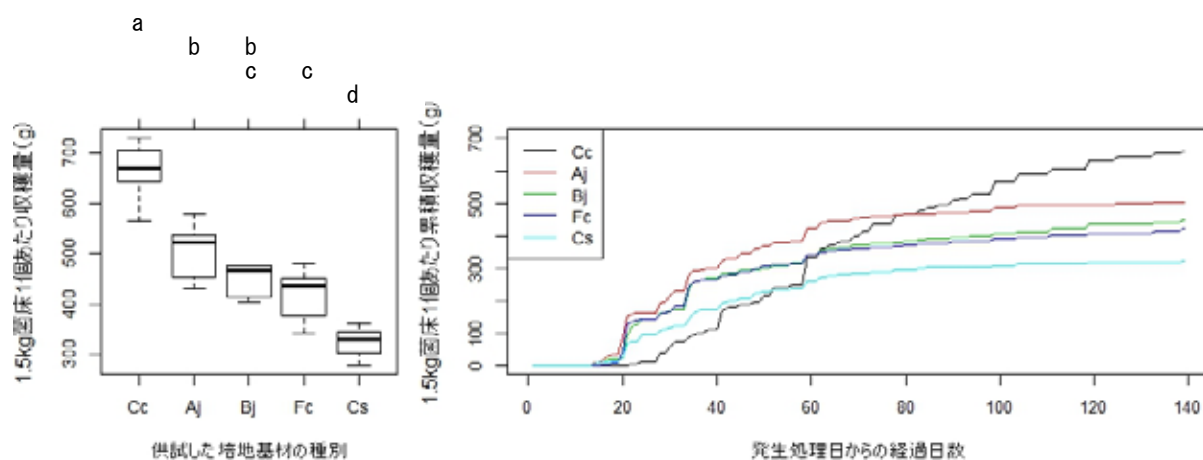


図1 培地基材別収穫量と累積収穫量

箱中の太線が中央値、箱の下端が第一四分位、箱の上端が第三四分位、ヒゲの両端が箱の長さの1.5倍以内にある最大値および最小値。異なるアルファベットは5%の危険率で有意差あり。

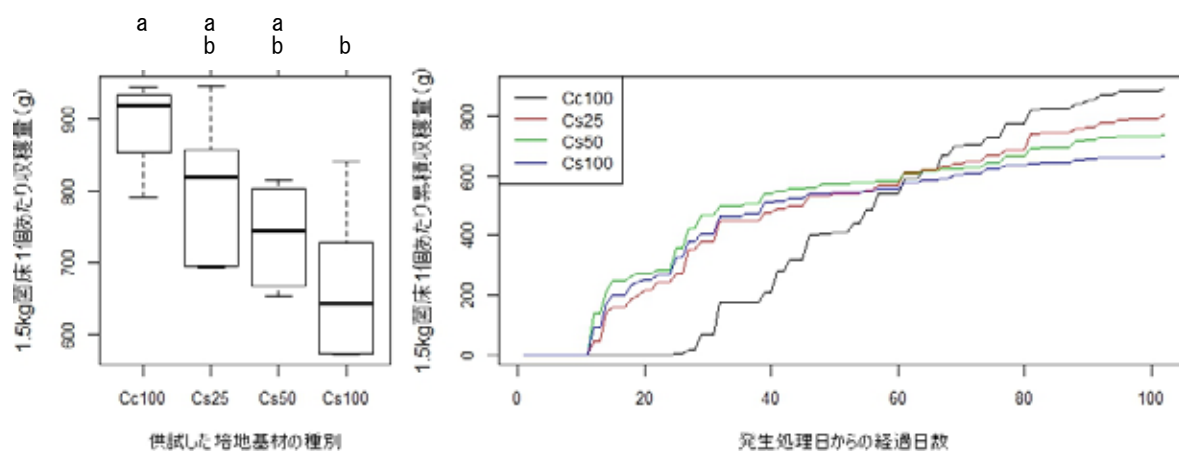


図2 培地基材の混合割合別収穫量と累積収穫量

箱中の太線が中央値、箱の下端が第一四分位、箱の上端が第三四分位、ヒゲの両端が箱の長さの1.5倍以内にある最大値および最小値。異なるアルファベットは5%の危険率で有意差あり。

公立林業試験研究機関 研究成果選集 No.16 平成30(2018)年度

発 行 日 平成31(2019)年3月31日
編集・発行 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
茨城県つくば市松の里1
電話 029(873)3211(代表)
お問い合わせ 企画部 研究管理科 地域連携戦略室
電話 029(829)8121(直通)
印刷・製本 前田印刷株式会社
茨城県つくば市山中152-4
電話 029(875)6696

当研究所の許可を受けずに本誌を転載・複製することを禁ずる。

本誌内容は以下でもご覧いただけます。

(<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/rinshikikan.html>)