

公立林業試験研究機関
研究成果選集

No. 10

(平成 24 年度)

2013. 3

独立行政法人 森林総合研究所 編集・発行

はじめに

我が国の森林は、戦後植林された人工林を中心に充実してきており、資源として本格的に利用可能な時期を迎えつつあります。この森林資源を有効活用し、森林・林業の再生に確実に繋げていくためには、需要拡大に向けた取組とともに需要者側のニーズに応じた木材を安定的に供給できる体制を構築することが重要であります。

また、森林・林業の再生には、フォレスター等人材育成を推進するとともに、森林経営計画の作成の促進と併せて施業の集約化や路網の整備を図ることにより、持続的な森林経営を確立するための取組を推進する必要があります。森林・林業を支える山村の振興も不可欠であり、地域住民等が協力して、住居周辺の森林の手入れを行ったり、地域に眠る様々な未利用資源を最大限に活用していくことが重要です。

森林・林業の再生や、多様化する森林に対する国民のニーズに適切に応えていくには、森林・林業・木材産業分野の科学的知見が大きな役割を担っております。そのため、林野庁では、研究・技術開発を効率的かつ効果的に推進するべく、昨年9月に「森林・林業・木材産業分野の研究・技術開発戦略」を策定しました。そして、本戦略において、概ね今後5年間に取り組み、成果をあげるべき課題として、「森林の有する多面的機能の発揮」、「林業の持続的かつ健全な発展」、「林産物の供給及び利用の確保」、「林木育種の推進」、「東日本大震災からの復旧・復興の実現」の5つを重点課題として明確化したところです。

今後、これらの重点課題に対し、都道府県等の関係機関と連携を図りながら、長期的展望に立った、森林・林業・木材産業分野の研究・技術開発を推進していきたいと考えております。

公立林業試験研究機関研究成果選集は、「林業研究開発推進ブロック会議」に公立林業試験研究機関から提出された研究成果を取りまとめたものであり、本成果選集が、関係各位の森林・林業・木材産業分野の研究に対する理解を深める一助となることを希望しております。また、研究者各位が科学的視点のもと、分かりやすく、広く国民の利益にかなった研究を目指して研鑽されることを期待しております。

結びに、本成果選集を作成するに当たって、原稿を作成していただいた公立林業試験研究機関の皆様方及び編集にご尽力いただいた独立行政法人森林総合研究所の皆様方にこの場を借りて感謝申し上げます。

平成 25 年 3 月

林野庁 研究・保全課長
徳丸 久衛

目 次

◇ 森林に係わる研究

1 造林未済地の把握と天然更新を利用した森林化 (北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場)	1
2 植栽ブナの育成状況と成林阻害要因に関する研究 (青森県産業技術センター林業研究所)	3
3 マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの作出 (秋田県農林水産技術センター森林技術センター)	5
4 森林構成と土砂流出防止効果 (福島県林業研究センター)	7
5 ツキノワグマによる人工林剥皮行動の実態解明 (群馬県林業試験場)	9
6 少花粉・低コスト造林に向けたスギ挿し木苗の可能性 (埼玉県農林総合研究センター森林・緑化研究所)	11
7 花粉の少ないスギの花粉量をより減らすための管理技術 (千葉県農林総合研究センター森林研究所)	13
8 適正サイズ苗ストックのためのブナ苗根切り処理 (新潟県森林研究所)	15
9 過密人工林管理技術の開発 (長野県林業総合センター)	17
10 侵入竹林の駆除と森林化技術の開発 (石川県農林総合研究センター林業試験場)	19
11 間伐作業の効率向上化指針の開発 (京都府農林水産技術センター農林センター森林技術センター)	21
12 植物の種多様性を継続させる里山の維持管理手法 (兵庫県立農林水産総合技術センター森林林業技術センター)	23
13 安全かつ効率的なフォワーダ集材のための路網配置 (鳥取県農林水産部森林・林業総室)	25
14 高分解能人工衛星画像等を用いた立木材積分布評価技術 (広島県立総合技術研究所林業技術センター)	27
15 BAP 処理による抵抗性マツ種子の増産研究 (香川県森林センター)	29
16 風害地形の特徴と風害に強い樹形の解明 (福岡県森林林業技術センター)	31
17 ツバキ育成技術の開発(断幹による樹冠の更新と結実の状況) (長崎県農林技術開発センター)	33
18 長崎県ヒノキ人工林に対応した細り表の作成 (長崎県農林技術開発センター)	35
19 スギ長伐期施業に対応した人工林管理指針に関する研究 (熊本県林業研究指導所)	37
20 森林変化点探索システムの構築に関する研究 (宮崎県林業技術センター)	39

◇ 木材に関する研究

21 カラマツ大径材による建築用材生産技術の検討 (北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場)	41
22 岩手県産の合板を利用した耐力壁の開発 (岩手県林業技術センター)	43
23 防腐処理材の表面処理方法の検討と性能評価 (群馬県林業試験場)	45

24	伝統工芸「高岡漆器」を活かした木質成型品の商品化 (富山県農林水産総合技術センター木材研究所)	47
25	安全・安心な乾燥材生産技術の開発—アカマツとカラマツの乾燥スケジュールの確立— (長野県林業総合センター)	49
26	未利用木質バイオマスによるエネルギー用材化 (山梨県森林総合研究所)	51
27	スギ・ヒノキ“B材”原木を利用した各種木質構造材料の開発 (静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター)	53
28	安全・安心な乾燥材生産技術の開発—国産材6種の内部割れの少ない乾燥材生産技術の開発— (石川県農林総合研究センター林業試験場)	55
29	三重県産スギ平角の乾燥割れが少ないスケジュールの開発 (三重県林業研究所)	57
30	スギ樹幹内において放射組織中の細胞間隙が果たす役割 (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)	59
31	耐震性・施工性に優れた厚板耐力壁の開発 (奈良県森林技術センター)	61
32	幅広集成筋かいを使用した住宅耐力壁の開発 (奈良県森林技術センター)	63
33	高温セット法を利用した隠岐産クロマツ平角の人工乾燥 (島根県中山間地域研究センター)	65
34	強度な列状間伐実施後の林木の成長 (岡山県農林水産総合センター森林研究所)	67
35	徳島県産スギツーバイフォー部材の強度性能 (徳島県立農林水産総合技術支援センター森林林業研究所)	69
36	愛媛県産ヒノキ材ブランド化推進事業について (愛媛県農林水産研究所林業研究センター)	71
37	長尺接着重ね梁の製造方法に関する研究 (高知県立森林技術センター)	73
38	塗布処理による木質土木資材の耐久性向上に関する研究 (佐賀県林業試験場)	75
39	安全・安心な乾燥材生産技術の開発—九州地方産スギの内部割れと強度性能の関係解明— (熊本県林業研究指導所)	77
40	竹炭製品の吸放湿および結露防止効果 (鹿児島県工業技術センター)	79

◇ 特用林産に関する研究

41	スギ人工林を多段階に利用した特用林産物の栽培技術 (宮城県林業技術総合センター)	81
42	菌根苗作出のためのマツタケ菌の効率的な接種法の開発 (茨城県林業技術センター)	83
43	ハタケシメジの実用的栽培技術に関する研究 (栃木県林業センター)	85
44	竹材を利用したヒラタケ菌床栽培技術の開発 (富山県農林水産総合技術センター森林研究所)	87
45	ナメコ栽培におけるLED利用技術の開発—大粒ナメコ栽培への利用— (長野県林業総合センター)	89
46	松林保全のためのショウロ菌林地定着手法の開発 (和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場)	91

1 造林未済地の把握と天然更新を利用した森林化

北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場 森林資源部経営グループ 今 博計

研究の背景・ねらい

人工林を伐採したあと再造林を行わない林地（以下、「造林未済地」）が増えています。どこで何故発生するのか、天然更新で跡地が森林化するのかなど現状の把握が遅れています。今後、伐期に達する人工林が増加する中、これ以上、造林未済地を増やさないよう何らかの対策を講じる必要があります。そこで、造林未済地の発生を把握する技術を開発するとともに、伐採前の状態から森林化の可否を判断する基準を作成し、未済地把握や可否判断の結果を表示するシステムを開発しました。

成 果

1 造林未済地の把握技術の開発

衛星画像の解析と森林調査簿を用いて造林未済地を抽出する手法を開発しました（図1）。また、造林未済地が道東のカラマツ人工林地帯で多く発生し、人口が減少し高齢化の進行する市町村で増加していることがわかりました。

2 天然更新の適地判定技術の開発

道東のカラマツ人工林跡地 123 カ所で更新状況を調査した結果、再造林を行わずに伐採跡地が森林へ早期に回復するには、伐採前から林内に存在している前生稚樹が重要であることをつきとめました。前生稚樹が少なく、広葉樹林からの距離が離れた人工林では、伐採後無立木地になる確率が高くなります。

3 森林化対策モデルの開発

造林未済地と更新適地の判定結果、林小班の属性情報（林齢、疎密度、所有者の在・不在、広葉樹林からの距離等）を GoogleMap と電子国土を組み込んだ地図上で表示させ、検索可能とするシステムを開発しました（図2）。

以上の研究成果や道東地域で実施した森林所有者へのアンケート調査の結果を踏まえ、パンフレット「造林未済地の解消をめざして」を作成し道内の森林・林業関係機関へ配布するとともに、林業試験場ホームページで公開しています（<http://www.fri.hro.or.jp/kanko/fukyu/pdf/zourinmisaiti.pdf>）。

成果の活用

成果の一部は、平成 24 年 4 月に北海道水産林務部森林計画課が作成した「天然更新完了基準書」に盛り込まれており、北海道が行う計画照査や森林経営計画の認定審査、伐採等の届出に係る更新状況の確認、天然更新の技術指導等の業務に活用されています。紹介した内容は農林水産技術会議「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」において実施された「造林未済地の把握技術および天然更新を利用した森林化技術の開発」（平成 21 ～ 23 年度）での研究成果で、北海道大学、筑波大学、酪農学園大学、森林総合研究所、EnVision 環境保全事務所との共同研究によるものです。

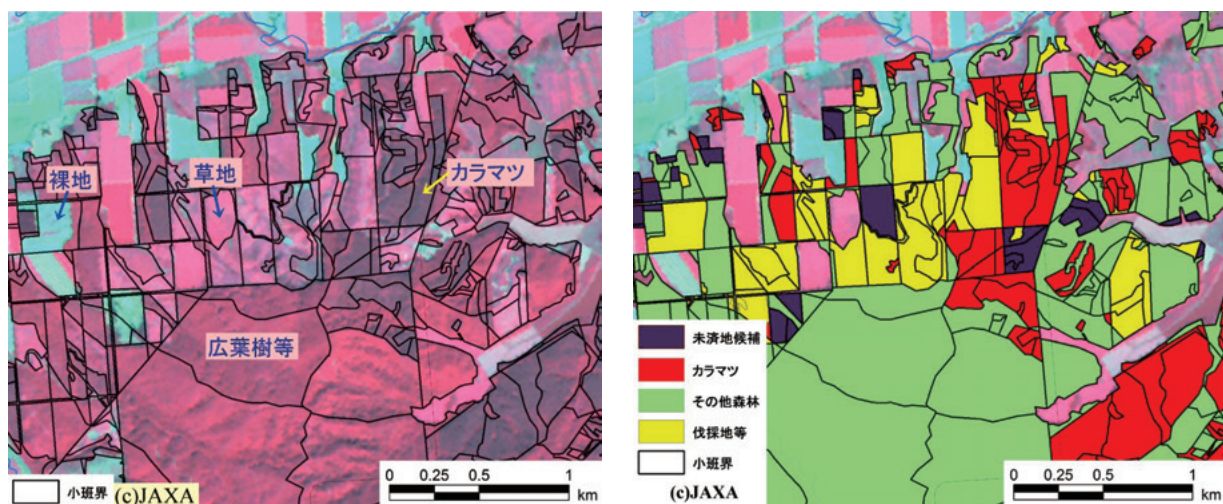


図1 ALOS 衛星画像と森林調査簿による再造林未済地の抽出例

画像分類結果と森林調査簿とを重ね合わせることで、伐採届が提出されずに伐採されている林小班を表示できます。

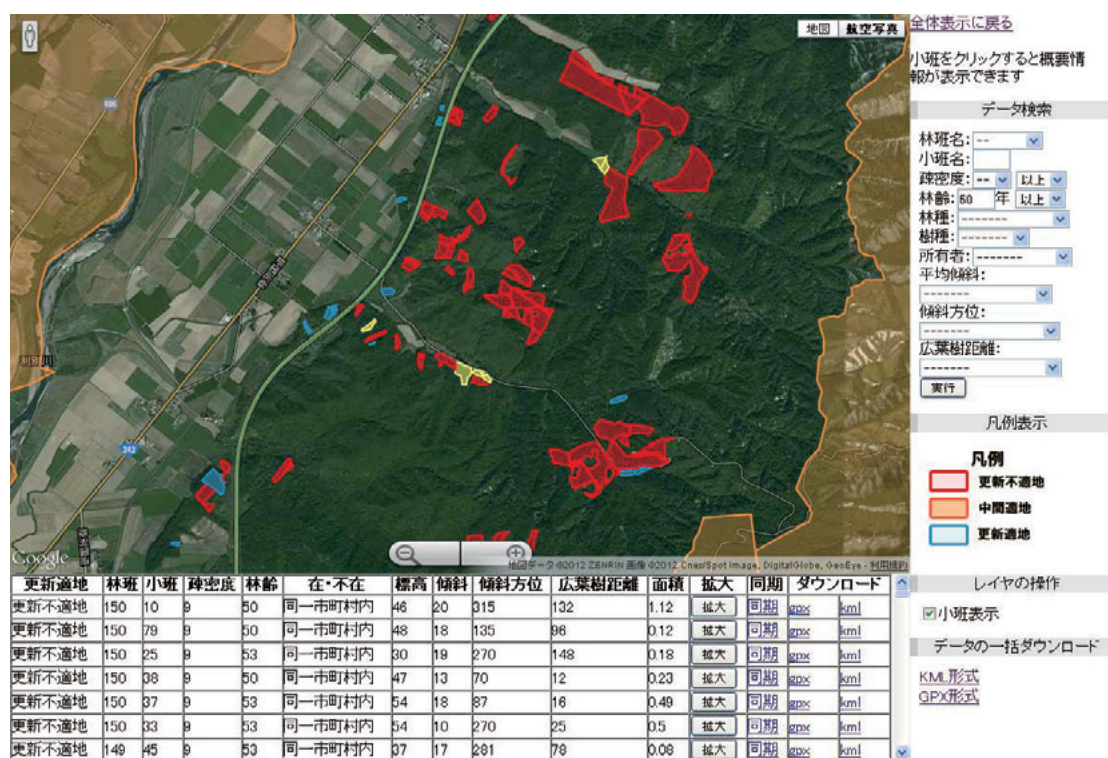


図2 表示システムによる天然更新の適地判定の画面

インターネット地図（GoogleMap、電子国土（国土院））を組み込んだGIS（地理情報システム）。抽出された造林未済地や予測された天然更新適地を表示することが可能です。

- 【主な機能】・基本的な検索（林班、小班、林齢、所有者の在・不在や更新適地判定要因による絞り込み）
- ・属性の表示やダウンロード（GPS搭載端末で利用可能（KML,GPX形式））

【問い合わせ先：北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場 森林資源部経営グループ TEL 0126-63-4164】

2 植栽ブナの成育状況と成林阻害要因に関する研究

青森県産業技術センター林業研究所 森林環境部 飯田 昭光

研究の背景・ねらい

近年、生物多様性の保全や国土保全など森林の多面的機能発揮などへの期待から、多様な森林整備への関心が高まり、広葉樹を活用した森林造成が注目されています。

青森県においても、冷温帯の代表的な樹木であるブナの植栽が行われていますが、これまでブナ林の造成は天然下種更新が一般的であったため、植栽による造成技術については十分な蓄積がない状況にあります。

そのため、ブナ林造成に必要な知見を得ることを目的として、植栽されたブナの成育状況及び成林阻害要因について調査したので、その結果を報告します。

成 果

八甲田山地の北側の麓に位置する青森市横内地区に平成4年から平成8年にかけて植栽されたブナについて、平成7年から平成22年にかけて、成育状況および成林阻害要因の調査を実施しました。表1に、設定した5調査区（A区～E区）の植栽年と、それぞれの相対照度を示します。

各調査区の樹高の推移を図1に、胸高直径の推移を図2に示します。その結果、どちらも、最も暗いA区の成長が最も悪い一方、相対照度20%のB区では著しい成長不良は認められませんでした。また、相対照度100%のC区よりも、むしろ相対照度75%のE区の成長が最も良好でした。このことから、ブナの成長には、相対照度で20%以上が必要であることや、上木の全くない環境よりも上木が適度にある状況のほうが良好な成長を期待できるものと思われれます。

次に、当調査地で確認された主な成林阻害要因を写真1に示します。このうち、ノウサギの被害は相対照度の低い調査区（A区・B区）で多く認められました。また、ノネズミヤツル、雪、コウモリガの被害は相対照度の高い調査区（C区・E区）で多発する傾向が認められました。また、植栽ブナの生存率を調べたところ、相対照度100%のC区が最も低く、植栽木の4割以上が枯死していました。一方、生存率が最も高かったのは相対照度20%のB区で、植栽木の9割以上が生存していたことから、成林阻害要因の低減には、適度な上木の存在が有効であるものと考えられます。

成果の活用

本研究成果は、林業事業体や行政関係者等を対象とする平成23年度林業試験研究・林業普及発表会（2012年1月）及び東北森林科学会第16回大会（2011年8月）で公表しました。

今後も適正なブナ林造成技術について、林業事業体や森林所有者及び行政関係者等に情報提供していくこととします。

表1 各調査区の概要

調査区名	植栽年	林齢(※1)	相対照度(※2)
A 区	平成4年	19 年	8%
B 区	平成5年	18 年	20%
C 区	平成6年	17 年	100%
D 区	平成7年	16 年	34%
E 区	平成8年	15 年	75%

※1 林齢:平成 22 年時点

※2 相対照度:平成 8 年測定値

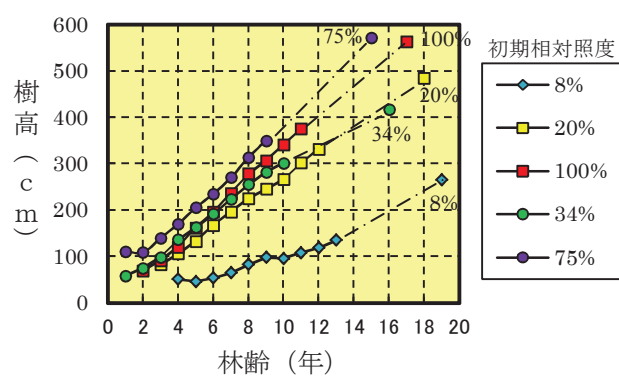


図1 樹高

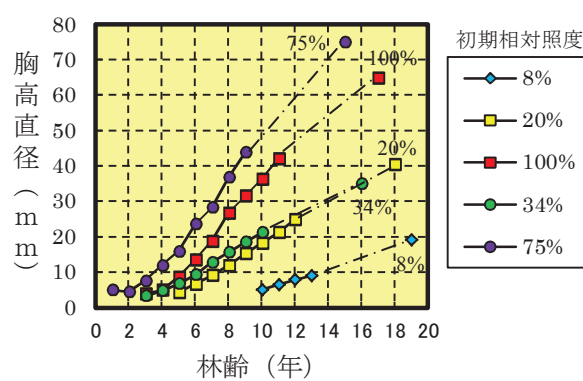


図2 胸高直径



ノウサギ被害 (幹)



ノネズミ被害



コウモリガ被害

写真1 主な成林阻害要因

[問い合わせ先: 青森県産業技術センター林業研究所 森林環境部 TEL 017-755-3257]

3 マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの作出

秋田県農林水産技術センター森林技術センター 資源利用部 須田 邦裕

研究の背景・ねらい

秋田県における松くい被害は、昭和 57 年山形県境の旧象潟町少砂川においてはじめて確認されて以来、31 年間で被害地域は県内全域に広がり、被害材積の累計はおよそ 45 万 m³に達しています。被害地は、松が密生している海岸線の防風林に多く発生しており、男鹿など観光地の美観を損なうだけでなく、松が消失したことで潮風や飛砂による地域住民の生活や塩害による農業生産への影響が懸念されています。このような状況から、松くい被害で消失した海岸防風林復旧のため、当センターで取り組んだ「マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの作出」についての成果を報告します。

成 果

- 1 県内の松くい被害地の中から特に被害の大きな激害地を探索し、そこで生き残っている健全木を抵抗性候補木として選抜しました。候補木から冬期間に採穂し、接ぎ木による増殖を行い、2 年間育苗した後、ビニールハウス内に移植し、1 本の苗木にマツノザイセンチュウ 1 万頭接種し一次検定を実施しました（図 1）。
- 2 微害地及び中害地から抵抗性の高いマツを効率良く選抜するため、被害地の健全木 90 本に対し直接マツノザイセンチュウを接種し、現在残っている 30 本を候補木として選抜しました。また、候補木から採取した切枝を用いてマツノザイセンチュウの移動・分散のしにくさを調査する通過阻害試験やマツノザイセンチュウが樹脂道に侵入・加害した際に分泌する樹脂酸の成分分析による抵抗性の判定方法を確立し、実証試験を行っています（図 2）。
- 3 これまでの選抜手法の見直しや実験成果により、平成 20 年に（仁賀保）94 号、（同）112 号、21 年に（男鹿）122 号、（秋田）130 号、（金浦）147 号、22 年に（男鹿）151 号、23 年に（男鹿）186 号、（同）187 号、（若美）240 号の計 9 本を一次検定合格木として作出しました。うち 23 年には（独）森林総合研究所 林木育種センター 東北育種場において（男鹿）151 号を二次検定した結果、対照木より高い抵抗性を示し、（同）優良品種評価委員会より秋田県で初めて抵抗性クロマツとして認定されました（図 3）。

成果の活用

来春には、（男鹿）151 号の挿し木増殖や山形（遊佐）72 号との特定交配を実施する他、同じ育種区である山形県、新潟県などの抵抗性クロマツの導入を図り、抵抗性クロマツ採種園を造成・植栽整備を進め、7 年後の本格的な種子生産を計画しています（図 4）。

今後、松くい被害を受けた海岸防風林復旧のため、一日も早い抵抗性マツ苗の普及を目指し、取り組んでいきたいと思っています。

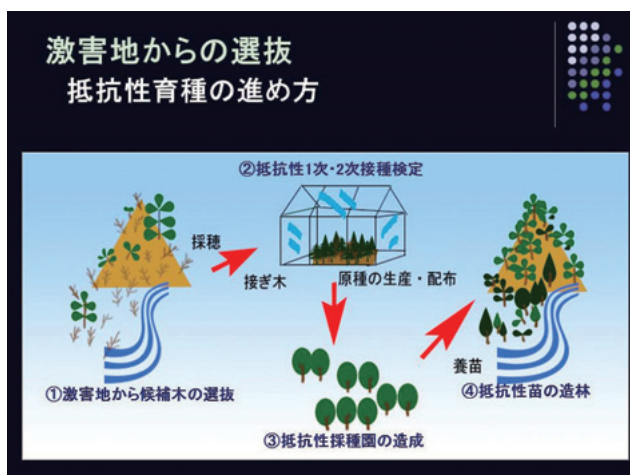


図1 抵抗性育種の進め方



図2 選抜手法の見直し



図3 二次検定合格木（男鹿151号）



図4 抵抗性採種園の造成

4 森林構成と土砂流出防止効果

福島県林業研究センター 渡邊 次郎・壽田 智久・小澤 創

研究の背景・ねらい

近年、森林の公益的機能発揮に関する県民の関心が高まってきており、水土保持林の環境整備や森林土木事業の治山施設の施工後の土砂流出防止効果に関する数値データが求められてきています。そこで、上流域の森林の状態と土砂流出量の関係を明らかにし、治山事業計画や森林整備に反映させるとともに、森林の土砂流出防止機能を住民、県民に広報することを目的に、治山ダムの上流域の森林の状態が林地の土砂流出や治山ダムへの土砂流出量に及ぼす影響の調査、解析を実施しました。

成 果

治山ダムへの土砂流入量に及ぼす森林被覆の影響を予測する手法を開発することを目的として、福島県矢祭町に新設された治山ダムの上流に位置する森林の土砂移動量を調査しました。調査対象とした森林はスギ人工林（約40年生）、ヒノキ人工林（約30年生）、崩壊斜面（①植生が芽生え始めた小規模斜面、②植生が侵入し始めた小規模斜面、③植生が見られない大規模斜面、④植生が見られない小規模斜面）等の地表被覆と規模の条件が異なる6種類の林床と斜面です（図1）。この6つの試験区に、1箇所当たり土砂受け箱を1～10個設置して表土の移動量（以下、土砂移動量という）を調査しました（図2）。

また、降雨量や林床植生等と土砂移動量の関係を明らかにするため、治山ダムの堤体袖天端に転倒ます型雨量計を取り付け降雨量を自動観測記録すると共に、30日毎に各試験区の林床被覆率を調査しました。さらに、治山ダムのダム堤体上流側法面に、調査開始時の渓床を0mとしてダム堤体放水路天端までリボンスタッフを取り付け、ポケットに溜まる土砂の堆積量を観察すると共に、調査期間中3回に渡って溪流の縦・横断測量を行って、地形の変化を調査しました。これらの調査の結果、植生や落葉などで林床が被覆されていると、土砂の流出が抑えられることが分かりました。

- (1) 各試験区の年間土砂移動量をA区（スギ人工林）を100とした比数で比較すると、B区（ヒノキ人工林）は962、C区（植生が見られない大規模な斜面）は2736、D区（植生が侵入し始めた小規模な斜面）は1841、E区（植生が見られない大規模な斜面）は7404、F区（植生が見られない小規模な斜面）は5854となり、林床植生や落葉があると表土の移動はほとんど発生せず、表土流亡の大きな発生源は裸地斜面と考えられます（図3）。
- (2) 土砂移動量に林床被覆率が大きく関わっており、林床被覆率が低いほど土砂移動量が多くなる傾向があります（図4）。
- (3) 月毎の降雨量と土砂移動量との間には明確な関係は認められません（図5）。
- (4) ダムポケットの堆積土砂量と溪流の縦・横断地形に大きな変化は認められず、当地域では林地における表土の流亡と土砂の移動は小さいものと考えられます。

成果の活用

治山事業計画時の住民説明資料としての活用や、治山ダムの計画勾配を決定する際の基礎資料として利用できます。また、森林施業時の留意事項として活用も考えられます。

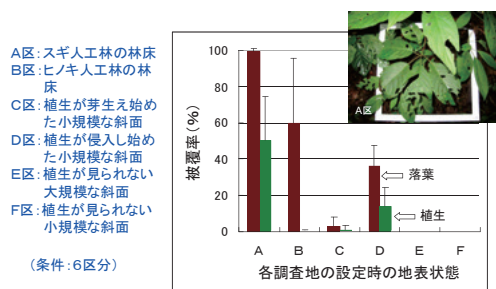


図1 土砂受け箱設置場所の条件区分

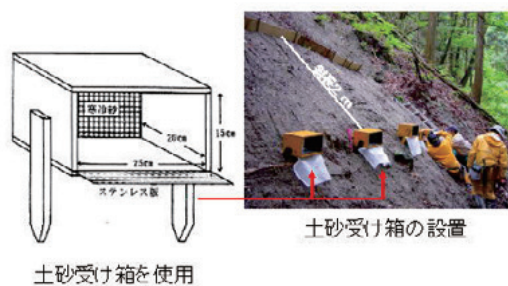


図2 流出土砂量の調べ方

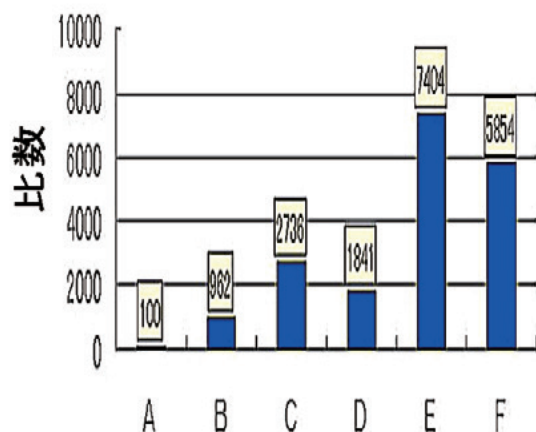


図3 移動土砂量の比較

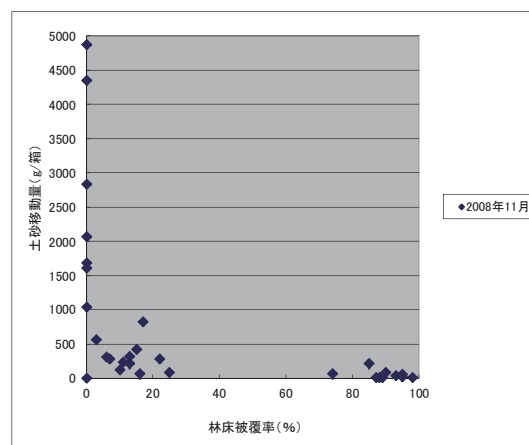


図4 林床被覆率と土砂移動量の関係

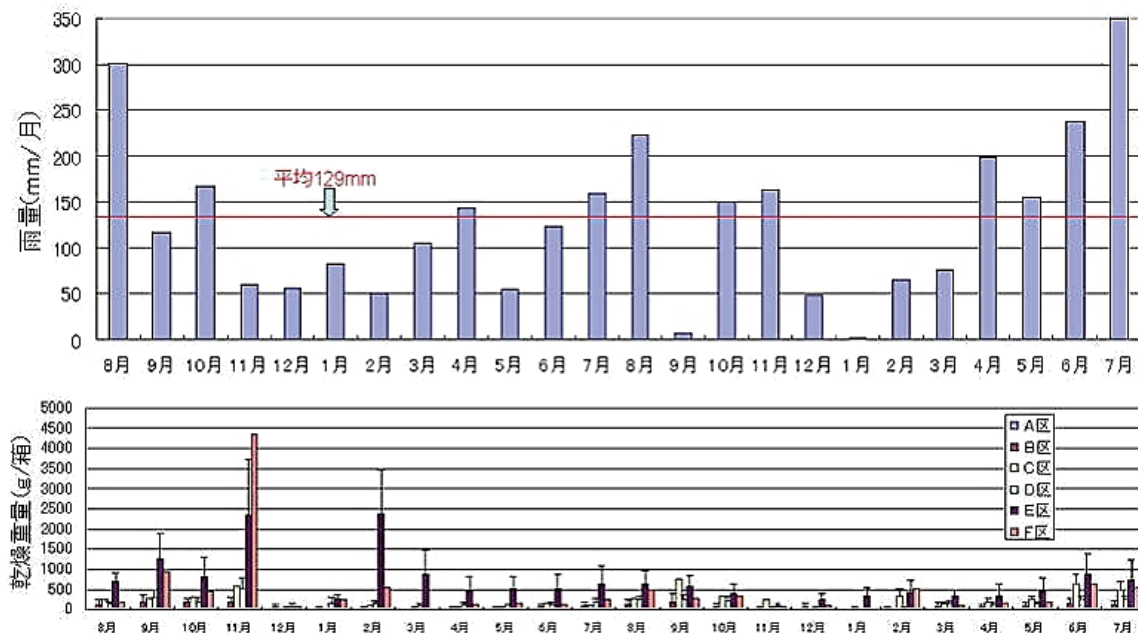


図5 降雨量と土砂移動量 (2008~2010)

5 ツキノワグマによる人工林剥皮行動の実態解明

群馬県林業試験場 片平 篤行

研究の背景・ねらい

県内ではツキノワグマによる人工林の剥皮被害が増加傾向にあり、被害対策として防除資材の幹巻き等が実施されています。ツキノワグマはスギやヒノキなどの針葉樹人工林を、餌資源として利用していると考えられています。しかし、その加害実態や生息状況、被害増加の理由などは不明な点が多く、これらの解明が新たな被害対策を検討する上で重要と考えられます。

このため、剥皮被害の調査時に動画撮影した（平成 22 年 5 月 18 日午後 3 時）、親子グマと見られる 2 頭の加害状況を分析し、剥皮行動の特徴や剥皮時間等を詳細に把握しました。

成 果

剥皮被害は 25 年生（平均胸高直径 21cm）のスギを中心とする人工林内で発生していました。調査の結果、2 頭による新しい被害木は 430 本にのぼり、その 40% が 2 回以上の再剥皮でした。また、周囲林分は 54%（本数被害率）の激しい被害を受けていました（表 1、図 1）。樹皮の剥皮は座位や木にもたれた姿勢で、主に口と前肢を使って行い、摂食に 8 割の時間を費やしていました。摂食時は顎をせわしなく上下運動させながら、母グマは上顎切歯のみ、子グマは下顎切歯のみを使い、木部表面を薄く削り、樹液と共に舌で舐め取っている様子が確認されました（表 2、写真 1）。

母グマの剥皮した 2 本の剥皮時間と剥皮部位の剥皮面積及び歯痕面積を分析したところ、歯痕面積当たりの剥皮時間は 7.7 分/m² となりました。これは、10 分程度で胸高直径 35cm の立木を歯痕高 1.2 m で全周剥皮する計算になります（表 3）。

調査した 430 本の総歯痕面積から剥皮時間を計算すると 14 時間となり、親子 2 頭で長時間滞在し剥皮を続けたと推測されます。実際に加害林分内において、摂食した木部切削片のみを含む白い糞を回収しています。これらの結果から、剥皮発生時期（5 月～7 月）には針葉樹人工林が餌資源として利用され、1 頭により相当量の被害が発生し、繰り返される加害により被害が蓄積していくと考えられました。また、剥皮習性は母親から子供へ伝播する可能性が示唆されました。

成果の活用

本調査結果は、関東森林学会や県内試験研究発表等において公表しており、剥皮被害対策を実施する関係団体、研究機関に情報を提供しています。また、林業関係者で実施される剥皮被害対策の研修会等で、被害実態について広く周知しました。今回得られた剥皮被害の基礎的知見は、今後の被害防止対策を検討する上で重要な要素であると考えられます。

表 1 親子グマによる加害木の被害状況

撮影日時	平成 23 年 5 月 18 日 15:00
加害木位置	標高 610m～820m
被害本数	430 本
樹種別:本数	スギ:365 本 ヒノキ:65 本
平均胸高直径	21cm(10～38cm)
平均剥皮高	140cm(30～400cm 以上)
平均歯痕高	120cm(10～230cm)
剥皮累計本数	1回 257 本
	2回 119 本
	3回以上 54 本
	再剥皮率 40%
剥皮方向別本数 (内1回目)	全部剥皮 160(107)
	山側 146(124)
	谷側 43(4)
	横・巻込部 81(22)
	計 430(257)
合計剥皮面積 ¹	265.9m ²
合計歯痕面積 ²	199.3m ²

¹剥皮面積は剥皮高×剥皮幅

²歯痕面積は歯痕高×剥皮幅



図 1 加害状況計測図

表 2 加害時の行動特徴内訳

	動作目的			剥皮方法			剥皮姿勢				
	剥皮	摂食	他	口	口・手	手	直立	もたれ	座位	腹這い	移動
1 本目 (秒)	91	285	11	285	65	26	19	155	162	51	22
2 本目 (秒)	93	496	0	500	85	4	107	163	241	78	0
平均 (秒)	92	391	6	393	75	15	63	159	202	65	11
比率 (%)	19	80	1	81	16	3	13	32	40	13	2



写真 1 下顎切歯を使い摂食する子グマ

表 3 母グマの剥皮時間内訳

	1 本目	2 本目	平均
胸高直径 (cm)	19	26	22. 5
剥皮高 (cm)	200	170	185
歯痕高 (cm)	150	150	150
剥皮面積 (m ²)	1. 19	1. 39	1. 29
剥皮時間 (秒)	91	93	92
歯痕面積 (m ²)	0. 89	1. 22	1. 06
摂食時間 (秒)	285	496	390. 5
剥皮総時間 (秒)	387	589	488
剥皮時間 (秒/m ²)	76	67	71. 5
摂食時間 (秒/m ²)	320	407	363. 5
剥皮総時間 ／歯痕面積	435	483	459
(歯痕面積1m ² 当たりの剥皮時間)			7. 7 分

※加害木 430 本の総剥皮時間 14. 0 時間

剥皮時間：199. 3m² (合計歯痕面積) ×7. 7 分=25. 6h

移動時間：20 秒×429 本=2. 4h

2 頭による剥皮のため、28. 0h/2=14. 0 時間が総剥皮時間

6 少花粉・低コスト造林に向けたスギ挿し木苗の可能性

埼玉県農林総合研究センター森林・緑化研究所 森林・緑化担当 原口 雅人

研究の背景・ねらい

ハウスでの大量生産が可能で、植栽効率が良く、初期成長が良いとされるマルチキャビティコンテナの実生苗生産での利用が注目され、実証が始まっています。しかし、コンテナが高価で市販されていないなど事業上の制約もあります。一方、首都圏に位置しスギ花粉対策が必要な埼玉県では県農林公社によって少花粉品種の特性を担保する挿し木苗による低コスト造林が検討されています。そこで、主に少花粉の精英樹を対象に、入手が容易な市販の挿し木・苗木繁殖用トレイや公社方式の生分解性サックを用いた挿し木およびその挿し木苗の植栽後の成長について検討しました。

成 果

少花粉・高初期成長の精英樹スギ系統の6系統のさし穂に粉末発根剤を塗布し、38連樹木用トレイ（ポリスチレン製、写真1 a）の鹿沼土にさし付け、発根後に空中根切りする「トレイ」挿し木をおこないました（写真2）。「少根」（図3）を除いた発根率は、比企13号・秩父3号・片浦5号・愛甲2号および足柄下6号では事業的に望ましいおよそ8割以上となり、ほとんどの品種がトレイ挿し木に適した中粒で発根率が高くなりました（図1）。

挿し木品種であるサンプスギ（＝筑波1号）を材料に、プラスチックコンテナ（写真1 b）の鹿沼土挿し床（中粒）にさし付ける「普通」、生分解性サック（ポリ乳酸不織布、写真1 c）に穂と鹿沼土を詰めた後に通常の挿し木をする「サック」および「トレイ」の挿し木苗を生産しました（写真4）。これらの挿し木苗について、鹿沼土を自然脱落させ畑に植栽し、苗高の初期成長を比較しました。「普通」・「トレイ」苗は全て活着し、「サック」苗は9割でした。また、苗木成長率に関して「トレイ」苗は「通常」苗・「サック」苗より植栽1年後でおよそ1.2倍、2年後で1.3倍となりました（図2）。

トレイ挿し木は、①マルチキャビティコンテナと同様に根系が円錐状になり植栽手間を軽減、②トレイ1枚が270円程度と安価、③トレイの材質が柔らかく根部の抜き出しが容易、④多くの品種でおよそ8割以上の活着に十分な発根、などの利点がありました。また、マルチキャビティコンテナでは専用の培土を付着させたまま植栽することを特徴としますが、「トレイ」挿し木苗では鹿沼土が自然脱落し裸根となるものの、活着率は「普通」挿し木苗と同等であり、植栽後の初期成長は「普通」挿し木より良好でした。

成果の活用

本成果は、第1回関東森林学会大会で発表するとともに、関東森林研究第63巻1号に掲載されています。また、初期成長を促進する育苗法として、埼玉県農林公社に対しスギ挿し木における樹木用トレイの利用を提案するとともに、県内森林組合に対し試験植栽用に挿し木苗を提供しました。今後は山地植栽した苗と下刈りの省力化について検討します。

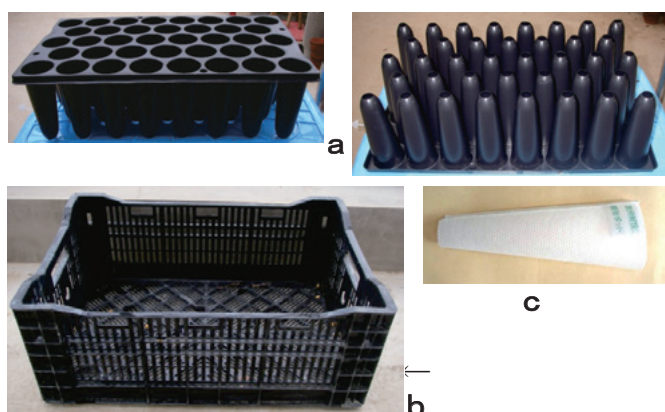


写真1 供試した挿し床（a：樹木用トレイの上面：左と裏面：右，b：プラスチックコンテナ）と生分解性サック：c



写真3 樹木用トレイによる発根状況
※中・多根を発根率とした

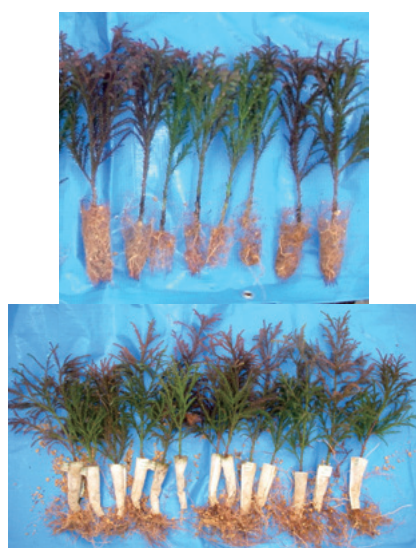


写真4 樹木用トレイ：上と生分解性サック：下によるサンプスギさし木苗の発根状況
（鹿沼土自然落下後）



写真2 樹木用トレイさし木の状況（上）と空中根切り（下）

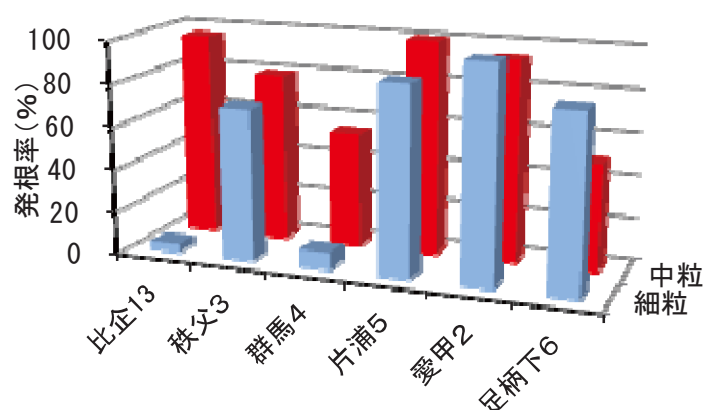


図1 樹木用トレイによるさし木の中・多根の発根率はほとんどの品種でおよそ8割以上

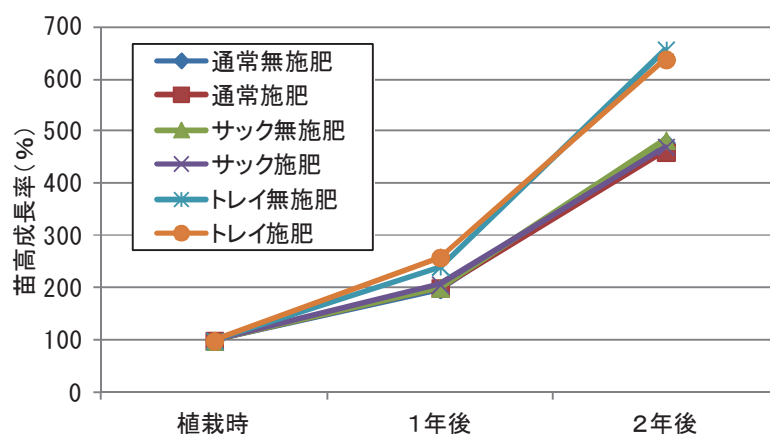


図2 サンプスギの挿し木ではトレイ挿しの苗畑植栽1年後の苗高成長率は他のおよそ1.2倍、2年後ではおよそ1.3倍
※ 苗高成長率はトレイ苗と普通・サック苗で1%水準で有意差

7 花粉の少ないスギの花粉量をより減らすための管理技術

千葉県農林総合研究センター森林研究所 福島 成樹

研究の背景・ねらい

社会問題となっているスギ花粉症に対し、千葉県は全国に先駆けて花粉の少ないスギを開発しました。このスギは、遺伝的多様性を確保するために種子から苗木を生産しており、雄花を着けやすい個体が一部含まれることが分かっています。そこで、花粉の少ないスギを用いた造林地の花粉量をより減らすために、雄花を着けやすい個体の割合を明らかにするとともに、除伐が容易な若齢時に、これらの個体を判別して除去するための管理技術を開発することを目的として調査を行いました。

成 果

千葉県内の7箇所に植栽された1～4年生の花粉の少ないスギ約1,900本を対象に、4年間にわたり個体別に雄花の着生状況を調査しました。雄花の着生状況（着花ランク）は、花粉が飛散する前の11～2月に、4段階の判定基準（表1、林野庁 2002）を用いて目視で判定しました（写真1）。雄花を多く着ける着花ランク3の個体の割合は、年変動が大きく、雄花が平年並みや凶作の年（平成19～21年度）は1箇所（君津）を除くとほぼ10%以下でしたが、豊作年（平成22年度）には最大で40%まで増加することが明らかとなりました（図1）。また、個体別に雄花の着生傾向をみると、4年間を通じて雄花を多く着生する個体は、調査木全体の11%であることが分かりました。

したがって、花粉の少ないスギの花粉量をより減らすためには、若齢時に上記の判定基準を用いて雄花を着けやすい個体を判別し、それらを選択的に除伐することが有効と考えられました。ただし、雄花が豊作の年は雄花を着けやすい個体の割合が高くなる場合があるため、判別は雄花が豊作以外の年に行うのが望ましいと考えられます。また、除伐する割合については、若齢時のスギ林の健全性を維持するために10%程度を上限とし、雄花を着けやすい個体の割合がそれよりも高くなった場合には、初回間伐時に残りの個体を伐採することが適当と考えられます。

成果の活用

この成果をもとに、平成24年度からの県単森林整備事業において、花粉対策の除伐が補助事業に加えられました。これは、2齢級以下のスギを対象として、概ね10%の雄花を着けやすい個体を選択的に除伐する作業に対して補助を行うものです。また、この成果は、各地で植栽が始まっている花粉の少ないスギに対しても、花粉量をより減らす管理技術として活用できる可能性があります。

表 1 スギ雄花着生状況の判定基準（林野庁 2002）

着花ランク	雄花着生状況
3	陽樹冠の全面に着生し、雄花の密度が非常に高い
2	陽樹冠のほぼ全面に着生
1	陽樹冠に疎らに着生、または、樹冠の限られた部分に着生
0	雄花が観察されない

注）陽樹冠とは、陽が当たる樹木上部の枝・葉の茂っている部分を示す



着花ランク 3

着花ランク 2

着花ランク 1

着花ランク 0

写真 1 花粉の少ないスギの雄花着生状況の判定例（千葉県）

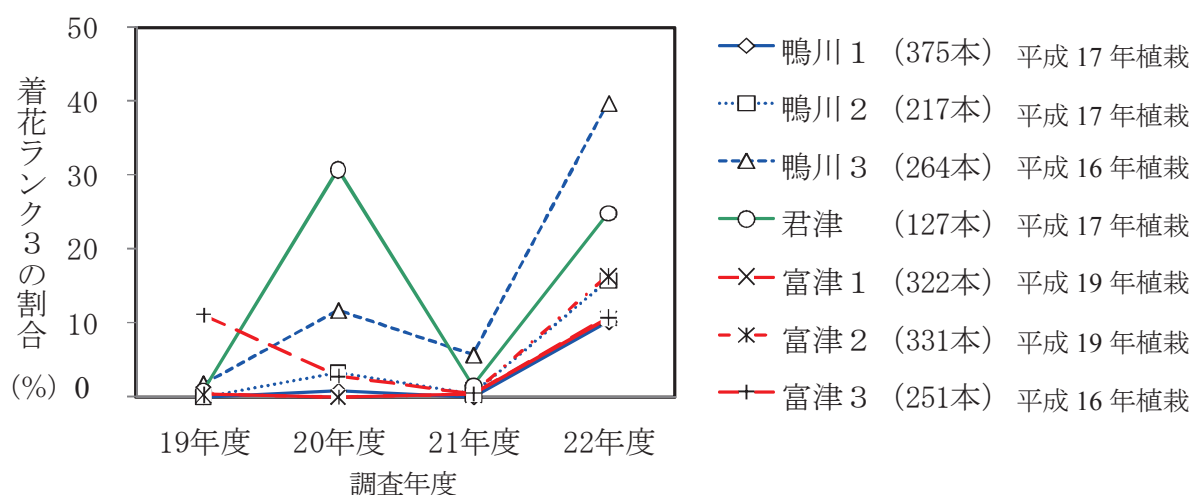


図 1 7 箇所の植栽地における雄花を着けやすい個体（着花ランク 3）の割合の変化

注 1）雄花量が 19 年度、20 年度は平年作、21 年度は凶作、22 年度は豊作にあたる（千葉県におけるスギ花粉量の予測情報より）

注 2）凡例の括弧内は調査本数

〔問合せ先：千葉県農林総合研究センター森林研究所 TEL 0475-88-0505〕

8 適正サイズ苗ストックのためのブナ苗根切り処理

新潟県森林研究所 森林・林業技術課 塚原 雅美

研究の背景・ねらい

地域固有の遺伝的特性を保全するためには地元の多様な遺伝的特性を持つ種苗（地域性種苗）の利用が重要です。ブナは冷温帯の主要優占種であることから種苗活用の場の広い樹種の一つですが、豊凶の広域同調性とそれにとともなう種子生産量の変動の大きさ、種子寿命の短さなどのため、安定的な種子確保は困難です。すなわち、ブナにおいて地域性種苗の利用を進めるためには苗のストックによる供給維持が重要であり、そのためには数年間続く凶作の期間中に苗が適正サイズを超えないよう成長をコントロールする必要があります。根切り処理は、植物の成長をコントロールするための技術であり、根の成長期に根切りをすると地下部が充実し地上部の成長は抑えられることが知られています。そこで、気象条件の厳しい夏が根の成長期にあたるブナについてこの技術を応用する方法を検討しました。

成 果

新潟県の主なブナの種苗生産地である十日町市のブナ苗畑において、2008～2010年に試験を行いました。2008年は、苗畑で育成した3年生苗を供試個体とし、4月の休眠中に土中の筒の中へ移植しました。その後、根の成長期とされる6月に処理個体を筒ごと掘り取り、根を洗い出したのち埋め戻しました。処理は主根と一次側根のうち最も長い上位3本についてその長さの1/3を切除する根切りと、切除を行わずに埋め戻す植え替えの2種類の強度で行い、対照として無処理区を設定しました。そしてそれぞれを成長終了後の10月に掘り取り、苗長、根元直径および枝、葉、根のバイオマス（絶乾重量）を計測し、処理区間で比較しました。2009、2010年は、より簡便な処理方法を検討するために苗畑で通常の方法で育苗中の苗について根切り鋏（2009年）と根揚げ機（2010年）を用いて処理を行い、効果を2008年と同様方法で検証しました。供試苗は、山引き苗を苗畑に移植後1成長期を経過した4年生苗（2009年）、5年生苗（2010年）としました。詳細は表1、写真1のとおりです。

その結果、いずれの作業（処理）方法でも、地上部の重量はより小さく、根の重量を大きくする効果があり（表2）、枯損も生じないことがわかりました。そして、その効果は翌年の春まで（1年以上）続き、植え替えのみの処理に比べ、根切りを加えた処理ではより強い効果が認められました（図1）。ブナは、一斉開葉型という伸長期間の短い樹種で、その伸長量は前年の成長の影響を受けやすい性質があるためと考えられます。ブナ種苗の成長を抑制するために根切りが有効な処理であることが検証されましたが、植林地での旺盛な成長を求めるためには、山出し前年の強い根切りは避けた方がよいと言えるでしょう。

成果の活用

本成果は『広葉樹林化ハンドブック 2012（森林総合研究所）』に掲載されています。また、平成24年度新潟県農林水産業研究成果の活用技術として公表し、県のホームページでも公開しています。

ブナの成長は庇陰処理によっても抑制できるので、根切りと庇陰処理を併用した育苗スケジュールを構築することで、より有用性が高まると考えられます。

表 1 試験の概要

作業方法 (処理強度)	処理の時期と回数	供試個体数		対照個体数	
		当年秋	翌年春	当年秋	翌年春
掘り取り	根切り	2008 年 6 月に 1 回	16	14	15
	植え替え	〃	14	16	15
根切り鋏	2009 年 6～8 月に 5 回	60	—	60	—
根揚げ機	2010 年 8 月に 1 回	60	—	60	—



写真 1 根切り作業方法

表 2 処理の有無と葉・枝・根の部位別重さの
一成長期後の比較 (GLMM) ¹⁾

作業 (処理) 方法	葉	枝	根 (切片)	
掘り 取り	根切り	-0.31	-0.46	0.25
	植え替え	-0.73	-0.74	0.43
根切り鋏	-0.73	-0.08	0.25	-0.10
根揚げ機	0.10	-0.26	0.30	-1.07

- 1) 一般化線形混合モデル (応答変数の確率分布を二項分布と仮定し個体差を考慮した回帰モデル)。
 応答変数は処理の有無, 説明変数は葉, 枝, 根の乾燥重量 (絶乾), ランダム要因は個体 (苗) とした。
 2) 表中の 数値は説明変数の係数推定値。乾燥重量が対照苗より重いとき正、軽いとき負。

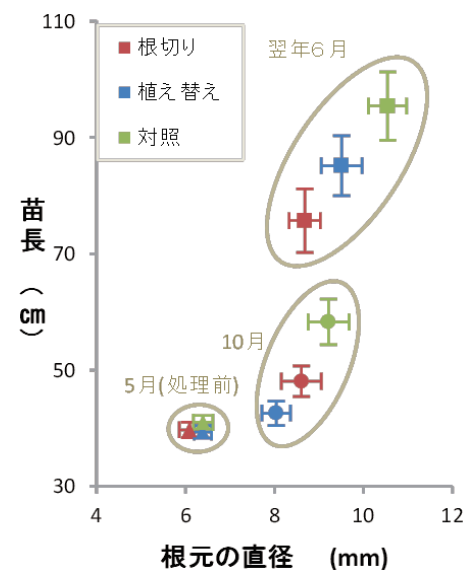


図 1 根切り処理強度と成長

根切り：根を洗い出し、一次側根の長さの上位 3 本および主根について、その長さの 1/3 を切除したのち再び植栽
 植え替え：根を洗い出したのち再び植栽
 ※エラーバーは標準誤差

9 過密人工林管理技術の開発

長野県林業総合センター 育林部 大矢 信次郎・近藤 道治

研究の背景・ねらい

間伐が実施されず過密状態となった人工林は、間伐の必要性が指摘される一方で、枝の枯れ上がりが進み葉量が減少しているため、間伐を実施しても直径成長が回復しにくいことが指摘されています。

また、強度な間伐を実施すると風害や冠雪害などの気象害が発生する危険性も危惧されています。ところが、過密人工林における間伐後の直径成長量や、間伐の強度と気象害発生との因果関係については、これまで研究例があまりありませんでした。

そこで、長野県内のカラマツ・スギ・ヒノキの過密人工林（表1）において、強度間伐・普通間伐及び列状間伐を実施し、間伐後の直径成長量の推移と気象害発生状況を調査しました。

成 果

1 過密人工林における間伐後の直径成長量

間伐後3-4成長期間の各間伐区の直径成長量を、間伐を行わなかった対照区と比較してみると、特に中庸木において、強度間伐により直径成長が促進されていたことが確認されました（図1、2）。一方、劣勢木は間伐しても無間伐の対照区と同じく肥大成長が小さいままでした。また、優勢木は中庸木ほど間伐の影響がなく、間伐前から十分に光を受けられる環境にあったと考えられました。以上の結果から、過密人工林において間伐を行う際には、最も肥大成長の促進が期待できるのは中庸木であり、特に強度間伐を行うことが有効と考えられました。

2 過密人工林における間伐後の気象害発生状況

試験地では、本数間伐率50%以上の強度間伐を行っても、気象害及び自然枯死はほとんど発生しませんでした（図3）。ただし、これは幹が細い劣勢木から順に伐倒した結果です。逆に、幹が太い優勢木から順に伐倒して搬出した、強度の上層間伐が行われた林分を比較のために調査したところ、多くの残存木が気象害を受けていました（図3、写真）。また、伐採列を機械的に選択する列状間伐でも気象害を受けた個体がありました（図3、写真）。すなわち、間伐によって生じたギャップ周辺に、形状比が高い個体が残る場合には、気象害発生のリスクが高まると考えられます。これらのことから、過密人工林において間伐を行う場合には、下層間伐であれば間伐強度が高くても気象害発生リスクは小さいが上層間伐ではリスクが高まること、列状間伐では残存列中の劣勢木を同時に間伐することにより、気象害発生リスクを低減できる可能性があること、などが示唆されました。

成果の活用

本研究の一部は日本森林学会大会及び日本森林学会中部支部大会にて発表するとともに、長野県林業総合センター技術情報に掲載しました。詳細な研究内容は長野県林業総合センター研究報告第27号に掲載される予定です。今後は、下記の3項目について重点的に普及していきたいと考えています。

- ①過密人工林では、劣勢木や形質不良木を中心に、小径木から順に強度間伐を行うことによって、特に中庸木の肥大成長促進が期待できる
- ②列状間伐を行う場合は、気象害を回避するために、残存列中の劣勢木も同時に間伐する
- ③上層間伐を行う場合は、気象害を回避するために、間伐率を低く抑える

表1 主な過密人工林間伐試験地の概況				
所 在 地	小海町	大鹿村	高森町	
樹 種	カラマツ	スギ	ヒノキ	
標 高 (m)	1230	750	920	
設 定 年 度	2007	2008	2007	
設 定 時 林 齢	34	42	41	
間伐前立木密度 (本 / h a)	1500	2000	2000	
間伐前胸高直径(cm)	18	21	19	
本数 間伐率 (%)	強度間伐区	64	60	55
	普通間伐区	39	41	34
	列状間伐区	25	22	27

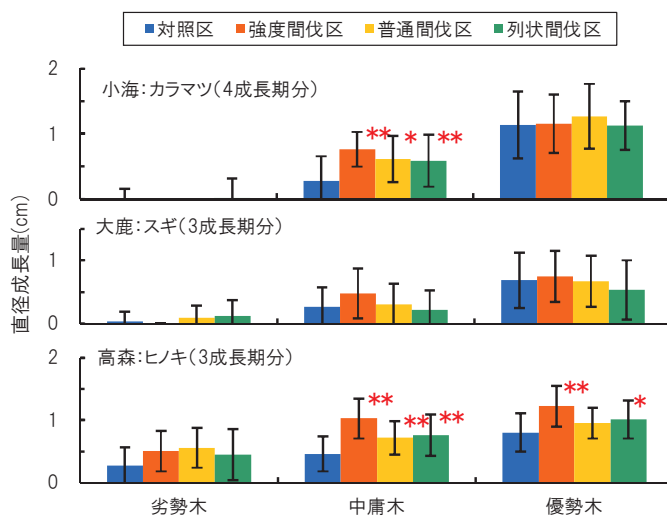


図1 主な過密人工林試験地における間伐後の直径成長量

**...各区分の対照区に対し有意差あり(P<0.01)
 *...各区分の対照区に対し有意差あり(P<0.05)
 (一元配置の分散分析, Tukey-Kramerの多重比較検定)

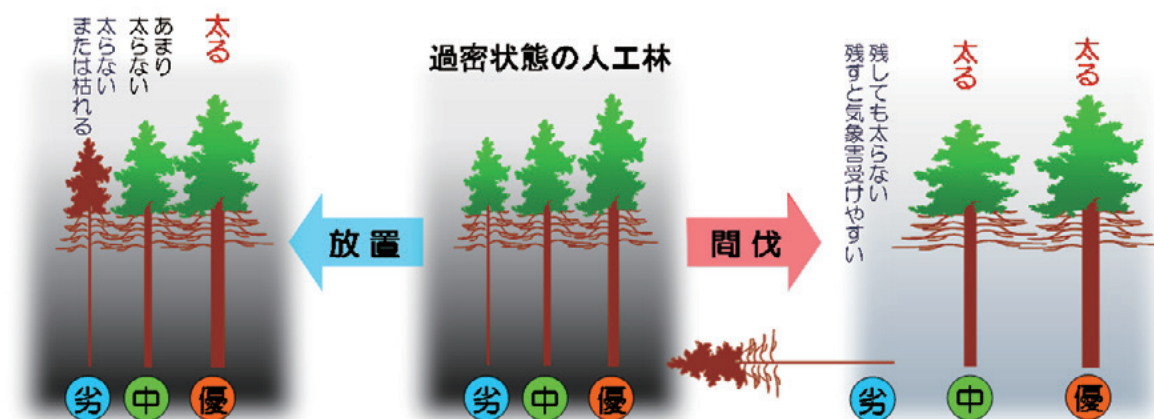


図2 過密人工林における間伐効果のイメージ

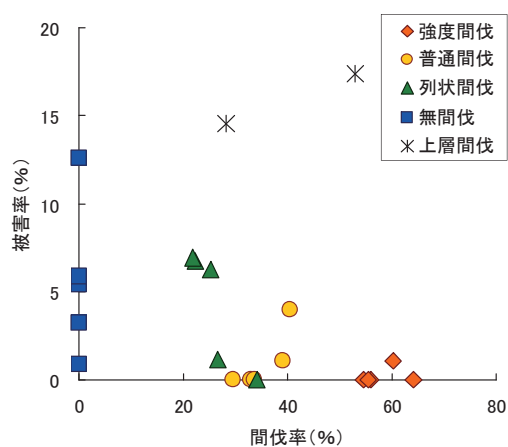


図3 本数間伐率と気象害等発生率の関係

※自然枯死を含む
 ※梢端折れ等の軽度の気象害は除く



写真 過密人工林における間伐後の気象害発生事例
 (左:強度の上層間伐, 右:列状間伐)

[問い合わせ先: 長野県林業総合センター 育林部 TEL 0263-52-0600]

10 侵入竹林の駆除と森林化技術の開発

石川県農林総合研究センター林業試験場 江崎 功二郎*・池田 虎三
(*現 石川県白山自然保護センター)

研究の背景・ねらい

近年、管理放棄された竹林の拡大、人工林への侵入が全国的な問題となっています。人工林に侵入した竹は、造林木を被圧し、枯死させてしまいます(写真1)。そのような森林においては、集中豪雨による崩壊の危険が懸念されています。しかしながら、効果的な竹の駆除方法及び森林への誘導技術は確立されておらず、竹の駆除には、毎年発生する新竹の除去や、硬い根が張った土壌への苗木の植栽等に多くの労力を必要としてきました。そこで本研究センターでは、簡便な竹の駆除方法の検討及び、早期森林化技術の開発を行ってきました。これにより、竹林の整備が促進され、森林への回復が期待されます。

成 果

1 竹の効率的な駆除方法

県内3箇所において、竹の駆除方法として伐採による方法と薬剤(塩素酸塩剤)の土壌散布による方法(写真2)を検討しました。その結果、伐採による駆除では、毎年新竹の除去を必要(図1)としたが、薬剤を散布した場合、翌年の新竹の発生を抑えることができました(図2)。

2 薬剤の土壌散布による植生への影響

薬剤処理前後において、下層植生を調査した結果、個体数の減少は見られず(図3)、散布3箇月後にも稚樹の生存が確認されました(写真3)。このことから、薬剤の土壌散布による、森林化に重要な樹種への影響は小さいことが明らかになりました。

3 腐朽竹穴を利用した低コスト植栽方法の開発

竹の根は硬く、さらには四方に伸びて絡み合っているため、植栽のための堀穴作業は困難です。そこで、腐朽竹穴を利用した、より簡便な植栽方法を開発しました。新竹を駆除後、3~6箇月放置し、腐朽した竹穴にポット苗を挿入することでより簡単に植栽することができます(図4)。

4 竹林駆除から森林化までの施業モデル

最も低コストで竹林の駆除が可能な方法は、親竹を秋に駆除し、薬剤を土壌散布し、翌年の新竹の発生を抑制する方法でした。早期に竹林の森林化が必要な場合には、腐朽竹穴を利用することで、より低コストに竹林の森林への誘導が可能です。

成果の活用

今回の研究成果は、いしかわ森林環境基金事業における県内の竹林駆除の施業方法に役立てています。さらに、森林・林業技術の手引き書として「よくわかる石川の森林・林業技術 No.12 モウソウチク林の駆除と森林化」を発行(石川県農林総合研究センター林業試験場のホームページよりダウンロード可能)し、各市町村、関係団体へ配布することで成果を普及しています。



写真1 竹に被圧されたスギ
(竹伐採後に撮影)



写真2 薬剤(クロレートS)の土壌散布施工

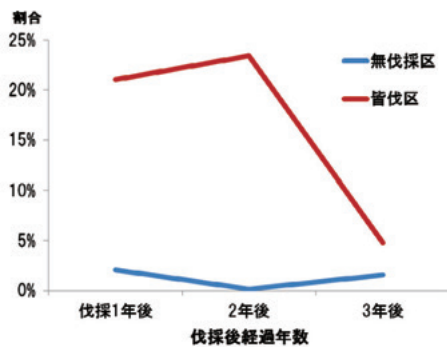


図1 新竹の発生本数割合※の経年変化

※ 伐採前の成立竹本数を 100 とした場合の新竹発生本数の割合

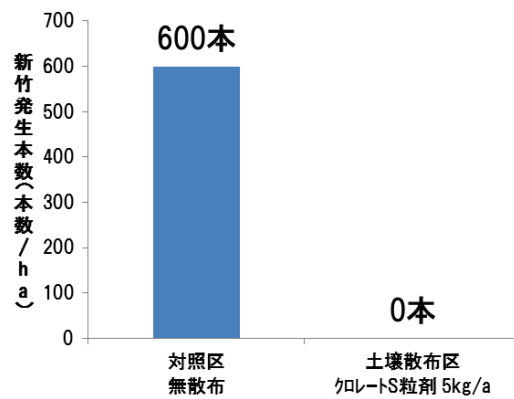


図2 薬剤散布後の新竹発生本数

薬剤土壌散布区	散布前	散布後3ヶ月
	5種14個体 スダジイ、シャシャンボ ヤブツバキ、ヒメアオキ ウラジロガシ	7種21個体 スダジイ、シャシャンボ ヤブツバキ、ヒメアオキ ウロジロガシ、ヤマウルシ アカメガシワ

図3 薬剤散布による下層植生への影響



写真3 薬剤散布後も順調に生育する稚樹



ノコギリで切断後、腐朽した切株を抜いた穴
(伐採後3～6箇月)

竹穴へのポット苗の植栽

植栽1年後のコナラ

図4 腐朽竹穴を利用した簡易植栽方法

[問い合わせ先：石川県農林総合研究センター林業試験場 森林環境部 TEL 076-272-0673]

11 間伐作業の効率向上化指針の開発

京都府農林水産技術センター農林センター森林技術センター 木材利用推進室 守山 忠利

研究の背景・ねらい

森林の公益的機能の維持と二酸化炭素吸収源の整備のために、間伐の促進と、間伐材の搬出が求められています。また、京都府内では、高性能林業機械の導入が少しずつ進み、従来の間伐方法から高性能機械を使用した方法へ変わりつつありますが、その実態は明らかになっていませんでした。

そこで、京都府内で行われている利用間伐の実態を調べるとともに、現状の課題を抽出し、効率的な作業システムのための改善モデルを開発しました。

成 果

- 1 京都府内の森林組合で取り組まれている利用間伐の作業システムは、使用される主な林業機械で分類すると、表1のとおりでした。
- 2 それぞれの作業システムでの平均労働生産性は図1のとおりでした。高性能林業機械を使用している作業システムでは、平均して労働生産性が高い傾向にあることがわかりました。しかし、一方で高性能林業機械を使用した作業システムでは、労働生産性のばらつきが大きく（図2）、労働生産性の低い作業では、機械を効率的に利用できていないことが予測されました。
- 3 利用間伐の各作業の状況を調べるために、作業状況をビデオカメラで撮影し、各作業にかかる時間を計測しました。その結果、労働生産性の低い作業について、以下のような作業に時間を費やし、労働生産性が低下していることが明らかとなりました。
 - (1) チェーンソーによる伐倒時のかかり木処理
 - (2) チェーンソーによる伐倒の方向が悪いために起こる、ハーベスタやプロセッサによる材のつかみ直し
 - (3) チェーンソー伐倒とハーベスタ、プロセッサでの造材の組み合わせで生じる、ハーベスタ、プロセッサの作業待ち時間
 - (4) 距離の長い木寄せ作業で生じる、荷掛けやそのための歩行

成果の活用

本研究では、調査と並行して、各地域の林業普及指導員と協力し、課題点の教示や改善点の提案を行ってきました。また、取り組みの最後には、現状と改善点を示した普及資料（写真1）を作成し配布しております。今後、作成された資料が、現段階の利用間伐の労働生産性を示す資料として残るとともに、高性能林業機械の導入時に機械を選定するための検討資料となることが期待されます。

表 1 京都府内の利用間伐で取り組まれた作業システム

作業システム	使用機械			
	伐倒	木寄せ集材	造材	集材搬出
ハーベスタ系	ハーベスタ (チェーンソー併用)	ハーベスタ	ハーベスタ	フォワーダ (クローラダンプ併用)
スイングヤーダ系	チェーンソー	スイングヤーダ	プロセッサ (チェーンソー併用)	ダンプトラック (林内作業車併用)
グラップル系	チェーンソー	グラップル (ウインチ付)	チェーンソー	フォワーダ (クローラダンプ併用)
林内作業車系	チェーンソー	林内作業車	チェーンソー	クレーン付トラック

※使用機械のうち、太字が高性能林業機械

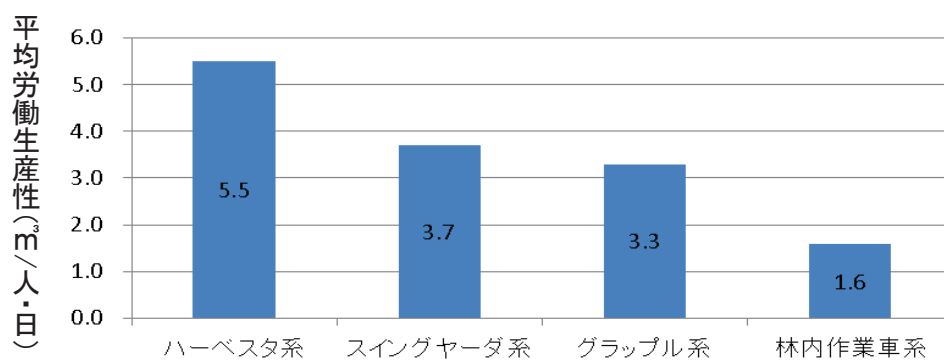


図 1 作業システムと平均労働生産性

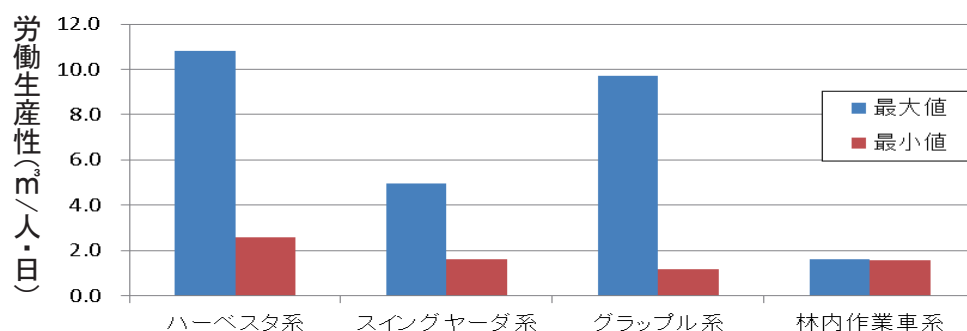


図 2 作業システムと労働生産性の最大値・最小値

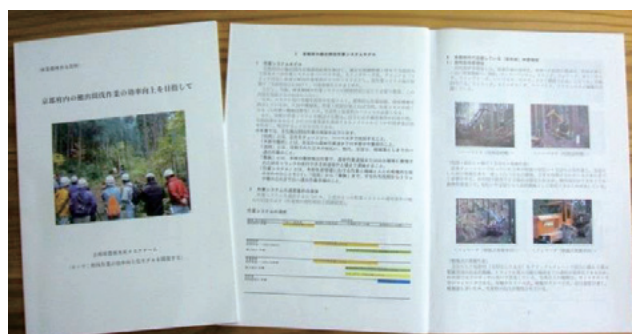


写真 1 作成した普及資料

12 植物の種多様性を継続させる里山の維持管理手法

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 資源部 山瀬 敬太郎

研究の背景・ねらい

兵庫県が策定した生物多様性ひょうご戦略（平成 21 年 3 月）の行動計画では、県内のすべての生物種の健全性を保つことを目標としており、里山の再生が重要な取り組みであることを示しています。この戦略の策定に先駆けて、県では平成 6 年度から、夏緑樹林型の相観と植物の種多様性を保全するために、落葉広葉樹の高木から構成される樹林（夏緑高林）を目標林型とし、種多様性を阻害している植物を選択的に除去する里山林整備を実施してきました。本研究では、当初の整備から 10 年以上が経過した里山林において、夏緑樹林を最適な生育場所とする植物の種多様性が、継続的に維持できる管理手法を明らかにしました。なお、種多様性の評価については、すべての生物種の健全性を保つという観点から、植物の出現種数が多いほど、種多様性は保全されていると判断しました。

成 果

以前の研究（山瀬 2001）では、植物の種多様性を保全するためには、当初の里山林整備から 5～6 年が経過した時点で、高い被度で林内に繁茂している照葉樹やネザサ、コシダ等を対象に、選択的下草刈りによる 1 回目の維持管理を行うのが望ましいことを明らかにしました。今回の研究では、1 回目の維持管理を行った後、さらに 5～6 年が経過した地点で、選択的下草刈りによる 2 回目の維持管理を実施した場合と実施しなかった場合で、出現種数の変化を比較しました。その結果、林内の相対光強度 20% 以上の地点（図 1、姫路と市川）では、2 回目管理を実施した場合に種数の増加がみられ（図 2）、それらの種は、主に夏緑樹林を最適な生育場所とする植物であることがわかりました（図 3）。一方、20% より低い地点（図 1、篠山と南あわじ）では、2 回目管理を実施しても種数の増加はみられませんでした（図 2）。このことは、選択的下草刈りだけでなく、高木層の抜き伐りによる林内光環境の改善が必要であることを示している可能性があります。また、相対光強度が 20% 以上であっても、100m²における出現種数が 80 種程度に達している地点（図 1、宍粟）では、種数の増加が頭打ちになった（図 2）ことから、単位面積（本研究では 100m²）に出現する種数には限界がある可能性も示されました。いずれにせよ、種数の増加が頭打ちになった地点でも、2 回目の維持管理を実施しないと、実施した場合よりも出現種数は少なくなる傾向がみられた（図 2）ことから、種多様性の保全効果を継続させるには、定期的に里山を維持管理することが重要であることがわかりました。

成果の活用

森林ボランティア（H23 末実績：10,372 人）や企業の森関係者（H23 末実績：19 社、1,240ha）に対し、森林ボランティア講座等を通じて情報提供し、里山林整備地（H23 末実績：9,138ha）等で、本研究結果による里山管理作業を指導しています。

なお、成果については、Urban Biodiversity & Design2010 や兵庫森林技セ研報 49（2001）『下刈りが二次林の種多様性に及ぼす影響』、兵庫農技総セ研報〔森林林業編〕57（2012）『里山管理 11 年後における選択的下草刈りの効果』にて公表しました。

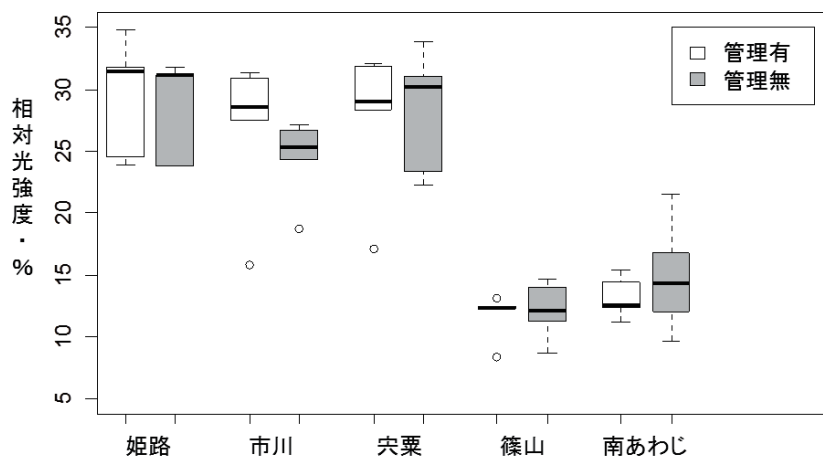


図1 維持管理(2回目)直後の相対光強度(光強度は、魚眼レンズで撮影した全天空写真より推定した。)

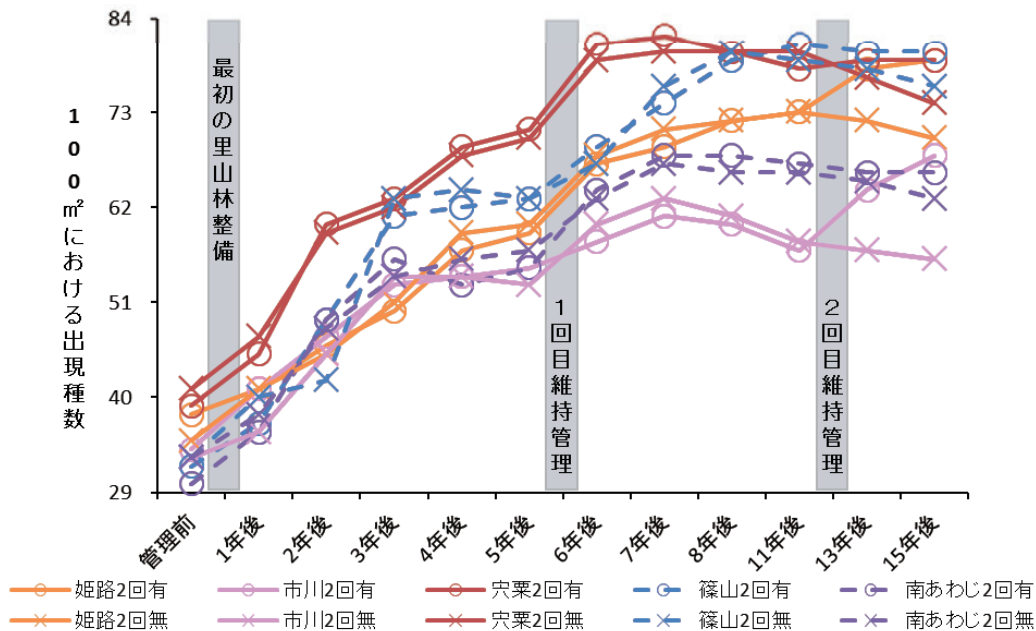


図2 里山林整備及び維持管理に伴う出現種数の変化

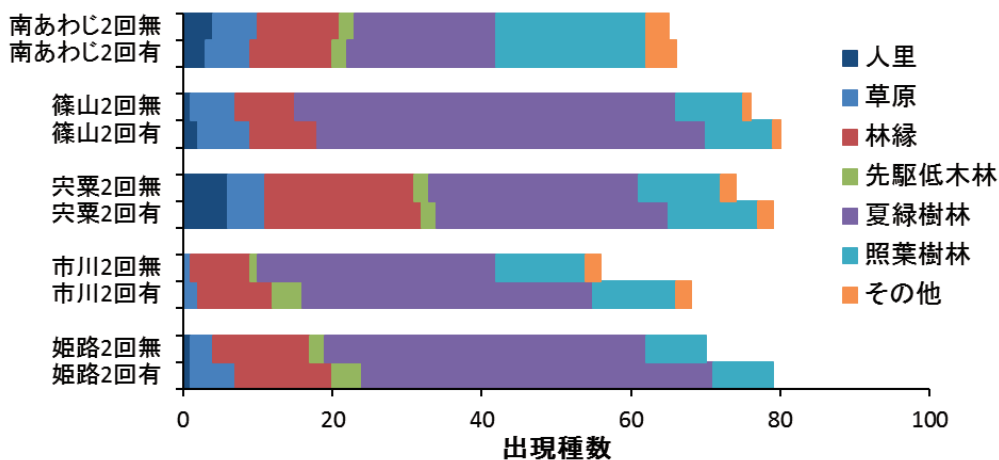


図3 生育環境別の出現種数(2回目の維持管理の有無による15年後の種数を比較した。)

13 安全かつ効率的なフォワーダ集材のための路網配置

鳥取県農林水産部 森林・林業総室 熊澤 ゆかり

研究の背景・ねらい

収入間伐に適した伐出方法として、高密度路網の整備とフォワーダなどの車両系機械の導入が進んでいます。林野庁の調査によると、2008年度現在、全国で990台のフォワーダが保有されており、そのうち半数以上が直近の10年間に導入されています。このフォワーダの急増とともにフォワーダの作業中の事故も増加しています。既往研究から、過積載や速度超過が重大事故を引き起こす原因の一つと考えられていますが、なぜ速度超過、過積載になるのかは明らかにされていません。そこで、フォワーダ集材の作業実態を解明し、安全で効率的なフォワーダ集材のための路網配置基準を提示することを目的としました。

成 果

フォワーダ集材の積載量と集材に用いた作業路の線形形状ごとに走行速度を調査した結果、フォワーダの集材距離が長くなるほど積載量が増加（図1、2）するとともに、走行速度が増大（図3）する傾向が認められました。一般に集材距離が長くなるとフォワーダ集材の生産性は低下しますが、この低下する生産性を補おうとする心理がオペレータに働き、過積載や速度超過が発生すると考えられました。したがって、フォワーダ集材の重大事故を防ぐためには、適切な集材距離で作業する必要があると言えます。

そこで、フォワーダの最適な集材距離を明らかにするために、今回の調査地における伐木から造材までの生産性とフォワーダ集材の生産性が等しくなる距離を試算したところ、一日あたり30 m³の生産性を想定したフォワーダの集材距離は570mであることが分かりました（図4）。また、集材距離と林道から作業現場までの直線距離には高い相関関係が認められましたので（図5）、図面上で作業現場の適切な範囲を選定することが可能になりました。

成果の活用

最適なフォワーダ集材作業を行うための作業現場の選定基準、路網配置の関係をモデル図として提示しました（図6）。

A：伐木から造材までの生産性とフォワーダ集材の生産性のバランスがとれる集材距離を林道からの直線距離に換算した範囲内に作業現場を選定

B：Aの範囲外で作業する場合は、林道やトラックが通行できる新たな作業道の整備が必要

C：新たな林道もしくはトラックが通行できる作業道からAと同様に作業現場を選定

このモデル図は、現在、林業の再生を目指して、各地で行われている森林の集約化や団地化、路網整備の強力なツールとして活用されています。



図1 フォワーダの積載状況

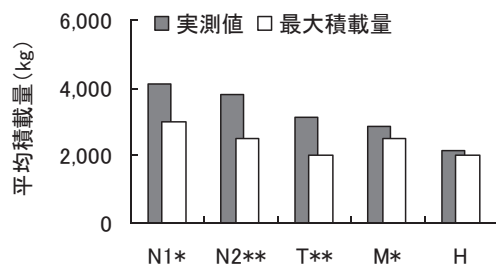


図2 調査地別のフォワーダの平均積載量

注) N1, N2, T, M, H: 調査地 (N1, N2 が長距離集材、T, M, H が短距離集材)
 **: 実測値と最大積載量との差が 1%水準で有意
 *: 実測値と最大積載量との差が 5%水準で有意

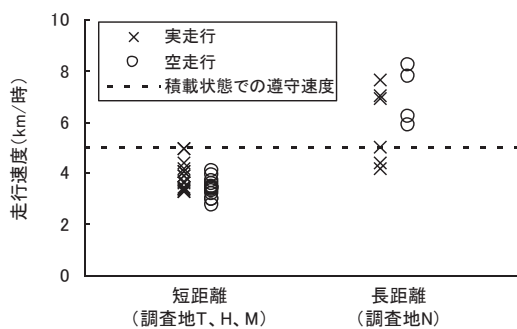


図3 作業道の直線区間における集材距離別の走行速度

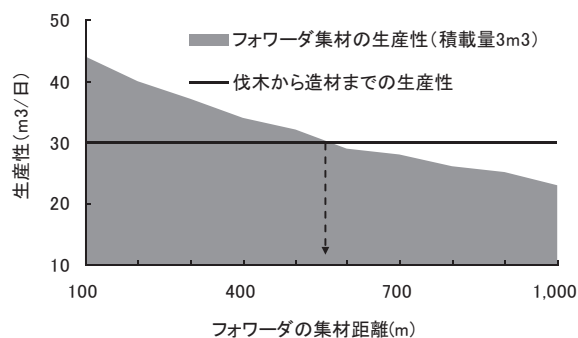


図4 伐木から造材までの生産性とフォワーダ集材の生産性

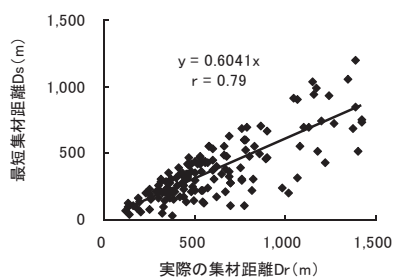


図5 実際の集材距離 Dr と最短集材距離 Ds の関係

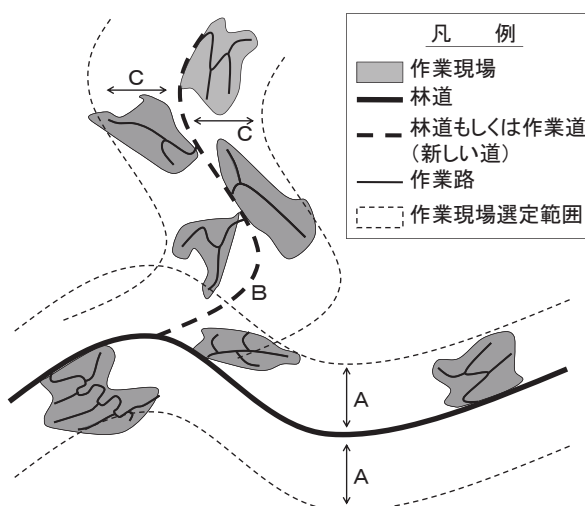


図6 作業現場の選定範囲と路網配置の関係を表すモデル図

14 高分解能人工衛星画像等を用いた立木材積分布評価技術

広島県立総合技術研究所林業技術センター 佐野 俊和

研究の背景・ねらい

「低コスト林業団地」設定後に路網の全体計画を策定する際には、詳細な森林資源分布情報が必要となります。このため、高分解能人工衛星画像を用いた立木本数密度から材積分布までが評価できる技術を開発し、路網計画の策定の際に、GIS上で背景レイヤとして活用することを目指しました。

成 果

- 1 広島県安芸太田町筒賀および庄原市東城町にて、様々な林齢のスギ、ヒノキ人工林 30ヶ所の現地調査を行うとともに、高分解能人工衛星画像（地上分解能 60cm～100cm）およびデジタルオルソ空中写真画像（地上分解能 20cm）を解析して立木の樹冠の頂点を抽出し、両者の結果を用いて、立木本数密度および平均胸高直径の推定式を作成しました。
- 2 樹高は森林簿情報から得られる林齢と標高データから計算される水分指標である累積流量から推定する式を作成しました。材積はこれら本数、直径、樹高から材積式に当てはめて求め、GIS上での利用に適した 10m メッシュ単位のデータとしました。
- 3 推定精度は三次市高谷山低コスト林業団地のヒノキ人工林 4ヶ所（林齢 40 年，面積 0.17ha～1.33ha）、北広島町東八幡低コスト林業団地（林齢 45 年，面積 0.32ha）、広島市安佐北区小河内松郷山団地のスギ林（林齢 50 年，面積 0.08ha）で調査を行った結果、実測材積に対する推定材積の精度は、今回の評価対象地においては、異なる場所や異なる樹種であっても 80%前後の値が得られることがわかりました。

成果の活用

市販のリモートセンシング解析ソフトウェアおよびGIS解析ソフトウェアを使って資源分布図を作成するための、「高分解能衛星画像およびデジタル航空写真を用いた森林資源（立木材積）分布図作成マニュアル（試行版）」を作成しました。この成果に基づいて、最終ユーザーである森林所有者、市町、森林組合等にサービスを提供することが想定される県内のコンサルティング関連企業・団体に対して技術移転を行っています。

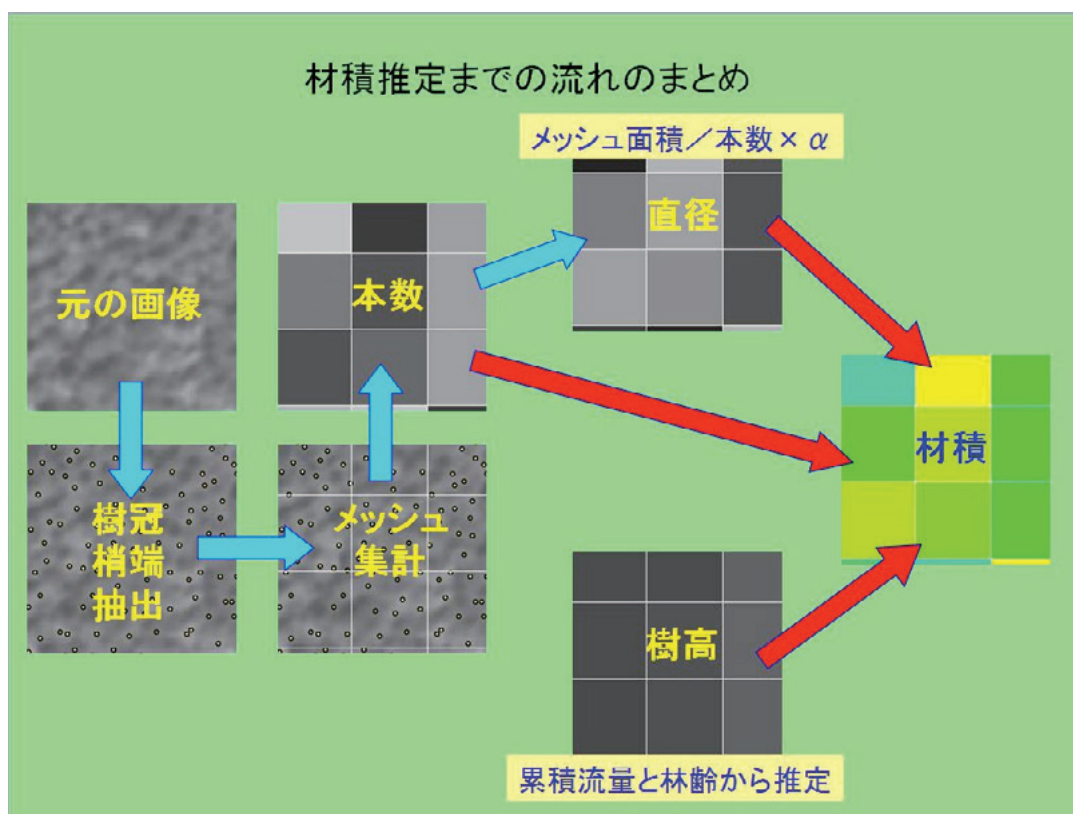


図1 衛星画像を使用した立木材積分布評価のフロー

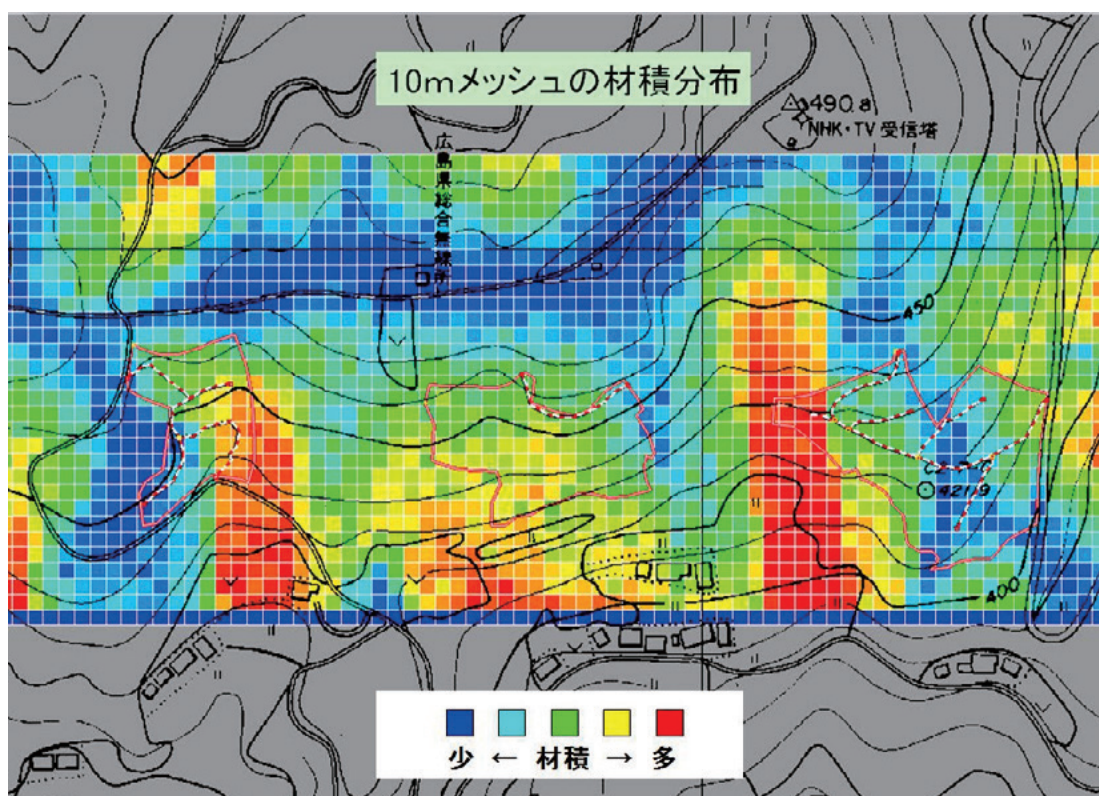


図2 10mメッシュの材積分布図

[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]

15 BAP処理による抵抗性マツ種子の増産研究

香川県森林センター 藤井 淳哉

研究の背景・ねらい

マツ材線虫病に対する抵抗性マツの供給体制の確立が急務となっていますが、香川県の抵抗性マツの採種園は、若齢かつ小面積であるため種子の生産量に限界があり、さらに豊凶の差が激しいことなどから、安定的な供給を図ることが難しい現状です。これまでに、香川県森林センターでは、BAP（6-ベンジルアミノプリン）処理による雌性誘導技術を活用して、抵抗性マツ種子の増産を図るための研究を行い、抵抗性クロマツについては、実用化の目処がつく結果を得ることができました。そこで、本研究では、抵抗性アカマツに絞ってBAP処理を行い、雌性誘導技術による種子の増産方法を検討しました。

成 果

抵抗性クロマツでの雌性誘導試験では、濃度2,000ppmのBAPを花芽1個につき2mg、ペースト状にして塗布処理する方法ですでに効果が確認されています（香川県森林センター業務報告第35号）。抵抗性アカマツ（6～18年生）に対しても同一方法で試験を実施していましたが、雌性誘導成功率（雌性誘導成功数を処理花芽数で除した値）の平均値は6.4%と低く、球果の着果も一部の試験木に偏在しており、採取した球果の個数、精選種子量ともに極めて少量でした。そのため、平成21年9月11日の試験では、より高い効果を期待して、BAPの濃度を5,000ppmに上げて塗布処理を行いました。

BAP処理した頂芽のうち雌性化が確認できた頂芽の箇所数を平成22年度に（写真1）、BAP処理由来の球果個数、球果重量、種子生産量を平成23年度に調査し（写真2）、その結果を表1にまとめました。なお、BAP処理をしていない多くの花芽についての観察では、雌性化した頂芽は全く見られませんでした。

BAPの濃度を5,000ppmにした本試験では、平成22年度に確認された雌性誘導成功率の平均値が、抵抗性アカマツの試験では過去最高となる24.2%となりました。平成23年度の球果調査においても、合計279個のBAP由来の球果を採取するとともに、2.29gの種子を精選することができました。発芽試験の実施までには至らなかったものの、まとまった量の球果の採取と種子の精選ができ、抵抗性アカマツの雌性誘導の可能性が期待できる結果となりました。

成果の活用

今回の試験から、抵抗性クロマツに引続き、抵抗性アカマツについてもBAP処理による種子増産の可能性が示唆されました。今後、さらに、BAP濃度や塗布時期とクローンの感受性特性に関する試験などにより、データの収集・分析を継続し、処理方法を高度化していきます。

表 1 抵抗性クロマツのBAP由来の球果個数・球果重量・種子生産量

抵抗性 アカマツ	供試本数 (本)	処 理 頂芽数	雌性誘導 成 功 頂芽数*	雌性誘導 成功率 (%)	結果成功 箇所数**	球 果 個 数	球果 全重量 (g)	BAP 球果 1 個当り 重量(g)	精選種子 重量 (g)
大分 166	1	32	19	59.4	2	30	48.4	1.61	0.27
久留米 79	1	30	7	23.3	7	115	244.8	2.13	0.62
佐賀関 90	1	30	0	0.0	0	0	0.0		0.00
太良 122	1	30	3	10.0	0	0	0.0		0.00
大宰府 4	1	30	14	46.7	5	60	79.1	1.32	0.91
高松 1	1	30	4	13.3	5	3	9.0	3.00	0.05
岡山 82	1	30	3	10.0	2	5	8.9	1.78	0.09
由岐 25	1	30	7	23.3	4	33	93.7	2.84	0.32
松島 70	1	30	16	53.3	7	33	88.5	2.68	0.03
有田 49	1	30	0	0.0	0	0	0.0		0.00
合計	10	302	73	24.2	32	279	572.4	2.05	2.29

※ BAP処理は、平成21年9月11日に実施。

* 雌性誘導成功頂芽数 BAPペーストを塗布した頂芽のうち雌性化が確認できた頂芽の箇所数。

** 結果成功箇所数 BAPペーストを塗布した頂芽のうち球果が形成された箇所数。



写真1 雌性化が確認できた頂芽



写真2 BAP由来の球果

[問合せ先：香川県森林センター TEL 0877-77-2515]

16 風害地形の特徴と風害に強い樹形の解明

福岡県森林林業技術センター 研究部 上田 景子・茅島 信行*

(*現福岡県環境部自然環境課)

研究の背景・ねらい

福岡県では1990年代以降、森林における気象災害のうち特に台風による風害が急増しており、台風災害に強い森林づくりが求められています。

これを受けて、台風被害の軽減を図る森林施業を確立するため、過去の被害情報を解析し、台風による風害を受けやすい地域や地形的特徴を明らかにするとともに、風害に強い樹形について検討を行いました。

成 果

1 風害を受けやすい地域の解明

過去57年間の台風進路と風速を解析すると、風速40m/s以上の強風が吹く頻度は、県南西部が県北東部と比べ2.4倍高く、福岡県では南部ほど風害が発生する危険性が高いことがわかりました(図1)。

2 風害を受けやすい地形の解明

森林被害面積が同規模だった1991年の台風19号と2004年の台風18号による被害地の地形解析を、八女市星野村で行った結果、風害は台風の強風を正面に受けた南西向きの斜面で多く発生しており、強風の主風向に面した斜面において風害の危険性が高いことがわかりました。(図2)。

3 風害に強い樹形の解明

風害の中でも被害が多い根元から倒れる「根返り」に対する抵抗力を調べるために、スギの引き倒し試験を行いました。その結果、抵抗力は胸高直径の2.78乗に比例することがわかりました。この結果と力学モデルにより、根返りが生じない最大の力(根返り限界風速)を樹形から推定する式を作成し(図3)、実際の被害林分での根返り発生率と相関が高いことを確認しました。この式から様々な形状のスギの根返り限界風速を算出したところ、形状比75以下・樹冠長率30~60%であれば、根返りに強く成長も維持できることがわかりました(図4)。これらの結果をふまえて、施業と根返りに対する耐風性の関係を図5の右のグラフに示しました。グラフの中の赤丸で囲った樹形から耐風性の高い右上矢印の方向へ樹形を誘導していくためには、通常間伐を定期的に行い健全な成長を促していくことが必要とわかります。ただし、強度間伐を行うと樹冠長率が急激に高まり、一時的に耐風性が大きく低下するため、注意が必要となります。

成果の活用

今回の結果から、特に風害を受けやすいと考えられる地域・地形を有する場所については、風害に強い樹形に誘導する施業方法を、農林事務所を通じて森林組合や森林所有者などに対して普及することで、風害被害の低減に取り組んでいきます。

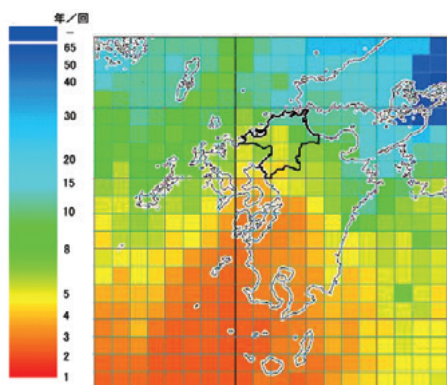


図1 台風によってもたらされる
最大風速 40m/s 以上の強風の
再来周期 (1951 年～2007 年)

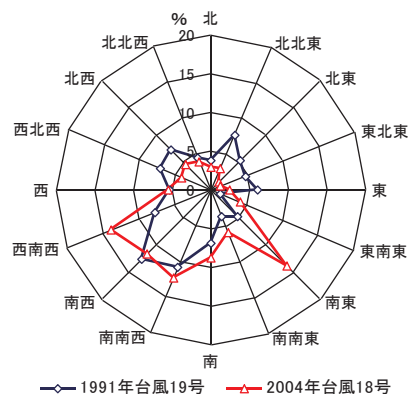


図2 被害地の斜面方位割合

$$V_r = \sqrt{\frac{87.6 D^{2.78}}{C_d \rho_s (H - H_b)(H + 2H_b) W_c}}$$

C_d : 抵抗係数=0.7

ρ_s : 空気密度=1.225kg/m³

H : 樹高 (m)

D : 胸高直径 (cm)

H_b : 枝下高 (m)

W_c : 樹冠幅 (m)

図3 根返り限界風速の推定式

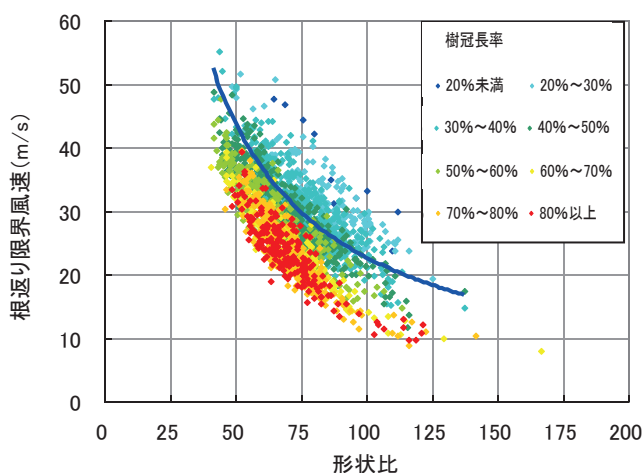


図4 樹冠長率別の形状比と根返り限界風速の関係

図中青線より右上側は樹冠長率が30%未満でスギの成長が低下するため、左下側で形状比75以下の範囲の樹形が望ましいと考えられる

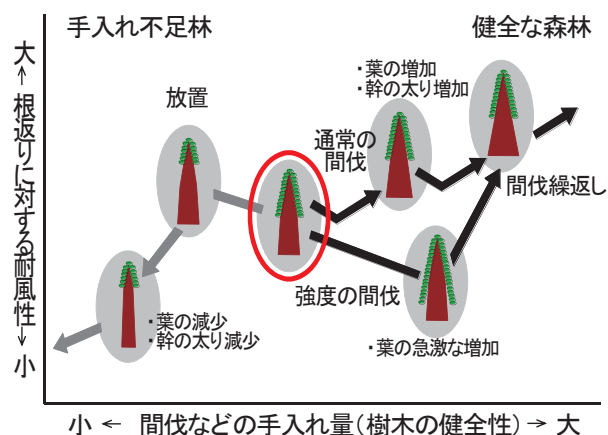
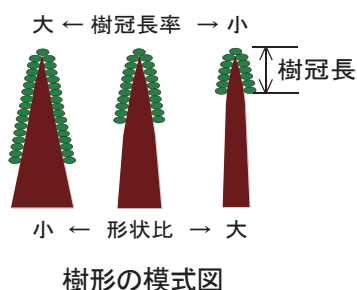


図5 施業がスギの耐風性に与える影響

17 ツバキ育成技術の開発(断幹による樹冠の更新と結実の状況)

長崎県農林技術開発センター 森林研究部門 田嶋 幸一

研究の背景・ねらい

長崎県のツバキ油生産量は全国1～2位であり、五島列島で主に生産されています。五島のヤブツバキは自生であり、ツバキ油の原料であるツバキ種子は、ツバキの実を樹冠からもぎ取り、その実を天日干しにして種子を取り出すことで収穫されています。手入れされたツバキ林では、樹高2～4m程度で管理されていますが、長年放置され、樹高が高くなったツバキ林も少なくありません。このようなツバキ林は樹冠がうっ閉し、実が成りにくく、採取も困難なことが問題となっています。

そこで、ツバキ林の育成技術として、ツバキの幹を一定の高さで伐採する「断幹（写真1）」という樹形誘導技術の開発に取り組みました。

成 果

試験は、ツバキの純林において、成立本数に対して断幹した本数率を「断幹率」、断幹する幹の高さを「断幹高」とし、この2項目を中心に行いました。断幹率は、強度断幹区（断幹率100%）、中度断幹区（同25%）、弱度断幹区（同8%）の3区を設置しました。断幹高は、強度断幹区及び弱度断幹区ではすべて1.0m、中度断幹区では0.1m、0.5m、1.0m、1.5mの4区分を設定し、断幹高別試験を行いました。

その結果、断幹率によって樹冠の形成が異なり、弱度断幹区では6年目には樹高成長が止まり（図1）、照度不足のため葉量が少なく、結実が期待できませんでした。中度断幹区では樹高成長が続いており（図1）、4年目に結実が確認できたことから（表1）、断幹率は少なくとも25%以上必要であると考えています。

また、断幹高では、断幹高が低いほど樹冠の拡大が小さくなりました（図2）。断幹後の樹高成長は0.5m以下で遅く枯死も発生しましたが、1.0m以上では良好でした。このことから、作業に適切な断幹高は1.0mであると判断しました。

断幹後の結実状況については、最初の結実は中度および強度断幹区で4年目に確認されました（表1）。断幹木の樹高と樹冠幅のバランスは、断幹が特殊な条件で樹冠を形成するためばらつくものの、6年目になると植栽したツバキと同様のバランスを示すようになりました（写真2）。

成果の活用

本研究成果について現地講習会を実施し、未活用だったツバキ林を断幹する事例が現地で増えてきており、地域への波及効果が期待されています。しかし、ツバキの育成技術については、未解明なところも残されています。今後、ツバキ関連事業も一層強化されることから、地元・行政機関と連携して技術開発を進めていく予定です。

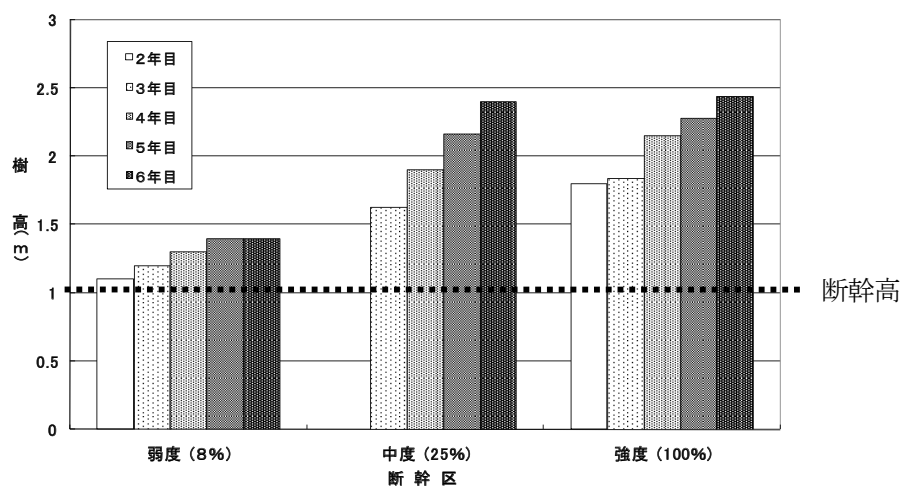


図1 断幹区別の樹高の推移

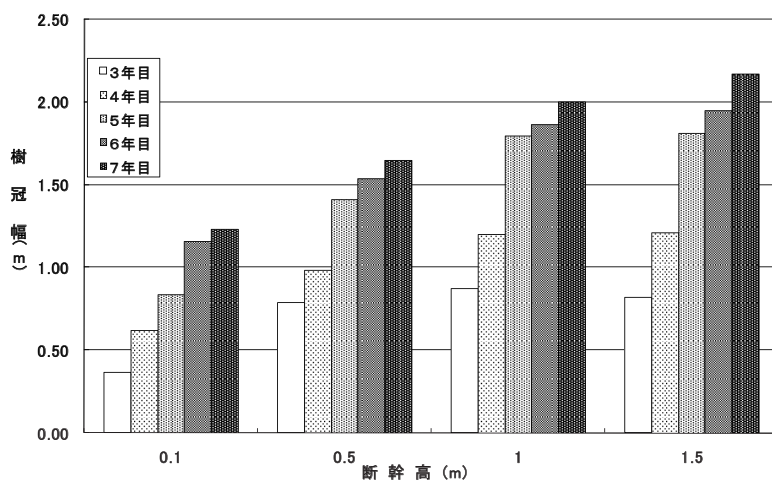


図2 断幹高別の樹冠幅の推移

表1 断幹試験区におけるツバキ実の結実数 (個)

断幹率	採取年[AD]	残存木	断幹木	総計	備考
弱度 断幹区 (8%断幹)	2005 (実施年)	521	0	521	残存木
	2006 (1年目)	43	0	43	55本
	2007 (2年目)	24	0	24	断幹木
	2008 (3年目)	321	0	321	3本
	2009 (4年目)	-	0	0	
	2010 (5年目)	416	0	416	
	2011 (6年目)	26	0	26	
中度 断幹区 (25%断幹)	2005 (1年目)	447	0	447	残存木
	2006 (2年目)	47	0	47	110本
	2007 (3年目)	1,980	0	1,980	断幹木
	2008 (4年目)	628	1	629	36本
	2009 (5年目)	1,576	2	1,578	
	2010 (6年目)	1,039	4	1,043	
	2011 (7年目)	30	0	30	
強度 断幹区 (100%断幹)	2005 (実施年)	0	0	0	断幹木
	2006 (1年目)	0	0	0	28本
	2007 (2年目)	0	0	0	
	2008 (3年目)	0	0	0	
	2009 (4年目)	20	0	20	
	2010 (5年目)	54	0	54	
	2011 (6年目)	7	0	7	

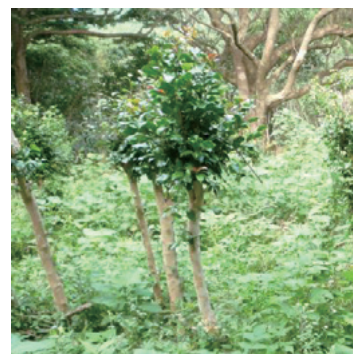


写真1 断幹と萌芽枝

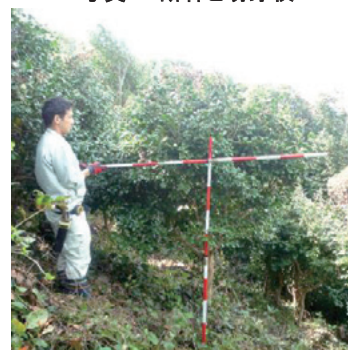


写真2 断幹後6年目の樹冠

18 長崎県ヒノキ人工林に対応した細り表の作成

長崎県農林技術開発センター 森林研究部門 前田 一

研究の背景・ねらい

近年、長崎県では利用間伐による木材生産が行われています。この作業現場においては、立木評価の技術が木材収入の見積もりの精度に大きな影響を与えています。細り表は、樹高と胸高直径を用いて、任意の高さの直径を評価する基礎資料であり、どのような形状の丸太を採材するのか判断する重要な指標です。現在、本県で使用しているヒノキ細り表は平成12年度に調製したもので、10年を経過した県内の人工林資源はその適用範囲を超えるものが見られるようになっていきます。そこで、現況のヒノキ人工林に対応した細り表を作成しました。

成 果

今回解析に用いたデータは、1) 伐倒した木の直径を0.2m、1.2m、それ以上は2mおきに測定したもの、2) 樹幹解析により収集したもの、3) ペンタプリズムキャリパーを用いて立木の直径を測定したものの3種類の 방법으로、県内全域より収集した皮付きの調査データです。細り表の作成にあたっては相対幹曲線の一つである吉田式（3次の多項式）を適用しました。

供試木356本のデータを用いた回帰分析により、相対幹曲線への当てはめを行った結果（図1）、その決定係数は0.9299と高い値を示しました。根元の部分に近いところでは、根張りの影響で値のばらつきが大きくなっていますが、製材時への影響は小さいと考えられます。また、相対幹曲線を用いた推定値と実測値の ± 1 cm以内に含まれる割合は、高さ3.2～9.2mにおいて約94%であり、現在、長崎県内で主に採材されている一番玉や二番玉に適用しても問題ないことが示されました（表1）。長期的な森林管理に活用するために、得られた相対幹曲線を長崎県ヒノキ人工林に対応したシステム収穫表に組み込みました（図2）。

成果の活用

本研究成果は、長崎県ヒノキ人工林に対応した細り表として取りまとめ、林業普及指導員をはじめ、森林組合などに配布し活用されています。また、システム収穫表にこの細り表の算出式を組み込むことで、森林管理と丸太生産の予測を同時に行うことが可能となり、長伐期施業への対応も簡便になりました。

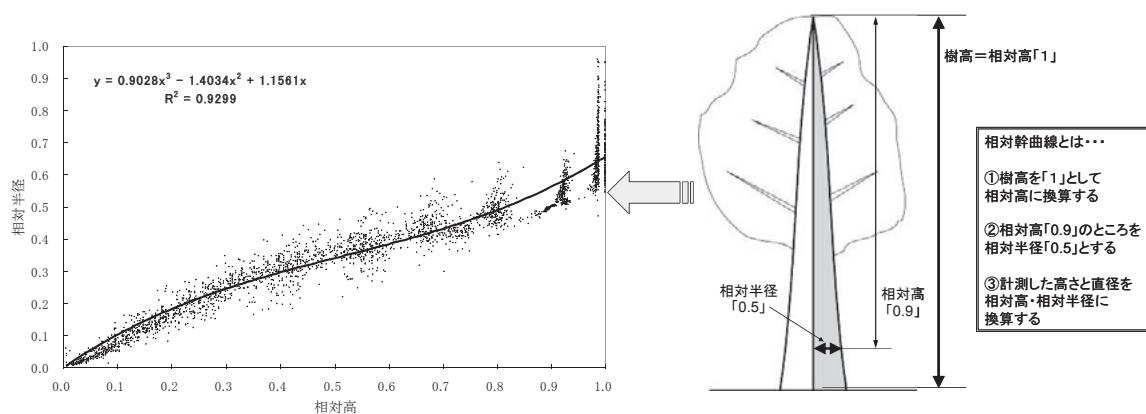
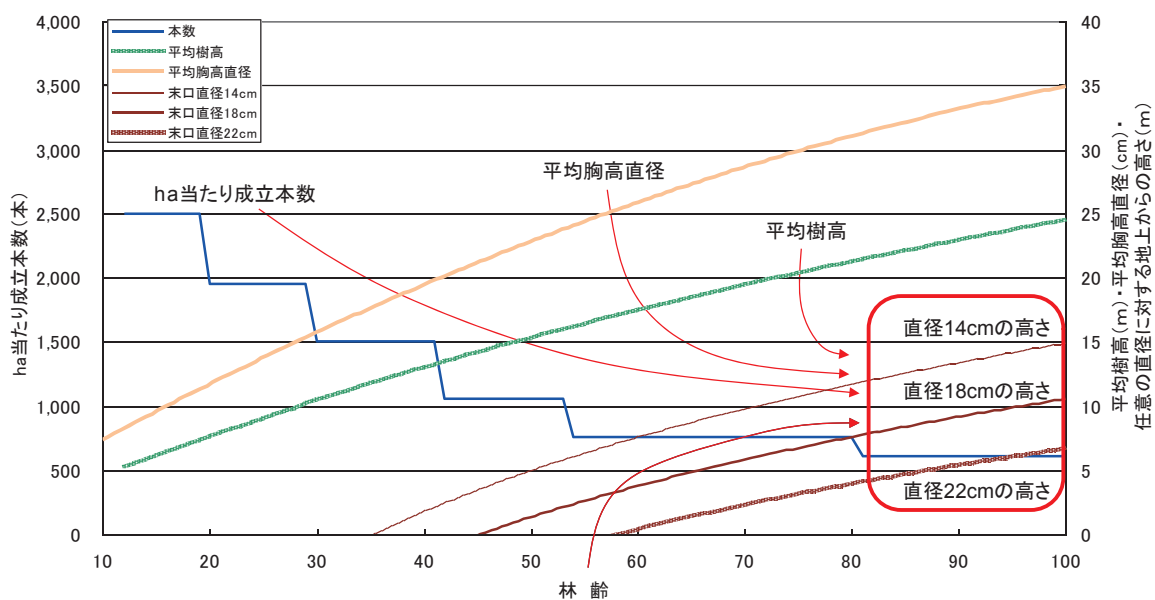


図1 相対幹曲線のイメージと吉田式への適用結果

表1 地上高9.2mまでの推定精度

実測値－推定値 (cm)	地上からの高さ				
	1.2m	3.2m	5.2m	7.2m	9.2m
2～3	1%				
1～2	62%	3%	4%	2%	
0～1	35%	68%	47%	49%	56%
-1～0	2%	27%	47%	47%	41%
-2～-1	1%	2%	2%	2%	2%
-3～-2		1%	1%	1%	1%



標準地調査(林齢・ha当たり成立本数・平均胸高直径・平均樹高)

丸太の採材について予測可能！

図2 長崎県ヒノキ人工林間伐シミュレーションによる丸太生産予測

[問い合わせ先：長崎県農林技術開発センター 森林研究部門 TEL 0957-26-3330]

19 スギ長伐期施業に対応した人工林管理指針に関する研究

熊本県林業研究指導所 育林環境部 今村 高広・前田 勇平*

(*現玉名地域振興局林務課)

研究の背景・ねらい

熊本県におけるスギ人工林資源は成熟期を迎え、標準伐期で収穫する林分だけではなく、長伐期施業へ移行する林分も相当数見込まれています。長伐期施業に取り組む際は、将来の高齢級林分の成長を適切に見通して、最適な施業方法を計画する必要があります。

このため、成長予測の精度を高めるために必要な、高齢級林分を含む林分データを集積し、長伐期施業における間伐の様々なパターンにも柔軟に対応して成長量等をシミュレーションできるシステムウェアを開発しました。

成 果

県内のスギ人工林について、県森林計画担当部署が保有している林分調査データ（851 箇所）に林業研究指導所の調査データ（33 箇所）を加えて分析を行い、高齢級林分にも適応した成長予測式を導き出し、長伐期施業にも対応した間伐計画等を支援することを目的としてパソコンによるスギ人工林資源予測システムウェアを開発しました。

このシステムウェアは、シミュレーションしたい林分の現況（樹高、胸高直径等の標準地調査データ）を入力し、つづいて、間伐計画の条件（間伐林齢、間伐率、間伐回数）を入力（図1）することによって、将来の林分の状態（樹高、材積、本数密度、収量比数）を推計し、グラフで画面表示（図2、3、4、5）する仕様となっています。なお、間伐条件を複数パターン入力して、その複数の推計結果を視覚的に対比できるので、最適な間伐条件の検討、選択を容易に行うことができるようになりました。

成果の活用

森林経営計画作成や間伐施策推進等において、森林組合の施業プランナーの施業提案業務や行政・林業普及指導員の実務を支援するツールとしての活用が期待されます。

また、このシステムウェアの機能や活用・操作方法等に関する説明・意見交換会を開催し、必要な改良を加えつつ普及を図っていくこととしています。

20 森林変化点探索システムの構築に関する研究

宮崎県林業技術センター 育林環境部 世見 淳一

研究の背景・ねらい

植栽未済地の解消や効率的な森林整備を進めるためには、基礎データとなる伐採跡地の位置や面積等の情報を正確に把握することが重要です。これまで伐採跡地の情報の把握は、伐採届や空中写真、現地調査など多くの時間と人手をかけていましたが、全てを完全に把握することは困難です。このため、時間と労力をかけずに客観的かつ低コストで伐採跡地を把握することを目的に、衛星データを利用した伐採跡地（伐採等により森林から裸地へ変化した箇所、以下 森林変化点）の抽出方法について研究を行いました。

成 果

幾何補正した異なる2つの時期の衛星データ（LANDSAT/TM、ALOS/AVNIR-2）を合成し、その画像を教師付き分類で森林変化点とその他に分類する手法で森林変化点を抽出しました（図1）。衛星データの分解能を考慮して面積0.1ha未満の森林変化点を除去したところ森林変化点は面積が小さいほど箇所数が多くなりました（図2）。実際に森林が変化しているか精度検証（的中率）を行ったところ、的中率は全体で67%でしたが、面積が大きくなるほどの中率は向上し、面積0.5ha以上の場合90%以上の高い精度を得られることがわかりました（図3）。森林変化点のデータは、位置や形状の情報だけでなく、森林GISと連携することで森林簿情報（林班、樹種、林齢等）も取得できるため（図4）、現地調査の効率化や植栽状況の把握が容易となります。また、使用している衛星データは安価（宮崎県全域分約7700km²で約5～10万円）であるため、定期的に森林変化点を把握することが可能となりました。

成果の活用

この成果を実用化するため、行政機関と連携して、森林変化点情報を関係機関と共有することにより、県下全域の伐採地を定期的に把握する「森林変化点探索システム」を構築しました。平成23年度からは、実際に森林変化点の情報をもとに伐採跡地の把握が行われています。これにより、低コストかつ効率的に伐採跡地が把握できるだけでなく、違法伐採や林地開発などの監視に活用されています。今後は伐採面積や材積算出など、施策立案の基礎資料としての活用も期待されています。

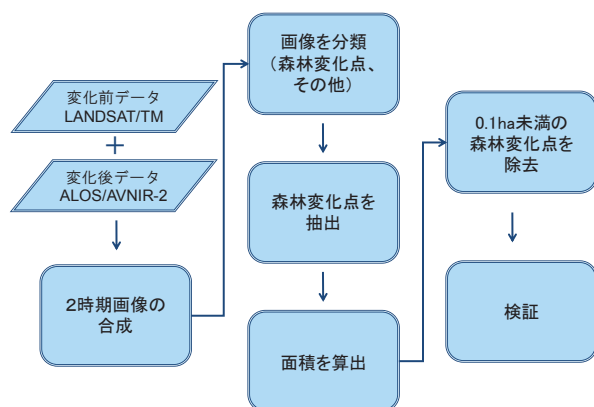


図1 森林変化点の抽出から検証までの流れ

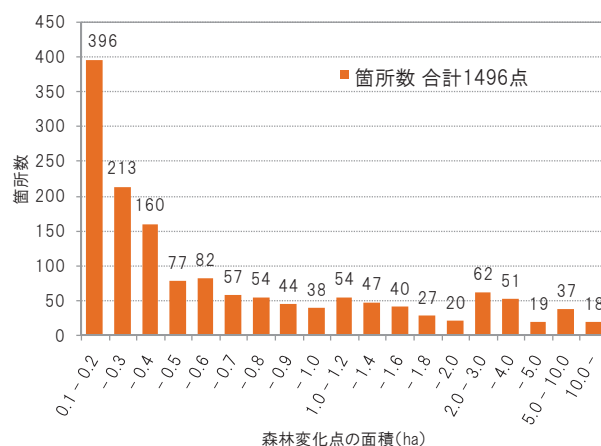


図2 森林変化点の面積毎の箇所数

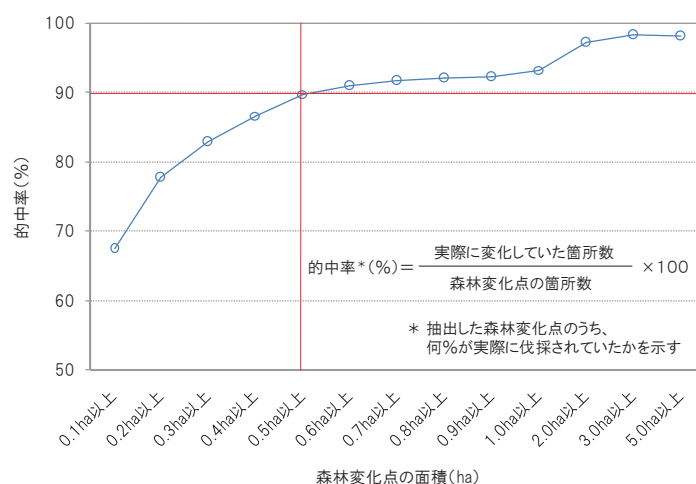


図3 森林変化点の抽出精度 (的中率)

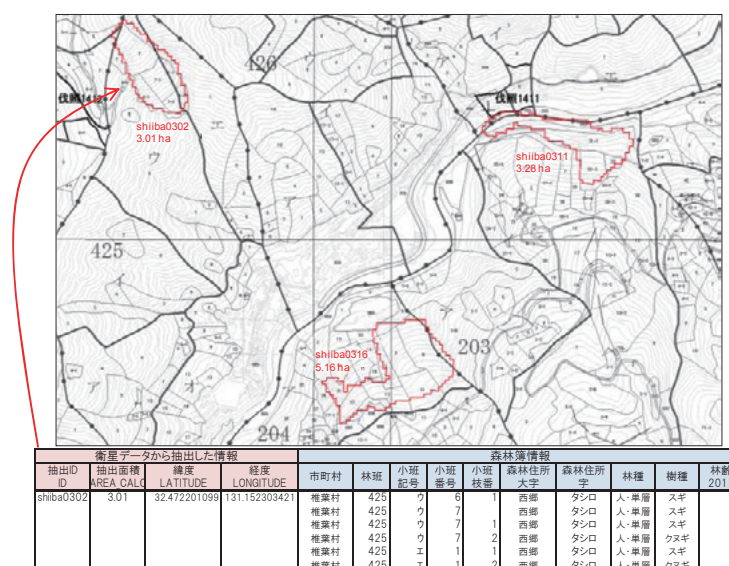


図4 森林 GIS との連携によって得られた森林変化点の森林簿情報

【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】

21 カラマツ大径材による建築用材生産技術の検討

北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場 技術部生産技術グループ 伊藤 洋一

研究の背景・ねらい

今後、北海道産のカラマツは、大径材の生産量の増大が予想されます。そこで、大径材を利用して、品質と性能の確かな建築材料を安定供給するために、用途ごとの原木選別基準の検討や、住宅用構造材の製材・乾燥についての技術開発を行っています。ここでは、原木ごとの最適木取り方法および乾燥材の形状変化抑制のための乾燥技術について報告します。

成 果

1 大径材の選別基準の提案

強度性能を指標とする原木の選別基準を明らかにするために、原木（径級 36～52cm）および製材後（寸法：一辺 120mm の心去り正角材および 120×295mm の心去り平角材）に動的ヤング係数の測定を行った結果、両者に相関関係が認められました（図 1）。強度的に高品質な構造用製材を生産するには、ヤング係数が 9 GPa 以上の原木が必要と判断され、道内で生産される大径材の約半分がこれに該当すると推定されました。また、製材歩留まりを高く維持するために、原木の曲がり素材の日本農林規格における 2 等に適合するものを推奨することとしました。

2 大径材用製材木取り補助システムの開発

乾燥後の表面割れは樹心から距離をおいて木取ることによって大きく抑制されます（表 1）。このことと熟練作業からの聞き取り調査を踏まえ、原木画像より樹心位置と曲がりとの関係をデータ化することで、経験の浅い人でも熟練者と遜色ないレベルの木取りを行うことのできる木取りプログラムを開発しました（図 2）。

3 高品質乾燥技術の検討

含水率 15% に仕上げた時の乾燥材品質が、製材の日本農林規格 1 級に相当する製品を製造するための乾燥工程を提案しました。乾燥直後から養生中に生じた狂いは、心持ち材の同材種と比べ概ね 5 割程度と小さく（写真 1）、製材寸法は平角・正角共通で厚さ 120mm、仕上がり含水率は 15% が妥当であると判断し、乾燥スケジュールを初期含水率別に設定しました（表 2）。また、プレカット工場等に高品質な人工乾燥材を安定的に供給することが必要であることから、乾燥後の養生期間中の含水率および狂いを測定することにより、乾燥工程の見直しをさらにを行い、乾燥後の養生期間の短縮を図りました。この結果、製造コスト（ランニングコスト＋人件費＋設備償却費＋維持管理費）は従来の 1～2 割程度の削減が可能となりました。

成果の活用

本研究で得られた成果は、当场ホームページ、関連学会、成果発表会等で発表や展示を行い、関連企業・団体に活用されています。開発した木取りプログラムと手引き書については、当场ホームページからダウンロード可能です（<http://www.fpri.hro.or.jp/manual/karataikeizai/karataikeizai.htm>）。

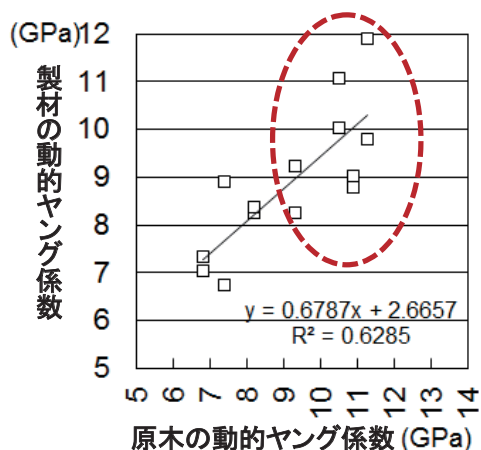


図1 原木と製材の動的ヤング係数の関係
※製材寸法: 厚 120×幅 295×長 3650mm

表1 製材木取りの表面割れへの影響

樹心からの距離 (cm)	表面割れ面積 (cm ²)	正角材 2丁どり時 原木径級 (cm)	正角材 4丁どり時 原木径級 (cm)	製材 歩留まり (%)
0	26 ~122	34 ~38	38 ~42	56 ~61
1	0 ~30	36 ~40	40 ~44	50 ~57
2	0~1	38 ~40	42 ~44	40 ~52

※製材寸法: 厚 120×幅 120×長 3650mm

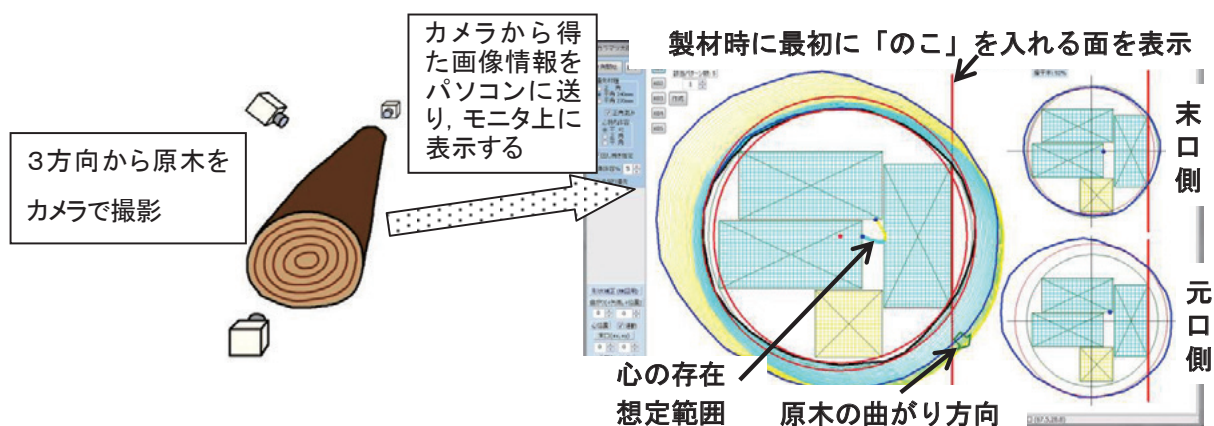


図2 木取りプログラムの実行例
※製材寸法: 厚 120×幅 265mm 及び厚 120×幅 120mm



写真1 乾燥後の正角材

表2 乾燥スケジュール例 (仕上がり含水率 15%)

ステップ	乾球 温度 (°C)	湿球 温度 (°C)	所要時間 (h)					
			初期含水率					
			35%	40%	45%	50%	55%	60%
蒸煮	95	95	12	12	12	12	12	12
高温セット	120	90	2	3	6	8	10	12
高温セット	105	80	15	18	19	19	19	19
乾燥	90	60	含水率15%まで					

※製材寸法: (正角) 厚 120×幅 120×長 3650mm
(平角) 厚 120×幅 295×長 3650mm

22 岩手県産の合板を利用した耐力壁の開発

岩手県林業技術センター 研究部 東野 正

研究の背景・ねらい

高耐震新築住宅や耐震補強住宅への県産材利用拡大を図ることを目的に、岩手県産のスギ、アカマツ、カラマツの間伐材を使用した厚さ 12 mm 針葉樹構造用合板を、耐力壁用の面材に使用した場合の耐力性能を検討しました。

本研究では、単板樹種と層構成を変えて製造された針葉樹合板を軸組に釘止めし、さらに釘の長さや間隔などの接合条件を変えて軸組構法耐力壁を作成して、面内せん断試験を行い、合板密度および釘の接合条件と耐力壁の性能との関係を検討しました。(写真 1、2)

成 果

試験体 (W=1820mm H=2730mm) の基本的な仕様を表 1 に、主な面内せん断試験特性値と壁倍率を表 2 に、合板の密度と、荷重値、剛性及び壁倍率の関係を図 1 に示しました。

合板の密度と強度値 (荷重値、剛性) には正の直線的な関係が認められ、面材として使用した針葉樹構造用合板の密度によって強度値や壁倍率が推定できる可能性が示唆されました。一方、荷重に対する変形量は密度の低い合板を用いた方が大きくなりました。

釘接合の条件の違いによる比較では、表 2 の条件 2 と 4 に示す通り、スギ同一樹種構成の 12mm 厚で積層数が 5ply の合板では、釘長が短くピッチが狭い (CN50@75mm) 条件の方が、釘長が長くピッチの広い (CN65@100mm) 条件より耐力性能が向上していました。

合板を構成する単板数別の違いによる比較では、スギ同一樹種構成 (SS) の 4 層 (条件 No. 1、3) と 5 層構成 (条件 No. 2、4) で同一の接合条件としたとき、5 層構成の条件の方が値は高くなりました。

試験体の破壊の状況をみると、CN65 釘使用の場合は CN50 釘より径が太く、柱から引き抜けにくいため、面内せん断試験ではパンチングで破壊する傾向が認められました。

また、ネイラー使用で釘を機械打ちした場合に、施工後に釘頭の過度なめり込みが散見されたことから、人力による手打ちで試験体を別途製作して比較したところ、機械打ちより 1～2 割程度耐力性能の向上が認められました。

成果の活用

本研究は、平成 23 年度岩手県補助事業「森林整備加速化・林業再生基金事業」推進のための「地域材利用拡大に向けた製品開発・商品開発」により実施されました。今回の成果は、東北合板工業組合が「岩手県産材による構造用合板活用マニュアル」として作成し、一般に配布されています。

表1 試験体の仕様

条件	単板樹種	試験 体記 号	積層層 (PLY)	釘	釘打 ち	釘間隔 (mm)	使用合板 の密度 (kg/m ³)
1	スキ	SS	4	CN50	ネー	@75	410
2			5				415
3	スキ	SS	4	CN65	ネー	@100	430
3 M		SSM					437
4	スキ	SS	5	CN65	ネー	@100	444
4 M		SSM					453
5	アカマツ ースギ	AS	5	CN50	ネー	@75	487
6						@100	468
7							CN65
8	カラマツ ースギ	LS	5	CN50		@75	529
9					@100	498	
10						CN65	504



写真1 岩手県産合板利用の耐力壁



写真2 面内せん断による変形

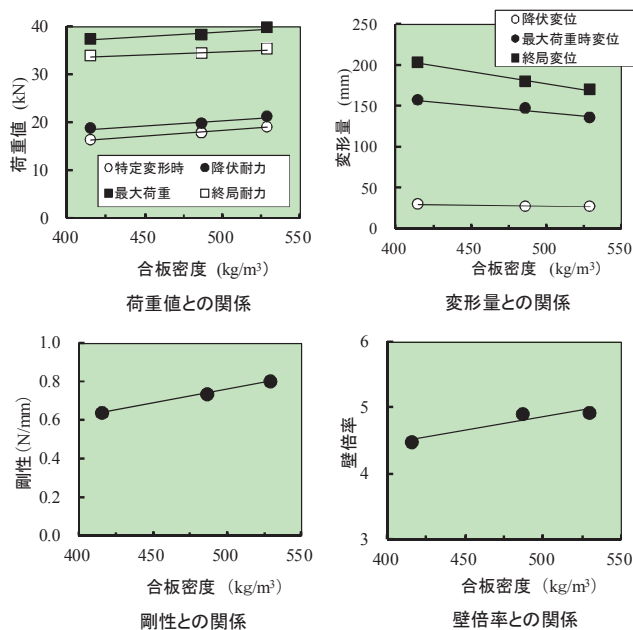


図1 合板密度と各種特性値との関係

表2 主な試験特性値と壁倍率

条件	特定変形時 $P_{1/120}$ (kN)	降伏耐力 P_y (kN)	最大荷重 P_{max} (kN)	終局耐力 P_u (kN)	初期剛性 K (N/mm)	構造特性係数 D_s	降伏変位 δ_y (mm)	最大荷重時変位 δ_{Pmax} (mm)	終局変位 δ_u (mm)	壁倍率
1	15.46	17.24	33.02	30.08	0.64	0.39	27.02	149.30	180.64	4.2
2	16.15	18.59	37.22	33.73	0.64	0.39	29.07	156.22	202.37	4.5
3	13.13	14.32	26.17	23.17	0.53	0.41	27.14	142.45	153.82	3.1
3M	16.29	16.24	30.65	27.16	0.75	0.38	21.90	132.13	145.35	3.9
4	13.41	15.29	28.77	25.52	0.55	0.44	27.79	126.53	144.24	3.2
4M	17.13	17.01	33.65	29.71	0.79	0.38	21.49	121.37	146.46	4.3
5	17.68	19.70	38.27	34.17	0.73	0.39	26.94	146.53	179.33	4.9
6	13.82	15.70	29.49	26.24	0.63	0.39	24.81	130.82	159.03	3.7
7	15.70	18.09	32.42	29.73	0.64	0.42	28.29	130.49	157.82	3.9
8	18.95	21.12	39.53	35.15	0.80	0.39	26.34	135.56	169.27	4.9
9	15.14	15.98	30.63	27.42	0.64	0.35	25.23	144.87	195.13	4.2
10	14.29	17.88	33.71	30.30	0.59	0.43	31.30	150.46	171.34	3.8

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

23 防腐処理材の表面処理方法の検討と性能評価

群馬県林業試験場 木材係 小黒 正次

研究の背景・ねらい

北関東自動車道に設置されている木製遮音壁をはじめ、県内の木製道路施設は、防腐薬剤を加圧注入したスギ材が主流となっています。設置当初は自然な木の風合いで親しみやすいものの、時間の経過とともに表面が汚くなるため、景観的に好ましいとは言い難い状態になります。

さらに、木製遮音壁をはじめとする木製道路施設では、最上部や水平部材の劣化が著しいため、適正な防腐処理を施すことで耐久性を高めることが必要であることが分かってきました。そこで、木製道路施設として使用される木柵やガードレールなどの丸棒加工材を対象に、防腐処理直後に表面処理することで工程を省力化しながら耐久性を向上させる技術を開発し、その性能を評価しました。

成 果

防腐処理材の表面処理は、これまで加圧注入後の再乾燥が必要とされていました。その真偽を確かめる目的でスギ板目材に AAC-1 と CuAz_2 を加圧注入し、その一部を乾燥しました。この再乾燥材と乾燥しなかった未乾燥材とに3種類の水性木材保護塗料を塗布し、キセノンアークによる促進耐候試験 2,000 時間後の色差を測定しました(図1)。

その結果、再乾燥材と未乾燥材ともに AAC-1 無塗装材の劣化が著しく、色差 23 ~ 27 で、春材部は減退して凹状になりました。 CuAz_2 も、AAC-1 に比べて色差は小さいものの無塗装材は茶褐色に変化しました。さらに自然界では車の排気ガスやカビに起因する変色に加わるため、木製道路施設をきれいな状態に保つためには表面処理(塗装)が必要であることが確認されました。

一方、同様に実施したスギ丸棒材の屋外暴露試験の結果(写真1)、未乾燥材でも乾燥材と同様の耐候性能を有した塗料が確認されたので、この塗料を使用して防腐処理後の養生時間が塗料の耐候性に及ぼす効果について実験を行いました。

木製ガードレール用 $\phi 160\text{mm}$ のスギ丸棒材に CuAz_2 を加圧注入し、時間の経過と水性木材保護塗料の密着状態を観察しました(写真2)。右に乾燥材、左に注入後2時間、4時間、8時間、16時間、及び24時間後に塗装した様子を示しています。1年経過しても、すべての表面に異常は認められないことから、防腐処理後の再乾燥を省略することが可能であると考えられます。時間のかかる再乾燥工程を省略しても木材保護塗料の性能に影響がないという本成果を活用することにより、木製道路施設のコスト削減、生産性向上、納期短縮等が期待できます。

成果の活用

平成24年2月、群馬県農林水産業関係機関成果発表会において、関係者を対象に研究発表を行い、また、ホームページの「林試だより第62号」に掲載すると共に平成23年度研究報告で詳細を報告しました。

なお、ぐんま型木製ガードレールの製造工程においては、本成果を基に、 CuAz_2 を加圧注入し再乾燥を省略して水系木材保護塗料を塗布する方法が採用され製品化されています(写真3)。

知的財産権取得状況

製造団体より特願「2010-145901」ガードレール用木製ビームユニットを申請しています。

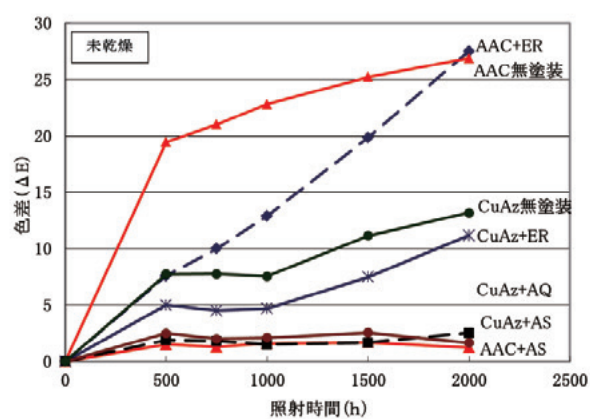
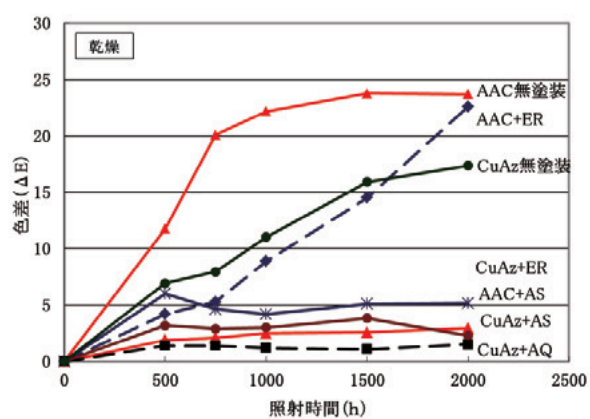


図1 再乾燥材、未乾燥材のウェザリング時間と色差



写真1 屋外暴露試験



写真2 注入後の時間 (h) と密着状態

右端は対照の乾燥材。左に注入後2、4、8、16、24時間後に塗装を実施した状況。密着はいずれも良好。



写真3 ぐんま型木製ガードレール

〔問い合わせ先：群馬県林業試験場 木材係 TEL 027-373-2300〕

24 伝統工芸「高岡漆器」を活かした木質成型品の商品化

富山県農林水産総合技術センター木材研究所 木質製品課 藤澤 泰士

研究の背景・ねらい

富山県高岡市では、生活雑器から発展した伝統的産業「高岡漆器」が、江戸時代初期より続いています。しかし、平成元年以降、家庭での漆器需要が少なくなり、高岡漆器の販売額が激減しています。この現状を打破するためには、高岡漆器の販売量の拡大・活性化につながり、時流に適應した新たな取り組みが必要です。

そこで、「伝統工芸」と「環境貢献」をキーワードに、大手文具メーカー（シヤチハタ(株)）と共同で、森林整備により搬出された未利用木質資源（竹、スギ間伐材）だけを原料として金型成型を行う製造技術を開発し、この木質成型品に高岡漆器の螺鈿細工を施すことにより、「木質系 100% の高級朱肉ケース」として商品化しました。

成 果

1 100%木質系材料による金型成型

金型成型に使用する材料は、竹材およびスギ間伐材のみで、石油由来材料は一切使用しません。竹材は、高温高圧の水蒸気で蒸煮処理すると、ヘミセルロース等が糖化し、接着性を有する成分が生成します。本研究は、この接着性を利用したものであり、品質が一定した竹粉を用いることにより、効率よく接着成分を量産する蒸煮処理技術を確立しました。このように蒸煮処理した竹粉とスギ間伐材木粉を混合した後、金型に挿入し、180℃前後で加熱プレス処理を施すことにより木質系 100% の成型品を製造することができます（図1）。金型形状を変えることにより、挽き物（木材のろくろ旋盤加工）、指物（木材の組木加工）では困難な製品形状への加工も可能です。開発した木質成型品は、木材素材と比較して、重量感があり、寸法安定性に優れていることが特徴です（写真1）。

2 高岡漆器技術を活かした木質成型品の高付加価値化

開発した木質成型品の高付加価値化を図るため、富山県高岡市デザイン・工芸センター、民間デザイン事務所、高岡漆器業界等の協力を得て、高岡漆器の螺鈿細工を施し、高級朱肉ケースとして商品化しました（写真2）。商品化には、螺鈿細工の特徴を最大限活かすデザインを採用し、蒔絵などとは異なる意匠感を表現するように心がけました。また、技術熟練度の高い伝統工芸士が自ら丁寧な仕上げを行うことにより、商品の高級化を図りました（写真3）。

成果の活用

商品化した高級朱肉ケースは、平成24年5月より販売しています。今後、高岡漆器の螺鈿細工を施した高級文具のシリーズ化を目指し、現在、螺鈿デザイン、製品形状などについて、シヤチハタ(株)、高岡漆器業者等と協力し、次期新商品を開発中です。

また、開発した木質 100% 成型品の金型製造技術は、従来のプラスチック製品製造の代替技術として、様々な製品への応用展開が期待できます。現在、未利用木質資源の需要拡大を目的に、汎用の押出・射出成型装置に適用可能な木質 100% コンパウンドの製造技術について検討中です。

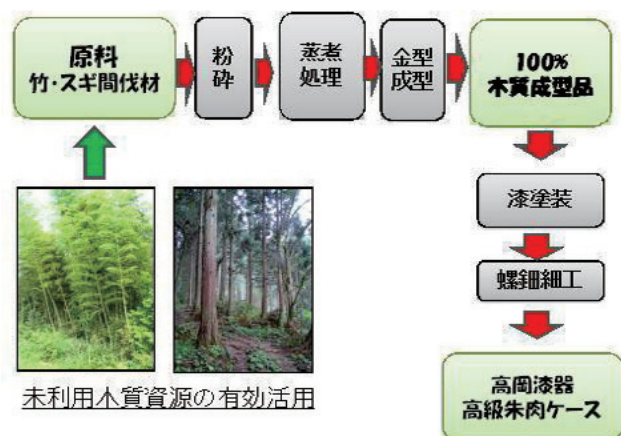


図1 高級朱肉ケースの製造工程



写真1 開発した 100%木質成型品

* 密度: 約 1.5g/cm³

* 吸水厚さ膨潤率: 1%未満



写真2 商品化した高岡漆器高級朱肉ケース



(漆塗り)



(螺鈿仕上げ)

写真3 高岡漆器伝統工芸士による螺鈿細工

[問い合わせ先: 富山県農林水産総合技術センター木材研究所 TEL 0766-56-2915]

25 安全・安心な乾燥材生産技術の開発 ーアカマツとカラマツの乾燥スケジュールの確立ー

長野県林業総合センター 木材部 柴田 直明・吉田 孝久・伊東 嘉文

研究の背景・ねらい

針葉樹構造用材として背割りや材面割れの少ない材が求められたため、柱材等の心持ち正角の材面割れを防止する高温セット乾燥法を開発し、広く普及させてきました。しかし、一部では過度の高温乾燥が行われ、材面割れは少ないものの、内部割れや熱劣化による強度低下が懸念されるようになりました。

そこで、長野県において生産量が比較的多いアカマツとカラマツについて材面割れ・内部割れ・熱劣化のすべてが極力少なく、品質とコストのバランスの取れた乾燥材生産のための「推奨」乾燥スケジュールを確立し、普及させることにしました。

なお、本研究は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「安全・安心な乾燥材生産技術の開発（平成21～23年度）」（中核機関：石川県林業試験場）の一部として実施しました。

成 果

1 アカマツ・カラマツの内部割れ・熱劣化と強度性能の関係解明

- 1) アカマツ心持ち正角は、天然乾燥材と比較して、過度の高温乾燥材（内部割れの多少ある材）でも強度低下はあまり認められませんでした。
- 2) カラマツ心持ち正角は、天然乾燥材と比較して、過度の高温乾燥材（表1の「高温セット3」と「高温乾燥」）では、曲げ、縦引張り、曲げせん断、めり込み強度が低下しました。過度の高温乾燥材の曲げ強度等は、無等級材の基準強度を満たせませんでした（図1）。

そこで、100℃以上の高温にさらす条件（温度と時間）を緩和させると、その程度に応じて強度低下が軽減され（図2、3）、無等級材の基準強度（曲げ）を満たすことが可能になりました。

2 高温蒸気式によるアカマツ・カラマツの推奨乾燥スケジュールの確立

- 1) アカマツ心持ち正角は、乾燥条件を変えても内部割れはほとんど発生しませんでした。また、上述の通り、強度低下もあまり認められませんでした。

そこで、アカマツでは材面割れの軽減に主眼を置き、高温セットを110℃・24時間とするスケジュールを「推奨」としました。

- 2) カラマツ心持ち正角は、乾燥条件を変えても材面割れ・内部割れはあまり発生しませんでした。しかし、上述の通り、熱劣化による強度低下には差がありました。

そこで、カラマツでは熱劣化の軽減に主眼を置き、高温セットを120℃・18時間以下とするスケジュールを「推奨」としました（表1、高温セット2）。高温処理条件を緩和すると、材色も改善されました（写真1）。

成果の活用

「安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアル」とそれを紹介するパンフレットを当センターのホームページにアップし、関係者に広く周知して、普及を図りました（アクセス数は半年で4.8万回）。

また、県内では信州木材製品認証工場研修会、信州木材認証製品センター勉強会、信州木造塾（建築士の勉強会）、信州の木の家マイスター講座、森林・林業セミナー等を通じて、県外では名古屋国際木工機械展や日本木材学会大会等を通じて、成果の普及を図りました。

表1 カラマツ心持ち正角の主たる乾燥条件

乾燥法の略称	乾燥条件※
天 乾	天然乾燥
高温セット1	95/95℃(10h) + 110/80℃(18h) + 90/60℃(168h)
高温セット2	95/95℃(10h) + 120/90℃(18h) + 90/60℃(168h)
高温セット3	95/95℃(10h) + 120/90℃(24h) + 110/80℃(24h) + 90/60℃(240h)
高温乾燥	95/95℃(10h) + 120/90℃(120h)

※ 乾燥条件の温度表記は、乾球温度/湿球温度。
95/95℃(10h)は、蒸煮による昇温時間(約2h)を含む。

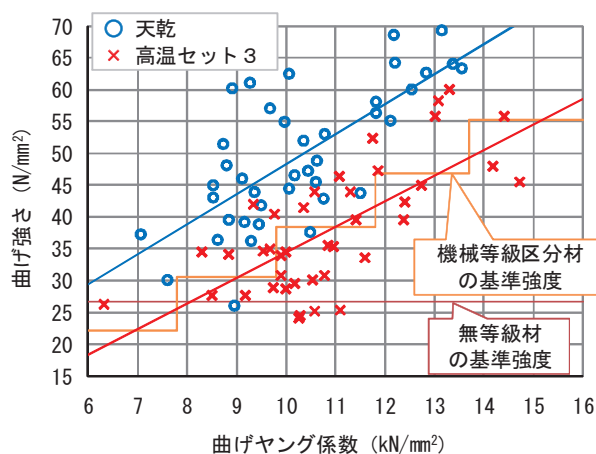


図1 カラマツ「天乾」と「高温セット3」の比較

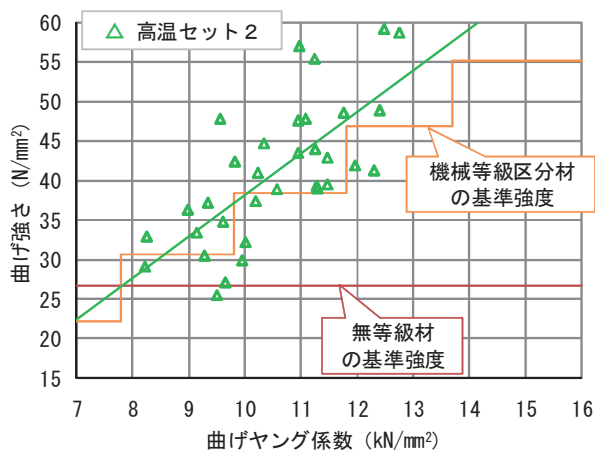


図2 カラマツ「高温セット2」の結果

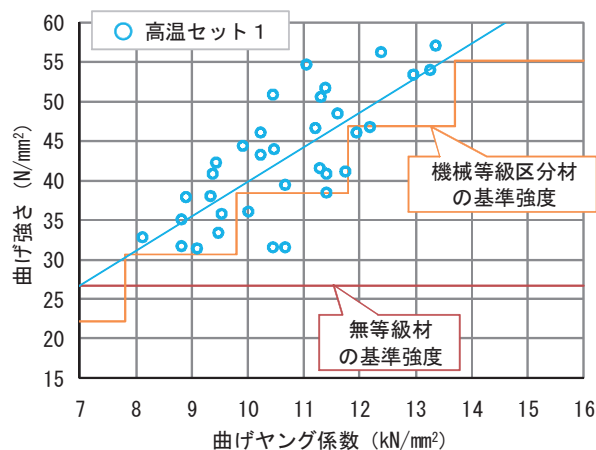


図3 カラマツ「高温セット1」の結果

無等級材の基準強度は十分にクリアできている。
機械等級区分材の基準強度クリアまでもう一歩。



写真1 上記のカラマツ曲げ試験体

上から「高温セット2」「高温乾燥」「高温セット1」の順

[問い合わせ先：長野県林業総合センター 木材部 TEL 0263-52-0600]

26 未利用木質バイオマスによるエネルギー用材化

山梨県森林総合研究所 富士吉田試験園 小澤 雅之

研究の背景・ねらい

主・間伐作業等で発生し林内等に残置される、林地未利用材（林地残材）の利用方法として再生可能エネルギー源化が挙げられます。「バイオマス・ニッポン総合戦略」でも、林地未利用材の利活用が提唱されていますが、現状では用途拡大が進んでいません。その原因としてそれらの搬出・輸送等に費用・経費を要すること、需要先や利用方法が確保されていないことなどが挙げられます。山梨県地域では、民間企業がNEDO補助事業を受託し、林地未利用材を用いた木質チップボイラ実証試験を実施（平成18～20年度）し、現在では実証試験から本稼働へと移行しています。そこで、これまでの実証試験や本稼働の実績等を踏まえ、林地未利用材の搬出・輸送における成立条件について検討しました。

成 果

今回想定した林地未利用材の搬出・輸送工程の概略を図1に示します。需要先であるボイラ施設から現地までの移動（往路）、現地での積み込み作業、現地からの復路およびボイラ施設での計量作業および荷下ろしで1回の工程としました。また、各種トラックの積み込みおよび荷下ろし時間、積載量について実測値から得られた平均値を表1に示します。なお、トラックは全て1日8時間契約のレンタル（運転手・燃料代等込）です。例としてトラックの平均速度30km/hにおける片道距離ごとに要する作業時間を図2に示します。片道10km地点（赤色表示）からの林地未利用材の搬出・輸送に着目すると、小型、中型、大型トラックの順に1工程当たり60分、65分および105分必要となりました。1日の労働時間を考慮すれば大型トラックでは4回の工程が可能で、その際搬入された全林地未利用材をA重油の代替熱源として用いれば、林地未利用材は14円/kgに相当する価値（バイオマスボイラの稼働実績から未利用材のエネルギー単価を算出）を有することが期待できると試算されました。一方、小型トラックによる工程を4回行った場合のそれは5.1円/kgでしたが、1工程当たりの時間が短いため1日8回の工程が可能で、その場合は11円/kgとなりました。従って、大型トラックによる輸送が困難な場合、小型トラックによる輸送回数を増加させれば、経済的に見合う可能性が示唆されました。さらに輸送距離別の1日に搬入できる林地未利用材の上限量も推算できました。なお、今回試算した価値は、トラックリース代、未利用材の買取価格、トラックへの積み込み作業時間および積載量により変動する可能性があります。

成果の活用

林地未利用材の経済性について行政の関係機関にデータ提供を行いました。

バイオマスエネルギーシステムを導入している民間企業に経済性が見込めることを示したところ、現状よりもさらに経済性を高めるための実証試験を行うことになりました。

第61回日本木材学会大会（京都）でポスター発表を行いました。

表1 各トラックにおける林地未利用材の平均
積み込み時間、荷下ろし時間および搬入量

	平均時間(分)		平均搬入量(kg)
	積み込み	荷下ろし	
小型トラック	10	10	420
中型トラック	15	10	2400
大型トラック	55	10	5000



図1 今想定した林地未利用材の搬出・輸送工程

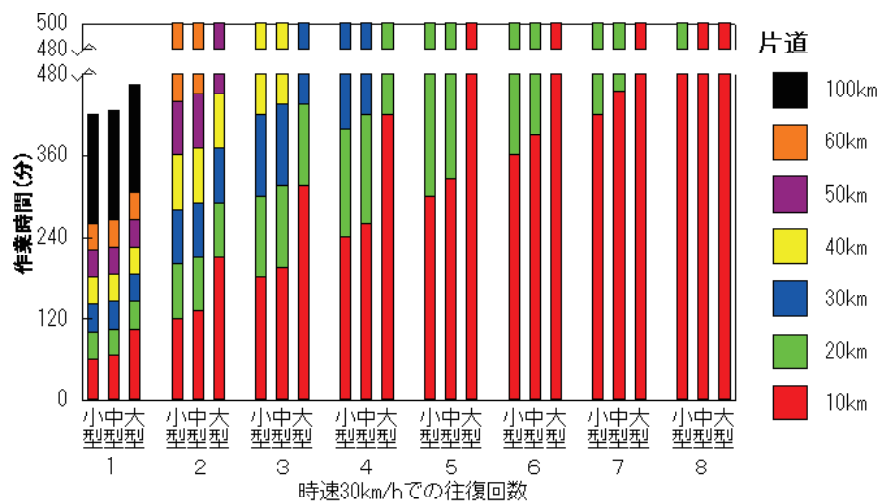


図2 各トラックにおける片道距離ごとの作業時間（時速30km/hの場合）

27 スギ・ヒノキ “B材” 原木を原料とした各種木質構造材料の開発

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター 木材生産科 池田 潔彦・渡井 純・星川 健史

研究の背景・ねらい

静岡県では県産材の利用拡大を図るため、これまで森林内に放置されてきた未利用資源を活用する施策を進めています。その一環として、曲り・大節・虫害により製材用に適さないスギ・ヒノキの“B材”原木を工場に直送し、製造した合板・単板積層材の木造住宅等への利用促進を図る取組を進めています。そこで、関係企業団体・行政と連携して、県内各地域産スギ・ヒノキのB材原木丸太を原料とし両樹種を複合することで、輸入製品と品質・性能面で競合できる各種木質構造材料の開発に取り組みました。

成 果

- 1 B材原木：県内各地域（東部・中部・西部）産スギ・ヒノキB材原木について、構造用の合板・LVL・集成材用原料としての適否を評価するためヤング率を調べた結果、両樹種ともB材のヤング率は製材用A材原木との差がほとんどないこと、地域間差も僅かであることが分かりました（図1）。
- 2 合板：全層スギ・ヒノキ及び両樹種を複合した厚さ（単板積層数）の異なる10タイプの構造用合板を試作製造し、品質・性能を評価した結果、各タイプとも日本農林規格（以下、JAS）の2級の基準を満たすことが分かりました。特に、全層スギで厚24mm以上のタイプは、旧JASではヤング率2級の基準を満たすことが困難でしたが、改正後の現行基準を満たすことが分かりました（図2）。
また、スギ・ヒノキ12mm厚の複合合板を用いた各種大壁耐力壁（床勝ち仕様）の面内せん断試験を行いました。その結果、釘の種類、打つ間隔を調整することで、壁倍率では3倍から6倍のせん断耐力を示すことが分かりました（図3）。
- 3 単板積層材（以下、LVL）：全層ヒノキ単板を用いたLVLと、表裏層にヒノキ単板、内層にスギ単板を用いたLVLを試作し各種性能を評価しました。その結果、全層ヒノキではJAS特級、スギ・ヒノキ複合では同1級の基準を満たし、枠組み壁工法の枠組み材として多用されているSPF製材と比べて同等以上の性能・品質を有していることが分かりました（図4）。
- 4 複合集成材：B材から採材したひき板で、外層にヒノキ、内層にスギを用いた異等級対称構成の大断面集成材（10プライ）を試作、曲げ性能を評価した結果、「E105-F300」、「E90-F270」のJAS基準を満たす製品が製造できることが分かりました（図5）。

成果の活用

成果は、関係団体の公報誌への投稿、講習会、研修会及び学会発表等により普及を図っています。県産スギ・ヒノキB材による合板とLVLは、現在、工場生産が行われ在来軸組工法の耐力壁や剛床部材、枠組壁工法の枠組み材として、県産材を活用した木造住宅への支援制度「住んでよし、しずおか木の家推進事業」の対象として利用されています（図6）。スギ・ヒノキ複合集成材は、工場での本格的な製造には至っていませんが、この集成材を多用したモデル住宅建設により消費者への普及が図られており、今後の本格的な生産に繋がることが期待されます。

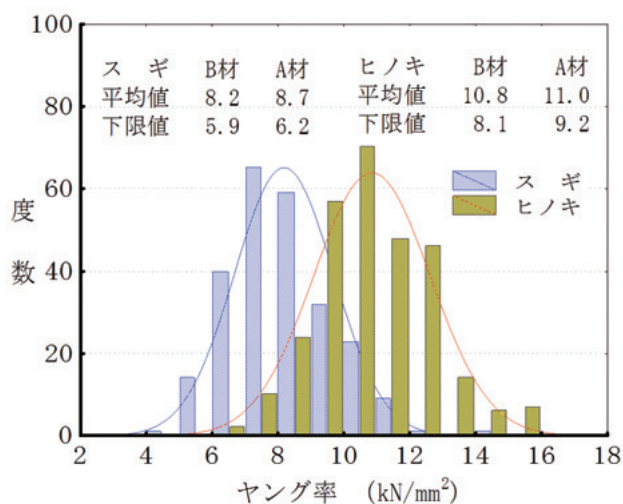


図1 県産スギ・ヒノキ“B材”原木のヤング率分布

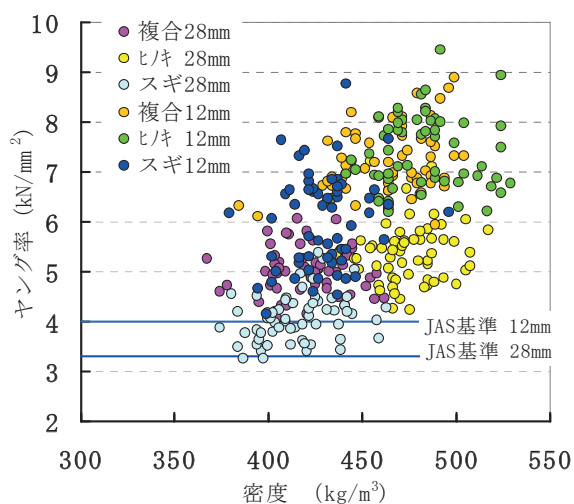


図2 スギ・ヒノキ複合合板等のヤング率と密度

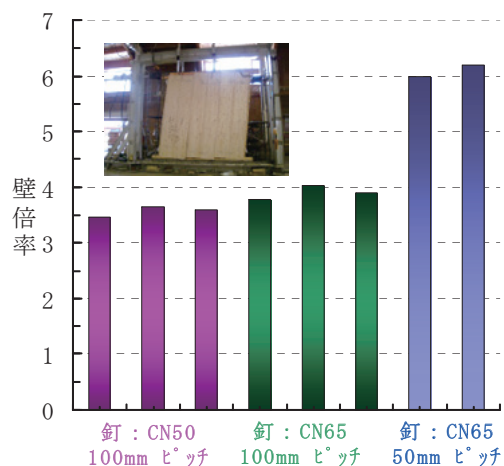


図3 スギ・ヒノキ複合合板 12mm厚を用いた大壁耐力壁（床勝ち仕様）のせん断性能（壁倍率）

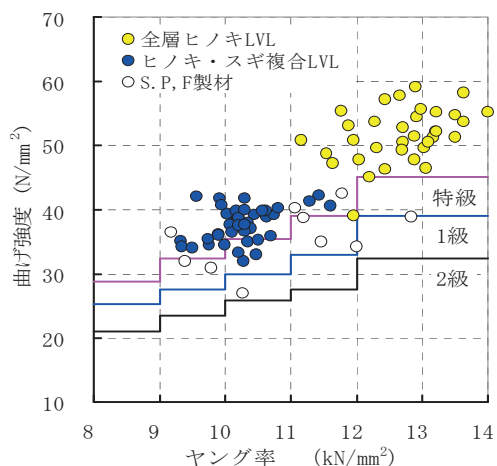


図4 全層ヒノキ、スギ・ヒノキ LVL の実大曲げ試験による曲げ性能

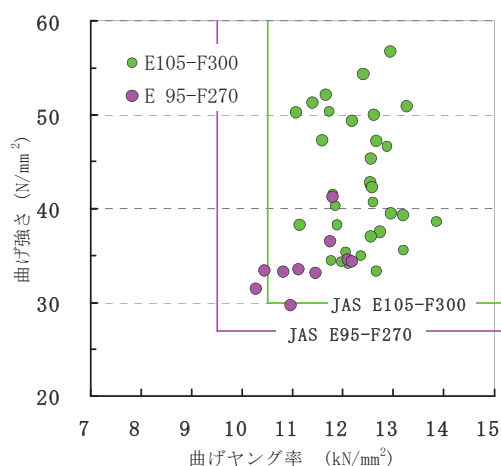


図5 スギ・ヒノキ複合異等級対称構成集成材の曲げ性能

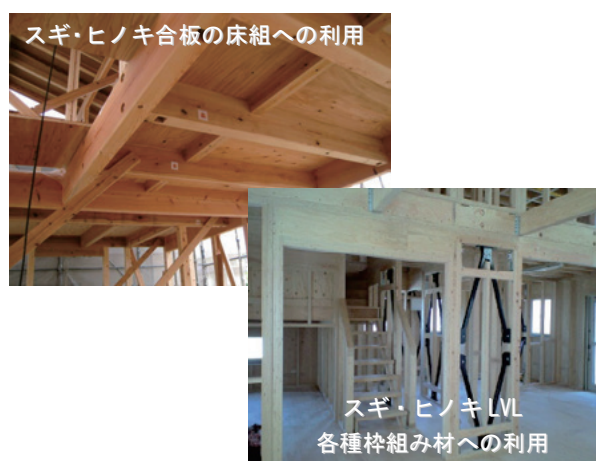


図6 静岡県内の在来軸組工法・枠組壁工法住宅へのスギ・ヒノキ構造用合板・LVLの活用事例

28 安全・安心な乾燥材生産技術の開発 —国産材6種の内部割れの少ない乾燥材生産技術の開発—

石川県農林総合研究センター林業試験場 資源開発部 松元 浩

研究の背景・ねらい

構造用の心持ち無背割り正角の材面割れを抑える乾燥方法として、高温セット法が普及しています。この方法では、温湿度管理が不適切な場合、外観からは確認できない内部割れが発生することがあり、それに伴う強度低下も懸念されています。このため、国内の主要な樹種（針葉樹）について、内部割れの発生を抑える乾燥スケジュールを開発し、また内部割れと強度性能の関係を解明することを目的として、試験研究に取り組みました。

なお、本課題は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「安全・安心な乾燥材生産技術の開発（平成21～23年度）」として、全国13機関の共同研究で実施しました。

成 果

- 1 高温セット処理を活用した内部割れの少ない乾燥条件を開発しました（表1）。蒸気式においては国産材6樹種（スギ、ヒノキ、カラマツ、アカマツ、トドマツ、ヒバ）、高周波蒸気複合式および熱風減圧併用式においてはスギおよびヒノキに対応しています。
- 2 乾燥材に発生する内部割れ（木口割れを含む）の長さ方向の分布を調査したところ、対象とした樹種および乾燥方法に関わらず、材端部で最も多く発生し、材端から30cm内部までで急激に減少し、30cm以上内部になるとほぼ一定になることを明らかにしました（図1）。
- 3 木材の様々な強度特性の中でもせん断強度が内部割れの影響を受けやすいと考えられたため、意図的に内部割れを発生させてせん断試験を実施したところ、内部割れが長くなるにしたがってせん断強度は低下することが分かりました（図2）。この傾向は、スギ、ヒノキ、トドマツで認められましたが、樹種によって低下割合は異なりました。また、不適切な乾燥スケジュール（乾かしすぎ）によって発生した内部割れや熱劣化が原因と思われる強度低下が、せん断強度以外でも認められる場合があり、それを一覧表にまとめました（表2）。
- 4 以上の成果に加えて、応力波およびねじり振動を用いて、外観からは確認できない内部割れを推定する手法を開発しました。また、医療用CTスキャンにより内部割れ様子を鮮明に捉えられることを実証しました。さらに内部割れの生じた製材に、くぎ、ビス、ボルト、ラグスクリューで留めたホールダウン金物の引張り試験を実施したところ、結果はいずれもホールダウン金物の基準耐力は満たしましたが、ビス留めとラグスクリュー留めは降伏荷重がやや低くなることなどを明らかにしました。

成果の活用

上記の成果は「安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアル（88ページ）」にまとめました（写真1）。また、マニュアルを紹介するパンフレット（A3両面刷で1枚）を作成しました。本マニュアルは、参画13機関のホームページから無償でダウンロードできるようにし、また参画機関以外の地方公設試および木材関連団体へも広く配布しました。これにより、各地の講習会等で活用されるようになり、乾燥技術の普及に役立っています。

表1 樹種別・乾燥方式別の内部割れの少ない乾燥条件

乾燥方式	樹種	蒸煮		→	高温セット		→	乾燥	
		乾球温度(°C)／ 湿球温度(°C)	時間		乾球温度(°C)／ 湿球温度(°C)	時間		乾球温度(°C)／ 湿球温度(°C)	時間
蒸気式	スギ	95/95	8	→	120/90	24	→	90/60	184
蒸気式	ヒノキ	95/95	8	→	120/90	18	→	90/60	120
蒸気式	カラマツ	95/95	8	→	120/90	18	→	90/60	168
蒸気式	アカマツ	95/95	8	→	110/90	24	→	90/60	72
蒸気式	トドマツ	95/95	8	→	120/98 105/85	4 24	→	90/60	61
蒸気式	ヒバ	95/95	8	→	110/90	12	→	90/60	216
蒸気・高周波 複合式	スギ	95/95	8	→	120/90	24	→	90/60 高周波加熱併用	76
蒸気・高周波 複合式	ヒノキ	95/95	8	→	120/90	12	→	90/60 高周波加熱併用	50

乾燥方式	樹種	蒸煮		→	高温セット		→	乾燥	
		乾球温度(°C)／ 湿球温度(°C)	時間		乾球温度(°C)／ 圧力(kPa)	時間		乾球温度(°C)／ 圧力(kPa)	時間
熱風減圧 併用式	スギ	92/92	8	→	115/71	18	→	85/39 70/20	18 120
熱風減圧 併用式	ヒノキ	92/92	8	→	110/71	18	→	80/39 70/20	18 75

注) 内部割れが少なく、強度低下が少なく、含水率が20%以下まで乾燥できるスケジュールを示している。

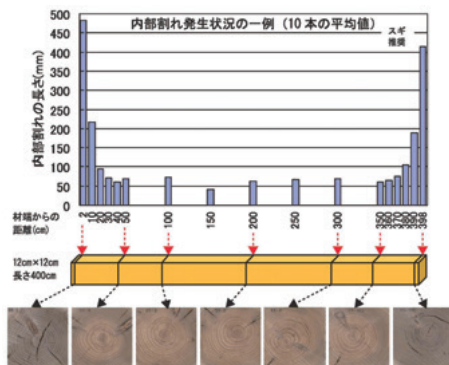


図1 乾燥材に発生した内部割れの長さ方向分布 (スギ)

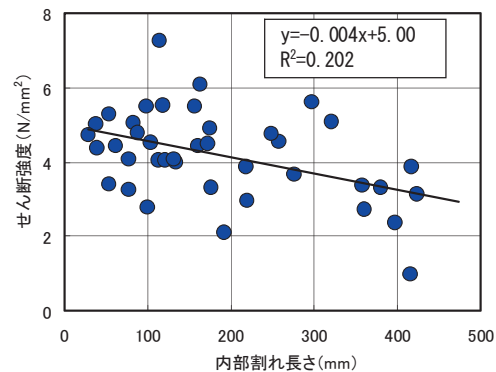


図2 内部割れ長さとせん断強度との関係 (スギ120mm 正角)

表2 不適切な乾燥スケジュール(乾かしすぎ)によって生じた内部割れや熱劣化による強度低下のリスク

	曲げ 強度	縦圧縮 強度	縦引張り 強度	せん断 強度	めり込み 強度
スギ	B	B	B	C	B
ヒノキ	A	A	A	B	A
カラマツ	C	A	B	C	B
ヒバ	A	B	A	C	A
トドマツ	B	C	B	C	B
アカマツ	B	B	—	B	A

注: 心持ち正角の結果、トドマツのみ心持ち正角に高温セット処理を用いた場合の結果
A: 低下が認められない、B: 低下の疑いがある、C: 低下が認められる、—: 試験データなし



写真1 マニュアル表紙

[問い合わせ先: 石川県農林総合研究センター林業試験場 資源開発部 TEL 076-273-1873]

29 三重県産スギ平角の乾燥割れが少ないスケジュールの開発

三重県林業研究所 小林 秀充・福本 浩士

研究の背景・ねらい

スギ・ヒノキ人工林では、これまでの柱材生産を中心とした施業から、林齢100年生以上の長伐期施業へと転換する傾向にあります。とくに肥大成長の良いスギは、長伐期化によって中・大径化しつつあり、これらの丸太を梁桁材に利用することが期待されています。

また、近年、住宅の建築工法が真壁工法から大壁工法へと変わりつつあり、寸法精度の高い乾燥材への需要が高まっていますが、心持ち材で断面が比較的大きな梁桁向け平角は乾燥しにくく表面などに割れが発生しやすいなどの問題を抱えています。

そこで、三重県産スギの梁桁材への利用拡大を図ることを目的とし、乾燥割れが少ない平角の乾燥スケジュール開発を行いました。

成 果

三重県内で伐採・製材された125mm×250mm×4,000mmの無背割心持ちスギ平角について、高温蒸気式乾燥機（エノ産業株式会社製EZ-20型、収容量5.5m³）を用い、乾燥試験を行いました。

その結果、生材含水率が100%以下の材については、高温低湿処理（乾球温度120℃－湿球温度90℃）を12～24時間実施した後、中温乾燥（乾球温度90℃－湿球温度60℃）を384時間（16日間）実施することで仕上がり含水率を20%以下にできました（図1）。乾燥割れについては、天然乾燥で生じやすい表面割れを抑制でき（図2）、一方、高温で長時間乾燥を行うことで生じやすい内部割れも抑制されました（図3）。また、高温低湿処理（乾球温度120℃－湿球温度90℃）を24～48時間実施した後、天然乾燥を約10～11ヶ月間実施することで仕上がり含水率を20%以下にまとめることができ（図4）、天然乾燥で発生しやすい表面割れを抑制できました（図5）。内部割れの発生についても従来の天然乾燥との差は見られませんでした（図6）。

成果の活用

研究の成果はマニュアル（写真1）としてまとめ、当研究所のHPやリーフレットにして紹介しました。

また、三重県林業技術普及協会、三重県森林協会等が共同で発行している情報誌「三重の林業」や製材業などの現場技術者を対象にした研修会などを通じて、現場への普及に努めました。

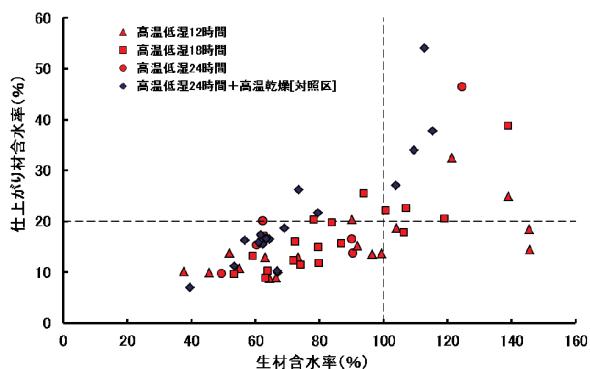


図1 生材含水率と仕上がり材含水率の関係
(高温低湿処理+中温乾燥)

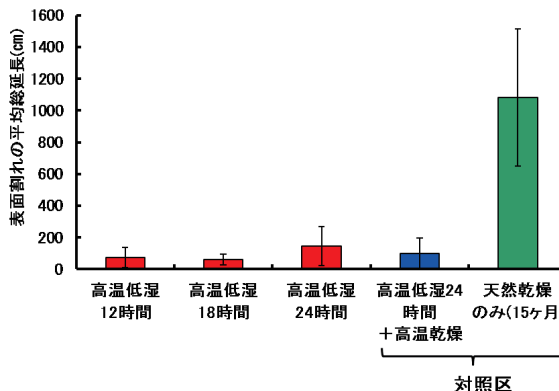


図2 乾燥条件の違いによる表面割れ発生状況
(高温低湿処理+中温乾燥)

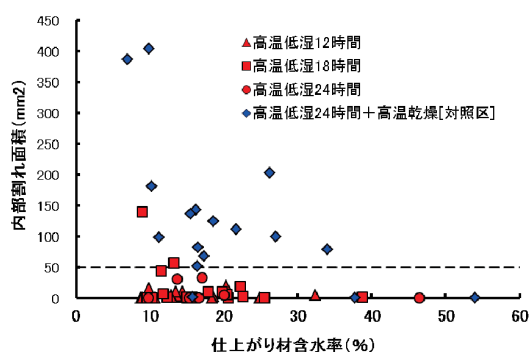


図3 乾燥条件の違いによる内部割れ発生状況
(高温低湿処理+中温乾燥)

注：対照区として試験を実施した「高温低湿処理 24 時間+高温乾燥」は、高温低湿処理（乾球温度 120℃-湿球温度 90℃）を 24 時間実施した後、高温乾燥（乾球温度 120℃-湿球温度 90℃）を 66 時間実施したものです。

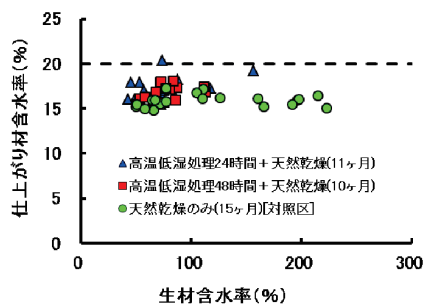


図4 生材含水率と仕上がり材含水率の関係
(高温低湿処理+天然乾燥)

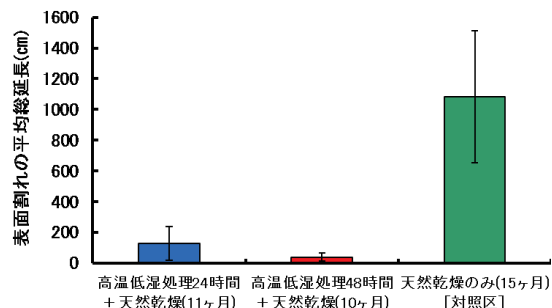


図5 乾燥条件の違いによる表面割れ発生状況
(高温低湿処理+天然乾燥)

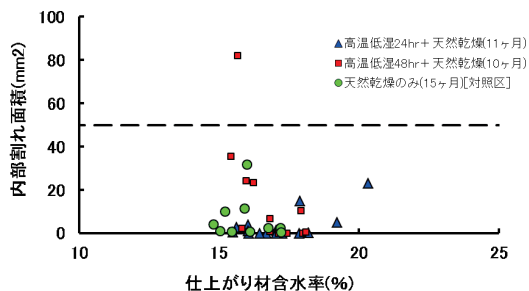


図6 乾燥条件の違いによる内部割れ発生状況
(高温低湿処理+天然乾燥)



写真1 スギ平角材乾燥マニュアル

30 スギ樹幹内において放射組織中の細胞間隙が果たす役割

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 木材利用部 永井 智
九州大学農学部附属演習林 福岡演習林 内海 泰弘

研究の背景・ねらい

難乾性樹種であるスギ材の乾燥技術向上に向けて、兵庫県の森林林業技術センターでは、生材における心材・移行材・辺材（写真1）各部の通気性を評価してきました（写真2；永井，公立林業試験研究機関研究成果選集2：65(2005)）。一連の実験の中で、移行材の通気性が心材や辺材と比較して著しく高い（永井・谷口，材料50：409（2001））ことを明らかにしたほか、伐採直後の丸太の両木口面を樹脂で密封し、真空缶内で減圧した時、缶内には樹皮のみが露出しているにもかかわらず、移行材部の圧力が必ず最初に低下すること、つまり丸太表面から樹皮、辺材を貫通し、高通気性である移行材に達する放射方向の通気経路が存在することを確認しました（永井・谷口，材料52：368（2003））。

ところで、針葉樹の辺材では、仮道管が水分を通導させている傍らで、養分等を蓄えながら数十年も生きている放射柔細胞（放射組織〔写真3、楕円〕を構成する個々の細胞〔写真4、RP〕）が存在します。放射柔細胞が生き続けるためには呼吸（酸素の摂取と二酸化炭素の排出）が必要ですが、その呼吸経路は解明されていません。放射柔細胞に隣接する「放射組織中の細胞間隙（写真4、ISRP）」が呼吸経路として機能しているという仮説は40年以上前からありましたが、生立木内の細胞間隙が空隙であることを明らかにできなかったため、その機能について推測の域を出ることはありませんでした。

また、樹木の心材は放射柔細胞が移行材部で死ぬ時に作られる物質が酸化・重合されることによって形成されると考えられており、そのためには移行材への空気の供給が必要であるとの仮説が50年ほど前に提唱されていましたが、その具体的な供給経路も未解明のままでした。

そこで、上述の丸太における通気経路、および長年未解明であるこれらの樹木生理を解明するための糸口は「細胞間隙の樹木内での水分状態を明らかにすること」と考え、以下の実験を進めました。

成 果

スギ生立木の胸高部位を液体窒素で凍結し、樹幹内の水分を固定した後に立木を伐採し、凍結部位から採取した試料をただちに液体窒素で保管しました。その試料を-20℃の低温室内で液体窒素から取り出し、顕微鏡観察用試料に仕上げました。凍結したままの試料を低温走査電子顕微鏡（cryo-SEM）で観察することにより、生立木時の水分状態を細胞レベルで確認することができます。

本実験の結果、写真4に示すように、辺材では仮道管がほぼ飽水状態であり、放射柔細胞も内容物で充填されている状況の中で、ほとんどの細胞間隙に水分は認められず、空隙を保っていることがわかりました。さらに、低含水率の移行材においてもほとんどの細胞間隙は空隙を保っていました。形成層帯では多くの細胞間隙に水分が認められましたが、空隙の細胞間隙も存在しました。これらの結果、放射組織中の細胞間隙は、水分で満たされた辺材の中を空気が放射方向に移動できる空間として、生立木内に存在していることが明らかになりました。すなわち、細胞間隙が 1)丸太表面から移行材に達する放射方向の通気経路であること、2)放射柔細胞の呼吸経路となり得ること、3)心材形成に必要と考えられている移行材への空気供給経路にもなり得ること、が裏付けられました。

成果の活用

本成果は、スギの心材形成機構の解明、ひいてはスギ材乾燥の機構理解や技術改良に向けての有用な知見になると考えています。成果の詳細は Nagai & Utsumi, *American Journal of Botany* 99(9):1553-1561(2012) に掲載されたほか、「兵庫の林業」（2013.1、No.263）でも内容の一部を紹介しています。

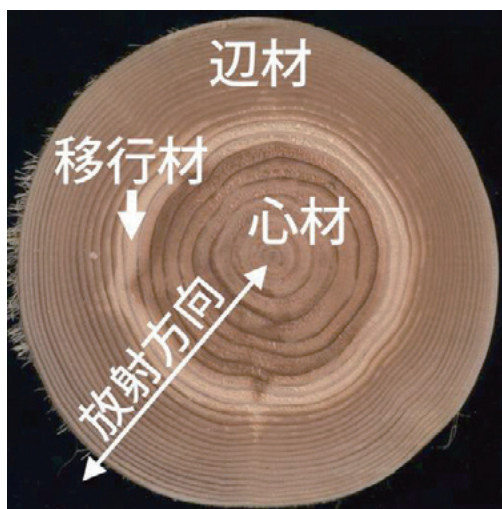


写真1 スギ木口面

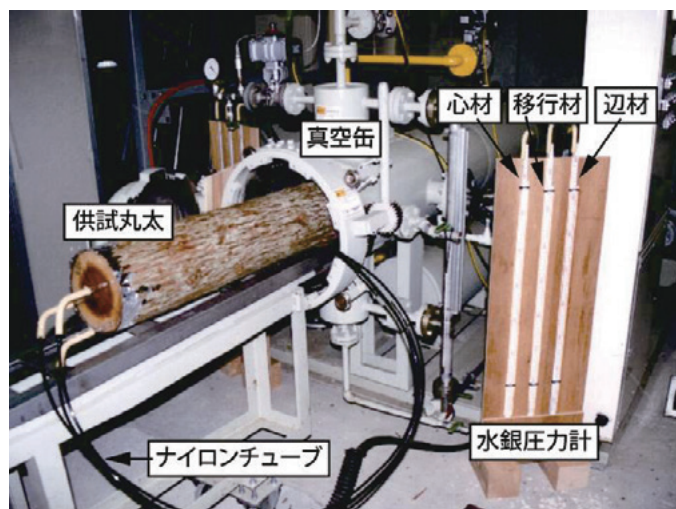


写真2 丸太の通気性実験装置

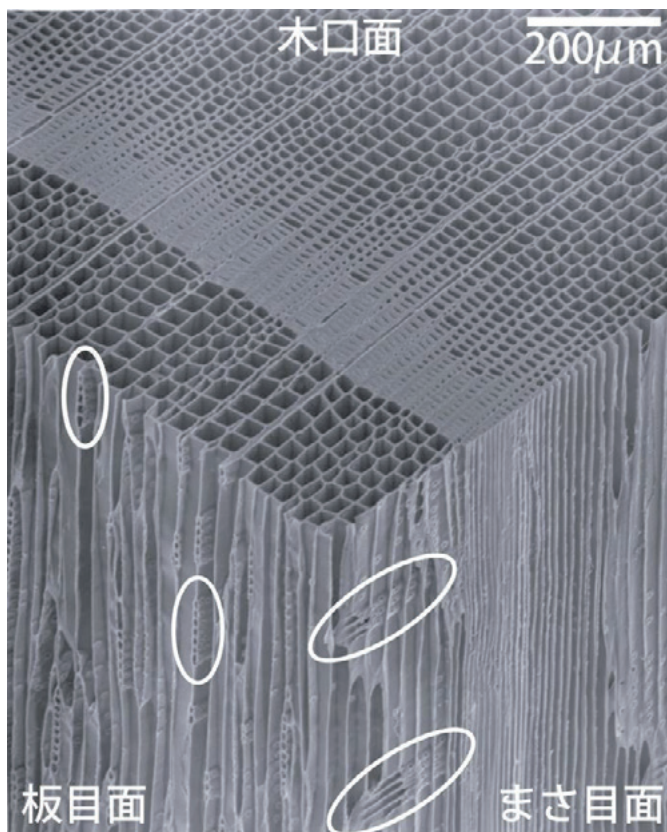


写真3 スギ3断面の走査電子顕微鏡 (SEM) 写真
楕円は放射組織を示す。

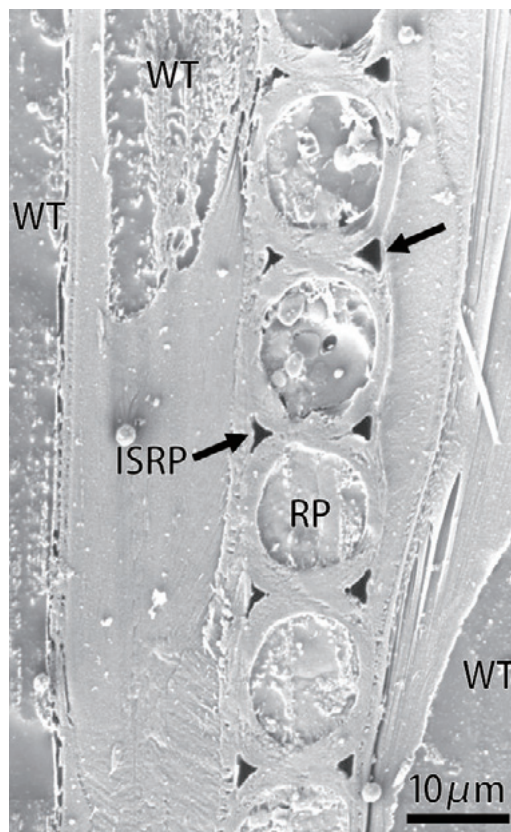


写真4 スギ辺材板目面の低温走査電子顕微鏡 (cryo-SEM) 写真

WT は水分で満たされた仮道管, RP は放射柔細胞, ISRP は放射組織中の細胞間隙を示す.
(Nagai & Utsumi, 2012)

31 耐震性・施工性に優れた厚板耐力壁の開発

奈良県森林技術センター 木材利用課 中田 欣作

研究の背景・ねらい

木造建築物で利用できる壁には、筋かい耐力壁や合板張り耐力壁などの現代構法の壁とともに、土塗り壁、面格子壁および落とし込み板壁などの伝統構法の壁があり、それらの耐震性は壁倍率として建築基準法で定められています。

伝統構法の落とし込み板壁は、現代構法の耐力壁と比べると、最大耐力は十分高いが、初期剛性が低いために耐震性の指標である壁倍率が0.6倍と低くなります。また、落とし込み板壁では施工性と施工精度が課題となります。そこで、強度性能が高く色艶等の外観が優れている奈良県産のスギ厚板を使用し、厚板のセット方法およびダボの挿入方法を改良するとともに補強板をねじ留めすることにより、施工性が良くかつ耐震性が高い耐力壁を目指しました。

成 果

新構法のスギ厚板耐力壁は、図1に示すように、土台の溝と柱および梁の片側を開放した溝に本ざね加工した厚さ30×幅150mmのスギ厚板を前面から落とし込んだ後に、厚板表面の3本の溝に厚さ15×幅21mmのアッシュ材のダボを挿入し、柱および梁に厚さ15×幅38mmのスギ受材を直径3.3×長さ35mmの木ねじで留め付けます。次に、厚板に補強板として厚さ30×幅90mmのスギ縦板および交差させた斜め板を直径4.2×長さ55mmの木ねじで留め付けて完成します。厚板耐力壁の室内側は、伝統構法の落とし込み板壁と同様に意匠性の優れた真壁となります。

各種条件の厚板耐力壁の水平加力試験を行いました(図2)。図3に示すように、ダボのみの場合(A)の壁倍率相当値は1.1倍、補強板のみの場合(B)は3.0倍、ダボに加えて補強板をねじ留めした場合(D)は4.3倍、同様にダボに加えて補強板をねじ留めするが土台および梁との間に30mmの隙間を設けた場合(C)は2.4倍になりました。これらの試験結果より計算される補強板、ダボ、木ねじおよび厚板の効果は、それぞれ1.9、1.3、1.3および0.0倍となり、補強板の効果が最も高いことが分かりました。

厚板耐力壁では、補強板、ダボ、木ねじおよび厚板の総合力によって耐力が発揮され、伝統構法の粘り強さと現代構法の初期性能が得られました。補強板は横架材へのめり込みおよび壁の圧縮変形、ダボは板相互のずれ、木ねじは壁の圧縮変形を減少させる効果があります。

厚板耐力壁は新規な耐力壁ですので、日本建築総合試験所において性能評価試験を行い(図4)、国土交通大臣の認定を取得しました。厚板耐力壁の壁倍率は2.6倍となり、壁倍率が2.0倍の二つ割り筋かい耐力壁および壁倍率が2.5倍の合板張り耐力壁と同等以上の耐震性を有しています。

成果の活用

成果は、当センターの研究成果発表会、日本木材学会などで発表しました。

厚板耐力壁は新規な耐力壁ですので、国土交通大臣へ認定を申請し、一間幅の耐力壁について壁倍率が2.6倍の認定を取得しました。大臣認定を取得することにより、県内の建築士、工務店が木造建築物に使用することが可能となりました。今後は、厚板耐力壁の製造方法および施工方法に関するマニュアルを作成するとともに、講習会を開催して技術の普及に努める計画です。

知的財産権取得状況

特許出願中：特願2010-194444、特開2012-52324「板壁耐力壁及び板耐力床」



図1 厚板耐力壁の組立作業

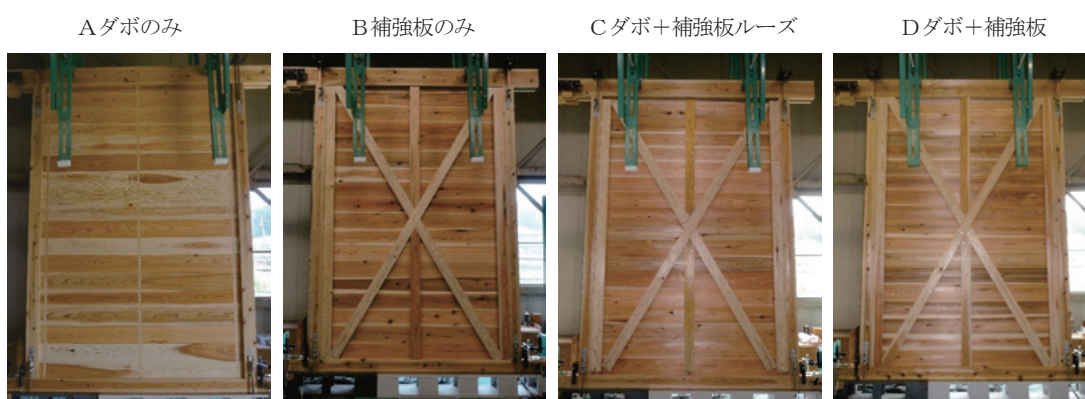


図2 各種の厚板耐力壁の水平加力試験（幅1820mm×高さ2730mm）

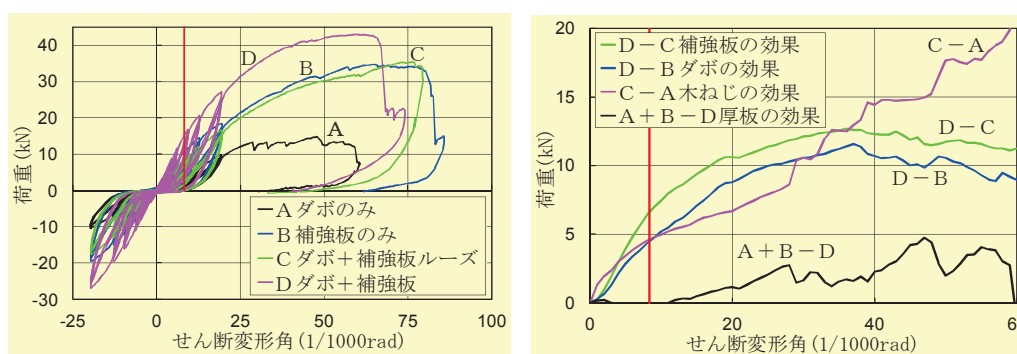


図3 水平加力試験の結果

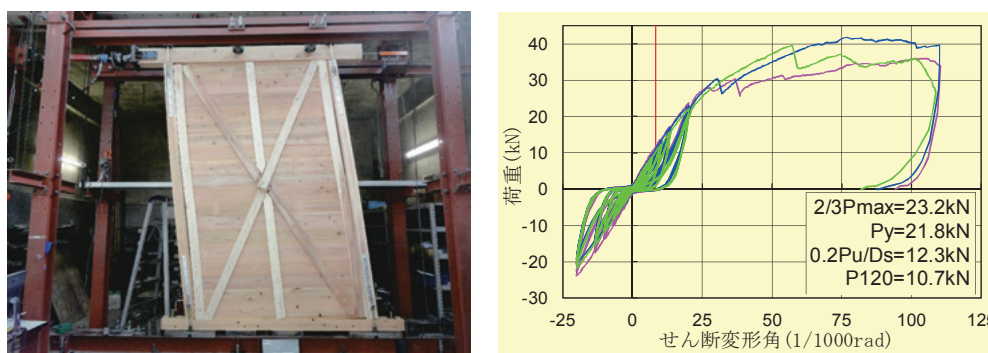


図4 日本建築総合試験所での試験と結果（幅1800mm、高さ2872.5mm）

〔問い合わせ先：奈良県森林技術センター 木材利用課 TEL 0744-52-2380〕

32 幅広集成筋かいを使用した住宅耐力壁の開発

奈良県森林技術センター 木材利用課 柳川 靖夫

研究の背景・ねらい

近年、住宅の構造面では耐震性と耐久性が重視され、新たな構法や構造が開発されています。在来軸組構法も同様で、新規の金物や仕口加工等が開発されています。一方、耐力壁として多用される筋かいそのものについては、大きな変化は見られません。筋かいは、施工が簡易である、壁倍率が明示されている、合板等の面材と併用できる、といった点が長所と言えます。その反面、強度上では施工精度による耐力の変動、耐力の方向性、といった点が指摘され、耐久性では、製材品の端部は割れが発生しやすいため、長期間の中に筋かい端部に割れが発生すると金物接合部の強度が低下し、住宅の耐震性に悪影響を及ぼす、といった問題が考えられます。そこで当センターでは、これらの課題を解決した、長期使用に耐え得る壁倍率の高い筋かい耐力壁の開発に取り組みました。

成 果

筋かいの方向性を改良して壁倍率を高めるためには、筋かいに引張力が作用した際の耐力を向上させる必要があります。そこで、筋かいの幅を 200mm に広げ、筋かいと柱および土台等との接合部（接合部）に大型の金物を使用し、取り付けの木ネジ本数を増やしました。また、壁内配線工事等を考慮して筋かいは 1 本のみとし、厚さは 45mm としました。筋かい端部での割れ対策のため、E85 同一等級構成の 7 プライスギ集成材を使用しました。この幅広の筋かい用として、ボックス型の大・小およびプレート型の大・小の、計 4 種類の新規金物を試作しました。これらを使用して接合部試験体を作製し、一方向繰り返し加力試験（図 1）を行いました。その結果（表 1）、最も高い強度を示したのはボックス型・大を使用した試験体で、最大荷重の平均値は 58.95kN でした。これは、2 倍筋かい用の市販金物を使用した試験体の約 5 倍の強度です。また、接合部の強度は木ネジの本数および長さにより決定されたことから、この接合部を使用した耐力壁の強度に対する施工精度の影響は小さいものと考えられます。

次に、ボックス型・大の金物と幅広のスギ集成材筋かいを使用して耐力壁を作製し、面内せん断試験を行いました。試験体の幅は 910mm（半間幅）および 1820mm（1 間幅、図 2）とし、最終加力の方向は、引張筋かい方向および圧縮筋かい方向としました。結果（表 2、図 3）に示すとおり、試験体幅および最終加力の方向にかかわらず、いずれの試験体も壁倍率は 4 倍以上の壁倍率を示し、当初の目標が達成されました。

成果の活用

当センターの研究成果として、業界等を対象として本年度に実施した報告会で発表し、また、（財）日本木材加工技術協会の年次大会においても発表を行い、普及を図っています。今後、県内工務店等に向けパンフレットを配布してこの耐力壁を紹介し、実用化を目指す予定です。

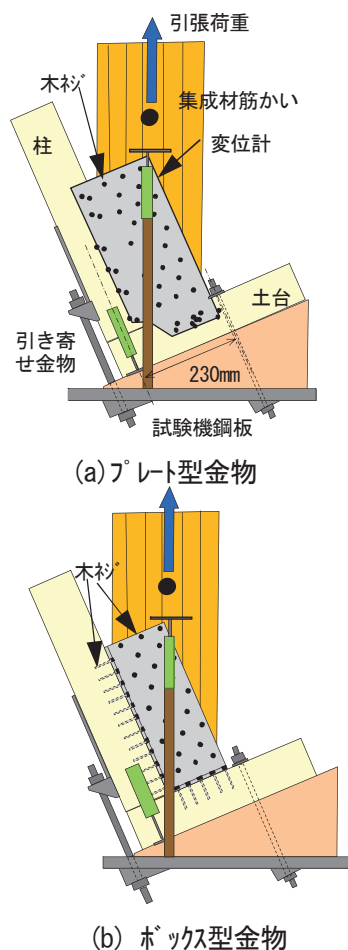


図1 接合部の引張試験

表1 接合部一方向加力試験の結果 (平均値,n=3)

筋かい幅 (mm)	200			
金物形状	プレート型		ボックス型	
金物大きさ	小	大	小	大
土台木ネジ長さ (mm)	45	45	45	65
取り付け木ネジ本数	32	42	32	42
最大荷重 (kN)	37.83	50.13	37.34	58.95
最大荷重時変位 (mm)	19.3	20.4	18.4	23.0
初期剛性 (kN/mm)	3.41	3.84	4.56	4.56
塑性率	1.99	1.77	2.91	2.76

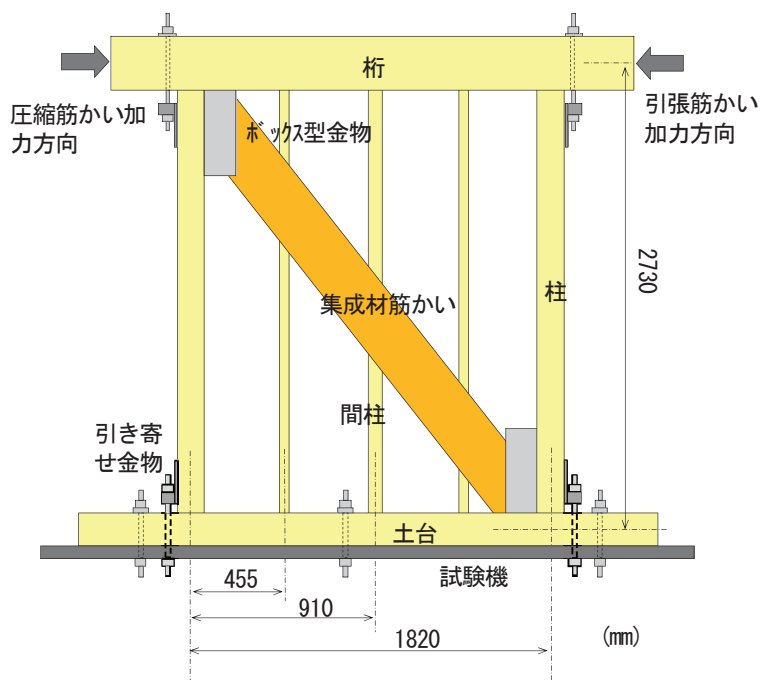


図2 耐力壁の面内せん断試験 (1間幅)

表2 面内せん断試験の結果と壁倍率

試験体幅	1間 (1820mm)			半間 (910mm)	
試験体	S1	S2	S3	SH1	SH2
最終加力方向	引張	引張	圧縮	引張	圧縮
最大耐力 (kN)	41.27	39.92	39.79	24.27	17.49
初期剛性 (kN/rad)	4011	3866	4287	1130	1334
塑性率 (μ)	2.76	3.06	2.48	2.75	2.95
破壊形態	土台及び柱の割れ	柱の割れ	間柱の曲げ破壊	筋かい接合部の破断	間柱の曲げ破壊
壁倍率					
壁倍率の算出要素	S1	S2	S3	SH1	SH2
降伏耐力 (P_y)	6.1	6.3	6.1	7.0	5.5
終局耐力 $\times \sqrt{2\mu-1}/5$	4.2	4.5	4.1	4.9	4.1
最大耐力 $\times (2/3)$	7.7	7.5	7.4	9.1	6.5
1/120 時の耐力	7.0	7.9	8.6	6.0	6.1



図3 耐力壁の破壊 (S3: 1間幅, 圧縮)

[問い合わせ先 : 奈良県森林技術センター 木材利用課 TEL 0744-52-2380]

33 高温セット法を利用した隠岐産クロマツ平角の人工乾燥

島根県中山間地域研究センター 農林技術部 石橋 正樹

研究の背景・ねらい

島根県において主要な樹種であるクロマツは、構造用材のなかでも主に梁などの横架材としてこれまで利用されてきました。隠岐島内においてはマツの蓄積のうちクロマツが9割を占めるなど、そのブランドイメージも強く定着しています。その一方で、近年構造用材の人工乾燥へのニーズが高まっていることから、品質・性能が明確な乾燥製材品としての生産技術を確立する必要があります。

本研究では、これまでスギ柱材の割れ抑制処理に広く用いられてきた高温セット法が、クロマツ平角に対しても有効であるのか、また割れ以外のねじれや曲がり等の品質にどのような影響するのかを検討しました。

成 果

島根県隠岐の島町から採取されたクロマツ丸太を使用し、粗挽き状態で150×240×4000mmに製材しました。その後高温蒸気式乾燥装置を用い、表1に示すⅠ～Ⅲの乾燥方法・条件により乾燥試験を行いました。

その結果、高温セット処理の後に中温乾燥を行ったⅢについては、炉出し直後に含水率が10.3%まで低下し、その後養生3ヶ月間はほぼ横ばいでした。高温セット処理と天然乾燥を組み合わせたⅡについては、炉出し直後に35.3%でしたが、その後の天然乾燥において徐々に含水率は低下し、養生3ヶ月目には最初から天然乾燥のみのⅠとほとんど差がなくなり、Ⅰでは4ヶ月、Ⅱについては6ヶ月で20%を下回りました(図1)。

クロマツはらせん木理に起因するねじれが大きいとされていますが、養生期間に重しによる圧縮を施すことにより、増大しようとするものについてはそれを抑制し、またねじれ、曲がりの大きいものはそれを改善する効果のあることが分かりました(図2)。

材面割れ発生の経時的な推移(図3)について、Ⅰにおいては天然乾燥が進むにつれて徐々に材面割れが伸長していき、含水率が20%前後の時点でほぼ安定することが確認できました。Ⅱにおいては、炉出し直後に材面割れが認められたものの、その時点をピークとして徐々に減少していき、6ヶ月の養生を終えた時点では、Ⅰの材面割れ面積のほぼ1/3に抑えることができました。Ⅲについても同様の傾向が見られました。

以上のことから、クロマツ平角についても高温セット法が有効に働くことが分かりました。また、高温セット法による乾燥前処理と天然乾燥を組み合わせることで、材面割れと内部割れを抑制し、なおかつねじれや曲がりを従来の天然乾燥と同等にまで抑えたクロマツ平角の乾燥を行えることが分かりました。

成果の活用

「建築用針葉樹製材の人工乾燥技術マニュアル」を作成し、県内の製材工場や関係機関に配布しました。また、製材工場や関係機関を対象に説明会を随時開催し、必要に応じて実務研修も行いながら迅速な技術普及に努めました。

表1 乾燥スケジュールの概要					
乾燥条件	供試材本数	乾燥方法	初期蒸煮	高温セット DBT/WBT	乾燥工程 DBT/WBT
I	24	天然乾燥	—		
II	24	高温セット ＋ 天然乾燥	95℃ 12hr	120℃/90℃ 24hr	—
III	24	高温セット ＋ 中温乾燥			90℃/60℃ 288hr

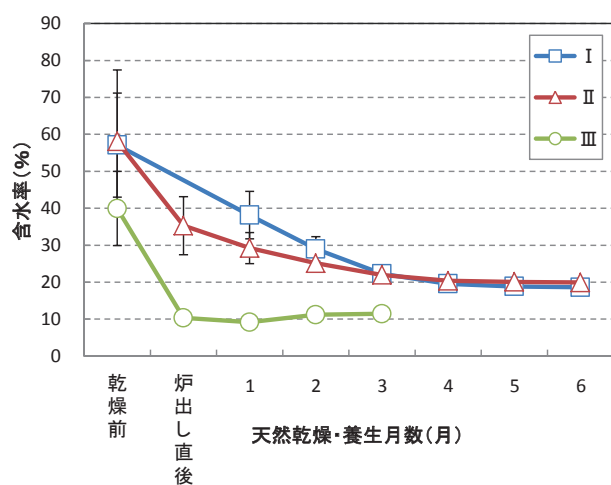


図1 含水率の経時変化

※エラーバーは標準偏差を示す

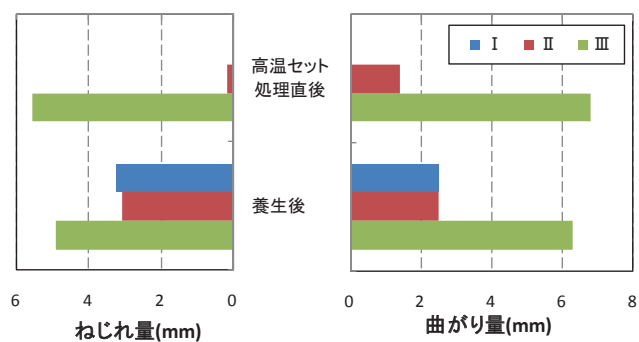


図2 ねじれ量と曲がり量の推移

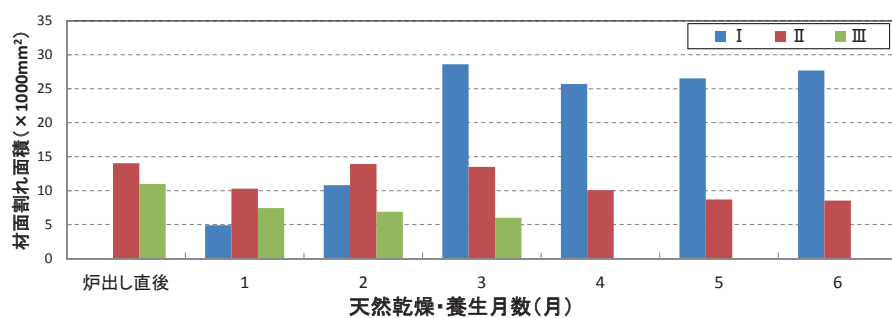


図3 供試材1本当たりの材面割れ面積の推移



写真1 隠岐産クロマツ平角製品

34 強度な列状間伐実施後の林木の成長

岡山県農林水産総合センター森林研究所 林業研究室 西山 嘉寛

研究の背景・ねらい

強度な列状間伐により、一時的に不均質な林木間隔状態を生じた林分において、林冠閉鎖の過程や残木の成長を調査することにより、将来の成長モデルや適正な施業体系を構築することを目的に研究を行いました。

成 果

- 1 列状間伐後の樹冠形状
樹冠の形状は、スギ、ヒノキともに、伐採列側より、斜面下部や斜面上部の一部で相対的に大きくなっていることが明らかになりました（図1）。
- 2 列状間伐前後の胸高直径連年成長量
胸高直径連年成長量は、列状間伐実施前では、0.1～0.4cm の範囲であったのに対し、列状間伐後は、0.2～0.7cm の範囲に増加しており（図2）、強度な列状間伐は、幹を太らせる効果があると思われます。
- 3 列状間伐前後の材積連年成長量
材積連年成長量は、列状間伐実施前では、最大 0.010m³ 程度であったのに対し、列状間伐実施後では、年 0.010～0.020m³ 台の値を多数記録しました。材積成長量は、強度な列状間伐により明らかに増加し、少なくとも列状間伐実施後 10 年間は増加傾向を維持していました。
- 4 列状間伐前後の樹高成長量
列状間伐前後で、特に樹高成長量（5 年間）が増加する傾向は認めらず（図3）、樹齢が概ね 40 年以上では、強度な列状間伐を実施しても、樹高成長には差は見られませんでした。
- 5 伐採幅と列状間伐後の年輪幅
採幅の大小に関わらず、個体によっては伐開方向と斜面上方向の平均年輪幅が相対的に大きくなる傾向が確認されました（図4、表2）。ただし、これまでの市場評価や偏倚の度合いから特に問題はない程度でした。

成果の活用

岡山県農林水産総合センター森林研究所研報 28 号、林声 No.426（岡山県林業改良普及協会発行）及び平成 23 年度岡山県農林水産総合センター森林研究所業務年報（ホームページ）で成果を公表するとともに、林業普及職員を対象とした専門研修や、森林組合職員を対象とした研修会を通じて、強度な列状間伐後の残存木について、これまでの調査結果（胸高直径連年成長、材積連年成長、樹高成長、年輪幅等）に基づく情報を提供し、材の偏倚等の懸念を払拭するとともに、伐採方法として、列状間伐が有効な手法であることを示しました。

表1 列状間伐を実施した調査林分の概要

調査 プロット No	樹種	林齢 (年)	斜面 方位	標高 (m)	列状間伐 実施年 (年)	間伐実施後 の経過年数 (年)	プロット 面積 (m ²)	立木密度 (本/ha)	材積間伐率 (%)	平均樹高 (m)	平均胸高直径 (cm)	平均樹冠直径 (m)	樹冠投影 面積合計 (m ²)	樹冠投影 面積割合 (%)
1	ヒノキ	56	S	650-670	2002	9	529	567 (1,098)	46.5	17.6 ± 0.6	25.3 ± 5.2	2.7 ± 0.5	182.8	34.6
2	ヒノキ	54-56	S	610-630	2002	9	400	725 (1,375)	48.2	17.7 ± 0.6	24.9 ± 4.4	3.0 ± 0.5	206.6	52.2
3	ヒノキ	58-59	SE	630-650	2002	9	300	833 (1,300)	36.7	16.4 ± 1.0	24.6 ± 3.1	2.8 ± 0.3	152.3	50.8
4	スギ	55-59	SW	470-490	2001	10	980	357 (602)	40.0	22.5 ± 1.1	38.3 ± 7.4	2.9 ± 0.4	236.0	24.1
5	スギ	52-54	E	620-640	2001	10	864	300 (648)	41.4	22.6 ± 1.3	32.8 ± 6.7	2.6 ± 0.4	139.6	16.2
6	スギ	53-55	SW	560-580	2003	8	1,095	384 (759)	49.8	21.4 ± 1.0	29.5 ± 4.6	2.4 ± 0.4	197.4	18.0
7	ヒノキ	50-53	E	640-660	2001	10	575	452 (870)	38.9	17.0 ± 0.5	27.7 ± 4.4	2.4 ± 0.7	121.8	21.2
8	ヒノキ	54-58	SW	580-600	2003	8	805	472 (770)	39.2	15.7 ± 0.5	27.0 ± 3.2	2.7 ± 0.5	226.2	28.1
9	ヒノキ	50-53	S	520-540	2001	10	575	365 (748)	50.6	15.7 ± 0.4	25.3 ± 5.2	3.1 ± 0.4	247.4	43.0
10	ヒノキ	54	E	750-770	2002	9	805	609 (981)	36.8	14.4 ± 0.6	23.4 ± 3.6	2.0 ± 0.4	165.7	20.6
11	ヒノキ	47-52	SE	740-760	2002	9	575	400 (817)	50.5	14.0 ± 1.1	22.2 ± 3.6	2.4 ± 0.3	109.6	19.1

注. カッコ内の立木密度本数は列状間伐実施前段階の数値を示す

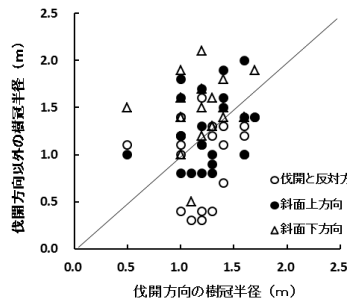


図1 伐開方向の樹冠半径と伐開方向以外の樹冠半径の関係

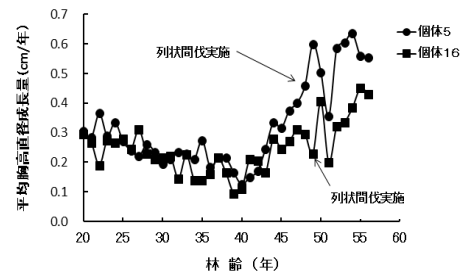


図2 胸高直径連年成長量の推移 (調査プロットNo.1)

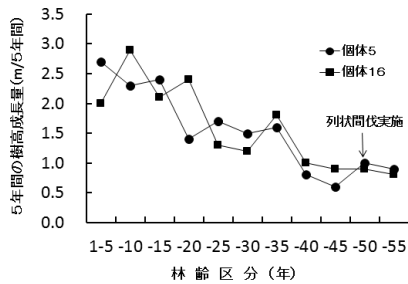


図3 5年間の樹高成長量の推移 (調査プロットNo.1)

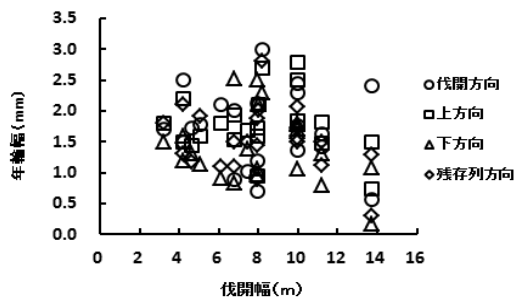


図4 伐開幅と年輪幅の関係

表2 個体ごとの斜面方向別年輪幅の比較

調査 プロット	個体 (No)	樹種	樹齢 (年)	Kruskal-Wallis検定	
				P値	備考
1	5	ヒノキ	56	0.7951	
	16	ヒノキ	56	0.4532	
2	3	ヒノキ	54	0.9840	
	17	ヒノキ	56	0.0003 **	伐開方向大
3	4	ヒノキ	59	0.1410	
	11	ヒノキ	58	0.0098 **	伐開方向大
4	6	スギ	55	0.0023 **	上・伐開方向大
	13	スギ	59	0.2227	
5	2	スギ	54	0.0001 **	上・伐開方向大
	23	スギ	52	0.0001 **	伐開方向大
6	8	スギ	53	0.0046 **	上方向大
	12	スギ	55	0.0216 *	下方向大
7	5	ヒノキ	50	0.0234 *	上方向大
	21	ヒノキ	53	0.0084 **	伐開反対方向大
8	6	ヒノキ	54	0.8365	
	32	ヒノキ	58	0.6560	
9	6	ヒノキ	53	0.0262 *	上方向大
	12	ヒノキ	50	0.0391 *	下方向大
10	15	ヒノキ	54	0.0868	
	21	ヒノキ	54	0.0357 *	伐開・伐開反対方向大
11	5	ヒノキ	52	0.0027 **	伐開方向大
	16	ヒノキ	47	0.0093 **	上方向大

注1. 間伐後の4方向の年輪幅の大きさを比較

2. **, *はそれぞれ1%, 5%水準で有意であることを示す

35 徳島県産スギツーバイフォー部材の強度性能

徳島県立農林水産総合技術支援センター森林林業研究所 次世代林業担当 坂田 和則

研究の背景・ねらい

近年ツーバイフォー住宅の建築戸数が増加してきており、特に「公共建築物における木材利用促進法」の施行以降、準耐火構造が要求される福祉施設等の中規模木造建築物で需要が高まることが予想されています。しかしながら、その部材にはほとんど外材（SPF）が使用されており、強度や流通コストの課題等があり、国産材の利用は本格的なものとはなっていません。

そこで県産スギのツーバイフォー部材としての需要拡大を目的とし、204～212の5種類のサイズについて、曲げ、圧縮、引張り、せん断、めり込み試験を行い強度データを収集しました。

なお、この試験は平成21年度林野庁補助事業2×4住宅部材の開発事業において、大利木材㈱が事業主体となり、当研究所と協力して行ったものです。

成 果

試験は（社）日本ツーバイフォー建築協会発行「2007年枠組壁工法建築物構造計算指針」の第Ⅴ編材料及び接合部の許容応力度等を定める試験・評価方法とその解説に準じて行いました。

曲げ試験等各試験を写真1～5に示しました。また、試験結果を表1に示しました。

- (1) 動的ヤング係数：すべての平均値は $6.90 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ でした。SPF材の基準弾性係数は $9.6 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ ですので、それに比べると約30%低い値となりました。
- (2) 曲げ強度：下限値の平均値は 22.4 N/mm^2 となりました。国土交通省告示ではSPF材甲種2級の曲げの基準強度は 21.6 N/mm^2 です。試験結果の下限値は204サイズを除き同等以上となりました。
- (3) 引張り強度：下限値の平均値は 14.7 N/mm^2 となりました。SPF材甲種2級の引張りの基準強度は 11.4 N/mm^2 です。すべてのサイズでこの値を上回っていました。
- (4) 圧縮試験：下限値の平均値は 22.4 N/mm^2 となりました。SPF材甲種2級の圧縮の基準強度は 17.4 N/mm^2 です。201サイズを除きこの値を上回っていました。
- (5) せん断試験：下限値の平均値は 2.03 N/mm^2 となりました。SPF材のせん断の基準強度は 1.8 N/mm^2 ですが、桁目面、板目面とも概ねこの値を満たしました。
- (6) めり込み試験：下限値の平均値は 3.35 N/mm^2 となりました。SPF材の材中間部のめり込みの基準強度は 6.0 N/mm^2 ですが、これは現在とは異なる試験方法により決められたもので、直接の比較はできません。

成果の活用

本研究により、スギがSPF材と強度では競合できる可能性を見いだせましたが、信頼性向上とのため、目視選別技術の向上と場合によっては機械を用いた等級区分の併用が必要になると思われます。

一方、SPF材と競争するためには製材コストが重要な要素となってくることから、効率的な製材・選別方法は、大きな検討課題です。

今後、日本農林規格の改訂を視野に入れ、未成熟材や平均年輪幅と強度との関係の調査を行う予定です。



写真1 曲げ試験



写真2 引張り試験



写真3 圧縮試験



写真4 せん断試験



写真5 めり込み試験

表1 試験結果一覧

項目 サイズ	動的 ヤング係数	曲げ強度	引張強度	圧縮試験		せん断 強度	めり込み 強度
	平均値 (10^3N/mm^2)	下限値 (N/mm^2)	下限値 (N/mm^2)	下限値 (N/mm^2)	方向	下限値 (N/mm^2)	下限値 (N/mm^2)
204	6.12	18.3	14.2	22.9	桁目面	2.27	3.20
206	6.31	23.6	16.4	24.0			
208	8.61	26.1	15.3	23.9	板目面	1.79	3.50
210	6.61	21.8	12.9	17.0			
212	6.84	22.4	—	24.4	平均値	2.03	3.35
平均値	6.90	22.4	14.7	22.4			

試験体数は、すべて30

36 愛媛県産ヒノキ材ブランド化推進事業について

愛媛県農林水産研究所林業研究センター 田中 誠

研究の背景・ねらい

愛媛県は平成 19 年度以降ヒノキの素材生産量日本一となり、林齢も 11 齢級へと移行しつつあることから、質・量ともに成熟期を迎えつつあります。このような中、県内のヒノキ生産地である南予で鹿害が大きな問題となっておりと同時に、国産材を取り巻く情勢も円高や住宅着工戸数の減少など厳しさを増しています。そこで、県産ヒノキ材の需要拡大を図る為、原木・製品の強度試験、実態調査、製材所の技術の向上試験、新製品（梁桁材）の強度試験、乾燥技術開発試験等を行い、これらのデータをもとに、県内製材業者等が組織する愛媛県産材製品市場開拓協議会での愛媛ヒノキブランド材基準を策定し、平成 23 年度からは東京都で関東以北の業者に向けて知事のトップセールスを行うとともに、遠距離運賃への助成制度を開始するなど官民一体となった取組を継続中です。（今回は事業で行った乾燥技術開発試験について報告します。）

成 果

1 県内で生産される乾燥材の実態調査

本県の製材業者 3 社から乾燥材（各ヒノキ 12cm 正角、長さ 3.0 m 各社 15 本）について乾燥状態を調査したところ、含水率平均が 10% 近くの試験体が多く、材の内と外の差も 10% 程度で均一に乾燥されていましたが過乾燥の傾向が見られました。内部割れは含水率 10% 前後の試験体において急激に長さが増加していることから、県産ヒノキ柱材の乾燥目標を内部割れの少ない乾燥方法と決めました。

2 県産ヒノキ柱材の内部割れの少ない乾燥試験

蒸気式乾燥機で材面割れ及び内部割れの抑制を目的に、目標含水率を 15% とし、高温（DBT120℃ と DBT110℃）と中期以降を中温乾燥（DBT90℃ と DBT80℃）の組み合わせで 3 つの乾燥試験を行いました。（各試験、県産芯持ちヒノキ材 4 m × 135mm 正角材：30 本、蒸煮 92℃、8 時間）。試験の結果、乾燥初期の高温（DBT120℃、WBT90℃）を 18 時間以内とすることで内部割れの抑制効果が見られ、図 1 のとおり実態調査をおこなった柱製品より非常に小さい値となりました。

3 県産ヒノキ新製品（梁桁材）の乾燥試験

強度試験の結果を参考に、県産ヒノキ新製品を梁桁材に定め乾燥試験をおこないました。1 試験に 9 本の梁桁材（240mm × 120mm、長さ 4 m）を使い、材面割れ及び内部割れの抑制、乾燥前後の材色の変化が少ないことを目的に表 1 の①～③の試験を行いました。結果、全試験で材面割れはほとんどが 10cm 以内の木口割れとなり、抑制効果がみられました。また、内部割れについてはセット温度 120℃（試験①）に比べ 110℃（試験②③）で極端に少ない結果となり（図 2）、乾燥前後の $L^*a^*b^*$ 表色系での測定値の変化は試験③で最も色差が少なくなりました（図 3）。

成果の活用

これらの研究成果は、当センターのイベント他、関係業者等を集めて発表しています。また、平成 23 年に定められた愛媛ブランド材基準の基礎データとなるとともに、同年 11 月に東京都新木場で開催された愛媛県産材フェア（写真 1）では、関東以北の企業 95 社に対し知事のトップセールスと合わせ、本事業の試験成果についてパネル展示等を行ない、愛媛県産ヒノキ材の良さについて PR を行ないました。また、県内製材業者の乾燥技術の向上を目的に、技術講習会の開催、製材所の個別指導等を実施しているところです。

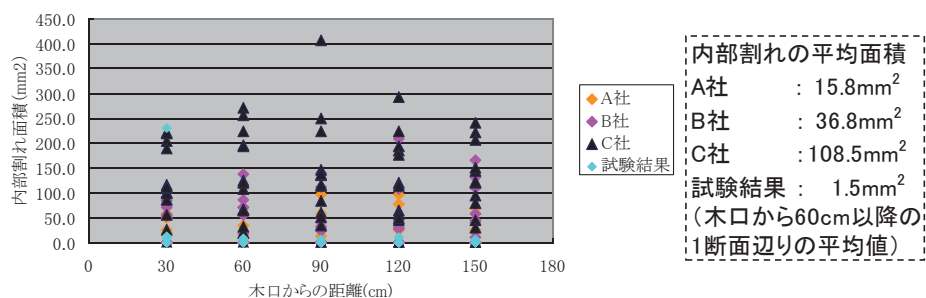


図1 ヒノキ正角材の木口からの距離と各断面の内部割れ面積

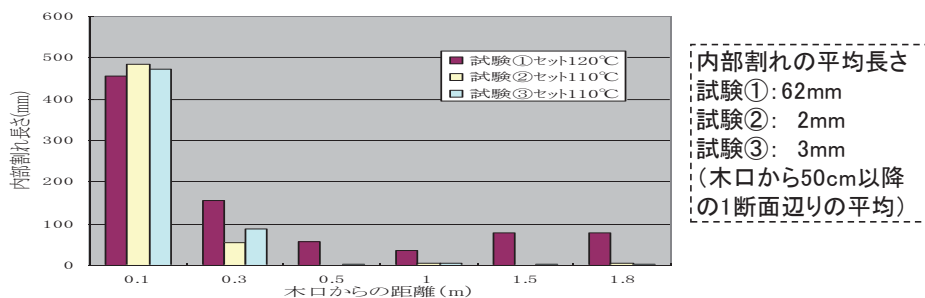


図2 ヒノキ梁桁材の木口からの距離と内部割れ長さ

表1 梁桁乾燥試験のスケジュールと含水率

区分	蒸煮		セット				中温		含水率	
	温度	時間	温度		時間	乾球	湿球	時間	乾燥前	乾燥後
			乾球	湿球						
試験①	95	8	120	90	18	90	60	90	54.9%	12.0%
試験②	92	8	110	80	18	90	60	114	40.1%	16.0%
試験③	92	8	110	80	18	80	50	160	61.3%	14.3%

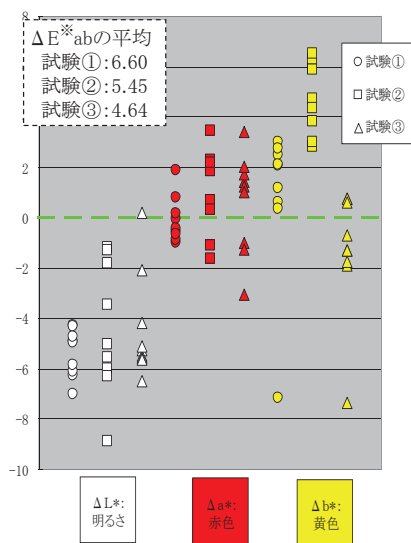


図3 ヒノキ梁桁材の乾燥前後の色の变化



写真1 愛媛県産材フェア

37 長尺接着重ね梁の製造方法に関する研究

高知県立森林技術センター 盛田 貴雄

研究の背景・ねらい

大きな空間を有する木造の公共建築物等で使用される梁桁材は、一般に流通していない大断面、長尺のものが必要となり、無垢材での対応が困難となります。このような建築物では構造用集成材が多く使用されていますが、梁桁材があらわしとなる建築物の設計では、集成材の人工的な外観を好まない設計者も多く、構造用集成材工場の無い高知県においては、無垢材に近い外観を持ち、一般流通柱材等を使用して大断面、長尺材にすることができる接着重ね梁を県内で製造して使用していく必要があります。本研究では、手締めクランプと小型機械プレス及び1液性ウレタン系接着剤を使用して製造した接着重ね梁の曲げ性能と接着性能について、主に構造用集成材の品質基準への適合性を調べました。

成 果

試験体寸法は幅 120mm、梁せい 360mm、長さ 6000mm で、構成は 120mm 角 6 m 柱材の 3 段積層、樹種はスギ及びヒノキとしました。接着剤は、1 液性ウレタン系接着剤を用いました。そして、曲げ性能試験、接着性能試験を行い、構造用集成材の品質基準への適合性を調べました。曲げ性能試験は「構造用木材の強度試験方法」((財)日本住宅・木材技術センター)に従って行いました。試験により得られた曲げヤング係数及び曲げ強さを、「構造用木材の強度試験方法」に従い、構造用集成材の標準試験条件時の値に調整しました。接着性能試験は「集成材の日本農林規格」に従って、浸せきはく離試験、煮沸はく離試験、ブロックせん断試験(構造用集成材、使用環境 C)を行いました。

今回の製造条件では、手締めクランプ、小型機械プレスともに、構造用集成材の標準的な圧縮圧力(0.5~1.0N/mm²)よりも低い圧縮圧力で製造しましたが、曲げ性能、接着性能ともに概ね構造用集成材の品質基準を満たしており、圧縮圧力の影響は認められませんでした。今回は、柱材のヤング係数を乾燥後の粗挽き状態での管理とし、スギでは E70 の中央値(6.9kN/mm²)以上、ヒノキでは E110 の中央値(10.8kN/mm²)以上の材を抽出し、さらに圧縮側から低い順に 3 段配置する方法によって試験体を製造しましたが、スギでは対称異等級構成集成材 E65-F225、ヒノキでは対称異等級構成集成材 E105-F300 の曲げ性能を満たすことが確認されました。

成果の活用

平成 22 年度には「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行されており、接着重ね梁の主な用途である公共建築物での使用を拡大するため、特に設計者と協力しながら接着重ね梁の仕様と強度性能の関係を整備していきます。この際、一般に流通している断面、長さの材を使用した接着重ね梁の製造方法(強度設計方法、縦継ぎ方法を含む)に重点を置いて検討を進めていきます。

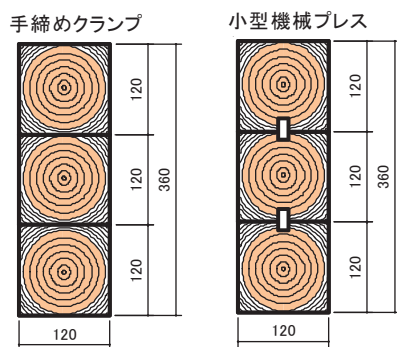


図1 試験体断面(mm)

スギ	ヒノキ	
7.1	11.1	圧縮側
8.3	12.0	
8.4	12.3	引張側

図2 柱材ヤング係数(kN/mm²)の配置例

※小型機械プレスについては、製造時のズレ止めに14×28mmのベイツガ材を中央に挿入

※ヤング係数は乾燥後粗挽き状態の値 スギ 6.9kN/mm²(E70 中央値)以上、ヒノキ 10.8kN/mm²(E110 中央値)以上の材を圧縮側から低い順に配置

表1 試験体製造条件

圧締方法	樹種	試験体数	塗布量	圧締圧力	圧締時間
手締めクランプ	スギ	6	約680g/m ²	約0.5N/mm ²	6時間以上
	ヒノキ	6			
小型機械プレス	スギ	6	約680g/m ²	約0.35N/mm ²	6時間以上
	ヒノキ	6			

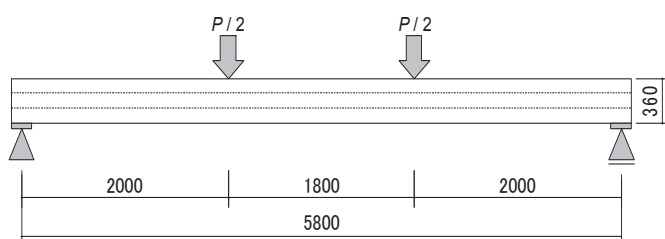


図3 曲げ試験方法(mm)

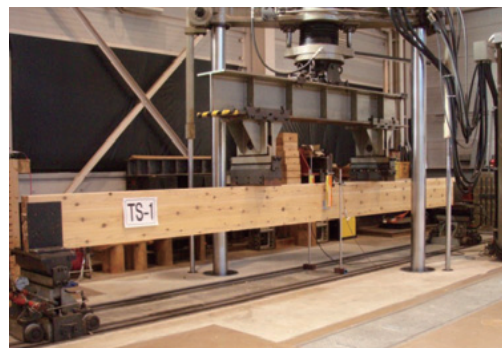


図4 曲げ試験状況

表2 試験体の曲げヤング係数と曲げ強さ

試験体	曲げヤング係数(kN/mm ²)	曲げ強さ(N/mm ²)
スギ	6.2~7.1 (平均6.8)	28.0~42.4
ヒノキ	9.9~10.9 (平均10.5)	37.3~56.3

※参考値: 対称異等級構成集成材 E65-F225 (E_b 平均値: 6.5kN/mm², E_b 下限値: 5.5kN/mm², f_b : 22.5N/mm²)

対称異等級構成集成材 E105-F300 (E_b 平均値: 10.5kN/mm², E_b 下限値: 9.0kN/mm², f_b : 30.0N/mm²)

※試験体の曲げデータを構造用集成材の標準試験条件に調整した値

[問い合わせ先: 高知県立森林技術センター 資源利用課 TEL 0887-52-5105]

38 塗布処理による木質土木資材の耐久性向上に関する研究

佐賀県林業試験場 山口 修

研究の背景・ねらい

木材を土木資材として野外で使用する場合、耐久性への不安から積極的な利用につながっていない状況です。また、木材の防腐処理剤として使用されてきたクレオソート油の成分中に発癌性の高い物質等健康を害する恐れのある物質が含まれていることが報告され、現在は、その物質を環境基準の規定値以下に抑えた環境配慮型クレオソート油が使用されるようになっていますが、野外で実際の土木構造物等に塗布処理で使用した場合の防腐処理効果については、まだまだ情報が少ないのが現状です。

このため、環境配慮型クレオソート油等で塗布処理した既設木製構造物や野外暴露試験杭の耐久性調査を実施し、各防腐処理方法による木材の耐用年数を明らかにすることにより、県産材の需要拡大を図るための資料を得ることを目的に、この研究に取り組みました。

成 果

木質土木資材の耐久性調査は、二本立てで行いました。一つは治山・林道事業で施工された木製構造物の耐久性調査、もう一つは塗布処理により様々な防腐処理を施した直径10cm、長さ1.0～1.2mの丸棒加工杭を林業試験場内の野外に設置し、野外暴露試験として半年ごとに耐久性を調査したものです。

耐久性調査には、ピロディンを使用しました。ピロディンは、直径2.5mmの鋼鉄製ピンをバネの力で木材に打ち込み、貫入深度により木材の腐朽度合を測定する木材試験器です。腐朽のない木材では10～20mmの貫入深度を示しますが、腐朽が木材表面から内部まで進行した状態では30mmを超える貫入深度を示すようになります。今回は、貫入深度が30mmまでを木材の耐用限度としました。

既設木製構造物の耐久性について、治山事業20地区については平成11～18年度に施工された51箇所、1,646本を調査しました。林道事業6路線については平成10～19年度に施工された51箇所、830本を調査しました。調査結果を表1に示します。塗布処理なしの場合、皮付き丸太筋工の耐用年数は3年、皮なしの落石防止柵工緩衝材の耐用年数は10年と考えられます。丸太筋工は、木材が土に接した湿った条件で使用されるのに対し、落石防止柵工緩衝材は、地面に接しない比較的乾いた条件で使用されます。このように、木材の加工の仕方や木材の使われる環境の違いによって、耐用年数が大きく違うことが分かりました。また、施工後8年までの調査結果から、環境配慮型クレオソート油塗布の木製構造物には、従来のクレオソート油で処理された木製構造物とそれほど変わらない防腐効果があると推測できました。

丸棒加工杭を用いた野外暴露試験は平成11～18年度にかけて設置したもので、総本数は245本です。野外暴露試験の調査結果を表2に示します。従来のクレオソート油に代わる塗布処理として、市販の防腐処理剤を塗布して行った試験では、従来のクレオソート油塗布処理材が耐用年数7年だったのに対し、市販の防腐処理剤塗布も6年ほどの耐用年数が認められ、従来のクレオソート油に近い防腐効果があることが分かりました。

以上の結果から、環境配慮型クレオソート油は、コスト的にも従来のクレオソート油に代わる塗布処理剤として、十分使用できると考えられました。

成果の活用

成果については、木製構造物耐久性調査中間報告書（林道編）を発行し、県内関係機関に配布したほか、ホームページにも掲載して情報発信を行いました。また、平成20年度日本森林学会九州支部大会において発表課題「木質土木資材の耐久性調査」、平成22年度日本森林学会九州支部大会において発表課題「木質土木資材の耐久性」、平成24年度日本木材学会九州支部大会において発表課題「土木分野における木質構造物の耐久性について」で研究発表を行いました。

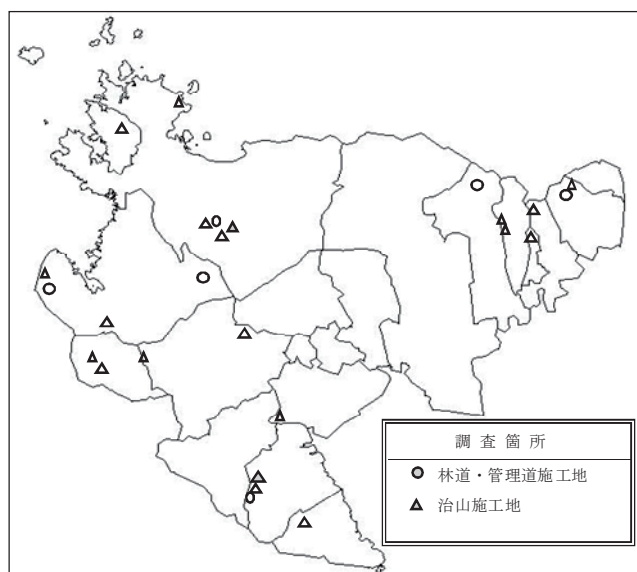


図-1 木製構造物調査箇所位置図

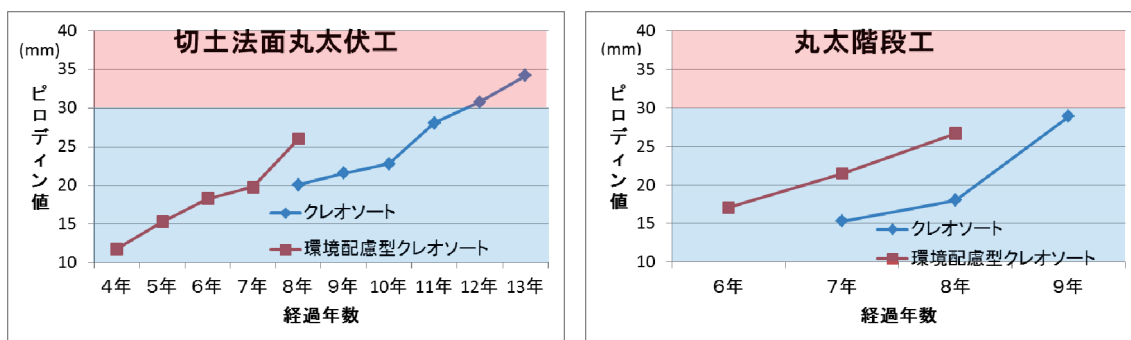


図-2 ピロディン貫入深度の経年変化

表-1 木製構造物の耐用年数

防腐処理区分	工種	調査結果による耐用年数
無処理	丸太筋工	約3年
	落石防止柵工(緩衝材)	約10年
クレオソート油	切土法面丸太伏工	約11年
	丸太階段工	9年以上
環境配慮型クレオソート油	切土法面丸太伏工	8年以上
	侵入防止柵工	8年以上
	丸太筋工	8年以上
	丸太階段工	8年以上
	丸太積工	6年以上
	丸太柵工	6年以上

表-2 野外暴露試験結果

防腐処理区分	調査結果による耐用年数
クレオソート油塗布	7.0年
環配型着色クレオソート油塗布	6.0年
環境配慮型クレオソート油塗布	6.0年
廃油加熱加圧処理	6.0年
ゴム系シリコン塗布	6.0年
ワニス系シリコン塗布	5.5年
パラフィン煮沸処理	4.0年
スギ(皮無)木酢液浸漬	4.0年
スギ(皮無)無処理	4.0年
スギ(皮付)無処理	2.5年

39 安全・安心な乾燥材生産技術の開発 —九州地方産スギの内部割れと強度性能の関係解明—

熊本県林業研究指導所 林産加工部 横尾 謙一郎・池田 元吉・遠山 昌之

研究の背景・ねらい

現在、スギなどの心持ち材乾燥においては材面割れを抑制する高温セット処理が広く普及しています。しかし、高温セット処理後に高温乾燥を行った場合など、乾燥条件によっては内部割れの発生する場合があります。割れの発生のしやすさは被乾燥材の材質によりますので、乾燥材の品質を向上させるには、品種による乾燥前含水率や材質の違いを勘案することが不可欠です。そこで、熊本県において製材流通量が多いスギ品種のうち、生材含水率が低いアヤスギと高いオビスギ、苗木生産量の大部分を占め、県内外で広く植栽されているシャカインを選定し、乾燥処理別における内部割れの発生状況、内部割れと各強度性能の関係について検討しました。

なお、本研究は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「安全・安心な乾燥材生産技術の開発（平成21～23年度）」の一部として実施しました。

成 果

1 内部割れの発生状況

スギ3品種の心持ち正角について、表1の条件のとおり、①高温セット＋高温乾燥、②高温セット＋中温乾燥、③天然乾燥の3条件による乾燥試験を行い、内部割れ発生状況を調べました。その結果、高温で乾燥する条件①では、生材含水率が低いアヤスギが他の品種に比べ、過乾燥による内部割れが多く発生しました。一方、中温乾燥で乾燥時間が長くなった条件②では内部割れの抑制効果があきらかでした（図1）。なお、天然乾燥では、内部割れは発生しませんでした。

2 内部割れが強度性能に与える影響

3条件で乾燥した3品種について、曲げ試験、縦圧縮試験、せん断試験を行い、これらの強度性能と内部割れの面積との関係について検討しました。なお、各強度性能については含水率による補正を行いました。内部割れが相対的に多い条件①では、せん断強度の低下が認められ、曲げ強度（図2）、縦圧縮強度では低下が疑われる結果となりました。いずれの強度性能についても、内部割れの面積との相関関係は確認されませんでした。一般的にも、材の密度が高い方が、強度性能は高く（図3）、一方で収縮率は大きいため、内部割れの発生量が多い傾向にありました（図4）。したがって、乾燥材の強度には、割れによる材の欠損よりも、基本的な材質の影響が大きく現れるものと考えられました。

成果の活用

本研究に参加した13機関で作成した「安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアル」に記載された内部割れの発生が少ない乾燥スケジュールを、業界団体の講習会等で活用するとともに、製材工場等の関係者に普及しました。

表 1 用いた乾燥条件

乾燥条件	乾球温度(°C)	湿球温度(°C)	時間(h)	備考
高温セット	90	92	16	蒸煮
高温乾燥	120	90	24	
	110	80	24	
	105	75	24	
	100	70	120	
中温乾燥	60	40	240	
天然乾燥			約1年間	

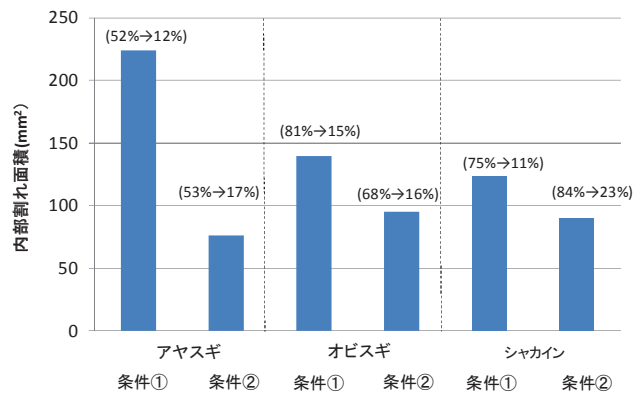


図 1 各品種の内部割れ発生量

図中の (○%→○%) は乾燥前後の含水率

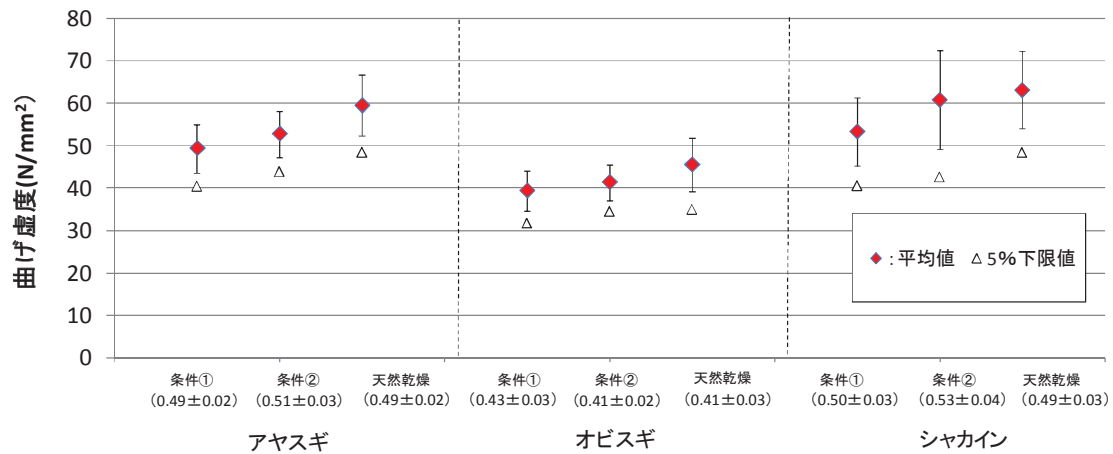


図 2 各品種の曲げ強度

図中の () は (平均密度±標準偏差 (g/cm³))

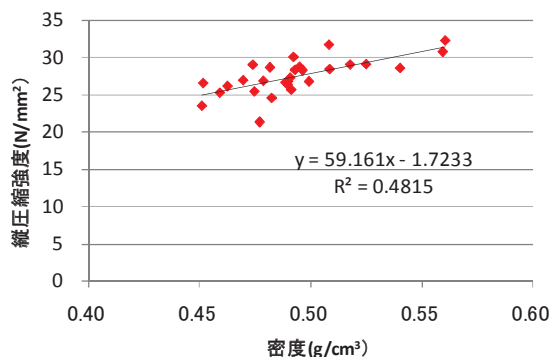


図 3 アヤスギの密度と縦圧縮強度の関係

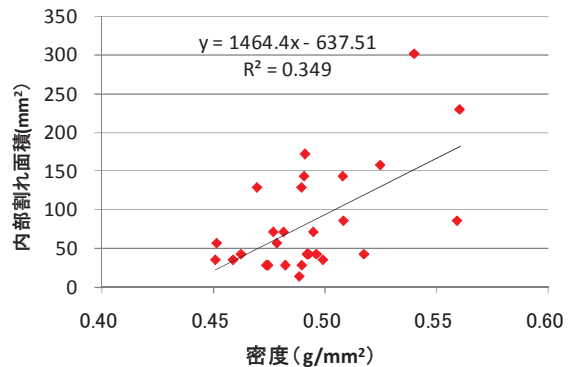


図 4 アヤスギの密度と内部割れ面積の関係

[問い合わせ先：熊本県林業研究指導所 林産加工部 TEL 096-339-2242]

40 竹炭製品の吸放湿および結露防止効果

鹿児島県工業技術センター 地域資源部 小幡 透

研究の背景・ねらい

鹿児島県は全国有数の竹の産地ですが、竹材として用いられている量は蓄積量の1割にも満たず、未利用竹材の有効利用が急務の課題となっています。著者らは以前より、竹材の有効利用の1つとして竹炭としての利用を考え、竹炭の物性や機能性に関する研究を行ってきました。炭化物の調湿や脱臭効果については以前より知られており、竹炭をはじめとする炭化物製品は、床下調湿材や脱臭材として用いられています。本研究では、特に竹炭の調湿性能に着目し、住宅等で発生する結露の問題を解決するために、竹炭ボードをはじめとする炭化物製品による結露防止効果を見いだすことにより、調湿・結露防止・ガス吸着等の様々な機能を持つ住宅用竹炭ボードを開発することを目的としました。

成 果

1 炭化温度別竹炭の吸放湿試験

400～900℃で炭化した竹炭を用いて、相対湿度を一定とし、雰囲気温度を10～50℃の間で変化させた場合の竹炭の含水率を求めました。その結果、炭化温度の高い方が含水率は高く、また雰囲気温度が高くなるにしたがって竹炭の含水率が減少することが明らかになりました(図1、2)。一般的に温度が高いと分子運動が活発になることから、この場合にも温度が高いほど水分子の動きが活発になり脱着量が多くなったことから、含水率が低下したものと考えられます。

2 モデル空間における湿度の挙動

結露試験装置(図3)の試験区に250×240×5mmの竹炭ボードを2枚設置し、試験区および対照区の換気回数が約1回/時間になるようにライン1のみに空気を送り、恒温槽2の温度を12時間毎に15℃と25℃になるように設定したときの試験区および対照区の湿度を測定しました。なお、竹炭ボードは吸湿能力の比較的高い炭化温度800℃の竹炭を用いて製造しました。その結果、対照区では雰囲気温度が変化するとき湿度の急激な変化が見られましたが、試験区では湿度の変化が抑制されていたことから、竹炭が水蒸気を吸着および放出していることが示唆されました(図4)。

3 密閉空間における結露防止効果の検討

結露試験装置の恒温槽2の部分だけ用い、試験区および対照区を密閉系にして、水を100mlずつ入れたビーカーをそれぞれ設置し、さらに試験区には粒状竹炭100g(炭化温度800℃)を設置して、恒温槽の温度を30℃から15℃に変化させたときの試験区および対照区の様子を観察しました。対照区の内壁には結露が見られましたが、試験区はほとんど結露していなかったことから、竹炭が雰囲気空気中の水蒸気を吸着しており、結露防止にも有用であることが示唆されました(図5)。

成果の活用

これまでの研究で、竹炭ボードは他の建築材料(石膏ボード、セラミックボード等)と比較して同等以上のガス吸着性能を持つことが明らかになっています。本研究により竹炭や竹炭ボードが結露防止に有用であることが示唆され、また竹炭をはじめとする炭化物製品は、調湿・ガス吸着など複数の機能を持つことから、竹炭ボードは室内環境を改善する住宅用建材として有用であることが期待されます。

知的財産権取得状況

特開 2008-087348 「木炭ボード及びその製造方法」

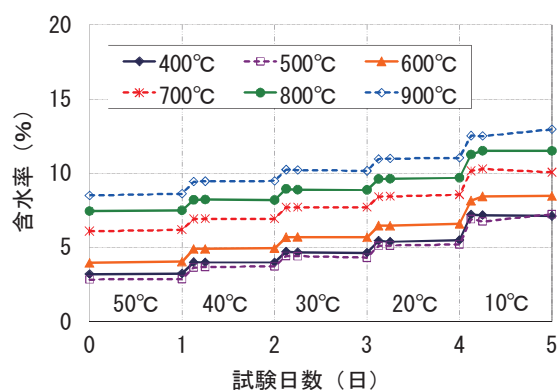


図1 相対湿度 50%における竹炭の吸放湿試験（昇温）

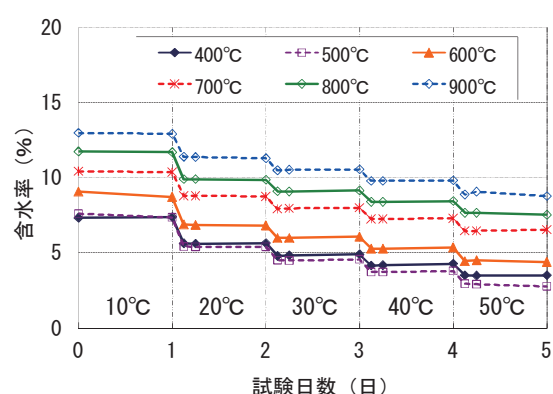


図2 相対湿度 50%における竹炭の吸放湿試験（降温）

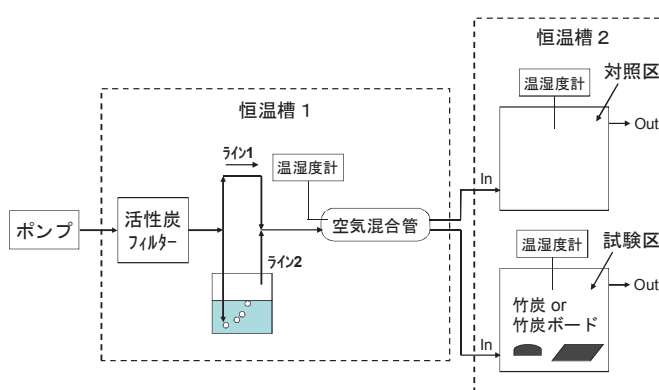


図3 結露試験装置概略図

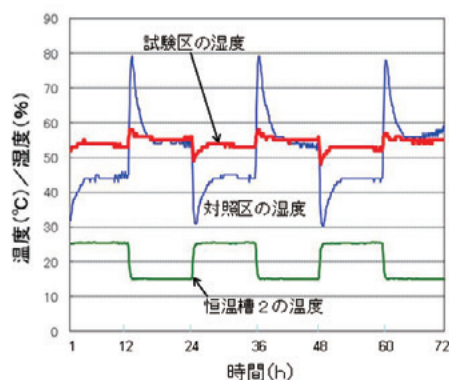


図4 密閉空間における湿度変化の一例

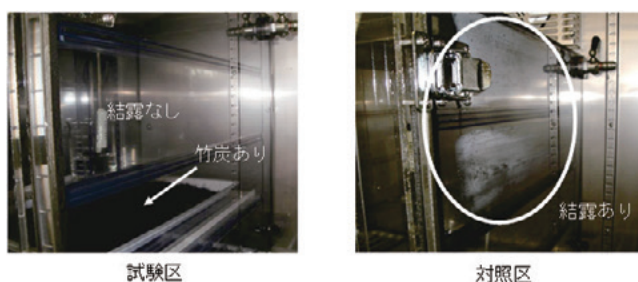


図5 結露防止効果試験における結露の様子

[問い合わせ先：鹿児島県工業技術センター 地域資源部 TEL 0995-43-5111]

41 スギ人工林を多段階に利用した特用林産物の栽培技術

宮城県林業技術総合センター 地域支援部 更級 彰史

研究の背景・ねらい

中山間地は、水土保持・炭素貯蔵・木材生産等様々な役割を持つ森林と有機的な関係を形成する場合が多く、環境負荷低減社会の構築や文化の伝承等を考える上で継続的な振興が望まれます。当センターでは、中山間地の振興に寄与することを目的に、県土面積の約2割を占め、中山間地に豊富に存在するスギ人工林に着目し、林地を多段階に利用した特用林産物の多品目栽培体系の構築を検討してきました。端緒として、スギ林由来の数少ない美味しいキノコに数えられるオオイチョウタケのスギ林床栽培試験、及びオオイチョウタケ栽培跡地の循環利用を目的としたモミジガサ・イヌドウナの生長調査を実施しました。

成 果

オオイチョウタケのスギ林床栽培は、スギおが粉基材の1.2kg菌床を、ハタケシメジを施設栽培した後に排出される廃菌床やパーク堆肥を埋込資材に用いて、当センター内のスギ林に伏せ込む手法で実施しました。オオイチョウタケ菌子はハタケシメジ廃菌床やパーク堆肥から林床腐植に伸長し、埋設2～3年後には子実体が発生しました（写真1）。子実体発生時期は気象条件に影響され、7月下旬以降に日最低気温が18℃を下回る低温に遭遇すると、5～10日経過後に子実体が発生する傾向を示しました（図1）。また、発生時期は菌株によっても差異を生じ、46-5は晩成株と考えられました（表1）。子実体の形態も菌株による差異が大きく、46-5は傘径25cm超の大型子実体が多数群生しました（写真2・表2）。発生良好な試験区では6年間発生が継続し、累積収量は約18.5kg/区に達したことから、菌床の林床伏せ込みによる子実体の連年発生は技術的に可能と考えられました。

オオイチョウタケ林床栽培では、菌糸は菌床伏せ込み地点から毎年外側に拡大しドーナツ形の活性菌糸帯を形成しますが、その過程で内側の菌糸は徐々に消失する傾向が観察されました（写真1）。菌床伏込みの際はハタケシメジ廃菌床等の有機物を林床に投入しますから、菌糸が消失した土壌は理化学性の面で植物の生長に良好な環境となる可能性があります。そこで、オオイチョウタケ栽培跡地においてオオイチョウタケ栽培残滓と土壌を攪拌・耕耘のち、モミジガサ及びイヌドウナの実生苗を定植し生長状況を調査しました。対照区では、土壌の耕耘を行わずに実生苗を植栽しました（表3）。その結果、両種ともに草丈・葉緑素計値・葉枚数等全ての調査項目で、オオイチョウタケ栽培跡地の数値が対照区を上回りました（図2～図5）。栽培残滓と土壌を攪拌することにより土壌のCEC向上、pH矯正、炭素・窒素・塩基類の増加等理化学性が改善し、モミジガサ・イヌドウナの良好な生長を助長していると考えられました。以上から、オオイチョウタケ→モミジガサ・イヌドウナ等山菜のスギ林を利用した多段階栽培の有用性が示唆されました。

成果の活用

本研究の成果は、当センター広報誌及び研究成果発表会、産学官連携フェアみやぎ、東北森林科学会等で公表しました。また、県内の特用林産物生産者が所有するスギ林を利用した実証栽培（石巻市）やJA・道の駅主催の栽培講習会等を通して現地適応化を進めています。



写真1 リング状に発生するオオイチョウタケと菌糸が退潮した活性菌糸帯の内側 (○内)



写真2 46-5 菌株の大型子実体

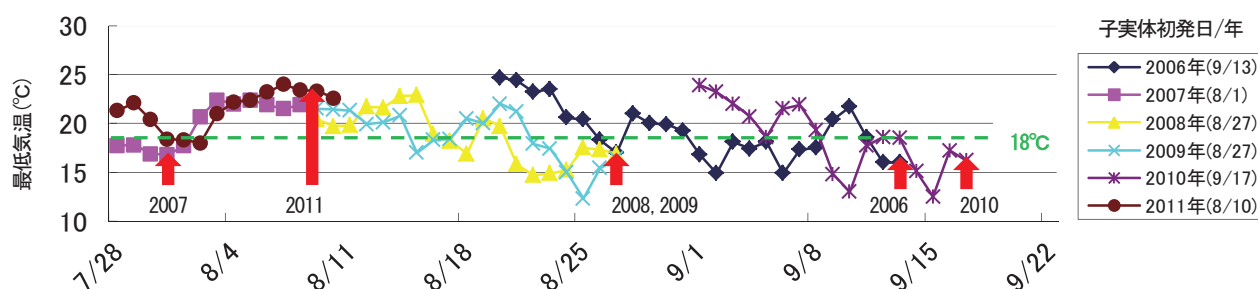


図1 大衡村の各年の日別最低気温 (°C) と子実体初発日

表1 子実体の発生時期 (2009～2011 年)		
年 次	46-3・46-4	46-5
2009 年	8 月 27 日, 9 月 2 日	9 月 7 日
2010 年	9 月 17 日	9 月 20 日
2011 年	8 月 10 日	9 月 22 日

表2 2008 年発生子実体の菌株別形態 (平均値)			
菌株	傘径 (cm)	柄径 (cm)	個重 (g)
46-3	8.7	1.5	24.2
46-4	7.6	1.5	20.7
46-5	16.3	2.0	105.4

表3 モミジガサ・イヌドウナ栽培試験区					
試験区	オオイチョウタケ菌床埋設資材	定植苗数 (モミジガサ)	定植時の苗の状況 (モミジガサ)	定植苗数 (イヌドウナ)	定植時の苗の状況 (イヌドウナ)
I	対照区	9	本葉2枚以上	22	本葉2枚～4枚
II	キノコ廃菌床を利用した栽培	9	同上	18	同上
III	パーク堆肥を利用した栽培	9	同上	18	同上

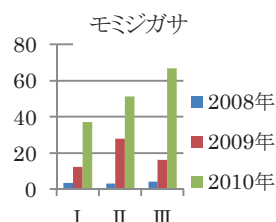


図2 平均草丈 (cm/全茎)

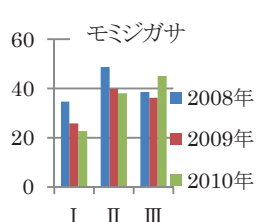


図3 葉緑素含量を示す値 (SPAD 値)

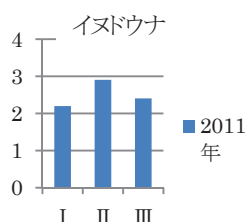


図4 平均草丈生長量 (cm/全茎)

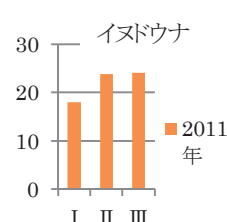


図5 葉緑素含量を示す値 (SPAD 値)

42 菌根苗作出のためのマツタケ菌の効率的な接種法の開発

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

マツタケは非常に市場性が高い一方、栽培が困難であるため、その栽培化は、中山間地域における収入源の確保に大きく貢献するものと期待されます。当センターでは、容器内でマツタケ菌を共生させたアカマツ苗（菌根苗）をアカマツ林内に植え付けて、林地にマツタケ菌を定着させ、きのこを発生させる、というアプローチで、マツタケ栽培化を目指した研究を行っています。現在、容器内での菌根苗の作出に成功しましたが、マツタケ菌を容器内の土壌に接種する作業は10分近くかかるため、一度に大量の菌を接種することは困難です。そこで、当センターでは、菌根苗を効率よく作出できる新しい接種法の開発に取り組みました。

成 果

ステンレスネット、日向土、軽石砂、ポリプロピレン製ベッスル、ガーゼを材料として、全部で6種類の試作品を考案しました（写真1）。MNC 液体培地を 30ml 入れた 50ml 耐熱容器にそれぞれの試作品を入れ、高圧蒸気滅菌した後、マツタケ菌糸体を接種し、20℃暗黒条件下で4ヵ月間培養して、接種源を作りました。次に、菌根苗作出容器に詰めて、滅菌した土壌に接種源を無菌的に接種しました。接種は各容器5箇所とし（図1）、所要時間を測定しました。対照として、従来用いてきた MNC 液体培地のみで培養したマツタケ菌を、同様に5箇所接種し、その所要時間を測定しました（以下、対照と言います）。

その結果、所要時間は、対照では平均9分15秒要したのに対し、試作品では平均値でいずれも3分強の時間に短縮できました（表1）。

次に、これら試作品を用いて作出した菌根苗各3本の成長量（苗高（cm）、根元径（mm）、地上部乾重（mg）、地下部乾重（mg））を評価した結果、試作品DおよびFを用いて作出した菌根苗の苗高、根元径、地上部乾重は、液体培地で作出した菌根苗より大きいことが明らかになりました（表2）。試作品DおよびFの素材は、いずれもポリプロピレン製ベッスルにステンレスネットを巻き付けたものでした。また、これらの成長量が大い菌根苗が生育する容器の側面では、菌根が大量に観察できました（写真2）。

これらのことから、ポリプロピレン製ベッスルとステンレスネットを素材とした接種源を用いることで、マツタケ菌の効率的な接種が可能となり、菌根苗の成長も良くなることがわかりました。

成果の活用

得られた成果は、学会発表すると共に、茨城県林業技術センター研究成果解説 No.47 としてとりまとめ、ホームページにて公表しています。今後は、新たに開発した接種源を用いて、菌根苗を効率よく大量に作出し、様々な条件の現地等への植栽試験を行い、マツタケの栽培化研究を進めていきたいと考えています。

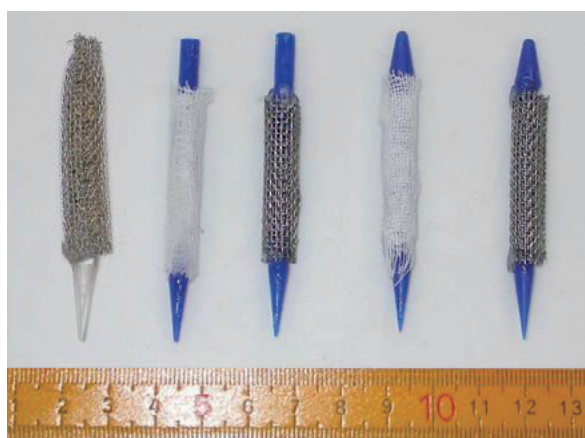


写真 1 試作品

左より試作品 A、C、D、E、F。試作品 B は試作品 A の中が軽石砂に変わったものである。

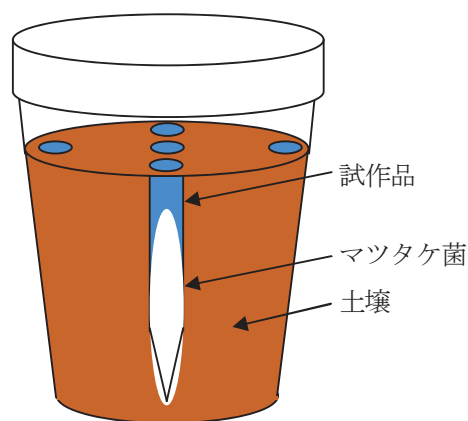


図 1 試作品を用いたマツタケ菌の植え付け（模式図）

表 1 試作品ごとの所要時間

品名	時間	標準偏差	有意差*
A	3分25秒	11 秒	a
B	3分15秒	28 秒	a
C	3 分	27 秒	a
D	3分9秒	32 秒	a
E	3分43秒	30 秒	a
F	3分20秒	17 秒	a
対照	9分15秒	9 秒	b

*異なるアルファベット小文字は有意差があることを示す（有意差検定は 1 元配置分散分析の Fisher's PLSD post hoc テストによる）。

表 2 試作品ごとの成長量

品名	苗高 (cm)	根元径 (mm)	地上部 乾重 (mg)	地下部 乾重 (mg)
A	2.7±0.1	1.1±0.1	0.2±0.0	0.1±0.0
B	3.4±0.3	1.0±0.2	0.2±0.1	0.3±0.1
C	3.4±0.5	1.5±0.4	0.5±0.2	0.4±0.1
D	5.0±1.4*	2.1±0.2*	0.9±0.1*	1.1±1.1
E	3.2±0.8	1.1±0.3	0.2±0.1	0.2±0.1
F	4.5±1.6*	1.8±0.2*	0.9±0.2*	0.7±0.4
対照	2.1±0.9	1.2±0.2	0.3±0.1	0.6±0.3

値はすべて平均±標準偏差。*は対照と有意差があることを示す（有意差検定は 1 元配置分散分析の Fisher's PLSD post hoc テストによる）。



写真 2 試作品 D を用いて作出した菌根苗（左）と既存の接種法で作出した菌根苗（右）
矢印は大きく広がったマツタケの菌根を示す。

43 ハタケシメジの実用的栽培技術に関する研究

栃木県林業センター 研究部 大橋 洋二・谷山 奈緒美

研究の背景・ねらい

ハタケシメジは食感や保存性に優れたきのこであり、商品性の高いきのことして栽培の安定化が期待されています。菌床を使った栽培方法が確立されていますが、ハタケシメジの空調栽培及び自然栽培に共通した問題として、菌床製造段階における培地の粘性が高いことにより、菌床製造に係る機械が故障しやすいといった問題があります。また、空調栽培の場合、高湿度環境の確保が難しい施設では、子実体の不発生や奇形といった問題が多く、一方で自然栽培においては、子実体に畑土が付着して品質が低下するといった問題があります。そこで、これらの問題を解決するため、菌床の培地組成や子実体の生育管理方法について様々な栽培試験を行い、実用的な栽培技術の確立を目指しました。

成 果

粘性を改善させる培地材料として、様々なきのこの廃菌床の有効性について検討しました。培地基材の半分を廃菌床に置き換えた配合で栽培試験を行った結果、試験を行った全てのきのこの廃菌床が利用可能であることが分かりましたが、特にマイタケ廃菌床を利用した培地組成が有効であることが判明しました（図1）。統計的に有意な差はみられませんでした。収穫量は増加する傾向もみられました。廃菌床の添加量については、培地基材である剪定枝葉堆肥を半分まで置換した配合（剪定枝葉堆肥：マイタケ廃菌床：フスマ＝5：5：3、絶乾重量比）で、収穫量や収穫期間に影響を及ぼさないことが分かりましたが、さらに廃菌床の割合を増加させると、菌床製造のロス率が増加する傾向がみられました（図2）。

低湿度環境下における施設栽培においては、90%の湿度環境下で栽培を行った結果、菌床袋内を浸水させる、いわゆる「上面栽培」方法に加え、上面をビニールで被覆する管理方法（写真1）を行えば、収穫量や発生する子実体の形状とも、安定した栽培が可能であることが分かりました。この管理方法については、様々なきのこにおける応用が期待できます。

自然栽培においては、栽培試験により様々な埋め込み資材の検討を行った結果、菌床上面被覆材として大粒の赤玉土を使用し、落葉で被覆する栽培管理（図3）を行えば、実体への付着土を減少させることができることを明らかにしました（写真2）

成果の活用

しもつけバイオクラスター第2回フォーラム、第44回・45回栃木県森林・林業試験研究発表会および第2回関東森林学会等で公表するとともに『とちぎのハタケシメジ「とちぎのこ」栽培マニュアル』（図4）を作成し、普及を進めています。

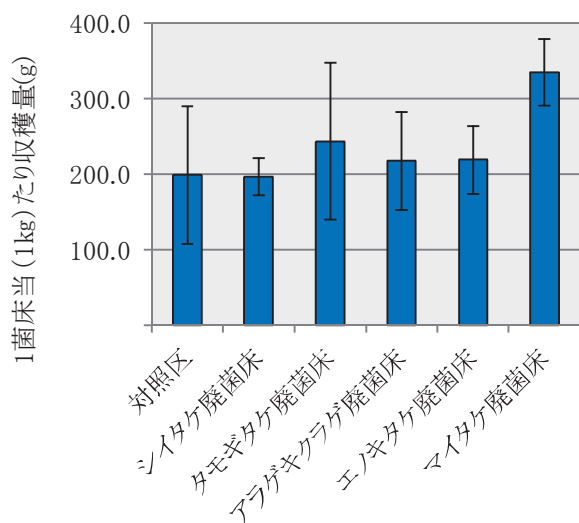


図1 廃菌床を利用した各菌床の収穫量

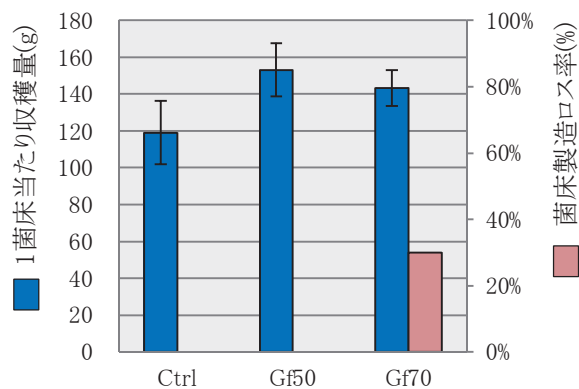


図2 各試験区の収穫量と菌床製造ロス率



写真1 低湿度栽培管理方法



写真2 付着物の少ない収穫物

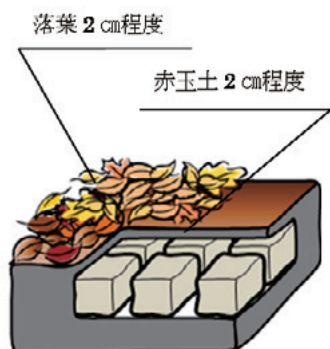


図3 自然栽培における菌床の伏せ込み方



図4 栽培マニュアル

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

44 竹材を利用したヒラタケ菌床栽培技術の開発

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 高畠 幸司

研究の背景・ねらい

放置された竹林が問題になるなか、里山活用の一環として竹林の整備が進められ、伐採・搬出された竹材の有用途開発が求められています。竹材の用途開発の一助として食用きのこ栽培への利用が考えられます。ヒラタケは培地基材の選択幅が広く、腐朽力が強いいため、竹材オガコを培地基材としてヒラタケ菌床栽培に利用できるか否かを検討しました。また、竹材には抗菌成分が含まれているため、竹材オガコを堆積処理すれば竹材の抗菌成分の減少が予想されます。そこで、竹材オガコの堆積処理の効果も調査しました。

成 果

- 1 新鮮な竹材オガコによるヒラタケ菌床栽培
 - ・供試菌として市販種菌森 39 号、標準培地として広葉樹オガコ培地（広葉樹オガコ：米ぬか：フスマ＝1：0.5：0.5（W/W））を用いました。標準培地を対照区とし、標準培地の広葉樹オガコを竹材オガコで絶乾重量比 25, 50, 75, 100% 代替して試験区を設定しました。
 - ・25, 50, 75, 100% 代替試験区では、対照区と同様に正常な子実体を形成しました（写真 1）。
 - ・竹材オガコ代替率 50% では、子実体収量が一ビン当たり 115g となり、対照区に対して約 1 割の増収がみられました。代替率 25, 75, 100% 試験区では一ビン当たり 105～106g となり、対照区と同程度の子実体収量を示しました（図 1）。
- 2 堆積処理した竹材オガコによるヒラタケ菌床栽培
 - ・竹材オガコを堆積処理することにより子実体収量は増加しました。4 ヶ月処理までは処理期間が長くなるにつれて収量は多くなり、6 ヶ月処理ではやや減収しました。
 - ・4 ヶ月処理で一ビン当たり 143g と最も収量が多くなり、対照区に対して約 3 割の増収を示しました（図 2）。
 - ・竹材オガコを 2 ヶ月以上堆積処理すると抗菌作用をもつ有機溶剤抽出物量は減少し、3 ヶ月以上で 1 % 減少しました（図 3）。このような抗菌成分の減少が子実体収量の増加に作用したと考えられます。

成果の活用

研究成果を日本きのこ学会第 15 回大会（研究発表要旨集 p.52、2011）並びに平成 24 年度富山県農林水産総合技術センター森林研究所試験研究成果発表会で公表して普及啓発に努めました。実用化に向けて講習会を開催し、竹材培養基から発生したヒラタケの試食、ヒラタケ菌が蔓延した竹材培養基の配布を予定しています。



写真1 新鮮な竹材オガコの代替培地でのヒラタケ子実体の発生状況

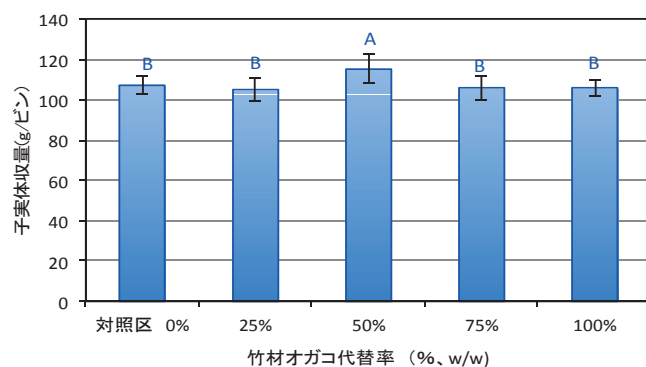


図1 新鮮な竹材オガコで代替した培地でのヒラタケ子実体収量
異なるアルファベット間では有意差(p<0.05)有り

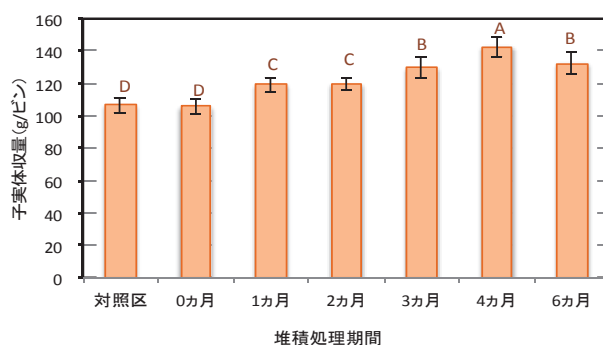


図2 堆積処理した竹材オガコ培地でのヒラタケ子実体収量
異なるアルファベット間では有意差(p<0.05)有り

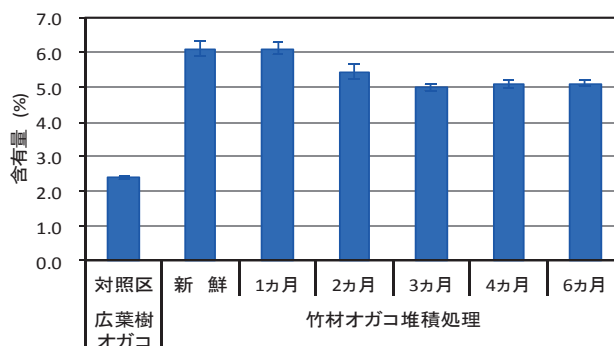


図3 竹材オガコの有機溶剤抽出物の含有量

[問い合わせ先：富山県農林水産総合技術センター森林研究所 TEL 076-483-1511]

45 ナメコ栽培における LED 利用技術の開発 —大粒ナメコ栽培への利用—

長野県林業総合センター 特産部 増野 和彦

研究の背景・ねらい

長寿命で消費電力が少なく、省エネルギー効果の高い「発光ダイオード」(以下 LED)等の新規光源の開発を受け、長野県が主要な生産県であるナメコについて LED 光源を利用した菌床栽培の効率化と多様な形態のナメコ生産技術の開発を図りました。なお、本研究は農林水産技術会議・委託プロジェクト研究「きのこの光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発」の一環として実施したものです。

成 果

これまでは光を当てなかったナメコ菌床栽培の培養期間の終わりに 10 日間程度、青色 LED を照射することで、菌床栽培でも原木栽培に近い大粒のナメコ生産が可能になりました。さらに、15 日間程度の照射で、発生処理後収穫できるまでの所要日数が 7 日間程度短縮することが分かりました。

一般的に、きのこは「菌類」であるため、植物のように光合成を行わず、菌糸の伸長に光を必要としません。そのため、ナメコ栽培でも、菌糸を培地に蔓延させる「培養段階」で、特に光を培地に照射することはしていません。ところが、菌床シイタケ栽培で、培養後期の青色 LED 照射が子実体収量に影響を及ぼすことが確認されたため、ナメコ栽培においても培養後期に青色 LED を照射して(写真 1)、影響を確認しました。ナメコ栽培では従来、図 1 に示したように、培養期間の 40～60 日間、特に光を照射しない暗培養を行い、きのこの発生段階で蛍光灯を点灯してきました。そこで、培養前期・中期は従来どおり暗培養を行い、培養後期に青色 LED を照射しました。その際、図 2 に示したように、照射日数を変化させました。すると青色 LED の照射日数が 10 日を超えると無照射よりも 1.8 倍～2.2 倍にきのこの個重が増加して、大粒のナメコが収穫できました(図 3、写真 2)。さらに、発生室に移してから一番収穫が得られるまでの所要日数が、照射日数の増加に伴って、短くなる傾向が見られました(図 3)。

成果の活用

日本木材学会大会(2011 年、2012 年)、日本きのこ学会大会(2011 年)で研究発表するとともに、長野県林業総合センター「技術情報」に掲載しました。

長野県内のきのこ生産振興研修会、技術情報誌に掲載して現場に知らせると同時に、さらに規模の大きな実証試験に取り組んでいます。

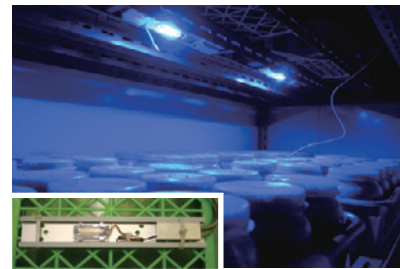
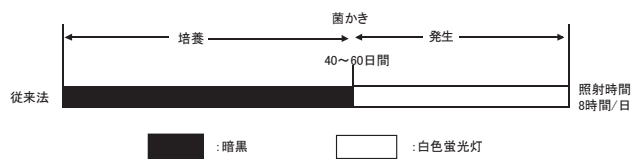


写真1 培養後期における青色 LED 照射状況とLED 装置(左下)

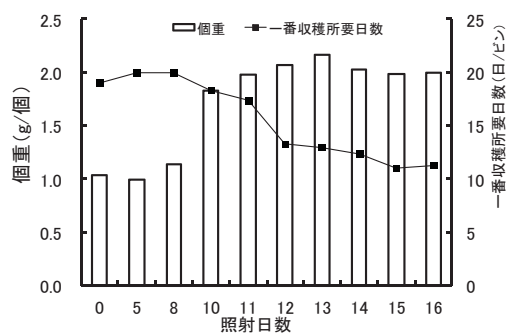
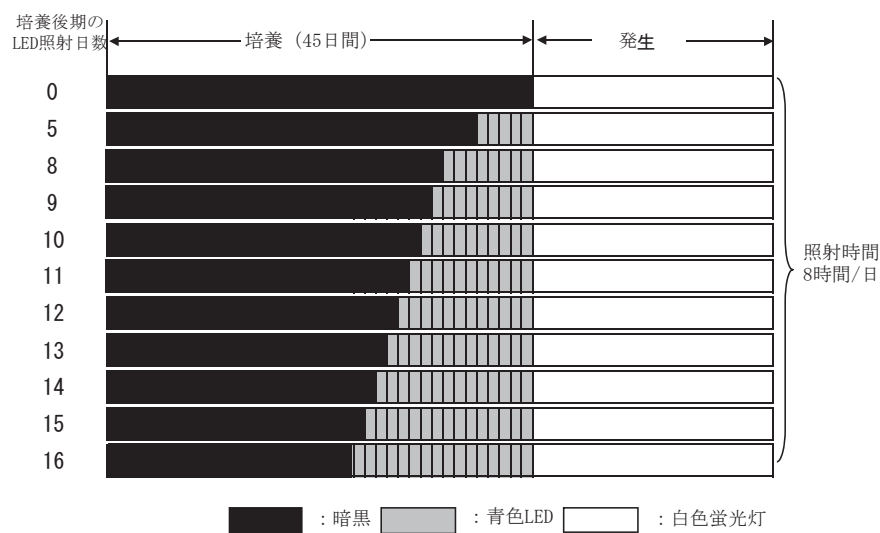


写真2 培養後期における青色 LED 照射日数と発生した子実体(左)照射0日(右)照射12日

[問い合わせ：長野県林業総合センター 特産部 TEL 0263-52-0600]

46 松林保全のためのショウロ菌林地定着手法の開発

和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場 特用林産部 坂口 和昭

研究の背景・ねらい

手入れが行き届かない海岸松林が増え、防風、防潮等の機能低下が危惧される中、地域住民等による松林整備や植栽活動が行われていますが、松林の健全度を示す指標が定かでなく持続的な活動に繋がりにくい状況にあります。そこで、クロマツと共生し健全な松林にしか発生しないとされる菌根性食用きのこのショウロに着目し、地域住民による松林整備の指標として活用することを本研究のねらいとしました。

成 果

林地へショウロ菌を定着させる方法として、クロマツ苗木にショウロ菌を人為的に接種し、感染させた菌付きポット苗木の開発を行いました（図1）。根の処理方法、菌の接種方法、ポット用土の処理方法を変えた11タイプの苗木を設定し、タイプ毎のショウロ子実体発生量の調査を行いました（写真1）。

その結果、8タイプの苗木から発生が見られ、そのうち1タイプ「根洗浄・剪定+胞子液4月散布+殺菌砂」は1.0㎡の区画から平成22年度は48個、33.5g、平成23年度は27個、40.2g、2年間合計では75個、73.7gと最大発生となりました（表1）。根を洗浄し剪定したクロマツ苗を殺菌した川砂を用土としたポットに植え、胞子液を4月に散布することでショウロ菌が感染し、共生関係が築きやすい条件が整ったものと考えられます。

この苗木をショウロ菌が存在しない林地に定植することでショウロ菌を確実に定着させ、既存木への感染拡大について可能であることが示唆されました。

成果の活用

研究成果は当场発行の業務報告へ掲載し公表するとともに林業技術成果発表会にて発表しました。

また、研究や活動の結果を「松露（ショウロ）を活用した松林保全マニュアル」として冊子にとりまとめ発行し、当场のホームページにも掲載しました（図2）。マニュアルは行政機関や保全活動を行う団体、小学校、地域住民に配布し、活用されています。

■ショウロ菌付ポット苗木の開発

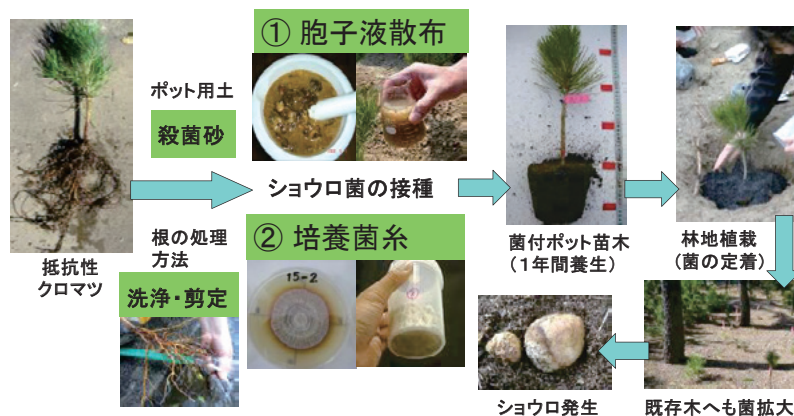


図1 開発フロー図

表1 ショウロ菌付きポット苗木タイプ別の子実体発生量

年度	タイプ別	根処理方法	菌接種方法	ポット用土	供試本数	平成22年度 (H22. 11月～H23. 5月)		平成23年度 (H23. 11月～H24. 3月)		合計		備考
						個数	重量(g)	個数	重量(g)	個数	重量(g)	
H19	A	無処理	孢子液	苗畑用土	40	—	—	—	—	—	—	
	B	"	培養菌糸	"	"	—	—	—	—	—	—	
	C	"	孢子液+培養菌糸	"	"	—	—	—	—	—	—	
H20	D	根洗浄	孢子液	無処理砂	15	0	0	2	4.2	2	4.2	
	E	根洗浄・剪定	孢子液	"	"	9	15.5	0	0	9	15.5	
	F	根洗浄	培養菌糸	"	"	24	35.3	0	0	24	35.3	
	G	無処理	孢子液	"	"	3	3.2	0	0	3	3.2	
H21	H	根洗浄・剪定	孢子液(3月散布)	殺菌砂	15	9	4.9	13	14.4	22	19.3	
	I	"	孢子液(4月散布)	"	"	48	33.5	27	40.2	75	73.7	
	J	"	孢子液(5月散布)	"	"	2	1.7	6	8.7	8	10.4	
	K	"	培養菌糸	"	"	4	8.2	12	38.7	16	46.9	

注) 苗木: 抵抗性クロマツ(2年生)を使用 苗畑用土: 苗木の苗床用土 無処理砂: 殺菌処理をしない川砂 殺菌砂: 殺菌処理をした川砂 発生量: 3区画の合計

根洗浄: 水道水で根を洗浄し、目視確認で付着している菌根類を全て除去する 根剪定: 根を15cm程度に剪定する

孢子液: 過熟したショウロ子実体をすり潰した懸濁液を水道水で100倍に希釈し、ポット苗に散布する

培養菌糸: 軽石を主体に栄養分等を添加し調整した土壌培地にショウロ菌株を接種し培養した菌糸 ポット苗木の根に接するように混入する

植栽方法: 場内に設けた区画(1.0m×1.0m×深さ0.3m)に無処理砂を入れ、各タイプ5本ずつ3区画に植栽する 平成21年9月定植



写真1 発生したショウロ子実体



図2 マニュアルの表紙とサンプルページ

[問い合わせ先: 和歌山県林業試験場 特用林産部 TEL 0739-47-2468]

公立林業試験研究機関 研究成果選集 No.10 (平成 24 年度)

発 行 日 平成 25 年 3 月 31 日

編集・発行 独立行政法人 森林総合研究所

茨城県つくば市松の里 1

電話 029(873)3211

お問い合わせ 企画部研究管理科地域林業室

印刷・製本 朝日印刷株式会社

茨城県つくば市東 2-11-15

電話 029(851)1188

独立行政法人森林総合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。
