

公立林業試験研究機関  
研究成果集

No.17  
(令和元(2019)年度)

令和 2(2020)年 3 月

国立研究開発法人 森林研究・整備機構  
森林総合研究所  
編集・発行

## はじめに

各地域の森林・林業・木材産業に係わる研究・技術開発にあたって、日頃より皆様から多くのご理解とご協力をいただき、感謝申し上げます。

今日の森林・林業・木材産業における多様で刻々と変化するニーズに対し、的確かつ効率的に対応するためには、国・都道府県および公設林業試験研究機関と（国研）森林研究・整備機構森林総合研究所が、それぞれの役割分担のもと、分野横断的に連携しながら、研究・技術開発を総合的かつ計画的に推進する必要があります。また、国民への情報発信として、研究開発の意義や成果等を専門家だけでなく、国民にも分かりやすく伝えられるよう印刷物やウェブサイト等を活用して広報活動を推進していく必要もあります。このような状況の中、森林総合研究所では、森林・林業・木材産業に係わる様々な課題に対して研究開発による解決を図ると共に、研究成果の普及や社会還元を推進し、成果の最大化を目指しています。また、公立林業試験研究機関のみなさまとの連携を密にしつつ、研究開発・推進の拠点となるハブ機能の強化に取り組んでいます。

本成果集は、こうした取り組みの一環として公設林業試験研究機関の代表的な研究成果を取りまとめたものです。従来は、各地域の「林業研究・技術開発推進ブロック会議」において紹介された代表的な研究成果を選定して掲載していました。しかし、より幅広い成果を紹介するため、令和元年度からは各公設林業試験研究機関が推薦する成果を掲載することにしました。本成果集は、各機関同士の成果情報の共有や森林・林業・木材産業に携わる方々の業務推進上の参考となるばかりでなく、一般の方々にも興味を持っていただける内容と考えております。引き続き、数多くの実践的な研究成果が得られ、広く一般に活用されることを心から期待しております。

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

令和 2 年 3 月

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所

企画部長 河原 孝行



## 目 次

### 森林・林業

---

コンテナ苗の生産・運搬・植栽一貫システムの開発	北海道立総合研究機構 森林研究本部 林業試験場	…… 1
抵抗性マツに接種したマツノザイセンチュウの樹体内分布	青森県産業技術センター 林業研究所	…… 3
ヤナギ類の圃場栽培による木質バイオマス量の評価	山形県森林研究研修センター	…… 5
海岸防災林における植栽木の生育条件の解明と育成管理手法の検討	福島県林業研究センター	…… 7
海岸防災林最前線部への広葉樹等の導入に関する研究	茨城県林業技術センター	…… 9
埼玉県内の天然ブナ及び植栽ブナの遺伝的特性	埼玉県寄居林業事務所 森林研究室	…… 11
未利用木質バイオマスの簡易な搬出方法	千葉県農林総合研究センター 森林研究所	…… 13
シカ生息密度が低下した林地におけるシカの食害について	東京都農林総合研究センター	…… 15
森林の水源かん養機能評価のための流出特性把握	神奈川県自然環境保全センター	…… 17
地拵えの機械化による再造林コストの低減	長野県林業総合センター	…… 19
無人航空機によるマツ枯れ防除体系の実用化	静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター	…… 21
細り表アプリの開発	愛知県森林・林業技術センター	…… 23
トラップとシート被覆を組み合わせたナラ枯れ防除法	京都府森林技術センター	…… 25
ウバメガシ萌芽のシカ採食防止の技術開発	和歌山県林業試験場	…… 27

### 育種

---

簡易型密閉環境におけるカラマツの挿し木増殖	群馬県林業試験場	…… 29
容器への複数粒直接播種によるスギコンテナ苗育苗試験	埼玉県寄居林業事務所 森林研究室	…… 31
植栽後の成長が早いヒノキコンテナ苗の培土条件	岐阜県森林研究所	…… 33
鳥取県初のハイブリッド無花粉スギの開発	鳥取県林業試験場	…… 35

---

## 木材・林産

---

### 木質バイオマス燃焼灰の融雪資材としての利用

北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 …… 37

強さと意匠性を兼ね備えた耐力壁の開発 栃木県林業センター …… 39

カラマツ・スギ大径 A 材丸太の構造材への利用開発 長野県林業総合センター …… 41

梁桁用途に適したスギ平角材の丸太時点での選別方法 三重県林業研究所 …… 43

集成材の適正接着条件の解明と接着剥離補修技術の開発 奈良県森林技術センター …… 45

和歌山県産材を用いた構造用スギ床パネルの開発 和歌山県林業試験場 …… 47

### リンドウの連作障害を回避するための木質栽培床の開発

岡山県農林水産総合センター 森林研究所 …… 49

### 設計者、製材・加工業者と連携した木造トラスの開発

愛媛県農林水産研究所 林業研究センター …… 51

意匠性と耐久性に優れた内・外装材の利用技術 熊本県林業研究・研修センター …… 53

スギの調湿性能に関する研究 宮崎県木材利用技術センター …… 55

## 特用林産

---

漆の採取に関する研究 岩手県林業技術センター …… 57

ハタケシメジ簡易施設栽培方法の開発 宮城県林業技術総合センター …… 59

アラゲキクラゲ菌床栽培技術の開発 新潟県森林研究所 …… 61

ヌメリスギタケの短木栽培 山梨県森林総合研究所 …… 63

### きのこ栽培における害虫類の生態解明と防除技術の開発

大分県農林水産研究指導センター …… 65

ヒモカッター式刈払機を用いた原木シイタケの増収技術 宮崎県林業技術センター …… 67

ヒサカキの優良個体選抜に関する研究 鹿児島県森林技術総合センター …… 69

# コンテナ苗の生産・運搬・植栽一貫システムの開発

(地独) 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林業試験場 保護種苗部 来田 和人

## 研究の背景・ねらい

北海道では人工林植栽面積が平成27年度現在の8,200 ha/年から令和14年度には12,200 ha/年に増加すると見込まれ、苗木需要量が現在の1.4倍に増加すると予想されています。さらに、苗木生産や植栽に係わる労働者の不足や高齢化によって、苗木の生産から運搬・植栽までの効率化・省力化が求められており、コンテナ苗の活用が期待されています。そこで当場では、全道の植栽データから生存、成長のよいコンテナ苗の条件を明らかにするとともに、コンテナ苗による効率的な苗木生産・輸送・植栽までの一貫したシステム(図1)を開発しました。

## 成 果

### 1. 植栽成績から探るコンテナ苗の規格

全道のコンテナ苗植栽224林分の追跡データから、植栽時の根元径が大きい、もしくは苗長が小さい、すなわち根元径と苗長の比が小さいと植栽後の成長が促進されることが明らかとなりました(表1)。一方、セル(根鉢)容量については、カラマツでは220 cc以上のセルで育苗された苗の生存率が植栽月降水量に関わらず高く、またトドマツやアカエゾマツではセル容量が150 ccより300 ccで植栽後の成長に優れていることが明らかとなりました。

### 2. 播種コンテナ苗生産技術の開発

近赤外光で選別されたカラマツ種子の発芽率は90%以上であり(図2)、1粒播種が可能ながことが明らかとなりました。この方法で選別した種子をコンテナに直接播種し、播種時期、施肥量、野外順化時期などの条件を良好にすることで、現行の幼苗移植コンテナ苗では2年かかる育苗期間を1年に短縮することができました。さらに、苗木生産者が行った実証試験では、育苗コストを26%減少できると試算されました。

### 3. コンテナ苗の特性を生かした運搬・植栽システムの開発

傾斜30度までの林地にコンテナ苗を運搬できる小型運搬機を作成したことにより、運搬に係る人工数を従来の苗木袋より平坦地で55%、傾斜地で39%削減できました(図3)。一方、植栽器具としてはオーガ(植栽用穴開け機)の方が島田グワよりも労働強度が低いことを明らかにしました(図4)が、傾斜地ではオーガの方が島田グワよりも人手が多くかかる(図3)ことから、傾斜などの条件によって植栽器具を選択すべきと考えられました(表2)。なお、小型運搬機を組み込んだ運搬・植栽システム(コンテナ容器梱包-小型運搬機運搬-オーガ植栽)は従来方法(段ボール梱包-苗木袋運搬-島田グワ植栽)より全体の人工数が22%減少しました(表2)。

## 成果の活用

この成果を「北海道型コンテナ苗協議会」に報告し、国有林等の森林所有者が植栽する苗木規格の検討に活用するとともに、苗木生産者団体による開発した技術に基づく苗木生産が始まりました。さらに、この成果をまとめたマニュアルを作成し、苗木生産者、植栽業者、森林所有者(個人、企業、道有林、国有林)、行政、研究機関等に配布し、成果を普及しています。

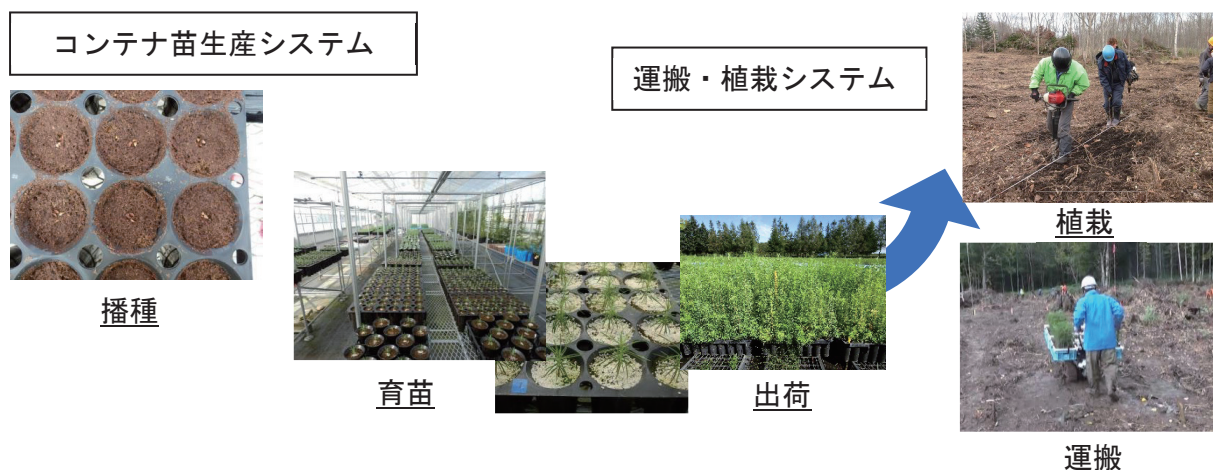


図1 開発したコンテナ苗の生産・運搬・植栽一貫システム

表1 多変量解析の GLMM で抽出された植栽後の成長に影響する植栽苗の初期条件

要因	カラマツ	トドマツ	アカエゾマツ
セル容量		+	+
根元径	+	+	
苗長		-	-

＋：要因の値が大きいかほど成長量が大い

－：要因の値が大きいかほど成長量が小さい

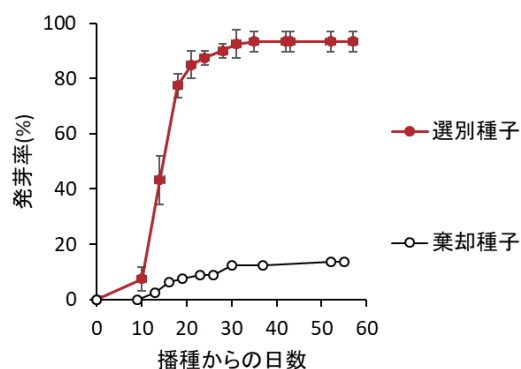


図2 近赤外光で選別された種子と棄却された種子の発芽率



図3 運搬、植栽に要する人工数

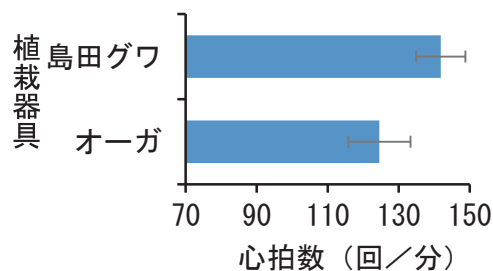


図4 作業時の心拍数

表2 梱包から植栽までに要する人工数（苗木 1000 本あたり）と傾斜に応じた最適なシステム

	一貫システム		従来法
	傾斜地	平坦地	
梱包	コンテナ容器		段ボール
運搬	小型運搬機		苗木袋
植栽	島田グワ	オーガ	島田グワ
人工数	3.07	3.75	4.79



# 抵抗性マツに接種したマツノザイセンチュウの樹体内分布

(地独) 青森県産業技術センター林業研究所 森林環境部 中島 剛

## 研究の背景・ねらい

マツ材線虫病の未被害地域において、既存のクロマツ海岸林(図1)に抵抗性品種由来の実生苗の補植を進めることは、この地域の海岸林を維持する手法の一つとして重要です。抵抗性品種の実生苗の種子を生産する採種園の整備には、接ぎ木増殖に用いる抵抗性品種の穂木が必要であるものの、抵抗性品種はマツ材線虫病の病原体であるマツノザイセンチュウの人為的接種を行い、生き残った個体を選抜するため、樹体内にマツノザイセンチュウが分布、生存している可能性があります。そこで本研究(図2)では1クローンの抵抗性クロマツ接ぎ木苗に接種したマツノザイセンチュウの分布、生存について、接種した7か月後と19か月後に枝齢別に調査しました。

## 成 果

生存個体数調査とDNA検出調査の結果、接種したマツノザイセンチュウの分布、生存の大部分は穂木の幹と台木に限定されていました。接種後7か月経過した穂木の枝では低い頻度でマツノザイセンチュウのDNAが検出されましたが、生存個体は確認できませんでした。一方、接種後19か月経過した穂木の枝からはマツノザイセンチュウのDNAと生存個体は確認できませんでした。これらのことから、今回分析した抵抗性品種では、接種以降に伸長したシュートがマツノザイセンチュウに感染している可能性は極めて低いことが示唆されました。これらのシュートはマツノザイセンチュウ非感染な穂木として増殖に用いることが可能であるため、未被害地域に病原体を持ち込むことなく抵抗性品種の採種園が整備できると考えられます。

## 成果の活用

この成果は、未被害地域にマツ材線虫病の病原体であるマツノザイセンチュウを持ち込むことなく抵抗性品種の採種園を整備する技術として活用します。本研究<sup>1)</sup>は、1品種の抵抗性クロマツについて接種したマツノザイセンチュウの樹体内分布を調査した結果です。今後、複数品種で同様の分析を実施して、結果の一般性を明らかにする必要があります。

本研究は、農林水産業・食品産業科学技術推進事業「薬剤使用の制約に対応する松くい虫対策技術の刷新」(課題番号27020C)により実施しました。

## 文献

- 1) Nakajima, G., Iki, T., Yamanobe, T., Nakamura, K., and Aikawa, T. (2019). Spatial and temporal distribution of *Bursaphelenchus xylophilus* inoculated in grafts of a resistant clone of *Pinus thunbergii*. J For Res. 24(2): 93-99, DOI:10.1080/13416979.2019.1578136



図1 青森県津軽半島日本海側に広がる海岸クロマツ林

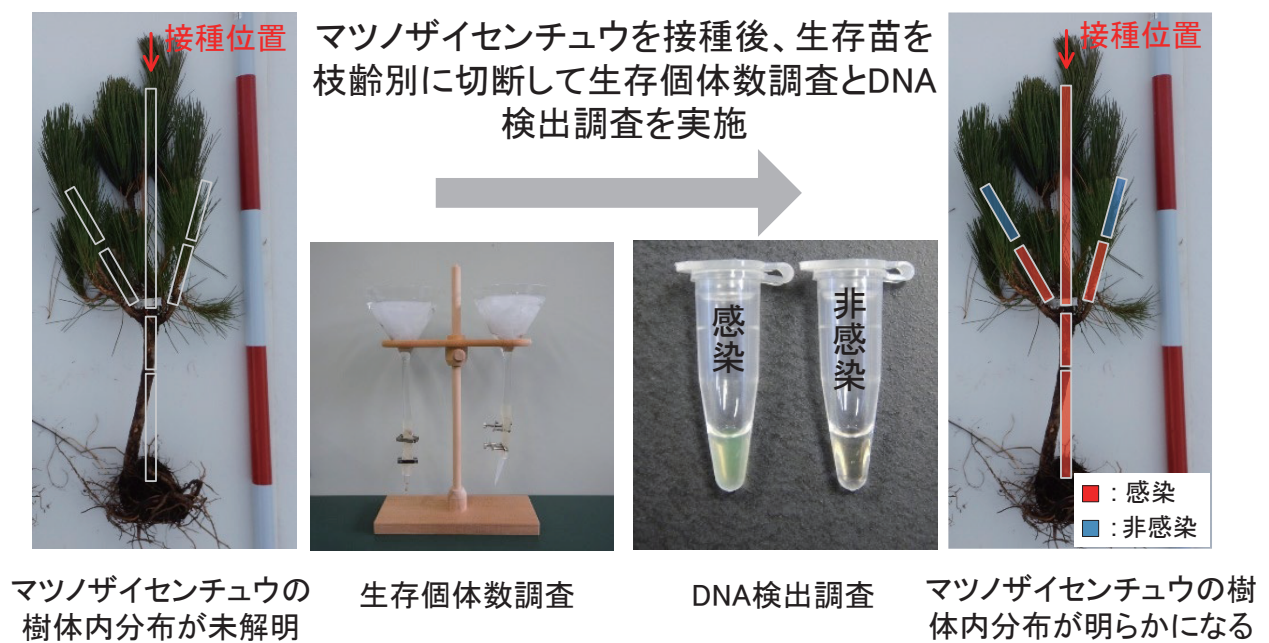


図2 研究の概略図

[ 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 ]

# ヤナギ類の圃場栽培による木質バイオマス量の評価

山形県森林研究研修センター 森林資源利用部 宮下 智弘

## 研究の背景・ねらい

成長の早い樹種であるヤナギを圃場栽培することによって、木質バイオマスを短期間で生産できることが報告されています。この栽培方法は、ヤナギの枝を圃場に直接挿し付けて発根させ、植栽後4年間で最初の伐採を行います。伐採した切り株からは新たな萌芽枝が発生するので、それを3年間育成すれば再び伐採できるようになり、さらにこのサイクルは繰り返すことができます。

このようにバイオマス生産に適したヤナギ栽培ですが、その事例は北欧や北海道など寒冷地が多いため、山形県のような夏季に高温となり、冬季に多量の湿雪が降る地域で栽培が可能かどうか不明でした。そこで本研究では、県内の圃場においてヤナギ類の育成試験を行い、バイオマス量を評価しました。

## 成 果

当センター内の圃場にヤナギ4樹種（オノエヤナギ、カワヤナギ、タチヤナギ、イヌコリヤナギ）の穂木を挿しつけて4年間育成しました（写真1）。ヤナギの育成方法は北海道開発局（2010）の栽培マニュアルに従って実施しました。

植栽当年の活着率は89%とおおむね高い値を示しましたが、一部の個体は活着しませんでした。また、活着の成否は枝の太さと関係がありませんでした（図1）。穂に用いた枝の年齢が高いと活着率は低くなると言われていることから、植栽には年齢の高い枝を除く配慮が必要と考えられました。

試験地内の半分の個体に対して、植栽1年後の秋に萌芽枝数を増やす目的で台切りを行いました。しかし、樹高成長は4年間を通して処理間に違いがありませんでした（図2）。また、株あたりの幹の本数は台切りすると多くなりましたが、成長とともに被圧されて台切り処理3年後には処理間の違いがありませんでした（図3）。これらのことから、台切りの効果は小さいと考えられました。なお、萌芽性については樹種間において有意な差は認められませんでした。

植栽して4成長期間後にバイオマス量を測定しました。バイオマス量は樹種により異なっており、オノエヤナギは他の樹種よりも有意にバイオマス量が優れていました。調査対象とした86株のバイオマス量は、根元径( $d$ :単位m)と樹高( $h$ :単位m)から算出した $d^2h(m^3)$ と高い相関関係があり、一次式（バイオマス量( $g$ ) =  $126837 \times d^2h(m^3) + 272.54$ ）により簡便に推定できました（図4）。また、日当たりと施肥の交互作用の影響は大きく、日当たりの良いところへの施肥は極めて効果が高いことがわかりました。この試験地で収穫できたバイオマス量は32.9t/haとなり、栽培マニュアルの目標値である30 t/haを上回りました。以上のことから、山形県でも圃場におけるヤナギ栽培は可能であることが明らかになりました。

## 成果の活用

本研究の成果は山形県森林研究研修センター研究報告（宮下、2019）に発表しています。本研究の成果を活用し、現在は山間部を中心に多い休耕田での栽培が可能であるかどうか研究（写真2）を行っています。





写真1 畑地における栽培試験

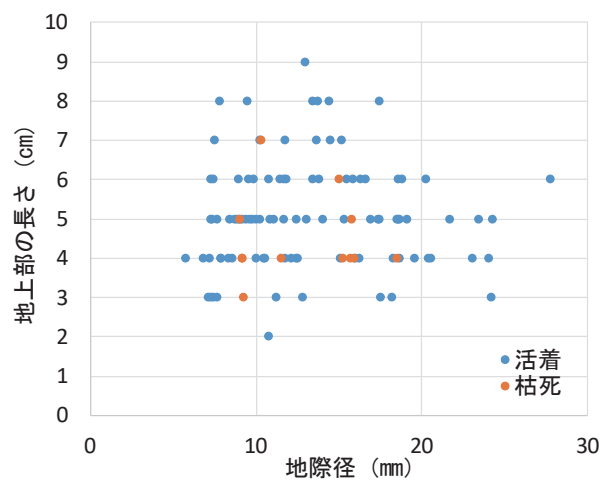


図1 挿し付けた枝のサイズと活着成否の関係

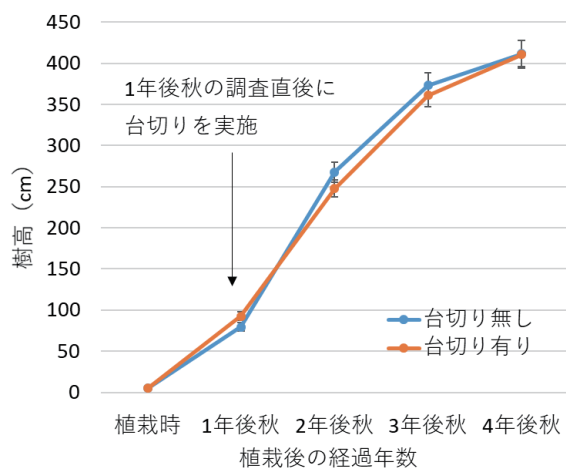


図2 台切り処理と樹高成長の関係

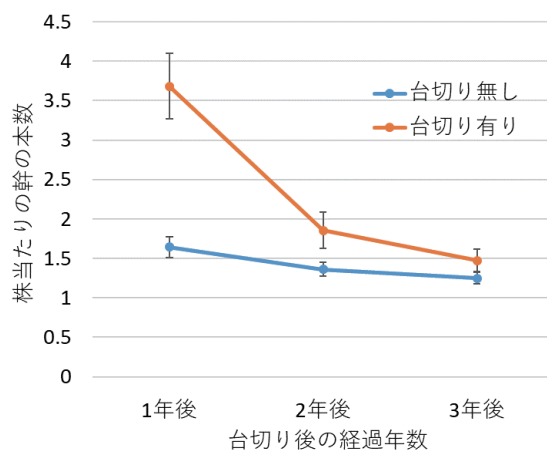


図3 台切り処理と株あたり幹の本数の関係



写真2 休耕地における栽培試験

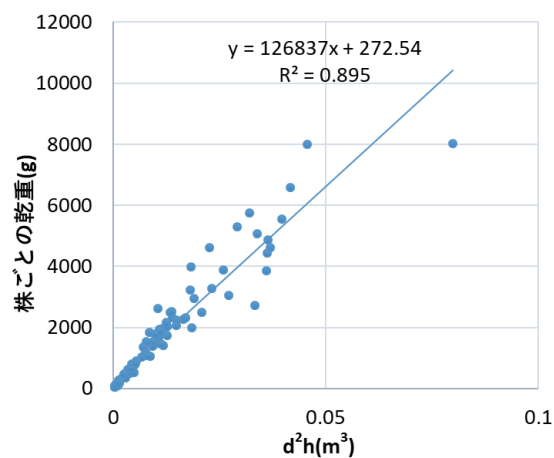


図4 成長特性と株ごとの乾重量の関係



# 海岸防災林における植栽木の生育条件の解明と 育成管理手法の検討

福島県林業研究センター 森林環境部 福山 文子  
(現：福島県森林保全課)

## 研究の背景・ねらい

東日本大震災の津波により被災した本県の海岸防災林の復旧にあたっては、主に山砂を盛土資材として生育基盤を造成した後、クロマツ等を通常 10,000 本/ha の密度で植栽しています。整備面積は、県全体で 600ha を超える前例のない規模となっており、植栽木の活着と成長量の把握、適正な植栽密度の検討が課題となっています。そこで、本研究では、生育に適した条件及び植栽適期等を明らかにするため、海岸防災林復旧事業と連携し人工盛土への植栽試験を行いました。

試験は、平成 27 年 12 月（秋植栽）及び平成 28 年 5 月（春植栽）に、南相馬市の造成地においてアカマツ・コンテナ苗、クロマツ・コンテナ苗、クロマツ・ポット苗を用い、密度別（3,000 本/ha、5,000 本/ha、10,000 本/ha）、施肥の有無別の調査区を設定し継続調査を実施しました。

施肥は、N:P:K=5:5:5 の遅効性肥料（肥効期間 3～6 ヶ月想定）を苗木から 20cm ほど離れた 2 箇所に 15 g ずつ散布しました。また、本研究では、生育期間終了後植栽のものを秋植栽と定義しています。

## 成 果

苗種別の活着率は、秋植栽、春植栽ともクロマツ・コンテナ苗、アカマツ・コンテナ苗の活着率が 90% 以上、クロマツ・ポット苗が 80% 以上と良好で、山砂を盛土資材とした生育基盤上の植栽に問題なく活用できることが確認されました。

成長量（根元径）は、春植栽試験区・秋植栽試験区ともにクロマツ・コンテナ苗、クロマツ・ポット苗の方がアカマツ・コンテナ苗よりも大きい傾向にあり（図 1）、クロマツの方がアカマツより早期に成林することが予想されました。

施肥の有無による成長量（根元径）は、春植栽試験区ではいずれの苗種でも施肥区の方が大きく、秋植栽試験区では違いが見られませんでした（図 2）。このことから、養分が少ない山砂を盛土資材とした生育基盤上では、施肥は有効と考えられましたが、秋植栽では肥効期間が十分でなかったか、肥料が成長に寄与せず流出した可能性が考えられ、継続調査の必要性があると言えます。

一方、植栽密度別試験区では、いずれの植栽時期や苗種でも、成長量に一定の傾向は確認できませんでした（図 3）。このことは、植栽後数年の段階であるため植栽木と隣接木間の影響が生じるまで成長していないことが原因と考えられるため、今後、継続した長期的な調査が必要と思われます。

## 成果の活用

本研究の成果は、海岸防災林の早期復旧に向けた造成・管理において、苗種の選択や植栽密度の決定等に活用でき、さらには植栽密度の低減によるコストダウンにもつながります。

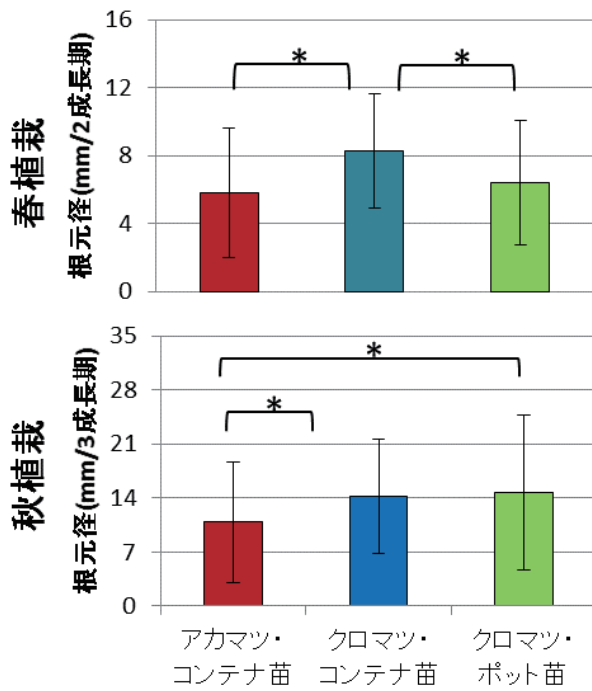


図1 植栽木・苗種間の成長量の違い

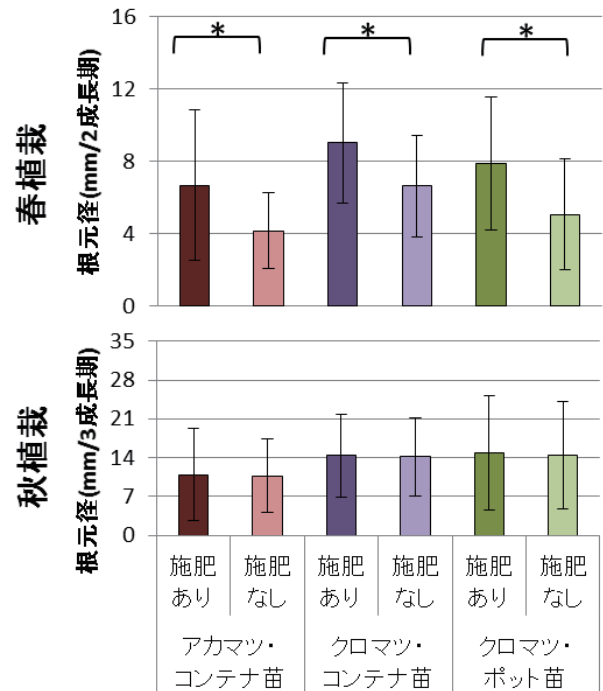


図2 植栽木・施肥有無の成長量の違い

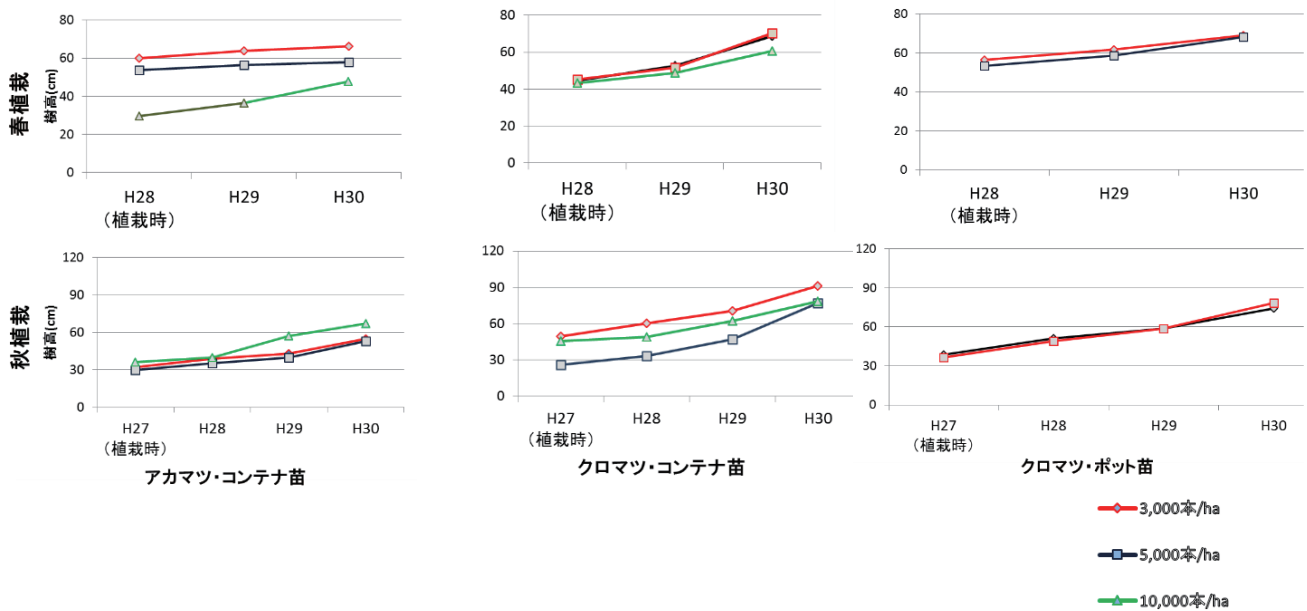


図3 密度別植栽試験区の苗種別樹高の年次変化

# 海岸防災林最前線部への広葉樹等の導入に関する研究

茨城県林業技術センター 森林環境部 富田 衣里

## 研究の背景・ねらい

茨城県には約 1,000ha の海岸防災林が整備され、主にクロマツで構成されていますが、そのクロマツ林はほぼ全域にわたりマツ材線虫病の被害を受けています。一部では被害が深刻化し、クロマツが大規模に枯れ裸地化している場所もあります。今後もマツ材線虫病が終息しなければ、予防的な薬剤散布とともに被害木の伐倒処理を行い植林を繰り返す必要があるため、広葉樹を中心とした多様な樹種で構成される林分へ誘導することは、マツ材線虫病被害に対抗する有効な手段であると考えられます。

そこで、海岸防災林最前線部の厳しい環境でも植栽に適する樹種及び植栽手法について検討するため、平成 13 年度に全面的な土壌改良を行い、広葉樹、特に郷土樹種を中心に植栽した試験地において、平成 26 年度に生存率及び樹高を調査し、風衝による影響を考慮した分析を行いました。

## 成 果

試験地は、茨城県銚田市上釜の汀線から約 40 m 内陸のクロマツ海岸防災林の最前線に位置し(写真 1)、10 m×10 m の方形区を南北方向に 10 区連続して設置した場所です(図 1)。土壌改良として全面を深さ 65cm までの耕起、汚泥コンポスト及びバーク堆肥等の投入、深耕ロータリーによる耕耘・敷き均しを行いました。その約 1 ヶ月後、各方形区の周囲に静砂垣を設置し、広葉樹 33 樹種(落葉広葉樹 13 樹種、常緑広葉樹 20 樹種)、針葉樹 3 樹種の植栽を行いました。

平成 26 年度の生育状況調査の結果、風衝部として林帯を形成した樹種は、A 区のマサキ、トベラ、C 区のカイツカイブキでした。B 区では最前線に植栽したイブキがすべて枯死し、その後背部に植栽した苗木についても生存率が 0～30% であることから、風衝部として林帯を形成できそうな樹種はありませんでした。後背部に林帯を形成した樹種は、A 区でマサキ、ネズミモチ、ヤブニッケイ、トベラ、タブノキ、C 区ではシャリンバイ、カイツカイブキでした。

以上、マサキ等 7 樹種の生存率は、各試験区及び位置区分において上位を占めたことから(表 1)、大規模に土壌を改良すれば、植栽 13 年後においてもクロマツと同様に公益的機能を維持・発揮し続けられる林帯を形成することが確認できました。

## 成果の活用

風衝部は、マサキやカイツカイブキを混植し林帯を形成させ、後背部の林地に対して庇護効果を発揮させることが有効と考えられました。後背部は、生存率の高いシャリンバイやマサキ、カイツカイブキを中心に植栽し、内陸側に進むにつれて高木性のヤブニッケイやタブノキを混植することで、より防災効果の高い林帯の形成が期待されます。現段階では試験地が県中央部の 1 箇所であることから、気象条件等が異なる県内他地域においてさらに試験地を設定し、調査を行う予定です。

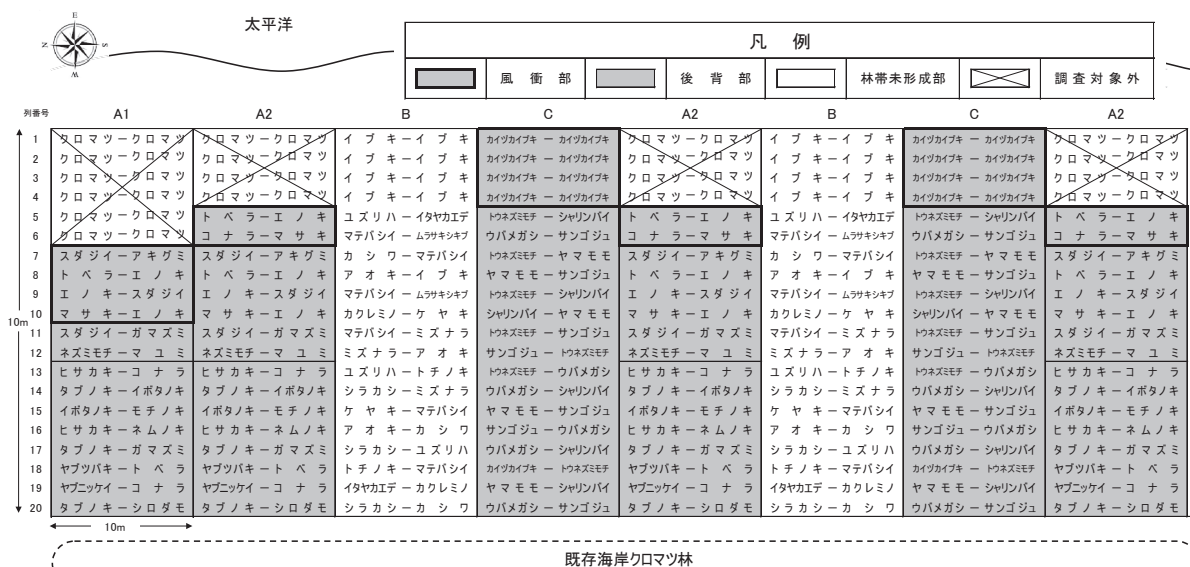


図 1 試験区の配置

注) 1列の植栽本数は、海側10列が17本、陸側10列が16本である。各列には、図に示す2樹種を交互に植栽した。なお、クロマツは、周辺環境の変化に伴う滞水により枯死や生育不良となる個体が多数確認されたことから、調査対象外とした。

表 1 植栽木の生存率と樹高

試験区	位置	列	樹種	調査本数	生存率 (%)	平均樹高 (cm)
A区	風衝部	A1区 7～10列	マサキ	16	100	215.4
			トベラ	17	53	188.6
		A2区 5～6列	エノキ	42	5	207.0
			コナラ	16	6	214.0
	後背部	A1区 11～12列	マサキ	43	98	266.1
			ネズミモチ	23	61	256.3
		(前方) A2区 7～12列	トベラ	45	40	239.0
			スダジイ	59	15	263.4
			マユミ	31	10	215.3
			ヤブツツケイ	29	79	288.9
		A1, A2とも (後方) 13～20列	トベラ	32	69	266.9
			タブノキ	92	60	303.4
			モチノキ	25	56	294.8
			ヤブツツバキ	20	55	277.6
			ヒサカキ	52	52	255.3
			シロダモ	28	46	301.2
B区	後背部	5～20列	イボタノキ	34	6	201.0
			コナラ	30	7	276.0
			ネムノキ	26	8	323.0
			アオキ	50	26	118.8
			カクレミノ	28	21	313.3
			カシワ	42	7	196.0
			ケヤキ	21	14	301.3
	風衝部	1～4列	トチノキ	25	4	184.0
			マテバシイ	69	30	269.8
			ユズリハ	46	17	335.1
			ガイツカイブキ	28	68	254.7
			シャリンバイ	96	84	232.3
			カイツカイブキ	118	82	315.4
			ウバメガシ	63	29	271.7
C区	後背部	5～20列	サンゴジュ	106	25	240.6
			トウネズミモチ	113	13	280.7

写真 1 植栽直後の生育状況(上)と  
植栽 13 年後の生育状況(下)

注) 生存率が0%となった樹種(アキグミ、イタヤカエデ、イブキ、ガマズミ、シラカシ、ミズナラ、ムラサキシキブ、ヤマモモ)は未記載。下線は特に生存率の高かった7樹種



## 埼玉県内の天然ブナ及び植栽ブナの遺伝的特性

埼玉県寄居林業事務所 森林研究室 原口 雅人

### 研究の背景・ねらい

雪の多い日本海側では優占度が高く純林状のブナ林が形成されるのに対し、太平洋側では他の広葉樹や針葉樹と混交したブナ林が形成されます。埼玉県内のブナ生息地は奥秩父地域を除いて限定的であり、天然ブナ林に対する認識は必ずしも高くありません。しかし、ブナは自然度の高い森林の象徴として県内でもブナの単一林が造成された例もあります。一方、2010年の生物多様性条約第10回締約国会議を契機に樹木の遺伝的多様性が注目されました。

そこで、遺伝的多様性の2つの視点、つまり、歴史の中で形成されてきた地元の天然木との遺伝構造の同異を表す葉緑体ハプロタイプと、集団内の多様性の尺度となる核マイクロサテライト変異について、埼玉県内の天然集団と植栽実生苗における実態を調査しました。

### 成 果

#### 1. 埼玉県内ブナの葉緑体ハプロタイプ

- ・高橋ら(2010)の研究による埼玉県周辺のハプロタイプの分布は図1のとおりです。埼玉県内の1地点はFで、関東周辺では本州日本海側にはBが、長野県南東部～山梨県南東部・静岡県東部にはEが、関東西部にはFが分布しています。また、「BとE」は「F」とは異なる系統とされています。
- ・県内の天然13集団の主要なハプロタイプはFでしたが、うち山梨県境に近い1集団ではこれまで県内で分布が認められていなかったEが検出されました(図2)。
- ・4植栽地のうち3か所では一部にハプロタイプBが解析され、これらは群馬県北部の多雪地域の天然林由来の苗木や由来不明の購入苗でした(図2)。また、これらは樹高2m以上の苗木でしたが、一般に多雪地帯由来の系統を太平洋側に植栽した場合に生じる先枯れ被害が認められず、このまま残されると将来に遺伝子攪乱が生じる恐れがあります。

#### 2. 埼玉県内ブナの核マイクロサテライト変異

- ・県内の天然ブナ集団の大部分は、8遺伝子座の対立遺伝子の豊富さを示す尺度が7.3～7.9で、おおむね高い遺伝的多様性を保有していましたが、イヌブナ林内に孤立している大若沢が5.8、山頂部のみの笠山が6.4と点状に隔離されている集団では、多様性が減少している集団もありました(図2)。

### 成果の活用

自然度の高い水源林など森林を造成するのに必要な広葉樹苗木を生産するため、「地域性種苗生産のための広葉樹の採種」というパンフレットを作成中です。この中で、遺伝的多様性の重要性を示すため、今回のブナの事例を紹介する予定です。また、群馬県北部産の苗木にはこの地域で報告の無かったハプロタイプBが認められました。これらの苗木の配布者と植栽者は苗木授受の段階で遺伝的な調査の結果に基づいて植栽木の扱いを協議することとしており、今回の結果が活用されることになっています。

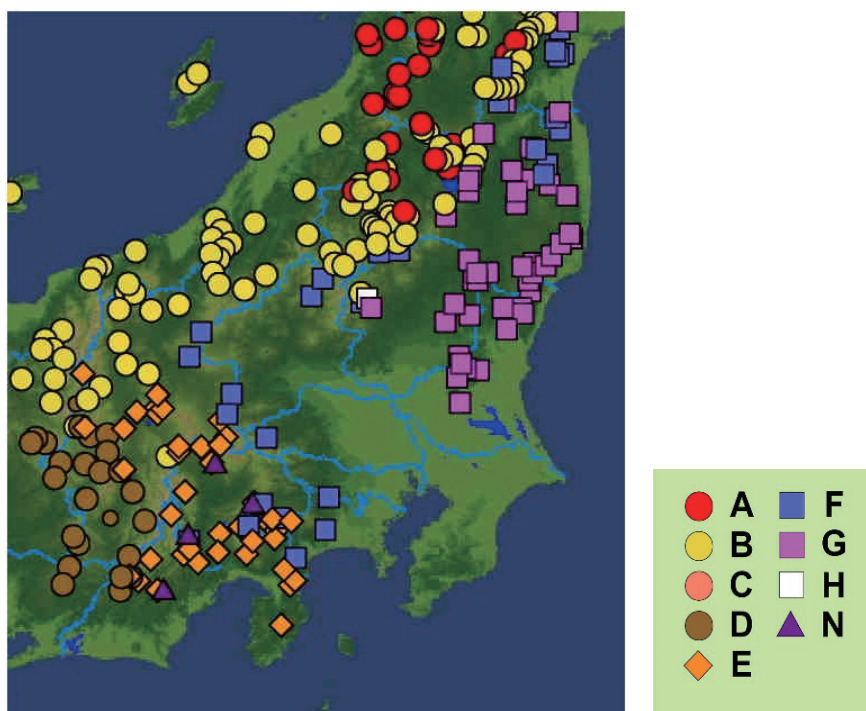


図1 埼玉県周辺地域のブナ天然木の葉緑体ハプロタイプの地理的分布パターン  
(高橋ら(2010)を改変)

高橋ら(2010) <https://www.ffpri.affrc.go.jp/kanchu/kenkyuukai/documents/h220324kouyoujyu.pdf>

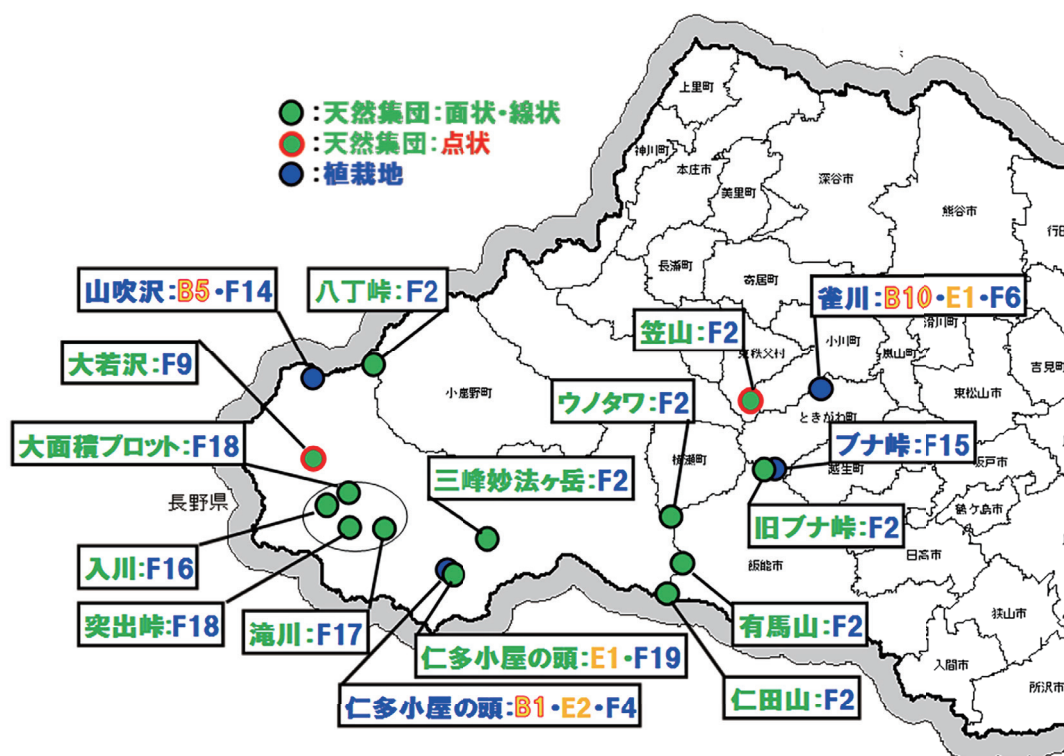


図2 埼玉県内ブナの天然集団と植栽地の位置および葉緑体ハプロタイプ  
ハプロタイプのアルファベットの後の数字は解析数。

[ 問い合わせ先：埼玉県寄居林業事務所 森林研究室 Tel 048-581-0123 ]

# 未利用木質バイオマスの簡易な搬出方法

千葉県農林総合研究センター 森林研究所 黒田 学

## 研究の背景・ねらい

森林整備に伴う間伐材、非赤枯性溝腐病などの病虫害の被害木、気象害による倒木・折損木、侵入竹といった製材して利用するには不向きな材については用途が限られ、搬出コストもかかってしまうことから、未利用のまま林内に残されることが多くなっています。

これらの未利用材について、多様な林業の担い手（森林所有者、里山活動団体、林業関係団体等）が簡易に搬出することが出来れば、木質バイオマスとして有効活用することが可能となります。そこで簡易な搬出方法について現地で比較試験を行い、その有用性について検証を行いました。

## 成 果

簡易な搬出方法として、以下の機材を用いて試験を行いました。

### ＜上げ荷＞

- ・ポータブルロープウインチ：排気量 50cc エンジンを動力源としたロープウインチ（写真1, 2）。
- ・チェーンソーウインチ：チェーンソーのエンジン（本試験では排気量 35.2cc のチェーンソーエンジンを使用）を動力源としたロープウインチ。

### ＜下げ荷＞

- ・コルゲート管：ポリエチレン樹脂を主材料とした蛇腹状の管。半分に割ってシューター（滑り台のようにして材を下す器具）とした。
- ・修羅 iido：ポリカーボネート製波板と小角材及び支柱を組み合わせたシューター（写真3）。

試験は木質バイオマスとしての利用が期待されるスギ間伐材及びモウソウチク材を対象に、勾配の異なる斜面においてスギ材の上げ荷搬出試験とモウソウチク材の下げ荷搬出試験を実施しました。その結果、平坦～中斜面（0～19度）におけるスギ材の上げ荷搬出試験では、ポータブルロープウインチがチェーンソーウインチ及び人力よりも多く搬出できました（図1）。スギ材の上げ荷搬出ではポータブルロープウインチが適していると考えられましたが、平坦地の場合は人力でもポータブルロープウインチとほぼ同程度搬出できたことから、平坦で搬出距離が短い場所であれば人力での作業も有効な手段と考えられます。一方、緩～やや急斜面（8～26度）におけるモウソウチク材の下げ荷搬出試験では、修羅 iido がコルゲート管及び人力よりも多く搬出できました（図2）。修羅 iido はホームセンターなどの小売店で市販されているもので作製が可能であり、コスト的にも安価となります。設置時間は傾斜により10～30分ほどかかりましたが、概ね1時間以上の搬出作業を行う場合には設置時間を考慮しても人力に比べて有効な搬出方法であると考えられます。

## 成果の活用

この成果は、行政、林業関係者、一般県民等を対象とした「千葉県試験研究成果発表会」で公表しました。また、県民自らがバイオマスの活用に取り組む機運の醸成を促進することを目的に開催された「バイオマス利活用研修会」においても情報提供を行いました。





写真1 ポータブルロープウインチ



写真2 ポータブルロープウインチによる作業



写真3 修羅iido

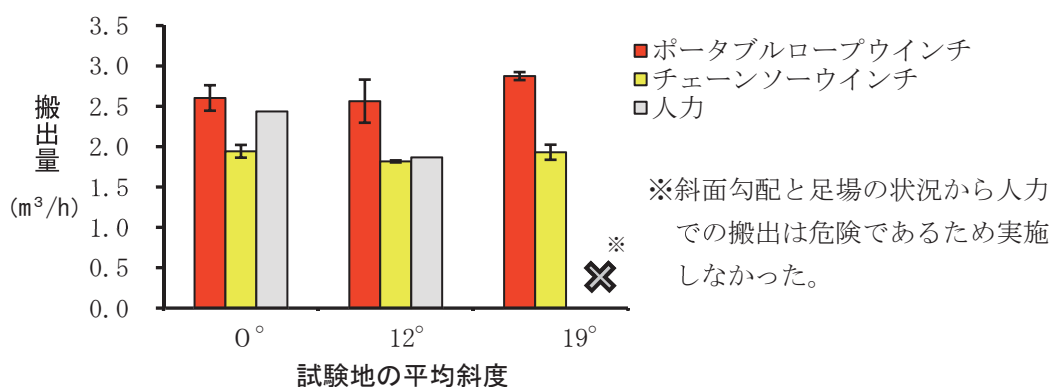


図1 スギ材の上げ荷搬出における1時間当たりの搬出量

- 注1) 搬出回数はポータブルロープウインチは各3回、チェーンソーウインチは0°で3回、12°と19°で2回、人力は各1回実施  
 2) エラーバーは標準偏差  
 3) 搬出量は2人でスギ材1m³を20m搬出するのに要した時間から換算した

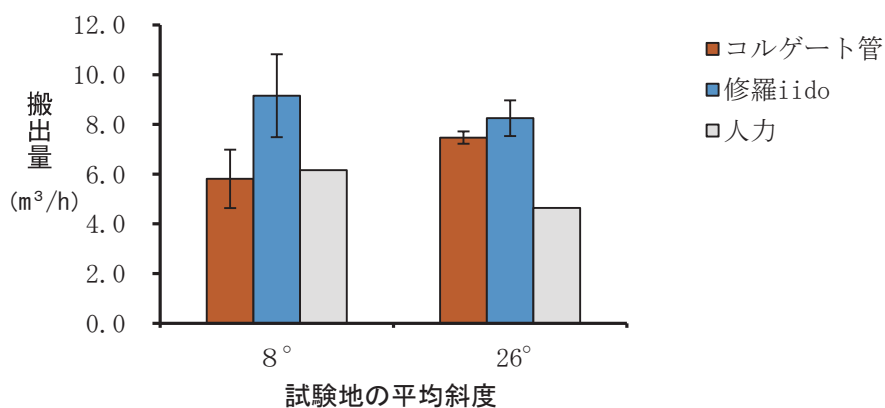


図2 モウソウチク材の下げ荷搬出における1時間当たりの搬出量

- 注1) 搬出回数は3回（人力のみ1回）  
 2) エラーバーは標準偏差  
 3) 作業は2人1組で行い、搬出量はモウソウチク1m³を20m搬出するのに要した時間から算出



# シカ生息密度が低下した林地におけるシカの食害について

東京都農林総合研究センター 緑化森林科 新井 一司・中村 健一

## 研究の背景・ねらい

2004年、東京都奥多摩町の多摩川北岸域では、高密度のニホンジカ（以下、シカ）の食害によって再造林地から大量の土砂が流出するという甚大な被害が生じました。その後、東京都の緊急対策により、多数のシカが捕獲され、その生息密度は低下傾向にありますが、再造林した場合、植栽木に及ぼす影響は不明でした。そこで、試験的に人工林を伐採し再造林した植栽木に、シカがどの程度被害を与えるかを調査し、主伐、再造林の可能性を検討しました。

## 成 果

2012年に東京都奥多摩町の不老、川乗、峰の3林地で各0.5ha、人工林を伐採し、翌年6月下旬にスギ、ヒノキ、コナラならびにミズナラを植栽しました（図1）。また、不老付近のスギ人工林内に対照区を設けました。植栽木の食害状況、樹高を測定するとともに、各林地に設置した自動撮影カメラの画像からシカの撮影頭数を求めました。また、糞粒調査を行い、シカ生息密度を推定しました。

シカによる食害は、すべての植栽木でみられました（表1）。特に、川乗のスギの食害は甚大で、樹高が約20cmまで低下しました。他の林地も食害を受け、植栽後3年で樹高は80cm以下と低い状態でした（図2）。撮影されたシカの頭数は、不老では、伐採後、急速に増加しました。植栽以降も継続して多くのシカが撮影され、食害が継続して起こっていたと推定されました。川乗と峰はともに植栽2ヶ月後まで食害率は高くありませんでしたが、川乗では6ヶ月後の2014年1月に急増しました。この時、川乗はオスジカの群れによってすべての植栽木が壊滅的な被害を受けました（図3）。

しかし、調査期間中、最も多い撮影頭数は、不老の33頭/月であり、これは1頭のシカが毎日1回カメラに写る程度で、高密度な状態とはいえません。糞粒法で推定された隣接する人工林のシカ生息密度の平均値は、2013年が1.5頭/km<sup>2</sup>、2014年が1.0頭/km<sup>2</sup>、2015年が2.4頭/km<sup>2</sup>と東京都シカ管理計画の目標値1～3頭/km<sup>2</sup>の範囲であり、低密度でした。

このようにシカ生息密度が低いにもかかわらず、植栽木の被害は甚大でした。現状のシカが低密度な状態であっても、奥多摩町多摩川北岸域における再造林は、シカ柵を設置するなどの防除対策を行わなければ、極めて困難と推定されました。

## 成果の活用

東京都農林総合研究センター 森林・林業関係研究発表会や関東森林学会にて発表するとともに、関東森林研究に掲載され、森林循環促進事業など東京都の森林・林業施策に活用されています。



図1 調査位置図

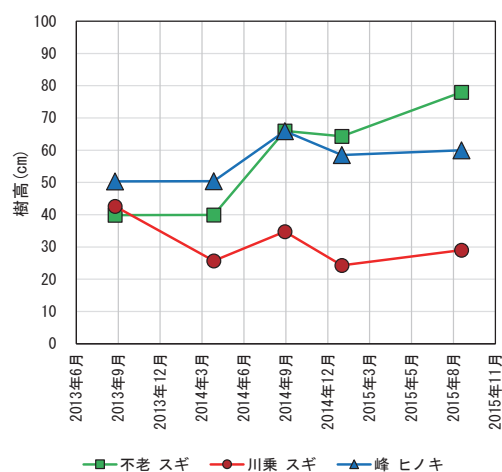


図2 植栽後の樹高の推移

表1 植栽木のシカによる食害

地点名	樹種	食害率 <sup>a</sup> (%)					
		植栽1ヵ月後 2013年8月	2ヵ月後 2013年9月	6ヵ月後 <sup>b</sup> 2014年1月	1年2ヵ月後 2014年9月	1年6ヵ月後 2015年1月	2年2ヵ月後 2015年9月
不老	スギ	42	50	—	53	96	100
川乗	スギ	4	4	100	100	100	100
峰	ヒノキ	16	24	—	56	96	100
不老	コナラ	91	91	—	100	100	100
不老	ミズナラ	100	100	—	100	100	100

a) 食害率は、植栽木の一部でも食害が確認された場合、被害木とし、以下の式で求めた。

食害率 (%) = 食害個体数 ÷ 調査時生存個体数 × 100

b) 植栽6ヵ月後の調査は、川乗の食害が甚大であったため、川乗のみ緊急に実施した値である。そのため、川乗のみ結果を表記しているが、他の地点は、変化がほとんどない状態であった。

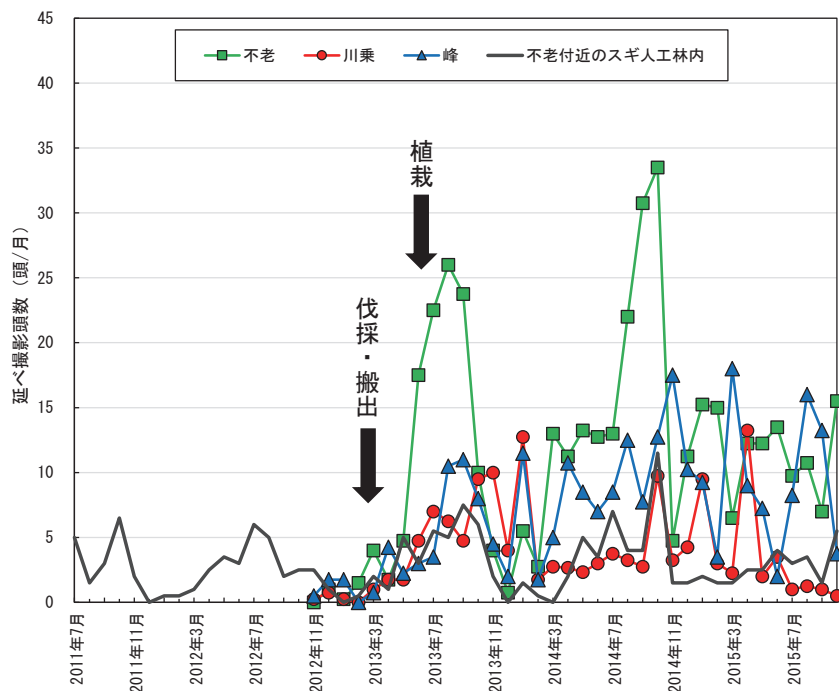


図3 自動撮影カメラによるシカの延べ撮影頭数（月あたり）の推移

※各再造林地に4台の自動撮影カメラを設置し、その平均値を示した。

## 森林の水源かん養機能評価のための流出特性把握

神奈川県自然環境保全センター 研究企画部 研究連携課 安部 豊・内山 佳美

### 研究の背景・ねらい

神奈川県の水源地域では、シカの高密度化や人工林の手入れ遅れによって森林の下層植生が衰退し水源かん養機能の低下が危惧されたため、2007年から県は水源環境の保全・再生にかかる施策を推進しています。当センターは、本施策の評価や見直しに役立てるため、対策の効果検証に取り組んでいます。

これまでに、捕獲によるシカの生息密度低下や人工林の間伐によって、衰退していた下層植生が回復し土壌が保全されることが確認され、さらに現在は水源かん養機能との関係を調べています。しかし、県内水源地域の森林における水流出の実態が明らかになっていないため、西丹沢の花崗岩地帯に位置するヌタノ沢試験流域において流出特性を把握しました。

### 成 果

シカの影響により2000年代以降に林床の裸地化が進んだヌタノ沢試験流域(図1)において、2つの同規模の源頭小流域で雨量・流量・地下水位等の連続観測を行いました。2012～2017年の観測から、降雨に伴い増減する両流域の短期的な流出パターンは類似するものの<sup>1)</sup>、降雨の無い時の流量(基底流量)は両流域で差があること(図2)、両流域ともに基底流量は先行降雨指数(流域の比較的表層の水分状態)とはあまり対応せず、むしろ深部の地下水位との相関が見られること(図3)、地下水位は雨量10mm程度を超えると右肩上がりに上昇すること(図4)が分かりました。また、雨量から流量を差し引いた損失量にも差が生じており、B流域の損失量は気象学的手法から推定されたおよそその森林の蒸発散量<sup>2)</sup>と同程度でしたが、A流域ではそれを大幅に上回っていました(表1)。

これらの結果から、ヌタノ沢試験流域では、風化が進んだ花崗岩質の基岩で亀裂も発達しているため、降雨の地下浸透が良好で雨水が速やかに風化基岩まで浸透するとともに、その後の無降雨時の基底流出の供給源となっていると推察されました。さらに、B流域を大幅に上回るA流域の損失量から、蒸発散量以外の局所スケールの基岩の地下水深部浸透が存在する可能性が示唆されました。

### 成果の活用

ヌタノ沢試験流域では、2014年4月にA流域全体を植生保護柵で囲みシカを排除して、前述のような流出特性を踏まえて下層植生が回復することによる水や土砂の流出への影響を検証しています。なお、本研究成果は、2019年水文・水資源学会におけるポスター発表の一部です<sup>3)</sup>。

### 参考文献

- 1) 内山佳美・横山尚秀・三橋正敏 西丹沢ヌタノ沢の流出特性. 神自環境セ報, 13, p39-47, 2015
- 2) 近藤純正・中園信・渡辺力・桑形恒男 日本の水文気象(3) —森林における蒸発散量—. 水文水資源学会誌, 5, p8-18, 1992
- 3) 安部豊・内山佳美 西丹沢花崗岩帯のヌタノ試験流域における流出特性把握のための基礎的解析. 水文・水資源学会 2019年度研究発表会, 2019



図1 ヌタノ沢試験流域（平面図・断面図）

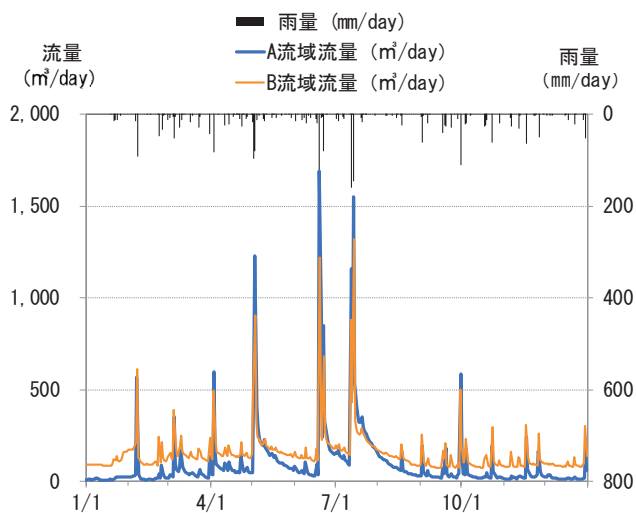


図2 日雨量と日流量の推移（2012年の例）

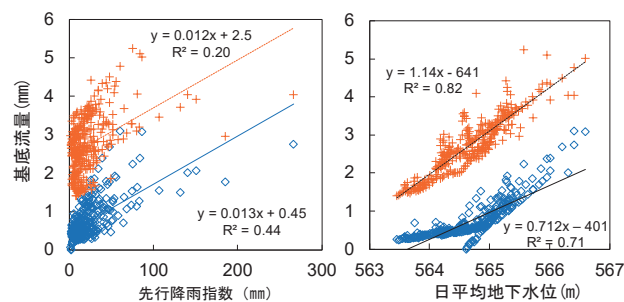


図3 基底流量と先行降雨指数※、日平均地下水位との関係<sup>3)</sup>

※先行降雨指数（API30）とは、流域の乾湿状態を示す指標で、前30日間の日雨量に対して直近の降雨ほど大きく重みづけして加重和を求めたもの。

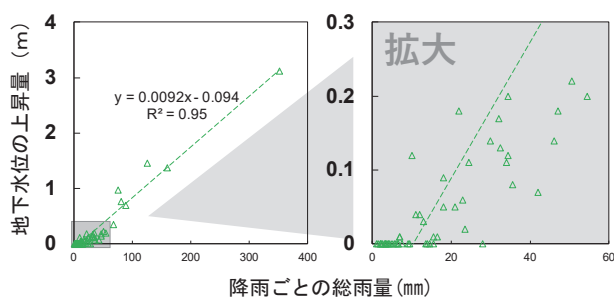


図4 降雨ごとの降雨量と地下水の上昇量の関係<sup>3)</sup>

表1 A流域、B流域における雨量、流量、損失量の比較<sup>3)</sup>

2012-2017年の平均 (mm)		A流域		B流域	
	雨量	A流量	A損失量	B流量	B損失量
実測 平均	2260	598	1662	1491	770
短期水収支法の損失量※			1660		767

※実測による損失量（雨量－流量）と短期水収支法による損失量は、両流域共に近い値を示した。

[ 問い合わせ先：神奈川県自然環境保全センター 研究企画部 研究連携課 Tel 046-248-0321 ]



## 地拵えの機械化による再造林コストの低減

長野県林業総合センター 育林部 大矢 信次郎

### 研究の背景・ねらい

長野県の民有林では森林資源の充実が進みつつあり、2018年4月時点でカラマツは12齢級(56-60年生)以上の面積割合が68%に達しています。一方、5齢級(21-25年生)以下のカラマツ林の割合は0.4%にすぎません。伐期に至った資源を活用しながら次世代の人工林を造成するためには、造林コストの低減が必要です。その有力な手段として行われている「伐採・造林一貫作業」では、伐出後速やかに植栽を行うため、伐出機械を造林作業(地拵え、苗木運搬等)に活用するとともに、競合植生が回復する前に植栽木を活着・成長させることが期待されています。当センターでは一貫作業の生産性とコストを調査し、特に地拵えの機械化によるコスト削減効果がどの程度あるのか、また機械地拵えにともなう地表攪乱によって下刈り作業の軽減が図れるのか等を明らかにするため、調査を行いました。

### 成 果

#### 1. 機械化による地拵えコストの低減

霊仙寺山国有林、浅間山国有林ほかにおいてバケット、グラップル、人力による地拵え作業の工期(生産性)調査を行いました。その結果、人力作業と比較して、両機械による地拵えの労働生産性は約2~12倍に増加、コストは14~90%に減少し、コスト削減効果が認められました(図1、2)。集積する枝条量が多いほど機械地拵えの生産性は低下し、コストは増加します。枝条や端材を林内になるべく残さないよう、全木集材を行うことや材の利用率を高めることが地拵えのコスト削減にもつながると考えられました。

#### 2. 下刈りコストの低減

バケット地拵えでは、競合植生の発生と成長が抑制され、スギ植栽後2年目の6月においても9割以上の植栽木は競合植生に被圧されなかった一方で、人力地拵え及び無地拵えでは半数以上の植栽木が競合植生に被圧されていました(図3)。また、バケット及びグラップル地拵えでは植栽木の成長量及び生存率も向上しています(図4)。これらのことにより、バケット地拵えを行った場合、スギの植栽当年及び2年目の下刈りを省略できる可能性が示唆されました。

#### 3. 地拵え~下刈りまでのコスト試算

地拵え、植栽、下刈りのコストを試算し積上げると、植栽木の樹高が3年で競合植生の高さ(おおむね150cm程度)を超える場合、バケット地拵えでは従来作業に比べて最大で68%のコスト削減が期待できました(図5)。ただし、機械地拵えを行った場合でも、現場の競合状態を見極めながら下刈りの要否を判断することが重要と考えられます。

### 成果の活用

本研究の一部は森林利用学会誌33巻1号に掲載されたほか、日本森林学会大会、森林利用学会及び当センターの研究成果発表会において発表しました。また、当センター発行の普及誌「技術情報」No.162にも成果を記載しています。今後は、研修会等を通じて普及していきたいと考えています。

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

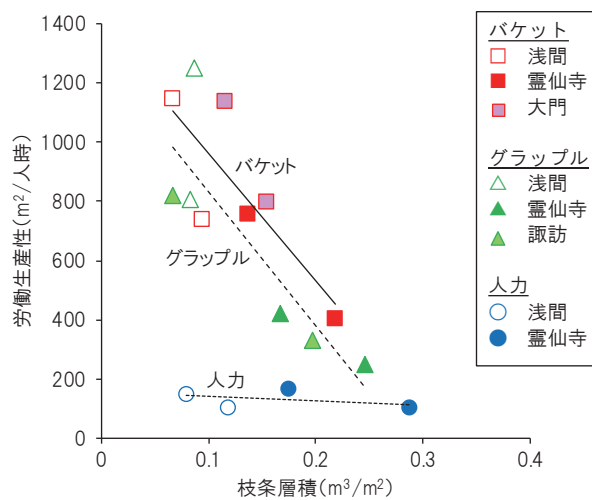


図1 地拵え方法ごとの枝条量と労働生産性の関係

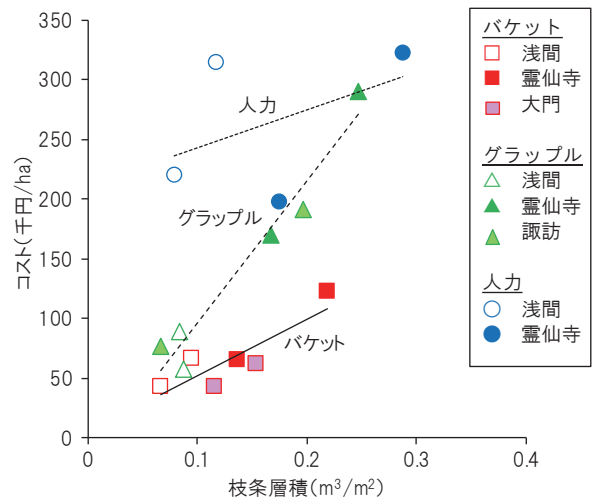


図2 地拵え方法ごとの枝条量とコストの関係

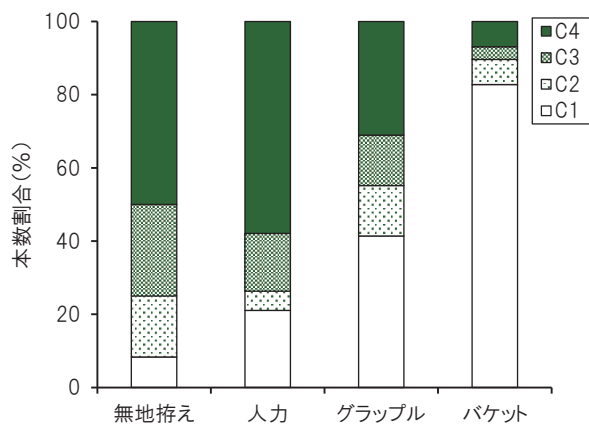


図3 地拵え区分ごとのスギ植栽木と雑草木の競合状態 (植栽2年目の6月、下刈りなし)

※競合状態の指標

- C4: 植栽木が雑草木に完全に覆われている
- C3: 植栽木と雑草木の梢端が同位置
- C2: 植栽木の梢端が周辺の雑草木から露出
- C1: 植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分以上露出

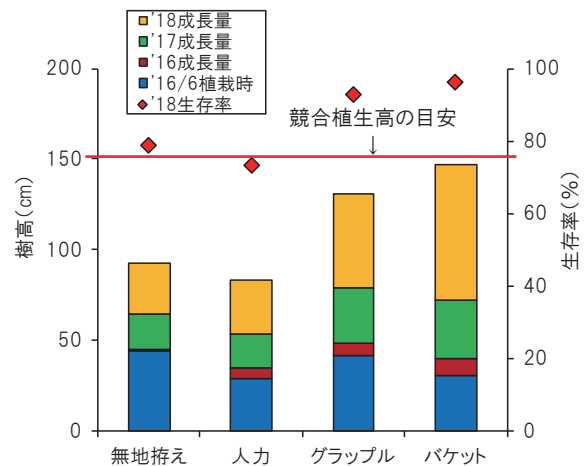


図4 地拵え区分ごとのスギ植栽木の成長量と生存率 (下刈りなしの場合)

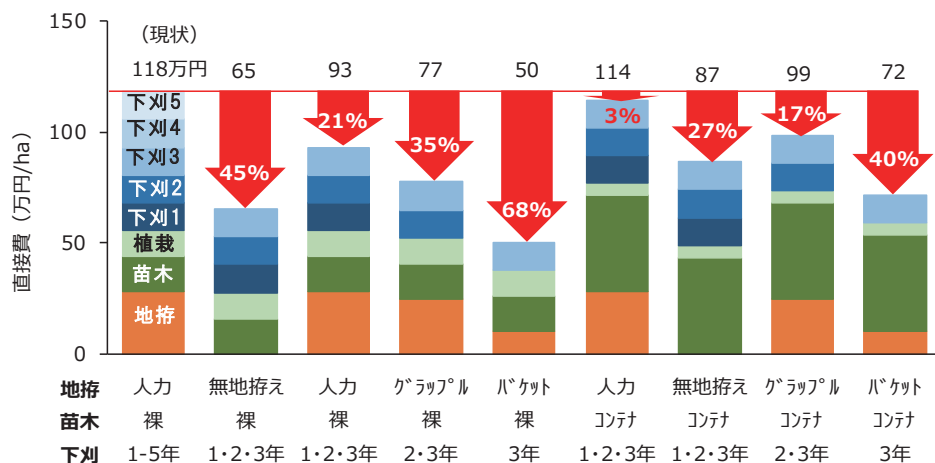


図5 地拵え～下刈りまでの再造林コスト試算

※下刈りは適期に行うことにより、原則として3年目で終了とした。

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

# 無人航空機によるマツ枯れ防除体系の実用化

静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター 森林資源利用科 星川 健史

## 研究の背景・ねらい

全国の松くい虫被害量は40万 $\text{m}^3$ (平成29年度林野庁)で、松くい虫は我が国最大の森林病虫害です。松くい虫防除は、予防のための薬剤散布と感染拡大防止のための伐倒駆除によりおこなわれていますが、本研究は、その両面において無人航空機を活用し低コスト化を図るものです。予防のための薬剤散布において、これまで高度な操縦技術が必要だった無人ヘリコプターを、プログラム制御によって自動で薬剤散布する技術を開発しました。伐倒駆除においては、これまで被害木を発見するのに多大な労力を要する地上調査が必要でしたが、ドローンで撮影した画像から自動的に被害木の地図を生成する技術を開発しました。

## 成 果

予防対策における新技術は、無人ヘリコプターを自動で制御して散布を行うもので、基礎的な操縦技能を持つ者が、ナビゲーターなしで散布を実施できます(図1)。具体的には、レーザー測量技術を応用したマツ林の立体地図の作成技術、安全な飛行経路を設計するプログラム、設計した3次元の経路をプログラム制御によって飛行させる技術を新たに開発しました。本技術の防除効果や区域外飛散は従来技術と同等以上の性能であり、特に、防除効果に関連する農薬の落下分散は、従来の方法と比較して均一性が高くなりました(図2)。

また、駆除対策における新技術として、これまでのリモートセンシング技術では困難だった樹木単位の被害を検出するため、ドローンで撮影した画像から樹木を認識し、被害木を判別するアルゴリズムを開発しました。まず、ドローンで撮影したカラー画像から、SfM-MVS技術<sup>1)</sup>を用いたアプリケーションで3次元点群及びオルソ画像<sup>2)</sup>を生成し、カラーのオルソ画像を、植生指数の一つであるVARIに変換するとともに、3次元点群から、局所最大値法により単木抽出を行いました(図3)。単木抽出の精度は50～84%で、用いたカメラによってばらつきが見られました。単木抽出で得られた樹頂点付近のVARIを集計し、ロジスティック回帰により被害木と健全木の判別を行いました。判別精度は、95～100%の高い精度が得られました(表1)。

## 成果の活用

無人ヘリコプターによる自動薬剤散布技術は、ナビゲーター等が不要になることなどからコストを30%削減できると試算されました。飛行経路等の履歴がデータとして保存されるため、予防対策の効果を詳細に確認することができます。ドローンによる被害木調査技術では、従来の地上からの調査と比較してコストを86%削減できると試算されました。広い面積を迅速に調査できるため、駆除対策の計画が立てやすく、駆除対策の履行確認が容易である利点もあります。平成31年3月にパンフレットを発行し(図4)、全国・地方の担当者会議などで普及に努めています。

本研究の一部は、革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)「無人航空機による森林病虫害防除システムの実用化」として実施しました。

- 1) 画像間の幾何学的性質から3次元構造等を復元し、立体視の原理を用いてより密な点群を復元する技術。
- 2) 写真上の像の位置ズレをなくし空中写真を地図と同じく、真上から見たような傾きのない、正しい大きさと位置に表示される画像に変換したもの。





図1 無人ヘリコプターによる自動薬剤散布



図4 成果普及パンフレット

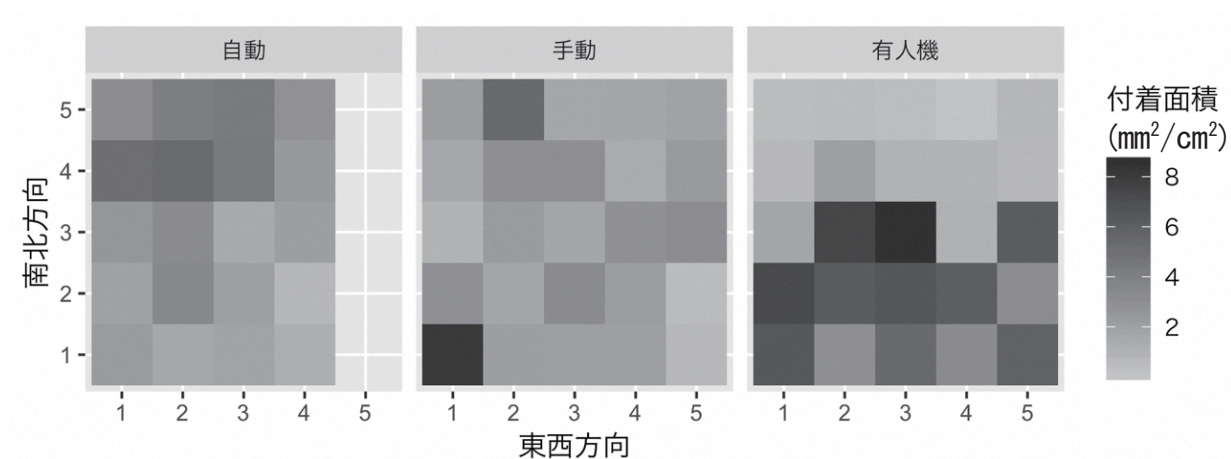


図2 各散布方法における薬剤の落下量の分布

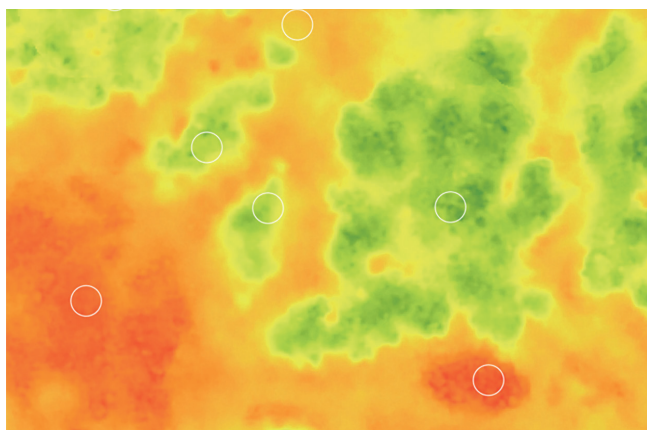


図3 カラー画像から計算された植生指数（VARI）と単木抽出により得られた樹頂点

検出された樹頂点を白丸で示す。VARI を色で示し、値が高いものは緑色、低いものは赤色で表す。

表1 ロジスティック回帰による被害木の判別精度

データ		データ数	正答率
教師	検証		
米津	米津	40	100%
湊	湊	91	100%
米津	湊	273	99%
湊	米津	124	95%



## 細り表アプリの開発

愛知県森林・林業技術センター 技術開発部 岩下 幸平・江口 則和<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup> 現 愛知県新城設楽農林水産事務所 林業振興課)

### 研究の背景・ねらい

樹木がどのように細くなるのかを推定する細り表は、森林の資源を簡易に把握するうえで非常に有用な資料です。一方で樹木の細り方は様々な条件から影響を受けるとされており、都道府県ごとに作成されていましたが、愛知県に対応したものは過去に作成されていませんでした。そこで、愛知県版細り表を県内主要造林樹種であるスギとヒノキを対象に作成しました。また、細り表は一般的には紙媒体として利用者に配布されるものですが、現場で利用しやすくするためにスマートフォン用アプリケーション(図1)としてリリースしました。

### 成 果

県内各地のスギ93本、ヒノキ99本から、①伐採箇所の緯度経度、②伐採箇所の標高、③樹高、年輪数、④伐採位置、1m位置、3m位置、5m位置、…、の皮つき周囲長、⑤伐採位置と樹高×1/2位置の円盤のデータを取得しました。データ取得は県内の各農林水産事務所の林業普及指導員の協力を得ました。また特に高齢木のデータについては林野庁中部森林管理局愛知森林管理事務所に協力していただきました。

取得したデータについて、細り表のための推定式として①従来の樹高と胸高直径を用いた式(吉田式)、②ベイズ法によって推定した胸高直径と林齢を用いた樹高測定が不要の式、③ベイズ法によって推定した樹高と林齢を用いたUAV(ドローン)等のデータを活用できる式の3種類の相対幹曲線式を作成しました。精度を検証したところ①、②、③の順で精度が良く<sup>\*</sup>、どの式も十分な精度があることを確認しました。

これらの式を用いて細り表が作成されるのですが、紙媒体とするのではなく、民間事業者であるMTGフォレスト株式会社と協働してスマートフォン用アプリケーションとしてリリースしました。このアプリは図2の二次元コードから無料でダウンロードできます。使用の際は、都道府県名と細り表の計算式を選択し(図3)、各計算方法で要求される樹種や樹高、胸高直径、林齢の項目を入力すると(図4)、地上高1mごとの直径(cm)と材積(m<sup>3</sup>)が表示されます(図5)。

### 成果の活用

作成した愛知県版細り表は県内の事業者で活用していただいているほか、当センターが実施する森林・林業研修の中で使用すること等で普及を行っています。またアプリケーションとしては当県分だけでなく、2019年10月現在で北海道、山形県、長野県、静岡県、岐阜県、山口県から細り表のデータを提供いただき追加実装しています。今後もアップデートにより拡充を図っていきますので、もし他県等で細り表のデータがありアプリケーションとして実装を希望される場合は、当センターへ御一報ください。

### 引用文献

※) 江口則和 愛知県版スギ・ヒノキ細り表の作成に関する調査 愛知県森林・林業技術センター 報告 54, 44, 2017



図1 細り表アプリ



App Store 版



Google Play Store 版

図2 ダウンロード先の二次元コード

ホーム

地域選択 愛知県

計算方法選択

1. 樹高、胸高直径から推定

2. 胸高直径、樹齢から推定

3. 樹高、樹齢から推定

精度の高さは 1 > 2 > 3 となっています。

図3 細り表の種類の選択

ホーム

種類 スギ(皮付)

樹高 (m) 25

胸高直径 (cm) 40

計算

図4 必要項目の入力

戻る

推定計算結果  
材積(m<sup>3</sup>):1.796  
種類:スギ(皮付)

地上高(m)	推定直径(cm)
24	4.04
23	7.64
22	10.84
21	13.68
20	16.18
19	18.37
18	20.29
17	21.96
16	23.42
15	24.7
14	25.83
13	26.84
12	27.76
11	28.63
10	29.47
9	30.32
8	31.2
7	32.15

図5 出力された結果

# トラップとシート被覆を組み合わせたナラ枯れ防除法

京都府森林技術センター 小林 正秀

## 研究の背景・ねらい

カシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）によるナラ枯れが全国各地で拡大し、多数の防除法が提案されてきました。公立林業試験研究機関研究成果選集にも、防除法だけで10課題（殺虫剤や粘着剤を幹に塗布する方法、枯死木を伐倒してカシナガを駆除する方法、合成フェロモン剤と樹幹注入を組み合わせる方法など）が報告されています。しかし、被害地の拡大が収まらない中、「ナラ枯れは防除しても無駄。いずれは終息するので放置すべき」と考える人が増えています。

京都府では、ナラ樹を御神木とする社寺で、トラップとシート被覆を組み合わせた防除を実施した結果、被害を早期に抑えることに成功しました。本法は、薬剤を使わず、安価で環境にも優しく、ボランティアでも取り組めるため、京都府だけでなく全国各地に普及しています。

## 成 果

生存している木があるのにナラ枯れが終息するのは、カシナガの攻撃を受けても生き残った穿入生存木が増えるからです。穿入生存木では、カシナガの繁殖が困難になるだけでなく、翌年、穿入生存木を攻撃したカシナガの多くが死亡します。一方、カシナガの攻撃を受けて枯れた木では、カシナガが大繁殖し、翌年、枯死木から脱出して被害を拡げます。つまり、穿入生存木を一気に増やせば、被害は早期に抑えられます。カシナガの攻撃を受けた木が枯れる確率は2～5割程度ですが、この枯死率を1割以下にできれば、被害が抑えられると考え、ペットボトル先端を連結したトラップ（写真1）を幹に設置しました。その結果、多数のカシナガが捕殺され、トラップ設置木と周辺木の枯死率が低下し、被害が面的に抑えられました。そこで、2011年、ペットボトルトラップを改良し、カシナガトラップ（写真2）を開発しました。

防除面積が広い場合、トラップ設置木が多くなるため、カシナガの攻撃を防ぐ目的で木の幹をシートで被覆する方法と組み合わせました（写真3）。その結果、トラップ設置木にカシナガが集中して捕獲数が増え、防除効果が向上しました。幹の根元をシート被覆するのは難しいため、塗布するだけで透明の皮膜ができるメイカコート（写真4）も開発しました。

カシナガトラップは各地で設置されるようになり、報告があっただけで4千万頭以上が捕殺されています（表1）。「千頭のカシナガで1本の木が枯れる」との試算が正しければ、4万本以上の木を守ったことになります。しかし、本法は、多数のカシナガを捕殺して被害を抑える方法ではありません。カシナガの数を減らす穿入生存木を早期に増やすことで被害を抑える方法なのです。

## 成果の活用

ペットボトルトラップはテレビ（夢の扉:TBS2011.6.5）や新聞（フロンランナー:朝日2011.9.24）等で大きく報道され、全国各地の森林ボランティアが製造して現場で利用しました。また、カシナガトラップは、韓国や北米でも技術指導が行われ、利用が始まろうとしています。メイカコートは、クイムシだけでなく、テッポウムシ予防樹脂フィルムとしてカミキリムシ対策でも利用が広がっています。

## 知的財産取得状況

【特許】2005-085850 穿孔性害虫の防除及び拡散を防止する方法、及び当該方法にて使用する高分子製剤（明成化学工業株式会社と共同開発）





写真1 ペットボトルトラップ

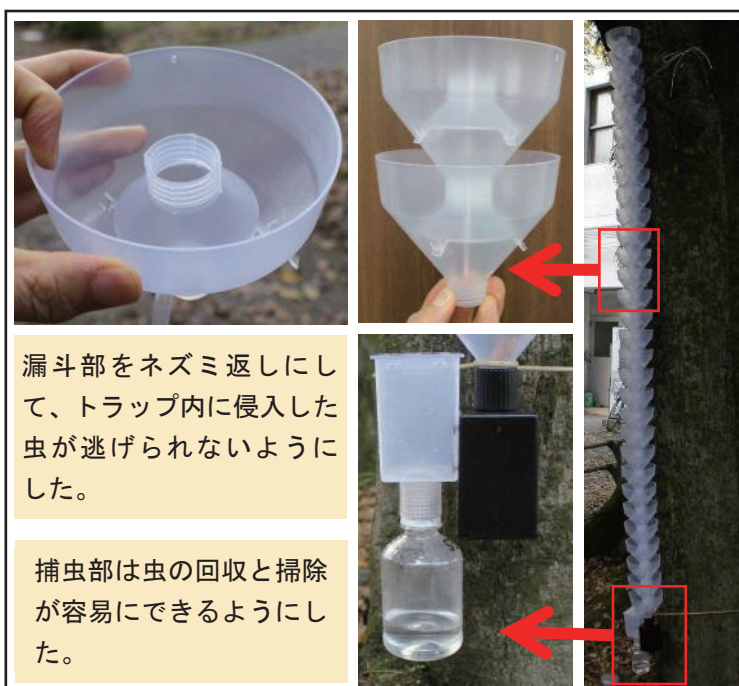


写真2 カシナガトラップ



写真3 トラップとシート被覆の併用



写真4 メイカコートの根元塗布

表1 カシナガトラップでの捕獲数

年度	トラップ設置数	カシナガ捕獲数	1基あたり捕獲数	新たに設置した地域
2011	150	477,252	3,182	京都
2012	410	524,851	1,280	滋賀
2013	636	1,374,153	2,161	大阪
2014	457	1,294,097	2,832	奈良
2015	633	3,639,284	5,749	三重、岡山
2016	1,957	6,675,842	3,411	鳥取、徳島
2017	2,630	7,718,686	2,935	兵庫、宮城
2018	3,659	11,947,461	3,265	
2019	2,794	9,730,818	3,483	東京
合計	13,326	43,382,444	3,255	

[ 問い合わせ先：京都府森林技術センター Tel 0771-84-0365 ]

## ウバメガシ萌芽のシカ採食防止の技術開発

和歌山県林業試験場 山下 由美子・法眼 利幸・濱田 さつき・坂口 和昭・坂本 淳

### 研究の背景・ねらい

紀州備長炭原本林のウバメガシ伐採株から生じた萌芽枝へのシカ食害が激しくなっています。中には伐採株が枯死し、ウバメガシの萌芽更新による循環利用が阻害される事例がみられます。そのため、伐採株の枯死を防ぐ技術と食害発生危険性を簡易に把握する手法の開発に取り組みました。

### 成 果

1. シカのウバメガシ萌芽に対する嗜好性や食害発生状況には、県内でも地域差があることが確認されました。食害発生危険性やその推移は、ウバメガシ林において、伐採から5年以内の20株以上を6段階のシカ食害ランク(図1a)により区分したデータを収集することで、簡易に把握することができると考えられました(図1b)。なるべく多くのウバメガシ林のデータを集めることで精度は高まります。
2. 単木的に伐採株の萌芽を守る方法として、約5年間、高さ1m程度の資材で囲えば枯死を回避できると考えられました(図2)。急傾斜で風当たりも強い原本林も多いですが、供試した資材のなかで、建築資材のメタルラスを円筒型にして囲ったものが、施工性が良く、最も耐久性に優れていました(図3、図4a)。伐採地に残っている枝を伐採株上に積んだもの(図4b)は、風で壊れるケースが多発し、破損後シカの食害を受ける可能性が高くなります。
3. 伐採方法を択伐(株立ちのうち一定直径級以上のものを伐採して小径木を残存させる方法)にすることにより、萌芽へのシカ食害による伐採株の枯死を防げることを明らかにしました(表1、図5)。シカ食害発生地域においてウバメガシ林を皆伐すると、高い割合で伐採株が枯死すると考えられることから、すさみ町や串本町のような被害の大きな地域では択伐が推奨されます。

### 成果の活用

本研究により得られた成果は、当試験場の研究成果発表会や森林学会大会等で発表し、本県の刊行物「農林水産業競争力アップ技術開発 研究成果集」「和歌山県農林水産試験研究機関研究報告第8号」に公表しました。また、県内を中心とした備長炭製炭者を対象とした研修会で活用していく予定です。



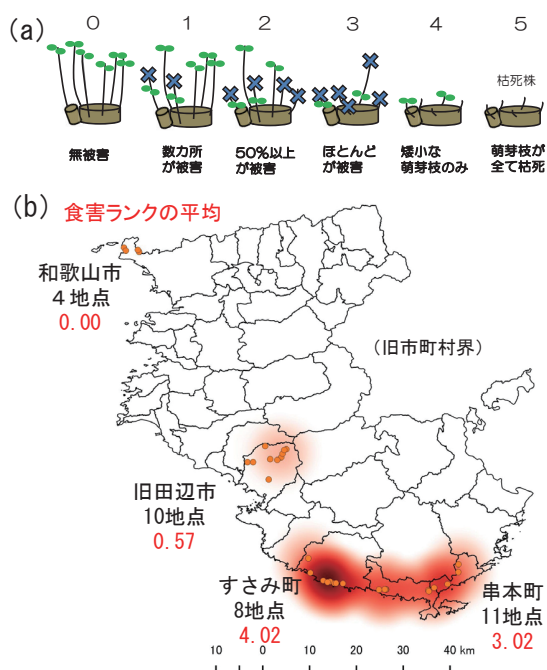


図1 ウバメガシの萌芽のシカ食害ランク (a) とGISソフトにより被害を図化 (b)

- ※1 橙の点は調査地点を示しており、食害ランクが大きいほど赤色が濃くなる。  
※2 食害ランク：0～5の6段階

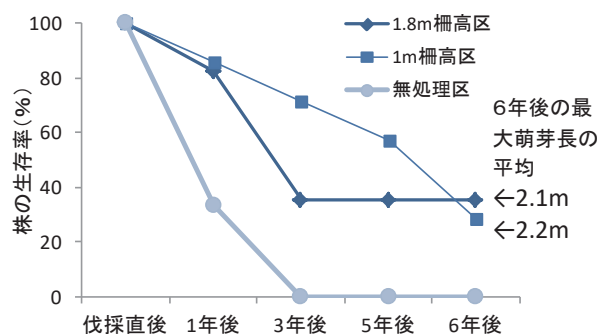


図2 防護柵の高さ別にみた株の生存率の経年変化

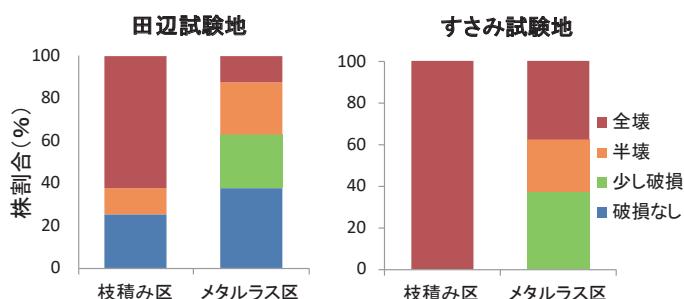


図2 田辺市とすさみ町に設置した株の保護処理区における処理2年後の破損状況

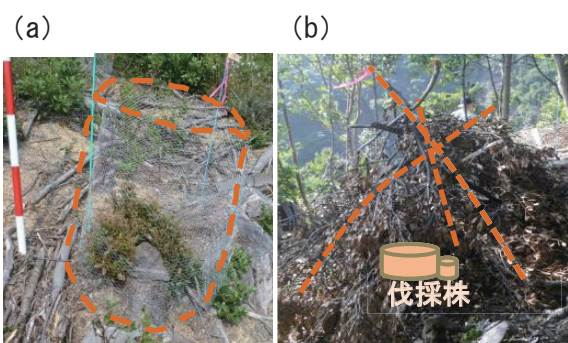


図4 メタルラス (a) と枝積み (b) の施工状況

※メタルラスは、耐候性結束バンドで円筒型にし、下部を地面に小枝で固定した。枝積みは三脚状に枝を地面に打ち込み（点線）交点を結び、細かい枝を絡めて積んだ。

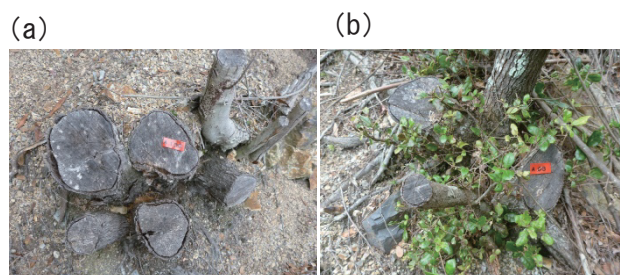


図5 伐採から3年経過した串本町における皆伐した株 (a) と択伐した株 (b)

※皆伐した株は枯死した状態である。択伐した株は、頻繁に食害されているためか、伐採から3年経っているが萌芽成長がきわめて少ない。

表1 皆伐した株と択伐した株の枯死株割合、最大萌芽長の平均と食害ランク

調査地	伐採後 経過年数	調査した株数	皆伐した株			択伐した株			
			調査した株数	枯死株割合 (%)	最大萌芽長の平均 (cm)	調査した株数	枯死株割合 (%)	最大萌芽長の平均 (cm)	食害ランク
串本町	2～3年	49	49	67	4.3	49	0	21.8	2.6
和歌山市	1年	20	20	0	43.8	20	0	46.4	0

## 簡易型密閉環境におけるカラマツの挿し木増殖

群馬県林業試験場 中村 博一

### 研究の背景・ねらい

群馬県内の樹種別面積・蓄積を見ると、カラマツはスギに次ぐ順位であり、主要な造林樹種です。また、齢級別に見ても8齢級(36～40年生)が全体の9割を占めており、伐期を迎えています。カラマツは結実周期が長い上、着花促進技術が確立されていません。新規に採種園の造成を行っても結実開始樹齢が15～20年と長期間を要するため、苗木の早期供給体制の確立が求められています。

そこで、母樹齢が若い2年生の実生山行き苗木を有効的に活用するため、簡易な密閉環境による挿し木技術とコンテナ育苗技術を合わせることにより、増殖から育苗までの一元管理が可能な技術開発を検討しました。

### 成 果

県中央部に位置する渋川市横堀地内の林木育種場(標高約550m)及び苗木生産者施設(標高約310m)の2箇所において挿し木増殖技術を検討しました。穂は、2年生の実生苗木を採穂台木とし、挿し床は簡易な資材を用いて密閉環境(図1)としました。容器は、マルチキャビティコンテナ(JFA150)及びスリット入りコンテナ(1MT-150-40P、東北タチバナ)を使用しました。培土はココピート、バーミキュライト及び鹿沼土の3種類を均一に攪拌した用土とし、配合割合(容積比)は4:1:1としました(図2)。挿し穂の長さは5～6cm程度で摘葉処理は行わず、挿し付けは6月上旬に実施しました(図3)。なお、挿し付け後のかん水はじょうろで行い、林木育種場は1日1回約5.0 L/400本を44日目まで、その後は3日に1回としました。一方、苗木生産者施設は1週間に1回約10.0 L/400本を53日目まで、その後は5.0 L/400本としました。発根率は、挿し穂を軽く引き、引き抜けなかった個体を発根していると判断し算出しました。

その結果、コンテナ容器別発根率では有意差は認められず、いずれも80%以上と実用上十分な発根率を得ることができました(図4)。なお、箇所別の温湿度を見ると、温度には違いが認められなかったものの挿し付け後の挿し床内における湿度のバラツキに差があり、挿し付け初期の水分環境が発根に影響することが考えられるため、かん水量等を検討し湿度を一定に保つ管理をすることが重要であることが分かりました(図5、6)。

### 成果の活用

この技術により、カラマツの挿し木増殖技術は有効であり、不足している苗木を補う一手法として期待されます。

本研究は、生物系特定産業技術研究支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)」「カラマツ種苗の安定供給に関する技術開発」の試験を受けて実施しました。



図1 密閉挿し床



図2 3種類の用土の攪拌



図3 容器への挿し付け状況

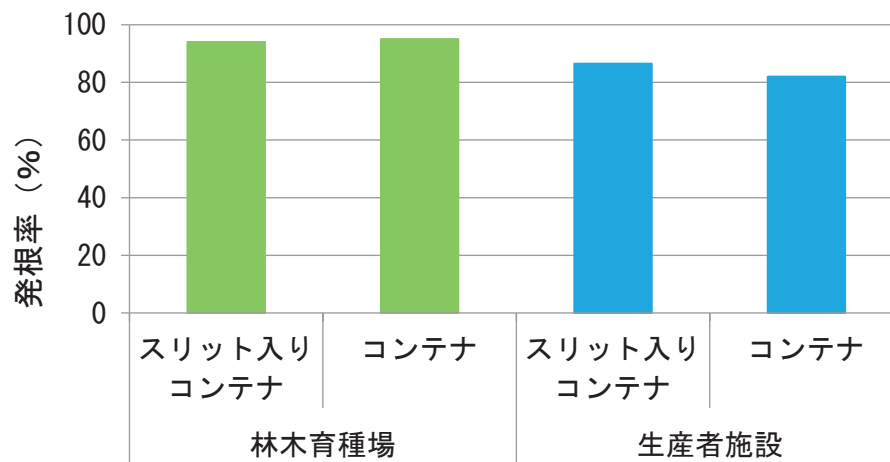


図4 箇所別及び容器別発根率

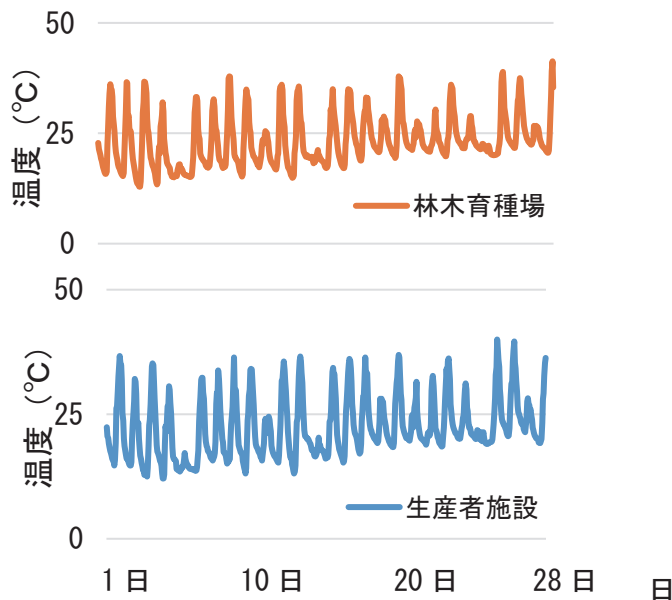


図5 箇所別の挿し床内温度推移

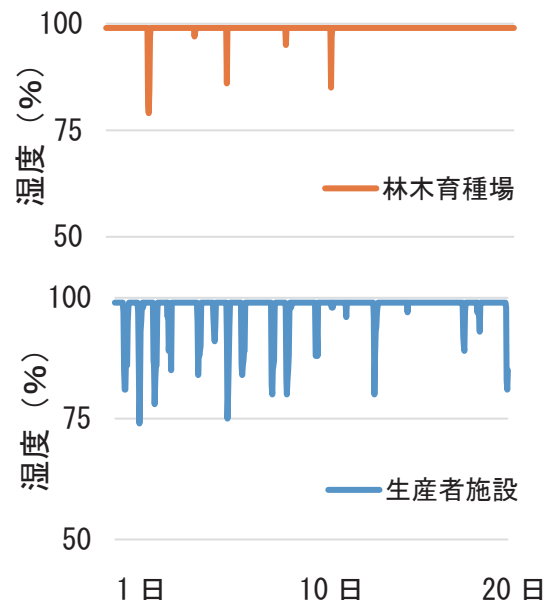


図6 箇所別の挿し床内湿度推移

## 発表文献

中村博一 (2018) 事業化に向けたカラマツ増殖技術の開発. 関東森林研究第 69 巻第 2 号

[ 問い合わせ先：群馬県林業試験場 森林科学係 Tel 027-373-2300 ]



## 容器への複数粒直接播種によるスギコンテナ育苗試験

埼玉県寄居林業事務所 森林研究室 田波 健太・原口 雅人

### 研究の背景・ねらい

コンテナ苗は、育苗段階での管理の集約化が可能で、畑で育苗する従来の苗木（裸苗）と比べ除草が容易です。また、栽培時に土壌と根系の一体となった細長い円筒状の根鉢が形成されるため、植栽時の植穴が小さくて済むので植栽効率が高いことが利点とされています（写真1）。本県でも平成28年度より一部造林地において本県山林種苗協同組合で生産されたスギコンテナ苗を使用した造林が開始されました。しかし、本県及び多くの都県の山林種苗組合ではコンテナに1年生苗の植替えを実施しているため、植替え作業の省力化が課題となっています。

そこで、当研究室ではコンテナ容器へ直接播種し、複数本成立させた後に1本に間引く省力的な育苗法を検討しました。

### 成 果

本試験では全国的に主流のマルチキャビティコンテナよりも安価で、育苗の途中で育苗間隔を変えられる円筒状の300mlロングポットと専用のトレーを使用しました（写真2右）。各ロングポットにはココピートオールに小粒鹿沼土20%および緩効性肥料（5g/l）を添加した培土を充填し、育苗期間内での間引きを予定して苗を3本成立させるために発芽率30%だったスギ種子を10粒ずつ播きました（写真3左）。播種から1成長期経過後にそれぞれの苗高を測定し、苗高の大きく、まっすぐに育った苗（写真3右①）を残して間引きしました。間引き後に残った苗は2成長期目の生育調査を実施しました。

- ・播種から4週間経過後には、94%のポットで複数の発芽が認められ、80%のポットで3本以上の発芽が認められました（写真3中）。このことから、3本立ちするような種子数を播くことによって発芽時点での欠損ポット数を減らすことが可能と考えられました。
- ・播種から1成長期経過後の間引きはハサミで苗の基部を切断するだけと作業が容易で、移植の手間が省略できました。間引きにより成長の悪かった個体や曲がりの大きかった個体等が除かれ、成長が良く通直な個体を選別できました。
- ・間引き後も残した苗には切断苗の影響がなく、播種から13ヶ月（翌年5月末）で出荷できる大きさに成長しました（図1）。

### 成果の活用

第8回関東森林学会大会、県の森林・林業分野成果発表会で一部を公表しました。直接播種法は苗木生産新規参入予定者にも好評でした。

コンテナ容器へ直接種を播く育苗事例では、近年、1本成立させる事例が出始めています。しかし、播種から出荷の間に間引きが行われないので、出荷時点および山地植栽後の苗木の成長や形質に不揃いが発生することが予測されます。今後は、1本成立と複数本成立させたうえで1本に間引いた苗木の特性について比較する予定です。



写真1 スギのコンテナ苗（左）と裸苗（右）



写真2 現在主流の JFA マルチキャビティコンテナ（左）と本県で使用しているロングポット・トレー（右）

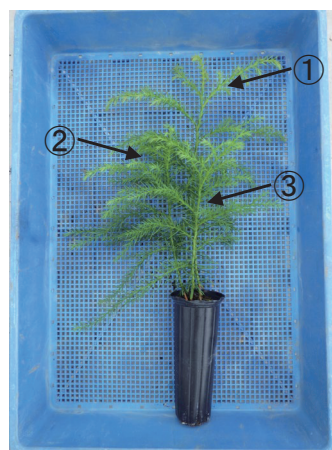


写真3 コンテナに播種した10粒種子（左）、播種から4週間後の稚苗（中）、播種から1年後の3本立ちのスギコンテナ苗（右）

※ この中から最も成長の良かった個体①を残して間引いた

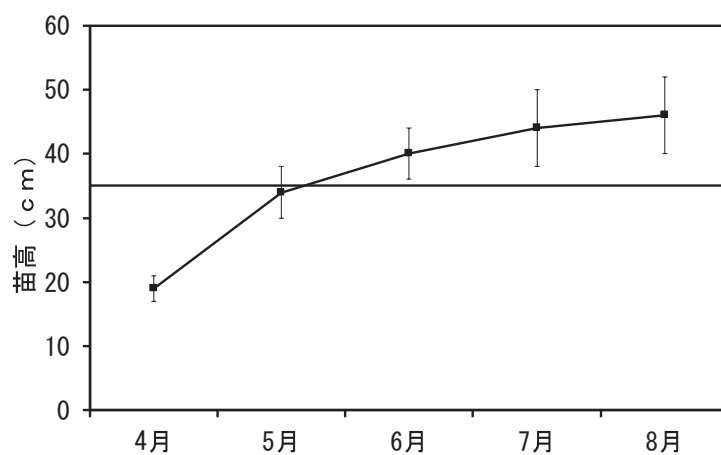


図1 2成長期目の苗高変化

補助線は本県スギコンテナ苗出荷規格を示す

[ 問い合わせ先：埼玉県寄居林業事務所 森林研究室 Tel 048-581-0123 ]



# 植栽後の成長が早いヒノキコンテナ苗の培土条件

岐阜県森林研究所 森林環境部 茂木 靖和・渡邊 仁志

## 研究の背景・ねらい

木材価格が低迷する中、木材生産コストの高止まりにより、森林所有者および林業経営者の再造林に対する意欲が低下しています。このような状況下において、九州地方で始まったコンテナ苗の植栽が本州、四国に拡大し、“植栽時間の短縮”および“植栽時期の拡大”といったコンテナ苗利用のメリットが実証される一方で、当初期待された初期成長の良さは従来の裸苗と変わらないことが明らかになってきました。しかし、コンテナ苗は育苗時の培土を付けた状態で植栽するため、培土を工夫して施肥の影響を植栽後も持続させることにより、成長を促すことができると考えられます。そこで、岐阜県で造林面積や適地が多いヒノキについて、育苗時の培土条件の改良により植栽後の成長に優れるコンテナ苗を育成できないか、検討しました。

## 成 果

### 1. 超緩効性肥料の利用

コンテナ苗の培土に混入する肥料（元肥）には、溶出日数（肥効）100日程度のものが通常使われています。これを市販で溶出日数の最も長い700日のものへ変更して2年生ヒノキコンテナ苗（1年生幼苗移植+コンテナ1年育苗の2年生苗、表2）を育成し、現地植栽（表1）したところ、成長量（樹高、根元直径）は植栽1および2年目とも裸苗より大きくなりました（図1）。この苗は、比較苗高（樹高／根元直径）が植栽時に100を超えていましたが、植栽2年目期末には裸苗に近い水準まで低下したこと、この間に1本も枯死しなかったことから、山行き苗としても優良であると考えています。

### 2. ゼオライトの利用

ゼオライトは、アンモニア態窒素などに対して吸着性があることから、肥料成分の流出を抑制して、肥効を延ばす可能性があります。これを検証するため、培土へのゼオライト（粒径0.1～0.6mm、施用量0.3L/培土10L）混入と育苗時の追肥（元肥と同一肥料を1.5g/孔散布）を組み合わせた4種類の2年生コンテナ苗（1年生幼苗移植+コンテナ1年育苗、表3）を育成して現地植栽（表1）したところ、樹高成長量は植栽1年目には育苗時に追肥を行った苗で、植栽2年目には培土へゼオライトを混入した苗で、大きい傾向がみられました（図2）。培土へのゼオライト混入は、育苗時の追肥効果が薄れる植栽2年目の苗成長に対して効果が期待できそうです。この苗も、植栽時には100前後あった比較苗高が、植栽2年目期末には70を下回ったことから、山行き苗として問題ないと考えています。

## 成果の活用

本研究により得られた成果は、学会誌や学会発表などで公表するとともに、県、市町村、国有林が開催する技術講習会や巡回技術指導において苗生産者、林業事業者、行政関係者に対して情報提供を行いました。その結果、現在、県内の4社で超緩効性肥料を利用したヒノキコンテナ苗生産が行われています。



表1 主な植栽条件

場所	岐阜県下呂市金山町
概要	標高:750m、傾斜:約11°、斜面方位:西、土壌型:B <sub>D</sub> (d)

表2 超緩効性肥料を利用した2年生コンテナ苗の主な育成条件

育成容器	マルチキャビティコンテナ(JFA300、根鉢容量300cc)
培土	配合比[ヤシ殻7:もみ殻3:燐炭0.3]、量:9~10L/コンテナ
肥料	元肥:N16P5K10(溶出日数700日)100g/培土10L、追肥:無

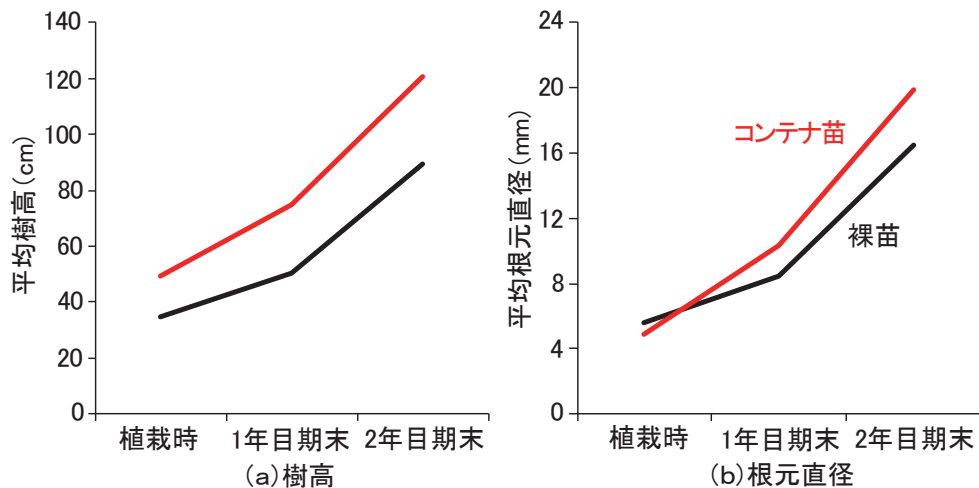


図1 2年生ヒノキ苗の苗種の違いによる苗サイズの推移

表3 ゼオライトを利用した2年生コンテナ苗の主な育成条件

苗の種類	追肥有	追肥無	追肥有ゼオライト	追肥無ゼオライト
追肥	有	無	有	無
ゼオライト混入	無	無	有	有
共通条件	育成容器	マルチキャビティコンテナ(JFA300、根鉢容量300cc)		
	培土	配合比[ヤシ殻7:もみ殻3:燐炭0.3]、量:9~10L/コンテナ		
	肥料	元肥:N16P5K10(溶出日数100日)50g/培土10L		

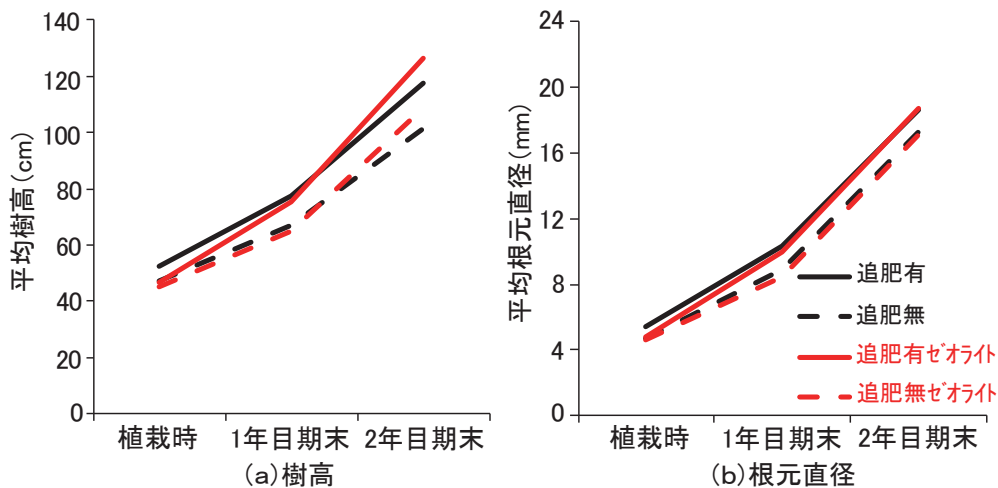


図2 2年生コンテナ苗の育成条件の違いによる苗サイズの推移

## 鳥取県初のハイブリッド無花粉スギの開発

鳥取県林業試験場 森林管理研究室 池本 省吾

### 研究の背景・ねらい

現在、国民の約3割の人がスギ花粉症に罹患しているといわれ、医療費の増大など社会問題化しています。このような状況のなか花粉発生源である山側からの抜本的な対策も必要とされており、国や都府県は花粉の少ない森林への転換を図るため、花粉症対策品種（少花粉スギやヒノキなど）の植栽に向けた取り組みを進めています。また今後の新植においては、成長が良い、スギカミキリに強い、雪に強いなどの優良形質が求められていることから、当场では、究極の花粉症対策である「無花粉スギ」に注目し、県内の優良スギ系統の形質を生かした無花粉スギ、すなわち無花粉と優良形質の両方を併せ持つ、「ハイブリッド無花粉スギ」の開発に取り組みました。

### 成 果

#### 1. 県内無花粉遺伝子保有スギの探索

本研究ではまず初めに、県内の優良形質スギ（図1）の中から無花粉遺伝子を保有する系統の探索を行いました。無花粉形質はメンデルの遺伝の法則に従って潜性（劣性）遺伝することが、既往研究で明らかにされています。そこで、無花粉遺伝子を保有することが判明している2系統（石川県精英樹珠洲2号Aa、富山不稔1号aa）と県内優良系統との人工交配を行いF1苗木を作出しました（図2）。作出したF1苗木の雄花について花粉の有無を調査した結果、残念ながら県内スギ42系統（精英樹・天然スギ39系統、耐雪性品種1系統、スギカミキリ抵抗性2系統）は無花粉遺伝子を保有していないことが分かりました。今後は、別課題で選抜された「材質強度に優れた品種」20数系統について、同様の手法で無花粉遺伝子の有無を確認する予定です。

#### 2. ハイブリッド無花粉スギの開発

県内優良形質スギは無花粉遺伝子を保有していませんでしたが、1で作出したF1苗木には無花粉遺伝子を保有する個体が50%（交配相手が石川県精英樹珠洲2号：図2左）または100%（交配相手が富山不稔1号：図2右）の割合で出現します。そこで、これらF1苗木（今回は珠洲2号由来）同士を人工交配することでF2苗木を作出し（図3）、このF2苗木の雄花について花粉の有無を調査しました（図4）。その結果、着花しない個体があることなどで理論値よりも少ない本数になりましたが、平成31年3月にF2苗木約15,000本の中から85本の無花粉個体を選抜することが出来ました。

### 成果の活用

既往研究により、開発した無花粉個体は交配母樹の優良形質を引き継いでいるものと考えられます。形質確認する場合、一般的には検定林を造成して調査を行います。結果が出るのに20年以上の期間が必要です。今回開発した無花粉スギを早急に普及するには、この期間をできるだけ短縮する必要があります。鳥取県ではスギは100%さし木苗での新植が通例とされており、今年度中に県山林樹苗協同組合生産者に採穂台木育成のための原種として30本程度配布する予定です。台木の育成過程において適宜形質評価を行い形質不良の台木を排除することで、期間短縮を図りながら山行き苗木の植林後の形質も担保できるのではと考えています。



図1 交配に用いた県内優良スギ品種

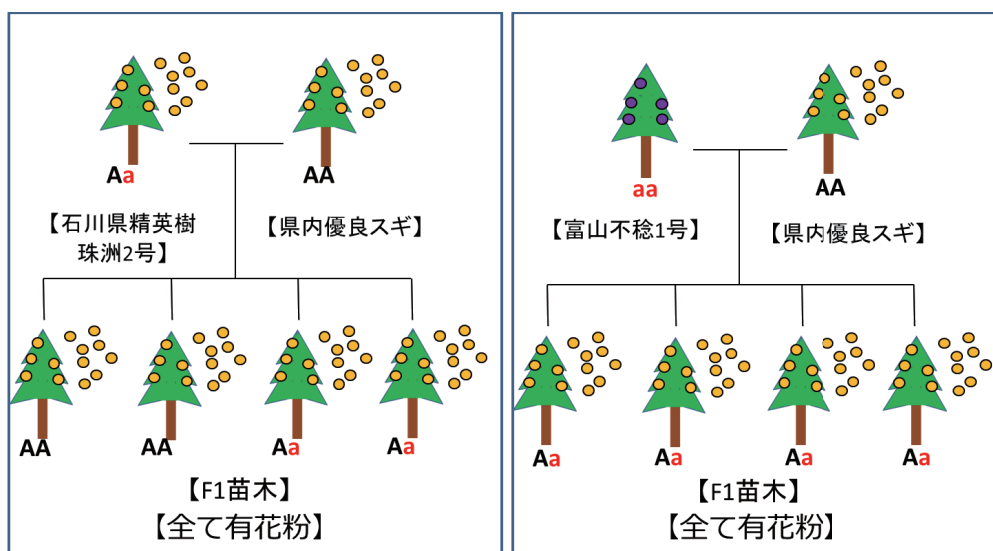


図2 県内無花粉遺伝子保有スギの探索イメージ

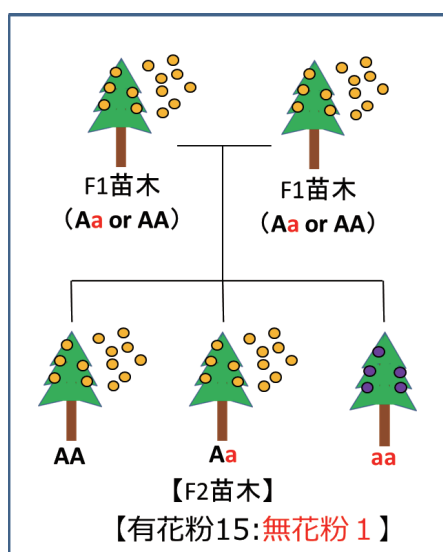


図3 F1 苗木（珠洲2号由来）同士の人工交配による F2 苗木作出イメージ

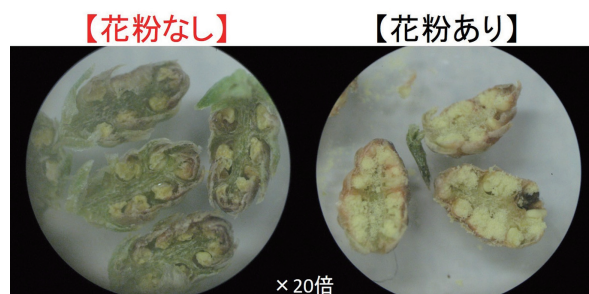


図4 F2 苗木の切断した雄花  
(左は無花粉個体)

[ 問い合わせ先：鳥取県林業試験場森林管理研究室 Tel 0858-85-6221 ]



## 木質バイオマス燃焼灰の融雪資材としての利用

(地独) 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 利用部 折橋 健

### 研究の背景・ねらい

北海道では木質バイオマスの地域エネルギー利用が拡大しています。これに伴って、道内の自治体、森林組合等から木質燃焼灰の利用に関する技術相談が増加しており、関連する情報の蓄積と発信が早急に求められています。そこで本研究では、薬剤や塗料等を含まない無垢材を専焼ボイラーで燃焼させた時に得られる灰を対象に、基本的な性状の把握を行うとともに、積雪地帯である道内での幅広い利用を念頭に融雪資材としての利用可能性を検討しました。

なお本研究は、道総研戦略研究「地域・産業特性に応じたエネルギーの分散型利用モデルの構築（平成26～30年度）」の一環として林産試験場と環境科学研究センターが共同実施しました。

### 成 果

1. 道内で薬剤や塗料等を含まないチップ（針葉樹）もしくは薪（広葉樹、針葉樹）を使用する複数のボイラー（200～1200kW）より燃焼灰（主灰および飛灰\*）を採取しました（図1）。粒度やpHの分析により、燃焼灰は細かい粉体であり、水溶液は強いアルカリ性を呈することが示されました（表1）。このため、燃焼灰の散布においては散布者の安全確保、散布地外への飛散抑止といった配慮が必要であり、散布場所に関しては融雪水が土壌を介さずに直接水路等に流入する場所やアルカリ性の土壌は避けるべきと考えられました。また、燃焼灰の有害無機元素について溶出量と含有量を分析しました（表2）。溶出量では、主灰、飛灰ともに金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準（汚泥肥料に係る適合要件）を満たしていました。一方含有量では、主灰、飛灰ともに土壌汚染対策法に係る含有量基準を満たしていましたが、汚泥肥料の適合要件に照らすと主灰のみが基準を満たしていました。これらの結果をもとに、融雪資材として利用する際に燃焼灰が満たすべき有害無機元素の溶出量、含有量に関する管理基準を整理しました（表3）。
2. 既存の融雪資材の散布量を目安に積雪40～60cm時に燃焼灰等の散布を行い、積雪減少量を測定しました（図2）。木炭、もみ殻炭と融雪効果を比較した結果、同一の散布量（20g/m<sup>2</sup>）でこれらに近い融雪効果が認められました（図3）。また、農用地での使用が多い炭酸カルシウム、石炭灰と比較した場合でも、同様の結果が得られました。以上のことから、燃焼灰には融雪を促進する効果があり、既存の融雪資材と同程度の散布量で使用できると判断されました。

(\*主灰：ボイラー燃焼室の底部から得られる灰、飛灰：排ガスから分離して得られる灰)

### 成果の活用

燃焼灰の利用においては、廃棄物の不法投棄との誤解を避けるため、利用者は用途別に適切な用法、用量等の情報を事前に整理する必要があります。北海道では情報整理のガイドラインとして「焼却灰（天然木由来）の利用の手引き」を発行しています。この手引きに沿った利用者による情報整理を支援するため、今回の成果を利用者向け資料「木質バイオマス燃焼灰の融雪資材としての利用法」として公表しており、情報提供を開始しています。

(<https://www.hro.or.jp/list/forest/research/fpri/manual/default.htm>)



図1 供試燃焼灰の例

表1 供試燃焼灰の粒度と燃焼灰水溶液のpH

分析項目	単位等	主灰（5試料）	飛灰（5試料）
粒度 (250 $\mu$ mアンダー画分)	重量%、対乾物	56.6-79.9	96.3-99.6
pH	灰1：水10	12.0-12.7	12.3-13.1

表2 供試燃焼灰の有害無機元素に関する分析結果

項目	分析元素	主灰（5試料）	飛灰（5試料）
溶出量	Cd, Cr <sup>6+</sup> , Hg, Se, Pb, As	金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準をクリア	
		汚泥肥料（原料）の適合要件をクリア	
含有量	Cd, Cr <sup>6+</sup> , Hg, Se, Pb, As, B	土壤汚染対策法に係る基準（土壌含有量基準）をクリア	
	As, Cd, Hg, Ni, Cr, Pb	汚泥肥料の適合要件をクリア	同左をクリアせず

表3 融雪資材利用において燃焼灰が満たすべき有害無機元素の管理基準の設定

散布場所	有害無機元素に関して満たすべき要件
農用地	溶出量：汚泥肥料に係る適合要件を準用し、金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を満たすこと 含有量：汚泥肥料に係る有害成分の許容最大量を基準として準用し、本基準を満たすこと
農用地以外の土地	溶出量：農用地での溶出量に係る要件に同じ 含有量：土壌含有量基準を満たすこと 特 例：農用地に関する要件を満たす燃焼灰については、その結果をもって農用地以外の土地でも使用できるものとする

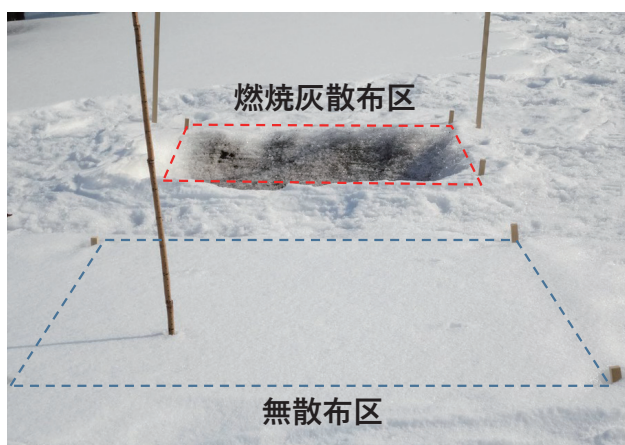


図2 雪上散布試験の様子

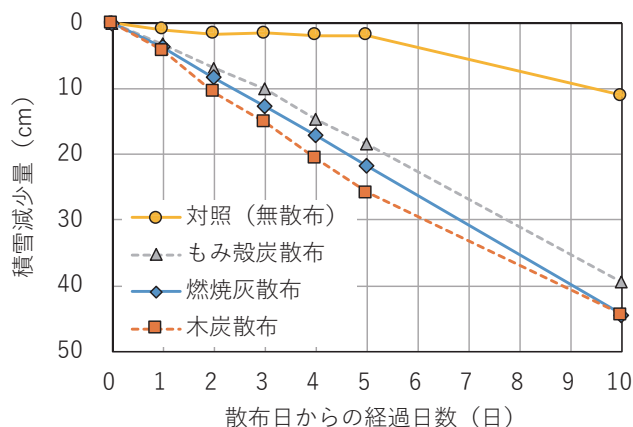


図3 木炭、もみ殻炭との融雪効果の比較

## 強さと意匠性を兼ね備えた耐力壁の開発

栃木県林業センター 研究部 大塚 紘平・大谷 直希

### 研究の背景・ねらい

本県の森林資源は利用期を迎えた50年生以上の森林が約7割を占め、齢級構成が高齢級に偏在化していることから、今後は中目材や大径材の増加が見込まれ、その利活用対策が急務となっています。また、利活用の最前線である建築現場では、大工職人の不足が叫ばれて久しく、技術を持った人材の育成が必須といわれています。そこで、県立宇都宮工業高等学校との共同研究で、中・大径材の辺材部から採材される品質・美観に優れた側板・間柱材等を使用し、本県の伝統工芸である鹿沼組子の意匠を取り入れた耐力壁を開発し、性能を検証しました。これにより、中・大径スギ材や需要の縮小が危惧されるヒノキ材の用途拡大を図るとともに、工業高校での建築関係若手技術者の人材育成も兼ねた取組としました。

### 成 果

#### 1. 鹿沼組子耐力壁の開発

材料は、組子部分にヒノキ板材、軸材にスギ無垢材、比較対象としてオウシュウアカマツ集成材を用いました。組子の初期剛性・終局耐力を向上させる接合方法などについては、面内せん断試験を行い、検討・改良を繰り返して、仕様を決定しました(写真1)。試験体の作製は生徒が主体となり、組子の相欠き加工や試験体の組立を行い、木質材料の加工技術を学んでもらいました。

#### 2. 指定性能評価機関での品質性能試験の実施

仕様を決定した組子壁について、指定性能評価機関である(一財)建材試験センターにて面内せん断試験を実施しました。組子パネルの端部のみをビス固定したKタイプと組子交点も全てビス固定したKPタイプの2タイプを試験したところ、それぞれ短期基準せん断耐力10.5kN、13.7kNとなり、壁倍率換算で2.9倍、3.8倍相当という結果でした(表1)。生徒も同行して現地での試験体組立を行い、試験を見学して解析方法などを学びました(写真2、3)。

#### 3. 情報発信

生徒らが「全国高校生ビジネスプラングランプリ」に出場し、審査員特別賞を受賞した他、各種メディアにも取り上げられました。また、プレゼン能力の育成も兼ねた、当センターの試験研究発表会における生徒と研究員の共同発表など、情報発信にも積極的に取り組みました。

### 成果の活用

指定性能評価機関の品質性能試験報告書を得たことにより、耐力壁として設計に組み込める可能性が見えてきました。一方、耐力壁ではないものの、意匠性の高い間仕切壁として一般住宅に採用され、実用化に至っています。また、このデザインを応用した木塀を地元企業とタイアップして開発し、県内の高校に設置されました(写真4、5)。他にも、県内市議会や商工会、大手ハウスメーカー等にも興味を示していただいております。一般の方からの利用相談も多数来ています。将来はデザイン性・性能両面からの県産材の利用拡大が期待されます。



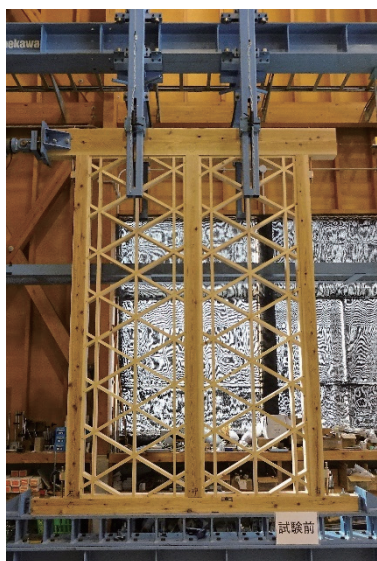


写真 1 鹿沼組子耐力壁

試験体 No.		降伏耐力 Py	終局耐力 Pu × (0.2/Ds)	最大耐力 2/3 Pmax	特定変形時耐力 1/120
K 組子ハ' 補端部のみ ハ' ネット' 固定	TP-001	16.8	9.80	18.6	14.7
	TP-002	17.9	10.8	18.7	12.8
	TP-003	17.4	13.8	20.0	14.0
	平均	17.4	11.5	19.1	13.8
	標準偏差	0.55	2.08	0.78	0.96
	変動係数	0.032	0.181	0.041	0.070
	ばらつき係数	0.985	0.915	0.981	0.967
	短期基準せん断耐力 (kN)	17.1	10.5	18.7	13.3
	壁倍率 (倍)	4.79	2.94	5.24	3.73
KP 組子ハ' 補交点・端部 全てハ' ネット' 固定	TP-001	18.2	13.4	21.0	13.8
	TP-002	20.6	14.6	23.7	14.4
	TP-003	18.8	14.1	20.7	14.7
	平均	19.2	14.0	21.8	14.3
	標準偏差	1.25	0.60	1.65	0.46
	変動係数	0.065	0.043	0.076	0.032
	ばらつき係数	0.969	0.980	0.964	0.985
	短期基準せん断耐力 (kN)	18.6	13.7	21.0	14.1
	壁倍率 (倍)	5.21	3.84	5.89	3.95

表 1 面内せん断試験結果



写真 2 学生らによる試験体組立  
(建材試験センターにて)



写真 3 面内せん断試験  
(建材試験センターにて)



写真 4 一般住宅での実用化 (間仕切壁)



写真 5 県内高校の木塀に応用

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

# カラマツ・スギ大径A材丸太の構造材への利用開発

長野県林業総合センター 木材部 今井 信・吉田 孝久・奥原 祐司・山口 健太

## 研究の背景・ねらい

長野県内の民有林人工林の蓄積が最も多いカラマツは、ヤング係数が高いことから、集成材・合板・LVL（単板積層材）等への利用が進み、B材（集成材・合板・LVL用）およびC材（チップ、木質ボード用）の需要は拡大しています。しかし、径級30cm以上の大径材から生産されるA材（製材用）については、その有効利用が具体化されていません。

ここでは、大径A材丸太の大断面を活かした横架材としての利用を検討するため、「心持ち無垢梁桁材」、「心去り無垢梁桁材」、「210材、208材」をそれぞれ主製品として製材し、その外周部より平割材（Cタイプ接着重ね梁の製材ラミナ）及び高強度構造用集成材用ラミナを製材することにより（図1）、製材歩止まり、乾燥及び強度特性の解明等を実施しました。

## 成 果

長野県東信産カラマツ大径材60本（末口短径355～525mm、材長4m）と北信産スギ大径材60本（末口短径355～490mm、材長4m）を供試木としました。縦振動ヤング係数の平均値と、変動係数がほぼ等しくなるように3分割し、各樹種20体ずつを各木取り試験の供試丸太としました。

1. 大径A材丸太の縦振動ヤング係数（図2）：縦振動ヤング係数（E<sub>fr</sub>）は、平均値でカラマツ12.1GPa、スギ7.5GPa、度数分布のピークは、カラマツはE<sub>f</sub>130（11.8～13.6GPa）、スギE<sub>f</sub>70（5.9～7.7GPa）でした。
2. 歩止まり（図3）：主製材及び主製品歩止りは、210材＞心去り梁桁材＞心持ち梁桁材、の順番での高くなりました。大径材から各横架材を主製品として製材し、あわせて外周部から平割材を製材することにより、どの木取りでも全製品歩止りはおよそ40%となりました。
3. 心持ち及び心去り無垢梁桁材（図4）：乾燥特性では、材面割れは、心持ち材＞心去り材となり、反りについては、スギ心去り材で大きく発生しました。強度特性は、十分に市場に通用する性能を持っていることが明らかになりました。
4. 208、210材（図5）：乾燥による形質変化に大きな問題はなく、曲げ強度性能も高いこと、特級・1級の歩留まりも良いことから十分に利用可能であり、また、ねじれの許容範囲が大きいことは信州カラマツに有利であると思われました。
5. 高強度梁桁材（写真1）：カラマツ接着重ね梁Cタイプでは、曲げヤング係数（MOE）は13.8～19.3GPa、曲げ強さ（MOR）は66.8～115.1MPaと高い曲げ強度性能を示し、集成材では、対称異等級構成E170-F495、E150-F435、同一等級構成E150-F465、E135-F405などが作製できました。

## 成果の活用

本研究は、林野庁補助事業「木材産業・木造建築活性化対策のうち顔の見える木材での快適空間づくり事業のうちA材丸太を原料とする構造材等の製品・技術開発」により実施しました。本研究の成果は信州木材認証製品センターのホームページ（<https://shinshu-kiraku.net/>）及び当センターのホームページ（<https://www.pref.nagano.lg.jp/ringyosogo/>）で公表しており、また、学会等で発表しています。

今回の取り組みを活かし、価値歩止まりの検討、210材で継ぎ材及び高強度梁桁材の性能評価など、引き続き大径A材丸太の有効利用に取り組むたいと考えています。



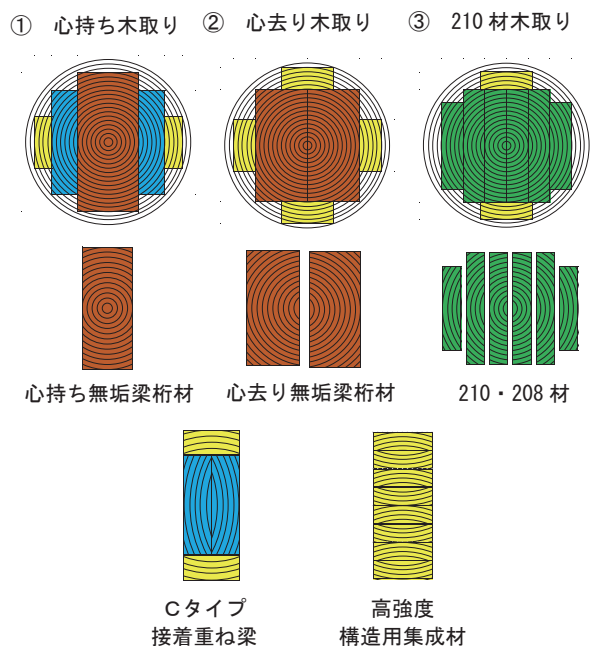


図1 大径A材丸太の木取り方法と製材及び製造する横架材

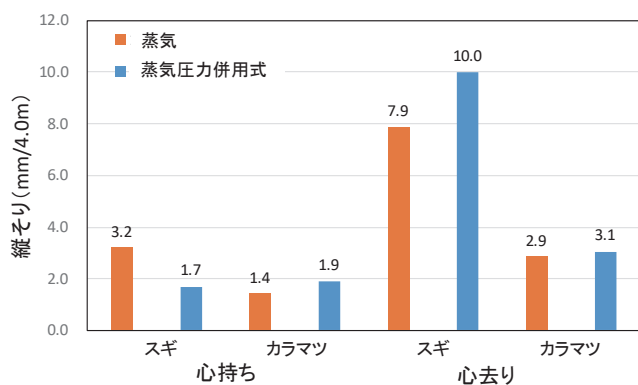


図4 無垢梁桁材の乾燥後の縦そり発生状況

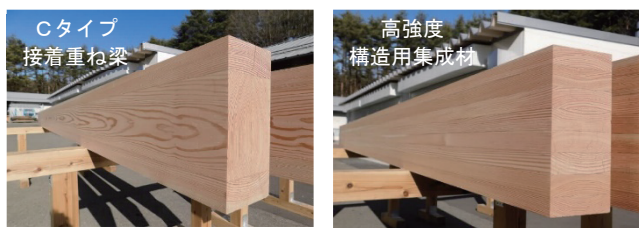


写真1 カラマツ高強度梁桁材

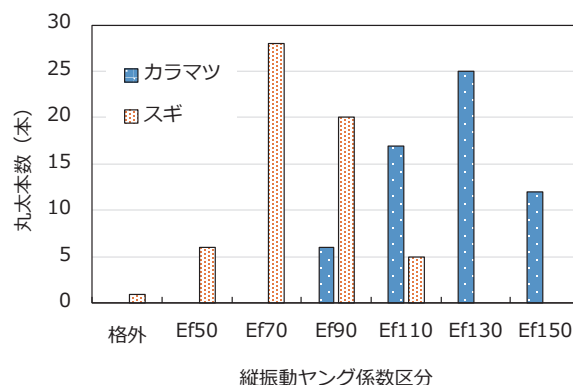


図2 カラマツ・スギ 36cm 上A材丸太の縦振動ヤング係数

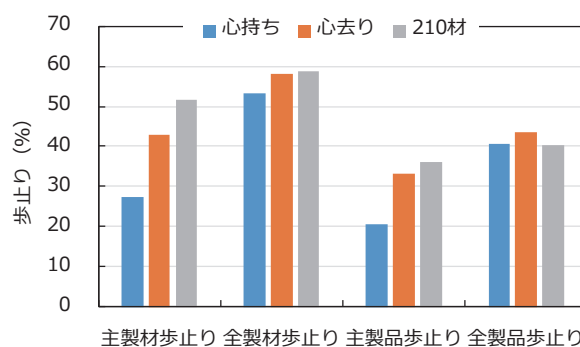


図3 カラマツの各歩止まり

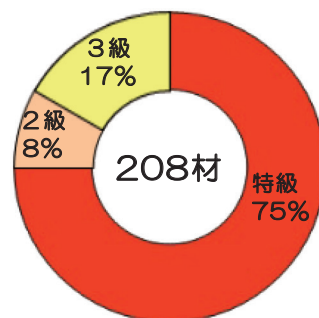
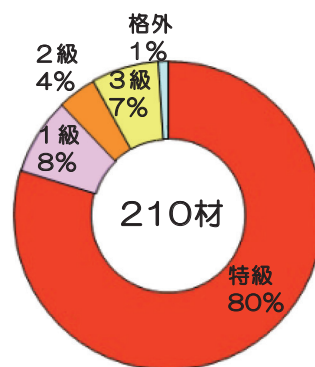


図5 カラマツ材の甲種枠組材目視等級区分



# 梁桁用途に適したスギ平角材の丸太時点での選別方法

三重県林業研究所 林産研究課 山吉 栄作

## 研究の背景・ねらい

梁桁用途に適したスギ平角材は、初期含水率が比較的低く乾燥しやすいこと、また強度的に必要な曲げヤング率を有していることが条件として挙げられますが、これらの条件により選別する際に、平角に製材してから選別しては撥ね（ロス）が生じた分、余分に丸太を製材しなければならず、この製材効率の悪さと製造コストの上昇が課題でした。

そこで本研究では、丸太時点での選別方法の確立を目的に、丸太の縦振動ヤング率を用いて、平角材の乾燥前の初期含水率と乾燥後の曲げヤング率の推定について検証しました。

## 成 果

### 1. 乾燥前の平角材の初期含水率を丸太の時点で推定する

三重県産スギ丸太（末口径 24 ～ 28cm、長さ 4m）を用いて、製材後の粗挽き平角材（135mm × 195mm 角）の初期含水率を、丸太の含水率から推定できるか検証しました。丸太の含水率は、（生材密度－容積密度数）÷容積密度数×100より算出できますが、容積密度数は丸太のままでの測定が困難なため、実際には測定が容易な他の数値より推定する必要があります。ここでは、他の数値として縦振動ヤング率を用い、丸太から採材した円盤を用いて浮力法（写真1）により測定した容積密度数との関係を調査した結果、高い相関が認められたため（図1）、その単回帰式を用いて、縦振動ヤング率から容積密度数を推定し、上式より丸太の推定含水率を求めました。丸太の推定含水率は、同円盤を用いて全乾法により測定した丸太の実測含水率に近似し（図2）、また、粗挽き平角材の初期含水率との間に正の相関が認められました（図3）。このことから、丸太の容積密度数と縦振動ヤング率の関係を事前に把握しておくことで、丸太の縦振動ヤング率を用いて粗挽き平角材の初期含水率を概ね推定できることが分かりました。

### 2. 乾燥後の平角材の曲げヤング率を丸太の時点で推定する

上記スギ丸太の縦振動ヤング率と、粗挽き平角材（135mm × 195mm 角）の高温セット＋中温乾燥後の曲げヤング率、及び同乾燥後に挽き直した修正挽き平角材（120mm × 180mm 角）の曲げヤング率の間には高い相関が認められ、平角材の曲げヤング率は、丸太の縦振動ヤング率からほぼ 1：1 で推定できることが分かりました（図4）。また、この相関における 95% 予測区間の下限ラインを用いて、曲げヤング率が一定値以上の平角材を採材するのに必要な丸太の縦振動ヤング率の基準値を設定しました（図5）。

## 成果の活用

本研究成果の一部は、2016・2017 年度日本木材学会中部支部大会、林業普及指導員との合同による林業普及活動・調査研究成果発表会、当所開催の業務報告会及び研究成果報告会にて発表しました。また、本成果をとりまとめたリーフレットを作成し、当所ホームページで公表を行っているほか、研修会や報告会等で配布し、成果の普及啓発に努めています。

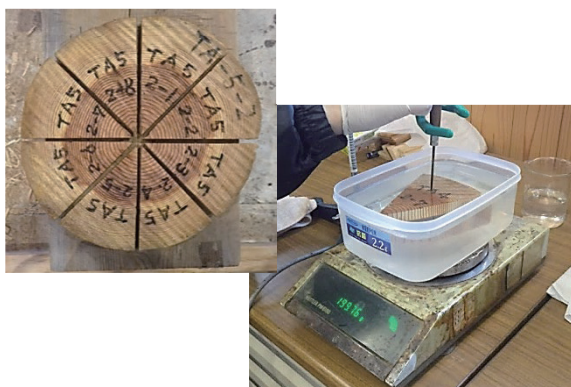


写真1 浮力法による容積密度数の測定  
(円盤を放射状に8分割した扇形状試片で測定)

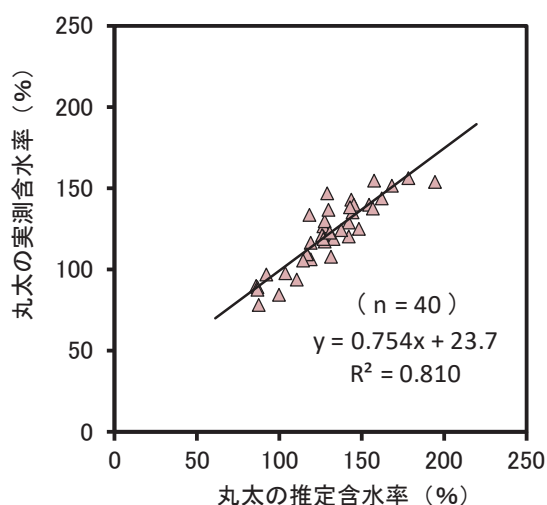


図2 丸太の推定含水率と実測含水率の関係

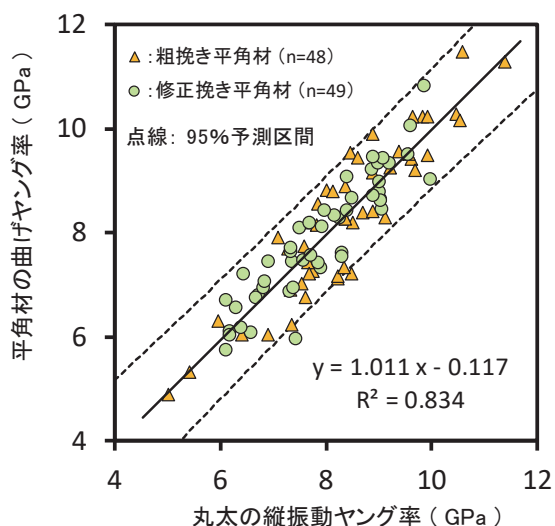


図4 丸太の縦振動ヤング率と平角材の曲げヤング率の関係

(曲げヤング率は含水率18%時の値に補正)

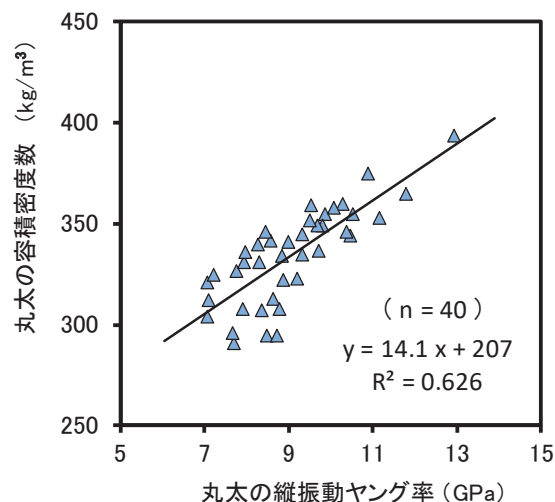


図1 丸太の縦振動ヤング率と容積密度数の関係

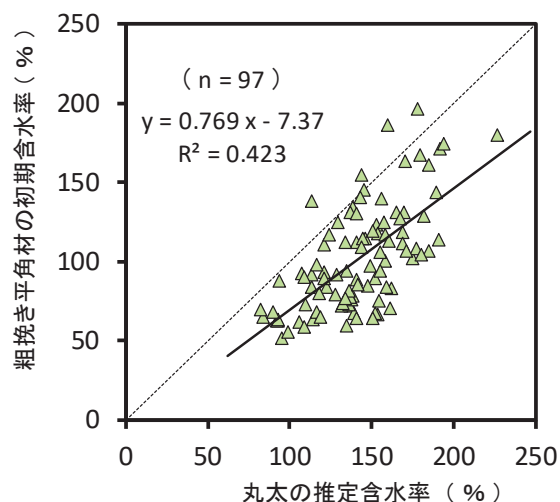


図3 丸太の推定含水率と粗挽き平角材の初期含水率の関係

丸太	平角材
縦振動ヤング率 (GPa)	曲げヤング率 (GPa)
8.1 以上	7.0 以上
9.1 以上	8.0 以上
10.2 以上	9.0 以上
11.2 以上	10.0 以上

図5 丸太の縦振動ヤング率（基準値）と平角材の曲げヤング率の対応表  
(下限95%予測区間に基づく)

補正は「構造用木材の強度試験マニュアル」（公財）日本住宅・木材技術センターの国内提案式による

[ 問い合わせ先：三重県林業研究所 林産研究課 Tel 059-262-5352 ]

# 集成材の適正接着条件の解明と接着剝離補修技術の開発

奈良県森林技術センター 木材利用課 柳川 靖夫・成瀬 達哉

## 研究の背景・ねらい

集成材は製造技術が進展し、短時間で大量生産されているため、製造条件によっては多量の不良品が発生する恐れがあります。例えば、夏期や冬期に接着剤塗布量の低減や圧縮時間の短縮を行うと、接着性能が担保されているかが危惧されます。そこで、ラミナの積層接着およびたて継ぎ接着について、冬期および夏期の接着条件を検討し、適正な製造条件を調べました。次に、集成材の接着剝離（剝離）の補修について検討を加えました。建築物に供用されている集成材に剝離が生じたことを鑑みた場合、補修することが望ましいため、剝離を含む集成材を作製して曲げ試験を行い、剝離が強度に及ぼす影響を明らかにするとともに、補修効果について調べました。

## 成 果

積層接着の試験結果例として、図1に、接着剤に水性高分子－イソシアネート系木材接着剤（API）を、木材にはスギ、ヒノキ、スプルース、オウシュウアカマツ、およびベイマツを使用して、冬期に圧縮時温度5～10℃で作製した集成材の減圧加圧剝離試験の結果を示します。30分圧縮の剝離率平均値は、4樹種でJAS基準値である5%以下を満たしていなかったものの、圧縮時間が長くなると剝離率は顕著に低下しました。冬期では、圧縮時温度および養生温度を高めても剝離率は低下しました。夏期の積層接着では、種々の接着条件が接着性能に及ぼす影響は明確ではありませんでした。

たて継ぎ材の製造条件検討の結果例として、図2に、APIを使用したスギたて継ぎ材の、JAS Z2101に準拠した引張試験における引張強度と曲げヤング係数（MOE）との相関を示します。片面塗布での各温度の回帰直線は分離しており、10℃が最下方であったのに対し、両面塗布では近接しており決定係数は0.70以上でした。片面塗布での接着剤塗布量は1.8gで、両面塗布では3.0gであったことから、塗布量を増加させると、低温時でもたて継ぎ材の品質は安定するものと考えられます。

次に、供用中の集成材に発生した剝離の補修効果を調べた結果を表1に示します。図3のとおり、幅105mm、厚さ120mm、長さ3mの6プライスギ集成材の中央接着層および最外接着層を、全長にわたり幅1.8mm深さ50mm切削し、切削溝に2液型エポキシ樹脂接着剤を、シリンジを用いて注入しました（それぞれ中央補修および外層補修）。比較のため、中央接着層および最外接着層に幅50mmのテフロンシートを挿入した集成材（それぞれ中央剝離および外層剝離）および剝離を含まない集成材（コントロール）を同一構成で作製しました。スパンを2520mmとした3等分4点荷重の曲げ試験の結果、MOEは外層剝離で低下したものの、外層補修ではコントロールに近い値まで回復しました。曲げ強度は、中央剝離および外層剝離とも低下しましたが、補修により一定の回復が認められました。したがって、本手法は接着剝離の補修法として有効であると考えられます。

## 成果の活用

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



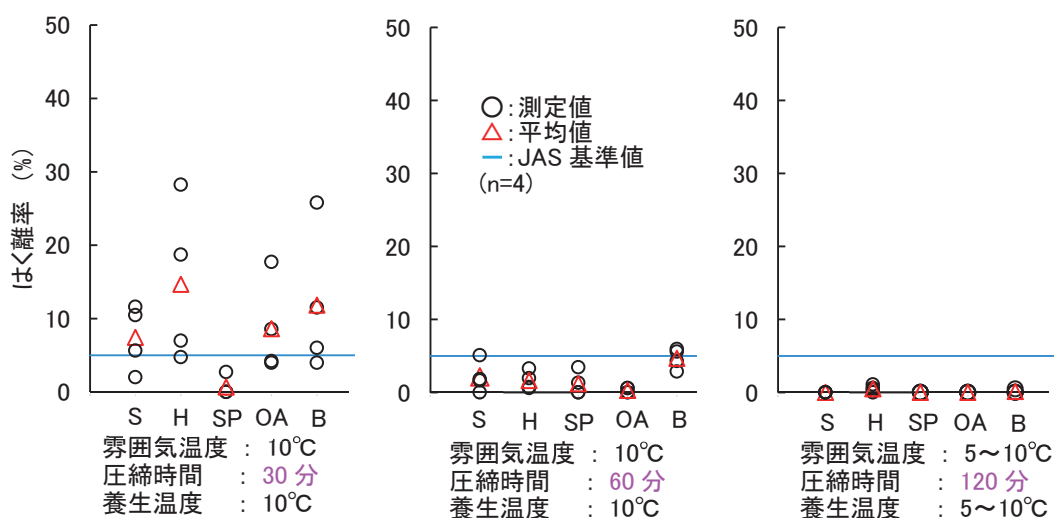


図1 冬期に作製した集成材の減圧加圧剥離試験の結果

注：水性高分子－イソシアネート系木材接着剤を使用。JAS 基準値は5%。

S：スギ、H：ヒノキ、SP：スプルース、OA：オウシュウアカマツ、B：バイマツ。雰囲気温度：接着時の気温。

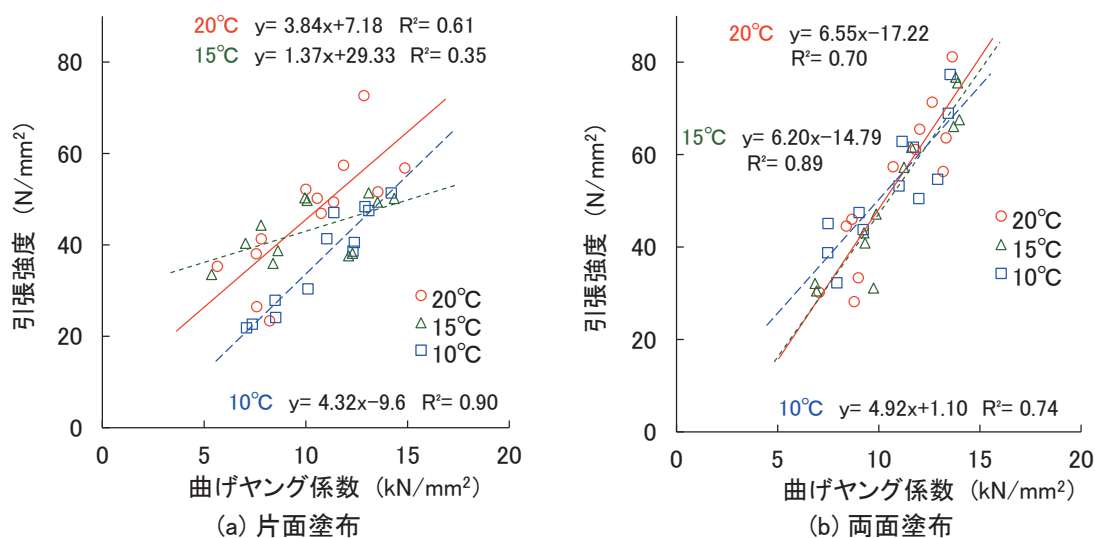


図2 スギ縦つぎ材の曲げヤング係数－引張強度関係図

注：JIS Z2101 に準拠して引張試験を実施。水性高分子－イソシアネート系木材接着剤を使用、 $n=12$ 。10℃、15℃、20℃：たて継ぎ時の気温。

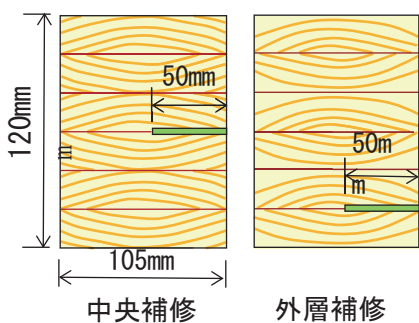


図3 剥離を補修した集成材

表1 剥離を補修した集成材の曲げ試験の結果

項目	単位	コントロール	中央剥離	中央補修	外層剥離	外層補修
密度 平均値	( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	0.43	0.43	0.41	0.41	0.42
MOE測定値 平均値	(kN/mm <sup>2</sup> )	12.2	12.1	12.2	11.6	12.0
標準偏差		0.2	0.2	0.2	0.4	0.4
曲げ強度 平均値	(N/mm <sup>2</sup> )	70.1	55.1	64.6	62.2	69.2
標準偏差		1.1	6.7	6.3	0.3	6.5
最大曲げたわみ	(mm)	119	55	73	84	102
せん断破壊発生数 <sup>1)</sup>		0	3	1	0	0

注： $n=3$ 。中央：厚さ方向の中央接着層、外層：厚さ方向外層接着層。

<sup>1)</sup>：接着層に沿ったせん断破壊が発生した試験体数。

[ 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 ]

# 和歌山県産材を用いた構造用スギ床パネルの開発

和歌山県林業試験場 木材利用部 濱口 隆章<sup>1</sup>・岡本 憲治  
(<sup>1</sup>: 現 西牟婁振興局林務課)

## 研究の背景・ねらい

和歌山県内では人工林資源の原木の大径化が進んでおり、柱・梁取り後の製材厚板の有効利用が課題となっています。一方、木造住宅の耐震性に対するニーズの高まりを背景に剛床工法(根太を省略し、梁桁に構造用面材を直接釘付することで、床の水平剛性を高めた工法)が近年普及しています。そこで、スギ厚板を幅方向に複数枚並べて接着し、パネル化することで、剛床で使用可能な構造用スギ床パネル(以下、パネル)(写真1)の開発に取り組みました。

## 成 果

1. 水性高分子イソシアネート系接着剤を用いた場合の接着層のせん断強度の平均値は $9.0\text{N/mm}^2$ 、木部破断率は100%で、十分な接着性能を有することを確認しました。但し、架橋剤の配合比や可使時間(架橋剤を混ぜてから作業可能な時間)などの製造条件が守られなかった場合は、接着層の耐水性の低下が確認されたので、製造工程管理が重要となります。
2. パネル(厚さ30、36、40mmの3種類)のせん断耐力を評価するため、実大サイズのパネルを用いた面内せん断試験を実施しました(写真2、図1)。その結果、パネルの厚みでせん断耐力に大きな差は見られず(図2)、床倍率は四周打ち仕様で4.1～4.7、川の字打ち仕様で1.7～1.9となりました(表1)。これは、同一施工仕様で構造用合板を用いる場合の「住宅の品質確保の促進等に関する法律」(以下、品確法)の床倍率告示値(四周打ち3.0、川の字打ち1.2)を上回っており、優れた強度性能を有することを確認しました。
3. 含水率変化に伴うパネル幅方向の寸法変化率は、構造用合板に比べると大きくなります(図3)。暖房等により平衡含水率が低くなる条件下では、パネル間に隙間(5～8mm程度)が発生する可能性がありますので、写真1のようにパネルを意匠として見せる仕様となる場合は、施工上留意する必要があります。また、施工時のパネル含水率は10%を想定していますので、製品出荷時までの含水率管理の徹底とともに、施工前にパネルの雨濡れや吸湿による含水率の上昇が生じないよう注意する必要があります。

## 成果の活用

このパネルは4号建築物(階数2以下、延べ面積500㎡以下、高さ13m以下、軒の高さ9m以下の木造建築物)の床構面で使用が可能です。但し、品確法に基づく住宅性能表示制度の適用を受ける場合、パネル製造者は性能評価機関による床倍率の評定を受ける必要があります。

研究成果については、冊子やホームページなどで関係者に周知するとともに、製造・施工マニュアルの作成により、今後普及を進めていく予定です。



写真1 スギ床パネルの施工状況



写真2 面内せん断試験の実施状況  
(試験体寸法、1,820 × 2,730mm)

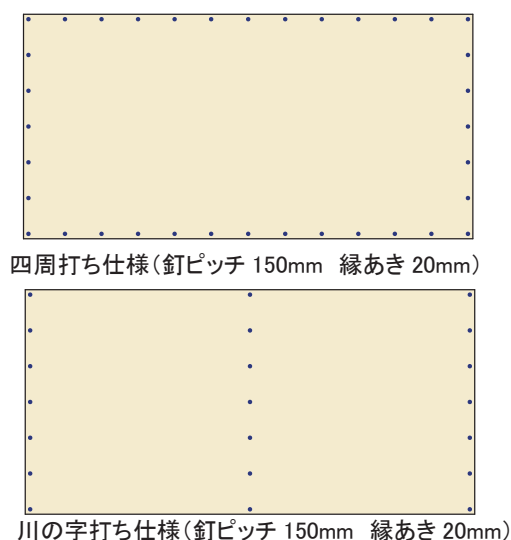


図1 スギ床パネルの施工仕様  
(面材寸法は 910 × 1,820mm)

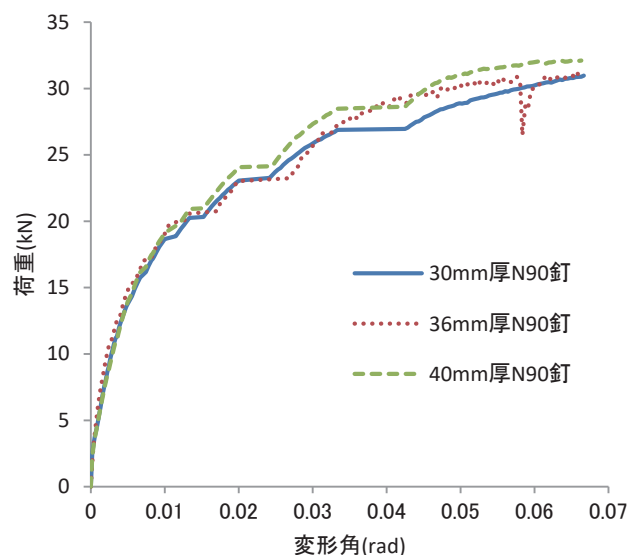


図2 面内せん断試験における荷重 - 変形角曲線  
(パネル厚さによる比較。いずれも四周打ち仕様)

表1 スギ床パネルの床倍率

施工仕様	四周打ち				川の字打ち		
面材厚(mm)	40	36	30	30	40	36	30
釘の種類	N90	N90	N90	N75	N90	N90	N75
2/3P <sub>max</sub>	21.4	21.1	20.6	16.8	11.9	10.2	8.2
P <sub>y</sub>	18.5	18.4	17.9	14.8	9.5	8.1	7.4
P <sub>120</sub>	17.5	18.3	17.1	17.2	8.3	7.6	7.0
0.2P <sub>u</sub> /D <sub>s</sub>	16.2	16.9	15.8	17.6	6.6	7.1	6.3
P <sub>o</sub> (kN)	16.2	16.9	15.8	14.8	6.6	7.1	6.3
床倍率	4.5	4.7	4.4	4.1	1.8	1.9	1.7

※床倍率の算定では、ばらつき係数・低減係数は考慮していない。

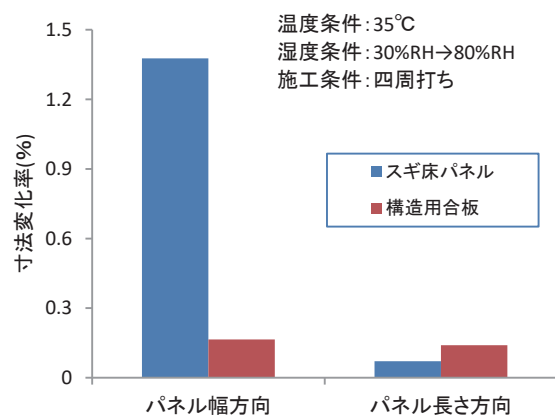


図3 寸法変化率の比較  
(施工状態での測定結果)



# リンドウの連作障害を回避するための木質栽培床の開発

岡山県農林水産総合センター 森林研究所 金田 利之

## 研究の背景・ねらい

岡山県北部で取り組まれているリンドウ栽培は、連作による生育障害が発生するため、継続して同一圃場で栽培できません。そのため、ハウスを用いた栽培ではハウスを移動する必要があります。一部の農家ではプラスチックコンテナに樹皮を充填した隔離床栽培が試みられていますが、樹皮の充填作業やコンテナの廃棄等に課題があり、新たな栽培床の開発が求められていました。

一方、本県真庭市における木質バイオマス発電所の稼働により、林地残材を燃料チップに加工する際の副産物として樹皮が大量に産出されており、この有効活用が課題となっていました。

このような背景から、当センター農業研究所と連携して、従来の隔離床栽培に代わる樹皮を用いた新たな木質栽培床の開発を行いました。

## 成 果

### 1. 木質栽培床の製造条件

木質栽培床は、骨材となる粉碎樹皮（ヒノキ・スギ混在、含水率：40～50%（湿量基準））とバインダー（固着材）を試作した簡易な製造装置（バインダー塗布装置付き混練装置、加熱装置付き型枠治具）に投入して、次に示す製造工程により製造しました（図1）。

粉碎樹皮とバインダーの配合量と配合割合及び固化条件等の製造条件については、製造した木質栽培床を水中に24時間浸漬した後、形状を保持していた条件の中から、リンドウの生育状況と原材料費の低コスト化の検討を行い、決定しました。

決定した製造条件は、寸法が厚さ150mm×幅400mm×奥行き300mmで粉碎樹皮とバインダーの配合量が粉碎樹皮：5000g、バインダー：100gとなり、圧縮条件が型枠温度140～180℃で2時間となりました。

### 2. 木質栽培床によるリンドウの生育調査

開発した木質栽培床（写真1）と従来の隔離床栽培（写真2）を用い、リンドウの生育状況を比較したところ、両者の間で生育の差は見られず、同等の品質の切り花を得ることができました（写真3）。

## 成果の活用

本研究は、岡山県農林水産総合センターの地域バイオマス資源活用技術開発事業と外部知見活用型・産学官連携研究事業により実施しました。研究の成果は、森林研究所成果発表会等で発表を行うとともに、ホームページにて公表しております。また、木質栽培床によるリンドウ生育調査データを基に、農業普及指導センターを介して栽培農家へ普及していく予定です。

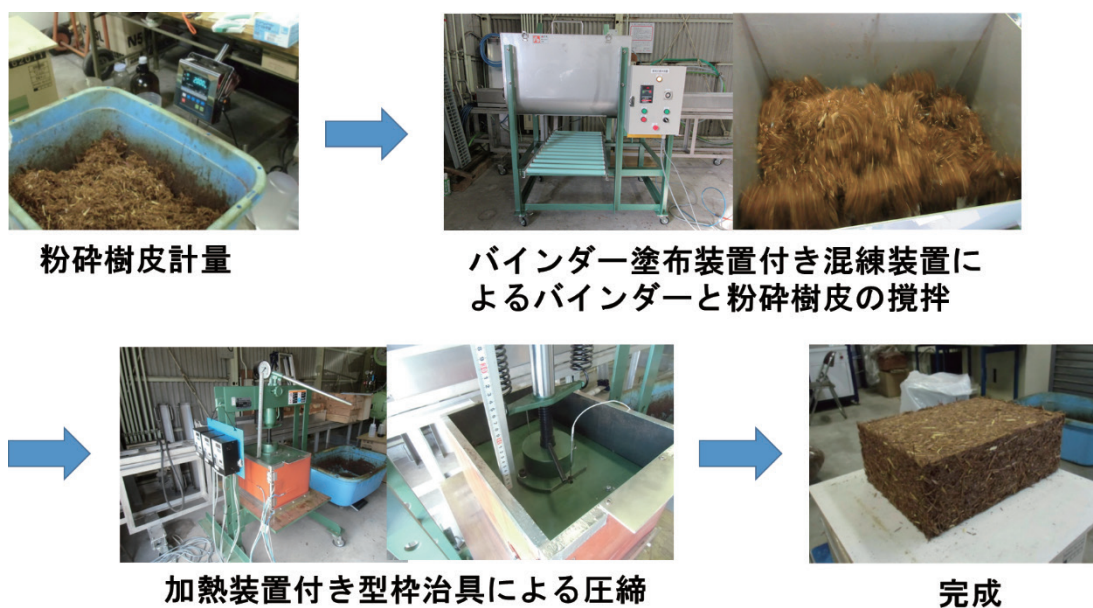


図 1 木質栽培床の製造工程



写真 1 開発した木質栽培床



写真 2 従来の隔離床栽培

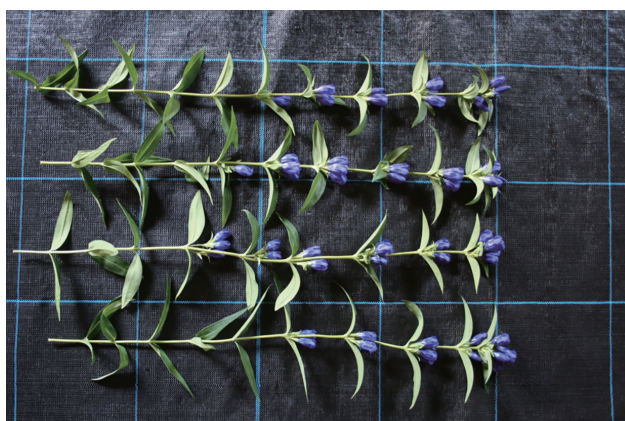


写真 3 3年生の切り花（左：隔離床栽培、右：木質栽培床）

[ 問い合わせ先：岡山県農林水産総合センター 森林研究所 木材加工研究室 Tel 0867-44-3367 ]



## 設計者、製材・加工業者と連携した木造トラスの開発

愛媛県農林水産研究所 林業研究センター 玉置 教司

### 研究の背景・ねらい

人口減少により住宅着工戸数の増加が期待できない中、木材の利用を拡大していくためには、非住宅建築物の木造化を促進していく必要があります。しかし、愛媛県内の着工建築物の状況をみると、床面積は住宅用 66 万 m<sup>2</sup>、産業用 61 万 m<sup>2</sup> とほぼ同程度ですが、木造率は住宅用の 76% に対し産業用はわずか 9% で、大半を鉄骨造（73%）が占めています。木造化が進まない原因には、木材産業側の供給体制や非住宅木造建築に係る設計者の育成、設計者と製材・加工業者との連携不足などがあげられます。そこで、一般社団法人愛媛県木材協会を主体に建築士や木材業者らと協力し、非住宅建築物で利用することを想定した木造トラス\*に関して検討会や研修会を開催するとともに、構造体を設計・試作し、強度試験を行いました。

### 成 果

愛媛県内を 3 つの地域に区分けして各地域に所在する設計業者と木材・加工業者などで班を構成し、各班 2 体のトラスを試作し、強度試験を行いました。トラスの設計にあたっては、スパンは 8m、4 寸勾配、トラス間隔は 2m または 3m、設計荷重は 1,200N/m<sup>2</sup>（固定荷重＋積載荷重）とし、部材は地域の製材工場に対応できるよう一般流通材のサイズで人工乾燥した構造用製材を用い、金物類も一般流通品を使用することとしました。

強度試験は、実大木材強度試験機によりトラスの頂部と登梁と斜材の接合部の 3 点を加力し、荷重やスパン中央のたわみ、合掌尻等の接合部の変位を測定するとともに、破壊性状を観察しました（写真 1）。試験時の荷重と変位の関係は図 1、2 のとおりとなり、意匠性も考慮しつつ強度性能が最も高かったフィンクトラスを開発原型としました。さらにトラスの性能を高めるため、トラス頂部と合掌尻の接合部、陸梁継手に改良を加えて再度強度試験を行い、建築に利用できるよう開発しました（表 1、写真 1、2）。

### 成果の活用

本試験の成果の一部は、2018 年度日本建築学会大会において口頭発表したほか、当センター主催の成果発表会や公開日において公表しています。また、開発に参加した建築士により、このトラスを用いた倉庫が建築されており（写真 3）、今後の普及が期待できるものとなりました。近く、設計に使用できる標準図面を作成・公表し、非住宅建築物向けの木造トラス普及に活用することとしています。

\*：建物や橋梁などの骨組に使用される三角形を基本単位として部材を組み合わせた構造体。



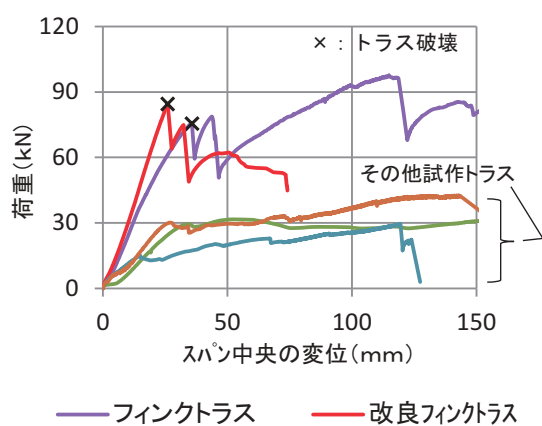


図1 スパン中央変位と荷重の関係

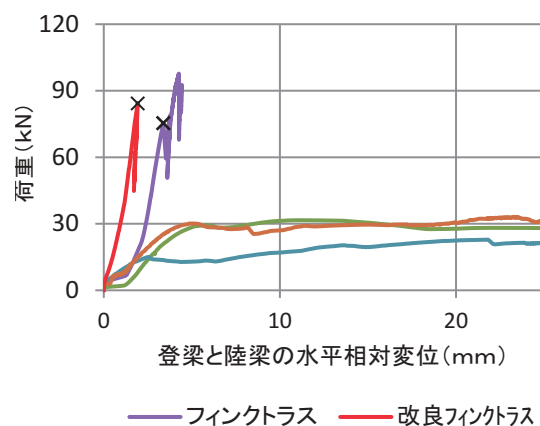


図2 合掌尻における登梁と陸梁の水平方向の相対変位と荷重の関係

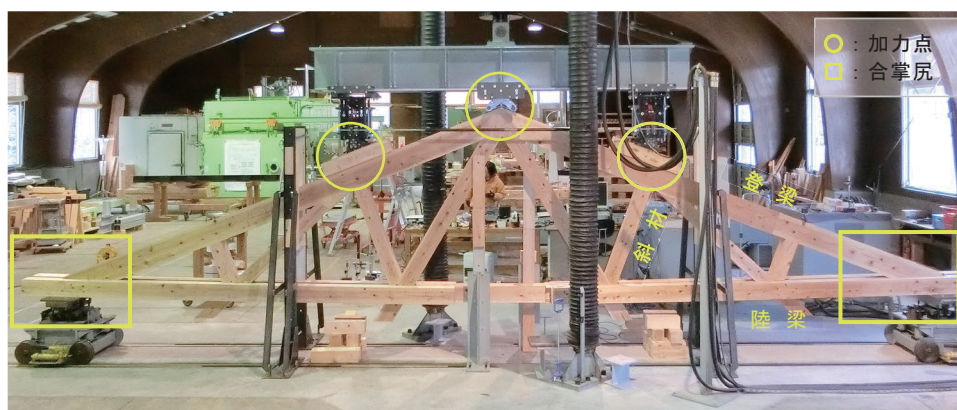


写真1 開発した木造トラス（強度試験後）



写真2 開発トラスの細部（左から合掌尻、登梁と陸梁の接合部、陸梁の継手、頂部）

表1 トラスの部材一覧

部材名	樹種	強度等級	寸法 (mm) 幅×材せい
登梁	スギ	E70	120*210
陸梁	スギ	E70	105*150
(中央 シングル)	スギ	E70	120*150
斜材	スギ	E70	120*120
(中央 頂部-陸梁)	スギ	E70	120*150



写真3 開発トラスを採用した施工例（倉庫）

[ 問い合わせ先：愛媛県農林水産研究所林業研究センター 研究指導室 Tel 0892-21-2266 ]

## 意匠性と耐久性に優れた内・外装材の利用技術

熊本県林業研究・研修センター 林産加工部 三井 幸成<sup>1</sup>・中村 圭子  
(<sup>1</sup>: 現熊本県天草広域本部農林水産部林務課)

### 研究の背景・ねらい

公共建築物等木材利用促進法の制定等により、県産木材をはじめ木材が建築物の外壁や内装に使用される機会が増えつつあります。しかし、特に屋外利用の際には生物劣化や気象劣化に直面し、色が大きく変化する可能性があり、その事は使用者らの不安を招き、ひいては木材離れを引き起こす恐れがあります。そのため、屋外利用にあたり木材の色の変化をふまえた利用につなげることを目的に、内・外装に木材を使用した際の経年変化を把握することに取り組みました。

### 成 果

#### 1. 公共建築物に使用された外装材の材色経年変化調査

公共建築物（平成27年3月完成）の外壁に使用されたスギ塗装材の材色の経年変化を調査しました（完成後約10ヵ月後から測定開始）。測定部位は東西南北の各方位、高さ別に設定し、色差（日本電色（株）製 NR-11）の測定を行いました。結果（図1）、東西南北いずれの方位においても色の変化はみられ、北面は他の面に比べ色の変化速度が遅いことがわかりました。調査期間において色差が最も変化したのは西面2m高であり、日照時間の長さが影響していると考えられます。また、東西南面では測定開始時から高さ約0m～1.0m付近の色の変化が顕著であり（図2）、これは調査開始までの早い段階における雨がかり等の影響による色の変化と考えられます。

#### 2. スギ板材の処理方法別の材色経年変化の把握

処理方法（無処理・塗装（含浸（木材表面に塗料が浸み込む）・造膜（木材表面に膜を造る））処理）の異なるスギ板材（70mm（幅）×140mm（高さ）×10mm（厚さ）、各条件3枚繰り返し）の南面45度屋外暴露試験（本センター本館屋上）を実施し、色差を測定しました（公益社団法人日本木材保存協会平成28年度事業「大規模木造建築物における木質外構部材の耐候性向上・維持管理技術の確立」の一部を活用）。図3に暴露前と暴露26週後の試験体の外観および色差変化を示します。無処理材で、開始14週までの色差値の増加が顕著であり、心材よりも辺材の方が大きな値で推移しました。また、無塗装と比較して塗装した試験体は処理方法に関わらず緩やかな色の変化となりました。これらのことから、無処理材は早い段階で色が変化することが明らかになりました。

### 成果の活用

熊本県林業研究・研修センター研究報告及び業務発表会で周知するとともに、建築関係分野の方々の講習会にて情報提供します。

建築関係分野に対し、具体的な木材色の経年変化について情報提供することにより、設計者等の方々に色の経年変化をふまえた利用の指針としてもらい、使用者らの不安が軽減されることで、内・外装への木材利用拡大につなげたいと考えています。



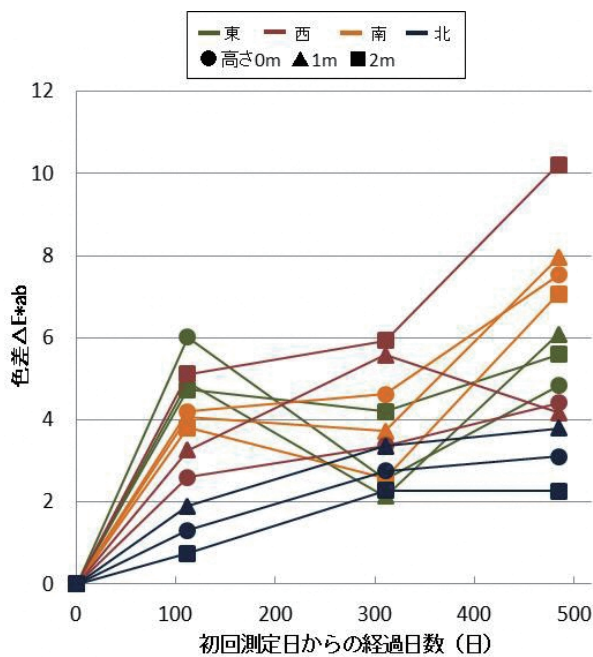


図1 公共建築物各方位・高さの色差変化

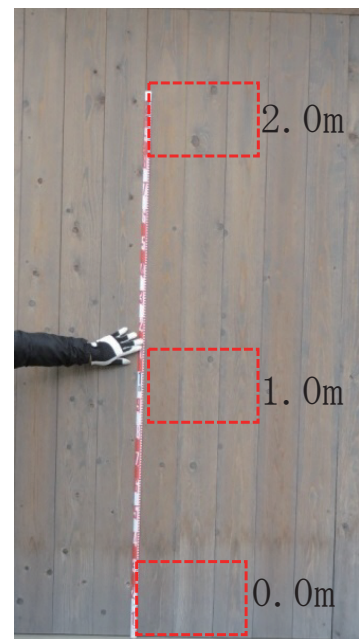


図2 測色箇所例（東面）

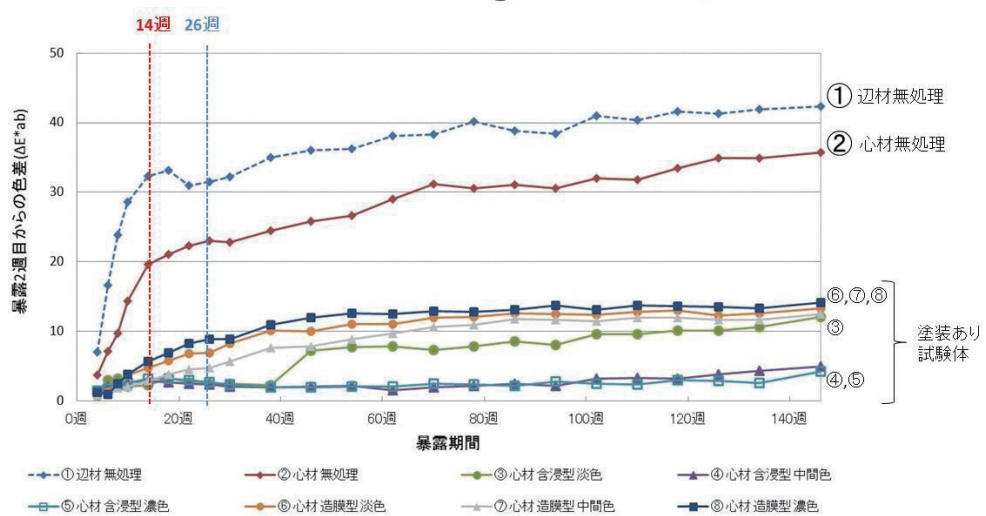
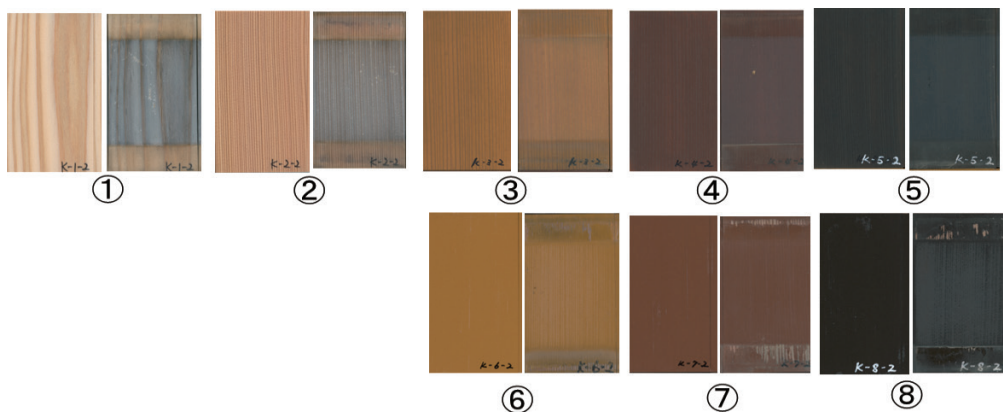


図3 上：屋外暴露試験前後の試験体の外観変化（左：暴露前、右：暴露26週経過後）  
下：暴露試験片の暴露2週目からの色差

[ 問い合わせ先：熊本県林業研究・研修センター 林産加工部 Tel 096-339-2242 ]



## スギの調湿性能に関する研究

宮崎県木材利用技術センター 材料開発部 平郡 雄二  
(現(一社)宮崎県林業公社)

### 研究の背景・ねらい

木材の有する調湿性能を数値化して、木材の魅力や優位性を示し、本県の主要樹種であるスギが内装や家具類に利用されることを促進します。

### 成 果

#### 1 長期的な吸放湿性試験

- ・スギ人工乾燥材縦横 100mm で厚さを変えた (5・10・20mm) 板目材 (心材・辺材) を、温度 23 度、相対湿度 50% の環境下で養生させた後、相対湿度を 75% にして板材に吸湿させました。吸湿量が平衡状態になった後、相対湿度を 50% にして放湿させました。
- ・7 日間の吸湿量は、心材より辺材が多く、厚みのある方が多い傾向がありますが (図 1)、概ね 30 日前後で心材の吸湿量が辺材を上回り、230 日間の吸湿量では辺材より心材が多く、厚みのある方が多い傾向がみられました (図 2)。

#### 2 ミニスケールの室内空間におけるスギの調湿性能試験

- ・24 時間換気ができる仮想居室 (長辺 1,146mm × 短辺 860mm × 高さ 720mm) をアクリルボックスで製作し、その長辺の壁に 270mm の高さまで内装材の種類を変えて設置し (表 1、図 3)、相対湿度を測定しました。ボックス外の相対湿度を 12 時間 75% にした後、12 時間 50% にする操作を 48 時間繰り返し、ボックス内の相対湿度が環境衛生上良好な状態を維持できる基準 (建築物環境衛生管理基準) に定められている 40 ~ 70% を保持できる時間を指標にして評価しました。
- ・ボックス外の相対湿度を 75% に上げた時に、ボックス内の相対湿度を 70% 以下に保持する時間は、非木質が 2 時間半程度であったのに対し (図 4)、スギ無垢材が 6 ~ 8 時間程度となり (図 5)、約 3 倍長くなりました。
- ・スギ塗装材では約 3 時間、スギ表層圧密材では約 5 時間とスギ無垢材より相対湿度を 70% 以下に保持する時間が短くなっており、塗装や密度が調湿性能に影響したと思われます。
- ・スギ木口スリット材では 12 時間相対湿度を 70% に保持しており、調湿性能の良い木口面が表面に現れていることが影響していると思われます。

### 成果の活用

研究の成果については、当センターの業務報告書やホームページ等で公表していきます。

また、共同研究者であるナイス (株) の製品開発に生かされるとともに、木材の調湿性能を PR することで、内装の木質化が進むことが期待されます。

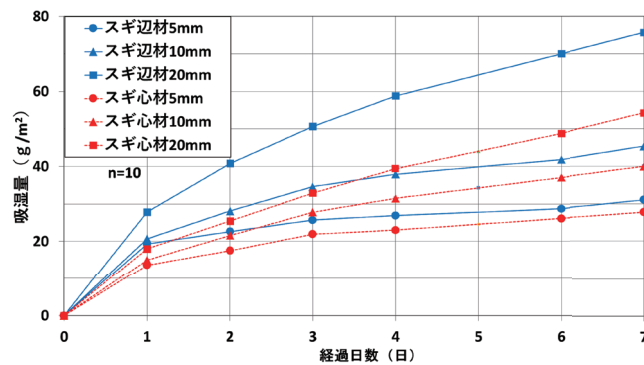


図1 スギの吸湿量（7日間）

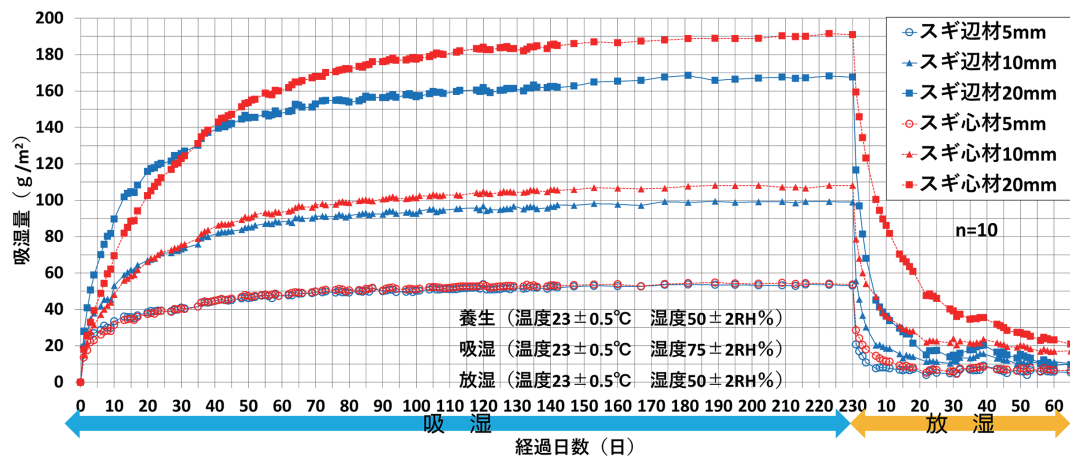


図2 スギの吸湿量

表1 ミニスケールの調湿性能試験の供試材料

	樹種・加工等	部位・材面等
1	スギ無垢材	心材・板目面(人工乾燥材)3.6mm厚
2	スギ塗装材(ウレタン塗装)	"
3	スギ表層圧密材	"
4	スギ木口スリット材	心材・板目面(人工乾燥材)12mm厚
5	木材なし(非木質)	



図3 ミニスケールの調湿性能試験状況

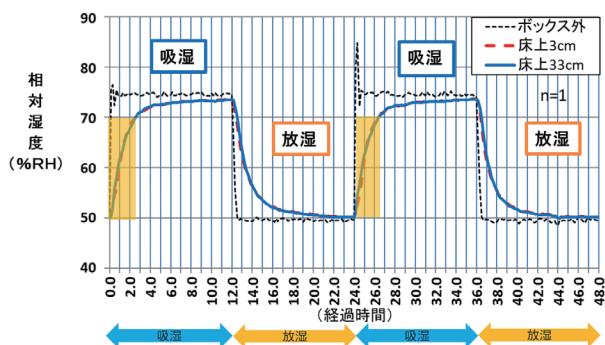


図4 木材なし（非木質）時の湿度変化

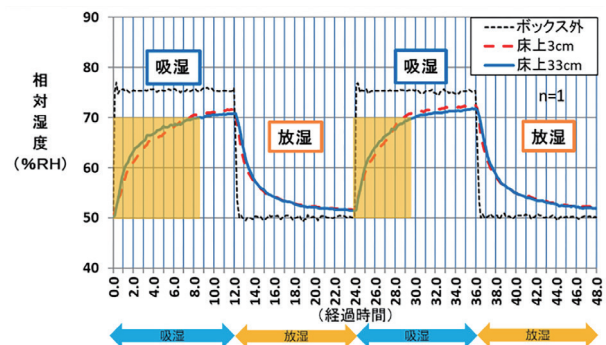


図5 スギ無垢材（心材）時の湿度変化

[ 問い合わせ先：宮崎県木材利用技術センター 材料開発部 Tel 0986-46-6042 ]

## 漆の採取に関する研究

岩手県林業技術センター 研究部 小原 誉

### 研究の背景・ねらい

文化庁が2018年度以降、原則として国宝・重要文化財の修理に使う漆を全て国産とし、その需要量を年間約2.2tと予測したことを踏まえ、国産漆生産量の約7割を占める本県二戸市では、2022年度までに漆生産量2tに増加させることを目標に、漆資源の確保や担い手育成等の取組を進めています。

当センターでは、二戸市の取組を支援するため、2017年度から二戸市等と共同で、同市浄法寺町内の試験地において、二戸市が地域おこし協力隊で雇用している経験年数2～3年の若手職人3名を活用し、ウルシの胸高直径と漆採取量の関係について調査しました。

### 成 果

#### 1 胸高直径と漆採取量の関係

試験地に設定されている27試験区のうち2017・2018年に調査を実施した12試験区(図1)において胸高直径と漆採取量を調査したところ、試験区の平均胸高直径と漆採取量の間には高い正の相関があることを確認しました(図2)。

#### 2 漆の掻き取り有無と漆採取量の関係

二戸市において漆の掻き取り(採取)が終わったウルシは全て伐採されるのが一般的です。試験地区画A-1～4区のウルシ220本のうち121本は2003～2005年に1本当たり192gの漆採取を行った後、伐採せずに16～18年間残置し、残りの99本は漆採取がありませんでした。そこで漆採取の有無と漆採取量の関係を調べるため、同じ職人が漆採取を行って採取量を調査しました。その結果、漆採取有の場合、平均胸高直径は23.7cm、漆採取量は442.8gであったのに対し、漆採取無の場合、平均胸高直径は17.2cm、漆採取量は191.2gとなり(表1)、どちらも平均胸高直径と採取量の関係は他の試験区と同様の傾向が観察されました(図2)。このことから、漆採取の有無に関わらず、採取量は平均胸高直径に比例する可能性が示唆されました。

### 成果の活用

今回の漆採取試験を行った結果、平均胸高直径と漆採取量の間には高い正の相関があることを確認しました。また、漆採取を行った後、伐採せずに16～18年残置して回復させれば、再度漆採取が可能であることが明らかになりました。今後、今回漆採取を行ったウルシを残置させ、残置年数と漆採取量の関係を調査し、漆資源の確保に向けた二戸市の取組を支援します。



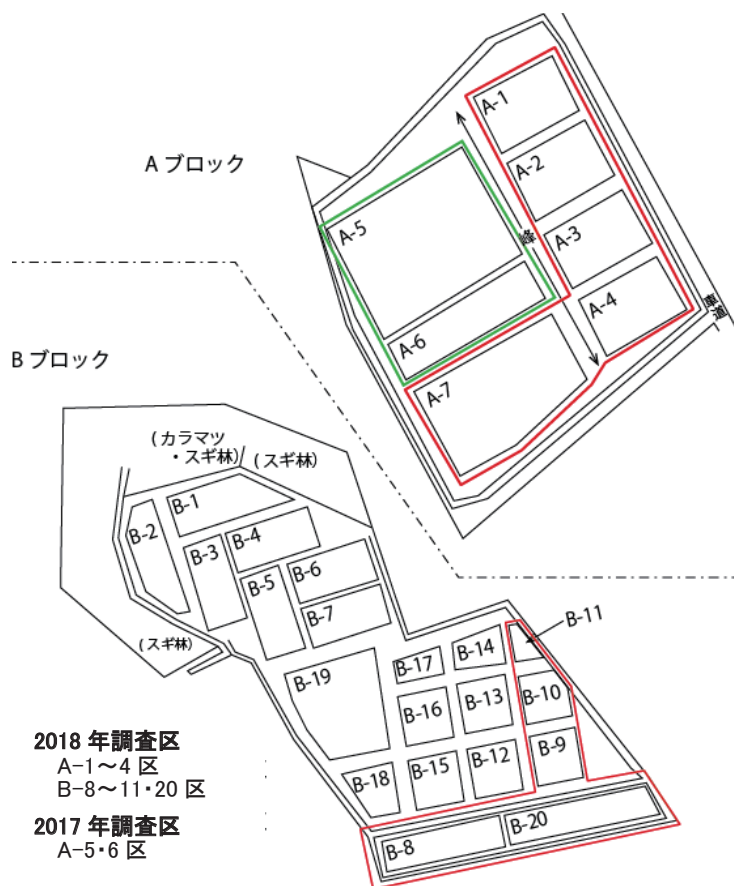


図1 浄法寺試験地の概略図

写真1 調査したウルシ林



写真2 漆の掻き取り状況

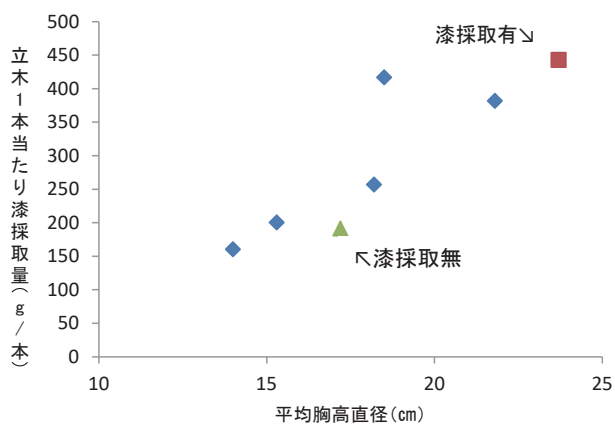


図2 平均胸高直径と漆採取量の関係

表1 各調査区画における漆採取試験の結果

区画	漆採取の有無	採取時樹齢	平均胸高直径±標準偏差(cm)	漆採取量(g/本)
A-1～4	有	28	23.7 ± 5.2	442.8
A-7	無	28	17.2 ± 5.6	191.2
B-8・20	無	24	15.3 ± 4.8	200.2
B-9～11	無	24・27	18.2 ± 5.7	256.9
A-5	無	25	14.0 ± 4.9	160.5
A-6	無	27	21.8 ± 5.3	381.8
	無	26	18.5 ± 5.4	416.5

## ハタケシメジ簡易施設栽培方法の開発

宮城県林業技術総合センター 地域支援部 渡邊 広大

### 研究の背景・ねらい

宮城県ではハタケシメジの空調施設栽培品種「みやぎ LD2 号」を開発し、平成 18 年の品種登録以降、県内における普及を進めてきました。しかし、近年生産者からは施設栽培に係る初期投資及び維持管理費の軽減を要望されており、空調施設を用いない低コストかつ簡易な栽培方法の開発が求められています。また、本県では露地栽培のハタケシメジの発生時期が 10 月上旬～下旬であることから、きのこの需要が高まる 11 月以降に収穫が可能な栽培技術を開発することで、農林家の有力な栽培品目となり、生産者への拡大につながると考えています。

これらを背景に 2016 年から生産者の協力のもと、水稻育苗用ビニールハウス等既存の農業資材を活用し、冬期に子実体が収穫可能な簡易施設栽培方法を検討しました。

### 成 果

宮城県加美郡加美町の水稲育苗用ビニールハウス（幅 7.5m × 奥行き 25.0m）内に、育苗用温床線を 0.1m 間隔で設置し、16℃設定のサーモスタットに接続しました。温床線の上に山砂を厚さ約 3cm 敷き均し、防草シート（幅 1.0m）を敷いた後、アーチ上の支柱を等間隔で設置したうえで育苗用白色保温シート（幅 2.3m）を被せました（図 1、写真 1）。次に、ハタケシメジ菌床は県内でスギオガ粉やフスマ（小麦を製粉する際の副産物）等を原料に製造された 2.5kg 菌床を用い、上面の古い菌糸を 1cm ほど除去した後に一晩浸水させた稲わらを厚さ 2cm ほど被覆した後、段ボールに並べたうえでしわくちゃんに丸めた新聞紙を充填し、適宜散水管理を行いました（図 1、写真 1）。

上記手法によって 2018 年 11 月第 1 週から 4 週間にわたって毎週菌床を設置したところ、12 月上旬から 2019 年 1 月中旬にかけて子実体が発生しました（写真 2）。収穫までにかかった平均日数は菌床設置日によって 30 ～ 42 日までとばらつきが見られました。一方、平均収量は全試験区において 600g を超え、目標としていた 500g 以上の収量を達成しました（図 2）。また、試験期間の保温シート内の平均気温は 15.7℃であり、「みやぎ LD2 号」の空調施設栽培推奨温度の 16.0℃に近い環境を簡易な設備によって再現できる可能性が示唆されました（図 3）。

### 成果の活用

上記成果を基に、2019 年は同一生産現場での反復試験に加え、新たに東松島市、登米市における栽培試験に取り組んでいます。併せて、段ボール等の資材見直しによるコストダウンの検証や、収量及び品質安定化に向けた技術改良、複数年の継続調査による再現性の確認を行い、ハタケシメジの生産拡大に向けた新しい技術として確立・普及したいと考えています。

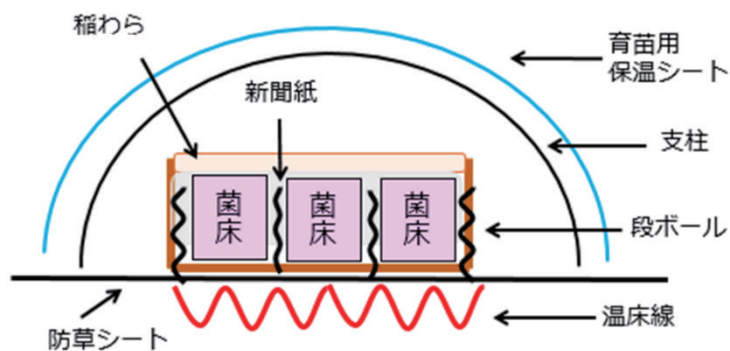


図1 簡易栽培試験の概略図



写真1 簡易栽培試験

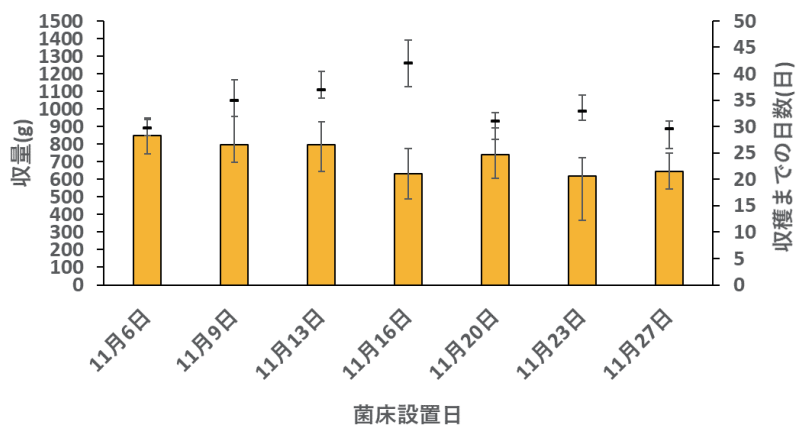


写真2 ハタケシメジの発生

図2 菌床設置日毎の1菌床あたりの平均収量（棒グラフ）及び収穫までに要した生育日数 ※エラーバーは標準偏差を示す

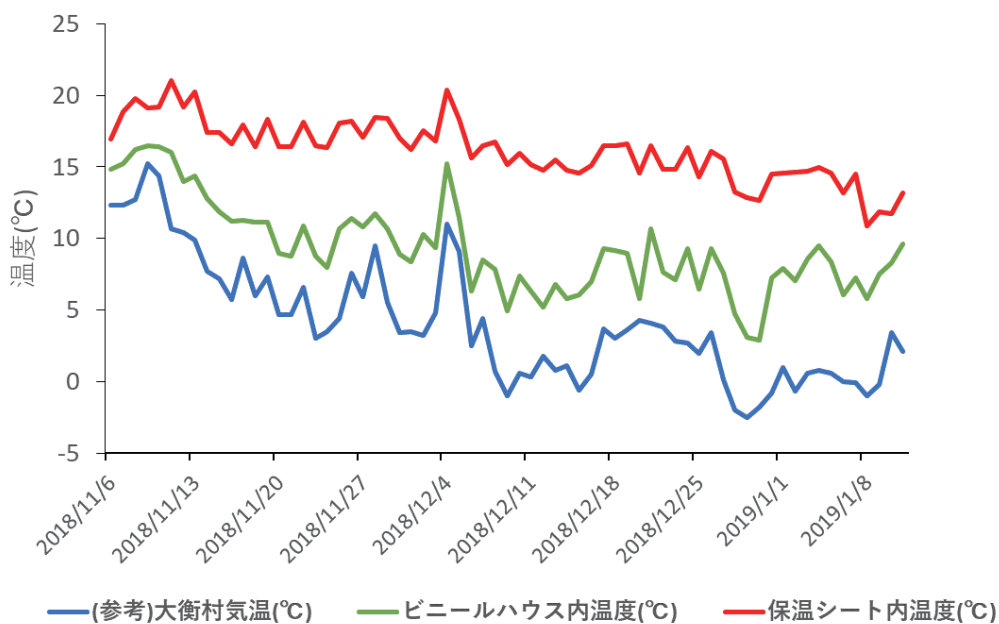


図3 試験期間の温度推移

[ 問い合わせ先：宮城県林業技術総合センター 地域支援部 Tel 022-345-2816 ]



# アラゲキクラゲ菌床栽培技術の開発

新潟県森林研究所 きのこ・特産課 武田 綾子

## 研究の背景・ねらい

流通のほとんどを輸入品が占めるキクラゲ類ですが、栽培温度帯が高く、夏季に空調を使わず栽培可能な品目として、アラゲキクラゲに注目が集まっています。年々、国内生産量及び生産者数が増加していますが、国内の栽培実績はまだ少なく、栽培技術に未確定な部分が多いことが課題となっています。

そこで、収量性が高い、もしくは低コストで栽培可能な技術を開発することにより、きのこ生産の休止が増える夏季の生産量拡大を促し、生産者の経営安定化を図ることを目的に試験を行いました。

## 成 果

栄養材の試験と培地基材の試験を実施しました。両試験の培地組成は、基材：栄養材：pH調整剤＝74：25：1（絶乾重比）です。含水率は $63 \pm 1\%$ 、培地の充填量は1kgに調整しました。使用品種・菌株は、森89号（森産業）、AK12号（キノックス）、森研マサキ（野生菌株）、供試体数は各試験区6菌床です。

試験区によっては200日以上子実体の発生が継続しましたが、新潟県内の気候や夏季の栽培という目的を考慮し、結果は発生処理後90日目まで（90日間）の収量で解析しています。

栄養材試験では、一般的な栄養材である米ぬかに乾燥オカラを混合<sup>※1</sup>しました。いずれの品種においても乾燥オカラの混合率が高くなるほど収量は増加しましたが、混合率と増収効果の関係には品種により差がありました（表1）。

森89号及びAK12号では、乾燥オカラを混合すると、初回発生までの日数が短くなりました。特にAK12号では、混合率が高くなるほど日数が短くなる傾向が顕著でした。また、森89号では、乾燥オカラの混合率が高くなると発生期間が短くなり、短期間に発生が集中する傾向が見られました（表1）。

基材試験では、基材である広葉樹オガ粉に対し、もみ殻を30%、50%（容積比）の割合で置換しました。なお、栄養材は特フスマ<sup>※2</sup>を使用しています。どの試験区でも収量の低下は見られず（表2）、形態や肉質・肉厚などにも違いはありませんでした（写真1）。

また、初回発生日にも違いはなく、これらのことから、もみ殻は広葉樹オガ粉の一部と代替可能であることが分かりました。なお、もみ殻の置換率が50%を超えると菌床成型が困難になりました。

## 成果の活用

成果は「新潟県農林水産業研究成果集」や当所の試験研究成果発表会等で公表するとともに、「アラゲキクラゲとシイタケの複合栽培技術指針」を作成し、林業普及指導員等を通じて生産者への情報提供を行っています。

※1 米ぬか：乾燥オカラ＝100：0（対照区）、75：25、50：50、25：75、0：100〔絶乾重比〕

※2 製粉工程で取り除かれる小麦の皮（ぬか）のことを「フスマ」といいます。小麦粉の割合が多いものは「特フスマ」と呼び、家畜の飼料としても利用されています。

表 1 各品種における乾燥オカラの混合割合と収量及び発生の関係

品種名	米ぬか:乾オカラ	90 日間の平均収量±SD (生重量・g)	初回発生日 (最速・日)	発生期間 (最大・日間)
森 89 号	100 : 0 (対照)	326.1±45.0 <sup>c</sup>	19	244
	75 : 25	478.2±65.1 <sup>b</sup>	17	224
	50 : 50	583.5±90.0 <sup>a</sup>	15	193
	25 : 75	648.2±74.8 <sup>a</sup>	14	112
	0 : 100	677.1±55.4 <sup>a</sup>	16	114
AK12 号	100 : 0 (対照)	255.6±50.2 <sup>d</sup>	24	210
	75 : 25	313.3±95.6 <sup>cd</sup>	18	219
	50 : 50	391.7±43.0 <sup>bc</sup>	19	216
	25 : 75	443.8±34.0 <sup>b</sup>	16	206
	0 : 100	597.6±61.0 <sup>a</sup>	14	215
森研マサキ	100 : 0 (対照)	229.9±43.9 <sup>c</sup>	14	223
	75 : 25	287.5±57.4 <sup>c</sup>	14	229
	50 : 50	396.7±39.4 <sup>b</sup>	14	214
	25 : 75	454.4±75.5 <sup>ab</sup>	13	214
	0 : 100	545.7±67.0 <sup>a</sup>	14	216

※ 各品種の異なるアルファベットは有意差ありを示す (Tukey-Kramer test,  $p < 0.05$ )

表 2 各品種におけるもみ殻置換率と平均収量の関係

品種名	対照区	もみ殻 30%置換区	もみ殻 50%置換区
森 89 号	609.8±42.8	574.4±22.8	560.0±72.5
AK12 号	336.9±72.8	395.0±50.3	383.6±82.4
森研マサキ	370.8±49.5	374.5±61.3	397.1±31.7

90 日間の平均収量±SD (生重量・g)

※ 品種ごとの各試験区間には有意差なし (一元配置分散分析,  $p \geq 0.05$ )



写真 1 もみ殻置換試験の発生状況 (森 89 号)

## ヌメリスギタケの短木栽培

山梨県森林総合研究所 森林研究部 戸沢 一宏

### 研究の背景・ねらい

きのこの原木栽培は、シイタケで一般的に見られるように長木栽培が主ですが、長木栽培（長さ90cm前後）、短木栽培（長さ15cm前後）があり、それぞれに長所・短所が存在します。短木栽培は原木が軽い点が長所であり、この方法を用いれば、原木の移動が容易で、栽培がしやすいと考えられます。

また、短木栽培では原木内に菌糸が蔓延し、土中に設置する本伏せが終わると、収穫以外の作業が少ないため、シイタケ栽培と併用することにより、経営をより安定させることが可能となります。

このため、シイタケ以外のきのことして、ナメコと同様な利用が可能で、キノコ狩りの対象となっているヌメリスギタケを選び、その短木栽培を行い、高齢化する林家への栽培方法として採用できるか検討することを目的として、本試験を行いました。

### 成 果

本試験は、山梨県で入手が比較的容易なコナラ、サクラ、クルミを原木として用い、種菌は市販されているヌメリスギタケの2系統を使用して行いました。

まず、菌糸伸長の最適な温度の調査を行いました。PDA（ポテトデキストロース寒天）培地を20 ml 分注したシャーレの中心に、直径5mmのヌメリスギタケの菌糸片を接種し、温度勾配恒温器（15, 18, 21, 24, 27℃）で21日間培養を行いました。培養後、シャーレに菌糸が占める面積（コロニーの面積）を、画像解析を用い測定したところ、A, Bいずれの系統においても、コロニー面積は21℃が最大であったため、菌糸の伸長温度は21℃が最適であることがわかりました（図1）。

野外での試験栽培では、15cmに玉切りした原木を使用し、種菌を原木で挟む方法で接種を行いました。原木の中に菌糸を蔓延させる仮伏せは針葉樹林内に寒冷紗で覆い、灌水しながら6月中旬まで行いました。本伏せは、標高900mの針葉樹林内に原木の半分を土中に埋める方法で行い（図3）、9月上旬から～10月上旬までヌメリスギタケが発生しました（図4）。収穫は傘が広がる直前に行い、楕化率（ほだかりつ）\*と収量を測定しました。その結果、サクラやコナラの楕化率は85%以上となっており、収量も400g弱あることから、サクラやコナラはクルミに比べて栽培に適していることがわかりました（表1）。しかし、コナラはシイタケ原木として需要が高く、価格も高騰しています。従って、楕化率や収量が高いことに加え、価格が安定し、入手が容易であるサクラを原木として栽培することが推奨できます。（\*接種した原木のうち、菌糸が蔓延した原木の割合）

### 成果の活用

栽培マニュアルを作成し、県の研修事業で普及を進めていきます。



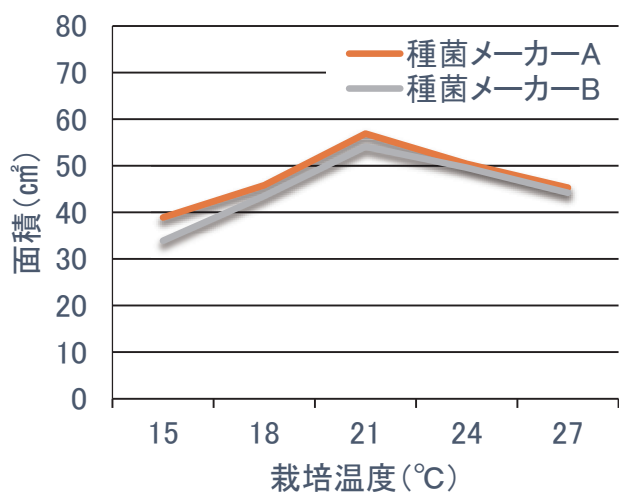


図1 ノメリスギタケの温度特性



図2 接種後の管理の様子



図3 本伏せの様子



図4 発生の様子

表1 櫨化率及び収量

項目	メーカー	サクラ	コナラ	クルミ
櫨化率 (%)	A	91.3	87.1	75.8
	B	90.2	88.4	73.9
収量 (g)	A	398.1	383.2	330.5
	B	379.6	392.4	318.5

## きのこ栽培における害虫類の生態解明と防除技術の開発

大分県農林水産研究指導センター 林業研究部 きのこグループ 村上 康明・石原 宏基

### 研究の背景・ねらい

ハラアカコブカミキリは昭和52年頃に大分県内に侵入したシイタケほだ木の害虫で、依然として大きな被害をもたらしています。これまで防除資材として化学農薬や生物農薬が登録されていますが、安全安心面から農薬を使用しない防除方法の開発が課題となっています。

そこで、ハラアカコブカミキリの生態解明と被害の軽減を図るため、成虫の誘引試験と防除方法について試験を行いました。

### 成 果

ハラアカコブカミキリの誘引試験(写真1)を行いました。昆虫飼育容器の底面の左右にクヌギの生木とクヌギの枯れ木、クヌギの枯れ木とスギの枯れ木を置いて、成虫が左右どちらに移動するか行動を記録しました。その結果、ハラアカコブカミキリの成虫はクヌギの生木、スギの枯れ木よりもクヌギの枯れ木に誘引されることがわかりました(図1)。

また、ハラアカコブカミキリの被害を受けやすい直径6cm程度のシイタケほだ木の伏せ込み\*を、一般的なクヌギ伐採跡地とスギ林内で行い、ハラアカコブカミキリによる被害を比較しました。試験は大分県内3箇所の現地(写真2)において、春にシイタケほだ木を各地に伏せ込み、秋にシイタケほだ木を回収して被害状況を調査しました(写真3)。その結果、スギ林は伐採跡地と比較して、脱出孔数は87%、被害本数は69%減少しました(図2)。

以上のことから、シイタケほだ木の伏せ込み場所を変更する方法は、ハラアカコブカミキリによる被害軽減に効果的であることがわかりました。

結果のポイントは以下のとおりです。

ハラアカコブカミキリはクヌギの枯れ木に誘引されることから、シイタケほだ木周辺の枯れ木を除去することで、生育密度は低下し、被害の減少につながることがわかりました。また、直径の小さいシイタケほだ木の伏せ込み場所は、スギ林に変更することで、被害を軽減できることが明らかになりました。

### 成果の活用

成果については、当グループの業務年報や情報誌により公表しています。また、関係団体、広域普及員と連携して、生産者を対象とした研修等により生産現場への普及定着を図っています。

\* 伏せ込み：シイタケ菌糸をまん延させるために、ほだ木を並べて管理すること。



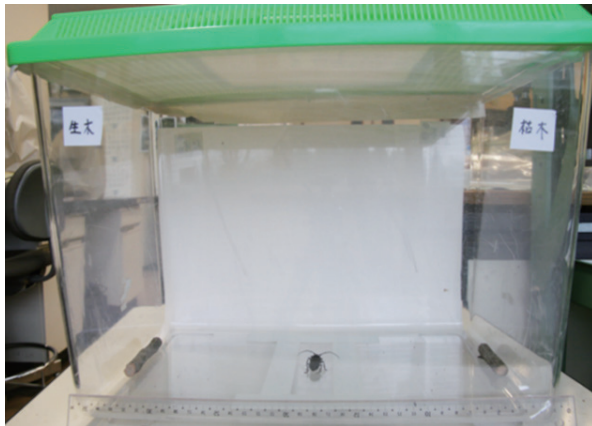


写真1 プラスチック容器を用いた誘引試験  
(左：クヌギの生木、右：クヌギの枯れ木)



写真2 現地試験の状況



写真3 被害ほだ木の外観（丸印は羽化脱出孔）

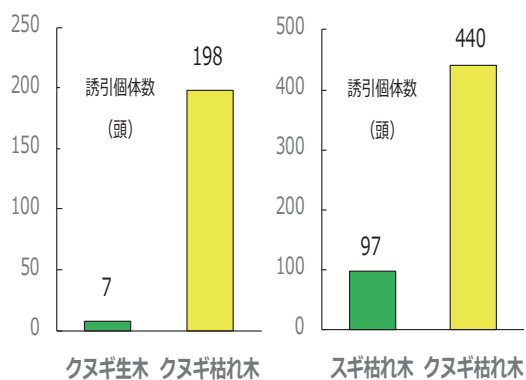


図1 誘引試験の結果

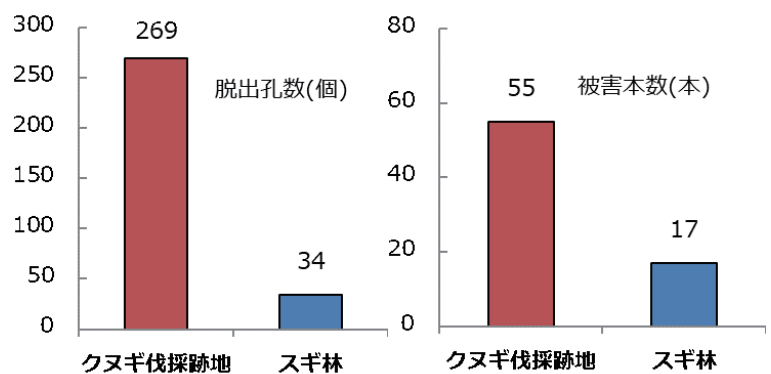


図2 現地試験3箇所合計の被害状況



# ヒモカッター式刈払機を用いた原木シイタケの増収技術

宮崎県林業技術センター 森林資源開発部 酒井 倫子・増田 一弘

## 研究の背景・ねらい

原木シイタケ生産において生産者の高齢化等による労働力の不足が懸念される中、安定経営のためには作業の省力化を図りながら単位収量を上げて生産性を高めていくことが大きな課題となっています。

このため、生産現場からより簡単な方法で増収効果の期待できる発生操作技術の開発が求められており、当センターでは簡易な発生操作法としてほだ木の樹皮を叩いて傷をつけるナタ目やクギ目、動噴など様々な道具を用いた増収効果試験に取り組んできたところです。その中でもヒモカッター式刈払機を用いた発生操作（以下、ヒモカッター操作）（写真1、2）は簡単で、増収効果が顕著であったことから、より効果的な操作技術を確立することを目的に試験を行いました。

## 成 果

### 1. ほだ木齢及びヒモカッター操作時期別比較試験

市販の低中温性品種を植菌後、原木内にシイタケ菌糸を蔓延させる本伏せを行い、翌年秋にシイタケ菌糸が蔓延したほだ木を子実体の発生環境に適した人工ほだ場へ移すほだ起こしを行いました。成り行きで2年経過したほだ木（2歳ほだ木）と4年経過したほだ木（4歳ほだ木）を用いて、秋期の発生が始まる11月にヒモカッター操作を行う区（11月操作区）、同操作をそれぞれ12月に行う区（12月操作区）、1月に行う区（1月操作区）及び同操作を行わない対照区を設けて、試験区ごとに乾燥した子実体の重量を測定しました。

その結果、総発生量については4歳ほだ木より2歳ほだ木が多くなりました（図1）。しかし、対照区に対する増収割合で比べると、2歳ほだ木では11月操作区、12月操作区で同程度、1月操作区で増加したのに対し、4歳ほだ木では全ての試験区で増加したことから、2歳ほだ木よりも4歳ほだ木の方がヒモカッター操作の効果が大きくなる傾向にありました。特に、4歳ほだ木の12月操作区では対照区に対して162%とヒモカッター操作の効果が顕著に表れました。

### 2. 発生型別比較試験

市販の中低温性品種を2品種、低中温性品種を1品種、低温性品種を1品種の計4品種を植菌・本伏せした後、翌年秋にほだ起こしして、成り行きで2年経過した2歳ほだ木を用いて発生型別の子実体発生量を調査しました。ヒモカッター操作は、ほだ場の最低気温が4品種それぞれの発生温度を数日下回った時期に行い、品種ごとに刺激区及び対照区を設けて、試験区ごとに乾燥した子実体の重量を測定しました。

その結果、低温性品種、低中温性品種、中低温性品種の順にヒモカッター操作の効果が高くなったことから、発生温度が低い品種ほど効果が高くなることが示唆されました（図2）。

## 成果の活用

本研究の成果は、宮崎県林業技術センター業務報告において詳細な報告を行いました。また、宮崎県しいたけ振興会等が主催する生産者大会や生産者向け研修会等で試験結果の説明を行うとともに、内容をまとめた資料（図3）を配布して普及を図っています。



写真1 ヒモカッター操作（ほだ木の上部から下部へ均一に叩きながら刺激を与える）



写真2 ヒモカッター

### ヒモカッター式刈払機による 原木シイタケの増収効果

原木シイタケ生産において、生産者の高齢化や後継者不足による労働力の不足が懸念される中で、安定経営のため作業の省力化を図りながら生産性を高めていくことが大きな課題となっています。

当センターでは、より簡単な方法で増収効果が期待できる発生操作技術を開発するため、様々な道具を用いた試験に取り組んでいます。これまでの試験の中で特に増収効果が高かった『ヒモカッター（ナイロンコード）式刈払機を用いた発生操作』をご紹介します。

#### ◆ヒモカッター式刈払機を用いた発生操作のメリット

- ・他の操作方法（ナタ目等）に比べて体への負担が少なく、短時間に多くの古ほだ木へ刺激を与えることができます
- ・人工的な刺激を古ほだ木に与えることで、ほだ木1本あたりの収量が増えて生産性の向上が期待できます

#### ◆操作方法是？

草刈などに使う刈払機に市販のヒモカッターを取り付け、ほだ木の上部から下部へ均一に叩きながら刺激を与えます

人工的的刺激  
シイタケ発生（発生速度の向上）

「ほだ木2枚程度」  
樹皮が剥がれ、  
菌床の力で叩くのがポイント！

#### ◆操作の効果を高めるには？

- ・ほだ木齢…若齢よりも**高齢ほだ木**で効果が大きい
- ・操作時期…最低気温が品種ごとの**発生温度**（種菌メーカーのカタログに記載）を下回る日が数日続いた時期
- ・品種…低温性＞低中温性＞中低温性の順に効果が高い

図1 低中温性品種のヤブズメ動脈のシイタケ発生割合

図2 発生型（品種）別のシイタケの発生割合

【宮崎県林業技術センター 森林資源開発部】

図3 普及用資料

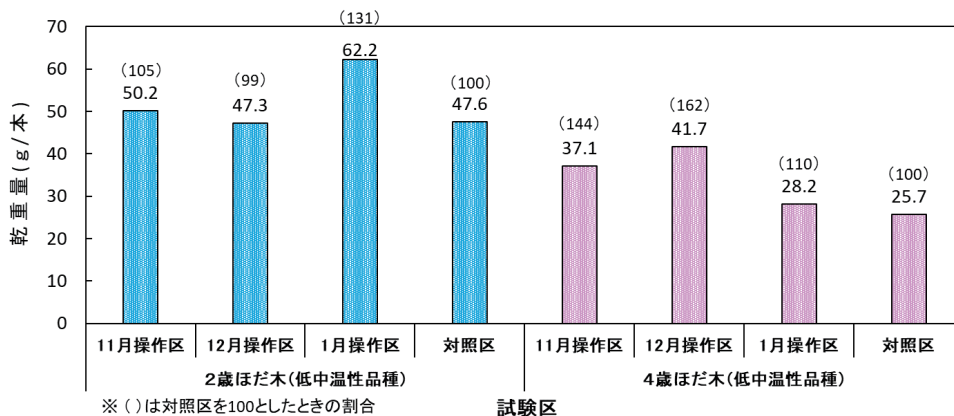


図1 ほだ木齢及びヒモカッター操作時期別の子実体発生量

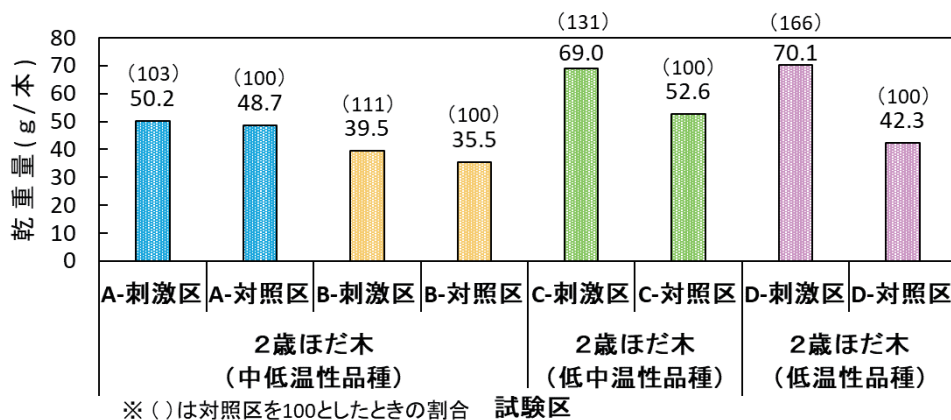


図2 発生型別の子実体発生量

[ 問い合わせ先：宮崎県林業技術センター 森林資源開発部 Tel 0982-66-2888 ]

## ヒサカキの優良個体選抜に関する研究

鹿児島県森林技術総合センター 資源活用部 河内 眞子

### 研究の背景・ねらい

ヒサカキは、関東以北では年間を通じてサカキの代用品として神棚に供えられ、全国的に安定した需要があります(写真1)。鹿児島県は全国2位の生産量を誇るものの、国産品は慢性的に供給不足で、流通量の約9割を中国産が占め、市場からは品質の良い国産品の供給が望まれています(図1)。

ヒサカキのような枝物は、一度植栽すると数十年生産が可能であり、植栽した個体の形質はその後の生産性や収益に大きく影響します。そのため、生産者や普及指導員の協力を得ながら県内各地から優良と判断される個体の枝葉を収集して、挿し木により増殖し、それらの中から本県の風土に合い、かつ関東で市場性の高いヒサカキの優良個体を選抜することとしました。

### 成 果

収集したヒサカキ40個体から10個体(個体名A～J)を予備選抜し、作業性と市場のニーズに関連する各個体の葉と枝の形状等を調査しました。葉の形質は、葉身・葉幅・厚さ・新葉の色・成葉の色を調査項目とし、葉身・葉幅はデジタルノギス、厚さはマイクロメーターで測定し、色は5段階の基準を定め、品種登録などで使用されるRHSカラーチャート(英国王立園芸協会)を用いて評価しました。また、枝の形状は関東への製品の出荷規格(長さ約40cm)を勘案し、枝の先端から30cm以内の側枝数とその側枝の最長枝の長さをスチールメジャーで測定しました。

今回は、①枝の形状②新葉の色③成葉の色④葉身⑤厚さを評価項目とし、各項目の測定結果について偏差値を算出し、5段階評価をしたところ、個体Iが25点中18点と最も高い評価となりました(表1)。(枝の形状については、側枝数と最長枝の偏差値の平均としました。)

ヒサカキは市場毎に製品の長さや重さの出荷規格があります。これらの一部を市場関係者に実物をみてもらったところ評価は非常に高く、関東市場でも十分通用することを確認しました(写真2)。

### 成果の活用

研究結果については、当センターの発表会や特用林産の研修会等において説明し、栽培技術についてマニュアル(テキスト)を作成し、技術の普及に努めています。なお、今回は初期段階の評価のため、今後も継続して調査を行い、評価項目に収量や歩留まり等を加え最終評価を行う予定です。ヒサカキは市販の人工培地でのさし木も容易であるため(写真3)、優良個体の生産者への効果的な普及方法を検討しながら、今後も枝物栽培の生産振興に寄与する技術開発に取り組んでいきたいと考えています。





写真1 関東向けヒサカキとサカキ  
左：他県産のもので、14本の小枝を束にしている

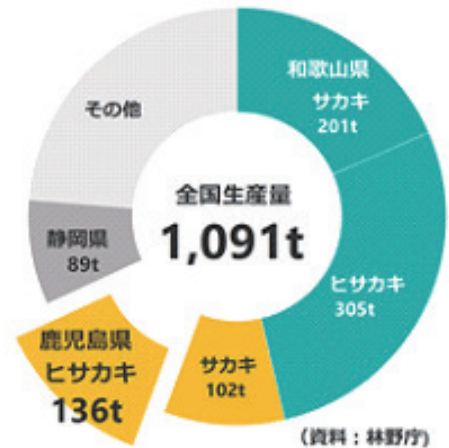


図1 サカキ・ヒサカキの全国生産量（平成28年度）

表1 10個体の特性評価について

評価項目\個体名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
① 枝の形状	3	2	2	3	2	3	3	4	4	3
② 新葉色	4	2	2	2	2	4	4	4	4	1
③ 成葉色	2	3	3	2	4	2	3	4	4	4
④ 葉身	3	5	4	4	2	2	3	2	3	2
⑤ 厚さ	2	4	5	2	2	2	2	3	3	4
合計	14	16	16	13	12	13	15	17	18	14
備考(採取地等)	三島村	三島村	十島村	十島村	南九州市	南九州市	南九州市	南九州市	志布志市	志布志市
			着果有							着果有

評価の数字は測定値から偏差値を算定したもの

評価値5：偏差値65以上，4：55以上65未満，3：45以上55未満，2：35以上45未満



写真2 枝及びくくりの形状の一例  
左：くぐりに適した枝の形  
右：3本の枝を束にしている



写真3 人工培地でのさし木の状況  
センター内のミスト灌水施設での発根率は94%（6月挿し）で、優良個体を大量にさし木する手法として非常に有効である

公立林業試験研究機関 研究成果集 No.17 令和元(2019)年度

---

発 行 日 令和 2(2020)年 3 月 31 日  
編集・発行 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所  
茨城県つくば市松の里 1  
電話 029(873)3211(代表)／029(829)8121(直通)  
お問い合わせ 企画部 研究管理科 地域連携戦略室  
  
デザイン 朝日印刷株式会社  
茨城県つくば市東 2-11-15  
電話 029(851)1188

当研究所の許可を受けずに本誌を転載・複製することを禁ずる。

---

本文書は以下の URL で公開しています。  
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/rinshikikan.html>