

公立林業試験研究機関  
研究成果集

No.19  
(令和3(2021)年度)

令和4(2022)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。

2021年は英国で国連気候変動枠組条約第26回締約国会議(COP26)が開催され、「森林・土地利用に関するグラスゴー・リーダーズ宣言」が発表されました。また、令和3年6月15日に閣議決定された「森林・林業基本計画」では、『森林・林業・木材産業による「グリーン成長」を掲げ、森林を適正に管理し、林業・木材産業の持続性を高めながら成長発展させることで、2050カーボンニュートラルも見据えた豊かな社会経済を実現』していくこととされています。

これら森林・林業・木材産業に対す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・都道府県および公立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ことが求められます。また、研究・技術開発の意義や成果等を専門家だけでなく、広く一般にも分かりやすく伝えられるよう印刷物やICTを活用した情報提供・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、令和3年度から新たな中長期計画の下、森林・林業・木材産業に係わる様々な課題に対して研究・技術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らず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立林業試験研究機関の成果を幅広く紹介するため、各機関が推薦する成果を取りまとめ掲載したものです。各機関同士の成果情報の共有や森林・林業・木材産業に携わる方々の業務推進上の参考となるばかりでなく、一般の方々にも興味を持っていただける内容と考えております。引き続き、数多くの実践的な研究成果が得られ、広く一般に活用されることを心から期待しております。

なお、本号はPDF版のみでの発行となりますが、本号も含め、既刊の成果はいずれも弊所ウェブサイト上（<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4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 小林 功

## 目 次

### 森林・林業

---

風倒害に強い森づくりの指針の提示 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林業試験場ほか	…… 1
温暖化に対応したマツ材線虫病ハザードマップの更新 青森県産業技術センター 林業研究所	…… 3
異なる条件で作成したオルソモザイク画像の位置精度 岩手県林業技術センター	…… 5
スギカミキリの簡易で低コストなはく皮防除法 千葉県農林総合研究センター 森林研究所	…… 7
森林の下層植生による土砂流出の低減効果 滋賀県琵琶湖環境科学研究センターほか	…… 9
間伐はスギを倒れにくくし、流木を減じる 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	…… 11
コウヨウザン人工林における表土移動量 広島県立総合技術研究所 林業技術センターほか	…… 13
低コストノウサギ被害防除技術の開発 香川県森林センターほか	…… 15
航空レーザとドローンを用いた雲仙普賢岳のガリー観測 長崎県農林技術開発センター	…… 17
再造林・初期保育の低コスト化に関する研究 熊本県林業研究・研修センター	…… 19
スギコンテナ苗の形状比を低くする傾斜育成法の実用性 宮崎県林業技術センター	…… 21
春季下刈りと下刈り回数削減の有効性 鹿児島県森林技術総合センター	…… 23

### 育種

---

抵抗性クロマツ種子はSMPで生産量を制御できる 福島県林業研究センター	…… 25
東京都産無花粉スギの作出と選抜 ～2010年交配～ 東京都農林総合研究センター	…… 27
雄性不稔遺伝子をヘテロ接合体で持つスギの選抜 新潟県森林研究所	…… 29
閉鎖型採種園におけるスギ・ヒノキ種子の早期生産技術の開発 静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター	…… 31
コンテナを用いた少花粉ヒノキの挿し木育苗技術 福岡県農林業総合試験場 資源活用研究センター	…… 33

## 木材・林産

---

カラマツ CLT の効率的な製造技術と接合技術の開発 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場	…… 35
ニセアカシア材の利用方法の検討 長野県林業総合センター	…… 37
ヒノキ心去り正角重ね材エレメントの製材方法の違いによる強度性能 岐阜県森林研究所	…… 39
県産材を使用した床構面等の開発に関する研究 愛知県森林・林業技術センター	…… 41
県産優良スギ材の音響特性評価と商品開発 奈良県森林技術センター	…… 43
岡山県産材による熱圧処理技術の開発 岡山県農林水産総合センター 森林研究所	…… 45
CLT 建築物の空間環境評価 愛媛県農林水産研究所 林業研究センター	…… 47
スギ大径材から生産可能な製材品の強度特性 熊本県林業研究・研修センター	…… 49

## 特用林産

---

ほんしめじ「福島 H106 号」新培地の開発 福島県林業研究センター	…… 51
傷つけ処理と低温湿層処理によるウルシ種子発芽促進 茨城県林業技術センター	…… 53
ウラルカンゾウ ( <i>Glycyrrhiza uralensis</i> FISHER) の苗生産方法の確立 山梨県森林総合研究所	…… 55
マツタケ試験地 41 年間の観測結果 長野県林業総合センターほか	…… 57
サカキを加害するサカキブチヒメヨコバイの防除方法 和歌山県林業試験場	…… 59
特用林産樹木の挿し木による増殖 鳥取県林業試験場	…… 61
自生由来エノキタケ品種の開発 島根県中山間地域研究センター	…… 63
原木シイタケ栽培における 2 才木の打木操作技術 大分県農林水産研究指導センター	…… 65

## 風倒害に強い森づくりの指針の提示

北海道立総合研究機構 森林研究本部 林業試験場 森林環境部 阿部 友幸・長坂 晶子  
 森林経営部 滝谷 美香  
 道東支場 岩崎 健太  
 林産試験場 性能部 藤原 拓哉

### 研究の背景・ねらい

カラマツ、トドマツ人工林は北海道の林業・林産業を支える森林資源であり、近年大規模な収穫と更新の時期を迎えています。しかし近年は、北海道でも台風の上陸頻度が多くなり、数十年かけて育った人工林が数千 ha 規模で倒壊する事例（風倒害）が多くなりました。風倒害を最小限に抑えるには、風倒害が起きやすい地形条件を明らかにし、そこで風倒害に強くなる森林施業を行う必要があります。このたび道総研は、風倒害が頻発する十勝地方を対象に、風倒害が起きやすい地形条件を明らかにし、森林の耐風性を評価する技術を開発し、この技術を応用して風倒害に強くなる森林施業方法を明らかにすることで、森林経営者、および市町村・北海道・国の森林管理部門の方々を対象にした「風倒害に強い森づくり指針」を作成、提示しました。

### 成 果

#### 1. 風倒害が起きやすい地形条件

2000年代以降、十勝地方に襲来した2回の風倒害実績データを用い統計モデル（一般化線形モデル）を構築し、被害要因を解析しました。その結果、地形要因として斜面方位、傾斜角、露出度が、森林の要因として林齢、間伐の有無、間伐後の年数が選択されました（図1、2）。斜面方位では、東～南東斜面で被害が大きくなりましたが、これは、過去風倒害を引き起こした台風の最大風速の風向とおおむね一致しました（図1）。

#### 2. 森林の耐風性を評価する技術の開発

カラマツ林およびトドマツ林の耐風性を評価するため、根返り抵抗力と幹の曲げ強さを測定し、耐風性評価モデル（GALES）のパラメータ設定をしました。耐風性は両樹種とも低密度植栽で高まり、カラマツ林よりトドマツ林で大きく、カラマツ林では30～35年生で最低になり、トドマツ林では林齢とともに低下しました（図3）。これらの傾向は、要因解析の結果（図2）や被害実績と良く一致しており、本評価技術の有効性が確認できます。

#### 3. 風倒害に強い森づくりの指針の提示

十勝地方の協力機関等からの意見を反映させた対策指針を作成しました。植栽密度は、耐風性のみから判断すると1,500本/ha以下が望ましいですが（図3）、カラマツについては、間伐収入や野ネズミ害等も考慮して2,250本/ha、トドマツ林については、多くが保安林指定を受けているため保安林に対応した2,750本/haとしました。耐風性を高める修正間伐は、両樹種ともできるだけ若齢時に開始し、植栽密度1,500本/haの施業体系の林分密度に誘導する密度管理としました（図4）。これらの施業を風倒害の起きやすい地形条件や被害実績がある場所において推奨することとしました。

### 成果の活用

本研究で得られた成果は、学会発表および一般向けの研究成果発表会で公表しているほか、普及用パンフレット\*にまとめており、道総研林業試験場 HP からダウンロードできます。風倒害に強い森づくりは、造林助成制度を利用しながら、また保安林の指定施業要件を満たしながら、従来と同様の事業として行えます。十勝地方の池田町では、通常の補助制度のほか環境譲与税を活用した風倒害に強い森づくりのための間伐事業が計画されています。指針は十勝地方をモデルケースとして作成しましたが、全道どこにでも適用できます。

\* 風倒害に強い 森づくりのために

<<https://www.hro.or.jp/list/forest/research/fri/kanko/fukyu/pdf/fuutou1.pdf>>

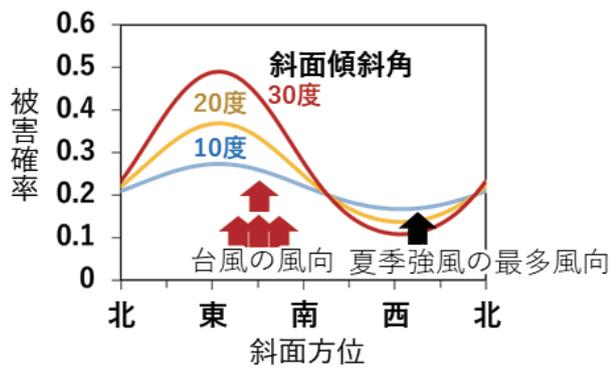


図1 斜面方位からみた風倒害の受けやすさ

赤矢印は、過去風倒害をもたらした台風の風向を、黒矢印は、十勝地方の夏季の風速上位の風向を示す

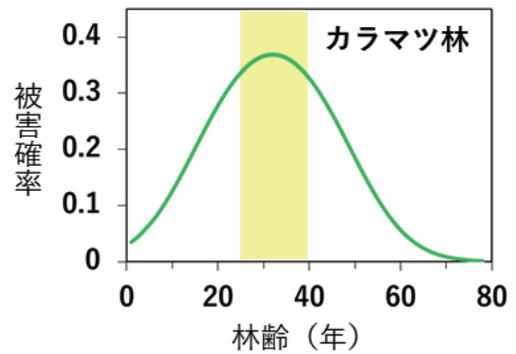


図2 林齢からみた風倒害の受けやすさ

25～40年生で被害が多い

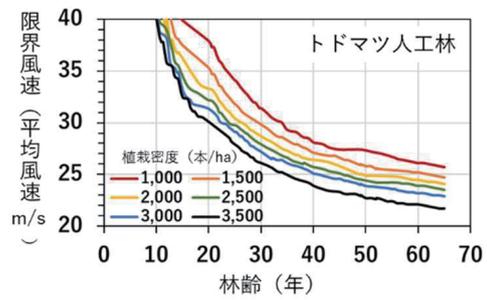
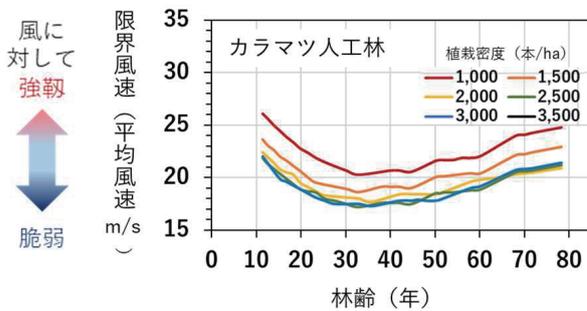
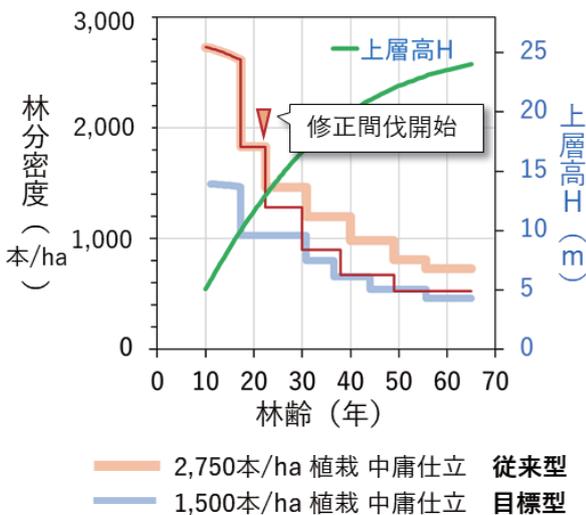


図3 カラマツ人工林およびトドマツ人工林の耐風性

※耐風性は、限界風速（これ以上の風速になると風倒害が発生する）で表現しています

### 1 修正間伐の方法 | 赤線

修正間伐の時期と強度を示しています



### 2 耐風性が改善 | 赤線

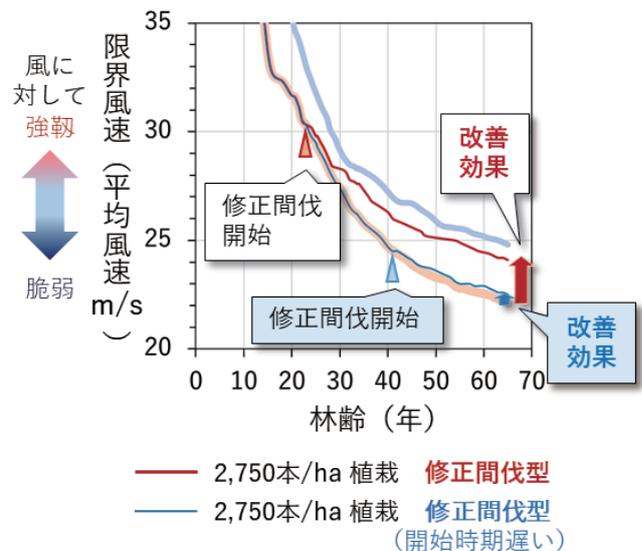


図4 トドマツ人工林について検討した修正間伐の方法と修正間伐による耐風性改善効果

※修正間伐とは本研究で提案する施業方法のことで、耐風性を高めるために林分密度を調整する間伐のこと

[ 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 森林環境部 環境グループ Tel 0126-63-4164 ]

# 温暖化に対応したマツ材線虫病ハザードマップの更新

(地独) 青森県産業技術センター 林業研究所 森林環境部 伊藤 昌明

## 研究の背景・ねらい

2015年以降、青森県でもマツ材線虫病被害(松くい虫被害)が継続的に確認されるようになりました。被害地は日本海沿岸部及び太平洋側の内陸部にあり、両被害地とも、最寄りの被害地から25～30km離れている孤立した被害地となっています。

当研究所では、2013年に温量指数に基づくマツ材線虫病ハザードマップを作成しましたが、2015年以降の継続的な被害の発生を受けて、今後の被害の拡大や定着の危険性を検証するために、2021年3月に最新の気温データを反映したハザードマップの更新を行いました。

## 成 果

松くい虫被害発生の危険度はマツノマダラカミキリの定着可能性で判断することとし、発育零点を13℃、1年間の有効積算温量を1,000日℃とした指標(五十嵐1985)を使用しました。

1980年～2019年までの気温データを用いて各10年間の定着可能性を1,000日℃の達成頻度で示したものが図1です。各10年間を比較すると、2010年代はそれまでの30年間よりもマツノマダラカミキリが定着できる地域が拡大していることが示されました。また、2010年代は、ほぼ毎年1,000日℃に到達している地域も増加していることが分かりました。

そこで、2010年～2019年の10年間を対象として、ハザードマップを更新しました(図2)。危険度は「非常に高い」、「高い」、「やや高い」及び「中」の4段階とし、1,000日℃の達成頻度をそれぞれ、9～10年、6～8年、3～5年及び1～2年としました。危険度が「非常に高い」～「高い」と区分された地域は日本海沿岸、津軽平野、青森平野及び馬淵川沿いの4地域でした。現在、被害が継続している2か所の被害地も危険度が「非常に高い」～「高い」に区分される地域に入っています。また、下北半島の大半や青森県内でも比較的標高が高い地域を除いて、危険度が「やや高い」～「中」に区分されており、猛暑年には被害監視の強化が必要な地域が広がっていることが示唆されました。

## 成果の活用

ハザードマップは青森県農林水産部林政課主催の「松くい虫被害対策検討会」等で資料として活用され、松くい虫被害に対する広報活動に役立てられています。また、「改訂版マツ材線虫病(松くい虫被害)の監視・防除対策～対策の手引き～」に掲載し、当研究所のホームページ([https://www.aomori-itc.or.jp/soshiki/nou\\_ringyou/](https://www.aomori-itc.or.jp/soshiki/nou_ringyou/))で公開しました。

## 引用文献

- 五十嵐正俊(1985)4.東北地方におけるマツノマダラカミキリの生態上の特徴. 林業試験場東北支場年報 26: 103-112.
- 小南靖弘・佐々木華織・大野宏之(2019)メッシュ農業気象データ利用マニュアル Ver.4. 農研機構: 67pp.
- 大野宏之・佐々木華織・大原源二・中園 江(2016)実況値と数値予報、平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象 16: 71-79.

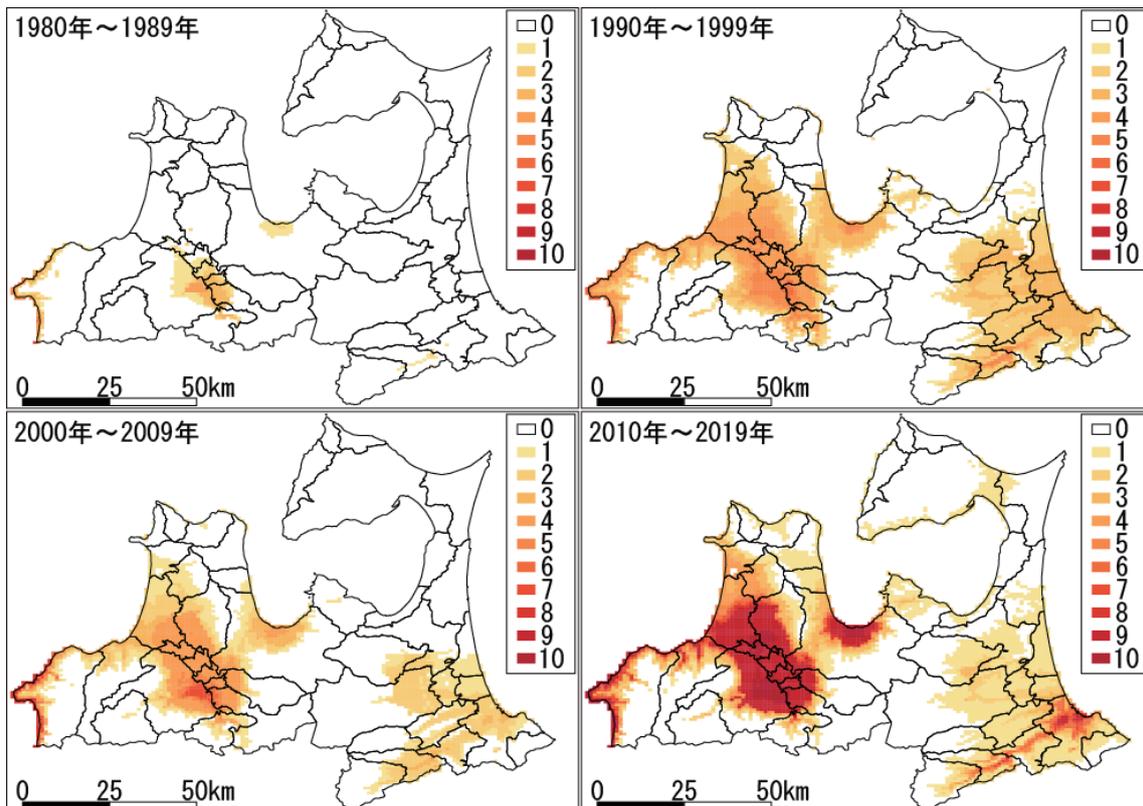


図1 有効積算温量 1,000 日°C以上となった年の回数をもとにした、過去 40 年間の青森県内におけるマツノマダラカミキリ定着可能性の比較

各図のカラースケール及び数値は、左上に示した期間内に有効積算温量 1,000 日°Cを超えた年の回数を示す。本図は農研機構メッシュ農業気象データ (The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO; <https://amu.rdnaro.go.jp/>) (大野ら、2016; 小南ら、2019) を利用した。

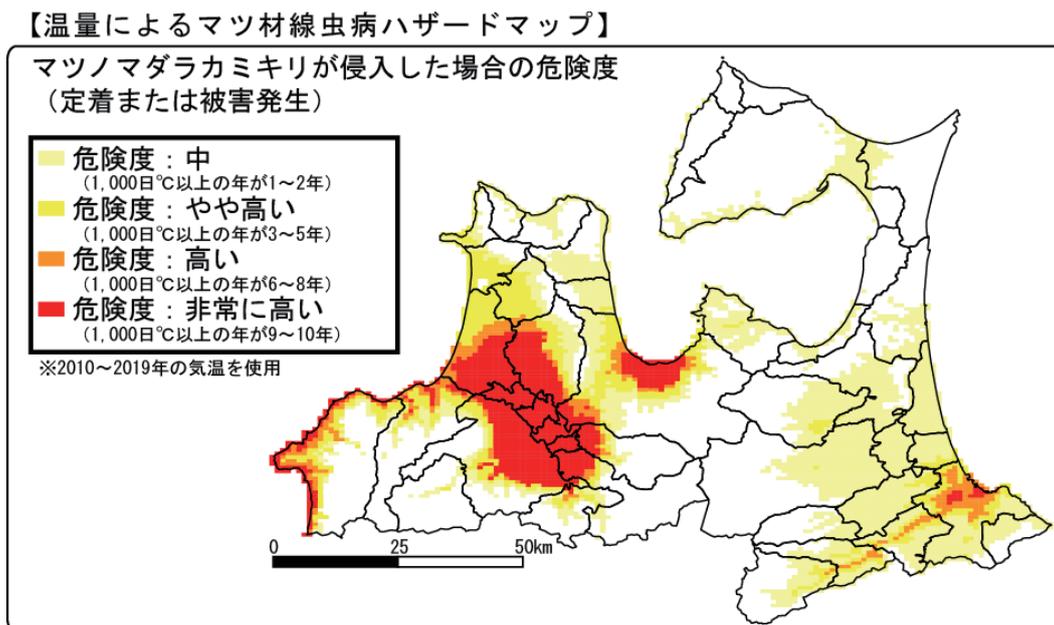


図2 温量によるマツ材線虫病ハザードマップ

本図は農研機構メッシュ農業気象データ (The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO; <https://amu.rdnaro.go.jp/>) (大野ら、2016; 小南ら、2019) を利用した。

[ 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 ]

# 異なる条件で作成したオルソモザイク画像の位置精度

岩手県林業技術センター 村上 尚徳

## 研究の背景・ねらい

令和2年度から森林整備事業の申請・検査に UAV (小型無人航空機) 等の活用が可能となりました。しかし、UAV で撮影した写真から作成するオルソモザイク画像 (以下、「オルソ画像」とする) に求められる位置の精度や、その精度を有するオルソ画像の作成条件が不明でした。そこで、岩手県における令和元年度の森林整備事業費の76%を占める人工造林・下刈作業の施業地を対象として、異なる条件で作成したオルソ画像の位置精度の比較検証を6地区で行いました (表1)。

## 成 果

### 1. 標定点による補正を行わないオルソ画像の位置精度

50m と 100m の高度で撮影した写真から作成した、標定点による補正の無い3種類 (表2) のオルソ画像を作成し、UAV による写真撮影時に設置した標定点の画像上での位置情報と現地でのネットワーク型 RTK-GNSS 観測による位置情報の水平較差を、標定点の位置ごとに比較しました。標定点は各地区7~8点設置し、区画の四隅に配置した4点 (以下、「①」とする) と、それ以外の3~4点 (以下、「②」とする) に区分しました (図1)。

水平較差を計算した結果、平均値は1.3m ~ 2.6m、最大値はいずれも3.0mを超えていました。撮影高度別で比較すると、撮影高度100mで撮影した写真 (種類B) から作成したオルソ画像が他の2つよりも水平較差は大きく、また、標定点の配置ごとに比較すると、②の位置の方が①の位置よりも水平較差は小さいという結果が得られました (図2)。

### 2. 標定点による補正を行ったオルソ画像の位置精度

1で水平較差が小さくなった写真 (種類C) と大きくなった写真 (種類B) を使用して、四隅、または四隅以外を標定点として補正を行ったオルソ画像を作成し、それぞれ1と同様の方法で水平較差を計算しました。水平較差は①を標定点として位置補正を行っている場合は②の位置における較差を、②を標定点として位置補正を行っている場合は①の位置における較差を計算しました。

計算の結果、水平較差は、いずれも50cm未満となり、①により補正した場合は、20cm未満となりました。また、写真の撮影高度別で比較すると、その差はほとんどないという結果が得られました (図3)。

## 成果の活用

岩手県の森林整備事業に係る検査に関する通知 (岩手県森林整備事業実施要領の関連通知) において本成果が活用されています。また、成果は、スマート林業の推進に係る各種セミナーや報告会で周知を図っています。

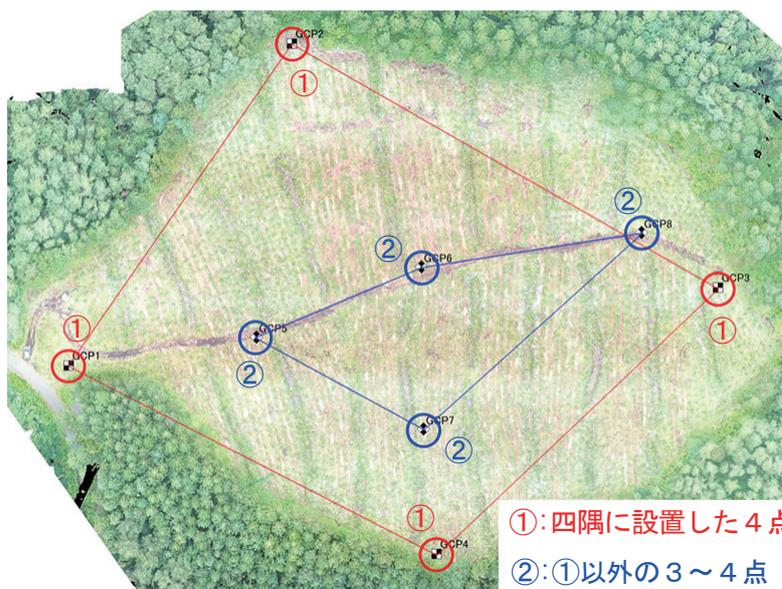
表1 検証対象地区の概要

地区名	ア	イ	ウ	エ	オ	カ
対象面積	2.43 ha	3.57 ha	2.11 ha	0.86 ha	2.70 ha	2.12 ha
標高差	7 m	14 m	31 m	11 m	71 m	14 m
平均傾斜	2°	6°	6°	7°	21°	5°
標定点設置数	8点	7点	8点	7点	8点	8点

表2 オルソ画像作成に  
使用した写真の撮影高度

種類	撮影高度
A	50 m
B	100 m
C	50 m+100 m

(注 50 m+100 mは、50 mと100 m  
の高度で撮影した写真を両方用い  
たもの。)



①: 四隅に設置した4点  
②: ①以外の3~4点

図1 標定点の配置例

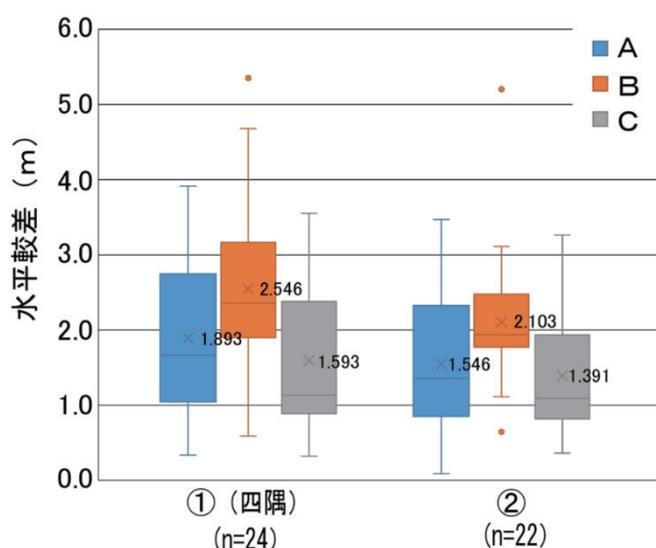


図2 標定点補正を行わないオルソ画像の  
水平較差

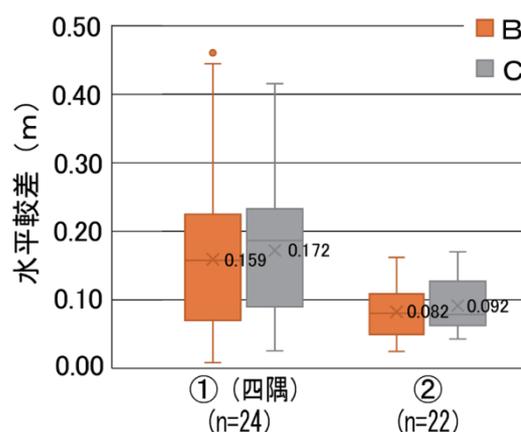


図3 標定点補正を行ったオルソ画像の  
水平較差

(注: 箱中の太線は中央値、バツ印(×)は平均値、箱の下端は第一四分位、箱の上端が第三四分位、ひげの両端は箱の長さの1.5倍以内にある最大値及び最小値、ひげの外の点(・)は外れ値を表す。)

# スギカミキリの簡易で低コストなはく皮防除法

千葉県農林総合研究センター 森林研究所 福原 一成

## 研究の背景・ねらい

千葉県ではスギカミキリの被害が拡大傾向にあり、平成13～17年に実施した調査では、県内全域で被害が確認されました。既存の薬剤散布、捕獲バンド、くん蒸処理などはコストや手間がかかり、実施時期や場所が限定されるなどの欠点があったことから、平成20～26年にかけて、間伐の際に被害木を優先的に伐採及び搬出した場合の防除効果について検討しました（以下、被害木搬出防除法という）。

この方法は一定の効果が認められましたが、材の林外搬出に多大な手間とコストがかかり、実施できる箇所も限られると考えられました。そこで、スギカミキリ防除法の一つとして、間伐実施時に被害材の林外搬出を行わず林内で樹皮を剥いで樹皮下の幼虫を材から離脱させ、現地で伐採した被害木から新たな成虫を発生させないための簡易で低コストな防除法（以下、はく皮防除法という）を検討しました。

## 成 果

1. 平成29～30年にはく皮処理した丸太を平成30～令和元年に100本／年抽出し、スギカミキリの脱出孔が新たに生じていないか調査したところ、発生率は0%でした。
2. 防除効果を確認するため、はく皮処理区と隣接した非はく皮区の残存木を令和2年4月に100本ずつ抽出して新たなスギカミキリの脱出孔の数を調査しました。その結果、はく皮処理区の方が脱出孔数は少ない結果となりました（表1）。
3. 富津市鬼泪山（きなだやま）県営林において実施した事業の経費を基に、被害木搬出防除法とはく皮防除法の経費を比較しました。その結果、被害木搬出防除法は林外搬出距離が70mの場合、搬出経費が422円／本になるのに対し、はく皮防除法は253円／本となり、40%縮減できることが明らかとなりました（表2）。
4. 作業はチェーンソーに1人、はく皮に1人の2人1組で行います。玉切りした丸太にチェーンソーで縦に切れ目を入れる（図1、写真1）ことで、はく皮の作業性が大幅に向上しました。
5. 林内作業車を用いた林外搬出防除法は急傾斜地では実施が不可能でしたが、被害木を林外搬出しないはく皮防除法は急傾斜地や奥地でも実施可能でした。

## 成果の活用

本研究で得られた成果をもとに、平成29年度から県営スギカミキリ防除事業においてはく皮防除法が実施されています。引き続き、私有林における被害対策としても、本成果の普及を図っていく予定です。

表 1 はく皮の有無による残存木の被害状況

試験区	調査本数 (本)	脱出孔を確認した 本数 (本)	脱出孔数
はく皮処理あり	100	4	4
はく皮処理なし	100	16	22

注1) はく皮処理は間伐と同時に、平成30年9月に実施

2) 調査は令和2年4月に実施

表 2 被害木搬出防除法とはく皮防除法の経費比較

搬出距離 (m)	被害木搬出防除法 経費 (円/本)	はく皮防除法 経費 (円/本)	縮減率 (%)
30	403	253	37
50	412	253	39
70	422	253	40
100	435	253	42
150	458	253	45

注1) 現地での林外搬出は、搬出距離70mで実施

2) 被害木搬出防除法の搬出距離ごとの経費及びはく皮防除法の経費は、平成22～23年度に県営スギカミキリ防除事業で実施した被害木の林外搬出と、平成29～30年度に同事業で実施したはく皮処理にかかる作業歩掛を調査し、治山林道必携の歩掛と県の積算単価を用いて算出

3) はく皮防除法の経費算出に必要な1時間当たりの処理本数9.9本は、平均胸高直径18cmの調査木32本の処理に要した時間(平均362秒/本)から計算した

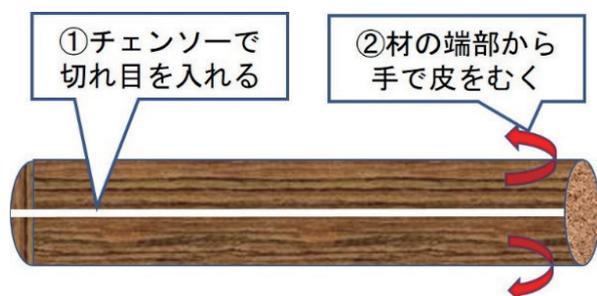


図 1 効果的なはく皮方法



写真 1 はく皮防除法の実施状況

# 森林の下層植生による土砂流出の低減効果

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 総合解析部門 水野 敏明・小島 永裕  
京都大学大学院 地球環境学堂 浅野 悟史

## 研究の背景・ねらい

近年、全国の森林では、間伐等の手入れ不足やシカによる食害の増加などによって、樹木は生育しているけれども下層植生が減少している森林が増加しています。このため、豪雨に伴う森林からの土砂流出リスクが顕在化してきているといえます。森林の下層植生が土砂流出リスクを減らすことは定性的には良く知られています。しかし、定量的にどの程度低減させる効果があるのかについては、ほとんど知られていませんでした。本研究では、森林の下層植生の繁茂状況と土砂流出の関係を定量的に把握することを目的に研究を行いました。

## 成 果

2014年から琵琶湖流域の森林において、下層植生の繁茂状況と土砂流出について現地調査を行ってきました。調査地は大津市、野洲市、東近江市に設定しました(写真1)が、この一部はシカの食害を受けて、下層植生が極端に減少したところもあります。調査の結果、下層植生の面積被覆率が60%以上ある場所では、これが30%未満しかない場所と比較して、単位面積あたりの年間土砂流出率が97%減少することが明らかになりました(図1)。さらに、その減少効果は、72時間の総雨量が400mmを超えるような豪雨でも有効である可能性を示しました。間伐等で林床に日光を入れることや植生防護柵等でシカの食害を防ぐことなどの下層植生の繁茂を促す森林管理によって、土砂流出リスクを減少させる効果もたらされることが、定量的に明らかになったといえます。

気候変動問題への適応策として国際的に有望視されている方法論の一つに、生態系を活用した防災・減災(Eco-DRR: Ecosystem-based Disaster Risk Reduction)というグリーンインフラと類似した考え方があります。本研究では、Eco-DRR効果として、森林の下層植生という生態系が、土砂流出を抑えるという防災・減災効果をもたらすことに着目して研究を進めてきました。前述のとおり実際の測定結果に基づいて、Eco-DRR効果を具体的な数値で示してきたこととなります。この研究内容は、Mizuno et al. (2021: Scientific Reports 11,14415, doi:10.1038/s41598-021-93906-1)に掲載されています。

## 成果の活用

森林・林業関係者等を対象とした報告会で成果を報告するとともに、下層植生の繁茂を促進する観点から、間伐やシカの食害防止などの森林管理について普及啓発活動を行なっています。さらに、県民をはじめ国内の皆様にも広く知っていただくために、滋賀県のホームページにも上記の論文の概要を日本語で掲載しています。

滋賀県での紹介記事

<<https://www.pref.shiga.lg.jp/kensei/koho/e-shinbun/oshirase/320697.html>>



(a)



(b)



(c)

写真 1 現地調査状況

- (a) 植生防護柵を設置し、下層植生の繁茂を促す（大津市）
- (b) 大雨後に流出した土砂を計測する（野洲市）
- (c) 下層植生が少なく、森林斜面の浸食、崩壊が発生している（東近江市）

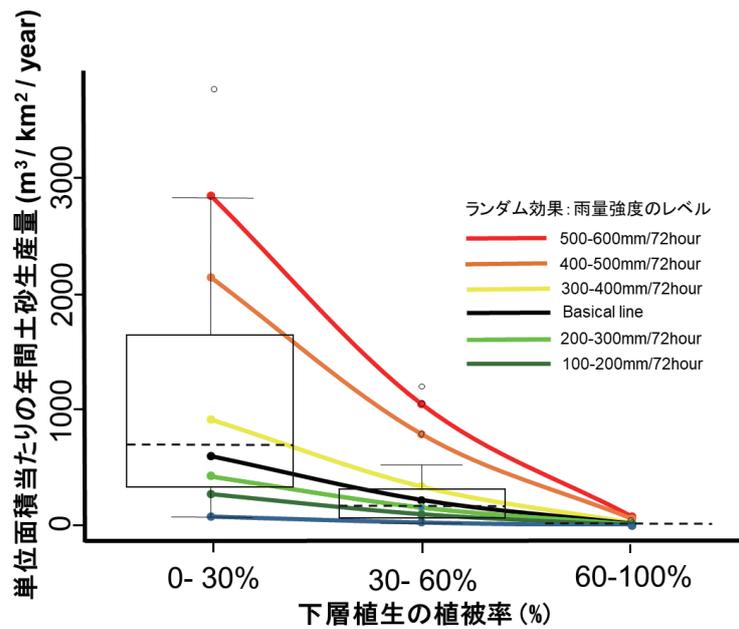


図 1 下層植生の植被率と年間土砂生産量の関係

箱ひげ図の中央破線は中央値、箱の上端は第3四分位、下端は第1四分位、上下のひげは外れ値を除外した最大、最小値を示す

[ 問い合わせ先：滋賀県琵琶湖環境科学研究センター Tel 077-526-4800 ]

## 間伐はスギを倒れにくくし、流木を減じる

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 森林活用部 藤堂 千景

### 研究の背景・ねらい

近年、台風等の集中豪雨による森林災害が多発しており、特に土石流による流木災害は人命や家屋等に大きな被害をもたらしています。流木災害を減じるためには、土石流で倒れにくい立木を溪流下部に配置し、天然のスリットダムとして流木を捕捉することが期待されます。しかし、立木の倒伏に対する抵抗（立木の倒れにくさ）と間伐の関係はまだ十分解明されていません。そこで、間伐林分とそれに隣接する無間伐林分において引き倒し試験を行い、間伐が立木の倒れにくさに与える影響を確認しました。また、間伐林分を溪流下部に配置することで、流木捕捉機能が向上するかを確認し、間伐により、倒れにくく流木捕捉機能を持つ森林（災害緩衝林）が整備できる可能性について検討しました。

### 成 果

立木の倒れにくさを知るために、間伐後17年が経過したスギ49年生の間伐林分（本数密度723本/ha、写真1左）と隣接する無間伐林分（本数密度1,700本/ha、写真1右）において、立木引き倒し試験（図1）を行い、引き倒し抵抗モーメントを求めました。2つの林分の試験木は、胸高直径の範囲がほぼ同じとなるよう選択し、立木の体積の指標である樹高×胸高直径の二乗（ $H \times DBH^2$ ）を測定しました。間伐林分と無間伐林分の間で $H \times DBH^2$ と引き倒し抵抗モーメントとの関係には違いが見られ、同じ $H \times DBH^2$ であっても間伐林分の方が引き倒し抵抗モーメントが大きく、倒れにくい傾向にあることがわかりました（図2）。

また流木捕捉機能を知るために、縮尺1/30水路（写真2）<sup>1)</sup>を使用し、引き倒し抵抗モーメントを勘案した間伐林分（本数密度600本/ha）と無間伐林分（本数密度1,200本/ha）に、流木交じりの土石流を流下させ、林分による流木捕捉率を算出しました。間伐林分は立木が倒れにくいことに加え、無間伐林分に比べ立木間の間隔が広いにもかかわらず、流木捕捉率は無間伐林分よりも高くなることわかりました（写真2）。

これらの結果から、溪流下部のスギを間伐することで土石流発生時に倒れにくくなり、溪流上部からの流木を捕捉できる森林となり得ることが明らかになりました。

### 成果の活用

この研究の成果は、日本緑化工学会誌<sup>2)</sup>にて公表しています。また、この研究成果を用いて兵庫県は災害緩衝林整備方針の手引き<sup>3)</sup>を発行し、災害に強い森づくり事業に活用しています。

### 引用文献

- 1) 藤堂千景（2018）災害緩衝林の効果を検証するための実験水路の作製、公立林業試験研究機関研究成果選集 No.15、25-26
- 2) 藤堂千景・山瀬敬太郎・谷川東子・大橋瑞江・池野英利・檀浦正子・平野恭弘（2015）間伐がスギの最大引き倒しモーメントにもたらす影響、日緑工誌、41（2）、308-314
- 3) 兵庫県（2020）「災害に強い森づくり」のための災害緩衝林整備方針の手引き、17pp.



写真 1 スギ間伐林分（左）と無間伐林分（右）

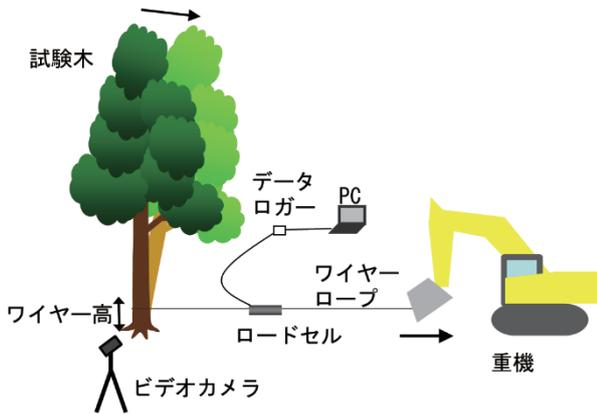


図 1 立木引き倒し試験  
藤堂ら（2015）を一部改変

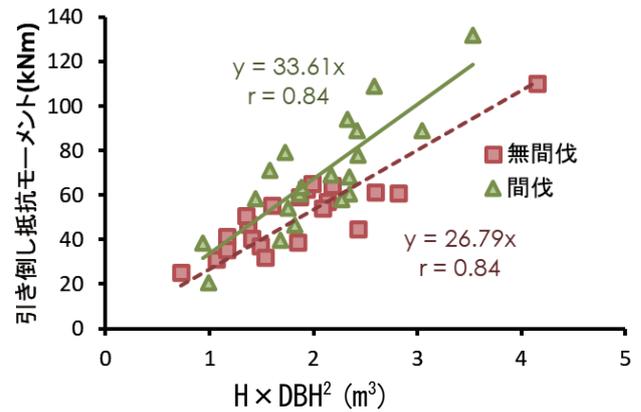


図 2  $H \times DBH^2$  と引き倒し抵抗モーメントの関係  
藤堂ら（2015）を一部改変

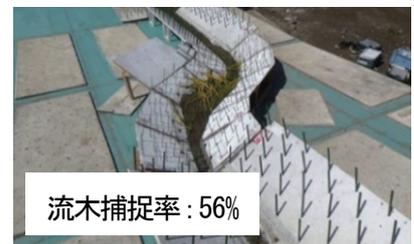
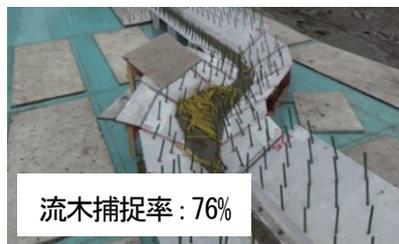


写真 2 縮尺 1/30 水路（左）および間伐林分（中）と無間伐林分（右）の流木捕捉の様子

# コウヨウザン人工林における表土移動量

広島県立総合技術研究所 林業技術センター 渡辺 靖崇・涌嶋 智・坂田 勉・古本 拓也  
高知大学 教育研究部自然科学系農学部門 鈴木 保志

## 研究の背景・ねらい

コウヨウザン (*Cunninghamia lanceolata*) は、中国・台湾を原産とするヒノキ科の針葉樹です。日本には江戸時代後期に導入されましたが、コウヨウザンが林分として成立している事例が少ないため、林分スケールでコウヨウザンが水土保持機能に及ぼす影響についてはまだ明らかではありません。そこで本研究では、広島県庄原市のコウヨウザン林分 (0.6ha) とそれに隣接するヒノキ林分において、簡易土砂受け箱(写真1)を用いて2017年4月から10月まで表土移動量を測定するとともに、下層植生・落葉落枝の被覆率を観測し(写真2)、その表土移動特性とそれに関わる要因を明らかにすることを試みました。また、物質移動レート ( $\text{g m}^{-1} \text{mm}^{-1}$ ) を指標として他の樹種の林分を調べた既往の研究事例と比較検討しました。

## 成 果

本研究ではコウヨウザンの落葉落枝の表土保全効果を確認するため、コウヨウザン林では落葉落枝の除去区と除去しない無処理区、ヒノキ林では下層植生の多量区、少量区を設定しました。また、傾斜条件(急傾斜・緩傾斜)を加えたため、全部で8カ所のコードラートで表土移動調査を行いました。コウヨウザンの落葉落枝除去と無処理区では無処理区の方が物質移動レートは低く、コウヨウザンの落葉落枝による表土保全効果を確認しました(図1)。

傾斜条件を比較すると、コウヨウザン林とヒノキ林ともに急傾斜が緩傾斜より物質移動レートが高い結果となりましたが、コウヨウザン林では急傾斜でも物質移動レートの絶対量は低い結果となりました。その原因としてはコウヨウザン林では急傾斜でも落葉落枝の被覆率が高くそれが表土を保全したためであると考えられます。

既往研究による他樹種林分と比べると、コウヨウザン林分はスギやヒノキ林分より物質移動レートが低く、表土保全の効果が高いとされるアカマツと広葉樹の混交林と同程度の物質移動レートとなりました(図2)。

以上の結果から、コウヨウザン林分ではスギ・ヒノキ林分と比較して地表を被覆する落葉落枝によって表土移動量が低く、特に急傾斜地で高い表土保全効果があることが分かりました。なお、今回の測定期間は半年程度と短く、さらに長期で観測を行う必要があるため、現在も引き続き調査を行っています。

## 成果の活用

本成果の一部を第129、132回日本森林学会大会 ([doi.org/10.11519/jfsc.129.0\\_652](https://doi.org/10.11519/jfsc.129.0_652), [doi.org/10.11519/jfsc.132.0\\_493](https://doi.org/10.11519/jfsc.132.0_493)) と日本森林学会誌 ([doi.org/10.4005/jjfs.100.178](https://doi.org/10.4005/jjfs.100.178)) で発表しました。今後はコウヨウザンに関心のある企業・団体へ成果を普及していく予定です。



## 低コストノウサギ被害防除技術の開発

香川県森林センター 表崎 晃・武川 秀樹<sup>1</sup>

香川県小豆総合事務所 環境森林課 坂本 幸夫<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 現 香川県環境森林部みどり保全課、<sup>2</sup> 現 香川県環境森林部みどり整備課)

### 研究の背景・ねらい

香川県の小豆島では、シカ・ノウサギなどの獣害被害が発生しています。シカについては、スギ・ヒノキ人工林に防護柵を設置し、見回り・修繕等の維持管理を行い、被害を防いでいます。しかし、ノウサギには有効な防除手段が無く、幼齢林の被害が深刻なため、早急に被害を防止する必要があります。そこで、低コストで実用性の高い防除技術を開発するため、防虫網や新聞紙等を利用した防除試験を行いました。

### 成 果

小豆郡土庄町にある土庄町大部財産区有林において、平成23年度から平成28年度にかけてノウサギによる幹切断被害を受けている広葉樹の植林地に試験地を設定しました。防除材料には、安価で、手軽に入手できるものを選定しました。植栽木を、①防虫網で覆ったもの、②不織布で覆ったもの、③無防除のもの、④気泡緩衝材(ビニール)で覆ったもの、⑤新聞紙で覆ったもの(新聞紙1枚縦:54cm横:81cmを3回折)、⑥大苗(H=70cm以上)を植えて何もほどこさないものの各防除方法(写真1)別に、スギ、ヒノキ、クヌギの3樹種を各5本植栽して、樹種別、防除方法別に、幹切断及び枝切断の被害の有無について、2週間毎に調査を行いました。また、②不織布及び④気泡緩衝材は、強風や積雪を受けると設置した位置が下にずれ落ちることから、2週間毎の調査時点で②不織布又は④気泡緩衝材がずれ落ちていた場合は、修正作業を行いました。

結果を表1に示しました。スギ及びヒノキでは、①防虫網、②不織布、④気泡緩衝材及び⑤新聞紙では、食害はありませんでした。③無防除では、食害が顕著でした。⑥大苗では、地上高50cmの位置で直径6mm以下のものが食害を受けました。また、クヌギでは、全ての防除方法で食害はありませんでした。次に、防除方法ごとの検討結果を表2に示しました。全ての防除方法で高い効果が示されましたが、防除資材の耐久性や植栽木の成長などを総合的に勘案すると、防虫網が実用であると判断されました。また、新聞紙による被覆も資材そのものの耐久性が不織布や気泡緩衝材に比べ高く有効と思われます。特に防虫網については、約1年間劣化や損傷が見られなかったことから、資材の耐久性は数年あるものと推測されました。一方で、植栽木を覆うタイプの防除では下草刈の作業性に難点があり、植栽後の保育下刈を考慮し、防虫網の中に下草が入らないよう工夫する必要があります。

### 成果の活用

スギ、ヒノキ、クヌギともに、防虫網、不織布、気泡緩衝材、新聞紙及び大苗による一定の防除効果がありました。本試験に使用した防除資材は、いずれも安価で、手軽に入手できるものです。機会あるごとに情報発信を行い、ノウサギ被害の軽減に役立てていきたいと思っております。



写真1 防除方法

表1 ノウサギ被害防止植栽試験

区分	①防虫網	②不織布	③無防除	④気泡緩衝材	⑤新聞紙	⑥大苗
スギ	食害無し	食害無し	幹・枝切断	食害無し	食害無し	食害無し
ヒノキ	食害無し	食害無し	幹・枝切断	食害無し	食害無し	一部枝切断
クヌギ	食害無し	食害無し	食害無し	食害無し	食害無し	食害無し

表2 防除方法ごとの検討結果

防除方法	防除資材の耐久性	雨・雪・風の耐久性	蒸れ	成長への影響	下草刈の作業性	設置の難易度
①防虫網	◎ (数年)	○	○	○	×	○
②不織布	× (半年)	×	△	○	×	○
③無防除	—	—	—	—	—	—
④気泡緩衝材	× (半年)	×	×	△	×	○
⑤新聞紙	△ (1年)	△	△	△	◎	△
⑥大苗	—	—	—	—	—	—

凡例 ◎：大変良い ○：良い △：どちらでもない ×：悪い —：該当なし

[ 問い合わせ先：香川県森林センター Tel 0877-77-2515 ]

# 航空レーザとドローンを用いた雲仙普賢岳のガリー観測

長崎県農林技術開発センター 森林研究部門 近重 朋晃・鎌田 政諒

## 研究の背景・ねらい

1991～1995年に大規模な噴火災害を引き起こした雲仙・普賢岳では、山頂部の溶岩ドームの崩壊や中腹部のガリー侵食、土石流の発生が懸念されています。これらの地形情報を収集するために毎年航空レーザ計測がおこなわれています。しかし、この計測では成果物が納品されるまでに数ヶ月の期間を要することから、豪雨直後など臨機応変なデータ取得は困難です。また、近年では記録的な豪雨が頻発していることから、下流の住民の不安を払拭するためにすみやかに情報を発信する必要があります。

そこで、重点監視箇所を設定し、ドローンを用いて時系列データを収集し、地形の変化を定量的に把握することとしました。なお、重点監視箇所は土砂生産が最も著しい水無川水系の極楽谷、炭酸水谷の2溪流(図1、2)で、2021年の8月豪雨(総雨量1,274mm、最大時間雨量51mm)前後の地形変化量および過去5年間の地形の変化状況について報告します。

## 成 果

2021年の8月豪雨は雲仙小地獄温泉をはじめとして島原半島に大きな災害をもたらしました。雲仙普賢岳の重点監視箇所においてもドローン空撮により多数の崩壊が確認されましたが、土石流の痕跡は見られませんでした。解析には、直近の航空レーザで取得したグラウンド点群データ(2020年11月中日本航空撮影、以降航空レーザデータ、図3)と豪雨後のドローン空撮(Phantom4RTK、DJI社製)で取得した地形点群データ(2021年9月撮影、Agisoft社製Metashapeで作成、以降ドローンデータ、図4)を用いました。ドローンデータの標高と座標は、航空レーザデータの不動点であるダムや山腹斜面の巨石の角を目印に3D点群処理システム(福井コンピュータ社製、TREND-POINT)で誤差を補正しました。これらのデータを重ね合わせて、0.5mメッシュで標高差を計算したところ、ガリーの側壁部の崩壊量が $30,600\text{m}^3$ であることがわかりました(図5)。一方、土石流は2017年以降発生しておらず、ガリー内の堆積土砂は、2016年11月から2020年11月までの航空レーザデータ解析では $60,500\text{m}^3$ と報告されていることから、今回の豪雨により $91,100\text{m}^3$ に増大しています。また、ガリー内で激しく地形変化している箇所では、谷幅が広がるとともに深さが51m(2016.11)をピークに浅くなる傾向が見られます(図6)。

## 成果の活用

近年頻発する豪雨災害についても、航空レーザデータとドローンデータを用いた同様の手順に崩壊部分のデータを入れ替える作業を追加することで、災害査定に必要な平面図・縦横断図を速やかに作成することができました。この一連の作業をマニュアル化し森林土木職員を対象とした研修を行うこととしています。



図1 全景

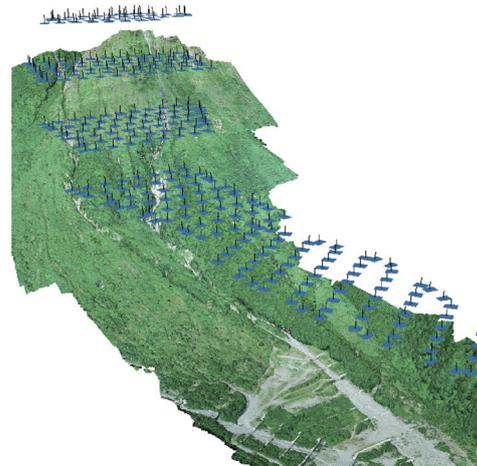


図2 重点監視箇所 (対地高度 300m、  
標高差 500m、5 段撮影)

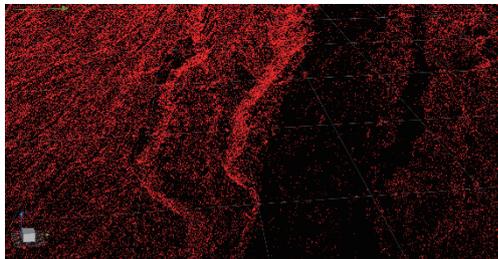


図3 航空レーザデータ (4 点 /m<sup>2</sup>)



図4 ドローンデータ (100 点 /m<sup>2</sup>)

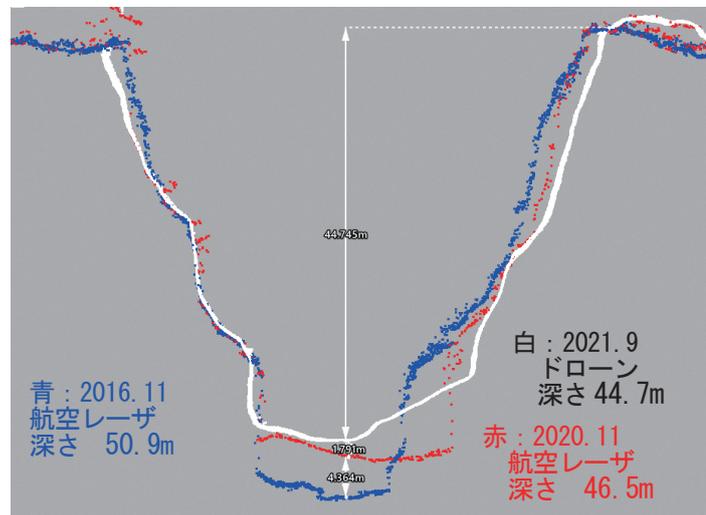


図6 地形変化の推移 (特に変化の激しい箇所)

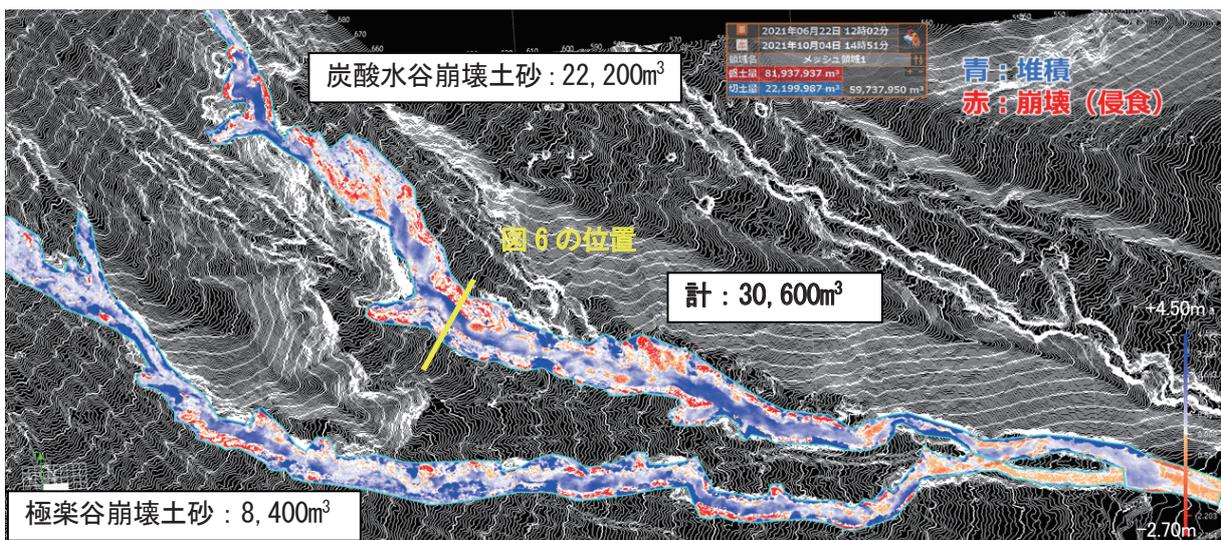


図5 2020.11 航空レーザデータと 2021.9 ドローンデータの比較および崩壊土砂量の計算

※ガリーの側壁部が青色で示される部分はドローンデータの木本・草本類を示している。これらは標高差分の計測で過大評価されることから、赤色の崩壊量のみを採用した。なお、下流ダム群に土砂の堆積は無かった。

[ 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 ]

## 再造林・初期保育の低コスト化に関する研究

熊本県林業研究・研修センター 青木 哲平

### 研究の背景・ねらい

再造林・初期保育の低コスト化に向けて、主伐と植栽の一貫作業システムにおいてマルチキャビティコンテナ苗（以下、「MC 苗」という。）が活用されています。MC 苗には、根鉢サイズの違いにより、150cc 苗と 300cc 苗があります。150cc 苗は根鉢サイズが小さい分、軽く、作業性の向上が期待されていますが、300cc 苗と比較した場合の活着および成長について未解明な部分が多くありました。そこで、根鉢サイズの違いによる MC 苗の活着および成長への影響を解明するため、スギの 150cc 苗と 300cc 苗の時期別植栽試験を実施しました。

### 成 果

#### 1. 試験と方法

熊本県水俣市の県有林内に試験地（標高約 610m）を設定し、スギさし木在来品種であるシャカイン 150cc 苗および 300cc 苗を、時期別（2018 年 6 月、8 月、11 月および 2019 年 3 月）に 42 本ずつ（8 月植栽のみ 44 本）植栽しました（図 1）。

#### 2. 苗木の活着状況

MC 苗の植栽約 1 カ月後の活着率は、すべての条件において 95% 以上であり（表 1）、根鉢サイズによる活着への影響がないことが確認されました。

#### 3. 苗木の成長

樹高および根元径の成長期間を考慮して、植栽時から 2019 年 4 月（3 月植栽のみ 2019 年 12 月）までの期間を第 1 期間、2019 年 4 月から 12 月までの期間を第 2 期間とし（図 1）、樹高と根元径の期間成長量を比較しました。第 1 期間および第 2 期間で、同時期に植栽した 150cc 苗と 300cc 苗の樹高成長量の差はみられませんでした（図 2）。一方、根元径成長量は、第 1 期間で 11 月、第 2 期間で 8 月、11 月において 150cc 苗と 300cc 苗の差がみられました。MC 苗の植栽時期ごとの根鉢サイズによる成長への影響は伸長成長と肥大成長で異なることが示唆されました。

#### 4. 通年植栽の検討

150cc 苗は、植栽時期によらずに活着すること、樹高成長量は 300cc 苗と同等であることから、300cc 苗と同様に通年植栽が可能であることが確認されました。また、今回の植栽スケジュールにおいて、2019 年 12 月までの 6 月、8 月、11 月植栽苗の樹高および根元径の成長量（第 1 期間と第 2 期間成長量の合計）は、3 月に植栽した苗木の成長量（第 1 期間成長量）と同等かそれ以上でした（図 2）。6 月、8 月、11 月に伐採した場合、MC 苗（150cc 苗と 300cc 苗）を活用した主伐と植栽の一貫作業システムの実施により、成長休止期である翌年の 3 月に植栽するよりも苗木の成長が期待できると考えられます。

### 成果の活用

当センターの業務発表会や同発行の情報誌等で報告するとともに、苗木生産者や森林所有者に対して情報提供を行っていく予定です。

植栽 時期	2018												2019											
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
3月											△									△				
6月	△										△									△				
8月			△								△									△				
11月						△					△									△				

図1 苗木の植栽時期と測定時期

△：測定の時期を示す。実線は第1期間、破線は第2期間を示す。

表1 植栽約1ヶ月後の苗木の活着状況

植栽時期	根鉢サイズ	個体数(本)			活着率(%)
		植栽	生残	枯死	
3月	150cc	42	42	0	100.0
	300cc	42	42	0	100.0
6月	150cc	42	40	2	95.2
	300cc	42	42	0	100.0
8月	150cc	44	44	0	100.0
	300cc	44	44	0	100.0
11月	150cc	42	42	0	100.0
	300cc	42	42	0	100.0

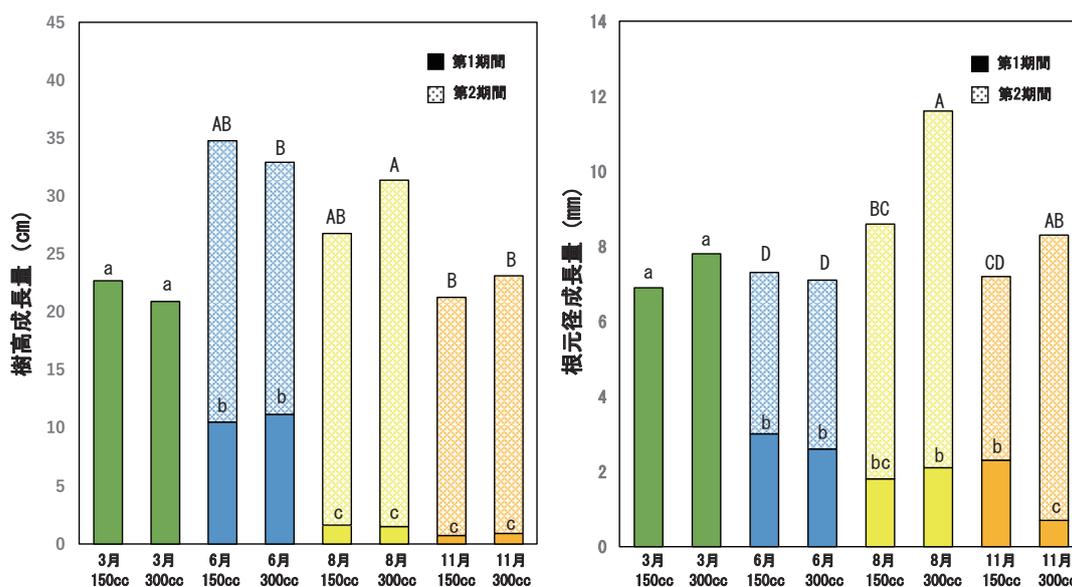


図2 MC 苗の樹高および根元径の期間成長量

異なるアルファベットは、第1期間、第2期間それぞれにおいて、植栽時期および根鉢サイズ間で統計的に有意な差があることを示す (Tukey-Kramer 法、 $p < 0.05$ )。なお、期間成長量は期間前後の測定値の差から算出した。

# スギコンテナ苗の形状比を低くする傾斜育成法の実用性

宮崎県林業技術センター 育林環境部 三樹 陽一郎

## 研究の背景・ねらい

スギコンテナ苗は、植栽後の倒伏を抑えるために形状比（苗高／地際直径）を低くすることが望ましく、これまでに育成中のコンテナ苗に傾斜処理を行う傾斜育成法により、形状比を低くすることができることを明らかにしました<sup>1)</sup>。しかし、傾斜育成法を導入する場合、傾斜処理はいつから施すのが適切なのか、さらに、傾斜処理苗は植栽後にどのように成長するのかを明らかにしておく必要があります。そこで、傾斜処理の開始時期を変えた育苗試験を行うとともに傾斜処理苗を植栽して1生育期の成長状況を調査しました。

## 成 果

### 1. 傾斜処理の開始時期別試験

傾斜処理は、試験開始時の形状比が80前後のMスターコンテナ苗を用い、コンテナを置いた育成台を傾ける方法で行いました（写真1）。傾斜処理の開始は4・6・8月の各中旬とし、10月以降は育成台を水平に戻して12月まで養生しました。その結果、傾斜処理の開始時期が早いほど主軸の伸長成長が抑制され、幹の肥大成長が促進される傾向にあり、形状比が低くなりました。植栽後の倒伏を避けるには出荷時の形状比を概ね80以下に抑えることが望ましいとされていることから、年内出荷において形状比を低く仕立てるには6月頃までに傾斜処理を開始するのが適切と考えられました（図1）。

### 2. 傾斜処理苗の植栽試験

傾斜処理苗と無処理苗を2月に植栽し、12月まで毎月調査を行いました。その結果、傾斜処理苗の樹高は、無処理苗よりも旺盛な成長を示し、育苗中の傾斜処理による伸長成長の抑制効果は消失したと考えられました。植栽された傾斜処理苗の1生育期においては、成長に異常は認められず、実用性に支障はないことが示唆されました（図2、表1）。

## 成果の活用

コンテナ苗の育成台を傾ける作業は、設定角度が大きくなるほど労力を要します。傾斜育成の効果と作業負担のバランスを考慮すると傾斜は10°程度が適切と考えられ、この角度を標準として苗木生産現場への普及を図るほか、研修会や林業関係者向け広報誌による情報提供を行う予定です。なお、今回の傾斜処理苗の植栽試験は苗畑で行った結果であり、造林地に植栽した実証試験も進めています。

## 知的財産取得状況

特許出願：特願 2019-107975 「スギ苗の育成方法」

1) 公立林業試験研究機関 研究成果集 No.18 (2021.3) 35-36



写真1 傾斜育成試験の状況

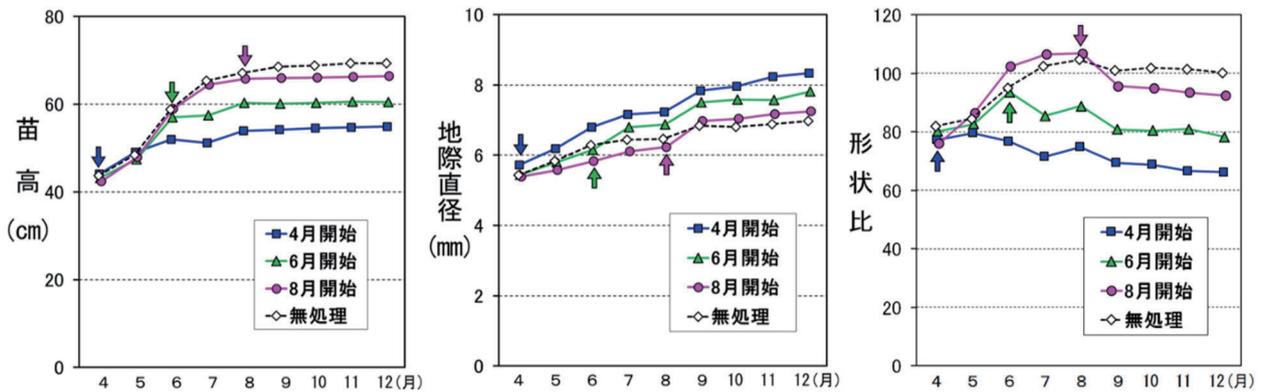


図1 傾斜処理開始別による苗高、地際直径及び形状比の平均値の変化  
 ※スギ品種は県西白杵4号、図内の矢印は傾斜処理の開始時期

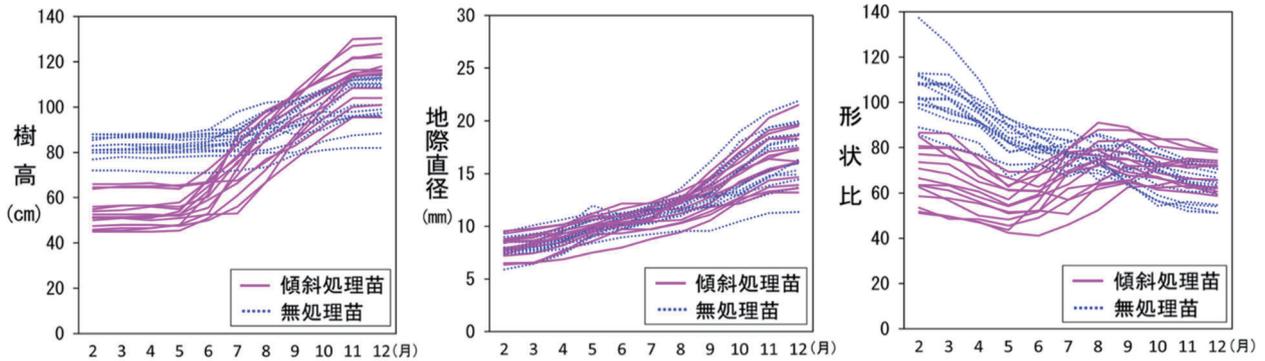


図2 傾斜処理の有無別に育成したスギコンテナ苗の植栽後の成長推移  
 ※スギ品種はタノアカ、センター苗畑に植栽した傾斜処理苗と無処理苗の各16本を比較

表1 植栽木の期首と期末の状況

区分	樹高 (cm)		地際直径 (mm)		形状比	
	期首(2月)	期末(12月)	期首(2月)	期末(12月)	期首(2月)	期末(12月)
傾斜処理苗	53.3 ± 6.8	115.3 ± 9.4	7.9 ± 1.0	16.9 ± 2.3	68.3 ± 11.5	69.0 ± 7.0
無処理苗	82.7 ± 4.3	103.2 ± 9.7	7.9 ± 0.8	16.8 ± 2.6	105.2 ± 11.2	62.3 ± 6.9
	**	**	n.s.	n.s.	**	**

※平均値 ± 標準偏差。Welch の *t* 検定：n.s. 有意差なし，\*\*1%レベルで有意であることを示す。

# 春季下刈りと下刈り回数削減の有効性

鹿児島県森林技術総合センター 森林環境部 穂山 浩平・内村 慶彦<sup>1</sup><sup>1</sup> 現 鹿児島県自然保護課

## 研究の背景・ねらい

全国的にスギ・ヒノキ人工林が本格的な利用期を迎える中、鹿児島県においても主伐面積及び再造林面積が増加し、下刈りを必要とする造林地の面積も累積的に増加しています。しかしながら、林業労働力は長期的に減少傾向で推移しており、限られた林業労働力で確実に下刈りを行い、今後も再造林を進めていくためには、下刈りの実施方法の見直しによる省力化が課題となっています。

そこで、上記課題を解決するため、本研究では、下刈りの時期分散につながる春季（5月）下刈りと下刈り回数削減の有効性について検証しました。

## 成 果

### 1. 春季下刈りの有効性

下刈り時期の異なる5月、7月、9月下刈り区の計3試験区（各試験区に約40本のスギを植栽・ススキ優占）を設定し、スギの樹高やスギと競合する雑草木の種類（ススキ、カラスザンショウ、タケニグサなど）・高さなどを調査しました。その結果、5月下刈り区では年間をとおして雑草木の平均高さがスギの平均樹高を上回ることはありませんでしたが（図1）、7月下刈り区や9月下刈り区では下刈り前に雑草木の平均高さがスギの平均樹高を上回る期間（被圧期間）が発生したことから（図2、3）、5月下刈りは、スギの成長期（概ね4～10月）の初期段階でスギを雑草木の被圧から解放することが明らかになりました。また、植栽後3年目までのスギの樹高成長率（調査時樹高 / 調査開始時樹高）をみると、5月下刈り区が他の下刈り区に比べ成長が良く、5月下刈りの初期成長促進効果が認められるとともに（図4）、それ以降も、5月下刈り区では7月下刈り区と同等の成長が認められました。これらのことから、5月下刈りの有効性が確認できました。

### 2. 下刈り回数削減の有効性

下刈り回数削減区（3回下刈り区）及び通常下刈り区（5回下刈り区）を設定し、植栽されているスギの樹高やスギと競合する雑草木の種類・高さなど調査しました。その結果、ススキが優占する造林地では、3回目の下刈り終了後も、スギの平均樹高が雑草木の平均高さを上回っていました（図5a）。一方、落葉広葉樹が優占する造林地では、下刈りを3回で終了した場合、その後も残った落葉広葉樹は成長し（図5b）、一部のスギを被圧していました。これらのことから、植栽木と競合する雑草木が最大高さ2m程度のススキなどの草本類であれば、下刈り回数を3回に削減しても植栽木の成長に影響はないことがわかりました。また、下刈り回数削減の可否には、造林地に優占する雑草木の種類や植栽木と雑草木の高さの関係が大きく関与してくるものと考えられました。

## 成果の活用

本研究で得られた成果については、当センターの研究発表会で発表したほか、九州森林研究第73号（2020）や当センター研究報告第22号（2021）に掲載しました。なお、本研究の成果により、当県の造林補助事業では、令和3年度から5月に実施する下刈りも補助対象としています。

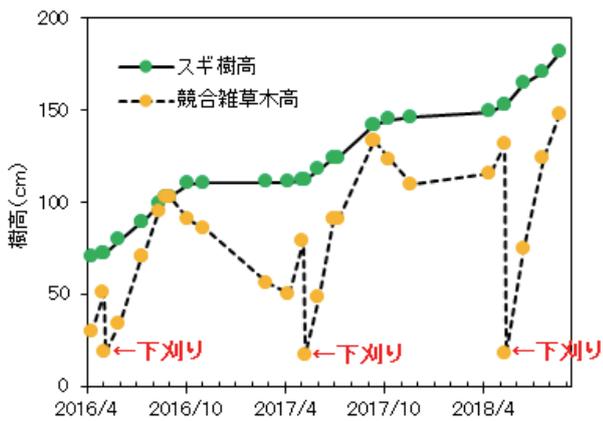


図1 スギの樹高と雑草木高の関係  
(5月下刈り区)

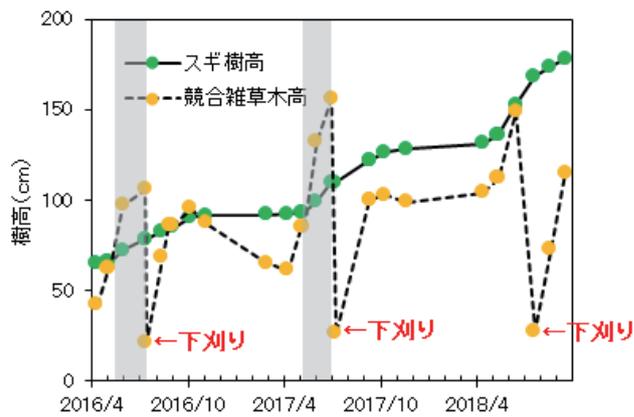


図2 スギの樹高と雑草木高の関係  
(7月下刈り区)

注) 図1～3のグラフ内の灰色部分は、雑草木高がスギの樹高を上回った期間(被圧期間)を示す。

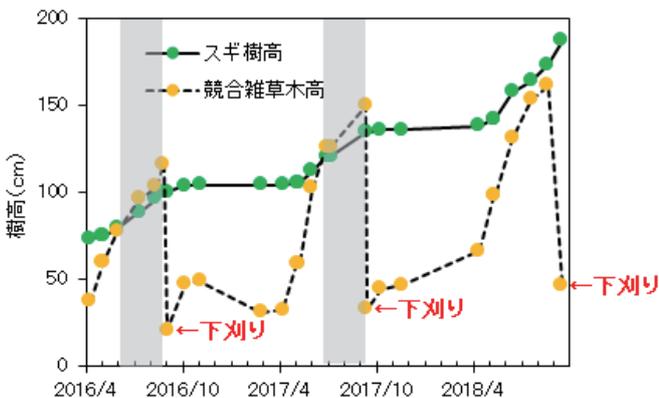


図3 スギの樹高と雑草木高の関係  
(9月下刈り区)

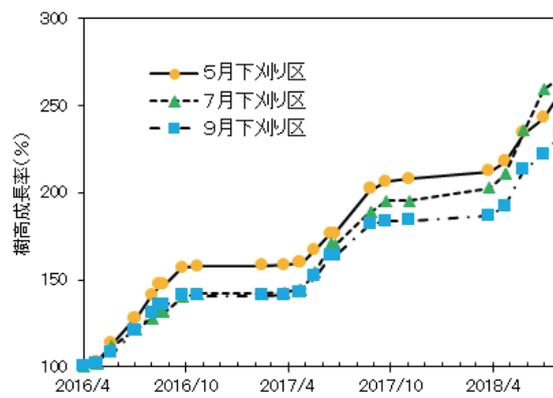
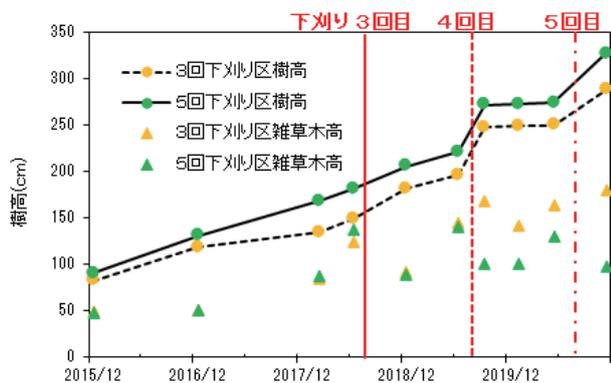


図4 下刈り時期とスギの樹高成長率の関係

注) 調査開始時の樹高成長率を100とした。

(a) ススキが優占する造林地



(b) 落葉広葉樹が優占する造林地

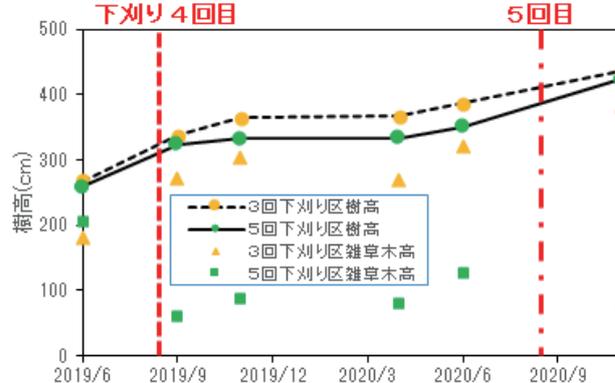


図5 下刈り回数とスギの樹高、雑草木高の関係

注) グラフ内の縦線(実線及び点線)は下刈りの実施時期を示し、3回下刈り区では4、5回目の下刈りは実施していない。下刈りは7月もしくは8月に実施した。

# 抵抗性クロマツ種子は SMP で生産量を制御できる

福島県林業研究センター 森林環境部 川上 鉄也

## 研究の背景・ねらい

東日本大震災に伴う津波被害を受けた海岸防災林の復旧事業は完成に近づき、抵抗性クロマツ種子の需要は落ち着きつつあります。今後は、林野火災や病虫害などの発生により生じる突発的な需要の増加にも即時対応できるよう生産量を制御する技術が必要となります。採種園では、通常、専ら自然力に依存した集団的な自然交配で種子を生産します。種子の増産法の一つに確実な受粉を促して、シイナ種子の割合を減らす人工交配がありますが、袋かけ・花粉銃による従来の人工交配方法は、雌花を袋で覆うため、内部の雌花の受粉適期を逃す場合があり、作業も煩雑で熟練を要し、安定した大量の種子生産は困難でした。このため充実種子の増産方法について次のような検討を行いました。

## 成 果

SMP(Supplemental Mass Pollination)は、雌花の受粉適期を目視で確認できるため、受粉が確実で、作業も大幅に省力化できる利点があります(図2、3)。

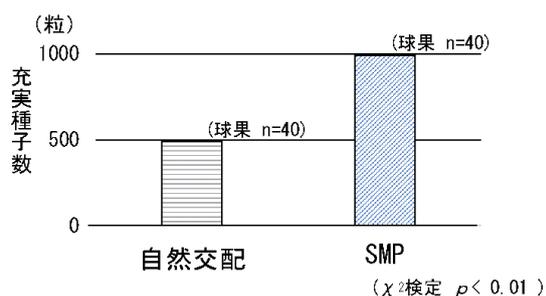
そこで、平成30年(不作年)及び令和1年(並作年)の2カ年でSMPによる人工交配を実施しました。試験は、福島県郡山市の抵抗性クロマツ採種園内の抵抗性クロマツ鳴瀬39、いわき27、小高37、山元90、亘理56、志摩ク-64を対象としました。交配花粉として、鳴瀬39には7種混合花粉(いわき27、小高37、小高203、亘理56、山元56、津屋崎ク-50、三崎ク-90)、鳴瀬39を除く5品種には鳴瀬39の単一花粉を用いました。交配は、マニュアル(織部雄一郎編(2016)「寒冷地におけるマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ苗木の安定供給 採種園管理者と苗木生産者のためのマニュアル」国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センター東北育種場)により、人工交配機(ミツワ花粉交配機SK-6SL)で花粉を1回散布しました。

平成30年は不作年で、40球果あたり得られた充実種子数は、自然交配で490粒に対し、SMPでは989粒となりました。令和1年は並作年で、60球果あたり得られた充実種子数は、自然交配で1,230粒に対し、SMPでは2,229粒となりました。これらの結果から、抵抗性クロマツ種子は、不作年、並作年のいずれにおいても、自然交配に比較しておよそ2倍の充実種子が得られることが明らかになりました(図1、4)。

## 成果の活用

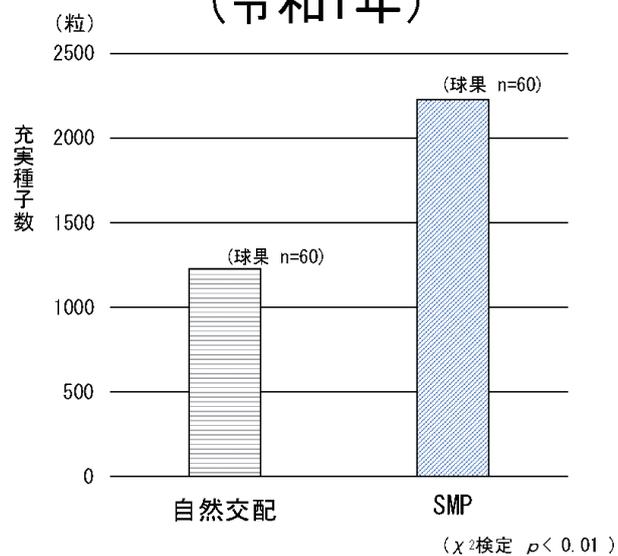
SMPに使用する花粉の採取保存から種子を得るまで最短で30か月を要します。計画的な採種園経営のもと、本方法を抵抗性クロマツ採種園に適用して、海岸防災林維持管理に必要な苗木の円滑な需給調整に貢献することができます。

(平成30年)



2.0 倍 増加

(令和1年)



1.8 倍 増加

図1 SMPによる充実種子の増加効果



図2 交配機による花粉散布



図3 SMP後の雌花



図4 得られたクロマツ充実種子

## 東京都産無花粉スギの作出と選抜 ～ 2010年交配～

東京都農林総合研究センター 吉岡 さんご・奈良 雅代・久保田 将之・  
畑 尚子・宮下 智人・中村 健一

### 研究の背景・ねらい

東京都内におけるスギ花粉症患者は約5割と推計され、大きな社会問題となっています。そこで東京都では、スギ林等の主伐を実施し、花粉の少ないスギなどの植栽を行っています。一方で、無花粉スギは全く花粉を作らないため花粉症対策に非常に有望ですが、これまで都内において、無花粉の形質を持ったスギは発見されていません。そこで、他県の無花粉スギと東京都精英樹との交配から新たな東京都産無花粉スギ家系を多数作出しました。その中から、成長や材質等に優れた東京都産無花粉スギ個体を選抜しました。

### 成 果

#### 1. 新たな無花粉スギ系統の作出

富山県産無花粉スギと東京都精英樹を人工交配して作出した、雄性不稔遺伝子 (ms-1) をヘテロで持つ個体 (以下、ヘテロ型個体) を F1 種子親とし、関東育種基本区選抜の精英樹の中から発見されたヘテロ型個体を花粉親に用いて 2010 年に交配し、F2 実生苗を多数作出しました。この F2 実生苗を対象に、雄花の稔性調査を実施し、東京都産無花粉スギ候補苗 22 家系 287 個体を選抜しました (表 1)。

#### 2. 新たな無花粉スギの選抜

作出した無花粉スギ候補個体を 2013 年 3 月に日の出試験林 (東京都日の出町字平井) 内に植栽し、樹高・胸高直径・応力波伝播速度を測定しました。応力波伝播速度の測定機材には FAKOPP (FAKOPP Enterprise) を使用し、立木状態で非破壊的に材質 (剛性) を評価しました。また、原木より得られたさし木苗を立川圃場 (立川市富士見町) に植栽し、成長量を測定しました。その結果、2つの試験地における成長量及び材質 (剛性) に優れる 2 個体を選抜しました (図 1)。選抜した 2 個体は、同時期同場所に植栽した対照 (都産少花粉スギ) と比べ、成長量、さし木発根率及び材質 (剛性) のいずれも優れていました (表 2、表 3)。

### 成果の活用

選抜したうち 2 個体は、(国研) 森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センターにおける優良品種・技術評価委員会において、それぞれ「心晴れ不稔 1 号」および「心晴れ不稔 2 号」として、優良品種に認定されました。今後も無花粉スギ採種園や採穂園の造成に向けて、東京都産無花粉スギの作出・選抜を進めていく計画です。

表 1 作出した都産無花粉スギ家系一覧

種子親交配組合せ <sup>1)</sup>	花粉親	個体数
富308MS×西多摩24号-1	中4号	12
富308MS×西多摩24号-2	中4号	11
富308MS×南多摩5号-1	大井7号	13
富308MS×南多摩5号-2	大井7号	14
富308MS×南多摩5号-3	大井7号	6
富308MS×南多摩5号-4	大井7号	16
富308MS×南多摩5号-5	中4号	17
富308MS×南多摩5号-6	中4号	10
富308MS×南多摩5号-7	中4号	15
富308MS×南多摩5号-8	中4号	8
富MS212×西多摩21号-1	大井7号	15
富MS212×西多摩21号-2	大井7号	17
富MS212×西多摩21号-2	中4号	10
富MS212×西多摩21号-3	大井7号	15
富MS212×西多摩21号-4	大井7号	16
富MS212×西多摩21号-5	大井7号	12
富MS212×西多摩21号-5	中4号	14
富MS212×西多摩21号-6	大井7号	14
富MS212×西多摩21号-7	大井7号	16
富MS212×西多摩21号-8	中4号	11
富MS212×西多摩21号-9	中4号	16
富MS212×西多摩21号-10	中4号	9
合計		287

1) 種子親の同じ交配組合せの枝番が異なるものは、別個体であることを示す



図 1 選抜した 2 個体  
(左：心晴れ不稔 1 号、右：心晴れ不稔 2 号)

表 2 心晴れ不稔 1 号と対照との比較

	試験林での成長量 <sup>1)</sup>		圃場でのさし木苗の成長量 <sup>2)</sup>		さし木発根率 <sup>3)</sup> (%)	応力波伝播速度 <sup>4)</sup> (m/s)
	樹高(cm)	胸高直径(cm)	樹高(cm)	根元径(cm)		
心晴れ不稔 1 号	894	11.5	172.8	2.7	100.0	2,525
対照	631	6.6	108.3	1.6	65.0	2,364

- 1) 7 成長期後の成長量。対照は、精英樹（少花粉品種）同士の交配家系苗 6 個体の平均。
- 2) さし木苗 6 本の平均（植栽から 2 成長期後）。対照は、精英樹（西多摩 1 4 号）のさし木苗 8 本の平均。
- 3) 原木から得たさし穂 9 本による（さし付けから 7 カ月後）。対照は、西多摩 1 4 号から得たさし穂 20 本による。
- 4) 7 成長期後の測定結果。対照は、精英樹（少花粉）同士の交配家系苗 6 個体の平均。

表 3 心晴れ不稔 2 号と対照との比較

	試験林での成長量 <sup>1)</sup>		圃場でのさし木苗の成長量 <sup>2)</sup>		さし木発根率 <sup>3)</sup> (%)	応力波伝播速度 <sup>4)</sup> (m/s)
	樹高(cm)	胸高直径(cm)	樹高(cm)	根元径(cm)		
心晴れ不稔 2 号	920	11.0	273.2	4.3	80.0	2,142
対照	780	9.1	178.3	2.4	65.0	2,011

- 1) 8 成長期後の成長量。対照は、精英樹（少花粉品種）同士の交配家系苗 6 個体の平均。
- 2) さし木苗 6 本の平均（植栽から 3 成長期後）。対照は、精英樹（西多摩 1 4 号）のさし木苗 8 本の平均。
- 3) 原木から得たさし穂 10 本による（さし付けから 7 カ月後）。対照は、西多摩 1 4 号から得たさし穂 20 本による。
- 4) 8 成長期後の測定結果。対照は、精英樹（少花粉）同士の交配家系苗 6 個体の平均。

[ 問い合わせ先：東京都農林総合研究センター 緑化森林科 Tel 042-528-0538 ]

## 雄性不稔遺伝子をヘテロ接合体で持つスギの選抜

新潟県森林研究所 森林・林業技術課 伊藤 由紀子、平山 聡子<sup>1</sup>  
 (<sup>1</sup>: 現 新潟県新潟地域振興局 林業振興課)

### 研究の背景・ねらい

国民病とも言われるスギ花粉症に対する林業技術的対応策として、花粉を飛散させない無花粉スギ品種の利用が考えられます。無花粉スギの利用のためには、遺伝的多様性が高く、かつその土地の環境に適した品種の開発が必要であり、それにはより多くの開発材料を確保することが必要と考えます。そこで新潟県では、自県の育種素材から様々な雄性不稔遺伝子を持つ個体を選抜することを目的として、現在までに見つかった無花粉スギと新潟県が保有する育種素材との交配家系を育成し、雄性不稔遺伝子をヘテロ接合体でもつ個体の選抜を試みました。

### 成 果

#### 1. 人工交配で得られた苗の花粉稔性評価

2004年から2016年にかけて、新潟県が保有する育種素材137クローンと雄性不稔遺伝子(*MS1*、*MS2*、*MS3*、*MS4* ※注1)の変異型対立遺伝子をそれぞれホモ接合体で保有する無花粉スギ(富山不稔1号、新大不稔3号、新大不稔1号、新大不稔5号、新大不稔8号)とを交配し、その結果得られた179交配6,240個体の交配家系を育苗しました。各家系1年生次の苗に着果促進をしたのち雄花を採取し、メスで切断し双眼実体顕微鏡、光学顕微鏡により切断面を観察しました。切断面において花粉粒が花粉嚢を埋めているものを可稔、粒状の物体が確認できても花粉嚢に隙間があり雄花をピンセットで押さえても花粉粒が飛び出してこないものや、花粉同士が密着しているものを不稔と判定しました(図1)。正確な判定ができないと考えられた一部の個体については2年生次以降も同様の調査を行いました。これらの花粉稔性評価の結果について、可稔個体数と不稔個体数の期待分離比1:1との適合度をカイ二乗適合度検定により検定しました。

#### 2. *MS2*、*MS3*、*MS4*の雄性不稔遺伝子を持つ個体の判明

花粉稔性評価の結果、表1のとおり五泉市1号が*ms2*を、カミキリ15号、佐渡天然102号、佐渡天然119号が*ms3*を、カミキリ58号が*ms4*をそれぞれヘテロ接合体でもつ個体であることが判明しました。

#### 3. *MS1*、*MS2*、*MS3*、*MS4*のいずれとも異なる雄性不稔遺伝子を持つ個体の可能性

東蒲原7号は花粉稔性評価の結果、*MS1*～*MS4*の雄性不稔遺伝子を持っていないと判定された一方、東蒲原7号の自殖家系(可稔:不稔=22:7)及び新大不稔3号(*ms1*をホモ接合体で持つ)と東蒲原7号との交配家系(可稔:不稔=93:21)の双方において、可稔個体数と不稔個体数の分離比が期待分離比3:1に適合しました( $p>0.05$ )。このことから、東蒲原7号及び新大不稔3号は現在までに発見されている4種類(*MS1*、*MS2*、*MS3*、*MS4*)の雄性不稔遺伝子とは異なる新たな雄性不稔遺伝子をヘテロ接合体で保有している可能性があることが示唆されました。

### 成果の活用

本研究の成果は日本森林学会誌(2021年103号)短報に掲載されました(「*MALE STERILITY 1*とは異なる雄性不稔遺伝子を持つスギの選抜」)。本研究により判明した雄性不稔遺伝子を持つ個体は、今後複数の雄性不稔遺伝を併せ持つ個体の作出や、品種改良において活用される予定です。



図1 雄花の切断面の一例  
 ※左側の雄花を可稔、右側の雄花を不稔と判定する。

表1 無花粉スギと新潟県が保有する育種素材の人工交配で作出した F<sub>1</sub> 個体の花粉稔性評価の結果

花粉親	母樹														
	新大3号 ( <i>ms1/ms1</i> )			富山不稔1号 ( <i>ms1/ms1</i> )			新大1号 ( <i>ms2/ms2</i> )			新大5号 ( <i>ms3/ms3</i> )			新大8号 ( <i>ms4/ms4</i> )		
	可稔	不稔	検定結果 ( <i>p</i> 値)	可稔	不稔	検定結果 ( <i>p</i> 値)	可稔	不稔	検定結果 ( <i>p</i> 値)	可稔	不稔	検定結果 ( <i>p</i> 値)	可稔	不稔	検定結果 ( <i>p</i> 値)
五泉市1	60	1	<i>p</i> <0.001	-	-	-	49	54	<i>p</i> =0.62	25	0	<i>p</i> <0.001	57	4	<i>p</i> <0.001
カミキリ15	56	3	<i>p</i> <0.001	-	-	-	63	1	<i>p</i> <0.001	47	44	<i>p</i> =0.75	-	-	-
佐渡天然102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	48	<i>p</i> =0.92	12	1	<i>p</i> <0.01
佐渡天然119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	49	<i>p</i> <0.01	-	-	-
カミキリ58	57	1	<i>p</i> <0.001	-	-	-	45	2	<i>p</i> <0.001	62	0	<i>p</i> <0.001	65	55	<i>p</i> =0.36

※2005年～2017年に掛けて行った人工交配の組み合わせのうち、花粉親が雄性不稔遺伝子をヘテロ接合型で持つと判明した組み合わせのみを抜粋した。

※*p* 値は可稔個体数：不稔個体数の期待分離比 1：1 とのカイ二乗適合度検定の検定結果を示す。

※ハイフン(-)は交配を実施していない組み合わせである。

注1：雄性不稔遺伝子は現在までに *MS1*、*MS2*、*MS3*、*MS4* の4種類が発見されている。遺伝子記号の見方は「森林遺伝育種第5巻(2016) 林木の遺伝子記号の標準化の改正」を参照。

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

## 閉鎖型採種園におけるスギ・ヒノキ種子の早期生産技術の開発

静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター 森林育成科 山田 晋也

### 研究の背景・ねらい

本県では、再造林の低コスト化に向けて、成長等に優れた系統を選抜し、スギ30系統、ヒノキ27系統が特定母樹として農林水産大臣の指定を受けています。しかし、特定母樹自体は早い成長が期待できる一方、まだ選抜されたばかりで、母樹として種子を取る準備が来ていません。そこで本研究では、平成30年度から3年間、果樹分野で実用化されているビニールハウス内における根圏制御栽培法を応用し、特定母樹からの種子の早期生産技術確立を目指しました。さらに、これらの技術を種子生産現場へ円滑に導入・普及できるように管理マニュアルの作成にも取り組みました。

### 成 果

ビニールハウス内における根圏制御栽培法(図1)により、種子生産量は、スギは挿木苗定植1年目の若齢木でも17.2g/本と従来採種園(図2)10年生母樹の20g/本と遜色のない生産量でした。また、定植2年目の母樹で31.2g/本、3年目で45.8g/本となりました。従来採種園は3年に1度の収穫であるのに対し、前年に続き連続して収穫できたことから、単位面積当たりの生産量は3倍以上になることが明らかになりました。

ヒノキは、定植2年目の母樹で2.2g/本、定植3年目の母樹で5.5g/本と種子の早期生産に成功しました。しかし、着花した雌花の約1割程度しか結実しなかったことから、人工交配に課題が残りました。

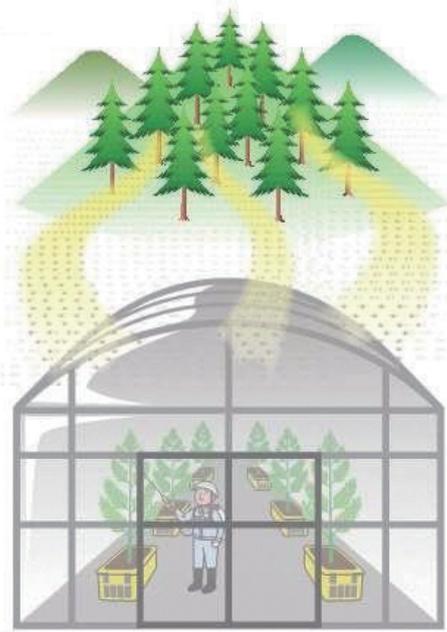
次に発芽率ですが、平成30年度はビニールハウス内でスギに13回の交配作業を実施した結果、従来方式で生産した種子の平均発芽率が20%であるのに対して、平均発芽率46.1%の種子を生産することができました。令和元年度は15回の人工交配を行った結果、平均発芽率は36.0%になりました。令和2年度は精選後に発芽能を確認した花粉を用いて、10回の人工交配を実施したところ、発芽率は40.1%で、発芽率を高めるためには発芽能の高い花粉が必要であることが判明しました。

ヒノキの発芽率では令和元年度は15回の人工交配の結果54.0%、令和2年度は10回の人工交配の結果45.4%であり、2年とも目標の40%を達成することができました。

これらの成果や技術は閉鎖型採種園の管理マニュアルとしてまとめ、種子生産現場に技術移転しました。

### 成果の活用

ビニールハウス内における根圏制御栽培法の種子生産技術は、令和3年4月から静岡県西部農林事務所有種場で、スギ特定母樹の種子生産方法として本格的に導入され、今年度の静岡県の造林地には閉鎖型採種園で生産した種子から育てられたスギ特定苗木が植栽されます。今後は、閉鎖型採種園の作業効率化と、ヒノキ種子生産量の向上について継続して研究を行い、速やかな実用化を目指します。



改良点

- ①花粉を飛ばす時期にビニルハウスで被う
- ②母樹は鉢等で管理(果樹の技術を導入)

図1 開発した採種園

管理された環境のため高品質な種子生産が期待できる



図2 従来方式の採種園

自然まかせの生産のため豊凶がある

表 スギ、ヒノキ種子の発芽率（令和2年度）

種子	産地	1g当り 発芽数	1g当り 粒数	発芽率 (%)
スギ	育種場ハウス	122	304	40.1
	野外(対照)	52	267	19.5
ヒノキ	育種場ハウス	226	498	45.4
	野外(対照)	161	437	36.8



写真 閉鎖型採種園

[ 問い合わせ先：静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター 森林育成科 Tel 053-583-3121 ]

## コンテナを用いた少花粉ヒノキの挿し木育苗技術

福岡県農林業総合試験場 資源活用研究センター 大川 雅史

### 研究の背景・ねらい

福岡県では、林業振興のため主伐の推進を図っています。加えて、主伐後のスギ、ヒノキの再造林では、造林コスト低減と花粉症対策のために少花粉コンテナ苗の植栽を進めています。少花粉コンテナ苗を効率的に生産するには、親木と遺伝的に同一個体が作出できる挿し木増殖が適しますが、挿し木によるコンテナ苗の育苗技術はスギで確立している一方、ヒノキでは確立していません。

そこで、少花粉ヒノキのコンテナ苗を健全・効率的に生産するため、発根が良い挿し木苗生産技術および挿し木苗をコンテナで短期間・旺盛に生育させる育苗技術を確立しました。

### 成 果

#### 1. 挿し木に適した挿し穂の長さの検討

剪定した枝から採穂した長さ15cmの挿し穂を、パーミキュライトを敷き詰めた育苗箱に挿し木することで、発根率が81%と高い値を示しました。また、挿し木1年後の苗高は、長さ15cmの挿し穂が優れていることが分かりました。長さ20cmの挿し穂では発根率が33%と低く、大部分がコンテナに移植できませんでした(図1)。

#### 2. コンテナ苗生産に適した挿し木時期の検討

長さ15cmの挿し穂を用いて5~9月に育苗箱へ挿し木することで、事業生産が可能といわれる71%を上回る発根率を示し、翌年3月に発根個体をコンテナへ移植できました。10月挿し木の場合、発根率が低く根量が少ないため、翌年3月では移植ができませんでした。5~9月に挿し木を行うことで、翌年の3月にコンテナへの移植が可能となり、挿し木から3年でコンテナ苗が出荷できることが分かりました(図2、表1)。

#### 3. コンテナ苗生産に適した施肥の検討

コンテナ移植後に肥効180日タイプの緩効性肥料(N:P:K=16:5:10)を4月に苗木1本あたり1.0g施用すると、肥効100日タイプの同肥料の4カ月毎(4、8月共に苗木1本あたり1.0g)施用と同等の成長を示し、施肥回数を削減できることが分かりました(図3)。

### 成果の活用

福岡県農林業総合試験場 令和3年度成果情報として、下記のホームページにて公表しています。また、造林コストの低減かつ花粉症対策として、少花粉ヒノキコンテナ苗の生産が可能となったことから、苗木生産者に生産方法を説明し、苗木生産に取り組んでもらいます。さらに、少花粉ヒノキ採穂園の拡充を計画するなど、今後も少花粉ヒノキの生産体制整備を行っていきます。

HP <https://www.farc.pref.fukuoka.jp/farc/seika/r03/03-11.pdf>

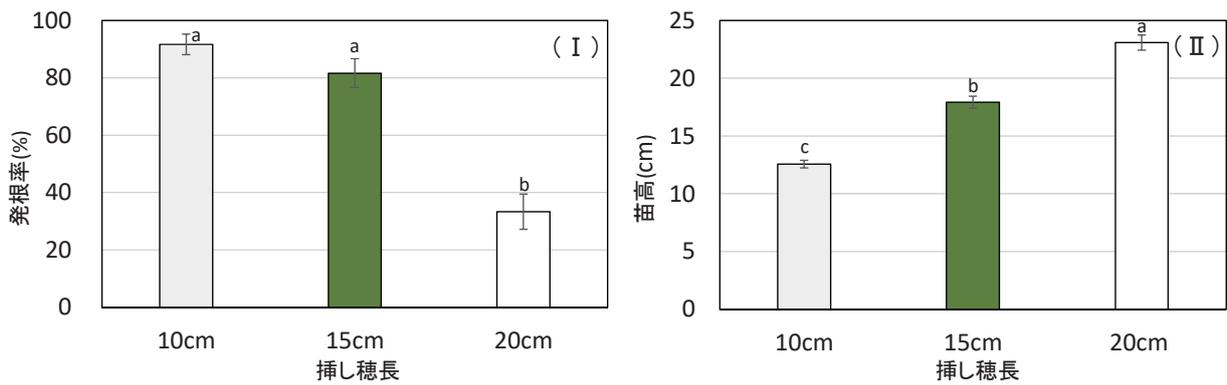


図1 挿し木1年後発根率 (I) と苗高 (II)

注1) バーは標準誤差を示し、異なる記号は有意差あり (Tukey HSD  $p < 0.01$ )

注2) 採穂後、水に24時間浸漬。挿し木直前に長さを調整し、IBA0.4%溶液に5秒間浸漬して供試。

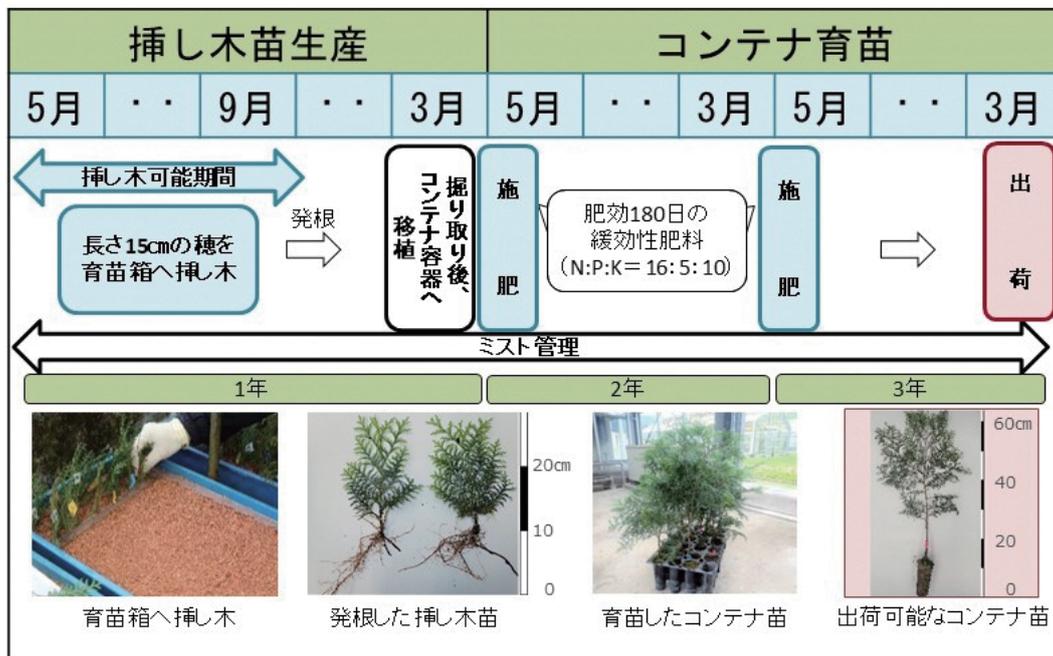


図2 コンテナ苗生産の流れ

表1 挿し木月別の発根率 (%)

品種	令和元年					
	5月	6月	7月	8月	9月	10月
浮羽14号	100	90	87	97	97	20
阿蘇3号	100	77	93	100	87	27
阿蘇6号	100	77	97	100	80	27
南高来10号	77	97	100	100	100	33

注1) 挿し穂の長さは15cm

注2) 挿し穂の条件と前処理は図1脚注2と同じ

注3) 令和元年5月から毎月挿し木を行い翌年3月に調査を実施。なお、11~3月は0~27%で推移。

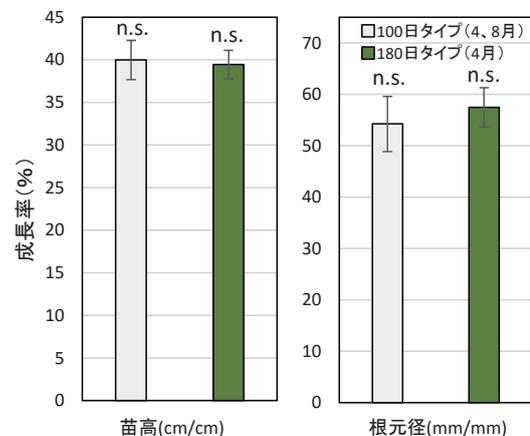


図3 肥効タイプ別の成長率

注) バーは標準誤差を示し、n.s.は有意差なし (t test  $p > 0.05$ )

[ 問い合わせ先: 福岡県農林業総合試験場 資源活用研究センター 森林林業部 Tel 0942-45-7982 ]

# カラマツ CLT の効率的な製造技術と接合技術の開発

北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 技術部 大橋 義徳

## 研究の背景・ねらい

CLT（直交集成板）を用いたパネル工法は欧州を中心に普及していますが、地震国である日本では求められる耐震性能が格段に厳しく、高強度な CLT と耐震性の高い接合部が必要となります。そのため、スギよりも強固なカラマツ CLT によって耐震性向上、使用材積減少によるコストダウンが期待されます。CLT の量産化に向けて道内メーカーに高周波プレスが導入されましたが、カラマツに適した製造条件が未解明でした。また、接合技術においても、現在主流である小径短尺のビス鋼板接合は、高密度なカラマツでは脆性的に破壊が生じて、強度優位性を活かせませんでした。

そこで、高周波プレスを用いて効率的に量産できる製造方法を開発するとともに、カラマツ CLT に適した接合方法の開発を行いました。また、モデル建物の試設計を行い、高強度 CLT と新しい接合技術により大幅に建築コストを低減できることを明らかにしました。

## 成 果

### 1. 高周波プレスを用いた高強度 CLT の製造方法

高周波プレスを用いてカラマツ CLT（強度等級:Mx120）の実大製造試験（幅 1.2 × 長さ 6.2m）を行い、適正な製造条件を確立するとともに、CLT 内部の温度が下がりにくい高周波プレスの特性を活かして、新たな高周波加熱プログラムも考案しました（図 1）。昇温後に高周波の印加を停止しても接着層温度は十分に維持されること、いずれの条件でも接着性能が JAS 基準を満たすこと、従来よりも電力量を 44%削減できることが明らかとなりました。

### 2. カラマツの強度特性を活かした新たな接合方法

国内外に流通する様々な仕様のビス 30 種から、打ち込み作業性や接合性能をもとにカラマツに適した大径ビスを選定しました。ビス要素接合試験を行い、選定ビス（径 8mm）は従来ビス（径 6.5mm）よりも接合耐力が 1.5 倍高く、粘り強さも向上することが明らかとなりました（図 2）。また、主要な CLT パネル工法用規格金物 6 種類を対象に接合試験を行い、選定ビスは従来ビスよりもビス本数を 30 ~ 60%削減できることが明らかとなりました。

### 3. 新技術による製造コストと建築コストの検証

高周波プレスを用いた本技術による CLT 製造コストを試算したところ、従来よりも 3 割ほどコスト削減が可能となりました。また、構造設計ルートや CLT 等級をパラメータとして、CLT モデル建物（3 階建ておよび 4 階建ての集合住宅）の試設計を行いました（図 3）。CLT の使用材積や接合部の数量をもとに構造躯体の建築コストを積算したところ、Mx120 のカラマツ CLT を用いることによって建築コストを大幅に低減できることが明らかとなりました。

## 成果の活用

高周波プレスを用いた新たな製造技術により、高強度なカラマツ CLT を従来よりも低コストで安定生産できるようになりました。また、カラマツ CLT に適した新たな接合技術により、従来よりも大幅に耐震性と施工性を高めることが可能となりました。さらには、高強度 CLT によって建築コストを大幅に削減できることも明らかとなりました。これらの研究成果をもとに、CLT 建築物の建設促進、都市木造の実現、道産カラマツの価値向上につなげていきたいと考えています。

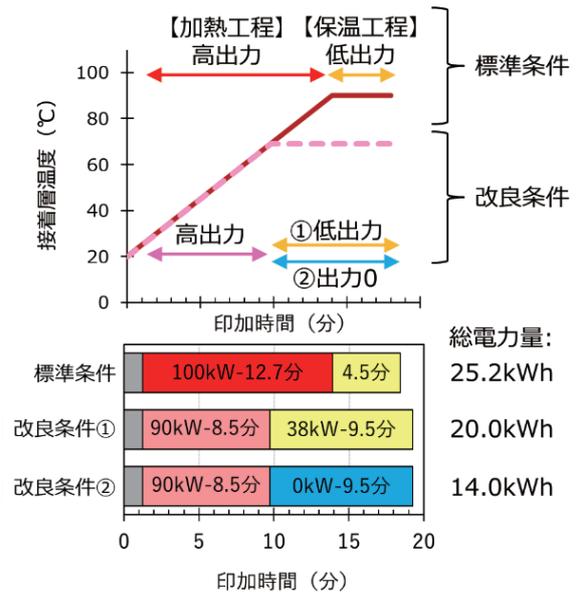


図1 高周波プレスによる実大製造試験と新たに考案した高周波加熱条件

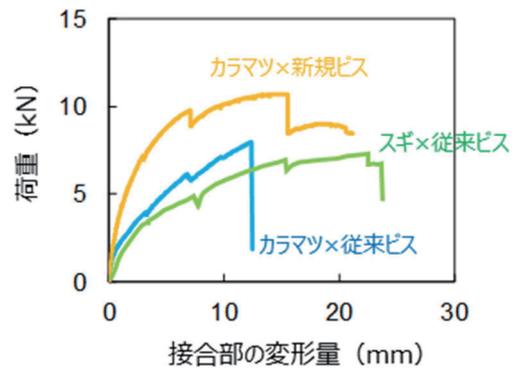
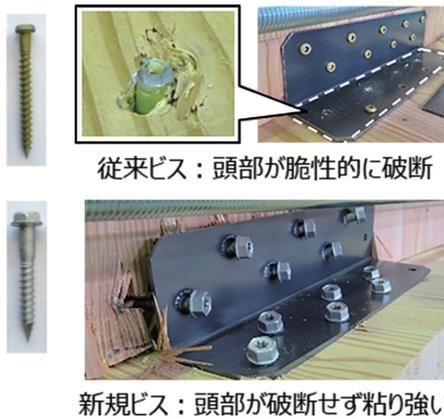


図2 新旧ビスによる CLT 接合部の破壊形態と荷重—変形曲線の代表例

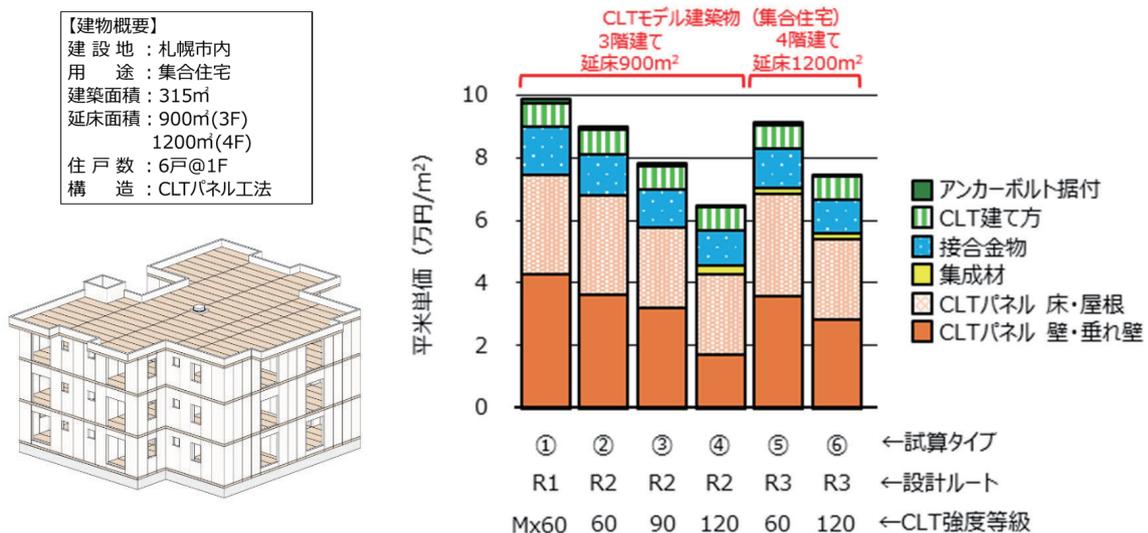


図3 CLT 建築モデルと構造体の建築コストの試算結果

[ 問い合わせ先：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 G Tel 0166-75-4233 ]

## ニセアカシア材の利用方法の検討

長野県林業総合センター 木材部 山口 健太

### 研究の背景・ねらい

ニセアカシア（ハリエンジュ）は北アメリカ東部原産の樹種で、1880年代から荒廃地緑化に使われ始めましたが、繁殖力が旺盛なことから県内各地で野生化し、在来樹種を駆逐してしまうこと、洪水時に流木となり流下を阻害すること等の理由により、地域によっては問題となっています。一方で、適切な管理のもと、産業上の利用が認められている外来種であり、特に養蜂家にとっては貴重な蜜源植物です。また、木材としてみると、当センターにおける既往の研究により、強度性能の高さ、硬い材質、重厚感のある茶系統の材色から未利用広葉樹としてかなり有望な樹種であることが明らかになっています。本研究においては、ニセアカシアの木材としての利用方法を検討するための乾燥試験及び、熱処理を実施した材の彩色の比較・評価を行い、利用方法の検討を行いました。

### 成 果

県内の河川敷において伐採されたニセアカシア原木18本から、板材77枚（厚さ37×幅80～270×長さ2,000mm、耳付）を製材し、その後全ての板材を当センターの蒸気式木材乾燥装置を使用し、表1の乾燥スケジュールにより、目標仕上げ含水率8～10%の人工乾燥を実施しました。その後約半数の40枚を当センターの蒸気圧力併用式乾燥機を使用し、乾燥機内を過熱水蒸気で満たす処理を実施した後、120℃温度差なしで19時間の熱処理を実施しました。乾燥前後及び熱処理後に重量、含水率計含水率、全乾法含水率及び水分傾斜（4枚抽出）を計測し、乾燥後には反り及びカップ等の形質変化を計測しました。さらに乾燥に伴う色の変化に着目し、乾燥後の2m材を2分割して一方に熱処理を行い、それぞれの板材について色彩色差計を用いて彩色（L\*、a\*、b\*）を測定し比較・評価を行いました。

人工乾燥試験結果：乾燥及び熱処理後における形質変化等について表2に示します。50～80℃の人工乾燥では、乾燥前含水率45.3%を含水率8%以下まで乾燥させるのに433時間（約18日間）を要しました。全乾法平均含水率は乾燥後において7.9%となり、熱処理後には12.1%となりました。材面割れは、乾燥後に77枚中12枚に発生しましたが、熱処理後において新たな割れの発生は見られませんでした。

材の彩色の比較・評価：乾燥後と熱処理後の明度（L\*）と彩度（c\*）の比較では、熱処理後の明度と彩度が低下する傾向が見られました（図1）。乾燥後と熱処理後の黄みと赤みの比較では、熱処理を行うことで黄みが低く（弱く）なり、赤みが高く（強く）なる傾向がみられました（図2）。目視による評価では、中温乾燥後の茶系統の材色が、熱処理により明らかに、内部まで重厚感のある黒系統の材色に変化していることを確認しました（写真1）。

### 成果の活用

この色の変化を生かし、新たな木製品の試作についても取り組んでおり、県内企業と共同で、ミニ樽及び椅子の製品試作にも取り組みました（写真2）。一般的な熱処理より低い温度で重厚感のある黒色に変化させることが可能なことは、他の樹種にはない特徴だと思われるため、今後はこの特徴を生かした利用方法を関係者に普及していきます。

表 1 乾燥スケジュール

含水率(%)	乾球温度(°C)	湿球温度(°C)	温度差(°C)	実際の処理時間(h)
生~40	50	46	4	24
40~35	50	44	6	24
35~30	50	41	9	43
30~25	55	41	14	73
25~20	60	38	22	35
20~15	65	37	28	85
15~8	80	52	28	100
送風	0	0	0	1
イコライジング	70	60	10	24
コンディショニング	70	65	5	24
			合計	433

表 2 乾燥及び熱処理後における形質変化

	全乾法含水率(%)			全乾密度(g/m <sup>3</sup> )	重量減少(%)		材面割れ(広い面)(cm)	反り(広い面)(mm/2.0m)	カップ(mm/12m)
	乾燥前	乾燥後	熱処理後	乾燥後	乾燥後/乾燥前	熱処理後/乾燥後	乾燥後	乾燥後	乾燥後
平均値	45.3	7.9	12.1	0.803	72.3	101.0	2.5	6.8	1.600
最小値	41.2	7.4	11.5	0.779	66.3	98.0	0.0	2.0	0.130
最大値	49.3	8.4	12.9	0.819	77.2	103.0	38.0	20.0	4.556
標準偏差	0.0	0.4	0.0	0.017	0.0	0.0	7.5	3.4	0.885
変動係数	8.8	5.4	5.1	2.200	4.1	1.1	289.0	50.1	56.938
個数	4	4	4	4	77	24	77	77	77

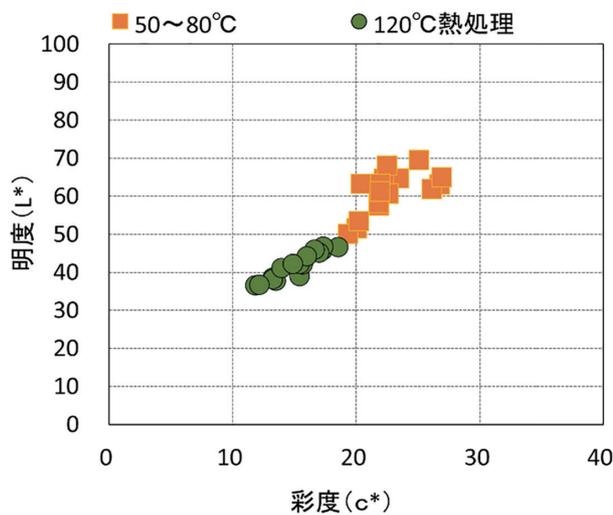


図 1 乾燥後と熱処理後の明度 (L\*) と彩度 (c\*)

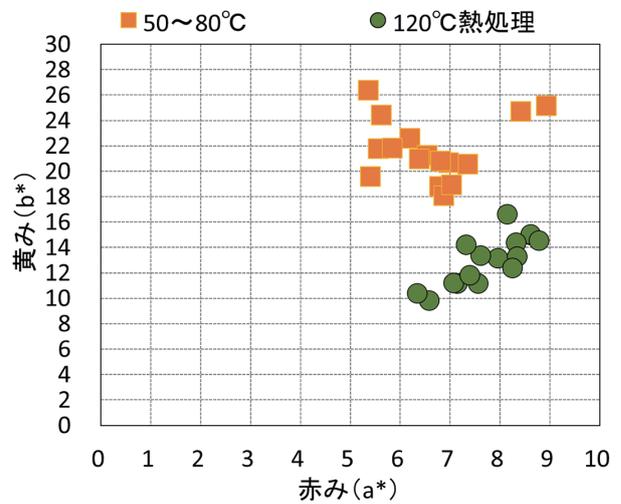


図 2 乾燥後と熱処理後の黄み (b\*) と赤み (a\*)

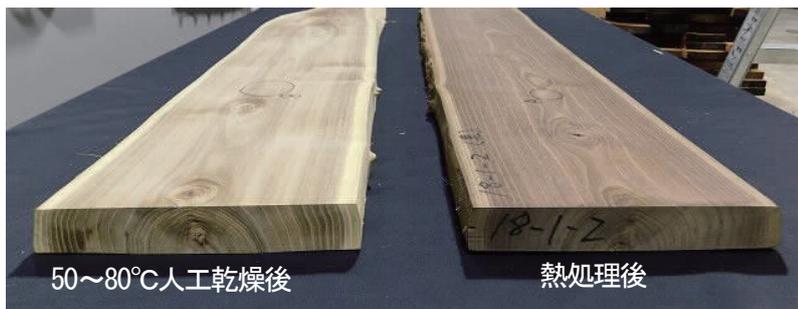


写真 1 乾燥後と熱処理後の対比写真



写真 2 試作したミニ樽と椅子

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

# ヒノキ心去り正角重ね材エレメントの 製材方法の違いによる強度性能

岐阜県森林研究所 森林資源部 田中 健斗・土肥 基生

## 研究の背景・ねらい

岐阜県産ヒノキは大径化が進んでおり、従来の心持ち正角1丁取りに代わり心去り材を複数製材することが可能となってきています。心去り材は心持ち材と比べて強度性能に優れているとされており、今後接着重ね材の構成材料として利用可能であると考えています。

今回、心去り正角を2丁取りすることが可能な岐阜県産ヒノキ大径材から、より高強度の構成材料を得られる製材方法を、丸太の中心軸と平行に製材する「中心定規挽き」と丸太側面と平行に製材する「側面定規挽き」で比較検討しました。

## 成 果

4m及び6mの岐阜県産ヒノキ丸太(末口平均直径29.3～33.2cm)1本から得られる2本の心去り正角材のうち1方は中心定規挽き、もう1方は側面定規挽きで製材し、4m材は人工乾燥機による中温乾燥(目標含水率15%)、6m材は天然乾燥を行いました。その後断面寸法120mm×120mmに加工したのち、実大材曲げ試験機を用いて3等分点4点荷重法による曲げ破壊試験を行った結果、見かけの曲げヤング係数(MOE)、曲げ強さ(MOR)ともに製材方法による統計的な差は見られませんでした(studentおよびwelchのt検定(両側検定)、 $p<0.05$ )。(表1)

どちらの製材方法も見かけのMOEとMORの間に相関が見られました。(図1)また、全ての材が製材JASの機械等級区分による基準強度を満たしていました。ただし、6m中心定規挽き材はMOEとMORのばらつきが大きく、基準強度に近いものが一部見られました。

製材方法による強度性能の差が見られなかった理由として、原木の細りが1mあたり5～6mm程度と小さく、元末の直径差が数センチ程度であったため、中心定規挽き材と側面定規挽き材を比較しても製材表面と繊維走向のなす角度の差が小さく、強度性能に大きな影響を及ぼさなかったと考えられました。細りの大きな材では今回と異なる結果が得られる可能性もありますが、今回のように重ね材構成材料としての使用を目的とした場合は、製材コストが安く、作業効率が高い中心定規挽きを採用することが適当であると考えられました。

## 成果の活用

今回の結果を基に、構成材料の製材の際は中心定規挽きを採用することとし、高い強度性能を持つ接着重ね材の開発を行います。また、今回の成果をホームページや県内業者向け情報誌、研究成果発表会などで公表しています。

表 1 製材方法ごとの強度性能

4m材		Efr kN/mm <sup>2</sup>	見かけの密度 kg/m <sup>3</sup>	含水率 %	MOE kN/mm <sup>2</sup>	MOR N/mm <sup>2</sup>
中心 定規 挽き n=10	平均値	12.09	458	13.5	10.50	66.1
	最大値	13.40	512	15.3	12.05	71.6
	最小値	10.57	432	11.8	8.27	59.6
	標準偏差	0.99	23	1.5	1.09	4.1
	変動係数	8.16	5	11.3	10.42	6.2
側面 定規 挽き n=10	平均値	11.99	452	13.4	10.45	65.6
	最大値	14.64	490	14.9	12.92	74.7
	最小値	9.57	431	11.9	8.39	58.3
	標準偏差	1.45	17	1.0	1.24	5.6
	変動係数	12.12	4	7.6	11.88	8.6

6m材		Efr kN/mm <sup>2</sup>	見かけの密度 kg/m <sup>3</sup>	含水率 %	MOE kN/mm <sup>2</sup>	MOR N/mm <sup>2</sup>
中心 定規 挽き n=12	平均値	12.28	477	15.8	11.94	75.2
	最大値	14.79	516	17.4	14.63	103.1
	最小値	9.89	369	14.1	8.06	46.8
	標準偏差	1.54	45	1.0	2.19	21.5
	変動係数	12.58	9	6.4	18.36	28.7
側面 定規 挽き n=12	平均値	12.17	477	15.3	11.77	76.9
	最大値	13.64	531	16.8	14.56	88.7
	最小値	9.25	416	14.1	8.09	57.0
	標準偏差	1.30	39	0.8	1.99	9.4
	変動係数	10.64	8	4.9	16.92	12.2

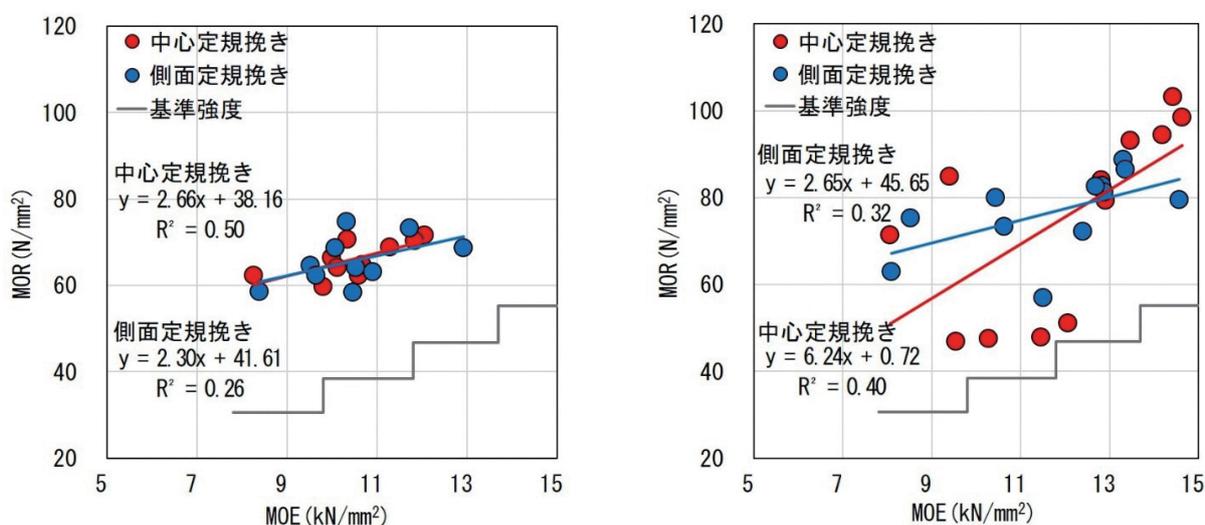


図 1 MOE と MOR の関係 左：4m 材 右：6m 材

[ 問い合わせ先：岐阜県森林研究所 森林資源部 Tel 0575-33-2585 ]

## 県産材を使用した床構面等の開発に関する研究

愛知県森林・林業技術センター 技術開発部 上田 耕大<sup>1</sup>・藏屋 健治  
(<sup>1</sup>: 現 愛知県豊田加茂農林水産事務所)

### 研究の背景・ねらい

近年、全国的に大規模地震の発生頻度が高くなっており、住宅の耐震性能への関心が高まっています。愛知県においても、耐震性の高い住宅を求める人が多くなっています。一方で、県内の人工林は高齢級化が進んでおり、搬出される丸太の大径化が進んでいます。そのため、大径材の利用を拡大させるために梁・桁以外の新たな用途開発が求められています。

そこで本研究では、水平構面の剛性に着目し、一般的に使用されている構造用合板を使用した水平構面とは異なるスギの厚板を利用した、長期優良住宅で利用しやすい床倍率を取得できる新たな仕様を開発することを目的としました。

### 成 果

試験体の大きさを、幅 1,820mm × 長さ 2,730mm とし、梁および桁は幅 120mm × 高さ 150mm、小梁は幅 120mm × 高さ 120mm の無等級のスギ材を使用しました。床板は、厚さ 30mm × 幅 200mm × 長さ 2,730mm のスギ板を長さ方向に本実加工を施し、並べて使用しました。それぞれ仕様の異なる試験体を 5 体用意し、(公財)日本住宅・木材技術センターが定める「木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2017 年版)」に準じて面材張り床水平構面の面内せん断試験を行いました。この結果から、短期標準せん断耐力の高い 2 試験体を元にして、施工性を向上させる変更を行い、新たに 2 種類の仕様 (試験体 A、試験体 B) を決定し、性能評価試験を行いました (写真 1、2)。

試験体 A は床板の表面に 10mm の切り欠きをプレカット加工で行い、根太を落とし込む方法としました。作業の施工性を向上させるために釘の種類を 1 種類とし、釘を川の字打ちで仕上げました。試験体 B は、根太を床板の端部に設置する方法としました。作業の施工性を向上させるため、釘の配列を変更し、また四周打ちから川の字打ちに変更することで使用する釘の本数を減らしました。性能評価に必要な成績書を取得するため、面内せん断試験をそれぞれ 3 体ずつ行いました (図 1、2)。その結果、試験体 A においては、床倍率が 1.62 (低減係数 0.8)、試験体 B では 1.19 (低減係数 0.8) という値を得ることが出来ました。

### 成果の活用

今回の研究で、床倍率の高さを重視した仕様 (試験体 A) と施工性を重視した仕様 (試験体 B) の 2 種類の性能評価を得ることが出来ました。これらは、評価基準で定められている梁組の上に固定した根太 (根太間隔 340mm 以下) に幅 180mm の板材を釘で打ち付けた床構面 (0.30 倍) よりも高い性能を有し、木造軸組住宅において十分活用できる仕様となりました。研究の成果については、当センターの研究報告やホームページ等で公表しています。



写真 1 面内せん断試験の様子  
(試験体 A)



写真 2 面内せん断試験の様子  
(試験体 B)

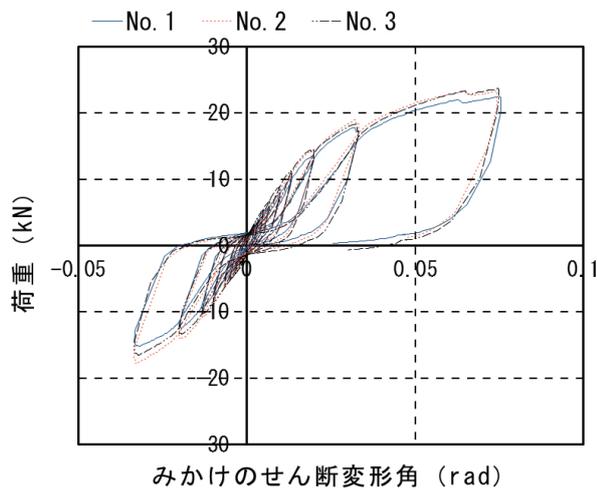


図 1 荷重—みかけのせん断変形角曲線  
(試験体 A)

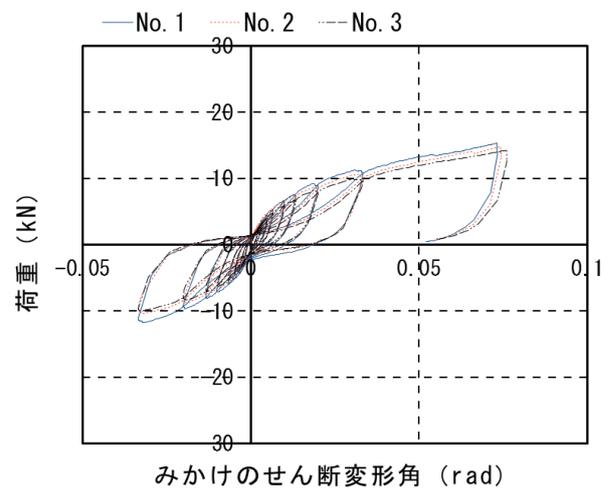


図 2 荷重—みかけのせん断変形角曲線  
(試験体 B)

図 1 と 2 は、(1) y 軸の高さが高いほど大きな荷重に耐えることができ、(2) 全体の形の大きさが大きいほどエネルギーを吸収でき、(3) 原点からの立ち上がり角度が急なほど変形しにくいことを示している。

## 県産優良スギ材の音響特性評価と商品開発

奈良県森林技術センター 木材利用課 清川 陽子

### 研究の背景・ねらい

奈良県産スギ材の中には、密植・多間伐・長伐期という細やかな施業体系で育林され、緻密な年輪構造を有して、強く、美しいという優れた特徴をもつ優良な材があります。それらの特徴を活かせる新たな用途として、楽器への利用を検討しました。この県産優良スギ材の音響特性を評価するとともに、バイオリン、ビオラ、チェロを開発しました(図1)。また、材料としてのその他の因子についても評価をおこない、その関係性を明らかにしました。

さらに、民間での県産優良スギ材を用いた楽器製作・販売を促進するため、振動試験や主観評価を実施する等、商品開発の支援を行いました。

### 成 果

#### 1. 県産優良スギ材の音響特性の把握

県産優良スギ材の音響特性(損失正接( $\tan \delta$ )、比動的ヤング率( $E/\rho$ ))を把握し、楽器等に用いられる外国産材(欧州産スプルース、カエデ、シトカスプルース)と比較したところ、県産優良スギ材は、 $E/\rho$ について、欧州産スプルースやシトカスプルースよりもやや小さくなる傾向にあるものの、 $\tan \delta$ については類似の値であり、バイオリン等の弦楽器の表板の材料として有用であることがわかりました(図2)。

#### 2. 乾燥温度や年輪幅の大小が音響特性に与える影響

乾燥温度の異なる3種類(60℃、45℃および27℃)の材で比較した結果、60℃までの人工乾燥であれば、音響特性に影響を及ぼさないことが明らかになりました(表1)。また、平均年輪幅の大小で比較した結果、今回調査した4.7mmまでの範囲であれば、音響特性の良否には影響がないことが確認でき、表板として選択可能な材料の範囲が明確になりました。

#### 3. 県産優良スギ材を用いた商品開発支援

民間で製作された県産優良スギ材を表板に使用した吉野スギギター(図3)について、その材料となった県産優良スギ材(天井板として販売)と、ギター表板用材として販売されていた欧州産スプルース、北米産ベイスギの音響特性を比較評価し、県産優良スギ材がギター用材としても利用が期待できることを確認しました。

また、県産優良スギ材を胴の部分に使用した吉野スギ桶太鼓(図4)について、主観評価を行いました(図5)。産地等が異なる4種類のスギで評価した結果、県産優良スギ材は、音色の総合評価で高評価であり、音色は硬くスピード感があるという特徴を有することがわかりました。

### 成果の活用

県産優良スギ材を用いたバイオリン、ビオラ、チェロについては、様々な演奏会での披露等で活用することにより、その有用性をPRしました。また、楽器の音響実験を実施し、その結果の一部について論文発表しました。

また、楽器製作、販売会社等に対して情報発信を行い、ギター、桶太鼓等数種類の楽器の一部に県産優良スギ材が使用されることとなりました。



図1 県産優良スギ材を用いたバイオリン、ピオラ、チェロ

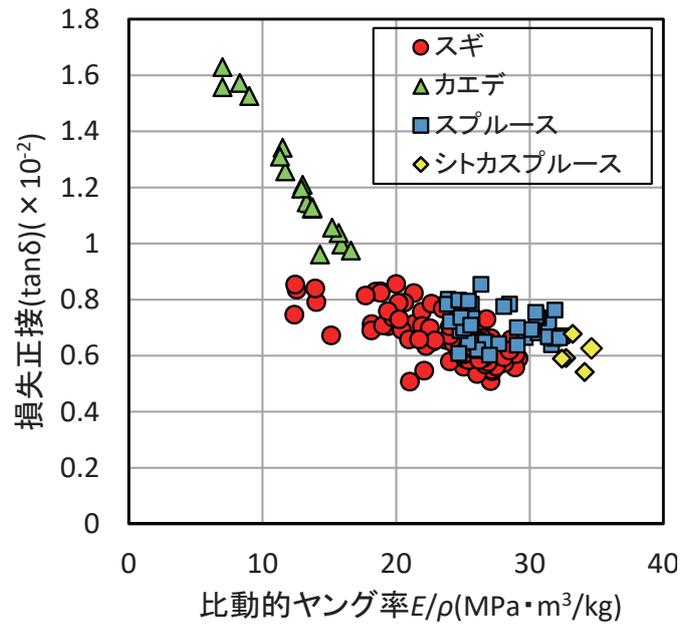


図2 県産優良スギ材、外国産楽器用材の  $E/\rho$  と  $\tan \delta$  の関係

表1 乾燥温度が異なる試験体の音響的性質

乾燥条件		$\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	$E/\rho$ ( $\text{MPa}\cdot\text{m}^3/\text{kg}$ )	$\tan \delta$ ( $\times 10^{-2}$ )	含水率 (%)
①60°C乾燥	平均値	388	25.1	0.663	12.4
(n=40)	標準偏差	28	3.4	0.074	1.0
②45°C乾燥	平均値	386	24.5	0.677	13.7
(n=39)	標準偏差	28	2.9	0.062	1.0
③27°C乾燥	平均値	388	24.4	0.670	14.4
(n=40)	標準偏差	27	3.0	0.065	0.9



図3 吉野スギギター



図4 吉野スギ桶太鼓



図5 主観評価の様子

[ 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 ]

## 岡山県産材による熱圧処理技術の開発

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 金田 利之

### 研究の背景・ねらい

「公共建築物等木材利用促進法（H22）」の施行により、現在、公共建築物における木造化、内装等の木質化が推進され、フローリング等の内装材としての木材の需要拡大が期待されています。しかし、岡山県産の主要樹種であるヒノキ及びスギは、材質が軟らかく表面が傷つきやすいという欠点があります。さらに一般住宅では、施主の洋風志向や住宅様式によっては色調がニーズに合わない場合が見受けられます。今後、フローリング等内装材としての県産材の更なる需要拡大を図るためには、材面の高硬度化や材色の調整が重要となります。

このような背景から、熱処理と圧密化を同時に行う熱圧処理技術を確立するために本研究を実施しました。

### 成 果

#### 1. 実大材における熱圧処理条件

無節ヒノキ及びスギ実大材（厚 42 × 幅 120 × 長 2,000mm）における熱圧処理条件を熱圧処理装置（写真 1）により検討したところ、処理時間 6 時間で圧縮率 40%の熱圧処理材を得るには、ヒノキでは温度が 200℃以上、圧力が 1.5N/mm<sup>2</sup>以上必要であり、スギでは温度が 200℃以上、圧力が 1.0N/mm<sup>2</sup>以上必要でした。

#### 2. 熱圧処理材の表面硬さ

木材の試験方法（JIS Z 2101）の表面硬さ（ブリネル硬さ）に準拠して熱圧処理前後の表面硬さを測定したところ、ヒノキ及びスギ熱圧処理材（処理温度：180～220℃、圧縮率：30～50%）の表面硬さは、圧縮率が大きいものでは処理前より 2 倍以上高くなっていました（表 1）。

#### 3. 熱圧処理材の寸法安定性

寸法安定性試験は、優良木質建材等認証の品質性能評価基準 K-1 熱処理壁用製材に準拠して、水中に 24 時間浸漬後、70℃の恒温乾燥機で浸漬前の 100～110%の重量になるまで乾燥し、浸漬前後及び乾燥後の寸法と重量を測定しました。ヒノキ及びスギ熱圧処理材は、処理温度 180℃を除いて判定基準（浸漬前の寸法と乾燥後に測定した寸法の差が±1mm 以内）を満たしていました。さらにヒノキ及びスギ熱圧処理材の吸水率と体積膨潤率は、200℃以上の処理温度で減少する傾向が認められ、特に処理温度 220℃の体積膨潤率の平均値は、ヒノキ及びスギ無処理材の平均値と比較して、ヒノキが 84%、スギが 87%減少しており、高い寸法安定性が認められました（図 1）。

### 成果の活用

本研究により、岡山県産ヒノキ及びスギによる実大サイズでの熱圧処理技術を開発することができ、令和 2 年度に完成した林業技術研修棟の玄関ホール（約 40 m<sup>2</sup>）のフローリングに採用されました（写真 2）。今後は、県内でフローリングなどの内装材の製造を行っている関係企業に活用を促したいと考えています。なお、研究の成果は、当研究所研究成果発表会等で発表を行うとともに、ホームページでも公表する予定です。



写真1 熱圧処理装置

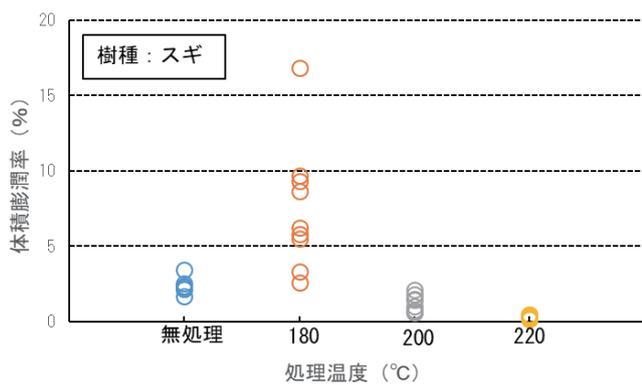
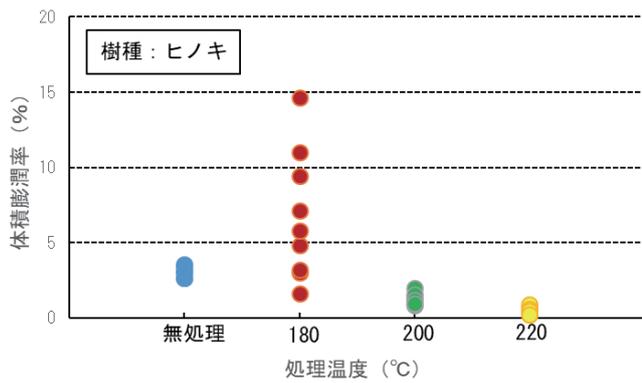


図1 処理温度と体積膨潤率の関係

表1 熱圧処理材の表面硬さの集計

樹種	処理温度 (°C)	圧縮率 (%)	平均表面硬さ (N/mm <sup>2</sup> )	
			処理前	処理後
ヒノキ	180	30	8.8	9.1
		40	9.0	14.0
		50	8.9	23.2
	200	30	10.8	11.8
		40	11.5	18.4
		50	11.4	22.4
	220	30	10.6	12.2
		40	10.2	16.1
		50	11.2	22.8
スギ	180	30	4.7	6.9
		40	4.5	8.2
		50	5.3	13.8
	200	30	6.5	7.7
		40	5.4	10.7
		50	6.7	16.7
	220	30	5.7	5.3
		40	4.1	10.6
		50	4.2	12.3



写真2 林業技術研修棟玄関ホール

[ 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 ]

# CLT 建築物の空間環境評価

愛媛県農林水産研究所 林業研究センター 中川 美幸

## 研究の背景・ねらい

CLT の利用をより普及させるため、設計士や消費者へのアピールポイントとして、その特徴の一つである高い断熱性をもたらす効果等を始めとした室内環境の向上に着目しました。そこで、CLT 建築物の空間環境の情報を収集するため、CLT パネル工法で建設された高校部室（H30 完成、以下、CLT 造）において、温湿度や空気質の測定、使用者に対する印象評価を実施しました。また、同じ敷地内にある、ほぼ同じ条件の鉄筋コンクリート造の部室（S61 完成、以下、RC 造）と、そこに木内装を施した部室（以下、RC 造木内装）においても同様の調査を行い、CLT 造と比較しました（写真1、測定時期：2019年7月～2020年6月）。

## 成 果

### 1. 温湿度変化

外気の日変動に対する各空間の日変動比の月別平均値を比較した結果、温湿度とも CLT 造の変動比が最も小さい値を示しました。特に CLT 造の湿度は、年間を通して安定的に小さい値を示しました（図1）。なお、梅雨時期における湿度の頻度分布は、分布範囲の広い外気に対して CLT 造では 50～70% に集中しており、人体に快適とされる湿度 40～60% の範囲の頻度は、RC 造部室で 47.3%、RC 造木内装は 49.0%、CLT 造では 49.8%、防カビや保存環境に望ましいとされる湿度 50～80% の範囲の頻度はそれぞれ 61.8%、67.3%、85.7% であり、CLT 造における湿度環境の改善が確認できました。

### 2. 抗カビ性能

カビ菌糸が封入されたカビセンサー（(一社)カビ予報研究室製）を一定期間設置し、カビ菌糸の生長量を比較したところ、菌糸生長量は RC 造が最も大きく、次に RC 造木内装、最も小さかったのは CLT 造でした。これは防カビに望ましい湿度環境と対応する結果でした（図2）。

### 3. 空気質評価

全ての条件で、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド濃度は指針値以下、VOC（揮発性有機化合物）濃度は、検出値以下であることを確認しました。

### 4. 印象評価

部室の使用者に対して、RC 造と比較した CLT 造の印象（18 対の形容詞）を 5 段階に分けて、最も近いと感じたものを選択してもらいました。CLT 造は「明るい」と「美しい」の項目が高く評価され、これは、木材特有の色味、艶及び木目等による効果であると考えられます。また、「落ち着く」、「のんびりした」など、リラックス状態と関連の強い項目に高い評価がありました。全体的に CLT 造の評価は好意的な印象を示し、現し施工された CLT パネルが見えることによって、木質材料の持つ特徴が評価に反映されている可能性が示されました（図3）。

## 成果の活用

本研究の成果は、製材及び建築・設計関係者を対象にしたセミナー等で情報提供し、県産 CLT 建築物普及活動におけるアピール材料の一つとして活用します。

	CLT 造 部室	RC 造 部室
外観・内観		
空間容積	約 27 m <sup>3</sup>	約 27 m <sup>3</sup>
開口部面積	3.02 m <sup>2</sup>	2.86 m <sup>2</sup>
完成年月	平成 30 年 3 月	昭和 61 年 3 月

写真 1 評価対象空間の詳細

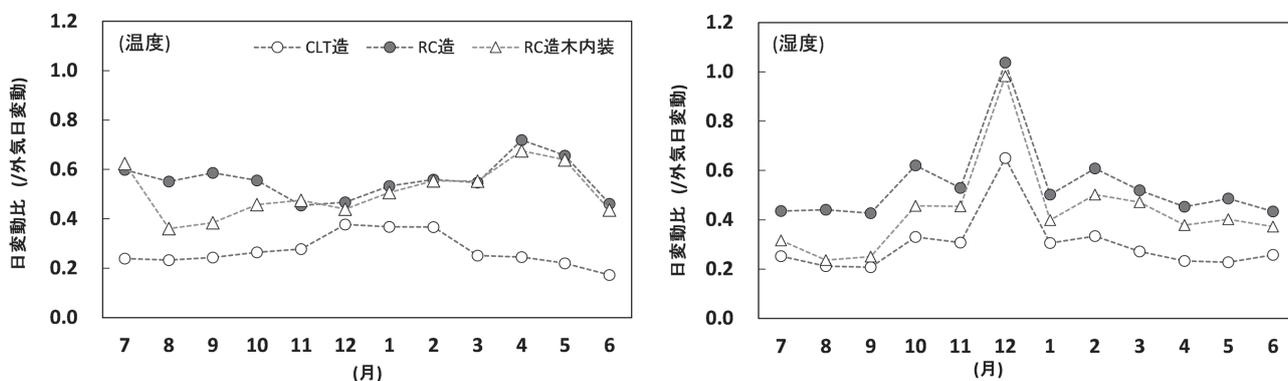


図 1 外気日変動に対する各空間温湿度の日変動  $\left[ \text{日変動比} = \frac{\text{各空間の最高値と最低値の差}}{\text{外気の最高値と最低値の差}} \right]$

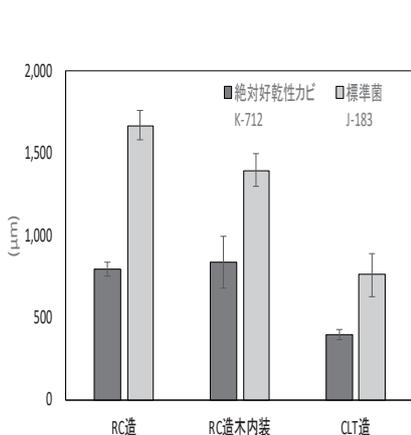


図 2 かび菌糸の生長量

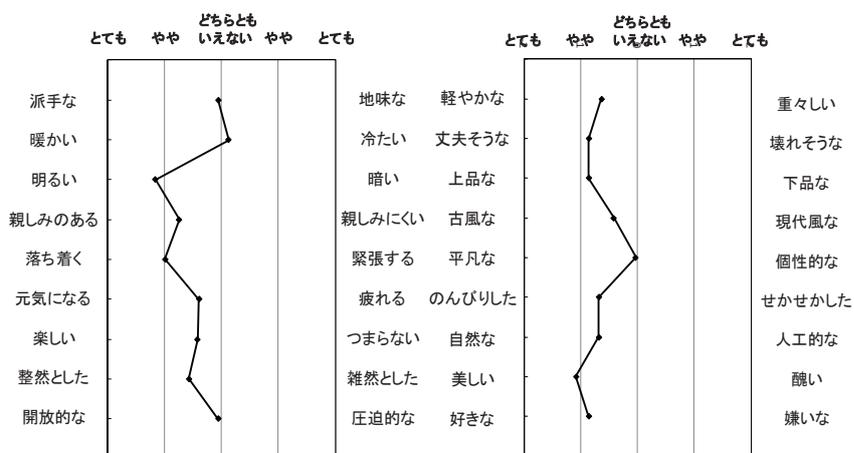


図 3 CLT 建築物空間の印象評価

[ 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 ]

## スギ大径材から生産可能な製材品の強度特性

熊本県林業研究・研修センター 林産加工部 荒木 博章<sup>1</sup>・平田 晃久<sup>2</sup>

野口 琢朗<sup>3</sup>・徳丸 善浩

(<sup>1</sup>: 現宮崎県木材利用技術センター 木材加工部 <sup>2</sup>: 現熊本県球磨地域振興局林務課

<sup>3</sup>: 現熊本県玉名地域振興局林務課)

### 研究の背景・ねらい

日本のスギ人工林資源は順調に成長し、森林の高齢級化が進んでいます。そのため、日本農林規格で「大の素材」(末口径が30cm以上)と定義されるいわゆる「大径材」の生産量が増大しています。木材自給率の向上や木材資源の持続的利用による温室効果ガスの排出低減などの面から、大径材から得られる製材品を最大用途である住宅等の建築部材として利用することが重要となります。一方で、大径材から生産された製材品は、品質(強度や寸法安定性など)に対する不明確さから未だ現場では敬遠される傾向にあります。

そこで、本研究では大径材から生産可能な製材品の強度特性を解明することとしました。

### 成 果

大径材からは、これまでの小・中径材では不可能だった幅広で梁せいが高い平角(心持ち平角のほかに大径材ゆえに生産可能な心去り平角)や枠組壁工法用部材である210材(断面寸法38mm×235mm)、208材(同38mm×184mm)などの製材品(横架材)が生産できます(図1)。

そこで、様々なヤング係数(3.2kN/mm<sup>2</sup>~7.7kN/mm<sup>2</sup>)の末口径40cmを超えるスギ丸太から図1左側のように断面寸法105mm×180mmの心持ち平角と心去り平角(各40体)を採材し、平角の曲げヤング係数と曲げ強度を調べました。その結果、丸太の縦振動ヤング係数と平角の曲げヤング係数及び曲げ強度との間には正の相関が認められるとともに、心去り平角の曲げヤング係数と曲げ強度は心持ち平角より高い傾向にあることがわかりました(図2)。また、平均末口径46cmのスギ丸太から採材した210材(78体)の曲げ試験の結果、曲げ強度の平均値は35.2N/mm<sup>2</sup>でした(表1)。曲げ強度の分布を正規分布と仮定して算出した信頼水準75%のときの95%下限許容限界値は、JS II甲種一級の基準強度13.9N/mm<sup>2</sup>を大きく上回る19.0N/mm<sup>2</sup>と十分な強度を有していることがわかりました。

### 成果の活用

熊本県林業研究・研修センターの各種刊行物、業務報告会及び森林総合研究所が作成するパンフレットで広く周知します。

現在、建築部材の中でも特に横架材は強度の面などから外国産材(ベイマツ平角など)が多く使用されています。今後、大径材から得られる強度などの品質が担保された断面が大きなスギ材が、外国産材の代替となることを期待します。

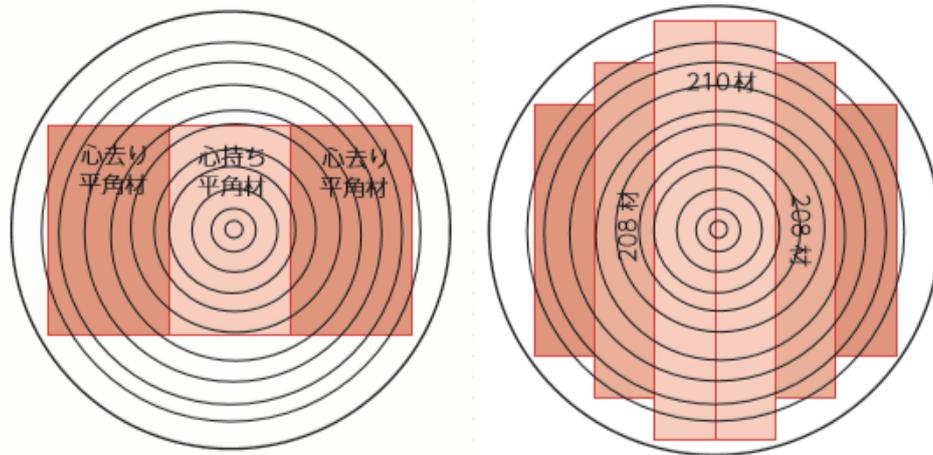


図1 末口径40cm以上の大径材の木取り例

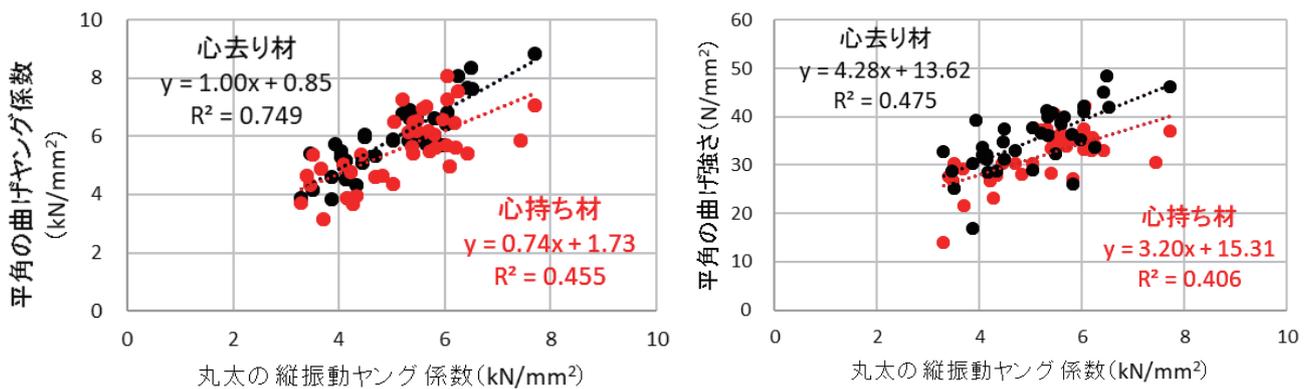


図2 丸太の縦振動ヤング係数と平角の曲げヤング係数並びに曲げ強度の関係

表1 210材の曲げ試験結果

区分	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	動的ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	最大荷重 (kN)	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	みかけの曲げ ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	含水率 (%)
平均値	367	6.90	15.3	35.2	6.46	13.8
最小値	324	4.81	8.5	19.5	4.55	12.7
最大値	425	9.21	23.4	54.2	8.55	15.1
標準偏差	20.9	1.00	4.0	9.12	0.97	0.52
変動係数 (%)	5.7	14.5	25.9	25.9	15.0	3.75

# ほんしめじ「福島 H106 号」新培地の開発

福島県林業研究センター 林産資源部 久保 智裕

## 研究の背景・ねらい

ほんしめじの人工栽培はこれまで一部企業により独自の栽培方法にもとづいて行われてきましたが、技術及びコストの両面において一般のきのこ生産者が栽培できる状況ではありませんでした。福島県では、一般のきのこ生産者向けにほんしめじ自然栽培技術の開発に取り組む、これまでに5,000円/kg相当の販売単価が確保できるのであれば、ある程度の収益を見込めることを確認しています。しかし、他の栽培きのこと同程度の収益を確保できる段階には至っておらず、収益を向上させるためには、さらなる発生量の増加が必要でした。このため、発生量の増加を目的として新たな培地（図1、2）を開発しました。

## 成 果

3種類の培地（表1）と3期間の培養日数（90日、120日、140日）で比較したところ、140日培養チップ培地の収量及び発生本数が最も多い結果が得られました。また、140日培養チップ培地は、これまでに用いてきた日向土（基準）培地（90日培養）に対し、収量及び発生本数ともに1.7倍（収量173%、発生本数166%）となりました（図3、4）。なお、140日培養チップ培地の1瓶当たりの発生量は174g、発生本数は5.3本、子実体重量は33gでした。

培養日数別に比較したところ、収量では90日培養では日向土（基準）培地及び日向土（置換）培地ともにチップ培地との差は認められませんでした。120日及び140日の培養日数では差が認められチップ培地の収量が一番高い結果となりました。また、発生本数ではどの培養期間でもチップ培地が一番多い結果となりました。

次に培地種類別に比較を行ったところ、日向土（基準）培地と日向土（置換）培地では90日培養の収量が一番多く、チップ培地では140日培養の収量が一番多い結果となりました。また、発生本数で見ると、日向土（基準）培地では培養日数が長期になるほど低下しましたが、チップ培地では培養日数間で差は認められませんでした。

以上から、広葉樹チップとフスマそして押麦を10:1:4で配合した140日培養の培地が収量・発生本数ともに最も優れているという結果が得られました。

## 成果の活用

新開発したチップ培地は、培養日数が長くなるものの既存培地と比較し2倍近い収量を実現できることから、直売所等での販売を想定した場合、十分な経済性を有していると考えられました。令和3年度から当該培地の販売が行われており、県内のきのこ生産者によって栽培が行われています。



図1 チップ培地でのほんしめじ発生状況



図2 チップ培地でのほんしめじ発生状況

表1 培地別組成及び配合比

培地種別	配合比 (容量比)
日向土 (基準) 培地	日向土 (中粒) : バーミキュライト : 押麦 = 12 : 1 : 4
日向土 (置換) 培地	日向土 (中粒) : フスマ : 押麦 = 12 : 1 : 4
チップ培地	広葉樹チップ : フスマ : 押麦 = 10 : 1 : 4

使用容器 : フィルターキャップ付き 1,400 mL PP ビン  
 培地充填量 : 容器肩口下まで (日向土培地約 900 g、チップ培地約 700 g)  
 培地の名称 : 日向土 (基準) 培地→これまで使用してきた培地  
 日向土 (置換) 培地→バーミキュライトをフスマに置き換えた培地

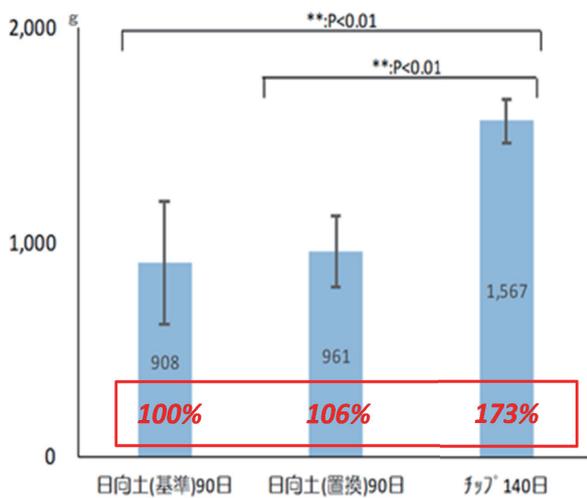


図3 培地別1コンテナ当たりの収量  
 ※1コンテナ当たり9瓶

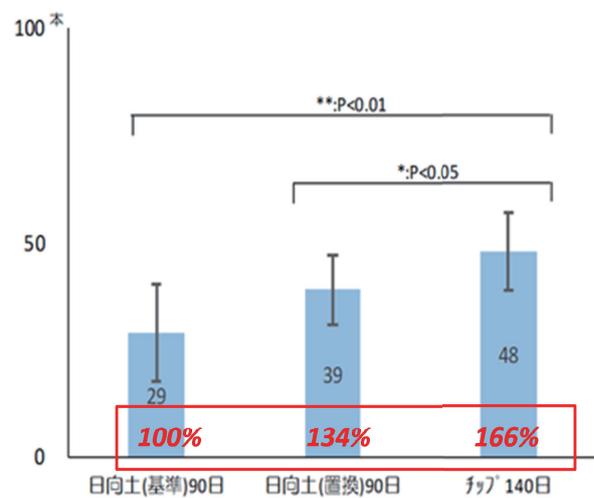


図4 培地別1コンテナ当たりの発生本数  
 ※1コンテナ当たり9瓶

# 傷つけ処理と低温湿層処理によるウルシ種子発芽促進

茨城県林業技術センター 小林 久泰  
市村 よし子

## 研究の背景・ねらい

茨城県は全国第2位の生漆生産県です。近年、漆塗の国宝や重要文化財の修復に原則的に国産漆の使用が推奨されるなど、全国的に国産漆の需要が高まり、ウルシ苗の生産と植栽が求められています。しかし、ウルシ種子は硬い果皮に覆われて吸水しにくく、発芽率も低いので、実生苗を効率よく生産するには、発芽を促進させる前処理が必要です。前処理の中で有効な手法として、種子を濃硫酸で処理する方法が知られていますが、濃硫酸は劇薬で取扱いに注意が必要なため、安全に処理できる方法が求められています。今回、傷つけ処理と低温湿層処理を組み合わせることで、ウルシ種子の発芽を促進させることができましたので紹介します。

## 成 果

1. 傷つけ処理として、ペンチによって、果皮にひびを入れる方法と爪切りによる方法、対照として濃硫酸処理を用いました。低温湿層処理は、冷蔵庫で5週間行いました。3種類の傷つけ処理と、傷つけ処理を行うタイミングを組み合わせ、合計6つの処理区を設け、表1のとおり種子を処理しました。処理前後で重量を調べた結果、傷つけ処理後に低温湿層処理した種子の方が傷つけ処理前に低温湿層処理した種子より処理後の重量が大きくなりました(図1)。重量の変化は吸水によるものと考えられ、吸水のためには、事前に処理が必要であることが示されました。
2. 1. の計測を行った後、各処理区全ての種子をセルトレイに播種し、適宜散水しながら20℃に設定した温室で管理しました。この間、週に一度発芽した苗数を数えて、発芽率を求めました。その結果、濃硫酸処理と爪切り処理では、傷つけ処理後に低温湿層処理をした処理区の発芽率が高かったのに対し、低温湿層処理後に傷つけ処理をした処理区はいずれも発芽率が低い結果でした(図2)。このことから、果皮による休眠が打破され吸水してからでないと、低温湿層処理の効果が発揮されないと考えられました。なお、ペンチ処理は、低温湿層処理の前後にかかわらず発芽がみられませんでした。特に、低温湿層処理前のペンチ処理では種子が重くなっており、吸水していたと思われませんが、胚が損傷して発芽しなかった可能性が考えられました。

## 成果の活用

以上のことから、爪切りのような傷つけ処理後低温湿層処理することが発芽に有効な可能性が考えられましたが、傷つけ方法によっては発芽しない危険性があることもわかりました。本手法により、安全に効率よくウルシ種子を発芽させることができましたが、手間がかかるので、大量の種子を処理するためには、さらなる研究が必要です。今後、生産者等と連携して、種子の大量処理法の開発に取り組み、ウルシ苗増産につなげていきたいと考えています。

表 1 試験の処理区と処理数

処理区	傷つけ 処理方法		処理内容	処理数
①	濃硫酸	濃硫酸→	低温湿層	60
②	ペンチ	ペンチ→	低温湿層	59
③	爪切り	爪切り→	低温湿層	60
④	濃硫酸		低温湿層 →濃硫酸	60
⑤	ペンチ		低温湿層 →ペンチ	58
⑥	爪切り		低温湿層 →爪切り	60

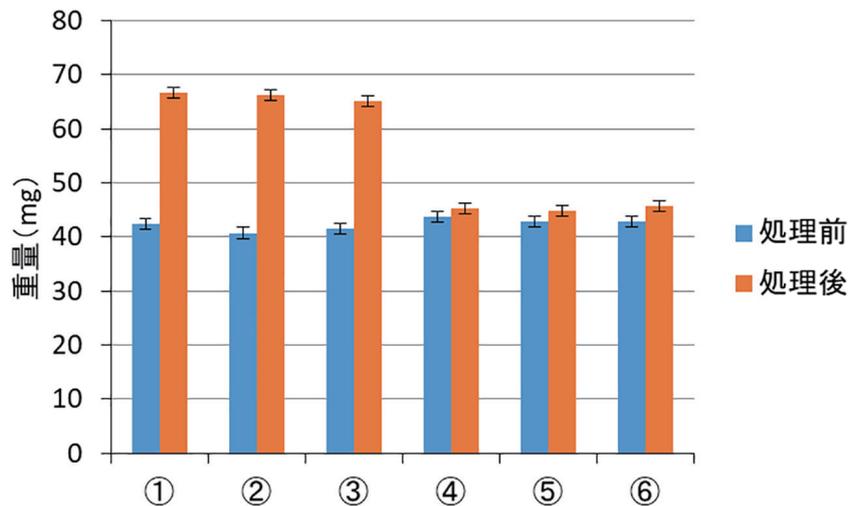


図 1 処理前後の種子重量  
①～⑥は表 1 の処理区を、エラーバーは標準偏差を示す。

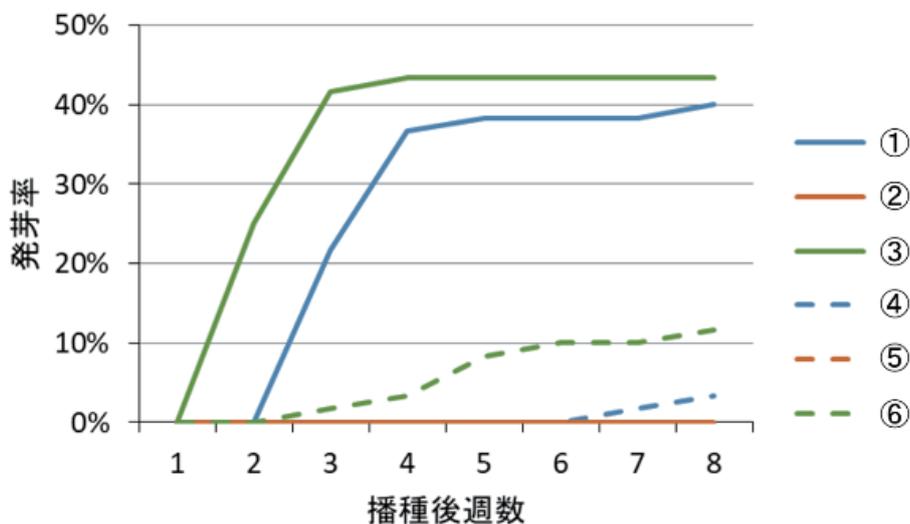


図 2 播種後の発芽率の推移 ①～⑥は表 1 の処理区を示す。

[ 問い合わせ先：茨城県林業技術センター きのご特産部 Tel 029-295-8070 ]

# ウラルカンゾウ (*Glycyrrhiza uralensis* FISHER) の 苗生産方法の確立

山梨県森林総合研究所 戸沢 一宏

## 研究の背景・ねらい

カンゾウは、生薬の中でも特に使用量が多く（平成26年度統計では3位）、そのうちのほとんどが中国からの輸入です。生薬としては、ウラルカンゾウ（以下、カンゾウ）が多く使われていますが、日本国内では開花することが少ないため、種子の生産もほとんどないのが実情です。国内生産も行われ始めていますが、苗の供給が問題となっています。現在、苗の生産は種子から行われていますが、種子は輸入しなければならず、輸入量が不安定なことから、カンゾウ以外の種子の混入などの問題があります。そこで、種子からの成苗率を確認し、安定的に苗の供給が行えるよう、種子生産のための開花促進条件と株からの増殖方法について検討しました。

## 成 果

1. 以前の研究で<sup>1)</sup>、100mmφの塩ビ管でカンゾウ苗を植栽し栽培したところ、根茎が塩ビ管内で十分に発達し、根がそれ以上伸びないと思われた株で開花が確認されました。そこで、塩ビ管内での根茎の充実が開花を促進すると考え、根茎のより早い充実を目的に50mmφの塩ビ管で栽培を行いました。加えて、開花を促進する波長をもったLED電球（SODATEK ウルトラ）の影響および灌水条件の影響についても調べるために条件を変えてで栽培試験を行いました（表1、図1）。しかし研究期間内では開花は確認されませんでした。
2. 以前の研究で100mmφ<sup>1)</sup>と今回の研究で50mmφの塩ビ管で栽培したカンゾウそれぞれ10株のグリシルリチン含有量を日本薬局方に準拠した方法で測定した結果、基準の2%に達した株はありませんでした。
3. カンゾウの植物体からの増殖のため、塩分濃度1/2のMS培地（ムラシゲスケーグ培地）にIAA（インドール-3-酢酸）とBA（ベンジルアミノプリン）を添加した培地内で増殖を行いました。BA添加区ではカルスが確認されました。IAA添加区では発根が確認され、その後、苗として順化できることが確認されました（表2、図2）。
4. 挿床として鹿沼土単用、ルートン添加区、不添加区で挿芽を行ったところ（図3）、ルートン添加区では発根率64%で発根することが確認されました。種子からの成苗率と比較しても大幅に向上することから、カンゾウの挿芽による増殖は有効な手法であることがわかりました。
5. カンゾウの国内栽培では、生薬基準を満たすことは難しいとされています。しかし挿芽や組織培養での増殖が可能であることから、グリシルリチン含有量の高い系統を選抜することで、生薬基準を満たしたカンゾウの国内生産も可能になると考えられます。なお、本研究ではカンゾウの苗生産が主な目的であり、表2で作成した苗のグリシルリチン含有量の測定は行っていません。

## 成果の活用

山梨県内でも栽培希望農家等があることから簡易な挿芽による増殖方法を普及していきます。また設備が整った苗生産業者には組織培養による栽培方法の技術提供を行っていきたいと考えています。

1) 平成27年度 山梨県森林総合研究所事業報告



対照区

試験区 1



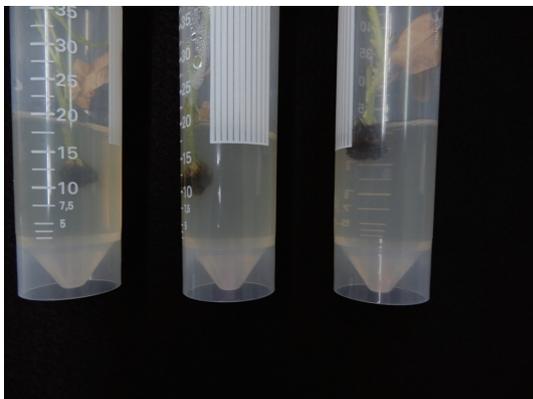
試験区 2

試験区 3

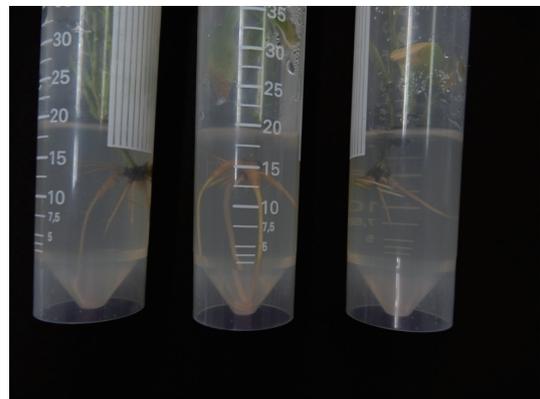
図 1 開花促進試験

表 1 開花促進試験によるカンゾウの成長結果

試験区	対照区	試験区 1	試験区 2	試験区 3
光条件	自然光	自然光	自然光+LED	自然光+LED
灌水条件	5分/day	5分/2day	5分/day	5分/2day
供試数	16	32	34	20
茎数/株	2.8	2.1	2.7	2.6
草丈 (cm)	51.3	69.1	65.2	67.8



BA 添加区



IAA 添加区

図 2 組織培養試験結果



図 3 挿芽による発根

表 2 手法による成苗率

手法	試供数 (本)	成苗数 (本)	成苗率 (%)
挿芽	100	64	64.0
組織培養	100	84	84.0
種子	200	65	32.5

[ 問い合わせ先：山梨県森林総合研究所 森林研究部 生産科 Tel 0556-22-8001 ]

## マツタケ試験地 41 年間の観測結果

長野県林業総合センター 特産部 古川 仁・片桐 一弘・増野 和彦  
育林部 田中 裕二郎・大矢 信次郎  
信州大学農学部 徳岡 滉大・水野 藍ら・山田 明義

### 研究の背景・ねらい

1980年、長野県南部の豊丘村にマツタケ生育適地の実証を目的とし、施業区と対照区で構成された試験地を設定しました。マツタケは一般に有機質の少ない土壤環境等を好むとされ、施業区は設定時に大規模な除間伐と地表堆積物除去を行い、その後も軽微な下層植生除去を継続することでマツタケに適した環境を維持しました。一方対照区は設定時を含め一切施業を行っておりません(表1)。2021年3月には試験地設定40年超を期に、森林環境(林分・土壌)の調査を行い、環境整備施業によるマツタケ子実体発生への効果を検証しました。

### 成 果

試験地設定後のマツタケ発生量を図1に示しました。1980年の発生量のみ対照区が施業区を上回りましたが、これは施業による発生環境の攪乱によるものと考えられ、それ以降は常に施業区が対照区を上回っています。発生量の年変動は施業区、対照区とも大きく、この変動幅を平準化するため攪乱があった1980年を除き、10年ごとに平均値を求めました(図2)。これによると1981年から2000年にかけては施業区と対照区の発生量に差はなく、2001年以降には有意差( $p < 0.01$ 、Fisherの最小有意差法)がみられています。これは施業効果により、施業区では発生量が維持されているものの、対照区では施業を行わなかったことにより発生量が減少したものと考えられます。

この施業効果は土壤環境にも表れていました。試験地設定時、及び2021年における施業区、対照区での土壤断面調査結果を図3に、2021年の土壤表層付近を写真1に示しました。これによると試験地設定当時はA層を欠いた受埴土と判定したものの、41年の経過により施業区、対照区ともに有機質の蓄積によりA層が形成されています。A層の形成は対照区のほうが厚い傾向がみられました。さらにA層形成に重要な因子となるA<sub>0</sub>層の厚さについて施業区、対照区それぞれ144地点で調査を行った結果、施業区は3.58cmに対し、対照区では5.15cm( $p < 0.01$ 、t検定)と対照区ではA<sub>0</sub>層が厚く堆積していることがわかりました。このため、対照区はマツタケにとって不適切環境である有機質の多い土壤形成が進行していることが明らかとなり、マツタケの生産には施業が重要であることが実証されました。

### 成果の活用

マツタケ山所有者の一部には、マツタケに悪影響を及ぼすとして施業を行わない例もあります。今回のような40年超にわたる調査事例は他にほとんどなく、得た施業実証例を、長野県まつたけ指導者研修会ほか、各種研修会で活用しています。

表 1 豊丘村試験地における施業と林況

試験区 (0.25ha)	調査 (年)	間伐前後の毎木調査結果								下層植生 の処理	地表堆積物 の処理
		施業前				施業後					
		樹高 (m)	胸高直径 (cm)	林分密度 (本/ha)	収量比数 (Ry)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	林分密度 (本/ha)	収量比数 (Ry)		
施業区	1980	10	10.9	3,700	0.87	11	13.7	1,925	0.73	全刈り	土壌表面まで 掻きとり
	2021					20.7	25.4	1,575	0.96		
対照区	1980	11	11	3,700	0.90			施業なし		施業なし	施業なし
	2021					20.0	26.2	1,100	0.91		

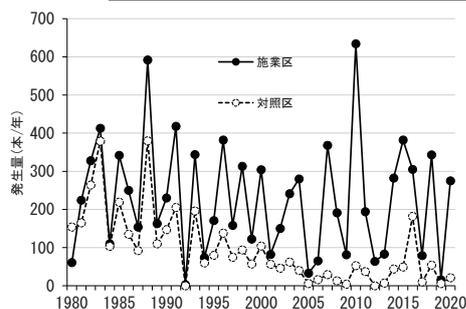


図 1 豊丘村試験地におけるマツタケ発生量の年変化

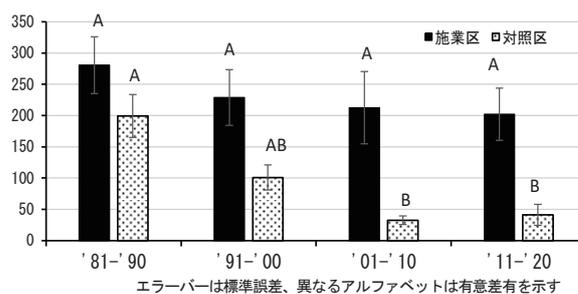


図 2 豊丘村試験地における10年毎の平均マツタケ発生量の変化  
エラーバーは標準誤差、異なるアルファベットは有意差を示す

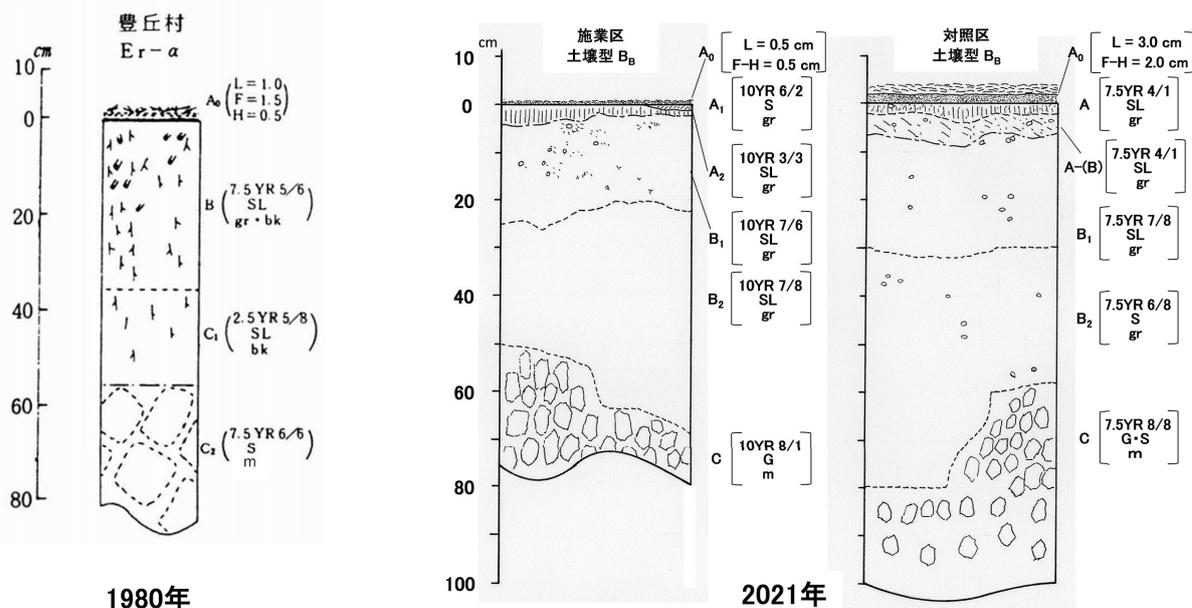


図 3 豊丘村試験地設定時（1980年）と設定41年後の施業区と対照区の土壌断面図



施業区



対照区

写真 1 豊丘村試験地設定41年後の施業区と対照区の土壌表層付近

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

# サカキを加害するサカキブチヒメヨコバイの防除方法

和歌山県林業試験場 特用林産部 田中 作治・坂口 和昭

## 研究の背景・ねらい

サカキは、和歌山県内に多く自生しており、日本有数の生産量を誇っています。しかし近年、サカキの葉に原因不明の白点被害が発見され、県内各地及び高知県、鹿児島県、佐賀県等西日本各地に被害が拡大し、サカキの品質低下による産地維持が懸念され、その対策を求められています(写真1)。このため、白点被害の原因究明と農薬登録を含めた防除方法の確立に取り組みました。

## 成 果

1. 白点被害の原因は、オビヒメヨコバイ族の新属新種であるサカキブチヒメヨコバイによる吸汁痕であることがわかりました。成虫の特徴は、体長約4mmで、メスは体色がやや薄く、腹部の産卵管により性別の区別ができます(写真2)。
2. 幼虫は、5回脱皮し、概ね3～4週間で成虫になります。また、吸汁行為は、成虫、幼虫共に行なわれ、細いストロー状の口吻を葉の細胞質に差し、内容物を吸汁することがわかりました(写真3)。
3. サカキブチヒメヨコバイを防除するため、3種類の農薬の薬剤効果試験を実施し、その結果を農薬メーカーに提供しました。アセタミプリド粒剤(商品名:ダイリーグ粒剤)は令和3年1月に、シペルメトリン乳剤(商品名:アグロスリン乳剤)は令和3年3月に、MEP乳剤(商品名:スミチオン乳剤)は令和3年4月に農薬登録されました。
4. サカキブチヒメヨコバイ成虫の発生は、春(5月)、夏(8月)、秋(10月)の3つの大きなピークがあります。防除には、幼虫を駆除することが重要なため、ダイリーグ粒剤を用いた場合、散布してから2週間後に効果を発揮することと幼虫の発生の時期が成虫の発生ピークの3～4週間前であることを考慮し、推定防除適期は、成虫発生ピークの6週間前であると考えました(図1)。
5. 手入れがされていないサカキ栽培地において施業(間伐・断幹・整枝)を行った今回の試験では、ダイリーグ粒剤をサカキの樹冠下にドーナツ状(直径1.5m、散布幅20～30cm)に春(4月)と秋(9月)に1回ずつ散布すると成虫の発生を抑制することができ、最も効率的な防除方法となりました(図2、3、4)。

## 成果の活用

1. サカキブチヒメヨコバイの登録農薬として、3種類が登録され使用可能となった。
2. サカキブチヒメヨコバイの生態や防除方法の研究成果をまとめた「サカキを加害する新種ヨコバイ(サカキブチヒメヨコバイ)防除マニュアル」([https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070100/070109/gaiyou/006/index\\_d/fil/sakaki.pdf](https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070100/070109/gaiyou/006/index_d/fil/sakaki.pdf))を令和3年2月に発行した(写真4)。
3. 本防除法をサカキ生産者に普及するため、研修会や現地指導を行い、成果を関係者に広く周知しました。



写真1 サカキの被害状況



写真2 サカキブチヒメヨコバイ成虫 (左:オス 右:メス)

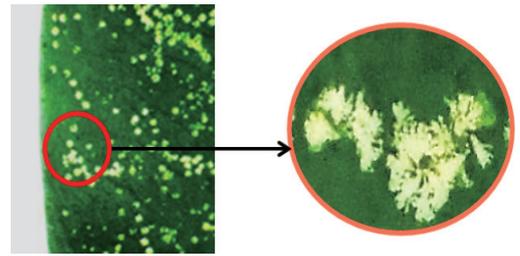


写真3 サカキの葉に発生するサカキブチヒメヨコバイの吸汁痕

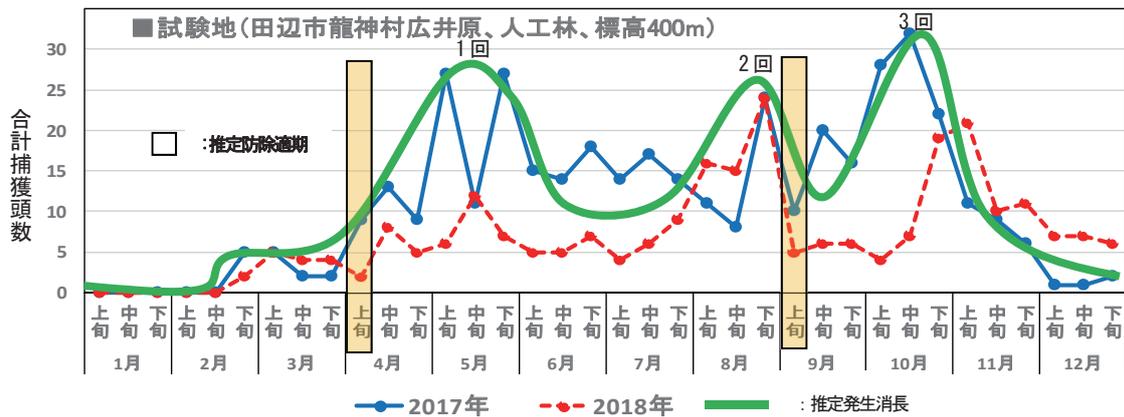


図1 サカキブチヒメヨコバイの推定した発生消長とダイリーグ粒剤による防除適期

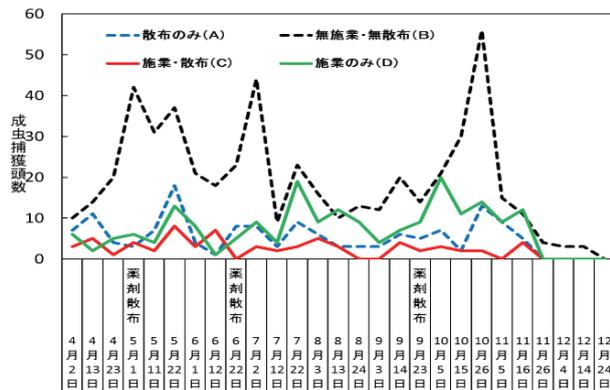


図2 施業・薬剤 (ダイリーグ粒剤) 散布の有無によるサカキブチヒメヨコバイ成虫の捕獲頭数

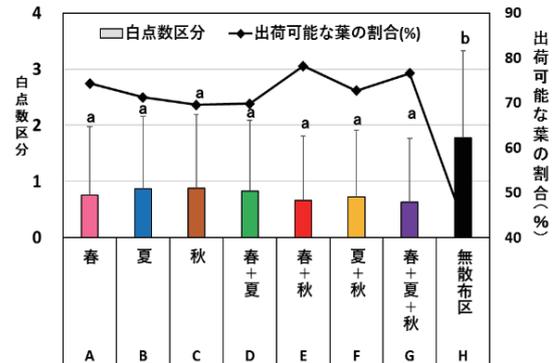


図3 サカキ被害葉の白点数区分と出荷可能な葉の割合 (ダイリーグ粒剤散布時期別)

注) エラーバーは標準偏差を示す無散布区と比較して散布区は1%水準で有意差あり



図4 サカキへのダイリーグ粒剤散布方法



写真4 サカキを加害する新種ヨコバイ (サカキブチヒメヨコバイ) 防除マニュアル

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

## 特用林産樹木の挿し木による増殖

鳥取県林業試験場 森林管理研究室 矢部 浩

### 研究の背景・ねらい

トチノキ・クワ・コウゾは、菓子や健康食品、和紙原料として利用されており、その多くは国外から輸入されています。しかしながらこれらの原材料は、近年、輸入材料から国産材料へシフトする動きが活発化しており、地域資源を活かした中山間地域の新たな収入源として期待されています。それぞれの生産現場では、高い生産性・高品質が見込まれる個体のクローン増殖が求められていましたが、既存技術には不明な点があり増殖成功率は低いのが現状でした。

新たな産地育成の基盤として優良品種の効率的な増殖技術の一助とするため、クローン増殖が可能な「挿し木」による「コンテナ栽培」方法について検討しました。

### 成 果

トチノキ、クワ、コウゾについて、それぞれ県内の生産者が優良品種として保有しているものから採穂し、用土、採穂部位、挿し木時期、発根促進剤の濃度などについて検討しました。

試験は育苗コンテナへの直挿しとし、クワとコウゾは40孔のマルチキャビティコンテナを、トチノキは24孔のマルチキャビティコンテナを使用しました。挿し木方法については、クワ、コウゾは管挿し、トチノキは団子挿しとしました。団子挿しでは、乾燥状態の鹿沼土を粉砕し、75 $\mu$ mメッシュの篩を通過したものに適度に水を加えて直径2cm程度の団子状に成形したものを使用しました(写真1)。試験は全てミスト散水装置付きのガラス室内で行いました。

成果として挿し木成績が向上する条件を表のとおり整理しました。これにより挿し木1年後の得苗率はトチノキが0%から35%に、クワでは10~30%から55~85%に、コウゾでは20~30%から95%に向上しました。

また、散水施設を持たない和紙生産者や薬用茶葉の生産者自らが原材料の育成を行う場合があることから、クワとコウゾについて衣装ケースを使用した簡易な増殖方法を検討しました。写真2のとおり衣装ケースの中に育苗コンテナを入れ、底面灌水することで良好な得苗率を得ることができました。これにより和紙生産者等の樹木の扱いに不慣れな方でも簡易に原材料を増殖することが可能となりました。

### 成果の活用

本研究により得られた成果は、本県の刊行物「新しい技術第58号」に公表するとともに、県、事業体等が開催する技術講習会で情報提供を行っています。

「新しい技術」<https://www.pref.tottori.lg.jp/236751.htm>

表 特用樹種別の挿し木増殖の条件

区分	トチノキ	クワ		コウゾ
挿し木方法	団子挿し	管挿し		管挿し
用土	真砂土	真砂土		真砂土
採穂部位	前年普通枝	前年普通枝	当年普通枝	当年萌芽枝
採穂時期	1~3月	12月	6月上旬~中旬	12月
穂木保管期間	—	4ヶ月(冷蔵5℃)	—	4ヶ月(冷蔵5℃)
挿し木時期	3月上旬~中旬	3月上旬	6月上旬~中旬	3月上旬~中旬
穂木サイズ	—	φ8mm以上	同左	φ10mm以上
発根促進剤と濃度	IBA 10~50ppm (団子に混合)	IBA 50~100ppm	IBA 5ppm	IBA又はNAA 100ppm
従来の得苗率	0%	10~30%	10~30%	20~30%
得苗率	35%	85%	55%	95%

※IBA:インドール-3-酪酸、NAA:ナフタレン酢酸



写真1 トチノキの団子挿しの様子

IBA を混合した水で練った直径2cm程度の団子に穂木を挿し、周囲を真砂土で覆っている



写真2 衣装ケースを利用したクワ・コウゾの簡易増殖の様子

[ 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 ]

## 自生由来エノキタケ品種の開発

島根県中山間地域研究センター 農林技術部 富川 康之

### 研究の背景・ねらい

本県のきのこ生産額は年間約17億円ですが、この75%以上はシイタケ生産によるものであり、シイタケ以外のきのこについても生産振興が必要と考えています。2012年度からは自生きのこを利用して品種開発を目指す研究がスタートし、現在もこのテーマで研究を継続しています。この研究を開始した当時は、県内ではシイタケ以外に8種が生産されていましたが、エノキタケは2001年度以降の生産がなかったこと、また本種の自生菌株を保有していたことから、エノキタケを品種開発対象の第一候補としました。

### 成 果

1. 県内4地域の自生子実体から得た7菌株(Fv-1～7)を供試しました。これらの自家交配を繰り返して、すべての交配株について栽培試験をした結果、家系3は菌糸伸長が速く、収量が多い傾向があり、家系2と家系7は株全体の色が均一で、柄が黒変しにくい特性が認められました。この栽培試験で収穫した子実体を単孢子分離用のサンプルとし、家系3の1次菌糸5菌株(Fv-3A～3E)と、同じく家系2と家系7の17菌株(Fv-2A～2KとFv-7A～7F)との間で他家交配(家系3×家系2+7)を行い、菌糸伸長、収量、子実体の色を総合的に評価して、16系統を品種候補として1次選抜しました。
2. 品種候補16系統の培養試験と栽培試験を行い、親株のFv-3、Fv-7および既存の登録品種と比較して菌糸伸長量や子実体の色などの違いが示せることを優先して、Fv-3E×7Eを品種として選抜しました(写真1)。
3. 温度別培養試験では、Fv-3E×7Eの菌糸伸長が最も速く、親株のFv-3を上回りました(図1)。
4. 栽培試験の結果Fv-3E×7Eの収量は112.6g/瓶で、親株Fv-3の137.5g/瓶には劣ったものの、登録品種Var-1、Var-2とは同等でした(表1)。
5. Fv-3E×7Eは親株Fv-3に比べて柄が黒変しにくい傾向が認められました(写真2)。
6. 子実体の遊離アミノ酸含有量はグルタミン酸、アスパラギン酸とも登録品種Var-1よりもFv-3E×7Eの値が大きく(表2)、試食アンケートでは128回答のうち60回答で旨味が強い、コクがあるなど好評価を得ました。

### 成果の活用

1. 2018年度から県内2か所の生産事業体によって開発した品種が利用され、2018年度は300kg、2019年度は600kg、2020年度は1,050kgと生産量が増加しつつあります。
2. 本県におけるエノキタケ生産は1974～2000年度の27年間に50～150t/年の規模で続けられましたが、2001年度以降の17年間は中断されていました。開発品種によって生産を再開することができたので、今後はさらに生産が拡大するように技術指導していきます。

### 知的財産取得状況

2018年4月に品種登録出願して、2021年8月5日付けで登録されました。品種名は「黄雲(こううん)」です。



写真1 選抜品種 (Fv-3E × 7E)

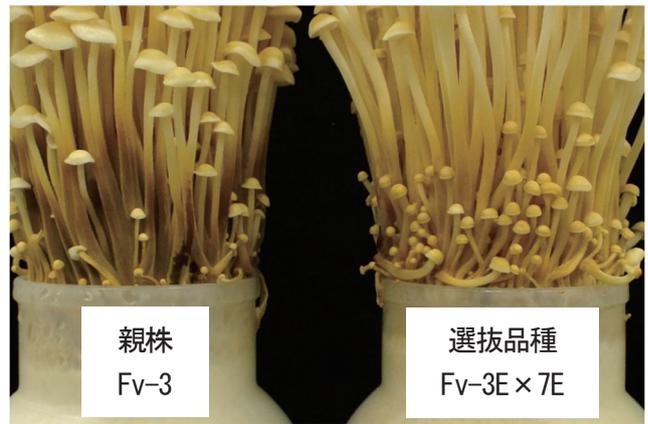


写真2 選抜品種と親株の柄の色

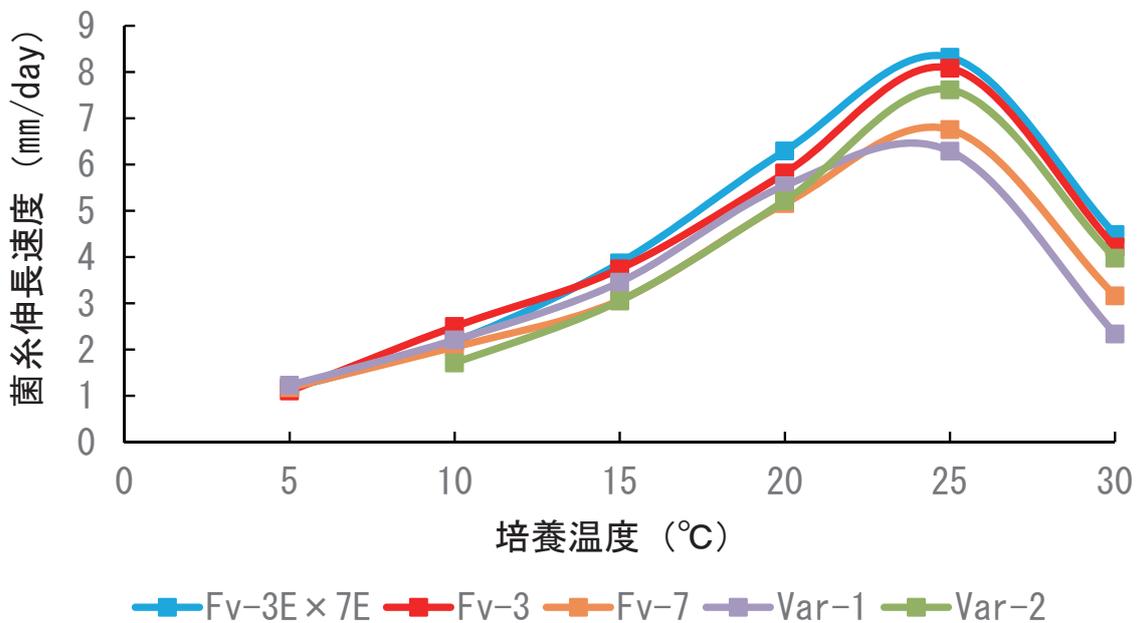


図1 選抜品種、親株および既存登録品種の培養温度別菌糸伸長速度

表1 子実体発生量

品種・菌株	生重量 (g)
Fv-3E × 7E	112.6
Fv-3	137.5
Fv-7	75.8
Var-1	115.2
Var-2	117.9

表2 遊離アミノ酸分析値

	Fv-3E × 7E	Var-1
グルタミン酸 (mg)	140	93
アスパラギン酸 (mg)	35	20

子実体 100 g 当たり含有量 (湿量基準)

# 原木シイタケ栽培における2才木の打木操作技術

大分県農林水産研究指導センター 林業研究部 きのごグループ 生野 柁大

## 研究の背景・ねらい

大分県では乾シイタケの生産者の高齢化により、ほだ木の伏せ込み量が減少し、今後の生産量の減少が懸念されています。また、生産現場からは「2才木からの発生が以前に比べて少なくなっている」との情報が寄せられています。特に、低温性品種においてその傾向が強くなっています。

そこで、乾シイタケの生産量を維持増大し、需要に対応するために、2才木の発生操作技術の開発を目的として試験を行いました。発生操作として、本試験では散水と散水後にほだ木の木口や樹皮を樹脂製のハンマーで叩く操作（以下、打木操作）を検討しました。

## 成 果

試験には低温性品種（品種A、品種B）を20駒接種した直径が10cm程度、長さは1mのクヌギを使用しました。1才木の発生量調査後、発生量が同程度になるように試験区を設定し、秋期、冬期又は春期に発生操作を行いました。散水は打木操作を行う前日の夕方から一晩（16時間）行いました。

### 1. 散水と打木操作による発生操作

品種Aにおいて、対照区（ほだ木の本数が36本/区、材積 $0.37\text{m}^3$ ）、12月散水/2月散水打木区（ほだ木の本数が34本/区、材積 $0.37\text{m}^3$ ）、12月散水打木/2月散水区（ほだ木の本数が35本/区、材積 $0.36\text{m}^3$ ）、12月散水打木/2月散水打木区（ほだ木の本数が34本/区、材積 $0.37\text{m}^3$ ）の計4区を設定し、試験しました。2019年12月と2020年2月に散水又は散水に加えてほだ木の木口を3回、樹皮を20回の打木操作を実施しました。その結果、散水による発生量の増加を確認し、打木操作を組み合わせると散水のみの場合より増加量が大きいことを確認しました（図1）。

### 2. 打木操作後の子実体の発生

品種Bにおいて、2020年2月に散水と打木操作を木口又は木口に加えて樹皮に行いました。木口のみ打木操作を行った処理区では、木口の周辺部から子実体が集中して発生しました（写真1、写真2）。

### 3. 発生操作を行う時期の検討

品種Aにおいて、対照区（ほだ木の本数27本、材積 $0.26\text{m}^3$ ）、2020年10月/2021年1月散水+打木区（ほだ木の本数31本、材積 $0.30\text{m}^3$ ）、2020年11月/2021年2月散水+打木区（ほだ木の本数15本、材積 $0.14\text{m}^3$ ）、2020年11月/2021年3月散水+打木区（ほだ木の本数16本、材積 $0.16\text{m}^3$ ）の計4区を設定し、試験しました。発生操作として散水に加えて樹皮10回の打木操作を2020年10月24日、11月10日、2021年1月21日、2月20日、3月1日に行いました。ただし、2021年3月1日の前日からの散水は降雨があったため、実施しませんでした。その結果、いずれの時期においても発生量の増加が確認されました（図2）。

## 成果の活用

今後、シイタケ生産者に情報提供し、散水と打木操作による発生操作の実施を促します。

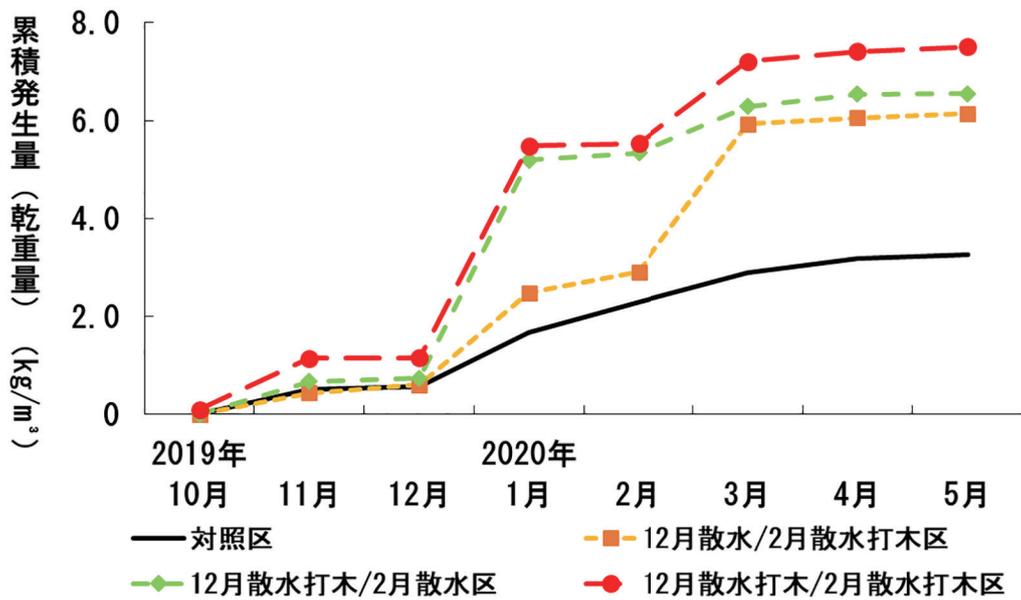


図1 散水、打木操作による発生操作を行った試験での累積発生量（乾重量）の結果  
累積発生量は子実体乾重量（kg）をほだ木の材積（m<sup>3</sup>）で除した値



写真1 木口の打木操作後の発生状況



写真2 木口、樹皮の打木操作後の発生状況

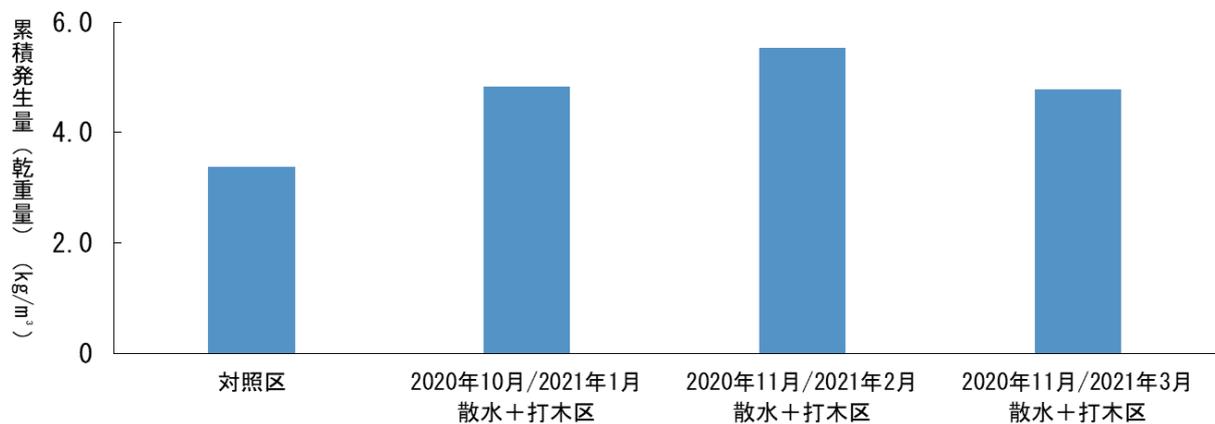


図2 異なる時期に打木操作を行った試験での累積発生量（乾重量）の結果  
累積発生量は子実体乾重量（kg）をほだ木の材積（m<sup>3</sup>）で除した値  
2021年3月1日の前日から行う散水は降雨があったため、実施せず

公立林業試験研究機関 研究成果集 No.19 令和3(2021)年度

---

発行日 令和4(2022)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>