

公立林業試験研究機関  
研究成果選集

No.8

2011.3

独立行政法人 森林総合研究所 編集・発行

## はじめに

我が国の森林資源は、戦後植林された人工林を中心に充実してきており、この森林資源を最大限有効に活用して森林・林業を再生し、持続的な森林経営の確立と国産材の安定供給体制を構築することが必要とされています。

このため、林野庁では平成21年12月に「森林・林業再生プラン」を策定し、「森林の有する多面的機能の持続的発揮」、「林業・木材産業の地域資源創造型産業への再生」および「木材利用・エネルギー利用拡大による低炭素社会への貢献」という3つの基本理念を掲げ、我が国の森林・林業を早急に再生していくこととしております。また、同プランを着実に推進するため、農林水産省内に「森林・林業再生プラン推進本部」を設置して検討を重ね、昨年11月には、森林・林業再生プランを推進していくための具体的な方向性について、最終とりまとめが農林水産大臣に報告されました。今後、森林計画制度の見直しや新たな森林・林業基本計画の策定を進めるとともに、森林施業の集約化、路網の整備、必要な人材の育成等を着実に実施していくことにより、持続的な森林経営の基盤の確立を通じた森林・林業の再生が図られることを期待しているところです。

また、本年は国連の定める「国際森林年」であり、豊かな森林を守り育てていくこと、またそのために国民一人一人が具体的に行動することが重要であることへの理解を深めるよう、全国各地でのイベントも活用しながら効果的な取組を展開することとしております。

森林・林業の再生や、多様化する森林に対する国民のニーズに適切に応えていくには、森林・林業・木材産業分野の科学的知見が大きな役割を果たすため、効率的・効果的な研究・技術開発の推進が重要であります。

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

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

平成23年3月

林野庁 研究・保全課長  
出江 俊夫

# 目 次

## ◇ 森林に係わる研究

---

1	トドマツ人工林における根株腐朽被害把握と回避法開発（北海道立総合研究機構林業試験場）	1
2	海岸林造成困難地の現況把握と要因の解明（北海道立総合研究機構林業試験場）	3
3	スギさし木苗と実生苗の植栽後 30 年間の成長量比較（岩手県林業技術センター）	5
4	薬剤の樹幹注入によるカツラマルカイガラムシ被害予防（山形県森林研究研修センター・長野県林業総合センター）	7
5	イノシシからタケノコを守る簡易電気柵と竹防護柵（千葉県農林総合研究センター森林研究所）	9
6	森林情報発信のための Google Earth 用データの作成（富山県農林水産総合技術センター森林研究所）	11
7	コナラのクローン増殖技術の開発（岐阜県森林研究所）	13
8	緑化施工地の実態調査と効果的な施工指針の開発（山梨県森林総合研究所）	15
9	高性能林業機械を使用したコスト計算プログラムの開発（静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター）	17
10	カワウによる森林被害の実態と生息地管理に関する研究（愛知県森林・林業技術センター）	19
11	MEP 乳剤によるカシノナガキクイムシの穿入防止法の開発（石川県林業試験場）	21
12	間伐実施林分の間伐経過年数と林床リター量の関係把握（三重県林業研究所）	23
13	コナラ植栽木と天然更新木の土石流等に対する抵抗力（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）	25
14	スギ雄花生産に及ぼす被陰処理・間伐の影響と薬剤効果（奈良県森林技術センター）	27
15	スギ花粉症対策品種の開発と増殖方法の検討（和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場）	29
16	抵抗性マツのさし木増殖と人工交配による抵抗性の向上（和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場）	31
17	作業道盛土の簡易な検査手法の開発（鳥取県農林総合研究所林業試験場）	33
18	スギ・ヒノキ立木の簡易材質診断技術の開発（島根県中山間地域研究センター）	35
19	最適作業システム判定方法の確立（岡山県農林水産総合センター森林研究所）	37
20	低コスト・高効率なグラップル系作業システムの開発（広島県立総合技術研究所林業技術センター）	39
21	抵抗性マツ苗生産実用化研究（愛媛県農林水産研究所林業研究センター）	41
22	ニホンジカによる剥皮害発生要因の解明と予防法の開発（福岡県森林林業技術センター）	43
23	列状間伐が林床植生に及ぼす影響の調査（佐賀県林業試験場）	45
24	新たな育苗コンテナ「M スターコンテナ」の開発（宮崎県林業技術センター）	47

25	沖縄北部広葉樹林の皆伐・択伐後 35 年目の林分調査 (沖縄県森林資源研究センター)	49
----	--	----

## ◇ 木材に関する研究

---

26	針葉樹合板の節脱落防止自動処理装置の開発 (北海道立総合研究機構林産試験場)	51
27	北海道型木製ガードレールの実用化 (北海道立総合研究機構林産試験場)	53
28	スギ樹皮の資源化に関する試験 (宮城県林業技術総合センター)	55
29	在来軸組工法における構造部材の接合技術 (福島県林業研究センター)	57
30	スギ樹皮の燃料特性とペレットの品質 (新潟県森林研究所)	59
31	エネルギー吸収能力に優れた耐力壁の開発 (富山県農林水産総合技術センター木材研究所)	61
32	農業用ビニールハウスを利用した太陽熱乾燥 (長野県林業総合センター)	63
33	ヒノキへの撥水性付与とヤニ滲出抑止 (三重県林業研究所)	65
34	木造住宅部材の適正含水率の把握と測定技術の向上 (兵庫県立農林水産技術総合センター森林林業技術センター)	67
35	過熱蒸気処理による木材チップの高耐朽化と外構資材の開発 (奈良県森林技術センター)	69
36	徳島すぎ高度難燃化技術の開発 (徳島県立農林水産総合技術支援センター森林林業研究所)	71
37	高知県産木造住宅の新規格化システムに関する研究 (高知県立森林技術センター)	73
38	スギ大径材の合理的利用のための丸太内ヤング係数の分布推定法 (熊本県林業研究指導所)	75
39	スギとヒノキを用いた異樹種集成材の実用化 (宮崎県木材利用技術センター)	77
40	木質系材料を用いた新工法の構造特性に関する研究 (鹿児島県工業技術センター)	79

## ◇ 特用林産に関する研究

---

41	ツバヒラタケの菌床栽培方法 (青森県産業技術センター林業研究所)	81
42	きのこ菌床栽培における害菌防除に関する研究 (秋田県農林水産技術センター森林技術センター)	83
43	エノキタケの菌床露地栽培技術の開発 (栃木県林業センター)	85
44	ヤマウコギの効率的増殖方法と普及 (埼玉県農林総合研究センター森林・緑化研究所)	87
45	新たに開発したブナシメジ「越のわらべ2号」(新潟県森林研究所)	89

# 1 トドマツ人工林における根株腐朽被害把握と回避法開発

北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場 森林資源部保護グループ 徳田 佐和子

## 研究の背景・ねらい

トドマツ人工林の高齢化に伴い根株腐朽被害の増加が懸念されることから、①知見が不足している収穫期を迎えた高齢級林分を中心にトドマツの根株腐朽被害の実態を把握する、②病原菌の伝染機構を明らかにするとともに被害多発地の特徴を抽出し、林齢・環境条件・施業履歴などの諸条件と被害発生との関係を明確にする、③調査・解析内容を統合し、根株腐朽被害を回避する手法を提案することを目的として研究を行いました。

## 成 果

①トドマツ高齢人工林の根株腐朽被害の実態把握：合計225地点、12,965本の調査データ（林齢24～90年生、平均57年生）を解析した結果、本数被害率および被害の程度は林齢とともに上昇し、根際の傷は腐朽被害を増加させていました（図1）。

②病原菌の生態調査（森林総合研究所との共同研究）：欧米で重要視されているマツノネクチタケがトドマツ人工林に被害を起こしていること（写真1）を、国内で初めてDNA解析により明らかにしました。また、国内のマツノネクチタケ属3種（マツノネクチタケ、レンガタケ、南方系の未同定種）の形態的特徴を明らかにし、後者2種を新種記載しました。68年生トドマツ被害林分におけるマツノネクチタケのジェネット群は非常に近縁かつ巨大で（最大の径は51m）、もとはごく少数のきのこに由来したものであることがわかりました。この場所のマツノネクチタケは人工林が造成されるより前に定着し、胞子による伝播よりも菌糸を伸ばす栄養成長によって、隣り合った宿主どうしの根から根へと広がっていったと考えられました（図2）。トドマツ被害木の外観に目立った衰退は認められず、また、子実体（きのこ）の発生頻度も低かったことから、国内のマツノネクチタケは、胞子による分散が頻繁で宿主への病原性が高い海外のものとは異なる生態的特徴を持つ可能性が示唆されました。

③被害回避法の検討：根株腐朽被害の程度は、林分条件（伐根面積合計、林齢、間伐回数、標高、地域など）と関係がありました（表1）。被害回避のためには、トドマツに傷をつけない、感染源（被害木およびその伐根など）を除去する、植栽密度をあまり高くしない、激害地では小面積の植え込みを避け、長伐期施業を行わない、広葉樹との混交林化を図る、などが有効と考えられます。

## 成果の活用

本研究で得られた解析結果や被害回避法については、北海道の森林整備施策への反映や、森林所有者等への普及に努めていきます。一方、日本では腐朽被害に関する研究報告が不足しているため、横断的な関連研究により更なる基礎的知見の追加が必要であると考えられます。今後は、腐朽被害軽減も踏まえた育林分野との統合的な森林管理手法を開発することが望まれます。

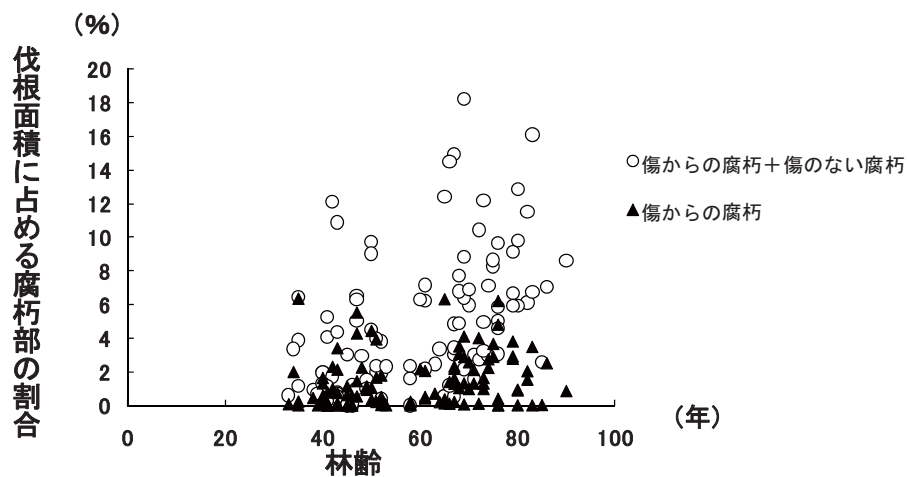


図1 林齢と被害程度



写真1 マツノネクチタケ被害木の伐根

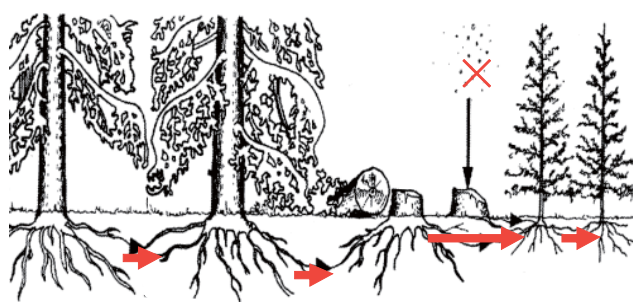


図2 日本のマツノネクチタケの主な伝播経路  
(Stenlid & Redfern 1998 の原図を改変)

胞子感染(右上の赤い×印)よりも菌糸によって根系経由(赤い矢印)で広がる。病原菌が蔓延した被害木の伐根も感染源になる。

表1 林分条件と根株腐朽被害の程度

要因	被害の程度	
	小	大
伐根面積合計	小～中	大
林齢	若齢	高齢
間伐回数	少ない	多い
標高	低い	高い

\*被害の程度は、林分あたりの伐根総面積に占める腐朽部総面積の割合であらわした。

\*このほか、被害の程度は、地域により差が認められた。



## 2 海岸林造成困難地の現況把握と要因の解明

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 真坂 一彦

### 研究の背景・ねらい

北海道内には、過去数十年にわたる造成にもかかわらず、成功していない海岸林造成困難地があります。海岸林造成では主に塩風害への対策が採られてきましたが、繰り返し造成が行なわれても成功しない原因としては、塩風害だけではない他の要因の関与や、本来樹木が生育し得ない場所への造成が行なわれている可能性があります。そこで、北海道内における海岸林造成地の現況を把握し、造成を困難としている要因を解明することを目的に研究を行い、あわせて改善方法の提案と、造成困難地における海岸林造成の可否の検証を行いました。

### 成 果

北海道内 10 箇所の海岸林造成困難地において不成績要因を調査し、以下の結果が得られました。

- ・長万部町旭浜：激害区では土壤水分がしばしば過湿状態となること（図 1）、クロマツ植栽木に水ストレス下での典型症状である針葉長の減少がみられたこと（図 2）、激害区に広く分布している地表下数 10cm の埋没火山灰層（写真 1）で土壤の透水係数が極端に低いことから、不成績原因は難透水性の埋没火山灰層がもたらす過湿状態と考えられました。
  - ・日高町門別本町豊郷：土壤凍結深調査と被害発生状況から、不成績原因は植栽直後の土壤凍結による寒干害と考えられました。火山灰客土は凍土融解期を遅らせ（図 3）、被害を助長させていました。また防風柵に被陰される部分では凍土の融解時期が遅れ、被害が増大することが分かりました（図 4）。
  - ・浦河町東栄、むかわ町晴海：海岸線の GPS 測量や過去の地形図と現況の比較などから、両地ともクロマツ海岸林造成地の不成績要因は海岸侵食によるものと判明しました（むかわ町晴海の造成地の事例：写真 2）。
- これら不成績要因の他、雪害や風衝が要因である、あるいは複合的な要因で不成績となっていると推察される造成地がみられました。これらの知見を取りまとめ、フローチャート式に海岸林の不成績要因を診断するマニュアルを作成しました。

### 成果の活用

作成したマニュアルは、海岸林の造成・管理を担当する北海道水産林務部の治山担当部署を中心に配布し、海岸林造成現場において技術改善を支援するために活用しています。このほか、国や市町村、関連団体等へも必要に応じて情報を提供し、成果の普及を図っています。

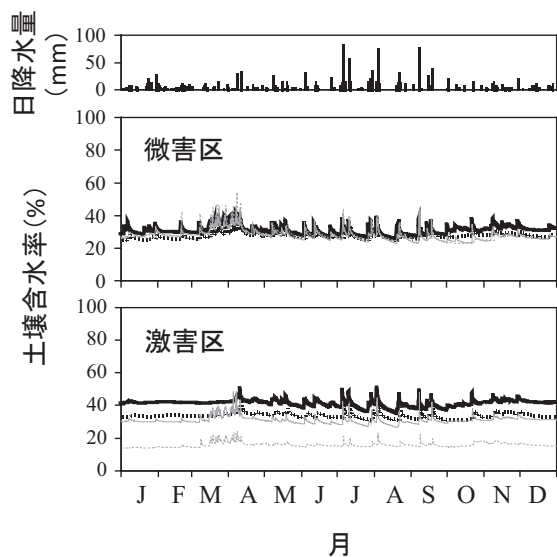


図1 微害区と激害区の土壌水分動態  
2005年の例。2005年以降も同様の傾向。

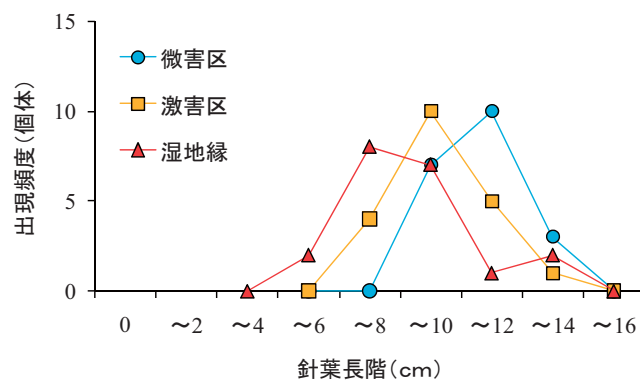


図2 立地間でのクロマツ針葉長の比較



写真1 激害区での埋没火山灰層の様子

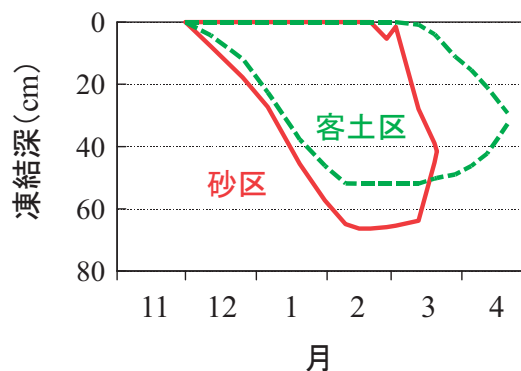


図3 土壌凍結プロファイル (2005/2006年)  
客土区は砂区よりも凍土融解時期が遅い傾向がある。  
その傾向は他の年の冬でも変わらない。

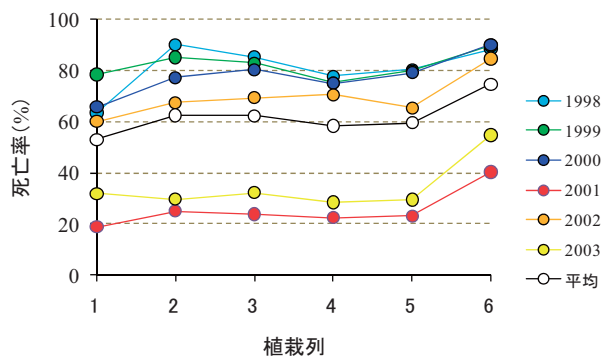


図4 防風柵による被陰が苗木の死亡率に与える影響  
第6列が防風柵に被陰される部分。



写真2 むかわ町晴海の侵食状況



### 3 スギさし木苗と実生苗の植栽後 30 年間の成長量比較

岩手県林業技術センター 研究部 木戸口 佐織

#### 研究の背景・ねらい

岩手県では成長が優れた系統をはじめ、花粉の少ない系統、寒害に強い系統、スギカミキリに強い系統など優れた特性を持つスギさし木苗の普及を図っています。しかし、さし木苗は植栽後の成長が悪いという理由で、森林所有者や林業関係者からは敬遠されがちです。同一地域に設定されている同齢のさし木と実生の検定林から共通する 11 系統を抽出し、5 年次から 30 年次までの樹高と胸高直径の系統平均値の比較を行いました。

#### 成 果

##### 1 樹高と胸高直径における系統間の差

さし木と実生の検定林の 30 年次における樹高階別、胸高直径階別の系統数を示します（図 1、2）。11 系統の樹高と胸高直径の平均値および標準偏差は、さし木では樹高  $12.4 \pm 2.07$  m、胸高直径  $16.2 \pm 2.82$  cm、実生では樹高  $15.3 \pm 0.55$  m、胸高直径  $19.6 \pm 0.85$  cm で、実生に比べてさし木の標準偏差が大きく、さし木の樹高と胸高直径は系統による差が大きかったことが分かりました。

##### 2 樹高と胸高直径の経年変化

樹高と胸高直径の各年次の調査結果をみると、10 年次までは全ての系統で実生がさし木を上回っていますが、10 年次以降さし木苗の成長量が実生苗を上回る系統が現れ始め、30 年次には、特に樹高では気仙 5、上閉伊 8、気仙 8 の 3 系統のさし木苗が、実生苗の各系統と比べても上位となる成長を示していました（図 3、4）。

##### 3 さし木苗供給における系統選定の重要性

以上の結果から、さし木では系統による成長量の差が大きく、成長が良いさし木系統は、実生苗に匹敵する成長を示すことが確認されました。岩手県では、さし木苗を供給する際、成長の良好なものを選んで供給を行っていますが、今後も引き続き、成長良好で他の優れた特性を併せ持つ系統を供給していきたいと考えています。

#### 成果の活用

本成果は、東北森林科学会第 13 回大会、岩手県林業技術センター成果報告会で発表するとともに、岩手県林業普及誌に投稿し、森林所有者など林業関係者に公表しました。また、岩手県樹苗需給調整会議において、毎年、さし木苗についての情報提供を行っていることから、苗木生産者への成果の普及は浸透してきたので、今後は実際にさし木苗の植栽について、広く森林所有者等への普及を図っていくことを考えています。

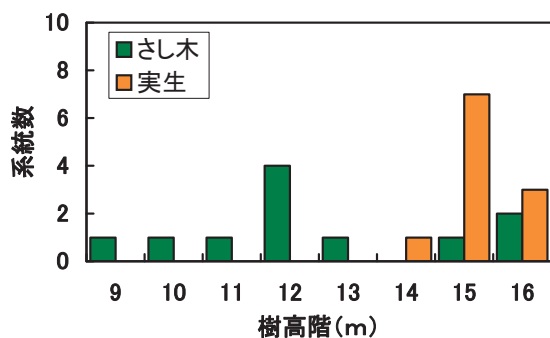


図1 平均樹高階別系統数

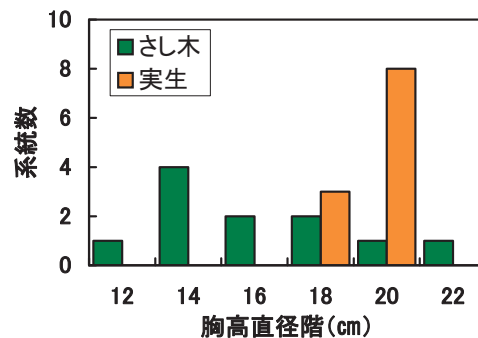


図2 平均胸高直径階別系統数

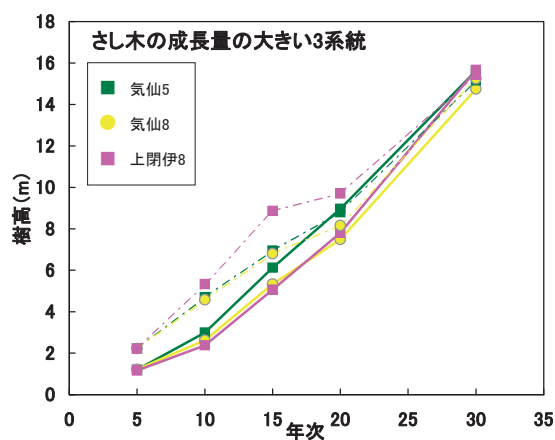
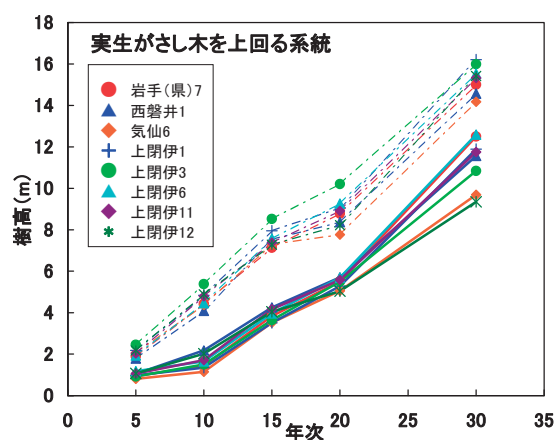


図3 系統別平均樹高経年変化

注) 実線(—)はさし木、点線(---)は実生を示す

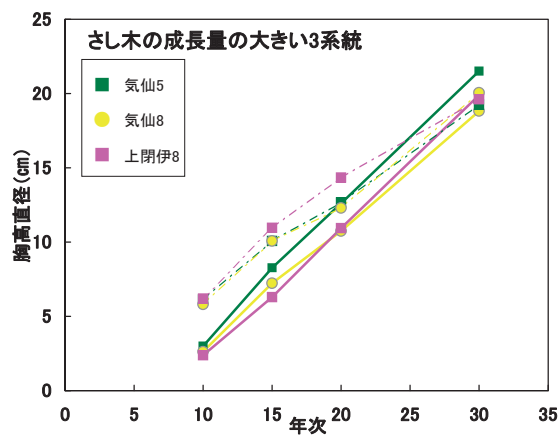
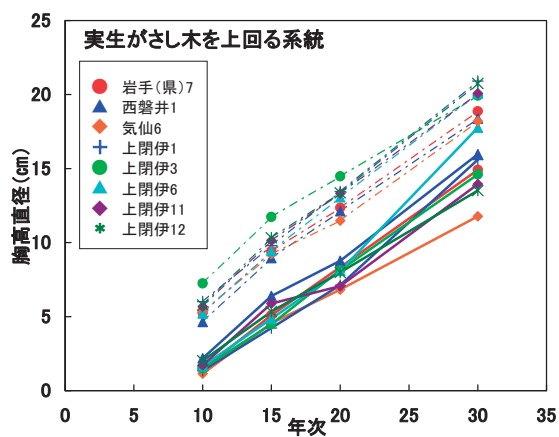


図4 系統別平均胸高直径経年変化

注) 実線(—)はさし木、点線(---)は実生を示す

## 4 薬剤の樹幹注入によるカツラマルカイガラムシ被害予防

山形県森林研究研修センター 森林環境部 齊藤 正一・上野 満  
長野県林業総合センター 育林部 岡田 充弘

### 研究の背景・ねらい

カツラマルカイガラムシ（以下、カイガラムシ：写真1）による広葉樹林の集団的葉枯れ被害は（写真2）、これまで山梨県・長野県・新潟県・山形県で発生していました。しかし、2008年以後は宮城県・岩手県での発生も確認されており、被害は北上傾向にあり終息のめどが立っていないことから（図1）、本被害に対する効果的な防除方法の開発が求められてきました。そこで、筆者らは、吸汁性昆虫に効果のある殺虫剤を利用した予防方法を開発しました。

### 成 果

カイガラムシによる広葉樹の葉枯れ被害は、ほとんどの落葉広葉樹で発生するため、被害の予防にあたっては、様々な樹種に対して効果を発揮する方法が期待されていました。山形県森林研究研修センターでは長野県林業総合センターと共同で、吸汁性昆虫に効果があるネオニコチノイド系薬剤（ニッソーグリーン製マツグリーン液剤2、有効成分：アセタミプリド2%）の50倍液を広葉樹に自然圧で樹幹注入することで、アタックしてきたカイガラムシを殺虫して処理する立木を健全に保つことに成功しました（表1）。

本法の施用にあたっては、5～6月または9月を施用適期とし、マツグリーン液剤2を水道水で50倍に希釈して、ノズルが装着可能な200mlのアンプルに充填し、胸高直径に応じた薬量\*を処理する立木の樹幹の地際から20～100cmの位置に薬剤注入孔をあけて挿入します（写真3）。薬液注入は、挿入した翌日には完了するので、アンプルを回収します。これまでの試験では、注入後2～3年の効果が確認されています（表2）。

\* 薬量 胸高直径20cm以下4本（200mlアンプル）、20～30cm 5～6本、30～40cm 7～8本

### 成果の活用

カイガラムシ被害では、被害林内の立木の約3割が枯死する場合があることから、枯死被害を事前に回避する必要があります。被害発生が予測される森林公園や保安林などで、全生立木に注入するか、被害が侵襲してくる一番先端のエリアに幅30m程度、谷から峰にかけて長さ50～80m程度のブロック帯を作り、その中の上層木に施用（実施した試験地では30～40本程度）すると、保全対象の生立木を健全な状態で維持できます（表2）。

### 知的財産取得状況

山形県と長野県が2008年と2009年に実施した実証試験の結果から、マツグリーン液剤250倍液の樹幹注入法が平成22年8月4日付け農林水産省第20838号により農薬登録され、現場での利活用が可能になりました。



写真1 カツラマルカイガラムシの介殻（左）と幼虫（右）



写真2 集団葉枯れ被害が発生したコナラ林（左）と梢端部が枯れた被害木（右）

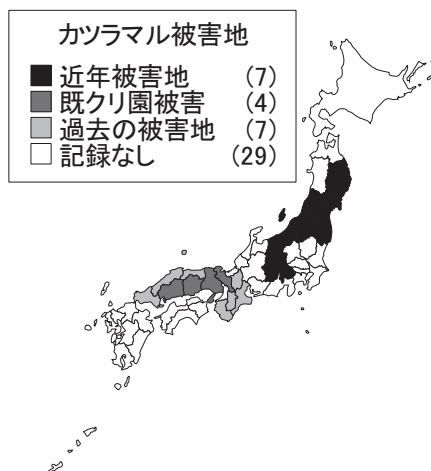


図1 カツラマルカイガラムシによる被害発生地（2009）



写真3 殺虫剤の樹幹注入状況

表1 殺虫剤(マツグリーン液剤2)の樹幹注入による供試木の様態とカイガラムシの生死(2009)

区分	項目	山形県			長野県		
		コナラ	ホオノキ	ミズキ	コナラ	ホオノキ	ヤマボウシ
50倍希釈	供試本数	8	3	3	3	3	3
	注入率	100	100	100	100	100	100
	薬害	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	死亡率	100	100	100	100	100	100
25倍希釈	供試本数	7	3	3	3	3	3
	注入率	100	100	100	100	100	100
	薬害	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	死亡率	100	100	100	100	100	100
無処理	供試本数	5	3	3	3	3	3
	死亡率	22	15	17	89	83	86

表2 殺虫剤(マツグリーン液剤2)の樹幹注入を実施した試験地の供試木の様態の推移(山形県)

市町名	地区名	設置年度	供試本数	樹種	供試木の様態				
					2006	2007	2008	2009	2010
山形市	蔵王半郷	2006	28	コナラ	4.3	4.8	5.0	5.0	5.0
		2007	40	コナラ他		3.8	4.9	4.9	5.0
		2008	59	コナラ他			4.8	5.0	5.0
		2009	44	コナラ他				5.0	5.0
		2010	40	コナラ他					5.0
米沢市	戸塚山	2008	38	コナラ他			4.6	4.8	5.0
		2009	46	コナラ他				4.0	4.8
遊佐町	菅里	2008	96	コナラ他			3.9	4.8	5.0

注) 供試木の様態 5 正常, 4 一部葉枯れ, 3 半分葉枯れ, 2 全部葉枯れ, 1 枯死



## 5 イノシシからタケノコを守る簡易電気柵と竹防護柵

千葉県農林総合研究センター 森林研究所 岩澤 勝巳

### 研究の背景・ねらい

千葉県大多喜町等で生産されるタケノコは「えぐ味」がなくて非常に美味しく、地域の代表的な特産品です。しかし、近年はイノシシの被害が急増し、大きな問題となっています。そこで、イノシシによるタケノコ被害を軽減する方法として、簡易電気柵と竹防護柵の経済性と被害軽減効果について明らかにしました。

### 成 果

#### (1) 簡易電気柵

イノシシの被害が発生しているタケノコ生産地 5 か所に簡易電気柵（商品名：ミニ番兵、Gallagher 社製）を設置し、その効果を確かめました。柵のワイヤーは地面から 20cm 間隔の 2 段張りとししました。簡易電気柵は資材費が 100 m 当り約 2 万円と非常に安価で、設置も簡単でした（写真 1、表 1）。強度が必要な四隅の支柱は、立竹に碍子を差し込んで利用することにより、支柱を立てる手間が掛かりませんでした。設置した簡易電気柵は調査期間においてイノシシの侵入がなく、防護効果が認められました。なお、強風時には枯竹が電柵に倒れて漏電する恐れがありますが、竹林は雑草が少ないため雑草による漏電の心配は少ないと考えられました。なお、ソーラー充電式以外は定期的な乾電池の交換（1～2 か月おき）又はバッテリー充電が必要です。

#### (2) 竹防護柵

竹林整備で伐採した竹を用いた竹防護柵を 3 か所設置し、その効果を調査しました（写真 2）。柵は伐採した竹を高さ 1～1.5 m、幅 1～1.5 m になるように枝の着いたまま積み上げて作成しました。竹防護柵は、資材費がかからないものの、簡易電気柵に比べ、伐採・積み上げに労力を要しました（表 2）。特に、傾斜が急な斜面では柵の設置に多くの労力を要しました。しかし、良質なタケノコを生産するためには、間伐等の竹林整備が必要で、その伐採した竹の処分が問題となりますが、防護柵として利用できれば片付けの手間が減り、伐採した竹を有効に活用できると考えられます。設置した竹防護柵は調査期間において、イノシシの侵入がなく、防護効果が認められました。また、設置後の管理は竹が沈み込んだ場合の積み増し以外は手間が掛かりませんでした。

### 成果の活用

成果に基づいて普及指導資料を作成し、イノシシの被害に困っているタケノコ生産者に対して、普及指導員と連携して現地指導等により普及を図ります。



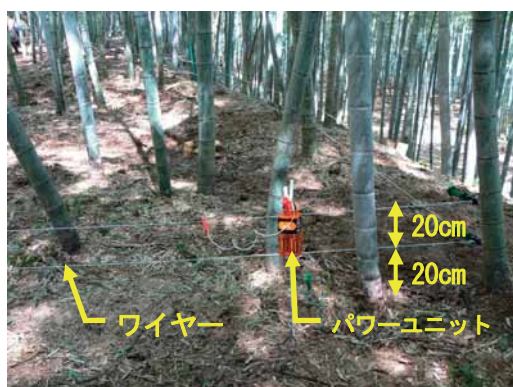


写真1 安価で設置が容易な簡易電気柵



写真2 竹林整備で伐採した竹を有効活用できる竹防護柵

表1 簡易電気柵の現地実証試験の結果

試験区	試験実施箇所数	資材費 (円/100m)	設置労力 (延べ時間/100m)	設置後の管理	イノシシ害の状況			
					無被害	軽害	中害	激害
設置区	5	20,790	4.3~11.3	漏電の見回り 電池交換	5か所			
無設置区	5	0	0	—	1か所		1か所	3か所

注) 資材費はパワーユニット、支柱、ワイヤー等が入った 100mキット（送料別）の価格。

設置労力は竹林の地形や管理状況により変動する。

表2 竹防護柵の現地実証試験の結果

試験区	試験実施箇所数	資材費 (円/100m)	設置労力 (延べ時間/100m)	設置後の管理	イノシシ害の状況			
					無被害	軽害	中害	激害
設置区	3	1,000	20.4~186.7	定期的見回り 竹の積み増し	3か所			
無設置区	3	0	0	—	1か所	1か所		1か所

注) 設置区の資材費は出入口用の合板等。設置労力は竹林の地形や立竹密度により変動する。

## 6 森林情報発信のための Google Earth 用データの作成

富山県農林水産総合技術センター 森林研究所 小林 裕之

### 研究の背景・ねらい

Google Earth は、Google 社がホームページで無料提供している 3D 地図ソフトウェアです（図 1）。このソフトは、同社サーバから提供される衛星画像、地図データ等を背景に、ユーザが用意した各種地理データを重ね合わせて表示することができ、森林情報閲覧のための共通基盤としての利用が今後期待されます。本研究では、森林・林業に関する既存のデータを Google Earth 用データに変換して表示する方法について比較検討しました。

### 成 果

#### 1. 森林計画図画像の表示

5 種類の変換方法を試した結果、TNTmips という業務用 GIS ソフトで Google Earth 用スーパーオーバーレイタイルセットに変換する方法が、表示倍率に応じて質の高い画像を表示することができ、最も優れているということがわかりました（図 2）。

#### 2. 林班ポリゴンデータの表示

2 種類の変換方法を比較した結果、TNTmips で Shape 型式に変換した後、MapWindow というフリーソフトの Shape2earth プラグインで kml 型式に変換する方法が、林班ポリゴンを正しく表示することができ、優れていることがわかりました（図 3）。

#### 3. GPS データの表示

現場で取得した軌跡（トラック）データについては、汎用フォーマットである GPX 形式に変換すれば、Google Earth で問題なく表示できることがわかりました（図 4）。また、ウェイポイントデータについては、3 種類の方法でプレスマークに変換した結果、フリーソフトの Trk2kml で変換した後、手動で微調整する方法が良いということがわかりました（図 5）。

#### 4. デジカメ画像の表示

フリーソフトのカシミール 3D で位置情報を付与したデジカメ画像は、これもフリーソフトの Trk2goolgemaps & kml で Google Earth 用のサムネイル画像に変換すれば、Google Earth 上にカメラアイコンが表示され、ルート検索もできることがわかりました（図 6）。

### 成果の活用

本研究によって作成したデータや、本研究によって得られた作成のノウハウは、今後、森林行政関係者が情報発信をする場合や、森林所有者、研究者、一般市民等と情報共有をする場合に役立ちます。



図1 Google Earth の画面例（左：起動時、右：富山県森林研究所付近）

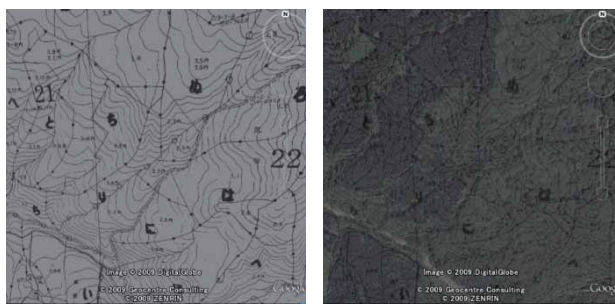


図2 森林計画図の表示例（左：不透明、右：半透明[背景の衛星画像が透けて見える]）

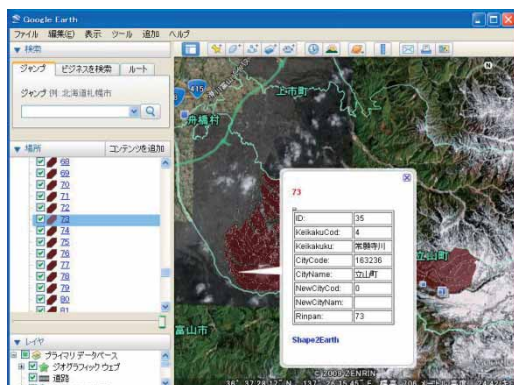


図3 林班ポリゴンの表示例（立山町）

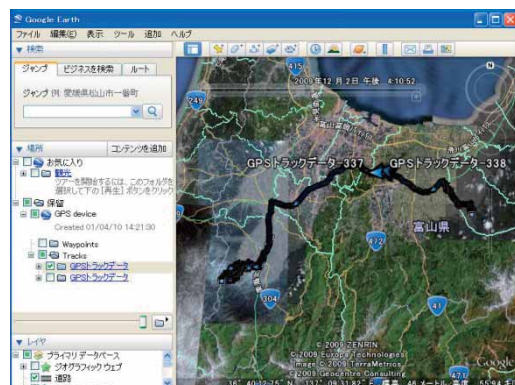


図4 GPS トラックの表示例（矢印群）

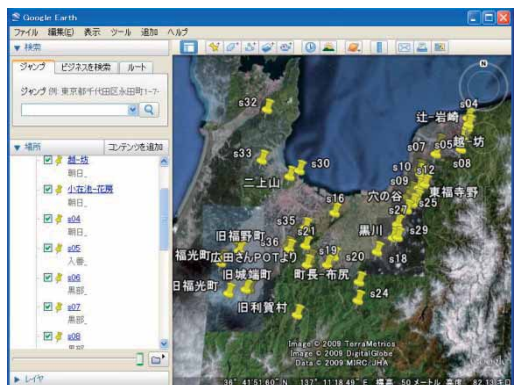


図5 プレイスマークの表示例  
（平成19年度里山再生事業地）

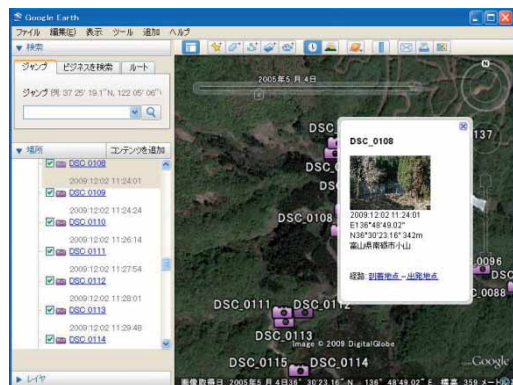


図6 デジカメ画像の表示例  
（平成20年南砺市豪雨災害跡地）

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



## 7 コナラのクローン増殖技術の開発

岐阜県森林研究所 森林資源部 茂木 靖和

### 研究の背景・ねらい

近年、岐阜県においてカシノナガキクイムシによるミズナラ、コナラなどの被害（ナラ枯れ）が拡大し、問題となっています。これらの中でコナラは、県内のほぼ全域に生育し広葉樹林で最も占める割合が高く、シイタケ原木などに利用されることから、公益性、経済性の両面から被害対策が必要です。その対策の一つに、松枯れでも行われている抵抗性個体の選抜が考えられます。しかし、コナラにナラ枯れ抵抗性があるかどうかは確認されておらず、これを明らかにするには検定などが必要です。病虫害抵抗性の検定ではクローン苗に病原菌などを人工接種する方法が行われていますが、コナラは挿し木やつぎ木が困難な樹種です。そこで、これらに代わるクローン増殖法として、組織培養を検討しました。

### 成 果

カシノナガキクイムシの加害を受けても、樹冠部の葉の変色や縮れがみられなかったナラ枯れ被害の小さい個体（写真1右）と、樹冠部の葉が枯死したり縮れてしまった被害の大きい個体（写真1左）の萌芽枝の腋芽（わき芽）を材料として組織培養を行いました。

腋芽から発生したシュート（茎と葉の総称）を、再び腋芽を含むように切り分けて継代培養を繰り返した結果、ナラ枯れ被害程度の大きい個体では約3年、被害程度の小さい個体では約2年半の間、シュートの再発生が可能でした。両クローンは、現在も継代培養により保存されています。また、ジベレリン（GA<sub>3</sub>）とトレハロースを用いることにより、シュート伸長量が大きくなることがわかりました（写真2）。

シュートの発根には、発根試験より前のシュート育成時の培養条件において、ジベレリンを含んだ培地で育成したシュートでは発根試験で枯死せずに発根するものが多かったこと（写真3）、また、培地の糖（トレハロース）濃度と培養期間により発根率が異なったことから（図1）、発根試験に用いるシュートの育成過程が影響することが示唆されました。

### 成果の活用

本研究の成果を用いてシュートを発根させ、これを苗とするための順化（培養容器内から取り出して外の環境にならすこと）の試験を行っています。また、現在、ナラ枯れの抵抗性機構の解明に関する研究を並行して進めています。順化条件が明らかになれば、ナラ枯れに対する抵抗性が高い個体を選抜し、その増殖や検定に本研究の成果の利用が見込まれます。

さらに、コナラのさし木条件の探索やその他の難発根性樹種のクローン増殖にも本研究で得られた培養条件が応用できると考えています。



写真1 ナラ枯れ被害木

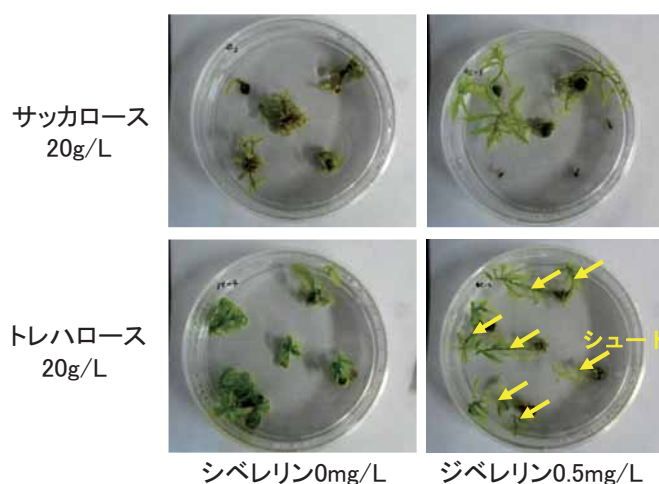


写真2 シュートの伸長に適した培地条件

共通条件: 基本培地WP、BAP 0.2mg/L、ゲランガム2g/L



写真3 シュート育成培地におけるジベレリンの有無が発根試験に及ぼす影響

ジベレリン以外のシュート育成培地条件は、基本培地WP、BAP 0.2mg/L、トレハロース20g/L、ゲランガム2g/Lである。  
発根試験では、基本培地1/2WP、IBA20mg/L、サッカロース10g/L、ゲランガム2g/Lの培地で24時間培養後、基本培地1/2WP、サッカロース10g/L、ゲランガム2g/Lの培地へ移植した。

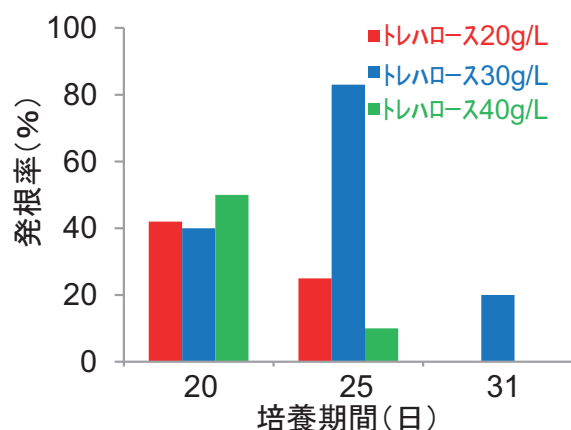


図1 シュート育成培地におけるトレハロース濃度と培養期間が発根に及ぼす影響

トレハロース濃度以外のシュート育成培地条件は、基本培地WP、BAP0.2mg/L、GA<sub>3</sub>0.5mg/L、ゲランガム2g/Lである。  
発根培養では、基本培地1/2WP、IBA50mg/L、サッカロース10g/L、ゲランガム2g/Lの培地で24時間培養後、基本培地1/2WP、サッカロース10g/L、ゲランガム2g/Lの培地へ移植して、所定の期間培養した。



## 8 緑化施工地の実態調査と効果的な施工指針の開発

山梨県森林総合研究所 森林研究部 小林 慶子\*・林 敦子・久保 満佐子\*\*・田中 涼子\*  
(\* 現 横浜国立大学大学院 環境情報研究院, \*\* 現 国土交通省 国土技術政策総合研究所)

### 研究の背景・ねらい

道路工事に伴って人工的に作り出された斜面や、自然崩壊などによって植生が失われた山腹斜面では、表面侵食の防止、景観修復、自然回復を目指し、人為的に植物を導入する緑化工が実施されます。従来の緑化工は、表面侵食の防止に主眼を置き、成長が早く、良く繁茂して耐侵食効果の大きい外来緑化植物を多用してきました。しかし、緑化工で用いた外来緑化植物が、周辺環境に逸出して在来種の生息地を奪うなどの事例が報告されるようになったため、現在は、自然回復に主眼を置いた、地域の生物多様性を損なうことのない緑化工法が求められています。そこで、緑化が上手くいかないのり面の条件と、在来木本種の緑化施工後ののり面への侵入・定着過程を調べ、在来木本種が優占する植生を成立させるために留意すべきポイントを整理しました。

### 成 果

山梨県内の林道9路線、のり面201箇所を調べた結果、植生が定着せずに裸地化してしまうのり面(写真1)は、凸地形や南向き斜面で多く、厚層基材吹付工で施工した所や施工後17年以上経過した所で少なくなる傾向が示されました(図1)。ただし、厚層基材吹付工で施工したのり面は、外来緑化植物の被圧が続き在来木本種の侵入が進まない状況に陥りやすく(図2;写真1)、「のり面の保護」と「自然回復」の二つの目的を同時に達成させるのは簡単ではないことが示されました。

そこで、施工後初期の外来緑化草本が優占するのり面への在来草本や木本の侵入状況を調べたところ、緑化で導入した種が少ない地点ほど在来種が多く侵入し、また、草本が少ない地点ほど木本が多く侵入する傾向があることが分かりました(図3)。前者は、森林からの距離が近くて施工後年数が経過した所に多く、後者は、施工後年数の若い所に多い傾向がありました(図4)。このことから、施工後年数が経過すると、導入緑化種から侵入在来種への移行が進む一方で、在来木本種の侵入・定着が進まないことがあることが分かりました。ただし、在来木本種の種子は、当該のり面全体に満遍なく散布されていることが観察されたので、これらを捕捉・定着させられれば、当該のり面に在来木本種を侵入させることは十分に可能だと考えられます。

今回の結果から、外来緑化草本が優占するのり面へ在来木本種の侵入を促すためには、①導入する緑化種の密度を抑える、②のり長を短く設計して森林からの距離を短くする、③のり面に散布される種子を確実に捕らえて定着させる工法を用いるなどの対策が有効だと考えられます。また、特に緑化施工地の成林化を目指すには、施工後の植生の状態を調べ、緑化工法の事後評価を行いながら工法を検討する必要があります。そのためには、緑化施工地の追跡調査を行える体制を整備し、緑化施工地のモニタリングデータを蓄積していくことが不可欠です。

### 成果の活用

得られた成果は、各種学会誌、学会大会等で公表しました。また、行政担当者や県民に広く公表、普及するため、普及関連広報誌等へ記事を掲載し、研修会を実施しています。平成22年度には、治山林道課およびのり面施工会社と協働し、生物多様性に配慮した緑化指針を作成するため、過去5年間に施工した緑化施工地の施工内容と施工後に成立した植生の調査を始めました。この調査を基に、緑化施工地のモニタリング体制を確立し、施工地の植生とのり面の変化を記録しつつ、山梨県版の緑化指針を作成・改良していくことを目指しています。



写真1 裸地化したのり面(左)と外来緑化植物に被圧されたのり面(右)

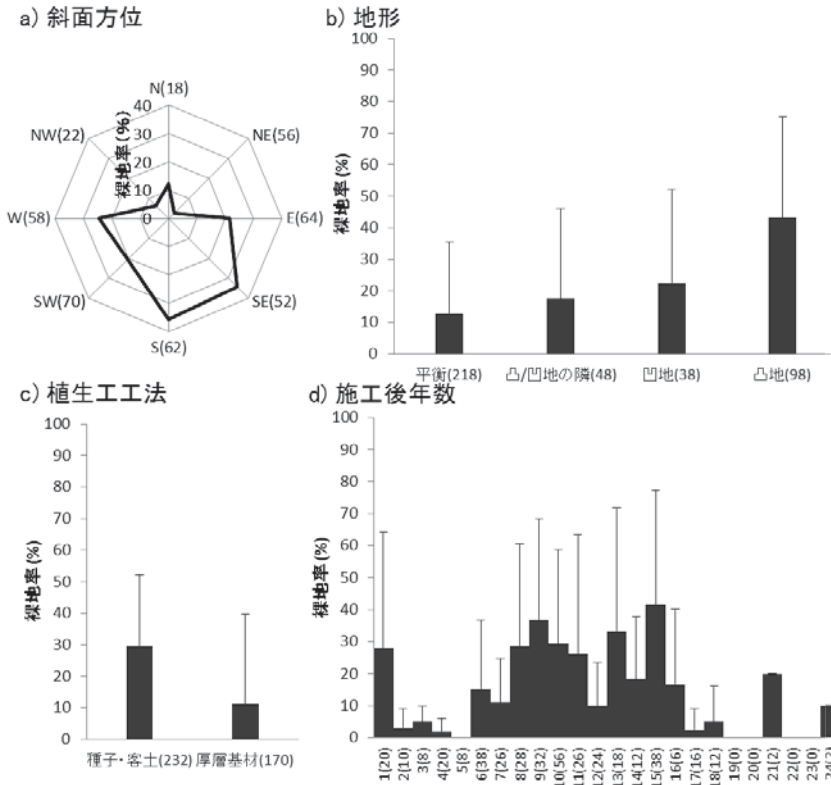


図1 山梨県内9林道におけるのり面の裸地率に影響を与える要因

- ・ 裸地率に影響を与える要因を一般化線形混合モデルのモデル選択(AICを選択基準とする総当たり法)により抽出した。
- ・ 各条件に属するのり面における裸地率の平均値、括弧内は調査プロット数を示す。

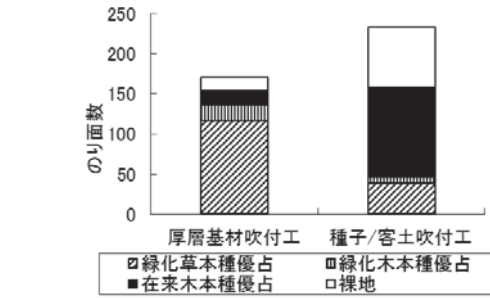


図2 植生工の工法とのり面に成立した植生タイプ

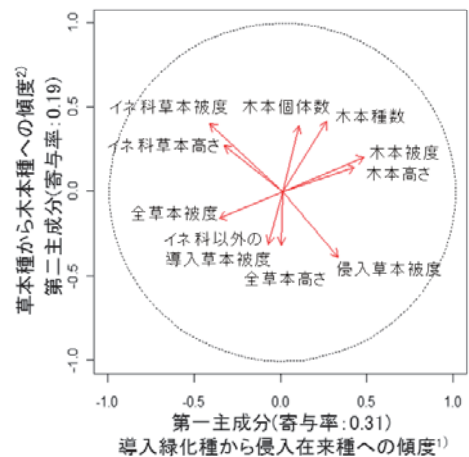


図3 施工初期林道ののり面の植生素素の相互関係

- ・ 主成分分析を用いて植生素素をまとめ、相互関係を示した。
- 1) 値が大きいほど導入種よりも侵入種が多いことを示す第一主成分を、導入緑化種から侵入在来種への傾度とする。
- 2) 値が大きいほど草本種よりも木本種が多いことを示す第二主成分を、草本種から木本種への傾度とする。

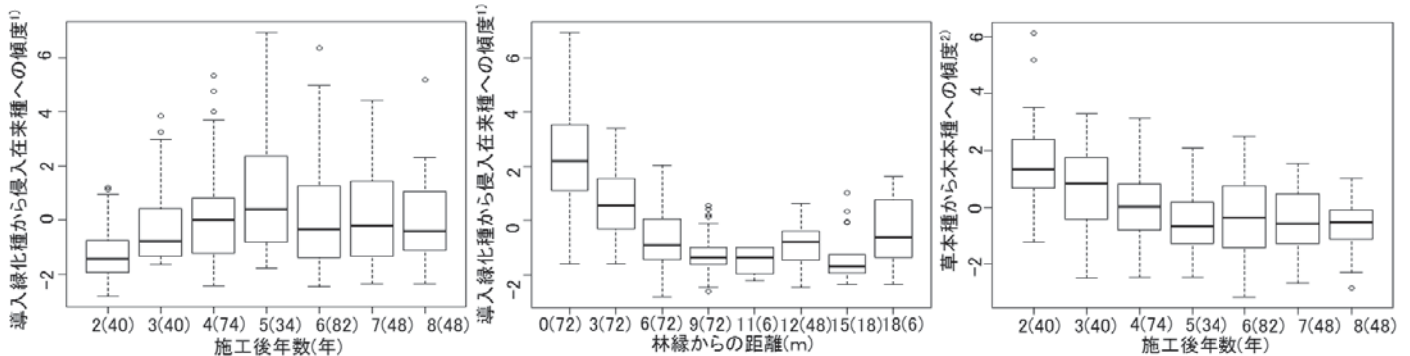


図4 施工初期林道のり面における在来種および木本種の侵入状況に影響を与える要因

- ・ 主成分分析を用いて植生素素をまとめ、導入種から侵入種への傾度<sup>1)</sup>と草本種から木本種への傾度<sup>2)</sup>の傾度を抽出した。
- ・ 各傾度の増減に影響する要因を、それぞれ在来種の侵入状況に影響を与える要因、木本種の侵入状況に影響を与える要因とし、一般化線形混合モデルのモデル選択(AICを選択基準とする総当たり法)により抽出した。
- ・ 各条件に属するのり面における各傾度の値の分布、括弧内は調査プロット数を示す。

[ 問い合わせ先：山梨県森林総合研究所 森林研究部 環境保全科 TEL 0556-22-8001 ]

## 9 高性能林業機械を使用したコスト計算プログラムの開発

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター 木材林産科 渡井 純

### 研究の背景・ねらい

木材生産を低コストで行うには、森林の一体的施業による高性能林業機械の活用が、有効な手段の一つとして挙げられますが、静岡県内では多くの場合、同一所有者による区画が小さいために、一体的な施業を行うには複数の所有者の森林をとりまとめなければなりません。そのためには森林所有者に対して正確でわかりやすい森林施業プラン書を提示し、施業への参加を促す必要があります。ところが、プラン書の作成には施業費用の見積り等の作業が必要で、事業体にとっては大きな負担となります。また、森林所有者にとってもあらかじめ作業にどのくらいの経費を要するかの目安が得られれば、より安心して事業体に施業をまかせることができます。

そこで、今回、施業プラン作成における労力軽減や、誰にでもコスト計算が行えることを目的として、使い方が容易で多様な作業システムに対応したコスト計算プログラム（図1）の作成を行いました。

### 成 果

プログラムは Microsoft 社の Excel に付随している VBA を用いて作成してあるため、Excel がインストールされているパソコンで使用が可能です。現在のところ Excel2000 - 2007 の Excel（正規品）バージョンにおいては動作確認を行っています。プログラム内で初期値として入力されている機械経費関係の値は、「機械化のマネジメント（（社）全国林業改良普及協会、P138-139、2001 年発行）」のデータを使用しました。各機械作業の労働生産性の初期値は過去に調査された事例等を参考に決定しています。また、各工程は連携作業を行うことを前提としてコスト計算を行うようにプログラムされています。

今回開発したプログラムの特徴は、コスト計算を行いたい作業システムを使用者自身が設定できることです。プログラムは、木寄せや造材等の作業工程毎に機械や作業方法を選択する方法となっており機械等の組合せが設定できるため、多様な作業システムの設定が行えるようになっています。これにより、伐倒工程から山土場集積工程までで 40 通りほどの作業システムのコスト計算が行えるようになっています。プログラムは、現在、静岡県内に多く普及している高性能林業機械が選択できるようになっているので、県内で行われる大部分の作業システムのコスト計算が行えるものと思われます。

今後は、林業事業体等にプログラムを利用してもらい、要望や改善点の把握に努め、より利用しやすくなるようプログラムの改良を行っていく予定です。

### 成果の活用

行政職員や林業関係団体を対象とした研究発表会や各種研修会等でプログラムの実演や利用方法等の説明を行い、普及を進めています。また、当プログラムは多くの林業関係者が活用できるよう森林・林業研究センターのホームページからダウンロードが可能です。今後、森林施業プラン書作成や事業説明会の資料作成等のツールとして活用されるとともに、実際の施業地における作業システムの選定作業の際に活用が期待されます。



## ○作業システム選定画面



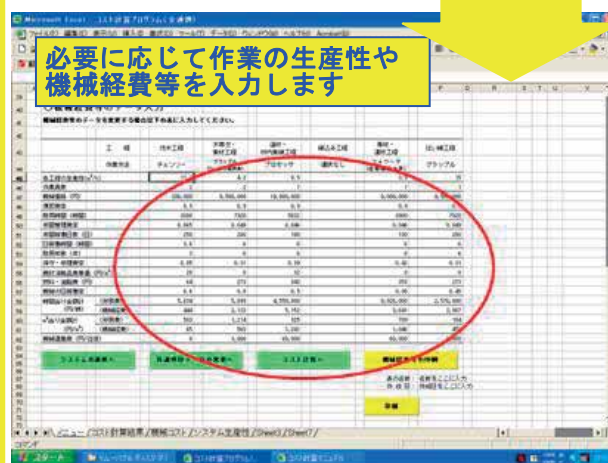
## ○機械選択後の作業システム選定画面



## ○共通項目のデータ入力画面



## ○機械経費等のデータ入力画面



## ○コスト計算結果表



労務費や施業地情報等を変更すると結果に反映

生産性や機械経費等を変更すると結果に反映

図1 コスト計算プログラムの操作の流れ

## 10 カワウによる森林被害の実態と生息地管理に関する研究

愛知県森林・林業技術センター 技術開発部 栗田 悟・石田 朗\*・小林 元男  
(\* 現 愛知県 新城設案農林水産事務所)

### 研究の背景・ねらい

大型の水鳥であるカワウは、森林に集団でコロニーやねぐらを形成し、樹木や草本はカワウの活動や糞の影響で衰弱・枯死します。カワウの被害対策は銃器駆除等による一斉追い払いが主ですが、うまくいかずに被害の拡大が続くことも多くあります。そこで、カワウの被害実態を明らかにするとともに、人工巢台やロープ張り等を用いた生息地管理手法を検討しました。

なお、本研究は、平成 19 年度「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」、平成 20～21 年度「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の関連委託補助を受けて実施しました。

### 成 果

カワウによる被害実態は、被害の激しい所では上層木だけでなく低木や草本層まで枯死し、裸地化していました。被害地に出現する種は好窒素性植物が多く、被害終息地で無被害地に優占する植物が確認されず、従来の森林植生が失われており、森林を回復させるには、植栽等を行う必要があると考えられました。

生息地対策として、人工巢台は巢台を維持補修することでカワウの営巣が継続され、営巣域の拡散の抑制効果が期待できると考えられました。また、ロープ張りはロープ内への侵入が完全に防げなかったものの、複数の人による追い出し手法を組み合わせることにより、営巣域やねぐら域が制限され、新たな拡大を抑えることが可能と考えられました(図1, 2)。生息地の個体数を管理するには、現在のカワウのねぐらやコロニーの状況を、営巣を開始しコロニーを形成するコロニー形成期、加速度的に個体数が増える拡大期、安定したピーク状態から漸減する安定・漸減期の3段階に分類し(図3)、その段階に応じた対策を実施することで被害の軽減が可能であると考えられました。

### 成果の活用

本研究の成果は、愛知県森林・林業技術センター研究報告No.47へ論文として掲載するとともに、平成 21 年度愛知県森林・林業技術センター試験研究成果発表会や 2008 年滋賀県カワウ広域フォーラム、日本鳥学会 2008・2009 年度大会、第 57 回日本森林学会中部支部大会、平成 20 年度日本水産学会中部支部大会、平成 20 年度全国林業技術研究発表大会、2010 年日本水産学会春季大会で発表し、一般に公開しています。また、森林・林業研修やカワウ被害のある施設管理者などへの現地指導を行うなど広く普及を図っています。



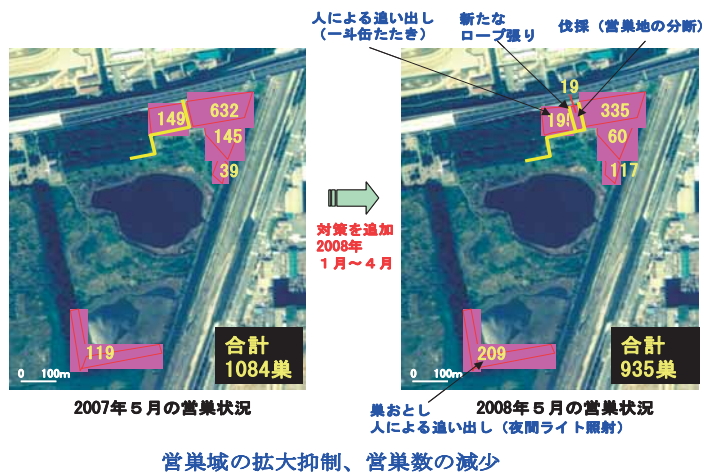


図 1 対策前後の営巣数の推移（弥富市）

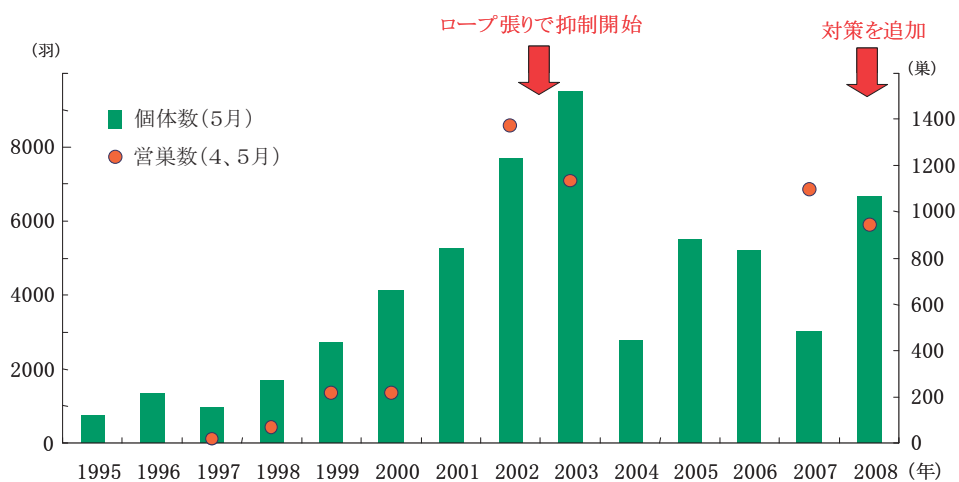


図 2 カワウ個体数等の推移（弥富市）

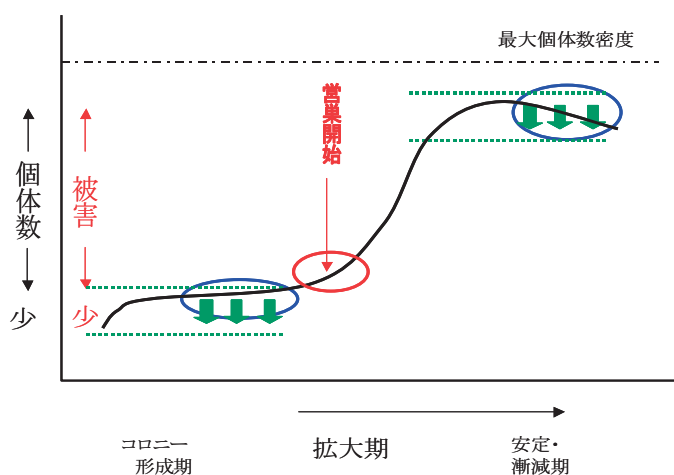


図 3 生息地の個体数管理の考え方

# 1 1 MEP乳剤によるカシノナガキクイムシの穿入防止法の開発

石川県林業試験場 森林環境部 江崎 功二郎

## 研究の背景・ねらい

石川県ではナラ集団枯損被害が平成9年に発生して以来、継続・拡大し、大きな問題となっています。被害が蔓延すると、地域のシンボルとなる社寺林や公園などの「貴重な木」にも被害が及ぶため、効果的な予防法の開発が求められています。そのため、石川県林業試験場ではこの被害の病原菌（ナラ菌）を健全な木に運ぶカシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）の穿入防止法の開発に取り組みました。

## 成 果

MEP80%乳剤 50 倍希釈液（以下、MEP）は、キクイムシ類防除のために一般樹木の樹幹に散布できる登録農薬です。MEP はカシナガの樹幹への穿入防止に効果があり、樹皮に残留すると経口毒として作用することが知られています。このため、鉄砲型ノズルを付属したエンジン付きポータブル噴霧機を使い、散布量が樹幹表面積 1 m<sup>2</sup> あたり 500cc になるように MEP 乳剤を地上高 6 m まで 2 回散布し（写真 1）、カシナガの穿入予防試験をコナラとミズナラ林で行いました。1 回目散布はカシナガの発生初期である 6 月 20 日頃に、2 回目はその 3～4 週間後に行いました。これら 2 林分では薬剤を散布しなかった木の 80% 以上がカシナガ成虫に高密度に穿入されました。しかし、薬剤を散布した木では地際に多数の死亡したカシナガ成虫が確認され（写真 2）、成虫の発生期間を通して穿入された木は 20% 以下になり、成虫の穿入密度も低く抑えられました。このため、MEP 乳剤の 2 回散布は、カシナガ成虫の穿入に対して効果的な予防効果が認められました（図 1）。

この予防散布は、周辺で被害が無くなるまで毎年行う必要があり、より高所への散布や散布回数を増やすことで、予防効果を高めることも可能であると思われます。対象木や周辺の樹木の新葉、着生するコケなどに薬剤が付着すると、変色などの軽微な薬害が発生する可能性があることを十分理解し（写真 3）、散布作業を行う必要があります。また、この薬剤の施用対象樹種は一般樹木（林木）であるため、ナラ枯損被害が発生するすべての寄主に対して散布処理が可能です。しかし、これまでこの農薬による穿入予防効果を確認した寄主はミズナラとコナラで、アベマキ、ウラジロガシおよびスダジイについては薬害が生じないことを確認したのみです。カシヤシイ類では樹皮の形質も異なるため薬剤の残留性や穿入防止効果も異なると考えられるので、予防経過を観察しながら実施する必要があります。

## 成果の活用

ナラ枯れ防除研修会を実施（平成 21 年 8 月と平成 22 年 10 月）し、森林・林業および造園業の関係者へ研究成果を速やかに普及しました。さらに、当試験場で発行している普及冊子、よくわかる石川の森林・林業技術 No.4 「ナラ集団枯損被害と森林の変化」の改訂版を H22 年 3 月に発行しました（図 2）。石川県では、これらの研究成果を行政や、能美市和田山、白山市金剣宮などの被害現場へフィードバックし、ナラ集団枯損被害の予防対策が実施されています。



写真1 カシノナガキクイムシの  
予防のための MEP 散布



写真2 MEP 散布木の地際で観察された  
カシノナガキクイムシ成虫の死亡個体

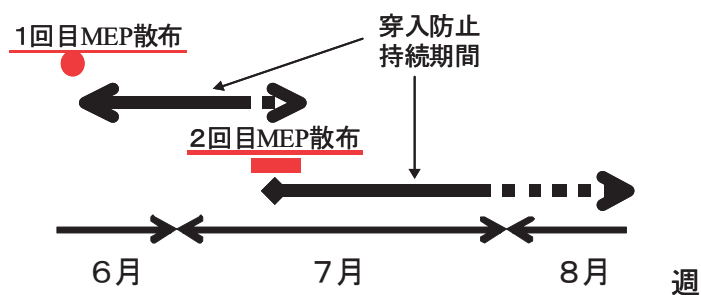


図1 石川県における MEP 2回散布時期と穿入防止期間



写真3 対象樹木に付着したコ  
ケ類で観察された薬害



図2 よくわかる石川の森林・林業技術 No.4「ナ  
ラ集団枯損被害と森林の変化」(H22 年3月改訂)

## 1 2 間伐林分の間伐経過年数と林床リター量の関係把握

三重県林業研究所 野々田 稔郎

### 研究の背景・ねらい

過密状態の人工林では、下層植生の衰退、林床の裸地化により、土壌侵食の発生、土壌浸透能の低下等の現象が報告され、このため下層植生の侵入・定着を目的とした間伐が推進されています。しかし、過密林分の急激な林冠開放は、一時的なリターフォール量の減少、林床直達雨量の増加等の環境変化をもたらし、下層植生が侵入しない間伐初期には、林床を被覆し土壌侵食の抑制等に有効なリターの流出・分解をむしろ促進することが懸念されます。本研究では、過密林分の間伐初期における林床リター量変化の実態把握を目的として、平均個体サイズ、立木密度がほぼ同程度であり、伐り捨て間伐実施後1～6年経過したスギ、ヒノキ林分（間伐時林齢45年生前後、本数間伐率35%、ヒノキ11林分、スギ10林分）を対象に、林床リター量を測定しました。

### 成 果

図1は間伐経過年数別の林床リター量を示します。既存の研究等から傾斜30°程度で、間伐が行われていない林分のAo層の量はスギで1000(g/m<sup>2</sup>)前後、ヒノキで600(g/m<sup>2</sup>)前後と推定されますが、今回の間伐2年以内のリター量は、スギ林で1300(g/m<sup>2</sup>)前後、ヒノキ林で1100(g/m<sup>2</sup>)前後と多く、林床もリターにより概ね被覆されていました。これは伐り捨て間伐によりリターが一時的に通常のリターフォールより多く供給された影響であろうと考えられました。間伐後3年以上経過した林分のリター量は減少傾向を示しましたが、スギ林の減少量は小さく、5～6年経過後でも平均1000(g/m<sup>2</sup>)以上でした。一方、ヒノキ林のリター減少量は大きく、3年以上経過した林分のリター量は、500(g/m<sup>2</sup>)前後と間伐が行われず、下層植生の衰退したヒノキ林分(420g/m<sup>2</sup>)と同程度となりました。

図2に示すように、スギ林は、傾斜が大きいほどリター量が少ない傾向を示しました。これに対し、ヒノキ林では間伐後3年以上経過した林分でスギ林と同様の傾向でしたが、間伐後2年以内の林分ではその傾向が見られず、このことから、ヒノキ林では伐り捨て間伐で供給されたリターが、3年以上経過すると急激に流失することが推察されました。

図3に400cc円筒で採取した表層土壌(深さ5cm)の透水量を示します。間伐後の経過とともに透水量は増加傾向を示し、間伐で攪乱された土壌が徐々に回復していると推察されました。特に、間伐後のリター量変化が小さいスギ林でその傾向が強く、ヒノキ林の透水量の増加は僅かでした。

下層植生が侵入しない間伐直後の林分では、リターの被覆が林地保全上で重要であると考えられます。ヒノキ林では、間伐後3年以上経過すると急激にリターが減少することから、この時点で、下層植生の侵入状況を確認し、不良の場合には林地保全上の対策を検討する必要があると考えられました。

### 成果の活用

下層植生の衰退した人工林の間伐に関しては、下層植生の侵入・生育によって、森林の多面的機能を回復させることが主要な目的であり、下層植生の侵入・生育が良好でない場合の具体的対策の検討を進めるとともに、事業効果を判定する基準を明確にする必要があります。今回の成果は判定基準作成のための基礎資料の一つとして活用していく計画です。



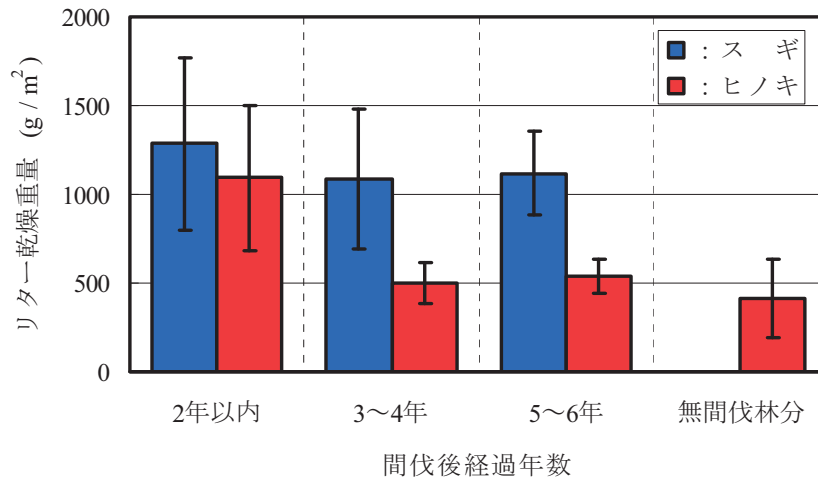


図1 間伐経過年数と林床リター量の関係

\*1: 傾斜 20~40° のデータを用いた、\*2: 縦バーは標準偏差を表す。

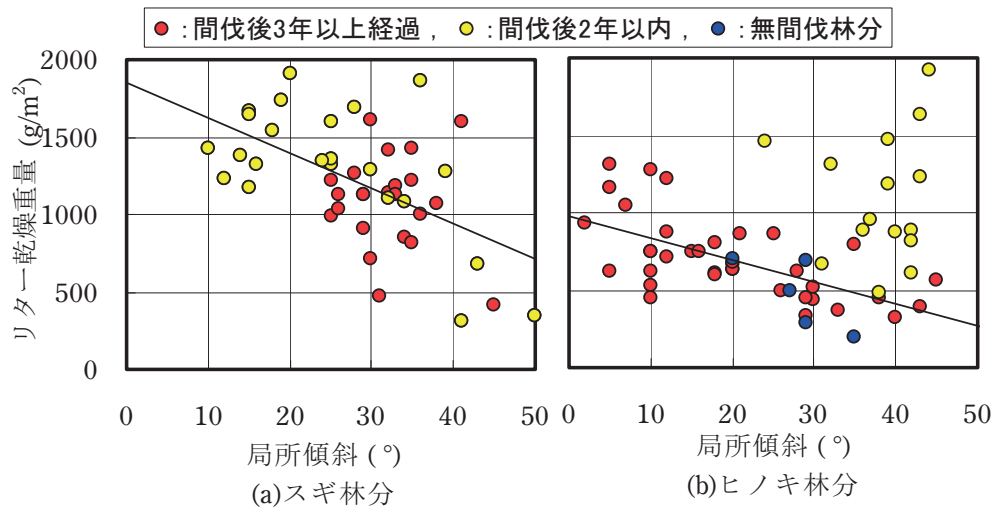


図2 局所傾斜と林床リター量の関係

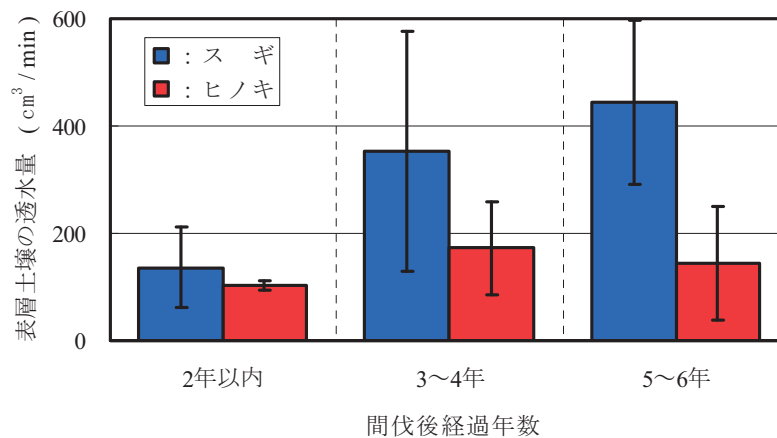


図3 間伐経過年数と表層土壌（5cm）の透水量の関係

1\*: 400cc 土壌円筒を使用、2\*: 透水開始から 15 分後に 5 分間の透水量を測定、3\*: 縦バーは標準偏差を表す。



# 13 コナラ植栽木と天然更新木の土石流等に対する抵抗力

兵庫県立農林水産技術総合センター森林林業技術センター 資源部 藤堂 千景

## 研究の背景・ねらい

近年、水土保持機能や生物多様性保全機能を高めることを目的とした広葉樹林化が進められており、その手法の一つとして、高木性広葉樹の植栽が行われています。天然更新した広葉樹は、同直径の針葉樹よりも風倒や土石流に対する抵抗力が強いことは徐々に明らかになってきていますが、その効果が植栽木にも当てはまるか否かはまだ明らかになっていません。したがって今回は、隣接した立地に存在するほぼ同齢の広葉樹（コナラ）の植栽木と天然更新木を用いて引き倒し試験を行い、最大引き倒し抵抗力を測定し、最大引き倒し抵抗力から推定できる風倒や土石流に対する抵抗力について両者の違いを調査しました。

## 成 果

試験林は19年前にコナラふるい苗を植栽したコナラ植栽林とそれに隣接した立地のコナラ天然更新林(17～18年生)で、その表層土壌は褐色森林土( $B_B$ もしくは $B_{D(d)}$ )でした。試験木はそれぞれの林分から株立ちをしていない個体を選定しました(写真1、2、表1)。胸高直径引き倒し試験の加重点は、土石流の作用点を考慮に入れて、それぞれの木の根元から高さ1mの地点に設定しました。加重点にワイヤーを巻き、手動ウィンチ(チルホール)にて牽引を行い、最大引き倒し抵抗力を測定しました。引き倒し抵抗力の測定には牽引力測定器(ロードセル)を用い、データロガーにてデータを回収しました(写真3)。また、試験木の形状の指標として、樹高、胸高直径、枝下高、樹冠幅、樹冠長を測定しました。

その結果、地上高1m地点での最大引き倒し抵抗力は、立木の諸因子のうち樹高、胸高直径、樹冠幅と正の相関があり、特に胸高直径とは高い相関が認められました(表2)。また、最大引き倒し抵抗力 $Y(kN)$ と胸高直径 $X(cm)$ の関係式を推定したところ、天然更新木で $y = 0.0329X^{2.3871}$ ( $R^2=0.8511$ )、植栽木で $y = 0.0307X^{2.4144}$ ( $R^2=0.9104$ )となり、両者の回帰式に有意差はみられませんでした(図1)。なお、植栽林と天然更新林の胸高直径の平均には有意差は見られませんでした。このことから、植栽木であっても、20年近くが経過すれば、天然更新木と同様の最大引き倒し抵抗力を持つことが確認され、植栽由来の林分であっても天然更新林分と同様の風倒害や土石流に対する抵抗力を持つことが示唆されました。

## 成果の活用

植栽由来の広葉樹林でも森林の有する多面的機能の持続発揮に貢献することが明らかになったため、兵庫県が進めている「災害に強い森づくり」事業や針広混交林化および広葉樹林化事業等、県の事業へ随時、情報を提供しています。

また、この試験データの一部は、共同研究を行った信州大学によって学会等で公表されています。



写真1 コナラ植栽林



写真2 コナラ天然更新林

表1 コナラ植栽林・天然更新林の概況

	コナラ植栽林	コナラ天然更新林
サンプル数	13	9
平均胸高直径	14.9cm	13.6cm
平均樹高	11.9m	10.8m
平均枝下高	6.44m	6.33m
密度	2,200本/ha	2,400本/ha
コナラ以外の樹種	アベマキ ミズメ クリ等	ハネミヌエンジュ アベマキ マルバアオダモ等

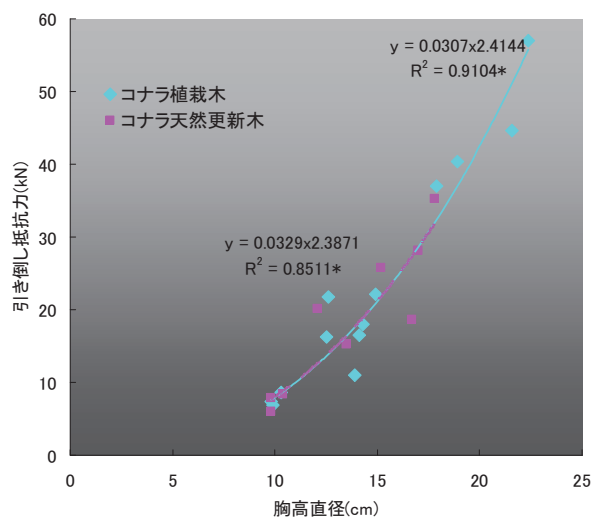


写真3 引き倒し試験の様子

表2 最大引き倒し抵抗力和立木の諸因子との相関係数

	樹高	胸高直径	樹冠幅	風心高	形状比	樹冠長率
植栽木	0.827 **	0.963 **	0.779 **	0.548	-0.581 *	0.539
天然更新木	0.847 **	0.901 **	0.723 *	0.752	-0.456	-0.254

\* $p < 0.05$  \*\* $p < 0.01$



\* 決定係数は有意である  $p < 0.01$

図1 コナラ植栽木・天然更新木の胸高直径と最大引き倒し抵抗力和との関係

## 14 スギ雄花生産に及ぼす被陰処理・間伐の影響と薬剤効果

奈良県森林技術センター 森林資源課 今治 安弥・宮崎 祐子・和口 美明・木南 正美

### 研究の背景・ねらい

スギ花粉症の人が年々増加している中、森林面からも花粉症対策の必要性が高まっています。対策の1つとして現存するスギ林を間伐（抜き伐り）する施業が進められていますが、現在のところ間伐の花粉生産量抑制に対する効果は明確ではありません。また、都市近郊に単木的に生育するスギを対象とした花粉症対策として、植物成長調節剤を使って雄花生産を抑制する方法が検討されていますが、この方法を普及するには薬剤の選定や樹体への影響に関する情報が不足しています。そこで、スギ花粉症対策のための基礎資料を得ることを目的として、スギの雄花生産に及ぼす被陰処理および間伐施業の影響を解明するとともに、植物成長調節剤を用いた雄花生産抑制の効果と樹体への影響を調べました。

### 成 果

#### 1 スギの雄花生産に及ぼす被陰処理および間伐施業の影響

個体ごとの雄花量と、夏期の気温および降水量のデータを用いて、雄花量を決定する因子を解析したところ、前年の雄花量（個体の資源量）が最も寄与する因子として検出されました。また、スギ苗木を用いた被陰実験（写真1）では、被陰処理した個体の非構造炭水化物（デンプンや単糖類）が対照区の個体と比較して少なく、雄花生産量も対照区の個体に比べて少ない傾向がみられました（図1）。このことから、個体の資源量である同化産物量が少ないと雄花生産量も少なくなることが確かめられました。さらに、本数間伐率で40%の間伐が行われた林分と無間伐林分で雄花生産量を調べたところ、間伐後2年目以降、間伐林分における個体あたりの雄花生産量は無間伐林分に比べて多くなりました。一方、林分全体の雄花生産量は無間伐林分の方が多くなりました。これらの結果は、個体あたり資源量の増加に伴う雄花生産量の増加と、本数減少に伴う雄花生産量の減少とのバランスによって間伐の効果が現れることを示しています。

#### 2 薬剤による雄花生産抑制の効果

対象とした植物成長調節剤（ユニコナゾールP）は、100ppmの濃度で樹幹注入することによって雄花生産の抑制効果が一年間持続しました（写真2）。また、薬剤によって雄花の生産が抑制された場合、その余剰栄養分が樹体の成長に寄与するものと考えられました。

### 成果の活用

現行の花粉症対策としての間伐の有効性を検証する際に、当研究の成果が活用されることを期待しています。また、ユニコナゾールPの処理方法や効果については、都市近郊の花粉症対策に応用できると考えられます。



写真1 被陰実験の様子

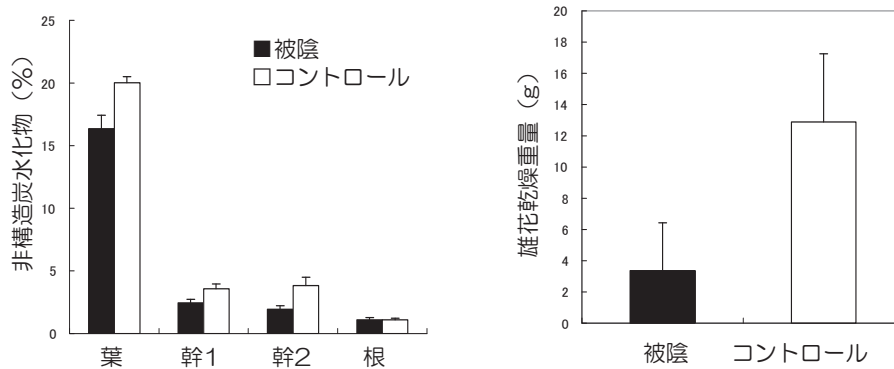


図1 被陰処理個体（■）とコントロール個体（□）における非構造炭水化物（デンプンや単糖類）の濃度（左図）と雄花乾燥重量（右図）



写真2 ユニコナゾールPを樹幹注入している様子（左）と処理した雄花量の違い（右）



## 15 スギ花粉症対策品種の開発と増殖方法の検討

和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場 経営環境部 栗生 剛・斉藤 雅一

### 研究の背景・ねらい

戦後、大量に植栽されたスギの多くが着花林齢に達し、スギ花粉による人体への影響が大きな問題となっています。その対策として、近県で発見された花粉の少ないスギ品種と本県で優良と認められた精英樹を交配することにより、本県の気候に適した花粉の少ないスギ品種の創出を行いました。また、小さな母樹からの大量増殖方法として、マイクロカッティングによる増殖を検討しました。

### 成 果

他県の花粉の少ないスギ品種（英田3号、苫田18号、神崎7号）（写真1）に和歌山県の精英樹（西牟婁17号）（写真2）の花粉を人工交配しました。得られた種子から新品種候補苗を育成し、ジベレリン処理による雄花着生数と成長量の調査により、新たな交配品種15系統を選抜しました（図1）。

マイクロカッティングによる大量増殖の検討では、育苗トレーに鹿沼土（小粒）を厚さ7cmになるよう敷き詰め、花粉の少ないスギ6クローンの母樹の枝から採取した穂木を7cmに調整してオキシベロン粉剤を添付後、3cmの深さまでさし付けました。発根率は平均で63%となり、1m<sup>2</sup>当たり約270本の苗木を得ることができました。また、通常さし付け期間は3月末からの4ヶ月間ですが、未発根穂木に発根促進剤を再処理し、更に2ヶ月間さし付けることにより、発根率は平均で17%向上しました（図2）。

### 成果の活用

成果については、林業技術成果発表会（和歌山県内）で発表するとともに、和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場業務報告No.65に掲載しています。新たな交配品種については、引き続き雄花着生量・成長量の追跡調査を行うとともに、マイクロカッティング技術については、苗木生産者を対象とした研修会や林業普及指導員を通じて普及を図っています。



写真1 花粉症対策品種(ジベレリン処理済み)  
(品種名:英田3号)



写真2 通常のスギ品種(ジベレリン処理済み)  
(品種名:西牟婁17号)

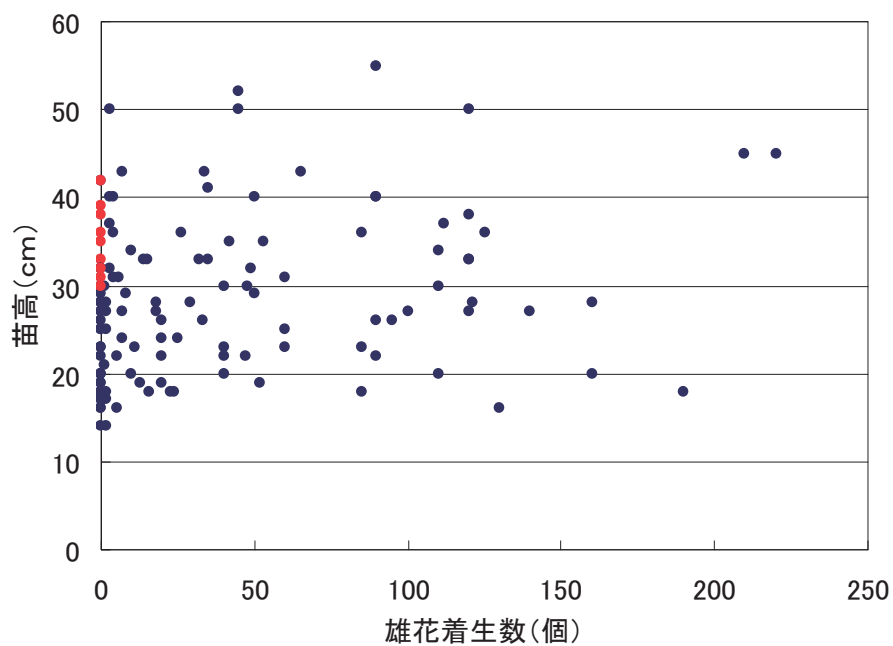


図1 人工交配スギの雄花着生数と苗高  
注) 赤丸は選抜した15系統を表します。

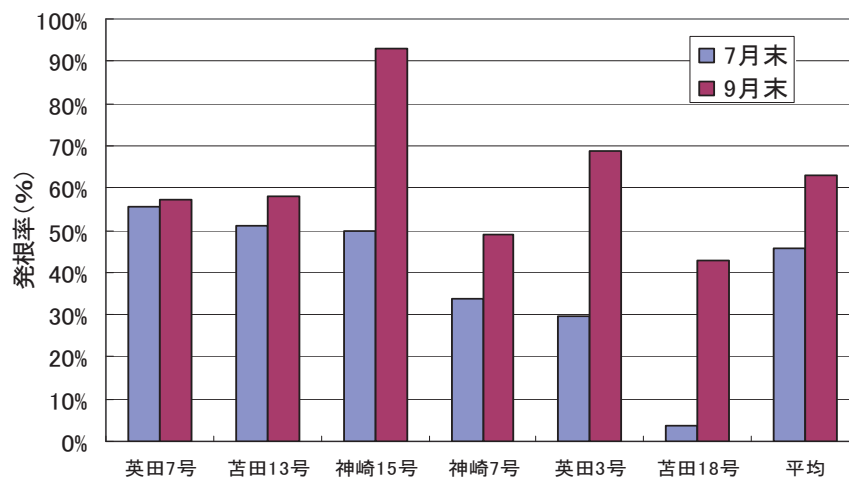


図2 マイクロカッティングによるさし木の発根率

[問い合わせ先：和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場 経営環境部 TEL 0739-47-2468]

## 16 抵抗性マツのさし木増殖と人工交配による抵抗性の向上

和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場 経営環境部 栗生 剛・斉藤 雅一

### 研究の背景・ねらい

600kmにも及ぶ海岸線と急峻な地形を有する和歌山県において、海岸・山地防災機能を有する松林は重要な役割を果たしておりますが、海外から入ってきたマツ材線虫病によって激減し、残された松林も枯損の危機にさらされています。これら松林を保全するため、抵抗性マツ苗木のさし木増殖方法を検討するとともに、採種園で自然交配によって生産している抵抗性マツの抵抗性向上を検討しました。

### 成 果

抵抗性クロマツ交配品種（額娃 425 号×吉田 2 号、3 年生）と抵抗性アカマツ交配品種（由岐 25 号×有明 7 号、3 年生）を用いてさし木増殖を検討した結果、オキシベロン粉剤を添付した時の発根率が最も良く、クロマツで 94%、アカマツで 69%となりました。また、使用する穂木の成長点は、側芽を残すより頂芽を残した方が、発根率は向上しました（図 1・2）。

抵抗性マツの抵抗性向上については、人工交配によって得られたアカマツ 7 組合せ、クロマツ 13 組合せの種子から育成した抵抗性苗の方が、自然交配由来の種子から育成した抵抗性苗よりも、マツノザイセンチュウ接種時の健全率は向上しました。特にクロマツの健全率が向上し、アカマツと同程度となりました（図 3）。

### 成果の活用

成果については、林業技術成果発表会（和歌山県内）で発表するとともに、和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場業務報告 No.65 に掲載しています。増殖方法等については、苗木生産者や行政部門の森林病虫害担当者を対象とした講習会を行うとともに、林業普及指導員を通じて技術の普及を図っています。

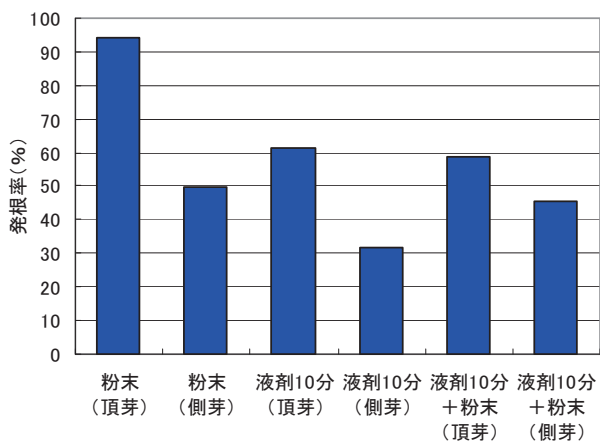


図1 抵抗性クロマツのさし木による発根率

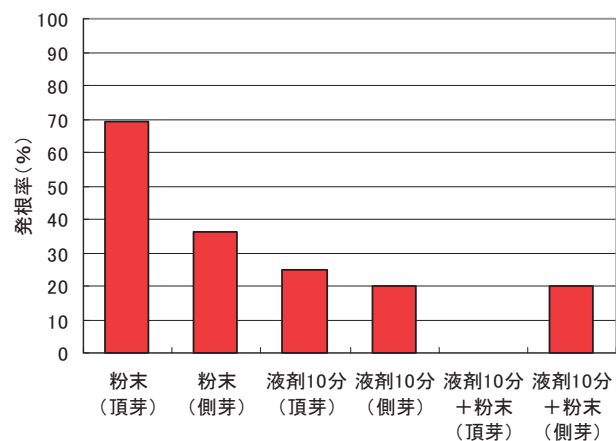


図2 抵抗性アカマツのさし木による発根率

注) 粉末はオキシベロン粉剤 (IBA0. 5%)、液剤はオキシベロン液剤 (IBA0. 4%) を示す。

さし穂は L=5.0cm 針葉は上 1cm を残して下 4cm を除去し、切り口は楕円切返しとした。

用土は鹿沼土を用い 4cm さし付け、灌水は自動ミスト装置により 5:30~9:30、15:00~19:00 の間で 30 分毎に 30 秒間実施した。

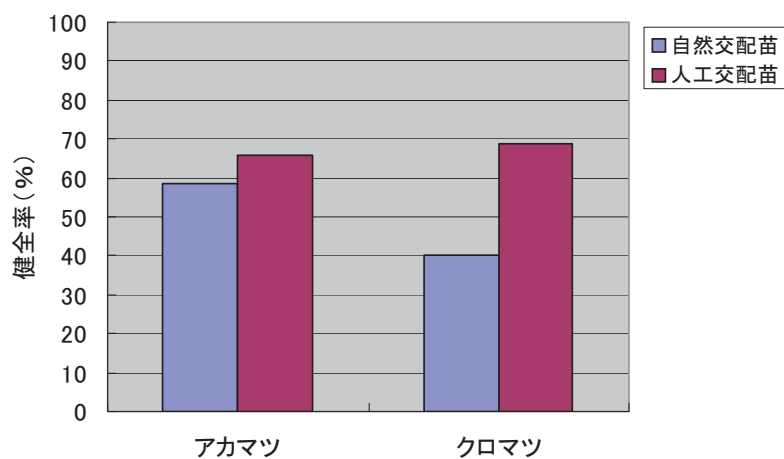


図3 自然交配苗と人工交配苗の健全率の比較

注) マツノザイセンチュウの接種検定は、苗の主軸 2 年生部分を幅 10~15mm 長さ 30~50mm で木部に達するまで剥皮し、鋸で浅い搔き傷を付けて、マツノザイセンチュウ (島原) 1 万頭 (0.1cc) を接種した。



## 17 作業道盛土の簡易な検査手法の開発

鳥取県農林総合研究所林業試験場 森林管理研究室 小山 敢

### 研究の背景・ねらい

林業の機械化に向けた基盤整備として、作業道の開設が急増しています。作業道はコンクリート構造物を使用せず、主に切土と盛土で構築され、大変安価です。しかし盛土の締め固めを怠ると、路肩に亀裂が生じ、最悪の場合は崩壊が生じて下流へも被害が拡大することがあります。このように、盛土の締め固めが重要であるにも関わらず、作業道には盛土検査の義務づけがありません。また、従来からある高規格道路用の盛土検査法はどれも高額な費用を要するため、安価な作業道への導入は難しいです。そこで、作業道の盛土における災害を未然に防ぐために、簡易で安価な盛土検査法を新たに開発することを目的としました。

### 成 果

自然斜面において地盤の硬軟を調査するために用いられる簡易貫入試験を、作業道の盛土の検査に応用することを思いつきました。まず、市販の簡易貫入試験機が約 15 万円と高価なため、作業道用に約 4 万円の安価な試験機（以下、鳥取 FK 式貫入試験機）を作成しました（写真 1）。価格を大幅に安くできた理由は、部材にタガネや丸鋼などの安価な量販品を用いて、最小限の加工を施したことによります。次に、土の粘着力が乏しく崩壊が生じやすいとされる花崗岩地帯から、すでに路肩に亀裂が生じている 5 路線と亀裂が無い 3 路線を調査地としました。これら 8 路線において、鳥取 FK 式貫入試験機を用いて、道路の中心と路肩で計 119 地点の盛土調査を行いました。その結果、3kg のおもりを 5 回連続で落下させた時に、路肩側で 25cm 以上貫入する箇所で亀裂が生じていることがわかりました（図 1）。また、路肩が中心の 3 倍以上貫入する箇所において、最も多くの亀裂が路肩で生じていることがわかりました。さらに、路肩と中心の貫入量が共に 25cm 以上の場合、亀裂の発生位置が道路の中心に近づきました。これらの調査結果をもとに、盛土の締め固め状態の良否を 4 段階に評価する判定区分を考案しました（図 1）。鳥取 FK 式貫入試験機による盛土検査に要する時間は、1 箇所あたりわずか 30 秒間程度です。この簡易な検査方法によって、“路肩軟弱”（図 1）と判定された箇所で、検査後の豪雨により、路肩崩壊が実際に発生しました（写真 2）。このことから、本検査法はたいへん簡易でありながら、将来災害発生の危険性の高い盛土を、ある程度高い精度で事前に見出すことができる方法であると考えられます。

### 成果の活用

成果の一部については森林学会で口頭発表を行いました。また、成果をとりまとめた論文を砂防学会誌へ投稿中です。

現場への普及では、平成 22 年度より鳥取県内の全ての基幹作業道事業において、鳥取 FK 式貫入試験機による盛土の簡易検査が試行的に実施されています。これにより異なる土質におけるデータも収集し、将来は鳥取県の作業道事業における正式な検査項目として採用される予定です。



写真1 簡易貫入試験機と鳥取 FK 式貫入試験機のパーツ比較(ロッドは除く)



写真2 路肩軟弱と判定された箇所  
実際に生じた路肩崩壊

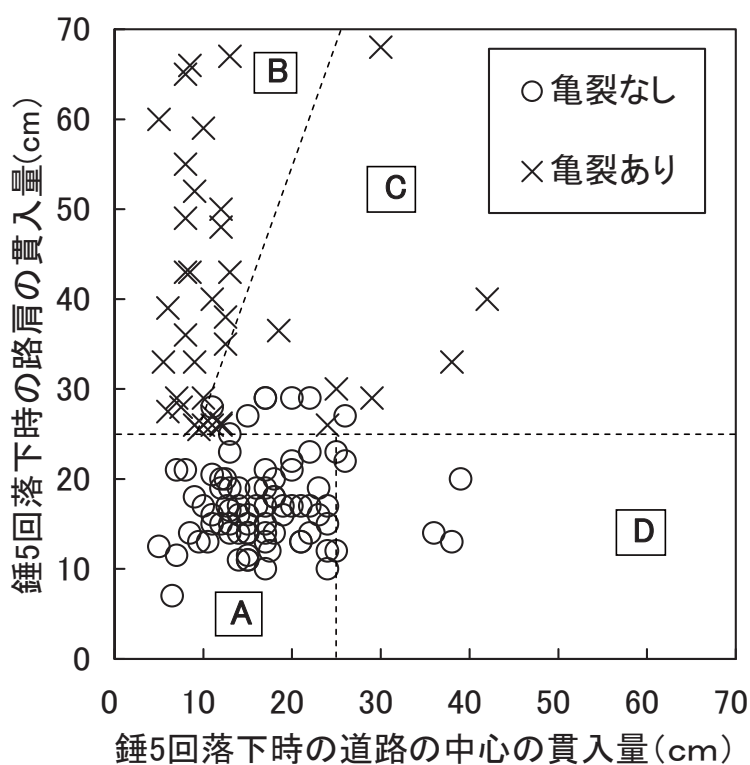


図1 おもりを5回落下させた場合の路肩と道路の中心の貫入量と判定区分

- A「優良施工」**  
路肩と道路の中心共に貫入量が25cm未満。締め固めが最も良好。
- B「路肩軟弱」**  
路肩が25cm以上貫入し、かつ、道路の中心の3倍以上貫入。路肩に亀裂が最も生じやすい。
- C「全体軟弱」**  
路肩と道路の中心共に締め固め不良。道路の中心付近に亀裂が出来る可能性有り。
- D「道路の中心軟弱」**  
路肩より道路の中心の締め固めが不良。亀裂は生じにくいが施工方法の指導が必要。

## 18 スギ・ヒノキ立木の簡易材質診断技術の開発

島根県中山間地域研究センター 農林技術部 陶山 大志

### 研究の背景・ねらい

近年、スギ・ヒノキ人工林では高齢化が進みつつあります。しかし、長年、生育した木の幹の中には、変色や腐朽などの材質的な劣化が生じていることがあります（図1）。これら材質劣化木は早めに間伐したいのですが、その発生を外観から見分けることが困難です。そこで、これら欠陥木を簡易に診断できる方法（横打撃共振法、図2）の実用化に向けた研究を行いました。また、街路樹・公園木・防風林等での腐朽・空洞の診断法として、本法の応用を検討しました。

### 成 果

- 1 島根県内のスギ・ヒノキ・マツ林等で約 3500 本測定し、約 200 本を伐倒し材質調査を行いました。その結果、腐朽、黒心（スギ）、内部割れなど材質劣化の発生の有無を診断できることが分かりました（図3）。また、その発生程度も推定できることが分かりました。
- 2 スギ・ヒノキ・マツについて診断の基準となる健全木の測定値の範囲を明らかにしました。また、その変動要因を明らかにしました。
- 3 樹幹を打撃した時の振動特性を明らかにし、これに基づいて精度の高い測定条件を考案しました。
- 4 振動シミュレーションを行い、樹幹打撃時の振動のノイズの除去法を検討しました。
- 5 街路樹・防風林等での腐朽・空洞の検出法としても有効であることを示しました。
- 6 これらの研究成果をもとに、島根県内の企業と特許権実施契約を締結し、診断装置を共同開発しました。

### 成果の活用

2010 年 3 月、小型診断装置の販売開始に至りました（図4）。研究成果の一部について日本森林学会、樹木医学会、木材学会等で口頭・論文発表しました。現在、スギ・ヒノキ人工林（とくに高齢林）での活用を検討しています。また、公園・街路樹等での本診断装置の普及が進みつつあります。

### 知的財産取得状況

2007 年 7 月、横打撃共振法に基づいた診断方法とその装置について考案し、特許出願（特願 2007-180478）しました（登録中）。



図-1 心材部が腐朽・空洞化した 60 年生ヒノキ。

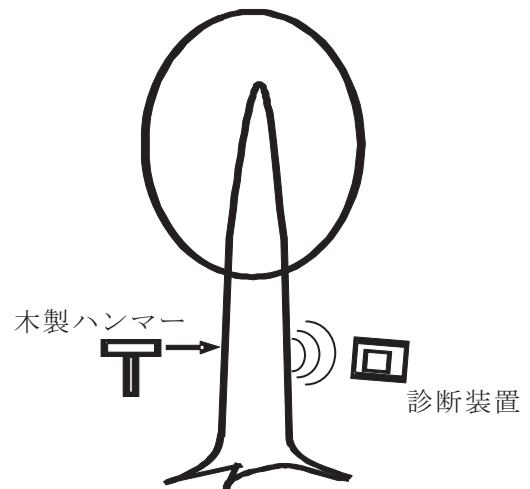


図 2 診断の模式図。木製ハンマーで樹幹を打撃した時の音の共振周波数を診断の指標にしている。

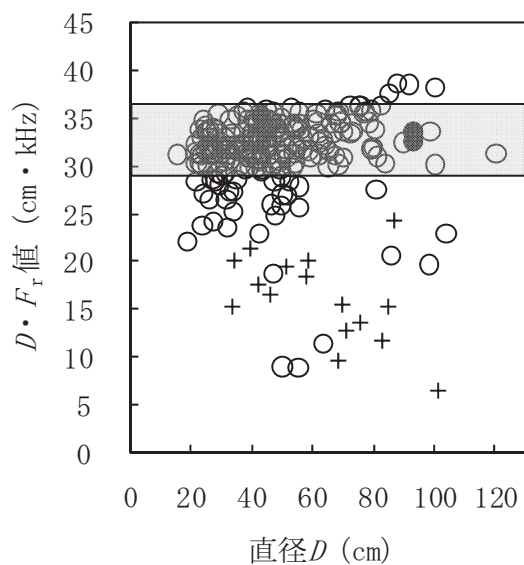


図 3 クロマツでの測定結果の 1 例。樹幹直径  $D$  と共振周波数  $F_r$  の積 ( $D \cdot F_r$ ) は健全木の場合、概ね一定 (グレーの範囲) となる。これに対して腐朽木はこれより下にプロットされる。測定木 (○で図示) のうち、伐採調査の結果、健全木であったものを●, 腐朽木を+で示す。

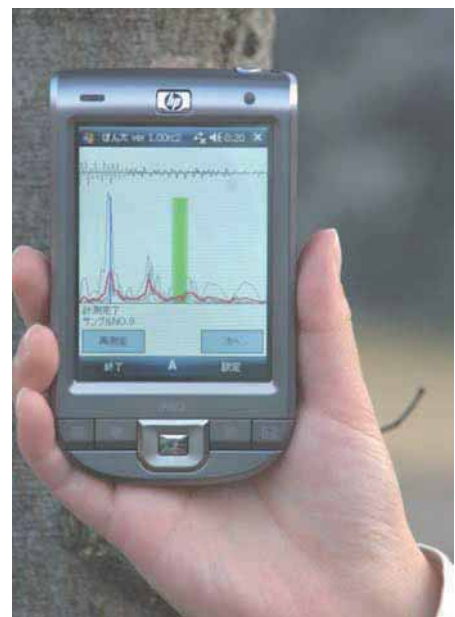


図 4 販売開始された簡易樹木腐朽診断装置 (愛称: ぽん太)。打撃されると共振周波数を自動的に読み取り、診断結果が即座に表示される。



## 19 最適作業システム判定方法の確立

岡山県農林水産総合センター森林研究所 林業研究室 西山 嘉寛

### 研究の背景・ねらい

岡山県下では、間伐を要するスギ・ヒノキ人工林において、高性能林業機械を複数組み合わせた「機械作業システム」が広く採用されています。機械作業システムで施業を行う場合、事前に労働生産性や最適なシステムを予測することができれば、間伐における施業提案や施業可否判定等が可能になります。そこで、現場の状況に合わせ、労働生産性や出材量を予測するとともに、最適なシステムを提案する「労働生産性試算ソフト」を作成しました。

### 成 果

当該ソフトは、毎木調査結果を入力することにより、スギ・ヒノキの胸高直径階級分布をワイブル関数にあてはめ、収量比数 (Ry) 別に算出することができます。例えば、当該ソフトに調査値を入力しますと、2 cm 括約での胸高直径階別間伐本数が自動表示されます (図 1)。

労働生産性の算出においては、出材積及び工数の精度が問題となりますが、出材積 (末口径 14cm 以上の 3m または 4m 材) については、当該ソフトによる解析で予測できました (表 1)。工数や労働生産性については、使用機械が実際の現場 (例えばスイングヤーダ集材) と当該ソフト上 (例えばウインチ付グラップル集材) が異なった場合、実測値と予測値が大きく異なることがありました。この点については、今後適用可能な作業システムを増やす等、さらに精度の向上を図っていく必要があります。

当該ソフトのもう一つの大きな特徴として、伐採法 (列状、定性間伐)、路網密度等、各種条件を変えてシミュレーションを行うことができる点が挙げられます。これにより、施業前段階で、路網整備も含めたより具体的な伐採・搬出方法を検討することも可能です。

さて、これら現地での調査結果をもとに、集材距離だけでなく、斜面の傾斜、それに伴う路網の幅員等、斜面崩壊を防止する観点も含めて総合的に判断し、導入機械や路網密度など、最適な作業システムを提案できます (表 2)。

### 成果の活用

岡山県森林研究所の研究成果発表会 (2010) や岡山県林業研究グループ交換研修大会 (2010) を通じ、一般県民や林業関係者に対し、その成果の普及を行いました。

当該ソフトの活用について、第一段階として岡山県林業普及指導職員中央研修大会 (2010) や兵庫県ソフト操作研修会 (2010) の中で、普及指導職員を対象に、それぞれソフトの操作演習を行いました。これを機に、森林組合や林業事業体への普及を本格的に進めており、既に県内外の森林組合や岡山県内にある先進的な林業事業体でも、当該ソフトが業務に活用されています。

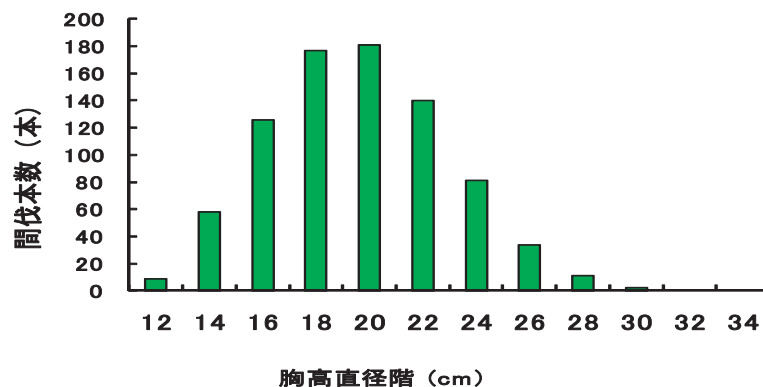


図1 胸高直径階別間伐本数の予測

- 注1. 林況は林齢40年生ヒノキ人工林で、施業面積3.0ha、立木密度1,500本/haである  
 2. 単木サイズは平均樹高16m、平均胸高直径20cmである  
 3. 間伐方法は列状間伐で、間伐率33%である  
 4. 間伐前後の収量比数は、それぞれ0.80、0.67である

表1 調査地における所要工数の予測と実際

区 分	予測生産性			実際の生産性
	スギ伐区	ヒノキ伐区	伐区全体	
生産材(A) m <sup>3</sup>		107.8	107.8	110.7
伐木		6.96	6.96	11.90
集材(木寄せ)		10.97	10.97	14.60
造材		6.08	6.08	8.00
集材(搬出)		4.31	4.31	5.70
計		28.33	28.33	40.20
作業効率		15.48	15.48	9.30
(A)/(B)		9.83	9.83	7.58
(m <sup>3</sup> /人日)		17.73	17.73	13.84
集材(搬出)		25.02	25.02	19.42
労働生産性 (A)/(B) (m <sup>3</sup> /人日)		3.81	3.81	2.75

注. ソフトによる出力表示画面を示す

表2 システム選択

工 程	導入機械等
伐木	チェンソー
集材(木寄せ)	ウインチ付グラブ
造材	ハーベスタかプロセッサ
集材(搬出)	フォワーダかクローラ
路網密度	最低200～300m/ha以上
ペースマシン	0.45 クラス

## 20 低コスト・高効率なグラップル系作業システムの開発

広島県立総合技術研究所 林業技術センター 與儀 兼三

### 研究の背景・ねらい

近年、わが国の林業の採算性が悪化しているなかで、林業コスト全般の縮減を図る取り組みが不可欠となっており、特に間伐施業においては、施業の集約化や路網と高性能林業機械を組み合わせた低コスト・高効率な作業システムの構築が強く求められています。

そこで、平成 19～21 年度の 3 か年にわたり、広島県内 2 箇所にモデル林を設定し、低コスト・高効率な作業システムを構築するための開発試験を行いました。モデル林では、緩～急傾斜地まで適用でき、最も広く普及が期待されている車両系作業システムのなかで、高密路網を配したグラップル系作業システム（機動・到達力重視型システム）を実施しました。

### 成 果

試験は、路網密度 275～420m/ha の超高密路網を作設後、初年度にはウインチを搭載しない専用グラップルによる木寄せ・集材とグラップルを搭載したフォワーダによる集搬（集材、搬出）を全て 4 人一組の作業班による連携作業で行いました。2 年目からは木寄せ・集材をウインチ搭載グラップルとし、集搬を専用グラップルとグラップルを搭載しないフォワーダという組み合わせで、作業班の人数を初年度の 1/2 の 2 人とししました（図 1、2）。さらに 3 年目には木寄せ・集材のウインチを遠隔操作ができるリモコン式との比較をしました。

その結果、伐木から木寄せ・集材、造材、集搬・巻き立てまでの労働生産性は、初年度が  $5.02\text{m}^3/\text{人日}$  であったのに対し、2 年目は  $11.3\sim 14.2\text{m}^3/\text{人日}$ 、3 年目（図 3）にはリモコン付き（A-1 試験区）が  $15.7\text{m}^3/\text{人日}$ 、リモコン無し（A-2 試験区）が  $13.6\text{m}^3/\text{人日}$  でした。今回の開発試験で目標とした労働生産性は  $10\text{m}^3/\text{人日}$  でしたが、2 年目からこの目標を達成することができました。これは、わが国の搬出間伐での労働生産性が  $3\text{m}^3/\text{人日}$ （平成 19 年度林野庁調べ）という現状からすると、最大で 5 倍を超える高い労働生産性となりました。

今後、このような路網と高性能林業機械が一体となった低コスト・高効率な作業システムを普及・定着させるためには、通年の事業量の安定確保を図ることが重要であると考えています。

### 成果の活用

本成果は、当センターの研究成果発表会や林野庁主催の林業機械化推進シンポジウムで公表するとともに林業関係機関誌等へ掲載しました。また、広島県を含む全国 9 ブロック 12 箇所のモデル林における開発・実証試験の結果から、間伐施業地の作業条件に応じて、路網と高性能林業機械を組み合わせた「低コスト作業システム導入マニュアル」を作成し、より多くの方々が活用できるように森林組合や素材生産業者等、間伐施業を実施する林業事業体に対して提供していきます。

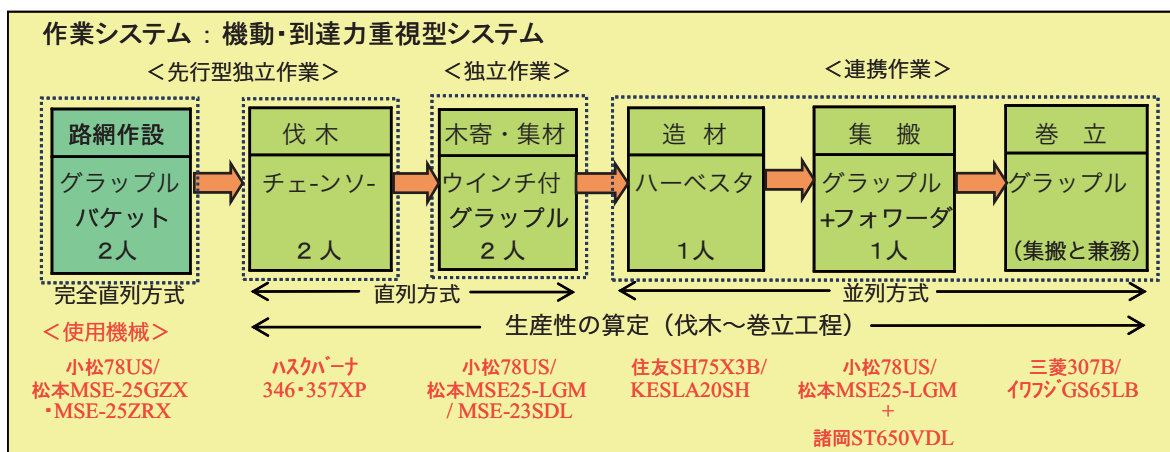


図1 作業システム（機動・到達力重視型）



図2 広島モデル林の間伐作業状況

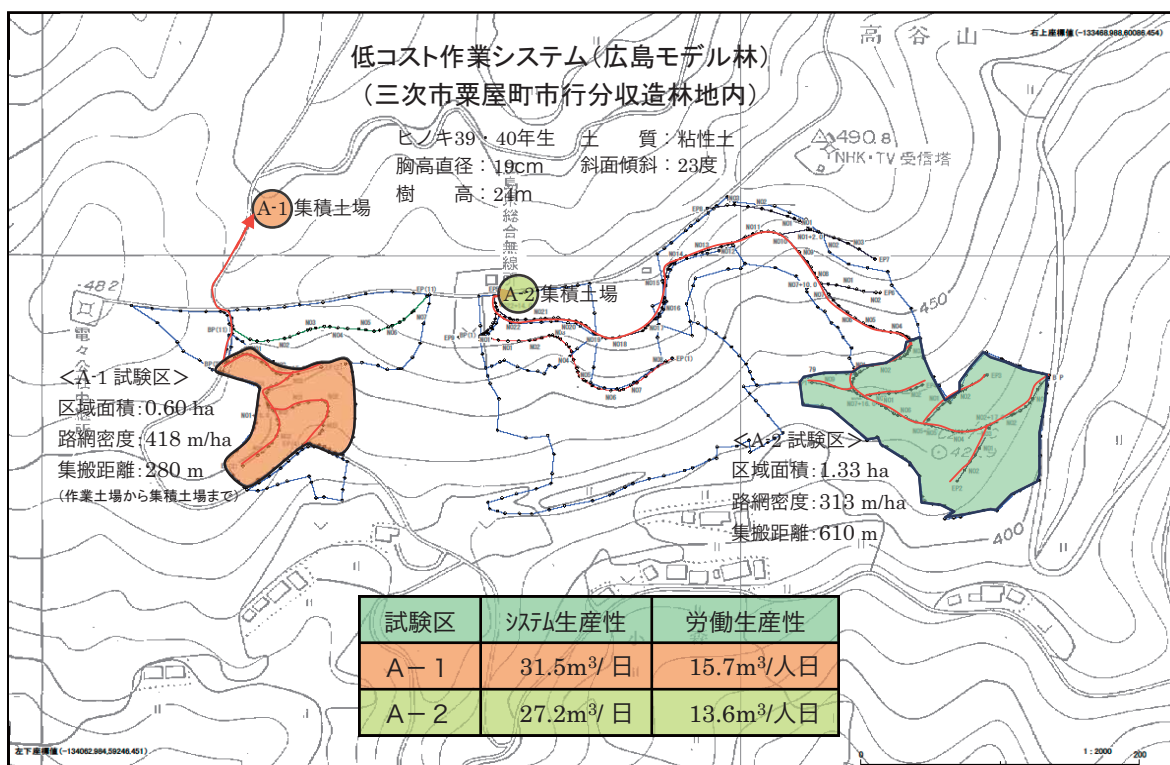


図3 作業システムの作業条件と生産性（広島モデル林）

【問い合わせ先：広島県立総合技術研究所 技術支援部 TEL 0824-63-0897】



## 2 1 抵抗性マツ苗生産実用化研究

愛媛県農林水産研究所 林業研究センター 研究指導室 岡田 恭一

### 研究の背景・ねらい

かつて愛媛県内には広くマツ林が分布していましたが、マツノザイセンチュウによる被害が蔓延し、ここ 20 年間でマツ林が激減しました。

そのため、マツノザイセンチュウ抵抗性アカマツ採種園を設置し、マツノザイセンチュウによる接種検定を経た育成苗を事業用等へ供給しています。そこで、より抵抗性の強い苗を育成するため、当センターでは採種園を構成する 25 クローンの種子親の絞込みを試み、実生苗へのマツノザイセンチュウ接種検定の結果から、生存率が全体の上位 1/3 以内でかつ愛媛県から選抜された 4 クローン (宇和島ア 18 号、同 21 号、同 39 号、同 50 号) を、従来よりも抵抗性が強い種子親として特定しました。本研究では、この 4 クローンを種子親とし、抵抗性の高い実生苗の花粉親の特定を、DNA 分析手法を用いて試みました。

### 成 果

1 花粉親を特定するためには、予め抵抗性アカマツ採種園を構成する 25 クローンの遺伝子型を把握しておく必要があります。そのため各クローンの針葉から DNA を採取し、マイクロサテライト 4 マーカーを用いて、DNA シーケンサーにより遺伝子型を特定しました (表 1)。マイクロサテライトは DNA 中の 1 ～ 5 塩基程度の短い繰り返し配列のことで、この繰り返し数に変異が多いことから個体識別や親子鑑定などの分野で広く用いられています。

2 宇和島ア 18 号、同 21 号、同 39 号、同 50 号の 4 クローンを種子親とする実生苗にマツノザイセンチュウを接種し、その生存苗からクローン当たり 30 ～ 40 個体をランダムに選抜しました。そして選抜した個体の針葉から DNA を採取し、採種園構成 25 クローンと同様の手法を用いて遺伝子型の特定を行いました。その時、同じクローンに由来する実生苗については、その種子親と共通の対立遺伝子を 1 個持っていますので (図 1)、それとは異なったものを花粉親に由来する対立遺伝子として判定しました。そして、この結果を基に採種園構成 25 クローンの遺伝子型と照合を行いました (図 2)。以上の結果、分析を行った生存苗 150 個体のうち父親が推定できた 126 個体は 7 クローンの花粉親 (高松ア 1 号、由岐ア 25 号、南国ア 5 号、赤坂ア 216 号、須崎ア 32 号、真備ア 58 号、岡山ア 82 号) に由来することがわかりました (表 2)。

### 成果の活用

実用化にあたっては、今回特定した花粉親と種子親による交配苗を人工交配によって育成し、接種検定による再現性を確認する必要があります。その後は、当センターで特定した花粉親 7 クローンと、種子親 4 クローンの自然交配による種子生産によって、従来よりも抵抗性が強いマツ苗を事業的に生産できると考えており、これによって、多大な経費と手間を要する接種検定の工程を省略することが可能となります。

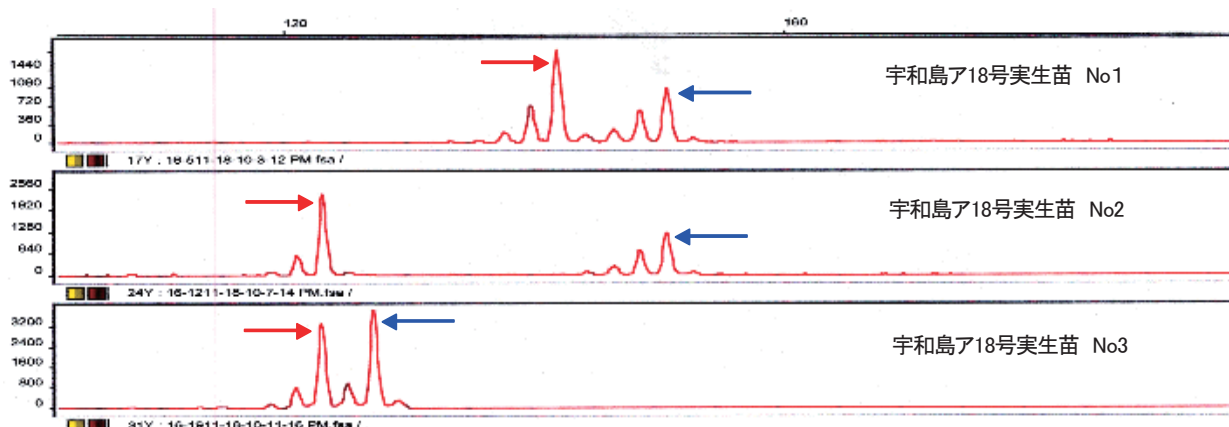


図1 電気泳動画像例(マーカー:bcpd006)

注:赤矢印は種子親由来の遺伝子型、青矢印は花粉親由来の遺伝子型を表す

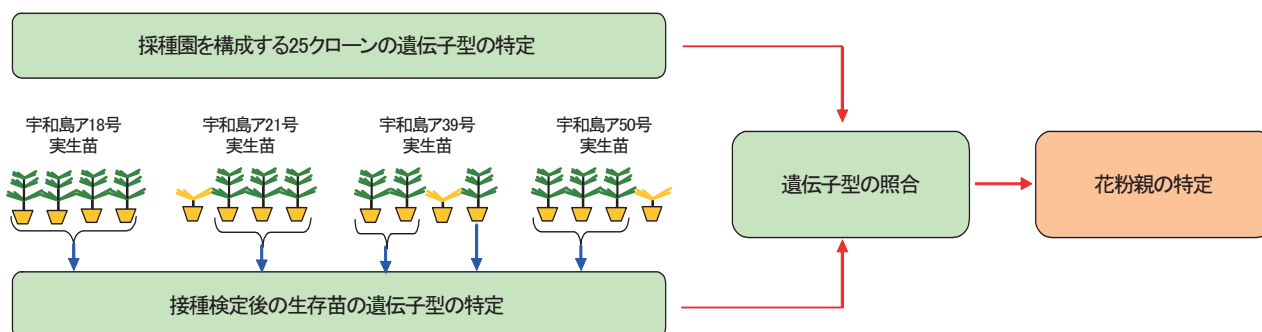


図2 花粉親特定の手順

表1 採種園を構成する25クローンの遺伝子型

クローン名	使用したマーカー							
	Pdms 009*	Pde 14**	bcpd 502***	bcpd 006***				
	(bp)	(bp)	(bp)	(bp)	(bp)	(bp)	(bp)	
由岐ア25号	134	138	208	208	77	81	127	155
阿南ア55号	134	136	210	212	91	93	127	127
高松ア1号	134	136	193	212	105	115	140	150
西条ア8号	136	172	183	214	105	115	121	133
新居浜ア7号	136	150	210	214	91	109	148	150
新居浜ア10号	134	146	202	210	91	99	152	163
宇和島ア18号	132	134	210	210	105	117	123	142
宇和島ア21号	136	138	208	208	75	91	127	155
宇和島ア39号	146	162	210	210	81	109	159	172
宇和島ア50号	134	138	183	196	87	91	142	150
南国ア5号	134	160	183	210	75	123	127	142
須崎ア31号	134	136	206	210	107	115	142	150
須崎ア32号	134	154	187	210	75	77	150	163
大分ア166号	138	174	210	210	107	113	127	155
大分ア203号	158	158	210	210	81	109	127	142
佐賀関ア108号	134	162	183	204	107	113	127	150
佐賀関ア113号	152	158	200	228	77	91	127	150
真備ア58号	138	156	208	212	99	105	127	150
赤坂ア216号	134	146	202	210	77	79	146	155
笠岡ア124号	134	138	204	204	105	115	146	174
鴨方ア29号	138	156	204	214	105	109	127	150
熊山ア39号	134	172	183	212	97	123	140	144
熊山ア119号	138	172	212	216	75	93	127	142
岡山ア82号	146	166	193	206	115	121	127	150
久留米ア144号	134	166	208	208	77	81	127	150

注1 表中の数字は、マーカーで増幅した時のフラグメントサイズを表す

注2 \*Watanabe et al.(2006)、\*\*Lian et al.(2000)、\*\*\*Isoda et al.(未発表)

表2 4クローンの種子親に由来する  
実生苗の花粉親解析結果

花粉親 クローン名	種子親クローン名				合計
	宇和島ア 18号	宇和島ア 21号	宇和島ア 39号	宇和島ア 50号	
高松ア 1号	7 (26)	10 (37)	5 (19)	5 (19)	27 (100)
由岐ア 25号	8 (33)	9 (38)	3 (13)	4 (17)	24 (100)
南国ア 5号	4 (17)	5 (21)	5 (21)	10 (42)	24 (100)
赤坂ア 216号	4 (19)	4 (19)	7 (33)	6 (29)	21 (100)
須崎ア 32号	7 (33)	2 (10)	4 (19)	8 (38)	21 (100)
真備ア 58号	1 (17)	2 (33)	3 (50)	0 (0)	6 (100)
岡山ア 82号	1 (33)	0 (0)	0 (0)	2 (67)	3 (100)
合計	32 (25)	32 (25)	27 (21)	35 (28)	126 (100)

数字は該当する組合せの個体数を、括弧内の数字は全体に対する比率(%)を表す。

## 22 ニホンジカによる剥皮害発生要因の解明と予防法の開発

福岡県森林林業技術センター 研究部 池田 浩一\*・桑野 泰光\*\*

\* 現福岡県筑後農林事務所 林業振興課

\*\* 現福岡県朝倉農林事務所 林業振興課

### 研究の背景・ねらい

近年、ニホンジカ（以下、シカ）による森林被害が深刻化し、全国各地で被害軽減に向けた捕獲が行われています。これまで、造林木の葉の食害についてはシカの生息密度に比例して発生することがわかっていました。一方、福岡県をはじめ九州では人工林における剥皮害のほとんどがオスジカの角こすりにより発生していますが、これについて、生息密度との関係など発生要因が明らかになっていませんでした。そこで本研究では、まずシカの生息密度と角こすりの発生状況の関係について検討しました。また、被害を予測しながらきめ細かな対策をとれるよう、角こすりが多発するメカニズムの解明に迫りました。さらに、捕獲によらない新たな被害予防法についても検討を加えました。

### 成 果

#### 1. シカの生息密度が角こすり害発生に及ぼす影響

11か所の調査地において、糞粒法によって推定したシカの生息密度と角こすり被害率の関係を調べた結果、生息密度の高い地域ほど被害が多く発生していることがわかりました（図1）。このことから、捕獲による個体数抑制が角こすり害の軽減に結びつく可能性が示唆されました。

#### 2. 角こすり害発生のメカニズム

シカの生息密度が同程度にもかかわらず被害率が異なる2か所で、自動カメラによりシカを撮影しました。その結果、両調査地とも発情期がはじまる8月下旬頃からオス成獣が多く撮影されるようになり、メス1頭に対してオス成獣が多く撮影されると、それに同調するように被害も多く発生することがわかりました（図2）。また、シカの前足搔きや角で林床を搔き起こした跡の数と被害率との関係を調べた結果、搔き起こした跡が多い場所では被害率が高いことがわかりました（図3）。以上のことから、発情期にメスをめぐってオスが複数集まる環境下で、オスのマーキング行動が盛んに行われ、その結果、角こすりも多発すると考えられました。

#### 3. 剥皮害予防法の開発

シカを造林木に近寄りにくくすることで角こすりや樹皮採食による剥皮害を予防しようと、林内に放置された間伐木や枝条を、保護する木の周囲約1m、高さ50cmで積み上げました（写真1）。この「枝条棚積」により、施工から3.5年たった現在も被害を完全に防ぐことができます（図4）。さらにこの方法は、格子状ネットや枝条を巻き付ける方法の約40～75%程度のコストで施工できることもわかりました。

### 成果の活用

今回の研究成果は、福岡県特定鳥獣（シカ）保護管理計画の推進に役立てています。さらに、パンフレット「人工林をシカから守る」（以下のURLよりダウンロード可能 <http://ffrec.pref.fukuoka.lg.jp/publica/pdf/sika.pdf>）の配布や、地域の有害鳥獣被害対策協議会が主催する研修などをおして、森林組合・農協・自治体・ハンターなどへ成果を普及しています。

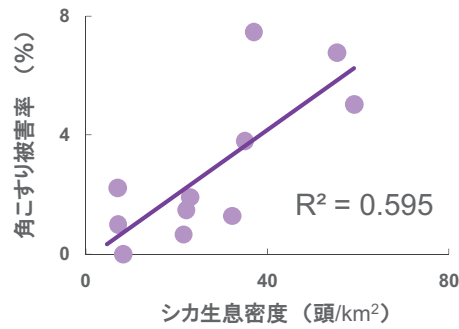


図1 シカ生息密度が角こすり被害率に及ぼす影響

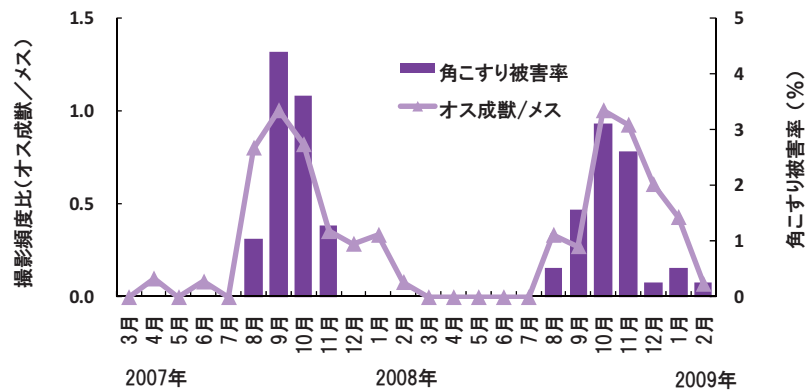


図2 メスに対するオス成獣の撮影頻度と角こすり害発生の同調性

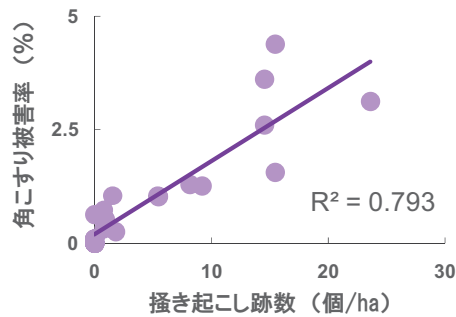


図3 月ごとの林床の掻き起こし跡数と角こすり害発生の相関



写真1 枝条棚積の施工例

枝条棚積区

199

対照区

580

172

■健全木 ■被害木

図4 枝条棚積による剥皮害予防効果

数字は調査木の本数を表す。



## 2 3 列状間伐が林床植生に及ぼす影響の調査

佐賀県林業試験場 研究開発担当 宮崎 潤二

### 研究の背景・ねらい

近年、森林に対するニーズは多様化しており、木材生産だけでなく多面的機能の発揮を目的として、針葉樹人工林に広葉樹を導入する針広混交林化が試みられています。しかし、このような取り組みは始められたばかりであり、どのような手法で間伐すれば効率的に針広混交林化が進むのかについては確立していない状況です。そこで、佐賀県内のスギ・ヒノキの林分内に、伐採列数の異なる列状間伐（2残2伐、3残3伐、4残4伐）を実施し、伐採列数の違いが林床の光環境や下層植生の繁茂状況に与える影響について調査しました（写真1, 2, 3）。なお、当研究においては、アカメガシワ、クサイチゴ、ナガバモミジイチゴ、ヌルデ、ネムノキ、ヤマフジ、ヤマウルシの7樹種を先駆性木本として扱いました。

### 成 果

#### 1 林内の光環境

間伐前の相対散乱光強度が17.8%だったのに対し、間伐直後は42.8～56.2%（表1）であり、この時点での林内の光環境は、多くの高木性の樹木の稚樹が生存可能な目安である、相対散乱光強度20%を超えていました。また、調査区毎の相対散乱光強度は、4残4伐＞3残3伐＞2残2伐の順に高くなっていました。これは、伐採列数が多いほど列状間伐によって生じる林冠のギャップの幅が広くなるために、より多くの太陽光が林床へ届くためと考えられました。一方、間伐から5生育期が経過後の相対散乱光強度は、どの調査区においても間伐直後より低下していました。これは残存木の枝条の繁茂によって林冠のギャップが縮小したことに伴うものであり、今後も同様の傾向が続くと考えられます。

#### 2 下層植生

間伐後5生育期目の夏に、下層植生の繁茂状態を調査しました（図1）。各調査区において、下層植生を刈り取って現存量（乾燥重量）を測定したところ、3残3伐区及び4残4伐区では下層植生の1m<sup>2</sup>あたりの現存量が500g以上だったのに対し、2残2伐区では224gと半分以下でした。また、4残4伐区では先駆性木本の占める割合が高いのに対し、3残3伐区ではヒサカキやイヌツゲをはじめとする常緑広葉樹の割合が非常に高いことが分かりました。

### 成果の活用

これらの成果は、針葉樹人工林から針広混交林へ効率的に誘導する手法の開発に活用され得るものです。ただし、今回の報告は、間伐から5生育期目までの経過を調査したものあり、当林分では今後は残存木の成長に伴ってさらに林冠のギャップが縮小していくと予想されますが、それによって下層植生がどう変化していくのかを引き続き調査していく必要があると思われます。

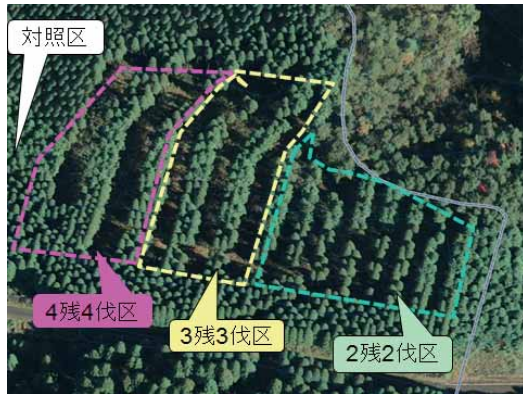


写真1 調査地の概要

表1 間伐前後の林内光環境

調査区	2006.2 (間伐直後)	2010.7 (間伐後5生育期)
2残2伐	42.8%	26.4%
3残3伐	45.7%	34.8%
4残4伐	56.2%	43.5%
対照区	—	18.6%

\* 全天空写真から、Gap Light Analyzerにより相対散乱光強度を算出

\* 全天空写真は、各調査区の伐採列中央の、地上高1.2mの位置で撮影



写真2 間伐直後の林床植生 (4残4伐区)

写真3 間伐から2生育期目の林床植生 (4残4伐区)

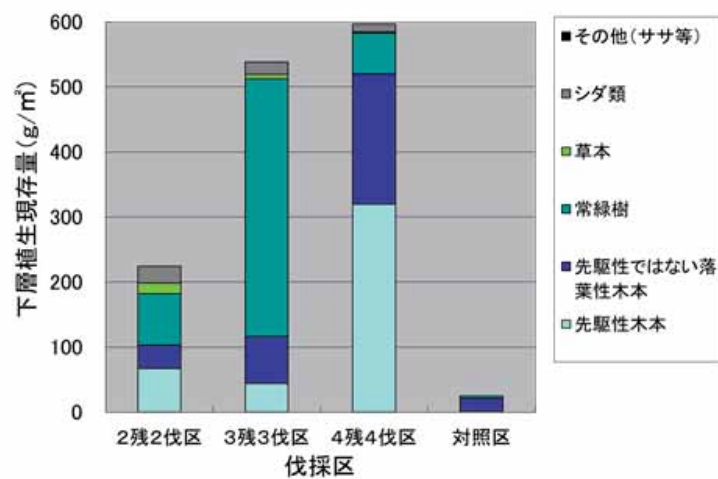


図1 間伐後の下層植生の状況

## 24 新たな育苗コンテナ「Mスターコンテナ」の開発

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

コンテナ苗の利用は、裸苗と比べて根の損傷が少ないため、植栽適期の拡大による植栽労力の分散化に期待できます。また、ポット苗より軽量かつコンパクトであるため、植栽作業の効率性を高める手段として有望と考えられます。

コンテナ苗を育成する場合、根系を十分に発達させて育苗容器の形状通りに成型することがポイントですが、容器の形状（容積）と苗木地上部の成長との関係を把握しておくことも重要です。そこで、容積が調節可能な育苗コンテナ「Mスターコンテナ」(M-StAR Container: Multi-Stage Addjustable Rolled Container)を開発し、スギ苗の育成試験を行いました。

### 成 果

- 1 Mスターコンテナは、片面が波形になったシートを筒状に丸めた容器（写真1）で、その特徴は次のとおりです。
  - 1) 容器側面の縦筋や底部の開放により根系が渦巻き状になるルーピング現象を防止します。
  - 2) シートの巻き加減で直径（容積）を調節することができます。つまり、樹種や苗木の大きさが変わっても同一の容器で対応できます。
  - 3) 個々の容器が独立しているため、苗木の配置（密度）が変更できます（写真2）。
  - 4) 丸めたシートの展開により育苗中での発根の確認（写真3）や収穫時での根系部の取り出しが容易です。
- 2 Mスターコンテナの容器サイズを変えてスギの育苗を行った結果、次の点が明らかとなりました。
  - 1) 育苗後における苗木地上部の成長結果をみると、容器サイズの直径が小さく、高さが低いほど、水分不足による枯損が多くなる傾向にありました。このため、育苗容器の小型化にあたっては、水分管理の徹底を図る必要があると考えられます。また、苗高については、容器サイズの直径と高さが大きいほど、伸長率が増加する傾向にありました（表1）。
  - 2) 苗木地下部の根系状況をみると、容器内壁に衝突した根は波形に沿って垂下していました。また、容器の底部では、空中に突出した根が伸長を停止しており、ルーピング現象は認められませんでした（写真4）。

### 成果の活用

本研究の成果をもとにMスターコンテナを製品化しました。また、苗木生産者などに対してコンテナ苗の育成技術について研修会を実施し、一部の生産者はMスターコンテナを用いてスギ苗の本格的な生産を開始しています（写真5）。





写真1 容器となる波形シート



写真2 容器の配置例



写真3 育苗中に根の発達を確認する様子

表1 育苗試験後の枯損および苗高の状況

容器サイズ 直径 (cm)	高さ (cm)	供試数 (本)	枯損数 (本)	枯損率 (%)	苗高伸長率* (平均値±S.D.)
3	12	40	3	7.5	127.5±23.1
	16	40	1	2.5	125.4±23.7
	20	40	1	2.5	141.7±28.1
4	12	40	3	7.5	124.9±18.0
	16	40	2	5.0	133.0±23.4
	20	40	0	0	137.1±21.7
5	12	40	0	0	151.0±26.4
	16	40	0	0	151.2±40.9
	20	40	0	0	153.7±33.7

\*：試験開始時の苗高を100とした比率



写真4 容器サイズ別根系形成の状況  
(培地は除いています)



写真5 Mスターコンテナでスギ苗の  
本格的な生産を開始した施設



## 25 沖縄北部広葉樹林の皆伐・択伐後 35 年目の林分調査

沖縄県森林資源研究センター 企画管理班 生沢 均・今田 益敬

### 研究の背景・ねらい

沖縄県の亜熱帯生広葉樹林は、イタジイを主体とする広葉樹林で占めており、これらの森林は、第2次世界大戦後 60 年以上を経過し、標準伐期令 (30 年) を超えた林分が大半です。しかしながら、これらの林分は、形質不良木や利用価値の低い樹種が多く、経済的価値を期待できる林分はほとんどみられません。さらに、本県の林業の中心地域の沖縄本島北部の森林は、林産物を供給するだけでなく、ヤンバルクイナやノグチゲラ等の希少な動植物の生息地としても注目されており、世界自然遺産候補地として生態系の保全が求められています。このため、本研究では、沖縄本島北部に広く分布するイタジイを主体とする広葉樹林について、経済性の高い森林への誘導と、森林の生物多様性に配慮した森林管理を確立していくことを目的として過去実施された皆伐、択伐後の林分調査を実施しました。

### 成 果

本研究では、戦後皆伐され萌芽により更新したイタジイを主体とした約 28 年生 (昭和 49 年時点) の林分に設定した、以下の 5 つの試験区について 35 年間の変化を調査しました (図 1、表 1)。

試験区Ⅰ：択伐放置区 (DBH が 6cm 以上のパルプ用材として利用可能な立木全てを伐採収穫後放置)

試験区Ⅱ：皆伐放置区 (皆伐収穫後、一切の保育作業を実施することなく放置)

試験区Ⅲ：皆伐 3 年目除伐区 (皆伐収穫後、天然萌芽及び実生による成林を期待し、3 年目に不良樹種の除去を含め、萌芽の整理など、下刈り、除伐を実施)

試験区Ⅳ：皆伐 5 年目除伐区 (試験区Ⅲと同様に成林を期待し皆伐収穫 5 年目に除伐を実施)

試験区Ⅴ：択伐整理区 (試験区Ⅰと同様の収穫を行った後、形質の良好な目的樹種を保残し、他の不良木を伐倒除去し、以降放置)

調査の結果、樹高 1.2m 以上で胸高直径 3cm 未満の稚樹を含む全立木本数は、施業後 3 年目では約 5 万 2 千本～6 万 2 千本と、全ての区で類似した本数となりましたが、35 年経過すると択伐区では、皆伐区と比較し減少しました (図 2)。

平均直径、材積量は、皆伐区では、皆伐放置区の材積を除き施業前の量にまだ達しませんが、択伐区では増大しました。特に、材積量は択伐放置区  $161\text{m}^3$  から  $263\text{m}^3$  (1.63 倍)、択伐整理区  $134\text{m}^3$  から  $227\text{m}^3$  (1.69 倍) となりました (表 3)。

施業の育成目的樹種の割合は、35 年目では全ての区で少なくなりました。皆伐 3 年目除伐区 (58%) および 5 年目除伐区 (52%) が比較的高くなりました (表 2) が、これらの多くはイタジイの萌芽によって占められていました (表 2)。

### 成果の活用

本研究の成果は、沖縄県森林資源研究センター研究報告や九州森林研究で研究成果を掲載し、内閣府沖縄振興予算を活用した「亜熱帯島嶼域における森林の環境保全と資源利用に関する研究事業 (平成 20 年～22 年)」の一環として報告書に掲載するとともに、沖縄県の森林・林業行政や関係団体等への技術普及を図っていきたいと考えています。

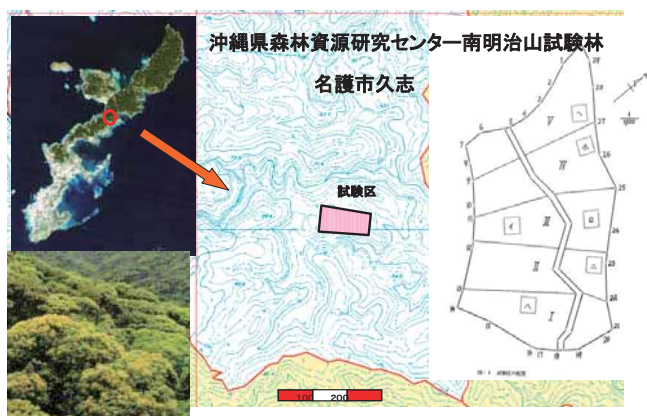


図1 試験地の位置図(写真:イタジイ林)

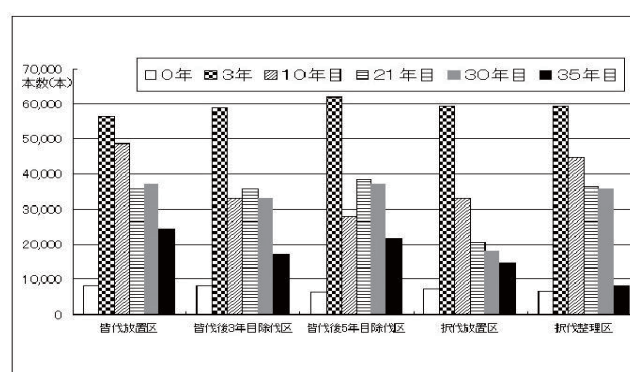


図2 試験区の立木本数の推移(樹高 1.2m 以上全立木)

表1 試験区の内容及び面積

試験区	内 容	面積(ha)
試験地	I 択伐後放置区	0.261
	II 皆伐後放置区	0.253
	III 皆伐後3年目に除伐する区	0.259
	IV 皆伐後5年目に除伐する区	0.262
	V 択伐後不良木を除去する区	0.258
除地(河川)		0.062
合 計		1.355

表2 試験区の萌芽発生状況(35年目)

試験区	樹種名	根株数 (本/ha)	萌芽株数 (本/ha)	萌芽株 出現比
択伐 放置区 I	イタジイ	2,500	1,400	56.0%
	イジュ	500	100	20.0%
	タブノキ	400	0	0.0%
皆伐 放置区 II	イタジイ	3,400	2,500	73.5%
	イジュ	700	0	0.0%
	タブノキ	400	200	50.0%
皆伐 3年除伐区 III	イタジイ	4,400	2,900	65.9%
	イジュ	1,300	600	46.2%
	タブノキ	400	100	25.0%
皆伐 5年除伐区 IV	イタジイ	2,300	600	26.1%
	イジュ	200	100	50.0%
	タブノキ	300	100	33.3%
択伐 整理区 V	イタジイ	3,300	1,300	39.4%
	イジュ	100	100	100.0%
	タブノキ	500	100	20.0%

表3 林分総括表

DBH ≥ 3cm									
試験区	調査年	立木本数 (本/ha)	胸高直径		樹高		材積 (m <sup>3</sup> /ha)	出現樹種数 (種)	目的樹種 本数混交率 (%)
			平均値 (cm)	最大値 (cm)	平均値 (m)	最大値 (m)			
択伐 放置区 I	前生林分	7,222	7.0	36.0	7.2	13.0	161.4	40 *)	64.0
	21年	10,600	6.5	18.5	6.4	9.4	177.5	14	55.7
	30年	8,000	7.7	18.5	7.1	10.0	211.1	13	46.3
	35年	8,600	7.8	21.0	7.1	12.0	263.0	14	45.0
皆伐 放置区 II	前生林分	8,121	6.3	20	6.8	13.0	137.0	45 *)	63.4
	21年	15,900	4.8	10.5	5.4	7.1	116.2	11	54.7
	30年	12,800	5.5	13.4	5.7	8.3	129.9	13	42.2
	35年	12,800	5.8	14.6	5.1	7.5	143.9	16	39.0
皆伐 3年除伐区 III	前生林分	8,415	6.2	24.0	6.5	13.0	131.0	42 *)	66.0
	21年	13,000	4.9	9.0	4.7	7.2	89.2	10	60.8
	30年	12,900	5.2	10.4	4.9	7.4	100.3	11	60.5
	35年	12,800	5.5	11.9	4.8	7.5	115.1	12	58.0
皆伐 5年除伐区 IV	前生林分	6,395	6.8	36.0	7.2	13.0	139.7	43 *)	51.8
	21年	9,700	5.6	11.0	5.3	6.8	96.1	12	54.6
	30年	8,500	6.0	12.8	5.4	7.4	100.8	11	52.9
	35年	8,000	6.1	13.4	4.9	7.5	100.1	11	52.0
択伐 整理区 V	前生林分	6,671	6.7	32.0	7.0	13.0	134.6	38 *)	52.5
	21年	11,600	6.3	14.3	6.7	9.0	189.4	8	64.7
	30年	9,800	7.0	16.1	6.7	10.0	202.5	11	49.0
	35年	9,900	7.2	18.1	6.7	10.0	227.7	15	41.0

\*)試験区全体、他は標準プロット(10m × 10m)当たり種数

## 26 針葉樹合板の節脱落防止自動処理装置の開発

北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場 技術部 白川 真也

### 研究の背景・ねらい

構造用合板の原材料は、南洋材や北洋材などの輸出規制の強化や丸太価格の高騰により、北海道内の合板工場では道産カラマツ、トドマツへと樹種転換を図ってきました。これに対して、内装用、台板用、型枠用の各合板はこれらへの樹種転換が進んでいません。その一因として、これらの樹種では単板の乾燥工程で節の抜け落ちが多い点が挙げられます（写真1）。節が抜け落ちた合板は、内装用では美観上、台板用や型枠用では表面平滑性に問題があり、人手による乾燥前の節の仮止めや乾燥後の節の再取り付けが必要となることから、作業効率が低下して量産化の支障となるとともにコストアップの要因となります。そこで、節脱落を防止するための専用接着剤の開発および節認識装置、節脱落防止処理装置、送材ラインからなる実大規模の自動処理装置の開発を行いました。

### 成 果

ロータリーレース等で切削された単板は、高温のベニアドライヤー内をローラーで挟みながら搬送し、乾燥させることから（写真2）、節脱落防止処理用接着剤には、耐熱性と柔軟性が要求され、接着剤がローラーに付着しないための速乾性も要求されます。そこで、これらの要求を満たす専用接着剤を新たに開発しました。死節を対象に、無処理で乾燥させた単板と、開発した専用接着剤で節脱落防止処理を施した後に乾燥した単板の節脱落率を図1に示します。トドマツでは無処理単板の節脱落率が45%であったのに対し、節脱落防止処理を行った単板では僅か3%程度と大幅に改善され、開発した専用接着剤の有効性が示されました。

また、カメラと光源を収納した撮像装置をコンベヤ上方に設置し、移動する単板の板面情報を撮像して画像解析処理することで節を認識する節認識装置（写真3）と、認識した節の位置と大きさに基づいて、産業用ロボットを節の位置に動かして専用接着剤を吹き付け、節の脱落防止処理を行う節脱落防止処理装置（写真4）を開発し、これらの装置を単板搬送装置に組み込んでコンベヤの動きと同期を取ることで、ラインを止めずに処理することを可能とする一連の自動処理装置を開発しました（写真5）。

節脱落防止処理を施したカラマツ及びトドマツ単板の乾燥試験を実施したところ、処理単板の節脱落は両樹種とも皆無でした。また、これを用いて実大サイズの5プライ（5層構成）合板を製造し、糊付け作業、プレス作業等に問題のないことを確認しました。なお、節脱落防止処理にかかるコストは人手の約1/3、処理能力は人手の約9倍と試算されました。

### 成果の活用

北海道産のカラマツ・トドマツ人工林材から内装用合板、台板用合板、型枠用合板に用いる単板の効率的生産が可能となったことから、今後の道産針葉樹合板の高付加価値化と需要拡大が期待されます。本研究の成果につきましては、今後関連企業に成果の普及・技術移転を行う予定です。

### 知的財産取得状況

- ・特願 2010-240144「抜け節の防止方法ならびにその木質材料」
- ・特願 2010-241448「木材の節脱落防止装置、及び節脱落防止処理を施した木質材料の製造方法」



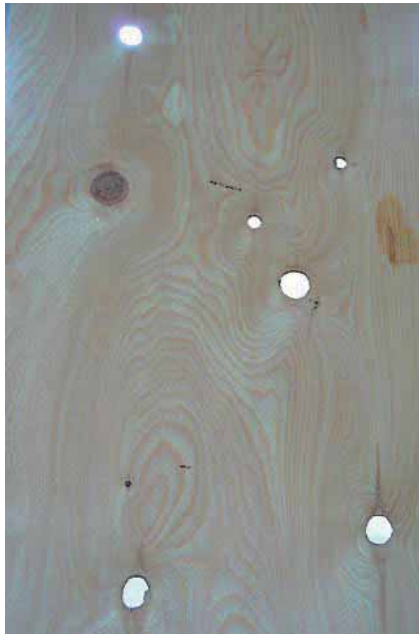


写真1 節の抜け落ちた単板



写真2 ベニアドライヤーの単板搬送ローラ

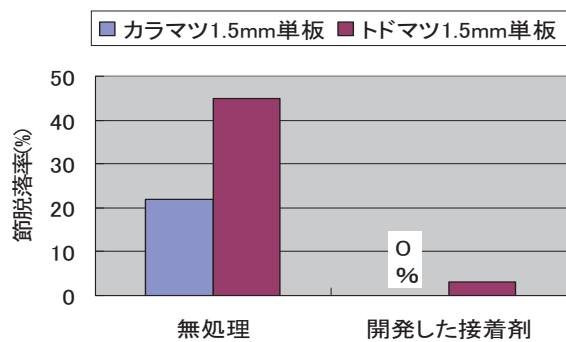


図1 開発した専用接着剤の節脱落防止効果



写真3 節認識装置



写真4 節脱落防止処理装置



写真5 開発した自動処理装置の全景



## 27 北海道型木製ガードレールの実用化

北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場 企業支援部 今井 良

### 研究の背景・ねらい

平成 10 年に建設省(当時)の「防護柵の設置基準」が改正され、性能確認試験(実車衝突試験)に合格すれば、木材を用いた防護柵でも車両用防護柵として道路へ設置することができるようになりました。また、17 年の「景観緑三法」をはじめとする国土交通省の沿道景観の見直しなどを背景に、地域材活用による環境貢献と地域経済活性化を目指した木製ガードレールが全国各地で実用化されてきました。しかし、これまでは積雪に対する性能確保については十分に検討されませんでした。そこで、林産試験場では 16 年度から積雪に対する性能を高めた北海道型木製ガードレールの開発に向け、民間企業と共同研究を行ってきました。コストと耐久性のほかに景観性を重視した設計を行い、実車衝突試験を実施して、国内初となる耐雪型木製防護柵の実用化を目指しました。

### 成 果

カラマツ集成材と山形鋼を組み合わせた横梁材(ビーム)の曲げ試験(写真 1)を行って強度性能を把握し、複数本のボルトによる一体化が強度性能の向上に寄与することを確認しました。次に、ビームとビーム支持部材(ブラケット)との接合部に対する加力試験(写真 2、写真 3)を行いました。

接合部の引張り耐力はボルトのせん断強さに比例したことから、要求性能に応じてボルトの材質や直径を選択することで、合理的な設計が可能と判断されました。積雪の沈降力を想定した荷重を加えた場合、ブラケットのねじれ変形および支柱とブラケットをつなぐボルトの曲げ変形が発生することから、これを抑制できる部材断面に変更しました。

国土交通省が定める衝突試験条件と同一条件の予備衝突試験を行った結果、乗用車の試験ではすべての要求性能を満たしましたが、大型貨物車の試験では接合部の強度不足などの原因により基準をクリアできませんでした(写真 4)。そこで、ビームの断面寸法、一体化を強化するためのボルト本数、接合部のボルト配置などを見直しました。新たな設計に基づいた北海道型木製ガードレールについて実車衝突試験を実施(写真 5、写真 6)した結果、要求性能をすべて満足したため、車両用防護柵(B 種)として一般道路での使用が可能となりました。

また、耐雪性能については、設計変更後の部材強度を基にした構造計算により、耐雪型ランク 4 に該当する積雪深 4m までの雪の沈降力に耐える高い耐雪性能を確認しています。

### 成果の活用

現時点では車両用防護柵としての活用事例はありませんが、国土交通省(北海道開発局)の管轄事業での活用を目指して NETIS(新技術提供情報システム)登録を進めています。並行して北海道をはじめとする各自治体の道路関係者を対象に成果の活用方法を提案しています。主な活用方法としては、国立・国定公園や観光地周辺などの特に景観に配慮が求められる道路を対象に、既設の車両用防護柵を開発製品へ付け替えることを提案しています。また、既存の車両用防護柵よりも雪に対する強度が高いので、積雪による防護柵の被害が頻出している箇所への付け替えも提案しています。

### 知的財産取得状況

特願 2010-242760「車両用防護柵ブラケット」



写真1 曲げ試験



写真2 引張り試験



写真3 接合部せん断試験



写真4 大型貨物車による予備衝突試験



写真5 大型貨物車の誘導成功



写真6 乗用車の誘導成功

[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 企業支援部 TEL 0166-75-4233]

## 28 スギ樹皮の資源化に関する試験

宮城県林業技術総合センター 企画管理部 水田 展洋

### 研究の背景・ねらい

製材工場等から排出されるスギ樹皮は、1997 年以降のダイオキシン規制の強化、1999 年の家畜排泄物の管理に関する適正化及び利用の促進に関わる法律の施行により、堆肥原料等としての需要は減少傾向にあります。そのため、スギ樹皮は産業廃棄物として処理されていることが多く（図 1）、処理経費は製材工場等木材加工業者の経営を圧迫しています。また、スギ樹皮は水分量が多く破碎も容易ではないこと、貯蔵に広大な敷地が必要なことなど取扱い上制約が多いことが問題となっています。

そこで資源の有効活用の観点から、エネルギー生成の可能性や原料としての効率的な利用方法について調査・研究しました。

### 成 果

スギ樹皮はそのままでは大きすぎてボイラーへの投入が難しいため、中型自走式チップパー（新キャタピラー三菱社製 BC1000XLM：63kw）と小型自走式チップパー（ゼノア社製 SR100K：8.1kw）で剥皮樹皮の粉碎試験を行ったところ、小型チップパーの方が中型チップパーよりも労働生産性（図 2）が約 2 倍高くなりましたが、粉碎した樹皮でもボイラー内で樹皮（破碎チップ）が絡まり燃料供給が止まりやすいという問題がありました。

燃料の形状について検討するため、スギ樹皮 100% のペレットを試作したところ、製造に問題はなく形状も他のペレットと同等（表 1）であり、製造速度はスギオガ粉ペレットより 10% 程度速くなるという結果が得られました。

試作したスギ樹皮 100% ペレットの燃焼試験では、スギオガ粉ペレットと広葉樹ペレットと比較して燃焼温度や排ガス濃度には特に問題はありませんでしたが、灰分が若干多く、塩素、硫黄、銅含有量も若干多い結果となりました。（表 2）

また、スギ樹皮の自然乾燥の試験では、透湿防水シート（畜産用）、ブルーシート、フレキシブルコンテナバッグ、野積みの 4 種類（写真 1）の方法により屋外で含水率変化を測定しました。その結果、表面はどの保管方法でも乾燥するものの、表面から約 30cm 内部の含水率は、透湿防水シートでは約 4 ヶ月で 50% 程度まで低下する結果となり、野外での自然乾燥に透湿防水シートが一定の効果があることが分かりました（図 3）。

### 成果の活用

宮城県内では、複数の自治体で独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業」の補助を受け、各自治体で新エネルギービジョンを策定しておりますが、一部自治体の策定委員会の委員やオブザーバーとして参加し情報提供を行っております。また、学会発表やセンター発行の刊行物等を通じて成果の普及に努めています。



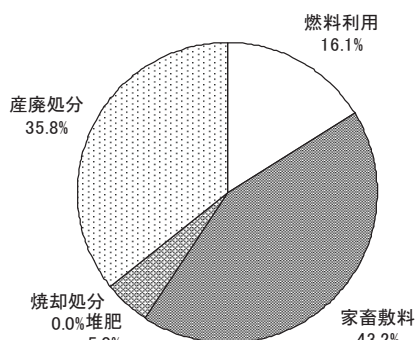


図1 スギ樹皮の利用方法

(スギ素材消費量が5,000m<sup>3</sup>/年以上の工場)

県内製材工場現地調査(2008年)より

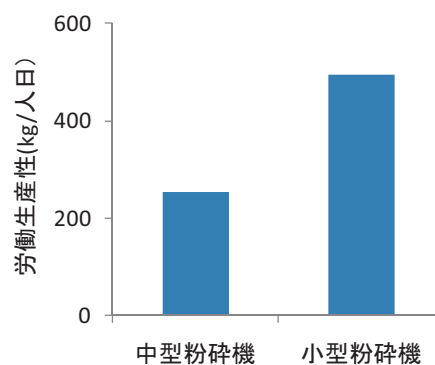


図2 中型及び小型粉砕機

による破碎試験

表1 スギ樹皮ペレットの品質試験

	スギ樹皮100%	スギ樹皮50% オガ粉50%	スギオガ粉	広葉樹
平均	6.16	6.09	7.10	6.18
寸法 (mm)	最大	6.20	6.37	6.67
	最小	6.13	5.91	5.99
	SD	0.02	0.14	0.15
	平均	18.07	16.29	17.51
長さ	最大	29.36	22.51	25.87
	最小	7.29	5.13	9.10
	SD	6.20	3.55	3.83
	SD	0.83	0.67	0.83
かさ密度 (kg/L)	0.83	0.67	0.83	0.57
粉化度 (%)	0.2	1.3	0.4	0.9
含水率 (%)	9.5	16.8	5.4	7.8

表2 燃焼灰成分分析試験

	スギ樹皮(100%)	スギオガ粉	広葉樹
含水率 (%)	9.9	4.6	7.1
灰分 (%)	2.8	0.9	2.2
熱量 (J/g)	20,000	19,000	18,000
塩素含有量 (mg/kg)	550	280	720
硫黄含有量 (mg/kg)	490	79	330
窒素含有量 (wt%)	1.0未満	1.0未満	1.0未満
珪素含有量 (mg/kg)	1.0未満	1.0未満	1.0未満
クロム含有量 (mg/kg)	4.9	1.0未満	1.0未満
銅含有量 (mg/kg)	35.0	3.3	2.3



写真1 スギ樹皮の自然乾燥試験状況

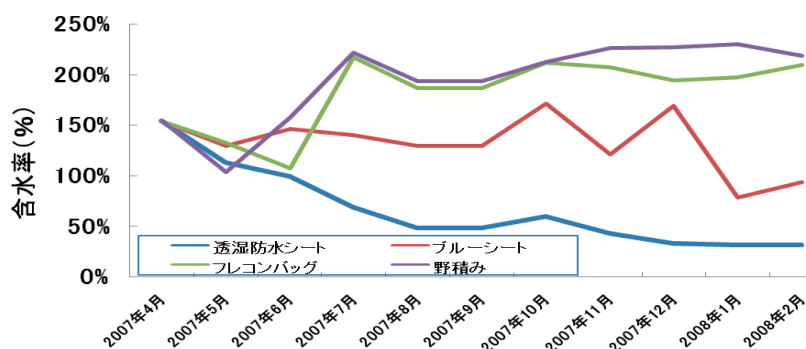


図3 スギ樹皮の乾燥種類別の含水率変化 (表面から30cm内部の場合)



## 29 在来軸組工法における構造部材の接合技術

福島県林業研究センター 林産資源部 渡部 秀行

### 研究の背景・ねらい

近年、木造建築物の柱頭柱脚部の接合には金物接合が主流となっていますが、古来用いられてきた長ほぞ差し込栓打ち接合は、建築基準法において利用できることが定められているにもかかわらず強度に関するデータが少ないことなどからあまり利用が進んでいません。

一方、「建築工事に係る資材の再資源化等に関する法律」により、木造建築物の解体時には、金物と木材の分別が必要ですが、木材だけを使った接合なら解体・分別が容易になると考えられます。そこで、長ほぞ差し込栓打ち接合について引張試験を実施し、より効果的な接合仕様の検討を行いました。

### 成 果

試験体の形状は中柱型で、材の寸法は柱がスギ 105mm 正角、長さ 60cm、横木がスギ、ヒノキ 105mm 正角、長さ 1m で、ほぞ仕口を手加工後、込栓の入る穴をドリルで穿孔し、直径 18mm のコナラ込栓を本数と配置を変えて打ち込み接合しました。引張試験は（財）日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に準じて、万能試験機で行い、1 条件あたり 6 体繰り返しました。

その結果、込栓を斜めに 2 本配置した場合、ほぞ先端側の込栓の位置がほぞ先端に近づくほど、ほぞのせん断破壊が起こりやすくなりました。（写真 1、表 1）

最終的に込栓 2 本を上下 20mm ずらした配置（図 2）が、横木がスギの場合 7.84kN、ヒノキの場合が 7.28kN の短期基準接合耐力が算出される結果となりました。（図 1）

### 成果の活用

福島県林業研究センター研究発表会で成果内容を発表し、福島県農林水産部および福島県林業研究センターのホームページでも公開し、成果の周知を行っていきます。また、普及員や建築設計者の協力を得て、現場での実証を行い、普及を図っていきたいと考えています。

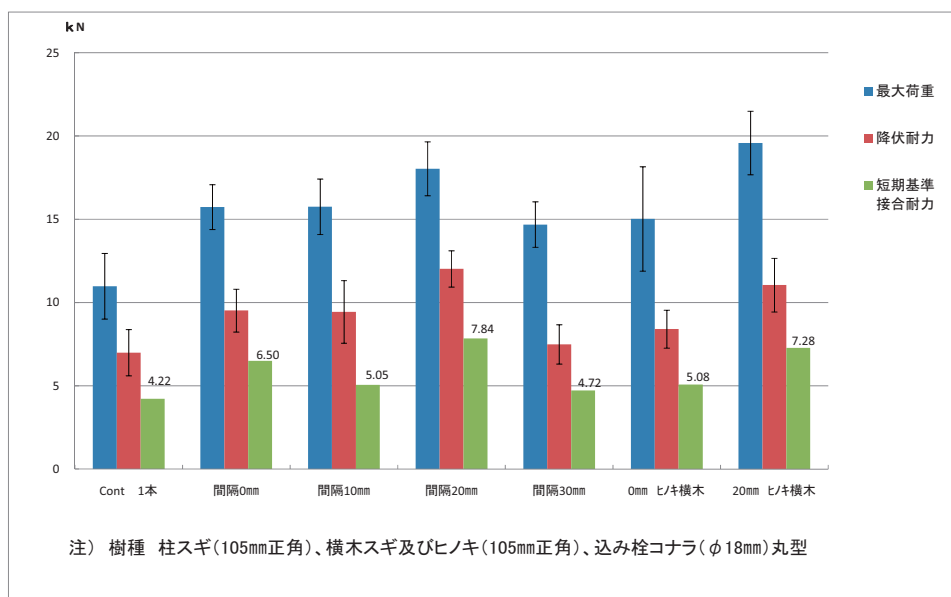
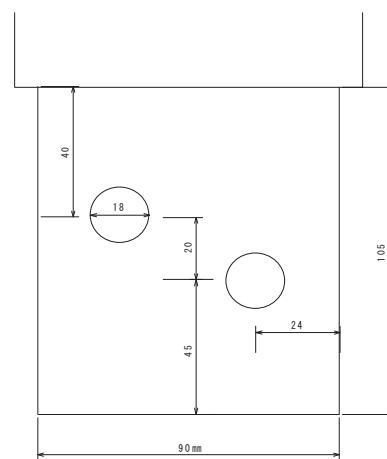


図1 長ほぞ差し込釘打ち接合強度試験結果



写真1 横木の割裂(込栓斜め2本間隔 20 mm)



厚さ30mm

図2 込栓2本間隔の配置  
(縦方向 20 mm間隔)

表1 試験体の破壊形態

横木の 樹 種	込み栓 本 数	込み栓 上下間隔 mm	横木上部 からの距離 mm		試験体数	ほぞせん断	込み栓折れ	横木割裂
スギ	1	—	45	—	6	1	5	6
		0	45	45	6	1	4	5
		10	40	50	6	0	5	6
	2	20	40	60	6	1	6	5
		30	35	65	6	4	5	5
		0	45	45	6	0	1	6
ヒノキ	2	20	40	60	6	2	4	5

## 30 スギ樹皮の燃料特性とペレットの品質

新潟県森林研究所 森林・林業技術課 武田 宏

### 研究の背景・ねらい

新潟県では、スギ樹皮は一部家畜の敷料などに利用されているものの、多くは産業廃棄物として処理されており、その有効利用が求められています。そこで、バイオマスエネルギーとしてスギ樹皮利用の可能性を検討するために、まずスギ樹皮の発熱量と灰分を市販ペレットと比較しました。次にスギ樹皮の含水率を調整してペレットを製造し、製造したペレットについて平成 19 年 9 月に策定された「木質ペレット品質規格原案」（日本住宅・木材技術センター）の基準に照らし合わせ、スギ樹皮を原料にしたペレット製造に適した含水率を検討しました。

### 成 果

#### 1 燃料特性

発熱量では、市販ペレットが 4830 ～ 5111kcal/kg であったのに対し、製材所から得たスギ樹皮は 4764 ～ 4959kcal/kg とほぼ同等でした。しかし、灰分では市販ペレットが 0.4 ～ 3.0% で、2.0% 以下がほとんどであったのに対し、スギ樹皮は 2.4 ～ 5.2% と市販ペレットよりも多く、しかもばらつきが大きいことがわかりました（図 1）。

#### 2 灰分の元素組成

蛍光 X 線分析装置によってスギ樹皮の灰の元素質量比を検討した結果、灰分が多いスギ樹皮は鉄、ケイ素などの土壌の主要成分が多くなる傾向があり、集材・搬出の過程で樹皮に土壌が付着することによって灰分が多くなる可能性が確認できました（図 2）。

#### 3 ペレットの品質

2 箇所の製材所から入手したスギ樹皮の含水率を調整し、製造したペレットについて「木質ペレット品質規格原案」に沿って含水率、長さ、かさ密度、粉化度を検討しました。その結果、①原料の含水率が 15wet%（湿量基準の含水率、以下同様）以下になるとペレットの含水率が 10.0wet% 未満（含水率区分 1 に適合する）になること（図 3）、②原料の含水率が高くなるとペレットの長さが長くなる傾向があり（図 4）、個々のペレットの密度が低下するとともにかさ密度が低くなること（図 5）、③原料の含水率が 15wet% 以上になると粉化度は概ね 1.0% 未満（粉化度区分 1 に適合する）になること（図 6）がわかりました。これらのことからスギ樹皮を原料にペレットを製造する場合、原料の含水率を 15wet% 程度（乾量基準では 18dry% 程度）に調整することが適当であると判断できました。

### 成果の活用

本成果は、平成 22 年度新潟県農林水産業研究成果の普及技術及び活用技術として公表しました。また、新潟県では県内の木質ペレット製造業や燃焼機器製造業などが一堂に会した「木質ペレット等利活用促進に関する意見交換会」を毎年開催しており、研究情報の提供や業者間の情報交換を行っています。

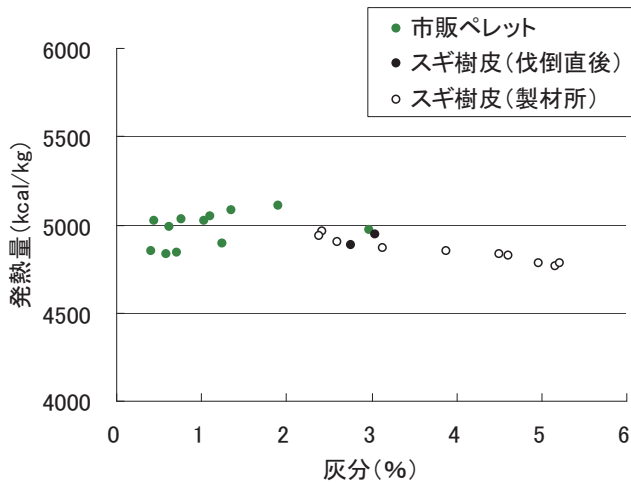


図1 市販ペレット及びスギ樹皮の灰分と発熱量

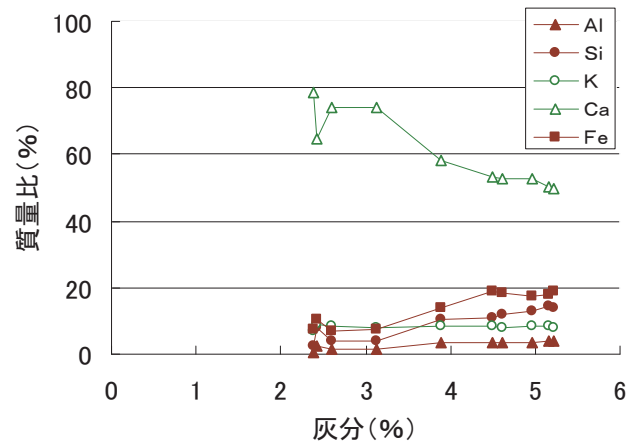


図2 スギ樹皮の灰分と元素質量比

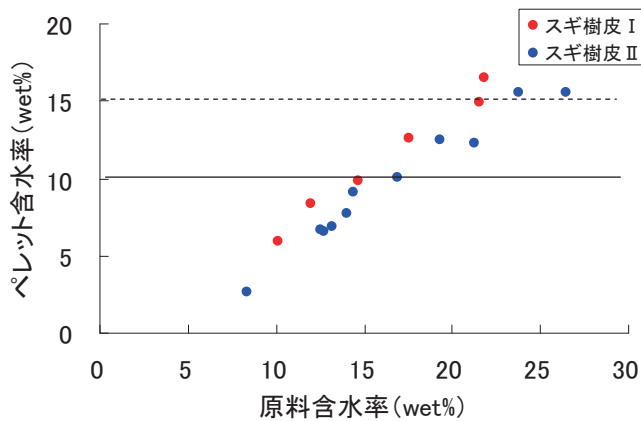


図3 原料とペレットの含水率の比較

注：図中の実線は「木質ペレット品質規格原案」における含水率区分1（10.0%未満）、破線は同含水率区分2（15.0%未満）を示す。

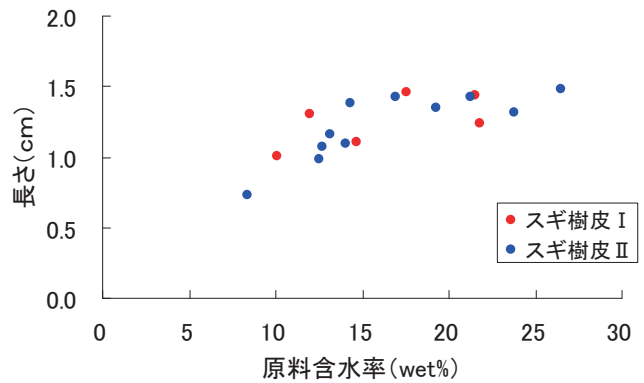


図4 原料の含水率とペレットの長さ

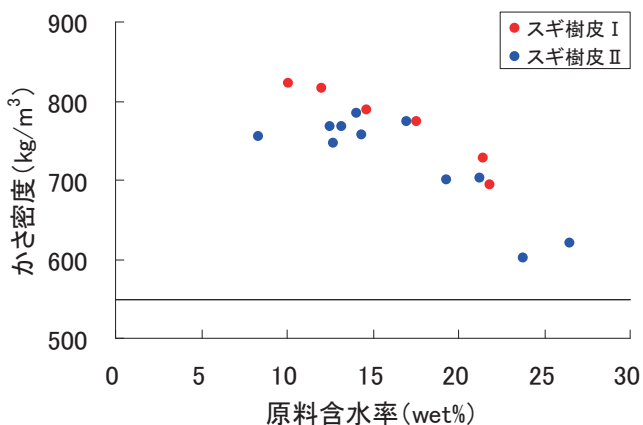


図5 原料の含水率とペレットのかさ密度

注：図中の実線は「木質ペレット品質規格原案」におけるかさ密度の基準 550kg/m³ 以上を示す。

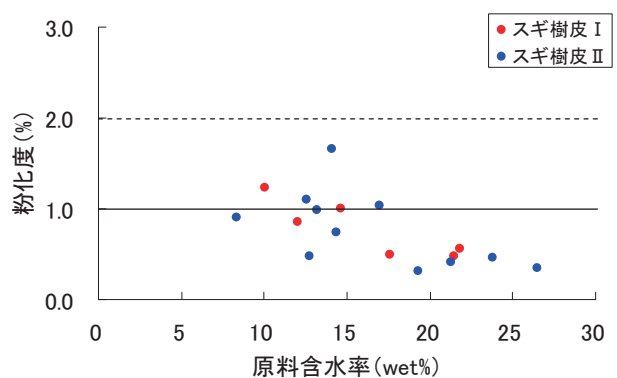


図6 原料の含水率とペレットの粉化度

注：図中の実線は「木質ペレット品質規格原案」における粉化度区分1（1.0%未満）、破線は同粉化度区分2（2.0%未満）を示す。

〔 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〕



## 3 1 エネルギー吸収能力に優れた耐力壁の開発

富山県農林水産総合技術センター 木材研究所 若島 嘉朗

### 研究の背景・ねらい

建物の地震に対する安全性の確保は建築基準法に則ってなされますが、基準法はあくまでも最低限の基準であり、大地震で建物が倒壊しないことを目指したものです。このため、大地震後には建物の再利用が難しいほど損傷する場合もあると考えられ、財産的に大きな損失になりかねません。そのようなことにならないためには地震安全性が高く、大地震が発生してもその被害を最小限に留めることが強く望まれます。本研究は、木造建築がたとえ大きな地震を受けたとしても、建物の損傷を最小限に抑えるため、地震エネルギー吸収能力の高い構造の開発を行いました。

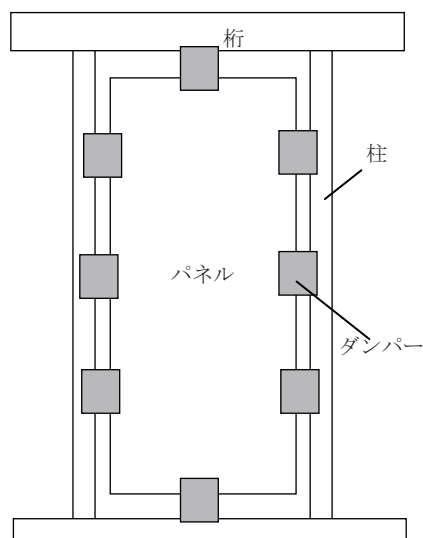
### 成 果

開発した耐力壁は、軸組と合板パネルを鋼製ダンパーで接合するものです(図1(a))。その構造は、地震などによって生じる軸組と合板パネル間の差を利用して(図1(b))、ダンパーにエネルギーを吸収させるものです。写真1が本研究で開発した耐力壁で、これに用いるダンパーは写真2に示すように、せん断方向と上下方向の変形に追従できるように設計されています。合板パネルは、厚さ12mmのカラマツ合板とスギの枠材からなります。これらによって、柱などの軸部材に大きな損傷を与えずに地震エネルギーを吸収する耐力壁を実現しました。

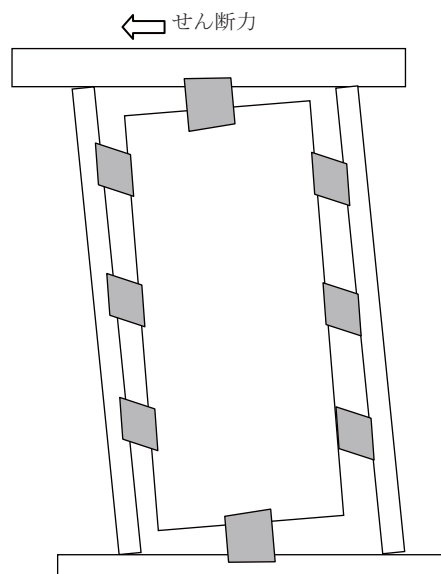
開発した耐力壁の有効性を確認するため、木造住宅で最も一般的な筋かい耐力壁と比較する振動台実験を行いました。その結果、筋かい耐力壁では大きな損傷が確認され、層間変形も最大で15cmと大きな値になりました(図2(b))。一方、開発した耐力壁では軸組みに顕著な損傷は確認されず、変形は最大で10cm程度となりました(図2(a))。積載質量は開発した耐力壁では筋かい耐力壁に対して1.4倍の条件でしたが、変形が2/3程度に抑えられておりその効果が確認されました。

### 成果の活用

県内住宅関連企業数社と連携し、実際に用いるための仕様を検討しました。また、新築住宅に用いるために必要な壁倍率を取得するために、指定性能評価機関において試験を行い、現在審査中です。



(a) 壁の概要



(b) せん断変形後の状態

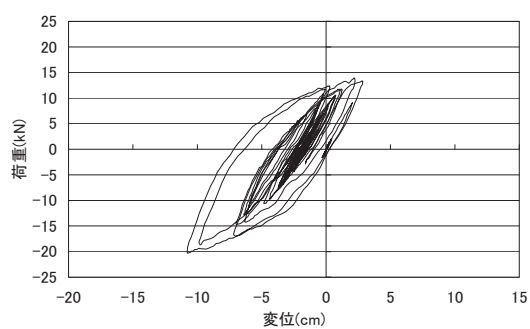
図1 開発した耐力壁の概要



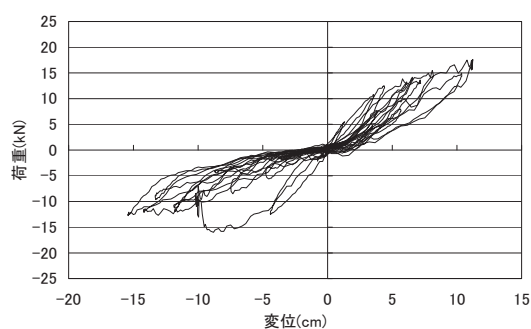
写真1 開発した耐力壁



写真2 せん断変形したダンパー



(a) 開発した耐力壁



(b) 筋かい耐力壁

図2 振動台試験結果

## 3 2 農業用ビニールハウスを利用した太陽熱乾燥

長野県林業総合センター 木材部 吉田 孝久

### 研究の背景・ねらい

近年、地球温暖化問題や原油価格の高騰など様々な方面から、化石燃料消費の抑制が求められ、バイオマスや太陽熱、風力、地熱といった自然エネルギーへの転換による省エネルギー化への動きが高まっています。木材乾燥においても、一部の乾燥材生産者では、その熱源を重油や灯油を主燃料とするボイラーから木屑焚きボイラーへの転換が図られてきています。

このような背景の中、本研究では、全国的に見ても日照時間が長い長野県の気象条件に着目し、農業用ビニールハウスを改良した簡易太陽熱乾燥装置の木材乾燥への適応性を検討しました。

### 成 果

高温セット処理を行った、カラマツとスギの柱材及び桁材を対象に、改良した農業用ビニールハウスを利用した太陽熱乾燥を行いました(図1)。その結果、天然乾燥と比較してビニールハウスを利用した乾燥では、含水率の低下に効果が認められました(表1、図2)。

「高温セット+天然乾燥」材と「高温セット+ビニールハウス乾燥」材の乾燥速度の比は冬期であっても、春先であってもほとんど変わりなく、後者は前者の1.4～1.8倍の乾燥速度でした。また、冬期と春先の季節別の乾燥速度は、後者が前者のおよそ1.5～2.0倍でした。

さらに、乾燥終了時の含水率傾斜に差が生じ、「高温セット+ビニールハウス乾燥」材は「高温セット+天然乾燥」材に比べ材中心部の含水率が低くなり、含水率傾斜が緩和されました(図3)。

本研究で利用したビニールハウス内で、板材の平衡含水率を測定したところ、およそ10%であり、この乾燥方法によれば天然乾燥よりも低い含水率まで乾燥が可能であることが確認されました。

現地適応化試験として別に設置したビニールハウスでスギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツの板材(35mm厚)を乾燥した結果では、全樹種が開始3週間で含水率20%を下回り、6週間で10%前後の値となりました(図4)。

材面割れに関しては、高温セット処理材の乾燥では、材の表面が圧縮応力にあることから、割れの伸びや新たな発生はほとんど無く、また、生材から行った板材の乾燥においても割れの発生はほとんどありませんでした。

なお、今後、木材乾燥装置としてビニールハウスを利用する場合は、夜間及び冬期の温度保持が重要であると思われました。

### 成果の活用

農業用ビニールハウスを利用した太陽熱乾燥は、(1) 高温セット材(柱桁等)に対する二次乾燥方法、(2) 含水率20%以上の人工乾燥材(柱桁等)に対する仕上げ乾燥方法、(3) 温湿度の調整が必要ない材(板材や平割材)の乾燥方法(仕上がり含水率10～15%)、として位置付けることが考えられます。

ただし、乾燥日数は日照時間により左右されるため、このことを考慮した乾燥計画が必要です。

(詳細：長野県林業総合センター研究報告第24号)

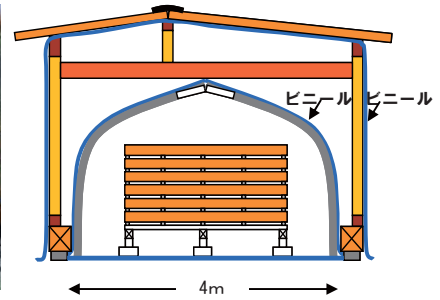


図1 二重張り構造のビニールハウス（左）とハウス内部（中）およびハウスの構造（右）

表1 乾燥過程での含水率（全乾法） 2008.12～2009.6 (%)

供試材		初期含水率	高温セット後の含水率	高温セット+天然乾燥A	高温セット+太陽熱乾燥B	含水率差A-B
スギ桁大 (135×300×2000)	NO.1	97.5	37.3	27.2	21.3	5.9
	NO.2	115.5	40.6	34.6	21.0	13.6
	NO.3	70.3	23.1	20.6	14.5	6.1
スギ桁中 (135×255×2000)	NO.1	88.8	31.2	22.8	17.2	5.6
	NO.2	67.8	25.8	20.4	15.6	4.8
	NO.3	121.6	61.5	34.4	31.1	3.3
	NO.4	102.0	27.6	17.4	16.3	1.1
スギ柱 (135×135×2000)	NO.1	55.1	11.5	11.9	9.3	2.6
	NO.2	93.2	28.3	24.0	15.5	8.5
	NO.3	101.4	32.0	21.4	19.8	1.6

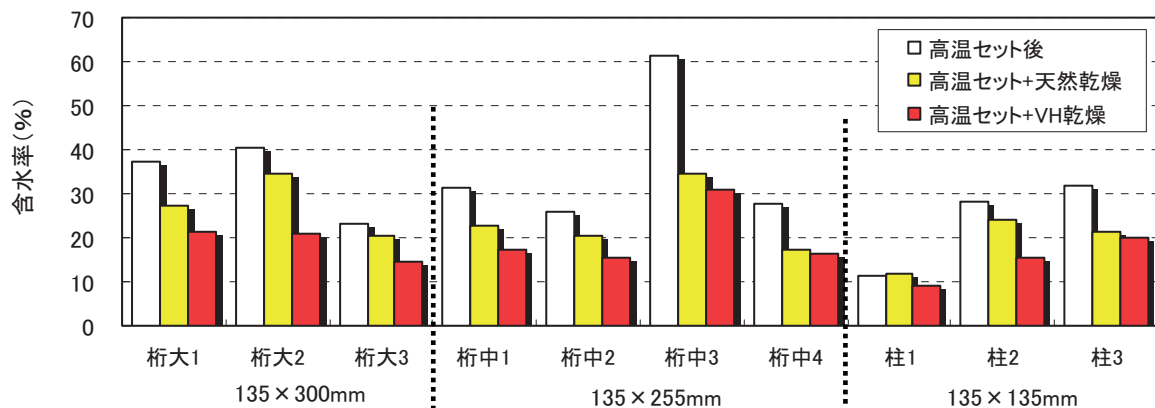


図2 スギ材の乾燥方法別仕上がり含水率（VH：ビニールハウス）

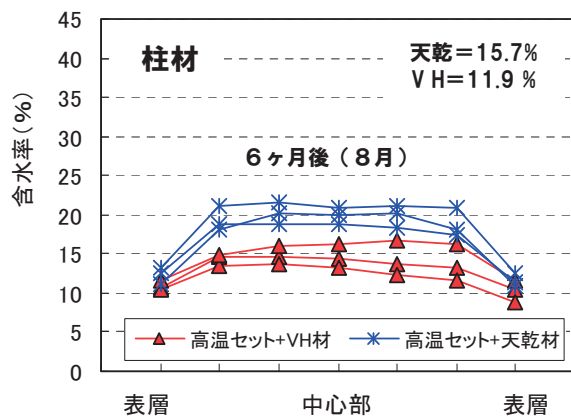


図3 カラマツ柱材の材内水分傾斜（VH：ビニールハウス）

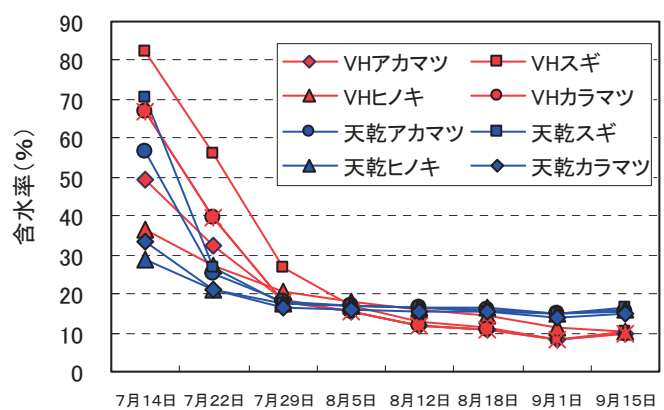


図4 35mm厚板材の含水率経過（VH：ビニールハウス）



## 3 3 ヒノキへの撥水性付与とヤニ滲出抑止

三重県林業研究所 中山 伸吾・岸 久雄

### 研究の背景・ねらい

ヒノキは主に住宅用柱材として利用されてきましたが、最近では住宅の新築又はリフォームにおいて内装材としても利用されるようになってきました。しかし、構造材として使用しているときにはあまり問題とされない「汚れやすさ」、「柔らかさ」、「ヤニの滲出」などの問題は、内装材として利用する場合には解決しなければなりません。

そこで、ヒノキを内装材へ利用するため、ゾルゲル法による表面改質処理や、乾燥工程における処理によるヤニ滲出抑止方法などについて検討を行いました。

### 成 果

木材と無機物の複合化による表面改質処理は、テトラエトキシシランおよびチタン酸テトラ-n-ブチルを用い、ヒノキ芯去り板目材(15(T)×25(R)×30(L)mm)へ減圧注入し、風乾させた後105℃で48時間加熱を行い、その重量増加率を測定しました。その結果、図1のように絶乾状態にしたヒノキに処理した場合、シリカのみでは重量増加がほとんど見られませんでした。一方、チタンを混合することで50%程度の重量増加が見られました。一方、気乾状態(含水率13%)のヒノキに処理した場合では、シリカのみではわずかに増加したものの、絶乾と比較して低い重量増加率でした。この重量増加率の減少は、木材中の水分に起因するもので、水との反応性の高いチタンが特に影響していると推定されます。また、シリカとチタンの混合モル比が3:1のとき、図2のように表面の水の接触角が最大となり、木材表面の撥水性付与に対し良好な結果となりました(写真1)。

ヤニの滲出抑制については、乾燥工程初期における105℃前後で2～4時間の蒸煮処理と、乾燥工程末期での2時間程度の高湿状態(80℃、98% RH)と乾燥状態(98℃、75% RH)を交互に繰り返す処理をそれぞれ行い、それを70℃で乾燥させることによりヤニの滲出状況を、無処理材と比較観察しました。その結果、図3、4のとおり乾燥初期の蒸煮によるヤニ処理では、ヤニ滲出による痕跡がかなり残る試験片があったものの、乾燥末期の処理では、高湿状態・乾燥の温度管理や繰り返し数をコントロールすることにより、比較的上手に滲出痕跡も除去されることがわかり、乾燥工程末期の処理の方が良好と考えられました(写真2)。この場合の繰り返し数は3回でした。

### 成果の活用

これまでの結果をふまえ、より実用的な条件での研究を進めているところであり、最終的には三重県内でスギやヒノキのフローリングを加工販売している協同組合などに技術提供等を行う予定です。

本研究の結果については、三重県林業研究所や三重県林業技術普及協会が発行する情報誌等に掲載し、印刷物やインターネットを通じて公開しています。

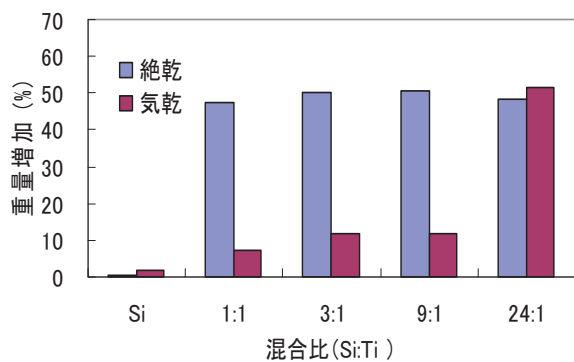


図1 木材中の水分による重量増加率への影響

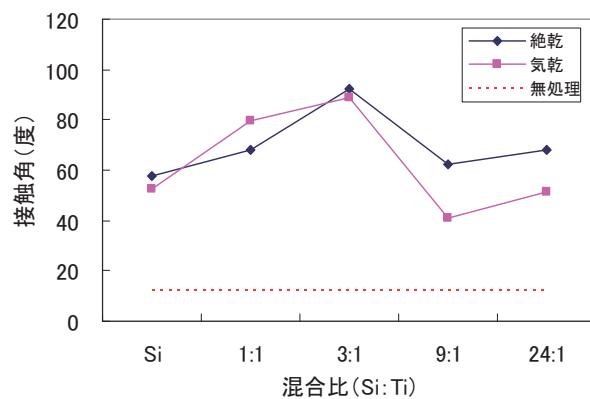


図2 各表面における水接触角

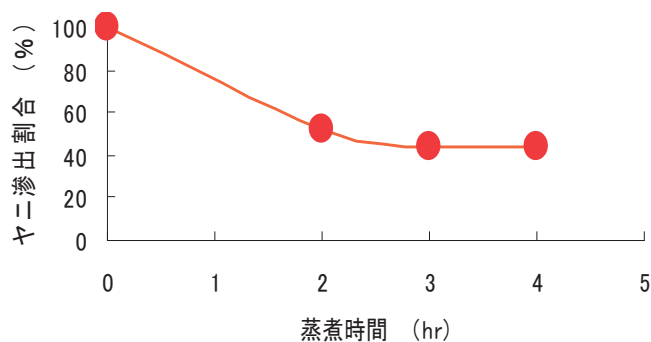


図3 初期蒸煮処理とヤニ滲出割合\*

(\* 無処理材との比較)

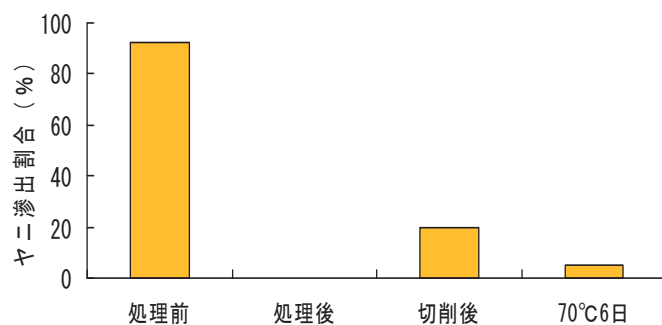


図4 乾燥末期処理とヤニ滲出割合\*

(\* 無処理材との比較)

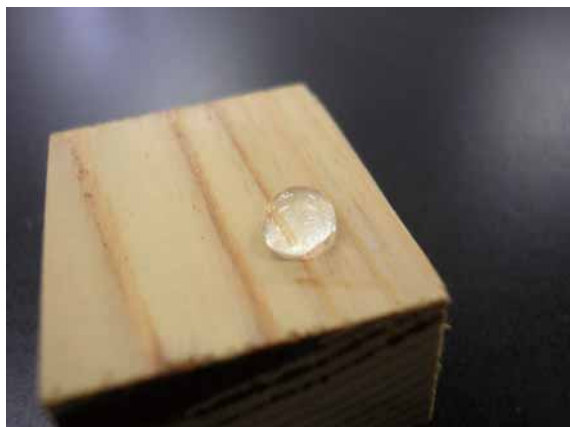


写真1 撥水化されたヒノキ材表面

(テトラエトキシシラン：チタン酸テトラ-n-ブチル= 3：1)



写真2 乾燥工程末期処理による  
ヤニ滲出抑止

(左) 未処理 (右) 抑止処理済

## 3 4 木造住宅部材の適正含水率の把握と測定技術の向上

兵庫県立農林水産技術総合センター森林林業技術センター 木材利用部 山田 範彦

### 研究の背景・ねらい

木造住宅部材（内装材、柱材、梁材等）は含水率によって割れ、そり等が発生するため、製品毎の含水率調整（乾燥）が必要であると考えられます。しかし、乾燥仕上がり含水率の目標値については、使用環境（室内の温湿度等）からではなく、製材歩留まりから決められる場合がほとんどです。その理由として地域別や部位別における温湿度の通年変化を測定した例が少なく、それに対応した部材毎（梁、柱、土台等）の平衡含水率が明確になっていないことが考えられます。さらに、その品質管理の精度を高めるための含水率測定において、現在の水分計では精度に限界があります。そこで、これらの温湿度を測定し、その平衡含水率を乾燥目標含水率として提案しました。さらに、高周波水分計の電極改良による含水率測定技術の精度向上を行い、県産乾燥製材品の高品質化を図りました。

### 成 果

1 兵庫県内の3地域（加古川市、宍粟市山崎町、養父市 図1参照）において、各建物の1F床、1F天井または2F床、2F天井に写真1に示す温湿度データロガーを2007.7～2010.6までの3カ年にわたって設置し、各地域、各部位における温湿度の経年変化を測定しました。設置場所の位置と建物の概要について表1に示します。

木材を大気中に長期間放置すると大気中の水分と平衡状態（水分の出入りがなくなる）になるため、測定した各地域、各部位の温湿度を月単位で平均値を求め、これらの値に対応する平衡含水率を各地域、各部位における木造住宅部材の含水率と推測しました。3カ年にわたる推測値を連続してプロットし（図2）、このグラフから次のことがわかりました。

- ① 1～2、7～8月に平衡含水率が高くなる。
- ② 平衡含水率は養父＞宍粟＞加古川で北の方、特に冬に平衡含水率が高くなる。
- ③ 部位別には1F床＞1F天井・2F床＞2F天井で建物の下の方が平衡含水率は高くなる。
- ④ 平衡含水率の範囲は10～16%で平均の13%に乾燥すると製品の寸法変化等が少なくなると予測される。

2 県内の工務店・建築設計業に対し使用している部材別の含水率を調査するとともに市場流通製品（平角）の含水率を測定した結果、目標仕上げ含水率（13%）より高いものも見られました。

3 高周波水分計の①電極を直交して配置②先端を丸くして電極を押し当てる圧力を一定にすることの2点を改良し（写真2）内部の水分も測定できるようにしました。その結果、12cm程度の角材における中心付近の含水率も測定可能となり、精度が向上しました。（写真3）

### 成果の活用

- 1 当センター主催の森林林業関係試験研究成果事例発表会（2010）にて報告（H22.3.10）しました。
- 2 マニュアルを作成し、研修会等での配布を予定しています。



図1 測定地域

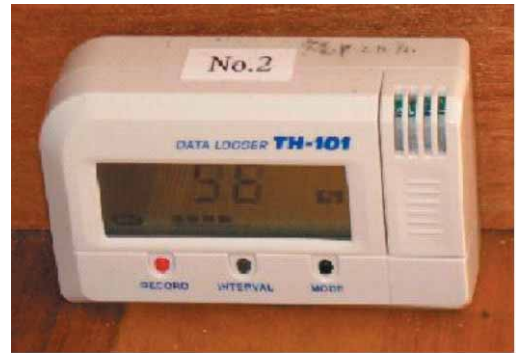


写真1 温湿度データロガー

表1 建物の概要

地 域	概 要
加古川市	木造軸組工法 1 戸建て
宍粟市山崎町	R C 造半地下 2 F 木造
養父市	民家

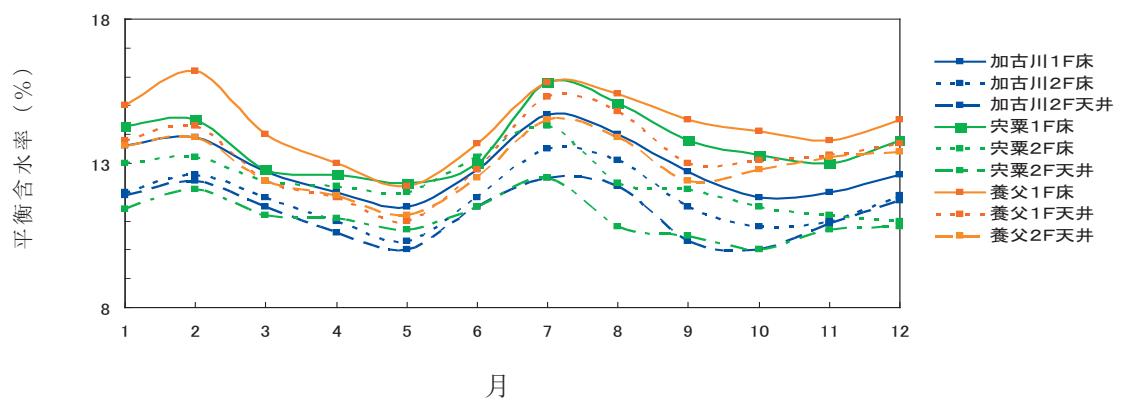


図2 平衡含水率の月変化

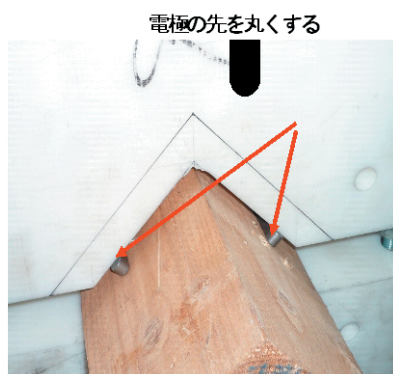


写真2 電極の形状

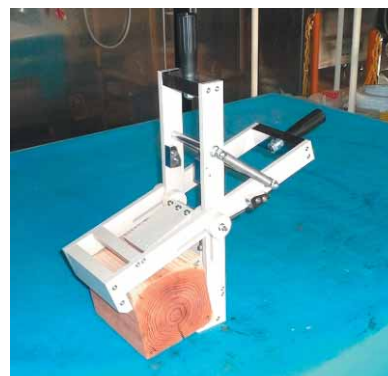


写真3 試作した電極

[問い合わせ先：兵庫県農林水産技術総合センター森林林業技術センター木材利用部 TEL 0790-62-2118]



## 3 5 過熱蒸気処理による木材チップの高耐朽化と外構資材の開発

奈良県森林技術センター 木材利用課 伊藤 貴文

### 研究の背景・ねらい

建築由来の廃木材や工場残材、林地残材等、未利用木質資源の有効利用を目的に、それらをチップ化して、屋上敷設断熱材や木チップ透水舗装等の環境資材として利用するための研究を行いました。これらの用途については、高い「耐朽性」が求められますが、それには環境への負荷やコスト面を考慮して、薬剤処理ではなく、熱処理という物理的手法を用いることにしました。本研究では、熱媒体として「過熱蒸気」を用いることにして、(1) 処理装置の開発、(2) 過熱処理条件と発現する耐朽性との関係把握のほか、(3) 処理したチップを用いて試験施工を行い、施工性や性能について評価しました。

### 成 果

JIS K1571 に準拠して、オオウズラタケおよびカワラタケを供試菌とした室内腐朽試験を実施し、過熱蒸気処理スギ辺材の耐朽性を評価しました。その結果、図1のとおり、処理に伴う重量減少率と耐朽性（腐朽試験に伴う重量減少率）との間には密接な関係があり、前者が18%以上になったとき、腐朽に伴う重量減少がほとんどなくなる、すなわち、木材保存剤で処理をしたときと同等の高い耐朽性が付与されることが分かりました。それは240℃で8時間、あるいは260℃で1～2時間という処理条件で達成できました。別途行いました成分分析等の結果から、この温度領域で分解されるのは主にヘミセルロースであり、そのほとんどが除去される一方で、耐朽性のある成分に変性した可能性が示唆されました。また、顕著に疎水化が進むことも確認されましたが、このことも耐朽性発現の一因と考えています。

試験的に屋上敷設（図2）や木チップ舗装（図3）をした結果、前者では15cmの厚さで敷設することで、夏季においても屋上コンクリート面での温度の日変化がほとんどなくなり、階下の室温を2℃以上低減できることが明らかになりました。後者では、過熱蒸気処理をすることで、バインダ（アスファルト乳剤）との混和性がよくなり、締まった舗装になり、無処理チップを用いた舗装よりも草の浸入を著しく抑えることができました。また、反発係数等の物性値からは「歩きやすい舗装」という評価が得られました。さらに、チップを連続的に過熱蒸気処理できるプラントを試作するに至っています。

### 成果の活用

日本木材保存協会第25回年次大会（2009）、産総研コンソーシアム第16回持続性木質資源工業技術研究会（2010）等で発表を行い、当技術の周知に努めています。今後も各種展示会や研究発表会などに参加してPRに努め、早期の技術移転を図りたいと考えています。

### 知的財産取得状況

連続式過熱蒸気処理装置については共同開発をした機械メーカーとともに、特許出願準備を進めています。

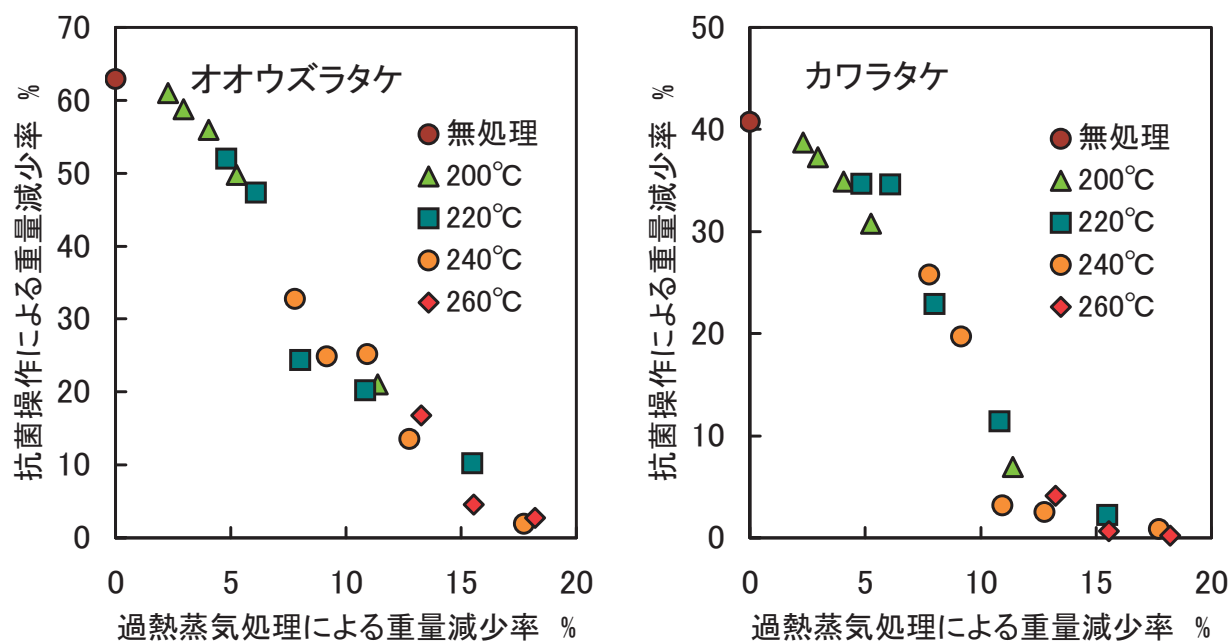


図 1 過熱蒸気処理に伴う重量減少率と耐朽性との関係



図 2 スギチップを用いた屋上敷設断熱材



図 3 スギチップを骨材とした透水舗

## 36 徳島すぎ高度難燃化技術の開発

徳島県立農林水産総合技術支援センター 森林林業研究所 木材利用担当 東 晃史・坂田 和則

### 研究の背景・ねらい

防火規制地域内の外装材や内装材の制限を受ける箇所には、防火材料が要求されることから、木材を使用するためには難燃処理が必要となります。しかし、市販されている製品は、薬剤の溶出による景観や効果の低下が懸念されています。そこで、当研究所では、難燃効果が高く薬剤の溶出が少ない不燃すぎ木材を開発するために、薬剤の溶出性、難燃性（写真1、写真2）、注入性について研究を行いました。

### 成 果

#### (1) 薬剤の溶出防止技術の開発

幅と長さ 230mm、厚さ 15mm のスギ基材に 10 種の難燃剤を注入した試験体にアルコキシシラン化合物塗装処理を施したところ、ほとんどの薬剤は溶出率が半分以下になり、溶出防止効果が見られました（図1）。また、酸化ジルコニウムとリン酸塩を配合した薬剤（以下開発薬剤）では塗装処理を施さなくても、溶出率を半分程度にまで改善することができました（図2）。

#### (2) 薬剤の濃度と配合比の解明

開発薬剤を幅と長さ 100mm、厚さ 15mm のスギ基材に注入し、一定質量になるまで乾燥した後に ISO-5660-1 コーンカロリメーターによる発熱性試験を行ったところ、リン酸塩の量が  $240\text{kg/m}^3$  以上で不燃性能を満たすことができました（表1）。また、薬剤の濃度別試験によって、不燃性能として最適な薬剤濃度は 35% であること（表2）、薬剤の配合比別試験によって、不燃性能として最適な配合比は 1:2 であること（表3）がわかりました。

#### (3) 基材の心材率と注入量の関係の解明

より均質で安全な製品を製造するために、スギ基材を辺材部と心材部に分け、幅と長さ 100mm 厚さ 15、30、50mm の木口をシリコン樹脂でシールした試験体を用い注入試験を行った結果、基材の心材率と注入量の間に強い相関が認められました（図3）。このことから、基材の心材率により注入量の推定が可能となり、製造する上で1つの指針となることが明らかとなりました。

### 成果の活用

本研究により、薬剤の溶脱が少ない不燃木材を開発することが出来ました。今後、外装材として使用するために溶出試験後の防火性能試験等を行い、実用化を進める予定です。

### 知的財産取得状況

特許第 4352265 号「木質材料用難燃剤、これを使用した難燃化木質材料の製造方法、難燃化木質材料及び木質材料の難燃化方法」





写真1 模型による燃焼試験



写真2 コンカロリーメーターによる発熱性試験

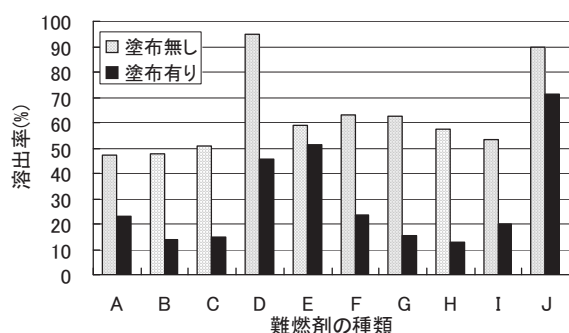


図1 アルキジラン化合物塗布による溶出率低減

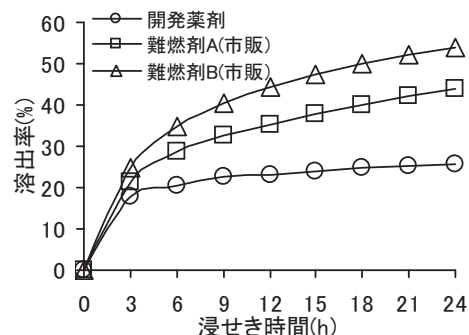


図2 開発薬剤と市販難燃剤の溶出率経時変化

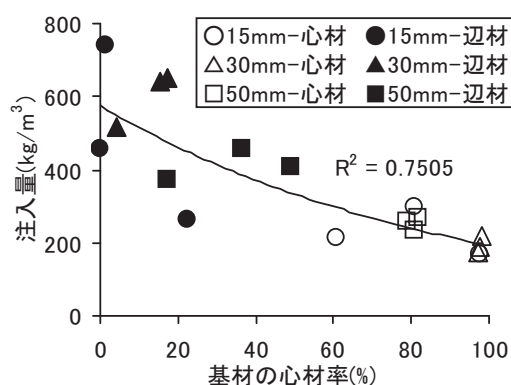


図3 心材率と加圧1時間後の注入量との関係

表1 固形分量別発熱性試験結果

リン酸塩量 (kg/m³)	総発熱量 (MJ/m²)	最高発熱速度 (kW/m²)	貫通する 亀裂及び 穴の有無	不燃の 合否
190	9.4	40.0	なし	×
220	8.6	15.0	なし	×
230	10.5	24.2	なし	×
240	6.8	14.0	なし	○
260	6.5	11.4	なし	○
270	7.0	12.5	なし	○
280	6.2	10.5	なし	○

※国土交通省が定める不燃性能を満たす条件  
加熱開始後20分の総発熱量が8MJ/m²以下

表2 薬剤濃度別発熱性試験結果

薬剤濃度	配合比 ZrO₂:リン酸塩	総発熱量 (MJ/m²)	最高 発熱速度 (kW/m²)	貫通する 亀裂及び 穴の有無	不燃の 合否
35%	1:2	6.1	10.50	なし	○
40%	1:2	10.7	46.41	なし	×
45%	1:2	24.5	60.79	なし	×

表3 薬剤配合比別発熱性試験結果

薬剤濃度	配合比 ZrO₂:リン酸塩	総発熱量 (MJ/m²)	最高 発熱速度 (kW/m²)	貫通する 亀裂及び 穴の有無	不燃の 合否
35%	1:2	6.1	10.50	なし	○
35%	1:3	13.5	32.25	なし	×
35%	1:4	13.5	46.62	なし	×



## 3 7 高知県産木造住宅の新規格化システムに関する研究

高知県立森林技術センター 資源利用課 沖 公友

### 研究の背景・ねらい

近年、新たな国産材利用拡大に向けた取り組みとして、地域材の利用拡大を図るとともに地域の収益性を向上させる効率的な仕組みづくりが求められています。この効率的な仕組みづくりは、需要者側のニーズに答えた品質・性能の確かな製品の供給体制づくりに加え製品流通の効率化による迅速化、低コスト化も要求されるため、地域連携型の生産・加工・流通が一貫したシステムが有効です。そこで、本研究では高知県内にある嶺北木材協同組合で取り組んでいる産地提案型の本質規格構造体「れいほくスケルトン」を高知県産木造住宅における新規格化システムのモデルケースとして、規格構造体の標準化とその性能及び規格の簡素化を目的とした部材製品の開発について検討しました。

### 成 果

#### 1) 新規格化システムによる材料性能試験

嶺北地域産スギ梁桁材の強度性能を測定した結果（図1）から、歩止まり89%を期待できるE70以上材を長、中スパン用とし、残り11%のE70未満材を短スパン用とする配材管理方法など、「れいほくスケルトン」梁桁材の強度管理基準を確立しました。

「れいほくスケルトン」規格材のうち、2階床梁の上棟後の含水率変化を測定した結果、製材工場出荷時に含水率16.5～20%の構造材（2階床梁用）が、竣工までの約3ヶ月間で含水率10～19%になりました。竣工後夏季～秋季は横ばいで、12月に10%程度に収束安定したことから、冬季上棟の住宅において梁材含水率の安定には約1年を要することが分かりました（図2）。

#### 2) 新規格化システムによる構造性能試験

「れいほくスケルトン」の基本構造について、建物形状及び骨組形式・配置の単純化により、柱と横架材の配置、スパン、間隔及び断面寸法の規格化を行いました。主要軸組部材同士の接合部は、耐力要素を中心にプレカット加工を前提とした継手・仕口仕様を決定しました。特に横架材端部の仕口仕様については、実験によるせん断耐力及び引張耐力性能により導きました。

また水平構面においては、スギ30mm厚板による床組仕様を面内せん断試験により決定し、その結果、倍率1.3の性能の床組仕様としました（図3）。

これらの結果から、「れいほくスケルトン」の基本構造を6本の5寸角通し柱と1本の6寸角大黒柱を中心とした単純骨組形式・配置で組み上げる仕様としました（図4）。

### 成果の活用

施主、工務店、設計事務所等を対象に、大阪、香川、高知を中心に製品発表会、現場見学会、公開実験、勉強会、セミナー等を開催して随時公開するとともに、新聞、TV等を含め「れいほくスケルトン」販売のPR材料として活用しました。行政や現場へのフィードバックは、「れいほくスケルトン」システムを参考に、高知県内各地域に適した規格化システムの普及に努めます。

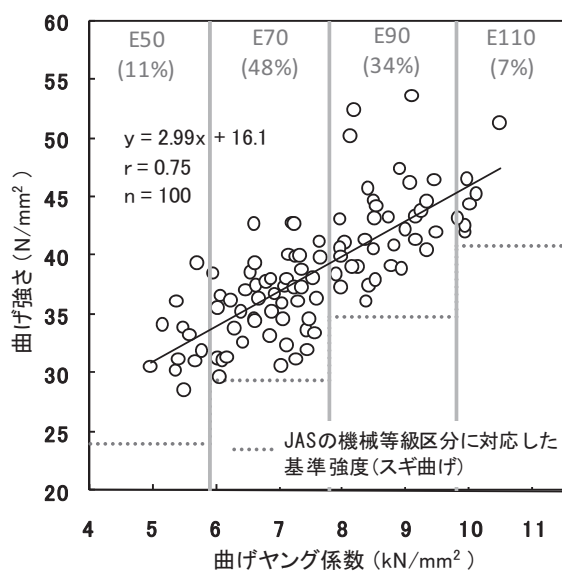


図1 嶺北地域産スギ材の強度性能

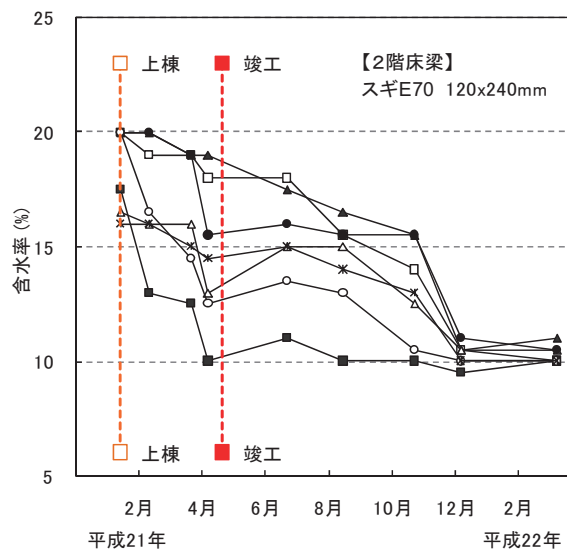


図2 2階床梁の上棟後含水率変化

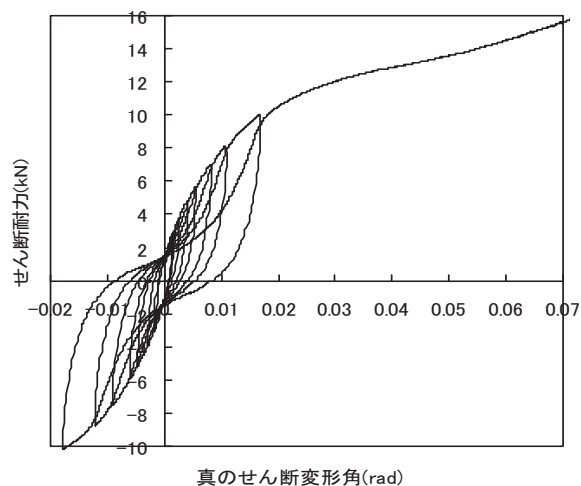
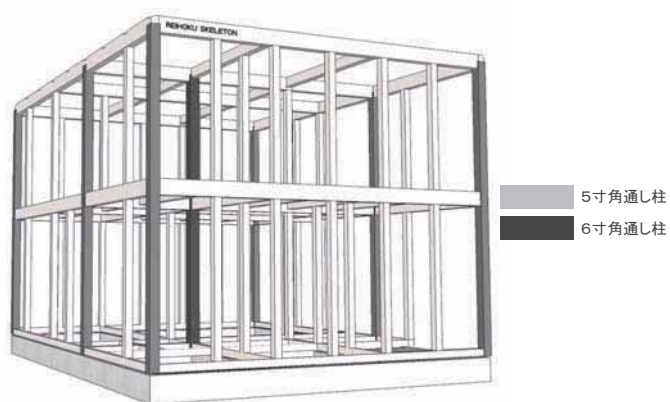


図3 「れいほくスケルトン」床組の床倍率

① $P_y$	8.93 (kN)
② $P_u \cdot (0.2/D_s)$	6.41 (kN)
③ $2/3 \cdot (P_{max})$	10.17 (kN)
④ $P_{150}$	6.26 (kN)
$P_0$	6.26 (kN)
床倍率	1.3

※  $P_y$  : 降伏耐力  
 $P_u$  : 終局耐力  
 $D_s$  : 構造特性係数  
 $P_{max}$  : 最大耐力  
 $P_{150}$  : 1/150rad時の耐力  
 $P_0$  : 短期基準せん断耐力



「れいほくスケルトン」1号邸

図4 「れいほくスケルトン」の基本構造

## 3 8 スギ大径材の合理的利用のための丸太内ヤング係数の分布推定法

熊本県林業研究指導所 林産加工部 横尾 謙一郎

### 研究の背景・ねらい

スギ人工林の充実に伴い供給原木の大径化が進むにつれ、スギ材は集成材や合板ならびに住宅の主要部材である横架材に本格的に利用されるようになり、今後需要増加が期待されます。これらの原材料にスギ大径材を使用する場合、性能が揃った信頼性の高い材料を合理的・効率的に製造するためには、ある丸太から得られるラミナや単板などの構成材料、いわゆるエレメントの性能別生産可能量の推定が重要となります。そこで、従来よりも高精度に丸太内の強度性能を推定する方法の開発に取り組みました。

### 成 果

熊本県内でも高齢林の面積が多いスギ品種であるアヤスギとヤブクグリで、樹齢 60 ～ 70 年生の林分から各品種 2 本ずつを供試木としました。樹高方向のヤング係数の変動パターンを解明するために、これらの樹幹から、地上高別に丸太を採取し、丸太のヤング係数を測定しました。その結果、地上高別のヤング係数の変動は、両品種とも地上高 10m まで上昇し、その後はほぼ一定でした（図 1）。次に、半径方向のヤング係数の変動を、小試験体を用いて調べました。その結果、ヤング係数は一般的に知られているように髄から数えてほぼ 15 年輪目まで上昇（未成熟材部）し、その後はほぼ安定（成熟材部）していました（図 2）。このように小試験体による測定では成熟材と未成熟材の境界を明らかにすることができませんが、この測定には時間と労力を必要とします。ところで、従来行われている丸太のヤング係数の測定は、丸太の長さ、密度ならびに打撃音の基本振動周波数から、丸太の平均的なヤング係数を算出します（図 3）。これに対して今回検討したのは、小試験体で測定されたような半径方向のヤング係数の変動を簡易に推定する方法です。つまり、小試験体のヤング係数の積分値を丸太のヤング係数とすれば、丸太のヤング係数から内部のヤング係数を推定できます。また、同一品種では、髄付近と成熟材部分のヤング係数がほぼ決まっていたので、未成熟材部のヤング係数の傾きは髄から 15 年輪目までの距離で決めました。この方法によれば、丸太のヤング係数と丸太木口面でわかる髄から 15 年輪目までの距離で、部位別のヤング係数が推定できます。これらの検討方法の精度を検証するために、他のアヤスギを用いて実証試験を行いました。まず、前述のアヤスギから得られた丸太半径方向とヤング係数の関係式を使って、丸太内部のヤング係数を推定しました。次に前述の方法と同様に小試験体を作成し、ヤング係数（実測値）を測定しました。その結果、ヤング係数の推定値は高い水準で実測値に当てはまることがわかりました（図 4）。以上から、樹幹内のヤング係数の変動を丸太の段階で推定できるようになりました。

### 成果の活用

日本木材学会大会（宮崎）と熊本県林業研究指導所業務発表会で成果を発表しました。今後は、これらの精度をさらに向上させて、普及していくことによって、強度性能が高い材の付加価値の向上や製品の低コスト化が進むことが期待されます。

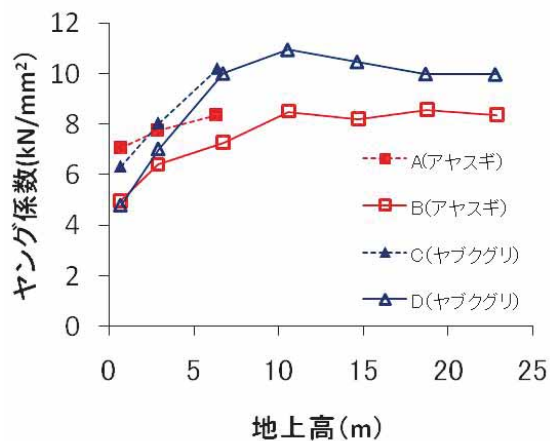
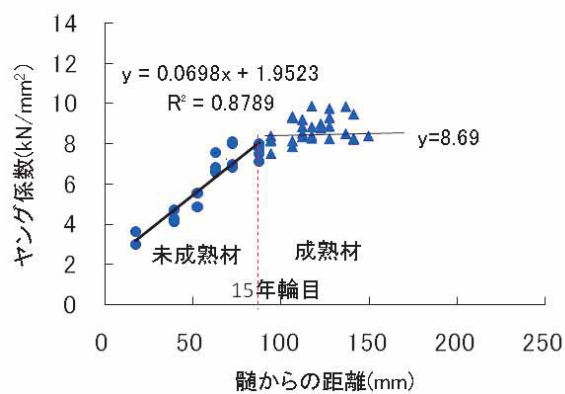
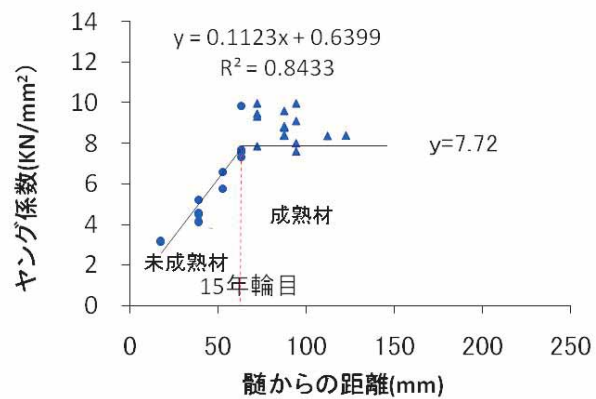


図1 丸太のヤング係数の樹高方向の分布



(ヤブクグリの例 地上高 4.7～5.7m)



(アヤスギの例 地上高 4.7～5.7m)

図2 ヤング係数の半径方向の変動

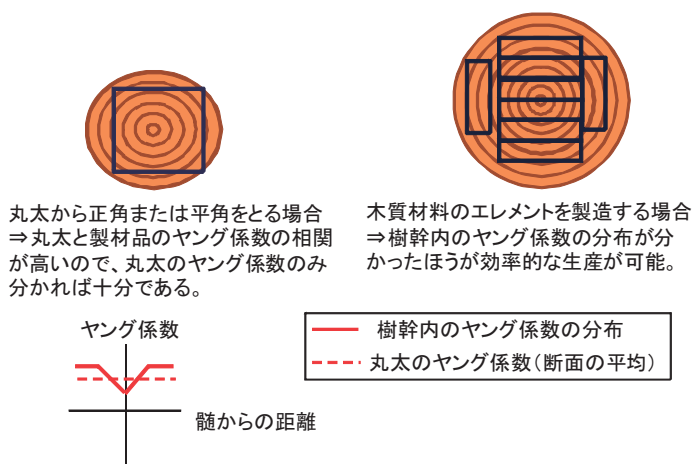


図3 丸太半径方向のヤング係数の分布

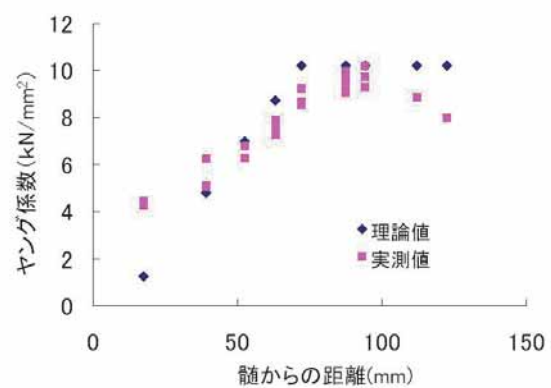


図4 丸太半径方向のヤング係数の推定値と実測値の比較



## 39 スギとヒノキを用いた異樹種集成材の実用化

宮崎県木材利用技術センター 森田 秀樹・松元 明弘・荒武 志朗・藤元 嘉安

### 研究の背景・ねらい

九州地域のヒノキ素材生産量は全国の21%を占め(平成20年木材統計)、スギとともに地域材の代表樹種となっています。そこで、地域材の効率的な利用のために、スギを内層部、ヒノキを外層部に用いたJASの仕様規定の構成によらない異樹種構造用集成材を製造し、その性能評価を行いました。すなわち、高い強度性能(JASに定める強度等級E105-F300)を有しながらもスギを極力多く使用することでコストを抑えた、国産材のみによる異樹種集成材を民間企業と共同で開発し、最終的に合板検査会によるJAS認定を取得することを目的としました。

### 成 果

宮崎県産スギ及びヒノキラミナを約1000枚用意し、曲げ、縦引張、縦圧縮試験を実施したところ、全ての曲げヤング係数と強度の関係において危険率1%で有意な相関が認められました。このデータを用いて、シミュレーションにより集成材の強度を予測しました。ここで、集成材の断面構成を決定する場合には地域材の強度特性を考慮する必要があります。すなわち、日常的に得られるラミナのヤング係数を把握し、集成材の生産を持続する上で現実的なラミナ構成を選択する必要があります。現在までに蓄積された宮崎県産ラミナの強度等級分布(図1)を検討した結果、内層及び中間層に用いるスギはL60、ヒノキは外層にL110、最外層にL125を配置するものとし、これを基本構成としました。

ラミナの強度試験で得られた結果に基づきシミュレーションを行い、仮想集成材の曲げ、縦引張及び縦圧縮強さを予測して、それぞれの5%下限値を算出しました。その結果、基本構成では想定した4~15枚積層の半数で5%下限値がE105-F300の基準強度を下回ることが予想されました。そこで、強度が不足する構成については、内層をスギL60、中間層をヒノキL110、外層及び最外層をヒノキL125とすることに決定しました。積層数ごとの最終的なラミナ構成を図2に示します。

シミュレーションによって集成材の断面構成が決定されたことから、製造される異樹種集成材の強度性能はJASに定める基準強度を満足するものと推測されました。次にこれを実証するために、5、8、10、12層の実大集成材を製造し、曲げ、縦引張及び縦圧縮試験を実施しました(写真1)。強度試験結果を表1に示します。10枚積層の縦引張試験体のうち1体が基準強度をわずかに下回ったものの(ただし、シミュレーションによる強度予測値の範囲内)、その他の全ての試験体はE105-F300の基準強度(曲げ強さ $30.0 \text{ N/mm}^2$ 、縦引張強さ $20.2 \text{ N/mm}^2$ 、縦圧縮強さ $23.2 \text{ N/mm}^2$ )を上回りました。すなわち、今回開発した異樹種集成材はJASに定めるE105-F300の強度性能を満足することが明らかになりました。

### 成果の活用

秋田県立大学中村昇教授にはシミュレーションに関する指導、(独)森林総合研究所には集成材縦引張試験を実施いただき、平成21年4月にウッドエナジー協同組合(宮崎県日南市)が日本合板検査会よりJAS認定を受けました。これにより、国産材のみを用いた異樹種集成材としては国内初となる製品の実用化することができました。

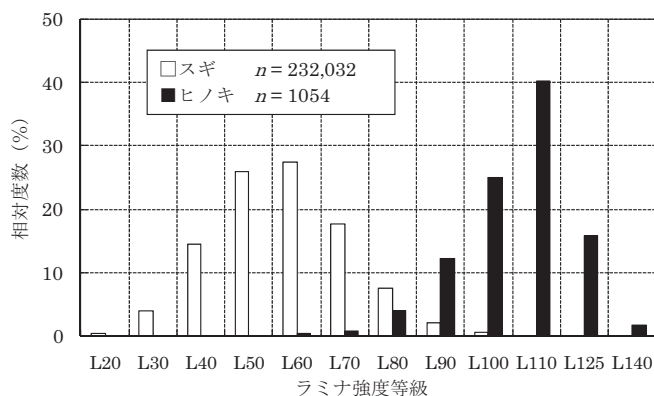


図1 県産スギ及びヒノキラミナの強度等級区分結果

注) ラミナの強度等級は、曲げヤング係数の階級別に区分した。

(例：ヤング係数  $6\text{kN/mm}^2$  以上  $7\text{kN/mm}^2$  未満のラミナを

L60 とした。)



写真1 異樹種集成材の曲げ試験

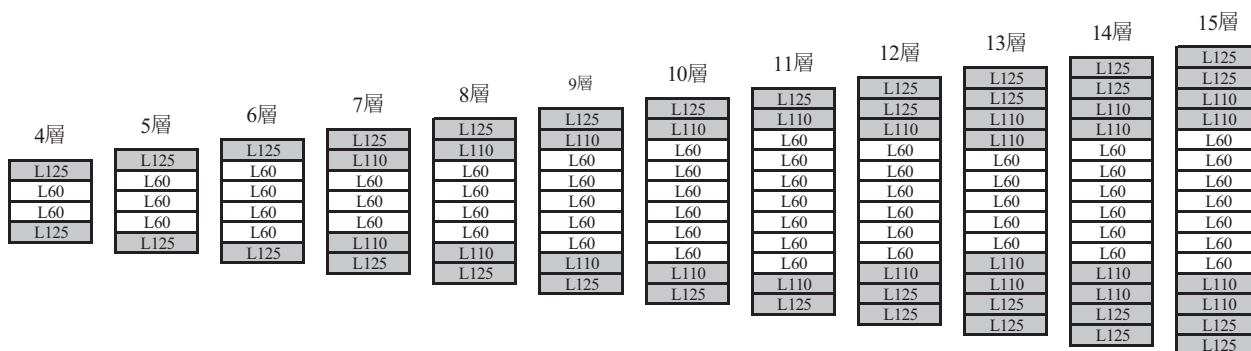


図2 異樹種集成材のラミナ構成

注) 使用ラミナは、ヒノキ L125 及び L110、スギ L60。

表1 異樹種集成材の強度試験結果

集成材積層数	曲げ試験体				縦引張試験体				縦圧縮試験体		
	$n$	含水率 (%)	$E_b$ ( $\text{kN/mm}^2$ )	曲げ強さ ( $\text{N/mm}^2$ )	$n$	含水率 (%)	$E_t$ ( $\text{kN/mm}^2$ )	縦引張強さ ( $\text{N/mm}^2$ )	$n$	含水率 (%)	縦圧縮強さ ( $\text{N/mm}^2$ )
5層	6	10.1 (0.5)	11.5 (0.44)	46.4 (12.7)	6	9.6 (0.3)	9.0 (0.23)	25.3 (0.9)	8	9.7 (0.6)	43.1 (1.5)
8層	6	9.1 (0.2)	11.4 (0.25)	51.2 (4.5)	6	9.4 (0.4)	9.9 (0.64)	24.8 (2.0)	8	9.3 (0.3)	44.4 (1.4)
10層	6	9.6 (0.5)	11.1 (0.20)	42.5 (4.9)	10	11.2 (0.4)	9.9 (0.35)	27.8 (4.6)	8	9.4 (0.4)	42.0 (1.7)
12層	6	9.1 (0.3)	11.6 (0.57)	39.0 (6.6)	7	9.1 (0.5)	10.3 (0.26)	26.0 (1.8)	8	9.5 (0.5)	45.7 (1.3)

注) 表中の数値は平均値、括弧内の数値は標準偏差を示す。

$n$  : 試験体数,  $E_b$  : 曲げヤング係数,  $E_t$  : 縦引張ヤング係数。

## 40 木質系材料を用いた新工法の構造特性に関する研究

鹿児島県工業技術センター 木材工業部 福留 重人・山角 達也・日高 富男

### 研究の背景・ねらい

鋼棒挿入接着接合構法をベースにして、木ダボ及び構造用スギパネルの採用を試みた新工法を開発し、建築物の低コスト化、生産・施工の効率化を図りました。今後、建築物に新工法を普及させ、その構造安全性を確保するために、各種構造実験を実施しました。なお、この研究は農林水産省農林水産技術会議の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「国産材活用中国向け低コスト木造住宅部材の技術開発」（中核機関：財団法人日本木材総合情報センター、共同機関：輝北プレスウッド株式会社、鹿児島県工業技術センター）において実施したものです。

### 成 果

木ダボの非破壊的手法による材質評価、床・壁・屋根用スギパネルの強度性能試験を行い、これらの成果を活用した構造体の強度試験を実施して、新工法に関する構造性能の検証を行いました。構造強度試験は、スギ集成材の木ダボ接合試験、スギパネルを用いた水平構面の面内せん断試験等を実施しました。また、スギ集成材を用いた柱及び梁を、直径 30mm のイチイガシ製ダボ 4 本およびエポキシ樹脂接着剤により接合した門形フレーム試験体の水平加力試験を実施しました（図 1）。加力は正負交番繰返しとし、繰返し履歴は見かけの変形角が  $1/450$ ,  $1/300$ ,  $1/200$ ,  $1/100$ ,  $1/75$ ,  $1/50\text{rad}$  の正負変形時において 3 回の繰返しで行い、 $1/15\text{rad}$  に達するまで加力を行いました。得られた荷重－変形角関係の終局側の包絡線から、完全弾塑性モデルによる評価方法で降伏耐力、終局耐力、構造特性係数等を算出し、短期基準せん断耐力を明らかにしました。次に、この門形フレームの左右のコーナーに、木ダボ接着工法によりスギパネルを取り付けた耐力壁についても同様の試験を実施しました。両試験体とも、柱梁接合部の木ダボが一部引き抜け、荷重が低下した後も他の木ダボや柱脚接合部の耐力により終局時まで荷重が上昇する変形挙動を示しました（図 2）。また、門形フレームにスギパネルを取り付けることで、短期基準せん断耐力が 6.9kN から 20.4kN に向上しており、その効果を確認することができました（表 1）。

### 成果の活用

実験で得られた許容耐力値が、モデル住宅の構造計算において応力値との比較検証に活用されました。また、得られた構造設計用データが、新工法を用いた連棟式及び戸建式の 3 階建住宅のプラン作成において活用されました。

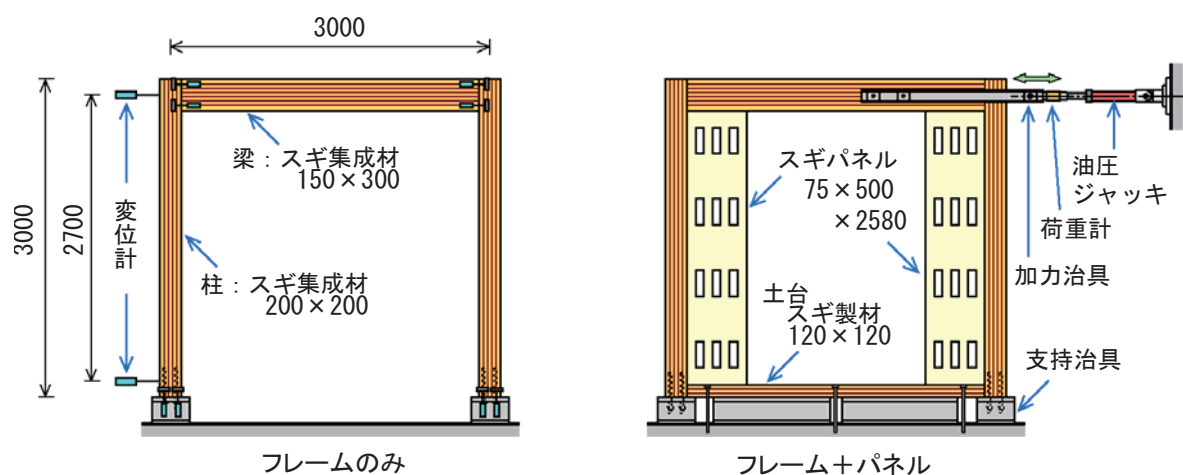


図1 試験体及び試験方法 (単位：mm)

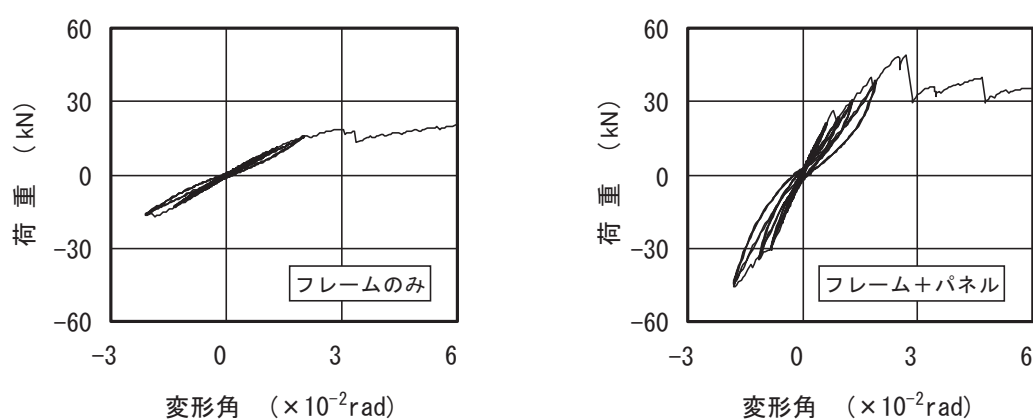


図2 荷重と変形角の関係

表1 短期基準せん断耐力 (単位：kN)

番号	門形フレーム				門形フレーム+スギパネル			
	降伏耐力 $P_y$	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	最大荷重 の2/3 $2/3 \cdot P_{max}$	1/120rad時 の荷重 $P_{1/120rad}$	降伏耐力 $P_y$	$P_u \cdot (0.2/D_s)$	最大荷重 の2/3 $2/3 \cdot P_{max}$	1/120rad時 の荷重 $P_{1/120rad}$
1	9.7	8.7	14.3	8.0	23.4	20.8	32.6	21.4
2	13.5	8.0	14.0	7.4	25.6	24.4	32.6	25.3
3	9.2	6.8	13.7	6.4	26.5	19.2	29.0	20.0
平均(A)	10.8	7.9	14.0	7.3	25.1	21.5	31.4	22.2
標準偏差	1.91	0.78	0.21	0.65	1.31	2.16	1.68	2.24
変動係数	0.18	0.10	0.02	0.09	0.05	0.10	0.05	0.10
ばらつき係数(B)	0.92	0.95	0.99	0.96	0.98	0.95	0.97	0.95
(A)×(B)	9.9	7.5	13.9	6.9	24.5	20.4	30.6	21.2
短期基準せん断耐力 $P_0$	6.9				20.4			



## 4 1 ツバヒラタケの菌床栽培方法

青森県産業技術センター林業研究所 森林環境部 久野 正俊

### 研究の背景・ねらい

全国の国産きのこ類の生産動向は全体として増加傾向にあり需要も伸びていますが、大企業のきのこ生産への参入により供給量が増大しているため、価格は値下がり傾向です。そのため、青森県をはじめとして中小のきのこ生産者はきのこの生産の中止か、新たなきのこの栽培を模索しています。そこで当研究所では新たに特徴ある食用きのことして、青森県内に自生する野生きのこ「ツバヒラタケ」の栽培技術の開発に取り組んでいます。

野生のツバヒラタケ（写真1）の発生は全国的にも珍しく、大型のきのこで菌触りが良く、機能性成分も有するなど食用きのことして魅力的な特性を持っており、菌床栽培において収量も多く、価格面でも期待できることから、青森県の特産品として栽培を普及し地域の活性化につなげることをねらいとしています。

### 成 果

ツバヒラタケの菌床栽培方法については、まとまった報告例も無く、技術的には不明な点もあったが、以下の方法により安定的な栽培方法を開発しました。

1 菌床栽培方法としては、現状の栽培きのこと同様に、栽培ビン及び耐熱性の袋を使用した空調施設栽培（写真2）が可能でした。また、無加温な室内で培養し、林内のビニールトンネル（写真3）を使用した発生により季節栽培も可能でした。

2 培地基材としては、ブナオガクズ、スギオガクズ、リンゴ剪定枝チップ及びオガクズを使用し、栄養材としてフスマ、ホミニーフードを混合した場合は183gの収量がありました（表1）。スギオガクズは、半年くらい野外に堆積したものを使用しました。

3 温度条件は、菌糸生長試験から培養時の適温は22℃～28℃でした。発生の適温は15℃前後で、温度が高くなりすぎると傘が形成されないことがあります。

4 子実体の発生及び育成には十分な照度が必要で、光源方向に向かう走行性が見られました（写真4）。

5 栽培ビンを使用した空調施設栽培期間は、60日前後でした。

### 成果の活用

研究成果は、日本きのこ学会で発表するとともに、県内林業関係団体会報やきのこ生産者の研修会などで紹介しました。また、県内の大学ではツバヒラタケに含まれる、機能性成分の薬理学的研究が行われています。

今後は、ツバヒラタケの種菌を県内の生産者に提供して現地での栽培試験を行うとともに、新たな県産食材として商品化できるように研究を進めていきます。



写真1 野生のツバヒラタケ



写真2 空調施設栽培のツバヒラタケ



写真3 スギ林内のビニールトンネル



写真4 光源方向に向って伸びる

表1 培地種類別発生収量等比較（1kg袋培地）

培地基材種類	培地組成	含水率 (%)	pH	供試(発生) 培地数	平均発生 収量 (g)	平均発生 本数	平均収穫 日数
ブナオガクズ	10:1:1	64	6.4	24(23)	82	1.6	84
スギオガクズ	10:1:1	67	6.3	17(16)	64	1.4	83
リンゴ剪定枝チップ	10:1:1	58	5.8	14(14)	183	4.6	83
スギオガクズ+リンゴ 剪定枝チップ	5:5:1:1	64	6.2	18(17)	125	2.4	87
剪定枝オガクズ	10:1:1	63	5.8	19(19)	154	4	83

※培地組成（オガクズ又はチップ：フスマ：ホミニーフード）

## 4 2 きのか菌床栽培における害菌防除に関する研究

秋田県農林水産技術センター 森林技術センター 資源利用部 菅原 冬樹・阿部 実

### 研究の背景・ねらい

きのか菌床栽培において、害菌や害虫に起因する被害は一度発生すると甚大な被害となりやすく、その対策が重要です。そこで、きのか菌床栽培施設の現地調査を行って発生する害菌や害虫を特定し、それらに対応する防除対策を講じてマニュアル書を作成し、安全・安心なきのか生産のための栽培管理に活用するものです。

### 成 果

秋田県内のきのか菌床栽培施設 52 カ所において、落下菌調査と被害調査を行いました。確認された主な害菌・害虫およびそれに対する予防・防除対策の概要を表 1 および写真 1 に示します。本結果とその対策を、栽培きのか別や害菌・害虫別に取りまとめ、写真 2 の「栽培きのかの害菌・害虫防除マニュアル」を作成しました。

「ブナシメジ栽培」では、菌糸のストップ症状や菌叢異常などの生育阻害被害が発生し、それらの被害試料からは細菌類の「バチルス属菌」が検出されました。検出された 5 種のバチルス属菌は、きのか栽培の病原菌として、これまで報告されていない種でした。この被害は「常圧殺菌」の場合に発生し、その対策として培地 pH を 6 以下に調製することで被害を防除することができました。

また、「シイタケ栽培」と「ブナシメジ栽培」では、主に「ケナガコナダニ」がきのかの奇形化や害菌汚染などの被害を及ぼしており、これらダニの被害に対しては、栽培休止をして施設内の徹底消毒を行うか、栽培休止ができない場合、被害菌床などを速やかに除去するとともに、床掃除を頻繁に繰り返してダニの生息密度を減らすことで被害を防除することができました。

### 成果の活用

これまで、研究成果を、日本きのか学会大会、東北森林科学会大会において発表するとともに、行政や現場の要請に応じて次の各種講習会等で、この成果の周知と活用を図ってきました。今後も新たな病虫害被害への対策を目的とした研究を進めていきたいと考えています。

- ・ J A おものがわ主催「きのか栽培講習会」(2009)
- ・ J A こまち主催「シイタケ栽培講座」(2010)
- ・ 秋田県農林水産技術センター主催「フィールドミーティング」(2010)
- ・ 秋田きのか研究会主催「研修会」(2010)

(付記：本文および表 1、写真 1 中の細菌名と糸状菌名は、学名を直接カタカナ表記しました。)



表1 調査結果と予防・防除対策の概要

栽培施設で確認された主な害菌・害虫				予防・防除対策	
害菌	落下菌調査 (きのこ全種)	糸状菌類	ペニシリウム属、クラドスポリウム属、アスペルギルス属、トリコデルマ属、フォーマ属	接種室	エタノール等による器具や室内の消毒、冷房装置の定期的な掃除・消毒
		細菌類	スタフィロкокカス属、マイクロコカス属、カルチア属、バチルス属、カートバクテリウム属	培養室	培地カスなどの除去、掃除機による床の掃除、空調・加湿器の定期的な掃除・消毒
	被害調査 (ブナシメジ)	細菌類 (菌糸のストップ症状や菌叢異常などの生育阻害被害)	バチルス属5種 B. ノバリス、B. セネガレンシス、B. パタビエンシス、B. スポロテルモデユランス、B. アシディコーラ	発生室	動力噴霧器を使用した水洗いによる掃除、加湿器の定期的な掃除・消毒
				高圧殺菌	培地pHに関係なく、培地内温度を118℃以上、50分以上維持することで滅菌
害虫	被害調査 (シイタケ)	キノコバエ類:きのこ、菌床の食害 ダニ類:きのこの食害、奇形化 ガガンボ類:きのこ、菌床の食害 ムラサキアツバ:菌床、きのこの食害		予防対策	防虫ネットにより栽培施設を被覆
				防除対策	粘着シートによる誘因捕殺:ダニ類以外 ファンやLED付き捕虫機:キノコバエ類 培地表面の熱水処理:ムラサキアツバ以外 室内に風を入れ乾燥:キノコバエ類、ガガンボ類 浸水等による培地の洗浄:キノコバエ類
	被害調査 (ブナシメジ)	ダニ類:害菌伝播	ケナガコナダニほか	防除対策	栽培休止し施設の徹底消毒、頻繁な床掃除と廃菌床の除去

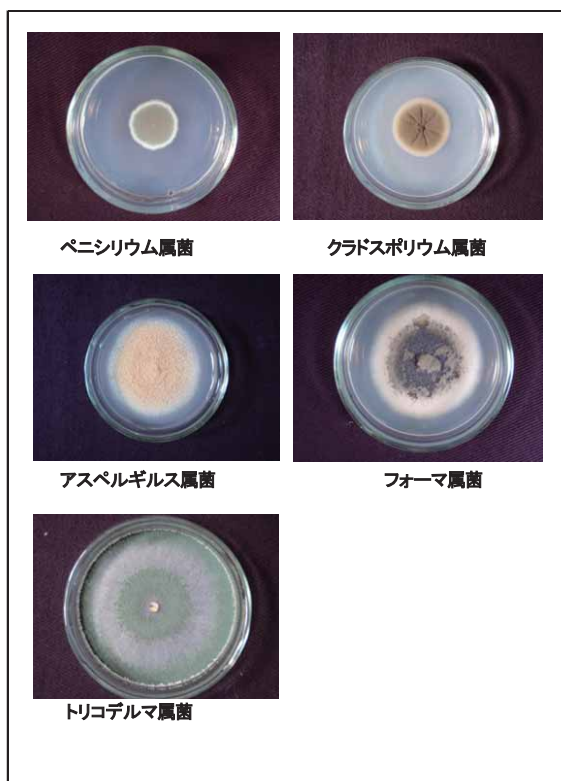


写真1 落下菌調査で確認された主な糸状菌類



写真2 作成した害菌・害虫防除マニュアル



## 4 3 エノキタケの菌床露地栽培技術の開発

栃木県林業センター 研究部 大橋 洋二・粕谷 嘉信

### 研究の背景・ねらい

エノキタケの野生種は栽培種と比べて形態的に大きく異なり、食味や香りについても別種のキノコと思われるほどの違いがあります。また近年では設備投資が少なく食味に優れる露地栽培が見直されつつあることから、栃木県では中山間地域の中小規模生産者を対象とした特用林産物生産技術開発の一端として、エノキタケの野生株を用いた菌床露地栽培技術の開発を行いました。なお本研究は農林水産省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」で行っています。

### 成 果

#### 1 栽培時期の検討

栃木県で保有しているエノキタケの野生株を用いて菌床露地栽培試験を行いました。その結果、収穫は11月から翌5月上旬まで断続的に収穫することが可能であり（写真1、表1）、収穫物の少ない冬季における重要な収入源になることが分かりました。

#### 2 栽培方法の開発

栽培方法はそれぞれ特徴にあわせた2種類の方法が優れていることが分かりました（図1）。

1つは除袋した菌床を土中に半分埋め込み、菌床表面を落ち葉等で覆う方法です。この栽培方法は総収穫量に優れ、安定して400～500g/1kg菌床の収穫量を得られました。しかし初回発生が集中しやすく、2番発生以降の収穫物が株立ちしにくくなるなどの特徴がありました。

もう1つは菌床を袋のまま栽培する方法です。菌床袋の上部を切り落とし、菌床表面の菌掻きを行ってから1～2時間ほど袋内に浸水後排水し、そのまま地面に並べました。この栽培方法は伏せ込み労力が軽減でき、収穫量が若干ばらつくものの約400g/1kg菌床の収穫を獲ることが出来ました。キノコの発生時期が集中せずに、2番発生以降の収穫物も株立ちしやすくなる特徴がありました。

### 成果の活用

エノキタケの外に6品目の特用林産物の野外生産技術を確認させ、これらを組み合わせることで周年を通して収入が得られる技術体系を確認させます。その総合した技術を以て、中小規模生産者を対象に実際の現場へ普及していくことを目標としています。



写真1 発生状況写真 (左:半埋栽培 右:袋栽培)

表1 エノキタケの伏せ込み時期と収穫可能時期

	10月			11月			12月			1月			2月			3月			4月			5月											
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下									
伏せ込み																																	
収穫可能時期																																	
栽培例 1																																	
栽培例 2																																	
栽培例 3																																	

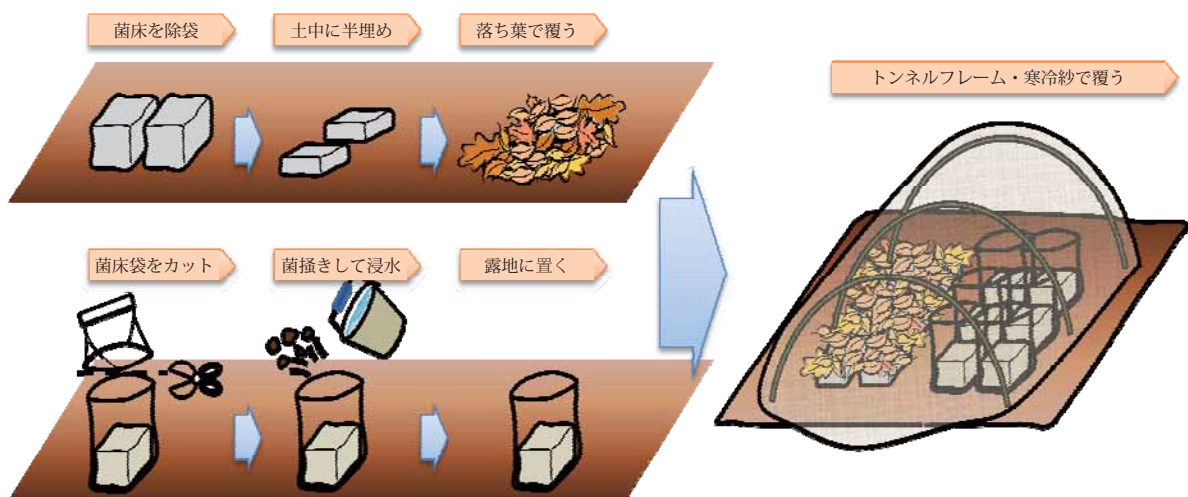


図1 2種類の栽培方法

## 4 4 ヤマウコギの効率的増殖方法と普及

埼玉県農林総合研究センター 森林・緑化研究所 池田 和弘

### 研究の背景・ねらい

ヤマウコギ (*Eleutherococcus spinosus*) はタラノキと同じウコギ科の植物で、さわやかな香りと鮮やかな緑色、特有のえぐ味を合わせ持つ野趣あふれる地域資源型の山菜です。埼玉県の都市部を除く平地から標高600m程度の山林に自生していますが、県内には食文化がなくこれまで食材として利用されてきませんでした。

そこで、新しい山菜としてデビューさせるためトゲの無い野生種を確保し、効率的な増殖方法の調査と苗木の増産を行いました。普及には食材としての魅力をアピールする必要があると考え、様々な料理の創作と試食会と講習会を開催したうえで、苗木を配布しました。半日陰の林縁や休耕地の有効活用と短期収入が得られる山菜として普及を目指しています。

### 成 果

#### 1. 効率的増殖法

挿し木が最も効率的で、その適期は当年枝を利用する場合は9月上旬、1年生枝では5月中旬でした(表1)。当年の緑枝、2年生以上の枝は活着率が極端に低下するので使いません。挿し床は鹿沼土を使い、半日陰に置き、毎日散水して下さい。約3週間で活着します。この他に空中取り木法、盛り土取り木法でも増殖できますが、作業性が劣り確保できる本数も少ないので勧められません。3本の野生株から500鉢の苗を作ることができました。成長した木からさらに挿し木増殖ができます(図1)。

#### 2. 普及

埼玉県ではヤマウコギを知らない方が圧倒的に多いので、栽培希望者に対して講習会を行いました。講習会参加者は林業事業者のほか商工会、農業委員会、市町村職員、農林振興センター職員、NPO法人など広範囲に募りました(図3)。大量増殖が容易で、日当たりの悪い畑地や林縁を有効活用できることを伝えました。育成した苗木販売による短期収入も見込めること、主な利用部位である新梢が7月までに数回収穫できること、害虫もなく無農薬栽培できるなど低リスク経営が可能である点を強調しました。また、新葉や新梢、花蕾まで利用できるため収穫・利用カレンダーを作製して販売の目安としました(図2)。

食材としての魅力を知っていただくために、料理も普及の一環と考え、様々な料理を創作し発表会で披露しました。ウコギ飯や天ぷら、茶漬け、うどん、アイスクリーム、漬物、番茶などです(図6)。試食会は好評で林業研究会が自発的に料理教室を開催するまでにいたりしました(図5)。

### 成果の活用

挿し木増殖した木から出てくる新梢と苗木販売による短期収入の魅力を普及します。行政機関と連携を取りながら随時栽培指導(図4)や試食会を行い無農薬栽培できる山菜であることを伝え、栽培意欲を引き出します。ヤマウコギの取り組みはまだ始まったばかりですが県内のある地域では山取りによる新梢がすでに販売され、また新規生産者が300本以上の苗木を栽培するまでに至っています。



表1 ヤマウコギ挿し木の部位別、時期ごとの活着率(%) (2008年)

月 日	3月11日	4月9日	5月12日	6月16日	7月31日	9月5日
当 年 枝	0	0	63	33	31	73
1年生枝	15	59	84	27	28	40

● 4, 5年で収穫できます



● 収穫しながら挿し木増殖、苗木販売。

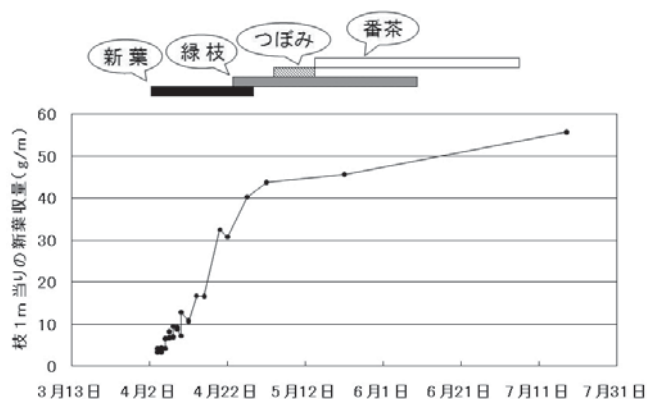
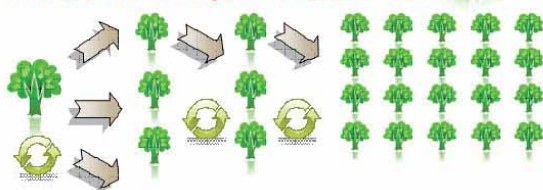


図1 ヤマウコギ増殖のイメージ

図2 新葉の収量と利用カレンダー



図3 ヤマウコギ栽培講習会



図4 普及員による挿し木講習会



図5 林業研究会による料理創作



図6 創作したヤマウコギ料理



## 4 5 新たに開発したブナシメジ「越のわらべ2号」

新潟県森林研究所 きのこ・特産課 小越 智博・武田 綾子\*

(\*現 新潟県 南魚沼地域振興局 農林振興部)

### 研究の背景・ねらい

新潟県はきのこの主要生産品目であるブナシメジの品種開発試験に取り組んでおり、これまでに「越のわらべ」(平成18年登録済み)を開発しました。しかし、菌柄が有色で傘が壊れやすいという欠点がありました。そこで、「越のわらべ」等を母材として育種試験を継続した結果、菌柄が白く傘が壊れにくい「越のわらべ2号」を選抜しました。

その後、品種登録出願時に行った特性調査や栽培試験を繰り返す中で栽培特性を解明し、栽培管理マニュアルを作成しました。

### 成 果

- 1 「越のわらべ2号」は「越のわらべ」と比べ、傘の肉質が硬いため傘が壊れにくく、斑紋が全体に分布していました。
- 2 「越のわらべ」は、60日間という短期培養が可能です。が、「越のわらべ2号」には短期培養は向いていないことがわかりました(図1)。
- 3 「越のわらべ2号」は、発芽工程以降における菌柄伸長の光に対する感受性が強いことがわかりました。そこで、茎の伸長が過度に抑制されるのを防ぐため、発芽工程では50～100ルクス、生育工程では500～1000ルクスで管理する必要があります(写真1)。
- 4 両品種ともに発芽時、常時高湿度(100%前後)を維持した状態では、傘の上に傘が生じるという再分化が起こるため、湿度は高くしすぎないように注意が必要です。
- 5 栽培管理マニュアルを作成し、「越のわらべ2号」、「越のわらべ」を並記することで、両品種の共通点や相違点をわかりやすく示しました(表1)。

### 成果の活用

「越のわらべ2号」の実用化に向けて、県内の生産者に継続して試験栽培を行って頂いています。その際、栽培の参考として栽培管理マニュアルを活用しています。

### 知的財産取得状況

「越のわらべ2号」について、平成21年4月9日付けで品種登録出願を行い、現在審査中です。

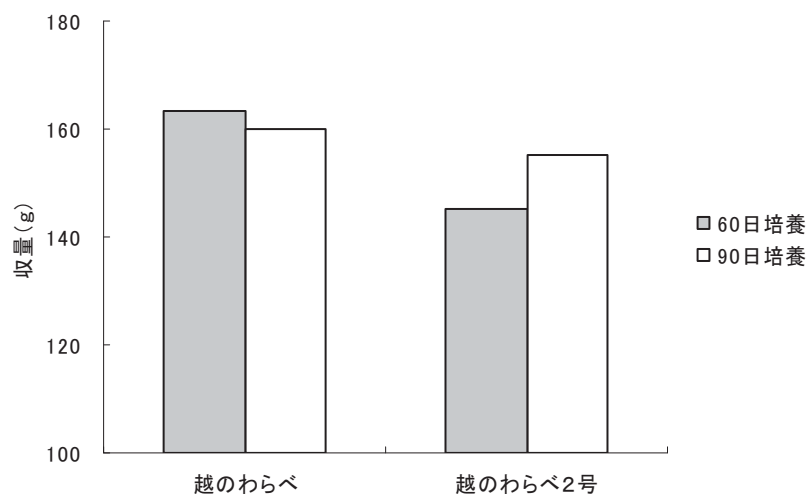


図1 培養日数と収量



写真1 越のわらべ2号の菌柄伸長に対する光の影響（左：1500ルクス、右：600ルクス）

表1 栽培管理マニュアルの一部抜粋

		越のわらべ	越のわらべ2号
培養 と 熟成	温 度	20～23℃ 熟成も同じ温度で良い。高すぎたり低すぎたりしないように。 高すぎると、発芽不良の原因となり、低すぎると、ビン中発生の原因になる。	
	培養日数	菌糸が回りきるまで 30～35日	菌糸が回りきるまで 35～40日
	熟成日数	菌周り完了後 25～30日 現行栽培品種に比べるとかなり早いですが、発芽が安定することで収量性が高くなる。逆にあまり長くなりすぎると、発芽が不均一になる。	菌周り完了後 45～60日 現行栽培品種と同じ

公立林業試験研究機関 研究成果選集 No. 8

---

発 行 日 平成23年3月31日

編集・発行 独立行政法人 森林総合研究所

茨城県つくば市松の里1

電話 029(873)3211

お問い合わせ 企画部研究管理科地域林業室

印刷・製本 松枝印刷株式会社

茨城県常総市水海道天満町2438

電話 0297(23)2333

---

独立行政法人森林総合研究所の許可を受けずに本誌を転載・複製することを禁ずる。

---