

# 林業新技術 2012

—現場への普及に向けて—



独立行政法人森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute



## 「林業新技術2012」について

森林の有する多面的機能の発揮、林業の持続的で健全な発展、林産物の供給や利用の確保を図るためには、将来の林業・木材産業の発展に資する技術開発を推進するとともに、開発された技術を計画的、効果的に現場に普及し、実用化を図ることが極めて重要です。

このため、独立行政法人森林総合研究所および公立林業試験機関の近年の研究成果のうち、現場への普及を推進するものとして「林業新技術2012」を選定しました。

今回選定された森林造成、木材利用などの15の技術については、計画的、効果的な現場への普及、実用化に取り組むこととしています。



# 「林業新技術2012」技術一覧

## ◎広葉樹林化を促進する誘導技術の開発

担当：森林総合研究所

技術概要：広葉樹林への誘導技術として、天然更新促進、菌根菌の接種による苗木の成長促進など新技術を「広葉樹林化ハンドブック2012」として公表しました。

期待効果：森林所有者、林業事業者などが広葉樹林化を検討する際の指針となります。

## ◎富山県におけるナラ枯れ跡地の森林再生技術

担当：富山県

技術概要：富山県において、ナラ枯れ跡地の林分構造の特徴、天然更新しやすい樹種と更新に関わる要因、植栽苗の生育に関わる要因を明らかにし、森林再生の促進に有効な施策を提案しました。

期待効果：富山県とその周辺地域において、ナラ枯れ跡地に再生させる林の目標を定め、管理手法を検討する際の参考となります。

## ◎スイングヤーダを使用した伐出作業の軽労・省力・安全化技術

担当：森林総合研究所

技術概要：急傾斜地でのスイングヤーダ集材について、伐倒と同時並行的に作業を行うことで、軽労・省力かつ安全な作業方法を確認しました。

期待効果：伐倒作業の災害発生が減少し、伐倒・集材全体の作業性が向上します。

## ◎「安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアル」が完成

担当：石川県、森林総合研究所ほか11機関

技術概要：構造用の心持ち正角を内部割れの発生が極力少なく、強度面での問題が生じないように人工乾燥するためのマニュアルが完成しました。

期待効果：内部割れが少なく強度面でも問題ない無背割り心持ち正角の生産に寄与できます。

## ◎液状化対策としての木杭の利用

担当：森林総合研究所

技術概要：木杭の性能評価や木杭打設による液状化防止効果・地盤流動化防止効果を評価し、木杭が液状化対策に使えることを確認しました。

期待効果：間伐材を木杭として使用する道が開けたことにより、これまで間伐材を使用していなかった地中における間伐材の新たな需要拡大が期待できます。

### ◎現場施工を可能にする簡易な耐火集成材製造技術の開発

担当：森林総合研究所

技術概要：耐火集成材をより安価に、より簡易に製造するため、難燃処理木材を無処理の集成材の上に後付けする方法を開発しました。

期待効果：この技術は、製造工程を簡略化し、現場施工や既存建物の改修などへの応用を可能にします。

### ◎未利用木質バイオマスを原料とした木粉・プラスチック複合材の高性能化

担当：森林総合研究所

技術概要：木質バイオマスと廃プラスチックを複合させた木粉・プラスチック複合材の耐候性向上技術及び射出成形可能な木粉高充填複合材の製造技術を開発しました。

期待効果：熱帯産高耐朽性樹種や石油系プラスチックの代替、中山間地域の産業創出などが期待されます。

### ◎未利用林地残材を原料とする空気質改善剤の開発

担当：森林総合研究所

技術概要：二酸化窒素の除去活性の高い樹木精油を林地残材から見出し、大量生産のための省エネルギー型の抽出法を開発することにより、画期的な空気質改善剤を商品化しました。

期待効果：快適な生活環境が構築でき、林地残材利用のための市場の提供が期待できます。

### ◎Q&A「森林と水の謎を解く」を公開

担当：森林総合研究所

技術概要：森林の水源かん養機能について、森林総合研究所が長年取り組んできた森林流域試験の成果や国内外の研究結果についてQ&A形式で取りまとめました。

期待効果：森林の水源かん養機能について理解することが期待されます。

### ◎林産物としてのエゾシカ肉を衛生的に管理する

担当：森林総合研究所

技術概要：シカの捕獲段階から肉になるまで一貫した衛生管理体制が整備されている英国の例を参考に、野外で内臓摘出した肉の衛生レベルを評価し、衛生的な解体手法を提示しました。

期待効果：野生動物であるシカに特化した衛生管理体制の構築に寄与。

### ◎スギカミキリ抵抗性品種の開発

担当：森林総合研究所

技術概要：スギカミキリの幼虫は、スギの幹に大きな穴をあけ材の価値を低下させます。そこで、幼虫を接種することでこの幼虫に強いスギを選抜する検定技術を開発し、抵抗性品種を開発しました。

期待効果：これまでよりも格段にスギカミキリに対して抵抗性の高いスギの苗が生産できるようになると期待されます。

### ◎木酢液を用いたきのこ類のナメクジ食害防除法の開発

担当：長野県

技術概要：きのこ類の露地栽培におけるナメクジ食害の忌避に木酢液が有効なことを示しました。

期待効果：木質資源と里山等の森林空間を利用した持続的なきのこ栽培を実現することができます。

### ◎海岸防災林の津波軽減効果を解明

担当：森林総合研究所

技術概要：海岸防災林の耐性を高めるために、大径に仕立てることと根を深く張らせることの重要性を示しました。また、海岸防災林の漂流物捕捉効果ならびに波力減殺効果の実態を示したほか、後者については数値シミュレーションで再現しました。

期待効果：林野庁の「東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会」に提供し、海岸防災林再生・復興計画の検討に役立てられました。

### ◎森林の放射性物質の分布を明らかに

担当：森林総合研究所

技術概要：森林内における放射性セシウムの分布状況の調査方法を開発し、森林タイプによって森林内の汚染分布パターンが異なることを明らかにしました。

期待効果：本調査方法は各地の森林の放射能汚染の調査にも利用することができます。

### ◎菌床栽培きのこへの放射性セシウムの移行低減技術の開発

担当：森林総合研究所

技術概要：栽培培地からヒラタケ子実体への放射性セシウム移行量を明らかにすると共に、培地へフェロシアン化鉄(III)を混ぜることにより、放射性セシウムの吸収を抑制したヒラタケの栽培方法を開発しました。

期待効果：この物質を用いることにより、放射性セシウムが検出されないきのこの栽培が可能になり、菌床栽培きのこの安全性を高めることが期待されます。

# 広葉樹林化を促進する誘導技術の開発

## 1. 現状と課題

約1,000万haの人工林資源の中で、施業困難で手入れ不足の林分や経済的に成り立たない林分、木材資源の収穫以外の機能を目指すべき林分については、混交林、広葉樹林へと誘導・育成するというオプションを用意して、多様で健全な森林を整備することが求められています(図1)。

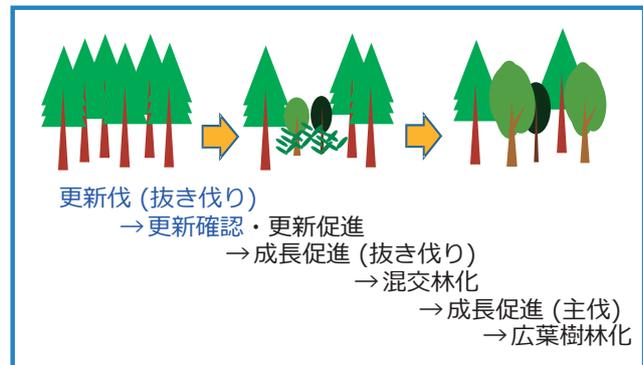
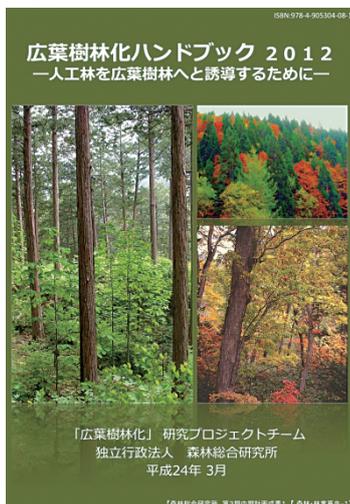


図1 広葉樹林化の施業手順

## 2. 技術開発の内容



森林施業の計画・実行に携わる行政や事業者の技術者の方々を対象として、人工林を混交林・広葉樹林へと誘導する場合にどのような点に注意すべきか、施業の手順はどうすべきかを解説した「広葉樹林化ハンドブック2012」を発行しました(図2)。2010年版(「広葉樹林化ハンドブック2010」)では、広葉樹林化の適地の判定法や天然更新の可能性を判定する方法について述べましたが、2012年版では以下の5つについて、広葉樹林化の考え方や施業法を解説しています。

- 1 天然更新を促進し、更新を確実にする方法
- 2 植栽による更新の新しい手法や考え方
- 3 公益的機能を維持向上させるための施業／評価方法
- 4 更新作業の妥当性を検証し、確実な更新に導くための方法
- 5 更新を完了させるまでの施業の流れ図と作業例

図2. 広葉樹林化ハンドブック2012

### 2.1 上木伐採の考え方(林冠デザイン)

スギやヒノキの人工林を抜き伐りして林冠ギャップをあければ、林床の光環境が好転し、定着した広葉樹の稚樹が成長する環境が生じます。しかし、その具体的な効果や持続時間については明らかにされてきませんでした。そこで林冠デザインモデルを開発して予測したところ、1) 環境の好転は一時的である、2) 一定以上に明るい低木や高茎草本との競争に負ける場合がある、ことが予想されました(図3)。したがって、抜き切り方法や繰り返しスケジュールは、更新させたい樹種の特徴にあわせて調整し、慎重に施業計画をたてる必要があります。

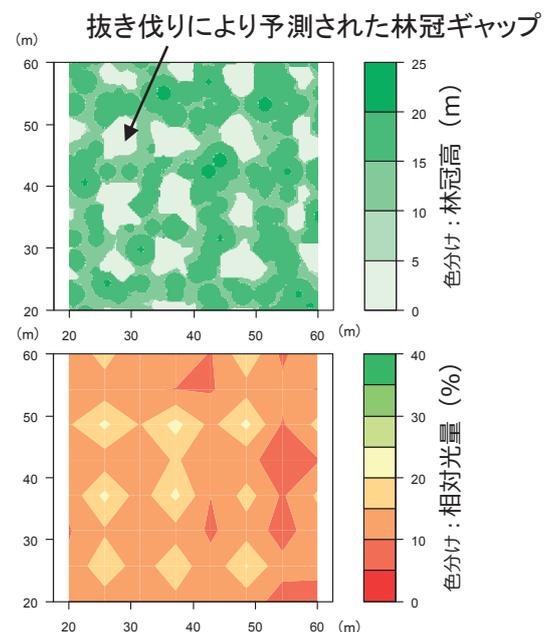


図3 林冠デザインモデルによる抜き伐りのシミュレーション

## 2.2 菌根菌を使う(感染苗による成長促進)

外生菌根菌と共生しないスギ・ヒノキの人工林内では、外生菌根性のブナ科などの広葉樹稚樹が順調に育つために必要な土壌中の外生菌根菌が少なすぎる場合があります。広葉樹稚樹が見られない一斉林や積悪地などでは特に共生菌の利用が有効で、外生菌根菌を施用して林内土壌の菌根菌の密度を高めるか、接種苗を使うことで成長の促進効果が期待できます。新たに開発した簡易接種法で、ツチグリ、ニセショウロを接種したシイ・カシの苗木は、実験室で人工林伐採跡地のような養分の乏しい積悪土壌に植栽しても成長は良好で(図4)、現地に植栽した場合でも感染苗の成長は順調でした。



図4 菌根菌感染苗の作り方とその効果

## 2.3 広葉樹の定着と土壌保全機能

人工林内に広葉樹が定着することで森林の土壌保全機能は向上するのでしょうか？広葉樹の混交割合が異なるスギ林および周辺の混交林や広葉樹林において、土砂受け箱を用いて1年間の土砂移動量を調査した(秋田県大館市、2008年、年間降水量1,476mm)結果、広葉樹林や混交林はスギ林と比べて落葉(リター)の移動が多く、土砂(土や石)の移動は少ない事が解りました(図5)。

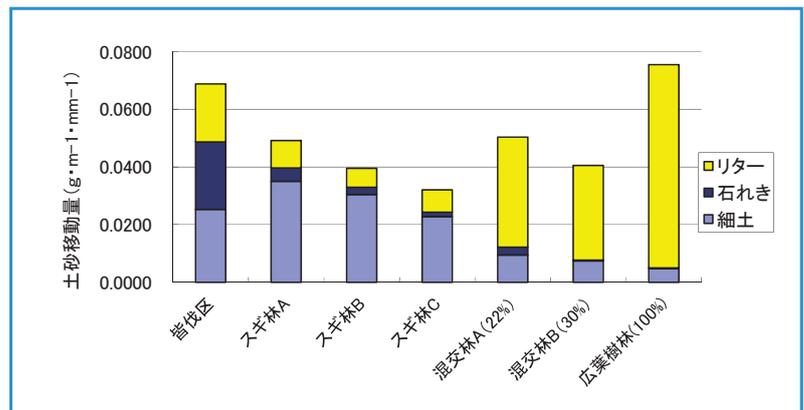


図5 スギ人工林と混交林、広葉樹林の土壌保全機能

## 3. 期待される効果と普及の対象

多様な森林の育成が求められる中で、広葉樹林の育成も一つの選択肢となってきます。林業普及指導員など関係する行政担当者の皆さんが、森林所有者や現場技術者に向けて、広葉樹林への誘導について指導する場面において、この冊子を、広葉樹林化の適地の判定法や天然更新の可能性を判定する方法について解説した2010年版とあわせ、技術的な参考として利用していただければと思います。

なお、本研究は「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の一環として実施したものです。

開発担当者(機関): 独立行政法人森林総合研究所、森林植生研究領域、森林微生物研究領域、森林遺伝研究領域、立地環境研究領域、東北支所、四国支所、九州支所、多摩森林科学園、北海道立総合研究機構林業試験場、秋田県農林水産技術センター森林技術センター、山形県森林研究研修センター、新潟県森林研究所、山梨県森林総合研究所、長野県林業総合センター、三重県林業研究所、東京農業大学、静岡大学、三重大学

# 富山県における ナラ枯れ跡地の森林再生技術

## 1. 現状と課題

富山県のカシノナガキクイムシによるナラ枯れの被害跡地では、大小の林冠ギャップが形成され、森林の機能低下が危惧されています。そこで、① 被害林分の枯死率や林分構造の特徴を明らかにすること、② 天然更新状況を調査して更新しやすい樹種を明らかにするとともに、更新に関わる要因を解析して、有効な施業を検討すること、③ ギャップサイズに応じた異なる光環境下において植栽苗の生育状況を調査し、適切な人工更新手法を検討することを目的としました。

## 2. 技術開発の内容

### 2.1 枯死率と林分構造

ナラ枯れによるコナラとミズナラの本数枯死率をそれぞれ7林分、5林分で追跡調査したところ、コナラでは最大でも37%でしたが、ミズナラは80%を超えることもありましたが(図1)。ナラ類は小径木が少ない直径分布でしたが(図2)、その他の高木樹種はコハウチワカエデなど耐陰性の高い樹種の小径の若木が多く、これらが枯損で生じたギャップ内にある場合には、後継林冠木への成長が期待されました。しかし、空間分布をみると、このような若木がなくマルバマンサクなどの小高木樹種が繁茂する部分もあり(図3)、より小サイズの稚樹からの更新がない限り、ギャップの修復と森林の再生が見込めない場合もありました。

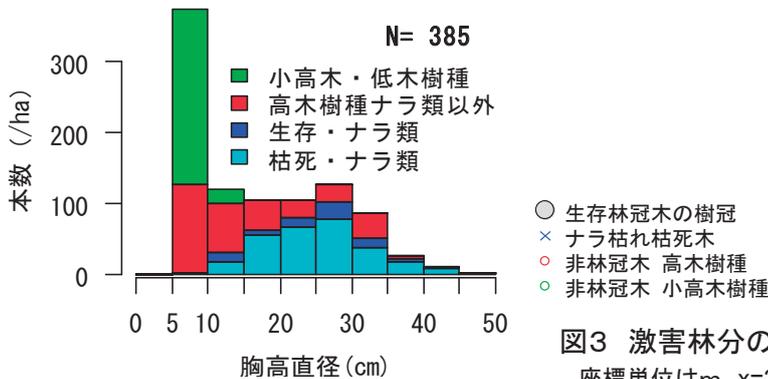


図2 激害林分の直径分布

### 2.2 稚樹の天然更新状況と有効な施業

2005年にナラ枯れが発生した林分に36調査区を設定し、2006～2010年に高木樹種の稚樹の更新状況を調べました。被害前に発生していた前生稚樹ではウワミズザクラとコシアブラが(図4左)、被害後の2006年に発生した稚樹ではミズギが(図4右)よく更新していました。更新に関わる要因を解析したところ、林冠木の量、下層木の量、林床植生による被覆はいずれも更新の阻害要因でした。被害が激しく、残存する林冠木が少ない箇所でも、ユキツバキなどが繁茂していると(写真)稚樹の生育する林床に差し込む光が遮られるので、これらの除去により更新を促進できる場合もあると考えられました。

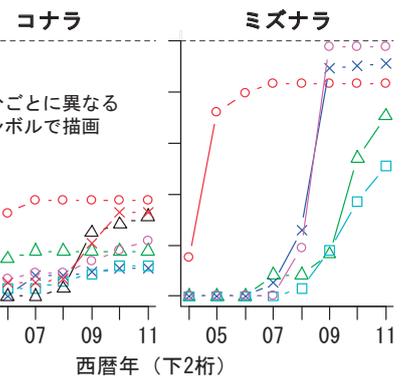


図1 コナラ7林分、ミズナラ5林分におけるナラ枯れによる累積本数枯死率の推移

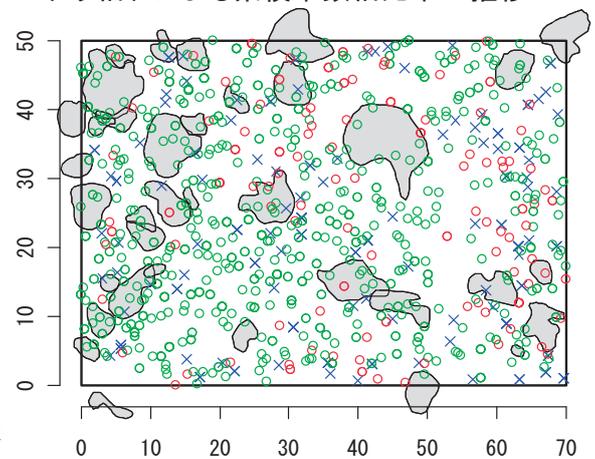


図3 激害林分の樹冠投影と非林冠木の分布(胸高直径5cm以上)  
座標単位はm、x=25,y=15付近は非林冠木の高木樹種がない



写真 稚樹の生育を阻害するユキツバキ

ミズナラは前生稚樹が相当数ありましたが、生存率が低く樹高成長も悪いため(図4左)、被害前のようなミズナラ林の再生を目指す場合には、稚樹の刈出しや植栽が不可欠でしょう。

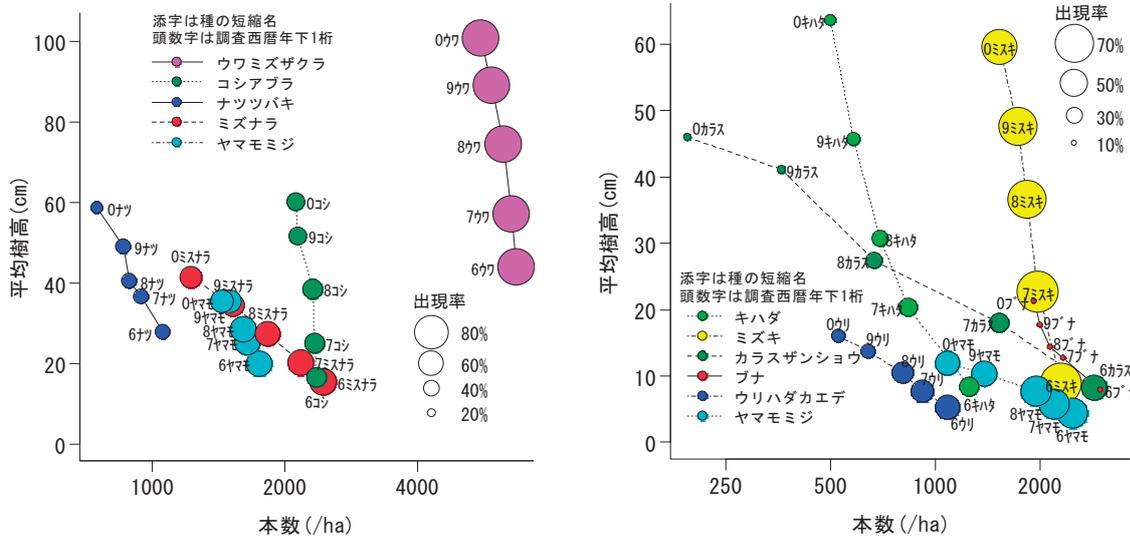


図4 前生稚樹(左)と2006年生稚樹(右)の本数密度、平均樹高、出現率の推移(2006~2010年)  
本数密度と平均樹高は全調査区の平均、出現率は出現した調査区の比率を表す

### 2.3 植栽による人工更新手法

2005年のブナ、ミズナラ植栽地を、相対散乱光により50%以上を明区、30~50%を中区、30%未満を暗区に、さらに明区は下刈りする明刈区と放置する明放区に2分して調査しました。明放区では繁茂した雑草木に被陰され(図5)、両種とも樹高成長は悪く(図6)、ミズナラの生存率は2010年に40%まで低下したため、明区の光条件では下刈りが必要と考えられました。中区では雑草木の繁茂は著しくなく(図5)、下刈りを行わなくても耐陰性のあるブナは比較的よい樹高成長を示しました(図6)。暗区では雑草木の繁茂はなかったものの(図5)、特にミズナラの樹高成長はよくありませんでした(図6)。コスト削減等のため下刈りが困難ならば、中区程度の光環境でブナと同等の耐陰性のある樹種を植栽するのが適当です。

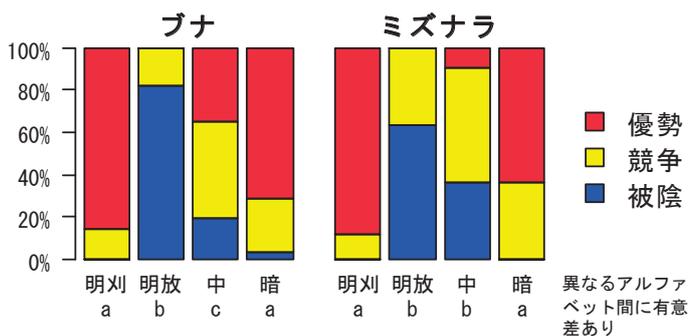


図5 植栽木の雑草木に対する競争関係(2010年)

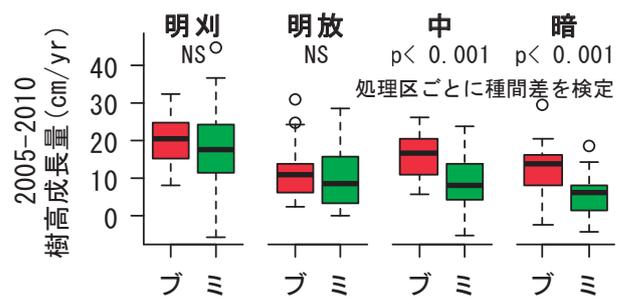


図6 年樹高成長量(ブ:ブナ、ミ:ミズナラ)

### 3. 期待される効果と普及の対象

富山県とその周辺地域の森林所有者や森林行政の担当者が、ナラ枯れ跡地に再生させる林の目標を定め、管理手法を検討する際の参考となります。なお、成果の詳細は富山県森林研究所発行の研究レポートNo.2「ナラ枯れQ&A」に掲載しました。ホームページ(<http://www.fes.pref.toyama.jp/>)からダウンロードできますのでご利用下さい。

なお、本研究は富山県単独事業として実施しました。

# スイングヤードを使用した伐出作業の 軽労・省力・安全化技術

## 1. 現状と課題

急傾斜地の集材作業では、架設撤去が容易で機動性の高いスイングヤードの普及が進んでいます。しかしながら、スイングヤード集材に先行してチェーンソー伐倒を行う従来の作業方法(以下「先行伐倒方式」)では、立木密度の高い林分において「かかり木」になることが避けられない状況があり、その処理に多大な労力を要するのみならず、労働災害が多く発生していることが問題となっています。また、スイングヤード集材作業でも、伐出作業全体の低コスト化のために、さらなる作業能率の向上が求められています。

## 2. 技術開発の内容

伐倒・集材作業全体の作業性と安全性を向上させるために、チェーンソー伐倒とスイングヤード集材を同時並行的に行う方法(以下「伐倒同時集材方式」、図-1)を考案し、実際の作業現場での試験を行いました。

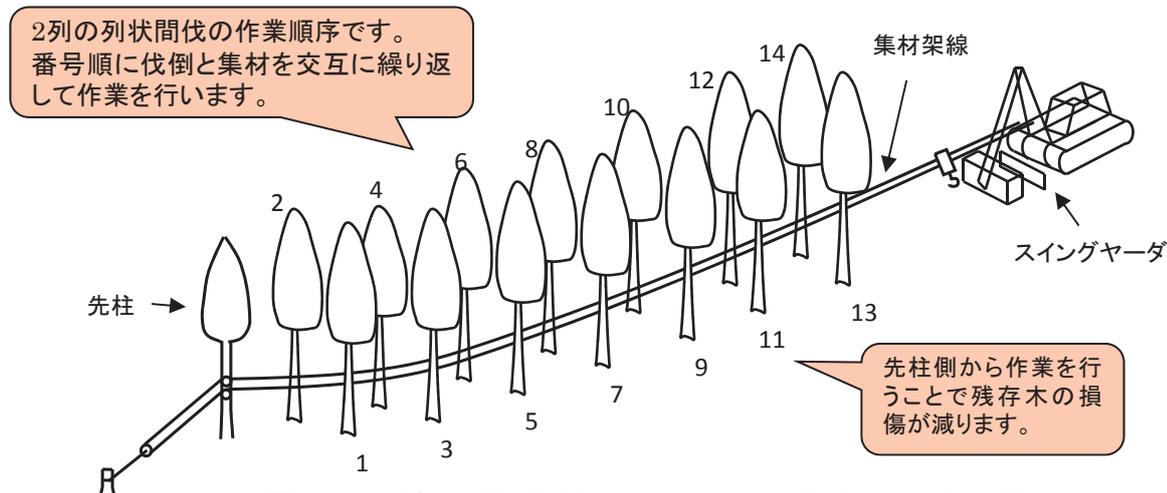


図1 スイングヤードの伐倒同時集材方式での伐倒・集材の作業順序

その結果、先行伐倒方式での「伐倒」と「集材」を合わせた時間に比べて、伐倒同時集材方式では約1/2の作業時間しか要しないこと、すなわち伐倒・集材作業全体の生産性が約2倍になることが明らかになりました(図-2)。

また、かかり木処理においても、伐倒同時集材方式では作業者にとって安全かつ省力な作業が可能であること、及び1本当たり1~2分の処理時間しか要しない(先行伐倒方式では20~30分/本)ため作業能率が大幅に向上することが明らかになりました(図-3)。

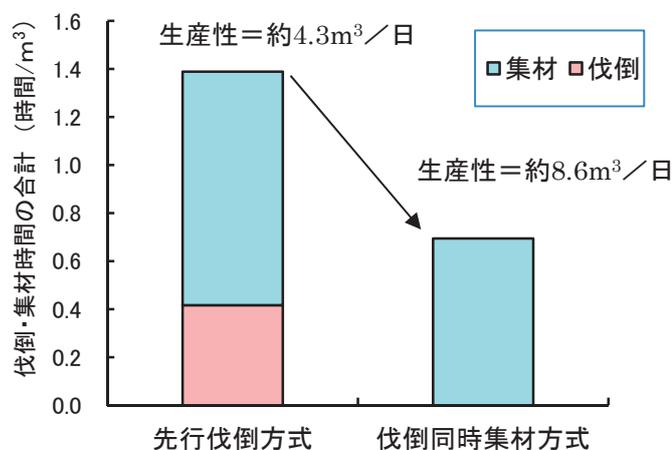


図2 先行伐倒方式と伐倒同時集材方式の作業時間合計と生産性の比較(1日6時間として計算)

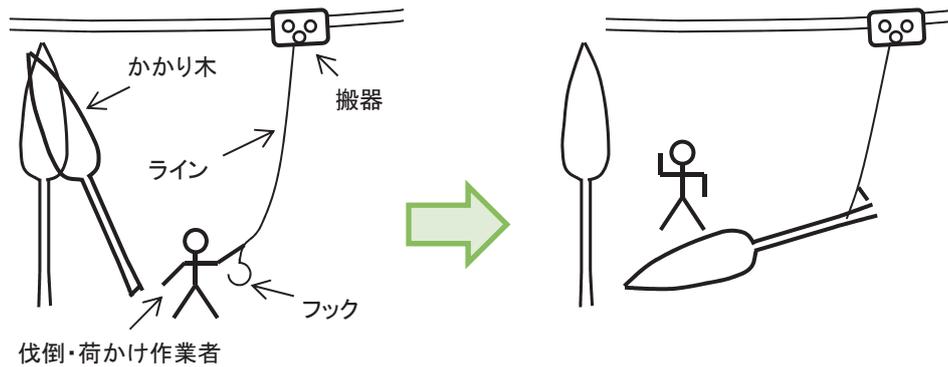


図-3 伐倒同時集材方式におけるライン引きによるかかり木処理

さらに、スイングヤードの架設作業において、伐倒同時集材方式では地表に伐倒木がないためリードロープの引き回しの作業が容易になることも確認できました。

ただし、伐倒同時集材方式では伐倒した木が集材架線の上に倒れかかることがあります。その際に、集材架線の緊張度あるいは伐倒木の重さによっては、集材架線に過大な衝撃力が発生し、スイングヤードの安定性に悪影響を及ぼす可能性があるため、実機を用いた試験を行いました。その結果、20kN(約2トン重)を超える衝撃力が観測され(図-4)、自重が12トンクラスの機体が安定性を失うほどの力であることが明らかになりました。

伐倒同時集材方式を用いるに当たっては、伐倒と集材の2つの作業が干渉することによって発生する危険な状況を回避するため、厳格な作業手順を定め、かつそれを遵守する必要があります。その作業手順を手引き書にまとめました(図-5)。

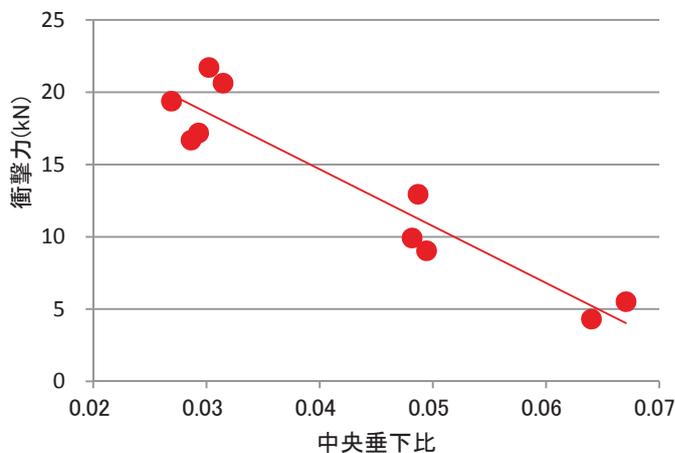


図4 中央垂下比と衝撃力の関係  
(伐倒木質量は約300kg)



図5 スイングヤードにおける「伐倒同時集材方式」作業の手引き

### 3. 期待される効果と普及の対象

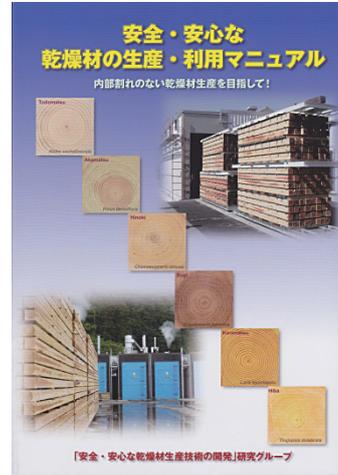
スイングヤード作業で「伐倒同時集材方式」を用いることにより、伐出作業全体の低コスト化が期待できます。また、かかり木処理作業の負担が軽減され、災害発生が減少することで、林業労働の作業改善が図れます。

なお、本研究は森林総合研究所交付金により実施しました。

# 「安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアル」が完成

## 1. 現状と課題

構造用の心持ち正角の材面割れを抑える乾燥方法として普及している高温セット法では、温湿度管理が不適切な場合、外観からは分からない内部割れが発生することがあり、それに伴う強度低下も懸念されています。このため、内部割れの発生を防ぐ乾燥スケジュールの開発を目的に、石川県林業試験場を中核機関とし、森林総合研究所を含む全国13の公設研究機関が試験研究に取り組みました。



※ 開発担当機関のホームページからマニュアルのダウンロードが可能です

## 2. 技術開発の内容

### 2.1 不適切な乾燥スケジュール(乾かしすぎ)が招く強度低下のリスク

木材の様々な強度特性の中でもせん断強度が内部割れの影響を受けやすいと考えられたため、意図的に内部割れを発生させてせん断試験を実施したところ、内部割れが長くなるに従ってせん断強度は低下することがわかりました(図2)。この傾向は、スギ、ヒノキ、トドマツで認められましたが、樹種によりその低下割合は異なりました。

また、不適切な乾燥スケジュール(乾かしすぎ)によって発生した内部割れや熱劣化が原因と思われる強度低下が、せん断強度以外でも認められる場合があります(表1)。

そのため、構造用製材の乾燥にあたっては、内部割れが少なく、強度面でも問題が生じない乾燥スケジュールの選択が大切です。

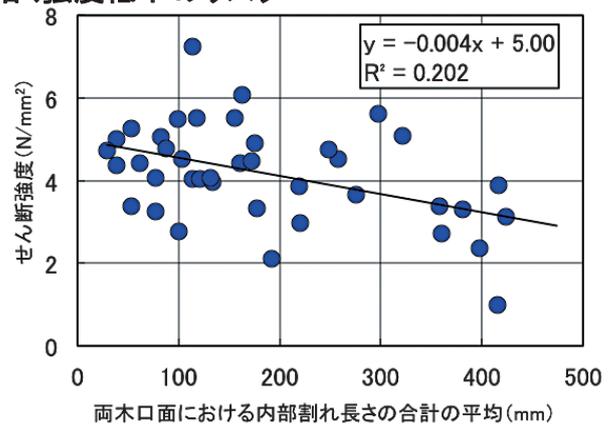


図2 両木口面の内部割れ長さの合計とせん断強度との関係 (スギ120mm正角)

表1 不適切な乾燥スケジュール(乾かしすぎ)によって生じた内部割れや熱劣化による強度低下のリスク

	曲げ強度	縦圧縮強度	縦引張り強度	せん断強度	めり込み強度
スギ	B	B	B	C	B
ヒノキ	A	A	A	B	A
カラマツ	C	A	B	C	B
ヒバ	A	B	A	C	A
トドマツ	B	C	B	C	B
アカマツ	B	B	-	B	A

注：心持ち正角材の結果、トドマツのみ心去り正角に高温セット処理をしたときの影響

A：低下が認められない、B：低下の疑いがある、C：低下が認められる、-：試験データなし

## 2.2 内部割れが少なく、強度面でも問題が生じない乾燥スケジュールの開発

内部割れが多く発生したり、強度が低下したりするのは、高温セット処理の時間が長過ぎたり、高温セット処理後の乾球温度の設定が高すぎたりするのが主な原因であることがわかりました。そこで、高温セット処理の条件とその後設定する乾燥スケジュールの組み合わせ方の中から、①強度低下が少ない、②内部割れが少ない、③含水率が20%以下に乾燥できるスケジュールを推奨条件として、乾燥方法・樹種ごとに取りまとめるとともに(図3)、強度面でも問題がないことを実験で確認しました。

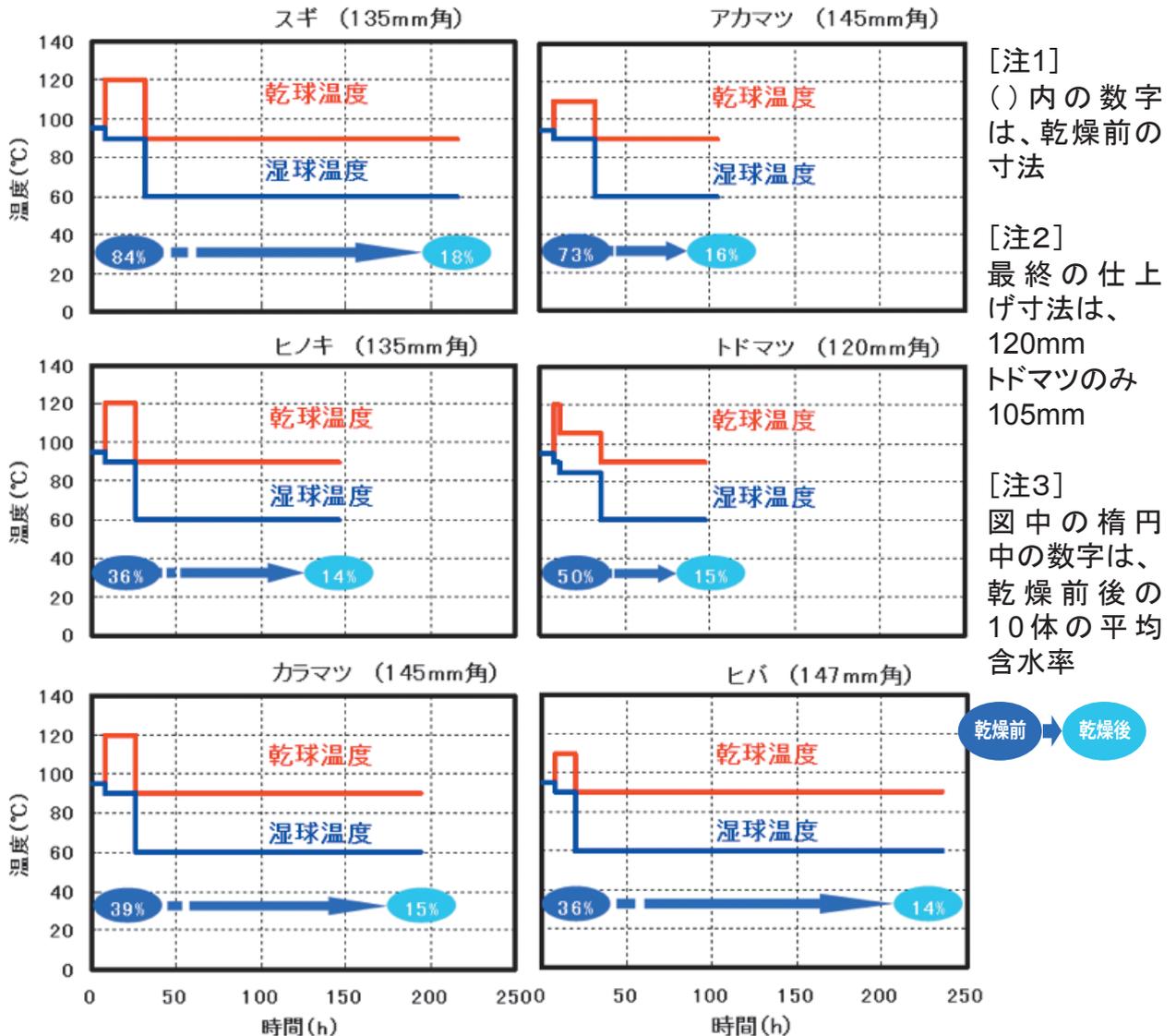


図3 内部割れが少なく、強度面でも問題が生じない推奨乾燥スケジュール(蒸気式乾燥)

## 3. 期待される効果と普及の対象

本成果は、内部割れが少なく強度面でも問題ない無背割り心持ち正角の生産や乾燥スケジュールを独自に設定したり改善したいときの基礎資料として役立つことが期待されます。なお、マニュアルは、開発担当機関のホームページからダウンロードできます。

なお、本研究は富山県単独事業として実施しました。なお、本研究は「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の一環として実施したものです。

開発担当機関：地方独立行政法人北海道立総合研究機構林産試験場、長野県林業総合センター、富山県農林水産総合技術センター木材研究所、石川県林業試験場石川ウッドセンター、福井県総合グリーンセンター、三重県林業研究所、奈良県森林技術センター、鳥取県農林水産研究所林業試験場、島根県中山間地域研究センター、広島県立総合技術研究所林業技術センター、愛媛県農林水産研究所林業研究センター、熊本県林業研究指導所、独立行政法人森林総合研究所構造利用研究領域、加工技術研究領域

# 液状化対策としての木杭の利用

## 1. 現状と課題

地下水位の高い砂地盤を大地震が襲うと地盤が液状化し大きな被害をもたらします。さらに、液状化した地盤の上に建築物や盛土などの荷重がかかっている場合は、その重みによって建築物の下の液状化した地盤が側方に流れ出す現象(地盤流動化)が起こり、被害がさらに拡大します。また、軟弱地盤では建物がその重みによって部分的に沈下し、長い年月の間に傾いてしまうことがあります。

このような地盤は液状化や不等沈下を防ぐ対策を施す必要がありますが、現在の一般的な工法では鉄やコンクリートをその材料として用いるのが主流となっています。このため、嘗ての木杭を用いた地盤対策のノウハウが急速に失われてしまい、木杭を使いたくても、どのように使えば良いのか分からない状況にありました。

## 2. 技術開発の内容

今回の技術開発では、地盤対策として有効である木杭による地盤対策を復活させることを目的に、木杭の性能評価や木杭打設による液状化防止効果・地盤流動化防止効果を評価しました。

### 2.1 木杭の開発・性能評価

- (1) 湿ったまま丸太の状態ですぐ強度試験をおこない、常時湿潤状態において強度的要求を受ける木杭の構造設計に必要な長期許容応力度(案)及び設計用弾性係数(案)を設定しました。(図1)
- (2) 常水面より浅いところで木杭を使用する場合には、腐朽対策として防腐剤を注入しておく必要があります。この防腐剤が地下水を汚染する懸念がありました。そこで、モデル砂地盤を作製し、そこに埋めた防腐処理木材から溶出してくる薬剤濃度を測定しました。半年間にわたって継続して測定した結果、木杭を埋設後一時的に薬剤濃度が高くなりますが、その値は水道水の水質基準などと比べ遥かに低いことが分かりました(図2)。
- (3) 地盤流動化対策には、液状化層の半分程度の深さまで木杭を打設する必要があります。一方、通常の間伐材を木杭に活用する場合、長さは最大でも6mにしかありません。そこで、安価で短い木杭を簡易な方法で接合し、6m以深まで木杭で対策できる技術を開発しました(図3)。

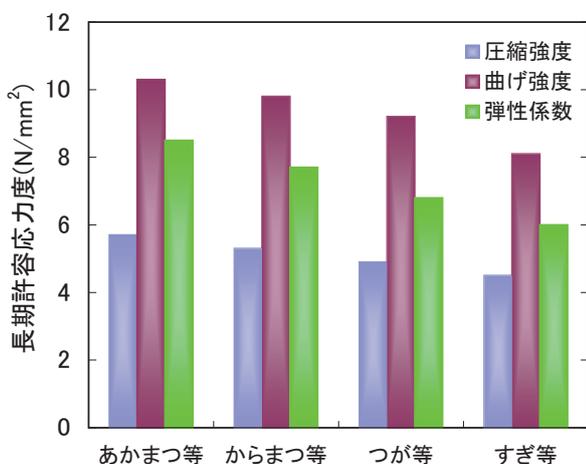


図1 丸太を湿潤状態で使用する際の各樹種群の設計用強度(案)

(短期許容応力度は長期許容応力度の2/1.1倍とする)

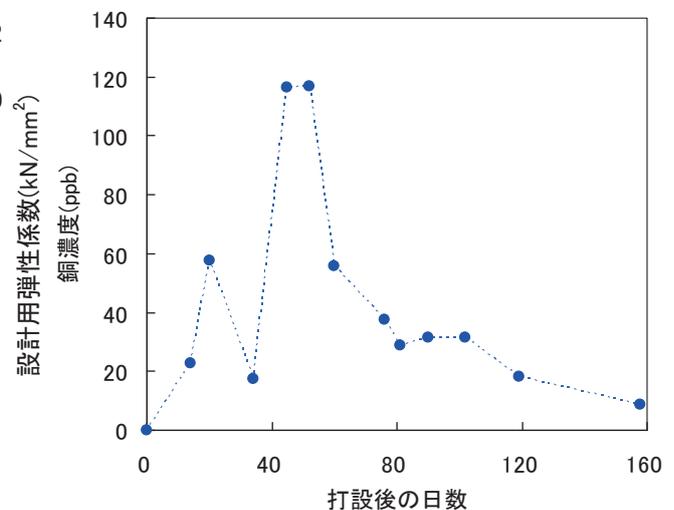


図2 モデル地盤から溶出した防腐剤濃度の経時変化

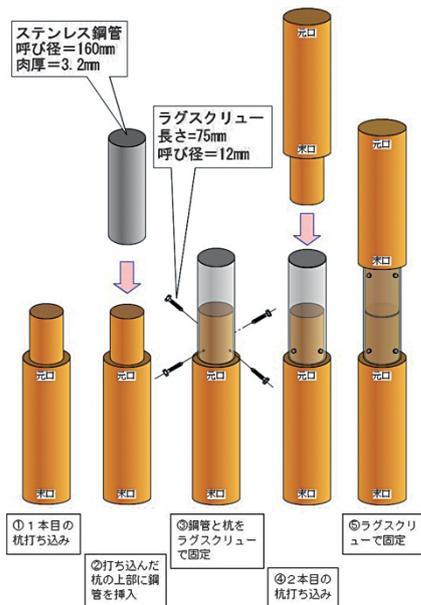


図3. 間伐杭の接合方法の例

## 2.2 木杭の液状化防止効果

今後木杭を液状化対策や地盤流動化対策に使用していくためには、どのような木杭をどのように打設すると液状化・流動化防止に効果があるのかを明らかにしておく必要があります。そこで木杭の形状(太さ・長さ)や打設間隔を変えたモデル実験により、液状化のおこりにくさを検証しました。

図4は通常丸太、細い丸太、接合丸太を想定したモデル実験の結果です。打設間隔を密にすることで、いずれの丸太でも液状化が抑制できることが分かりました。図5は木杭長と盛土の沈下との関係を重力場(1G)と遠心載荷場(50G)の環境で調べたモデル実験の結果です。いずれの条件でも、木杭長を長くすると盛土の沈下が抑制できることが分かりました。

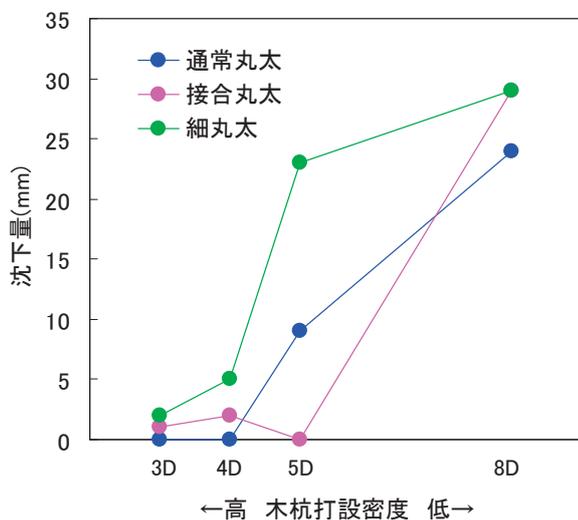


図4 木杭打設間隔が沈下量に及ぼす効果

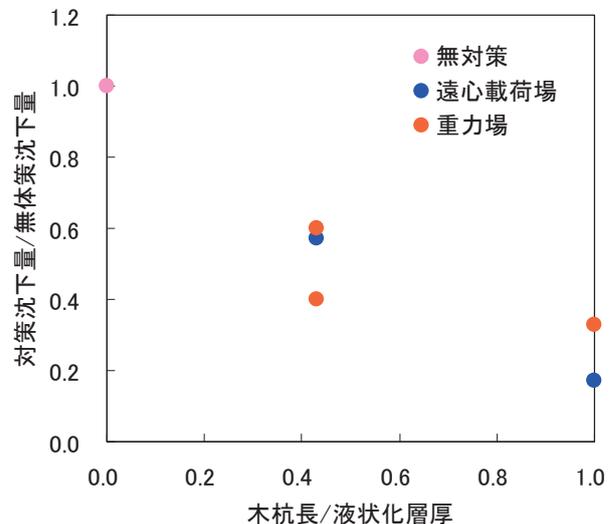


図5 木杭長が沈下量に及ぼす効果

## 3. 期待される効果と普及の対象

これまで間伐材は主に建築の分野、それも地上部で活用されてきましたが、今回の成果により間伐材を木杭として地中部で活用する道が開けました。1m<sup>2</sup>地盤改良で使用する間伐材量は、床面積1m<sup>2</sup>の木造住宅が使用する木材量に匹敵するため、地盤改良に木杭を使用すると、建築用途に匹敵する新たな間伐材需要が創出できることになります。

また、現在大気中の二酸化炭素濃度の増加がもたらす地球温暖化の解決が喫緊の課題となっていますが、間伐材を長期間地中で活用することは、大気中から二酸化炭素を除去し地中で固定することに繋がりますので、温暖化防止の観点からも大いに期待できます。

今回の成果は、建築分野だけでなく土木分野や農林土木分野においても活用可能です。これらの分野に広く普及していくことにより、新たな間伐材需要の創出が期待できます。

なお、本研究の一部は「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の一環として実施したものです。

開発担当機関: 独立行政法人 森林総合研究所 木材改質研究領域、構造利用研究領域、早稲田大学 理工学術院、飛鳥建設株式会社、独立行政法人 港湾空港技術研究所、地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 林産試験場

# 現場施工を可能にする 簡易な耐火集成材製造技術の開発

## 1. 現状と課題

集成材の柱や梁を耐火構造にするには、木材が燃えないよう隙間なく石膏ボードで被覆する方法がありますが、これでは柱や梁が木材であることがわかりません。また、H型鋼や角型鋼の周りをカラマツ集成材で被覆して1時間耐火構造を実現した木質ハイブリッドもありますが、これは木造とは言えませんし、樹種による燃焼性の違いからスギが使用できません。石膏ボードや鋼材を用いず、スギだけで構成される耐火集成材をめざし、森林総合研究所、東京農工大学、鹿島建設、ティー・イー・コンサルティングの研究グループは、構造上必要な荷重を中心部の無処理のスギ集成材が支え、その周りに難燃薬剤を注入したスギを配置して集成材に耐火性能を付与する方法を開発し、1時間耐火構造の認定を取得するなど、実用化に向けた取組みを進めてきました(図1)。しかし、実際に建物を建設するには、コストダウン、簡易な施工方法など、一層の改良が求められます。



図1 大臣認定仕様の1時間耐火構造集成材 (柱・梁)

## 2. 技術開発の内容

耐火集成材は、これまで、接着剤を用いて難燃処理した木材と無処理の木材を幅はぎし、それを積層して製造してきました。しかし、難燃処理した「燃え止まり層」をキット化し、後付け方式で施工することができれば、製造コストの削減に加え、建築現場での施工が可能となり、汎用性、施工性が一層、高まります。そこで、「荷重支持部」と「燃え止まり層」を別々に製造して、後から貼り付ける方法を考案し(図2)、耐火性能を確かめました。

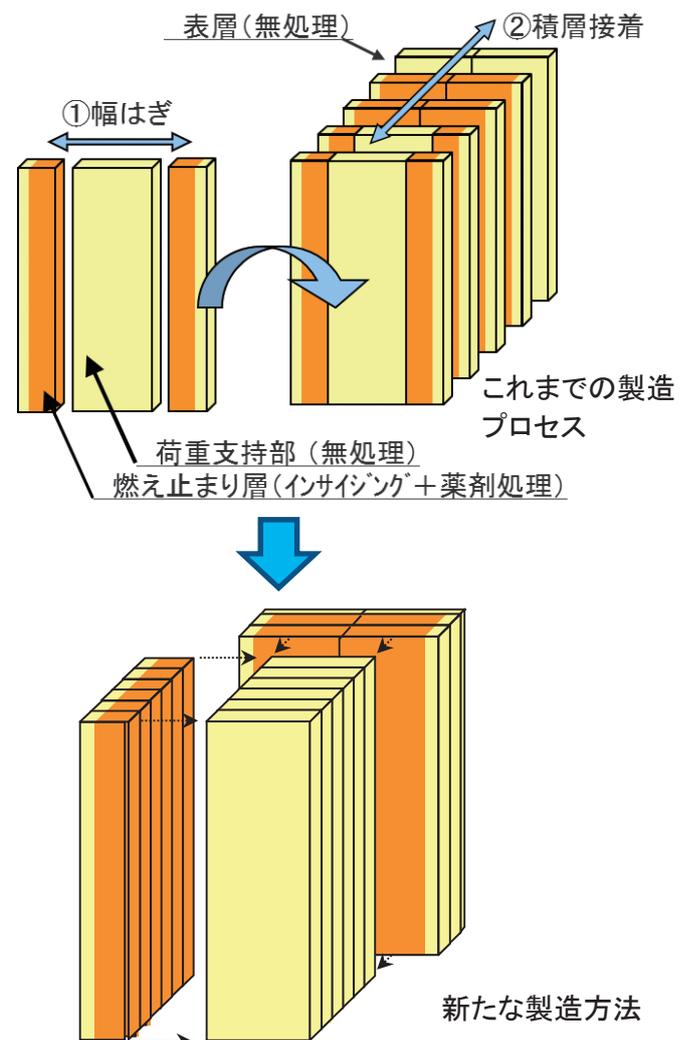


図2 後付け方式での耐火集成材の製造方法

後付け方式では、「燃え止り層」を「荷重支持部」にネジ留めすることとなりますが、木ネジを通して熱が内部に伝わり、無処理の「荷重支持部」の木材が炭化するのではないかと、「燃え止り層」同士のつなぎ目が開き、内部が燃焼するのではないかと懸念されます。

しかし、耐火炉を用いて加熱試験を行ったところ(図3)、「燃え止り層」のキット同士は、凸部と凹部を設けてかみ合わせたりしなくても、単純に突合せだけでもよいこと(図4)、20mm以上ネジの頭を木材中に埋設し、ネジ穴を無処理の木材でふさいでおけば「荷重支持層」まで炭化しないこと(図5、6)がわかりました。

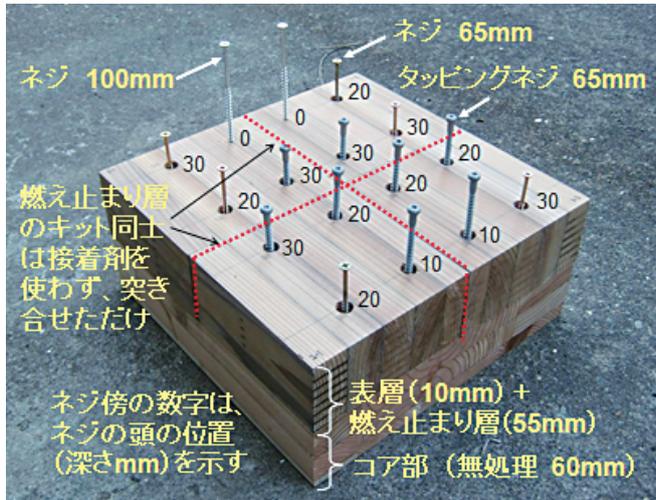


図3 キットをネジ止めした試験体を作成し、上面からISO834による方法で1時間加熱した後、さらに炉内に放置し、燃え止まりを確認しました。



図4 キット同士は単純に突き合わせるだけでも内部まで燃えこみません。

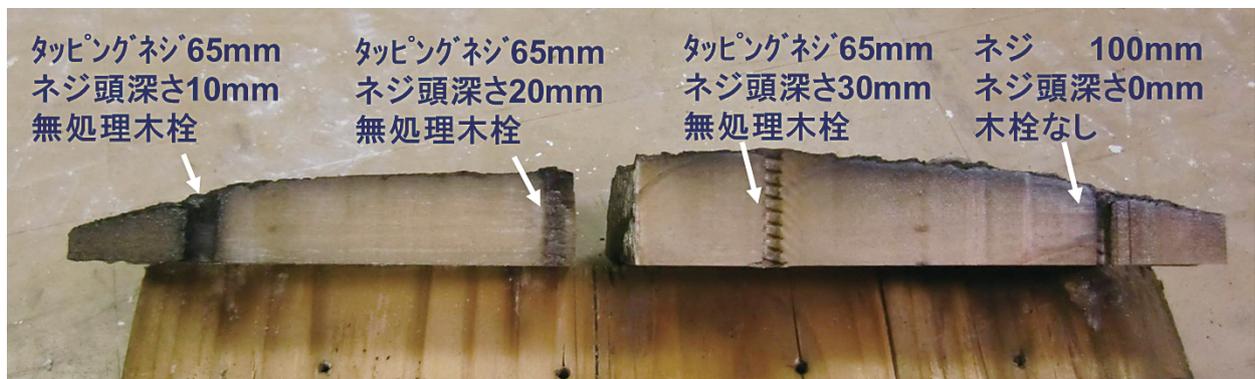


図5. 表層から20mm以上ネジの頭を埋設し、ネジ穴を木材でふさげば、荷重支持層は炭化しません。

### 3. 期待される効果と普及の対象

この技術は、耐火集成材の製造工程を大幅に簡略化できるほか、現場施工や既存建物の改修などへの応用を可能にします。今後は、技術の普及に向け、この製造方法による集成材での国土交通大臣認定の取得をめざします。

なお、本研究は森林総合研究所交付金により実施しました。

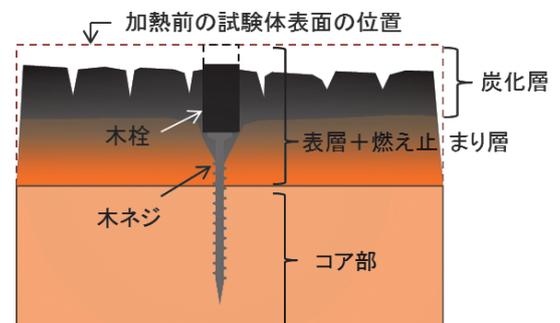


図6 木柱の効果のイメージ

# 未利用木質バイオマスを原料とした木粉・プラスチック複合材の高性能化

## 1. 現状と課題

循環型社会の構築を目指して化石資源から再生産可能な植物資源への転換が課題となっています。林地残材などの未利用木質系バイオマスの有効利用のため、付加価値の高いマテリアルへの変換が期待されています。木粉とポリプロピレンなどの熱可塑性プラスチックを混練し複合させた「木粉・プラスチック複合材 (Wood-plastic Composites; 混練型WPC、以下WPCと略す)」は、環境資材として近年注目されており、押出成形によるエクステリア製品及び射出成形によるプラスチック代替製品への利用が可能です(図1)。しかし、エクステリア利用では変色や粉ふき現象等の問題が指摘されています。一方、プラスチック代替製品への利用では、木粉添加により成型性が低下するなどの問題が生じています。我が国におけるWPCの需要拡大のためには、これらの問題を解決する耐候性や耐久性向上技術及び木粉高充填複合材の製造技術の開発が必要です。

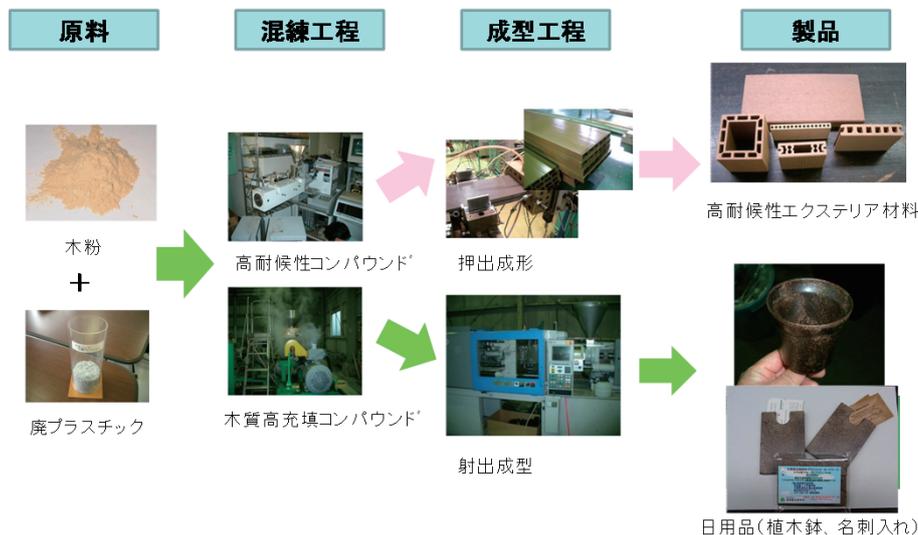


図1 未利用木質バイオマスからのエクステリア材、プラスチック代替材の製造

## 2. 技術開発の内容

### 2.1 WPCの高耐候化技術

エクステリア用WPCの開発において、紫外線吸収剤及び光安定化剤の添加により、チョーキング(粉ふき)を抑制し、耐候性を大幅に向上することに成功しました(図2)。また、チョーキング現象の新しい評価試験方法を考案し、JIS規格に提案しました。WPCの製造段階から流通までの詳細な環境影響評価を行い、エクステリア資材としてのWPCのカーボンフットプリント及び社会コストを計算しました。

エクステリア市場における木製品の多くは南米や東南アジアの熱帯雨林から産出されるものであり、エクステリア用WPCはこれら熱帯産樹種に代わる製品となるものです。

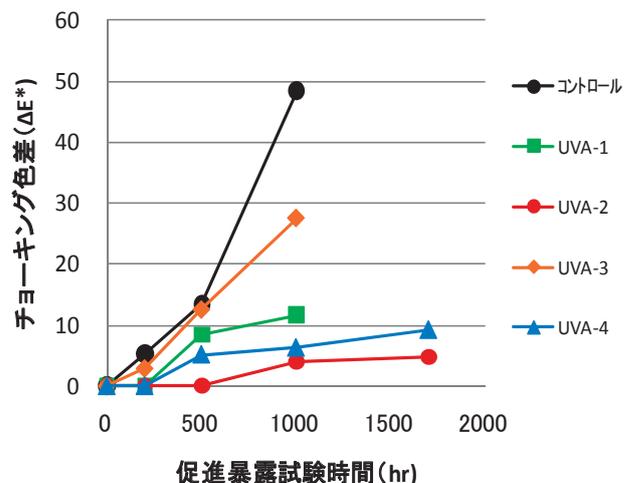


図2 数種の光安定化剤の添加によるチョーキング抑制効果

(チョーキングが抑制されると布への粉の付着が少なくなるため布の変色(色差)が小さくなる(UVA-2やUVA-4参照))

## 2.2 熱流動性の高いコンパウンド製造技術(石油系プラスチック代替へ)

WPCの熱流動性は木材の熱可塑性に依存するため、木粉の熱流動性向上のための前処理技術を検討した結果、木粉を湿熱前処理することにより複合物の熱流動性を向上させることに成功しました(図3)。これによって、木粉配合割合が75%程度までのWPCの射出成型技術が開発されました。また、種々の相溶化剤の添加により木質高充填WPCの強度、耐水性能が大幅に向上できることを明らかにしました。

このような前処理技術を複合材混練工程に導入することにより、射出成型が可能な木質高充填WPCの製造が可能となりました。

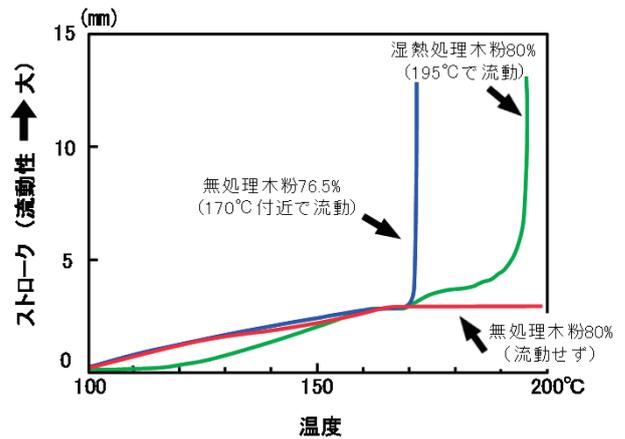


図3 湿熱処理による高木質充填WPCの熱流動性向上  
(湿熱処理例: 木粉含水率180%、250°C、60min.)

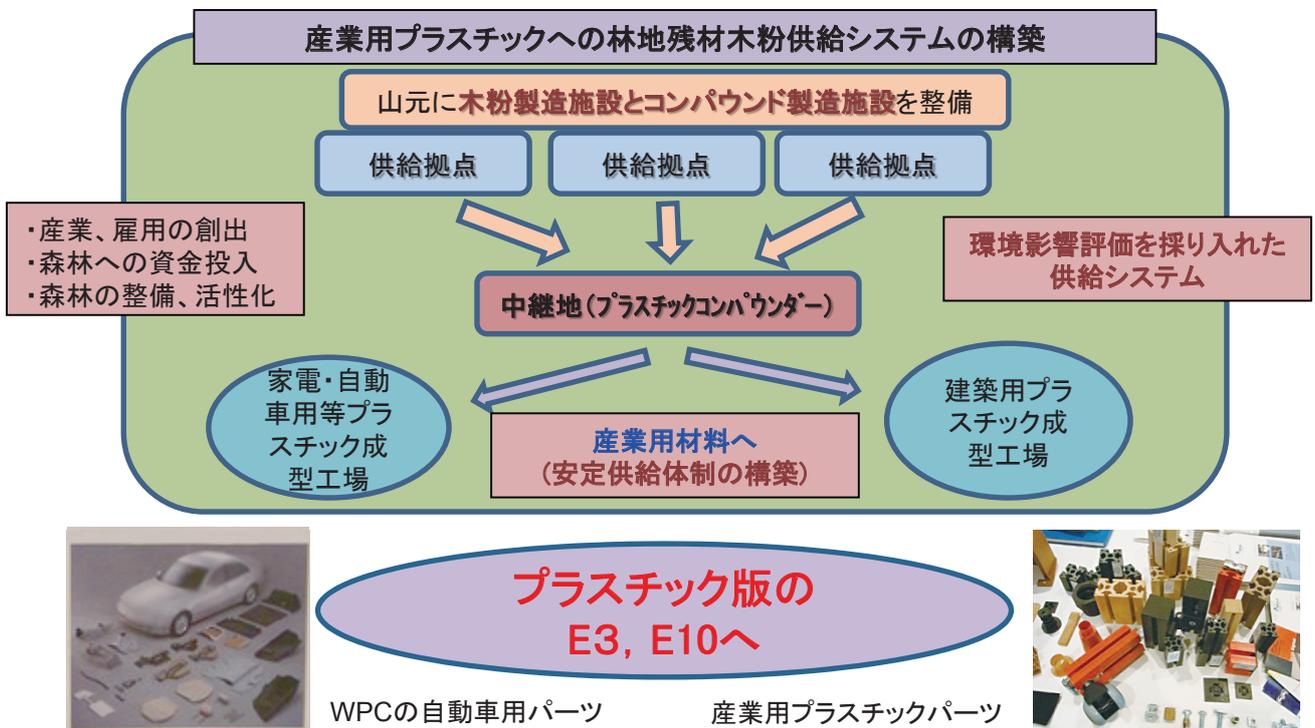


図4 WPCの産業用プラスチック市場への展開と林地残材からの木粉安定供給システムの構築

## 3. 期待される効果と普及の対象

現在エクステリア市場では、木質材料はコンクリートや金属材料等に押されて使用量は非常に少ないですが、WPCに高い耐候性、耐久性が得られることで今後の需要増大が見込まれます。一方、複合材への木質含有率が80%程度のコンパウンドによる連続射出成型が可能となることで、汎用のプラスチック製品の代替となるバイオマス系プラスチックという新市場が生まれます。また、汎用プラスチックに木粉を10~20%程度添加することで、自動車部品や家電製品などの産業用プラスチックに適用することが可能となり、これはガソリンにバイオエタノールを3~10%添加したE3やE10と同様のCO<sub>2</sub>削減効果が期待できます(プラスチック版E3,E10)。このような産業資材化によって、林地残材等の木質バイオマスの安定的な市場確保も可能となります。

なお、本研究は農林水産省「地域活性化のためのバイオマス利用技術の開発(バイオマス)」により実施しました。

# 未利用林地残材を原料とする 空気質改善剤の開発

## 1. 現状と課題

私たちの生活環境にある空気には微量ながらいろいろな物質が存在しています。有害性が危惧される環境汚染物質(例えば二酸化窒素など)が存在する場合、様々な疾病の要因になることが予想され、大きな問題になります。そのためそれらの除去対策が急務となっています。

一方で、森林の伐採現場などでは枝葉などの林地残材が放置されています。それらの利用はほとんどされておらず、利用法の開発が求められています。

## 2. 技術開発の内容

そこで私たちは次の二つの技術を開発しました。

### 2.1 環境汚染物質の除去活性の高い精油の特定

二酸化窒素は大気汚染防止法にも定められている環境汚染物質であり、我々の健康にも影響がある有害物質です。揮発した精油による二酸化窒素(7ppm)の除去効果を調べると、トドマツ葉油(図1)が最も高い活性を示し、次いでユーカリ葉油、ヒノキ葉油等の順に活性が高いことがわかりました(図2)。また、これらの精油成分の中から、除去活性の高い物質として、 $\beta$ -フェランドレン、ミルセン、オシメン、 $\gamma$ -テルピネンなどを見出すことができました(図3)。

これらの精油は、伐採後、林地に放置されている枝葉等の未利用林地残材から採取することができます(図4)。

### 2.2 減圧式マイクロ波水蒸気蒸留装置の開発

#### 1) 省エネルギー型抽出法

本装置では、マイクロ波により植物体に含まれる水分を均一かつ効率的に加熱し、蒸留することが可能です。そのため通常の水蒸気蒸留法に比べて蒸留時間を大幅に短縮することができます。

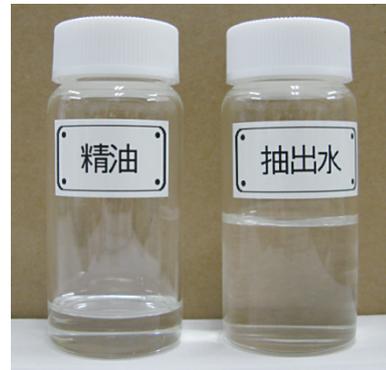


図1 トドマツ葉部から得られた精油類  
(抽出水は精油の約20倍量得られ、高い抗菌性等の活性を有する)

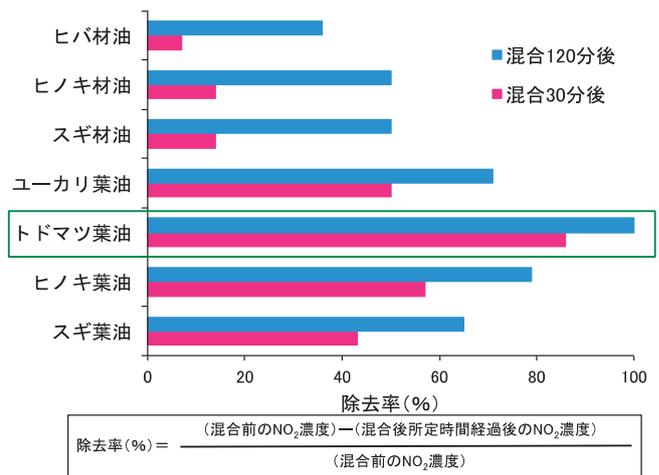


図2 樹木精油の二酸化窒素除去活性

二酸化窒素濃度: 7ppm、開始後30分, 120分の結果

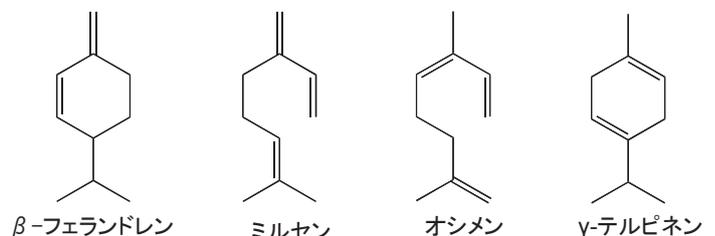


図3 二酸化窒素除去活性の高い物質

2重結合を分子内に2個以上有している

## 2) 少ない廃液、乾燥した抽出残渣

一般的な水蒸気蒸留法では、外部から加えた水蒸気を媒体にして、精油を抽出します。そのため採取後に大量の廃液が残り、それらの処理の問題が生じます。本法では植物体の水分を利用する為、廃液が大幅に少なくなります。また、廃液そのものの変質が少ない為、付加価値の高い抽出水として利用することができます。さらに抽出残渣は採取前よりも乾燥した状態になっており、燃料や消臭素材等に利用する上で取り扱いが極めて容易です。

## 3) 選択的な抽出が可能

一般的な精油の採取法である水蒸気蒸留法では、蒸留温度が100℃前後であるため、熱に弱い精油成分は変質してしまいます。その点、本法は、減圧下で操作を行うため、蒸留温度を大幅に低下させることができ、変質が抑えられます。さらに本法では、減圧条件を可変できるので、精油成分の組成を変化させること(選択的抽出)ができます。

## 4) 実用レベルでの抽出に成功

本法により、トドマツ葉(約500kg)から精油4L、微香を有する抽出水80Lをわずか90分で採取することができました。消費エネルギーを計算すると、一般的な水蒸気蒸留法の4分の1程度であり、製造コストを考慮した実用的な生産が実現できました(図5)。

以上の技術を活用し、企業と共同で効果的な空気質の改善剤を開発しました。

# 3. 期待される効果と普及の対象

トドマツ精油類には環境汚染物質の浄化作用がある他、リラックス作用、殺菌作用なども見出されています。従って、精油を活用することによって空気の質を総合的に改善できると考えられます。一方で、精油は未利用の枝葉などの林地残材から品質の良いものが得られます。そのため精油の利用が加速されれば、現在課題となっている林地残材の利用の推進につながります。

なお、本研究は(独)科学技術振興機構「革新的ベンチャー活用事業」の一環として実施しました。



図4 未利用な林地残材(トドマツ)

経済的  
な抽出



図5 減圧式マイクロ波水蒸気蒸留装置(実用規模)

短時間で抽出(省エネ型)  
廃液少ない(環境配慮型)  
低含水率の抽出残渣

# Q & A「森林と水の謎を解く」を公開

## 1. 現状と課題

森林の水源かん養機能に対する社会的な関心は高いものがありますが、必ずしも一般市民に体系的に理解されているわけではありません。

そこで、森林総合研究所が長年取り組んできた森林流域試験の成果や国内外の最新の研究結果を基に水源かん養機能についてQ & A形式で「森林と水の謎を解く」として冊子及びホームページにとりまとめました(図1)。

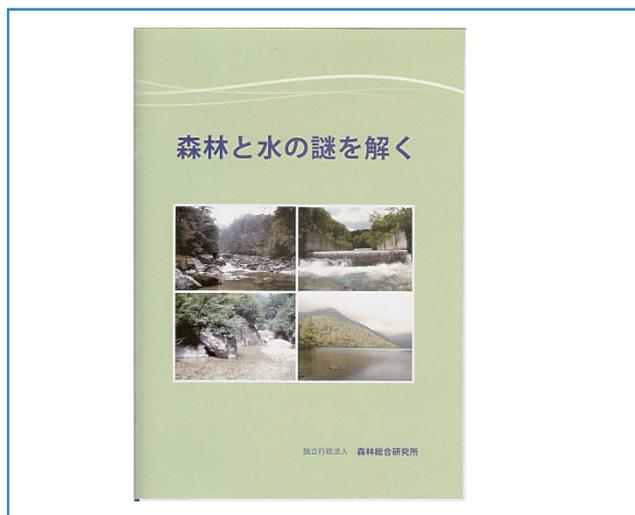


図1 冊子「森林と水の謎を解く」

## 2. 技術開発の内容

### 2.1 森林に降った雨のゆくえ

山地の森林に降った雨は、河川を流れる河川水、大気にもどる蒸発散、地中の深いところに浸透してゆく地下水流の3つの形態に分かれます(図2)。

まず、森林内についてみると森林に降った雨(林外雨)は、樹木の葉・枝(樹冠)や幹に付着し、幹を伝わって流れたり(樹幹流)、樹冠からしたり落ちます(樹冠通過雨)。森林内の地面にとどく雨(林内雨)は、樹冠通過雨と樹幹流の和となります(図3)。

樹冠や幹に付着した雨は、地面にとどかずに大気中に蒸発するものもあります(遮断蒸発)。図3では、林外雨と林内雨の差が遮断蒸発で森林に降った雨の22.2%が遮断蒸発となります。森林は樹木による遮断蒸発が多いことが、農地などの土地利用とは異なる特徴となっています。

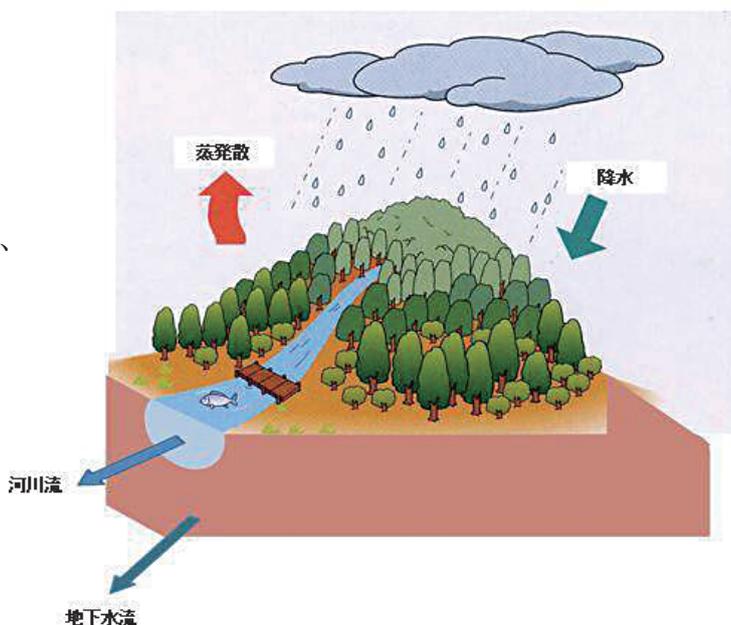


図2 山地の森林での水の動き

## 2.2 森林土壌に貯留される水

森林内の地面は浸透の良い土壌で覆われているため、台風のような強い雨の時でも、雨水が地面を流れることはほとんどありません。地表面にとどいた雨水は、土壌に浸透して土壌中のさまざまな大きさのすき間(孔隙)に入ります(貯留)。大きな孔隙の水は速く移動し、降雨後、直ちに河川に流出します(直接流出)。一方、小さい孔隙に入った水は遅く移動するので、流域に一時的に貯留されてから河川に流出します(基底流出)(図4)。

## 2.3 「緑のダム」とよばれる森林

このように、森林に降った雨はすべて同時に河川に流れこむのではなく、いろいろな経路を通り、それぞれ異なる時間を経て河川に流れこむので急激な増水は抑えられます。そのため、森林は「緑のダム」とも言われています。また水源かん養機能には、その他に溪流の水質を浄化する働きもあります。

森林は蒸発散するため降水量より河川の流出量は減りますが、一方それにより、次の雨が降る前に土壌中の孔隙空けておくことができます。

水源かん養機能は水の循環における森林の効果であり、その大きさは土壌・地質などの立地環境と樹種・樹齢などの森林状態によって異なります。

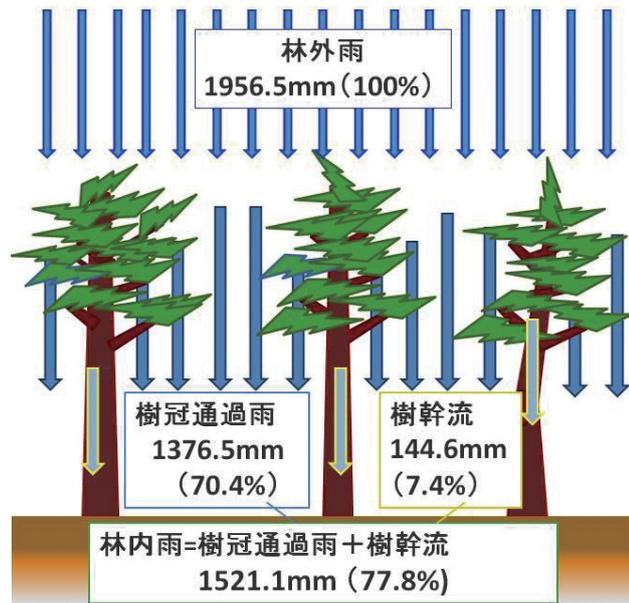


図3 森林の地面にとどく雨の経路と割合

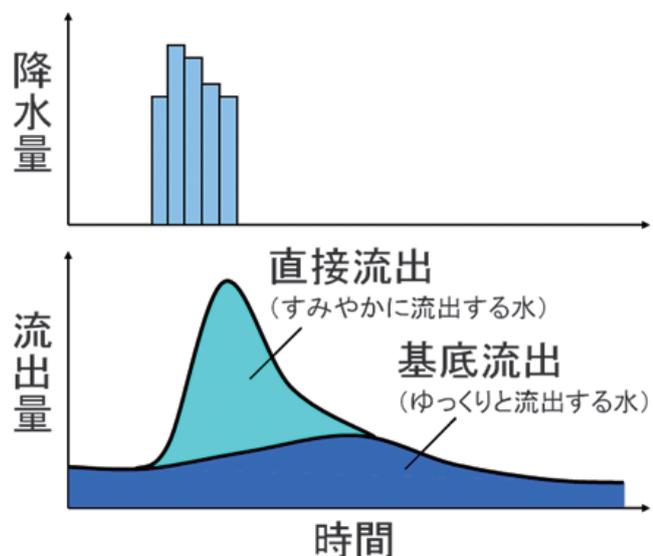


図4 降雨による河川流出量の変化

## 3. 期待される効果と普及の対象

この「森林と水の謎を解く」は4章より成っています。第1章では水の循環に対する森林の働きについて、第2章では「緑のダム」の科学的根拠である保水力の調べ方やその大きさについて、第3章では森林土壌がどのような仕組みで水質を浄化しているかについて、第4章では森林施業によって河川の流出量がどのように変化するかについて、図表を用いて解説しました。これによって、水源かん養機能についての最新情報を体系的に理解することができます。

なお、本研究は森林総合研究所交付金により実施しました。

# 林産物としてのシカ肉を衛生的に管理する

## 1. 現状と課題

日本では、野生動物であるシカが「肉」として管理され始めるのは、枝肉(臓器、皮、頭部、足を切除した後の、骨格に筋肉が付いている状態のもの)になってからです。その前段階である、捕獲、内臓の摘出、皮をはぐ(はく皮)部分を管理する法律はありません。内臓摘出とはく皮については、マニュアルやガイドラインを作成している県もありますが、どれも家畜に準じたもので、野生動物には適用しにくい部分があります。そこで、野生動物に特化した方法として、英国のシカ肉衛生管理を参考にし、野外で衛生的に解体を行うためのガイドラインを作成しました。



## 2. 技術開発の内容

### 2.1 野外における内臓摘出の衛生レベルを評価

英国の野外解体方法を参考にし、野外で内臓摘出した枝肉と、解体処理場で内臓摘出した枝肉(現在日本で推奨されている方法)の肉の表面の汚染度を比較しました(図1)。用いたのは北海道のエゾシカです。その結果、汚染度の指標となる一般生菌数はどちらも低い値を示しました。大腸菌やその他の食中毒を引き起こす主な菌(サルモネラやカンピロバクターなど)も検出されませんでした。とくに積雪期は一般生菌数が低く抑えられており、この時期にはより衛生的な解体が可能であると考えられます。

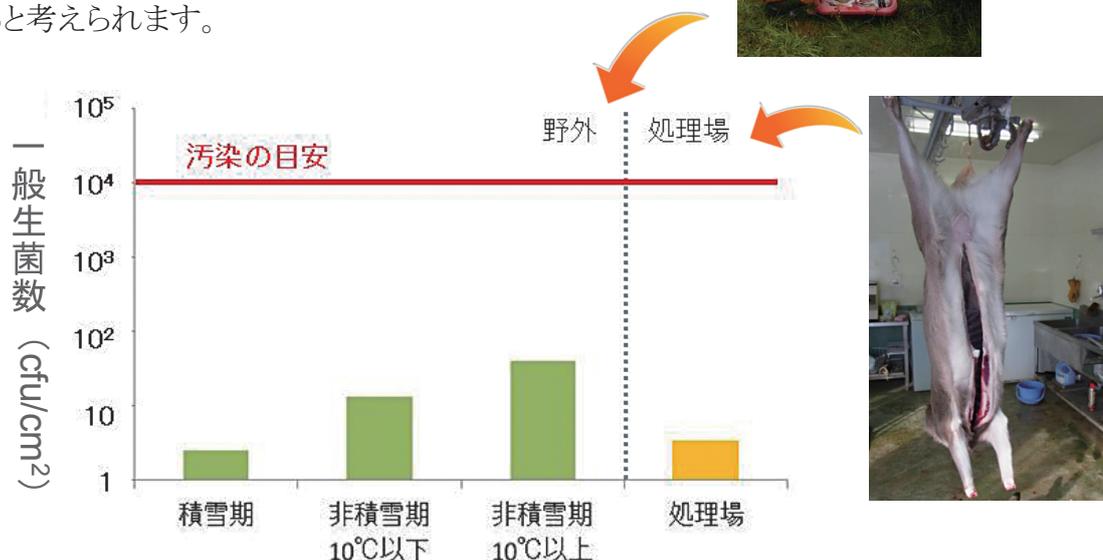


図1. 野外で内臓摘出した枝肉と解体処理場で内臓摘出した枝肉の一般生菌数の比較。一般的な汚染の目安である $10^4$ cfu/cm<sup>2</sup>をどちらも下回っています。

汚染源になり得るものとして、胃腸内容物と皮毛があげられます。実際皮毛は、季節を通して高い一般生菌数値を示しました(図2)。汚染源に留意し、英国の方法を参考に改善を加えた今回の方法で実施すれば、野外でも衛生的な内臓摘出が可能であることが明らかになりました(図3)。

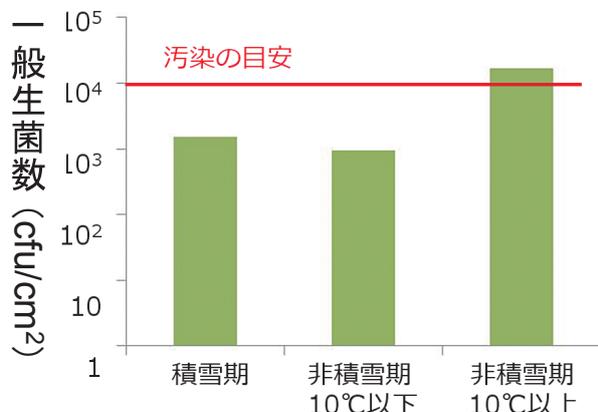


図2. 捕獲直後のシカ皮毛における一般生菌数の季節変化。



図3. 野外での内臓摘出時に留意すべきポイント例。基本的に解体処理場で行う方法に準じますが、水道がないことや内臓摘出後搬出を行う際に注意が必要です。

## 2.2 野外での内臓摘出導入のためには

シカ肉の流通が盛んな英国では、シカが捕獲されてから肉として流通するまでの間、EUの食品安全法制のもと管理されます(図4)。枝肉以降しか法律が整備されていない日本とはこの点が大きく異なります。この法律において、流通させるシカ肉は、食肉衛生管理の訓練と検定を受けた人物(野獣肉検査資格者)による検査が義務づけられています。資格者により、動物の異常や処理過程の汚染が調べられ、食肉として適しているか判断されます。それを証明するタグが添付され、これにより捕獲から一貫したトレーサビリティが確保されます。肉質の劣化を防ぐ、また胃腸内容物などの汚染源を速やかに除去するためには、捕獲現場での内臓摘出が適していると考えられますが、これを日本に導入するためには英国のような資格制度と肉の検査制度が必要になると考えられます。

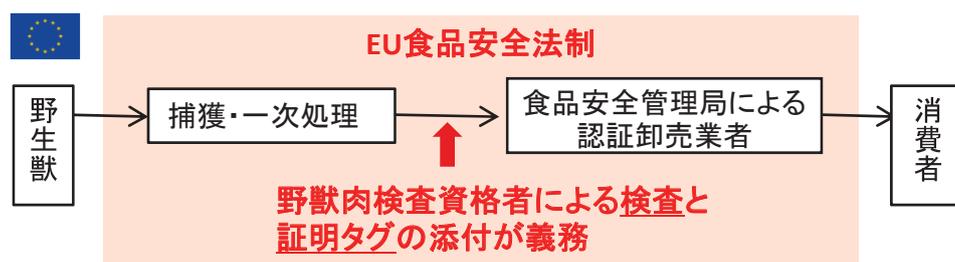


図4. EUの野生獣肉管理。

## 3. 期待される効果と普及の対象

食害や角とぎなど森林に対する負の影響がクローズアップされがちなニホンジカですが、シカも森林が育む林産物です。これからは、害獣とみなすだけでなく、資源として利用しながら管理していく必要があります。衛生管理は食肉資源利用の基本であり、本研究で提示した野外での内臓摘出方法や、EUで行われている捕獲段階からの衛生管理などを取り入れることで、日本でも野生動物に特化した衛生管理の推進が可能になると期待されます。

なお、本研究はJSPS学術研究費助成事業を受けて実施したものです。

# スギカミキリ抵抗性品種の開発

## 1. 現状と課題

スギカミキリは、スギ及びヒノキ健全木に被害を及ぼす重要な害虫として知られています。スギカミキリの成虫がスギの木に産みつけた卵からふ化した幼虫は、当初外樹皮を食害しますが、その後内樹皮さらには内部の形成層も食害するため材質が劣化し、また多数の幼虫が食害した被害木は枯死に至ることもあります。そこで、造林上の観点から、抵抗性品種の開発が望まれていました。

## 2. 技術開発の内容

詳細な被害調査の結果、スギカミキリの被害程度には在来品種間で差があることがわかったので、抵抗性品種の開発ができると判断しました。そこで、1985年から東北、関東及び関西育種基本区の府県と協力し抵抗性育種事業を開始しました。事業の流れは図2のとおりです。

### 2.1 簡易検定

大部分の幼虫は、樹皮下に穿孔後、蛹になる前に死亡することが観察されています。この死亡原因は、寄生蜂による寄生の場合もありますが、内樹皮に形成される傷害樹脂道から滲出されるヤニによって幼虫が動けなくなるためであることが明らかにされています。したがって、傷害樹脂道の大きさや形成スピードが抵抗性の重要な指標であると考えられました(図3)。そこで、人為的に傷害を与え、傷害樹脂道の形成を促すことで、スギカミキリの被害林分において無被害木として予備選抜された約6500個体について簡易検定を行いました。人為的に傷害樹脂道を形成させた結果、形成能力の高い個体として、東北、関東、及び関西育種基本区でそれぞれ 533、220、657本を合格クローンとしました。

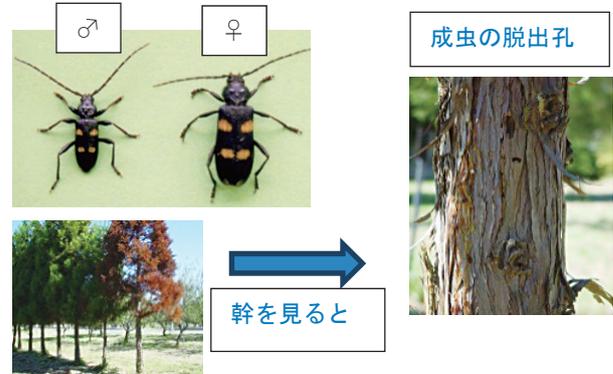


図1 スギカミキリ成虫(左上)と被害を受けたスギ個体

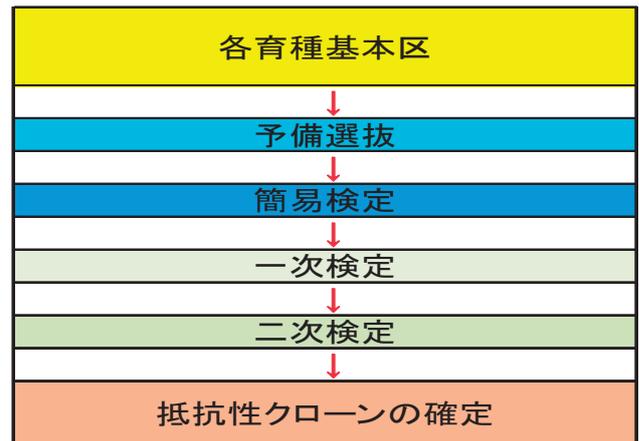


図2 スギカミキリ抵抗性育種事業の流れ

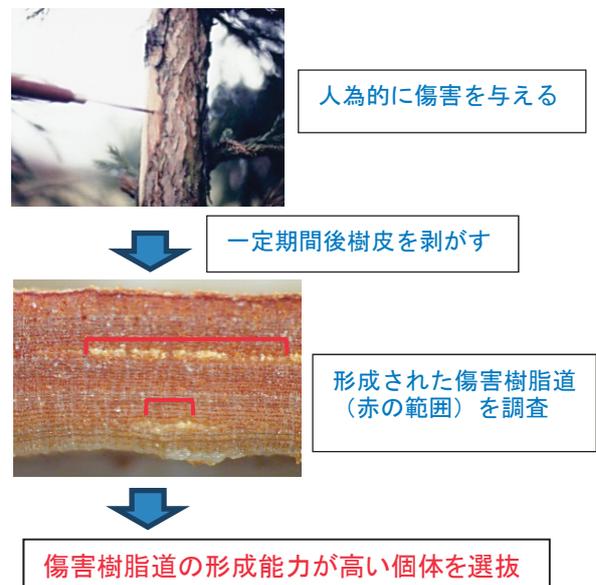


図3 簡易検定の調査方法

## 2.2 一次検定

簡易検定合格クローンについて、野外条件に近い状態で抵抗性を評価するための一次検定を実施します。この検定は、スギカミキリ成虫の外部への拡散を防止した網室(およそ8m×8m×5m)で行います(図4)。検定方法は、つぎ木またはさし木により増殖した供試木を網室内部に植栽し、概ね5年以上育成させた後、スギカミキリ成虫を放し産卵させて幼虫の穿孔状況及び被害実態を調べ、被害が極めて少ないクローンを合格木とします。



図4 検定網室と被害調査後の供試木

## 2.3 二次検定(接種検定)

この検定は、幼虫接種検定ともいいます。検定方法は、まず捕獲した成虫を飼育し産卵された受精卵を採取後適切な条件で養育します。孵化直前の卵殻に入ったままの幼虫または孵化直後の幼虫を接種板の窪みに入れ込み、ガムテープで樹幹に固定し、その後幼虫の穿孔状況及び被害実態を調べ(図5)、被害が極めて少ないクローンを合格木とします。この検定では、接種幼虫数を供試スギ個体あたり一箇所につき2頭ずつ、5か所で計10頭に制限して実施するため、一次検定と比べて同じ穿孔条件で抵抗性を判定できるという利点があります。検定の結果、東北、関東及び関西育種基本区においてそれぞれ31、7、及び38クローンが合格しました。したがって、簡易検定合格クローンに対して5.4%のスギ個体がスギカミキリ抵抗性品種として開発されました。

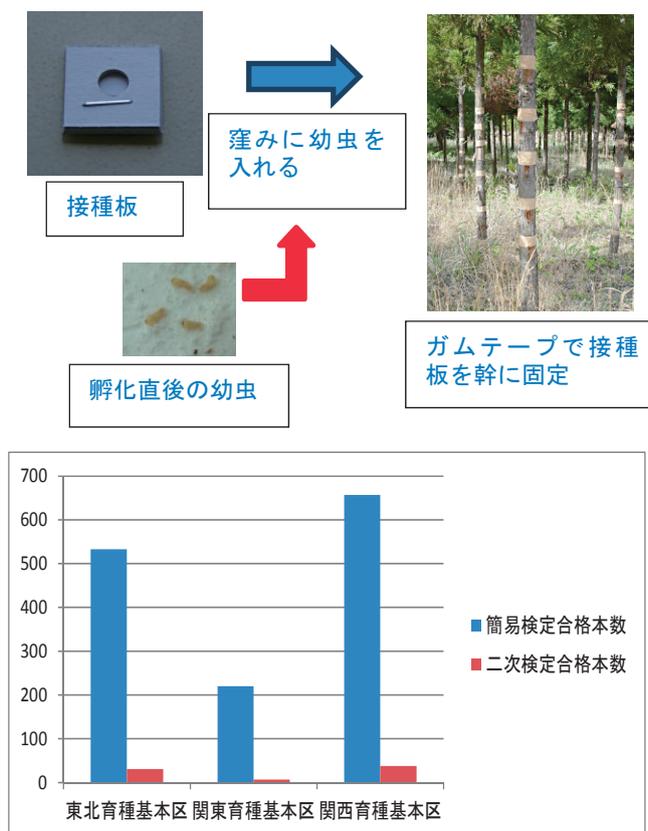


図5 二次検定の接種方法と結果

## 3. 期待される効果と普及の対象

現在、開発したクローンの原種配布を始めています。これを用いて採種園を作り、そこから得られる種子から苗を生産すれば、スギカミキリに対して抵抗性の高い個体を提供することができます。また、最近では花粉症の問題もあるため、多着花性の場合には抵抗性が高くても造林に適さないため、無花粉スギとの交配試験を実施し、無花粉でかつスギカミキリに抵抗性の高い個体も将来的に提供できます。

なお、本研究は森林総合研究所交付金により実施しました。

# 木酢液を用いたきのこ類の ナメクジ食害防除法の開発

## 1. 現状と課題

きのこ類の露地栽培において、ナメクジ等の害虫対策は重要な問題です。一方、食品の安全・安心の観点から農薬・化学物質を用いず、天然物由来の素材による技術開発が望まれています。そこで、きのこ類の露地栽培における食害を忌避して、里山等の森林空間を利用した持続的なきのこ栽培を実現するため、木酢液の利用方法を検討しました。

## 2. 技術開発の内容

木酢液(白炭窯のナラ材製炭時に採取)のナメクジ(*Incilaria bilineata* BENSON)忌避効果を、室内実験で木酢液を浸漬したろ紙を用いて検討しました。その結果、木酢液に忌避効果が認められましたが、時間の経過とともに木酢液を浸透したろ紙が乾燥すると、効果がなくなりました。そこで、効果を持続させるために、木酢液の浸漬と乾燥を繰り返して木酢液を濃縮して定着させた乾燥ろ紙を考案・作成しました。このろ紙を用いて、室内実験を行ったところ、ナメクジ忌避効果が72時間経過しても認められました。室内実験によりナメクジ忌避効果が認められたことから、野外実証試験に移行しました。また、忌避効果を持続させ、浸漬する木酢液の濃度を高める効率的な方法として、冷凍濃縮法(写真1)を採用しました。この方法で得られた濃縮木酢液を用いて、クリタケ菌床を野外に埋設させた周囲に木酢液浸透布を敷設し、ナメクジの忌避効果を検証しました。その結果、ナメクジの食害は対照区(木酢液なし)と比較し、6倍濃縮させた木酢液区において顕著に減少しました(図-1~3、写真-2~3)。

以上の結果、小規模ではありますが、きのこのナメクジ食害忌避法として木酢液が利用できることが実証されました。

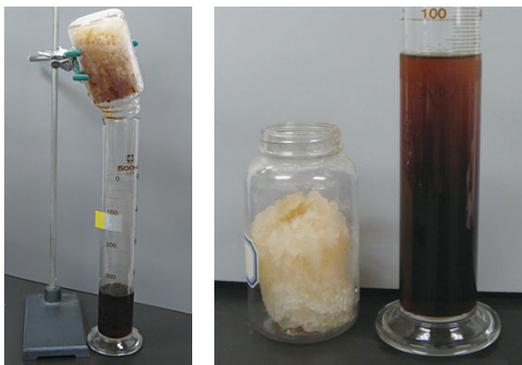


写真1 冷凍濃縮法

木酢液をPET製容器(500ml)に入れ、庫内温度 $-15^{\circ}\text{C}$ の冷凍庫内で凍結させた。次に凍結した木酢液を室温で融解させた。このとき、容器は下向きに傾け、融解した木酢液は容器の下に設置したメスシリンダーで回収した。回収量は凍結した木酢液容量の70%相当量とした。以上の操作を5回繰り返して、500mlの木酢液から84mlの濃縮木酢液を得た。

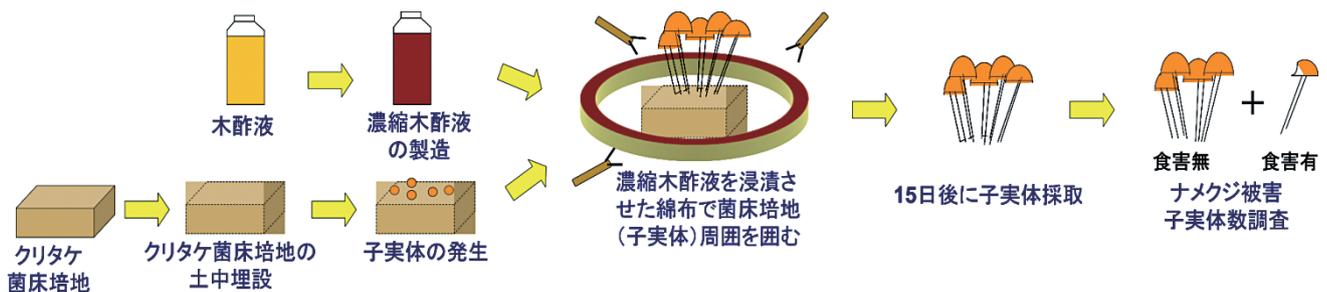


図1 ナメクジ忌避効果現地試験概念図

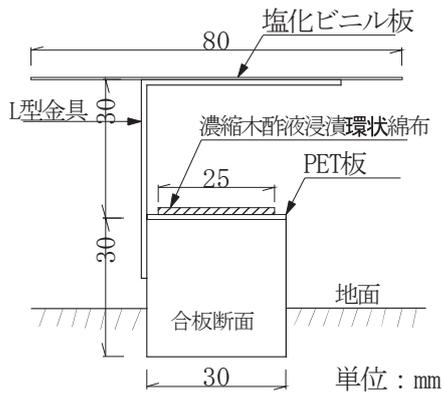


図2 ナメクジ忌避試験 環状合板断面

写真2 ナメクジ忌避試験状況



写真3 試験結果

左: 食害なし(木酢液区) 右: 食害あり(木酢液なし・対照区)

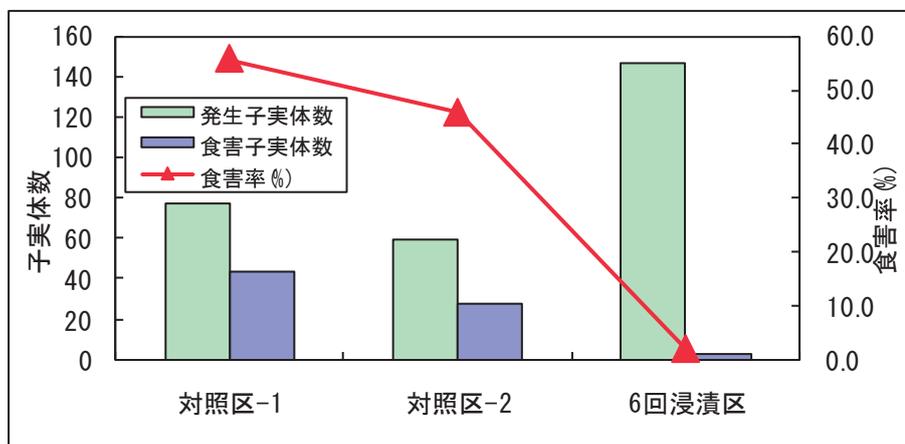


図3 木酢液忌避効果

### 3. 期待される効果と普及の対象

日本木材学会(2011京都大学)で成果を発表するとともに日本木竹酢液協会で講演しました。また、行政や現場の要請に応じて各種講習会等で成果の活用を図っています。研究成果を基に、きのこ生産現場で規模を拡大して実証が進んでいます。

なお、本研究の一部は「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」および森林総合研究所との共同研究で進めました。

# 海岸防災林の津波軽減効果を解明

## 1. 現状と課題

東北地方太平洋沖地震に伴う巨大な津波は、東日本の太平洋岸の多くの生命・財産を奪い、社会基盤を破壊しました。津波による海岸防災林の被害も、記録のないほどの広い範囲に及びました。岩手県から福島県にかけての被害はとくに甚大で、消滅した海岸林も少なくありません。これら被災した海岸防災林を再生するにあたっては、津波に対してより強く、また、津波被害を軽減する効果の高い海岸防災林が求められます。しかしながら、そのための既存の知見は十分ではありませんでした。

## 2. 技術開発の内容

### 2.1 海岸防災林の被害

津波によって多くの防潮堤が破壊され、海岸防災林には破壊された防潮堤のコンクリート塊などが流れ込みました。また、防潮堤を乗り越えた津波が滝のように落下したため、防潮堤の陸側は激しく洗掘され、海岸林は表土ごと失われました(図1)。

大きな津波に見舞われた海岸防災林は、全体がなぎ倒されました。大きいだけではなく、引き波を伴う複数の津波に襲われた海岸防災林では、根株を残して幹が流失する傾向が見られました。(図2、3)。

一方、根返りは、樹木の大きさに関わらず大径木でも見られました(図4)。地下水位が高いと、根が地表の浅い位置にしか張っておらず、また、地震に伴う液状化で根が緩んだ影響もあって、津波で簡単に押し倒されたものと考えられました。また、津波直後に生存していた樹木がその後も生育できたとはかぎらず、時間の経過とともに立ち枯れたものも少なくありません。



図1 破壊され背後が洗掘された防潮堤  
奥に見える林内には壊れた防潮堤の一部が流れ込んだ。



図2 津波によってなぎ倒された海岸防災林



図3 幹が失われ根元だけが残った海岸防災林



図4 大径木ながら深さ方向に未発達な流木の根系

## 2.2 海岸防災林のはたらき

海岸防災林は大きな被害を受けた一方で、津波の被害を軽減する機能も発揮しました。ひとつは漂流物を捕捉する機能で、津波で運ばれた船舶などを捕捉し、それらが住宅地に流れ込んで家屋に衝突するのを防ぎました(図5)。さらに、海岸防災林は津波の勢いを弱め、到達を遅らせる機能を果たしたと考えられました(図6)。



図6 樹木の傾きが林内の途中で止まった例  
海岸防災林によって津波の力が弱められたためと考えられる。

## 2.3 津波のシミュレーション

津波の勢いを弱め、到達を遅らせる海岸防災林の機能を確認するために、実物の樹木を使った水路実験を行い、水流に対する樹木の抵抗特性を求めました。そして、その抵抗特性を組み込んだ数値シミュレーションモデルを用いて津波が海岸防災林を通過する様子を再現し、海岸防災林があることで津波の到達が遅れ、浸水深(地面から水面までの高さ)や流速も抑えられることを定量的に示しました(図7)。

## 3. 期待される効果と普及の対象

調査結果や開発したモデルを用いて海岸防災林の幅や状態によって津波の被害がどの程度軽減できるかを推定した結果は、林野庁等が進めている海岸防災林再生・復興計画に役立てられました。

なお、本研究は、林野庁平成23年度震災復旧対策緊急調査(海岸防災林による津波被害軽減効果検討調査)および森林総合研究所交付金プロジェクトで実施したものです。



図5 海岸防災林に捕捉された船舶等の漂流物  
(八戸市森林組合提供)

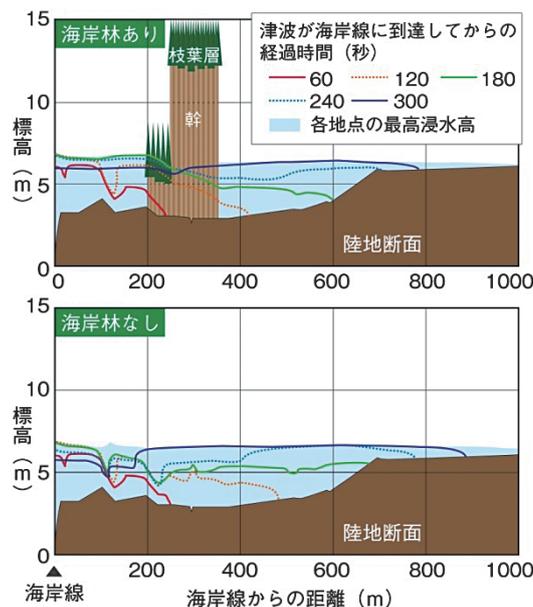


図7 数値シミュレーションによる津波の再現  
この例では、海岸から600mの地点で、海岸防災林がある場合の方が津波の到達は約30秒遅くなると推定された。

開発担当機関:独立行政法人森林総合研究所気象環境研究領域・水土保全研究領域・東北支所、北海道立総合研究機構林業試験場、青森県産業技術センター林業研究所、秋田県森林技術センター、山形県森林研究研修センター、島根県中山間地域研究センター、東北大学大学院工学研究科、山形大学農学部、鹿児島大学大学院農学部・理工学研究科、琉球大学農学部、兵庫県立大学大学院、専修大学北海道短期大学、防衛大学校システム工学群



## 2.2 調査の方法

各調査地では固定プロットを設けて毎木調査を行うとともに、固定プロットの近くで樹高の異なる3本の樹木を選び、伐採して葉、枝、樹皮、心材、辺材を採取しました(図3)。また、その周囲で落葉層(25cm×25cm)と表層土壌(0-5cm, 0-20cm)を採取しました。試料は乾燥・粉碎等の前処理後に、容器に詰めて、ゲルマニウム半導体検出器を用いてガンマ線スペクトロメトリー法で放射性セシウム134と137の濃度を測定しました。

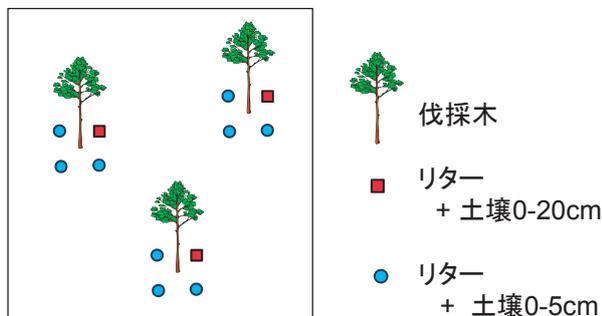


写真2 材試料の採取風景

図3 各試験地における伐倒樹木と落葉層(リター)と土壌採取の位置図の模式図

伐採した樹木は樹皮を剥いだ後に、切断して木部の試料を採取しました。

## 2.3 森林内の放射性セシウムの分布の解明

スギ林では葉や枝などの樹木に森林全体の約半分の放射性セシウムが存在し、残りの半分が落葉層や土壌に存在していました。それに対してアカマツ林やコナラ林では落葉層や土壌に大半のセシウムが存在していました(図4)。また、木材内部に含まれる放射性セシウムの割合は低いことが明らかになりました。さらに、スギの3林分を比べる放射性セシウム濃度は空間線量率の違いに比例しており、空間線量率から放射性セシウムによる汚染程度を推定できることがわかりました。

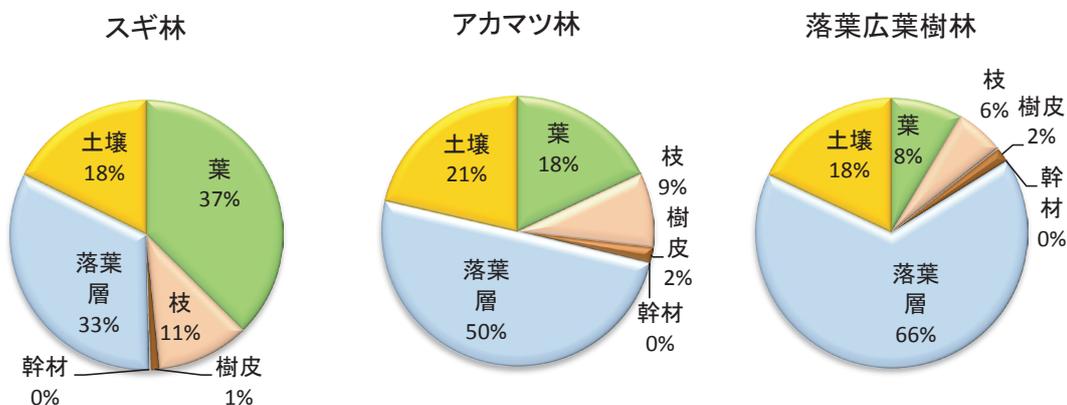


図4 大玉調査地のスギ林、アカマツ林、落葉広葉樹林の放射性セシウムの分布割合

## 3. 期待される効果と普及の対象

この成果は、森林の放射性物質の分布状況を踏まえた除染対策、安全な林業活動や木材利用に役立てることができます。樹木の放射性物質の吸収や蓄積、森林生態系の動植物への影響については、今後も長期間にわたり注視していく必要があります。

なお、本研究は森林総合研究所交付金プロジェクトで実施しました。

開発担当機関: 独立行政法人 森林総合研究所 立地環境研究領域、植物生態領域、森林植生研究領域、木材特性研究領域

# 菌床栽培きのこへの放射性セシウムの移行低減技術の開発

## 1. 現状と課題

東京電力福島第一原子力発電所の事故以降、栽培きのこから放射性セシウムの規準値を超えるものが検出されています。消費者に安全なきのこを供給するため、また生産者の生活を守るためにも、安全なきのこの栽培方法が求められています。本研究では、ヒラタケを用いて放射性セシウムの吸収量を調査するとともに、ヒラタケの放射性セシウムを吸着を抑制する物質を栽培培地へ混ぜることにより、放射性セシウムが検出されないヒラタケの栽培に成功しました。この物質を用いることにより、放射性セシウムが検出されないきのこ栽培が期待されます。

## 2. 技術開発の内容

### 2.1 ヒラタケの放射性セシウムの吸収量

原子力発電所の事故により環境中に放出された放射性物質のうち、今後も注意して調査が必要なものは2種類の放射性セシウム(Cs-134とCs-137)です。きのこはこれらの放射性セシウムを吸収しやすいことが知られていますが、個々の栽培きのこの吸収量はほとんど報告されていません。そのためヒラタケの放射性セシウム吸収量を調べたところ、湿重量にて培地濃度の0.64~0.67倍になることがわかりました(図1)。

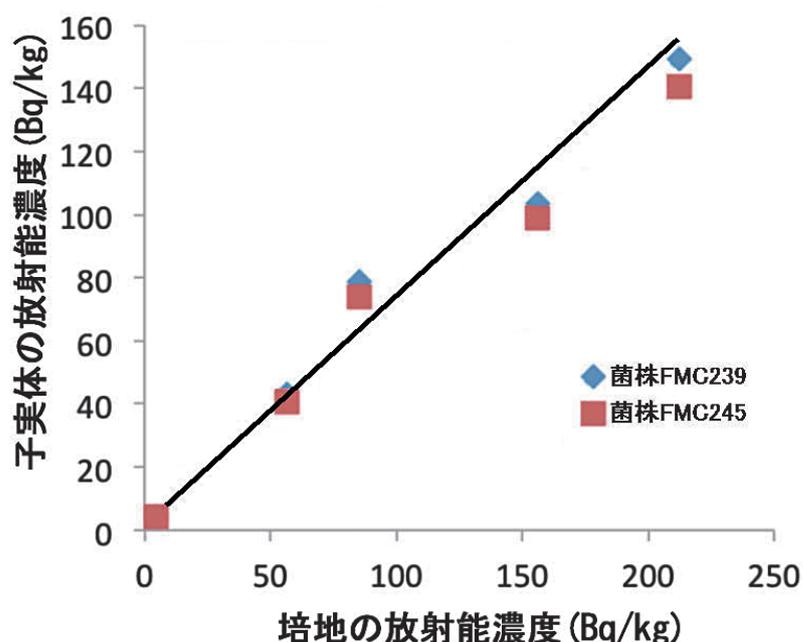


図1 ヒラタケ子実体の放射能濃度と培地放射能の関係

### 2.2 ヒラタケのセシウム吸収量を抑える物質

2012年4月より、きのこをはじめとする一般食品の放射性セシウムの基準値が、より消費者の安全に配慮したキログラムあたり100ベクレルになりました。一方で、消費者からは、さらに低い基準値を望む声もあります。そこで、放射性セシウムに性質がほぼ同じで無害なCs-133を指標として、培地に加え栽培することでヒラタケのセシウムの吸収を抑える物質を調べたところ、フェロシアン化鉄(III) (顔料プルシアンブルーの成分) が最も優れていることがわかりました(図2)。

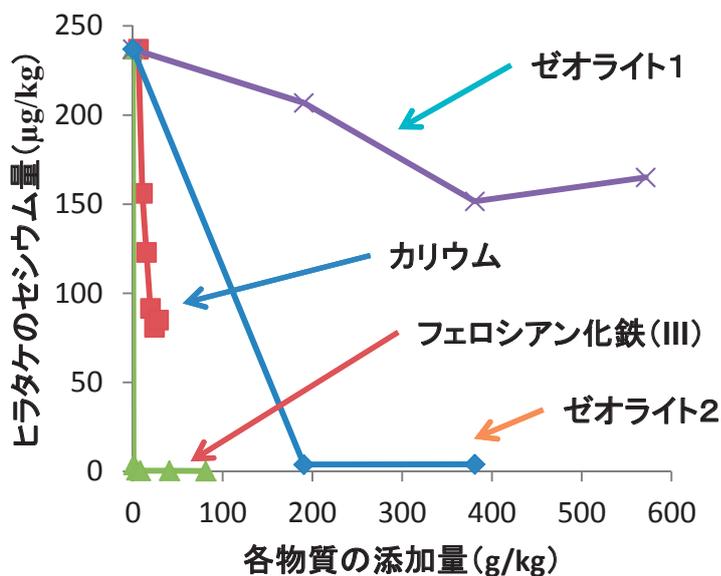


図2 セシウムの吸収を抑える物質の探索



図3 フェロシアン化鉄(III)を添加した培地を用いた菌床栽培  
上: 発生した子実体  
下: 子実体の断面

### 2.3 フェロシアン化鉄(III)による放射性セシウム吸収の抑制

放射性セシウムを含む培地でフェロシアン化鉄(III)の効果を検証しました(図3)。フェロシアン化鉄(III)を用いずに栽培したヒラタケからはキログラムあたり湿重量で143ベクレルの放射能が検出されました。一方、同物質を用いて栽培したヒラタケの放射能濃度は検出限界以下でした(図4)。

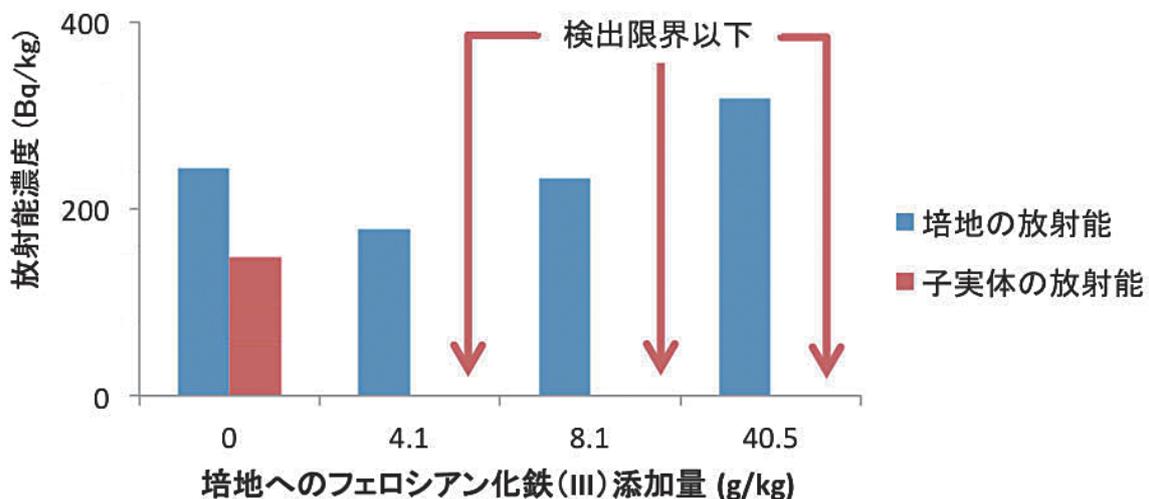
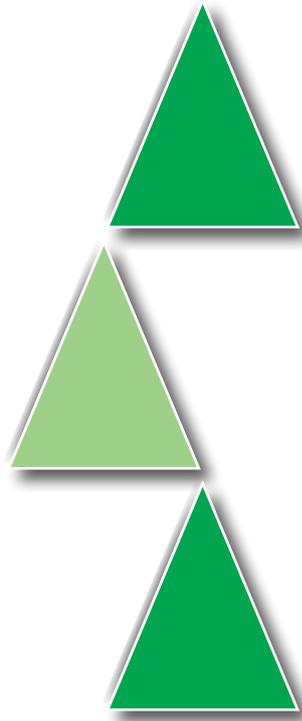


図4 ヒラタケの放射性セシウムの吸収量に与えるフェロシアン化鉄(III)の影響

## 3. 期待される効果と普及の対象

このようにフェロシアン化鉄(III)は菌床栽培きのこの安全性を高める可能性が強い物質です。本栽培法は、生産現場への導入が容易であり、他のきのこ栽培での利用においても同様な効果が期待できます。

なお、本研究は「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の一環として実施したものです。



# 林業新技術2012

現場への普及に向けて

編集・発行

独立行政法人 森林総合研究所

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地

TEL 029-829-8134

問い合わせ先: (独)森林総合研究所 企画部 研究情報科

TEL: 029-829-8130 E-mail: kouho@ffpri.affrc.go.jp

リサイクル適性(A)

この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。

平成25年1月作成