

平成21年版

# 研究成果選集

2009



独立行政法人 森林総合研究所  
Forestry and Forest Products Research Institute

## はじめに

独立行政法人森林総合研究所「平成21年版研究成果選集」をお届けいたします。  
森林総合研究所が百周年（平成17年）を迎えたのを機に、長期的な方針として、ミッションステートメントとしてそのミッション・ビジョン・タスクを公表いたしました。これを実現するための研究開発ロードマップ「2050年の森」\*を平成20年11月に公開しました。

また、研究成果の社会還元、産学官連携の一層の推進をはかる足掛りとして、21年1月に産学官連携推進室を設置し、4月にはホームページを立ち上げました。

第2期中期計画（平成18-22年）\*では、より一層の開発研究の重点化とともに、わが国の科学技術の発展と技術立国への貢献として、基礎研究の分野も明確に設定しました。

開発研究においては、

「地球温暖化対策に向けた研究」

「森林と木材による安全・安心・快適な生活環境の創出に向けた研究」

「社会情勢変化に対応した新たな林業・木材利用に関する研究」

の3つの重点分野をとりあげ、川上から川下までを一貫する方向で問題解決に向けた体系としています。

基礎研究は、

「新素材開発に向けた森林生物資源の機能解明」

「森林生態系の構造と機能の解明」

の2つの重点分野からなっております。

これら5つの重点分野の下には、さらに12の重点課題を設定しました。

研究所においては、毎年実施する重点課題推進会議において各重点課題の進捗状況を点検し、重点課題評価会議において外部評価委員による評価を受けたうえで、主要な成果を抽出し、研究成果選集としてとりまとめております。今回は平成21年3月までの、中期計画3年目の研究成果をとりまとめ、平成21年版として発行しました。目次には表題と概要を掲載するとともに、研究成果ごとに見開き1ページで概要を解説いたしております。専門用語につきましては、巻末に用語解説としてとりまとめております。できるだけ簡潔な言葉を用いるように努めましたが、ある程度は専門的な表現も用いました。皆様の参考になれば幸いと存じます。

2009年7月

独立行政法人森林総合研究所 理事長 鈴木和夫

\* 詳細は森林総合研究所 HP <http://www.ffpri.affrc.go.jp/index-j.html> で御覧いただけます。

# 森林総合研究所 平成21年版 研究成果選集 目次

## 重点分野 アア 地球温暖化対策に向けた研究

### アア a 森林への温暖化影響予測及び二酸化炭素吸収源の評価・活用技術の開発

日本の竹林のバイオマス炭素蓄積量、吸収量の算定手法の開発…………… 4  
森林計画データを活用して全国の竹林のバイオマス炭素蓄積量と吸収量を推定する手法を開発しました。

森林の炭素固定量の変動予測に向けたシミュレーションモデルの開発…………… 6  
温暖化などの気象要因と間伐施業などの森林管理の違いが、人工林の炭素固定能に及ぼす影響を評価するため、スギ・ヒノキの収穫試験地での実測データを分析し、炭素固定量の変動予測のためのモデルを開発しました。

CDM 植林が熱帯の生物多様性に与える影響 ～植林で熱帯林の豊かな生物は回復するか？～… 8  
森林が失われている熱帯で人工林を作ると生物多様性はどうなるのか？ CDM 植林を想定し、インドネシアの東カリマンタンで植林地における生き物の回復状況を調べました。

### アア b 木質バイオマスの変換・利用技術及び地域利用システムの開発

酸素漂白導入による木質バイオエタノール製造効率の向上…………… 10  
アルカリ前処理した木質バイオマス中に残存するリグニンを酸素漂白処理により除去することでセルロースを分解する酵素が作用しやすくなり、エタノール収率増加と分解時間短縮という成果を得ました。

2050年までの木材利用によるCO<sub>2</sub>削減効果シミュレーション…………… 12  
木材は「炭素貯蔵効果」、「省エネ効果」、「化石燃料代替効果」という3つの働きで二酸化炭素削減に貢献します。本研究では木材の積極的な活用により2050年までにどのぐらいの削減効果が得られるかをシミュレーションしました。

木質ペレットの燃えやすさを見極める…………… 14  
地球環境に優しい木質バイオマス燃料として木質ペレットが注目されています。コーンカロリーメーターという装置を用いることで、木質ペレットの品質と燃えやすさとの関わりを見極められることがわかりました。

## 重点分野 アイ 森林と木材による安全・安心・快適な生活環境の創出に向けた研究

### アイ a 生物多様性保全技術及び野生生物等による被害対策技術の開発

環境収容力にもとづくシカの個体数管理と森林再生…………… 16  
シカの個体数が増加して森林衰退が著しい大台ヶ原の森林を再生するために、シカの目標密度(=環境収容力)に応じた下層植生の管理手法を提案しました。

鳥類の多様性は海外における土地利用の変化も反映している…………… 18  
鳥の多様性は日本全体の森林の変化だけでなく、東南アジアにおける変化の影響も受けていることがわかりました。

特定国内希少野生動植物種レブンアツモリソウの有効な保全対策とは？…………… 20  
絶滅危惧種レブンアツモリソウをモデルとして、培養個体の販売を通じて保全を行える特定国内野生希少野生動植物種について、培養技術の確立、販売による保全施策の有効性、自生地での保全の現状と対策を検討しました。

マツノサイセンチュウのDNA情報を利用した簡易なマツ材線虫病診断法の開発…………… 22  
専門的な知識や技術を必要としない簡単なマツ材線虫病診断法を開発しました。枯れたマツの材内に存在するマツノサイセンチュウのDNAを検出することによって診断する方法です。

## アイb 水土保全機能の評価及び災害予測・被害軽減技術の開発

**岩塊同士の衝突が岩盤崩落・落石の流下距離を抑制する**…………… 24  
大きな災害をもたらす山地の岩盤崩落、落石の到達距離予測のために、岩塊群の崩落現象について物理実験と数値実験を行ない、岩塊個数が多いほど岩塊同士の衝突のために運動エネルギーが多く失われて、流下距離が短くなることを明らかにしました。

**立木材積の変化から水流出の長期的な変動を再現する**…………… 26  
森林の水源かん養機能をより発揮させる管理方法を確立するため、森林の変遷に伴う長期的な水流出の変動を定量的に評価する手法を開発しました。

## アイc 森林の保健・レクリエーション機能等の活用技術の開発

**森林浴が働く女性の免疫機能を高め、ストレスホルモンを低下させた**…………… 28  
都会で働く女性看護師に2日間の森林浴をしてもらい、がん細胞などを殺傷するNK(ナチュラル・キラー)細胞活性を測ったところ、旅行後1週間経っても33%高いなど、森林浴が健康維持に役立つことが分かりました。

**里山資源の積極的利用で、健康な次世代里山を再生する**…………… 30  
里山林の健全性が低下しており、放置すると次世代の森林が育たない恐れがあります。地域社会で木質資源を循環利用しつつ、里山林を健康に持続させる整備手法について、行政機関やNPO・ボランティア団体、市民に提案します。

## アイd 安全で快適な住環境の創出に向けた木質資源利用技術の開発

**世界初の実大木橋の破壊実験 ―壊してわかった既存木橋の残存強度―**…………… 32  
木橋が安全であるかどうかを、壊して確かめることはできません。世界で初めて、実際に使われていた木橋を壊して、その強度を確かめることができました。

**木質材料は「4VOC 基準適合」建材**…………… 34  
シックハウス対策のため、4種類のVOC(揮発性有機化合物)について業界団体の自主基準が制定されました。木質材料はこの基準に適合することが分かり、「4VOC 基準適合」建材として認められました。

## 重点分野 アウ 社会情勢変化に対応した新たな林業・木材利用に関する研究

### アウa 林業の活力向上に向けた新たな生産技術の開発

**大面積皆伐の対策はどうあるべきか?**…………… 36  
大面積皆伐の発生要因、皆伐後の植生回復、災害発生ポテンシャルの調査・分析の結果を基に、皆伐地の把握、作業計画の提出、改善計画の提案、低コスト育林への助成、環境に配慮した伐出の奨励の5項目を骨子とする大面積皆伐対策のガイドラインを作成しました。

**スギ花粉はどこから飛んでくるのか?  
～首都圏に影響を及ぼすスギ花粉発生源の特定手法を開発～**…………… 38  
スギ花粉飛散予報モデルを改良することによって、首都圏に多量の花を供給するスギ花粉発生源を特定する手法を開発しました。これにより、花粉発生源対策の効果を効率的に発揮させることが可能になると期待されます。

### アウb 消費動向に対応したスギ材等林産物の高度利用技術の開発

**木製のガードレールや遮音壁のための耐久設計・維持管理指針案**…………… 40  
木製道路施設の問題点であるシロアリや腐朽菌による生物劣化の防止や退色防止等の美観保持のため、環境に配慮した耐久設計・処理法と非破壊検査による劣化度評価手法を開発し、木製道路施設の設置に必要な不可欠な耐久設計・維持管理指針案を示しました。

**木質系廃棄物を利用した軽量の屋上緑化法の開発**…………… 42  
木質系廃棄物を原料として吸水力を大きく向上させた保水資材を製造し、マット植物と組み合わせた軽量な緑化法を開発しました。この軽量緑化法の開発により既存建築物の緑化が簡単にできるようになりました。

## 重点分野 イア 新素材開発に向けた森林生物資源の機能解明

### イア a 森林生物の生命現象の解明

**ポプラの環境ストレス応答性遺伝子の網羅的発現解析** ……………44  
DNA マイクロアレイを用いて、ポプラの環境ストレス応答性遺伝子を 2,214 種類同定しました。これらの遺伝子群は、環境保全に貢献する高環境ストレス耐性遺伝子組換え樹木の開発に役立ちます。

**放射線は樹木にどのような影響を及ぼすのか?** ……………46  
樹木への放射線の影響を明らかにするため、ポプラに放射線を照射した後におこる様々な異常について調べました。また、放射線の照射によって働く DNA 修復酵素遺伝子を明らかにしました。

**アジア産マツタケの DNA 原産国判別法** ……………48  
レトロトランスポゾンと呼ばれるマツタケの進化に深く関わった DNA 配列を指標にして、アジア産マツタケの原産国を判別する方法を開発しました。

### イア b 木質系資源の機能及び特性の解明

**効率的・効果的なマイクロ波減圧水蒸気蒸留法の開発 – スギ葉の精油成分の活用に向けて –** …… 50  
樹木精油の効率的・効果的な採取方法として減圧条件下でマイクロ波を熱源にした水蒸気蒸留装置を開発しました。本法によれば、揮発しやすく嗜好性の優れたモノテルペンの割合が高い精油が短時間で採取できます。

**木材の中の DNA はどこに多く残っているのか?** …………… 52  
木材からの DNA 抽出効率には心材化や伐採後の時間の経過に伴って低下します。しかし、長期間保存された木材中にも DNA が残存していることがわかり、木材製品の樹種の識別に DNA 分析が適用できる可能性を示しました。

## 重点分野 イイ 森林生態系の構造と機能の解明

### イイ a 森林生態系における物質動態の解明

**降水と渓流水の水質データベース「FASC-DB」を公開** …………… 54  
全国 7 地域の森林流域でこれまで観測してきた降水および渓流水の水質モニタリング結果をデータベース化し、森林総合研究所のウェブサイトを通じて公開しました。

**小さくても丈夫が取り柄、埋めて使える CO<sub>2</sub> 濃度センサー** …………… 56  
土壌中の CO<sub>2</sub> 濃度を長期測定するために、土壌埋設用の小型で頑丈な CO<sub>2</sub> 濃度計を開発し、その性能を評価しました。その結果、野外実験によって十分な性能をもっていることを確認しました。

**森林の炭素貯留機能に貢献する切り捨て間伐木** …………… 58  
15 の道府県で我が国の主要な植栽樹種の切り捨て間伐木が分解する速さを測定しました。寒い地域では暖かい地域よりも分解する速さが遅く、炭素の貯留時間が平均して約 2 倍ほど長くなることが分かりました。

### イイ b 森林生態系における生物群集の動態の解明

**枯れ枝に巣をつくるドロバチを守る用心棒ダニ** …………… 60  
アトボシキタドロバチのアカリナリウム（ダニポケット）に入って新しい巣へ運ばれてゆくダニは、ドロバチ幼虫が弱らない程度に血を吸いますが、いざという時ハチの天敵を退治する、用心棒であることがわかりました。

**壊さず測るドングリの化学成分** …………… 62  
コナラのドングリに含まれるタンニンの含有率を、近赤外分光法を用いて非破壊的に測定する方法を開発しました。

**チシマザサの生育域を気候条件から予測する** …………… 64  
日本の冷温帯・亜高山帯林の林床優占種の一つであるチシマザサについて、分布に大きな影響を与える気候要因とその閾値を明らかにするモデルを構築して、現在と 100 年後の生育可能な地域（潜在生育域）を明らかにしました。

## 日本の竹林のバイオマス炭素蓄積量、吸収量の算定手法の開発

温暖化対応推進拠点	清野 嘉之、竹内 学
四国支所	鳥居 厚志、奥田 史郎
関西支所	野田 巖
株式会社パスコ	金森 匡彦

### 背景と目的

森林の炭素吸収のはたらきが注目されています。竹林も森林の一つで、近年は放置竹林の拡大が問題になっています。しかし、竹林の炭素の蓄積量や吸収量はよく分かっていませんでした。その一番の問題は、竹の地下茎や根の量がよく分かっていない点にあります。このため、福島県から鹿児島県までの 18 府県 21 地点で竹の稈直径やバイオマスを調べ、森林計画データを活用して全国の竹林のバイオマス炭素蓄積量を推定する手法を開発しました。この手法をもちいると、森林計画データを利用して全国の竹林バイオマス炭素吸収量をもとめることができます。

### 成 果

#### 竹林の稈断面積合計とバイオマスの関係

竹林の胸高（地上 1.3m）の稈（竹の幹）断面積合計と地上部バイオマス、地下部バイオマスとの間にはそれぞれ正の相関関係がありました（図 1 左）。ただ、地上部に比べ、地下部の増加には頭打ちの傾向が見られます。このため、地下部／地上部バイオマス比は、胸高稈断面積合計が大きい竹林では小さくなりました（図 1 右）。

#### 単位面積当たりの竹林バイオマス

全国で系統的に実施されている森林資源モニタリング調査の結果から、竹林の定義（平成 18 年度末森林資源現況調査\*）を参考に、植被率（土地面積に対して植物が被覆している面積の割合）と優占樹種にもとづいて、竹林と見なされる 163 林分を選んでバイオマスを推定しました。単位面積当たりの竹林バイオマスは  $245.8 \pm 149.3$  Mg（Mg は重さの単位で、トンと等しい） $\text{ha}^{-1}$ （平均値と標準偏差）でした。細かく見ると、放置竹林（図 2 左）は管理竹林（図 2 右）よりもバイオマスが大きく、また、タケの種類によってもバイオマスが異なり、モウソウチク林はマダケ林やハチク林よりも大きいことが分かりました。

#### 竹林のバイオマス炭素蓄積量、吸収量の算定

この単位面積当たりの竹林バイオマスに、森林資源現況調査などで抽出された都道府県別の竹林の面積をかけ合わせ、さらに炭素係数をかけることで、都道府県別に竹林のバイオマス炭素蓄積量を推定できます（図 4 赤枠内）。また、吸収量は、森林資源現況調査などの竹林面積が更新されるので、異なる時点の炭素蓄積量との差を求めて推定できます。

#### 算定精度の向上のために

竹林バイオマスは竹林の管理状態（放置、管理）やタケの種類によって異なることから、炭素蓄積量や吸収量の算定精度の向上には、そうした竹林の情報が必要です。また、森林簿の竹林面積より、写真判読で得られた竹林面積の方が大きい（野田ら 2008）という報告もあることから、竹林面積の把握精度の改善も必要です。

\* 森林簿など、地域森林計画等の策定時の資料にもとづいて集計されています。

本研究は、林野庁の「森林吸収源インベントリ情報整備事業」、および農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用開発事業「タケ資源の持続的利用を目的とした管理技術の開発」による成果です。

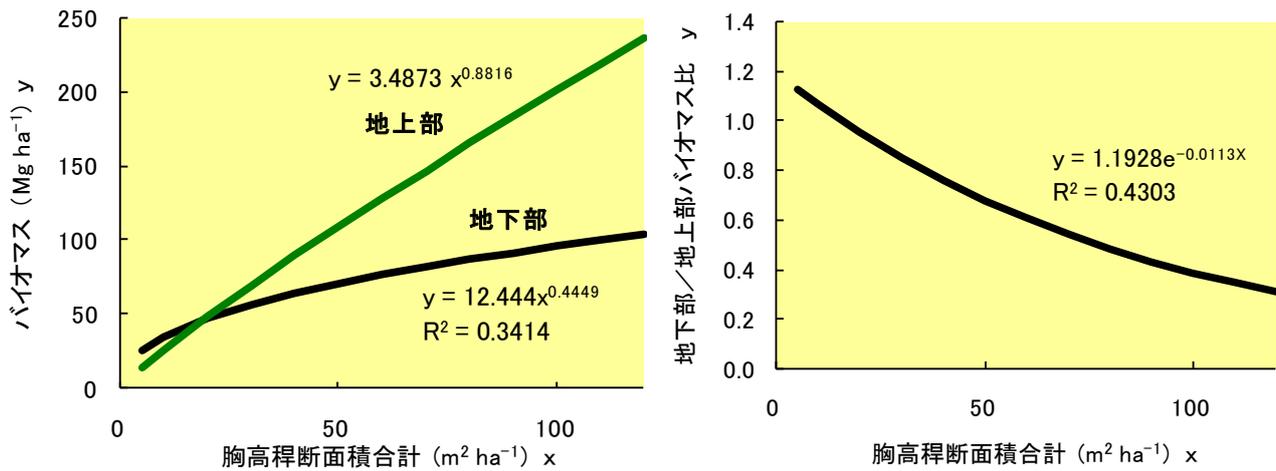


図1 竹林の胸高稈断面積合計とバイオマスの関係  
地上部（奥田ら 2007）、地下部バイオマスとの関係（左）、  
地下部／地上部バイオマス比との関係（右）



図2 放置竹林（左）と  
管理竹林（右）



図3 地下部バイオマス調査  
根切りチェーンソーを使い、土ごと  
さいの目に切って地下部を掘り  
出す。

#### 竹林の抽出と都道府県別面積の算出

↓ ←竹林のバイオマス、炭素係数など  
（竹林汎用、及び竹林のタイプ別）

#### 都道府県別竹林バイオマス炭素蓄積量の算出

↓ ↓  
↓ ↓ プロセスモデル(Century j-fos)を利用  
↓ ↓ した、枯死木・リター・土壌の炭素蓄積量  
↓ ↓ 変化の算出

#### 都道府県別竹林炭素蓄積量の算定

図4 竹林の炭素蓄積量の  
算定フロー

赤枠内がバイオマス炭素蓄積量  
の算定フローを表わす。

## 森林の炭素固定量の変動予測に向けた シミュレーションモデルの開発

植物生態研究領域	物質生産研究室	千葉 幸弘、韓 慶民、川崎 達郎
森林管理研究領域	領域長	家原 敏郎
	資源解析研究室	細田 和男
東北支所	森林資源管理研究グループ	西園 朋広
関西支所	森林資源管理研究グループ	田中 邦宏

### 背景と目的

森林が固定する炭素量は光合成量と呼吸量の差し引きで決まりますが、光合成や呼吸の量は温度などの気象条件によって変化します。また光合成を担う葉の量によっても炭素固定<sup>\*</sup>は変化しますが、森林の葉量は間伐の仕方でも変化します。つまり森林による炭素固定量を知るためには、気象条件のほかに間伐など森林施業の影響も考慮する必要があります。本研究では、スギとヒノキの人工林における炭素固定量に対する環境変化と森林施業の効果を区別して評価するため、森林の構造や成長のモデルに加えて、光合成などの生理的な環境応答を組み込んだ森林の炭素固定に関する評価モデルの開発を進めてきました。そして、森林が置かれている気象要因、土地条件、森林管理の仕方などの様々な要因を考慮して、成長調査データから、炭素固定量の変動を予測する手法を開発しました。

### 成 果

#### 森林の成長と環境応答のモデル

スギやヒノキなどの人工林のバイオマス成長<sup>\*</sup>は、植栽密度や間伐パターンに左右されます。そのため、植栽密度や間伐パターンに応じて変化するバイオマス成長や葉量の垂直分布などの林分構造をシミュレートできる人工林成長モデルを開発しました(図1)。また気象条件の影響を受ける光合成や木部器官の呼吸を推定するための生理的なプロセスをモデル化しました(図2)。これらのモデルにより各林齢における炭素収支を計算することができるようになりました。

森林のバイオマスが同じであったとしても、気象条件は年々変動するので炭素収支も変化することになります。本研究で開発したモデルでは、間伐と気象条件による炭素固定への複合的な変化を評価することができます。

#### 収穫調査が明らかにした森林の炭素固定

間伐の比較試験が行われているスギやヒノキの収穫試験地(17ヶ所)で、30～71年間のバイオマス成長量を計算しました。生立木のバイオマスは多い順に無間伐>弱い間伐>強い間伐でした。過去の間伐量を加えたバイオマス収穫量では弱い間伐>強い間伐>無間伐林という傾向でした(図3)。また、様々な間伐が行われ林齢も異なる本州

各地の収穫試験地(66ヶ所)を分析した結果、無間伐または間伐が不十分の場合、より若い林齢でバイオマス収穫量が頭打ちになってしまうことがわかりました。バイオマス成長つまり炭素固定を促すためには、十分な間伐ができないのであれば短伐期で皆伐・更新を繰り返すこと、伐期を延長するのであれば、弱度間伐を繰り返すことが有利と考えられます。

#### 森林の炭素固定能の変動予測に向けて

本研究で開発された森林の炭素固定量に対する人為効果(間伐)と非人為効果(環境変化)を区別して評価する手法を、今後、様々な立地条件の森林に応用できるように汎用性を向上させる必要があります。そして長期調査データによる比較検証を進めながら、森林の炭素固定に対する間伐施業の効果と環境要因による効果をさらに解明して、森林による炭素固定能の推定精度の向上を図りながら、気候変動に伴う将来予測に向けて研究を進化させていきます。

本研究は環境省地球環境研究推進費「環境変動と森林施業に伴う針葉樹人工林のCO<sub>2</sub>吸収量の変動評価に関する研究」による成果です。

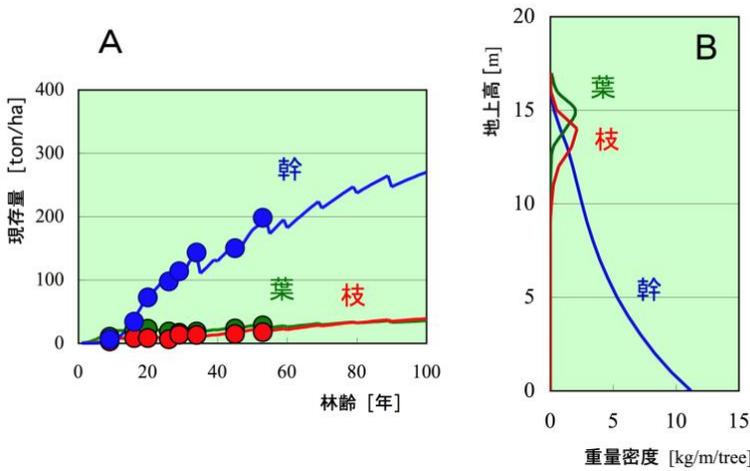


図1 人工林の成長と林分構造のシミュレーション

A：植栽密度や間伐パターンを入力することによりバイオマス成長が予測できる  
 B：樹高や胸高直径の林分平均値の入力により生産構造図が描画できる

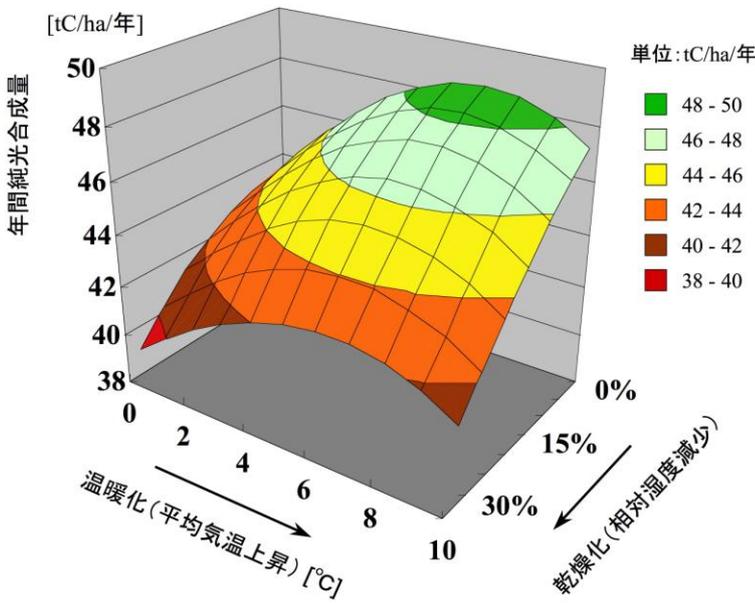


図2 温暖化や乾燥化に伴って変化する光合成生産量のシミュレーション(試算)

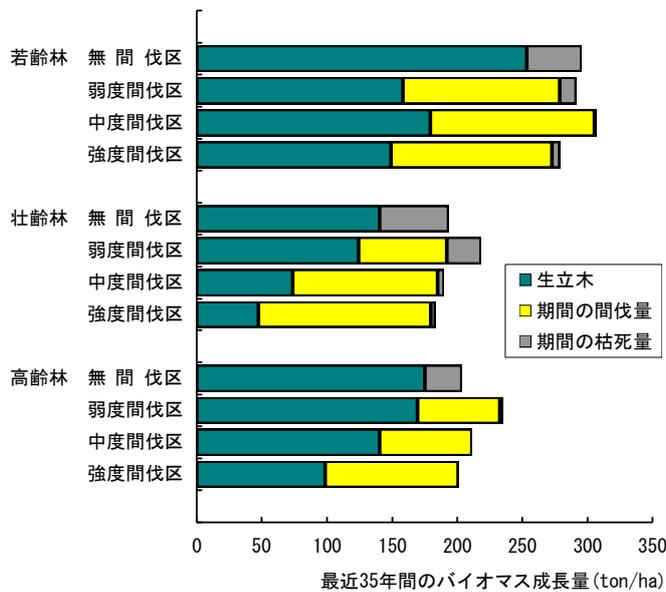


図3 愛知県段戸国有林ヒノキ試験地における最近35年間のバイオマス成長(一部)

齢級グループの調査期間(35年間)における林齢は、若齢林：21～56年、壮齢林：44～79年、高齢林：77～112年である。

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## CDM 植林が熱帯の生物多様性に与える影響 ～植林で熱帯林の豊かな生物は回復するか？～

森林昆虫研究領域 昆虫生態研究室長	松本 和馬
北海道支所 チーム長（生物多様性担当）	上田 明良
北方林管理研究グループ	高橋 正義
野生動物研究領域 チーム長（野生動物管理担当）	岡 輝樹
鳥獣生態研究室	川上 和人
関西支所 森林生態研究グループ	五十嵐 哲也
九州支所 森林動物研究グループ	安田 雅俊
国際担当研究コーディネーター	福山 研二

### 背景と目的

温暖化問題を解決するための一つの方法として、京都議定書には CDM（Clean Development Mechanism）が盛り込まれました。CDM は先進国が途上国で事業を実施することにより、その国の二酸化炭素排出量を減らすか、二酸化炭素吸収量を増やすかすることができた場合にそれを先進国の二酸化炭素排出量の削減と見なす代替システムです。植林（CDM 植林）により二酸化炭素吸収量を増やす事業もこれに含まれます。しかし、CDM 事業では環境影響も考慮しなければならないとされており、熱帯で人工林を作ることは生物多様性の保全上問題があるとの指摘もあります。そこで、CDM 植林を想定し、インドネシアの東カリマンタンにおいて、アカシアマンガウムの植林地における生き物の回復状況を調べました。

### 成 果

#### 植林によって森林生物はかなり回復する

東カリマンタンでは大きな森林火災が繰返されたため森林が著しく荒廃していますが、荒廃の程度は一様ではなく、木がなくなって草原化してしまったところ（写真 1）、木は残っているが荒廃した林になっているところ（写真 2）、火災を免れて残っている天然林（写真 3）などが見られ、人工林（写真 4）は一度草原化したところに森林被覆を回復する目的で植えられます。調査の結果、昆虫や鳥は人工林ができることにより荒廃草原よりも種数が増え、多様性も高まることが分かりました（図 1、2）。荒廃草原に対する植林はいわれているように生物多様性を損なうものではなく、CDM 植林は生物多様性を高めるプラスの効果をもたらすと考えられます。

#### 人工林と天然林の生物相の違い

しかし、このように生物多様性はある程度回復するものの、天然林のレベルに達することはなく、また質的にも天然林と人工林の生物相はかなり異なることもわかりました。人工林に回復する昆虫類を調べてみると、その多くは広域分布種や生息環境の幅の広い種であり、天然林の奥深くに住むボルネオ島の固有種はなかなか回復しないこともわかりました（図 2）。移動力の強い鳥でも天然林と人工林では種構成が異なる上、天然林の鳥の方

が定住性が高いこともわかりました。人工林にはアカシアマンガウムのように早く生長する樹種が選ばれるため、速やかに林冠が鬱閉しますが、その結果林床には草原性の植物がなく、荒廃林の森林性植物は見られますが、種子分散力の乏しい天然林の植物の移入はほとんど見られません（図 3）。このことも天然林の昆虫の回復を遅らせているようです。人工林に回復しにくい天然林の生物を回復するには、人工林を作るだけでなく火災で荒廃した二次林をうまく回復させて行くことが大切だと考えられます。

#### 人工林の配置

鳥や哺乳動物は人工林を移動経路やかくれ場所として利用することがわかりました。各地に点在する荒廃二次林の鳥は林の面積によって種数が変わることや、植物や昆虫は、樹木の生育状況だけでなく、天然林からの距離が離れると減少することもわかりました（図 4）。今後、人工林の適正配置を図ることと荒廃二次林の回復を促進することが、過去の人為により生物多様性が低下した地域の多様性回復に繋がると考えられます。

本研究は環境省地球環境研究推進費「CDM 植林が生物多様性に与える影響評価と予測技術の開発」による成果です。



写真1 荒廃草原



写真2 火事で荒廃した二次林



写真3 山火事を経験していない天然林



写真4 アカシアマンギウムの人工林

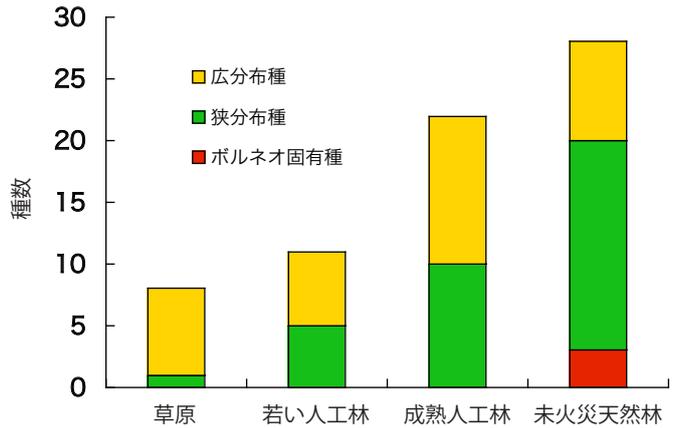


図2 草原、人工林、天然林のチョウの種数および地理的分布に基づく種構成の比較

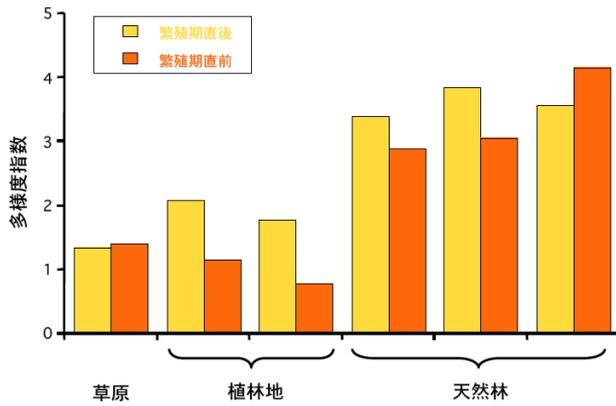


図1 草原、人工林、天然林の鳥の多様度指数 (シャノン-ウィナーの  $H'$ ; 大きい値ほど多様) の比較

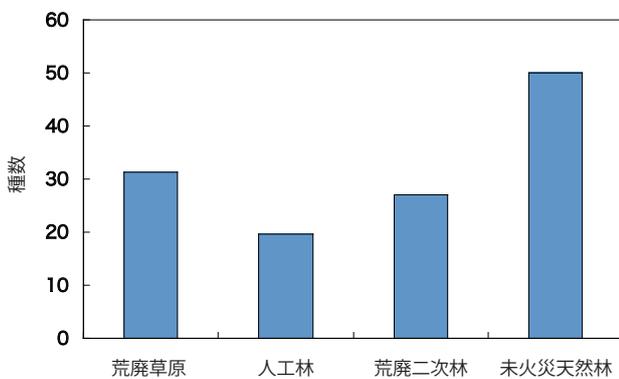


図3 草原、人工林、火災による荒廃林、火災を経た天然林の植物の種数 (16 m²あたり) の比較

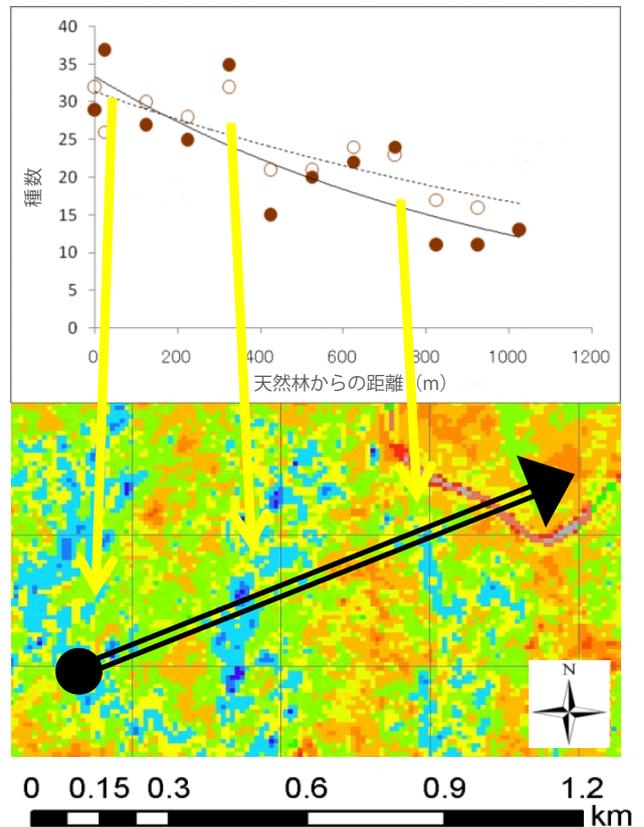


図4 天然林からの距離に沿った寄生バチの種数の変化と衛星画像から解析した森林の状況 (青いところほど良好な森林) の対応

## 酸素漂白導入による木質バイオエタノール製造効率の向上

きのこ・微生物研究領域 微生物工学研究室 野尻 昌信、林 徳子  
 バイオマス化学研究領域 木材化学研究室 池田 努、眞柄 謙吾

### 背景と目的

バイオエタノールは、植物が大気中の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を吸収して蓄積した植物体（バイオマス）から作られるので、化石燃料（ガソリンや石油など）と違って燃焼により放出される CO<sub>2</sub> は再び植物に吸収され、大気中の CO<sub>2</sub> 濃度が変動しないカーボンニュートラルな燃料と考えられています。また、植物は再生可能なので、きちんと管理された森林から生産される木材を使ってバイオエタノールを作るとは、地球温暖化の原因とされる CO<sub>2</sub> の排出抑制と持続的な燃料供給に効果があると期待されています。

しかし、木材から作るバイオエタノールの製造コストはまだ高く、市場に普及させるためには効率が良く安価なバイオエタノール製造法の開発が不可欠となっています。

### 成 果

木質バイオエタノールは、食物であるサトウキビやトウモロコシのショ糖やデンプンを原料とするのではなく、食物ではない木材から生産されます。食物を原料としないことは食糧需給の安定には大きなメリットですが、一方でバイオエタノールへの変換は難しく、その製造効率は低いものとなっています。

これまで、木材を水酸化ナトリウムというアルカリ性の薬剤で処理し、木材中のリグニンというエタノールにならない成分の 84% を除去した材料を使って木質バイオエタノールを作る方法を開発してきました。リグニンは、微生物の作る糖化酵素が、バイオエタノールの原料となるセルロースやヘミセルロースへ接触するのを妨害し、これらを分解しにくくしています。そのためアルカリ前処理によってリグニンを除くことで木材からバイオエタノールが製造可能になりました。しかし、それでも糖化酵素の作用効率は低く、分解できずに残さになってしまう割合が約 15% もあり、エタノールの収率向上が課題となっていました。

そこで、パルプ漂白にならってアルカリ前処理後の木材に酸素を作用させ、木材中に残っていたリグニンを分解することで糖化酵素の作用効率の向上を試みました（図 1）。その結果、分解できずに残っていた残さは図 2 のように大きく減少し、10g のグルコースから得られるエタノールが 4.7g（理論量に対する 91%）まで向上しました（図 3）。

また、分解に要する時間も従来の半分程度になり（図 3）、バイオエタノール製造効率は大幅に向上しました。これはアルカリ前処理後も残っていたリグニンが酸素漂白により除去されたことでセルロースへ酵素が接触しやすくなり、分解性が改善したことが原因であると考えています。また、リグニンはタンパク質を吸着する性質がありますが、酸素漂白処理により、木材表面のリグニンが除かれたことにより、これまでリグニンに捕らえられて作用しなくなっていた糖化酵素が分解作用に参加できたことも原因の一つと考えられます。本成果は特許出願中です。

このような木質バイオエタノール製造技術開発の成果を活用し、平成 20 年度から林野庁の「森林資源活用型ニュービジネス創造対策事業」においてバイオエタノール製造実証事業がスタートしました。木質バイオエタノールの早期実用化を実現するため、北秋田市に建設する実証プラントでは、生産規模でのコスト評価やプロセス開発を実施する予定です。

本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「実験プラントレベルでの木質バイオマスエタノール生産効率評価と副生成物のマテリアル原料としての有効利用技術の開発」および「セルラーゼ生産菌培養液を用いたバイオエタノール生産技術の開発」による成果です。



図1 木質バイオエタノール製造効率の向上に向けた戦略

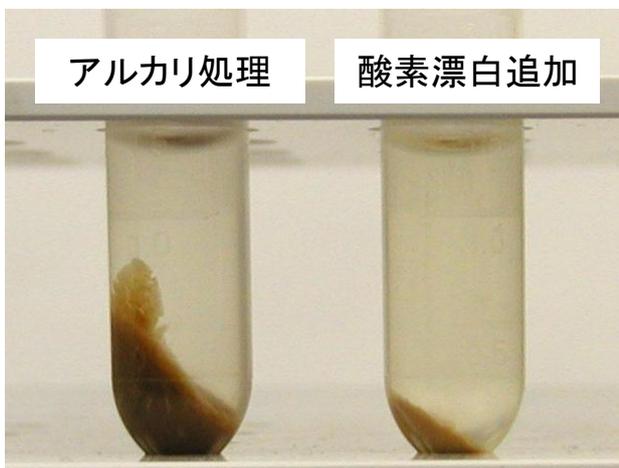
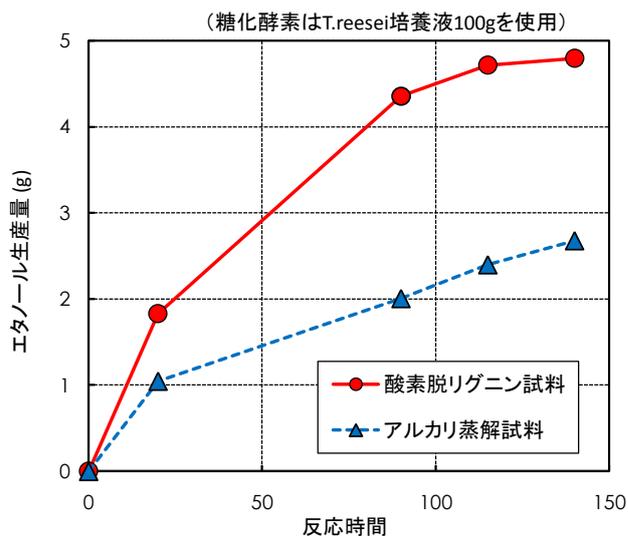


図2 酸素漂白処理によるバイオエタノール製造残さの減少



グルコース 10g を含む基質からのバイオエタノール生産 (理論値では 5.1g のエタノールが得られる。)

図3 酸素漂白処理による反応時間の短縮とエタノール生産量の増加

## 2050 年までの木材利用による CO<sub>2</sub> 削減効果シミュレーション

構造利用研究領域 木質構造居住環境研究室 恒次 祐子  
 木材特性研究領域 領域長 外崎 真理雄

### 背景と目的

地球温暖化防止のためには、大気中から二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を取り除くこと、化石エネルギー由来の CO<sub>2</sub> を排出しないことが必要です。木材には樹木が生長時に吸収した二酸化炭素を蓄えて大気中に戻さない「炭素貯蔵効果」、他の材料に比較して製造・加工にかかるエネルギーが少ない「省エネ効果」、燃料として利用することにより化石エネルギーの使用を減らすことができる「化石燃料代替効果」という 3 つの CO<sub>2</sub> 削減効果があります。

日本は 2050 年までに CO<sub>2</sub> 排出量を現状の 60～80% 削減し、「低炭素社会」に移行しようとしています。本研究では 2050 年までに木材利用によってどのぐらいの CO<sub>2</sub> 削減効果が得られるかをシミュレーションしました。

### 成 果

#### 木材による炭素貯蔵効果

木造住宅の柱や梁などに使われている木材は、樹木として吸収した CO<sub>2</sub> をしっかりと蓄えています。もし木造住宅が増えると、その分だけ CO<sub>2</sub> 貯蔵量が増加するので大気中から CO<sub>2</sub> を取り除いたこととなります。木造住宅以外の建築物や家具に使用されている木材、紙についても同じです。では日本全体でどのぐらいの炭素が蓄えられているのでしょうか？

例えばある町に家が 10 軒あったとして、来年は 2 軒建てて 1 軒壊すとしたら、来年末には 11 軒の住宅が存在することになります。このような方法で建築物、家具、紙の存在量を毎年の生産量と廃棄量から計算するモデルを組みました。今後の建築物、家具、紙の生産量は 2050 年までの人口や経済の予測に基づき推測しました。

#### 木造建築物が増えると・・・？

同じ大きさの建築物でも木造では非木造の約 10 倍の木材が使われています。家具でも木製の場合にはより多くの木材が使われています。つまり建築物や家具を木材で作ることにより CO<sub>2</sub> をたくさん貯蔵することができます。また同じ柱でも木材で作れば鉄やコンクリートよりもずっとエネルギーが少なくすむので、木造建築物を建てる方がエネルギーが少なくすみます（省エネ効果、表 1）。現在は毎年作られる建築物や家具のうち木造・木製は 35% ですが、この傾向が続く現状シナリオと、2050 年までに木造・木製率が 70% になる振興シナリオを比較しました（図 1）。

#### 残材の利用による化石燃料代替効果

木材を大事に使った後バイオマス燃料として利用すれば、その分化石エネルギー由来の炭素排出を減らすことができます。ここでは毎年解体される建築物や家具から得られた木材を全て燃料利用した場合の効果を計算しました。建築物や家具を作るときに発生する残材も使うこととしています。

#### もっと木材を！

2050 年に向けて建築物、家具、紙が全体的に減っていくことから、現状シナリオの場合は炭素貯蔵量が徐々に減少し、2016 年以降はマイナス、つまり排出になるという結果となりました（図 2 左）。化石燃料代替効果によりトータルとしては吸収になっていますが、それも徐々に排出側に向かって減っていきます。一方振興シナリオでは、炭素貯蔵効果によって約 100 万トン（炭素換算、以下同様）、非木造建築物の代わりに木造建築物を建てた省エネ効果で約 200 万トン、そして廃棄する木材のエネルギー利用による化石燃料代替効果で約 250 万トン、合計約 550 万トン～600 万トンの削減が得られることが分かりました。これは 2007 年度の日本の総排出量の 1.5% 程度にあたります。低炭素社会の実現のために、循環型資源である木材を積極的に活用していくことが重要です。

本研究は環境省地球環境研究総合推進費「S-3 脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト」による成果です。

表1 建築物建設のための資材生産エネルギー（炭素トン/m<sup>2</sup>）

木造	SRC造*	RC造*	S造*	非木造**
0.059	0.156	0.133	0.085	0.095

出典：酒井寛二他、環境システム研究、25: 525-532、1997  
 \*SRC：鉄骨鉄筋コンクリート、RC：鉄筋コンクリート、S：鉄骨  
 \*\* 各種非木造建築物の3階建て以下面積比で重み付けした平均値

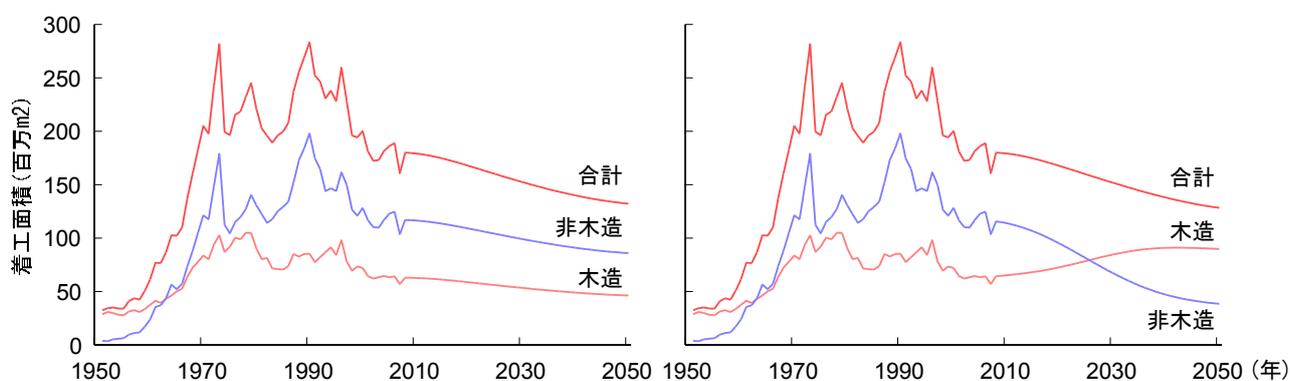


図1 2050年までの建築物着工面積のシナリオ  
 (左：現状シナリオ：木造建築物の着工量が全着工量の35%のまま推移する場合、  
 右：振興シナリオ：木造建築物が2050年までに70%になる場合。  
 どちらのシナリオでも総着工面積は人口・世帯数の減少に伴い減少していく)

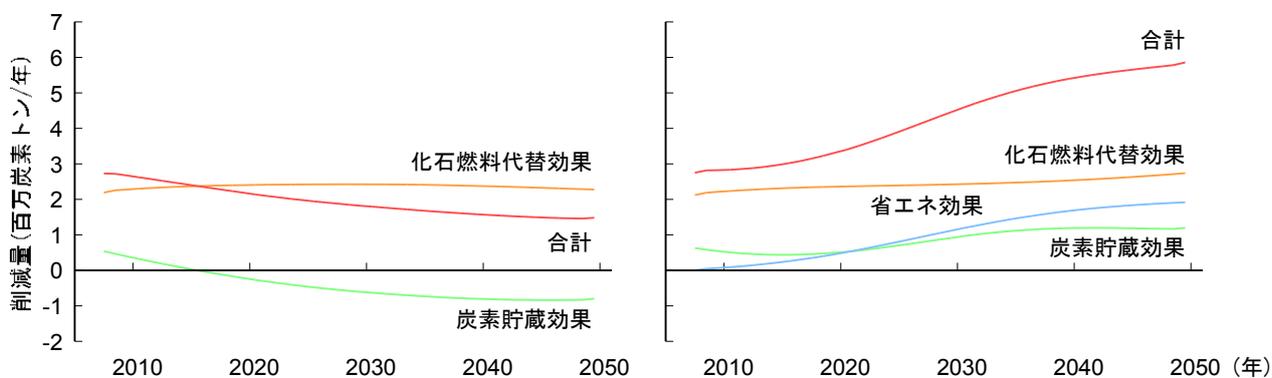


図2 木材利用によるCO<sub>2</sub>削減効果（炭素換算）  
 (左：現状シナリオ：木造建築物、木製家具の生産量が全体生産量の35%のまま推移する場合、  
 右：振興シナリオ：木造建築物、木製家具の生産量が2050年までに70%になる場合。  
 振興シナリオの「省エネ効果」は現状シナリオを0としたときの値)

## 木質ペレットの燃えやすさを見極める

加工技術研究領域	木材乾燥研究室	吉田 貴紘
木材改質研究領域	木材保存研究室	上川 大輔
木材特性研究領域	組織材質研究室	黒田 克史
バイオマス化学研究領域	木材化学研究室	久保 智史
多摩森林科学園	教育的資源研究グループ	井上 真理子

### 背景と目的

木材（木質バイオマス）は、燃やして出る二酸化炭素を木を植えることにより吸収できるので、地球環境に優しいエネルギー源として注目されています。木質ペレット（写真1）はおがくずなどを小さな円柱状に圧縮して固めた燃料です。取り扱いが簡単なことから、暖房（ストーブ）や給湯（ボイラー）用として使われ始め、生産量はこの4年間で10倍に増えました。しかし流通している木質ペレットには「固くて燃えにくい」ものもあり、品質改善が必要です。そこで「コーンカロリメーター」とよばれる装置で調べることで、木質ペレット品質と燃えやすさとの関わりを見極められることがわかりました。

### 成 果

#### コーンカロリメーターとは

写真2にコーンカロリメーターを示します。この右側中央に円すい状のヒーターがあり、試料を上から強力に加熱させながら燃やしていきます。物が燃えるときに酸素が消費されますが、この消費された酸素の量を測定して燃えるときの熱の発生の様子（発熱速度）を調べます。普段は建築材料の「燃えにくさ」を調べる（火災を防ぐ）ために使われていますが、今回は木質ペレットの「燃えやすさ」を調べるために用いました。木質ペレットは原料とする木の部分により、木の皮（樹皮）を原料とする樹皮ペレット、樹皮を取り除いた部分を原料とする木部ペレット、両方が混ざる全木ペレットに分類されます。本研究では品質の異なる樹皮、木部、全木ペレットを用意し、測定方法を工夫しながら燃え方を調べた結果、木質ペレットの品質と燃え方との関係がわかりました。

#### 木質ペレットの燃え方

図1に加熱開始から完全に燃え尽きるまでのスギの樹皮ペレット、木部ペレットの燃え方を示します。加熱開始後35秒から70秒で火がつき（着火）、炎を出して燃えます（有炎燃焼）。その後5分程度で炎が消え、数十分間赤くなりながら燃え続け（炭が燃える状態、無炎燃焼）、最後には燃え尽きて灰となります。この図では燃えている間に出る熱の量（発熱量）の変化も示しています。有炎燃焼の間は発熱速度が大きく、無炎燃焼になってからはだんだん小さくなっていくのがわかります。また木部

ペレットでは樹皮ペレットに比べて有炎燃焼時の発熱速度が大きいこともわかります。

#### 木質ペレットの品質と燃え方の関係

図2に火がつく時間（着火時間）と熱慣性との関係を示します。熱慣性とは物の温まりにくさを表す値で、密度（体積当たりの重さ）と比例します。ペレットの密度が高いことはペレットが固いことを意味します。図で示すように熱慣性が大きいほど着火時間が長くなる傾向がわかります。すなわち密度が高い（＝固いペレット）ほど燃え始めが遅い（＝燃えにくい）ことがわかりました。

次に原料の違いを比べてみました。図3は有炎燃焼期間に出る発熱量の割合を示したものです。図1の結果からも予想できるように、この期間の発熱量はスギ樹皮では他に比べて小さいことがわかります。一方、図1右側の総発熱量の結果が示すように、完全に燃え尽きた後の発熱量は原料にかかわらずほぼ同じでした。すなわち最後まで燃やしたときのエネルギーは同じでも、途中の燃え方が異なる場合があることがわかります。

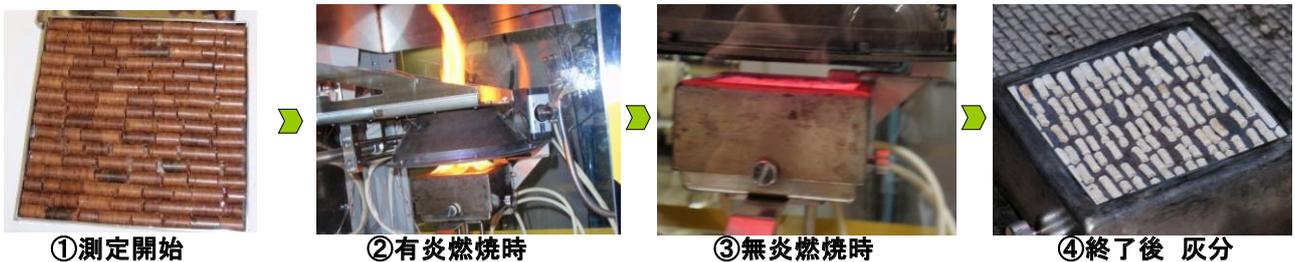
このようにコーンカロリメーターを用いることで木質ペレットの燃え方が詳しくわかり、燃えやすいペレットを見極められることがわかりました。今後はこの方法を利用して、木質ペレットの品質改善に貢献する可能性があります。



写真1 木質ペレット (スギ木部ペレット)



写真2 コーンカロリーメーター



①測定開始 ②有炎燃焼時 ③無炎燃焼時 ④終了後 灰分

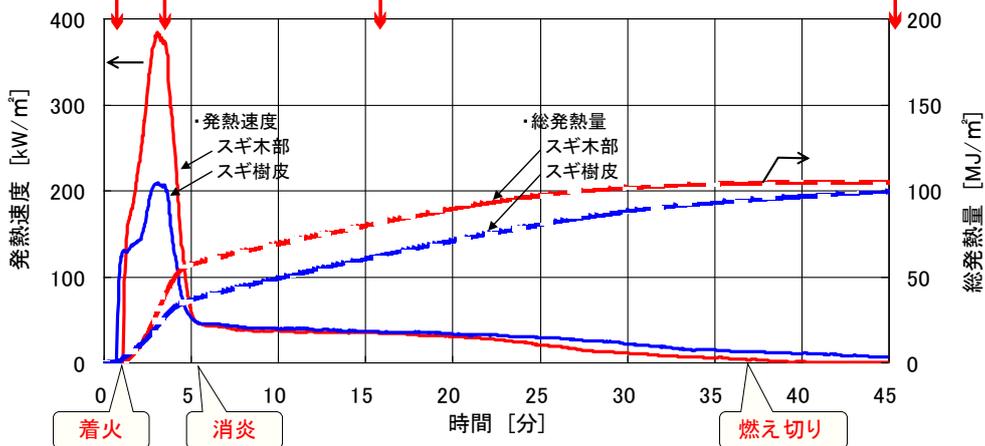


図1 コーンカロリーメーターを用いた木質ペレットの燃え方の推移 (写真はスギ樹皮ペレット)

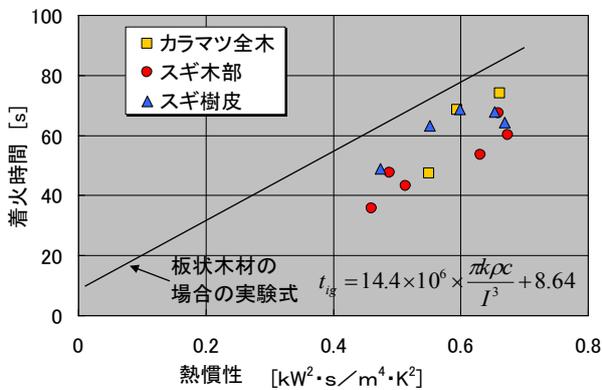


図2 熱慣性とペレット着火時間との関係 (熱慣性=熱伝導率×容積密度×比熱)

(ペレットの容積密度が高いほど、着火時間が長く (= 燃えにくく) なることがわかります)

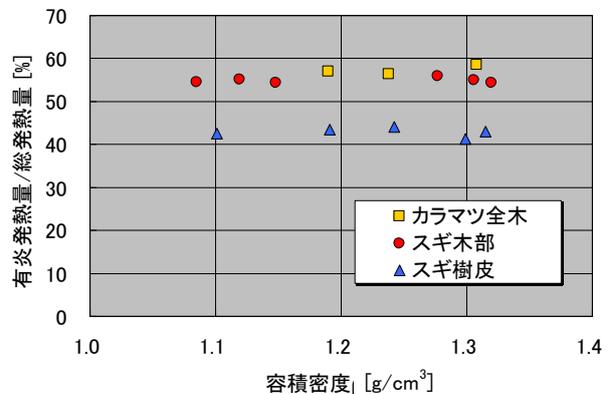


図3 ペレットの容積密度と有炎発熱量割合との関係

(スギ樹皮ペレットは炎を出して燃える間の発熱量が他に比べて低いことがわかります。)

## 環境収容力にもとづくシカの個体数管理と森林再生

関西支所 野生鳥獣類管理チーム長	日野 輝明
生物多様性グループ	高橋 裕史
多摩森林科学園 生態管理情報担当チーム長	伊東 宏樹

### 背景と目的

奈良県南部の大台ヶ原は吉野熊野国立公園特別保護区に指定されている名勝地ですが、近年個体数が増えたニホンジカに樹木実生や樹皮を食べられることによる森林の衰退が著しいことから、自然再生事業が行われています。天然更新によって後継樹の生育が可能となる状態を目標に、シカの個体数調整が実施されていますが、環境収容力（すなわち、餌となる下層植生の年間生産量）を考慮することなしに効果的な森林再生は期待できません。なぜならば、シカの密度を目標レベルにまで減らすことができたとしても、環境収容力がそれを上回っていただければシカの個体数は再び増加し、逆に環境収容力がそれを下回っていただければ、植生の衰退を止めることはできないと予想されるからです。本研究は、環境収容力にもとづくシカの個体数管理を実現するためにシカの目標密度に応じた下層植生の管理手法を提案します。

### 成 果

#### 下層植生の採食量からシカの密度を推定する

大台ヶ原全域から上層木（トウヒ・ウラジロモミ・ブナなど）と下層植生（ミヤコザサ・スズタケ・ミヤマシキミなど）の組み合わせによって植生タイプの異なる9箇所の定点調査区を設定し、各地点に柵で囲って下層植生がシカに食べられない区画を設けました。1年の間にこの柵内外で生じた下層植生の現存量の差、すなわち年間消失量は、シカが1年間に食べる量とおおまかに一致すると考えられます。この値をシカが1年間に排出する糞塊の数や直接カウントによって推定した調査区周辺のシカ密度との関係を調べると、両者の間に有意な正の関係が得られました（図1）。すなわち、シカの採食にとりまう下層植生の消失量がシカの簡便な密度指標として使えることが分かりました。

#### 下層植生の管理によってシカの個体数を管理する

図2は、各調査区で調べた全樹木の实生の生存率を、シカの密度と下層植生の現存量とから説明するために作成したモデルです。このモデルを使うことで、森林の天然更新が可能となるシカ密度を達成するためにどの下層植生を刈り取るか（下層植生が密生してかつシカが高密

度なために実生の生存率が低い場所を優先）を決定することができると同時に、管理後の実生の生存率を推定することができます。たとえば、図2の右上に位置して実生生存率が0.3以下と低いミヤコザサ区（No.1、2、3）とミヤマシキミ区（No.8）を最優先区として刈り取ることで、シカの環境収容力を低下させ、かつ実生生存率を高める方向（すなわち図の左下）に変えることができます。つぎに、上で開発した密度推定法で算出した植生タイプごとのシカ密度指標と大台ヶ原における各植生タイプの分布と面積（環境省資料）とに基づき、大台ヶ原における密度分布図を作成しました（図3）。この分布図をもとに、下層植生刈り取り面積を決めることができると同時に、刈り取り後のシカ密度を推定し、シカの目標密度（＝環境収容力）に応じた下層植生の管理を行うことが可能になりました。この成果が大台ヶ原の自然再生事業に有効に活用されるように、事業推進計画評価委員会において提言していく予定です。

本研究は、文部科学省科学研究費「生物間相互作用に基づくニホンジカ密度の推定法と広域的な森林生態系管理手法の開発」（No.18380097）による成果です。

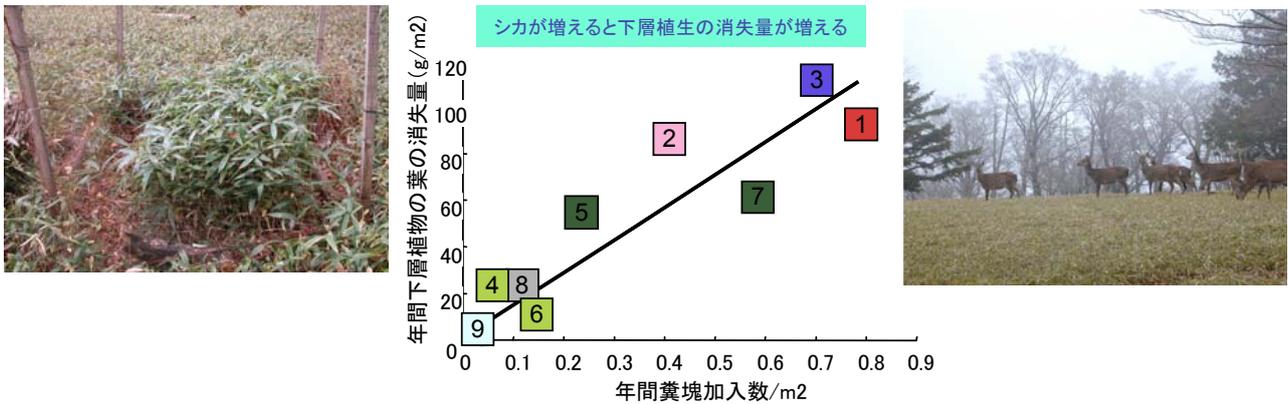


図1 各植生タイプの下層植生の消失量 (= 採食排除柵内外の現存量の差) に基づくシカ密度の推定

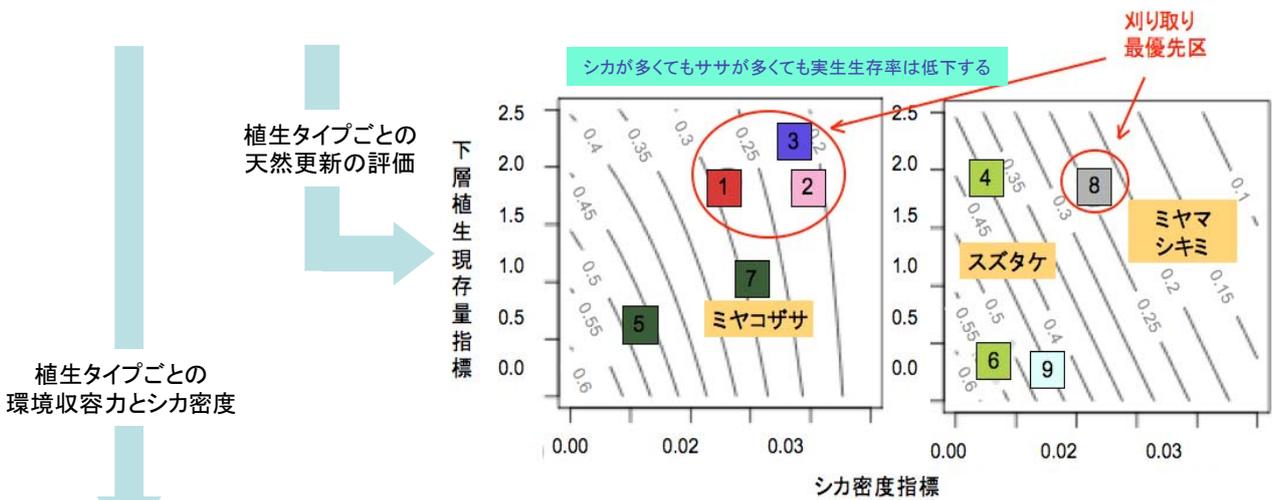


図2 実生生存率 (図中の値) におよぼすシカ密度と下層植生現存量との関係

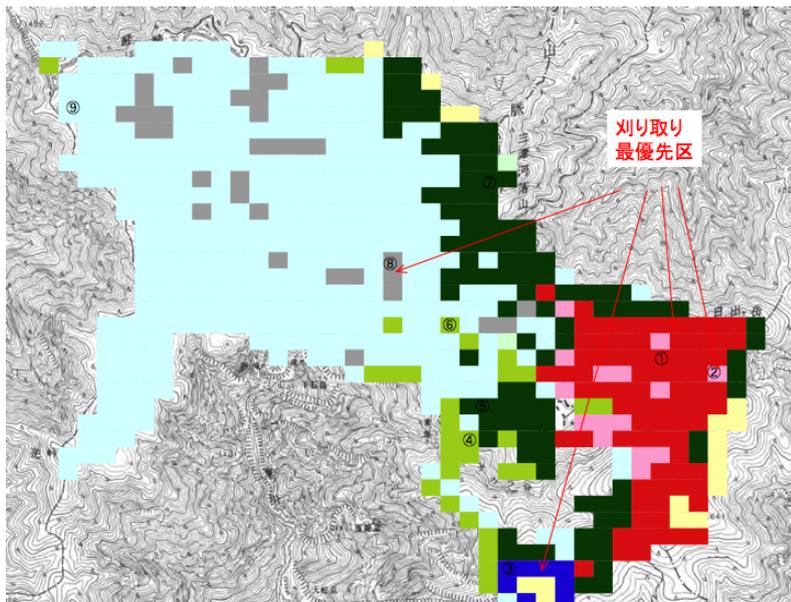
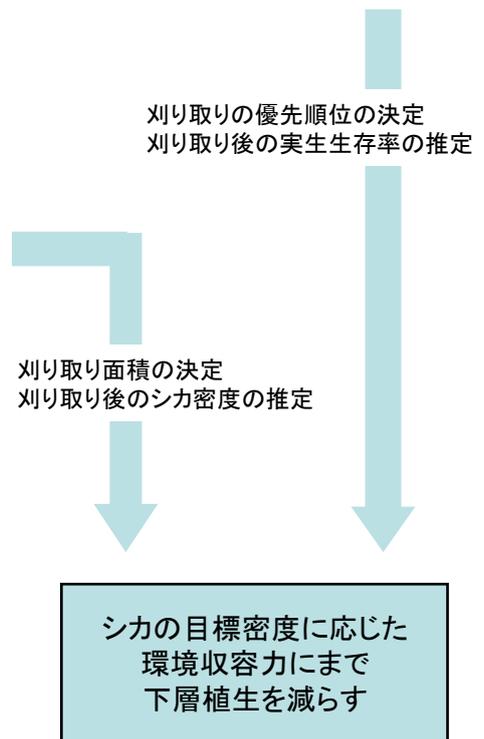


図3 大台ヶ原の植生タイプにもとづくシカの密度分布 (100mX100m メッシュ) メッシュの色は図2の植生タイプに対応 黄色はミヤコザサ草地 (未調査)



## 鳥類の多様性は海外における土地利用の変化も反映している

森林昆虫研究領域	昆虫多様性担当チーム長 (日本学術振興会特別研究員) 特別研究員(昆虫多様性チーム)	岡部 貴美子 山浦 悠一 滝 久智
森林動物研究領域	領域長	小泉 透
森林管理研究領域	資源解析研究室 主任研究員	光田 靖

### 背景と目的

人類はこれまで地球上の陸地の 50% を利用してきたと言われます。農地化や宅地化といった土地利用の変化は、生物多様性に大きな影響を及ぼすことが様々な地域で明らかにされてきました。しかしこれまで行われたほとんどの研究は、狭い範囲でおこる変化に注目しています。人間による土地利用面積が拡大した現在では、生物多様性が受ける影響は、より広い範囲、例えば国土全域や地球全体にまで波及するのかが大きな関心を集めてきました。

そこで本研究では、森林の変化が生物多様性に及ぼす影響を日本～アジアという大きなスケールで明らかにすることを目的としました。

### 成 果

#### 変化を調べることが可能な生き物は何か

近年、日本を始め世界各国で生物多様性に関する調査(=モニタリング)が行われています。日本全土というスケールで森林の生物多様性の変化を調べることが可能なモニタリングデータを探したところ、環境省の自然環境保全基礎調査が適当であることがわかりました。そこで 1970 年代と 90 年代に行われた鳥の分布調査結果を利用することにしました。

#### 森林はどのように変化したのか

日本では 1970 年代以降皆伐面積の減少に伴い、林齢が 10 年に満たない幼齢期の森林(以下、幼齢林)が減少しています(図 1)。一方で、森林全体の面積がほとんど変化していないため、幼齢期以降の森林面積は増加しています(図 2、3)。したがって幼齢林に生息する鳥の種は減少し、幼齢期以降の森林に生息する種は増加していると予測されます。また日本で繁殖する鳥類には、冬になると越冬のために南方へ渡りを行なう種(夏鳥)と、渡りを行なわない種(留鳥と漂鳥)がいます。日本の夏鳥の多くが越冬する東南アジアの森林は、農地開発などによって大きく減少しており、FAO の統計によると 1990～2000 年にかけて 11% (2790 万 ha) が消失しています。これはほぼ日本全体の森林面積に相当します。

このような日本の森林の変化と東南アジアの森林の減少から、70 年代と 90 年代を比較すると、幼齢期以降の森林に生息する種のうち夏鳥の分布域は減少する一方で、日本に留まる留鳥と漂鳥の分布域は増加していると予測することができます。

#### 鳥の多様性はどう変化したのか

幼齢林に生息する種は夏鳥も留鳥・漂鳥も分布域が縮小していました。また幼齢期以降の森林に生息する種では、夏鳥の分布域は縮小していましたが、留鳥・漂鳥では分布域が拡大していました(図 4)。したがって予測は正しかったといえます。このことは、夏鳥の繁殖地である日本だけの保全活動では渡り鳥を効果的に保全することができないことを示しています。土地利用の変化が生物多様性に及ぼす影響は国土全域にまで及び、さらに国境を越えて波及すると考えられることから、生物多様性の保全には国際協力が不可欠といえます。

2010 年には日本で生物多様性条約締約国会議(COP10)\* が開催され、2010 年目標\* 達成が評価されます。さらに新たな目標が設定され、条約締約国が協力して目標達成に努力することになります。本研究の成果は 2010 年目標達成の評価や新目標達成のために活用することができます。

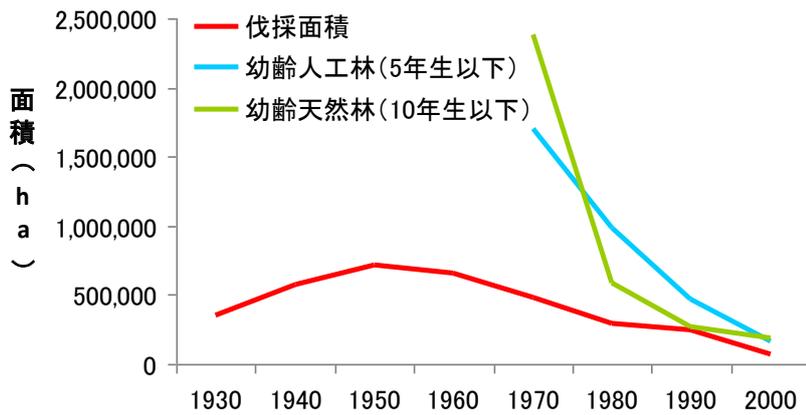


図1 日本の森林の伐採面積、若い林の変化  
(林業センサス累年統計書、森林・林業統計要覧、林業統計要覧より)  
1970年代以降日本では伐採面積が減少しています。それにともない、幼齡林が大きく減少しました。

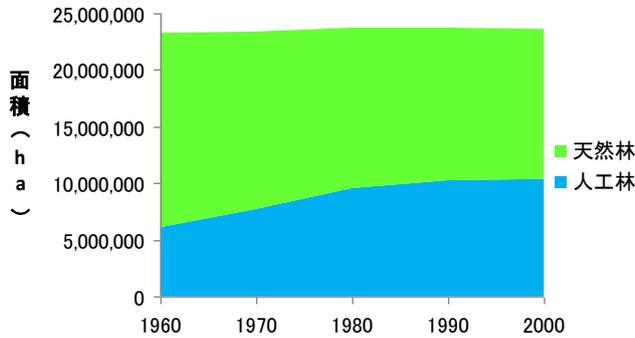


図2 日本の森林面積の変化 (林業センサス累年統計書より)  
日本の森林の人工林率は増加していますが、森林全体としての面積はほとんど変化していません。

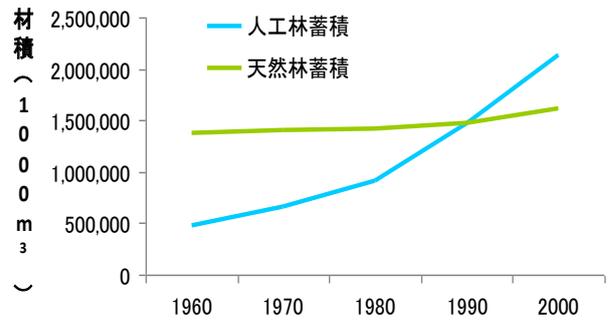


図3 日本の森林の蓄積の変化 (林業センサス累年統計書より)  
森林面積は全体としてほとんど変化していないにもかかわらず、森林蓄積(森林に存在する木材の量)が増えている、つまり森林が成熟していることが分かります。

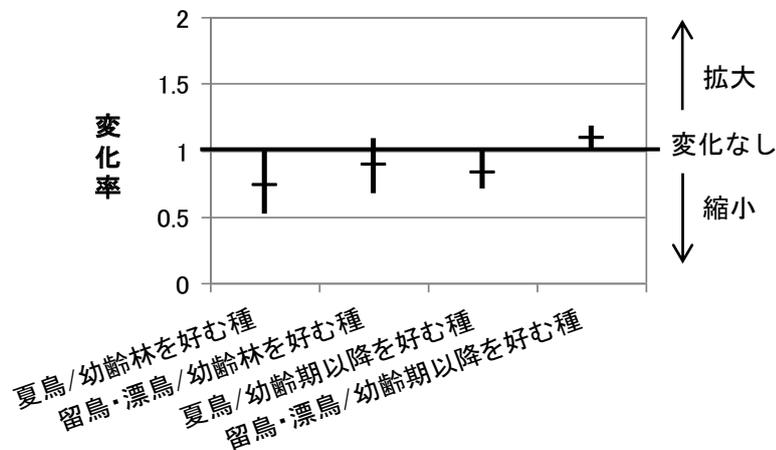


図4 4つのグループの分布面積の変化率 (リビングプラネットインデックス)  
1.0 (太い横線) より下は90年代で減少、上は増加したことを示します。

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 特定国内希少野生動植物種レブンアツモリソウの有効な保全対策とは？

北海道支所	河原 孝行
東北支所	八巻 一成
関西支所	山下 直子
北海道大学大学院農学研究院	幸田 泰則、庄子 康
北海道大学 総合博物館	高橋 英樹
熊本大学大学院 自然科学研究科	杉浦 直人

### 背景と目的

現在、日本の高等植物のうち 1690 種は絶滅が心配される種に指定されています。環境省は、特に園芸価値が高いことから盗掘にあって絶滅が心配される 7 種を特定国内希少野生動植物種（以下、特定種）に指定しています。これは人工培養で増殖したものを安く販売することで、販売目的で野生個体を掘り取る魅力をなくさせることを目的として制定されました。しかし、実際にこのような保護はどのように行うことにより可能となるのか、は検討されていません。特定種に指定されているレブンアツモリソウ（以下レブン、写真 1）をモデルとして、人工培養苗を育てる方法を開発し、この苗の販売が保全に有効かを調べる一方、野生集団の保全の現場で何が必要かを検討しました。

### 成 果

レブンの種子が野生で発芽するには共生菌というカビの仲間が必要ですが、レブンの親株の根から単離した菌の 1 つを使って共生種子発芽（共生菌を感染させて発芽させる）により人工培養する技術を完成させました（写真 2）。

一方、このような培養苗の販売による保全対策がよいかどうかについてアンケート調査を行いました。その結果、監視活動やマナー向上の呼びかけなどの保全対策に比べ、ずっと賛成意見が少ないことがわかりました（図 1）。今後、培養苗販売による保全方法をとる場合は十分な説明や合意形成をしないとイケないでしょう。

レブンの野生集団が増えているのかどうかを毎年が発生や死亡などを調べることで予測しました。その結果、6 年間の平均での個体群増殖率は減少傾向にあることがわかりました（図 2）。特に、実生の発生が少なく、小さな個体の死亡率が高くなっており、集団が老齢化していました。現在の状態が続くならば、実生がうまく更新できる場所や環境を作ってやる必要があります。また、酵素タンパク質を使って集団の遺伝的多様性を調べると、個体数が非常に少なくなっている南部では遺伝的多様性の一部が失われ始めていることがわかりました（図 3）。遺伝的違いのわずかな北部の集団から移植により南部集団の遺伝的多様性を回復させることの検討も必要

です。

レブンはニセハイイロマルハナバチ（以下ニセハイ）が唯一有効に花粉を運んでくれる昆虫であることがわかりました。女王バチの発生が多い年は果実もよく付き、受粉がこのハチ頼りなのです。逆にいうと、このハチがいなくなるとレブンは自然状態で子孫が残せないこととなります。ニセハイが持続的に生活を営むためには他の植物の存在が欠かせません。レブンの保全にはハチとそれが利用する植物や環境をセットで保存することが重要です。

レブンの保護区内に、人為的に持ち込まれた疑いのある近縁種のカラフトアツモリソウと雑種ではないかと思われる個体が数株生育しています。DNA 解析の結果で、この株はレブンを母親、カラフトを父親とした雑種であることが確認されました（写真 3）。このような交雑が進むとレブンの純粋な遺伝子プールが損なわれる危険性があります。

このように、レブンの保全には、人工培養苗を使った保全も、現地での保全も、それぞれに重要な課題が残されていることがわかりました。今後これまでの知見を活かしながら、生態系や人の活動に配慮しつつ、失われた自生地を復元したり衰えつつある生育地を修復するための研究を進めていきます。



写真1 絶滅危惧種レブンアツモリソウ



写真2 共生菌を用いた種子発芽による無菌培養  
白い粒が発芽個体、糸状のものが共生菌

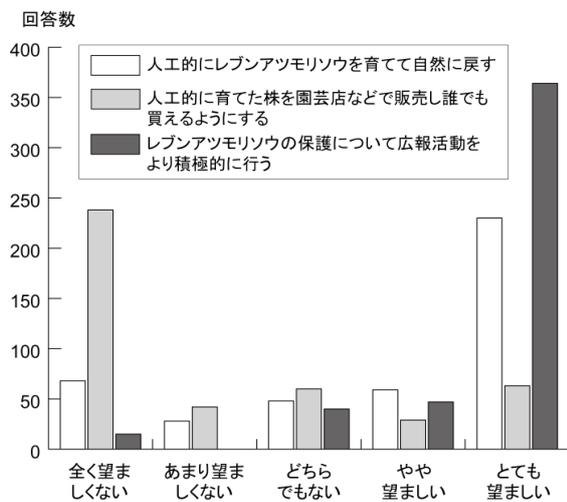


図1 保全政策に人工培養苗を用いることへのアンケート調査

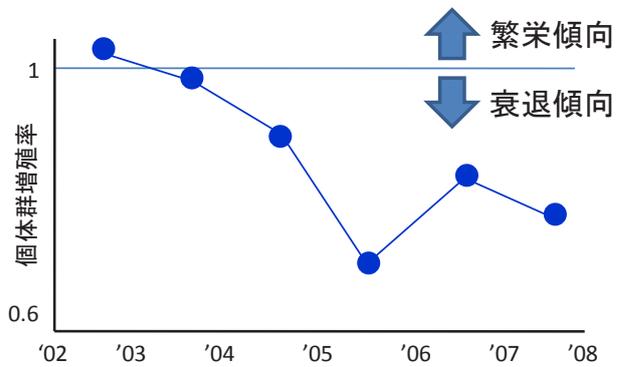


図2 レブンアツモリソウの個体群増殖率の推移  
1より大きければ繁栄、小さければ衰退傾向を示します  
衰退傾向に拍車がかかっています

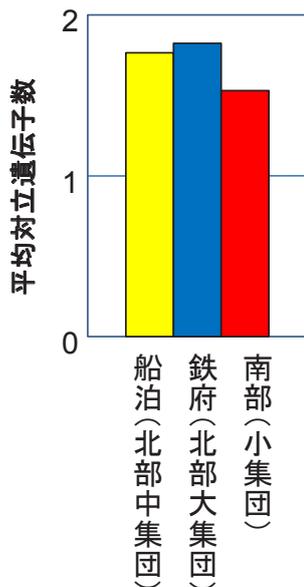


図3 レブンアツモリソウの遺伝的多様性の地域差  
(平均対立遺伝子数が少ないと遺伝的多様性が失われる)



写真3 DNA解析により実証されたレブン(母)とカラフト(父)の雑種

# マツノザイセンチュウの DNA 情報を利用した 簡易なマツ材線虫病診断法の開発

東北支所 生物被害研究グループ  
森林微生物研究領域 森林病理研究室

相川 拓也  
菊地 泰生

## 背景と目的

マツ材線虫病は日本の森林に最も甚大な被害をもたらしている森林病害です。本病の診断のためには、枯れたマツから病原体であるマツノザイセンチュウを検出する必要があります。これまでの一般的な検出法は、枯死したマツから材片を採取し、その材片を水に浸して材内にある線虫類を分離した後、顕微鏡下でマツノザイセンチュウの存在を確認するという方法です。しかし、この方法では線虫の形態に関する詳しい知識や、顕微鏡などの特殊な機器が不可欠であることから、これまで本病の診断はこれらの人材や機器を備えた専門研究機関でしか行われてきませんでした。そこで私たちは、本病の専門家以外の人たちでも診断ができるよう簡易な診断法を開発しました。

## 成 果

新しい診断法ではマツノザイセンチュウの DNA 情報を利用します。すなわち、枯死したマツの材内に存在するマツノザイセンチュウの DNA を検出することでマツ材線虫病と診断する方法です (DNA 診断法)。この DNA 診断法は以下の 3 つのステップで完結します。

### 1. マツ材片からの DNA の抽出

まず、枯死木から材片を採取し (写真 1) 持ち帰ります (写真 2)。その材片の一部を DNA 抽出液の入ったチューブに入れ (写真 3)、約 55℃ で 20 分間、次いで 94℃ 以上で 10 分間保温します。この操作により、材片の中に存在する様々な生物 (マツノザイセンチュウだけでなくその他の線虫、カビ、バクテリアなど) の DNA が抽出液中に溶け出します。

### 2. マツノザイセンチュウの DNA の検出

1. で得られた DNA 抽出液の一部 (写真 4) を、マツノザイセンチュウ DNA の検出液が入ったチューブに加え (写真 5)、約 63℃ で 60 分間保温します。この操作により、様々な生物由来の DNA の中からマツノザイセンチュウの DNA だけを特異的に検出することができます。

### 3. 目視による判定

2. の処理を終えたチューブ内の液体の色でマツ材線

虫病の診断を行います。すなわち、液体が緑色の蛍光色を示していれば陽性 (材片の中にマツノザイセンチュウの DNA が存在した)、液体の色が反応前と全く変わらず無色であれば陰性 (材片の中にマツノザイセンチュウの DNA は存在しなかった) を意味します (写真 6)。

### DNA 診断法の特徴

既往の方法で約 2 日間要していた診断が約 90 分で完了します。よって、これまでよりも大幅に診断時間を短縮することができます。また、マツノザイセンチュウの DNA 以外には反応しないので近縁な他の線虫種を誤同定する心配がありません。さらに、液体の色で陽性あるいは陰性を判定できるので誰でも一目で結果を知ることができます。このように、本診断法は専門的な知識や技術を一切必要としないことから、人を選ばない操作性に優れた手法と言えます。今後、各現場での診断が可能になれば、これまでよりもより迅速な防除対策の展開が期待できます。この DNA 診断法は現在特許出願中であり、(株) ニッポンジーンから“マツ材線虫病診断キット”として平成 21 年中に発売される予定です。

本研究は森林総合研究所交付金プロジェクト「マツ材線虫病北限未侵入地域における被害拡大危険度予測の高精度化と対応戦略の策定」の成果です。

# DNA診断法の概要



1. 枯死したマツから材片を取る



2. 材片を袋に入れて持ち帰る



4. DNA抽出液の一部を吸い取る



約55°Cで20分間、  
次いで94°C以上で  
10分間保温する



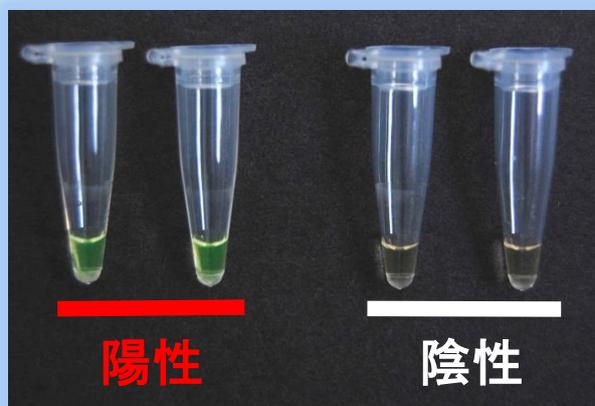
3. DNA抽出液の中に材片を入れる



5. マツノザイセンチュウ  
DNA検出液に4.の液を  
加える



約63°Cで60分間  
保温する



6. 判定する

## 岩塊同士の衝突が岩盤崩落・落石の流下距離を抑制する

水土保全研究領域 治山研究室 岡田 康彦

### 背景と目的

わが国では、集中豪雨や地震の発生に伴い多くの岩盤崩落、落石が発生します。しかし、崩れた岩や石がそれほど動かない場合と、かなり遠くまで流下する場合があります。岩や石が遠くまで流下すると民家など人間の生活圏にまでその影響が及び大きな災害となります。このため、どのようなときに岩や石が遠くまで流下するかが重要な問題ですが、これまで明確な答えがみつかっていませんでした。

そこで、岩盤崩落、落石の到達範囲を明らかにするため、人為的に岩塊群を斜面上に流下させる物理実験と計算技術を用いた数値実験を行ない、岩塊群の流下挙動、とくに岩塊の個数と流下距離の関係を明らかにしました。

### 成 果

#### 岩塊の個数と流下距離の関係

実際の岩盤崩落、落石現場の調査データから、崩れる岩や石が多く体積が大きいほど遠くまで流下するといわれてきました。これに関して多くの仮説が提案されているものの、そのメカニズムまで完全に理解されてきたわけではありません。ここでは、こうした知見を実験的に検証することを目的に、異なる個数の角形岩塊を積み上げた供試体（図1）を実際に斜面上を流下させました。実験では同じサイズの岩塊を使用したため、岩塊の個数が多いほど岩塊群の体積が大きくなります。図2のように、岩塊の個数と流下距離の関係を調べました。

実験は、乾燥した条件と水で飽和した条件で実施しましたが、どちらにおいても、岩塊の個数が増えると流下距離が減少することがわかりました（図3）。この事実は、岩盤崩落、落石に関して従来いわれてきたことと逆の結果を示しており、その原因解明が必要となりました。そこで、岩塊同士、あるいは、岩塊と斜面を形成している岩板との衝突実験を行なって反発係数を求め、衝突によって運動エネルギーが失われる程度を調べました（岩塊を岩盤に衝突させる場合、反発係数が1のときは衝突によって岩塊の運動エネルギーは失われませんが、一方、反発係数がゼロになると、岩塊の運動エネルギーがすべて失われます）。その結果、岩塊の反発係数は平均的には0.4程度となり1よりも相当小さく、つまり、岩塊が他の岩塊や底面と衝突すると運動エネルギーが大きく失われることがわかりました。このことは、岩塊が流下する過程で衝突回数が多いほど岩塊の運動エネルギーが早く失われることを意味します。

岩塊の個数が多い実験では、斜面上を流下する際に岩塊同士の距離が短く、ある程度塊状を呈して運動していました。このことから、ある岩塊はその周囲の岩塊と頻りに衝突を繰り返したものと考えられます。その結果、

今回の研究で実施した程度の岩塊群の大きさであれば、岩塊個数が多い実験で運動エネルギーが早く失われて、流下距離が減少することがわかりました。

#### 岩盤崩落、落石の到達距離予測研究の進展に向けて

岩盤崩落、落石の到達範囲に関する研究では、物理実験による現象の理解のほか、数値シミュレーションによる予測研究の進展が欠かせません（図4）。ただし、水の効果を数値的に扱うのは困難のため、数値実験では乾燥条件のみ再現しました。

その結果、数値実験においても、岩塊の個数が多い実験ほど流下距離が短くなるという、実際の物理実験と同様の結果となりました（図3）。用いた数値実験においても反発係数を0.4に設定して計算を実施しており、岩塊個数の多い数値実験では、流下中に岩塊が周囲と衝突する回数が大きく、早く運動エネルギーが失われるため流下距離が短くなるという結果が得られました。

今回得られた知見は、従来の岩盤崩落、落石に関する研究で認識されてきた結果とは異なるものであり、岩や石の到達範囲予測研究の進展に貢献するものです。物理実験では、供試体の大きさなどの制限がありますが、数値計算では計算機の性能範囲であれば制限無く実験を繰り返すことができます。今後、多様な条件下でさらに多くの数値実験を繰り返すことにより、到達距離予測の研究が進展するものと考えられます。

本研究は、科学研究費補助金・若手 A「崩落岩塊群の長距離運動機構の解明と数値モデルの構築」の成果です。詳しくは、岡田ほか（2009）地すべり学会誌 46(1) 9-18 をご覧ください。

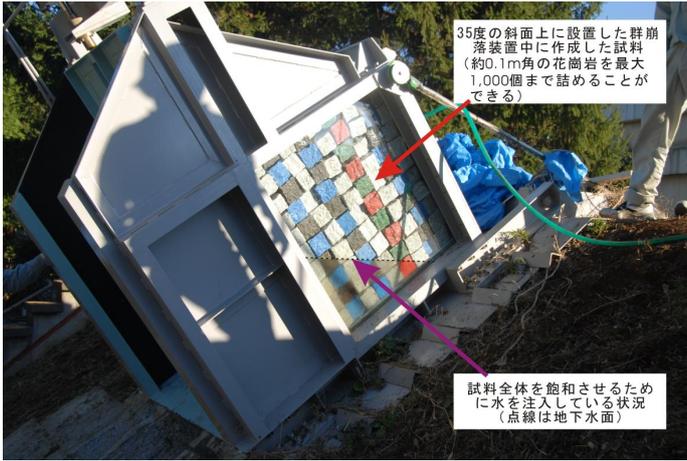


図1 岩塊崩落実験用の試料の様子

図2 岩塊崩落実験における流下距離計測の模式図

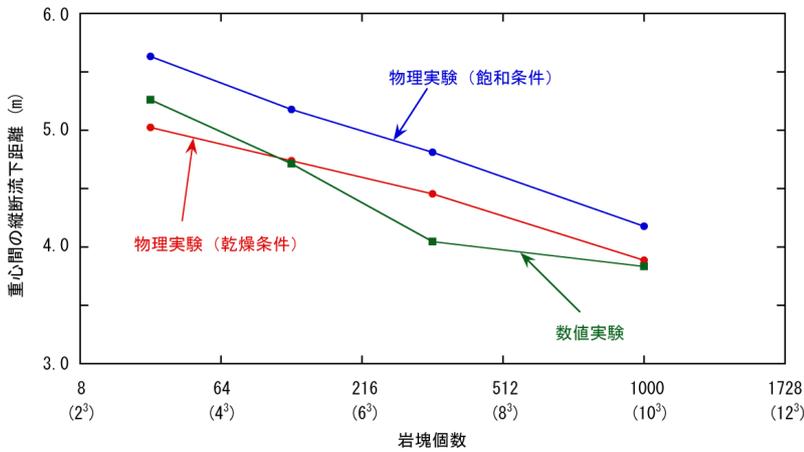
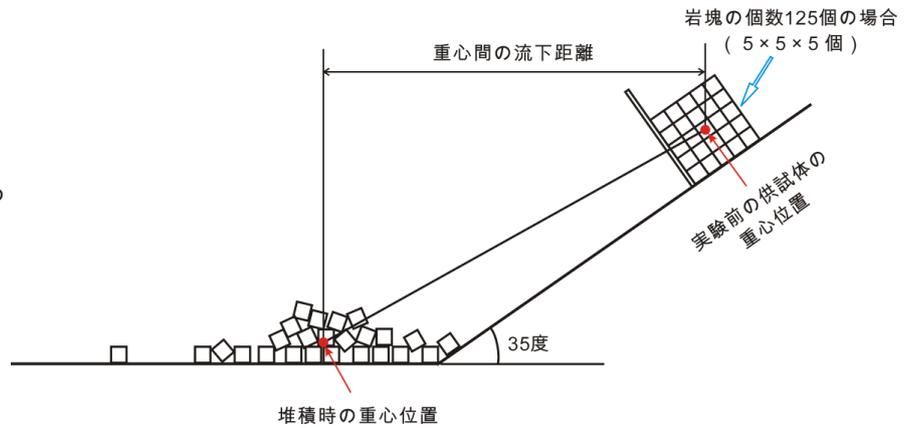
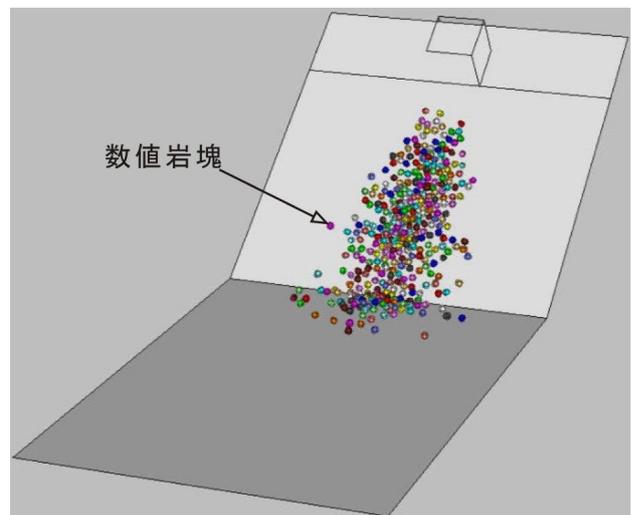


図3 物理実験ならびに数値実験で得られた岩塊個数と流下距離の関係

図4 岩塊崩落数値実験中に岩塊群が流下する様子



# 立木材積の変化から水流出の長期的な変動を再現する

関西支所 森林水循環担当チーム長 細田 育広

## 背景と目的

間伐などにより森林の状態が変化すると、その流域からの水流出量は変化します。水源かん養機能をより発揮させることのできる森林管理の方法を確立するためには、森林の変化の状況と流出水量との関係を明らかにすることが必要です。ただし、森林の樹木は長い年月をかけて成長するため、間伐などによる一時的な変化と合わせて長期間の変化の影響を知ることが重要です。そこで、1930年代から流出水量をモニタリングしている森林総合研究所の試験流域のひとつ、竜ノ口山森林理水試験地の北谷と南谷（岡山県岡山市）を対象に、60年以上におよぶ流出水量の長期的な変動に与えた森林の影響を評価する方法を開発しました。

## 成 果

### 森林影響の定量化

ある森林流域からの流出水量は、年単位でみれば概ね降水量と蒸発散量の差で求めることができます。森林は、主に樹木の蒸散と樹冠遮断\*を通じて流域の蒸発散に影響するので、森林状態に対応した蒸発散量を知ることができれば、流出水量に及ぼす森林の影響を定量化できます。しかし蒸発散量は、毎年の気象条件によっても大きく変動します。このため、流出水量に及ぼす森林の影響を抽出するためには、蒸発散量から気象条件の影響を除外しなければなりません。そこで本研究では、一般に森林の蒸発散量が草地よりも多いことに着目し、与えられた気象条件で生じうる草地の蒸発散量を推定して森林流域の蒸発散量との差を年単位で求めました。森林と草地の年蒸発散量の差は、森林が繁茂するほど大きくなるはずなので、これを加算蒸発散量と呼ぶことにしました。なお、対象期間における年降水量には約 1000mm の変動幅があり、年降水量が少ないほど年蒸発散量も少ない傾向があるため、年降水量に対する百分率（加算蒸発散率）で経年変動を検討しました（図 1）。加算蒸発散率は観測初期のマツ枯れで大きく低下した後、北谷では概ね増加傾向、南谷ではマツ枯れや山火事に際して低下し、植林後に増加する変動を示しました。

### 過去の森林状態の指標化

過去の森林状態を表す指標として、立木幹材積を用いました。本研究では、1947～2007年（11時期）

における空中写真の画像データから GIS ソフト\*により地表面標高格子データ（DSM）を生成し、立木幹材積を推定しました。森林域の DSM は林冠面の標高を表すので、地形面標高格子データ（DTM）との差を計算し、林冠高格子データ（DCHM）としました。現地調査の材積値と、調査地付近の DCHM 平均値の関係式を作成し（図 2）、流域平均 DCHM から各撮影年の立木幹材積を推定しました。

### 立木幹材積と蒸発散の関係

流域平均 DCHM から推定された立木幹材積と、対応する年の加算蒸発散率の関係は、決定係数 0.7 を超えるシグモイド曲線\*で近似することがわかりました（図 3）。このことは、森林状態に応じた平均的な流出水量を、立木幹材積から流域単位・年単位で概ね推定できることを示しています（図 4）。ただし、図 3 の関係は樹種構成や施業履歴によって変わると考えられるため、さらに多くの流域でデータを収集し、汎用性を確認することが今後の課題です。また本研究では流出水量の年間総量を対象にしました。今後はさらに、洪水や渇水などの流況と森林状態との対応関係も定量的に明らかにしたいと考えています。

本研究は、交付金プロジェクト「水流出に及ぼす間伐影響と長期変動の評価手法の開発」による成果です。

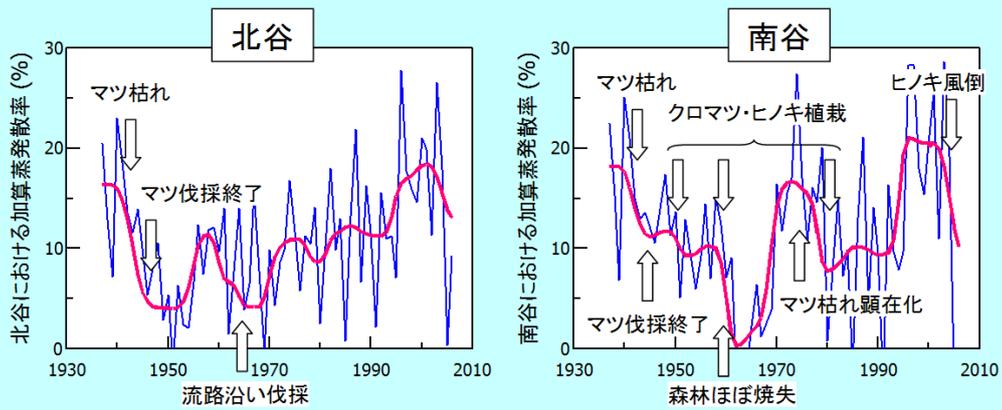
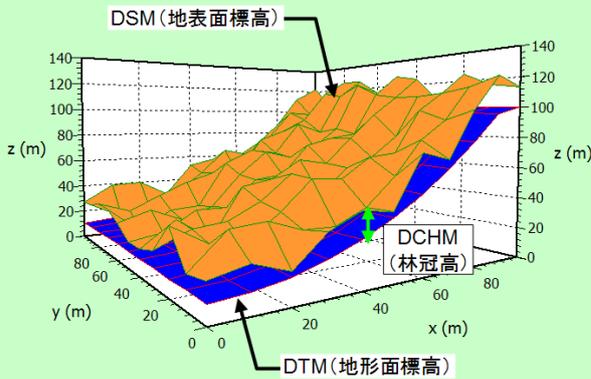


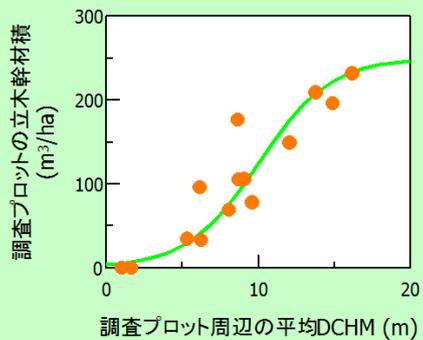
図1 森林影響の定量化

細線は各年値、太線は移動中央値。

加算蒸発散率とは森林流域と草地の年蒸発散量の差の年降水量に対する百分率。



DCHMはDSMとDTMの差。



1998・2005年の実測値と1995・2007年のDCHMに基づく立木幹材積の推定。

図2 森林状態の指標化

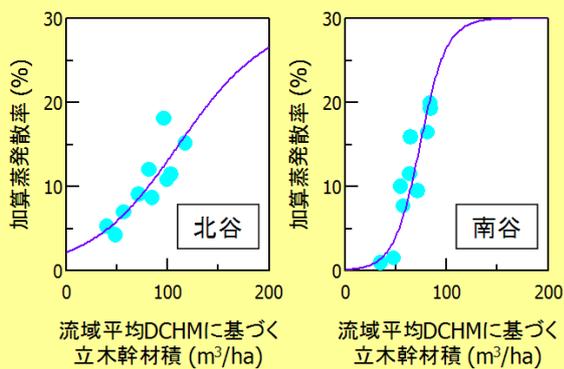


図3 立木幹材積と蒸発散の関係

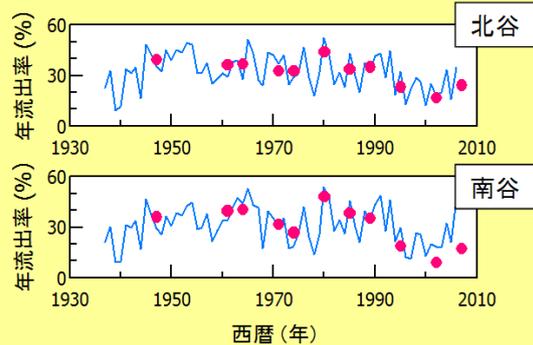


図4 年流出率(流出水量の降水量に対する百分率)の再現  
実線は観測値、●は図3の関係に基づく推定値。

草地蒸発散量の計算に用いた岡山地方気象台の観測値は気象庁ホームページ気象統計情報の公表値、空中写真は米軍撮影(1947年)・国土地理院撮影(1961・1964・1971・1975・1980・1985・1990・1995・2002年)・近畿中国森林管理局撮影(2007年)の画像データ、DTMは国土地理院発行1/25000地形図に基づく北海道地図GISMAP Terrain(平18総使、第294-71号)、立木幹材積の実測値は「後藤ら(2006)森林総研研究報告5:215-225。」をそれぞれ使用しました。

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 森林浴が働く女性の免疫機能を高め、 ストレスホルモンを低下させた

森林管理研究領域 環境計画研究室 香川隆英、高山 範理  
 日本医科大学衛生学公衆衛生学講座 李 卿、川田 智之  
 バイオマス化学研究領域 樹木抽出成分研究室 大平 辰郎  
 千葉大学環境健康フィールド科学センター 宮崎 良文

### 背景と目的

現在日本人は、日常生活の多くの時間を人工環境下で過ごしているため、様々なストレスにさらされています。こうしたストレスが高まってくると、人々の身体をウイルスなどの外敵から守ってくれる免疫系の働きが弱まってしまう、その結果、がんやウイルスに対する抵抗力が低くなったり、風邪にかかりやすい身体になってしまいます。最近になって、森林浴が東京で働く中高年サラリーマンなどのストレスを軽減したり、免疫機能を高める効果があることが分かってきました。しかし、ホルモンの分泌などが男性と異なる女性にも、森林浴の効果があるかは分かりませんでした。そのため、都会で働く女性看護師に2泊3日の森林浴をしてもらい、その医学的効果を解明しました。

### 成 果

#### 森林浴で働く女性の抗がん免疫機能が上がる

森林浴による免疫機能への効果を明らかにするため、東京都内の大学付属病院に勤める女性看護師 13 名に、長野県信濃町にある森林セラピー基地「癒しの森」に滞在し、ブナやミズナラの落葉広葉樹林やスギの人工林などのセラピーロードを、2日間森のガイドと一緒にゆっくり散策してもらいました(写真1、2)。森林浴の翌日の朝8時に採血してNK細胞の活性やNK細胞が放出するパーフォリン、グランニューライシン、グランザイムAとBといった抗がんタンパク質の量などを測りました。NK細胞とは、白血球内のリンパ球の一種であるナチュラル・キラー細胞のことで、がん細胞やウイルスを攻撃して殺傷する役割を持ちます(図1)。一方、女性は男性と異なりプロゲステロンやエストロールの女性ホルモンがNK活性に影響を与えるため、これらの濃度も測りました。また、副腎から分泌されるホルモンで、血圧や心拍数を上昇させるアドレナリンなどの尿中濃度を測定しました。さらに、森林浴の持続効果を調べるために、森林浴から東京に帰って1週間後と1ヵ月後にも同じように免疫機能などを測りました。

その結果、2日間の森林浴で、NK活性が東京にいるときより38%も高まり、1週間後は33%高いまま持続し、1ヶ月後でも10%高く免疫機能が持続しているこ

とが分かりました(図2)。NK細胞内のパーフォリンなどの抗がんタンパク質も、2日間の森林浴で高まり、1週間維持され1ヶ月後もある程度効果が持続することが分かりました。一方、女性ホルモン及びその他の要因によるNK活性への影響は認められませんでした。人がリラックス状態にあると減少するといわれている、尿中のアドレナリン濃度については、森林浴1日目で57%低下し、2日目では68%も低下しました(図3)。森林浴でストレスホルモンが3分の1に減少したのです。

#### 森林浴で健康な身体を作る

森林浴は女性のNK活性や細胞数、抗がんタンパクを上昇させ、この効果は最低1週間、1ヶ月後もある程度は持続することから、がんや風邪などの予防効果が期待されます。そのため、ストレス過多の都市住民に全国の森林地域で森林浴滞在をしていただき、免疫機能を上げ、ストレスホルモンを減少させ健康を維持していくことで、森林の利活用や地域振興・医療費の増大抑制に繋がることが期待されます。

詳しくは、Qing Li et al.,(2008) Journal of Biological Regulations & Homeostatic Agents 22(1):45-55 をご覧下さい。



写真1 長野県信濃町での森林浴の様子



写真2 長野県信濃町の森林浴コースにある滝

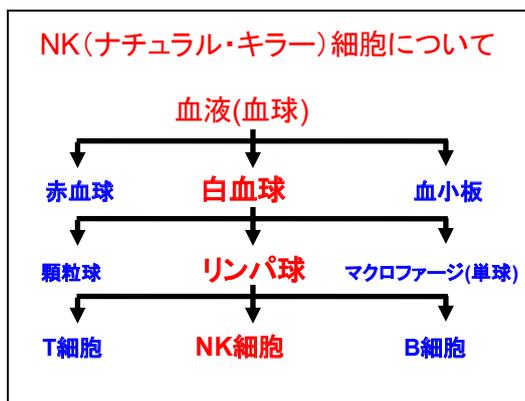


図1 NK細胞は白血球に含まれるリンパ球の一種

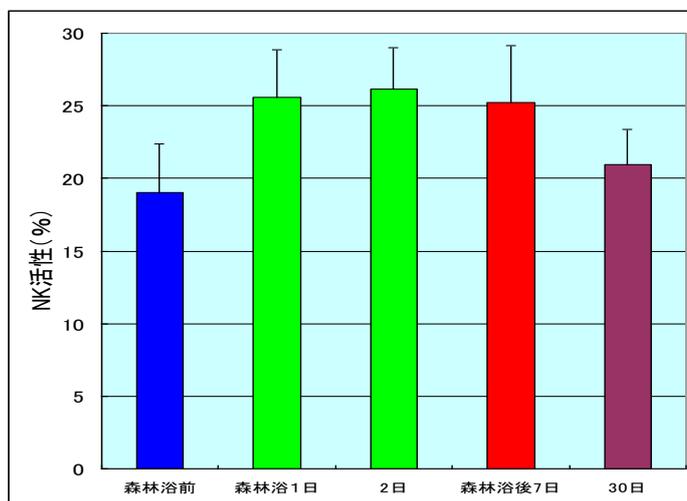


図2 森林浴が女性のNK活性を上昇させ、効果が持続する

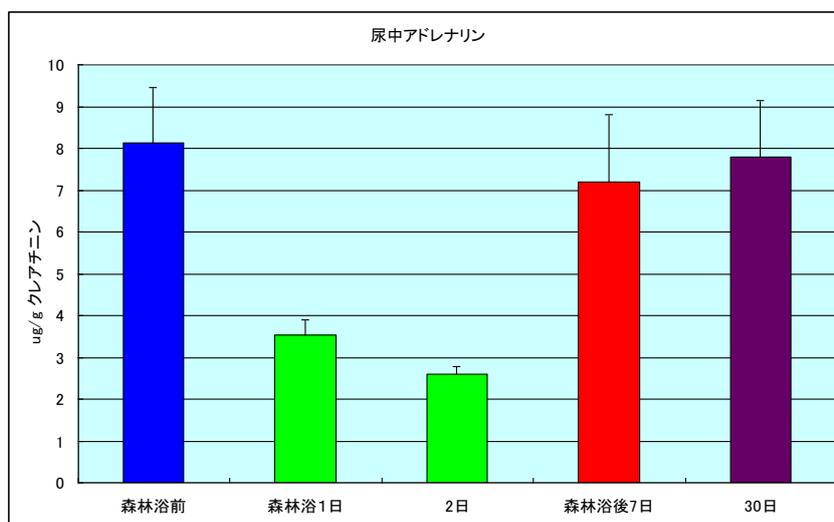


図3 森林浴が女性のストレスホルモンを減少させる

## 里山資源の積極的利用で、健康な次世代里山を再生する

関西支所 地域研究監	黒田 慶子
森林生態研究グループ	大住 克博
森林資源管理研究グループ	奥 敬一
生物被害研究グループ	衣浦 晴生、高畑 義啓
多摩森林科学園 生態管理情報担当チーム長	伊東 宏樹
森林昆虫研究領域 昆虫生態研究室長	松本 和馬

### 背景と目的

自然に関わりのある文化を見直したり、温暖化防止などの環境保全機能への期待から、里山林（雑木林、二次林）の保全活動が活発になっています。しかし、里山林の機能を十分に引き出すための具体的方策は、科学的に追求されてきませんでした。そのため、環境を守りたいという活動者の動機が必ずしも森林の保全に結びついていません。また最近では、ナラ類の集団枯死（伝染病、ナラ枯れとも呼ぶ）の被害地が毎年拡大しており、里山の変容と不健康化が顕在化してきました。本研究では、自然科学および社会科学的観点から里山の現状の解析を行い、里山林を健康に持続させる整備手法について、行政機関や保全活動者に提案することを目指しました。

### 成 果

#### 里山は放置してはいけない

ナラ枯れ（写真1）の病原菌を運ぶ甲虫（カシノナガキクイムシ）は、大径木で繁殖効率が良くなります。元来、多くの里山は15～30年程度の周期で伐採され、薪炭や緑肥に利用されてきましたが、1950年代からの燃料革命でその利用が無くなり（図1）、大径木が増えたことが1990年代以降のナラ枯れ増加につながったと考えられます。「伐らなければ、森林はあるべき姿に遷移していき、その結果、自然に維持されていく」と考えられがちですが、実はそうではありません（写真2）。長期にわたって人手が加えられてきた里山林を維持するには、将来を見据えた管理が必要です。

#### 里山林の現状

ナラ枯れの進んだ林では、次世代の樹木は低木～亜高木種が多くなり、高木種が育ちにくいことがわかりました（図2）。また、コナラは樹齢が高くなると萌芽（切株からの芽生え）能力が落ち、次世代が育たなくなります（図3）。旧薪炭林はナラ枯れが起こる前に積極的に資源として利用し、若い林に戻すことが健康回復につながります。

近年の里山整備では、樹木を抜き切りして本数を減らし、下生えを刈る公園型整備が主流ですが、これは薪炭林としては高齢のナラ類を残すため、ナラ枯れの危険性が高くなります。また、この方法では生物の多様性が適切に維持されないことがわかりました。薪炭林として、定期的に伐採している場所では、様々な樹齢の林がモザ

イク状にあるため、生物多様性が豊かだったのです。

#### 現代版里山整備

日本の森林面積の約3割を占める里山林を公共事業的に整備するのは困難です。その一方で、住民を主体とする保全活動では、地域が保全に関わる必然性が明確でなく、伐採木を放置して資源を無駄にしている例も目立ちます。里山林を長期的に維持するには、住民が森林資源を利用する動機づけになるような、現代的価値の付加が重要と考えています。例えば、木質資源を薪・ペレットストーブなどに利用し、それを新しいライフスタイルとして楽しみつつ、里山の資源循環を行うことです。行政や所有者を含む地域コミュニティで森林再生を見守るといふ、社会のシステムを創出していく必要があります。

#### 小冊子「里山に入る前に考えること」

地方自治体や里山整備に関わる人々を対象として、「現代版里山管理」の必要性と手法、木質資源の活用について解説した小冊子を作成しました（[http://www.fsm.affrc.go.jp/Nenpou/other/satoyama3\\_200906.pdf](http://www.fsm.affrc.go.jp/Nenpou/other/satoyama3_200906.pdf)）。整備方針は、それぞれの地域特性に合わせて決める必要がありますが、その指針となることからをまとめています。

本研究は、交付金プロジェクト「人と自然のふれあい機能向上を目的とした里山の保全・利活用技術の開発」による成果です。



写真1 ナラ枯れ（ナラ類の集団枯死）  
赤く見える部分（矢印）は当年に枯死した  
ミズナラ。  
滋賀県大津市、2008年8月12日撮影。



写真2 林床にアズマネザサや低木が繁茂して次世  
代の更新が阻害され、遷移が進まないと予  
想される放置里山林、東京都八王子市。

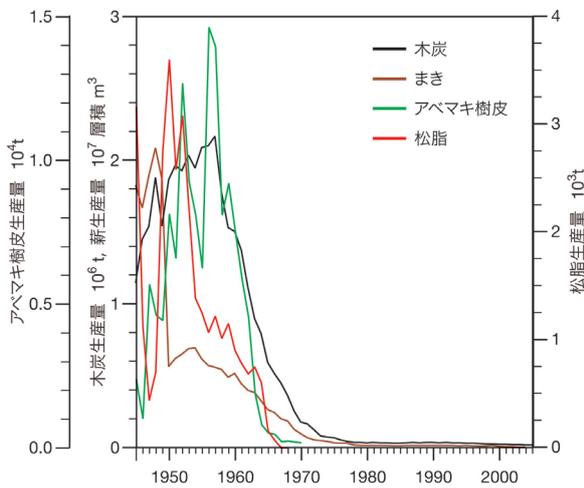


図1 薪炭その他の林産物生産量の年次変化  
出典：「日本の長期統計系列 第7章 農林水産業」（総務省統計局）、「農林省累年統計表」（農水省）「林業統計要覧」「森林・林業統計要覧」「特用林産基礎資料」（林野庁）等

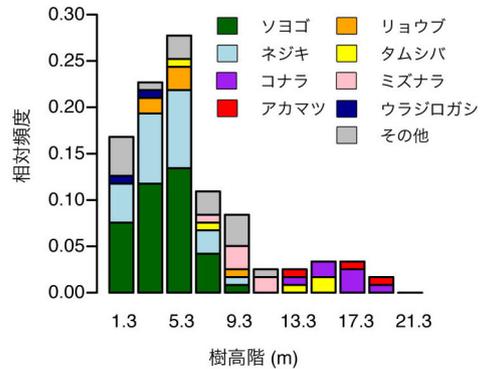


図2 滋賀県高島市朽木のナラ類集団枯損  
被害林分に見られる樹種。低木～亜高木が  
多数を占める

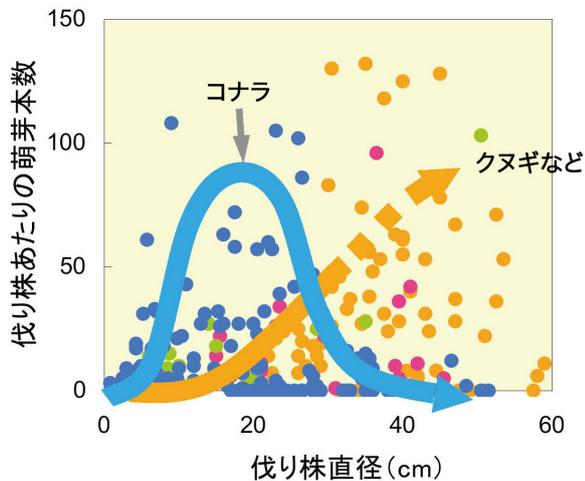


図3 伐り株の直径と萌芽能力  
●コナラ ●ナラガシワ ●クヌギ ●アベマキ

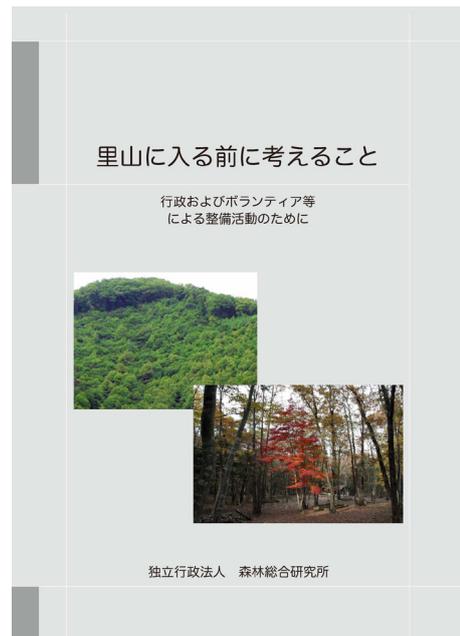


写真3 里山施業指針のマニュアル  
地方自治体、NPO 等の里山保全活動者を  
対象に作成

## 世界初の実大木橋の破壊実験 —壊してわかった既存木橋の残存強度—

構造利用研究領域	チーム長（接合性能評価担当）	軽部 正彦
	木質構造・居住環境研究室	青木 謙治
複合材料研究領域	積層接着研究室	新藤 健太
広島県立総合技術研究所	林業技術センター	藤田 和彦、山本 健

### 背景と目的

1980年代に国内各地に数多く架けられた木橋は、30年近くの年月を経て、ところどころに傷みが出てきているものがあります。悪くなった場所を直して、安全に使い続けようとするためには、木橋の残存強度を正しく知ることが大切です。壊さずに残存強度を推し量る技術は、随分と進んできましたが、予想した残存強度が正確かどうか、確かめるチャンスはありませんでした。

今回、実際に現場で使われ架け替えで不要となった木橋を用いて、壊さずに測る非破壊検査と、実際に壊す世界初の実大木橋の破壊実験を比較して、木橋の残存強度を確かめた結果、木橋の安全性を推定できることがわかりました。

### 成 果

広島県下の自然公園内歩道橋として1990年5月に架設された下路式木造単純トラス橋は、木材の腐朽などの傷みから、13年後の2003年12月に解体撤去されました（写真1）。安全性が問題視されたこの橋は、残存強度が十分に判らないままに鉄橋に架け替えられましたが、関係者の協力により全ての部材と接合部品を回収することができました。現役を退いたこの木橋の第1径間（36.3m）を、2007年3月に実験場に再組立して、各種非破壊調査を行いながら継続的に観察してきました。こうしたデータを踏まえて、2008年6月に、破壊するまで土嚢を積載する載荷実験を実施しました。（写真2）

土嚢は、実験場にある土砂（約320kg）を袋に詰め、クレーンで木橋の上に載せていきました（写真3）。26袋（94.4kN）を積載したところで、上流側下弦材が千切れ、木橋が傾きました。さらに載せて行くと、53袋（189.7kN）で下流側上弦材が長手方向から押し潰されて、木橋が着地しました。

最初の破壊位置は、自然公園内にあった2000年に腐朽

が生じていると指摘された箇所、載荷実験直前にも部材の割れが拡大しているようだと注目していた部分でした（写真4）。最終破壊した位置は、部材上面中央に入った乾燥割れがV溝状の腐朽に進展した箇所でした（写真5）。

実験後に部材を切断してみると、破壊した箇所がひどく傷んでいた一方で、同じ期間使ってきたはずなのに全く健全な箇所があることが確認できました。傷んだ部位は含水率が高く、健全な部位は低いことから、腐朽した箇所について耐荷能力のある木材断面が推定可能であることが判りました（写真6）。

これらの結果は、国内各地にある木橋の安全性を確認するための非破壊調査結果を使った残存強度推定技術の精度向上に活用され、ひいては木造住宅など、木材を使った構造物全般の維持保全に活用されます。

本研究は「予算区分：運営費交付金プロジェクト研究、課題名：既存木橋の構造安全性を維持するための残存強度評価技術開発（アイd112）」による成果です。



写真1 解体前の木橋 (2003/11/06 撮影)



写真2 土嚢積載により破壊した木造単純トラス橋



写真3 クレーンで土嚢を載せる



写真4 上流側下弦材の破断 (最初の破壊)



写真5 下流側上弦材の圧壊 (最終破壊)

36%	98%	44%	29%	32%	16%
97%	142%	192%	54%	85%	71%
111%	149%	178%	195%	115%	114%
39%	136%	169%	136%	149%	31%
#DIV /0/	149%	153%	141%	61%	37%
#DIV /0/	168%	84%	25%	44%	
77%	52%	33%	21%	19%	18%
46%	18%	16%	16%	15%	15%



19%	49%	174%	153%	59%	19%
31%	64%	170%	185%	142%	25%
28%	82%	183%	180%	98%	39%
27%	59%	30%	89%	42%	76%
20%	22%	21%	22%	25%	60%
15%	17%	40%	18%	17%	15%
13%	14%	15%	15%	15%	15%
13%	13%	13%	13%	13%	13%



12%	12%	17%	25%	13%	12%
13%	16%	24%	23%	18%	14%
14%	17%	20%	22%	19%	18%
14%	15%	17%	20%	18%	16%
13%	15%	16%	18%	17%	15%
14%	15%	15%	16%	15%	13%
14%	14%	14%	15%	14%	13%
13%	14%	14%	14%	14%	14%



写真6 部材の断面内含水率分布と切断面  
左から最初の破壊箇所、最終破壊箇所、健全部材

参考文献「13年の供用履歴を持つ既存木橋の荷重破壊実験：軽部正彦、林知行、加藤英雄、宮武 敦、新藤健太、青木謙治、藤田和彦：土木学会、第7回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、pp. 129-134, 2008/08」

## 木質材料は「4VOC 基準適合」建材

複合材料研究領域	積層接着研究室	井上 明生、宮本 康太
	木材接着担当チーム長	塔村 真一郎
加工技術研究領域	木材乾燥研究室	石川 敦子
バイオマス化学研究領域	樹木抽出成分研究室長	大平 辰朗

### 背景と目的

建築基準法によるシックハウス対策規制によって、平成 15 年からホルムアルデヒド発散建築材料の使用制限が行われています。その後、ホルムアルデヒド以外の VOC（揮発性有機化合物）についても、安全性に関する表示制度の確立を望む声が多く寄せられてきました。平成 20 年 4 月 1 日に、(財) 建材試験センターが主催する「建材からの VOC 放散速度基準化研究会」において「建材からの VOC 放散速度基準」が制定され、トルエン、キシレン、エチルベンゼン及びスチレン（以下 4VOC）の放散速度基準値が示されました。そこで、木質建材に関する VOC 放散データを解析し、「4VOC 基準」に対する適合性について検討を行い、同基準に適合するとの結果を得ました。

### 成 果

4VOC 基準への適合性を判定するには、木材自体と木質材料に用いられる接着剤について調べる必要があります。

#### 木材（無垢材）の 4VOC 基準適合性

木材（無垢材）については、標準法である小形チャンバー法（JIS A 1901）による測定において 4VOC がほとんど検出されないこと、また、木材成分の生合成経路から判断して 4VOC が生成される可能性がないことなどから建材からの 4VOC 基準（表 1）に適合するものと判断されました。

#### 木材用接着剤の 4VOC 基準適合性

主な木質材料用接着剤（ユリア樹脂、メラミン・ユリア共縮合樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、レゾルシノール樹脂及び水性高分子ーイソシネート系樹脂接着剤）からは 4VOC の放散はほとんど認められず、これらの接着剤は 4VOC 基準に適合するものと判断されました。

#### 木質建材の 4VOC 基準適合性

7 品目 95 体の木質建材（合板：14 体、集成材：14 体、

フローリング：20 体、パーティクルボード：40 体、ミディアムデンシティファイバーボード（MDF）：5 体、インシュレーションボード：1 体、ハードボード：1 体）について、4VOC 放散基準に対する適合性を解析したところ、これらの木質建材は 4VOC 基準に適合するものと判断されました。

これらの成果は、「木質建材からの VOC 証明・表示研究会」報告書（(財) 日本住宅・木材技術センター）として取りまとめられました。この報告書は、(社) 日本建材・住宅設備産業協会が平成 20 年 10 月 1 日より開始した「化粧板等の VOC 放散に関する自主表示（トルエン・キシレン・エチルベンゼン・スチレン）制度」（業界団体による自主制度）の根拠として活用されています。同制度において、上記の木質建材は「4VOC が基準値以下であることが確認されている資材」として認められることとなりました（表 2）。

詳しくは：化粧板等の VOC 放散に関する自主表示制度 web ページ [http://www.kensankyo.org/kensan/kanky/4voc/4voc\\_top.htm](http://www.kensankyo.org/kensan/kanky/4voc/4voc_top.htm) をご覧ください。

表1 4VOCの放散速度基準値 ((財) 建材試験センター)

対象VOC	トルエン	キシレン	エチルベンゼン	スチレン
略記号	T	X	E	S
放散速度基準値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ )	38	120	550	32

表2 4VOCが基準値以下であることが確認されている資材 ((社) 日本建材・住宅設備産業協会)

材料名称	写真	要件	備考
合板		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、水性高分子・イソシアネート系接着剤を用いた合板については国内産に限る。	「木質建材からのVOC証明・表示研究会」報告書(平成20年8月1日(財)日本住宅・木材技術センター)による
集成材		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、水性高分子・イソシアネート系接着剤を用いた集成材については、その接着剤が日本接着剤工業会の4VOC基準適合製品又は放散速度基準値以下であることを証明した製品であること。	
単板積層材(LVL)		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、水性高分子・イソシアネート系接着剤を用いた単板積層材については国内産に限る。	
フローリング		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、水性高分子・イソシアネート系接着剤を用いたフローリングについては、その接着剤が日本接着剤工業会の4VOC基準適合製品又は放散速度基準値以下であることを証明した製品であること。なお、いずれの製品であっても塗装等の処理を全く行っていない製品に限る。	
パーティクルボード		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、イソシアネート系接着剤を用いたパーティクルボードについては、その接着剤が日本接着剤工業会の4VOC基準適合製品又は放散速度基準値以下であることを証明した製品であること。	
MDF		ユリア樹脂接着剤、メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤、メラミン樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、及びレゾルシノール樹脂接着剤またはこれらを共縮合または混合した接着剤を用いた製品。但し、イソシアネート系接着剤を用いたMDFについては、その接着剤が日本接着剤工業会の4VOC基準適合製品又は放散速度基準値以下であることを証明した製品であること。	
インシュレーションボード		(接着剤を使わないため要件はなし)	
ハードボード		(接着剤を使わないため要件はなし)	

## 大面積皆伐の対策はどうあるべきか？

九州支所 森林資源管理研究グループ 鹿又 秀聡  
 森林生態系研究グループ 野宮 治人  
 山地防災研究グループ 宮縁 育夫

### 背景と目的

森林所有者の林業に対する関心は、木材価格の低迷・林業採算性の悪化により、低下しつつあります。一方、国産材価格の下落、人工林資源の成熟化を背景に、大規模な国産材加工施設を持った製材工場が増えています。この結果、南九州では木材の搬出コストを抑えるために、大型機械を使用して一度に広い面積の森林を伐採するケースが増えています。また、伐採後の植林には多額の費用がかかるため、植林を行わない事例（皆伐未植栽地）が多く見られます。皆伐未植栽地は、持続可能な林業経営や資源の再生を止めるだけでなく、森林の多面的機能が低下する恐れもあります。そのため公的関与を含めた伐採跡地の整備及び伐採に対する規制が緊急の検討課題となっています。そこで、私たちは大面積皆伐対策のあり方について研究を行いました。

### 成 果

#### 大面積皆伐と土砂流出の関係

森林の公益的機能には、土砂流出防止機能があります。そのため、「大規模な皆伐は大規模な土砂災害を起こすのでは？」という不安を周辺に住む住民が持ったとしても不思議ではありません。そこで、球磨川流域を中心に、大規模伐採と土砂流の関係について調査を行いました。その結果、現時点では、大規模伐採が原因による大規模な崩壊は認められませんでした。伐採面積の規模ではなく、粗雑な計画で作られた高密度な作業路が原因による土砂流出が多く見られました。こうした場所では小規模な土砂流出が長期に渡って続くこともあります。

#### 再び森林に戻るのか？

植林を放棄された伐採地はどうなるのでしょうか？シイ・カシ類を中心とした自然に近い森林へ速やかに再生することを期待しますが、現実にはなかなかうまくいきません。皆伐後の森林再生には前生稚樹の存在が重要です。しかし、シカが高密度に生息する地域では、シイ・カシ類の実生更新は期待できないことが分かりました。また、南九州において標高が 700m を超える地域では皆伐後にススキ型植生になる可能性が高いことも分かりました（図 2）。自然植生を利用した植生回復を期待するならば、主伐時に前生稚樹を損なわない工夫が必要であるとともに、人工林内に前生稚樹を蓄積するような森林管理を行う必要があること、場所によっては、シカ対策を十分に施さない限り、森林への回復が困難であるこ

とが、明らかとなりました。

#### 対策方法は？

大面積皆伐の後の再造林放棄や伐採地での災害発生等に対して、自然科学的な側面からの分析に加えて、林業経営を巡る社会経済的状况を制度面から分析して総合的に対策を講じる必要があります。例えば、熊本県では、植林が放棄された更新困難地の一部に森林環境税を投入して、土砂流出対策の工事や広葉樹植林を行っています（図 3）。大規模な皆伐が行われる前に、行政が作業道の開設計画や伐採後の更新計画に問題がないかチェックし、適切な対応を行う仕組みがあれば、こうした税の負担を少なくできると考えられます。しかし、熊本県の球磨川流域にある 10ha 以上の皆伐未植栽地を調査したところ、約 8割が法律で定められている伐採の届出をしていませんでした。今後、森林所有者に届出を出すことを周知徹底するとともに、公益的機能が高く、伐採後更新が困難な森林に対しては、森林環境税による林地購入も検討すべきと思われます。森林所有者が植林を行わない要因は、木材価格が低迷していることはもちろんですが、植林にかかるコストが高額であることも挙げられます。今後、低コストで森を作る技術の開発を進めていくことも重要な課題となるでしょう。

本研究は、交付金プロジェクト「大面積皆伐対策についてのガイドラインの策定」による成果です。



図1 皆伐後5年が経過した大規模皆伐地の状況  
(赤く囲った場所では現在でも作業道の崩壊が見られる)

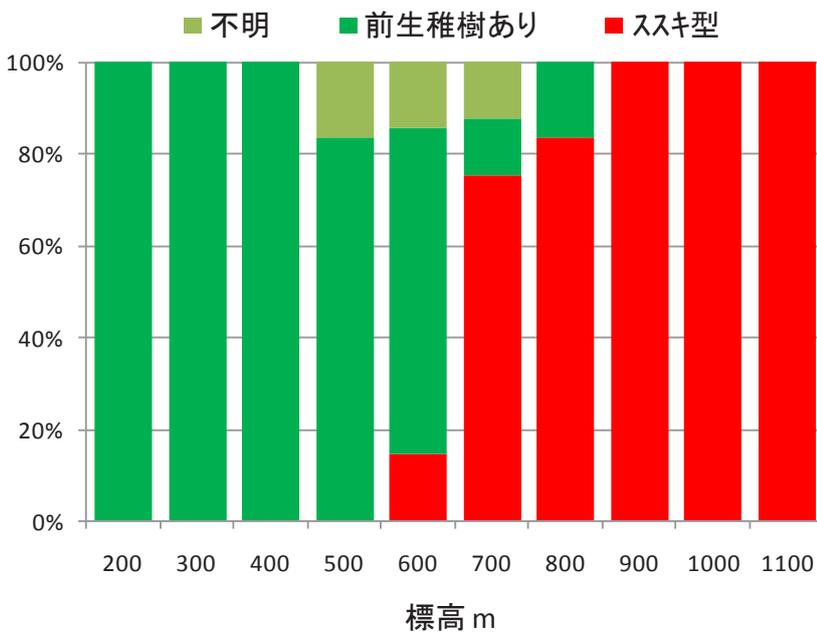


図2 標高クラス別に抽出した皆伐地の抽出地点数と植生タイプ比率



図3 森林環境税による土砂流出対策工事(上)と広葉樹植林(下)

## スギ花粉はどこから飛んでくるのか？ ～首都圏に影響を及ぼすスギ花粉発生源の特定手法を開発～

森林植生研究領域 群落動態研究室 金指 達郎  
生物工学研究領域 領域長 篠原 健司

### 背景と目的

スギ花粉症対策の一環として、スギ林における花粉生産量の削減が強く求められています。しかし、約 450 万 ha にも及ぶ広大なスギ林に対し、発生源対策を実施することは非常に困難です。特定の人口集中地域、例えば首都圏に飛来する花粉がどこから飛んでくるのかを明らかにできれば、効率的な対策が実施でき、その効果も早く発揮できることとなります。そこで、森林総合研究所では「スギ花粉飛散予報モデル」を改良し、首都圏に飛来する花粉の発生源を特定する手法を開発しました。

### 成 果

#### 首都圏に飛来する花粉の発生源推定手法

主要な発生源の推定には、文部科学省プロジェクト「スギ花粉症克服に向けた総合研究」（H9～H14 年度）で作成された「スギ花粉飛散予報モデル」を改良して用いました。このモデルは、任意の地点における花粉濃度を時間単位で予測するために開発されたものです。各地の発生源から雄花量や開花のすすみ具合に応じた量の模擬花粉（スギ花粉に見立てた粒子）をモデル内で放出させ、その飛散動態を気象データなどから計算します。そのため、模擬花粉に発生源の座標を与えておくことで、特定の地点に到達した模擬花粉を発生源ごとに集計することが可能になります。

ただし、特定の地点に多量の花粉が飛来したとしても、そこに人が住んでいなければ花粉症対策上は特に問題は生じません。そのため、人口密度を考慮することで、「地域内に居住する人々が浴びる花粉が主にどこから飛んできたのか」を推定することにしました。

#### 首都圏を対象とした事例

本州中部で 26 年生以上のスギ林の分布を調べると、スギ林が特に多い地域は、茨城、福島、栃木の県境付近、栃木県西部、埼玉県西部、東京都西部、静岡県西部など

であることがわかります（図 1）。

人口集中地域の事例として、首都圏（東京駅を中心とした東西約 50km、南北約 40km、図中の青線）に居住する人々が浴びる花粉がおもにどこから飛来したかを、2008 年の花粉飛散最盛期を対象に推定しました（図 2）。その結果、スギ林の多い埼玉県や東京都西部の影響が高いことがわかりました。また、これらの地域に比べるとスギ林がやや少ない神奈川県西部や房総半島中北部からの影響も高いことがわかりました。これらの地域に、伐採や植え替えなどの花粉発生源対策を優先することで、対策の効果を早めることができます。

ただし、この推定結果は年によって異なる可能性があります。各発生源の影響の強さは、風向など気象条件や各地での雄花生産量によって大きく影響されるからです。そのため、花粉発生源対策を優先させる地域の選定にあたっては、数年間の結果を集計して決定する必要があります。

本研究の一部は、農林水産政策を推進する実用技術開発事業「スギ雄花形成の機構解明と抑制技術の高度化に関する研究」による成果です。また、（財）気象業務支援センターとの共同研究によるものです。

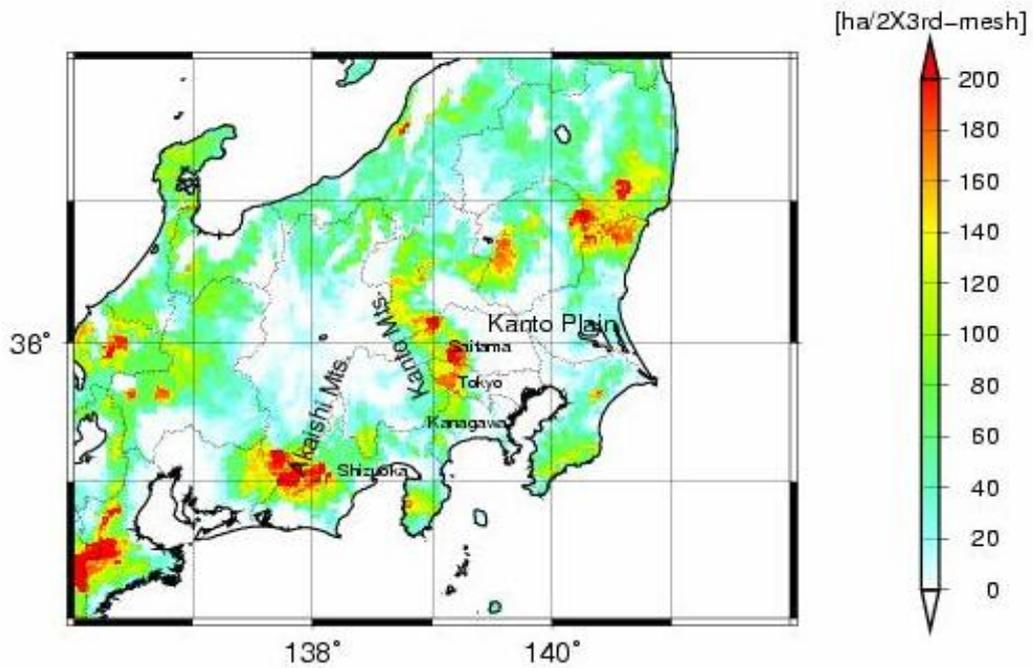


図1 本州中部域におけるスギ花粉発生源（26年生以上のスギ林）の分布  
赤や黄色がスギ林の多い地域。

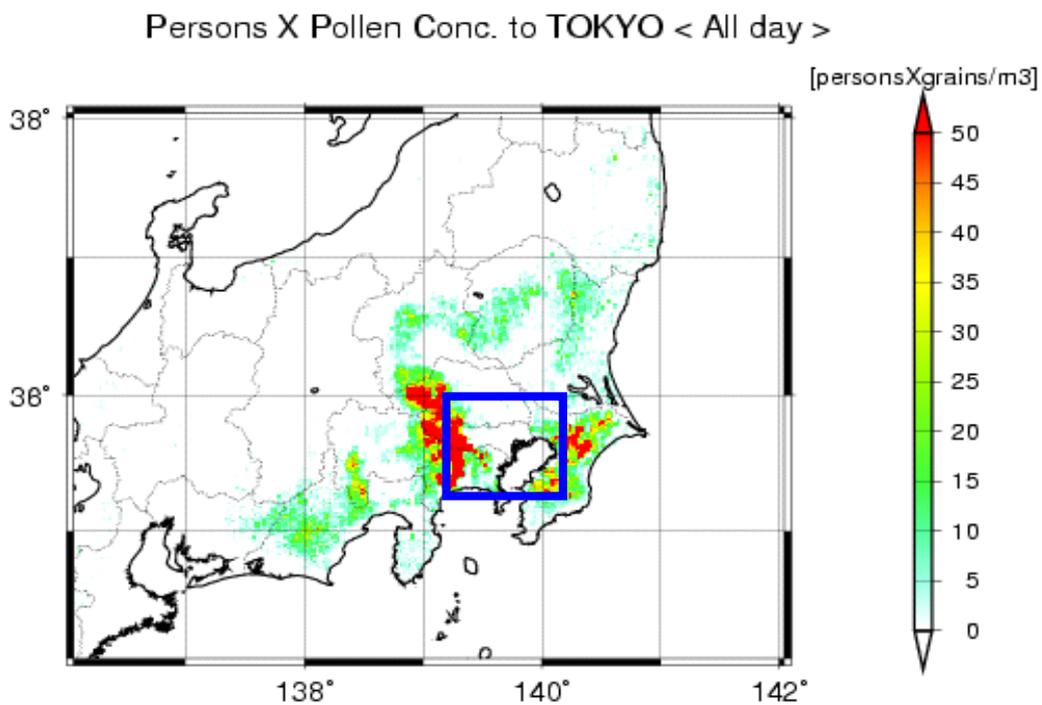


図2 首都圏に居住する人々が浴びる花粉の主要な発生源地域の分布  
赤や黄色の地域が首都圏（青線で囲んだ部分）へ強い影響を及ぼす  
発生源（2008年の花粉飛散最盛期の結果）。

## 木製のガードレールや遮音壁のための耐久設計・維持管理指針案

木材改質研究領域	木口 実、原田 寿郎、大村 和香子、西村 健、松永 浩史、片岡 厚、桃原 郁夫
構造利用研究領域	長尾 博文、加藤 英雄、井道 裕史、原田 真樹、末吉 修三、森川 岳、青井 秀樹、青木 謙治、宇京 齊一郎、杉本 健一、軽部 正彦
木材特性研究領域	久保島 吉貴
複合材料研究領域	渋沢 龍也
研究コーディネータ	神谷 文夫
宮崎県木材利用技術センター	有馬 孝禮、飯村 豊、上杉 基
長野県林業総合センター	柴田 直明、吉野 安里
群馬県林業試験場	小黒 正次、町田 初男
和光コンクリート工業(株)	金丸 和生、張 日紅

### 背景と目的

平成 10 年に防護柵設置基準が改正され、それまで不可能であった木製防護柵の設置が可能となり、現在では林道などを中心に全国で延べ 50km を超える道路に設置されています(写真 1)。木製遮音壁についても、高速道路や幹線道路などで試行的に設置され、各高速道路会社や都道府県などで受け入れ態勢が進んでいます(写真 2)。このような木製道路施設は、安全性や遮音性はもとより、景観にマッチしたアメニティ効果や環境負荷低減といった新しい特徴を持つことから、国産材の需要拡大や間伐材利用対策等において今後非常に大きな需要が期待されています。しかしながら、木製道路施設はシロアリや腐朽菌による生物劣化や美観保持などが問題となっており、木製道路施設の維持管理基準の策定が強く求められています。

### 成 果

以下の研究成果を用いて木製道路施設の維持管理基準を策定しました。

①木製防護柵の目視判定による劣化度と破壊荷重との関係を解明した結果、劣化度 1～2 程度では実車衝突性能確認試験でも十分な衝突抵抗性能をもっていました(写真 3、図 1)。

②木製防護柵の非破壊劣化度判定手法として、目視評価の他ピン打ち込み深さ、超音波あるいは応力波伝播速度、固有振動数を検討し、劣化状態と強度との関係を明らかにしました。

③設置後 5～8 年を経過した木製遮音壁は、コンクリート製遮音壁と同水準の遮音性能がありました。また、20 年以上経過した木製遮音壁は部材自体に問題はありませんでしたが、隙間の発生により遮音性能の低下がありました。これについては設計の工夫による防止方法を提案しました。

④木製遮音壁上部に笠木を設置することで劣化を大幅に低減できることが明らかになりました。

⑤木製道路施設の耐久性を確保するには薬剤注入による保存処理が不可欠であり、薬剤は木材を適切に乾燥し木材表面の平均含水率を 30%以下まで下げてから注入

することで腐朽しやすい辺材部全面に薬剤が行き渡ることが確認できました(写真 4)。

⑥美観の保持には塗装処理が重要であり(写真 5)、塗装の耐候性は銅系保存薬剤の注入処理との組み合わせによって塗り替え期間が大幅に延長できることが分かりました。

以上の知見と開発した手法を基に、既存の道路施設管理指針等の調査結果を踏まえて、新しい「木製道路施設の耐久設計・維持管理指針案」を策定しました。これによって、木製道路施設の耐久設計と維持管理に対する信頼性が高まり、簡易な日常点検により維持管理が適切に行えるようになります。木製道路施設の開発・設置を検討している都道府県・市町村に本指針案を提供することによって、木製道路施設の使用が一層促進されることが期待されます。

本研究は、農林水産省農林水産技術会議事務局先端技術を活用した農林水産研究高度化事業(農林水産政策を推進する実用技術開発事業)「木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発」による成果です。



写真1 宮崎県に設置されているスギ製木製防護柵



写真2 長野県に設置されているカラマツ製木製遮音壁 (20年経過後の部分と交換された部分(中央部分))



写真3 10年経過した木製防護柵の大型貨物車による実車衝突確認試験 (目視劣化度が1~2程度ならば十分な衝突抵抗性能を維持しています)

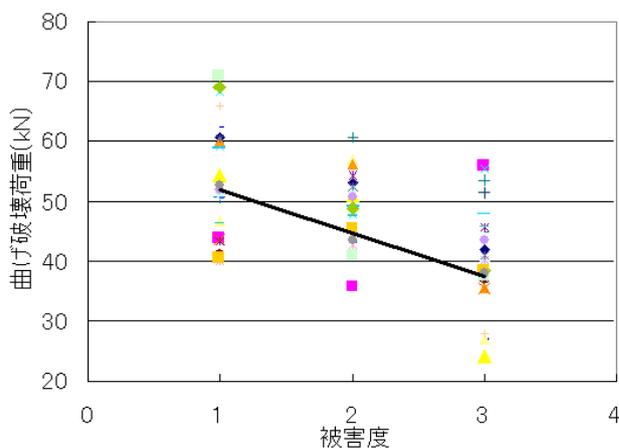


図1 木製防護柵の劣化度 (被害度) と曲げ強度との関係

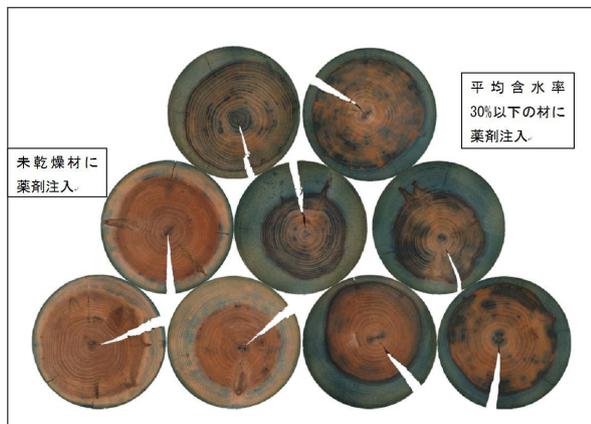


写真4 乾燥状態の違いによる保存薬剤注入性の違い (生材ではほとんど薬剤が注入されていない(左下3本)のに対して、表面の含水率を30%以下にすることで腐朽しやすい辺材部全面に薬剤が注入されています(薬剤部が濃色に発色))



写真5 木材保護塗料による遮音壁の美観維持効果 (屋外暴露4年後) (左半分が5種類の木材保護塗料による塗装処理、右半分は無塗装)

## 木質系廃棄物を利用した軽量な屋上緑化法の開発

複合材料研究領域 複合化研究室

領域長

千葉県農林総合研究センター

大建工業株式会社

高麗 秀昭、小林 正彦、凌 楠

秦野 恭典

柴田 忠裕

鳥羽 享二、中谷 盛仁、澤田 幸伸

### 背景と目的

ヒートアイランド現象の緩和等のために屋上緑化が進められていますが、既存建築物では屋根の荷重制限があり、軽量化が必要です。そこで木質系廃棄物から製造した保水資材とマット植物を組み合わせた軽量な緑化法を開発しました。マット植物とは土壌をあまり使用せず、根をマット状に栽培した植物の総称です。マット植物は土壌が少ないため軽量化できますが、水分を供給する保水資材が必要です。木質系廃棄物を原料としてインシュレーションボードを製造し、これの吸水力を大きく向上させ、軽量な保水資材としました。マット植物の下に保水資材を敷き詰め、雨水などを貯水し、そこから水を供給するようにした軽量な屋上緑化法を実現しました。

### 成 果

#### 保水資材の開発

屋上緑化の鍵となる保水資材はインシュレーションボードをもとに開発しましたが、保水力はインシュレーションボードの製造時に界面活性剤を添加することにより大きく向上させることができました。図1の吸水時間と吸水量の関係から明らかなように、界面活性剤の添加により吸水量を大きく向上させました。また界面活性剤の添加量は微量であり、添加方法も簡単なので、価格が大きく上昇しませんでした。さらに界面活性剤が植物の生長を阻害することはありませんでした。インシュレーションボードそのものの価格は安いので、開発した保水資材は他の緑化用の保水資材と比べて大幅に安くできました。インシュレーションボードは木質系廃棄物を原料に製造できるため木材のリサイクルにおいて重要です。一般的には建築材料などに用いられてきましたが、保水資材として利用することにより新たな需要が期待できます。

#### 軽量な屋上緑化法の開発

写真1に開発した保水資材、写真2にツルマサキをマット植物として栽培したもの、写真3にマット植物として栽培したツルマサキのマット状の根を示します。これらを組み合わせて緑化システムを作り、軽量な屋上緑化

法を開発しました(図2)。水が上方からマット植物に給水されるとマット植物が吸水します。マット植物が吸水しきれない水を保水資材が吸水し、その後、保水資材からマット植物に水が供給されます。この緑化システムにより大幅に軽量化がなされました。緑化に芝生を使用した場合、一般的に約140~180kg/m<sup>2</sup>の荷重が屋根にかかりますが、本緑化法では約50kg/m<sup>2</sup>以下になります。

写真4にタイムをマット植物として栽培した時に灌水間隔がマット植物の生長へあたえる影響を示します。保水資材がないと3日に1回の灌水ではマット植物は枯れましたが、保水資材を利用することによりマット植物の生長も良好でした。図3に夏季の1日の屋根温度の変化を示します。軽量な緑化法であるにも拘わらず屋根温度が低いことも確認できました。

本研究で開発した軽量な屋上緑化方法は千葉県農林総合研究センター、大建工業株式会社と共同で特許出願中です。本研究は農林水産省の「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」による成果です。詳しくは「高麗秀昭、小林正彦、凌楠、秦野恭典、柴田忠裕、鳥羽享二、中谷盛仁、澤田幸伸(2009)木材工業64(4):166-171」をご覧ください。

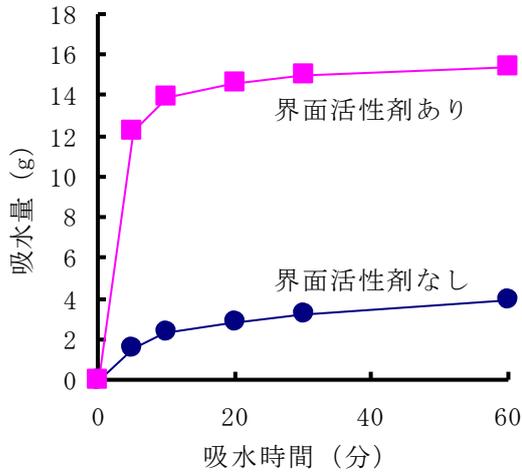


図1 吸水時間と保水量の関係



図2 緑化システム



写真1 保水資材



写真2 ツルマサキをマット植物として栽培したもの



写真3 マット植物として栽培したツルマサキのマット状の根

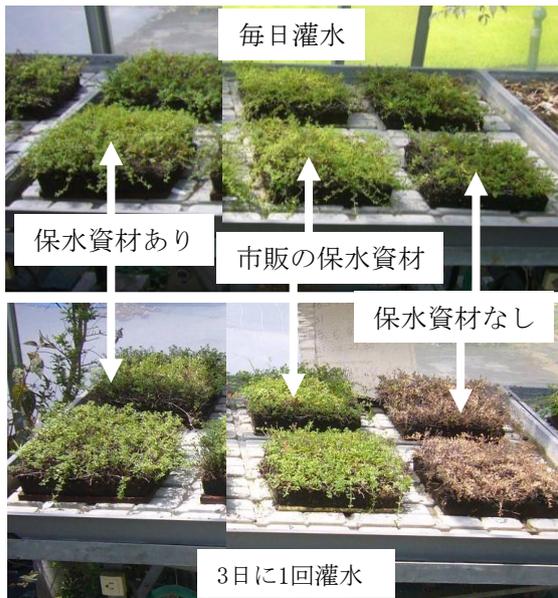


写真4 タイムをマット植物として栽培した時に灌水間隔がマット植物の生長へあたえる影響

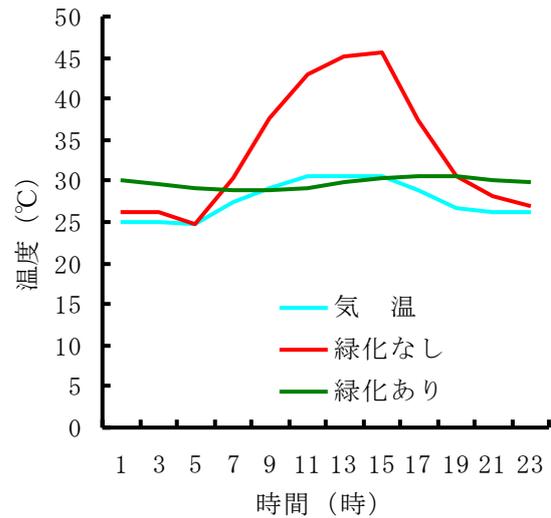


図3 夏季の一日の屋根温度の変化

## ポプラの環境ストレス応答性遺伝子の網羅的発現解析

生物工学研究領域 ストレス応答研究室 楠城 時彦、西口 満  
領域長 篠原 健司

### 背景と目的

樹木の環境ストレス応答機構や耐性機構の解明は、持続的な環境保全を考える上で大変重要な課題です。本研究では、乾燥、高塩濃度や低温等の環境ストレスに対する樹木の分子応答機構を解析するために、DNA マイクロアレイによるポプラ遺伝子の網羅的発現解析を行いました。DNA マイクロアレイを使うと、数万種から数十万種におよぶ遺伝子の発現を一回の実験で解析することができます。本研究では、ポプラの DNA マイクロアレイを使って、環境ストレスを加えた時に発現が変動する遺伝子を 2 千種類以上同定しました。それらの遺伝子群には、高環境ストレス耐性組換え樹木の作出への応用が期待される有用遺伝子候補が多数含まれていました。

### 成 果

#### DNA マイクロアレイによる遺伝子発現\*の網羅的解析

DNA マイクロアレイは、ガラスやプラスチックなどの基板の上に多数の DNA 断片や合成オリゴヌクレオチドを貼り付けた実験器具で、DNA チップとも呼ばれます。DNA マイクロアレイを使うと、数万種から数十万種におよぶ遺伝子の発現を一回の実験で解析することができます。本研究では、ポプラゲノム上にある遺伝子のほとんどすべてを搭載した DNA マイクロアレイを用いました。

ポプラ（セイヨウハコヤナギ、*Populus nigra* var. *italica*）の葉に、乾燥、高塩濃度、低温やアブシジン酸（ABA）のストレス処理（0、2、10 時間）を加えました。ストレス処理前と処理後の本葉から抽出した RNA を DNA マイクロアレイと反応させることにより、ストレスに応答して発現が変化する遺伝子を解析しました。

#### ポプラのストレス応答性遺伝子の特定

乾燥、高塩濃度、低温及びアブシジン酸いずれかの処理によって、発現が有意に変動する遺伝子を 2,214 種同定しました。それらのうち、ストレスにより発現レベルが上昇するものが 1,382 種、発現レベルが下降する

ものが 843 種でした（図 1）。また、同一のストレス処理でも処理時間（2、10 時間）により発現変動の上昇と下降が逆転するものが 11 種ありました。特に、ストレスによって発現レベルが上昇する、つまりストレス時に積極的にタンパク質を合成する遺伝子の中には、オリゴ糖やアミノ酸の合成酵素遺伝子、転写因子やプロテインキナーゼなどストレスシグナルの伝達に関わる遺伝子などが含まれていました（表 1）。これらの遺伝子は、いずれも樹木の環境ストレス応答に深く関わっている可能性があります。

本研究で得られた成果は、樹木の環境ストレス応答機構解明の足がかりとなるだけでなく、樹木独自のストレス誘導性プロモーターの開発、環境ストレス耐性遺伝子組換え樹木の開発、さらに耐性品種の DNA 選抜マーカーの開発にも役立ちます。

本研究は、森林総合研究所交付金プロジェクト「ポプラ等樹木の完全長 cDNA 塩基配列情報の充実」により、（独）理化学研究所植物科学研究センターとの共同研究として推進しました。

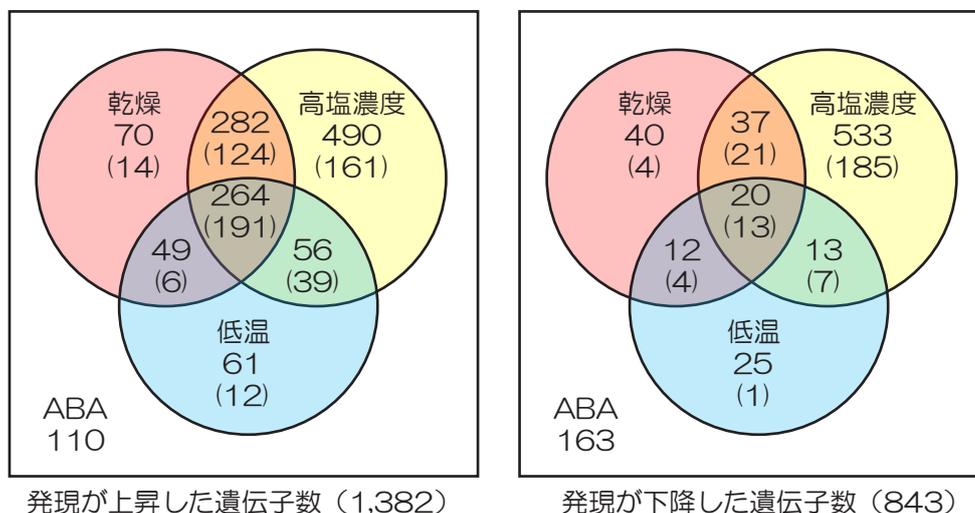


図1 ストレス処理により発現が変動したポプラの遺伝子数

乾燥、高塩濃度、低温、アブシジン酸（ABA）の各処理により発現が変動した遺伝子数。左がストレス処理により発現が上昇した遺伝子グループ、右がストレス処理により発現が下降した遺伝子グループ。括弧内は各処理区のうち ABA 処理による発現変動が見られたもの（内数）を示します。

表1 ストレス処理により発現が上昇したポプラ遺伝子から推定したタンパク質の機能

タンパク質の機能	ストレス処理
オリゴ糖合成酵素	乾燥、高塩濃度、低温、アブシジン酸（ABA）
チトクローム P450	乾燥、高塩濃度、低温、アブシジン酸（ABA）
プロテインキナーゼ	乾燥、高塩濃度、低温、アブシジン酸（ABA）
転写因子（DNA 結合タンパク質）	乾燥、高塩濃度、低温、アブシジン酸（ABA）
水輸送タンパク質	乾燥、高塩濃度
アブシジン酸合成酵素	乾燥
脂肪酸不飽和化酵素	低温
イオン輸送タンパク質	高塩濃度
アミノ酸（プロリン）合成酵素	高塩濃度

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 放射線は樹木にどのような影響を及ぼすのか？

生物工学研究領域 ストレス応答研究室  
樹木分子生物研究室

西口 満、楠城 時彦  
吉田 和正

### 背景と目的

放射線は、原子力発電や医療、育種の分野だけでなく、私たちの身の周りの様々な工業製品を作るために使われています。しかし、取り扱いを誤れば、放射線は人間や他の生物にとって危険なものになります。放射線を安全に利用していくためには、人間だけでなく様々な生物への放射線の影響を調べることが必要です。そこで、樹木への放射線の影響を明らかにすることを目的として、ポプラに放射線を照射した後に生じる様々な異常について調べました。また、放射線の照射によって働く DNA 修復酵素遺伝子の発現特性を明らかにしました。

### 成 果

#### 放射線により生じる様々な異常

ポプラの苗木にガンマ線（放射線の一種）を照射した後、普通の環境に戻して生育させると、照射後 4 週目頃から異常な葉の形や色のものが観察できます（図 1）。また、照射したガンマ線量が少ない場合には、ポプラの成長量は非照射のものに比べて変化しませんが、ガンマ線量が多くなると、成長が遅くなったり、成長が止まったり、あるいは枯れてしまいました（図 2）。さらに、ガンマ線照射によって、ポプラの DNA が切断され短くなることも明らかにしました（図 3）。DNA は遺伝子の本体であり、長い糸状の構造を持っています。この DNA が破壊されることによって、葉の形や色、成長に異常を引き起こすと推測できます。

#### 放射線から樹木を防御する仕組み

ポプラが枯れる致死放射線量は 150 ～ 200 グレイ（放射線量の単位で、物質に吸収される放射線のエネルギー量を表す。）と推定されました。樹木の中でも放射線に弱いとされるマツの致死線量は 5 ～ 39 グレイという報告があります。一方で、人間が死に至る致死線量は 4 ～ 7 グレイなので、樹木は比較的放射線に強いと考えら

れます。それでは、樹木は放射線に対してどのような防御手段を持っているのでしょうか？ それを探るため、DNA 修復酵素遺伝子に着目しました。DNA 修復酵素遺伝子とは、放射線などによって傷ついた DNA を修復する酵素の遺伝子であり、その働きによって切断された DNA が再びつながります。そこで、ポプラから DNA 修復酵素遺伝子を単離し、それらの発現特性について調べました。その結果、ガンマ線を照射したポプラでは DNA 修復酵素遺伝子の発現が増加している、すなわち DNA 修復酵素の働きが活発になっていることが明らかになりました（図 4）。DNA 修復酵素遺伝子の放射線ストレスに対する応答性は、放射線から樹木を守る仕組みの一つと考えられます。このように、放射線によるストレスに対する樹木の防御機構を解明することは、新機能を備えた遺伝子組換え樹木の開発につながります。

本研究は、文部科学省原子力試験研究費「放射線による樹木の DNA 損傷と修復機構に関する研究」による成果です。

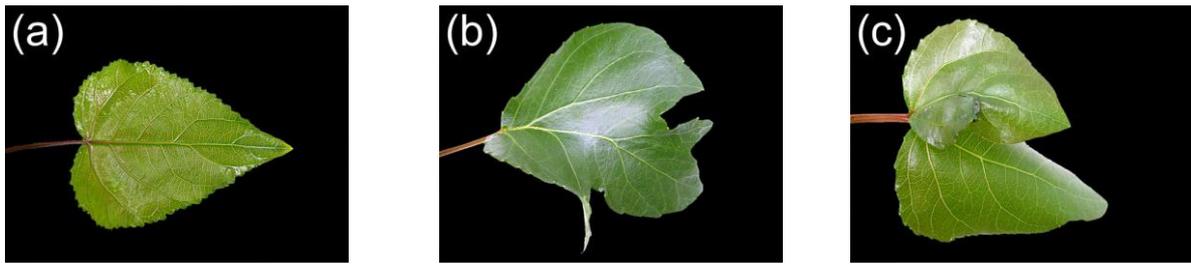


図1 ガンマ線照射により生じた葉の形態異常  
ポプラの普通葉 (a) と、ガンマ線 (100 グレイ) を照射したポプラで見られる葉の形態異常 (b, c)。



図2 ポプラの成長に及ぼすガンマ線の影響  
ガンマ線照射後6週目の様子。100 グレイ  
では成長が遅くなり、200 グレイ以上では  
成長せずに枯れてしまう。

図3 ガンマ線による DNA の切断  
電気泳動実験により、通常のポプラの  
細胞では長い DNA が核に小さく折りた  
たまれていることが分かる (上)。ガン  
マ線を照射した細胞では DNA が切断さ  
れ短くなり、核の周囲に分散する (中、  
下)。

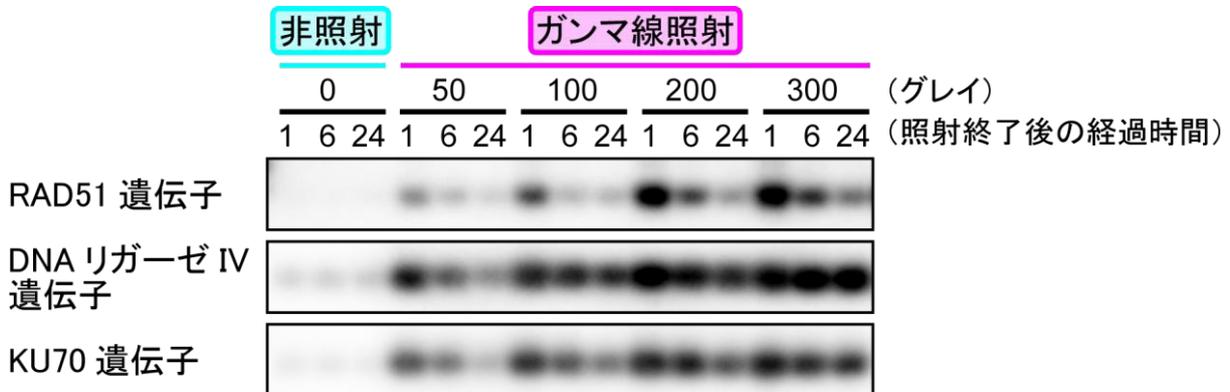


図4 ガンマ線照射後の DNA 修復酵素遺伝子の発現変化  
ガンマ線を照射していないポプラでは各 DNA 修復酵素遺伝子の発現量が非常に少ないが、  
ガンマ線を照射することにより DNA 修復酵素遺伝子の発現量が著しく増加する。

## アジア産マツタケの DNA 原産国判別法

きのこ・微生物研究領域 きのこ研究室 村田 仁、馬場崎 勝彦

### 背景と目的

食の安全が求められる中で、輸入食材の原産国表示の信頼性確保が重要になっています。マツタケは商業価値の高いきのこですが、人工栽培ができず、野生きのこのみが流通しています。近年、日本で流通するマツタケの 95% は外国産であり、関税の施行・適正価格の設定のため、そのトレーサビリティ\* 管理が求められています。アジア産、地中海沿岸産及び北米産のマツタケは分類学的な種も異なり、きのこの形態からそれぞれ区別が付きまゝ (図 1)。しかし、アジア産マツタケは同じ種で、形態もよく似ているため区別が困難です。また、平成 18 年度の統計によれば、輸入量もアジア産がその大半を占め、中でも中国産は全体の 70% を占めます。以上の経緯から、本研究では、アジア産マツタケのトレーサビリティ\* 管理を可能にする DNA\* 原産国判別法を開発しました。

### 成 果

私たちは、DNA 原産国判別のためにマツタケの進化過程の解析に利用できる「レトロトランスポゾン」という DNA 配列に着目しました。このレトロトランスポゾンは、マツタケの染色体におびただしい数で存在することから、マツタケが種として確立していった過程で複製を繰り返しながら染色体\* 上を転移した、マツタケに特有な DNA 配列と考えられています (図 2)。今回、マツタケがアジア各地に生息域を拡げながら進化した過程を推定できるレトロトランスポゾン\* を見つけ出し、これを指標にしてアジア産マツタケの原産国判別法を開発しました。

今回開発した方法は、農産物の品種判別や環境中の微生物の検査、血縁関係の分析や犯罪捜査など、幅広い分野で使われている PCR\* 法という簡便な DNA 分析方法です。本判別法では、レトロトランスポゾンが集まった領域の長さを指標に用いました。この分析法を使うこと

により、試験したマツタケ 95 菌株で、日本産、韓国・北朝鮮産、中国北東部産、チベット地域産のマツタケを誤判率 5% で識別が可能でした。また、極東地域産のマツタケ同士、あるいはチベット地域産のマツタケ同士は類縁性が非常に高いこと、その一方で極東地域産とチベット地域産の間には類縁性が低いことが分かりました (表 1、図 3、4)。

この成果は、トレーサビリティ\* 管理への応用が可能であり、その結果、輸入品が大きく占める日本のマツタケ市場において、適正な価格設定や品質管理など販売者と消費者との信頼関係、また、関税の公正性の面から、取引相手国と日本国との信頼関係の構築に役立ちます。現在、本成果を検査の現場に役立てていただくために、本判別法の詳細を森林総合研究所ホームページ (<http://www3.ffpri.affrc.go.jp/ReNewHP/labs/matsutake/>) に公開しています。



図1 アジア産（日本産と中国産）と地中海沿岸産（トルコ産）マツタケ

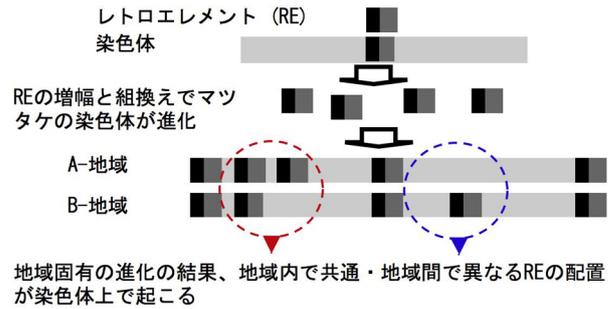


図2 アジア産マツタケのDNA原産国判別法の原理

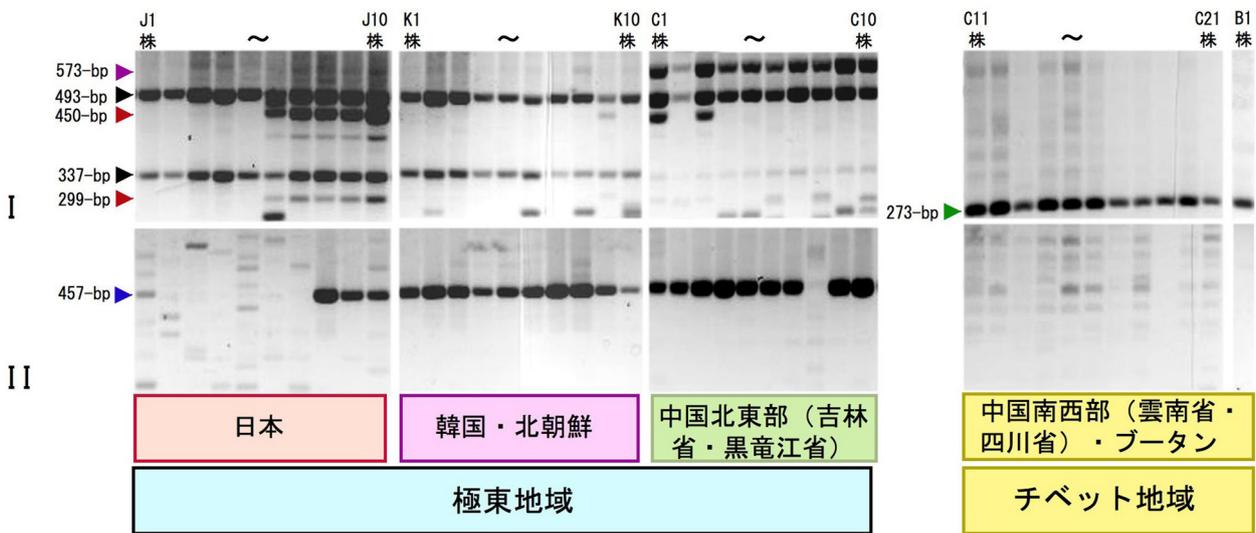


図3 PCR法（指標としてIとIIの2つの分析系を使用）の解析データの例（PCR法で増幅したDNAは、その有無と長さ（塩基 \* の数 [bp と表示]）を反映したバンドとして確かめることができます）

表1 マツタケ原産国判別法におけるDNAプロフィール

地理的タイプ/ サブタイプ	指標となるDNAの種類（塩基数 [bp]							地域・ 原産国
	PCR法 :							
	I	II						
	573	493	450	337	299	273	457	
A/	V	+	V	+	V	V	V	極東地域
A1	-	+	-	+	-	V	-	日本
A2	-	+	+	+	+	V	V	日本
A3	-	+	-	+	-	V	+	韓国・北朝鮮
A4	+	+	V	+	V	V	+	中国北東部
B	-	-	-	-	-	+	-	チベット地域

主たるDNAパターンとマツタケの地理的分布の関係を表示  
 V は菌株間でばらつきのあるDNA：原産国判別には考慮されない

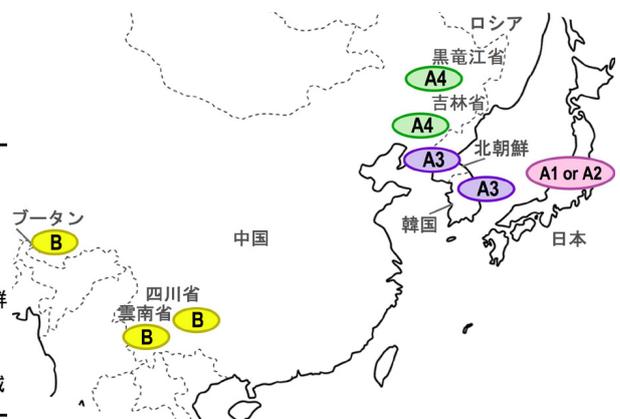


図4 レトロトランスポゾンに基づくアジア産マツタケの分布

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 効率的・効果的なマイクロ波減圧水蒸気蒸留法の開発 － スギ葉の精油成分の利活用に向けて －

バイオマス化学研究領域 樹木抽出成分研究室 大平 辰朗、松井 直之  
日本かおり研究所株式会社 金子 俊彦、田中 雄一

### 背景と目的

葉などの林地残材は、有効な利用法が開発されておらず、その用途開発が重要な課題となっています。樹木の葉には香り成分である精油が含まれており、リラックス効果、抗菌作用など様々な機能があり、芳香剤、忌避剤、消臭剤などの用途が期待されます。このため、精油の原料として葉などが活用できれば、資源の有効利用につながります。しかし、現存の精油の採取法である水蒸気蒸留法は、加熱により精油成分が変質を受けやすいこと、精油採取後に廃液が大量に排出されることなどの問題点があり、新たな採取法の開発が求められていました。

そこで、減圧条件下にて熱源にマイクロ波を利用した画期的な水蒸気蒸留法を開発しました。

### 成 果

開発した装置の特徴は、マイクロ波を利用する点と減圧条件下で水蒸気蒸留を行う点にあります（写真1）。

#### 熱源にマイクロ波を利用

一般的な水蒸気蒸留法では植物体に大量の水を加えます。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。本装置ではマイクロ波により植物体に含まれる水分を直接加熱し、蒸発した水分による蒸留を可能としました。そのため採取時には水分を添加する必要がなく、採取後の廃液が大幅に少なくなります。また、残渣は採取前よりも乾燥した状態になっており、利用する上でも取り扱いが容易になります。さらにマイクロ波の利用により植物体に含まれる水分が均一かつ効率的に加熱されますので、短時間（約1時間）で蒸留を行うことができ、消費エネルギーも低減させることができます。

#### 減圧下で蒸留を行う

精油は水蒸気とともに蒸留されることで得られます。一般的な方法では水蒸気を吹き込むなどの方法が採られますが、この方法ですと100℃前後に加熱されるため、精油が変質してしまいます。ここで開発した装置は減圧下で操作を行うため、蒸留が起こる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。さらに本装置では、減圧条件の調整が可能で、このことにより採取され

る精油の組成を変化させることができます。そのため、使用目的に応じた組成を有する精油が植物体から直接採取可能となります。

#### 実施例

本法（減圧条件：0.2気圧、温度：67℃）にてスギ葉（約50kg）から180mLの精油がわずか1時間で採取できました。その組成を一般的な水蒸気蒸留法で得られる精油と比較すると、本法で得られる精油はモノテルペン（揮発しやすく、フレッシュ感のある香り）の割合が極めて高いことがわかりました（図1）。

この傾向は他の樹種においても同じでした。

これらの成果は、未利用資源である葉など林地残材の有効利用の一助として活用されることが期待できます。

今後は、精油採取残渣の用途開発や大量生産に向けた操作性の検討などを行う予定です。

本研究は、（独）科学技術振興機構の革新的ベンチャー活用開発事業「樹木精油を利用した環境汚染物質の無害化剤」の一環として、日本かおり研究所（株）と共同で推進しました。

また、本研究で開発した製造装置については、日本かおり研究所と共同で特許出願しています。

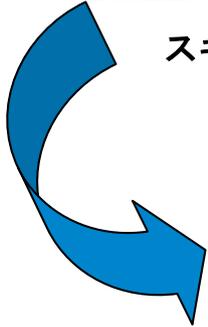


スギ葉

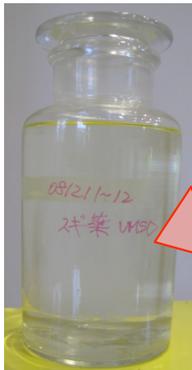


マイクロ波発生装置

植物体中の水分を直接加熱  
→ 水の添加は不要



蒸留釜

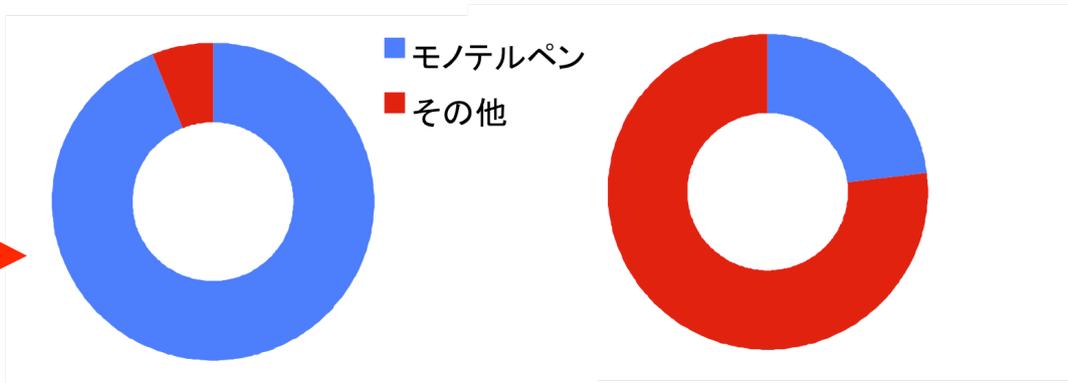


精油



減圧装置

写真1 マイクロ波減圧水蒸気蒸留装置



マイクロ波減圧水蒸気蒸留法

水蒸気蒸留法

モノテルペンが多い → 揮発しやすくフレッシュ感がある香り

図1 マイクロ波減圧水蒸気蒸留法にて得られた精油の組成 (スギ葉)

## 木材の中の DNA はどこに多く残っているのか？

木材特性研究領域 組織材質研究室 安部 久、黒田 克史、張 春花  
 生物工学研究領域 樹木分子生物研究室 吉田 和正  
 千葉工業大学 渡辺 宇外

### 背景と目的

木材を将来にわたって持続的に利用するためには、伐採する量を適正に維持する必要があります。そのように管理された森林から生産された木材の利用を促進するには、木材製品に樹種や産地を表示することが効果的ですが、その信頼性を保つためには表示内容の正しさを科学的に証明する方法が不可欠です。

樹種や産地の確認には、DNA 分析手法の適用が有効です。しかし、木材中の DNA の量は他の植物と比べて少なく、さらに、伐採後、木材が利用される過程で乾燥などの影響を受けて DNA の分解・変質が進みます。本研究では、木材製品へ適用する DNA 分析法の改良に役立てるため、伐採後の年数経過に伴う DNA 量と木材中の DNA の分布の変化を調べました。

### 成 果

#### 木材中の DNA 量の変化

試料として、伐採後すぐの新鮮なスギの木材と、森林総合研究所の木材標本庫に、1、11、23、40 および 75 年間保管されたスギ木材の標本を用いました。各木材試料を粉碎した後、市販のキットを用いて DNA を抽出し、その量を調べました。伐採後すぐの新鮮な試料から得られた DNA は辺材\* で最も多く、移行材\*、心材\* 順に少なくなり、心材では部位による抽出量の違いはありませんでした(図 1)。一方、保存された木材から抽出された DNA の量はどの保存年数のものについても検出限界以下でしたが、保存年数 23 年までの辺材と 11 年までの心材の抽出液からはポリメラーゼ連鎖反応(PCR)法\* によって葉緑体の遺伝子を増幅でき、木材中に DNA が残存していることが確認できました(図 2)。辺材では、保存期間が長くなると DNA 量が減少すること、心材においては同じ期間保存された木材の辺材よりも DNA が少ないことがわかりました。これらのことから、木材からの DNA 抽出効率は木材が心材になることで低下しますが、保存中にも木材の乾燥等に伴う柔細胞\* の死によって低下することが明らかになりました。

#### 木材中の DNA の分布

DNA と結合して蛍光を発する試薬を使い、DNA が

木材中のどこに存在しているかを調べました。新鮮な試料の辺材では、柔細胞の核と、葉緑体と同じ起源のデンプンを貯めるための細胞内の小器官であるアミロプラストに DNA が存在していました(図 3 辺材)。心材では、褐色の物質が沈着し、どの細胞についても核の DNA は見られませんでした(図 3 心材)。一方、保存された木材の辺材では、特に早材(一年輪のうちで春に形成される部分)において核に DNA が認められる柔細胞の数は減少し、かわって、褐色の物質の沈着が多く見られました(図 4)。心材においては褐色の物質が多く、核の DNA は観察されませんでした。これらのことから、長期間保存された木材では細胞中に着色物質が沈着するものの、細胞レベルで見ると柔細胞に DNA が残存している核や細胞小器官が残っていることがわかり、木材の DNA による分析が可能であると考えられました。

以上の知見をもとに、今後は保存された木材さらには木材製品の樹種や産地識別に適用できる効率的な DNA 抽出手法を開発する予定です。

本研究は、森林総合研究所交付金プロジェクト「合法性・持続可能性木材の証明のための樹種・産地特定技術の開発」および文部科学省科学研究費補助金「マイクロマニピレーション・直接 PCR 法を用いた DNA 分析による木材の樹種識別」による成果です。

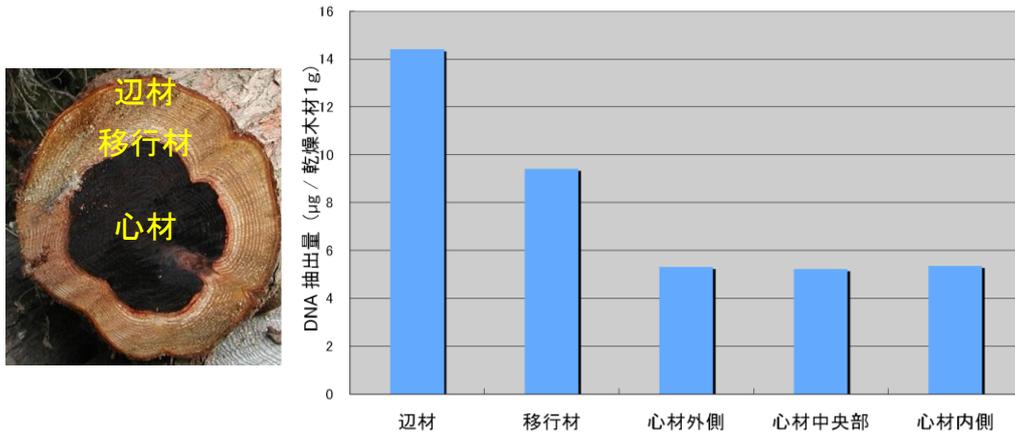


図1 新鮮なスギ材中の部位における DNA 抽出量の違い

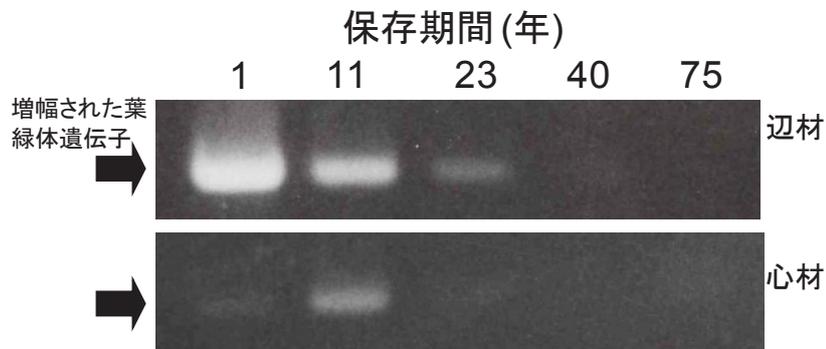


図2 年数の経過によるスギ木材の抽出液から検出される葉緑体遺伝子量の変化

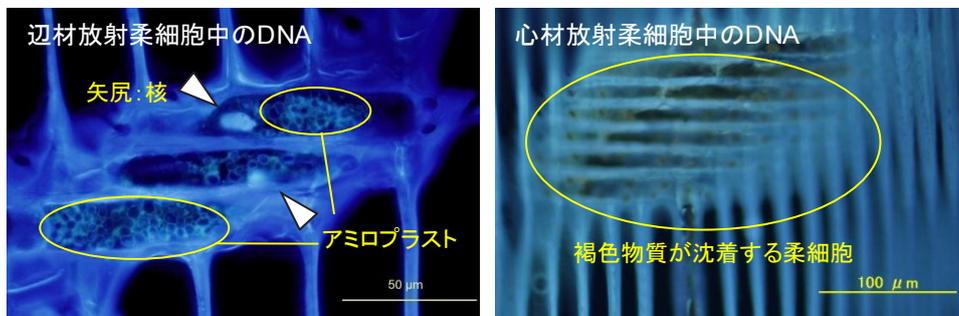


図3 新鮮なスギ木材中の DNA の分布  
 辺材では DNA は柔細胞中の核やアミロプラストに存在します。  
 心材では褐色物質が沈着しています。

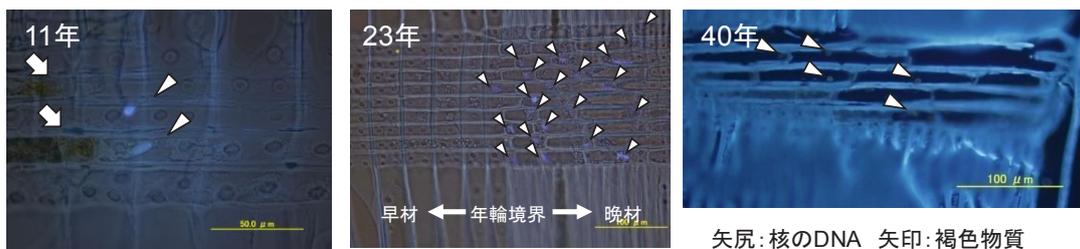


図4 保存期間の延長に伴う辺材中の DNA が残存する細胞小器官の変化  
 放射柔細胞において DNA が消失し始め、褐色の物質が沈着します (保存期間 11 年)。  
 早材では DNA が消失します (保存期間 23 年)。しかし、保存期間 40 年の木材でも  
 晩材では核の DNA が見られました。

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 降水と渓流水の水質データベース「FASC-DB」を公開

立地環境研究領域	環境モニタリング担当チーム長	池田 重人
	養分動態研究室	稲垣 昌宏
	養分動態研究室長	金子 真司
	領域長	高橋 正通

### 背景と目的

森林総合研究所では、1990年代から森林に降る雨の性質のモニタリング調査をはじめました。現在、全国の7地域に設定した調査地で、森林に降る雨と流れ出る渓流水を同時に観測しています。

こうして年々蓄積してきた降水と渓流水の水質データは、報告書や学会誌に公表してきました。今回、地点間や年ごとの比較が容易に行えるようデータベースを作成しました。また、大学や公的研究機関の研究者をはじめ幅広く一般の人にも利用してもらうために、モニタリング地点の情報などを加えて、森林総合研究所のウェブサイトを通じて公開しました。データベースを利用することにより、酸性雨などの環境変化やその影響範囲を確認できます。

### 成 果

#### データベースの概要

本データベース（森林降水渓流水質データベース：FASC-DB）は、水質観測地点の情報と水質分析データによって構成されています。そのうち、調査地の状況を示す情報として、試料採取地の地名、林小班名、行政区画、経緯度、標高、地質、林齢、最寄の気象観測所の平均気温・降水量などを記載しています。また、データベースの核となる水質データとして、降水（林外雨、林内雨、樹幹流）及び渓流水の水質分析値（pH、ECのほか、Na、K、Ca、Mg、Cl、NO<sub>3</sub>、PO<sub>4</sub>、SO<sub>4</sub>、濃度など）を収録しています。このほかに、これまでのモニタリング調査に関連して公表した主要文献のリストを付けています（図1, 2）。

#### データベース公開の意義

日本における降水の水質に関する研究は、これまで都市域を中心に進められてきており、森林域のデータはこれらに比べると少ないのが現状です。また、森林流域における渓流水の水質については、近年各地の大学演習林を中心として研究が進みつつありますが、同じ流域で継続して調査しているところはごく一部に限られます。本データベースは、日本各地の代表的森林流域における長期モニタリングの結果を中心とするもので、森林生態系の物質循環や水問題に関心のある人にとって、森林域の水質に関する基礎情報を提供するものとして重要です。

#### データベースの利用

本データベースを利用すれば、日本各地に配置した調査地点の継続的なデータから任意のものを得ることができ、図3の例に示すような経時的解析や広域的解析を行うことが容易になりました。今後もモニタリング調査を継続してデータベースを更新することにより、森林流域の水質変化についての短期的な現象と長期的な傾向をとらえることが期待されます。図4には、最近のデータを加えて台風の影響を解析した例を示しました。

データベースには森林総合研究所のホームページから簡単にアクセスできますが、データを利用するには、ウェブページ上から利用申請を行い、あらかじめ個別のIDとパスワードを得る必要があります。利用許可が得られれば、任意の水質データを選択して分析値を閲覧したり、ファイルをダウンロードして保存することが可能となります。

本成果は、これまでの特定研究および交付金プロジェクト研究による観測データを、交付金プロジェクト研究「森林流域の水質モニタリングとフラックスの広域評価」によりデータベースにまとめたものです。

詳しくは、森林降水渓流水質データベースのページ <http://fasc.ffpri.affrc.go.jp/> をご覧ください。



利用案内 データ利用申請 データベースの利用 発表文献一覧 新着案内  
 本データベースは主に「酸性雨モニタリングプロジェクト」において、各支所で採取された水質データをデータベース化したものです。  
 ↓各支所名をクリックすると、各ページを開く事が出来ます。  
 モニタリングサイトマップ  
 Map of the regional research centers, FFPRI



図1 データベーストップページ

データ利用申請など、目的のメニューを選ぶ。本支所名をクリックすると、それぞれのページが開き、各調査地の情報を見ることができる。

北海道支所 北海道札幌市 (Hokkaido Research Center, Sapporo city)



写真1 : 気候観測露場(冬期)



写真2 : 定山溪一の沢量水堰

収録データ一覧

第2期 (1995-1999)	第3期 (2000-2004)
<p>降水</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>林外雨(羊ヶ丘構内)</li> <li>エゾマツ林内雨</li> <li>エゾマツ樹幹流</li> <li>トマツ林内雨</li> <li>トマツ樹幹流</li> </ul>	<p>降水</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>林外雨(羊ヶ丘構内)</li> <li>林外雨(定山溪)</li> <li>天然林林内雨(定山溪1)</li> <li>天然林林内雨(定山溪2)</li> <li>天然林林内雨(定山溪3)</li> </ul>

図2 調査地の情報を示すページ (部分)

各モニタリング地点の位置、地質・土壌、森林等の情報を収録している。

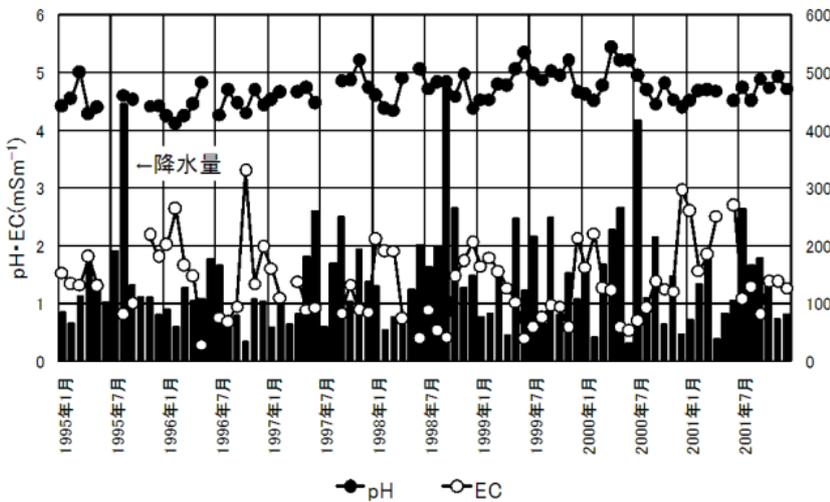
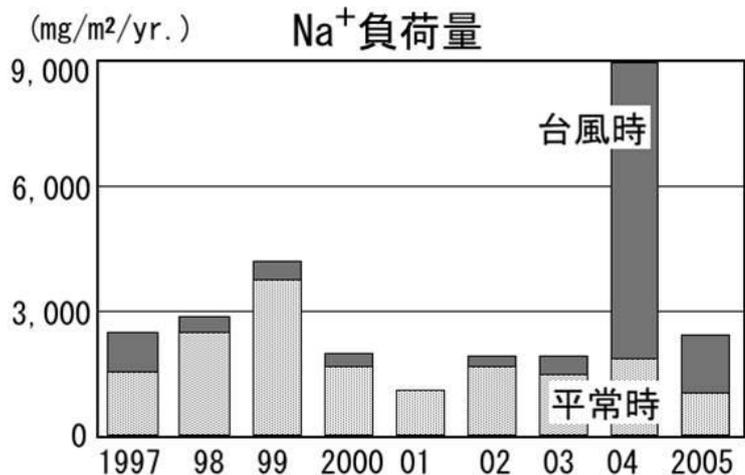


図3 岩手県姫神における1995～2001年の降水量と降水のpH・EC(電気伝導度)の変動(相澤ほか2003)

月ごとの変動はあるものの、長期的な傾向をみると大きな変化は確認されていない。酸性雨などの影響をみるには、今後も監視を続ける必要がある。

図4 高知市における1997～2005年のナトリウム(Na+) 負荷量への台風の寄与(鳥居2007)

降水によるナトリウムの負荷量は平常時(薄灰色部)よりも台風が来たとき(濃灰色部)の値が高い。2004年には、四国に接近・上陸した台風が多く、海塩由来による多量のナトリウム負荷があった。



## 小さくても丈夫が取り柄、埋めて使える CO<sub>2</sub> 濃度センサー

東北支所 森林環境研究グループ  
 気象環境研究領域 気象研究室  
 領域長

安田 幸生  
 溝口 康子  
 大谷 義一

### 背景と目的

森林土壌は、落葉・落枝などを起源とする有機物の分解や樹木の根の呼吸によって二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を放出しています。土壌からの CO<sub>2</sub> 放出量は、樹木の葉の光合成による CO<sub>2</sub> 吸収量に匹敵するほどの量になるため、森林生態系の CO<sub>2</sub> 収支を解明するには土壌中の CO<sub>2</sub> 動態の調査が大変重要です。土壌表面から大気中への CO<sub>2</sub> 放出過程は近年盛んに研究が行われていますが、土壌中における CO<sub>2</sub> 濃度分布や CO<sub>2</sub> 移動に関する研究は多くありません。これは、土壌中 CO<sub>2</sub> 濃度を測定する専用測器がなかったことが一因です。そこで今回、小型で頑丈な土壌埋設用の CO<sub>2</sub> 濃度計を開発し、野外においてその性能を評価しました。

### 成 果

#### 土壌埋設用 CO<sub>2</sub> 濃度計の開発

これまで、土壌中 CO<sub>2</sub> 濃度の連続測定は大気測定用の CO<sub>2</sub> 濃度計を土壌中に埋設して行われてきましたが、本来の使い方と異なる使用法のため測器の耐久性に問題がありました。そこで、耐久性にすぐれた土壌埋設専用の CO<sub>2</sub> 濃度計を開発しました。開発のおもな目標は、「1. 丈夫であること」、「2. 小型であること」、「3. 低価格であること」の3点です。これらの点は土壌中 CO<sub>2</sub> 濃度の長期測定を実現するための重要なポイントと考えました。

開発した土壌埋設用 CO<sub>2</sub> 濃度計 (写真 1) には、防水・防塵加工を施し、野外の自然条件下での長期間 (数ヶ月から一年間) にわたる埋設に耐えられるようにしました (1. 丈夫であること)。CO<sub>2</sub> 濃度の検出部には市販されている CO<sub>2</sub> センサー (CO<sub>2</sub>Engine K10、SenseAir 社、スウェーデン) を用いました。また、温度センサーと相対湿度センサーを搭載し、CO<sub>2</sub> 濃度・温度・相対湿度の同時測定を可能にしました。濃度計内の電子回路基盤やセンサーの配置位置などを工夫することにより、サイズを約 100 × 65 × 40mm (横×縦×高さ) におさえました (2. 小型であること)。濃度計の作成に使用した部品は、すべて市販品を用いたので、低コスト化を実現しました (3. 低価格であること)。

#### 土壌中 CO<sub>2</sub> 濃度測定 (野外テスト)

この CO<sub>2</sub> 濃度計を実際に土壌中に埋めて、深さ 0cm (地

表面) から 50cm までの CO<sub>2</sub> 濃度を測定しました。約二ヵ月半の測定の結果、土壌中における CO<sub>2</sub> 濃度変動の特徴をとらえることができました (図 1)。CO<sub>2</sub> 濃度は土壌の深いところほど高くなりました。また、日々の濃度変動は土壌の浅いところほど大きくなりました。1 月中旬にすべての深さにおいて CO<sub>2</sub> 濃度が一時上昇しましたが、これは暖かい日が続く、地温が上がったことが要因の一つと考えられます。

CO<sub>2</sub> 濃度の日変化は土壌の浅いところで顕著にみられます。温度と相対湿度の同時測定の結果 (図 2)、CO<sub>2</sub> 濃度の日変化は、温度の日変化と同じ傾向であること (温度が上がると CO<sub>2</sub> 濃度が上昇)、相対湿度の変化とは逆の傾向となること (相対湿度が下がると CO<sub>2</sub> 濃度が上昇) がわかりました。

このように、開発した CO<sub>2</sub> 濃度計は、土壌中 CO<sub>2</sub> 濃度の長期測定のための十分な性能を持っていることを野外テストによって確認しました。

本研究の一部は科学研究費補助金 (若手研究 B) 「土壌中における二酸化炭素濃度の鉛直・水平分布と時間変動の解明」、一般研究費およびバロン電子株式会社との共同研究による成果です。

詳しくは Yasuda, Y. ほか (2008) Journal of Forest Research 13:312-319 をご覧ください。

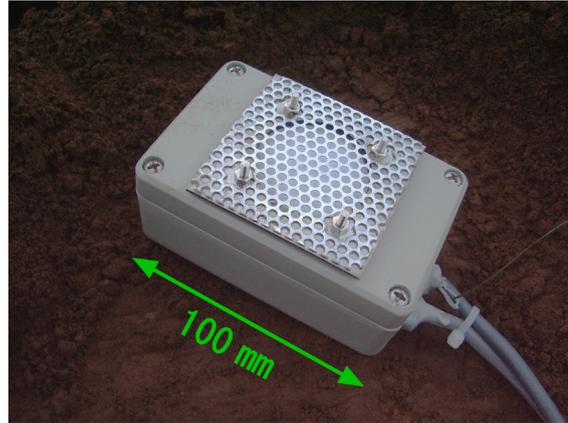


写真1 開発した土壌埋設用 CO<sub>2</sub> 濃度計

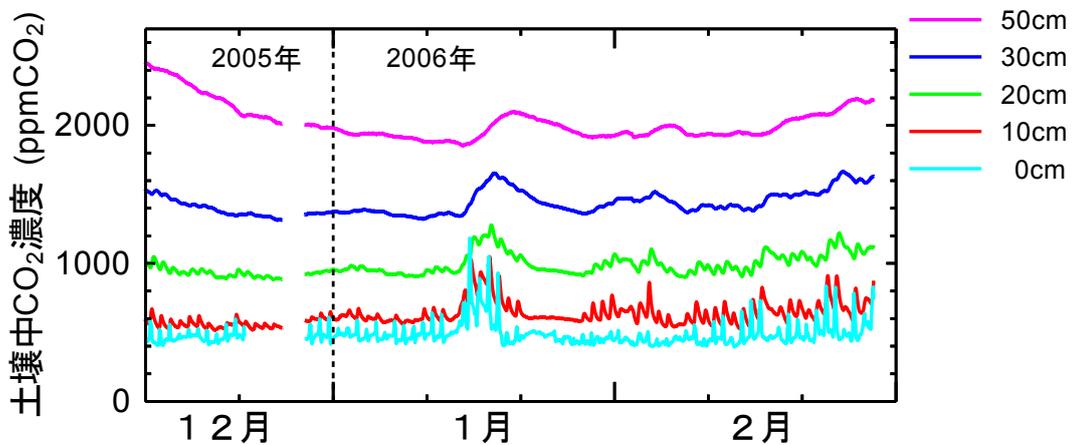


図1 CO<sub>2</sub> 濃度計で測定した深さ 0cm (地表面) から 50cm までの土壌中 CO<sub>2</sub> 濃度の様子 (12月下旬における測定データの途切れは観測のメンテナンス作業によるもの)

土壌中 CO<sub>2</sub> 濃度は土壌の深いところほど高くなりました。また CO<sub>2</sub> 濃度の日変化 (細かいギザギザ) は土壌の浅いところほどはつきり現れ、深くなるほど減衰しました。

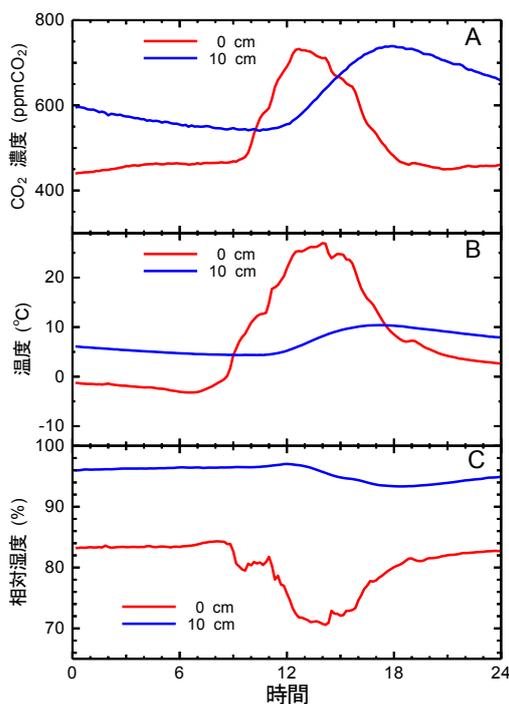


図2 土壌中 CO<sub>2</sub> 濃度 (A)、温度 (B)、相対湿度 (C) の日変化の例 (深さ 0cm (地表面) と深さ 10cm での測定例)

土壌の浅いところでは、CO<sub>2</sub> 濃度・温度・相対湿度の日変化が確認でき、温度が上がり、相対湿度が下がるときに CO<sub>2</sub> 濃度が上昇したことが観測できました。

## 森林の炭素貯留機能に貢献する切り捨て間伐木

立地環境研究領域 土壌資源研究室 酒井 佳美、石塚 成宏、松浦 陽次郎  
養分動態研究室 稲垣 善之  
領域長 高橋 正通

### 背景と目的

森の中では、枯れ木をよく見かけます。枯れ木は、分解者と呼ばれる微生物などによって分解されることで二酸化炭素を放出します。しかし、枯れ木は分解される速さがゆっくりしているため、温暖化防止のうえで炭素を貯留する機能を持つ場として注目されています。

近年、我が国の人工林では、間伐で生じた伐倒木が集材されずに林地に放置される「切り捨て間伐」が増えています。切り捨て間伐木は人の手で作られた枯れ木であり、自然に生じた枯れ木と同じようにゆっくりと分解します。切り捨て間伐木は、いつ伐倒されたのかがわかります。そこで、切り捨て間伐木が、どの程度の速度で分解し、何年くらい林床に残存するかを全国規模で明らかにしました。

### 成 果

#### 切り捨て間伐木の分解速度を全国で調査

本研究では、北海道から九州までの 15 の道府県のスギ、ヒノキ、カラマツ、トドマツ、アカエゾマツの人工林 17 地域で、伐倒年の異なる複数の林を選び、切り捨て間伐によって発生した伐倒木が分解する速さを測定しました（図 1）。今回の結果は、約 2000 本の伐倒木のデータを元に推定しています。

#### 寒冷地で炭素が留まる年数は暖地の 2 倍

分解によって直径 10cm くらいの切り捨て間伐木の重さが半分にまで減少するには、寒冷地に生育するカラマツとトドマツ、アカエゾマツでは平均すると 30 年程度かかりますが、本州以南のスギやヒノキはおおよそその半分の年数でした。アカエゾマツやトドマツ・カラマツ、そして、スギとヒノキでは、植栽される地域が異なります。そこで、材が分解される速さと、月平均気温が 0℃以上の合計値である「積算気温」とを比べたところ、切り捨て間伐木が分解される速さは、寒冷な気候であるほど遅いことが明らかになりました。材が分解される速度から、分解によって重さが半分にまでかかる年

数を「半減期」として計算すると、切り捨て間伐木が炭素を貯留する年数は、寒い地域ほど長期になることがわかりました（図 2）。この、「積算気温」と「半減期」との関係は、切り捨て間伐木が林床に残存する年数の推定を可能にし、材に炭素が貯留される年数を計算するのに役立ちます。

#### 地球温暖化と切り捨て間伐木

現在、全国的に間伐遅れの人工林が多いことから、間伐を促進する施策が推進されています。これによって、切り捨て間伐木の増加が予想されます。本研究から、切り捨て間伐木の重量が半分にまでには、10 年以上かかることがわかりました（図 2）。つまり、これらの切り捨て間伐木は、重要な炭素貯留の場として機能し、森林の地球温暖化防止を担っているといえます。

本研究は、林野庁・森林吸収源計測・活用体制整備強化事業による成果です。

詳しくは、酒井佳美ら（2008）森林立地 50(2):153-165 をご覧ください。

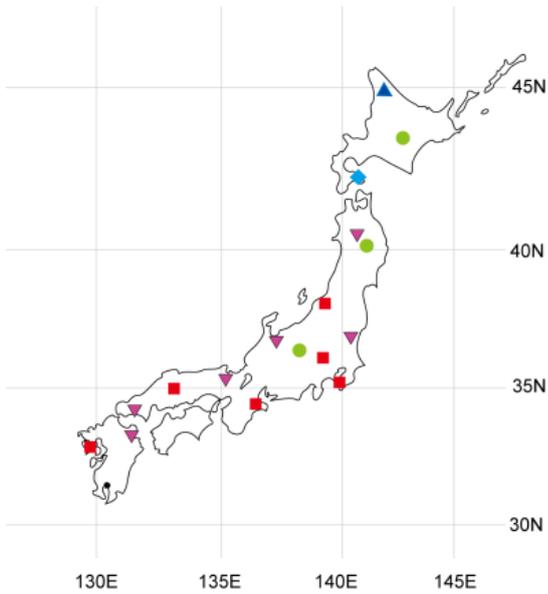


図1 本研究の調査地点

- ：ヒノキ、▼：スギ、●：カラマツ、
- ◆：トドマツ、▲：アカエゾマツ



写真1 切り捨て間伐によって林内に放置された伐倒木の様子



伐倒後に放置されてから1年以内

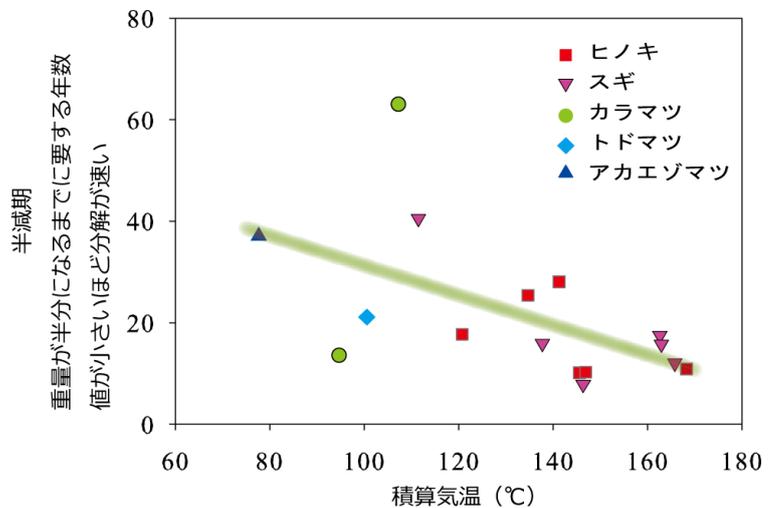
分解が進み割れやすくなっている。表面に白く見えるのは木材腐朽菌

さらに分解が進み、木はボロボロに崩れる。

写真2 木が分解していく様子

図2 積算気温と半減期との関係

切り捨て間伐木の重量が半分になるまでの年数は暖かい地域ほど短く、速く分解することがわかります。



1年間の0℃以上の月平均気温を合計した値  
暖かさを示す指標 値が大きいほど暖かい

## 枯れ枝に巣をつくるドロバチを守る用心棒ダニ

森林昆虫研究領域 昆虫多様性担当チーム長 岡部 貴美子  
 領域長 牧野 俊一

### 背景と目的

地球上には多様な生物がお互いに、餌にする、寄生する、乗り物に使う、など多様な関係を持ちながら暮らしています。中には花と送粉昆虫のように、お互いが利益を与え合う相利共生関係を結んでいる生物もいます。ハチの中にはドロバチやクマバチのように、特定のダニを巣から巣へ運ぶために体にアカリナリウム（ダニポケット）を持つものがあります。ポケットを発達させたのは「きっとこのダニがハチのために役立つからに違いない」と、何十年も前から世界中の研究者達は相利共生を予測してきました。しかし誰もそれを証明することができませんでした。

本研究は、アカリナリウムを利用するダニが天敵からドロバチの子供を守る用心棒であることを初めて明らかにしました。

### 成 果

#### アトボシキタドロバチのアカリナリウム

アトボシキタドロバチは体長が 1 cm 程度の小さなドロバチです（図 1）。林縁などで枯れ枝の先端が折れると、そこから髓を掘ってトンネル状にして巣をつくりまです（図 2）。このハチの成虫は、体に背中・腰・おなかの 3カ所に合計 4 つの穴（＝アカリナリウム）があいており、特におなかのアカリナリウムは巨大です（図 3）。アカリナリウムの中には合計 250 頭を超えるダニが入れます。ダニは安全なアカリナリウムに入って、一切餌をとらず、発育もせず、母バチが新しい巣をつくるのをじっと待っているのです。

#### アトボシキタドロバチとダニのくらし

母バチはトンネルを掘り終わると、卵を一つ産みます。そして幼虫の餌となる麻酔をしたガの幼虫をせっせと運び込みます。子供が成長するのに十分な餌を集めると、子供の部屋を泥で閉じます。このような子供部屋が並んだものが、ドロバチの巣です（図 2）。ダニは、ハチの産卵の時に子供部屋に入ってゆくと考えられています。ダニはハチの幼虫が小さいうちは、ハチを傷つけないようガの幼虫（＝ハチの餌）の体液を吸います。やがてハチがガを食べ尽くすほど大きくなると、今度はハチの体液を吸います。

このようにドロバチとダニを人工飼育して観察した結果、ダニがハチの寄生者であることがわかりました。ハチの子供は弱ったり死んだりしてしまうわけではありませんが、とはいえ、どうして子供の血を吸ってしまうダニを母バチは大事に巣に運んでいたのでしょうか。

#### ダニは用心棒だった

野外の巣を観察すると、ダニのほかにアトボシキタドロバチにとっての厄介者が巣の中にあることがわかります。そこで透明な試験管に、ドロバチの幼虫、ドロバチの天敵の寄生蜂（クロヒラタコバチの一種）、そしてダニ成虫 10 匹を入れてみました。するとダニが寄生蜂にとりつき、とうとう寄生蜂を殺してしまったのです（図 4）。ダニがいないと寄生蜂はドロバチに 60 個以上の卵を生み付け、ハチの幼虫を殺してしまいます。しかし図 4 のグラフにある通り、ダニの数が増えるとダニ対寄生蜂の戦いでダニの勝率が上がり、ドロバチの幼虫が生き延びられることがわかりました。

この研究は地球の生物は種類が多様だけでなく、お互いの関係も多様であることを明らかにしました。生物多様性の保全是、生き物のつながりを守ってゆくことでもあるのです。



図1 アトボシキタドロバチ♀成虫

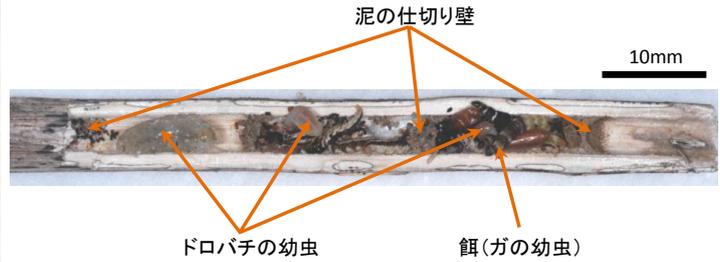


図2 巣の中の様子 枯れ枝の芯を掘って巣をつくる

### おなかのアカリナリウム

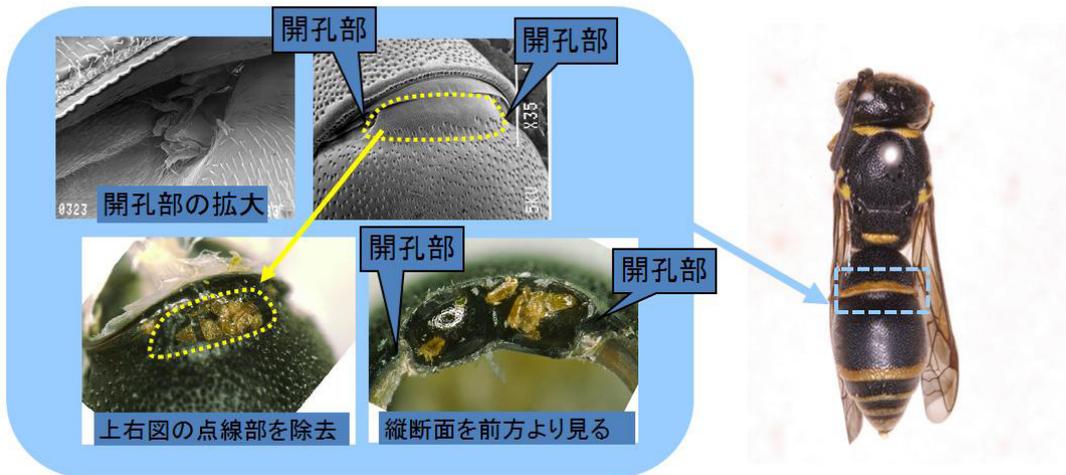


図3 ハチメス成虫の腹部のアカリナリウム (ダニポケット)

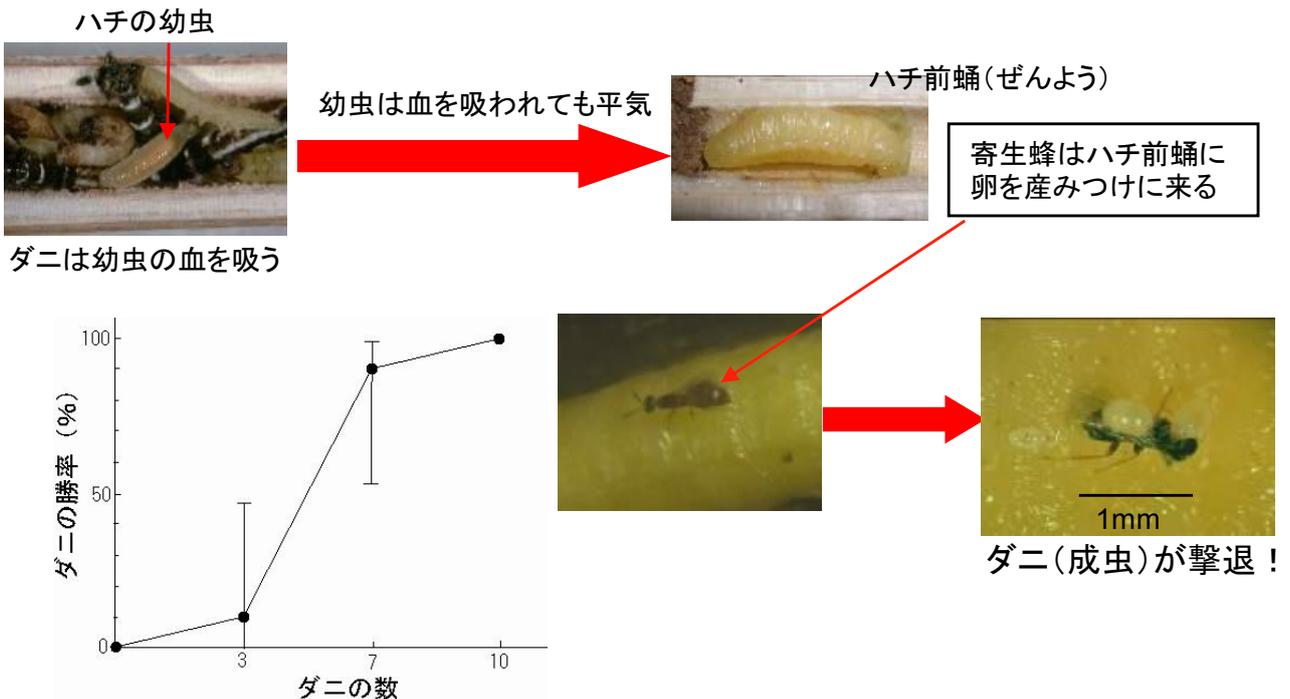


図4 用心棒ダニによる寄生蜂の攻撃

## 壊さず測るドングリの化学成分

東北支所 生物多様性研究グループ  
育林技術研究グループ

京都大学大学院農学研究科

(独)農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所

島田 卓哉

柴田 銃江

高橋 明子

河野 澄夫

### 背景と目的

「ドングリの背比べ」という言葉がありますが、一つ一つのドングリを実際に比べてみると大きさや含まれる成分には大きな違いがあります。地上に落ちたドングリは、野ネズミや鳥類、昆虫などの様々な生物に利用され、ごく一部が芽生えとなり生き残ります。どのような特徴のドングリが生き残りやすいのかを明らかにすることは、森林の天然更新の過程を理解する上で重要な課題です。しかし、これまでは成分を測定するためにはドングリを粉碎しなければならず、そうするとそのドングリの生存過程を調べることは出来ないというジレンマがありました。そこで本研究では、近赤外分光法という手法を用いて、ドングリを壊すことなく成分を測定する手法の開発を行いました。

### 成 果

近赤外分光法は、個々の物質が近赤外光領域（図 2）において固有の波長の光を吸収することを利用し、近赤外光の吸光度から目的の物質の含有率を測定する方法です。光を照射するだけで迅速かつ非破壊的に成分を測定できることから、近赤外分光法は果実の糖度計測など食品・農業分野で広く実用化されています。しかし、ドングリのような厚い皮を持つ種子に対しても適用可能かどうかは確かめられていませんでした。

本研究では、コナラのドングリに含まれるタンニンを対象として非破壊測定法の開発を行いました。タンニンは植物に含まれるポリフェノールの一種で、多量に摂取すると消化管や腎臓肝臓に損傷を与えることが知られています。また、抗菌作用を持つことも知られています。そのため、一般的にドングリの捕食者はタンニンの多い餌を避ける傾向を持ちます。したがって、タンニン含有率の違いは、ドングリの生存過程に影響を及ぼすものと推測されます。

2007 年 9 月から 11 月にかけて岩手大学滝沢演習林（岩手県滝沢村）で採取した健全なコナラのドングリ 512 個をサンプルとして、以下のような手順で分析を行いました（図 1 参照）。

1) ドングリの近赤外光領域のスペクトルを測定する。

ドングリを測定するための特別のアタッチメントを付

けた携帯型近赤外分光器 NIR-GUN（図 3、(株)果実非破壊研究所）を用い、ドングリを透過した光（透過光）を測定する。

2) ドングリの皮をむき内容部だけを取り出し、乾燥、粉碎の後、タンニンの分析を化学的方法で行う。

3) 2) の化学分析値と 1) のスペクトルの値をもとに、統計学的な手法によってタンニンの検量モデルを作成する。

その結果、相関係数が 0.93（1 に近いほど高精度）という高い精度の検量モデルを作成することが出来ました。そればかりでなく、同様の手順で他の成分（タンパク質、脂質、糖質など）の検量モデルも作成することが可能です。この方法で成分の含有率を推定したドングリを利用することによって、ドングリに含まれる様々な成分がドングリの生き残りにどのように関わっているかを明らかにすることが出来るでしょう。これらの成果は、里山の代表的な樹種であるコナラ林の天然更新過程を解明する上で、貴重な情報となることが期待されます。

本研究は、文部省科学研究費補助金「種子の生存過程追跡のための非破壊的成分分析法の開発」による成果です。

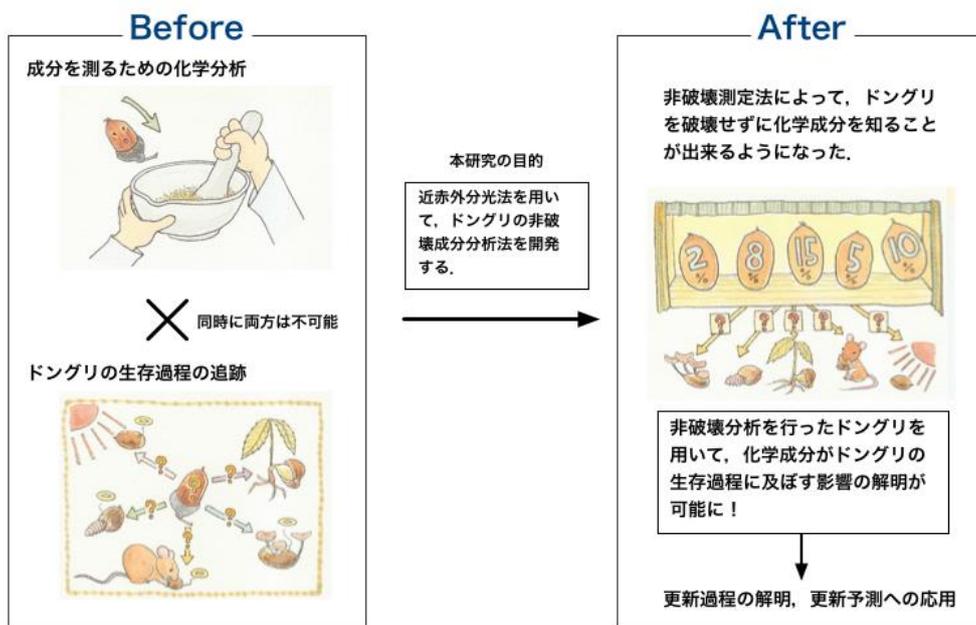


図1 研究のイメージ

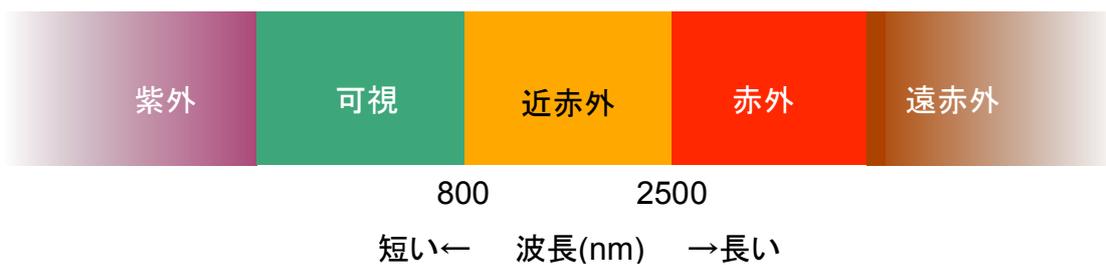


図2 近赤外光の領域



図3 ドングリ測定用携帯型近赤外分光器 (NIR-GUN) 右図は測定の様子 (アタッチメント部にドングリが挟まれている)

## チシマザサの生育域を気候条件から予測する

植物生態研究領域	津山 幾太郎、田中 信行
森林植生研究領域	小川みふゆ
北海道支所 森林育成研究グループ	松井 哲哉
関西支所 森林環境研究グループ	小南 裕志

### 背景と目的

日本の森林植生の大きな特徴として、林床にササ類を伴うことが挙げられます。チシマザサは、多雪地域の冷温帯から亜寒帯に広く分布するササ類の一種です（図1）。林床を高密度に覆うため、小型の植物や、昆虫や鳥などの動物に大きな影響を及ぼしています。また、強固な根茎と安定した植被が土壌保全の機能を果たしています。

チシマザサは、冬期に積雪に埋もれて寒さや乾燥の被害を避け、夏期はしなやかな稈が立ち上がって上部に多くの葉をつけるなど多雪環境に適応した形態的・生理的性質を持つことが知られていましたが、分布を規定する気候条件と温暖化の影響については明らかにされていませんでした。本研究では、チシマザサの分布と気候要因の関係を分布予測モデルによって明らかにし、現在と 100 年後の生育可能な地域の予測を行いました。

### 成 果

#### チシマザサが生育する気候条件

チシマザサ（別名ネマガリダケ）の分布に大きな影響を与える気候条件を明らかにするため、本州東部を対象に、分布予測モデルを構築しました（図2）。その結果、チシマザサの分布を規定する気候要因として、積雪量（最大積雪の水分当量、MSW）と暖かさの指数（成長期の暖かさの指標、WI）が特に重要であることがわかりました（図3）。チシマザサは、MSWが97.7mm（積雪深で約33cm相当）以上の地域に生育可能で、生育に適した地域（以下、適域）は、MSWが215.6mm（積雪深で約72cm相当）以上と多雪で、かつWIが32.3以上と冷涼～温暖な気候条件に限定されることがわかりました（図2）。適域は、温暖な地域（WI70.7以上）では、冷涼な地域（WI32.3～70.7）に比べてより多雪な環境に限定されました（図2）。これは、チシマザサが多雪環境に適応した特性を有しており、冷涼な地域に比べて融雪が起りやすく積雪による保護効果が弱まる温暖な地域では、競争力が弱まるためと考えられます。

このように、チシマザサの分布には、積雪と気温を組み合わせた条件が大きく影響することが、本研究により明らかになりました。

#### チシマザサが生育可能な地域

分布予測モデルにより、チシマザサの生育可能な地域

（以下、潜在生育域）は、日本海側全域と、東北地方北部や本州中部の山岳地域で、特に適した地域は日本海側の山岳地域であることがわかりました（図4a）。また、中央・南アルプス、富士山は、チシマザサの生育に適した気候下にあるにもかかわらず実際には分布していない地域です。分布していない理由は、過去の気候変動や火山活動の影響で絶滅したことや分布拡大できなかったことが考えられます。

#### 分布予測モデルの応用

温暖化の影響を明らかにするため、分布予測モデルに気象庁の開発した地域気候変化シナリオ（年平均気温2.8℃上昇）を入れて計算したところ、チシマザサの潜在生育域の面積は半減すると予測されました。日本海側の低地や佐渡島では潜在生育域が消滅することから、温暖化に対して脆弱であることが示唆されました（図4b）。このように、分布予測モデルを用いて潜在生育域を地理的に明らかにすることにより、温暖化の影響検出を行うべき場所を適切に選定することが可能になります。

詳しくは、津山幾太郎・松井哲哉・小川みふゆ・小南裕志・田中信行（2008）、GIS－理論と応用、16：11-25をご覧ください。

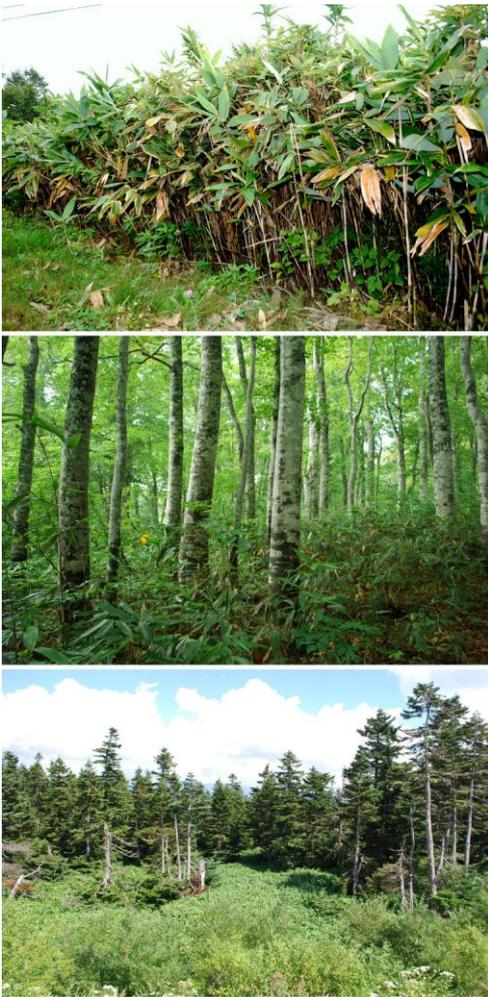


図1 チシマザサの生育する景観  
 上段：チシマザサ群落  
 中段：ブナ林のチシマザサ  
 下段：オオシラビソ林のチシマザサ

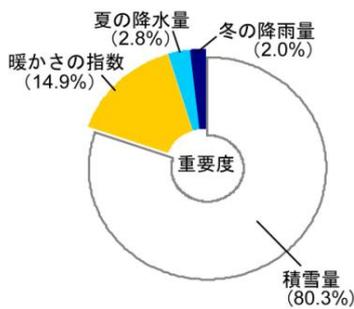


図3 各気候要因の重要度  
 割合が大きいくほど、チシマザサにとって重要な要因であることを示す。

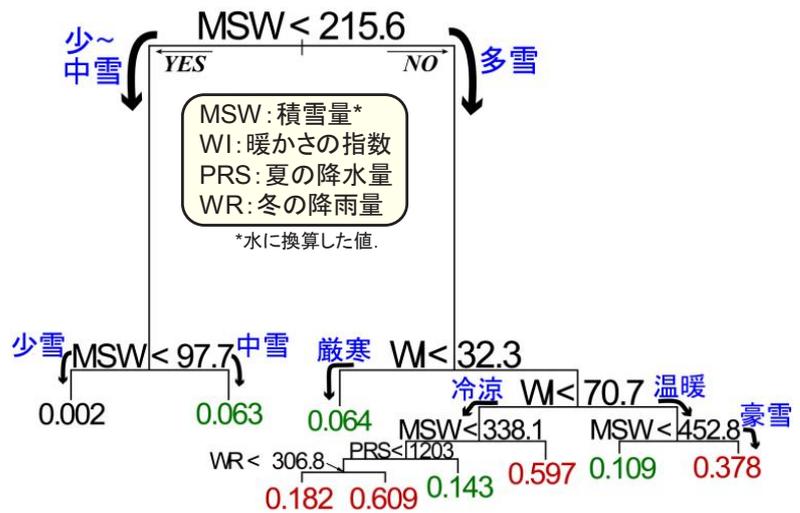


図2 チシマザサの分布予測モデル

各ノード（節）の分岐条件を満たせば左に、満たさなければ右に進む。末端ノードの数値は、チシマザサの分布確率を示す。分布確率のうち、赤色は生育に適した地域（適域）を、緑色は適さないが生育は可能な地域（辺縁域）を、黒色は生育が難しい地域（非生育域）を示す。

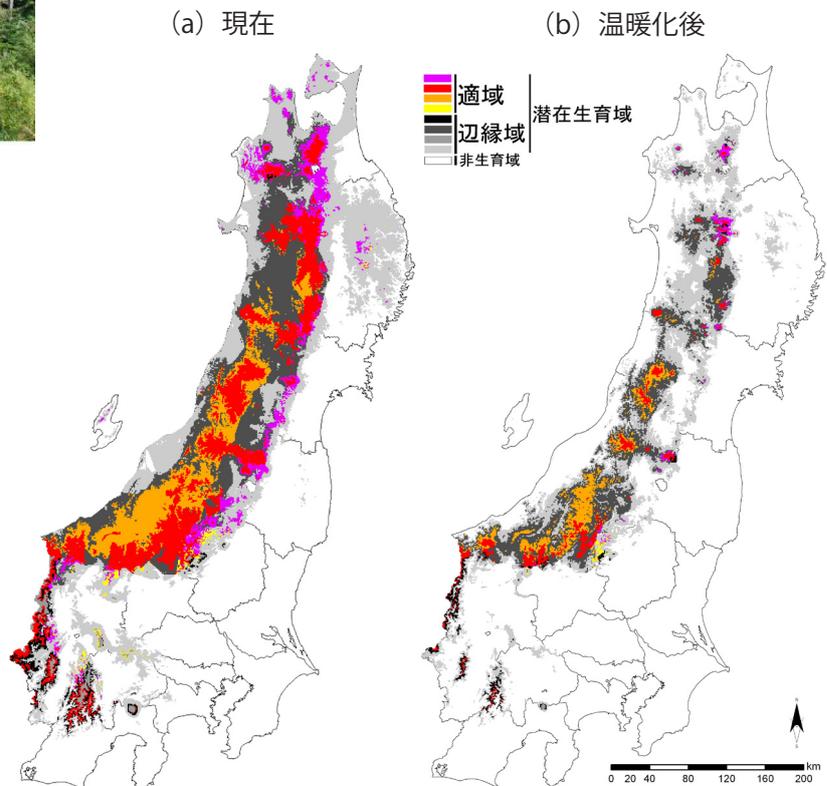


図4 (a) 現在と (b) 温暖化後のチシマザサが生育可能な地域（潜在生育域）の予測

図の暖色系は適域を、灰色系は辺縁域を、白色は非生育域を示す。

# 用語解説

## 炭素固定 (P6)

林木が光合成によって吸収する大気 CO<sub>2</sub> 量から、すべての器官が呼吸によって放出する CO<sub>2</sub> 量を差し引いた値を炭素量に換算したのが、炭素固定量である。

## バイオマス成長 (P6)

林木の全器官(葉・枝・幹・根)の乾燥重量がバイオマスであり、その一定期間内における増加量をバイオマス成長(量)と言う。

## 生物多様性条約締約国会議 (P18)

1993年に発効した生物多様性条約を締約した国々が2年に1回開催する会議(通称CBD/COP)。次回の締約国会議COP10は日本が議長国となり、2010年に名古屋市で開催される。

## 2010年目標 (P18)

生物多様性条約で2010年までに生物多様性の損失速度を顕著に減少させるという目標。

## 樹冠遮断 (P26)

降水の一部が樹木の枝葉や幹に付着して蒸発する現象。

## GISソフト (P26)

地図等の空間情報データをコンピュータ上で表示・加工・解析等するためのソフトウェア。

## シグモイド曲線 (P26)

ひとつの変曲点とふたつの漸近線( $y=a$ ,  $y=b$ )を持つS字形の曲線。

## 遺伝子発現 (P44)

遺伝子発現とは、DNAの情報がmRNAに転写され、さらにmRNAの情報をもとにタンパク質が合成されるまでの一連の過程を意味する場合と、DNAからmRNAへの転写段階のみを指す場合がある。本稿では、後者すなわち遺伝子発現という語彙を狭義で用いている。また本研究では、DNAマイクロアレイ解析の結果、ストレス処理前後の発現比(ストレス処理後/ストレス処理前)が1より大きかったものを「ストレスにตอบสนองして発現が上昇した」、1より小さかったものを「ストレスにตอบสนองして発現が下降した」とそれぞれ定義している。

## トレーサビリティ (P48)

農産物や製品の流通経路を生産段階から最終消費段階あるいは廃棄段階まで追跡が可能な状態をいう。追跡可能性とも言われる。

## DNA (P48)

デオキシリボ核酸の略。遺伝子を含む染色体の本体。

## 染色体 (P48)

動物植物細胞内の有糸分裂の際に観察される塩基性色素で染まる棒状の構造体。遺伝情報を担う生体物質。

## レトロトランスポゾン (P48)

「可動遺伝因子」の一種であり、多くの真核生物のゲノムに存在する。レトロトランスポゾンは、自分自身を複製(増幅)して移動する。レトロトランスポゾンは、しばしば核DNAの主要成分となる。

## PCR(ポリメラーゼ連鎖反応) (P48)

DNAを増幅するための技術で次の特徴を持つ。

- ・ヒトのゲノムのような非常に複雑な、しかも極めて微量なDNAの溶液のなかから、自分の望んだ特定のDNA断片だけを選択的に増幅させることが可能。
- ・増幅に要する時間が2時間程度と短い。
- ・プロセスが単純で、全自動の卓上用装置で増幅できる。
- ・基礎研究から、医療、犯罪捜査、生物の分類などDNAを扱う作業全般で極めて重要な役割を担っている。

## 塩基 (P49)

DNAやRNAの化学構造の構成要素となっている窒素を含む複素環式化合物。

## ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)法 (P52)

DNAの特定部位の両端に結合する1組のDNA断片とDNA合成酵素を用いて特定部位のDNAを人工的に増幅する方法。PCRはPolymerase Chain Reactionの略。上記参照。

## 辺材・心材・移行材 (P52)

木材の断面における、外側の部分(辺材)と内側の濃色の部分(心材)、およびその間に存在する部分(移行材)(P53図1参照)。

## 柔細胞 (P52)

木材中で養分の貯蔵や運搬・代謝を行っている細胞。一般に木材体積の5~15%程度を占めるが、心材では死んでいる。

## 表紙に掲載された動植物

- 1 スギ
- 2 セイヨウハコヤナギ
- 3 レブンアツモリソウ
- 4 アカマツ
- 5 イロハモミジ
- 6 シロツメクサ
- 7 ニホンジカ
- 8 キビタキ
- 9 ソバ
- 10 ボケ
- 11 モウソウチク
- 12 キアゲハ



## 森林総合研究所

### 平成 21 年版 研究成果選集

---

発行日	平成 21 年 7 月
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 (代表)
お問い合わせ	企画部研究情報科
メールアドレス	kanko@ffpri.affrc.go.jp
ホームページ	http://www.ffpri.affrc.go.jp
印刷所	

---

本誌から転載・複製する場合は、森林総合研究所の許可を得て下さい。

---



平成21年版

# 研究成果選集

2009

独立行政法人 森林総合研究所

茨城県つくば市松の里1 URL <http://www.ffpri.affrc.go.jp/>

リサイクル適性の表示:紙へリサイクル可