



## はじめに

独立行政法人森林総合研究所の平成 18 年度研究成果選集をお届けいたします。

森林総合研究所は平成 17 年に百周年を迎え、今後の長期的な方針として、ミッションステートメント「森林・林業・木材産業に係わる研究を通じて、豊かで多様な森林の恵みを生かした循環型社会の形成に努め、人類の持続可能な発展に寄与します」を公表いたしました。

平成 18 年度からは、第 2 期中期計画\*に入り、より一層の開発研究の重点化とともに、我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。特に、開発研究においては、地球温暖化、国民の安全・安心・快適、新たな林業・木材利用の問題の 3 つの分野をとりあげ、川上から川下までを一貫する方向で問題解決に向け、以下のような体系のもとに研究を進めて参ります。

### 開発研究の重点分野

「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」

### 基礎研究の重点分野

「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」

これらの重点分野の下には、さらに 12 の重点課題を設定し、研究を推進しております。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 18 年度の研究成果をとりまとめ、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も、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ているつもりですが、ある程度は専門的な表現が必要なことはご容赦いただきたいと存じます。皆様の参考になれば幸いと存じます。

2007 年 7 月

独立行政法人森林総合研究所 理事長 鈴木和夫

\* 中期計画の詳細は、<http://ss.ffpri.affrc.go.jp/dokohyo/ckeikak-18.pdf> をご覧下さい。

# 森林総合研究所 平成18年度 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

- 京都議定書に対応した国家森林資源データベースの開発**…………… 4  
京都議定書の第一約束期間（2008-2012年）に向けて、議定書に定められた森林の吸収量を科学的に算定・報告する手法の開発とともに、それを実行するための国家森林資源データベースを開発しました。
- 永久凍土地帯のカラマツ林生態系における炭素収支の解明**…………… 6  
地球温暖化に最も敏感な地域といわれる北東ユーラシアの永久凍土地帯に成立するカラマツ林生態系では、炭素蓄積量は土壌や根に多く分布し、CO<sub>2</sub>フラックス観測の結果、年間の炭素収支はわずかにシンク（CO<sub>2</sub>を吸収）と推定できました。
- 落葉広葉樹林におけるCO<sub>2</sub>フラックスを群落多層モデルで再現**…………… 8  
札幌の落葉広葉樹林において、光合成によるCO<sub>2</sub>吸収と葉・幹・土壌の呼吸によるCO<sub>2</sub>放出を観測し、これらCO<sub>2</sub>の吸収・放出を気象条件からシミュレーションする群落多層モデルを用いて、タワー観測による森林生態系のCO<sub>2</sub>フラックスの測定結果を概ね再現することができました。

### 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

- レブリン酸収率の画期的な向上**…………… 10  
木質バイオマスを総合的に利用する新しいシステムとして、バイオプラスチック等へ変換可能な有用基礎化合物として世界的に有望視されているレブリン酸を木材から高収率で製造することに成功しました。
- 超・亜臨界水処理ベンチプラント製造と木材糖化液のエタノール発酵**…………… 12  
バイオエタノールや化学工業材料の原料となるグルコース、オリゴ糖等の糖類を木材から直接効率的に生産できる超・亜臨界水処理ベンチプラントを開発しました。
- 木材利用によるCO<sub>2</sub>削減効果の評価モデルの開発と日本への適用**…………… 14  
木材利用分野によるCO<sub>2</sub>削減効果を計算するために、炭素吸収量評価モデルを開発しました。このモデルを使うことにより、今後木材利用の増減がどのように影響を与えるかの将来予測ができるようになりました。

## 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

- KumaDAS（クマダス）のススメ**…………… 16  
過去約10年間のツキノワグマによる人里域への出没頻度を分析した結果、近隣の府県間で似たような傾向が見られました。このことから、ブナやドングリなど堅果類の豊凶を調べることで、全国各地でクマ出没の予報システム（クマダス）を構築することができる可能性ができました。
- 「ピンチくん」ゲーム感覚で学ぶ外来種の脅威**…………… 18  
外来種対策をいっそう進め、新たな外来種を生まないために、住民の意識調査を行い、教材としてトランプ型ゲーム「ピンチくん」を開発しました。これを用いたモデル授業で、生徒の意識がはるかに向上することを明らかにしました。
- サビマダラオオホソカタムシを利用したマツノマダラカミキリ防除技術の開発**…………… 20  
サビマダラオオホソカタムシはマツ材線虫病を伝搬するマツノマダラカミキリの天敵昆虫です。この虫を室内で増殖し、被害マツ林に放飼することによりマツノマダラカミキリを防除する手法を考案しました。

### 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

- 林野火災の延焼危険度と早期警戒システムの開発**…………… 22  
林野火災による被害を減らすため、人工衛星を利用して森林を監視し、燃えやすくなっている森林を検出するシステム、ならびに発生した林野火災の場所を特定し、火災が起きた都道府県の防災機関にただちに通報するシステムを開発し、ホームページで公開しました。

**カンボジア国森林流域における水・森林環境データセットの作成**…………… 24  
カンボジア国はこれまで森林研究が遅れ、観測データの無い地域でした。そこで、将来の適正な水資源・森林資源管理などに役立てるため、詳細な地上調査と人工衛星データを統合して、水環境・森林環境データセットを作成し公開しました。

**地震によって山地斜面はどのように動いたか？－中越地震発生時の地すべり変動観測－**…………… 26  
平成 16 年に大きな被害をもたらした新潟県中越地震による地すべり発生危険度を解明するため、自動観測で得られた地震時の地すべり挙動を解析しました。地震時には地すべり運動が降雨時と同じ区域で活発化することや地下水の水圧が鋭く変動することがわかりました。

## 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

**ブナ天然林で森林のセラピー効果を検証**…………… 28  
これまでに森林セラピープロジェクトでは 24 ヶ所の森で森林浴実験を行いました。その中で効果が顕著に表れたブナを中心とした天然落葉広葉樹林における実験を紹介します。血圧やストレスホルモン濃度の低下などが顕著に認められ、森林浴が生理的にリラックス効果、ストレス緩和効果をもたらすことを実証しました。

**魅力的な森林景観づくりへむけたガイドブック**…………… 30  
森林の景観づくりに携わっている人たち、これから関わりようとしている人々を対象に、より魅力的な森林景観をつくるための計画の組み立て方や、考え方の道筋を提供するため、ガイドブックをまとめました。

**里山の森林動物と共存していくために**…………… 32  
里山の森林動物と共存し、生き物とのふれあいの場としての里山の保全方法を探るため、リスを指標動物として生息調査を行いました。その結果、動物たちが生息できる環境を維持するためには、生息に必要な面積を確保し、つながりのある森林を残していかなければならないことがわかりました。

## 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

**地域材を用いた新集成材の開発と JAS 規格への提案**…………… 34  
スギ等地域材を用いた新しい集成材を改訂予定の集成材 JAS に反映させることを目的に、新しいラミナ等級及び集成材等級の強度についてシミュレーション及び実証試験を行い、新規等級に設定すべき基準値を明らかにしました。

**木質建材工場から出る大気汚染物質を減らす**…………… 36  
合板などの木質建材を作る工場の乾燥、接着、塗装工程から、大気汚染物質の原因の一つである VOC（揮発性有機化合物）がどのくらい排出されるかを調べ、作業工程における VOC の排出量を減らす技術を開発しました。

## 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

**森林所有権の移動の実態と影響が明らかになる**…………… 38  
全国の森林組合等を対象にした調査によって、森林所有権移動の地域性や要因が明らかとなりました。今後、国や自治体が講じるべき対策として、森林組合による森林売買の仲介機能の強化や森林購入資金の低利融資制度の拡充などを提案しました。

**簡易レールによる新たな森林資源収穫システムを開発！**…………… 40  
森林内に散在する森林バイオマスや間伐材を効率的に収穫するため、モノレールの技術を応用して、機動性に優れた簡易レールと、敷設装置、収穫搬出機械からなる収穫システムを開発しました。

**タケの地上部現存量を簡易に推定する**…………… 42  
モウソウチク林の放置状態を回避する一つ的手段として、バイオ燃料等の大規模な利用開発の取り組みが始まっています。そのために、放置状態にあるモウソウチク林の地上部現存量を簡易に推定する方法を開発しました。

<b>森林・林業・木材産業の将来を見通す</b> .....	<b>44</b>
さまざまな前提条件の下で、森林資源、木材生産等の将来動向を見通すために、森林資源モデル、木材需給モデル、労働力・生産性・生産量を統合した林業セクターモデルなどを開発し、概ね 2020 年に至る森林・林業・木材産業の将来予測をまとめました。	

## 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

<b>火災に強い集成材をつくる</b> .....	<b>46</b>
4 階建て以上の建物を木造でつくるには、その構造を維持するはりや柱は、火災にあった時に燃え尽きてしまわない材料でなければなりません。難燃薬剤を注入した木材を積層することで、火災にあっても燃え止る耐火性能をもった集成材を開発しました。	
<b>消費者に好まれる乾しいたけの栽培技術の開発</b> .....	<b>48</b>
日本の食卓になじみ深い乾しいたけの嗜好調査を行い、消費者の好みを明らかにすると共に、特に香りに焦点を合わせた品質の改良方法を開発しました。	

## 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

<b>ポプラ完全長 cDNA 約 20,000 種類の収集に成功</b> .....	<b>50</b>
ポプラ完全長 cDNA 約 2 万種類を収集しました。これは、ポプラの推定遺伝子数の約 40%に相当します。ポプラ完全長 cDNA は、樹木の生理機能の解明、有用な組換え樹木の創出等へ応用が期待されます。	
<b>スギ花粉から多数のアレルゲン類似遺伝子を発見</b> .....	<b>52</b>
未知のスギ花粉アレルゲンを探索するために、スギ花粉でどのような遺伝子が働いているかを解析しました。スギ以外の植物で既に知られているアレルゲンと類似する遺伝子が多数見つかかり、今後のスギ花粉アレルゲンの解析に貢献することが期待されます。	

### イア b 木質系資源の機能及び特性の解明

<b>市販木竹酢液中に含まれるホルムアルデヒド含有量の実態解明</b> .....	<b>54</b>
特定防除資材として指定が留保されている木竹酢液の安全性を確認するために、市販木竹酢液に含まれるホルムアルデヒド含有量の実態を網羅的に調べました。	

## 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

<b>森林土壌の乾燥と水の通り道</b> .....	<b>56</b>
森林土壌中の水移動において、トンネルのような大きなすき間を流れる急速な移動は、土壌が水で満たされるほど湿らなければ生じないと考えられてきました。しかし、「撥水性」を示す土壌では、乾燥時にも生じることが分かりました。	
<b>大気からの窒素負荷の進行とスギ林への影響</b> .....	<b>58</b>
大気からの窒素負荷による森林の衰退が危惧されていますが、7 年間スギ林に窒素養分の散布試験を行ったところ、スギの生育に有害な影響はみられなかったものの、土壌の酸性化が進むことが確かめられました。	
<b>谷頭斜面の流出特性－「あめふりくまのこ」は何を見たか？－</b> .....	<b>60</b>
水源となる流域で一時的に生じる流出の特徴を調べた結果、普段は水が流れていない谷でも、常に水が流れている場所より、単位面積あたりでは多くの流出が生じる場合のあることがわかりました。	

### イイ b 森林生態系における生物群集の動態の解明

<b>被食防御物質タンニンに富むドングリをアカネズミが利用できるわけ</b> .....	<b>62</b>
ドングリには、動物による被食を防御する物質タンニンが高濃度で含まれています。ドングリを主要な餌とするアカネズミが、唾液と腸内細菌の働きによって、タンニンの有害な影響を克服してドングリを利用しているメカニズムを明らかにしました。	

## 京都議定書 \* に対応した国家森林資源データベースの開発

温暖化対応推進領域	温暖化対応推進室	松本 光朗
森林管理研究領域	環境変動モニタリング担当チーム長	粟屋 善雄
森林管理研究領域	資源解析研究室	家原 敏郎
立地環境研究領域	領域長	高橋 正通

### 背景と目的

地球温暖化の緩和を目的とし、先進国各国に温室効果ガス \* の削減目標を示した京都議定書は、2008～2012年の第一約束期間において1990年を基準にして6%の排出削減という目標を日本に示しました。その一方、森林による温暖化効果ガスの吸収を考慮し、1990年以降に行われた新規植林・再植林による吸収量や、1990年以降に森林経営活動がなされた森林の吸収量に限って、3.8%相当量まで排出削減目標達成に利用できることとなりました。このような背景から、森林総合研究所では京都議定書に向けた森林吸収量の算定・報告手法の開発を行うとともに、それを実行するための国家森林資源データベースを開発しました。

### 成 果

#### 我が国の森林吸収量の算定・報告手法の開発

京都議定書に対応した我が国の森林の吸収量の算定・報告手法を検討し、以下のような算定・報告手法を開発しました。

- (1) 対象の森林を、最低樹高 5m、最低樹冠被覆率 30%、最低面積 0.3ha、最小幅 20m と定義しました。
- (2) 1990 年以降の新規植林・再植林・森林減少面積は、オルソフォト \* や高解像度衛星画像を用いた 500m グリッド (格子) の抽出調査により把握します。
- (3) 森林経営活動は、育成林では「植栽など更新作業、下刈りなど保育作業、間伐および主伐」とし、天然生林では「法令等に基づく伐採規制など保護・保全措置」と定義しました。1990 年以降に、これらの活動が実施された森林が算定の対象となります。
- (4) 吸収量は 2008 年～12 年の炭素蓄積の変化量から推定することとし、バイオマス拡大係数、容積密度など炭素量推定に必要な係数を明らかにしました。
- (5) 枯死木、リター、土壌の炭素量の推定については、日本用に調整したセンチュリーモデル \* を用います。
- (6) 不確実性の評価や算定値の検証を重視した設計としました。

#### 国家森林資源データベースの開発

上記の要件を満たし我が国の森林の吸収量を算定・報告

を実行するシステムとして、国家森林資源データベースを開発しました (図 1)。国家森林資源データベースは、図 2 のように、森林簿や森林計画基本図など行政情報を基礎とし、その蓄積量・成長量の情報を森林資源モニタリング調査 (林野庁) などの実測調査によりクロスチェックし、位置情報をオルソフォトや衛星画像でクロスチェックする、といった検証が可能な構造のもとに設計されています。このデータベースは、森林簿や森林計画図、オルソフォトなど日本の森林をカバーする多様なデータを搭載するとともに、それらの解析機能を持っています (表 1、図 3)。

以上の成果は、2006 年 8 月に政府が国際連合気候変動枠組み条約事務局に提出した「気候変動枠組み条約に基づくインベントリ報告書」および「京都議定書に基づく割当量に関する報告書」に反映されました。さらに、ここで開発された方法は、京都議定書第一約束期間 (2008-12 年) における日本の吸収量の算定方法として採用されることになり、国家森林資源データベースが実際の算定・報告に用いられる予定です。

本研究は、環境省地域環境研究総合推進費「京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究」、および林野庁受託費「森林吸収量報告・検証体制緊急整備対策事業」による成果です。



図1 国家森林資源データベースの外観  
林野庁の森林資源データベース室に設置されています。

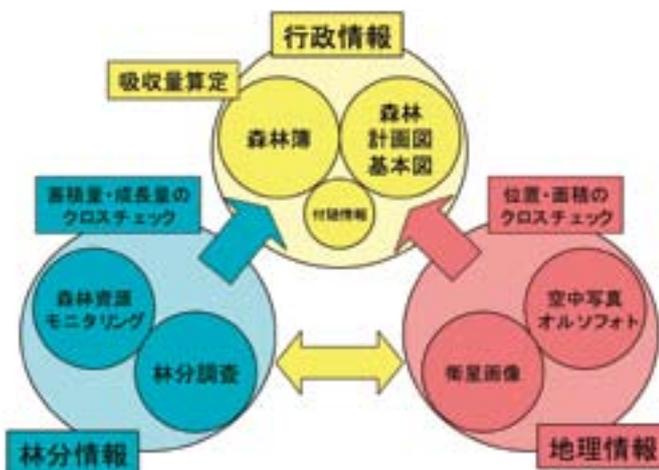


図2 森林吸収量の算定・報告の構造

行政情報を基礎として、その蓄積量・成長量の情報森林資源モニタリング調査（林野庁）など実測の林分情報で検証し、位置情報をオルソフォトや衛星画像の地理情報で検証する、といった複数の情報を関連づけた構造を構成しています。

表1 国家森林資源データベースの概要

目的	京都議定書のための算定・報告	
	森林資源現況・林業センサス等、森林に関する基礎情報の提供	
管理対象	森林	全ての民有林および国有林
	土地利用変化	全国土
管理データ	行政情報	森林簿、森林計画図
	画像情報	Landsat TM、SPOT、オルソフォト
	土地利用情報	土地利用サンプリング
	林分情報	森林資源モニタリング、FMモニタリング
機能	吸収量算定・報告	吸収量推定
		3条3項ARD、3条4項森林経営の特定・算定
		吸収量シミュレーション
	レビュー等へのプレゼンテーション	
森林統計の集計	森林に関する基礎情報の提供	

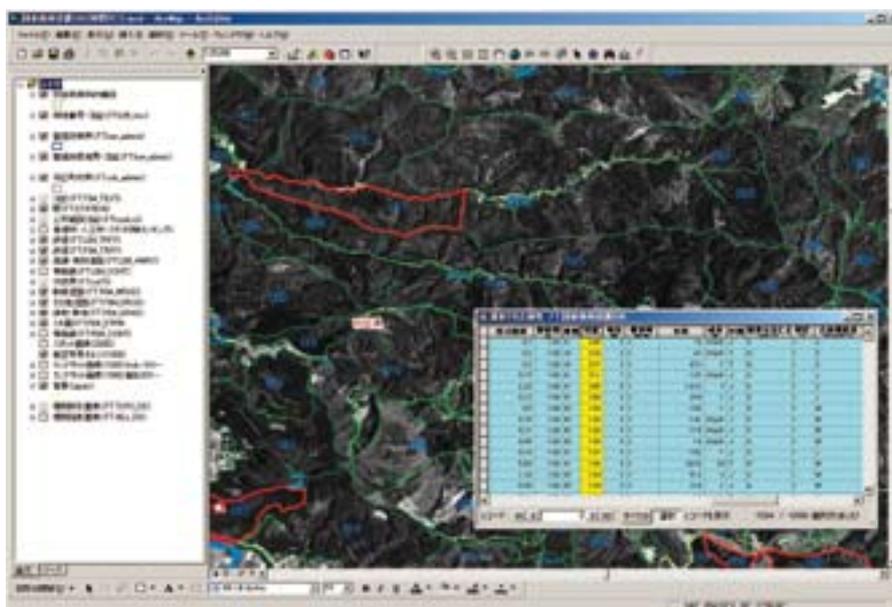


図3 国家森林資源データベースの画面

国家森林資源データベースでは、全国の森林資源情報が地理情報システム（GIS）として統合されています。この画像は、オルソフォトを背景に林班界とリンクされた属性情報を表示しています。

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 永久凍土 \* 地帯のカラマツ林生態系における炭素収支の解明

立地環境研究領域	土壌資源研究室長	松浦 陽次郎
九州支所	育成林動態担当チーム長	梶本 卓也
気象環境研究領域	気象研究室長	中井 裕一郎
立地環境研究領域	養分動態研究室	森下 智陽

### 背景と目的

北緯 58 ～ 72 度、東経 90 ～ 165 度のロシア連邦北東ユーラシア地域には、ほぼカラマツのみから成る森林が成立し、その下には永久凍土が連続して分布しています。永久凍土上に成立した広大な森林地帯は地球上でこの地域にしかありませんが、過去 30 年間の平均気温が最も上昇した地域で、生態系への温暖化の影響が非常に危惧されています。しかし、詳細な生態学的研究はこれまでほとんど行われておらず、炭素蓄積量や炭素循環の様子は不明でした。そのため、東南アジアから北東ユーラシアに及ぶ地域の炭素収支を解明するために、中央シベリアのカラマツ林生態系で、炭素蓄積量と炭素収支を推定しました。

### 成 果

#### 生態系の炭素の 8 割が土壌に蓄積している生態系

年間の平均気温がマイナス 9℃、年降水量は 200 ～ 350mm 程度しかない永久凍土地帯（図 1）では、樹木の生長も落葉落枝の分解速度も、他の気候帯に比べると非常に遅いのです。永久凍土上のカラマツ林生態系（図 2）では、生態系全体に蓄積している有機物としての炭素は 1 ヘクタールあたり 123 トンでした（図 3）。そのうち生きた植物に 11 トン、林床の有機物に 15 トン、土壌（約 80cm までの深さ）に 97 トンの炭素が蓄積していました。これに対して、適潤～多雨地帯の熱帯から温帯の森林では、土壌よりも地上部に多くの炭素を蓄積する傾向があります。

永久凍土地帯のカラマツ林生態系で見られる炭素蓄積のもう一つの特徴は、植物の地上部に匹敵する根系の多さです（図 4）。熱帯から冷温帯までの森林では、地上部と地下部の炭素蓄積量の比がおおよそ 4:1 ～ 10:1 の間となりますが、永久凍土地帯のカラマツ林ではその比が 2:1 より小さくなり、ところによっては 1:1 まで下がってしまいます。永久凍土という厳しい土壌環境で水分や養分を獲得するために地下部により多くの炭素を配分しているのです。

#### 凍土上のカラマツ林は二酸化炭素吸収源（シンク）か？

私たちが行った二酸化炭素フラックス観測（図 5）の結果では、年間の二酸化炭素吸収量は 1 ヘクタールあたり炭素換算で 0.5 トンとなり、永久凍土地帯のカラマツ林生態系はわずかにシンク（森林生態系が炭素を吸収している）側と推定できました。また、樹木の幹などに蓄積する速度は非常に小さいながらも、地下部の根系では細根の生産量が多いことや、北方の森林に特有な、林床をうめつくす地衣類や蘚苔類、灌木類の炭素固定速度も無視できないことが明らかになりました。

これらの知見は、将来的に北東ユーラシアのカラマツ林生態系が地球の炭素収支にどの程度影響するのかを見積もる際に役立ちます。

本研究は、環境省地球環境研究総合推進費・戦略的研究開発領域課題「21 世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究」（2002 ～ 2006 年度）による成果です。

詳しくは：Kajimoto T. 他 (2006) Forest Ecology and Management 222:314-325. Matsuura Y. 他 (2005) PHYTON 45:51-54 をご覧ください。

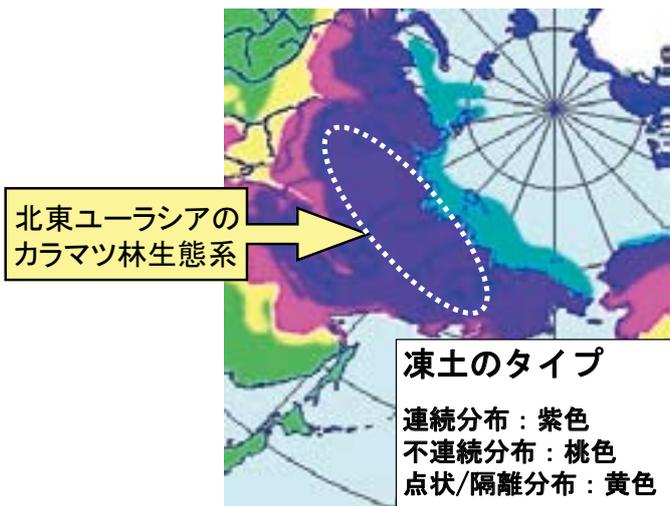


図1 永久凍土の分布とカラマツ林生態系

図2 中央シベリアのカラマツ林生態系 (秋)

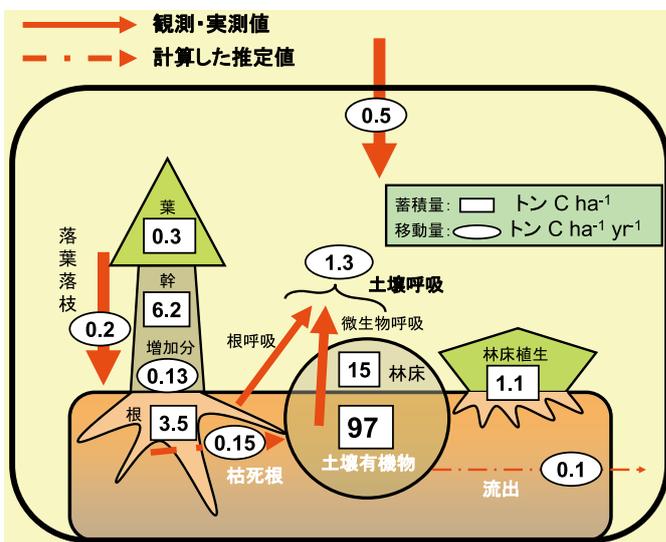


図3 中央シベリアの永久凍土地帯におけるカラマツ林生態系の炭素収支



図4 地下部に広がる根系の様子



図5 二酸化炭素フラックス観測タワー

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 落葉広葉樹林における CO<sub>2</sub> フラックスを群落多層モデルで再現

北海道支所	CO <sub>2</sub> 収支担当チーム長	宇都木 玄
北海道支所	寒地防災研究グループ	北村 兼三
北海道支所	植物土壌研究グループ	田中 永晴、阪田 匡司、飛田 博順
気象環境研究領域	気象研究室	中井 裕一郎、渡辺 力
立地環境研究領域	土壌資源研究室	石塚 成宏

### 背景と目的

森林生態系の二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 吸収量は、<葉の光合成による吸収>と<樹体 (葉・幹枝・根) の呼吸及び土壌有機物の分解による放出>の微妙なバランスの上に成り立ち、刻々と変化する気象の影響を強く受けます。そのため、気象変化にともなう森林生態系の CO<sub>2</sub> 吸収量の変化を予測することを目的に、シラカバ、ミズナラを主とした落葉広葉樹林において、タワーを用いた森林-大気間の CO<sub>2</sub> フラックス (タワーフラックス) と光合成および呼吸の個別プロセスを通年観測しました。そして、光合成、呼吸のプロセスを導入した群落多層モデルを用いて CO<sub>2</sub> の流れをシミュレーションした結果、タワーフラックスを概ね再現することができました。

### 成 果

#### 大気-森林間の CO<sub>2</sub> フラックス

森林総合研究所北海道支所の羊ヶ丘実験林に建設した高さ 40m のタワーを用い (図 1)、タワーフラックスを 30 分ごとに測定しました。開葉と共に CO<sub>2</sub> は急速に吸収され始め、葉が生い茂ると、吸収量は日射量の増減と共に変動しました。そして、落葉が始まると吸収量は速やかに減少し、積雪期には僅かですが CO<sub>2</sub> が森林から大気へ放出されるようになりました (図 4 参照)。この方法によると、森林生態系の年間の CO<sub>2</sub> 吸収量は、炭素換算で約 3.4 トン/ha となりました (図 2)。

#### 総光合成量の推定

森林の葉量は樹種毎に高さに応じて変化し、葉層の下層ほど暗くなることなど加味して、樹種・季節・階層別に、光量-温・湿度-光合成速度の関係を数式化 (パラメタライズ) して林冠光合成をシミュレーションした結果、年間に光合成によって固定される CO<sub>2</sub> 量 (総光合成量) は、炭素換算で約 18.5 トン/ha と推定されました (図 2)。

#### 葉・幹枝・森林土壌からの炭素の放出速度

幹や枝に透明なチャンバーを取り付け (図 3 b)、CO<sub>2</sub> の放出速度 (呼吸速度) を測定し、温度・成長量・幹枝表面積との関係から年間の放出量を求めると、葉および幹枝の呼吸によって放出される炭素量は、それぞれ

ha あたり年間約 3.8 トン、2.3 トンと推定されました (図 2)。

一方、森林土壌からの CO<sub>2</sub> 放出速度を連続測定するとともに (図 3 c)、20m 間隔 100 地点における季節別の短時間測定から水平的な変動を加味して林分当たりの年間放出量を推定すると、土壌から放出される炭素量は、ha あたり年間約 9.4 トンと推定されました (図 2)。

#### 群落多層モデルによる CO<sub>2</sub> 収支のシミュレーション

観測した光合成、呼吸のプロセスをすべて導入した群落多層モデルを用い、CO<sub>2</sub> フラックスをシミュレーションした結果、タワーで観測した CO<sub>2</sub> フラックスを概ね再現することができました (図 4)。この成果は、日々の気象情報をもとにした森林の CO<sub>2</sub> 吸収量の推定や予測、さらに温暖化など気候変動にともなう吸収量の変化の予測に役立ちます。しかし、夜間や積雪期の CO<sub>2</sub> の放出速度に関して問題点もあり、今後も精度向上をはかり相互検証をすすめる必要があります。

本研究は文部科学省、新世紀重点研究創世プラン (RR2002) 「陸域生態系モデル作成のためのパラメタライゼーションに関する研究」による成果です。

詳しくは : Watanabe, T. et al. (2005) *Phyton*, 45:353-360 をご覧ください。



図1 羊ヶ丘実験林と40mのフラックス観測タワー

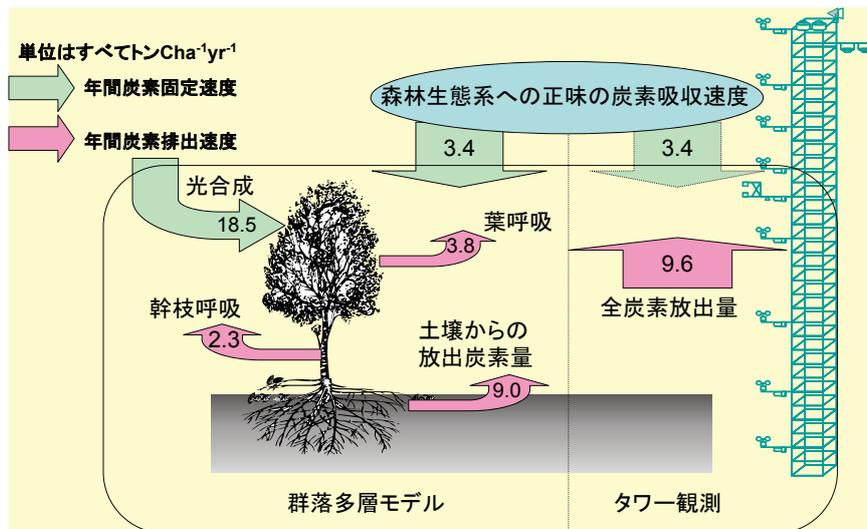


図2 羊ヶ丘実験林におけるモデル炭素収支とフラックスタワー観測による炭素収支。(2000-2003年の平均値)。生態系呼吸量は夜間のタワー観測から推定した生態系の全炭素放出量。



図3a 光合成の測定



図3b 幹呼吸の測定



図3c 土壌呼吸の測定

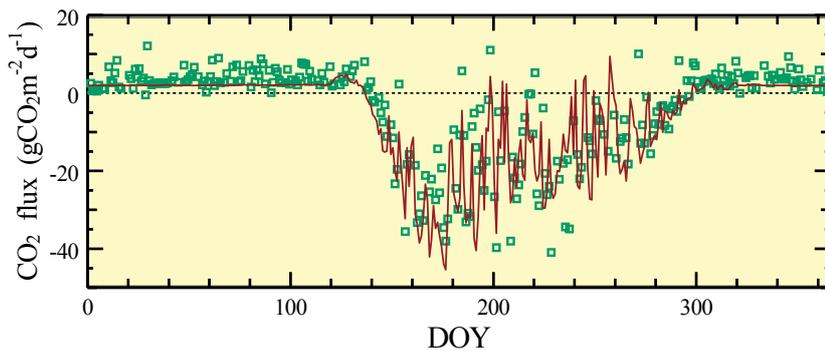


図4 年間のCO<sub>2</sub>フラックスの変動(1日単位)  
マイナス値が吸収を示す。  
DOY: 1月1日起算の経過日数  
200日は7月19日  
直線: タワー観測値  
□点: モデル計算値

## レブリン酸収率の画期的な向上

バイオマス化学研究領域 木材化学研究室 山田 竜彦、久保 智史

### 背景と目的

化石資源に依存した社会から、生物資源（バイオマス）に立脚した循環型社会への転換が世界的に求められています。森林総合研究所では、植物バイオマスから製造できるレブリン酸という物質に注目しました。レブリン酸は、様々な製品の原料となる基礎化学物質として有望視されています。代表的な製品としては、燃料添加剤、除草剤、プラスチックなどが考えられています（図1）。また、レブリン酸は、2004年に米国エネルギー省により開発のターゲットとすべき植物由来の有用基礎化合物の一つとしても選定され、世界的にその製造・利用技術の開発が注目されています。

今回、木質バイオマスを総合的に利用するバイオリファイナリーシステムとして加溶媒分解法をとりあげ、エチレングリコールをスギ木粉に対して高い割合で用い、縮重合反応を抑制することで、レブリン酸収率を理論値の81%まで高めることができました。

### 成 果

#### レブリン酸を製造する新システム

木質バイオマスからレブリン酸を製造する方法には、従来から酸加水分解法が検討され、2段階の特別な連続耐圧反応装置を用いて木質バイオマスを処理することでレブリン酸を高収率（70%）で生産できることが報告されています。しかし酸加水分解法では、木材中に約20~35%含まれているリグニン成分が酸で縮合してしまい、マテリアルとしての利用が困難です。森林総合研究所では、木質バイオマスを余すことなく利用するため、高収率でレブリン酸を製造すると同時に、リグニンも有効利用できる方法を研究しています（図1）。

#### レブリン酸生成メカニズムの解明

開発当初、我々の方法によるレブリン酸の生産収率は、理論値の20~30%程度と低いものでした（表1）。そこで、収率を改善するためにモデル化合物を使ったレブリン酸生成反応の詳細な検討を繰り返し、ヒドロキシメチルフルフラール等の反応中間体の反応性に収率向上の鍵があることをつきとめました（図2）。反応中間体が高濃度で蓄積されると反応中間体同士が互いに反応し、大きな分子を形成（縮重合反応）するため、レブリン酸の

収率が低下することが分かりました。したがって、レブリン酸の収率向上には、反応条件を厳密に制御し縮重合反応を抑制する必要があることが分かりました。

#### レブリン酸生成収率の改善

以上の考えに基づき、酸加水分解法と同様に反応を2段階で制御することで、収率を50%程度まで改善できることをつきとめました（表1）。さらに、加溶媒分解試薬としてエチレングリコールを高い割合で用いることで、縮重合化合物の生成を高度に抑制できることが分かり、スギ木材を用いた試験では、理論値の81%の収率を達成できました。このことにより、特別な装置を必要としない方法で、木質バイオマスを原料としたレブリン酸の高収率生産が可能となりました。本研究のような簡便な常圧下の加溶媒分解処理で高収率が達成できたことは、学術的にも意義深く、バイオマスからの効率的レブリン酸製造法として期待されています。

詳しくは：山田竜彦、小野擴邦、栗本康司「リグノセルロースの有効利用方法」特開 2004-083482 をご覧ください。

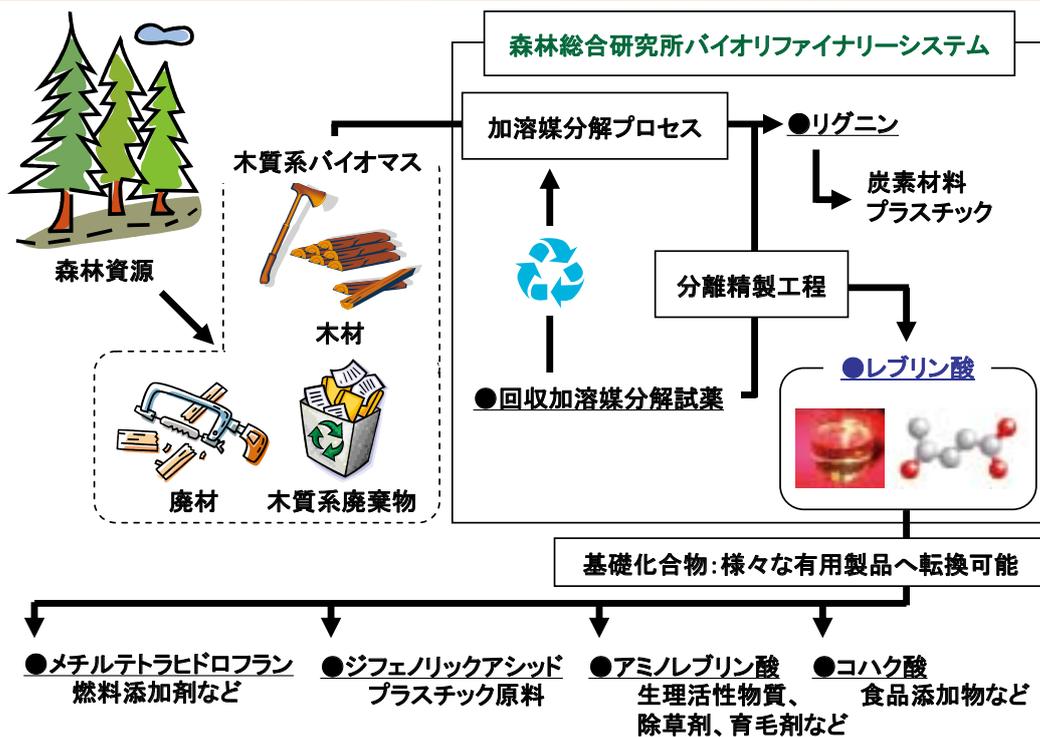


図1 森林総合研究所バイオリファイナリーシステム

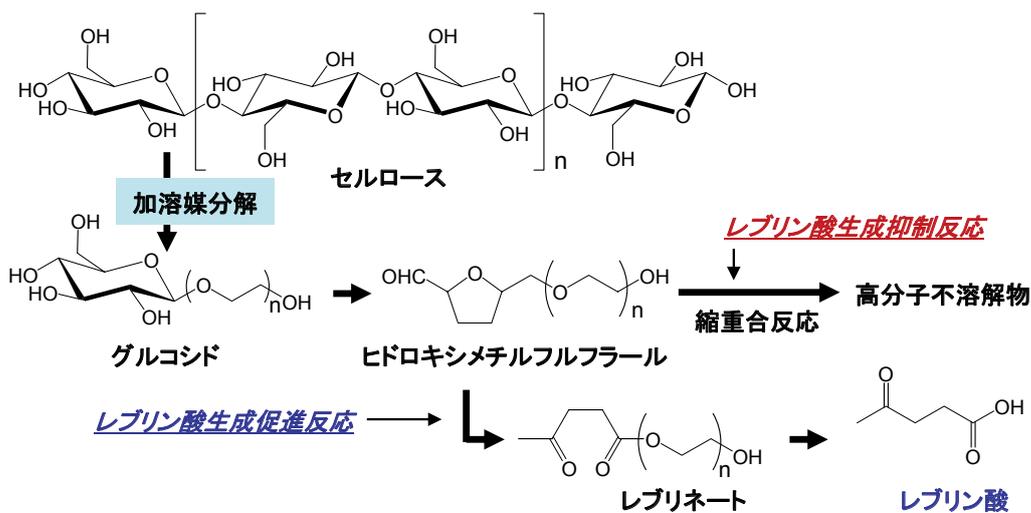


図2 加溶媒分解プロセスにおけるレブリン酸の生成メカニズム

表1 スギ木粉の各種加溶媒分解におけるレブリン酸の収率

反応系	試薬	液比	温度(°C)	時間(分)	収率(%)
旧手法	EG/EC (8/2)	5	150	60	26
2段階法 (第1段) (第2段)	EG/EC (2/8)	5	180	0.5	—
	EG/EC (8/2)	20	180	60	48
高液比法	① EG	100	180	90	75
	② EG	150	180	10	65
	③ EG	150	180	60	81

EG: エチレングリコール、EC:エチレンカーボネート、液比:スギ木粉に対する仕込み試薬の重量比

## 超・亜臨界水処理ベンチプラント \* 製造と木材糖化液のエタノール発酵

木材改質研究領域 機能化研究室

松永 正弘、松井 宏昭

きのこ・微生物研究領域 酵素利用担当チーム長

野尻 昌信

(株) 神戸製鋼所

大塚 剛樹、山本 誠一

### 背景と目的

木質資源は光合成によって作り出される再生産可能な循環型資源です。そのため、石油や石炭をはじめとした化石資源の代わりにエネルギー原料や化学工業原料等を製造するための技術開発が強く求められています。

私達はこれまで、超・亜臨界水を用いて木材からバイオエタノールや工業材料の原料となる単糖やオリゴ糖を効率よく生産するための処理方法について研究を進めてきました。小型装置を使った実験の結果、超・亜臨界水処理で木材を高速に糖化できることがこれまでにわかりました。そこで、今度はさらにスケールアップさせたベンチプラントを設計・製造し、将来の実用可能性を検証するための実験を行いました。

### 成 果

#### ベンチプラントを使った木材の超・亜臨界水処理

超・亜臨界水とは高温・高圧の水のことで(図1)、木質バイオマスをはじめとした有機物を短時間で低分子化することができます。しかも水と熱のみを利用したクリーンな反応なので、環境にも配慮した処理技術です。小型の処理装置を使ってこれまでに得られた実験結果を元にして、今回、図2に示すような連続処理も可能な超・亜臨界水処理ベンチプラントを開発しました。反応器の内容積は約2リットル、最大木粉処理量は約500gで、従来の小型装置の約17倍の処理能力を持っています。

このベンチプラントを用いてスギ木粉を300～325℃・15MPaの超・亜臨界水で処理したところ、反応液中には小型装置の時と同様にグルコースやオリゴ糖などの水溶性糖類が生成していることが確認されました(図3)。また、糖収率は約40%で、小型装置の時の糖収率とほぼ同じでした。これらの結果から、大型化したベンチプラントでも超・亜臨界水処理による木材からの糖生産が十分可能であることがわかりました。

#### 反応液のエタノール発酵

生成した反応液を使ってエタノール発酵実験を行いました。酵母培養液をビーズ状に固定化してチューブに詰め、そこにグルコース濃度が1.3mg/mlの超・亜臨界水処理反応液を流して連続的に発酵させました(図4)。3日で約500mlの試料を通液させたところ、反応液中のグルコースはほぼ完全にエタノールに変換されました(図5)。通液速度が速いとエタノールに変換できないグルコースが多くなりますが、通液速度を調節することで変換率を100%近くまで向上することができました。

今後は、ベンチプラントを用いて超・亜臨界水処理に必要なエネルギーやコストをさらに削減できるような処理条件を検討するとともに、効率よくエタノール発酵ができるように反応液の糖濃度を高める方法や発酵阻害成分の影響について検討していく予定です。

本研究は、農林水産技術会議委託費「超臨界水及び亜臨界水処理による高度資源化技術の開発」による成果です。

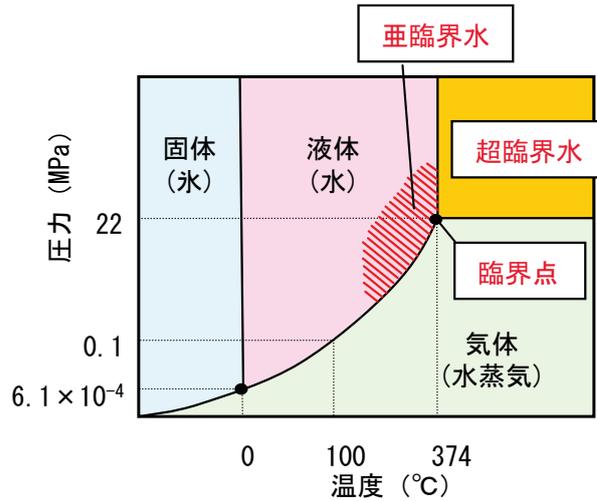


図1 水の状態図 (1MPaは約10気圧)

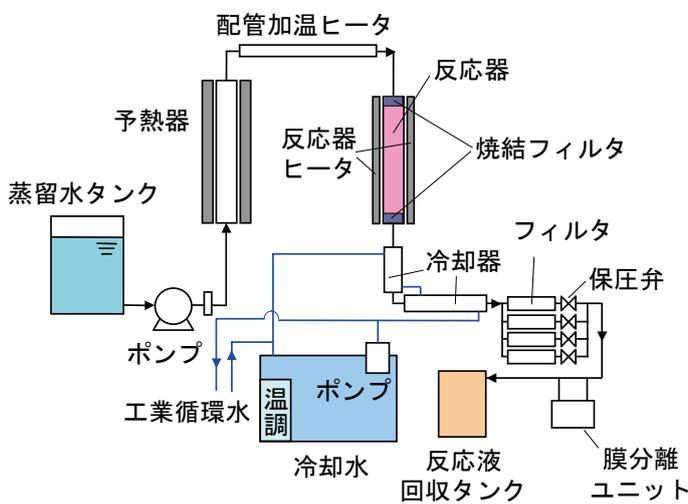


図2 超・亜臨界水処理ベンチプラント概略図

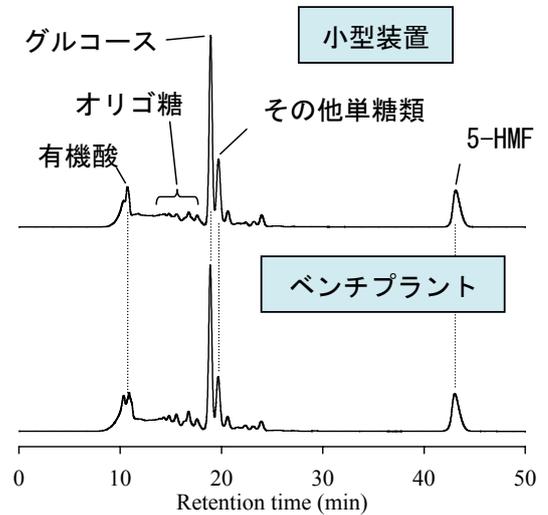


図3 HPLCによる反応液の成分分析結果  
5-HMF: ヒドロキシメチルフルフラール

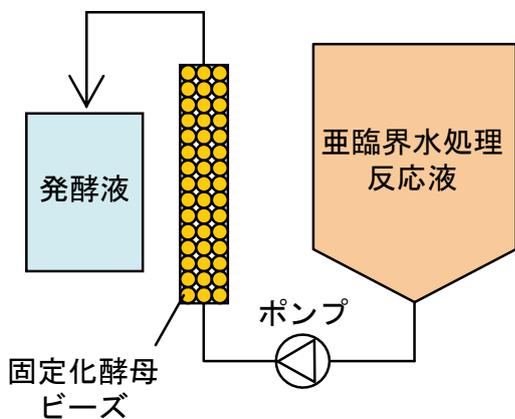


図4 バイオエタノールの生産フロー図

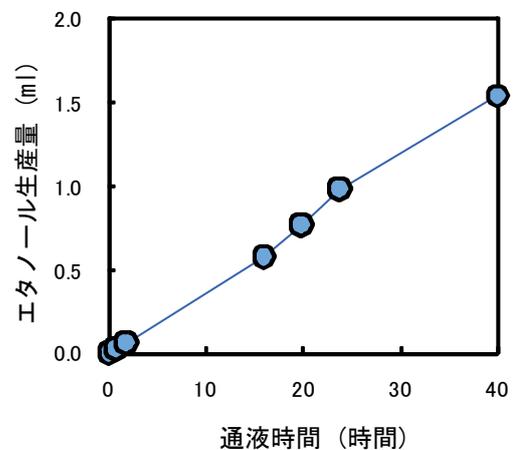


図5 固定化酵母によるエタノール発酵

\*については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 木材利用による CO<sub>2</sub> 削減効果の評価モデルの開発と日本への適用

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

木材を利用することによって3つの温暖化防止効果があると期待されます。第1は樹木が吸収した二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) をそのまま貯蔵して大気中に戻さない「炭素貯蔵効果」、第2は他材料に比較して材料を作る際のエネルギーが少なく、CO<sub>2</sub> の排出も少ないという「省エネルギー効果」、そして木材をエネルギー源として利用することにより化石燃料由来のCO<sub>2</sub> 排出を削減できる「化石燃料代替効果」です。今後木材利用分野によってどのぐらいのCO<sub>2</sub> 削減効果が見込めるかを予測することは、日本の温暖化防止政策を考える上でも重要です。

本研究では建築物、家具、紙について利用－廃棄モデルを開発し、木材を利用する際のCO<sub>2</sub> 削減量が将来どのようになるかを計算しました。

### 成 果

#### モデルの仕組み

木材や紙はその重さ（水分を除く）の約半分の炭素を貯蔵しています。本研究で開発したモデルでは、毎年新しく作られる建築物、家具、紙の量と廃棄されるこれらの量を予測し、国内に存在する木材量（「炭素貯蔵効果」）を推計することができます。また、もし新しく建てられる建築物のうち、木造のものが増えれば「省エネルギー効果」が発生しますので、それも推計できます。そして廃棄される建築物、家具、紙の量からエネルギー利用できる木材量を計算し、「化石燃料代替効果」を推計できるようにしました。

#### 計算の国際ルール

木材による「炭素貯蔵効果」を計算するための国際的なルールは今のところ3種類提案されています。

- 1) スtockチェンジ法：国内に存在する木材量の増減によって吸収・排出量を計算します。輸入材は日本に含めます。
- 2) プロダクション法：日本の森林から産出された木材量の増減によって吸収・排出量を計算します。輸入材は輸出した国に含められます。
- 3) 大気フロー法：日本で廃棄・焼却された木材量から、大気への排出量を計算します。輸入材、輸出材は無視されます。

これらのうちどれを統一ルールとして採択するかは、

現在、各国で協議しているところです。そこでこのモデルでは、3種類のルールで計算をして結果を比較できるようにしました。

#### 木材の積極的な利用を

図2はモデルを用いた、木材利用による炭素吸収・排出量です。この計算では、今後建てられる建築物中の木造率や木製家具の生産量、国産材の利用率などは現在のままであると仮定しています。大気フロー法が採択された場合、木材利用は大きなマイナス（排出）と評価されてしまいます。ストックチェンジ法やプロダクション法が採択された場合でも、炭素吸収はほとんど0となることが分かりました。

図3は今後つくられる建築物中の木造率や家具製品中の木製率を70%に増加させた際に「炭素貯蔵効果」「省エネルギー効果」「化石燃料代替効果」がどのぐらいになるかを計算した結果です。2020年には、3つの効果を合わせて年間約1200万トンの炭素吸収が見込まれます。日本の森林による吸収量が1300万トンであることを考慮するとかなりの効果です。CO<sub>2</sub> 削減には木材の積極的な利用が大切であることを明らかにしました。

詳しくは：外崎真理雄他（2005）日本エネルギー学会誌 84：973-979 をご覧下さい。

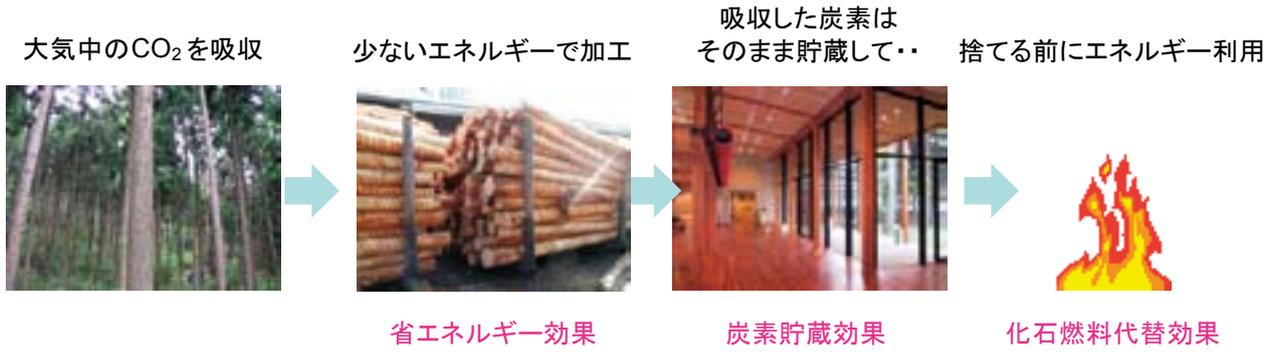


図1 木材利用と3つのCO<sub>2</sub>削減効果

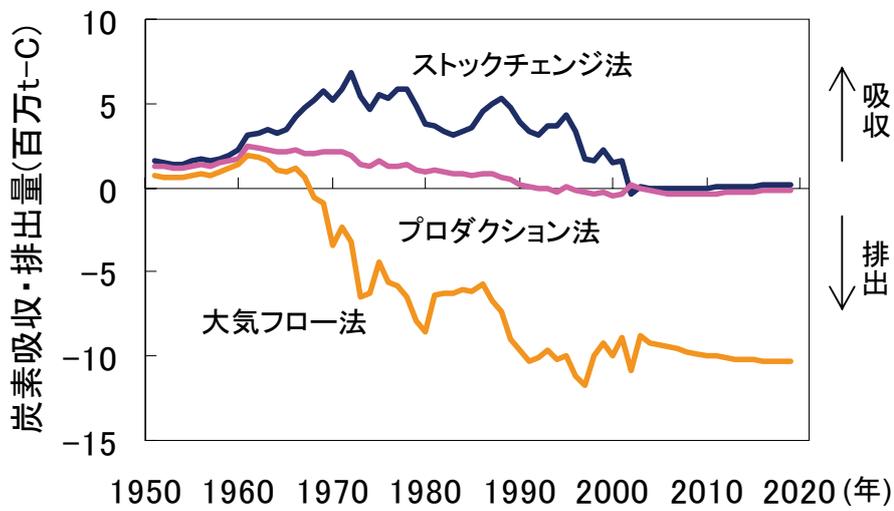


図2 3種類の計算法による炭素吸収・放出量

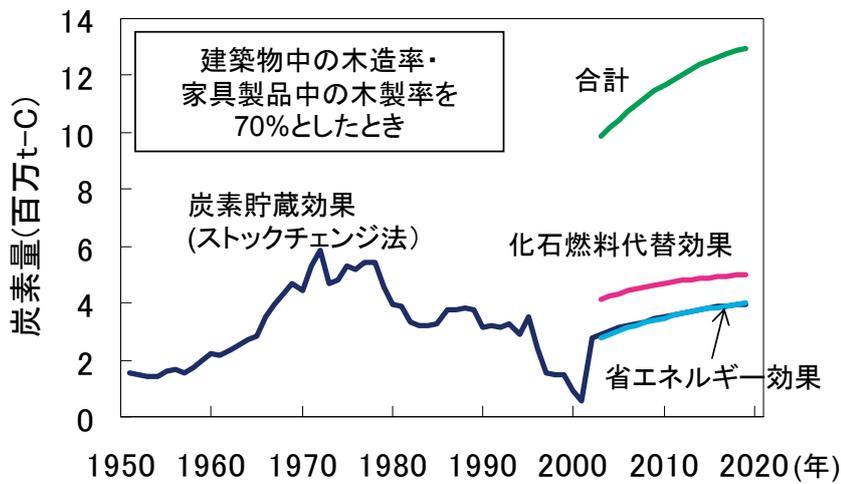


図3 積極的に木材を利用した際の「炭素貯蔵」「省エネルギー」「化石燃料代替」効果

## KumaDAS (クマダス) のススメ

野生動物研究領域 野生動物管理担当チーム長 岡 輝樹

### 背景と目的

2006 (平成 18) 年は、史上最悪の規模でツキノワグマが人里域に出没し、大きな社会問題となりました。人身被害件数は全国で 140 件に達し、有害獣として駆除されたツキノワグマの数は 5,000 頭を超えました。

いま、「山の実」とくにブナやドングリなどの「堅果類」が豊作か凶作かによって、ツキノワグマによる人里への出没多発を予測しようという取り組みが各地でおこなわれています。しかし、これまでのデータの蓄積がないため、こうした「山の実」の豊凶が本当にクマ出没と関係があるのか、よくわからない地域も多いようです。

ところで、堅果類の豊凶は広い範囲で同じように変動することが知られています。ということは、もしクマの出没がこの豊凶に関連して起こるものであるなら、出没の変動パターンも近隣の県で似たものとなるはずです。そこで、人里への出没の多少を示す有害駆除数の変動パターンが、どの程度似ているかを調べてみました。

### 成 果

#### KumaDAS (クマ出没予測システム)

数年に一度起こる東北地方のクマ出没多発は、主としてブナの凶作で説明できそうだとわれています (平成 15 年度研究成果選集)。2001 年にクマの出没が多発した岩手県は、この研究成果をもとにブナの豊凶調査を始め、2006 年春に初めてのクマ出没注意報を発令しました。市町村、関係各機関は様々な対策を取り、人里での人身被害を少なくすることができました。

現在、各県の担当課が中心となって「山の実」の成り具合についての情報を集め、その結果からクマの人里への出没多発を予測しようとしています。これは天気予報にも似ているので、地域気象観測システム AMeDAS にならって KumaDAS と呼ぶことにしましょう。2006 年の岩手県の例は KumaDAS が被害軽減に有効であることを示したことになります。

#### 堅果類の凶作がクマを出す？

さて、どの地域でもクマの出没は堅果類の豊凶と関係しているのでしょうか。クマによる被害を受けている 23 府県 25 地域における 1993 年～2004 年のツキノワグマ有害駆除数がどのように変動したかを解析したところ、近隣県では確かに同じように変動していることがわ

かりました (図 1)。つまり、ある県がクマの出没多発に悩んでいる年はその隣の県でもクマ騒動が起きているということです。これは、県レベルを超えた広い範囲で堅果類の豊凶が同調していることと関係があるのではないかと推察されます。

#### 広域 KumaDAS も可能

KumaDAS は全国の多くの地域で取り組み可能です。しかし各県だけでの取り組みには限界もあります。出没パターンが似ている近隣県は協力してデータを収集、分析することにより、クマの出没多発をより精度よく、また広域的に予測し、被害回避のための策を事前に検討することができるようになるでしょう。また、森林総合研究所が公表している全国のブナ結実状況データベース (<http://ss.ffpri.affrc.go.jp/labs/tanedas/index.html>) も役立つでしょう。

本研究は環境省公害防止等試験研究費「ツキノワグマの出没メカニズムの解明と出没予測システムの開発」の一環として実施されました。

詳しくは：Oka, T. (2006) Mammal Study 31(2): 79-85 をご覧ください。

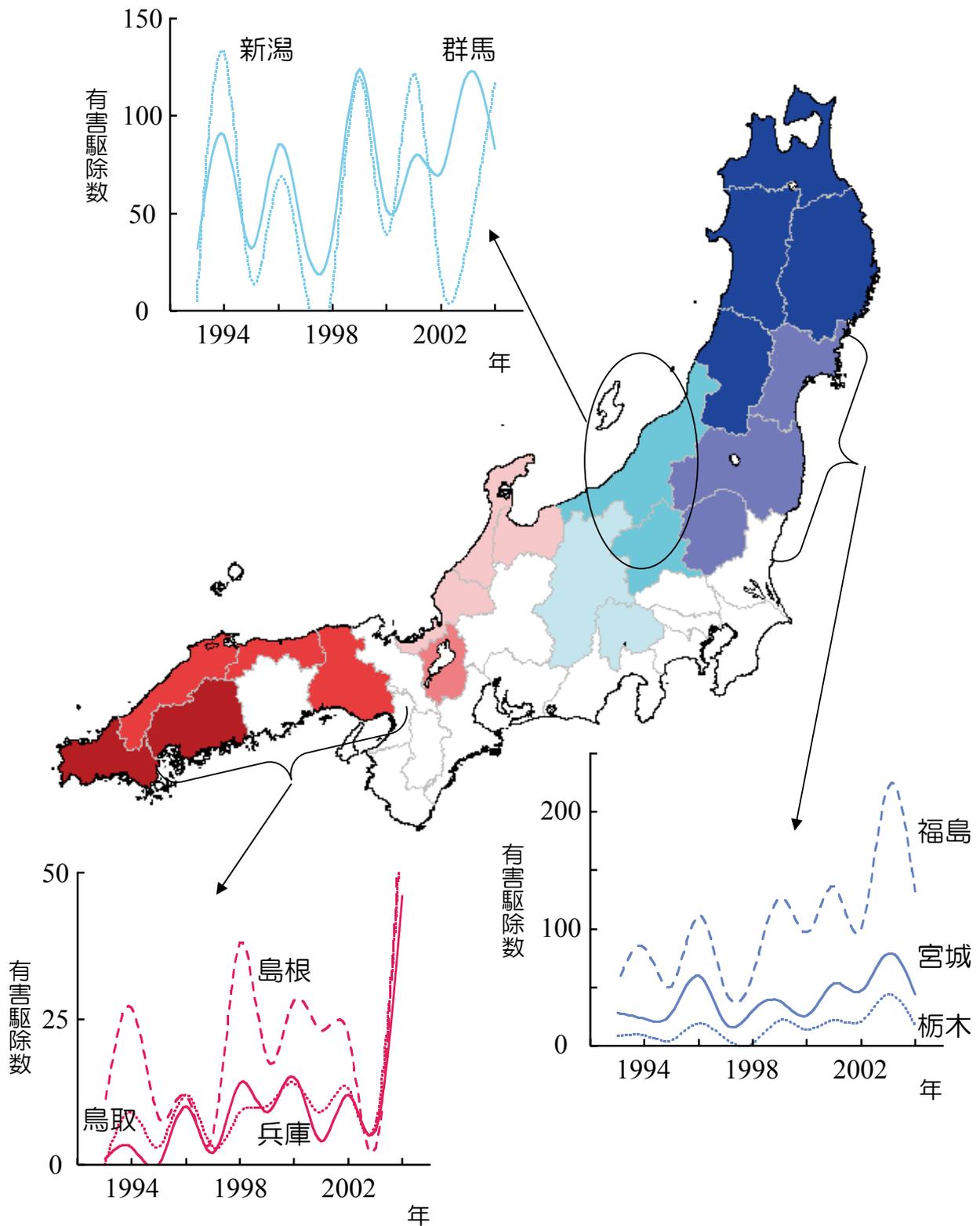


図1 有害駆除数変動パターンが似ている県とその例

有害駆除数変動パターンは富山・長野県を境に東日本地域（青系色で示す）と西日本地域（赤系色で示す）に大きく分けられた。各地域内で変動パターンが類似している県を同じ色で示した。白抜きはどのグループにも属さなかったか、駆除数が少ないもしくは生息していない都府県。四国は個体数が非常に少なく、また九州の個体群は絶滅したといわれている。

## 「ピンチくん」ゲーム感覚で学ぶ外来種の脅威

関西支所 研究調整監 山田 文雄  
(財)世界自然保護基金ジャパン 草刈 秀紀  
国立環境研究所 五箇 公一

### 背景と目的

南西諸島は、アマミノクロウサギやヤンバルクイナに代表されるように、生物多様性の保全上、重要な地域の一つです。近年、マングースなどの外来種が在来の動物に深刻な影響を与えているため、防除事業が進められています。さらに防除がすすむように、また新たな外来種を生まないために、地域住民の理解が必要です。そこで、外来種に関する住民の意識調査や、新たに作成した教材を用いたモデル授業を行い、その効果を調べました。

### 成 果

#### アンケート調査

住民の意識調査は、奄美大島と沖縄本島で、一般住民、市町村職員、教職員、および生徒を対象としました。調査結果の回収数はそれぞれ約 1 万人（配布数の半数）でした。

外来種が、その地域にしかない固有種を絶滅させていると認識する人は、両島とも極めて多く（80%以上）、外来種が島からいなくなってほしい人も多く（50-70%）をしめました。

また、毒蛇ハブの天敵としてマングースは役立たないと、多くの人が認識し、防除事業の目的をよく理解していました。また、対策や普及啓発は、国や自治体などが十分な予算をかけて行ってほしいと期待されていることがわかりました。

一方、学校などで使える、外来種に関する教材がほとんどないことがわかりました。

#### 「ピンチくん」をつくる

教材開発では、1)誰でも手軽に遊べて学習できる、2)在来種と外来種の関係が理解できる、3)さまざまな遊び方ができることなどを考え、在来種が外来種によって脅威を受け、ピンチな状況にあることを訴えるため「ピンチくん」と命名し、トランプ型の教材をつくりました（図 1）。

カードは、外来種 26 枚（黒色）と、在来種 26 枚（絶滅のおそれのあるレッドリストをイメージして赤色）か

らなります。外来種では、南西諸島で特に問題になっている 13 種、在来種では、絶滅のおそれの高い 13 種などを取上げました。カードには、生物の特徴、影響、侵入年代、レッドリストのランクなどをわかりやすく示しています。

#### モデル授業と効果

南西諸島の高校 2 校におけるモデル授業では、「ピンチくん」を使ったゲームの前後にアンケート調査を実施しました（図 2）。「ピンチくん」はきわめて好評で、ゲーム後に認識がはるかに向上することが明らかになりました（図 3）。8 割以上の生徒が、外来種問題への意識が高まったと回答しました。

これらのことから、適切な教材と授業を行うことによって、学校において、外来種問題の意識が向上することが明らかになりました。

今後は、これらを参考に、教材や活動などが開発され、外来種問題の正しい理解がはかられることが期待されます。

本研究は環境省地球環境研究総合推進費「侵入種生態リスクの評価方法と対策に関する研究（代表、国立環境研究所・五箇公一、16-18 年度）」による成果です。

詳しくは次のサイトを参照して下さい。http://www.wwf.or.jp/activity/wildlife/news/2006/20061129.htm

外来種	A	生きものの種名	在来種	A	生きものの種名
	B	外来種のイメージ / 【原産地(国)】 【体の大きさ】		B	在来種のイメージ / 【原産地(国)】 【体の大きさ】
C	生きものの説明	C	生きものの説明		
D	何に影響するの？ この外来種に被害を受ける在来種で、赤のカードの在来種に対応している。	D	何の影響を受けているの？ この在来種に被害を受ける在来種で、黒のカードの外来種に対応している。		
E	この外来種が及ぼす実際の影響	E	この在来種が及ぼす実際の影響		
F	上段：生息環境 下段：侵入年代(移入された年代)	F	上段：生息環境 下段：被害年代(被害確認年代)		
G	分類	G	分類		
H	ランク	H	レッドリストのカテゴリー		

図1 開発した普及啓発教材のトランプ型ゲーム「ピンチくん」



図2 モデル授業風景

先生がカードを読み、生徒が札を取るカルタゲームと、食う食われる関係の花札ゲームを行ない、外来種問題を遊びながら理解しました。

Q1. 沖縄本島で外来種はどれでしょうか？

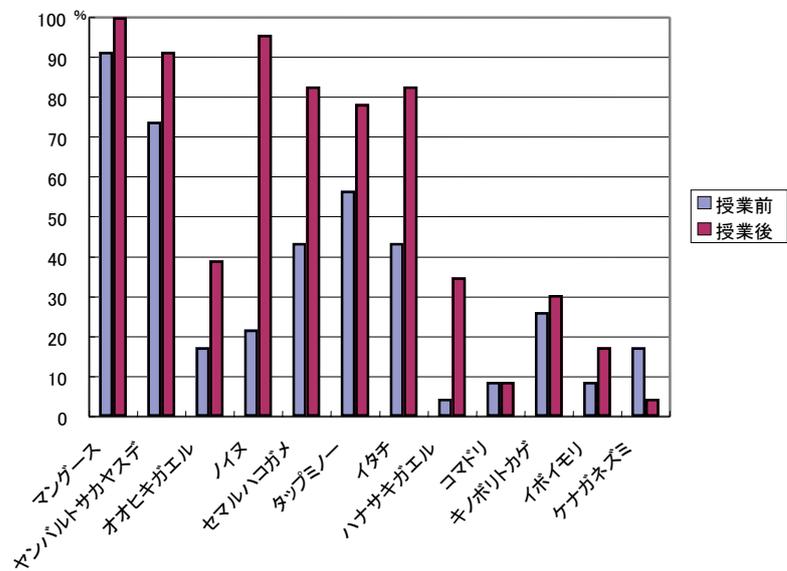


図3 モデル授業の効果

授業後に、認識がより正確になり、効果が認められました。正解は、この図で左端のマンゲースから右ヘイタチまでの7種でした。

## サビマダラオオホソカタムシを利用した マツノマダラカミキリ防除技術の開発

関西支所 生物被害研究グループ

浦野 忠久

### 背景と目的

マツ材線虫病は、寒冷地を除く全国のマツ林で依然として深刻な枯損被害をもたらしています。これまでにさまざまな防除法が開発されていますが、この病気の原因であるマツノザイセンチュウを運搬するマツノマダラカミキリを対象とした防除法が主体となっています。その中でも効率的に高い効果を得られる薬剤散布が最も多く実施されていますが、在来の天敵をより積極的に活用することも必要です。そこで、室内増殖した天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシを被害マツ林に放つことにより、マツノマダラカミキリを防除する手法を開発しました。

### 成 果

#### サビマダラオオホソカタムシとは？

中国地方のマツ林でマツノマダラカミキリ（以下カミキリ）への寄生が確認されたサビマダラオオホソカタムシ（写真1、以下ホソカタムシ）は甲虫の1種で、成虫は枯れ木の樹皮などに産卵し、孵化した幼虫はカミキリムシ類の幼虫が樹幹内に掘った孔道に侵入し、その奥に潜っているカミキリムシの幼虫および蛹に寄生して殺します（写真2）。人工飼料での大量飼育法が開発されており、成虫は多くの卵を産むため、天敵昆虫として利用するのに適した昆虫といえます。

#### マツ材線虫病被害林内での放飼試験

室内増殖したホソカタムシ成虫および卵を滋賀県および岡山県の被害マツ林で、毎年1回枯れ木に付けたところ、成虫がその枯れ木（放飼木）に産卵し、孵化した幼虫の寄生によって樹幹内のカミキリの30～60%が死亡しました（図1A）。また、原因不明の死亡を加えるとカミキリの死亡率は50～85%に達しました。原因不明とみられていたカミキリの死骸の一部からホソカタムシ幼虫の死骸が見つかったため、この中にはホソカタムシの寄生を受けたものがかなり含まれていると考えられます。

#### ホソカタムシをマツ林でどのように使うか？

実際にマツ林内でホソカタムシを利用したカミキリの

防除を行う場合は、あらかじめ薬剤散布などによって被害を抑えた方が効率は高くなります。一般的に薬剤散布はカミキリの羽化脱出時期に行われますが、カミキリより羽化の遅いホソカタムシは枯れ木の内部に幼虫や蛹の状態にいるため、薬剤の影響を受けにくいと考えられます。薬剤で被害を抑制した林内でまばらに発生する被害木を集めて新たに開発された金網製のカバー（天敵保全箱、写真3）で覆い、ホソカタムシの卵をこの中に放し、被害木のカミキリを用いて効率的に増殖させます。これを林内にいくつも設置することにより成虫を徐々に分散させ、薬剤で駆除し残したカミキリ幼虫に寄生させて、防除効率を高めることができます（図2）。なお、土着のホソカタムシがマツ林内に多く生息する地域は、今のところ岡山県を中心とした中国地方の一部に限られており、この虫を全国で天敵として利用するためにはさらなる調査が必要になります。

本研究は、交付金プロジェクト「サビマダラオオホソカタムシを利用したマツノマダラカミキリ防除技術の開発」による成果です。

詳しくは Urano, T. (2004) Bulletin of Forestry and Forest Products Research Institute 3: 205-211 をご覧下さい。

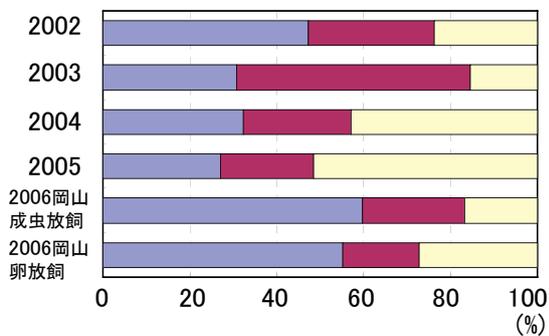


写真1 サビマダラオオホソカタムシ成虫  
(体長8mm)

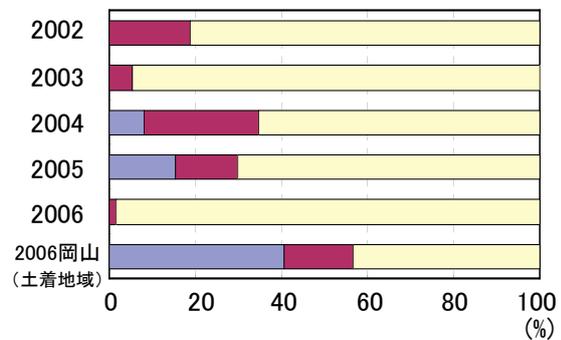


写真2 マツ樹幹内でマツノマダラカミキリ幼虫に寄生するサビマダラオオホソカタムシ幼虫  
(矢印)

#### A. 放飼木



#### B. 無放飼木



■ ホソカタムシの寄生による死亡 ■ 原因不明の死亡 ■ 生存(羽化)

図1 各年のサビマダラオオホソカタムシ放飼試験におけるマツノマダラカミキリ各死亡要因の占める割合。

Aの2002～2005年は滋賀県における成虫放飼。Bの2002～2006年は滋賀県（Aと同じ林分）での調査。原因不明死亡の多くも、状況から見てホソカタムシによるものと考えられる。



写真3 天敵保全箱 (金網製カバー)

カミキリは脱出できないがホソカタムシは脱出できる網（網目の大きさ：5×10mm）を使い、ここでまずホソカタムシを増やします。



図2 サビマダラオオホソカタムシを利用した防除法のイメージ

## 林野火災の延焼危険度と早期警戒システムの開発

気象環境研究領域 林野火災担当チーム長 後藤 義明  
 研究コーディネータ 沢田 治雄  
 企画調整部 研究評価室長 吉武 孝

### 背景と目的

日本では毎年 2,500 件ほどの林野火災が発生し、焼失面積は約 1,500ha、損害額は約 9 億円に達しています。林野火災による被害を減らすためには、火災が発生しやすい状態にある森林を特定して、森林に入る人に注意を呼びかけたり、火の使用を制限するなどの対策が必要です。また運悪く火災が発生してしまった場合でも、早期に発見してまだ小さいうちに消火することが重要です。人家に近い里山などで発生した火災は、人によって発見される機会も多いのですが、発生場所が人の少ない山奥であったり、夜に発生した場合などは、発見が遅れて大規模な火災になることがあります。

そこで人工衛星を利用して全国の森林を監視し、林野火災の危険度を評価するシステム、ならびに火災の発生が確認された場合には、関係する機関にただちに通報するシステムを開発しました。

### 成 果

#### 林野火災危険度の評価システム

降雨がなく乾燥した日が長く続くと、森林は非常に燃えやすくなります。本システムでは地球観測衛星テラとアクアから得られる画像を解析して、植生の乾燥度を推定し、植生乾燥度図を作成しました(図左中)。この図は植生の乾燥度合いを「高(乾燥が厳しい)」、「中(乾燥の傾向にある)」、「低(乾燥していない)」、「積雪域・雲域など」、「水域その他」という区分で示しています。この図は約 1 週間間隔で更新されます。

#### 林野火災の早期発見・早期通報システム

火災が発生し森林が燃えだすと、人工衛星データではホットスポット(高温地点)として検出されます(図右中)。このシステムでは、テラとアクアに加え、気象観測衛星ノア(12、15、17、18号の4機)を利用してホットスポットを見つけだし、火災が発生した場所を特定します。各衛星はそれぞれ 1 日に 1 回から数回、日本を観測しています。合計すると 1 日におおよそ 10 回ほどの観測の機会があります。日本全国を同時に観測しますし、夜も観測するので、夜間に発生した火災でも発見が

可能です。ホットスポットの位置を衛星画像から計算し、地図上に示すことで、林野火災の発生地点がすぐに確認できるようにしました。このシステムにより火災が発見された場合には、最新の火災発生地点情報として表示されます。同時に、火災発生地点の都道府県、およびその地点から 10km の範囲に入る都道府県の関係機関には、火災の発生を知らせる電子メールが送信されます。

植生乾燥度や林野火災発生地点情報の更新、あるいは関係機関へ電子メールを送る作業はシステムにより完全自動で行われます。このシステムを有効に活用することで、林野火災による被害を減らせるものと考えています。

本研究は政府等受託(林野庁)「林野火災に係る研究調査」による成果です。

植生乾燥度図と林野火災発生地点情報は、森林総合研究所および農林水産研究計算・情報センターの Web 上に掲載し公開しています(図下)。詳しくは <http://hinomiyagura.dc.affrc.go.jp/> をご覧ください。

人工衛星(テラ、アクア、ノア)

火災危険度評価システム

植生の乾燥状態を監視します。

火災早期発見・早期通報システム

火災が発生していないか監視します。

植生乾燥度情報

植生乾燥度

- 高(乾燥が厳しい)
- 中(乾燥の傾向にある)
- 低(乾燥していない)
- 積雪域・雪域など
- 水域その他

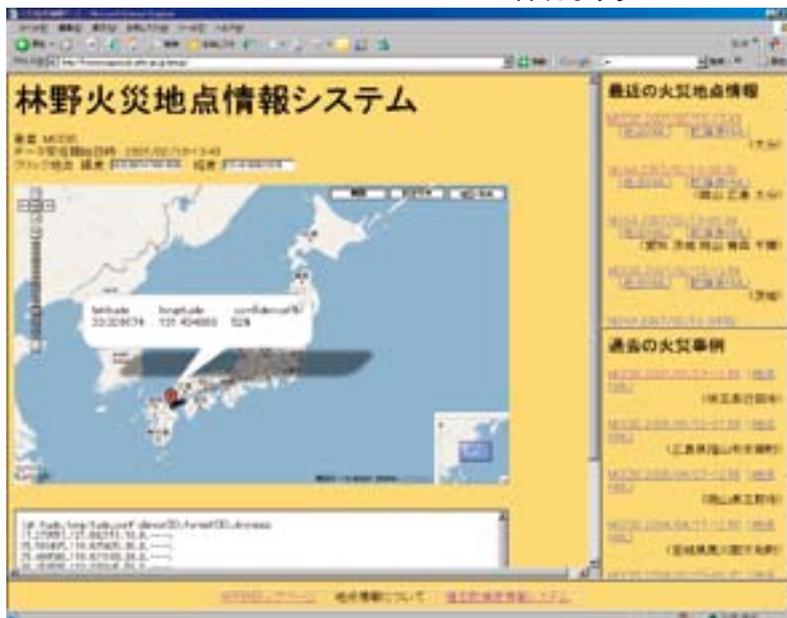
乾燥度による色分け

火災発生情報

ホットスポット

乾燥度から林野火災危険度を判定します。

ホットスポット情報から火災発生地点を割り出します。



全国版をWeb上で公開しています。 <http://hinomiyagura.dc.affrc.go.jp/>

## カンボジア国森林流域における水・森林環境データセットの作成

水土保全研究領域	水土保全研究室	清水 晃
立地環境研究領域	土壌保全担当チーム長	荒木 誠
	土壌資源研究室	伊藤 江利子
研究コーディネータ		沢田 治雄

### 背景と目的

メコン川はチベット高原に源を発して中国、ミャンマー、ラオス、タイ、カンボジア、ベトナムを流れる国際河川です。メコン川流域のなかでも、カンボジア国では長引く紛争もあって森林研究が遅れ、森林環境、水環境の観測はまったく行われていませんでした。このように観測データが無い地域では、現地住民の生活向上を目指した適正な水資源管理や森林資源管理のためにできるだけ早く科学的観測を始める必要があります。また、このような観測は地球規模での環境問題・気候変動など広域での予測や問題解決にも有効な情報となります。わが国はアジアモンスーン地域の一員として深いつながりのあるこの地域の観測体制確立に貢献する必要があります。

### 成 果

#### 対象流域と観測システム

私たちは、図 1 のような観測システムに基づいて地上調査から人工衛星画像までさまざまな規模で水環境・森林環境の観測を行い、その実態解明を図りました。地上調査ではカンボジア国中央部にメコン川支流のチニット川森林流域試験地（約 3600km<sup>2</sup>）を設定して研究を推進しました。流域の植生は常緑広葉樹林を中心としていますが、落葉樹林やその他の森林植生も含まれており、多様な土地利用形態があります。この流域の中で雨や河川水などを測るとともに、60m の気象観測タワーを作って森林からの蒸発量を測定しました（写真 1）。さらに、土の中の水の量や地下水の変化などについても観測を行いました。

#### 水循環研究結果

地上調査と既存の植生図および衛星画像によって現地の森林を区分し、どのような林に覆われているかを正確に知ることができました。これは、森林管理の貴重な基盤情報となりました。さらに、流域の大部分を占める常緑林について水循環特性を解析しました。同時に土の水分量や地下水の変化および樹木の葉の量の変化など多くの要因についても把握することができました。このように本地域ではまったく初めて雨から河川水までの多くの水循環過程を総合的に解明することができました。

#### 水環境・森林環境データセット

詳細な観測やデータに基づく精緻なモデルを使用してチニット川流域を対象に緯度経度各 0.1 度（約 10km x 10km）グリッド毎の水環境・森林環境データセットを作成することができました。その内容は次のとおりです。①基盤となる標高 (DEM)、植生、地質、土壌データのデジタル化 ②葉面積指数 (LAI) の月ごとの変動（図 2）、土壌水分の月ごとの変動 ③流域全体の土層厚の分布 ④蒸発散量の月ごとの変動 ⑤土壌中に含まれる水分量指標の月ごとの変動。また、メコン川全流域を対象に過去 20 年間の植生復元も行いました（図 3）。これらはインドシナ半島のデータ空白域に作成したはじめての森林データセットであり、水資源管理に活用されるだけでなく、地球全体の気候変動予測の精度向上においても非常に価値の高いものです。なお、この詳細は森林総合研究所で公開中のウェブサイトを参照ください。

本研究は文部科学省受託費「人・自然・地球共生プロジェクト：アジアモンスーン地域における人工・自然変化に伴う水資源変化予測モデルの開発」および農林水産省受託費「地球規模水循環変動が食料生産に及ぼす影響の評価と対策シナリオの策定」による成果です。

詳しくは「Forest Environments in the Mekong River Basin (Springer : 2007)」をご覧ください。



写真1 60 m森林気象観測タワー

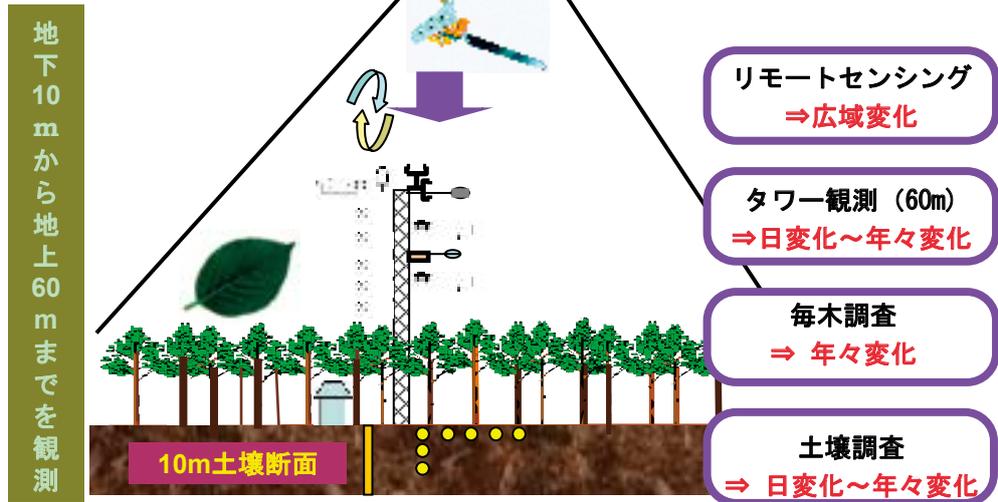


図1 カンボジア国森林流域での総合観測システム

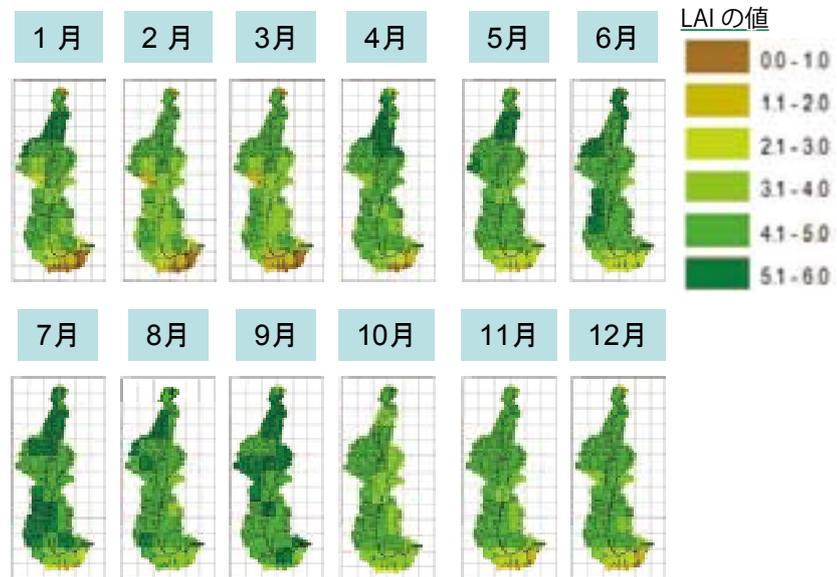


図2 カンボジア国チニット川常緑林の葉の量の変化 (LAI)

地上観測と衛星データ解析により、広域を対象に正確な葉の量の季節変動を明らかにしました。この結果は、水分環境変化に関わる森林変動要因として森林管理情報に活用されました。

2000年4月中旬(乾季) 2000年10月中旬(雨季)

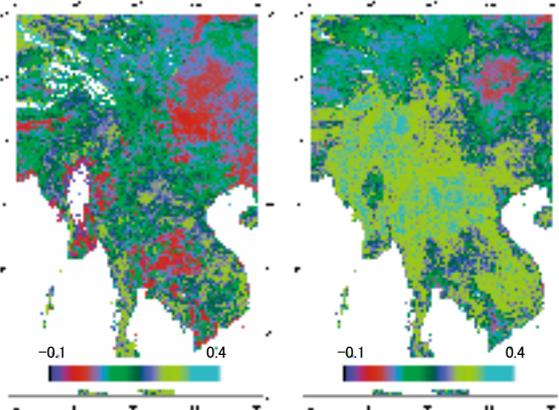


図3 過去の森林復元の1例

水分含有指数で表現した林冠水分状態：数値が大きいほど林冠の水分量が多く、森林に十分な水があることを意味しています。

## 地震によって山地斜面はどのように動いたか？ — 中越地震発生時の地すべり変動観測 —

水土保全研究領域 山地災害研究室 岡本 隆、大丸 裕武  
九州支所 山地防災研究グループ 浅野 志穂

### 背景と目的

2004 年の新潟県中越地震では、斜面の一部が比較的ゆっくりと滑り落ちる「地すべり」による災害が頻発しました。一般に地すべりは降雨や融雪を誘因とすることが多く、その観測も広く行われていますが、いつどこで起きるか分からない地震時の地すべりの観測例はわずかにしかありませんでした。そのような中、地すべり移動特性の解明を目的として 2001 年から新潟県内の地すべり地で稼働中の自動観測システムが、中越地震発生時の地すべりの動きについても詳細に捉えていましたので、その特徴を明らかにしました。

### 成 果

#### 地震発生時の地すべり移動

震央から約 50 km 離れた新潟県上越市の伏野（ぶすの）地すべり地（図 1）では、中越地震により震度 5 強～5 弱程度の強い震動が 2 回発生しました。10 分間隔の観測結果によれば、地すべりはそれまで降雨を主たる誘因として緩慢に動いていましたが、強い地震動に伴って移動が急激に活発化しました（図 2）。その後、地すべりは次第に減速しながら 1.9～6.7 mm の総移動量を記録し、4 時間後にほぼ停止しました。過去の観測例との比較から、降雨時の移動量が大きい観測点では地震時にも大きく動くことが分かり（図 3）、両者の比例関係を用いた換算から、中越地震の作用は 21～42 mm の累積降雨量に相当すると算定しました。こうして、これまでは別々の基準で評価されてきた「地震」と「降雨」という地すべりの誘因を統一した基準で評価することができました。

#### 地震発生時の地下水圧変動

地すべり地に降雨や融雪があると、水分が地下深部へ浸透して地下水の水圧が上昇し、斜面の力学的な安定が

損なわれて地すべりが動き出します。中越地震の発生時には 2 回の強い地震動に応答して地下水の水圧が上下に鋭敏に変動し、その後 8～24 時間で地震前の状態まで戻りました（図 2）。この水圧変動は、地震動による地すべり土塊の急速な変形（圧縮や膨張）が原因と考えられます。

#### 地震による地すべり予測に向けて

本研究によって得られた観測結果は、地震時の地すべり移動と地下水圧変動の予測におけるひとつの判断基準となります。今後は地震時の地すべり危険度の判定や警戒避難のための指標として、本結果の活用が期待されます。

本研究は、林野庁受託費「地震力が作用した地すべりの長期変動機構に関する調査」による関東森林管理局との共同研究成果です。

詳しくは、岡本隆・松浦純生・浅野志穂・竹内美次（2006）日本地すべり学会誌 43（1）：20-26 をご覧ください。

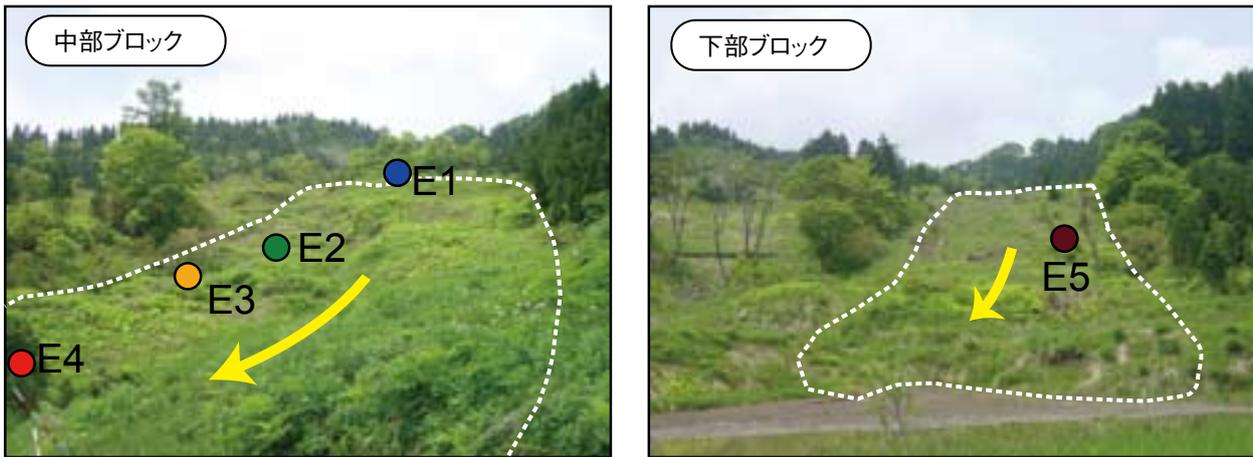


図1 伏野地すべり地の全景と観測地点の位置

(E1～E5は地すべり移動量および間隙水圧の観測位置、黄色い矢印は地すべりの移動方向を表します。)

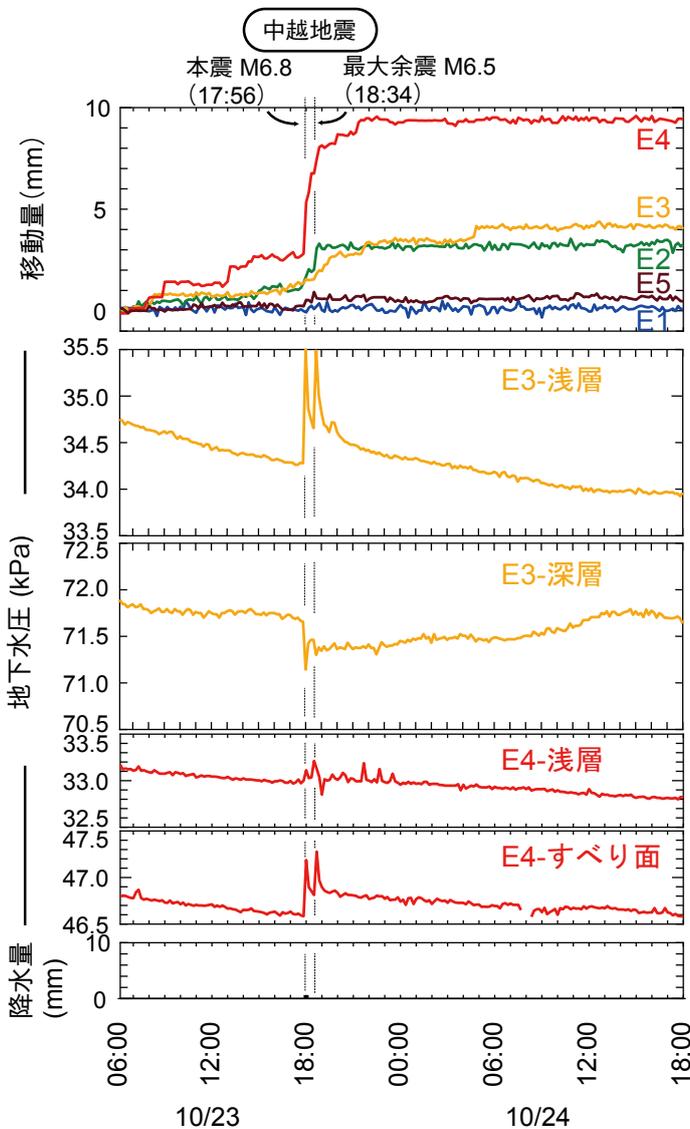


図2 中越地震発生時における地すべり変動の観測結果

(中越地震の発生に伴って地すべりが大きく動き出し、2回の強震に応答して地下水の水圧が鋭く変動しました。)

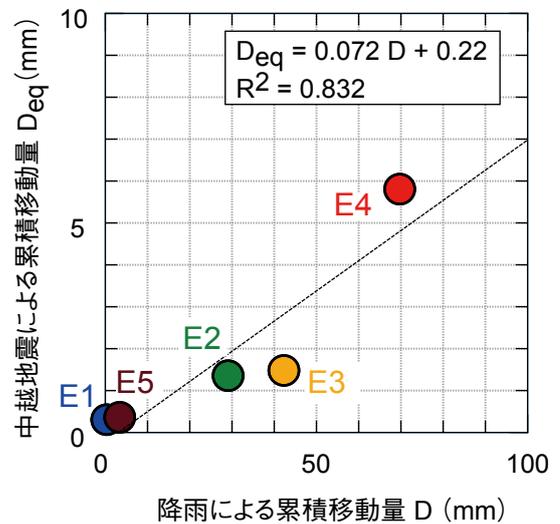


図3 降雨と地震による地すべり移動量の関係

(横軸は2004/9/25～10/22までの累積移動量、縦軸は地震発生から4時間後までの累積移動量。降雨を誘因として大きく移動する部分は、地震によっても大きく移動することが分かります。)

## ブナ天然林で森林のセラピー効果を検証

構造利用研究領域 木質構造居住環境研究室 恒次 祐子、森川 岳  
 森林管理研究領域 環境計画研究室 香川 隆英  
 バイオマス化学研究領域 生理活性担当チーム 宮崎 良文、朴 範鎮

### 背景と目的

平成 16 年度より「森林セラピープロジェクト」を展開し、全国の森で森林浴の生理的効果を検証する研究を行ってきました。平成 18 年度までに 24 ヶ所での実験が終了し、今後は計 50 ヶ所を目指してプロジェクトを推進しています。実際の森林環境におけるこのような大規模実験は世界でも例がなく、平成 16 年度に第 1 回を実施して以来、測定指標や実験デザインの改良を積み重ねながら研究を進めてきました。

ここで紹介するのは 24 ヶ所のうちの一例で、これまでに確立した実験方法を用いて森林浴の効果を検証したものです。

## 成 果

### 実験の概要

山形県小国町にあるブナを中心とした落葉広葉樹天然林で 12 名の被験者に 15 分間の歩行 (写真 1) や座観 (椅子に座って森林の景色を眺めること) をしてもらいました。また比較のために普段わたしたちが生活しているような都市部 (JR 新潟駅そばの繁華街) でも同じように歩行 (写真 2) と座観を行いました。

測定している生理指標は心拍数、血圧、心拍変動性\*、唾液中コルチゾール濃度\* などです。この指標は屋外実験において測定可能なもの、そして森林浴の効果を適切に反映するものとして実験の積み重ねの中から絞り込まれてきたものです。

### 森林浴の生理的な効果

座観後の最高血圧、最低血圧は森林部において都市部よりも低くなっていました (図 1)。また、心拍変動性から求めた副交感神経活動\* は森林で座観をした際に高まっており、体がリラックスしていることが分かりました (図 2)。さらに唾液中コルチゾール濃度が、歩行後、座観後ともに森林部で低くなっており、森林ではストレスが和らいでいました (図 3)。以上より、森林内で散歩をしたり、景色を眺めたりすることにより、リラックス効果やストレス軽減効果、つまりセラピー効果が得られることが実証されました。

### 身近な森林でストレス解消

本研究において確立した実験方法で、森林浴の生理的効果を実証することができました。またその効果は 15 分でも得られる可能性が示されました。日常の空いた時間に近くの公園で景色を眺めるだけでもセラピー効果が得られる可能性があるということです。

森林のセラピー効果は、景色、におい、温度、音などの複合的な組み合わせによりもたらされるものと推測しています。また、小さい頃の思い出や、いわれのある森に対する思い入れなど、個々人の記憶や価値観によっても効果が異なるものと考えられます。

森林浴の効果は、特定の病気を治すのではなく、体全体の抵抗力を高め病気になりにくい体を作るものです。誰もが個人に合わせたセラピーメニューに基づいて森林浴の効果を享受できるよう研究を進めます。

本研究は、農林水産技術会議受託費「森林系環境要素がもたらす人の生理的効果の解明」ならびに (社) 国土緑化推進機構受託費「森林セラピー基地における生理的効果の解明」による成果です。また、本研究は (独) 森林総合研究所疫学研究倫理審査委員会の承認を得て実施されています。

詳しくは : Tsunetsugu Y. et al. (2007) Journal of Physiological Anthropology 26(2):135-142 をご覧ください。



写真1 森林部(上)と都市部(下)における歩行実験の様子  
(被験者に決められたコースで15分間の歩行をしてもらいました。)



写真2 森林部における座観による測定風景

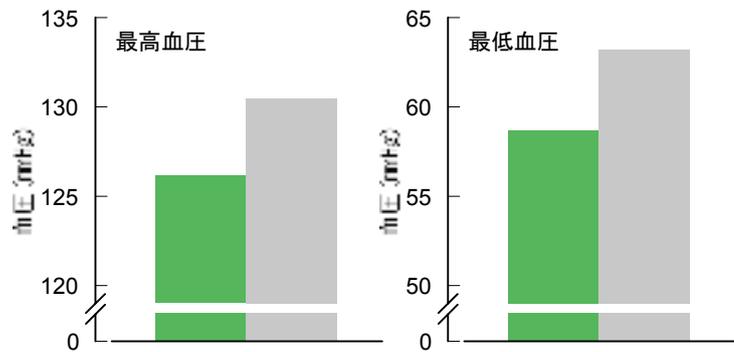


図1 森林部と都市部における座観後の血圧  
森林部 (■)、都市部 (■) における平均値

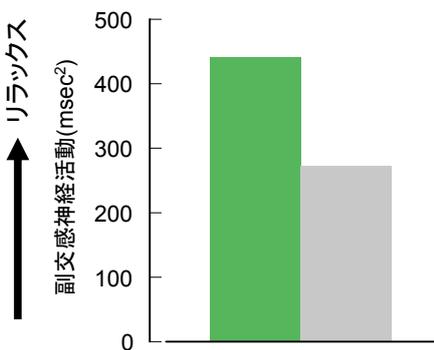


図2 森林部と都市部における座観中の副交感神経活動  
森林部 (■)、都市部 (■) における平均値

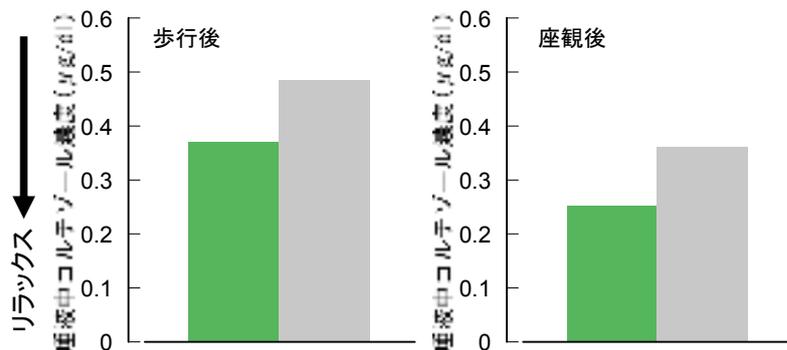


図3 森林部と都市部における唾液中コルチゾール濃度  
森林部 (■)、都市部 (■) における平均値

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 魅力的な森林景観づくりへむけたガイドブック

関西支所	森林資源管理研究グループ	奥 敬一
森林管理研究領域	環境計画研究室	香川 隆英
企画調整部	企画科 研究企画官	田中 伸彦
東北支所	森林資源管理研究グループ	八巻 一成
多摩森林科学園	環境教育機能評価担当チーム長	大石 康彦
森林管理研究領域	環境計画研究室	高山 範理

### 背景と目的

「景観法」が 2004 年に制定されたことに代表されるように、今日の地域おこしの中で「景観」を意識することは欠かせない条件になっています。日本の自然の骨格を構成している森林は、景観のことを考えようと思えば必ず視野の中に入ってくるきわめて重要な要素といえます。そこで、森林の景観づくりに携わる行政や NPO などの関係者を対象に、より魅力的な森林景観をつくるための計画の組み立て方や、考え方の道筋を提供することを目指して、魅力的な森林景観づくりへむけたガイドブックをまとめました。

### 成 果

#### ガイドブックの構成

このガイドブックでは、右ページの図で示すように、大きく 2 つの見方で景観づくりのための計画をとらえています。ひとつは計画の対象とする範囲の広がりを表す「スケール」です。どのくらいの範囲を対象とするのかによって、計画のポイントとなる事柄も異なってきます。

もうひとつは、森林のある場所が都市に近いのか、あるいは里山に位置するのか、観光地をとりまく森林なのか、人里離れた場所なのかといった、「地域特性」の違いです。それぞれの地域特性によって、その森林景観を見る人の行動や期待するものも異なってきます。

ガイドブックでは、この 2 つの見方を基本に組み合わせながら、景観作りのための計画や評価を実際の地域を事例にして解説するスタイルをとっています。

こうした計画手法の提案に加え、近年注目されることの多くなった話題として、里山や文化的景観の保全・利活用、森林を利用した環境教育活動と景観との関わり、森林セラピーの場での景観づくり、などについても事例を紹介しています。また、国有林などでの実践例を写真も交えて紹介しています。

#### 主な内容

主な内容としては以下のようなものがあります。「森林景観を理解するためのキーワード」:「視点」や「視対象」など森林と森林を見ている人との関係につい

での用語を解説しています。最近取り上げられることの多い「里山」や「文化的景観」、「療養的利用」などについても簡単に解説しています。

「観光レクリエーション資源の分布と森林計画への応用手法」:流域全体を含むような広域（マクロ）スケールでの計画事例として、森林管理にとって重要なレクリエーション地域を見つけ出す方法などを解説しています。

「森林散策コースで好ましい景観体験を演出する」:あるレクリエーション林を対象とした中間（メソ）スケールでの景観演出手法として、利用者に注目されやすい森林の特徴や景観体験の順序による効果などについて解説しています。

「利用体験に配慮した森林レクリエーション計画手法」:原生域を含むような地域での計画手法として、どういふ場所でどれくらいの整備を行うべきかを分類した事例について解説しています（右ページ下の図参照）。

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。

詳しくは、「奥敬一・香川隆英・田中伸彦編著（2007）魅力ある森林景観づくりガイド ツーリズム、森林セラピー、環境教育のために」をご覧ください。

「地域特性」の違いによる区分

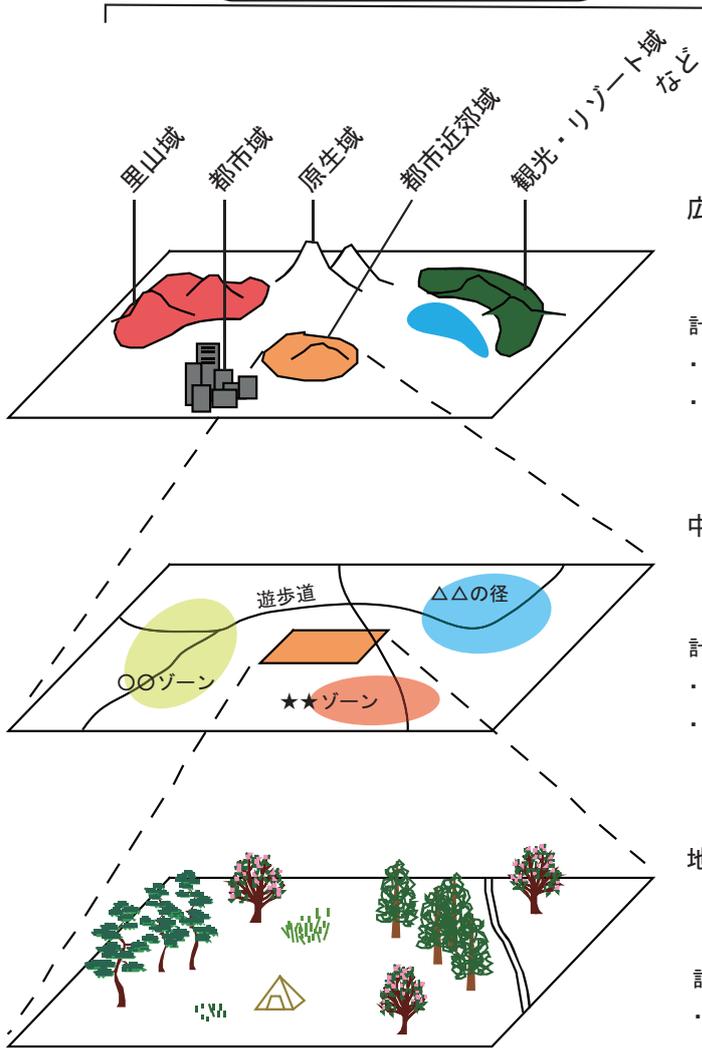


図1 景観づくりのための2つの基本的な区分

広域（マクロ）スケール

流域や地域森林計画区の単位、あるいは日常～数日の滞在によって体験できる景観

計画のポイント

- ・景観上重要な地点をどうやって見つけるか？
- ・どういう立地でどの程度整備を行うべきか？
- など

中間（メソ）スケール

個々のレクリエーションエリアの単位、あるいは1日の活動の中で体験できる景観

計画のポイント

- ・利用者に注目されやすい森林はどこか？
- ・どの林分を整備すればより効果的か？
- など

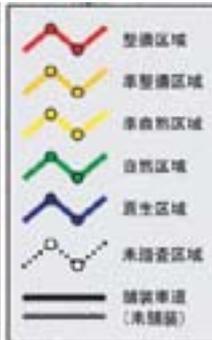
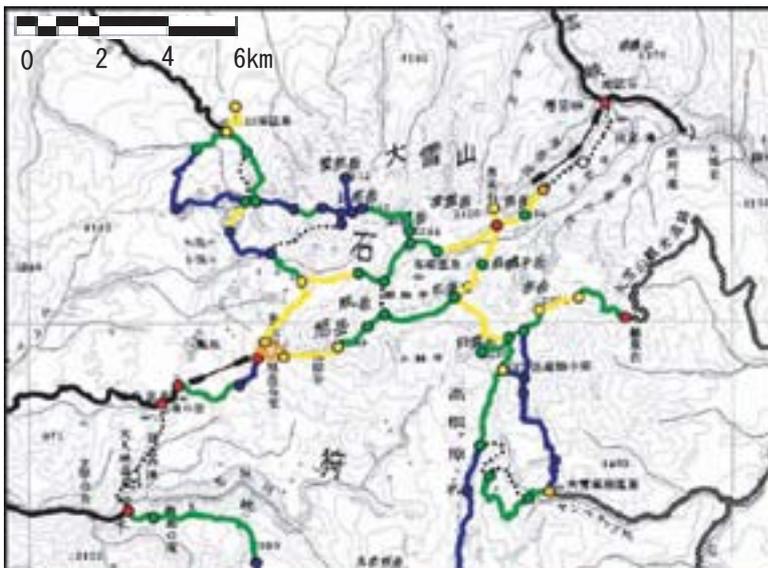
地点（ミクロ）スケール

個々の林分単位、あるいはある視点からの景観、行動拠点・園地の景観

計画のポイント

- ・どういう林相がのぞましいか？
- ・利用者はどういう行動をとるか？
- など

「スケール」の違いによる区分



より利便性に配慮した施設整備ができる場所



より原生的な雰囲気を保つような整備にとどめる場所

図2 景観づくりのための計画・評価例（大雪山国立公園）

出展：国土地理院数値地図 5,000 をもとに作成

## 里山の森林動物と共存していくために

多摩森林科学園 教育的資源研究グループ 林典子

### 背景と目的

わたしたちにとって身近で親しみやすい里山は、多くの動物が生きる場所でもあります。動物たちが互いにかかわりあいながら生活している様子を理解し、生息環境を保全する知識を伝えてゆくことは、里山を持続的に利用していくための第1歩です。また、動物との共存の場である里山は、失われつつある自然への関心をつちかう教育の場でもあります(写真1、2)。この研究では、里山の森林動物の代表としてリス(ニホンリス)を選びました。リスは、健全な森林環境が維持されているかどうかの指標になる動物です。リスがどのような環境を必要とするのかを明らかにし、里山の森林環境を保全するための方向性を呈示します。

### 成 果

#### 里山におけるリスの現状

東京都西部一帯はかつて、関東山地から多摩丘陵、武蔵野台地につながる一連の林でした。しかし、現在ではひと続きの林は高尾山よりの西側に退き、それより東側では道路や市街地等で分断された小さな面積の林が点在しています。このように道路などによって分断された林76箇所において、1996年にリスの生息調査を行った結果、リスが生息していた林は12箇所でした。10年後の2006年に同じ場所で生息調査を行った結果、リスが生息していた林はわずか3箇所のみでした(図1)。結局、面積約100ha以上の林で、連続した林に隣接するところだけに、リスが生息し続けていることが分かりました。

周囲を高速道路や市街地で囲まれて分断化されている林の代表として多摩森林科学園、連続した林の代表として高尾山をそれぞれ選び、リスの個体群調査および遺伝学的な母系調査をおこないました。その結果(図2)、分断化された科学園では、同じ個体が長期間滞在し続け、1つの母系で個体群が成り立っている時期もありました。一方、連続した高尾山では、入れかわり立ちかわり個体に移入し、最大4母系の個体で構成されていました。つまり、分断化された林では個体の移動がさまたげられていることが分かりました。

#### リスが生息する環境とは？

この地域でリスが好んで利用する林には、尾根にモミやマツ類が生育し、沢沿いにオニグルミやクリがみられます。つまり好物の食物があることが重要です。また、巣を作ることができる常緑の大きな木があることも重要です。ここでは、リスによって種子を散布された多様な植物が更新し、捕食者であるテンやオオタカも生息できるのです。

この地域に多い里山は、かつては薪炭林など人間が資源を利用する場でしたが、今では生き物との共存の場、環境教育の場という新しい機能も担い始めています。そのために多くの動物を育む場を残してゆく必要があるでしょう。リスなどの動物が必要とする100ha以上の単位で森林面積を残すこと、動物の移動を考慮し連続した林の配置がのぞまれます。

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。

詳しくは、Tamura N. & Hayashi F. (2007) Ecological Research 22: 261-267 および Kataoka T. & Tamura N. (2005) Mammal Study 30: 131-137. をご覧ください。

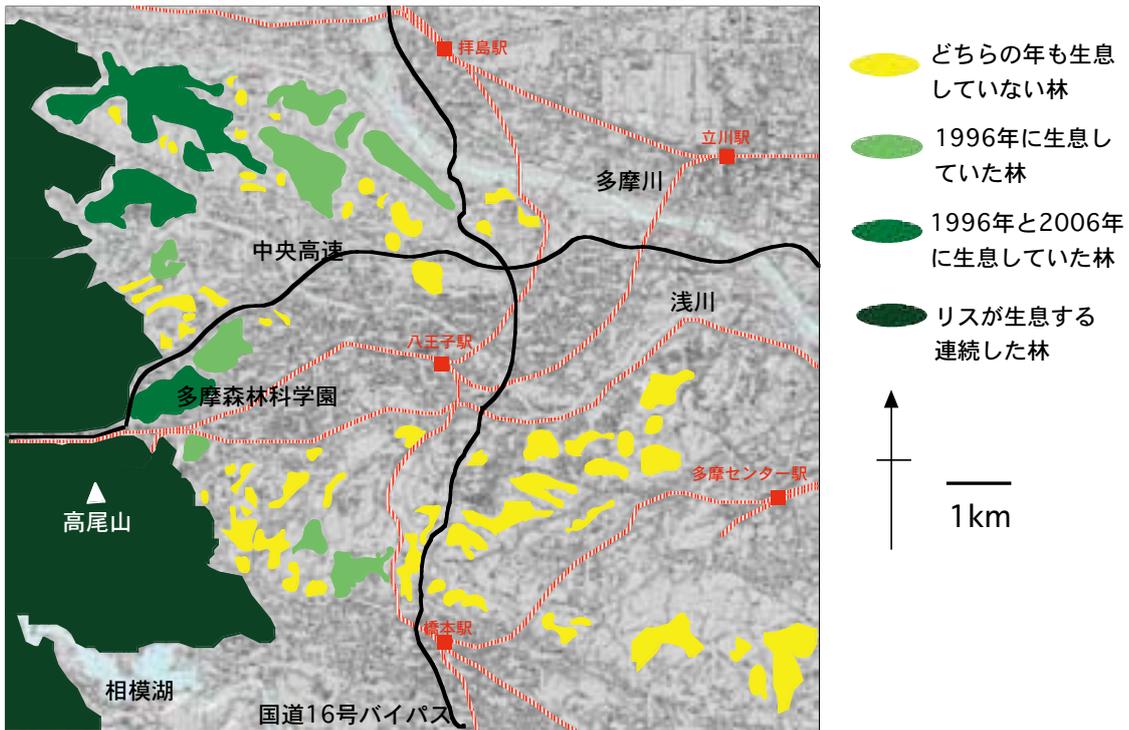


図1 多摩地域の分断化された林におけるニホンリスの分布状況。高尾山など西側の連続した林ではニホンリスが生息しています。



写真1 ニホンリスがマツボックリを食べた痕跡(通称:エビフライ)



写真2 マツ林で“エビフライ”を探す子供たち(大石康彦撮影)

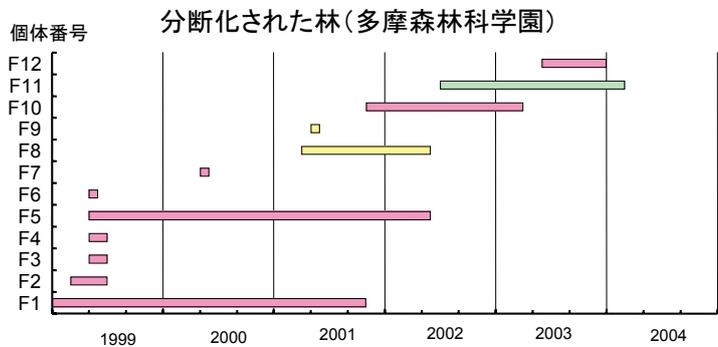
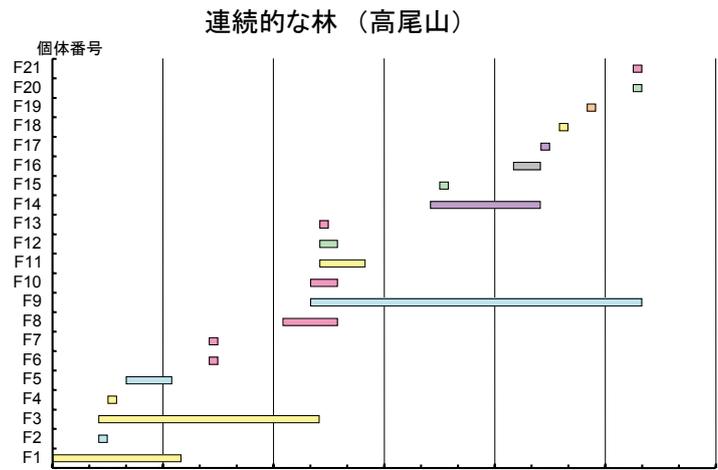


図2 ニホンリスのメス個体が生息していた期間を横棒で示しています。色の違いは母系の異なる遺伝的な型を示します。連続した林(高尾山)では母系が異なる個体が入りかわっているのに対し、道路で分断された林(多摩森林科学園)では移入が少なく滞在期間が長い傾向がありました。

## 地域材を用いた新集成材の開発と JAS 規格への提案

構造利用研究領域	材料接合研究室	長尾 博文
複合材料研究領域	集成加工担当チーム長	宮武 敦
構造利用研究領域	材料接合研究室	井道 裕史、加藤 英雄
複合材料研究領域	積層接着研究室	平松 靖、新藤 健太
研究コーディネータ		神谷 文夫

### 背景と目的

従来、木造のドームや体育館の部材として高性能な品質を要求されてきた構造用集成材が、近年、一般用の住宅の柱や梁の部材として多用されるようになってきました。これに対応して、スギ等の地域材を用いた構造用集成材を製造しようとする動きがあります。しかしながら、現行の「構造用集成材の日本農林規格 (JAS)」はスギに多くみられる低いヤング係数のラミナ\*の使用や、性能向上を目的として異なる樹種を複合する技術などについて規準の設定がなく、国産材の新たな需要拡大への動きに十分に対応しているとは言えません。

そこで本研究では、この種のラミナを使用した新しい集成材を、JAS に盛り込むことを目的として、ラミナの品質管理基準や新集成材の強度性能を明らかにしました。

### 成 果

集成材はラミナを積層して接着し製造される木質材料 (図 1) であるため、その強さはラミナの品質 (強さ) や配置の仕方によって決定されます。したがって、新しいラミナの等級や現在の JAS と配置の仕方が異なる集成材を JAS に盛り込んでいくためには、そのようなラミナや集成材の強度を明確にする必要があります。

現行 JAS ではラミナの等級としてヤング係数が  $5\text{kN}/\text{mm}^2$  以上の L50 から規定されており、 $5\text{kN}/\text{mm}^2$  未満の等級はありません。そこで、ヤング係数が  $5\text{kN}/\text{mm}^2$  未満のラミナの強度を明らかにするため、 $4\text{kN}/\text{mm}^2$  以上  $5\text{kN}/\text{mm}^2$  未満のものを L40、 $3\text{kN}/\text{mm}^2$  以上  $4\text{kN}/\text{mm}^2$  未満のもの L30 として等級を設けて曲げ・縦引張り試験を行いました。その結果、図 2、図 3 に示したように、L50 以上と同様の方法で、L30、L40 のラミナの強度基準値を設定できることが明らかになりました。

L30、L40 のラミナを内層に配置したスギ集成材、およびスギ、カラマツなどを内層にし、強度が高い樹種を

外層に配置した異樹種集成材 (写真 1) を地域材のヤング係数出現頻度に対応したラミナの配置で製造し、曲げ・縦圧縮・縦引張り試験を行いました。その結果、スギ集成材、および異樹種集成材の強度は、ともに理論的に設定した強度の目標値を上回り、目標値を基準強度として設定できることが分かりました (図 4)。

そこで、L30、L40 のラミナを利用することと、新しい構成の集成材を新規等級として JAS に追加することを集成材 JAS 改訂委員会に提案しました。これらの提案は受け入れられ、新しい JAS は今秋頃告示される予定になっています。

本研究は、交付金プロジェクト「スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価」による成果です。

詳しくは：宮武敦 (2006) Journal of Timber Engineering 19(6):162-167 をご覧下さい。

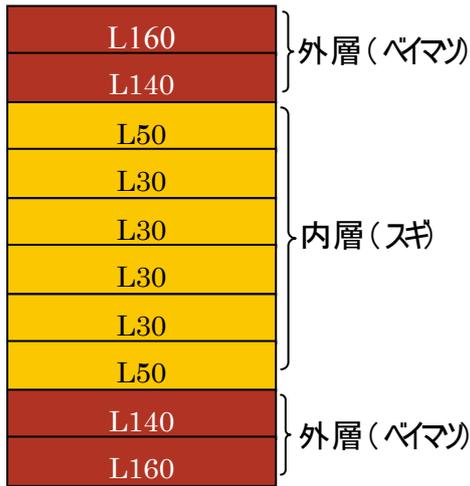


図1 集成材のラミナ構成（異樹種集成材の一例）

写真1 スギ及びベイツラミナで製造された異樹種集成材（図1の構成）

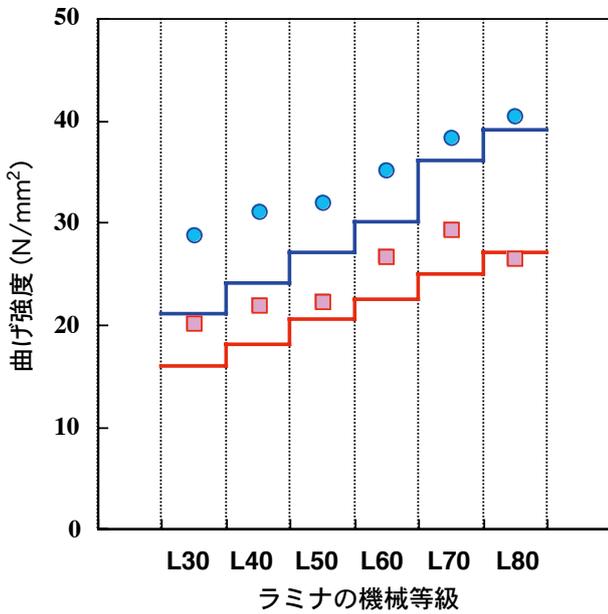


図2 各ラミナ等級の曲げ試験結果及び JAS 基準値

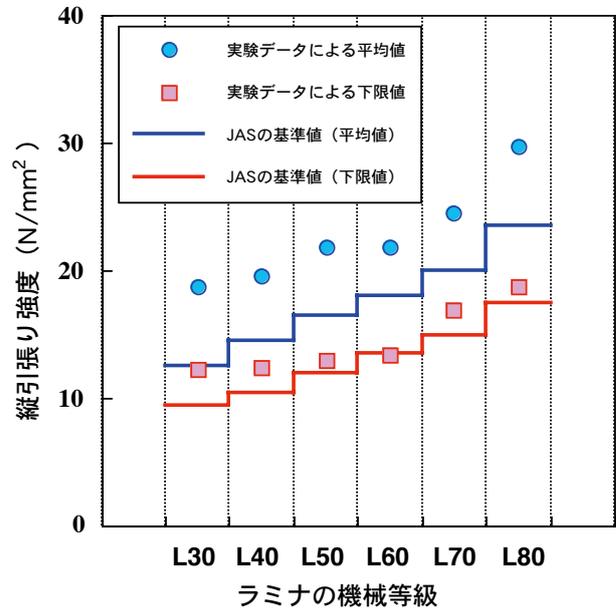


図3 各ラミナ等級の縦引張り試験結果及び JAS 基準値

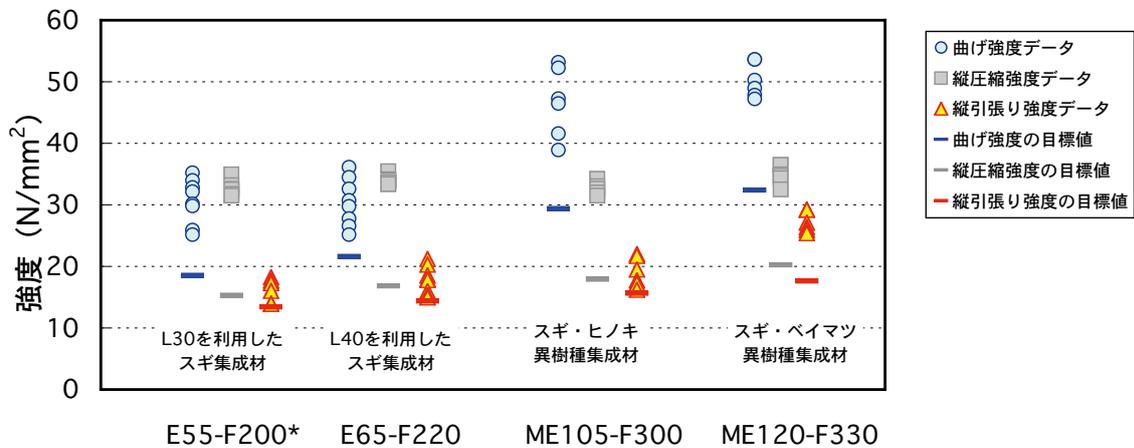


図4 新しい JAS 規格に提案された集成材の新等級の強度

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 木質建材工場から出る大気汚染物質を減らす

木材改質研究領域長		大越 誠
複合材料研究領域	積層接着研究室	井上 明生、塔村 真一郎、宮本 康太
木材改質研究領域	機能化研究室	片岡 厚
加工技術研究領域	木材乾燥研究室	本田（石川） 敦子
バイオマス化学研究領域	樹木抽出成分研究室	大平 辰朗

### 背景と目的

首都圏では光化学スモッグ注意報が頻繁に出されるなど、大気汚染の状況は良くなっていません。そこで平成 16 年に大気汚染防止法が改正され、大気汚染の原因物質の一つとなっている揮発性有機化合物 (VOC) の工場からの排出規制が定められました。木質建材(合板など、木を使った建築材料)を作る工場でも接着剤や塗料に VOC が含まれているので、排出量を減らすことが強く求められています。この研究では、木質建材工場のどの工程からどのくらいの VOC が排出されるかを調べ、VOC の排出量を減らす技術を開発しました。

### 成 果

#### 工場から出る VOC

合板工場などの木材(単板)の乾燥工程で排出される VOC は、ほとんどが天然材料である木材の成分であることが分かりました。

合板工場、LVL 工場、パーティクルボード工場のいずれの工場においても、接着工程(接着剤塗布及びプレス工程)で排出される VOC は少ないことが分かりました。また、プレス工程においては、ホルムアルデヒドを含む接着剤を用いた場合は、木の成分に加えて接着剤に由来する成分が排出され、ホルムアルデヒドをまったく含まない新しいタイプの接着剤を用いた場合は、木の成分だけが排出されることが分かりました。

化粧合板工場及びフローリング工場の塗装工程では、塗布から乾燥(硬化)の工程で VOC が排出され、その量は塗料に含まれる溶剤\*の量に依存することが分かりました。

#### VOC を減らす技術

上記のことをふまえて VOC を減らす技術を研究した結果、次のような方法が効果的であることが分かりました。

- ①処理条件の見直し：単板乾燥工程では、乾燥温度を低く、乾燥時間を短くすると VOC の排出を減らすことが出来ます。このように、処理条件を見直すことに

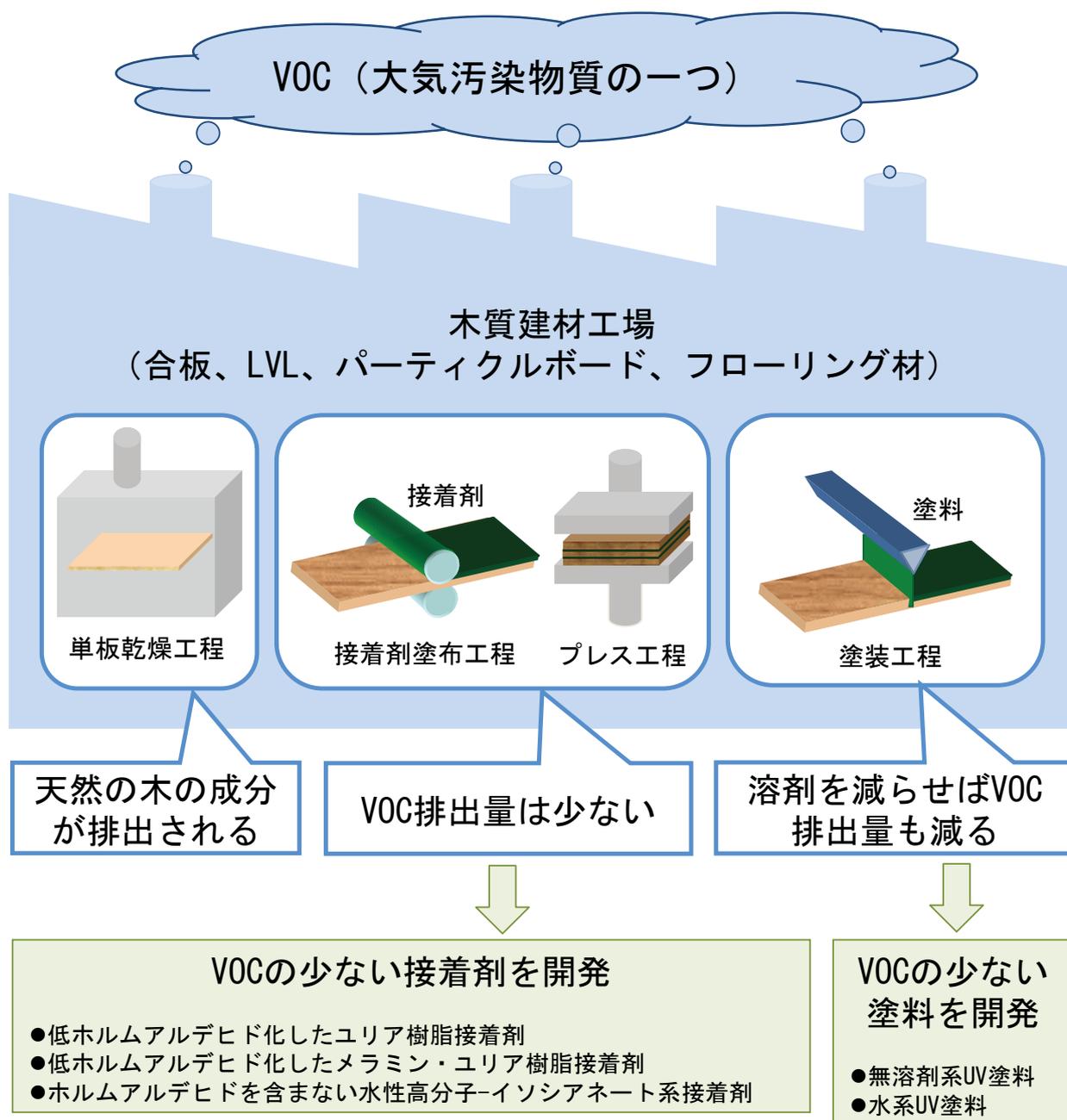
より VOC を減らすことが可能です。

- ②低 VOC 接着剤への代替：接着工程については、低ホルムアルデヒド化した接着剤またはホルムアルデヒドをまったく含まない新しい接着剤(水性高分子イソシアネート系接着剤)を使うことにより VOC 排出量をさらに減らすことが出来ます。
- ③塗料の溶剤を減らす：塗膜の性能基準を満たしつつ、溶剤を他の成分に代えた無溶剤タイプの UV(紫外線硬化型)塗料\*と水系の UV 塗料を開発しました。このような塗料へ代替することにより、VOC 排出量を減らせることが分かりました。

これらの成果は、林野庁の施策に反映するとともに、接着剤及び塗料メーカーの開発指針として活用していきます。

本研究は、農林水産省先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「木質建材製造工程における揮発性有機化合物排出低減化技術の開発」による成果です。

詳しくは：瓦田研介他(2006)木材学会大会要旨：PT004. 木下稔夫他(2006)木材学会大会要旨：PT005. 片岡厚・大越誠(2007)塗装工学, 42(6), 170-178. をご覧下さい。



### VOC低減化のポイント

- ① 処理条件のきめ細かな見直し
- ② 低VOC接着剤への代替
- ③ 塗料の溶剤を減らす

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 森林所有権の移動の実態と影響が明らかになる

林業経営・政策研究領域 林業システム研究室 駒木 貴彰、垂水 亜紀  
 東北支所 森林資源管理研究グループ 林 雅秀  
 関西支所 森林資源管理研究グループ 田中 亘  
 四国支所 流域森林保全研究グループ 都築 伸行  
 九州支所 森林資源管理研究グループ 山田 茂樹

### 背景と目的

昭和 55 年以降、長期にわたって木材価格が低迷し、森林所有者の森林経営意欲は次第に衰えてきています。そのため、除間伐など森林の手入れに必要な作業をしないだけでなく、森林所有権そのものを売却する事例も目立つようになってきました。森林所有権が経営意欲のある事業体に移動して、引き続き適正な管理ができれば問題はないわけですが、再造林すべき伐採跡地が放置されたり産業廃棄物の違法投棄場所になるなど、地域の林業振興や生活環境保全にとって大きな問題となるケースも増えています。

そこで本研究は、森林所有権の移動の実態を全国的規模の調査によって明らかにし、国や地方自治体が講じるべき方策を提案することを目的に実施しました。

### 成 果

#### 実態調査の結果

平成 16 年と 17 年の 2 年にわたって全国の森林組合に対して所有権移転の実態把握のためのアンケート調査を行うとともに、関係者への面接により森林売却の理由を調べました。

##### 1. 主な森林売却および購入階層

長期間にわたる木材価格低迷を主な要因とする林業への関心の低下や林業後継者がいないなどの理由により、所有森林面積 20ha 未満の小規模な林家層を中心に森林の売却が行われていました。特に、北海道や九州では不在村所有者が売却する事例が多くみられました。

一方、森林を購入する階層は、森林所有規模が 50ha 以下の小中規模の林家や素材生産業者を中心とする林業関連企業、林業とは接点のない他業種の企業や地方自治体等でした。特に、四国や九州では素材生産業者が森林を購入するケースが多くみられました。

##### 2. 森林の売買価格

森林（土地と立木）の売買価格には幅がありました。北海道、東北、関東そして九州では 50 万円 /ha 以下、また北陸・中部、中国・近畿、四国では 100 万円 /ha 以下という価格が主体でした。こうした森林の売買価格の違いは、売買の対象となった樹種や林齢、立地条件、地域的な林産業の成立の歴史、そして購入者側の思惑など、さまざまな要因が関わっていると考えられます。た

だ、この売買価格帯から明らかなことは、育林投資が回収できないほど低い価格で森林が売買されているということです。

##### 3. 森林売買後の森林の取り扱い

森林売買に伴い売却された森林に対して皆伐作業が行われた場合、皆伐後 3 年以上再造林が行われない傾向がみられました。特に、負債整理を目的に皆伐した場合や素材生産業者が購入した森林を皆伐した場合などに再造林放棄が目立つようです。

#### 今後の対策

森林の適正な管理を継続するという観点から、経営意欲を失った森林所有者から意欲ある経営者層に経営委託や所有権の移動を促す必要があります。そのためには、森林組合に対する森林売買取引情報の集約と仲介機能の強化を図る必要があります。また、施業計画を実行できない所有者に対しては、補助金支給の停止や経営委託勧告など強制力のある措置を講じて、意欲ある事業体に森林を集中させることも考えるべきでしょう。それには、森林購入資金の低利融資制度の拡充が効果的です。

本研究は、交付金プロジェクト「森林所有権の流動化が森林管理と中山間地域の活性化に及ぼす影響の解明」による成果です。

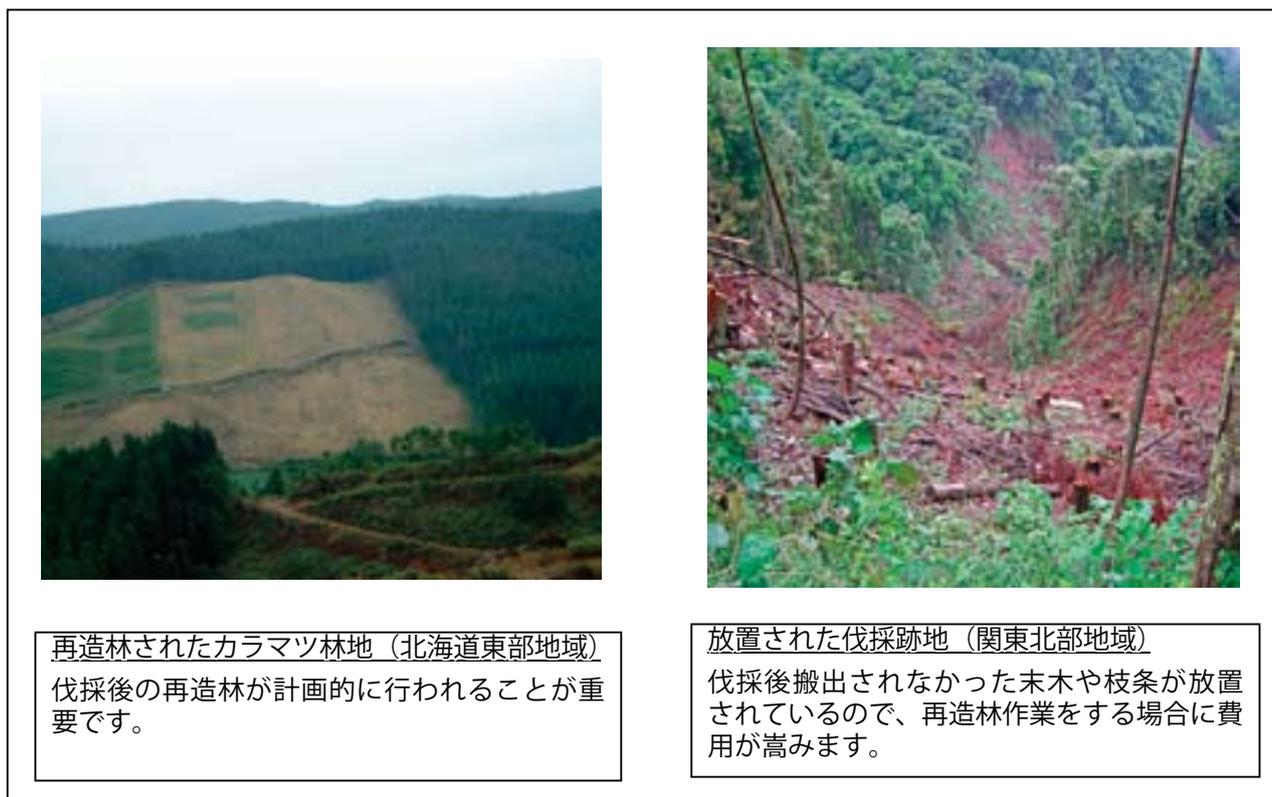
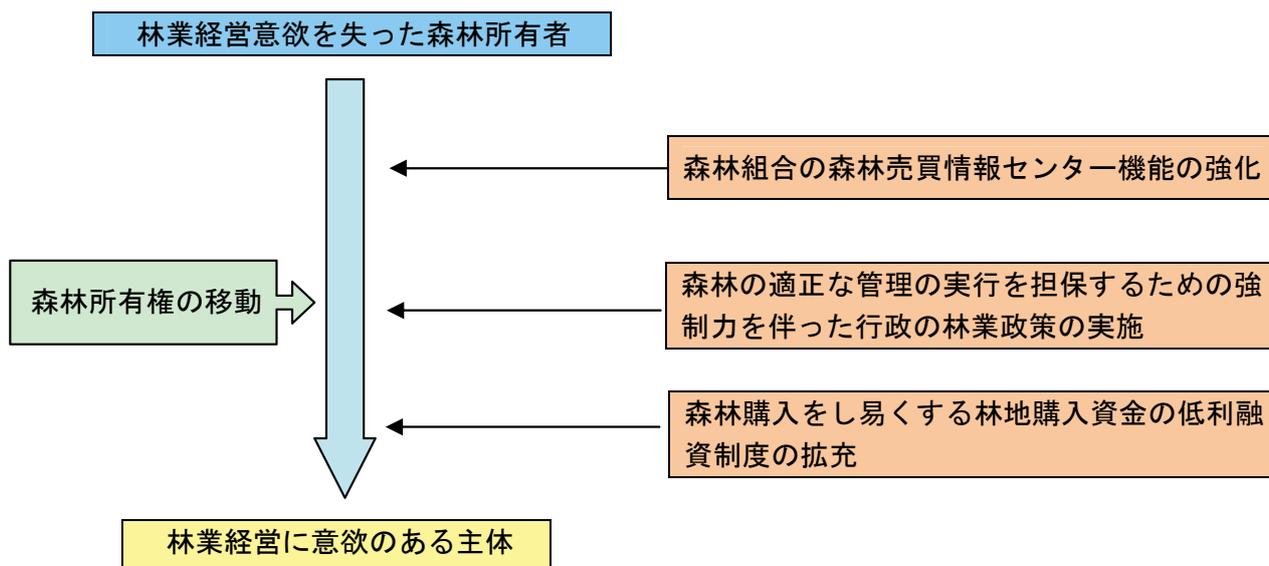


写真 1 伐採後の取り扱い事例

表 1 森林所有権移動に対する取組方策



## 簡易レールによる新たな森林資源収穫システムを開発！

林業工学研究領域	バイオマス収穫担当チーム長	陣川 雅樹
	機械技術研究室	山口 浩和
	収穫システム研究室	中澤 昌彦
岐阜県森林研究所	森林環境部長	古川 邦明
名古屋大学大学院生命農学研究科	森林資源利用学研究分野助教授	山田 容三
	森林資源利用学研究分野助手	近藤 稔
藤井電気株式会社	営業部部长	佐竹 利昭
	営業部技術課副長	蓬萊 圭司

### 背景と目的

石油にかわる環境に優しい新たなエネルギー資源として木質バイオマスが注目され、製材工場で発生する残廃材や建築廃材の利用が始まっています。しかし、地形が複雑で急峻な我が国では、森林内で発生する森林バイオマスを効率的に収穫する方法がないため、放置されているのが現状です。そこで、急傾斜地を安全に、安定して走行することができるモノレールの技術を応用して、森林内に散在する森林バイオマスや間伐材を効率的に集めることができる森林資源収穫機械を開発しました。

### 成 果

#### 森林資源収穫機械の開発

森林内に散在する森林バイオマスや間伐材を効率的に集めるためには、機動性や簡便性に優れ、多目的に利用できる機械の開発が必要です。そこで、以下の機械・装置を開発しました。

簡易レール：アルミ部材を使用して重量を軽くし、設置や移動が簡便な構造を持ったレール

収穫車両（写真 1）：油圧ウインチを搭載し、ワイヤロープで森林バイオマスや間伐材をレール沿いまで木寄せする車両

運搬車両（写真 2）：森林内から土場まで森林バイオマスや間伐材を無人で自動輸送する車両

敷設装置（写真 3）：レールを支える支柱を地面に打ち込む油圧ハンマーを装備したレール敷設作業用装置

積込装置（写真 4）：木寄せされた森林バイオマスや間伐材を運搬台車の荷台に積み込むための装置

#### 収穫機械の性能

各車両の最大登坂能力は 35 度、運搬車両の走行速度は 33m/分、作業員 2 名によって収穫作業が行えます。

レールの敷設・撤去試験を行った結果、レール敷設作業の能率は平均 123m/日（図 1）、撤去作業の能率は平均 122m/日が得られ、既存の運搬モノレールの 1.5 倍の速さでレールを敷設することができます。

#### 収穫システムの適用範囲

森林バイオマスと間伐材を同時に収穫する作業シミュレーションの結果、レールの総延長距離が 300m までが本収穫システムの適用範囲であり、200m 前後がもつとも効率の良いことが明らかとなりました。また、上げ荷 20m、下げ荷 20m となるレール配置が最適であり、この時の生産性は 5.60m<sup>3</sup>/人・日となりました（図 2）。

本収穫システムを導入することにより、傾斜や立地条件により集材作業が困難であった林地においても、水平距離 300m 以下の範囲で集材が可能となります。また、間伐材のみならずバイオマス資源の有用な搬出手段として期待できます。

本研究は、農林水産省先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「簡易レールを用いた森林資源収穫システムの開発」による成果です。



写真1 収穫車両



写真2 運搬車両による端材の運搬



写真3 敷設装置と簡易レール



写真4 積込装置による間伐材の運搬車両への積み込み

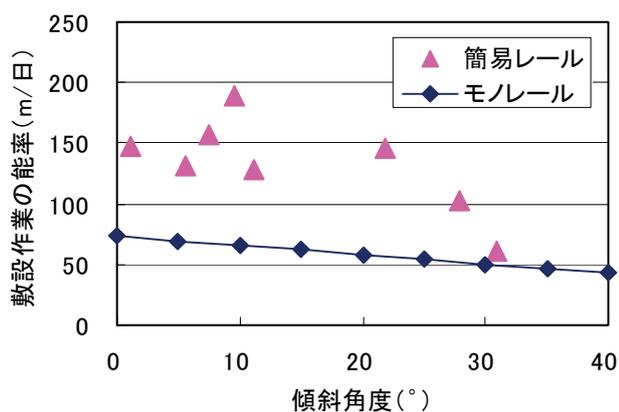


図1 傾斜ごとのレール敷設作業の能率

簡易レールの敷設作業の能率と運搬用モノレールに使用される1本レールの敷設作業効率を比較しました。

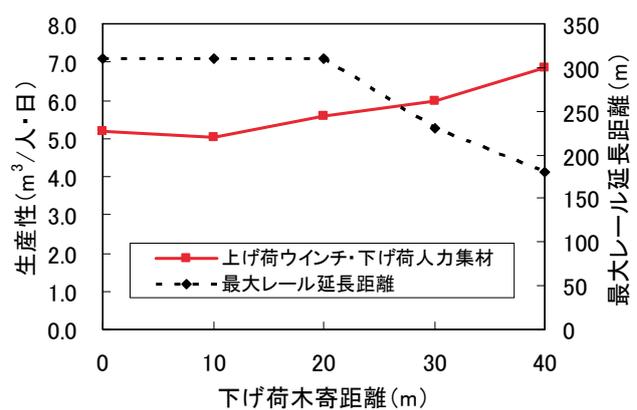


図2 収穫作業シミュレーション

伐区面積6.4haにおいて、上げ荷集材はウインチ、下げ荷集材は人力による巻き落しを行い、積込装置を20m間隔で移動させた場合の、生産性と最大レール延長距離（適用範囲）を算出しました。

## タケの地上部現存量 \* を簡易に推定する

四国支所 人工林保育管理担当チーム長	奥田 史郎
森林生態系変動研究グループ	鳥居 厚志、伊藤 武治
林業工学研究領域	上村 巧、佐々木 達也、伊藤 崇之
愛媛県林業技術センター	木村 光男、豊田 信行
山口県林業指導センター	佐渡 靖紀、山田 隆信
大阪府立食とみどりの総合技術センター	山田 倫章、伊藤 孝美
鹿児島大学 農学部	竹内 郁雄

### 背景と目的

モウソウチクは、タケ類の中では日本で最も分布範囲の広い外来の植物種です。しかしかつて筍や竹材などの生産が行われていた竹林は、輸入品の急増や代替資材の普及により放置される例が多くなりました。その結果、放置竹林 \* では多数の枯れた竹が乱立して見苦しいだけでなく、周辺へ侵入拡大して他の植生を脅かしており、伐採などの対策は急務です。ただ、伐採しても利用が難しいために、その多くは焼却され、いかにも「もったいない」状況でした。そこで、バイオマス熱利用など循環的で大規模な新たな利用法を開発し放置状態を回避する試みが始まりました（図 1）。しかし竹林を大規模に伐採するような利用法は従来なかったので、放置竹林の単位面積あたりの資源量がどのくらいなのか、ごく基本的な数値さえ不明でした。そこで、放置竹林の資源量を簡易に推定する方法が求められていました。

### 成 果

#### 推定方法

モウソウチクの生物資源として利用可能な部位は、地上部の植物体全体に当たり、その重量は地上部現存量（稈枝葉の重さの合計）に相当します。モウソウチク林では、これまでタケノコ生産などのために本数調整をした管理竹林 \* のデータしかなく、乾燥重量で最大 100 トン（1ha あたり、以下同じ）というものでした。ここでは、管理をしなくなった放置竹林を資源利用の対象にして、そこにある面積当たりの現存量とその範囲を推定するために、西日本を中心に各地に調査地を設けて多点の調査を行いました。

各調査地では、地上部現存量を推定するために、それぞれサンプル個体の測定値から相対成長式 \*（直径や高さとの関係を示す式、図 2）を求めて、林分ごとの地上部現存量を推定しました。

#### 現存量推定値

モウソウチクは中空ですが、他の植物と同様に稈の太さ（胸高直径）と重量には一定の関係がみられたので、

これを元に個体別の重さを推定し、合算することで一定の土地面積当たりの現存量を推定しました。一般的に、重量の推定には樹高も因子として用いますが、多地点での測定結果から樹高と直径の関係に一定の傾向が見られたので（図 3）、測定の簡易な直径値だけで推定しました。

その結果、放置竹林の現存量は 100 トンから最大約 300 トンまでとかなりの広い範囲の推定値でしたが、多くの竹林は 150 ～ 250 トンの範囲でした。これは、壮齢の針葉樹人工林に匹敵する量です。地上部現存量を最も良く反映した指標は林分の胸高断面積合計 \*（図 4）で、稈本数密度はそれに比べるとバラツキが大きく混み具合を反映する指標としては適当ではないようです。この様に、混み具合の目安として竹林の稈の直径を測り胸高断面積合計を求めれば、おおよその現存量が推定できることがわかりました。

本研究は、農林水産省高度化事業「タケ資源の持続的利用のための竹林管理・供給システムの開発」による成果です。



図1 帯状に伐採された放置竹林

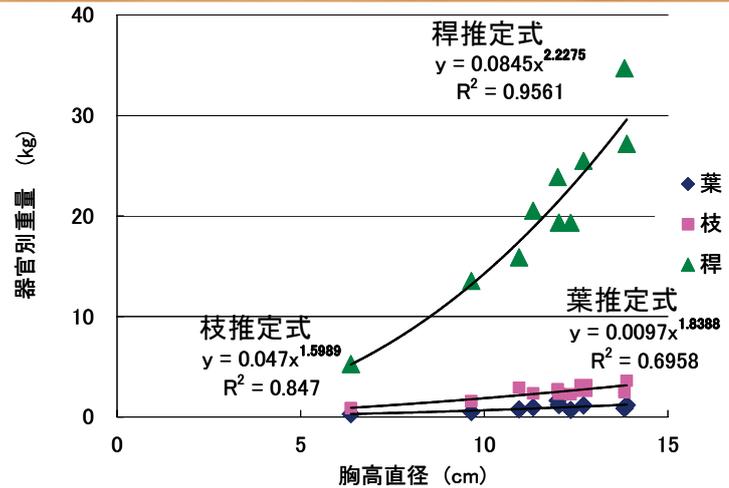


図2 器官別重量を胸高直径から推定するための関係式

各器官別重量を個体サイズから推定する式を求めて、林分ごとのデータから地上部現存量を推定しました。

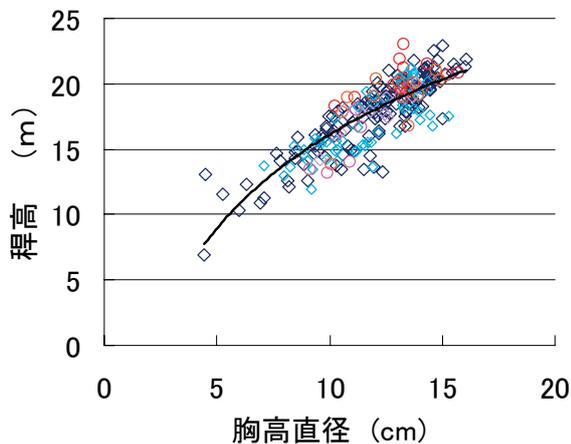
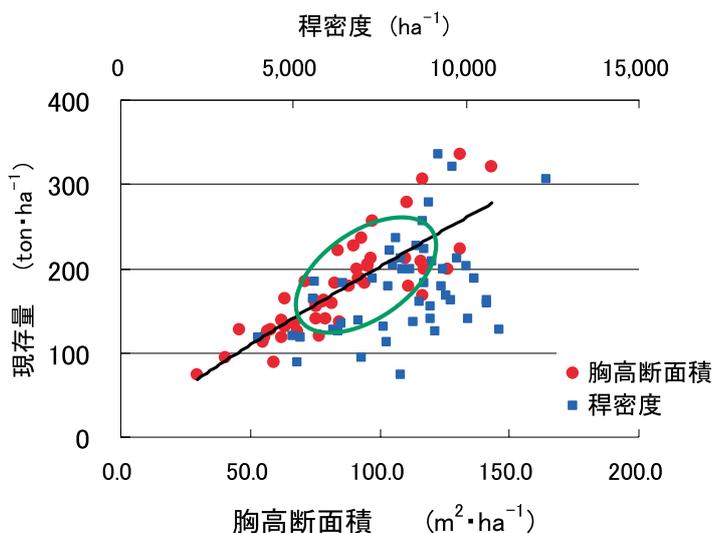


図3 立地条件の異なる場所での稈高と直径の関係

様々な異なる条件の場所で測定した稈高と直径の関係は、バラツキが小さくて、ほぼ一定の範囲の関係に納まりました。



稈密度に比べて胸高断面積合計の方が相関が高く、およそその地上部現存量を推定できます。今回調べた範囲の放置竹林では平均的に約150～250トン（図中緑の囲みの中）の範囲と推定できました。

推定式

$$y = 3.4873 x^{0.8816} \quad R^2 = 0.7538$$

y: 現存量 x: 胸高断面積

図4 胸高断面積および稈密度と地上部現存量の関係

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 森林・林業・木材産業の将来を見通す

関西支所 ランドスケープ管理研究担当チーム長 岡 裕泰  
林業経営・政策研究領域 林業動向解析研究室 立花 敏  
林業システム研究室 久保山 裕史  
林業経営・政策研究領域 領域長 野田 英志

### 背景と目的

森林総合研究所では、『森林・林業・木材産業の将来予測ーデータ・理論・シミュレーションー』を、2006年12月に日本林業調査会から刊行しました。

この本は、森林総合研究所のプロジェクト研究「森林・林業の資源的、社会経済的長期見通し手法の開発」（2003～2005年）の成果を中心にまとめたものです。日本と世界の森林・林業セクターを包括的に取り上げ、森林資源、林業、木材産業、山村について、現状を踏まえて2020年を射程に入れたシミュレーション分析を行い、日本林業の将来を予測したものです。本書が、森林・林業研究の深化のみならず、森林・林業・木材産業の将来を見通す一助となることが期待されます。

### 成 果

#### 出版の意図

本書は、次のことを念頭においてまとめました。

まず、森林・林業の実情と将来について、広く国民の理解を得るために、森林・林業・木材産業の変化の状況を具体的なイメージのもとに、わかりやすく提示すること。また、森林・林業政策を的確に展開するために必要な、森林・林業・木材産業の将来予測情報を提供すること。そして研究面では、森林・林業・木材産業が、長期的にどう推移するかを科学的に予測する手法を開発・改良し、いくつかのシナリオの下で、少なくとも2020年を射程に入れた見通しを行い、日本林業の将来を予測することです。

#### 本書の内容

本書は、5部20章と補章からなる462頁の少々分厚い本ですが、各章の始めには写真とわかりやすい要約を入れて、理解を助けています。

- 第1部 世界の森林資源と林産物需給
- 第2部 日本の木材産業と林産物需給
- 第3部 日本の森林資源と林業生産
- 第4部 日本の山村人口と林業労働力
- 第5部 日本林業の将来ビジョン
- 補 章 森林・林業・木材産業の統計

第1部から第4部では、それぞれの内容について定性分析と定量分析により2020年を射程に入れた長期見通しの結果を示しました。そして第5部では、それらの相互関連や日本経済との関連を踏まえた、森林・林業セク

ターのマクロ的な分析を加え、本書の総括（日本林業の将来を考える）を行いました。

成果の一部を紹介します。まず、1)世界の木材需要は年率1%余りの増加が予測されます(図1)。その一方で、生産力の高い人工林の面積も増加しており(写真1)、需要の増加に匹敵する木材供給力の拡大により、木材需給の逼迫が長期的に生じることはないと予測されました。次に、2)日本の森林資源については、2020年には国内人工林の8割が41年生以上となり、41年生以上の蓄積量は2000年の3倍に増大すると予測されました(図2)。3)国内林業生産については、労働力の減少が予測されるものの、間伐の生産性を高めることによって(写真2)、今後数十年は蓄積の高まった人工林から間伐材生産量を大幅に増やすことが可能であると予測されました(図3)。

日本林業は今、充実する資源を活用し、動き始めようとしています。是非、本書を参考にして、読者の方々も日本林業の将来ビジョンを描き、議論していただきたいと思えます。

本研究は、交付金プロジェクト「森林・林業の資源的、社会経済的長期見通し手法の開発」による成果です。

詳しくは『森林・林業・木材産業の将来予測：データ・理論・シミュレーション』（森林総合研究所編、日本林業調査会発行、2006年）をご覧ください。

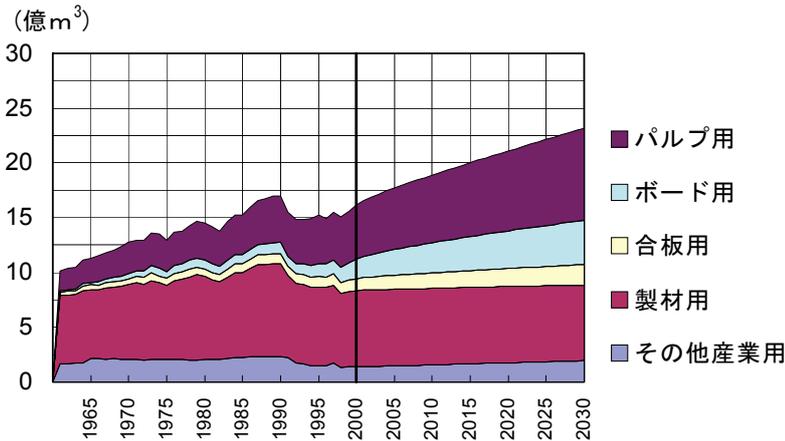


図1 産業用丸太の用途別需要量（世界合計）の実績と将来推計（1961～1999年：実績に基づく推定、2000年～モデルによる計算値）

写真1 ニュージーランドのラジアータマツの3年生の人工林

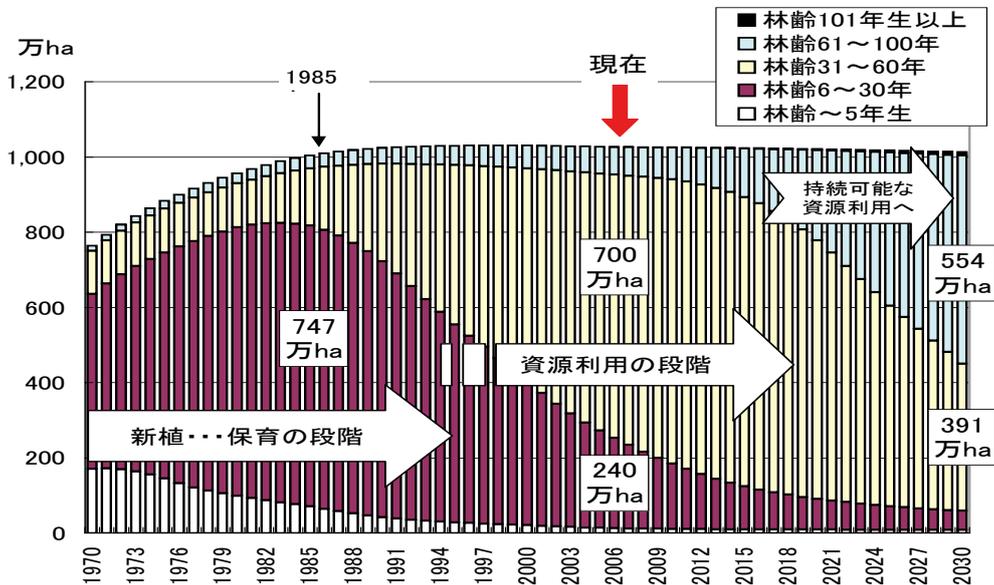


図2 人工林林齢区分別面積の推移と予測

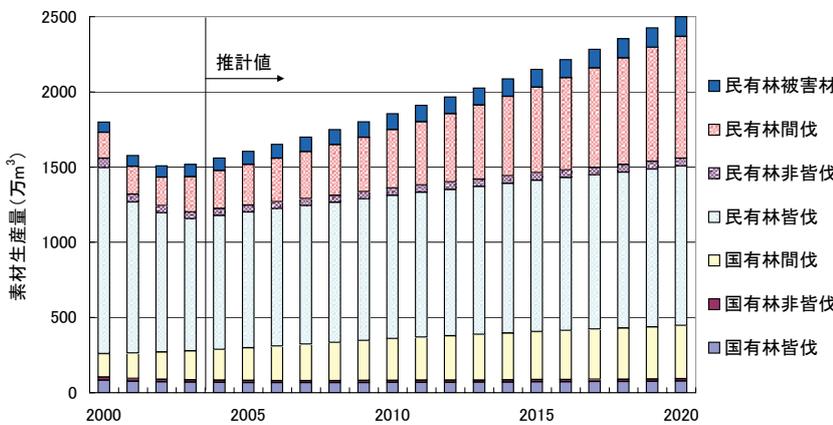


図3 所有形態および伐採方法別の素材生産量



写真2 高性能林業機械による間伐材造材作業

注：2020年に2500万m³まで素材供給量が通増するというシナリオの下で推計を行った。林齢が高まるに従って間伐率および利用率が上昇すると仮定している。

## 火災に強い集成材をつくる

木材改質研究領域 木質防火担当チーム長 原田 寿郎  
木材保存研究室 上川 大輔  
東京農工大学 服部 順昭、安藤 恵介

### 背景と目的

4 階建て以上の建物の柱や梁などは、火災時にもその構造を維持するだけの強度をもった耐火構造でなければなりません。耐火構造の建物としては鉄筋コンクリート造や鉄骨造が一般的ですが、建築基準法によって所定の性能が確認されれば、木造でも可能です。しかし、材料そのものが燃える木質系材料の場合は、耐火加熱試験で壊れないという性能のほかに、自然に鎮火して材料自身が燃え止まらなければならず、このことが、木質系耐火構造の開発を難しいものにしています。木材の表面に石膏ボードのような無機材料を張れば、柱や梁を燃え止まらせることができますが、この研究では、1 時間以上の耐火性能を確保した、全て木材からなる耐火構造の柱や、梁の開発を目指しています。

### 成 果

#### 無処理の集成材は燃え止まらない

断面の大きな集成材の梁や柱は、火災にあっても周囲に形成される炭化層の断熱効果で、内部温度が急には上昇せず、十分な強度が維持されますので、速やかに消防活動を行えば壊れません。一定規模以下の体育館などに大断面の集成材が使えるのはこうした性能のおかげです。しかし、建築基準法による 4 階建ての木造建築物に必要とされる耐火構造に使用する柱や梁は、耐火加熱試験において、945℃で 1 時間燃焼させた後、そのまま放置しても壊れず、また燃え続けて灰になってしまわないことが確認されなくてはなりません。特別な処理をしない集成材は、十分な断面があれば 1 時間の加熱で壊れることはありませんが、消火しなければ燃え続けますので、耐火構造の材料とはならないのです (写真 2)。

#### どのように集成材を燃え止まらせるか

燃え止まり層として、難燃化した木材を集成材内部に口の字に配置することが有効であると考え、燃え止まり層により多くの難燃薬剤が含浸されるよう工夫した集成材を製造し、その耐火加熱試験を行いました (図 1)。木材への薬剤注入のし易さは樹種や木材の部位によって違

います。カラマツのような薬剤を注入しにくい木材であっても、必要とする場所により多くの難燃薬剤をより確実に注入するためには、燃え止まり層に当る部分に CO<sub>2</sub> レーザを用いて小さな穴を開けることが有効でした。

#### 耐火加熱試験で燃え止まりを確認

難燃薬剤を注入したカラマツやスギの集成材の柱 (断面 350mm × 350mm、長さ 1000mm、写真 1) を耐火加熱試験炉で 1 時間燃焼させ、その後炉内に放置したところ、表面から約 40 ~ 50mm の深さで炭化の進行が燃え止まりました (写真 3)。燃え止まった集成材の内部温度を分析したところ、加熱終了直後は無処理と差が見られないものの、炭化の進行は加熱終了後 2 時間で止まり、中心部分の温度は 100℃まで上昇した後、下降したことがわかりました (図 2)。

本研究は、交付金プロジェクト「スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価」による成果です。

なお、開発した耐火集成材については特許出願中です。

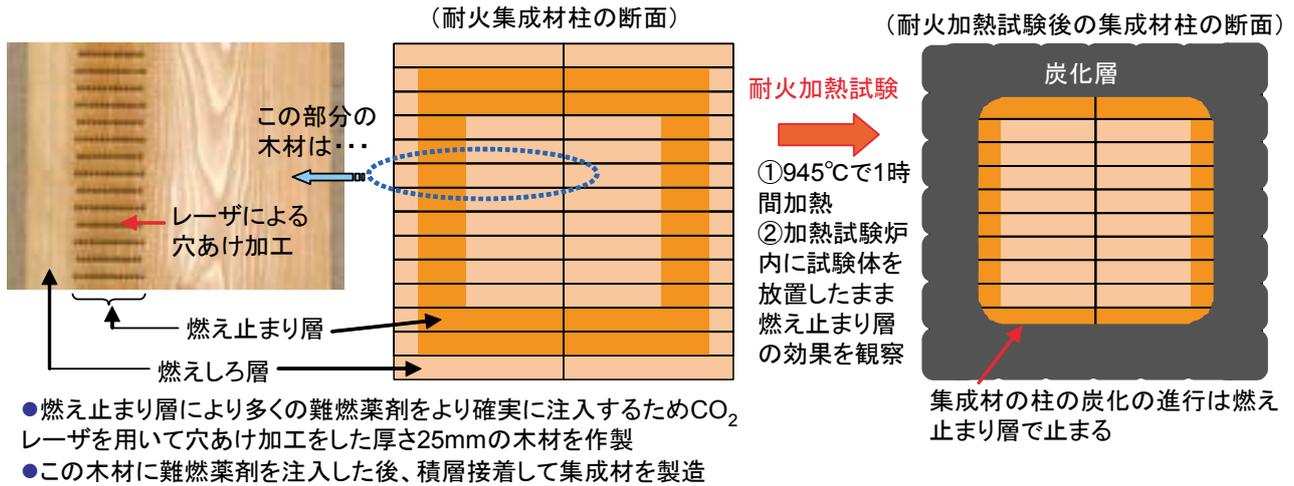


図1 耐火集成材のコンセプト



写真1 耐火試験用の試験体



写真2 無処理の集成材は燃え尽きた



写真3 難燃処理した木材を積層した集成材は燃え止まった

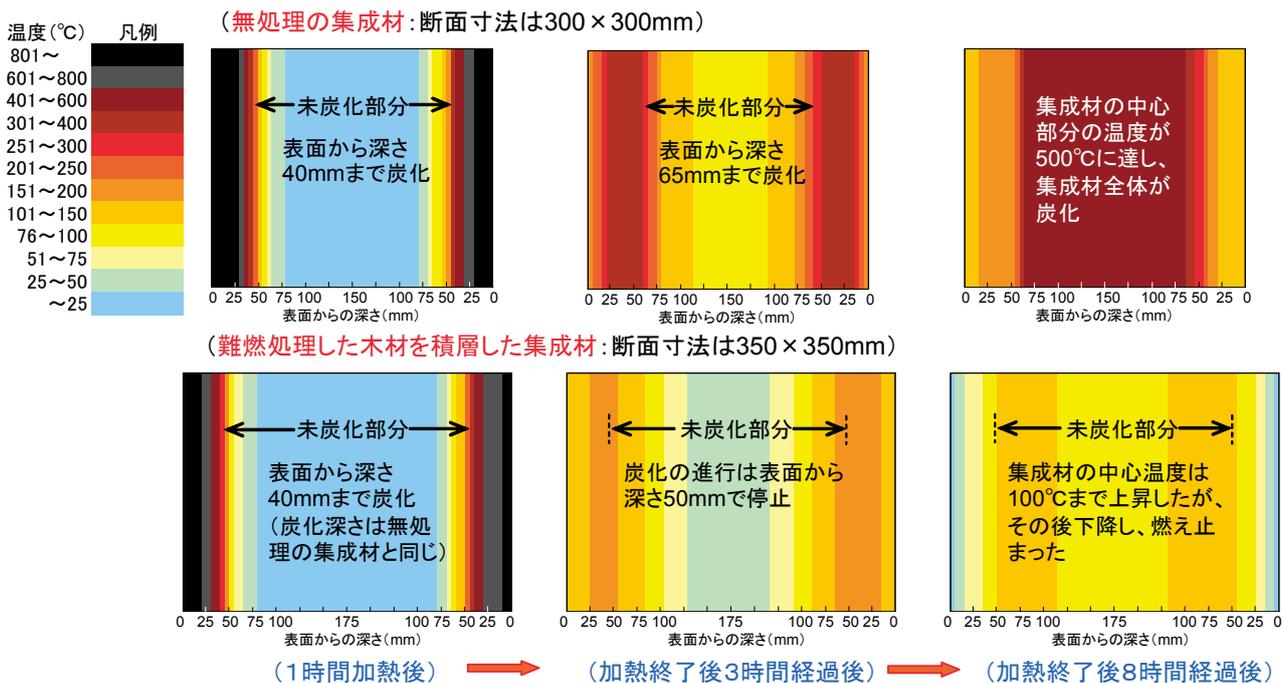


図2 耐火加熱試験時の集成材内部(幅方向)の温度分布

## 消費者に好まれる乾しいたけの栽培技術の開発

きのこ・微生物研究領域 きのこ研究室  
学校法人 湘南学園中学高等学校

平出 政和  
横山 一郎

### 背景と目的

乾しいたけの消費量は年々減少しており生産農家の経営を悪化させています。2000 年に行ったアンケート調査から、年をとるに従って乾しいたけを好きになる傾向が見られましたが、10 代では嫌いな人が多く、成長と共に嗜好が変化しなければ消費量の減少に拍車をかけてしまいます。一方、香りは味覚以上に食品の評価に大きな影響を与えることも明らかになっています。菌床栽培できのこの付加価値を高めるため香り成分の調製方法は開発されていますが、日本で生産される乾しいたけは全て原木栽培品であり、原木栽培での調整方法は開発されていません。

そこで、乾しいたけに対する嗜好の変化を探ると共に、原木の処理による香り成分の調製方法を開発しました。

### 成 果

#### アンケート調査

2000 年と 2005 年に 10 代以上の一般人 300 余名を対象に行ったアンケート調査から、両年共に乾しいたけが「嫌いな人」約 15%に対して、「どちらでもない人」約 18%、「好きな人」約 67%という結果が得られ、全体として「乾しいたけが好き」という傾向は変化していませんでした(図 1)。年代別に比較した場合も両年に差違はなく、10 代から 20 代にかけて「嫌いな人」は減少し、「好きな人」は増加することも明らかになりました(図 2)。以上のことから、大きな問題が生じなければこれらの傾向は変化しないと考えられます。

一方、最も好ましく感じる香り分量を与える乾しいたけの量を調べたところ、最も少ない 10 代「好きな人」は 0.6g でしたが、20 代以降は概ね 2g を超え、50 代以降の「非常に好きな人」は 8.7g でした(表 1)。一般に、一回に食する量は 1g とされていることから、市販品では香りが弱いことも明らかになりました。

#### 香り分量調製方法

乾しいたけ独特の香り成分は、レンチニン酸という物質が乾燥中に酵素と熱の働きにより分解されて生じます。レンチニン酸の量は、菌床を用いた実験からアミノ酸の一種であるシステイン及びグルタミン酸を培地に添

加すると増加することが明らかになっています。そこで、しいたけ発生前のほだ木に両アミノ酸を注入したところ、しいたけに含まれているレンチニン酸の量を無処理と比べて約 3 倍まで増加させることに成功しました(図 4)。また、旨味成分であるグルタミン酸も注入処理により副次的に最大 30 倍増加させることに成功しました。

以上のことから、原木への添加物注入により香り分量および旨味分量等の品質改良が可能であることを明らかにしました。

#### 今後の課題

アンケート調査時に乾しいたけに対する不満を聞いたところ、多くの方が水戻し時間の長さを挙げました。約 80% の人が夕食の調理に費やす時間は 60 分以下との調査結果も出ていることから、需要を伸ばすには、水戻し時間の短縮についても検討が必要です。

本研究は、交付金プロジェクト「機能性成分を強化したきのこの成分育種及び栽培技術の開発」による成果です。

詳しくは：Hiraide and Yokoyama (2007). Journal of Wood Science. DOI: 10.1007/s10086-006-0874-4 等をご覧ください。

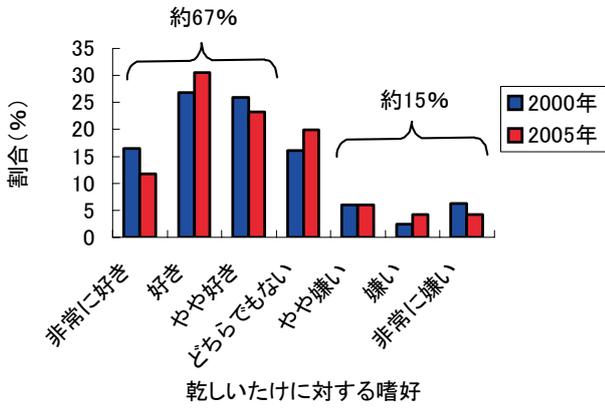


図1 乾しいたけの好き嫌い

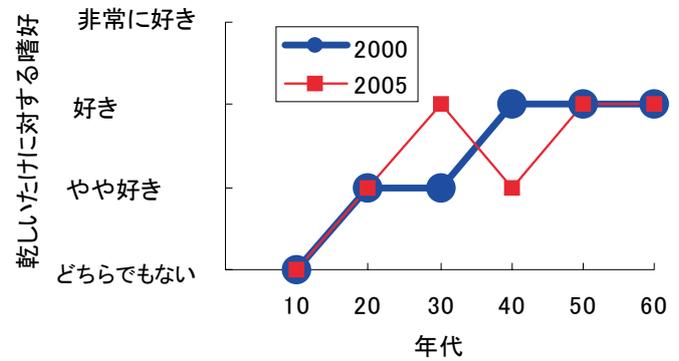


図2 年代別乾しいたけの好き嫌い

表1 最も好ましく感じる香り成分量を与える乾しいたけの量 (g)

年代	乾しいたけに対する嗜好			
	どちらでもない	やや好き	好き	非常に好き
10代		0.6		
20-40代	2.0	2.1	1.6	4.5
50代以上			3.3	8.7



図3 栽培中のしいたけ

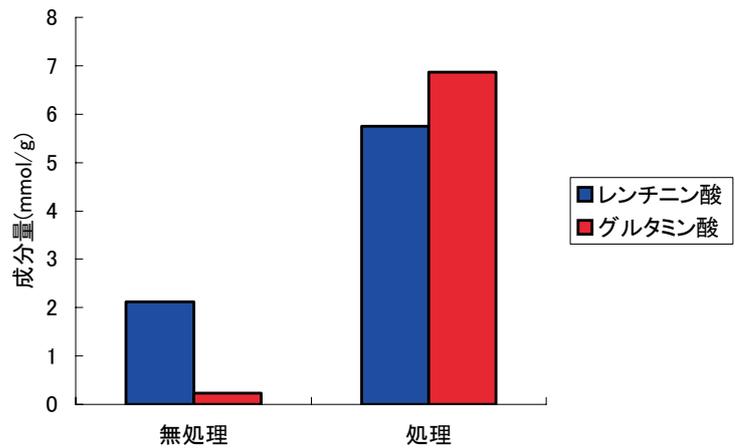


図4 アミノ酸を注入処理したほだ木を使用して栽培したしいたけ中の成分量

## ポプラ完全長 cDNA\* 約 20,000 種類の収集に成功

生物工学研究領域 ストレス応答研究室 楠城 時彦、西口 満  
樹木分子生物研究室 二村 典宏、伊ヶ崎 知弘  
生物工学研究領域 領域長 篠原 健司

### 背景と目的

近年、樹木で初めてポプラゲノムの概要解読が報告され、樹木研究もポストゲノム時代を迎えました。染色体の形状やゲノムの塩基配列を解析する学問分野を「構造ゲノム学」と呼びます。一方、ゲノム情報をもとに実際の細胞内で機能する遺伝子を研究するのが「機能ゲノム学」です。樹木の生理機能の裏付けとなる遺伝子機能を効率的に解析するためには、機能ゲノム学的アプローチが有効です。ポプラは、ゲノム情報の整備や遺伝子組換え技術の確立などにより、モデル樹木としての地位も揺るぎないものになりました。私たちは、樹木の機能ゲノム学的研究の一環として、ポプラから完全長 cDNA を大規模に収集しました。

### 成 果

ポプラ（セイヨウハコヤナギ、*Populus nigra* var. *italica*）の葉、茎、根や花の各器官、また乾燥、高塩濃度や低温などの環境ストレス処理をした葉から調整した mRNA\* を鋳型にして、完全長 cDNA ライブラリー\* を作製しました。完全長 cDNA は、遺伝子の機能解析や組換え体の作出にとって有用なバイオリソース（生物資源）です。110,000 以上のポプラ cDNA の塩基配列を解析した結果、様々な機能を持つ 19,841 種類の遺伝子を同定しました。（図 1）。この数値は、ポプラのゲノムの概要解読から推定される遺伝子数の約 40% に相当します。ポプラ完全長 cDNA の中には多数の重要な遺伝子が含まれていました。また、収集した遺伝子は 19 本の染色体上にほぼ均等に分布することも明らかになりました（図 2）。

このような完全長 cDNA の大規模収集は、樹木では

他に例を見ません。ポプラ完全長 cDNA は、樹木の構造ゲノム学だけでなく、機能ゲノム学における研究の進展に大きく貢献します。また、遺伝子組換えによる有用樹木の開発や、遺伝子マーカーとして用いることで環境耐性樹木の選抜などにも利用可能です。今後は、ポプラ完全長 cDNA をもとに DNA マイクロアレイ\* による発現遺伝子\* の網羅的解析を進め、樹木の様々な生理機能の解明に挑戦する予定です。そして、ポプラのバイオリソースの配布を通じて国際貢献に努め、樹木研究の発展に貢献したいと考えています。

本研究は、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」による成果です。また、（独）理化学研究所植物科学研究センター（篠崎一雄センター長）との共同研究として推進しました。

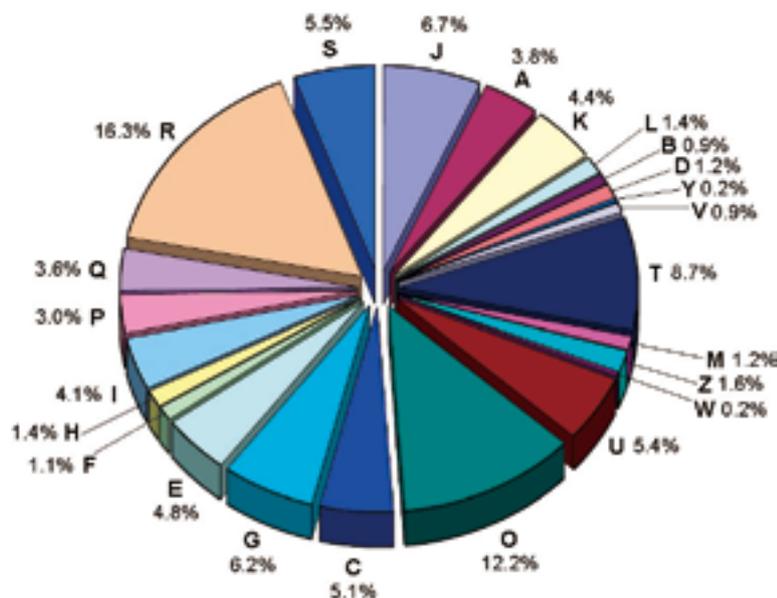


図1 ポプラ完全長 cDNA の機能分類

ポプラ完全長 cDNA 約 2 万種類をそれぞれの塩基配列がコードするタンパク質の機能によって分類しました。J: タンパク質の翻訳、A: RNA のプロセッシングと修飾、K: 転写、L: DNA の複製・組換え・修復、B: クロマチンの構造変換、D: 細胞周期・細胞分裂の制御、Y: 核構造、V: 防御機構、T: シグナル伝達、M: 細胞壁・細胞膜の合成、Z: 細胞骨格、W: 細胞外構造、U: 細胞内輸送・分泌、O: タンパク質の翻訳後修飾・代謝、C: エネルギー生産・変換、G: 炭水化物の輸送・代謝、E: アミノ酸の輸送・代謝、F: 核酸の輸送・代謝、H: 補酵素の輸送・代謝、I: 脂質の輸送・代謝、P: 無機イオンの輸送・代謝、Q: 二次代謝産物の合成・輸送、R・S: 不明

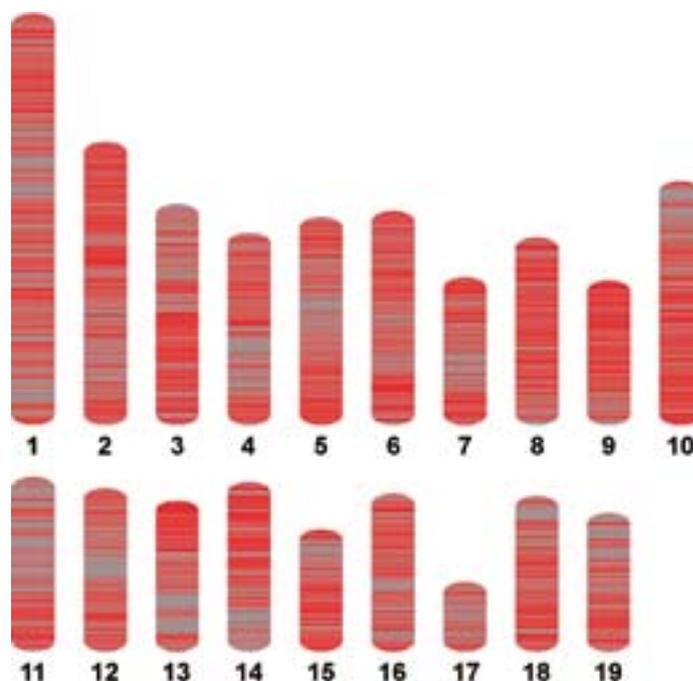


図2 ポプラ完全長 cDNA の染色体上での位置

ポプラのゲノム情報をもとに、私たちが収集したポプラ完全長 cDNA 約 2 万種類を染色体上にマッピングしました。棒状の図形は各染色体を示しています（染色体番号 1～19）。赤い部分がポプラ完全長 cDNA の位置を示しています。

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。



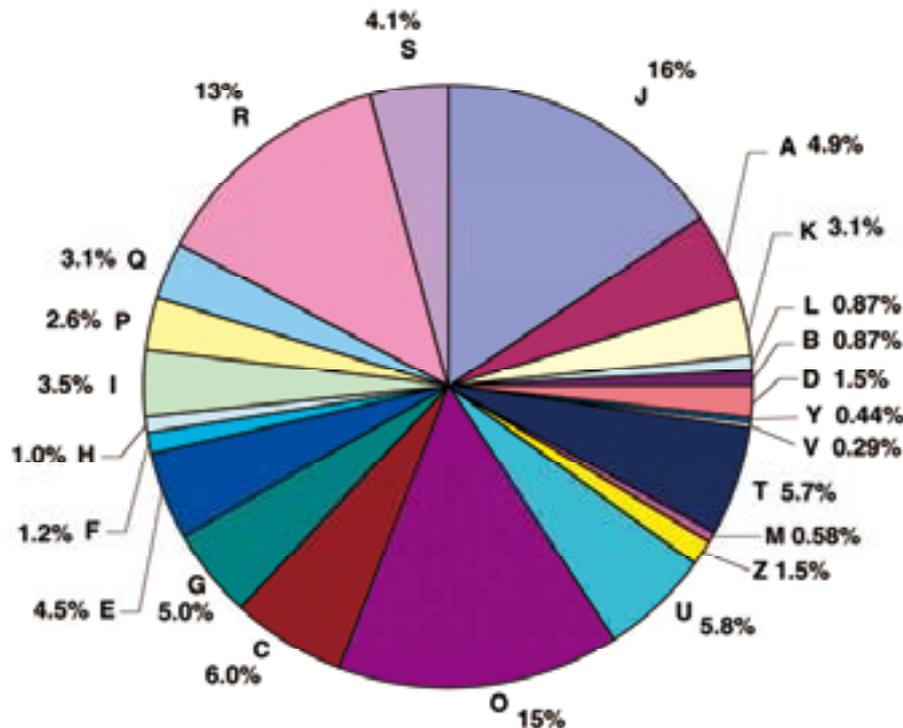


図1 スギ花粉で発現している遺伝子の機能分類

スギ花粉で発現している遺伝子をそれぞれの塩基配列がコードするタンパク質の機能によって分類しました。J: タンパク質の翻訳、A: RNAのプロセッシングと修飾、K: 転写、L: DNAの複製・組換え・修復、B: クロマチンの構造変換、D: 細胞周期・細胞分裂の制御、Y: 核構造、V: 防御機構、T: シグナル伝達、M: 細胞壁・細胞膜の合成、Z: 細胞骨格、U: 細胞内輸送・分泌、O: タンパク質の翻訳後修飾・代謝、C: エネルギー生産・変換、G: 炭水化物の輸送・代謝、E: アミノ酸の輸送・代謝、F: 核酸の輸送・代謝、H: 補酵素の輸送・代謝、I: 脂質の輸送・代謝、P: 無機イオンの輸送・代謝、Q: 二次代謝産物の合成・輸送、R・S: 不明

表1 スギ花粉遺伝子と相同性を示した既知の植物アレルゲン

相同性を示したアレルゲン	タンパク質の機能	生物種	アレルゲンの種類
Cry j 1	ペクチンリアーゼ	スギ	樹木花粉
Cry j 2	ポリメチルガラクトナーゼ	スギ	樹木花粉
Jun o 4	カルモジュリン	ビャクシン	樹木花粉
Bet v 6.0102	イソフラボンレダクターゼ	シラカンバ	樹木花粉
Aln g 1	リボヌクレアーゼ	ハンノキ	樹木花粉
Che a 1	トリプシンインヒビター	シロザ	草本花粉
Act c 1	システインプロテアーゼ	キウイ	食物
Cap a 1w	ソーマチン様タンパク質	トウガラシ	食物
Cor a 10	小胞体内腔結合タンパク質	ヘーゼルナッツ	食物
Cuc m 1	セリンプロテアーゼ	メロン	食物
Fag e 1	11S グロブリン	ソバ	食物
Mal d 2	ソーマチン様タンパク質	リンゴ	食物
Ory s 1	エクспанシン	イネ	食物
Pru p 4.0201	プロフィリン	モモ	食物
Hev b 2	b-1,3- グルカナーゼ	パラゴムノキ	ゴム (ラテックス)
Hev b 3	スモールラバーパーティクルプロテイン	パラゴムノキ	ゴム (ラテックス)
Hev b 9	エノラーゼ	パラゴムノキ	ゴム (ラテックス)

## 市販木竹酢液中に含まれるホルムアルデヒド含有量の実態解明

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

### 背景と目的

平成 15 年に農薬取締法の改正が行われ、農薬効果を有する薬剤で安全性が明らかなものは「特定防除資材\*」として扱われることになりました。木竹酢液\*は JAS 規格で有機農産物生産用の土壌改良材として認められていますが、ホルムアルデヒドの含有量が問題となり特定防除資材への指定が保留されています。木竹酢液の特定防除資材への指定を早急に実現するためには、ホルムアルデヒド含有量の実態を把握することが不可欠です。そこで本研究では、現行の木竹酢液の規格に合致している市販木竹酢液 60 種に含まれるホルムアルデヒド含有量の実態を解明しました。

### 成 果

#### 木竹酢液中のアルデヒド類

写真 1 にあるように木竹酢液は原料や作り方が異なると様々な色の液になり、含まれる成分も大きく変動します。木竹酢液中にはいろいろな種類のアルデヒド類が含まれています。図 1 は木竹酢液中で検出された主なアルデヒド類の代表的な割合を示しています。ホルムアルデヒドが最も多く、次いでトルアルデヒド、フルフラールなどが多く含まれています。ホルムアルデヒドが最も多いことは共通していました。

#### 木竹酢液中のホルムアルデヒド含有量の実態

60 種の市販木竹酢液中に含まれるホルムアルデヒド含有量の測定結果を表 1、2 に示します。木酢液中のホルムアルデヒドの含有量の平均値は 274.5ppm、竹酢液の場合 260.4ppm であり、木酢液の方がわずかですが多いという結果でした。蒸留したものは木、竹酢液ともに未蒸留のものに比べて、少ない結果でした。木竹酢液の特定防除資材への指定が保留されている理由は、製品の規格化が行われる前の木酢液の中にホルムアルデヒド含有量が極めて多い例 (3000ppm) があったためです。また現行の規格に合致した木竹酢液中のホルムアル

デヒド含有量の実態が不明であったことも理由の 1 つです。規格化された市販品を調べてみると、多くても 602ppm であり、60 種の平均値は 267ppm であることがわかりました。問題視されているような極端に多い含有量は、むしろ特殊な例であったのではないかと考えられます。

#### 木竹酢液から揮発するアルデヒド類

木竹酢液から揮発するアルデヒド類の代表的な割合を図 2 に示します。ホルムアルデヒドの揮発物中の割合は、それほど多くなく、むしろ含有量の少ないアセトアルデヒドが多く揮発していることがわかります。この結果はホルムアルデヒドは液中の含有量が多いが、液から揮発して気中に出て行く量は少ないことを意味しています。このことは実際のハウス栽培などで木竹酢液を使用した時に、ホルムアルデヒドの揮発する割合が多くないことを示唆しています。

本研究は、一般研究費「樹木抽出成分の機能、作用機構及び機能性材料への変換法の解明」による成果です。



写真1 市販されている木竹酢液

表1 市販木酢液に含まれるホルムアルデヒド

	ppm	
	木酢液 (n=30)	蒸留木酢液 (n=6)
最大値	602	278
最小値	107	116
平均値	274	213

表2 市販竹酢液に含まれるホルムアルデヒド

	ppm	
	竹酢液 (n=15)	蒸留竹酢液 (n=10)
最大値	501	476
最小値	245	203
平均値	260	219

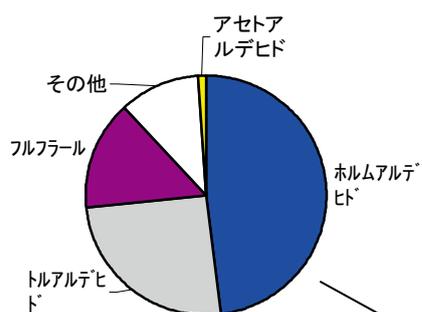


図1 木竹酢液中のアルデヒド類の代表的な割合  
ホルムアルデヒドの割合が多い。

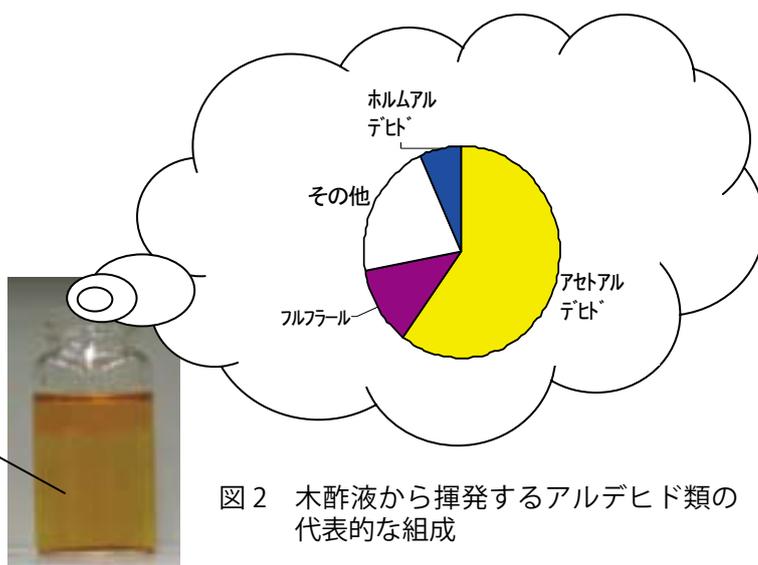


図2 木酢液から揮発するアルデヒド類の代表的な組成  
ホルムアルデヒドは揮発しにくい。

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 森林土壌の乾燥と水の通り道

立地環境研究領域 土壌特性研究室 小林 政広、釣田 竜也、吉永 秀一郎  
四国支所 森林生態系変動研究グループ 篠宮 佳樹

### 背景と目的

森林生態系内の物質循環において、土壌は物質の保持、変換の場として重要な役割を担っています。各種養分など物質の多くは水とともに移動するため、土壌中の水の動態を知る必要があります。森林土壌には、動物の移動や植物根の腐朽などにより生じるトンネルのような直径数 mm 程度の大きなすき間（マクロポア）が多く見られます。これまで、土壌が乾燥しているときには、水はより小さなすき間を均一にゆっくり流れると考えられてきましたが、マクロポアを選択的に通る流れ（マクロポア流）が生じる場合もあることが分かってきました。そこで、土壌水分の測定と色素を用いた雨水の通り道の観察により、マクロポア流の実態とその発生に及ぼす土壌水分の影響を明らかにしました。

### 成 果

#### 土壌が乾いたときに発生するマクロポア流

通常、土壌中の水は、強い毛管力が生じる小さなすき間に引き込まれる傾向があります。そのため、マクロポアがあっても雨水は周囲の小さなすき間に入り、これらが満たされるまでマクロポアを流れることはないと考えられていました。ところが私たちの観測結果は、土壌が強く乾燥したときにもマクロポア流が発生しやすくなることを示すものでした。

雨が降ったとき、土壌が適度に湿っている場合には（図 1 左）、マトリックポテンシャル\*は浅い深度から順に上昇しました。これは表層から順々に雨水が浸透したことを示しています。一方、土壌が乾いている場合には（図 1 右）、最も浅い深度 10 cm に変化が生じないまま、より深い部分で先にマトリックポテンシャルが上昇しました。実際に水の通り道を観察すると、浅い深度では根と土壌の間のすき間など、ごく限られた部分に限られ、雨水が表層で行き渡らずに深い層に達しており、マクロポア流の発生が確かめられました（図 2）。

#### なぜ土壌が乾くとマクロポア流が発生するのか

なぜ土壌が乾いたときにマクロポア流が生じたのでしょうか。そのきめ手は土の濡れにくさにありました。私たちが対象にした土壌は湿潤なときには水によく濡れましたが、ひとたび乾燥させると水をはじいて濡れにくくなったのです（図 3）。このような性質を「撥水性」といいます。より小さいすき間に水が引き込まれる傾向は、土壌が水に濡れやすいときに限られます。土壌が撥水性を示す場合には水を斥ける力が働き、小さなすき間ほど水が入りにくくなるのです。

マクロポア流が生じると、雨水が表層部の特定の経路を速やかに移動して土壌粒子に接する機会が減るので、土壌表層部における養分保持の能力や環境負荷物質を捕捉する能力が低下する可能性も考えられます。これら撥水性の物質動態への影響は今後明らかにすべき重要な課題といえます。

詳しくは、小林政広ほか（2006）日本森林学会誌 88(5): 354-362 をご覧下さい。

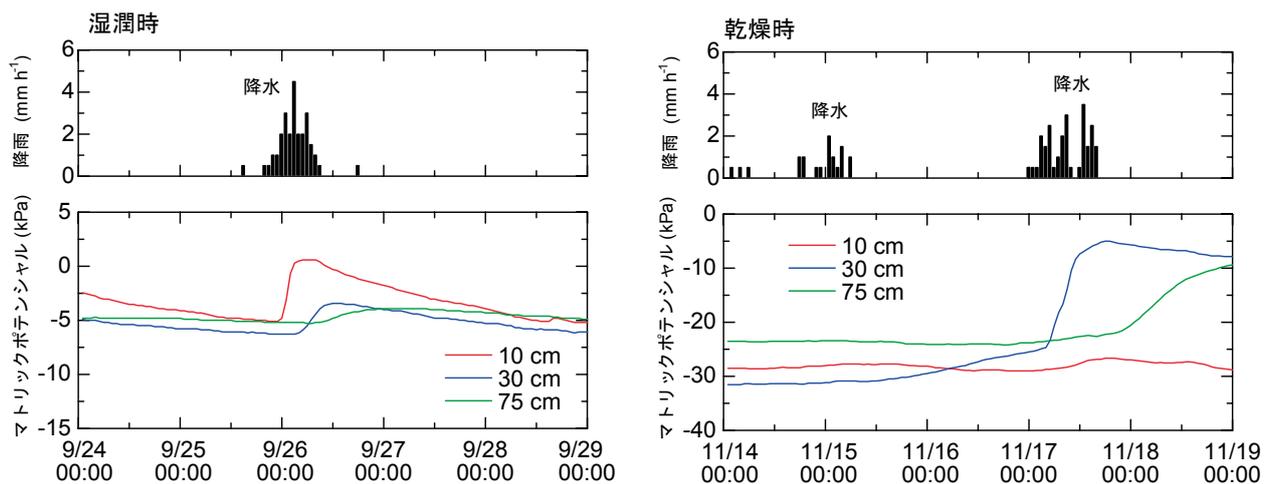


図1 湿潤時（左）と乾燥時（右）の降雨時のマトリックポテンシャル変化

湿潤時には浅いところ（10cm 深）から順にマトリックポテンシャルが上昇し始めるのに対して、乾燥時には浅いところがほとんど変化せずに深いところ（30cm 深,75cm 深）のポテンシャルが上昇しています。



図2 土壌が乾いたときに青色の色素を含む水を散布すると、水は均一に下層へ浸透せず、根の周りのすき間などのマクロポアを選択的に流下します。

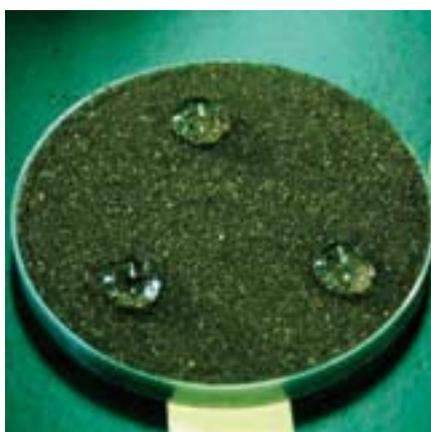


図3 土壌の撥水性

湿潤時には水に濡れやすい土壌でも、乾燥すると水をはじくようになることがあります。

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 大気からの窒素負荷の進行とスギ林への影響

立地環境研究領域	養分動態研究室	長倉 淳子
東北支所	研究調整監	赤間 亮夫
九州支所	森林生態系研究グループ	重永 英年

### 背景と目的

窒素は樹木の成長に最も重要な養分のひとつで、肥料の主成分です。温帯の森林生態系では窒素は不足しがちなので、土壌の窒素量が増えれば樹木の成長が良くなると考えられてきました。しかし、近年、石油などの化石燃料や化学肥料の利用が増え、人間活動起源の窒素化合物が大気中に大量に排出されるようになりました。大気に排出された窒素化合物は、雨などによって再び陸上に降ってきて、森林にも供給されます。降ってくる窒素が増えすぎると、土壌が酸性になったり、樹木の生育が悪くなったりする恐れがあります。そこで、大気からの窒素負荷が日本の森林に及ぼす影響を明らかにするため、日本の主要な造林樹種であるスギの成木を対象に、多量の窒素を長期的に与える試験を行いました。

### 成 果

#### 窒素添加を続けると

森林総合研究所・千代田試験地のスギ林（20年生）の林床に、1997年3月から2004年3月までの7年間にわたって年間336 kg ha<sup>-1</sup>に相当する窒素溶液（硝酸アンモニウム）を12回に分けて毎月散布しました。この地域に雨によってもたらされる窒素量は年間14 kg ha<sup>-1</sup>だったので、散布した窒素量はその24年分に相当します。

窒素を多量に与えたスギ（窒素添加区）の樹高や胸高直径の成長は、水だけ与えたスギ（対照区）と変わらず、樹冠部にも見てわかるような衰退の兆候はみられませんでした。しかし、多量の窒素を与えることによって土壌中の水の硝酸イオン濃度\*が増え、pHは低くなり、やや遅れて植物の生育に有害なアルミニウムの濃度が増えました（図1）。これらの結果から、大気からの窒素負荷の増加が続けば土壌が酸性化することが明らかになりました。

#### 窒素負荷による土壌の酸性化

窒素負荷の影響として、土壌の酸性化や森林衰退が懸念されてきましたが、これまで日本の林地において実際に確かめられたことはありませんでした。

今回の試験により、試験期間中にスギの生育は悪くならなかったものの、窒素負荷の進行によってスギ林の土壌が酸性化することが確かめられました。

近隣諸国の経済発展に伴い、日本の森林に降ってくる窒素の量は今後も増えることが予想されますが、窒素負荷による森林の変化は土壌のようにみえない部分から進んでいるようです。地上にみえている樹木が元気そうでも油断は禁物です。

本研究の一部は、環境省地球環境研究総合推進費「根圏環境の酸性化が微生物及び養分バランスに与える影響に関する研究」および一般研究費による成果です。

詳しくは：Nagakura, J. et al.(2006) Journal of Forest Research 11(5):299-304 をご覧下さい。



図1 試験地の様子

窒素添加区には窒素溶液を、対照区には水を、タンクからホースを使って直接林床に散布しました。また、タワーを建てて樹冠の観察や葉の採取をしました。

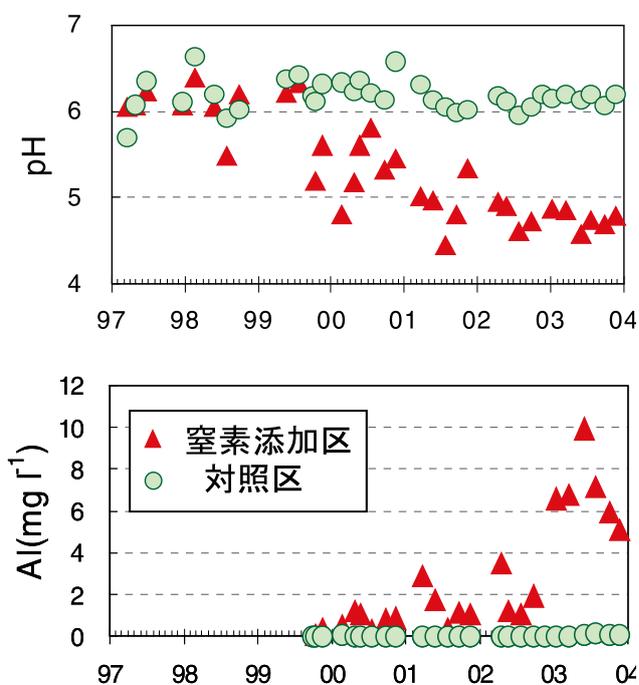


図2 土壌中の水のpH（上）およびアルミニウム(Al)濃度（下）

窒素散布を続けたところ、土壌中の水のpHが6から4.5まで下がり、植物の生育に有害なアルミニウムの濃度が大きく上昇しました。

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 谷頭斜面\*の流出特性 — 「あめふりくまのこ」は何を見たか? —

水土保持研究領域 水資源利用担当チーム長 坪山 良夫

### 背景と目的

「あめふりくまのこ」という童謡に、山に雨が降り続いたら小川ができたという話が出てきます。童謡に歌われるぐらいに身近な現象のはずですが、いつどれくらいの流出が生じて小川となったか、それほど詳しくは調べられていませんでした。なぜなら実際の山で行われる流出の調査は、どちらかといえば常に水が流れている溪流を対象にすることが多いためです。新たな小川の発生はその場所にあった色々な物質を“洗う”効果もあるので、水の量ばかりでなく質の面でも下流の河川へ影響を与えると考えられます。そこで、水源となる源流域で一時的に生じる流出の特徴を調べました。

### 成 果

#### 実際に測ってみると

茨城県北部のスギ・ヒノキ林の流域(図1)を対象に、流域の出口(HB)、湧水点\*直下(HA)、そして普段は水が流れていない谷頭斜面の出口(HZ)の計3箇所で流出を測定しました。その結果、湧水点直下(HA)の比流量\*は、流域全体(HB)の比流量と、一年を通じてほぼ1:1の関係を保ちながら変化しているのに対して、谷頭斜面(HZ)の比流量はゼロから流域全体の比流量を上回るまで幅広い変化を示すことが判りました(図2)。これは、単位面積あたりの水流出量で比較すると、普段は水が流れていない谷で、常に水が流れている場所よりも多くの流出が発生する場合のあることを示しています。

#### そのわけは

一時的にせよ、谷頭斜面でそれほど大きな流出が生じるのはなぜでしょうか。谷頭斜面内の水の動きを詳細に調べた結果、それは地中に現れる一時帯水層\*の動きと密接に関わっていることが判りました。すなわち、乾燥

している時は一時帯水層の発生は斜面下端に限られ、降雨のごく一部しか流出しないのに対して、湿潤な時は一時帯水層が斜面上部まで発生するのに加え、谷頭斜面ならではの特徴として、上部の扇形の地形の影響によって、より多くの水が一時帯水層に集まるようになるため流出が飛躍的に増加することがわかりました(図3)。

#### これからの課題

とうとうと流れる大河の一滴も、もとを辿れば流域源頭にある無数の谷頭斜面の一つから流れ出た水かもしれません。ここでは一時的な流出が発生する場所として焦点を当てましたが、谷頭斜面は活発な土砂生産場としても知られています。流域内のどのような場所で流出が発生しやすいのか、あるいは、どのような場所なら流出が途切れなく生じるのかという点が、これからの課題です。

詳しくは：坪山良夫(2006)森林総合研究所研究報告5(2):135-174をご覧ください。

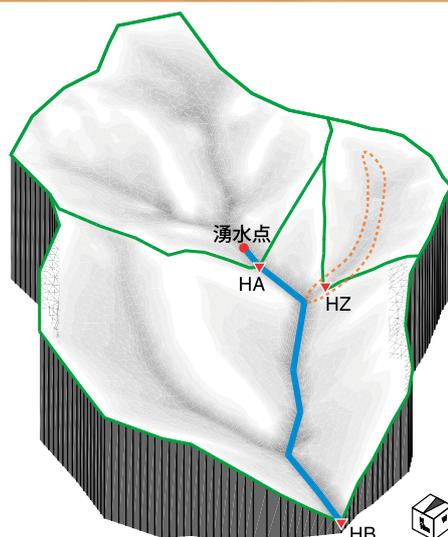


図1 調査対象地の地形と流出測定地点

●が湧水点、▲が流出測定地点、緑色の線が集水界、青色の線は普段から水が流れている部分です。赤色の点線で囲った部分が、図3の縦断面のイメージに対応しています。なお、図の右下にあるのは一辺が10mの立方体で、流域の大きさの目安として描いてあります。

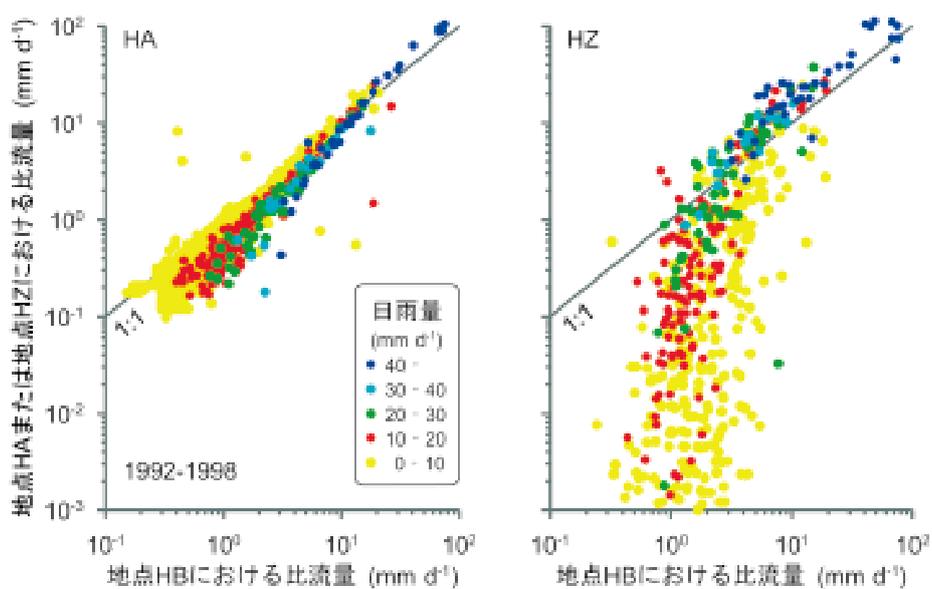


図2 比流量の比較

流域全体 (HB) の日流量を横軸にとり、同じ日の他の二つの地点 (HA と HZ) の日流量とどのような大小関係にあるかを示したグラフです。図中の斜めの線は比流量の大きさが1 : 1となる直線、点の色は同じ日の日雨量の大きさを示しています。

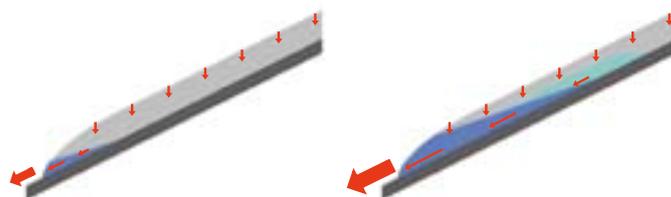


図3 谷頭斜面の縦断面における水移動のイメージ (左：乾燥時、右：湿潤時)

濃い灰色は基岩、薄い灰色は土層、赤い矢印は水の動き、青色と水色の部分は一時帯水層を表しています。乾燥時、一時帯水層は斜面下部にしか発生しませんが、湿潤時は斜面上部まで発達します。さらに谷頭斜面では、上部の扇形の地形の影響により、より多くの水が一時帯水層に集まるようになります (水色の部分)。

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

## 被食防御物質 \* タンニンに富むドングリを アカネズミが利用できるわけ

東北支所 生物多様性研究グループ 島田 卓哉

### 背景と目的

ドングリは、アカネズミ（写真 1）などの動物にとって秋から冬にかけての貴重な餌資源であり、利用しやすい「良い餌」であると考えられていました。ところが、ミズナラなどのドングリには、タンニンが高濃度で含まれています。タンニンはポリフェノールの一種ですが、多量に摂取すると消化管に損傷を与え、腎臓や肝臓に負担を与えることもあります。実際に、アカネズミを飼育してミズナラのドングリだけを与えると、大半の個体が死んでしまいます。このことからアカネズミは、自然条件下では何らかの方法でドングリ中のタンニンを克服して利用しているものと推測されました。本研究は、アカネズミがどのようにしてタンニンを克服しているのかを解明することを目的としています。

### 成 果

#### 「馴化（馴れ）」がタンニン克服のキーワード

少量のミズナラのドングリを事前に与え続けてタンニンに馴らしたアカネズミと、馴らしていないアカネズミとにミズナラのドングリを与えてその影響を比較しました。その結果、馴らしていないアカネズミは著しく体重を減らし（平均 17.5%減）、14 頭中 8 頭が死亡したのに対し、馴らしたアカネズミではタンニンによるダメージがとて軽くなること（体重、平均 2.5%減；死亡 12 頭中 1 頭）が判りました。この結果は、「馴化」によってタンニンによるダメージが克服されることを示しています。

#### なぜ馴化が起きるのか「唾液」と「腸内細菌」によるタンニン克服のメカニズム

アカネズミの体の中で、唾液中のタンニン結合性唾液タンパク質とタンナーゼ産生腸内細菌 \* は次のように働いていることを明らかにしました。即ち、①タンニンを含むドングリを食べると唾液中のタンパク質とタンニンが安定した複合体を作り、タンニンの作用を阻害する、②この複合体がタンナーゼ産生細菌の作用で分解され再利用される、という 2 段階のメカニズムによって、アカネズミはタンニンを克服してタンニンに富むドングリを「餌」として利用できるのです。なお、タンニン結合性

唾液タンパク質とタンナーゼ産生細菌は、いずれも日本産哺乳類では初めての発見です。

#### 新たな視点の必要性

ナラ、カシ類が次世代を残すには、森林性野ネズミの活動がプラス・マイナス両面で深く関わっています。彼らは大量にドングリを消費する一方で、ドングリを運搬し、土の中に埋めて貯蔵することで更新の手助けをしています。このような両者の関係について本研究によって明らかにされたことは、従来の「堅果＝良い餌」という常識では理解出来ないことを示しています。「動物は、潜在的には有害なドングリを工夫して利用している」という新たな視点から、両者の関係を評価していく必要があります。

本研究は、文部科学省科学研究費補助金「アカネズミにおける堅果中のタンニンに対する防御メカニズムの解明」による成果です。動物実験は日本実験動物学会のガイドラインに従って行いました。

詳しくは、Shimada et al. (2006) Journal of Chemical Ecology 32(6):1165-1180 をご覧下さい。



写真1 アカネズミ。日本固有種で、北海道から九州の森林に広く生息しています。



写真2 アカネズミの糞便からタンナーゼ産生細菌が検出された培地（白いコロニーがタンナーゼ産生細菌）。

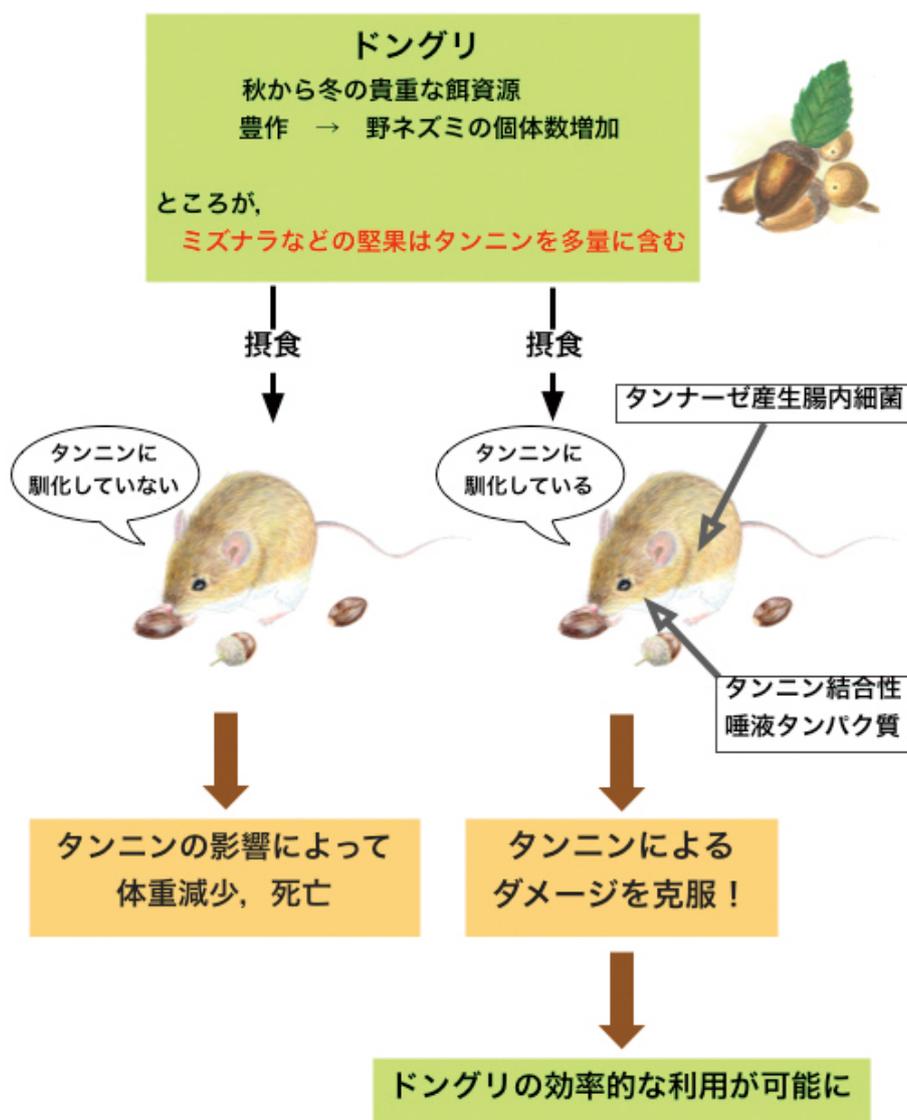


図1 アカネズミとドングリとの関係

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。

# 用語解説

## 京都議定書 (P4)

地球温暖化を緩和するため、各国の温室効果ガス（二酸化炭素、メタン、一酸化窒素、代替フロン等の6種のガス）の削減目標を定めた世界的な枠組みです。1997年の京都会議で合意されたため京都議定書と呼ばれます。

## オルソフォト (P4)

空中写真を地図と同じ正射投影に作り変えたものです。

## センチュリーモデル (P4)

米国コロラド州立大学が開発した、土壌を含めた森林の炭素循環を表した数理モデル。これを気候や樹種、成長などの係数を調整し、日本で利用できるようにしました。

## 永久凍土 (P6)

少なくとも二冬とその間の一夏を含めた期間より長いあいだ、0℃以下の温度状態を保つ土壌・岩石を永久凍土と定義とします。全地球表面積の14% (2.1億km<sup>2</sup>) を占めています。

## ベンチプラント (P12)

小型試験プラントのことです。実用化レベルの大規模処理プラントを開発するためには、実験室レベルの小型装置からベンチプラント、パイロットプラント…と徐々にスケールアップさせ、検証を進めながら大型化させていきます。

## 心拍変動性 (P28)

心拍の間隔は一定ではなく、この間隔のゆらぎを周波数解析することにより、自律神経系の活動を交感神経系と副交感神経系に分けて評価することができます。

## 唾液中コルチゾール濃度 (P28)

コルチゾールはストレス時に分泌が高まるホルモンで、唾液を採取してコルチゾールの濃度を調べることにより、その人のストレス状態が分かります。

## 副交感神経活動 (P28)

自律神経系は交感神経系と副交感神経系から成り立っており、一般にリラックス時には副交感神経系の活動が高まります。

## ラミナ (P34)

ひき板とも呼ばれます。集成材の一つの層を構成する板で、複数の板を接着によって縦継ぎや幅はぎされたものもあります。

## E55-F200 (P35)

JAS規格にある集成材の等級の表示方法で、Eは曲げヤング係数、Fは曲げ強度を意味します。この等級の場合、構造設計する際の基準値として曲げヤング係数は55tf/cm<sup>2</sup>、曲げ強度は200kgf/cm<sup>2</sup>を使用できることを表します。なお、従来の等級の前にMのついた「ME105-F300」とは曲げ部材としての利用を想定した新しい等級で、曲げヤング係数と曲げ強度の基準値は「E105-F300」と同等ですが、縦圧縮強度、縦引張り強度の基準値が小さく抑えられています。

## 溶剤 (P36)

塗料などの固形成分を十分に溶解あるいは分散して、塗装しやすくする揮発性の液体のことです。

## UV塗装 (P36)

UV（紫外線硬化型）塗料を用いて行う塗装およびその工程のことです。

## 現存量 (P42)

ある一定面積の土地に存在する生物量。ここでは、地上部（地面より上にある）のタケの総乾燥重量のことです。

## 放置竹林、管理竹林 (P42)

タケノコ生産目的などの管理竹林では、稈密度（本数）を調整して林内に良く光が入るほどに空かします。一方、手入れをしなくなった放置竹林では稈密度が増加し、林内が暗くなり枯れた稈が多数みられるほどに混んできます。

## 相対成長式 (P42)

生物個体の一部分の成長率が個体全体の成長率に比例するという関係を示す式。ここでは、胸高直径（1.3mの高さの程の太さ）から全体重量を推定するために用いています。

## 胸高断面面積合計 (P42)

ある一定面積の土地において、幹の胸高（地面より1.3mの高さ）における水平断面面積をすべての個体の分足し合わせたものです。一般的に、樹木では混み具合の指標となります。タケでは便宜的に稈の中空部分を含んで計算しているため数値は他の樹木と比べると大きめです。

## cDNA (P50)

mRNAを鋳型にして人工的に作られたDNAのことです。

## mRNA (P50)

メッセンジャーRNAの略。タンパク質の合成に必要な遺伝情報物質のことです。

## 完全長cDNAライブラリー (P50)

タンパク質合成に必要な全ての情報を保持する完全長cDNAを高効率で含むライブラリーのことです。

## DNAマイクロアレイ (P50)

大量の異なる遺伝子の発現解析を一挙に行うために開発された実験手法です。

## 発現遺伝子 (P50)

染色体のDNAをもとに転写される遺伝子のことです。

## 特定防除資材 (P54)

改正農薬取締法では、新たに無登録農薬の製造や使用を禁止したため、農作物の防除に使う薬剤や天敵で、安全性が明らかかなものにまで農薬登録を義務付ける過剰規制とならないように、特定農薬という仕組みを作りました。この特定農薬をわかりやすく表現するために「特定防除資材」と呼んでいます。

## 木竹酢液 (P54)

木材や竹を原料に炭焼きを行うと煙が発生しますが、その煙は冷却されると液体になり、しばらく静置すると2層にわかれ、下層部を木タール、上層部を木竹酢液と呼んでいます。

## マトリックポテンシャル (P56)

土壌の乾燥度合いの指標です。マイナスの値をとり、乾くと絶対値が大きくなります。

## 硝酸イオン濃度 (P58)

硝酸（窒素化合物の一種：化学式はHNO<sub>3</sub>）のイオン態（化学式はNO<sub>3</sub><sup>-</sup>）の濃度。通常、硝酸は水溶液中では硝酸イオンの形で存在しています。

## 湧水点 (P60)

水が湧いている、あるいは湧き出る場所のことです。

## 比流量 (P60)

河道のある地点を単位時間あたりに通過する水の体積を集水面積で割って、単位面積当たりに換算した値です。

## 谷頭斜面 (P60)

谷の最上流部にある扇状の凹地帯のことです。

## 一時帯水層 (P60)

土壌と基岩の境界面などに一時的に発生する水体です。いわば地中の水たまりです。

## 被食防御物質 (P62)

草食者からの食害を回避するために植物が生産する化学物質です。多くは苦みや辛味などを伴い、多量に摂取すると消化障害や臓器不全などに負の効果をもたらします。

## タンナーゼ産生腸内細菌 (P62)

タンニン的一种である加水分解性タンニンの分解酵素であるタンナーゼを産生し、タンニンを特異的に分解する腸内細菌群です。なお、ドングリに含まれるタンニンは、主にこの加水分解性タンニンです。

## 表紙に掲載された動植物

- 1 ウダイカンバ
- 2 ホテアオイ
- 3 キッコウチク
- 4 シモツケ
- 5 コウヤマキ
- 6 グイマツ
- 7 オクヤマザサ
- 8 キンギンボク
- 9 トドマツ
- 10 エノキ
- 11 ムラサキシジミ (メス成虫)
- 12 ギョイコウ



## 森林総合研究所

### 平成 18 年度 研究成果選集

---

発行日	平成 19 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	<a href="http://www.ffpri.affrc.go.jp">http://www.ffpri.affrc.go.jp</a>
印刷所	勝美印刷株式会社

---

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18年度

# 研究成果選集

2006

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/>

**R100**  
古紙配合率100%再生紙を使用しています