

季刊 森林総研 第3号

特集 頻発する山地災害

研究の“森”から

- 森林浴が働く女性の免疫機能を高める
- ウラスギとオモテスギの地域分化を示す遺伝子を発見
- 暗い森で生きる日なた好きの低木



独立行政法人
森林総合研究所



「ムラサキシキブ」 *Callicarpa japonica*

季刊 森林総研 Vol.3

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

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地
TEL.029-829-8134
FAX.029-873-0844
URL [http : //www.ffpri.affrc.go.jp/](http://www.ffpri.affrc.go.jp/)

2008年11月28日発行
編集：独立行政法人 森林総合研究所 広報誌編集委員会
発行：独立行政法人 森林総合研究所 企画部研究情報科

※本誌掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。



目次

巻頭言

◆ バイオマス

特集

◆ 頻発する山地災害

研究の“森”から

◆ 森林浴が働く女性の免疫機能を高める
◆ ウラスギとオモテスギの地域分化を示す
遺伝子を発見

◆ 暗い森で生きる日なた好きの低木

全国巡り

◆ 東北育種場
◆ 四国支所

研究領域紹介

◆ 立地環境研究領域
◆ 林業経営・政策研究領域

海外事情

◆ マレーシアでの新品種登録第一号を
目指して 産学官連携の取り組み

「これがお宝」

◆ 特別天然記念物アマミノクロウサギの
剥製標本と骨格標本

生き物通信

◆ ドングリ
◆ マイタケ

何でも報告コーナー

◆ プレスリリースより
◆ 森林総合研究所研究報告

巻頭言

バイオマス

「季刊森林総研」創刊号に木質バイオマス活用についての特集と気候変動に関する政府間パネル（IPCC）がノーベル平和賞を受賞したことに対する記事があった。森林総研の松本、高橋、外崎の三氏の貢献が評価され、IPCCから三氏に感謝状が贈られたとの事である。誠にうれしい記事であった。

京都議定書で、有名なCOP3が終わった後のことである。地球温暖化の緩和策を検討するIPCCの作業部会の中で、気候変動対策として、バイオマス利用が有効な技術であると認識し始めた。それまでは、バイオマスを利用すると言っても、運搬コストや量的な限界、さらに、低エネルギーであることなどが指摘され、中々、物質・エネルギー資源として、理解されなかった。しかし、石油の値段が1バレル80円台という現状では、バイオマスは経済的にも利用可能になってきた。特に、狭い地域や小規模の施設を対象とした場合、バイオマスは極めて、能率のよい物質・エネルギー資源であり、しかも、地方には、バイオマス資源が未利用のままになっている。バイオマス利用とは、太陽エネルギーの利用である。地球外から来る太陽の光エネルギーを植物の光合成によって捕獲し、有機物資源に変え、それを効率よく利用する事である。特に木質資源は利用面が広く、プラスチックや炭素繊維などの工業材料から牛の飼料まで作ることが可能である。しかも、様々な形で、利用をした後に、燃料として、エネルギーを得る

ことができる。燃焼によって、放出された二酸化炭素は再び植林や天然更新または根株からの萌芽更新によって、森林を再生し、木材にするという循環系を作ることができる。このような物質とエネルギーの循環は熱力学的に、効率的なシステムである。

地球の生物圏の形成を考えても、森林の機能は大きい。地球の始生代四六億年前には、大気には、二酸化炭素窒素が充満し、酸素は存在していなかった。初期の生物は酸素の代わりに、硫酸化合物を利用して、エネルギー代謝を行っていた。しかし、生物は徐々に光合成機能を発達させ、地球に酸素を蓄積したと同時に、酸素を必要とする生物が進化した。したがって、二酸化炭素の吸収・削減ばかりでなく、植物生態系、特に森林が放出する酸素によって、地球の大気組成が安定し、生物圏に十分な酸素が存在していることも忘れてはならない。究極的に、環境問題とは、地球の生物圏を良好に維持していく事であり、森林はバイオマスを含め、資源と環境維持という両面から地球環境の維持に重要な役割を持っている。



佐々木 恵彦

(日本大学総合科学研究所)

頻発する山地災害



写真1 平成20年6月「岩手・宮城内陸地震」による大規模地すべり

はじめに



加藤 正樹
（研究コーディネータ
国土保全・水資源研究担当）

昨年一月に公表されたIPCC（気候変動に関する政府間パネル）第四次評価報告書では、「地球温暖化は疑う余地がなく、今後極端な気象現象に伴う災害リスクが増大する」と予測しています。これに呼応するかのように、最近、テレビや新聞報道などで頻繁に「ゲリラ豪雨」「観測史上最高の降雨量」などの言葉が聞かれるようになりました。一方、平成七年「兵庫県南部地震」以来、平成一六年「新潟県中越地震」、平成一九年「能登半島地震」及び「新潟県中越沖地震」、本年六月の「岩手・宮城内陸地震」（写真1）などの活断層型直下地震が頻発しています。こうした局地的豪雨や地震に伴って、各地で山地災害が多発し、特に山間部では多数の尊い人命が失われるとともに、人家や道路などの公共施設の他、長い年月をかけて守り育ててきた森林にも大きな被害が発生しています。

森林総合研究所の山地災害に関する研究は、明治四四年に森林測候所が旧林業試験場の所管として発足し、森林治水試験の一環として山地の崩壊や土砂の流出を防ぐために設けられた保安林などの扱いに取り組んだことに始まります。第二次世界大戦後は、



写真2 平成15年茨城県加波山での人工降雨による現地崩壊実験(写真提供 三森利昭)

戦時中の過伐による国土の荒廃やたび重なる台風の襲来などによって水害や山地災害が多発したことから、荒廃地の緑化や災害跡地の復旧技術の開発、林業生産の基盤である林地の保全という見地からの予防的治山技術の開発、山地災害が起きやすい危険地区を明らかにする手法の開発などに取り組んできました。さらに、林地斜面の表層崩壊を防ぐ上で大きな働きを持つ樹木根系の強度評価、積雪地帯などで多く発生している地すべり観測などを通じて、国土保全に対する社会的要請に応えるとともに、治山行政の推進に技術的な面から貢献してきました。近年では特に、崩壊、地すべり、土石流などの特に大きな被害をもたらす大規模な山地災害について、その発生メカニズムの解明や被害軽減を目指した研究を進めています。平成一五年に京都大学防災研究所などと共同で行った茨城県加波山での現地崩壊実験（写真2）の成功は大きな成果としてあげられます。

森林総合研究所では、現在取り組んでいる第二期中期計画において、山地災害の発生メカニズムの解明、発生危険度予測技術の開発、被害軽減技術の開発などについて研究を推進しています。また、昨年公表した「2050年の森 森林を育て有効活用するための研究開発ロードマップ」では、「水を育み、国土を守る」研究として「山地災害を防ぐ」を取り上げました。ここでは、二〇五〇年の目標として「山地災害防止システムの確立」と「気候変動に対応した山地防災力の向上」を掲げ、この達成に向けて中長期的な課題を設定して研究を推進することとしています。

本特集では、山地災害の中でも特に甚大な被害をもたらすことが多い崩壊、地すべり、土石流を取り上げて、森林総合研究所の最近の研究成果をご紹介します。

地下水から崩壊を予測する



多田 泰之
（国土保全研究領域
山地災害研究室 研究員）

一、崩壊とは
わが国は国土の約七割が急峻な山地からなり、その地質は大変脆弱です。また、梅雨や台風などの激しい降水条件に曝されます。そのため、毎年土砂災害が発生し、多くの犠牲者を出しています。この土

砂災害による犠牲者の半数以上は崩壊によるものです。「国民の生命と安全・安心な生活を守る」ために、崩壊の発生場所を事前に予測する手法が求められています。

一般に、崩壊の原因は地形・地質などの素因と地下水などの誘因に分けられ、両者の条件が揃った場合に発生します。しかし、これまで崩壊の発生しやすい場所は素因のみから評価されてきました。この原因は、誘因である地下水の流れている場所を特定できないためでした。そこで、地下水の流れる「音」の強弱から地下水の流れる「場所」を特定し、崩壊の起きる場所を従来よりも高精度に予測する手法を開発しました。

二、音を聞いて地下水の流れる場所を探す

崩壊は、地下水によって土の強度が失われることで発生します。そこで、崩壊の原因となる地下水の発生する場所を調べる「地下流水音探査」を開発しました（写真3）。

地下水が岩盤の亀裂や土粒子の間隙（すき間）に入り込むと、間隙中にあった空気を押し出します。このとき、間隙に気泡が生じこれが割れると「コロコロ」・「ポコポコ」などの音が生じます。これを地下流水音と呼ぶことにします。地下水が流れていない場所に比べ、多く流れている場所では、土の中の空気と水が盛んに交換され、地下流水音が強くなります。地下流水音探査は、平常の降雨後にこの音の強い場所を探すことで地下水の流れる場所を特定し

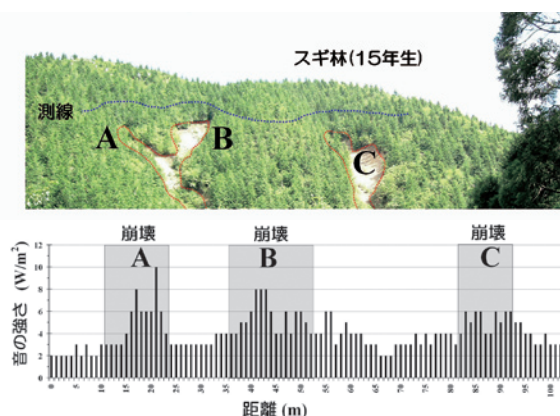


図1 崩壊地での地下流水音の測定例



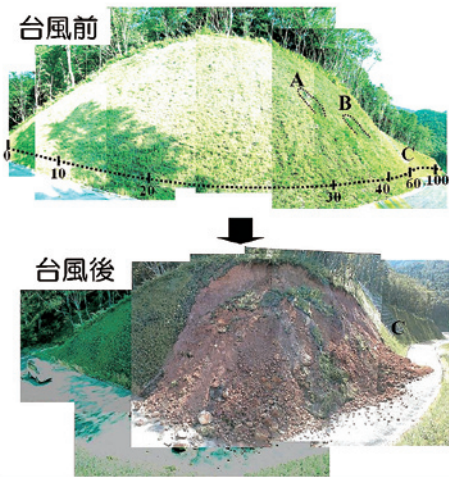
写真3 地下流水音の測定の様子

三、崩壊の場所と地下流水音の強さ
崩壊が既に起きた場所で地下流水音の強さを調べた事例を図1で紹介しています。A、B、Cは上の写真の崩壊の位置に対応しています。写真中の青色の点線の箇所では音の強さを測定すると、崩壊の起きた場所では、周囲に比べて地下流水音が強くなっています。

した。このような結果は、谷型・尾根型などの斜面形状や地質の種類に関係なく多くの斜面で確認できました。地下水の集中する場所で、崩壊が発生していることが明らかになりました。

四、崩壊の場所を予測する

降雨の少ない夏に、写真4に示した林道のり面で、今後崩れる危険性の高い場所の予測を試みました。地下流水音は林道のり面の点線の位置で測定しました。その結果、のり面には地下水が集中し、崩れる危険性が高いと考えられる地下流水音の強い場所（図2中の矢印の範囲）が発見されました。その後、秋の台風によってこのり面では写真4の下側に示すように崩壊が発生しました。台風で発生した崩壊の範囲を図2と照合すると、崩壊は地下流水音の強い図2中の破線の範囲で発生していました。「地下流水音探索」が崩壊の危険性の高い場所を探すのに



地下流水音の強い場所で崩壊が発生

写真4 台風前後の林道のり面の様子

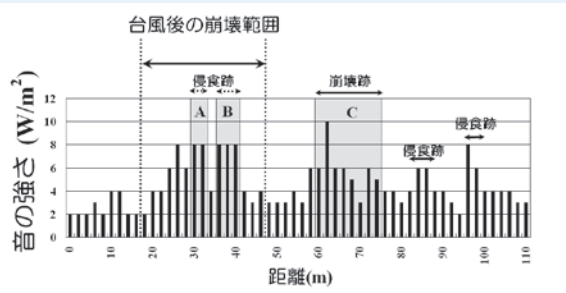


図2 台風前に測定した地下流水音の分布

有効であることを確認できました。今後は、一人でも多くの人を土砂災害から守るために、誰でも簡単に地下水の流れる場所を特定できるように測定器に改良を加え、この手法を広く普及させる予定です。

斜面で崩れた土砂はなぜ長距離を流れ下るのか



岡田 康彦
（水土保全研究領域
治山研究室 研究員）

一、土石流とは

我が国は急峻な地形が多く、また狭い国土に多くの人口を抱えることから、豪雨や地震などを誘因として山地災害が発生すると、甚大な人的・経済的被害に直結します。山地災害を示す用語として、主に

かになりました。

三、成果の活用・今後の展開

ここで紹介した結果により、崩れた土砂が長距離流れ下るメカニズムの一端を明らかにすることができました。今後は、この結果を用いて物理モデルを構築し、さらに高精度の数値予測が可能となるよう研究を進展させることにしています。

治山ダムには渓床の勾配を緩くして浸食を防止する機能、あるいは渓流沿いの崩壊を防止する機能があります。今後は、これらの機能に加えて、土石流をどの程度捕捉する機能があるかを調べるとともに、治山ダムはどのような強度や大きさに設定する必要があるかについての検討を加え、治山ダム等の防災施設の効率的な配置計画や効果的な山地治山計画の策定に貢献できるよう研究を進めていく予定です。

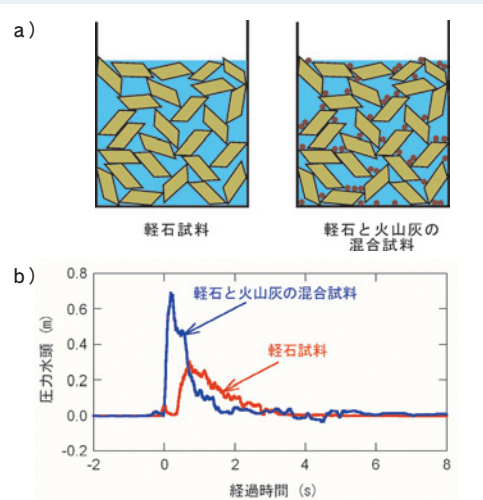


図3 土石流実験に使用した飽和試料の模式図と計測された間隙水圧変化の一例
a) 左：軽石試料、a) 右：軽石と火山灰の混合試料
b) 圧力水頭の経時変化（「圧力水頭」は液体の圧力を静水の深さに置き換えた値）

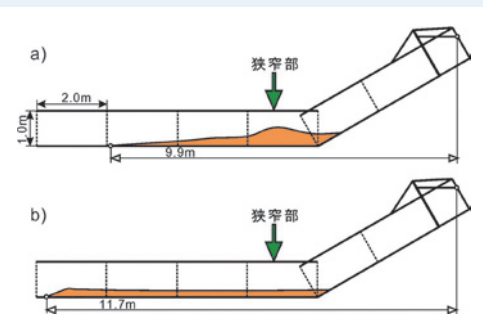


図4 土石流実験終了時における土砂の堆積の様子
a) 軽石試料：土砂は狭窄部で目詰まりを起こし大半が停止（到達距離は9.9m）
b) 軽石と火山灰の混合試料：土砂は狭窄部をスムーズに通過し水路水平部の左端付近まで到達（到達距離にして11.7m）

〇一ミリメートルよりも細かい土を多く含む火山灰です。実験は、粗い粒子の軽石のみからなる試料と、粗い軽石に体積にして一〇パーセント程度、火山灰を混合した試料を用いて、水路を三〇度に傾けた条件で行いました。

（二）実験結果

実験に用いた二種類の土砂試料は、両方とも軽石が主な材料であるにもかかわらず、両者ではかなり異なる結果が得られました。

・軽石と火山灰の混合試料では、流下する土砂の先端部付近で通常考えられるよりもかなり大きな水圧が発生しました（図3）。つまり、粗い粒子の

地震による大規模崩壊・地すべりの発生メカニズム



浅野 志穂
(九州支所
山地防災研究グループ長)

一、地震による土砂災害

強い揺れの地震が発生すると、山地や丘陵地などでは、斜面の崩壊や地すべりなどの土砂災害が発生します。平成二〇年だけでも中国四川省の汶川地震や岩手・宮城内陸地震など、大規模な地震に伴って多数の斜面の崩壊や地すべりが発生し大きな被害が出ました(写真6)。地震に伴う斜面の崩壊や地す



写真6 岩手・宮城内陸地震によって山地に発生した多数の崩壊

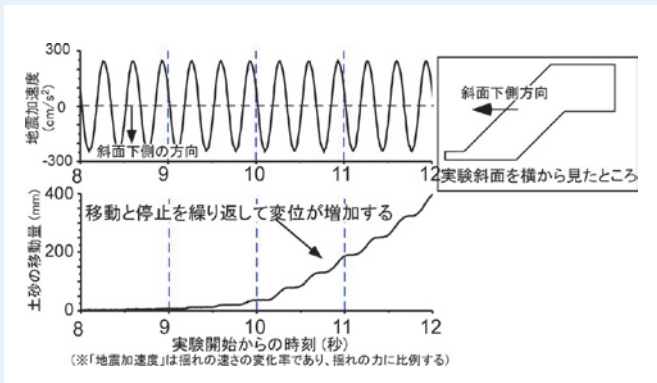


図5 実験で得られた地震動と土砂移動の関係

べりは、斜面直下の施設などに対して直接被害を与えるだけでなく、崩落土砂によってできた土砂ダムが決壊して洪水や土石流など発生し、広い範囲に二次的な被害を及ぼすことがあります。したがって、地震による土砂災害を低減するため危険地の判定や危険度の評価が必要となりますが、それには地震による崩壊や地すべりの発生メカニズムなどを知ることが重要となります。

二、土砂の崩落と地震の揺れ

地震時には揺れに伴う大きな力が山体に作用します。斜面が安定できる限界を超える力が地震によっ

て生じると、斜面の土砂は傾斜に沿って下向きに滑り始めます。そこで、地震の揺れを再現できる台の上に人工の斜面を作り、振動を与えて崩壊を起こす実験を行い、地震の揺れと土砂の移動との関係を調べました。その結果、通常は安定した斜面でも地震によって斜面下側の方向に揺れの力が生じたときに土砂が下へ移動を開始し、逆に斜面上側の方向に力が生じると停止するなど、斜面の揺れと連動して土砂は移動と停止を繰り返しながら崩落することや(図5)、斜面の上の方で揺れの力が大きくなって、上方から土砂の移動が始まることなどがわかってきました。これらのことは、地震の揺れの大きさや揺れ方の特徴を知ることが、崩壊や地すべりの発生を考えるために重要であることを示しています。

三、山地で地震の揺れが大きい場所

単純な形の斜面の実験から、地震の揺れ方は場所によって変わり、これが崩壊土砂の移動に影響することが明らかになりました。しかし実際の山は形も複雑であるため、地震の揺れの分布も複雑になると考えられます。そこで新潟県中越地震時に大規模な崩壊が発生した山体を対象として数値シミュレーションを行い、地震の揺れの力の大きさ(地震加速度)と崩壊の発生場所の関係を調べました。(図6)その結果、山体の中でも特に地震の揺れの力が大きくなり易いのは尾根や山頂付近、さらに柔らかい土が厚く堆積する場所などでした。これらの条件が揃い大きな地震の揺れが生じたと考えられる場所が、崩

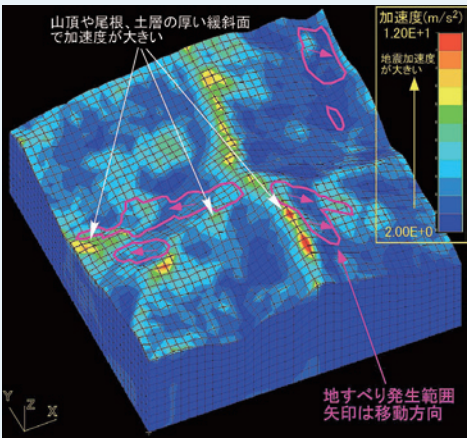


図6 数値解析から予想された各斜面毎の傾斜方向に生じる最大地震加速度の分布と実際の崩壊地の分布(赤線は崩壊地の範囲)

壊の発生源近辺にあることがわかってきました。

四、土砂災害の軽減に向けて

地震による崩壊・地すべり災害は突発的に発生するため、豪雨の時のように警報によって避難するといった余裕はありません。このため、地震によって土砂災害が起きやすい場所や、どのような災害が発生するかをあらかじめ予測することが重要となります。土砂災害が地域生活に特に大きな影響を及ぼす危険度の高い箇所などでは、災害の種類や規模を予測し、災害を未然に防ぐ対策工事を行っている場所もあります。しかし、日本全国すべての斜面を対象に崩壊や地すべりの防災対策工事を行うことは難しいため、地震による土砂災害の発生メカニズムを踏まえた危険地の判定などのソフト対策も大変になってくると考えられます。

インタビュー i n t e r v i e w



インタビューに答える多田研究員

今回は、山地斜面で地下水の流れる音を探知し、豪雨時に山崩れの起きやすい場所を予測する方法を開発した水土保持研究領域の多田泰之研究員に、本誌の編集委員である研究情報科長の中牟田潔がインタビューしました。

中牟田(N): この研究を始めるにいたったきっかけは?
多田(T): 子どもの頃に実家の裏山が崩れて、恐ろしい思いをしたのがきっかけです。私が七歳の時に山陰豪雨災害があり、叔父の家に避難しようとしたら、土砂で道路が寸断されていて、どこにも避難できなくなりました。結局、車の中で一晩過ごしました。看板や瓦が飛んでくるわ、車が風で大きく揺れるわ。その時のとても怖かった思い出がこの分野に進むきっかけになりました。

N: 幼い頃のトラウマがこの世界へ導いてくれたわけですね。

T: まさにそうです。体と違って心臓はノミサイズなのです。

N: 音で山崩れの起きそうな場所を探すことを思いついたきっかけは?

T: ポスドクで京都にいたときに住んでいたアパートに水道局の人が水漏れ検査に来たことがありました。作業を見ていたら、聴音棒という聴診器のようなもので水漏れの位置を調べていました。「それで水漏れの音が聞こえるの?」と実際に音を聞かせてもらったところ、結構よく聞こえました。山崩れの起きる場所と地下水の流れ

を研究していたので、山でこのような音を聞けたらいいなと思ったのがきっかけです。

N: 思いついてから今回の成果が得られるまでになにが大変でしたか?

T: 一番大変だったのは音で本当に山崩れが起こるのを実証することでした。山崩れの既起きた場所でよく音がすることはすぐわかりました。しかし、「今までそんなことを言った奴はいないぞ」、「崩れたから地下水が集まるのじゃないのか」と手厳しいご意見が学会や研究仲間からも浴びせられ、ねつ造じゃないかと言われたこともありました。あと、今は完治しましたが、夏場にずっとヘッドホンをしていたので、耳にミズムシができました。これがかゆいんですよ。本当に。皮膚科の医者にも「なんで耳にミズムシができるんだ」と驚かれました。

N: 次なる挑戦は?

T: 大言を吐くようですが、自分の仕事は土砂災害から人の命を守ることです。土砂災害による犠牲者をゼロにすることが永遠のテーマであり、挑戦です。

N: 今日はありがとうございました。

研究の“森”から No.175

森林浴が 働く女性の免疫機能を高める

森林浴で女性の抗がん免疫能が上がり効果が持続すること、ストレスホルモンが低下し癒されることが分かりました



香川 隆英
(森林管理研究領域
環境計画研究室長)



李 卿
(日本医科大学衛生学
公衆衛生学 講師)

ストレス社会における森林浴の癒し効果

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い、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、森林浴がこのようなストレスを軽減したり、免疫能を高めたりする効果があることが少しずつ分かってきました。そのため、人々の健康増進や地域の活性化の手段としても大変期待が高まってきており、全国



写真1 森林セラピーロードを散策する女性看護師

の市町村では森林セラピー基地・ロードが三五箇所も設定されています。これまで私たちが行ってきた研究では、東京で働く中高年の「男性お疲れサラリーマン」が森林浴によって、がん細胞やウイルスを殺傷するNK（ナチュラル・キラー）細胞の活性（NK活性）が高まることや、その効果が持続することを明らかにしてきました。しかし、ホルモンの分泌などが男性と異なる女性において、森林浴の効果は分かりませんでした。都会で働く女性達は男性同様高いストレスに悩み、免疫の働きも低くなっていることが予想されます。そのため、都市の病院で勤務する女性看護師にゆっくりと二泊三日の森林浴をしてもらい、その医学的效果を調べることとしました。

森林浴で働く女性の抗がん免疫能が上がる

東京都内の大学付属病院に勤める女性看護師三名が、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、二日間森のガイドと一緒にゆっくり散策しました（写真）。森林浴の翌日の朝八時に採血してNK細胞（図1）の活性やNK細胞が放出してがん細胞を攻撃するパーフォリン、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。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の尿中濃度などを

NK（ナチュラル・キラー）細胞について

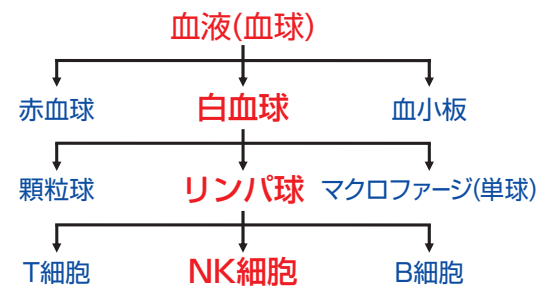


図1 ナチュラルキラー細胞は白血球に含まれるリンパ球の一種

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一週間後と一カ月後にも同じように免疫能を測りました。その結果、二日間の森林浴で、NK活性が東京にいるときより三八%も高まり、一週間後は三三%高いまま持続し、一ヶ月後でも一〇%高く免疫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、二日間の森林浴で高まり、一週間維持され一ヶ月後もある程度効果が持続することが分かりました。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、森林浴一日目で五七%低下し二日目では六八%も低下しました（図3）。森林浴でストレスホルモンが三分の一に減少したのです。

森林浴で健康な身体を作る

二日間の滞在型の森林浴によって、都会で働く女性のNK活性が高くなり、免疫の働きが増すことが分かりました。そしてこの効果は最低一週間、一ヶ月後もある程度は持続することから、がんの予防効果が期待されます。また、ストレスがかかると高くなるアドレナリンなどのホルモンも森林浴の後では東京にいるときより三分の一まで低下し、非常にリラックスしていることも分かりました。これからは、森林浴のどの要素（フィトンチッドなどの香りや景

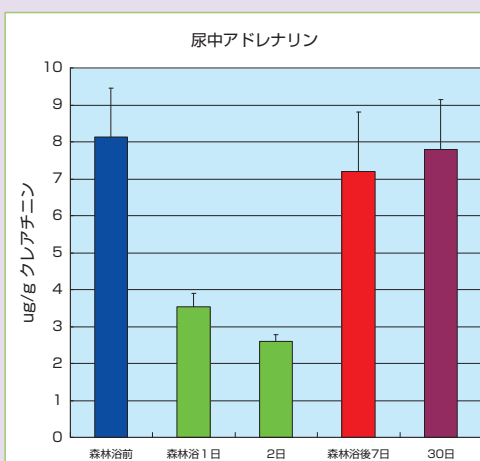


図3 森林浴が女性のストレスホルモンを減少させる

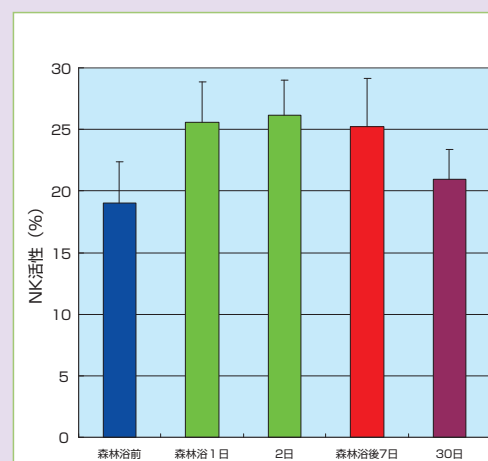


図2 森林浴が女性のNK活性を上昇させ、効果が持続する

色など）が、免疫能を高めてくれるのか、また年間を通して健康な心身を保つためには、どのような森林浴活動を行っていけば良いのかなどについて研究を進めていこうと思います。

研究の“森”から No.176

ウラスギとオモテスギの 地域分化を示す 遺伝子を発見



津村 義彦

(森林遺伝研究領域
樹木遺伝研究室長)

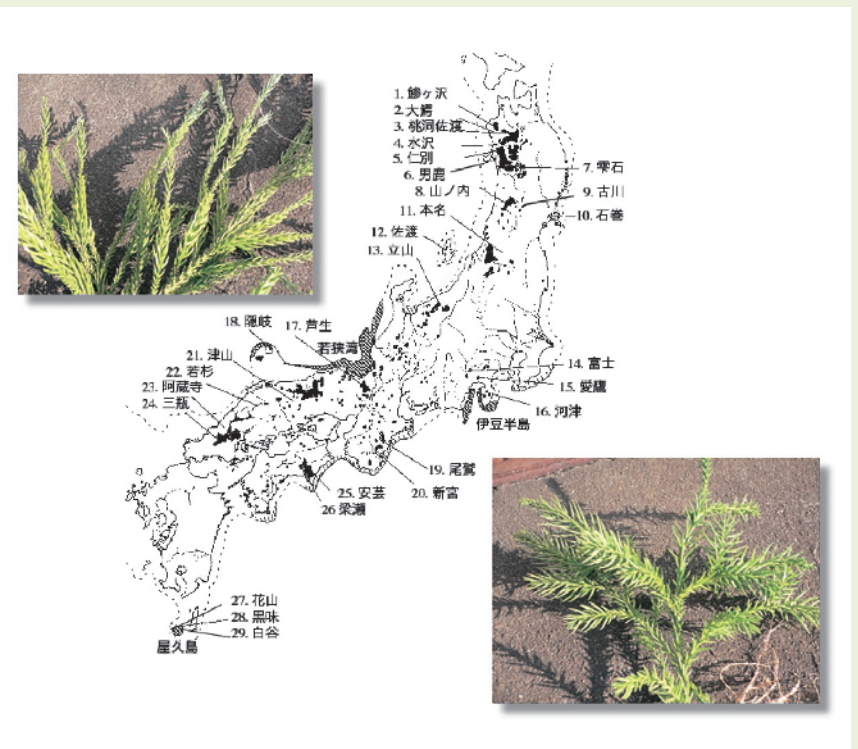


図1 スギ天然林の分布(林 1960)、最終氷期(約1万8千年前)のスギの逃避地(塚田 1984)及び調査した29集団。ウラスギとオモテスギの針葉形態。

行により天然林は全国的にわずかな面積しか残っていません(図2)。しかし世界遺産に指定された屋久島には例外的に大面積のスギ天然林が残されています(図3)。また、スギは針葉や枝の形質から二つの変種に分けられ、多雪地帯の日本海側に分布するものを一般にウラスギ、雪の少ない太平洋側に分布するものをオモテスギと呼んでいます(図1)。太平洋側の天然スギの分布は伊豆半島周辺や紀伊半島、四国、屋久島などに限られ、天然林の多くは日本海側に分布しています。

スギ天然林の分布と変遷

スギは我が国の固有種でその天然林は、北は青森県の鰺ヶ沢から南は鹿児島県屋久島まで降水量の多い地域に分布しています(図1)。現在の天然分布は長い歴史の中で様々な気候変動や環境の影響を受けて形成されたものです。現在では伐採や開発の進

スギ天然林の遺伝的な違い

スギ天然林の北限の鰺ヶ沢から南限の屋久島にかけての二九箇所の森林を選定し、これらのスギ天然林集団がもつ一四八個の遺伝子についてDNAの塩基配列の違いを解析したところ、屋久島など約



図2 秋田スギの天然林(仁別国有林)

五つの遺伝子が淘汰に係っている遺伝子である可能性ができました(図4)。さらにその中には、オモテスギとウラスギの遺伝的分化に大きく関与していると考えられる二つの候補遺伝子が見つかりました。残念ながら現段階ではこの遺伝子の機能は分かっています。なおオモテスギでは二つのタイプの対立遺伝子が存在しているのですが、ウラスギでは一つの対立遺伝子に固定されていました。これは日本海側と太平洋側の環境の違いにより、自然淘汰を受けた結果生じた可能性が考えられます。植物は様々な環境に適応するために遺伝子は長い年月をかけて変化していきます。このような適応性に係わる

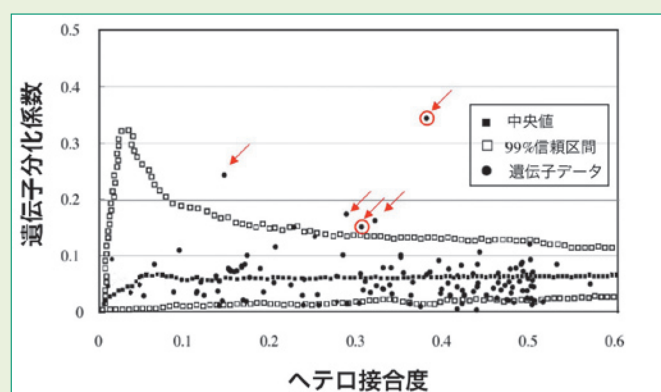


図4 淘汰を受けている遺伝子の検出結果。Beaumont and Nicolas (1986) の方法による。99%信頼区間の上にある5遺伝子(赤い矢印)が淘汰を受けた候補遺伝子。ウラスギとオモテスギを分ける候補遺伝子はこれらの2遺伝子(赤丸印)である。

一万八千年前の最後の氷河期に寒冷だったためにスギが避難していた場所(逃避地)であったと考えられる地域の天然林は、現在でも比較的高い遺伝的変異を保持していることがわかりました。しかし地域間のスギ天然林の遺伝的な違いはわずかに5%程度です。つまり、スギの持っている遺伝的多様性の九五%はどの天然林内にも共通して含まれているということです。しかし、スギの遺伝的分化では、このわずか5%の遺伝的な違いが重要で、この中にそれぞれの地域環境に適応した遺伝子が含まれていることになります。

ウラスギとオモテスギを分ける遺伝子

この5%の違いを生み出している遺伝子の塩基配列を丹念に調べていくと、調査した一四八個のうち



図3 屋久スギの天然林(花之江河)

対立遺伝子の有無がその環境で生き残るための重要な指標となります。樹木で異なる環境への適応性に関連した遺伝子の発見は、世界的に見てもポプラの開葉期に関連する遺伝子など、まだわずかな報告があるだけです。

将来的には、さらに多くの遺伝子を調査することにより、環境適応性に関連する多くの遺伝子を検出し、それぞれの地域環境に適応したスギの苗を生産し、周囲の生態系にあった生長のよい植林を行うことが可能になります。また森林の保全や遺伝資源の保全のための重要な指標としての活用も期待されます。

研究の“森”から No.177



阿部 真
(森林管理研究領域
主任研究員)

暗い森で生きる 目なた好きの低木

～草から木へ変身するニワトコ～

森のギャップに生きる

ニワトコを知っていますか？ 高さ三〜六mくらいで、春にはクリーム色の花、夏の終わりには赤い実が目玉を引く(写真1) スイカズラ科の落葉低木です。接骨木とも書き、枝を煎じて湿布に用いたといいます。日本周辺に広く分布し、庭木や林縁の明るい場所によく見る身近な木ですが、それだけではありません。成熟した暗い森の中でも、倒木などのため林冠(森の最上層)が欠けた林冠ギャップ(以下、ギャップ)と呼ばれる明るい場所に、花や実をつけているのを見かけます。



写真1 ニワトコの実(勝木俊雄撮影)

開発が進む以前は広く森に覆われていたのが日本の自然です。ニワトコ個体群(集団)にとって、ギャップは本来大切な生育地でしょう。しかし多くのギャップは数年〜十数年で枝葉が繁って再び暗くなり、そのニワトコは枯れていきます。あちこちでできる端から消えていくギャップを、成長に時間がかかる樹木がどううまく利用して個体群を保つか、森のニワトコを細かく解析しました。

種子をばらまき、実生で耐える

ニワトコがよく目立つ赤い実は、野鳥が好んで食べます。種子いりのフンがまかれるそこかしこが、偶然ギャップだったり新しくギャップができたりますれば、種子が素早く発芽・成長します。だからニワトコはいつもギャップで見られるのだろうと考えられてきました。

ところが、茨城県北部の成熟した森(小川群落保護林)で観察した結果、ギャップでない林床(森の最下層)にも小さなニワトコが多数生育していました(図1)。その多くが、木の幹を持たない草のような姿の実生(写真2)だったのです。そしてニワトコの実生は、地上の茎のみが頻りに枯れては替わりに伸びるのを繰り返して、暗い林床で他の多くの樹種よりも枯れにくいことがわかりました。

樹木の大きな特徴は、木質化した幹を作り、高く伸ばした身体を長期間保持することです。しかしニ

ワトコの実生はその多年草のような姿のおかげで、地上部に回すエネルギーを小さくし、少ない光資源でも生き続けると考えられます。

ギャップでブレイク！

ギャップができ光を浴びるようになると、倏約しつつ生き続けた実生の茎は、直ちに木質化し素早く成長します。推移行列モデルという数理モデルによってニワトコの一生を解析した結果、草のような実生集団が林床で生き延びることが、ギャップで木の姿になって急成長し繁殖することが、ニワトコ個体群の維持にとって非常に重要であることがわかりました。さらに、ギャップの生成と消長を実測して組



写真2 木の幹を持たないニワトコの実生

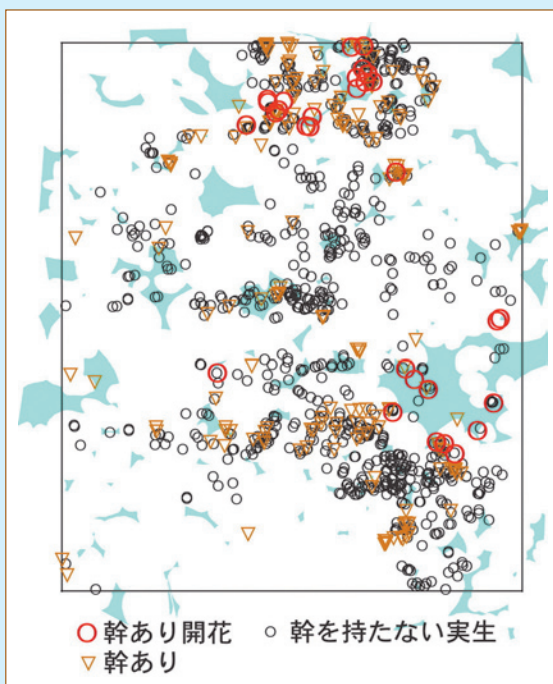


図1 ニワトコの生育場所とギャップ
小川群落保護林試験地の中心部 100m×120mを上から見た図。青い部分が植生高10m未満のギャップ。花が咲くニワトコはギャップの周辺のみで、小さく目立たないものが林床に散らばっている。

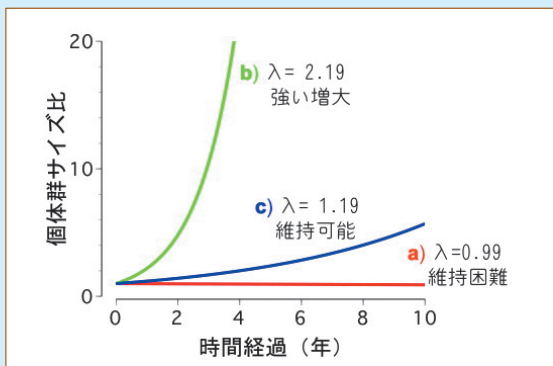


図2 林冠の状態とニワトコ個体群の増減
推移行列モデルによる推定。 λ (増加率)はニワトコの個体総数の年あたり増減比。
a) すべてのニワトコが暗い林冠下にある(ギャップがない)と仮定したモデル
b) すべてのニワトコがギャップにあると仮定したモデル
c) 林冠動態の実測によりaとbを結合させ、試験地の森を再現したモデル

変身する植物

草の姿で何年も生きてから樹木に変わるニワトコは、私たちが当然と思っている「草」か「木」かという種の分類が、植物の生活史の一瞬だけを捉えた恣意的な発想なのかもしれないことを教えてくれます。

また明らかになったニワトコの生存戦略は、成熟した森の林冠環境によく適応したものでした。しかしギャップの形成パターンが長く変われば、その個体群は大きく増減するでしょう。例えば人間が森を利用するとき、ニワトコなど森の生き物の生存に、思わぬ影響をもたらす可能性が十分にあることが示されたのです。

研究領域紹介



写真1 土壌調査の講習会の様子。土壌型の判定や試料の採取法を指導している。



写真2 筑波試験地で雨や土壌水、渓流水の窒素濃度を観測し、都市からの流れてくる窒素成分の影響を調べている。

私たちは森林の土壌の動きや森林の立地環境を研究しています。最近の取り組みをご紹介します。

森林は二酸化炭素を吸収し固定するので、温暖化防止に貢献すると期待されています。特に土壌は巨大な炭素貯蔵庫といわれ、温暖化によってその貯蔵量が変化するかどうかは世界の研究者の関心事です。私たちは林野庁の事業として、都道府県の協力を得ながら全国各地の森林土壌の炭素量を調べています。また、調査の精度向上を目指して各地で土壌調査法の講習会を行っています(写真1)。

人間の活動によって排出されるのは二酸化炭素だけではなく、酸性雨や大気汚染物質も森林に影響を及ぼします。最近では首都圏で発生する窒素成分の影響を調べています(写真2)。窒素汚染が進むと森林の窒素循環が変化して、水源である山地の渓流水の水質が悪化する可能性があります。

このように、森林の環境を監視し、土壌のさまざまな機能を育み、健全な森林づくりに貢献する研究を行っています。

立地環境研究領域

全国巡り

東北育種場



写真1 現場で指導を行う東北育種場職員



写真2 真剣に実技に取り組む岩手大学学生

林木育種センター東北育種場は、岩手県の盛岡市に隣接する滝沢村にあります。

当育種場では寒冷・多雪地域に適したスギ、ヒバ等の品種開発を行っています。また、この開発品種の普及を図るため、ミニチュア採種園の造成技術の普及に取り組んでいます。

この技術は、六・七年生の樹高一・二mほどの小さな親木から繰り返し種子を採種するもので畑地栽培の感覚で「開発された種子を早期に」生産することが可能となるものです。

事業用種子の生産・配布を担当する東北の各県では少花粉スギや雪害抵抗性スギ等のミニチュア採種園の造成を進めており、技術マニュアル等を作成し、その指導を行っています。

また、当育種場では、毎年、春に岩手大学の学生へ「さし木・つぎ木」などの実技研修を行っています。秋にはその成果が苗木として戻されるため学生から好評を得ています。将来、林木育種に関わる優秀な人材が育つことを期待しています。

四国支所



写真2 放置され、荒れた竹林



写真1 間伐の遅れたヒノキ林

四国は、森林率や人工林率が高く、林業活動の盛んな地域です。森林資源を有効活用し、豊かな自然環境との調和を図りつつ地域の活性化を図ることが求められています。四国支所では、四国四県や四国森林管理局と緊密に連携しながら、多面的機能を高度に発揮させるための森林施策・保全技術に関する研究を行い、地域の研究拠点として活動しています。

近年、間伐遅れなど管理水準が低下した林分の増加(写真1)、シカの影響による森林の荒廃、放置竹林の増加と分布拡大(写真2)などの問題が重要になっています。これらは四国に限られた問題ではありませんが、地形が急峻で台風や豪雨の多い厳しい自然環境の四国では、とくに強く解決が望まれていると言えるでしょう。そのため、強度間伐の効果やリスク評価・施業システムの構築、シカの棲息密度や生態系への影響評価、タケ資源の有効利用のための竹林管理手法の開発を目指して研究を進めています。

林業経営・政策研究領域

活力ある林業・木材産業に支えられた豊かな山村をどう創っていくか。こうした課題に、社会科学の視点から取り組んでいるのが、私たちの研究領域です。

最近の研究成果の一つとして、森林・林業・木材産業の将来を見通した研究があります。この研究では、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、および山村について、現状を踏まえて二〇二〇年までのシミュレーション分析を行い、日本林業の将来を考えました。出版されており書店で入手できます(写真1)。

戦後に植林した森林が順次、伐採して利用可能な林齢を迎えつつあります。この資源を木材の利用部門と連携して有効に活用し、持続可能な林業経営を実現するために新しい森林・林業・木材利用システムを研究しています(写真2)。研究所の技術開発研究と連携して、開発した技術を経済システムに組み込み、林業・山村の将来づくりに貢献する研究を目指しています。



写真1 『森林・林業・木材産業の将来予測』森林総合研究所編、日本林業調査会発行(2006年12月)、3,000円



写真2 モデルを使っの新しい林業システムの研究

マレーシアでの新品種登録
第一号を目指して

産学官連携の取り組み

永目 伊知郎 林木育種センター 海外協力部長

マレーシアでは、植物の新品種に関する育成者の権利を保護する国際的な枠組みであるUPOV条約への加盟に向け、国内関連法として植物新品種保護法が二〇二〇日に施行されました。私たちは、現在新品種登録第一号を目指すマレーシア公社と日本企業を技術的に支援しています。

私たちは、二〇〇五年より、マレーシアのサバ州の貴重な熱帯天然林の伐採を減らす対策として、これまで主に紙パルプの原料として植えられてきた早生樹種のアカシア・マンギウム (*Acacia mangium*) に改良を加えて、新たに多目的で付加価値の高い製材や合板の原料として供給するという産学官の連携(同国サバ州森林開発公社、(株)越井木材工業、九州大学、森林総合研究所)による国際共同研究プロジェクトを実施中です。対象樹種のアカシア・マンギウムは生長が早く、幹の断面が凸凹になり、腐れやすいという傾向があり、一方、近縁種のアカシア・アウリカリフォルミス (*Acacia auriculiformis*) は生長が遅く、幹の断面が丸く、腐れにくいという相反する傾向があります。この二樹種間の人工交配で、いいところ取りの優良ハイブリッド品種を作り出すことを目指しています。これまでに、花粉の採取や貯蔵の手法、さらに交配させる際に自家受粉を避ける手法を



改良前のアカシア・マンギウムの丸太

開発し、現在、サバ州の交配園で二樹種の開花を待っている状況です。

その一方、この共同研究のパートナーのサバ州森林開発公社と(株)越井木材工業においては、この共同研究の基礎となった、自然交配からのアカシア・ハイブリッドを用いた植林事業に関する技術の開発を実施されています。同国における新品種登録が可能となったことから、両社より、申請に関する技術支援要請がなされました。

私たちは、新品種を従来の品



出願中のアカシア・ハイブリッド (5年生)

種と区別するための形質やその特性の評価手法の開発や、遺伝子レベルでの品種の判定技術の開発を行い、同国初の申請を支援しています。

登録された新品種に関する育成者の権利は、二五年間保護されることとなります。新品種の普及を通じた優良森林資源の造成やその有効活用が進み、ひいては、林木品種改良に関する研究への官民投資が促進されることが期待されます。

また、この支援で開発された手法や技術は、私たちが現在取り組んでいる人工交配による優良ハイブリッド品種の評価やその後の品種登録にも役立つものです。

こ・れ・が・お・宝

特別天然記念物アマミノクロウサギの
剥製標本と骨格標本

山田 文雄 関西支所 研究調整監

写真1 アマミノクロウサギ(左)と
ニホンウサギ(右)の剥製標本

森林総合研究所の野生動物研究領域には、さまざまな鳥獣類の剥製標本が保管されています。この中で、わが国の天然記念物第一号(現在は特別天然記念物)であり、環境省からは絶滅危惧ⅠB類(EN)に指定されたアマミノクロウサギの剥製標本と骨格標本が二〇〇八年三月から保管されています。死亡した傷病保護個体を、森林総合研究所が文化庁と環境省の許可を得て譲り受け、剥製標本(写真1)と骨格標本(写真2)を作成しました。アマミノクロウサギの完全な全身の剥製と骨格標本は数少ない貴重な標本です。アマミノクロウサギは一属一種で、奄美大島と徳之島にだけしか生息せず、原始的形質を持つため、ウサギの進化としては古い種として世界的にも貴重なウサギです。四肢の長さは、進化的に新しく誕生したノウサギ属に比べて半分しかなく、また幅広い腰椎の形態などが原始的特徴です。ノウサギ属が長い足で走行適応したのに対し、アマミノクロウサギが低速・登坂適応したことを示しています。この貴重な標本は形態学的研究や保全研究などに活用され、また展示用として普及啓発に役立っています。

写真2
アマミノクロウサギ(左)とニホンウサギ(右)
の骨格標本(上)と腰椎の違い(下)

たわわに実るマテバシイ



秋

、里山や公園では沢山のドングリを目にします。一般にブナ科コナラ属などの樹木の果実を総称してドングリと呼びます。ドングリには穀斗とよばれる帽子がついており、帽子の見た目も鱗模様（ミズナラなど）や縞模様（ウラジロガシなど）、かつらのような形（クヌギなど）など様々です。ドングリが熟す期間も種類によって異なります。コナラ、イチイガシなどは春に花が咲いてその年の秋にドングリになります。一方、アカガシ、マテバシイなどは二年がかりで（春〜翌年の秋）熟します。シリブカガシは昨年の花から出来たドングリと今年の花を秋に同時につける珍しい樹種です。

ドングリは人や野生動物の重要な食糧源となります。スダジイなどはそのまま食べられますが、アラカシのように渋味の強いものもあります。このようにひとくちにドングリといっても様々なものがあります。ドングリを拾ったら樹種名や特徴などを調べてみてはいかがでしょうか。

齊藤 哲

（植物生態研究領域 主任研究員）

ドングリ



花とドングリを同時につけるシリブカガシ
（北九州市立自然史・歴史博物館学芸員 真鍋徹氏撮影）

マイタケ

Grifola frondosa (Dicks.) Gray



江戸時代のきのこ図譜（坂本浩然「菌譜」より）

マ

イタケは、秋、ミズナラなどブナ科の木の根元に発生するきのこで、温帯に広く分布し、北海道から九州まで広く見られますが、北関東から東北でよく採れます。その形は舞をまっ人の姿に似ているので「マイタケ」の名前がついたといわれます。また、見つけるのは難いため、採った人が喜びのあまり踊るのが由来だとされます。木材を腐らせて栄養分になっているきのこで、太い柄にたくさん小さいへら状の傘がついた形をしています。傘の裏側には、ひだではなく、こまかい穴があり、この中で胞子を作って子

孫を増やします。サルノコシカケのなかまですが、硬くならず食べられます。マイタケは、古くより美味しいきのことして知られ、最近では、のこす栽培により年間四万六千トンが生産されています（平成一八年）。天然の物は味と香りがはるかに良いため、道の駅などで高価に売られますが、都会の公園でも気づかれずに生えていることもあります。

根田 仁

（きのこ・微生物研究領域 チーム長）



都区内の某公園にて、シイの根本に発生

プレスリリースより

火山灰のような細かい土が被災域の拡大をまねく大型模型水路による土石流実験

軽石のような大きな石に火山灰のような細かい土が混ざると、地すべりなどの到達距離が長くなり、被災域の拡大をまねくことを明らかにしました。

体毛からクマの個体識別

ヘアートラップと呼ばれるクマの体毛を回収する装置で採取された試料をもとに遺伝子マーカーを用いた個体識別を行いました。その結果ヘアートラップを用いることによって、クマを実際に捕獲することなくその生息情報を収集できることが確認できました。

針葉樹完全長cDNAの大規模収集に世界で初めて成功

スギ雄花から約一万个の完全長cDNAを単離し、一〇、四六三種類の完全長cDNAを同定しました。完全長cDNAの大規模収集は、針葉樹では世界で初めてで、樹木ではポプラにつぐものです。この成果は理化学研究所との共同研究によるものです。

暗い森で生きる日なた好きの低木

草から木へ変身するニワトコ
ニワトコは日なたを好む低木ですが、暗い森の中でもしばしば見かけます。ニワトコの子供（実生）が、暗い森の中で、まるで草のように柔らかい茎を出しては枯らすのを繰り返し、忍耐強く生き続けること、また周りの高木が倒れるなどして明るくなると、その実生の茎が木の幹に変化して素早く高く伸び、花を咲かせることがわかりました。



生長したニワトコ

小笠原に生息する絶滅危惧種の鳥「メグロ」は狭い海峡を越えずに独自の進化を遂げている？

メグロは、小笠原諸島の中でも母島列島の三島母島、向島、妹島にのみ生息しています。これら三つの島は、ほんの数キロしか離れていないのですが、DNAや形態の差異を調べた結果、メグロは島の間をほとんど移動しないことがわかりました。



メグロ

森林総合研究所研究報告

論文

様々な森林攪乱が流況曲線に及ぼす影響

—宮崎市「去川森林理水試験地」と岡山市「電ノ口山森林理水試験地」の事例比較—

玉井幸治・清水晃・細田育広・宮縁育夫・清水貴範・深山貴文・小南裕志・浅野志穂

短報

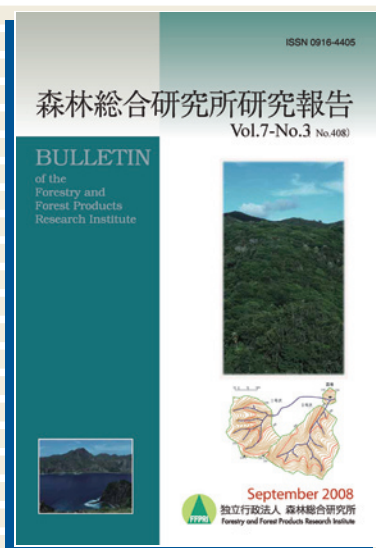
滋賀県朽木のナラ類集団枯損被害林分の林分構造

伊東宏樹・大住克博・衣浦晴生・高畑義啓・黒田慶子

研究資料

電ノ口山森林理水試験地観測報告(2001年1月～2005年12月)
玉井幸治・後藤義明・小南裕志・深山貴文・細田育広
東北地方におけるマツ材線虫病とマツノマダラカミキリの分布変遷

東北林業試験研究機関連絡協議会森林保全部会



Vol. 7-No. 3 (通巻408号)
2008年9月発行



編集後記

今号で創刊3号を迎え、編集事務も軌道に乗り、かなりスムーズになってきました。今号の特集では、10月15日に開催しました当所の公開講演会「頻発する大規模山地災害はなぜ起きるか」の内容を解説いたしました。大規模な山地災害の発生予測や被害軽減に向けた最新の研究成果を紹介しておりますので、読者の皆様のご意見や感想をお聞かせいただけると幸いです。(企画部 研究情報科長 中牟田潔)

編集委員：大河内勇 市田憲(NPO法人才の木) 中牟田潔 荒畑真 田中伸彦 軽部正彦 佐藤保 杉元倫子 伊ヶ崎知弘 村上亘

(表紙の写真) 上から、イヌマキ、イチョウ、ミズナラの葉 (誌名の背景) ケヤキの木目
(裏表紙の写真) ムラサキシキブ：北海道南部から沖縄に分布する落葉低木で、高さ3m程になる。花期は6～8月。秋には美しい紫色の実をつける。属名「Callicarpa」は、ギリシア語の「美しい果実」から来ている。