

季刊 森林総研 第13号

特集

豊かな森林の恵み「水」

— 森林の水源涵養機能 —

- ◆ 森林の水流出
- ◆ 森林の水質
- ◆ 森林の保水力

研究の“森”から

- 明るい場所で育つブナの芽生えはなぜ病気に強い？
- 微生物のはたらきで木を育てる — 共生菌による成長促進効果 —
- スギ人工林の林分材積をリモートセンシングで把握する



独立行政法人
森林総合研究所

目次

巻頭言

◆ 水源涵養機能の研究とその発信

3

特集

豊かな森林の恵み「水」―森林の水源涵養機能―

◆ 森林の水流出

◆ 森林の水質

◆ 森林の保水力

4

研究の“森”から

◆ 明るい場所で育つブナの芽生えはなぜ病気に強い？

◆ 微生物のはたらきで木を育てる

― 共生菌による成長促進効果 ―

◆ スギ人工林の林分材積を

リモートセンシングで把握する

12

「第3期中期計画」の紹介(1)

◆ 地域に対応した多様な森林管理技術の開発

18

森のはたらき

◆ 森林の土壌―森林を支える養分の貯蔵庫―

19

生き物通信

◆ クマゲラ

20

森林(もり)を創り活かす

◆ 第二世代のマツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発

21

何でも報告コーナー

◆ 「安全・快適住宅」実験用木造住宅が完成！

◆ トークカフェ開催のお知らせ

◆ 東日本大震災のお見舞いとお知らせ

◆ 平成二三年度森林講座のお知らせ

◆ 森林総合研究所研究報告

22

巻頭言

水源涵養機能の研究とその発信

森林の多面的な機能に対する国民のニーズ調査の中で、災害防止や水資源の涵養に対する期待は常に大きいものがあります。東日本大震災の巨津波では海岸林が大きなダメージを受けましたが、森林の機能に限りがあることは自明であり、それが海岸林の防災的価値を低めることにはなりません。しかし、その限界を知ることまた必要なことです。

いわゆる森林の水源涵養機能についても、その限界も含めて、正確な理解が広まることが望ましいのですが、実際にはそうはなっていません。その理由は、森林の水源涵養機能には、樹種・林齢・施業履歴などの直接的な森林の状態だけでなく地形・地質・各種気象条件など多くの要素が関係し、簡単に説明しきれない内容を持つからです。洪水緩和、水資源貯留、水質浄化などのより詳細なニーズによっても、その内容は微妙に異なります。したがって、研究で明らかになった事実を丁寧な説明も加えてくり返し広報していく必要があるのです。

水源涵養機能の研究は長期にわたる観測に根気強く取り組む必要のある比較的地味な研究分野です。かつて日本の森林が劣化していた時代には「水源涵養機能を高めるには森林土壌を守ればよい」と言っていたれば

よかったです。森林が復活成長した現在では洪水緩和機能は相当に発揮されており、今後は蒸発散研究や水質研究の重要性が増し、森林の取り扱い方や気候変動に対して森林の水循環・水収支・水環境がどのように変動するのか、精度を高めて説明しうる研究が求められています。

目下の話題である「森林・林業の再生」は林業界だけでなく国民も期待するところですが、生物多様性保全や地球温暖化防止なども含めた森林の多面的機能の持続的発揮が現代社会の総意であることには変わりありません。森林の水源涵養機能への期待も引き続き大きいことは確かです。森林総合研究所は多くの長期観測試験流域を持ち、日本の森林水文研究の創成期から当該分野をリードし続けてきました。この分野への現代人のニーズに応えるためにも森林総合研究所に対する期待は大きいといえます。



太田 猛彦
（東京大学名誉教授
FSCジャパン議長）

豊かな森林の恵み「水」—森林の水源涵養機能—

森林の水流

森林の水質

森林の保水力



落合 博貴
研究コーディネータ
(国土保全・水資源研究担当)

森林には、私たちを取り巻く環境を育むとともに護る、さまざまな働きがあります。それらを森林の公益的機能と呼んでいます。その中でも、天からの恵みである「水」を一時的に貯え、ゆっくり少しずつ流し出す働きは森林の水源涵養機能(水保全機能)と呼ばれ、大気から海へと巡る水の大規模な循環の一部を担う、たいへん重要な森林の機能とされています。

日本学術会議の「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について」(平成13年)という政府への答申でも、水源涵養機能が森林の重要な機能の1つとして、生物多様性保全機能、地球環境保全機能などとともに挙げられています。

森林が持つ水源涵養機能、または水保全機能という言葉には、大きく分けて三つの内容が含まれています。それは、大雨が降ったときに洪水を防ぐこと(洪水の緩和)、貯えられた水を少雨の時にも少しずつ流す(渇水の緩和)、そして水を良質に保つこと(水質の保全)です。

森林総合研究所では、森林の水流出について森林理水試験地において、最長70年以上の継続観測が続けられ、長期にわたる貴重なデータを蓄積しています。一方、森林の水質については、森林域での降水や渓流水の水質調査を実施し、全国の本支所など各地でのモニタリング調査を進めてきました。これらの観測データについては、森林総合研究所のホームページで公開しています。

本特集では、森林の持つ水源涵養機能を以下の3つに分け、当所の研究成果とそれらがどのように役立つのかを解説します。

- (1) 森林の水流出
- (2) 森林の水質
- (3) 森林の保水力



森林の水流出



坪山 良夫

(水土保持研究領域長)

海面から蒸発した水は大気中で雲になり、やがて雪や雨として降りそそぎ、川や地下水を経て海にもどります(図1)。この過程で海水は淡水に変わります。内陸の高いところに運ばれています。水力発電や、海水を淡水化するような特別な手間をかけずに生活用水や農業用水として川の水を利用できるのは、こうして海や陸と大気の間をたえず水が循環しているおかげで、そのエネルギーは太陽によってもたらされています。河川の源流域にある森林は、淡水が陸上での移動をはじめの場所ともいえ、そこから流出する水量やタイミングは下流の水利用にも影響します。

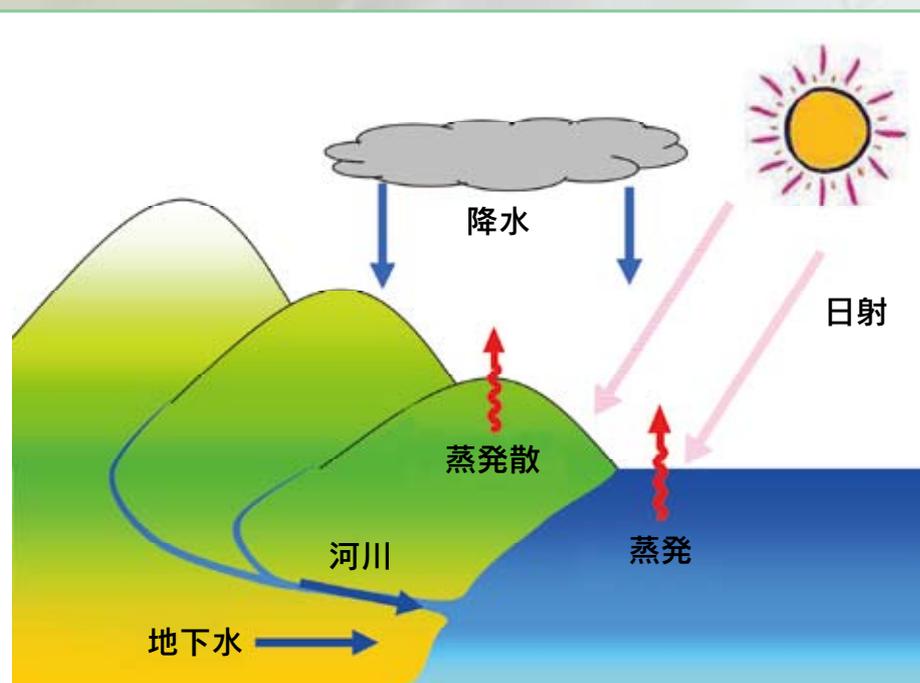


図1 水の循環

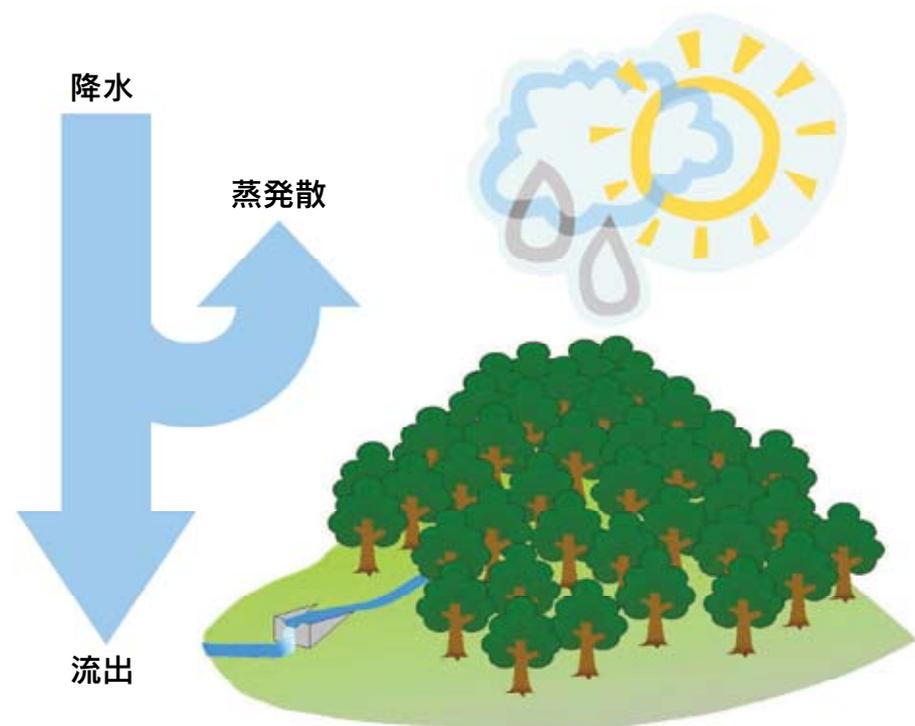


図2 森林の水収支

森林の水収支

森林にとどいた降水は、蒸発散により大気にもどるか、河川水や地下水として流出します(森林の水収支、図2)。森林は裸地や草地に比べ蒸発散の割合が多いため、森林を伐採すると年間の流出量が増え、植栽後の成長がさかんな時期には減ることが知られています。このように森林の状態は、おもに蒸発散を通じて水収支に影響を及ぼしますが、蒸発散の変化には気象条件の影響も含まれるので、ふたつの影響を区別しなければなりません。また、ある場所で行ったことを他の場所や将来の予測に役立てるには、森林の状態と水収支の量的な関係を明らかにすることが必要で、そのためには森林の状態を数値として表現する物差しが必要です。

このような背景から森林総合研究所では、長期観測が行われている森林水試験地を対象に、森林の状態の変遷と水流出の長期変動の解析に取り組んでいます。竜ノ口山森林水試験地(岡山県内)を対象にした研究(細田、2009)では、森林の状態を立木幹材積で表し、森林によって増えたと考えられる蒸発散の量と幹材積の関係を求め(図3)、その式を用いて推定した年流出量の変動が実測値とほぼ一致することを確かめました(図4)。

森林と融雪流出

春先から梅雨前までの用水を雪解け水に頼っている地域は多く、適切な水の利用計画のための流出予測は積雪のない地方とは別に考えねばなりません。森林は樹冠によって風を弱め、日射を遮るることにより積雪や融雪に影響を及ぼします。例えば、豪雪地帯の奥利根地域にある宝川森林水試験地では、帯状伐採により融雪流出の時期が早くなることを明らかにしました(志水、1994)。しかし、融雪による水の

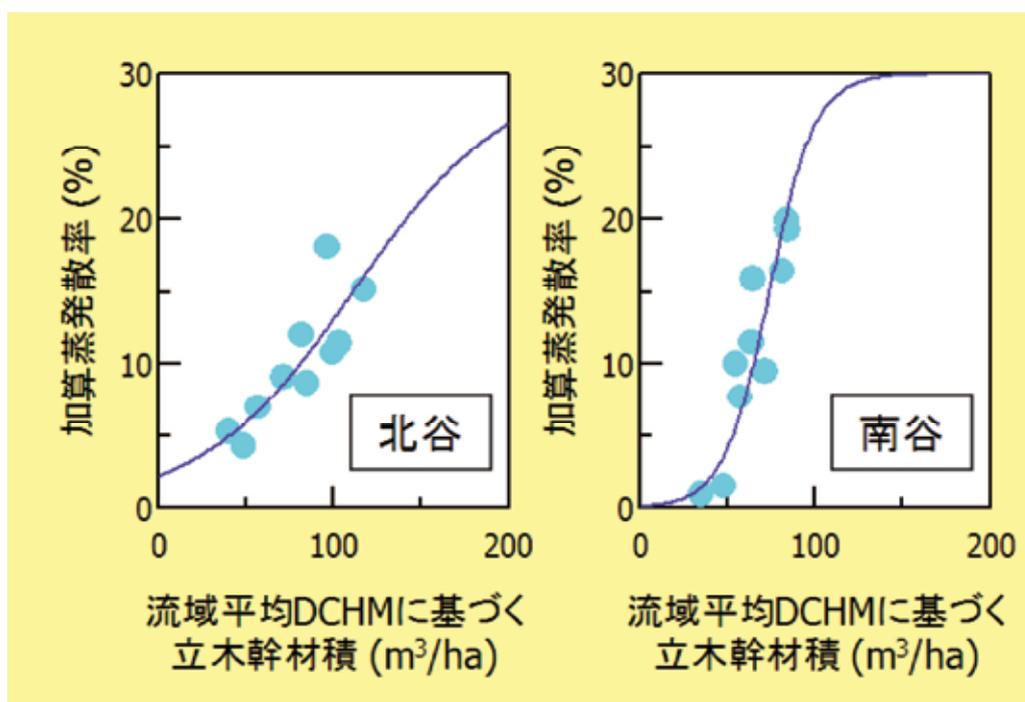


図3 立木幹材積と加算蒸発散率の関係

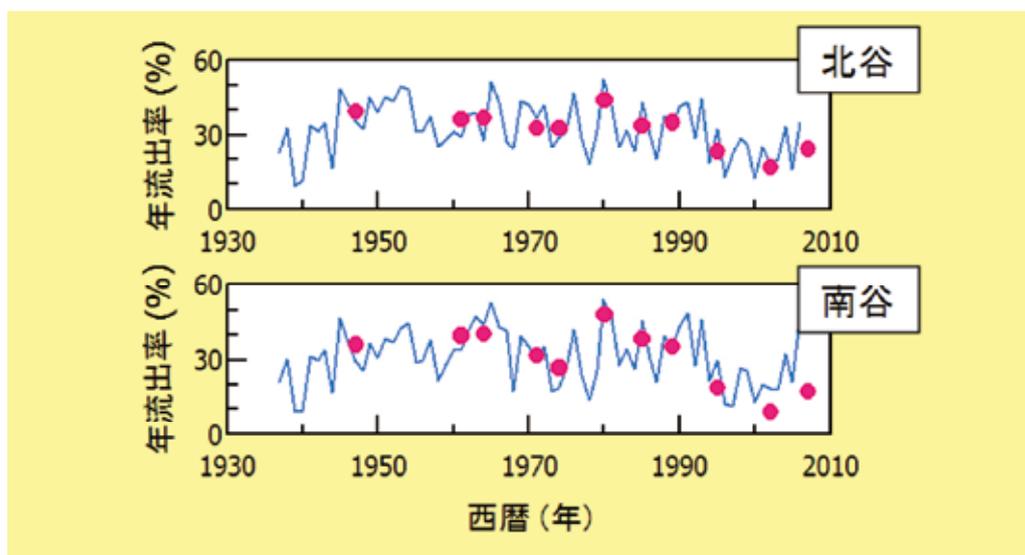


図4 年流出率(降水量に対する流出量の割合)の再現結果
実線：観測値、●：図3の関係式に基づく推定値

流出を精度よく予測するためには、さらに雪と森林の分布に関する定量的な情報が必要ですが、急峻な山岳地の地上調査には限界があります。そのため、空から雪の深さを測る手法も用いて研究を行っています。図5は航空レーザー測量によって測定した二月下旬と四月中旬の積雪深を比べた結果で、標高の低い場所、さらに同じ標高なら南向きの斜面ほど積雪深が大きく低下していることを示しています(坪山, 2009)。この流域には、ブナの天然林や植栽時期の異なるスギ人工林など、さまざまな状態の森林があり、現在は、融雪に対する地形と森林状態の影響を切り分けるための研究に取り組んでいます。

むすび

数十年にわたる観測、調査研究によって得られた水収支や融雪流出の変化を、その間の気象条件と森林の状態の変化等から推定できれば、植栽―成長―伐採という林業のサイクルの中で、あるいは今後予想されている気候変動にとまねない、水源地帯の森林からの水流出がどのように変わるか見通せるようになります。それは、水利用計画はもとより、木材生産機能と公益的機能を調和させた森林利用計画を立てる上でも役に立つ情報となるでしょう。

引用文献

- 細田育広 他(2009)森林総合研究所平成二一年版成果選集2009、p.26-27
 志水俊夫(1994)林野時報41(9)、p.24-28
 坪山良夫(2009)季刊森林総研5、p.10-11

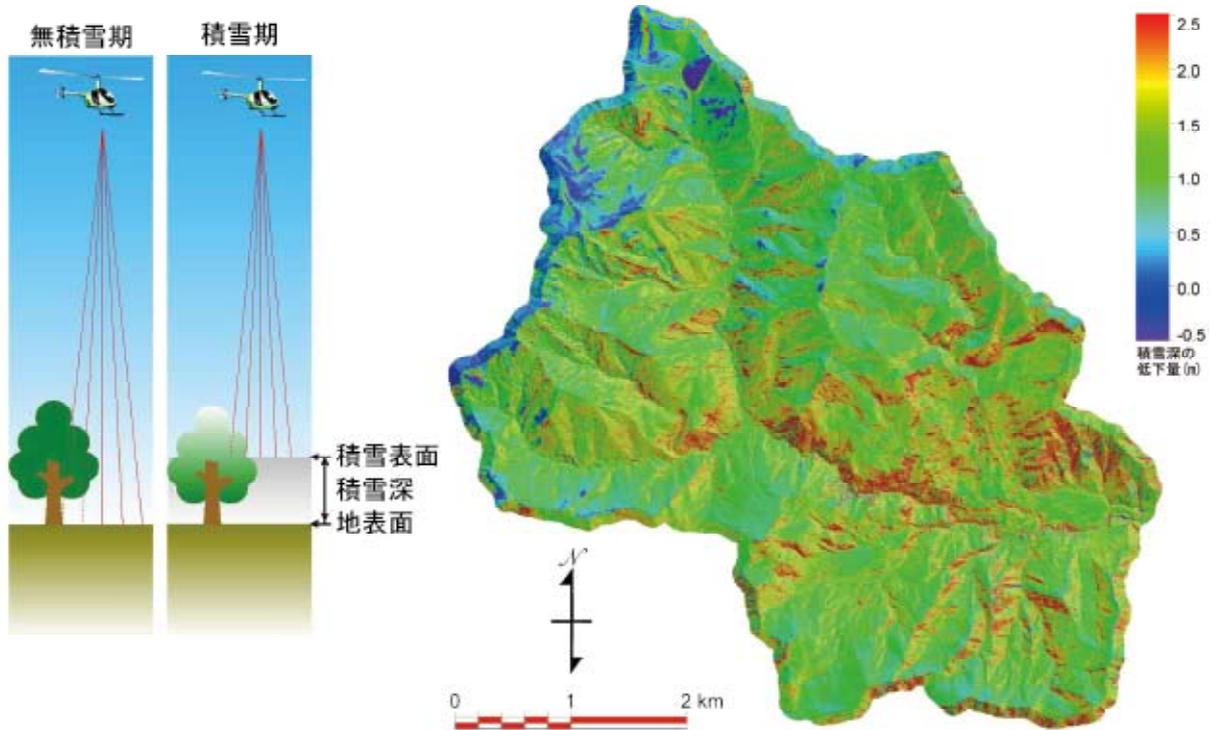


図5 航空レーザー測量による積雪深分布の測定

森林の水質



金子真司
(立地環境研究領域長)

森林に降った雨は土壌を通過して溪流の水となり、河川から海へと流れていきます。私たちが利用している水道水も、元をたどればその多くは森林から流れしてきた水です。ここでは、森林に降る雨や森林から流れ出る溪流水の水質の現状を紹介するとともに、降雨から溪流までの水質の変化に森林土壌がどのように関わっているかを説明します。

ヨーロッパで森林が枯れたり湖の魚が死んだりする原因として、酸性雨が大きくクローズアップされた時期がありました。そうした背景から、日本でも酸性雨の研究が始まり、森林総合研究所でも全国七地域にモニタリング調査地を定め、林外雨、林内雨、溪流の水質の観測、樹木の衰退状況、土壌酸性度等、さまざまな調査を行いました。その結果、わが国の森林においても欧米と同様のpH5程度の酸性の雨が降っており、この状態は二〇年間続いていることがわかりました(図1)。しかし、幸いなことに森林から流出する溪流水はpH7前後でほぼ中性で良好な水質が維持されていました。では、どのようにして、森林は水質を向上させているのでしょうか。

雨の中には人間活動にともなつて大気中に放出された様々な物質を含んでいます。雨が森林土壌を通過する際にそれらの物質は土壌に吸着されたり、分解されたり、他の成分と置き換わったりして水質が変化します。例えば、雨水に含まれる汚染物質の一つである重金属は、水が浸透するときに土壌粒子に吸着します。茨城県の森林で雨水と土壌に含まれる鉛の安定同位体を調べたところ、雨からもたらされた鉛は土壌表面一〇cm付近に蓄積し、それより下の土壌には深く浸み込んでいないことがわかりました(図2)。雨水に含まれる重金属は、土壌と強く結びつくことで移動しにくくなります。土壌はダイオキシンのような有機化合物も吸着します。土壌に吸着された有機化合物は、土壌にすむ微生物によって徐々に分解されて二酸化炭素と水になります。

一方、水素イオン、アンモニウムイオン、金属イオンのなどのプラスの電気を持つ陽イオンは、土

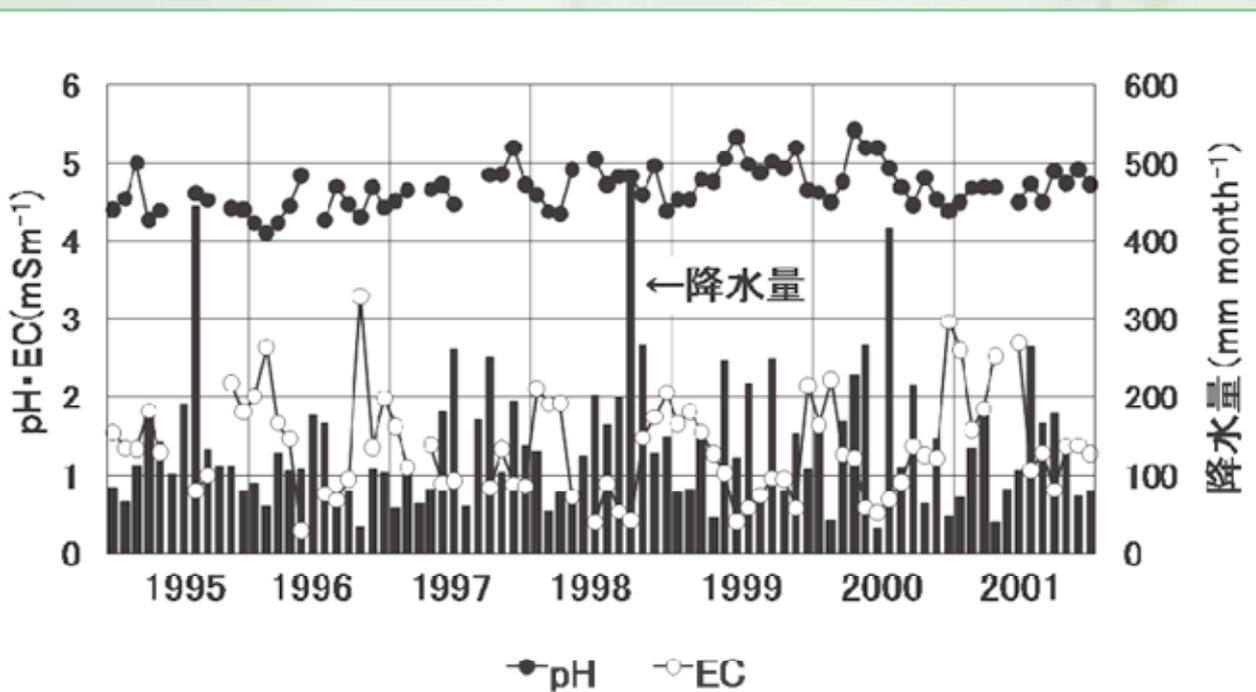


図1 岩手県姫神における1995～2001年の月降水量とpH・ECの変動(相澤ほか2003を改変)

壤中の粘土鉱物や腐植物質の表面のマイナス電荷に引き付けられ、移動しにくくなります。このとき、もともと引き付けられていたカルシウムなどの陽イオンが入れ換って遊離し、土壌中の水に溶出されます。この現象は「イオン交換」と呼ばれ、酸性の原因となる水素イオンは土壌の陽イオンと置き換わり、水の酸性は緩和されま

す。植物の重要な養分である硝酸イオンはマイナスの電気を持つため、土壌に引きつけられません。根によって吸収されるので、溪流へはあまり流出しませんが、このように森林土壌は流出する水の水質を保全する働きがあります。しかし、最近になって大都市近郊の森林から流出する渓流水中の窒素成分(多くは硝酸イオン)の濃度が高いことが明らかになりました(図3)。これは、自

動車の増加により

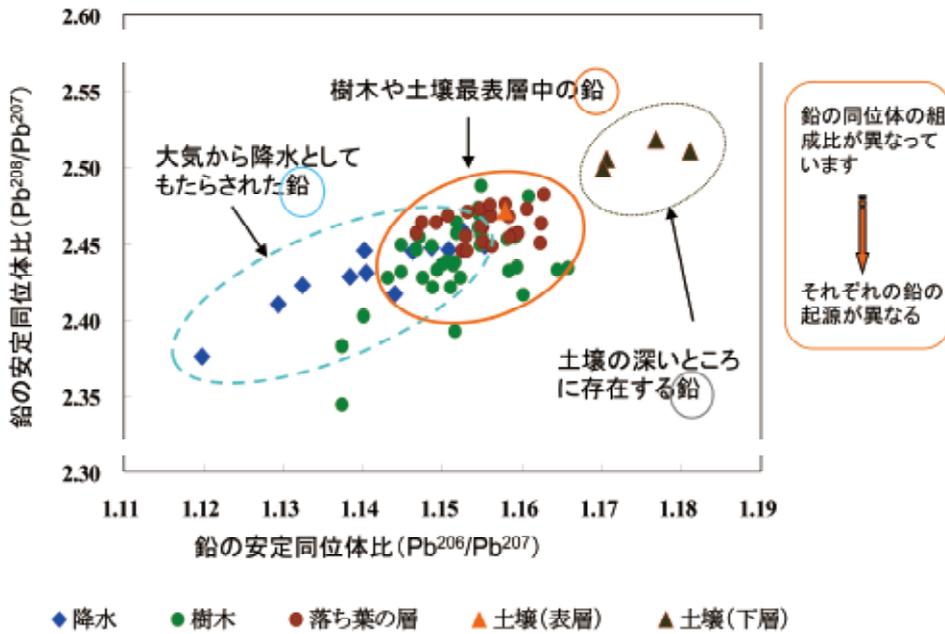


図2 スギ林の雨水、樹木、土壌に含まれる鉛の安定同位体比の比較 (Itohほか2004を改変)

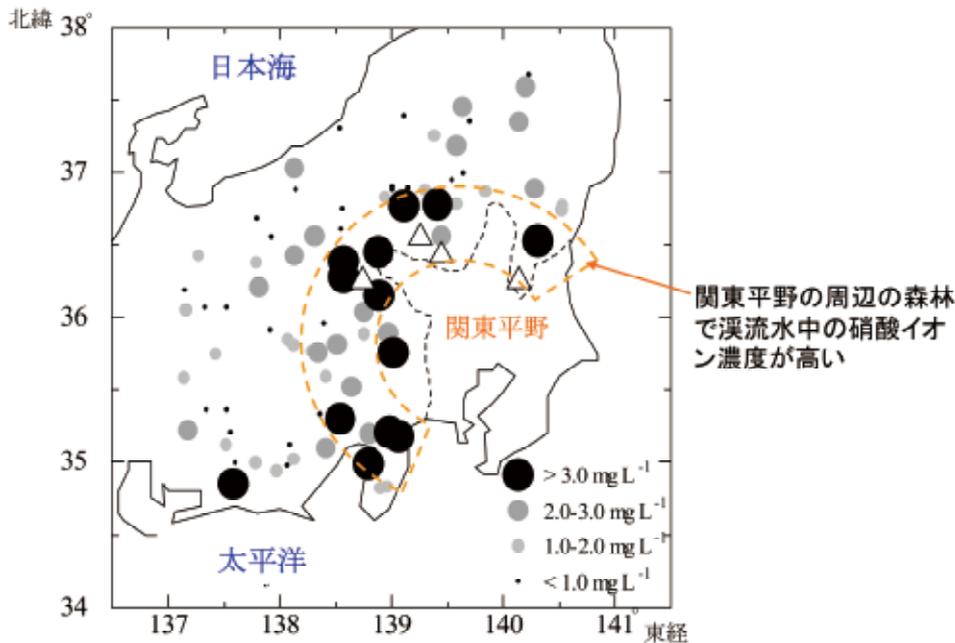


図3 関東および周辺地域の渓流水中の硝酸イオン濃度の分布 (単位は水1リットル中の硝酸イオンの重量、伊藤ほか2004を改変)

多量の窒素酸化物が空气中に排出されたことや、化学肥料の使用量の増加などで農地からのアンモニアの放出が増加したことによって、雨、ガス、エアロゾルとして森林の吸収能力を超える窒素成分が流入するようになったためではないかと考えられています。

渓流水中の硝酸イオンは濃度が高い溪流でも水道法

で決められている水質基準の五分の一以下であることから、わが国の森林の渓流水質は良好な状態に保たれているといえます。ただ森林への汚染物質の流入が増加すると水質が悪化するおそれがあります。このため今後も継続して水質のモニタリングを行うことが大切であるといえます。

森林の保水力



藤枝 基久
（企画部 上席研究員）

森林の保水力（以下、保水力という）による洪水軽減と水資源保全に社会的な関心が持たれていますが、保水力とはどのようなものでしょうか。保水力とは、降った雨が樹木や土壌などに一時的に貯えられる現象（貯留をいい、「地下部の土壌によって發揮される力（土壌の保水力）」と「地上部の樹木を含む全体によって發揮される力（流域の保水力）」のふたつの考え方があります。前者は土壌分野の保水力で、後者は水文分野の保水力です。本稿では「保水力とはどのような働きをいい、それはどのような方法により推定できるか」について述べて、その実態を紹介します。

土壌の保水力

土壌の保水力は、土壌中の孔隙（小さい隙間）に保持できる水量を示しています。乾いた土壌をつめた植木鉢を水で満たした容器に載せると、水は植木鉢の土壌中に吸い込まれていきます。水を吸い込む力は毛管力とよばれ、その力は土壌に触れている水面に比例して強くなります。そのため、土壌中と同じ体積の水が含まれている場合、小さい孔隙が多い土壌ほど水に働く毛管力が強く

なるという性質があります。

森林土壌にはさまざまな孔隙があるので、土壌の保水力の大きさを知るためには、それぞれの大きさの孔隙がどれくらい割合で含まれているかを調べる必要があります。そのためには、採土円筒（四〇〇ml）とよばれる器具を用いて、自然状態で採取した土壌を水で飽和し、密閉した容器に入れて圧力をかけ、土壌に保持されている水を脱水させて排水曲線を求めます（図1）。この曲線から、土壌中の毛管力が弱く水の移動が速い大きな孔隙（これを非毛管孔隙とよびます）と、毛管力が強く水の移動が遅い小さな孔隙（これを毛管孔隙とよびます）の量を知ることができます。毛管孔隙に保持された水は、ゆっくりと下方に移動して地下水になります。

土壌の保水力は、「土壌の厚さ」×「毛管孔隙量」で求めることができます。全国各地で土壌の厚さを調査したところ、火山灰を母材とする土壌で約二m、花崗岩や堆積岩などを母材とする土壌で約一mとなりました。一方、毛管孔隙量は母材や土壌型に係わらず土壌一m当たり〇・〇五〜〇・一五m（五〜一五％）とされています。

ます。森林総合研究所が小流域を対象に調査した結果、土壌の保水力は火山灰や花崗岩を母材とする流域では一〇一〜一七二mmであるのに対し、その他の岩石を母材とする流域では二一〜一〇八mmとなりました。このことから、土壌の保水力は地質により異なり、土壌の厚い火山灰や風化層の深い花崗岩を母材とする森林土壌で大きいといえます。

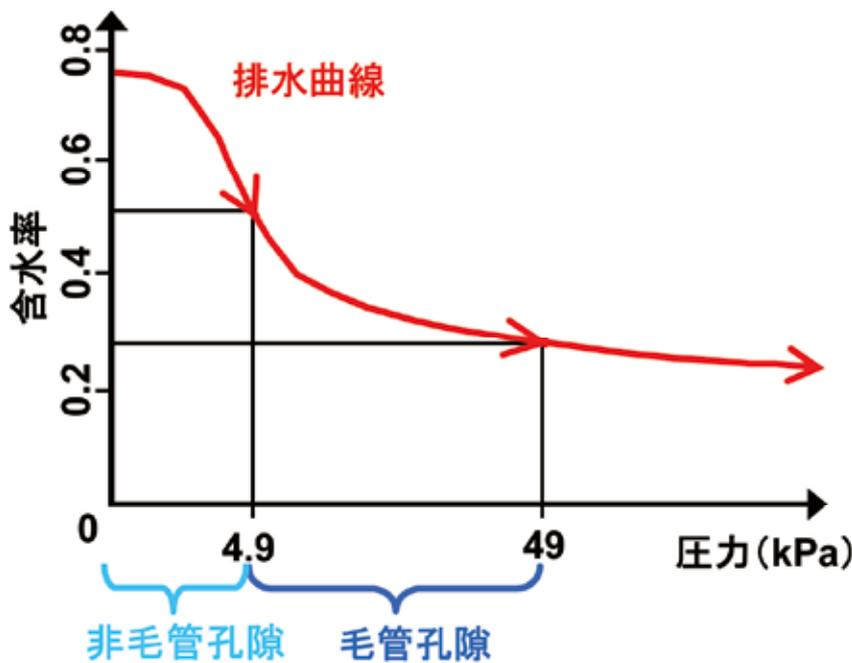


図1 排水曲線と土壌の孔隙区分
排水曲線は土壌によって異なる。この曲線では、非毛管孔隙は全体積の25%（含水率0.75-0.5）、毛管孔隙は23%（含水率0.5-0.27）である。

流域の保水力

流域の保水力は、森林に降った雨のうち一時的に流域に貯留される雨水をいいます。このような雨水は損失雨量とよばれ、山地流域では樹木の遮断(降った雨が樹木の葉などにたまること)などにより地表面に届く前に蒸発する遮断貯留量と土壌にしみ込んで土壌水となり、すぐには流れ出ない土壌水分貯留量からなります。流域全体が乾燥状態にある時は、土壌水分貯留量は土壌の保水力に近い値となります。

雨が降ると川は増水しますが、測水施設などでの観測によって流域からの流出量の記録(ハイドログラフ)を得ることができます。流域の保水力を求めるためには、数年にわたる降雨量と流出量の観測が必要です。ハイドログラフの中からさまざまな降雨量によって発生した増水を探して、それらの増水量(直接流出量)を計算し、降雨量から直接流出量を引いて損失雨量を求めると、降雨量と損失雨量の関係を知ることができます。損失雨量は降雨量の増加とともに急激に増加しますが、降雨量が数百㎜になると損失雨量はほぼ頭打ちの値となります(図2)。この現象を表す曲線を保留量曲線とよび、流域の保水力は保留量曲線がほぼ一定の値となった損失雨量で表します。このとき、流域全体は飽和状態になるため、これ以上の雨水を貯留することはできません。

森林総合研究所では、全国各地の森林理水試験地などの降雨量と流出量の記録から保留量曲線を求めました。保留量曲線から降雨量 300mm とした場合、流域の保水力は火山灰や花崗岩の流域では $71\sim 141\text{mm}$ 、堆積岩や火山岩の流域では $42\sim 162\text{mm}$ で、全体の平均

は 119mm でした。流域の保水力は地質により異なり、火山灰や花崗岩で大きいといえます。

むすび

保水力は、地質のほかに地形・土壌・植生などにより異なりますが、おおよそ $100\sim 200\text{mm}$ といえそうです。全国各地の多目的ダムの平均貯水量は約 260mm

(ダム貯水量 (m) を集水面積 (km^2) で割った値)で、そのうち洪水軽減を目的とした洪水調節容量は 117mm とされています。流域の保水力は多目的ダムの洪水調節容量とほぼ同じ容量で、森林は洪水軽減に貢献することが分かります。一方、土壌の保水力の一部は樹木の蒸散によって消費されますが、残り

の水は土壌中をゆっくり移動して地下水になるので、森林は水資源保全に貢献します。

このように、流域の保水力は洪水軽減の指標、土壌の保水力は水資源保全の指標として、森林の水保全機能を評価することができます。保水力は森林の水保全機能を理解するうえで、最も基本的な情報のひとつといえます。

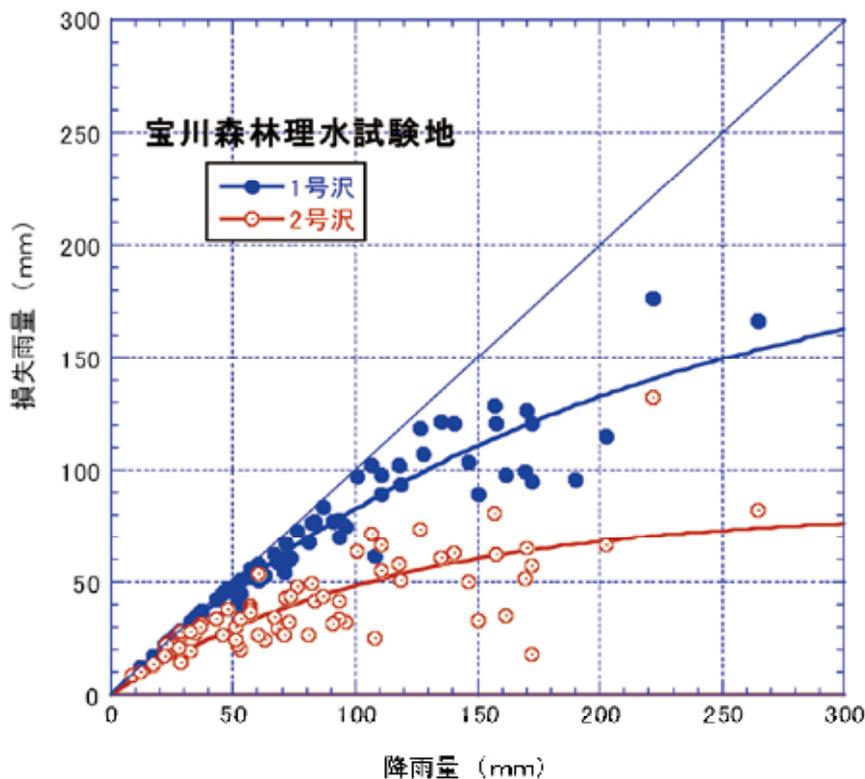


図2 保留量曲線
降雨量と損失雨量の関係は、増水前の流域の水分状態によって異なる。損失雨量は乾燥した場合は多く、湿潤な場合は少ない。保留量曲線は流域の保水力の平均的な値と考えることができる。

研究の“森”から No.205

明るい場所で育つ ブナの芽生えは なぜ病気に強い?



山路 恵子

(筑波大学大学院 生命環境科学研究科
准教授、当所客員研究員)



市原 優

(東北支所 生物被害研究グループ
主任研究員)

実生の生残と光環境

森林生態系において樹木個体群は天然更新によって維持されています。冷温帯の代表種であるブナでは、樹上に形成された種子は様々な方法で散布され、実生となつて成長し、稚樹を経て、成木となります。この成長過程で、昆虫、ネズミ、クマによる種子の食害、他の植物との競争など、様々な生物の影響によって、膨大な個体が死亡します。ブナ林を守り育てるには、ブナの生存率を高めて天然更新を促進することが必要です。

実生の段階でも多数の個体が死亡します。ブナの実生は暗い林内では光不足で枯れる個体が多く、芽生えだけの当年生実生の場合、生き残るにはある強度以上の光が必要不可欠です(写真1)。その



写真1 強光下(a)と弱光下(b)のブナ当年生実生
矢印(黄):食害で葉のほとんどを失っても生き残った実生
矢印(白):立枯病により枯死した実生

ため林冠ギャップ形成や伐採下層植生の消失によって光環境が改善され明るくなると、実生が生き残り、成長するチャンスとなります。では、実生は光が不足することによる生理的な理由だけで枯れるのでしょうか?実は、暗い林内の光環境に芽生えた実生のほとんどは、梅雨時になると落葉層に生息する「レトリトリカム」ニEMATUムなどの立枯病菌に胚軸(芽生えの茎の部分)を侵され枯死することがわかっています。それでは光環境が違つたとなぜ立枯病の発病率が違つのでしょうか。

防御組織と抗菌物質

一般に植物には、微生物の侵入を防ぐために組織学的防御機構(表皮が傷ついた時などに植物体の表面を保護する周皮が形成される)と化学的防御機構(抗菌作用をもつ樹脂などの物質を分泌する)の二つが備わっています。そこで、これらの防御機構と光環境との関係を明らかにするために、ブナ天然林の強光下(林縁と弱光下(暗い林内)で当年生実生の状態と立枯病の発病率を調査しました。実生の死亡率は、強光下では昆虫の食害により葉の大部分を失った実生の一部で立枯病により枯死したものしかなく、全体の7%だったのに対し、弱光下では食害の程度にかかわらず立枯病により50%が枯死しました。立枯病が多数発生した六月中旬から七月にかけての梅雨時期には、強光下の実生の胚軸には周皮が明瞭に形成されたのに対し、弱光下ではそれが形成されず(図1)、防御組織の発達に違いがあることがわかりました。また、強光下の胚軸に含まれ

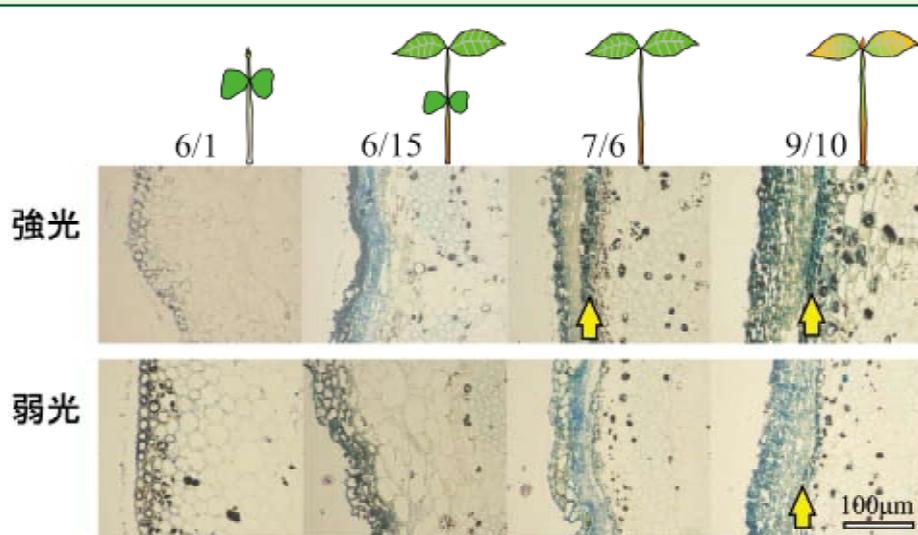


図1 胚軸の組織の変化
立枯病が多数発生した7月初旬には、林縁の実生では周皮(矢印)が明瞭に形成されていたのに対し、林内では周皮形成は認められなかった。この周皮は菌の侵入を抑制する働きがあると考えられる。

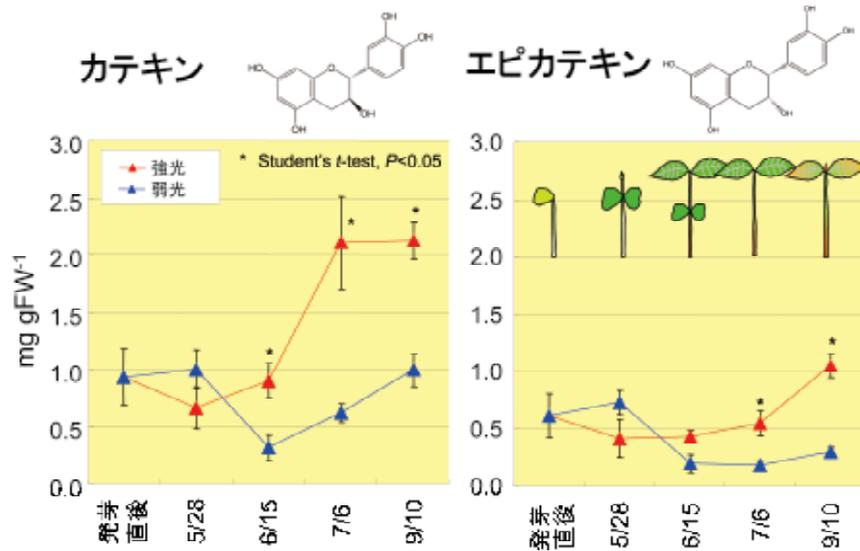


図2 胚軸における抗菌物質の濃度変化
立ち枯れ病が顕著に発生した6月中旬から7月に、抗菌物質のカテキンとエピカテキンの濃度が強光下で高くなった。

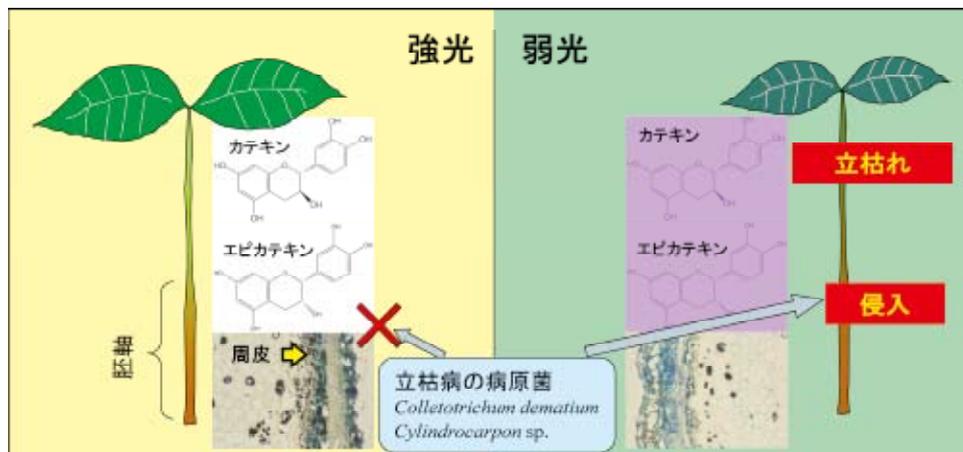


図3 プナの芽生えの立枯病に対する防御機能
強光下に生育するブナ当年生実生は、周皮形成と抗菌物質生成によって、病原菌の侵入を防御する。

る物質からは、カテキンとエピカテキンという抗菌物質が見つかり、これらは立枯病菌に対する抗菌作用があることがわかりました。梅雨時期の胚軸におけるカテキンとエピカテキン濃度は、強光下で弱光下の約二倍と高濃度でした(図2)。このことは、光環境がよい場合のブナの芽生えでは、防御組織と抗菌物質によって病原菌

に対する防御機能が増大することを示しています(図3)。
これまで、異なる光環境下での菌害発生率の差異は知られていましたが、今回のように菌害発生を直接的に左右する防御機構に差異が認められたのは新たな知見であり、ブナ天然更新の仕組みが新たに一つ解明さ

れたと言えます。この発見は今後、実生の生存率を高め、ブナ林を将来にわたり持続していくために役立つと考えます。また、菌害を受けて更新が難しい他の樹種の更新技術の開発にもヒントとなるでしょう。

研究の“森”から

No.206

微生物のはたらきで 木を育てる

— 共生菌による成長促進効果 —



山中 高史

(森林微生物研究領域 チーム長)



写真1 オオバヤシャブシ種子播種による緑化事例(青森県)

フランキア菌根粒と樹木の共生関係

ヤシャブシやヤマハンノキなどのハンノキ属樹木は、
荒地の植生回復や砂防緑化に、また肥料木として利
用されています(写真1)。これらの樹木の特徴は、根の
根粒(写真2左)で固定された大気中の窒素を養分とし
て利用できることであり、養分の少ない荒地でもよ

く生育します。根粒は放線菌の一種フランキア菌(写真
2右)の感染によって形成され、窒素の固定もフランキ
ア菌が行います。防風林や街路樹として利用されてい
るヤマモモやグミなどもフランキア菌によって根粒を形
成します。こうしたことからフランキア菌の機能を活
用した成長促進効果は荒地の緑化や森林の再生の新
技術として期待されます。

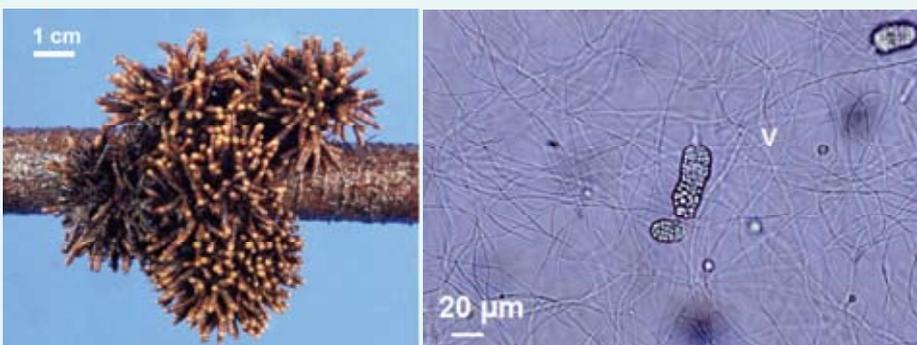


写真2 ヤシャブシ根粒(左)とフランキア菌(右)

フランキア菌の効果を検証する

図1では、フランキア菌の接種によって窒素の少ない場合、オオバヤシャブシの成長が促進されることを示しました。フランキア菌を接種しない場合、窒素添加量が少なくなると、オオバヤシャブシの成長は低下します。

一方、フランキア菌を接種した場合、窒素添加量が少ない場合でも、成長は維持されました。これは、窒素添加が少ない場合に、フランキア菌による窒素固定が機能していることを示しています。ここでは、無菌的に発芽させ滅菌した土壌で育てたオオバヤシャブシの苗を用いましたが、荒地の緑化や森林の再生に活用するには、野外の多種多様な微生物（土着のフランキア菌を含む）が存在する土壌（有菌土壌）でもフランキア菌の接種が有効であることを示しておく必要があります。

そこで有菌土壌でフランキア菌を人為接種したオオバヤシャブシ苗の成長への影響を調べました。①予めフランキア菌を接種して根粒を形成させた苗、②有菌土壌に移植した際にフランキア菌を接種した苗、③対照としてフランキア菌を接種しない苗、以上三種の苗を用意しました。これらを、苗畑土壌およびヤシャブシ生育地の表層土壌をいれたポットに植えて育ててみました。ヤシャブシ生育地の土壌には、多くのフランキア菌が潜在しているため人為的接種の効果が最も出にくいと予想されます。

ところが、実験の結果(図2)は、予想とは異なり、根粒形成苗は、非接種苗に比べてヤシャブシ生育地土壌で

一・三倍、苗畑土壌で一・六倍に成長しており、ヤシャブシ生育土壌でも根粒菌接種の効果が認められました。また、接種苗も、ヤシャブシ生育地土壌で育てた場合、非接種苗に比べて一・二倍成長が向上しましたが、苗畑土壌ではフランキア菌接種の効果は現れませんでした。この理由として、接種したフランキア菌の成長に、苗畑土壌が適していないため、接種した菌がオオバヤシャブシの根に十分に感染しなかったと考えられます。一方、ヤシャブシ生育地の土壌には多くフランキア菌が存在しているにもかかわらず、接種の効果が現れており、土着のフランキア菌が接種の効果を妨げることはありませんでした。

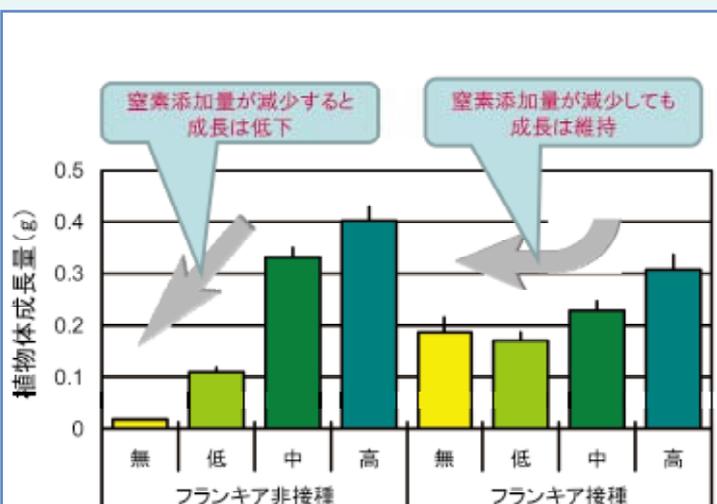


図1 フランキア菌の接種によるオオバヤシャブシの成長効果
無：窒素無添加、低：0.13mgN、中：0.53mgN、高：2.1mgN
(窒素添加量/個体/週)

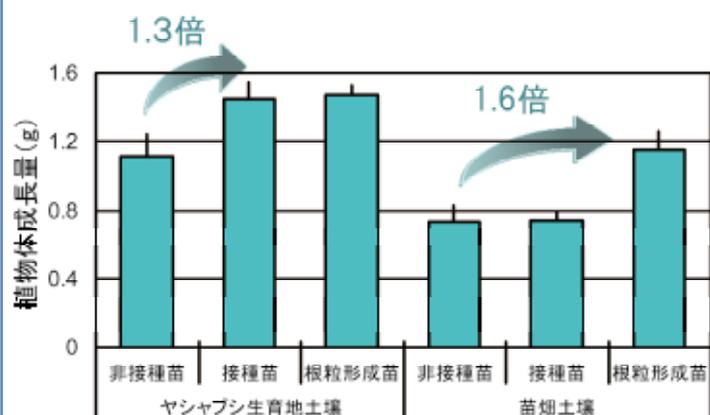


図2 有菌土壌でのオオバヤシャブシ成長へのフランキア菌接種の影響

フランキア菌の機能を活用した技術開発

以上のように、有菌土壌であっても、フランキア菌の人為的接種は、とりわけ根粒を形成させた苗を用いれば、その後の樹木苗の成長に有効であることがわかりました。今後、荒地の緑化や森林の再生をより効果的に進められることが期待できます。北欧では、ハンノキ属樹木を用いたバイオマス造林事業が進められています。わが国でも、フランキア菌の活用により肥培のコストおよび労力を軽減した省力的な木質バイオマス生産の可能性ががあります。

研究の“森”から No.207

スギ人工林の林分材積を リモートセンシングで 把握する



高橋 與明
(森林管理研究領域 研究員)

林業再生の基盤作り

平成二十二年一月に農林水産省は我が国の森林林業を早急に再生していくために「森林・林業再生プラン」を公表しました。戦後の植林による人工林の多くが十分成長して木材として利用可能になりつつある中で、このプランでは十年後の木材自給率五〇%以上という目標を掲げ、目標達成に向けて効率的かつ安定的な林業経営の基盤作りを進めていくとされています。

林業の再生には、産業としてコストを下げ利益を上げることが必要です。そのためには、生産効率の高い林業機械が入るための道路の整備（路網整備）や、大面積での経営を可能とするために複数の山林所有者の持ち山を同時に整備する施策の集約化は大きな課題ですが、それとともに、どこにどれだけの木材資源があるのかを効率的に把握することは経営計画を立てる上で極めて重要です。

地上調査とリモートセンシング

通常、森林の木材資源量（林分材積）は地上調査によって算出されます。具体的には、森林の平均的な資源量を表していると考えられる場所に一定面積の測定区域（標準地）を設定し、標準地内の全ての樹木の幹の直径とサンプル木の樹高（樹木の高さ）を測定して、一ヘクタールあたりの林分材積を算出します。しかし、対象とする森林の面積が大きくなれば森林の状態も変化す

るため、場合によっては何力所も標準地を設定して調査しなければなりません。そのような調査は多くの時間・費用・労力を要するため、より効率的かつ正確に広範囲の林分材積を調査する方法が必要とされます。その有効な手法が、リモートセンシングという衛星や航空機を利用した森林調査です。

リモートセンシングによる林分材積推定

近年のリモートセンシング技術では、「樹高」や「樹冠（枝葉が茂った部分）の面積」などを計測できるセンサが開発されています。筆者は、前者と後者に該当する代表的なセンサである「航空機ライダー（レーザーを利用した計測）」と「クイックバード衛星」で取得されるデータ（図1）を融合して、スギ人工林の林分材積を推定する方法を考案しました。

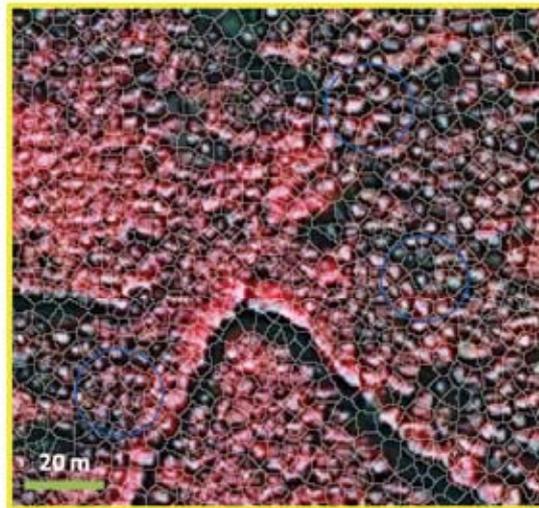
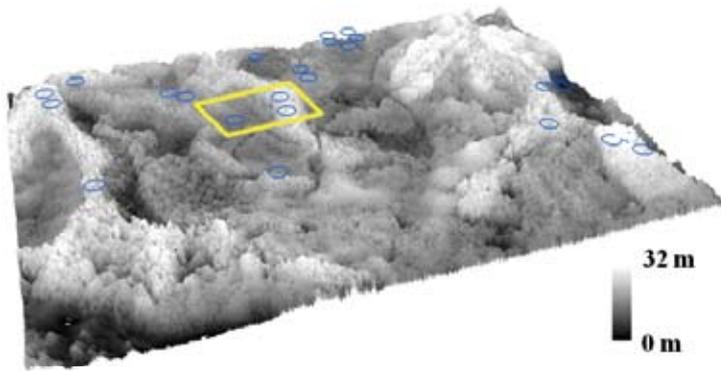
この研究の重要なポイントは、二つあります。一つ目は、リモートセンシング計測の効率性を重視した場合、推定される林分材積の精度がどう変わるのかを明らかにした点です。具体的には、より広範囲の計測を実現するために航空機ライダーの飛行高度を上げた場合の林分材積推定精度を検証したことです。二つ目は、リモートセンシングで取得される情報の多くは基本的には上空から明瞭に見える上層木の情報なのですが（中・下層木は見えないので情報を扱うことは困難）、上層木の情報から推定される林分材積の誤差は、林分によって大きく異なるのかを明らかにした点です。

本研究の結果を図2に示します。回歸直線（図中の点

線(の周りに)データ(黒点)が集中していることは、誤差のばらつきが小さい(精度が高い)ことを意味します。また、推定値の誤差が林分材積の大きさに依存しているかを表す回帰直線の傾きは、統計的に「と見なされ、推定値の誤差が林分材積の大きさとは無関係である」

とを示しました。つまり、航空機ライダーの飛行高度を上げて広い範囲を測定しても、林分材積の誤差は統計的には定とみなすことができ、単純に補正することができるため、様々なスギ人工林の林分材積を簡易に精度よく推定できる方法と言えます。この方法は、

計測コストを抑えた効率的な広域資源量把握に役立つ手法として活躍することが期待されます。
 なお、方法の詳細については、International Journal of Remote Sensing 31(5): 1281-1301(2010)号を閲覧ください。



© Digital Globe

図1 航空機ライダーによる樹高計測値(上)とクイックバード衛星画像(下)
 円はスギ人工林で行った標準地調査(0.04ha)の円形プロットの位置を示している。上図(730m×1030m)は、垂直方向(樹高)を2倍に強調して三次元表示にしてある。下図は、上図の黄色の範囲に相当する衛星画像を表示している。衛星画像中の白線は、一本の樹木の樹冠の広がりを示している。

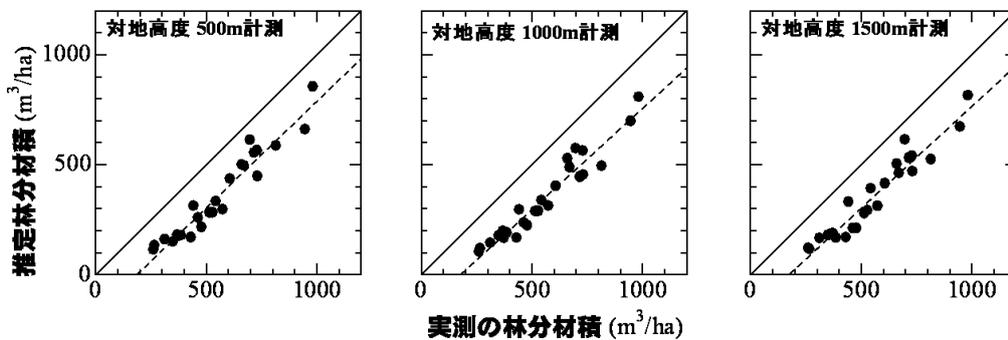


図2 スギ人工林における実測の林分材積とリモートセンシングデータから推定した林分材積の関係

「第3期中期計画」の紹介(1)

地域に対応した多様な森林管理技術の開発

森林総合研究所は、平成三年度から五年間の第三期中期計画を策定しました。この中期計画では、森林総合研究所が産業と科学技術の発展に貢献するため九つの課題を重点的に進めるとしています。

今回は、「地域に対応した多様な森林管理技術の開発」について、石塚森吉研究コーディネータ(国際研究林業生産技術研究担当)に聞きます。

— 研究開発の背景と必要性は、どのようなものでしょうか？

・政府は充実してきた森林資源を活用していくために「森林・林業再生プラン」を策定し、今後一〇年を目途に木材の自給率を五〇%にすることを目指しています。これを実現していくためには、国産材の安定供給を強力に進める必要があります。

— 国産材の大量生産は可能なのでしょうか？

・国内の森林資源が充実してきており、国産材の供給力は増えています。その上で、地域の自然や社会に対応した、安定した木材生産が持続できるような森づくり(持続可能な森林経営)を目指します。再生プランもその必要性を掲げています。

— 林業は生産コストが高いために経営が難しいと聞きますが？

・近年、伐採後に、経費がかかるため造林されないで山が荒れるという問題が生じています。そのため造林の低コスト化に

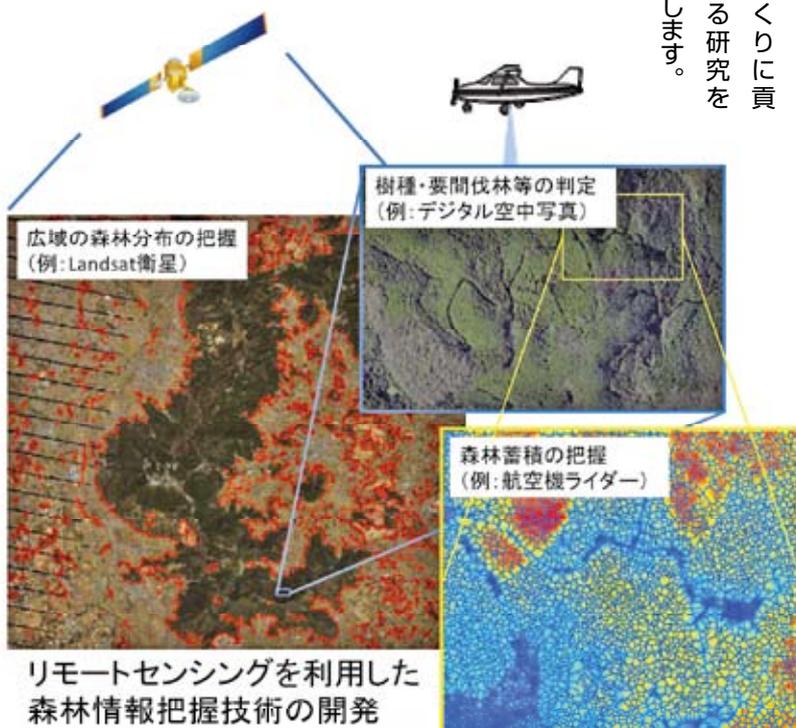


コンテナ苗による低コスト化

取り組むとともに、森林の持つ様々な働き(多面的機能)を損なわないような伐採や更新(森林の世代交代)の方法を検証開発していきます。

— 多面的機能と木材生産の両立は可能なのでしょうか？

・森林の多面的機能と安定した木材生産を保つためには、地域の個々の森林がどのような状態にあるのか、例えば水源林の間伐は十分なのか、そういった森林の情報を随時把握し、手入を提案し、誘導することが重要です。そのため、衛星や航空機によるリモートセンシングを用いた詳細な森林情報の把握技術を開発し、それに基づいて地域の森林を適正なものにしていく計画づくりに貢献する研究を目指します。



森林の土壌

— 森林を支える養分の貯蔵庫 —



松浦 陽次郎(国際連携推進拠点 国際森林情報推進室長)

森林の土壌は表面が落葉層で被われています。分解が速やかな環境では落葉層の直下に土の層(これを鈹質土壌層といいます)が現れますが(写真1)、寒冷地や極端に乾燥する環境条件では、落葉などの分解が遅いため腐植が厚く堆積した層(これを堆積腐植層といいます)が見られます(写真2)。

森林の土壌は、養分や水分を樹木に与えて生育させる機能はもとより、樹木を支える機能、微生物の活動の場を与えて養分を作り出す機能があります。また、私たちに対して、水源涵養や洪水の防止、水質の浄化という重要な恵みをもたらします。

森林も農地も土壌が支えています。農地の土壌が化学肥料や農薬の投入で効率良く生産するのに対して、森林の土壌は、自然の物質循環を基にしています。森林の土壌はその表面が落葉層で被われていますが、それが微生物等によって分解されてできる養分が水や土壌の粒子(粘土、シ



写真1 分解が速やかな環境下の落葉層と鈹質土壌層の様子
落葉層の直下に鈹質土壌層が現れる(コナラ二次林)



写真2 分解が遅い環境下の堆積腐植層と鈹質土壌層の様子
破線が境目。堆積腐植層が厚いことが分かる。
(北緯60度、カナダの亜寒帯林)

ルト、砂などと結びつき、土壌の中に吸着・保持されます。つまり、土壌は「森林を支える養分の貯蔵庫」になっているのです。

また、森林の土壌は、地球温暖化の原因である二酸化炭素の貯蔵庫としても重要です。

樹高が30mに達するような森林は、地上部だけで相当たり200t以上もの大量の炭素を蓄えています。これに対して、落葉が積もっている落葉層とそのすぐ下の鈹質土壌層だけでも、深さ1mのところまでで、相当たり100t以上(土壌によっては300t超)の炭素を蓄えていることが、森林総合研究所の調査で明らかになっています。

(<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/fsinvent/index.html>)

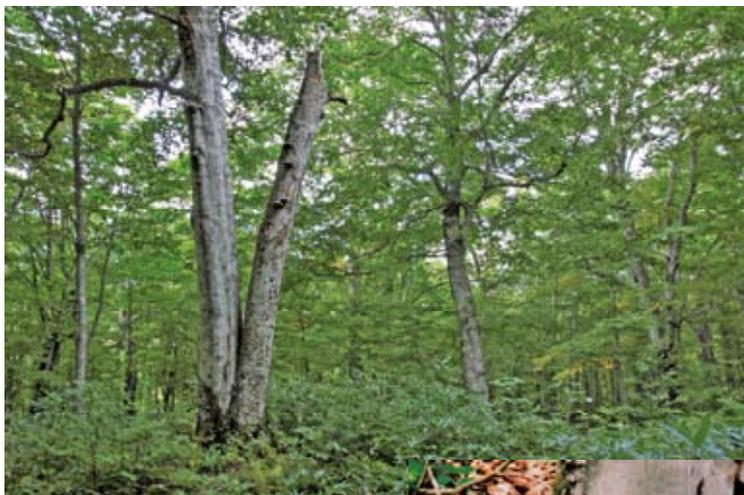
健全な森林を守り育てていく上で、土壌の持続的管理が非常に重要です。落葉層と鈹質土壌層から成っている森林土壌を壊さずに保つるため、森林総合研究所では土壌流亡を防ぐための研究も行っています。

クマゲラ

Dryocopus martius

中村 充博

(野生動物研究領域 主任研究員)



▲ブナ成熟林

北東北のクマゲラの生息には、最低でもつがいの行動圏である約一〇〇〇ha以上の面積の森林が必要であると言われています。また、森林総合研究所の研究によって、一〇〇〇haのうちブナ林の割合が五〇%以上であること、そのうち



▲ブナに営巣しているクマゲラ
(撮影：久末正明氏)

主要な食物はアリ類で、特に倒木や立木の幹などにコロニーを作るムネアカオオアリが好物です。

用できません。以上の大径木しか繁殖に利用できません。木の幹に掘るため、幹の直径が約七〇cm以上の大径木しか繁殖に利用できません。

クマゲラは全長約四六cm、日本に生息するキツツキの中で最大のものです。国の天然記念物に指定されています。体は真っ黒で、メスは後頭部だけ赤いのですが、オスは額から後頭部にかけて赤く、まるで真っ赤なベレー帽をかぶったように見えます。現在、日本では

北海道と北東北のみで生息が確認されています。北東北に分布しているクマゲラは、ブナ林のみ繁殖が確認され、ブナの生きた木のみを営巣に利用しています。繁殖のため縦約一五cm、横約一〇cmの大きな楕円形の巣穴を木の幹に掘るため、幹の直径が約七〇cm以上の大径木しか繁殖に利用できません。



▲ブナの立ち枯れ木

一二〇年生以上の成熟林が五〇%以上存在することが重要であること、営巣木の周辺ではブナ林の割合が高いことや一〇〇ha以上のひとかたまりのブナ林で構成されていることが重要であることが明らかにされています。

一二〇年生以上のブナ成熟林には立ち枯れ木や倒木が二次林に比べて豊富に存在し、そのためにクマゲラの主要な食物であるムネアカオオアリの生息数も多くなっていることがわかってきました。さらに、北東北のような積雪地の場合は冬季に長い積雪があることを考えると、枯死木の中でも立ち枯れ木が食物供給源として重要な役割を担っていると考えられ、北東北のクマゲラの保全のためにはブナ林の保全とともに立ち枯れ木などの枯死木の保全が必要であると考えられます。

森林（もり）を創り活かす

第二世代のマツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発

倉本 哲嗣（九州育種場 育種研究室長）

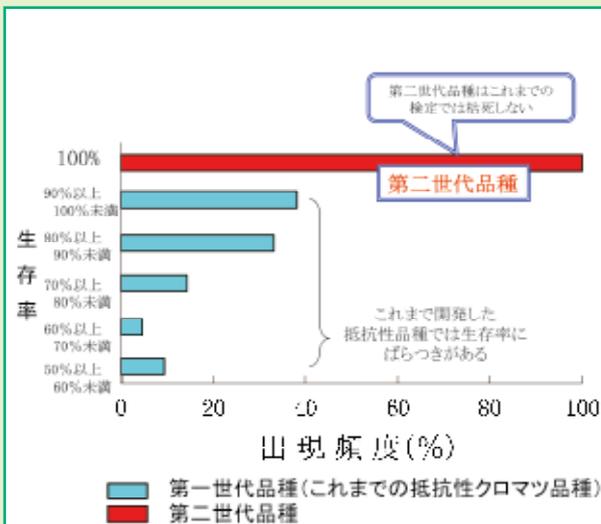


図1 第一世代と第二世代の抵抗性クロマツ品種の検定結果
これまでの検定法を用いた抵抗性クロマツ品種クローン評価（4年平均の生存率）とF1クローンに対して行った接種検定の結果

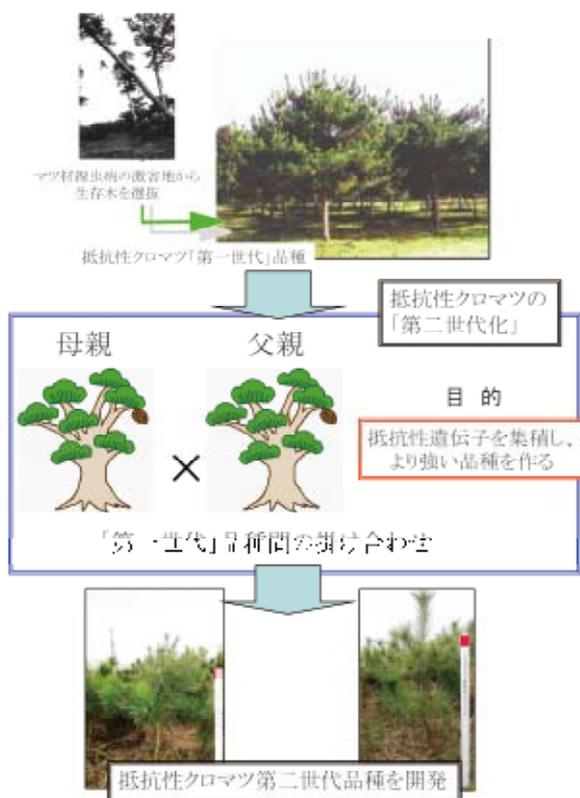


図2 抵抗性クロマツ品種の第二世代化の流れ

クロマツは海からの潮風に強く海岸部の環境によく適応できることから、古くから飛砂や潮害を防ぐための海岸林の造成に利用され、人々の生活や田畑を守ってきました。しかし、北海道を除く日本各地のクロマツ林で、「一般に「松くい虫」と呼ばれる「マツ材線虫病」による被害が確認されています。

被害はマツノザイセンチュウがマツの樹体内に侵入し繁殖することによって生じることから、昭和五三年からマツノザイセンチュウに強い抵抗性を持つクロマツ品種の開発に取り組んできました。九州地方では既に四二品種が開発されてお

り、その種子を利用して抵抗性クロマツ苗が供給されています。

これまでの抵抗性品種（第一世代品種）は、被害を受けた林の中で健全に生き残っていた個体を候補木として収集し、マツノザイセンチュウを人工的に接種し、被害が出ないものを選抜することで開発してきましたが、より強い抵抗性品種の開発が望まれていました。

そこで、これまでの抵抗性品種同士を掛け合わせた子供を育成し、より強い病原力のマツノザイセンチュウを接種するなどして検定を進めた結果、これまでのものよりも格段に高い生存

率を示す（図1）、健全な品種を平成二二年度に全国で初めて九州育種場が開発しました（図2）。これらの第二世代抵抗性品種は、両親の持つ抵抗性遺伝子が集積されたことにより、両親（第一世代品種）を大きく上回る抵抗性を得たものと考えられます。

今後は、さらに第一世代品種同士の掛け合わせを進め、第二世代品種の多様性を高めるとともに、第二世代品種のクロマツ苗の供給に取り組んでいきます。

「安全・快適住宅」 実験用木造住宅が完成！

森林総合研究所ではこのほど、実験用木造住宅を森林総研の敷地内に建設しました(写真参照)。

この住宅は、当所が開発した地域材利用の木質材料などの性能を実際の建物に使った状態で検証するために建てたものです。交付金プロジェクト(課題名「地域材を利用した安全・快適住宅の開発と評価」)の一環として行ったもので、今後の材料開発に役立つ知見を得ることを目的としています。

この実験用木造住宅は、平成二〇年度に当所が主催した設計コンペ、「近未来の木造住宅」―安全・快適・高耐久・省工ネーで最優秀賞となった作品がベースとなっています。

実験用木造住宅の主な特徴は、森林総研が開発にかかわった厚さ24ミリの構造用合板を耐力壁(地震や風により受ける水平方向の力に抵抗する壁)に用いて建築基準法の規定の約二倍の壁量を確保し、内壁は伝統技術を活かした竹小舞の土壁+漆喰仕上げとして快適性を確保していること、太陽光発電パネルから供給される電力により外部から供給する電力を極力少なくするなど節電にも配慮していることです。ヤング係数の比較的低い部材(比較的弱い力でも曲がりやすい部材)を使用しても建物の使用上問題がないことを実証するために、柱梁には、製材の日本農林規格(JAS)に規定されている機械等級区分製材の等級の低いスギ製材及び集成材のJASに規定されている構造用集成材の等級の低いスギ集成材などを使用しています。土台には耐久性を考慮してヒノキ製材(保存処理材)及びヒノキ集成材を、床下地には全層スギの28ミリ厚構造用合板を使用しています。

このプロジェクトではそのほかに、
・長期使用される各種木質材料の劣化メカニズムを考慮した耐久性評価手法を開発し、木質構造物の健全性評価の

ためのヘルスモニタリングシステムを構築すること
・実験用木造住宅の断熱・気密性能等の省エネルギー性能を評価し、その特長及び改善点を明らかにすること

・実験用木造住宅について、各種物理量、被験者の主観評価、および生理応答を指標とした快適性、ならびに室内空気質に関する安全性を検証すること
を目的としており、今後、完成した実験用住宅を用いてこれらの研究を進めていきます。



トークカフェ開催のお知らせ 「みなとモデル」二酸化炭素 固定認証制度

国産材利用の推進には、木材による二酸化炭素固定認証制度の活用が有用です。東京都港区が今年一〇月に始める「みなとモデル」二酸化炭素固定認証制度についてのトークカフェ(認定NPO法人の木主催、森林総合研究所後援)が開催されます。
日 時：平成二三年六月二三日(木)一四時～一七時
場 所：東京大学弥生講堂

アネックスセイホクギャラリー

申込み：NPO法人の木事務局

FAX：〇三二二八二二一五六七

e-mail: info@sainoki.org

http://www.sainoki.org/

東日本大震災の お見舞いと対応

東日本大震災に被災された皆様にご心からお見舞い申し上げます。

当所では、国の要請に基づいた被災地海岸線の緊急実態調査をはじめ、木造住宅の被災状況調査、林野庁が設置した海岸防災林の再生に関する検討会への委員派遣など、復興に向けた貢献に努めております。

また、東日本大震災の義援金として、鈴木和夫理事長がつくば市役所を訪れ、全国の職員から集めた約三八〇万円を日本赤十字社茨城県支部つくば地区に寄付いたしました。

平成二三年度 森林講座のお知らせ

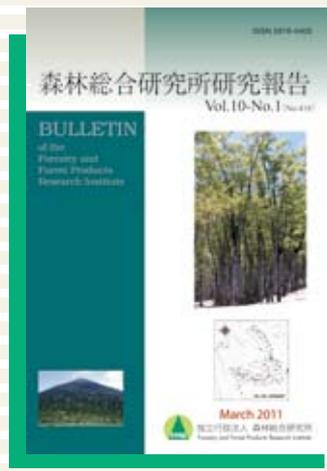
森林総合研究所では、東京都八王子市にある多摩森林科学園において、左記スケジュールにて森林講座を開講します。
この講座は、森林総合研究所の研究成果を一般の方々に分かりやすく解説し、森林・林業や木材への興味をさらに深めていただくために行っているものです。どうぞお気軽にお申込みください。

開催日・・・六月二十四日(金)・七月十五日(金)
八月五日(金)・九月十六日(金)
一〇月二日(金)・十一月二日(金)
二月六日(火)・一月二〇日(金)
二月一七日(金)・三月二日(金)

時間・・・午後一時五分～午後三時
会場・・・多摩森林科学園(受付場所：森の科学館)
定員・・・各回 四十五名(申込多数の場合は抽選)
受講料・・・無料(ただし、入園料として三〇〇円必要です)
お申込み方法・・・往復はがき、ファックスまたは電子メールで①受講したい講座名②郵便番号③住所④氏名⑤電話番号をご記入のうえ、受講希望講座開催日の二週間前までにお申込み下さい。往復はがきによるお申込みは、一通に対し一講座一名の応募とさせていただきます。電子メールによるお申込みは、多摩森林科学園ホームページにある「公開講座」をご覧ください。

お申込みお問い合わせ先
(独)森林総合研究所 多摩森林科学園
〒一九三〇八四三 東京都八王子市廿里町一八三三―八一
TEL:〇四二―六六一―二二二
FAX:〇四二―六六一―五二四一
ホームページ <http://www.ffpri.tmk.affrc.go.jp/sinnkouza2011.html>

森林総合研究所研究報告



Vol.10-No.1 (通巻418号)
2011年3月発行

●研究資料

オクヤマザサおよびクマイザサ種子における休眠打破に関わる低温期間の違い
(英文)

北村 系子・河原 孝行

多摩森林科学園サクラ保存林における三〇年間のサクラの開花期観測
勝木 俊雄・岩本宏二郎・石井 幸夫

去川森林理水試験地観測報告(二〇〇一年一月～二〇〇五年二月)
浅野 志穂・清水 晃・壁谷 直記・萩野 裕章・玉井 幸治



編集後記

東日本大震災に被災された方々へ謹んでお見舞い申し上げます。
3月11日に日本を襲った未曾有の巨大地震、その後の余震によって日本中が大きな影響を受けています。そのような中、微力ではありますが少しでもお役に立ちたいと考え、被災地での緊急実態調査、海岸林の再生に向けた検討など進めています。一方、今年(2011年)は、独立行政法人となって11年目となります。5年ごとに策定する中期計画もこの4月から3期目を迎えました。第3期中期計画の達成に向けて役職員一丸となって努めて参ります。今後とも皆様のご支援、よろしく願いいたします。
今回は森林の働きの中でも、人々の生活や経済活動にも大きく影響する森林の水涵養機能(すいげんかんようきのう)を取り上げました。これからも、当所の研究結果を楽しく読んでいただける誌面作りに努めて参りますので、よろしく願いいたします。(企画部 研究情報科 荒木誠)
編集委員：牧野俊一 市田憲(認定NPO法人 才の木) 荒木誠 関充利 飯塚淳 藤枝基久 川崎達郎 篠宮佳樹 西園朋広 戸川英二 升屋勇人

(表紙の写真) 上からエンピツバクシン、マルバノキ、エゾユズリハ(誌名の背景)ヒノキの木目
(裏表紙の写真) トウゴクミツバツツジ:ツツジ科ツツジ属の落葉低木。3枚の葉が輪生し、花は紅紫色で雄しべが10本あり、主に5月中旬～6月上旬にかけて咲く。関東の山地に多いことからこの名(東国三葉躑躅)がついたと言われる。



「トウゴクミツバツツジ」*Rhododendron wadanum*

季刊 森林総研 Vol.13

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/>

2011(平成23)年5月31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。