



森林

科学

〔特集〕

クマ出没の生物学

シリーズ

森の危険な生物たち

イノシシ

うごく森

細胞レベルで見た樹幹内の水の動き

現場の要請を受けての研究

ヤブツバキ資源を活用した地域活性化への貢献

No. 57
October 2009



土と水と緑の技術で社会に貢献します。

コンサルタント

試験研究・技術開発

工事・施工管理

JCE Network

国土防災技術ネットワーク

地質調査／土質・地盤調査／環境調査
地すべり対策／治山／砂防／急傾斜地
火山・地震／雪崩／河川・ダム／道路
橋梁／トンネル／森林整備／農村整備
海岸保全／防災情報管理・防災計画・GIS
地域計画・許認可／シミュレーション

ISO 9001 登録



国土防災技術株式会社

URL:<http://www.jce.co.jp/>

本社：〒105-0001 東京都港区虎ノ門3丁目18番5号 TEL(03)3436-3673(代) FAX(03)3432-3787

特集 クマ出没の生物学

ツキノワグマの出没と森林、そして人間 2
大井 徹

出没をめぐるツキノワグマの生態 4
山崎 晃司・小池 伸介

出没をめぐるツキノワグマの生理 9
山中 淳史・坪田 敏男

森林の結実変動とクマの出没 13
正木 隆・岡 輝樹

食物条件がアメリカクロクマの生理、
行動、生態に与える影響について 18
Michael R. Vaughan

森林科学 No.57

2009年10月1日発行

領 価 1,000 円 (送料込み)

年間購読割引価格

2,500 円 (送料込み)

編集人 中村 松三

発行人 日本森林学会

102-0085 東京都千代田区六番町 7

日本森林技術協会館内

郵便振替口座：00190-5-50836

電話 / FAX 03-3261-2766

印刷所 創文印刷工業株式会社

東京都荒川区西尾久 7-12-16

表紙写真：GPS 首輪を装着されたツキノ
ワグマ

(本文 5 ページ参照)

コラム 森の休憩室Ⅱ 樹とともに
夏の灌水から学ぶもの 26
二階堂 太郎

シリーズ 森の危険な生物たち
イノシシ 27

—生態と感染症から見た安全な付き合い方—
仲谷 淳 / 宇仁 茂彦

シリーズ 現場の要請を受けての研究
ヤブツバキ資源を活用した地域活性化への貢献 31
—ツバキの新機能活用技術及び高生産性ツバキ林
育成技術の開発—
久林 高市

シリーズ うごく森

35 細胞レベルで見た樹幹内の水の動き
—流れる水と流れない水—
黒田 克史

シリーズ 森をはかる

39 胞子をピンセットでつまみ上げてはかる
岡部 宏秋

40 風害の危険地をはかる
黒川 潮

記録

41 第 14 回森林施業研究会シンポジウム
「技術的視点から見た伝統林業の現状と将来」の報告
中川 昌彦

44 Information
北から南から
ボックス

ツキノワグマの出没と森林、そして人間

大井 徹 (おおい とおる、森林総合研究所)

ツキノワグマの現状と出没

日本には約 110 種の哺乳類が生息しているが、その中でも最大級の森林性哺乳類がツキノワグマである（写真-1）。このクマは身体が大きく比較的消化のよい食物を求めて広く行動するので、その生活は生息地である森林の状態に大きく影響されると考えられている。また、古くから食料、衣類、民間薬、装飾品などに利用するために狩猟の対象となり、森林の恵みの一つとして山村生活を潤してきた動物でもある。

このように日本の代表的な森林性哺乳類であり、山間地域の生活とも密接に関係してきたツキノワグマであるが、現在は、生息地の劣化や過度の捕獲により、下北半島、紀伊半島、中国地方、四国、九州では絶滅の恐れがあるとみなされている。また、その一方で、人身被害や農林業被害を引き起こすため、共存の方法が問われている動物でもある。ことに、2004 年、2006 年の晩夏から秋にかけては、極めて多くのツキノワグマが人里に出没し、人身被害と被害防止のための有害捕獲が著しく増加した。2006 年の出没では、人身被害は 142 名（3 名死亡）、被害防止のため殺処分されたクマの数は 4251 頭で例年の 4 倍以上にのぼった。そして、なぜクマが出没するのか、被害をどう防げばいいのか、また、大量

捕獲がツキノワグマの生息数を大きく減少させたのではないかなど、この動物との共存の問題に社会の関心が大きく寄せられた。その後も、毎年秋が近づくと今年は出没するのかどうか、今年はなぜ出没しないのかなど、クマの出没は季節の話題と化している。

そこで、今回の特集では、ツキノワグマの生理や生態研究による最新の知見も取り入れて、ツキノワグマの大量出没のメカニズムについて解説をしようと考えた。また、日本のツキノワグマより長期にわたり、包括的な研究が行われているアメリカクロクマの研究も紹介し、ツキノワグマで起きる現象の理解の助けにさせていただきたいと考えた（写真-2）。アメリカクロクマとツキノワグマは別種ではあるが、近縁で、生理、行動が似通っていることが知られている。アメリカクロクマについての論文は、森林総合研究所が行った「クマの出没メカニズム」についての国際ワークショップに招待したバージニア工科大学の Michael Vaughan さんの講演のプロシーディングである。ご本人の許可を得て翻訳し、掲載した。原文は森林総合研究所関西支所のホームページに載ってい



写真-1 森林中のツキノワグマ（伊藤悦次氏撮影）



写真-2 アメリカクロクマ (Virginia Tech and the Virginia Department of Game and Inland Fisheries 提供)

るのでご覧いただきたい。

「異常」 出没か？

ツキノワグマが属する現生のクマ類は今から約 1200 ～ 200 万年前の中新世から鮮新世といわれる時代に地球規模で寒冷化、乾燥化が進行する過程で誕生した。ツキノワグマも寒冷で、季節的な環境の下、食物資源量の変動の大きい森林に適応してきたと考えられ、その生理的、行動的適応として、1) 冬眠をする、2) 越冬準備期には、大量の食物摂取を必要とするが、食物条件に応じて柔軟に食性、行動圏、社会関係を変えるなどの特徴をもつに至った。ツキノワグマの大量出没も、このようにツキノワグマが進化の過程で形成してきた生物学的特性をベースにしていると考えられる。ツキノワグマの大量出没を「異常出没」と称する人たちもいるが、生物学的には食性や行動の柔軟性というクマ本来の性質によるものであって、決して「異常」な現象ではないのだ。本特集ではこの点を強調している。

しかし、ツキノワグマの大量出没には、自然現象だけでは説明できない側面もあると考えられる。大量出没は散発的に起きる現象だが、それとは別に、長期的な傾向としてツキノワグマによる人身事故が増加している。人工物や人間に馴れ人里近くを行動圏として利用し、問題を起こすクマが増えてきた、あるいは出没しやすいように環境が変化したのではないかと疑われているのだ（写真-3）。1980 ～ 2006 年までの人身事故の推移をみると、大量出没のあった 2004 年と 2006 年を除いても、1980 年代の平均は 11 名、1990 年代は 21 名以上、2000 年代は 47 名以上となり、増加は明らかである。また、環境省による分布調査によれば、1998 年と 2003 年を比較すると、ツキノワグマの分布域は里側に広がっている。

この背景には、山間、中

山間地域の人口の減少や里山を中心にした森林の変化など、人間の社会や生活の変化があり、それがクマの行動を変化させているのではないかと推測されている。山間、中山間地の集落周辺や里山は人の手入れが行き届かず、見通しの悪い藪となってクマが潜み、農地や住宅への侵入経路となっている。また、人家周辺にはクリやカキが収穫もされずに成り放題で、クマを呼び寄せているのである（写真-4）。

このような条件は、クマの出没が次第に多くなっているという長期的な傾向を生みだすとともに、大出没によって起きる被害をより深刻なものにしている可能性がある。このような人間の側にある出没を助長、深刻化させている要因は、人間がその気になれば比較的控制しやすい。点検して、地域ぐるみで除去するなど早急に対処しなければならない。この特集では、このような人間の側の出没助長要因については触れないので、ここで注意を促しておきたい。

参 考 文 献

環境省自然環境局（2007）クマ類出没対応マニュアル。
大井徹（2009）ツキノワグマと森の生物学一、東海大学出版会。



写真-3 家の軒先まで続くツキノワグマの足跡



写真-4 ツキノワグマが登り採食した人家近くのカキの木

出没をめぐるツキノワグマの生態

山崎 晃司 (やまざき こうじ、茨城県自然博物館)

小池 伸介 (こいけ しんすけ、東京農工大学)

近年、ツキノワグマ *Ursus thibetanus* の本州での分布域は、拡大傾向にあることが知られている（自然環境研究センター 2004）。同時に中山間地帯が、ツキノワグマの生息環境と人間の生活空間を隔てる緩衝帯としての機能を損失しつつあることもあり、ツキノワグマの出没は今後も引き続き起き得ることが容易に想像される。それでは、そのような出没を引き起こす、直接的な引き金は何なのであろうか。本論ではツキノワグマの生態、特に行動と食性の観点から、現在までに分かってきたことと今後の課題について整理してみたい。

1. ツキノワグマの行動

秋期の行動圏

ツキノワグマに近縁であるアメリカクロクマ *Ursus americanus* での先行研究事例では、クマの生息地利用（大きさや配置）は、食物の分布と量、個体の置かれている繁殖状況や社会状況、個体群密度、競争相手の存在などによって規定されていることが知られている（e.g. Powell *et al.*, 1997）。

日本でのツキノワグマの季節行動圏に関する研究は、これまで各地で散発的に行われてきている。いくつか列挙してみよう。静岡県南アルプスでは、行動圏のサイズや利用位置に、春夏期では顕著な年較差が認められなかったものの、秋期には年変動が存在することが示唆されている。滋賀県朽木村では、春夏期に利用していた低標高地から、初秋期には高標高地へと大きな移動を行い、堅果類を利用することが確認された。山梨県御坂山地では、秋期には春夏期と比較して他の地域への遠征行動が認められるようになった。埼玉県秩父山地では、メス成獣の行動圏が夏期には広がり、秋期には縮まることが報告されている。長野県北アルプスでは、夏期には高標高地（2,100～2,300 m）を利用するが、秋期には低標高地（1,000～1,500 m）の落葉高樹林帯を利用するという、季節による利用標高の明確な変化が起こっている。

東中国山地では、秋期に入ると行動圏の低標高地帯への拡大が報告されている。

行動圏の拡縮傾向は地域によって異なるが、これらの報告はいずれも、秋期には、ツキノワグマの生息環境利用に関して何らかの変化が起こることを示している。本種の特徴として11～12月には冬眠というイベントの開始が控えているために、秋期にはより効率的な体脂肪蓄積のために大量の堅果類を摂取する必要があり、そのために、堅果類の分布と結実量の変化に対応した行動変化が起こっていることが想像できる。実際、東北地方では、ブナ類堅果の豊凶とツキノワグマの里地への出没の有意な相関関係が確かめられており（Oka *et al.*, 2004）、こうした仮説を裏付けるものとなっている。

筆者らは、ツキノワグマの里地への出没メカニズムを探る研究プロジェクトの一環として、日光足尾山地で複数のツキノワグマにGPSテレメトリーを装着してその行動を追跡している（写真-1、写真-2）。これまでに、堅果類の凶作年と豊作年でツキノワグマの行動を比較してみると、凶作年には秋期の行動圏が低標高地に向かって大きく拡大したことを確かめている（Yamazaki *et al.*, 2009；Kozakai *et al.*, 2009）。こうした動きを、その活動位置の再外郭だけで見ると、単純に行動圏が大きくなっているようにも見える。しかし、大量のGPS測位点によりその動きを細かく再現してみると、豊作年とは異なり、小さな活動の島が広く散在することが分かる。つまり、薄く広く存在する堅果類を求めて、ツキノワグマは小刻みな移動と滞在を繰り返していたようである（図-1）。また凶作年には、冬眠の開始時期が豊作年よりも1ヶ月ほど早まったことも確かめられた（Kozakai *et al.*, 2009）。冬眠は、冬期の飢餓に対する防衛的な生理機構と理解されることから、食物の不足年には食物探索にかかるエネルギー浪費を防ぎ、早々と冬眠に入ったのであろう。

また日周活動パターンについても、基本的には昼行性



写真-1 GPS首輪を装着されたツキノワグマ



写真-2 GPSテレメトリー機材の
セットアップ風景

であるが、春～夏期に比べて秋期の方が一日の活動時間が長くなる傾向が分かってきている (Yamazaki *et al.*, 2008; Kozakai *et al.*, 2009: 図-2)。我々の研究プロジェクトではまだ確認できていない事項であるが、ツキノワグマが人間生活空間の周辺に接近する際には、夜行性にその行動を変化させることも確かめられており、今後の興味深い確認事項である。

秋期のツキノワグマの環境選択性についても、いくつかの地域で解析が行われており、落葉広葉樹林、特に堅果類の存在が重要な役割を果たしていることが確かめられている。ただし、現時点で研究者が簡単に入手できる植生図 (e.g. 環境省自然環境基礎調査植生図) からの判読では、行動圏内部にスギやヒノキの人工林が多く含まれる場合が多々あることが報告されており、そうした環境下でのクマの行動について解明する必要性が指摘されてきた。日光足尾山地で、GPS 追跡されたツキノワグマの秋期の利用環境を凶作年について丹念に踏査して、その内部構造を調べてみたところ、例えばそこが現存植生図での表示上では人工林や草地になっている場合でも、実際には堅果樹種の小さなパッチが存在し、クマはそうした場所を上手く見つけて利用していることが判明している。こうした結果は、より精査な環境選択性に言及するためには、ツキノワグマの食物資源の量と分布の

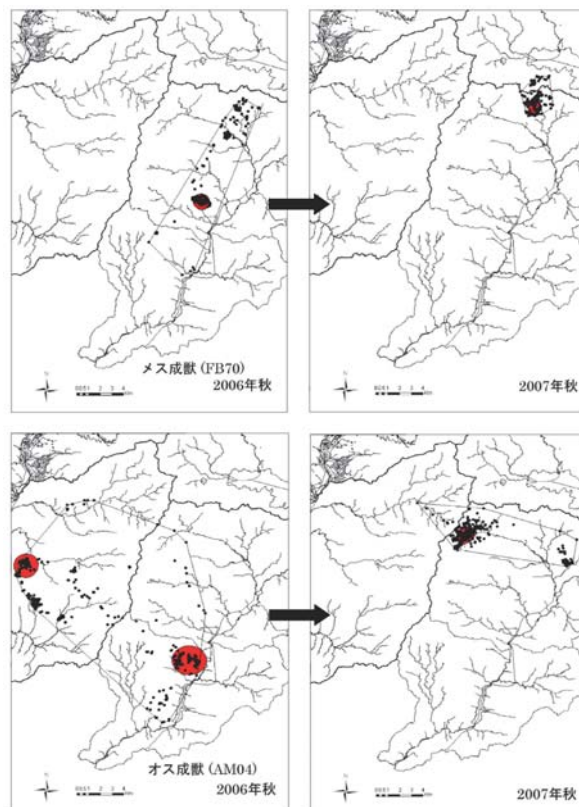


図-1 日光足尾山地でGPSテレメトリーにより追跡されたメス成獣とオス成獣の堅果不作年(2006年)と豊作年(2007年)での行動圏利用の変化
黒ドットはGPS測位点を、赤トーンは50% Adaptive Kernel 行動圏を示す。(Yamazaki *et al.*, 2009 を改変)

視点に立ったより高精度な植生図が必要なことを示しているようである。

個体ごとでの特徴

生息環境利用については、個体レベルでの利用形態の相違も知られている。西中国山地では、奥山で生活を完遂する奥山行動型、人家周辺の果樹などを利用し越冬地もその近傍に選択する集落依存型、そして通常は集落周辺に生活するが越冬地は奥山に構える中間型が存在している。長野県軽井沢の別荘地では、季節出没型(奥山で主に生活し時折別荘地を利用)、別荘地依存型(別荘地を中心に周辺山間地も利用)、山依存型(1年を通して山間部で生活)に大別されている。長野県北アルプスでは、亜高山帯を利用する alpine type、耕作地と亜高山帯を利用する natural type、耕作地だけを利用する rural type に区分している。こうした各個体の生息環境利用形態の相違については、今後のさらなる研究が必要

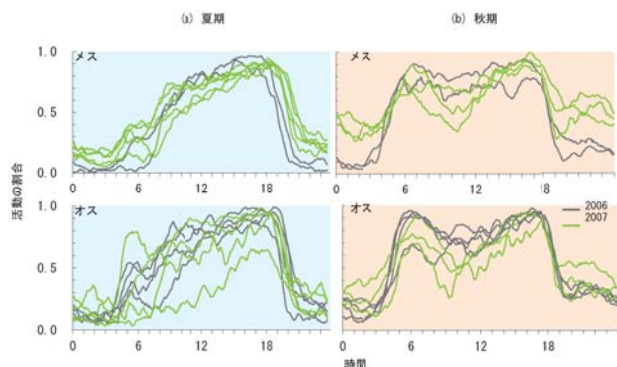


図-2 日光足尾山地で活動量センサー付き GPS 首輪により追跡されたツキノワグマ活動量の季節変化 (Kozakai *et al.*, 2009 を改変)

であり、ひとつの方向性として行動生態学的なアプローチも必要と考えられる。食物の分布や量という観点に加え、親から仔への採食習慣や採食場所の伝播や、限定的な食物資源を巡っての個体間の競合といった部分からの説明も必要であろう。アメリカクロクマでは、メスの行動圏サイズは食物の量や質が大きく関与するのに対し、オスの場合は発情メスの存在も関係するとされる (e.g. Powell *et al.*, 1997)。こうした社会的背景も今後検討されるべきであろう。

2. ツキノワグマの食物

食性

食性はツキノワグマの生態情報の中では比較的良好に知られており、多くの報告がされてきた。その結果、日本列島は四季が明瞭で、南北に長く植生も多様であるため、季節や地域に応じてツキノワグマの食性も変化することが知られている (図-3)。

具体的には、冬眠から明けた直後の春は、様々な草本や木本の新芽・新葉・花を利用する。また、前年の秋に落下したブナ科の果実 (堅果) が春まで残存している場合や、冬から春にかけて死亡したニホンジカなどの死体が存在する場合には、それらも利用する。初夏には、春に引き続き草本、特に多肉質の高茎草本やササ属などを利用すると共に、木本の果実 (サクラ属やキイチゴ属の果実) が結実し始めるとそれらも利用する。さらに、夏はスズメバチ類やアリ類の卵、幼虫、蛹、またサワガニなどの動物質の利用も増加する時期である。この時期は、地域によって利用する食物の種類のパリエーションが豊富になる時期でもあり、例えば、高山環境では遅い時期まで草本類などを利用する。しかし、夏は1年の中で

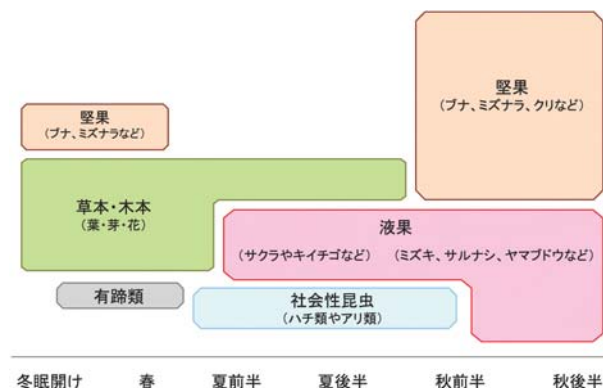


図-3 ツキノワグマの食性の季節変化の模式図

最も食物資源量が少ない時期である。秋はブナ科 (たとえば、ブナ、ミズナラなど) の果実が主要な食物となる。ツキノワグマにとって秋は冬眠のために脂肪蓄積をする必要がある。ブナ科の樹種は多くの地域で森林の優占種であるため現存量も多く、果実も大きく、栄養的に優れているため、秋の主要な食物になっていると考えられる。

このように、ツキノワグマは雑食性で、何でも食べているように見えるが、いずれの季節も植物質を中心とした食性となっている。特に、夏以降では採取効率の高い果実は重要な食物資源となっている。これまでツキノワグマは実に約 90 種もの果実を利用することが知られるが (小池・正木 2008)、利用する果実の特徴として、木本植物、特に高木の果実をよく利用する。また、高木の中でも、ブナ科やミズキ科などの粗脂肪に富む果実をよく利用することも特徴として挙げられる。

食性の年次変動

ツキノワグマは多くの木本植物の果実を利用するが、一方、利用する果実の種によっては結実量が年次的に大きく変動することが知られる。そのため、一般的に果実食の動物の場合、年によって採食物が変化することが知られる。ツキノワグマでも同様で、山梨県御坂山地において7年半にわたり食性を調査した事例では (Koike in press)、食性の年次変動はすべての季節でみられ、採食物の組み合わせが年によって異なった (図-4)。また、ブナ科の堅果はツキノワグマの秋の重要な食物であるが、秋の食性とさまざまなブナ科の堅果生産量を同時に調査した事例では (Hashimoto *et al.*, 2003)、生産量に応じて採食対象種を変えていた。つまり、これらの事例はツキノワグマが各食物の利用可能量に応じて食性を柔軟に変えることを示している。このように食性の年次

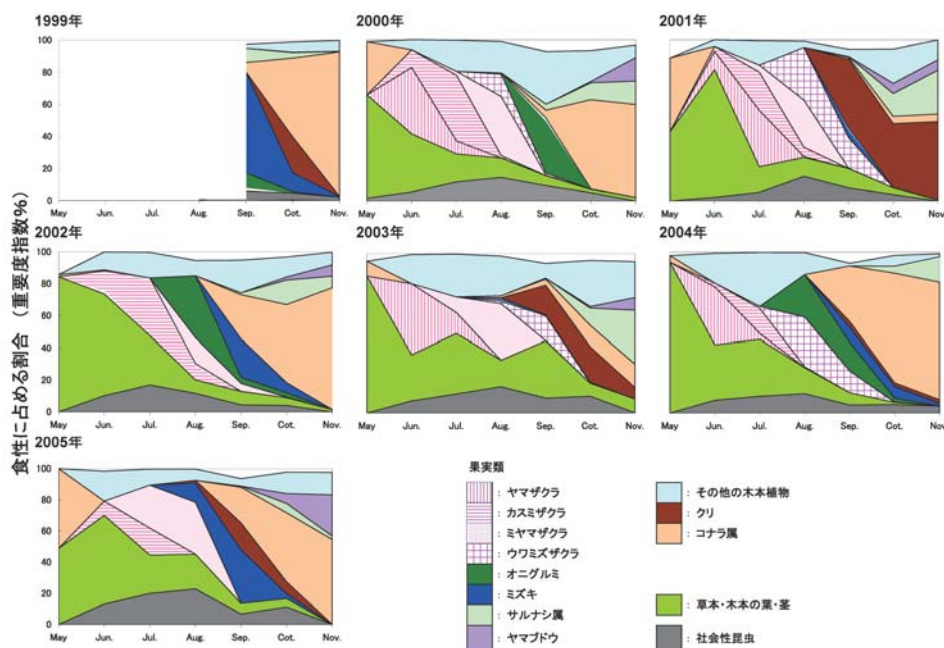


図-4 山梨県御坂山地でのツキノワグマの主要な食物の食性に占める割合（重要度指数%）の1999年9月～2005年11月にかけての季節変化および年次変動（Koike in press より改変）

高と、果実を利用した日時との関係を図-5に示した。この山域では標高が100m上昇するごとに、ヤマザクラの開花日が7～9日遅くなり、果実の成熟時期も遅くなると考えられるが、ツキノワグマによる果実の利用時期も、標高が高くなるにつれて遅くなる傾向があった。そのため、ツキノワグマによって果実が利用された期間は、山域全体では約1カ月にもおよび、季節が進むにつれてツキノワグマはヤマザクラの成熟した栄養価の高い果実を求めて高標高地に移動した。これらの事例からは、食物資源の限られた夏には、ツキノワグマは数少ない採食効率の高い食物

変動に影響する主な要因が果実の結実変動であることは、ツキノワグマの主食物の1つが果実であること、その果実の結実は年次的に変動をするという双方の特徴を考えると当然の現象である。

果実の結実時期が行動に与える影響

果実の現存量は年次間の変化に加え、季節間でも変化が大きい。そのため、アメリカクロクマの生息地選択においては、果実を生産する樹木の空間的な分布だけでなく、食物資源量（主に果実）の時間的な（フェノロジカルな）変化も影響することが知られる（Davis *et al.*, 2006）。日本でも冷温帯落葉広葉樹林での果実の結実フェノロジーとツキノワグマの採食行動との関係を調査した事例（Koike, 2009）では、各種の果実の成熟状況に応じて、次々と採食する果実の種を変えることが知られている。

夏季の重要な食物資源の一つであるヤマザクラの果実の詳細な成熟過程とツキノワグマの採食行動の関係を調査した事例では（Koike *et al.*, 2008）、ツキノワグマがヤマザクラ果実を利用するのは、木に成熟した（大きく、糖濃度が高い状態）果実が結実しているごく短い期間で、次々と利用する木を変えることを確かめた。また、ツキノワグマが果実を利用したヤマザクラが生育する標

資源であるヤマザクラなどのサクラ属の果実（写真-3）を求めて行動していることが示唆される。

食肉類であるツキノワグマは、動物質の食物の消化効率は高いと考えられ、有蹄類の死体などのまとまった食物資源を発見すれば積極的に利用すると考えられる。しかし、動物質の食物資源が得られることはまれであり、量の豊富な植物質の食物は採取効率が低いことから、これらを選択していると考えられる。そのため、各生息環境の植物のフェノロジー（主に開葉時期と果実類の結実時期）に応じて、各季節で効率よく得られる植物種とその部位を利用しているといえる。ツキノワグマの主要な食物資源である果実は、前述したように経年的な結実変動を繰り返すため、その変動がツキノワグマの行動（例えば、人里への出没など）に影響する可能性は高いと考えられるが、そのメカニズムや具体的な事例についてはまだ不明な部分が多い。しかし、同じく季節間の結実フェノロジーによる果実の現存量の変化に対しては、ツキノワグマはその変化に柔軟に対応して行動している姿が明らかになりつつあることから、いわゆる「ツキノワグマの出没行動」の要因の1つとして、食物資源量の変動が影響することは間違いない。

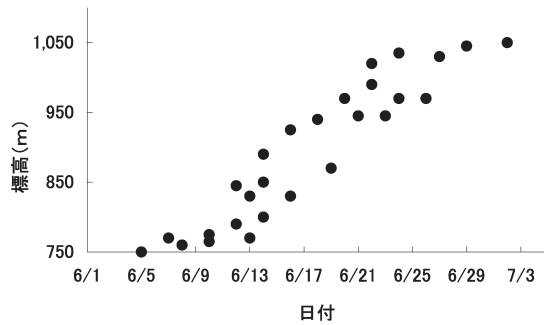


図-5 ツキノワグマによって採食痕跡が形成されたヤマザクラが位置する標高と採食痕跡が形成された日付けとの関係 (Koike *et al.*, 2008 より改変)



写真-3 ツキノワグマの夏の食物資源のひとつであるサクラ属の果実 (加藤元樹 撮影)

引用文献

- Davis, H., Weir, R. D., Hamilton, A. N. and Deal, J. A. 2006. Influence of phenology on site selection by female American black bears in coastal British Columbia. *Ursus* 17: 41-51.
- Hashimoto, Y., Kaji, M., Sawada, H. and Takatsuki, S. 2003. A five year study on fall food habits of the Asiatic black bear in relation to nut production. *Ecological Research* 18: 485-492.
- 小池伸介・正木 隆. 2008. 本州以南の食肉目 3 種による木本果実利用の文献調査. *日本林学会誌* 90: 27-36.
- Koike, S., Kasai, S., Yamazaki, K. and Furubayashi, K. 2008. Fruit phenology of *Prunus jamasakura* and the feeding habit of the Asiatic black bear as a seed disperser. *Ecological Research* 23: 385-392.
- Koike, S. 2009. Fruiting phenology and its effect on fruit feeding behavior of Asiatic black bears. *Mammal Study* 34: 47-52.
- Koike, S. in press. Long-term trends in food habits of the Asiatic black bear in the Misaka mountains, Japan. *Mammalian Biology* DOI : 10.1016/j.mambio.2009.03.008
- Kozakai, C., Yamazaki, K., Nemoto, Y., Nakajima, A., Koike, S. and Kaji, K. 2009. Behavioral study of free-ranging Japanese black bears II -How does bear manage in a food shortage year? FFPRI Scientific Meeting Report 4 "Biology of Bear Intrusions" 64-66.
- Oka, T., Miura, S., Masaki, T., Suzuki, W., Osumi, K. and Saitoh, S. 2004. Relationship between changes in beechnut production and Asiatic black bears in northern Japan. *Journal of Wildlife Management* 68: 979-986.
- Powell, R. A., Zimmerman, J. W. and Seaman, D. E. 1997. *Ecology and Behavior of North American Black Bears*. Chapman and Hall, London, 224pp.
- 自然環境研究センター. 2004. 第 6 回自然環境保全基礎調査, 種の多様性調査 哺乳類分布調査報告書. 環境省自然環境局生物多様性センター, 富士吉田, 213pp.
- Yamazaki, K., Koike, S., Kozakai, C., Nemoto, Y., Nakajima, A. and Masaki, T. 2009. Behavioral study of free-ranging Japanese black bears I -Does food abundance affect the habitat use of bears?- FFPRI Scientific Meeting Report 4 "Biology of Bear Intrusions" 60-63.
- Yamazaki, K., Kozakai, C., Kasai, S., Goto, Y., Koike, S. and Furubayashi, K. 2008. A preliminary evaluation of activity sensing GPS collars for estimating daily activity patterns of Japanese black bears. *Ursus* 19: 154-161.

出没をめぐるツキノワグマの生理

山中 淳史・坪田 敏男 (やまなか あつし・つぼた としお、北海道大学大学院獣医学研究科)

栄養状態と出没

ツキノワグマの人里への出没の原因には様々なものが考えられているが、その一つに生息域における食物の不足がある(環境省 2007)。実際、ツキノワグマの主要な食物であるブナの実の豊凶と有害捕獲数に関連のあることが東北地方のいくつかの地域で確かめられており(Oka *et al.*, 2004)、食物不足が出没の増加原因になっていることは間違いないようである。では、食物資源の量の変化と密接な関係があると思われる生理学的変化、すなわち栄養状態は出没とどう関連しているのだろうか? 比較的イメージしやすいストーリーは、食物不足で困窮し、栄養状態の低下したツキノワグマが人里へ食物をあさりに出没するというものであろう。もしそうなら、出没の多い年と少ない年で出没個体の栄養状態を比較すると、出没の多い年のほうが少ない年より栄養状態が低下していそうである。そこで筆者らは、出没数の指標として有害捕獲数、栄養状態の指標として体脂肪蓄積量に着目し、両者の関係を調べることにした。栄養状態の指標として体脂肪蓄積量に着目したのは、脂肪は哺乳動物にとってもっとも重要なエネルギー貯蔵方法であることに加え、ツキノワグマにとっては冬眠期を乗り切るために必要不可欠なエネルギー源であるからである。ツキノワグマは、地域やその時々気候にもよるが、おおむね12月頃から4月頃までの約5ヶ月間冬眠し、その間、一切食物を摂取することがないといわれている。また、妊娠している雌グマは、冬眠中に胎子の成長、出産、そして哺乳という重要かつエネルギー要求的にもたいへん厳しい繁殖プロセスを経験する。ツキノワグマはこうした厳しい冬眠期を、ブナなどの堅果類を大量に食べて蓄えた体脂肪をエネルギー源として乗り越えている。体脂肪は、ツキノワグマの生命維持と繁殖に大きな役割を果たしていると考えられる。以上のようなことから、筆者らは3つの体脂肪蓄積量指標(骨髄内の脂肪量を評価する大腿骨骨髄内脂肪含有率、FMF; 内臓脂肪の量を評価する腎周囲脂肪係数、KFI; 皮下脂肪の量を評価す

る腹壁皮下脂肪厚、ASF)を用い、出没と栄養状態の関係として次ような仮説を立て、その検証を試みた:『有害捕獲数の多い年は、体脂肪蓄積量指標の値が小さい』。

体脂肪蓄積量指標

仮説の検証の前に、上記の3つの体脂肪蓄積量指標の特徴について述べておきたい。なぜなら、上記の指標には、年齢や性別、あるいは捕獲された時期による違いが存在する可能性が十分にあるからである。容易に想像されることとして、夏期に捕獲された個体は秋期捕獲個体に比べ体脂肪の量は少ないであろう。また、年齢によっても体脂肪の蓄積度合いに変化があるかもしれない。捕獲個体サンプルの年齢や性別構成は年によってまちまちであるし、捕獲期間も数ヶ月以上の期間にわたる。上記の仮説を正しく検証するためには、各指標の特性を十分に把握した上で、体脂肪蓄積指標の年次変化を評価する必要がある。

筆者らは、上記の体脂肪蓄積量指標に及ぼす年齢、性別および捕獲月の影響を評価するため、2006年7～12月に岐阜県で捕獲された個体の指標を統計的に解析した(分散分析およびTukeyの方法による多重比較、有意水準 $P<0.05$)。捕獲月による影響では、ASFおよびKFIは11月以降においてそれ以前の月より有意に高い値を示した。また、FMFには全サンプリング期間を通じて統計的に有意な変化は見られなかった。年齢では、当歳子(0才)の全ての体脂肪蓄積量指標は2歳以上の個体に比して有意に低い値をとった。また、性差についてはASFでオスのほうがメスより有意に高い値となった。

ASFとKFIの捕獲月による差異は、おそらくツキノワグマの食性の変化を反映していると考えられる。ツキノワグマは、夏期には主に草本、漿果類、および一部昆虫類などを食べているが、秋期になり堅果類が実になるとそれを主な食物とする(橋本・高槻 1997)。堅果類は一般に高カロリーであり(Elowe and Dodge,

1989)、それを食べることでツキノワグマは体脂肪を蓄え、冬眠に備えているものと思われる。FMFには有意な季節変化が見られなかったが、これはFMFが最後に失われる蓄積脂肪であることと関連していると思われる。哺乳動物では一般に、栄養状態が低下するとき、皮下脂肪や体腔内脂肪（内臓脂肪）が失われたあとに、骨髓内脂肪が失われるといわれている（Harder and Kirkpatrick, 1996）。実際、筆者らのデータでも、個体ごとにFMF（骨髓内脂肪）とKFI（体腔内脂肪）やASF（皮下脂肪）とのバランスをみると、FMFが低い個体はKFIやASFが低いが、FMFが高い個体でもKFIやASFが低い個体は多く存在した（図-1）。このことから、ツキノワグマにおいてもFMF（骨髓内脂肪）は最後に消費される蓄積脂肪で、これが低下している個体はかなりの貧栄養状態にあるといえる。夏期の栄養状態低下は、FMFに有意な変化をもたらすほどの低下ではなかったと考えられる。年齢による差異は、幼獣では骨格や筋肉の成長に摂取エネルギーを使用するために体脂肪蓄積量が少ないのではないと思われる。ASFにみられた性差については今のところはっきりした原因はわからない。

体脂肪蓄積量指標と有害捕獲数の関連

さて、以上のような指標の特徴を考慮に入れつつ、筆者らは2005～2007年の7～9月に岐阜県および福島県で捕獲されたツキノワグマの体脂肪蓄積指標を統計的に解析した。その結果、岐阜県の結果では、2006年と2007年の体脂肪蓄積指標に有意差があり、2006年の指標のほうが2007年の指標に比べ高い値を示した。福島県については、ASFには有意差が認められなかったが、KFIには岐阜県と同様の有意差が認められた（FMFについてはサンプルが収集できなかった）。福島県のASFには統計的には有意差が認められなかったものの、2007年のASFは2006年のそれより低い値を示した。以上のような結果から、岐阜県、福島県ともに、2006年7～9月に捕獲された個体は、2007年の同時期に捕獲された個体より栄養状態が良好であったといえる。

有害捕獲数についてはどうだったのだろうか？自治体の集計によると、7～9月期の有害捕獲数は2006年＞2007年であった（岐阜県の7～9月の有害捕獲数：2006年79頭、2007年37頭；同福島県：2006年331頭、2007年69頭）。体脂肪蓄積量指標の値は

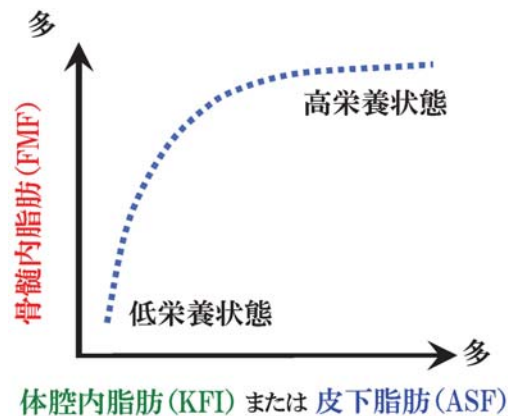


図-1 ツキノワグマの骨髓内脂肪（FMF）と体腔内脂肪（KFI）および皮下脂肪（ASF）の間にみられた関係（模式図）

FMFとKFI・ASFの関係は、直線的な比例関係ではなかった。FMFが低い場合は必ずKFIもASFも低いが、FMFが高くとてもKFIやASFが低い場合があった。このことは、ツキノワグマが高栄養状態から低栄養状態になるときには、まずKFIやASFが低下した後（体腔内脂肪や皮下脂肪が消費された後）に、FMFが低下する（骨髓内脂肪が消費される）ことを示唆している。

2006年のほうが2007年より統計的に有意に大きかったにも関わらず、両県ともに有害捕獲数は2006年のほうが多かったわけである。この結果は冒頭の仮説『有害捕獲数の多い年は、体脂肪蓄積量指標の値が小さい』を否定するものである。すなわち、必ずしも、栄養状態の低下が出没を引き起こしているわけではなさそうである。当初描いた「食物不足で困窮し、栄養状態の低下したツキノワグマが人里へ食物をあさりに出没する」というイメージは実際には必ずしも成り立たないことになる。もちろん、出没するクマの中にはそういうクマもいるだろうが、上に述べたデータは、少なくとも大半のクマはそのような行動をとっているわけではないことを示している。

出没のきっかけに関する推測

さて、栄養状態の低下が必ずしも出没の原因とはなっていないとすれば、クマは何をきっかけに人里へ出没するのだろうか？非常に大胆かつ単純ではあるが、最も考えやすいものの一つは「空腹感」ではないだろうか。動物の採食行動はその動物の様々な生理学的状態によって変化するが、最も直接的に採食行動を支配しているのは空腹の衝動であると思われる。一方、空腹感は、食物が

不足する状況では、その動物の栄養状態に関わらず生じる。つまり、個体が太っていようと痩せていようと、空腹は同じように感じられると考えられる。もし、空腹感が実際に出沒の引き金であるとすれば、冒頭の仮説が否定されることは矛盾なく説明できる。ただし、空腹感が出沒の引き金であることを証明することは難しい。その理由は、有害捕獲個体の“空腹感”を直接的に測定する適切な手段がないからである。空腹を生理学的に測定する方法としてまず考えられるのは血糖値であろう。しかし、血糖値は摂食により直ちに上昇するため、捕獲時の状況（捕獲ワナの誘引餌の種類・量、ワナ内での拘束時間、捕獲前に農作物などを食べていたか、等）によって大きく影響されてしまう。非常に困難な課題であるが、捕獲個体の空腹感を適切に評価できる生理学的指標を発見することが、空腹と出沒の関係を証明するために必要である。

いくつかの疑問点

以上のようなことから筆者らは、栄養状態と出沒には直接的な因果関係はないと考えているが、ここで2つほど疑問が湧く。ひとつは、出沒との関連はともかくとして、2006年の体脂肪蓄積量指標が2007年より有意に大きかったのはなぜなのか？もう一つは、栄養状態は確かに直接的・短期的には出沒と関係がないのだろうが、間接的・長期的な影響もないのか？というものである。

第一の疑問に対する一つの回答として考えられるのは、前年秋のブナの作柄の影響である。ツキノワグマの春期の食性は、前年の堅果類の作柄に影響を受けることが知られている（溝口ら 1996；橋本・高槻 1997；坪田ら 1998）。すなわち、前年の秋に堅果類が豊作であると、翌年の春まで堅果が地表に残存し、クマの春の食物となることが知られている。森林総合研究所のブナの作柄調査結果（タネダス：次章参照）によれば、岐阜県と福島県の作柄は、2005年秋が豊作、2006年秋が凶作であった。このことから、2006年の春にはブナ堅果が残存し、ツキノワグマはそれを利用してことで栄養状態を向上させていた可能性がある。一方、2007年は前年の秋が凶作であったため春の食物資源の状況は2006年に比べ悪かったと推測される。夏期の食物資源の状況は、有害捕獲数のデータから、2006年のほうが2007年より悪かったと推測されるが、2006年は残存堅果を利用して春に蓄えた脂肪により夏の栄養状態の低下を

補ったのではないかと考えられる。

二つ目の疑問に対する回答としては、理論的には、栄養状態が出沒に対して間接的・長期的影響を持つ可能性は十分にあると思われる。ある個体群で栄養状態が一定期間（たとえば数年間）安定して良い状況が続けば、その期間の個体群の生存率や繁殖率は上昇するであろう。結果、個体群サイズは増加し、他の条件が同じであれば、個体群サイズに比例して出沒も多くなると考えられる。ただし、その効果の大きさ（実際にどの程度生存率や繁殖率が向上し、どの程度個体群サイズが増加するのか？そして個体群サイズの出沒に及ぼす影響は、食物資源の多寡などの影響に比べ、どの程度のものなのか？）を明らかにするためには、栄養状態、生存率、繁殖率、そして個体群サイズを評価する指標を、有害捕獲数などの出沒指標とともに、特定の地域で長年にわたってモニターする必要がある、今後のさらなる研究を待たねばならない。

繁殖状況の評価

生存率や個体群サイズを評価するには大規模な生態学的調査が必要であるが、繁殖に関わる指標については、有害捕獲個体を用いた生理学的手法によりその一端を垣間見ることは可能である。その方法は、メス個体の卵巢と子宮を調べ、黄体および胎盤痕の有無・数を観察・カウントすることである（図-2）。黄体は、卵巢から卵子が排卵されたあとに形成される組織で、主な機能としてはプロゲステロンを産生して妊娠状態を維持する。ツキノワグマは6～8月頃に交尾期があり、この時期に排卵が起こって黄体が形成される。形成された黄体はその後、着床遅延期間（～11月末頃）、着床期（12月はじめ頃、冬眠開始時期）、胎子発育期を経て分娩（2月はじめ頃）に至るまで卵巢に存在する。有害捕獲期間は主に夏であり、有害捕獲個体における黄体の存在は、その年の交尾期にその個体は何個排卵したかを示す指標（排卵数）となる。胎盤痕は、脱落膜胎盤をもつ動物でよく利用される指標である。脱落膜胎盤をもつ動物では出産の際、子宮内膜の一部が剥離し、子宮内膜に出血痕が残る。これが胎盤痕であり、胎盤痕の数は、前の出産期にその個体は何頭の子を生んだかを示す指標（着床数または一腹産子数）となる。

筆者らは、広島県、岐阜県、福島県などで複数年にわたって収集された有害捕獲個体の卵巢および子宮を調

べ、地域ごと、捕獲年ごとに平均排卵数と平均着床数を求めた。その結果、どの地域、捕獲年においても、平均排卵数と平均着床数はおおむね2であり、地域間・捕獲年間に統計的に有意な差は認められなかった。このことは、排卵数や着床数は非常に安定した繁殖指標であり、環境条件の影響をあまり受けないことを示唆している。つまり、ツキノワグマの繁殖の成否は少なくとも、排卵や着床する“数”でコントロールされているのではないと考えられる。ただし、排卵数や着床数といった指標は、排卵に成功した個体、あるいは着床に成功した個体の中で、その数を観測したデータであるので、排卵あるいは着床の成功・不成功に関する情報は含んでいない。そのため、排卵あるいは着床というプロセスそのものが繁殖の成否に及ぼす影響についてはこれらの指標からはわからず、この方法の限界である。有害捕獲個体を利用して繁殖状況をモニターするための新しい指標を開発することが課題である。

おわりに

採餌と繁殖は動物の行動を決定する主な要因であるので、これらに直結した生理学的側面である栄養状態や繁殖生理を研究することは出没のメカニズムを明らかにする上で不可欠であると考えられる。また、出没という現象には、生態学的、社会学的な要因が複合して影響している。さらには、大量出没が起こるなど、変動の大きい現象でもある。したがって、出没をめぐるツキノワグマの生理学的要因を明らかにしていくためには、いくつかの地域をモデル地域として、生態学的、社会学的な要因を考慮に入れつつ、継続的に研究を行うことが必要である。

引 用 文 献

- Elowe KD and Dodge WE (1989) Factors affecting black bear reproductive success and cub survival. *Journal of Wildlife Management* 53: 962-968.
- Harder JD and Kirkpatrick RL (1996) 野生動物研究の生理学的手法. 「野生動物の研究と管理技術」. 文永堂出版, pp.325-357.
- 橋本幸彦・高槻成紀 (1997) ツキノワグマの食性: 総説. *哺乳類科学* 37: 1-19.

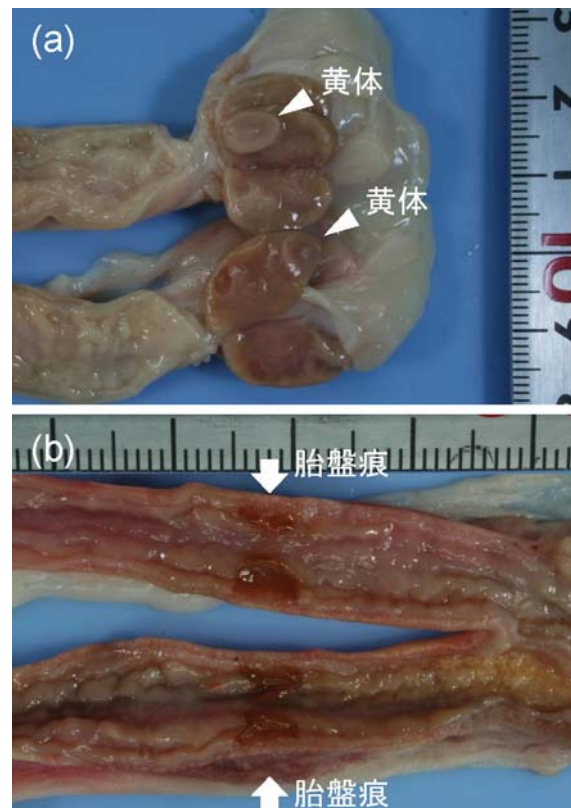


図-2 黄体および胎盤痕の観察例

- (a) 卵巣の断面に観察された黄体。左右の卵巣に各1個ずつ黄体が観察された例。
- (b) 子宮内膜に観察された胎盤痕。左右の子宮角に1箇所ずつ胎盤痕が観察された例。

環境省 (2007) クマ類出没対応マニュアルクマが山から下りてくる一. 環境省自然環境局.

溝口紀泰・片山敦司・坪田敏男・小見山章 (1996) プナの豊凶がツキノワグマの食性に与える影響: プナとミズナラの種子落下量の年次変動に関連して. *哺乳類科学* 36: 33-44.

Oka T, Miura S, Masaki T, Suzuki W, Osumi K and Saitoh S (2004) Relationship between changes in beechnut production and Asiatic black bears in northern Japan. *Journal of Wildlife Management* 68: 979-986.

坪田敏男・溝口紀泰・喜多 功 (1998) ニホンツキノワグマ *Ursus thibetanus japonicus* の生態と生理に関する野生動物医学的研究 (<特集>実践現場における野生動物医学: その取り組みと成果の具体例). *日本野生動物医学学会誌* 3: 17-24.

森林の結実変動とクマの出没

正木 隆・岡 輝樹 (まさき たかし・おか てるき、森林総合研究所)

多くのツキノワグマ（以下、「クマ」とよぶ）が人里に出没してニュースになる。「異常出没」ともよばれるが、何年かに一度、日本のどこかで起こっていることであり、「大量出没」と呼ぶ方が適当だろう。

その原因については、様々な憶説がある。曰く、山の木の結実が不良だった、台風の来襲でドングリが未熟なまま落下した、ナラ枯れでドングリの量自体が減った、猛暑で夏の昆虫類が不足した、…まさに諸説紛糾、百花繚乱。

だがしかし、よくみるとどの説も、クマにとっての食物が山の中に十分でないから人里に現れた、とくにブナ科果実の不足が背景にあると考えている点で共通している。「百花」ではなく、「百果繚乱」とでもいうべきか。

山での経験がとくに豊富な人々の間では、昔から、「山が不作の年にはクマが里に出る」と言われてきた。そこで本稿では、クマの出没を説明しようとするいくつかの説のうち、山の木の結実に焦点をあててみようと思う。

ブナ結実の豊凶現象

ブナの豊凶は、昔から林業関係者の関心の的であった。ブナの天然更新の成否は、豊作のタイミング次第。1989 年以来、筆者らが東北地方でのブナの豊凶調査を秋田・青森営林局（現・東北森林管理局）に依頼して続けてきたのも、そもそもは、ブナの天然更新を林業的に成功させたいからであった。われわれは、このブナ結実モニタリングをタネダスと名付け、全データをウェブページで公開している（図-1）。

ブナの豊凶という不思議な現象は、基礎科学の 1 テーマとしても研究者魂を刺激し、おおぜいの森林生態学者が、研究を重ねてきた。昨年、その成果の一端が、北海道の諸氏によってまとめられ、出版された（寺澤・小山 2008）。ブナの結実をめぐる基礎研究、応用研究のこれまでの成果が、たいへんよくまとまっている。関心のある向きは、ぜひ一読をお勧めする。

さて、かくいう筆者たちも、ブナの豊凶研究にとりつ

かれ、研究を続けてきた一味である（Suzuki *et al.*, 2005）。そんなおり、もちあがってきたのが、近年のクマの出没騒ぎである。ここにおいて、ブナの豊凶研究は、林業的な天然更新よりもむしろ、クマ対策のための応用的な研究として重要性をおびるようになったのである。

東北地方の 18 年間

筆者らは東北地方におけるタネダスの 18 年分のデータをとりまとめ、ブナ結実の広域同調性とそれをもたらす気象条件などについて分析をおこない、昨年、論文として発表した。その詳細については原著論文（Masaki *et al.*, 2008）をご覧くださいとして、以下では結果の要点のみを紹介してみよう。

（1）東北地方においては、ブナの豊凶が同調する 3 つのグループがみとめられ、それぞれ、地理的にもまとまって分布していた（図-2）。

（2）各グループは、東北地方の北半分（ここでは、「北部グループ」とよぶことにする）、秋田県の中～北部と渡島半島（中部グループ）、東北地方の南半分（南部グループ）に分布していた。



図-1 森林総合研究所のホームページで閲覧できるブナ結実状況の分布図

この図は 2008 年の状況を示している。URL : <http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/tanedas/index.html>

(3) 北部グループでは、夏に日中の気温が平年よりも高い時期が連続し、かつその年が豊作でなければ、翌年に豊作になることが多かった（夏高温型）。

(4) 中部グループでは、春に日中の気温が平年よりも低い時期が連続し、かつその年が豊作でなければ、翌年に豊作になることが多かった（春低温型）。

(5) 南部グループでは、夏高温型と春低温型の両方がみられた。

さて、これはつい過去の論文ではあるのだが、筆者らは、すでにこれらの結果に不満を覚えはじめている。

第一に、この論文では、はじめに「グルーピングありき」である。なぜそのようなグループが生じるのか、については何もわからない。筆者らの希望（？）では、ブナの地理的な遺伝変異と関連していればとおもしろいと思うのだが、それをサポートするだけの十分なデータはまだない。

第二に、今回の結果は、普遍的なのだろうか？たとえば上記のように、「北部グループは夏高温型」である、と結論してみたものの、夏の高温以外の気象条件も北部グループの豊作をもたらすキーとなっている可能性があ

るだろう。一つの生物種にとっては、いろいろな気象条件を利用する融通さがなければ、個体群をしたたかに維持していくことは難しいだろう。われわれは、まだブナ豊凶を 18 年しか観測していない、ともいえる。

第三に、ブナの豊作は気象条件に影響されているようでいて、無秩序に変動しているだけかもしれない。(Isagi *et al.*, 1997; Satake and Iwasa, 2002)。

第四に、調査エリアが東北地方だけではたりない。2005 年からようやく関東、中部、近畿、山陰エリアでの調査もはじまったばかりである。

…など、さまざまな疑問がまだ解決されずに残っている。もっとさまざまな人が研究に参加して、もっとさまざまなことが明らかになることが、筆者らの望みである。

クマの出没は本当にブナのせいか

東北地方におけるクマの出没変動は、上で述べたブナ結実の空間・年変動に対応しているか否か？過去のクマの有害駆除データとつきあわせてみれば、この問いにこたえられそうに思える。

しかし、ここで一つの問題がある。それは、クマの有害駆除数は保護管理の行政単位でもある県レベルで統計がとられ、蓄積されてきたことである。近年のデータについては捕獲場所を比較的詳細に知ることができるが、さかのぼるほど不明確になり、最後は数字だけになる。ゆえに、タネダスデータの分析からみえてきたブナ結実の空間情報を、フルに活用することができない。

そこで、しかたなく、タネダスのデータも県単位でまとめ、クマの駆除データと関連付けてみることにしよう (Oka *et al.*, 2004)。ここでは、県内のブナ結実観測点のうち、並作未満の作柄を示した点数の割合を「凶作指数」として用いる。「凶作指数が高いほど、クマの有害駆除頭数も多い」というのが、事前の予想である。

この予想はピッタリとあたった。図-3 からは、東北地方ではブナが豊作ならば出沒数は少なく、凶作ならば多い傾向にあることがみてとれる。しかも、その年の作柄だけではなく、ブナが大豊作から大凶作に陥った年にはクマの出沒が急増するという、2 年越しの作柄の変動が影響している可能性もみてとれたのである。

図-3 が示すように、ブナの豊凶と出沒増減が長期に渡って同じように変動していること、またこれらの傾向がほかの地域でも同様にみられることは、まったくの偶然であるとは考えられない。少なくとも東北地方ではブ

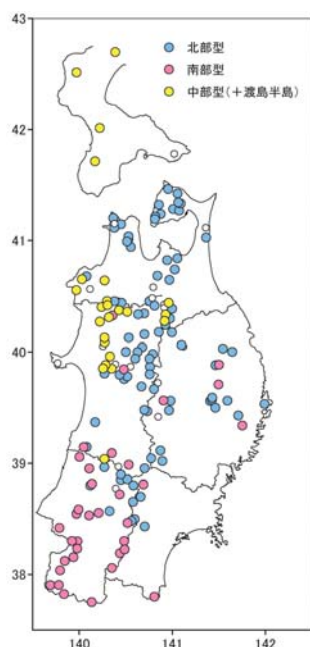


図-2 東北地方でブナの豊凶が同調する観測地点を、大きく 3 つにグルーピングした結果
白丸はその他のグループを示す。方法は、時系列分析によって求めた地点間の豊凶の同調性もとにしたクラスター分析による。詳細は、Masaki *et al.* (2008) を参照のこと。

ナの豊凶が「クマ出没の目安」となりうるというのは確かである。そこで、クマの人里域周辺への出没に起因する人身被害を予防するため、堅果類の豊凶をモニタリングしてクマの出没を予測する試みがすでにはじまっている。ブナの「タネダス」に対抗して、これは「クマダス」とよんでいる。ただし、「クマを出す」わけではない。あくまでも、クマが出るかどうか予測するためのもの。そして、この試みは功を奏しつつあるようだ。

果より花？

以上の結果をみると、東北地方のクマはブナの実を秋の主要な食料とし、それが不作の年には、餌を求めて里におりてくる、という説が信憑性をおびてくる。

しかし、まだそうとはいいきれない。この現象には、未解明の謎が残されているのである。

地域によって若干の違いはあるが、東北地方では、クマの有害捕獲は7月頃から増えはじめ、8～10月にピークを迎える。しかし、ブナの実が熟するのは、9月後半以降である。クマが人里へ現れる時期は、ブナの実の成熟時期よりも明らかに早い。

すなわち、「山のブナの実りが少ないから、クマが里に下りてくる」という説明はなりたたないのである。この謎が解明されない限り、地域をこえて汎用性の高いクマの出没予測システムの構築はできない。

一つの考えは、クマの人里への出没を引きおこす原因はブナの実ではなく「花」の方である、という説である。ブナの花は、タンパク質や脂質がバランスよく含まれている資源である（奥村、未発表データ）。もしかするとクマは、初夏にブナの花を充分に食べることができない年に、早い時期から広い範囲を動き回り始めるのかもしれない。

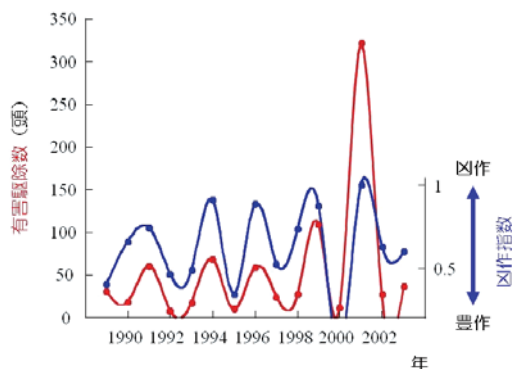


図-3 秋田県におけるツキノワグマの有害駆除数とブナ凶作指数の年変動 (Oka et al., 2004 を改図)

れない。事実、クマの胃内容物からはブナの花の断片が見つかることがある(橋本・高槻 1997)。もしかすると、「百果繚乱」ではなく、やはり「百花繚乱」こそが正しいのかもしれない。

一方、実の有無がカギとなっていることも、否定はできない。東北地方でブナの実の発達過程を調査したデータでは、ブナの実(殻斗)の種子の重さは、7月には成熟時のほぼ半分までに達しており、クマの餌として、すでにある程度の価値をもっているかもしれない(図-4)。もしかすると東北地方のクマは、7月頃からすでにブナの実を餌として頼りにしはじめており、それがいない年には困って里におりてくるのでは…という想像も成り立つ。もちろん確証などはない。今後の研究課題である。

ブナ以外も重要だ

しかし、クマの出没に影響をおよぼすのはブナだけではないだろう。クマはブナ以外の果実も食べるし、そもそもブナの分布が少ない地域にも生息している。たとえば、同じ東北地方でも、岩手県の北上山地はブナの現分布域がせまく、奥羽山地や出羽山地の冷温帯林とは様相を異にする。そして、北上山地ではクマの有害駆除数とブナの凶作指数に同調が見られない。これは、地域によってカギとなる樹木果実がことなることを暗示している。

筆者らが、過去の文献からクマが食べたと言われた樹木果実の記録を整理してみた結果、リストアップされた樹木は90種におよんだ(小池・正木 2008)。それらは

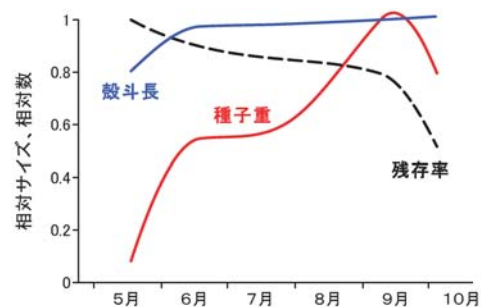


図-4 2000年の豊作時に岩手県南部のブナ林で調べたブナ結実のフェノロジー

星崎他の未発表データに基づいて作図。枝先からサンプリングした殻斗の平均長(緑)とその内部の種子1つあたりの平均乾重(赤)の季節変化を、期間中の最大値を1として示してある。また、枝先にマーキングした殻斗の落下過程(黒点線)も図中に示した。

すべて、ブナ科樹種の堅果および多肉果性の果実（ヤマグワ、ミズキ、サクラ類、イチゴ類）であった。

そこで、ブナ以外の樹種の豊凶変動をみてみよう。ここで紹介する事例は、北茨城の小川群落保護林での研究結果である（Shibata *et al.*, 2002）。この森林は、コナラ、イヌブナ、ブナなど多様な種からなる落葉広葉樹林である。その中から、小池・正木（2008）を参考にクマの食物資源となる果実をつける樹種を8種選んだ。図-5は、それらの樹種の8年間におよび豊凶パターンを示したものである。

このデータからは、コナラとミズナラは、ほぼ毎年結実することがわかる（ただし、ミズナラは8年間の間に3回凶作があり、コナラよりも豊凶の変動が大きい）。一方、ブナ、クリ、ハリギリ、コシアブラは豊凶の変動が激しく、かつ豊作の頻度が低い。ミズキは、この両者の中間的なパターンであるといえよう。

全体的にはいずれの年も何からの樹木の果実がみのっており、少なくともクマの食物資源となりうる果実については、群集全体としての豊凶はさほど激しくはないといえそうである。

ただし、そんな中でも、1992年はすべての樹種が凶作となっている。これが「たまたま」なのか、気象条件で説明できるのかどうかはわからない。しかしこれは、原因は何であれ、群集レベルでの凶作が稀におこること

を示すデータである。北茨城にはクマは生息していない。しかし、もしも他の地域で、この北茨城の1992年のような群集レベルでの凶作がおきたら、クマの秋の大量出沒の引き金になるかもしれない…などと想像が膨らむ。

東北地方の日本海側の冷温帯林はブナの優占する森林となっており、ブナの豊凶がクマなど野生生物の食物資源環境におよぼす影響は大きい。しかし、種組成においても景観構造においても、より多様な西日本の冷温帯林では、複数の樹種が複雑におりなす群集レベルでの豊凶を把握する必要がある。

ゆえに、西日本でのクマの出沒予測は、東日本に比べて難しいといえるし、出沒の年変動が東日本と西日本ではそろわない原因の一つであるかもしれない（Oka, 2006）。ナラ類などは、豊凶予測が可能となるような研究成果がまだないので、現地調査にもとづく結実状況の早期把握が重要となる。

さらなる研究へ

上述したように、クマが果実の豊凶に具体的にどのように反応しているかは、明らかになっていない。ブナとクマの関係は、いまだに状況証拠の域を出ず、われわれは単に見かけの相関を認識しているのではないか。この疑念がどうしても晴れない。

しかし最近では、クマの行動の追跡や痕跡の記録と併行して、果実の調査も組み合わせた研究もおこなわれるようになってきている。たとえば小池ら（Koike *et al.*, 2008）は、ヤマザクラの果実が高標高域ほど遅れて成熟し、それにともない、クマの果実利用エリアも時期とともに標高があがることを示した（前々章参照）。

また、筆者らの共同研究者たちは、ミズナラの結実プロセスをさまざまな標高で比較調査した結果、標高間で堅果の平均成熟時期に差はないことを明らかにした（Nakajima *et al.*, 2009）。しかし、高標高域では個体間でミズナラ堅果の成熟時期の変動が大きく、そのため、高標高域の秋の遅い時期においても大きい堅果が樹上に残り、結果として堅果資源量が多くなることもわかった（少なくとも調査した年には）。同時に、クマによるミズナラ堅果の食痕は、秋の遅い時期に高標高域でのみみられるようになったという結果も得られた。

これらの最近の研究データは、クマが秋には食料となる果実を探し求め、山の中を移動していることを暗示している。もちろん、これらとて、いまだに状況証拠にす

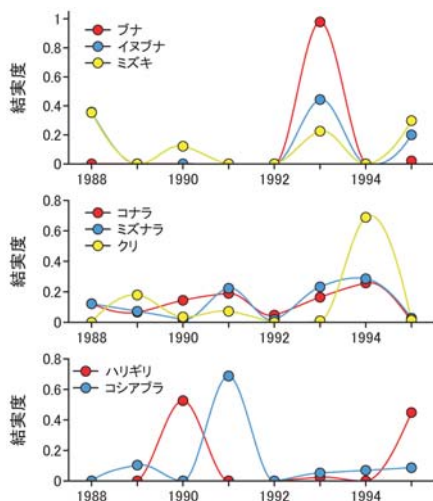


図-5 小川群落保護林におけるブナ科堅果および多肉果性果実の結実の1988～1995年における変動 Shibata *et al.* (2002) のデータに基づいて作図。期間中の結実密度を種ごとに合計し、それに対する各年の相対値を結実度として用いた。

ぎない。しかし、ブナの豊凶と出没を単純に結びつけた今までのレベルと比べれば、研究は深化しつつある。

「油断大敵」と心得るべし

クマダスは、これまでの対症療法的なクマ対策から一歩踏み出したものである。もちろん、当然のことながら、それは完璧なものではない。しかし、ここまで述べてきたように、果実の結実や豊凶にたいするクマの反応について、新しいデータが集まりつつある。こういった日進月歩の研究成果をとりいれ、システムをより高度化する試みをおこたってはならない。

極端な話、もしかすると、山の実りが豊作であるにも関わらず被害が多発するような年も将来あるかもしれない。油断は禁物である。だが、そういうときにこそ、出没の理由を分析し、その結果をシステムにフィードバックさせることが肝要である。

繰り返すが、クマ出没と山での豊凶との関連性は、ほとんど未解明の現象なのである。研究におわりはない。まして、対策においてをや、である。

われわれは、これからも山の実りとクマたちの振る舞いを、冷静に見つめ続ける必要があるものと心がけよう。

なお、スペースが限られているためにここで紹介しきれなかった研究成果については、今年の3月に出版された「エコロジー講座：生きものの数の不思議を解き明かす」（文一総合出版）の第2章、3章をご参照いただければ幸いである。

引用文献

橋本幸彦・高槻成紀（1997）ツキノワグマの食性：総説。哺乳類科学 37: 1-19.

Isagi Y, Sugimura K, Sumida A and Ito H (1997) How does masting happen and synchronize? Journal of Theoretical Biology 187: 231-239.

Koike S, Kasai S, Yamazaki K and Furubayashi K (2008) Fruit phenology of *Prunus jamasakura* and the feeding habit of the Asiatic black bear as a seed disperser. Ecological Research 23: 385-392.

小池伸介・正木 隆（2008）本州以南の食肉目3種によ

る木本果実利用の文献調査。日本森林学会誌 90: 26-35.

Masaki T, Oka T, Osumi K and Suzuki W (2008) Geographical variation in climatic cues for mast seeding of *Fagus crenata*. Population Ecology 50: 357-366.

Nakajima A, Koike S, Masaki T, Shimada T, Yamazaki K and Kaji T (2009) Altitudinal changes in the fruiting phenology of a deciduous oak in relation to the feeding behavior of Asiatic black bears. FFPRI Scientific Meeting Report 4, "Biology of Bear Intrusions": 72-75.

Oka T, Miura S, Masaki T, Suzuki W, Osumi K and Saitoh S (2004) Relationship between changes in beechnut production and Asiatic black bears in northern Japan. Journal of Wildlife Management 68: 979-986.

Oka T (2006) Regional concurrence in the number of culled Asiatic black bears, *Ursus thibetanus*. Mammal Study 31: 79-85.

Satake A and Iwasa Y (2002) The synchronized and intermitten reproduction of forest trees is mediated by the Moran effect, only in association with pollen coupling. J Ecol 90: 830-838.

Shibata M, Tanaka H, Iida S, Abe S, Masaki T, Niiyama K and Nakashizuka T (2002) Synchronized annual seed production by 16 principal tree species in a temperate deciduous forest, Japan. Ecology 83: 1727-1742.

島田卓哉・齊藤 隆・日本生態学会（編）（2009）エコロジー講座「生きものの数の不思議を解き明かす」。文一総合出版。

Suzuki W, Osumi K and Masaki T (2005) Mast seeding and its spatial scale in *Fagus crenata* in northern Japan. Forest Ecology and Management 205: 105-116.

寺澤和彦・小山浩正（編）（2008）ブナ林再生の応用生態学。文一総合出版。

食物条件がアメリカクロクマの生理、行動、生態に与える影響について

Michael R. Vaughan (マイケル R. ボーハン、United States Geological Survey, Virginia Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Virginia Polytechnic Institute and State University)

はじめに

アメリカクロクマはかつて北米に広く分布していたが、現在の分布はその一部の地域に限られている（図-1）。しかし、現在の分布範囲も多様な環境に渡っているので、繁殖パラメータや個体群の動向は地域によって様々である（表-1）。例えば、南部の繁殖率は高く、北部の繁殖率は低いなど明瞭な地域差がある。さらに、このような地域差は、南部のクマが堅果を、北部のクマは液果を主要な食物としていることなど食物資源の地域差と関連している可能性がある。（Vaughan, 2002）。

冬眠準備期でありクマの食欲が増進する秋の食物条件は特に重要である。テネシー州のスモーキーマウンテン国立公園では、冬眠準備期は9月中旬から12月中旬で

あり、年間の食物量の59.3%がこの時期に摂取される（Inman and Pelton, 2002）。

このレビューでは、クロクマと食物条件の関係を検討するために多くの研究を引用したが、7-16年間かけて行われた長期研究（Jonkel and Cowan, 1971; Rogers, 1987; McLaughlin *et al.*, 1998; Costello *et al.*, 2003）を中心に引用するように心がけた。もちろん短期的な研究からも有用な情報を得ることができるが、クマのような長命な動物につきまとう変異性を明らかにできないので、誤った解釈に陥る場合があるからだ。

Pelton（1989）は長期にわたる研究から、食物量に対してクマは生理、行動、生態の各側面において反応することを早くから認識していた。本稿ではこれらの側面



写真-1 アメリカクロクマの子の体重測定を行っている Michael Vaughan 博士

バージニア州南部の越冬穴での調査の様子。子は3ヵ月齢（Virginia Tech and the Virginia Department of Game and Inland Fisheries）。

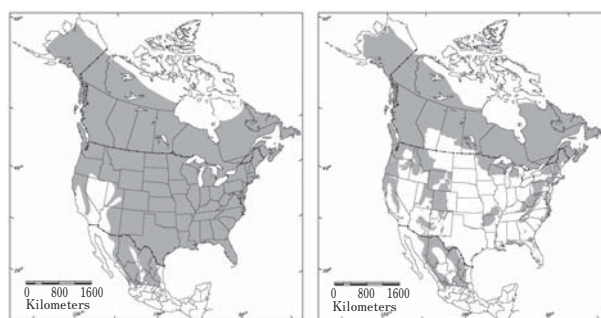


図-1 北米におけるアメリカクロクマの過去（左）と現在（右）の分布（テネシー大学 Frank Van Manen の好意による）

表-1 北米の異なる地域におけるクロクマの繁殖パラメータ

地域	初産年齢	出産間隔	産子数	1歳児の体重 (kg)	0歳児の生存率 (%)
南東部	4.1	2.3	2.3	29.0	73
	N=6	N=3	N=5	N=3	N=5
北東部	4.6	2.1	2.6	19.8	65
	N=5	N=4	N=5	N=5	N=5
北西部	5.4	2.4	2.0	19.0	63
	N=7	N=6	N=8	N=4	N=5
南西部	4.5	2.3	1.9	24.7	57
	N=3	N=3	N=3	N=3	N=2

N = サンプル数

の全てに触れるが、網羅的なものとはせず、いくつかの事例とともに概要を手短に紹介しようと思う。

生理

食物資源に影響される生理学的変数には血液やミルクの化学組成などがある。繁殖もその変数の一つだがこれは生態についてのセクションで解説する。Hellgren *et al.* (1993) は、ミネソタ州で 48 頭のメスグマの血液組成を、食物条件の良い秋と悪い秋で比較した (表-2)。赤血球数、尿酸、チロキシンについては、食物条件の良い秋に高く、平均血球体積 (MCV)、尿素窒素、コーチソルについては食物条件の悪い秋に高かった。代謝率の指標であるチロキシンはエネルギー摂取と正の相関関係をもち、尿素窒素はタンパク質摂取と正の相関関係を持つ。このことは食物条件の良い秋にはクマはエネルギーの高い食物を食べ、悪い秋にはタンパク質含量の高い食物を食べていたことを示している。食物条件の悪い秋にコーチソルが上昇していたが、これはクマのストレスが高まったことを示している。Fanzmann and Swartz (1988) もアラスカでクマの血液組成を食物条件の良い年と悪い年で比較しているが (表-3)、野外調査では、メスではヘモグロビン、オスでは血球体積が栄養状態の指標になることを示す結果を出している。

Iverson *et al.* (2001) は、マサチューセツ州のクロクマで、ミルク中の 30 種類以上の脂肪酸を調べ、それらの脂肪酸が食物条件と関係していることを報告した。表-4 に代表的な二つの脂肪酸の例を示したが、ミルク中の脂肪の割合、脂肪酸の組成で示されるミルクの

質がメスグマの食物の質を反映していることが明らかにされた。しかし、ミルクの質が幼獣の成長や生存に関係しているかどうかは調査されていない。

Schroeder (1987) はカリフォルニア州のレッドウッド国立公園とサンベルナルディノ山地のクマで生理状態比 (PCR = 体重 / 体長) を調べた。食物が制限されている地域で PCR が高いクマは食物をめぐる高い競争力をもっていると考えられるが、食物が十分に競争の対象にならない地域では、PCR は生息地の質を反映していると結論された。両方の場合とも成獣の PCR は若いクマを凌駕していた。

モンタナ州でクロクマを長年研究していた Jonkel and Cowan (1971) は成獣のオスとメスの平均体重はハックルベリー (*Vaccinium* spp) の生産量を直接反映して変動することを示した。また、メスはオスよりも食物不足の影響を深刻に受けたことも示した。バージニア州で長期研究を行った Vaughan (未発表データ) は、1997 年は深刻な凶作であったが、その翌年である 1998 年夏における成獣のオスとメスの体重は、10 年間の調査の中で最も低い値がそれに近い値にまで下がったことを明らかにした (表-5)。両方の研究とも栄養状態と食物資源との密接な関係を示している。

表-2 ミネソタ州北部、1970-1976 年の果実豊作年と不作年における 48 頭のメスグマの平均体重と血液性状 (189 サンプル)

特徴	豊作年 (N=74-89)	不作年 (N=24-93)
体重 (kg)	68.4	62.1
赤血球数 ($10^6/\text{ml}$)	8.2	7.6
尿酸値 (mg/dl)	1.6	1.0
チロキシン濃度 (ng/ml)	3.5	2.5
血球体積 (nm^3)	63.3	66.6
尿素窒素 (mg/dl)	12.6	14.2
コーチソル (mg/dl)	6.7	7.6

豊作年: 1970, 1971, 1973
 不作年: 1972, 1974, 1975, 1976
 $p < 0.05$

表-3 アラスカ州、1977-1985 年のクロクマの栄養状態と血液性状

血液性状	性	栄養状態良好	栄養状態不良
ヘモグロビン	メス	22.2 g/dl	17.0 g/dl
血球体積	オス	47.5%	42.7%

表-4 秋の食物量と冬眠中のクロクマのミルクの脂肪酸組成との関係

項目	1994	1995	1996
秋の堅果生産量	豊作	並作	不作
食物中のドングリの割合 (%)	64-82	—	5
脂肪の割合 (%)	19.8	19.6	18.0
18:2n-61	18.9	17.7	8.1
16:02	20.1	20.5	30.7

18:2n-61, 16:0 は脂肪酸の種類であり、18:2n-61 は脂肪含量、16:02 は炭水化物含量の高い食物の指標。測定値は、Hellgren *et al.* (1993) による。

表-5 バージニア州アパラチア山脈の二つの調査地での、1964-2002 年のクロクマの成獣オスとメスの夏の平均体重 (ポンド)

年	南		北	
	メス	オス	メス	オス
1994	N/A	N/A	120	193
1995	137	248	137	199
1996	135	191	126	222
1997*	146	185	131	202
1998	133	170	122	177
1999	157	220	143	213
2000	135	165	127	209
2001	137	226	125	202
2002	145	189	124	203

*: 1997 年には堅果類が全く実らなかった。N/A: データ無。

行動

食物資源に影響を受けている可能性のある行動には日周活動性、季節活動性、移動、被害、社会行動などが挙げられる。

秋になると、クマは越冬準備のため食欲が亢進し、より活動的になるという証拠がある。Garshelis and Pelton (1980) は、テネシー州、ノースカロライナ州のグレートスモーキーマウンテンのクマの日周活動性が季節的に変化することを報告している。春には、食物が少ないので薄暮型の傾向があり、液果が豊富になる夏には昼行性になり、活発になる。ドングリなどの堅果が豊富になる秋には採食行動により時間を割くようになって、夜行性の傾向になるとのことだ。Bridge *et al.* (2004) も、バージニア州で同様のパターンを見出している(図-2)。カリフォルニアのセコイヤ国立公園においても6月から8月にかけてのクロクマの活動性が食物資源の影響を受けていることを Ayres *et al.* (1986) が報告している。自然の食物を摂取しているクマは昼行性の傾向があるが、残飯など人間の食物を漁っているクマは夜行性の傾向がある。クマの活動性の日内変化や季節変化が食物資源に影響を受けていることに関する例は、他にもたくさんあり、そのパターンはどこでもほぼ同様である。

食物資源と移動の関係を調べている研究者は、一般論として、食物が乏しい場合には移動距離は増加し、食物資源が豊富な場合は移動距離が減少すると結論している。Amstrup and Beecham (1976) は、アイダホ州でクマの移動パターンには、食物として利用される植物のフェノロジーとクマによるその利用時間が関係してい

ることを明らかにした。例えば、ハックルベリーの一種 (*V. globulare*) の花期には、その群落でクマを見ることはないが、実がつき、それが熟す頃にはクマがよく見られるようになる。加えて、標高の高いところでは植物の発育が遅く、実りの標高が上がっていくにつれて、クマも標高をあげて移動する。彼らは日移動距離と食物量が逆相関することも報告している。

クロクマは食物条件に応じて、行動圏を変化させることが知られている。それは食物が不足しているときに顕著だ。例えば、Beeman (1975) は、テネシー州のグレートスモーキーマウンテン国立公園で、秋の実りが不作の年には標識グマの75%が夏と冬に使っていた行動圏から秋の行動圏に移動したが、豊作の年には25%の個体だけが行動圏を移動させたことを明らかにした。Lynn Rogers はミネソタ州で1969-1985年までに行った古典となっている長期研究(Rogers, 1987)で、食物量がクマの移動に影響を与えていることを明らかにしている。食物が少ない年には50% (N=100) のクマが通常の秋の行動圏から7km以上も離れて行動したが、豊富な年にはそのような個体は38% (N=37) にすぎなかった。また、移動距離が最長(90~201km)になったのは食物が少ない年だった。Rogers (1987) は子グマが母グマと一緒に訪れた食物が豊富な場所を覚えていて、食物が不足の年にはそこへ戻ることを示唆している。

一般に、食物が少ない時には、クマは食物が集中している地域を探し、行動圏は広がる。その結果、行動圏どうしが重複し、個体どうしが接近する機会が多くなると考えられる。その場合、単独性の動物ではまれな行動が観察されることになる。Jonkel and Cowan (1971) は、



写真-2 オスグマが電信柱で背中を擦っている様子
ノースカロライナ州海岸部の調査地で撮影
(バージニア工科大学/バージニア州狩猟・内水面漁業局提供)。

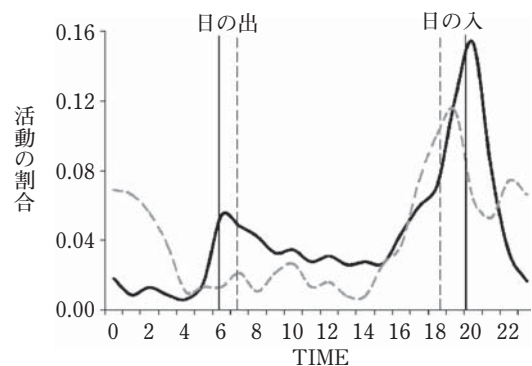


図-2 バージニア州のアパラチア山脈のクロクマの日内活動周期(Bridges *et al.*, 2004)。太線は夏のパターン、破線は秋のパターン。

モンタナ州のクマは食物が少なく集中分布しているときに、社会交渉はほとんど起こらなかったが、個体間距離が100 m 以内で採食していたことを記している。一方、Herrero (1983) はカナダのアルバータ州のゴミ捨て場で採食しているクマが順位制のある社会集団を形成していたことを報告している。社会交渉とは寛容、回避、間おきによって特徴づけられる。攻撃的交渉が起きた場合、子連れのメスは他の個体より優位であり、成獣のオスは亜成獣のオスやメスより優位である。ミネソタ州では、メスはオスが訪ねてくるゴミ捨て場を避けること (Rogers, 1987)、また、テネシー州ではメスはオスがよく利用するトゥモロコシ畑を避けることが知られている (Beeman, 1975)。従って、食物不足で他の個体と接近せざるを得ない時には、寛容になるか回避によって攻撃は減少する。

多くの州や県では、食物不足の年にはクマによる被害や駆除許可件数が増えることが知られている。例えば、ミネソタ州北部、カナダのオンタリオ州南部で食物が少なかった1985年には、被害が増え、ミネソタ州のデルースで90頭のクマが、オンタリオ州で70頭のクマが駆除された (Rogers, 1987)。これらの地域では、通常の年には、ほとんど駆除は行われていなかった。しかし、食物不足だけがクマの被害の増加の原因ではない。クマの生息数が増加した場合、分散する傾向の強い2歳のクマが増加した場合、あるいは単に報告件数が増加した場合もある。例えば、バージニア州では、1988、1990、1997年の3年、食物が少なく被害が多かったが、同じように食物不足であった1992年には被害は多くななかった (図-3)。また、食物が多かった1995年と1998年にも被害が多かった。従って、被害の増加は必ずしも食物不足とは結びついておらず、被害データは注意深く解釈すべきだ。

生態

クマの生活のほとんどすべての側面が食物条件に影響されている。生態の面で影響下にあるのは、行動圏、生息地利用、冬眠の時期、生存率、駆除、狩猟による死亡率、繁殖、繁殖の同期などである。

行動圏と生息地利用

アメリカクロクマの行動圏は、一般に性、年齢によって異なる。すなわち、オスグマはメスより、成獣は亜成

獣より大きな行動圏を持つ傾向がある。その一方で、年齢や性にかかわらず、食物が不足しているときに行動圏が大きくなる。Jones and Pelton (2003) は、ノースカロライナ州の海岸部の二つの地域でクロクマの行動圏面積を報告している (表-6a)。その一つのビッグボコシンは松の植林地がほとんどで、食物資源量が少ない。もう一方のガム湿原は低地の広葉樹林帯で食物資源量が豊富であり、前者の行動圏は後者の二倍あった。Kasbohm *et al.* (1988) は、バージニア州のシャナドア国立公園で、ウスタビガ (*Lymantria dispar*) の被害を受けた地域と被害を受けていない地域の行動圏面積を報告している。その結果、森林が枯損し食物が不足し

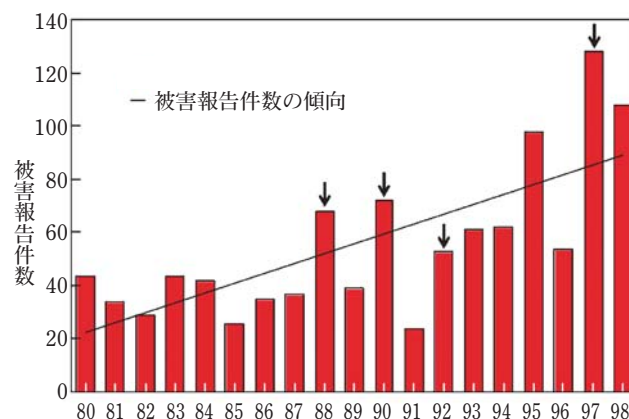


図-3 バージニア州におけるクマ被害の報告数の年変化 (1980-1998年)

矢印は堅果類が不作であった年を示す。図は The Virginia Department of Game and Inland Fisheries の好意により提供されたもの。

表-6 ノースカロライナ州沿岸部 (a) とバージニア州 (b) のブルーブリッジ山脈のクマの食物量と行動圏サイズの関係

		95% 最外郭法による行動圏面積 (km ²)		N
地域	食物条件			
ビッグボコシン	乏しい	11.0		5
ガム湿原	豊富	5.3		8

		95% 最外郭法による行動圏面積 (km ²)	
メスの状態	季節	枯損状態	健全状態
単独	秋	29.7	14.9
0歳児持ち	秋	19.0	10.9
単独	年間	40.7	26.7
0歳児持ち	年間	34.2	14.6

ている地域のクマの行動圏はそうではない地域の二倍あったことが明らかになった(表-6b)。これら二つの事例はクロクマの分布域の東南部であるが、北西部でクマが液果に依存している地域でも同様な例がある。例えば、Pelchat and Ruff (1986) は、カナダのアルバータ州で、秋にブルーベリーを主に食べているクマの行動圏を報告しているが(表-7)、ブルーベリーの生産量が低かった1976年の行動圏面積は、生産量が高かった1975年の二倍になった。また、上述の全ての例で食物不足の年には行動圏の重複が大きくなった。

生息地利用も食物資源に影響される。例えば、Schooley *et al.* (1994) はメイン州でブナの実の利用と資源量について分析したが、ブナの実が豊富な年にはその利用が高くなり、不作の年には利用が低くなった(表-8)。Davis *et al.* (2006) は、カナダのブリティッシュコロンビア州ではフェノロジーがクマの土地利用にどのように影響するかについて検討し、食物条件と人間の干渉が複合的に作用していると結論した。土地利用は食物資源量と緊密に結びついているが、植物そのものの分布だけではなく、フェノロジーと関連している。生息地のある特定の場所の利用の確率は食物資源量が大きくなる一方、人間の開発地域から離れているほど高くなる。

冬眠

秋の食物利用可能量はクマの冬眠のタイミングにも影響を与えている可能性があるが、その統一見解はでない。例えば、1) 豊作の年には生理的に越冬準備が早

くできて冬眠が早くなる、2) 豊作年には食物を可能な限り多く摂取しようとするので冬眠が遅れる、3) 凶作年は必要な体重に達するのに時間がかかり、穴ごもりが遅れる、4) クマは採食行動に必要なエネルギーが摂取できるエネルギーを上回るようになると冬眠をする(エネルギー収支マイナス説)などの説がある。Johnson and Pelton (1980) は、テネシー州では、凶作の年に穴入りは12月初めで、豊作の年に12月の終わりであったことを報告している(表-9)。アイダホ、モンタナ、ミネソタ州の研究者も同様な結果を報告している(Reynolds and Beecham, 1980; Jonkel and Cowan, 1971; Rogers, 1987)。また、秋にブナが主食のメイン州のクマの例では、ブナは一年毎に豊凶を繰り返すが、豊作の年には遅く穴に入り、不作の年には早



写真-3 樹洞にできた越冬穴から出てきた子グマ
バージニア州西部の調査地で撮影(Virginia Tech and the Virginia Department of Game and Inland Fisheries 提供)。

表-7 カナダ、アルバータ州コールドレイクにおける食物量と行動圏面積の関係

変数	1975	1976
m ² 当たりのブルーベリーの数	468	85
ブルーベリーの乾燥重量 (g/m ²)	10.4	1.8
メスの行動圏面積 (km ²)	15	23
占有面積 (km ²)	19	39
メス成獣の秋の体重 (kg)	121	89

Pelchat and Ruff (1986).

表-8 食物量とクマによる利用の関係

メスグマの生息地利用			
年	利用割合 (%)	利用可能地域割合 (%)	ブナの豊凶
1986	76.5+	62.6	豊作
1987	36.1-	62.6	不作
1988	71.7	61.2	豊作

Schooley *et al.*, 1994.

利用可能地域割合：生息地にブナ林が占める割合。

利用割合：クマがブナ林で過ごした時間割合。

表-9 テネシー州のスモーキーマウンテンにおけるクロクマの越冬開始時期への堅果の豊凶の影響

年	豊凶	越冬開始時期
1972-74	不作	12月初旬
1976-78	豊作	12月下旬
1978-79	不作	12月初旬

Johnson and Pelton (1980).

く穴に入ることが報告されている（表-10；Schooley *et al.* 1994）。このパターンは11年以上続いた。この結果からは、クマはエネルギー収支がマイナスになったときに冬眠に入ると結論された。

生存

クマの全ての年齢階級の生存率は食物資源に影響されている。Rogers（1987）は1970-1980年にかけてミネソタ州でクマの赤ん坊の生存率を計算した。妊娠した年と、出産した年に食物が豊富であった場合に、最高の生存率（88%、 $n=40$ ）となり、妊娠した年、出産した年に食物が乏しい場合に、最低の生存率（59%、 $n=37$ ）を示した。妊娠した年に食物が豊富で出産した年に食物が乏しい年、妊娠した年に食物が乏しく出産した年に食物が豊富な年には中くらいの生存率を示した（78%： $n=68$ 、68%： $n=36$ ）。Rogers（1987）は1歳グマの生存率が3月の体重と相関することも報告している。3月に10kg以下の個体は生存率が低く、13kg以上の個体の生存率は高かった（表-11）。

分布域全体にわたってアメリカクロクマは狩猟の対象となっており、狩猟が死亡原因の大部分を占めている。他の死亡原因には交通事故、密猟、駆除などがある。Ryan *et al.*（2007）は、ウェストバージニア州で狩猟以外の死亡率を検討したが、狩猟以外の死亡率とカシの豊凶が逆相関することを見出した（図-4）。狩猟以外の死亡率の第一位は交通事故で、食物が乏しいと食物を探すクマの移動距離が増加することを反映している。駆除と密猟の増加も食物を探して人里へ移動してくるクマの行動を反映している。

Noyce and Garshelis（1997）は、ミネソタ州にお

表-10 メイン州における堅果の豊凶の越冬開始時期への影響

繁殖状態	N	1986	N	1987	N	1988
妊娠	8	11月2日	1	10月22日	20	11月7日
1歳	7	11月7日	—	—	5	11月12日
単独	6	11月17日	13	10月10日	6	11月16日
0歳子持ち	1	11月1日	5	10月10日	—	—
豊凶		豊作		不作		豊作

表-11 ミネソタ州における1歳児の3月の体重と生存率の関係

満1歳児の3月の体重	生存していた個体数	
	発信機装着個体	再捕獲
< 10 kg	6頭中0頭	19頭中1頭
10 - 13 kg	9頭中7頭	18頭中9頭
> 13 kg	15頭中15頭	31頭中22頭

ける狩猟による死亡はヘーゼルナッツとドングリの生産量と関係していることを報告している。食物量が減少すると狩猟での捕獲量は増加した。これは食物が豊富なところにメスが集中し、銃で捕獲されやすくなることと関係しているようであった。McDonald *et al.*（1994）も、マサチューセッツ州のクマの狩猟数は食物条件と関係していることを報告している。すばらしく食物が豊富な年には、農地近くで捕獲されるクマは1%に過ぎないのに、食物量が乏しい次の年には40%ものクマが農地近くで捕獲された。これは、クマは自然の食物が少ない年には人里の食物を目指してくることを示している。

繁殖

アメリカクロクマは4-7ヶ月間冬眠するため残りの8-5ヶ月間に栄養を蓄積する必要がある。また、アメリカクロクマの育児期間は15-17ヵ月と長いので、通常、隔年出産をする。しかし、子グマが冬眠中あるいは冬眠穴を出てすぐに死んでしまうと、母グマには、翌年に再び出産する可能性が生じる。

このようなアメリカクロクマの繁殖が食物条件の影響を受けているという確固とした証拠がある。Rogers（1987）の古典的な長期研究ではミネソタ州で10月1日に67kg以下であった17頭のメスはどの個体も子どもを産まなかった。一方、80kg以上のメスでは34頭中、32頭が出産した。また、食物が乏しい年の翌年には

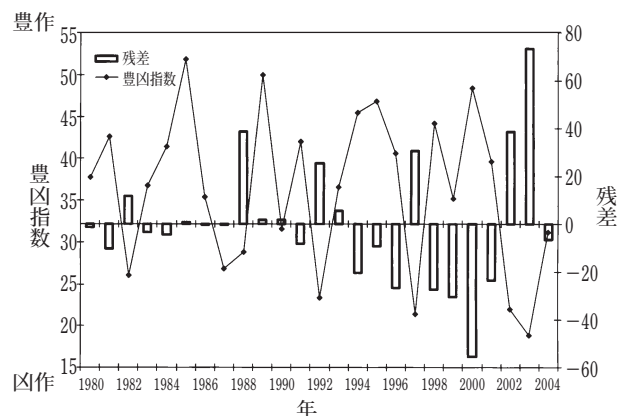


図-4 ウェストバージニア州の堅果生産量と狩猟以外の死亡率との関係

残差：死亡率の予測値と実際の値の差。予測値は実際の死亡率を従属変数、年を独立変数として直線回帰して得られる。

33%のメスしか子どもを伴っていなかったのに、かなり食物が豊富であった年の翌年には59%のメスが子どもを伴っていたことを報告している(表-12)。Elowe and Dodge (1989) は、マサチューセッツ州でも同様に、成熟したメスが、豊作の年にそうでない年よりも高率で繁殖したことを報告している(表-13)。Schwartz and Franzmann (1991) は、アラスカ州で、1969年の山火事で食物が豊富になった地域では、乏しい地域より(1947年火事)、初産年齢が早く、出産間隔が短くなったことを報告している(表-14)。Costello *et al.* (2003) は、ニューメキシコ州のクマで同様の結果を報告している(表-15)。Costello *et al.* (2003) は、ドングリとジュニパーベリーの生産量と0歳の生存率、1歳の子を伴っているメスの割合、0歳の子と1歳の子を伴っているメスの割合に有意な関係があることを報告した。Costello *et al.* (2003) は、長期研究からドングリの生産量は出

生率と加入率に大きな影響を与えることを示した。すなわち、不作の年には出生率が60%落ち、加入率が70%も落ちた。さらに、彼らは、完全に不作にならない限り繁殖は負の影響を受けないと結論した。

繁殖の同期も食物条件と関係している。一般には、毎年メスの40-60%が繁殖をし、隔年出産になることが知られている。しかし、同期する場合は、隔年出産は同じだが、80-100%のメスがある年に出産し、0-20%のメスが次の年に出産することになる。このような繁殖の同期はある年にドングリの不作でその年の繁殖が失敗することによる。このような時、それまで正常に繁殖していたメスは栄養不足で繁殖しなかったり、胎児期あるいは出産直後に子どもを失ったりするのだ。子どもを早く失うことにより、そのメスは、次の年に、予定通り出産するはずのメスとともに出産し、出産が同期することになる。最初にこの繁殖同期が報告されたのはニューヨーク州である(Free and McCaffrey, 1972)。この例では、偶数年には1-3歳の子の捕獲が多いのに対して、奇数年には2歳の子の数が多いことを報告された(表-16)。しかし、その原因については特定できなかった。



写真-4 アメリカクロクマの母と3.5ヵ月齢の子 (Virginia Tech and the Virginia Department of Game and Inland Fisheries 提供)

表-12 ミネソタ州において食物条件が異なる年の子連れ(0歳児)率

食物の豊凶	N	子連れ個体の数 (%)
不作	43	14 (33)
並作	39	17 (44)
豊作	39	23 (59)

表-13 マサチューセッツ州における秋の果実の豊凶と繁殖が成功した成熟メスの割合

年	豊凶	繁殖	
		成熟メスの数	出産メスの数
1980	豊作	5	5
1981	凶作	8	2
1982	並作	7	6
1983	並作	7	7
1984	豊作	5	4
1985	不作	6	2

Elowe and Dodge (1989).

表-14 アラスカ州ケナイ半島のクマ個体群の活性度

活性度	山火事の年	
	1947	1969
ヘラジカの個体密度 (/km ²)	0.3 - 1.3	3.3 - 3.7
クロクマの個体密度 (/1000 km ²)	205	265
1歳子の割合 (%)	14	23 *
クマ1頭当たり、捕食された0歳児の数	1.4	5.3
初産年齢	5.8	4.6 *
出産間隔	2.4	2.0 *
成獣メスの体重 (kg)	56	62 *
冬眠穴中の1歳メスの体重 (kg)	16	22 *
0歳児の生存率	0.74	0.91 *

* : 有意差有

表-15 ニューメキシコ州におけるメスグマの繁殖成功と果実の豊凶との関係

繁殖成功	豊凶			
	豊作	並作	不作	凶作
失敗(N = 18)	—	17%	22%	61%
成功(N = 52)	8%	25%	54%	14%

Costello *et al.* (2003).

表-16 ニューヨーク州のクロクマの繁殖同期の証拠

年齢クラス	捕獲個体中での割合				
	1964	1965	1966	1967	1968
1	41.5	5.9	37.0	10.9	30.7
2	4.0	35.4	5.4	31.2	8.1
3	17.2	9.4	21.6	6.3	17.7

Free and McCaffrey (1970).

McLaughlin *et al.* (1994, 1998) は、メイン州では3つの調査地の内1つであったスペクタクルポンドで、ブナの隔年結実をしているが、そこでは繁殖同期をずっと続けていることを示した。Bridges (2005) は1992年と1997年の不作によって1993年と1998年に繁殖同期が起こったことを示した(図-5)。

繁殖同期の結果、ある年にメスの多くが子を生むという出産パルスが生ずる(Miller, 1994の図-2)。ある年に子が多くなると繁殖同期をもたらした不作年の4年から6年後に2歳の個体の分散が多くなる。このような0歳児の加入によって、後年に捕獲数が高くなったり(例えば、Free and McCaffery, 1972、あるいはバージニ

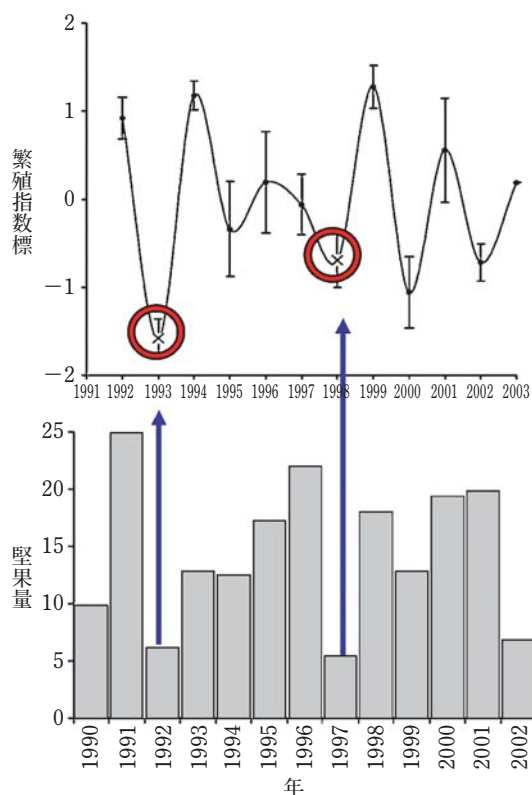


図-5 バージニア州における堅果（ドングリ）の生産量とクロクマの繁殖同期

図は、the Virginia Department of Game and Inland Fisheriesの好意により提供されたもの。繁殖指標は次の5つの指標から計算する：1) 越冬時に新生児をもっているメスの割合、2) 夏に新生児をもっているメスの割合、3) 加入指標、4) 捕獲個体の中の2歳児の割合、5) 夏に捕獲された2歳児の割合。堅果量：一本の木の10枝当たりのドングリの平均数。

ア州の捕獲データ；図-6)、被害が増加したり、交通事故が増加したりする場合がある。不作年は繁殖の同期を引き起こすが、食物条件が安定してくると通常の繁殖サイクルに戻る(Bridges, 2005)。

おわりに

このレビューによってクマの生活のほとんど全てが食物条件によって影響を受けていることを示すことができたと思う。ある場合には、その影響により、人とクマの交渉が増加する(例えば、人里で食物を漁るクマが増加したり、人里への若い個体の分散が多くなったりし、人身事故や物損被害が増加する)。しかし、管理者は、クマの個体群と食物供給をモニターすることによって、人里へクマがどんなときに出没するか予測することができるようになる。また、よく考え抜かれた教育プログラムで地域住民に普及啓発を行い、出没した場合に生ずる問題にどう対処すべきか準備してもらうことができるだろう。

(大井徹訳)

引用文献について（翻訳者から）

ページ数制限の関係で省略しますが、森林総合研究所関西支所のホームページ(<http://www.fsm.affrc.go.jp/Nenpou/other/proceedings-bear20081121-22.pdf>)に原文とともに引用文献が掲載されています。必要な方はそれを参照してください。

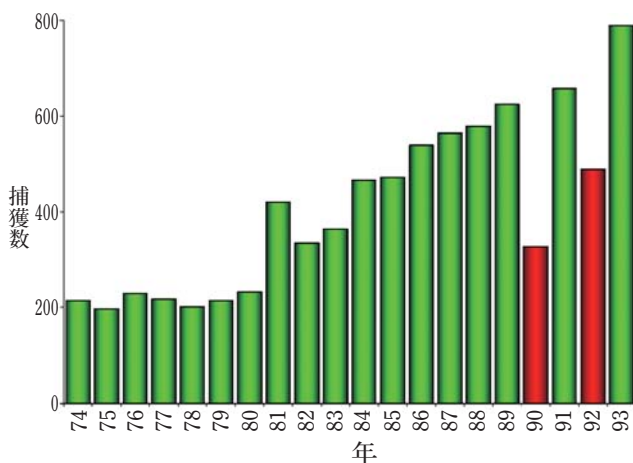


図-6 バージニア州における1974-1993年までのクロクマの捕獲数の変動(図は、野生動物研究所のAndrew Bridgesの好意により提供されたもの)

夏の灌水から学ぶもの

二階堂 太郎

(にかいどう たろう、国立科学博物館 筑波実験植物園)



私が勤務するつくば植物園には、至るところに給水栓があります。さらに井戸水なので水道料金を気にする必要がありません。施設がら当然といえば当然ですが、夏場の灌水を何の苦労もなくできることに毎日大きな安堵感があります。造園会社に勤務していた時、灌水には結構な苦労がありました。当時はそんな風に思ったことなどなかったのですが、給水栓のある仕事になれてしまった今、夏になる度にいろいろな事を思い返します。

灌水は5月の連休頃から始まり、最盛期は7～9月です。ムシムシと暑い街中で、1000リットルのタンクを積んだダンプと平行して歩きながら、街路樹に灌水している場面を見たことはないでしょうか。日陰などどこにもない工事途中の公園で、太陽と地面の照り返しに焼かれながら、タンクの残量にハラハラして灌水する様子もオーソドックスです。さて、これらの話のキーワード、それは「水タンク」です。私の経験では、植栽工事をした場所のほとんどに給水設備はなく、灌水はタンクとエンジンポンプによるものでした。水タンクは灌水できる量が限られる難点がありますが、どこにでも水を運べるという強い利点があります。水を田んぼ脇の用水からポンプで吸い上げ、1日に何回も取水を繰り返して現場を駆け回るので。

そもそも、造園会社はなぜ灌水をするのでしょうか。それは植物が好きだと言う精神論ではなく、工事に必ず付いてくる「枯れ保障」という切実な問題があるからです。植栽してから一年後、枯れているものは無償で植え替えなければなりません。そんな理由で植栽後も現場に足を運んで管理をするのですが、会社が植栽した全ての植物に毎日灌水をしてやることは出来ませんでした。枯らさない為の管理に掛かる費用は設計に入っていないのが当たり前で、全て企業努力によって賄うルールだからです。枯らせば損失、枯らさない努力も損失。弱らない程度の必要最低限の管理をする事が、もっとも会社の利益を守る手段と思われる。が、これがとにかく難しい。どんな天候時に、どの位のサイズの樹木に、どれだけ水を与えれば良いのか？教科書のようなものは一切あり

ません。まずはエンジンポンプから送り出される水の勢いで、単位時間あたりにどのくらいの量が出るのかを体にしりこんでいきます。あとは手探りで経験を重ね、弱らない程度の量をなんとなくつかんでいくしかないのです。しかし、どんなに経験を積んでも対応に困るものがあります。それは弱った植物達です。特にそれが金額の大きい植物であった場合や、植え替えにかなりの手間が掛かると読めた場合など、それが分かった瞬間に心臓がドクンと鳴ります。祈りながら灌水し、決めていた量を超えてもやめることが出来ません。ほかの植物に与えるはずの水がなくなっていくにつれ、どの植物を生かした方が金銭的に得なのかを計算し始めます。何日も晴天が続いて土はカラカラ、明日も間違いなく猛暑だと分かる夕焼け空、予定では当分この現場に来ることは出来ないという状況。それなのにタンクの水はもうすぐ底をつく。私は今でもその時の胸に広がっていた取り止めのない不安を、灌水の度に思い出します。そして給水栓がある今の状況に、何だか感謝をしてしまうのです。

自分が世話をした植物の翌年の姿を見ることは、その植物に必要であった灌水の量を知ることが出来る唯一のチャンスです。そこで、他の現場に行くときや休日に外出した際などに、ちょっと遠回りをして何度でも状態を確かめに行きます。そして、運がよければとても貴重な場面に遭遇します。自分の予想を超えて、無事に夏越えをしたはずの植物が枯れ、瀕死であった植物が元気に枝葉を伸ばしている結果が見られることがあるのです。植物の生死は単に水やりだけで決まっているわけでないと言う、あまりにも当然であるその事に、前年の灌水から半年以上経ってやっと気づかされるのです。

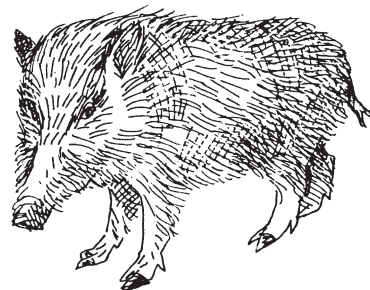
.....
著者プロフィール

二階堂太郎：1970年生まれ。山形大学農学部林学科修士課程修了。新潟市の株式会社らう造景（旧 後藤造園）に勤務。現在は筑波実験植物園の非常勤職員として植物管理部門に所属。樹木医、森林インストラクター。

イノシシ

—生態と感染症から見た安全な付き合い方—

仲谷 淳・宇仁 茂彦

(なかに じゅん、中央農業総合研究センター・
うに しげひこ、大阪市立大学医学部)

1. はじめに

イノシシによる人身事故が新聞を賑わすようになった。これには、イノシシの生息域の拡大が関係しているようだ。環境省自然環境保全基礎調査によると、2003年の生息域は1978年に比べて30%増加している。全体的な傾向として、分布域の北上と平野部への進出が見られる。分布の北上には暖冬による少雪化が影響しているらしい。イノシシは本来「里山と平地の動物」だが、これまで人間が里山を活発に利用したため、イノシシは山の中で生活し、里へは危険を避けて近づかなかった。しかしながら、過疎化や住民の高齢化などで里山での人間の活動が低下したことから、しだいに平地に戻りはじめている。このため、人間とイノシシが遭遇する機会が増加しているのだろう。また、この間、狩猟と駆除を含めた捕獲数は10万頭弱から25万頭（2005年度）へと大きく増加し、イノシシ肉の利用も各地で活発化している。本稿では、イノシシと遭遇したときの対処法および安全な獣肉利用について、イノシシの生態や習性、また、人獣共通感染症などを紹介しながら解説する。

2. イノシシとはどんな生き物か？

イノシシは足が短いために雪が苦手で、日本海側の豪雪地帯には生息しないが、北海道と市街地を除いては、ほぼ日本全域に分布する。西日本を中心にニホンイノシシ (*Sus scrofa leucomystax*) が、南西諸島にはリュウキュウイノシシ (*S. s. riukiuanus*) が棲み、両者はユーラシアを中心に広く分布するイノシシの亜種とされる。ふつう、体重はニホンイノシシで100kg、リュウキュウイノシシで50kg止まりで、大陸に棲むイノシシと比べると小型である。イノシシはずんぐりした弾丸型の体型をもち、疾走すると時速40kmを超え、まさに「猪突猛進」する。しかしながら、肉食獣に襲われたり、人間から逃げる場合などを除き、滅多に走らない。猪突猛進という言葉は、イノシシが人間や犬に追われて必死に逃げる様から付けられた表現で、イノシシを観察する者から見ると誤解と言える。イノシシの性格はむしろ温和

であり、家畜化されてブタがつくられている。イノシシは雑食性であるが、実際はほとんど植物食で、他の野生獣を襲って食べることはない。

イノシシは基本的に単独型の社会構造をもつ。2才以上の成獣では、雄は単独で、雌はふつうその年生まれの子供と一緒に生活する（写真-1）。雄と雌は交尾期の数日間以外は分かれて行動し、雄は子育てに参加しない。ただし、ときには血縁関係にある母親が数頭集まって大きなグループをつくることがある。母親から独立した1才の亜成獣はしばしば同腹でグループを形成する。

イノシシが棲む野山に、里の住民やハイカーがよく入るが、イノシシと出会った人は少ない。それは、イノシシが人間を避けて行動しているためで、夜行性を示すのもその1つである。寝場所もまた、人間を避けて選んでいる。寝ている時は、人間が至近距離まで近づいても、じっとしてやり過ごす。宮崎県でススキをドーム状に積み上げてつくったイノシシの巣を見つけ、その大きさを測ろうとメジャーを当てた瞬間、イノシシがススキの中から飛び出して逃げた。呆然としたが、今はイノシシの我慢強さとトラブルを避ける性質によるものと思っている。

3. イノシシに遭遇した時の対処法

人が野山でイノシシに出会ったとき、イノシシが人を襲うことは稀で、ふつうはイノシシの方から逃げる。しかし、手負いになったり、犬に追われたり、冬の発情期で雄が興奮していたり、あるいは至近距離で突然出会った場合などは、襲ってくることがある。また、イノシシが背中の方でがみを逆立て、歯をカッカッと鳴らして威嚇して近づいてきた場合には、とくに警戒が必要である。体表に縞模様のある子ども（うり坊）に出合った場合、近くに必ず母親がいるので、近づいたり追いかけたりしない。イヌを連れていると、猟犬と見なして襲ってくることがある。イノシシにとって、イヌは、体の大小を問わず、どう猛な生き物と映る。



写真-1 単独雄（左）と母子グループ（右）

このため、イノシシが向かってきた時は、必ずイヌを放して逃がす。

イノシシと出会った時の安全対策として、できるかぎり冷静になって相手の出方をうかがいたい。イノシシが興奮している場合には、背を向けたり、急に走って逃げたりすると、さらに刺激することになる。また、石を投げたり、棒を振り回してはいけない。イノシシと向かい合ったままで、ゆっくりと後退し、速やかにその場を立ち去りたい。万一に備えて、登れそうな木や隠れる立ち木があるかどうかなど、周囲を見渡す余裕が大切である。傘があれば、広げて隠れるのもよい。

住宅地などにイノシシが侵入した場合、取り囲んだり、むやみに捕まえようとしてはいけない。もしそうすれば、イノシシはさらに興奮し、闇雲に突進したり、人に噛みつこうとする。基本は、イノシシを興奮させずに、山に帰るよう誘導することである。兵庫県六甲山麓にある住宅街では、人慣れしたイノシシをよく見かける（写真-2）。そこの住民は「玄関をあけたら、目の前にいることがあるが、別に怖いイメージはない」と言う。住民もまたイノシシに慣れている。人間に慣れて近づくイノシシには、逃げずに逆に追いかけるとイノシシが逃げていくが、これは経験のない人には難しい。この場合、何もしないで立ち去ることが安全である。人間の生活圏とイノシシの活動圏が極端に重なる場合には、あらかじめ、イノシシとの付き合い方を考えておく必要がある。

イノシシに襲われて噛まれた場合、多くは内出血を



写真-2 人に慣れたイノシシ

起こし、皮膚が大きく腫れ上がる。雄は長く伸びた犬歯（牙）をもつが、後ろに反っているため、相手を襲うのにはあまり効果はない。ただし、脇を通り過ぎる時は、急に首を後ろに振って、牙で引っかけることがあるので注意したい。けがをした場合は、できるだけ早く医師の診察を受ける。

野山で罾に掛かったイノシシと遭遇することがある。人間が近づくと死にものぐるいで突進し、足に掛かったワイヤーで足首を切って襲いかかることもある。丈夫な箱罾であっても、イノシシが捕獲されている罾には近づかない方がよい。罾の設置場所の周辺には、捕獲許可証



が目立つように掲示されている。誤って人間が罾に掛かることもあるので、野山に入る場合にはこの掲示に注意したい。

イノシシが人間の生活圏に入り込むと、交通事故の危険性が増加する。イノシシが出没する地域を走行する場合は、運転に気をつけ、スピードの出し過ぎに注意したい。また、運転中にイノシシと出合っても、決してイノシシをひき殺すようなことを考えてはいけない。鳥獣保護の精神にもとらうえ、違法行為でもある。車の修理費がかかり、時には運転者や同乗者がけがを負う。

4. 人獣共通感染症とその予防法

イノシシの増加にともない、各地でイノシシ肉の利用が推進されている。また、イノシシの生息域で、私たちは生活や野外活動をしている。そのために、イノシシに関係する人獣共通感染症を理解し、その予防策をとる必要がある。表-1は、主な感染症について、その感染経路と予防法を示している。

E型肝炎は、2003年から2005年にかけて、鳥取県・福岡県・長崎県で、イノシシの生肉や生の肝臓を喫食した11人の内、8人が発症し、1人が急性劇症肝炎になって死亡した。熱帯・亜熱帯地域はE型肝炎の流行地で、人々は主に飲み水から肝炎ウイルスに感染する。わが国は非流行地とされているが、少数の人がブタ・イノシシ・シカなどの肉を食べて感染し、発症している。肉や肝臓の生食をやめ、加熱（63℃、30分）することによってウイルスの感染を予防できる。

腸管出血性大腸菌（STEC O157）がウシ・シカ・ブタから分離されているが、イノシシが感染源になるかどうかは現在不明である。動物学的に同種であるブタが保有動物であることを考えると、イノシシがこの細菌を保有する可能性がある。予防には、肉や肝臓の加熱（75℃、

1分間）が必要である。

1972年から1985年にウェステルマン肺吸虫症の241例が九州で報告され、その感染源はイノシシと考えられた。それまでは、人が川のモクズガニ（第2中間宿主）を食べて肺吸虫に感染することが知られていたが、さらに肺吸虫の幼虫を持つイノシシ肉を食べることによっても感染することが分かった。肺吸虫は人の肺・腹部・脳などに寄生し、重篤な症状をひきおこす。予防法はイノシシ肉の生食を避け、75℃以上に加熱することである。

線虫類のドロレス顎口虫の成虫はイノシシの胃壁に寄生する（写真-3）。虫卵は糞便と共に排出され、水中で幼虫が孵化してケンミジンコに入り、次に溪流魚（アマゴやアユなど）に取り込まれる。人がこの溪流魚を生食すると、顎口虫の幼虫が人体に入り、皮膚爬行症をひきおこす。わが国で58例（九州から42例）が報告されている。予防法は溪流魚を刺身で食べず、

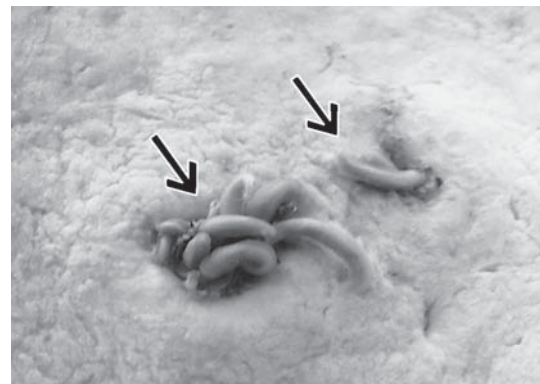


写真-3 イノシシの胃壁に頭部を侵入させて寄生しているドロレス顎口虫成虫（矢印、実際のサイズ、長さ0.6～2.0cm）

表-1 イノシシに関する主な人獣共通感染症

疾 病	感染経路	予防法
E型肝炎	肉や肝臓の生食	肉や肝臓の加熱
腸管出血性大腸菌感染症	肉や肝臓の生食	肉や肝臓の加熱
ウェステルマン肺吸虫症	肉の生食	肉の加熱
ドロレス顎口虫症	溪流魚の生食	溪流魚の加熱
フィラリア症	ブユによる吸血	長袖シャツや長ズボンの着用、 ブユ忌避剤の使用
マンソン孤虫症	肉の生食	肉の加熱
ダニ刺咬症	野山の散策、 イノシシとの接触	長袖シャツや長ズボンの着用、 ダニ忌避剤の使用、 ゴム手袋の着用



75℃以上に加熱することである。

フィラリア類（線虫類）の1種であるオンコセルカがイノシシに寄生している。このオンコセルカの媒介者（中間宿主）はブユで、イノシシとともに人も吸血して伝播させる。九州で5例の人体寄生例が見つかり、症状として皮膚の炎症や腫脹が見られた。ブユの吸血を予防するために、長袖シャツや長ズボンを着用し、またブユ忌避剤を使用するのがよい。

イヌやネコに寄生するマンスン裂頭条虫の幼虫はカエル・ヘビ・スッポン（第2中間宿主あるいは待機宿主）に寄生し、またイノシシの体腔や筋肉にも見いだされる。人がイノシシ肉を生で食べると幼虫が体内に入る。その後、幼虫は目・脳・皮膚などに移行し、重い炎症をひきおこす。予防法はイノシシ肉を75℃以上に加熱することである。

イノシシから感染する訳ではないが、イノシシの血液検査で、ツツガムシ病リケッチアや日本紅斑熱リケッチアの抗体が検出されている。イノシシが生息する野山でツツガムシの幼虫に刺されたり、マダニ類に咬着されると、人もまたこれらのリケッチアに感染する危険性がある。ツツガムシ病では、発熱・頭痛・リンパ節の腫脹などが見られ、日本紅斑熱では、発熱や皮膚の紅斑が見られる。症状がある場合には、医師の診察を受ける必要がある。

ダニ類は地表や草木に付着して、野山を散策する人に咬着する。また、狩猟者や解体従事者がイノシシに接触する時に、ダニに咬着されることがある。咬着の予防には、ダニ忌避剤の使用、長袖シャツや長ズボンの着用、また、イノシシに接触する時にはゴム手袋の着用を心がけたい。ダニが皮膚に咬着した場合、無理

に引っ張るとダニの口器が切れて皮膚に残り、痒みや炎症が数カ月続く。できれば、医療機関で皮膚を小さく切開して、ダニの先端部も共に切除してもらうのがよい。

5. おわりに

近年、イノシシの分布域が拡大し、人間の生活圏と重なるようになってきた。そのために、人とイノシシが遭遇する機会が増え、軋轢が生じている。イノシシは干支にも数えられ、なじみ深い動物でありながら、私たちはイノシシの本当の姿をよく知らない。このため、野生のイノシシと聞くだけで、多くの人は過剰な反応をとってしまう。また、感染症の知識がない場合、獣肉を生食して病気になることがある。本稿によって、イノシシの生態と行動がよく理解され、人間とイノシシの間に起こる軋轢が軽減されることを願っている。

参 考 文 献

- 木村 哲・喜田 宏 編 (2004) 人獣共通感染症. 447pp, 医薬ジャーナル社, 大阪.
- 仲谷 淳 (1996) イノシシ. (日本動物大百科哺乳類Ⅱ. 日高敏隆編, 平凡社, 東京). 118-121.
- 乗松克政 (1986) 肺吸虫症. 呼吸 5 : 144-151.
- 高橋春成編 (2001) イノシシと人間. 406pp, 古今書院, 東京.
- Uni, S., Bain, O., Takaoka, H., Miyashita, M. and Suzuki, Y. (2001) *Onchocerca dewittei japonica* n. subsp., a common parasite from wild boar in Kyushu Island, Japan. Parasite 8: 215-222.

ヤブツバキ資源を活用した地域活性化への貢献

—ツバキの新機能活用技術及び高生産性ツバキ林育成技術の開発—

久林 高市 (くばやし たかし、長崎県農林技術開発センター森林研究部門)

1. はじめに

近年、全国的に「地域資源を活用した地域活性化」が盛んに叫ばれています。長崎県においても様々な取り組みが進められています。本土から約90km西に位置する五島地域では、豊富に自生するヤブツバキ（以後、ツバキという）を使った地域活性化に期待する機運が高まっており、試験研究に対しても様々な要望が寄せられています。ツバキの利用開発や育林技術についてはこれまでほとんど試験研究が行われておらず、不明な点が多く残されていました。そこで、五島地域の活性化のために地元自治体に取り組むツバキに関する振興施策への試験研究分野からの貢献を目的として、ツバキの利用開発とツバキ林育成について取り組んでいます。ここでは、ツバキに関する試験研究の取り組みの経緯とその状況をご紹介します。

2. ツバキに関する試験研究への取り組みの背景と経緯

日本に分布するツバキ科ツバキ属の樹木には、ヤブツバキ、ユキツバキ、サザンカ、カンツバキ、ハルサザンカ、チャノキがあります¹⁾。ヤブツバキ（写真-1）は、その学名 *Camellia japonica* が示すとおり、外国では台湾、中国東部や朝鮮半島南部に分布するのみで、国内では本州以南に分布しています。特に、沿岸地域で生育が良いとされ²⁾、日本人には古くから親しまれている樹種の1つです。

長崎県の五島地域には178haのツバキ林があり³⁾、県内ツバキ林のほとんどが五島地域に分布していることから、当該地域を特徴付ける樹種となっています。また、長崎県のツバキ油生産量は全国1～2位を占め、そのほとんどは五島地域で生産されている（図-1）^{4)、5)}こ

とから、ツバキ油は五島地域の地場産品の1つとなっています。

このようななか、五島地域に豊富に自生するツバキを地域振興にもっと役立てることは出来ないか？ との話が地域住民、自治体職員及び関係業者等から聞かれるようになり、行政分野だけでなく、試験研究分野にも様々な要望があがってきました。

これを受けて、平成16年度に長崎県農林技術開発センター、同工業技術センター、同五島振興局林務課、五島市観光協会、新上五島町振興公社で、ツバキに関する



写真-1 ヤブツバキの花

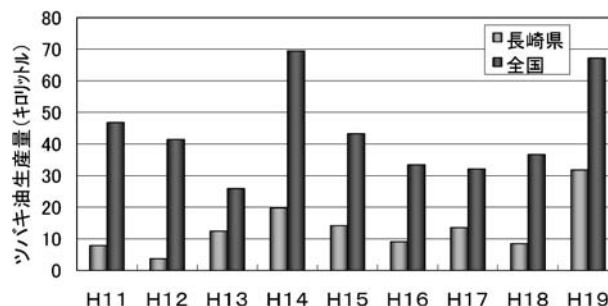


図-1 ツバキ油生産量の推移

実態調査として関係者や一般消費者への聞き取り調査等をおこない、ツバキ油の生産流通やツバキ林の現状と問題点、そのほか試験研究の余地について検討しました。その結果、加工分野として「ツバキ油とツバキ葉や花弁の利用技術」、育林分野として「ツバキ実生産性向上のためのツバキ林育成技術」を柱とした研究に平成17年度から取り組みを開始しました（県単独事業）。この研究メンバーには、長崎大学大学院、長崎県農林技術開発センター、同工業技術センターのほか、五島地域でツバキ油の生産あるいは製品化や販売の実績があり公益性の高い団体として五島市観光協会と新上五島町振興公社が参画しました。平成19年度までに、まず、ツバキ油に関するアンケート調査により、ツバキ油を「使わない」あるいは「使用を中止した」おもな理由が独特の臭いやベタツキ感であることが分りました。そこで、臭いを軽減するためのマスキングとして、精製したツバキ油に五島地域で無農薬栽培している甘夏の果皮エッセンスを添加した製品を開発し、名称をツバキ（Camellia）と五島（ゴトウ）を組み合わせ「カメリア510」（写真-2）としました。この製品は、現在、新上五島町振興公社が製造販売し好評を得ています。この製品は、容器やパッケージ以外はすべて五島地域内で生産・製造されたものであり、できるだけ五島地域内で付加価値をつけたいという地元自治体の意向に沿った製品となりました。このほか、ツバキ葉、油かす、花弁等について調査を行いました。また、ツバキ林育成に関する試験につい



写真-2 製品化された「カメリア510」
30ml 入りと 10ml 入りの 2 種類

ても開始することができました。育林分野の試験は、短期間では結果が出にくいので、その後引き続き調査をすることになりました。これまでに得られた成果は、長崎県のホームページ（<http://www.pref.nagasaki.jp>）に掲載されています。

これまでに得られた知見等をもとに平成20年度からは農林水産省から研究資金を得て（農林水産技術会議：新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業）、試験研究に取り組んでいます。研究課題の内容は、利用加工分野の柱として「ツバキの新機能活用技術の開発」、資源育成分野の柱として「高生産性ツバキ林育成技術の開発」です。以下に、その概要を述べます。

3. 新機能活用技術開発の概要

(1) 新たなツバキ油製品の開発

これまでにこなった様々なアンケート調査の結果、新たなツバキ油の需要層を開拓するためには、需要阻害要因を解消することが必要と考え、上述したマスキングではない新しいツバキ油製造法を検討しています。ここでは、品質が高く高付加価値化が可能な製品を目指して、長崎県農林技術開発センター、同工業技術センター、長崎大学付属病院が担当しています。また、五島市観光協会と新上五島町振興公社が製品化及び販売戦略の検討を担当し、様々なアンケート調査や試作品のモニター調査、販売体制等を検討し、実用化への取り組みを進めています（写真-3）。

(2) ツバキ葉を使った製品の開発

ツバキ油以外に葉や花弁は使えないのだろうか？ との考えから、様々な調査分析・試行錯誤を行い、ツバキ葉については食品分野での用途を検討することにしまし



写真-3 搾油施設（新上五島町振興公社）

た。ツバキ葉は五島地域内に豊富にあり、加工も地域内で可能です。目標とする飲料の実現に向けて、加工法、成分、機能性及び安全性、製品化、販売体制等を長崎県農林技術開発センター、同工業技術センター、長崎大学大学院、長崎県立大学、五島市観光協会及び新上五島町振興公社がそれぞれ担当し、取り組みを進めています。食品ですので、当然美味しくないと売れないことが予想されますが、試作品段階では美味しいと好評を得ています。安全性が確認され次第、本格的にアンケート調査を実施し、製品形態や販売体制を検討する予定です。

4. 高生産性ツバキ林育成技術開発の概要

(1) 高生産性ツバキ林誘導技術の開発

五島地域ではツバキ実（写真-4）は種子を拾うのではなく、果実をもぎ取る方法で従来から採集されてきました。天日干しで割れた果実から種子を取り、さらに種子だけを天日干しをするのが五島地域で従来から行われてきた方法です。五島地域のツバキ林は、近年耕作放棄地の一部に植栽したものを除けばほとんどがいわゆる二次林です。通常、五島地域では、ツバキ以外の樹木を除いて（天然林改良）ツバキの純林を仕立て、ツバキ実を採集しています。しかし、ツバキの成長に伴い次第に樹高が高くなり、樹冠も閉鎖して、ツバキ実の生産性は低下しています。また、そのような林では採集作業は危険な場合も多く、作業効率も悪い状態のまま推移しているというのが現状です（写真-5）。

そこで、ツバキ林の断幹による更新を考えました。高く伸びすぎたツバキの幹を途中で伐採し、萌芽枝を生か

して新たな樹冠を形成させ、生立本数を調整し、ツバキ実生産性が高く、ツバキ実採集作業が安全で作業効率の良いツバキ林へ誘導することを目標にしています。所有者等へ普及定着を図るには、この方法で行った場合のツバキ実生産量の推移等を数値で示し、ツバキ林所有者が納得することが必要です。断幹はすでにある方法ですし、果樹の分野ではその後の仕立て方等も確立しているものもあります。そのため、関連資料等を検索しましたが、ツバキについての調査試験の事例がこれまでにないことから、新上五島町等の協力を得て試験区を設定し、調査を行っています（写真-6、写真-7）。このような調査で得られたデータをもとに資料を作成し、普及用として活用されることを期待しています。これは農林技術開発センターが担当しています。

(2) 「五島つばき」の遺伝的変異の解明

五島地域内のツバキ林所有者等からしばしば五島に自生するツバキについて他地域との差異を尋ねられます。そこで全国各地、中華民国のご協力を得て、ヤブツバキの集団間変異の検討を行っています。これは、農業のような単一系統・品種の栽培ではなく、五島地域に自生するヤブツバキを遺伝子集団として捉え、全国に自然分布するヤブツバキの集団間変異を評価するものです。葉緑体DNAを用い、識別するマーカーを開発し、全国のヤブツバキと比較しています。これにより「五島つばき」の独自性を販売戦略などに活用できればと期待しています。これは農林技術開発センターが担当していますが、一部森林総合研究所林木育種センターのご協力を得ています。また、ヤブツバキの遺伝的変異の解明にあたりヤ



写真-4 ツバキ実



写真-5 樹高が高くなりうっ閉したツバキ林



写真-6 断幹試験林（本数率 25% 処理区）



写真-7 断幹後 4 年経過した本数率 100% 処理区の樹形

ツバキのサンプル提供を快諾されご協力をいただきました関係各位に対しまして厚くお礼申し上げます。

5. 地域資源を活用した地域振興への期待

ツバキに関するこれら一連の取り組みは、五島地域からの要請によって開始されました。試験研究の進捗状況については、毎年、地元自治体関係各課、県の関係各課、関係団体等に対して報告会を開催しています。この課題は、資源の育成分野から加工、製品化、販売までを想定した広範囲な内容になっています。地域にすでにある資源を活かして地域内で付加価値をつけることを念頭に地域活性化に貢献することを考える場合、栽培分野から加工・流通分野までを包含した課題を設定し、産学官で連携して試験研究に取り組むだけでなく、県も含めて地元自治体や関係団体とも連携して取り組みを進めることで何らかの貢献が実現するものと確信しています。特に、過疎化高齢化が非常に深刻な状況で経済的基盤も厳しい離島地域においては、地元からの期待感を強く感じています。

これまでに新上五島町では平成 19 年 3 月に「つばき産業振興計画（つばきアイランドプラン）」を策定し、10 年間で具体的な活動内容が計画されています。また、五島市も平成 21 年 3 月に「つばき振興計画」を策定し、5 年後の目標と取り組む方策を示しています。各自治体では、それぞれの振興計画に基づき、県や国の事業を積極的に取り入れながら、計画の実現に向けて鋭意取り組みを進めています。また、NPO 法人「五島の椿と自然を守る会」のほか、五島地域にツバキに関連するボラン

ティア団体が相次いで設立され、長崎県が平成 19 年度に創設したながさき森林環境税を活用して様々な活動を積極的に展開しています。このように、五島地域内ではツバキへの関心が高まっており、地域活性化の素材としての可能性に期待が高まっています。ツバキに関する本研究チームの活動がこのような地元の動きに少なからず貢献してきたと自負しているところです。

ツバキに関する試験研究は、利用加工分野、資源育成分野とも地元の要請を受けて今後さらに展開することが期待されており、地元自治体の振興計画の実現と地域活性化に向けて試験研究分野から引き続き貢献したいと考えています。

引用文献

- 1) 日本の樹木（2000）山と溪谷社，林弥栄：751pp.
- 2) 有用広葉樹の知識（1985）（財）林業科学技術振興所：514pp.
- 3) 長崎県林務課内部資料.
- 4) 管内林業の概要（1998～2007）長崎県.
- 5) 特用林産基礎資料（1998～2007）林野庁経営課特用林産対策室.

細胞レベルで見た樹幹内の水の動き —流れる水と流れない水—

黒田 克史

(くろだ かつし、森林総合研究所)

シリーズ
うごく森 11

はじめに

樹幹内の水というと何を思い浮かべますか。根から取りこまれる水、光合成に使われる水、葉で蒸散される水など、どれも幹を大きく流れる水を思い浮かべるかもしれませんが。この大きく流れる水は、樹木の辺材の一部の細胞だけを流れています。もう一つ、辺材の水と独立して存在すると考えられている水があります。流れないと考えられているこの水は、樹木の心材にあります。心材の細胞は、水を蓄積するまでに一度水を消失させてから再充填することがスギを用いた研究から分かってきました。今回は、辺材を流れる水と心材の流れない水という2つの水の動きについて紹介します。

流れる水

樹木は呼吸、光合成、あるいは温度の調節などのために水をたくさん利用しています。土壌から根に吸収された水は、樹幹を介して必要な器官に運ばれます。この水は樹液といい、樹幹内の樹液の流れを樹液流といいます。樹液流の流速は明確な日内変化をします。流速は昼に最も早くなります。昼に蒸散が活発に行われるため樹幹内の水分量が減少し水分要求が高まるためと考えられています。樹液流は早い樹幹で1時間に10m以上動くと考えられています(網野他 1998, Umebayashi *et al.*, 2008)。樹液は樹幹を一気に上昇することが分かります。

樹液が数十メートルという高さまで移動する仕組みは「水ポテンシャル」という用語を用いて説明されます。水ポテンシャルとは、水が持っているエネルギー量の指標です。水ポテンシャル(Ψ_w)は圧ポテンシャル(Ψ_p)、浸透ポテンシャル(Ψ_s)、マトリックポテンシャル(Ψ_m)、重力ポテンシャル(Ψ_h)の合計の圧力として表されます。

$$\Psi_w = \Psi_p + \Psi_s + \Psi_m + \Psi_h$$

詳細は参考論文等(Pallardy, 2008, 野並 2001 など)を読んでいただくことにして、ここでは思いきり簡単に説明します。「水は高いところから低いところへ

流れる」のです。この「高い」「低い」は圧力の高さです。樹木内部は外部(大気)よりも低い圧力になっており樹幹内の水は常に引っ張られている状態です。注射器で水を吸い上げているときの状態とよく似ています。蒸散などにより葉の細胞で水が少なくなると、葉の細胞の圧力が「低く」なります。隣接する枝と比べると、葉の圧力が「低く」枝の圧力が「高く」なるため枝から葉に水が流れるのです。すると次に枝の圧力が「低く」なり、その枝へ圧力が「高い」幹から水が流れ、また次に圧力が「低く」なった幹に圧力が「高い」根から水が流れ、圧力が「低く」なった根に向かって圧力が「高い」土から水が流れるのです。このような仕組みにより、葉で水が少なくなると水は土壌から根に吸収され、樹幹を通って一気に移動しているのです(図-1)。

では、この流れる水、樹幹の内部のどこを流れているのでしょうか。幹の辺材全ての細胞を使っているわけではなく、太い木でも外側の年輪だけが水を移動させていることがわかってきました(Umebayashi *et al.*, 2008)。電子顕微鏡で観察した研究から(Utsumi *et al.*, 1996; 1998; 2003)、針葉樹では外側の数年輪の仮道管を通り、広葉樹の散孔材樹種(道管が散らばって分布する)では外側の数年輪の道管が、環孔材樹種(大道管が年輪境界に沿って、それ以外の小道管が散らばって分布する)では一番外側の孔圏道管がほとんどの通水の役割を担っています(図-2)。

樹幹内の水を見る方法

ここで樹幹内の水をどのように見るのかについて紹介します。水がどこを動いたかを調べる方法は、本誌でも取り上げられていますが(鈴木 1997)、幹に穴を開けて染色液を注入し伐採した断面の染色された部分を観察する方法が簡単で確実と考えられています(Sano *et al.*, 2005, Umebayashi *et al.*, 2008)。一方、樹木内部の水がどこにあるのかを調べるのは意外と難しいので

す。すでに述べましたが、樹幹内部の水は強く引っ張られているため、樹木を切ってしまうと液体の水は元々あった場所から移動してしまうからです。小さな植物体では、磁気共鳴画像装置（MRI）や中性子線を用いて生きたままの内部の水分を可視化する手法も提案されていますが、大きく育った樹木ではこれらの方法は適用でき



図-1 秋田県二ツ井町のきみまち杉
推定樹齢 250 年のこの大木は 58 m の高さまで水を吸い上げる。

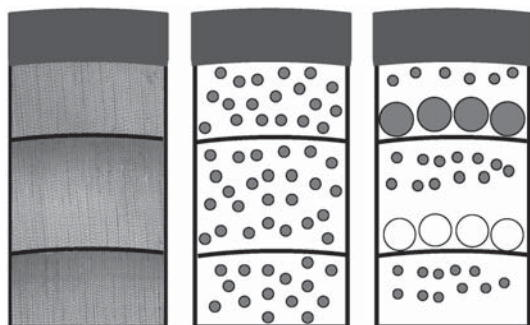


図-2 樹液が流れる辺材部の模式図
針葉樹（左）では外側数年輪の仮道管、広葉樹散孔材（中）では外側数年輪の道管、広葉樹環孔材（右）では当年輪の大道管と数年輪の小道管を樹液は流れる。Utsumi *et al.* (1996, 1998, 2003) のデータを元に作図。

ません。そこで立木凍結法と低温走査電子顕微鏡（クライオ SEM）を組み合わせた手法が用いられています（黒田他 2007, Sano *et al.*, 1995）。立木凍結法は樹木を立っている状態で凍らせてから伐採する方法です（図-3）。そのため樹幹内の水は凍った状態で保持されます。クライオ SEM は水を氷として観察することができる電子顕微鏡です。この方法を用いると、いったん凍結によって固定された樹木内の水の有無をそのまま観察することができます。

流れない水

さて、樹木の成長に直結する辺材の流れる水は、幹の外側部分を大きく動いています。しかし、樹木を伐採すると幹の中央部も濡れているのが分かります。幹の内部にも水があるのです。この水が「流れない水」です。流れない水の多くは樹木の心材と呼ばれる部分に溜まっています。

心材は、成熟した樹木の中央部にできます。辺材で養分を貯蔵していた柔細胞も含めてすべての細胞が死んだ部分で、心材成分と呼ばれる化学成分を蓄積します。スギやヒノキやサクラやヤチダモなど多くの樹種では周辺部の辺材よりも濃い色をしているので簡単に区別できます（図-4）。心材に含まれる水分量は樹種や個体ごとに様々です。水分量が辺材よりも心材のほうが多い樹木は水食い材あるいは多湿心材と呼ばれており、樹種や品種を特徴付けています。日本の林業に欠かせないスギでは品種によって心材にたくさんの水を含むものがあることがわかっています（藤澤他 1995）。また北海道に多い



図-3 立木凍結法の実際
樹幹に取り付けた漏斗に液体窒素を注ぎ樹幹を凍結させ、凍結後に伐採する。

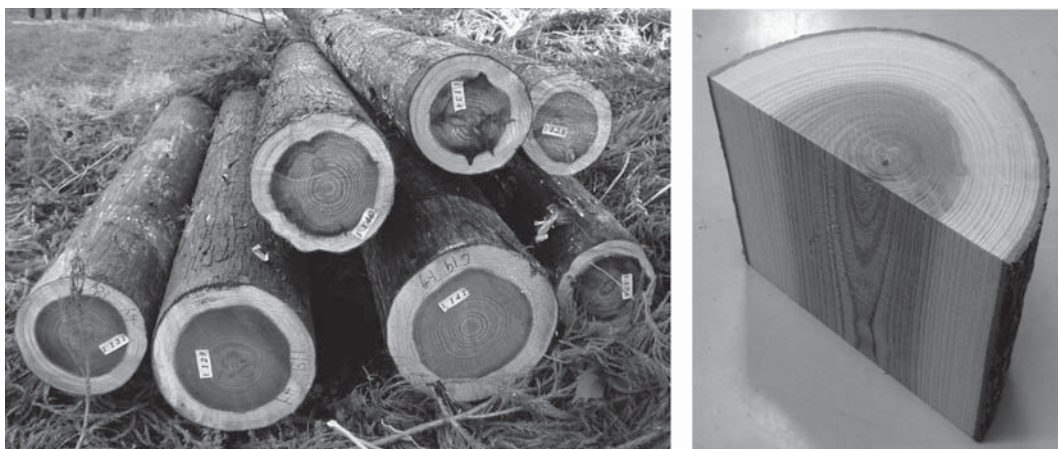


図-4 幹の中央部に形成された心材
スギ (左) とヤチダモ (右)

トドマツなどでは冬の低温で幹が割れる凍裂が発生することがありますが、水食い材がこの原因の一つと考えられています (佐野 1996)。

ところで、心材の水は本当に流れないのでしょうか。最初に言い訳をしてしまうと、拡散などによる動きがあると考えられていますので、心材の水がまったく動かないわけではありません。ただ辺材の樹液流のような大きな流れはなく、また、辺材の水とは独立して存在していると考えられています。ではこの独立した心材の水はどのように蓄積されたのでしょうか。細胞レベルで調べると心材の形成過程と密接な関係があることがわかりました。

心材の水はどう動くのか

図-5 をよく見てください。スギでは辺材と心材の間に白い部分があるのが分かります。この部分は辺材が心材になる移行材で白線帯と呼ばれています。ブロックを切り出して水分量を測定すると、辺材では水分が多く、白線帯では著しく少なく、心材では品種によって多い場合と少ない場合があることが分かっています。伐採してすぐのスギを軟エックス線写真で撮影すると、水分量が多い心材の周囲は水の少ない白線帯で囲まれているのが明らかなです (図-5)。いったい水はどのように分布しどこから供給されるのでしょうか。

筆者らは辺材から心材に変化する過程で水の分布がどう変わるのかを上述の立木凍結法とクライオ SEM を用いて調べました (Kuroda *et al.*, 2009)。早材仮道管内の水の有無を調べてみると、辺材では細胞内は水で満た

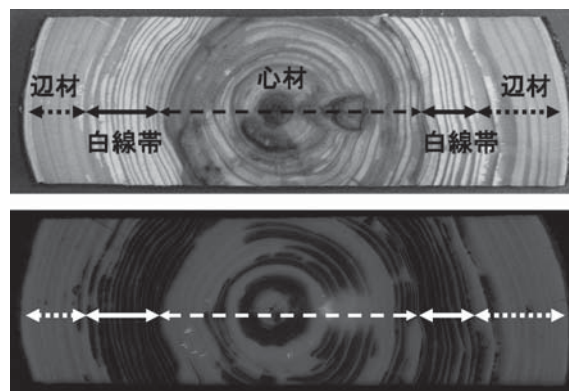


図-5 スギ木口面の接写 (上) と軟エックス線写真 (下)
辺材と心材の間に白線帯が確認できる。紺部分には水がない。軟エックス線写真 (ネガ像) では白く見えるところは水があり、黒い部分は水がない。

されていたが、白線帯では細胞内が空洞で水が無いのが分かります (図-6)。水分量が多いスギの心材を観察してみると、今度は細胞内に水があることが分かります (図-6)。樹木の成長過程と合わせて考えると、細胞は、辺材では水で満たされており、白線帯になるときに水を失い、そして心材になる時に再び水で満たされるのです。

このように水の消失と再充填は心材の形成過程と連動しています。心材がどのようにしてできるのかは残念ながらまだ解明されていませんが、スギの木部が白線帯である期間は数年と考えられています。すなわち、心材形成過程と連動する動かない水は、数年間かけてコントロールされているのです。

辺材を流れる水とは明らかに違う水の動きの駆動力や、関連する心材形成の真相はまだ謎が多く残されています。また、ここまで説明してきた早材の仮道管（一年輪の早い時期に形成された細胞）とは異なり、晩材の仮道管（一年輪の後半に形成された細胞壁が厚い細胞）は白線帯でも心材でもほぼすべて水を蓄積したままであることも分かってきました。同じ年輪内でも違う動きをする水をもつことは面白い現象です。このような水の動きを解明することが樹木の心材形成機構の解明の糸口になると考えられます。

おわりに

樹幹内の水の動きを細胞レベルで可視化すると、すばやく動く辺材の流れる水から、年単位で動く心材の流れない水までであることが分かります。樹木が伸長や肥大成長する量は毎日見ても分からない程度です。外からは分かりませんが、樹幹の内部にはその成長のために非常にたくさんの水が動いているのです。一方、心材形成過程で動く水が、心材形成機構にどのような役割があるかは分かっていませんが、水の動きが関係することは間違いないでしょう。心材の形成は樹木だけに見られる独特の現象で、樹木を腐朽から守り長寿命の一旦を担っているとも言われています。樹木が日々成長し、また長寿命を保つために、すばやく移動する水も数年かけて移動する水もどちらも重要です。樹木における水の役割を知るには、大きな流れも小さな変化も逃さず捉えていく必要があります。

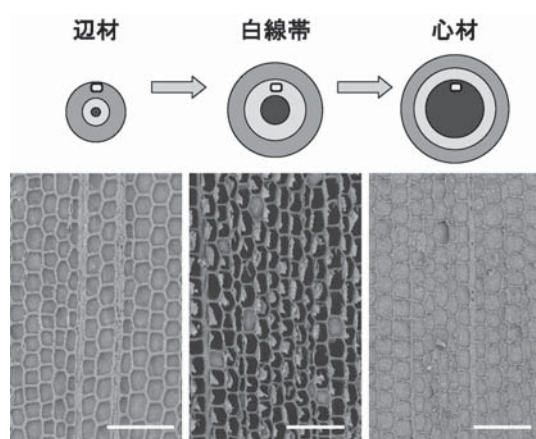


図-6 スギ木部のクライオ SEM 写真
早材仮道管内腔の水は、辺材→白線帯→心材と成長すると、水あり→水なし→水ありと変化する。

引用文献

- 網野 真一 他 監訳 (1998) 植物生理学 (Pflanzenphysiologie) シュプリンガー・フェアラーク東京, pp.598.
- 藤澤義武他 (1995) スギ心材含水率のクローンと林分による変異. 木材学会誌, 41: 249-255.
- 黒田克史他 (2007) 樹木の中の水を見る. 研究の“森”から, 森林総合研究所編, 159.
- Kuroda, K. *et al.* (2009) Cellular level observation of water loss and the refilling of tracheids in the xylem of *Cryptomeria japonica* during heartwood formation. *Trees*, Published online.
- 野並浩 (2001) 植物水分生理学. 養賢堂, 東京, 日本, pp.263.
- Pallardy S. (2008) *Physiology of woody plants*, 3rd ed. Academic Press, London, UK. pp.454.
- Sano Y. *et al.* (1995) Detection and features of wetwood in *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*. *Trees*, 9: 261-268.
- 佐野雄三 (1996) 樹木の凍裂発生要因の研究. 北海道大学農学部邦文紀要, 19: 565-648.
- 鈴木雅一 (1997) 樹液流. 森林科学, 21: 41.
- Umebayashi T. *et al.* (2008) Conducting pathways in north temperate deciduous broadleaved trees. *IAWA Journal*, 29: 247-263.
- Utsumi Y. *et al.* (1996) Seasonal changes in the distribution of water in the outer growth rings of *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*: a study by cryo-scanning electron microscopy. *IAWA Journal*, 47: 113-124.
- Utsumi Y. *et al.* (1998) Visualization of cavitated vessels in winter and refilled vessels in spring in diffuse-porous trees by cryo-scanning electron microscopy. *Plant Physiology* 117: 1463-1471.
- Utsumi Y. *et al.* (2003) Seasonal and perennial changes in the distribution of water in the sapwood of conifers in a sub-frigid zone. *Plant Physiology*, 131: 1826-1833.

胞子をピンセットでつまみ上げてはかる

岡部 宏秋 (おかべ ひろあき、森林総合研究所)

土壤中に生息する糸状菌の胞子のサイズはおおむね数ミクロン、実体顕微鏡では手に負えない。しかし、陸上植物の8割以上と共生するアーバスキュラー菌根菌 (AM 菌) の胞子は大きい。その大きさは数十から数百ミクロン、直径が0.5mm ともなれば肉眼でもはっきりと見え、ピンセットで拾い上げることができる。

胞子をカウントする

土壌からこの大きな胞子を集めるには、土壌のふるいを用いて水で洗い出す。操作に多少の習熟を要するものの、あきらめるほどに難しくはない。微生物のイメージが変わるかもしれない。メッシュサイズが 50 および 100 ミクロンのふるいにそれぞれに残った胞子を数えるのと分けしやすいく。

AM 菌の胞子

現在知られている AM 菌は 14 属で約 200 種、とても少ない。AM 菌には大きくわけて偽接合胞子と厚膜胞子があり、胞子には核が数百から数万あるとされている。おおまかではあるが、前者は大きくて単一に形成し、後者は小さくて多様

な形がある。純粋培養が困難なグループではあるが、ポットを用いて植物に接種し増殖させることができるものが多い。土壌 1 リットルあたり 1 万個前後から百万個前後まで増やすことができるので実用化されている。胞子は、ミカンのような房を持った胞子体、綿に包まれたような胞子、堅固な胞子塊、ルーズなかたまり、菌糸の先端に密度高くぶら下がったクラスター、単一であるなどさまざまな生育形をもつ。AM 菌の体は、これら胞子に連なる菌糸、一部のアクセサリー細胞、植物の根に侵入している菌糸、根の細胞中の菌糸からなる。

胞子のいろいろ

これほど多様なものを胞子数として比較するのは問題がある。ならば、同種であれば胞子数の比較は問題ないといえるだろうか。たとえば AM 菌の一種である *Glomus clarum*。根の中にあたかもイクラのように、また生物の死骸などの中に胞子塊をつくることがある一方で、単一形成もみられる (写真-1)。住みかとなる土壌の性質は胞子形成に大きく影響する。また、*Ambispora* 属などでは、

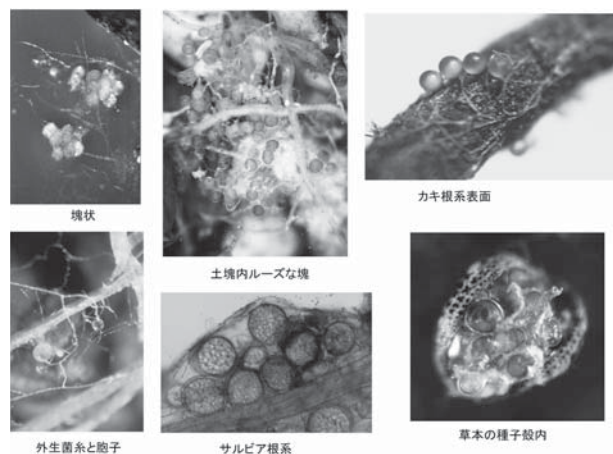
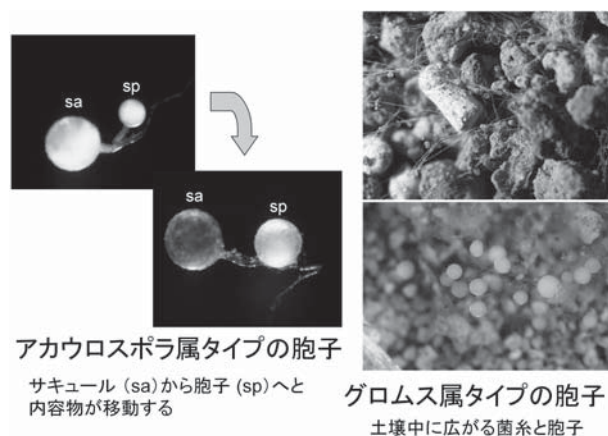
アカウロスポラ属タイプとグロムス属タイプの 2 タイプの胞子を形成する (写真-2)。多くは前者だが、後者も大量に形成することがあり胞子をつくる前のサキュールという細胞が胞子に似ており戸惑う。胞子齢にも注意する。接種後数ヶ月と数年後を比較するとよくわかる。前者は新しい胞子のみであるが、後者は形成初期から成熟、あるいは枯死した胞子を一堂にみることになる。困ったことに、こういった情報が少ない。種の特性を知らないと、数値の読み誤り、見過ごしや過少過大の評価をくだすことになる。

AM 菌が誘う

このグループの起源たるや生半可ではない。それは、植物が陸上に登場し過酷な土壌環境のもとで微生物との触れ合いを始めたころに遡る。証拠がある。菌根の細胞組織や胞子までもが 4 億年前の化石としてプリントされ、それは今を生きているものとそっくり。しかし、AM 菌は種数が少ないにもかかわらず個々の生活情報はほとんど謎のベールに包まれている。この大きな胞子は見えない共生の世界への橋渡しのように思える。

参考文献

Smith SE and Read DJ (2008) Mycorrhizal Symbiosis Third Edition, pp.787, Academic Press.

写真-1 *Glomus clarum* が形成する胞子のいろいろ写真-2 *Ambispora* が作る 2 タイプの胞子

風害の危険地をはかる

黒川 潮（くろかわ うしお、森林総合研究所）

はじめに

毎年、日本列島周辺には多くの台風が上陸、接近し、大雨や強風により災害を引き起こします。強風による森林被害（風害という）は非常に多く、平成19年度の統計では気象災害による森林被害面積6,376ha中2,680haとなっており、最も高い割合を示しています。間伐を行い、スギ・ヒノキに代表される人工林の成長を促進し、幹を太くすることで、強風にもある程度抵抗性を持つことが出来ますが、それでも最大風速が20m/秒以上の暴風になると、林木が倒れる風倒被害発生確率が高まります。そこで、あらかじめ風害危険地域を推定することが出来れば、林木が倒れる恐れのある危険な場所を避けて林木を植えることが可能となり、風害による森林被害面積の減少につながると考えられます。今回は風害発生危険地域の推定方法について述べます。

強風の吹きやすい場所をはかる

風害の危険地を推定するためには、風倒被害の起きやすい最大風速20m/秒を超える場所がどこに位置するかを調べる必要があります。現在、全国に約850箇所設置されているアメダス観測地点で風向・風速を観測しており、その結果をインターネット経由で入手することが可能ですが、観測地点はおおよそ21km間隔で設置されているため、これより細かい間隔で風害発生危険地域を推定するためには数値解析に頼る必要があります。

これまで我が国に接近・上陸した

台風の中で、大きな森林風倒被害をもたらしたときの経路を検討した結果、日本海沿岸北上型、四国・近畿・中部地方横断型、太平洋沿岸北上型の3経路に区分する事が出来ました。そして図-1に示す経路を進行して大規模な森林風害を引き起こした台風である1959年台風15号（伊勢湾台風）、1981年台風15号、1991年台風19号の風向・最大風速データを用いて、海上風の計算手法として使用されており上空の風分布を推定可能な台風モデルと、応用気象学分野で使用されており上空の風分布から地上風を推定可能なマスコンモデルにより台風通過時の風速分布の解析を行いました。3つの台風における解析結果をGIS上で重ね合わせることで3次メッシュ（約1km×1km）単位で北海道から九州までの風速推定図を作成し、最大風速20m/秒以上となる場所を抽出して強風推定図としました。

強風推定図と実際の被害地との比較

風が強い場所では風害が起きやすいため、作成した強風推定図はそのまま風害危険箇所になりうると考えられますが、本当にそうなのかどうかについての

検証作業を行う必要があります。伊勢湾台風時の森林被害地が強風区分図の強風域に含まれているなど、強風推定図の作成に使用した個別の台風については風害との相関関係が明らかにありました。

さらに、この強風推定図が解析に使用したものと別の経路の台風でも風害危険地の推定に使用できるのかどうか検証を行いました。1996年台風17号により静岡県の富士山周辺部で発生した風倒被害地の位置を強風推定図に重ねたところ（図-2）、一致しない地点もあるものの概ね最大風速20～30m/秒の強風域の地点で被害が出ていました。風がさらに強い最大風速30m/秒以上と推定されている地点で被害があってもよさそうですが、このような場所は尾根または標高の高いところで人工林の少ない場所に相当しているため、人工林の風倒被害が発生しなかったものと思われます。現在、同様の検証作業を現地調査や空中写真、リモートセンシングを使用して得られた全国各地の風倒被害地データを用いて行っており、これまでの検証結果から強風推定図が森林風害危険地の推定に使用できると期待されています。

参考文献

- 吉武孝・黒川潮・鈴木覚（2009）台風モデル解析による強風分布図作成の試み。関東森林研究60：245-248。
黒川潮・吉武孝・鈴木覚・加藤徹・渡井純（2009）台風モデルを用いて作成された風害発生危険区分図の風害発生予測精度検証。関東森林研究60：249-252。

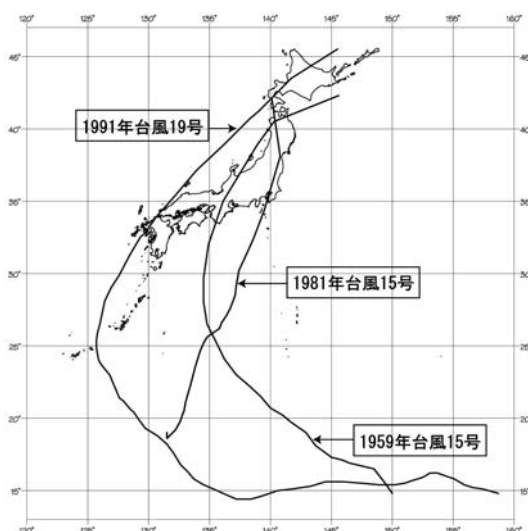


図-1 強風分布図作成に用いた3つの台風の進路

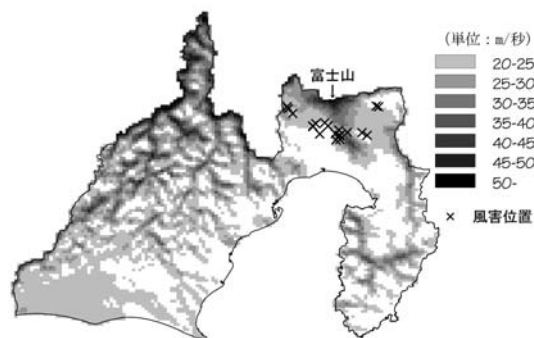


図-2 強風推定図と実際の風害被災地との比較

記 録

第 14 回森林施業研究会シンポジウム 「技術的視点から見た伝統林業の現状と将来」の報告

中川 昌彦（なかがわ まさひこ、北海道立林業試験場）

第 14 回森林施業研究会シンポジウムが「技術的視点から見た伝統林業の現状と将来」と題して京都大学で 2009 年 3 月 28 日に開催され、約 100 名の参加があった。伝統林業については皆さんよくご存じのことと思うので、ここでは伝統林業が直面する問題点と、発表後の討論を中心に報告させていただきたい。

I アテ林業の現状と問題点

石川県林業試験場の小谷二郎氏に、アテ林業を紹介していただき、近年における問題点とその打開策について話題を提供していただいた。

アテとはヒバの能登地方の呼び名であり、アスナロよりも北方に分布している。本格的な造林は江戸時代中期の 1780 年以降で、大規模な一斉造林は昭和 40 年代から行われてきた。アテは耐陰性が高いため複層林の下木に適している。しかし初期成長が遅いため、実生苗はほとんど生産されていない。

アテの資源量は石川県の針葉樹人工林の 13% なので安定供給が困難であり、アテ材は主として能登地方で造林され流通している。材価は、スギは 20 年前に比べて 5 分の 1 から 3 分の 1 にまで下落したが、アテは漸減が横ばいである。特にアテの造作用材は 5 万円 / m³ であるため、林業経営がまだ可能な場合もある。末口 22 cm 以上の材は造作用に、また 14 ~ 18 cm の材は柱材として使われている。アテは 1998 年の台風害で大径材が不足しているため、生産量は漸減傾向にある。1986 年以降スギの造林面積が急減し、10 年前からはアテの造林面積がスギを上回るようになった。アテは

主に複層林の下木として植えられており、複層林造成の要請を受けて造林面積が増えた時期があったが、初期成長が遅いため最近ではアテの造林面積も減少傾向にある。

択伐林は放置されると、林内の照度が低下して下木が枯れるため、一斉林に近い林分になってしまう。アテの材価はスギほどには下がっていないため、スギよりはまだ魅力があるが、柱材の需要が減少して収益が出にくくなってきたため、放置されて択伐林型が崩れてしまった林分が増えてきている。

またクサアテを中心に、胸高直径 15 cm 前後で漏脂病が目立ってきている。そこで漏脂病に罹病していない個体を増殖したり、他の系統を奨励したりしている。

初期成長を改善するため、大苗の植栽や施肥試験を行っている。また、早期に収入を得るため 10 ~ 20 年生でサビ丸太の生産を行い 30 年生で柱材の生産を行う試験を実施するなどして、アテ早期多収穫モデルを作製しているところである。

II 今須択伐林の現状と未来

岐阜県森林研究所の大洞智宏氏には、今須択伐林の施業や現状と問題点、将来展望について話題提供をしていただいた。

今須の択伐林施業は、岐阜と滋賀の県境に近い岐阜県西部の不破郡関ヶ原町今須で行われている。今須地区の 2,500 ha のうち 2,200 ha が山林で、そのうち 1,100 ha が択伐林である。今須の択伐林業は、天然生林の「ぬきぎり」が始まり

といわれており、江戸時代末期にはスギやヒノキの異齡多層林が形成されていた。明治時代になり集約的な施業が発達し、明治 20 年代には択伐林としての技術が確立した。

昔の今須林業では、伐木と製材を同じ業者が行っており、今須材へのこだわりがある施工主や大工の注文に応じて、伐木業者が注文に応じた立木を探して立木を買いつけていたので、受給のバランスがとれていた。ところが現在では、住宅が非木造化したり、地域材へのこだわりが消失したり、材価が下がったりしている。また林地の所有規模が小さいため、林業への経済的な依存度が低下する中、安いなら伐らないという森林所有者が増加している。一方で製材業者も地域外から材を買うようになり、今須材の需要が低下している。このため、従来なら収穫されていた大径の上層木が伐採されなくなり、林分蓄積や大径木の本数は増加しているものの、林内照度の不足によって下層木が枯死するか、成長不良となっており、現在ではかろうじて択伐林型が保たれている状態となっている。また、材質から見ると、上層木が適度に収穫されないと、下層木が光を求めて幹曲がりが生じ、アテ材が発生してしまう。さらに、施業意欲が減退することによって、高所での枝打ちや択伐林での伐倒などを行うことができる施業技術を持つ後継者が不足してきている。

このように存続の危機に瀕している今須林業を将来どうするかについて、3 つの選択肢が考えられる。1 つは択伐林を維持せずに一斉林に近い林型へと誘導することである。ただし、林地保全のため

に過密なまま放置することはせず、中下層木を伐採する必要がある。2つめは択伐林型を維持することである。そのためには上層木をまとめて伐採し、下層木の成長を促す必要がある。ただし、材価が安いために経営意欲が減退しているの、上層の木を多めに伐採して作業コストの軽減に努める必要がある。3つめは緊急避難的に択伐林を維持する措置として、形質不良の中・下層木を伐採することである。これは現在材価が安い上層木を伐りたくないという森林所有者の意向を取り入れて、かつ択伐林型を維持しようというものである。

今頃林業の衰退は材価の低迷が大きな原因であり、上記にあげた伐採方法の工夫だけでなく、作業コストの低減につながるような経営的な工夫が必要である。

Ⅲ 北山林業について

京都府京都林務事務所の岩田義史氏には、北山林業の歴史、問題点とそれに対する取り組みについて話題提供をしていただいた。

北山林業とは、京都市北区中川地域を中心にスギの磨丸太生産を行っている林業のことである。施業は台杉作業と1本仕立て（皆伐高林作業）の2とおりである。台杉作業はタルキの生産を目的として、利用径級に達した丸太から択伐的に収穫する。一方で1本仕立てでは、密植して5年目から強度の枝打ちを繰り返す、通直、完満、無節の優良材を仕立てる。収穫は一斉皆伐による。

近年、床の間をつくらない家が増え、床柱の需要が減ってきた。また、4寸の柱よりも3寸5～6分のものが好まれるようになってきているが、4寸の柱材の生産を目指した施業をおこなってきた林分では材が太すぎて柱材として売れなくなり、価値が低下してしまっている。最盛期には年間12～3万本の柱材、20億円の流通があったが、現在では4万本、2億円程度の流通となっている。このため、一本仕立ての2割程度しか柱材として流通せず、4割以上は低価格でしか販売されない。この低価格な材が京都府外

の銘木市に出品されて、「北山スギ」として売られているが、磨きも絞もないため、本当の北山スギのブランド力の低下につながっている。また、天然絞は希少価値があったが、苗木が広まって価値が低下してしまい、天然絞の種類も近年では減ってきている。このようなことから、新規植栽面積が減少して若齢級の林分が減少してきている。

北山林業を存続させるため、京都北山丸太連合会ではブランドラベルを作成して本当の北山スギのブランド力を維持しようとしている。また京都では市内産材の新築物件に補助金を出して、北山スギの需要を振興している。さらに、北山スギの美林を維持することで観光名所とすることも模索中である。

Ⅳ 吉野林業の現状と未来

島根大学の高橋絵里奈氏には、吉野における長年の研究から、吉野林業の現状と未来について話題提供をしていただいた。

吉野林業は奈良県東部の川上村、東吉野村、黒滝村を中心に行われている。これらの地域では、尾根まで大々的にスギやヒノキが植栽されている。吉野林業の特徴は、密植、多間伐、長伐期である。若齢期には初期成長が抑えられるが、林齢30～40年生以降は比較的疎な林分となって肥大成長が促され、年輪幅が約2mmにそろった材が生産される。

良質な材を生産してきた吉野林業も、1998年の台風災害後、材価が急落し近年低迷が続けているため、経営意欲が減退してきている。1990年以降は主伐面積が減少し、現在ではほとんど造林も行われていないので、高齢の人工林が急増している。また伐採後造林されない林地もでてきた。さらに間伐遅れの林分も出現している。これまでは熟練技術者によって人工林が守り育てられてきたが、山林労働者の減少と高齢化が進み、技術の伝承が困難となってきた。

間伐面積が減少していることから、今後も高品質の大径材生産が行えるか、間伐遅れの人工林をいかに管理していくか

を検討する必要がある。また、後継者不足の中いかに技術を伝承していくかも課題である。吉野林業を存続させるためには、付加価値をつけて販売したり、作業の低コスト化を図ったりして、収益性のある生産目標を設定する必要がある。

古来は人力や自然力を用いた搬出がされてきたが、最近では作業道の開設とトラックによる材の搬出が行われるようになり、伐出コストの低減が図られることが期待されている。

Ⅴ 中原林業—270年の山づくり—

中原林業の中原丈夫氏には、270年続く専業林家として、林業経営の危機にいかに対応すべきかについてお話いただいた。

中原林業は専業林家として1731年に岐阜県で始まった。現在はおよそ200haの山林を所有し、昨年は6,800m³の作業道を開設し、3,500m³の木材を生産した。現場では、昔ながらの「きつい、汚い、儲からない」林業ではなく、徹底的なコスト管理のもと、林業機械を駆使して知識集約産業として作業を行っている。

中原林業の施業体系としては、270年間で培われた経験と技術にもとづき、伐期80年～90年の長伐期施業を行っている。25年生で6mまで、45年生では10mまで枝打ちを行う。立木本数は25年生時で900本/ha、90年生時には600本/haとなるように間伐をしている。材価は現在、3Aは15万円/m³、2Aは5～10万円/m³、1Aは5万円/m³未満となっている。

搬出においてはコストダウンを実現し、3人で1日に65～75m³生産している。そのため13mの長材をフォワーダ（積み卸しはグラップルローダ）に1回8m³積み、下土場まで運搬し、造材を行っている。8t車にグラップルローダを用いて15分で13m³の材を積んで運材している。作業を行うにあたり、次の工程のためにひと手間かけてやることで、全体の作業が効率よく進められている。

これからの林業の生命線は高密度な作

業道である。高密度路網を整備することによって、伐出コストが低減される。山へ行くのに15分、山を下りるのに15分程度の作業道として森林作業の生産性を高く保つように作業道をつけており、ha何mという議論はしていない。ただし、山を壊さないことが絶対条件であり、このため3カ条の原則がある。それらは、絶対的な安定路盤の確保、細心にして大胆な集排水、維持管理のしやすさである。将来スギの大径木を生産することになった場合に0.50m³の高性能林業機械で作業ができるよう、幅員は3.6mを基本としている。ただし100m以内の作業路や傾斜が30°を超える急傾斜地では3.0mとすることもある。集排水対策としては、道の勾配が3%なら50mに1カ所、5~10%なら30mに1カ所、10~20%なら10~15mに1カ所という細かいピッチで横断排水工を配置している。路盤に片勾配はつけず、フォワーダやトラックでの通行を考慮して道に対して直角に土を盛る簡易な横断排水工としている。実際の水の流れを把握するために、雨が降った時に山に行って排水位置を決定している。また盛土によって作業道を開設する場合には、丸太組工法によって土留めをつくり、作業道の崩壊を防止している。

1950年代に大造林時代があったが、1980年代になると材価の低迷から短伐期皆伐型の施業は破綻し、所有者の森林離れを招いた。そこで現在は長伐期への移行時代となっている。しかし現在、長伐期の視点に立って林業を展開している事業者は少ないように思われる。それは、補助金の受給による事業量確保のために、間伐や道づくりを行ってしまっているのが大きな原因である。林業の収益性が低下する中、補助金の受給なしに林業経営することは難しいが、いずれは補助金が減らされるだろうから補助金を活用しつつも、将来の林業経営に対する理念を持った道づくりや間伐を今のうちに進めておく必要がある。

21世紀になり、木材生産のための山づくりから、多面的機能を高いレベルで維持することが最大の目的となった。木を植えることに特化した長きにわたる政策が今、日本の森林の最大の危機を招いている。このような中で、約300年にわたり、自然の力に身をゆだね循環可能な林業経営から培ったノウハウをこの荒廃林に覆われた日本の林業に提供することこそ「中原林業の使命」と考える。

Ⅵ 総合討論

補助金に関して会場からは、補助金の制度に従って山づくりを行うのではなく、林業経営者や林業普及指導員が中心となってどのように山づくりを行うかを決定し、その方針の中で受給できる補助金を活用していくことで、補助金を受給しつつも目指すべき山づくりが可能となるのではないかという意見が出された。また、国や地方自治体から補助金を受給して山づくりをしているのだから、いかにして将来にその成果を返していくかを考える必要があるとの発言があった。

伝統林業が存続の危機に瀕する中、市場における材の需要を考えた木材生産が重要であり、買い手に対する情報発信、高付加価値化できる材への特化、売り方の工夫が必要であるという意見が会場から出された。北山スギのブランド化はまさにそのいい例であろう。中原氏からは、昔からつくっていたいいものだからといって買ってもらえるわけではないので、高く買ってもらえるものをつくる努力をしており、例えば6~8m以上の材を高付加価値化して販売しており、材積は全体の2割であるが、収入の4割を稼いでいるとの事例が紹介された。

一方で日本の林業全体では高付加価値化できるのは少量であり、伝統林業はそれで存続するかもしれないが、日本の林業全体の存続のためには大量に流通する木材をいかに安価で供給するかを考える必要もあるとの意見も出された。これに対して、作業コストの低減が必要であり、

そのためには作業道を整備して森林作業の生産性を向上させることの必要性が指摘された。

本研究会の渡邊元顧問からは、択伐や労働集約的な伝統林業の存続のためには森林作業の低コスト化が重要であり、そのためには作業道を開設して地利級のよい山林とする必要があるとのコメントがあった。作業道の規模としては、10m³積めるフォワーダやトラクターが入れる道とする必要があるとのことであった。

中原氏は、帯状皆伐とか群状択伐による長伐期非大面積皆伐施業をおこなうことで、広葉樹との二段林ができ多様性の高い山づくりを行うことができるが、そのためには作業道の整備が必要であると述べた。また、国産材時代の到来とは造林面積の増大を意味するが、種苗業者が育成されておらず、将来は苗木不足の時代が来ることを懸念しているとのことであった。さらに、能率の高い作業システムを構築すると林業専門ではない民間の調査機関の方々が熱心に調査に来られるが、公的な林業の研究機関の方々こそもっと作業システムの研究をするべきだと発言された。

このように討論の中では様々な意見が出されが、伝統林業の存続にも、日本の林業全体の存続にも、作業の低コスト化が必要であり、その鍵となるのが高密度でかつ壊れにくい道づくりであるという結論に達したことは非常に興味深く、国産材時代が到来しつつあるにもかかわらず林業が衰退する中、希望の光が見えたように感じられた。

最後に大住代表が、日本林業の模範、優等生とされてきた伝統林業でさえも危機に瀕する中、これらにならって林業を展開してきた日本各地の林業も行き詰まっており、これから各地における林業をどのようにしていくかを森林施業研究に携わる方々に考えて欲しいと述べ、シンポジウムを締めくくった。

火の文化の継承

小野寺 弘道 (おのでら ひろみち、山形大学)

本コラムの内容は「なんでもあり」、分量は「最近の森林科学の当欄を参考に」との編集主事の依頼がありましたので、「森林科学」の55号をめくってみたところ「火の文化と森林の生態」が特集されていて興味深く読ませていただきました。日本列島における火入れは過去のことではなく、今でも各地で細々と息づいているようです。私の住む山形県鶴岡市から新潟県山北町（さんぼくまち：現村上市）にかけては今なお農民の生業として焼畑が盛んに行われています。ゴールデンウィークの頃にこの地域に足を踏み入れると、山肌一面に黄色いカーペットを敷いたような風景を観ることができま

す。温海カブ（あつみかぶ）と呼ばれる赤カブの採種用の花が咲いているのです。日本のカブは弥生時代に大陸から伝わったものといわれていて、日本書紀には五穀を補う作物として栽培を奨励したことが記されています。カブは古くから日本に土着し、多くの地方品種が生まれ、日本は世界的にみて品種発達の重要な中心地として知られています。そのような地方品種の一つが温海カブです。

温海カブは、山形県鶴岡市温海地域の山間地において400年も前から焼き畑農法によって栽培されてきた、丸い形をした赤カブです。農薬や化学肥料を使用せずに作られ、そのほとんどは甘酢漬けにされています。味・色・歯ごたえの良さから漬け物としての商品価値が高く、全国的に知られるようになっていきます。

現在では需要の伸びに伴い、温海地域以外で焼き畑をせずに栽培された温海カブも、焼き畑による温海カブと同様に流通しています。しかし焼き畑によるカブは色や食味が良いことが確かめられていて、その商品価値はより高いものとなっ

ています。温海カブは、水はけの良い高冷地を好むため、森林伐採跡地等の急斜面を利用して栽培され、雪が降る頃まで収穫が続けられます。

焼き畑による温海カブは、生産立地の制約や生産者の高齢化により生産量が限られ、また、継承者の不足や林業の不振から伝統的な技術の継承が危惧されています。そもそも伝統的な焼き畑による温海カブは、山間地に暮らす農民の冬期間の保存食用として栽培されてきたものであり、しかも、林業と不可分です。伝統的な焼き畑農法では、地主の森林（スギ人工林）の伐採跡地を農民が借り受けて火入れし、耕地を造成して数年間作物を栽培し、栽培が終わったら苗木を植えて地主に返し、長い休閑期を設けて再び伐採・火入れするという方法がとられています。長い休閑期とは森林が成立している期間のことを指しますから、森林・林業が存在しなければ焼畑は成立しません。つまり、焼き畑農法の本質は森林の再生にあります。

山形大学農学部では、このような地域に伝わる火の文化を継承することは地域における重要な課題であると位置づけており、林業と農業を共生させて生態系の循環をスムーズにし、林地を有効に活用することを目的に、附属演習林の森林伐採跡地を火入れし温海カブを栽培しています。さらに、下刈りの省力化と高騰する畜産飼料コストの削減効果を検証することも目的に、カブ収穫後のスギ苗植栽地には繁殖牛を放牧して豊富な下草を食べさせ、農林畜を複合させたいわゆるアグロフォレストリーの生きた教材として活用しています。この取り組みには多くの学生が参加しており、卒論研究の格好の対象となっています。

北から



現在、私は、岐阜県の平野部に住んでいます。しかし、育ったところは、ほぼ360°山に囲まれたすり鉢の底にあるような町でした。自然環境に恵まれてい



南から

日本森林学会支部だより

林され針葉樹人工林となっている部分もあります。針葉樹人工林は、冬になっても葉が落ちなくて季節感がないなど、目の敵にする方もいますが、日本海側の多雪地域で落葉した冬山の風景は、季節感がありますが、寒々しく、もの寂しい風景です。そんな時期の針葉樹人工林は暖かく見え、賑やかな感じがして個人的には、これもいいじゃないかなと思っています。今から思えば、そんな山間地で育ってよかったことは、森林に関する様々な体験が子供の頃にできたことです。

通っていた小学校は丘（山？）の上にあり、校庭の向こうには里山が広がっていました。授業も幾度か里山の中で行われました。このため、森林に触れる機会が多くありました。例えば、学校の農園で使う肥料を作るために落ち葉を集めたり、林内の歩道を利用してスキーをしたり、ただ単に、林道を散策したような記憶もあります。また、山の中をみんながばらばらに遊びながら好きなものを探って、教室に持ち帰り、そのことを絵日記にして提出する授業もありました。一方、家庭では、春に山菜を採りに出かけたり、かまどの焚き付けに使うためにスギの葉を拾いにも行きました。私より上の世代の方（昭和40年代以前生まれ）には、森林に関する似たような原体験がある方もいるのではないのでしょうか。

しかし、近年では、生活環境の変化から、森林に関する原体験を積む機会や場所は減少しているような気がします。昔は、何も意識しなくても森林に入る機会があったような気がします。これからは、森林に触れるために意識的に行動を起こさなければならない時代になっているように感じます。森林での体験があるから良い、無いから悪いといった単純なものではないと思いますが、幼い頃の体

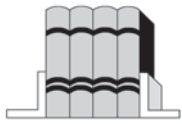
験は断片的であっても意外に覚えているもので、大人になってその体験が何らかの形で役に立つこともあるように思います。このようなことから、子供が直に森林に触れ、様々な体験をすることによって、森林が特別なものではなく、身近な環境として感じることができるよう機会を増やす必要があるのではないかと考えています。

さて、一番の問題は、自分の子供にはどのような体験をさせるかということです。自分が子供の頃に体験したことと同じことを自分の子供に体験させることは、生活環境が大きく違うのでまず無理でしょう。その代わりに、最近では、いろいろな場所で、様々な人達が森林体験の場を提供してくれています。そういったものの中には、素人では実施できないレベルの高いプログラムも多く、うまく活用すれば大きな効果が期待できます。とはいえ、森林関係の仕事でお給料を頂いている立場としては、他人任せというのも何となく気が引けます。そこで、何とか、家庭でいろいろな体験をさせたいと思い、まず始めたのがドングリ拾いです。子供はドングリが大好きで（私もそうでした）、ドングリを見つけると嬉々として拾い始めますが、その時こちらは、道から落ちないかと、転ばないかと、虫は寄ってきかないかなど心配で目が離せません。こう書いて、少し自分の過保護さに気がつきました。自分が子供の頃は、危険をかえりみず無鉄砲なことをしていたような気がします。それでも怪我をしなかったことから、ほっとかしでもあまり問題ないとは思いますが、心配になり世話を焼いてしまいます。子供たちの様々な体験を妨げる一番の敵は、私のような過保護な親なのかもしれません。

森林での体験

大洞 智宏（おおぼら ともひろ、岐阜県森林研究所）

るといえば聞こえはよいですが、山の中です。家から見渡せる山々には広葉樹に覆われた山も多く残っており、山頂付近にはブナ林も見ることができますが、植



ブックス

フィールドワークからの国際協力

荒木徹也・井上 真編著、昭和堂、
2009年6月、276ページ、2,625円（税込）、ISBN978-4-8122-0917-2

同書「はじめに」で編集者の一人荒木さんは、「フィールドワークは、専門知識の習得と現場での経験が両立可能な学問世界であり、それだけにまた敷居も高いと思われてきた。この敷居を下げることを試みた最初の、おそらくは唯一の書物が『躍動するフィールドワーク』（井上 2006）であった。本書は、『躍動するフィールドワーク』の野心的な試みをさらにもう一歩進めて、フィールドワークの敷居をもう一段下げることをも意図している。」と述べている。その『躍動するフィールドワーク』を、私は2006年10月号の森林科学において「井上道場塾生の武者修行の記録」と評した。本書を同様の言い回しで評するなら、国際協力道の入門書となるだろうか。

本書の第I部と第III部は、前書にあった仲間の武者修行報告を車座になって聞く雰囲気ではなく、正座して大先生のお話を聞くとという雰囲気を感じられた。前書は気軽に入れる町道場だったのが、本書は身構えなければ入れない大道場のように感じられた。本書がおもな対象読者としている大学生や大学院修士課程の学生には、修業方法をきちんと示す第I部とフィールドワークの先達の心の奥を吐露する第III部が、フィールドワークによる国際協力に対する敷居を下げるのだろうか。少なくとも私には、第II部で語られるさまざまな試行錯誤の経験の方が、フィールドワークを基礎とする国際協力に対する敷居を下げるものと感じられた。その第II部の中でも、私が好きな部分を次に引用する。

タイで私が最初にやっていたことといえば、サトウキビ畑で作業する同僚や、彼らといっしょに作業する先輩の首の後ろが強い日射のために水膨れで赤く腫れ

あがっている様子を、妙に感心しながらぼんやり眺めていたことぐらいである。

先輩や現地スタッフが、畑の土壌をサンプリングし、作物の生長を記録しおえて戻ってきたら、私は彼らの後ろについて車に戻り、次の調査圃場に移動する。私は、着いたばかりでタイ語もわからず、現地スタッフになんと声をかけていいのかもわからず、畑の状態や景観をどんな風にとらえたらよいのかもわからないまま、一日200キロメートルの行程の調査に、ただついてまわっていた。

自分に何ができるのか何がしたいのかもわからず、先輩達をぼんやり眺めているだけのような時代が私にもあった。フィールドワークも国際協力も構えすぎることなく、できることから取り組めば良いのだと思う。本書で吐露される執筆者達の私的な経験には非常に重たいものもある。その一方、将来への希望を感じさせてくれるものもある。同書がフィールドワークの敷居を一段と下げたかどうか、前書と合わせ読みやすいところから目を通していただければと考える。

藤間 剛（森林総合研究所）

日本樹木誌（一）

日本樹木誌編集委員会編、日本林業調査会、2009年7月、760ページ、5,500円（税込）、ISBN978-4-88965-192-8

持続的に森林と付き合っていくためには、森林生態系のことを良く知ることが必要であり、そのためには個々の樹種の特性を知ることが大切である。しかし樹木図鑑の類には、樹種の分類や識別に必要な器官や個体の形態的特色や分布域などについては詳しく記されているが、樹木の生活史などの生態的特性についてはほとんど記されていない。それに対して本書は、樹種の分類・識別や分布だけではなく、樹木の環境への適応戦略など、樹木の生活史に重点を置いて、日本で初めて樹木の特性を「日本樹木誌」のシリーズとして、施業研究会を母体とする日本樹木誌編集委員会によってまとめられた画期的な本である。従来の樹木の構造的

な特色の記載から機能的な特色の記載にまで内容の幅を広げたことの意義は大きい。本書はその第一巻で、30種類の樹種が掲載されている。

近年、生態学に関する研究は進展し、多くの情報が集積されてきた。しかしこれらの豊富な情報が、森林の管理や経営、政策などに活用されやすいように束ねられてきたとはいえない。そのような中で本書は樹木の生活史に関する有用な情報を重視して、従来の樹木図鑑を発展させる形でまとめられたものである。生活史に関する情報は森林の管理や施業への応用に役立つが、それだけでなく樹種ごとの更新、保育、病虫害、気象害などに関する項目、さらには材の利用や文化に関する項目まで、日本の樹種に関する総合的な情報を提供しており、樹種の百科事典という性格を有している。したがって本書の活用範囲は非常に広い。

森林生態系に関する、取り分け生物多様性に関する議論を深めるには、樹木の生活史の情報を豊かにしておく必要がある。それ等を使いやすく整理しておく必要がある。生物多様性の豊かさは、生活史の豊かさを通して見ることが出来、日本の森林の特色もそれ等を通して見ることが出来、そのことにおいても本書の果たす役割は大きい。本書は学術面においても実用面においても価値の高いものである。

第1巻の本書には、1種当たり平均22頁とかなりの記載量である。掲載順は、分類学的な順序などによるものではなく、原稿の完成度合いなどにより順次まとめられることになっている。これだけのものを編纂するには非常に多くの労力を必要とし、それを支える熱意が必要である。関係者に敬意を表したい。今後刊行されるものも含めて、研究者、行政者、森林・林業に関心の高いNPOや一般の人たちにも活用してほしい本である。

藤森隆郎（日本森林技術協会）

「森林科学」への投稿について

「森林科学」投稿規定

(2009年3月26日改定)

1. 投稿できるのは日本森林学会会員および「森林科学」購読者のみとする。ただし筆頭者以外の共同執筆者および依頼による記事の執筆者についてはこの限りではない。
2. 原稿は、解説、記録、研究トピックス、読者の声、その他とし、和文とする。
3. 原稿の採否は編集委員会が決定する。
4. 原稿の長さは原則として、すべてを含む刷り上がりが解説、記録は4ページ以内、研究トピックス、読者の声、その他は2ページ以内とする。解説と研究トピックスについては、やむを得ない場合は規定ページ数の1.5倍まで認め、超過分は著者の負担とする。
5. 投稿原稿は執筆要領にしたがい作成し、電子メールまたは郵送で提出する。郵送で提出する場合は、オリジナル原稿(1部)を書留便で送付する。
6. 著者校正は原則として初校に限り、誤植の訂正にとどめる。
7. 解説、記録、研究トピックスの著者は別刷50部を希望により無料で受け取ることができる。無料分以上(50部単位)を希望する場合は、著者の負担とする。
8. 原稿の送付および編集についての問い合わせは森林科学編集主事あてとする。
9. 著者は最終原稿を提出する際に、著作権譲渡承諾書を提出しなければならない。

著作権規定

(2009年3月26日改定)

1. 本会の刊行物への掲載が受理された記事、論文等の著作権は、本会単独であるいは本会の定める出版社と共同で、本会に帰属するものとする。
2. 著者に許容される権利については、刊行物ごとに別に定める。

「森林科学」執筆要領

(2009年3月26日改定)

1. 原稿の書き方

専門分野以外の読者が理解しやすいように、図表や写真を多くし、わかりやすく、簡潔な表現を用いる。図にできる場合はなるべく表を使わない。目安として、少なくとも1ページに1つの図(イラストを含む)や写真を入れるようにする。

2. 原稿の種類

解説：特定の研究テーマや話題に関する解説

記録：シンポジウムや研究会の記録

研究トピックス：プロジェクトや国際共同研究、特徴ある研究の紹介

読者の声：読者の意見や主張

ブックス：書評、出版物の紹介

その他：上記以外の内容についての投稿。編集主事まで問い合わせること。

3. 原稿の形式

解説・記録・研究トピックス：以下を別紙①～⑤にそれぞれ記載する。①表題、著者名、所属先、原稿種類名、別

刷数(希望する場合のみ、50部単位)、連絡先(住所、電話番号、FAX番号、電子メールアドレス)、②本文、③引用文献(必要な場合のみ、目安として最大10点程度まで)、④図、表、⑤図の説明

読者の声・その他：以下を別紙①～④にそれぞれ記載する。

①表題、著者名、所属先、原稿種類名、連絡先(住所、電話番号、FAX番号、電子メールアドレス)、②本文、③図、表

ブックス：紹介する印刷物の書誌情報(書名、編著訳者名、総ページ数、出版社名、発行地、発行年、定価、付与されている場合はISBN)、本文、紹介者名、紹介者連絡先(住所、電話番号、FAX番号、電子メールアドレス)

4. 原稿の体裁

原稿は電子メールに添付しての提出を基本とする。ファイル形式などの詳細については編集委員会が定める「原稿作成の目安」を参照のこと。

図、表の表題にはそれぞれ通し番号(図-1、表-1など)をつけ、1点ごとに別ファイルとする。各ファイルには筆頭著者名と通し番号を含む分かりやすい名前を付ける。

手書き原稿も受け付ける。手書きの場合は400字詰め原稿用紙(A4版、縦型、横書き)に黒ペンで書き、図表や写真などの扱いは慣例に従う。

5. 引用文献

引用文献は必要最小限とし、アルファベット順に記載する。本文中での引用はアルファベット順で記載した通し番号で(1)、(2)、(3)のように引用するか、該当人名に(年号)あるいは事項に(人名、年号)をつけて引用する。混用はしないこと。誌名の略記法は和文の場合は慣例により、欧文の場合はForestry Abstractsにならう。巻通しページがある場合は巻のみとし、ないときは巻(号)を併記する。単行本の場合は総ページもしくは引用ページを記載する。記載例は「日本森林学会誌執筆要領」を参照のこと。

原稿の送付および編集についての問い合わせ先は下記あてとする。

森林科学編集主事 明間民央

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1

森林総合研究所

森林微生物研究領域

Tel 029-829-8245

Fax 029-873-1543

e-mail akema.tamio@ffpri.affrc.go.jp

学会事務についての問い合わせ先

日本森林学会

〒102-0085 東京都千代田区六番町7

日本森林技術協会館内

Tel./Fax 03-3261-2766

http://www.forestry.jp/

(日本森林学会)

http://www.forestry.jp/contents/publish/outline.html

(森林科学)

複写をされる方に：☐ 学協会著作権協議会へ複写権委託済み

許諾・連絡は、〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F 学協会著作権協議会 (Tel./Fax 03-3475-5618)

森林科学 58

予告

特集

バイオマス資源としてのタケ（仮）

うごく森

違法伐採：動く現場

記録

第 120 回日本森林学会大会 イブニングセミナー 報告

森林科学 58 は 2010 年 2 月発行予定です。ご期待ください。

お知らせ

- ・「森林科学」では読者の皆様からの「森林科学誌に関する」ご意見やご質問をお受けし、双方向情報交換を实践したいと考えております。手紙、fax、e-mail で編集主事までお寄せ下さい。
- ・日本森林学会サイト内の森林科学のページでは、創刊号からの目次がご覧いただけます。また、バックナンバー（完売の号あり）の購入申し込みもできます。
<http://www.forestry.jp/contents/publish/fs.html>
- ・56 号以降については、森林学会会員の方は別途お送りするパスワードでオンライン版をご利用になれます。パスワードに関するお問い合わせは編集主事へどうぞ。

森林科学編集委員会

委員長	中村 松三	(森林総研九州)
委員	明間 民央*	(保護/森林総研)
	田中 憲蔵*	(造林/森林総研)
	丸岡 英生	(動物/自然環境研究セ)
	黒川 潮	(防災/森林総研)
	田中 格	(造林/山梨県森林総研)
	宮本 麻子	(経営/森林総研)
	橋本 昌司	(土壌/森林総研)
	宮本 基枝	(林政/森林総研)
	磯田 圭哉	(育種/森林総研林育セ)
	菅原 泉	(造林/東京農大)
	吉岡 拓如	(利用/日本大)
	森本 淳子	(北海道支部/北海道大)
	大谷 博彌	(東北支部/山形大)
	戸田 浩人	(関東支部/東京農工大)
	相浦 英春	(中部支部/富山県森林研)
	古川 泰	(関西支部/高知大)
	作田耕太郎	(九州支部/九州大)

(*は主事兼務)

編集後記

今号の特集は、「クマ出没の生物学」という企画でお送りしましたが、読者のみなさまの興味・関心に合った内容の特集となりましたでしょうか。冒頭ではありますが、みなさまの貴重なご意見、ご感想を編集部までお寄せいただければ幸いです。

さて本年 9 月に、岐阜県高山市の乗鞍スカイライン終点の畳平において、観光客や観光施設の従業員など 9 名の方がツキノワグマに襲われ、負傷した事故が記憶に新しい読者の方も多いかと思われます。この方面に疎い筆者など、森林よりも標高の高い場所にクマが出没するのか!! とたいへん驚いたものですが、どうやら今回の場合は突発的な事例だったようです(2009 年 9 月 25 日岐阜新聞 Web より)。ただし、観光客の方に対して、クマに遭遇しないように鈴を持ち歩くなど、クマの習性を理解して対処する必要があるとの専門家の意見も掲載されていました。私たち森林・林業関係者にとっても、(日頃より実践されている方も多いかと思いますが)改めてその大切さを認識し直す出来事となりました。

ところで、筆者の所属する日本大学水上演習林(群馬県みなかみ町)で 9 月上旬に実施した実習の中で、赤外線センサーによる自動撮影装置を設置したところ、わずか 3 日

間でニホンカモシカやツキノワグマをはじめとして、シカ、サル、タヌキ、ウサギ…と多くの野生動物の撮影に成功し、演習林での実習にはじめて参加した学生は大喜びでした。その陰で筆者は、自分たちがよく利用する演習林の中에서도容易くツキノワグマをキャッチできるということは、つまりは襲われる危険と背中合わせなのでは、と恐怖心を覚えビクビクしていました。そのような人間こそ、この特集記事をよく読んで、クマと上手に共存していく手立てを身につける必要があるのでしょう。

今号の企画段階から最終調整まで、あらゆる面で森林総合研究所の大井亨先生にお世話になりました。また、本誌の発行(10 月)を遅らせないために無理を申して、著者の先生方には 7 月、8 月という夏の貴重な調査期間を特集原稿の執筆に充てていただきました。さらに、6 名の先生方には、やむを得ずお盆休み期間中に原稿の査読をお願いする事態となってしまいましたが、どの先生にもご快諾いただき、特集をより洗練された内容とすることができました。最後になりましたが、ご協力いただきました以上の先生方に、心より御礼申し上げます。

(編集委員 吉岡 拓如)

安心・安全な 樹幹注入式の松枯れ防止剤 グリーンガード®ファミリー Greenguard® Family



だから
安心です！

グリーンガードファミリーは、樹幹注入剤で唯一、
原体・製品ともに「普通物」「魚毒性A類」に属していますので、
安心してご使用いただけます。



新登場

松枯れ防止・樹幹注入剤

グリーンガード®・NEO Greenguard® NEO



ファイザー株式会社

〒151-8589 東京都渋谷区代々木 3-22-7

松枯れ防止に関するホームページ

www.greenguard.jp

コンパス測量が大きく変わる



精度証明書付

トゥルーパールス360° **TruPulse 360°**

1 デジタルコンパス内蔵レーザー距離計

2 重さわずか 220g

3 個別精度証明書付

4 単三電池 2 個で作動

5 傾斜地でも精度を維持



メジャー不要のコンパス測量システム

専用ソフトウェアのご使用により、現場での精度確認が可能になります。立木位置図作成にも最適です。



仕 様

測定範囲	距離 0 ~ 1000m まで 傾斜角 $\pm 90^\circ$ 12.7(L) x 5(W) x 8.9(H) mm	重量	220g
方位測定範囲	0 ~ 359.9 度	通信	RS232, (※TruPulse360B のみ Bluetooth 接続可能)
測定モード	水平距離、斜距離、高度角、高さ測定、対辺測定	望遠鏡倍率	7 倍
ターゲットモード	標準、短距離、長距離、連続、フィルタ(反射板)	レーザータイプ	不可視レーザー FDA による安全基準 クラス 1
精度	距離 ± 30 cm (反射板使用時) 高度角 ± 0.25 度 方位角 $\pm 1^\circ$	マウントネジ	1/4-20 メス
サイズ	12×5×9cm	防水防塵	耐衝撃・防水・防塵 IP54
		ディスプレイ	スコープ内の LCD ディスプレイ
		電源	単三電池 2 個 (7,500 測定、Bluetooth 使用時 6,000 測定) または CRV3 1 個 (15,000 測定、Bluetooth 使用時 12,000 測定)



Crescent

クレセントボード
搭載

森林用MSAS対応 高精度 DGPS

林業のための最新高精度森林用 DGPS 受信機

SXBlue II GPS は高精度 CrescentGPS ボードを採用した、GIS データ収集用 DGPS 受信機です。

精度 60cm (2DRMS) 林業用 DGPS 受信機として最高精度

本受信機はバッテリー内蔵でわずか 464g

通信ポートは Bluetooth、シリアル、USB と 3 タイプ標準装備

SBAS対応森林用 DGPS 受信機

SXBlue II

SXBlue II 仕様

SBAS (MSAS・WAAS・EGNOS)	標準
RTCM (精度 20cm 2DRMS) L1RTK (精度 5cm 3DRMS) 2/10/20Hz 出力	オプション



<http://www.gisup.com>

株式会社ジーアイサプライ

〒071-1424 北海道上川郡東川町南町 3 丁目 8-15

※社屋新築移転いたしました

TEL 0166(73) 3787 FAX 0166(73) 3788

info@gisup.com

フリーダイヤル カタログ請求・お問合せは

0800(600)4132