



森林

科学

[特集]

花粉症研究最前線

シリーズ

林業遺産紀行

「太山の左知」をはじめとした興野家文書

森めぐり

岡山県西粟倉村・若杉天然林

現場の要請を受けての研究

里山での鳥獣被害対策に取り組む鳥獣管理士の養成

No. **73**
February 2015



特集 花粉症研究最前線

- スギ花粉症克服に向けた総合研究 2
 篠原 健司
- 我が国における花粉情報の高度化 6
 佐橋 紀男
- スギ花粉症の根本治療 12
 石井 保之
- 森林管理による花粉生産の抑制
 一問伐の可能性について 17
 梶本 卓也・福島 成樹
- スギ・ヒノキ花粉症対策品種の開発と普及 21
 斎藤 真己

森林科学 No.73

2015年2月1日発行

頒 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 森林科学編集委員会

発行人 一般社団法人 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：00140-5-300443

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：関東地方では、例年2月になるとスギ花粉の飛散が開始する。風で自然に飛散する様子を撮影（森林総合研究所・つくば市）。特集「花粉症研究最前線」より（2ページ）

シリーズ 林業遺産紀行
 「太山の左知」をはじめとした興野家文書 26
 梶山 雄太

シリーズ 森めぐり
 岡山県西栗倉村・若杉天然林 28
 宮崎 祐子・赤路 康朗

シリーズ うごく森
 気候変動と森林の変化 30
 松井 哲哉・志知 幸治

シリーズ 森をはかる
 森林の遺伝的な違いをはかる 34
 津村 義彦

シリーズ 現場の要請を受けての研究
 36 里山での鳥獣被害対策に取り組む鳥獣管理士の養成
 小金澤 正昭・高橋 俊守

コラム 森の休憩室Ⅱ 樹とともに
 40 夜の焚き火に見入る
 二階堂 太郎

解説
 41 持続可能な森林管理のための生態学的・
 造林学的アプローチ
 藤森 隆郎

46 Information
 北から南から

スギ花粉症克服に向けた総合研究

篠原 健司 (しのはら けんじ、理化学研究所バイオマス工学研究プログラム)

1. はじめに

花粉飛散シーズンは、花粉症患者にとって最も憂鬱な時期である(図-1)。スギ花粉症は、1964年日光市の住民に初めて報告された(堀口・斎藤 1964)。その後、花粉症の発症率は全国的に増加し、現在では国民の25%を上回っている(馬場・中江 2008)。しかも、発症年齢の低年齢化が進んでいる。花粉症の症状はヒトだけでなく、サルやイヌでも観察されている。これまでに花粉症の原因として同定されている植物は、ブタクサ、ヨモギ、カナムグラ、オオアワガエリ(チモシー)を始め50種類を越えるが、日本で最大の原因を引き起こしているのがスギやヒノキである(篠原・二村 2005)。スギ花粉症患者の急増の原因の一つとして、戦後人工造林されたスギやヒノキ林の多くが着花樹齢に達し、花粉飛散量が急激に増加したことがあげられる。また、ディーゼル排気微粒子の関与も指摘されている(村中・山本 2002)。スギ花粉症に関わる国民の経済的負担は、1998年で2,860億円と推定されている(川口ら 1998)。この推定値は唯一の調査事例から算出したものであり、花粉症患者の増加率から現在の経済的負担が約1兆円に上ると推定する専門家もいるが、十分な調査結果があるわけではない。



図-1 花粉を飛散しているスギ雄花
(写真提供：森林総合研究所・故金指達郎氏)

本特集号「花粉症研究最前線」では、花粉飛散情報の高度化、花粉症治療や花粉発生源対策について、4人の専門家に各分野の最新情報を解説していただく。ここでは、それぞれのテーマについて独自の視点で最近のホットな話題を概説したい。

2. 花粉飛散情報の高度化

スギやヒノキの花粉観測は、1965年に国立相模原病院で初めて行われた。その後、各地でダーラム法による花粉観測が耳鼻咽喉科の医師を中心としたボランティアにより進められた。しかし、観測にはかなりの時間と労力がかかり、観測者の高齢化や転勤などによって観測体制の継続が困難になってきた。この問題を解消するために、花粉観測の自動化が進み、21世紀に入り花粉飛散情報の新しいシステムが構築されている。環境省は、「環境省花粉観測システム(愛称：はなごさん)」において、花粉飛散データの提供している。「はなごさん」は、花粉自動測定器による観測データをリアルタイムに収集・表示するシステムである。そのデータは計測された1時間毎の花粉数で表され、各地点の飛散量が地図上で8段階の大きさの円で示されるほか、風向きと風速も表示されている。各地点のデータは1時間毎の具体的な数値を一覧表で確認でき、過去7日間やシーズン毎の飛散量の推移も見られる。また、ウェザーニュースは、スマートフォン向けアプリ「ウェザーニュースタッチ」やWebサイト内の「花粉 Ch.」を通じて、花粉情報を配信している。同社が配信する花粉情報は、全国のサポーターが協力して設置している1000台の花粉自動観測機「ポールンロボ」からのリアルタイム情報に基づいている。こうした花粉飛散情報は治療に携わる耳鼻咽喉科の医師だけでなく、花粉症患者にとっても花粉との接触から回避できる貴重な情報である。

森林総合研究所と気象業務支援センターは、「スギ花粉飛散予報モデル」を改良し、首都圏に飛来する花粉の発生源を特定する手法を開発している(金指・鈴木 2010)。この方法を使うと、特定の地域、例えば首都圏

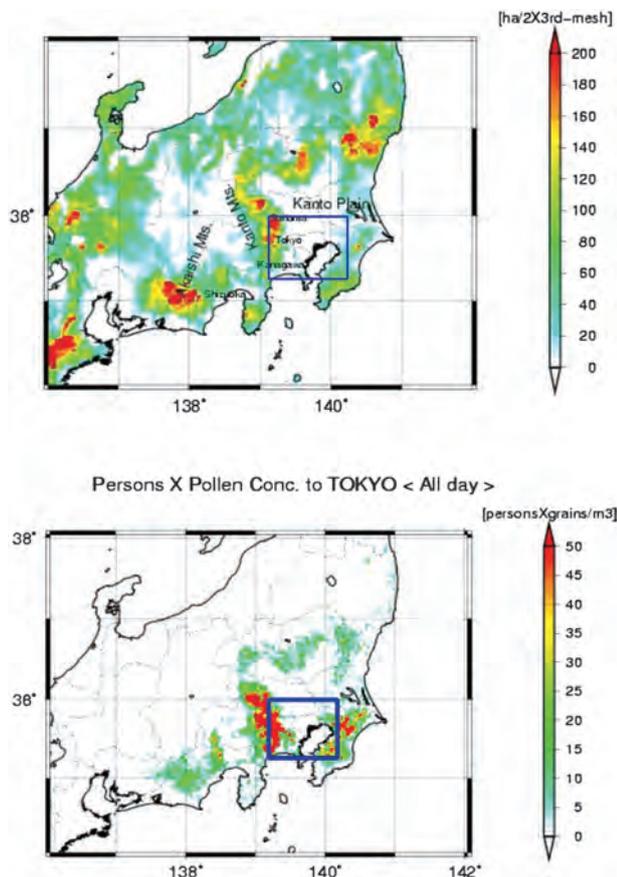


図-2 首都圏に影響を及ぼすスギ花粉発生源の特定
上：本州中部域におけるスギ花粉発生源（26年生以上のスギ林）の分布。赤や黄色がスギ林の多い地域。下：首都圏に居住する人々が浴びる花粉の主要な発源地域の分布。赤や黄色の地域が首都圏（青線で囲んだ部分）へ強い影響を及ぼす発生源（2008年の花粉飛散最盛期の結果）。（金指・篠原 2009）

に飛来する花粉がどこから飛んでくるのかが明らかになり、効率的な花粉発生源の対策が可能になる（図-2）。

3. 花粉症治療の最前線

スギ花粉が鼻や目に入り、粘膜に付着すると花粉が割れ、アレルゲンが体内に吸収される（図-3）。生体内に侵入したアレルゲンはマクロファージに異物として認識・貪食され、改めてマクロファージ表面に抗原情報が提示される。この抗原情報をT細胞が特異的に認識し、活性化され、B細胞の活性化を促し、B細胞は抗体産生細胞へ分化し、アレルギー反応を引き起こすIgEを産生する。アレルゲンに反応したIgEが肥満細胞に結合し、

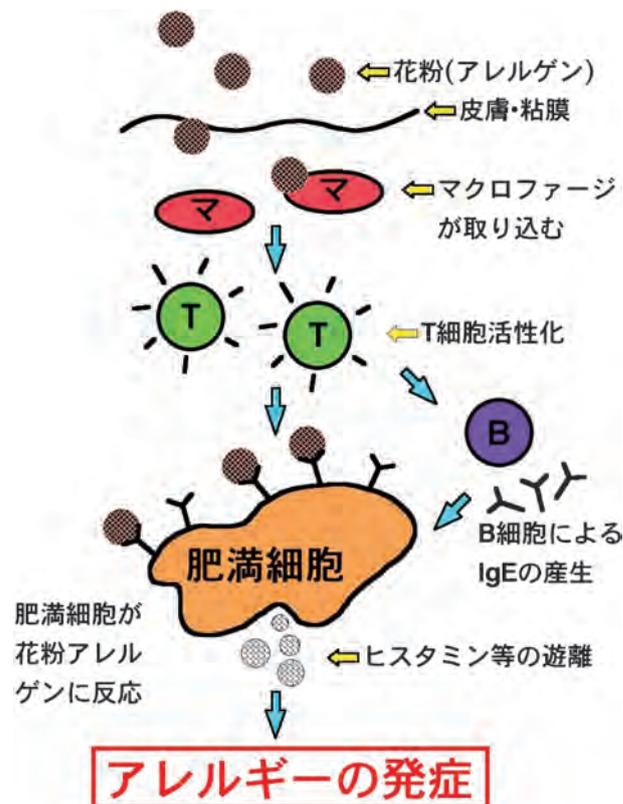


図-3 スギ花粉症の発症機構

さらにアレルゲンが結合すると、肥満細胞からヒスタミンやロイコトリエン等化学物質が放出される。これらの化学物質が鼻の神経を刺激し、くしゃみや鼻水、鼻づまりなどの症状を引き起こすのである。

肥満細胞からの化学物質の放出を抑える抗アレルギー剤や化学物質自体の働きを抑える抗ヒスタミン剤の開発・改良が進んでいる。また、花粉症の唯一の根治的治療法として減感作療法の研究が進んでいる。これは、アレルゲンそのものを注射することから抗原特異的治療法といえる。また、T細胞エピトープ（エピトープとは、抗体が認識する抗原の一部分のこと）を用い、抗原特異的なT細胞の不活性化を誘導するペプチド療法の開発も進んでいる。この方法は、アレルギー反応を起こすB細胞エピトープを含まないため、副作用（アナフィラキシーショック）を起こさずに、一度に大量のペプチドを投与できるため、短期間に効果が現れる。さらに、DNAワクチンの開発も進められている。一方、花粉への曝露リスクを抑制した様々な花粉症グッズも開発されている。農業生物資源研究所では、T細胞エピトープを連結した人工タンパク質を生産する遺伝子組換えイネを開発し、

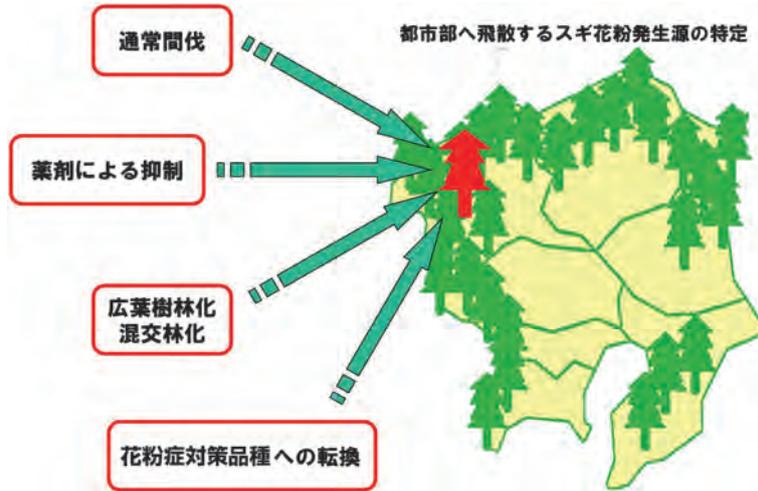


図-4 花粉発生源の抑制技術



図-5 「スギ花粉症克服に向けた総合研究」(第I期、1997～1999年度)の概要

隔離ほ場での野外試験を進めている。これは、コメを食べながら減感作療法を進めるもので、花粉症患者には朗報といえる。

4. 花粉発生源対策

森林分野における花粉症対策は花粉発生源を減少させ

ることであり、森林管理による雄花生産の抑制技術、薬剤による雄花生産の抑制技術、無花粉スギや少花粉スギの植栽、広葉樹への樹種転換等が有効と考えられている(篠原ら 2006)。しかし、広大なスギ林やヒノキ林に対して花粉発生源対策を進めることは非常に困難であり、効率的な対策が必要となる。前述したように、特定の地

域に飛来する花粉がどの地域のスギ林やヒノキ林由来なのか特定できると、効率的な花粉発生源対策が可能になる(図-4)。森林総合研究所では、間伐(抜き伐り)が花粉生産に及ぼす効果の科学的検証を進めている。スギ試験林の遺伝的均一性やバラツキを解析し、間伐の効果は長期的に継続するのか調べている。実生苗を植林した人工林ならば、挿し木苗の場合に比べ遺伝的バラツキが大きく、雄花を多く着ける個体の選択的な伐採はより効果的であろう。

無花粉スギや少花粉スギなどの花粉症対策品種の開発も進んでいる。特に、無花粉スギの植栽は花粉発生源対策には効果的である。富山県では成長の優れた無花粉スギの開発と普及に成功している。最近、神奈川県では無花粉ヒノキの選抜に成功し、話題となっている。森林総合研究所では、遺伝子組換えによる無花粉スギの開発に成功し、遺伝子組換えスギの野外試験が進められている。現存するスギ林やヒノキ林に対する、より穏やかで、かつ直接的な効果が期待できる花粉生産の抑制方法は、スギ林やヒノキ林を伐採し、花粉症対策品種や広葉樹の林に転換することである。これには、木材自給率50%を目指した日本林業の活性化が必要となる。

5. おわりに

スギ花粉症対策を求める国民の要望は年々増加しており、森林所有者、行政担当者、研究者は様々な角度から花粉症対策に取り組む必要がある。林野庁は、2007年7月に「花粉発生源対策の取組の評価と今後の検討方向」をプレスリリースし、8月に「花粉発生源対策のための新たなプログラム」を策定し、国民の要請に積極的に応えようとしている。花粉症対策には関連省庁の総合的取組が必要であり、各省庁の枠を超えた議論と連携が重要である。それには、「スギ花粉症克服に向けた総合研究」

(科学技術振興調整費：生活・社会基盤、1997～2002年度、図-5)のような大型プロジェクトを通じて、関連省庁が連携して対策を講じる必要がある。本特集号が、花粉症対策だけでなく、日本の森林・林業の活性化の一助となれば幸いである。

引用文献

- 馬場廣太郎・中江公裕(2008)鼻アレルギーの全国疫学調査2008(1998年との比較). *Progress in Medicine* 28: 2001-2012.
- 堀口申作・斎藤洋三(1964)栃木県日光地方におけるスギ花粉症 Japanese Cedar Pollinosis の発見. *アレルギー* 13: 16-18.
- 金指達郎・篠原健司(2009)スギ花粉はどこから飛んでくるのか?～首都圏に影響を及ぼすスギ花粉発生源の特定手法を開発～. 平成21年版研究成果選集2009 森林総合研究所 38-39.
- 金指達郎・鈴木基雄(2010)都市部への影響の高いスギ花粉放出源の推定. *日林誌* 92: 298-303.
- 川口 毅・星山佳治・渡辺由美・木村統明(1998)花粉症の医療経済. *Progress in Medicine* 18: 2826-2830.
- 村中正治・山本和彦(2002)スギ花粉症の発現とディーゼル排気微粒子. *医学のあゆみ* 200: 401-406.
- 篠原健司・伊ヶ崎知弘・二村典宏・毛利 武・清野嘉之・長尾精文(2006)スギ花粉症対策を考える. *林業と薬剤* 175: 10-17.
- 篠原健司・二村典宏(2005)花粉. (抗アレルギー食品開発ハンドブック. 小川 正・篠原和毅・新本洋士編、サイエンスフォーラム、東京). 29-38.

我が国における花粉情報の高度化

佐橋 紀男 (さし のりお、東邦大学理学部)

はじめに

我が国の最初の花粉症の報告は1961年のブタクサ花粉症である。発見当時は都市郊外には放置された荒地や河川敷が多く、ブタクサやイネ科などの雑草が生い茂っていた。ブタクサ花粉症は一時期の流行でほぼ終息したが、1970年代後半から1980年代前半にかけて関東南部ではほぼ3年周期(1979,1982,1984)でスギ花粉の飛散が急増した(図-1)。1983~1987年の間に東京都の疫学調査が行われ、スギ花粉症の有病率が都民の10%となった(Nishihata, *et al.* 2010)。その後1995年にそれまでにないスギ・ヒノキ花粉の大飛散を記録し(図-1)、東京都の1996年の疫学調査では、都民の有病率が約20%に倍増した。2000年代になってもスギ花粉は増加を続け、東京都がさら2006年に疫学調査を行い、都民の有病率は約28%にもなった。ついに東日本大震災の起きた2011年には、過去最大の飛散が千葉県船橋市では記録されている(図-1)。このような花粉と患者の増加を受け、リアルタイムの全国的な花粉情報システムが花粉測定の自動化により登場した。

今回はスギ花粉の飛散と花粉症患者の増加に伴って1980年代後半から現在まで全国的にスギ花粉の予防・治療に欠かせない花粉情報システム等の高度化について4地域(九州、京都、東京、山形)の取組を紹介する。

九州の花粉情報システム

九州で最初に花粉情報システムを構築したのは福岡市である(長野ら1987)。国療南福岡病院が中心となり、福岡市内の医師会病院・検査センターから花粉数が同病院にFAXで送られ、また気象協会からは気象情報を受け、さらに市内耳鼻科からは花粉症患者受診状況を得て、同病院では花粉情報を作成し、これをFAXで気象協会、市内耳鼻科、マスコミに提供する。一方マスコミから福岡都市圏市民へ花粉情報が伝えられるシステムで、実際に花粉情報が流されたのは1988年からである。その後国療南福岡病院が中心となり1990年には九州全体の九州花粉速報システムを構築している。これ以降今日

個数/cm²/年

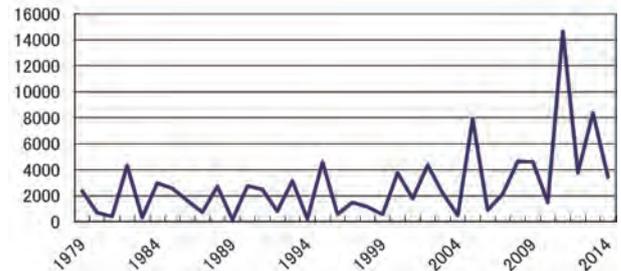


図-1 千葉県船橋市の36年間のスギ・ヒノキ花粉年次飛散変動

まで25年間花粉情報は継続されており、最新の高度化した福岡県・九州各県花粉情報システムは図-2(国立病院機構福岡病院編2014)に示す。現在、2月1日~4月15日迄の間情報が提供されている。また花粉測定は従来のダーラム型(重力法)であり、大きな花粉情報の流れは前述の福岡市のシステムと同様である。但し、組織が九州全体に及んだことから情報量が格段と多くなり、その分花粉情報を作成する中心的な役割を福岡病院が行っている。一方自動計測器の普及により、2007年から九州全域で環境省の花粉観測システムが稼働しており、九州では花粉症の予防や治療のための最新の花粉情報を重力法と体積法の2つの測定方法から容易に得ることができ、患者が花粉の回避、発症のリスクをかなり軽減できるものと思われる。

京都府の花粉情報システム

我が国で最初に花粉情報がマスコミを通して発信されたのは、1986年の京都のケースである(水越ら1987)。このシステムは京都府立医科大学耳鼻咽喉科および関連病院での花粉測定を1982年から開始し、5年間の花粉データと患者情報の蓄積により予報化が可能になったことから構築されたものである。スギ花粉情報センター(済生会京都府病院耳鼻咽喉科)は関連病院から花粉観測数と患者情報を入手し、これをまとめて京都府立医大の耳鼻咽喉科に送り、ここで翌日の花粉数や患者

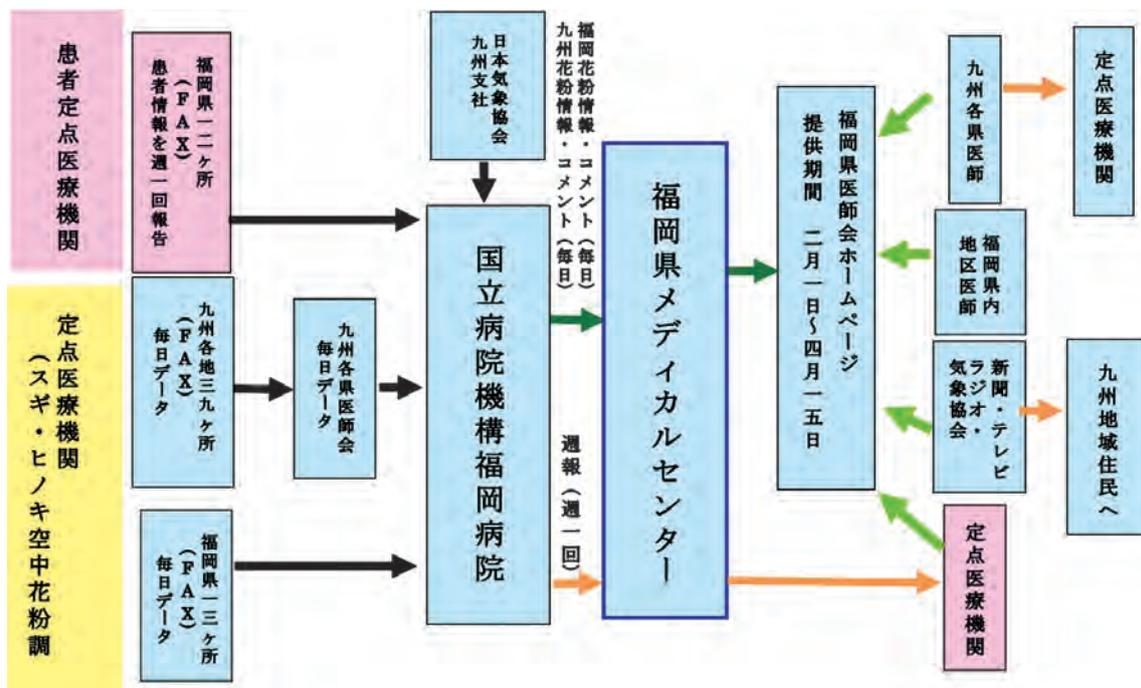


図-2 福岡・九州各県の花粉情報システム (国立病院機構福岡病院編 (2014) を改変引用)

情報を作成し、これらをスギ花粉情報センターにフィードバックして、京都新聞に速報値が送られ、翌日の朝刊紙にスギ花粉情報として掲載された。測定機器はダラム型捕集器で、1日24時間の捕集数は1cm²中の花粉数で示されている。情報の内容は観測地点名の横に3段階(10個以下:スギマーク1、100個以下:スギマーク2、100個以上:スギマーク3)に分けて表示し、補足として短い文面で飛散状況や発症の是非などを掲載している。

さらに、竹中(1994)は京都府からの委託を受けて、1992年に勤務先である京都府立医科大学に「京都府花粉情報センター」を設置した。理由は、当時の花粉症患者の年間を通しての増加に伴い、定点観測施設の拡大と患者の日々の自己管理上有効な花粉情報を広くかつ、詳細に提供すべく、スギとヒノキだけでなく、イネ科やキク科などの花粉情報も含めた通年的な花粉情報を提供するためであった。その際作成された花粉情報システムが図-3の点線上部である。このシステムでは情報提供先が①行政向け、②一般向け、③医家向けの花粉情報に3分割されており、また、図-3の点線下部の花粉カレンダー(各種類の花粉飛散時期)と情報(予報)の種類として当日予報(スギ、ヒノキ)と週間予報(花粉カレン

ダーに記載された種類)とに分けられているが、この部分は竹中(2000)から引用したものであり、言わば図-3は上記2つの図の組み合わせである。筆者は情報提供先を3種類の花粉情報に分けたシステム図(竹中1994)が情報の流れとしてはベターと考え、敢えて図-3を作成した。

竹中は、1994年以降幾つもの論文で京都府の花粉情報システムそのものは変わらず使用されているが、竹中(2000)の「花粉飛散予測・花粉情報の問題点」の中で、情報加工の問題点、情報の対象と受けての問題点、情報の利用の問題点について見解を述べている。特にインターネットによる花粉情報については利用者が限定されること、詳細な情報がリアルタイムで得られる等の利点があるが、飛散予報についてはメディア提供のものほど即報性について勝るものではないと述べている。

現在、京都府花粉情報センターではHPでスギとヒノキ花粉について花粉シーズンのみ毎日の実況値と、週間予報としてスギ、ヒノキ花粉以外にブナ、ハンノキ、マツ、イネ科についても提供しており、短い予報等のコメントも記載している。また2004年から京都府立医科大学に環境省の花粉観測システムの自動計測器が設置され、情報発信を続けている。

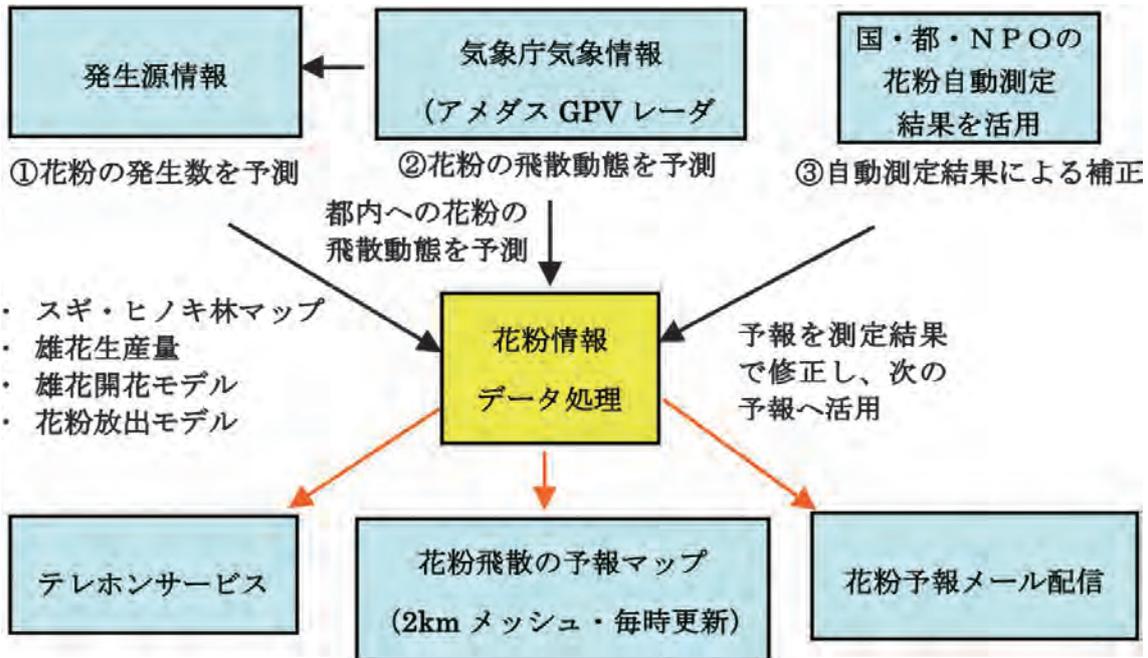


図-4 東京都の花粉自動測定・予測システムの仕組みと概念図

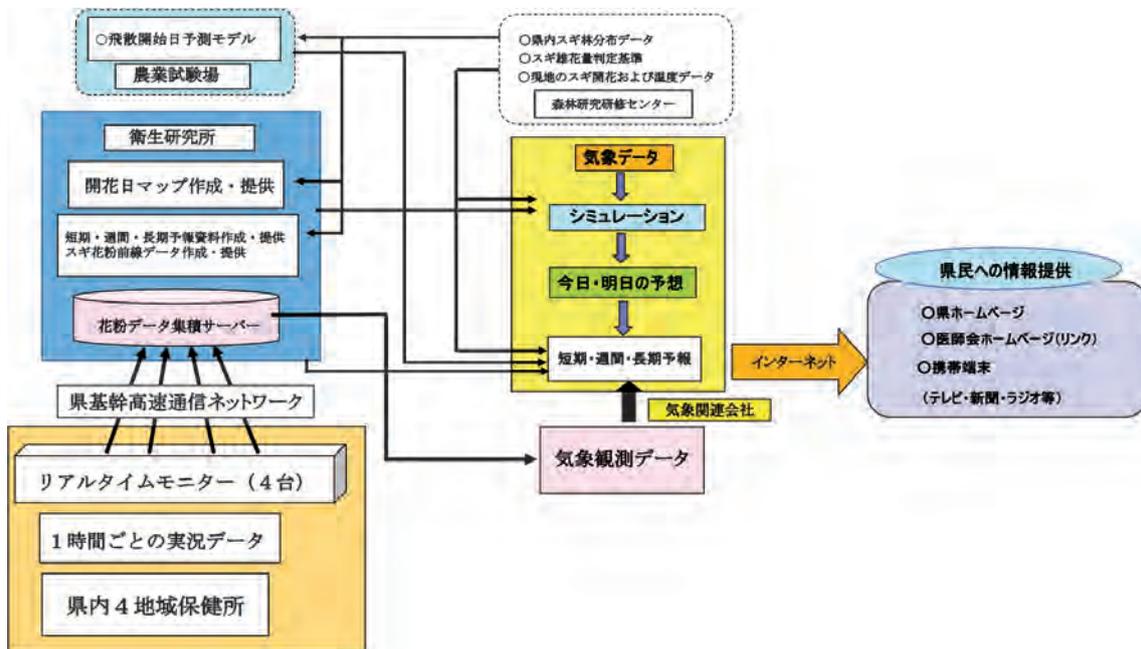


図-5 山形県スギ花粉情報システム (高橋ら、(2003) より一部改変)

定結果で修正し、次の花粉予報に活用する。

以上の結果をデータ処理し、その結果

- ① 6時間単位の予報を花粉予報メールとして配信する。
- ② 花粉飛散の予報マップとして2kmメッシュの時間単位の更新を行う。

- ③ テレホンサービスは都内を5つの地域に分割して、苦情相談や飛散予測の情報を伝える。

これらのきめ細かい花粉情報から1時間単位のより正確な予報が可能になる。

現在、「とうきょう花粉ネット」では草本花粉情報を

都内3地点から時間単位で5月から11月まで、スギ、ヒノキ花粉は12地点のデータを2月から5月中旬まで時間単位で配信している。また時間単位の予報をスギ、ヒノキ飛散シーズンの48時間までと、簡単な週間予報を配信しており、さらに携帯電話用にも合計1日4回配信している。

東京都の花粉情報については、筆者が都の花粉症対策検討委員を1983年から続けており、都の花粉症対策に他の委員と共に取り組んできたことから、常に全国の花粉情報の模範となるよう今後の継続を期待したい。

山形県の花粉情報システム

山形県の花粉情報の草分けは山形市にある県衛生研究所で、1983年から山形市で花粉飛散調査を開始し、1987年には日本気象協会へ調査結果の提供を開始した。さらに1991年には県内4地点の調査結果を日本気象協会へ情報提供し、1998年には県医師会HPに花粉情報を公開(1週間ごと更新)した。次いで2003年に県衛生研究所のHPに花粉情報を公開した(図-5)。このシステムは高橋ら(2003)が構築したもので、インターネット配信用のものであり、県内4保健所の4台の自動計測器(花粉モニター:KH-3000)で捕集した1時間単位の実況データは、まず衛生研究所のサーバーに送られ、集積されてから気象会社を経由してグラフ化されHPで公開される。このシステムでは大きく3種類の予報があり、①短期予報(今日と明日の予報)、②週間予報(5日先までの日ごとの予想)、③長期予報(総飛散数、飛散開始日、スギ花粉前線の予想)である。スギ花粉以外にも、県衛生研究所ではイネ科、ブタクサ、ヨモギなどの花粉情報は週単位で行われ、各花粉の数は示さないで4ランクに分けて、5月から10月末まで週間情報として提供している。

以上の情報を公開するまでに同研究所では、高橋裕一専門研究員らが従来の古典的なダラム型捕集器を使った重力法以外に、欧米では普及しているパークカード型捕集器を使った体積法による調査を開始し、テープ上に経時的に捕集された花粉を顕微鏡下で数えるのではなく、酵素免疫学的方法(イムノプロット法)により花粉を肉眼で視覚化できる方法を開発した(高橋ら、1990)。このことから、いち早く2003年から同研究所HPに花粉情報に合わせて、わが国で初めてアレルゲン(Cry j 1)の飛散量をグラフで掲載している。



図-6 環境省花粉観測システム(愛称:はなこさん)ホームページ

しかし、現在の県衛生研究所がインターネットで公開している山形県の花粉情報はスギ花粉に重点が置かれており、スギ花粉の飛散時期には毎日の4地点のダラム型による実況値を週毎に更新し、大気中のアレルゲン(Cry j 1)もスギ花粉の飛散開始日くらいまでのデータをグラフ化して提供している。また、1時間単位の自動計測器によるデータは後述する「環境省花粉観測システム(愛称:はなこさん)」の東北地域が運用された2008年より県衛生研究所にも自動計測器が設置され、運用が開始されている。

環境省花粉観測システム(愛称:はなこさん)の紹介

環境省はリアルタイムで飛散花粉の量を把握できる花粉自動計測器を2003年から6年かけて都道府県すべてに設置し、HPにて図-6のごとくスギ・ヒノキ花粉の時期のみリアルタイムの花粉情報を設置後順次開始したが、機器の台数は各都道府県に2~4台で、原則山間部と都市部に設置された。2008年からは、携帯電話向けのHPの提供も開始している。環境省が採用した自動計測器KH-3000は、レーザー光学手法を用いたパーティクルカウンターを応用したものであるが、花粉のみを識別できるように共同研究者の藤田敏男(株式会社大和製作所)が新たに開発した。筆者らは最初のKH-3000の開発に関して1997年に日本花粉学会で発表した。その後多くの研究者と性能評価などを行い、性能を向上させていった(佐橋・藤田2003)。

おわりに

現在インターネットのHPによる花粉情報は、各都道府県に1つや2つは存在するのでざっと100近いことになる。しかし、前述した環境省の花粉観測システムは

気象関連会社や製薬メーカーのHP等での紹介例を加えても全体で10件に満たない。これまでの多くの花粉情報を扱った論文は、「花粉情報の問題点」として花粉症を予防する役割を果たす花粉飛散の動態とその花粉を生産するスギ林からの花粉放出のコントロール、短期・長期のより正確な気象予報、花粉症治療のための医療情報等の不備を挙げている。また、花粉の自動計測器が開発されたことで、リアルタイムの花粉情報が2000年以降飛躍的に増加し、天気予報と同じように花粉情報を見ることができ、肝心の天気予報や自動計測器によるデータが信頼できるかどうか、問題点を指摘する論文も散見される。20年も前に、空中花粉測定と花粉情報の標準化に関する委員会が発足し、アンケート結果からこれまで研究者で独自の花粉調査を行っていた測定方法や花粉情報の標準化を計った(佐橋ら1993)が、当時の2倍以上も激増した花粉と花粉の調査が自動化しつつある今日の状況に合った花粉情報の標準化を早急に行うべき時期が来たと思われる。

引用文献

Nishihata S., Murata T., Inoue S., Ohkubo K., Sahashi N., et al.(2010) Prevalence of Japanese cedar pollinosis in Tokyo: a survey conducted by the Tokyo Metropolitan Government. *Clinical and Experimental Allergy Reviews*, 10:8-11.

長野 準・井上 栄・信太隆夫・西間三馨(1987) 植物に起因するアレルギー症の基礎的臨床的研究報告書(昭和62年度厚生科学研究費による) pp.1-85.
国立病院機構福岡病院編(2014) 福岡花粉図鑑、福岡病院バージョンII・2014. pp. 2-3.
水越 治・竹中 洋(1987) 花粉速報とその成果. *アレルギー* 16:46-53.
竹中 洋(1994) 京都地方の花粉情報システム. *アレルギーの臨床* 14:26-30.
竹中 洋(2000) 花粉飛散予測・花粉情報の問題点. *Progress in Medicine* 20:55-57.
東京都衛生局編(1989) 花粉症対策に係る基礎的研究・総合解析報告書. pp. 160-188.
高橋裕一・川島茂人(2003) 花粉アレルギー情報提供システムの開発と開発後の運用. 山形県花粉アレルギー情報提供システムの開発 研究成果報告. pp. 64-66.
高橋裕一・井上 栄・阪口雅弘ら(1990) イムノプロット法による空中スギ、イネ科植物花粉アレルギー粒子数の測定. *アレルギー* 39: 1612-1620.
佐橋紀男・藤田敏男(2003) レーザー光学手法を用いた新しい花粉計測法とその成果. *環境技術研究会* 32:191-195.
佐橋紀男・岸川禮子・西間三馨・長野 準(1993) 日本における空中花粉測定および花粉情報の標準化に関する研究報告. *花粉誌* 39:129-134.

スギ花粉症の根本治療

石井 保之 (いしい やすゆき、独立行政法人理化学研究所)

統合生命医科学研究センターワクチンデザイン研究チーム チームリーダー)

1. はじめに

アレルギー疾患は社会の近代化がもたらした現代病であると言っても過言ではない。その患者数の増大には、飲食物への添加物の増加、大気汚染の拡大や密閉性の高い住居の利用など様々な環境的要因が影響していることが示唆されている。アレルギー素因となる遺伝的背景も明らかになりつつあるが、古代から現代に至る過程で遺伝子が突然変異を起こして、アレルギー体質になったとは考えにくいので、明らかに環境的要因の影響が強いと言える。現代社会においては、アレルギー疾患の原因となっている環境的要因を取り除き、すべて自然に包まれた衣食住環境で生活することは難しい。今日、アレルギー疾患の拡大は乳幼児から成人まで様々な弊害を生み出しており、社会問題化している。特に、春季のスギ花粉症は日本固有のアレルギー疾患で患者数が既に国民全体の3割を超え、さらに増加している。今後、様々な機会損失、例えば労働意欲や注意力の低下による生産性の悪化や保険医療費の増加が、日本経済や政府予算に悪影響を及ぼす可能性は否定できない。スギに限らず様々な花粉症に対処できる画期的な治療法の開発が急務である。本稿では、アレルギー疾患の中でも原因アレルゲンがはっきりしている花粉症について、治療の最前線を紹介したい。

2. 日本で花粉症が増えた理由

花粉症はアレルギーと呼ばれる現象の一つである。アレルギーとは、身体にとって無害な免疫応答が引き起こす様々な過敏反応のことで、また免疫応答とは本来、外敵やガン細胞を撃退する生体防御機能の反応のことである。花粉症に限らず、喘息やアトピー性皮膚炎など他のアレルギー疾患の患者数も、年々増加する傾向にある。これは日本に限らず、世界中で問題視されている現象である。近年、医療や科学技術が革新的に進んだ結果、昔はアレルギーだと診断できなかった患者さんを現在は正確に診断できるようになり、数が増えていることも確か

である。しかし、その要因を差し引いたとしても、アレルギー疾患の患者数が顕著に増加していることに疑う余地はない。実際、最新の疫学調査ではスギ花粉症の有病率が日本人口の26.5%に達したことが報告されており、10年前の調査に比べると10%以上増えたことになる¹⁾。

アレルギー発症の主な原因には、遺伝的要因と環境的要因の二つが挙げられる。アレルギーを持つ親から生まれた子はアレルギーを発症する率が高い。これをアレルギー体質(素因)という。アレルギー体質を司る遺伝的要因には、発症のメカニズムに関係する様々な遺伝子発現の異常が想定される。しかし、アトピー性皮膚炎の患者さんの問診による統計では、家族の中にアトピー性皮膚炎の症状を持つ人がいる割合は約40%で、遺伝子がまったく同一である一卵性双生児が両方とも発症している割合は72%、遺伝子が異なる二卵性双生児ではその割合が23%である(社団法人日本アレルギー学会HP)。これらの結果から、染色体の遺伝子配列が全く同じ人間であっても、三割近くの人が発症していないことがわかる。つまり、遺伝的な背景だけでは必ずしもアレルギー疾患にはならないということである。となると、もう一方の環境的要因がアレルギー発症のカギを握っていることになる。

国立成育医療センター研究所の疫学調査の結果、ダニもしくはスギ花粉の抗体を持っている人の割合は、1960年以降に生まれた人から急激に高くなっていることが明らかになった。抗体とは、抗原(またはアレルゲン)の感作によって体内で生産される免疫グロブリンというタンパク質で、抗原に特異的に結合できる性質を持つ。アレルゲンとはアレルギー反応を誘発する抗原を意味する。1960年を境にして、急激に日本人の遺伝子群に突然変異が起こったとは、到底考えられない。やはり、環境的要因によって抗体が上昇したと考えるのが正しいだろう。

日本で特に多いスギ花粉症の発症率の増加は、環境的

要因が影響しているのだろうか。アレルギーになりやすい環境がもたらされたことは間違いない。やはり原因となるスギの花粉が、1950年以降に大量飛散することになった背景を考えなくてはならない。それは、戦後の住宅建材を供給することを主たる目的とした、政府によるスギの植林政策である。スギは、住宅建材に使われる他の木材よりも成長が早いという理由もあって、日本全国の広範囲に植林されたらしい。そのおかげで建材の供給体制が整ったとも言われるが、スギは20～30年経つと雄花から花粉が飛散し始めるために、1970年以降になると植林されたスギから大量の花粉が飛散し続けることになったのである。

通常、アレルゲンに感作（アレルギー状態になること）されていない正常な状態では、大量のアレルゲンを曝露されても、必ずしもアレルギーを発症するわけではない。事実、マウスを使った実験において、アレルゲンを注射しただけでは花粉症の抗体は産生されない。それどころか大量のアレルゲンを経口投与すると、その後のアレルゲンに対して免疫が働かなくなってしまう現象も古くから知られている。つまり、これらの科学的な根拠から考えると、スギ花粉が大量に飛散することや、密閉性の高い家屋にアレルゲンが濃縮されるという環境的要因だけでは、スギ花粉症にも、その他のアレルギー疾患にもならないのである。では、アレルギー発症に関する環境的要因とは何であろうか。その一つが、戦前と戦後とで劇的に変化した衛生環境であるといわれている。その説は「衛生仮説」と呼ばれ、「不衛生な環境で子供が育つと、その子供たちはアレルギー疾患になりにくい」というものである。

高等動物の免疫システムには、大きく自然免疫系と獲得免疫系がある。自然免疫系とは侵入してきたウイルスや細菌に対する初期の生体防御機構で、獲得免疫系とは

自然免疫系から外敵の情報を受けてから応答する特異性の高い生体防御機構である。衛生仮説で特に注目されるのは、細菌やウイルス感染などに対する自然免疫系の応答である。自然免疫系が活性化すると、それに連動する獲得免疫系のTリンパ球がI型（感染症やがん細胞を抑制する機能を持ち、インターフェロン γ というサイトカインを産生する細胞集団）になり、アレルギー反応を誘発するII型のTリンパ球（アレルギー反応を増強する機能を持ち、インターロイキン4というサイトカインを産生する細胞集団）の分化（細胞の機能が変化すること）を抑制することがマウスやヒトの免疫細胞を使った実験で明らかにされている。免疫細胞には、自然免疫系で活躍するナチュラル・キラー（NK）細胞、樹状細胞やマクロファージと獲得免疫で活躍するTリンパ球やBリンパ球がある。つまり、乳幼児期からさまざまな細菌やウイルスに感染して、それらに対する免疫力を高めておくことが、のちのアレルギー疾患の発症抑制に寄与すると言える。

3. 花粉症の根本治療

これまで述べてきたように、花粉症の症状は「花粉中のアレルゲンに特異的なIgE抗体が原因で起こる即時型アレルギー反応が主体である（図-1）。このような症状を根本的に解決するには「免疫寛容」の考え方が重要である。すなわち、体の免疫システムが花粉に反応しないようにすれば良い。具体的には、アレルゲン特異的Th2細胞やIgE産生B細胞を不応答の状態にする、または死滅させることが、花粉症の根本治療に有効な手段となる。

1) 減感作療法

花粉症を根本的に治療できる可能性を持っている治療法として、減感作療法が古くから知られている。これは

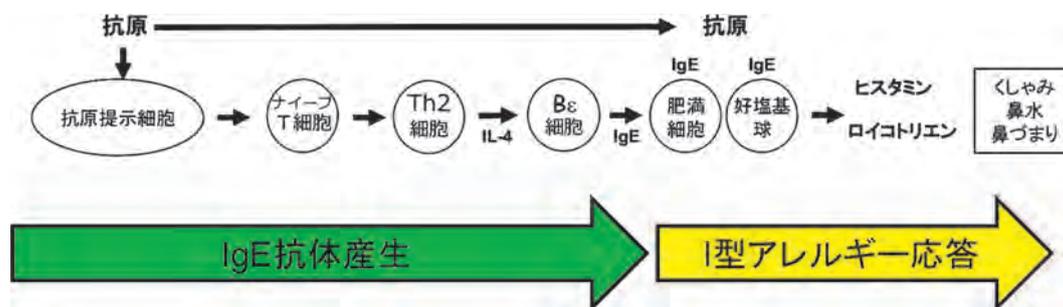


図-1 IgE抗体産生とI型アレルギー応答
 ナイーブT細胞：活性化前の抗原特異的T細胞、Bε細胞：IgE産生B細胞

アレルギーエキスを皮下に注射する方法で、まず低濃度のものから始め、最終の維持量（効果を維持する最大量）に達するまで濃度を段階的に上げていく。維持量に達してからも、通院を続けながらアレルギー皮下投与を数年継続し、最終的にアレルギーに対して不応答になることを目指す。欧米では、花粉症以外にも喘息やその他のアレルギー疾患に減感作療法が実行されている。例えば、米国の喘息ガイドラインでは、症状の重症度を6つのステップに分類し、中等度のステップ2から4の喘息患者で原因抗原が同定されている場合には減感作療法を考慮すべきであるとされている。一方、日本ではスギ花粉標準化エキスが医薬品としての認可を受けているだけで、スギ花粉症の減感作療法は普及しているとは言い難い状況である。

その理由を考えてみると、大きく二つに集約される。第一の理由は、長期間の通院が必要なことではないかと思う。図-2は、スギ花粉症に対する標準的な減感作療

法のスケジュールである。全て医師による皮下注射による投与であるため、最初は週に二回、次は週一回、そして維持量に達しても月に一度の通院が、延べ三年以上必要とされる。また、スギ花粉標準化エキスは天然のスギ花粉アレルギーを含有するので、皮下投与するとアナフィラキシーを引き起こす危険がある。アナフィラキシーはアレルギーが肥満細胞上のIgE抗体に結合した後に起こる、顆粒から産生されるケミカルメディエーターによる即時型アレルギー反応である。主な症状は蕁麻疹、血管性浮腫、呼吸困難、血圧低下、嘔吐などで、ときには意識不明に陥ることもある。そのため、皮下投与後は30分くらい病院内で安静にして、副作用が出ないことを確認してから帰宅することになる。減感作療法が普及しない第二の理由は、長期間通院して投与を続けたとしても、治るかどうかは、やってみないと分からないからである。もちろん、今までにさまざまな学術論文で減感作療法の有効性は報告されているし、実際に治った患者

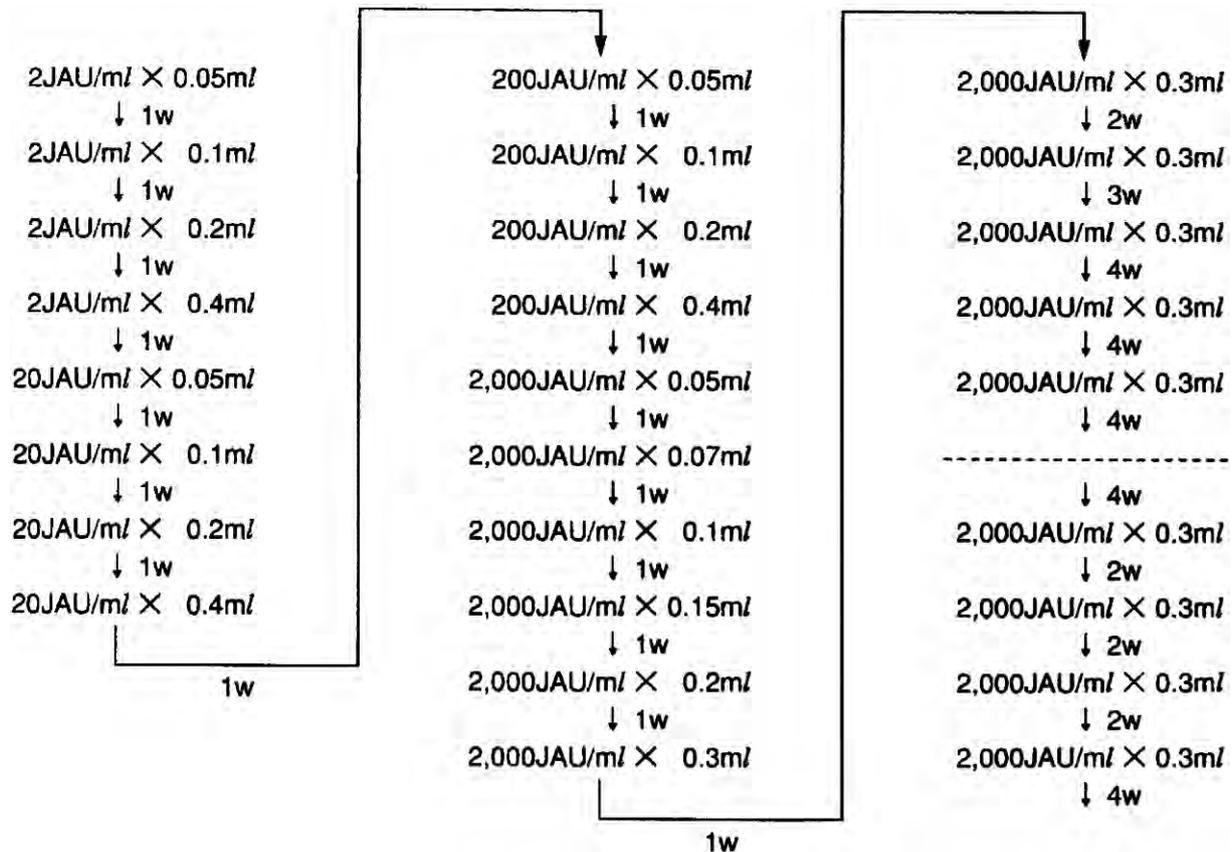


図-2 アレルギー治療エキストリイの皮下投与によるアレルギー免疫療法
 JAUは、日本アレルギー学会により設定された国内独自のアレルギー活性単位（Japanese Allergy Unit/mL）であり、スギ花粉エキスにおいてはCry j1が7.3～21 μg/mL含まれるエキスを10,000 JAU/mLと表示する。

さんが数多くいることも確かである。未解決の問題は、なぜ減感作療法で免疫寛容が誘導されるかという免疫学的作用メカニズムである。

2) 改良型の減感作療法の試み

以上のような減感作療法の問題点を解決するため、新しい「アレルゲン特異的免疫治療」がこれまでに種々開発され、臨床試験も実施されている。スギ花粉症でもいくつか有望なアプローチがすでに試みられている。

① プルラン複合体の利用

まず、減感作療法での皮下投与後のアナフィラキシーショックの危険性を軽減するため、安全な減感作抗原が開発された。その一つが、スギ花粉から精製された Cry j1 および Cry j2 タンパク質と多糖類プルラン複合体である。

Cry j1 や Cry j2 タンパク質など天然由来のアレルゲンは、通常それらの立体構造を認識する IgE 抗体が直接結合することによってアナフィラキシー反応を引き起こす。しかし、プルラン複合体はアレルゲンが多糖類のプルランで包まれているために、IgE 抗体が結合することができない。よって、プルラン複合体はアナフィラキシーの危険性を排除でき、より効果の高い減感作療法として普及することが期待された。しかし、既存のスギ花粉エキスと比較した臨床試験において統計学的有意差が認められず、医薬品の開発は中止されている²⁾。

② T 細胞エピトープ連結ポリペプチドの利用

次に、Cry j1 と Cry j2 タンパク質の中でスギ花粉症の患者さんの T 細胞と反応するペプチド断片（エピトープ）だけを連結した T 細胞エピトープ連結ポリペプチドが開発された^{3,4)}。これは、Cry j1 や Cry j2 の天然立体構造を持たない人工ポリペプチドであるため、アナフィラキシーを誘発する可能性が極めて低いことが予想された。T 細胞エピトープ連結ポリペプチドは、限られた人数のスギ花粉症患者さん由来とは言え、末梢血 T 細胞を最も強く活性化するペプチドが選ばれているので、主要な T 細胞にアナジーを誘導することが期待された。しかし、実際はハイブリッド・ペプチドに使われているエピトープ配列以外にもエピトープはいくつも残っているので、仮に主要な T 細胞にアナジーが誘導できたとしても、それ以外の T 細胞はスギ抗原の刺激を受けて活性化してしまうはずである。マウスの実験では均一な純系が用いられるので、提示されるエピトープも均一な限定されたペプチドになる。しかし、ヒトの場合、

父も母も全く遺伝子型が異なり、子供はさらに両親のハイブリッドになるので、ヒトごとに様々なエピトープを提示することになる。そのような状況から考えても、5つや7つの選択したエピトープだけで構成されるハイブリッド・ペプチドが、多くのスギ花粉症患者さんに効果を示すとは考えにくい。

③ 舌下にアレルゲンを滴下する免疫療法

欧州の主要国を中心に、ブタクサやシラカバなどの花粉による季節性アレルギーや、ダニやハウスダストなどのアレルゲンによる通年性アレルギーに対する舌下免疫療法（SLIT: Sublingual Immunotherapy）が、次世代の減感作療法として定着しつつある。これに対して、皮内注射による旧来の減感作療法は Subcutaneous Immunotherapy（SCIT）と呼ばれる。

日本でも、治療用標準化アレルゲンエキス皮下注「トリイ」スギ花粉を SLIT 用に転用した医薬品が、間もなく薬価収載された。スギ花粉症患者の中で、年齢 12 歳以上が SLIT の対象者となる。SLIT も SCIT と同様に、花粉飛散時期には開始せず、開始後は少なくとも 2 年間毎日連続して投与可能で、最初の 1 年目は 2 週に 1 回、その後は月に 1 回の受診が条件となる。初回投与は専門医がいる医療機関で実施し、投与後 30 分間は安静な状態で観察する。2 回目以降の投与は自宅で長期間継続できる時間帯に、2 分間舌下にアレルゲンを保持した後、飲み込む方法を取る。最初は低用量から始めるが、SCIT とは異なり全身性副作用の危険性が低いことから増量期は 1 ~ 2 週間で、短期間の間に維持期に入ることができる。SLIT に特有の副作用は投与部位に関連した、口腔浮腫、口内炎症状、咽頭刺激感、口腔掻痒の症状が知られている。また、全身性副作用を発生させないように、投与後最低 2 時間以内は激しい運動、アルコール摂取、入浴は避けるよう指導される。SLIT は SCIT のデメリットである通院回数を大幅に減らすメリットがあるが、逆に患者単独での投薬回数が増えることになるので、担当医師のしっかりとした指導と患者の投与方法遵守の徹底が求められる。

スギ花粉症治療のための SLIT または SCIT には、治療用標準化アレルゲンエキス皮下注「トリイ」スギ花粉またはシダトレンが用いられる結果、スギ花粉中のすべてのアレルゲンに対する減感作が成立する可能性が高い。その一方で、スギ花粉症患者の大半が同じ春季に飛散するヒノキに対するアレルギー症状を示すことも報告

されており、仮にスギ花粉に対する減感作が成立してもヒノキ花粉症の症状が残るため、春季の生活の質 (QOL) が改善される治療効果を実感できない可能性がある。今後、もし様々な花粉アレルギーエキスの医薬品が認可されれば、花粉症患者が季節ごとに反応する花粉のすべての種類に対する減感作を誘導する SCIT や SLIT が実施できることになる。しかし、花粉エキスには天然アレルギーが含まれているわけであるから、アナフィラキシーを誘発する可能性は否定できない。その解決策としては、立体構造を変換して IgE 抗体への結合能を低下させた人工アレルギーの利用が考えられる。

④人工アレルギー・ワクチンを用いた SLIT

一般に、病気の原因物質を使用するワクチンには安全性と有効性の両方が要求されるが、スギ花粉症 SLIT に応用する人工アレルギー・ワクチンも当然、アナフィラキシーを誘発しない高い安全性と、アレルギー応答を抑制する高い有効性を保持していなければならない。

アナフィラキシーを誘発しないためには、前述の T 細胞エピトープ連結ポリペプチドの構想と同じく、スギ花粉症患者の血液中でアレルギー特異的 IgE 抗体と結合しないことが必須条件となる。また、SLIT 用の人工アレルギーで、全てのスギ花粉症患者さんに高い効果を発揮させるためには、限定された T 細胞エピトープのハイブリッドでは不十分で、少なくとも Cry j1 と Cry j2 の成熟領域 (タンパク質が機能を持つ最小領域) の全アミノ酸配列が欠かせないのである。そこで、スギ花粉症患者さん全てに効果が出るように、Cry j1 と Cry j2 の全成熟領域を使用することを決めた。次に、アナフィラキシーショックを誘発しない構造を持つ人工アレルギーを設計するため、遺伝子工学技術を用いて Cry j1 領域と Cry j2 領域を直接連結した「Cry j1/Cry j2 融合遺伝子」を作製した⁵⁾。その結果、スギ花粉症患者さんの肥満細胞上に結合している Cry j1 や Cry j2 特異的 IgE 抗体は、スギ花粉由来の天然型 Cry j1 や Cry j2 タンパク質には結合できるが、立体構造が非天然型に変化してしまった Cry j1/Cry j2 融合タンパク質には結合できないことに

なる。そのような人工アレルギーを SLIT に使えば、仮に大量に投与した場合でも、過度のアレルギー反応やアナフィラキシーを引き起こさず、舌下の抗原提示細胞に取り込まれた後、T 細胞に免疫不応答を誘導できる可能性が高く今後の発展が期待されている。

4. おわりに

花粉症の根本治療は、既に感作が成立しているアレルギー患者さんを対象とするため、アナフィラキシー誘発の危険性を排除するための高い安全性が要求されることになる。今後も患者数が増え続けることが予想されるアレルギー疾患に対して、既存の対症療法では限界が見えていることから、一刻も早く画期的な治療ワクチンが医薬品として認可されることが望まれる。

引用文献

- 1) 鼻アレルギー診療ガイドライン 2013 年度版
- 2) 奥田 稔、信太隆夫、今野昭義 他 (2002) プルラン結合アレルギーによる減感作療法の治療成績—スギ花粉エキスとの比較試験—。耳鼻と臨床 48:99-116.
- 3) Hirahara K, Tatsuta T, Takatori T et al. (2001) Preclinical evaluation of an immunotherapeutic peptide comprising 7 T-cell determinants of Cry j1 and Cry j2, the major Japanese cedar pollen allergens. J Allergy Clin Immunol. 108:94-100.
- 4) Sone T, Morikubo K, Miyahara M et al. (1998) T cell epitopes in Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) pollen allergens: choice of major T cell epitopes in Cry j1 and Cry j2 toward design of the peptide-based immunotherapeutics for the management of Japanese cedar pollinosis. J Immunol 161:448-57.
- 5) 石井保之 (2013) 花粉症に対するリポソームワクチン開発の進展。医学のあゆみ、247: 1239-1244.

森林管理による花粉生産の抑制 — 間伐の可能性について

梶本 卓也 (かじもと たくや、森林総合研究所)

福島 成樹 (ふくしま しげき、千葉県農林総合研究センター・森林研究所)

はじめに

スギ花粉症の発生源対策には、大別すると、花粉の発生自体を遮断あるいは減少させる方向と、発生源となるスギ林の適切な管理を通じて花粉の飛散量を緩和しようとするアプローチがある(篠原ら 2006)。前者は、伐採後の再造林の際、スギ以外の樹種への転換や、無花粉や少花粉スギの苗木を植林する方法である(本特集の斎藤 2015 を参照)。一方、後者は、森林を伐採せずに、枝打ちや間伐など通常の施業を行いながら、同時に花粉の低減をはかろうという考え方である。

施業による花粉(雄花)生産の抑制効果については、スギ花粉症が社会問題に定着して以来、とくに 1980 ~ 90 年代に間伐試験など関連の研究が行われたが、概ね否定的な結論に落ち着いている(金指・横山 1988、斎藤 1995、林野庁 2006)。例えば、枝打ちは、樹冠下部のもとと雄花をあまり着けない枝を落とす作業なので、個体の花粉生産を低減させるには相当上の枝まで落とす必要がある(福島ら 1996)。間伐についても、後述するように林分の雄花生産量は間伐後に増えることはあっても激減した例はほとんどない。しかし、この問題を単に間伐で花粉が増えるか減るかで片付けてしまわずに、これをきっかけに、本来木材生産のための間伐という作業に何か工夫の余地はないか考えてみることも、多様な森林施業が求められる今、それなりの意味はあるように思われる。

こうした視点から、本稿では、とくにスギ林の間伐試験の事例を中心に紹介しながら、施業による花粉低減の可能性や問題点を検討する。なお、花粉の発生源対策と森林管理全般については、清野(2010)の総説に詳しいので参照されたい。

花粉生産の年変動

最初に、スギの花粉生産に関する一般的な特徴をみておきたい。スギの雄花の芽は、関東だと 6 ~ 7 月頃当年枝に形成され、11 月頃には中に花粉が生産される。その後一度休眠して、翌年の 2 月中旬頃から開花が始まり花粉が飛散される(金指・横山 1988)。この時期になると、花粉飛散量の予報が各地域で毎日出されるようになるが、この予報システムには、その年各地のスギ林で生産される花粉量の予測結果も組み込まれている(金指・鈴木 2010)。こうした事前の予測は、芽が形成される前年 6 ~ 7 月頃の気温が高く、日射量も多いと雄花の生産量が多くなる関係(横山・金指 1993)に基づいている。

ただし、スギの場合、他の針葉樹の多くと同様、ほぼ隔年周期で雄花の豊凶が繰り返されて(斎藤 1995)、芽の形成に良好な気象条件が続いても、雄花が多かった翌年は花粉の飛散は少なめになる。こうした豊凶の変動には、気象要因以外にも、樹体に貯蔵された炭水化物量の影響が指摘されている(Miyazaki *et al.* 2009)。その結果、花粉の年変動は長期的にはやや不規則になることが多い。例えば、個体の雄花着生度を長年観測している千葉県の場合、およそ 5 ~ 6 年に一度雄花の大豊作が起こっている(図-1)。同様な豊凶パターンは、神奈川県のスギ林でも報告されている(齋藤ら 2011)。

スギの雄花の豊凶年の差は、この千葉県全体の平均だと 10 倍ほどだが、林分単位でみると時には 40 ~ 100 倍に達し(橋詰・坂本 1992、福島ら 2011)、マツや広葉樹などに比べると年変動が大きい点に特徴がある(斎藤・竹岡 1987)。したがって、もし間伐等の施業で花粉飛散の低減をはかろうとするならば、とくに豊作年にその抑制効果があることが重要な意味を持つことになる。

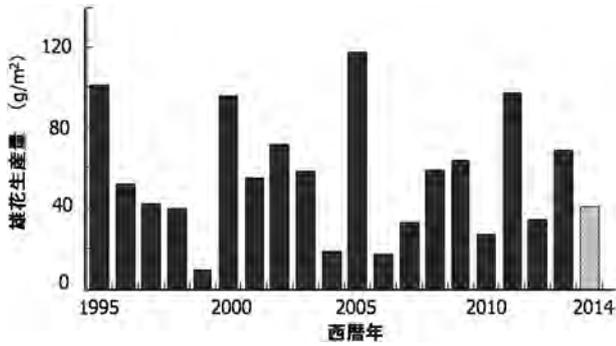


図-1 雄花の年間生産量の年変動の例
千葉県のスギ林 45ヶ所の着花指数(平均値)に基づく推定値。年次(西暦)は、花粉の飛散年に対応している。(県のホームページ掲載図、「千葉県における平成 26 年春のスギ花粉飛散量の予測」を一部改変)

花粉生産の同調性と地域差

林分あたりの花粉生産量は、一般にはトラップを用いた雄花の脱落量の測定から推定される(写真-1)。ただし、この方法だと多点の調査が難しいので、個体ごとに雄花の着生度を目視で4段階に判別し、それを指数化(着花指数)して雄花生産量を推定する方法がよく用いられている(林野庁 2006)。この方法で全国 12 都府県の 500ヶ所を超えるスギ林で調査された結果をみると、雄花の豊凶は地域間で概ね同調する傾向にある。

その一方で、平均の雄花量や豊凶の年較差の程度には地域によって明らかな違いがある。例えば、豊作年の雄花量は、関東圏に比べて東海や関西で少なく、九州北部はさらに少ない(林野庁 2006)。この地域差には、気象条件の違い以外に、九州だと花粉が少ない挿し木品種(大分のヤブクグリなど)のスギ林が多いことなどが反映されている。ただし、挿し木でも雄花を多く着生する品種もある。スギ林のこうした地域性や対象とする林の遺伝的な素性を知っておくことは、間伐等の施業において、花粉発生抑制にどの程度配慮が必要か、そしてどの程度低減が見込めるのかを判断する上で重要である。

間伐と雄花生産

表-1には、花粉の抑制効果に関連して行われた間伐試験の事例を幾つか示した。いずれも実生由来の 30～40年生のスギ林を対象にしたもので、間伐後にトラップ法で雄花の生産量が測定されている。なお、これらの試験では冬期(12～2月)に間伐が実施されているので、



写真-1 茨城県のスギ林間伐試験地(清野ら 2003)
(上:無間伐区、下:強度間伐区)

その直後の春は、間伐した個体にすでに着生していた雄花の分だけ確実に間伐前より花粉が減少することになる。ここでは、こうした直接的な減少効果ではなく、間伐から1年目以降にあらわれた残存木への影響を検討する。

まず、茨城のスギ林で間伐強度を変えた試験によると(写真-1)、間伐率が50%以上のかなり強い間伐をすると、1年目の雄花生産量は無間伐や弱い間伐(13%)に比べて大きく増加している(清野ら 2003)。これは、強度間伐区では残存木のうち着花した個体1本あたりの雄花量が大幅に多かったためで、その原因には林冠の急な疎開に伴い光環境が大きく好転した影響が考えられている。

同様に、静岡・天竜市のスギ林(28年生)でも、1年目の雄花生産量は間伐率が高いほど(間伐前に対する比で)多くなっている(大場 2006)。ただし、この試験ではさらに間伐後3～4年の変化も追跡されており、この1年目に生じた処理区の差は徐々に解消される傾

表-1 スギ林における雄花（花粉）生産に関する間伐試験の例

調査林分		試験方法			結果	
場所 (試験地名)	林齢 (年生)	比較の対象	間伐率 (本数%)	測定年数 (間伐後)	林分の雄花生産量の比較	文献
茨城・笠間市	26	間伐強度の違い	13, 52, 69	1	1年目は、とくに強い間伐が多い	清野ら (2003)
静岡・天竜市 (横山)	28	間伐強度の違い (間伐前密度が違う)	11, 27, 35	5	1年目は、強い間伐ほど多い その後、処理区の違いが小さくなる	大場 (2006)
静岡・龍山村 (秋葉山)	41	立木密度の違い	27 ~ 31	3	高密度ほど少ない (間伐後5~7年目の結果)	大場 (2000)
千葉・木更津市	36	通常と多雄花木間伐	38, 43	3	間伐法で明瞭な差がない	福島ら (1996)
千葉・南房総市	41	多雄花木間伐 (無間伐との比較)	33	5	1年目は、多雄花木間伐で増加 その後の積算値は差がない	福島 (2013)
千葉・富津市	31	通常と多雄花木間伐	26* (材積%)	4	多雄花木間伐は、豊作年に少ない	梶本ら (未発表)

向にある。これは、間伐強度の違いによる影響は一時的で、もし林齢や立地条件などが同じであれば、林分の雄花生産量は立木密度に応じて同じ程度になることを示している。

静岡の別のスギ林（41年生）の間伐試験は、もともと立木密度が異なる林をほぼ同じ間伐率（約30%）で処理し、その後5年経過してから3年間比較したもので、雄花の生産量は、間伐前後を通じて高密度に維持された方が低密度の場合よりも少ない結果が得られている（大場 2000）。同様な関係は、ボカスギの若い林でも報告されており、花粉の抑制を重視するならば、例えば吉野スギの長伐期施業のように弱い間伐を繰り返して密度を高め維持する方法が効果的と指摘されている（Taira *et al.* 2000）。

多雄花木間伐の抑制効果

以上は、いわゆる通常の間伐（下層間伐）を用いた試験例だが、それに対して、雄花を多く着ける個体をねらい打ちする間伐（多雄花木間伐）が、条件しだいで花粉の抑制に効果を発揮する可能性が指摘されている（清野ら 2003）。この条件とは、上述のようにスギの着花度には明かな品種の差があるので（橋詰・坂本 1992）、そうした遺伝的要素の影響が強い林分で、もし着花しやすい個体が選択的に除去できればという意味である。

表-1の3例は、いずれも千葉県で行われた多雄花木間伐を用いた事例である。そのうち、木更津市のスギ林では、間伐後3年間、ほぼ同じ間伐率の通常間伐と雄花の生産量を比較したところ明瞭な差が見られなかった（福島ら 1996）。また、南房総市のスギ林の試験でも、

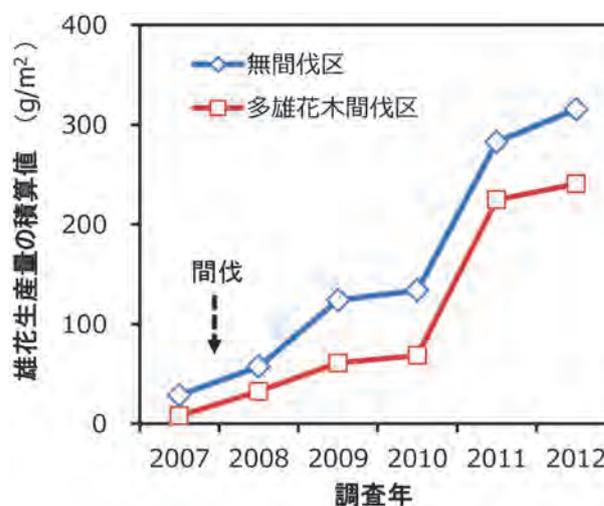


図-2 多雄花木間伐による雄花生産量の変化
値は各年の積算値を示す（福島 2013 を一部改変）

間伐後5年間の積算雄花量を比較すると（図-2）、多雄花木間伐の方が無間伐よりも絶対値は少ないが、その差を割合で示すと（約76%）、もともと間伐前にあった差（約71%：2007年）とほぼ同じなので、花粉の抑制効果はあまりないと報告されている（福島 2013）。しかし、この積算量の経年変化をみると、多雄花木間伐区が無間伐区よりも雄花量が明らかに下回る年が5年間に2回みられ（2009年と2012年）、年によっては雄花生産が低減される可能性が示されている。

最近、筆者らが富津市のスギ林で下層間伐と比較した試験でも、間伐後4年間で多雄花木間伐が下層間伐よりも雄花の生産量が少ない年が2回認められている。しかも、これらの年は豊作年（2011年と2013年；図1）

であったために、4年間の積算量でみると多雄花木間伐が20%ほど少ない結果となっている。

多雄花木間伐の試験はまだ限られており、さらに間伐率などを変えて調べてみないと通常間伐とこうした差がでる原因はよくわからない。また、もし豊作年に限って差がでるとすれば、上述した気象要因の年変動や樹体の貯蔵物質の影響など、スギの雄花の豊凶をめぐるメカニズムの関係からはどのように説明できるのか、いろいろと疑問が残るところである。しかし、この試験地のように、多雄花木の除去で一定の花粉抑制が見込めるような林分の場合は、選木の際のオプションのひとつにすることも考えられる。ただし、着花性が高い個体は、一般にはサイズが大きい個体に多い傾向があるので(福島2013)、多雄花木ばかりを選木すると成長の良い個体が中心の間伐となってしまふ。したがって、間伐はあくまでも被圧木などを中心に行い、明らかに毎年着花が多い個体も少し混ぜて除去する方法が考えられる。一方、壮齡林で搬出間伐する場合は、積極的に選木に加えてもいいかもしれない。

ヒノキの花粉生産

本稿ではスギ林を中心に述べたが、花粉の発生源対策ではヒノキ林も無視できない。現在、その花粉発生源の特定や飛散量予測のための開発や研究が林野庁の事業等で進められている(全林協2014)。また、ヒノキ林で間伐の影響を調べた例では、強度間伐(50%)だと林縁や残存個体で雄花の生産が促進されて、花粉の抑制効果は小さいとの報告がある(中西ら2008)。ただし、ヒノキの雄花はスギに比べて小さく、目視による着生度の判別が難しいこともあり、花粉生産の年変動や地域性などが検討できる多点の長期データが不足している。今後は、そうした判別手法の開発も進めて、スギと比べてその特徴を明らかにすることが重要であろう。

おわりに

日本の林業は、50～60年生の伐期に達した多くのスギやヒノキの人工林を抱えて、いかに低コストで伐採と再造林を進めるかが大きな課題とされている。再造林の場合、花粉抑制の点では、冒頭で触れたような無花粉

スギや他樹種へ転換をはかるのが確実であろう。その一方で、皆伐せずに長伐期へ誘導する、あるいは誘導せざるを得ない人工林も少なからずある。スギの場合、例えば50年生を超えれば雄花生産が頭打ちになると言われるが(斎藤1995)、花粉の飛散が続く状況に変わりはない。こうした高齢化する林も含めて、花粉を激減させる間伐法がないことは本稿で述べてきたとおりである。したがって、一時的にしろ花粉の激増を招く恐れがあるような極端に強い間伐は避けたり、また多雄花木を選木のオプションに取り入れるなど、現在よりは増やさないという考えで施業の工夫をはかることが大切である。

引用文献

- 福島成樹ら(1996)日林論 107:475-476.
 福島成樹ら(2011)森林学会発表データベース 123:A33.
 福島成樹(2013)関東森林研究 64-1:25-28.
 橋詰隼人・坂本大輔(1992)鳥大演研報 21:31-50.
 金指達郎・横山敏孝(1988)森林立地 30(2):11-16.
 金指達郎・鈴木基雄(2010)日林誌 92:298-303.
 清野嘉之ほか(2003)日林誌 85: 237-240.
 清野嘉之(2010)日林誌 92:310-315.
 Miyazaki Y et al. (2009) J For Res 14: 358-364.
 中西麻美ら(2008)森林立地 50(2):167-173.
 大場孝裕(2000)中部森林研究 48:39-40.
 大場孝裕(2006)静岡県林業技術センター研究報告 34: 7-12.
 林野庁(2006)平成17年度花粉生産予測情報調査事業報告書. 124pp, 全国林業改良普及協会, 東京.
 斎藤秀樹・竹岡政治(1987)日生態会誌 37:183-195.
 斎藤秀樹(1995)耳鼻臨床 76:6-10.
 齋藤央嗣ら(2011)神奈川自然環境セ報告 8:1-8.
 Taira H et al. (2000) J For Res 5: 234-246.
 篠原健司ら(2006)林業と薬剤 175:10-17.
 横山敏孝・金指達郎(1993)日林論 104:445-446.
 全国林業改良普及協会(2014)平成25年度森林環境保全総合対策事業 スギ・ヒノキ花粉発生源地域推定事業報告書(平21～25年度). 138pp, 東京.

スギ・ヒノキ花粉症対策品種の開発と普及

斎藤 真己 (さいとう まき、富山県農林水産総合技術センター森林研究所)

はじめに

スギ・ヒノキ花粉症対策の一環として、これらの花粉飛散数を減少させるためには、まずは伐期に達したスギやヒノキ林を伐採し、花粉を飛散させない品種（花粉症対策品種）を新規に植林する方法がある。この方法は成果が出るまでに時間はかかるものの、日本の林業を衰退させることなく、確実に将来の花粉飛散数を減少させることができる。

花粉症対策品種は、①着花量が極めて少ない「少花粉品種」と、②全く花粉を飛散しない「無花粉品種」の2つに大別される。スギの花粉症対策品種については、日本森林学会誌に総説（斎藤 2010）があるが、当時よりも状況は進展していることから、本稿ではヒノキも含めた花粉症対策品種の最新の成果や普及状況について紹介する。

少花粉スギ

スギの雄花着花量は品種間で大きな差があることは古くから知られていた（長坂・田淵 1975）。また、雄花着花性の遺伝率が0.43～0.82と高いことが明らかになり、次世代での選抜効果が期待できるようになった（齋藤・明石 1998, 玉城・栗延 2012）。そのため、林野庁が進める林木育種事業の中で各地の精英樹を中心に雄花の着花量が極めて少ない「少花粉スギ」の選抜が進められ、2014年4月までに137品種（クローン）が花粉症対策品種として認定されている。

一般的に、スギの苗は種子で増殖する「実生苗」とクローン増殖する「さし木苗」の2つに分けられるが、少花粉スギの場合は主に実生苗で生産されている。その種子生産は野外に造成されたミニチュア採種園と呼ばれる樹木園で行われている（図-1）。ここでは、樹高120cm程度に低く保たれた上記の少花粉スギが採種木（親木）として植樹されており、ジベレリン水溶液を葉面散布することによって着花促進した後、任意交配が行われることでその種子が効率的に生産されている。「少花粉スギ」の苗はすでに各地域で普及されており、例え

ば、東京都は2006年から「花粉の少ない森づくり運動」として、成熟したスギ林を少花粉スギに改植する事業を積極的に進めており、2012年度までに約470haのスギ林が改植された。

しかしながら、スギの花粉は風によって長距離に飛散するため、採種園の立地環境によっては60%以上と高い頻度で採種園外の花粉尘と交雑しており、少花粉苗としての歩留まりの低下が以前から指摘されていた（斎藤 2010）。最近、山形県は多雪地域にミニチュア採種園を造成することによって、積雪の影響で開花時期が周辺のスギ林より大幅に遅れ、年によっては園外花粉の混入を10%未満に抑えられることを明らかにした（渡部 2013）。この方法は、特別な設備などを必要としないことから、積雪地域であれば簡便かつ低コストで園外花粉との交雑を低減することが可能となる。

他にも、福島県や茨城県は果樹園のように予め集めておいた少花粉スギの花粉尘を開花期に散布するSMP（Supplemental Mass Pollination）処理を行うことで、園外花粉との交雑の頻度を下げると同時に少花粉スギの

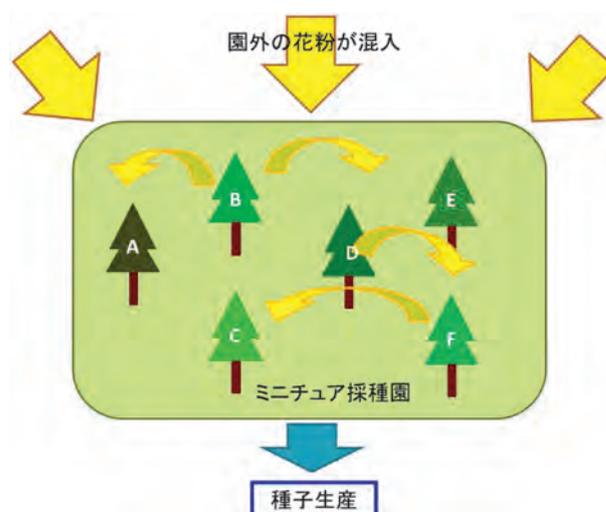


図-1 少花粉スギのミニチュア採種園の概念図
図中のA～Fは異なる少花粉スギ品種（採種木）であり、同じ品種同士が隣接しないように配置されている。

花粉を補う効果があることを明らかにした。また、群馬県はミニチュア採種園の開花時期にブルーシートをかぶせた簡易の屋根を作ることで、園外花粉との交雑率を15%程度、低減させる効果があることを明らかにした。いずれの方法も完全とまではいかないが、園外花粉との交雑を防ぐ一定の効果が認められているため、これらの方法を組み合わせるなど新たな管理方法を構築していくことで、より高品質な少花粉スギの種苗生産に繋がると期待される。

少花粉ヒノキ

少花粉スギと同様に雄花の着花量が極めて少ない「少花粉ヒノキ」が、2014年4月までに56品種選定されている（林野庁HP）。少花粉ヒノキのミニチュア採種園も東京都や茨城県、千葉県などで造成されているが、スギと異なり幼齡木のジベレリンによる着花促進が容易でなく、さらにさし木によるクローン増殖もスギより困難であることから、現状ではミニチュア採種園方式での実生苗の大量生産までは至っていない。少花粉ヒノキの早期着花手法については、東京都がジベレリン水溶液の葉面散布ではなく、ジベレリンペースト剤（1.5mg）を幼齡木の幹に注入処理することで着花促進効果があり、実用的であることを明らかにした（図-2）。また、さし木増殖については、福岡県が農業用フィルムで密閉したトンネルを活用して湿度を高く保つことで、さし木の発根率は大幅に向上することを明らかにした（大川2013）。

今後は、これらの成果を活用することで、少花粉スギと同様にミニチュア採種園方式やさし木による大量生産が可能になると期待される。

無花粉スギ

花粉症対策にとって究極ともいえる性質を持った無花粉スギは、1992年に富山県で最初に発見された（図-3）（平ら1993）。この性質を保有するスギを活用できれば、環境や樹齢に左右されることなく全く花粉を飛散しないため、極めて有効な手段になる。そこで、全国的な調査が進み、現在では富山県も含めて7県（富山、青森、福島、新潟、茨城、神奈川、三重）から多様な無花粉スギが選抜されている（斎藤2009a）。また、無花粉になる雄性不稔性の遺伝様式は一对の劣性遺伝子によって支配されていることが明らかにされ、現在までに4

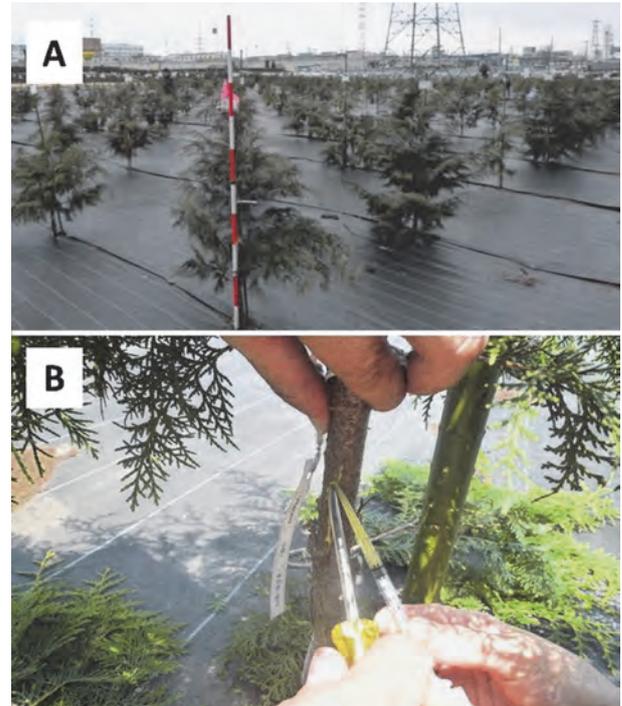


図-2 東京都で造成された少花粉ヒノキのミニチュア採種園（A）とジベレリンペースト剤を幼齡木の幹へ注入処理している様子（B）
この採種園は15クローン366個体で構成されており、ジベレリンペースト剤の注入には先端を加工したマイナスドライバーとシリンジを使用する。

種類（*ms-1*, *ms-2*, *ms-3*, *ms-4*）の雄性不稔遺伝子が同定されている（斎藤2009a）。さらに、精英樹の中にも雄性不稔遺伝子を保有するクローンが複数存在することが明らかになり、各地で実用化に向けた品種改良が進められている（斎藤2010）。これまでに、農林水産省へ品種登録、あるいは林野庁の花粉症対策品種になっているのは、富山県が開発した「はるよこい」と（独）森林総合研究所が開発した「爽春」、「三重不稔（関西）1号」の3つであるが、いずれもさし木品種である。スギは成長して材が収穫されるまでに数十年という長い年月がかかり、環境の変動や気象害、病虫害など様々な環境変化に耐えなくてはならないことから、遺伝的に多様な集団の方が安全とされ、九州を除く多くの地域ではさし木よりも実生による苗木生産が好まれる傾向にある。

富山県森林研究所は、雄性不稔遺伝子（*ms-1*）をヘテロ型で保有する2種類の精英樹を活用して無花粉の実生品種である「立山 森の輝き」を開発した（図-4）。

この品種は2種類の精英樹を交配親として利用しており、遺伝的に優良であることが期待されている。実際に2箇所の検定林で従来の富山県の既存品種であるタテヤマスギ(実生)やマサヤマスギ(さし木)などと一緒に生育調査をしているが、現状では「立山 森の輝き」が最も早く成長しており、さらに雪害による幹折れ率も雪に強いとされるタテヤマスギより劣ることはない(斎藤・寺西 2014)。

「立山 森の輝き」の種子の生産は、室内ミニチュア採種園と呼ばれる施設で行われている(図-5)。この方法は、斎藤(2009b)によって考案され、大型のビニールハウスの中に雄性不稔遺伝子をホモ型(aa)で保有する種子親(F_1 小原 13)とヘテロ型(Aa)で保有する花粉親(珠洲 2号)を混在させて、4台の扇風機で室内の空気を循環させ自然交配させている。その結果、園外の花粉と受粉する可能性は極めて低くなり、さらに従来の袋がけによる交配作業も必要なくなり、省力的かつ効率的な種子生産が可能になった。富山県では、2013年までにこの採種園を4棟造成したことから、年間4万本程度の苗木の生産体制が整っている。

2012年からは、造林用として「立山 森の輝き」の本格的な普及が始まった。富山県の場合、標高300m以下で樹齢50年以上のスギ人工林が都市部の主な花粉飛散源になることから(斎藤・寺西 2011)、低標高のスギ人工林を「立山 森の輝き」に改植する【優良無花粉スギ「立山 森の輝き」普及推進事業】を進めている。この事業では、スギ人工林の伐採跡地へ「立山 森の輝き」を植栽して頂ける山林所有者の方に、苗木代や地持えなどの植栽にかかる経費を全額補助することになっている。2012年から3年間で、富山県内21箇所にて約17,000本の苗が植林され、2015年からは3~4万本の植林を予定している。

富山県以外でも、無花粉スギの普及が始まりつつあり、神奈川県は2010年に行われた第61回全国植樹祭で、また、2014年から「成長の森」という県民参加の森づくりのイベントで神奈川県産の無花粉スギを植樹した。静岡県は、2012年に行われた全国育樹祭で、また、翌年に地元の天竜林業高校の演習林に静岡県産の無花粉スギを植樹した。石川県は、2017年の全国植樹祭で石川県産の無花粉スギを植樹する予定にしている。以上のように、全国各地で品種改良された無花粉スギが着実に生産・普及されつつある。

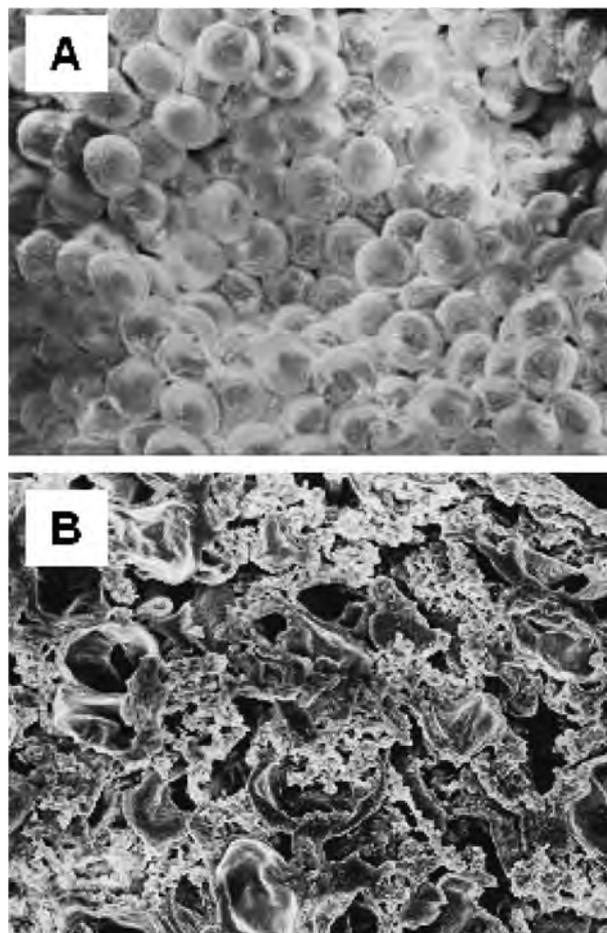


図-3 通常のスギ(A)と無花粉スギ(B)の雄花内部の電子顕微鏡写真
無花粉スギの花粉粒は崩壊しており、開花時期になっても飛散しない。

研究面での新たな成果としては、2013年に(独)森林総合研究所は遺伝子組換え技術を用いて、葯内で発現するRNA分解酵素(バルナーゼ)遺伝子をスギに導入し、無花粉化に成功した。また、苗の段階であるため、今後の生育特性や安全性について検証する必要があるものの、将来的には花粉症対策の選択肢の一つになる可能性がある。また、スギの雄性不稔性に関連する遺伝子の探索も同時に進められており、雄性不稔遺伝子の $ms-1$ が染色体の第9連鎖群に(Moriguchi *et al.* 2012)、 $ms-2$ は染色体の第5連鎖群に(Moriguchi *et al.* 2014)存在することが明らかになった。これらの成果は、短期間で効率的に $ms-1$ や $ms-2$ を保有する個体の選抜が可能になることを意味していることから、今後の花粉症対策品種の育種の加速化が期待できる。

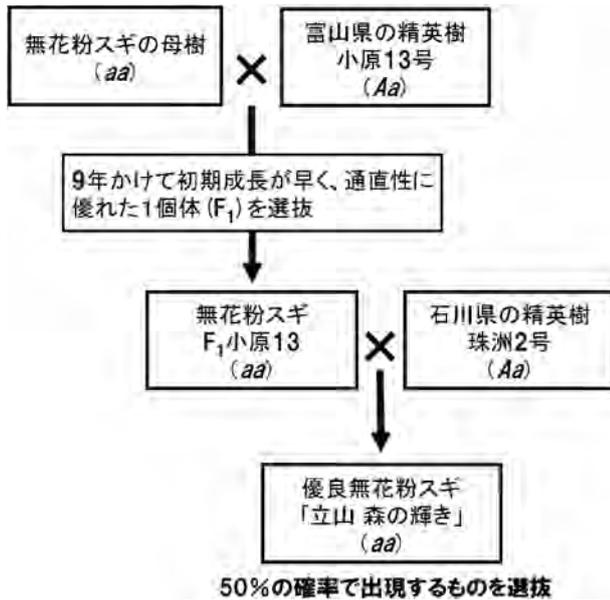


図-4 優良無花粉スギ「立山 森の輝き」の交配家系図
 雄性不稔性の遺伝子を「a」、花粉をつける可稔性の遺伝子を「A」とすると、「aa」を保有する個体は無花粉となり、「AA」もしくは「Aa」を保有する個体は花粉をつける。「立山 森の輝き」も得られた苗の集団のうち約50%は花粉をつけるため、出荷前に選抜が必要である。

無花粉ヒノキ

2012年に神奈川県が全国で初めて無花粉ヒノキを発見したと公表した。この個体は葯内に大小のサイズの異なる花粉粒が確認されるものの全く花粉を飛散しないといった特徴を持つ。ただ、種子の発芽能力がない両性不稔だったため、現在普及に向けてさし木による増殖が進められている。

スギと同様に、ヒノキの雄性不稔性個体も各地に存在している可能性が高いことから、探索を進めることで他の地域でも発見できることが期待される。

今後の展望

本稿は、2010年以降の最新の成果を中心にとりまとめたが、この数年の間でも新品種の開発から生産方法の改良に至るまで着実に成果があがり、普及に結びついている。

スギの花粉症対策品種は、年々生産量が増加しており、2012年には約160万本の苗が生産されたが（林野庁HP）、現在のスギ苗の生産量全体からみると、まだ



図-5 「立山 森の輝き」の種子生産を行っている室内ミニチュア採種園
 耐雪型のビニールハウス(5.6m×13.5m)の中に「立山 森の輝き」の種子親であるF₁小原13(aa)と花粉親である珠洲2号(Aa)を混在させている。1棟あたり1万本程度の無花粉苗が生産できる。

10%程度にすぎない。このような状況の中で、花粉症対策品種を最も効果的に活用するには、まず人口密度の高い地域に大きな影響を及ぼしている花粉の重要な発生源を特定することである（金指・鈴木 2010）。このような区域を花粉発生源対策の重点推進区域として、優先的に花粉症対策品種などへの改植を進めることが重要である。その際には、東京都や富山県で進められているような行政的支援も必要になるだろう。そうすることで、手つかずになっていた人工林の伐採が進み、花粉発生源対策になると同時に、日本の林業の活性化にも繋がること期待できる。

引用文献

金指達郎・鈴木基雄(2010) 都市域への影響の高いスギ花粉放出源の推定. 日林誌 92: 298-303.
 Moriguchi Y, Ujino-Ihara T, Uchiyama K, Futamura N, Saito M, Ueno S, Matsumoto A, Tani N, Taira H, Shinohara K, Tsumura Y (2012) The construction of a high-density linkage map for identifying SNP markers that are tightly linked to a nuclear-recessive major gene for male sterility in *Cryptomeria japonica* D. Don. BMC Genomics 13: 95.

- Moriguchi Y, Ueno S, Higuchi Y, Miyajima D, Ito S, Futamura N, Shinohara K, Tsumura Y (2014) Establishment of a microsatellite panel covering the sugi (*Cryptomeria japonica*) genome, and its application for localization of a male sterile gene (ms-2). *Mol. Breeding* 33: 315-325.
- 長坂寿俊・田淵和夫 (1975) スギ精英樹の着花形質に関するクローン間差. *関東林育年報* 11: 189-213.
- 大川雅史 (2013) 少花粉ヒノキ品種の挿し木増殖技術の確立. *福岡県森林林業技術センター研究報告* 14: 1-8.
- 齋藤央嗣・明石孝輝 (1998) スギ雄花着花性の選抜効果. *日林論* 109: 359-362.
- 斎藤真己 (2009a) 無花粉 (雄性不稔) スギのデータベースの作成. *林木の育種* 232: 44-46.
- 斎藤真己 (2009b) 雄性不稔遺伝子を保有したスギの列状配置型室内ミニチュア採種園の有効性. *日林誌* 91: 168 - 172.
- 斎藤真己 (2010) スギ花粉症対策品種の開発. *日林誌* 92: 316-323.
- 斎藤真己・寺西秀豊 (2011) 富山市中心部を対象としたスギ花粉飛発生源対策の重点推進区域の推定. *花粉症研究会会報* 22: 6-13.
- 斎藤真己・寺西秀豊 (2014) 無花粉 (雄性不稔) スギ品種の開発. *花粉誌* 60: 27-35.
- 平 英彰・寺西秀豊・剣田幸子 (1993) スギの雄性不稔個体について. *日林誌* 75: 377-379.
- 玉城 聡・栗延 晋 (2012) 花粉の少ないスギ品種をクローンおよび実生で普及した場合における雄花減少量の予測. *森総研報* 11: 197-205.
- 渡部公一 (2013) 多雪地帯に造成したスギミニチュア採種園の受粉時期の変動. *森林遺伝育種* 2: 83-88.

林業遺産紀行 第1回



「太山の左知」をはじめとした興野家文書

梶山 雄太 (かじやま ゆうた、宇都宮大学大学院農学研究科)

興野隆雄と「太山の左知」

興野隆雄(1790-1862)は、江戸巢鴨の旗本の次男として生まれた。21歳(数え年)で黒羽藩重臣の東興野家へ第4代当主隆中の娘婿として入り、重役のかたわら義父隆中とともに造林技術の研鑽に励んだ。嘉永2(1849)年、隆雄は父子2代にわたる造林試験の成果を「太山の左知(とやまのさち)」という山林書にまとめて造林技術を体系化し、今日では八溝林業の立役者として知られている。

“太山”とは太い木が生えた山を表し、“左知”は幸の当て字である。即ち、板用の大径材生産を行う利益について論じている。その内容の大部分は育苗と植栽に関するもので、種子の取り方から苗床作り、植栽する土地の選定法にまで及んでいる¹⁾。先進林業地の例として、吉野地方の造林法に関して文中で言及する箇所も少なくない。しかし安易な模倣に走らず、地域の実情を考慮してアレンジを加えた点は高く評価できる。例えば、①黒羽地方では小さい苗は兔に食われるので、育苗期間を吉野より1年長くとる、②黒羽地方では間伐材の需要がないので、初めから植え幅を広く二間にとる、というように、実践と経験の中から生み出されたものであった。

興野家文書の由緒・沿革

「太山の左知」の原典を含む興野家文書の所在については、遠藤(1921)²⁾の紹介にあるように、これまで不明とされてきた。しかし、加藤衛弘氏の調査により所在が判明、平成6(1994)年に同氏によって整理・目録化がなされた。「太山の左知」は翌年、翻刻・現代語訳されて出版され、その後、興野家文書は平成16(2004)年度に、直系の子孫である興野喜宣氏によって黒羽町芭蕉の館へ寄託された。

興野隆雄の山林経営

造林技術に関しては先述の通り「太山の左知」が翻刻・現代語訳されている。一方で、隆雄が実際に行っていた山林経営に関する資料は、今までに翻刻されてこなかった。興野家文書の1つである「山林記」(写真-1)は、隆雄自身の山林作業に関する日記である。期間は安政4(1857)年1月から、死去3ヶ月前の文久2(1862)年5月までにわたる。内容はまさに作業日記そのもので、各作業の記録が日付順に書き連ねられている。文中に登場する地名の分布を地図に落とすと、隆雄の持山は2ヶ所に分かれて存在した事が分かる(図-1)。また、毎年正月には決まった場所で山入(1年間の山仕事の安全を祈願する儀式)をしたり、「野火が入り、苗木が1万本ほど焼けてしまった」という記述もあつたりと、山林経営の実態がいきいきと伝わってくる。

これらの記述をもとに各作業の時期を暦で示すと、間伐の記述がない点に特徴が出ている(表-1)。二間植えの趣旨が間伐の省略である事を考慮すれば、「太山の左



写真-1 興野家文書「山林記」

興野隆雄自筆の山林作業日記。各作業の日付、場所、人名、費用等詳細に記載されている。

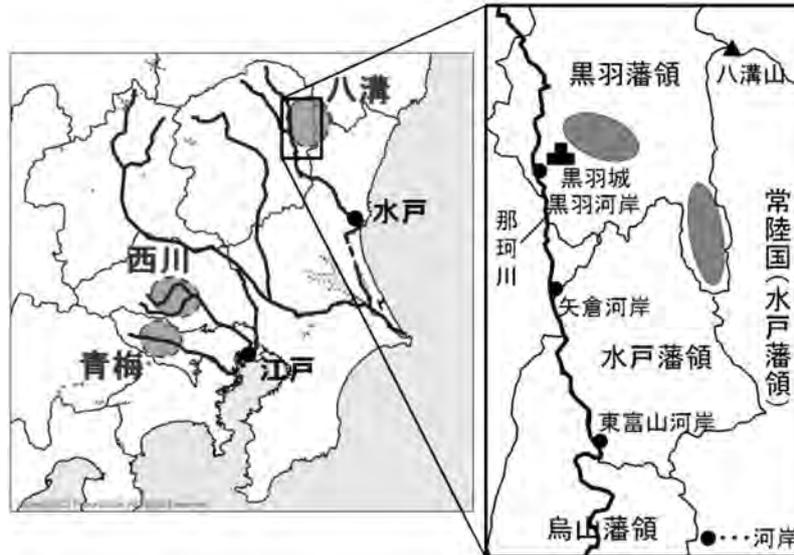


図-1 興野隆雄の持山分布

注1：網掛部分は興野家文書「山林記」に登場する地名の分布を表す。

表-1 興野隆雄の林業歴

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
育苗	○	○										
植栽			○	○	○							
下刈	○	○	○	○			○		○	○		
焼切	○	○										○
見分	○		○								○	○
売木	○	○		○					○		○	

興野家文書「山林記」をもとに安政5年・6年、文久元年・2年のデータを統合したもの。

注1：月日は旧暦（太陰暦）のまま表す。

注2：焼切とは野火の延焼を防ぐ為に造林地の周囲をあらかじめ焼いておく事。

知」に則した経営が行なわれたと見るべきであろう。また、全ての作業種に隆雄自ら携わっており、徹底した現場主義であった事が窺える。他にも息子の隆種や孫の隆政、黒羽藩植木方の小山田伝右衛門といった人名が散見され、「太山の左知」では語られなかった隆雄周辺の群像も鮮明に見えてくる。特に、小山田伝右衛門は後に造林功労者として隆雄とともに名を連ね³⁾、技術だけでなく人材輩出という意味でも近代以降の八溝林業発展に貢献した事が分かる。

ところで、「太山の左知」には売木より後の項目が無く、これは当時の黒羽地方には立木買いをする材木商人が多数存在した事を示している⁴⁾。「山林記」には売木の記録や商人の名前が記されており、その意味で「太山の左

知」を補完する資料と位置づける事が出来る。中には水戸城下の河岸(河川水運において荷物を積み下げる港)に材を送った形跡も見られ、江戸と直結しない那珂川流域において、八溝林業地がいかにも市場を開拓して行ったか、という新しい分析の視角を与えてくれる。

日本の近代化過程において、各地の林業地がそれをどう支えたか、さらに近世から技術や思想がいかにも継承されたかを窺い知る上で第一級の資料群である。

付記：本稿は平成26年度林業経済研究所研究奨励事業「那珂川流域における近世篤林家の山林経営—黒羽藩士興野家文書より—」における研究成果の一部であり、東興野家第11代当主興野喜宣氏、大田原市黒羽芭蕉の館学芸員新井敦史氏のご協力を仰ぎ調査中である。

引用文献

- 1) 興野隆雄「太山の左知(日本農業全集 56、社団法人農山漁村文化協会所収)」、235-293頁、1995
- 2) 遠藤安太郎「太山之散遅を紹介す」農商務省山林局「山林彙報」、大正10年7月号所収、7-17頁、1921
- 3) 大日本山林会「造林功労者事蹟(旧藩時代)」大日本山林会、34-42頁、1986
- 4) 加藤衛弘「近世の林業と山林書の成立(日本農業全集 56 総合解題)」、310頁、1995

岡山県西粟倉村・若杉天然林

宮崎 祐子・赤路 康朗

(みやざき ゆうこ、あかじ やすあき、岡山大学大学院環境生命科学研究科)

「百年の森林構想」の村で親しまれる若杉天然林

若杉天然林のある岡山県西粟倉村は、役場が各森林所有者の森林を一括で管理して間伐などの整備を行う「百年の森林（もり）構想」を掲げ、林業再生のモデル地域としてそのユニークな取組が全国に紹介されました。その構想を地域外の人にも興味を持ってもらい、支援してもらう「共有の森ファンド」も立ち上がりました。地域経済の活性化を目的とした地域資源の有効活用にも力を入れています。西粟倉村の森のめぐみを価値に変え、広く発信している株式会社 西粟倉・森の学校によって、若杉天然林へのバスツアーが行われ、その魅力についての普及が行われています。本稿では若杉天然林の概要や歴史、行われている学術調査について紹介します。

林分の概要

「若杉天然林（若杉原生林）」は岡山県西粟倉村の最北端、岡山県と鳥取県の県境付近に位置し、氷ノ山後山那岐山国定公園の特別保護地区となっている約 83 ha の森林です。ブナの地理的遺伝構造を葉緑体 DNA ハプロタイプでみると、遺伝的に異なる 2 つのタイプが

境を接している場所 (Fujii *et al.* 2002) であることが分かります。植生学的にはブナが純林を形成するのが特徴的な日本海型ブナ林に分類される (福嶋ら 1955) もの、林冠層はブナ、ホオノキ、ミズメ、ミズナラなどが混成しています (図-1)。中間層にはオオカメノキ、オオイタヤメイゲツなどが、林床はチシマザサがパッチ状に生育する、岡山県では貴重な冷温帯落葉広葉樹林です。また、岡山県東部を流れ、瀬戸内海に注ぐ吉井川の源流部が若杉天然林内にあります。

ブナの開葉が 5 月上旬頃に始まり、11 月半ばには全ての落葉が終了し、以降は積雪があります (図-2)。標高は 1000 m 程で遊歩道が整備されているため、ハイキング客に親しまれ、1987 年 (昭和 62 年) には森林浴の森日本 100 選に選ばれています。

若杉天然林の歴史

西粟倉村史によると、かつては村の大部分を覆っていた原生林が室町・戦国時代以降に開拓されて人々が移住しはじめ、現在残された部分だけになっていったのではないかとされています。現在の若杉天然林の北東にあり、西粟倉と因幡方面 (鳥取県東部) を結ぶ「若桜越えの道」は、その頃の庶民が頻りに往來した重要な道でした。

江戸時代は御林山と呼ばれる幕府の所領で、その後 1918 年 (大正 7 年) に払い下げにより西粟倉村の所有となりました。江戸時代は天然のスギが多く生育し、たびたび伐採されていたとされます。その後も 1930 ~ 1940 年頃 (昭和 5 ~ 15 年頃) にスギが伐採されていたことが確認されています (岩村 1960)。1890 年 (明治 23 年) 頃までは、若杉天然林から約 1 km 離れた場所においてタタラ製鉄が行われており、本天然林で伐採されたミズナラが使用されていた可能性が指



図-1 夏の若杉天然林



図-2 冬の若杉天然林



図-3 実生調査のようす

摘されています（岩村 1960）。その他にも、前述のとおり遊歩道が西粟倉村と鳥取県を結ぶルートとして日常利用されていたことや炭焼き跡が見られることなどから、伐採が繰り返された森林であったようですが、1960年以降は伐採が制限され、人為による攪乱は起こっていないと推測されます（水永ら 1996）。

林分の学術調査

最も古い学術調査は、1958年11月から1959年8月に行われた毎木調査および林床植物の調査（岩村 1960）です。ブナ・スギ混交林プロットが設けられたように、いわゆる裏スギの産地であることが分かります。それから30年後の1988年に林冠のギャップとギャップ内の更新状況について調査が行われました（Yamamoto and Nishimura 1995）。この調査の結果、ギャップ内でもブナの後継樹が少なく、ブナの更新がスズタケによって妨げられていることが報告されました。

水永ら（1996）はこれらの調査を受け、若杉天然林の将来予測・保全を行うことや、本林独特のホオノキとの混交様式などを解明するためにも更新動態を長期調査によって把握する必要があるとし、1.2 haの固定調査地を設けました。そこで胸高直径4 cm以上の樹木を対象とした毎木調査、林冠構造調査が行われ、これらの調査は最初の調査から7年後の1999年、19年後の2011年にも岡山大学や岡山県森林研究所などによって行われ、20年間の林分動態の把握が行われています。また、ブナの実生および稚樹の消長についても1996年、

2011年の合計2回行われました（図-3）。その他にもブナを対象とした年輪解析、チシマザサの生育と環境条件との関係の解析、マイクロサテライトマーカを用いたブナ実生の親子解析などの調査が現在も引き続いて行われています。このような調査から、若杉天然林のこれまでの林分動態や今後の姿を検討することが可能になってくるでしょう。

引用文献

- Fujii N, Tomaru N, Okuyama K, Koike T, Mikami T, Ueda K (2002) Chloroplast DNA phylogeography of *Fagus crenata* (Fagaceae) in Japan. *Plant Systematics and Evolution* 232: 21-33.
- 福嶋 司・高砂裕之・松井哲哉・西尾孝佳・喜屋武豊・常富 豊（1995）日本のブナ林群落の植物社会学的新体系. *日生態会誌* 45: 79-98.
- 岩村通正（1960）西粟倉村若杉天然林調査報告. 49pp. 西粟倉村.
- 西粟倉村史前編. 738pp. 西粟倉村.
- 西粟倉村史後編. 1063pp. 西粟倉村.
- Yamamoto SI, Nishimura N (1995) A survey on the canopy gaps and gap phase replacement in an old-growth beech-dwarf bamboo forest, Wakasugi Forest Reserve, southwestern Japan. *Japanese Journal of Forest Environment* 37: 94-99.

気候変動と森林の変化

松井 哲哉 (まつい てつや、独立行政法人 森林総合研究所 植物生態研究領域)

志知 幸治 (しち こうじ、独立行政法人 森林総合研究所 立地環境研究領域)

シリーズ
うごく森 25

森林は、常に静的で動かない存在のように見える。しかし、長い時間スケールで見た場合には、台風や斜面崩壊などの攪乱を契機とした更新や、種子が遠くに散布されることによる新たな場所への侵入、そしてその場所での群落の成立や地域的な絶滅などを繰り返している動的な存在である。そのような生物的なプロセスに加えて、気候変動などが引き起こす物理的な生育環境の変化も森林の分布拡大や縮小を助長すると考えられる。本稿は、過去から現在への気候変動による自然林の分布の変化についての知見および、現在進行しつつある気候変動が自然林へ及ぼすと予想される影響について簡単に紹介することを目的とする。

1. 過去の気候変動と森林

過去 258 万年前から現在までつづく新生代第四紀は、長い「氷期」と短い「間氷期」が繰り返されてきた時代であり、過去の気候変化は森林の分布および種組成に大きく影響したと考えられる。過去の森林の変遷を推定するには、おもに花粉や大型植物遺体などの化石を用いる古生態学的手法と、遺伝子系統関係から起源を明らかにする分子生物学的手法が用いられる。ここでは、現在の森林分布に強い影響を与えていると考えられる最終氷期最盛期 (LGM 期) 以降の気候変動と自然林の変遷との関係を古生態学的な研究結果から概観する。

1.1 最終氷期最盛期の森林

2 万 6,500 年前から 1 万 9,000 年前まで続く LGM 期には年平均気温は現在より 7~8℃低下していた。海面は現在よりも最大で約 150m 低下し、九州と対馬は陸続きであったため、対馬暖流は日本海へ流入せず、日本海側地域の降雪量が少なかった¹⁾。

LGM 期とそれ以降の森林変遷に関しては花粉や植物遺体の研究により明らかになってきている (図-1)。塚田²⁾ は、約 20,000 年前の日本列島の主要植生型の分布を提示した。この頃、北海道の道北から道東地域にか



図-1 最終氷期最盛期にあたる、約 24,000 年前の日本列島の古植生図 [2 を改変]

けてはツンドラや疎林ツンドラ、北海道の残りの地域から東北、中部地方を中心に、中国山地、四国山地にかけては亜寒帯性針葉樹林、関東地方や新潟、能登半島以西の西日本の主要な部分は温帯性針葉樹林、関東地方沿岸域や能登半島沿岸域以南の西日本の沿岸地域には温帯性針広混交林、当時九州と陸続きであった屋久島と種子島を含む屋久半島では暖温帯性常緑広葉樹林が分布していたとされる²⁾。

この時期のブナの分布は、他の落葉広葉樹と同様、その中心は新潟と福島よりも南にあって、北緯 37 度以南の海沿いの地域に優占林を形成せずに他の落葉広葉樹や針葉樹と混交する状態で生育していたか、部分的に小林

分をつくっていたとされる^{3,4)}。

LGM期が終わり、15,000年前から11,700年前までは晩氷期と呼ばれる温暖化と寒冷化を繰り返しながら徐々に暖かくなった時期にあたる。晩氷期には、北海道から九州の各地で針葉樹主体の植生の中に、コナラ亜属やブナなどの落葉広葉樹が増加し始めた。

1.2 完新世の森林の変化

完新世は1万1,700年前から現在に至る時代である。先に紹介した晩氷期以降は、急激な温暖化と寒冷化を繰り返しながら温暖化が進み、9,500年前には対馬暖流が日本海へ本格的に流入するようになり、日本海側地域の降積雪量が増加した¹⁾。

完新世初期には、北海道から中部地方にかけてはカバノキ属の一時的な増加が、西日本においてはエノキムクノキ属の一時的な増加が報告されている^{5,6)}。

その後、約7,000年前の植生分布はすでに現在と類似したものになっていた⁷⁾。約6,000～5,000年前の縄文海進期（最温暖期）は、気温が現在よりも2～3℃高かった。しかし、この頃の植生帯が現在よりも高標高側に移動していたという報告は少ない。

ブナの分布拡大は最終氷期末期の約12,000年前から日本海側地域で始まり、東北地方の各地でもブナが少しずつ拡大していた⁸⁾。約10,000年前には山陰や東北地方南部の低地にブナ林が成立し⁴⁾、約9,000年前には津軽・北下半島にもブナが生育していた³⁾。その後、約5,300年前までにはブナは津軽海峡を越えて渡島半島に達した。その後もブナは渡島半島を北上し、約1,200年前には現在の分布北限である黒松内低地帯地域へ到達した⁹⁾。一方で、本州のブナ属は、約4,000年前には現在とほぼ同じ分布域に達していた⁸⁾。

2 近年の気候変動と自然林の変化

2.1 自然林の分布変化の検出事例

世界平均地上気温は、1880年から2012年の130年間に0.85℃上昇した。日本では過去100年で1.06±0.25℃上昇し、また1980年以降は日本海側地域の冬期の降水が雪ではなく雨になる場合が多くなった¹⁰⁾。温暖化の森林への影響は他の要因と複合して野外現象として現れるので、温暖化と他の要因を区別することは困難であるが、それでも、近年の温暖化が影響している可能性のある現象として、以下に森林変化の検出事例を紹介する。

北海道のアポイ岳（810m）ではハイマツとキタゴウウの分布拡大による高山草原の減少が観察されている。原因としては、温暖化、酸性雨、冬季の気温、積雪量の減少などが挙げられているが、特に、1960年代からの気温上昇と夏季の霧の減少が木本種の侵入を促進したのではないかと推定されている¹¹⁾。

群馬県と長野県の県境にある平ヶ岳（2,140m）では、1971年から30年間の空中写真を比較した結果、山頂部の湿原が約10%縮小した。この原因としては、近年の暖冬傾向に伴う積雪量の減少、生育期間の増加、泥炭の乾燥化などにより、チシマザサ・ハイマツ・オオシラビソが分布を拡大したことがあげられている¹²⁾。また、八甲田山においてはオオシラビソの分布高度上昇や低標高域における減少が検出され、これも温暖化の影響ではないかと推定されている¹³⁾。

2.2 ブナ北限域における自然林の変化

ブナの自生分布北限域である北海道渡島半島では、ブナの分布北限最前線に向かうほどブナの林冠占有面積は減少し、かわりにミズナラ・シナノキ・イタヤカエデなどが優占する落葉広葉樹林の中にブナの小規模な優占林分がパッチ状に存在するか、またはブナが単木で林内に生育するようになる¹⁴⁾。

蘭越町の三之助沢ブナ個体群（図-2）は、北限のブナ林としてよく知られるツバメの沢ブナ林から約4km南側に位置する。三之助沢の上流部にブナが生育することは、60年前にはすでに報告されており、当時の記録には、エゾイタヤ・ダケカンバ・ミズナラ主体の広葉樹林中の0.5haの範囲に胸高直径20-70cmのブナが約50本生育と記載がある¹⁵⁾。

2006年に現地調査を行った結果、ブナは標高350～510m、面積約4haの範囲に数百本生育していた（図-3）¹⁶⁾。このことからブナの本数は60年前と比較して大幅に増加したことが伺える。この林分内に0.75haの方形区を設け、毎木調査および成長錐コアの採取を行ったところ、ブナは240本あり、その最高樹齢は180年であった。樹齢120年生以上の個体は8本、80～120年生の個体は58本、80年生以下の個体は174本であった。ブナの樹齢階分布曲線のピークは、樹齢60～70年あたりで急激な凸型を示した。その理由としては、過去の大規模な表層崩壊や1954年の洞爺丸台風などによる、過去の複数の林冠攪乱を契機としてブナが侵入・定着したことが挙げられる。一方、競合種のミズナ

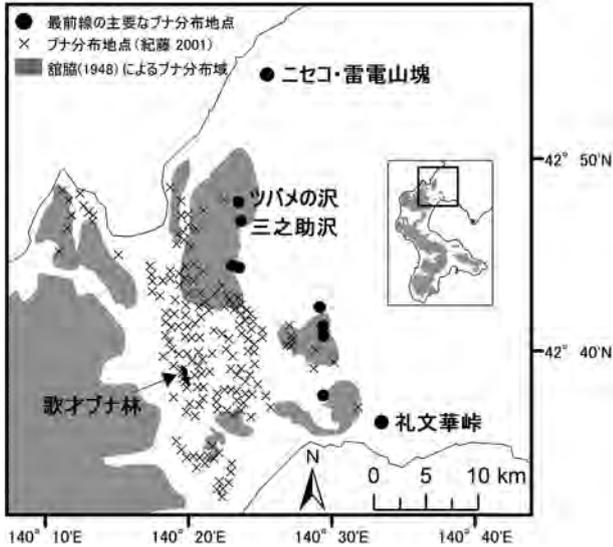


図-2 プナ自生北限地域の分布状況。館脇(1949)による北海道のプナの分布図上に、紀藤(2001)および筆者による、プナ北限地域の現地確認地点を重ねて表示した。

ラ、シナノキ、イタヤカエデの個体数は31～51本と少なく、プナと同様に成長錐コアから求めた樹齢階分布曲線は、プナよりはるかに平坦な凸形であった。このことから、プナ北限域最前線にある三之助沢プナ個体群では、プナは70年前以降に個体数を急激に増やし、現在も勢力を拡大中であると考えられる¹⁶⁾。

また近年、ツバメの沢や三之助沢のプナ林が位置する幌別山塊よりも北東側に約10km離れたニセコ・雷電山塊¹⁷⁾や、太平洋側に位置する豊浦町の礼文華峠でも¹⁸⁾、プナの個体群が確認された。両地域で発見されたプナは、若木・成木が70本以内であり、成長錐コアによる年輪解析の結果、最高樹齢はどちらも約130年生と判明した(未発表)。

三之助沢とニセコ・雷電山塊の両個体群は、プナの個体サイズが不均一であること、自然林の中にパッチ状に成立していること、道路から離れた場所であることなどから、人為による植栽の結果とは考え難く、むしろ種子が動物などによって長距離散布された結果、分布拡大が起きた事例だと推察される。分布北限域最前線のプナは、過去から現在まで拡大を続けており、今後も分布範囲をゆっくりと広げると推定される。

2.3 現在進行中の気候変動と森林の変化

森林への温暖化影響を予測する手段として、森林動態



図-3 上空から見た新緑の三之助沢のプナ個体群(楕円で囲った部分)。プナ北限域の最前線では、プナは、プナを欠く自然林内に孤立的に個体群を形成するか、単木状に生育する。北限域のプナの開葉は、ダケカンバ以外の落葉広葉樹よりも1～2週間早いため、時期によっては遠くからでも見つけやすい(撮影:松井哲哉)。

を個体ベースで予測するギャップモデル、広域の森林群落動態を扱えるSEIB-DGVM、統計学的に構築したモデルによって生物種の潜在生育域を予測するSDM、または開花・結実・生存・繁殖などのサブモデルを構築し、それらを統合して適合度を計算する手法など、複数が知られている。

国内のSDMによる手法を用いた例では、ハイマツ、シラビソ、プナ、アカガシなどの、将来の潜在生育域の変化予測結果が公表されている¹⁹⁻²²⁾。それらのうち、プナ林が実際に分布する地域における潜在生育域(分布確率0.5以上)は、将来気候シナリオによって変動するが、2100年にはRCM20シナリオでは21%に、MIROCシナリオでは4%にそれぞれ減少すると予測された(図-4)。この場合、西日本や本州太平洋側では潜在生育域がほとんど消滅すると予測されたので、これらの地域のプナ林は温暖化に伴い他の場所よりも先に衰退する、脆弱なプナ林であると考えられる。

北海道ではプナの潜在生育域が現在の分布北限を越えて北へ広がると予測されたが、その変化速度は非常に早い。さらに、開葉によって分断化された天然林の配置は、プナの移動をさらに困難にするため、プナの分布北上は温暖化のペースには追いつけないと予想される。

引用文献

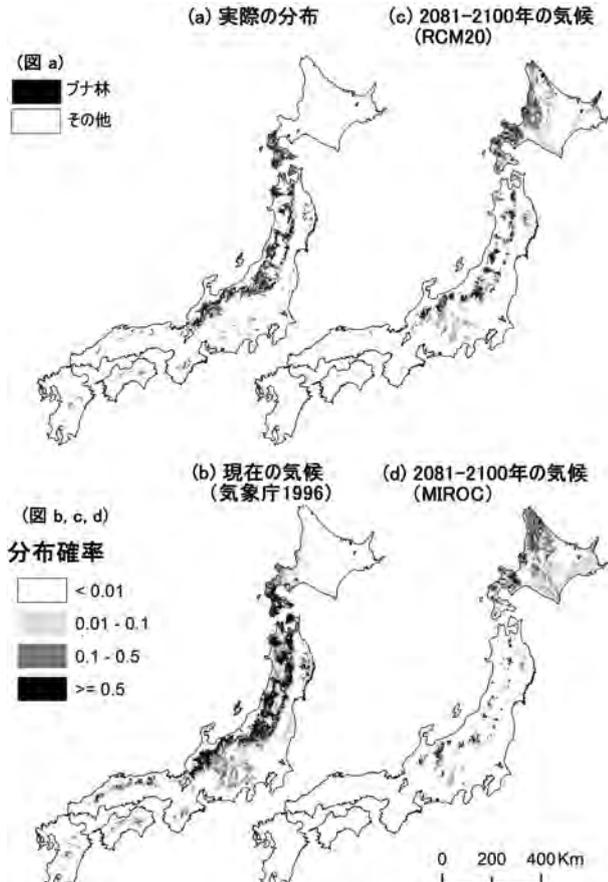


図-4 プナ林の潜在生育域の変化予測²⁰⁾

3. おわりに

植物は種子散布を介してしか移動できないし、また多くの樹木の寿命は人間の寿命よりも長いために、その動きを意識することは少ないだろう。しかし、たとえ自然林のような大規模な生態系でも、異なる時間スケールの中でその動きを把握することは可能である。長期的・短期的な森林の動きをきちんと把握および理解することが、今後の適切な森林管理には必要なのではないだろうか。

- 1) 大場忠道 (1983) 最終氷期以降の日本海の高環境. 月刊地球 5: 37-46
- 2) 塚田松雄 (1984) 日生態会誌 34: 203-208
- 3) Tsukada M (1982) Japan J Ecol 32: 113-118
- 4) 米林 伸 (1996) プナ林の植生史. (プナ林の自然史. 原正利編, 平凡社). 66-73
- 5) 高原 光 (1998) 近畿地方の植生史. (日本列島植生史. 安田喜憲・三好教夫編, 朝倉書店). 114-137
- 6) 守田益宗・崔 基龍・日比野紘一郎 (1998) 中部・東海地方の植生史. (日本列島植生史. 安田喜憲・三好教夫編, 朝倉書店). 92-104
- 7) Takahara H, et al. (2000) J Biogeogr 27: 665-683
- 8) 内山 隆 (1998) プナ林の変遷. (日本列島植生史. 安田喜憲・三好教夫編, 朝倉書店). 195-206
- 9) 紀藤典夫・瀧本文生 (1999) 第四紀研究 38: 297-311
- 10) 気象庁 (2005) 異常気象レポート 2005: 近年における世界の異常気象と気候変動, その実態と見通し (VII)
- 11) 増沢武弘ほか (2005) 日生態会誌 55: 85-89
- 12) 安田正次・大丸弘武・沖津 進 (2007) 地理学評論 80: 842-856
- 13) Shimazaki M, et al. (2011) Glob Change Biol 17: 3431-3438
- 14) 紀藤典夫 (2003) 森林科学 37: 46-50
- 15) 館脇 操 (1948) 生態学研究 11: 46-51
- 16) Namikawa K, et al. (2010) Plant Ecol 207: 161-174
- 17) 田中信行・井関智裕・松井哲哉 (2014) 日本生態学会第 61 回全国大会講演要旨
- 18) Matsui T, et al. (2012) J Phytogeogr Taxon 59: 113-123
- 19) Horikawa M, et al. (2009) Landscape Ecol 24: 115-128
- 20) 松井哲哉ほか (2009) 地球環境 14: 165-174
- 21) Nakao K, et al. (2011) Plant Ecol 212(2): 229-243
- 22) 田中信行ほか (2009) 地球環境 14: 153-164

森林の遺伝的な違いをはかる

津村 義彦 (つむら よしひこ、筑波大学生命環境系)

はじめに

同じブナの森林でも白神山地と鹿児島の高隈山のブナ林は遺伝的な組成が同じではないことは想像できると思う。同様に屋久スギと秋田スギが遺伝的にある程度異なっていることも理解されるであろう。この遺伝的な違いは氷期や間氷期のような長期的な気候変動に伴う種の分布変遷と淘汰によって形成されてきた。この違いの程度を数値化できると遺伝子資源としての保全単位や範囲を決めることができる。ここでは森林の遺伝的な違いを見るための最も基本的な指数について解説を行う。

遺伝的多様性の指数を使った方法

遺伝的多様性の指数の中でヘテロ接合度 (H_e) は集団のなかである遺伝子座がヘテロ接合型 (a/b) の組み合わせであるかの確率である。3つの集団から構成されている種を考えると(図-1)、分集団であるA～C集団のそれぞれのヘテロ接合度を H_{eA} とし3集団の平均値を H_S とする。また全集団のヘテロ接合度を H_T とする。この時に全集団のヘテロ接合度 H_T と分集団の平均値 H_S の差を $D_{ST} = H_T - H_S$ とする。この差 D_{ST} を全集団のヘテロ接合度 H_T で割った値が集団間の遺伝的分化を表す指数となる。これを遺伝子分化係数 (G_{ST}) と呼ぶ。

$$G_{ST} = D_{ST} / H_T$$

この遺伝子分化係数で集団間の遺伝的分化の程度を理

解することができる。この遺伝子分化係数 (G_{ST}) は0～1までの値をとり、0ならば全く遺伝的分化をしていない、1ならば完全に異なる集団であることを意味する。

この他に集団間の遺伝的な違いを表す方法として遺伝距離を用いた方法もあるが、これは集団の遺伝的な近縁度を表す図(集団の系統樹)を作成するのに使用する。

樹木の遺伝的分化

種内の集団間の遺伝的分化は種の交配様式、花粉媒介者、種子散布方法などの生態的特性、過去の分布変遷などで決まる。一般的に他殖性で風媒化の樹木種は集団間の遺伝的分化が低く、自殖性などの植物では集団間の遺

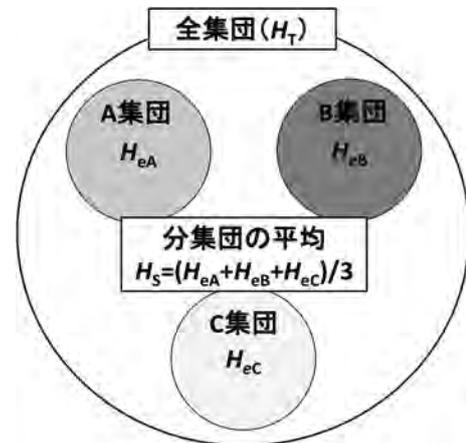


図-1 分集団のヘテロ接合度と全集団のヘテロ接合度 (模式図)

表-1 樹種や遺伝性の異なる DNA マーカーでの遺伝的分化の違い

ゲノム	樹種名	遺伝子分化係数	引用文献
葉緑体 DNA	<i>Fagus crenata</i> (ブナ)	0.950	Okaura and Hrada, 2002
ミトコンドリア DNA	<i>Abies firma</i> (モミ)	0.859	Tsumura and Suyama, 1998
	<i>Fagus crenata</i> (ブナ)	0.963	Tomaru <i>et al.</i> , 1998
核 DNA	<i>Pinus parviflora</i> (ゴヨウマツ)	0.863	Tani <i>et al.</i> 2003
	<i>Abies mariesii</i> (オオシラビソ)	0.144	Suyama <i>et al.</i> , 1997
	<i>Pinus pumila</i> (ハイマツ)	0.170	Tani <i>et al.</i> , 1996
	<i>Pinus parviflora</i> (ゴヨウマツ)	0.044	Tani <i>et al.</i> 2003
	<i>Pinus thunbergii</i> (クロマツ)	0.073	Miyata and Ubukata 1994
	<i>Cryptomeria japonica</i> (スギ)	0.050	Tsumura <i>et al.</i> , 2007a
	<i>Chamaecyparis obtusa</i> (ヒノキ)	0.039	Tsumura <i>et al.</i> , 2007b
	<i>Fagus crenata</i> (ブナ)	0.038	Tomaru <i>et al.</i> , 1996

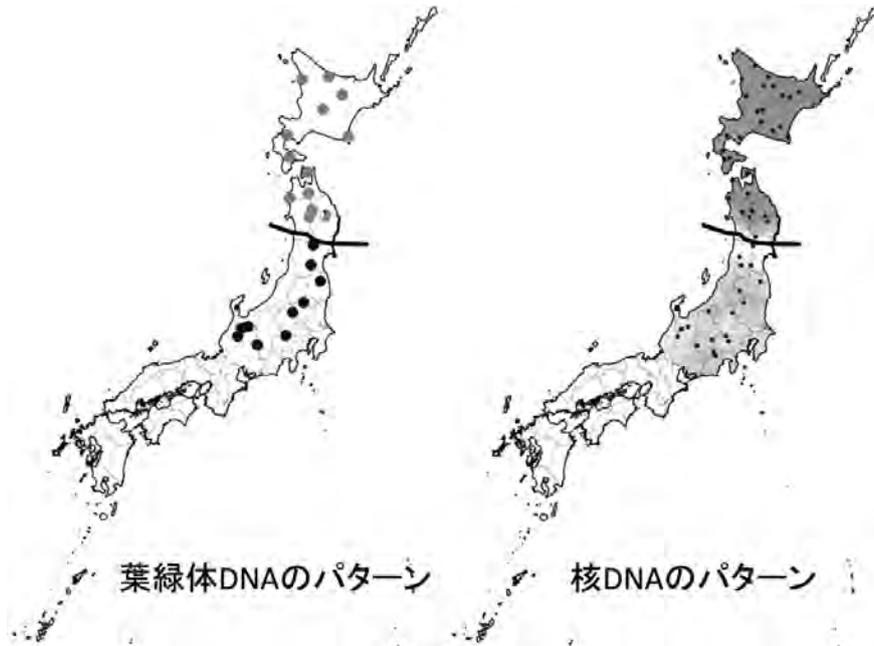


図-2 ウダイカンバの遺伝的な保全単位。左図は各地域集団における葉緑体ハプロタイプの頻度を示す。右図は核 SSR 領域を用いたクラスタ解析による各集団の遺伝的組成を示す（内挿して色分けしたもの）。葉緑体 DNA と核 DNA とともに東北南部に線が引けて南部集団と北部集団に区分される。

伝的分化が高くなる傾向がある（表-1）。また葉緑体 DNA やミトコンドリア DNA などの母性遺伝の DNA マーカーを用いて遺伝的分化を調査すると、核 DNA に比べて非常に高い値を示す。ブナは葉緑体 DNA もミトコンドリア DNA も母性遺伝をするために G_{ST} は 1 に近い値を示し、集団間の遺伝的分化がかなり大きいことを示している。一方でブナの核 DNA での G_{ST} は 0.038 で集団間の遺伝的分化は低い。これは母性遺伝する葉緑体 DNA やミトコンドリア DNA は種子を通じて母樹の近くにしか散布されないため集団間の遺伝的分化は大きくなるためである。一方、核 DNA は花粉を通じて散布されるためかなり遠くの集団とも遺伝子の交流が起こるため集団間で遺伝子流動が起こり遺伝的分化は小さい。このように一般的に樹木では母性遺伝のマーカーでは遺伝的分化が 0.6 以上の値をとることが多く、両性遺伝する核 DNA マーカーでは 0.1 以下のことが多い。しかしオオシラビソやハイマツの核 DNA を用いた遺伝子分化係数 (G_{ST}) ではそれぞれ 0.144、0.170 と比較的高い値を示した。これはそれぞれの集団が亜高山や高山に隔離分布しているために遺伝子の交流が起こりにくく遺伝的分化が進んでいることを示している。

保全単位

保全単位とは本来有している遺伝的固有性を失わないようにするためのものである。算出した遺伝子分化係数 (G_{ST}) を用いて保全のための単位を決める。これには両性遺伝である核 DNA と母性遺伝する DNA（葉緑体 DNA やミトコンドリア DNA）の両方を用いた方がよい。保全単位を決めるために幾つかの方法が提案されているが決定的な方法がないために、集団間の遺伝的分化が有意かどうかの検定を行って保全単位を決定するのがよい。ウダイカンバを例にとると葉緑体 DNA と核 DNA の両方の結果で東北南部に線が引けて北部集団と南部集団に区分され二つの保全単位が指定できる（図-2）。これらは混合することなく保全すべきである。

参考文献

- 津村義彦・陶山佳久（2012）森の分子生態学 2 文一総合出版
 森林総合研究所（2011）広葉樹の種苗の移動に関する遺伝的ガイドライン、ISBN：978-4-902606-75-1

里山での鳥獣被害対策に取り組む 鳥獣管理士の養成

小金澤 正昭 (こがねざわ まさあき、宇都宮大学雑草と里山の科学教育研究センター)
高橋 俊守 (たかはし としもり、宇都宮大学地域連携教育研究センター)

1. はじめに

シカやサル、イノシシなどの野生鳥獣による農林業被害は、全国的に深刻な社会問題となっている。この問題の基本的な背景には、農林業を基幹産業としてきた地方の衰退がある。鳥獣害は、農林業の衰退や過疎化が進展しつつある、いわゆる里山地域ほど生じやすく、被害を受けた農家の人たちの営農意欲を減退させ、地域の更なる過疎化や高齢化を招くという悪循環を生じさせている。

宇都宮大学は、地域の課題を教育研究の現場に積極的に取り入れるために、「里山科学教育プロジェクト」を学内重点推進研究に位置づけて、里山科学に取り組んできた。一方、栃木県では「第10次鳥獣保護事業計画」を策定し、この中で地域の相談役ともなる専門的な知識と技術を有する指導者を、必要とされる現場において適切に配置する施策を重要目標に掲げている。

そのような中で、宇都宮大学では、地域における野生鳥獣の被害対策を担う技術者の育成を目的とした「里山野生鳥獣管理技術者養成プログラム」を開発し、平成21年度には、文部科学省の科学技術振興調整費（現「社会システム改革と研究開発の一体的推進」）「地域再生人材創出拠点の形成」事業の一つとして本プログラムが採択され、平成25年度までの5年間のプログラムとして、栃木県と連携して取り組むこととなった（図-1）（高橋2011a, b, 高橋・小金澤2012）。

この背景には、現場で被害問題と鳥獣保護に取り組んできた、県職員や市町村職員、そして研究者の率直な現状に対する思いがあった。すなわち、鳥獣害対策を地元で指導助言する人材が圧倒的に不足していることと、鳥獣害の防除方法や野生鳥獣の生態についての知識が全く蓄積されていない現状があり、この現状を変えないかぎ

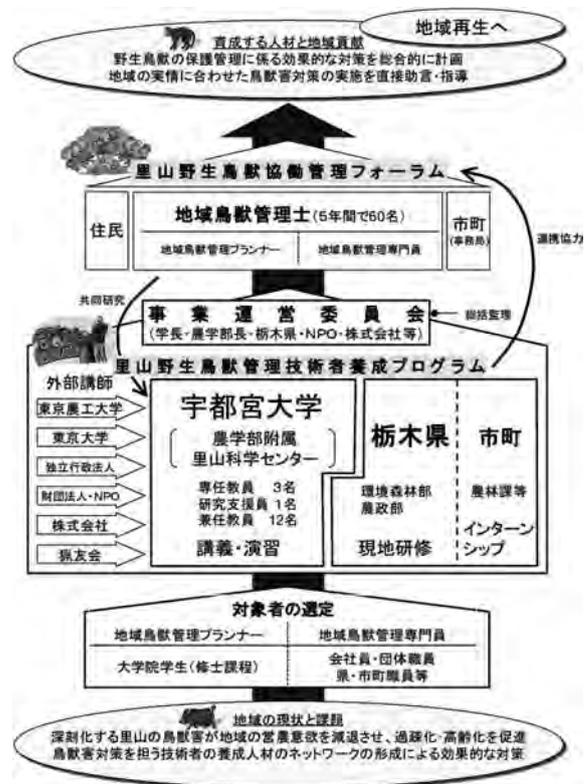


図-1 里山野生鳥獣管理技術者養成プログラムの実施体制

り、鳥獣害を減少させることはできないという思いがあった。

このプログラムは、鳥獣管理を担う技術者を養成し、各地域へ配置するとともに、科学技術に基づく知識や技術を普及するための人的な対策ネットワークを形成しようとするものであった。また、このプログラムの採択を契機に、宇都宮大学と栃木県は、包括連携協定を締結し、宇都宮大学に実施拠点として機能する里山科学センターを農学部へ新設した。

2. 里山野生鳥獣管理技術者養成プログラム

このプログラムでは、二つの養成コースを設置した。一つは、地域での情報収集から解決法の提案まで、科学技術を基盤とした鳥獣害対策の計画を立案できる総合的な能力を養成する「地域鳥獣管理プランナー養成コース」で、もう一つは、野生鳥獣の生態学的な知見から、鳥獣害の現場で適切な指導・助言ができる実務的な能力を養成する「地域鳥獣管理専門員養成コース」であった。5年間の養成目標は、「地域鳥獣管理プランナー」を20名、「地域鳥獣管理専門員」を40名の計60名とした。

最終的なプログラムの受講生とその中の修了生の数は、「地域鳥獣管理プランナー」が53名中36名、「地域鳥獣管理専門員」は58名中37名、計111名中73名であった。修了者の居住地は、栃木県が58名、東京都、群馬県、茨城県が各3名、北海道、兵庫県、福島県、長野県、神奈川県、埼玉県の各1名で、1都1道8県に及んだ。年齢は20代から70代までで、鳥獣管理担当の自治体関係者、会社員、大学院生等の幅広い年代の受講生が参加し、熱心に学習に取り組んだ。

カリキュラムは、いずれも新規に開講した講義5科目、演習2科目、実習2科目、インターンシップ1科目から構成した。このうち、両コースに共通の必須科目は「里山と野生鳥獣（1単位）」で、さらに「地域鳥獣管理プランナー」コースでは、「里山野生鳥獣生態学（2単位）」、「里山野生鳥獣管理学特論（2単位）」、「野生鳥獣管理学演習（2単位）」の計6単位を必須科目とした。また、「地域鳥獣管理専門員」コースでは、「野生鳥獣管理現地実習Ⅰ（3単位）」と「野生鳥獣管理現地実習Ⅱ（3単位）」の計6単位を必須科目とし、その他に両コースとも選択科目を2年間で履修できるカリキュラム構成とした。講義と演習は宇都宮大学が、実習は栃木県が受け持ち、インターンシップは関係自治体の協力を得て実施した。カリキュラムの編成では、鳥獣害に関する知識、技術の習得（写真-1）に加えて、里山における農林水産業の現状や、里山生態系の持つ価値、地域再生のための方策について幅広く学ぶことができるようにした。さらに、宇都宮大学の立地特性を生かし、鳥獣害が発生する里山の現場で学ぶ機会を多く創出するように工夫した（写真-2）。

プログラムの修了年限は2年間とし、プログラムの修了には、必修科目7単位を取得した上で、修了課題に合格することを要件とし、履修単位数、学習時間、修



写真-1 イノシシの被害防止のためのワイヤーメッシュ柵の設置方法について学ぶ（野生鳥獣管理現地実習Ⅰ）。



写真-2 インターンシップでの集落における獣害状況の聞き取り。

了課題から成績を評価した。学習時間は、講義や演習等の出席状況から総時間数を集計し、学習時間が120時間以上記録された修了者に対しては、学校教育法に基づき、宇都宮大学から履修証明書を授与することとした。平均的な履修単位数と学習時間は、プランナーコースで13.8単位、136.8時間、専門員コースで13.1単位、120.9時間と、両コースとも必須科目だけでなく選択科目にも意欲的に取り組んでいた。修了課題は、受講生自らが設定した地域課題への取組みを通じて、プログラムで学んだ知識・技術が実際のフィールドを対象として実践できる水準に到達したことを示すものであった。修了課題発表会は、毎年公開で実施し、地域住民や自治体関係者、専門家が地域課題について問題意識を共有しながら学ぶことができる貴重な機会となった。

3. 鳥獣管理士資格制度の創設

以上の取組みに加えて、平成 22 年度以降は、修了者の備える知識・技術の社会的な保証と、継続的なフォローアップを目的に、「鳥獣管理士（平成 23 年 11 月 4 日商標権設定登録第 5448373 号）」の資格制度を創設した。鳥獣管理士に期待される役割は、対策関係者のコーディネーターや、被害防除・捕獲のスペシャリストとして、地域の鳥獣害問題の相談相手として活躍する、対策技術者である。平成 22 年度には、鳥獣管理士資格認定機関として、「鳥獣管理技術協会」を設立した。資格の認定に際しては、試験制度を導入して、経験と筆記試験による判定によって 1 級から 3 級まで資格級を設け、有資格者の知識・技術レベルを明確にした。これまでに修了者 73 名のうち、66 名（90%）が「鳥獣管理士」資格を取得し、栃木県内外で活動を始めている。また、修了者で 3 年間の地域活動を行った者が、鳥獣管理士 1 級の資格認定試験を受験し、平成 26 年 5 月現在で、4 名が鳥獣管理士 1 級に認定された。現在、1 級に認定された 4 名は、鳥獣対策の地域リーダーとしての役割を果たしている。また、プログラム終了後の平成 26 年度からは宇都宮大学と鳥獣管理技術協会の共催で鳥獣管理士養成講座等が開始され、1 級認定者が講師を務めている。

鳥獣管理士が社会的に信頼される技術者資格として完成するためには、資格認定者が技術者として倫理的な行動がとれるとともに、常に最新の情報を学習し、新たな技術や状況に対しても的確な対応が取れるように、継続的な能力開発を行う仕組みが不可欠である。そのために、鳥獣管理技術協会では、CPD（Continuing Professional Development：継続的専門教育）制度を開発した。この制度は、鳥獣管理技術に関する継続的な学習と能力開発に取り組む鳥獣管理士等の実績を、当協会が登録して認証することを目的とした制度で、「鳥獣管理士」資格取得者と、これから鳥獣管理士を目指す方を対象にしている。この制度の参加者は、学習履歴を登録するとともに、登録された実施記録について、当協会から証明書の発行を受け、新たに鳥獣管理士を希望する場合の受験資格要件に加えることができる。また、すでに「鳥獣管理士」資格を取得している場合は、上級の資格試験を受験する際の要件として認定される仕組みとなっている。具体的な鳥獣管理 CPD 単位として登録の対象となる活動例は表 -1 の通りであるが、その多くは

表 -1 鳥獣管理 CPD 単位として登録の対象となる活動例。

活動	内容
学習活動	<ul style="list-style-type: none"> ・ 関連図書等を用いた学習 ・ 研修会・講習会等への参加・発表 ・ 学会など研究集会への参加・発表
地域活動	<ul style="list-style-type: none"> ・ 集落での対策勉強会の開催・講師
防護	<ul style="list-style-type: none"> ・ 集落点検の実施、点検地図の作成・指導 ・ 集落での防護柵の設置・指導
環境整備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 集落環境整備の参加・指導 ・ 耕作放棄地等の刈り払い参加・指導 ・ 森林整備による緩衝帯づくり参加・指導
捕獲	<ul style="list-style-type: none"> ・ わなによる有害鳥獣捕獲 ・ 鳥獣被害防止実施隊への参加
調整	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対策実施のための関係者の調整 ・ 自治体による鳥獣対策協議会等への参加
情報発信活動	<ul style="list-style-type: none"> ・ インターネットやかかわ版等による情報発信 ・ 新聞・テレビの取材対応

※プログラム修了者の活動報告から内容項目を整理して制度を設計

日常的な活動記録である。そして、この制度の確立は、鳥獣管理技術者が今後社会的な信用を得て活躍するために重要な仕組みであると考えている。

4. 養成された人材が地域で活躍する仕組み作り

「鳥獣管理技術者」のような新規な職種は、社会的な認知度が低く、その受け皿の構築が未成熟である。このことから、既存の仕組みと調整しながら、養成された人材が所期の狙いに沿った活躍ができる新たな仕組みを開拓することが、本事業の有効性を高めるためには必須である。以下に、主な取組の一部を紹介する。

(1) 鳥獣管理技術協会の一般社団法人化

平成 22 年度に任意団体として設立した鳥獣管理技術協会を、平成 25 年に一般社団法人化し、人材育成、資格認定、CPD 制度の運用を一体的に実施できるように、体制を強化した。これまでに、大学と連携した人材養成講座や、時事的なテーマのシンポジウム、鳥獣管理技術者のための現地研修会を開催している。

(2) 宇都宮大学の取り組み

宇都宮大学では、担当する教員が修了者からの相談に随時応じ、活動に対する技術的な助言に加え、被害対策の効果検証や、行政機関との共同研究を実施している。また、一般社団法人鳥獣管理技術協会と共催で実施して



写真-3 鳥獣管理士による小学校での環境学習
(クマレクチャー)。



写真-4 鳥獣管理士による被害防止のための現地指導。

いる人材養成のための公開講座では、講義に鳥獣管理士を積極的に登用することで、修了者と受講生をつなぐ機会を創出している。栃木県と連携して実施している県内各地で開催している現地研修会には、地域の市町を始め、多くの関係者が参加している。

(3) 栃木県の取り組み

栃木県農政部と森林環境部では、県内市町と連携して、鳥獣対策を地域に波及させるための拠点となる獣害対策モデル地区を県内10か所に設置するとともに、それぞれの地区に鳥獣管理士を配置する計画を策定し、平成26年度から事業化している。一方では、ツキノワグマによる事故防止と共存を図ることを目的に、県内のクマ生息地にある小中学校に鳥獣管理士を派遣し、環境学習を実施している(写真-3)。さらに、県の人材登録制度を活用して鳥獣管理士を登録し、市町の要請に応じて鳥獣管理士を派遣できる制度を整備した。平成23年度から実施されている「むらおこしプランナー」制度では、9名の鳥獣管理士が登録されており、これまでに5名が各地域に派遣されている(写真-4)。

5. おわりに

農作物被害金額は全国でおよそ230億円(平成24年度、農林水産省2014)に達しており、依然、深刻な

状況にあり、鳥獣害対策と地域の再生は全国的な課題となっている。「鳥獣管理士」、行政、住民の協働による新しい鳥獣管理体制が確立し、地域住民の目線で地域に密着した取り組みが各所で行われることを目指している。人材の養成・活用の取り組みを通じて、鳥獣害が低減して営農意欲が向上し、農林水産業が発展して里山が維持・再生される効果が期待されることを願っている。

引用文献

- 農林水産省(2014) 全国の野生鳥獣による農作物被害状況について(平成24年度) http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_zyokyo2/h24/ (2014年12月12日現在)
- 高橋俊守・小金澤正昭(2012) 鳥獣害対策に取り組む人材の育成(那珂川流域の里山とその恵み 里山生態系評価サイトレポート), 宇都宮大学農学部附属里山科学センター, 162-165
- 高橋俊守(2011a) 里山の鳥獣管理技術者を養成, 科学技術振興機構 産学官連携ジャーナル(7)3: 42-44.
- 高橋俊守(2011b) 地域に密着した鳥獣害対策の技術者「鳥獣管理士」育成の取り組み, 鳥獣害から果樹園を護る(55) 果実日本 66(1): 116-119

夜の焚き火に見入る

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)



学生時代に何回か足を運んだ大晦日二年参り。厳格な境内の闇夜に燃え上がったお焚き上げが、今でも心に焼き付いています。思い出すのは、煌々とした炎の中で燃え尽きていく熊手やしめ縄と、その周囲に照らし出された人々の物憂げな表情です。みんな炎の向こうに、それぞれの胸中にある何かを見ていたのでしょうか。私もバチバチとはせる熱気を前に、物が燃える様子に集中しながらも、止めどもなくいろんな事が浮かんでくるのです。心の奥で絡んでいたものが、炎によって解き出されていたのでしょうか。除夜の鐘で我に返れば、なんだか全てがうまくいくような気分になっているのです。

今では家族や親せきと元旦朝の初詣へ行くようになり、三人の息子たちは大喜びで燃えるお焚き上げを眺めます。私はと言いますと、二年参りで見えていたそれとの違いに気が付きます。炎は夜ほどの勢いを感じられず、また、それを眺める皆の表情がとても明るいのです。そう、炎はその色めきがありありと分かる漆黒の暗闇の中であってこそ強い存在となり、見る者の心の内を開かせる特別な力を持つのではないのでしょうか。近年、アウトドアメーカーが焚き火を夜のフィールドワークとしてイチ押ししているのは、それが理由だからでしょう。子供に感動をとか、キャンプの最後を飾るイベントにとか、夜にセッティングされた魅力的な写真がホームページや雑誌を飾っています。なので、私が焚き火台やその他グッズを大人買いしてしまっても、それは仕方がないというものです。しかし私にとっての楽しみは、実は紹介されているように火を横にワイワイと騒いだり、ディレクターズチェアに深々ともたれてバーボンやスコッチを味わったりすることではありません。焚き火の目的は「焚き火」です。火が消えないよう見守りながら手をかけることを、夜通し黙々とやりたいのです。

私が夜の焚き火にこだわるのは、炎がより映えるからではなく、その炎の下で置き火となった木材の燃える様子が夜にしか見られないのが理由です。陽の下では残念な事に、それらはただの黒い塊としか認識できません。ところが暗闇の中では、木材が内側から眩いばかりの光を放って燃焼しているのが分かります。その強い蛍光オ

レンジの発光は、まるで火で出来た宝石であり、目が離せなくなるほど美しく、私を魅了して止まないのです。表面を薄く覆う灰を火バサミで削れば、さらに透明感を増し、叩き割ったならば、ガラスのように滑らかで艶やかな断面が現われます。思わず触りたくなる光沢感があり、その表面の奥ではなにやら淡い影のようなものが動いているように見え、心が中へ入っていきそうです。いつしか次々といろんな事柄が頭の中を巡り、お焚き上げでそうであったように、火の向こうにそれを眺めます。しばらくして火が弱まっている事に気づき、慌てて薪を返し、熱量を互いに渡し合わせるために上下を組み換えしたりします。これらの作業は火の顔色を見ながら行うので、私はますます火に見入り、またもや意識は炎へと入り込み、薪が尽きるまで無限ループのように続いたのでした。

翌朝になると、黒く燃え残っている木片を見て、これが昨夜にあの輝きを放っていたものかと一瞬戸惑います。今でこそ木材は、光合成により太陽エネルギーを取り込んだものと知られていますが、それがまだ理解されていなかった人類の過去の歴史の中で、焚き火はいったいどのように思われていたのだろうかと考えます。私の戸惑いなど足元にも及ばず、すごく不思議で、とてつもなく神秘的で、そこから大きな力や意思さえも生まれたことなのでしょう。また、火があるからこそ人が集まり、炎が見える夜だからこそ分かり合えたこともあったでしょう。私はさらに思いをめぐらします。私の父と母、そのずっと前の父達と母達、もっともっと昔の石器時代とかの先祖達、その時代時代で夜の焚き火の中に何を見て何を未来に想像したのだろうか。そしてこれから私の子供たちや、その先にいる人類の子孫達は、何を見て何を語り合うのだろうか。そこは一つ、次の夜の焚き火に見入りながら想像することにしましょう。

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。新潟市のらう造景(旧後藤造園)に入社、後藤雄行氏に師事する。現在は筑波実験植物園の技能補佐員。屋外エリアの管理と教育普及に携わる。樹木医、森林インストラクター。

解説

持続可能な森林管理のための生態学的・造林学的アプローチ

藤森 隆郎

(ふじもり たかお、元森林総合研究所)

はじめに

この一文は、2014年5月中旬にドイツ・ドレスデン工科大学造林学のSven Wagner主任教授の来日に伴う、氏の講演内容や氏と交わした様々な議論を活かして、私なりに持続可能な森林管理の生態学的・造林学的アプローチを考察したものである。ワグナー氏とのきっかけは2013年の秋に突然氏から1通の手紙を受け取ったことに始まる。

その手紙の内容は、「あなたの書いた本は、リオ会議以降の持続可能な森林管理のパラダイムに向けての研究の方向性を示したものとして、私に最も強い影響を与えてきたものの一つである。そのために一度日本を訪ねてあなたとお話をし、また他の研究者とも会う機会を作っていただけないか」というものであった。「あなたの書いた本」というのは、2001年にオランダに本社のあるエルゼヴィアールから英文で出版した「持続可能な森林管理のための生態学的、造林学的方策」(Fujimori 2001)である。

その手紙にはワグナー氏の最近の論文(Wagner *et al.* 2013)の別刷りが添えられていた。またそれに次いでWagner *et al.* (2014)も送られてきた。それらの内容は、私が描いていた理論構成の未熟なところがよく展開されており、私には非常に優れたものと映った。そしてワグナー氏と私の考えが基本的に一致していることを嬉しく思った。

そこで私は、私の古巣である森林総合研究所の梶本卓也氏らの協力を得て、本所と九州・関西・東北の各支所でワグナー氏受入の対応をするとともに、九州大学の佐藤宣子教授と宮崎大学の伊藤哲教授の協力を得て、九州から東北までの様々な森林・林業地を半月にわたって案内し、多くの研究者や林業家などとのコンタクトが図られた。これらの関係者に心からお礼を述べたい。その間

に九州大学、宮崎大学、森林総研(本所)で講演してもらったが、これら一連のワグナー氏との交流を通して感じたこと、考えたことを以下に記したい。

ワグナー氏の講演内容

まずワグナー氏の持続可能な森林管理に対する基本的な考え方と、それに向けた研究のアプローチとはどのようなものかを、2014年5月23日に森林総研で行われた氏の講演、「Challenges towards sustainable forest management in Germany (ドイツの持続可能な森林管理に向けた挑戦)」の骨子を通して紹介したい。

図-1はその講演内容の構図である。持続可能な森林管理とは、将来の世代の森林への広い範囲にわたる要求が満たされていくような状態に森林を管理していくことである。その実践の枠組みに科学的根拠を与えるために、森林生態系のプロセスの機能と、森林生態系の機能の中の人間社会にとって有益な機能(サービス)の関係をよく整理して理解することが基本的に重要である。また生態系の長い時間(未来)と、人間にとっての時間(現代)の関係で、生態系の機能とサービスの関係を考えることが重要である(図-1①)。

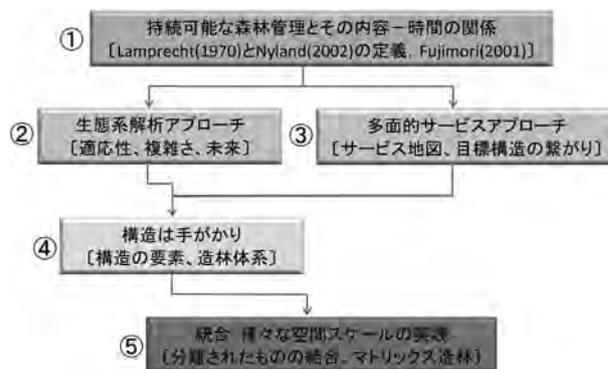


図-1 ワグナー氏講演のフレームワーク

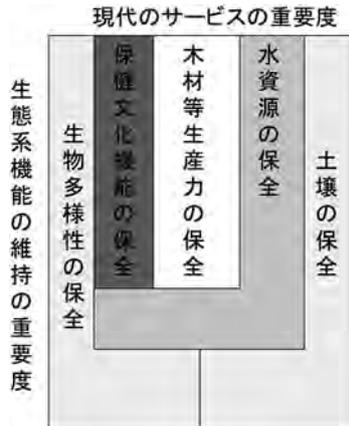


図-2 生態系の機能の重要度と生態系サービスの重要度の関係 (Fujimori 2001) 水平方向の相対的長さは、人間の要求を満たす現在のサービスの重要度を示す。垂直方向の相対的な長さは、未来に向けた潜在力を持つ支持サービスの重要度と、基盤的機能の重要度を示す。

生態系の機能と、その中で人間が求めるニーズ（サービス）の関係を示したものが図-2である。この図の上の水平方向の線の相対的な長さは、現代における人間の要求に応えるサービスの重要性の度合いを示すものである。この図の垂直方向の線の相対的な長さは、未来に向けて生態系の機能の重要度を示すものである。持続可能な森林管理は、このように森林生態系の機能を現代のサービスとしてと、未来に向けての潜在力の重さとしての両方を通してみていくことが重要である。この図において生物多様性と土壌が最も基盤的な機能（サービス）となっていることに注目すべきである。

図-1 ①の「持続可能な森林管理」の理論構成に向けて、生態系の機能を明らかにしていく「生態系解析アプローチ」②と、生態系の多面的サービスを明らかにしていく「多面的サービスアプローチ」③が必要である。③の多面的サービスアプローチは現代の生態系サービスへの要求の重要度の高いものへの対応において重要なものであり、サービスマップ、管理目標と実践目標へのフレームワークの構築などのために重要なものである。次に、これらのアプローチを経て「構造の特色」* から「造林体系」を考えていくことが大事である（図-1 ④）。これは生態系解析アプローチで「構造と機能との関係」を明らか



図-3 様々な空間スケールの組み合わせの実践 この図は Wagner による写真と、Klingen (オランダ)、Kawano (日本)、Apostol (アメリカ) による模式図を組み合わせたものである。

にすることによって可能なことである。

以上の①から④までを踏まえて、様々な空間スケールの構造の組み合わせからなる森林管理の実践を図っていくことが重要である。それには、林分内の部分的な構造からランドスケープレベルの広がりのある構造と、機能（サービス）のマトリックスの関係で捉えていく新たな造林体系と森林管理体系を築いていくことが重要である。つまり、造林体系は林分単位の構造と機能の解析が基盤であるが、それとランドスケープレベルとの関係も同時に見ていくことが大事だということである。図-3は林分内の単木構造のアプローチからランドスケープレベルの構造までの一例を示すものである。講演でも、この図-3に至るまでに様々なレベルの構造の特色と生物多様性などとの関係についての多くの研究成果が紹介された。

以上の考えに基づきドイツでは、林分内における針広混交の形態や、中レベル、大レベルでの異質的林分の配置の実践の試みを行っている。これらの実践の評価の根源は、生物多様性と土壌の保全にあり、森林生態系の多面的サービスを調和的に求めていく時に、これらの基盤的機能（サービス）の状態を評価していくことが大事である。講演では、それに沿った研究の一例として、有用針葉樹と有用広葉樹の単木状、群状、带状、その他様々な混交のさせ方と、土壌の状態、更新のさせやすさなど

* 構造の特色：樹種の混交状態、垂直方向の階層状態、水平方向のパッチの状態など視覚によって捉えられる林分の構造の特色

との関係を解析した結果、群状の混交が好ましいという結果を得ていることなどが示された。

先進国の中でも日本やドイツは、アメリカやカナダなどとは違い、土地利用区分や森林の管理規模は細かく複雑である。したがって例えばゾーニングをするにしてもきめ細かなゾーニングが必要である。日本とドイツはお互いに学び合うところが多いはずである。

生物多様性が生態系機能の基盤にあることの理由

ワグナー氏が講演で引用した図-2 について私の説明を加えたい。私が図-2 の構想を描いていた時に、鈴木雅一東京大学准教授（現教授）が森林の機能の階層性を描いていた図（Suzuki 1994）が参考になった。しかしそれは土壌が一番の基盤になって描かれていたので、私は鈴木氏に、図の描き方を参考にして、内容は私の考えで描かせていただくことのご了解を得た。もとの図との一番の違いは、「生物多様性」が基盤に入っていることであり、ここが「持続可能な森林管理」の根拠を生態系解析アプローチで問うていった時の新しい考えであると思っている。

生物多様性がどうして基盤になるのかを説明してみたい。土壌は岩石の風化などの物理的作用と土壌生物の活動の合作として生成される。そして森林生態系の諸機能の高さに関わる土壌構造の発達には土壌生物の活動に大きく依存している。そういうことから生物多様性と土壌は切り離すことのできない一体的なものとして捉えることができるが、生態系のプロセスとして見た時には生物多様性の重要性が浮かび上がる。ワグナー氏は敢えて一つに絞るならば生物多様性を最も基盤に置く考えのようであった。土壌生物が豊かであることは地上の植物と動物が豊かだということである。すなわち落葉・落枝、動物の糞・死骸などのリターの質量が豊かだということである。これまでに報告されてきた膨大な生態系解析による情報を束ねるとそういう答えになる。図-2 の作成時に私は生物多様性と土壌の境の線を破線にしようかとも思ったが、「生物多様性の保全」と「土壌の保全」は、生態系のサービスとして見た時にそれぞれの存在意義を持っているために直線で区分した。

現地などでのディスカッション

ワグナー氏は九州から東北までの林業地を見て回り、多くの人達と接触したが、それらを通しての氏の意見と

議論の一部を紹介する。ワグナー氏は「日本は生物多様性が高いが、その特色が林業に活かされていない。本州以南では林業はスギ、ヒノキ、カラマツに偏っており、林業家も研究者もスギなどの単純人工林と生物多様性を別々にとらえているように見える。」ということを強調した。これに対して私は「日本では生物多様性がまだ市民権を得ていないということだ。森林・林業においても、生物多様性の研究は森林管理や木材利用のあり方を動かそうとするほどのモチベーションを持っては行われてはいない。」と答えざるを得なかった。すなわち日本では「持続可能な森林管理」に対する関心と理解が遅れているということである。ただ、最近 Yamaura *et al.* (2012) の生物多様性を通して人工林の配置のあり方を解析するような研究が出てきていることは明るいことである。

またワグナー氏から、「日本の森では、観光地を除いて一般市民の姿を全く見かけない。一般の人々と森とはかけ離れているように見える。それはなぜなのか」という問いかけがあった。この問いかけは非常に重たいものである。「日本では森林所有者の私権が強く、市民、国民に対する公共性の意識が乏しい。また日本は夏を中心に高温多雨で、植物の繁茂が激しく、林内を散策しにくい。特に中途半端に放置された森林はそうであり、そういう森林が非常に多いのが現状だ。」と答えるにとどまらざるを得なかった。ドイツと日本の林業事情の大きな違いも、基本的にこのことが関係しているように思われる。森林・林業関係者と市民・国民との距離の違いであり、都市と農山村、生産者と消費者との良好な関係の構築は日本の大きな課題だといえよう。この関係の改善に果たすべき研究者の役割は何なのかを研究者は考える必要がある。ワグナー氏は、森林の「構造」は市民、国民、林業関係者、行政、研究者の合意形成への議論に最も役立つ指標であると述べている。ここでいう構造とは樹種の混交状態、階層構造、ギャップやパッチ構造などである。「構造と機能との関係」を分かりやすく説明できることが研究者の大事な役割であろう。

ワグナー氏は三重県の速水林業において、速水氏が内外の情勢を分析して経営に当たるとともに、伝統的な針葉樹人工林施業の中で、キツツキにやられた大径木を、生態系の大事な要素としてそのまま保全していることや、侵入してきた広葉樹を大事にしていることなど、「持続可能」の意識を持って森林管理に取り組んでいることを評価していた。そして速水氏の様に、自らの実践を踏

まえて行政や国民に対して色々発信する人の大事なことを述べていた。そういう林業家がドイツには多いそうである。

過去から未来へ

日本に林学が誕生した明治以来、日本は長くドイツ林学を学んできた。少なくとも私の大学時代の頃まではそうであった。だがドイツ語の壁もあって、どうしても英語圏との接触が多くなり、少なくとも私には近年のドイツの動向は分からなかった。私はアメリカに留学し、アメリカの生態学的造林の研究を多く学び、アメリカを通して多くの情報を得てきた。今から30年ぐらい前の話であるが、アメリカの造林の研究者はドイツの造林学について「形式にとらわれて教条的」であるとよく言っていた。そういう匂いは私も感じていた。

リオ会議以降の課題であった、「持続可能な森林管理」の「基準」と「指標」づくりのモントリオールプロセス**の会議（1994年）に私が参加していた時の、ドイツの代表（ヘルシンキプロセスのオブザーバー）とアメリカの代表のやり取りは今も印象に残っている。それは基準3「生態系の活力」の指標の一つとしてアメリカが「生態系のプロセスの健全性としてコケの状態」というものを提案した時のことであった。それに対してドイツ

** モントリオールプロセス：1992年にリオ・デ・ジャネイロで開催された国連の「環境と持続可能な発展に関する会議」が開催され、そこで「森林原則声明」が採択された。そのキーワードは「持続可能な森林管理」であったが、「持続可能な森林管理」とはどういうものかの国際的な合意が必要となり、その合意形成のために踏むべきプロセスを求める会議が温帯林・北方林の諸国で持たれた。EUの会議（ヘルシンキプロセス）とEU以外の諸国の会議（モントリオールプロセス、我が国が加入）が持たれたが、両者の内容はよく似ている。したがって以下は両プロセスを合わせてモントリオールプロセスと記す。モントリオールプロセスでは、持続可能な森林管理を議論するとき必ず踏まなければならない要因を基準（生物多様性や生産力など）と呼び、基準は複数の指標（生物多様性の場合、流域の天然林の面積比率など）で示される構図となっている。モントリオールプロセスは、科学的根拠に基づいた議論のプロセスを強調するものであり、それは国内や地域の合意形成を図るときにも参考になるものと記されている。



写真-1 ワグナー氏（前列左から二人目）と同行者および伊勢神宮営林部の方々（伊勢神宮宮域林にて）

の代表は「我々はこれまでに林学という学問の成果をあげてきた。指標は其中で得られた誰にとっても対応可能なものであるべきだ」と述べた。するとアメリカの代表は「我々は未来に向けてもっとアンビシャスでなければならぬ」と力を込めて答えた。

このやり取りに私は興奮を覚えた。私は現実的なドイツ代表の意見に賛成であったが、生態系プロセスを指標の中に取り入れようとしたアメリカの考えは新鮮で共感を覚えた。ここに当時のドイツとアメリカの違いの一端がよく表れていたと思う。だが大事なことは、この両者の乖離をいかに小さくしていくかということであり、これこそが持続可能な森林管理のこれからの生態学的、造林学的課題であると感じた。

それから20年を経て今回聴いたワグナー氏の講演の内容は、まさにこの課題に真正面から取り組んできたものであり、傾聴に値する優れたものであった。少なくとも13年前に拙著（Fujimori 2001）の中で私が描きたくても描けなかったことこの多くが描かれており、またその当時の世界の文献の中にも、過去を踏まえて将来への展望をこのようによく整理したものは見られなかった。

ただし私は英文以外の文献は読んでいなかったため、ドイツ語の文献の中にはどのように優れたものがあつたかはわからないし、現在のドイツの状態もわからない。ところが今回の訪問地の尾鷲における同行者の夕食後の団欒の中で、ワグナー氏は「ドイツには造林学のテキストが3つある。しかしそれらのどれも藤森のようなリオ以降の新たな要求に応えているものはない」といった。

その評価は嬉しいが、私の目から見ればワグナー氏は現在ドイツの造林学の中で最先端を行っている人だということになろうし、そういう現役世代の人が増えているとみてよいのではないかと思う。それはドイツの造林学、林学（森林科学）は、新たな時代に向けた、新たな内容のものを展開しつつあるということであろう。ワグナー氏は今50歳代後半である。おそらく氏やそれ以降の世代の人達は、これから持続可能な森林管理に向けた新たな優れた造林学を展開していくであろう。それには日本も大いに興味を持ち、学ぶべきところは学ぶべきであろう。

むすびにかえて

日本の造林学といわれるものは、生態学、生理学、遺伝学などの基礎学的なものへと深化が進んでいるが、造林学として束ねる求心力が失われていると思う。いや、造林学というものがあるのかどうかも分からなくなっている。1980年代までの造林学は、木材生産を第一に考えたものではあったが、当時としてはそれだけの存在感はあった。しかし1990年代以降は森林生態系の多面的サービス全体を考えた持続可能な森林管理に応える理論と実践が造林学に求められてきたはずであった。しかしそれに応えられていないことが造林学の求心力の欠如となってきたのではないかと思う。ここに紹介したワグナー氏の「持続可能な森林管理への生態学的、造林学的アプローチ」の考えは、新たな造林学を目指すために大変参考になるものだと思う。

ワグナー氏や私などが述べている持続可能な森林管理への生態学的、造林学的研究の科学的根拠は、経済学的、社会学的研究などと合わさって、森林・林業政策に活かされていかなければならない。ところが少なくとも日本においては、林業政策において全くと言ってよいほど生態系の根拠に基づく理論構成がなされていないと思うのは私だけではないだろう。こういう状態を改善していくために研究、行政、社会の関係を様々な立場の人達で考えていく必要がある。そのために生態系の研究を分かりやすく説明していくことが大事だと思う。

持続可能な森林管理を実現していくためには、科学的根拠に基づく政策を担保する制度の整備が必要である。生態系を研究している研究者も、林政の研究者や行政者を動かせるような努力が必要だと思う。そして市民や国民も含めたあらゆる立場の人たちの合意形成に役立つ研究に心掛けることが必要だと思う。合意形成の基本には科学的根拠が必要だからである。

参 考 文 献

- Fujimori T (2001) Ecological and Silvicultural Strategies for Sustainable Forest Management. Elsevier 398pp.
- Lamprecht H (1970) About generally applicable fundamentals in today's and tomorrow's silviculture. Forstarchiv 199-205. (in German)
- Nyland RD (2001). Silviculture: Concepts and Applications (2nd Ed.), McGraw-Hill, New York.
- Suzuki M (1994) Water and energy cycling and forests. In proceedings of a seminar, promotion of forest treatment. Japan Water Conservation and Erosion Control Society.
- Wagner S, Huth F, Mohren F, Herrmann I (2013) Silvicultural systems and multiple service forestry. In: Kraus D, Krumm F (eds); Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. European Forest Institute. 64-73.
- Wagner S, Nocentini S, Huth F, Hoogstra-Klein M (2014) Forest management approaches for coping with the uncertainty of climate change: trade-offs in service provisioning and adaptability. Ecology and Society 19(1):32.
- Yamaura Y, Oka H, Taki H, Ozaki K, Tanaka H (2012) Sustainable management of planted landscapes: Lessons from Japan. Biodiversity and Conservation 21(12): 3107-3129.

山梨県のシカ管理に関わって思うこと

飯島 勇人 (いいじま はやと、山梨県森林総合研究所)

みなさんは野生のシカを見たことがあるでしょうか？昭和の初期～中期には姿を見かけることすら難しかったシカですが、このところ日本各地でシカを見るようになった、あるいはシカが増えたという声を聞くようになりました。私がいる山梨県においても、状況は同じです。山梨県は森林率が高く、人間が定期的に攪乱を起こすことで草原生種が維持されてきた半自然草原も豊富に存在し、標高3000mを超える山もあります。これらの全ての場所において、シカの影響が深刻になっています。

シカが多い所の人工林や天然林では、シカに剥皮されて枯死した木が目立ちます。新植地では、柵を設置しないとせっかく植えた木の多くが食べられてしまいます。半自然草原では、シカが好む種の減少が著しいです。例えば、アヤメの群落で有名だった櫛形山では、シカの増加に伴ってアヤメがほぼ消失してしまいました（現在は柵内では回復傾向にあります）。さらに、本来はシカの生息域ではない高山帯にもシカは夏季に進出し、お花畑の草本植物を摂食する上、踏み付けによって土壌を攪乱し、希少な高山植物の生育を脅かしています。私が山梨県に就職して与えられた課題が、このようなシカの影響を低減することでした。大学では固定調査区内の針葉樹の更新動態の研究をしていたので、動く上に広域を移動するシカの研究の進め方は全くの未知数でした。

シカによる影響を把握するためには、調査する側も様々な場所に調査に行かなければなりません。高山帯の調査では、調査地まで何時間も登る必要があります。また、シカが高山帯にいるのは夏季のみですが、シカを撮影するカメラをシカが来るよりも早く高山帯に仕掛けな

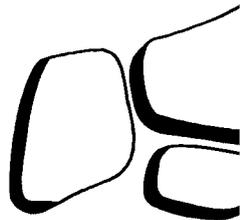
ければならないため、毎年シカと高山への到達を競争しています。植物の調査が終わると、今度はシカの密度や捕獲に関する調査です。シカの行動にあわせた調査が必要になります。

このように調査を進めてきた結果、以下のような成果が得られました。シカの個体数管理を進めるため、約5km四方あたりのシカ密度を明らかにする統計モデルを開発しました。このような空間的に詳細な範囲のシカ密度が明らかになったことで、シカ密度と植物の摂食状況の関係がわかります。その結果をもとに、シカによる被害が発生しやすい場所を予測することで、効率的な被害管理を実行できる可能性があります。また、シカは冬季を除いて森林よりも牧草地に出没し、牧草を摂食していることから、牧草地をシカに利用させないことが重要であることを明らかにしました。

しかし現在の所、シカによる影響は低減できていないというのが素直な感想です。科学的に行うべき対策が明らかになっても、それを実行することが難しいことが要因の一つです。例えば、必要な捕獲目標が明らかになったとしても、捕獲者の数や効率、捕獲者間の干渉、捕獲個体の処理にかかる労力、捕獲に関する予算の制約から、実際にそれを達成することが困難なことがあります。また、防除すべき箇所や面積が明らかになったとしても、予算上必要な防除を実施できないことがあります。特に、高山帯の防除は地形が急峻であることや雪崩があるため補修の頻度が高くなるので、箇所を増やせないという制約があります。また、予算を執行する行政と調査をとりまとめた科学者の間で、意見が合わないことがあります。普段からお互いに意思疎通を図り、必要な時期に必要な対策が実施で

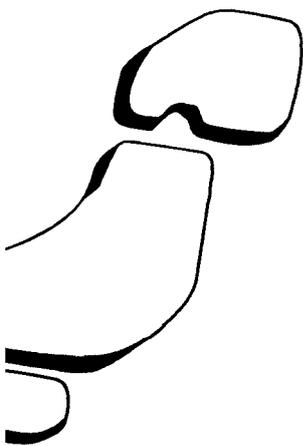
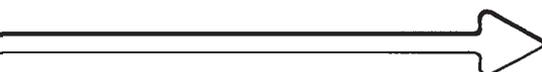
きるようにする必要があります。里山のように地形上や到達までの制約が少ない場所でも、防除に必要な指導をできる人材が不足しています。研究者や行政の人員削減が進む中、NPOや民間企業とも協力していく必要があります。

北から



最最近では固定買取制度などを受けて、木質バイオマスの利用が注目されています。バイオマスといっても利用形態

最後になります。山梨県のシカに関するモニタリングデータやシカによる植生への影響に関するデータは、比較的豊富だと思えます。シカやシカによる植物への影響を研究してみたいと思った方は、ぜひご一報ください。



南から

日本森林学会支部だより

はチップやペレットなど様々ありますが、温暖な四国地域においても、チップやペレットを利用したストーブやボイ

ラーがビニールハウスでの加温や温浴施設での給湯などに多く導入されています。私が四国支所に採用されてから専門的に行っている研究ではありませんが、四国内においてバイオマスに関連する調査で知ったことを、素人目ですがここで紹介させて頂ければと思います。

中山間地域の木材利用を考える研究課題において、小規模林業や林地残材、地域内利用というキーワードとともにみえてきたバイオマス利用形態は、薪でした。薪はチップやペレットと比べ、加工にかかるエネルギーやコストが少なく、かさばらないという利点がある一方で、重くて持ち運びにくく、乾燥に時間がかかり、自動投入出来ないという欠点があります。調査で訪れる山村集落では、軒先に積まれている薪を目にすることが多く、薪ストーブ愛好者以外にも未だに薪の利用者はいるのだと感じました。しかし、山村地域での薪利用者は、高齢化にともない薪の調達が困難となるとともに、親族の意向によりガスへ切り替えるケースも多いそうです。

四国内でも薪ボイラーによって給湯する温浴施設や、ハウス園芸に薪ストーブを導入した事例もあり、これまでいくつかの施設で調査を行いました。その一環として、職場の先輩とともにある薪ボイラーを利用している温浴施設に弟子入りし、2日間ボイラーへの薪くべを行いました。排気温度を確認しながら、1m程度のボイラー用の薪を1-2時間おきに投入し、燃焼むらがあれば攪拌して、とボイラーに付きっきりというわけではありませんでしたが、なかなかの重労働で1日作業をすると全身が燻されました。そのお風呂の利用客に薪で湧かしたお湯はいかがですか？と尋ねてみると、お湯のまろやかさが違うとのことでした（実際は変わらないと思いますが）。この施

設は仁淀川の中流沿いにあり、従来のボイラー担当者は、夏場にはカヌーのインストラクターをしながら交代で薪をくべ、冬場は施設従業員としての仕事をしながらお湯を沸かしているそうです。また、重油を利用していた時と比べて燃料代を大幅に削減でき、その中からボイラーマンの雇用費が捻出できているそうです。

調査を行った薪利用施設での材料の調達は、近くの素材生産業者や土建業者からC材や支障木を購入し、薪の加工や乾燥などは施設で独自に行っているケースが多くみられました。また、あるNPO団体では、集めた間伐材を定期的に薪に加工するイベントを行い、薪割りを手伝ったボランティアに、一定量の乾燥させた薪を持って帰ってもらう活動などが行われています。ここで薪割りに集まる人々は、個人での薪ストーブ愛好者が多い印象でしたが、この団体では、中山間地域に住む高齢薪利用者への宅配なども試みられています。近年の木質バイオマス発電施設などの増加によって、バイオマスの燃焼形態によらず材料の供給をどうするかという問題は切り離せません。川上から川下までの仕組み作りが重要となってくると思いますが、薪のようにローテクな形態でも、利用条件にあった規模であれば、地域材を利用して、地域の雇用も生み出すことが出来るのではないかと感じました。

最後に、「薪」という字を辞典で調べてみました。“おの(斤)で切った木”という意味とあり、また「新」の原字で、切り口があざやかなところから転じて、“あたらしい”の意味を表しているそうです。温故知新ではないですが、古くからの利用形態としての薪が、新たな利用素材として見直されていくのかもしれない。

木質バイオマスとしての薪

北原 文章 (きたはら ふみあき、森林総合研究所 四国支所)

森林科学 74

予告

特集

リモートセンシングでバイオマスを測る(仮)

森めぐり

宇都宮大学農学部附属演習林の森林認証(仮)

森林科学 74 は 2015 年 6 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、双方向情報交換を実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。
- ・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	太田 祐子	(森林総研)
委員	菊地 賢*	(遺伝/森林総研)
	加賀谷悦子*	(動物/森林総研)
	藤田 曜	(動物/自然環境研究セ)
	北村 兼三	(気象/森林総研)
	谷脇 徹	(保護/神奈川県自然環境保全セ)
	山田 祐亮	(経営/日本森林技術協会)
	橋本 昌司	(土壌/森林総研)
	都築 伸行	(林政/森林総研)
	磯田 啓哉	(育種/森林総研林育セ)
	橘 隆一	(防災/東京農大)
	斎藤 仁志	(利用/信州大学)
	田中 憲蔵	(造林/森林総研)
	宮本 敏澄	(北海道支部/北海道大)
	松木佐和子	(東北支部/岩手大)
	逢沢 峰昭	(関東支部/宇都宮大)
	松浦 崇遠	(中部支部/富山県森林研)
	長島 啓子	(関西支部/鳥取大)
	加治佐 剛	(九州支部/鹿児島大)

(*は主事兼務)

編集後記

寒さが厳しい折、皆様いかがお過ごしでしょうか。今号の特集では花粉症を取り上げました。この冊子がお手元に届くころにはスギ花粉の飛散が始まり、花粉症の読者の方にとっては憂鬱な季節になるかもしれません。私の周りにも、「スギやヒノキなんて皆伐して別の樹種を植えるべし」という過激論者も少なくありません。一方、特集でも書かれているように減感作療法の発達や無花粉スギの植栽の開始など明るいニュースもあります。また、特集では触れられていなかったのですが、2014年2月号(No.70:48-49)の森口さんの記事では、学生時代に無花粉スギを山で探し出すために大変な苦勞をされた話が書かれています。無花粉スギを搜索する手法は原始的で、花粉飛散時期に雄花を

棒でたたいて花粉が舞い散るかどうかを確認するそうです。7年間にもわたり何万本ものスギを地道にたたき続けてようやく12本の無花粉スギを見出したそうです。研究の発展の裏にはこうした努力が不可欠で、是非合わせて読んでいただければと思います。

さて、次号(6月号)では「リモートセンシングでバイオマスを測る」という仮題で、技術革新が続いているリモセン分野についての特集を組む予定ですのでご期待ください。また、読者の皆さまから今後組んで欲しい特集についても随時募集しておりますので、編集委員までご連絡いただければと思います。

(編集委員 田中 憲蔵)

効果持続期間
7年

7年先の確かな未来を

確かな効果

豊富なデータが裏付ける確かな効果で
皆様の信頼に応えてきた
グリーンガード・NEOは
7年間の薬効期間という
新たな時代の夜明けを
迎えました。



松枯れ防止樹幹注入剤

グリーンガード®・NEO

Greenguard® NEO

農林水産省登録：第22028号

グリーンガードホームページ

www.greenguard.jp/



「林業遺産」 選定事業について

日本各地の林業は、地域の森林をめぐり人間の営みの中で編み出され、明治期以降は海外の思想・技術も取り入れつつ、大戦期の混乱を経て今日に至るまで、多様な発展を遂げてきました。

日本森林学会では、学会100周年を契機として、こうした日本各地の林業発展の歴史を、将来にわたって記憶・記録していくための試みとして、「林業遺産」選定事業を2013年度から開始しています。

各年度ごとに、林業発展の歴史を示す景観、施設、跡地等、土地に結びついたものを中心に、体系的な技術、特徴的な道具類、古文書等の資料群を、林業遺産として認定しています。

会員の方々はどなたでも推薦できます。非会員の方も、該当される地区の林業遺産地区推薦委員等を通じて応募することができます。

詳細情報については、学会ウェブサイト「林業遺産」をご参照下さい。

<http://www.forestry.jp/activity/forestrylegacy/>



林業遺産
ロゴマーク



日本森林学会

The Japanese Forest Society Since 1914