



森林

科学

[特集]

美しい日本の桜を未来に伝える
—系統保全の現状と新展開—

シリーズ

森めぐり

太古のバイカルの森を探る

アフリカの角“ジブチ共和国”の森林

現場の要請を受けての研究

現地を見極めた海岸林の再生と管理方針

No. **70**
February 2014



二〇一四年 二月末出版予定

会員には配布、2冊目以降も著者割引にて購入可能

教養としての

森林学

日本森林学会 監修

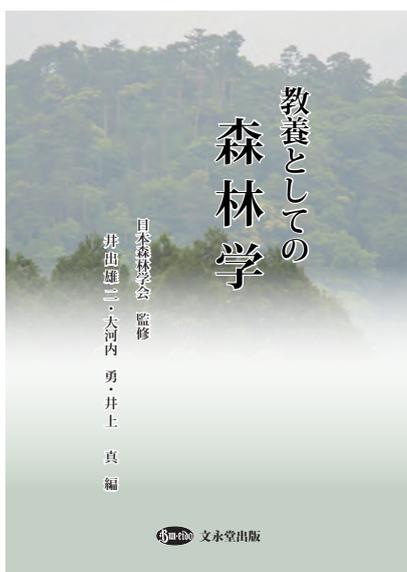
井出雄二・大河内 勇・井上 真 編

A5判、二七二ページ
定価(本体一八〇〇円+税)

今、日本では、近代化と大規模化による林業のイノベーション、地域の活性化が始まっている。国際的には、地球温暖化緩和や生物多様性保全にとつて必要な森林、特に熱帯降雨林をどう保全するかが議論されている。こうした中、人と森林の次の100年を考えるために、グローバルな視点で森林の全体像を俯瞰することが求められている。

日本森林学会は創立100周年を記念し、次代を担う若手研究者を中心に総力を挙げて本書を作成した。森林の歴史、森林生態系の仕組み、森林の生態系サービス、人と森林の深い関係を取り上げて、こうした課題に寄与できるように意図している。「教養として」読んでいただき、読者一人一人が人と森林の未来を考えていただければ幸いである。

略目次・**第1部 生態系としての森林**(1講…森林とは何か統計における森林、2講…分布―森はどこにあるのか、3講…構造―森はどのように成り立っているのか、コラム1…自然かく乱と人為かく乱、4講…生物多様性―さまざまな生物と森林のパートナーシップ、コラム2…植食性動物と樹木および森林の関係、5講…地史的・歴史の変遷―森林はどのように変化してきたのか、6講…バイオームと森林―森にはどのような種類があるか、コラム3…森林樹木の遺伝的変異と地史的分布変遷)・**第2部 森林の機能**(7講…森林の多面的な機能―生態系サービスとは何か、コラム4…生態系サービスと森林管理、8講…供給サービス―どんな資源が得られるのか、9講…調整サービス―どのように環境が制御されるのか、10講…文化的サービス―なぜ気持ちが休まるのか、11講…基盤サービス―どのように保たれるのか、コラム5…森林生態系の基盤サービス、調整サービスの原発事故による再認識)・**第3部 世界の森林と人間活動**(12講…熱帯林―グローバルな気候変動・森林保全政策とローカルな資源利用、コラム6…ボルネオ先住民の行動原理、13講…照葉樹林―文化を育む豊かな森、14講…硬葉樹林―地球と人間の歴史の証、15講…サバンナおよび砂漠・脆弱で広大な生態系、コラム7…乾燥地の砂漠化と緑化、16講…落葉広葉樹林―四季を彩る林、コラム8…コナラ属―温帯林で最も栄えた樹木たち、17講…北方林―凍土と火災が織りなす森、コラム9…周極域についての誤解)・**第4部 日本**の森林と森林学(18講…潜在的な森林帯―日本にはもともとどんな森林があったのか、19講…現実の森林―人間活動によりどのように変化してきたのか、コラム10…森林工学の視点、20講…森林の管理と政策―森をどのように扱えばいいのか、コラム11…森林を美しく維持するには、手を加えるべきか、加えるべきではないか?、21講…挑戦―森林研究の多様なベクトル、コラム12…分子生態学の観点から、コラム13…森林学者の生き方)



特集 美しい日本の桜を未来に伝える—系統保全の現状と新展開—

森を出て人里で育てられたサクラ 吉丸 博志	2
桜の観賞と栽培の歴史 —野生種から栽培品種への道— 池谷 祐幸	3
サクラの系統保全のこれまでの経緯と現状 勝木 俊雄・岩本 宏二郎	8
DNA から見た桜の栽培品種の再分類 加藤 珠理・松本 麻子	12
サクラの病害と系統 長谷川 絵里	17
ソメイヨシノとサクラ野生種との交雑とその要因 向井 譲	21

森林科学 No.70

2014年2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 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：江戸時代の古書にもとづいて

1922年に記載発表された‘奈良の八重桜’。

カスミザクラに由来する八重咲きの栽培品種である。

特集「美しい日本の桜を未来に伝える—系統保全の現状と新展開」より (2ページ)

シリーズ 森めぐり 太古のバイカルの森を探る 志知 幸治	26
アフリカの角“ジブチ共和国”の森林 橘 隆一	28
コラム 森の休憩室Ⅱ 樹とともに 森の音を探す 二階堂 太郎	30
シリーズ うごく森 木を育て、森を生み出す微生物「菌根菌」 奈良 一秀	31

シリーズ 現場の要請を受けての研究 現地を見極めた海岸林の再生と管理方針 八神 徳彦	35
--------------------------------------------------	----

シリーズ 森をはかる 39 木質材料の難燃性・耐火性をはかる 原田 寿郎	39
--------------------------------------------	----

記録 41 日本森林学会における男女共同参画の実態 「第3回科学技術系専門職の男女参画実態調査」の結果より 石崎 涼子・太田 祐子	41
----------------------------------------------------------------------------	----

45 Information ボックス 北から南から	45
----------------------------------	----

森を出て人里で育てられたサクラ

吉丸 博志 (よしまる ひろし、森林総合研究所)

遺伝資源であり文化遺産でもあるサクラ

春にサクラの花を楽しむ習慣は長い歴史の中で培われてきた。ヤマザクラやオオシマザクラなど、日本の山野には約 10 種のサクラが自生するが、そのうち身近なものの中から少し変わった美しい個体を見つけ、人里で育成する技術が少しずつ発達して栽培品種のサクラが現れてきたと思われる。こうして歴史のなかで、染井吉野や関山など、数々の栽培品種が誕生した

平安時代中期の万葉集に歌われた「いにしへの奈良の都の八重桜」は興福寺にあったといわれる。野生種の花弁は全て 5 枚つまり一重咲きなので、八重桜は野生のサクラではないことがわかる。室町時代の文献にも数種類の栽培品種の名前が登場する。最も多くの栽培品種が育成されたのは江戸時代であった。

現代にも伝わる数多くの栽培品種は、生物学的に見れば主に花の形態変異に注目したサクラ類の重要な遺伝資源であるが、こうして非常に長い年月をかけて人々の暮らしと係わりながら育成されてきたという歴史を考えると、貴重な文化遺産の側面も併せ持っている。

遺伝資源としての正しい管理を

染井吉野に実った種子を育てても花粉は別のサクラから来ているので、染井吉野と同じものは育たない。染井吉野の苗木を得るためには、染井吉野の小枝から接ぎ木(クローン増殖)を行うことが必要である。野生のサクラは種子から育つ実生で世代を重ねていくのだが、栽培品種はこのように、人が毎世代接ぎ木をしてやらないと次の世代が残らない。ずっと昔に生まれた栽培品種が、社会体制の激変を経て何世代、何十世代も正確に接ぎ木をされて今日まで正しく伝えられてきたかどうか、非常に心許ない。

とはいえ、それぞれの歴史を背負ってきた多くの栽培品種の個体が現存している。履歴、形態、遺伝子などの

情報を総合して、同名異種や異名同種などの混乱を克服し、サクラ栽培品種の保全と利用を進める必要がある。

形態による生物学上の記載は 100 年ほど前から行われてきたが、遺伝子の情報が得られるのは近年になってからである。本特集では伝統的栽培品種の全体像に光をあてるとともに、遺伝子情報に基づく品種の正確な識別・分類、さらに保全管理に向けた考え方を提示していきたい。

特集の構成

上記のような目的のもとに関連する研究者に集まっていただき、2013 年 2 月にサクラに関するシンポジウムを開催した。本特集はその中の 5 名の方の執筆による。

まず「桜の鑑賞と栽培の歴史」では、豊富な文献資料から栽培品種の長く興味深い歴史が語られる。「サクラの系統保全のこれまでの経緯と現状」では栽培品種を再分類し管理していく基本的な考え方が示され、「DNA から見たサクラ栽培品種の再分類」では DNA 解析によるクローン識別など明確な結果を見ることが出来る。「サクラの病害と系統」では、再分類された栽培品種について系統間で異なる病害罹病性が示される。最後に「ソメイヨシノとサクラ野生種との交雑とその要因」では、山野に近い場所の栽培品種が野生種の繁殖に及ぼす影響が示される。

なお、同シンポジウムの他の講演者(森脇和郎、田中秀明、大原隆明、石尾将吾の各氏)については、当日のスライドが多摩森林科学園のホームページに掲載されているので、ご参照いただきたい。

最後に、戦後のサクラ栽培品種の研究に重要な役割を担ってきた国立遺伝学研究所のサクラコレクションの保全に尽力された森脇和郎博士が、2013 年 11 月に 82 歳で急逝された。謹んでご冥福をお祈りする。

桜の観賞と栽培の歴史

—野生種から栽培品種への道—

池谷 祐幸 (いけたに ひろゆき、農研機構果樹研究所)

はじめに

桜は日本人が最も関心を持つ植物の一つであるため、その観賞と栽培の歴史については多くの著作があり、定説ができています。しかし、特に江戸時代以前について根拠となるのは、主として支配階級側からの記述である歴史史料や文学だけである。このため、鑑賞の歴史は古代から追えるが、一般民衆が担っていた桜の栽培技術や品種改良の歴史は殆ど資料がない。また、鑑賞の歴史にしても、「何が起きたか」は推定できても、「なぜ、どのようにして起きたか」は殆どの場合想像するしかない。本稿は、山田(1941)、有岡(2007a, 2007b)、川崎(1993)らに基き、定説的な部分は文献引用をせず記述し、特に論述すべき言説とは書き分けるようにした。

桜の観賞の始まり

桜に限らず花を観賞するという習慣が日本ではいつから始まったかは、史料では定かでない。農耕儀礼と関係して古くから花見の習慣があったという説が民俗学を中心に根強いが、証拠があるわけではない(斎藤 1980、有岡 2007a)。飛鳥、奈良時代になると、万葉集などから明らかのように、少なくとも上流階級は植物を観賞していた。当時は萩ないしは梅や桃を桜よりも愛好していたとされる。しかし、日本の自生植物であり人里には普通に見られる萩や、弥生時代にはすでに日本に渡来していた梅や桃を鑑賞していたならば、花を観賞する習慣が歴史時代以前に遡りうることは間違いないと思われる。

この時代に桜の鑑賞が始まった理由として、古代都市の誕生により建築用材および薪炭材の需要が激増し、それまでは照葉樹林であった都市周辺の森林が伐採されて二次林化した結果、桜の木が目立つようになったためであるという説がある(Kuitert 1999)。しかし、二次林化で増えた花は他にも躑躅(つつじ)や藤などが考えられ、万葉集でも詠まれている。これらの花の中から特に桜が選ばれた理由は分からない。

こうして増えた野山の桜は、野生のままでも鑑賞されたが、貴族の庭園にも植栽されていた。万葉集では野山の桜を詠む歌が多いが、植栽されたものを詠む歌もいくつかある。しかし、これらの桜の木がどのように用意されたかは全く分からない。恐らくは、周囲の野山から移植したか実生を育てていたのであろう。

平安時代に入ると、桜はより主要な観賞花木となったと考えられている。この根拠としてよく引用されるのは、古今集では桜と梅の出現頻度が逆転し、桜がもっとも詠まれる花となったことである。もう一つよく知られていることに、内裏紫宸殿の南面に植栽されていた「左近梅、右近橘」のうちの梅が、9世紀の中頃に桜に植え替えられたことがある。同じ頃から、宮中を初めとした貴族社会では邸宅の庭園や野生の桜の花見が盛んに行われるようになった。さらに桜を観賞した場所について有岡(2007a)は、古今集に出現する桜の詠まれた場所を分析し、野生のものと植栽のものが同数であると述べている。ところで古代に鑑賞された桜の種類であるが、奈良、京都周辺の里山にはよく見られる野生種であるヤマザクラ、およびエドヒガンとカスミザクラであっただろう。

また、現代に伝わる桜のもっとも古いとされる栽培品種として「奈良の八重桜」がある。この桜は新古今和歌集などにその名前が見いだされる。一方、千年近く経った1920年頃に東大寺の裏山で見つかった野生樹が古代の「奈良の八重桜」と同じ特徴を持つとされ(Miyoshi 1922)、これが現在栽培されている「奈良の八重桜」の起源である。しかし、有岡(2007a)によると、この品種は実生では増えるが接ぎ木も取り木も難しいとのことなので、古代の「奈良の八重桜」と同じクローンが現代まで伝わった、ということはあるまい。

武家政権の誕生とオオシマザクラの登場

12世紀末に源氏政権が成立し、政治の中心が鎌倉へ移る。この新たな都市において、周辺の山林から庭園木

として桜が調達された結果、自生分布が相模湾周辺から伊豆半島に限られるオオシマザクラも栽培されるようになったといわれている。この説を最初に提唱した中尾（1976）は、江戸時代に出現したサトザクラの栽培品種の多くがオオシマザクラの系統と推定されることから、これらが江戸時代に出現するためには、オオシマザクラの自生地周辺における長い栽培史が必要であると考え、その開始を鎌倉時代に求めた。この説は、斎藤（1980）、有岡（2007a）からも支持されているが、中尾自身が指摘するように、今のところ歴史的な証拠は全くない。

14世紀には、室町幕府の成立により再び政治の中心が京都へ戻った。ただし鎌倉も東国支配の拠点として存続した。このため、中尾の説では鎌倉はオオシマザクラの栽培拠点として存続し続けたとされる。一方京都では、現代に伝わるサトザクラの栽培品種のうち、‘普賢象’と‘桐谷’（‘御車返し’の別名とされる）の2品種の名前が史料に出現する。両品種ともオオシマザクラ系の品種であるため、これまではこの種が栽培されていなかったはずの京都へ鎌倉からオオシマザクラが運ばれたことになる。これについて Kuitert（1999）は、権力移行の象徴として桜の木が鎌倉から京都へ運ばれたという説を提示している。「権力移行の象徴」については自然科学的には検証不能であるが、技術的にはどのように運搬したのかを考えるだけでも興味深い。成木の運搬は困難と思えるが、苗木か穂木ならばこの時代でも十分に

可能であつたらうと想像している。

室町時代になると、桜に限った話ではないが、樹木の栽培技術に関する具体的な記録が少しづつ増えてくる。飛田（2002）は、樹木の運搬、移植、剪定などに関する例や、権力者が寺院の植栽木を強引に自らの庭に移植した話を挙げている。また、園芸業者（植木屋）の存在が初めて史料に出てくるのもこの時代である。

桜を觀賞する文化の本格的開花と園芸品種の発展

江戸時代になると、世情の安定と、文化、経済の発展により、一般大衆を含んだ花見の文化が確立した。その端緒は、武家庭園と寺社の境内に植えられた桜である。300内外の大名の持つ上・中・下屋敷と上級旗本の屋敷を合わせれば、江戸には千もの武家庭園があったとされる（白幡 1997）。武家庭園の中には花見の時期に庶民の立ち入りを許したのもあったとされるが、町人の花見の中心は、寺社および江戸中期以降に幕府の手により桜が植栽された飛鳥山、御殿山、浅草奥山、隅田川堤、小金井などであった。これらの場所に植栽された桜は園芸品種ではなくヤマザクラなどの野生種であったが、中には八重桜も混じっていたらしい。また、このような桜の名所は、江戸に限らず全国各地で増えていった。



図-1 広益地錦抄より「よしのしだれ」と「ふだん桜」(左の2点)
どちらも、現在の同名の栽培品種とは異なるようである。



図-2 怡顔齋櫻品（松岡 1758）より「五所櫻」
和製本の袋とじ表裏を1枚に合成した。Miyoshi（1916）は、荒川堤に植栽された無名の木からこの図と同じものを発見して記載した。しかし川崎（1993）は、現在ある同名の栽培品種がこれらと同じものかはよくわからないとしている。



図-3 櫻花譜 (松平 1822) より「普賢象」など4品種
狩野由信による1884年の写本。この文献には124
点の図が描かれている。原本の画者は谷文晁かそ
の門人とされる。
(図-1～3は、国立国会図書館デジタル化資料よ
り転載)

一方、栽培品種の主要な植栽場所は寺社と武家庭園であった。桜の栽培品種の数は江戸時代に大きく増えていった。江戸時代を通じて園芸業者などの手による出版物(図-1,2)や大名などの命による彩色画集(図-3)がいくつも造られた。そこには、固有の品種の名が記載され、その名前は幕末には200以上となった。特に彩色画の描写は精巧で、各品種の花の形や色などの差異の識別が可能であると共に、ある程度までは現在の栽培品種と比較して同定することも可能である(その結果、現代のものとは異なることも間々ある)。これらは接ぎ木により繁殖された。このように、「特定の特徴を持った桜が特定の型として認識され、特定の名が付けられ、クローン繁殖される」ことが揃った結果、現代に通じる栽培品種が成立した。これらの栽培品種の多くはサトザクラといわれるグループに属し、主としてオオシマザクラに由来するとされるものが多くを占めている。さらに、本州に広く自生して古くから栽培されるヤマザクラ、エドヒガン、カスミザクラも栽培品種の主要な祖先とされる。中には外来植物であるカンヒザクラやシナミザクラを起源とされる栽培品種も出現している。

しかし、これらの桜の栽培品種が、「なぜ、どのようにして作出されたか」ということはよく分かっていない。「なぜ」については、Kuitert(1999)は、「それまでの時代に権力の象徴としての地位を確立していた桜の栽培品種について、各大名が競って他にはない新しい品種を求めたためである」、とする説を提示している。古典園芸植物の中には、大名家や寺社が秘蔵して門外不出とし

た「御留花」というものがあったとされるので、桜の栽培品種でも同様のことが考え得るが、本当に多くの品種がこの理由で生み出されたかどうかはわからない。

一方、「どのように」の方については、伊藤(1719)の序において「今では孫苗の芽が出て花や葉が面白いもの、ひこばえや子孫が変わった形になるもの、あるいはいろいろな所から送られてきた珍花が殖え積もって繁茂している。」という記述があるので、園芸業者が実生苗から新品種を選抜して集めていたことがわかる。この時代の大都市では園芸業者が急成長しており(飛田2002)、彼等が新品種を大名らの求めに応じて納入することにより需要と供給の相乗効果が生じ、沢山の新しい栽培品種が生まれたのであろう。

ここで問題にする必要があるのは、江戸時代の育種方法として、実生からの選抜に加え人工交配が行われていたか、ということである。岩崎(1991)は、桜の分布や生態特性などの自然科学的な調査や文献調査の結果に基づき、「染井吉野」は18世紀中頃に人工交配で作出されたと言う説を展開した。その後この説は巷間にはかなり広がっている。しかし、この説の最も決定的な根拠は船津(1966)が紹介する明治中期の記録であるが、そこには「大島桜を母として作り出した」としか書かれていない。他の文献記録も全て明治以降のものであり、自然科学的なデータも類推以上のものではない。また、Kaneko *et al.* (1986)の研究などにより「染井吉野」の母系系統はエドヒガンであることが自然科学的に実証されているので、記述の信憑性も疑われる。中尾(1986)は、江戸時代に人工交配が存在した可能性について、当時信じられていた植物生殖の原理が「草木雌雄説」であったことを主たる理由として否定している。江戸時代に入ると、農書に代表されるように植物の栽培について具体的な記述が見られるようになるが、稲などの農作物が中心である。観賞植物の栽培についての具体的な文献は多くなく、作物の場合でも人工交配の可能性を示す文献は見あたらない。よって、桜に限らず江戸時代の人工交配は現在のところ立証し得ないと考える。ただし、岩崎の研究は、それまで半ば定説化していた「染井吉野」は伊豆半島で生まれた偶発実生である」という竹中(1962)の説を白紙に戻し、その起源には未解明な点が多いことを再提起した点で重要である。

ところで江戸時代には多くの古典園芸植物が発展し、武士だけではなく町人もその担い手であった。しかし、

草本の園芸植物と比べると桜の栽培には土地と費用を必要し、また、楓のように盆栽にされることもなかったことを考えると、桜の栽培品種の発展については、園芸業者を別にすれば町人の役割はほとんどなかったであろうと思われる。しかし、桜を観賞する文化を発展させたのは間違いなく町人である。社会階層の区別なく桜の花の下で飲み食い騒ぐ「花見」は日本独特の文化とされるが、その開始は江戸時代に求められる。青木（1998）は、江戸時代各期の花見の人数を花の名所の数と植栽本数から推定し、江戸末期には町民の半数近くが花見を楽しんでいたと述べている。

文明開化は桜にとって受難であった

明治維新により武家はその地位を失い、屋敷地の殆どは明治政府に接収されて他に転用されたため、武家庭園も殆どが失われた。また、寺社の庭園や市中の桜の名所も荒廃した。これによって門外不出の栽培品種が世に出る機会を得たともいえるが、高木である桜は一般市民が簡単に維持できるものではないので、多くの品種が失われたと思われる。しかしこうした中で、東京では高木孫右衛門ら、京都では櫻戸玉緒らが栽培品種の収集に勤め、それぞれ荒川堤と平野神社へ桜の栽培品種を植栽した。荒川堤の桜はその後何度も水害に遭い、最終的には戦中、戦後の混乱で消滅してしまうが、埼玉県新郷村の船津清作や同安行村の小清水亀之助は、荒川堤の桜を収集保存した。これらの桜は安行の苗木生産業の中で維持され、戦後へ伝えられることとなった。さらに京都では、江戸時代から代々庭園業を家業とする佐野藤右衛門（第十四代～十六代）が幕末から全国の桜を収集しており、同様に戦後へ桜を伝える源となった。

桜の科学の始まりと発展

文明開化と共に西洋科学も本格的に導入されたが、日本人がその主役となるには数十年を要した。桜の場合は、ソメイヨシノの新種としての記載（Matsumura 1900）がその始まりであろうか。この十数年後には、Koidzumi（1913）とMiyoshi（1916）により栽培品種の詳細な記載が行われた。その中では栽培品種の起源や類縁関係も論じられ、桜は科学の研究対象となった。形態や生態特性の詳細な解析をもとにした桜栽培品種の類縁関係の解析は戦後になって大きく発展し、大井（1973）、本田・林（1982）、川崎（1993）に代表され

る成果に結実した。

一方、より実践的な技術開発である新たな品種育成の開始は遅れた。西洋では18世紀には人工交配が実用化されており、日本にも幕末にはその知識が導入されていたが、組織的な交配育種が始まったのは、農作物においても19世紀末である（鶴飼 2003）。園芸業者は外来植物の流行などで明治時代も繁盛していたが、人工交配により新品種を造ることは行わなかったらしい（前田 1915）。このため桜の人工交配は、イギリスのCollingwood Ingramによる試み（Ingram 1948）が、記録に残る限りでは世界で初めてである。

日本人の手による桜の人工交配は戦後に始まり、多くの個人の篤志家により手がけられた。中でも体系的に数多くの栽培品種を作出したのは、北海道松前町の浅利政俊氏と静岡県熱海市の角田春彦氏である。他方で企業や試験研究機関等により作出された品種は余り多くない。桜に限ったことではないが、高木の観賞植物はマーケットが小さく採算が取れないので、日本ではこうした組織による体系的な育種は現在に至るまで行われていない。

その一方では、公的機関の手による体系的な栽培品種の収集が戦後に開始された。まず、国立遺伝学研究所が1950年代から収集を開始し、1960年代に入ると林業試験場浅川実験林（現森林総合研究所多摩森林科学園）、日本花の会小山農場（その後移転し、現結城農場）、新宿御苑、京都府立植物園などでも収集が始まった。安行の小清水亀之助や京都の佐野藤右衛門により保存された古くからの栽培品種もこれらの機関へ収集され、明治以来個人篤志家に頼ってきた収集保存の体制を公的機関も担えるようになった。

おわりに 桜研究の将来

桜栽培品種の歴史はこれまでも多くの言説が成されてきたが、人文科学系からの論述が中心であり、自然科学的データを元に実証的な議論が進められることは少なかった。また、栽培品種の類縁関係の解析は自然科学研究として発展したが、表現形質だけからの考察には限界があり、推測以上のものではなかった。しかし、近年の遺伝子研究の発展によりその限界が打ち破られつつある。これまでの分子系統学では、栽培品種の形成における複雑な交雑過程の解明は不可能であったが、各栽培品種の全ゲノム配列データの解析も技術的には可能となった現在ならば、難解な問題ではなくなった。こうした研

究の前提となるような各栽培品種の遺伝子型の詳細な解析も進められている(第4章参照)。

本稿で引用した中尾(1976)、岩崎(1991)、Kuitert(1999)らの仮説はどれも魅力的であるが、自然科学者の目から見ると実証されているとは言い難い。これらの検証のためには歴史史料の探索が重要であるが、現存する栽培品種間の類縁関係や祖先集団の地理的推定などを自然科学的手法により解析することも大いに貢献すると考える。三好(1938)は、「桜の栽培品種の淵源は(科学的立場ばかりでなく)歴史的に調べるより途はない」と書いたが、遺伝子データという新たなツールを手にした今、自然科学によってこの研究に携われる時代が来た。

また、これまでは個人レベルでしかほぼ行われていない育種も、ゲノム研究の進展でいわゆる「オーダーメイド育種」が可能になれば、企業等の参入もありうる。桜の近縁種である桃や桜桃などの農作物では、こうした次世代育種の実用化が世界的に進められているので、「染井吉野」を凌ぐ次世代の出現も夢物語ではない。また、この目的のためには、信頼の置ける品種の系統保存を維持・発展させていくことが言うまでもなく重要である。

引用文献

青木宏一郎(1998)江戸の園芸—自然と行楽文化(ちくま新書144). 筑摩書房. 206 pp.
 有岡利幸(2007a)桜Ⅰ(ものと人間の文化史137-I). 法政大学出版局. 364pp.
 有岡利幸(2007b)桜Ⅱ(ものと人間の文化史137-II). 法政大学出版局. 383pp.
 船津兼松(1966)採集と飼育28(4):95.
 本田正次・林 弥栄(監修)(1982)日本のサクラの種・品種マニュアル. 日本花の会. 448 pp.
 Ingram C(1948)Ornamental Cherries. Country Life.

259 pp.
 伊藤伊兵衛政武(1719)広益地錦抄.
 岩崎文雄(1991)筑波大学農林技術センター研究報告3:95-110.
 Kaneko T, Terachi T, Tsunewaki K(1986)Jpn. J. Genet. 61:157-168.
 川崎哲也(1993)日本の桜. 山と溪谷社. 383 pp.
 Koidzumi G(1913)J. Col. Sci. Imp. Univ. Tokyo. 34 Art. 2:1-312.
 Kuitert W(1999)Japanese Flowering Cherries. Timber Press. 395 pp.
 前田曙山(1915)明治年間花卉園藝私考. 明治園藝史 p505-528. 日本園藝研究會.
 松平定信(1822)櫻花譜(浴恩春秋両園櫻花譜).
 Matsumura J(1900)Bot. Mag. Tokyo. 15:99-101.
 松岡玄達(1758)怡顔齋櫻品.
 Miyoshi M(1916)J. Col. Sci. Imp. Univ. Tokyo. 34 Art. 1:1-312.PI.I-XXIII.
 Miyoshi M(1922)Bot. Mag. Tokyo 36:1-14.
 三好 學(1938)櫻. 富山房. 467 pp.(復刻版1980)
 中尾佐助(1976)栽培植物の世界. 中央公論社.250pp.
 中尾佐助(1986)花と木の文化史(岩波新書 黄版357). 岩波書店. 216pp.
 大井次三郎(1973)日本桜集. 平凡社. 325 pp.
 斎藤正二(1980)日本人とサクラ. 講談社. 542 pp.(斎藤正二著作選集5. 八坂書房. 588pp.)
 白幡洋三郎(1997)大名庭園. 講談社.264pp.
 竹中 要(1962)植物学雑誌75:278-287.
 飛田範夫(2002)日本庭園の植栽史. 京都大学学術出版会. 435 pp.
 鵜飼保雄(2003)植物育種学. 東京大学出版会. 455 pp.
 山田孝雄(1941)櫻史. 櫻書房. 425 pp.(講談社学術文庫916. 講談社. 504 pp.)

サクラの系統保全のこれまでの経緯と現状

勝木 俊雄・岩本 宏二郎 (かつき としお、いわもと こうじろう、森林総合研究所多摩森林学園)

はじめに

東京都八王子市にある森林総合研究所多摩森林科学園には、1966年度に設置されたサクラ保存林がある。サクラ保存林は、1960年代に桜の老化と衰退が危惧されたことから農水省がおこなった、桜対策事業に由来する。桜対策事業では、桜対策研究会を設置するとともに、日本さくらの会を通して桜の優良苗の増殖配布をおこない、林業試験場浅川実験林に桜展示林を造成して正確な桜品種の収集・保存をおこなった。この浅川実験林の桜展示林が名称を変え、現在のサクラ保存林となっている。

設置されて47年が経過し、サクラ保存林はずいぶん変貌している。1967年から初期の3年間に植えられたサクラは1,640本であった(小林 1981)が、2012年現在は1,296本が現存している(勝木 2013)。ただし、これはその後の植栽木も含まれており、初期の3年間に植栽されたサクラは601本に減少している。当初植栽されたサクラの中には胸高直径50cmを超える大木に生育している個体もあるが、枯死寸前の個体も見られ、対策が必要となっている。また、科学技術の発展や社会情勢の変化にともない、こうした系統保存に関わる考えに大きな変化が見られ、サクラ保存林に求められる役割も異なってきている。そこで筆者らは、現在サクラ保存林の管理方針の見直しをおこなっている。本稿では、その中核となる、DNA識別に基づくサクラ栽培個体の系統保全の実際について解説したい。



写真-1 多摩森林科学園のサクラ保存林

系統保全の役割

まず、サクラはどのように収集・保存されているのだろうか。基本的にサクラ保存林では全国の名木や栽培品種のサクラが収集の対象とされてきた。このため、保存対象となる原木の個体から穂木を採取し、穂木を台木に接いだ苗を育成する。こうして増殖された接ぎ木苗が植栽されるので、原木のクローンがサクラ保存林に植栽されていることになる。そこで、同じ原木から増殖された同じ遺伝子・同じ由来をもつ個体を「栽培ライン」という単位として扱い、サクラ保存林では管理している。

ここで注意しなければならない点がある。同じ栽培ラインの個体は当然同一の遺伝子をもつクローン・栽培品種であるが、同じクローンや同じ栽培品種であるからといって、同じ栽培ラインとはならない。例えば「染井吉野」という栽培品種はすべて同じクローンであることが確認されているが、「福島県郡山市の開成山」や「東京都の神代植物園」、「真鍋の桜」など収集元となった原木の由来が異なっているものは、異なる栽培ラインとして管理している、ということである。

こうした系統保全に類したものとして、農業生物資源ゾーンバンクが知られる。栽培植物は、数千年におよぶ人類の農業の歴史の中で、品種改良などで作られたものが伝えられてきたものである。したがって、人が放置すれば増殖することなく絶えてしまい、二度と取り戻すことができない貴重な資源として考えられる。そして、新たな育種や試験研究等を目的として、国がこうした遺伝資源を収集・評価・保存・配布をおこなっている事業が農業生物資源ゾーンバンクである。以前は農業に直接関わるような栽培品種が主な中心であったが、現在では範囲を広げ、近縁種や野生種についても対象とし、収集・保存されている。

サクラ保存林の場合も、こうした遺伝資源としての系統保全の役割がもっとも重要であろう。ただし、サクラの場合、文化財としての観点から保存している場合も多いことに注意しなければならない。すでに述べたように栽培品種の「染井吉野」はすべて同じクローンであるの

で、遺伝資源として考えると複数の栽培ラインは必要ない。枯死するリスクを考慮しなければ、1本あれば良いことになる。しかし実際には増殖元の原木が異なれば、その増殖した栽培ラインもそれぞれ異なる扱いとなる。同じ‘染井吉野’でも「真鍋の桜」のように文化財として指定されている原木や、植物園などで古くから栽培され記録が明瞭な原木に由来する栽培ラインは高い評価をしている。一方、記録がなく増殖元となった原木の由来がわからない栽培ラインは、形態から判断する情報しかないことになり、相対的に低い評価となる。つまり、純粋な遺伝資源としての価値だけではなく、そのラインがもつ文化財的な価値も含めて保存しているのである。

履歴記録の重要性

各栽培ラインの評価を適切におこなうためには、それぞれの履歴情報がきわめて重要である。もちろん、遺伝資源として管理する上でも当然必要な情報であるが、文化財としてはさらに重要である。ところが、こうした履歴情報を重視した系統保存はサクラの場合、ほとんどおこなわれていなかった。サクラのコレクションは江戸時代からおこなわれており、江戸の浴恩園や青山長者ヶ丸に多数のサクラが栽培されていたことが記録されている(川崎 1993)。しかしいずれもサクラの名称ぐらいしか記録は残されておらず、どのように伝えられてきたものが、詳細な由来の記録は残されていない。その背景には、名称によってどのような由来をもつものか、ある程度わかるであろう、という考えがあるように感じられる。確かに怡顔斎桜品などの江戸時代に書かれた文献によって名称から由来について参照することは不可能ではないが、確実な履歴記録とはならず、後述するように保存系統の混乱を引き起こす原因ともなっている。

この状況は近年に至るまで変わらなかった。明治時代

の江北村(現在は東京都足立区)の荒川堤に収集されたサクラのコレクションは、江戸時代に生まれて消失しそうなサクラの栽培品種を保存・配布したもので、きわめて重要である。近代のサクラの栽培品種に関する研究もこのコレクションから始まっており、サクラ保存林で保存されている多くのサクラも荒川堤に由来すると考えられる。しかし荒川堤のコレクションについても、駒込の植木屋であった高木孫右衛門が収集していたことまでしかわかっておらず、それ以前の履歴をたどることはできない。昭和時代になっても同じような状況であったが、静岡県三島市にある1949年に設置された遺伝学研究所のサクラのコレクションから、ようやく履歴情報が残されるようになったと思われる。遺伝研は、多摩森林科学園のサクラ保存林と同じように導入元の記録は個体ごとに記録され、荒川堤にその由来があると考えられるサクラが保存されている。ただし、遺伝研にしても一時的に履歴情報が散逸しそうな状況になり、筆者らの調査で復元しているぐらいである(森脇・勝木 2011)。もちろん、近年では遺伝資源としての情報管理の考えが一般的になっており、日本花の会結城農場のように履歴情報をしっかり管理するところが増えてきている。

サクラの名称

栽培品種の履歴情報としてもっとも理想的なケースは、栽培品種として名付けられた原木にまで、その増殖過程が確認できることである。‘河津桜’のような近年広まった栽培品種や‘兼六園菊桜’のような名木であれば、増殖元となった原木、あるいは記載をおこなった原木が明らかなので、遡ることが可能である。しかし江戸時代から栽培されているような伝統的な栽培品種の場合、その本来の「原木」の記録は残されておらず、たどり着くことはほぼ不可能である。また、命名上の記載木であれば遡ることも可能であるが、サクラの栽培品種の多くは小泉源一や三好学らによっておよそ100年前に荒川堤から記載されており、現存していない。こうした詳細な履歴情報が少ない場合、サクラの名称が唯一のその由来を示す貴重な情報となる。

サクラの栽培品種の場合、ふつつ接ぎ木で増殖され、増殖されたものも原木と同じ名称で呼ばれるので、同じ名称のものは同一クローンとなるはずである。しかし、必ずそうなるわけではない。例えば、種子から増殖された子供のケースである。野生種であるヤマザクラやエド

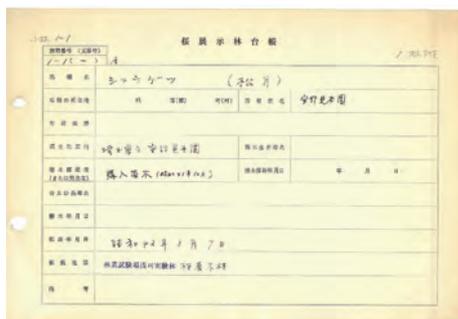


写真-2 サクラ保存林の初期の植栽記録

ヒガンの子供は基本的に親と同じ種となることに対し、栽培品種の子供は必ずしも親と同じ栽培品種とならない。花を觀賞する栽培品種であれば、よく似た子供でも花の形態が異なれば、異なる栽培品種とするからである。しかし、サクラの栽培品種でも‘枝垂桜’のように、種子から育成しても枝垂れている特徴をもつ子どもを選抜することがある。この場合、同じ名前でもよく似た形態ももっている、同一クローンではない。こうした親子関係にあるものを同じ名称としてまとめる場合がある。

一方、こうした血縁関係がなくても、同じ名称をつけられる場合がある。そもそも‘染井吉野’も江戸時代末に広がった時は「吉野桜」と呼ばれていたが、吉野のヤマザクラとは関係はない。こうした名称は商品名のようなもので、関連がなくても有名なサクラの名称を利用し、商品価値を高めようとするのである。江戸時代にはそうした事例が多くあったようである。また現代でも形態観察だけから栽培品種名を同定する場合、血縁関係に関係なく名付けられることがある。

逆に、同一クローンであっても、異なる名称が用いられている場合もある。由来が明らかで元の名称がわかっている場合、新しい名称が名付けられると、当然新しい名称が用いられることになる。また、栽培している間に名称がわからなくなり、まったく別の名称をつけざるをえないことも生じる。

これらの要因が重なって、古くから栽培されているサクラの名称については、異名同種と同名異種が数多く見られる。さらに、人がおこなうものであるから、記録の混乱や増殖・植栽のミスは必ず起こるものである。したがって、江戸時代から伝わるようなサクラの名称については、異名同種と同名異種があるかもしれないと考えるべきである。そこで、サクラの名称は重要な情報ではあ

るものの、こうした異名同種や同名異種の混乱を踏まえ、丁寧に確認していく必要がある。

履歴と形態情報の照合

主なサクラの栽培品種の由来については、本田・林（1982）や川崎（1993）などが詳細な情報をまとめた文献情報がある。したがってサクラ保存林での履歴情報の確認は、履歴情報と実際に植栽されているサクラの形態情報に加え、こうした文献情報も用いて検証作業がおこなわれる。例えば、遺伝研から導入された「吉野枝垂」について検証する場合、形態情報から‘仙台枝垂’にその特徴が一致していることを確認するとともに、文献情報から「吉野枝垂」が‘仙台枝垂’の別名として用いられることを確認する。さらに現在遺伝研で栽培されている「吉野枝垂」がサクラ保存林で栽培されている「吉野枝垂」と同じ形態をもつことを確認する。これらの結果、遺伝研から導入された「吉野枝垂」が‘仙台枝垂’であることとともに、導入時の記録の情報に間違いがなかったことが確認されるのである。

ただし、このように履歴情報と形態情報がともに文献から確認されることは稀であり、多くの場合、部分的な確認作業となる。履歴情報は導入元までしか辿れず、導入元でも現存していないこともある。そうするとサクラ保存林で栽培されているサクラが記録通りに導入されたものか、確認することはできない。

また、栽培品種の形態について確認する場合、觀賞用のサクラは基本的に花の形態を觀察する。八重咲きのように際だった特徴をもつサクラであれば栽培品種、あるいはクローンレベルでの確認も可能である。しかし一重咲きで際だった特徴をもたないラインであれば、クローンレベルでの確認は困難である。さらにすでに述べたよ



写真-3 A: サクラ保存林の「荒川匂」 B: 遺伝研の「荒川匂」 形態からは区別できなかったが、DNA 解析の結果、異なるクローンであることが示され、遺伝研から導入されたというサクラ保存林の履歴情報に間違いがあることが判明した

うに親子関係にあるような複数クローンが混在していると、形態だけから識別することはほぼ不可能である。また、形態による同定には、どうしても同定者の能力によって大きな違いが生じることが多く、客観的なデータとして認められない場合もある。そこでDNAを用いたクローン識別が出番となる。

DNA を用いた識別

変異の大きな核 DNA の遺伝子型を比較することで、クローン性を確認できることはサクラでも確認されている (Iketani *et al.* 2007)。理想的には、タイプ標本と比較することができればよいが、少なくとも現在栽培されている個体について、その DNA を調べることで、クローン性について明らかにすることが可能である。そこで、多摩森林科学園とその主要な導入元である遺伝学研究所および新宿御苑に栽培されているサクラについて、ほぼ全個体の栽培されているサクラ個体の DNA の遺伝子型を調べ、その履歴情報と比較した。その結果、いくつかの例外も残されているが、ほぼクローンレベルでの識別は可能になり、個体間のクローン関係が明らかになった (Kato *et al.* 2012)。

この解析結果を利用することで、履歴情報に対する確認作業は大きく進展することができた。導入元の個体との遺伝子型を直接比較することで、履歴情報にあるように同じクローンであるのが、確認されたのである。例えば、サクラ保存林に遺伝研から導入され、比較することができたおよそ 100 栽培ラインのうち 2 ラインは、形態からは判断できなかったが、DNA の遺伝子型の比較からはじめて異なるクローンであり、履歴情報に間違いがあることが確認された。また、間違った名称で導入されたが、遺伝子型から正しい原木が判明したのも 2 ラインあった。このように従来の形態観察だけではおこなうことができなかったクローン性の比較は、DNA 情報を用いることで大きく進展した。

筆者らは遺伝研と新宿御苑以外の京都府立植物園や石川県農林総合研究センター林業試験場といった導入元のサクラについても、同じように遺伝子型の解析を現在進めている。これらの分析結果を統合することで、サクラ保存林だけではなく、全国規模でのサクラのクローン性について明らかにし、これまで混乱していた由来に関する情報について整理することを目指している。

おわりに

サクラのように長い栽培の歴史を持ちながらも、その由来に関する情報が明らかでない場合、DNA 分析が有効であった。しかし、系統保存の本来の目的を考えると、DNA 分析で加わる情報はこれまでの履歴や形態観察の情報にとって替わるものではなく、これを補強するものである。今後の系統保存には文字記録や形態観察情報を充実させる必要があることを忘れてならない。

また、クローン性と栽培品種の区別は異なるものであることに注意しなければならない。形態的に区別出来ず、同じクローンであるならば、ひとつの栽培品種にまとめるべきであるが、突然変異を起こした枝変わりのように同じクローン系統の中にも異なる栽培品種として認められるものもある。また、異なるクローンであっても特徴が同じであるならばひとつの栽培品種にまとめられる場合もある。したがって、栽培品種の分類体系については、別途検討する必要がある。

引用文献

- 本田正次・林 弥栄編 (1982) サクラの品種に関する調査報告書. 日本花の会 448 pp.
- Iketani H, Ohta S, Kawahara T, Katsuki T, Mase N, Sato Y, Yamamoto T (2007) Analyses of Clonal Status in 'Somei-yoshino' and Confirmation of Genealogical Record in Other Cultivars of *Prunus x yedoensis* by Microsatellite Markers. *Breeding Science* 57 : 1–6.
- Kato S, Matsumoto A, Yoshimura K, Katsuki T, Iwamoto K, Tsuda Y, Ishio S, Nakamura K, Moriwaki K, Shiroishi S, Gojobori T, Yoshimaru H (2012) Clone identification in Japanese flowering cherry (*Prunus* subgenus *Cerasus*) cultivars using nuclear SSR markers. *Breeding Science* 62 : 248–255.
- 勝木俊雄 (2013) 桜解説. (桜の新しい系統保全. 多摩森林科学園). 14–29.
- 川崎哲也 (1993) 日本の桜. 山と溪谷社 383 pp.
- 小林義雄 (1981) 浅川実験林のさくら. 農林水産省林業試験場浅川実験林. 73 pp.
- 森脇和郎・勝木俊雄 (2011) 遺伝研の桜 第 5 刷. 遺伝学普及会. 151 pp.

DNAから見た桜の栽培品種の再分類

加藤 珠理 (かとう しゅり、首都大学東京)

松本 麻子 (まつもと あさこ、森林総合研究所)

はじめに

サクラの栽培品種には、枝垂れや八重咲きなど野生のサクラには見られない多彩な形質をもったものがたくさんあり、多くの分類学者を魅了してきた。サクラの分類は20世紀初頭から本格的に進められたが、分類上の名称の取扱いについては、現在も疑問の残る点がいくつかある。見かけは同じ栽培品種であるのに別々の名前で区別されているものや、同じ栽培品種であっても形態に違いが見られるものがあり、サクラの栽培品種の区分は釈然としない状態である。さらに、サクラの栽培品種は接ぎ木増殖などにより継代保存されてきたため、増殖の過程で起こりうる接ぎ穂の取り違いや単純な名札の付け間違いなどは、こうした混乱に拍車をかけてきたものと思われる。これらの問題は専門家であっても、花の形態を観察するだけでは解決が困難で、多くの問題が蓄積したままである。また、サクラの栽培品種の起源には複数の野生種が関与し、複雑な組み合わせの交配により成立したと思われるものが多い。サクラの栽培品種の成立にどのような親種（野生種）が関与したのかを推定することも、今後、その分類体系を整理していく上で重要である。しかし、その推定を外部形態のみに基づいて行うこともやはり困難である。

この研究では、サクラの栽培品種における品種間の違いやそれぞれの関係を細かく整理するために、最近ではかなり身近になってきたDNA解析を取り入れることにした。本稿では、DNA解析がサクラの栽培品種の分類にどれほど有効であるか、その可能性も含めた考察を行いたいと思う。

DNAを調べてわかること

生物は様々な形質を親から子供に引き継ぐが、その際に情報を伝える役割を担っているものが遺伝子であり、遺伝子の情報は4種類の塩基によって暗号化されたDNAという物質に記録されている。親や兄弟と姿形が似ているのは、同じ配列のDNAを共有しているためで

あり、互いに異なる特徴を持つのは、DNAの配列に違いがあるためである。こうした個体ごとのDNA配列の違いは、それぞれを識別するための道具、つまり、「DNAマーカー」として利用されている。そして、DNAの配列を読み取り、互いの違いを検出するDNA解析技術は、「DNA鑑定」という形で広く知られており、ヒトでは犯罪捜査や親子鑑定における個人識別に利用されている。最近では、農産物・畜産物・水産物における品種や原産地の識別にもDNA解析が積極的に導入され、かなり身近な技術になりつつある。

DNAには様々な情報が記録された領域以外に、数塩基の単位配列の繰り返しからなる箇所が存在する。この単純反復配列は、simple sequence repeatという英語表記からSSRと呼ばれている。そして、単純な繰り返し配列は反復の回数に変化が起りやすいため、一般に多型性が高くなることが知られている。勿論、このSSRも遺伝するので、親や兄弟では同じ繰り返し数のSSRを共有することになる。SSRはDNAのいろいろな場所に散在しているため、複数箇所のSSRを比較することで、偶然による一致（他人のそら似）を限りなく取り除くことが可能である。DNA上の多型を調べる手法はいくつかあるが、SSRの特徴を活かしたDNA解析手法は、特に個体の識別精度が高いため広く普及している。

この研究で行ったサクラの栽培品種のDNA解析では、図-1のように複数箇所のSSRをDNAマーカーとして使っている。サクラの栽培品種を識別するのに、実際のDNA解析で利用したSSRの数は17カ所（17座）であるが、これらのDNAマーカーを使った場合の識別能力の指標は 2.18×10^{-13} であり、理論上、約2兆の個体があっても、それぞれを識別できる精度となる。DNAの大きさは生物種によって異なるが、サクラでは最低でも数億塩基はあるだろう。これらの全てが同じであると証明することは現実的には不可能だが、複数箇所のSSRを調べることで、個体間の違いを非常に高い精

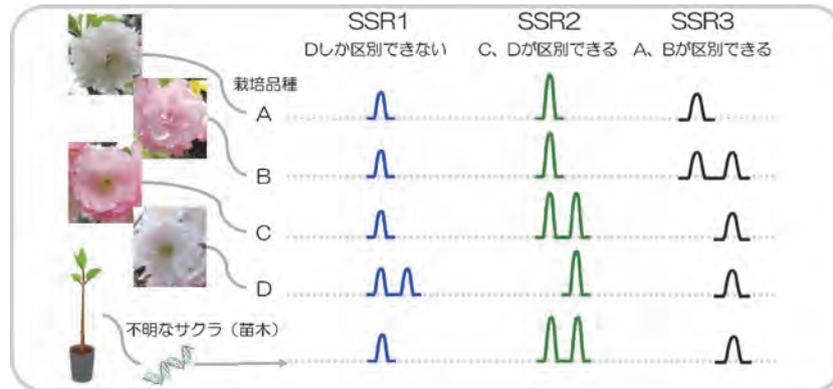


図-1 SSR マーカーを用いたサクラの栽培品種の識別方法

栽培品種 A～D について、3 箇所 (SSR1、SSR2、SSR3) の反復回数を、波形状データとして可視化して調べた例である。個々の SSR マーカーでは区別できない栽培品種があるものの、複数のマーカーを組み合わせることによって、4 つの栽培品種を完全に区別できるようになる。また、不明なサクラの苗木についても、栽培品種 C であると品種名を特定できる。

度で検出できるため、限りなく真実に近いデータを得ることができる。サクラのような樹木では、接ぎ木増殖で得られた苗木は、両親の DNA を合わせ持った種子とは異なり、元になる個体と全く同じ DNA を持つようになる。このような個体同士のことを「クローン」と呼ぶが、外部形態のみに基づいたクローンの識別は困難な場合が多々ある。外部形態の観察と併せて、SSR マーカーを用いた DNA 解析を行うことでより正確な分類が可能になると考えられる。

DNA 解析による品種内・品種間の関係の整理

この研究では、主要なサクラの栽培品種を網羅し、且つデータの精度を高めるため、複数箇所の大規模なサクラコレクションを比較した。調査対象としては、多摩森林科学園 (東京都八王子市) の 1164 個体、国立遺伝学研究所 (静岡県三島市) の 251 個体、新宿御苑 (東京都新宿区) の 64 個体の、合計 1479 個体を用いた。これらの調査個体は、栽培ライン (前章参照) 毎に管理されている。調査個体の DNA 解析については、SSR マーカー 17 座 (Tsuda *et al.* 2009, Kato *et al.* 2012, Xu *et al.* 2004, 石尾ら、特許出願中) を用いて、各座の遺伝子型を決定した。また、DNA 解析と併せて、花や葉の外部形態を観察・評価した。調査対象とした 1479 個体を、遺伝子型情報に基づいて、外部形態の観察結果及び、履歴情報を参考にしながら、分類・同定を

行ったところ、215 品種 (222 クローン) に整理できた。そして、それらのクローン性のパターンは、以下の 3 つのタイプに分けることができた。

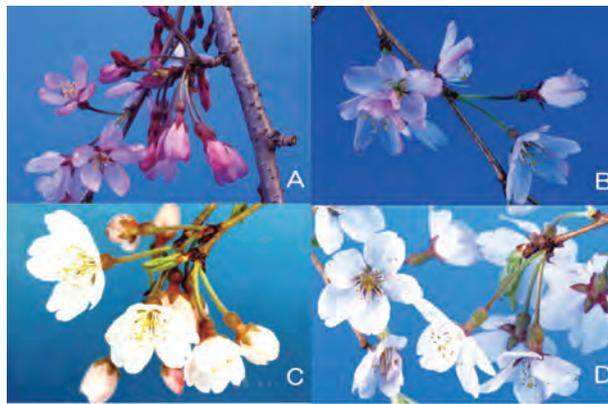
これまで、単一クローンであるとされていた '染井吉野' (図-2A) では、各地から収集されたものが同一の DNA パターンを示し、そのことを改めて確認できた。同様に、一つの栽培品種が単一のクローンから成ると確認できたものは、'八重紅枝垂' (図-2B) や '関山' (図-2C) などがあり、多くの栽培品種がこのタイプに該当した。おそらく、これらの栽培品種は起源となった一本の親木から、接ぎ木などによるクローン増殖のみで継代保存されてきたと考えてよいだろう。

これに対して、'枝垂桜' と呼ばれる栽培品種の中には、多くのクローンが含まれることが確認できた (図-3)。他に、'十月桜' や '四季桜'、'寒桜'、'奈良の八重桜' についても、一つの栽培品種のなかに遺伝子型の異なる複数のクローンが混在していた。これらは外部形態に多少の変異がみられるだけで、正確に識別することは困難であり、遺伝子型情報を併せて評価することが有効といえる。複数のクローンが混在するということは、接ぎ木などによる増殖だけでなく、他の個体と交配した種子からの実生増殖なども過去にあったことを示唆している。しかしながら、形態が似ているので明確に区別せず、1 つの栽培品種とされてきたものと考えられる。

また、異なる品種として区別されているものが、



図-2 単一の DNA パターンを示した栽培品種



‘枝垂桜’ A...香林寺枝垂／新潟県
B...秩父紅枝垂／安行
C...栞雲寺枝垂桜／兵庫県
D...三種の枝垂毛山桜／長野県

図-3 複数の DNA パターンを示した栽培品種

DNA 解析では同じクローンであると見なされてしまう事例もあった。図-4A～Dに示す‘江戸’、‘糸括’、‘大手毬’、‘八重紅虎の尾’などは、外部形態に違いが見られないことから独立性が疑われていたが、今回の DNA 解析からも違いは見出せなかった。他に、図-4E～Gに示す‘太白’、‘車駐’、‘駒繫’も、異なる栽培品種として扱われているが、同一クローンであると判定された。なお、‘御衣黄’と‘鬱金’（図-4H、I）も、DNA 解析では違いが検出されなかったが、これらについては、それぞれ黄緑色と淡黄色の花を咲かせることから形態的に区別できる。‘御衣黄’の枝の中には、‘鬱金’によく似た花を持つ枝が見つかることがあり、この2つは互いに枝変わりの関係にあることが推測されている（勝木・2001）。枝変わりとは、個体の一部分に発生した突然変異の枝のことで、数億個という DNA 塩基配列のうち、特定形質に関与する 1、2 塩基のみが変化することで生



A...‘江戸’、B...‘糸括’、C...‘大手毬’、D...‘八重紅虎の尾’
E...‘太白’、F...‘車駐’、G...‘駒繫’
H...‘御衣黄’、I...‘鬱金’（外部形態は異なる）

図-4 異なる栽培品種とされてきたが、同一の DNA パターンを示したもの

じうるものである。このような場合、SSR のような DNA マーカーを数十座用いる程度では違いを識別できないことが予想される。他に、‘染井紅’は‘染井吉野’の枝変わりから作られたという記録が残されており（田村・井山、1989）、花の色に違いが見られる。この場合も DNA 解析では区別できなかったため、DNA から見て互いに非常に近い関係にあることは確かである。

個々の栽培品種の成立に関わった親種（野生種）の推定

更に、SSR マーカーを用いて決定した遺伝子型情報に基づいて、サクラの栽培品種（215 品種）と野生種（13 分類群：ヤマザクラ、オオシマザクラ、カスミザクラ、オオヤマザクラ、マメザクラ、キンキマメザクラ、チョウジザクラ、オクチョウジザクラ、タカネザクラ、エドヒガン、ミヤマザクラ、カンヒザクラ、シナミザクラ、各群 13～37 個体、計 311 個体）を比較して、栽培品種の成立に関わった親種（野生種）の推定を試みた。ここでは、使用する SSR マーカーの数を 26 座に増やし

(Dirlewanger *et al.* 2002, Cipriani *et al.* 1999, Testolin *et al.* 2000, Sosinski *et al.* 2000)、野生種の遺伝子型情報を参照データとして、STRUCTURE (Pritchard *et al.* 2010) というソフトウェアを用いたクラスター解析 (STRUCTURE 解析) により、サクラの栽培品種の DNA 組成を評価した。

親種候補として用いた野生種個体は、遺伝子型情報のみに基づく STRUCTURE 解析では、オクチョウジザクラ、マメザクラ、キンキマメザクラの区分は不明瞭であった (図-5)。このため、栽培品種と比較する際、これらの分類群は親種候補としては区別せず、一つにまとめて評価した。この他の野生分類群については、外部形態に基づいた区分と遺伝子型情報に基づいた STRUCTURE 解析による区分との間でおおよそ矛盾のない結果が得られ、比較的、明瞭に区別できた (図-5)。

次に、野生種の遺伝子型情報を参照データとして、STRUCTURE 解析で栽培品種の DNA 組成を評価

した。その結果、図-5 に示す ‘八重紅枝垂’ などは、ほぼ単一の DNA 組成で構成され、おそらく野生のエドヒガンの突然変異により生じたものと考えられた。このように、一部の栽培品種は単一の DNA 組成から成ることが示された。その他の多くの栽培品種については、複数の野生種が関与することがわかった。例としてサトザクラの仲間である ‘一葉’、‘松月’ にはオオシマザクラとヤマザクラが関与していた (図-5)。サトザクラの仲間の栽培品種では、外部形態の特徴からオオシマザクラが主に関与するといわれてきたが (川崎, 1993)、本研究の成果からはオオシマザクラだけでなく、ヤマザクラの影響もサトザクラ全般で見られることが明らかになった。代表的な栽培品種である ‘染井吉野’ についても、これまでの指摘どおり、オオシマザクラとエドヒガンの関与が示されたが、ヤマザクラの影響がわずかながら確認された (図-5)。このように、DNA 解析ではこれまでの外部形態に基づく推定を検証するだけでなく、新た

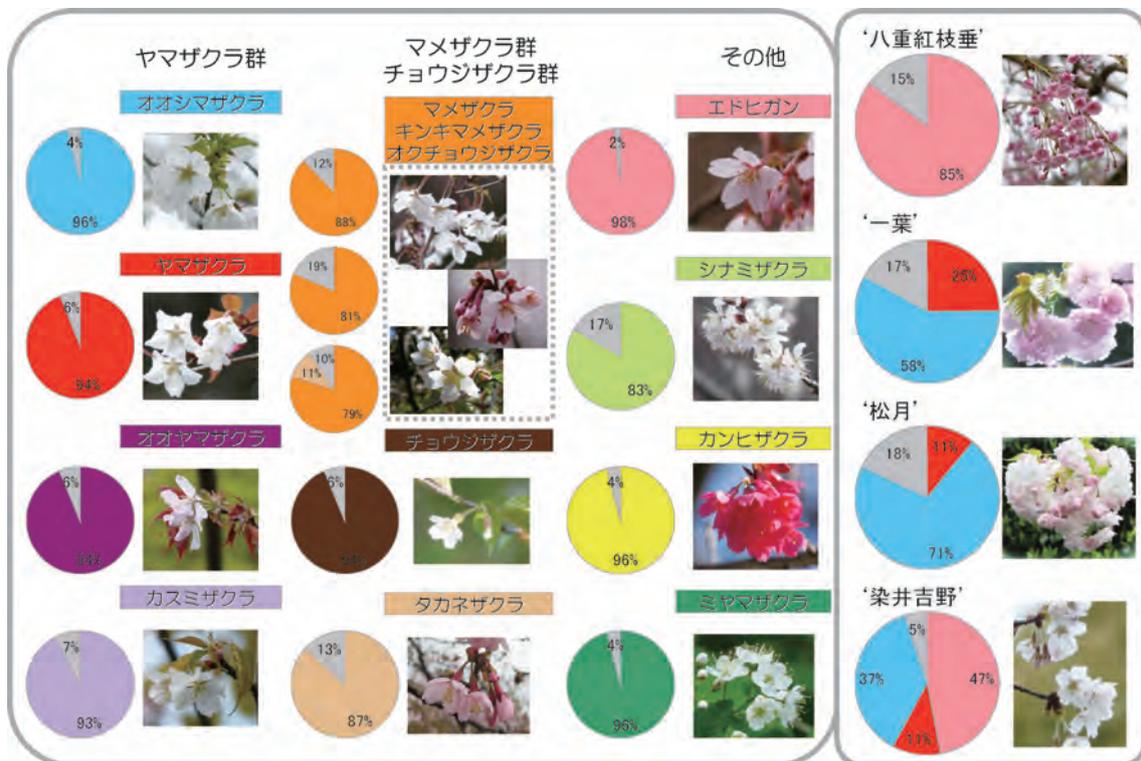


図-5 栽培品種の成立に関わった親種 (野生種) の推定
 遺伝子型情報に基づいたクラスタリング (STRUCTURE 解析) の結果を示す。ここでは、それぞれの野生種・品種について、各クラスターに属する確率を円グラフで示した (確率 10% 以上の結果のみを表示しており、それ以外は灰色で示した)。多くの野生種が、異なるクラスターに属し、明瞭に区分されるのがわかる (左図)。このとき、野生種の遺伝子型情報を参照データとしたときの栽培品種の DNA 組成 (右図) から、どのような野生種が栽培品種の基になっているかが明らかとなる。(写真は多摩森林科学園のホームページより転載)。

な事実も発見できた。今後、DNA マーカーを増やすなど、推定精度を高めることで、栽培品種の成立過程を、もっと詳細に解明することが可能になると考えられる。

まとめ

この研究で行った DNA 解析により、混乱していた栽培品種の関係を正しく整理することができた。従来の方法では、サクラの栽培品種における分類・同定は、花の観察が必須であった。このため、短い花期を逃すと、正確な分類・同定はほぼ不可能であった。しかしながら、DNA マーカーを利用する方法では、樹木の一部の組織があれば検査できるため、花のない季節の枝、葉、根など、あるいは花をつける前の若い苗木でも品種識別が可能である。このため、本研究で確立したサクラの栽培品種のクローン識別技術は、全国の植物園等で保存されているサクラの栽培品種の適切な継代保存、利用・管理のために広く活用されることが期待される。また、得られた遺伝子型情報に基づいて、野生のサクラとの遺伝的な関係を調べることで、栽培品種の成立過程について、いろいろなことがわかってきた。こうした情報は、今後、サクラの栽培品種の新たな分類体系について議論する際に有用な情報となりうるだろう。

引用文献

- Cipriani G, Lot G, Huang WG, Marrazzo MT, Peterlunger E, Testolin R (1999) AC/GT and AG/CT microsatellite repeats in peach [*Prunus persica* (L.) Batsch]: isolation, characterisation and cross-species amplification in *Prunus*. *Theor. Appl. Genetics* 99: 65-72.
- Dirlwanger E, Cosson P, Tavaud M, Aranzana MJ, Poizat C, Zanetto A, Arús P, Laigret F (2002) Development of microsatellite markers in peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] and their use in genetic diversity analysis in peach and sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Theor. Appl. Genetics* 105: 127-138.
- 勝木俊雄 (2001) 日本の桜. 学研、東京、256pp.
- Kato S, Matsumoto A, Yoshimura K, Katsuki T, Iwamoto K, Tsuda Y, Ishio S, Nakamura K, Moriwaki K, Shiroishi T, Gojobori T, Yoshimaru H (2012) Clone identification in Japanese flowering cherry (*Prunus* subgenus *Cerasus*) cultivars using nuclear SSR markers. *Breed. Sci.* 62: 248-255.
- 川崎哲也、奥田 實、木原 浩 (1993) 日本の桜. 山と溪谷社、東京、383pp.
- Pritchard, JK, Wen W, Falush D (2010) Documentation for STRUCTURE software: version 2.3. Available from <http://pritch.bsd.uchicago.edu/structure.html>
- Sosinski B, Gannavarapu M, Hager LD, Beck LE, King GJ, Ryder CD, Rajapakse S, Baird WV, Ballard RE, Abbott AG (2000) Characterization of microsatellite markers in peach *Prunus persica* (L.) Batsch. *Theor. Appl. Genetics* 101: 421-428.
- 田村仁一、井山審也 (1989) 遺伝子の桜. 国立遺伝学研究所、三島、89pp.
- Testolin R, Marrazzo T, Cipriani G, Quarta R, Verde I, Dettori MT, Pancaldi M, Sansavini S (2000) Microsatellite DNA in peach (*Prunus persica* L. Batsch) and its use in fingerprinting and testing the genetic origin of cultivars. *Genome* 43: 512-520.
- Tsuda Y, Ueno S, Kato S, Katsuki T, Mukai Y, Tsumura Y (2009) Development of 13 EST-SSRs for *Cerasus jamasakura* and their transferability for Japanese flowering cherries. *Conserv. Genet.* 10: 685-688.
- Xu Y, Ma R-C, Xie Hua, Liu J-T, Cao M-Q (2004) Development of SSR markers for the phylogenetic analysis of almond trees from China and the Mediterranean region. *Genome* 47: 1091-1104.

サクラの病害と系統

長谷川 絵里 (はせがわ えり、森林総合研究所関西支所)

はじめに

樹木の感染性病害は、樹木・病原・環境のバランスの上に成り立っている。樹木の側の要因には病気にかかりやすい感受性・かかりにくい抵抗性などがある。感受性の樹木は病気に感染したら発病・枯死するが、抵抗性の樹木は感染しない、もしくは感染しても発病しなかったり、発病しても軽症ですむ。樹木の種や栽培品種の違いにより感受性・抵抗性の力が異なる場合がある。病原の側の要因には感染する力(感染力)・病気を起こす力(病原力)の大小などがある。病気を起こす力の強い病原が樹木に感染すると、樹木は病気で枯れてしまうが、弱い病原が感染した場合、樹木はたいした被害を受けずに生きていくことができるかもしれない。環境の側の要因には温度や水分などがあり、樹木に対しても病原に対しても影響する。樹木の感染性病害の研究は、この樹木・病原・環境の三者の働くメカニズム・力の関係を調べていくことだといっても過言ではない。

本稿では、森林総合研究所交付金プロジェクト「サクラの系統保全と活用に関する研究」の中で、日本大学の阿部恭久氏のチームと森林総研の樹病研究者(秋庭満輝・石原誠・佐橋憲生・高畑義啓の各氏と筆者)が行った病害調査の成果の中から、サクラ類幼果菌核病とてんぐ巢病について、主にサクラの種・栽培品種による病気の表

れ方の違いに着目してご紹介する。調査に当たっては、池田武文氏(京都府立大学)、山田利博氏(東京大学)、こどもの国(横浜市、社会福祉法人こどもの国協会)及び多摩森林科学園の方々にご教示・ご協力いただいた。この場を借りて感謝申し上げる。

サクラ類幼果菌核病

春先、この病気の病徴はサクラの開きかけの芽・展開した直後の葉・幼梢に表れる。侵された枝葉は茶色に変色して萎れ、垂れ下がり、遅霜の害に似た形を見せる(写真-1)。侵された葉の裏の主脈上・幼梢には、白〜クリーム色の粉がびっしりとつく。これは病原の子のう菌、*Monilinia kusanoi* (Hennings ex Takahashi) Yamamoto の分生孢子であり、飛散してさらなる感染を起こす。分生孢子は未熟な果実(幼果)の表面にも形成される(写真-2)。菌に侵された幼果はしなびてミイラ果とも呼ばれる。実への感染は、花の時期に柱頭から起きると考えられている。感染した幼果は落下して地上で越冬し、翌年春に菌核となった幼果からお椀状の子のう盤(きのこ)が形成される。子のう盤から子のう孢子が飛び出して、春の感染源になる。本菌は枝の上では越冬しないと考えられている(陳野 2002)。

多摩森林科学園のサクラ保存林のサクラの種・栽培品



写真-1 幼果菌核病に罹病したサクラ '明正寺' の葉



写真-2 幼果菌核病に罹病したサクラ '駿河台句' の幼果

種 26 種類各数本について、2009 年から 4 年間、4 ~ 5 月に幼果菌核病の罹病葉率を調べた。調査木 1 本当たり約 600 枚の葉について、罹病葉と健全葉を数えて罹病葉の比率を求めたのである。その結果、カラミザクラ・カンヒザクラ・マメザクラの関与する系統に罹病率が高い傾向が見られた(表-1)。全体の被害が少ない年・多い年はあったものの、種・栽培品種ごとの傾向は変わらなかった。

この調査で同じクローンのサクラ個体間では罹病率のばらつきがほとんどなかったため、さらに約 370 の栽培ライン各 1 本について葉の罹病率を調査した。この調査における罹病率の評価は、樹冠全体について罹病率ゼロ・1 割未満・1 ~ 4 割・4 ~ 7 割・7 割以上の 5 段階とした。2009 年から 3 年間行った調査の結果を図-1 に示す。縦軸はサクラの系統(種)を、横軸は各被害程度の栽培ライン数を表す。調査した 370 の栽培ラインのうち、交配によって作り出されたと考えられるものは、親の系統それぞれに振り当てた。例えば、オオシマザクラとエドヒガンの種間雑種と考えられる‘染井吉野’のデータは、オオシマザクラとエドヒガンのそれぞれに重複カウントされている。従って図中の栽培ライン数の合計は調査木の総本数を超えている。この調査の結果、やはりカラミザクラ・カンヒザクラ・マメザクラの系統に罹病するものが多く、サクラの系統と本病の罹病

程度には一定の関係があることが明らかになった。また、この調査でも、調査したサクラ全体の罹病程度に激しい年変動があることが示された。

カラミザクラは別名「暖地桜桃」とも呼ばれ、中国に分布する種である。カンヒザクラは中国南部を中心に台湾やベトナムなどに分布し、日本国内では沖縄に自生地があり植栽もよくされている(勝木 2009)。これらの関係する栽培品種は、多摩森林科学園ではほぼ例外なく本病に罹病しやすくしかも激害になりやすい。これらの種はもともと多摩森林科学園のある関東地方にはなかった種であり、必ずしも生育に最適ではない環境で本来の分布地にはない病害に遭遇してしまった可能性がある。一方、マメザクラは関東に、エドヒガンは関東以北にも分布する種だが、これらの関係する栽培ラインには、罹病程度の多様性がある。罹病のないものから激害のものまで幅広く含むのである。おそらくマメザクラやエドヒガンの野生系統には本病に対して感受性から抵抗性まで多様な遺伝的変異があり、また栽培品種については交配相手の感受性・抵抗性の影響もあり、このような結果になったと考えられる。本病への抵抗性の種内変異が、種としての長期的な生存を支えているといえるだろう。

本病の罹病程度の年変動についても、興味深い結果が得られた。上記二つの調査で、2009 年・2010 年に比較し 2011 年の罹病程度が極めて小さかったことが示さ

表-1 サクラ栽培品種の葉の幼果菌核病罹病率

系統関係	種・栽培品種	罹病葉率(%)			
		2009	2010	2011	2012
エドヒガン	エドヒガン・‘枝垂桜’・ ‘八重紅枝垂’	0-2	3-9	0	1-3
エドヒガン × オオシマザクラ	‘染井吉野’	1	4.4	0	0
エドヒガン × オオシマザクラ × カンヒザクラ	‘陽光’	0.4	11	0	0
エドヒガン × マメザクラ	‘十月桜’	43	30	4	20
エドヒガン × キンキマメザクラ	‘越の彼岸’	4	5.3	0	1
オオシマザクラ	‘松月’・‘楊貴妃’・‘太白’・ ‘普賢象’・‘一葉’・‘関山’・ ‘御車返’・‘有明’・‘鬱金’	0-1	0-2	0	0
オオシマザクラ × カンヒザクラ	‘河津桜’	45	18	14	9
オオシマザクラ × マメザクラ	‘冬桜’	27	30	0	4
カスミザクラ	‘奈良の八重桜’	0	1	1	0
カラミザクラ × カンヒザクラ	‘東海桜’・‘椿寒桜’・‘雛桜’	80-100	50-100	4-44	33-95
カンヒザクラ	カンヒザクラ	0-3	1-100	0-9	0-9
カンヒザクラ × ヤマザクラ	‘寒桜’	21	4.9	5	5
チョウジザクラ	チョウジザクラ	0	0	0	0
ヤマザクラ	ヤマザクラ	0	3.1	0	0

値は 1 栽培品種当たり数本の平均値。カンヒザクラ・ヤマザクラは複数クローンの平均値。

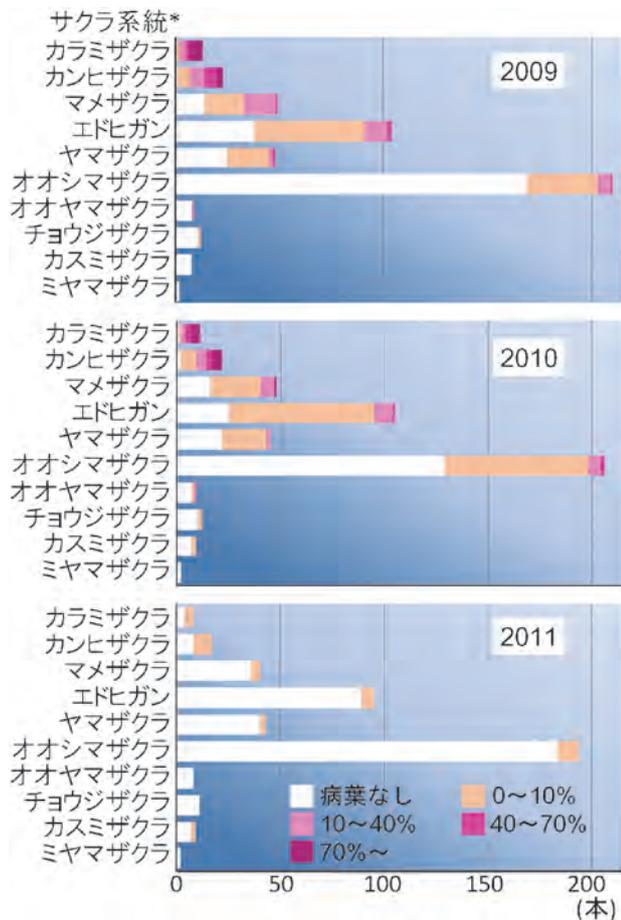


図-1 サクラ約 370 種類の葉の幼果菌核病罹病程度
* 栽培品種に関与する系統を重複してカウント

れている。2012 年の調査では罹病程度の回復が見られるが、おおむね最初の 2 年の水準には達していない（表-1）。2011 年のような微害の年には罹病した幼果の生産が少なくなり、その結果、翌年の感染源が減り、罹病の程度がすぐには回復しないのだと考えられる。罹病しやすい栽培品種が多摩森林科学園のような環境で生き延びるために、微害の年が時おりあることが一役買っていると考えられる。罹病程度の年変動が起こる理由として考えられるのは、病原の子のう胞子の飛散とサクラの開花・展葉時期の不一致である。病原の *Monilinia* 属の子のう盤の形成には春化（低温処理）が必要とされている（Willettts and Harada 1984）。サクラの開花もまたしかりであり、展葉はおおむね開花に続いて起きる。低温とその後の気温上昇の推移によってサクラの開花時期が決まるが、おそらく病原の子のう盤の形成と胞子の飛散時期の決定にも似たようなしかし微妙に異なる条件があ

り、気温が乱高下する年には感受性のサクラの開花・展葉と胞子の飛散の時期にずれが生じるのではないだろうか。2011 年の早春はまさしく気温が乱高下し、サクラの開花の予想が直前まで動いた。サクラ開花予想の難しい年には幼果菌核病の罹病が少ないとしたら、ちょっと面白い。

本調査では葉の罹病の他、幼果の罹病の多寡についてもサクラの種・栽培品種ごとの違いを調べた。その結果、葉が罹病しやすい品種が必ずしも実も罹病しやすいとは限らないことが明らかになった。葉に罹病しやすいサクラは毎年繰り返し感染することで衰弱が進むが、葉に罹病しにくく実ばかり罹病するサクラの樹勢には、本病はほとんど影響しないものと考えられる。葉に罹病しやすいサクラの隣に実に罹病しやすいサクラを植えてしまうと、互いに病気を感染させ合って前者がどんどん衰弱することになりかねない。葉の罹病しやすいサクラを植える場合、近くに植えるサクラの種類に注意を払うことで、多少は本病のリスクを減らせるかもしれない。これらの成果の詳細については近い将来に論文として発表される予定である。

サクラ類てんぐ巣病

箒、あるいはほとんど鞠のような異常な叢生した枝をもつサクラをご覧になったことのある方は多いだろう。サクラ類てんぐ巣病の典型的な病徴だ（写真-3）。この箒状の罹病枝は花をあまりつけず、健全な葉より早い時期、例えばサクラ‘染井吉野’の場合、花見の時期に緑色の病葉が開くので、美観を損ねる。また、罹病枝は数年程度で枯れてしまい、枯枝や枝が脱落した跡が他の菌の進入門戸になり腐朽や枝枯れの原因となる。

てんぐ巣病は植物が異常に多分枝する病害で、様々な植物にいろいろな原因（糸状菌・ウイルス・ファイトプラズマ・ダニ・寄生植物等）で起きる。サクラ類てんぐ巣病の病原は子のう菌 *Taphrina wiesneri* (Ráthay) Mix である。本菌は植物ホルモンを生産し、寄主の生理異常を起こすとされている。病葉は晩春に黒く縮れ、裏側に白い子実層が生じる。子実層で生産された胞子が飛散して感染源となる（山本ら 2007）。

2009～2010 年にこどもの国（横浜市）において、28 栽培品種を含むサクラ 34 種類 438 本を対象に、本数あたりの罹病率を調査した。こどもの国では‘染井吉野’のてんぐ巣病罹病枝の切除は数年おきに行っていた



写真-3 サクラ‘染井吉野’のてんぐ巢病罹病枝

が、罹病枝の発生に切除が追いつかず園内各所に感染源となるてんぐ巢病罹病枝が残されており、また‘染井吉野’以外のサクラ栽培品種については罹病枝の切除を行っていなかったため、調査に好適であった。調査の結果、‘染井吉野’以外の調査木 398 本中 23 本(平均 5.8%)が罹病していた。一方ここ数年罹病枝の切除を行っていない‘染井吉野’ 40 本中 31 本(77.5%)が罹病していた。エドヒガンとオオシマザクラの雑種である‘染井吉野’の罹病率が著しく高いのに対し、野生種のエドヒガン 4 本とオオシマザクラ 13 本にはてんぐ巢病の罹病枝を持つ個体はなかった。この結果から、本病に罹りにくい系統から病気に罹りやすい栽培品種が生じたことになる。では本当にエドヒガンとオオシマザクラはてんぐ巢病に罹りにくいのだろうか。エドヒガンの系統の他の個体についてみると、エドヒガンの栽培品種である‘枝垂桜’ 29 本、‘八重紅枝垂’ 36 本には罹病がなく、エドヒガンと他種のサクラの雑種と考えられる 6 本のうちマメザクラとの雑種と考えられる 1 本が罹病していた。オオシマザクラの系統の他の個体についてみると、オオシマザクラの栽培品種とされる 17 種類 246 本のうち‘手弱女’‘関山’‘松月’‘普賢象’など 8 種類 19 本(平均 7.7%)が罹病していた。オオシマザクラと他種のサクラの雑種と考えられる 9 本には罹病が見られなかった。今回調査したエドヒガンの系統の本病の罹病率は低かったが、‘染井吉野’以外にも罹病の認められた雑種があったため、エドヒガンの中にも本病に感受性の個体があった可能性がある。オオシマザクラの栽培

品種の中には、‘染井吉野’程ではないものの本病に罹りやすい性質をもつものがあつた。オオシマザクラの種内に本病に感受性の個体と抵抗性の個体が混在しており、感受性の個体が栽培品種の作出に関与した可能性がある。

上記の他、野生種ヤマザクラ 31 本中 3 本(9.7%)に罹病が見られた。ヤマザクラと他のサクラの雑種と考えられる 21 本には罹病が見られなかった。ヤマザクラの種内にも、本病に罹りやすい個体がある程度含まれていると考えられる。カンヒザクラ 2 本とその雑種と考えられる栽培品種 29 本には罹病は見られなかった。

本調査ではヤマザクラ・エドヒガン・オオシマザクラといった日本のサクラの代表的な種のもてんぐ巢病について調べることができたが、マメザクラ・カスミザクラ・オオヤマザクラといった種のもてんぐ巢病も興味深い課題である。また、今回の野外調査は天然の感染源のある場所で行ったが、病害への感受性・抵抗性の判定にはより厳密な人工接種試験が必須である。てんぐ巢病のサクラへの接種試験はこれまで病徴再現率が低く困難といわれていたが、今後は困難を乗り越えてサクラの種とてんぐ巢病の関係を明らかにしていきたい。

サクラ各種の野生個体と栽培品種の分子生物学的研究は、栽培品種の作出の元となった種の判定のみならず、親個体の遺伝情報にも迫ろうとしている。今後、本病の罹病特性とリンクしたサクラの遺伝マーカーが得られれば、本病に罹りにくいオオシマザクラ・エドヒガンを選抜し、てんぐ巢病に強い‘染井吉野’改良版を効率的に作出することも夢ではないかもしれない。

引用文献

- 勝木俊雄(2009)日本の桜. フィールドベスト図鑑 vol. 10 増補改訂. 学習研究社 264 pp.
- 陳野好之(2002)サクラの主要な病害虫 1. 幼果菌核病. 林業と薬剤 159: 7-12.
- Willetts HJ, Harada Y(1984) A review of apothecial production by *Monilinia* fungi in Japan. *Mycologia* 76: 314-325.
- 山本 歩・松田陽介・伊藤進一郎(2007)サクラてんぐ巢病の防除法の確立を目指してーこれまでの知見と今後の展望ー. 樹木医学研究 11: 115-120.

ソメイヨシノとサクラ野生種との交雑と その要因

向井 譲 (むかい ゆずる、岐阜大学・応用生物科学部)

はじめに

ソメイヨシノ (*Cerasus × yedoensis* 'Somei-yoshino' Fujino) は、公園や街路、河川敷などに広く植栽され、我が国で、最も親しまれているサクラの園芸品種である。また、ソメイヨシノは接木で増殖されており、全ての株が遺伝的に同一のクローンである (Iketani *et al* 2007)。サクラ属を含むバラ科植物は自家不和合性を示すものが多く、ソメイヨシノも自家不和合である (鶴田ら 2012b)。結実したソメイヨシノをよく見かけるが、ソメイヨシノ同士の交雑では自家不和合となってしまうため、周囲のサクラ属野生種やソメイヨシノ以外の園芸品種との交雑によって結実したものと思われる (加藤ら 2009)。このように、植栽されたソメイヨシノはサクラ属野生種と頻繁に交雑していると予想される。遺伝的に同一な園芸品種と野生種との交配は野生種集団への頻繁な遺伝子流動を引き起こし、野生種の地域集団の遺伝的特徴を大きく改変してしまう可能性がある。このため、緑化事業で広葉樹を植栽する場合においても遺伝的多様性を考慮することが求められている (津村 2008)。ソメイヨシノは最も大規模に植栽されている品種であるため、ソメイヨシノの適切な植栽を行うためにも、サクラ属野生種との交雑の実態を把握し、交雑の起こりうる範囲や交雑の度合いに影響する要因を明らかにすることが急務である。

この稿では、DNA 多型分析を利用してソメイヨシノ及びその周辺に自生するサクラ野生種の種子の分析を行いソメイヨシノとサクラ属野生種との交雑の実態を把握し、サクラの樹木位置や個体サイズ、開花時期などの調査を行い、母樹と花粉親との距離、花粉親の個体サイズ、開花時期など要因が、どの様にソメイヨシノと野生種との交雑に影響を及ぼすのかを評価した結果を紹介する。本稿の内容は既に掲載された論文に基づいており、詳細については鶴田ら (2012a) を参照されたい。

種子—母樹—花粉親候補個体の遺伝子から種子の花粉親を特定する

ソメイヨシノとサクラ野生種との交雑の様子を調べるため、父性解析 (種子—母樹—花粉親候補個体の遺伝子型を比較し、種子の花粉親を特定する。花粉親候補個体とは、ある調査地における母樹と交雑可能な開花している全てのサクラである。) を行った。父性解析は、これまでに様々な植物種で利用され、野生種の交雑状況だけでなく採種園における花粉の混入など様々な研究課題で利用されている。交雑の起こりやすさは個体間の距離、花粉親が生産する花粉の量、開花時期の重なりなどの影響を受ける。風媒花では開花期間の風向や風速などの気象条件も影響を及ぼす可能性がある。風媒や虫媒の樹種での研究例では、母樹と花粉親との距離が最も重要な要因の一つであることが報告されている。サクラ属では、距離に加え、母樹や花粉親の周辺の植生、花粉親となる個体が存在する方向が影響することも報告されている。

先行研究の多くは種内交雑を解析したものであり、種間交雑を対象とした例は少ない。サクラでは種間交雑が起こりやすいが、種によって開花時期が異なることも知られている (大場 2007)。このため、サクラ属の種 (品種) 間の交雑には、先行研究で明らかにされてきた距離に加えて開花時期も大きな影響をもつと予想される。

著者らは、2007年、2009年及び2010年の3年間にわたって、岐阜県立百年公園 (岐阜県関市) のコナラ、ツブラジイが優占する二次林内に約30haの調査地を設け、調査地内に自生するヤマザクラ141個体、植栽されたソメイヨシノ161株、エドヒガン18個体およびベニヤエシダレ5株の樹木位置の測定と胸高直径の測定を行った。また、調査地の中央に2.5haのコアプロットを設け、3年間にわたってコアプロット内の全てのサクラ (ソメイヨシノ22株、ヤマザクラ16個体、およびエドヒガン18個体) の開花調査を行った (図-1)。2009年には、調査地内全てのサクラの開花調査を行った。調査地においてサクラが開花し始める3月中旬から、全ての個体の

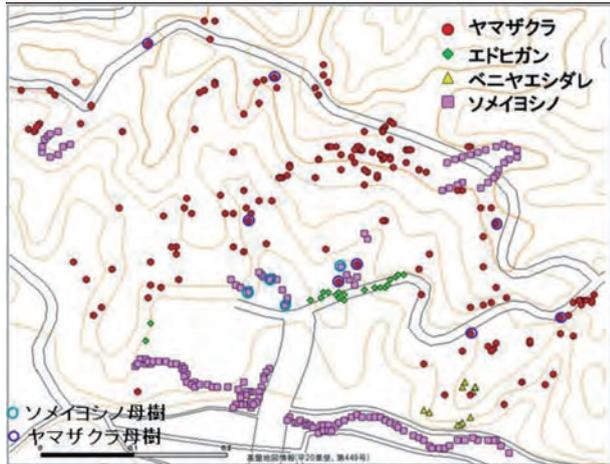


図-1 調査地（岐阜県関市、百年公園）におけるサクラの分布状況

花が完全に散る4月下旬まで実施した。樹冠のおよそ5%が開花した日を開花日、全ての花びらが散った日を終了日、開花日から終了日までを開花期間とした。開花日は1月1日からの日数（例えば4月1日は91日となる）で記録した。

調査地内のサクラの開花日は種（品種）間、年次間で有意に異なり、エドヒガンが最も早く、ソメイヨシノの開花日は約一週間後であった。ヤマザクラの平均開花日は最も遅く、また、ばらつきも大きかった（表-1）。一方、開花期間は種ごとに異なり、ソメイヨシノとエドヒガンでは20日間程度、ヤマザクラでは平均10.5～15.0日間であった。しかし、開花期間には年次間の差がみられなかった。

花粉親候補として、調査地内のソメイヨシノ1株およびソメイヨシノ以外の全てのサクラの個体（164個体）の葉からDNAを抽出した。また、コアプロット内のソメイヨシノ複数株（2007年4株、2009年4株および2010年1株）から種子を採集し、ソメイヨシノを種子親とした交雑の解析に用いた。2009年には、調査地内のヤマザクラ9個体からも種子を採取し、ソメイヨシノが花粉親となる場合の交雑範囲の推定に用いた。採取した種子は果肉を取り除いた後、種皮を割って単離した胚からDNAを抽出した。

抽出したDNAを用いて近縁種のももで開発されたSSRマーカー7座（Dirlewanger *et al* 2002、Testolin *et al* 2000）の遺伝子型を決定した。

検出できない対立遺伝子（ヌル対立遺伝子）の存在が疑われる1遺伝子座を除く6座において、ソメイヨシノ

表-1 調査地（岐阜県関市、百年公園）におけるサクラの開花

調査年	種・品種	調査数	開花日*	開花期間
2007	ソメイヨシノ	21	89.9 (2.77)	20.6 (4.59)
	ヤマザクラ	6	88.8 (7.47)	15.0 (2.61)
	エドヒガン	10	82.8 (3.55)	17.2 (2.57)
2009	ソメイヨシノ	22	84.5 (4.24)	21.0 (4.70)
	ヤマザクラ	16	89.6 (6.91)	12.8 (4.78)
	エドヒガン	16	78.4 (2.78)	21.8 (5.67)
2010	ソメイヨシノ	22	87.3 (2.66)	20.8 (2.75)
	ヤマザクラ	14	92.2 (5.56)	10.5 (3.59)
	エドヒガン	16	81.4 (3.03)	21.6 (3.98)

*開花日は1月1日からの日数

とヤマザクラより採取した種子の父性解析を行い、4座以上で遺伝子型が決定できた種子の花粉親を推定した。

ソメイヨシノとヤマザクラとの交雑

ソメイヨシノとサクラ野生種との交雑は、ソメイヨシノが種子親（野生種の花粉によって受精した場合）とソメイヨシノが花粉親となって野生種に結実させる場合との二とおりが考えられる。

ソメイヨシノはクローンであり、全ての株が同じ遺伝子型であるため、ソメイヨシノが花粉親となる交雑では、どの株から花粉がもたらされたかを判別することは不可能である。そこで、最も近いソメイヨシノとの距離が異なる上記9個体のヤマザクラから採集した種子のうちソメイヨシノが花粉親となる種子の割合と周りのソメイヨシノの植栽状況との比較をおこなった。また、ヤマザクラの種内における交雑状況の解析もおこない、ソメイヨシノが花粉親となる場合の交雑範囲の推定に利用した。

○ソメイヨシノが種子親となる場合

解析に用いたマーカーは、ソメイヨシノ1株を含む花粉親候補165個体において高い多様性を示した。6座全てを併せた場合、解析対象とした全個体から特定個体を花粉親として同定する十分な識別能力がある。

遺伝子型が決定できた504個の種子のうち、446個（88.5%）の種子の花粉親が、調査地内に存在する花粉親候補個体であると同定された（表-2）。残りの58個の種子のうち6個（1.1%）では調査地内に花粉親が存在するが、特定の1個体に絞ることができなかった。また、52個（10.3%）については調査地外に花粉親が存在すると判断された。なお、自殖であると同定された種子はわずか1個（0.2%）であり、サクラが強い自家不和合性を示すことも確認できた。

ヤマザクラおよびエドヒガン、どちらの種もソメイヨ

表-2 ソメイヨシノ及びヤマザクラから採集した種子の父性解析結果

年	母樹	分析数	種子数		
			花粉親同定数 (%)	同定された花粉親の種・品種 (%)	
ソメイヨシノ			ヤマザクラ	エドヒガン	
07	s772	63	49 (77.8)	46 (73.0)	3 (4.8)
	s778	17	15 (88.2)	15 (88.2)	0
	s857	47	45 (95.7)	45 (95.7)	0
09	s772	51	43 (84.3)	22 (43.1)	21 (41.2)
	s778	48	44 (91.7)	18 (37.5)	26 (54.2)
	s784	23	23 (100)	16 (69.6)	7 (30.4)
	s857	12	12 (100)	12 (100)	0
10	s772	42	41 (97.5)	16 (38.1)	25 (59.5)
				ソメイヨシノ	エドヒガン
09	ヤマザクラ				
	jam770	54	46 (85.2)	15 (27.8)	0
	jam776	55	41 (76.4)	2 (3.6)	0
	jam858	53	47 (88.7)	5 (9.4)	0
	jam860	39	39 (100)	0	0

シノと交雑していたが、エドヒガンが花粉親となった種子の数は、母樹や年により異なった。3年とも解析を行った1株においてエドヒガンとの交雑でできた種子は、2009年と2010年では比較的高い割合（41.2%および57.5%）であったが、2007年では極端に少なかった（4.8%、表-2）。

ソメイヨシノを母樹とした人工交配実験では、花粉親の種により結果率が異なることが観察されており（吉川・渡辺 1964; 鶴田ら 2012b）、種間での和合性の違いが交雑に影響していることが予想される。また、調査地のエドヒガンの開花期間は、2009年と2010年は20日以上あったが、2007年は若干短く17.2日であった（表-1）。これにより、ソメイヨシノとエドヒガンの平均開花日のズレは、2007年（7.0日）が2009年や2010年（約6日）よりも大きくなった。また、データには示していないが2009年、2010年には両種の満開時期が重なるのに対し、2007年ではエドヒガンが散り始める頃にソメイヨシノが満開となった。このように、ソメイヨシノとエドヒガンとの開花期間の重なりが年によって異なることが、エドヒガンとヤマザクラとでソメイヨシノとの交雑のしやすさが異なることにも影響を及ぼすと思われる。

○ソメイヨシノが花粉親となる場合

ソメイヨシノが花粉親となった種子の割合を、ソメイヨシノ検出マーカー PyS1 及び PyS2（加藤ら 2009）を用いて予備調査した。PyS1 及び PyS2 はソメイヨシノの自家不和合性遺伝子を特異的に検出するマーカーであり、PyS1 あるいは PyS2 を持つ個体は、ソメイヨシノの両親とされるエドヒガンやオオシマザクラの野生集団中にも

きわめて低頻度でしか検出できない。また、調査地内のヤマザクラからは検出されなかった。このため、もし、ヤマザクラについての種子から PyS1 あるいは PyS2 いずれかが検出されれば、その種子はソメイヨシノが花粉親となった種子である可能性がある。

調査地外のサクラが PyS1 あるいは PyS2 を保有する可能性を排除できないため、予備調査で PyS1 あるいは PyS2 が検出された種子の SSR マーカーの遺伝子型を決定し、自家不和合性遺伝子座以外の遺伝子座でもソメイヨシノの対立遺伝子が検出できるかを確認した。その結果、ヤマザクラから採取した種子から PyS1 あるいは PyS2 が検出された種子の数は、母樹ごとに 0 ~ 15 個（0 ~ 27.8%）であり（表-3）、PyS1 及び PyS2 マーカーによる予備調査の結果は、SSR マーカーによる結果と一致した。

ソメイヨシノとサクラ野生種との交雑に影響を及ぼす要因

ソメイヨシノを母樹とする種子のうち花粉親が決定できた種子およびヤマザクラを母樹とする種子のうちソメイヨシノ以外が花粉親として特定できた種子を対象として、ソメイヨシノとサクラ野生種との交雑に影響を及ぼす要因を調査した。母樹との距離、胸高直径（個体サイズ）、母樹との開花の重なる日数と特定の個体（花粉親候補）が花粉親となった種子の数の関連性を一般化線形モデル（GLM）により解析した。また、ソメイヨシノを母樹とする交雑については、花粉親の種・品種および種・品種と上記3要因との交互作用も検証の対象とした。全ての要因を含むモデルから要因を一つずつ除き、その時のモデ

表-3 ヤマザクラの種子に含まれるソメイヨシノが花粉親となった種子および母樹周辺のソメイヨシノの状況

母樹	解析種子数	ソメイヨシノ が花粉親とな る種子の数	ソメイヨシノ との開花期間 の重複 (日)	最も近いソメ イヨシノとの 距離 (m)	周囲のソメイヨシノの株数		
					r20m	r50m	r100m
jam770	54	15 (27.8%)	11.0	15.4	3	7	17
jam776	55	2 (3.6%)	5.5	10.5	5	5	20
jam858	53	5 (9.4%)	15.0	34.8	0	6	22
jam860	39	0	15.5	71.3	0	0	12
jam474	25	0	10.5	58.6	0	0	15
jam478	23	0	6.5	160.7	0	0	0
jam487	24	0	11.0	126.4	0	0	0
jam565	24	1 (4.2%)	13.0	188.8	0	0	0
jam894	23	1 (4.3%)	18.5	137.0	0	0	0

表-4 交雑に影響を及ぼす要因のモデル解析 (複数の要因)

交雑様式	モデル	適合度 (AIC)
種 - 品種	全てを含む	219.8
ソメイヨシノ	- 距離	217.8
× エドヒガン	- 胸高直径	248.9***
N = 101	- 開花時期	258.0***
種 - 品種	全てを含む	516.9
ソメイヨシノ	- 距離	643.1***
× ヤマザクラ	- 胸高直径	527.0***
N = 587	- 開花時期	579.5***
種内	全てを含む	589.5
ヤマザクラ	- 距離	725.9***
N = 548	- 胸高直径	698.5***
	- 開花時期	704.8***

適合度 (AIC) は、赤池情報基準の値であり、数値が小さいほどより適合したモデルである。

は危険率1%、*は0.1%水準で最適モデルと差があることを示す。

ルの適合度を比較した。

その結果、ソメイヨシノを種子親とする交雑では、距離、胸高直径及び開花期間の重なるの全てを含むモデルが最適モデルであると判定された。このとき、母樹 (ソメイヨシノ) との距離が近く、また胸高直径が大きく、開花の重なりが長い個体ほど花粉親として交雑しやすいことが明らかになった。同様の傾向は、ヤマザクラ種内の交雑においても見られた。ただし、距離と個体サイズの影響のしかたは花粉親候補の種により異なっていた。特に、花粉親がエドヒガンのとき、距離の影響はほとんど見られなくなった (全てを含むモデルと距離を除いたモデルとの適合度の差が2以下、表-4)。これは、エドヒガンが比較的狭い範囲で並木状に植栽されており (図-1)、各個体と母樹との距離の変異が小さかったためと思われる。

○交雑が起こる範囲

父性解析の結果、交雑のおよそ9割が30haの調査地

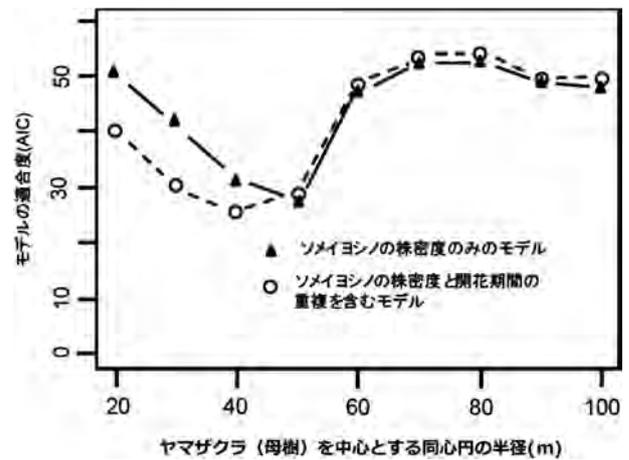


図-2 母樹 (ヤマザクラ) を中心とする同心円の半径とソメイヨシノの密度、開花時期の重なりを考慮したモデルの適合度との関係。適合度 (AIC) は赤池情報基準の値であり、数値が小さいほどより適合するモデルである。

内で行われ、調査地外の個体との交雑は10.3%であった。ソメイヨシノが種子親となる交雑に限ると、調査地外の個体との交雑は8.3%となり (表-2)、ソメイヨシノとサクラ野生種との交雑の大部分が比較的近距离で起こっていると思われる。ソメイヨシノが種子親となる場合、300m以上離れた交雑の頻度は、全体の5%以下であった。

ソメイヨシノが花粉親となった種子が最も多く (15個) 検出されたヤマザクラは、ソメイヨシノとの距離がごく短く (15.4m)、周囲50m以内のソメイヨシノの本数も最も多かった。一方、ソメイヨシノとの距離が最も近い (10.5m) の個体からはソメイヨシノが花粉親となった種子が2個しか検出されなかった。この個体とソメイヨシノとの開花の重なる日数は5.5日と他の個体と比べて短い (表-3)。このことから、ソメイヨシノとの距離だけで

なく、開花期間の重なりや周辺に存在するソメイヨシノの株密度も影響する可能性がある。これらの関係を解析するため、母樹から 10 m 単位で広げた同心円内に存在するソメイヨシノの株密度、開花期間の重なりを含むモデルを構築した。その結果、株密度のみのモデルでは 50 m、株密度と開花の重なりを考慮したモデルでは半径 40 m で最もモデルの適合度がよくなった。どちらのモデルにおいても、50 ~ 60 m を超えると急激にモデルの適合度が低下した(図-2)。このことは、母樹から半径 60 m 以内では、株密度や開花期間の重なりなど検証対象とした生態的要因の影響が検出できる程度に頻繁な交雑が生じていることを示している。しかし、ソメイヨシノとの距離が遠い(188.8 m)個体からもソメイヨシノが花粉親となった種子が検出されたため(表-3)、単発的な交雑はそれ以上の距離でもおこると思われる。

以上のように、ソメイヨシノが種子親となる場合は約 5% の種子が 300 m 以上離れた野生種との交雑で生じたものであり、ソメイヨシノが花粉親となる場合も約 200 m (188.8 m) 離れたヤマザクラを結実させていたため、ソメイヨシノから野生種への花粉の移入を抑えるには、野生種から 200 m あるいは 300 m 以上離してソメイヨシノを植栽する必要がある。

終わりに

以上のように、ソメイヨシノは種子親あるいは花粉親としてサクラ野生種と交雑を行っていることが明らかになった。また、交雑の起こりやすさはソメイヨシノと野生種との距離、野生種の個体サイズ、開花期間の重なりなどの生態学的要因により影響されることも明らかになった。これまであまり明らかにされていなかった開花フェノロジーが重要な影響を持つことや個体密度や開花期間の重なりなど検証の対象とした生態学的要因で交雑状況が説明できる範囲を推定することができたことは大きな意義があると思う。しかし、開花フェノロジーは年によって異なるだけでなく場所によっても異なる。また、調査地点が異なればサクラの分布状況も異なる。このため、著者らが明らかにできたのは実際に起こっている現象の一部に過ぎないと思う。さらに、交雑後の種子の発芽、実生の定着に関するデータはまだ皆無である。ソメイヨシノの適切な植栽を考えるには、さらなるデータの蓄積と、慎重な考察が必要である。

引用文献

- Dirlewanger E, Cosson P, Tavaud M, Aranzana MJ, Poizat C, Zanetto A, Arús P, Laigret F (2002) Development of microsatellite markers in peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] and their use in genetic diversity analysis in peach and sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Theor. Appl. Genet.* 105: 127-138.
- Iketani H, Ohta S, Kawahara T, Katsuki T, Mase N, Sato Y, Yamamoto T (2007) Analyses of clonal status in 'Somei-yoshino' and confirmation of genealogical record in other cultivars of *Prunus* × *yedoensis* by microsatellite markers. *Breeding Science* 57: 1-6.
- 加藤珠理・石川啓明・太田泰臣・服部紗代子・向井 譲 (2009) ソメイヨシノ由来のゲノムを検出するマーカー・ツールとしての自家不和合性遺伝子と核 SSR の利用. *日林誌* 91: 354-359.
- 大場秀章・川崎哲也・田中秀明・木原 浩 (2007) 新日本の桜. pp263、山と溪谷社. 東京.
- Testolin R, Marrazzo T, Cipriani G, Quarta R, Verde I, Dettori MT, Pancaldi M, Sansavini S (2000) Microsatellite DNA in peach (*Prunus persica* L. Batsch) and its use in fingerprinting and testing the genetic origin of cultivars. *Genome* 43: 512-520.
- 津村義彦 (2008) 広葉樹の植栽における遺伝子攪乱問題. *森林科学* 54: 26-29.
- 鶴田燃海・石川啓明・加藤珠理・向井 譲 (2012a) ソメイヨシノとサクラ属野生種との交雑範囲および遺伝子流動に影響する要因の推定. *日林誌* 94:229-235
- 鶴田燃海・王成・向井 譲 (2012b) ソメイヨシノの自家不和合性およびサクラ属野生種との交雑親和性に違いが生じる時期. *園芸学研究* 11: 321-325
- 吉川勝好・渡辺光太郎 (1964) サクラの自家不和合性について. 第 75 回日林講: 219-222.

太古のバイカルの森を探る

志知 幸治 (しち こうじ、森林総合研究所)

シベリアタイガ

ロシア連邦のシベリアと呼ばれる地域には亜寒帯針葉樹林(タイガ)が延々と広がっている。シベリアのタイガは大別して、ダフリアカラマツを主体とした落葉性のタイガが北部に(写真-1)、シベリアモミ、シベリアトウヒ、シベリアマツ、ヨーロッパアカマツにシベリアカラマツが混交した常緑主体のタイガが南部に(写真-2)それぞれ分布している。広大なタイガの森に足を踏み入ると、こうした森はいつ、どのようにしてできあがったのか?ということを考えずにはいられない。

今回は、シベリアのタイガがどのような変遷を経てできあがったのか探してみたい。しかし、現実にはタイムマシンはまだ開発されておらず、直接その様子を眺めることはできない。私たちはどうやって太古の森を巡ることができるだろうか?

太古の森を探る

過去の植生の様子を探るための道具として花粉分析と呼ばれる方法がある。花粉分析とは、過去の情報が記録されているような堆積物を採取して、その中に含まれる

花粉化石の種類と量を調べることで植生を復元する方法である(図-1)。

シベリアの南東部にはバイカル湖がある。バイカル湖は世界で最も深く、最も歴史があり、また最もきれいな湖と言われている。バイカル湖の周辺もタイガに覆われており、ちょうど常緑性と落葉性タイガの境界付近にバイカル湖は位置している。約3000万年の歴史があるバイカル湖の湖底には、過去長期間の堆積物が順序よく積もっている。その堆積物に含まれる花粉を調べることで、太古のバイカルの森を探ることができる。

落葉広葉樹の森

バイカル湖から発見された花粉化石の組成(図-2)を基に、想像力も働かせながら太古のバイカルの森を探ってみよう。まず、地質年代では新第三紀に区分される1000万年前という古い時代までさかのぼってみる。この時期のバイカルの森は、針葉樹ではなく落葉広葉樹が主役である。その落葉広葉樹を構成しているのは、ニレ、コナラ、ハシバミの仲間である。その他、オニグルミやサワグルミといったクルミの仲間も沢沿いにみられ



写真-1 バイカル湖北部・チャラ周辺に分布するダフリアカラマツ林



写真-2 バイカル湖南部・ハマルダバン山脈周辺に分布するシベリアモミ林(篠宮佳樹氏撮影)

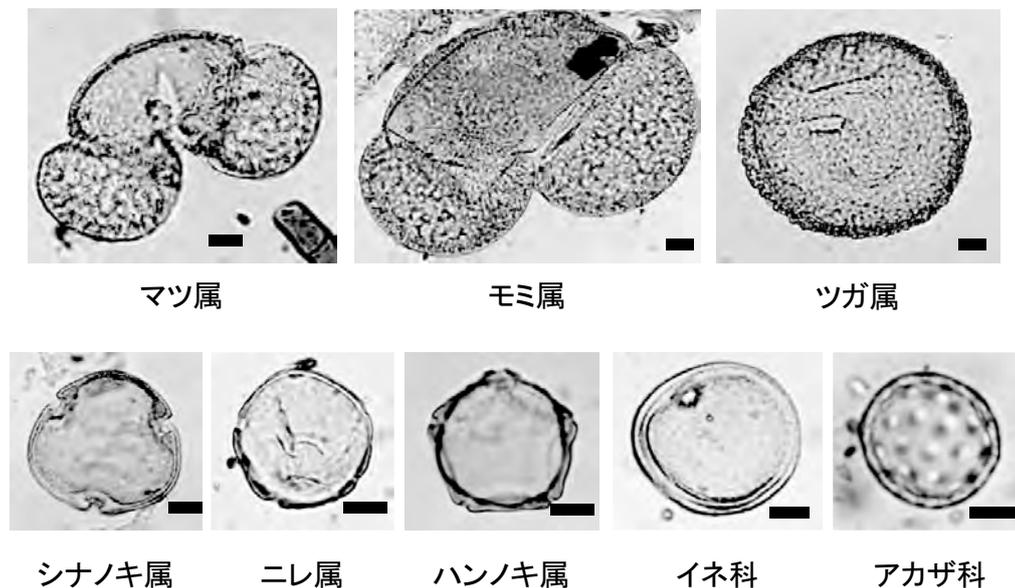


図-1 バイカル湖の湖底堆積物に含まれる花粉化石（黒色のバーは10 μ mを表す）

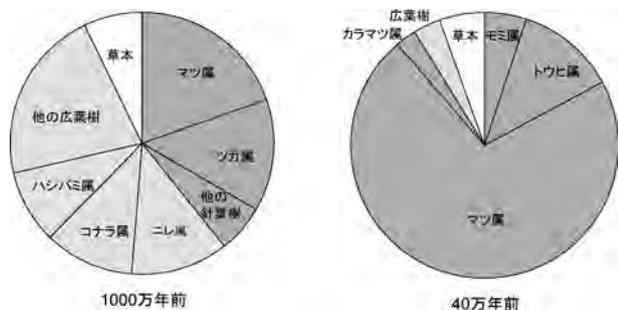


図-2 バイカル湖の湖底堆積物中に含まれる花粉化石の組成変化

る。また、斜面には針葉樹のマツやモミもみられるが、尾根沿いを中心にツガの仲間が分布している。温暖であったとされる1000万年前の森の姿は、ちょうど現在の日本の冷温帯林に似たものであったと言える。

針葉樹の森へ

その後、バイカル湖流域の寒冷化に伴って冷温帯林の要素は徐々にその姿を消していく。第四紀の始まりにあたる約250万年前にはツガやシナノキの仲間が、さらに寒冷な時代が卓越するようになる約100万年前にはニレやコナラの仲間が、バイカルの森から姿を消すことになる。その代わりに分布を広げるのは針葉樹であり、200万年ほど前からは現在のタイガに近い森がみられるようになる。

続いて、約40万年前のバイカル湖周辺に出かけてみ

よう。バイカル湖の山々には氷河の存在した跡があちこちにみられ、その斜面にはマツやモミが、平坦部の河川沿いにはトウヒが分布している。平地から山地に渡って針葉樹が優占する一方で、落葉広葉樹はカバノキやハンノキの仲間が湿地や火災跡地にみられる程度である。現在よりもやや温暖であったとされるこの時代には、落葉性であるカラマツもみられるものの、常緑性のタイガがより拡大している様子を眺めることができる。

針葉樹の森の消失と復活

100万年前以降では、バイカル湖周辺がタイガで覆われていたのは10分の1ほどの時期に過ぎない。寒冷化と乾燥化のため、大半の時期には森自体が消失し、低木や草本がわずかにみられる程度であった。マンモスが駆け回っていた約3万年前に出かけてみると、高木の樹種は部分的に分布するのみであり、イネやキク、アカザといった草本類に広く覆われている様子を眺めることができる。3万年前以降の寒冷期が終わり、その後の温暖化によってバイカルの森が現在分布するタイガに近い姿となったのは、今から5000年前以降である。

このように、太古のバイカルの森は気候変動の影響によってその姿を劇的に変化させてきた。この先、バイカルの森はどのように変わっていくであろうか。私たち人類がその変化を肉眼ですっと眺め続けられることを願う。

アフリカの角 “ジブチ共和国” の森林

橋 隆一 (たちばな りゅういち、東京農業大学地域環境科学部 森林総合科学科)

日本政府は、ソマリア沖の海賊に対処するため、ジブチ共和国（以下、ジブチ）に2009年より海上自衛隊の護衛艦等を派遣、2011年には自衛隊初の本格的な海外活動拠点を整備した。その根底には、いわゆる「アフリカの角」と呼ばれる地域（エリトリア、ソマリア、スーダン、エチオピア、ジブチ）の貧困問題が横たわっている。この地域では降雨パターンの年変動が著しく大きく、干ばつの常襲地帯となっている。このため、生態系を支える物質循環は非常に脆く、ひとたびバランスが崩れると砂漠化が進行し、その修復には多大な労力と年月が必要となる。近年では、気候変動の影響による干ばつの増加も懸念されている。

ジブチは食糧の自給率が3%と非常に少なく、また失業率は60%ともいわれる。港湾交易で得た利益は食糧の輸入に回ってしまうため、インフラの整備などは他国の援助に頼らざるを得ない。ジブチ政府は、その政策として遊牧民の定住化を促し、農村の形成を助めている。これらの状況から、筆者の所属する研究グループでは、農業生産性の向上と持続可能な農業技術に関わる人材育成の支援、乾燥地緑化に関する研究や技術開発などを20年以上にわたって続けている^{1,2,3,4)}。

首都ジブチ市の大統領官邸に近いジブチ港付近を歩く

と、海岸まで延びる涸れ川（Wadi）が海水に合流する広い汽水域に *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.（ヒルギダマシ）の優占するマングローブ林を見ることが出来る。かつて海岸線一帯は今よりもっと広いマングローブ林で覆われていたという²⁾。しかし、現在では港湾開発による海岸浚渫や埋立てが進み、住宅地に近い林縁には無造作に廃棄物が投棄され、その存続は非常に危うい。時折、その枝葉を一生懸命に食むラクダの群れに出会う（写真-1）。路上で売っている小エビをエサに、海岸付近で釣り糸を垂らすと20cm前後の魚がよく釣れる。

漁港から30分ほど船に乗るとムシャ島（Ile Moucha）というリゾート地の小島に辿り着く。周囲にサンゴやウミガメも生息するこの島のマングローブ林は実に見事で、初めて足を踏み入れた時、ここがジブチとはにわかには信じ難かった（写真-2）。ムシャ島では、*Rhizophora mucronata* Lam.（オオバヒルギ）、*A. marina*、*Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Rob.（コヒルギ）、隣のマスカリ島（Ile Maskali）では、*A. marina* が優占しているようである¹⁾。

一方、比較的降水量の多いジブチ北部の海岸線からわずか10～20km内陸に入った山岳部（Goda Massif）には、ダイの森（Foret de Day）と呼ばれる国立公園



写真-1 マングローブ林でその枝葉を一生懸命に食むラクダの群れ



写真-2 ムシャ島のマングローブ林内の様子



写真-3 ダイの森国立公園の林冠植生と植樹された苗木を保護している柵

に指定された森林帯が存在する（写真-3）。ジブチの森林の中では約1万4千haと最も広い。最高標高はおよそ1,800mで、主な優占種としては、国際自然保護連合（IUCN）により準絶滅危惧種に指定されている、ヒノキ科の常緑針葉樹 *Juniperus procera* Hochst. ex Endl. を含め、4種ほどが挙げられる。*J. procera* は、アラビア半島西部からタンザニアにかけて分布する高木で、アフリカ東部・北東部の山地林に特徴的な森林タイプを形成すると考えられている⁵⁾。

ダイの森では、この200年のうちに約9割の森林が消失したといわれる。この原因としては、材として利用してきた人為的攪乱のほか、気候変動に伴う長期的な植生変化が考えられる。林床に実生はほとんど見当たらず、政府は西欧諸国のNGO等の協力も得て苗木を育てて植樹し、森林の保全活動を続けている。

厳しい自然環境ではあるが、「アフリカの角」地域の生態系は多様である。熱帯乾燥気候帯に位置するジブチは、この地域の中で国土面積が最も小さいうえに、地球

上で最も暑い土地の一つといわれている。それにもかかわらず、沿岸部ではマングローブ林が散在し、平野部では砂漠（写真-4）やサバンナ（写真-5）が広がり、山岳部では針葉樹林帯が認められ、まるで「アフリカの角」地域全体を縮小したような極めて多様な生態系を持つ国ともいえる。

このジブチにおいて、農業技術や森林の保全・復元技術を展開することが、「アフリカの角」地域の持続可能な社会の構築に繋がると信じ、今後も活動を継続していきたい。

引用文献

- 1) 塩倉高義編（1994）砂漠緑化へのチャレンジ—ジブチ共和国での試み—、東京農業大学創立100周年記念事業実行委員会発行、210pp.
- 2) 東京農大砂漠に緑を育てる会編（2000）ジブチの砂漠緑化100景—もう一つのアフリカガイド—、東京農大出版会、133pp.
- 3) 高橋 悟・鈴木伸治・真田篤史・橘 隆一・渡邊文雄（2012）アフリカ乾燥地における農業の現状・課題と解決への展開、農業農村工学会誌、80(8)：633-636.
- 4) 橘 隆一・大野愛美・西野文貴・Tabarek Mohamed ISMAEL・真田篤史・鈴木伸治・福永健司・高橋 悟（2013）ジブチ共和国で採取した木本植物種子の有用性、砂漠研究 23(1)：31-34.
- 5) 古川拓哉（2011）島嶼状に分布するアフリカ山地植生と東アフリカの山地乾燥林、生態環境研究、18(1)：173-178.



写真-4 バラ砂漠（Grand Bara）を抜けエチオピアまで続く国道一号線



写真-5 火山活動による玄武岩の岩石が無数に転がるジブチのサバンナ風景

森の休憩室 II その 18 樹とともに

森の音を探す

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)



今から3年前、温室のBGMに植物園内で流れる小川の音が使えないかと、暗くなるのを待ってICレコーダーを林内に設置したことがあります。翌日、私が知らない夜の森の音を再生してみると、聞こえてきたのはなんと車の走行音ばかり。昼間に意識をそちらに向けてみれば、車だけでなく飛行機とヘリコプターの音も聞こえ、遠くでは何かしらの工事音があり、近くの大学からは運動部の掛け声までが届いてきます。改めて、自然の音ってなんだろうと考えてみたのですが、イメージはあれども具体的なものが出てきません。自然系の仕事に長年かかわっているのにこれではまずいと思い、森の中で音探しを始めてみました。

空の下で一番多く耳にする音は風の音でしょう。「ヒューヒュー」と鳴る風切り音はその代表で、「カサカサ、ガサガサガサッ」と枝葉の隙間をざわめき通るのが伝わります。強くなると「ゴッ、ゴォー」と突風音が鳴り、「ザワザワザーッ！」と樹々の間を吹き抜ける様子がとらえられます。風は本当のところ見えてはいないのに、音と周囲の動きから見えるように感じられるから不思議です。私の場合はそれだけではありません。木枯らしの時期には三度笠をかぶって走る北風小僧の寒太郎の姿が、大風の時には林冠を駆け抜けるトトロのネコバスが見えます。揺れる音で存在感を出すのは、はるか頭上でぶら下がるサイカチの実。まずは「カサカサカサッ、カラカラカラッ」と硬く薄い板切れがぶつかり合うような音で注意を引き、グルグルと回転しているように見えるネジ巻き状の沢山の莢で、音で捕まえた者の目を回します。雨の音もよく聞く音です。何に当たるかによって雨音が違い、そこから分かることがいろいろあります。例えば葉に当る雨音が硬いならばそこは常緑樹林区で、柔らかい感じだったら落葉樹林区。また、森の中で雨音が地面から聞こえるようならば、それは落葉によって空が開けたからであり、これまで傘替わりになってくれていた葉っぱ達に感謝です。

次は私が好んで聞いている音の紹介です。それは私の足音。一年を通じて鳴り、これなくして日々の園内業務はありません。楽しいのは下草が消えて大量の落ち葉が地面を覆う11月から3月。落葉樹の葉っぱは「ザッザッザッ」とやや重い音。常緑樹の葉っぱは「ザクザク、ザ

クザクザク」と軽快な音。ホオノキは特別で「バフバフ」です。音が楽しくて派手に歩みを進め、踏みしめる音の中に「パキッ！」と小枝が折れる音が混ざると当たりが出たようでうれしくなります。硬い地面を歩いている時には「バリッ！ガリッ！」と何かを割る音を生みますが、それはドングリを潰した音です。そばにカシヤシイがあることを知り、季節が秋に向かっていく事に気が付きます。「パリンパリン！」と軽快な音で割れるのはモミの種。大きな翼(よく)によるもので、心地よい足裏の感触とスツキリする音に、探しても踏みたくなくなるほどです。そして一番好きな音。それは年に1回か2回しか出会えない「葉が落ちる音」です。肌をなでる程度のそよ風なのに、大量の葉が枝から離れる日があります。「カサカサカサッ、カラッ、サッ、カサカサッ」と、乾いた軽い葉っぱ同士が空中でこすれあい、そして地面に積もり重なる音です。雨のように降る褐色の葉っぱは日に当たってさらに美しく、何もかもがまるで映画のワンシーンのようです。思わずしばらく見入って、立ち尽くしてしまいます。

最後にもう一つお伝えしたい音があります。それは「静寂」です。街中に位置する筑波実験植物園でも、その瞬間は結構あるのです。気が付けば車の音はなく、風は止み、無音とは違う何かが空間を引き締めます。私は音を発してはいけないような気持ちになり、緊張して眼前の景色と同化するようにたたずんでしまいます。すると、一つ二つ鳥が鳴き始め、夏ならばセミが合唱を再開し、風が戻り植物はざわめき、いつのまにか車の走行音も元通り。不思議ですが、自然と人工の音が混ざった騒音の中においてホッとします。そう、それが筑波実験植物園の森の音であり、認めるのに少しためらいはありますが、私の奥底で聞きなれた安心できる音となっているのでしよう。

………
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。

木を育て、森を生み出す微生物「菌根菌」

奈良 一秀

(なら かずひで、東京大学)

シリーズ
うごく森 22

はじめに

木が大きくなり、森ができあがっていく。この当たり前にも見える森のうごきが、じつは土の中にいる「菌根菌」という土壤微生物によって支えられていることをご存知でしょうか？ すぐには信じられないかもしれないが、菌根菌がいなければ樹木はほとんど成長せず、森林も発達しない。菌根菌があってはじめて森は「うごく」のである。

森の菌根菌

菌根菌は植物の根に共生する菌類である(図-1)。植物から直接光合成産物をもらって生きている。一方、菌根菌は発達した土壤中の菌糸ネットワークでリンや窒素などの土壤養分を吸収し、植物に受け渡す。つまり、植物と菌根菌の関係は、互いに不足する物質を融通して助け合う親密な共生関係だ(Smith and Read 2008)。

自然界に生育している樹木は全て菌根菌と共生しているが、それらは大きく2つのグループに分けられる(Wang and Qiu 2006)。その一つはアーバスキュラー菌根菌である。グロムス門に属する菌類で、根の表面には発達した組織を作らず、根の内部に侵入する。菌根が

ら土壤中に伸びた菌糸の先に胞子を単生するものが多く、いわゆるキノコのようなものは作らない。

アーバスキュラー菌根の出現は4億5千万年以上前にさかのぼる(Simon *et al.* 1993)。その当時、水中から陸上にあがった最初の植物は根も無く、土壌から養水分を吸収する能力は極めて限られていた。アーバスキュラー菌根菌と共生し、養水分を菌から受け取るという形質の獲得が植物の上陸を可能にしたと考えられている。現在でもアーバスキュラー菌根はコケ植物から被子植物まで陸上植物の8割以上に見られ、地上に普遍的に分布し、特に草地で優占する。森林でも、スギやヒノキ、カエデ類などに加え、下層草本の多くはアーバスキュラー菌根性である。

森林で見られるもう一つの主要な菌根菌グループが外生菌根菌である。外生菌根は根の表面をびっしりと覆う菌糸組織が特徴的で、慣れれば肉眼でも認識できる(図-1b)。マツ科やブナ科、カバノキ科、ヤナギ科、フタバガキ科など、熱帯から冷温帯、亜寒帯まで、自然林の中心になるような樹木の多くは外生菌根性である。こうした樹木の細根はほぼ全て菌根化しているため、森林の土壌中にはどこにでも外生菌根やその菌糸が分布している。

外生菌根菌には1万種をはるかに超える菌種が含まれる。いずれも菌類の中では進化したグループに属し、いわゆるキノコを形成する菌種が多い。アーバスキュラー菌根性のスギやヒノキの人工林にくらべて、ブナやナラの林にキノコが多い理由である。70を超える独立した菌の系統群に属し、腐生菌から外生菌根菌へ何度も独自に進化してきたことが明らかになっている(Tedersoo and Smith 2013)。様々な酵素を分泌する腐生菌の能力の一部を受け継いでいるため、外生菌根菌はアーバスキュラー菌根菌に比べて土壌中の有機化合物を分解する能力が高い。森林の発達とともに土壌有機物が蓄積するため、最終的には外生菌根菌とその宿主樹木が多くの自然林で優占する。

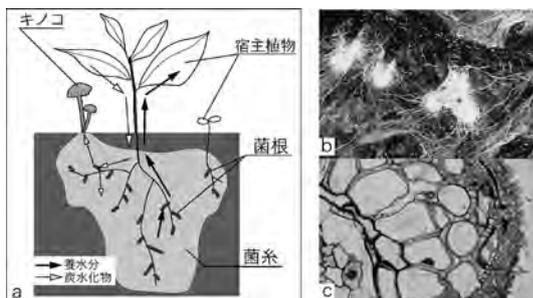


図-1 菌根共生(外生菌根)

樹木と菌根菌の共生の模式図(a)。樹木から供給される豊富な光合成産物によって地中に広がる菌糸ネットワークを発達させる。アカマツの菌根とそこから伸びる菌糸体(b)。菌根の断面を見ると根の内部にも深く菌が侵入しているのが分かる(c)。

樹木は外生菌根菌（以下、菌根菌）に光合成産物の約2割を供給する（Smith and Read 2008）。森林土壌への主要な炭水化物のインプットだ。この豊富な炭水化物資源は様々な土壌動物・微生物によって利用され土壌生態系を支える。また、ランやイチヤクソウの仲間には、樹木の菌根菌から炭水化物（つまり樹木の光合成産物）を横取りすることで、暗い林床での光合成不足を補っているものも多い（Selosse and Roy 2009）。ギンリョウソウやムヨウランのように、光合成を全く行わずに、菌根菌から全ての炭水化物を受け取って生活しているものもある。

木をうごかす力

菌根菌から供給される土壌養分は樹木の成長に不可欠なものである。図-2の対照区の苗は菌根菌の無い条件で育てたものである。発芽後9ヶ月経っているものの、発芽直後と同じサイズでこれ以上成長することはない。苗に含まれる窒素の総量は種子よりわずかに増加していたものの、リンにいたっては種子よりも減少していた。つまり、比較的肥沃な苗畑の土壌で育てても、樹木の根だけではほとんど養分を吸収できないのである。

一方、菌根菌を接種した樹木はいずれも養分吸収能力が高まり、成長が促進されている。その効果は菌種や菌株によって大きく異なる。最も効果が高かったアミタケ No.2 では、接種後6ヶ月（発芽から9ヶ月）の生重量が対照区の8倍、光合成量は50倍にも達していた（図-2b）。ここにはアカマツの例を示したが、他の針葉樹

や広葉樹でも結果は同様である。つまり、樹木だけではほとんど成長せず、菌根菌が共生してはじめて「うごく」のである。

どうして樹木はこれほどまでに養分吸収を菌根菌に依存しているのか。それは菌根菌の菌糸体が根よりも遥かに優れた養分吸収器官だからだ。菌糸は根毛よりも遥かに細くて長いため、土壌中の小さな隙間や根から遠く離れた場所へもアクセスできる。菌根から伸びる無数の菌糸は吸収面積を飛躍的に増大させる。さらに、様々な酵素を分泌する菌糸は、植物が直接利用できない有機態の窒素やリンの化合物も分解・吸収することができる。有機化合物が圧倒的に多い森林土壌では、根より菌糸の方がはるかに多くの養分を獲得できる。結局、細根を発達させて自ら養分を吸収するよりも、菌根菌に投資して効率よく養分を得る樹木の方が適応的だったため、現在多くの森林で優占するに至ったのだろう。

森をうごかす力

既にできあがった森林には菌根菌がどこにでも存在しているため、樹木が菌根菌不足で困ることは少ないだろう。しかし、激しい攪乱の後では菌根菌欠如が樹木の定着を阻害する最大の要因にもなりうる。人間にとっての空気や食料のようなもので、失って初めてその大切さが分かるのである。

富士山の東斜面では、1707年の宝永大噴火によって厚くスコリア（軽石の砂利のようなもの）が堆積し、全ての植生が破壊された。殿場口5合目付近では噴火後

300年以上経った今でも地表の90%以上が植物の無い裸地である。植物は所々にまとまって定着していて、火山荒原という広大な海に「植生の島」がまばらに浮かんだような状態になっている。

この場所に最初に定着する樹木は地を這うような矮性のミヤマヤナギである（以下、ヤナギ）。もともと菌根菌のない火山噴出物であるため、ヤナギが菌根菌に出会って生

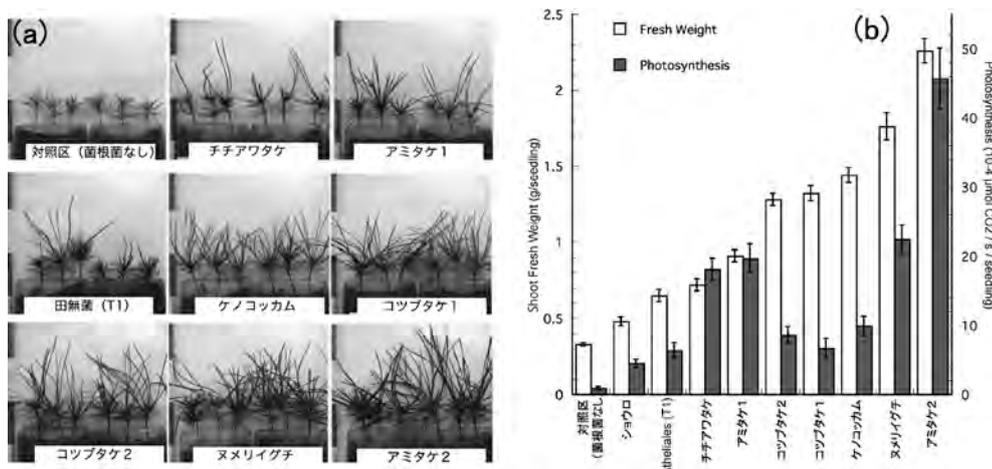


図-2 菌根菌による樹木の成長促進作用
アカマツに菌根菌を接種した実験(接種後6ヶ月)。菌根菌がないと全く成長しない(a左上)。菌根菌が共生すると成長が促進されるが、その効果は菌種によって異なる(a, b)。

き残る確率は極めて低い。たまたま発芽した場所に菌根菌の胞子が飛来し、うまく共生関係を築けたもののみが生き残る。この極めてまれな現象（300年間で約8回/ha）を実験的に証明するのは難しいが、実際に定着している全てのヤナギは菌根菌と共生している。

運良く定着したヤナギの周りでは、土壌中に菌根菌の菌糸ネットワークが張り巡らされるようになる。こうした菌根菌ネットワークが存在する場所は、この火山荒原でヤナギが定着している部分、つまり地表の約1%に過ぎない。このわずかな場所で発芽したヤナギの実生は地中の菌糸によってすぐに菌根菌と共生することができる（Nara and Hogetsu 2004）。成木が維持している広大な菌根菌ネットワークに接続することになるため、実生が利用できる土壌養分は飛躍的に増大し、成長は促進される（図-3b、Nara 2006a）。一方、火山荒原の99%の場所では菌根菌ネットワークが存在せず、樹木の実生が菌根菌に感染する確率は極めて低く、生き残るのは難しい。たまたま飛来した胞子によって菌根菌に感染しても、小さなヤナギ実生が単独で維持できる菌根菌ネットワークは小さく、貧栄養なスコリアから吸収できる養分は限られる。事実、この火山荒原に自然に定着したヤナギの実生が見られるのは、わずか1%の菌根菌ネットワークが利用できる場所だけなのである（図-3a）。まさに、実生定着におけるオアシスといえよう。

菌根菌ネットワークの存在は、ヤナギの後に侵入してくるカラマツやダケカンバ実生の定着にも大きな役割を果たしている（図-4）。この火山高原で自然に定着した後続樹木を20haの範囲で調べてみると、カラマツ26個体とダケカンバ39個体の全てがヤナギ成木の側、つまり菌根菌ネットワークが利用できるわずか1%の場所でのみ定着していた（Nara 2006b）。しかも、こうした樹木に見られた菌根菌をDNAで同定してみると、その多くはヤナギと共通の菌根菌であった。これに対し、火山高原の99%を占める菌根菌ネットワークが利用できない場所では、一本も定着が見られなかった。カラマツとダケカンバはこの場所で初期の森林を形成する重要な樹種であり、その実生の定着は森林形成へと向かう植生遷移の重要なステップである。地中の見えないところで菌根菌という土壤微生物が植生遷移をうごかしているのだ。

もちろん樹種や立地条件が変われば、菌根菌が森を動かす方法は異なる。例えば、マツ林の土壌中にはショウロ属などの寿命の長い埋土胞子バンク（植物の埋土種子

のようなもの）が形成されており、森林火災後のマツ実生の菌根形成と定着に大きな役割を果たすことが明らかにされている（Bruns *et al.* 2009）。イギリスのヒースランドに侵入するカバノキは、菌根菌の胞子が飛んでくるまで成長しないまま何ヶ月も待ち、菌根菌が共生して初めて成長を始める（Collier and Bidartondo 2009）。森林の発達過程で菌根菌も遷移・多様化し、最終的には一つの森林で何百種もの菌根菌が共存するようになるが、樹種や立地条件によって最適な住み分けをしながら森を支える（Ishida *et al.* 2007）。成熟した森林の木々も、大量の光合成産物を菌根菌に投資し、養分吸収の大半を菌根菌に依存しているのは変わらない。つまり、森ができた後も菌根菌は物質循環の中心にあって森をうごかしているのだ。

菌根菌で森をうごかす

人間活動によって森林の破壊が世界各地で進んでいる。森林火災や鉱山開発、農地転用によって樹木が消失すると、長い年月をかけて蓄積された菌根菌という大切な微生物資源も失われる。一部の菌種は埋土胞子として生き残ったとしても、土壌流出が伴えばそれも無くなってしまう。既に述べたように、いったん菌根菌の空白地帯ができてしまうと、樹木実生の定着や森林の再生は容易ではない。これまでの知見を活かし、菌根菌の植栽や埋土胞子を利用することで、森林の再生を早められるかもしれない。

森林の消失は多くの菌根菌の絶滅をも引き起こしていると推測される。ある固有菌種が絶滅してしまうと、そ

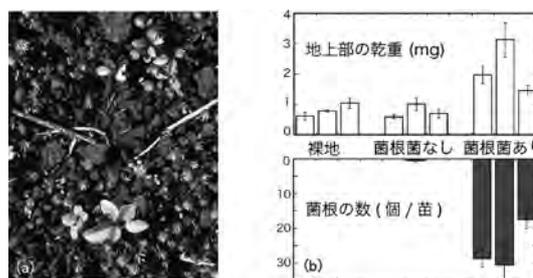


図-3 ミヤマヤナギ実生と菌根菌

富士山火山荒原に見られるミヤマヤナギ実生は、すでに定着したミヤマヤナギの側で地中に菌根菌ネットワークが存在する場所でしか見られない(a)。実験的に現地にミヤマヤナギの苗を植栽しても、地中に菌根菌ネットワークがある場所で菌根形成が見られ、成長が促進される(b)。土壌等の条件を同一にして菌根菌ネットワークを再現した現地実験でも同様の結果が得られている(Nara 2006a)。



図-4 カラマツとダケカンバの定着と菌根菌
定着したミヤマナギ(a)の側では、地中に菌根菌ネットワークが広がる。こうした場所は火山荒原のわずか1%の面積しかないが、カラマツ(c)とダケカンバ(b)が定着しているのはこのわずかな場所だけである。地中の菌根菌が後続樹種の定着を促進し、植生遷移をうごかすのだ。

れと共生していた樹木、ひいてはその樹木があった森林は二度と戻らない。日本にもトガサワラというマツ科の絶滅危惧種がある。伐採と更新不良によって、現在は紀伊半島と四国の一部に僅かに残存しているのみである。その林で菌根菌を調べてみたところ、トガサワラに特異的なショウロ属の新種が発見された(図-5, Murata *et al.* 2013)。この菌根菌はトガサワラにしか共生しないため宿主と同様に絶滅危惧種であるのは間違いない。これと近縁な菌種は、北米のダグラスファー(トガサワラ属)の更新に重要な役割を果たすことが知られている。今回新しく発見された菌根菌を利用することで、トガサワラの更新を促進し、絶滅の危機にあるトガサワラ林を救うことができるかもしれない。

おわりに

多くの人は森に入っても地面の下を見ることはない。キノコでも生えていれば菌の存在に気がつくかもしれないが、まさかそのキノコが木を育て、森を作っているとは思わないだろう。本稿を読んでいただいた方が少しでも地面の下の偉大な微生物のことを気に留めて頂ければ幸いである。また、本稿で紹介した菌根菌が、危機に陥った森林をいい方向にうごかす一助になることを願いたい。

引用文献

Bruns TD, Peay KG, Boynton PJ, Grubisha LC, Hynson NA, Nguyen NH, Rosenstock NP (2009)

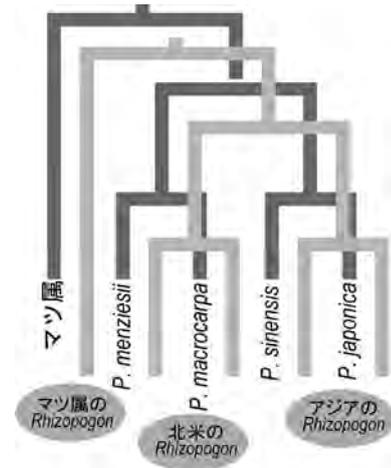


図-5 簡略化したトガサワラ属 (*Pseudotsuga*) とショウロ属 (*Rhizopogon*) の系統

国内のトガサワラ林で見つかったショウロ属菌は、同属の中でもトガサワラに特異的な系統群に属する。主に埋土胞子として存在し、調べた国内4ヶ所の森林の全てで検出されている。近縁な菌種は中国のシナトガサワラ林でも見つかった。アジアの菌種と北米の菌種はそれぞれ単系統群を形成し、宿主の系統関係と一致する。日本で見つかった菌種は、トガサワラ属樹木とともに約3000万年前に北米からアジアに渡ってきて以来、宿主樹木と共生関係を維持したまま共進化してきた貴重な菌種であると考えられる。

New Phytologist 181: 463-70.

Collier FA, Bidartondo MI (2009) Journal of Ecology 97: 950-963.

Ishida TA, Nara K, Hogetsu T (2007) New Phytologist 174: 430-440.

Murata M, Kinoshita A, Nara K (2013) Mycorrhiza 23: 641-53.

Nara K (2006a) New Phytologist 169: 169-178.

Nara K (2006b) New Phytologist 171: 187-198.

Nara K, Hogetsu T (2004) Ecology 85: 1700-1707.

Selosse MA, Roy M (2009) Trends in Plant Science 14: 64-70.

Simon L, Bousquet J, Levesque C, Lalonde M (1993) Nature 363: 67-69.

Smith SE, Read DJ (2008) Mycorrhizal Symbiosis, third edition. Academic Press.

Tedersoo L, Smith ME (2013) Fungal Biology Reviews 27: 83-99.

Wang B, Qiu YL (2006). Mycorrhiza 16 (5): 299-363.

現地を見極めた海岸林の再生と管理方針

八神 徳彦

(やがみ とくひこ、石川県農林総合研究センター林業試験場)

1. はじめに

東北大震災を契機に海岸林の重要性が再認識されています。石川県の海岸砂丘地では、古くからクロマツ林やニセアカシア林が防災林として造成されてきました。しかし、両者とも松くい虫や台風害により著しく衰退しており、海岸林の再生が強く求められています。一方、治山事業により人工砂丘や防風垣の整備や植栽が進められ、強風や飛砂などが軽減され海岸環境は穏やかになってきています。また、海岸林により砂丘地に肥沃な土壌も形成され植物の生育環境も変化しています。さらに、道路などにより海岸林が狭くなり、松くい虫防除のための薬剤散布が敬遠されるなど社会的環境も変化しています。このため、海岸林の管理手法について研究機関への要請も多様化しており、変化に応じた速やかな対応が求められています。

2. 抵抗性マツの選抜

石川県では治山事業で毎年4haにおよぶクロマツを主体とする海岸防災林を整備しており、抵抗性マツの提供が強く望まれています。また、苗木生産者にとっても、スギなど造林樹種の需用が極めて少なくなった現在、重要な生産苗木として期待されています。石川県における抵抗性マツの選抜は、東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業として平成4年度から取り組み、現在までにクロマツ4品種の合格木を選抜しています。抵抗性マツの生産までには選抜から検定、母樹の育成と長い年月が必要なため、段階的に抵抗性が期待できる苗を順次提供するよう努力してきました。最初は、激害地に生き残ったマツの種子からの実生苗を抵抗性候補マツとして県内治山事業に提供しました。平成15年度には、県内の一次検定合格木からなる抵抗性暫定採種園を造成



写真-1 マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ暫定採種園

し(写真-1)、平成21年度からは、生産した実生苗に線虫を接種して生き残った苗を抵抗性マツとして供給し、昨年度は9千本の抵抗性クロマツ苗を県内治山事業に提供しています。さらに、平成24年度には、県内外の二次検定合格木からなる抵抗性採種園の造成に着手しています。また、現在種子を生産している暫定採種園の母樹ごとに抵抗性を評価し、より抵抗性の強い系統の再選抜も試みています。

3. クロマツ天然更新稚樹の密度管理

加賀市の加賀海岸国有林とその周辺は、江戸時代からマツ林の造成が進められ、地域にとって生活基盤を守る大切な防災林です。このマツ林が平成15年頃から大規模な松くい虫被害を受けましたが、上木の枯れたあとには、見渡す限りのマツの実生が更新し1m²当たり60本をこえるほど過密な状態になっています(写真-2)。以前にもこのような高密度で天然更新した場所もありますが、多くが放置され形状比の高い不健全な樹形になってしまい、大雪の時に倒伏被害が多く見られました(写



写真-2 松食い虫被害地に天然更新した大量の実生



写真-3 雪害で倒伏した更新クロマツ

真-3)。そこで、林業試験場では、石川森林管理署と共同で除伐による密度管理試験を行い、更新地の健全な育成方法を探りました。この試験では、地域住民などのボランティア活動でも行われ、除伐、地掻きや、毎木調査も行いました。試験地では除伐により立木密度を、1m²あたり1本の疎仕立て区、5本の密仕立て区、さらに幅1mの帯状伐採した帯状区を設け、樹高と直径の成長を比較しました。2年間の継続調査の結果、低密度にするほど幹の肥大成長が促進され、形状比の低い健全な樹形を作ることができました(図-1)。しかし、実際に作業を実施していくには、疎仕立て区や密仕立て区のような除伐は作業効率が悪く、下刈り機などで帯状伐採することで効率よく効果的な密度調整が可能であることが分かりました(八神2013)。さらに、年々大きくなっていく稚樹をさらに効率よく除伐するため、森林管理署が中

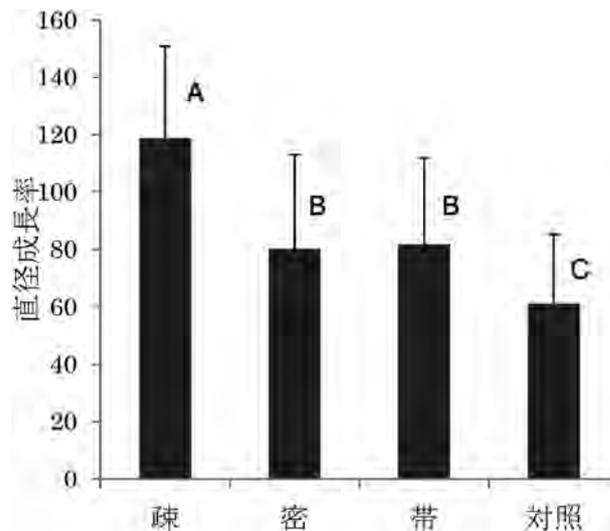


図-1 除伐による2年間の直径成長率

※異なるアルファベット間には有意差がある

心になって重機の踏みつぶしによる除伐試験を行い、帯状にバケットで掻きながら踏みつぶす方法が効率よく処理できることを見いだしました。従来、県の研究機関と森林管理署が連携することはあまりありませんでしたが、この共同研究をきっかけに、国有林も含めた課題に対応していきたいと思います。

4. ニセアカシア林の衰退と再生

石川県では内灘町などにニセアカシアの海岸林も広がっていますが、多くは平成3年の19号台風がきっかけとなり衰退してしまいました(写真-4)。ニセアカシアは防風林としてだけでなく、蜜源として養蜂業者にも重要な樹種で、衰退林の再生技術が求められていました。私たちは、まず、台風により先枯れしたニセアカシアのその後の推移を見極めるため、林内に固定枠を設け、生き枝高の経年変化を調べました。この結果、生き枝高は年々下がり、地下部を掘ってみると、根も壊死部分が増えていき年々衰弱しやがて枯死していくことが分かりました(八神2007)。ニセアカシアはパイオニア樹種であり、植栽後20~30年すると根系の活力が落ち、枯損腐朽して地上部も倒伏することが多いとされ(苅住1979)、当地の昭和30~40年代に植林されたニセアカシアは活力が落ちる時期であり、大型の台風が衰退のきっかけになったと考えられました。

一方、まだ元気なニセアカシア林では、伐採したり土木工事で地表を攪乱したりすると、多数の萌芽が発生し、



写真-4 衰退したニセアカシア林

1年で2mにも達することもあります。そこで、ニセアカシア林の存続を望むのであれば、伐採や地表攪乱により発生する健全な萌芽からの更新が可能と考えました。しかし、事業で衰退林を伐採整理したものの、萌芽があまり発生しないところもありました。そこで、伐採前の枝の枯れ下がり程度と、伐採後の萌芽の数と成長度合いを調べると、枯れ下がりの進んだところでは、萌芽も出にくいことが分かりました（八神・千木 2002）。萌芽更新を期待するのであれば、ニセアカシアが元気なうちに伐採更新させる必要があります、すでに枯れ下がりが進んだ衰退林では、再造林が必要と考えました。そこで、衰退林内でニセアカシアの再造林も試みましたが、植栽木のほとんどが枯死してしまいました。一方、衰退木を伐採・抜根し、表土も均して砂地に戻した隣接地では、植栽したニセアカシアはほとんど枯死しませんでした（八神 2010）。ニセアカシアの林床の土壌には強い生育阻害作用が認められ、自家中毒作用の存在が示唆されており（藤井ほか 2009）、再造林を行うときには、表土を掻き均すなど地表処理が必要なことも分かりました。一方でニセアカシアは痩せた砂丘地に肥沃な土壌を作り（図-2）、そこにはエノキなど他の広葉樹の更新を見ることが出来ます。肥沃な土壌を剥ぎ取りニセアカシアを再造林することも可能なのですが、これを生かして別の広葉樹へ樹種転換することも可能なはずですが。

5. 広葉樹への樹種転換

海岸砂丘地の厳しい環境に最も適した森林はクロマツ林ですが、これを維持していくには将来にわたって松くい虫防除をしていかなければなりません。一方で、ニセ

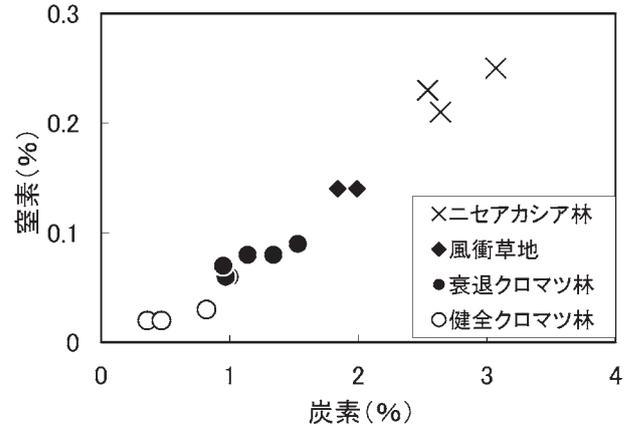


図-2 海岸林表土の窒素と炭素の含有率

アカシア林のように肥沃な土壌が形成されているところも多くあり、そこには、エノキやネムノキなど広葉樹が見られるようになってきています。こうした中で、毎年多額の防除経費を必要とするクロマツ林や、更新の必要なニセアカシア林の再生から、管理のいらぬ広葉樹林への樹種転換も行われています。当初、当地の海岸砂丘地に適した樹種が不明で、治山担当者からは、植栽に適した樹種選定と植栽適地判定などが求められました。このため、県内13箇所の異なる環境の海岸林の植生調査をした結果、自然植生ではエノキの出現率が最も高く、アカメガシワ、ネムノキが次いで多く見られました。また、カシワは能登半島ではよく見ることができ、一般的に防風効果が高いといわれるタブヤスタジイは砂丘地では出現しませんでした（八神 2005）。

つぎに、海岸植栽に適した樹種を探るため、約10種類の樹種を環境の異なる海岸に植栽し、活着や成長を調べてみました。この結果、海岸砂丘地で最も活着率の高かったのはクロマツで、エノキ、カシワ、ネムノキなどがこれに続き、コナラ、タブノキ、モチノキは条件の良いところで活着し、ウラジロガシヤスタジイは多くの場所で活着しませんでした（図-3）。特にエノキは、植栽当初は枯れ下がることも多いのですが、ほとんどの場所で活着しました。しかし、継続して調べていくと、土壌の痩せた砂地ではなかなか成長せず、長期的には消滅することも多いことも分かってきました。一方、カシワは植栽後数年の成長が悪いものの、3年もたてば急激に成長が促進され、クロマツと同程度に成長していき、痩せた砂地でも順調に成長していきました（写真-5）。また、カシワは、風当たりの強い海岸前線部では低木状になりながらも耐え、厳しい砂丘地の環境にも耐えることがで

現地を見極めた海岸林の再生と管理方針

樹種	生息環境		
	潮風強 砂地	中庸	潮風弱 肥沃土
クロマツ	◎	◎	△
エノキ、カシワ、ネムノキ	○	◎	◎
コナラ、タブノキ、モチノキ	△	○	◎
スダジイ、ウラジロガシ	×	×	△

◎:適 ○:やや適 △:やや不適 ×:不適

図-3 植栽試験による適地判定



写真-5 同時に植栽したクロマツと同程度に成長したカシワ

きました。これに比べて、タブノキ、スダジイは、植栽直後の春期のフェーン現象、夏の高湿乾燥、冬期の寒風と年間を通してのダメージに、常緑であるが故に大きなダメージを継続して受けることになり、活着しにくいことも分かりました。現在、石川県の海岸植栽は、海岸前線部の風あたりが強く砂地の所はクロマツ植栽に限り、風あたりが弱く、肥沃土壌もある内陸部では、エノキ、カシワなどをクロマツと混植する方法が主に採用されています。

6. 現地を見極めた整備方針

海岸林を取り巻く環境は大きく変わってきており、多様な対応が求められています。クロマツ林では、現存林を松くい虫防除により維持していくとともに、衰退林を再造林や密度管理で再生させ、ニセアカシア林では、萌芽更新や再造林により再生が進められています。しかし、風あたりが緩和され土壌が肥沃化した場所では、クロマツやニセアカシアなどパイオニア樹種から他の広葉樹へ

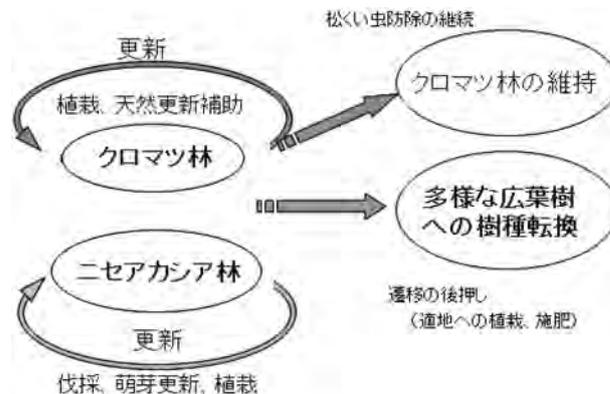


図-4 海岸林の管理方針

遷移のステージが移ろうとしています。この流れを元に戻しパイオニア樹種で再生させるのか、流れを促進させるため樹種転換を進めるのか、将来を見越した対応が必要です(図-4)。この決定には、現場の海岸林の樹種構成、健全程度、立地環境などの把握、工事や管理に必要な経費、労力の試算、そして地域住民との海岸林の目標の共有が必要となります。今後も海岸林の将来の姿をめぐり、われわれ県の研究機関は行政と地元住民とともに、現地を見極め、多様な技術的支援に取り組んでいきたいと思っています。

引用文献

藤井義晴・石川恵理・浦口晋平・渡辺 泉・星野義延(2009) ニセアカシアのアレロパシー。ニセアカシアの生態学。237-254。文一総合出版。東京。

苅住 昇(1979) 樹木根系図説。誠文堂新光社。858～859。

八神徳彦・千木 容(2002) 衰退ニセアカシア林の萌芽更新。石川県林業試験場研究報告 33:1-2。

八神徳彦(2005) 石川県における海岸林植生と樹種転換に適した樹種の選定。石川県林業試験場研究報告 37:1-8。

八神徳彦(2007) 海岸ニセアカシア林の衰退と伐採強度による萌芽更新への影響。石川県林業試験場研究報告 39:49-52。

八神徳彦(2010) 海岸砂丘地におけるニセアカシアの再造林事例。中部森林研究 58:49-50。

八神徳彦(2013) 高密度に天然更新したクロマツ稚樹に対する除伐と地掻きの効果。中部森林研究 61:81-82。

木質材料の難燃性・耐火性をはかる

原田 寿郎 (はらだ としろう、(独) 森林総合研究所)

はじめに

建築物のどの部分にどのような材料が使用できるかは建築基準法や関連する政令、告示で定められています。火災時の避難安全性や建築物の火災安全性を確保するため、建築材料として木質材料を使用する場合には、所定の難燃性能や耐火性能の付与が求められることがあります。求められる性能は、建築物が建設される場所や、規模、用途などによって異なります。

壁や天井などの室内側に張られる、壁紙やボード類などの内装材料については、通常の戸建て住宅では、燃え難い材料の使用が求められるケースはまれですが、一定規模以上の劇場、病院、共同住宅、百貨店、飲食店といった特殊建築物の居室や通路の壁、天井は内装制限を受け、着火し難く、例え着火しても燃焼が継続し難い材料を用いなければなりません。難燃性のグレードは、不燃材料、準不燃材料、難燃材料の3種類に区分され、それぞれ使用できる範囲が決まっています。

一方、柱・梁・壁・床といった構造材料については、材料が燃えやすいかどうかではなく、火災時に、建築物が延焼したり、倒壊したりするのを防ぐ性能が求められます。郊外にある2階建て程度の住宅では、木造住宅が建てられないほどの耐火性能は求められませんが、3階建ての戸建て住宅や共同住宅では準耐火構造の性能が、共同住宅を除く3階建て以上の特殊建築物や防火地域にある3階建て以上あるいは延べ床面積が100m²を超える建物、準防火地域にある4階建て以上あるいは延べ床面積が1500m²を超える建物、防火・準防火地域以外にある4階建て以上あるいは延べ床面積が3000m²を超える建

物では耐火構造の性能が必要となります。また、耐火構造は建物の階高等によって、必要とされる性能が1時間耐火構造、2時間耐火構造、3時間耐火構造に区分されています。

内装材料に求められる難燃性能を測定する技術

内装材料の難燃性の評価には、ISO5660に規定されるコーンカロリメータと呼ばれる装置が用いられます(写真-1)。この装置は、電気スパーク(口火)の存在下で、ロードセル上におかれた試験体(試験体寸法:10cm×10cm×厚さは任意)の表面に円錐状のヒータから一定強度の放射熱(性能評価試験では50kW/m²)を照射して着火するまでの時間や燃焼試験中の排気ガス中の酸素濃度、排気ガスの圧力・温度、試験体重量等を測定し、測定結果から発熱速度等が計算されます。発熱速度の計算は酸素1kgが消費されるとき約13.1MJの発熱量があるとする酸素消費法¹⁾に基づいており、計算式は次式のとおりです。

$$q(t) = (\Delta h_c / r_0)(1.10)C \sqrt{\frac{\Delta p}{T_c}} \frac{x_{O_2}^0 - x_{O_2}}{1.105 - 1.5x_{O_2}} \quad (1)$$

ここで $q(t)$ は加熱時間 t (s)における発熱速度(kW)、 $\Delta h_c / r_0$ は材料が燃焼するとき酸素消費量1kgに対して放出される熱エネルギーで 13.1×10^3 (kJ/kg)、 C はキャリブレーション定数で0.040~0.046(m·kg·K)^{1/2}、 Δp 、 T_c は排気管に設置したオリフィスマーターを通る排気ガスの圧力(Pa)と温度(K)であり、 $x_{O_2}^0$ および x_{O_2} は酸素濃度の初期値(約0.2095)および燃焼中の酸素濃度です。

不燃材料、準不燃材料、難燃材料に求められる性能は、通常の火災における加熱が加えられた場合、それぞれ、20分間、10分間、5分間、①燃焼しないものであること、②防火上有害な変形、溶融、き裂その他の損傷を生じないものであること、③避難上有害な煙又はガスを発生しないものであること(建築物の外部仕上げに使用するものは除く)とされています。①、②がコーンカロリメータで評価され、加熱時間の総発熱量が8MJ/m²以下であること、発熱速度が10秒以上継続して200kW/m²を超え

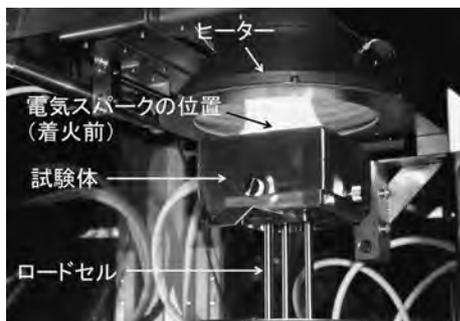


写真-1 コーンカロリメータ試験

ないこと、裏面まで貫通する亀裂、穴、著しい収縮を生じないことが判定基準となっています。③については、燃焼ガスをマウスを入れたチャンバーに引き入れ、その行動停止時間を計測するガス有害性試験が行われています。いずれの試験も、試験方法や判定基準は指定性能評価機関の業務方法書に定められています。木材の難燃化ではリン酸系やホウ酸系の薬剤の水溶液を減圧・加圧法により木材中に注入する手法が一般的で、このような手法により、多くの木質材料が、不燃材料や準不燃材料の国土交通大臣認定を取得しています²⁾。

構造材料に求められる耐火性能を測定する技術

柱、梁、壁等の構造材料の耐火性能は、柱では長さ約3m、梁では長さ約6m、壁では約3m×3mのいずれも実寸法の試験体を柱炉、水平炉、壁炉にセットし、試験体に所定の荷重を載荷しながら、炉内温度を火災時の室内温度を想定したISO834に規定された(2)式で表される標準加熱温度曲線(図-1)となるようコントロールした加熱試験を行って評価されます(写真-2)。

$$T = 345 \log(8t+1) + 20 \quad (2)$$

T : 温度(°C)、 t : 時間(分)

性能評価における判定基準は、試験体が壊れないこと(非損傷性)、壁、床についてはさらに非加熱面側に貫通する炎が無いこと(遮炎性)、試験体の裏面温度上昇が、平均で140K以下、最高で180K以下であること(遮熱性)となっています。試験方法や判定基準は指定性能評価機関の業務方法書に定められています。

なお、建築物の延焼防止を目的とする準耐火構造(45分準耐火構造、1時間準耐火構造)では、45分間あるいは1時間で試験終了となりますが、火災終了時まで建物が倒壊しないことを求める耐火構造では、所定の加熱終了後も載荷状態のまま試験体を高温の炉内に放置して性能評価を継続することとされています。コンクリートや鉄などの不燃材料の場合はその時間は加熱時間の3倍時間までですが、木材のような可燃材料の場合は、さらに試験時間を延長して、自然に炎が消え、構造上必要な断面が残存していることを確認しなくてはなりません。準耐火構造では木材の断面を大きくとれば、試験時間中に壊れな

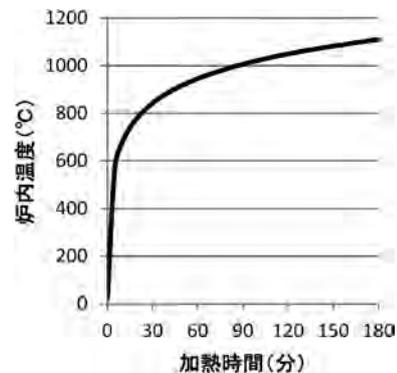


図-1 ISO834に規定された標準加熱温度曲線



写真-2 水平炉での梁の耐火試験

い材料とすることは難しくありませんが、木質材料で耐火構造の認定を受けるためには、自然に炎が消える「燃え止まり」性能が必要となることから、木材が現れる部分を石膏ボード等で被覆する、木材が試験後に燃え止まるよう内部にモルタルや難燃処理した木材を配置する、H型鋼などの鋼材と組合せるといった工夫が行われています³⁾。

引用文献

- 1) Huggett C (1980) Estimation of rate of heat release by means of oxygen consumption measurements. Fire and Materials 4: 61-65.
- 2) 原田寿郎 (2013) 木材の防火処理とその現状. 住宅と木材 36(430): 19-23.
- 3) 原田寿郎 (2012) 2000年の建築基準法改正以降の木質防耐火研究の変遷. 木材工業 67(1): 2-7.

記録

日本森林学会における男女共同参画の実態 「第3回科学技術系専門職の男女参画実態調査」の結果より

石崎 涼子 (いしざき りょうこ、日本森林学会男女共同参画主事)
太田 祐子 (おおた ゆうこ、日本森林学会男女共同参画理事)

1. はじめに

男女共同参画学協会連絡会(以下、学協会)は、自然科学分野における男女共同参画の推進を目的として、理工系の学協会の男女共同参画担当者らによって2002年に設立された組織である。現在、正式加盟学協会は52団体、オブザーバー加盟学協会が30団体である。学協会が、加盟学協会の会員に対して約5年に一度実施するアンケート調査「科学技術系専門職における男女共同参画実態調査(以下、大規模調査)」は、回答者数が1万人を超える日本最大級の自然科学系研究者の実態把握調査であり、学協会の主要な活動の1つとなっている。

日本森林学会は、2004年より学協会に加盟、2007年に学協会が実施した第2回調査に参加した。これに先立つ2005年には、森林学会で独自の実態調査も行った。

本稿では、2012年11月に実施された第3回大規模調査における日本森林学会の会員の回答の特徴をみていきたい。なお、学協会の解析報告書は、学協会HPよりダウンロードできる(<http://annex.jsap.or.jp/renrakukai/enquete.html>)。また、2007年の第2回大規模調査の森林学会会員の回答概要は、本誌54号に掲載されている。詳細な報告資料および2005年の独自調査の概要は、日本森林学会HPに掲載しているので、併せてご覧いただきたい。(<http://www.forestry.jp/introduction/>)

2. 回答者の概況

森林学会会員の回答者数は、男性239名、女性77名、計316名であり、2012年9月27日現在で森林学会会員名簿に登録されている2,200名の14%にあたる。

男女別、年齢別の回答者数を会員名簿データと比較すると(表-1)、ほとんどの年齢層で男性より女性の回答率が高く、特に30歳代後半から40歳代の女性では回答率が高い。

回答者の最終学歴は、学部卒が男女とも12%と同率だが、大学院卒業者は博士課程修了者が男性で65%(学協会では67%)、女性で73%(同58%)である。また、学位取得状況は、女性83%(同67%)、男性80%(同75%)と両者とも学協会の割合より高い。年代別にみると、男女とも30歳代までは課程博士が多く、論文博士は40歳以上で増えてくる。博士課程修了者や学位取得者の割合が男性より女性で高い点は、学協会全体の結果とは異なる森林学会の特徴といえる。

なお、学協会全体では回答者に占める研究・教育職の割合が8割程度で技術職も一定程度含まれているが、森林学会の場合は9割が研究・教育職となっている。

森林学会会員回答者の所属機関は、国立大学(男性の34%、女性の49%)と公的研究機関(男性の51%、女性の36%)に集中している点に特徴がある。

第2回調査と比較すると、国立大学に所属する女性の割合が1割ほど増えている。大学所属の会員の現在の役職をみると(図-1)、男性は准教授、教授に集中しているのに対して、女性は助教とポストドクに集中している。第2回調査と比較すると、この5年間に国立大学で、女性のポストドクが増加するとともに、助教としての女性教員の採用が進んだことがわかる。一方、公的

研究機関に所属する者の現在の役職をみると(図-2)、女性比率はポストドクで高い一方で、グループ長以上の役職では女性が大幅に少ない。これらの傾向は、第2回調査と類似している。

女性比率という観点でみると、国立大学では助教や講師以下、公的研究機関では主任研究以下の役職ではかなり増加しているが、指導的な立場の役職においては、今なお低位に止まっている。

男女別、年齢別の年収をみると(図-3)、各年齢とも女性で低く、特に40歳代後半の世代は男性の平均年収の約7割と差が大きい。これは、当該世代の女性に年収200万円ほどの任期付き職が含まれること、その一方で当該世代の男性では半数を占める800万円以上の年収取得者が女性にはいないことによる。

第2回調査の結果と比較すると、40歳代後半以降の男性と30歳代後半の女性の平均年収が大きく減少している。40歳代後半の世代で男女差が最大になるという傾向に変化は無いが、男性の平均年収が減少している分、格差は縮小している。

表-1 男女別、年齢別の回答者

	会員数		回答者数		回答率	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性
20歳代	221	91	16	12	7%	13%
30歳代前半	151	53	41	15	27%	28%
30歳代後半	191	69	43	27	23%	39%
40歳代前半	225	36	38	13	17%	36%
40歳代後半	160	19	34	7	21%	37%
50歳代前半	134	6	29	0	22%	—
50歳代後半	135	5	26	2	19%	40%
60歳代	110	4	10	1	9%	25%
70歳以上	55	0	2	0	4%	—
全体	1,382	283	239	77	17%	27%

注:「会員数」は、2012年9月27日現在の会員名簿データによる。年齢、性別が不明なものを除いた数。

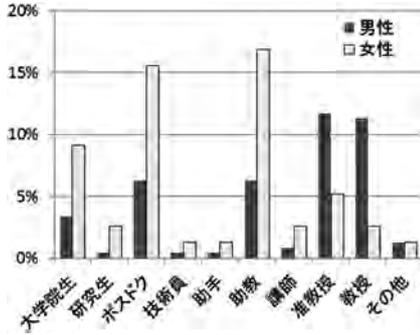


図-1 大学所属の会員の役職
注：男女別の全回答者数に対する割合。

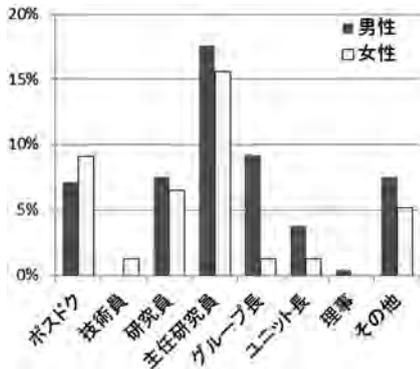


図-2 公的研究機関所属の会員の役職
注：男女別の全回答者数に対する割合。

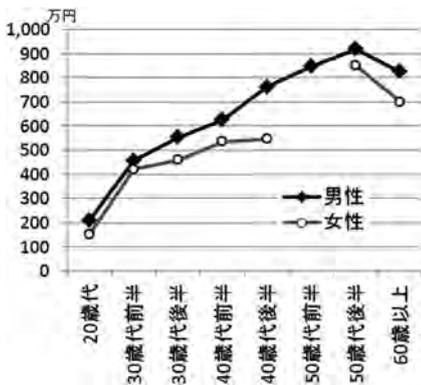


図-3 年齢別にみた現在の平均年収
注：50代前半女性の回答はなし

3. 任期つき雇用

任期つき雇用者は（表-2）、女性回答者の42%、男性回答者の24%を占めている。任期は1年から6年までであるが、平均は3年である。任期つき雇用者は、30歳代前半男性の72%、同女性の80%、30歳代後半男性の28%、同女性の37%と男女とも30歳代に多い。40歳代になると男性の任期つき雇用者は4%まで減るが、女性は25%と依然として高い。

表-2 現在の雇用形態

	任期あり	任期なし	学生
男性	24%	72%	3%
女性	42%	47%	12%

表-3 雇用形態別の平均年収（万円）

	任期あり	任期なし	学生
男性	490	723	118
女性	315	624	100

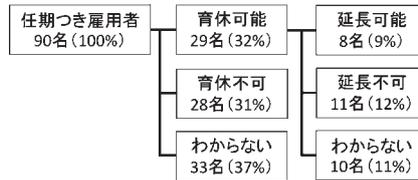


図-4 任期つき雇用者の育休制度

任期つき雇用者のうち、再任可能な場合は27%、不可の場合が40%、再任回数に制限がある場合が9%、未定の場合が24%である。

男女とも任期つき雇用者の任期つき職在職合計年数は平均5年であり、任期つき職として所属が変わった回数は平均で2回となっている。

任期つき雇用者の平均年収は、任期なし雇用の平均年収より低い（表-3）。とりわけ、任期つき雇用の女性の平均年収は、任期なし雇用の女性の半分、任期なし雇用の男性の44%と極めて低く、同じく任期つき雇用の男性と比較しても平均年収がその64%に止まっている。

任期つき雇用者の育児休業制度についてみると（図-4）、休業可能な者が3割おり、さらにその育休期間分の任期が延長可能な場合は全任期つき雇用者の1割をきる。育休制度については、分からないと回答する者が多く、任期つき雇用者の育休制度は、未整備かもしくは周知されていないケースが多いことがわかる。また、男女別には、任期つき雇用者のうち育児休業制度があると回答する者は男性で36%、女性で25%、無いと回答する者は男性で26%、女性で41%と、男性の方が育児休業制度の整っている職にある場合が多い。

任期つき雇用者の人事公募への応募経験回数は平均10回、18%は20回以上の応募経験があり、最多で80回の応募

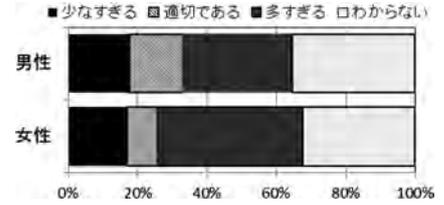


図-5 現在のポストドク数の評価

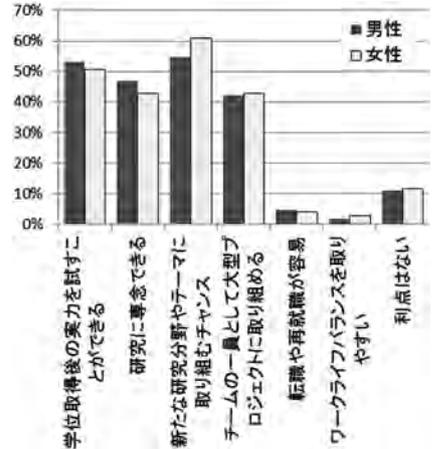


図-6 現在のポストドク制度の被雇用者による利点（複数回答）

経験者もいる。任期なし雇用にある者の平均応募回数が3回であることと比較しても、任期つき雇用者の人事公募への応募が極めて多いことが分かる。

4. ポストドク制度

ポストドクは、図-1、2でみたように、現在の森林学会会員、とくに女性会員の主要な役職の1つとなっている。

所属する分野の現在のポストドク数の評価は（図-5）、5年前の第2回調査と大きく変化している。第2回調査では、最も多い回答が「少なすぎる」であったのに対して、今回の調査では、「多すぎる」と回答する者が男性で31%、女性で42%と最多になっている。学協会全体の結果でも同様の変化がみられる。

現在のポストドク制度の被雇用者にとっての利点をみると（図-6）、研究に関わる項目では4~6割の回答者が利点にあげる一方で、キャリア形成やワークライフバランスに関する項目では利点にあげる者が5%をきっており、両者の差が激しい。研究面で最も多くの者が利点にあげているのは、「新たな研究分野やテーマに取り組む機会となる」（男性55%、

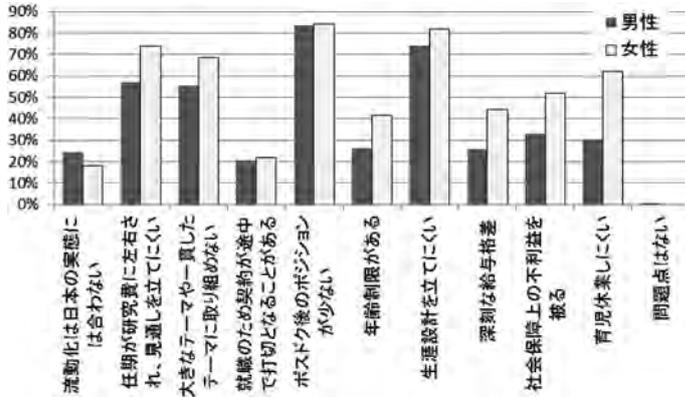


図-7 現在のポストドク制度の問題点 (複数回答)

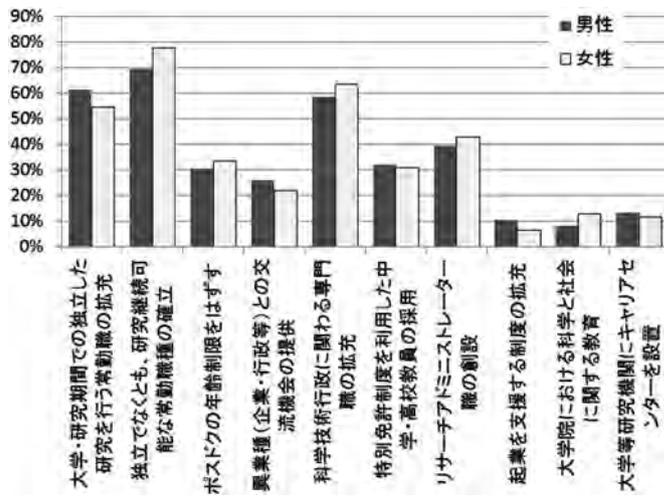


図-8 ポストドク後のキャリアパス確保に必要なこと (複数回答)

女性 61%) であり、この項目は 5 年前の調査よりも多くの者が選択している。一方で、「利点はない」とする者も男性で 11%、女性で 12% いる。

一方、ポストドク制度の問題点については (図-7)、「問題点はない」とする者がほとんどおらず、「ポストドク後のポジションが少ない (男女とも 84%)」、「生涯設計を立てにくい (男性 74%、女性 82%)」といったキャリア形成に関わる問題点の指摘が最も多い。また、男女間で差が大きい項目も数多くみられる。育児休業の問題 (男性 31%、女性 62%)、社会保障上の不利益 (男性 33%、女性 52%)、深刻な給与格差 (男性 26%、女性 44%)、任期が研究費に左右され見通しを立てにくい (男性 57%、女性 74%)、年齢制限 (男性 26%、女性 42%) など、いずれも女性による指摘が大幅に多い。具体的な雇用条件や制度の問題が多く、

これらの問題に対する意識が当事者か否かで大きく異なることを反映したものと推察できる。

キャリアパスの確保に必要なこととして最も多くの者が指摘するのは (図-8)、常勤職の確保、拡充や科学技術行政に関わる専門職の確立である。「科学技術行政に関わる専門職の確立 (男性 59%、女性 64%)」や「研究・教育を中心とせず、研究をサポートするリサーチ・アドミニストレーター職 (サイエンスコミュニケーター職等) の創設 (男性 40%、女性 43%)」は、学協会の回答率より高く、森林学会においては多様な職形態の可能性を考える者が多いと考えられる。

5. ワークライフバランス

森林学会の回答者の年齢別の既婚率 (配偶者がいる者の割合) は、男女間に

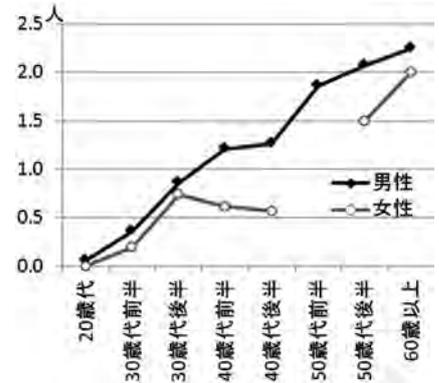


図-9 年代別の子どもの数

注: 50代前半女性の回答者はいない。

ほとんど差がなく、40歳代後半以降の既婚率の男女差が目立つ学協会全体の結果とは異なる特徴をみせている。だが、年代別の子どもの有無や子供の人数 (図-9) をみると、30歳代後半までは男女差がほとんどみられないものの、40歳代には男女差がはっきり現れている。子どもの数が3~4人いる者は、男性の13%に対して女性は5%と少ない。

子どもの数が理想より少ない場合の理由としては (図-10)、女性では「育児とキャリア形成の両立」をあげる者が最も多く、男性では経済的理由をあげる者が最も多い。「育児とキャリア形成の両立」をあげる者の割合は、男女間での差が大きく、この項目を選択する女性の割合は男性の3倍に及ぶ。一方、経済的理由をあげる者の割合は、男性の方が高いが、学協会全体の結果と比較して、森林学会会員の回答の男女差は小さい。

育児休業の取得状況を見ると (表-4)、子どものいる女性の8割が取得しているのに対して、男性は6%に止まる。育児休業の取得期間は、男性の取得者で平均2ヶ月、女性の取得者では平均8ヶ月となっている。休業後は、男性の休業取得者では全員が休業前と同じ職務を継続しているが、女性の休業取得者のなかには、「職場の指示により職務が変わった」とする者、「昇級・昇進が遅れた」とする者も1名ずついる。

また、「休業したが希望どおりではなかった」もしくは「休業しなかった」者にその理由をたずねると (図-11)、男性において「必要がなかった」とする者

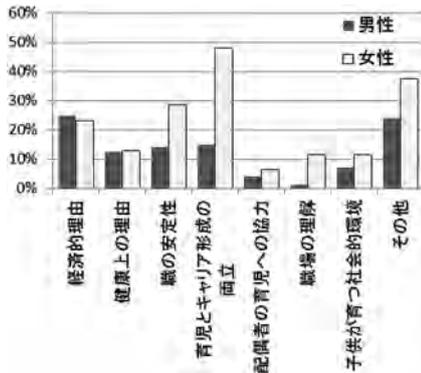


図-10 子どもの数が理想より少ない理由 (複数回答)

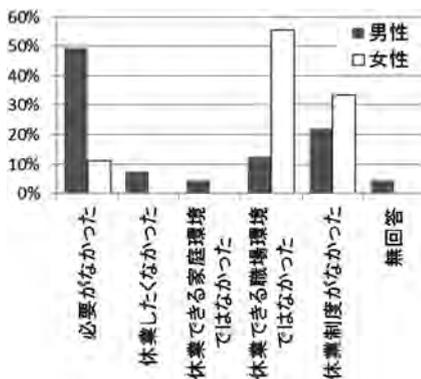


図-11 (希望どおりに) 育児休業を取得しなかった理由

は半数に満たず、4割は家庭環境、職場環境、制度の欠如のいずれかを選択している。「休業制度がなかった」と回答する者の7割は50歳代以上であり、時代が遡るほど制度が未整備なケースが多かったものと思われる。一方、「休業できる職場環境ではなかった」とする者は、30歳代、40歳代が多い。育児休業制度があっても使いにくい職場環境が今なおあるものと考えられる。

これまで家族に介護・看護の必要な人がいた者の割合は、24%で、男女差はほとんどない。

配偶者との別居経験の有無については、男性で38%、女性で53%が「あり」と回答しており、学協会の数値より高い。通算で1～3年の別居経験者が多いが(男性の18%、女性の17%)、なかには10年以上に及ぶ別居経験者もいる(男性の2%、女性の3%)。

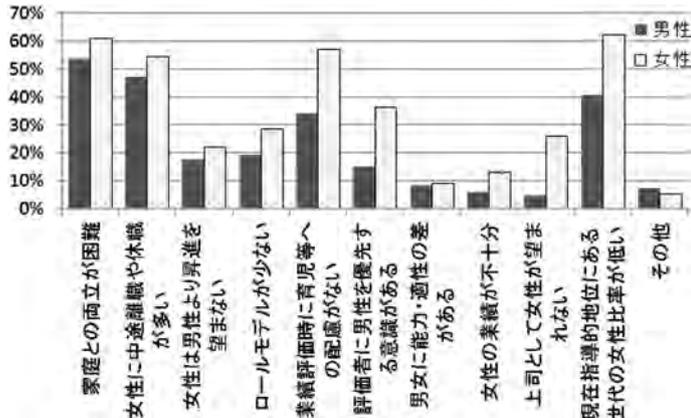


図-12 指導的地位になるほど女性比率が低い理由 (複数回答)

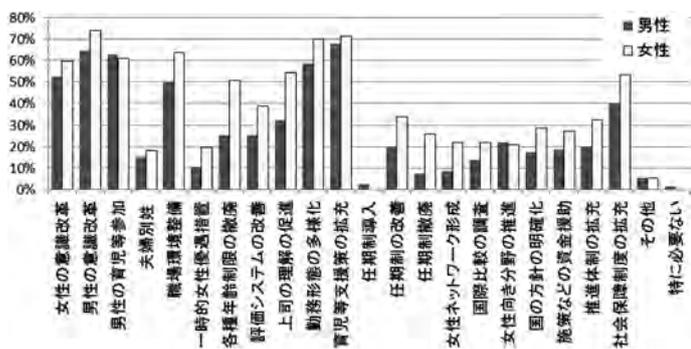


図-13 男女共同参画社会の推進のために今後必要と思われること (複数回答)

表-4 育児休業の取得状況

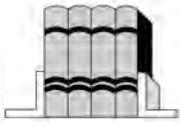
	子どもありの人数	希望どおり休業した	希望どおりでは無い	休業したが希望どおりでは無い	育児休業しなかった
男性	146	7	5%	2	134 92%
女性	24	15	63%	4	17% 5 21%

6. 男女共同参画の推進のために

現在、指導的な立場にある女性が少ないことについてみると(図-12)、該当世代の女性の少なさ(男性41%、女性62%)、女性の離職・退職の多さ(男性47%、女性55%)、業績評価時の育児等への配慮の欠如(男性34%、女性57%)を多くの者が指摘している。世代の問題や業績評価の問題、評価者の男性優先意識(男性15%、女性36%)や女性上司が望まれない(男性5%、女性26%)といった意識の問題については、大幅な男女差がみられ、認識の相違が大きいことがわかる。

最後に、男女共同参画社会の推進のため

に今後必要と思われること(複数回答)についてみると(図-13)、意識改革や男性の家事・育児への参加、勤務形態の多様化、育児支援や社会保障制度の拡充、職場環境の整備などを指摘する者が多い。特に男女差が目立つのは、各種年齢制限の撤廃(男性26%、女性51%)や上司の理解の促進(男性32%、女性55%)等である。逆に選択した者がほとんどいない項目は、「任期制の導入」および「特になし」であり、一定の役職における女性比率等が改善されてきた今なお、男女共同参画社会の推進のためには、多くの課題が残されていることを示している。



ブックス

イギリス国立公園の現状と未来 —進化する自然公園制度の確立に 向けて—

北海道大学出版会、畠山武道・土屋
俊幸・八巻一成編著、2012年3月、
426ページ、5,880円(税込)、ISBN
978-4-8329-6759-5

本書は延べ9章、426ページありやや分厚い。しかし、「日本の国立公園の将来像」に少しでも興味のある人には是非とも読んでもらいたい。時間はかかるが、興味と関連知識があれば読むことに苦痛を与えない本である。特に序章、1章、2章、5章、7章などは示唆に富む。

メインタイトルには「イギリス国立公園・・・」とあるが、内容は単なるイギリスの国立公園制度の解説本に留まっていない。イギリスという国を事例としながらも、世界の国立公園を視野に入れて考察し、さらに日本の国立公園に投影させることで、将来の国立公園のあり方に一石を投じている。

森林科学の関係者には、国立公園は比較的身近な存在だと思う。自分の調査地や管理現場が、国立公園(自然公園)に指定されている場合も少なくないだろう。しかし、この様に関係深い国立公園でも、改めて「そもそも『国立公園』とは何なのか?」と問いかげられると明確に答えることは難しい。日本の国立公園は「優れた自然景観地の保全と利用」および「生物多様性の保全」をすることだ、法令どおり紋切り型の説明をすることは簡単である。しかし、現行のIUCNの保護地域カテゴリーでは、日本の国立公園はすべて“National Park”にカテゴライズされていない。一方国設鳥獣保護区など国立公園以外の場所が“National Park”に入れられている。この混乱も2014年にオーストラリアで開催される世界国立公園会議で再検討されると思うが、国立公園の概念は、国ごとに異なり、複雑怪奇で説明しがたいことを、まずは認識して頂ければ幸いである。本書はこの様な国立公園の正体の解明に真正面から研究的に取り組んだ本なのである。

本書の構成は、大まかに言えば2つの

検討事項と、1つの提言から成り立つ。検討事項の1つ目は、「イギリスの国立公園の実態をつぶさに検討する」ことにある。イギリス国立公園の歴史・制度・現状・将来について、資料調査と現地調査を組み合わせ事実をまとめ、詳しい考察を加えている。

2つ目は、1つ目で明らかにした実態をベースに、世界の国立公園制度と比較することで、イギリス国立公園の特徴を明確にする試みである。実は、「イギリス国立公園の特徴」を明確にする検討は、間接的に世界各国の国立公園制度の国ごとの特徴を浮き彫りにする作業につながる。もちろんそれは、日本の国立公園の将来像を検討する際にも有益な示唆を与える。

そして、2つの検討事項を受けて、本書は第7章では記述形式で、第8章に座談会を設けて日本の国立公園の将来展望の提言を試みている。実際の法案作成や施策立案の経験者ではないからか、提言はやや概念的で大人しい内容に留まっているが、調査自体がしっかり行われているので、この提言を一步進めて現実の制度・施策に応用することは十分可能だと思われる。

いずれにせよ、現在の日本の国立公園制度はアイデンティティクライシスに陥っている。「世界自然遺産のため・・・」、「地域活性化のため・・・」、「自然保護のため・・・」という外的要因による期待が国立公園に対して日々高まっているが、肝心の「国立公園だからこそ・・・を行う」という内発的な動機が希薄化している。環境庁が環境省に格上げになって以降、日本の国立公園制度は以前とは比べものにならない速度で変貌を遂げている。その様な状況だからこそ「そもそも国立公園はどうあるべきか」という点に着目すべきであり、本書は諸外国の事例をもとに、その課題を再考する良い機会を与えてくれると評者は考える。

田中伸彦(東海大学)

アジアの生物資源環境学 持続可能な社会をめざして

東京大学出版会、東京大学アジア生物
資源環境研究センター 編、2013年7
月、256ページ、3,150円(税込)、
ISBN978-4-13-071106-7

本書序章でまず語られていることは、「生物資源環境学」とは「生物資源学」でも「資源環境学」でもない、生物資源と環境の学問分野だということ。生物資源は再生可能であるが、そのことは必ずしも農林水産業などが常に持続的に営まれることを意味してはいない。生物資源の生産活動を、ある場の環境の影響を受け、またその場の環境に影響を与えるものとして捉えることが持続性を考える上で欠かせない。そのための研究の広がりを見せる本書は3部12章からなる論考であり、コラムを含めて17名の研究者により執筆されている。本書がカバーする専門分野は森林学、農学、水産学から地域住民と自然環境との関わり方の鏡としてのツーリズム研究まで多岐にわたっている。3つの部それぞれでの話題の集め方にはやや分かりづらく感じるところも若干あるが、一方ではいくつかの章で例えば南タイの泥炭湿地林や富士山の火山噴火により生まれた荒原などが共通の研究対象地として取り上げられ、それぞれの分野からの見方が説明されており、読者により分かり易いイメージを与えるのに役立つだっている。

いくつかの章について簡単に紹介してみると、まず第1章では「荒廃地に森をつくる」として、なぜ森林が荒廃するのか、環境造林の必要性や実施にあたっての留意点などの分析がなされており、そこから得られた指摘はいずれも極めて的確である。上手にまとまり過ぎており、なかなか実感をもちにくいというきらいもあるが、学び考えるべき示唆に富んだ内容である。第4章の「地域を保全する」というタイトルは、ツーリズムの視点から環境保全が語られている内容と直接的に結びつきにくいようには感じるが、環境は地域住民のものであるという視座に立って、住民が自然をどのように認識し、利用しているのかを知ることの重要性を説いていることは正しい。個人的には第10章「沿岸海域の環境を保全する」の中で解説される有害有毒微細藻類の生態など、さまざまな藻類により環境が有害化、あるいは藻類そのものが有毒化していくメカニズムなどが大きな興味を引いた。他にもいくつかの章でこれまではっきりとは理解できなかった用語、例えば遺伝子のQLTなど、について分かり易い説明がされていることも有り難かった。

アジアに限定してまず研究を始めると序章ではさらに述べられているが、対象地域を絞り込むことで、かえって他の様々な地域でのことを考えさせることに

成功したような印象を受けた。紙数の制限があるため各章毎にさらに知りたい点が残されてしまうことが歯がゆい。それぞれの話題についてさらに詳しく読める書籍の出版に期待する。

田淵隆一（独）森林総合研究所

多種共存の森 1000年続く森と林業の恵み

築地書館、清和研二（著）、2013年10月、280ページ、2,940円（税込）、ISBN978-4-8067-1467-5

森林は育てる時代から使う時代に来たと言われることが多くなってきた。「木を使う」ために森林の伐採が行われたのちには、次世代の森林づくりを考えなければならない。本書は、私たちが次に作るべき森づくりにあたっての進むべき道について、森林や林業に少しでも興味がある方であれば理解できるようにと、多くの知見とともにまとめられている。

北海道や東北地方で長年天然の森林を見続けた筆者が感じた林業は、「天然林に眠っている大径木で儲ける」ことが第一の目的であったとしている。「植えて育てて収穫する」という人工林施業についても、単一樹種を育てる人工林の施業は、畑のような場所で木材を生産する技術でしかなく、今後の森林づくりでは研究の蓄積が増えた天然林のメカニズムを活かすべきではないかと指摘する。

本書で紹介されている中で興味深い事例が、無間伐のトドマツ人工林における74年間の調査記録である。20年生時から無間伐で育て、最多密度に達したトドマツ林が、60年生を過ぎたころから、本数の減少に加えて材積の増加も鈍り、樹冠が小さくなって衰退し、74年目に台風が現地を襲い、上木のトドマツが壊滅的な被害を受けたというのである。単純にみれば、間伐などの保育がいかに重要であるかを示唆する事例とも言えるが、筆者は壊滅的な被害を受けたトドマツ林の林床に着目する。林床にトドマツの稚樹に混じってヤチダモやミズナラを始め多くの広葉樹が生育していたというのである。筆者は、このような事例はまだまだ珍しいことかもしれないと考えてはいるものの、人工林であっても種の多様性を高めることが望ましいとする事例として紹介している。

加えて天然林で一斉林が形成されたとしても、地形的条件や親木が保有する病原菌の影響により樹冠下の実生が健全に成長できないことがあるなど、長期間の一斉林は維持されにくいとしている。そして、日本の森林は針葉樹と多種の広葉樹が混交する針広混交林が最適ではないかと結論づけ、針葉樹林を針広混交林へ誘導する取組も紹介されている。

針広混交林が育成されたとしても、地域で活かさなければ意味がない。筆者はこの例として、多様な広葉樹で家具を作っている建具屋さんを紹介している。彼が造った、3列7段計21個の引き出しの前板に種類が異なる木を用いたタンスは、筆者が勤める大学のオープンキャンパスで展示し、女子高校生や若い大学職員に評判になったことを紹介している。タンスに使われた数多くの広葉樹が、若者に高い評価を受けた家具に変貌した姿を見るにつけ、種の多様性を基軸にした森林管理が今後の林業を進めるうえで重要なキーワードであり、多種多様な広葉樹が生える日本では、あらゆる広葉樹を上手に利用することが必要であるとまとめている。

全国の森林を見ても、間伐が中心で、主伐はこれからという雰囲気かもしれないが、次の世代の森林づくりを行う時代は近づいている。それだけに「自然がつくる真の効率的なメカニズムを科学的にしっかりと解明して、それを利用する技術が真の科学技術であろう。」という筆者の想いは、次の森林づくりの際に共通理解しておく言葉ではないかと思う。

小山泰弘（長野県林務部）

実用 木材・木質材料小事典

東洋書店、梶田 熙、今村祐嗣、川井秀一、則元 京、杉山淳司、藤井義久、古田裕三 編著、2013年8月、280ページ、2,940円（税込）、ISBN978-4-86459-129-4

少し前になりますが、NHKで日本の林業を考える番組があり、その中で日本との対比でドイツ的林業を紹介していました。ドイツでは木材需要に合わせた木材の生産を行っており、フォレスターが林業と木材産業の間をコーディネートしているということでした。産業は需要と

供給とのバランスで成り立つものであるので、当たり前のことのようにですが、我が国では川上と川下との連携はなかなかうまくっていないようです。しかし、今後は林業についてもマーケットをターゲットとしていくことは必須となると思いますので、林業サイドの方々も木材や木質材料に関する知識は益々必要となってくるでしょう。

本書は、2002年に東洋書店から発行された「木材・木質材料用語集」に最新の用語を増補して「実用 木材・木質材料小事典」として新刊されたものであり、木材・木質材料に関連する用語を五十音順に解説しています。2002年の用語集も木材に関する重要な用語が簡潔に説明されていて随分と重宝したものでしたが、今回の改訂では木材・木質材料の基本用語以外に、これに関連する重要な専門用語、環境関連用語などを取り入れ、更に図表や写真が大幅に増えたので「事典」としての利用価値が高くなっています。

ページをめくってみると、「アメリカカンザイシロアリ」、「CLT」、「コンピュータトモグラフィ」、「燃え代設計」といった最新の用語や、環境関連では「グリーンエコノミー」、「木質バイオマス」などの用語が増補されているので、日常の業務や林学や林産学系の授業で必要と思われる用語はほぼ網羅されています。また、用語集から小事典となったことで図表が大幅に増えています。例えば、「耐力壁の種類と倍率」や「木材の含水率と収縮量の関係」、「木材・木質材料の含水率測定条件」、「主な木材の収縮率、早材と晩材の収縮率」、「使用場所における木材の含水率」などの表は、コンパクトながらも必要なものが整理されていて、それを見るだけで現場ですぐに使えるように工夫されています。

附属資料として、73編の参考文献、13種類に及ぶ単位の換算表、国産材や外材の主要木材の性質一覧、欧文索引、学名があり、ちょっと調べるといった時には非常に使いやすく便利な資料です。

本書は、帯に「実務に役立つ」と銘打っているように、一般的な業務においては十分な木材・木質材料に関する項目が280ページのコンパクトな事典として納められており、その使い易さから日頃木材や木質材料を扱っている木材産業、木材流通業の方々はもちろん、林業関係や建築関係の方々、学生諸君にも便利な参考書となるものと思います。手元に置いておくのに丁度良い一冊です。

木口 実（独）森林総合研究所

新潟大生の無花粉スギ研究奮闘記

森口 喜成 (もりぐち よしなり、新潟大学大学院自然科学研究科)

スギ花粉症患者にとって、憂鬱な季節がやってきました。現在、日本人の5～6人に1人がスギ花粉症患者であると言われ、その数は年々増加しています。テレビでスギ花粉が黄色い煙のように舞う映像を目にする春には、スギは必ず悪者になります。一方で、屋久島や佐渡にはスギの巨木を求めて多くの観光客が訪れ、寺社仏閣ではスギは神木として祀られています。古来より利用されてきたスギは、成長が早く、生育適地が広く、育林技術も確立されていることから、現在も日本の最も重要な造林樹種です。そのため、私たち日本人は、これからもスギと上手に関わっていく必要があります。その鍵となるのが「無花粉スギ」です。2012年には、種子から生産した無花粉スギ苗の出荷が富山県で始まり話題になりました。

無花粉スギは、普通のスギと同じように雄花を着けますが、正常な花粉を作ることができません(種子は作ることができます)。1992年に当時富山県林業試験場におられた平英彰先生が初めて発見し、無花粉の原因となる遺伝子(雄性不稔遺伝子)が劣性遺伝子であることを明らかにしました(つまり、父親と母親の双方から雄性不稔遺伝子を受け継がないかぎり、子供は無花粉スギになりません)。後に平先生は新潟大学に着任され、その時に学生だった私が無花粉スギ(のちの新大1号)を偶然見つけたことにより、研究室をあげての無花粉スギの探索が始まりました。無花粉スギの探索は、花粉飛散期に雄花を棒で叩いて花粉が飛ばない個体を探すというかなり原始的な方法で行われます。単純な作業のように聞こえますが、花粉症患者にとっては、探索に参加した日の夜は花粉症の症状が悪化して眠れなくなるほど過酷なもので

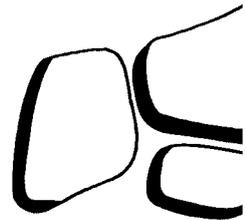
した。毎年2月に行われる無花粉スギの探索は先生が退官されるまでの7年間続けられ、最終的に12個体の無花粉スギが発見されました(新大1号～12号)。無花粉スギの出現頻度は2,500～6,000本に1本と言われることから考えると、合計で30,000～72,000本のスギを調べたこととなります(1年あたり約4,300～10,000本)。歴代の学生の研究の結果、新大3号は日本で最初に発見された無花粉スギである富山不稔1号と同じ原因遺伝子に、新大1号、5号、8号はそれとは異なる別々の原因遺伝子に起因すること、新大2号と新大10号は両性不稔(雄花だけでなく、雌花も正常に発達しない)であることが明らかになりました。

様々な無花粉スギの発見は、育種の可能性を大きく広げることにつながります。そのため、無花粉スギの探索は国や県の研究機関でも精力的に行われ、上記以外にも12個体の無花粉スギが発見されました。さらに、スギ精英樹(国が選抜し、優れた形質であると認められている個体)の中から、正常な花粉を生産するが無花粉スギの原因遺伝子をヘテロ接合体で持つ個体(片親からだけ原因遺伝子を受け継いだスギ)の探索も行われ、4個体が発見されました。これらの個体は無花粉スギの種子生産を行ううえで非常に重要ですが、探索には膨大な労力と時間がかかります。

そこで現在、新潟大学では、森林総合研究所、富山県森林研究所、新潟県森林研究所と連携し、無花粉スギの普及にかかる年月をDNA解析で大幅に短縮するべく、DNA解析による無花粉スギの識別技術の開発や新品種の作出に取り組んでいます。そのためには、まず、雄性不稔遺伝子がスギ遺伝子地図上のどこにあるのかを明らかにしなければなりません。

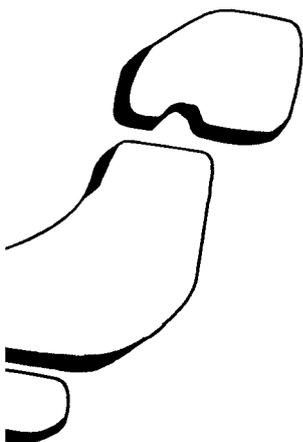
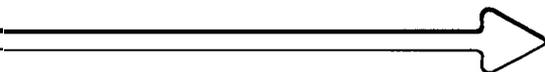
ん。これまでの研究の甲斐あって、富山不稔1号、新大1号、5号の原因遺伝子については、地図上の位置を特定することができましたが、まだまだ課題は山積しています。

北から



今子どもたちが森林と触れ合うことに対して、少なくとも本誌の読者の大半は賛同されるのではないのでしょうか。森

無花粉スギの研究に興味を持つ学生は多く、現在も学生たちが奮闘中です。今後も、多くの新潟大生が無花粉スギの研究に取り組み、新たな発見をしてくれることを期待しています。



南から

日本森林学会支部だより

です。私もプライベートでは身近な里山で子どもたちと一緒に生物観察や除伐などの活動を楽しんできました。

ところが2012年11月に岐阜県内で発生した林業体験中の小学一年生女児の死亡事故を知り、同じ年頃の子どもの持つ親として、また同様の活動を企画している関係者としても、たいへんなショックを受けました。と同時に、自身の活動についても本当に子どもの安全を確保できているのか、このままでは同様の事故がいつでも起こり得るのではないか、この事故をきっかけに子どもを対象とした森林活動が停滞するのではないか、などという疑問や懸念も沸いてきました。アクションをすぐ起こさないといけないという思いから、子どもと一緒に森林で活動している、あるいは森づくりの安全技術指導に関わっている広島県内の知人数名に呼びかけ「子どもの安全な森林活動検討会」（リーダーは齋藤一郎氏；フィールド指導者研究会 Hiroshima）を立ち上げることにしました。

キックオフとなる第一回検討会は2013年2月に座談会の形式で行われ、それぞれの活動における子どもの安全に関する事例や意見を挙げていただきました。すると「企業のCSR活動で初めて森林活動に参加する親子が最近増えている」、「禁止事項を並べるだけでは事故はなくなる」、「適正な子ども用ヘルメットを使っていない」などの現状や問題点が見えてきました。またフィールドの条件や作業内容の組み合わせの中での子どもの行動パターンを類型化して対策を整理する必要性なども議論されました。

以降1ヶ月ごとに行われた検討会では、実際の森林ボランティア活動の中での子どもの扱われ方や行動を観察したり、市販されている子ども用作業グッズを収集・評価したり、他のフィールド活動での安全ガイドラインから得られる対

策を整理するなど、さまざまな検討が行われました。並行して県内の森林ボランティア団体のネットワーク組織である「ひろしま緑づくりインフォメーションセンター」（GIC）に働きかけ、この取り組みを森づくり安全活動事業のプロジェクトに位置づけていただきました。

その成果として、「ひろしま山の日県民の集い」（2013年6月2日開催）において、子どもが参加する森林作業体験プログラムを実施する際の「安全確保対策に関する提言」も行うことができました。その内容は無理なくすぐにも対応可能であると思われる5項目、すなわち「安全管理担当を各班に置く」、「作業に関する初心者講習を開く」、「子ども用のヘルメットや手袋などの準備」、「服装の具体的で分かりやすい指示と現地での徹底」、「事前の害虫対策」についてまとめたものです。この提言はGICを通じて各会場の実行組織に周知されました。実際に、現場での観察や事後のアンケート検証によって概ね実行されたのを確認することができました。

今後は、フィールドでの実証事業を企画し子どもの安全確保対策の検証を行うとともに子ども向けの新たな森林体験プログラム開発や作業グッズ企画なども行い、それらの成果をガイドラインとして随時まとめ関係者に普及啓発していく予定となっています。既に森づくり安全技術・技能全国推進協議会へも情報提供していますが、全国で同様の取り組みをされている方がいらっしゃったら、ぜひ連携しましょう。

最後に、子どもの成長過程とそれに合ったコミュニケーションのありかたについて調べていた際に、日本サッカー協会（JFA）の育成ガイドラインで見つけた印象的かつ示唆に富む一文を挙げて拙文を締めさせていただきます。

「子どもは小さな大人ではない。」

子どもたちが安全に森林活動を行えるために

山場 淳史（やまば あつし、広島県立総合技術研究所 林業技術センター）

林での活動にはそれだけ多様な魅力があり、子どもの成長に有益なフィールドであることを皆さんはご存じだと思うから

森林科学 71

予告

特集

森林学会 100 年間の研究を振り返る (仮)

森めぐり

信州大学手良沢山演習林の路網整備 (仮)

『コミもり』という発想と挑戦 ~ 苦東・和みの森 の実践から~ (仮)

森林科学 71 は 2014 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	田中 浩 (森林総研)
委員	宮本 麻子* (経営/森林総研)
	菊地 賢* (遺伝/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)
	笹川 裕史 (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 圭哉 (育種/森林総研林育セ)
	橘 隆一 (防災/東京農大)
	吉岡 拓如 (利用/日本大)
	田中 憲蔵 (造林/森林総研)
	宮本 敏澄 (北海道支部/北海道大)
	白旗 学 (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/京都府大)
	加治佐 剛 (九州支部/九州大)

(*は主事兼務)

編集後記

私が学生で、祖母がまだ元気だった頃、一度だけ家族総出の花見をしたことがあります。それが京都の円山公園でした。枝垂れ桜の古木をはじめ種々の桜が咲き、人で賑わうなか、ふと目に留まったのは八重咲きの、雌しべが葉化した一風変わった桜。それは「普賢象」とよばれる品種でした。地元では、なにしろ隣町が“桜町”というぐらいで、ご多分に漏れずソメイヨシノばかり見て育ってきた私にとって、家族の思い出とともに、この日のことは鮮烈な印象として残っています。

あらためて今あたりを見渡せば、庭木などにも関山や鬱金など伝統的品種がちらほらと見られるのに気づきます。4月の暖かくなってきた頃に、ぼんぼりのように咲く関山などには、安らぎを覚えます。インターネットなどで関山や鬱金を調べると、「荒川堤に植えられていた」などと書かれています。荒川の堤から金八先生くらいしか連想できなかった私は、この意味がよく分かっていませんでした。編集作業をしながら、今に伝わるサクラの伝統的品種が、

いかに「かろうじて」残されてきたかあることを知り、不勉強を恥じました。

本号のサクラ特集は、数あるサクラの品種の個々について概説するものではありません。ここでは、事例を通じ、サクラの園芸品種の保全管理についての提言がなされます。とりわけ、近年の遺伝解析技術の発展によって、品種の由来や来歴、そして樹病への罹病性についての知見が整理されつつあり、桜の系統管理が新しい局面を迎えつつあることが、伝わるのではないかと思います。こうした情勢を、編集をしながら先駆けて学べることも、また楽しみでした。なお、遺伝子解析技術は日進月歩です。非モデル植物のゲノム解析が可能な時代になりつつあります。近い将来、サクラ品種の由来についても、より詳細な解明がおおいに期待されます。

大河ドラマの桜ブームは終わってしまいましたが、桜の伝統的品種のブームが今後到来する予感がしませんか。

(編集委員 菊地 賢)

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/



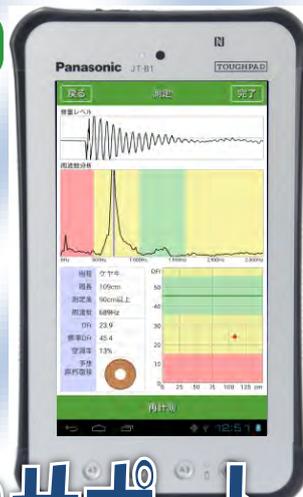
打撃音樹内腐朽簡易診断装置

ぽぽんと操作

ぽんぽん診断

ぽん太

ProVersion



樹木の腐朽診断・管理を強力サポート!

木に優しく安全

便利で簡単

- 「ぽん太」は樹木を叩いて生じる打撃音を数値化し、腐れ(腐朽)を調査する装置です。
- 今までは樹木医などの専門家しか判断できなかった打撃音を採取・数値化することで、腐朽による空洞を発見することが出来ます。

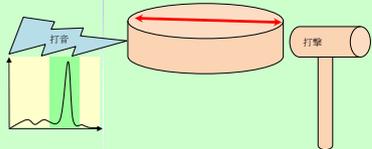
- ぽん太の端末はタブレットと同じコンパクトサイズ。なので一人で診断が可能です。
- 一本の樹木に要する検査時間は一分程度なので、手間がかかりません。
- データも簡単にパソコンで管理が行えます。

対応樹木一覧 ※平成26年1月現在

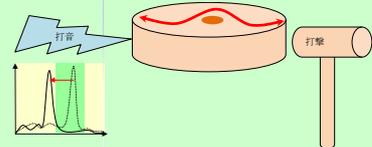
- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| ・ イチョウ | ・ ヒノキ | ・ カツラ | ・ サクラ |
| ・ アカマツ | ・ シダレヤナギ | ・ ホオノキ | ・ ナナカマド |
| ・ カラマツ | ・ ポプラ | ・ ユリノキ | ・ センダン |
| ・ クロマツ | ・ プナ | ・ コブシ | ・ ネムノキ |
| ・ ヒマラヤスギ | ・ コナラ | ・ クスノキ | ・ イロハモミジ |
| ・ モミ | ・ シラカシ | ・ タイワンフウ | ・ トウカエデ |
| ・ スギ | ・ スダジイ | ・ モミジバフウ | ・ トチノキ |
| ・ メタセコイア | ・ ケヤキ | ・ プラタナス | ・ アオギリ |
| ・ ツバキ | | | |

診断の原理

本装置は、横打撃共振法という測定原理をつかって測定・判定を行います。この測定方法は、打撃音を録音し、その音の音声波形を高速フーリエ変換(FFT)で周波数分布の解析を行います。その中の最大周波数成分の周波数を検出し、直径をかけ合わせた値を、樹種毎の標準的な値と比較することで内部異常を判定する装置です。



異常のない健全木の場合、直径方向の最長長が共振の波長となります。



ここで、内部に異常部があると異常部では振動が伝わらず、振動は異常部を迂回して伝わるため、共振の波長が長くなり、共振周波数が低くなるということが分かっています。

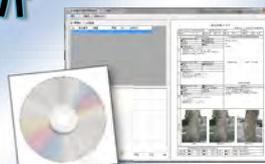
- 本装置は島根県中山間地域研究センターにより発明された「樹幹内診断方法及び装置」(特許第4669928号)を使用しています。
- 本装置の開発に当たって島根県中山間地域研究センター・一般社団法人日本樹木医会島根県支部・島根大学・東京大学・一般社団法人街路樹診断協会のご協力、ご指導をいただいております。

製品紹介



ぽん太 ProVersion (タブレット型測定装置)

携帯通信機能なし ¥252,000
携帯通信機能あり ¥273,000



Windows用データ管理プログラム

¥42,000



推奨ハンマー・セット

¥10,500

交換用電池パック

¥8,925



クレードル

¥20,475



開発・製造・販売

株式会社ワールド測量設計

〒699-0631 島根県出雲市斐川町直江 4606-1
TEL: 0853-72-0390 E-mail: ponta@world-ss.co.jp
FAX: 0853-72-9130 URL: <http://www.world-ss.co.jp>