

No. 40

森林総合研

季刊

特集

無花粉スギ

の研究最前線



1 特集 無花粉スギの研究最前線

研究ディレクター 根田 仁

◆ これまでに見つかった色々な無花粉スギ

新潟大学 大学院 森口 喜成 他

◆ 遺伝マーカーで無花粉スギを判別する

樹木分子遺伝研究領域 上野 真義 他

◆ 不定胚に由来する無花粉スギ苗の大量増殖

樹木分子遺伝研究領域長 丸山 毅

◆ 少花粉スギ品種と

無花粉スギ品種の開発に取り組む

林木育種センター 育種部長 星比呂志

◆ ゲノム編集で無花粉スギを作る

樹木分子遺伝研究領域 西口 満

12 研究の“森”から

◆ 山菜の放射性セシウム濃度について

分かってきたこと

― 濃度の高い山菜を採らないために ―

植物生態研究領域 清野 嘉之

◆ 日本人の木へのこだわりは産業も動かした

北海道支所 嶋瀬 拓也

16 森林講座瓦版

地球とヒトを彩る12の土

立地環境研究領域 藤井 一至

18 自然探訪

発熱する植物ザゼンソウ

森林防災研究領域 岡野 通明

20 インフォメーション

◆ 森林講座のお知らせ

◆ 多摩森林科学園の魅力

◆ 森林総合研究所研究報告

無花粉スギ

の研究最前線

研究ディレクター 根田 仁

日本の森林面積は、国土の約3分の2の2508万haです。森林の約4割の1029万haは人が植えた人工林で、その主な内訳は、スギが44%、ヒノキが25%、カラマツが10%となっています。これらの人工林は、木材生産のほか、水源涵養^{かん}、土砂災害防止、地球環境保全、保健・レクリエーションなどの多面的機能を発揮し、私たちの貴重な財産となっています。

その中でスギは、日本の代表的樹木にふさわしい特質を持ち、日本人の生活・産業と深く関係してきました。万葉集には「いにしえの 人の植えけむ 杉が枝に 霞たなびき 春は来ぬらし」と詠まれ、古くから親しまれています。そして、スギは、建築材、土木材、舟材、器具材など、幅広い用途で利用され、重要な樹種として扱われてきました。

反面、スギは、その花粉が原因でアレルギーを引き起こすことが問題となっています。花粉症のメカニズムは、他の要因との複合作用でもあるとされ、まだ十分に解明されていませんが、早急な対処が求められており、森林総合研究所でもそのための試験研究・技術開発を行ってきました。スギ花粉形成・飛散予測、微生物を利用した制御、そして無花粉スギの品種開発です。

本特集では、無花粉スギ研究の最新線情報をお届けします。無花粉の原因となる遺伝子を特定し、その遺伝子を持ったスギを判別して苗を大量増殖するための技術を開発しました。さらに、良い成長特性も兼ね備えた品種を育成し、実用に結びつけることに成功しました。今後、新たに植えるスギは無花粉品種を増やしていくことにより、花粉症対策に貢献していきます。



スギ人工林(愛媛県民有林)59年生(提供:宮本和樹氏)



写真1 無花粉スギの探索の様子

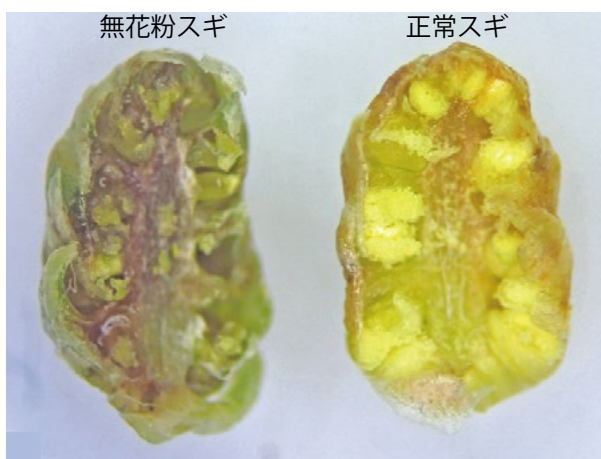


写真2 無花粉スギと正常なスギの雄花断面
正常スギでは、花粉の粒がはっきり確認できる。

これまでに見つかった 色々な無花粉スギ

無花粉スギは1992年に、当時富山県森林研究所の研究員だった平英彰博士により、富山県内で初めて発見されました。それ以来、日本各地で無花粉スギの探索が精力的に行われ、これまでに約20個体が発見されています。無花粉スギの探索方法は、まず、2月～4月の花粉飛散期にスギの雄花を棒で叩き、花粉の飛散を目視で確認します（写真1）。次に、花粉が飛散しなかったスギの雄花の顕微鏡観察（写真2）を行うとともに、種子から子孫を育て、無花粉スギが出現するかを調べます。自然界には数千本に一本の割合で無花粉スギが存在すると推定されていますが、それを探し出すのは非常に手間のかかる大変な作業なのです。

新潟大学

大学院自然科学研究科 森口 喜成

林業研究部門 樹木分子遺伝研究領域

樹木遺伝研究室長 松本 麻子

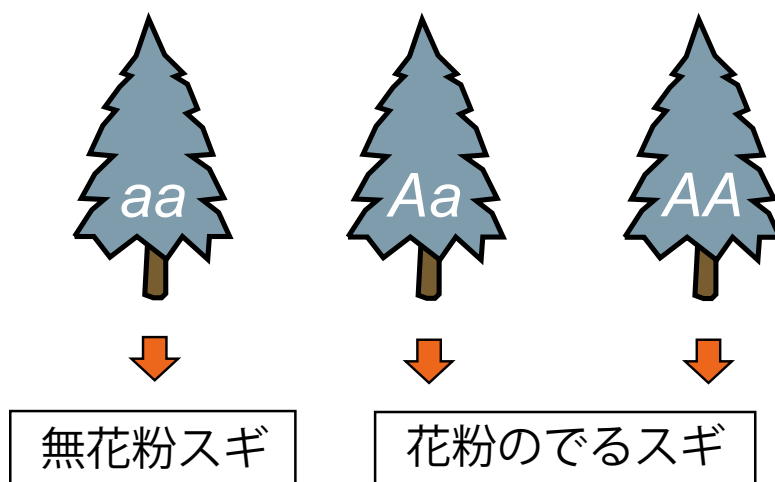


図1 aは雄性不稔遺伝子、Aはその対立遺伝子をあらわす。父親と母親のどちらからもaを受け継いでいるaaのスギだけが無花粉になる。

スギが無花粉になることは、遺伝子の変異が原因となって起きる現象であることがわかっています。図1のように無花粉の原因となる遺伝子（雄性不稔遺伝子）を父親と母親から受け継いでペアで持つものは無花粉スギとなりますが、片方だけのスギや雄性不稔遺伝子を持っていないスギは

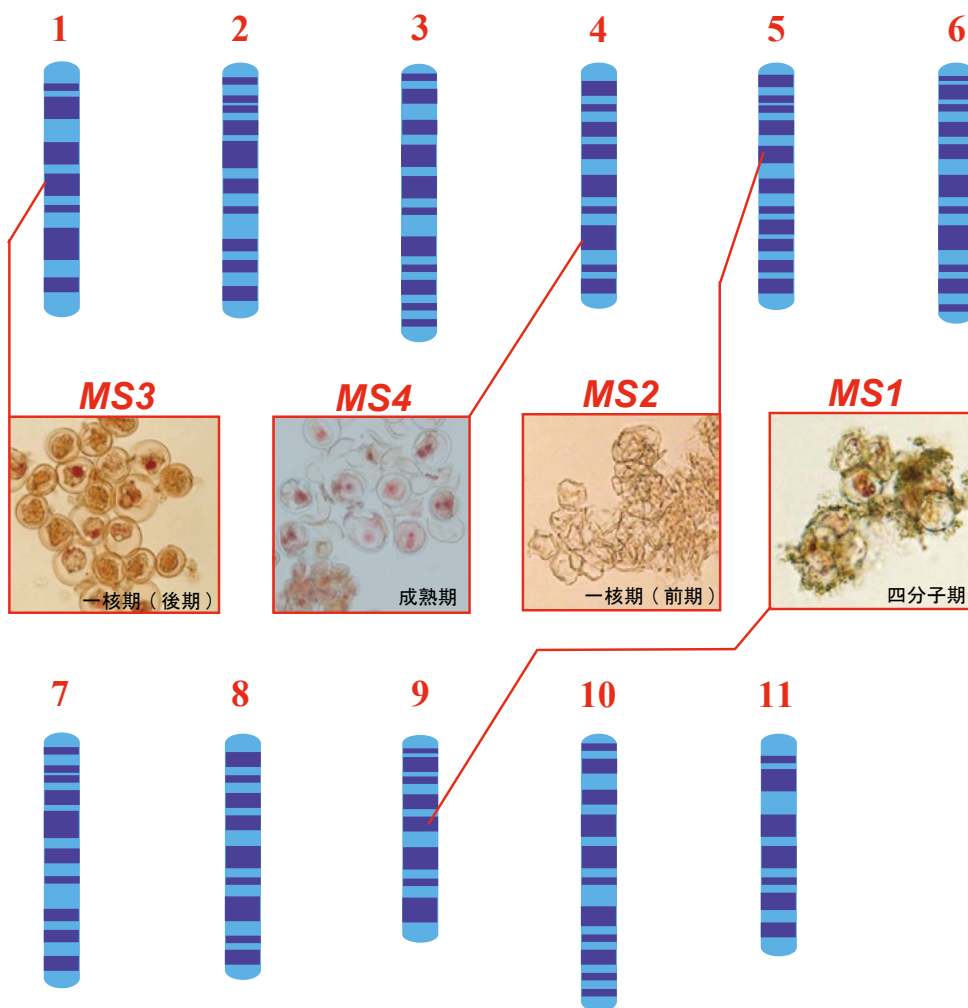


図2 4種類の雄性不稔遺伝子のスギ遺伝地図における位置。11の青いバーはスギの染色体を模式的にあらわしている。花粉が作られる過程で異常が起こる段階はそれぞれ異なり、その原因となる4種類の雄性不稔遺伝子の染色体上の位置も異なる。
(顕微鏡写真提供：吉井エリ氏、宮嶋大介氏)

花粉を飛散させます（図1）。これまでの研究の結果、無花粉の原因となる雄性不稔遺伝子が4種類（MS1～MS4）見つかっています。花粉の発達過程で異常がおきる時期はこれら4種類それぞれで違って、遺伝子の相対的な位置関係を示す地図上での位置も全て異なることが分かります。

ました（図2）。この情報を手掛かりに、現在は無花粉スギをDNA解析で識別する技術等の開発を進めています。DNA解析で多くのスギの中から無花粉スギを効率的に見つけることができれば、品種改良の幅も広がります。

遺伝マーカーで 無花粉スギを判別する

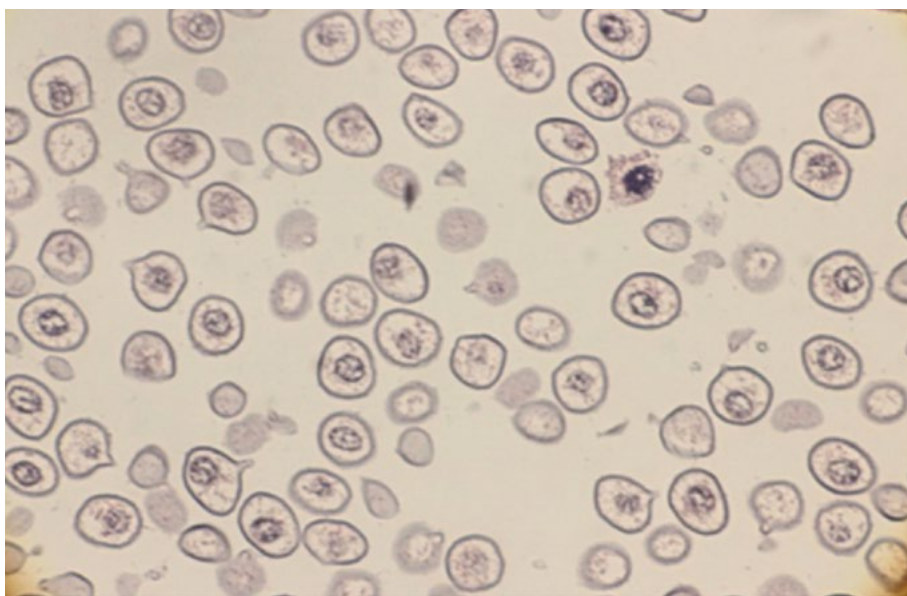
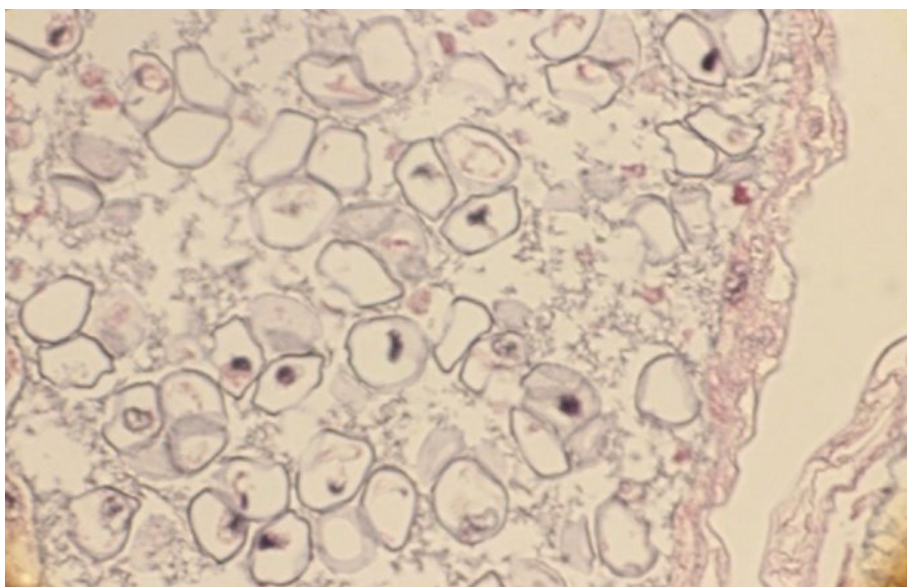


写真1

正常な個体(上)と無花粉スギ(下)の顕微鏡写真

花粉の発生途中の一つ一つの粒子は小胞子と呼ばれ、やがて成熟した花粉になります。この無花粉スギは、小胞子の段階で、すでに粒子が崩壊しているのがわかります。



林業研究部門 樹木分子遺伝研究領域

チーム長 上野 真義

新潟大学 大学院自然科学研究科

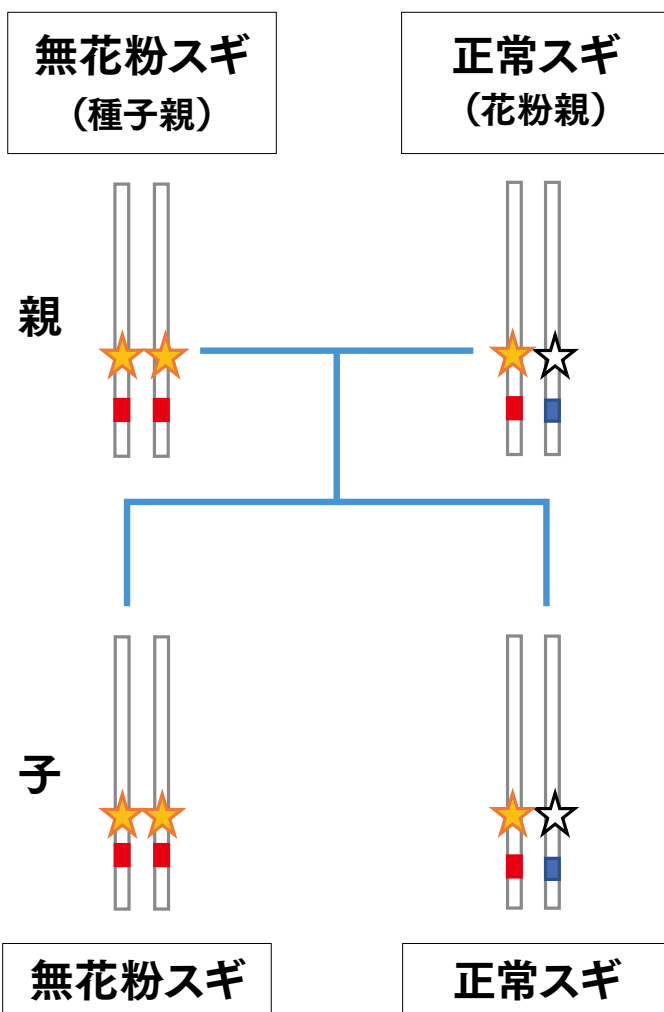
森口 喜成

林業研究部門 樹木分子遺伝研究領域

生態遺伝研究室長 伊原 徳子

スギの花粉は雄花の中で生産され、春先に飛散を始めます。しかし、無花粉スギの雄花を顕微鏡観察すると、花粉が出来るまでの過程で形態に異常がみられます(写真1)。このように花粉が正常に生産されない性質(形質)を雌性不稔と呼びますが、遺伝的に決まる形質であることが明らかになっています。

残念ながら、雌性不稔になるしくみはまだわかっていません。しかし、染色体上の雌性不稔の原因となる遺伝子の近傍に、目印となる遺伝マーカー(注1)が見つかっています(図1)。遺伝マーカーは原因遺伝子に連鎖しセットで次



★ 雄性不稔原因遺伝子（変異型・劣性遺伝）

図1 雄性不稔原因遺伝子と連鎖する遺伝マーカーの模式図

雄性不稔原因遺伝子(★)と遺伝マーカー(■)は、セットで次代に伝えられます。

世代に伝えられる確率が高いため、この遺伝マーカーを持つかどうか調べることで、無花粉スギかどうかを実生の時に判別することができます。

無花粉スギの苗木は無花粉スギを親にして生産されていますが、その中には花粉を作る個体も混じっています。しかし、この遺伝マーカーを利用することにより、実生の時に99%以上の確率で無花粉スギとなる苗木を判別することができます(図2)。現在見つかったている遺伝マーカーは、雄性不稔の原因遺伝子そのものではないために、100%の確率で無花粉スギを判別できる保証

はありません。今後の研究の進展により雄性不稔原因遺伝子の塩基配列が明らかになると、無花粉スギの判別を確実に行うことができるようになるかと期待されます。

(注1) 遺伝マーカー

ある性質をもつ個体を識別するための目印です。この無花粉スギの判別に用いる遺伝マーカーは特定の塩基配列で、その判別にはPCR法(特定の塩基配列を人工的に増幅する技術)と電気泳動法を活用しています(図2)。

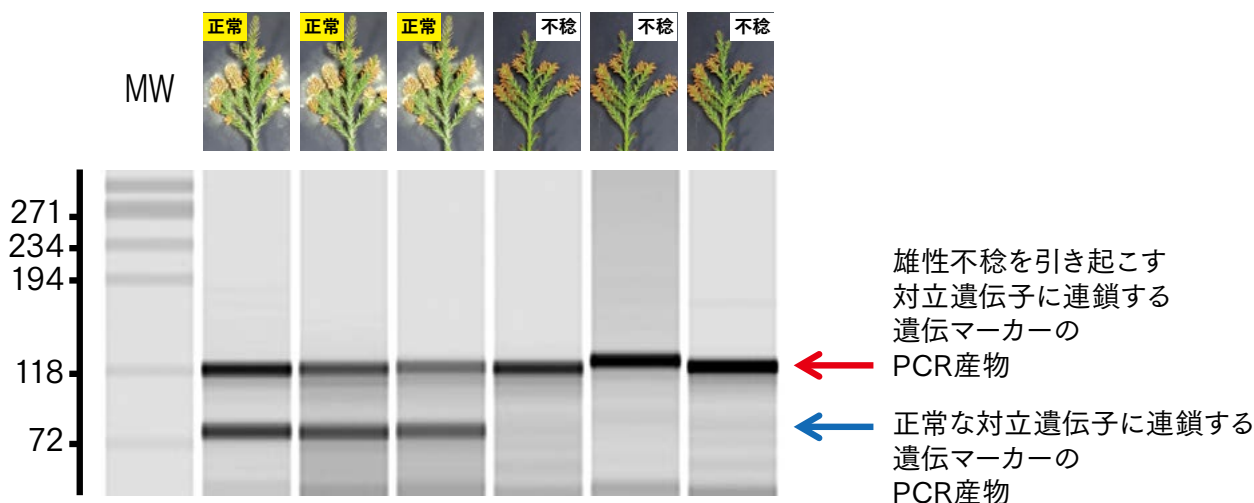


図2 遺伝マーカーによる無花粉スギの判別

PCR法により増幅した産物を電気泳動法で分離した画像をあらわします。最も左側のレーンは分子量マーカーを表します。

交配で得られたスギの中で、無花粉の個体では雄性不稔を引き起こす対立遺伝子だけを、正常の個体では正常な対立遺伝子も持っています。

不定胚に由来する

無花粉スギ苗木の大量増殖

林業研究部門

樹木分子遺伝研究領域長 丸山 毅

これまでに日本各地で発見された無花粉スギは、雄性不稔の性質を利用した花粉症対策育種の重要な素材として注目され、活用が期待されています。そして、現在、発見された雄性不稔個体と成長の良い精英樹とのかけ合わせによる無花粉スギ苗木の作出が試みられています。この無花粉スギ苗木の生産現場では、無花粉個体を苗木の段階で選別する必要があります。かけ合わせでできた種子由来の実生苗木を育成し、ジベレリン処理によって雄花の着花を誘導したうえで、無花粉個体であることを確認します。この方法では、室内ミニチュア採種園で得られた種子から無花粉個体の識別までに2年以上の時間と手間がかかる上に、かけ合わせてできた半分

以上の個体は、正常な花粉を形成する遺伝子を持つために除外しなければならないので、苗木の生産効率が悪いことが問題となっています。

そこで私たちは、遺伝マーカーを用いた無花粉スギ個体の早期選抜技術と不定胚^(注1)形成技術による大量増殖法とを組み合わせ、無花粉苗木の革新的な大量生産方法の確立に挑んでいます。これは、種子から得られる不定胚形成細胞^(注2)の段階で、遺伝マーカーを用いて無花粉スギを早期選抜し、組織培養で大量増殖する方法です^(図1)。この方法では、生産される苗木すべてが無花粉スギとなるため、これまで行っていた煩雑な花粉稔性判定作業が不要となります。また、大量増殖の手法として最も優れたものといえる不定胚形成技術^{(自然界では、1個の種子から1本の実生苗しか得られないのに対して、この技術では}

1個の種子から数万本のクローン苗木を短期間に生産することが可能^(注1)を活用することで、無花粉スギの苗木生産が飛躍的にスピードアップすることを期待しています。

^(本稿で紹介した無花粉スギ苗木の大量増殖に関する研究の一部は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の支援により実施されています。)

^{(注1)不定胚}

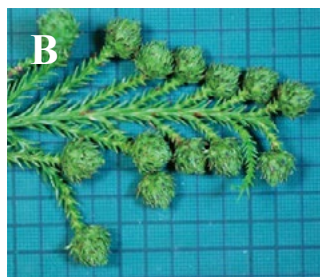
受精によらずに体細胞から生ずる胚様の組織であり、種子内に存在する胚と類似の形と能力を備えている。

^{(注2)不定胚形成細胞}

組織片の培養によって不定胚を形成する能力を持つ細胞である。



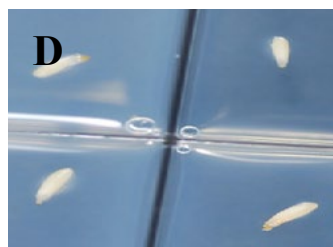
雄性不稔遺伝子を持つスギ母樹



人工交配によって得られた無花粉スギ家系の球果



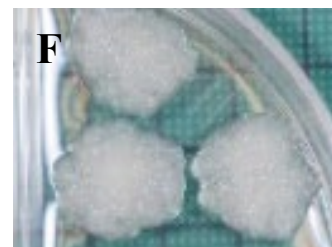
球果から取り出した種子



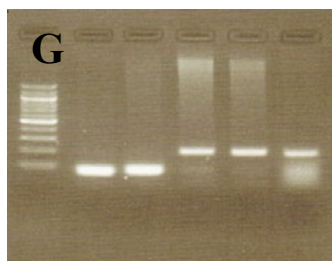
種皮を除いた種子



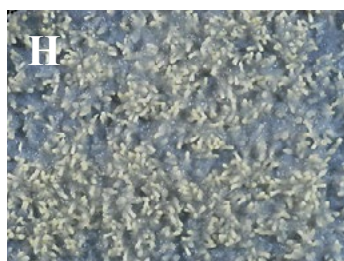
不定胚形成細胞の誘導



不定胚形成細胞の増殖



遺伝マーカーによる無花粉系統の選抜



無花粉細胞系統からの不定胚誘導



成熟不定胚の形成



不定胚の発芽



無花粉スギのイン・ビトロ苗



無花粉スギのコンテナ苗

図1 不定胚形成技術による無花粉スギ苗の大量増殖法

少花粉スギ品種と 無花粉スギ品種の開発に取り組む

林木育種センター

育種部長 星比呂志

花粉症対策スギ品種には、花粉の少ない少花粉スギ品種や全く花粉を生産しない無花粉スギ品種などがあります。

林木育種センターでは、これまで都府県との連携・協力により、142品種の少花粉スギ品種を開発してきました。これらの品種の母体は、林業用に優れた個体として全国各地の人工林から選抜された精英樹せいえいじゅです。精英樹の雄花の自然着花を5年以上にわたって調査し、普通の年には雄花を付けず、スギ花粉の飛散が多い年にもわずしかし雄花を付けないものを選抜して開発しました。これ

らは全国の都府県の採種園や採穂園（苗木用の穂や種を生産する樹木園）で活用され、現在では、多くの少花粉スギの苗木が全国各地で生産されています。

林木育種センターでは、少花粉品種の開発と並行して、自然着花を短期間で評価する技術や、無花粉スギ品種の開発を進めています。無

花粉スギは、突然変異によって出来たと考えられ、全国のおちらこちらで見つかっています。私たちは、林木育種センターや林木育種センターの各育種場に品種開発用の母材料として保存している個体から発見した無花粉スギの特性の調査を行い、幹の通直性等の林業特性が優れているものを無花粉品種として開発しました。そ



写真1 林育不稔1号の樹体

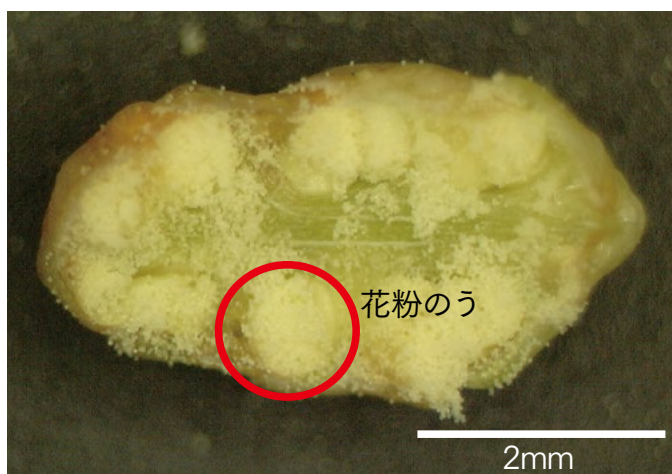
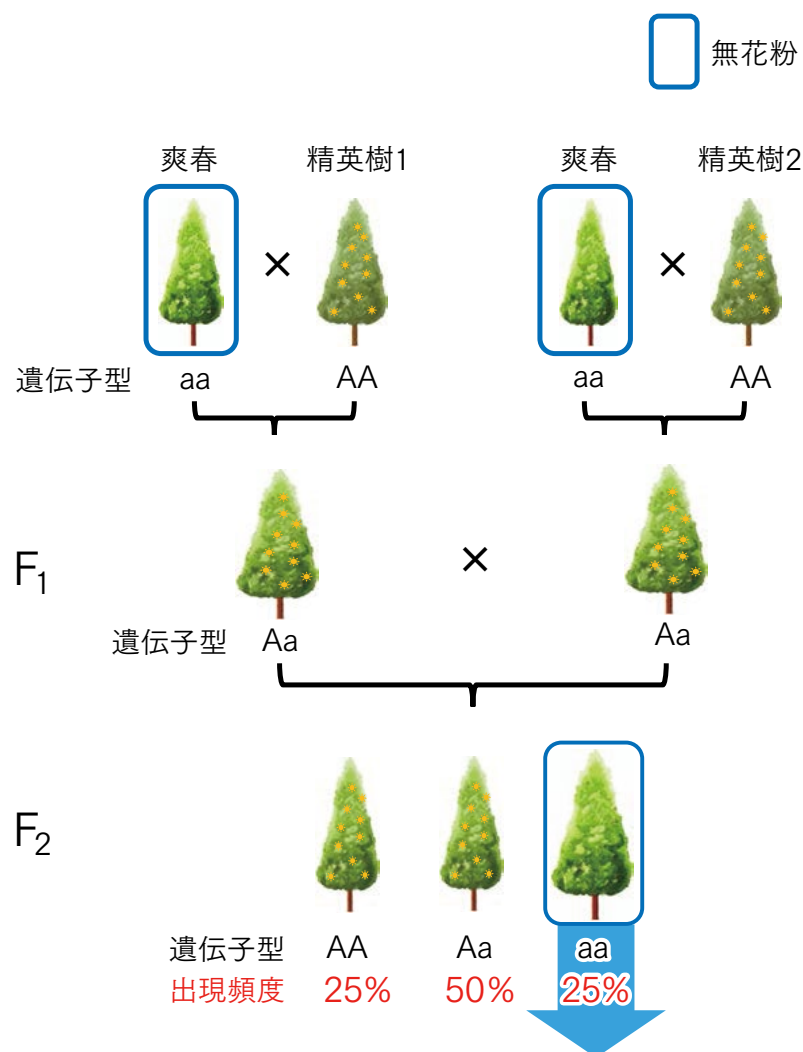


写真2 林育不稔1号(左)と通常のスギ雄花(右)の成熟期雄花の断面図

通常のスギは雄花の中の花粉のうの中に多数の花粉が形成されているのに対して、無花粉スギ品種の「林育不稔1号」では、花粉が全く形成されていない。



無花粉の個体 (出現頻度25%) の中から成長や通直性が優れた
1個体 (林育不稔1号) を選抜

図1 林育不稔1号の開発経過

の一つが「爽春^{そうしゅん}」です。爽春は、寒さに強いスギ品種の候補木として保存されていたもので、耐寒性に優れ、幹の通直性や、さし木発根性等にも優れています。

また、爽春を改良して、成長がより優れた無花粉品種「林育不稔1号」(写真1、2)を開発しました。開発の経過は図1の通りです。爽春に精英樹をかけ合わせて子孫世代(F₁)を作り、このF₁と、別の精英樹をかけ合わせたF₁とを交配し、孫世代(F₂)を作りました。F₂のうちの25%が無花粉となりますが、この中から成長が

優れたものを選び、成長が優れた無花粉品種を開発しました。林育不稔1号のさし木苗の成長は精英樹と同等かそれ以上であるなど、林業用の品種としても優れた性質を持っています。

今後は、少花粉スギについては、引き続き地域のニーズに応じて成長等の林業特性が優れた多様な少花粉スギ品種の開発を進めるとともに、無花粉スギについては、林育不稔1号のさらなる改良や新たな品種の開発など無花粉スギ品種の改良・開発に取り組んでいきます。

ゲノム編集で

無花粉スギを作る

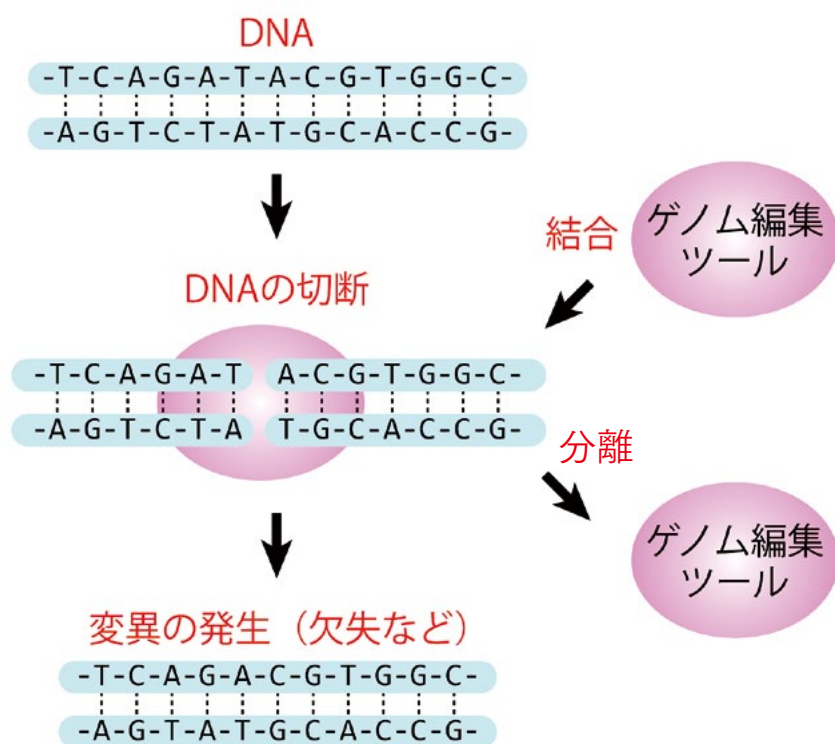


図1 DNAとゲノム編集

DNAの塩基を識別してゲノム編集ツールが結合し、DNAを切断する。切断が修復される際にDNAの変異が生じる。ゲノム編集ツールとしてTALENやCRISPR/Casがよく使われている。

新聞や雑誌などで「ゲノム編集」という言葉を目にする機会が増えました。ゲノム編集とは、生物の設計図である遺伝子を変える新しい技術のことです。樹木はもちろん、他の植物、動物、微生物にいたるまで、全ての生物は多くの遺伝子を持っており、その遺伝子の一揃いをゲノムと呼びます。遺伝子の正体はDNA(図1)という鎖状の物質で、4種類の塩基(A、T、G、C)が並んでおり、塩基の並び方によって遺伝子のはたらきが決まっています。

生物を改良するということは、持っている遺伝子を変えることです。これまでの改良法では、違った性質(遺伝子)を持つ生物同士を交配したり、放射線や薬剤でDNAを変異させることによって遺伝子を変化させ、役に立つ新しい性質を持つ生物が作られてきました。しかし、それらの方法では、同時に多くの遺伝子が変わってしまったため、前よりも性質が悪くなる場合があります。

ゲノム編集は変えたい遺伝子だけを変える技術です。狙った遺伝子のDNAを切断し、塩基の欠失・置換・挿入を起こし、遺伝子の機能を変えます(図1)。変えたくない他の多くの遺伝子を切らないように工夫されています。農産物の生産量や機能性を高めるため、ゲノム編集による作物・家畜・養殖魚の改良技術が研究され、有効性や安全性が調べられています。

林業研究部門 樹木分子遺伝研究領域

樹木分子生物研究室長 西口 満

(A) 普通のポプラ



元の遺伝子の配列
GGATCCACAGGTT

(B) ゲノム編集したポプラ



CCの欠失
GGAT--ACAGGTT

Gの挿入
GGATC**G**CACAGGTT

写真1 ポプラのゲノム編集

(A)普通のポプラ (B)花の遺伝子をゲノム編集したポプラ
ゲノム編集したポプラでは、遺伝子中の塩基の欠失や挿入が起こっている。

樹木から紙をつくる時にはリグニンという成分を除く必要がありますが、リグニンを作る遺伝子をゲノム編集すると、リグニンの量や種類が変わることが報告されています。また、ポプラは花が咲くまで何年かかる木ですが、花の遺伝子をゲノム編集すると、1年くらいで花が生じます(写真1)。

スギの花粉も遺伝子のはたらきで作られます。ゲノム編集により花粉を作る遺伝子の機能を失わせることで、花粉を飛ばさない無花粉スギができると予想されるため、スギのゲノム編集技術

の開発が行われています(写真2)。これまでは多大な努力を払って天然の無花粉スギが探し出されてきましたが、ゲノム編集技術がさらに進めば、人の手により無花粉スギを作り出し、花粉症

対策に利用できるようになると考えられます。(本稿で紹介したゲノム編集に関する研究の一部は、内閣府SIP次世代農林水産業創造技術により実施されています。)



写真2 研究開発中のゲノム編集スギ 現在は遺伝子組換え実験施設で育成している。



写真1 春の里山林(郡山市)

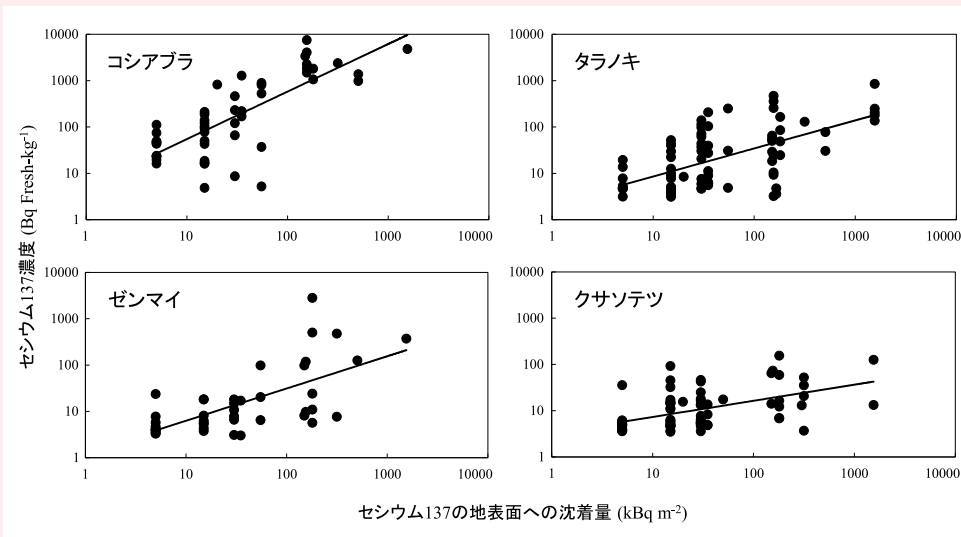


図1 セシウム137の地表面への沈着量(2012年末)と野生山菜の生重当たりの濃度(2013年春と2014年春)

分かってきたこと

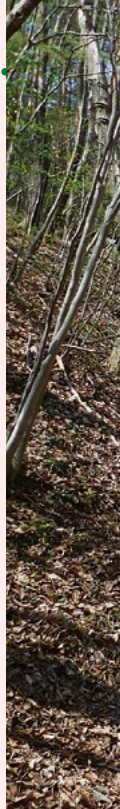
福島第一原発事故で降下した放射性セシウムの量(その結果としての、地表面への沈着量)が多い場所ほど、そこに自生し食用にされる植物(山菜)に含まれる放射性セシウムの濃度が高い傾向があります(図1)。

放射性セシウムの濃度は、植物の種類(図1)によって異なり、また新芽、葉、根などの部位によっても変わります。コシアブラやヤマドリゼンマイは濃度が高くなりやすく、カタクリ(写真2)やニワトコは濃度が高くなりにくい山菜です。タラノキやゼンマイ、クサソテツ(こごみ)など他の山菜は、



林業研究部門
植物生態研究領域
研究専門員
清野 嘉之

山菜の放射性セシウム濃度について
分かってきたこと
— 濃度の高い山菜を採らないために —



中間的です。コシアブラやヤマドリゼンマイは、沈着量に比例して濃度が高くなる性質があり、沈着量の多い場所では非常に高濃度になります。

放射性セシウム濃度が夏に一時的に上昇する場合があります。放射能が樹林地のフキで報告されています(図2)。現在、放射性セシウムは主にリター(落葉落枝など)と表層土壌に分布していることから、気温の上昇で有機物の分解が進み、植物に吸収されやすい形態の放射性セシウムの量が増えたためだと考えられます。

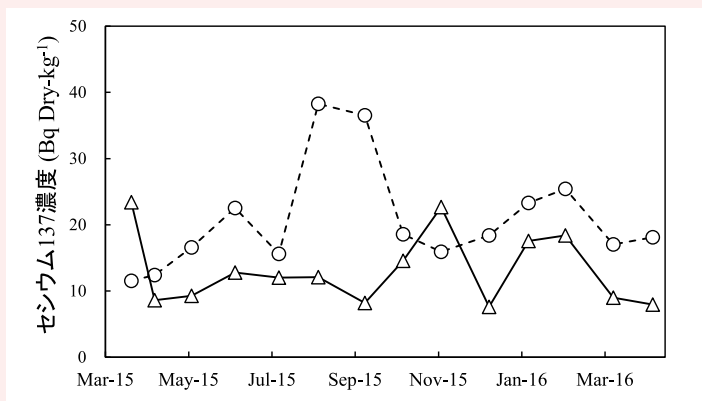


図2 フキの乾燥重当たりのセシウム137濃度の季節変化(○樹林地 △無立木地)

注: セシウム134の量や含水率を考慮すると、放射性セシウムの食品中の基準値100ベクレル/kgに相当する値は図1(生重)では約80ベクレル/kg、図2(乾燥重)では約800ベクレル/kgになります。



写真2 カタクリ(大玉村)

2012年から2016年までの間、19種の山菜について経年変化を調べました(写真3)。そのうち13種では放射性セシウム濃度が年々低下していった。しかし、3種(コシアブラ、ヤマドリゼンマイ、ハナイカダ)は濃度が年々増加し、残りの3種は増減が場所や年によってまちまちでした。こうした違いには、それぞれの山菜の生育特性や生育地の環境条件が影響していると考えられます。

濃度の高い山菜を採らないために

福島第一原発事故で降下した放射性セシウムの量(沈着量)は、インターネットで分布図を入手できます(文部科学省放射線量等分布マップ拡大サイト <http://ramap.jmc.or.jp/map/>)。これを参考に、図1に見られるような関係を利用して、知りたい場所の沈着量から山菜の放射性セシウム濃度をおおよそ推定できます。例えば、2013年の夏にセシウム137の1㎡当たりの沈着量が60キロベクレル以上の場所では、そこに自生する多くの山菜の放射性セシウム濃度が食品の基準値(1kg当たり100ベクレル)を超える可能性がありますので、ご注意ください。なお、市場に流通させる際には、市町村単位での出荷制限情報※が公表されているので、ご確認ください。



写真3 放射性セシウム濃度の経年変化を調べているイワガラミ(川内村)

※林野庁ホームページ [きのこや山菜の出荷制限等の状況について](http://www.rinya.maff.go.jp/j/tokuyou/kinoko/syukkaseigen.html)
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/tokuyou/kinoko/syukkaseigen.html>

日本人の木への 産業も動かした

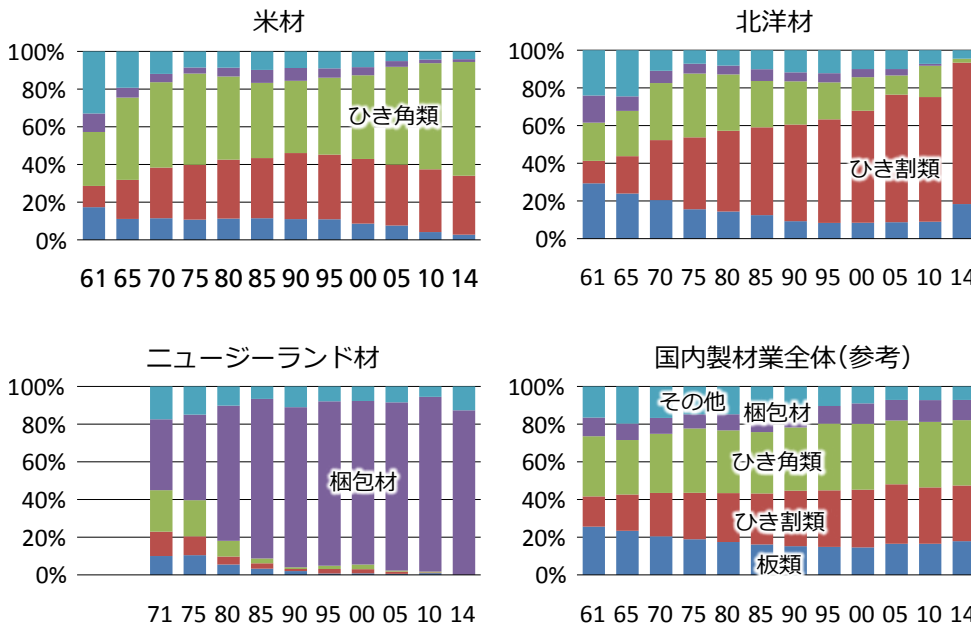


図1 素材の生産地別にみた用途別製材生産割合(1961年～2014年)

どの国・地域からきた素材も、しだいにそれぞれ特定の用途向けに集中していきました。

米材：米国・カナダ産の木材。樹種は多様なものの、今日ではベイマツが中心。

北洋材：ロシア産の木材。北洋アカマツ、北洋エゾマツなど。

ニュージーランド材：ニュージーランド産の木材。主にラジアタマツ。

ひき角類：建築用材の分類の一つ。柱や梁など、いわゆる角材のこと。

ひき割類：建築用材の分類の一つ。垂木(たるき)や胴縁(どうぶち)など、角材よりも細い製材のこと。

板類：建築用材の分類の一つ。屋根下地板や壁下地板など、いわゆる板のこと。

梱包材：商品を輸送中の破損から守るための梱包用製材のこと。木箱、電線用ドラム、パレットなども含む。

日本に古くから伝わる「適材適所」の文化

かの『日本書紀』には、スサノオノミコトが自分の体から抜き取った毛がさまざまな種類の樹木となり、その中で「スギとクスノキは舟に、ヒノキは宮殿に、マキは棺にするとよい」と述べたという一節があるそうです。ことの真偽はともかく、日本人にはこれほど古くから、さまざまな木材をその特長に応じて使い分ける意識があったということになります。このような木材の使い分け、すなわち「適材適所」は、現代日本の代表的な住宅建築工法である「在来軸組工法」にも随所にみられ、日本人の中にいまもしっかり息づいていることが分かります。そればかりか、全国各地の製材産地の姿にも、適材適所の影響が色濃くうかがえることが、最近の研究から明らかになってきました。

製材業・製材産地の発展と「適材適所」

丸太などの「素材(そざい)」を用いて板・角材などの「製材(せいざい)」を生産する産業を「製材業」、そのための事業所を「製材工場」といいます。そして製材工場が多数集まり(集積し)、大量の製材を生産している地域が「製材産地」です。



北海道支所
北方林管理研究グループ長
嶋瀬 拓也

わが国では第二次世界大戦のあと、戦災復興と経済成長のため、製材の需要が著しく高まりました。国内で伐採された木材（国産材）だけではとても足りず、1960年代には素材の輸入が拡大します。

その際、興味深い現象が起きました。はじめのうちこそ、どの国からきた素材からもさまざまな

製材が作られていましたが、しだいに「素材の生産地」と「製材の用途」との関係が強まっていたのです（図1）。米材はひき角類、北洋材はひき割類、そしてニュージーランド材は梱包材というようになり、生産地が同じ木材は、同じ用途に使われるようになっていきました。

さらに詳しく調べると、「製材産地の位置」「素材

の樹種」「製材の用途」の間に合理的な関係があることが分かってきました（図2、表1）。例えば富山県には、ロシアから輸入された北洋アカマツ・エゾマツ素材を用いて小割材を生産する製材業が発達しました。北方のロシアから木材を輸入するには日本海側のほうが安くすみまし、寒冷なロシアで育った木は年輪の幅や節の直径が小さく、小割材と呼ばれる断面（幅と厚さ）

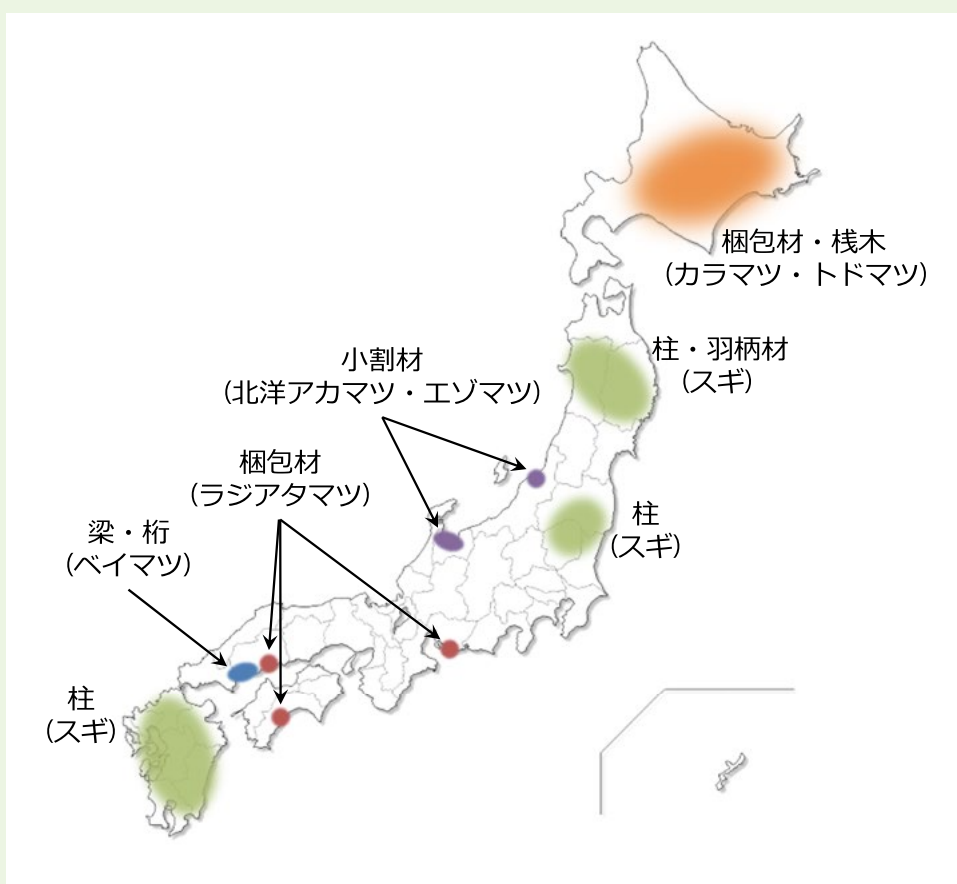


図2 日本の製材産地(2005年頃の様子・一部省略)

表1 製材の用途と主に用いられる素材の樹種

製材の用途ごとに求められる性質を、もっともよく満たせる素材が選ばれています。

製材の用途	求められる性質	主な素材の樹種
柱 (ひき角類の一種)	寸法が正確であること、 狂わないこと	スギ ヒノキ
梁・桁 (ひき角類の一種)	曲げる力に強いこと	ベイマツ
小割材 (ひき割類の一種)	細くても折れたり狂ったりしないこと	北洋アカマツ 北洋エゾマツ
梱包材	安いこと、ある程度の強度があること	道産カラマツ ラジアタマツ

が小さな製材の生産に向いていたのです。この例にもあるように、今日みられる製材産地は、他の地域より有利に入手できる木を用い、その木の特徴をよく生かした製材を作ったところばかりです。入手しやすい木材を適材適所に使い分けることが、それぞれの産地にもっとも大きな利益をもたらしたためと考えられます。

家具や内装などの特殊な用途向けならともかく、量産規格品が中心の一般建築用材や産業資材を扱う製材業までこれほど細かに分化している例は世界的にも珍しく、日本人がいかに木を大切に使う心を持ち続けてきたかを物語っているといえるでしょう。

地球とヒトを彩る 12の土



森林研究部門
立地環境研究領域
主任研究員
藤井 一至

世界には12種類の土しかありません。植物や昆虫の名前を覚えようとして挫折した方でも大丈夫です。地球とヒトの歴史を土から掘り下げてみましょう。

まず、全ての始まりは岩石です。粘土もなければ生物もいなかった

写真1 火山灰土壌(北海道)

陸地に植物が上陸し、岩を分解して粘土や砂に変えた結果として土壌が誕生します。5億年も前のことです。厚さ数センチしかない生まれたばかりの土を**未熟土**といいます。さらに深くまで土が風化すると、**褐色森林土**となります。雨の多い日本では風化が活発なかわりに土は流されやすく、未熟土や褐色森林土が絶えず更新されながら、豊かな森を支え続けています。

日本には台地上にもう一つ、腐植(植物遺体の腐ったもの)を多く含む**火山灰土壌**(写真1)が存在します。甲子園の高校球児を真っ黒にするこの土は、黒ぼく土とも呼ばれます。日本を代表する土である黒ぼく土は、世界の陸地面積の1%もありません。私たちは特殊な環境、土の上に育ったのです。

世界に目を移しましょう。シベリアとアラスカの北極圏には**凍土**があります。夏でも凍ったままの永久凍土層の上に座る冷たい土です。農業ができないため、スーパードに並ぶ萎れた白菜は一束1800円もします。一方、北欧や北米の土の多くは氷河に覆われたために凍りませんでした。氷河が削ったあとに残ったのは、未熟土、砂地の**酸性灰白色土(ポドゾル)**(写真



写真3 鉄アルミナ質土壌(タンザニア)



写真2 酸性灰白色土(ポドゾル)(フィンランド)



写真4 ひび割れ粘土質土壌(カナダ)

2)、湿地帯の泥炭土です。これらの土では作物が育ちにくく、林業がジャガイモ栽培の二者択一を迫られます。氷河に削られた砂塵は風に舞って、中央アジアの草原や北米のプレーリーに堆積し、肥沃な黒色土(チェルノーゼム)となりました。毎朝のパンの原料の多くはここから来ています。

ヒトの故郷アフリカの熱帯雨林には、レンガやスマホの原料となる鉄アルミナ質土壌(写真3)があります。東南アジアに広がる酸性な赤黄色土よりも養分の乏しい土壌です。大昔のサルたちは、ここで育ったフルーツを食べて生き延びました。サハラ砂漠が生まれた300万年前、乾燥化によって肥沃なひび割れ粘土質土壌(写真4)や粘土集積土壌が増加します。この変化に適応し、サバンナ地帯に草食動物や穀物を求めるサルが現れました。私たちの祖先です。

サハラから飛散した砂塵は中東の肥沃な三日月地帯に堆積し乾燥地土壌になりました。雨の少ない乾燥地土壌は、大河の灌漑水のおかげで肥沃な麦畑へと姿を変えました。まだ黒色土が誕生していなかった1万年前の地球で、初期の農耕文明の発展を支えました。一方、日本を含む湿润アジアでは、風とともに水が土を削ります。森から流れだした土壌は肥沃な低地を形成し、水田稲作を発展させました。その終着駅は、私たちの食卓であり胃袋です。12種類の土が私たちの暮らしと環境を支えてきたのです。

発熱する植物 ザゼンソウ



写真1 ザゼンソウ



写真2 ミズバショウ

森林研究部門 森林防災研究領域

気象研究室長 岡野 通明

ザゼンソウ（座禅草）（写真1）をご存知でしょうか。日本では北海道から中部地方の山間の湿地や冷涼な谷地などに生息し、密やかな開花が雪解けや春の訪れを告げるサトイモ科ザゼンソウ属の多年草です。生息地の環境にもよりますが1月から5月くらいが花期とされています。初夏の湿原を彩るミズバショウ（写真2）も同じサトイモ科で、色はともかく形状はよく似ていますが、ザゼンソウは一途に地味・控えめな印象です。

開葉に先駆けて開花します。暗紅色や緑色の大きな花弁のように見える外套部は仏炎苞（ぶつえんほう）と呼ばれ、内部に位置する小さな花の集まりである肉穂花序を包んでいます。この姿が光背を背に座禅を組むお坊さんに似ることが名前の由来だそうです。座禅を組んでいる達磨さんの姿を想起させることから、ダルマソウ（達磨草）と呼ばれることもあるそうです。ちょっと猫背にも見えるのでダルマソウの名も相応しく感じます。

幼少の頃、読み聞かせてもらった童話「エルマーのぼうけん」（ルース・スタイルス・ガネット著）に登場する少年エルマーの良き友人リゅう（ドラゴン）の食べ物がスカンクキャベツだったのですが、それがザゼンソウの英名だと知ったのはこの仕事——植物相手の研究——に就いてからでした。風変わりな英名は開花しているときに昆虫を引き寄せるために発する匂いが臭いから、だそうです。筆者自身は臭気を感じたことはありません。

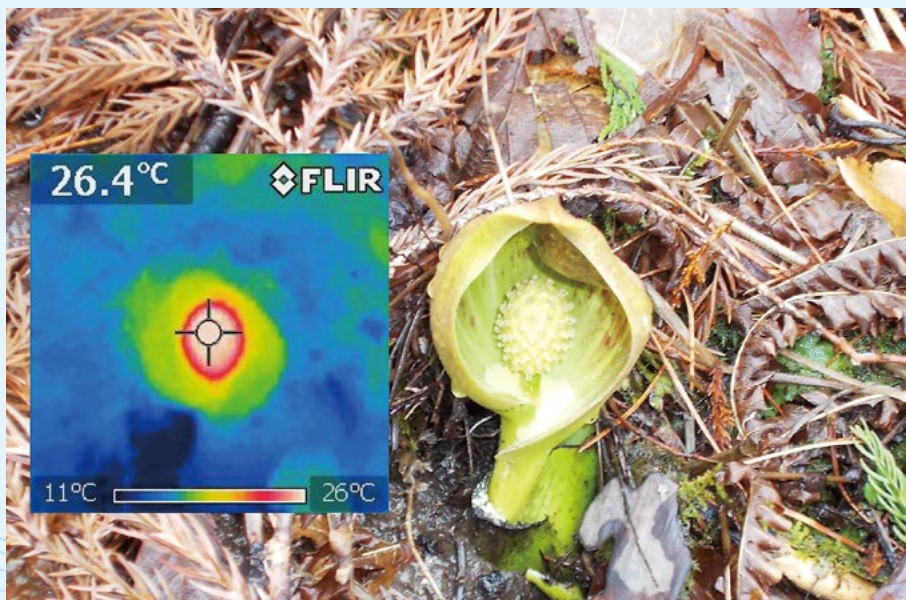


写真3 ザゼンソウの温度分布 肉穂花序の温度は26℃を超えています。



写真4 寄り添う2株のザゼンソウ 肉穂花序の温度は周辺の環境温度11～12℃より高い17℃もあります。

ユニークな形状のほかに、とても珍しい特徴を持っているザゼンソウです。それは発熱すること。寒冷地の植物を扱う生理・生態学の教科書には必ずや発熱するザゼンソウの記述があり、学生の頃から機会あれば発熱している状態を測ってみたいと考えていました。

物体から放射される赤外線を測定し温度を推定できる熱画像装置が近年ではコンパクトになり、カメラと同じように扱えるようになりました。この熱画像装置をザゼンソウ生息地に持ち込んで観測してみました。

長野県下にあるザゼンソウの群落において、開花してからあまり時間が経っていないと思われる株の肉穂花序は26℃を超えていました(写真3)。周辺の環境温度は10℃あまりで、谷地は既に陽が陰っていたことから太陽光に温められたのではないのは明らかでした。熱画像装置で谷地を観ると、まるでそこかしこに暖かな灯をともした行灯が並んでいるようです。

2株のザゼンソウが身を寄せ合うように谷地の寒さに耐える姿もありました(写真4)。懐の温かさを逃さないように付いて離れない様子を、なぜか擬人化してしまいそうで、心まで温まる光景でした。

最後になりましたが参考までに、花言葉は「沈黙の愛」「ひっそりと待つ」だそうです。

自然探訪、いかがでしたでしょうか？

当所ホームページには「自然探訪」コーナーがあり、月替わりで、樹木、動植物、微生物、森林、土壌、気象など、森林をとりまく非常に広い範囲の話題を提供しています。よろしければぜひ当所ホームページにてご覧下さい。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/snap/list.html>

平成30年度 森林講座のお知らせ

多摩森林科学園において、研究の成果等を分かりやすく解説する森林講座を開催しております。多数のご来場をお待ちしております。

第1回
5月26日
[土]

南の島の希少種と外来種の話 ー9割の人が知らない惨状ー

生き物の楽園は、今外来種が席卷する危機的状況に陥っています。講座では、南の島の希少種（哺乳類、鳥類、両生類、爬虫類）と外来種の関係についてお話しします。

〈講師〉 森林研究部門 野生動物研究領域 主任研究員 亘 悠哉



第2回
6月22日
[金]

森に潜むトリュフの 不思議な世界

世界三大珍味の一つ「トリュフ」。なぜ樹の下に生え、香りが強く高価なのか。そうした謎に迫るとともに、最近わかってきた日本のトリュフについて紹介します。

〈講師〉 九州支所 主任研究員 木下 晃彦



第3回
7月27日
[金]

木製の樽を利用するメリット

我が国では、木製の樽などが飲料・食品用容器として使用されてきました。木製の樽の伝統的利用並びに新しい利用について、その長所に着目して解説します。

〈講師〉 木材研究部門 森林資源化学研究領域 主任研究員 河村 文郎



開催概要

【時間】 各日午後1時15分～午後3時 【会場】 多摩森林科学園 森の科学館 【定員】 40名(要申込、先着順)

【受講料】 無料(要入園料 大人300円 高校生以下50円 ※年間パスポートもご利用できます。)

申込方法

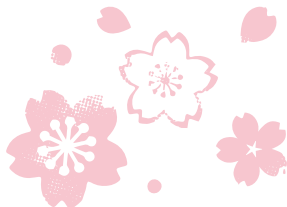
- 電子メールまたは往復はがきでお申込みください。
- 電子メール本文または往信はがき裏面に、下記についてご記入ください。
① 受講ご希望講座名・開催日 ② 郵便番号・住所 ③ 受講者名(3名まで可) ④ 電話番号
- 受け付け期間は、各講座開催日の前月の1日から講座開催日の1週間前までです。
- お申し込みは先着順で受け付け、定員に達した時点で締切ります。
- 受け付けましたお申込みに対し、先着順で順次ご連絡いたします。
- 電子メールの宛先 ▶ shinrinkouza@ffpri.affrc.go.jp
往復はがきの宛先 ▶ 〒193-0843 八王子市廿里町1833-81 多摩森林科学園
- お問合せ先 ▶ TEL:042-661-1121



電子メール送付先
QRコード

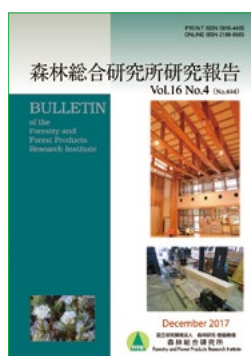
多摩森林科学園の魅力

多摩森林科学園の魅力はふたつあります。ひとつ目は日本で唯一の森林・林業・木材産業を統合して研究する機関の広報普及の場であって、最新の成果を知ることができます。木を知りたい人には格好の勉強の場となっています。そして、その知識を頭に入れたらすぐ山を見ることがもできます。ふたつ目は日本で最大のサクラ保存林です。ソメイヨシノばかりでなく全国各地から収集された約1400本のサクラが植えられています。これらのサクラは山の斜面に植えられていることから、山の上からは樹冠を観察することができます。サクラで有名な上野や飛鳥山でもサクラの木を上から観察することは難しいでしょう。もっともこれらの場所のサクラを見に来る人たちは頬を桜色に染めて楽しむ方が多いのかもしれませんが、しかし、多摩森林科学園ではお酒は御法度です。ここではのんびりとサクラの魅力を楽しんでみてはいかがでしょうか。お弁当を持ってきてもらえば中で食べることはできます。3月中旬から4月下旬まで様々なサクラが楽しめますので多摩森林科学園へぜひお越し下さい。



多摩森林科学園の見学案内は、こちらでご確認できます ⇒ <http://www.ffpri.affrc.go.jp/tmk/visit/index.html>

森林総合研究所研究報告



Vol. 16 No. 4 (通巻444号) 2017年12月
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/index.html>

論文

層構成とラミナの等級の違いがスギCLTの面内方向の曲げヤング係数と曲げ強さに及ぼす影響

平松 靖、宮武 敦、玉置 教司、新藤 健太、井道 裕史、長尾 博文、原田 真樹、小木曾 純子

強度間伐が行われたスギ高齢人工林における林分および個体の成長

杉田 久志、梶本 卓也、福島 成樹、高橋 利彦、吉田 茂二郎

都市林におけるガバナンスの評価に関する検討：野幌国有林を事例として

八巻 一成

短報

海岸防災林再生事業で造成された盛土の深耕による硬度と透水性の変化

篠宮 佳樹、今矢 明宏、坂本 知己

スギ人工林においてマレーズトラップで捕獲された社会性カリバチ類(英文)

牧野 俊一、滝 久智、槇原 寛

ノート

雄性不稔遺伝子をヘテロ保有するスギ個体の簡易な探索方法—自殖家系における雄性不稔個体の分離を利用した試行—

河合 慶恵、久保田 正裕、遠藤 圭太、磯田 圭哉



花粉が形成されない無花粉スギ品種「林育不稔1号」の雄花(左)と、花粉が形成された通常のスギの雄花(右)



開花して花粉が飛散しているスギ林(茨城県石岡市、2017年2月)

季刊 森林総合研究所

No. 40

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地
TEL.029-829-8373 FAX.029-873-0844
URL <https://www.ffpri.affrc.go.jp/ffpri.html>

2018(平成30)年2月28日発行
編集:国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 広報誌編集委員会
発行:国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 企画部広報普及科
印刷:株式会社 光和印刷

※本誌掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。