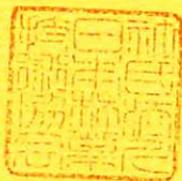


# 森の木の 100不思議

社団法人 日本林業技術協会

# 森の木の 100不思議

社団法人 日本林業技術協会



## はじめに

一年前にお届けした「木の二〇〇不思議」を企画した際に、イエス・キリストが背負わされた十字架は何の木でつくられたのか、を考証するお話は書けないものだろうかと提案したところ、案の定、無理中の無理ということで却下されました。

ところが、アダムとイブがその実を食べたが故に、人類のその後の運命が決められたといわれる「知恵の木」とともに、かつてエデンの園に生えていた「生命の木」こそ、キリストの十字架をつくった木かもしれないとする説もあるのだということ、最近読み返した本の中にみつめました。

樹木やその集団である森林は、古来洋の東西を問わず、神の依り代あるいは神そのものとして信仰と深く結びつく存在であり、人間の精神形成に少なからざる影響を及ぼしたということですが、改めて樹木を熟視すると、それこそ雑木としかいいようのない木一本一本にも一種の風格が備わっていて、人間の及ばない何者かの力を感じさせられるから不思議なものです。

利用価値がないからといって、開発に名を借り無造作になぎ倒してしまってもいいものではない

そうです。

一体どうしてこの場所にはこんな樹木が生えており、こんな恰好になったのだろうか、環境のせいか、はたまた遺伝的素質のせいなのか、あまたある樹木の不思議を地球的規模からDNAのレベルまで、第一線の研究者の科学する目を借りて眺めてみましょう。

今回も、これまでの例にもれず数々の難しい要求に添えてくださった編集委員と執筆者の皆さんに心からお礼を申し上げます。

編者

森の木の一〇〇不思議

目次



## Ⅱ 樹木の生活史

39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
年輪は樹木の傷病記録	山火事も味方にするシブトイ木	転んでもただでは起きない!	森に種子の雨が降る	節操のないフジの話	淵が瀬となる乱世を生きる	親兄弟は根で結ばれている	根株の上にも三〇〇年	水責めぐらいでは参らない	雪の布団の寝心地は?	古代王族末裔の待ち続ける日々	あの手この手でサバイバル	ササが枯れるとフナが生える	空くまで待とう自由席	種子のコートはどう脱がせるか	花の色のいろいろ	蜜ドロボーをあざむくトチの花	トチノキの親心、お弁当は誰のため?	樹木の延命策
88	84	84	82	80	78	76	74	72	70	68	66	64	62	60	58	56	54	52

### III 樹木の遺伝・育種

健康な子ダネのために	4	0
父はなくても子はできる	4	1
父よあなたは強かった	4	2
樹木の妊娠期間?	4	3
森のネズミの好き嫌い	4	4
トドマツの変わりダネ	4	5
霊木はやはり孤高の木	4	6
ソメイヨシノの出生に迫る……	4	7
花粉の競争	4	8
雄をからめとるしかけ	4	9
DNAのタイムカプセル	5	0
DNAで木の身元調べ	5	1
そんなことでは生まれがわかるぞ	5	2
雪にもマケズ	5	3
大木も試験管で保存	5	4
コブシの不器用な虫寄せ作戦	5	5
樹木の多様な性表現	5	6

### IV 樹木の生理

ガラクタでも捨てるのはイヤ!	5	7
遺伝子導入で松風の音も変わる?	5	8
木も痛みがわかる?	5	9
花咲かじいさんのなせる業	6	0

V  
森と樹木

8 2	8 1	8 0	7 9	7 8	7 7	7 6	7 5	7 4	7 3	7 2	7 1	7 0	6 9	6 8	6 7	6 6	6 5	6 4	6 3	6 2	6 1		
林縁の木はそのままに	スギ、ヒノキ今昔物語	樹木は氷河時代をどう生き抜いたか	木々の冬越し	皮下脂肪ならぬ皮下タンパク質の役目	ウロになつてもなせ枯れない?	樹幹を伝わる雨水の不思議	食へ過ぎは体に毒	樹木も日焼けは苦手?	樹木の渇水対策	渇きに勝つ	後継者がダメならカムバック	太く短くか、細く長くか	芽ぶきの色もとりどり	腹八分目で我慢して!	どちらが得か “おちよぼ口と大口”	暗闇でもモヤシにならないヘンな奴	郷に入つては……郷に従い	いつ誰が決める? 細胞の背丈	あちら立てればこちらで邪魔者	解けるか? セルロース合成の謎	花の形を決めるA、B、C		
1 8 0	1 7 8	1 7 6	1 7 2	1 6 8	1 6 6	1 6 4	1 6 2	1 6 0	1 5 8	1 5 6	1 5 4	1 5 2	1 5 0	1 4 8	1 4 6	1 4 4	1 4 2	1 4 0	1 3 8	1 3 6			

83	親と同居はいや!	182
84	可愛い子には旅をさせよ	184
85	イジメをどう乗り越えるか	186
86	「明日の主役」の健康診断	188
87	あちら立てればこちらが立たず。さて?	190
88	列に伐られた林の行方	192
89	シヤレになるのかネズミサシ	194
90	もつと光を	196
91	暗いところでの我慢くらべ	198
92	もつと刺激を	200
93	木はダイエツトできるか?	202
94	傷跡はいつまでも	204
95	色気で選ぶ名物の材料	206
96	水に食われた? トドマツ	208
97	孤島にはびこる帰化樹木	210
98	スギの林は台風に弱い?	212
99	ササの大地下倉庫	214
100	妖怪ブナの生い立ち	216

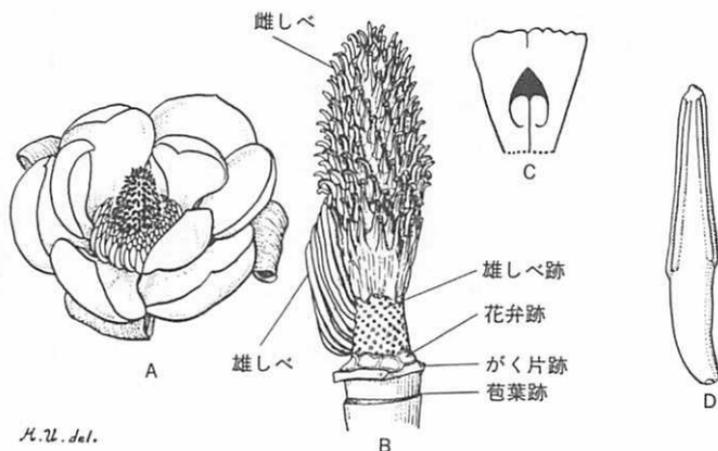
I

樹木のいろいろ

# I モクレン科に見る白亜紀の花の姿

モクレン科にはシモクレン、ハクモクレン、コブシ、ホオノキ、ユリノキなど花木や街路樹などに使われている種類がけっこうあるのでよくご存じのことと思います。一方、これらの美しい花にどういう秘密が隠されているのか、知らない人が多いかもしれません。これらの花は基本的には図のように、多数の花葉（がく片、花弁、雄しべ、雌しべ）がらせん状に配列している構造です。一般に花といえば三枚とか五枚の決まった数のがく片、花弁と、多数の雄しべと、ただ一個の雌しべがあると思われているようですが、じつはモクレンの仲間に見られる花こそ被子植物の花の起源時の姿を今に伝えるものなのです。モクレンの仲間には、二つ折り不完全心皮をもち、かつ無道管被子植物として有名なシキミモドキ科などがあります。シダ植物と裸子植物ではごく一部の例外を除き通導組織に仮道管しかないのですが、被子植物の通導組織は道管です。ところが、センリョウ（センリョウ科）、ヤマグルマ（ヤマグルマ科）などには道管がなく、仮道管しかもっていないために裸子植物時代の形質を今に残していると考えられる人もいます。

さて、花の話に戻ります。被子植物の花の基本構成は、特殊化したシユート、すなわち、軸（茎）にらせん状に葉（普通葉）が配列しているものの変形と考えるわけです。花軸（花床）は茎と相同であり、それに生殖を目的として特殊化した葉がらせん状に側生していると考えます。



H. U. del.

ホオノキの花 A. 全体図。B. 花被を取り除いたところ。雄しべ、雌しべのらせん配列に注目。C. 胎座の位置での雌しべの横断面。D. 雄しべ。花糸と葯隔の区別がなく小孢子葉の姿をとどめている。

小孢子葉が変形したものが雄しべです。細い糸の先に葯がついているという一般の雄しべとは大きく異なり、胞子葉に小孢子囊が埋没しているわけです。同様に、胚珠を包む雌しべ（心皮）は大孢子葉に当たり、心皮の中央脈を中心に二つ折りになり、葉の縁が圧着されてはいるものの組織的には癒合していない状態です。このような離生した花葉のらせん配列したものから、花葉が減数して一定数で輪生配列化していきます。花弁が互いに合着すると合弁花になります。また、普通に見られる一つの雌しべというのはほとんどの場合に合生心皮で、じつは複数の心皮が互いに合着して一つの器官を構成しているわけです。

このようにモクレン科の花は被子植物が誕生した白亜紀のころの姿を今にとどめていると考えられています。

（植田邦彦）

## 2 昔々の別れ話

グレート・スモークリー国立公園は、アメリカ合衆国東部に横たわる長大なアパラチア山脈中で、最も地形や植生の変化に富む地域にあります。森林は二次林がほとんどですが、沢沿いの斜面は植物の成長にとって良質な環境であるらしく、地肌も見えないほどに多様な植物がユリノキなどの林下に繁茂しています。

ユリノキ (*Liriodendron tulipifera*) は成長が速く、まっすぐにぐいぐいと伸びて樹高五〇呎にもなります。チエロキー・インディアンが暮らしていたころからあったというユリノキは、大人三人が手をつないでも幹を囲みきれないほどの大木です。ユリノキはヨーロッパには十七世紀に伝わっています。アメリカからヨーロッパに渡った鑑賞木のなかでは古いほうです。日本には明治初年に渡来し、各地で街路樹や公園樹として植栽されていますが、樹高が四〇呎を超すことはめったにありません。

ユリノキはモクレン科ユリノキ属の植物です。葉はハンテンボクという和名が示すようにやつし奴さんの半纏はんぜんのような形をしており、上向きに咲く大きな花は、多数の雄しべと雌しべをもち、ホオノキなどモクレン属の花にも似ています。しかし、六枚の直立する大きな黄緑色の花弁が、チューリップを思わせたのでしょうか。それを意味するラテン語が学名(種小名)に用いられています。

ユリノキ属には現在、ユリノキと中国大陸中部に産するシナユリノキ (*Liriodendron chinense*) の二種しか

ありません。興味深いのは、その分布がアジア東部と北アメリカ東部とにかけ離れていることです。北アメリカでは白亜紀後期以降の地層から、例の半纏のような葉や花や果実の化石が出土します。化石は、ヨーロッパや今はユリノキどころか自生の樹種が一つもないアラスカのような地域からも見つかっています。それらの化石から、ユリノキの祖先は白亜紀には確実に存在したと推定されています。白亜紀といえば、大繁栄した恐竜が急に絶滅していった時代です。ですからユリノキは恐竜が絶滅するところからかなり広く繁茂するようになった植物と推定されるのです。ところで日本でもユリノキの仲間と考えられる化石が発見されていますが、それらは大陸から日本に移動してきたとも考えられます。

アパラチア山脈を中心とする北アメリカ東部と東アジアには近縁の植物がたくさんあります。しかし、同じ種として扱われるほどには形態が類似していないといったケースが多いのです。ユリノキとシナユリノキはその典型的な例といえます。さらに、日本のヤマボウシとアパラチアのハナミズキ、同じくフジとアメリカフジ、キササゲとアメリカキササゲ、カキとヴァージニアガキ、マンサクとアメリカマンサクなど、この例に当たる植物は数多くあります。

このような遠隔地に近縁の植物が隔離して存在することをどのように受けとめたらよいのでしょうか。今はユリノキを産しないアラスカや北アメリカ西部からユリノキ属の化石が見つかることは、ひとつのヒントです。氷河のような気候変化によるものか、はたまた大陸移動に伴うものなのでしょうか。

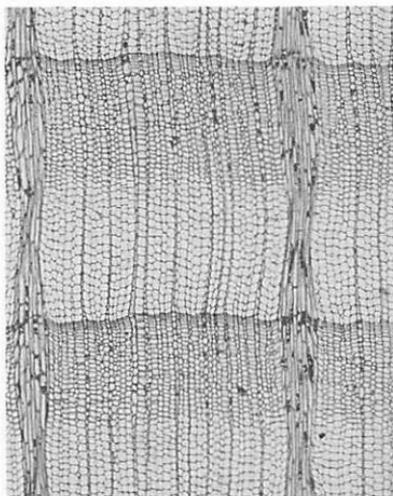
(大場秀章)

# 3 原始の森に生きた木

「生きている化石」という言葉をよく耳にします。これはその起源が古いにもかかわらず現在でもなお姿かたちをほとんど変えずに生き残っているものをいいますが、日本列島はそのような植物がじつに多いところ です。

裸子植物から最初の被子植物が生まれたのは約一億四、〇〇〇万年前の中生代白亜紀の初めころと考えられています。最近のDNAによる分子系統解析の結果からは被子植物は単系統、すなわちアダムとイブのような最初の被子植物から今我々の周りにあるすべての花の咲く植物が生まれてきたことが示唆されていますから、この植物が地球上のどこかで起源し、世界中に広まったこととなります。そして時代の経過とともに進化を進化を遂げて現在の姿になるわけですが、この被子植物のなかで原始的であるということは、祖先の裸子植物に近い形質をもっていることとなります。

裸子植物も被子植物も多くは茎に形成層があつてこれが長年にわたつて細胞分裂をして太い幹（木材）をつくります。裸子植物の木材と被子植物（広葉樹）の木材とは大きな違いがあります。最も決定的な違いは、水分を通導する組織が裸子植物では仮道管で、広葉樹では道管であることです。進化した広葉樹の道管は裸子植物の仮道管とは似ても似つかないほど違っていますが、原始的な広葉樹になればなるほどそれが仮



ヤマグルマの材の横断面(顕微鏡写真)。裸子植物と同様に仮道管と柔組織からできている。

道管に似てきます。その極めつきが裸子植物と同じように仮道管しかもたない広葉樹でしょう。これらは道管がないので無道管双子葉類と呼ばれ、北半球では日本、韓国、台湾に生育する常緑高木のヤマグルマ(ヤマグルマ科)と、中国からヒマラヤにかけて分布する落葉高木のスイセイジュ(水青樹)があるにすぎません。南半球ではオセアニアと南米に分布するシキミモドキ科だけが無道管です。

ヤマグルマはわが国では山形県南部から九州屋久島まで分布していますが、土壌の発達しない岩礫地や溪谷の岩場など他の植物があまり生えない場所にあるのはこの木の原始性の故でしょうか。

ヤマグルマとそっくりな材構造をした化石が北アメリカの第三紀からも見つかっています。日本の第三紀からはスイセイジュの化石が見つかりました。ほかにも無道管の広葉樹の材化石はグリーンランドからも見つかっていますが、ヤマグルマやスイセイジュなどかつては世界中に広く生育していた無道管双子葉類はそのほとんどが絶滅して、今では北半球では日本、中国、ヒマラヤに生き残っているにすぎないといえます。まさに生きている化石の名にふさわしいものでしょう。

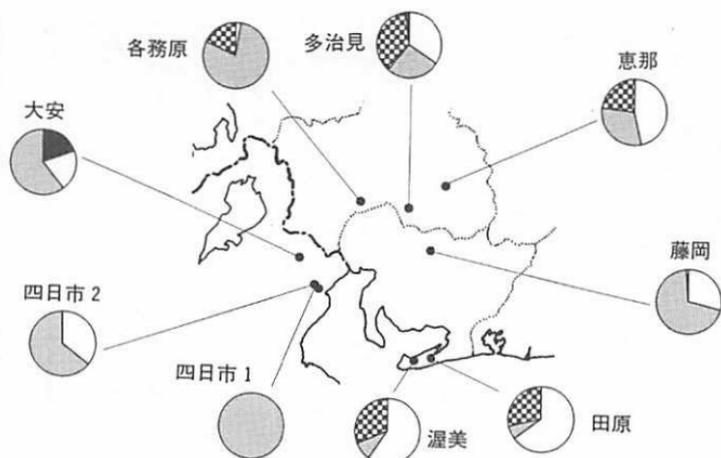
(鈴木三男)

# 4 調べてみれば国産品

モクレン科の木で、樹高五〜八<sup>尺</sup>ほどになるシデコブシという木をご存じでしょうか。三月末から四月上旬にかけて、白もしくは淡いピンクの細い花弁をもつみごとな花をたくさん咲かせるシデコブシには、その命名および由来について、さまざまな説がありました。

シデコブシはスウェーデンの高名な植物学者チュンベリーによって一七八四年に初めて、北米に分布するヒメタイサンボクの種内分類群として記載されました。その後彼は一七九四年に独立種としてマグノリア・トメントーサと名づけ直しました。彼はそのとき記載の基となる標本を二枚指定しました。一枚はシデコブシの花の標本だったのですが、もう一枚はミツマタの枝と葉の標本を指定してしまっていることがその後判明しました。種の特徴に関する記載がもっぱら葉のことだったため、マグノリア・トメントーサはミツマタの異名と長いこと解釈され、シデコブシにはその後に表示された名前、マグノリア・ステラータが使われてきました。しかし、金沢大学の植田邦彦博士によれば、現在の命名規約に照らすと、命名時の引用文献やチュンベリーのその後の扱いなどに鑑みて、トメントーサが有効であるとしています。

一方、わが国では、長い間シデコブシは中国由来であるとされてきました。シデコブシの自生地は、岐阜、愛知、三重の三県だけにしかなく、野生のものを目にするのは限られた地域の人だけでしよう。



Pgm-1 遺伝子座における対立遺伝子の集団に占める割合

しかし、江戸時代にはすでに広く園芸に用いられていたの  
で、庭木としては多くの人が目にしていました。同じ仲間の  
モクレンやハクモクレンが中国原産だったので、周囲には見  
かけないシデコブシも中国原産と判断されてしまったと思わ  
れます。また、海外ではコブシの園芸品種とされたこともあ  
りました。

このように、本人の意志と反するところで、いろいろ取り  
ざたされてきたシデコブシですが、いまや希少植物の一つに  
数えられています。シデコブシは伊勢湾を囲む丘陵地の礫質  
に富んだ貧栄養の緩斜面や谷に生育します。私たちが酵素タ  
ンパク質を使って調べたところ、隔離されている三重県の集  
団と愛知県渥美半島の集団は遺伝的変異が小さくなっている  
ことがわかりました(図)。また、シデコブシの集団間の遺伝  
的な違いはコブシに比べて五倍近くもあり、集団ごとに保全  
する必要性を物語っています。

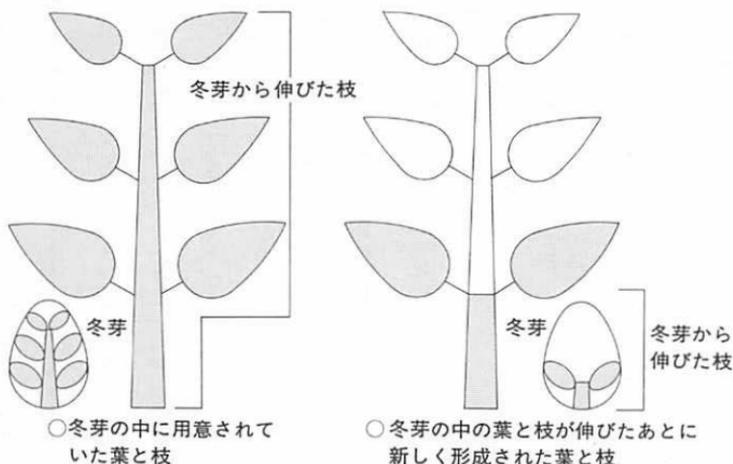
(河原孝行)

# 5 融通のきく木、きかない木

秋の紅葉を美しく彩るカエデの仲間に、融通のきくカエデときかないカエデがあるのをこ存じでしょうか。ウリハダカエデやコミネカエデは融通のきくカエデの代表、ハウチワカエデやイロハモミジ、オオモミジ、ヤマモミジは融通のきかないカエデの代表です。

両者の違いは冬芽にあります。冬芽を集めてピンセットで芽鱗をむいていき、中に何枚の葉が入っているか数えてみてください。融通のきかないカエデの場合、冬芽によって葉の数はまちまちなのに、融通のきくカエデは、どの冬芽にも二枚の葉しか入っていないことに気づくでしょう。融通のきかないカエデの冬芽の中には翌年に開く葉のすべてが入っています。翌春にこれらの葉がほぼ一斉に開いて、その後、新しい葉がつくられることはありません。ところが、融通のきくカエデの冬芽に入っているのは、翌年に開く葉の一部だけです。残りの葉は、翌春に成長しながらつくり出されず。

さてこの違いの意味するところは？ 林の中には、高木が倒れて明るくなったギャップと呼ばれるところがあります。ギャップができると、暗い林の下で耐えていた若木は元氣よく成長を開始します。それでは、たとえば秋の台風で高木が倒れ、ギャップができた場合を考えてください。そのころには冬芽は完成していますから、冬芽がつくられたのは暗い林の中、翌春成長するのは明るいギャップの中ということになります。



融通のきくカエデの冬芽と、きかないカエデの冬芽（教育社 ニュートン  
スペシャルイシュー「植物の世界」第3号より）

融通のきかないカエデは、翌春に開く葉はすべて冬芽の中に入っていますから、ギャップができて明るくなったからといって、よりたくさん葉をつくり出して元気よく成長を始めることはできません。彼女らの成長がよくなるのは翌々春です。一方、融通のきくカエデは、翌春に新しい葉をつくり出し元気よく成長を始めることができます。冬芽の中には最小限の葉しかつからず、ギャップができたときにもできなかったときにも対応できるようにしておくのが、融通のきくカエデの特徴といえるでしょう。

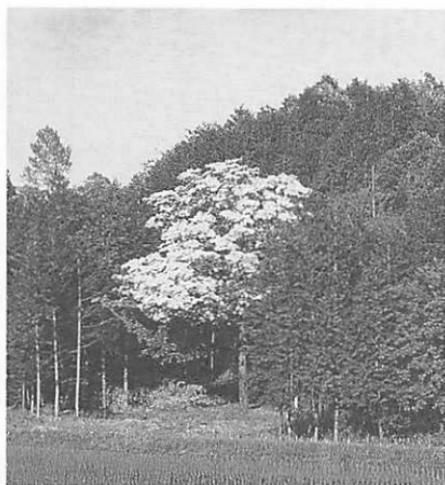
それではなぜ融通のきかないカエデがあるのでしょうか？ 融通のきかないカエデのほうが、林の下など暗いところでの成長はいいのです。これは一つには、葉を一斉に広げることで光合成ができる期間を十分に活用できることにあると思います。

（酒井聡樹）

# 6 ナンジャモンジャの木の正体

ナンジャモンジャというと、おもわず聞き返したくなるような奇妙で得体の知れない響きがあります。その昔「この木はなんじゃ？」と尋ねられた人が聞き取れずに「なんじゃもんじゃ」と聞き返したところ、問を発した人がそれを木の名前と勘違いしたのが最初だとか、あるいは樹木崇拜に関係した名前だとかいわれています。もともとがそういう由来の名前なので、特定の種類を指すのではなく、あちこちになんじゃもんじゃと呼ばれる大きな木が存在します。牧野富太郎博士によるとこの名前の木は全国に八本あり、実物はカツラやイヌザクラ、アブラチャンなどだったそうです。彼の説では利根川沿いの神崎神社のクスノキが本物のなんじゃもんじゃだとのことですが、現在ではヒトツバタゴを指し、明治神宮外苑に植えられていた大木がナンジャモンジャノキと呼ばれ天然記念物にも指定されていました。この木は残念ながら枯れてしまいました。したが、木全体を真っ白に染めて咲く五月の花のころには大勢の人が訪れたそうです。

さて、ヒトツバタゴはモクセイ科の植物で和名は単葉のタゴ(トネリコ)という意味ですが、日本のほか、朝鮮、中国、台湾にも分布します。けれども日本でその自生が知られているのは東海地方と長崎県の対馬の二カ所だけで、どちらの地域でも生育地は極めて限られています。対馬には一、〇〇〇本前後の個体からなる集団がありますが、生育場所はただ一カ所しかありません。一方の東海地方では東濃地方の湿地に点々と出



ナンジャモンジャノキ  
(撮影：金沢大学 植田邦彦)

現しますが、一つの集団には数個体程度のヒトツバタゴしか生育していません。化石では最終氷期以前に近畿地方と関東地方に分布していたという記録があるので、現在の分布は分布域の縮小による遺存的なものと考えられています。東海地方では集団の数は複数あるものの、集団の個体数は少なく、さらに近年開発によってその生育環境がどんどん破壊されているので存続が危ぶまれています。現在すでに各集団は互いに隔離されてしまっていて、遺伝的な交流はかなり制限されていると思われまます。天然記念物に指定されて大事にされている木もありますが、ヒトツバタゴの生育地である湿地はそこだけ残しても、周りが開発されてしま

えば水の循環が変わり、いずれは乾燥してヒトツバタゴは生育できなくなってしまうでしょう。もうすでに手遅れで、東海地方のヒトツバタゴは遠からず絶滅してしまう、と断言する学者もいます。

なんじゃもんじゃ、この念仏を唱えるような愉快な名前をもつ木があっさりなくなってしまうのは寂しいことではないでしょうか。今ある木を天然記念物に指定するだけでなく、生育環境を守り整えて子孫を継続的に生み続けられるようにしてほしいものです。

(副島顕子)

# 7 奇想天外という木

『南西アフリカの沙漠にだけ生えていて、一、〇〇〇年以上も生きる木なのに葉が二枚しかないものご存じですか』。アンゴラでこの奇妙な植物を発見したウエルウィッチャ博士は自信満々の笑顔で、フッカー博士にいたずらっぽく微笑んだ。半信半疑のフッカー博士はウエルウィッチャ博士のもち帰った標本に「ぐぜん」とした(筆者推定)。後にフッカーは、この奇妙な怪物に「ウエルウィッチャ・ミラピリス(和名 奇想天外)」と名づけ、その後今日までこの植物は多くの植物学者を悩ませることとなりました。

変わっているのは葉だけではありません。奇想天外はマツやイチヨウのように花びらをつけない裸子植物に分類されますが、じつのところ花びらのような器官をもつ被子植物的な木です。このことから、アフリカの隅っこで細々と生きている奇想天外は、じつは現在世界中を席卷している被子植物の祖先ではないかと考える研究者が現れました。しかし、一方では奇想天外と被子植物の類似は他人の空似であると主張する学者もたくさんいます。被子植物の系統関係を推定することは、系統分類学の大きな問題ですが、二つの仮説のどちらを採用するかによって、描かれる系統が大きく異なります。祖先がはっきりしないのでは、その子孫の類縁はわからないわけです。

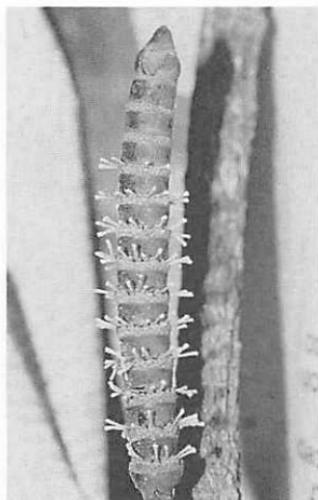
奇想天外の仲間にはグネツムとマオウがあります。グネツムは熱帯多雨林特産のつる植物、マオウは生薬



マオウの花



奇想天外 (小石川植物園植栽)



グネツムの雄花

として用いられ、アジアとアメリカの砂漠地帯に分布しています。それぞれ花の形態は類似していますが、葉や茎の特徴が大きく異なっているため、これら三つの植物から独立に被子植物が起源したのではないかという仮説まで提唱されたことがあります。

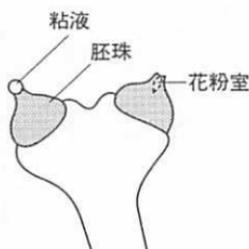
近年、奇想天外と被子植物の遺伝子を直接比較することによってこの問題の一部が解決されました。奇想天外とグネツム、マオウは互いに近縁な仲間であり、それぞれから独立に被子植物が生じたという仮説は否定されたのです。しかし、奇想天外の仲間が被子植物と裸子植物のどちらに近いのかという問題はまだ解決されておりません。奇想天外はそれ自体謎めいた植物であり、また他の植物の類縁関係の謎を解く力をも秘めた魅惑の植物といえましょう。この先、文字どおり奇想天外な結末が待っているのでしょうか。

(長谷部光泰)

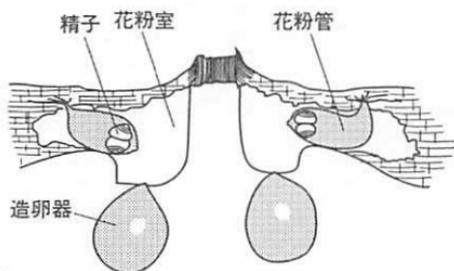
# 8 気の長いイチヨウの精子

イチヨウはいわゆる生きている化石で、この仲間の化石は中生代の地層からも多数発見されており、当時は地球上にかなり広く分布していたことが明らかになっています。雄の木と雌の木があり、食用のぎんなんがとれるのは雌の木だということはよく知られています。イチヨウの花粉は、春に雄の木に咲く雄花から風で運ばれ、雌の木の雌花の先に分泌される粘液にとらえられて、雌花の中に取り込まれます。この花粉はその後どうなるのでしょうか？

一八九六年の九月、東京大学理学部植物学教室の平瀬作五郎は小石川植物園にある雌のイチヨウの木からイチヨウの精子を発見しました。花粉の秘密はここにあるのです。花粉はたった数個の細胞からなる小さなものですが、植物が生き延びていくのに必要な遺伝情報をすべてもっているりっぱな生命体です。花が咲く植物では一般に、花粉が雌しべの先につくと間もなく発芽して、花粉管という細い管を伸ばし、その中の液体の動きにより精核が運ばれて卵細胞に到達し、すぐに受精が起こります。ところが、イチヨウの花粉はそうではなかったのです。春に雌花の胚珠の中に取り込まれた花粉は、胚珠の上部にある花粉室と呼ばれる部屋の中で時がくるのを四カ月も待っています。その間、花粉を閉じ込めた胚珠は直径二センチほどの種子の大きさに成長しますが、花粉室に入った花粉のほうもじっとしているわけではなく、花粉室の壁に根を張るよう



イチョウの雌花 先端に2つの胚珠があり、粘液についた花粉が花粉室に取り込まれる。



受精の準備が整ったイチョウの胚珠の内部(上部を拡大したもの) 花粉管が破れ、精子が泳ぎ出して造卵器に入る (平瀬, 1898より作図)。

にして固着し、短い花粉管を伸ばし、その中で生殖細胞の分裂を起こして、まんじゅうのような形の二個の精子をつくります。そして九月の初めごろ、花粉管が破れて精子が飛び出し、花粉室の液体の中を自力で泳いで造卵器に入り、受精が起るのです。

イチョウの精子が発見されるまでは、花の咲く植物の受精はすべて運動性のない精核の移動によって起こると考えられていたので、平瀬作五郎の発見は世界的に有名になりました。その翌年には、同じ教室の池野誠一郎によってソテツにも精子があることが発表されました。平瀬作五郎が研究した雌のイチョウの大木は、精子発見のイチョウと呼ばれ、小石川植物園のシンボルとなっています。

生命は、地球上に誕生して以来、長い間水の中で生活してきたと考えられています。動物や植物は、陸に上がってから水と深いつながりをもってきました。花の咲く植物のなかでは原始的といわれる裸子植物であるイチョウやソテツの受精が泳ぐ精子によって行われることは、その名残をとどめているものといえましょう。

(邑田 仁)

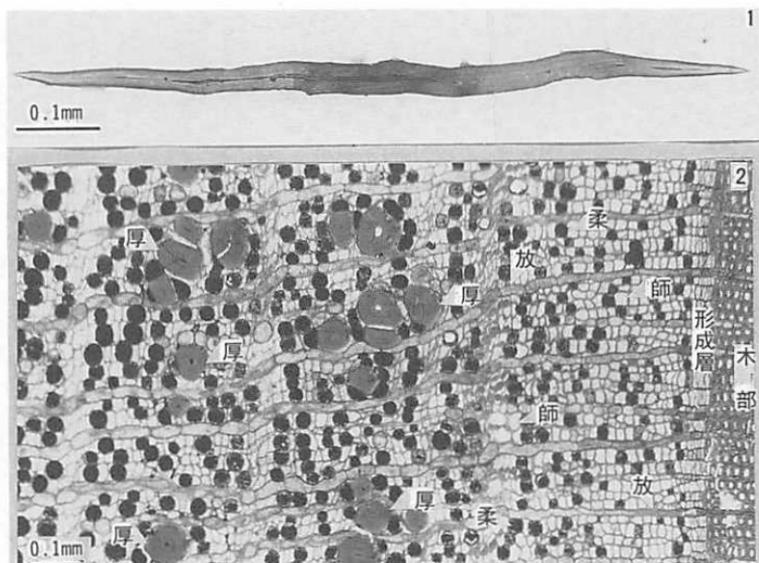
## トゲのある話ですが

北原白秋が「からまつの林を過ぎて、からまつをしみじみと見き。からまつはさびしかりけり……」と詠んでいるように、カラマツはどちらかといえば女性的な、優しいものとしてイメージされているようですが、物事にはすべて思いがけない面があります。ここでは、カラマツ樹皮の意外な面を紹介することにします。

おそらく多くの人はカラマツの幹(樹皮)を素手でさわったことはないものと思われませんが、経験のある人は手のひらがチクチクと痛い思いをした記憶があるはずです。痛かったのは小さなトゲが手に刺さったからで、あわててトゲ抜きを探したことでしよう。

では、このトゲはどのようなものでしょうか。カラマツの樹皮を薬品を使ってバラバラにし、取り出した一本のトゲを写真(上)に示します。ご覧のように、このトゲの両先端は槍のように鋭くとがり、その中間部は見るからに丈夫そうで、いかにも手に刺さりやすそうな形をしています。長さは一〜二ミリぐらいなので、肉眼でも十分認められます。

このトゲは樹皮中でのように存在しているのでしょうか。写真(下)は、カラマツの内樹皮横断面の顕微鏡写真です。師細胞(師)、師部柔細胞(柔)、師部放射組織(放)などの断面が見られますが、ひときわ大きく内部が細胞壁で埋めつくされているのがトゲ、すなわち厚壁細胞(厚)の断面です。このようにトゲは樹皮



カラマツのとげ（上）と樹皮（下）

中に点在しています。ご存じのように、樹皮には内樹皮と外樹皮があります。内樹皮はいずれ外樹皮に取り込まれてしまいます。その際にトゲ以外の細胞は押しつぶされてしまい、原型をまったくとどめなくなりません。しかし、トゲだけは元のままの形で、そのうえ新たな化学成分が添加され、いつそう硬くなり、一段とたくましくなります。外樹皮中にあるこのようなトゲが手に刺さるわけです。きれいなバラにはトゲがあるといわれていますが、カラマツもそのとおりでした。

樹皮は樹種によってさまざまな様相を示し、樹齢によっても異なるし、その様子から幹内部の傷をある程度推測することもできます。樹木の葉・花・果実だけでなく、手に触れることのできる樹皮に関心をもってみるのも面白いと思います。（今川一志）

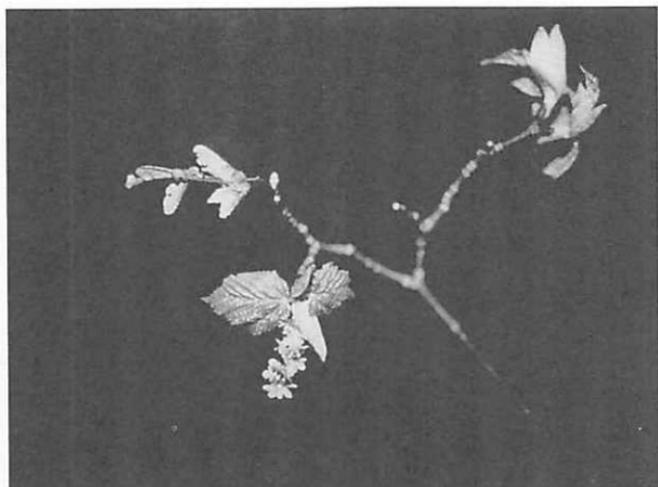
# カエデはニエーハーフ？

秋の紅葉のシーズンには、カエデは森の主役として赤や黄色に山々を彩り、訪れる人を魅了します。でも、カエデの花が咲くのを見たことのある人は意外に少ないのではないかと思います。

カエデは四月の終わりから五月にかけて、新葉の展開に合わせて、小さな美しい花を咲かせます。イタヤカエデは黄、イロハモミジやオオモミジは赤、コハウチワカエデは黄緑と色もさまざまです。これらのカエデは雌雄雑居といわれ、一本の木に雄花と雌花の両方が混じった花序(花の集まり)をつけることが知られています。新緑のころを過ぎると、雌花からはプロペラのような翼をつけた種子が育っていきます。

一方、カエデの仲間には、メグスリノキ、ミツデカエデ、チドリノキ、ウリハダカエデなどのように、雌雄異株といわれる種類もあります。雄花だけを付ける木と雌花だけを付ける木というふうに、個体の雌雄が完全に区別されるものです。分布が限られ、絶滅危惧種に指定されているハナノキもこのタイプとされています。種子を突らせるのは、雌だけということになります。

しかし、大きく二つのパターンに分けられているカエデの性の表現も、詳しく観察してみるとさらに複雑なことが最近わかってきました。たとえば、雌雄雑居と呼ばれる種類のなかにも、雄花が先に咲くタイプと雌花が先に咲くタイプがあることが、ハウチワカエデやオオモミジ、イタヤカエデで明らかにされています。



前年の種子と雄花序が同居した枝(雌から雄に戻った例)

また、雄花しかつけないタイプの個体も少数あり、それらは花をつけても種子が実りません。

雌雄異株とされていたウリハダカエデも、それぞれの個体を何年も継続して観察してみると、雄から雌に変わる性転換が起こっていることが明らかになりました。

何年も雄花だけをたくさんつけていた個体が、ある年に雌に変わると大量の種子をつけ、おそらく種子をつける負担が大きいために数年で枯れてしまうという現象が観察されています。一部の枝だけが性転換する例もときには見られ、その場合には雄の花序と雌の花序の両方を一本の木がつけることとなります。ごくまれに、雌から雄への転換も見られます。ただし、すべての個体が性転換するのか、一生雌か雌のまままでいつづける(遺伝的にそう決まっている)個体があるのかは、まだ明らかではありません。

ほかのカエデでも、性転換の可能性は十分あります。地道な観察がきつと明らかになってくれることでしょう。

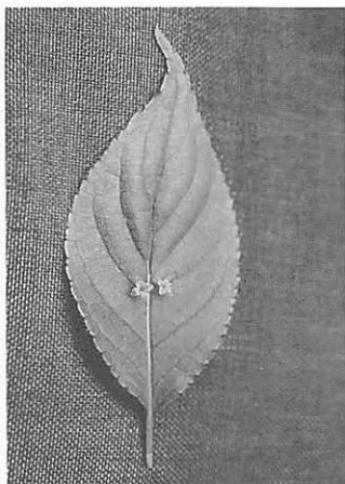
(田中 浩)

# 葉の上に花が咲く？

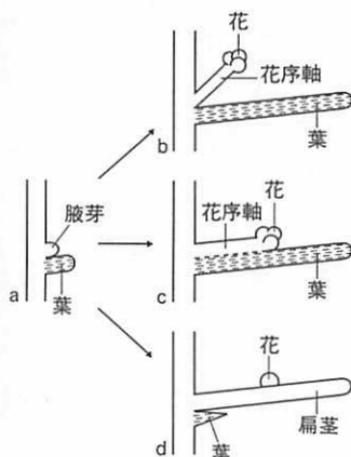
山奥の谷間で、きれいな花の入った花籠を真ん中にのせた筏が川を下ってきたら、幻想的な美しさを感じることでしよう。このような連想をさせるのが、葉状の部分の真ん中に花序(花の集まり)や花をつけるハナイカダ(写真)とナギイカダです。ハナイカダはごく普通の低い山で出会う植物であり、ナギイカダは地中海地方原産の栽培植物です。

変わった形の植物があると、植物学では単純には考えないで、広くほかの植物と共通の土俵でその特殊な形を解釈しようとはしますが、この問題については次のように考えるのが普通です。一般に、新しい芽は葉腋(ようえき)、すなわち葉が茎についているところのすぐ上の部分に発生することが多く、このような芽を腋芽(えきが)といいます(図a)。花芽も腋芽として生じることが多く、このことを念頭に置きながら、ハナイカダとナギイカダの葉状のものが茎についているところをよく見てみましょう。ハナイカダの葉状のものを下側から見たところでは普通葉(普通の緑色の葉)のつき方をしています(図c)。しかし、ナギイカダでは、図dのような薄くて細い鱗片葉があり、これを「葉」と考えるなら、葉状の部分は腋芽が発達して葉状になったものと考えることができます(図a、d)。

以上のことから、ハナイカダの葉状のものは確かに本当の葉であると考えます。ナギイカダは、腋芽から



ハナイカダの葉と花



a. 葉と腋芽の発生初期, b. 多くの植物, c. ハナイカダ, d. ナギイカダ。

発達した茎が扁平になって、葉状になったもの(扁茎という)というのが最も普通の解釈となっているので、茎であるならば、そこに花がつくのは当然ということになります。しかし、ハナイカダの場合は単純ではなく、腋芽として発生した花序の軸(茎)(図b)が、この腋芽を抱く葉の軸と葉身(葉の緑色の平らな部分)の真ん中まで合着(ゆ着)することによって、その特有の形となっていると考えます(図a、c)。

植物学では、植物の体は基本的には根・茎・葉からなり、それぞれがさまざまに変形することによって、さまざまな外部形態となっていると理解しようとしていますが、ハナイカダとナギイカダの花のつき方もそのような問題のよい例です。しかし、異なった解釈が生まれることもありますから、難しい議論に発展することもあります。

(原 襄)

## 命の水—樹液—

樹液が飲めるといったら、びつくりしますか？ 早春、まだ雪の解けきらない前に、シラカンバの幹に小さな孔を開けると無色透明な液体が溢れ出てきます。これを溢出樹液といいます。樹幹内の陽圧に押されて出てきます。ほのかに甘く、さらっとした飲み心地のすがすがしい、とてもおいしい水です。飲み水としては、天下の逸品でしょう。

ところで、樹木は、地球上でいちばん大きくていちばん長命な生き物です。一〇〇歳を超えるような巨木（セコイア）がアメリカ大陸にあります。その巨木のでっぺんでも葉が開き、花が咲きます。それは、根が吸い上げた水が、延々と梢まで運ばれていくためです。もし、人間が、一〇〇歳以下の水を真空ポンプを使って引つ張り上げようとしても、途中で蒸発してしまい液体を得ることができません。ですから一〇〇歳を超える樹体内をどのように水が上がっていくのか、日常的なマクロな世界の感覚ではとても不思議です。

じつは、樹木の中の水の動きは真空ポンプで引つ張り上げるようなものではなく、水の張力が自らを引つ張り上げているといった表現がふさわしい状態のもので、この水は、ミクロな通水管の中を根から葉まで途切れることなく連綿としてつながっているからです。このミクロの水管は、水それ自身の中に働く「凝集力」と水と通水組織の細胞壁との間に働く「粘着力」によってみごとに維持されていま



シラカンパ樹液飲料「森の響」  
(販売 丸二殖産(株) Tel. 0134-23-8201)



す。水柱を保持する通水組織の細胞壁は、セルロースの親水性とリグニンの疎水性とが巧みに折り込まれており、水を十分に引きつけて外に漏らさないような巧妙な仕組みになっています。水のもつ「凝集力」は、この一〇〇倍を超える水管を支えることができるほど十分に強力です。水を引っ張り上げる直接の原動力は葉からの水分の蒸散ですが、この蒸散力は強力で、夏場の日中には樹幹内がしばしば減圧になるほどです。加えて、根の浸透圧や樹幹内の浸透圧変化が補助ポンプとなって水を押し上げています。

早春に樹液が溢出することを紹介しました。この時期にはまだ葉がありませんから、主力ポンプ（葉からの蒸散）は働きません。したがって、根の浸透圧や幹の浸透圧変化などの補助ポンプが樹液の溢出の原動力となって働くものと思われます。しかし、葉のまだない時期に樹幹内が陽圧になる真の理由はいまだ不明です。

(寺沢 実)

# 咲かせてみようタケの花

タケの花をご存じでしょうか？ それは、小さな花類(かえい)からこぼれ出た、雄しべのみが目立つ地味なものです。日本でふだん目にするのできるタケ類は開花することはまれで、稈(かん)の更新はタケノコの伸長という無性生殖の形でなされています。無性生殖のタケノコの成長はきわめて速く、モウソウチクなどでは一カ月で二〇センチにも達します。このような伸長成長の速さは他の植物と比べて特異な現象として知られていますが、有性生殖である開花、結実に関してもタケ類は変わっています。つまり、開花周期が非常に長いことに加えて、開花時には群落全体が一斉開花した後に枯死することが多く、植物界のなかでも特異な開花習性として知られています。

タケ類の開花周期は長いことが多いため、その周期の記録は必ずしも正確ではありませんが、これまでの報告で最も開花周期の長いのは、日本でも普通に見られるマタケで約二一〇年です。世界には約一、〇〇〇種類のタケ類が知られていますが、開花周期としては数十年というものが多いようです。もちろん、多くのタケ類のなかには数十年に一度の一斉開花枯死というパターンをとらないものもあります。たとえば、ほぼ毎年開花する種や、不定期に開花する種も知られています。このように、私たちがタケの開花と聞いて漠然と連想する数十年に一度の一斉開花枯死は、必ずしもタケ類全体に当てはまるパターンではありません。さて、

開花パターンにはいろいろあるとしても、毎年花を咲かせたほうがたぐさんの子孫が残せてよいような気がします。どうしてほとんどのタケ類は長い期間にわたって無性生殖のみ繰り返しているのでしょうか？

この疑問に対しては、長いあいだ開花せず、種子が生産されない時期が続くと、タケの種子を食べる動物や昆虫の数が少なくなり、そのような状況下で一斉開花し大量に種子をつくれれば、多くの種子が食われずにくむからタケにとって有利なのだ、という説明があります。この説明はなかなか面白いものですが、実際にどのようなメカニズムでタケ類が開花時期を決定しているかを説明するものではありません。

横浜と京都に植栽された同一クローンのモウソウチクや日本からイギリス、アメリカ合衆国、ロシアなどに移植されたマダケがそれぞれ同時に開花したという報告があります。これらの現象は、タケの体内に種ごとに特有の時計のようなものがあり、それに従って開花が起こることを示しているように思えます。このような「時計」の針を人工的に進めることはできないでしょうか？ 熱帯産のタケの例ですが、種子から発芽したばかりの若い植物体の一部をとり、特定の条件下で培養して、たった数センチのタケを開花させることができましたという報告が最近なされました。この報告は、タケ類の長い開花周期を待つことなく、必要なときに、培養しておいた苗から開花を誘導し、研究のための種子を得ることができるといふ点で、従来難しいと考えられてきたタケ類の育種に明るい展望をもたらすものです。さらに、タケ類のもつ「時計」の正体をより詳しく知るうえで有意義のある研究といえ、今後の進展が望まれます。

(井鷲裕司)

## シダも木になる

熱帯に多数の種が分布し、日本でも亜熱帯地域に生育するヘゴの仲間がふつう木生シダと呼ばれ、熱帯林の特徴的な植物の一つです。丈の高い種では茎が二〇センチにも達し、日本のマルハチも一〇センチを超えることがあります。ニューギニアやモルッカ諸島の高地などではヘゴ林をつくることがあります。系統が遠いクワレシダも一メートル近くの高さになります。木生シダは一見したところ立派な樹木ですが、解剖学的には木とはいえません。木の解剖学的特徴は二次木部が発達し、支持組織として役立つことです。木生シダには形成層がなく、二次組織がつくられません。したがって、いうならばとてもなく高くなった草であるということができます。そのような高い茎を支えているのは発達した維管束と厚膜組織、それに茎の周囲を取り巻き根です。とりわけ、根は一本一本は細くても、茎のさまざまな高さから分枝して茎をフェルト状に取り囲み、茎を外側から支えているのです。茎の下部では直径数十センチにもなり、そのほとんどは、網目状に発達した根が占めています。ここから取られたヘゴ板は着生植物などの栽培に用いられています。

一方、本当の木も過去のシダ植物にあったことが化石からわかっています。現在森林をつくっている種子植物はシダ植物の一群から誕生しました。そのような祖先シダ植物は原裸子植物と呼ばれ、デボン紀中期(二億八、〇〇〇万年前)から石炭紀にかけて栄えていました。シダ植物として胞子でふえる一方、解剖学的特徴



セラム島(モルッカ諸島)の蕨苔林内の木生シダ

は裸子植物とたいへんよく似ていました。そのため、その材の化石は裸子植物であると信じられたことがあったほどです。原裸子植物には二〇<sup>5</sup>にも達する高木もありました。つまり、裸子植物の祖先であったシダ植物は裸子植物に似た樹木にいち早く進化したものの、繁殖の様式はまだシダの段階であったわけです。また、シダ植物にはゼンマイなどのシダ類のほか、小葉をもったヒカゲノカズラ類、楔葉をもったトクサ類があります。

三億五、〇〇〇万年前から二億八、〇〇〇万年前までの石炭紀は大森林が繁茂した時代で、当時の森林の代表的な樹木はリンボク(ヒカゲノカズラ類)やロボク(トクサ類)の仲間でした。リンボクは五〇<sup>5</sup>以上になることがあり、ロボクは一〇<sup>5</sup>に達することがありました。種子植物以外の植物が主になって森林をつくっていた当時の様子は、今日では考えられないことです。(加藤雅啓)

## ウツギがいつぱい

植物観察会で「これはミツバウツギですよ」などと説明すると、「はー、ウツギの仲間ですか」という返事がよく返ってきます。「いえ、ウツギの名はつくけれども、これはミツバウツギの仲間で、ウツギの仲間ではないんです」と素人にはわかりにくい返事をするようになります。そもそもウツギという語は二つの意味をもっています。一つは茎が中空になったさまざまな植物全体(広義)を指す場合であり、もう一つはユキノシタ科の低木一種(狭義)を指す場合です。○ウツギと名前のつくものは六科一〇属に及び(表)、相互には必ずしも近縁ではなく、花や葉の色・形もさまざまです。

ウツギは「空木」または「卯木」と書き、前者は茎が中空になっていることに、後者はウツギ(狭義)が卯月(旧暦の四月)に花を咲かせることに由来しています。ウツギ(狭義)の花は「うのはな」の名で古くから知られ、万葉集にも詠まれています。ほかのウツギと名のつく植物は、茎が中空の低木で、枝が柔らかく葉が対生(ゴメウツギ属は互生)といった形質を共有しています。系統的にはかけ離れているウツギ(広義)ですが、それぞれに面白い話題を提供してくれるので、ここに簡単に紹介します。

ウツギ属は五〇種ほどが知られ、大部分が東アジア、ヒマラヤに分布するほか、メキシコにも二種が知られており、この分布は第三紀周北極要素の分布とみなせます。ドクウツギ属の分布はもつと奇妙で、地中海、

ウツギの名のつく日本の植物たち

〔離弁花亜綱〕

ユキノシタ科

アジサイ属

3種 ガクウツギ, コガクウツギ, ノリウツギ

バイカウツギ属

1種 バйкаウツギ

ウツギ属

7種 ウツギ, ヒメウツギ, マルバウツギなど

バラ科

コゴメウツギ属

2種 コゴメウツギ, カナウツギ

ドクウツギ科

ドクウツギ属

1種 ドクウツギ

ミツバウツギ科

ミツバウツギ属

1種 ミツバウツギ

〔合弁花亜綱〕

フジウツギ科

フジウツギ属

2種 フジウツギ, ウラジロフジウツギ

スイカズラ科

タニウツギ属

8種 タニウツギ, ヤブウツギ, ハコネウツギなど

イワツクバネウツギ属

1種 イワツクバネウツギ

ツクバネウツギ属

4種 ツクバネウツギ, オオツクバネウツギなど

ヒマラヤ、中国、日本、台湾、フィリピン、パプアニューギニア、フィジー、メキシコ、南米西部と分布します。この分布をもとに前川文夫博士は、赤道が古くは傾いており、それに従って分布していたとする古赤道分布論を展開しましたが、今では遺伝子や形態の解析結果から、ヒマラヤにある種が最も原始的であり、地中海、アジアに広がった後、ベーリング陸橋を経てメキシコ、南米、パプアニューギニアに広がったとする説が有力となっています。種数の多いウツギ属、ツクバネウツギ属のそれぞれの植物では近縁種が同じ地域に見られることも多いのですが、これらは互いに花期を微妙にずらして咲き分けており、お互いの花粉が掛かり合わないようにして種の独立性を保っています。一方、タニウツギ属では地理的分布や高度分布を異ならせることで、種の独立性を保っています。種の分布の境界ではしばしば雑種ができて、種の判別に困るような個体も生じています。

(河原孝行)

# 常緑のサクラ

サクラといえばたいいていの人はヤマザクラやソメイヨシノを思い浮かべるのではないのでしょうか。日本のサクラ解説書の多くは、そうしたいわゆる「さくら」の品種をきれいな写真つきで紹介しています。しかし、これらはサクラの仲間の一部にすぎません。

サクラの仲間、分類学上のバラ科サクラ属に分類される群と理解してよく、私たちが慣れ親しんでいる「さくら」は、サクラ亜属 (*Cerasus*) という、属のすぐ下位のランクにある植物群に当たります。サクラ属には、サクラ亜属のほかにスモモ亜属 (*Prunus*)、アーンズ亜属 (*Armenica*)、モモ亜属 (*Amygdalus*)、ウワミズザクラ亜属 (*Padus*) と後述のバクチノキ亜属 (*Laurocerusus*) の五亜属があります。野生種や栽培品種でいうと、スモモ、ブルーン、モモ、ネクタリン、アーモンド、ウメ、アーンズ、ウワミズザクラ、イヌザクラなどがサクラ属の植物ということになります。

サクラ属のメンバーはかくも多種多様なのに、これまで名前を挙げたサクラ属の種はみな落葉性の植物で、すべて冬に葉を落とします。

ところがサクラ属のなかには冬でも葉を落とさない常緑性のサクラがあります。この常緑のサクラの仲間はバクチノキ亜属に分類されており、亜属名の *Laurocerusus* は *laurus* (ゲッケイジュ) + *cerusus* (サクラ)

を組み合わせたもので、常緑のサクラという特徴をそのまま文字にしたような名前で親しみやすいものです。落葉性のいわゆる「サクラ」との共通点は、葉の基部に腺点があることです。

さて、日本の常緑のサクラの仲間にはバクチノキ亜属のバクチノキとリンボクの二種があります。バクチノキという呼称の由来は、樹皮がばらばらと脱落して赤い木肌が露出するので、これを博打に負けて身ぐるみ剥がされた様子に例えたものだといわれています。日本には前記のたった二種しかありませんが、世界を見渡すとバクチノキ亜属は熱帯を中心にかなりの種が分布しています。熱帯地域の研究は十分に進んでいないので、いったいこの仲間は何種あるのかすら説明されていませんが、なかにはエチオピアに生育する

*Prunus africana* のように盤根が発達し、高さ三〇メートルに達するという種もあります。

バクチノキ亜属は落葉性のウワミズザクラ亜属と系統的に近縁であることが最近筆者らのDNAを用いた研究で明らかになりました。つまり、常緑、落葉といった違いは、見た目の印象とは異なり、比較的簡単に変わりうるのかもしれないということです。



バクチノキ

(遠藤康弘)

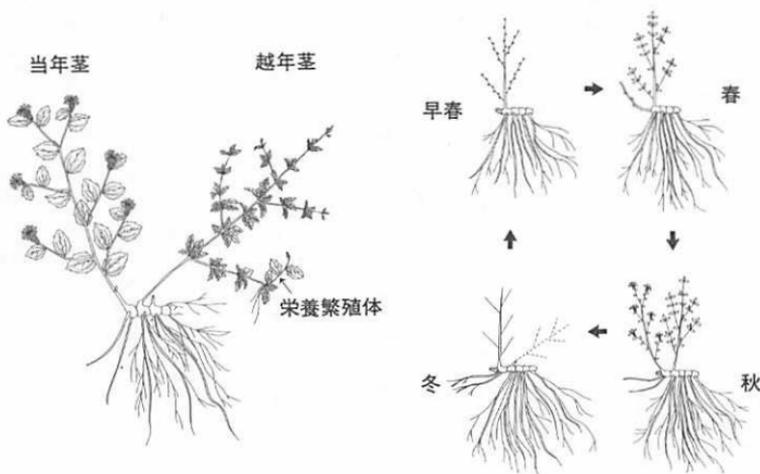
## 草のような木か、木のような草か

コウヤボウキは関東以西から九州に分布しているキク科のコウヤボウキ属の落葉小低木で、雑木林の林床などに普通に見られます。高野山で竹ぼうき代わりにこの植物の枝でほうきをつくったのが名前の由来です。コウヤボウキ属は小低木のコウヤボウキ節と夏緑草本のカシワバハグマ節に分類されます。

コウヤボウキは越年茎をもつので小低木ということになっていますが、地上茎の生活の様相は他の木本とはかなり異なっています(図)。早春に一本の越冬した地上茎から葉を展開します。地上茎の葉が展開している最中に、前年にできた地下茎から新しい地上茎が伸長しはじめます。新地上茎は伸長しながら六月まで葉を展開させます。この時点で、コウヤボウキは十分に葉をつけた齡の異なる二本の地上茎をもつことになります。秋には新地上茎の頂端に可憐な白色の花を咲かせます。晩秋になると、越冬した地上茎は枯れてしまいます。新地上茎は越冬しますが、寿命は約一年半と木本のなかで最も短いものです。

ここでいくつかの疑問が生じます。一年半しか地上茎がもたなくても、コウヤボウキは木本なのか。さらに、越冬する地上茎はコウヤボウキの生活にどのような役割を果たしているのか。

コウヤボウキの越年茎には肥大成長がまったく見られません。近縁種のナガバノコウヤボウキも同様です。地下部の形態は、連なる地下茎とそれから生じる多数の比較的太い根がある点で、草本のカシワバハグマ節



コウヤボウキの生活環 (安部良子 原図)

や多くの多年生草本と似ています。また、越年茎は地表に接した部分で活発な栄養繁殖を行います(図)。これらのことからコウヤボウキは草のような木ということができるとでしょう。もう一つの問題点の越年茎の意義を考えるとみましょう。越年茎につく葉は前年にすでに芽がつくられており、早春に上層木や他の林床植物が葉を展開させる前にいち早く葉を展開させ、明るい光のもとで光合成を行うことができます。春先の明るい光を一年の生活のなかでいかに有効に利用するかは、林床植物にとって最も重要なことなのです。コウヤボウキの越年茎はこの機能を十分に果たしています。個体の大きさによって多少は異なりますが、越年茎についている葉は年間の物質生産の五〇〜七〇%を稼ぎ出しています。コウヤボウキの越年茎は春先の明るい光環境を有効に利用するための大事な役割を担っているのです。

(堀 良通)

## これでも樹木？

夏山登山の楽しみは、森林限界を越えたとたん視界が開け、可憐な美しい花々に出会えることでしよう。

高山植物の多くは、背丈が小さく草本と思われがちですが、れつきとした樹木(木本)も混じっています。なかでも樹高が二〇〜三〇センチまでのものは矮性低木と呼ばれ、生育条件さえよければ五〇〜一〇〇センチになる低木類と区別されています。この矮性低木にはツツジ科の種類が多く、赤い実が甘酸っぱいジャムやジュースになるコケモモもこの仲間です。日本の高山には、ツツジ科の矮性低木類は二〇種あまり分布し、ハイマツの林縁や岩陰、雪田周辺など種に特有のすみかがあります。また、ウラシマツツジやエゾツツジのように秋には葉が枯れ落ちてしまうもの(夏緑性)は数少なく、大半が冬でも葉をつけています(常緑性)。

常緑性のいくつかの種では、葉の形態に共通した特徴があります。たとえば、針葉状の葉をもつミネズオウやツガザクラ類、ヒノキによく似た鱗片葉をもつイワヒゲなどは、葉の裏側が線状にへこみ細かい毛を密生させ、その中に気孔をすっぽりと隠しています。乾燥時に過度の蒸散を抑えたり、冷気を遮断するのに都合よくできています。またこれらの矮性低木は、一個体で生育することはありません。特に風当たりの強い尾根筋(風衝地)では、樹高が数センチのマット状の群落を形成しています。ミネズオウの場合、この群落内の葉温や気温は外気よりつねに数〜十数度も高く維持されています。真夏でも気温が零度近くまで下がる高山で



岩陰に生えるイワヒゲ



ミネズオウのマット状群落(ガンコウランも混じっている)

樹木が生きぬくためには、このような葉っぱ一枚から集団レベルまでの幅広い適応機構が必要なのでしょう。

こうした努力のもと、矮性低木類は毎年どれくらい成長し、天寿をまっとうするのでしょうか。幹の直径成長量はアオノツガザクラ、イワヒゲ、ジムカタなどで年間 $0.1 \sim 0.2$ mm、伸長量はコケモモ、ミネズオウ、ウラシマツツジなどで年間 $1 \sim 2$ cmとされています。また寿命についてはよくわかっていませんが、アオノツガザクラで二五年以上、北米のイワヒゲの仲間では $20 \sim 50$ 年と報告されています。私たちに身近なスギやヒノキが、毎年数十センチも伸び樹齢 $100$ 年以上の高木になるのに比べると、その成長量は微々たるもので、しかも意外に短命のようです。

ツツジ科以外で日本の高山に生育する矮性低木類には、常緑性のガンコウランやイワウメなどがあり、いずれも亜寒帯の広い範囲に分布しています。

(梶本卓也)

# 国旗になった木ーレバノンスギ

木の葉をデザインした国旗にはカナダのものがありませんが、レバノンの国旗はレバノンスギの木の形全体をデザインしています。レバノンの国民はレバノンスギをたいへん誇りにし、町のあちこちで国旗と同じようなこの木のデザインを使っています。

レバノンには東地中海に面した小さな国で、海岸線の背後には南北に走るレバノン山脈がそびえています。かつてはこの山脈全体が、レバノンスギの森で被われていました。乾燥地の広がる西アジア地域では、針葉樹の長くて太く真つ直ぐな材はたいへん貴重なものでした。そのためこの地域に大量に自生していたレバノンスギは神殿や王宮の建築材として、また船材として尊ばれ、これをめぐって四、〇〇〇年も前から交易が盛んになり、戦争すら引き起こされました。古代エジプトでもこの材を輸入し、ピラミッドの中に使ったり、ミイラを包む布にこの木の樹脂を浸み込ませて死体の腐敗を防ぐのに使っていました。

昔からの過剰利用のために、今ではレバノンスギの林が残っているのはレバノン山脈でわずか三カ所、しかも一つの林分面積も数ヘクタールとごくわずかです。隣のシリアにもレバノンスギの林がありますが、これも一〇分程度の林がただ一カ所といった有様で、絶滅の危機にさらされています。

世界の歴史を動かしたレバノンスギは絶滅してしまうのでしょうか？ 答えはNO！です。理由の一つは、



レバノンスギ

シリア北隣のトルコのタウルス山脈にある一六、〇〇〇  
畝の大きな林分が保護されることになったことです。タ  
ウルス山脈のレバノンスギの林も従来、建築材や薪材と  
して伐採され放題でしたが、トルコ政府は一九九〇年以  
降、ここでの伐採と林内放牧を禁止し、自然保護区に指  
定したのです。そしてもう一つの理由は、レバノン国内  
で、あちこちにレバノンスギが植えられていることです。  
この木はもともと標高一、〇〇〇メートル以上の亜高山帯に生  
育するマツ科の針葉樹ですが、最近では個人の庭や公園  
だけでなく、山の斜面や道路脇、それにワジ(渦れ沢)沿  
いなどに小面積ずつ植えられています。

しかし、アラブ諸国では何が起こっても不思議ではあ  
りません。レバノンのシンボルが幻の木にならないよう  
に、これからも注意深く見守っていく必要があるでしょ  
う。

(中村 徹)

## 世界のスギ科あれこれ

アメリカ西海岸に生育するセコイアやジャイアントセコイアは、わが国の樹木とは比べものにならないほど大きくなることでよく知られています。また、メタセコイア（アケボノスギ）は生きた化石として、あるいは紅葉のきれいな街路樹、庭園樹として親しまれています。これらの樹木はいずれもわが国のスギと同じスギ科に属しています。世界のスギ科には以下の一〇属一六種が知られています。

- I タスマニアスギ属    タスマニアスギ、ヒメタスマニアスギ、オオタスマニアスギ
- II スギ属    スギ
- III コウヨウザン属    コウヨウザン、ランダイスギ
- IV スイシヨウ属    スイシヨウ
- V アケボノスギ属    アケボノスギ
- VI コウヤマキ属    コウヤマキ
- VII セコイア属    セコイア
- VIII ジャイアントセコイア属    ジャイアントセコイア
- IX タイワンスギ属    タイワンスギ、ウンナンスギ

X ラクウシヨウ属 ラクウシヨウ、タチラクウシヨウ、メキシコラクウシヨウ

このうちコウヤマキは、遺伝子分析の結果、ほかのスギ科の植物から大きくかけ離れているだけでなく、スギ科に近縁のヒノキ科ともまったく異なっているという結果が出ました。また、ヒメタスマニアスギはタスマニアスギとオオタスマニアスギとの雑種である可能性が高くなり、結局、世界のスギ科は九属一四種ブラス一雑種に分類できることとなります。

これらスギ科の樹木は、アメリカ、メキシコ、タスマニア（オーストラリア）、台湾、中国そして日本と太平洋を取り囲むように分布しています。これらはみな、線形あるいは鱗片状の葉をもち、雌花と雄花が同じ株につくなどの共通した性質があります。葉と枝の区別がしにくいのも似ています。

スギ科の樹木は、池の周辺や川沿いの湿った場所か、尾根筋や斜面上部などの乾いた場所の、両極端に自生することが多く、こうした生育立地は多くの針葉樹にも共通しています。針葉樹は、なぜ植物の立地として恵まれないところに生育するのでしょう？ 植物の進化の過程からみると、針葉樹はシダ植物の次に地球上に現れ、シダより強い競争力をもって繁栄しました。しかし、その後には現れた広葉樹はさらに強い競争力をもっていたために、植物の生育に最も適した中庸な立地を占領し、針葉樹は尾根筋や川沿いなどの乾燥・過湿な立地に追いやられたものと考えられています。スギ科植物は、長い目で見ればこれから繁栄する植物群ではなく、レッド・データブックに載っているものも少なくありません。

(中村 徹)



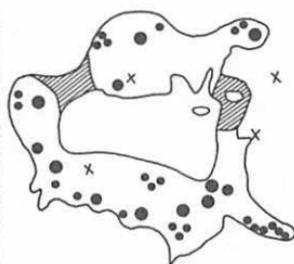
Ⅱ  
樹木の生活史

# 樹木の延命策

樹木の寿命はどのくらいなのでしょう？ 世界最長寿の樹木は北アメリカ西部のイガゴウマツで約四、

〇〇〇年、ジャイアントセコイアで三、一四八年の記録があります。日本では約七、二〇〇年という説もある屋久島の縄文杉（放射性炭素による年代測定結果では一、二〇〇年以上）が最高でしょう。一般的にはスギなどのように主幹のはっきりした高木の幹の寿命は数百年以内におさまるようです。クスノキやツツジ類などの主幹のはっきりしない高木や低木などは、環境条件が異なってもある程度その樹種に固有な分枝法をもち、樹形をつくっていきます。この分枝法の違いは樹木の個体の寿命に大きく影響します。

図はイヌブナに見られる萌芽株の形成状態です。樹木の場合、樹体から直接分化して栄養成長を行うことが可能なので、個体内のシュートや幹が枯れても再生して寿命をさらに延ばすことができます。低木のモミジイチゴ類や、高木のヤマナラシ、シウリザクラなどのように地下茎から萌芽枝を出すもの、低木のニワトコ、高木のイヌブナ、カツラ、針葉樹のコウヨウザンのように根元から萌芽枝を常に発生させ株を形成しているものがあります。永年固着性植物の樹木は、これら林内の不均一、予測の困難な環境（光や水分）から、生育条件の良好な環境下へ地下茎や萌芽を伸長させ、生育条件の悪い部分を補完し、個体を維持し寿命を延ばしています。しかし、栄養成長は親からの分離、分布の拡大、個体数の増加がなかり栄養繁殖とは呼



0 4 m

イヌブナの萌芽株(東大秩父演習林で)

上は株の平面図で古いものでは幹がドーナツ状に配列する。

びません。低木のナワシロイチゴなどは匍匐性の地上茎の先端部が発根して娘個体を形成し、地上茎が枯死して親株から離れて独立します。これは栄養繁殖個体とみなすことができます。

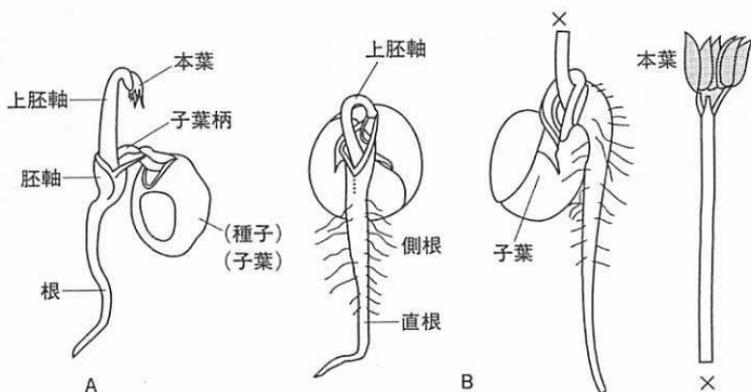
また、樹木では、幹の途中、根元まわり、幹が折損した場所など通常の分枝位置とは異なる場所から萌芽枝を出すもの、また雪圧などで幹が地面に圧着され、そこから発根して定着したり、熱帯の雲霧林の高湿度条件下で風で落下した生枝が地面に突き刺さり、そこから発根、定着するものがあります。これらは多くの場合、悪い環境条件の持続する場合や、物理的傷害など急激な環境変化が起こった場合にしばしば見られます。この樹木個体の部分的再生現象をリイテレーションと呼んでいます。樹木の延命策は、長い進化の過程でそれぞれの種が獲得してきた形質なのです。

(大久保達弘)

## トチノキの親心、お弁当は誰のため？

トチノキの種子はパラパラと降るように落下します。多くは一人旅が始まってすぐに昆虫やネズミ、イノシシなどの動物に食べられてしまいます。でも、シマリスがミズナラの種子を貯蔵食料にと埋めておき、食べ残された分がうまく発芽できるという話をご存じありませんか。トチノキもこのような食べ残し型の被食散布をしています。母樹の下に積もるほど落ちた種子はその場で食べられるだけでなく、運ばれて早ければ一昼夜で全部消えてしまいます。主犯はアカネズミです。どこにどのように貯蔵し、いつどのくらい食べるかなど犯行の全容はわかっていません。種子は翌春まず発根し、栄養分の本体(子葉)は地下に残って、上胚軸と本葉が地上に立ち上がります。自然下では実生が二〇本以上も一カ所から発芽していたり、ほとんどの実生が成長の途中で子葉を奪われてしまうことから考えると、翌春以降に食べる分も多いと思われます。

健全な種子を植えてみると、実生にとつて子葉は成長のための重要な養分供給体であることがわかります。特に、本葉を展開するまでの発芽過程で子葉を除去されると顕著に成長が悪くなります。自然下で子葉を奪われるのは五〜七月ごろで、ネズミの繁殖期と重なっています。この時期までに本葉を展開し終わってれば、実生は子葉を奪われても本葉の稼ぎでとりあえずは死亡に至らずにすみます。軸まで噛み切ってしまう悪いネズミもありますが、軸を傷つけずに子葉だけをとっていく場合も多いからです。発芽の開始時期は気候



トチノキ属種子の発芽と実生

A : オクタンドラトチノキ (RUDOLF, 1974 から変写)

B : トチノキ (宮部ほか, 1925 から変写)

条件によるので、間に合って助かる実生の割合が地域によって異なるのは面白い現象です。

しかし、子供がどのくらい生き残らせてもらえるかなどは、ネズミの食糧事情や家庭事情に左右され、トチノキの親にとっては予測が難しくあてになりません。トチノキの種子はアクも強く、ネズミに埋めてもらわなければ乾燥や食害による死亡を回避できないかどうかも疑問です。種子に詰まった栄養分は、純粋に、我が子が暗い林内で定着するために必要な初期投資として持参させたお弁当とみるほうが自然かもしれません。

でも、もしかしたら、ネズミは自分たちの役に立つトチノキをせっせと植林し、トチノキの親もネズミが運んでくれるのを期待して多めにお弁当を用意しているのかもしれない。動物と植物の間に交わされた巧妙な約束の一つかもしれないのです。

(金子有子)

## 蜜ドロボーをあざむくトチの花

トチノキはブナ林帯の谷筋に多く生える落葉高木です。初夏に円錐型の花序に花をつけますが、一つの花序には約一〇〇個の小花が咲きます。遠目には、高い木の上に白っぽい大きな花が咲いているかのように見えますが、間近で見ると、形や色の異なる小花が混じって一つの花序になっています。

まずは、雄しべと雌しべに注目して、花の形を見てみましょう。トチノキの場合、一つの花序に雌しべと雄しべを両方もつ両性花と、雄しべのみをもつ雄花が、混じって咲いています。一花序当たりの両性花の数は、多いものでは二〇個程度ですが、両性花をつけない花序もあり、平均五個程度です。残りの小花はすべて雄花ですから、両性花よりも多くの雄花が咲くことになります。このような性表現は、多くの果実を實らせすぎると不利になるが、送粉者(花粉を輸送する者)を集めるには多くの花を要するような状況下で有利です。トチノキの場合、日本産の植物中で最大の種子をつけるため、多くの果実が実りすぎると種子の重みで果序全体が脱落してしまうことが多いことが、このような性表現をとる一因と思われるます。

両性花も雄花も雄しべの数は六〜七本です。開花直後は花粉を生産しておらず、毎日、二、三本ずつが、順次、花粉を生産し、開花後約三日で花粉生産を終わります。興味深いことに、いずれの性の花も、花粉生産を終えた後、すぐには脱落しません。その後、約五日間、開花日から数えると約八日間は咲きつづけます。

開花後約三日までは花蜜を分泌しますが、四日以上経過した花は花蜜も分泌していません。また、両性花が受粉できるのも開花後約二日程度と考えられています。

花粉も花蜜も出さず受粉能力もなくなってしまった花がなぜ五日間も咲きつづけるのでしょうか？ この答えを考える前に蜜標（花蜜のありかを示すかのように花卉についている模様）の色に注目してみましょう。トチノキの花序を間近で見ると蜜標の黄色い花と赤い花があることがわかります。じつは、蜜標の色は開花後の経過日数で変化し、蜜標の黄色い花は開花後三日以内の花で、赤い花は四日以上経過した花です。

トチノキの主たる送粉者はマルハナバチ属のハチですが、そのほかにも花粉輸送に寄与することなく花蜜を盗んでいく「盗蜜者」も多数訪花します。面白いことに、マルハナバチが蜜標の黄色い花に集中的に訪花するのに対し、ほとんどの盗蜜者は蜜標の黄色い花にも赤い花にも同様に訪花します。すなわち、送粉者は花蜜を分泌し性的に活性のある開花後三日目以内の花に集中的に訪花するのに対し、ほとんどの盗蜜者は花蜜や花粉のない開花後四日以上経過した花にも、同じように訪花してしまうのです。マルハナバチが蜜標の色の変化を見ているかどうかは今のところ不明ですが、トチノキが出す何らかのサインによって送粉者には開花後の経過日数が伝わり、ほとんどの盗蜜者はそのサインを感じできずに報酬のない花にも訪花してしまうわけです。花粉も花蜜も出さず、受粉能力もなくなってしまった花がなお五日間も咲きつづけるのは、盗蜜者をあざむき、花蜜をめぐる競争上、送粉者を有利にするためと思われる。（角谷岳彦）

## 花の色のいろいろ

この地球上には約二、三万種に及ぶ高等植物があり、いろいろな色の花を咲かせています。特に虫媒花・鳥媒花をもつ被子植物の花は、鮮やかで多彩な色を表して、私たちの目を楽しませてくれます。

花の色といえば、おおかたの場合、花卉の色を指しますが、雄しべ、雌しべ、がく、苞(ほう)、あるいは葉が、花卉以上に鮮やかな色彩をもち、花卉のように見える植物もたくさんあります。この色彩豊かな花は、公共の場、個人の家庭を問わずいろいろなところで、いろいろに利用され、我々の生活に欠かすことのできないものになっています。しかし、花本来の目的は、人間に愛されるためのものではありません。花は昆虫や鳥などの訪花動物を、鮮やかな色やよい香りで誘い、甘い蜜を与え、代わりに花粉を確実に媒介してもらい、自身の子孫を増やすための植物の生殖器官なのです。

花の色は、アントシアニン、カロチン類、フラボンなど花のもつ色素と、その花に当たり反射または透過する光により決まります。光のうち人間が色として感じる可視光線は $400\sim 760\text{nm}$ (一億分の一メートル)の波長で、波長の短い順に紫、青、緑、黄、橙、赤色となります。ちなみに、赤色の花の場合はアントシアニン色素を含み、その結果、 $650\sim 760\text{nm}$ の波長の光を多く反射または透過しているのです。

それでは、日本の花を代表するサクラについて、その種類(種・品種)と花の色を調べてみましょう。日本

には九種の基本的野生種と、それらからできた雑種、変種を含めると約一〇〇種類のサクラが野生しています。それに外国産の二種が加わり、自然交雑、人工交配および選抜が奈良・平安の時代から現在に至るまで繰り返された結果、多くの品種が育成され、現在約四〇〇種類のサクラが日本にあります。

次に、これらの花(花弁)の色の構成割合を種類数で調べてみると、紅色系が最も多く全体の六二%、白色系が三七%、黄綠色系が一%でした。このように、サクラの場合、日本には桜色という言葉があるくらいです。すから、紅色および白色系の種類で九九%が占められています。白色系種類の細分類は困難ですが、紅色系の種類は、次の六色に細分類でき、その構成割合は、淡紅色が五五%、淡紅白色が二二%、紅色が二二%、淡白紅色が六%、濃紅色が三%、濃紅紫色が二%でした。

最後に、サクラの花の色とその代表的な種類をいくつか挙げてみると、次のとおりです。

紅色の種類…染井吉野、朝露、アメリカ(淡紅白・一重)。咲耶姫、塩釜本社(淡紅白・八重)。衣通姫、四季桜(淡白紅・一重)。一葉、琴平(淡白紅・八重)。大寒桜、仙台屋(淡紅・一重)。楊貴妃、福祿寿、普賢象(淡紅・八重)。陽光、紅彼岸(紅・一重)。朱雀、山本大提灯、(紅・八重)。関山、新珠(濃紅・八重)。寒緋桜、琉球緋桜(濃紅紫・一重)。麒麟(濃紅紫・八重)

白色の種類…太白、白雪、水玉(白・一重)。雨宿、白妙、静香(白・八重)。氣多白菊桜(白・菊咲)

緑黄色の種類…鬱金(淡黄・八重)と御衣黄(緑黄・八重)

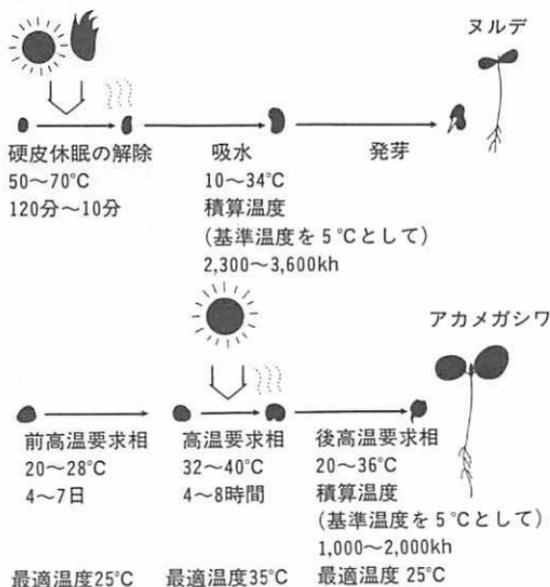
(石井幸夫)

## 種子のコートはどう脱がせるか

種子のなかには、寿命がとても長いものがあります。伐採跡地や山火事跡にいち早く出現するパイオニア樹種であるヌルデやアカメガシワの種子は、土の中で少なくとも数十年は生きつづけることができます。芽ばえの生育に良好な光条件を必要とするパイオニアは、暗い森の中ではたとえ発芽したとしても成長することができずやがて枯れてしまうでしょう。そんなとき、種子はむだな発芽をせず、じつと眠って待ちます。

そして、たまたま森に空き地ができて明るくなったときがチャンスの到来です。パイオニアの種子は、そのチャンスをうまくとらえて発芽するための「空き地検出機構」ともいうべき仕組みをもっているのです。

それでは、種子はどのようにして、自分が暗い森の中にいるのか、それとも明るい空き地にいるのかを知ることができるのでしょうか。種子になったつもりになって想像してみてください。森の中と空き地とでは、種子が存在する地表付近の光や温度の条件がずいぶん違っていきそうです。けれども、枯れ葉や腐食土の下、種子にとって、光は信頼に足るシグナルになりそうもありません。温度のほうはどうでしょうか。枯れ葉の下でも、森の中と空き地では温度は確かに大きく違います。空き地では温度の日格差がたいへん大きく、晴れた昼間にはかなり高い温度が記録されます。この温度の特徴を利用すれば、種子は自分の居場所を確実に判断できそうです。実際に、パイオニアの種子は温度条件の違いによって空き地を検出することがわかっ



ヌルデとアカメガシワの種子のギャップ検出機構

ていますが、その仕組みは同じバイオニアでも樹種によって大きく異なります。

例としてヌルデとアカメガシワの種子発芽における空き地検出機構を図に示しました。ヌルデの種子は、不透水性の硬い種皮が種子の吸水を妨げるので森の中では発芽しません。この硬皮休眠は、山火事や空き地

の強い日射により、種子が50°C以上の高い温度にしばらくさらされることによって解除されます。種皮の組織に切れ目ができて水が吸えるようになります。いったん水を吸ってしまえば、ヌルデの種子はかなり広い温度条件のもとで発芽が可能です。それに対して、アカメガシワの種子は最初から容易に水を吸いますが、その発芽は三五°C前後の温度を数時間経験しなければ完了しません。いずれにしても、森の中ではそのような温度を種子が経験することはめったにありません。そこで、種子は空き地ができるまでじっと眠りつづけることになるのです。

(鷲谷いづみ)

## 空くまで待とう自由席

白い大きな花を咲かせるモクレン科の花木は庭木や公園樹として広く利用され、世界中の人々に愛されています。わが国の山野に自生するモクレン科の樹木ホオノキは白い花を囲む輪生葉が大きく、いにしえの歌人恵行法師はその葉を青い絹笠にたとえ、大伴家は葉を折って酒杯にすべしと唱和しています。

落葉広葉樹林の中に散在するホオノキは、木が枯れたり、倒れたりして生じる明るい空き地(ギャップ)に育つ木としてよく知られています。ブナのように純林をつくることはなく、ギャップに種子を発芽させ、その明るい空間を利用して成長するのです。ギャップは森林面積の二〇％に達する場合もあり、森林の世代交代の場となっています。しかし数少ないホオノキのような樹木が、どこに生じるともかぎらないギャップで暮らすことができるのはなぜなのでしょう？

その秘訣は種子にあります。秋、コーン状の果実に実った種子の赤い果肉は鳥の餌となりますが、種子は消化されずに広く散布され、ネズミにより地中に運ばれます。一方、鳥が食べ残した種子は堅い果実とともに落下し、親木の下で埋もれていきます。モクレン科の樹木の種子には長い寿命があり、二〇年間土に埋めておいたホオノキの種子の九〇％以上が生存していたという報告もあります。森林に広く散らばった種子は、地中で息長くギャップの発生を待っているのです。



ギャップに発生したホオノキの芽ばえ

また、面白いことにホオノキの種子はギャップの発生を知る特別な発芽特性をもっています。ホオノキの種子は発芽に高い積算地温を要求し、樹木の開葉が終了したあとと七月ごろに明るく地温の高いギャップに芽ばえを生じます。落葉広葉樹林の樹木の種子の多くは春に芽ばえますが、春先の林はどこも明るく、種子はギャップを見つけることができません。そこで、ホオノキの種子は発芽時期を遅らせて、地温の上昇するギャップをじっくり探して芽ばえるのです。

モクレン科の植物は、温暖だった第三紀には北半球全域に広く分布していましたが、氷期に多くの種が絶滅し、現在は熱帯から温帯に約二四〇種が残っています。

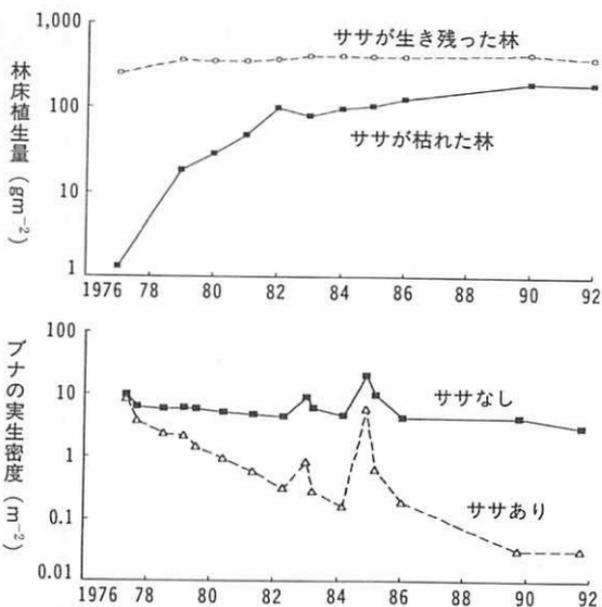
ホオノキは、モクレン科のなかでは最も高緯度に分布する種の一つですが、変動の大きかった過去を経て、大らかさの陰に季節への気遣いを示すようになったのかもしれない。

(高橋和規)

## ササが枯れるとブナが生える

ブナ林は日本の冷温帯を代表する森林で、永続的に世代交代が行われる森林(極相林)といわれています。実際に、花粉分析などでは過去数千年の間ブナ林が続いてきたこともわかっています。ところが、林の中には将来を担う若木や稚樹が意外に少ないのです。特に、ササが林床に繁茂するブナ林では、地面に達する光が弱いために稚樹の数が極端に少なく、安定した世代交代はとも望めません。どうやってブナは世代交代をしてきたのでしょうか？

ササは、数十年から一〇〇年に一度くらい、大面積で開花・結実し、その後一斉に枯死するという、特殊な生活史をもっています。枯死後は、結実した種子から発芽した実生や生き残った株からササの群落が回復してきますが、暗い林内ではそのスピードが遅く、二〇年近く経ってもまだ完全には回復しません(図)。一方、ブナは毎年種子をつくるわけではありません。五〜七年に一度大量に結実するほかは、だいたい一年おきくらいに少量結実することが多いようです。大量に結実しても、ササのあるところでは発芽した実生が一〜二年のうちに死んでしまいますが、ササの枯れたところではよく生き残ります。ササの回復に二〇年かかるとすると、この間に三回は大量結実をする年がありますから、林床にはしだいにたくさんの実生が貯まっていくなかで(図)。



ササが枯れた林と生き残った林における林床植生の量(上)とバナナの実生密度(下)

しかし、ササが枯れたただけではバナナの実生がすくすくと成長するのに十分とはいえません。実生が大きくなるには、林の天井(林冠)で光を遮っている大木が倒れたりしてさらに強い光がさし込むことが必要なのです。バナナ林では、一年に一輪当たり一〜二本の大木が倒れます。これによって、林の面積全体の〇・五〜一%

くらいが明るい林床(ギャップ)になりますから、枯死したササが回復する間に林全体の一〇〜二〇%くらいがギャップになります。また、ササが枯死する以前からすでにあったギャップを加えると、森林全体の三〇%くらいの場所でバナナの更新が進むわけです。こうして、バナナはササの繁茂にも負けず、部分的な更新を繰り返しているのです。

何十年に一回なんて非常に少ないチャンスに思えますが、バナナは最高四〇〇年くらいも生きる樹木です。ササの枯死も一生の間には何回も起こる現象なのです。(中静 透)

# あの手この手でサバイバル

ミズキは日本中に生育する落葉樹で、二次林、天然林を問わずによく見かけます。天然林では、ミズキは森の中で木が倒れてできた空き地(ギャップ)を利用して種子の発芽や稚樹の成長を行っています。ギャップの中なら光が多いので、比較的陽性のミズキもなんとか成長することができます。しかし、このギャップが森の中でいったい「いつ」「どこで」できるのか、ミズキは予測することができません。となると、ミズキは、うまくギャップを探し当ててくるような対策を練る必要があります。

ミズキがとった手段の一つは動物を利用して種子を「広く薄く」ばらまくことでした。都市の公園に生えているミズキを観察していると、たくさん実っていた果実が数日のうちになくなってしまふことがあります。地面に落ちたわけではありません。これは鳥が食べてしまったためです。そして鳥は果実の中にあつた種子をどこかへ運んでいったのです。ミズキの結実時には、葉が緑く黄色、果軸が赤色、果実が黒色という具合に鮮やかなコントラストとなつていて目立つようになっていきます。これは鳥を誘い寄せるための一つの工夫なのでしよう。

天然林の中でも、ミズキの種子は同じように鳥によつて運ばれています。その運搬距離を調べてみると、少なくとも五〇メートルは運ばれているようで、推定によると一〇〇メートルぐらい離れたところまで運ばれる種子もあ



長旅の末に出てきたミズキの芽ばえ。これ  
からも試練が待ちかまえている。

るようです。しかし、だからといってまだ安心はできません。全部の果実が鳥によって運ばれるという保証はないし、年によっては結実に失敗して種子ができないこともあるでしょう。

そこで、ミズキの種子は地面に落ちてはすぐに発芽するのではなく、何年間かは発芽しない状態で地中で待機できる能力も備えています。すなわち、鳥を利用して万遍なく種子をばらまき、その種子をプールのことよって、「ギャップに当たる」可能性を高くしているのです。なかなか巧妙なメカニズムだと感心してしまいます。

しかし、うまくギャップで種子が発芽できても、その次は他のギャップ利用樹種との競争が待ちかまえています。ここでもミズキには競争に打ち勝つための秘策があります。春に冬芽から第一段の葉が展開して枝が伸びると、その葉の稼ぎを利用して先へさらに第二弾の枝を横に伸ばし、さらに第三弾、第四弾と枝を広げるのです。これは他の樹種を押しさえこんで光をめぐる競争に勝つうえで有効な戦略なのかもしれません。

このように、ミズキはあの手この手を尽くして森の中で、なんとか生き抜いているのです。

(正木 隆)

## 古代王族末裔の待ち続ける日々

東北の大河北上川は、その二五〇<sup>\*</sup>に及ぶ流れの源を、一本のカツラの老樹の根元から湧き出た泉に発しています。この地方ではカツラは水の信仰と深く結びついていて、北上山地のあちらこちらで根元に祠を祭つた老樹を見かけます。溪流沿いに好んで生える大木群は、いにしえの人に竜神や、あるいはヤマタノオロチを思い起こさせたのかもしれない。

この木の特徴は、何といつてもこのように株立ちした巨大な樹体と長い寿命でしょう。一つの株からの枝葉の広がり(樹冠)は、しばしば一、〇〇〇平方メートルに達することがあり、国内の樹木では最も大きくなるもの一つと思われれます。このような巨木はいつたどのくらい長く生きていたのでしょうか？ 一つの株の中で幹が代替わりした回数を株に残った痕跡より判断し、これに平均的な幹の寿命をかけて推定してみると、それは五〇〇年から一、〇〇〇年以上に達しているという結果になります。これも国内の広葉樹としては最も長生きのうちに入るとでしょう。冷温帯林の代表的な広葉樹であるブナの寿命が三〇〇年前後というのに比べると、その長さは際だつているといえます。

じつはカツラにとって、この大きさや寿命の長さこそ、生き残るうえで大きな役割を果たしているようなのです。そもそもカツラは、河川の氾濫などで森林が大きく破壊(攪乱という)された場所でうまく更新で

きるような性格をもった種（パイオニア）です。小型で羽のついた種子を多量に遠方まで散布し、開けた場所を見つけて小さな芽ばえを十分な陽光の下で急速に成長させ、それがやがて森林の構成員となっていくのです。しかし攪乱の少ない安定した森林の中では、光が不十分なためにほとんどの芽ばえは一年以内に枯れてしまい、カツラは子孫を増やすことができません。そこでカツラは、森林が安定していて種子による更新が難しい期間は、ひこばえ（萌芽）を出して幹を交代させながら大きな樹冠と長い寿命を保ち、大量に種子をまき続けながら、まれに起きる大きな攪乱に種子更新のチャンスを待っているのです。



カツラの株立ち

ち葉を踏みしめながら嗅いだ甘い香りを覚えているかもしれません。カツラはあの恐竜が跋扈していた中生代白亜紀から、一億年近い年月をほとんど姿を変えずに生き延びてきました。現在は一科一属二種の孤立したグループとなって、わずかに日本と中国の一部に命脈を保っているばかりです。そう思うと、端正な姿と香りは古代王族の末裔としての威厳をとどめているような気がしませんか。

（大住克博）

## 雪の布団の寝心地は？

「つらくても がまんをすれば きつと来ますよ 春の日が …… 花は越後の 花は越後の雪椿」。小林幸子さんのヒット曲の一節です。サッチャンも越後の出身ですが、越後の女性は忍耐強く働き者だといわれています。そんな女性が例えられているユキツバキとはいったいどんな生活をしているのでしょうか。

ユキツバキはツバキ科ツバキ属の常緑低木です。近縁のヤブツバキとの分類学上の関係は、両者は別々の種であるという説と、ユキツバキがヤブツバキの亜種あるいは変種であるという説があります。ユキツバキ研究の第一人者である新潟大学の石沢進博士によれば、両者の分布ははっきりと分かれていて混在することはありません。ヤブツバキが北海道を除く日本全域に分布するのに対し、ユキツバキの分布は東北から北陸地方にかけての最深積雪が一・五メートルを超えるような地域に限られています。ユキツバキの生活は、雪とは切っても切れない縁があるようです。

高さ一〜三メートルにしかならないユキツバキは、根雪となる十二月末ごろから三月末、遅いところでは五月のゴールデンウィークすぎまで、短くても三カ月、長ければ六カ月、一年の半分も雪に埋もれて生活しています。この間、積雪に押しつぶされて地面にくっついていきます。積雪が下方にずり落ちたり、沈みこんだりする力はとても強いのですが、ユキツバキの枝葉はともしなやかで折れたり裂けたりすることはほとんどあ



雪の圧力により、まるで幹が地面をほうのように生育するユキツバキ(新潟県朝日村)

りません。逆に、積雪には低温や強風による乾燥を防ぐ働きがあります。ユキツバキは、雪の布団に守られて生活しているのです。事実、少雪のときには、雪に埋もれなかったために低温と乾燥にさらされて枯れてしまった枝葉を見ることができません。またユキツバキは常緑であるため、雪が解けはじめるとしなやかな幹が跳ね上がり、光合成を始めることができます。雪が消えてから開葉する落葉低木に比べてとても有利です。

さらに、ユキツバキは幹からの発根が旺盛で、積雪に押しつけられて地面に接した幹から次々と新しい根っこを出し、つながっていたもとの幹が腐ったりしてなくなってしまうと、新しい独立した株として成長していきます。こうして、実生による更新のチャンスがわずかな林内でも、うまく子孫を残していくことができます。

ユキツバキは長い進化の過程でこのように雪に適応してきたのでしよう。その生活を詳しく見ていくと、忍耐強くじつと雪に耐えているというよりも、雪を上手に利用しているという印象を強く受けます。赤いツバキの花言葉は「かれん」です。しかし、新潟県の県の木にも指定されているユキツバキの花には「したたか」のほうが似合うかもしれません。越後の女性もじつは……。

(箕口秀夫)

## 水責めぐらいでは参らない

一般に樹木の多くは、適度に水はけのよい立地で生育しています。それは、生物細胞の維持には酸素が不可欠で、私たちがふだん目にしていない地下部の根系も例外ではないからです。つまり、普通の樹木ははじめぐちゃぐちゃな土壌水分が過剰な立地では、根系が酸素不足に陥り生育ができないのです。しかし、なかには湿地にうまく適応して生育できる変わりものもいて、彼らがつくる林は湿地林と呼ばれ、世界中にさまざまなタイプのもので分布しています。湿地林を形成する樹木は、その耐水性に程度の差はあれ、進化の過程で酸欠に陥る立地条件で生育できるなんらかの生理的・形態的なメカニズムを獲得した樹木たちなのです。

さて、わが国の暖温帯域から冷温帯域で湿地林を構成する樹木の代表といえ、ハンノキを挙げることができるとしよう。本州のハンノキの立地は、そのほとんどが稲作の普及とともに水田に変えられてしまい、今では大規模な林は残存しませんが、北海道にはまだたくさんハンノキ林が残っています。なかでも有名な典型的なのは釧路湿原国立公園のハンノキ林でしょう。釧路湿原の景観の主体はヨシやスゲ類の優占する低層湿原ですが、次いで広い面積を占めるのがハンノキ林です。その分布域は、湿原上流、周辺部、そして湿原内を蛇行して流れる河川の自然堤防上、あるいは旧流路沿いになっています。これは、ハンノキがいかに耐水性が強いといっても、滞水の強度や頻度で生育地が決まることを示しています。ハンノキは湿地林を

構成する他の樹木（たとえばヤチタモ、ハルニレなど）と比較して最も耐水性が高いのですが、酸素供給のほとんどない停滞水に年がら年中つかった状態ではさすがに生育できません。しかし年中地下水表面が地表面より上にあっても、ある期間は水が停滞せず流れていけば生育できるなど、生育地の限界はかなり複雑と考えられます。また停滞水には耐えられても、養分の供給が少ない立地だと（たとえば高層湿原の周辺）、樹高成長が抑制され、限界まで生育すると根元から萌芽を出し主幹は枯れるといった生活形態を繰り返したりします。釧路湿原のハンノキ林が前述のような立地で生育しているのは、このような地下水位の高さと変動のパターン、そして河川によって運ばれる鉱質土壌の量（養分の供給）と深く関係しているからなのです。



融雪期のハンノキ林

ハンノキの耐水性のメカニズムの全容はまだ解明されていませんが、幹の皮目から酸素を地下部に送り込む機構が知られており、この機構は世界に分布する約三〇種のハンノキ属のうち湿地に適応している種では共通に確認されています。このほかに酸欠状態に陥ると、不定根の発生、皮目の肥大、幹基部の肥大、萌芽の発生といった対応をとったり、細胞の酸欠障害を弱める各種の酵素を量産するDNAのスイッチが入ることなどが知られています。（富士田裕子）

## 根株の上にも二〇〇年

世界最古の木造建築物である奈良の法隆寺はヒノキでできています。建てられてから一、三〇〇年以上の間、よくまあもっているものだと思わしますが、先ごろ亡くなった宮大工棟梁の西岡常一さんによればまだまだ大丈夫とのこと。西岡さんは、ヒノキは世界最高の建築材だといっておられました。

いわゆる養殖もののヒノキは珍しくありませんが、天然もののヒノキとなると、長野県の本曾地方にいかなければまとまった林を見ることはできません。本曾の赤沢自然休養林には、樹齢三〇〇年、高さ三〇メートル、ひとかかえをはるかに超える太さの天然もののヒノキが文字どおり林立しています。この林のヒノキも他の本曾ヒノキ林と同じで、純正の天然ものではなく、江戸時代の初めにまとまって切られたあと自然に再生してきたものです。

林の中を歩いてみましょう。地べたから生えているヒノキに混じって所々に奇妙な形をしたヒノキが見えます。根元に大小の穴が開いて人がくぐれそうなもの、根元が地べたから高い所にありそこから根がタコの足のように分かれているものなどがあります。根元が高いものでは人が十分その下に立って入ることができ、大きなヒノキが今にも歩きだしそうです。「根上がり木」と呼び、アメリカではこんな格好をした木のことを「たれあしの」と表現するようです。どうして、こんな格好をしたヒノキができたのでしょうか？ 根元の



ヒノキの根上がり木(矢印が幹の部分)

下の地べたを見てみましょう。形がすっかりくずれてわかりにくいのですが、根株の跡らしきものが見られます。江戸時代の初めに切られた木の切り株です。その上に自然に落ちたヒノキの種子が芽ばえ、切り株の周りから根を地べたへ伸ばしながら大きくなりつつける一方、切り株はしだいに腐ってなくなったのだと推測できます。そんなことを思いながら林の中の少し若い場所へくると、切り株の上に乗った若いヒノキを見ることができません。いずれ、先ほどの大きなタコ足の根上がりヒノキのようになるでしょう。

ヒノキの種子は、切り株にできた隙間や割れ目に入り込めるほど小さいので、水分に恵まれれば発芽できます。五、六月ごろに赤沢自然休養林にいくと、根株の上に生えた双葉の小さなヒノキの芽ばえを見ることができません。ヒノキが乾燥に強いことと、赤沢がそれほど乾燥しないことなどから、根株から供給される水分によって生育できるでしょう。根株が腐りはじめると、そこから養分も供給されるのかもしれませんが、根上がり木は、こうして三〇〇年もかかって切り株の上に育ったものです。強い風で倒れそうに思うのですが、なかなか倒れません。ただ困ることは、私たちが調査で幹の太さを測るときに落っこちそうになることです。

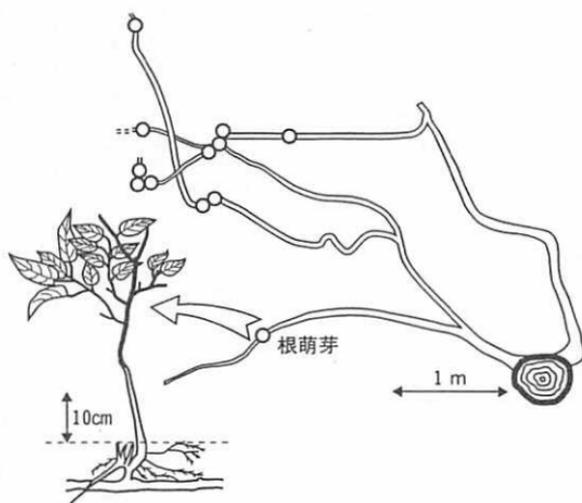
(山本進一)

## 親兄弟は根で結ばれている

シウリザクラは、北海道、北上、日光、上高地などの温帯上部から亜寒帯下部の湿润な森林で針葉樹や落葉広葉樹と混交して生えているサクラ属の一種です。サクラの仲間といっても、花は白くて小さく、ちょうど瓶洗いのブラシのように房状に並んで咲きます。また、幹はすらりと伸びて、大きいものでは樹高二五呎、胸高直径六〇<sup>セ</sup>にも達し、ふだん私たちがイメージするサクラとはずいぶん異なった姿をしています。シウリザクラの特徴はその姿だけでなく、秋に実る核果と根から発生した萌芽(根萌芽)によって繁殖しているところにもあります。

根萌芽は林内での生存率が非常に高く、たとえば、林冠の疎開したオオシラビソ林では、発生から二年経過しても根萌芽の約八〇%が生存していました。一方、同じ林分に発生した実生は、一年後には約二〇%、二年後には約五%程度しか生き残れませんでした。したがって、林床に生育する稚幼樹は根萌芽に由来したものがほとんどです。また、根萌芽は発生した年に樹高一〇<sup>セ</sup>以上に成長するものが多く見られましたが、実生には樹高一〇<sup>セ</sup>以上になるものが見当たりません。このような根萌芽の生存率の高さや発生した年の成長のよさは、母樹からのなんらかの支持があるためと考えられます。

図には、ある母樹の根萌芽の発生した根とその発生位置を示しました。母樹の大きさは樹高二二<sup>呎</sup>、胸高



根萌芽を発生した根と根萌芽の発生位置

直径二五センチですが、母樹の根元から半径二メートル以内には根萌芽が発生していません。そして、母樹から少し離れたところに根萌芽がまとまって発生しています。また、根萌芽を発生していた根は非常に柔らかく、いくつかの大きな分岐は見られたものの、細かな分岐はほとんど見られませんでした。このような根の断面を観

察すると、直径〇・一メートル以上の太い道管が見られます。このような太い道管は、根萌芽の幹やよく分岐した根にはありません。太い道管の役割については、まだ明らかになっていませんが、もし、この根から根萌芽に水分などが供給されていけば、ある程度成長するまでは自前の根をつくらずに生活できるというメリットが根萌芽にはあることとなります。

シウリザクラの根でつながった稚幼樹たちは、林冠が疎開することによって光環境が好転すれば成長する可能性が大です。しかし、その血筋をたざせば母樹自身といえます。そういう意味では、根でつながった兄弟は、母樹の手足なのかもしれません。

(小川みふゆ)

## 淵が瀬となる乱世を生きる

河川や溪流の周辺には、山腹斜面とは異なる独特の樹種で構成された河畔林や溪流林が分布しています。

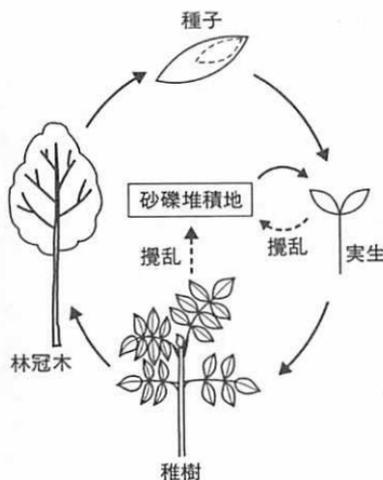
太平洋側の冷温帯の溪流沿いには、シオジを優占種とする溪流林が分布しています。すでに多くの溪流林は伐採されてしまいましたが、群馬県上野村と埼玉県大滝村には天然のシオジ林がまとまって残存しています。シオジはモクセイ科に属し、雌雄異株で、樹高は三〇メートルを超えます。

シオジの分布している溪流周辺は、砂礫の流送や堆積が頻繁に行われており、山腹の崩壊による土砂の供給もあります。そのため溪流域は複雑な地形をしており、光環境だけでなく土壌や水分環境も変化に富んでいます。シオジはこれらの攪乱現象に適応することでその生活史を獲得してきたと考えられます。林内に落下したシオジの種子は、その落下地点の環境条件にそれほど左右されずに発芽しますが、実生が定着する環境は非常に限られています。山腹斜面や草本植生が密な立地では、大部分の実生が二〜三年以内に消失します。一方、溪流際の砂礫堆積地はシオジの実生の定着にとってよい環境条件となっています。

この砂礫堆積地に定着した実生は、台風時の増水などによって砂礫とともに流されたり、埋められたりします。しかし、この攪乱によって新たな砂礫堆積地が生まれ、シオジの実生の新たな定着場所となります。それゆえ、溪流の攪乱はシオジの実生にとって敵でもあり味方でもあります。



シオジを優占種とする溪畔林  
(埼玉県大滝村)



シオジの生活史と溪流攪乱

溪流沿いでときおり生じる大規模な土石流や山腹崩壊は溪流の地形を大きく変化させ、流路が変わったり、高い砂礫地が出現したりします。それによって、攪乱が停止した旧流路では、定着している実生の成長が保障されず、また小高い砂礫堆積地には種子が落下し、発芽した実生がそのまま成長を続けます。ただ、これらの実生が林冠木に成長するには、林冠木の枯死や破壊によるギャップの形成が必要です。一方、新しくできた流路沿いの砂礫地では、実生の定着と流失が繰り返されることになります。

このようにシオジは、頻度の高い溪流の攪乱によって実生群落の更新を繰り返しながら林冠木の破壊や枯死を待つ生存戦略をとるので、生活史を通してみると、溪流の攪乱はシオジ林の更新に味方しているといえます。

(崎尾 均)

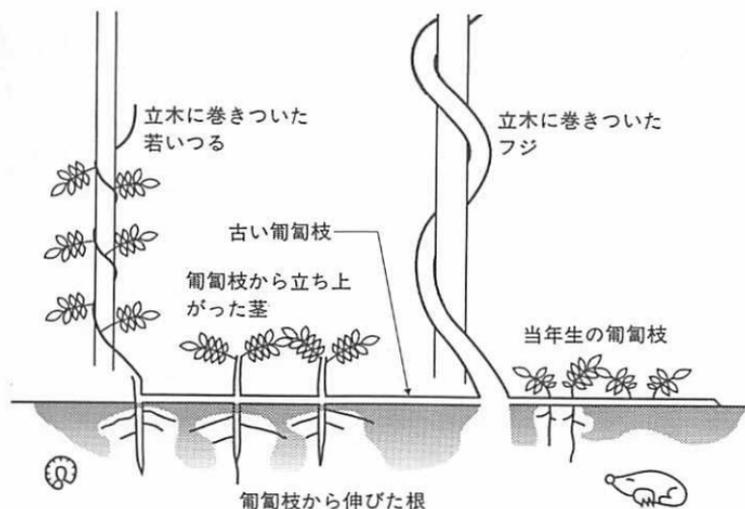
## 節操のないフジの話

藤原さん、藤村さん、藤井さん、藤本さん、藤田さん……名字に藤（ふじ）のつく人はずいぶんたくさんいるものです。これほど人名に登場する木も珍しいと思いますが、それは日本人が古くからこの植物と密接な関係をもって暮らしてきたことを反映しているのかもしれない。

フジはマメ科の本木性つる植物で、本州、四国、九州の平地から低い山地にかけて分布しています。「つる植物」とは自分の体を自分の幹や枝で支える代わりに、他のものを利用して体を支えて生活する植物の総称です。不思議なことに、つる植物は進化系統とは関係なく非常に多くの科にまたがって存在し、シダやヤシの仲間にも見られます。つるになるということは植物の世界では意外と普遍的に見られる現象なのです。

つる植物が体を支えるやり方はいくつかありますが、フジの場合は茎（つる）が他の植物に巻きつくことで自分の体を支える方法をとっています。一般の樹木は種ごとにそれぞれ特徴的な樹形をもっているのですが、フジには決まった形がありません。それというのも、フジのつるが巻きつく植物体の形状に応じて、よければ臨機応変、悪くいえば無節操に姿を変えることができるからです。

ところで、フジは巻きつくつるのほか、地面をはうつるをもっていることをご存じでしょうか。匍匐枝（ほふくし）と呼ばれるこのつるは、巻きつくつるとはだいぶ違った機能をもっています。匍匐枝は幹の根元



林内におけるフジの葡萄枝の様子(フジ本体の根は省略してある)

から出芽し、一日当たり七〜一センチという速度でひたすら真つ直ぐ地面の上を伸びていきます。これが一本の幹から数本放射状に伸び、年を経ることに分枝して巨大なクモの巣のように広がっていくのです。巻きつくつるは巻きつくものがなくなったらそれまでですが、葡萄枝は常に地面に支えられているので、あきれるほど長く伸びることが出来ます。茨城県で天然林で葡萄枝の長さを計測したところ、一つの個体だけで総計三七〇メートルあったという例もあります。こうして伸びた葡萄枝はあちこちの節の部分から根と直立する茎を出します。林内には、このような過程で生まれた小さなフジがたくさんあり、周囲が暗い場合は成長が止まった状態ですが、上の木が切り倒されたり台風などで倒れて明るくなるとつるを出して周りの植物に巻きつき、それぞれが独立した個体のように成長を始めるのです。

(酒井 敦)

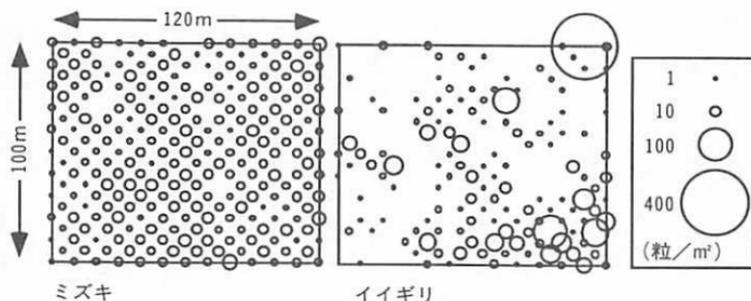
## 森に種子の雨が降る

雨は豊かな森林ができるのに不可欠ですが、ほんとうの雨以外にも森林にとって大切な雨があります。

樹木がつける種子のうち、サクラやクスノキなどの種子は動物に食べられて運ばれ、カエデやイヌシダなどの種子は風に運ばれて散らばります。カシやナラのドングリは親木の下に落ちるだけのように見えますが、カケスやネズミに運ばれて食べ残されたものが親木から離れたところで芽を出すことがあります。このようにさまざまな方法で運ばれる種子が森林の中に落ちてくる様子は、シードレインすなわち「種子の雨」と呼ばれます。

種子の雨が降る様子を目で観察して知ることは難しいのですが、たくさんのシードトラップを使えば調べることができます。シードトラップというのは、布やビニールシートなどでつくられた漏斗型をしていて、落ちてきた種子を採集して調べるのに使う道具です。宮崎県綾町にある照葉樹林で、一〇〇 $\times$ 二二〇の範囲内に降る種子の雨をシードトラップを使って観測した結果、種子の雨は樹木の種類によってさまざまに異なることがわかってきました。

種子が鳥に食べられて運ばれた場合と風によって運ばれた場合とでは、種子の雨に大きな違いが見られます。風に運ばれた種子の密度は親木から離れるほど低くなり、かなり離れると一〇 $\times$ 程度の距離の違いでは



鳥に運ばれたイイギリの種子と風に運ばれたミズメの種子の分布

種子の密度はあまり変わらなくなります。鳥に運ばれた種子でも親木から離れるほど密度が低くなりますが、風に運ばれた場合よりも種子の雨はかなり不均一になります。

綾の照葉樹林での観測例では、ミズメとイイギリの種子の雨にその違いがみられます(図)。両種とも観測した範囲内には親木はなく、離れた場所からミズメは風によって、イイギリは鳥によって運ばれてきます。ミズメの種子の雨は霧雨のように少しずつ均一に降っていますが、イイギリの種子の雨は局所的に集中して降る夕立のようです。鳥がよく利用する場所には多量の種子が落とされるために、このような違いが生じるのでしよう。

風まかせとはいいますが、風に運ばれたほうが樹木にとっては種子の行先を予想しやすいようです。

種子の雨は、どんな場所にたくさん埋土種子(「続森林の一〇〇不思議」九八ページ参照)が貯えられたり、稚樹の集団ができるかにかかわります。ほんとうの雨を観測すると同様に、種子の雨を知ること森林の樹木とつきあっていくうえで大切なことなのです。

(小南陽亮)

# 転んでもただでは起きない!

日光いろは坂下の直線道路の谷側、道路に河原が接している辺りに、丸い葉をしたフサザクラがたくさん生えているのをご存じでしょうか。フサザクラは温帯地方の丘陵や山地の、谷あいの急斜面や谷底の土砂が堆積した場所に生育する高木性の落葉広葉樹です。早春に赤い花(葯)を房状に多数つけることから房桜と名づけられましたが、サクラの仲間ではなく、フサザクラ科フサザクラ属に分類され、ヤマグルマやカツラと比較的近縁であるといわれています。

フサザクラはちよつと変わった植物です。高木のくせに地面が崩れたばかりの場所、あるいは崩れやすい不安定な立地に好んで生育するのです。ふつう、高木は他個体との光の獲得競争のために、まっすぐな太い幹を伸ばし、大きな樹冠を地面から高いところにつけます。ちよつと想像してみてください。岩盤がむきだしになった崖などは、高木が生育するにはいかにも不向きです。そうした場所でも、タマアジサイやアオキといった低木類に混じって、フサザクラは生育しています。

フサザクラは地表が不安定な場所にうまく生育するための仕組みをもっているのです。幹を切ったり傷つけたりしなくてもフサザクラは稚樹のうちから次々と萌芽して株立ちとなります。幹には萌芽幹を出すための特別な芽、休眠芽があらかじめ備えられています。萌芽したての細い幹はまっすぐに上向きに生えている



急斜面で株立ちしているフサザクラ

のですが、太いものほど傾いており、このため横から見ると扇子を半開きにしたような形で、斜面の下側に最も太い幹があつて斜面の上側にいくほど細い幹になっています。フサザクラもほかの樹木と同様に、地表が不安定な場所では、自分の重みに耐えられずに根がはがれて転倒したり、ひどく傾いた結果根元近くで幹が折れてしまつたりもします。しかし幹が複数あり、それぞれが自分の根をもっているため、そうした事故は幹ごと不起こり、株としては簡単には死なないのです。たとえ株全体が根返りしてしまつても、新たに萌芽して地上部をつくり直すことができます。また、幹が傾いてしまうのは不都合なこととはかぎりません。

考えてみると、急な斜面では、垂直に生えるよりも前方に斜めに張り出したほうがより多く光を受けられます。実際、フサザクラは一名サワフタギ（云津地方）と呼ばれるように、深く切れ込んだ谷の上空に側面から樹冠を張り出し効率よく光を受けているのです。また、太い幹が傾くことで地際上空に隙間ができ、若い萌芽にも光がよく当たります。

不安定な場所で踏ん張って耐えるのではなく、足場が崩れて倒れてしまふままに身を任せ、そうした状況を前向きに利用する——これがフサザクラのやりかたなのです。

（酒井暁子）

# 山火事も味方にするシブトイ木

「地震・カミナリ・火事・オヤジ」は昔から恐いものの順を表したのですが、阪神大震災の火事はすさまじいものでした。カミナリもしばしば火事を引き起こします。オヤジは、近ごろではあまり権威はなくなっているようです。さて、火事は住宅で起こるだけではありません。乾燥期をもつ広大な森林地帯では、ハイカーや山仕事の人たちの失火から恐ろしい山火事が発生します。このような人為的な出火やカミナリなどによる山火事は、植物や森林の維持に大きな影響を与えています。

頻繁に山火事が起きる地方の植物は、火事に耐えて生き残るためにさまざまな工夫をしています。高温で地上部が焼かれても、比較的熱の伝わりにくい地下に多くの芽や貯蔵養分を蓄え、そこから再生する半地中あるいは地中植物。これは冬の寒さや乾燥期を生き延びる手段ともなります。

また、山火事にあつても内部まで燃えないように樹皮が著しく肥厚している北アメリカ西海岸のセコイア類(写真①)は、逆に山火事がないと種の維持ができないといわれています。山火事にあつたセコイアは、厚い樹皮に火傷するだけで命には別状なく、かえって火事のストレスで充実した種子が生産されます。セコイアと混生していた広葉樹類は、樹皮が薄いので頻繁な火事にあうと枯れてしまい、その跡には元気のよいセコイアの若木が成長します。こうして長い年月をかけてセコイアの純林ができるのです。これは樹皮を厚く



写真① 幹の下部が焼けこげたセコイア(セコイア国立公園)



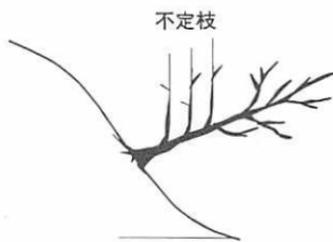
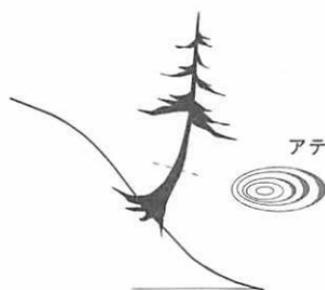
写真② 年ごとに生産されたマツカサが連なるジャックパインの枯れ枝(マツカサは開いていない)

することで火事に耐える例ですが、ロッキー山脈以東に生育するジャックパインは、大きな山火事で競争相手の樹木や老齢化した親木が燃え尽きた跡に若返った森林が形成されます。マツカサや種子も一緒に燃え尽きてしまいうのですが、そうではないのです。日本のアカマツなどは通常の空気の乾燥があるとマツカサが開き、種子が散布されます。ジャックパインのマツカサは猛烈な山火事にあわないと開かない構造になっています(写真②)。中途半端な山火事で、競争相手の樹木が成長すると陽樹であるジャックパインは枯れてしまうので、大切な種子が無駄にならないように大きな山火事の際にのみマツカサが開き子孫を増やせるのです。火事に耐えるというより、積極的に利用しているともいえます。このように樹木は単純に火に耐える、あるいは形態を変えるなどして、恐ろしい火事と共存しているのです。(谷本丈夫)

## 年輪は樹木の傷病記録

地すべり、斜面崩壊、土石流、河川氾濫、火山噴火など、地表の変動を頻繁に受けている樹木の年輪を観察すると、傷跡やら偏心成長した跡が数多く認められます。地すべり地の樹木は、土塊の動きによって幹が傾き、これに応じて「アテ」が形成されます。アテとは、異常に発達した幅広い晩材の名称で、樹木はこうした異常な細胞を発達させて自力で鉛直位に戻ろうとするわけです。針葉樹のアテ材は、ふくらんだ筋状の濃色部によって肉眼で判別することができ、傾倒した幹の下側に形成されます。アテは幹が傾いた場合に形成される異常細胞ですから、地すべりだけでなく台風などによって傾いた場合にも同様に観察されます。しかし、強風によるアテ材の形成方向が一つの方向に偏る傾向があるのに対して、地すべりでは不規則な方向に揺すられるため、いろいろな方向に分散する傾向があります。さらに広葉樹では、樹体が大きく傾いてしまった場合、幹から上方に伸びる不定枝を何本も発生させ、これが新たな幹になって成長します。

斜面崩壊もしくは土石流によって樹木に岩石などが当たると、樹皮と形成層の部分に傷がつき、この傷を修復するために癒合細胞が形成されます。こうした傷跡は年輪にはつきりと記録され、これによっていつ崩壊や土石流が発生したか、年代を推定することもできます。同様な傷跡は、火山噴火、山火事などによって形成層の一部が燃えた場合にも認められます。山火事の多い米国西海岸では、樹皮の厚い大径のダグラスフ



アーやレッドウッドなどが生育しています。これらの樹木は、山火事があつても完全に燃え尽きてしまうことは少なく、樹皮の一部が損傷を受ける場合のほうが多いといわれています。したがつて、年輪には火事の傷跡がいくつも残され、これによつて山火事の発生頻度を推定する研究も進んでいます。

さらに、河川氾濫原に成立しているヤナギ類やハンノキ類は、土石流や洪水によつて運搬されてくる土砂に埋まりながらも、不定根を発生しながら生育しています。急激に土砂に埋没すると、根の機能が低下し肥大成長が悪くなるのが一般的で、攪乱の記録を残します。

樹木の年輪や形には、樹木が厳しい自然環境に耐えて生き抜いてきた記録が残されており、これによつて我々は過去の歴史をかいま見ることができるのです。

(中村太士)



Ⅲ  
樹木の遺伝・育種

## 健康な子ダネのために

花の構造や機能に何ら異常が認められず、自家受粉の妨げとなる原因がないにもかかわらず、自家受粉した場合に健全な種子がまったくできないか、あるいはほとんどできないで不稔となる場合、この性質を自家不稔性といい、植物界では広く認められる現象です。ただし、致死遺伝子の作用や染色体異常、奇形、退化などによる不稔性は含まれません。一般には生理的原因で花粉の不発芽、花粉管の花柱への進入不能、花粉管伸長速度の低下・伸長停止などが起こり、受精できないために不稔となります。

自家不稔性には同形花(同花柱)型と異形花(長短花柱)型があり、前者には配偶体型と孢子体型があります。

異形花型の不稔性には雌ずいと雄ずいの長さの差がある異形ずい現象が見られ、ある型の花の雌ずいが同じ型の花粉で受精すると受精できずに不稔となりますが、異なる型の花の花粉で受精するとよく受精し、種子ができる現象で、モクセイ科の樹木でこの型の例が報告されています。

配偶体型不稔性とは、花粉のもつ不稔性遺伝子(S遺伝子)と雌ずいのもつ遺伝子との間に共通のものがあるとき、花粉管の伸長が阻害されるために受精が妨げられる現象をいいます。花粉の示す性質が花粉の遺伝子型つまり配偶体の遺伝子型で決定されることからこのように呼ばれています。代表的な樹種としては

サクラ、ヤマナシ、ミズキ、ギンネム、アカシア、ツバキ、カバノキなどがあります。

胞子体型不和合性とは、花粉の和合性に関する性質が花粉を生じた胞子体の遺伝子型によって影響され、柱頭上における花粉の発芽が阻害されるために起こる不和合性で、胞子体にすでに生じた物質が細胞質を通して配偶体(花粉)に影響するため起こるものです。花粉の示す性質が花粉をつくる親植物の遺伝子型つまり胞子体の遺伝子型によって決定される場合を指し、ニレ、プラタナスなどが知られており、ヘーゼルナッツでは二二の対立遺伝子群が同定されております。

自家不和合性の現象が柱頭上あるいは花柱では認められないのに種子稔性が著しく低下することがあり、受精後の胚の退化が関係していると考えられる事例もあります。受精核が分裂しなかったり、ごく初期の胚(前胚)が退化する現象がシャクナゲ、フウ、マツ、トウヒ、スギなどで報告されています。特に裸子植物である針葉樹の多くは、受粉から受精までの過程では不和合性を示すような現象は認められず、受精後の胚形成の初期に幼胚が退化するために不稔になることが多く、これは自殖による胚致死遺伝子の集積によるものと考えられています。この現象は厳密には自家不和合性には含まれませんが、自殖弱勢も含め、他殖性を維持するメカニズムの一つと解釈することができます。

自家不和合性が認められる樹種は、その機構は不明でも自家受粉による種子稔性の低下が明らかなものまでを含めると、その数は七〇種以上にもなります。

(中島 清)

## 父はなくても子はできる

熱帯の樹木、それも樹高が五〇〜七〇メートルになるような巨木は、おのおのの種が非常に低密度で森の中に点在します。たとえば日本でその材が「ラワン」として知られるフタバガキ科だと、東南アジアの熱帯雨林では一畝の中に同じ種が一本未満の密度でしか存在しません。このような植物では何キロも離れたところにある同種個体との間で、花粉を昆虫などに運んでもらうのは大変なことだろうと想像されます。

幸いにしてフタバガキ科では、ハチやアザミウマなどの昆虫によって、離れた個体の間での送粉を可能にしています。しかしどう考えても、こんな際に送粉システムに依存するよりは、「何とか自分だけで子孫をつくってしまえ」という種が出てきてもおかしくはありません。実際にフタバガキ科のなかには、種子を形成するのに花粉を必要としない種があるのです。

花の内部をイメージしてください。子房の中には胚嚢という、卵細胞とこれを取り巻く細胞群があります。通常は柱頭の先端についた花粉が発芽して花粉管を伸ばし、この中で形成される精核が卵と受精して、次の世代になる胚が形成されます。ところがフタバガキ科の一部では、この中の細胞が受精もせずひとりでに胚発生を始めて種子をつくってしまうのです。このように受精を必要としないで胚発生を進める生殖方法を、無融合種子生殖（無配生殖、アポガミー）といいます。できた種子は、すべて母親の木と遺伝的組成がまった

く同じ「クローン」になります。

受精に頼らないでこうした種子形成をする植物は私たちの周囲にもたくさんあります。たとえばキク科のセイヨウタンポポやヒメジヨオン、ラン科のネジバナは花を咲かせますが、この仕組みで種子を形成します。無融合種子生殖は、科レベルで見ただけには植物の系統に関係なく見られるので、おのおの植物群で独自に獲得されたものと考えられます。フタバガキ科の植物は何キロも離れた場所にある個体の間で送粉を行わなければならぬのですから、無融合種子生殖を獲得した個体が現れて定着しているのは当然のなりゆきだったのかもしれませんが。

フタバガキ科のなかで無融合種子生殖を行う種の割合は正確にはつかみかねます。私と共同研究者が調べているサラノキ属(*Shorea*)の *Mutica* 節の場合、二七種のうち三種で無融合種子生殖をしている集団が確認されました。このほかフタバガキ科の他の属 (*Anisoptera*, *Hopea*, *Diplerocarpus*, *Dryobalanops*, *Parashorea*, *Vatica*)でもこの生殖方法をとる種が見つかっています。なかには染色体数が三倍体、つまり正常な減数分裂が最初からできない種もあり、これは無融合種子生殖をしている証(あかし)でもあります。

無融合種子生殖による繁殖方法を獲得したフタバガキ科の植物は、遠く離れた別個体との送粉を行う必要がなくなりました。そして花粉がなくても種子をつくれるようになったのです。人間に例えると「父はなくても子はできる」というわけです。

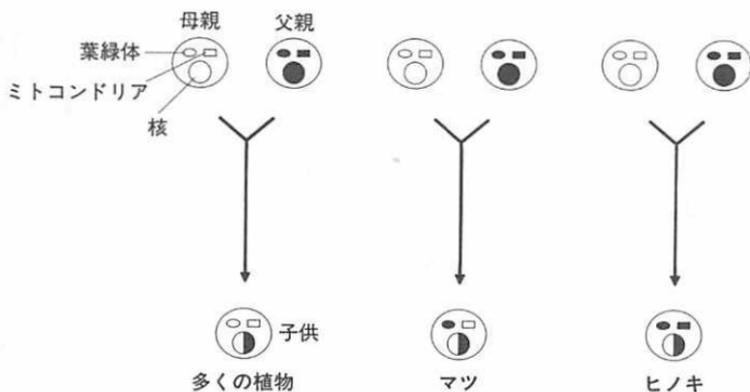
(瀬戸口浩彰)

## 父よあなたは強かった

人間の世界では、オヤジの権威が存在したのも遠い昔の話になりましたが、針葉樹では、今でもオヤジ強しの状況が続いています。もともと、オヤジが強いといっても、オヤジの影響が子供に強く出るといふ、遺伝の仕組みのなかでのお話です。

遺伝子の本体はDNAですが、植物では、細胞の中の、核、葉緑体、ミトコンドリアに、別々にDNAがあり、核のDNAは両親から子供に伝えられます。葉緑体およびミトコンドリアのDNAは、多くの植物では、母親のものが子供に伝えられますが（これを母性遺伝といいます）、マツやヒノキなどの針葉樹では、葉緑体のDNAは、父親のものが子供に伝えられることが明らかになりました。これを父性遺伝といい、父よあなたは強かった、ということになるわけです。

この現象を、世界に先駆けて発表したのは日本人です。大庭喜八郎博士（筑波大学）たちは、春先に葉の色が黄白色になるオウゴンズギというスギの園芸品種の子供を観察し、オウゴンズギを母親にしたときには、子供の葉が普通の緑色であるのに対し、オウゴンズギを父親にしたときには、どんなスギを母親に用いてもほとんどの子供がオウゴンズギと同じ葉の色になることを明らかにし、一九七一年に「スギの正逆交雑における色素異常の父性遺伝」（筆者訳）という英語の論文を発表しました。この現象は非常に特殊なケースであ



DNA の子供への伝わり方

る可能性もありましたが、DNAを調べることによって、葉緑体のDNAの父性遺伝が針葉樹に広く生じていることが明らかになりました。残念ながら、DNAを最初に調べたのはアメリカの研究者でした。この現象の存在は、針葉樹の受精の過程を、光学顕微鏡で観察していた杉原美徳博士（当時は東北大学）から一九四〇年前後に指摘されていました。また、フランスの研究者は電子顕微鏡を使ってより詳細に調べています。

残るミトコンドリアのDNAはどうなっているのでしょうか。調べてみると、針葉樹のなかでも、マツでは母性遺伝し、ヒノキでは父性遺伝していました。どのようなメカニズムでこんな違いがあるのか、興味は尽きませんが、ヒノキが最もオヤジとして強いことになりました。

樹木の品種改良では、核のDNAを主な対象にしていますが、葉緑体やミトコンドリアにも重要な遺伝子がたくさんあることから、オヤジの影響も無視できません。

(近藤禎二)

## 樹木の妊娠期間？

人間の妊娠期間はおよそ一〇カ月と決まっていますし、身近な動物でも妊娠期間は種類ごとにほぼ決まっています。樹木にとつても、子供Ⅱ種子の形成には一定の期間が必要であることに変わりはありません。

樹木が花を咲かせると、ご存じのとおり虫や風の力を借りて受粉が起ります。その後、卵細胞が花粉によつてもたらされた精細胞と受精し、順調に発育過程をたどれば、成熟した種子の完成に至ります。本来の妊娠期間とは胚形成以降の期間を指すのですが、樹木ではいつ受精が起こるのかがわかっていない場合が多いので、とりあえず受粉から成熟種子の完成までを樹木の「妊娠期間」とみなすことにしましょう。

我々の身近にある樹木の多くは、二、三月のスギやハンノキを皮切りに、早春から夏にかけて開花しますが、それぞれの樹種の開花の時期は生育している地域ごとに毎年ほぼ決まっています。そして、多くの樹種は盛夏から秋にかけて種子を成熟させます。ですから、これらの樹種では種子の成熟までに要する期間はおよそ三、四カ月ほどということになります。もつとも、こうした樹種よりもずっと短い期間で種子を完成させるものもあります。その代表選手がヤナギ類でしょう。早いものでは三週間ほどで種子を完成させ、綿毛とともに風に乗せて散布させてしまいます。

さて、受粉以降の雌花の中の様子はどうなっているのでしょうか？ 例としてスギの場合を見てみましょう

う。受粉した花粉は数日以内に花粉管を発芽させます。この花粉管を胚珠(後に種子になる器官)内にある卵細胞まで伸ばして精細胞を送り込み、受精させようというわけです。しかしこの時期には卵細胞はまだ形成されておらず、その完成にはさらに二カ月半もかかってしまっています。そのため、受粉後およそ三カ月たった六月上旬になってようやく受精に至ります。この期間が調べられている他の樹種としては、コナラ、ブナで約一カ月、ヒノキ属で二〜三カ月、カラマツ属で約二カ月、トウヒ属で三〜六週などがあります。すなわち、樹種によっては本来の「妊娠期間」は見た目よりずいぶん遅く始まるものも多いといえます。

また、開花した年内には種子を成熟させることのできないものもあります。たとえば、アカマツは五月上旬ごろ開花しますが、秋になっても雌花が多少大きくなっていて正常な球果(松かさ)には育ちません。そして翌年の五月ごろから急速に発育し、その年の秋ようやく健全な種子をもった球果が完成します。マツの仲間も受粉すると花粉管を発芽させますが、しばらくして伸長を停止させてしまいます。雌花も多少成長した後まったく休止した状態になります。そして一年近い眠りの後、翌春ふたたび活動を開始し、初夏になってやっと受精します。ですから、マツ類でも本来の「妊娠期間」はスギなどと大差ないことになりました。日本で見られる樹種のなかで、種子形成に足かけ二年を要するものとしては、マツ類のほかにクヌギ、アカガシ、ウラジログシなどコナラ属の一部の樹種、シイ属、ネズミサシ属(二部三年)などがあります。これらの樹種でも、果実の成長経過からみて受精は開花翌年に起こると推測されます。

(金指達郎)

## 森のネズミの好き嫌い

ネズミといっても、ひと昔前私たちの家の台所や天井を駆けめぐって害悪をまき散らし、最近では都会のビルの中で増えているクマネズミ(ネズミ亜科)ではありません。北海道の野山に生息する草食性のエゾヤチネズミ(ハタネズミ亜科、写真①)の話です。大きさはクマネズミよりもずっと小型で、頭胴長(頭と胴を合わせた長さで、尾を含まない)一〇ミ、尾長四五ミ、体重三〇<sup>4</sup>gあまりで、背中はチョコレート色、腹は淡い灰色の、森にひそむ可愛い小動物ですが、林業を営む人たちにとっては大きな悩みの種です。

北海道では、初期成長の早いカラマツ(本州中部原産)は重要な造林樹種です。エゾヤチネズミたちは冬の間、餌不足のためか、こともあろうにこの木の皮をかじるのが好きなのです。ときには木が弱ったり枯れたりすることもしばしばで、その被害額は相当なものです。このため被害防除に年間数億円が使われています。一方、カラマツと同じ属の仲間グイマツ(千島、樺太原産)は姿形はカラマツに似ていますが、彼らが嫌いな木の一つです。キユウリが嫌いな人やピーマンが嫌いな人などがいるのと同じように、好き嫌いがあるのです。屋内で飼育されているエゾヤチネズミに、カラマツとグイマツを同時に餌として与えると、カラマツは皮をすべてかじり取られますが、グイマツはほとんど見向きもされません(写真②)。さらに屋外の試験でも、カラマツは皮をかじられて枯死するものが多いのに対し、グイマツの生存率は高く、好き嫌いがあるの

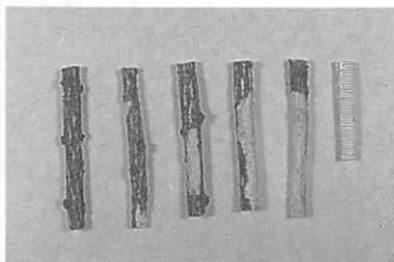
は明らかです。

どうやらグイマツにはエゾヤチネズミの嫌いな成分が含まれているようで、それには樹皮中のテルペン類や樹脂酸などの化学成分が関係しています。化学分析の結果、カラマツとグイマツではこれらの化学成分の組成が異なり、量的にはグイマツに多く含まれることが明らかにされています。

カラマツの皮を剥ぎ取ってしまう彼らに対して、ヒトは雑種 $F_1$ (グイマツとカラマツの雑種)という切り札を出しました。この雑種はカラマツと同等かむしろ良好な成長を示し、グイマツのようにエゾヤチネズミにかじられにくい、一石二鳥の優れたものです。今後この雑種 $F_1$ が普及すれば、エゾヤチネズミの被害も減少す



①エゾヤチネズミ



②室内試験の結果 A, B:グイマツ; C:雑種 $F_1$ ; D, E:カラマツ  
(写真は①, ②とも林木育種センター北海道飯塚和也氏 提供)

ると期待されています。しかし、その一方ではカラマツの植栽面積の減少に伴い、北海道の郷土樹種であるアカエゾマツやトドマツが被害を受けるケースが増えました。これらも北海道では重要な樹木なので、ここでもネズミは悪者です。

どうやら、街でも森でも、ヒトとネズミの関係は、イタチこつこのようです。(林 英司)

## トドマツの変わりダネ

近親結婚が望ましくないのは何もヒトに限ったことではありません。ものいわぬ植物も、あれこれ巧妙な防止策を講じています。果樹の多くは、自家受粉させても、その花粉管の成長をすぐにストップさせたり、受粉しても種子を成長させない「自家不和合」策をとっています。

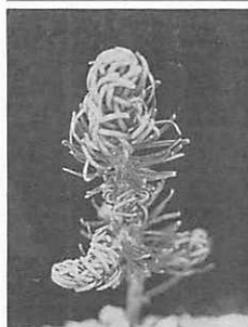
ところが、北海道を代表する針葉樹の一つであるトドマツは、自家受粉でも容易に充実した種子が得られることがわかっています。しかし、種子をまいても発芽率や稚苗の生存率は低く、葉緑素変異苗や形態変異苗などの異常形質苗が多くなり、苗木の成長も著しく劣ります。一方、自然受粉では変異苗の出現頻度は、それほど高くはありません。つまり自然では、それなりに任意交配が行われ、自殖を抑制して他殖率を高める仕組みが講じられているわけです。

林木ではこれらの変異形質は、ときには都合のよい形質になります。盆栽や庭木などの観賞用として、また、遺伝様式を知るうえでのマーカー遺伝子としても利用できます。

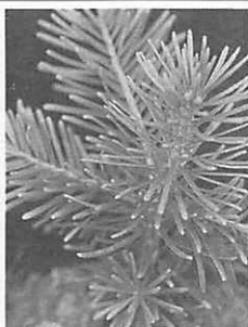
トドマツ精英樹苦小牧四号(No.4)の自家受粉でヨレ型苗が、白老九号(No.9)で黄斑型苗が検出されました。正常苗に対するヨレ型苗の出現率は二五%、黄斑型苗のそれは二四%で、この両形質はほぼ同じ割合で分離しています。これらのヨレ型苗および黄斑型苗を生じる形質がどのような遺伝様式をとるかを、カイ

変異苗の出現頻度と自然自殖率

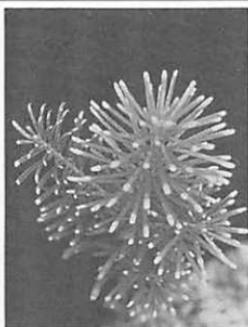
受粉様式 ♀親    ♂親	変異苗 の種類	観測苗木数		変異苗の 出現率	自然自殖 率の推定
		計	正常苗：変異苗		
To-4自家受粉	ヨレ型	492	368 : 124	25.20%	8.02%
自然受粉	ヨレ型	1,337	1,310 : 27	2.02%	
Sh-9自家受粉	黄斑型	244	185 : 59	24.18%	15.28%
自然受粉	黄斑型	445	428 : 17	3.82%	



変異苗（ヨレ型）



正常苗



変異苗（黄斑型）

二乗検定によって確かめてみると、メンデルの期待分離比三対一に適合しました。

このことから、両形質はいずれも単一の劣性遺伝子によって支配されているものと推定されます。つまり、これらの劣性遺伝子をヘテロの遺伝子型で保有している母樹を自殖した場合、劣性遺伝子がホモ接合した変異苗は正常苗三に対して一の割合で分離するものと考えられます。

自然受粉家系においても変異苗が出現し、ヨレ型苗で二・〇％、黄斑型苗では三・八％でした。これらの変異苗すべてが自殖によって生じたものと仮定して、自然自殖率を推定すると、ヨレ型では八・〇％、黄斑型では一五・三％でした。したがって、トドマツ採種園における自然自殖率は、八・一五％と推定されました。

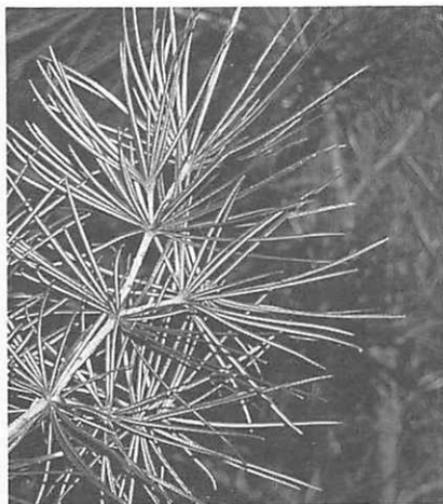
（河野耕蔵）

## 霊木はやはり孤高の木

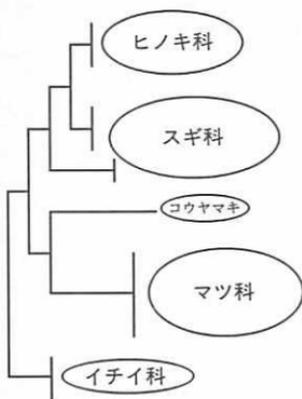
コウヤマキの名の由来は、古来高野山で霊木として保護されていたためのものであるといわれています。また高野山では六木の一つとされ、木曾でも五木の一つとされています。この属の樹木は古来広く分布し、ヨーロッパの第三紀には重要な褐炭林をつくっており、古第三紀には北米にもあったといわれています。現在、この種は日本にしかなく、福島県から宮崎県にかけてとびとびに自生しています。日本では昔から親しまれた木で、造園樹、装飾樹、用材として使用されてきました。造園用としては樹型の美しさと手入れをしなくても自然に樹形が整うため多く用いられてきました。神社には神木として用いられ、防火樹としても植栽されてきました。また、材は耐水性に優れているため、棺桶、風呂桶などに利用されてきました。特に古墳から出土する木棺のほとんどはコウヤマキでつくられているといわれます。

この種の分類については、一科一属一種のコウヤマキ科と分類する人とスギ科の仲間であるという人がいて、形態的には中間的な側面をもつため扱いが難しくなっています。増殖方法はさし木が主流で、実生では生育が遅いので普通は行われていません。これもスギ科に分類される一つの特徴かもしれません。なぜなら一般にスギ科の樹木はさし木が容易であるといわれているからです。

近年、DNA分析技術の進歩に伴い、分類学にもこの技術が用いられ、分子分類学とか分子系統学という



コウヤマキの形態



コウヤマキの針葉樹のなかでの位置づけ(概略図)

研究分野がつけられたぐらいです。植物では特に葉緑体 DNA 上の遺伝子が注目され、塩基配列 (G、A、T、C の並び) を比較し種の類縁関係が議論されています。これによるとコウヤマキはスギ科とは独立した科であるという結論です。葉緑体 DNA を対象とした他の方法でも同様の結論が得られています(図)。この結果はコウヤマキを独立の科として分類するための裏づけとしては十分に使えるものであることだけは確かです。しかし、この系統樹は葉緑体 DNA だけを見ているのですから、問題がすべて解決したわけではないと思います。今後、DNA レベルのデータが蓄積されていくことによって、従来の形態のデータに DNA のデータが加味されて真の種の位置づけが明らかになっていくと考えられます。

DNA は今後、分類の補助データとして使われていくことになるでしょう。

(津村義彦)

## ソメイヨシノの出生に迫る

開花前線はソメイヨシノを指標にしています。これからわかるように、今ではソメイヨシノが桜の代名詞になっていますが、その起源は定かではありません。ソメイヨシノがオオシマザクラとエドヒガンの雑種であるという点では関係者の意見がほぼ一致しています(竹中、一九六二年)。しかし、母親がオオシマザクラかエドヒガンかという点や、これが自然雑種なのか人為交配種なのかという点で意見が分かれています。

そこで、まず、ソメイヨシノが過去にたった一本だけできたのかどうかを明らかにしたいと考えました。ご承知のように、各地の気象台・測候所は標準木にしているソメイヨシノの開き具合をもとに、開花子報を行っています。そこで、私たちはD.N.A.指紋法を用いて、一道一都二府四二県(沖縄を除く)の六七カ所の気象台・測候所の標準木を調べました。その結果、すべての標準木がまったく同じD.N.A.指紋をもっていました(印南ら、一九九五年)。このことは、現在のソメイヨシノが遺伝的に極めて均一であることを示しています。一方、エドヒガンやオオシマザクラでは、個体によってD.N.A.指紋が違っていました。これは、同じ両親から生まれた子どもの間でも、D.N.A.指紋が違うことを意味します。以上の結果から、全国のソメイヨシノは、たった一本の原木に由来した単一のクローンであることが判明しました。

次に、オオシマザクラとエドヒガンのどちらが母親であるかを決めるため、私たちは、母性遺伝をするこ

とがわかっている葉緑体DNAについて、ソメイヨシノ、オオシマザクラ、エドヒガンの三者を比較しました。ソメイヨシノとエドヒガンの葉緑体DNAはまったく同じで、オオシマザクラのものはこの二つと明らかに違っていました。そこで、ソメイヨシノの母親はエドヒガンであると結論しました(金子ら、一九八六年)。しかし、岩崎(一九八六年)は、花粉の形やペルオキシダーゼなどの比較から、ソメイヨシノの母親はオオシマザクラであると推定しています。しかし、その推論の根拠は、遺伝学的に不確かなものです。また、湯浅(一九八六年)によれば、船津(一九六六年)の祖父の桜ノートに、染井の伊藤という植木屋が大島桜を母親としてつくりだしたという伝聞が記されているそうです。これが正しければ、ソメイヨシノの母親はオオシマザクラということになります。

ソメイヨシノが自然の交雑でできたのか、人工交配で生まれたのかを決めることは今では困難です。自然の雑種であれば、両親が自生する土地で生まれたことになります。オオシマザクラは房総半島、伊豆半島南部、伊豆七島に、エドヒガンは本州、四国、九州に自生しているので、両者が自然交雑できるのは房総半島か伊豆半島南部に限られます。事実、伊豆の船原峠にはソメイヨシノに似たサクラが自生しています(竹中、一九六二年)。伊豆半島か房総半島で生まれたこのような雑種の枝が、花のみごとの故に、江戸まで運ばれ接ぎ木で増やされたことは、十分あり得たでしょう。一方、人為的につくられたとすると、江戸時代に交配技術が確立していたことになりませんが、はたしてどうだったのでしょうか。

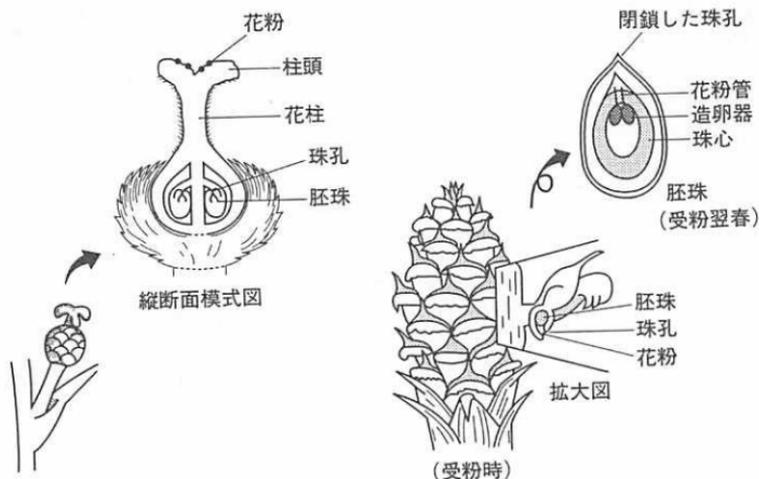
(常脇恒一郎)

## 花粉の競争

競争は人間社会だけの専売特許ではありません。さまざまな生物は一生のうちにも多くの競争を経験します。それに打ち勝ち、あるいは敗れてその存在やまたそのあるべき位置がおのずと決まってくるのは、命あるものすべての宿命といってもいいでしょう。一粒の種子ができるまでの間にも、いくつかの競争があります。

雌しべに付着した花粉は花粉管を発芽させて胚珠内に侵入し、卵と受精します。多くの植物では、一つの雌しべに受粉する花粉の数は、その雌しべの奥にある卵の数より多いので、受精できるのは花粉管をより早く伸ばし、より早くゴールに到達した花粉だけです。受粉から受精までの間に起こる花粉同士の競争は文字どおり花粉競争と呼ばれ、遺伝的に質の高い次代をつくる役割の一つを果たすと考えられています。

被子植物でしばしば見られる自家不和合は、自分の花粉(自家花粉)の花粉管伸長を抑制する現象ですが、自家花粉でなくても、花粉の遺伝的な違いにより受精が阻害される場合もあります。これらの現象では競争相手の有無にかかわらず常に種子はできませんが、これに対し競争相手さえいなければちゃんと種子ができる場合もあります。たとえばナラ類は雑種ができやすい仲間ですが、コナラに対してミズナラとコナラの花粉を半々に混ぜて人工受粉すると、雑種ドングリはほとんどできません。しかしミズナラ花粉だけを受粉すると、コナラ花粉だけを受粉したのと同じ程度に立派な雑種ドングリができるような例が観察されています。



アカマツの雌花

コナラの雌花

一方、針葉樹ではこれまでに花粉競争を積極的に支持する観察例はなく、トガサワラ属のダグラスファーでは花粉競争はないとされていますが、これらの針葉樹でも複数個体の花粉を同時に受粉すると何らかの遺伝的な選択が働き、できた種子の花粉親はランダムでない事例がよく見られます。この遺伝的なフルイがどこで働いているかはわかっていませんが、花粉競争以外に受精以降の競争も考えられます。マツのような針葉樹の多くは一つの胚珠の中に複数の造卵器と呼ばれる器官があり、それぞれに受精卵が宿されますが、種子になれるのは結局そのうちのただ一つだけです。競争の場合はこのようなところにもしつかり準備されているわけです。

こうして、これらの厳しい競争を勝ち抜いた花粉だけが晴れて父親の榮に浴することができなのです。人間よりよほど大変かもしれません。

(金指あや子)

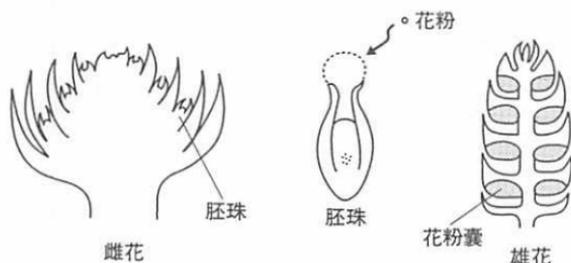
## 雄をからめとるしかけ

「スギ花粉」というと花粉症が連想されるようになってしまいました。悲しいことです。けれども、花粉は花粉症を起こすためにあるのではなく、種子をつくるためにあるのです。ここでは、花粉の本来の働きに関係した秘密をひとつお話しましょう。

スギは風媒花です。雄花のつくった花粉が雌花にたどりつくには風の仲立ちを必要とします。雌花が開花すると、風に乗るやすい軽く小さな花粉が多量に、しかも一斉に飛び出します。どこに運ばれるかわからない代わりに条件しだいでは何十キロも、ときには何百キロも遠くまで漂っていきます。この風まかせという受粉のシステムが、最近では、都市住民に迷惑をかけることになっていくのですが……。

雌花は近くまで風で漂ってきた花粉をとらえます。昆虫などが花粉を運ぶ花（虫媒花）では雌しべで花粉を受け取ります。けれども、スギには雌しべはありません。雌しべの代わりに、スギの雌花は、じつは水を使うのです。

雌花の中には胚珠と呼ぶ部分があります。徳利のような形をしていて、発育すると種子になるものです。雌花が開花して、胚珠の受け入れ準備ができると、その先端から水滴状の液が出てきます。珠孔液あるいは受粉液と呼ぶ液です。これは、糖などがわずかに溶け込んだ水です。風に運ばれてきた花粉はこの液に付着



スギの雌花・雄花の縦断面模式図

します。すると、液は胚珠の中へ吸い込まれていきます。そうして、この液とともに花粉は胚珠の内部へと導かれるのです。これで、受粉が完了します。

この反応は、早い場合は、分単位で終了します。花粉を取り込んだ胚珠は再び水滴を出すことはありません。小さなゴミなどではこのようなことは起こりません。花粉付着のシグナルが何なのか、知りたいと思うのですが、解明されていません。

花粉は胚珠の内部で花粉管を伸ばしますが、この時期には卵細胞がまだ発育していないので、珠心と呼ぶ組織の中でブロックされてしまいます。卵細胞の成熟に合わせて珠心を通過した後に、一個の花粉から二個の雄細胞ができます。雄細胞は卵核と合体します。これが受精ですが、受粉から三カ月間かかっています。一つの胚珠には一〇個前後の卵細胞があるので、たくさん受精卵が激しい競争をします。最終的には一個だけが生き残って種子となります。

雄花から飛散した花粉が風で運ばれ、さらに水の助けを借りて、受粉の目的を達することになります。このような仕組みはスギだけではなく、ヒノキでも同じですし、マツなど針葉樹の大部分も基本的には同じです。風媒花といえども生殖には水を必要とする、思えば不思議なことです。

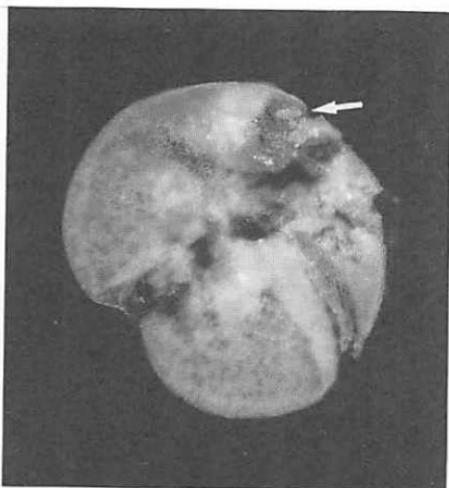
(横山敏孝)

## DNAのタイムカプセル

遠い過去の時代に生きていた生物の様子は、タイムマシンでもないかぎり、化石によってしか知ることができません。そしてごく最近まで、それらの化石から得られる情報は主に形態学的なものに限られていました。ところがここ一〇年ほどの間に、化石に秘められた情報を取り出す手法としてまったく新しい技術が投入されるようになりました。過去の生物の遺骸からDNAを抽出して分析する研究が始まったのです。映画「ジュラシック・パーク」によってこの分野の研究が一気に世間の注目を浴びたのも記憶に新しいところです。生物の遺骸からDNAの抽出が成功するか否かは、その試料の保存状態にかかっています。したがって、

これまでに報告された古代DNAの試料には、琥珀に閉じ込められた昆虫や氷漬けのマンモスなど、特に保存状態のよいものを選びられました。しかし樹木を対象とした研究分野で新たに注目されたのは少し目先の異なったものでした。それは、直径が $0.1\sim 1\mu$ ほどの小さな粒子、化石花粉です。化石といっても石のようになっただけのものではありません。遠い昔の木々が飛ばした花粉のうち、雌花にたどりつくことなく地上に落ち、雨に流されて湖底などにそのままの形で堆積したものを対象にします。

花粉の外壁はスボロレニンという極めて分解されにくい物質などからできています。そのため、何十万年、ときには一億年以上も前の花粉が分解されることなく地層中に残っていることがあります。マツなどの



15万年前のモミ属の花粉に残存していたDNA断片(蛍光発色)

裸子植物の花粉は一般にこのスプロポレニンを多く含んでいるため、特に分解されにくいのだと考えられています。この強靱な外壁に守られて、内部の物質も分解を免れて残っているのではないかと考えたのです。

これまで、化石花粉中にDNAが残っているのか否かはわかっていませんでした。そこで、福井県の黒田低地で地下四四メートルの地層中(約一五万年前に相当)から得られた保存状態のよいモミ属の花粉を用いて、その中にDNAが残っているかどうかを調べてみました。すると、内部にDNAを保持したままの花粉が見つかったのです。さらにそれらの花粉を用いて葉緑体DNAの一部を増幅し、その塩基配列を解読することにも

成功しました。一五万年の時を超えて、当時の樹木の遺伝情報がよみがえったわけです。

この技術を応用すれば、ある時代にどのような遺伝的特徴をもった樹木が生育していたのかがわかることになります。このことは、花粉分析から得られる情報を飛躍的に増大させるだけでなく、植物進化学の分野に大きく貢献すると思われれます。

化石花粉は、遠い昔の植物の遺伝情報を詰め込んで埋まっているタイムカプセルだったのです。(陶山佳久)

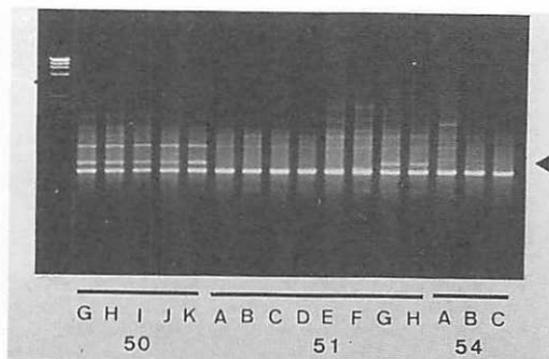
## DNAで木の身元調べ

街でばったり自分にそっくりな人に出会う。どうしても気になって調べてみたら、じつは自分の体の組織の一部から再生されたクローン人間だった、などということはまだ現実のお話ではありません。私たち人間ではすべての遺伝子がそっくり同じクローンはいまのところ一卵性双生児の場合だけです。樹木の世界ではもっと頻繁に見ることができます。

昔から、性質のよい個体があるとそのクローンを増やすために、さし木やつぎ木という人工的な無性繁殖法が用いられてきました。スギでは約三〇〇年前からさし木による造林が行われ、九州地方、京都北山、千葉山武など有名なさし木林業地があります。特定の個体から出発したほぼ均一なさし木品種もあれば、ある地方の複数の個体に由来すると思われる複合的なさし木品種もあります。また、長い歴史のなかでいつの間にか異なるクローンが混在している場合もあります。このようなときにクローンの異同を識別して整理するために、形態もある程度の参考になりますが、決め手となるのは遺伝子の本体であるDNAの相違です。

人工繁殖の場合だけでなく自然状態でも、クローンが識別できたら、という場面があります。地下茎で増えていくタケやササはどこまでが一つのクローンなのかたいへん興味があるところです。また、一つの根元からいくつもの幹が伸びて株立ちの樹形になることが多い樹種では、一つの株はおそらく一つのクローンと

思われますが、場合によってはいくつかのクローンが混ざっている可能性もあります。それは、動物によって貯蔵されたり落下した果実内にあった複数の種子が同じ場所で発芽して育ち、外見上区別しにくくなっている可能性なども考えられるからです。



RAPD 法によるシデコブシのクローン分析

ーンの分析が比較的簡便になりました。図は、シデコブシのクローン分析の一部を示しています。数字は株、アルファベットは幹を表していますが、三角の印をつけたバンドに注目すると、五一番の株の八本の幹のうち二本は異なるクローンであることが明らかです。約三〇株調査したところ複数のクローンが混じっているものが五株も見つかりました。また逆に、少し離れた隣の株がじつは同じクローンだったという例が三組見つかりました。倒れた幹の途中から発根して新しい株ができたのかもしれない。

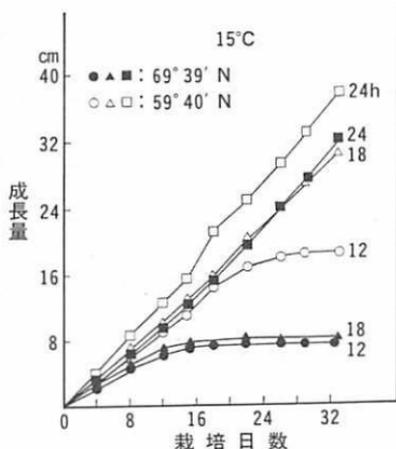
このように、個体を見分けることにより、林業上重要な品種の識別や、自然状態での思いがけない繁殖のしかたが明らかになってきています。

(吉丸博志)

# そんなことでは生まれがわかるぞ

ヒトは骨格、皮膚や目の色など、人種形質と呼ばれる身体の特徴をもとにさまざまな人種に区分され、熱帯地域には体表が暗色で痩せ身の体型をした人種が多く見られるなど、それぞれ特徴的な分布が見られます。同様に同じ樹種のなかにも形態や成長特性などにはつきりとした違いが見られ、その産地(生まれ)を推測できることがあります。これらの違いは遺伝的に決まっていることが多く、遺伝的変異といえます。遺伝的変異はいろいろな原因で生ずることが知られていますが、そのなかには樹木が生育する場所の違い、すなわち北海道と九州といった地理的な違いや、標高の違い、あるいは土壤中の塩分濃度の違いなど、さまざまな生育環境による違いが反映して生じた変異があります。動物と違い、発芽したらその後は一生涯移動することなく同じ場所で生育しなければならぬ樹木は、種を維持し、分布を広げていくためには遺伝的変異を大きくし、さまざまな環境にうまく適応しなければなりません。一般に、広い地域に自然分布する樹種のなかには、それぞれの生育地(産地といえます)によりいろいろな形質で遺伝的変異が認められます。これはさまざまな環境に適応し、分化したために生じたもので、生態型(エコタイプ)と呼んでいます。

生態型の典型的な例を図に示しました。ノルウェーの北部(北緯六九度三七分)と南部(同五九度四〇分)に生育するヤナギから採取した種子を播種し、一定期間生育させた後、さまざまな条件のもとで成長反応を調



異なる日長条件下(15°C)で栽培したヤナギ(*Salix pentandra*)の成長量の違い (Olavi Junttila, 1980)

べた結果の一部を示したものです。北部産のヤナギは連続光(二四時間日長)を除き、二週間後にはほぼ成長が休止してしまいました。しかし、南部産のものは一二時間日長では成長が休止しましたが、それより長い日長のもとでは成長休止は認められませんでした。このように同じ条件のもとで栽培しても、成長反応にはつきりとした産地による違いが認められます。このことは、それぞれの樹木がその生育環境、すなわち成長期間の日長や温度条件にうまく適応した結果であることを示しています。

樹木においても形態や生育反応の違いから、それぞれの産地である「生まれ」を知ることができます。適応形質としては、日長反応のほかにも土壌中の塩分濃度や乾燥、低温、風、雪などの気象要因に対する耐性(抵抗性)があります。

林業上重要な樹種では産地による遺伝的な違いを明らかにするため、いろいろな産地から集めた種子や枝をもとに苗木をつくり、さまざまな環境条件のもとで一緒に育て、成長などを調べる産地試験を行っています。そうすることにより、母樹の生育環境とその環境に適応した母樹の遺伝的特性が明らかとなり、種子や苗木の配布可能な区域を決めることができます。(中島 清)

## 雪にもマケズ

スギは、わが国では北海道から沖縄に及ぶ広い地域で最も多く造林され、どこでも見るのできるポピュラーな樹木です。雪がほとんど降らない地方では直ぐ木といい、真つ直ぐに育ち、素性がよく、成長もよい樹木とされています。

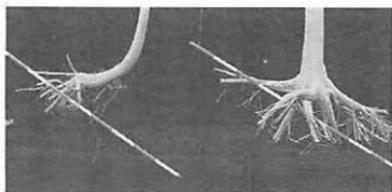
しかし、積雪地帯では、白い魔物(雪圧)により幹や根元が曲がるなどの被害が発生します。また、そればかりではなく幹や根元から折れたり割れたり、根が抜けるなどの被害によって成林すらできないこともあります。そのため、多雪地帯では根元曲がりの少ない品種、豪雪地帯では成林する品種の育種が進められ、写真のような根元曲がりが少なく、かつ成長の優れた「雪ニモマケナイ」さし木品種が選ばれました。

雪国のスギ林を見たことがある人は、幹がへびのように曲がっている様子に驚かれたと思います。そのようなスギ林の中にも、岩石や伐根などに守られ、ほとんど曲がりのない木を見かけることがあります。しかし、これらは真の「雪にもマケナイ」木とはいえません。私たちが必要としているのは、どのような場所に植えても根元曲がり少なく、成長のよい品種です。雪国のスギ林を広く探索し、形質のよいものを選んで育ててみた結果得られたのが、耐雪性品種です。

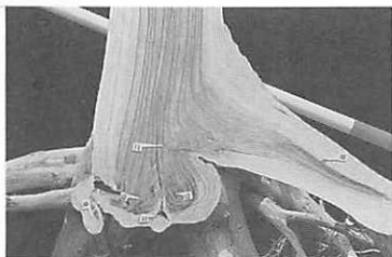
では、耐雪性品種はどうして根元曲がりが少ないのかと疑問がわいてくると思います。その秘密は根株の



①検定地における生育状況



②山形県25号(左), 出羽の雪2号(右)の根株



③出羽の雪2号の根株構造

構造が雪圧に耐えられるか、耐えられないかにあります。写真を見てください。写真②の左側の根株(二年生)を除き、ほかはいずれも植栽後一三年生時のものです。写真①と写真②の右側および写真③は、いずれも根元曲がりが少ない品種(出羽の雪二号：品種登録出願中)の樹形と根株です。見ておわかりのように根元曲がりの少ない品種の根株の発達状態は明らかに異なり、写真③の太い根は、植栽後二年目に発生し、胸高直径の半分以上の太さでガツチリと発達しています。また、この品種の根は親と似た形態で発達することから、根の発現形質には遺伝性が大きく関与していると考えられます。

このように耐雪性品種の根は、水分や養分を吸収するばかりでなく、風雪に耐えて樹体を支え、根元曲がりを最小限にとどめるべくガンバッテいるのです。

(向田 稔)

## 大木も試験管で保存

森林は多様な遺伝資源の宝庫といわれています。とりわけ、地球規模で多くの遺伝資源が失われようとしており、それらの遺伝子の保全の重要性が認識されています。樹木の遺伝資源の保全では、全国に遺伝資源保全林として保護したり、種子をジーンバンク（遺伝子銀行）として、国立の林木育種センターや森林総合研究所内に保管したり、貴重な樹木の枝を採取し接ぎ木するなどして樹木園をつくり対応してきました。しかし、このような現地保全や野外での現地外保全では、広い場所と多くの労力を必要とするので、組織培養や液体窒素を用いた保存方法の開発も進んでいます。

組織培養とは、生物の細胞や組織を一部分切り取って人工的な生育条件のもとで、試験管の中で生存させ、再生させる技術です。美しいランや美味しいイチゴの大量増殖などすでに実用化されています。遺伝資源を採集するときに、採取の現場で簡単な無菌操作の後に必要な組織を切り出して試験管に入れる方法もとられています。組織培養技術を長期保存に利用するためには、生育条件を工夫し、成長抑制して試験管内に永く保存する方法と、液体窒素（マイナス一九六℃）の超低温環境下に組織片を凍結保存する方法があります。作物のバレイシヨやキャッサバではすでに大規模な試験管内保存が行われています。成長を抑制する方法として、培地組成や培養温度の制御があります。オウトウのシュート（葉と茎からなる小切片）では、培地中に



熱帯樹培養組織の液体窒素保存  
保存用液体窒素容器(上), 凍結  
保存後のセドロの茎頂(右上),  
再生したセドロ(右下)

バクロプロラゾールという成長抑制物質を少量添加  
することで、長期の保存が可能です。ブドウ、リン  
ゴ、キウイフルーツのシュートでは $-1\sim-9^{\circ}\text{C}$ の低温  
培養で一年以上の貯蔵が可能でした。ラジアータマ  
ツのシュートでも $4^{\circ}\text{C}$ で五年以上培養保存をしてい  
ます。スギでは一日五時間の短日照明を行うことで、  
試験管植物の成長抑制に効果が認められました。  
凍結保存だと、保存期間はほぼ永久的になります  
が、細胞内での氷の成長をできるだけ抑える必要が  
あり、脱水などの組織片の前処理、凍害防御剤処理  
予備凍結などの工夫がいろいろ必要になります。最  
近、絶滅寸前のトキが将来の再生技術にたくして液  
体窒素中に保存されました。樹木でも数樹種で組織  
の凍結保存が行われ、熱帯樹の液体窒素保存植物体  
の再生にも成功しました。

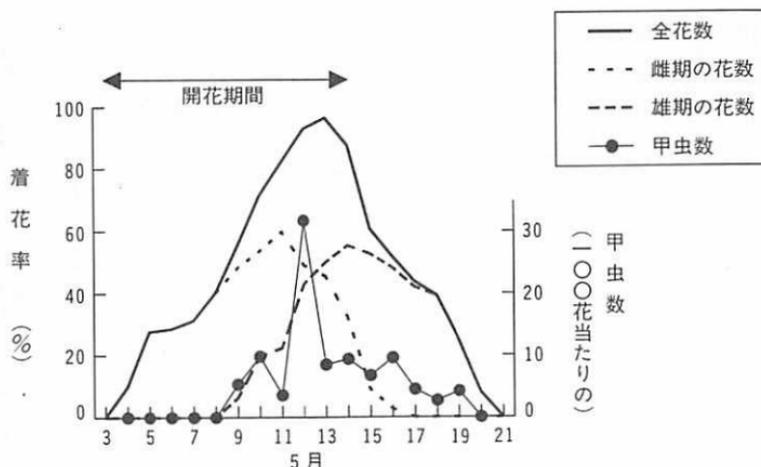
(石井克明)

## コブシの不器用な虫寄せ作戦

早春に雑木林を歩くと、たくさんの花を咲かせている樹木があちこちにあることに気がつきます。コブシもそんな木の一つで、白い花で覆われた樹冠の美しさはサクラに勝るとも劣りません。このコブシの花を観察すると面白いことに気がつきます。この木の花は雌ずいと雄ずいを両方もつ両性花ですが、雌ずいが雄ずいよりも早く成熟するため、個々の花の花期は受粉可能で花粉を出さない「雌期」とほとんど受粉しないが花粉は出す「雄期」に分けることができます。このため、樹冠全体で見ると着花期間の初期は雌期の花が大部分を占め、中期には雌期と雄期の花が混在し、後期になると雄期の花の割合が高くなります。

コブシは自家受粉でも結実します。雌ずいと雄ずいが機能する時期をずらす開花特性は、繁殖力の低下をもたらす自家受粉をさける機能をもつと考えられます。しかし、雌期の花は昆虫の食物となる蜜や花粉を出さないため花弁と匂いだけで昆虫を引き寄せ、受粉しなければなりません。報酬なしのこの雌期の花に花粉を運ぶ昆虫は体長二〜三ミリの甲虫数種です。これらの甲虫は花粉目当てに飛来しますが、雌期の花にも飛び込みます。このような個体の大部分は花粉を求めて花中を歩き回った後に別の花へと飛び去っていきます。

コブシは甲虫をだましてうまくやっているように見えますが、コブシにとっては困ったことに、着花初期に開花する雌期の花に甲虫が飛来しないことがあります。札幌市で観察したコブシの場合、着花初期は天気



コブシの着花率と採集した甲虫数の日変化  
(1995年, 札幌市, 1個体のデータ)

もよく、気温も中期と変わりませんが、甲虫類を採集することはできませんでした(図)。結実について見ても、初期に開花した花の結実率は中期に開花したものの二分の一以下と低くなりました。このように飛来する甲虫が少なくなるのは、着花初期は樹冠全体の花数が少なく、匂いや花弁による誘引力がそれほど強くないためと考えられます。また、着花初期には雄期の花がほとんどないため、甲虫もそう何度もたまされないのであってもいいかもしれません。

それでは、不合理にみえるこの開花様式はなぜ進化したのでしょうか。誘引力を最大にするためにはすべての花芽を同時に開花させなければなりません。開花後に低気温が続くと虫が飛来しなくなり、すべての花が受粉できなくなってしまう。受粉できなかった多くの雌期の花は、早春に起こりがちなこのようなリスクを回避するための代償なのかもしれません。

(石田 清)

## 樹木の多様な性表現

植物の多くは一つの花の中に雄しべと雌しべをつけ、雄としても雌としても機能できるというように小学校では教わります。たしかにこのことは、大部分の植物について当てはまります。しかし、一部の植物ではさまざまな性のタイプ(性表現といえます)を示します。もちろん、樹木にもいろいろな性表現が見られます。

たとえば、スギやヒノキ、マツ類などは、雄しべをつける花と雌しべをつける花が別々につくられます。一本の木としては、アブラナなどと同じように雄としても雌としても機能できるのですが、これらの樹木は一つの花に雄しべと雌しべの両方をつけるようにはなっていません。このようなタイプの性表現をもつ植物の多くは、花粉の運搬を虫ではなく風に頼っていますが、雄花は効率よく花粉をまき散らすように、雌花は風に運ばれてきた花粉をうまく受け取れるように特殊化していると考えられます。

樹木のなかには、動物と同じように雄と雌が別々のものがあります。ギンナンがなるのは雌の木だけであることは多くの方がご存じのことと思います。大木になる木でこのような雌雄異株性のもはあまり多くありませんが、林床に生育するような低木には割合多く見られます。アブラチャン、ハリブキ、アオキなどがその例です。このような雌雄異株の植物は全体から見たら少数派ですが、なぜこのような性表現を示すもの

が進化してきたのでしょうか。これについては明確な答えがまだ出ていないのが実状ですが、一つの可能性として自殖の回避が挙げられます。一般に自殖でできた子孫は、他殖でできた子孫よりも成長が悪いので、同じように種子をつくるのであれば、植物としては自家交配を避けるようにしたほうがよいと考えられるからです。

動物ではあまり見られませんが、植物には雄しべと雌しべの両方をもつ両性株と雌しべだけをもち雌株が一つの集団の中に共存していることがあります。このような現象はダーウインの時代から知られています。それほど多くないものと考えられました。しかし、近年多くの植物においてその存在が知られるようになってきました。たとえば、ユーカリの一種では半分以上の個体が花粉をつくらない雌株であることが知られています。このような性表現を雌性両性花異株と呼びますが、この状態は雌雄同株から雌雄異株へ進化する中間の状態とみなされることもあります。

逆に両性個体と雌株が共存する状態(雄性両性花異株と呼びます)は、これまでほとんど知られていません。これまでいくつかの種がその候補として挙げられましたが、実質的には雌雄異株であったり性転換をするものであったりして、確実なのはダスチカ科の一種のみであるといわれています。しかし、図鑑によれば、対馬と東海地方に分布するヒトツバタゴ(ナンジャモンジャノキ)がそうであるとされており、今後の精査が期待されるところです。

(牧 雅之)



IV

樹木の生理

## ガラクタでも捨てるのはイヤ!

ゲノムは、配偶子に含まれる染色体あるいは遺伝子の全体、すなわち、配偶子に含まれるDNAの総称を示す用語として用いられています。細胞内のDNAは大部分が核に存在するため、ゲノムというとき通常は核ゲノムを示します。しかし、核以外にDNAが存在する葉緑体やミトコンドリアの遺伝子の総称としてゲノムという表現を用いることもあります。ゲノムサイズを表す単位としては、DNAの量( $5 \times 10^{-12}$ g)や長さ(bp)が用いられます。最近では、ゲノムの大部分をカバーする連鎖地図が作成されているため、連鎖地図の距離合計(センチモルガン、cM)をゲノムサイズの単位として用いる場合もあります。

DNAの量は顕微分光測光法により光学的に定量できます。さまざまな生物種でDNA量の定量によりゲノムサイズが推定されています。身近な植物のゲノムサイズを示すと、アラビドプシスが $1.5 \times 10^8$ bpで、イネが $4.3 \times 10^8$ bpと報告されています。これに対し、針葉樹のゲノムサイズは、平均20~30 pgで、長さに換算すると約 $2 \times 10^8$ bpとなり、イネの約50倍ですべての生物種のなかで最大級です(表)。また、針葉樹では、染色体数の等しい近縁種の間で、ゲノムサイズに数倍の違いがあります。真核生物のゲノムは、単コピー配列のほか、繰り返し配列が多く存在することが明らかにされ、単コピーまたはコピー数の少ない配列、中程度の反復配列および高度反復配列に大別されます。針葉樹のゲノムサイズが大きい種ほど反復配列の割

アラビドプシス、イネ、針葉樹のゲノムサイズの比較

ゲノムサイズ	アラビドプシス	イネ	針葉樹
DNA量(pg)	(0.1~0.2)	(0.3~0.4)	20~30
塩基対の長さ( $\times 10^6$ bp)	70~150	430	(約20,000)
地図距離(cM)	500	1,500	約3,000
1 cM当たりの物理距離( $\times 10^3$ bp)	140~300	約300	約7,000

( )は、1塩基対の平均分子量を700とした換算値

合が増加することが示されました。このため、近縁種間のゲノムサイズの違いは、染色体数の増加を伴わないDNAの重複や欠失に起因すると考えられています。針葉樹のゲノムサイズが大きいことの理由は明らかにされていませんが、やはりDNAの重複に起因すると想像されます。それとも、針葉樹が発生したこの環境下では働いていたが、現在は働いていない遺伝子が多数温存されているのかもしれない。

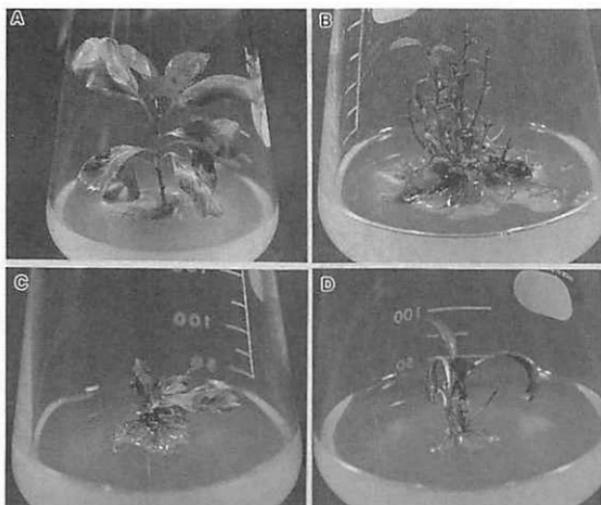
現在、針葉樹でもDNA制限酵素断片長多型(RFLP)分析などを利用した連鎖地図の作成が積極的に進められており、複雑な針葉樹のゲノムを解析する基盤となることが期待されています。最近、アラビドプシスでは有用形質と連鎖するDNAの目印と長いDNAをクローニングする技術(酵母の人工染色体)とを利用して、有用形質を支配する遺伝子がクローニングされています。ゲノムサイズが大きいため、この方法で針葉樹の有用遺伝子をクローニングすることは困難です。しかし、針葉樹でも材の比重やサビ病抵抗性などの有用形質を連鎖地図にマッピングする研究が積極的に進められており、育種の効率化に結びつく基礎研究として期待されています。

(向井 譲)

## 遺伝子導入で松風の音も変わる？

現在、植物の世界でも、分子レベルでの遺伝子解析、再構築ならびに細胞レベルでの遺伝子工学技術の進歩により、特定の遺伝子を切り出して他の細胞へ導入し、その導入遺伝子の情報を発現させることが可能になりました。そして、さまざまな遺伝子組換え植物が生み出されています。有名なところでは、なかなか腐らない遺伝子組換えトマト、病気にかかりにくい遺伝子組換えイネなどがあり、新聞などによりご存じの人も多いのではないのでしょうか。作物の世界では、このような遺伝子組換え体のいくつかはすでに新品种として商品化され、市場に出回っています。

もちろん樹木においても遺伝子組換え体は、いくつかの樹種でつくり出されています。たとえば、ポテト由来の害虫に対して消化不良を引き起こすタンパクを合成する遺伝子を導入した雑種ポプラ、細菌のBtトキシシンという毒素(ガの仲間)に有効)を放出する遺伝子を導入したホワイトスプルスなどが挙げられます。さて、話は本題に入りますが、植物は種子から発芽して、根を出し、葉や茎を発達させて成長します。そして、マツなどの針葉樹では葉は針のように細長い形になり、シラカバなどの広葉樹では面積の大きい広がつた葉をつけます。それらの形態形成が遺伝子によってコントロールされて、それぞれの特徴をもった形の器官になることに疑いの余地はありません。この葉や花などの器官の形を決定する遺伝子についての研究が



A：遺伝子導入を行っていないセイヨウハコヤナギ植物体  
 B～D：イネの形態をコントロールする遺伝子を導入したセイヨウハコヤナギ遺伝子組換え体

最近盛んに行われ、その構造と機能について明らかに becoming あります。

それでは、針葉樹の形態をコントロールする遺伝子を広葉樹に導入したらどうなるのでしょうか？ 広葉樹かとがった葉をつけるようになるのでしょうか？ 我々は、針葉樹ではないのですが単子葉類であるイネ

の形態をコントロールする遺伝子(名古屋大学、松岡信教授提供)を双子葉類であるセイヨウハコヤナギ(ポプラ)に導入し、過剰に発現させてみました。その結果、写真のようにさまざまな形の葉をもった遺伝子組換えセイヨウハコヤナギが得られました。

将来、針葉樹と広葉樹の葉の形態的相違が遺伝子レベルで明らかになったとき、遺伝子導入によって葉の形を自由にコントロールすることができるようになる可能性があります。そうなれば、マツに広がつた葉をつけさせたり、シラカバにとがった葉をつけさせたりすることができるようになるかもしれません。

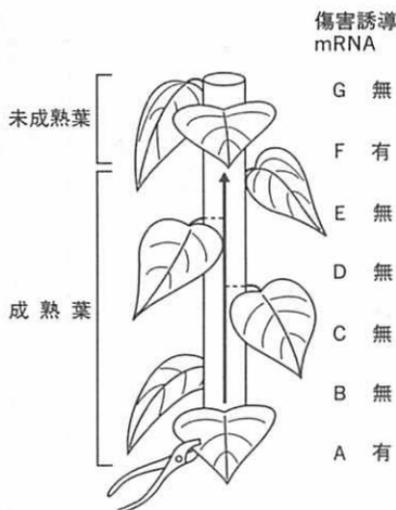
(毛利 武)

## 木も痛みがわかる？

植物には神経はありませんが、「痛み」を伝えることができます。たとえばポプラでは、ある葉が傷つけられるとその葉だけでなく、同じ木の別の無傷な葉で特定の遺伝子の転写が起こり、メッセンジャーRNA (mRNA) がつくられるという現象が知られています。このことは傷ついた葉からほかの葉へ向けてmRNAの合成を促すならかのシグナルが送られていることを物語っています。

この傷を受けることよってつくられるRNAを「傷害誘導mRNA」と呼びますが、ワシントン大学の研究グループは、幾種類かある傷害誘導mRNAのなかの一つについて詳しく調べました。彼らはまず、成熟した葉、つまり光合成を行い、しかも光合成産物をほかの器官に送り出している葉(図のA)をペンチで傷つけ、数時間後に同じ木のそれぞれの葉で傷害誘導mRNAがつくられているかどうかを調べました。そうすると傷つけたAの葉のほかに、Fの葉でmRNAが検出されました。Fの葉は未成熟、つまり光合成産物を自給できずほかからもらっている葉でした。次に、アルミホイルで被って光合成ができないようにした葉を傷つけたところ、傷害誘導mRNAは傷つけた葉以外ではつくられませんでした。

これらの結果から、傷害誘導mRNAの合成を引き起こすシグナルは、光合成産物の移動と関係し、その通り道は維管束であることが推定されました。図でAの葉を傷つけると、未成熟な葉のうち維管束のつなが



障害のシグナルは特定の葉だけに伝わる

りがあるFだけに傷害のシグナルが伝わり、C、Dの葉は維管束のつながりはあるものの、光合成産物を受け取っていないのでシグナルは届かなかったわけです。

それでは、傷害によって転写が引き起こされたmRNAはどんな働きをしているのでしょうか。その役割はまだはつきりしていませんが、ここで紹介したmRNAの塩基配列から推定されるアミノ酸配列を、これまでに知られている数多くのタンパク質と比較すると、タンパク質分解酵素の阻害剤と類似していました。

タンパク質分解酵素阻害剤には、昆虫の腸で消化を妨げるものがあるので、葉を食害する昆虫にダメージを与え、身を守る役割を果たしているのかもしれない。

植物の組織、特に葉は昆虫や動物の餌、病原菌の感染源となる危険と常に向き合っています。これらの危険に出会ったとき、植物は抗菌性物質（ファイトアレキシン）の放出や罹病部位の積極的な壊死などのさまざまな手段で対抗します。傷害のシグナルも、植物の体の一部が傷つけられたことをほかの器官や組織に伝え、いち早く防御体制を整えるシステムであると考えられます。

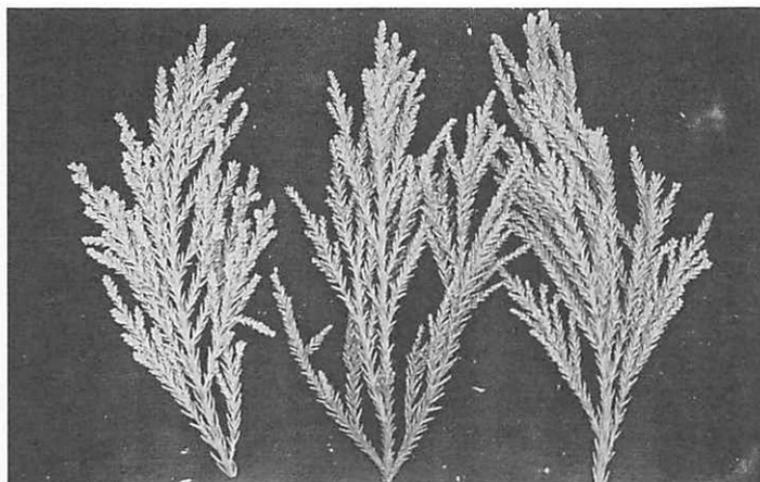
(吉田和正)

# 花咲かじいさんのなせる業

スギ花粉症は日本の大きな社会問題の一つであります。スギの花粉飛散時期ともなると、テレビや新聞でスギ花粉飛散情報が流され、全国の花粉症患者にとつて憂鬱な季節となります。スギ花粉症はスギ・ヒノキの花粉や広葉樹の花粉が原因となつて引き起こされます。この原因の一つは、戦後人工造林されたスギ・ヒノキ林の多くが着花年齢に達し、雄花を着生するようになり、花粉の飛散量が急激に増加したことが挙げられます。また、大気汚染や日本人の食生活の変化も原因とされております。

自然条件下でのスギの着花量は、環境条件に強く影響を受け、七月上旬から八月上旬までの気温が平年より高く、日射量が多く、降水量が少ない年の翌年は特に雄花の着生が多くなり、反対に冷夏の翌年は雄花の着生が少なくなります。こうした現象は生物環境調節室を用いて実験的に証明されており、光条件（日長・光量・光質・補光・光中断）や温度条件を調節することで、自由自在に雄花や雌花の生産量を制御することも可能です。しかし、人間には自然環境をコントロールすることは不可能です。

そこで、花咲かじいさんのように灰を振りまくことで、すなわち化学物質により着花を自由にコントロールできないかという発想が生まれます。スギ・ヒノキの苗木や成木に植物ホルモンの一種であるジベレリン（GA）を与えると、花芽形成が促進されますが、反対にジベレリンの生合成を阻害すれば花芽形成を抑制



ウニコナゾール前処理によるスギの着花抑制 (100ppm 水溶液処理)

左：無処理　中：GAのみ処理　右：ウニコナゾール前処理

することも可能なはずですが。多くのジベレリンの生合成阻害剤を調べた結果、スギやヒノキの花芽形成に対し、水稲の草丈調節剤として使用されているウニコナゾールおよびウニコナゾールP (住友化学工業製品) は大きな抑制効果をもつことがわかりました(写真)。こうした効果は苗木だけでなく、スギ・ヒノキの幼齢木にも、ウニコナゾールPの乳剤の樹幹注入処理や粒剤の土壤施用処理により著しい抑制効果が認められました。しかし、スギ・ヒノキと反対に、ウニコナゾール処理により着花を促進する種もあるので、こうしたジベレリン生合成阻害剤をスギ・ヒノキ林に空中散布することは環境問題を考えても多くの問題があります。将来、スギ・ヒノキの着花に対してのみ抑制効果をもち、しかも地球環境にやさしい化学物質が発見されれば、スギ花粉症の解決策に利用可能となるでしょう。

(長尾精文)

## 花の形を決めるA、B、C

生物の多種多様な形は、形態形成にかかわる遺伝子が、いつ、どこで発現するかによって決まります。この遺伝子が正常に機能しないと形態に異常が生じますが、観賞用の美しい花々のなかにも、原種とはかけ離れた形態をもつものがあります。たとえば、八重桜の花びらは、一重の花の雄しべが突然変異を起こして花びらに変わったものです。このように、器官の発生が本来あるべき位置とは異なる位置に起こる突然変異をホメオシス、また、ホメオシスを起こした突然変異体をホメオチック突然変異体といいます。種々のホメオチック突然変異体を遺伝学および分子生物学的に解析することによって、形態形成に関与する遺伝子の機能を知ることができます。

最近、主としてアブラナ科のシロイヌナズナの花の突然変異体を用いて形態形成に関する研究が活発に行われ、その機構を説明するABCモデルという仮説が発表されました。これは、花の形態形成に関与する遺伝子群をABCという三つのカテゴリーに分類し、花のどの器官(がく、花びら、雄しべ、雌しべ)の形態形成に寄与するかを説明したものです。たとえば、A遺伝子が単独で機能するとがくが形成され、A遺伝子とB遺伝子が機能すると花びらが形成されます。B遺伝子とC遺伝子では雄しべが、C遺伝子だけでは雌しべが形成されます。また、A、B、C遺伝子がすべてその機能を失うと、正常な花の代わりに、各器官が葉状

の器官で構成された花が形成されます。



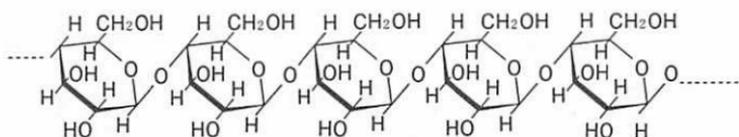
## 解けるか？ セルロース合成の謎

セルロースは地球上で最も豊富に存在する高分子物質で、生物によって合成される量は毎年一兆トにも達します。人類とのかかわりも古く、現在ではセルロースを原料として紙、衣類、セルロイド、フィルムなどの重要な工業製品が生産されています。セルロースを合成する生物は植物のみならず、バクテリアや藻類、原索動物のホヤの仲間などが知られています。しかし、セルロースの生合成に最も寄与しているのは高等植物で、なかでも樹木(木材)は他のグループに比べて圧倒的に多くのセルロースを蓄積しています。

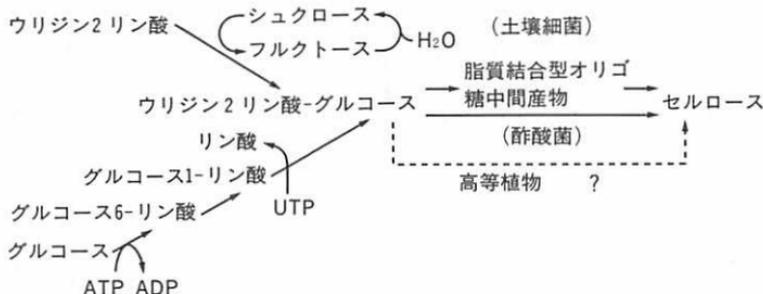
セルロースは植物の細胞壁中に幅二〜一〇nmの束となって存在していて、いわゆる鉄筋のような役割を果たし、植物の形を保つのに重要な役割を担っています。また、このセルロースの微小繊維の配列は植物細胞の成長・拡張の方向を制御し、細胞の形ひいては植物の形を決定していると考えられています。

このように、人間にとっても植物にとっても大切なセルロースですが、その合成の仕組みはよくわかっていないのが実状です。セルロースは図①のようにグルコースが直鎖状に並んでいる多糖ですが、このように糖を連結していくシステムがよくわからないのです。しかし最近、この連結のシステムに光を当てる大きな発見がバクテリアの世界でありました。

ウリジン二リン酸グルコースという単糖をつなげるのに必要な酵素と、その構造を決定する遺伝子が酢酸



### ①セルロースの構造



### ②セルロース合成の経路

菌と土壌細菌で次々と見つかったのです。これらの最新の研究結果を総合すると、同じバクテリアでも酢酸菌と土壌細菌では連結の途中経路が異なることが示唆されました。樹木を含む高等植物も同じウリジン二リン酸-グルコースが出发点になっているのは確かなのですが、その後は酢酸菌のように直接つなげていくのか、土壌細菌のように脂質と結合したオリゴ糖の形をとるのか、あるいはまったく別の形をとるのかよくわかりません。

植物のつくるセルロースを試験管内で合成することを目指して世界中の科学者がしのぎを削っています。いまだに不完全な収率の低いかたちでしか実現できていません。植物のセルロース合成の仕組みが理解されれば、将来、セルロースの結晶の性質を自在にコントロールできるセルロースの合成工場ができるかもしれません。

(二村典宏)

## あちらを立てればこちらで邪魔者

樹木は地球上で最も大きくなり、長生きする生物で、なかには樹齢何千年という大木や樹高一〇〇以上のノッポな木になるものもあります。このような樹木が何百年何千年の間、高さ数十メートル、重さにして何百トンという巨体を維持していられる秘密はどこにあるのでしょうか。その秘密の一つにリグニンの存在があります。リグニンは樹木中に二〇〜三〇%含まれ、これがセメントのように隣り合う細胞同士（セルロース繊維）を固めています。だから、どんなに太く高くなっても樹木は立っていられます。

それではリグニンは樹木中でどのように合成されるのでしょうか。樹木は水と二酸化炭素から光合成によってブドウ糖をつくり出します。リグニンはこのブドウ糖からシキミ酸経路を経てつくられるフェニルアラニンやチロシンという芳香族アミノ酸が出発物質になります。これらの芳香族アミノ酸はフェニルアラニン、モノアリアーゼ、桂皮酸ヒドロキシラーゼ、〇ーメチルトランスフェラーゼなどの酵素により脱アミノ化、水酸化、〇ーメチル化された桂皮酸類に変換され、さらに還元されて前駆体であるコニフェリルアルコールなどの芳香族アルコールになります。そして最終的にペルオキシダーゼという酵素により脱水素重合され、三次元網状構造のリグニンが合成されます。

しかし樹木が生きていくために必要なリグニンも、私たちの生活必需品となっている紙をつくるためには



アンチセンス RNA を導入したポプラ  
(東京農工大学 諸星教授 提供)

やっかいな邪魔者です。紙はセルロースを主体にできています。したがって、紙のもとになるバルブ（セルロース繊維の集合体）を製造するには、木材を高温で薬剤といっしょに煮て、リグニンを溶かし出さなければなりませんし、さらに、白い紙をつくるには漂白剤により、残存しているリグニンを除かなければなりません。しかしこの工程には莫大なエネルギーと、溶かし出したリグニン廃液を処理する設備が環境問題から必要となります。そこで近年、進歩の著しいバイオテクノロジーを応用し、リグニン含量の少ない樹木や、抽出しやすいリグニン構造（広葉樹型リグニン）を多く含む樹木に品種改良する研究が行われています。

リグニン含量を減らす方法は、アンチセンス RNA 法という技法を用い、前述のリグニン生合成経路を遺伝子（RNA）の段階で邪魔することにより行います。抽出しやすいリグニン（広葉樹型リグニン）構造にするには、広葉樹型リグニンを合成する酵素の遺伝子を針葉樹に導入してやることで行います。

近い将来、この木は街路樹、こちらのは建築用、これは製紙用というような、使用目的別に樹木を育てる時代がくるかもしれません。

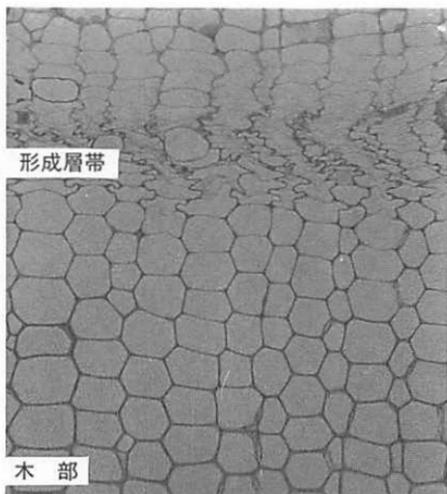
(中村雅哉)

# いつ誰が決める？ 細胞の背丈

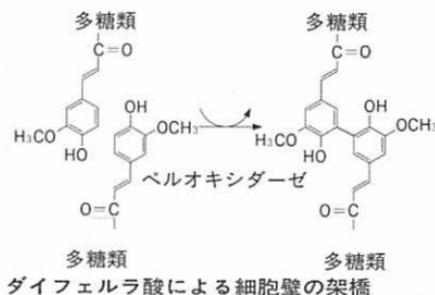
樹木は小さい細胞が無数に集まってできています。顕微鏡で観察すると細胞は小さなレンガのように見えます。この小さな細胞が数を増やしながらか大きくなった結果、樹高三〇メートルの大木になることができます。

ところで植物細胞の成長はいくつかのステップを経過して進みます。樹木では樹皮のすぐ内側の形成層と呼ばれる分裂組織で新しい細胞が誕生します。生まれた細胞は伸長成長をして体積を増やして大きくなります。細胞の伸長が停止すると細胞は厚く、堅くなります。この過程を肥厚・木化と呼んでいます。形成層帯から離れた木部では細胞が大きく、細胞壁が厚くなっていることがわかります(写真)。成長が非常に速いタケノコは、一つ一つの細胞が急速に体積を増やし、一日に数十センチも伸びることができません。樹木の成長は、伸長成長期に細胞がどのくらい伸長するかによって決められています。

ですから、樹木の成長を制御するには伸長成長期の細胞が伸長する仕組みを調べるのが重要です。樹木の細胞は細胞壁という袋に囲まれており、細胞壁が大きくなると細胞も大きくなります。細胞壁の大きさが決まってしまうと細胞の大きさや形は固定します。細胞壁中には細胞の伸長を促進したり停止させたりする因子が含まれています。細胞壁に結合したフェルラ酸は伸長成長の停止因子として知られています。この化合物は細胞壁中に存在するペルオキシダーゼにより重合してダイフェルラ酸になり、細胞壁同士を接着する



スギの形成層と木部組織



性質があります(図)。細胞壁中にダイフェルラ酸の架橋ができること、細胞壁は寒天のように硬くなって自由に延びることができなくなり、細胞壁の大きさが固定し、細胞の成長は停止します。

植物ホルモンの一つであるジベレリンは植物の成長を促進する作用があります。植物にジベレリン処理するとフェルラ酸の架橋を形成するペルオキシダーゼの活性が低くなります。したがって、ジベレリン処理による植物の伸長促進作用機構の一つは、細胞壁の架橋形成を妨害することであると考えられます。

細胞の伸長を停止する因子の構造や働きはわかってきました。しかし、細胞がいつ伸長をやめるのか、誰

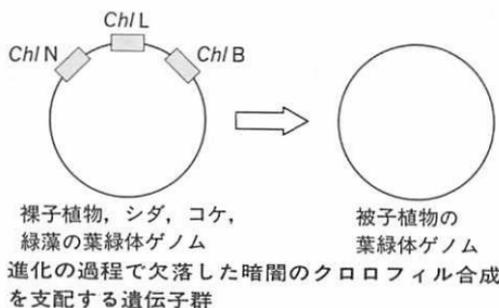
がそれを知らせるのか、まだ未知なことが数多くあります。樹木の成長が分子レベルで研究できるようになってきましたので、近い将来「ジャックとマメの木」に出てくるような一晩で天まで届く木ができる日がくるかもしれません。

(石井 忠)

## 暗闇でもモヤシにならないへんな奴

裸子植物の子葉は暗所でもクロロフィルを合成し、未成熟な葉緑体を発達させるので、黄緑色になります。一方、被子植物の子葉は光がないとクロロフィル合成も葉緑体の発達も開始できないので、暗所では黄色になります。裸子植物の芽ばえばかりでなく、暗所のクロロフィル合成はシダ、コケ、緑藻、ラン藻、光合成細菌にいたるまで共通に見られる現象です。裸子植物以下の光合成生物には光依存型と光非依存型のクロロフィル合成経路が存在することになります。ところが、成長した樹木の針葉は暗所でクロロフィルを合成できないので、これは裸子植物の芽ばえにのみ見られる特異な現象といえます。暗所の芽ばえに蓄積するクロロフィル含量や葉緑体の発達段階は種により異なります。例外として、カラマツのある種では被子植物と同様に暗所でクロロフィルを合成しないものもあります。また、裸子植物を低温で発芽させると暗所のクロロフィル合成は完全に阻害され、子葉は黄色になりますが、通常の発芽温度に戻すと暗所のクロロフィル合成は開始されます。

暗所で発達した葉緑体は光合成能力をもつのでしょうか。もちろん、ノーです。裸子植物の暗所芽ばえは葉緑体構成タンパク質を支配するすべての遺伝子を発現させ、光合成に必要な装置をすべて保持していますが、光化学系II酸素発生系で重要な役割を果たす四原子のマンガンを欠くため、光合成能力をもちません。



暗所で発達した葉緑体は、光照射によりはじめてその四原子のマンガンを正常な場へ組み込み、その結果、完全なタンパク質の分子集合が起こり、酸素発生能を獲得し、通常の光合成能力を発揮します。

最近、暗所のクロロフィル合成についても遺伝子レベルのメスが入りつつあります。日本の研究者により、タバコ、イネ、クロマツ、ゼニゴケの葉緑体ゲノムの全塩基配列が決定され、裸子植物以下の葉緑体ゲノムと被子植物の葉緑体ゲノムの相違を調べることが容易になりました。暗所のクロロフィル合成は、ゼニゴケやクロマツの葉緑体ゲノムにあって、タバコやイネの葉緑体ゲノムにない遺伝子が制御する可能性があります。この可能性は、緑藻やラン藻の相同な遺伝子を破壊した場合、暗所のクロロフィル合成能が消失すること、また緑藻や光合成細菌の突然変異体の解析から同定された暗所のクロロフィル合成を制御する遺伝子との相同性から実験的に証明されています。

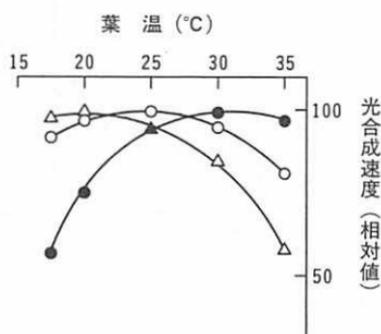
現在、暗所のクロロフィル合成には葉緑体ゲノム上の遺伝子と核ゲノム上の遺伝子の両者の働きが必要とされています。暗所のクロロフィル合成を制御する裸子植物の葉緑体ゲノム上の遺伝子は、被子植物の葉緑体ゲノムにはまったく存在しません。すなわち、被子植物への進化の過程で葉緑体ゲノムから欠落したものと考えられています。

(篠原健司)

## 郷に入つては……郷に従い

秋になると、林の中や公園で子供たちが目を輝かせ歓声を上げながら、しいの実やどんぐりを拾っている光景が見られます。これらのしいの実やどんぐりを、人工気象室の二〇℃、二五℃、三〇℃（昼温）の温度条件下で育ててみました。生育時の温度は、樹木の成長に必要な光合成活性にどのような影響を及ぼすのでしょうか。そこで、異なった温度条件下で育ったこれらの苗木の光合成活性と温度の関係を調べてみました。すると、二〇℃の温度条件下で育った苗木の光合成は二〇℃前後で、三〇℃で育った苗木は三〇℃前後で、その活性が最も大きくなったのです（図）。それぞれ、育った温度付近で光合成活性は最も大きくなり、光合成の最適温度域は、育った温度に応じて変化することがわかりました。同じ場所で採取した種子からの苗木ですが、育った環境の温度条件に光合成の温度依存性が対応して変化したのです。このことを、光合成の温度順応性と呼んでいます。光合成という生産機能が、生育温度にうまく適応しているのです。

このように、生育過程で経験した温度条件は、温帯性の樹木の光合成活性に大きな影響を与えることがわかりました。それでは、熱帯・亜熱帯の樹木ではどうなるでしょうか。自然光下の三〇℃、二五℃、二〇℃の温度条件で育てた熱帯・亜熱帯産のアカシア三樹種を、五℃の温度条件下で三日間低温処理し、処理前後の光合成活性を比べてみました。この結果、低温処理によりすべての苗木の光合成活性は低くなりましたが、



スタジイの葉温と光合成速度の関係

△: 20/15°C (昼温/夜温) 生育苗木

○: 25/20°C 生育苗木

●: 30/25°C 生育苗木

特に三〇°Cで育った苗木で最も大きな影響が認められました。低い温度条件のもとで育った苗木は、高い温度条件下で育ったものに比べて、低温に対する抵抗力が大きくなってきたのです。このように熱帯・亜熱帯性の樹種といえども、低温に対する光合成活性が育った温度環境によって異なってくるのがわかりました。光合成の温度順応性が見られたのです。

生育光条件が異なる場合はどうでしょうか。自然光下、九〇%遮光下、赤色光除去下で育てた苗木の光合成特性を見てみましょう。光が十分にあると可視光線中の赤い光が光合成によく使われます。しかし、光の量が不足したり、赤い光が少なくなると可視光線中の青い光が多く使われるようになり、光合成に使われる光の利用効率が変わってきます。ここでも育ったときの光条件が光合成特性に大きく影響しています。

動物と異なり自由に移動することができない樹木にとって生育環境の変化は生死にかかわる重大な問題です。そのため環境の変化に対応して、樹木は生存のためのいろいろな工夫を凝らしているのです。これらの現象を引き起こすメカニズムについては、近年めざましい発展をしている分子生物学的研究に、その解明の期待がかかっています。

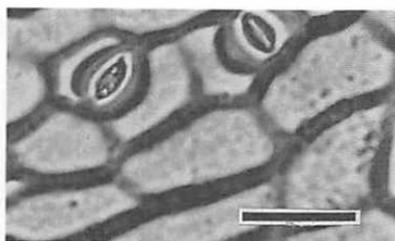
(角園敏郎)

## どちらが得か “おちよぼ口と大口”

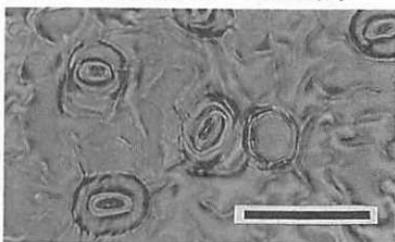
植物の葉には、気孔と呼ばれる穴があいています。植物はこの気孔から二酸化炭素を取り入れ、これを細胞の中で光のエネルギーを使ってブドウ糖に変えます。この機能を「光合成」と呼んでいます。ブドウ糖は、植物の細胞の中で再び二酸化炭素に分解され、生活のためのエネルギーに変えられています。

木の場合、気孔は普通葉の裏側だけに存在しますが、多くの草では葉の表側にもあります。葉がとげになつてしまったサボテンでは茎だけに気孔がありますし、またスイレンのように水に浮いた葉をもつものは、葉の表側だけに気孔があります。気孔は楕円形に近い形をしており、その大きさも植物によつていろいろです。気孔の長径は大きいもので七〇ミク、小さいものでは一〇ミク（一ミリの一〇〇分の一）にも達しません。一般に、大きい気孔をもつ葉では気孔の密度が低く、小さいものでは密度が高くなります。たとえばクスノキとスタジイの葉の気孔の大きさは、それぞれ一五ミクと八ミクぐらいです。気孔の密度はわずか一平方ミリの中に、クスノキの葉では約二五〇個、気孔のより小さいスタジイでは約五九〇個になります。一般に草は木よりも気孔が大きく密度は低くなりますが、それでも一平方ミリの中に一〇〇個ぐらいあります。

たくさんの二酸化炭素を取り込もうと気孔を開いてしまうと、同時に気孔から水が蒸発してしまいます。これを「蒸散」と呼びます。したがつてむやみに気孔を開いていると、植物体はしおれて枯れてしまいます。



クスノキの気孔(スケールは20 $\mu$ )



スダジイの気孔

植物は、水はあまりたくさんは出したくないし、二酸化炭素はほしいし……というジレンマのうえで気孔の開け閉めを調節していると考えられています。一般に、葉の薄いものは気孔を大きく開き蒸散量も光合成量も大きく、葉の厚いものは気孔の開きも小さく、蒸散・光合成量とも小さい傾向があります。常緑樹と落葉樹を比べてみると、常緑樹の葉は厚くて光合成量が小さく、落葉樹の葉は薄くて大きくなります。これは葉の寿命にも関連していて、蒸散や光合成の盛んな働き者の葉ほど短命のようです。

気孔の開け閉めは、数分のうちになされます。一般に、朝の七時から九時ごろに気孔が最も大きく開き、このとき、光合成も一日のピークに達します。このように植物は非常に早起きなのです。真昼には光が十分葉に当たっていても気孔が閉じぎみになっているため、光合成量は小さくなっています。これを「光合成の昼寝」と呼んでいます。これには、空気の乾燥によって気孔が閉じるといった説や、根でつくられたアブサイシン酸と呼ばれるホルモンが、水とともに葉まで吸い上げられ、気孔を閉じさせるように働いているといった説などがありますが、光合成の昼寝を起こさせる詳しいメカニズムは、まだよくわかっていません。

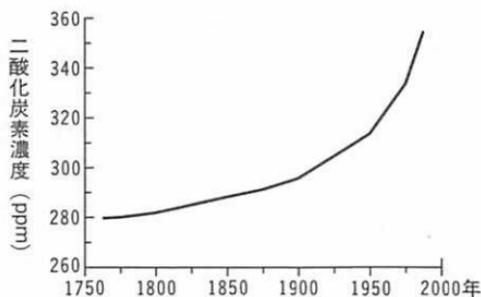
(石田 厚)

## 腹八分目で我慢して！

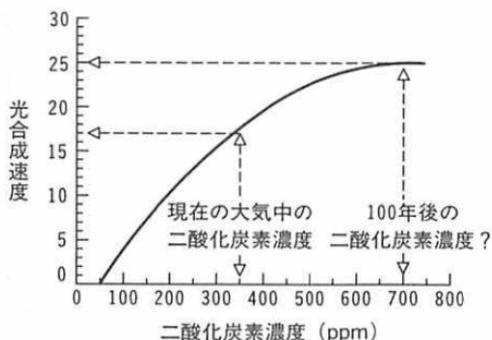
大気中には、約三五〇ppm（〇・〇三五％）の割合で二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）が含まれています。近年、その濃度が急速に増加してきています（図①）。十八世紀後半の産業革命以後、人類が大量の化石燃料を燃やして二酸化炭素を大気中に放出するようになったこと、二酸化炭素を固定する機能をもつ森林が減少していることなどが、濃度増加の原因であるといわれています。このままのペースで増加を続けると、二十一世紀後半には、現在の約二倍の七〇〇ppmに達するとの予測がなされています。

二酸化炭素は温室効果ガスの一種であり、濃度の増加は地球温暖化を引き起こすことから、悪者扱いされています。二酸化炭素排出規制などの記事を新聞で目にするところがあるでしょう。この二酸化炭素は、樹木にとってはどのような存在なのでしょうが。

樹木を含む緑色植物は、葉に大気中の二酸化炭素を取り込み、光のエネルギーを利用して糖に変えます（光合成）。この糖を材料として、新しい葉、幹、根をつくり、大きく育っていきます。それ故、樹木の生育にとって二酸化炭素は必要不可欠な原料といえます。図②に、葉の周りの空気の二酸化炭素濃度と光合成速度との関係を示しました。この図から、二酸化炭素濃度が高くなると光合成速度が増加すること、現在の大気中の二酸化炭素は光合成にとって十分な量ではないことがわかります。空気中の二酸化炭素濃度を二倍に高めて、



図① 過去200年間の大気中の二酸化炭素濃度の変化  
IPCC (1990, Polycymakers Summary) より改変



図② 二酸化炭素濃度と光合成速度との関係 (単位面積・単位時間当たり  $\text{CO}_2$  吸収量)

苗木を育てる実験をしてみます。すると、現在の二酸化炭素濃度で育てた苗木より大きく育ちます。このよ  
うなことからすれば、大気中の二酸化炭素濃度が上昇するという状況は、樹木自身にとっては歓迎すべきこ  
となのかもしれませんが。

それでは、何が問題となるのでしょうか。二酸化炭素濃度上昇は地球温暖化を引き起こし、樹木を取り巻  
くさまざまな環境を変化させると考えられます。樹木の生育は環境条件に大きく影響されるとともに、環境

の変化に対する生育反応は樹種によ  
って異なります。二酸化炭素濃度の  
上昇によって、森林の様相が大きく  
変わってしまう可能性があるのです。  
どのように変化するのか、予測する  
ための研究が進められてきていま  
す。生育期間が長くサイズの大きな  
樹木個体、そしてその集合体である  
森林の反応を評価するのは、なか  
かな難しいようです。  
(重永英年)

## 芽ぶきの色

淡いグリーン、黄色、オレンジ、赤、紫など、芽ぶきの色はじつにさまざまです。葉の色は葉に含まれる色素や葉の表面に存在するワックスによるものです。葉に含まれる色素には、緑色のクロロフィル、黄色やオレンジ色のカロチノイド、赤や紫色のアントシアニンなどがあります。成葉では多量に蓄積したクロロフィルに隠され、カロチノイドやアントシアニンの色は目立ちません。しかし、芽ぶきではクロロフィルの蓄積量が少ないため、樹種によっては肉眼でもカロチノイドやアントシアニンの色が見えます。一方、ワックスがククラ層に蓄積する樹種もあります。成葉では雨や風によってワックスが洗い流されることもありませんが、ワックスが蓄積した芽ぶきは光を反射し、白っぽく見えます。すなわち、クロロフィル、カロチノイド、アントシアニンなどの色素やワックスの蓄積量の違いにより、多種多様な芽ぶきの色が生じます。

芽ぶきの色とその機能との関係はよくわかっていませんが、カロチノイド、アントシアニン、ワックスの機能については草本類や一部の樹木における実験から次のような知見が得られています。

植物が利用できる光は波長だけでなく強度も限定されています。もしカロチノイドが欠落すると過剰な光エネルギーで励起されたクロロフィルにより活性酸素が発生し、葉緑体内の酵素、タンパク質あるいは膜系が破壊されます(光酸化)。このことは除草剤を用いたカロチノイド合成の阻害実験や、カロチノイドが合成

葉の色素およびワックスの色、存在部位および推定されている機能

	カロチノイド	アントシアニン	ワックス
色	黄, オレンジ, 赤	赤, 紫	白(乱反射による)
存在部位	柵状組織, 海綿状組織(葉緑体)	表皮細胞(液胞)	クチクラ層
機能	強光阻害の防止, 補助色素	紫外線の吸収	紫外線の反射・吸収, クチクラ蒸散の軽減, 水滴の付着防止

できない突然変異体を利用した実験により確かめられています。しかし、通常、葉緑体内にはカロチノイドが存在するため、過剰な光エネルギーを蛍光や熱として放出することができます。なお、カロチノイドにはクロロフィルが吸収できない波長の光を吸収する補助色素としての機能もあります。アントシアニンやその

仲間のフラボノイドは、葉の表皮細胞に蓄積し、有害な紫外線(UVB)を選択的に吸収することが知られています。このため、紫外線による損傷を受けやすい葉の内部にまで紫外線が到達するのを防いでいると推定されています。また、アントシアニンやフラボノイドの合成に関与する遺伝子の発現は紫外線によって促進されることも知られています。一方、クチクラ層に存在するワックスには、紫外線の反射、水滴の付着による気孔の閉鎖を防ぐ役割のほか、クチクラ蒸散を防ぐ機能があるといわれています(表)。

芽ぶきでは葉緑体が十分に発達していません。また、含水率が高く葉の物理的強度も低く、強い光や乾燥などのストレスを受けやすい状態にあると想像されます。このため、芽ぶきの色を決定するカロチノイド、アントシアニン、ワックスはさまざまなストレスに対する防御として働いていることが想像されます。

(向井 譲)

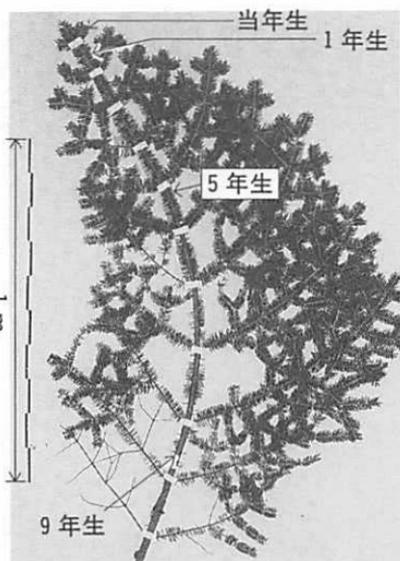
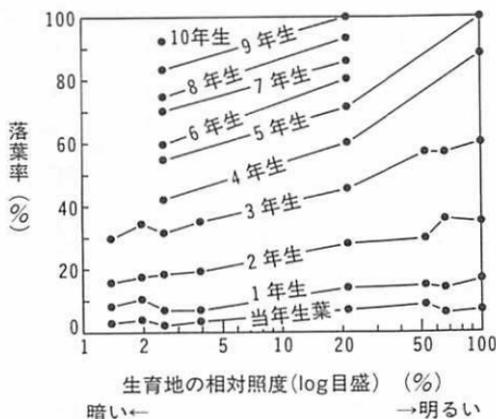
# 太く短くか、細く長くか

一般に、草本植物に比べ木本植物の葉は長寿といわれています。スギ、ヒノキ、マツなどの常緑針葉樹の葉の寿命はおおむね二年半です。春に芽が開き、翌々年の秋まで生き残っているものもあります。シイ・カシ類などの常緑広葉樹では、おおむね一〜二年程度は生きています。葉の寿命の長い樹種には、イチイ、モミ類、トウヒ類などがあり、モミの仲間のシラベという木では、成木でも五年以上、暗い林内の稚樹では一〇年以上生き残っている葉もあります(図の例では一〇年生の葉まで)。

しかし、イチヨウ、カラマツ、メタセコイアなどの落葉性針葉樹や、ブナ、ナラ類、カエデ類、ハンノキ類などの落葉広葉樹では、秋には葉をすべて落としてしまうので、葉の寿命は一〜八カ月です。多年生の木本植物といえども葉の寿命は、当年生草本のそれとほとんど同じなのです。寿命の短いケヤマハンノキでは一カ月ぐらいで新しい葉と入れ替わります。

ところで、葉の出方には、春の数日間に一斉に出る「一斉開葉型」、春から夏にかけて少しずつ出る「順次開葉型」およびある程度春に出てその後も少しずつ出る「一斉+順次開葉型」とがあります。ですから、落葉樹の葉の寿命を調べるときには、一枚一枚の葉をマークして継続的な観察を行う必要があります。

一方、常緑樹の葉の寿命を調べる場合には、冬芽痕をたどって調べることができます。写真の例では、九年



シラベ稚樹の生育地の明るさと葉齢構成 ウラジロモミの枝

生の葉まで確認できます。

このように、樹種で葉の寿命が大きく違う理由はまだわかっていません。「万物の創造者たる神のみぞ知る」なのです。しかし最近の研究で、一般的に、葉の寿命の短いものほど光合成速度が大きく、寿命の長いものほど光合成速度が小さい傾向があることがわかってきました。稼ぎのよい葉は短命で、悪いものは長命と大まかにはいえませぬ。

したがって、それぞれの葉の一生の稼ぎ量は、どの樹種のどの葉でもあまり大きくは違わないと思われまふ。このことは、図の例のように同じ樹種でも日当たりのよい場所に生えている葉(陽葉)は日陰の葉(陰葉)より光合成速度は大きいのですが、日当たりのよい場所の葉のほうが短命であることも対応しています。

(松本陽介)

## 後継者がダメならカムバック

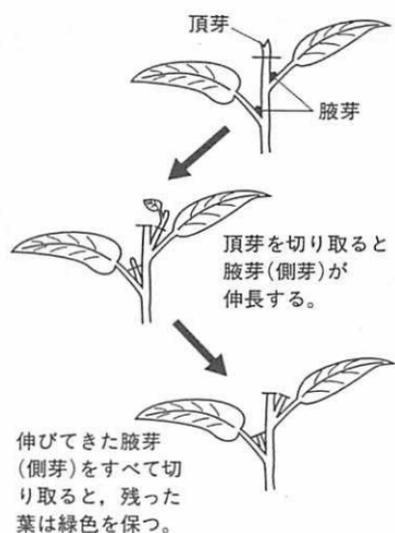
成長している植物では茎の先端に頂芽があり、その中に活発に細胞分裂を行っている場所（頂端分裂組織）があります。しかし、茎が折れてしまったり、何かの原因で頂端分裂組織が傷ついてしまうと、茎は成長できなくなってしまう。そのような場合、伸びられなくなった頂芽の代わりに側芽（葉のつけ根にある腋芽などの、茎の側方にできた芽）が伸びはじめるのは、私たちもよく目にする現象です。頂芽が健全な間は側芽の成長が抑制されるこの現象は、頂芽優性と呼ばれています。この現象を支配するメカニズムに関してはまだ不明なことも多いのですが、頂芽を切り取った後の切口に植物ホルモンの一種であるオーキシンを与えると、頂芽があつたときと同じように側芽の成長が抑えられることから、茎の先端部分でつくられて根元のほうに向かって茎の中を移動しているオーキシスが重要な役割を果たしていると考えられています。

それでは、頂芽を切り取った後、伸びてくる側芽を次々とすべて切り取ってしまったらどうなるでしょう。そのとき、植物は残った葉の老化を遅らせることによって対処します。

葉の一生は見方によっては人の一生と似ています。つまり、非常に若くて急激に成長している葉は成長に必要な養分をすべて自分の光合成で賄うことができないうので、ほかの葉の光合成産物の供給を受けており、成熟した葉はその光合成能力によって若い葉や成長している芽や光合成能力のない根などを養っています。

そして、葉が古くなるとクロロフィルが減少して光合成能力は低下します。ところが、芽をすべて取り除かれた植物では、残った葉は古くなっても緑色を保ち、光合成能力の低下も遅れます。このことは、芽がなくなつて若い葉が補充されなくなった植物体で、本来は引退する時期に達した古い葉が働き続けているように見えます。

それでは、葉の老化の遅れはどのようなメカニズムで起きるのでしょうか。芽を切除された植物体の葉で起きる変化は、無傷の植物の葉に植物ホルモンのサイトカイニンを外から与えたときの変化とよく似ています。また、主に根でつくられて茎の中を上向きに移動しているサイトカイニンの量が頂芽切除によって増加する



ことが報告されています。これらのことから、葉の老化の遅れの原因にはサイトカイニンが関係していると思われまます。これは主にインゲンマメなどの草本やポプラの苗木を用いた実験からわかったことですが、多くの樹木も共通の機構をもっていると考えられます。

移動することによって身を守ることでできない植物は、困難な事態に陥ったときに、なんとか生き延びるための方法を何段階も準備しているようです。(木下 勲)

## 渴きに勝つ

石ころだらけの尾根筋でも育つくロマツや湿った沢筋を好むサワシバなど、樹木の水分要求度は大小じつにさまざまです。樹木の乾燥に対する耐性は、人のお酒に対する強さに似ています。飲酒を経験してお酒に強くなる場合があるように、乾燥状態を経ることで樹木の耐性が高まる場合があります。しかし、生まれつき強い人、弱い人がいるように、乾燥耐性は種によってある程度決まっております。乾燥に弱い木を尾根筋に植えても育ちません。なぜでしょうか？

乾燥耐性を左右する要因はさまざまですが、重要なものに、しおれにくさと土壌から水を奪う力の強さの二点があります。元気な植物は葉をびんと広げています。これは葉の細胞壁に圧ポテンシャル(膨圧)という圧力が生じているからです。脱水により細胞の体積が減少すると圧ポテンシャルは低下し、ゼロになれば空気を抜いた風船がしぼむように細胞はしぼみ、植物はしおれ状態になります。気孔も閉じるので、生育に不可欠の光合成活動も止まります。もう一つ、土壌から水を奪う原動力は、葉細胞内液の浸透ポテンシャル(浸透圧)にマイナス符合をつけたもので、これが低い(浸透圧が高い)ほど吸水力は大きくなります。

浸透ポテンシャルとしおれにくさはじつは密接に結びついており、浸透ポテンシャルが低いと、吸水力が大きいだけでなく、しおれにくくもなります。一概にはいえませんが、乾燥に弱い種は、葉細胞内液の浸透

ポテンシャルが高く、吸水力の弱いしおれやすい葉をもっています。そのため、乾燥地に植えると圧ポテンシャルを維持できず、しおれていずれば枯れてしまうのです。たとえば、フサザクラの飽水時の浸透ポテンシャルはおよそマイナス八気圧で、クロマツのマイナス二二気圧と比べて著しく高いという測定例があります。どうやら葉細胞内液の浸透ポテンシャルは、乾燥に対する耐性を判定する基準の一つになりそうです。

葉細胞を超低温で殺し、搾汁液を得て浸透圧計にかければ、浸透ポテンシャルを直接測定できます。しかし、古くから行われていたこの方法では、細胞外の純水が混じって細胞内液が希釈され、誤差を生じるおそれがあります。

一九六〇年代に、圧ポテンシャルや浸透ポテンシャルを調べる方法として、プレッシャーチャンバー(木部負圧測定装置)を用いた、P-V曲線法と呼ばれる測定法が導入されました。測定原理の説明はここでは省きますが、この方法によれば、浸透ポテンシャル、圧ポテンシャル、両者の和の水ポテンシャル、含水率などの、乾燥耐性を評価するうえで重要な諸数値とその相互の関係が得られます。

P-V曲線法は、植物の水分特性を調べる一方法として広く定着しており、乾燥に強い種や個体の選抜にも有効です。ただし葉細胞内液の浸透ポテンシャルは、葉齢や葉位、環境前歴などによっても変化するので注意が必要です。また浸透ポテンシャルはあくまでも吸水力やしおれにくさの目安であり、乾燥耐性の比較判定には、水移動に対する抵抗や水利用率その他の要因も含めた総合的な評価が必要です。(丸山 温)

## 樹木の渇水対策

平成六年の夏の猛暑は記憶に新しいことと思います。特に、西日本では深刻な水不足に見舞われ、各地の渇水騒動が新聞やテレビで連日のように報じられていました。このような水不足が、深刻な問題であるのは樹木にとっても同じです。それでは、樹木はどのような方法で水不足に対処しているのか、すなわち樹木の渇水対策についてお話ししましょう。

水不足に強い植物といえば、アリゾナ砂漠のサボテンが思い浮かびます。乾燥した場所に生えるサボテンのような植物には、CAM植物と呼ばれる特殊な機能をもつものがあります。CAM植物は気温の下がる夜間に気孔を開いて二酸化炭素を取り込み、いったんリンゴ酸などの形で蓄えます。暑さの厳しい日中は気孔を閉じ、昼間の強い光と夜間に蓄えた二酸化炭素を利用して光合成を行います。そうすることで、体内の水が余分に蒸散するのを防いでいるのです。CAM植物は砂漠のような乾燥した場所で生きていくために、特殊な進化をした植物といえます。しかし、植物全体からみるとCAM植物は特別な存在であり、樹木の仲間には極めてまれにしか見られません。

それでは私たちがよく目にする木々は、どのようにして暑さの厳しい時期の水不足に耐えているのでしょうか。厳しい乾燥にさらされた植物の体内には、アミノ酸や糖などの物質が大量に蓄積する現象が知られて

います。これらのアミノ酸や糖は適合溶質と呼ばれています。多くの植物は適合溶質を大量に蓄積することで、水不足に対処しているのではないかと考えられています。水分の少ない乾いた土壤から水を得るには、細胞内の浸透圧を土壤の浸透圧よりも高くしなければなりません。なぜなら、水は浸透圧の低いほうから高いほうに向かって、両方の浸透圧が釣り合うまで移動しつづけるからです。浸透圧の大きさは、溶質の濃度によって決まります。アミノ酸のような非電解質を含む溶液では、浸透圧は溶質のモル濃度に直線的に比例して高くなります。したがって、大量の適合溶質がつくられ植物の体液に溶け込めば、体液の浸透圧は高くなります。一般の植物はこのような機構によって浸透圧格差を維持し、乾いた土壤からも水を吸収できるようにしていると考えられています。

しかし、適合溶質の蓄積による浸透圧維持の機構は、まだ実験によって十分に確かめられたものではありません。したがって、この分野の研究はさらに進める必要があります。適合溶質として、注目されている物質にプロリンやグリシンベタインがあります。これらは適合溶質として必要な、水に溶けやすく、化学的に安定で、生物に対して無害であるという資質を備えています。現在、これらの適合溶質の生合成にかかわる遺伝子が単離され、分子レベルでの研究が盛んに行われています。将来、適合溶質による浸透圧調節の機構の有効性が証明されれば、遺伝子組換えなどの方法によって耐乾燥性の新しい樹木がつくられる可能性があります。そうなれば砂漠などの緑化にも利用され、砂漠化の防止に役立つかもしれません。(横田 智)

## 樹木も日焼けは苦手？

オゾン層が遺伝子に損傷を与える有害紫外線を吸収してきたからこそ、今日陸上での生物の繁栄が可能になりました。現在このオゾン層がフロンなどによって破壊され、生物への悪影響が心配されています。すでに、南極にはオゾン・ホールができました。オゾンは強い酸化力を持ち、一定濃度を超えると植物の生育を著しく抑制する汚染物質ですが、オゾン層のお陰で標高の低い地域では有害紫外線(UV-B)が少ないのです(図1)。UV-Bの害作用が問題視されはじめたのは、米国でのUV-Bランプによる照射実験でイネやダイズなどの収量が激減したからです。オゾン層の破壊による生物生存への脅威が認識されはじめました。

紫外線の植物への影響の研究は高山植物の調査から始まりました。高山植物には多肉で表皮細胞の発達した種が多いからです。この研究から、光合成が低下し生産量が減退すること、形態的にはワックス状の物質が蓄積し葉が厚くなったり葉の一部が黄化したりすることなどがわかりました。しかし、樹木へのUV-B照射の研究例は限られています。高山帯に生育するマツの芽ばえはオゾン層が二〇〜四〇%破壊された場合のUV-B照射でも樹高成長が低下しませんでした。高山帯に生育するテーダマツなどでは樹高成長が抑制されました。この樹種では低レベルのUV-B照射で成長が低下したのですが、中・高レベル照射では成長抑制が小さく、紫外線吸収物質(フラボノイド類)の量が増加しました。これはUV-Bに対する適応機構の存在を

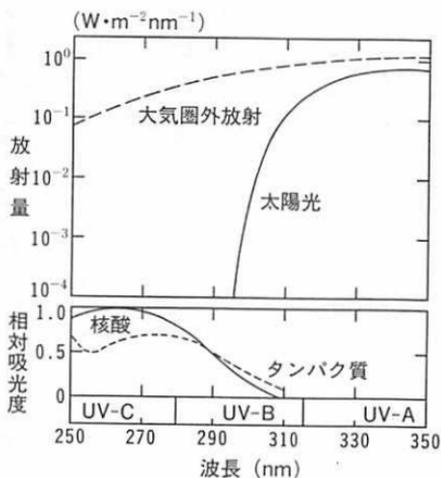


図1 太陽光の放射スペクトルと生体物質の吸収スペクトル

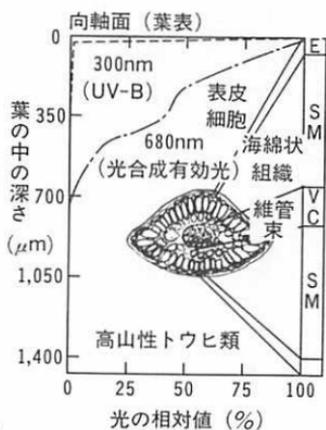


図2 葉の構造とUV-B, 光合成有効放射の吸収傾向

示唆しています。米国ワイオミング州の高山に生育する二種の植物の葉のUV-B透過性を、針のようなファイバーを葉のいろいろな深さに差し込んで調べました。この結果、常緑性葉のUV-B透過率は落葉性葉の約一四％で、表皮部分でその大部分が吸収されました(図2)。さらに葉の解剖特性をみると、表皮が厚くフラボノイド(光合成有効放射は透過)含量が高いのが常緑性針葉樹でした。この傾向は、UV-B照射実験によって選ばれた耐性種の特徴と一致していました。色黒のヒトは日焼けに強く、メラニン色素が皮膚を守るのと似ています。

ところで、紫外線のすべてが有害というわけではありません。ナスの鮮やかな紫色やトマト、ピーマンの草型の健全な発育、ニチニチソウの美しい花卉の赤色には、UV-Aが必須であることもつけ加えておきます。

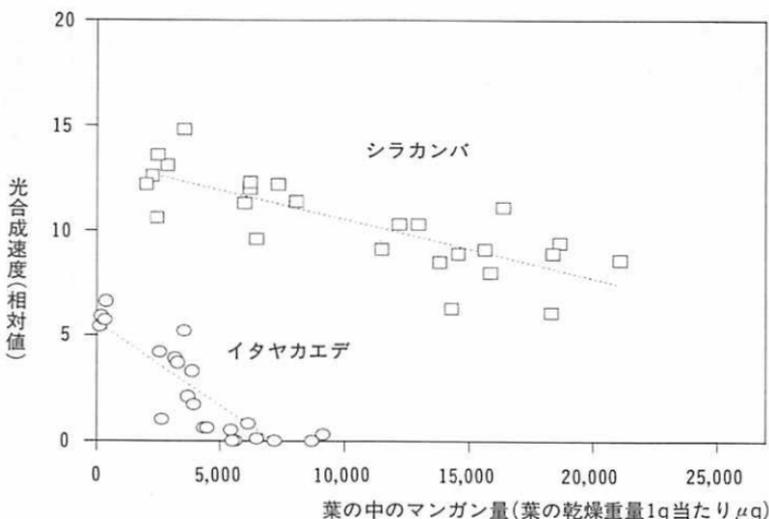
(小池孝良)

# 食べすぎは体に毒

マンガンという金属をご存じですか。マンガンとは元素記号Mnで表され、天然には化合物として広く、かつ比較的豊富に存在する元素です。身近なところでは、昔から乾電池の中身に使われていたりします。また、過酸化水素水を二酸化マンガンに加えて酸素を発生させるという理科の実験を覚えておられる人も多いかと思えます。

そのような元素ではありますが、植物にとってはまた違った重要性をもちます。マンガンは植物の光合成に必要な不可欠な働きをします。ご存じのとおり光合成とは植物が光のエネルギーを利用して水と二酸化炭素からブドウ糖と酸素をつくり出す作用で、人間でいうと食事に匹敵するくらい重要な作用です。光合成を行うのは葉の細胞の中の葉緑体という器官ですが、マンガンはそこで光合成の働きのうち、水が分解して酸素が発生する反応に関与しています。

このように、植物にとって不可欠な元素であるマンガんですが、多くとりすぎると害になることもあります。その主だったものとして、酸性土壌における植物のマンガン過剰害は、アルミニウム過剰害とならんで広く知られています。土壌が酸性化すると、土壌中のマンガンは水に溶けやすくなります。その結果、樹木に必要な以上のマンガンが吸収されてマンガン過剰害が起こります。もともと根で吸収されたマンガンは速や



マンガン過剰集積が光合成に及ぼす影響

かに葉へと移動しますが、葉に高濃度にマンガンが集積した場合、植物の光合成に不可欠な働きをするマンガンがかえって光合成を阻害する結果となってしまいます。マンガン過剰集積は光合成速度を低下させるのです。

ところで、樹木のなかにはマンガン集積に対して強いものと弱いものがあります。マンガン集積による光合成の低下をイタヤカエドとシラカンバで比べてみましょう。上の図に表れているように、イタヤカエドはもともと光合成速度も低く、マンガンが集積するとあつという間に光合成速度は低下してしまいます。一方、シラカンバは光合成速度が高く、マンガンが葉に集積してもなかなか光合成速度は落ちてきません。

シラカンバは、光合成に影響のない部位(葉の細胞壁や液胞など)にマンガンを閉じ込めて無毒化する機構をもっているのかもしれませんが。

(北尾光俊)

## 樹幹を伝わる雨水の不思議

「水は天からもらい水」といわれる降水も、地上に達するまでの経路によって水質が大きく異なります。水蒸気からなる雲は、大気中のチリやガスを溶かし込みながら降下し、最近では酸性雨（ $\text{pH}$ 五・六以下の降水）となることが多くなっています。

森林に降り注いだ雨は、葉や枝などに接触しながらしたり落ちる林内雨だけでなく、枝や幹を伝わって流れ落ちる雨もあります。これを樹幹流と呼んでいます。樹幹流の量は樹種や樹形・大きさ、季節などによっても異なりますがその流量は意外に多く、二〇年生のトドマツやエゾマツ人工林の場合、降水量の約五・二〇%が樹幹流として林地に流れ込みます。

樹幹流は樹皮から溶け出す物質が多いため、降水の水質に影響されることが少なく、その $\text{pH}$ は樹種によって特異な範囲の値を示します（図一）。多くの樹種の樹幹流は降水の $\text{pH}$ より高く、特に広葉樹で高い傾向があります。このような樹種の樹幹流は降水の酸性をやや緩和して土壌に流入します。しかし、アカエゾマツやカラマツ、スギなどの樹幹流は降水の $\text{pH}$ よりかなり低く変化し、降水の酸性を助長する傾向がみられます。このように、樹種により水質が異なるのは、樹皮の成分が樹種によって違うことや樹皮が平滑なのか、溝状あるいは鱗片状なのかといった違いによって、表面の沈着物の量、幹を流れる速さや量が異なるため

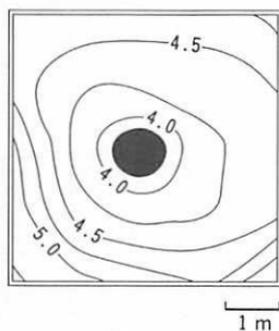


図2 スギ樹幹周辺のpH  
(松浦ら, 1990より)

衰退地: 群馬県八幡試験地  
10cm下層のpH(H<sub>2</sub>O)

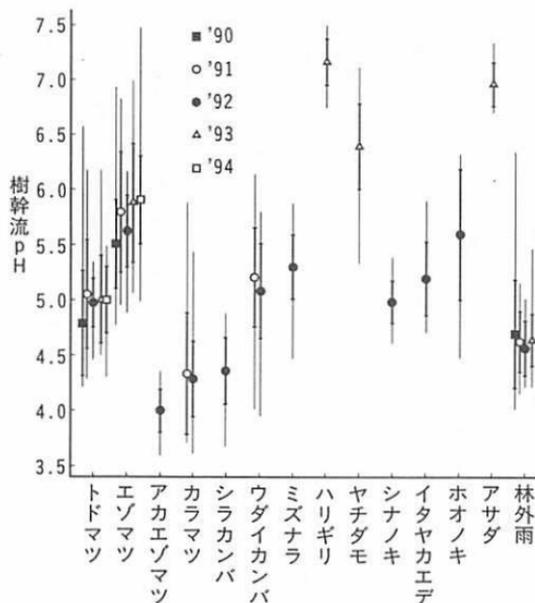


図1 樹幹流 pH の平均値と偏差および範囲

す。樹種によっては、濃褐色に着色することもあります。このため樹幹流は降水や林内雨よりもいろいろな成分を多く含んでいます。

樹幹流は幹を伝わって根株周辺など限られた部分に集中して流れ込みます。そのため樹木の根元の土壌は、根元から離れた土壌に比べ、かなり違った性質になっています。スギの老齢な大木の根元周辺の土壌では、長年酸性の樹幹流が流れ込んだため、強酸性土壌となっており(図2)、都市部でのスギ衰退の一因と考えられています。

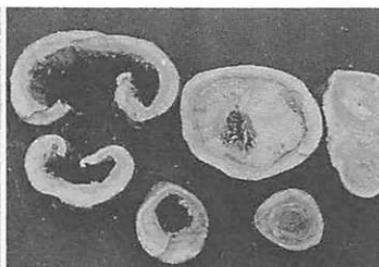
しかし、樹幹流にも効用があります。都会などで周囲をコンクリートで固められた小さな植樹坑内に植えられた街路樹が意外に元気で育つのは、樹幹流によって補給される水分が重要な役割を果たしているからです。

(真田 勝)

# ウロになってもなぜ枯れない？

原生林や鎮守の森などで青々と葉が茂った巨木の中心部が、大きな穴になっている木をよく見かけます。世界一の大木といわれるセコイアの木、樹齢三、五〇〇年いや七、二〇〇年ともいわれる日本で最長寿の縄文スギなど、みんな心腐れによって幹が空洞(うろ、がっぽ)になっています。そのため樹齢は推定の域を出ませんが、堂々たる風格で生きつづけています。これらを見るたびに、よくぞ巨体を支えつつ生きているものだと思いに思います。その秘密は樹木の成長の仕方にあります。木の成長の仕組みを見ると、上に伸びる伸長成長と太くなる肥大成長に分けられます。伸長成長は、梢の先端の成長点といわれる部分が、上へ上へと新しい細胞をつくり高くなることです。肥大成長は、幹の樹皮の内側にある形成層と呼ばれる薄い部分の細胞が分裂し、新しい細胞が外側へ外側へとできて、年々太さを増すことです。したがって幹の中心に近いものほど古い細胞で、外側に最も新しい細胞ができていきます。この成長の仕方は、キャベツや白菜などの成長とはまったく逆で、野菜の多くは中心部つまり芯が最も新しく、外側ほど古いものとなります。

樹木の幹の細胞の老化は意外に速く、細胞の八〇九割は二〜三方月で死んでしまいます。死んだ細胞は、硬くなり、いわゆる木化が進み、そのため木の幹は長い間立っていることができるのです。森を歩くとキノコの生えた立木や穴のあいた木が見られますが、死んだ細胞は生きた細胞のように、ヤニを出すなど外敵に



まだまだ生きられるのだが人間さまが危ないというので切り倒された空洞の街路樹(シンジュ)

まだ、100歳？ 骨肉はなくとも筋皮さえあれば、まだまだ200年は生きられるのだ。(ミズナラ)

対する防御機能はもたないので、病気などに冒されやすいのです。そのためキノコの仲間の木材腐朽菌が枯れ枝や枝・幹の傷から侵入し、キノコを出したり幹の中心部を腐らせたりして、ついには空洞にしてしまうことがあります。木が生きていられるのは、主に樹皮の内側にある形成層とその周辺のごく薄い柔組織のおかげなのです。幹の中心部が腐って朽ちてしまっても、新しい細胞が外へ外へとできるため、生き長らえることができます。木の寿命は数百年、数千年単位で数えられるほど長寿ですが、空洞ができるとうるしの支持力が弱まり、強風などによって折れたり倒れたりして死んでしまう場合もあります。

空洞木は木材としての利用価値が少なく、雑木として放置されてきましたが、最近では遊具や飾り物などがつくられています。

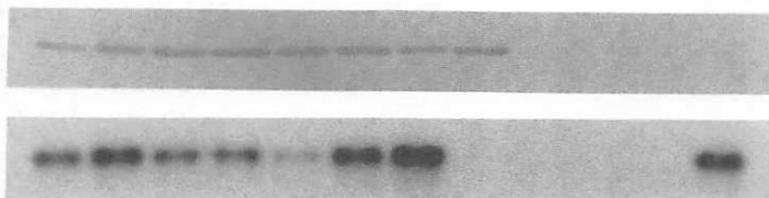
(真田 勝)

## 皮下脂肪ならぬ皮下タンパク質の役目

ポプラやヤナギなどの落葉広葉樹は、冬、内樹皮(師部)にタンパク質を蓄積することが知られています。このタンパク質の消長は季節の移り変わりと同関係があります。

青々と茂っていた木々の葉の色があせはじめると、少しずつ内樹皮へのタンパク質の蓄積が開始されます。そしてすっかり葉がなくなるころ、その量は最大になり翌年の春まで変わりません。春が訪れ、芽をふき、葉が開くと同時に急激に減少し、ほとんどなくなってしまう。冬の間蓄積され、春の芽ふきとともに消える内樹皮のタンパク質は、落葉する前に葉から回収した炭素や窒素を特定のタンパク質に変換し、春に葉や花をつくる養分やエネルギー源として利用するために一時的に蓄える役割をもっていると考えられています。そのため、このタンパク質は「樹皮貯蔵タンパク質」と呼ばれています。それでは、樹皮貯蔵タンパク質の合成はどのように調節されているのでしょうか。

タンパク質は、まず遺伝子からメッセンジャーRNA(mRNA)に情報が転写され、さらに、リボソームという細胞内の器官でアミノ酸がつながったポリペプチドに翻訳されて完成します。ですから樹皮貯蔵タンパク質がつくられるためには、特定の季節に遺伝子の転写が始まり、引きつづき翻訳が行われるケースと、mRNAは季節にかかわらず存在するが特定の季節にだけ翻訳されるケースの二つが考えられます。



9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8(月)  
電気泳動法で調べたハリエンジュの樹皮貯蔵タンパク質(上段)およびその mRNA(下段)の季節変動

ハリエンジュ(ニセアカシア)の樹皮貯蔵タンパク質とその mRNA の量的な変動を月ごとに調べると、タンパク質は九月から翌年四月までの間に多量に存在し、一方、mRNA は八月から翌年三月の間でだけ検出されました(写真)。このことから、樹皮貯蔵タンパク質の合成は遺伝子の転写の段階で調節されていると推定されます。さて、mRNA が最初に検出された八月は日長が目に見えて短くなり始める月に当たります。日長が短くなり始めたことを樹木は何らかの仕組みで感じ取り、樹皮貯蔵タンパク質遺伝子の転写を開始するものと思われます。

ところで、ハリエンジュやニワトコの樹皮貯蔵タンパク質は、糖の種類を識別して結合するという変わった性質をもっています。これらのタンパク質は「レクチン」と呼ばれています。レクチンはマメ科やイネ科植物の種子から数多く見つかっていて、それらを食害する昆虫を弱らせたり殺したりする働きをもつことから、害虫から種子を守る役割をもっていると考えられています。内樹皮のタンパク質には、単に貯蔵だけでなく、樹木が成長するために必要な未知の役割が秘められている可能性があります。(吉田和正)

## 木々の冬越し

木は移動することができないので、生えている場所の気候に適応して生きています。夏の間の成長期に凍結すると死んでしましますが、秋から冬にかけて、寒さがくると耐凍性を獲得して、北海道や本州の高山帯に分布しているハイマツやダケカンバなどは、マイナス七〇℃以下の温度でも耐えられるようになります。しかしながら、沖繩のマンングロープをつくっているヒルギの仲間などは、冬でも凍結には耐えられません。

耐凍性の増大の機構には、①細胞内の糖分などを増やして浸透圧を高くし、融点降下の効果などで細胞液を凍りにくくすること。②細胞内の水分を細胞外に出して細胞と細胞の間などに氷をつくり、凍結熱などで細胞が冷えるスピードを抑えると同時に、細胞液の濃度を濃くして、浸透圧を上げることなどが考えられます。

耐凍性が増大するときには、まず準備段階として、主にデンプン、中性脂肪などを蓄積します。寒さがきた次の段階で、核酸、タンパク質が増加して活発な代謝を行い、デンプンを分解して糖をつくり、中性脂質をリン脂質に転換して耐凍性を獲得しています。実際、耐凍性の増大にほぼ比例して細胞内のシヨ糖が増加することが観察されています。シヨ糖の増加によって浸透圧を高め、細胞液を凍りにくくしていると考えられます。

8月末にニセアカシアの幹を環状剥皮して飢餓状態で越冬させた皮部組織の物質変動と耐凍度 (Simonovitchら, 1986より)

	耐凍度 (°C)	糖 (%)	可溶性タンパク質 (mg/10mg)	全脂質 (mg/g)	リン脂質 ( $\mu$ g/g)
8月	-15	7.2	3.7	29.3	113
11月(処理木)	-45	2.1	3.9	28.3	187
11月(無処理木)	-70以下	9.1	7.5	32.0	210

しかしながら、栄養不良にしたニセアカシアでは、リン脂質だけが増加して、タンパク質や糖が少ない状態でも、マイナス四五°Cの耐凍性をもっています。一方、普通の状態のニセアカシアでは、糖、タンパク質、リン脂質などが増加して、マイナス七〇°C以下の温度でも耐えられます。

リン脂質は細胞膜の主要構成成分です。秋から冬にかけて木ではリン脂質が増加して、細胞膜の面積を増やし、細胞の外側に氷の結晶ができた場合でも、細胞膜が破れないようにしています。また、リン脂質の質も変わって、夏のリン脂質は不飽和度が低く、バターのように固まりやすいのですが、冬になると不飽和度が高くなり、細胞膜が固まりにくくなっています。この結果、水などの透過性が著しく大きく、柔軟な細胞膜になります。また、耐凍性のないプロトプラスト(裸にした細胞)の細胞膜に、不飽和脂肪酸からできたリン脂質を加えてみると、耐凍性が増加することがわかっています。

これらのことから、リン脂質の質が変わり、細胞膜が固まりにくくなることから、最低限必要で、さらに糖やタンパク質が細胞液に多く含まれることによって十分な耐凍性を獲得していると考えられています。

(吉村研介)



V

森と樹木

## 樹木は氷河時代をどう生き抜いたか

本州中北部の日本海側の山地は、世界でも有数の多雪地域です。この山域の亜高山帯針葉樹林ではマツ科モミ属のオオシラビソ（アオモリトドマツ）が優勢です。この樹種は太平洋側の地域にも分布していますが、そこではむしろ脇役であり、日本海側へ向かうにつれて混在していたほかの針葉樹が消えていき、ついにはオオシラビソの独壇場になります。たおやかな山並みを被うオオシラビソの純林、そして厳しい風雪のなかで造形されるオオシラビソの樹氷は日本の代表的な自然景観の一つです。しかし、太古からの原風景であると思われてきたこの森林が、じつは比較的最近成立したものであることがわかってきました。

第四紀と呼ばれる最近の二〇〇万年は、寒冷な氷期と温暖な間氷期とが交互に現れるという環境の変動が激しい時代でした。一〇万年前ごろから始まった最後の氷期は、二万年前に最も寒い時期を迎えました。この時期には冬の寒さが厳しく雪の少ない大陸の気候が卓越しており、東日本では高山の頂に氷河が発達し、山麓部を亜寒帯針葉樹林が被う景観が広がっていたようです。当時の堆積物に埋まっている植物遺体の研究から、その針葉樹林の主要樹種はヒメマツハダ、アカエゾマツなどに類似のトウヒ属樹種、チョウセンゴヨウ、カラマツ属樹種などであったと考えられています。ところがオオシラビソはこの時代の堆積物からはほとんど確認されておらず、限られた場所にのみ分布するごくまれな存在であったと考えざるを得ません。

最終氷期は約一万年前に終了し、時代は間氷期(後氷期)へと移り、現在に至っています。特に日本海に暖流が流れ込んだため多量の雪が降るようになりました。このような温暖・湿润な海洋的気候への急激な環境変化のなかで、亜寒帯林では大陸的気候下で繁栄していた樹種が壊滅的に衰退していき、代わって海洋的気候を好むオオシラビソが勢力を伸ばす方向に向かったのです。冷温帯林においても氷期には優勢ではなかったブナが爆発的な増加を開始し、七、〇〇〇年前ごろまでには現在と同様の分布域が成立しました。オオシラビソの場合には、小さな集団を基に分布域拡大を始めなければならなかったためかその拡大に長い時間を要し、八幡平や八甲田山を被うようになったのはわずか三、〇〇〇年ほど前であると推定されています。

オオシラビソは氷期をどこでどうやって生き抜いたのでしょうか。これについては確たる証拠がなく、想像の域を出ませんが、現在の分布域から興味深いことが読み取れます。オオシラビソ林はなだらかな高原状の火山でよく発達しており、発達していない山でもその分布域は湿原の周辺のような緩斜面に限られています。現在の分布域にはその樹種がたどってきた歴史が刻み込まれているという見地に立つならば、オオシラビソ林の拡大の核となった林は湿原の周辺のような場所にあった可能性が高いと思われます。本当にそのような場所に存在していたのか、なぜそこでのみ生存できたのか、については今後の課題です。

最終氷期に繁栄したトウヒ属樹種やチョウセンゴヨウは現在、雪の少ない山域でごく小さな集団で残っているにすぎません。これらの樹種にとっては間氷期をいかに生き抜くかが問題なのです。

(杉田久志)

## スギ、ヒノキ今昔物語

私たちになじみ深いスギやヒノキも、天然のものは、秋田県の本郷、屋久島、木曾や富士山青木ヶ原のよに人里離れた地にしか生えていません。スギやヒノキの分布はずっと昔からこうだったのでしょうか。

今でこそ山奥にいかなければ見られないスギの天然林ですが、二、〇〇〇年前の弥生時代ごろまでは、東海地方や北陸地方では平野部に普通にあったことが静岡市の登呂遺跡や福井県三方町黒田の埋没林などから明らかです。黒田の埋没林は水田の下に巨大なスギの切株が一面にあったもので、石斧や鉄斧で切断した跡があり、ここに縄文時代から奈良時代のころまでスギの林があったことがわかっています。弥生時代以降、鉄器が普及して針葉樹材が建築材や生活用具材として選択的に利用され、平地の開発も進んだため、今では平地の天然（生）林は富山県入善町の「杉沢の沢スギ」一箇所だけとなってしまいました。

弥生時代以降、天然林が激減したのはスギだけではありません。和歌山県の高野山にりっぱな林があるのですがその名がついたコウヤマキは古墳時代には木棺をはじめ各種木製品、建築材として盛んに使われましたが、今では天然のものはほんのわずかしかなかったりありません。古代には王都造営が盛んに行われましたが、その巨大な木造建築物を可能にしたのは最優良材であるヒノキです。法隆寺や東大寺など現存する建造物の材を見るとそのほとんどが目をつんだ樹齢数百年のヒノキの大材です。これらの用材は奈良盆地からさほど遠くない幾



黒田埋没林 福井県三方町黒田の埋没林から掘り上げられた巨大なスギの根株の山

内周辺の山々から供給されたものですが、そこは今は大部分がスギやヒノキの人工林となっています。一方、関東や東北ではどうだったのでしょうか。この山地丘陵に普通に生えていたのはモミでした。そこで古墳時代以降になると人々はこのモミをヒノキやスギの代用として盛んに利用しました。その結果、平安時代には丘陵地帯のモミの天然林はほとんどなくなっていました。

伐採、加工用の刃物が縄文時代の石から弥生時代以降の鉄に代わることにより、日本列島の平地とその周辺に普通にあったスギ、ヒノキ、モミ、コウヤマキなどの針葉樹はほとんど失われていったのですが、驚異的な復活を遂げたのがスギです。スギは他の針葉樹に比べ成長が速く育成も比較的簡単なことから、天然の分布域をはるかに越えて北海道と南西諸島を除く全国至るところに植林されるようになりました。今私たちが目にするスギがごく当たり前に生えている光景は、東海や北陸地方では二、〇〇〇年前に戻ったようなものですが、その他の地域ではごく歴史の新しいものであることになりました。

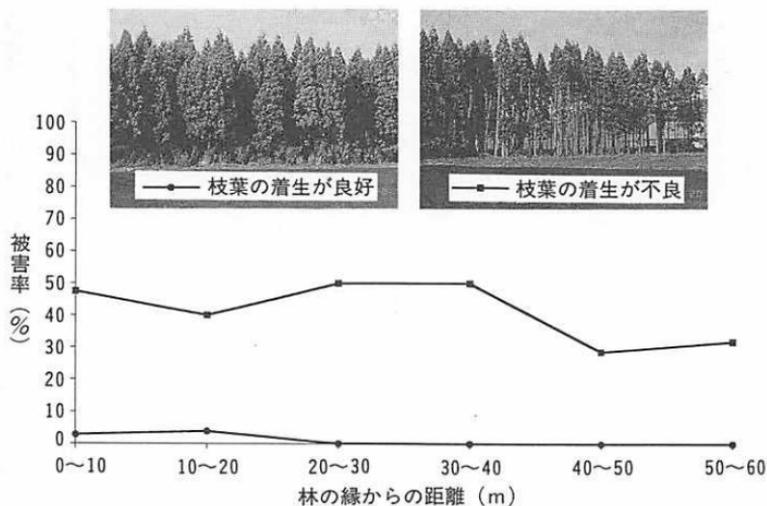
(鈴木三男)

## 林縁の木はそのままだに

一九九一年九月末、九州北西部を縦断し日本海を北東進した台風一九号による森林被害はマスコミでも大きく取り上げられ記憶に残るところです。森林にかかわる被害は大分県、福岡県、熊本県、佐賀県、長崎県など九州を中心に石川県や秋田県にまで及び、その被害総額は約二、〇〇〇億円に達しました。台風被害調査の過程で林の耐風性について興味ある事実が判明しました。林の縁の木々の枝葉のつき方の違いが林の風に対する抵抗性に大きく関係していることがわかったのです。

林の縁にある木のことを林縁木といいます。林縁木は林の中にある木と枝葉のつき方が違います。側方からの十分な光を受けることができる林縁木は、下枝がよく発達し多くの葉を着生します。光不足から下枝が枯れ上がり、上方にしか枝葉がない林の中の本とは大違いです。枝葉のつき方と関係して、幹の形も違います。誇張していえば、林縁木の幹は円錐形、林内の木の幹は円柱形となるのです。柱をつくる素材として林縁木をみるとちよつと欠点があります。しかし、枝葉が下まで茂り幹が円錐形となる林縁木は結果的に重心が低く風に対して強く、しかもその後背にある林木を風から守る重要な働きをしていたのです。

二枚の写真を見てください。平坦地に隣接したこれらの林は風上前面にある林縁の木々の形態が違うことが一目瞭然です。左側の写真の林は枝葉が地際付近まで着生し繁茂しています。一方、右側の写真の林では



林縁木の枝葉の着生状態と台風被害の関係

地際付近には枝葉がありません。この林では林縁の木々に対し下枝を切り取る作業、すなわち枝打ちが施されていたのです。

林縁からの距離別に、二つの林の台風による被害(本数)率の推移を図に示しました。林縁木に枝葉が繁茂した林では被害がほとんど発生していないのに対し、枝葉のつき方が悪い林では半分近くの木が折れたり倒れたりし、林縁から林内へ六〇メートルに入った地点でも被害が発生していました。

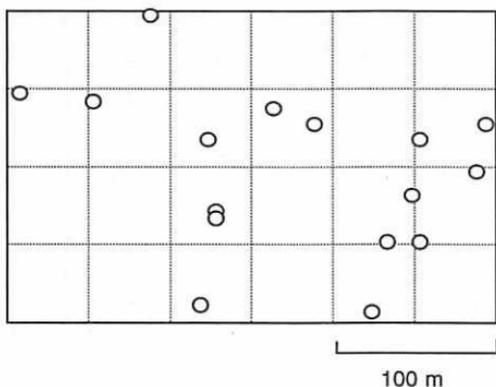
先人はその経験から「林縁木には手をつけるな」といっていました。防風機能を本来備えた林縁木に対して往々にして枝打ちや間伐(抜き伐り)が行われていますが、先人の教えを守り、林縁木を自然の状態にしておくことが、林の耐風性を高めることにつながることが理解できると思います。

(中村松三)

## 親と同居はいや!

ハリギリ(別名センノキ)はウコギ科の高木性の樹木で日本の山地に広く生育しています。林内での分布を見ると群状に生育するのはまれで、通常は単木的に生育しています。我々が調査している広葉樹林でのハリギリの個体密度(胸高直径五<sup>センチ</sup>以上)は二・五本/畝と低い値を示しています。では、このような傾向はハリギリの更新特性の何に由来するのでしょうか。

ハリギリの果実の大きさは約五<sup>ミリ</sup>で九月から十月に黒く熟し、これを鳥が食べることによって種子は自然に落下した場合よりも親木から遠く離れたところに散布されます。発芽した当年生の実生は親木の近くで多いものの親木から離れた広い範囲で見つけることができます。ハリギリは小さいころは耐陰性が高く、光があまり当たらない林内での実生の生存率は他の樹種に比べて高いほうですが、さまざまな要因により時間が経つにつれて徐々にその個体数を減らしていきます。ここで、ハリギリ実生の死亡率とその場所からいちはん近いハリギリの親木までの距離との関係を調べると面白いことがわかりました。親木に近いところでは実生の死亡率が高く、離れたところでは死亡率が低くなる傾向が見られたのです。この現象により、実生の密度は初めは親木の近くで大きく、離れるにしたがって小さくなっていったのが、数年後には反対に親木から離れたところのほうが実生密度が大きくなってしまったのです。



ハリギリ(胸高直径 5 cm 以上)の分布状況

このような親木の近くでの実生の高い死亡率は初めは熱帯林のいくつかの樹種において観察されており、こうした傾向の結果、同種の個体は互いに離れて生育するようになり、このことが熱帯林の高い種多様性を維持しているメカニズムの一つであると考えられています。この原因としてはその種に特有な捕食者や菌が親木の近くや実生密度の大きいところに多く、そのため親木の近くで実生の死亡率が高くなると考えられています。温帯の林ではこのような現象はハリギリだけに見られるのでなく、いくつかの他の樹種でも認めら

れており、温帯林においても熱帯林と同様な現象が観察されたわけです。しかし、なぜ親木の近くで実生の死亡率が高くなるのかは今のところわかっていません。

こうして、鳥によって広く散布された種子は芽ばえた後に、親木から離れるようにしてその個体数を減らしていき、やがて稚樹の上部を塞いでいた樹木が倒れたり、枯死したりして生育している場所が明るくなり、そこで生育していた稚樹が他の樹種の稚樹と競争して勝つ場合に大きくなれるのです。こうした経過を経て、ハリギリの分布は林内で群状にではなく単木的に生育していると考えられています。

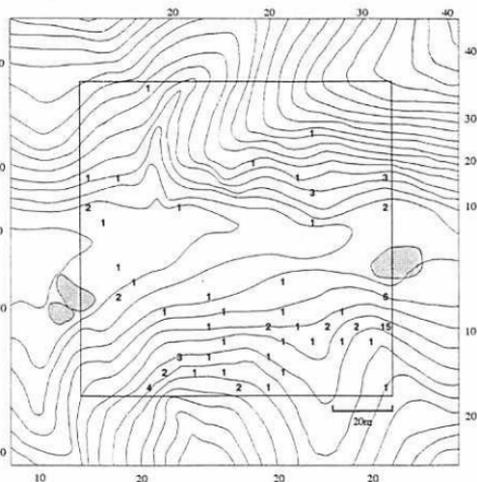
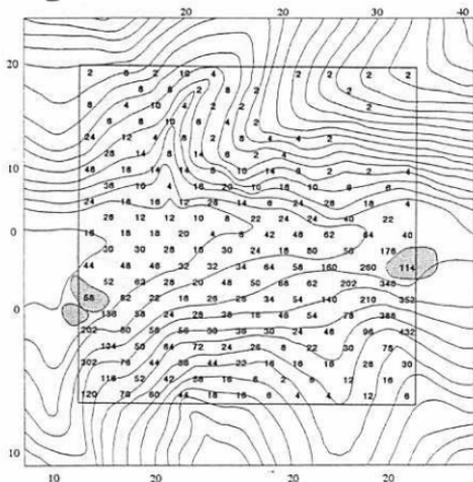
(飯田滋生)

## 可愛い子には旅をさせよ

子供は親の手元におくよりも、遠く離れたところでのほうがりっぱに育つという話は、どうやら樹木の世界にも当てはまりそうです。今から二五年ほど前、樹木の種子散布とその後の実生の定着について興味深い仮説が立てられました。

種子をつけた樹木(親木)は、やがてたくさんの種子を散布します。昆虫や小動物がこれらの種子を食べる捕食者として、親木の周りに集まってきます。このとき、親木のすぐ下に散布されたたくさんの種子は、その密度が高いことから捕食者に簡単に見つかりやすく、すぐに食べられてしまいます。また、発芽して実生になっても、親木の周りにある有害な菌に感染しやすく腐ってしまうことが多いのです。こうして、親木のすぐ下に散布された種子はほとんど定着することができません。ところが、親木から離れるにつれ、散布された種子が少なくなっていくために捕食者は種子を見つけにくくなります。菌に感染した実生があっても、実生間の距離が離れているために他の実生への菌害が広がりにくくなります。こうして、親木から遠く離れて散布された種子ほど捕食者や菌害から逃れて生き残り、定着する確率が高くなるというわけです。もともと、種子散布の距離には限界がありますから、実生は親木から適当に離れたところで定着します。

この仮説は「距離—密度依存死亡説」とか、「逃避仮説」、または提示者の名前をとって「ヤンツェン—コン



イヌシデの散布種子数(左)と生残した当年生実生数(右)の空間分布。方形区内のメッシュは母樹の樹冠を表す。

ネル・モデル」と呼ばれ、多くの森林生態学者によって主に熱帯林で検証されています。たとえば、パナマの *Platydictyon elegans* という木は、親木の近くの実生生残率が病害により低くなることがわかりました。日本でもクマシデ属の仲間でのこの仮説を支持する結果が報告されています(図)。

親木の近くにおいて、同じ樹種の種子や実生の死亡率が高く、同じ場所で同じ樹種の更新ができなくなる、単一種が優占しにくく、森林の中で同じ樹種の成木はポツンポツンと散らばって分布するようになります。そして、他の樹種が生育できる空間が増え、多くの樹種が森林の中で共存することが可能になります。このように、「ヤンツェーコンネル・モデル」は熱帯林における種の多様性を維持する仕組みの有力な説明として注目されています。

(柴田銃江)

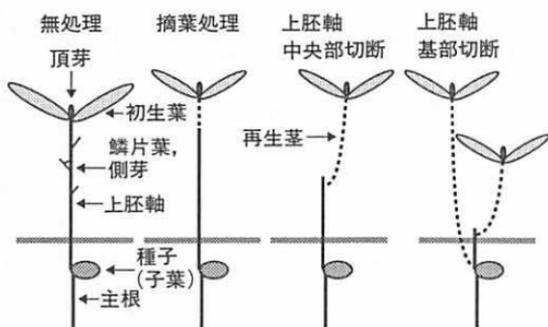
## イジメをどう乗り越えるか

自然林の中で散布された樹木の種子は、通常、翌春に発芽し、ときには足の踏み場もないほど実生が密生しますが、秋までには激減してしまいます。この間の死亡、消失の主な原因として、光不足による枯死、病害、雨滴の浸食、そして昆虫、小動物による食害などが挙げられます。昆虫や小動物による食害は、実生にとって死活問題ですが、被害を受けながらも生存している実生が多数あります。これは、実生が食害に対する抵抗力のある程度もっていることを示唆しています。それでは、実生たちはどのようにしてこの災難（イジメ）を乗り越えるのでしょうか。

実生の動物害は、食葉性昆虫による生葉の採食（子葉もしくは対象となる）と小動物による上胚軸（地上茎）の切断を伴う採食に大別されます。このほか、ナラ・カシ類など地下子葉型樹木の子葉の奪取もあります。ここでは、地上子葉型のブナ、地下子葉型のミズナラを例に食害の乗り越え方を見てみましょう。

ブナは発芽と同時に下胚軸を伸ばし、種子を地上部にもちあげて子葉を開きます。その後、上胚軸を伸ばし初生葉を広げます。子葉は実生の生存に不可欠な存在ですが、上胚軸の伸長が始まれば食べられてしまっても死亡には至りません。初生葉が完全に開くと頂芽が動き、当年の伸長を終えます。この段階で葉がすべて食べられてしまったらどうなるのでしょうか？ 冬芽が開いて二次伸長を行い、新たな葉を広げます。次

ミズナラの場合



人為的切断, 摘葉に対する実生の再生様式

に、子葉以上の上胚軸が切断されたらどうなるでしょうか？ これには子葉の跡から側枝を伸ばし、葉を広げるので問題はありません。ところが、子葉以下の下胚軸が切断されると軸は再生できないために死亡する場合があります。

ミズナラは地下に埋まった子葉の養分を使ってまず根を伸ばし、その後、地上に上胚軸を伸ばします。この段階で、よく上胚軸が切断されますが、図のように新たな上胚軸を簡単に再生することができます。これは上胚軸伸長後でも余分な貯蔵養分が地下子葉に残されているためです。したがって、上胚軸伸長後であれば、齧歯類に地下子葉を奪取されても枯死することはありません。それでは、伸長成長を終えて冬芽を形成した後に、すべての葉が食害されたらどうでしょうか。ミズナラもやはりブナと同じ経過をたどります。

このような巧妙な生き残り策も、十分な光や水がなければ機能しません。したがって、被害よりは実生が育ちうる環境の存否が重要といえます。人間の社会にも同じことがいえるかもしれません。

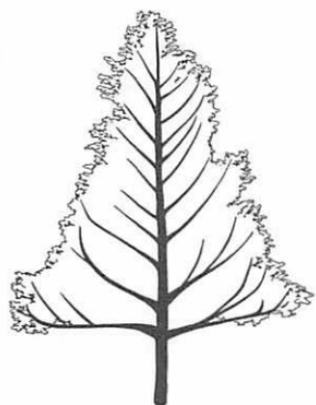
(鈴木和次郎)

## 「明日の主役」の健康診断

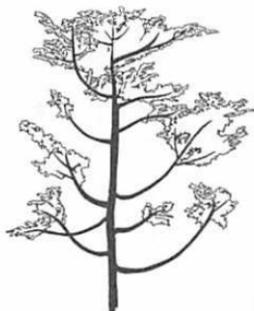
アスナロ（ヒノキアスナロ）は石川県ではアテという呼び名で親しまれ、県の木にも指定されています。暗い林の中でも生育することができ、樹種で、最近「環境に優しい人工林」として注目されている「複層林（森林を裸地化せずに、後継樹を林の中に植えた森林）」に適する樹種として全国的にも注目されています。しかし、アスナロは決して日陰が好きではなく、明るければ明るいほどよく成長するようです。つまり、「暗い環境にも耐える」木であるといえそうです。

さて、ほかの樹種に比べ暗い環境に耐えるといっても限度があります。健全な複層林を育てていくには必要最低限の環境条件を確保してやらなければなりません。その、いわば健康診断のための目安をつくるためにアスナロの特性を調べたところ、興味深いことがわかってきました。

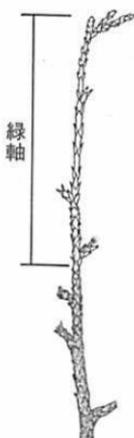
一つは幹の先端の緑色の部分（緑軸）の長さについてです。緑軸の長さ、木全体の成長経過の調査結果などをあわせて検討してみたところ、林内環境条件の変化の少ないところでの樹高二メートル以上の木の場合、緑軸の長さはほぼ最近四年間の成長量とみなすことができました。そして、その長さが一〇センチ以下であればその木はそれ以上ほとんど大きくなることはできず、逆に五〇センチ以上であれば良好な成長状態にあるといえそうです。あることがわかりました。



「健康状態」のよい木



悪い木



緑軸

S. NAKATA

もう一つは樹形についてです。図に示したように、成長のよいアスナロの樹形は円錐形に近くなり、成長の悪い木では全体が丸みがかってきます。この変化を解析しグラフ化することによって、やはり林内木の「健康状態」の目安をつくることができました。

このような樹形の変化は、「頂芽支配」の仕組みによる枝の成長の仕方によって決まってくるものと考えられます。木全体の成長状態とそれぞれの枝のついている位置の関係によって枝の伸びる角度や成長量が決まってきました。全体の樹形をきめていることがモデル解析でほぼ確認できました。また、幹の先端の「頂芽」からの影響が弱い枝は、横に広がりながら、枝先には独立した「頂芽」をつけるようになります。これらの性質の基本的な部分はアスナロだけでなくスギやヒノキなどにもある程度共通するものではないかと思えます。

(矢田 豊)

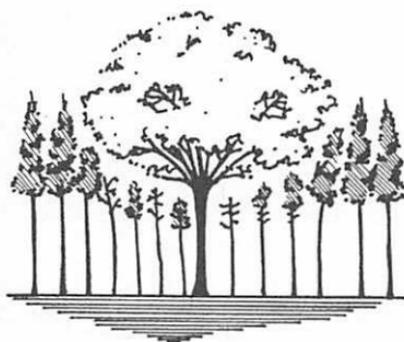
あちらを立てればこちらが立たず。さて？

ケヤキは、昔から街路樹や屋敷周りに植えられてきた樹木なので、みなさんおなじみだと思えます。周りに競争相手がいないとのびのびと枝を伸ばし、まるでワンパク坊主のようです。

ケヤキ材は、強靱なので梁や柱に、木理の美しさから化粧板に、さらには盆や椀などの生活用具にと、その実用性は高く、昔から重宝されてきました。価格的にも一番で、一本が何千万円もする銘木もあります。

このため、広葉樹林を切り開いて、スギを盛んに植えた一九五〇～七〇年代でも、ケヤキだけは伐採されず造林予定地に残されました。そして、ケヤキの樹冠下にも一斉にスギが植えられました。

植栽してからのケヤキとスギの関係、特にケヤキ樹冠下のスギの様子を詳しく観察してみましよう(図)。植栽して間もないうちは、ケヤキの枝先(樹冠の外側)と周辺のスギとの間に十分な空間があり、周りから陽光が入射してケヤキ樹冠下は明るく、樹冠下のスギと周辺のスギとの成長差はありません。しかし、樹冠下のスギの梢がケヤキの下枝と接するまで成長し、頂芽がこすられて傷つくと、エチレンの発生(接触刺激)と成長抑制(一九八一、遺伝三五卷)が関係すると思われませんが、そこで成長は止まってしまいます。その間にも、周辺のスギは成長を続け、やがてケヤキ枝先の約二倍付近まで接近すると、ケヤキ樹冠下には陽光が入りにくくなって、枯死したり、衰弱したりするスギが増えてきます。



スギ植栽後5年



スギ植栽後25~30年

ケヤキ保残木とスギ植栽木の関係模式図

一般的に、針葉樹の樹冠は円錐形で占有面積は小さいのですが、広葉樹は球形で大きな面積が必要です。ケヤキとスギの樹冠面積を比べると、圧倒的にケヤキのほうが大きく（胸高直径三〇センチ時点で約八倍）、残された一本のケヤキの下で何十本ものスギが影響を受けることになります。

ケヤキの下のスギを収穫し、柱材などに利用しようと思えば、よほど大きなケヤキで枝下が高いものでないかぎり、適当な時期にケヤキを伐採するか、ケヤキの枝を切り落とすなどの手当が必要になります。一方、ケヤキにとっても、周辺のスギが大きくなりすぎると、のびのびと枝を伸ばせなくなります。ケヤキを大きく育て、早く銘木級に仕立てようと思えば、周辺のスギを適宜伐採してやる必要があります。

樹冠の形状がまったく違う両者を、上手に育て利用しようと思えば、ほっとき放しではなく、人間のきめ細かな観察と的確な手入れが必要になるでしょう。

(前田雄一)

## 列に伐られた林の行方

森で働く人たちが少なくなり、間伐が思うように進まなくなりました。そこで登場したのが、ハーベスタやフェラーバンチャと呼ばれる高性能の林業機械です。ところが、これらの機械は図体が大きいいため、人間のように林内を自由に動き回ることができません。特に、立木密度が高い初期間伐の林分では、機械が動き回るための走行路が必要になります。そのために、一列あるいは二列の列状間伐が実施されはじめました(写真)。

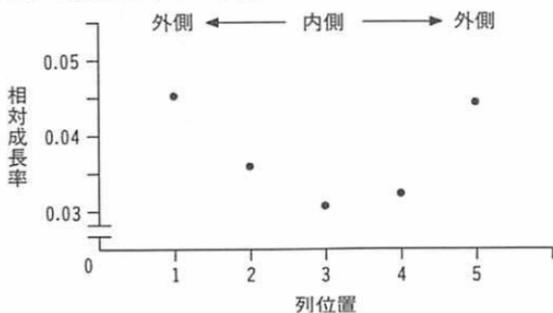
列状間伐によって機械の走行路は確保されますが、その両側に残された木はどうなるのでしょうか。二列伐って五列残すという二伐五残あるいは二伐六残方式で初期間伐が行われた林では、残された部分にどのような間伐効果が期待できるでしょうか。

二列の列状間伐を行ったトドマツ人工林で残存木の直径成長を調べました。その結果、列状間伐を行った場所の直径成長が、無間伐の対照区のそれを大幅に上回ることがわかりました。つまり、列で伐られた林は何も手を加えられなかった林と比べ、よりよい方向へと進路を変えていったのです。

ところが、思わぬ問題が持ち上がりました。それは、五列あるいは六列の残存部分の成長が列によって異なるということでした。残存木の直径の相対成長率を調べたところ、図に示したように列状間伐部分に面し



列に伐られたトドマツ林



列位置別にみた直径の相対成長率

た列(外側)で大きく、内側の列では小さくなる傾向が見られたのです。同様の状況は、二伐四残方式で間伐したカラマツ林でも確認されました。このままでは、外側の木が内側の木を被圧してしまうのではないかとまで心配する声もきかれました。

しかし、この問題は列に伐られた林自身が解決してくれそうです。列状間伐した空間は、両側の木の枝が伸びて二年も経てば閉鎖するので、外側と内側の生育環境の差はそう長続きしません。とはいっても、列状間伐時に残存部分の定性間伐も合わせて行うのが最善の策であることには違いありません。その際、ハーベスタなどの機械は二伐部分を走行するので、残存立木への損傷被害を最小限にとどめることができます。

列に伐ることで、林も機械も喜んだといえるでしょう。(木幡靖夫)

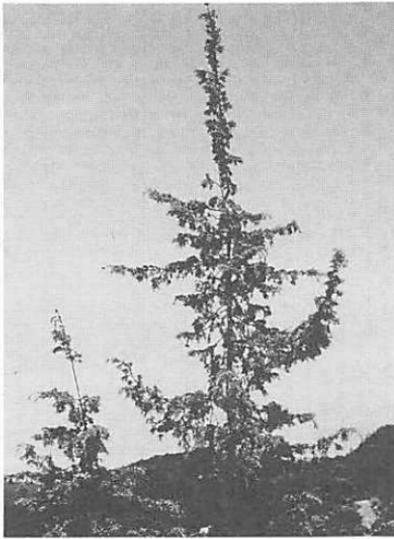
## シヤレになるのかネズミサシ

ネズミサシの床柱に対するシヤレという言葉には、シヤレコウベのシヤレと同じ、風雨にさらされたという意味があります。おしやれのシヤレではありません。木の幹には心材と呼ばれるすでに死んだ中心部分とそれを取り囲む辺材と呼ばれる、水が上がつたり養分が移動したりする通路となる部分とがあります。一部の辺材が死んで腐り落ち、中の心材が見えるようになったものがシヤレの木です。佗を求めた人が、あるときネズミサシのシヤレを床柱に用いました。床柱は和風住宅の床の間に使う柱の一つで、桃山時代は角材が主でしたが、江戸中期からは紫檀、黒壇、タガヤサンのような外国の珍しい木の丸太や、皮つきのままの木も使われました。角材以外の木を最初に用いたのは利休といわれており、利休の創造による草庵風茶室では松の丸みつきの柱や杉、雑木の丸太などが桃山時代から使われていました。

ネズミサシはマツ科の針葉樹で、同じ属の仲間には北極の近くやハイマツが生える寒い高山から暑い熱帯の海岸まで、北半球のいろいろな気温のところに見られます。ただネズミサシの仲間が生えているのは土地が痩せていたり、いつも強い風が吹いているなど、他の植物にとつては住みにくい場所であることが多いようです。今日、瀬戸内や近畿地方にはたくさんネズミサシが見られますが、そうした場所には昔はげ山がありました。はげ山の生成と松林の成立をみごとに論証した千葉徳爾氏の労作『はげ山の研究』によると、も

ともとは木が生えていた丘陵や山地で、江戸中期～後期(十八、十九世紀)に農民による緑肥や燃料の採取が増え、松の根まで掘り取るような激しい土地利用が起きた結果、はげ山が生まれました。

明治になって工業が発達すると、多くの人が農村から都市へ移り、また、農村では金肥やレンゲが緑肥として田畑で使われて、山の植物を無理に利用しなくてもすむようになり、ようやく、山に「みどり」が帰ってきます。明治から昭和にかけて、はげ山は少しずつなくなっていきました。はげ山では育たないネズミサシも、はげ山に生えた草や小さい木が大切にされ、まわりに落ち葉がたまつてくると、アカマツなど痩せた土地に生える他の植物といっしょに大きく育つようになります。やがてたくさんネズミサシが松林の中で



ネズミサシ

育ち、その中からシャレの木が選ばれていきました。

しかし、今日の松林ではネズミサシの若い木がほとんど見られません。何十年もたった松林では土がよくなって、痩せ地以外の植物も増えていることや、チャバネアオカメムシという虫にタネを殺されてしまうからです。林を伐り開き、原野にするような人の活動も少なくなりました。ですからネズミサシは減る一方です。

(清野嘉之)

## もつと光を

木は光をどのように受けているのでしょうか。光の受け方により光合成の量はかなり違ってくるので、光をどのように受けるかは木にとって死活問題です。

光をより多く受け、効率的に利用するため、いろいろな構造が見られます。その一つは葉の分布様式です。ただ単に光を一〇〇％受けるためには、図1aのように葉を透き間なく並べればいいのです。しかし実際の葉の分布は図1bのように立体的に何層もついています。そして木の下が真つ暗ではないように光を全部使いきっているわけではありません。このことは、樹冠表面に一層だけ葉があるよりも木にとって有利だと考えられます。図1aの場合、樹冠下には光は達せず下に葉があってもむだなため、一平方メートルの土地にもつことのできる葉の面積は一平方メートルです。一方、葉が受ける光の強さと光合成速度の関係は図2のような曲線になっています。たとえば樹冠の上から五〇％の光がくるとき、この木の光合成量は図2を用いて計算すると一平方メートル一時間当たり約〇・九グラムです。図1bのように立体的に幾層にも葉がある場合、たとえば一層に〇・一平方メートルの葉が分布している場合を考えてみます。いちばん上の〇・一平方メートルの葉が受ける光の強さは五〇％です。二層目の葉が確率的に受ける光の強さは九〇％の四五％、三層目では八一％の四〇・五……となり、一〇層目の合計一平方メートルの葉の行う光合成量は約〇・八七グラムです。しかし一〇層目でも光の強さは二〇％ほど

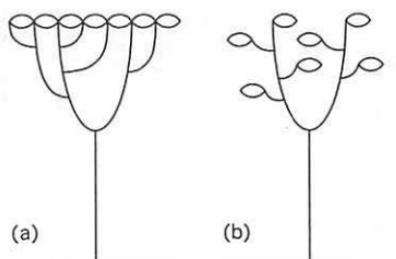


図1 葉のつき方の模式図

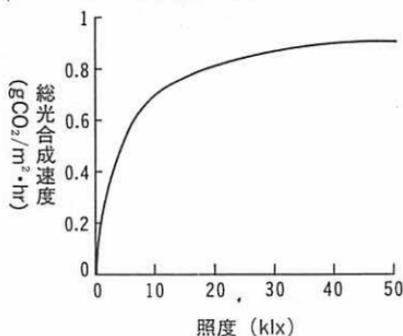


図2 葉の受ける光と光合成速度の関係の例

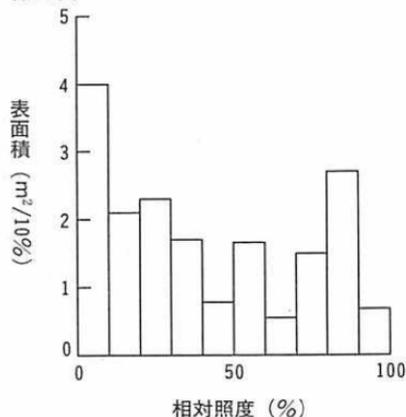


図3 カラマツ個体の葉が受ける光の頻度分布の例

でまだ明るいいため、さらに多くの葉をもつことができ、またaの場合を超える光合成ができます(一一層目でaの光合成量を上回る)。実際にカラマツで調べた、葉が受けている光の頻度分布を図3に示しました。このように葉は一〇〇%の場所だけでなく、暗い場所にも多く分布しています。

葉の分布のほかにも、有利だと思われる構造や機能が見られます。強すぎる光は全部利用できないので、上方の葉を傾けて光を少なく受け、下方の葉にも光が当たるようにします。暗い場所の葉は光飽和の明るさが小さいという現象が多く見られます。下方では薄く大きくなっている葉もあります。木は葉のつき方や性質をいろいろ変えて、より多くの光を受け、受けた光を効率よく利用しているのです。

(倉地奈保子)

## 暗いところでの我慢くらべ

樹木は光を利用して水と二酸化炭素から有機物を合成し、自らの生活に必要なエネルギー源、樹体を構成する物質の原料として利用しています。樹種によって、生存し成長していくのに必要な有機物を確保できる明るさは異なっています。森林を構成している樹木群は、高木層、亜高木層、低木層などの層をなしています。光は上層の葉群に遮られて、地表に近づくほど暗くなっていきます。高木層は、成育するために明るい光を必要とする樹木、低木層は、暗くても成育できる樹木で構成されています。

同じ一本の木でも、生存・成長していくのに必要な明るさは樹齢によって違い、幼いときほど光の要求度は小さいのが普通です。森林の高木層を構成する樹木には、林業上重要なものが含まれ、幼時から光を要求する程度が大きい樹木、要求程度の小さな樹木、その中間とに分けられ、陽樹、陰樹、半陰樹と呼ばれます。

近年、森林の非皆伐による更新が増えています。非皆伐更新の一つに複層林施業があります。人工林の多くは、単一樹種で林冠が一層のみの森林が大部分ですが、複層林では林冠が二層以上あり、上層の樹木の葉で光が遮られ、下層の樹木は暗くなった光の下での成育を強いられます。光の遮られ方に応じて下層の樹木の成長が抑制されるので、上層の樹木の枝打ちや伐採を行って、林内の明るさを調節する必要があります。

複層林ではこのような手入れの手間が多くかかります。複層林施業に用いる苗木が少し暗いところでも枯れずに成長すると、手入れの手間が緩和されることが期待されます。普通、陰樹または半陰樹の樹種が用いられますが、最近、複層林施業に適した品種の育成が行われています。

スギ、ヒノキの精英樹系統の苗木を使用して、明るさを通常の二〇〇%、二〇%、五%の三段階として人工庇陰試験を行いました。二〇%では光の不足を原因とする苗木の枯損はほとんどありませんでしたが、五%は生存にぎりぎりの明るさなので、多くの精英樹系統が枯れましたが、三年間庇陰しても生き残ったものもあり、ぎりぎりの明るさにおける生存能力に差がみられました。五%ではほとんど成長しませんでした。二〇%での成長は系統間に差がみられ、一〇〇%と比べると樹高、幹の太さとも抑制されました。特に、幹が細くなり、非同化組織を少なくして暗くなったことに対応していることがうかがわれました。一〇〇%においても樹高、幹の太さには系統による差がみられます。各系統の二〇%と一〇〇%における樹高、幹の太さを比較すると成長の抑制のされ方が系統によつて差があり、これに五%での生き残りを加味すれば、暗いところで耐えて成長する能力がより高い精英樹の系統を選び出すことが可能です。つまり、暗いところで耐えて成長する能力は遺伝的な違いによるからです。

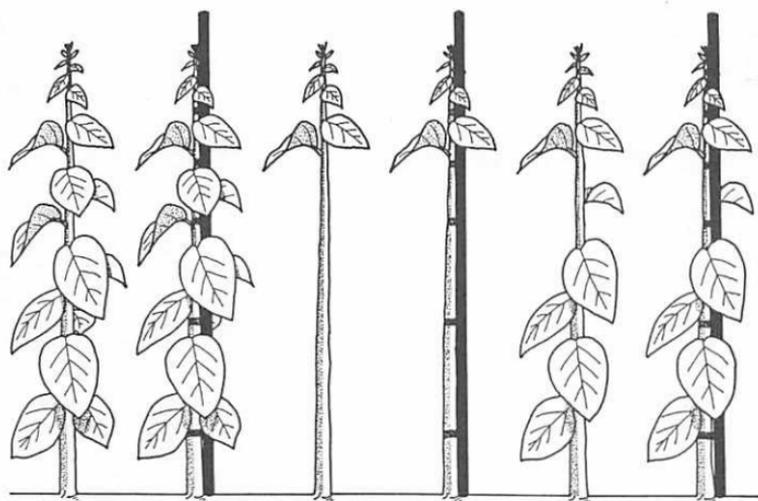
これらの結果は、痩せの大きいや小食でも太っている人を連想させます。食べすぎるとすぐに太るタイプの人は、上木が伐採されて光が当たるといち早く成長する木に相当するのかもしれない。(丹藤 修)

## もつと刺激を

百聞は一見にしかずといいますが、それでは、よく見れば何でもわかるかというところ、そうでもないようです。特に森に生えている木々の生態のように、いろいろな条件が複雑に作用しながら実際に見ることのできる木の形や森の構造ができあがっているようなもの場合は、この考えが特に当てはまります。森にはたくさんのお木が生えていますが、それらの幹の形や太さはいったいどのように決まっているのでしょうか。

これまで、森や林を研究している多くの学者がこの問題について考えてきました。というのは、林業として材木をとるために木を育てていく場合には、一本一本の木がどのくらいの高さになったときどのくらいの太さになるか、また、どんな形になるか、ということが大切な問題になるからです。木の幹の形は一般的には円柱形ではありません。ちよつと考えればわかりますが、木は先端に近づくほど細くなっています。細くなる程度が個体によって、また木の種類によって少しずつ違ってきます。根元の太さが同じでも、先のほうがすぐに細くなってしまう木からはあまり長い材木はとれません。反対に、上へいってもなかなか細くならない木からは、長い材木がとれます。

そんなわけで、幹の形を説明するためにこれまでにいろいろな考えが提唱されてきました。そのなかに、「風が吹くと幹が太くなる」といはいはじめた人がいました。アメリカでは、この説を信じて、木に強い風が



ドロノキを使った、幹の形を決める原因を調べる実験の模式図

当たるように林のすかし切り(間伐)をどんどんする人も現れました。ちょっと風変わりな考えだったので初めのうちには信じる人があまりいませんでした。変人扱いまでされたようです。私にも信じられませんでした。気がなったのである年ひとつ実験をしてみました。

ポプラの一種のドロノキを苗畑で育て、風で揺れないように幹を堅い棒に固定したり、幹に沿ってついている葉の一部分を摘み取ったり、という処理をして何本もの木を育てたところ(図)、なんと、風で揺れた木のほうが太くなってしまいました。揺れないものは細くなり、その代わりに少し背が高くなりました。風による幹への刺激がその形を変えたのです。小さな木を使った苗畑での実験の結果がすぐに大きな木の林に当てはまるかどうかわかりません。しかし、突飛な説でも、これでは信じないわけにはいかなくなりました。

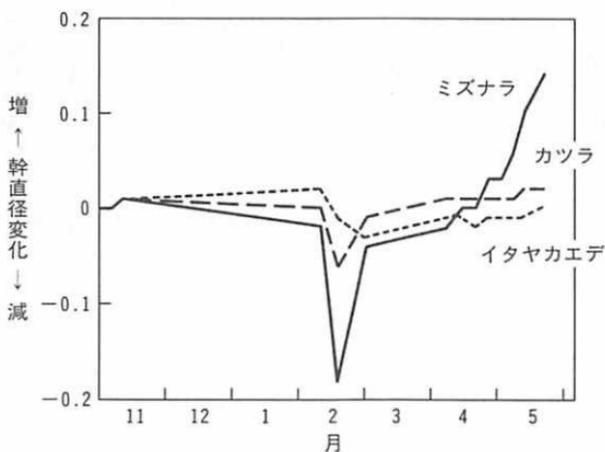
(大沢 晃)

## 木はダイエットでできるか？

木の成長は、枝先の成長点と樹皮の内側の形成層での細胞分裂として起こり、増えた細胞がそれぞれふくらむことで私たちの目に映るようになります。まるで衣服で着ぶくれするようにして大きくなっていくわけです。そのとき成長にとって重要な、光合成工場としての葉のもとである芽もつくられます。成長は外側へ生じてくるのです。ですから太らない木は新しい芽、新しい葉をもてません。成長を続けるためには木は太りつづけなければなりません。生きているかぎり、ダイエットで「やせる」ことは夢にすぎないのです。しかし、少し視点を変えてみましょう。木の太さを一日とか、季節のうちでもっと細かなスケールで見たときにも、木は少しもやせずに太りつづけているのでしょうか？

幹の太さの細かな変化を測るためのいろいろな道具が発明されてきました。デンドロメーターなどと呼ばれるています。幹にバンドを巻きつけ、太りで生じるバンドの「ずれ」を測るもの、幹に当てたゲージの動きを読むものや、ひずみを太りに読み換えるものなど、さまざまな仕組みのものがあります。これらのおかげで、一時的な現象ではありますが、「やせ」が観察されるようになりました。じつは、乾燥と寒さが「やせ」を引き起こす二大原因です。

形成層で分裂した細胞は水でふくらみ、しだいにセルロースやリグニンなどの物質がたまって硬くなり、



幹の寒冷収縮 札幌羊ヶ丘での測定例で、厳冬期2月に縮みが大きい(単位はcm)。

木化していきます。できたての組織はまだ汁気が多く、ピチピチした軟らかい状態です。このような時期に乾燥などで水分を奪われてしまうと、厳しい減量が人をおれさせるように、わずかですが幹も縮んでしまいます。この縮みはまた水分を与えることで回復させることができますが、いつまでも乾いたままで放っておくと、取り返しがつかなくなるのでご用心ください。

このような乾燥による「やせ」は、ふだんでもごく短期的にならば起きることがあります。たとえば、スギ、ヒノキやマツ類などのような針葉樹の太さを測りつつけていると、日中にいったん縮む例が観察されています。これは葉で蒸散が盛んに行われることで水分が失われ、その後の根からの水の吸い上げによって回復するためと考えられています。

ほかにも冬の寒さが幹を一時的に「やせ」させることがあります。寒い地方では真冬の冷え込みによる木の収縮で、幹に巻きつけておいたバンド式のデンドロメーターがずり落ちることもあるほどです。

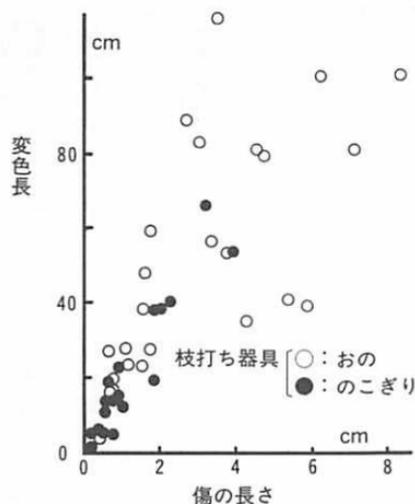
(田淵隆一)

## 傷跡はいつまでも

スギやヒノキなどの幹の横断面では、黒色〜淡褐色に変色した部分が見られることがあります。幹に変色が発生する原因は、病虫害や落石などによる幹の傷によるもの、人工的に枝を切り落とす枝打ち作業時の幹の傷によるものがあります。後者の原因による変色は、幹の外側方向が角ばった不規則な形をしていて、これが多くなると互いに重なり合ってポタンの花びら状に見えることから、一般にポタンと呼ばれています。ここでは、ポタンを中心に考えることにします。

製材品は、表面に節があると価格が低くなるので、節の分布を狭い範囲に納めた良質材を生産する目的で枯枝や生枝を切り落とす枝打ちが行われます。このとき、枝を切るだけだと変色は発生しませんが、枝のつけ根部の幹を切ったり樹皮が剥げたりすると、そこから必ず変色が発生します。傷を受けるとフェノール化合物の酸化や細胞に沈殿物が生じることよって変色が発生するといわれています。また、樹木は成長によって幹の外側部分に新しい年輪を形成しますが、傷よりも後に成長した幹の外側部分には変色が発生せず、傷ついたときより古い材部にだけ発生する特徴をもっています。

枝のつけ根部の幹の傷による変色は、傷が枝の横にいたり、大きかったりすると、傷から幹の中心部方向と上部・下部の両方向に生じます。これを、傷跡と幹の中心部が見えるように幹を縦に割った柱目面から



枝打ち時の傷の長さ と変色長の関係

見ると、変色は傷を頂点として上部・下部方向が裾野状になった山型となっています。しかし、枝の下部についた小さい傷による変色は幹の中心部と下部方向にだけ、反対に枝の上部についた小さい傷は中心部と上部方向にだけ発生するので、柾目面では山の半分が変色した形となりますが、その形は明瞭でなくなります。

五二年生のときに枝打ちされたスギの柾目面での縦方向の傷の長さ、上部・下部方向の変色長の関係(図)は、傷が大きくなると変色長も大きくなる傾向が見られ、一カ所の傷で一ヶ月前後の変色も見られます。また、幹中心部方向への変色は、傷が大きくなるとともに急激に大きくなりますが、傷の長さが一丈以上になると六〇七センチで一定となりました。一方、若くて小さい個体の枝打ちによる変色長は、傷も小さく数センチ以下です。傷の長さが同じでも、大きな個体で変色が極めて大きくなる原因は、傷の面積が大きく傷跡が新しい組織によって癒されにくいためかもしれませんが、よくわかっていません。

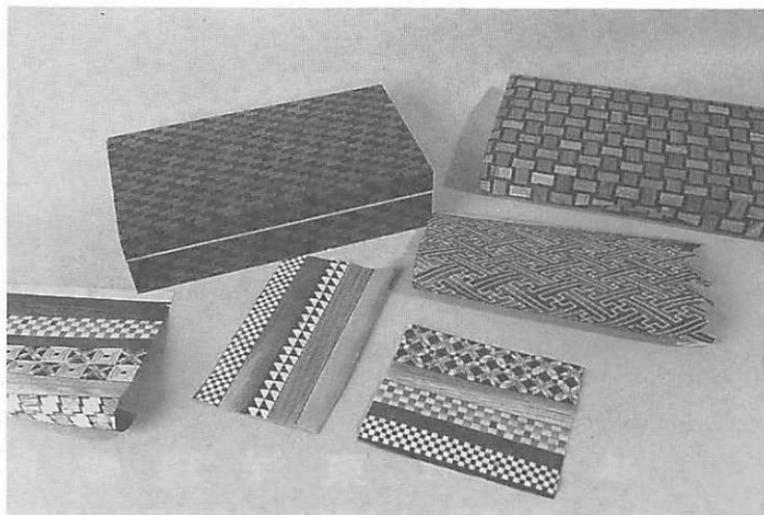
幹に傷を受けた樹木は成長とともにその傷口を癒すので、表面からはわからなくなります。しかし、幹の中には、古傷を変色とともにいつまでも残しているのです。

(竹内郁雄)

## 色気で選ぶ名物の材料

江戸時代、大名の参勤交代や西へ東への旅人の行き来でにぎわった箱根は、箱根七湯といわれる温泉の湯治客でもにぎわった場所でした。こうした旅人や湯治客用に気のきいた手軽なおみやげとして箱根細工がつくられてきました。箱根細工は古くは湯本細工といい、箱根山中に生育するいろいろな木を組み合わせて模様をつくった木の製品です。神奈川県にはおよそ三〇〇種類を超す樹木が自生しています。種類によって葉や実の形が違うように材の色もさまざまです。白（アオハダ、ミズギ）、クリーム色（マユミ）、黄色（ニガキ）、青緑（ホオノキ）、茶色（ケヤキ）、赤（チャンチン）、黒（カツラ神代―地中に埋まっていたもの―）など、およそ五〇種類の樹木がこれまでに使われてきました。日本の各地で見られる地場産業で使われる木はふつう一〜三種類です。いろいろな種類と色の木を使う、これが箱根細工の特徴です。またこうした樹木は二次林に生える木が多いのも特徴です。さらに、木炭に焼いてもあまり品質がよくない樹木でもありません。かつての箱根の炭焼きはこうした木を炭に焼かず、合間を見ては箱根細工の工房に運びました。樹木の適材適所とはこういうことをいうのでしょう。

こうした色の鮮やかな樹木は二次林生であるため比較的細い木が多く、これを繊維の方向に対し直角の方向に切断し、正しく三〇度、四五度といった角度の、細い棒をつくります。これには、かんたと治具で角度



いろいろな木を生かしてつくった箱根細工

をきちんとそろえます。こうしないと、組み合わせるに  
したがって接着面があいて裏側が透き、強度の弱いもの  
になってしまいます。

箱根細工のもう一つの特徴は木片を多角形に組み合わせ  
せることで、繊維方向が多方向だということです。この  
ため収縮の方向が分散され、全体として狂いが少ないと  
いう長所になります。こうした技術は、現在の寄木型の  
フローリングに生かされています。

現在、原木はもはや箱根の山中からは産出せず、関東  
一円、東北地方が供給地です。さらに近年では東南アジア、  
アフリカといった熱帯からレンガス（赤茶）、マンソニア  
（黒）といった色の濃い樹木を輸入しています。また輸  
入量も増加の傾向にあります。一方、箱根細工の村として  
知られる畑宿の人々が地場に生えている原料となる木を  
共有林に植え、育てはじめてもいます。

（中川重年）

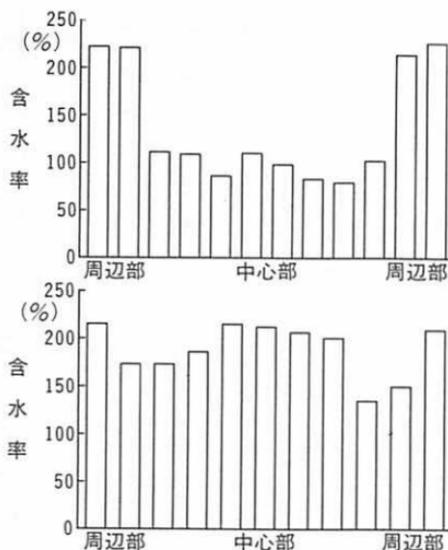
## 水に食われた？ トドマツ

生物にとつて水は最も重要な成分であり、その体内には多くの水が含まれています。人間の場合「水のしたたるような」という表現がほめ言葉になるのは当然かもしれません。ミズキというようにないかにも水っぽい名前もあるくらいですから、樹木にも多くの水が含まれています。しかし、樹木を建築用などの材として利用する場合には、この水がやっかいなものとなることがあります。トドマツでは心材の水分が異常に高くなる状態を「水食い」と呼び、問題となっています。

トドマツの幹を切つてその断面を見ると中心部(心材)は白っぽく見え、周辺部(辺材)は赤みがかって見えます。あえて測定などしなくても、辺材は心材よりかなり水っぽいことがわかります。ところが、なかには辺材だけでなく心材も赤みがかったものを見ることがあります。実際に二七年生の人工林のトドマツから円板を採取し含水率の分布を測定した例を図に示してあります。なお、木材の含水率は測定した材料に含まれる水分の重さをその材料の乾燥した重さで割り、その値を百分率で表すので一〇〇%以上となる場合があります。上の図を見ると、周辺部の含水率が二〇〇%を超える高い値となり、中心部のそれは一〇〇%以下となっています。トドマツでは一般にこのような状態となることが多いようです。それに対して下の図では、中心部も周辺部と同じくらい高い値となっています。このような状態を「水食い」と呼んでいます。水食い

材が問題となるのは、その水分が冬期間に樹幹に裂け目ができる凍裂の原因になるのではないかといわれる点にあります。大切に育ててきたトドマツも凍裂が発生してしまうとその材の利用価値は大きく下がります。ですから、水分の異常に高くなったトドマツは水に食われたトドマツともいえるのです。トドマツは北海道の主要な林業樹種ですが、北海道以外でもスギと同様な現象が見られます。

水食いはどのようにして発生するのでしょうか。樹木は水を外部から吸収して利用するわけですから、水食いの原因となる水もどこからか侵入したものと考えられます。まず、根が考えられます。根に何らかの損



樹幹横断面の含水率の分布(上の図は正常な材, 下の図は水食い材)

傷ができて必要以上の水が吸収され、樹幹の中に広がるという説があります。また枯れ枝がいつまでも落ちずに幹に付着しているうちにその部分から水が侵入してくるといふ説もあります。しかし、いずれの説も確認されてはいません。

近年、心材の含水率が系統や産地で異なることが報告されています。いずれ水食いのできにくいトドマツが植栽される日がくるかもしれません。

(松崎智徳)

## 孤島にはびこる帰化樹木

帰化樹木とは、耳なれない言葉ですが、自然の本来の分布域から人為を介して他の未分布域へ移動していつて、そこで自然繁殖するようになった樹木といえます。東京の南一、〇〇〇<sup>+</sup>の太平洋に浮かぶ小笠原諸島母島では、明治時代に用材や薪炭用として移入されたアカギ(*Bischofia javanica*)という樹木が天然林に侵入して繁殖し、固有種を含む母島在来の植物を駆逐しつつあります。アカギは、ブドウに似た果実をつけ、それを食べた鳥によって種子が散布されます。種子は発芽率がよく、多数の芽ばえが発生します(写真)。稚樹は、台風などによってできた林冠のギャップ(穴)や落葉樹の樹冠下などで成長し、大木になります。アカギの樹冠下は暗く、在来植物はほとんど生育できません。アカギに比べ、在来高木樹種の繁殖はあまり旺盛ではありません。

アカギは、熱帯アジアから台湾、沖縄にかけて広く分布するトウダイグサ科の有用樹種で、天然分布域では数が少なく、目立つ木ではありません。どうして、本来の分布域でない母島で増殖したのでしょうか。

日本本土では、森林への外来植物の侵入はほとんどありません。帰化植物といえば、耕地、河岸、造成裸地などで繁茂するセイタカアワダチソウ、オオアレチノギクなど草本植物を指します。日本本土の森林に外来植物の侵入がほとんどないのは、環境に適応して競争力のある多様な在来植物が存在していて、外来植物



密生したアカギの芽生え



アカギの実

の侵入する余地がないためと考えられます。一方、海洋島の母島の森林では、植物の種類が少なく、植物間の競争が激しくないため、森林生態系内に未利用の光や水分などの資源が残されているので、アカギのような資源の利用効率が高く競争力のある外来樹木が在来種をさしおいて増殖すると考えられます。

帰化樹木のそのほかの例としては、小笠原のリユウキユウマツ、ギンネム、モクマオウ、ハワイのヤマモモの一種 (*Myrica jaya*)、ガラパゴスのアカキナノキ (*Cinchona succirubra*) など植物相の貧弱な海洋島の例が目立ちます。しかし、フィリピンのアフリカから移入されたアンブレラツリー (*Musanga symoroides*)、イギリスの造林用に移入されたドイツトウヒ (*Picea abies*) やヨーロッパパモミ (*Abies alba*)、ニュージーランドのキイチゴの一種 (*Rubus fruticosus*) など大きな島の事例もあります。国際交流が盛んな現代、日本本土でも、将来、競争力の強い外来樹木が野生化することがあるかもしれません。

(田中信行)

## スギの林は台風に弱い？

日本は地理的に台風が頻繁に通過する非常に特異な場所に位置しているといつてよいでしょう。強い台風が通過したあと、山にはなぎ倒された木々が累々と折り重なることがあります。こうした残骸の山と化した林のほとんどは人工林、しかもスギやヒノキの人工林であることが多いようです。最近では平成三年九月の一九号台風が九州から北海道までの日本海側を中心に森林に壊滅的なダメージを与えました。

こうした台風による被害は確かに人工林に発生しやすいのですが、天然林は大丈夫なのでしょうか？ スギやヒノキ以外の樹種はどうでしょうか？ 一九号台風では能登半島のアテ、青森ヒバ、白神山のブナも被害を受けています。洞爺丸台風では大雪山系のエゾマツ・トドマツ天然林、伊勢湾台風では木曽谷のヒノキ、室戸台風では富士山麓のシラベ天然林が被害を受けています。つまりスギやヒノキの人工林だけではなく、広葉樹林でも針葉樹天然林でも台風被害が発生しているのです。

強い台風の前にはどんな森林も破壊されてしまうのは当然です。最大風速が二〇メートルになると耐風性の低い森林に被害が出はじめ、三〇メートルを超えると耐風性の高い森林でも団塊状に破壊が進み大規模な被害に至ります。風に弱い樹形というのは幹が細長く枝張りが少ないもので、典型的なのはほぼ円筒形の通直な幹で材の強度が小さいものです。しかし幹の直径が大きければ物理的強度が増すので、こうした樹形でも太い木ほど



台風で倒れたスギの人工林

折れにくくなります。台風に強いといわれるケヤキは、幹の低い位置から枝が四方八方に張って風圧を分散しているのです。広葉樹ではケヤキのような樹形が多いのですが、過去の台風で広葉樹に被害が出たということは、それほど風力が強かったわけです。

風害抵抗力は樹形だけで決まるのではなく、根系の発達や土壌条件、地形条件などさまざまな要因も関係します。土地条件を別にすれば、最も耐風性が強いのは壮齢林で、老齢になるほど根系が小さくなり、長年にわたる傷や病気が幹に残るために折れやすくなり、耐風性は低下します。

スギの人工林は台風には弱いかもしれませんが、木材を効率的に利用するためには枝張りの小さい通直な幹が望ましいのです。つまり、台風に強いことと木材利用の効率性とは裏腹の関係にあるのです。

(千葉幸弘)

## ササの大地下倉庫

ササは繁殖力が旺盛な植物で、よくササ藪と呼ばれるほど密に群生しているのを見かけます。これを支えているのが、じつは地面の下にある多数の地下茎です。木本植物にはふつう枝葉を支える幹がありますが、ササの場合はこれに当たるのが地下茎であり、しかも地面の下にあるのです。

地面の下というのはいろいろな意味で有利な点があります。たとえば、地上に比べると湿っている点があります。地上の場合、乾燥によって水分が失われるのを防ぐためには、幹の表面を樹皮で被う必要がありませんが、地面の下では省略できます。また、普通の木の場合、枝葉を支えたり風が吹いたときに折れないようにするためには、幹を頑丈にしなければなりません。その点、地下茎を用いるササではより簡単な構造でかつ低い強度ですむので、資源の節約になります。このほか、温度の変化が小さいことも地上に比べて有利な点といえるでしょう。山火事が起こったときなど、地上は燃えるほど熱くてもわずかな数センチ下の地中では、温度は意外なほど上昇せず地下部は生き残ることが多いのです。

以上のような理由から、ササの場合は地下茎を発達させる方法を選択したと考えられますが、それでは、いったいどれくらい量の地下茎が存在するのでしょうか？ 今まで調べられた例では、ササの種類にもよりますが、総延長で一畝当たり数百キロメートルといわれています。地下茎はせいぜい地下数十センチのと

ころまでしか分布していないともいわれています。このことから、一面にびっしりと地下茎が張り巡らされていることは容易に想像できます。

地下茎には節がたくさんあり、ここに芽があります。この芽のうちのいくつかが成長するといわれるタケノコとなって地上に出て、成長してやがて稈かんになります。植物は自力では移動することができませんから、種子などを使って移動を図ります。しかしながら、ササやタケの仲間はめつたに花を咲かせたり実をつけたりしません。その代わりに、これら多数の地下茎を広げ、そこから稈を発生させることによって、自分の占有地を面的に拡張させています。

ところで、多くの稈は地下茎でつながっており、地下茎はこれらに水や養分を運搬するための通路となっています。その過程で地下茎は養分を貯蔵する倉庫としての役割も担っています。養分は葉で生産され、地下茎へと集められます。そして、この養分を利用して新たに地下茎を伸ばしたり、新しい稈（タケノコ）をつくる準備をします。養分は夏場から秋にかけて生産され、地下へと集められるので、秋の終わりごろにはちばん多くなります。逆に、新しいタケノコを伸ばすために養分を多く必要とする初夏のころに、地下茎の養分は最も少なくなります。

このようにササでは、地下茎を貯蔵場所、搬出路や増殖の手段として多面的に利用することにより、限られた養分を有効に活用して自身の生育場所を確保しているのです。

（奥田史郎）

# 妖怪ブナの生い立ち

雪国のブナ林を歩くと、昔話に出てくる妖怪もどきの奇妙な形のブナの木に出会うことがあります。二、三メートルの高さまでは一本の太い幹なのですが、その上から急に数本の太枝に分かれ、長い首をいくつももった大蛇のような形になっているのです。山形県ではこのような形をしたブナの木を「アガリコ」と呼んでいます。アガリコは自然にできたものではなく、人が太枝部分から上を伐って利用していた結果なのです。

かつて、燃料が主に薪や炭であった時代に、雪国の山里に暮らす人々は残雪期のブナ林に入り薪炭材を伐っていました。残雪期といっても豪雪地の春は二、三メートルの雪が残っていることも珍しくはありません。縮まった雪の上での作業は楽ですし、櫓(そり)を使えば大量の薪を簡単に運ぶことができます。この時期に伐られる木は、雪圧に耐えることのできる程度以上の太さの木、なかでも雪の上に立ち上がることができます。直立性の強いブナということになるのです。

樹木は幹や枝を伐られると、その刺激で成長ホルモンを分泌し、眠っている芽を起こしたり、新たな芽をつくったりして、太い枝や幹の途中から枝(後生枝)を多数発生させることがあります。一般に、このような枝は萌芽と呼ばれ、樹木が地際で伐られるとたくさんの萌芽枝を発生させるのと同様の現象です。ただし、どんな太さの幹でも同じように萌芽を発生させるわけではありません。ブナの場合には、直径で一五センチ程度、



雪国で見られる妖怪ブナ

枝の年齢では二五年程度までで、それ以上太いと急激に萌芽力が衰えます。したがって、アガリコの形になったブナが最初に伐られたのは、太くなってしまった幹の途中からではなく、細くて切りやすいときだったと考えられます。枝は、繰り返し同じ位置で切られましたが、幹は伐れることなく太りつづけました。ところが、一九六〇年代以降、薪炭材の需要が急減し、アガリコは放置されました。その結果、枝はどんどん成長してしまい、現在見られるような姿に成長したのです。

アガリコとよく似た樹形に管理されたブナから薪を得るという方法は、アングロサクソンの時代からイギリスにもありました。イングランド地方では、頭を伐るという意味でポラードと呼ばれ、ブナ以外にもナラ、トネリコ、ニレなどで見ることができます。こちらは積雪の上ではなく、梯子をかけて地上から二〜三メートルの高さで伐られていました。地際で幹を伐って萌芽を発生させたのでは、その若芽を野生のシカやノウサギ、また森の中に放牧された家畜が食べてしまうので、それを防ぐために考えられた方法だったのです。

条件はまったく異なるのですが、地球の裏側でも同じような妖怪ブナが生きていたのです。

(紙谷智彦)



編集委員・執筆者一覽(五十音順) 執筆者

飯田 滋生	森林總研生産技術部更新機構研究室
井鷲 裕司	森林總研四支所造林研究室主任研究官
石井 克明	森林總研生物機能開發部組織培養研究室長
石井 忠	森林總研生物機能開發部樹木生化学研究室長
石井 幸夫	林業科学技術振興所多摩事務所主任研究員
石田 厚	森林總研森林環境部環境生理研究室
石田 清	森林總研北海道支所遺伝研究室
今川 一志	森林總研北海道支所主任研究官
植田 邦彦	金沢大学理学部助教
遠藤 康弘	東京大学大学院理学系研究科学生
大久保 達弘	宇都宫大学農学部森林科学科助教
大沢 晃	森林總研北海道支所造林研究室主任研究官
大住 克博	森林總研東北支所育林技術研究室長
大場 秀章	東京大学総合研究資料館助教
小川 みふゆ	東京農工大学大学院連合農学研究科学生
奥田 史郎	国際農林水産業研究センター林業部
角谷 岳彦	京都大学生態学研究センターCOE非常勤研究員
梶本 卓也	森林總研東北支所多雪地帯林業研究室
加藤 雅啓	東京大学大学院理学系研究科教授
金指 あや子	森林總研生物機能開發部集團遺伝研究室主任研究官
金指 達郎	森林總研森林環境部種生態研究室主任研究官
金子 有子	滋賀県琵琶湖研究所研究員
紙谷 智彦	新潟大学農学部助教
河原 孝行	森林總研生物機能開發部集團遺伝研究室主任研究官
北尾 光俊	森林總研北海道支所樹木生理研究室
木下 勲	森林總研生物機能開發部組織培養研究室主任研究官
森 徳典	森林總研生物機能開發部長
鈴木和次郎	森林總研森林環境部種生態研究室主任研究官
篠原 健司	森林總研生物機能開發部遺伝子発現研究室長
佐藤 明	森林總研企画調整部企画室長
河原 孝行	森林總研生物機能開發部集團遺伝研究室主任研究官
編集委員	

- 清野 嘉之 森林總研関西支所造林研究室長  
倉地 奈保子 森林總研北海道支所造林研究室  
小池 孝良 東京農工大学農学部助教  
河野 耕藏 林木育種センター東北育種場育種研究室長  
木幡 靖夫 北海道立林業試験場林業経営部機械科長  
小南 陽亮 森林總研九州支所暖帯林研究室主任研究官  
近藤 禎二 林木育種センター育種部育種第三研究室長  
酒井 暁子 東北大学理学部生物学科研究生  
酒井 敦 森林總研生産技術部植生制御研究室  
酒井 聡樹 東北大学大学院理学研究科助教  
崎尾 均 埼玉果林業試験場専門研究員  
真田 勝 森林總研北海道支所土壌研究室主任研究官  
重永 英年 森林總研森林環境部環境生理研究室  
篠原 健司 森林總研生物機能開発部遺伝子発現研究室長  
柴田 銃江 森林總研森林環境部群落生態研究室  
杉田 久志 岩手大学農学部附屬演習林助手  
鈴木 三男 東北大学大学院理学研究科助教  
鈴木 和次郎 森林總研森林環境部種生生態研究室主任研究官  
角園 敏郎 森林總研生物機能開発部生理機能研究室長  
陶山 佳久 森林總研生物機能開発部・新技術事業団派遣職員  
瀬戸口 浩彰 東京都立大学理学部植物系統分類学講座助手  
副島 顕子 大阪府立大学総合科学部助手  
高橋 和規 森林總研東北支所育林技術研究室主任研究官  
竹内 郁雄 森林總研生産技術部植生制御研究室長  
田中 信行 森林總研生産技術部更新機構研究室長  
田中 浩 森林總研森林環境部群落生態研究室主任研究官

- 谷本 丈夫 宇都宮大学農学部助教授
- 田淵 隆一 森林総研四国支所造林研究室長
- 丹藤 修 林木育種センター北海道育種場育種課長
- 千葉 幸弘 森林総研関西支所造林研究室主任研究官
- 常脇恒一郎 福井県立大学生物資源学部教授
- 津村 義彦 森林総研生物機能開発部遺伝分析研究室主任研究官
- 寺沢 実 北海道大学農学部教授
- 長尾 精文 森林総研企画調整部実験林室長
- 中川 重年 神奈川県森林研究所専門研究員
- 中静 透 京都大学生態学研究所センター教授
- 中島 清 森林総研生物機能開発部生態遺伝研究室長
- 中村 松三 森林総研東北支所更新技術研究室長
- 中村 徹 筑波大学農林学系講師
- 中村 太士 北海道大学農学部助教授
- 中村 雅哉 森林総研生物機能開発部微生物化学研究室主任研究官
- 長谷部光泰 東京大学理学部附属植物園助手
- 林 英司 林木育種センター北海道育種場育種研究室
- 原 襄 明星大学一般教育・生物教授
- 福井 充枝 森林総研生物機能開発部遺伝子発現研究室
- 富士田裕子 北海道大学農学部附属植物園助手
- 二村 典宏 森林総研生物機能開発部遺伝子発現研究室
- 堀 良通 茨城大学理学部助教授
- 前田 雄一 鳥取県林業試験場研究員
- 牧 雅之 福岡教育大学生物学教室助教授
- 正木 隆 森林総研東北支所育林技術研究室
- 松崎 智徳 森林総研北海道支所遺伝研究室

- 松本 陽介 森林總研森林環境部環境生理研究室長  
 丸山 温 森林總研北海道支所樹木生理研究室長  
 箕口 秀夫 新潟県林業試験場主任研究員  
 向井 讓 森林總研生物機能開発部遺伝子発現研究室主任研究官  
 向田 稔 林木育種センター東北育種場主任研究官  
 邑田 仁 東京都立大学理学部教授  
 毛利 武 森林總研生物機能開発部組織培養研究室  
 矢田 豊 石川県林業試験場技師  
 山本 進一 岡山大学農学部助教授  
 横田 智 森林總研生物機能開発部生理機能研究室  
 横山 敏孝 森林總研多摩森林科学園樹木研究室長  
 吉田 和正 森林總研生物機能開発部生理機能研究室  
 吉丸 博志 森林總研生物機能開発部集団遺伝研究室長  
 吉村 研介 森林總研生物機能開発部遺伝分析研究室主任研究官  
 鷺谷 いづみ 筑波大学生物科学系助教授

\* 森林總研—農林水産省森林總合研究所

森の木の一〇〇不思議

一九九六年二月十五日 初版発行

編集・発行——社団法人 日本林業技術協会

〒一〇二 東京都千代田区六番町七

電話 〇三・三二六一・五二八一(代)

振替 東京 三六〇四四八

印刷・製本——東京書籍印刷株式会社

会員用

