



森林の

不思議

社団法人  
日本林業技術協会編





森林の  
〇〇不思議



社団法人

日本林業技術協会編

分類番号	650
著者記号	Ni-77
卷号	
登録番号	4251
受入年月日	3. 10. 3

## はじめに

森林の働きの大切さを知らない人はいないと思います。しかし、その働きが森林のどんな仕組みによるものなのか、一本一本の木や草はそこでどんな役割を果たしているのかを知っている人はあまり多くはないと思います。

自然現象は不思議に満ちていますが、人工衛星が宇宙を飛び交う時代です。森林にもいろいろな角度から科学の光が当てられ、さまざまなことがわかってきました。

そこで、国立林業試験場の研究者の方々をわずらわせて、日ごろの研究の成果の中から、読者の関心のありそうな、おもしろくて、ためになる話題を選んで書いていただきました。

山奥の積雪の深さは、真冬よりもむしろ夏に枝の形状やコケの付き方から推定するほうが楽だし、誤差もそれほどないことや、樹木は何十層もの高さになるが、折れたり倒れたりしないのは、樹体を構成している一つ一つの細胞が細長い鉄筋コンクリート管のような非常に丈夫な構造になっているからだということなど、ミクロの世界から地球的規模のことまで話は多岐にわたります。

それによると、これまで当たり前のことと思っていたことにも意外な事実が潜んでいたり、正しいと信じられていたことが実は間違いであったりして、まさに驚きの連続です。

これからの世の中、目まぐるしく飛び交う情報に対応するため、人々は公私ともにますます忙しい日々を送るようになりましょう。となると、森林は日ごろのストレスを解消する恰好の場として利用される機会も多くなり、いろいろの目的をもって足しげく訪れる所になると思われます。そのような時、この本は森を歩く楽しみを倍加してくれるのではないのでしょうか。なぜなら、知的関心の充足は、レクリエーションに欠かせない要素であるといわれているからです。

この本をつくるに当たって、国立林業試験場の片桐一正氏および大角泰夫氏には全体の取りまとめについて、同じく編集委員の方々にはたくさんの題材の中から一〇〇題を選ぶために、また執筆者の皆さんには、限られたスペースの中で読者に理解しやすい文章を書くために、それぞれたいへんなご苦労をおかけしました。心からお礼を申し上げます。

提出された原稿は、個性を生かし、研究者たちの言わんとすることが、読者のみなさんに直に伝わるよう、トーンを整えるための書き換えなどはせず、ほとんどそのまま掲載いたしました。研究現場の生の語りをお聞き取りいただければ幸いです。

森林の〇〇不思議

目次

## I 森の働き

1	巨大なガス交換器	10
2	緑のダム	12
3	健康の源—森林浴	14
4	森の黎明—三原山噴火	16
5	白砂青松—松林の役割	18
6	冷房完備の森の中	20
7	静かな湖畔の演出家	22
8	冷たい溪流の水	24
9	森の樹雨	26
10	雪の深さを夏はかる方法	28
11	天然の浄水器—土	30
12	マシユマロのような森の土	32
13	土の顔色	34
14	土は生きている	36
15	森の家計簿	38
16	競争に打ち勝つためには	40
17	空き地に群がるおじやま虫	42
18	根回しがコツ	44
19	木の上に木が生える	46
20	邪魔物は消せ	48

## II 樹木の不思議

21	どこが違う木と草	52
22	太らない木—タケ	54
23	木の年齢	56
24	衣の下に秘密あり	58
25	幹の芸術—針葉樹と広葉樹の樹形	60



### III木の生理

26	風の彫刻	62
27	しぶとい雪国の木	64
28	地下の陣取り合戦	66
29	土の中の力持ち	68
30	切株から方角がわかるか	70
31	生きている化石	72
32	土が語る縄文の森	74
33	ハイマツのない高山	76
34	つるは右巻きか左巻きか	78
35	空飛ぶたね	80
36	ドングリの行方	82
37	ハイマツは這松か	84
38	やせ地に強いマメの木	86
39	一人立ちできない植物	88
40	草のような木・キイチゴ	90
41	天然の揚水機	94
42	木はなぜ巨大になれないのか	96
43	ソーラーコンピナート	98
44	木は春のセンサー	100
45	紅葉・落葉・色さまごまに	102
46	無重力で木はどう伸びる	104
47	未練心―枯れても落ちないカシワの葉	106
48	落葉樹と常緑樹の間	108
49	常緑樹の葉はいつ落ちる	110
50	スギ花粉の履歴書	112
51	樹木の進化と染色体	114

#### IV 森の中の生き物たち

5 2	ハレーすい星なみのタケの開花	1 1 6
5 3	森の社会に不倫はない	1 1 8
5 4	親子の血液鑑定樹木編	1 2 0
5 5	木のサバイバル術	1 2 2
5 6	寒さのしのぎ方教えます	1 2 4
5 7	塩害に強い木の秘密	1 2 6
5 8	海に根を張るマングローブ	1 2 8
5 9	一本から一〇〇本、そして一万本	1 3 0
6 0	スーパーツリーをつくる話	1 3 2
6 1	森の掃除屋大繁盛	1 3 6
6 2	森の宝物—土壤動物	1 3 8
6 3	妖精の輪・フェアリーリング	1 4 0
6 4	シロの王様・マツタケ	1 4 2
6 5	立ち木は中から腐る	1 4 4
6 6	腐りやすい木、腐りにくい木	1 4 6
6 7	きのこの好きな木、嫌いな木	1 4 8
6 8	サクラ切るバカ、ウメ切らぬバカ	1 5 0
6 9	木にも癌	1 5 2
7 0	バンドエイドはいりません	1 5 4
7 1	自衛か侵略か—植物の他感物質	1 5 6
7 2	花咲か爺さん・オリゴサッカリン	1 5 8
7 3	タデ食う虫も好きずき	1 6 0
7 4	恋の妙薬・フェロモンとカイロモン	1 6 2
7 5	森に飛びかうレダー網	1 6 4
7 6	出る杭は打たれる	1 6 6
7 7	マツの紅葉—マツ枯れはなぜ起こる	1 6 8

## V 木材の話

- 78 春を告げる小鳥のさえずり 170
- 79 フクロウの秘密兵器 172
- 80 透視のマシヤン・キツツキ 174
- 81 成長の年代誌—年輪 178
- 82 歴史を刻み込んでいる木 180
- 83 板の模様は語る 182
- 84 柔構造の剛体—木 184
- 85 木は鉄より強いか 186
- 86 世界に誇れる木・スギ、ヒノキ 188
- 87 住まいの加・除湿器 190
- 88 酒に杉、ウイスキーにホワイトオーク 192
- 89 毒を生産する植物 194
- 90 三本の矢の例えもあるように 196
- 91 石油と木材の結婚 198
- 92 木から石油がとれる 200
- 93 洋紙百年、和紙千年 202
- 94 甘い汁を吸う話—樹液の不思議 204
- 95 縄文以前にへジャパン 206
- 96 シブ柿とアマ柿 208
- 97 癌を治す木の成分 210
- 98 炭にも白と黒 212
- 99 臭いを撃退します—活性炭 214
- 100 木材で牛を飼う 216

## 世界で一番の木

現存する木で世界一樹高の高いものはアメリカ合衆国カリフォルニア州のセコイアメスギで一一二・一呎といわれていました。その後、先端が折れたりして、はかりなおしたところ一一〇・三呎であることがわかりました。太さでは同州のメキシコマヌスギの三十五・八呎が、樹齡では同州の高地に生育するブルスルコーンパインの四六〇〇年が最高といわれています。

また、姿形から世界の代表的巨木として有名なのは、やはり同州セコイア国立公園の「シヤーマン將軍」と呼ばれるセコイアオスギで樹高八十三・九呎、目の高さの幹の周囲長は三十四・九呎あります。

I  
森の働き

# I 巨大なガス交換器

木が成長を続けて森林となるのは、一枚一枚の葉の光合成による有機物の生産があるからです。光合成は、太陽の光エネルギーを利用して、炭酸ガスと水から炭水化物をつくり、酸素を放出します。ですから森林は、成長を続けながら巨大なガス交換器の役割も演じています。

光合成の化学反応式から計算してみますと、一畝の植物体をつくるために約一・六畝の炭酸ガスを吸収し、約一・二畝の酸素を放出しています。それでは、森林では一年間にどの程度のガス交換を行っているのでしょうか。森林の成長は、土地の栄養条件、気象条件、土壌条件などによって異なりますから、おおよそのことしかいえませんが、日本の森林では、一畝で一年間に十五〜三十畝の炭酸ガスを吸収して、十一〜二十三畝の酸素を放出しています。この値は、一畝の森林でおよそ四十〜八十人が呼吸に必要とする酸素を供給していることとなります。しかし、森林の酸素供給量が大きいと感心してはいけません。酸素は人間の呼吸ばかりでなく、工業などによって大量に消費されますから、もし東京二十三区の酸素消費量を森林でまかなうとすると、東京二十三区の面積のおよそ二十倍以上の森林を必要とすることになります。

森林のガス交換器としての重要性はもつとほかのところにあります。酸素は大気中におよそ二十一%も含まれていて、森林がなければ酸素が不足するというような事態は起こりそうにもありません。問題は、森林

が吸収して固定する炭酸ガスのほうにあるのです。炭酸ガスは大気中に〇・〇三%しか含まれていませんが、太陽熱で暖められた地球からの放熱を遮断するいわゆる温室効果によって地球の温度調節に重要な役割を果たしています。炭酸ガス濃度が上昇すると温室効果が増加し、地球の気温が上昇します。これに伴って地球の気候が変わり、赤道を中心とする地域の急速な砂漠化の進行などが予想されています。

炭酸ガス濃度が産業革命以降急速に上昇を続けている原因は、近代文明がこれまで地中に閉じ込められていた石炭、石油などの化石燃料に依存し続けているからです。このエネルギー消費による大気中の炭酸ガスの増加量は一年間におよそ十八億トといわれ、二十一世紀半ばには、現在の炭酸ガス濃度の倍近い〇・〇六%に達すると予想されています。

地球の炭酸ガス濃度の上昇原因の七十%近くは化石燃料消費ですが、熱帯地域の森林破壊の影響もおよそ二十二%と高く、森林生態系の役割もきわめて重要です。

森林は木の幹という巨大な貯蔵庫をもっています。光合成によって炭酸ガスの炭素を有機物に変えて幹に貯蔵し、その分だけ大気中に戻っていくのを妨げています。しかし、熱帯地域の急激な人口増加は、生活燃料と食料生産の場の確保のため、急速な森林の破壊（一秒間におよそ三十六坪の減少）をもたらしめています。世界の森林の保全問題は、単に「豊かな緑」の維持にとどまらず、大気中の炭酸ガス濃度調節にかかわる地球レベルの「生存と環境」の問題として考えていく必要があります。

（森川 靖）

## 2 緑のダム

森林に覆われた山地には、洪水の時の水の量を減らし、流出する量の時間変化をなだらかにするダムと同じような洪水を緩和する機能があります。この機能の主な部分は、森林によってつくられる森林土壌が受け持っているのです。森林土壌は落葉や落枝などが分解されてきた腐植といわれる有機物を大量にもっており、これを中心に孔隙が多い団粒構造が発達しています。また、森林土壌では木の根が土壌の深くまで密に発達していて、根と土壌の間にすき間をつくり、さらに根が腐ってできた管状の穴や、小動物の通り道などがいたる所にあります。このように、森林土壌はさまざまな形・大きさの孔隙を多量にもっており、しかもこれらは互いにつながっているため、水の通り(透水性)が良く、同時に水を保ちやすいという性質(保水性)をもっています。そのうえ、地表には落ち葉や腐植が堆積して、雨滴による土壌の浸食を防いでいるので、土壌の中の穴は目詰まりすることはなく、地表の水を土壌に浸透させる能力が維持されているのです。

良い森林ではどのようにして洪水流出が緩和されているのでしょうか。森林に降った雨の一部は木の枝・葉や草によって捕まえられ、そのまま蒸発して大気中に戻っていきます。水が土壌に浸透しにくい裸地とか、土壌が水で飽和されている谷沿いの斜面の下部のような特別の場所以外では、長雨とか強い雨でない限り、地表に達した雨水はいったん地中に浸透し、直接地表を流れさることはありません。森林土壌は一般に、上



から腐植質で透水性の高い層、やや高い層、低い層、基岩の層というようにいくつかの層をなしています。最上層に浸透した水は、土壤の条件に応じて下層に、また斜面の方向に向かって流れて川まで達します。透水性の高い土壤では早く、低い層ではゆっくりと。流れ方は、地表面上を流れるよりもはるかにゆっくりです。このように、良い森林では降雨後早々に川に流れ込む地表流出が少なく、また、土壤に浸透した水を孔隙内に保持すると同時に土壤中をいろいろな早さで水が通りますので、短時間に集中的に降った雨も長い時間をかけて、均等に配分された水の流れとして川に流れ出します。しかし一方では、枝葉によって捕まえられた雨水は地表に達しませんから、その分だけ川に達する水の量が減ることになります。また、森林は蒸散作用によって土壤中の水を消費しますので、この分も川には達しません。こうして森林は洪水流出を緩和させるのです。

では実際の洪水緩和機能を調べた研究を紹介しましょう。スギやブナなどが混じった林とアカマツの林で調べたものです。実験では林を全部切つてしまいました。すると、一〇〇以上の大雨が降った時、林があった時に比べて川の水の量は一・二〜一・五五倍、ピーク時の水の量は一・三六〜一・八一倍に増加しました。このように、森林がないと洪水流出量・ピーク流量が大きくなることがよくわかります。このような実験は日本の他の場所でも、また外国でも行われており、同じような結果が出ています。森林が木材をつくる場所であると同時に大切なダムであることがわかっていただけたでしょうか。

(岸岡 孝)

# 3 健康の源—森林浴

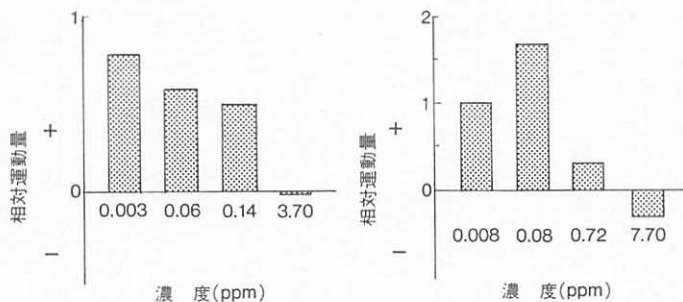
森林を歩き、森林の雰囲気に触れながら健康づくりをする森林浴が最近盛んです。森林の中に入るとさわやかな気分になり、それまでたまっていた疲れがとれ、体にやすらぎを覚えます。森林浴が健康によい理由はいくつがあります。

森林はシーンと静まり返っています。それは森林が騒音を和らげる働きをもつからです。無数の木々の葉が音を吸収し、森林に静寂をもたらします。都会の騒々しさで疲れた体は、森林の静寂の中でほっと息をつき、やすらぎを覚えるのです。木々の緑の色もストレスを解消するのに一役買っています。穏やかなイメージの木々の緑は、私たちの目によく映り、疲れた目を休ませてくれます。

自動車の排気ガスや工場が出す煙などがいっぱい入った都会の空気に比べ、森林の空気はきれいで、すがすがしくおおいとよくいわれます。無数にある木々の葉が空気を汚している物質を吸い込んだり、吸着したりして、空気を浄化します。それで森林の空気は、きれいでおいしいのです。

また、森林の空気の中には、木や草が放出するフィトンチッドが含まれています。フィトンチッドも森林の空気をすがすがしくおおいし、健康に役立っています。

フィトンチッドとは、植物や動物から放出され、他の生き物の生活に影響を与える物質、いわば生物活性



$$\text{相対運動量} = \frac{\text{各濃度における運動量} - \text{コントロールの運動量}}{\text{コントロールの運動量}}$$

ヒノキの香りがマウスの運動量に及ぼす影響

トドマツの香りがマウスの運動量に及ぼす影響

物質の総称です。フィトンチッドの種類は多く、そのうちのいくつかは、すでに取り出され、医薬品や殺虫剤として利用されています。森林浴に出かけ、私たちが直接触れるフィトンチッドは、数あるフィトンチッドの中でも揮発性のものではないの成分として大気中に浮遊しているものです。揮発性のフィトンチッドは、これまで植物の葉や茎、幹の蒸留などによって精油として濃縮された形で取り出され、利用されてきました。しかし、植物から大気中に放出され、拡散した状態でのような作用を及ぼすかは、よくわかっていませんでした。最近になりその裏づけが行われだし、体に良い効果があることがわかってきました。ヒノキやトドマツの葉のにおいの適度な濃度のもとでは、実験動物として使用したハツカネズミはその運動量が増し、活発に動き回ります。木のおいの成分、 $\alpha$ -ピネンのにおいのある部屋では、人の疲労回復が早まることもわかっています。(谷田貝光克)

# 4 森の黎明——三原山噴火

伊豆大島の三原山や三宅島の雄山が噴火した時、溶岩の熱で森林が燃え出したり、溶岩流が森林に覆いかぶさっていくのをテレビでご覧になったことと思います。このように広い地域で森林が完全に破壊された後は、どのように変わっていくのでしょうか。

火山の国である日本では、こここで噴火や火山泥流が発生しました。最近では桜島や阿蘇山が盛んに噴火していますし、磐梯山や浅間山も活動しています。これらの山は、一度は溶岩や火山泥流で覆われたはずですが、では、どのようにして再び森林になるのでしょうか。

森林が成立するためには、十分な雨と温度が必要ですが、その過程は噴火の大きさ、元の森林の残り方、溶岩などの土壌の材料の性質でかなり異なります。森林ができる過程を森林(植物)遷移といいますが、特に溶岩が流れた後のように、まったく生物がない状態から森林ができる過程を一次遷移といいます。

まかぬたねは生えぬといいますが、溶岩の上にもどこからかたねが飛んできて、自然にまかれるのです。だからたねの散布距離は、その後の森林の再生に大切な条件となります。コケや地衣、陽性草本などは風で飛ぶ軽い胞子やたねを大量に生産しますから、遠い所からでもたねが飛んできます。またこれらの植物は、陽光を遮るものがない乾燥した場所でも生育できるものが多いため、一般的にはこれらの植物が最初に生活



昭和15年噴火の溶岩流の末端部 母樹があるため木本の再生が早い

を始めます。しかし、溶岩が細長く流れた三原山のように、すぐ近くにたねを供給してくれる森林が残っている時は、いきなり木の仲間が生えてくる例が多いのです。

溶岩の性質も森林再生の遅速に関係があります。溶岩には玄武岩質と安山岩質のものがあります。玄武岩質の溶岩は粘性が小さいため流れやすく、コークスのように多孔質でポロポロな感じになります。安山岩質の溶岩は粘性が大きいので流れにくく、堅い岩になります。三原山や雄山の溶岩は玄武岩質ですから、植物は比較的早く根が張れるようになり、樹木の生育が可能となります。また、溶岩は流れなかったが山全体が崩れて、泥流となつて堆積した裏磐梯のような所では、泥流の中に細かい土壌粒子が入っていますので、溶岩に比べて森林の再生は容易であるようです。このように、森林の再生はいろいろな条件によつて変わってきます。

(谷本丈夫)

# 5 白砂青松—松林の役割

海岸線の白い砂浜と雄々しいクロマツ林—白砂青松—は、日本の海岸美を代表する景観です。三保の松原（静岡県）、氣比の松原（福井県）、虹の松原（佐賀県）はことに美しく、日本の三大松原といわれております。

日本の国土は約三万坪もの長い海岸線をもっています。そして国土面積の六十七％は山地で占められているため、海岸沿いの平地は古くから貴重な生活、生産の場として利用されてきました。そこに生育するクロマツの海岸林は、私たちの目を楽しませるだけでなく、強風・塩風・飛砂・津波・海霧による被害を防ぐ働きがあるので、海岸防災林と呼ばれています。これは保護する必要がある林、保安林です。今、海岸地帯で保安林に指定されている面積は全国で十万余以上もあります。

このようなクロマツ林は、自然に生え育ったわけではありません。古くから、その地の人たちが失敗を重ねながら、血のにじむような努力と苦勞の末、つくり上げたものなのです。藩政時代には、海岸林は嚴重に管理されており、盗伐者に対しては首をはね、死体もろとも林の中に埋めて肥料にしたところもあつたそうです。海岸の砂地の特徴は、地表面が移動しやすい、地温の日変化の幅が大きい、（潮）風が強い、地表面の土壌水分の変動が大きいことなどです。このような、植物の生育には不向きな、いわば「不毛の地」を「白砂青松の地」にするには、次のような作業が必要です。一、植林予定地に砂が飛び込まないように、海側に



気比の松原 福井県敦賀市

人工砂丘をつくり、その両側にハマニンニクのような砂草を植える。二、風を防ぐため、人工砂丘の内陸側に竹・よし・そだなどで高さ一メートルの垣根を格子状に配置する。三、良い根つきと成長を期待するため、肥料、場合によっては客土を施し苗木を植える。

植える木は海岸砂地の悪条件に耐えられるものでなければなりません。うまく根づいて垣の高さまで成長してからも、潮風が葉を枯らして生育をさまたげることがよくあります。クロマツは海岸地のきびしい環境に耐えて成長する最も有力な種類で、北海道南部から九州までの海岸に広く植えられ、松くい虫の被害にあいながらもたくましく成長しています。

白い砂浜に仕切られて、青海原を縁取る松の緑の美しさは、まさに日本の国土の象徴ともいえるものです。

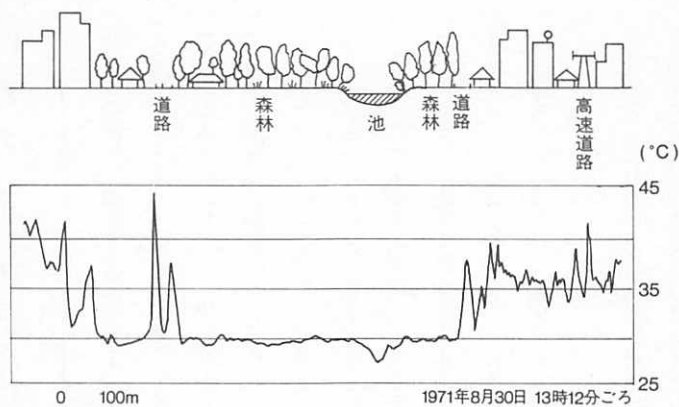
(工藤哲也)

# 6 冷房完備の森の中

夏の暑い日盛りに、遮るものがない町の中を歩いてごらん下さい。暑くて我慢できないでしょう。だれしもが、緑の多い公園で休もうかと考えるのではないのでしょうか。そうなんです。森林内の気温は外の気温に比べて低くなっているのです。なぜでしょうか。都市の森林を例に考えてみましょう。森林は太陽や大気からの放射エネルギーを受け、それを熱エネルギーに変換しています。このような変換は、枝葉が茂る木の上部、樹冠部といいますが、すなわち地上数メートル以上の位置で行われます。そして、熱エネルギーの多くが潜熱（蒸発・蒸散によって水を蒸発させるのに使われる）に変換され、顕熱（気温を上昇させるために使われる）の比率は相対的に小さいので、樹冠上での日中の気温は、それほど高くないことが知られています。こうして森林では、樹冠と地表との間の空間に、森林の外と比べて気温や湿度があまり変化しない独特の気候が形成されます。

これに対して、草地や裸地などでは、エネルギーの変換は地表付近で行われるので、人間は日中最も高温になる高さで活動することになります。加えて地表面がコンクリートやアスファルトなどで覆われて、地表面の熱的性質が改変された場所では、潜熱よりも顕熱に圧倒的に多くのエネルギーが配分されるので、日中の気温はより高くなる傾向があります。





国立自然教育園周辺の赤外線放射温度計による地表面温度（土屋 1972 を模式化）

さて、人工構造物で覆われた地域(都市域)と森林との間では、日中の気温が大きく異なることによって、冷気と暖気による局地循環が起こり、森林から冷気が都市域に流れ出し、逆に都市域の暖気が森林へと運ばれます。すると森林では、森林によって捕らえられたエネルギーのほかに都市域からの熱を利用するような形で蒸発が起こり、潜熱が奪われます。つまり森林が都市域で発生した熱エネルギー(顕熱)を蒸発の潜熱に変えることによって、都市全体としての高温化を防ぐように機能することが考えられます。オアシス効果と呼ばれるこのような現象は、都市の気温上昇を緩和する意味から、私たちの生活にとってたいへん好ましいことです。

このように、森林はその中を涼しくして、心地よい環境を提供してくれるだけでなく、都市全体の気候にも影響を及ぼしているのです。

(大谷義一)

## 静かな湖畔の演出家

私たちは騒音の渦巻く大都会のまっただ中でも、ひとたび大きな森林公園に入ると静かな環境にひたれることを経験的に知っています。騒音を少なくする方法として、音の発生源から離れることと、音を遮るものをつくる方法とがあります。音を遮るものとして植物を利用することは、気温の緩和効果など別の効果も加わって、生活環境に静寂と安らぎを取り戻す有効な方法であるように思います。

音の強さを音圧の対数の形で表すと、耳で感じる音の大小の度合に近づくので、音圧を対数の形で表すデシベル(dB)という単位が音圧レベルとして定められています。耳で感じる音の大きさに対応する値を示すように構成された電気回路を通して、音を計る機械が騒音計です。この騒音レベルの単位はホン(A)です。

音の大きさは、聞き手に到達する前に小さくなります。この減衰には自然減衰と強制減衰の二つのタイプがあります。自然減衰の中では、距離による減衰がいちばん大きく作用しています。森林の防音機能というのは、騒音が伝わっていく途中にある森林が、その働きにより、自然減衰に加えて騒音レベルをどのくらい余分に減らせるかという問題です。これまで、森林および樹木群による騒音減衰量について研究が行われてきますので、これを中心に森林の防音機能について考えてみましょう。

木の種類による防音機能の違いはたいしてありませんが、葉の役割はたいへん大きいことがわかっていま

す。木は丈が高いほど効果は大きく、立木の密度も高いほうが良く、しかも枝葉が地上付近まで付いているほうが効果があります。軟らかな土壌や林の中の小さな植物も音の吸収を助けています。ですから、できるだけ林の中に小さな植物が密生するようにして、上から下まで葉の層がとぎれないようにすれば、理想的な防音機能をもちます。では、音源から五メートルの位置で八十デシベルを記録する点音源は、音源から五メートルの距離に始まる幅三十メートルの林によつてどの程度減衰するかを考えてみましょう。普通の林では、音源の反対側の林のすぐ後ろで、林による減衰量は四〜八デシベル、最大でも十デシベル程度です。したがつて自然減衰量十七デシベルを加えて二十一〜二十五デシベル程度、理想的な構造の林では合わせて二十七デシベル以上の減衰量となります。なお十デシベルの減少は発生当初の音の大きさの半分に相当します。生け垣は高さが高く幅も狭いので、木を密に植えても垣根のすぐ後ろで、最大三〜四デシベル程度減少するだけです。しかし、垣根を土手の上につくるとか林の下に付け加える場合などでは防音機能が高まります。森林の防音機能を周波別にみると、三〇〇〇ヘルツ以上では周波数が高くなるほど、すなわち、やかましく感じる高い音になるほど減衰量が大きくなりますので、森林は騒音防止に大きな能力を発揮します。森林は音について他の効果ももっています。ある程度小さくなった騒音を樹木の葉擦れの音、小鳥のさえずり、小川のせせらぎなど快い音で覆い隠し、聞き手の不快感を和らげます。

このように、森林は騒音を完全に防ぐというよりも、人工的な不快な音のある程度小さくし、自然の快い音と交換するような働きをします。

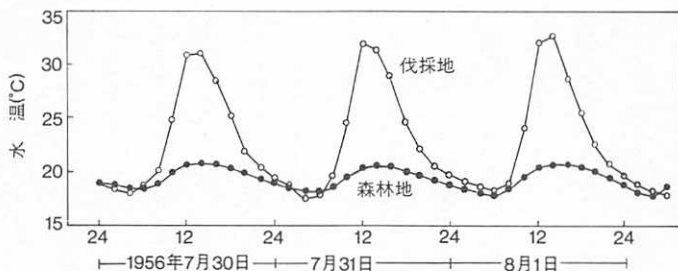
(河合昇二)

# 8 冷たい溪流の水

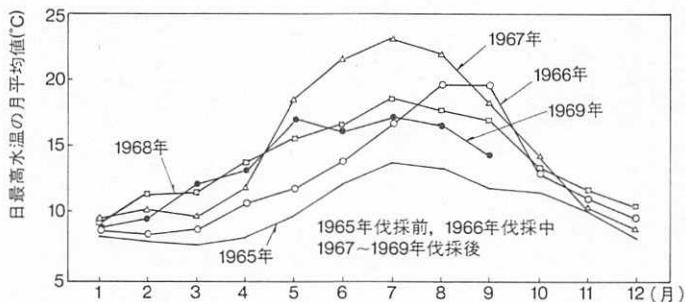
夏、山を歩いていて溪流の水に手を浸した時、水が非常に冷たいのに驚かれたことがあると思います。なぜ、溪流の水は冷たいのでしょうか。それは溪流が森林に覆われていて、太陽の光が遮られているからです。もともと溪流の水は雨水が地中へしみ込んだ地下水なので、水の温度は地温の影響を受けます。一般的には、地表から四十〜五十センチの深さで地温の日変化はみられなくなり、十センチの深さに達すると、一年間の地温の変化もほとんどなくなります。ですから、地下水の温度は、場所によって少しずつ違いますが、温度変化は小さく安定しています。しかし、その地下水が地中から川に流れ出た時から大気に触れ、日射を受けるので、溪流の水温は地中での水温とまったく違った変化をします。

図の上は、森林のある所とない所で快晴の日に観測した溪流水温の日変化を示したものです。森林内の溪流は木に覆われているので、水温は気温の影響だけで、日中わずかに上昇する程度ですが、反対に、日射を遮る木がない場所では、流れは十分に日射を受けて、水温はかなり上昇することがわかります。同じ日でも両者の水温には大きな差があり、昼間の温度で十℃ぐらいの差が生じることはたびたび起こります。このように、森林がない場合、特に夏季の水温では一日の較差が大きく、日最高水温が高くなります。

次に水温の年変化に対して森林がどのように影響するかを調べたものが図の下です。これは森林伐採前後



森林地および伐採地の溪流水温の比較 (遠藤による)



森林伐採前後の溪流水温の年変化 (Brown, Krygier による)

の水温の年変化の様子を、日最高水温の月平均値で示してあります。森林の影響を伐採前の一九六五年の水温とその他の年の水温の差でみると、伐採を始めた一九六六年、伐採が終わった一九六七年と次第に大きくなります。しかし、伐採完了後は年月がたち、新しい森林が育っていくにつれて、伐採前の水温に近づくことがわかります。また、伐採前後の水温の差は、日射の強い夏に大きく、日射の弱い冬に小さくなります。

このように、森林地帯の溪流の水温は、地下水の温度が低いことに加えて、森林があることによる日陰の効果によって夏でも冷たいのです。

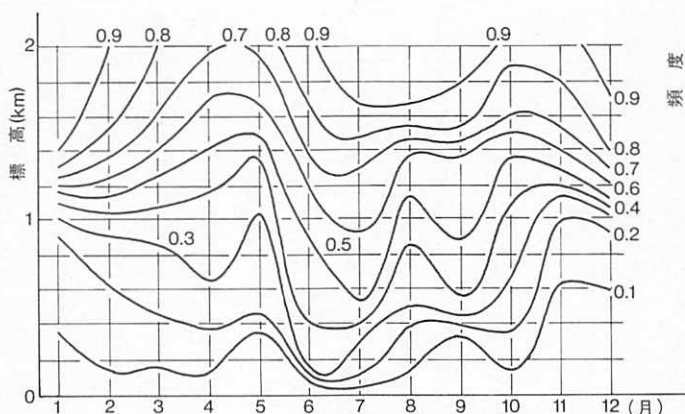
(志水俊夫)

## 森の樹雨

森を歩いていて、あたりが濃い霧に覆われると、木々の葉や枝から大粒の水滴が落ちてくるのに出会うことがあります。これは樹雨(きさめ・きあめ)といって、霧が樹木の葉や枝によって捕らえられ、落下してきただけです。一般に平地では、濃い霧の発生する回数が少ないため、樹雨に出会うことはまれです。しかし、山地に向かつて標高が高くなるにつれて、霧の発生する頻度も高くなるため、樹雨を見ることも多くなります。樹雨とは、林の中だけがあたかも雨が降っているような現象になることから、名づけられたものと考えられます。

霧や雨は、水滴が空気中を浮遊・落下する現象ですが、水滴の粒子の大きさがそれぞれ異なるために、樹冠に捕らえられるまで若干異なった経過をたどります。

霧などの水滴が木に捕らえられる際には、難しいことばでいえば、乱流輸送・交換という物理的な過程が大きく影響します。つまり、霧や霧雨の場合には水滴が小さいので、雨滴に比べて自然落下する速度が遅く、空気の流れの中の小さな渦によって運ばれて、木の葉や枝によって捕らえられます。そして、森林は風の乱れの中の短い周期で変動する小さな渦(成分)を増加させるために、草地などと比べて効率よく水滴を捕らえることができるのです。これに対して雨は、水滴の粒子が比較的大きいため、重力によって自然落下して木



標高と霧発生時間の年変化 ひと月の間、すべて霧に覆われた場合を1.0として割合で表示。降雨を伴う場合を含む（雲仙岳 1983～1984年）

に到達します。このようにして樹冠に到達した水滴は、いったん木の葉や枝に蓄えられ、その貯留容量を超えたものが地表へと落下し、あるものは幹を伝って流下します。

さて、このように考えてきますと、ポタポタという樹冠からの水滴の落下は、何も霧の中だけに限られた話ではないことにお気づきのことと思います。けれども、霧に伴うものだけを樹雨と呼ぶようです。

また、樹雨は森林が霧を捕らえて林地へ水分を供給するという水源かん養の面で、比較的早くから注目されてきました。残念ながら現在までの研究では、どのくらいの霧で樹雨が降り始めるのか、また年間どの程度降るのか十分にわかっておりません。けれども、標高一〇〇〇以上の山地では、低い雲が頻繁に発生して霧をもたらすことから、樹雨は、水収支や植物の分布などを説明するうえで、重要な現象だと考えられます。

（大谷義一）

## 雪の深さを夏はかる方法

日本には世界でもまれな豪雪地帯が分布しており、特に北陸・東北・北海道の日本海側地方の最深積雪は、海岸地帯を除くと二メートルに達し、山岳地帯になると三メートルを超える地域もあります。積雪は、私たちの生活のみならず山地の植生や地形などの自然景観にも大きな影響を与えるので、その地域の積雪の深さと分布を知ることがたいへん重要なことです。

積雪の深さは、通常スノーサンプラー（採雪器）と呼ばれる器具で雪をボーリングして測定します。しかし、山地の積雪は、地形を反映して複雑に分布するため、精度の高い結果を得るにはたいへんな努力が必要です。その点、植物を利用して測定する方法は、精度はそれほど高くありませんが、労力や時間の制約を少なくできるという点でたいへん利用価値があるものです。

では、どのようにして積雪の深さを測定するのでしょうか。木の形やコケなどを指標にした方法をいくつか紹介しましょう。

一、垂下枝法——積雪の沈降に伴って雪に埋もれたスギの枝が垂直下方へ引っ張られるために、その部分の枝の付け根の角度に明瞭な変化が見られます。垂れ下がった枝の高さは、スギが積雪の深さより大きく成長してから約十年間の最深積雪深のうち最も大きな値とよく一致しますので、この値を知りたい時には、精度の



高いモノサシとなります。

二、枝抜け跡法——カラマツは積雪の沈降によって枝が取れやすく、枝抜け跡の高さとその年の最深積雪深はほぼ一致します。その場所の約十年間の最深積雪深の最大値を求めるには、枝抜け跡の高さに〇・四を加えるとよいといわれています。

三、樹幹傷跡法——スギなどの幹にできるコブは小さいころ雪に埋まっていた時にこずえが折れ、その後、回復した傷跡であることがほとんどです。コブの高さの平均値に〇・五を加えると約十年間の最深積雪深の最大値が得られます。

四、着生コケ法——ブナの幹に着生するコケ類(特にチャボスズゴケ)は積雪の沈降の際にはぎ取られやすいので、幹がまつすぐで、かつ樹皮が滑らかでコケが密生している木を選べばコケの下限の高さはよくそろいます。コケの高さは約十年間の最深積雪深の最大値にほぼ等しいので、コケの高さからおおよその雪の深さが推定できます。

五、風衝樹形法——森林限界付近や山地の風上側に生育するオシラビソやスギは、冬の強い季節風のため積雪面より上の枝が風下側に横に張り出し、旗ざおのような形になります。風上側の枝は氷粒にたたかれて枯れるからです。他方積雪に覆われる下部は雪によって保護されますから、枝がテーブル状に発達します。

このことから、テーブルの上面までの高さは積雪深を知る尺度となります。

(瀬川幸三)

## 天然の浄水器——土

おいしい水とはどんな水でしょう。まず、よく澄んでいて変なにおいや味がしないことです。それに適度な量のミネラル(カルシウムやマグネシウムなど)や二酸化炭素と酸素が溶け込み、そのうえ冷たい水です。山奥の溪流や山麓の湧水はこの条件を満たし、しばしば名水といわれます。これらの水も元は普通の雨水ですが、土の中を通るあいだにおいしい水に変身するのです。土にはどんな仕組みがあるのでしょうか。

砂と粘土と有機物が混じりあつてできている土には、大きささまざまなすき間が網の目のように張り巡らされています。そこを水が通る時、水に混じつたゴミはすき間にひっかかり、だんだん少なくなり、でもそのすき間を通るようなもつと小さなゴミもあるでしょう。そのような数ミクロン以下の非常に小さなゴミは、水に漂うとなかなか沈みませんが、そんな小さなゴミでも土の中では粘土や有機物に引っぱられてくつつくので、水はきれいになります。そうすると、すき間にゴミが詰まってしましますが、土の中にたくさんすんでいる微生物や小動物が有機質のゴミやにおいの成分をどんどん食べて分解し、ガスにして大気に放出したり、植物の養分をつくつてくれるので、土は目詰まりせずに水を浄化し続けます。

しかし、ゴミはなくても、例えば塩水のようにミネラルがいっぱい溶け込んでいると、おいしく飲めません。土はミネラルも取り除いてくれます。土の中の粘土や有機物は電気を帯びています。電気プラスどう

し、マイナスどうしでは反発し、プラスとマイナスでは引き合う性質が水を浄化するのです。ミネラルは水に溶けると電気をもち、イオンになります。イオンは粘土や有機物のもつ電気に引きつけられ、ゆつくりと動くようになり(イオン交換)、その間に微生物や根に吸収されたりします。しかし、クロムのような重金属やリン酸イオンは粘土や有機物に非常にくつきやすく、一度くつくとなかなか離れません。水はきれいになります。そのかわり重金属で土が汚染されてしまいます。また、土の中の粘土がぎっしり詰まっている所では、粘土のもつマイナスの電気どうしが接近しているため、マイナスイオンをもった成分は反発して粘土のすき間を通りにくくなります。こうして、土の中を通過した水のイオンは薄められ、適当な濃度に調整されるのです。

微生物や小動物、それに植物の根も呼吸して二酸化炭素を出すので、土の中の空気は大気中より二酸化炭素濃度が高くなっています。そのため、水には二酸化炭素が豊富な空気が溶け込みます。また、地温の変化は少ないので、夏は冷たくていつそうおいしさがひきたち、冬には温かな感じとなります。このように、土は自然のいろいろな仕組みが組み合わさってできた高性能浄水器といえます。

土は大きな浄化力をもっています。しかし、その能力にも限度があり、度を超すと能力は低下し、しまいには浄化できなくなってしまう。森林を育て、土を大切に切り扱い、うまく利用すると、私たちはいつまでもきれいでおいしい水を飲むことができるのです。

(高橋正通)

## マシユマロのよゆうな森の土

皆さんは林の中に足を踏み入れたことがありますか。ハイキングなどの機会があったら登山道ばかり歩かないで、林の中も歩いてみてください。底の厚い靴ではわかりにくいかもしれませんが、ふだん散歩している都市の公園や、今歩いてきた登山道と林の中とは足の裏の感じ方が違いますか。もつと注意すると林によって、また場所によって、足に感じる土壌の軟らかさが違うことがわかんと思います。場所によってはまるで羽根布団の上を歩いているような感じさせます。どうしてこのような感じを受けるのでしょうか。

森林の地面と都市公園の地面から、サイコロ状の塊に土壌を切り取って比較してみましょう。土壌の基本となる材料は、粘土というミクロンより小さなたいへん細かい粒子や、岩石が細かく砕けた砂粒などいろいろな大きさの土粒子で、それ自体はほとんど弾力をもっていません。土壌の塊は土粒子の集合体ですので、鉄の塊と違って粒子の間にすき間（土壌孔隙）ができ、塊全体としてはかなりの空間をもっています。この空間の量が森林と公園でかなり違うのです。例えば、北関東の広葉樹林では土壌の約八割が空間であるのに対して、日比谷公園の土壌では五割しかありません。量だけではなく、孔隙の質にも違いがあります。森林の土壌には、肉眼では確認できない小さなものから指が入るような大きなものまで、さまざまの大きさの孔隙があります。しかし、公園の土壌では小さな孔隙が多く、大きな孔隙はほとんどありません。これが森の土

の軟らかさの秘密です。なぜこのように違ってくるのでしょうか。森林から取った塊をくずしてみましよう。両手に乗せて軽く振ってください。いろいろな大きさや形の、小さなかたまりに自然に分解していきますね。この小さな土粒子の集合体を土壤構造といいます。パンくずのように小さくたいへん軟らかい団粒構造、ビー玉ぐらいの大きさの丸みをおびた塊状構造、やや小さめの角張った硬さを感じる堅果状構造、アズキよりやや小さいぐらいの、ち密で硬い粒状構造などです。これらの構造がすべて同じ土壤にでてくるわけではありません。その場所の環境条件によって、構造の種類と量が違ってきます。それは、落ち葉などをえさにする土壤動物や微生物、木の根、そして年間を通してのその場所の湿り具合が土壤構造や孔隙をつくるのに大きな役割を果たしているからです。この構造と、それによって形成される孔隙の違いによって、足で感じる軟らかさが変わってくるわけです。特に団粒状構造は、ふかふかの土壤になります。

このような土壤の孔隙によって、雨水は地表面を流れることなく地中にしみ込み、孔隙の中にたまります。その一部は時間をかけて川に流れ、他の一部は土壤中に保持され木の生育に使われます。孔隙は木の成長や森林の「緑のダム」としての機能に大切な役割を果たしているのです。

しかし、土壤構造は強いものではありません。もし、人がむやみやたらと踏み荒したら、その結果は都市公園と同じような構造のない、ち密な土壤になってしまいます。土壤はデリケートなのです。だから優しく取り扱ってやってください。

(田中水晴)

## 土の顔色

怒ると真つ赤になるお父さん、へびを見ただけで真つ青になる妹、南国の黒い人、北国の白い人、人間の顔の色はさまざまです。ふだんは草木に覆われてなかなか姿を見せない土の色も、ちよつと注意深く観察すると、人の顔色以上に変化に富んでいます。土の顔色をたずねて出かけてみましょう。

一口に土といっても、人それぞれ住む土地や環境によって思い起こす色もいろいろでしょう。日本の国土の半分以上は褐色森林土と呼ばれる茶褐色を基調にした山の土が占めていますが、私たちの身のまわりを見渡しただけでも、茶色以外の変わった色の土はすいぶん目につきます。日本に多い火山の周辺に広がるスキの原っぱの下には、真つ黒い土が見られます。造成地や切り通しなどで見かける赤土は、熱帯のような湿润温暖な気候下でできる土と考えられていますが、日本の各地にも点在しています。これは何万年も前の、氷河期と氷河期の間の温暖な時期につくられた土壌が、化石のように過去の気候環境をその色にとどめているのです。湿地のように水につかっている土は、水によって酸素を遮断されたり、逆に干上がったりするその時の環境条件によつて赤、白、青、黄、橙、灰と多様な色を呈します。冷涼な高い山に登ると、針葉樹の落ち葉で覆われたふかふかの地面の下には真つ白な土が見られます。

さて、このような土の色はいったい何によつて決まるのでしょうか。大まかにいえば、次の三つの要素の

組み合わせによつて決まります。一つは腐植と呼ばれる黒色の分解の進んだ有機物です。地面の上にたまった落ち葉のような有機物は、微生物などによつて性質を変えながら分解されて細かくなります。寒冷な氣候のもとではそのまま腐植の層として厚くたまることもありすが、温暖な地方ではさらに分解が進み、動物の活動や雨水などにより地中にもち込まれ、土壌の表層に黒色味を与えます。二つ目は土の骨格を形成する砂や粘土です。これらの鉱物は普通土の中では他の物質と結合していることが多いのですが、それらをすべてはぎ取ると、白、灰、黄など淡い色をしています。三つ目は鉄です。土の材料に含まれている鉄が、氣候、植生などの環境条件に応じてさまざまな形態をとり、それが色となつて現れます。赤い土、青い土、白い土などはみんなこの鉄のしわざです。鉄は十分に酸素がある状態で、湿润熱帯のような強い風化を受けると酸化が進み真つ赤になりますが、日本のような温和な氣候のもとでは褐色から黄褐色ぐらにとどまります。また、還元状態といわれる酸素不足の状態では、鉄は3価から2価に形を変え、青色になります。白い土は落ち葉などの有機物が分解して生じた酸によつて鉄や腐植が洗い流され、白い砂粒だけが残つたものです。このように、鉄は土の色を変幻自在にあやつる主役であるといつてもさしつかえありません。

農耕、山野の開墾、宅地造成など、人間の営みのそここに顔を出す土の色は、景観の中にあつて私たちに強い印象を与えてくれます。土の色を眺めながら土の生い立ちに思いをめぐらしてみませんか。

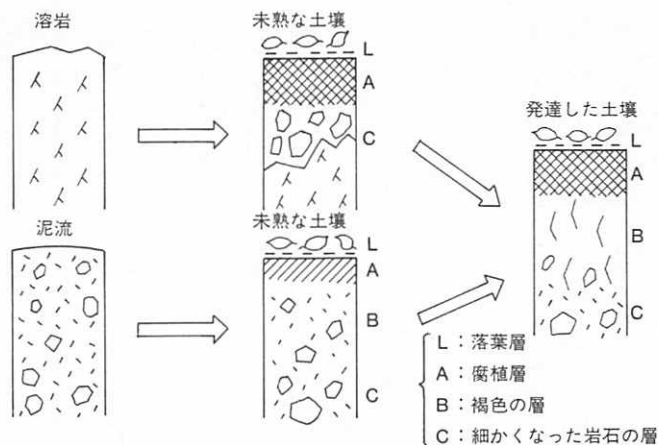
(三浦 覚)

## 土は生きています

土壌はどのようにしてつくられるのでしょうか。一木一草もない荒地にも、風や動物たちによって運ばれた草木のたねが芽を出します。この木が成長すると、毎年葉を落とすので、落ち葉を食べる生物が集まってきます。さらに木が大きくなると、落ち葉の量が増加し落葉層をつくるようになります。落葉層に守られながら、土壌中の生物たちは、協力して落ち葉を分解して植物の成長に必要な養分を再びつくり出します。それとともに分解した落ち葉の一部を少しずつ土壌中に蓄えていき、ふわふわで乾きにくい性質をもった黒い腐植層をつくり出します。すなわち、生物たちは自分自身ですみやすいように環境を変えていきます。この腐植層は落ち葉の分解によって再生産された養分を蓄えるという、植物の成長にとって重要な性質をもっています。そして、長い年月が経過した森林では腐植層の下に褐色の層ができます。植物は、ここにも多くの根を伸ばしてたくさんの水分や養分を吸収するので、植物にとって重要なところです。

ところで、褐色の層をもった土壌は何年ぐらいでできるのでしょうか。伊豆大島の三原山や富士山から一〇〇年前に噴出した溶岩上には、りっぱな森林が回復していて土壌中には腐植層もできていますが、まだ褐色の層はできていません。しかし、二〇〇年前の浅間山の泥流の場合には、泥流が砂や粘土なども含むので褐色の層はできています。すなわち、土壌ができるまでに硬い岩石では一〇〇年以上、柔らかな物質





溶岩と泥流から土壤ができるまで

では数百年の年月が必要です。こうしてつくられる土壤のタイプは、気候条件や地形などで異なってきます。例えば、亜高山帯のコメツガやヒバなどの針葉樹の下にはポドゾルと呼ばれる土壤ができます。この土壤には厚い落葉層が見られますが、黒色の腐植質の層はなく、その部分は養分が少ない灰色の土になっています。これでは植物の生育に不都合のようですが、コメツガやヒバは、落葉層の中に多くの根を出してりっぱな森林になっています。また、尾根に近い所では土壤は乾燥するので、生物の活動は阻害され、厚い落葉層が見られます。このような土壤に繁殖する菌糸は水を通しにくい性質をもつので、さらに乾燥が進むことがあります。こうなると、アカマツやツツジなど乾燥に強い植物の天下となります。このように植物は、土の中の生物と協力して森林の土壤をつくり上げます。そして、その土壤を維持しているのです。

(金子真司)

## 森の家計簿

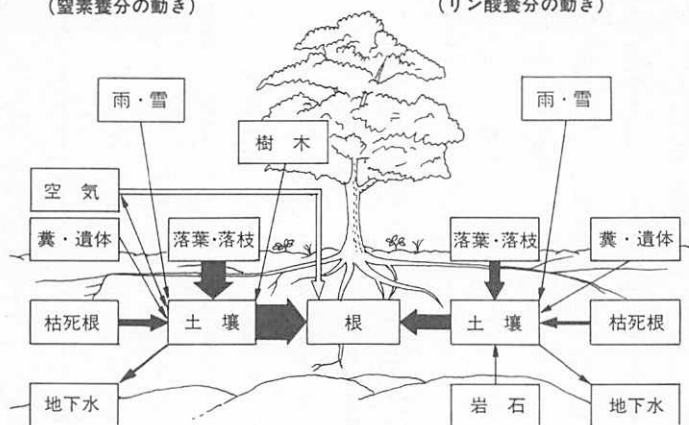
田や畑では肥料をやらないと作物はよく育ちません。しかし、森の木には、普通、肥料をやりません。それでも木は大きく育っているように見えます。木も他の植物と同じように養分がないと育ちませんから、どこから養分を得ているはずですか。どこからでしょう。

養分にもたくさんの種類があつて、それぞれ事情が違います。ここではまず代表的なリン酸についてみてみましょう。森では木や草から毎年たくさんの枯れ葉、枯れ枝が落ちてきます。これが虫や微生物によって分解されると、中に含まれていたリン酸が林の土壤に供給されます。また、草や木の根も絶えず少しずつ死んでいくので、そこからもリン酸が供給されます。このようにして土に供給されたリン酸が、養分として再び木や草の根に吸収されていくのです。この自然のすばらしい仕組みによって、森の木は肥料なしで育つことができるのです。このように、養分が植物と土の間を繰り返し巡ることを養分循環と呼びます。しかし、もう少し詳しくみると、リン酸は植物からだけではなく、岩石の風化や雨水などによってもいくらか供給されるし、また一方で、わずかではあります。地下水へ流れていきます。森の中ではこれらが全体として収支バランスをとりながら動いているわけです。

もう一つの代表的な養分である窒素の場合はもう少し複雑です。落葉・落枝や枯死根が主な供給源である

(窒素養分の動き)

(リン酸養分の動き)



養分の循環 矢印の太さは養分移動の多少を表す。白い矢印は特殊な樹種の場合

ことはリン酸と同じですが、窒素の場合はその他に、ある種の微生物によって空気からも土壤に供給されるし、また木の種類によっては根に付く微生物の助けを借りて根が直接空気から窒素を取り込んだりもします。その一方で、土から大気へ放出されたりもします。

森では、このような養分の動きが、木の種類や土地の条件に応じてさまざまな様式や規模で行われており、ふだんは収支のバランスが一定に保たれています。しかし、木材の収穫のため伐採が行われる時、そのやり方が適切でないとなつたため、落葉・落枝や表土が失われることがあります。自然の養分供給力の回復作用によって、いずれ元のような養分循環を取り戻すでしょうが、それにはかなり長い年月を必要とするといわれています。

(西本哲昭)

## 競争に打ち勝つためには

林をつくるために山に植えた木は、大きく育って、伐られ、利用されるまでにはいろいろな競争をしなければなりません。植えた木はよい木材が取れるように、時には競争を少なくしてやったり、逆に競争させたりしながら育てます。植えた木や雑草木が生活するために養分・水・光・生活空間が必要で、それらの植物は互いに奪い合いを行います。特に光の奪い合いは深刻です。造林地では、植えた木の枝葉で地表が覆われるまでは他の植物と、その後は植えた木どうしの競争が多くなります。

植えてしばらくの間は、若い木が雑草木に負けないように、邪魔な木を刈り払ってやります。この作業は、雑草木のほうが早く成長するので若木に光が当たらなくなるのを防ぐためのもので、そのままにすると若木の成長が抑えられ、時には枯れてしまうからです。刈り払いは植えた木が雑草木より大きくなればいらなくなります。刈り払いは、他の植物との競争を弱めて植えた木の成長を助ける仕事ですが、クズなどのつるを切る作業にも同じ意味があります。こうしてみると、雑草木はまったくの邪魔者に見えますが、冬の寒さから若木を守ったり、土壌の乾燥を防いだり、根によって養分に富んだ土が雨で流されないようにするなど、大切な役割ももっています。植えた木と雑草木を一緒に育てることは林業ではたいへん大切なことです。

植えた木の枝葉で地表が覆われるころになると、植えた木どうしの競争が始まります。隣の木の枝葉と接

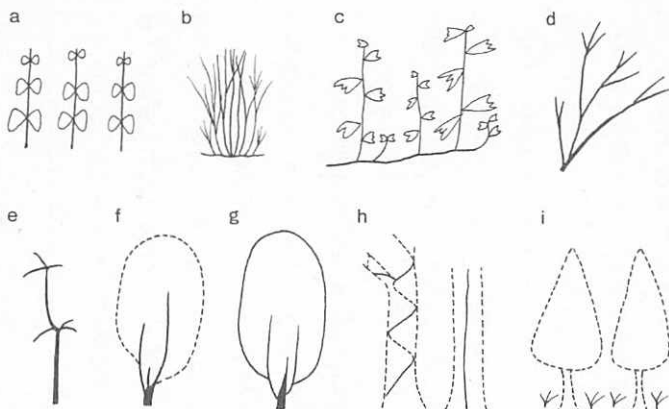
した部分より下の枝には光が当たらなくなり、徐々に弱って枯れ落ちていきます。林業ではこの競争をしばらく続けさせ、枝のところにできる節が少ない木材を生産します。時間がたち、隣の木との競争が激しくなると成長の良い木と悪い木の差がハッキリしてきます。成長の劣った木は光を十分に取れなくなり、衰弱しやがては枯れていきます。このように過密になって枯れ、自然に本数が減っていくことを自然間引きと呼んでいます。過密で自然間引きの状態を長く続けると幹の太りが悪くなり、ヒョロ長くなります。このような時期に強い風が吹いたり、重い雪が降ったりすると、共倒れといつて一挙に全滅することもあります。共倒れは木の大きさがそろった過密な林ほど起こりやすく、一九八三年の春には重い雪が原因で各地で共倒れが起こりました。このような危険な状態になる前に植えた木どうしの競争を弱めるために間伐と呼ばれる間引きを行い、健全な林に育てることが必要です。節が少ないことは良い木材の条件の一つですが、節を少なくするために枯れ枝や生きている下の方の枝を除いてやります。これを枝打ちといいますが、成長の良い木の枝打ちによって、成長の劣った木にも光が当たるようになり、競争が弱められます。そして林内に雑草木が生育するようになります。過密な林では雑草木も光が不足し枯れてしまいます。林内の雑草木が枯れると土壌がむき出しになり、少しの雨で土が流れ出すことにもつながります。ですから、間伐や枝打ちは、林を健全に保つために林が大きくなくなってからも必要なことで、大切な雑草木が植えた木との競争に完全に負けてしまつて、林地の土壌がむき出しになってしまうことを防ぐ効果ももっています。

(安藤 貴)

## 空き地に群がるおじやま虫

大きな木がたくさん生えている森林の中は薄暗く、林床と呼ばれる地表には貧弱な植物しか生えていません。大きな木の枝葉によって林床に射し込む太陽光が遮られ、光不足になるため、そのような環境に耐えられる植物だけしか生育できないのです。もし大きな木が伐採されて陽光を遮る枝葉の層がなくなると、林床には十分な光が射し込み、それまで生えていた暗い環境を好む植物は死んでしまいか成長が悪くなります。そして、新しい環境を好むか、それに耐えられる植物が生育を始めるのです。だから、森林を伐採した直後の山(伐採跡地)には生えている植物が少ないのに、しばらくするとずいぶんと多くなるのです。伐採跡地では、にぎやかな植物の競演が始まるのです。

森林伐採によって、今までそこには見られなかった植物が新しい環境にどんどん入り込み、盛んに成長を始めます。植物は動くことができないのに、どうしてよそ者がそんなに増えるのでしょうか。たしかに植物は動けません。しかし、たねの段階では、さまざまな方法で移動するのです。綿毛をもったタンポポのたねは風に乗って遠くまで移動し、ワラ屋根の上など思わぬところに芽を出します。木にもカエデ類のように翼をもち風に乗って移動するたねは多いのです。また、ヤシの実のように海流に乗って雄大な旅をするたね、ネズミやリスなどの動物によって運ばれるミズナラやブナのたねもあります。鳥の好む液果などは鳥が



類型化された生育型 a:ベニバナボロギク型 b:ススキ型 c:クマイチゴ型 d:キブシ型 e:アカメガシワ型 f:エゴノキ型 g:アカガシ型 h:ツタ型 i:チジミザサ型

たねをまいてくれます。土の中で長く保存されるたねも  
あります。

さまざまな方法で運ばれた植物は、そこが生育に適した場所であれば大きく成長し、仲間を増やすことができます。

また、もともと暗い林内で生育していた低木類は、伐採されて明るくなった場所で、再び高い木で林ができて陽光が遮られ、元のようにその林内が暗くなるようになるまで、低木類本来の生育をします。もともと林のあった場所ではいろいろな植物が生育できる条件は整っているのですから、新たに飛び込んできた植物や萌芽再生した植物などは、大きな木によって林ができ上がっていく過程で図に示したような生育特性に応じて、いわゆる二次遷移と呼ばれる一連の変化を植物自身がつくり出しているのです。

(谷本丈夫)

## 根回しがコツ

大きな木の根の回りを藁と荒縄で巻いているのを時々見かけますが、なんのためだかわかりでしようか。木の根は根元に近いほど太く、養分や水分を吸収する細い根は大部分それより遠くに張り巡らされています。ですから、木を移植する時、いきなり掘り上げてしまうと大切な細根の部分はほとんど切断されてしまいます。この状態で移植された木は、極端な場合には枯れてしまうか、枯れないまでも新しい細根が出てくるまで成長が衰えてしまいます。それを防ぐため、移植の数年前から根を徐々に切断し、根元付近に細根を発生させ、いわば植木鉢で育てたような状態にしてやると、移植の時の衝撃を少なくできるのです。

この作業をなんというかわかりですか。そうです、これが根回しなんです。移植する時は根回しした木を掘り上げるのですが、その時、根の回りの土を落とさないように藁と荒縄で固く巻き、移植先まで運ぶのです。小さな苗木の場合でも同様の方法で根を切り、移植します。これは、根回しとはいわずに根切りといえます。このような作業は、いずれも木の移植衝撃を和らげ、移植先ですぐに成長できるようにするために行うのです。

また、キリ畑では、せっかく植えた木を根元近くで切ったりしますが、これにも理由があるのです。幹が切られた後で、切株から再生してくる芽を萌芽、その芽の伸びたものを萌芽枝と呼んでいます。この萌芽





たくさんの萌芽枝が出ているコナラの切株

は通常たいへん力強い成長をします。たぶん、それまであった植物体の大きさに早く戻らなければ、回りの植物に覆われて枯れてしまう恐れがあるので、成長を早くしたり、たくさんの萌芽枝を出したりするのだと思われるです。

キリの萌芽枝は発生数は少ないけれども、一年に一層以上も成長します。この性質を利用し、植えてから数年の間は肥料をたくさんを与え、根を充実させた後で、幹を根元近くで切ってしまうのです。そうすると、太くてまっすぐな力強い萌芽枝がでるので、それを育てます。キリの萌芽特性を利用した巧みな育成法で、これを台切りと呼んでいます。

萌芽を利用して木を育てる方法は、萌芽更新と呼ばれ、薪・炭やシイタケのホダ木を生産する林を育てるための大切な育成法です。

(谷本丈夫)

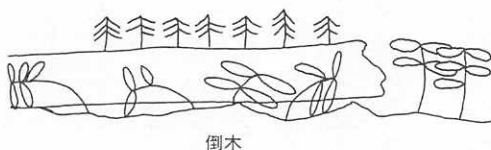
# 木の上に木が生える

北海道のエゾマツ・トドマツ、本州などのシラベ・コメツガのような亜高山針葉樹林を歩くと、苔むした倒木の上にたくさんの小さな木(稚樹)がピツシリ並んで生えているのに出会います。大きな木も、よく見ると倒木の痕跡上に一列に並んでいたりと、朽ちた根株の跡に二、三本かたまって生えていたりします。このような森林の様子は、古い倒木や根株に木が芽生え、やがてそれが成長して森林の世代交代が行われていることを物語っています。これを倒木更新と呼んでいます。なぜ倒木でなければならないのか、まだわからないことも多いのですが、比較的詳しく調べられている北海道のエゾマツ・トドマツ林をみてみましょう。

林の中の稚樹を調べてみると、倒木上の稚樹にはエゾマツもトドマツも混在しています。しかし、エゾマツの稚樹はほとんど倒木上に限られているのに対し、トドマツの稚樹は倒木に限らず地面にも同じように生えています。それは稚樹を殺す病原菌(暗色雪腐病菌)のせいであるといわれています。

エゾマツは地面の上でも発芽して稚苗にはなるのですが、雪の下でこの菌に犯され枯れてしまいます。したがって、暗色雪腐病菌の少ない倒木上にのみ生き残るわけです。一方、トドマツの稚苗はエゾマツに比べるところこの菌に強く、そのため生き残る率が高いのです。

倒木更新には、まだほかに有利な点があります。倒木は稚樹を覆うササなどの植物の生育をその部分だけ



#### 倒木と根株の効用

でも妨げるので、倒木上の稚樹はそんな邪魔者の影響をあまり強く受けません。稚樹がササなどに覆われると、せっかく生き残っても成長に必要な光が不足するために、やがて枯れてしまいます。ササの密生している場所では、菌害とは関係なくトドマツでも倒木更新が主体となっています。また、苔むした倒木の表面は、凹凸が多くて水持ちもよいので、たねがそこに根を下ろし、芽を出して成長するのにも好都合です。

このように、倒木更新はたねの根つきや発芽を促し、菌害やササによる遮へいを回避して、稚苗の発生・成長を保證する有効な方法であるわけです。倒木更新は、ヨーロッパ北部のヨーロッパウヒ、アメリカ北西部のシトカトウヒ、カナダツガなど北半球北部の針葉樹林に広く見られます。しかし、広葉樹には倒木更新はほとんど見られません。これは広葉樹の根はゴボウのような直根なので、倒木に根を下ろせないことが原因のようです。

(石塚森吉)

## 邪魔者は消せ

木を植え、育てるためには、イネを育てるように雑草やよけいな木を除いてやるのが肝要です。というのは、木が育つには十分な光や水、養分が必要で、雑草木は育てようとすると競争相手となるからです。では、どのようにして雑草木を効率的に除くことができるのでしょうか。山に木を植えるためには、まず苗木を育てなければなりません。そのために苗畑にたねをまいて苗木を育てます。苗木の育て方の詳しいことは省きますが、ある程度の大きさにした苗木を山に植えて、大きく育てることになります。ですから、苗木を育てるところから山に木を植えて、木がある程度大きくなるまで、競争相手である雑草木をはびこらせないようにしておく必要があります。競争相手を退治する方法には草を刈り取るとか、余分な木を切つてやるとかいろいろな方法があります。

苗木を苗畑で育てている間は、定期的に土地を耕していますし、そこに生えている雑草は、前年に落ちたたねから発生する一年生の植物が主なもので、木のたねのまきつけ時期あるいは苗の移植の後に苗畑に除草剤を散布すれば、そこに生えてくる雑草の芽生えを殺すことができます。苗木が大きくなれば木と草の生活の違いを利用して若い雑草を枯らすこともできます。

林地用には現在十三種の化合物が除草剤として利用できます。これらの除草剤の作用の仕方はさまざまで、

雑草木の種類に依じて種類や型、使用量、使用時期が違ってきます。

除草剤の植物に対する作用には、光合成、呼吸、タンパク質合成および細胞分裂の阻害、成長作用のかく乱、毒性物質の生成などがあります。しかし植物体の中での生理的反應のくわしいことについてはまだ十分にはわかっていません。除草剤が植えた木に無害で、競争相手の雑草木にのみ反應するのであればまことに好都合で、これを選択性といえます。しかし、現実には選択性をもたないものが多く、造林された木も影響を受けて葉の害を生じることがあるので、葉害を回避しながら効果を出すように使い方に工夫がこらされています。その代表例に、ササに対して粒状の除草剤を地面にまく方法があります。ササの根は地表に近い所に密に分布しているのです。この除草剤の使い方はササに成分を効率よく吸収させる方法です。ササは節から芽やタケノコを出し、そこに新葉を付けるという成長特性をもっていますが、吸収された除草剤成分がその芽や根・地下茎に作用して、その發育を妨げたり枯らしたりするのです。一方、造林木は根がササより深いので、除草剤の成分を吸収しにくいうえに、除草剤の型を粒状にしているため葉や枝に付着しにくいこと、除草剤をまく時期も成長休止期に近い晩秋にして造林木への影響を極力少なくしていくなど、除草剤の使い方を工夫し、ササだけをうまく制御することができます。このように、植物の生態的特性を十分に考慮し、それを利用してなるべく少ない量で適切な効果を發揮できるようにすることが、林業での除草剤による雑草木制御の技術的ポイントになっています。

(浅沼晟吾)

## 日本で一番の木

幹の太さの日本一は、鹿児島県にある蒲生のクスといわれ、幹の回りが三十三回りもあります。ちなみに、日本一太いスギといわれる屋久島の縄文スギは二十八回りです。

樹高では福島県の杉沢の大スギ(六十八回り)が首位を占めると思われます。樹齡の日本一は言い伝えによる場合が多く定かではありませんが、屋久島の大王スギや縄文スギは少なくとも二〇〇〇年から三〇〇〇年くらいであるという最近の測定結果から、いずれかが日本一といえるでしょう。

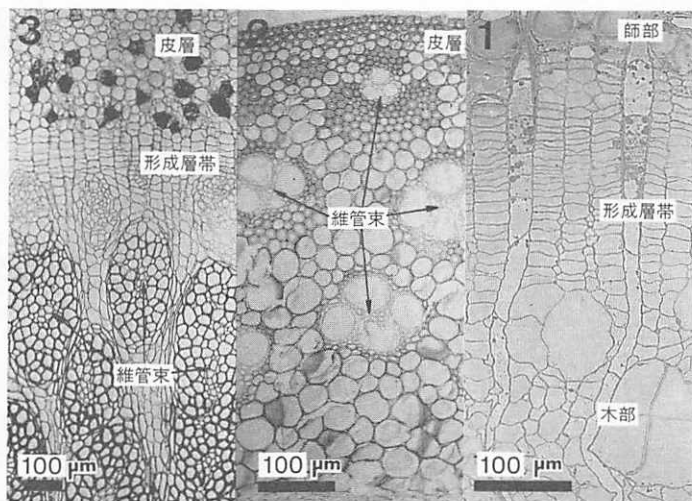
## II 樹木の不思議

## どこが違つ木と草

コケ類や藻類などの比較的下等な植物は、根と茎と葉の区別が明確ではなく、花を咲かせることもありません。また、シダ類では一般に根や葉が認められますが、やはり花を咲かせずたねもできません。これに対して、草や木は顕花植物(種子植物)と呼ばれ、目だつ目だたないは別にして根と茎と葉がはっきり分かれていて、花を咲かせてたねをつくります。木の仲間には、分類学上からおもに針葉樹と広葉樹とに分けられ、前者は裸子植物、後者は被子植物に属します。裸子植物はすべて木ですが、被子植物には草も含まれます。例えば大豆とネムノキは同じマメ科の植物ですが、一方は草で片方は木に属します。樹木は一般に草より高く、大きくりますが、普通の草より小さな木もあります。では、草と木の違いはどこにあるのでしょうか。

サクラやマツと、タンポポやダイコンなどを比べてみるとわかるように、木は毎年毎年成長を続けてなくなりませんが、草はだいたい一年で枯れ、年ごとに太くなることはありません。これは幹の構造の違いによるのです。木の幹でも、初めは草の茎とほぼ同じで、水を通す木部と、葉でつくつた同化物質を通す師部が対になった維管束が散在しています。しかし、幹を輪切りにするとよくわかりますが、木ではその後、分裂組織が発達して、幹の全周に連続した維管束形成層ができます。この維管束形成層は、細胞分裂を繰り返して内側に木材を蓄積しながら、自分自身も横方向に細胞分裂して、円周を拡大して外の方に押し出されます





ドラセナの茎の横断面      ササの幹の横断面      ポブラの形成層帯の横断面

(写真右)。これを二次肥大成長といいます。それと同時に、外側に師部の細胞を分裂していきます。樹皮には維管束形成層とは別の分裂組織があつて、幹の肥大成長に対応して樹皮の成長を行っています。

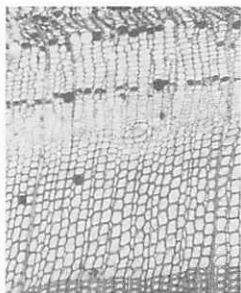
ところが、同じ木になるものとしてヤシやタケがあります。この仲間には堅くて何年間も枯れない茎をもっており、木部はありますが、維管束形成層がないので二次肥大成長をしません。幹には維管束が散在しているだけで分裂組織はありません(写真中)。これは広葉樹が被子植物の双子葉類というグループに属するのに対し、タケやヤシは被子植物の単子葉類であるからです。ただし、一部の単子葉植物には、特殊な分裂組織をもち、維管束をつくりだすことで二次肥大成長をするドラセナのようなものがあります(写真左)。

(藤井智之)

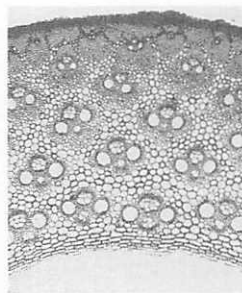
# 太らない木—タケ

いうまでもなく、木材とは細胞の集団であり、形成層と呼ばれる分裂組織が生産する木部細胞が蓄積したものです。春から夏にかけて、木の皮は簡単にはぐことができます。このはげる所が形成層の位置で、わずかな力ではぐことができる時は、形成層の細胞が活発に分裂活動をしている時期と考えてよいでしょう。形成層は木部の最も外側にあつて、その内側に木材を形成して残していくために、生きている限り、木の幹は太り(肥大成長)続けて、巨木が出現します。

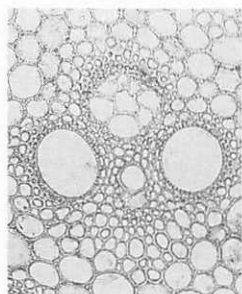
ところが、タケではこうした現象はみられません。一本の幹が年々肥大成長して、巨竹になるようなことは絶対にありません。タケが肥大成長をしないことは知っていても、年々わずかずは太ると思つてい人もいるようです。しかし、何年間もの測定例によつて、全く肥大成長をしないことが明らかになっています。タケがその一生を通して、普通の木のように太らないわけは、タケの幹が形成層をもたないからです。形成層はおろか、一切の分裂組織が幹の中にもないのです。幹の断面の均質な組織の中に点々と見えるのは、水分の通り道である道管と、養分の通り道の師管からなる維管束と呼ばれる組織です(写真右上)。草本性の双子葉植物では、道管のある木部と師管のある師部の間に形成層がありますが、タケにはそれが退化してしまつてありません(写真右下)。そのうえ、どちらも維管束のまわりが、細胞壁の厚い、きわめて強固な細胞から



アカマツの幹の構造



マダケの竹幹の構造



アカマツの維管束系 形成層がある      マダケの維管束系 形成層がない

できた維管束鞘によって取り囲まれていて、維管束自体も肥大することができません。

これに対して、木の維管束は、伸長中の芽のごく先端部分では、一本一本が独立したのですが、少し下部では、維管束どうしが幹の全周にわたってリング状につながり、幹を完全に取り囲む形成層と木部・師部を形作ることになるので（写真左側）。

なお、厳密な定義ではありませんが、草本植物と木本植物の区別は、普通のこの形成層の活動によって年々幹が肥大成長するかどうかによって決めることになっています。

（小谷圭司）

## 木の年齢

寺や神社にはスギやクスノキの太木があり、樹齢八〇〇年とか一〇〇〇年とか書かれているのをよく見かけます。木の年齢はいつたい、どうして知ることができのでしょうか。古文書などの記録に植栽された日付が記されている場合もありますが、それはむしろ特殊な場合です。

木の年齢(樹齢)を知るにはいくつかの方法があります。アカマツ、クロマツ、モミなどのように、毎年一段ずつ枝を出す樹種では、枝やその痕跡を数えると樹齢がわかりますが、年を経るにつれてこれらの痕跡は幹に包み込まれてしまうので、外観からの判定は難しくなります。最も正確なのは、幹の最下部の切株(横断面)の年輪を数える方法です。季節の変化が少ない熱帯に生育する木の年齢を知るのは難しいことですが、日本のように四季がハッキリしている国に生育する木には、毎年年輪が一つずつできるのが普通です。年輪は毎年幹の外側へ新しくつくられ、その数を増やしていくので、幹の最も外側にある年輪がいちばん新しいものということになります。

木を切り倒すことが許されない時には、樹齢判定はきわめて困難あるいは不可能です。このような時には、立木の中に成長錐というものを幹に直角に打ち込んで、年輪を数えるための試料を取ります。この場合、幹に直径一センチぐらいの傷が残ります。成長錐は長くて五十センチなので、調べられる木の幹の直径は八十センチぐらい

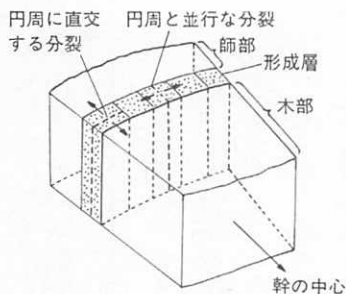
が限界です。最近、幹に傷をつけずに樹齢を知る方法が開発され、注目を集めています。原理的には医学分野で脳や内臓検査に威力を発揮している、エクス線CT(コンピュータ・トモグラフィ)を応用したものです。樹木測定用に開発されたものはポータブルとはいえ、装置の重さは二〇〇磅以上あるために足場の悪いところでは測定が困難です。またX線の透過力にも限界があり、今のところ直径五十<sup>センチ</sup>以下の木にしか適用できませんが、技術的にはもつと大きいものにも適用できるはずです。

これらのほかに、大気中に一定の割合で含まれている放射性炭素を使って樹齢を推定する方法があります。この放射性炭素は、初めの量の半分に減るのに五七三七年(半減期)かかります。放射性炭素を含む炭酸ガスは光合成によって木材に取り込まれます。年輪は形成後何年かすると生命活動を停止するので、停止した時の放射性炭素は年輪の中に閉じ込められ、もはや新鮮な放射性炭素は取り込まれず、あとは前に述べた比率で壊れていきます。ですから、もしある木の年輪で放射性炭素量が元の半分になっていれば、約五七三〇年経っており、そのまた半分、すなわち四分の一に減っていれば約一万一四〇〇年経っていることとなります。この性質を応用したのが放射性炭素による年代測定です。最近、屋久島の縄文スギと大王スギの樹齢推定にもこの方法が応用されました。これらのスギは中心部が空洞になっており、そこから少量の木片を採取して年代測定を行っています。今までは、縄文スギの推定樹齢は三五〇〇年から七二〇〇年までの説がありましたが、測定結果は縄文スギで二五〇〇年ぐらい、大王スギで三五〇〇年ぐらいでした。

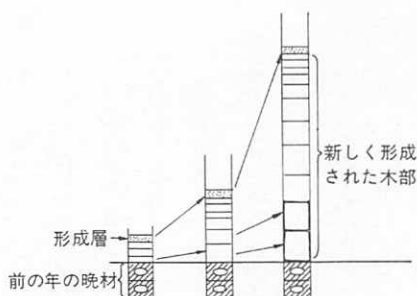
(太田貞明)

## 衣の下に秘密あり

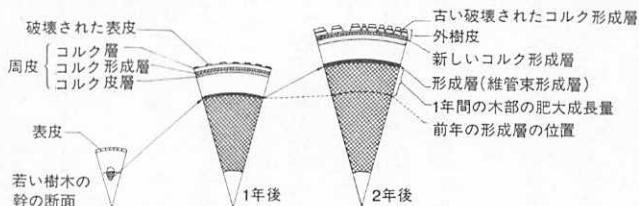
木の幹を見て、まず最初に気が付くのは、樹皮に割れ目があることです。マツやケヤキにはうろこ状、スギやヒノキには縦長の帯状の裂け目があります。この裂け目に沿って樹皮がはがれていきます。樹皮に裂け目ができ、はがれる仕組みは木の太る方法と深いかわりをもっています。草本植物は親の大きさになると、それ以上茎が太くありませんが、木は生きている限り肥大成長を続けます。木の形成層(維管束形成層)は、草本植物とは異なり、幹や枝、根などの木部を包むようにつながっていて、一生分裂し続けます。形成層の細胞が円周に直交するように分裂すると(図1)、内側に木部、外側に師部の細胞(母細胞)をつくります。できた母細胞はさらに二回まで分裂できるので新しい細胞が次々につくられ、通常の大きさまで成長していきます。師部細胞はあまり大きくならないが、木部細胞は著しく大きく成長し、その成長によって形成層は直径方向の外側へ押し出されます(図2)。形成層の細胞は、直径方向の成長に加えて円周方向にも分裂するので幹は円周にすぎ間をつくらぬように成長できます。若い木の最外部には草本植物と同じく表皮細胞があり、茎を保護しています。表皮細胞は分裂できないので、幹が太くなると破壊されてしまいます。ところが、木では表皮の破壊に先立って、表皮直下の細胞がコルク形成層と呼ばれる分裂できる細胞に変化し、新しい細胞をつくり出します。こうしてできた組織(周皮)は細胞壁がコルク化し、水を通さなくなり、表皮にかわ



1 形成層細胞の分裂



2 針葉樹における木部細胞の伸長



3 樹木の肥大成長と樹皮剝離の関係

る保護組織になります。コルク形成層の分裂能は、維管束形成層と比較するとずっと弱いので、肥大成長に追いつけず、次第に破壊されていきます。肥大成長の進行に伴って次々と新しいコルク形成層が内側につくられ(図3)、コルク形成層より外側は水が通らないため、死んだ細胞が積み重なった樹皮組織になります。さらに肥大成長が進むと、樹皮組織に亀裂が生じ、はがれていきます。樹皮がはがれる現象は、肥大成長によって内側から外側に広がる力が生じるのに対して、樹皮には外側から幹を締めつけようとする力が生じ、内側から広がる力と勝るため、樹皮が破壊されてしまうということです。また、うろこ状、帯状など樹種特有の樹皮のはがれ方が見られるのは、コルク形成層のつき方、周皮のつくられ方などが樹種によって異なるためです。

(向井 譲)

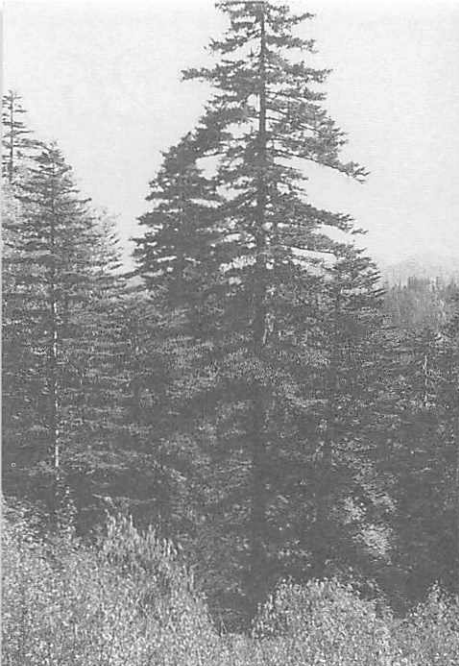
## 幹の芸術——針葉樹と広葉樹の樹形

昔から各地に、何々のケヤキとか、何々のマツとか、有名な木があります。これらの木にはそれぞれ故事来歴があるものですが、それにもまして人々に記憶される姿・形をしています。木は、いったい種類によって姿がまわっているのでしょうか。また、場所や年齢によって姿・形は変わるものなのでしょうか。

一本の木の全体の姿を樹形といいます。樹形に關係する植物の性質には、幹の立ち方や枝の分かれ方、枝垂れの有無などがあります。幹の立ち方には、単立する(ケヤキ、スギ)、株立ちになる(キョウチクトウ)、はう(ハイマツ、ハイネズ)、ツルになる(フジ、アケビ)などがあります。また枝の分かれ方には、枝を出さない無分枝(木ではないが木部を形成するものとしてヤシ)、幹が枝よりも勢いよく伸びる単軸分枝(スギ、モミ、カツラ)、幹の先端からやや下にある芽から発生した枝が次の年の幹になる仮軸分枝(ケヤキ、クリ)の三つがあります。

単軸分枝は針葉樹の大半と広葉樹の一部の種に見られるものです。幹はまっすぐ伸び、枝との区別もハッキリしていて、一般に整った円すい形の樹形をつくります(写真左・Aタイプ)。しかし広葉樹では、年をとるにしたがい主幹がハッキリしなくなり、同じような太さの枝を四方に広げたほうき型や傘型の樹形に変わっていきます(写真右)。一方、仮軸分枝は広葉樹の一部の種に見られるものです。幹はウネウネと曲がり、





針葉樹(左)と広葉樹(右)の樹形の違い

枝と区別しにくく、若い時からほうき型や傘型など横に広がった樹形をつくります(Bタイプ)。したがって、若い木の樹形は分枝方法によってほぼ決定され、一方、年取った木の樹形は分枝方法よりも針葉樹、広葉樹の別によるところが大きいといえます。

幹の形は、こうした樹形の違いと密接な関係にあります。針葉樹の幹は、下から上に向かって徐々に細くなる形(Aタイプ)で、一方、仮軸分枝の広葉樹の幹は、上の方で急に細くなる形(Bタイプ)をしています。単軸分枝の広葉樹の幹は、初めはAタイプですが、年を取るにしたがいBタイプに変わっていきます。

植物の性質とは別に、風や雪などの自然条件も樹形の違いに影響します。それは次の項でくわしく説明してあります。

(清野嘉之)

## 風の彫刻

風の強い海岸で、樹木がある方向に偏って成長しているのをよく見かけます。幹全体が倒れかかるように曲がっているもの、枝が片側にだけ多く出ているもの、こずえ近くで傾いているものなど、その形状はさまざまです。このような木は偏形樹とか風衝木と呼ばれており、特殊な環境での自然の造形です。偏形樹は、季節風とかその生育地に特有の常風が長い年月にわたって作用した結果、形づくられたものです。

強風・塩風・飛砂・津波・海霧などによる害に備えるため、日本の長い海岸線に沿って海岸防災林が造成されていますが、北海道ではカシワ、本州ではその大部分がクロマツ林です。海岸で見られる偏形したマツは、磯馴松(ソナレマツ)といい習わされてきました。偏形の度合いは、風当たりの強い汀線に近いほど大きいのが普通です。磯馴松の形は塩風が原因でつくられます。

風が海から吹いている時に浜に立つと、波が砕けて発生した無数の微小な水滴が、あたかも霧のように陸の方へ流れていくのがわかります。この海水の微小水滴は、風に運ばれる過程で濃縮されて塩分濃度が高まり、空中塩分と呼ばれます。マツの葉や枝に付着した空中塩分が多量に組織の中に侵入すると、細胞は脱水乾燥して枯死します。風が強いと、蒸散作用によって水分が奪われ、樹体の乾燥をさらに促進して枝葉の生育を害します。これが塩風害(潮風害ともいう)です。海風に運ばれた空中塩分は、内陸側よりも海側の枝葉



山岳の偏形樹 富士スバルライン  
5合目付近



海岸地の偏形樹 沼津市千本松原の  
前線

に一方的に大量に付着します。その結果、海側の枝葉は生育不良になったり枯れたりします。このような現象が度重なって内陸側の枝が発達し、風になびいたような形の磯馴松ができていくのです。

高山では、風によって運ばれた雪片とか雨水が樹木の風上側に付着して大きな塊になるので、その重みで枝が損傷を受け、風下側だけに枝の残った旗ざお形の樹形になるといわれています。冬季季節風の強い石狩平野でも、寒風のため風上側の枝が生育不良となり、旗ざお形になったトドマツがよく見られます。

偏形した樹木はその千差万別の形でその地独得の景観を築きましてくるだけでなく、樹種ごとの偏形の程度や方向を調べてその地域の小気候を知ることにも役立っています。

(工藤哲也)

## しぶとい雪国の木

雪国に生育している木に、毎冬のしかかる雪の圧力はたいへんなものです。雪には粘りがあるので、木に覆いかぶさった雪がだんだん締まっていく時に生ずる沈降圧という圧力は、ちようと物干ぎおにかけたふとの重さがさおに加わるのと同じような具合に木に加わります。さらに、斜面に積った雪は絶えず谷側方向に移動するので、沈降圧のほかに移動圧も加わります。

このような雪圧は数百キログラムから数トンにも達するので、雪国の木は、よほどしぶとくなければ生き延びることはできません。このため、雪国の木はさまざまな方法で雪に適応し、雪圧に耐えています。そのもつとも一般的な例が根元曲がりです。根元曲がりは若い木が毎冬の雪圧によって押しえつけられ、地面に倒れることを繰り返す結果生じるもので、雪圧に対する順応形態とみることができます。

大きくなる木は背丈を増すとともに幹も太くなります。ですから、柳に風といった柔軟性はしだいに小さくなります。このような年齢の時に大雪に見舞われると、幹の折れや割れが多発して、森林は致命的な被害を受けます。そこで、根元部分の柔軟性を保ちつつ幹を太くしていくという方法を樹木が自らとる場合があります。山に植えられたスギの根元部分の断面は、植えた当初は円形ですが、数年経つと斜面の方向が狭い円形になり、雪圧に対しては曲がりやすい形になります。そしてある年数までは、雪圧に耐えられるよう

にさらに狭いだ円形になりながら太ってゆきますが、今度は逆にしだいに円形に戻り、さらにその後は斜面の方向が広くなつただ円形になり、雪圧に対する抵抗性を高めることができるようになります。

ところで、スギをはじめ雪国に生育する木には、直径が大きくなるにつれていつたん形成された根元曲がりが小さくなるという傾向がみられます。これは、樹体の重量の増加に伴い、湾曲した幹の一部が接地あるいは地下にもぐつた時に、その部分から根が次々に発生し、この根が異常な早さで太り、根元の曲がつた部分を埋めてしまうからです。つまり、この根と根元部分の幹との共同作業によって、谷側方向へ偏つた旺盛な成長が行われるようになり、曲がつた根元部分に曲がりをなくすように新しい年輪が加わっていきます。ついに、外見的に曲がりが回復したようになります。

このような状態になると、根元はより一層しっかりと固定されるので、その後の安定した成長をするための基盤ができあがります。これは雪圧に耐えながら生活し、やがて成長とともに雪圧の影響から抜け出るための合理的な仕組みです。

また雪国の樹木は、たとえ若い時に雪圧によって押しつぶされ、折れたり割れたりしたとしても、ちゃんと生き延びる方法を身につけています。傷を受けた部分は樹皮が巻き込んだり、傷を直す癒傷組織ができて回復するし、折れたりした時は萌芽が発生して新しい枝となります。このような方法で生き延びてさえいれば、りっぱな林となるチャンスをつかむことができるのです。

(小野寺弘道)

## 地下の陣取り合戦

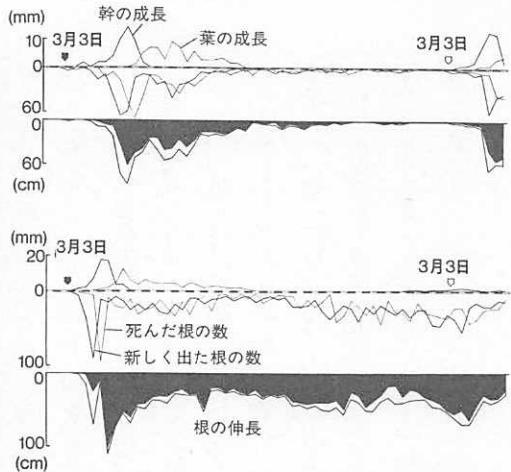
木の根は、その先端にあつて成長を分担している細胞(根冠)内にセットされたセンサーを通じて重力を感じ、重力の方向に伸びていきます。また、根は、自分自身が持っているアンテナで自分の進むべき方向を選択できるという、まさに隠れた才能をも備えています。ですから、植えられた場所の条件次第で根の形が変えられることもあります。木の種類ごとにだいたい決められた姿・形の根がつくられていくわけです。

狭い地面の上に多くの木が生活しようとしても、土壌の中にはそれら全部を養っていきけるほどのスペースはなく、養・水分にも限りがあります。そこで、木の間根の張り合い競争が起こり、結果として性質や習性の違った根がじょうずに自分たちの生活基盤を見つけることができれば、お互いに共存・共栄しつつ美しい森林を構成していきけるのです。

それに比べ、同じ年齢の苗木が一斉に植えられる人工林のように、同じものが一カ所に集められると、やがて非常に激しい生存競争が始まります。その結果、樹木間に大小の差が生まれ、その中の弱者から消えていくのです。こうした現象について、地上に出ている部分の生育が悪いと根が弱まると考える人、その逆を考える人の二通りありますが、根の生物反応が地上の器官に比べはるかに敏感であるという実験結果があり、後者のほうが妥当性があるようです。



陣取り合戦の尖兵  
若い根が周囲に多くの根  
毛をまわって突進する



アカマツ苗木の地上部と地下部の1週間ごとの成長  
自然温度での(上)、地温を高めた時の(下)1年間の成長の様子

ところで、根が安住の地を見つけたにしても、いつも養・水分の吸収が順調でなければ、木は衰退の道をたどるほかありません。その際、重要な役割を果たすのが根毛とか菌根という繊細で初々しい部分なのです。しかし、それらは常にみずみずしい若さにあふれているからこそ、その価値が認められているのであり、時の経過とともにその機能も弱まり、旺盛な新陳代謝の犠牲にされることはやむを得ません。

つまり、木の根は自分自身を地球上に固定し、木の成長を維持するために、幹・枝・葉に見合うだけの量をより太い根として残しながら、機能を失った根毛や菌根を容赦なく切り捨て、新しい根毛をつくり、また菌根を活用しているのです。もちろん、こうして切り捨てられたものは土壤中で微生物などによって分解され、養分として再利用されているのです。

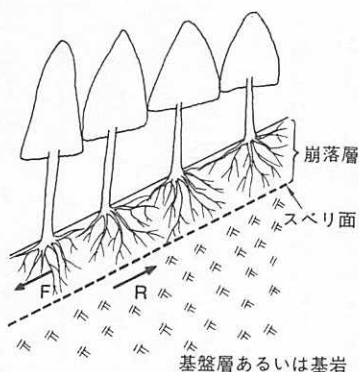
(佐々朋幸)

## 土の中の力持ち

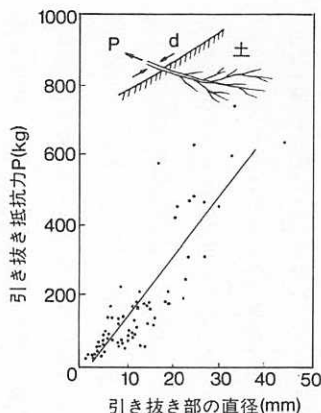
樹木の根は土の中の養分や水分を吸収する作用のほかに、大きな樹体を支えたり、生育基盤である土壌層を固定したり、山崩れを防止するなどの重要な役割を果たしています。その力は根がとても複雑に何度も曲がったり、枝分かれして土壌中に侵入し、土壌を保持することによって生じます。土の中から根を引き抜く時の抵抗力を測定して、この力の大きさを推定すると図の右のようになります。これによると、直径十<sup>ミ</sup>の根だと約一四〇<sup>キ</sup>、直径二十<sup>ミ</sup>の根では三〇〇<sup>キ</sup>といったとても大きな抵抗力があることがわかります。

根の山崩れを防ぐ機能もこのような力によって発揮されるのです。図の左に示すように、山崩れは土の重さの斜面方向の分力(F)が土の抵抗力(R)を上回る面を境にして、その上部の土壌の層が崩れ落ちる現象です。この面はスベリ面と呼ばれています。根の効果は、スベリ面を横切つて根が存在する場合を考えると、スベリ面より下部に侵入している根が、おもに引き抜き抵抗力によって上部土層の崩落を阻止する形で現れます。いいかえれば、根は土の抵抗力を増大させて山崩れ防止に貢献しているのです。ですから、根の量が多い地表面近くでは抵抗力も非常に大きく、スベリ面が生じることはいけません。そこから、根がほとんど分布しなくなる深さになると、抵抗力が弱くなり、スベリ面ができやすく、山崩れにつながるのだと考えられます。したがって、山崩れが少ない斜面とは、木の根がより深くまで分布している斜面や、根が堅





山崩れの模式図 F > Rの時、スベリ面より上部の崩落層が崩れる



引き抜き部の直径(mm) 根系を土の中から引き抜いた時の抵抗力Pと、根系の元の直径dの関係

い基盤層や基岩の亀裂に侵入している斜面で、抵抗力の弱い部分がなく、根の効果が十分に發揮されている斜面と考えられます。木を伐採した場所や植えた木がまだ小さい林で山崩れが多いのは、古い根は腐ってしまい、新しく植えた木の根はまだ十分発達していないことが原因です。

次に、根の効果が引き抜き抵抗力だけで發揮されると仮定して、具体的な数字でその効果をみてみましょう。スベリ面の抵抗力が二〇〇〇kg/平方メートルの土で、一平方メートルに直径十センチの根が一本侵入していたとすると、抵抗力は二二四〇kg/平方メートルになり、六・五%が根による効果と推定できます。同じ大きさの根が二本だと、その効果は十二・三%にもなります。このように、わずかな根でも非常に大きな効果があり、まさに木の根は土の中の力持ちといえます。

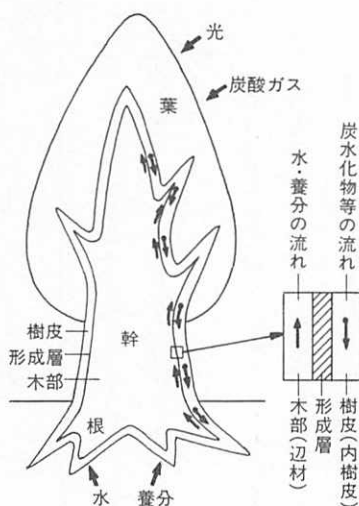
(阿部和時)

## 切株から方角がわかるか

一人で森の中を歩いていて獣道に迷い込んでしまった。磁石もないし、雨も落ちてきた。どうしたものかと切り株に座り込んで考えていると、切り株の年輪の形がどうもおかしい。「そうだ、年輪の幅の広い方向は成長が早いのだから南を向いているに違いない」と気が付いて、それで助かったという話を聞いたことがあります。本場に正しい判断だったのでしょうか。年輪がどうしてできるかは別の項目に任せるとして、確かに年輪の形がきれいな同心円をしていることは少なく、たいがいはこちらかあの方向に広くなっています。

木が太るのは、形成層で細胞が分裂し、細胞が大きくなるためです。一本の木の中で、ある一方方向だけの成長がよいのは、その方向の細胞の数が多く、一つ一つの細胞も大きいものが多いためです。それでは細胞を分裂させたり、大きくしたりする物質はどこでつくられ、運ばれてくるのでしょうか。針葉樹を例に考えてみましょう。木の中の水分、養分、糖などの流れを図に示しました。根から吸収された土壌中の水分や養分は、木部の外側(辺材)を仮道管という両端の尖った細長い管を伝わって上昇します。この管には年輪に直角の面にたくさんの穴が開いていて、この穴を介して水は上までつながっています。したがって、水はまっすぐに上に昇るよりらせん状に昇っていき、枝を通り葉まで達します。

葉では光合成によって糖がつくられます。その糖は今度は樹皮の内側の部分、内樹皮にある篩細胞という



木の中の養・水分と糖の流れ

管を通って幹や根まで下がってきます。成長を促進させる植物ホルモンも同時に運ばれます。この管は仮道管と同じように側壁に穴をもっていて、この穴を介して糖は下へ降りていきます。したがって、まっすぐ下に降りることなく、らせん状にあるいは扇状に広がって降りていくと考えられます。こうして現在の切り株の高さでは、そこまで降りてきた糖が、植物ホルモンなどの作用によって、細胞を分裂させたり大きくしたりするのに使われたのです。このように、ある方向で成長量が多いのは、そこで使われた糖の量が多いからと考えられますが、その糖がその方向でつくられたとは限りません。切り株を見て助かった人は偶然だったのです。

また、急斜面は生えている木はたいてい根元が曲がっています。その場合、針葉樹では斜面の下側で年輪幅が広くなり、濃色で他の部分とはつきり区別できる、いわゆるあて材という異常な部分が形成されます。このような場合は切株の年輪幅の広い部分は方角に関係なく斜面の下に面した側になっています。一方、広葉樹の場合は、逆に斜面の上側で年輪幅が広がります。

(三輪雄四郎)

## 生きている化石

秋になると葉の色が鮮やかな黄色に変色し、ギンナンが実るイチヨウは、街路樹や庭園樹として私たちになじみ深い木の一つです。しかし今から約三〇〇年前の西欧では、イチヨウはすでに絶滅した植物だと考えられていました。

イチヨウは化石の研究から、中生代といわれる今から約一億年前に世界中で栄えた植物であったということがわかっていたからです。そのために、長崎からオランダに帰った医者によって、日本にイチヨウが存在しているということが伝えられて、西欧の研究者に大きな衝撃を与えました。化石としてでなければ見ることのできない太古の植物が、遠く離れた日本に残っていたからです。進化論の父として有名なダーウィンは、イチヨウを「生きている化石」と呼びました。

このような過去の地質時代に栄えながらも、現在では細々と生き残っている「生きている化石」はまだほかにもあります。

植物で有名なのはメタセコイア（アケボノスギ）というスギ科の樹木です。メタセコイアは、約一億年前から二〇〇〇〜三〇〇〇万年前にかけて北半球の各地で栄えたことが化石の研究でわかっています。それではメタセコイアが絶滅したのはいつのことでしょうか。そしてそれはなぜでしょうか。

日本でメタセコイアの化石が見られるもつとも新しい地層は、東京や大阪などの周辺の丘陵の骨格を形づくる地層です。それは約二〇〇万年前から数十万年前に堆積しました。メタセコイアの化石は、これらのひと続きの地層の中ほどより下部に見られる粘土層の中から、フウ、イチヨウ、オオバタグルミ、オオバラモミなどの化石といっしょに見つかります。花粉や海にすむ有孔虫の化石などから、これらの地層が堆積したころは、今と同じか、または少し暖かい気候だったと考えられています。

しかしその上に重なる地層からは、これらの化石は発見できず、代わりにシラベ、グイマツ、チョウセンゴヨウ、ヒメバラモミ、ミツガシワといった現在では高山や亜高山で見られるような植物の化石が出てきます。氷河時代が訪れ、寒い気候になったためです。そのために世界中でメタセコイアやイチヨウなどの植物が絶滅したと考えられました。

ところが、一九四五年に中国の四川省でメタセコイアの大木が発見され、世界中に大反響を巻き起こしました。中国のメタセコイアのたねはアメリカで育てられ、苗木になって一九四九年に約七十万年ぶりに日本に帰ってきました。

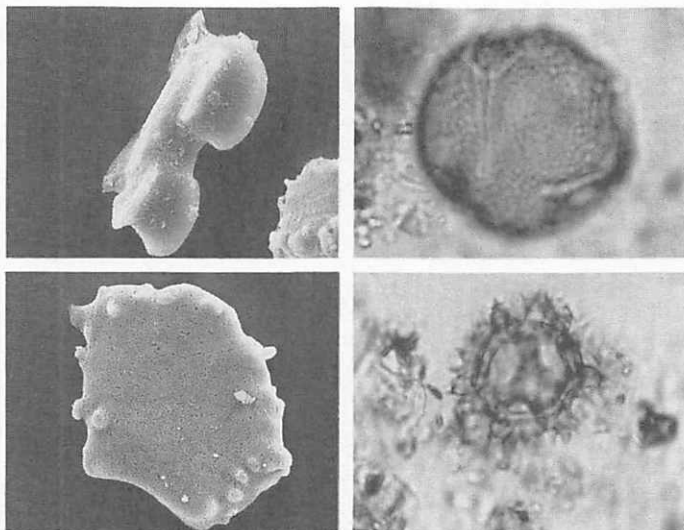
イチヨウもまた日本では約一〇〇万年前に絶滅しましたが、中国の南部に生き残っていて、仏教が伝来した時に運ばれてきたといわれています。

(吉永秀一郎)

## 土が語る縄文の森

数千年の昔、私たち日本人の祖先は、日当たりの良い山裾の丘に小さい集落を構え、縄文土器を使った生活をしていました。稲作を知らなかった縄文人は、おもに森からの恵みに頼って生活していたと考えられています。そのころの森はどんな様子だったのでしょうか。森の歴史はどうして調べるのでしょうか。

私たちは日本の各地で発掘され、保存されている縄文時代の住居跡を見ることができません。遺跡の発掘は、ことば通り表土を相当深くまで削り取って昔の表土を露出させます。縄文の住居跡はたいい土砂崩れや洪水などで埋まる恐れのない小高い丘の上に構えられています。それなのにどうして遺跡は埋まるのでしょうか。そうです、表土の材料は空から降り積もったものなのです。日本には火山が多く、火山灰が降り積もる場合もありますし、積雪の中にある空中のちりも積もれば山となるたとえのとおり厚い表土となります。少しずつ積もった表土の中には、土器や石器と一緒にいろいろな植物の遺体も埋まっています。植物遺体のうち、花粉や植物珪酸体(植物が珪酸を集めて固まりにしたもので、植物体を支えるのに使うといわれています)はこの表土にも大量に含まれているので、これを分析すれば遠い昔に生えていた植物の種類を知ることができます。地層は下から上へと順番に堆積しますので、深い所から表土まで、幾層かに区切って各層から採取した土から花粉や植物珪酸体を取り出し、その種類を調べます。分析の結果をグラフにしてみると、あ



土壤中から分離したブナ(右上)とキク科(右下)の花粉, およびススキ(左上)とチシマザサ(左下)の植物珪酸体

る種の花粉は表層になるにつれて増え、別の花粉は逆に減ることがわかります。花粉には虫媒花粉と風媒花粉とがあつて、前者は母樹の近くにしか散布されませんが、後者は比較的遠くまで風で運ばれます。花粉の種類とこれらの性質を考え合わせると、ある場所にどのような森があつて、それがどのような変遷をたどつて現在に至つたのかを知ることができるのです。

このようにして調べた縄文以降の森の歴史は、たいへんドラマチックです。うっそうとしたブナ林であつた所が、ある時、突然にマツ林や草地に変わります。たいてい縄文後期から弥生時代にかけてのできごとです。それは、私たちの祖先の縄文人や弥生人が森を破壊したためと考えられています。

(河室公康)

## ハイマツのない高山

皆さんは日本アルプスに登ったことがありますか。たぶん日本アルプスに限らず、高山植物が咲き乱れるお花畑を歩くか、写真で見た経験をおもちでしょう。日本の高山の植物には、お花畑を彩っているチングルマ、ハクサンイチゲ、コマクサのような草や小灌木もありますが、もう一つ忘れてならないものにハイマツがあります。では、日本の高い山にはどこでもお花畑やハイマツの林があるのでしょうか。お花畑はあります。ところがハイマツについては、富士山のように高山ではあるが生えていない所があります。どうしてでしょうか。これにはたいへん面白い歴史があるのです。まず、ハイマツという木はどんな木なのでしょう。

ハイマツはマツ科マツ属の常緑針葉樹で、名前のとおり幹が地面をはい、高さは一からせいぜい三層程度にしかありません。ユーラシア大陸東部の寒い地方に分布し、日本では中部地方以北で見られます。垂直分布帯では亜高山帯、気候帯では亜寒帯の植物(表)で、中部地方では海拔およそ一四〇〇〜二九〇〇メートルの範囲の高い山に生えています。富士山(三七七六メートル)にもあつてしかるべきなのですが、実際には生えていません。ハイマツは、氷期には現在よりもっと南にまで分布していたと考えられています。そして氷期が終わり、地球が暖かくなるにしたがい北へ退き、一部は寒い所を求めて中部地方の高い山へも登っていき、現在の分布ができたものと考えられています。およそ一万年前のことです。



垂直分布帯		気候帯	優占種による植生帯	
高山帯		寒帯	ヒゲハリスゲ帯	
上部亜高山帯	亜高山帯	亜寒帯 (または冷帯)	ハイマツ亜帯	ハイマツ-
下部亜高山帯			シラビソ亜帯	シラビソ帯
山地帯		上部温帯	ブナ亜帯 クリ亜帯	ブナ-クリ帯
		下部温帯		
低地帯		亜熱帯	シイ・カシ帯	

植物の分布 (大場 1978 を改変)

一方、そのころの富士山は激しい火山活動を起こして  
 いました。およそ一万年前から数千年前にかけて、富士  
 山は幾度となく噴火し、溶岩を噴出しました。今日の富  
 士山の姿はこの時期にできたものです。氷期の後、寒い  
 所を求めて移動していたハイマツにとって、溶岩の噴出  
 を続ける若い富士山は、とても登れるような山ではな  
 かったに違いありません。そして富士山の活動が穏やか  
 になったころには、気候は温暖になっており、ハイマツは  
 もうずっと北や他の高山の上へ去ってしまいました。つま  
 りハイマツは富士山に登れなかったのです。同じ理由でハ  
 イマツが分布していない山には、浅間山などがあります。  
 とところで、たねさえ運ばれてくれば、富士山にもハイ  
 マツが分布する可能性はあります。しかし、環境の厳し  
 い高山ですから群落にまでなるには、相当にたくさん  
 のたねが運ばれてくる必要があります。

(清野嘉之)

## つるは右巻きか左巻きか

自分の体をまっすぐ支える組織をもっていないつる植物は、他の植物に取りついて上へ上へと成長していきます。この取りつき方には、枝や葉の変形した巻ひげを茎から出して他の植物に絡みつき伸びていくタイプ（ヤマブドウ、コボタンヅルなど）、気根、吸着根などの根状の組織で他の植物に付着し伸びるタイプ（イワガラミ、ツタウルシなど）、ただひたすら枝を出し、他の植物によりかかって伸びるタイプ（ノイバラ、クマヤナギなど）、そしてつるの成長点が他の植物の幹に巻きつき旋回して伸びるタイプ（フジ、ツルウメモドキなど）があります。

つる植物の中でいちばん一般的なものが最後の巻つき型の植物ですが、これには右巻き、左巻きがあることは広く知られています。左の表は、森林でよく見られる巻つき型つる植物について、巻つき方向を示したものです。巻つききの方向は種類によって一定です。北半球、南半球によって異なるとか、植物の系統分化に深くかわり、科、属によって違うといったことがあればたいへん面白いのですが、残念ながらこうした規則性はありません。したがって、つる植物にとつて左右の違いはあまり深い意味をもたないようです。つる植物の巻つききほどのように起こるのか。小学校の理科の授業で、アサガオのつるの巻つききがよく観察されますが、そこで明らかなのは、つるの伸長に伴い、支持植物（つるの支えとなる植物）をさがす運

科名	属名	種名	巻きつき方向
マメ科	フジ属	フジ ヤマフジ	右 左
	ホドイモ属	ホドイモ	左
	ノササゲ属	ノササゲ	左
ヤマノイモ科	ヤマノイモ属	キクバドコロ オニドコロ ヤマノイモ	右 右 左
アケビ科	アケビ属	アケビ ミツバアケビ	左 左
マタタビ科	サルナシ属	マタタビ シラクチズル	左 左
スイカズラ科	スイカズラ属	スイカズラ	右
モクレン科	マツブサ属	マツブサ	右
ニシキギ科	ツルウメモドキ属	ツルウメモドキ	左
アカネ科	ヘクソカズラ属	ヘクソカズラ	右
キキョウ科	ツルニンジン属	ツルニンジン	右
ガガイモ科	オオカモメズル属	コカモメズル	左
リンドウ科	リンドウ属	ツルリンドウ	右
ツツラフジ科	アオツツラフジ属	アオツツラフジ	左

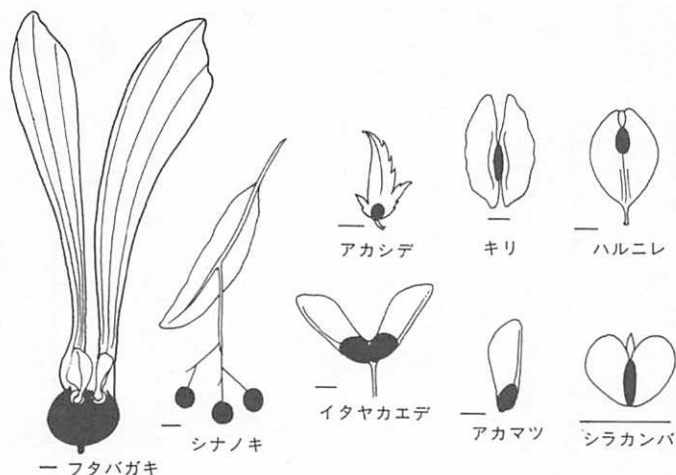
おもなつる植物の巻きつき方向

動が見られ、上方向に伸びる時のみ巻きつきが可能であり、支持植物がある太さを超えると巻きつきができないことなどです。このことは、巻きつきがするの上方への伸長に関係することを示しており、その際、茎の繊維細胞の並びに発生するネジレが原因であると考えられます。実際、ツルウメモドキやクズなどが地表をほう場合に巻きつきは見られず、反対に支持植物がなくても茎が立ち上がる場合には茎にラセン状の成長が見られます。いずれにせよ他の植物を支えとして成長するつる植物は、右であれ左であれ支持植物にとつては茎をしめつけ、葉を覆って光を奪うやっかい者であることは間違いありません。(鈴木和次郎)

## 空飛ぶたね

木のたねにはさまざまな形があります。翼を付けたたねをもつ仲間についてみても、いくつもの種類があります。例えば、トネリコやマツなどのたねは、たねの本体に一枚の翼を付けた形をしています。カエデでは、このような形のたね二個が一緒になってプロペラのような形になっています。シダやシナノキも一枚の翼を付けた形とみることができます。このほかに、たねの周りに翼が付いて平たい形のものがあります。カンバ、ニレ、キリ、ハンノキなどです。また、ポプラやヤナギのように、翼の代わりに綿毛を付けたものもあります。熱帯のフタバガキ科の木のたねは、羽根つきの羽根のような形をしています。

このような翼は、単なる飾りではなく大切な働きをしているのです。翼があると、落下する時にたねは回転します。マツのたねを高い所から落としてみると、ヘリコプターの回転翼のようにきれいに回転しながら落下します。回転することによって落下速度が小さくなり、滞空時間が長くなります。翼を外したアカマツのたねは秒速五・三六メートルで落下しますが、翼があると一・三三メートルとゆっくり落ちていきます。滞空時間が長くなると、風で運ばれる距離も長くなります。風速五メートルの時に十五メートルの高さからアカマツのたねを落とすと五十六メートル離れた所まで運ばれる計算になります。同様な計算をすると、スギは二十三メートル、キリは六十八メートル、アサノハカエデは四十七メートルとなります。



翼のあるたね 黒い所がたねの本体のある部分。横線は5mmの長さを示す

木は大地に根を張り、移動しません。しかし、長い目でみれば生育場所を変えたり、分布を広げたりして移動しています。動かない木の移動手段、それがたねの役割の一つであり、その働きを効率よくするのがたねの翼です。たねを運んでくれるものは、風のほかに鳥や獣、水などがあります。この場合には、たねは翼をもつ必要はありません。それぞれに適した色・形をしていけばいいのです。

日本にはおよそ九十九科の木本植物が自然に生育または植えられています。この中の三十二%の科が風に運ばれやすい形のたねをもっています。もっとも、同じ科の中でも、また同じ属の中にあっても、すべての木のたねが同じような形をしているとは限りません。このような形の違いは種の歴史や生活条件への適応を示しているものと思われまます。

(横山敏孝)

## ドングリの行方

春咲いたナラの花が、ドングリとなって木から落ちるのは秋です。このころの山は、アケビやヤマブドウ、クリ、トチ、ブナなどいろいろの木の実のなるころで、山の獣や鳥たちが大喜びする季節です。

地面に落ちたドングリは、これらの動物のえさになりますが、一部は樹上でも食べられています。ドングリを食べるのは獣ばかりではありません。鳥も重要な役割を果たします。

長野県の菅平高原で行った調査では、カケスが大量にドングリを運び、しかもナラの分布を拡大するのに役立つていました。えさ台の上にドングリをまとめて置いたところ、カケスがやってきて五、六個ずつくわえて運び、一個ずつ地面に掘った穴に入れ、コケや落葉で覆って隠しましたが、一週間以内にその半数以上がまた別の場所に運ばれました。後で食べるために貯蔵しておくのだと考えられますが、食べ忘れたり、貯蔵した持ち主が死んでしまったりすると、ドングリは翌年芽生えることとなります。その結果、近くの松林の中にミズナラの芽生えがたくさん発生するなどということになりました。

ノネズミも重要な摂食者であり、運び屋です。ケージを使った試験によると、カゴの中に置いたドングリはほとんどの場合、巣室内ないしケージの特定の隅に運ばれ、そこで食べられました。囲いの中の野外試験でも、アカネズミの一日の摂食量を大幅に超える量のドングリが消失したことから、まずとにかくドング

りを運び、それから食べるのがノネズミの習性と考えられます。さらに、北海道での試験では、林内に置いたドングリを同じエゾアカネズミが繰り返して運んだところが自動カメラで撮影され、さらに置き場所周辺に数個ずつ分散貯蔵することも確かめられました。また分散貯蔵の後、巣穴に貯蔵し直すことも明らかになりました。

ドングリの親木が全然ない海岸の林の中に、カシワやナラの芽生えがしばしば見られますが、これには鳥や獣たちのこのような働きが関係していることと考えられます。

しかし、実際にはやはり木から落ちたものがそのまま芽生えることがいちばん多いのです。ドングリが地面に落ちると、その後を追いかけるように落ち葉が積もります。落ち葉が布団になってドングリは翌年の春まで眠ります。布団が十分にかかっていないと、乾燥して死んでしまうこととなります。また北の地方や山の上の寒い所では、ドングリが凍って死んでしまうこともあります。一方、暖かい所では、秋のうちに根を伸ばしてしまいうこともあります。

冬が終わり、春がきて地中の温度が5°Cを超えると、ドングリは水分さえ十分であれば盛んに根を伸ばし始めます。地中の根が伸びると、続いて茎を十数cmの高さに伸ばして芽生えとなるのです。

一本の木になるドングリの量は、木の大きさや樹齡、林の状態でさまざまです。直径八十cm、樹高十五mの孤立木に四万六〇〇〇個なった記録がありますが、普通は多くても一万個ぐらいです。 (櫻井尚武)

## ハイマツは這松か

北アルプスなどの高山に登り、モミの仲間のアオモリトドマツやシラベの森林を過ぎると、地表をはったマツが見られるようになります。ハイマツです。《這う松》がハイマツの語源で、江戸中期元文元年に高遠の藩士坂本天山の著した「駒岳一覽之記」に《這松》の文字があります。

今から約二万年前、日本にもナウマンゾウがいた最終氷期に東シベリアがふるさとのハイマツは日本列島を南下しました。この時期の年平均気温は現在より約七度低く、東京の気温が現在の札幌の気温に等しいほど寒冷化していました。しかし、その後の温暖化によってハイマツは高い所に追い上げられて現在のような分布になったと考えられています。こうした地史的な理由もあって、新しい火山である富士山や男体山にはハイマツは分布していません。

ハイマツは北アルプスでは標高約二〇〇〇mを超えた所から、北海道中部では八〇〇m前後から上部に生育する五葉松の一種で、通常高さは一層内外、高くてもせいぜい三層以下で、枝を長く伸ばし、しばしばその伸ばした枝から根を出し繁殖します。そのために群落の中は非常に込み合っており、幹と枝の区別がつかないことがよくあります。ハイマツの幹と枝はたいへん弾力性に富んでいます。この弾力性と、はう性質が、高山に生育できる大きな理由です。ハイマツは風が強くて礫の多い所、そして冬には隠れる程度の積雪があ



る所によく見られます。雪が深い所ではかえって生育できません。ハイマツは丈の高い木が生育できない所に生活の場所を見出し出しているのです。

ハイマツは成長が遅く、幹の直径が数<sup>サツ</sup>でも樹齡二〇〇年を超えるものもあります。しかし群落は密に込み、他のマツ類よりも三倍もの葉の量をもつため平方<sup>サツ</sup>当たり一年間に一・六<sup>サツ</sup>(絶幹重)の成長量が推定された例もあります。これは高山帯ツンドラの五倍の成長量にあたります。常緑葉をもつハイマツは、雪解けとともに雪をはねのけて光合成を開始することで短い生育期間を有効に利用しています。

ハイマツは低い場所に植えてもはうのでしょうか。答えは、はうともいえるし、はわないともいえます。はわないといっても普通のアカマツやクロマツとは異なつて、直立することはきわめてまれで、枝を大きく張りながら斜めに伸びていく性質を残します。普通は高さ四〜五<sup>サツ</sup>に達しますが、まれに直径十五<sup>サツ</sup>もの立つたハイマツも見られるようです。しかし、個体による差もあり、すべてのハイマツが立つというものでもなさそうです。

同じ五葉松の直立する種類にキタゴヨウ(別名ゴヨウマツ)があります。ハイマツと似ていますが別種です。簡単な識別法は、たねの形態で、翼をもたないものがハイマツ、翼があるのがキタゴヨウです。この二つの種は雑種をつくることもあり、ハッコウダゴヨウと呼ばれています。ハッコウダゴヨウは普通斜めに伸びますが、山頂などではハイマツと同じようになっています。

(金澤洋一)

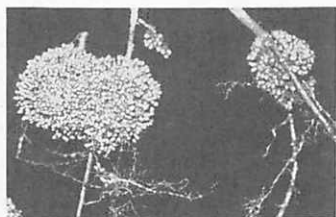
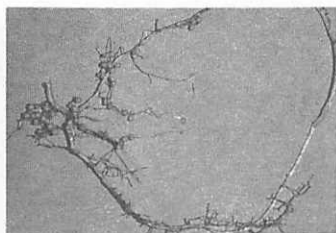
## やせ地に強いマメの木

海岸砂丘のクロマツ林では、マツの中にマメ科のニセアカシアが侵入してニセアカシア林になってしまつた所もあります。住宅用に新たに造成した場所でも、放置しておくトススキやアカマツとともにマメ科のハギの仲間やクスがしばしばびこります。これは、マメ科の植物の根に共生した根粒バクテリアが根粒をつくり、空中窒素を固定して植物に供給するため、砂丘や造成地のようなやせ地に耐え、土地を肥やすことができるからです。

マメ科以外にも、ハンノキ属やグミ属、ヤマモモなどが根粒をつくる植物として知られていますが、これらの根粒は放線菌の共生によってつくられるので、最近では放線菌根とも呼ばれています。この放線菌根もマメ科の根粒と同じように空中窒素を固定するものと考えられ、マメ科樹木と共に肥料木と呼ばれ、ハゲ山や山崩れ跡、あるいは海岸の砂地の緑化に使われてきました。

マメ科植物の根粒は大部分が一年で更新します。自然状態での根粒の量を正確に計つた例はありませんが、アカシア・モリシマを水耕栽培した実験では、根粒の生の重量が木全体の生重量の10%にもなつた例があります。マメ科以外の根粒植物の根粒は多年生で、毎年成長して数センチから十数センチになるものもあります。

スギやアカマツの葉には一〜一・五%の窒素が含まれていますが、マメ科やその他の根粒植物では三〜四・



ハギの根粒(右上)とヤシャブシの根粒(右下), ハギの内生菌根(左)  
左の写真の濃い部分は根の組織の外の菌糸。ふくらんで付着器をつくり、根の中へ入る(薄い部分)

五%の窒素が含まれており、ハンノキの純林では落葉によって一畝当たり一年に一〇〇gの窒素が供給されると計算された例もあります。

これらの植物は、細菌や放線菌と共生して根粒をつくるとともに、内生菌根菌という糸状菌と共生してVA菌根という菌根をつくることが知られています。以前は、根粒植物の根粒による窒素固定だけが強調されていましたが、最近では、寄主植物、根粒菌、菌根菌の三者の相互作用が注目されています。

寄主植物は光合成産物を根粒菌と菌根菌に供給し、根粒菌は植物の光合成産物をエネルギー源として固定した窒素を、菌根菌は広く張り巡らした菌糸を利用して吸収したりンや他のミネラルや水を供給し合っており、お互いに利益を受けているものと考えられています。

(山家義人)

# 一人立ちでできない植物

春から夏にかけて、薄暗い林内の落ち葉が厚く積もった地面に、手のひらぐらいの大ききでタツノオトシゴのような形の、全体が真っ白な奇妙な植物を見ることがあります。一見キノコのようにも見えますが、株立ちした茎にはウロコのような葉があり、茎の先には下向きの花がついています。緑色の部分はどこにもなく、体全体が半透明で、まるで植物の幽霊といったところですが。これはギンリヨウソウ（銀龍草）と呼ばれる植物です。

ほとんどの植物は緑の葉をもち、葉緑体の働きで光合成を行い、成長のための栄養分を自給しています。しかし、種子植物の中にも光合成機能が退化して、キノコやカビと同じようにできあいの有機物を吸収して生活するものがあります。そのうち、腐った落ち葉などから養分を得るものを腐生植物と呼びます。ギンリヨウソウはその例です。生きた植物から養分を得るものは寄生植物と呼ばれ、ヤッコソウ、ツチトリモチなどが知られています。このように他の植物に頼った生活様式を従属栄養といい、葉緑体をもった普通の植物の生活は独立栄養といえます。ウメノキゴケやサルオガセなどの地衣類は寄生植物と間違われることが多いのですが、実は葉緑体をもった独立栄養植物です。ヤッコソウは四国、九州の古いシイ林に見られます。その形が大名行列でおなじみの奴の姿に似ていることからこの名を得ました。根元をていねいに掘ってみると、



ツチトリモチ(左)とヤッコソウ(右)

ヤッコソウの根がシイの根に食い込んでいる様子がよくわかります。

ツチトリモチの仲間、日本では数種類知られていますが、これも樹木の根に寄生します。特にハイノキ科の樹木に多いようです。この仲間は赤っぽい色をしているので、キノコに間違われそうですが、根元には葉が見られ、茎の先端のふくらみは、たくさんの花が集まった穂になっています。ツチトリモチの名は、地下の塊状の茎をすりつぶして水に晒すと、とりもちができるからです。また、丸い花穂の形から、山寺坊主の別名も付けられました。

ブナやエノキの大木によく見られるヤドリギは、樹木宿主から水や養分を吸収していますが、自分自身も光合成を行っているので、半寄生植物と呼ばれています。

(埴田 宏)

## 草のよさうな木・キイチゴ

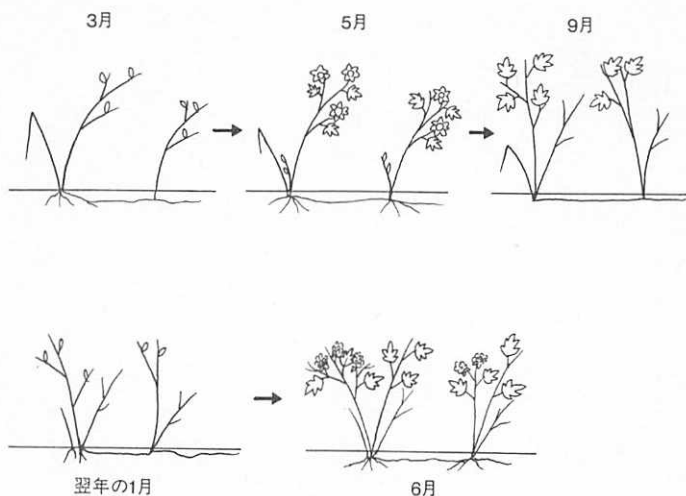
茎・枝・葉と全身を鋭いけで武装するキイチゴ類は、光が入りやすい明るい林の中や林の縁にやぶをつくっていて、山で働く人にはたいへんな邪魔者となっています。しかし、春先から初夏にかけ、黄・赤・桃色などのかわいい実をつけ、私たちを楽しませてくれます。

この時期のキイチゴを注意深く観察すると、同じ株でも実をつけている茎と、そうでないものがあり、その葉の形も著しく違っていることに気がつくはずで、実をつけていない茎は威勢よくのび、いかにも新しい茎のように見えます。これはどうしたことなのでしょう。

じつはキイチゴ類の地上茎の寿命は、多くの場合、一年数カ月と短く、図に示すように、地上部の交代が毎年行われているのです。茎は二年目に開花・結実し、枯れてしまいます。一方、同じ株から新しい茎が伸びていくため、二年目の茎が枯れるまでに地上部は新しい茎と置き換わります。

このような地上茎の規則的な交代は、北半球の冷温帯に分布するキイチゴ類に広く見られ、またその寿命も種類によって異なります。例えば、日本に比較的広く分布するモミジイチゴやクマイチゴは一年半、バライチゴは九カ月、カジイチゴは二年半といったぐあいです。

ここで気づくのは、キイチゴは、その名の通り木の仲間として扱われるのですが、毎年背丈をのばし、肥



キイチゴ類の地上茎の交代を示す模式図

大成長する普通の木とはかなり趣を異にしているという事です。セイタカアワダチソウやタケニグサなど大型多年生草本との違いは、単に地上茎の寿命の違いにさえ思えます。しかし、キイチゴの地上茎を長い枝とみたらどうでしょうか。多くの木が実をつける場合、短い枝を出し、その上に花芽が形成されます。そして実をつけた後、その枝も落としてしまいます。キイチゴの茎がこの枝に相当するとすれば、本物の茎は地下の株に圧縮された形で存在するというふうに考えられます。キイチゴ類の地上部の交代が寒冷地適応の姿とすれば、十分に考えられることなのです。キイチゴ類のように茎の寿命が短く、規則的に交代する植物には、同じ地域に生えるものとして、ほかにコウヤボウキ、カナウツギなどがあります。

(鈴木和次郎)

### 世界で一番雨の多い国・森林面積の多い国

平均降雨量の資料がない国があるためはつきりしませんが、資料のある範囲で雨の多い国を年間降雨量からみると、インドネシアの二六二〇<sup>ミ</sup>が一位で、フィリピン二三六〇<sup>ミ</sup>、ニュージーランド二〇一〇<sup>ミ</sup>と続きます。一方、雨量の少ない国をみると、エジプト六十五<sup>ミ</sup>、サウジアラビア約一〇〇<sup>ミ</sup>、クエート一二〇<sup>ミ</sup>などが世界の寡雨国となります。

森林面積をみますと、最大はソ連の九億二〇〇〇万<sup>ヘ</sup>で、以下ブラジル五億七〇〇〇万<sup>ヘ</sup>、カナダ三億三〇〇〇万<sup>ヘ</sup>と続きます。



# III 木の生理

## 天然の揚水機

現存する最も背の高い植物は、アメリカのカリフォルニア州レッドウッド国立公園のジャイアントレッドウッド(セコイアの仲間)で、一二呎、三十数階建てのビルに相当します。このビルの最上階に重力に逆らつて水を供給するのに、どれくらいの力が必要でしょうか。水柱は十呎で約一気圧の圧力に相当しますから、一二呎では十一・二気圧、仮に断面積が手のひらより少し小さい一〇〇平方呎の配水管を用いるとすると、なんと一二二〇磅、一ト以上の力が必要となります。木の場合は、さらに土壤から根への吸水抵抗や樹体内を水が通る時の摩擦抵抗が加わるので、その一・五倍から二倍の力を要することになるでしょう。

このように大きな力を要する樹液上昇のメカニズムについては、古くから数々の推論がなされてきました。春、葉が開く時期にカンバ類やクワなどの幹を切断すると、切口から樹液があふれ出します。これは植物の根に水を吸収し、押し上げる力、いわゆる根圧が存在することを示しており、この根圧を重要視する説もありましたが、蒸散が盛んで大量の水を消費する樹種の場合、木部に負圧が生じていることが明らかになったのでこの説は発言力を失いました。また、根や幹の生きた細胞が律動して樹液を押し上げるという説は、幹を熱や毒素で殺しても樹液の上昇が止まらないことから否定されました。これらの論争に終止符を打ったのは、蒸散によつて吸水力が生じ、根から葉にいたる水柱がこの吸水力で引き上げられるという凝集力説です。

凝集力説では、水を土壤から吸収し、重力や樹体内の摩擦抵抗に逆らつて、樹冠上部まで引き上げる駆動力が生じることが第一の前提となります。初めに述べた見積りによれば、一〇〇ギを超える高さの木で、樹冠上部の木の負圧はおよそマイナス二十気圧が必要となりますが、日中の木の負圧はマイナス六十〜八十気圧まで低下する場合があることがわかつており、水上昇に必要な駆動力は十分保証されています。

もう一つ、凝集力説で重要なことは、樹体内の水が、数十気圧もの張力下でも葉から根まで連続性を保ち得ることです。太い管の場合、水を引き上げようとしても、十ギを超えるると真空が生じ、それ以上は上昇できません。しかし、数<sup>ロシク</sup>から数百<sup>ロシク</sup>の道管、仮道管の場合、水分子同士の凝集力が十分大きく、さらに湿った道管壁、仮道管壁との水和作用が強いことから、水柱の連続は保証されています。遠心力を使つて毛細管中の水柱を切断する実験で、二十七°Cの常温でおよそマイナス二二三気圧もの負圧を要するという結果も得られています。

木は一〇〇メートルを超える高さまで水を引き上げるのに成功しましたが、この木部負圧によつて葉の乾燥問題が生じることになりました。多くの樹種では、木部負圧がマイナス八気圧に下がると水分不足によつて光合成が低下し始めます。すなわち、五十ギを超える木では、その樹冠上部は四六時中水分不足の状態におかれることとなります。高さを維持し、光の奪い合いで有利に立つ高い木は、光を多く受ける樹冠上部の水分不足に悩むという矛盾を抱えているわけです。

(丸山 温)

## 木はなぜ巨大になれないのか

葉は木を成長させる工場のような所ですから、この工場が大きいか、活発に働いているかどうかで木の成長が決ってしまいます。木は根から水と養分を、葉からは炭酸ガスを取り入れ、光をエネルギーとして、葉の中で木の成長に必要な化合物を合成しながら成長していきます。このような原料の取り入れや、合成に必要な条件が十分に整えられると、どんどん成長し、短期間に大木となります。しかし、自然の状態では成長の原料である養分や水などが不足したり、光や温度・風などの気象条件が不適であったりして、成長が制限されています。さらに病気や害虫の被害のため、成長の能力を十分に發揮していないのが、私たちの見る木の姿です。

どこまで木が大きくなれるか、実験した例はありませんが、高さ一〇〇フィートの木の先端についている葉でも水の供給を受けることができます。養分も水と一緒に流れていきますので十分供給されます。実際にオーストラリアでは、高さ二五〇フィートのユーカリの木が記録されています。また、木は健康で葉が十分生い茂っていると、高さの成長は止まっても太さの成長を続けることができます。記録されている世界で最も太い木はアメリカのセコイヤという種類の木で、目の高さの位置で幹の周囲が六十フィートもあります。日本にはこのような大きな木はなく、高さではスギの約五十フィート、太さではクスノキの幹の周囲が約二十四フィートの記録があります。

世界記録の半分以下の大きさしかありません。

木の高さを制限する原因はいろいろありますが、いちばん大きな原因として風が挙げられます。海岸では波打ち際に近い場所の木の高さが最も低く、遠くなるにしたがってだんだんと高くなってきます。また風の強い所では、風によって幹の先や枝が折れ、その傷跡から病原菌が侵入して木を弱らせたりします。このため、数百年も生きることができ、大木とされる木でも寿命になる前に枯れてしまいます。次に、木が高く、大きくなるためには、大木が強い風でも倒れない丈夫な根が必要です。根が入れないような硬い土壌の層がある所では、木が高くなると風で倒れてしまい、大木にまで成長できません。ドロノキなどは林の中のどんな木よりも成長が早いので、どんどん成長して、林の上にドロノキだけが飛び出してしまうことがあります。しかし、硬い土の層のため、根が浅くしか張れなかつたドロノキが風で倒れてしまうことがよくあります。日本は台風の通り道になっていますので、世界記録になるような高い木が育たないでしょう。

木の高さが風などで制限されても、枝を広く張って、そこにたくさん葉をつけている木は、毎年少しずつ太くなることができます。それでは太さを制限している原因はなんでしょう。それは生産と消費に原因があります。葉が生産工場であるのに対して、幹や枝や根では生産物の貯蔵と消費をしています。他の木との競争や養分不足・病気・害虫の被害などが原因して葉が減ると、消費する部分の量が大きい大木ほど衰弱がひどくなり、巨木になる前に枯れてしまいます。

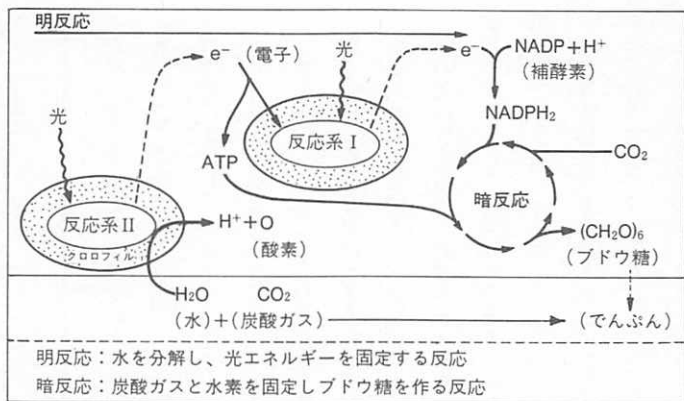
(坂上幸雄)

## ソーラーコンビナート

植物は、わずかな無機塩類を含む水と炭酸ガスと太陽の光があれば、光合成を行って成長し、その結果として生物に欠かせない二つの物質、酸素と有機物をつくり出しています。光合成は、葉緑素などの色素を含む葉緑体で行われます。葉の細胞の中にある葉緑体は、太陽のエネルギー(ソーラーエネルギー)を化学エネルギーに変換し、この化学エネルギーを利用して炭酸ガスを炭水化物に還元します。では、すべての生物の命の源ともいうべき光合成作用とはどんな仕組みで行われているのでしょうか。

まず、光合成は光を必要とする明反応と不要な暗反応に分けられます。明反応では、葉緑素でとらえた光エネルギーで水を水素と酸素に分解し、高いエネルギーをもった電子がつくり出されます。このように、植物が発生する酸素は、実は光合成で水が分解される時のものなのです。そして、この電子のエネルギーは、生物体内でエネルギーをため込み、必要に応じて放出して化学反応を進める役割をもつATPと呼ばれる物質に受け渡され、ここで光エネルギーが化学エネルギーに転換されます(反応系II)。

この電子は、光によって再び高いエネルギー状態になって、水の分解で作られた水素原子が、光合成反応を補助する役割をもつ補酵素(NADP)と結合するのを助けます。補酵素と結合した水素は、これによって反応しやすい状態になります(反応系I)。以上のように二度にわたって光エネルギーを利用する反応過程を明



光合成の模式図

反応と呼び、反応系IとIIから成り立っています。この明反応は葉緑体中のチラコイドと呼ばれる部分で行われ、水から補酵素への電子の流れを光合成の電子伝達系と呼んでいます。

一方、暗反応は、明反応でできたATPのエネルギーを利用して、炭酸ガスと高い反応性をもつ水素(NADPH)からブドウ糖を合成します。この場合、炭酸ガスは炭素が五つの化合物と結合して、炭素が三つの化合物(C3)が二個となった後に、ブドウ糖(炭素六つ)となります。この仕組みをもつ植物はC3植物と呼ばれます。また、炭酸ガスが炭素三つの化合物と結合して炭素が四つの化合物(C4)になる第一回路をもち、第二回路にC3植物と同様な過程をもつ植物は、C4植物と呼ばれています。他方、炭酸ガスの固定を夜間に行うCAM植物と呼ばれるものもあります。木はほとんどC3植物です。

このように、植物はソーラーエネルギーを唯一のエネルギー源とする優秀な化学工場ともいえます。(森 徳典)

## 木は春のセンサー

毎年、春になると木々は芽吹き、花を開きます。木はどうして春の訪れを知るのでしょうか。本題にはいる前に、まず季節と木の成長について簡単に説明しましょう。

自然界に生育している木のほとんどは、それらが生活している地域の気候に同調・適応しております。したがって熱帯の木は年中成長し続けます。しかし、成長に不利な冬のある地域の木々は、成長と休止(休眠といいますが)の二つの生育の状態を繰り返し返して生活しています。

四季の移り変わりがはっきりしている日本では、春に眠りからさめて後、初秋にかけて成長し、その間に花を咲かせ実を結びます。そして、この間に翌年伸びるための芽をつくり、冬を迎える準備に入ります。

秋の短い日照時間と気温の低下を木が感じ取り、成長を抑え、休眠を誘う植物ホルモン(ジベベルリン)の生産を葉で始めるのです。そして、鱗片で保護された冬芽を形成し、落葉樹は葉を落とし、木の組織は凍るのに対抗する方策をたて、冬に耐えられる状態となります。そして木は、生命活動を最低限まで落として、休眠に入ります。初冬期の休眠状態にあるポプラの木は、たとえ温室に移して春と同じ条件にしても、決して芽吹きません。では、このように深い眠りに入っている木が、どのようにして春を迎えるのかという本題に入りましょう。木は冬の寒さを経験することによってだんだん眠りから覚めていくのです。休眠中の冬芽は、およそ十℃



以下の低温にさらされると、成長抑制ホルモンが減り始め、だんだん眠りが浅くなり、一〜二カ月後にはいつでも芽を出すことができる状態になります。したがって、多くの木は、一月も半ばを過ぎると、気温が上がってくればいつでも芽吹ける状態になります。この場合、休眠に入る時と違って、日照時間の長さはほとんど関係しないとされています。

こうなると、早春の木の目覚めを支配するのは、まず気温の上昇ということになります。それでは、木の種類によって葉が開いたり、花が咲いたりする時期が違うのはなぜでしょうか。例えば、ウメとサクラの花が咲く時期の違いは何によるのでしょうか。どちらの花芽も休眠状態を打破するのに必要な低温期間はほぼ同じ程度と考えられています。しかし、ウメの花芽の最適成長温度は10℃前後であるのに対して、サクラでは十六〜七℃と高いことが、二つの木の開花時期が違う理由であるといわれています。サザンカの花芽のように、休眠しないものは十二月ごろからでも咲き始めるといわれています。サザンカでも葉の芽は休眠するので葉は春に開きます。このように開葉や開花の時期は、冬から春にかけての気温の変化を冬芽や葉が感じ取り、それぞれの木に適した温度に達した時に始まります。

地図上で開花期の同じ所を線で結ぶと、その線は暖かい南から寒い北へ、低地から山地へと進み、等温線とほぼ一致します。これが春を告げる花前線として親しまれているものですが、木の春の目覚めが温度に大きく支配されている証拠の一つでもあります。

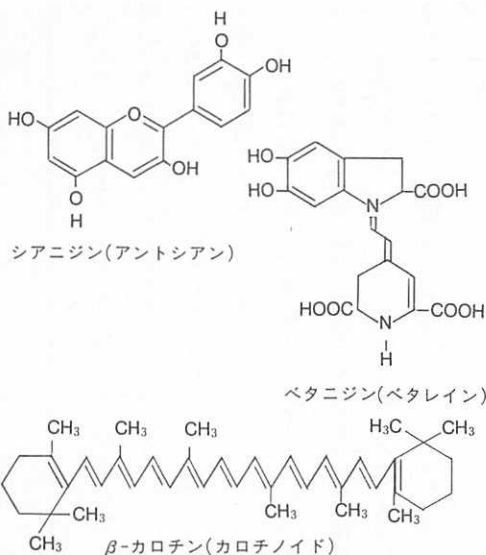
(石井幸夫)

## 紅葉・落葉・色あまぎまに

日本の四季を彩るものの中に秋の紅葉があります。一口に紅葉といっても、紅色の葉、黄色の葉、時には褐色の葉をも意味しますが、ハゼノキやモミジの紅葉、イチヨウの黄葉などはよく知られています。

紅葉はどのようにして起こるのでしょうか。木には冬になって落葉する落葉樹と、落葉しない常緑樹がありますが、紅葉は主に落葉樹で起こる現象で、紅葉と落葉とは深い関係があります。落葉というのは、葉が老化したために起こる現象ですが、葉の老化現象は複雑な過程を経て進行していきます。夏から秋にかけて日照時間が短くなり、気温が低くなると、葉の細胞内でさまざまな変化が起こってきます。光合成を担っている葉緑体が解体し、細胞内で重要な機能を果たしている核酸やタンパク質が分解され、全体として葉の働きが弱くなっていきます。このような葉の老化がある程度まで進むと、葉柄の基部に離層という特殊な細胞の集団が形成され、葉はこの部分から離れていきます。

紅葉はこのような葉の老化の進行に伴って起こるのですが、紅葉と黄葉では色のつき方が異なっています。老化する以前の葉には、緑色の本体であるクロロフィルという色素が多量に含まれており、このほかに黄色の色素であるカロチノイドが少量含まれています。カロチノイドは黄色色素の総称であり、葉にはベータカロチンを主とするカロチン類とルテインを主とするキサントフィル類が含まれています。秋に緑葉が黄変



シアニジン(アントシアニン)

ベタニジン(ベタレイン)

$\beta$ -カロチン(カロチノイド)

紅葉・黄葉に含まれるおもな色素

するのは葉緑体の解体に伴ってクロロフィルが分解し、カロチノイドが残るためです。一方、紅葉の場合は少し事情が違います。緑葉にはほとんど含まれていない紅色の色素であるアントシアニンが葉の老化に伴って新たに合成され、蓄積するために起こる現象です。このアントシアニンは、葉のタンパク質が分解されてできるアミノ酸の一種であるフェニルアラニンから、複雑な反応を経て合成されると考えられています。また、

アッケシソウやアメリカヤマゴボウなどの紅葉ではアントシアニンは合成されず、ベタレインという別の赤色色素が合成されています。しかし、秋から冬にかけて葉の能力が低下する中で、赤色素だけがなぜ活発に合成されるのかは不明です。

このように、紅葉になる仕組みは、現在の生命科学にとって重要なテーマの一つである老化現象と密接にかかわっているのですが、これにはまだ未解決な点が多く残されており、今後の説明が待たれます。

(田崎 清)

## 無重力で木はどう伸びる

例えば、マツの芽生えを水平に置くと、根は垂直下方に、幹は垂直上方に伸びていきます。このような植物の重力に対する反応を重力屈性(屈地性)といいます。水平に置かれた茎では、重力側(下方)で植物ホルモンであるオーキシンの濃度が高くなり、この部分の細胞が成長して、垂直に立ち上がります。根の場合は、同様に重力側でオーキシンの濃度が高くなるのですが、この時、根のオーキシン濃度が高くなりすぎ、そのため重力側の細胞の成長が逆に抑えられて垂直に下方へ伸びるわけです。しかし、この重力屈性という現象はもっと複雑で茎での反応にはジベレリンなど他の植物ホルモンが、また根での反応にはアブジン酸などの阻害物質が関与していることが明らかになってきました。とにかく、この反応は、植物が地中から水分やカルシウムなどの無機塩類を吸収し、地上では光を効率よく受けて光合成を行えるようにするという目的に適しています。

それでは、植物はどのようにして重力を感知するのでしょうか。トウモロコシの根には先端にデンブン粒を多く含む一群の細胞があります。根の位置が変化すると、これらのデンブン粒が重力の方向に移動し、細胞内に張り巡らされ、タンパク質の生成を行っている小胞体の一部に捕まえられるために重力の刺激を感じると考えられています。

ところで、重力がない状態で植物を育てるとどうなるのでしょうか。同じような疑問をもつ人はどこにもいるようで、最近フランスの研究者たちがこの問題を実際に調べてみました。

彼らはスペースシャトル内の実験室でレンズマメという植物の芽生えを育て、根がどの方向に伸びるかを観察したのです。マメの位置は一定の方向に固定しておきました。まず、根の伸びる速度ですが、これは地上で育てた芽生えとほぼ同じでした。ところが、根の伸びる方向は、マメの固定された位置により予想された方向から大きくはずれていました。無重力状態に置かれたために、根は進むべき方向を見失ってしまったのです。しかし、重力に反応する能力は失っておらず、二十四時間無重力状態で育てた芽生えに、遠心力によって重力をかけてやると、根は正常に重力屈性を示したのです。

電子顕微鏡による観察では、無重力状態での根の細胞内の構造は、地上で育つたものと変わりありませんでした。しかし、重力を感じる細胞内のデンプン粒の位置が地上で育つた細胞と異なっていました。このデンプン粒の変化が、無重力状態での根の伸長方向と関係があると思われるが、詳しいことはこれからの研究で明らかになるでしょう。

いずれにしても、スペースシャトルのような無重力状態でさまざまな生物学実験が可能となってきたので、これからは地上の実験では不可能だった新しい発見や観察が期待されます。

(田崎 清)

# 未練心―枯れても落ちないカシワの葉

温帯の落葉広葉樹の多くは、秋には美しく紅葉し、人々の目を楽しませてから落葉します。しかし、カシワなどコナラ属の木は、春まで枯れ葉を枝につけたままでいます。なぜカシワの枯れ葉は落ちないのでしょうか？ カシワの落葉の仕組みは、一般の落葉の仕組みとは異なるのでしょうか？

前に説明されているように、落葉は葉柄の基部に形成された離層によって起こります。離層は葉柄基部に横方向に起きる細胞分裂によってつくられ、ここで細胞間の分離が生じます。この細胞間の分離は、ペクチン、セルロース、ヘミセルロースのような細胞壁成分がおのおのの加水分解酵素の働きによって分解され、その結果、離層の力学的な保持力が弱まるために起こります。

では、この離層はいつ、どのようにして形成されるのでしょうか。離層の形成には、日照などの光要因、水ストレスあるいは大気汚染物質などの環境条件がかかわっています。一方、植物側の内的要因として、オーキシシン、アブシジン酸、エチレンのような植物ホルモンもまた離層の形成を制御しています。ここでは、コリウスという植物で行われたオーキシシンの働きに関する実験について触れてみましょう。コリウスの葉を除いて葉柄だけにすると、数日後、葉柄は落ちてしまいました。しかし、葉柄の切口にオーキシシンを塗り付けておくと、けっして葉柄は落ちません。この実験から、落葉のメカニズムをなんとか説明することができ

そうです。すなわち、若い元気な葉は葉柄にオーキシンを供給し続けますから、離層は形成されません。しかし、秋ともなると、日照などの環境要因の変化に伴って葉の老化が進み、オーキシンの供給が離層形成防止の最低値を下回ります。このことが原因となって離層が形成されて、間もなく落葉が起こります。

落葉に関する概説はこれくらいにして、そろそろカシワに話をもどしましょう。前の説明が正しければ、カシワの枯れた葉が落ちないはずがありません。カシワは例外と考えざるをえません。では、どう例外なのかを説明しましょう。英語には *marcescent* (落ちないで枯れる) といった意味のことがあり、*marcescent species* といった使い方があります。晩秋から初冬にかけてカシワの樹上には、枯死したような茶色の葉が残っています。しかし、注意深く観察してみると、葉柄の基部に緑色の生きている組織が残っていることに気が付きます。コナラ属の木の落葉に関する詳細な研究によれば、一月、二月になって初めて、葉柄基部の生きた組織で離層が形成されることが報告されています。離層が形成されて後、風などの物理的な力により、落葉が始まると考えられています。冬まで枯れた葉を付けたままでは、離層が形成されないためと説明することができます。なかなか葉が落ちない理由はもう一つあります。離層ができて細胞間の分離がすんでも、維管束によつてつながっている場合です。このケースは、維管束が太い場合にはなおさらのようです。カシワはこのケースでもあります。このように、カシワの枯れ葉が春まで落ちないで木についているのは、これら二つの原因によると考えられています。

(山本直樹)

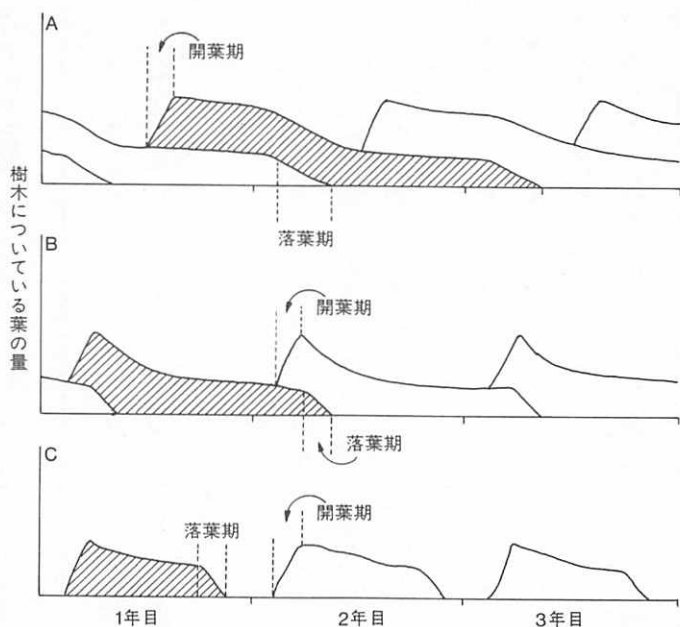
## 落葉樹と常緑樹の間

日本に住む私たちは、落葉は寒い季節にのみ起こるものと考えがちです。しかし、落葉は樹木が生育に適さない季節を生き延びるための適応で、寒い地方特有の現象ではありません。ですから、熱帯のように一年を通じて気温の高い地域でも、樹木がすべて常緑とは限りません。特に、乾期と雨期のハッキリした地方では、雨期にだけ葉をつける木からなる森林があります。これを雨緑林といいます。これに対して、日本のように、温度条件が生育に適している夏だけ葉をつける落葉樹林は、夏緑林と呼ばれます。

熱帯で植えられるゴムノキ(日本でよく鉢植えにされる種類とは違います)は、どこに植えてもごく短い間だけ落葉します。もともとゴムノキは乾期と雨期のあるアマゾン地方原産なので、落葉の記憶を木自身もっているのかもしれませんが。また熱帯のいくつかの樹種は、同じ地域に生えていても個体によって、また同じ個体でも年によって、葉を全部落したり落とさなかつたりします。落葉樹と常緑樹の間にある木といえるでしょう。

常緑樹か落葉樹かは、葉が開く時期と落ちる時期の時間的な前後関係で決まります(図)。図のAは葉の寿命が一年以上の木で、これならば落葉期と開葉期がどの季節にあっても常緑樹です。Bでは開葉期が落葉期よりわずかに早く、かろうじて常緑樹です。しかし、Cになると落葉期が開葉期より先になるので落葉樹に





常緑樹と落葉樹の違い 斜線部分は1年目に出た葉

なります。先ほどの落葉樹と常緑樹の間にある木は、生育環境やその年の気候などでBとCの間で変化する樹種ということになります。

熱帯では、こうした生活リズムには水分条件が影響しているといわれますが、体内時計のようなメカニズムが存在するともいわれ、その仕組みは簡単ではありません。いずれにしても常緑樹と落葉樹の間は意外に連続的なものです。熱帯では湿潤から乾燥へと変わるに伴って、常緑樹から落葉樹への変化が連続的に見られます。生活型としての落葉樹の起源も、熱帯の雨林にあるのではないかと推測されているのです。

(浅野 透)

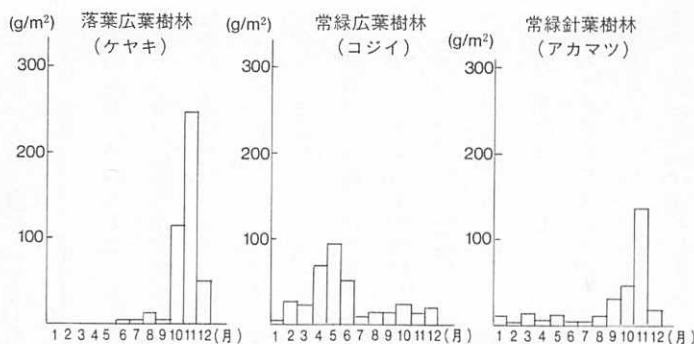
## 常緑樹の葉はいつ落ちる

すべての木の葉は夏には青々と茂っていますが、秋になり、気温が低くなつてくると美しく紅葉し、ついには葉を落としてしまうモミジやイチヨウのような木(落葉樹)と、緑の葉をつけたまま冬を越す木(常緑樹)とがあります。しかし、一年中葉をつけている常緑樹も、古い葉を落とし、新しい葉と入れ替わっているのです。

クスノキ、ツバキ、カシ類など多くの常緑広葉樹の葉は、四月から六月にかけて新しい葉が始めると、それと交代に古い葉が落ちます。(クスノキやシラカシでは、今までつけていた葉を、紅葉することなく緑のまま一週間ぐらいのうちにすべて落とし、完全に新旧交代します。これらの木の葉の寿命は一年であるといえます。)

ユズリハという名前の常緑樹がありますが、この名は春に古い葉が落ちて、新しい葉に場所を譲ることに由来します。同じ常緑広葉樹でもアラカシやタブノキなどは完全に新旧が入れ替わるのではなくて、一、二年生の古い葉が落ちていきます。

日本に生育する針葉樹は、カラマツを除けばすべて常緑樹ですが、これらの落葉時期は、常緑広葉樹とは違い、落葉樹と同じ十月から十二月にかけてです。葉は古いものから順次落ちていきますが、その年齢は樹



落葉量の季節変化

種によって違いがあり、アカマツでは二年生の葉が、ヒノキでは六年生の葉が、また高山に生えているシラベでは七年生の葉が多く落葉しています。

常緑樹でも落葉樹でも、落葉はほぼ四〜六月あるいは十〜十二月に集中しています。しかし、量はあまり多くはありませんが、木の葉は一年中たえず落ちていくのです。

秋に落葉するのは冬の厳しい寒さから身を守るためであることを考えると、常緑樹のように生育休止期の冬に葉をつけたまま越冬するのは無駄なような気がします。

しかし、冬だからといって光合成をまったくしていないわけではなく、暖かい日があれば、ある程度光合成が行われているのです。また、春先、落葉樹の葉がまだ出ていない時期から、常緑樹はすでに盛んに光合成作用ができることなど有利なこともあるのです。

(河原輝彦)

## スギ花粉の履歴書

木の花芽ができるのは、特殊な花芽形成ホルモンの働きによると考えられています。ホルモンの働きは、温度、水分、光条件などの環境要因のバランスが関与しているといわれています。スギは雌雄同株で同じ木に雄花、雌花をつけます。花芽は、自然条件下では開花の前の年の六月下旬から九月中旬に分化し、十二月ごろまでには花粉ができます。また花芽の形成は、ジベレリンという植物ホルモン処理で促進されますが、処理した後は日照や温度の影響を強く受けます。例えば、二十五℃で十六時間日長で処理すると雄花が、十二時間日長では雌花がたくさんできます。また、二十五〜三十℃の高い温度でジベレリン処理をすると雄花が、十五〜二十五℃では雌花がでやすくなります。

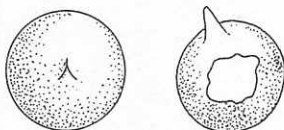
したがって、この性質を利用して雌雄をつくり分けることもできます。気温が高く、日照の長い七月にジベレリン処理をすると雄花、日照が短く、気温が低い八月下旬以降に処理すれば雌花が多くなります。

自然条件のもとでは、七月上旬から八月中旬の気温が平年より高く、日照時間も多く、降水量が少ない、真夏日と熱帯夜の多い年の翌年には花芽の形成が促進されます。このようなたねの豊作年は四、五年に一回凶作年は二、三年に一回の割合でみられます。スギの雌花は小枝の先端に一個ずつつき、淡黄色の雄花は小枝の先端に房状に群生します。中に入っている花粉の大きさは、三十ないし四十ミクロンで、一ダ当たりおよそ十

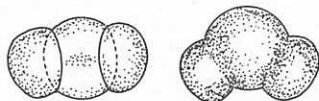
億粒もあります。一つの雄花にはおよそ四十から六十万粒の花粉が入っています。

スギ花粉が木から離れる時期、すなわち飛散時期は、関東地方では二月下旬から四月上旬で、正午から午後にかけてが最も多いようです。飛散能力はきわめて高く、風の強さで左右されますが、かなり広い範囲に飛んでいきます。花粉は大きな木や孤立している木で多く生産され、雄花は木の中下部、雌花は中上部につきます。

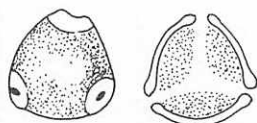
しかし、雄花がたくさんついた年でも、冬が例年より寒い時は、雄花が寒さの被害を受け、花粉の生産が少なくなります。また開花時期に雨が多い時も生産量は下がります。



スギ(30~40 $\mu$ m)



マツ(40~50 $\mu$ m)



ダケカンバ(30~35 $\mu$ m)

#### 花粉の形態

最近、スギの花粉症にかかる人が多くなっているといわれますが、スギ以外の木の花粉（ヒノキ、マツ、カバノキ、ニレ、ブナ）でも花粉症になるといわれています。花粉症の原因は完全には解明されていませんが、花粉から抗原物質が溶け出し、刺激性のある物質がつくられることによるといわれています。

(長尾精文)

## 樹木の進化と染色体

染色体というのは細胞が分裂する時に現れる小さな物体で、遺伝の情報をいっばいもっているものです。

その数や形は植物の種類によって一定していますが、同じ植物の属の中で二倍、四倍……の数になることもあります。細胞分裂する時には染色体も二つに分かれるので、花粉や卵細胞の染色体の数は細胞分裂の時に見えるものの半分ということになります。だから、植物は普通、二倍体なのです。

ところが、同じ植物で普通は見つからない三倍体のもが自然状態で見つかったことがあります。それは九州の有名なさし木用のスギ品種から発見されました。大分県日田地方で育てられたウラセバルやヒノデスギという品種がその話題の主です。これらは普通のスギより染色体数が一セット多い三つのセットからなるスギで、三倍体と呼ばれています。これらは花粉や卵をつくる減数分裂の異常によって自然に生じたものです。その後、全国から選ばれた成長の良い、精英樹の中にも多くの三倍体が発見され、スギの三倍体は林業的にも価値の-highいことが認められています。

秋は果物のおいしい季節です。カキは日本にもとからあった果物ですが、このカキには大きな秘密が隠されています。

カキは日本に限らず、東南アジアや遠くはインド、アメリカにもあります。カキの木の染色体は普通九十

本です。ところが、インド・アッサム地方の熱帯降雨林に生えている日本のカキにそっくりの仲間の染色体の数を調べたところ、三十本の二倍体となっていました。カキの生育地はもともと熱帯ですが、その後、中国や日本にも繁殖の範囲を広げました。その際、染色体の数は四倍の六十本になり、さらに八倍の一二〇本に増加していきました。そこで、カキの染色体数九十本のなりたちですが、分類学や細胞遺伝学に照らして判断すると、おそらく四倍体と八倍体との交雑によってできた種と考えられるわけです。つまり、四倍体と八倍体の減数分裂でできた染色体数は三十と六十で、その染色体数の和が九十となるからです。私たちは染色体の増加によって進化し、改良された六倍性のカキを食べていることになりました。

同じようなことが日本列島で発達した広葉樹、ハンノキの一群に見られます。ヒメヤシャブシという種の染色体数は十四本の二倍体植物ですが、ミヤマハンノキは二十八本の四倍体です。また、ヤシャブシやオオヤシャブシという種では五十六本ですから八倍体の植物となります。つまり、これらの種の分化は二、四、八の倍数系列からなっていることがわかります。これを細胞遺伝的に分析すると、二倍のヒメヤシャブシから少し異質化した四倍種は、寒い青森県の高地に適応し、八倍種は、太平洋側に適応できるようになりました。いずれも染色体数が多くなった種は適応地を広げ、また成長量も増えています。

これらのことは、木が長い時間かけていろいろな環境に適応し、進化する時、染色体数の増加による倍性がいかに重要な役割を果たしてきたかを物語っています。

(染郷正孝)

## ハレーすい星なみのタケの開花

タケやササは日本人好みの植物です。身近にある材料としていろいろに使われてきました。ササ類は北海道・千島から沖繩・八重山の山地までの低地から山岳に、タケ類は南北海道以南の低地に広く自生し、または栽培され、たくさんの種類があります。植物としては木にも草にも似た性質を示しますが、そのどちらにも属しがたい生活様式があります。もつとも際だった特性として、長年月地下茎によって無性的に繁殖しながら群落を成長させ、めったに開花しないことが挙げられています。

「会津磐梯山は宝の山よ、ササに黄金が成り下がる」はよく知られた歌ですが、山の笹原が大面積に一斉開花して実を結び、あたかもイネの黄金の実りであるかのような様が表現されています。タケやササの花は、イネやムギなどと同じく、花卉がなくて地味なものです。風の力で花粉を飛ばして受粉する風媒花なので、昆虫をひきつける飾りは不要なのでしょう。しかし、歌にあるように全山の笹原・一群の竹林が一斉に開花すると、それまで人目を引くこともなかったありふれた笹原・竹やぶがにわか注目され、数十年から百年に一回の珍しい現象ゆえに、吉兆あるいは不吉の前兆などと見立てられて記録に残されてきました。

山地のササ群落では、そのような大規模な開花ではない小規模の部分開花がかなり頻繁に見られますが、この時はあまり結実しません。一斉開花によって群落が枯死してしまうものと、必ずしもそうならないもの



があるようです。ずっと長い年月、無性的に繁殖できる力が備わっているのに、タケやササはなぜ枯死する運命をかけて一斉開花をするのか、答えはまだわかっていません。仮説がいくつかあります。天候など環境条件のストレスによつて葉を開くはずが花が咲くという現象から環境説、体内の栄養状態など生理的な変化によるといふ栄養説、寄生した病菌や害虫によるとする病菌説、断根やせん定などの影響とする生理障害説など。六十年、一〇〇年、一二〇年などの周期説は、同じ群から株分けして別々によそへ移植されたものが、すべて同じ年に一斉開花した事実で支持されます。人為的に開花させることはまだできません。開花の時、光合成を行うべき葉が花に替つてしまいます。また今まで蓄えた養分はたねにまわされます。ですから新たな養分を得ることも、体内の貯蔵養分を利用することもできず、ついに枯れてしまうのです。

栄養価の高いたねは野ネズミのよいえさとなり、やがて野ネズミの大被害が発生するといわれています。ジャイアントパンダはタケを主食としています。中国の生息地でタケが一斉開花して枯れ、野生パンダの危機を救うための強制移住やタケの移植作戦を行ったと伝えられたことがあります。何十万年もの間タケを食べ続けてきたとされるパンダは、何千回のタケの一斉開花を見てきたのでしょうか。

広く一斉に開花して全面枯死する時は、全部が同一の個体なのか、離れ島や分布の限界地域にポツンとあるササ群落は、どのようにして長い間生き続けてこられたのか、タケ、ササの不思議は尽きません。

(浅沼晟吾)

## 森の社会に不倫はない

有性生殖は生物にとって種族を維持するために、また遺伝的性質をより広く拡大するために重要な意味をもつものです。特に一生を同じ場所ですごさなければならぬ植物にとっては、さまざまな環境条件に適応して種族を維持・繁栄させることがたいへん重要です。そのためには、遺伝的な幅広さを維持し、より広く拡大することが求められます。交配の相手を自由に選べない植物は、自ら相手を求めて行動する代わりに、配偶体である花粉を風や昆虫などに運んでもらう方法を工夫しています。いわば他人まかせて交配の相手を選ぶわけですから、容易に雑種ができてしまいそうですが、自然界では種間あるいは属間にまたがる雑種はそれほど多くは見つかっていません。

なぜかというところ、その理由の一つは種による生育地域の違いです。例えば、ヒノキは山の上部のやや乾燥気味の所に、同じ属のサワラは沢筋の湿潤な所に多いことはよく知られています。ところで、花粉が運ばれる距離（飛散距離）には、風媒花であれ虫媒花であれ限界があります。針葉樹の花粉の飛散距離は育種上重要な問題であり、これまで多くの種類の木で調べられています。それによれば数十メートルという例もありますが、実際に受粉して授精できる距離は十数メートルといわれ、遠く離れた個体間では交配はほとんど不可能と考えられます。つまり個体間の距離が交配を制限する要因となっています。

ところが樹木園や植物園などで隣接して植えられている場合でも、種類が違つとほとんど雑種ができません。これにはまた別の原因があるのです。

多くの植物には開花期があり、毎年ほぼ一定の時期に花を咲かせます。例えばスギは三月上旬から中旬に、ヒノキは四月上旬に、マツ類は五月上旬といったぐあいです。同じ種の木であれば、個体の間の違いはありませんが、雌雄花の開花期はほぼ一致しています。しかし、種が異なるとむしろ重複しないことが多く、このような個体の間では交配は不可能です。つまり、開花期の違いが雑種をつくる制限因子となっているのです。

ところで、作物や家畜では両親よりも優れた性質を備えた雑種が交配でつくられることがあり、雑種強勢あるいはヘテロシスとしてよく知られています。木でもこの強勢効果をねらつた種間あるいは属間交雑の試みがなされましたが、多くは目的とする雑種が得られずに終わっています。ここにもう一つ大きな問題があるのです。マツやヒノキで種や属にまたがる雑種をつくろうと人工的に交配を行つても、多くの場合、花粉が発芽しない、発芽しても花粉管が伸びない、あるいは受精しても胚が早い段階で死滅してしまふ、などのために雑種のたねがうまく得られません。これらの現象は交雑不親和性と呼ばれ、雑種ができないもつとも大きな原因になっているのです。しかし、そのメカニズムの詳しいことはほとんどわかっていません。

木では自由に交配が行われているようにみえますが、実際にはそれぞれの種を維持しようとするさまざまな機構が働いて、容易には雑種ができないようになっているのです。

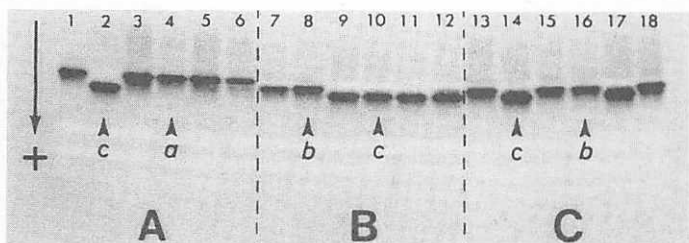
(中島 清)

## 親子の血液鑑定樹木編

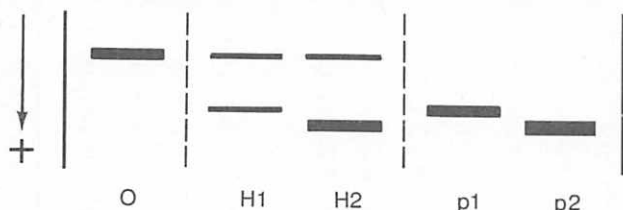
産院の赤ちゃん取り替え事件や、孤児の肉親探しなどで親子の鑑別に血液型が使われています。これは血液型が規則正しく遺伝するという事実を応用したもので、法則に反するような結果が得られた場合には、親子関係が否定されることになります。最近、木においても、天然林でどのように更新が進んでいるかと、成長の優れた個体が見つかった時の親探しなどのために、個体間の血縁関係を解明することが試みられています。当然のことながら、木には血液はありませんから、血液鑑定はできません。血液に代わって使われているのが、葉(針葉)、たねなどの細胞内に含まれているさまざまな酵素タンパク質です。

遺伝物質であるDNA(デオキシリボ核酸)をもとにRNA(リボ核酸)がつくられ、さらに、そのRNAからつくり出される物質が酵素(タンパク質)です。酵素には非常にたくさん種類がありますが、同じ働きをする酵素の中にもいろいろなタンパク質があります。これをアイソザイム(同位酵素)と呼んでいます。ちょうど私たちの血液型にもA、B、Oの三種類の遺伝子があるのと同じと考えてください。

図(上)にクロマツの例を示してあります。母樹ごとに集めたたねで、どの個体から採取したか不明のものがあるとしています。たねの分析から明らかになった遺伝子型ではない個体はふるい落とされます。クロマツでは図に示した酵素のほかに十八種類の酵素が利用できるので、さらに酵素の数を増やすことによって、母親



クロマツの雌性配偶体のアイソザイム(6-リン酸脱水素酵素)  
A, B, C, の3個体から取ったたね(雌性配偶体=胚乳)のアイソザイム分析の結果, これらのたねの母樹の遺伝子型は各々 a/c, b/c, b/c であることがわかる



ヒノキ(o), サワラ(p1, p2)およびその種間雑種(H1, H2)における針葉のアイソザイム(酸性フォスファターゼ) H個体では、ヒノキとサワラの両方のバンドが出現することから、これらが両者の種間雑種であることが確認できる

を探しあてることができるわけです。また、近い仲間間で交配し、優良な品種をつくらうという試みや、天然性で種間雑種と思われる個体を見つけようとする試みもあります。このような場合もアイソザイムを利用することによって、それらが雑種であるかどうか、さらには、その元親となった種の同定も比較的容易に行うことができます。参考までにヒノキ属の例図(下)も示しました。

人間の親子識別も、現在では、遺伝物質そのものであるDNAの利用(DNA指紋など)が実用化されようとしています。木でもアイソザイムのレベルからさらに一歩進んでDNA、RNAの利用が検討され始めています。

(白石進)

## 木のサバイバル術

熱帯地方では、雨量の多少によって多雨林から砂漠までいろいろな植生が分布しています。年雨量が一八〇<sup>リ</sup>以上あれば背丈の高い林になることが多く、九〇〇〜一五〇〇<sup>リ</sup>では乾性の高木やイネ科の草原になり、九〇〇<sup>リ</sup>以下の雨量では乾性のいわゆるサバンナで、特にトゲのある低木のやぶが多くなります。さらに雨が少なくなると、雨期に水が流れる河原だけに木が生えていて、ほかの場所は草さえほとんど生えていない半砂漠あるいは砂漠となります。

しかし、もちろん年間の雨量の合計だけでは植生は決まりません。蒸散や雨の時期的な配分や雨の強さなどもたいへん重要です。シトシト雨が長く降れば、同じ雨量でも木の生育には都合がよくなります。熱帯地方で乾期と雨期とが明瞭な場所では、乾期になると木は落葉します。これらの林は雨緑林と呼ばれています。環境条件が悪くなると、落葉するというのは木のサバイバル術の第一段階です。もつと条件が悪くなると枝先から枯れてきます。一度枯れてしまったと思っていた木が、根元からまた芽を出して成長を始めることがあります。すべての木がそうというわけではありませんが、環境条件が悪化すると活動を停止して、必要な養分は木の中心部に回収し、じっと環境の良くなるのを待つという、あくまでもその個体を維持しようとする方式は、環境の良いうちにたねをつくってしまい、種として生き残ろうとする草本の方式とは対照的です。

乾燥の強い所の木を見ると、特徴的な形をしているのに気がつきます。葉が退化し、葉緑素をもつ太い枝または茎をもち、多くはトゲがあります。タカトウダイやアカシアの仲間などの林で有刺林と呼ばれるものですが、葉がトゲに変わり、貴重な水をできるだけ外に出さないようにしています。そのかわり光合成は、幹や茎で行うこととなります。こうして乾燥に適應しているのです。

ところで、乾燥地帯では雨の降り方が同様でも、土壌が違くと植生がたいへん違ってきます。粒子の細かい粘土質の土壌では、イネ科草原やサバンナといった草本を主とした植生になります。ところが粒子の粗い土壌では、木の生育が盛んになります。これはなぜかという点、植物が利用する土壌中の水の状態は、土壌の粒子と粒子の間のすき間の状態によって決まるからなのです。粘土質の土壌の場合、このすき間が狭いので、降った雨が地下にしみ込むのに時間がかかるし、地表を流れ去る量も多くなります。また、地表近くの水と地下の水が細い管でつながっているため、地表が乾燥すると地下水が吸い上げられていきます。このように、土壌の表層に比較的水分が多く、乾期には深い層まで乾く土壌には、どちらかといえば木本よりも草本の生活形が適しているのです。これに対して砂質の土壌では、土壌のすき間が大きいので雨は速やかに地下に浸透し、また乾燥期に地表が乾いても土壌中の水の管が切れやすいため、地下水が地表に吸い上げられることが少ないのです。このような比較的深い層に保持される水が木の生育に使われるのです。

(赤間亮夫)

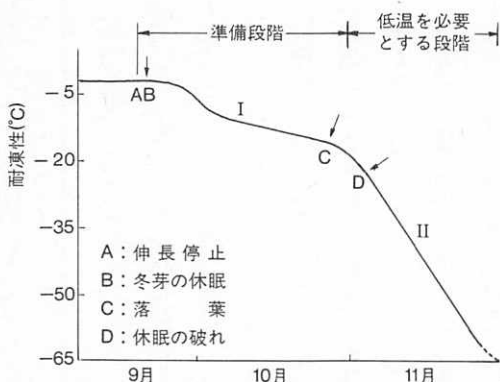
## 寒さのしのぎ方教えます

寒さに対する木の抵抗力(耐凍性)は木の種類によって異なり、芽や葉といった器官によっても違います。日本に分布している木は、凍結に耐えることができないマングローブから、マイナス七十℃でも耐える北海道のダケカンバまでさまざまです。ヤナギやシラカンバの枝は適当な条件を与えてやればマイナス二六九℃の液体ヘリウムにも耐えるようになります。

樹木を含めてすべての植物は、生命を維持するために多量の水を体内にもっていますが、この水の凍り方、細胞膜の性質や細胞液の濃度(浸透圧)の変化が耐凍性獲得のキーポイントなのです。高い耐凍性を得るためには秋から冬にかけての準備が必要です。耐凍性は、十一月以降に0℃前後の気温にさらされると急速に高まります。落葉は寒さをしのぐための一つの方法ですが、冬芽や枝葉が身につけたうまい方法があります。

その一、細胞内に氷ができるのを回避する。水はゆっくり冷やしていくと氷点下になってもすぐには凍結しない過冷却(理論上はマイナス四十℃まで)という現象が起きます。例えば、トドマツの冬芽はマイナス三十℃まで過冷却します。しかし、細胞内には氷の核になるものが多いため、細胞液中の糖含有量を増やし、浸透圧を高めて凍りにくくします。細胞液の浸透圧を高めるには細胞を脱水させる方法もあります。根や幹が凍っている針葉樹の葉では、水分量が通常の二分の一から三分の一にまで減少しています。極端に水の少





植物の耐凍性増大過程の模式図 耐凍性の高まりは、休眠後の準備段階と低温下で進む段階に分けられ、準備段階ではおもにデンプン、中性脂肪などが、次の段階では核酸、タンパク質、糖、リン脂質などが増加する（酒井 1982 より）

ないシラカンバやプラタナスのたねはマイナス七十°C以下にも耐えることができます。

その二、細胞外に氷をつくり、じつと寒さに耐える。細胞と細胞の間（細胞間隙）や芽とその基部の間などに氷をつくり、細胞液の水だけを外に引き出し浸透圧を高めます。前者を細胞外凍結、後者を器官外凍結と呼びます。細胞間隙の水は蒸留水に近く、浸透圧が小さいので通常は細胞内に吸収され、細胞の乾燥を防い

でいますが、凍結すると霜柱が土から水を吸い出して大きく成長するように、逆に細胞から水を引き出し始め、細胞液濃度を高めます。この細胞外凍結には、細胞膜のタンパク質や脂質の変化が重要な役割を果たしているらしいことがわかってきました。

寒さのしのぎ方は、どちらの方法にしても細胞を生理的な乾燥状態にするので、度が過ぎると乾燥によって枯死することになります。また、冷却速度や加温速度が早い場合には、これらの方法では対処しきれない場合もあり、凍害を起こすことになります。

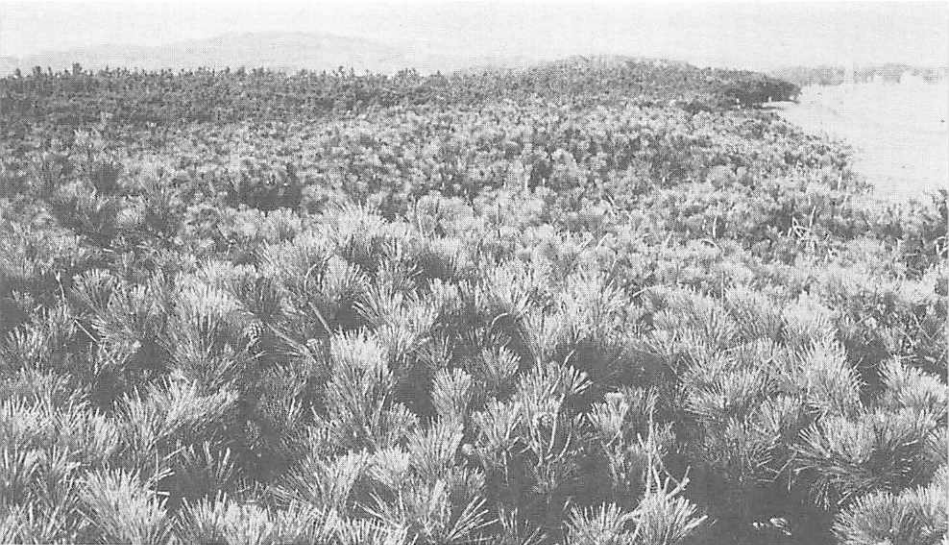
（高橋邦秀）

## 塩害に強い木の秘密

陸上植物にとって直接的で、最も大きな海からの影響の一つに塩の害があります。島国である以上、塩害を避けることはできません。このため、昔から海岸沿いに塩害に強い木が植えられ、いわゆる海岸林がつくられてきました。海岸林の主体は、カシワが多い北海道を除けばクロマツ林で、木を切ることができない保安林として保護されています。海岸林は強い海風を和らげ、飛んでくる砂を止めるとともに塩分を捕らえて内陸側の地域の環境を保全するのに役立つのです。しかし、台風の襲来時には数十メートルの内陸でも塩害が発生することがあり、海岸林があればまったく安全というわけではありません。このような時には海岸林自体も塩害を受け、クロマツの針葉が、海風にさらされる海側だけ褐色に変わり果てることがあります。

塩害は、海風によって塩分が葉の表面に付着し、それが葉の中へ侵入して内部組織を破壊することによって発生します。ですから、塩害を受けた葉からは多量の塩分が検出されます。耐塩性は樹種によって異なり、その機構は複雑ですが、基本的には塩分の植物体内への侵入をどの程度抑制できるか、また、体内に入った塩分に組織細胞がどの程度耐えられるかによって耐塩性が決まっています。

ケヤキやエノキなど落葉広葉樹は付着塩分が侵入しやすく、内部組織の耐性が小さい種類が多く、塩害を受けやすいといえます。これに対してクロマツやトベラ・ツバキなどの常緑の針葉樹や広葉樹では、表皮組



塩害で褐変したクロマツ 強い風にさらされる汀線に面した針葉が被害を受ける

織であるクチクラ層がよく発達しているので、付着塩分が葉内へ容易に侵入できないため、耐塩性が大きいと考えられています。しかし前述したように、海岸のクロマツでも塩害を受けることがあります。これは、強い海風が起す飛砂によって、針葉の表皮組織に傷ができると、そこから塩分が侵入しやすくなるためです。過剰な塩分が体内に入ると、細胞の周りの樹液の浸透圧が異常に高くなり、細胞は原形質分離を起こして壊れます。

熱帯にはマングローブという海水中に生える木がありますが、この木は次の項で説明されているように塩水に耐えることができる細胞の仕組みや組織をもっております。ですから、クロマツやトベラ・ツバキなどは、塩類に対する抵抗性のメカニズムが違うので、耐塩性が大きいとはいっても、マングローブの木に比べれば非常に小さいものです。

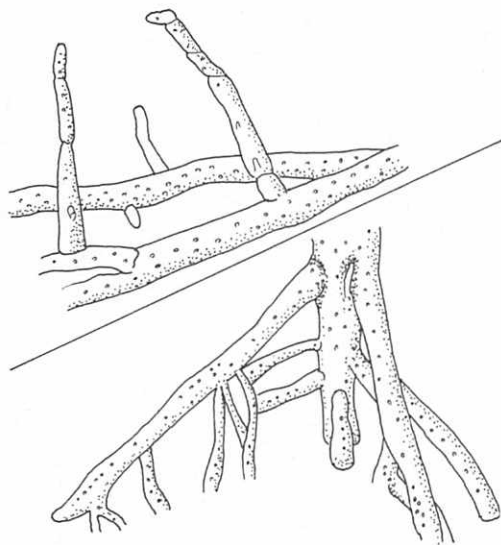
(井上敏雄)

## 海に根を張るマングローブ

世界の熱帯・亜熱帯、また日本では沖縄の石垣島・西表島などの海岸や河口付近には、水の中に根を下して生育する林が見られます。これがマングローブです。マングローブとは、場所により濃淡はありますが、潮の満ち引きにより塩水を定期的にかぶる環境で育つ性質をもつ十科以上数十種の樹木の総称です。

ではマングローブはどのようにして塩水に耐えているのでしょうか。これまでに二種類の生理的な仕組みが知られています。一つは根で高濃度の塩分をこし取り、真水だけを吸収する仕組みです。二つ目は、根から塩水のまま吸収し、葉に備えた塩類腺という器官によって塩分を体外に排出してしまうものです。どちらの仕組みを備えているのか、どの程度の濃さまでの塩水に耐えられるのかは樹種により異なります。マングローブは波打ち際から帯状に異なる樹種がすみ分ける現象が見られることがあります。このような樹種の分布には、塩分に耐える種特異性が場所の水分状態や基質の種類とともに深く関与しているとされています。

マングローブのもう一つの不思議はその根の形でしよう。さまざまな板根、泥から角のようにつき出た、あるいは樹上から垂れ下がった気根、タコやイカの足を連想させる支柱根などは古くから人々の関心をひいてきました。これらの根は、水分や養分の吸収のほかにもいくつかの重要な役割をもっています。例えば、塩分をこし取って吸水するためには、根の中と外の高い塩分濃度差により生ずる抵抗のため、大きなエネルギー



ヒルギダマシの気根(上)とフタバナヒルギの支柱根(下)

ギーを必要とします。それは根の呼吸によりまかなわれますが、気根は空気の通路として地下根の正常な状態での呼吸を助けています。支柱根は、その名のごとく突つかえ棒としての働きのほか、皮に含まれる葉緑素により光合成を営んでいることがわかってきました。根の果たすもう一つの重要な役割として、土台固めがあります。マングローブは河口付近の細かい砂や粘土の堆積の上に発達しますが、この軟らかな土台を多

量の細根を絡め合わせることで、大きな林を支えられるほどしっかりしたものにつくりあげていくのです。近年、南タイの大きな天然林で、地下の根量がヘクタール当たり三〇〇〜五〇〇トもあり、しかもその五割以上が太さ二ミ以下の細根で占められていることがわかりました。成長したマングローブの林の中では地面は案外と硬いものですが、枯れ木のそばでは膝まで泥に沈むことがよくあり、根が土台を固めていることが実感されます。

(田淵隆一)

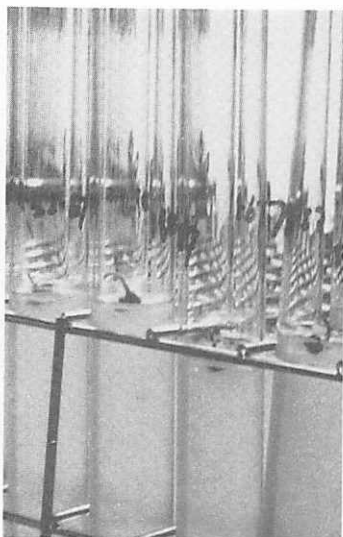
## 一本から一〇〇本、そして一万本

このごろ花屋さんで売られているカーネーションやユリは、組織培養という技術で大量につくり出されたものだと思います。木でも、シラカンバの組織培養によって大量に苗木を供給する試みが行われています。シラカンバはさし木による増殖ができません。

五月ごろに屋外に植えられているシラカンバの親木の葉の柄(葉柄といいますが)を採取し、その表面をよく殺菌します。殺菌処理には十五分ほど時間がかかるので、葉柄の切口から殺菌剤が侵入するかもしれません。それで、殺菌後もう一度葉柄を切った場所を切り返します。長さ約一・五センチぐらいの葉柄を、芽をつくるのに適した特殊な培地(キレート鉄を含む寒天培地)に深さが三ミリぐらいになるようにさし付けます。すると、ほぼ四十五日ほどで塊のような苗条原基が葉柄の基部につくられます。次に、この塊状の苗条原基を十等分し、今度は苗条の成長に適した寒天培地に移植すると、二十日ほどで各塊状の苗条原基は十〜二十個の長さ約一センチの塊状の苗条となります。ここまでで、一本の葉柄から、一〇〇ないし二〇〇個の苗条体ができたとになります。この塊状の各苗条を再び五等分し、発根に適した培地に移植しますと、約三十日で長さ四五センチの幼植物体となります。これでもりっぱに大量増殖の目的を果たしたことになりますが、おもしろいことに、またこの幼植物の葉柄を切り取って最初と同じように、芽の形成に適した寒天培地に移植すると、一



苗条原基から誘導された幼植物体



葉柄の培養でつくられた苗条原基

挙に大量の苗木をつくることができます。したがって、一本の葉柄から一年間に得られる苗木の数は約五〇〇〇個体以上にもなります。

親木には、無限と云っていいほどのたくさん葉があります。このように考えていくと、親木を痛めることなく、他の園芸植物と同じように苗木の大量増殖が可能になったといえます。現在、シイタケを生産するのに必要なクヌギ・コナラ、あるいはマツノザイセンチュウ(マツの大敵)に強い抵抗力をもつマツの大量増殖などの手法を開発するための努力が重ねられています。

人類の生活環境を維持し、よりよくするために、森林は欠かすことができないものです。地球の緑化にこの技術が役立つことを願っています。

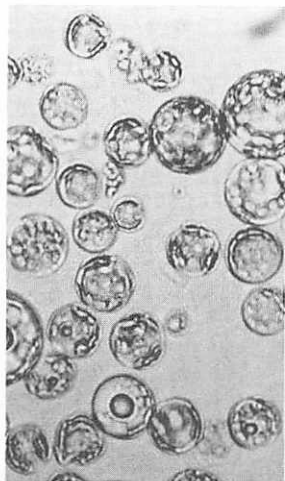
(齋藤 明)

## スーパーツリーをつくる話

植物の細胞は周りを堅い細胞壁で囲まれた弁当箱のような構造で、互にくっついていています。ところが、これをベクチナーゼやセルラーゼと呼ばれる酵素で処理すると、細胞がバラバラになり、細胞壁が溶かされて、ちょうど野球のボールのような球状の裸の細胞になります。これをプロトプラストといいます。たいへんおもしろい性質をもっています。

いくつかのプロトプラストをある種の高分子化合物を含んだ溶液や電気で処理すると、それらがくっつき、やがて一つの細胞になってしまうという現象もその一つです。この融合した細胞を特殊な培養液で培養すると、やがて分裂を開始し、細胞塊となり、ついにはカルス(不定形の細胞の塊で、うまく植えついでいけば無限に増殖する)にまで生育します。このカルスにホルモン処理をして、細胞の塊から芽や根を再び発生させると、一つの雑種植物ができるわけです。こうしてつくられる雑種には、今までの交配では不可能だったものも含まれ、品種改良を行ううえで画期的な技術といわれています。これまでタバコの異なる品種の間、ポテトとトマト(ポマト)、イネとヒエ(ヒネ)などで成功例が報告されました。果樹ではオレンジとカラタチで細胞融合による新種がつくり出され、オレタチと呼ばれています。木でも、ポプラの異なる品種間で、病気に強く山地向きの雑種をこの方法でつくることが試みられており、プロトプラストの作出や、細胞塊までの培





ポプラのプロトプラスト



細胞融合でつくられたオレタチ  
('86 バイオフィアール〈東京〉で)

養に成功しています。

また、この裸の細胞は植物の葉やカルスの一部から何十万個、何百万個も取れます。これをうまく培養すると、やがて細胞壁を再生し、コロニーを形成し、ついには葉や根といった器官を形成し、一つの細胞から一個の植物をつくり出すことができます。

ですから、裸の細胞の時に、いろいろな処理をして変異株をつくったり、環境適応力のある個体をつくったり、また、今までに存在しないような優良な個体をつくる時に、たくさん数を一度にこなせるのでたいへん効率的です。除草剤に強い植物や、海水のような高濃度の塩水でも枯れない植物、寒さに強い植物、養分の少ない土地で生育可能な植物などを手に入れるために、この裸の細胞の培養を利用した方法が用いられようとしています。

(石井克明)

## 日本の森林災害ワースト1

森林は気象害、火災、病虫害などいろいろな災害に見舞われることがあります。これまでに最も大きかった気象害は、エゾマツ・トドマツの老齢原生林が大面積を占める北海道に発生した、昭和二十九年九月の洞爺丸台風による風倒害です。被害区域面積約七十五万㊦、被害立木材積二六八〇万立方㊦、これらは当時の同道森林面積の十四%、年伐採量の三年半分にあたります。

また、昭和三十六年五月二十九日、岩手県三陸沿岸地方に発生した火災では、折からの強風にあおられ、七市町村で合計四万三六六㊦の山林が焼失し、全焼家屋五八三棟、罹災世帯八一三戸、死傷者一二七人の被害が出ました。原因は炭がまからの延焼とされています。

IV  
森の中の生き物たち

## 森の掃除屋大繁盛

秋になると街にある公園の木が落葉して、散らかった落ち葉は掃いて集めて片付けられてしまいます。森の中ではたくさん落ち葉が地面に落ちるはずですが、だれがどうやって片付けるのでしょうか？

森の中では毎年たくさんの落ち葉が枝や樹皮、実などとともに地面に落ちてきます。落ち葉だけでも一畝当たり三〜四トです。六畳の部屋の広さにだいたい三割、体積にしておよそ掛け布団くらいの量です。ですから、森の地面には毎年夏掛けの布団を一枚ずつ重ねていることとなります。でも亜高山帯の針葉樹林など特別な例を除けば、森林に堆積している腐った落ち葉は十〜二十トぐらいでしょうか。森には落ち葉がそんなにたまってはいないのです。

地面に座って落ち葉をはいでいくと、分解の様子がわかります。新しい黄色の落ち葉は段々と黒くなり、形も崩れて粉々になり、消えてしまいます。これは落ち葉が毎年腐っているからです。腐るといっても、食物の腐敗や発酵のような腐り方ではありません。森の腐れ、いいかえると腐朽分解は、多くの微生物や動物が関係した食物連鎖による働きなのです。土壌生物という名の森の掃除屋さんがせっせと働いて、枯れて死んだはずの落ち葉のもう一つの一生をつくります。

落ち葉の分解には順序があって、まず最初に、微生物であるかびやきの仲間が落ち葉を分解します。

落ち葉には一ダ当たり数億の菌糸がとりついて、細胞の壁をつくる硬いセルロースやリグニンなどが分解され、落ち葉は薄く、もろく割れやすくなります。

でも、これだけで落ち葉が全部炭酸ガスや無機物になる(無機化)わけではありません。かびやきのこの仲間が軟らかくした落葉を粉々にする働きは、もっぱら土壤中の虫たちです。ミミズは最もよく働く仲間です。ヤスデ、ダンゴムシさらに甲虫の幼虫なども含まれます。虫たちの働きでは、落ち葉をかみ砕いて、さらに微生物の分解を促進する働きも重要です。かびの菌糸だけを食べる小さなちやつかり者もいます。

落ち葉の一生も一筋縄ではいきません。虫のふんとか分解の途中でつくられた物質の無機化には、もう一つの微生物である細菌の仲間が大きな働きをします。一ダに数億個の細菌がとりついて、死んでしまったかびやきのこ、動物の死がいなどを分解します。細菌の仲間は最後の掃除屋さんといえるでしょうか。

このような生物たちの働きがあるからこそ、森の中では落ち葉がそれほどたまらないのです。でも、彼らの働きはただ掃除をするだけではありません。森の中で落ち葉から有機肥料(堆肥)をつくって、無機化によってできた窒素などの養分を、再び木の肥料として利用できるようにしています。森の中で養分循環を巧みに動かしているのがこれら土壤生物です。森の地面では、これらの生物が新しい落ち葉が落ちてくるのを待っています。土壤生物たちの食べ物である落ち葉を焼かずに、ぜひ、そっとしておきたいものです。

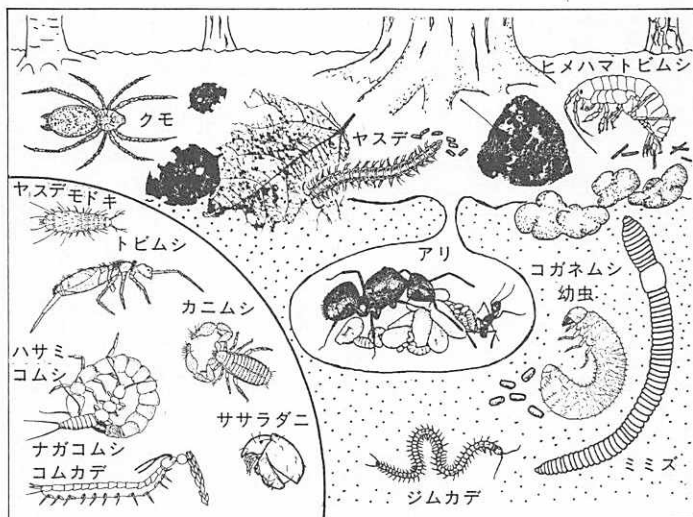
(石塚和裕)

## 森の宝物——土壤動物

森の中で、足もとの落ち葉を注意深く見てください。クモやアリがすばやく駆け抜けます。枯れ葉を少し動かすと、ノミのようなヒメハマトビムシがヒョンヒョン跳ねまわります。丸まっていたヤスデがゆっくり動き出します。ミミズが顔を出してすぐに引つ込みます。目をこらしてもつとよく見ると、赤や白や茶色の点のようなダニやトビムシ、糸くずのようなヒメミミズがいっぱいいます。土に含まれるわずかな水の中には、体長一ミにも満たない線虫やワムシ、原生動物などが生活していて、乾燥すると休眠状態で何年間も生き続けます。森の土の中には肉眼で見える虫だけで一平方メートルあたり数十から数百頭、ダニやヒメミミズも入れると数万頭、重さにして数グラムから数十グラムもいます。

こんなに多くの虫が木の葉を食べたら、たちまち木は丸坊主になってしまいます。でも心配はいりません。土の中の虫は緑の葉を食べないからです。足もとの乾いてかたそうな落ち葉の下に、湿っていて軟らかく、穴だらけの葉があります。これはヤスデやミミズ、ワラジムシやササラダニなどがかじったあとです。落ち葉を食べる虫は体重の数倍、土を食べる虫は数十倍のえさを一カ月で平らげ、たくさんファンを出します。

落ち葉のすき間や土の表面に転がっている小ささまざまな形の粒は虫のファンです。いろいろな大きさの粒が組み合わさっている土は、粒の間の大きなすき間から余分な水をさっと排水し、必要な水は土の粒の中に



森の土の中 円内は顕微鏡で観察した虫

しっかりとかまえている理想的な土です。虫のフンはこのような土の構造をつくるのに役立っています。フンの中に含まれている有機物は別の虫が食べたり、微生物が利用したりして、最後にはアンモニアやリンのような無機物にまで分解されます。このような養分は再び植物に吸収され、利用されます。

ムカデやクモ、アリなどの肉食性動物は、えさを求めて土の中を活発に動きまわります。ミミズは土を食べながらトンネルを掘ります。ダンゴムシは体を隠すために小さな穴をつくりまわります。これらの虫が活躍する所は土が耕されて軟らかいのですがわかります。虫が死ねばその体は肥料になります。このように、木の成長に適した土は虫と微生物の共同作業でつくられます。森にとって、土の中の生物は大切な宝物なのです。

(新島溪子)

## 妖精の輪・フェアリーリング

シエイクスピアの「真夏の夜の夢」第二幕第二場に「さあさあ輪踊りをお始め……」と仙女が妖精を追いたてるところがあります。昔から草原の多いヨーロッパでは、草が丸く枯れ、きのこが輪になって出ること多かつたのでしょう。その輪のことをフェアリーリング、へ妖精の輪と呼んでいました。

もつとも、こんなロマンチックな連想だけではありません。イギリスでは悪魔がかきまわして、夜中にバターをつくった所だとか、ドイツでは魔女が集まってダンスをした跡だといいました。オランダでは悪魔の仕業だから、輪の中の草を食べた牛の乳からは悪いバターができるとか、フランスでは輪の中に大きなヒキガエルが隠れているともいいます。ちなみに、毒きのこや食べられないものはトッドストウールヘヒキガエルの腰掛け、食べられるものをマツシユルームといいます。日本でも月の輪といって気味悪がり、近くにウマをつなぐと病気が治るといったそうです。

フェアリーリングをつくるきのこは、いずれもあまり菌糸の構造が発達していない仲間で、条件さえよければ、菌糸が放射状に広がります。生きた木に共生して菌根をつくるものの中ではどちらかという寄生的な性質の強い、マツタケ、ホウキタケなどがフェアリーリングをつくります。一方、落ち葉や草の根などを分解するものではハラタケ、シバフタケの仲間がつくります。これらのきのこは落ち葉などを分解する力が



強く、栄養になるものがありさえすれば、どどん円形に広がり、その先の方にきのこをつくります。

草原にでるハラタケや中国の白蘑菇と呼ばれているきのこは、直径数十センチ、時には数センチの輪をつくるといわれています。菌糸が一年に約五十センチ伸びるとしても、いったい何年生きているのでしょうか。きのこにもこのように木に匹敵するほど長命なものがあります。こんなに大きくなれるのは草原の土が一樣で、栄養源となる枯草や根がどこまでもあつて、敵になるきのこが少ないためなのです。

例えば、ハラタケの菌糸はマツタケと同じように土の中に厚さ二十センチほどの菌糸層(シロ)をつくります。シロの先端では、まるでこれから進む場所を偵察しているかのように菌糸束が伸び、栄養を供給してくれる根にとりつくと、あとを追つて菌糸が広がります。元気のよい菌糸の近くからは、細菌やかびが追いつき出されて、土がきれいになります。きのこが出る位置から前方では草が青々と茂っていますが、これは菌糸が有機物を腐らせて、土の中の養分が増えるためです。きのこが出た位置から内側では水分が少なくなり、土が乾いて根が死にます。そのために草が一時枯れるので、まるで妖精がダンスをして踏みしだいた跡のように見えるわけです。菌糸が死ぬと、その遺体はかびや細菌によつて分解され、また草の養分になり、水も通るようになります。ですから、シロの内側では草の色が濃くなり、元気もよくなります。

雑木林やシイ・カシ林などの中で落ち葉を腐らせているムラサキシメジやザラエノハラタケ、カヤタケなども落ち葉の層に浅い菌糸層ができ、フェアリーリングをつくります。

(小川 眞)

## シロの王様・マツタケ

昔からマツタケの出る場所をシロと呼びます。シロには苗代や神様の寄り代の代の字をあてますが、その性質からみると、城の字が最もふさわしいように思えます。

マツタケはアカマツやツガ、コメツガ、エゾマツなどの林の地上に列になったり、輪を描いて発生します。マツタケの下を掘ると、白い菌糸が土の中に広がり、菌糸層の厚さは二十〜三十センチになります。菌糸の層の先端では菌糸と菌根の塊が見えますが、マツタケが出た所から内側の部分では菌糸が粉のようになり、菌も死んでいます。

マツタケの一生も、他のきののこと同じように胞子から始まります。きのこのひだにできた胞子が土に落ち、若いマツの根に行き会って発芽し、根に侵入して菌根をつくります。近くに元気のよい若い根がたくさんあると、次々と菌根ができ、シロができます。一、二年の間はシロも小さく、ホットケーキのような形をしています。次第に菌糸層が厚くなり、三、四年ごろからマツタケをつくり始めます。マツタケを出すと、内側の菌糸は死んでしましますが、シロの先端では生き残っており、毎年十〜十五センチずつ外側へ広がります。いったんでき上がったシロは強く、三、四十年の間マツタケを出し続けます。

このように、マツタケが強いには訳があります。まず、マツタケの菌糸が若いマツの根につくと、マツ

の根は成長と枝分かれが良くなり、ホウキ状の菌根が菌糸の伸びる方向へひきづられるようにできます。マツタケの菌糸は土の中で束をつくらず、放射状に広がる性質をもっています。それもこのような形の菌根をつくる能力をもっているおかげです。また、マツタケはかなり弱い菌で、ほかの微生物やきのこが少ないやせた硬い土の中に暮らしています。そのうえ、菌根から抗生物質を出して、土の中の微生物を追い出し、自分の進む場所を消毒しながら成長します。だから、マツが元気に生きている限り、いつまでも成長し続けることができます。

しかし、マツタケにも大きな弱点があります。マツタケは元来やせた山のきのこで、落ち葉が厚く土が肥えた山には生えません。最近のように、人がアカマツ林に入らなくなると、落ち葉が積もり、かん木が茂って、木材や落ち葉を腐らせるかびやきのこが増え、マツ以外の木に菌根をつくるきのこが増えます。マツの根は表面の肥えた土や落ち葉の上がつてしまい、マツタケの好きなやせた土の中には少なくなります。こうなると、土の中に栄養源がなくなつて、兵糧せめにあい、シロの上や周辺から敵が侵入し、さしもの強かつたシロも、あわれ落城ということになります。

マツタケを昔のようにとりたいと願うのなら、せつせと山へしば刈りに行き、大掃除をしてやらなければなりません。三十〜三十五年のマツ林のかん木を刈り払い、落ち葉をきれいにはいでおくと、五、六年後には小さなシロが尾根の方から点々とでき始めます。

(小川 眞)

## 立ち木は中から腐る

木材の腐朽・分解是一群の菌類によって引き起こされますが、それらを総称して木材腐朽菌類と呼びます。木材腐朽菌類の大部分は、担子菌類と呼ばれるグループ(いわゆるきのこの仲間)に属しています。木材腐朽菌類は、森林の中で倒木や落枝を分解して土に返すという、森林の物質循環にかかわる重要な役割を果たしています。しかし一方で、一部の菌類は生きている木の幹や根を腐らせ、私たちに不利益をもたらします。生立木の腐朽は部位により、枝の腐朽、幹の腐朽、根株腐朽に類別できます。このうち特に問題になるのは幹と根の腐朽です。また、心材と辺材のどちらをおもに腐らせるかにより、心材腐朽と辺材腐朽に分けられます。これらの腐朽型は、その原因となる菌の種類に特有なものです。いくつかの例をあげますと、幹部心材腐朽菌には、マツノカタワタケ(カラマツ)、チウロコタケモドキ(カラマツ、モミ類)、マスタケ(針・広葉樹)、コフキササルノコシカケ(広葉樹)などがあり、幹部辺材腐朽菌にはモミサルノコシカケ(モミ類)、チャアナタケモドキ(スギ・広葉樹)などがあります。根株心材腐朽菌にはカイメンタケ、レンゲタケ、ハナビラタケ(カラマツ、エゾマツ、トドマツ)、マツノネクチタケ(エゾマツ、トドマツ)、キゾメタケ(ヒノキ、広葉樹)などがあり、根株辺材腐朽菌にはナラタケ(針・広葉樹)などがあります。多くの場合、腐朽病は子実体(きのこ)でつくられた胞子によって感染します。幹部腐朽菌は、枯れ枝や枝・幹の傷(凍裂、落雷、雪折れ、

鳥獸や虫による)から侵入します。このため、枯れ枝は早めに取り除くことが必要です。根株腐朽菌は幹の根元部分の傷や死んだり傷ついた根から侵入します。また林の中に切株があると根株腐朽菌はまずその切株に侵入し、その株の根が周りの生きた木の根に接していると、接触部から健全な木にも侵入して腐らせます。欧米ではこれを防ぐため、伐採後すぐに生立木にはつかない腐朽菌を切株に植えて腐らせ、生立木腐朽菌が侵入しないようにしている例もあります。

木材の腐朽は長い時間をかけてゆっくりと進行します。材の腐りやすさは木の種類によって違いがありますが、それはおもに材に含まれている抗菌性物質の違いや量によるものです。しかし、実験室内で確かめられた材の耐久性と、自然状態の生立木の腐朽しやすさとは必ずしも一致しません。一般にスギ・ヒノキは材質腐朽病が少ない木ですが、近年、穿孔虫が侵入したあとの材の変色・腐朽が大きな問題となっています。

立木の幹や枝、あるいは根元にきのこ(特にサルノコシカケの仲間)が出ていたら、その材は腐朽しているとみななければなりません。しかし、発生したきのこの様子から内部の腐朽状態を知ることができませんし、きのこが出ていない時は腐朽の有無さえわかりません。このため、木の内部の腐朽を診断する方法がいくつか考えられています。成長錐を使って材の一部を取り出したり、木材の電気抵抗を調べたりする方法ですが、どちらも幹や枝に穴をあけなければなりません。最近、超音波を使った診断法が考えられていますので、近い将来、幹に傷をつけないで調べることができるようになるかもしれません。

(阿部恭久)

# 腐りやすい木、腐りにくい木

木は腐りやすいといわれますが、本当にそうでしょうか。たしかに、私たちは腐った木をよく見かけます。腐った杭や遊具などを見ると、木は頼りない材料のように思えます。しかし、よく考えてみると野外の厳しい条件にもかかわらず、木で杭をつくって使っているということは、野外でもある一定の期間は腐らないからなのです。木が腐りやすいと考えられているのは、身近にたくさん使われているため、他の材料に比べ、厳しい評価がされるからです。

木が腐るのは、きのこの仲間である木材腐朽菌が木の中にある成分を栄養として分解するためです。木材腐朽菌が栄養として木を分解するには、水、空気、温度の三つの条件がすべて整わなければなりません。この条件のうち一つでも欠ければ木が腐ることはありません。乾かすこと、水中に沈めること、低温にするとは、それぞれ木を腐らせない方法として利用されています。木材腐朽菌が木の中に入って分解していく過程を調べてみると、一口に木といいながら、木材の部分や木の種類によつてずいぶん違った反応をします。

木材は辺材部分と心材部分に分けられ、辺材部分は水や養分を運ぶための器官があり、一部の細胞はまだ生きているのに対して、心材部分はすでに水・栄養を運ぶ機能を失った、死んだ細胞からできています。ですから、木の外周にある辺材部分には水や栄養が残っており、木材腐朽菌が繁殖しやすい環境になっています。

す。特に比重が低い木や、水を通しやすい木は一般に腐りやすいのです。

一方、木の中心に近い心材部分は、辺材よりも腐りにくいといえます。しかし、心材の腐りにくさは木の種類によつて大きく違つていて、一般には比重の高い木の方が腐りにくいといえます。ただし、同じ比重であつても、腐りやすいものと腐りにくいものがあります。これは、心材の中にある菌の繁殖を抑える抗菌性成分の多少によるのだと考えられています。例えば、スギやヒノキは比重があまり高くないのに腐りにくいし、クリも同様に腐りにくい木に属します。これらの木には抗菌性成分が多く含まれていると考えられています。

樹 種		耐用年数
針 葉 樹	アカマツ	5.5年
	カラマツ	6.0
	エゾマツ	2.5
	スギ	6.0
	ヒバ	7.0
	ヒノキ	7.0
広 葉 樹	クヌギ	5.0
	クリ	7.5
	ケヤキ	7.5
	シラカシ	6.5
	ブナ	4.0
	ミズナラ	6.5

土壤に設置した場合の日本産のおもな樹種の心材の耐用年数 (丸善「木材工業ハンドブック」より)

り、腐りにくい性質を利用して土台のような場所ですべて使われています。この抗菌性成分については、現在いろいろな木で調べが進んでいます。

このように、木の腐りやすさは種類や木材の部分によつて違うので、木を使う時は木材腐朽菌の性質を考えながら、適材適所の合理的使い分けが必要でしょう。(鈴木憲太郎)

# きのこの好きな木、嫌いな木

きのこ狩りには、アカマツの林とか雑木林に行くのが普通でしょう。スギ、ヒノキの林で、きのこ狩りをするという話はあまり聞きません。なぜスギ、ヒノキの林には発生するきのこが少ないのでしょうか。

きのこは、その生活のしかたにより、落ち葉、枯れ木、枯れ草、動物の死体やフン、地中の腐植などを分解して栄養源とする腐生性きのこと、木との間に菌根と呼ばれる共生関係を持ち、根から栄養分をもらう菌根性きのこの二つに分けられます。スギ、ヒノキの林にきのこの種類が少ないのは、針葉樹には腐生性きのこの生育に有害な樹脂、精油などの物質が多く含まれており、さらにスギ、ヒノキは、きのこ菌根をほとんどつくりたくない性質をもっているからです。ただし同じ針葉樹でもマツ科の木はマツタケ、アマタケ、ハツタケなど多くのきのこ菌根を形成するので、発生するきのこの種類数は多くなります。

しかし、スギ、ヒノキの落ち葉、枯れ木には、種類数は少ないのですが、特有のきのこが発生します。その中にはスギヒラタケのように食用になるきのこもあります。これらのきのこは、スギ、ヒノキに含まれる成長抑制物質のために競合相手が少ないことを利用しているのかもしれないかもしれません。そしてこれらのきのこなどによって、落ち葉や枯れ木が形をとどめないまでに分解されて腐植になると、ザラエノハラタケなどの腐植を分解するきのこが発生します。



また、腐生性きのこには、ナラタケのように多種類の木の切り株、枯れ木から発生するきのこもあります。また、スギの落枝から発生するスギエダタケのように、特定の木からのみ発生するきのこも少なくありません。

種名	おもな発生源
マツオウジ	マツの切り株、枯れ木
ヤグラタケ	ベニタケ科のきのこの老熟した子実体
ツキヨタケ	ブナ、イタヤカエデの枯れ木
マツカサキノコモドキ	マツの球果
スギエダタケ	スギの落枝
スギヒラタケ	スギ倒木、切り株、枯れ木
ナメコ	ブナの倒木、切り株
カンゾウタケ	シイの立木
キヌガサタケ	タケ、ササの落ち葉
ヒラタケ	広葉樹の倒木、枯れ木
シイタケ	ブナ科樹種の倒木、切り株、落枝
ナラタケ	広葉樹、針葉樹の切り株、枯れ木、立木
オオホウライタケ	広葉樹、針葉樹、タケの落ち葉、落枝
エノキタケ	広葉樹の枯れ木、切り株
ハラタケ	草地、芝生、畑地の腐植
ヒトヨタケ	庭園や畑地の腐植
クリタケ	広葉樹の切り株、倒木
キクラゲ	広葉樹の枯れ木、倒木

おもな腐生性きのこの発生源 上段は特定のものから発生するもの。下段はあまり相手を選ばないもの

その理由は、残念ながらもまだ明らかにされていませんが、枯れ木に発生するきこでは、樹皮の厚さや木の繊維の構成などの物理的要因や、栄養分、成長促進物質、成長抑制物質などの化学的要因と、他の微生物との競合などの生物的要因の三つの因子が関係しているものと思われる。ところが、特定の木にしか発生しないきのこでも、糖などの栄養分を含んだ寒天の培地や滅菌した別の木の落ち葉枯れ木でも案外よく生育し、本来は幅広い分解能力をもっているようです。

(根田 仁)

## サクラ切るバカ、ウメ切らぬバカ

サクラの枝は、切ると腐るから切つてはいけない、ウメの枝は、切らないとよい実がならない、と昔からいわれていきます。へサクラ切るバカ、ウメ切らぬバカ」とはこのことを簡潔に表したことばで、サクラとウメの枝の性質、特に枝の切り口が腐朽菌に侵されやすいかどうかを、昔の人はよく見ていたことを示しています。太い枝を不用意に切ると、サクラはそこから腐つていくことが多いのです。また、サクラは特別なせん定をしなくても自然に形が整ってきます。反対にウメは、せん定をしないと形が悪くなります。それにウメの場合は、葉と葉の間隔がまった枝(短果枝)によい花が付き、よい実がなります。このような短果枝を多くするためにはせん定が不可欠です。

サクラ切るバカ、ウメ切らぬバカということばの重点は、サクラではなく、ウメに置かれていたと考えられます。ウメの栽培上、せん定作業が大事なことを示すとともに、ウメのせん定をすすめるための標語ではなかつたのでしょうか。

ところがサクラでも、枝を切り落とさなければならぬことがあります。それは、てんぐ巢病にかかった時です。てんぐ巢病はかびの一種タフリナ菌によるもので、サクラの最も恐ろしい病気の一つで、ソメイヨシノが特にこの病気に弱いようです。てんぐ巢病にかかると、花がつかない小枝が群生し、鳥の巣のように



ソメイヨシノのてんぐ巢病

なります。この病菌は何年も枝の中にすみ続けます。そのため、てんぐ巢病にかかった枝は年々太くなり、枝の数もどんどん増えます。サクラの癌と考えてもよいでしょう。防除法としては、病気の枝を切り落とすことがいちばんよいのです。それも、できるだけ早く病気の枝を発見し、まだ細い枝のうちに切るようにします。人間のがん対策と同様に、早期発見・早期切除が最も重要です。サクラ切るバカとのんびりかまえていて、幹や太くなった枝を切らなければ防除できなくなった時はもう手遅れです。

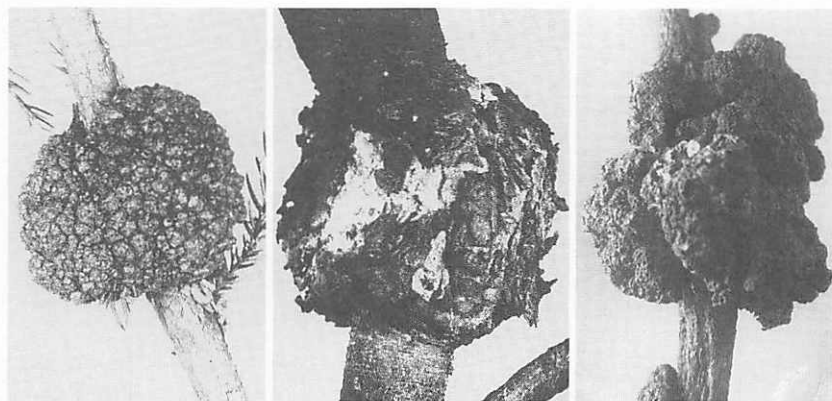
切除時期は病巣が見つけやすく、病原菌の胞子が飛び散る前の冬から早春が理想的です。枝を切った跡には、腐れを防ぐ薬剤(殺菌剤入りの切口ゆ合促進剤など)を塗ることも忘れないでください。

(田中 潔)

## 木にも癌

箱根の杉並木に、枝という枝にびっしり丸いこぶがついている木が何本かあります。マツにも枝や幹にこぶがあるのを見かけます。このような木のこぶはどうしてできるのでしょうか。実は、スギやマツの枝につくられるこぶは伝染病の一種です。スギのこぶはスギこぶ病菌という菌類(糸状菌、カビ)の一種によって起きます。毎年六月ごろ、こぶの中につくられた胞子が空気伝染して、スギの若枝の針葉の基部に直径一〜三mmの小さいこぶをつくります。こぶは年とともに成長し、枝にじゅう玉のように連なったこぶをつくるのです。一つ一つのこぶは普通五mmぐらいますが、時には十mmを超えるものも見られます。箱根の並木のように年とつた大木では、一本の木に数千ともいえるほどたくさんのこぶがついていて、見る人に異様な感じを与えています。

マツの木のこぶも菌類による伝染病ですが、この病原菌はマツだけでは増殖できずに、コナラ、クヌギなど、ナラ・カシ類を中間宿主として相互に往復しながら生活します。五月ごろ、マツのこぶの皮が破れて黄色い粉をたくさん吹き出しているのを見たことがあると思います。これがマツこぶ病菌の胞子で、空気伝染でナラ類の葉に感染します。九月にはナラ類の葉の上の胞子がマツの若枝や茎に伝染します。感染したマツの若枝は翌年の夏から膨らんでこぶをつくり、マツが生き続ける間、こぶも一緒に成長して年々大きくなり



木のこぶのいろいろ 左から、スギのこぶ病、マツのこぶ病(皮が破れて胞子がふき出すところ)、フジのこぶ病

ます。マツでは、こぶの直径が五十センチを超えることも珍しくありません。スギやマツでは木によって抵抗性が大きく異なり、こぶのできる木は集中的にこぶだらけになるのが特徴です。

このほかサクラやフジなどにも細菌が原因の伝染性こぶ病が起きます。菌類や細菌による伝染性のこぶは、病原体の出すホルモンによって感染した組織の細胞の異常肥大が重なってできるものです。

変わったところでは、ふだん目につきませんが、根につくられるこぶもあります。細菌による根頭癌しゅ病と、線虫による根こぶ線虫病の二つの病気です。どちらも多犯性といって、木の種類を選ばず苗や若木を侵して衰弱させる悪性の病気です。サクラ、キリ、アカシアなど特に弱い樹種があります。

(小林亨夫)

## バンドエイドはいりません

木の葉や幹は、その表面が水を通さない固いクチクラ層や、コルクでできている樹皮などに覆われていて、水分を失うことや、昆虫・獣などによって痛めつけられて病原菌が侵入したりすることを防いでいます。こうした最外層の防衛線が、何かの外傷によって突破されると、その瞬間から樹木に本来備わっている防御の仕組みがいつせいに働き出します。

まず、針葉樹をはじめとする多くの樹種では、樹脂細胞、樹脂道、乳液分泌細胞が外傷によって破壊されるので、流れ出した樹脂や乳液などによってとりあえず傷の表面が覆われます。

傷ついた細胞は死にますが、その周辺部や背後の無傷の細胞群は、仲間の細胞が傷ついたことを知るやいなや、直ちに植物ホルモンの一種であるエチレンガスやエタンなどの合成と体外への放出を始め、あたかもこれを引き金とするように、次々と防御反応が起こります。

まず、傷の表面では、非透水性のスベリンやリグニンの合成が開始され、それによって傷口が覆われて水分の蒸発を防ぎます。また、傷を受けた時に、葉からの光合成産物や根からの栄養成分の通り道である師管が切断された場合には、カロースという特別の多糖類が合成され、それによって栄養豊富な樹液が流出するのを防ぎ、同時に病原菌が傷口で繁殖し、体内に侵入することを防ぎます。同じように、根からの水の通り

道である道管を閉じてしまう樹種もあります。また、傷口で病原菌が繁殖することを妨げる抗菌性ポリフェノール類などの合成を行う樹種もあります。

さらに、傷の周辺部や背後の細胞群は、本来植物ホルモンは芽や若い葉でしか合成されないのに、傷を受けたことが引き金になって、新たに植物ホルモンの合成能を獲得します。その結果、傷周辺部の細胞は、異常な速度で細胞分裂を繰り返し、最終的には外傷部分を完全に覆ってしまうのです。

植物ホルモンの刺激によって細胞分裂が進み、傷口につくられる組織をカルスと呼びます。カルスは、ホルモン処理をしたさし木の切口などによく発達します。木が形成層に到達するような深い傷を受けた場合、カルスが形成されますが、それは主として傷の周りの形成層細胞が分裂して、むきだしになった木部表面を覆うものです。カルスによって傷口は完全に覆われ、そしてこのカルスの中には、新たに木材をつくる形成層と、樹皮をつくるコルク形成層が分化します。

したがって、生きた木の枝を根元から切り落とした場合も、枝の切断面の上に引き続き正常な木材と樹皮が形成され、外傷は完全に治癒します。

このように、木は外傷に対して、とりあえずの応急処置と、外傷自体の治癒という二段階の防衛体制をもっており、この点ヒトの場合の血液凝固、カサプタ、皮膚の再生といったプロセスとよく似ています。

(小谷圭司)

## 自衛か侵略か—植物の他感物質

植物が何か化学物質を出して、他の植物(時には自分自身)の成長を抑えるなどの害作用を及ぼしていることがあります。この現象はアレロパシーといわれており、日本語では、他感作用、遠隔作用または化学的植

物間相互作用と訳されています。

自然界では、さまざまな生活のサイクルがあり、このアレロパシーの現象も数多くあります。二、三の例を見てみましょう。秋空の見られる十月ごろになると、河川敷、鉄道沿線、空き地などいたるところで、あたり一面真っ黄色のセイタカアワダチソウの大群落を見かけます。主要都市周辺はもちろん、北海道の原野にも進出するほどで、その繁殖力たるやささまじいものがあります。これは、根でほかの植物の成長を阻害する物質を出しながら繁殖していると考えられており、成長阻害物質も二重結合を含む数種の化合物が同定されており、アレロパシーの代表的な例とされています。

動くぬいぐるみとして子供から大人まで幅広いファンをもつコアラ。このコアラの好物として知られているユーカリの一品種にもアレロパシーが見受けられます。Eucalyptus grandis(フラッドドガム)という品種は、大きくなると根を出す能力がなくなるといわれています。これは、この木が大きくなった時、発芽や発根を阻害する揮発性物質が出ているためで、グラディノールなどの化合物が働いています。



こうばしい味で人気のあるクルミ。この木の品種にも古くからアレロパシーがあると指摘されています。有名なものにクロクルミがありますが、この木の周辺では雑草の生育がたいへん悪いことが観察されています。これは、この木の葉や樹皮などからある物質(1,4,5-trihydroxynaphthaleneなど)が出ており、土壤に浸透した後、加水分解あるいは酸化を受けて活性をもつ化合物ユグロンになり、阻害作用を発揮するといわれています。

シカ公園で有名な奈良春日神社の近くのナギの純林では、その木の下には、他の植物がほとんど見られませんが、シカが食べてしまったり、日陰だから植物が育たないのではなく、たねの発芽を抑制する数種の物質が確認されています。また、全国に広く分布しているアカマツ林の下は植生がまばらですが、アカマツの葉や樹皮から出ている阻害物質が雨などで周囲の土壤に移行しているためだと考えられています。そのほか、作物を栽培する時、同じ作物を続けて栽培すると一種の自己中毒を起こす、いわゆる連作障害などもアレロパシーの一例です。

私たちのまわりにある森林を構成している植物の数は、膨大なものであり、まだまだ未知のアレロパシーも数多いと考えられます。これらの研究を進めていくと、将来は化学合成農薬を使わないで理想的な森林を育てることができるともいえます。

(大平辰朗)

## 花咲か爺さん・オリゴサツカリン

樹木の形成層組織は若い細胞からできており、盛んに伸長・分化しています。伸長・分化中の細胞は一次壁と呼ばれる薄い細胞壁に囲まれています。細胞壁の役割は、長い間、軟らかい若い細胞が変形したり破れたりしないように、機械的な強度を与えているだけだと考えられていました。ところが最近になって、この植物細胞壁は、細胞を包む単なる膜ではなく、重要な機能をもった膜であることがわかってきました。例えば、植物がカビやバクテリアなどの病原性の微生物から自分自身を守ったり、植物が花を咲かせたり根や茎を伸ばす過程で調節物質を生産する場所として、この細胞壁が重要な役割を演じています。

植物は、病原性のあるカビやバクテリアに感染すると、フィトアレキシシンと呼ばれる抗菌性物質を感染部分で生産して自分自身を守ります。植物は、どのようにしてフィトアレキシシンを生産するのでしょうか。植物に病原菌が感染すると、植物や病原菌の分泌する酵素によって細胞壁が加水分解されます。この細胞壁分解物が植物にフィトアレキシシンを合成する暗号を送るのです。ですから、この細胞壁分解物を植物に与えれば、植物は病原菌に感染されなくてもフィトアレキシシンを生産します。では、細胞壁分解物とはどんな構造のものでしょうか。また、伸長成長中の植物細胞壁はどのような構造をしているのでしょうか。

カエデの培養細胞を用いた研究から、植物の細胞壁は大部分多糖類からできていることがわかりました。

それは、セルロースが二十から三十%で、残りはマトリックス多糖と呼ばれるペクチン系多糖類とヘミセルロースからできています。セルロースはグルコース(ブドウ糖)が規則正しく直鎖状につながった高分子化合物です。しかし、マトリックス多糖は非常に複雑な構造をしており、その構造はまだ完全には解明されていません。フィトアレキシン合成の暗号を送る細胞壁分解物は、主にこのマトリックス多糖類が加水分解してできたオリゴ糖です。そのうち生理活性のあるオリゴ糖をオリゴサッカリンと呼んでいます。マトリックス多糖類の構造は、前に述べたように非常に複雑ですので、加水分解でできるオリゴ糖の種類は膨大です。したがって、この多数のオリゴ糖から活性のあるオリゴサッカリンを見つけて出すことはたいへんな労力と時間のかかる仕事です。最初に構造が決定されたオリゴサッカリンは、ダイズに感染するカビの細胞壁から取り出されたもので、グルコースが七個つながったオリゴ糖でした。このオリゴ糖の構造を決めるには約十年の歳月がかりました。

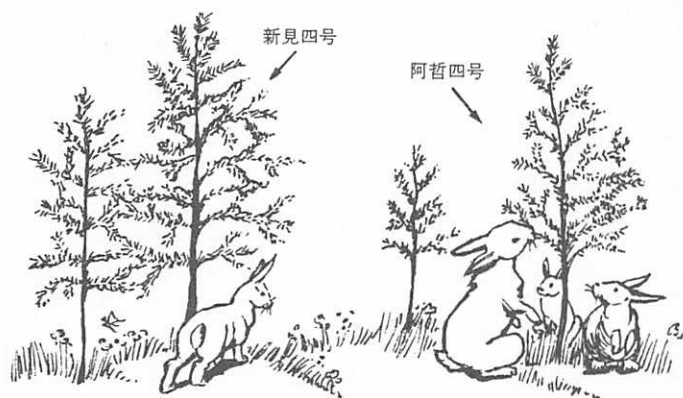
オリゴサッカリンは植物の成長、発生、生殖にも関係することがわかってきました。カエデの培養細胞から得られたオリゴ糖をタバコの外植片(花柄の組織の一部)に与えると、花の形成が抑制されて葉の芽の発生が促進されました。これは、オリゴ糖が形態形成の面でも調節物質として働いている可能性を示しています。近い将来、特定のオリゴサッカリンを吹きかけて、植物に「花をつけなさい」「たねや果物、球根をつくりなさい」「病害虫を防御しなさい」などと語りかけられる日がくるかもしれません。(石井 忠)

## タデ食う虫も好きずき

人の好みが多岐にわたることに「タデ食う虫も好きずき」ということばがあります。植物には、昆虫などの草食動物に対して摂食を促進したり、阻害したりする物質を含んでいるものがあります。例えば、カイコはクワの葉を好みますが、これはクワの葉にカイコを引き付け、摂食を促進する物質が含まれているからです。カイコの摂食機構の研究によれば、クワの葉にはカイコを誘引する成分(誘引因子)、かみつきを起させる成分(かみつき因子)、摂食を続けさせる成分(のみ込み因子)が含まれており、これらの三つの因子がそろって初めてカイコの摂食行動が起きることがわかっています。

また、摂食阻害物質は、おもに食植性昆虫に対して研究されており、多くの化合物が単離されています。これらの摂食阻害物質は、動くことのできない植物の昆虫に対する防御機構の一つと考えられます。例えば、クルミは、ニレノキクイムシの寄主になりませんが、クルミ樹皮に含まれるユグロンという物質は、このニレノキクイムシに対して強力な摂食阻害活性を示します。また、クサギは摂食域の広い広食性の昆虫であるハスモンヨトウに食べられませんが、この摂食阻害因子はクレロアンドリンAおよびBであることが知られています。

最近、関西地方のスギ林でノウサギによる食害が報告されていますが、スギのクロオン(系統)間で被害の



ノウサギによる被害の違い

程度に差があり、木に含まれている化学成分が関係していることが観察されています。各クローンの化学成分の測定によると、スギの当年枝葉に含まれる化学成分のうち、塩化メチレンという有機溶媒（水では溶けない物質を取り出すための例えばエーテルのような有機物の液体）で抽出される成分（塩化メチレン抽出物）が約六%以下のクローンに、ノウサギによる被害が激しい傾向がみられます。食害の最も激しい阿哲四号と、食害をほとんど受けない新見四号の、各クローンのエーテル抽出物を含んだえさを用いた食餌試験の結果、前者が選択的にノウサギに食べられることがわかりました。このように、スギの枝葉（新見四号）には、ノウサギのような高等動物に対しても摂食を阻害する物質が含まれている可能性が示唆されているのです。

（大原誠資）

## 恋の妙薬・フェロモンとカイロモン

森の中にはたくさんの昆虫がいますが、この広い場所で、虫たちは結婚する時どのようにして自分たちの相手を探すのでしょうか。また、彼らは好きな相手をどのようにして選んでいるのでしょうか。昆虫は結婚相手を探す時にはいろいろな手段を使います。

自分たちの仲間だけにかかる色とか音で信号を送る場合もありますが、多くの場合は、においによる信号を利用しています。幼虫がマツの葉を食べて生活する虫の中で、マツノキハバチという成虫の大きさが一センチぐらいのハバチは、時に大発生してマツに大きな被害を与えますが、雌は羽化してくるとすぐに、揮発性の物質を出して雄を誘引します。

この物質の量はごく微量で十ナノグラムあたり一ミリの十万分の一ですから、どれだけ少ないかわかりたいだけけるでしょう。実は、この誘引物質は二つの成分から構成されていると考えられており、二つめの成分がないと雄と雌が交尾する率はたいへん悪くなります。この成分は、主要成分のさらに五〇〇分の一というのですから驚きです。蛾などの鱗翅目の昆虫は、ほとんどこのような誘引物質をもっており、性フェロモンと呼ばれています。

北ヨーロッパや北アメリカ大陸の針葉樹にとって最も恐ろしい昆虫はキクイムシです。その中でイブス・

カリギュラファスというキクイムシは、勇敢な限られた数の雄が最初にボンデローサマツの幹に食入し、マツの成分を利用して、イブセノール、イブスダイエノール、ベルベノールという三つの物質を八〇〇対一二〇対三の比率で放出します。すると、仲間たちが雄も雌も大量に飛来してくるのです。このマツはすみこちがよく、食入した雄は次から次へとやってくる雌と交尾するのです。イブス属のキクイムシはこのように一夫多妻型ですから、恋とか愛とかは関係ないようです。この虫の出す物質はセックスに関係するのですが、雌雄両方を呼び寄せるため、集合フェロモンと呼ばれています。

フェロモンとは、ギリシア語の「運ぶ」と「興奮させる」の合成語で、「体内で生産され、体外に排出されて他の同種の個体に特異な行動を引き起こす物質」と定義されています。フェロモンが、同じ種の中で作用する化学物質とすれば、異なった種に作用する物質、しかも相手の利益になるものをカイロモンといえます。マツの木を枯らす悪役となった松くい虫の大将は、マツノマダラカミキリというカミキリムシですが、この虫はカイロモンのおかげで異性に会うことができます。彼らは羽化脱出して二週間ほどすると体が成熟し、不思議なことに弱ったマツから出るにおいに雄も雌も引き寄せられるので、適齢期には集団見合いから結婚へとスムーズに進むわけです。このにおい物質は、やはりアルファアピニンとエタノールの二成分からできていますが、アルコールが一役買うのは虫の世界でも同じようです。

(池田俊彌)

## 森に飛びかうレーダー網

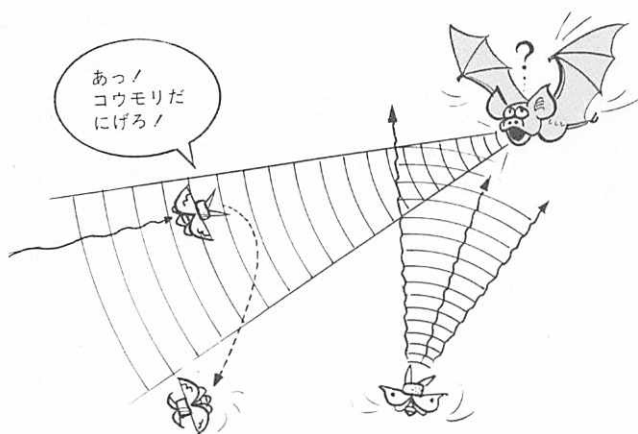
昼の森はひんやりとしてとても気持ちがいいものです。しかし夜になると、それこそ鼻をつままれてもわからないほどのやみになってしまいます。でも、この真つ暗な世界は眠っているのではなく、多くの動物たちが活動しているのです。こんなやみの中を動物たちはどうやって動きまわっているのでしょうか。

光のない世界では、目を発達させるか、逆に目以外の感覚器官を発達させる必要があります。目以外の感覚器官を異常に発達させた動物としては、コウモリが知られています。コウモリは、人間の耳にはほとんど聞き取れない超音波を口から出し、レーダーがわりに使っているのです。これによって、暗い中でもぶつかわらずに飛びまわり、蛾などの虫をつかまえることができます。これでは、虫たちもたまったものではありません。

しかし、虫のほうも負けてはいません。蛾の中には、コウモリが出す超音波を聞き分けて、逃げてしまうものがあることがわかってきました。さらに驚いたことには、逆に自分で超音波を出して、コウモリのレーダーをかく乱する蛾までいるのです。上には上があるものです。

さて、森の中はとても感じがよくて好きだという人でも、蚊に刺されるのにはまいるといえます。ところで、この蚊はどうやって人間を見つけるのでしょうか。これは、レーダーとは少し違いますが、動物の呼吸





コウモリの超音波レーダーを感じて、逃げたり妨害音波を出す蛾

によって発生する炭酸ガスと皮膚から出るにおい、さらに体温などにも感じて集まってくるということがわかっていきます。お酒を飲むと刺されやすいとか、ある人はよく刺されるのに、隣の人はあまり刺されないというのも、呼吸や体温などの個人差が原因ではないかといわれています。炭酸ガスを利用するものとしては、ほかにマダニやツツガムシ、ノミなどがあります。

また、マムシなどの毒蛇では、動物が放出している赤外線、つまり熱を感じて攻撃するものもいるのです。こうしてみると、人間の考える軍事技術など、とうに動物たちが先取りしていたわけです。

人間にとっては真っ暗な夜の森の中も、これらの動物たちのレーダーが飛びかい、私たちには感じることもできない超感覚の世界が展開しているわけです。

(福山研二)

## 出る杭は打たれる

庭のサクラやウメなどは、春にはきれいな花で私たちを楽しませてくれるのはいいのですが、夏になると毛虫がたくさん発生してこまります。山に生えているサクラやウメにも毛虫がたくさん発生するものなのでしょうか。山の木にもたくさん種類の毛虫がいます。ただ、庭の木のように、葉をまかないとすぐに虫が発生してしまうようなことはめったにありません。

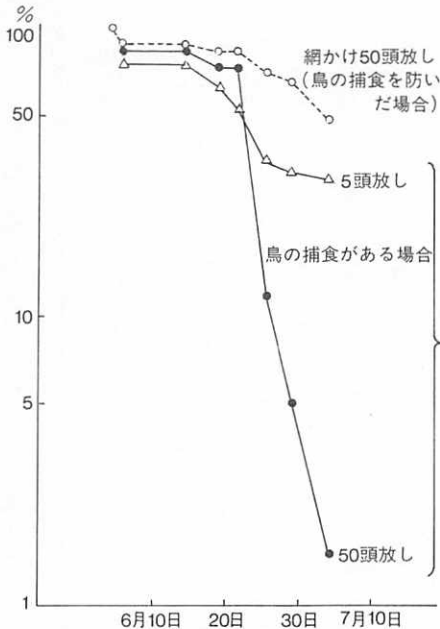
それでは、どうして山の木には、めったに毛虫が発生しないのでしょうか。

毛虫が木に発生したといっても、大きな木に一匹や二匹いてもほとんど問題はありません。問題はその数が増えすぎると増えた時なのです。毛虫は、蛾の幼虫で、卵によって増えます。例えば、マイマイガという蛾は、一匹で五〇〇近くの卵を産みます。ですから、なんらかの制御作用が働かない限り、爆発的に増える力をもっているのです。

ところが、例えば一〇〇頭のマイマイガの幼虫をカラマツの木に放したとします。するとどうでしょう。みるみるうちに数が減っていくのです。どこかに逃げてしまったのでしょうか。そうでない証拠に、二匹ほどの網目の金網で覆った場合は、ほとんど減少しないのです。このことから、マイマイガの幼虫は、金網を通ることができない鳥などに食べられたのだ、ということがわかるのです。

さて、こんなに急激に鳥に食べられてしまうのなら、マイマイガは絶滅してしまうのかといえれば決してそんなことはなく、どこにでもしぶとく生き残っています。

そこで、今度は五頭のマイマイガをカラマツの木に放してみましよう。するとどうでしょう。一〇〇頭放した時とは違い、金網で囲わなくてもあまり減少しないのです。



カラマツ林に放したマイマイガの幼虫の生き残り率(対数グラフ) 5頭ではあまり鳥に食べられず、50頭では鳥に多く食べられていることがわかる

このように、鳥などの捕食者は、えさとなる毛虫の数(密度)が多い時にはたくさん食べ、少なくなると、ほとんど食べなくなるのです。このへ出る杭は打つシステムにより、森の毛虫の異常発生はおさえられるわけです。

この害虫の発生をおさえる働きが森林では十分に働いているのに対して、人家の近くではあまりうまく働かないため、毛虫がよくでるわけです。

(福山研二)

## マツの紅葉—マツ枯れはなぜ起こる

秋の野山を歩いていた時のことです。あるひとが「あつ、マツが紅葉している」というのです。驚いてそちらを見ると、なるほど、山全体のアカマツがまつかになつていゝるではありませんか。皆さんもよくご存知のように、マツは冬も枯れずに青々としてゐることから「常磐の松」といわれ、たいへんに縁起のよい木とされています。その常緑のマツが赤く枯れてしまつてゐるわけです。いったいどうしたことでしょうか。

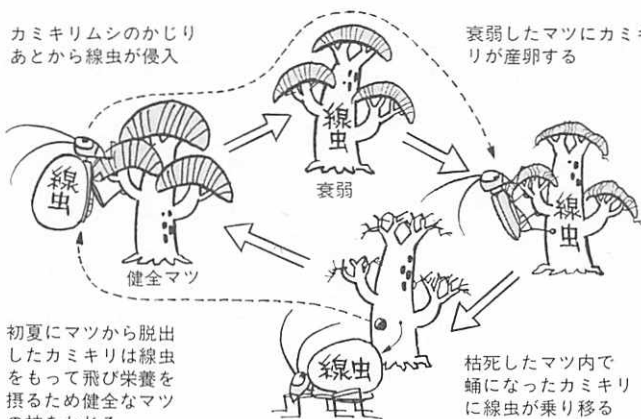
マツも生き物ですから、いつかは枯れてしまひます。しかし、一つの林が二、三年で壊滅的に枯れるといふことは普通は考えられません。これは何かの病気が虫に食われたものに違いありません。

当初は弱つたマツに寄生するゾウムシやカミキリムシなどの昆虫が主な原因と思われてゐました。しかし、これらの昆虫は枯れかけたマツには加害できるのですが、元氣のよいマツを直接枯らすことはほとんどないのです。そこで、さまざまな病原菌の検出など犯人探しが続けられました。なかなか見つかりませんでした。そのうち、被害木の木材の中から、ある種の線虫が検出されたのです。これまで木を枯らす線虫などいなかったのですが、この線虫をマツの木に注入したところ、たちどころに枯れてしまつたのです。この線虫はマツノザイセンチュウと命名され一躍脚光を浴びることになりました。

しかし、まだなぞは残りました。いったい、羽も足もない小さな線虫がどうやって木から木へ移動できる

カミキリムシのかじり  
あとから線虫が侵入

衰弱したマツにカミキ  
リが産卵する



初夏にマツから脱出  
したカミキリは線虫  
をもって飛び栄養を  
摂るため健全なマツ  
の枝をかじる

枯死したマツ内で  
蛹になったカミキリ  
に線虫が乗り移る

#### マツノマダラカミキリとマツノサイセンチュウによるマツの加害

のでしよう。実はここに、自然界の驚くべき仕組みが隠されていたのです。

自分で移動できない線虫は、なんとマツノマダラカミキリというカミキリムシの体に便乗して移動していたのです。そして、カミキリが栄養をとるためにマツの枝をかじるときに、線虫はカミキリの体から出て、枝のかじり跡からマツに侵入するというのがわかってきたのです。しかも、線虫が侵入したマツはやがて衰弱し、元氣なマツには寄生できないこのカミキリムシが産卵できるようになります。ふ化した幼虫はマツの皮の下を食べて成長し、材内に潜り込んで成虫になります。この時、材内で繁殖していた線虫を体につけたりともって出てくるのです。このカミキリが新しいマツに飛んでいき、枝をかじって線虫をばらまくということが繰り返されるのです。

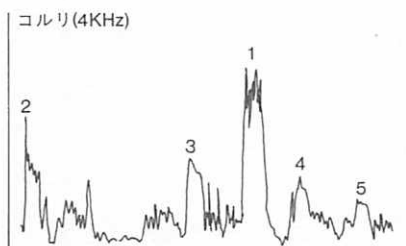
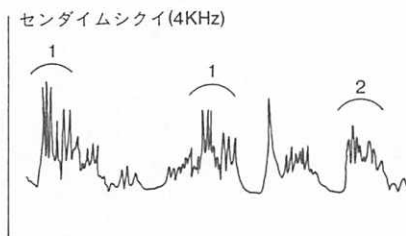
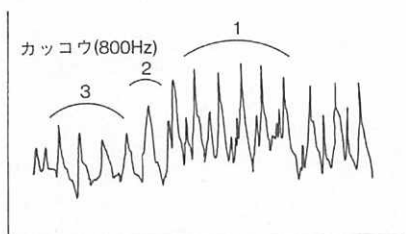
(福山研二)

## 春を告げる小鳥のさえずり

春、草木が芽吹き、新緑がいちだんと鮮やかになるころ、小鳥たちの歌声が野山に満ちあふれます。小鳥たちのさえずりに耳を傾けながらの野山の散策は、楽しいものです。

鳥の鳴き声は、地鳴きと、さえずりに大別できます。地鳴きとは、その鳥の持ち前の鳴き声という意味で、一年を通して雄も雌も鳴き、危険な敵の接近や群れをつくるための合図に用いられます。同じ鳥でも目的に応じて何種類もの地鳴きをしますが、それらはメジロのチーとかツーのように短く、さえずりに比べ地味です。すから、注意していないと聞き逃してしまいます。

一方、ホーホケキョやカッコーなどは私たちにおなじみのさえずりですが、さえずりは性ホルモンと深いかかわりがあります。春から初夏にかけては鳥の繁殖期で、この時期、日長が長くなるにつれて分泌が盛んになる雄性ホルモンがさえずりを引き起こします。そして、繁殖期が終わると、さえずりも停止します。雌に比べ雄の鳴管(鳥の声帯)はよく発達し、雌性ホルモンは雄型の鳴管の発達を阻害しますので、多くの小鳥では、さえずりは雄に限られますが、オオルリ、コマドリ、イソヒヨドリ、ミソサザイなどでは、雌のさえずりも観察されています。さえずりの最も重要な役割は、繁殖期における縄張りの形成とその宣言で、ウグイスやホオジロは終日自分の縄張りを巡回し、梢端などでさえずります。そして、他の雄が縄張りに近づい



鳥のさえずりの個体差 縦軸:音圧,横軸:時間。異なる番号は異なる個体のさえずりを示す

たり侵入した場合、頻繁にさえずることが知られています。さえずりは、縄張りをめぐる肉体的な衝突の回避に役立っているといえましょう。そのほかでは、雌の誘引や、つがいを形成した雌雄間の性的周期の相互調整にも役立っています。このように、さえずりは繁殖上の重要な行動であることがわかります。鳥のさえずりの時刻は、種類ごとの目覚めの照度によって異なり、早起きのクロツグミやカッコウなどは、朝寝ぼうのヒヨドリやイカルなどより朝早くから晩遅くまで鳴きます。

さえずりの基本的な部分は遺伝的に決まっていますが、その細部については、若鳥は父親や近接した縄張りをもつ成鳥から学習したり、巣立ち後、最初の繁殖期に出会った縄張り所有者との競争で学習します。ですから、さえずりには地方や個体により微妙な差があります。

(曾根晃一)

## フクロウの秘密兵器

フクロウの仲間、フクロウ科とメンフクロウ科に分かれています。日本には、フクロウ科に属するシマフクロウ、トラフズク、フクロウなど十種と、迷鳥でメンフクロウ科に属するミナミメンフクロウがいます。フクロウ類の中には耳のように見える羽角をもったワシミミズクやコノハズクがいます。よく羽角をもったものをズクといい、羽角のないものをフクロウと称すると思っている人がいますが、それは誤りです。例えば、りっぱな羽角をもつシマフクロウでさえ、ズクとは呼びません。これとは反対に、羽角がまったくないでもアオバズクと称しています。

フクロウの仲間が夜間によく活躍できるのは、目の網膜に薄暗い所でもよく見える棒状の桿体細胞が多く分布しているからです。ところが、この細胞は色を見分けることができません。したがって、夜行性フクロウはほとんど色盲なのです。これに対して、昼間活動するスズメやカラスには、桿体細胞が少ない代わりに色を識別できる長楕円形の錘体細胞が多く分布しています。このため、これらの鳥は、少しでも薄暗くなると目が見えず、いわゆるトリ目になってしまうのです。

ところが、いくら夜目が利くフクロウとはいえ、やみ夜の森の奥深くのような光がまったくないところでは何も見えません。こんな時、フクロウは耳だけで餌動物を捕らえることができるのです。フクロウが他の



鳥たちと大いに違う点は、人間と同じように目が前に向いていることと、目の周りがハート型をした平板になつてゐることです。これを顔盤と呼んでいます。暗やみでノネズミが発する足音などをこの顔盤で受け止め、それを両端に位置する耳口に送ります。フクロウの耳口は左右が上下にズレてゐるうえに、外耳道も複雑に曲がつてゐるため、音が鼓膜に達するまでの時間が左右で異なります。フクロウはこのわずかな時間差を利用して餌動物の位置を確認できるのです。フクロウが自然条件下でえさを捕る時は、大きな目を見開いて餌動物の動きを追つてゐますので、目と耳の両方を使つてゐるものと考えられます。

フクロウがいかに性能の良い耳をもつてゐても、餌動物に向かつて飛んでいる最中に大きな羽音をたてたのでは、音による位置測定ができないこととなります。ところが、フクロウの風切羽は細かい綿毛で覆われており、あたかも消音装置つきの翼となつてゐるため、難なく餌動物を捕らえることができます。

フクロウの仲間は必ずしも夜間活動をするものばかりではありません。例えば、シロフクロウやコミミズクは、明るい時間帯でも大いに活動してゐます。また、夜間でも街灯の下のような明るい所で目を使つてえさを捕らえるアオバズクのようなフクロウは集音装置の役目を果たす顔盤の発達がよくありません。

夜行性のフクロウも昼行性のフクロウも、優れた目をもつてゐるため、たとえ太陽がさんさんと照り輝く陽光の下でも、目はよく見えます。昼間、深い森の中でフクロウに出会い、追いたてたことがあります。予期に反して細い枝の間を縫うようにしてスイスイと飛び去つていきました。

(阿部 學)

## 透視のマジシヤン・キツツキ

キツツキにもいろいろな種類があり、食べるえさも種類によって多少違います。日本には北海道や青森、秋田県に住んでいる大型のクマゲラをはじめ、全国的に分布する小型のコゲラにいたるまで大小十種のキツツキがいます。このうちアリスイは、その名の通りもっぱらアリを食べています。これに対してクマゲラは、木に大きな穴をあけてカミキリの幼虫をつまみ出して食べたり、大型のヤマアリを食べたりします。

キツツキは一般に考えられているように、必ずしも木の幹に穴をあけ、中にひそむ昆虫の幼虫ばかりを食べているわけではありません。コゲラ、アオゲラ、ヤマゲラといった中・小型のキツツキは、樹皮の下に潜むクモやアリなどを舌で探り出して食べたり、昆虫が潜り込んだ小さな穴を見つけ、これをくちばしでつついて穴を大きくし、長い舌で虫を引っ張り出して食べます。

木の奥深くに潜む昆虫の幼虫を探し出すには、幼虫が侵入した時の小さな穴を頼りに見当をつけます。また、昆虫が木に潜った所からしみ出る樹液や昆虫のフンによって、その位置を知ることがあります。このような手がかりが得られない時には、木の表面を、あの鋭く強いくちばしでたたき、中に虫が潜んでいるかどうかを確かめます。鉄道員はレールのひびや車輪、ブレーキパイプの破損を発見するために、細長い金づちでそれらをたたいて、音の違いによって異常の有無を見分けますが、キツツキも、たたいた時の音の違いに

よつて、木の中が虫に食い荒らされて空洞になっているか、健全な木であるかを知るのです。まさに透視のマジシャンです。

ところが木の診断のプロでも誤診することがあります。キリの木は芯の部分が中空になっています。したがって、キツツキが表面からたたくと幼虫がひそんでいる空洞と勘違いをしようです。

キツツキがいくら木に穴をあけるプロとはいえ、その労力はいへんなものです。そこで小さくあけた穴から効率よくえさをとる道具として、よく発達した舌をもっています。アカゲラの場合、右の鼻の所に根元がある二本の長い舌は、頭頂から後頭部をグルリと巡って、下あごからくちばしの中に入っています。この舌は濃い粘液をもち、スムーズに出し入れができます。舌を引つ込めた時に余った部分は首の所でたるんでいます。舌の先端にはネコの舌のようにトゲがたくさんついており、穴の奥深くにひそむ昆虫をトゲと粘液でくつつけて引つ張り出します。

キツツキが木の幹に垂直にとまった不安定な姿勢で元気よく木をたたいても滑り落ちないのは、硬く、長い四本の尾羽根で体を支えたうえに、上下に二本ずつ分かれてついている鋭い爪で木をしっかりつかんでいるからです。しかし、北海道に住んでいるエゾミユビゲラは、名まえの通り指は三本しかありません。

木に穴をあけないでえさをとるキツツキも、年一回の繁殖期には産卵や雛を育てるための深い穴をあけます。キツツキが森の大王と称されるのはこのためでしょう。

(阿部 學)

## 世界で一番重い木・硬い木

木の重さと硬さには大きい相関があり、重い木は硬く、軽い木は軟らかいといえます。

世界で最も重硬な木は中南米産のリグナムバイタ（ハマビシ科）で、平均の気乾比重が一・三程度です。ギネスブックには南アフリカにあるブラックアイアンウッド（モクセイ科、オリーブの仲間）があげられ、比重一・四九とされています。

一方、軽い木の代表としてよくあげられるのが中南米原産のバルサ（ワタノキ科）で、気乾比重約〇・一六、日本のキリが約〇・三〇です。それから半分ほどの軽さです。これよりさらに軽いのがマメ科のエスキノメネ属の木材で、なかでもキューバ産のヒスビダという種類は比重〇・〇四といえます。英語でビスプラントと呼ばれるように、ビス（髓）のように軽くて軟らかく、指で簡単につぶれます。

V  
木材の話

## 成長の年代誌——年輪

木の幹や枝の横断面は、その現れ方が規則的で非常にわかりやすかったり、場合によっては現れ方が非常に不規則で、しかもなかなかわかりにくかったりと、違いはあっても同心円上の環から成り立っています。

このような環を成長輪と呼んでいます。この成長輪のうち、一つの成長の周期の早期に形成されたものが早材、晩期に形成されたものが晩材です。日本に生育する木の成長周期は一年なので、この場合には一年間の成長輪という意味で年輪と呼びます。また、一般的には、熱帯に生育する木でも、なんらかの形での成長の周期はあります。したがって、熱帯産の木には、年輪はないが成長輪はあると考えるべきでしょう。

さて、このような成長輪あるいは年輪はどのように、どこでつくられるのでしょうか。幹や枝を樹皮のついたまま輪切りにすると、いちばん外側の樹皮と木材の部分の間に形成層という細胞分裂をする力をもった細胞が形づくっている幅の狭い環状の組織があります。木の直径が大きくなっていくのは、この環状の組織の細胞が内側へ木材の細胞を分裂し、外側へ樹皮の細胞を分裂するからです。年輪がはっきり見られる針葉樹を例にすると、木の成長が盛んな春には、頻繁な細胞分裂によって直径の大きな細胞が数多くつくられます。それに対して、夏から秋にかけての成長が衰える時期になると、直径の小さい壁の厚い細胞がつけられます。この結果、細胞の中のすき間の多い細胞からできてくる早材が淡い色に、すき間の少ない細胞から

きている晩材は濃い色になり、これらの色の濃淡の一組によって年輪がはっきり見えるようになります。木の成長が、なんらかの影響で良くなったり悪くなったりすると、針葉樹の場合には、早材部分が一般的に大きく影響を受け、広くなったり狭くなったりすることが多いようです。広葉樹の場合には、もともと成長輪がはっきりとしませんので、針葉樹のようには影響の把握が容易ではありません。しかし、例外的にミズナラ、センその他の環孔材と呼ばれる広葉樹の場合には、必ず年輪の境の早材部分には他と比べて非常に大きい道管があるため、むしろ結果的に成長の良否によって、晩材部分が広くなったり狭くなったりします。

熱帯産の木の年齢は、成長輪の形成の周期が年単位ではないために、正確に測定する方法は今のところないといつていいでしょう。しかし、木が成長し始めた時期が、なにかの歴史的な出来事の時期と一致するようないふことがあり、現在の幹の直径とその時からの年数を見れば、ほぼ平均の年成長量がわかり、同じ樹種であれば、その直径によってその木のだいたいの年齢は推定できるでしょう。

スギの幹の横断面を見ると、中心部には赤い円形の部分があり、それを淡色の環状の部分を取り囲んでいます。前者を心材、後者を辺材と呼んで区別します。生立木の時には前者では全ての細胞が死んでいますが、後者では一部の細胞はまだ生きています。幹の直径が大きくなると、この心材の部分は外へ少しずつ広がっていきます。スギのようにには色が濃くならない種類もあり、そのような場合は淡色心材と呼んで、スギのような色の濃くなる有色心材と区別します。

(須藤彰司)

## 歴史を刻み込んでいる木

スギやヒノキなど針葉樹は樹齢一〇〇〇年以上に達する木も多く、特に屋久島の大王杉や縄文杉は二五〇〇年以上といわれています。年輪の一つ一つは、それらが形成された時の環境を休むことなく忠実に記録している偉大な書物ともいえます。この年輪から過去の出来事を正しく学びとり、昔の気候を復元したり、将来を予測できることを確かめ、年輪研究を学問として位置づけたのはダグラスというアメリカの天文学者でした。二十世紀の初めのことです。木の年輪を対象とする学問分野を総称して、樹木年輪年代学(デンドロ・クロノロジー)といいますが、今日ではさらに、樹木年輪気象学や樹木年輪生態学などに分かれています。

年輪研究の対象となる木は、できるだけ遠い昔の出来事を知ることのできる老木、また、普通は年輪幅を指標とするために、マツ類、モミ、スギ、ヒノキなどの針葉樹やミスナラのように年輪が明瞭な広葉樹などです。年輪の広狭と気温や降水量などとの因果関係を追求する場合には、原生林に生育している木が選ばれます。アメリカでは、半砂漠地帯のように、成長の遅速に大きな影響を与える、例えば成長期の水分の多少など、比較的単純な要因が遅速の原因となる地帯に生育した木が対象とされてきました。

年輪から情報を学びとる方法としては、年輪幅の比較が最も一般的です。最近では、波長の長いエックス線で年輪(横断面)を撮影し、そのフィルムを濃度計で木材の密度変化として表す年輪解析法(軟X線デンシト



メトリー)が主流になりつつあります。この方法では、成長開始期から休止期までに形成された年輪全体を連続して解析できるので、年輪内の最大の密度や最低の密度値、早材から晩材にいたる季節的な変化などが、年輪幅と同時に求められるのが特徴です。

年輪幅は同じであっても最大密度値が違ふことがよくあります。この方法は、これまでに比べて年輪に秘められている情報を、二ないし三倍も多く入手できるので、それだけ年輪との対話内容が深まります。デンドロ・クロノロジーにとって不可欠な、ある木の年輪と同じ特徴を示す別の木の年輪とを順次つなぎ合わせる作業(クロス・デーティング)をより厳密に行える点でも高く評価されています。最近ではコンピュータを駆使した年輪解析法の開発にも力が注がれています。

年輪研究は、気象解析のほかに氷河の前進・後退の速度、洪水、地震の頻度や周期、病虫害の発生周期、身近な所では大気汚染に対するモニタリングなど、多分野で成果が期待されているのです。

アルプスの高地に生育した木の年輪幅と氷河の前進・後退との関連性を調べたある研究によると、気候の変化が木に与えた影響は、氷河の大きさと気候の変化との間で認められる関係と同じであることが明らかになっています。したがって、氷河に近い高地で生育し続けてきた木の年輪幅の変動は、氷河活動を知るための手段としてたいへん有効であると結論づけることができます。

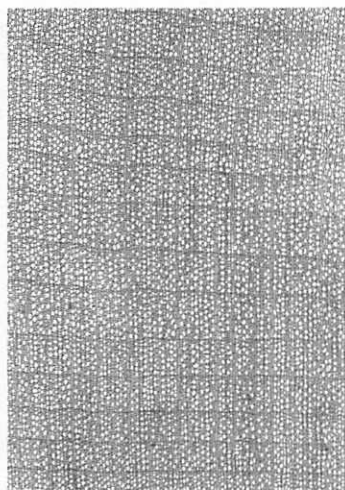
このように、年輪には古い歴史への夢がいっぱいつまっています。

(太田貞明)

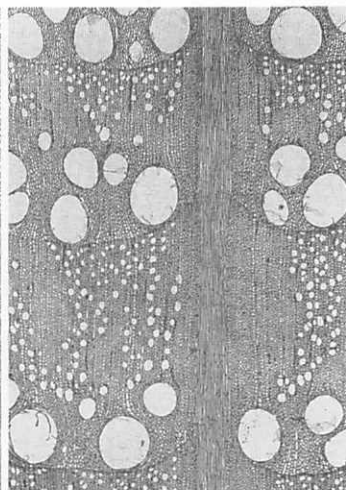
## 板の模様は語る

木材は木の種類によって成分や組織が異なり、それが種類ごとの板の模様の違いとなって現れます。板の色、つや、においなどには抽出成分が大きく関係しています。抽出成分というのはエーテルやアルコールなど中性溶媒で溶け出す成分のことで、一般には木材成分の二〜五%を占めています。

さて、板の色という時、まずどんな色をイメージするでしょうか。小学生の絵にしても、板は黄褐色から褐色に描かれるのが普通だと思います。そう、私たちが板に抱く色のイメージは「暖かい」「YR系(黄赤色系)」なのです。板に対する感覚としては、「暖かい」というほかに、「ぬくもりのある」「やさしい」「落ち着いた」「上品な」「淡い」などの表現をあてはめることができるでしょう。実際には板の色は樹種によってほとんど白色のものから黒色のものまであり、著しいものの例をいくつかあげてみますと、ミスキ(白色)、ヤマハゼ(またはウルシ)(鮮黄色)、イチイ(赤褐色)、ホオノキ(暗緑色)、クワ(濃暗褐色)、シタン(紫黒色)、コクタン(黒色)などがあります。このようなYR系でないものに対しても、やはり板のもつ暖かみを感じられ、これは金属やプラスチックから受ける無機物的な冷たさのイメージとは正反対のものといえます。もちろん板の暖かみの要素には、単に色だけではなく、つや、においも含まれます。そのほか、板の面にある微妙な凹凸の効果も大切です。寄木細工は、こういう板の色の違いのおもしろさを生かしたものです。



ツゲ(散孔材) (20×)



ミズナラ(環孔材) (20×)

板の模様いろいろな変化が見られるのは、なんといつても広葉樹材です。針葉樹材は一般に構成要素の九十パーセント以上が仮道管と呼ばれる一種類の細胞でできていますから、組織的にきわめて単純・単調で色の変化もそれほどありません。それに比べ広葉樹材は、種類によって構造や成分が複雑に変化しています。例としてツゲとミズナラの板の横断面の顕微鏡写真をあげました。道管の分布様式から、前者は散孔材、後者は環孔材といわれます。ツゲは道管が非常に小さく、そのため材がち密です。一方、ミズナラには大きい道管があり、荒々しい美しさをつくり出しています。また、本来は異常である組織のならび方の乱れによって、いろいろな模様(全といいます)を生じることがあり、これには玉杓、ぼたん杓、鳥眼杓、如鱗杓などがあります。

(緒方 健)

## 柔構造の剛体—木

木は最も背が高くなる生物です。しかし、スギやヒノキの林を見て、「なんて細長いんだろう」と感心したことはありませんか。根によって支えられているとはいえ、こんな細長いものが、強い風など厳しい自然条件にもさらされながら、何百年もの間しっかりと立っていられるのはなぜなのでしょう。その秘密は木の組織構造と化学成分とにあるのです。

輪切りにした木材の表面をルーペや顕微鏡で観察すると、たくさんの穴がかなり規則正しく並んでいることがわかります。この一つ一つが細胞です。それぞれの細胞は固い膜(細胞壁)で包まれ、中空の細長いチューブのような形をしています。したがって、木は非常に小さなチューブをたくさん束ねたような構造をもっています。これが木の強さの秘密の一つです。

次に木材を構成している化学成分をみてみましょう。木材の細胞壁はおもにセルロース、ヘミセルロースおよびリグニンと呼ばれる物質でつくられています。その構成割合はセルロースが約五十%、ヘミセルロースが二十〜三十%で、残りがリグニンです。セルロース分子はグルコース(ブドウ糖)が数千から一万以上も直鎖状につながった高分子化合物ですが、それぞれの親和性が高く、たくさんの分子が絡み合っただけで微細な糸状になっているため、柔軟で、きわめて高い強度をもっています。ヘミセルロースも糖がつながった高分子

化合物ですが、グルコースだけでなく、数種の糖で構成されています。これに対し、リグニンも高分子ではありませんがフェノール性物質を構成単位とするまったく異なる系列の化合物です。木の細胞が成長する際、まずセルロースが形成され、その後セルロースの束のすき間を埋めるようにリグニンとヘミセルロースがつけられます。また、細胞と細胞の間には大量のリグニンがあり、細胞どうしをしっかりとつなぎ合わせています。建築材に例えれば、繊維状のセルロースが鉄筋で、リグニンがコンクリートにあたるでしょう。ではヘミセルロースはどのような働きをしているのでしょうか。前述のように、セルロースとリグニンは化学的にあまり似ていないので、互いに親和性がありません。ところがヘミセルロースはリグニンと化学的に結合していると考えられています。またヘミセルロースはセルロースとよく似ているため、互いに親和性があります。したがって、ヘミセルロースはセルロースとリグニンをつなぎ合わせる、すなわち、鉄筋とコンクリートをなじませる役目を果たしているのです。セルロースとヘミセルロースは高等植物のみならず下等植物の一部にも存在しますが、リグニンは陸生の高等植物にしかありません。藻類のような水中植物は周囲を同じ圧力で囲まれているため、自分自身の体を支えなくてもよいのですが、地上の植物が重力や風に抗して成長するには、植物体を垂直に保たねばならず、そのためにはリグニンで細胞を固めることが必要でした。

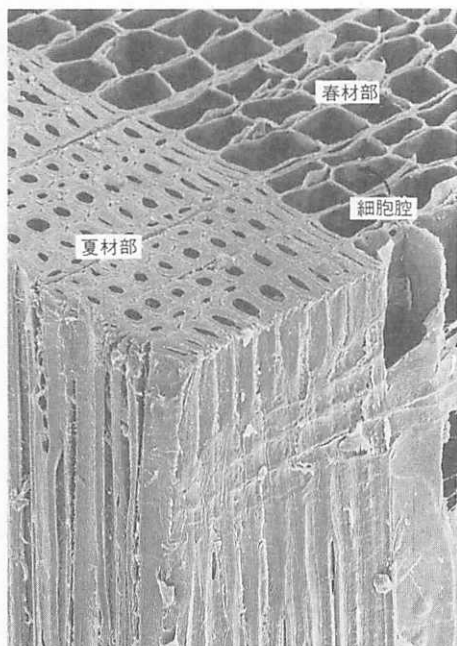
以上のように、木は進化の過程で、柔軟でありながら十分堅い、いわば最近の建築物のような耐震構造を獲得しました。これが、木が他の植物よりずっと高く伸びられる理由です。

(廣居忠量)

# 木は鉄より強いのか

木材は鉄より強いといわれていることを説明する前に、木材の比重についてふれておかなければなりません。木材は細胞壁などの実質部分と細胞腔などのすき間からできていて、いわば角状や円状のパイプが集まったものだといえます。木材の実質部分の比重はだいたい一・五といわれ、この部分は木材の種類による差はありません。比重は重さを全容積で割った値ですが、写真に見られるように、木材を構成するパイプの太さや肉厚が木によって違い、同じ容積の中に含まれるパイプの量も違うので、木材の比重も木によって異なります。木材を手にとって重いか軽いかかわかるのは、この比重を体で感じているのと同じことになります。ところで、重い木や軽い木として、どんな木が知られているでしょう。模型やウキに使われるのでよく知られている世界で最も軽い木としてバルサ(比重 $0.1 \sim 0.2$ )がありますが、日本ではキリ( $0.2 \sim 0.4$ )があげられます。最も重い木としては世界ではリグナムバイタ(比重 $1.4$ )、日本ではイスノキやアカガシが代表選手です。リグナムバイタは昔は船のスクリューや織機の軸受けに使われたものです。水の比重が一・〇ですから、これより重い木は水中に沈むことになりました。比重が木材の性質を知るうえで大切な指標になっていることを知っていたところで、木材は鉄より強いかということを考えてみましょう。

表は、アカマツを木の代表として他の主要材料と性質を比較したものです。ここでは木材の比重が最も小



項目 材料の種類	比重	強度	比強度
	單位 (1平方センチ当たりキログラム)		
木材 (アカマツ)	0.53	500*	950
軽量コンクリート	1.7	200	120
普通コンクリート	2.35	250	110
ガラス	2.5	1000	400
アルミニウム	2.7	2000	750
鋼	7.85	4500	600

(上)木材の組織構造(ダフリカカラマツ) (藤井智之氏提供)と(下)木材と他の主要材料の性質の比較 (\*は平均圧縮強度)

さく、圧縮強度もコンクリートに次いで低いのですが、比重で強度を割った値(比強度)で他の材料と比較してみると、木材は最も大きな値を示し、これが木材が鉄より強いといわれている理由です。木材の強度は木が立っている方向に欠点のない材を対象にした例ですので、木材がすべて鉄より強いというわけではありません。強度といっても、いろんな力のかかり方がありますので、そのことを知っておく必要があるでしょう。

(金谷紀行)

## 世界に誇れる木・スギ、ヒノキ

日本の長い歴史の中で、経済や文化がここまで発展してきたのは、恵まれた自然環境に多くを負っています。その第一は米の生産力の高さにあります。忘れてならないのは、スギとヒノキという優れた木の存在です。

スギは全直ぐしというようにまっすぐで、たいへん大きくなり、軽いわりには強く、耐久性が高い木材をつくります。また縦に割れやすく、のこぎりのない時代でも割って板をつくるのが容易でした。登呂遺跡に見られるように、農業土木用にスギの板材が使われていましたし、建物には柱から板まで使われています。またスギ材は装飾的で、内装材としてもよく使われています。

一方、ヒノキの材は強度・耐久性に特に優れていて、そのうえ、たいへんち密で光沢があり、柱のような構造用材あるいは内装材としても優れています。家の土台や通し柱の主役はヒノキですが、法隆寺のヒノキの構造材は一〇〇〇年以上たってもびくともしないことはよく知られていることです。

進化の過程でみると、針葉樹は広葉樹に比べて古く、現在の地球環境では、針葉樹よりも広葉樹の方が優占しています。さらに針葉樹の中でも、モミ・マツなどのマツ科の植物に比べ、スギ科・ヒノキ科は分布が限られています。



スギ科は中国、日本、アメリカ、メキシコなどに十種ほどありますが、スギは日本にしかありません。スギ科の中で木材として重視されているのはスギだけです。スギは成長がよい場合には六十年で高さ三十メートルにもなります。また長生きして非常に大きくなります。鹿児島県の屋久島には有名な屋久スギがありますが、大きなものは樹齢も二〇〇〇年以上で、幹の直径が五メートルにも達しています。ただ、スギに近い仲間の木の中で成長速度を比較すると、スギはアメリカのダグラスファー（トガサワラ属）に劣っています。ダグラスファーはスギの一・五倍も早く成長し、六十年で四十五メートルにもなります。

ヒノキ科の分布も中国、日本、アメリカと環太平洋地域に限られています。ヒノキは日本のみが存在し、材質は世界に冠たるものがあります。同じ仲間の台湾ヒノキ、アメリカのローソンヒノキも材質はよく、日本に輸入されています。ただ、それらの分布している範囲は狭く、全体の木材量も限られています。

スギの巨木には風格があります。日本の神社仏閣の森厳さを高めている主役はスギの森や並木であるといえましょう。スギの巨木は、その木が風雪に耐えてきた貫禄を示しているだけでなく、スギそのものが太古（実際には今から一〇〇万年以上前の第三紀）の時代から生きながらえてきたものであり、その雰囲気は漂わせています。そういえば、スギやヒノキの材の香りにも太古の香りが感じられます。スギとヒノキを生きながらえさせてきた日本の風土が、それらの香り、肌触り、光沢などとして現れ、それが我々日本人に親しみを感じさせているのではないのでしょうか。

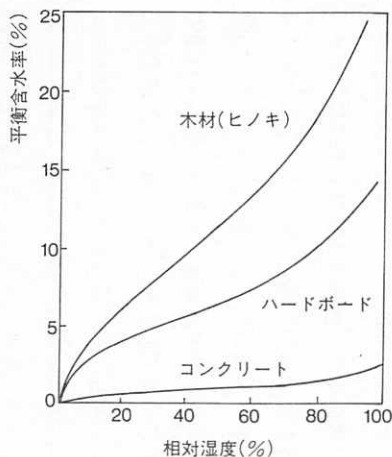
（藤森隆郎）

## 住まいの加・除湿器

住まいの快適さとは何を指しているのでしょうか。それをつきつめると不快でないことになり、その不快さの一端はなんといつても日本の気候と関連がありそうです。典型的な一例をあげてみましょう。

梅雨から夏にかけて、高温、高湿の気団がよく襲ってきます。こんな時、玄関のタイルや水道の蛇口など、すぐには温度が上がらないところによく水滴(結露)がたります。もし、家の壁や床が石やコンクリートでできていたら同じように結露するはずですが、このような家は、部屋の中が暖かくても外気に面した壁は冷やすすいので、その内側に室内の湿気が結露しがちです。結露の水滴が壁紙のカビを繁殖させ、また、ダニや細菌をはびこらせる原因となって、住んでいる人の健康や住みごこちに悪い影響を与えられていきます。一年を通してこの結露にままわれたら、とても快適な生活とはいえないでしょう。それもこれも結局、コンクリートなどは熱の伝えやすさが木材の十五〜二十倍もあって結露を引き起こすからです。

それでは木材はまったく結露しないのでしょうか。実は、冷やし続けられればコンクリート同様に結露します。しかし、結露するまでの時間が非常に長いのです。では、どうして木材の結露が遅いのでしょうか。木材は、もともと水との親和性が大きい物質です。建てて何年も経った柱でも、室内から見ると二・四割の部分だけでビール瓶約四本分の水分を含んでおり、さらに瓶四本分くらいの水分を吸収する余裕があります。だから、



平衡含水率曲線 調湿能を表す。勾配が急なほど調湿能が大きい

周辺の湿度が高ければ湿気を吸収し、湿度が低ければ湿気を放出して、結果的に周辺の湿度を一定に保つように働きます。この働きを木の調湿能といいます。

実は、この調湿能が木材の結露を防いでいるのです。他の材料ならとくに結露しているという条件下でも、木材は結露となるべき湿気を吸収し続けます。そして、木材の厚さが厚いほど、何十、何百時間と長時間にわたって時間稼ぎをします。一方、よくしたもので、結露しそうな条件は数時間かせいせい十数時間しか続かないのが普通です。したがって、木材が結露する可能性はいつもご破算になることが多いわけです。

つまり、校倉造りの正倉院なみでなくとも、ある程度分厚い木材を用いた木の家は、夏冬を問わず結露しないという結論になります。

このようなからくりは木の家に住んでいてはかえって認識しにくかった性質のものです。しかし、木の家の快適さは、このほかにも数多い木の隠れた善行から成り立っているのだ、ということがしだいに認識されつつあります。

(葉石猛夫)

## 酒に杉、ウイスキーにホワイトオーク

日本酒の仕込み、あるいは貯蔵・運搬用のおけ、たるにスギが使われるようになったのは室町時代ころからといわれています。スギ材は使いやすいことのほかに、その成分が酒の味をまろやかにし、またフェノール性成分によって多少の防腐効果もあるのでしょう。明治以前は木香の強い琥珀色の酒が好まれましたが、以後しだいに淡泊、無色のものに好みが移ってきました。今日ではスギの酒だるが用いられることは少なくなりましたが、最近また、軽い木香のある酒の愛好家が増えてきているということです。

スギの材はたてに割りやすく、軽軟なわりには丈夫で、耐朽性があります。酒だる用のスギ板は、かつては各地の林業地で生産されており、とりわけ吉野が産地として知られていました。スギ材は最上のものが選ばれ、樹齢八十〜一三〇年、直径三十〜五十センチの木が適しています。中心に近い部分や節、みずのあるもの、腐りの入ったものは用いません。丸太を一定の長さに玉切ったあと、年輪ぞいに割って、やや湾曲した板目に木取ります。下部を少し狭く、上部を広くした板を何枚か合わせ、底板を入れ、竹のたがで締めます。丸太の外側の白い部分(辺材)と内側の赤味の部分(心材)の境を使つてつくつたたるを(内稀)といつて最も好まれます。すなわち、たるの外側は白くて美しく、内側の心材から酒中に浸み出る成分が独特の木香と色調を与えるのです。

一方、ワイン、ブランデー、ウイスキーなどの洋酒のたるには古くから広葉樹材、なかでもオーク材が用いられてきました。日本酒と違い、これらの洋酒はたるの中に長期間置かれるので、たる材としては何よりも長年の貯蔵に耐える強度と耐久性が要求されます。また、たるの中に徐々に溶け出す材の成分も、味、香り、色を含め、酒の熟成に大きな意味をもっています。たる材が木取りできるだけの十分な木の大きさも必要でしょう。広葉樹は種類が多いといってもこういう条件を満たすものは限られており、その結果としてオークが選ばれたと思います。たる用の板は、スギだるとは逆に、年輪と直角方向の柾目に木取られます。

ところで、オークというのは一種類の木ではなく、北半球の温帯を中心に多数の種類があり、日本ではミズナラ、コナラなどナラ類に相当します。これは分類学的にホワイトオークとレッドオークの二グループに分けられますが、洋酒のたるはホワイトオークに限ります。というのは、広葉樹材には水分を通すための道管という組織がありますが、レッドオークではこれがずっと空洞のままなので、酒がここを通って漏れ出してしまふのです。これに対してホワイトオークの心材では、道管内にチロースと呼ばれる特殊な組織が発達し、液体を通らなくしているのです。日本のナラ類はホワイトオークに属しますが、洋酒のたるには材質などの点からおもに北米のホワイトオークが使われています。たるの材質と加工、貯蔵庫の温・湿度などに厳密な管理が行われても、なお長年の貯蔵期間中に多少の目減りがします。これが、いわゆる「天使の分け前」です。

(緒方 健)

## 毒を生産する植物

熱帯の原住民が矢じりの先に毒を塗り、動物に射かけて殺すのをテレビや映画で見たことがありますか。東南アジアのジャワ、ボルネオ、マレーシア地方では、アンチアリス・トキシカリアというクワ科の大木の幹に傷をつけ、出てくる樹液を放置して固め、これを矢毒として使っていました。上を鳥が飛ぶと落ちて死ぬとまでいわれているこの木の有毒な樹液の中には、アンチアリンという有毒物質が含まれています。キョウチクトウ科の植物も有毒なものが多いことで知られています。アフリカ地方では、キョウチクトウ科の植物から採取した毒をやはり矢毒の原料として使っていました。きつねのこぶくろとも呼ばれるジギタリスはヨーロッパ原産の草本で、その葉に有毒成分を含みます。これらの毒は適量であれば強心作用があり、心臓病に効果があります。毒と薬は紙一重、薬として飲んだ有用な成分も量を間違えれば毒になるわけですが、熱帯の原住民にとっては獲物を捕るためになくならない毒だったのです。

キンポウゲ科の植物で、花の形が舞臺の冠に似ているのでその名をもつトリカブトも、古くからよく知られている有毒植物の一つです。トリカブトも矢毒として使われ、また、薬として使われてきました。そのおまな有効成分は、アコニチンというアルカロイドです。モクレン科のシキミは葉から芳香を漂わせませんが、その果実には毒があり、誤って食べると中毒します。毒はアニサチンというテルペンによるものです。植え

たばかりのヒノキがカモシカに食べられて問題になりましたが、ヒノキの間に生えているアセビにはカモシカは見向きもしません。というのは、アセビの葉にもグラヤノトキシシという、同じくテルペンの仲間の毒が含まれているからです。

陸上動物ばかりでなく、魚を捕るのにも植物の毒は使われます。魚毒成分を含む植物を川や沼でもみ叩きして流し、麻痺して浮いてきた魚を捕獲するのです。マメ科の植物で、ビルマ、インドネシア、マレーシアなどに分布し、熱帯各地で栽培されている殺虫剤としても有名なテリスの根は、魚毒成分を含み、古くから原住民に使われていました。テリスの根に含まれるロテノイドは、除虫菊のピレスノイド、タバコのニコチノイドとともに三つの主要な天然殺虫成分の一つです。この場合にも、虫にとっては恐ろしい毒が、人間にとっては害虫を殺す有用成分として使われているのです。

林間に生える野生のきのこ類は、シイタケなどの栽培されたきのこはまた一味違っていて、食卓に風味を添えるものです。しかし、きのこにはツキヨタケ、イッポンシメジ、ベニテングタケのように毒を含み、食べると中毒するものがあります。毒きのこの中には食用きのこよりもおいしいものがあるといわれています。しかし、いくらおいしくても、食べた後でお腹が痛くなり、七転八倒するのではたまりません。毒きのこには食用きのこによく似ているものがありますので注意が必要です。

(谷田貝光克)

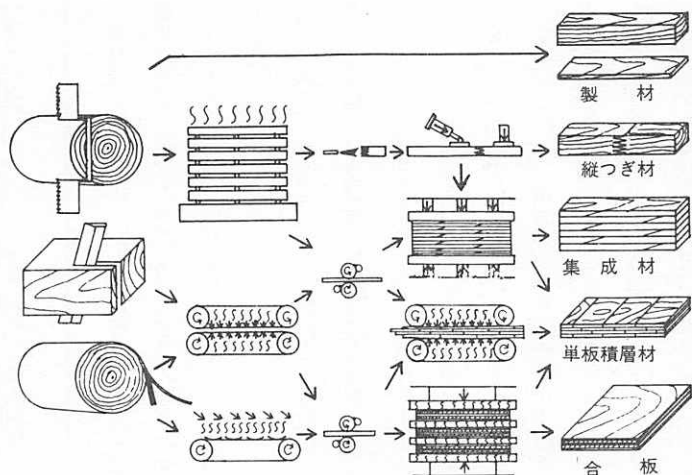
## 三本の矢の例えもあるように

木材は多数の細長い円筒形の細胞からできあがっていて、一つ一つの細胞の壁はらせん状に編まれた多層構造になっています。そのため木材は軽くて強く、木目に沿った方向の単位重量当たりの引つ張りの強さは鉄よりも高いものが多いのです。なお、木目に直角の方向の強さは木目方向の十〜二十分の一ぐらいです。

このように木材自体はきわめて強いものですが、実際に丸太を製材して、柱・はり・板として使おうとすると、節、目切れ、やにつぼ、入り皮、丸身といわれる悪い性質が現れ、また、木材を乾燥すると、そり、曲がり、ねじれ、割れという欠点が出てきます。このような欠点が、木材の強さと寸法の正確さを著しく悪くします。ちなみに、強さは木材本来の性能の三分の一以下になってしまいます。これらの欠点を補い、木材本来の性能に近づけ、あるいはそれ以上に向上させたものが集成材や合板といわれる加工木材です。

集成材とは厚さ二〜三センチのひき板を乾燥し、節や狂いなどの欠点を取り除いた後、接いだりはいりして必要な寸法に整え、数枚から数十枚重ねて接着した工業製品です。ですから、集成材は軟らかさや暖かさなど木材の質感を保ちながら、節などの欠点を除去・分散させることによって普通の木材より約一・五倍強くなり、乾燥によって含水率を十五%以下におさえ、寸法精度を向上させています。また、ひき板をたて接ぎ・幅はぎして重ね合わせることに、長大な材ができますし、あらかじめひき板を曲けておいて接着するこ





木質材料の製造工程

とによって、わん曲した材をつくることもできます。合板は、厚さ一〜四ミにはいだ板を乾燥し、数枚を繊維の方向を交互に直交させて重ね、接着した板材料です。このため、節などの欠点分散されて強さが向上するばかりでなく、木材の木目方向による強さや伸縮の差が著しく少なくなっています。したがって、床や壁を構成するうえで最も適した材料です。

このように、集成材や合板などの加工木材は、普通の製材品に比べて、均質性、安定性、耐久性、安全性など、工業製品としての一般的属性が著しく改善されています。今後、住宅や建築物の品質の向上が強く求められることになると思われますので、加工木材は建材としてますます重要になってくるでしょう。

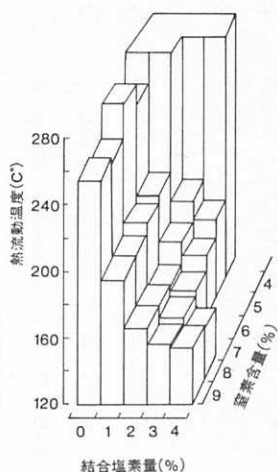
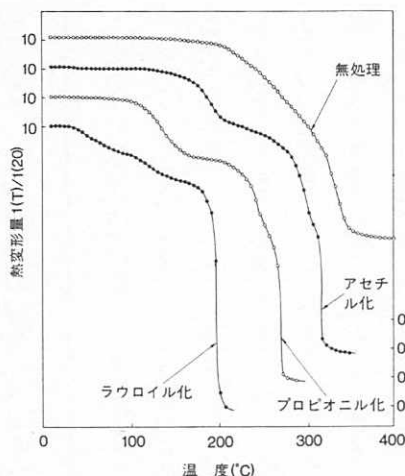
(藤井 毅)

## 石油と木材の結婚

木材はたいへんすぐれた素材ですが、例えば形を変えにくいというような欠点もあります。しかし、最近簡単な化学反応によって木材にプラスチック性を与え、従来のプラスチックにはない性質を与え得ることがわかってきました。いわば石油と木材との結婚により、石油を節約できるし、新しい性質のものをつくれる可能性が出てきたわけです。

プラスチックとは、一般に熱によって軟化・流動し、成形できる性質を備えた有機高分子物質の総称です。それとは反対に木材は、加熱しても成形できるほど軟らかくならないし、まして溶けるようなことは起こりません。その理由として、一、木材中に五十〜五十五%あるセルロースが熱に溶けにくい高分子物質であること、二、木材中に二十〜三十%あるリグニンが立体的な網目構造をもつこと、三、木材の主成分の間でリグニン・多糖結合体といった化学結合が起こることなどがあげられます。

しかしながら、最近、木材を簡単な化学反応でプラスチック化できることが明らかになりました。例えば、木材をエステル化やエーテル化すると、加熱した時、フィルム状に木材を変形することができるようになります。木材はセルロースの水酸基(—OH)をたくさんもっているため、隣同士の水酸基が結合してしまい、これが木材の加熱流動性を妨げている原因です。ですから、エステル化やエーテル化によって隣同士の分子を



左: 木粉の処理別熱軟化・流動曲線 (白石 1982) 右: 窒素含量・結合塩素量の熱流動温度に与える影響 (森田・坂田 1985)

疎遠にすれば、木材の熱流動が可能になるという訳です。

無処理の木粉は、約二〇〇℃という高温で軟化を始めますが、それ以上に温度を上げてても試料全体が流れ出すようなことはありません。それに対して、プラスチック化木材は一九五℃で完全に流動します(図)。

さらにプラスチック化木材に塩素を加えると、軟化する温度を一五〇℃まで下げることができます。プラスチック化木材は熱流動性をもつほかにいろいろな有機溶媒に溶解、溶液になることもわかってきました。また、プラスチック化木材の溶解物でディーゼルエンジンを動かせることも報告されています。プラスチック化木材は、石油製品に代わり得るいろいろな可能性をもっています。(瀬戸山幸一)

## 木から石油がとれる

植物の中には石油の主成分である炭化水素を多量に含んでいるものがあります。このような植物はエネルギー植物と呼ばれています。一九七三年の石油ショックを契機に石油の代替にしようという企てのもとに、世界のあちこちでエネルギー植物を探し出す研究が進められました。特に米国では、ゴムの木が分泌するような乳液を含む植物の検索が行われ、炭化水素源として有望な植物がたくさん見つかりました。

東アフリカ原産で成長の早いトウダイグサ科のアオサンゴ、同じくトウダイグサ科で、七カ月に一層も成長するというホルトソウ、メキシコからアメリカ南部に生育する灌木で、天然ゴムの代替として有望視されているグアユーレは、第二次大戦中にすでに栽培されていたこともあり、現在栽培され利用されているゴムの木に十分対抗できるものと考えられています。また、メキシコ北部からアメリカ南部の乾燥地に生育するホホバは、そのたねに液状のワックスを六十%も含み、バイオマス資源として注目されています。このような乳液やワックスのほかに、天然の炭化水素源として有望なものが精油です。精油の成分は同じ炭化水素でも石油の成分とはまったく異なり、においのもとなるテルペン類を主成分としています。葉に精油を多量に含み、石油のなる木として注目されたものにユーカリがあります。この精油の発熱量は相当たり八〇〇〇から一萬キログラムで、実際に自動車のエンジンを動かすと、低温時の始動が悪いという欠点はありますが、ガソリ

ンの代替品として利用可能であることがわかっていきます。国内に生育する木の葉にもトドマツ、ヒノキ、スギ、ネズコなど、ユーカリに負けず劣らぬ量の精油を含みます。

林内の木材集積場で余り物として捨てられる針葉を原料として精油を採取する実験が行われ、その精油を使用して自動車のエンジンテストをしたところ、利用できることがわかりました。しかし、抗菌性や殺虫性などさまざまな生物活性物質を含んでいる精油を、エネルギー源としてでなく、ファインケミカルズなどの付加価値の高い製品として、利用すべく研究が進められています。

(谷田貝光克)

樹種	精油量 (ml)	樹種	精油量 (ml)
トドマツ	8.0	クスノキ	2.4
ネズコ	4.2	ヤブニッケイ	2.0
スギ	3.1	タブノキ	2.2
ニオイヒバ	4.1	シロダモ	0.4
ヒノキ	4.0	シロモジ	0.4
アスナロ	2.4	シキミ	4.4
シラベ	2.1	アセビ	0.1
エゾマツ	2.1	ノリウツギ	0.1
ハイマツ	2.0	サンショウ	0.6
イチョウ	0.4	ミヤマシキミ	2.4
カラマツ	0.3	クヌギ	~0
イヌマキ	0.1	シラカシ	~0
イチイ	0.1	スタジイ	~0

樹種による葉 100 グラム当たりの精油量比較

	ヘキサン	エーテル	アセトン	メタノール	合計
ヒノキ	12.7	4.6	9.8	4.6	31.7
	8.2	5.8	14.1	12.0	40.1
サワラ	14.8	5.3	4.4	5.3	29.8
	8.3	4.1	20.9	8.7	42.0
ニオイヒバ	7.7	4.4	16.4	4.7	33.2
	9.0	4.7	17.5	12.8	44.0
アスナロ	8.4	3.6	6.4	4.6	23.0
	7.9	2.6	14.0	10.0	34.5
ネズコ	14.1	2.3	7.3	3.8	27.5
	11.1	4.3	22.4	4.9	42.7
ヒバ	8.5	3.7	4.2	3.3	19.7
	7.4	4.7	12.5	50.0	29.6
トドマツ	11.4	9.0	13.6	6.2	40.2
	16.5	6.4	16.8	11.5	51.2
シラベ	8.4	4.6	22.1	9.7	44.8
	8.4	8.1	28.9	9.1	54.5
エゾマツ	7.7	7.8	21.3	5.4	42.4
	6.0	5.9	21.7	13.7	47.3
アカマツ	7.5	2.8	8.9	8.0	27.2
	7.3	4.8	16.7	5.5	34.3
スギ	7.0	2.7	12.1	3.2	25.0
	11.4	3.4	16.0	8.6	39.4

針葉の逐次抽出物 上・夏, 下・冬, 対絶対乾重量%

## 洋紙百年、和紙千年

国会図書館の古い書物が劣化し、紙がボロボロになり始め、貴重な記録が失われてしまうのではないかと新聞などで話題になったのを記憶されている方も多いと思います。一方で、正倉院や冷泉家で発掘された書物の中に、一〇〇〇年も昔の古文書の内容が鮮明に残っているのに改めて驚かされた人も多いと思います。

前者は洋紙の、後者は和紙の話です。では、なぜこのように洋紙は早く劣化し、和紙は丈夫で長持ちするのでしょうか。今からちょうど一〇〇年ぐらい前、木材繊維を紙の原料として使う製紙技術が西洋から導入されました。この製紙工程では、印刷する際のインキのじみを少なくするための補助物質であるサイズ剤としてロジン(マツヤニの一種)が使用され、これが繊維によく定着し、紙の中にまんべんなく分散するように硫酸アルミニウムが広く使われてきました。この硫酸塩が紙の酸性化(酸性紙)の原因になっています。酸性紙の保存されている環境の光、温度、湿度などの影響によって、長い間には繊維が分解するために、紙がボロボロになることがわかっています。高温多湿の熱帯地方では、保存状況によっては三、四十年しかたつていなくても、触れるとバリバリ割れてしまう例があります。今日話題になっている書物の多くは、前述した製法の紙を用いたものです。

これに対し、和紙には一三〇〇年以上の伝統があります。和紙はコウゾ、ミツマタ、ガンビなどの木本性

植物の内皮の中の、纖維を構成する細胞膜が厚く、耐水性、耐腐朽性に富み、丈夫な、非常に長いじん皮纖維を原料としています。木灰汁またはカセイソーダによる蒸煮、清水中の精製・漂白を経たパルプをたたいた(叩解といひます)後に、紙すき(手すきが中心)が行われますが、その際、ネリといつてトロアオイの根から取った粘り汁をいれるだけで抄き、独得の味わいのある紙ができるのです。この紙は不純物の混入が少なく、中性からアルカリ性を保つてゐること、強じんな纖維でできていることで洋紙とは著しく異なつてゐます。こうしてできた紙は加熱、湿潤を繰り返しても劣化が少なく、耐候性に優れてゐることが証明されてゐます。和紙は、私たちの身の回りに、紙幣、障子紙、書道紙などとしてその耐候性が活用されてゐますが、原料や抄紙法に制約があり、大量生産には向いていません。

洋紙の酸性化による紙の劣化を少なくし、長持ちする紙をつくるため、中性紙が開発されてゐます。これまでのロジンは中性では不安定で使用できないため、それに代わる石油系の中性サイズ剤が開発されてゐます。これに紙の不透明度や印刷性を上げるために炭酸カルシウムを配合した中性紙が普及してゐますが、抄紙工程でのサイズ剤の挙動については未解決の問題点が残されてゐます。長期保存を必要とする辞書や特殊用途の電気絶縁紙は、積極的に中性紙に置き換えられています。使い捨ての代表の新聞紙から、大切な情報を守る書物に至るまで、紙は多様に用いられてゐます。それぞれの用途に合わせて紙に耐候性を与えることが必要でしょう。

(島田謹爾)

## 甘い汁を吸う話―樹液の不思議

樹木は葉の葉緑体で光合成を行い、ブドウ糖を生産します。この糖は葉自身でも相当量消費されますが、余ったものは体の中で動きやすい形に変わって他の同化物質と一緒に、樹皮の師管を通って樹体の各部へと移動（転流）します。師管内の樹液を集め、水分を蒸発させて残ったものを分析すると、その重量の九十％以上は炭水化物で、その九十五％以上は蔗糖（砂糖）です。蔗糖以外にも、ガラクトースが結合した糖の一種のラフィノースやスタキオースも見つかっています。昆虫はこの師管内の樹液を吸うために群がるのです。

転流した物質は木の各部分を維持し、成長させるため消費されますが、同時に師管や木部の柔細胞、果実などに貯えられます。落葉樹は、春に葉を開くため多量の糖を必要とし、師部柔細胞の貯蔵炭水化物がこれに当てられ、その時期になると葉に向かって転流されます。冬芽の分化が前年の秋に終わっている樹種では、伸長が早春の短期間に限られているので貯蔵炭水化物の転流量も多く、サトウカエデの場合、蔗糖濃度は二〜五％になります。アメリカ北東部やカナダでは、三、四月ごろ、サトウカエデの幹に穴を開け、管を押し入れて流れ出す樹液を集め、これを煮詰めてメイプルシロップをつくります。シロップには芳香と良質の甘味があり、そのまま用いたり、結晶化して砂糖（カエデ糖）を製造し、食品やタバコの添加物とします。

マツ類の生きている木部には、エヒセリウム細胞という分泌細胞が分布しています。蔗糖はここでマツヤ



二成分に変えられます。マツヤニは、テルペン類を主成分とする複雑な混合物です。ちよつと難しいですが、細胞内の小器官にある酵素によつて、蔗糖はブトウ糖—ビルビン酸—酢酸補酵素を経てメパロン酸(MVA(C5))に変換されます。MVAは相互に結合し、モノ(C10)、セスキ(C15)、ジ(C20)、トリ(C30)、テルペンなどがつくられます。ゴムノキなどラテックス植物の乳管細胞では、さらに多数のMVAがつながつてポリイソプレンが合成されます。エビセリウム細胞は、その成長過程で形成された離生細胞間道(樹脂道)を取り囲んでおり、生産したマツヤニをこの間隙へ分泌します。正常な樹脂道は垂直方向と水平方向に分布して、相互に連絡し合っています。形成層が傷つけられると、普通のものより長く、樹脂の量も多い傷害樹脂道が垂直方向に多数発生します。樹幹の木部に達する浅い刻みをつけて(タツピング)、樹脂道を開放すると、周囲の膨圧で樹脂が流れ出すとともに、その周辺部に傷害樹脂道がつくられます。流れ出たマツヤニを受け器に集めて蒸留すると、テレピン、ロジンおよび脂肪酸が得られます。これらは塗料、サイズ剤、チューインガム基剤など多くの方面で使われることとなります。ゴム質を分泌するラテックス植物は二〇〇〇種以上が知られています。ゴム、グッタペルカ、チクルは、それぞれHevea属、Paladium属、Achras属の乳管中に貯えられたポリイソプレンを集めて加工したものです。このように、人も虫も木の甘い汁を吸っているのです。

(林 良興)

## 縄文以前にヘジヤパンく

今から約五〇〇〇年前の縄文前期の遺跡である福井県鳥浜遺跡や、四〇〇〇年前の北海道御殿山遺跡から漆塗りのくしが発見されました。日本では古くから漆が使われていたのです。

漆は日本、中国、台湾、そして採取する樹種は異なりますが、ベトナム、タイ、ビルマなどで生産されています。ウルシの木には漆液分泌組織がどこにも分布していませんが、実際の採取はほぼ十年生以上の木の幹や太い枝に限られています。形成層の外側の内皮には、柔細胞に取り囲まれた離生細胞間道(樹脂道・漆液溝)が多数分布し、柔細胞で分泌された漆液はこの中に貯えられます。漆液の主成分はウルシオールで、漆かぶれの原因となる物質です。ウルシの幹を横方向に形成層に届く細かい刻みを入れて樹脂道を切ると、乳白色の漆液が流出するので、これを集めたものが生漆です。採取の仕方には、一年で木の全体に傷つけて採液を終える殺がき法と、二〜三年間採液する養生がき法があります。一本からの収量は殺がき法で約二〇〇gです。

日本産生漆の化学組成は、ウルシオール六十〜六十五%、ガム質五〜七%、含窒素物二〜三%、酵素〇・二%、水分二十五〜三十%です。生漆は、そのままでは使わず、なやし(乳化工程)、くろめ(加温・脱水工程)、ろ過を行って精製漆としたのち、使用目的に応じていろいろな顔料や添加剤と調合して使います。精製

漆には約三%の水が含まれています。漆の代表例である漆黒は精製漆に二%の鉄粉を加えてきたウルシオール鉄塩の色です。素地に塗った漆を固めるには、製品を湿度を高めた小室(漆風呂)に入れます。こうすると、酵素の働きで、漆に含まれているウルシオールが形を変えていくつもくっつき、網目のような構造をつくり、さらに層状に積み重なって固まっています。この際、混じっている含窒素物やガム質が酵素の働きを助けたり、生成した高分子物質をカプセル状構造で保護します。こうしてできた高分子の粒子が層状に整然と並んで、温度変化に対しても安定な強い塗膜になるとされています。南部鉄びんは漆を焼き付け加工しますが、これはウルシオール鉄塩の形成とカテコール核の重合が主反応で錆止め効果を得るためです。

漆の長所は感觸、美觀、防腐、防虫、耐水、寸度安定、硬さ、柔軟、接着などの性質が優れていて、他材料と組み合わせた場合の加工性の良さにあります。このため、木竹、紙、金属、陶器、ガラス、プラスチックなどとの組み合わせで、建築、彫刻、家具、漆器、機械器具など広い分野で使われています。蒔絵で代表される日本の漆器は、近世以降盛んに欧米に輸出され、ジャパンと呼ばれるほどでした。しかし現在、漆は年需要量約四〇〇トの1%しか国内では生産されず、大部分を中国からの輸入に依存しています。価格はマツタケに匹敵しますので、生産技術の改良や優良品種の開発を行って山村振興に役立てたいものです。

(林 良興)

# シブ柿とアマ柿

秋の味覚柿の実を、色にひかれてかじったとたん、口がしびれた経験をおもちの方は多いと思います。

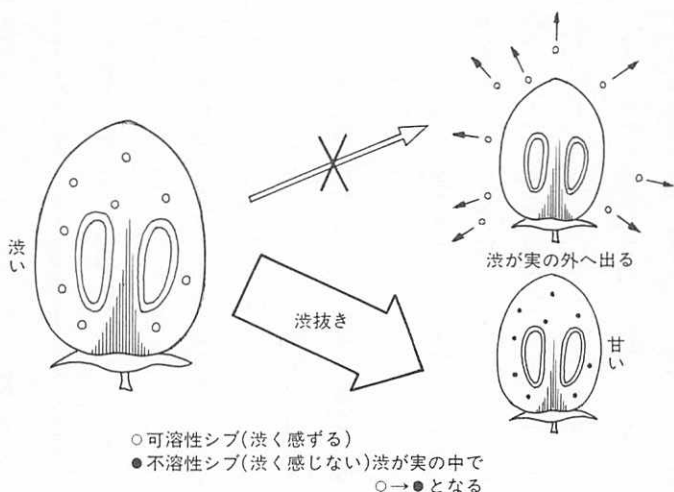
渋いという現象は、舌の粘膜タンパク質がカキシブと呼ばれるタンニンで凝固した結果現れる感覚です。

柿の実がほかの果実と特徴的に異なっている点は、この強烈な渋みをもっていることで、特にシブ柿は成熟したあとでも収れん性を示します。

柿は、日本をはじめ中国・韓国などにも分布する東洋特産の果樹で、シブ柿とアマ柿に大別されます。柿の実にはタンニンを蓄積しようとする能力と脱渋しようとする能力があり、タンニンの蓄積される量が脱渋量を上回る時はシブ柿となり、枝の上で早くから脱渋されればアマ柿となって、そのまま食べられるのです。しかし、双方が伯仲する時は、御所、甘百奴などのように渋みの残る不完全アマ柿となります。

カキタンニンには二つの型、すなわち、可溶性タンニンと不溶性タンニンの両者があり、実が成熟するに伴い、アマ柿では全部不溶性のタンニンとなり、私たちの舌は渋みを感じなくなります。一方、シブ柿は成熟した後も可溶性タンニンを一・四%ぐらい含み、渋みを示します。アマ柿の果肉の中に多くみられるいわゆる柿ゴマは、タンニン細胞が酸化し、褐変硬化し、不溶性となったものです。

シブ柿を甘くする人工脱渋法には一、湯抜き法、二、アルコール抜き法、三、炭酸ガス抜き法、四、干し



#### シブ柿の渋抜き

柿法があります。炭酸ガス抜き法を例にして渋が抜ける仕組みをみると次のようになります。空気を炭酸ガスで置き換えると柿果は呼吸ができなくなり、果肉にエチルアルコールを発生します。これが酸化されアセトアルデヒドとなると、ポリフェノールオキシダーゼという酵素の活性を高め、その結果、タンニン物質の酸化・縮合が起こり、不溶化すると考えられています。他の方法でも似たようなもので、いずれにしても、シブ柿が甘くなるのは渋が糖分に変化するのではなく、不溶化して渋みを感じさせなくなるのです。

カキシブは、乾燥して固まると、水にはほとんど溶けなくなるといふ、ほかのタンニン剤にはみられない特性をもっています。この特性を生かし、ウチワや漁網に塗り、耐水性を高めるのに用いています。

(田中治郎)

## 癌を治す木の成分

木は家や家具になるばかりでなく、木が含んでいるさまざまな成分も人間の役に立っていることをご存じでしょうか。

木は根から吸い上げた水と、満ちあふれる空気と、輝く太陽の力を借りて時々刻々とブドウ糖をつくり、やがて木の幹や枝葉を形づくるセルロース、ヘミセルロース、リグニンと呼ばれる木の主成分とその他の物質へと変わります。セルロースが紙の原料となることや、キハダが生薬として、クスノキから取れるシヨウノウが防虫剤として役立つことはよく知られています。そのうえ、ヘミセルロースの一部が癌を治すのに役立つようなのです。

ヘミセルロースとはどんなものでしょうか。セルロースは、ブドウ糖だけが行儀よく多数結合して大きな分子をつくっているのに対して、ヘミセルロースはブドウ糖の他に、その双子の兄弟のようなマンノース、ガラクトース、または弟分のようなキシロース、アラビノースなどの糖類が二〇〇個ぐらい結合したセルロースの五十分の一ぐらいの小さな分子のグループです。

では、どんな働きで癌退治に役立つのでしょうか。ひと言でいえば、免疫の仕組みに力を与えてくれるのです。私たちのからだの中には、自分自身との違いを見分けて監視の目を光らせている防御機構（免疫の仕組

み)があります。ところが、癌細胞は、もとは自分自身の細胞が何かの原因で癌化したもので、自分の細胞に非常によく似ているためにこの免疫の仕組みがうまく働かないのです。

ヘミセルロースの働きを研究しているうちに、広葉樹から得られるキシランや針葉樹に含まれるグルコマンナンと呼ばれるヘミセルロースの仲間、マウスの免疫の仕組みに関係の深い細胞の働きを活発にすることがわかりました。さらに、二十匹以上のマウスに癌細胞を植えて二つのグループに分け、片方のグループにだけキシランを与えて、四週間後に癌細胞のコブの重さの比較をすると、キシランを与えた側は与えない方の十分の一以下でした。これはキシランが癌細胞を殺したわけではなく、マウスの免疫の仕組みを向上させてマウス自身の力で癌細胞を攻撃した結果なのです。化学療法剤と呼ばれる癌の薬がよく使われますが、これは直接癌細胞を攻撃できません。しかし、同時に無差別に正常の細胞にも毒として働くことがあるので、免疫の仕組みはいちだんと弱まり、完全に治すにはいろいろな困難があります。毒性のないヘミセルロースと同じ働き方で、現在臨床的に使われているPSKという薬もあります。カワラタケというきのこから得たヘミセルロースの仲間、ブドウ糖七十%くらいと、マンノース、キシロースその他の糖とタンパク質十五%程度を含み、化学療法剤と併用して消化器癌、肺癌、乳癌などに効果をあげています。キシランは飲み薬として使うと効果がないので、医薬品とするにはまだ研究が必要です。森の中には癌退治に役立つものがまだまだひそんでいるかもしれませんね。

(土師美恵子)

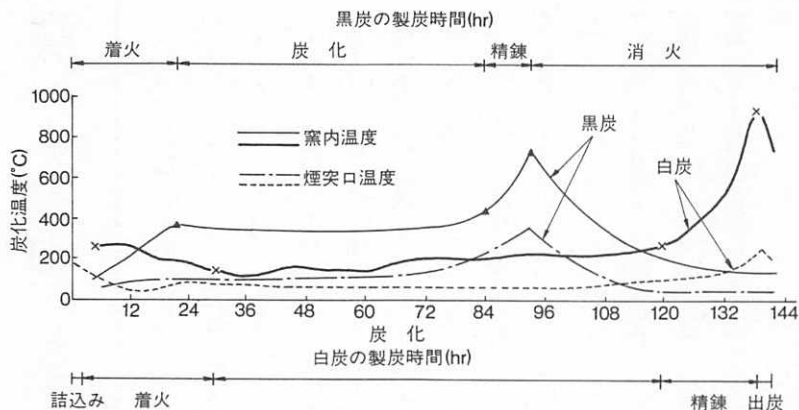
## 炭にも白と黒

炭で焼くバーベキュー、炭火焼コーヒーなどは味がよいため、最近炭が見直され、使われ始めています。

炭の歴史はたいへん古く、旧石器時代後期の遺跡を発掘した時に、木炭や灰と一緒に発見されたことから三十数万年前、すでに木炭が使われていたと考えられています。日本では二〇〇〇年〜一万年前の縄文時代の遺跡から、土器とともに多量の木炭が発見されています。これらの木炭は、おそらく日常生活を営むために燃やした薪の残り火を消し炭にしたものでしょう。その後、時代が進むにつれ、大陸から新しい文化が導入され、石器だけだった時代から鉄器、青銅器、ガラス器などが使われる時代となり、それらの製造のために大量の木炭が使われるようになりました。奈良東大寺の大仏鑄造は、奈良時代における木炭消費の最大の例ですが、約四五〇トの銅、錫、金、銀、水銀と約八〇〇トの木炭が使われたといわれています。

一見同じように見える炭には、実は焼き方によって黒炭と白炭の二種類があり、その性質は大きく違います。白炭を焼く窯は天井が高く、窯をつくる粘土や岩石は一〇〇〇℃以上の高温に耐えるものを使用します。黒炭窯は白炭窯ほど耐火性を必要としません。図に白炭・黒炭を焼く時の窯内温度と煙突口温度が示してあります。白炭窯では炭化が進んできた時点で窯口を少しずつ開いていき、最後に全開します。そうすると、それまでわずかな空気だけだった窯内に大量の空気が入り込み、炭焼き用木材の樹皮や窯内のガスが燃え出





炭を焼く時の窯内温度の違い

し、窯内温度は一気に一〇〇〇〜二二〇〇℃に上昇します。この操作は炭材中の未炭化部分を燃焼させ、炭の品質を上げるために行うもので精錬またはネラシといえます。この後にまっかになった木炭を窯口から引き出し、消粉(灰と土の混合物)をかけて消火します。そのため白炭は表面が白っぽく見えます。揮発分が少なく硬質の白炭は、火持ちがよいのでウナギのかば焼きなどの営業用に使われます。ウバメガシを炭材とする備長炭は白炭の代表とされています。

黒炭は四五〇〜八〇〇℃で精錬した後、窯の煙突口、通風口を遮断、密閉し、消火します。このため、窯の天井部分と窯底部分に炭化温度の差ができて炭質が一定でなく、揮発分も多い軟らかい炭ができます。クヌギの黒炭は切口に放射状の細かい目が入り、菊の花のように見え、美しいので、茶の湯炭として使われます。

(雲林院源治)

# 臭いを撃退します—活性炭

木炭の吸着作用に気がついて、それを医療用に使ったのは古く三五〇〇年前のエジプトであるといわれています。八〇〇〜一〇〇〇°Cに加熱した木炭(石炭でもよい)に水蒸気を吹き込むと、もともと小さな孔がいっぱいある木炭の表面積がさらに広がり、原料炭の三〜四倍、一ヶ当たり八〇〇〜一二〇〇平方センチの表面積をもった炭素(活性炭)が得られます。水蒸気との化学反応によってできた一酸化炭素などのガスが炭素から遊離する時、径一〇〜四〇オングストローム(一億分の一センチ)の微細な孔が多数できるからです。これらの孔の内部表面は強い吸着力を示します。水蒸気のほか、塩化亜鉛法と呼ばれる方法で活性炭を製造することもできます。他の吸着剤(アルミナ、シリカゲルなど)と比べて活性炭は特有の性質があり、四塩化炭素、ベンゼンなどの中性の液体有機物に対し大きな吸着性を示します。活性炭の重量の五〇%またはそれ以上の有機物を吸着する場合があるほどです。悪臭原因物質としてあげられているアンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン、二硫化メチル、トリメチルアミン、その他多数の物質の吸着用に活性炭は活躍しています。塩基性や酸性ガス吸着用には薬品添着炭も使われますが、その使い方は悪臭撃退の決め手としてです。つまり、

尿処理場 下水処理場 浄水場 動物性のゴミの加工場の悪臭防止には他の脱臭法(悪臭ガス燃焼法、酸・アルカリまたは酸化剤による洗浄法など)と組み合わせ、最終仕上げ用として活性炭の吸着塔(写真)を通す



活性炭の吸着塔（町田市第一事業所にて）

例が多いのです。活性炭は高価ですから、特に大量に使用する時は、ランニングコストを抑えるためにもその特性にあった使い方をする必要があります。水道水のカビ臭問題では、生活排水が流入した水源からの取水で一年に五〇〇件ものカビ臭の苦情があったものが、粒状活性炭とオゾン処理との組み合わせでまったくなくなったという例もあります。身近なものとして、冷蔵庫用脱臭剤や水道の栓に取り付ける浄水器にヤシガラ活性炭が使われています。脱臭以外では、医療分野での活性炭の進出があります。抗癌剤―活性炭のコンビの局所注入で、薬の除放効果や副作用を少なくすることができるといふ報告や、肝・腎臓疾患用の血液浄化剤、パラコート中毒患者への投与など、活性炭を使った臨床報告が最近増加しています。これらは古代エジプトの原点に戻る使い方としても関心がもたれます。

（阿部房子）

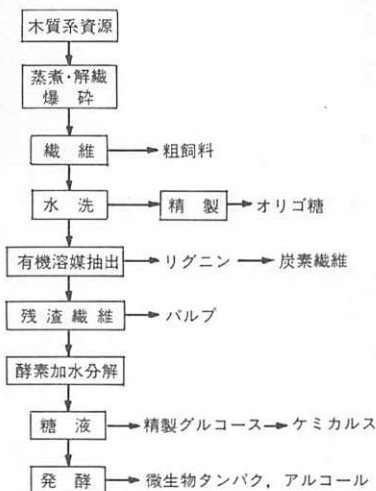
## 木材で牛を飼う

ヤギはチリ紙を食べ、消化することができます。彼らは反すう動物で、その胃には多くの微生物が共生していて、この微生物がチリ紙の主成分であるセルロースやヘミセルロースを消化する酵素を分泌しているからです。ウシ、シカ、ラクダ、キリンなども反すう動物です。

しかし、未処理の木材は彼らの胃をもつてしても消化することができません。それは木材の細胞組織の中で、セルロースやヘミセルロースがリグニンによって緊密に包まれているからです。リグニンは微生物が分解しにくい構造をもつ物質で、消化酵素はこのリグニンの壁を通過できません。牧草に多いイネ科の草本類の成分は木材のそれとほぼ同じですが、リグニンの量が木材より少なくなっています。ですから、反すう動物は牧草に含まれるセルロースは消化できます。チリ紙は、大量の薬品とエネルギーを用いて木材からリグニンを取り除いてつくられたものです。

草のようなセルロースをたくさん含んでいる試料は粗飼料といえます。この粗飼料は反すうを活発にして唾液の分泌を促したり、胃壁を刺激して生理的に良い効果を与えるもので、胃の機能を高め、健康を保つために必須のものです。それにもかかわらず、日本では草地を広くとれないため、粗飼料は不足がちです。

そこで、木材を飼料に変換する研究が進み、聞きなれない言葉ですが、蒸煮・爆砕処理が効果のあること



木材からつくった粗飼料で育つ牛と蒸煮・爆砕処理による酵素加水分解工程

がわかりました。この処理法は、木材をフレック状に細かくしたチップを二八〇〜二三〇℃の水蒸気で二〜二十分間処理し(蒸煮)、反応釜から水蒸気とともに急激に放出し、外との圧力の違いで組織を壊す(爆砕)方法です。この処理で木材チップは褐色の繊維にまで碎かれます。これによって細胞壁中のリグニンは分解し、セルロースとヘミセルロースは酵素で消化されるようになります。リグニンの量や質は樹種により違うので、処理材の消化のされ方は種類によって異なりますが、シラカバ、ポプラ、アカシアなどでは消化率は六十%以上に達します。これは良質の牧草であるアルファアに匹敵します。シラカバ飼料による肉用牛や乳牛の長期飼養実験の結果では、消化性・嗜好性・安全性に問題はなく、肉質・乳質も標準飼養と変わらないことが確認されています。

(志水一允)



# 編集委員・執筆者一覧

## 執筆者

所屬は、すべて林業試験場での部署を示す。  
五十音順

## 編集委員

浅野 透 造林部植生研究室  
大角 泰夫 土壌部土壌第一研究室長  
緒方 健 木材部組織研究室長  
片桐 一正 調査部企画科長  
工藤 哲也 防災部防災第一研究室長  
福山 研二 保護部昆虫第一研究室主任研究官  
森 徳典 造林部種子研究室長  
谷田貝 光克 林産化学部木材炭化研究室長

赤間 亮夫 土壌部土壌肥料研究室  
浅沼 巖吾 造林部除草剤研究室長  
浅野 透 造林部植生研究室  
阿部 和時 防災部治山第一研究室  
阿部 房子 林産化学部熱化学研究室長  
阿部 學 保護部鳥獣第二研究室長  
阿部 恭久 保護部菌類研究室  
安藤 貴 四国支場造林研究室長  
池田 俊彌 保護部林業薬剤第二研究室長  
石井 克明 造林部組織培養研究室  
石井 忠 林産化学部木材成分研究室主任研究官  
石井 幸夫 浅川実験林主任研究官  
石塚 和裕 土壌部土壌第二研究室主任研究官  
石塚 森吉 北海道支場育林部造林第二研究室  
井上 敏雄 造林部造林科長  
雲林院 源治 林産化学部木材炭化研究室主任研究官  
太田 貞明 木材部材質研究室長  
大谷 義一 防災部気象研究室  
大原 誠資 林産化学部抽出成分研究室  
大平 辰朗 林産化学部木材炭化研究室  
緒方 健 木材部組織研究室長  
小川 眞 土壌部土壌微生物研究室長  
小谷 圭司 造林部生理研究室長  
小野寺 弘道 東北支場育林部多雪地帯林業研究室長  
金澤 洋一 北海道支場育林部造林第二研究室長  
金谷 紀行 木材利用部性能開発研究室長  
金子 真司 土壌部土壌第一研究室  
河合 英二 九州支場育林部防災研究室長

河原 輝彦

関西支場育林部造林研究室長

河室 公康

九州支場育林部土壤研究室長

岸岡 孝

防災部理水第一研究室長

清野 嘉之

関西支場育林部造林研究室

工藤 哲也

防災部防災第一研究室長

小林 享夫

保護部樹病研究室長

齋藤 明

造林部遺伝育種科長

坂上 幸雄

北海道支場育林部長

櫻井 尚武

造林部造林第二研究室主任研究官

佐々 朋幸

東北支場育林部土壤研究室長

島田 謹爾

林産化学部バルブ研究室長

志水 一允

林産化学部林産化学第二科長

志水 俊夫

防災部理水第二研究室長

白石 進

造林部遺伝育種第四研究室主任研究官

鈴木 憲太郎

木材利用部防腐研究室主任研究官

鈴木 和次郎

造林部植生研究室主任研究官

須藤 彰司

木材部材料科長

瀬川 幸三

東北支場育林部造林第二研究室長

瀬戸山 幸一

林産化学部化学加工研究室主任研究官

曾根 晃一

保護部鳥獣第二研究室

染郷 正孝

浅川実験林樹木研究室長

埜田 宏

九州支場育林部造林第二研究室長

高橋 邦秀

北海道支場育林部造林第一研究室長

高橋 正通

土壤部土壤第二研究室

田崎 清

造林部生理研究室主任研究官

田中 潔

北海道支場保護部樹病研究室長

田中 治郎

林産化学部長

田中 永晴

土壤部土壤第一研究室



- 谷本 丈夫 造林部植生研究室長
- 田淵 隆一 調査部技術情報室
- 長尾 精文 造林部種子研究室主任研究官
- 中島 清 造林部遺伝育種第三研究室
- 新島 溪子 土壌部土壌微生物研究室主任研究官
- 西本 哲昭 土壌部土壌肥料研究室長
- 根田 仁 保護部きのこ第一研究室
- 葉石 猛夫 木材部物理研究室長
- 土師 美恵子 林産化学部微生物化学研究室長
- 林 良興 林産化学部抽出成分研究室長
- 廣居 忠量 林産化学部木材成分化学研究室長
- 福山 研二 保護部昆虫第一研究室主任研究官
- 藤井 毅 木材部集成加工研究室長
- 藤井 智之 木材部組織研究室主任研究官
- 藤森 隆郎 造林部造林第二研究室長
- 丸山 温 造林部造林第一研究室
- 三浦 覚 土壌部地質研究室
- 三輪 雄四郎 木材部材質研究室主任研究官
- 向井 讓 造林部生理研究室
- 森川 靖 造林部造林第一研究室長
- 森 徳典 造林部種子研究室長
- 谷田貝 光克 林産化学部木材炭化研究室長
- 山本 直樹 造林部生理研究室主任研究官
- 山家 義人 土壌部土壌微生物研究室主任研究官
- 吉永 秀一郎 土壌部地質研究室
- 横山 敏孝 造林部遺伝育種第三研究室長



# 森林の二〇〇不思議

昭和六十三年二月二十二日 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

