

熱帯林 の 100 不思議

社団法人

日本林業技術協会

熱帯林
の
100
不思議

社団法人
日本林業技術協会



はじめに

熱帯といえば、コバルトブルーの海と白い渚、そこに濃い影を落とす椰子の木立、絵にかいたような常夏の楽園か、猛獣がほえるジャングルといったところが従来の一般的なイメージでした。経済の発展に伴い、彼我の往来がしげくなるにつれて、より確かな情報が得られるようになり、私たちの熱帯についての先入観も大幅に改められました。それでもなお、熱帯林といえはラワンを思い、豊饒な森林資源の存在を信じて疑わないといった時代が続きました。

世界の森林が熱帯林を中心に大幅な減少を続けていることが明らかにされたのは、一九八〇年に発表された「西暦二〇〇〇年の地球」によつてですが、そのとき以来、世界各国の熱帯林の消長に対する関心は急激に高まり、熱帯林の保全と再生の道を探つて活発な議論が交わされてきました。森林減少を初めとする地球環境問題に、先進国と途上国が協調して対処していくことが確認されたのも一九九二年の地球環境サミットにおいてであり、まだ記憶に新しいできごとです。

熱帯林をめぐる問題への対応の大筋は見えてきたものの、実際に効果が現れ始めるのはもつと先のことになるのでしよう。現に、減少面積に対する造林面積の割合がほぼ一割という状態が改善されたという報告はまだありません。一概に熱帯林といつても、分布の範囲は広く、森林の様

相も多種多様であり、技術的問題に加えて、地域や国によって異なる社会・経済上の問題などが複雑に影響しているからです。

わが国と熱帯諸国との関係は、かつて植民地支配を行っていたヨーロッパ諸国に比べ希薄であり、気候風土や民俗に関する知識の蓄積も多くはありませんでした。しかし、そのようなハンデイも近年経済交流が盛んになり、国際協力が強力に推進されるようになってから大幅に改善されており、熱帯林についても、これまで多くの研究者、技術者が派遣され数々の成果を挙げております。本書では、それら多くの方々のなかでも経験豊富な方々をお願いして、さまざまな観点から熱帯林の多様性にスポットを当てていただきました。

もちろん、この限られた紙数では、葦の髄から天井覗くの感は免れませんが、それでもなお、いまなぜ熱帯林がこれほど重視されなければならないのかを、種の多様性、巨大な炭素の蓄積、構造や相互関係の複雑さ、などのなから読み取っていただけるものと期待しています。

広範複雑な問題を一冊の本に集約してくださった編集委員各位、ならびに忙しい研究のかたわら難しい課題にこたえてくださった筆者の皆さんに末尾ながらお礼申し上げます。

熱帯林の一〇〇不思議

目次

I 熱帯林のしくみと働き

1	森の顔も雨しだい	10
2	熱帯にも氷河	12
3	まぎれこんだ寒帯の土	14
4	文字どおり究極の土	16
5	自転車操業で食いつなぐ	18
6	自然の高層ビル	20
7	隣近所みな他人	22
8	隣近所みな兄弟	24
9	まるでサウナ	26
10	大きな水瓶	28
11	土を守る巨大な雨傘	30
12	収支は赤字?	32
13	針葉でない針葉樹	34
14	火事が頼りのマツ林	36
15	大物が倒れたときがチャンス	38
16	鳥になってジャングルを飛ばう	40
17	フタバガキ科の長い旅	42
18	マングロープの輪	44
19	昔を語る土中のシリカ	46

II 熱帯林の植物

20	フタバだけではないフタバガキ	50
21	板になる根	52
22	キツネのしっぽ	54
23	植物も昼寝	56
24	15°Cが限界	58
25	耐えるのか、逃げるのか	60

III 熱帯林の動物

26	一人じゃ生きられないのよ
27	夜の訪問者を待つ
28	ちゃっかり者の着生植物
29	アリの住まわせ身を守る
30	きのこだけがなぜ小さい？
31	ラワンとモヤシ
32	長旅は弁当と水持参
33	盛者必衰？ ナギモドキ
34	進化論の実験室
35	木にもカナズチ
36	常識のウソ—年輪
37	きまぐれ開花—トルネーシヨ
38	日陰の大輪—ラフレシア
39	向こうの島は別世界
40	昆虫だけでも三千万種
41	新種が続々—ただし病菌の話
42	巨大なアバウト群
43	家族をつくるゴキブリ
44	ハチ社会進化を解く鍵？
45	過疎社会で暮らすカミキリムシ
46	チョウにとつては雨期が春
47	香りで結ばれた優雅な関係
48	竹の中で暮らす謎の虫
49	虫の忍術—擬態
50	動物も持ちつ持たれつ
51	羽ばたく宝石

IV 熱帯林の産物

7 7	ウツトリとウンザリ	1 6 8
7 6	沈香もたかず屁もひらず	1 6 6
7 5	石鹼で虫退治	1 6 4
7 4	油とりの横綱	1 6 2
7 3	これがほんとの森林所得	1 6 0
7 2	住んでよし食べてよし	1 5 8
7 1	一本で一年分の食料	1 5 6
7 0	カイガラムシの贈り物	1 5 4
6 9	ヤシガラで水浄化	1 5 2
6 8	噛めば噛むほど頭の良くなる木	1 5 0
6 7	木の葉で自動車が走る	1 4 8
6 6	車社会を支える木	1 4 6
6 5	所変われば竹変わる	1 4 4
6 4	まるでロープ?	1 4 2
6 3	偉大な王と優美な女王	1 4 0
6 2	旅人の木	1 3 8
6 1	金のなる木は争いのタネ	1 3 6
6 0	転職に追い込まれたゾウ	1 3 2
5 9	天狗猿の嘆き	1 3 0
5 8	スカイダイビングでコミュニケーション	1 2 8
5 7	サル知恵、人を助く	1 2 6
5 6	窮鼠! 木を噛る	1 2 4
5 5	音で知る動物たちのアピール	1 2 2
5 4	高層ビルの住み分け	1 2 0
5 3	氷期が決め手の鳥の数	1 1 8
5 2	ドラキュラばかりじゃないコウモリの世界	1 1 6

V
熱帯林の再生

7 8	大工さん泣かせ	1 7 0
7 9	危険なバット	1 7 2
8 0	「ラワン」てなんだろう	1 7 4
8 1	消えるドングリの森	1 7 8
8 2	木を切れば塩の原	1 8 0
8 3	火種は永遠	1 8 2
8 4	やっかい者の緑の絨毯	1 8 4
8 5	アマゾン丸坊主にするアリ	1 8 6
8 6	チークの大敵	1 8 8
8 7	自然の法則と知恵くらべ	1 9 0
8 8	サルカニ合戦	1 9 2
8 9	タネがなければバイテクで	1 9 4
9 0	植えるときは丸坊主	1 9 6
9 1	これもさし木?	1 9 8
9 2	ジャックと豆の木	2 0 0
9 3	ユーカーリは救いの女神?	2 0 2
9 4	ラワンの森よみがえれ	2 0 4
9 5	農業のような林業のような	2 0 6
9 6	農も林もとはいかない?	2 0 8
9 7	森を生かして森に生きる	2 1 0
9 8	雲の上から見てやろう	2 1 2
9 9	あばたとえくぼは見分けられるか	2 1 4
1 0 0	つくるも守るも人の知恵	2 1 6

I

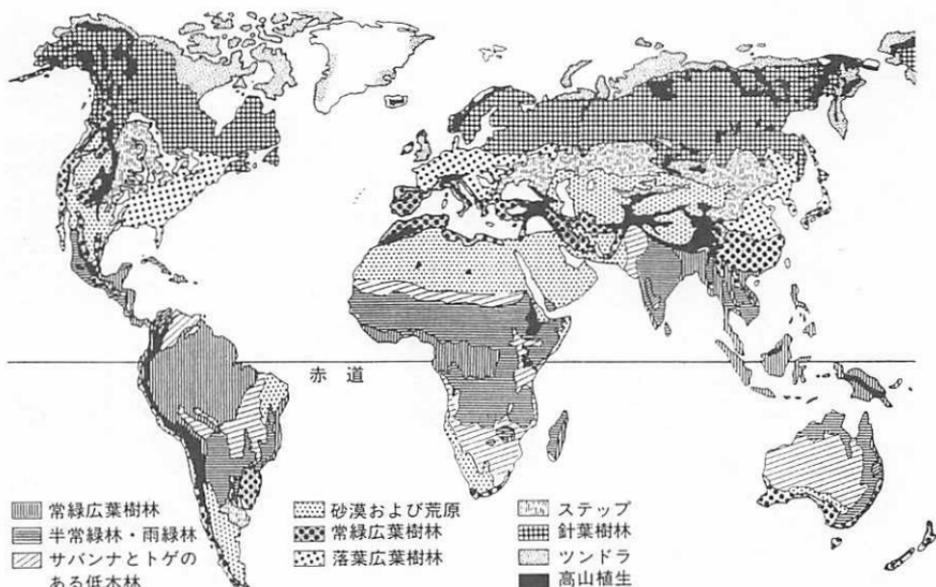
熱帯林のしくみと働き

I 森の顔も雨しだい

「木」が二つで林、三つで森、五つでは森林になります。木が五つ集まった森林は、もともとは「森々とした林」のように形容詞的に表現された言葉で、武田信玄の軍旗「風林火山」の「静かなること林の如く」に濃縮されているように、変化のない静かな木の集団と思われています。

亜熱帯や熱帯は温帯よりはるかに温度条件に恵まれ、一年中高温で年・日較差がほとんどなく、大型のシダ植物や樹高五〇以上にもなる常緑樹が繁茂しています。これらの樹木は高温と多量な降雨によって生育が可能になり、熱帯雨林とも呼ばれています。湿润熱帯では雨を降らせる湿润な気団がいつも発生し、豊かな降雨に恵まれているのですが、同じ亜熱帯や熱帯でも地形や気候学的な理由から、雨の降らない乾期と雨期がはっきり分かれる地域があります。たとえばタイやミャンマーの内陸部は、高級家具に使われるチーク材の産地として有名ですが、このチークは落葉樹です。暖かい熱帯になぜ落葉樹が生育しているのでしょうか。森林の成立には温度のほかに、雨量、湿润度も影響しているのです。

アジア大陸東縁のモンスーン気候下にある日本では、降雨量が少ないために樹木が生育できないというようなことはありません。寒い冬の間だけ落葉していれば、湿润、高温な春から秋までの生育期間で森林がでさるのです。盛夏の炎天下で鉢植えの樹木に水をやらなかつたらたちまち枯れてしましますが、熱帯では温



植生：その土地をおおっている植物の集団

世界の植生分布 (Walter の植生分布図より)

度は一年中ほとんど変化が見られず、いつも日本の夏の温度です。こんな高温の期間に水不足になったら、たちまち砂漠になってしまいますが、乾燥した時期だけ落葉して、降雨期に枝葉を展開することができれば森林は成立できるのです。このような森林を降雨期だけ緑になっていることから雨緑林と呼んでいます。

冬雨型の地中海気候の地帯では、夏には高温で乾燥するため、夏の間は休眠して比較的温暖で湿潤な秋に発芽し、冬には、タンポポのようなロゼットと呼ぶ寒さの影響の少ない形で過ごし、春から夏までの間に開花結実して、夏に休眠を繰り返す二年生草本がたくさん見られます。このように植物は、地球規模の気候の変化や地形などさまざまな条件でつくり出される温度と降雨量に対応した生活型と植物社会を形成しているのです。

(谷本丈夫)

2 熱帯にも氷河

名優加東大介の十八番だった「南の島に雪が降る」は、第二次大戦で熱帯に出征した兵隊が、ふるさとの雪景色をしのび、常夏の熱帯に雪景色を再現した慰安劇でした。雪国出身の兵士には大変な人気だったので、年平均最低気温が一八℃以上の熱帯では、普通では降雪は無理ですが、熱帯でも雪は降るのです。

アフリカ大陸の屋根ともいえるキリマンジャロ山は、万年雪をいただく五、八九五メートルの高峰です。キリマンジャロ山の付近に位置するケニアの首都ナイロビは一、七九八メートルの高原地帯にあるため、熱帯にありながら、高原特有の快適な生活地になっています。

わが国では、標高が一〇〇メートル上昇すると気温が平均で〇・六℃ずつ低下してきます。低下する温度は、それぞれの地方の気候、地形などに影響されるので、一概にはいえませんが、標高が高くなると温度が低下するのは世界共通の現象です。たとえば、熱帯の平地で三五℃のときキリマンジャロの山頂では、日本と同じく一〇〇メートルで〇・六℃ずつ温度が下がるとすると、マイナス一度になっているわけで、万年雪の姿になるのです。

温度がこのように低下してくると、熱帯植物の女王といわれるカトレヤなどは一五℃以下になると枯れてしまうので、当然生育が不可能になり、温度に応じて植生が変化します。



キリマンジャロの山頂付近

ボルネオ島のキナバル山では、熱帯低地常緑降雨林、熱帯低山地降雨林、熱帯上部山地降雨林、熱帯亜高山植生そして熱帯矮性低木林と標高が上昇することによって生育する植物が変化し、標高一、二〇〇メートル付近では日本と同じような山地カシ類林が見られ、さらに高くなると矮性化したエリカの仲間が多い森林植生、山頂付近では高山植物や地衣の生育する熱帯の高山帯になっています。

熱帯では豊かな湿度と温度に恵まれていますから、寒い地方に比べると多くの植物が生育できます。しかし、植物の宝庫といわれる熱帯より緯度が高くなったり、標高が高くなって寒さが強くなると生育できる植物が変化するばかりでなく、種数が減少してきます。植生の分布には温度と湿度が大きな役割を果たしているのです。熱帯でも降雨林だけでなく、さまざまな植物社会が発達するので。

(谷本丈夫)

3 まぎれこんだ寒帯の土

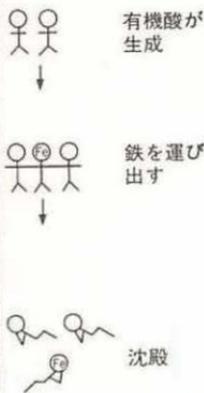
山の土は普通は褐色や黒ですが、まれに白い土があります。白い土は世界に三種類ほどあり、そのなかに「ポドゾル」があります。「地下の灰」を意味するロシア語のポドとゾラが語源で、日本では高い山の針葉樹林、外国ではシベリアやカナダのような寒帯の針葉樹林に広く分布していて、寒い所でないとできないといわれている土壌です。この土壌がつくられるには、寒さ、乾燥、分解しにくい落葉、水を弾く菌糸の発達などのような厚い落葉層ができる有機物の分解抑制条件が必要で、この落葉層から酸性の強い濃厚溶液が流れ、土壌の鉄を溶かすとされています。

マレーシアの首都、クアラルンプール市郊外にテンプラー公園という森林公園があります。標高一〇〇メートルほどの丘陵にある公園は、姿形がスギに似てスマートなカプールの林の中にあります。滝やせせらぎがあり、裏山にはトラもいる自然の姿を存分に残したすばらしい公園です。フタバガキの一種のカプールは昔、樟脳の代用品を採取していた木で、ボルネオとマレー半島東岸に広く分布していて、半島西側には公園の中にもありません。隔離分布の原因を勉強しようと裏山を歩いたところ、成長がよい所では高さ五メートルもあるのに、悪い所ではわずか一五センチしかないことに気づきました。成長の悪い場所は狭い尾根に集中し、熱帯ではほとんどないとされていた厚い落葉層が堆積していました。黒褐色の落葉層の下にはポドゾルと同様に白い



ポドゾルのでき方

落葉分解層でできた強い酸性の溶液が土中の鉄を抱き込んで動き(キレート形成)、pHの高い下層に沈殿する。



層が、さらに鉄と有機物で赤黒くなった層が続いていました。これまでの土壌学の常識を破る大きな発見になります。大昔につくられた化石土壌の可能性や化学的性質など、ポドゾルの条件にあっているかを調べた結果、まったく同じものが今もつくりだされていると断定できました。熱帯で今まで発見されなかった理由に、高温だから落葉分解は速いはず、という先入観がありました。固定観念の恐ろしさです。

熱帯でもカブールやカオリマツ(Avaling)のような分解の悪い落葉で、乾燥が激しい場所ではポドゾルができる可能性があることがわかってきました。ポドゾルは強酸性で養分に乏しく、強い乾燥のため植物生育は芳しくないのです。木材生産には不向きです。熱帯のポドゾルのように大変珍しく、生態的にも貴重な土壌はほかにもあり、ゾウやサイなどの貴重動物と同様に自然の宝物として将来にわたって保存するのが賢明でしょう。(大角泰夫)

4 文字どおり究極の土

読者のなかには、湿润熱帯には風化の進んだやせた赤い土が一樣に分布しており、熱帯林が破壊されれば簡単にラテライトの赤い砂漠と化してしまうと信じている人もいるでしょう。けれども、熱帯の土壤も肥沃なものから貧栄養までさまざまで、ラテライト化してしまう土壤はごく一部にすぎません。たとえば、大河デルタやジャワ島などの火山地帯が多く的人口を扶養できたのはその土壤が肥沃だったからです。しかし、こうした肥沃な地域は大部分が農地にされ、熱帯林はオキシソルとかウルティソルなどという貧栄養土壤地帯に追いやられてきました。東南アジアの丘陵などの熱帯雨林で見られる赤や黄色の土はほとんどがこのウルティソルです。ウルティソルは ULTI Ⅱ 究極の、SOL Ⅱ 土壤、であり、極端に風化の進んだ土壤であることを意味しています。

このウルティソル、分散しやすい粘土が長年の間に雨水により表層から下層に移動集積しており、砂質な表土は森林が失われれば容易に浸食されてしまいます。また、粘土の活性が低く養分保持力が小さいのに加えて、溶脱の結果カリウム、カルシウム、マグネシウムなどの塩基類が不足し、強酸性でアルミニウムを多く含む土壌になっています。高濃度のアルミニウムは植物に害があり、リン酸の吸収を阻害するなど厄介な存在です。ところが、アジアの熱帯雨林の大部分がこの欠陥だらけの、いわば究極の劣悪土壤ウルティソル

の上に生活しているのです。では、何がそれを可能にしているのでしょうか。それは熱帯林生態系が、限られた養分を効率よく保持・利用するためのさまざまな仕組みを備えているからなのです。たとえば、熱帯雨林の貧栄養土壌の表面には厚いマット状の根の層がしばしば観察されますし、そうでなくても根は浅い表土の部分に分布しています。これは根の量を増やしたり表土に根を張ることで、養分が下層へ流れ去る前に吸収し養分の損失を少なくしようとする樹木の適応と考えられます。ある研究では、根の捕捉を逃れて流亡する養分は〇・一％にすぎないといわれ、樹木が伐採されれば貴重な養分は利用されることなく流亡することになります。また、フタバガキ科樹木の多くは菌根菌と共生することで養分や水分の吸収効率を高めています。けれども、この菌根菌もちよつとした地温の上昇や乾燥で著しく生育が阻害され、森林伐採はこの共生関係にも深刻な打撃を与えます。さらに、熱帯雨林生態系では養分、特に塩基類の大部分が土壌中ではなく植物体中に存在し、これが表層土との間で速やかに循環することで損失が抑えられているといわれます。

熱帯雨林はこのほかにも、さまざまな仕組みを駆使して養分の利用効率を高め損失を抑えることで成立しているのです。そしておそらく、生態系の非常に多くの部分がこの機能に関係を持ち、互いに補完的に働いていると考えられています。熱帯林を伐採すればこれらの機能は簡単に傷つくか失われ、生態系が再びこれを修復するには長い時間が必要となるでしょう。熱帯雨林は養分の効率的な利用と保持のための究極のメカニズムを獲得することで、究極の劣悪土壌ウルティソルの上に成立することができたのです。(太田誠一)

5 自転車操業で食いつなぐ

木は根を通して土の養分を吸い、大きくなっていきます。体に取り込まれたそれらの養分の一部は、やがて落ち葉として土に帰り、そこで少しずつ分解され、再び木に吸収されるという過程を繰り返しています。

いかにえれば、養分は土から木、木から土へと再循環し利用されるため、森林は経済的・効率的な生態系であるといわれています。またこの過程でいろいろな分解段階にある有機物が土に貯まっています。熱帯雨林では樹高が六〇〜七〇mに達するほど木は高く伸びることがありますが、土の養分は以外と少ないようです。表に示すように、土の中にある養分（ここでは有機物）は、マレーシアの熱帯雨林で一〇〇t/ha、九州の照葉樹林で一五〇t/ha、北海道の常緑針葉樹林で二二〇t/haと、熱帯林ほど少なくなる傾向があります。ではどうして、熱帯林では、木の成長と密接にかかわっている土の養分が少ないにもかかわらず、大きな木を維持できるのでしょうか？

それは、土と木の養分のやり取り（これを養分循環といいます）が活発であるためと考えられます。養分循環が活発であるかどうかは、落ち葉として土へ戻る有機物と土の中の有機物との比（ここではこれを分解速度と呼びます）からおおよそ推定することができます。つまり、安定している森林の土の有機物分解が速い場合、活発な養分循環が行われているということが出来ます。このようにして、安定している森林の土の

森林の土の比較

	土の 有機物量 (トシ/%)	分解速度		分解時間	
		土	落ち葉	土	落ち葉
		(k/年)	(k/年)	(年)	(年)
北海道常緑針葉樹林	220	0.02	0.1	170	30
西日本照葉樹林	150	0.04	0.8	75	4
マレーシア熱帯雨林	100	0.07	3.0	42	1

森林の生活 (堤 利夫) より改変

中の有機物の分解速度を求めると(表)、温度の高い地域ほど分解速度は速くなり、養分循環が活発であることがわかります。また、土に戻った落ち葉が何年で分解されるかという分解時間を調べると、熱帯雨林の落ち葉はほぼ一年で完全に分解されますが、照葉樹林では四年、寒冷な地域の常緑針葉樹林では三〇年もかかります。

このように、熱帯雨林では、多くの落ち葉をすばやく分解し、そして多くの養分をすばやく吸収することにより、やっと大きな木を維持しているといえます。また、その結果として、土の有機物が少ない森林になるといえます。これはいわば、銀行預金がほとんどなく借入れと返済を繰り返しながら、かろうじて倒産を免れている経営基盤の弱い会社であるといえるかもしれません。このように年を通じて湿潤で高温である熱帯雨林は、樹木の成長が盛んで大きな木材蓄積を持つことから、大きなビルの大会社に例えることができますが、物質循環の面から見れば、実態は自転車操業でやっとやりくりしている非常に不安定な森林であるといえます。したがって、土の中に有機物という貯蓄の少ない熱帯の森林生態系では伐採など外部インパクトが加わると早く影響が出やすいと考えられるため、適切な森林管理が特に必要となります。

(酒井正治)

6 自然の高層ビル

熱帯雨林で最大の樹木は樹高約八〇メートルという記録があります。これは、ほぼ二五階だての高層ビルの高さに相当します。日本の森林では、スギ林でせいせい五〇メートル、ブナ林では四〇メートルに届くかどうかというところですから、二倍近い高さです。しかし、それでも世界最大というわけではありません。北米のジャイアントセコイア林やオーストラリアのユーカリ林では一〇〇メートルを超す記録があります。

日本の森林（たとえばブナ林）では、地上二〇〜三〇メートルの高さに樹木の枝葉が密集し、森林の天井（林冠）ができます。これを高木層と呼び、その下にできる亜高木層（カエデなど）、低木層（ツツジなど）、草本層（ササなど）という四つの階層を区分するのが普通です。熱帯雨林では、こうした階層構造がもっと複雑で、巨大高木層、大高木層、小高木層、低木層、地表層の五層に分けられるといわれています。

巨大高木（エマージェント）は、大・小高木層を抜けるまで枝らしい枝のない、数十メートルに及ぶ真つすぐな幹を持っています。巨大高木だけでなく森林の樹木全部が細長く真つすぐな幹を持っているのが熱帯雨林の特徴です。巨大高木層はまばらで、葉層が連続しないのが普通です。葉層が密集して林冠が閉じるのは大高木・小高木層で、この層の下部は急に暗くなります。そのため、低木・地表層は温帯の森林に比べて貧弱で、特に草本植物はほとんど見られません。ですから、森林の中は意外に歩きやすく、やぶを切り開き



最大樹高約50m

最大樹高約30m

熱帯雨林（左）と温帯のブナ林（右）の森林構造の比較

ながら歩く密林のイメージとは違います。

年中高温で湿潤な熱帯雨林地域では、このように複雑な階層を持つ高層ビルも、気温の低下や降水量の減少に伴って、しだいに単純な構造に変化します。熱帯で高い山に登っていると、標高約一、〇〇〇mでエマージエントがなくなってしまいます。さらに標高の高い所では、高木層を一層しか持たない森林に変わります。乾期のある所では、乾燥期間が長くなるにつれ、同じようにまずエマージエントが消え、つぎに階層も単純になると同時に、樹木の密度もまばらになっていきます。

熱帯雨林の高層ビルの屋上、つまり巨大・高木層の樹冠付近で起こっていることは、これまであまり知られていませんでした。最近、熱帯林にまるごとネットをかぶせたりして調査する、林冠生物学が話題になっています。近い将来、意外なことがわかるかもしれません。

（浅野 透）

7 隣近所みな他人

日本の森林は、ブナ林、シイカシ林というように、その森林を構成する樹種のなかで量的に勝っている種（優占種）の名前で呼ばれます。しかし、熱帯林を構成する樹種は種類数が非常に多く、優占種を決めることができないことが多いのです。東南アジアの熱帯雨林はフタバガキ科の樹木（ラワン材として知られています）が多いので、フタバガキ林と呼ばれることがありますが、フタバガキと一口にいつてもその仲間は数百種類もありますし、森林の中でフタバガキ科の樹木が占める割合もあまり高くないので、とてもブナやシイというような特定の樹種で代表させることはできません。

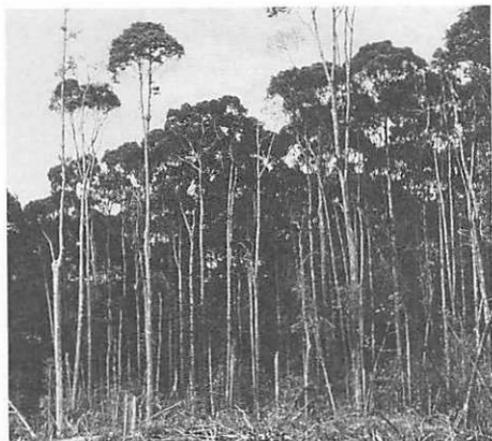
面積一畝に生える直径一〇センチ以上の樹木の種数を比較すると、ブナ林ではせいぜい十数種ですが、熱帯雨林では一〇〇〜二〇〇種と、一〇倍以上の樹種が生えています（図）。一畝に二〇〇種があるということは、そのなかに同じ種類の樹木が平均して二〜三本しかないということです。実際にはいちばん本数の多い種が数十本、半分以上の種はたった一本しかないというのが普通です。まさに、隣の木は別の樹種ばかりということになります。樹木の種数は、気温が低くなるほど、また降水量が少なくなるほど少なくなります。熱帯でも、赤道から離れたり、標高が高くなるにつれて樹種の数は減ってきます。年中雨の豊富な森林（雨林）では樹種が豊富ですが、乾期のある森林（季節林）では、乾燥期間が長くなるにつれて種数が減ってきます。

8 隣近所みな兄弟

熱帯雨林は植物だけでなく動物も含めて生物種が豊富で、非常に多様性に富んでいます。その要因の一つに高温・多湿であるため、植物は成長停止期がないことがあげられます。この条件から熱帯雨林の生態系での食物連鎖やニッチ（生態的地位）も豊富となり、多様性が高く維持される機構がここに存在しています。

ところが、この多様な熱帯雨林に単一種からなる森林があるのです。それはアラン (*Shorea albidia*) といわれるフタバガキ科の森林で、ボルネオ島のサラワクからブルネイにかけて泥炭湿地に分布しています。

このアランはシヨレア属に属し、同じ樹種でありながら、樹高六〇呎、胸高直径一〇〇センチを越し、ほとんどの個体に空洞があり、材の比重は高く、水に沈むアラン・バツ、樹冠が均一で、樹高四五〜六〇呎、胸高直径四〇〜八〇センチで、一ヘクタール当たり四四〇立方メートルの現存量があるアラン・ブンガ、さらに樹高三〇〜四〇呎、胸高直径二〇〜四〇センチで小さな樹冠を持つアラン・パダンの三つに区分され、いずれも純林を形成し、森林はきれいな二段林の構造を示します。開花結実周期は二〇〜二五年に一度ともいわれ、林床には稚樹がほとんど見られません。開花結実した機会に稚樹を観察すると、そのほとんどは二年間で枯死してしまいます。このため、ギャップ（空間）があってもこの種が更新しているのを見るのはまれで、どのようにしてこれらの森林が維持されてきたか今までの理論からは説明できない部分があります。



ボルネオ島のアラン林

ところで、このアラン林は熱帯泥炭湿地に成立しています。海面の上昇・降下によって枯死したマングロープなどが厚く堆積している熱帯泥炭は、リグニンが多く含まれミネラルに乏しく、貧栄養であり、有機物が未分解であるのが一般的な特徴です。また、この泥炭湿地の形態は凸型のレンズ状をしており、三つのアラン林は外周からアラン・バツ林、さらに内にアラン・ブンガ林、そしてさらにアラン・バダン林が分布しています。このような立地に成立するアラン林は板根がよく発達しており、根の上に落葉落枝が堆積してい

ます。落葉落枝の上に生えてきたアランの稚樹は一週間も雨が降らないと乾燥枯死してしまいます。反対に、雨が降ると林床は冠水してしまい、林床に生えた稚樹も水没枯死してしまいます。このように泥炭湿地の立地環境は稚樹にとって非常に苛酷であるといえます。

また、アランは木材として伐採利用もされています。しかし、純林であるために皆伐に近い状態になってしまい、その後はシダなどが旺盛に繁殖して、アランの稚樹はなかなか出てきません。ほかの森林になってしまわないように、アラン林の取り扱いは慎重に行う必要があります。

(小林繁男)

9 まるでサウナ

熱帯に限ったことではありませんが、森林は他の植物群に比べて背が大変高く、葉が集まっているキャノピーといわれる部分が傘のように上部にあつて、地面に近いところには比較的広い空間があいています。太陽からの放射エネルギーはまず、キャノピーに当たつてその空気を加熱するのですが、暖められた空気はその上と下方向に移動することになります。ところが、暖められた空気は軽くなり、上へは運ばれやすいのに対して下へは運ばれにくいいため、林内の地面付近の気温はあまり上昇しません。さらに、木が根から水を吸い上げて主として葉の気孔から水蒸気を空気に放出しますが、この蒸散作用に伴つて気化熱が奪われるので、太陽の放射エネルギーが大気を暖めるのに配分される量自体が減少します。この二つの理由によつて、日中の林内は涼しい氣候が維持されるのです。

熱帯雨林の場合、高い木は五〇メートル以上の高さにもなり、そこでの氣候がどのようなのかは興味深い問題です。マレーシア半島部にあるマレーシア森林研究所のパソ試験地では、日本の研究者によつて観測塔を使った微気象観測が行われたことがあります。また、南米アマゾンでもイギリスにより同様の観測がなされています。パソの観測 (Aoki, 1975) により気温の変化を見ると、日中は、キャノピーの上端付近の四七メートルが高温になっており、下に向かつてまず急激に、四〇メートル付近より下ではゆるやかに低温になつてい

ます。日最高気温は四七℃では三三℃を超えるのに、地上付近では二四℃にもなっていません。もつとも、湿度は一〇〇％に近く、林内環境は必ずしも快適とはいえないようです。

熱帯にいて感じることの一つは、昼が日本の夏に比べて短いことで、西へ真つすぐ夕日が沈んでいきます。日没後は、放射エネルギーの向きが日中と逆になります。太陽放射より波長の長い赤外放射はキャノピーから上空に向けて昼夜を通じて出ているのですが、昼間はより大きい太陽放射のため正味の放射エネルギーは下向きになってしまふのに対し、夜間は太陽放射がなく上向きになるわけです。そのためキャノピーの熱エネルギーが奪われ、その周りの空気の温度は低下します。冷たい空気は重いので、昼とは違い、比較的速やかに地面付近まで低温の空気が降りてくることになります。そのため、夜間はキャノピーの上端から地面までの気温はほとんど等しくなってしまうです。その結果、林内の気温日変化幅はわずかに四℃でキャノピーに比べ四〇％くらいに小さくなり、日平均気温は林内が低くなることになります。

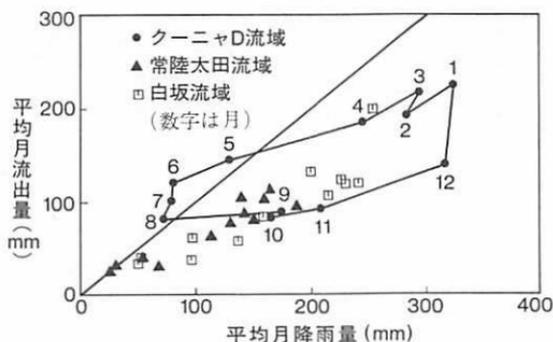
もし熱帯雨林が消失すると、放射エネルギーが大気を暖める熱や蒸発に使われる熱に配分されるのは地表面ということになり、地表面は昼間大変な高温になり、日変化が著しく大きくなります。これは植生の再生に対して重要な条件変化といえます。また、森林消失が広大な地域で生じると、地表面と大気の間エネルギーや水の交換量の変化を通じ、地球規模の気候にもその影響が及ぶこともあると予想されています。

(谷 誠)

大きな水瓶

森林は洪水流量を軽減し、渇水流量を高める水保全機能を持つため、わが国では水源地帯の森林は水源かん養保安林として管理されています。この機能は緑のダムと呼ばれ、「森林の一〇〇不思議」に紹介されています。ところで、熱帯では水源地帯の森林の消滅に伴い、洪水や渇水といった環境問題が多発していますが、ブラジル・サンパウロ州の海岸山脈を例に熱帯林が水保全に果たす役割について考えてみましょう。

海岸山脈は大サンパウロ都市圏の主要な水源地帯であるため、この地域の天然林の管理や水源林の造成、すなわち緑のダムの維持・管理が重要な課題となっています。図は、海岸山脈に設置されたサンパウロ州森林研究所クーニャ森林水文試験地とわが国の森林流域（森林総合研究所常陸太田試験地、東京大学愛知演習林）における各月の平均降水量と平均流出量との関係を示したものです。一般に、月流出量は月降水量の増大に伴いほぼ直線的に増加する傾向（わが国の試験流域の例のように）を示します。ところが、クーニャ試験地では、雨期の始まる一〇月から乾期の終了する翌年の九月にかけてループ（輪）を描いており、五、八月の乾期に注目すると、その間の降水量よりも流出量の多いことがわかります。これは、本試験地への降雨は直接流出（または洪水流量）として直ちに流域外に流れ去るのではなく、いったん土壌中に貯えられた後、地下水として徐々に川に流出していることを示しています。このように、海岸山脈の森林地帯は水源地帯と



海岸山脈の平均降雨量と平均流出量の関係

して理想的な流出形態であるということができません。

海岸山脈は亜熱帯性の山岳降雨林（マツタ・アトランチカ）におおわれ、さらに片麻岩や結晶片岩が風化した厚い土層を持つため、森林流域全体が大きな水瓶であると考えられます。ところが、この地域の土壌は保水性に劣るラトソル土壌であるため、わが国の褐色森林土壌の五〇〜七〇%の保水量しかなく、

森林が伐採され放牧地となっている所では、激しい土壌浸食に見舞われています。これは、いくら雨水を貯える厚い土層があっても、土壌を雨滴浸食から保護し、雨水の浸透機会を増大させる森林植生が破壊されれば、雨期には洪水流を発生し、乾期には枯れた川となる危険性があることを示しています。

したがって、森林の水保全機能は森林植生と森林土壌とが存在することにより初めて機能が発揮されるもので、それは森林生態系による水保全機能と考えることができます。

熱帯地域は気象条件が厳しいうえに、森林土壌が未発達であるため、森林が水保全に果たす役割は暖・温帯地域以上に重要であり、水保全のうえからも熱帯林の保護が強く求められます。

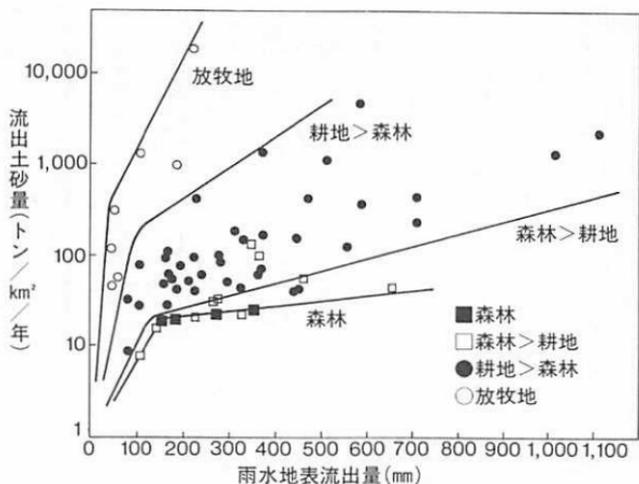
（藤枝基久）

土を守る巨大な雨傘

土砂降りの雨の様子を「滝のような」とか「まるでバケツをひっくり返したような」などと表現することがあります。熱帯雨林地帯では、一時間に五〇ミリの強い雨が降ることがしばしばあります。そんなときには、直径二ミリを超える雨滴が毎秒七、九ミリのほどの速さで落下してきます。このような雨滴が「滝のように」降り注いだら、露出した地表面はどうなるでしょうか。時速三〇キロ前後で衝突する雨滴の衝撃を受けて、地表面には小さくなくぼみが生じます。一回の衝撃によって直径一センチ程度の土の粒が移動させられるといわれています。

さて、地表面に達した雨水は表土層の中に浸透しますが、単位時間当たりの浸透量よりも降水量が多ければ、雨水は「バケツをひっくり返したように」地表面にあふれます。あふれた雨水は平坦な所では一時的に滯水しますが、傾斜地では最大傾斜の方向に流出し、地表面の土壌を浸食しながらリル（雨溝）と呼ばれる小さな溝を多数つくりまわります。リルは降雨のたびにその幅と深さが大きくなり、やがてガリー（雨裂）と呼ばれる小さな谷にまで発達します。リルやガリーが形成されると、多量の土壌が流亡して土地がやせてしまうだけでなく、下流部に流出する土砂によって各種の被害や災害が発生することにもなります。

今日、熱帯雨林の破壊が世界的に大きな問題になっています。広大な面積の森林が伐採や焼畑で失われ、



土地利用形態別の平均年間地表流出量と流出土砂量との関係 (Dunne, 1979より)

それに伴い多量の土壌が消失しています。また、流出した土砂が河川や運河あるいは貯水池に流れ込み、それらが持っている機能が低下します。このようなことから「土壌浸食は世界経済の静かな危機」とまでいわ

れています。もちろん地表面が森林におおわれていても土壌浸食はわずかずつ起こります。

これは、山や丘が浸食を受けてしだいに低くなるのと同じように、自然の営みですからしかたがありません。

問題なのは、広い面積の森林を破壊すれば自然状態とはけた違いの速度で、土壌浸食が進行するようになることです。

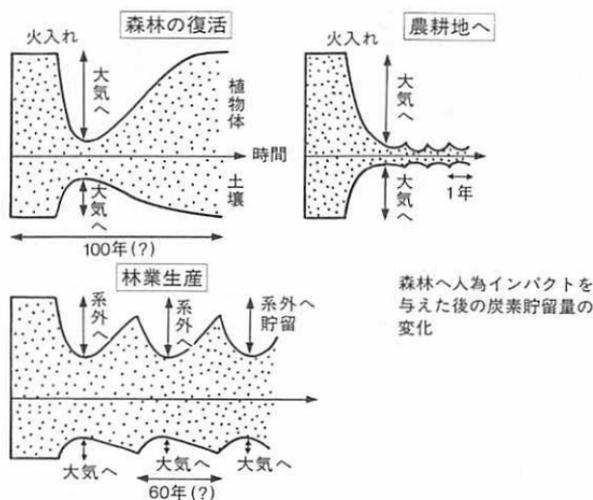
高温多湿な熱帯雨林下では腐植の分解が速いために、もともと土壌層は薄くてやせています。そのような不安定な土壌を「滝のように」降り注ぐ熱帯特有の雨から守り、土壌の浸食を和らげる役割を果たしているのが熱帯雨林なのです。熱帯雨林は、ちょうど、土を守る巨大な雨傘のようですね。

(小野寺弘道)

収支は赤字？

森林では、光合成生産による有機物が葉、枝、幹、根に分配されて成長を続け、その過程で、落葉、落枝が土壌有機物として蓄積されます。しかし、森林は無限に大きくなれませんから、最大の森林、すなわち、極相の森林へと向かいます。極相の森林では、現存量（一定面積当たりの有機物量）がほぼ一定となり、巨大化した幹、枝、根の呼吸による有機物の消費、枯れていく木の分解も大きくなるので、光合成生産による二酸化炭素の固定量と呼吸や分解による二酸化炭素の放出量が同じ程度になってしまいます。すなわち、成長過程での二酸化炭素の黒字決算が、十分発達した森林では、収支決算がほぼゼロになります。しかし、伐採して燃やしてしまわないかぎり、大気中の二酸化炭素を有機物の形で貯留していることとなります。これは、倉庫に荷物がいっぱい詰まった状態で、中の荷物を取り出さないかぎり、もう荷物を詰め込むことができないことと同じです。図のように、十分に発達した森林を焼き払った後、残された林地では、再び森林として回復していけば、大気中の二酸化炭素を吸収して黒字決算を続け、元の状態に戻っていきます。

林業は、森林が成長過程にある途中で木材を取り出しますが、残された林地では、再び旺盛な光合成生産によって大気中の二酸化炭素を固定し、蓄積を増やしていきます。林業と大気中の二酸化炭素問題にとって重要なことは、木材が建築材として利用されることにあります。すなわち、林業生産の場合以外に木材を取り



森林生態系の炭素保有量

出し、家屋などに炭素として貯留して、先ほど述べた二酸化炭素の倉庫をつくることに意味があるのです。

現在、地球大気には二酸化炭素が〇・〇三四六%、炭素量にして七、三〇〇億トが含まれています。産業革命以前には〇・〇二七二%、炭素量にして五、七五〇億トでした。この増加は今日でも続いており、年間

〇・〇〇〇一五%、炭素量にして三二億トといえます。

増加原因は人類の化石燃料の消費で五三億ト、熱帯林などの消失で一八億トといえます。大気中の炭素増加量との差三九億トは、海洋も含めた生物圏などへの固定といわれています。

現在残されている一つ一つの森林では黒字経営かもしれませんが、熱帯林の消失と荒地地化、すなわち二酸化炭素の倉庫の消失が、熱帯地域で二酸化炭素の放出側では赤字に、しかも大幅な赤字経営となっているのです。

赤字解消のためにも、熱帯林再生が必要なお仕事がおわかりただけたでしょうか。

(森川 靖)

針葉でない針葉樹

熱帯にも針葉樹が分布しています。たとえば中南米のカリビアマツ、東南アジアのカシアマツ、メルクシマツなどマツの仲間や、葉がスギに似ているナンヨウスギ科 (Araucariaceae) のフーバインやクリンキーバインなどが代表的な樹種です。ところが、葉が広葉樹のように広く、これが針葉樹かと疑いたくなるような木があります。やはりナンヨウスギ科に属し、東南アジアや南太平洋に二〇種類ほど分布するアガチス属 (Agathis) の樹木です。これらの葉は日本のナギ (Podocarpus nagi) によく似ています。その球果を見て、初めてこれも針葉樹であると気がつくほどです。

裸子植物なので、雄花と雌花は異なります。球果は胸高直径が約四〇センチ以上の個体に見られ、およそ二年がかりで成熟します。そのため球果をつけた個体は年中観察することができます。ブルネイの例ではこのアガチスの林床には多くの稚樹が分布し、森林もアガチスの多層構造を形成しています。しかも、この森林は白珪砂土に成立し、隣接する泥炭湿地には一本の稚樹も分布していません。この貧栄養な土壌に四五センチもの樹高のアガチスが成長する仕組みは、根にミコリーザ (菌根菌) がついていて、空中の窒素を固定することができますからだといえます。アガチスは、分解が遅く厚く堆積した落葉落枝の層に縦横に細根を伸長させ、さらには自分の樹幹にまで細根を走らせて、どん欲に養分を吸収しています。



アガチスの球果

さて、このアガチス属はコパルノキ属とも呼ばれます。コパルとはアガチスの樹脂をさし、昔からワニス、ペンキ、リノリウムの製造に使われています。このコパルは樹皮を傷つけて採取したものより、天然に落下した樹脂塊が地中に埋没したものや、根から滲出したものが長期間かけて硬化した琥珀色の透明な地下コパルが優良品として知られています。また、木材は建築材だけでなく、定規や模型材料など広い用途があり、

比較的高価なものとして使われます。

アガチスはコパル採取のため伐採が禁止されてきた国が多かったのですが、木材の利用が促進され、天然林の伐採が進んでいます。そのためアガチスの造林も必要となってきました。苗木の確保は自然に芽ばえた苗に頼ることが多く、そのときには苗木の根にミコリーザがつくように現場の土をポットに入れることが必要です。以前はこの種子の貯蔵ができなかったのですが、最近の研究で 0°C で窒素を充填した場所に貯蔵可能ことがわかってきました。これにより、さらに広い面積に造林できるようになりました。

(小林繁男)

火事が頼りのマツ林

日本人にとって天然生のアカマツやクロマツは、どこでもごく普通に見られるなじみの深い樹木で、特に注目されるものではありません。アカマツ、クロマツを含めたマツ類は北半球の主として温帯（日本もここに位置する）に七〇〜一〇〇種あり、その大部分は北アメリカに生育しています。

熱帯にもマツ類は生育していますが、北半球の東南アジアには、わが国のアカマツと同じ二葉松のメルクシマツ、三葉松のカシヤマツが、カリブ海地方にはカリビアマツとその近縁種が限られた地域に生育しているにすぎないのです。そのために、熱帯では天然生のマツ林はめつたに見られません。さらに、南半球にはインドネシアのスマトラ島に前記のメルクシマツがわずかに分布しているのみで、これがマツ属の分布南限といわれています。

日本のマツもそうですが、一般にマツの種子は太陽の光が当たらないと発芽しないために、生育するには新しい裸地を見つけなければなりません。すなわち、マツ類は森林の伐採跡や山火事跡などに最初に侵入してくるパイオニア樹木なのです。熱帯の山岳地でも山火事跡には、陽樹の広葉樹のほかにパイオニアのマツ類が侵入してくる所もあり、放置しておくくと広葉樹とマツの混交林となります。しかし、このような地域で純林のマツ林が見られる所もあります。これは農民たちがマツ類からレジンやテレピンをつくるため



カシヤマツの林 (フィリピン・バギオ)



カシヤマツの分布範囲



メルクシヤマツの分布範囲

の樹液の採取や家屋建築、家具用としての木材生産のために、邪魔になるマツ以外の樹木を取り除いた林です。一度マツ林ができあがると、地表に火が入っても幹の樹皮が厚くなるために火に耐えることができ、枯れることはありません。このことを利用して意識的に火入れをして地表に侵入してきた広葉樹を取り除いているのです。

火入れを繰り返していると、やがて林床が草原化したマツ林ができあがります。このようなマツ林になると、利用のためにマツを抜き伐りしても、その跡地に天然生マツの稚樹が一斉に生えてきます。いいかえると、熱帯地域でマツ林を持続していくには、林内に火を入れる必要があるのでした。

なお、これらの熱帯生マツは、やせ地でも比較的成長がよいため、皆伐された跡地の造林樹種として広く使われています。

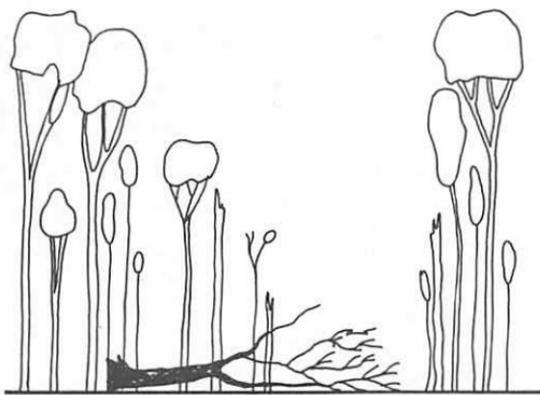
(河原輝彦)

大物が倒れたときにチャンス

よく発達した熱帯雨林は、一見すると、長い年月なんの変化もないように見えます。そこには五〇歳を超えるような巨木が林冠を突き抜けるようにそびえ立っています。しかし、このような大きな個体だって、芽生えは小さく弱々しかつたはずで、大きな個体が上にいるかぎり、どんな芽生えも日陰者のまま消えていく運命にあります。では、新しい個体はどのようにして林冠まで達することができるのでしょうか。

どんな巨木もやがて寿命が尽き、倒れる日がきます。そのときには大きな林冠層のギャップができます。この大物が倒れたときにチャンスなのです。このチャンスは一〇〇年に一度、あるいは二〇〇年に一度かもしれません。小さなギャップほどできやすく、大きなギャップほどまれなのです。日本では台風の強風でギャップができることが多いのですが、熱帯には台風がないので、落雷や、スコールの前の突風などで木が倒れ、ギャップができると考えられています。でき方もさまざまで、幹がポッキリと折れるものや、根返りで株ごと倒れるもの、しだいに立ち枯れてできるもの、大枝が落ちてできるものなどがあります。

大きなギャップができると、林床の光環境はいっぺんに好転し、それまで暗がりでも耐えていた極相種と呼ばれる種類の幼木が成長を始めます。東南アジアではフタバガキ科 (Dipterocarpaceae) の樹木が代表的です。別のバイオニアと呼ばれる成長の速い種類の樹木は埋土種子 (土の中で休眠しているタネ) としてギャ



根返りによるギャップの例 (Halle et al., 1978より改変)

ツプができるのを待っています。この種類は成長が速いので、ギャップができた後に発芽しても、極相種よりも最初の数年から数十年は成長が速く、上層を占めることができます。しかし寿命が短いため、やがてパイオニアは埋土種子を残して消え去り、極相種、あるいは極相種とパイオニアとの中間的な性質を持つ樹木が優占するようになります。そのなかの好運に恵まれた数本あるいは一本がまた巨木に育ち、元の森林の姿

に戻るのです。小さなギャップでは違った更新の様子が見られます。小さなギャップでは光環境があまり好転しないため、パイオニアは光不足で速い成長ができず、極相種と呼ばれる種類がよく成長します。しかし小さなギャップは周りの大きな木が成長するとすぐに閉じてしまいます。一回のチャンスでは極相種でも林冠に達することは無理で、林冠に達するには何回もギャップに出合うことが必要です。しかし、なかには倒れた木の下敷きになり、死亡する個体もあります。

このように、森林はギャップができることにより個体が更新され、その更新のしかたの樹種による違いと、チャンスの公平さにより、多くの種が熱帯林に共存できると考えられています。(新山 馨)

鳥になつてジャングルを飛ぼう

ジャングルの前に立つたことがありますか？

まるでそこに緑の大きな壁があるように、樹木がそり立ち植物が生い茂っています。同じ森林でもこちらにはジャングル（密林）ですから、大きい樹木から小さいものまでひしめき合っています。森の中に入つて上を仰ぐと、どこまでがその樹木の枝なのか葉なのか区別がつきません。それもそのはず、熱帯の樹木は高さ三〇メートルはざらで五〇メートル以上にもなるのです。東京ドームの一番高い所で六一メートルですから、いかに高いかわかつていただけるでしょう。

いつそ鳥になつて熱帯林の上を飛んでみましょう（写真①）。どことなく日本の森林とは異なりますねえ。スギやヒノキのように先の尖つた形をした樹冠が見当たりません。巨大なカリフラワーのように枝を大きく広げ、モコモコしているのが特徴です。

熱帯は一年中高温多湿の世界です。四季がありませんから日本の秋のように全山紅葉とか冬のような枝だけの光景を見ることはできません。それぞれの樹木がばらばらに落葉しているため一年中いつも緑に見えるのですが、よく見ると葉の量や、形、色などが違ってきます。これらの特徴で選び出していくと同一樹種がポツポツと点在している様子が認められます。熱帯地方は道路も少なく森の中を歩くのはとても大変です。



① タイ、東北部サケラート（森林総研東北、中村氏撮影）



② マレーシア、サマリンド（アジア航測、江田氏撮影）

特徴ある樹木は空からの写真でその分布をとらえることができるのです。また、写真②では白っぽい幹がたくさん見えます。このような林は伐採された森林に見られます。森林を傷つけず若い樹木を育てるために抜き伐り（択伐）をします。この択伐が一回、二回と増えること、あるいはその程度が強いほど多くの幹が見えるので、森林の状態を把握しやすいのです。

ところで、異国では思いも及ばぬことに出くわします。熱帯の国々には、日本のように整備された空中写真や詳細な地図はありません。これは主に軍事上の問題からですが、飛行機を借りて写真撮影する場合も、当日いくら待っても飛行機がこなかったり、飛行機はあっても燃料がなかったり、飛行許可が急にキャンセルされるなど、鳥になるのにも大変な根気がいることを忘れずに。（中北 理）

フタバガキ科の長い旅

巨大な天をおおうような樹冠と真つすぐに伸びた長大な幹、その巨体を支えるための大きな板根ばんこん。フタバガキ科の木々は、東南アジア低地熱帯雨林の中でひときわ目立つ存在で、この地域の森林を特徴づける重要な樹木群です。東南アジアからインドを経てセイシエル諸島に至る地域に広がっているフタバガキは一つの大きなグループ（亜科）を形成し、現在一七属、約五七〇種が知られています。そのほかフタバガキ科には二つの小さなグループ（亜科）があり、一つは原始的なグループで、マダガスカル島、アフリカ大陸に分布しています。もう一つは新しく記載されたグループで、南米のガイアナに分布しています。このようにフタバガキは汎熱帯的に見られますが、その本拠地はあくまで東南アジアです。とりわけウォレス線より西側のマレー半島、スマトラ島、ボルネオ島にフタバガキが多く、ボルネオ島だけでもじつに二八七種が生育しています。そのため、フタバガキはこの地域で発生し進化したと信じられてきました。しかし、東南アジアのフタバガキは同質性が高く、最近進化したもので、その起源は東南アジア以外の地域ではないかと考えられるようになりました。原産地はどうもアフリカであるらしいのです。白亜紀に、インドとセイロン島がまだアフリカ、マダガスカル島とつながり、ゴンドワナ大陸の一部を形成していたころ、フタバガキの祖先はこの地域に広がっていたようです。プレートテクトニクスによってインドとセイロン島がアフリカから分離し、



分布域 (分布はまばら)
 約5000万年前の大陸の位置と現在のフタバガキ科の分布域
 インド亜大陸とニューギニアは北に向かって移動中だった。
 (Flenley, 1979 ; Ashton, 1982 より)

約四千万年前にアジア大陸と衝突したとき、フタバガキは初めてアジアに足を踏み入れ、その後インドから東へ移動し、何千万年もの時間をかけて繁殖と分化を繰り返しながら、現在の分布の中心地である東南アジアの低地に達し、大発展したというのです。この仮説はフタバガキとその近縁種の分布および化石調査に基づいています。フタバガキの歴史は大陸移動と深く結びついているというのが現在の定説です。

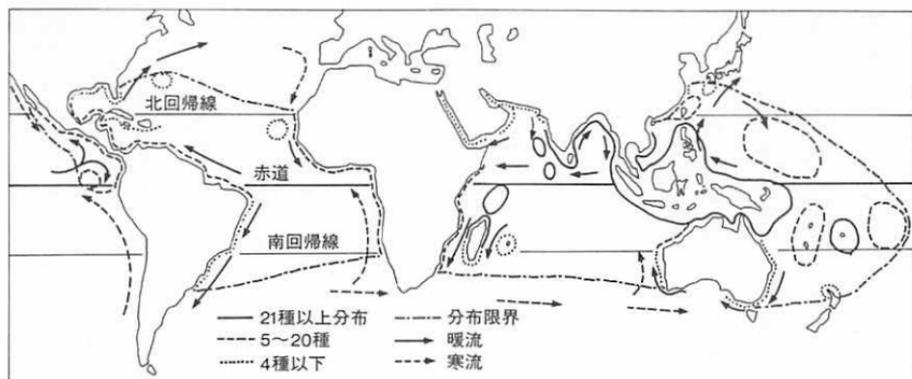
フタバガキの幹は通直で長く、材は適度に硬く均一です。そのため、フタバガキは今世紀に入ってから、木材業者の間で、寵児としてもてはやされてきました。現在、世界の全広葉樹伐採量の四分の一はフタバガキで占められています。東南アジアの低地熱帯雨林は、その巨大さ、階層構造の複雑さ、種の多様性といった点で、全世界の熱帯林のなかで第一級の森林です。このまま伐採が続けば、二〇〇五年までにこの惑星上で最も高度に発達した森林がほとんど姿を消してしまうことになるでしょう。想像できないほどの長い旅の後でたどり着いた東南アジアの地で、フタバガキは現在、深刻な危機に直面しているのです。

(加茂皓一)

マングローブの輪

満潮時には海面下になってしまいう干潟に木が生えるなんて、しかもうつそうとした森林がつくられるなんて、温帯に位置する日本本土の海岸ではちよつと考えられないことです。ところが、熱帯・亜熱帯の海岸線では、こんな風景を普通に見ることができます。このような樹木を総称してマングローブといいます。

一般に植物の分布は温度と降水量に規定されますが、マングローブは必ずしもそうではありません。大局的にみると、マングローブ分布の高緯度側の限界は、最寒月の平均気温が一六°Cの等温線とほぼ一致しますが、湿润地域から乾燥地域まで分布することから、降水量はほとんど影響しないことがわかります。これは潮汐によって十分な水分が供給されるためです。また、分布の北限は鹿児島県の喜入（北緯三二度一〇分）あるいは西部大西洋のバミューダ諸島（北緯三二度付近）、南限はオーストラリアのメルボルン付近（南緯三八度）で、いずれも大陸東岸に位置します。これは大陸西岸では高緯度側から寒流が流れてくるのに対し、東岸では低緯度側から暖流が流れてくるため、種子がより高緯度側まで移動できるうえ、水温や気温が比較的高いためでしょう。マングローブは現在一〇〇種ほど知られていますが、そのうちの約七〇種が見られるインド・マレーシア地区が分布の中心域と考えられています。マングローブの出現は白亜紀末にさかのぼります。当時、ユーラシア大陸とアフリカ大陸、および南北アメリカ大陸は、それぞれ狭い海で分断されており、



マングローブの分布 (Chapman, 1976; 向後, 1988より)

一方、大西洋は現在よりかなり狭くなっていました。そのため西アフリカや南北アメリカ大陸東岸および西岸へは拡大できましたが、海域が広く、島の少ない東太平洋地域へは拡大できませんでした。現在でも東太平洋の島々には分布しません。ハワイのマングローブは人間が持ち込んだものです。また、マングローブの種は、インド洋および西太平洋地域に広がる旧大陸型と、大西洋およびアメリカ大陸西岸に広がる新大陸型の二系統に大別されますが、これはユーラシア大陸とアフリカ大陸の間に存在したテチス海の一部が占第三紀に閉鎖された後に分化したものと考えられています。このようにマングローブの大分布は地史的要因、温度、海流に規定されているのです。

近年、人間活動の拡大に伴ってマングローブ林が急速に減少し、各地で海岸環境の劣悪化が進行しています。マングローブ林は、本来、多くの水産資源のかん養の場であり、また高潮や波浪から陸地を守る重要な役割を果たしています。今後は、マングローブ林の持つこのような有益な機能を損なうことのないような持続的利用を行うとともに、すでに失われてしまった地域では、積極的な造林を行うことが望まれます。

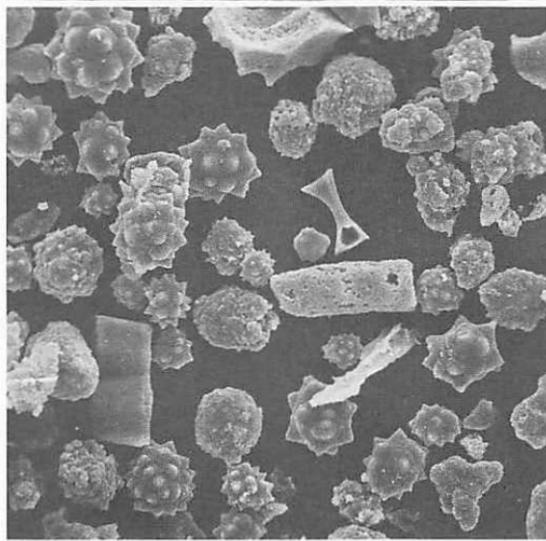
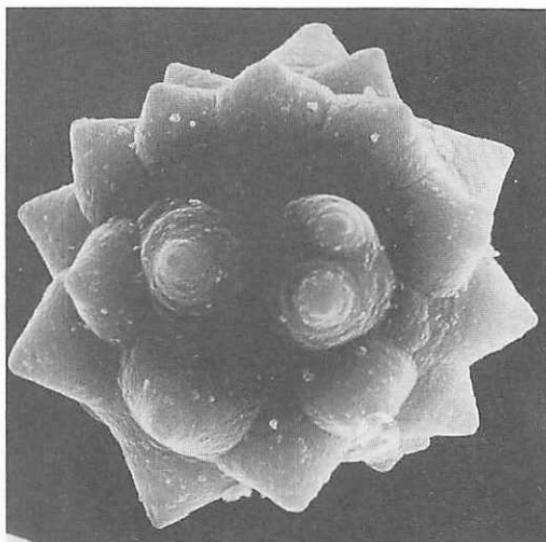
(藤本 潔)

昔を語る土中のシリカ

熱帯の代表的な風景として、林立するヤシの林をイメージする人が多いと思います。河畔に広がるマングロープの林も熱帯特有の風景ですが、海岸や河口近くの熱帯林は見かけは安定しているようでも、じつは大変不安定で、一〇〇年、一、〇〇〇年の時間オーダーで見ると、刻々と変化していることがわかっています。現在、樹高が数十メートルに及ぶフタバガキ科の植物（アラン *Shorea albidula* など）が繁茂するジャングルが、以前はマングロープの林であったり、一部にヤシがあったり、現在とずいぶん異なる景色であったと考えられます。

激減しつつある貴重な熱帯林を維持管理し、利用するためには、熱帯林の自然の変化、履歴を解明し、自然の変化過程を損なわないように利用しなければなりません。一〇〇年、一、〇〇〇年オーダーの植生の変化を調べる植生史研究は、熱帯林に関しては未知のことが多い遅れた分野ですが、近年、マングロープ林の研究などを中心に、熱帯林の変遷に関する基礎的研究が実施されつつあります。

このなかで大変有用な手段として、土壌中の植物珪酸体分析や花粉分析があります。写真上はヤシの植物珪酸体ですが、これはヤシの葉の表面の細胞でつくられます。ヤシが枯れ、葉が分解消失しても珪酸体は土壌中に長期間保存されます。したがって、現在はヤシが見当たらない土地でも、土壌分析によって写真下の



上：ヤシの植物珪酸体

下：土壌(ブラジル)中のヤシの植物珪酸体

(写真提供：帯広畜産大 近藤練三氏)

ように多量にヤシの植物珪酸体が発見されれば、過去にその場所にはヤシ科の植物が存在していた証明になります。同様に、土壌の花粉分析によっても過去の植生の概要を知ることができます。

土壌の植物珪酸体分析と花粉分析を併用することにより、熱帯林の変遷をある程度まで追求できると考えられます。

(河室公康)

II 熱帯林の植物

フタバだけではないフタバガキ

フタバガキ科樹木は全世界で一七属約五七〇種あるといわれています。その大部分は南アジアから東南アジアにかけて分布しています。そのなかでも、ボルネオ島は種類も多く、フタバガキ科のふるさとであるという人もいます。たとえば、ボルネオ島の北西部に面積が千葉県程度のブルネイという国がありますが、この狭い国土にフタバガキ科の樹木が九属一六六種確認されています。ということは、全世界のフタバガキ科樹木の半分以上の属と四分の一以上の種が存在することになります。

このフタバガキ科樹木の大部分は森林の中でも特に目立つ存在です。真つすぐにのびた幹、華麗に広がる六〇^{センチ}近い高さに達する樹冠など、その様子は威風堂々、まさしく森の王様といえます。

姿、形ばかりでなく、フタバガキ科樹木の種子もまたこの科の大きな特徴の一つになっています。もともとこのフタバガキという日本語は、二枚の羽根を持つものという *Dipterocarp* という単語からきています。つまり、フタバガキ科樹木の種子には二枚の長い羽根を持つものが多いからです。

しかし、フタバガキ科樹木の種子すべてが二枚の長い羽根を持つてはありませぬ。たとえば、ブルネイに分布するフタバガキ科樹木は九属に分けられますが、そのうち、*Dipterocarpus*、*Hopea*、*Collybia*、*-bium*、*Upuna*、*Anisoptera* などの属の種子は二枚の長い羽根を持つ種子が大勢を占めます。ところが、*Shorea*、

Parashorea の種子は三枚、*Dryobalanops* の種子は同じ長さの五枚の羽根を持つ種子が大半になります。また、各属には、長い羽根のない種子を持つ樹種もいくつか存在しています。このように、フタバガキ科樹木の種子は、大きく分けて〇、二、三、五枚の長い羽根を持つものに分けることができます。

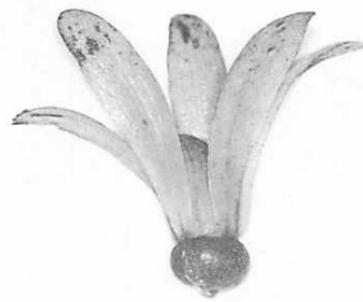
長い羽根の数はバラバラですが、種子をよく観察すると、フタバガキ科の仲間の共通点がわかってきます。たとえば、二枚の羽根を持つ種子は長い羽根のほかに短い三枚の羽根を持っています。また、三枚の羽根を

持つ種子はちよつと短い二枚の羽根を持っていますし、羽根のない種子もよく見れば、五枚の短い羽根をつけていることがわかります。フタバガキ科樹木の種子は、長い羽根と短い羽根を合計したら五枚であるという共通点があることになりました。

フタバガキ科の種子は、木から落ちるとき、羽根をいっぱい広げ、くるくる回りながらゆっくりと舞うように落ちてきます。このときのために、羽根を飾っておしゃれをしているのではないかと思われるくらいです。

このように、フタバガキ科の樹木は、種子にまでおしゃれを施す森の王者なのです。

(落合幸仁)



Dryobalanops aromatica
の種子 (5枚)



Dipterocarpus lamellatus
の種子 (2枚)

板になる根

熱帯で生育する樹木のなかには温帯の樹木と比べると形態がいろいろな点で変わっているものがあります。もし皆さんが熱帯の林を歩いたとすれば、最初に目にとまるものは板根ではないでしょうか。

板根は地表面を通る根が上方向に極端な肥大成長をしたもので、通常三〜八枚の平板状の根が幹の周りを放射状に取り囲んでいます。なかには高さ九メートルに達するものもあり、大きなものはテーブルをつくるのに使われることがあります。このように大きくなる板根も地中にはわずかに数センチ程度しか伸びておらず、その先には細い根が生えているだけです。板根を持つ樹木は土の中に真っすぐ伸びる根、いわゆる直根を持たないものが多く、幹の周囲に板状の根を張り出すことによつて樹木の地上部をしっかりと支えています。

ではどうして根がこのような形になるのでしょうか。根には、水分や養分の吸収、呼吸、そして幹や枝など地上部を支える働きがあります。熱帯の林、特に低地の雨の多い所では年間高温多湿が続く、微生物や土壌動物の活動が活発なため落葉や落枝はおよそ一年で分解されます。そのため土壌表面の腐食層は薄く、すぐに鉱物質土壌が現れてしまい、樹木は土壌の浅い所で養分を取らなければなりません。また、熱帯の樹木は温帯の樹木に比べて樹高が高い傾向があります。したがって、板根は土壌表面で分布する根が大きな地上部を支えるために発達した形態といえそうです。



典型的な板根，インドネシア，ポゴール植物園

(森林総合研究所，桜井尚武氏提供)

しかし、地上部を支えるためだけなら温帯の樹木にも板根があってもよさそうですが、実際は板根と呼べるほどのものではありません。そして板根の働きや、なぜ熱帯では板根を持つ樹木が多いかにはいくつかの説があり、ほんとうのところはわかっていません。板根を持つ樹木の割合は、生育環境や生育場所によって変

化します。特に板根を持つ樹種が多い所は熱帯でも標高の低い湿潤な所で、標高が高くなるにつれて板根を持つ樹種の割合は減少していきます。また、山地では尾根など土壌が薄い所で板根を持つ樹木が多くなる傾向があります。そして、林冠木になるような樹高が高くなる樹種に板根を持つ樹種の割合が大きくなる傾向があり、それほど大きくならない低木種に板根を持つ種類が少ない傾向があります。

熱帯林のシンボルともいえる板根も、林を調査する者にとっではなかなか厄介な存在になります。というのも、われわれは基礎的なデータを得るため樹木の直径を測りますが、板根があるものは梯子はしごなどを使って板根の影響のないところまで登って測らなくてはならないからです。

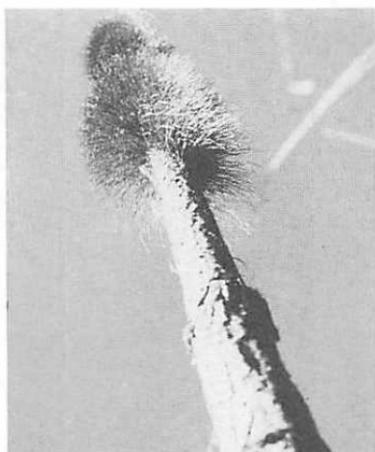
(飯田滋生)

キツネのしっぽ

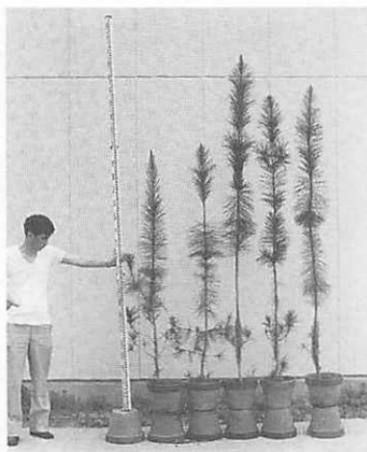
これまで熱帯・亜熱帯のマツ類の多くに、枝ができずに幹だけがどんどん伸びる奇妙な現象が知られていました。見たところがキツネのしっぽに似ているので「フオックステイル」と呼ばれています(写真①)。「フオックステイル」は、より緯度の高い所のマツ類を低い所に移して植えた場合によく発生し、風で折れやすく、幹は曲がり、せっかく成長のいいマツを持ってきて造林しても役に立たないというわけで、熱帯造林の大きな問題とされてきました。

その写真を見た三重大学の永田洋教授は、「これは日本のアカマツでもつくれるに違いない」と考えて、さっそく実験にかかりました。マツは、春、前年につくった冬芽が伸び始め、約二カ月後には成長が止まります。成長を終えた主軸の先端では、翌年のための冬芽の形成が進みます。冬芽の中では、翌年に伸長する針葉のもと(葉原基)がつくられていき、秋には完成します。

翌年伸び出すマツの針葉の数は、このときまでに冬芽の中でつくられた葉のものと数に等しく、それ以上にはなりません。春、この葉のものが全部伸び出すと、もうそれ以上葉のものがなく、成長が止まり、冬芽の中に翌年用の葉のものをづくり始めるのです。芽の成長つまり主軸の伸長成長と、葉のものをつくることとは、同時に両立できないのです。



①ブルネイのカリビアマツに見られた「フォックステイル」



②三重大学で人工的につくられたアカマツの「フォックステイル」

(提供：永田 洋)

永田教授は、主軸の伸長成長と葉のもとをつくる作用にそれぞれ最適な日の長さ（日長）があるとともに、両方がそれぞれ共存できる日長が存在することを明らかにしました。それは、アカマツでは二〇時間という日長条件でした。実験的にこの日長条件におかれたアカマツは、永田教授の予想どおり、主軸は連続的に成長し、針葉はいくらでも先端部でつきつきとつぐられ、しかも冬芽はできず、結果として枝がでない、「フォックステイル」にまさに化したのでした（写真②）

熱帯・亜熱帯のマツは、熱帯地方の一二時間程度の日長で、主軸の成長と葉のもとをつくる作用が同時並行的に進行できるので、「フォックステイル」となるのです。こうして、長い間その原因がまったく解明されていなかった「フォックステイル」も、永田教授の手によって世界に先がけて解明されたのでした。

（小谷圭司）

植物も昼寝

植物の葉にはたくさん小さな穴が空いています。この穴のことを気孔と呼びます。穴の周りには孔辺細胞があります。広葉樹では、表裏両面にあるものもありますが、裏面だけのほうが多いようです。葉脈以外の部分に一樣にあり、数十倍のルーペで見える樹種もあります。針葉樹では、ワックスがたくさん集まって白く見える、白色気孔条と呼ばれる部分に集まっています。数百倍に拡大しないとよく見えない樹種が多いようです。

気孔には、植物にとつてとても大切な働きがあります。それはガス交換を行うための出入口としての機能です。植物は根から吸い上げた水を気孔から大気中に水蒸気として放出し、その間に大気中から葉内へ二酸化炭素を吸い込み、それを原料として光合成を行い、酸素を放出します。気孔を介して三つのガスを同時に出し入れするので、この過程をガス交換と呼んでいます。それでは、この交換比率はどのぐらいなのでしょう？ 葉の周辺や樹種にも異なりますが、十分に気孔が開いているとき、一分子の二酸化炭素を吸い込む（同時にほぼ同じ量の酸素が放出される）間に、じつに二五〇〜一、〇〇〇分子の水蒸気が出ていってしまいます。このように、気孔が開いているときの水蒸気の放出量は莫大で、放っておけば葉の水分はどんどん失われて、たちどころにしておれてしまいます。

そこで、気孔を囲む孔辺細胞が活躍します。孔辺細胞には、気孔開度を調節して、しおれないように葉を守るという役目があるのです。気孔は、朝日が当たりだすとしだいに開き始め、夕方暗くなりだすと閉じ、日中でも、蒸散によって葉内水分が減少しだすと閉じ、葉内水分状態が回復すると再び開きます。

ここまで読まれた多くの読者は、タイトルの意味がわかりでしょう。そうです。日中に葉内水分があるレベルまで低下すれば、気孔開度が低下し、光合成をしようにも原料の二酸化炭素を取り込みにくくなってしまいます。葉内の二酸化炭素のストックはごくわずかですから、十分に光合成を行うことができる光があつても、気孔が閉じてしまえば光合成はできなくなるのです。

このような現象を、光合成の「日中低下」または「昼寝現象」と呼んでいます。この昼寝は、葉内水分が短時間で低下しやすく晴れた日や、乾燥が長く続いていた日などによく起きます。くもりの日にはあまり起きません。また、蒸散の大きい、または吸水の遅れやすい特性を持つ樹種や高木の樹冠上部の葉で生じやすいのです。

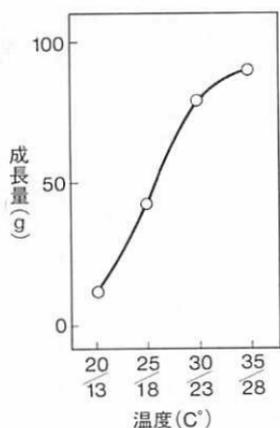
熱帯性樹木がどの程度この昼寝をしているかは、今のところわかっていません。測定には樹高と同じ高さの測定タワーを必要とするので、簡単には調べられないのです。しかし各国のガス交換の専門家が熱帯地域で研究を行いつつあります。五〇センチを超えるような超高木では、温帯性樹木で見られる以上に日中の眠りが深いかどうかわかる日もそう遠くないでしょう。

(松本陽介)

一五°Cが限界

夏は熱帯、冬は寒帯といわれるほど夏と冬の気温の差が大きい日本では、植物の生活にとって温度環境は大きな問題です。このような気候のもとに生育する樹木は、厳しい冬の時期をしのぐために、寒さに対する耐性を得る仕組みが発達しています。夏から秋にかけて日照時間が短くなり、気温が低くなることによって、多くの樹木は季節の変化を知り、やがてくる冬の寒さに対する準備をします。そのために成長を止めて、鱗片葉に包まれた寒さに強い冬芽をつくったり、細胞凍結が起こりにくい生理状態へ移ります。その結果、寒さに対する耐性は成長期間に比べて大変高くなります。

それでは熱帯林の樹木はどうでしょうか。熱帯では一年を通して気温が高く、季節的变化がほとんどありません。温帯や寒帯のような厳しい温度環境の変化がなく、一年中成長できる、樹木にとって恵まれた環境なのです。したがって、こと温度に関しては、熱帯林の樹木は身を守るための工夫をする必要がなく、寒さに対して身を守る仕組みを持っていません。それで熱帯産の樹木を徐々に寒さにならそうとしても、わずかに耐性が高まるにすぎません。植物には成長に最も適した温度があり、また成長可能な最低温度、最高温度があります。これらの温度は生育地の温度環境に適応してある程度変化しますが、植物の種によって決まっています。熱帯産の樹木は、最適温度が高い温度範囲にあり、温帯産の樹木ならば成長が抑制されるような



熱帯産アカシアの成長(温度の増上段は明期温度, 下段は暗期温度)

三〇°Cの高温でよく成長します。反対に、低温に対してはきわめて弱く、低温では成長が著しく劣り、光合成に必要なクロロフィルが生成されずに葉が白くなるといった傷害(クロロシス)が現れます。このような傷害は〇°Cよりずっと高い温度で起こります。植物が凍結に至らない低温で受ける傷害を低温(冷温)傷害といい、〇°C以下の低温で受ける凍結傷害と区別しています。

細胞を構成している生体膜は、水の表面に浮かぶ油の膜のようなものです。それで植物が低温にさらされると、生体膜が硬くなっているいろいろな生理傷害が起こります。熱帯の果物であるバナナを冷蔵庫で保存しようとすると皮が黒く変色するのは低温傷害の身近な例です。一方、温帯性の植物は生体膜の成分の違いから、より低い温度まで生体膜の流動性を保つことができ、低温による傷害を受けにくいと考えられています。

多くの熱帯植物は一五°C〜一〇°Cの低温にさらされると低温傷害を受けるため、この温度付近が熱帯植物の生育下限温度となっています。たとえば、熱帯雨林の主な樹種であるフタバガキ科の樹木は、一部の樹種を除くと、一五°C以下の温度では生育できません。その結果、フタバガキ科は、熱帯地域でも最低気温が一五°C以下になる、標高一、五〇〇m付近が高度的分布の限界となっています。(西山嘉彦)

耐えるのか、逃げるのか

熱帯雨林地帯の周辺には、数カ月もの乾期が続く熱帯季節林と呼ばれる地帯や、もっと雨量の少ない半乾燥地帯・砂漠地帯が広がっています。このような乾燥地帯の草や木は厳しい環境で生き抜くためにさまざまな工夫をこらしています。その工夫はおおよそ三つのタイプに分けることができます。人間社会にたとえてみると、第一のグループは、いつも親や上司の顔をうかがい、叱られそうになるとほとぼりがさめるまでどこかにエスケープするか休暇を取ってしまう、いわば「逃げタイプ」です。第二のグループは、叱られると、麻雀、パチンコ、赤提燈などで気分転換を図ったり、次の小言に耐えるための対策をひそかに練るいわば積極的な「回避タイプ」です。第三のグループは、いくら叱られようと、叩かれようと耐え忍ぶ「我慢タイプ」ということができます。

逃げタイプは、わずかな雨を利用して発芽から開花・結実までを短期間ですませ、種子で乾期を過ごす短命植物と呼ばれるグループが代表的ですが、地中の茎や根によって乾期を乗りきる地中植物も逃げタイプに分類されます。多年生で幹を維持しなければならない木は短命植物のようにはいきませんが、地下茎を発達させるタケ・ササ類がこの仲間です。幅広く考えれば、アカシア、ネムノキ、バオバブノキのように雨期の間に開葉から結実までの生活の一サイクルをすませ、乾期には休眠するものも逃げタイプといえます。これ

らの樹種は回避タイプの性質も兼ね備えています。バオバブノキは、樹体内から水分が奪われないようにコルクのように厚い樹皮や貯水組織が発達した回避タイプの典型です。少ない水を有効に吸収するために地中深く伸ばしたアカシアの根は、地下数十メートルにも及ぶものもあります。砂漠植物のなかにはわずかな雨をすばやく吸収するために地表近くに草丈の何倍もの半径で根を張りめぐらしているものもあります。多肉植物として名高いサボテンは、水分消失のもとになる葉のないものが多く、気孔は夜だけ開き、水の節約をしています。このように、水の消費節約と効率的利用に結びつく性質は回避タイプの特徴です。我慢タイプは、ほかの植物が生存できない乾燥地や海岸でも体を維持し、耐えられるように細胞液の濃度が高くなっていくタイプを指します。砂漠や海岸で生活するアカザの仲間や低木のギョリュウなどが典型ですが、このタイプはあまり多くありません。海水中でも生活できるマングローブのなかには、海水をほとんどそのまま根から吸い上げ、葉や幹から塩を排出する器官を持っている種類があり、我慢タイプといえるでしょう。

多くの草や木は、このような性質を多少なりとも備えています。たとえば、異常乾燥で葉を落とす落葉樹のほうが常緑樹より生理的な乾燥を回避しやすいのですが、常緑の針葉樹は葉の表面積が小さく、表皮も厚く、気孔は陥没した乾生形態をしています。木の乾燥に対する強さの評価はけっこう面倒です。木を植え替えると、根が傷むため水を吸い上げることが困難になります。このとき、葉を取り除いたり、枝を刈り込んだりするのはかわいそうな気がしますが、回避タイプの応用で理にかなっているのです。

(高橋邦秀)

一人じゃ生きられないのよ

「白檀びやくたんの香り」と世にいう香は、白檀樹の木片に含まれている精油分などを薰物たきものにしたものです。白檀や沈香しんこうなど、古来珍重されてきた香木は、すべて、日本はもとより中国にも産しない南蛮渡来のものだったのです。白檀は、英名ではサンダルウッドといわれ、サンスクリット語の Chandana に由来します。漢名の梅檀せんだんもこれが音訳されました。白檀、梅檀などの檀とは、古くから中国人が貴重な材に対して呼称したものとされます。たとえば、マメ科の樹木で心材部が赤みのある紫地に明瞭な黒紫色の縦縞を持ちバラの香りを放つ紫檀や、カキノキ科の樹木で材が黒色を帯び烏木類とも称される黒檀などもこれに当たります。梅檀は辺材部が白色系であったために白檀と名づけられたようです。

この材の気乾比重は〇・七五〜〇・九五と重く、仏像や美術彫刻、数珠などに賞用されるほかに、香気が非常に強く、持続性があるため抹香や線香、薫香などの材料に用いられます。しかし、葉や花には芳香はなく、三〜五センチほどの厚さを持つ辺材部も香気は放ちません。黄褐色から赤褐色を示す心材や根材だけにサンタロールなどの芳香のある精油分を含有し、香木として利用されるのです。

白檀の自生地は、インドネシアのジャワ東部、フロレス島やチモール島のほか、オーストラリア南部、南太平洋の島々です。白檀の生産地として知られるインドのマイソールからマドラス地域は、従来は自生地



白檀の生産地および自生地の位置

の一つとみなされていましたが、古代にジャワ東部からインドに移植されたものです。

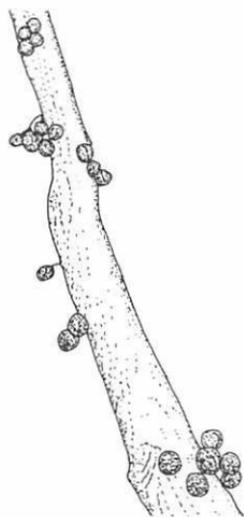
白檀は、太いもので直径三〇センチ程度の常緑の小高木です。果実はサクランボ状の核果で黒熟し、鳥によって散布されます。実生でよく発芽します。幼苗の生活ぶりも普通の樹木と変わりありません。しかし、白檀の風変わりな点はここからです。しばらくすると、やがて吸根を出します。これが、うまく他の植物に取りつかないと発育不良となって枯れてしまうのです。葉は葉緑素を持ち光合成を行うので自力で生きていけないはずはないのですが、半寄生といわれるゆえんです。寄生樹はインドセングダンやアカシアなど何でもよいのです。寄生できればそれだけで可なのです。「梅檀は双葉より芳し」と詠われていますが、「梅檀は寄主より芳し」のほうが当たっているでしょう。

(佐藤 明)

夜の訪問者を待つ

熱帯には、幹に花が咲き実がなる樹木があります。これは幹生花と呼ばれ、温帯に暮らす私たちにはとても不思議な現象です。なぜ幹に花を咲かせることができるのでしょうか。植物は動物と違い、体のあちこちに細胞がさかんに分裂する成長点を持っています。早い話が芽です。すべての芽が枝や花になるのではなく、使われずに休眠したままの芽もあります。また、幹を切られた柳から萌芽がたくさん出るように、芽のない所に不定芽をつくる能力も植物にはあります。ですから、幹にある休眠芽や不定芽を発達させ花にすることは、樹木にとって難しいことはありません。

それではなぜ、熱帯の樹木にだけ幹生花が見られるのでしょうか。まず、花や果実の役割をよく考えてみる必要があります。動くことのできない植物が新天地へ子孫を送り出すチャンスはとても限られています。それは花粉あるいは種子が動物や風によって運ばれるときです。自家不和合性のため、自分の花粉で種子をつくることのできない樹木の仲間は、ほかの個体の花粉がなければ、いくら花を咲かせても種子を实らせることはできません。大部分の熱帯の樹木は受粉のために動物や昆虫を必要とし、風で受粉するものはまれです。複雑な花の形や蜜腺は、花粉媒介者をひきつけるためにあるのです。小さな昆虫には枝先にある小さな花を訪れることは簡単ですが、大型の鳥やコウモリには枝や葉がじゃまになってしまいます。特に夜に活動



幹生花の一例 (Whitmore, 1984より改変)

するコウモリには、幹から垂れ下がって咲く花がしばしば訪問しやすいのです。ほかに、コウモリの訪問を待つ、太い枝に花が咲く樹木や、枝先から長い柄をつけ、その先に花をつける樹木が知られています。花粉の次は種子の移動が問題です。熟した果実が食べられ、種子がさまざまな場所に散布されることは、子孫を残すために最も大切なことです。母樹の近くは暗く、病気やたぐさんの昆虫が待ち受け、芽生えた実生はなかなか生き残ることができません。しかし母樹から離れたさまざまな環境に種子が運ばれると、チャンスに恵まれて、うまく生き残る個体も出てきます。このような種子の散布にはコウモリだけでなく、多くの哺乳類や鳥類がかかわっています。

このように熱帯では、鳥や昆虫だけでなく、コウモリが花粉や種子を運ぶ重要な役割を持つことが知られています。どうやらコウモリには幹にぶら下がった花や果実がなによりのごちそうのようです。コウモリを待つ花は夜に咲くようになり、鳥や昆虫を待つ花より地味にできています。熱帯では植物と動物がお互いに依存しながら生活し、形や生活の仕方も相手に合わせて進化してきた例が多いと考えられています。

(新山 馨)

ちやつかり者の着生植物

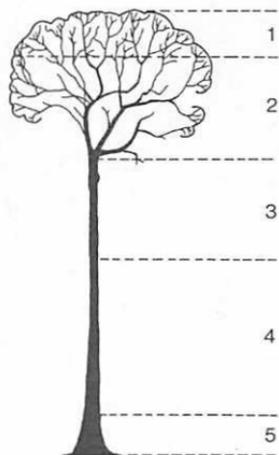
熱帯の湿った森林に入ると、樹木にへばりついたおびただしい数の着生植物が目をはきまします。着生植物とは地面に根を下ろさずに樹上(岩石上)に生活する植物で、ラン科、プロメリア科(新大陸に固有)、シダ類、地衣類、フナ蘚類がその主なものです。

着生植物は、熱帯雨林や山岳地帯の雲霧林(蘚苔林とも呼ばれる)でよく見かけます。彼らが根を下ろさず場所は粗い樹皮の表面、枝にのつた腐食や土のポケット、捨てられたアリやシロアリの巣などです。彼らは宿主に栄養を依存する寄生植物ではありませんが、樹木から栄養を吸収しないわけではないようです。それは、彼らがびっしりと付着した枝がしだいに衰退することからも推測できます。また、樹木の通道組織に貫通した菌糸とある種の着生植物の根が結びついていることが調べられています。

大きな着生植物は太い枝や幹の分岐部に生育します。そこは着生しやすいように、樹冠内部なので落葉をとらえやすいという利点があります。たとえば、園芸植物としてよく知られるオオタニワタリは幹・枝の分岐部に葉を輪生させて「じょうご」を形成します。「じょうご」は落葉を貯め腐食をつくり、同時に水を蓄える役目も果たすわけです。一方、より湿気を好むコケ類は幹の下部に多く生えています。Longman and Jenik は、このような着生植物の生育環境を次のような五つのゾーンに区分しました。



樹上のシマオオタニワタリ



着生植物の生育環境の5つのゾーン

(Longman and Jenik, 1987より)

〔ゾーン1〕樹冠最上部の外気にさらされた部分……
 微細な着生植物が付着する。〔ゾーン2〕樹冠内部の外
 気から保護された部分……大型の着生植物が繁茂する。
 〔ゾーン3〕樹幹の上部の乾いた部分……薄っぺらい地
 衣類が付着する。〔ゾーン4〕樹幹の下部の湿った部分
 ……地衣類とコケ類が豊富に生育する。〔ゾーン5〕樹
 幹の最下部・板根のくぼみ……コケ類がびっしり付着
 する。

着生植物にとっては、生育環境が突然に変化するこ
 ともあります。たとえば、ゾーン2の着生植物は比較
 的陽性でやや乾いた状態にも耐えられるものですが、
 枝が折れたり樹木が倒れて熱帯雨林の湿った暗い林床
 に落ちることもあるわけです。このような突然の生態
 的ストレスも、豊富な植物相の進化に一役買っている
 のかもしれません。

(石塚森吉)

アリを住まわせ身を守る

マカランガは和名でオオバギと総称される数十種類の木本からなる属で、東南アジアを中心に西はアフリカから東はニューギニア、ポリネシアにまで分布しており、マレーシアなどでは熱帯林内のやや開けた場所や林縁部でごく普通に見かけます。

これらの熱帯林ではガやチョウなどの鱗翅目昆虫を中心にさまざまな植食昆虫類が繁殖し、樹木に大きな被害を与えています。これに対し植物はタンニンなどの消化抑制物質を葉に蓄積するなどの対抗手段を取らざるを得ませんが、マカランガ属のほとんどの種は花外蜜腺や粒状の脂肪体を発達させ、植食昆虫の最大の天敵であるアリ類をひきつけて身を守るといふ奇抜な対抗手段を策しています。さらにおもしろいことに、半数以上の種は、樹上生活に特殊化して食葉、食材性昆虫を狩ることにたけたアリ類に巣を提供し、彼らと長期的な共生関係を結んでいます。このような共生型マカランガでは、若い枝の髄が非常に柔らかく、アリたちはこれを難なくくり抜いて空洞部をつくり、その中に営巣するのです。

過去の研究によると、アリに宿を提供するという方法は植食昆虫に対してきわめて有効であるようです。たとえば、あるドイツ人研究者がマレーシア産マカランガのうち、アリに宿を提供する共生型を六種、枝の髄が硬く宿を提供しない非共生型を三種選び、食葉昆虫に食害された葉面積率を求めたところ、共生型マカ

ランガでは平均三%以下にすぎなかったのに対し、非共生型マカランガでは有意に高く、平均一〇〜一五%に達しました。しかし、最も悲惨なのはアリにまだ「入居」してもらっていない共生型の種で、被食率が平均二〇%以上に達する種もありました。このことは、非共生型マカランガは植食昆虫に対抗するなんらかの他の手段を持つのにに対し、共生型マカランガはアリに大きく依存していることを示唆しています。

光をめぐる競争の激しい熱帯林内で成長する樹木にとって、植食昆虫類に勝るとも劣らぬ難敵は幹や枝の成長を妨げるつる植物ですが、アリ類はつる植物の実生を摘み取り、隣の木から伸びてきたつるを切断することによってもマカランガに利益をもたらしています。先の研究によると、アリ共生型マカランガのほとんどの種において、つるに巻きつかれている木の割合は多くの共生型マカランガで5%以下ですが、非共生型マカランガではその率は一三〜四三%にも達しています。

マカランガとの共生は当然これらのアリ類にも大きな利益をもたらしており、東南アジアに分布するシリアゲアリのなかにはマカランガと共生しないかぎりコロニーを維持できず、死んでしまう種もいます。このようなアリ類にとっては、マカランガの葉上に多数できる脂肪体が幼虫の食料として不可欠なようです。

アリ類は今までに約五、〇〇〇種が記載されていますが、いずれも多数の個体がコロニーを形成する真社会性を獲得しており、さらにハンティングにたけた節足動物の優れた捕食者です。これらの性質がマカランガをはじめ、さまざまな植物とアリとの共生関係を進化させたと考えられています。

(大河原恭祐)

きのこだけがなぜ小さい？

きのこは一般に高等植物よりも分布範囲が広いので、日本と欧米のように距離的に離れた地域にも共通種が多く見られます。しかし、気候、特に温度条件が異なると発生するきのこの種類も変わってきます。私たちになじみの深いシイタケ、ナメコ、エノキタケやマツタケは温帯から暖帯にかけて発生するきのこです。

熱帯林には、亜寒帯林、温帯林、暖帯林との共通種は大変に少ないということができます。

熱帯林のきのこというと、巨大なきのこを思い浮かべる人が多いと思います。しかし、実際に熱帯林を調査しても巨大なきのこに出会うことはほとんどありません。熱帯林のきのこはむしろ小さいものが多いといわれています。定温動物では、同じ系統では寒い地方のものほど大きくなるという、有名なベルグマン・アレンの法則がありますが、きのこではいっただい、なぜこのようなことが起きるのでしょうか。

きのこはそもそも胞子を形成する器官で、その本体は細長い細胞が一行につながった菌糸です。きのこはその本体である菌糸の生活型により、有機物を分解して生活するきのこ（腐生菌）と、生きた樹木の根と共生して生活するきのこ（菌根菌、特に外生菌根菌）の二つのタイプに大きく分けられます。大型のきのこをつくるのには大きなエネルギーを使いますので、そのようなきのこはほとんどの場合、腐生菌のうち木材腐朽菌と外生菌根菌に限られます。落葉を分解しているような腐生菌は小さなきのこしかつくりません。

温帯の木材腐朽菌にはツリガネタケのように直径1cm以上にもなるきのこがありますが、一年で大きくなるのではなく何年もかかって成長します(多年生)。寒い地域では、冬の間はきのこが虫に食われたり腐ったりすることがないので毎年続けて成長することが可能です。熱帯では一年を通して気温が高いので、きのこは虫に食われたり腐ったりしやすく、多年生の大きなきのこをつくることは少ないようです。

一方、外生菌根菌はマツ科、ブナ科樹木のような特定の樹種にしか菌根を形成しません。これらの樹木は主に北半球の温帯から暖帯に多く、熱帯の低地にはあまり分布しません。熱帯の低地林では外生菌根を形成



樹木の根株に発生したネッタイスルメタケ
(パプア・ニューギニアにて)

する樹種自体が少ないのです。フタバガキ科樹木だけが例外で熱帯の低地林に分布し外生菌根を形成しますが、共生するきのこの種類は少ないようです。また、熱帯では四季がないのできのこの発生する時期が一定していません。そこで、湿度の高い条件のよい期間に速やかに胞子を飛散して繁殖するため、小さなきのこを多く発生させるようになったとも考えられますが、この点に関してさらなる研究する必要があります。熱帯林のきのこに関する研究はまだ始まったばかりです。

(阿部恭久)

ラワンとモヤシ

熱帯雨林の巨木が真つすぐ高くそびえ立ち、太い幹がはるか上方まで伸び、その上にカリフラワーのような形の枝葉がのつている写真や絵を見た方は多いと思います。根元がスカートのように張り出した板根を持つ種類もありますが、総じて根は非常に浅く貧弱で、ちよつとした突風でもひっくり返ります。東南アジアの名木であるフタバガキ科樹木（通称材名ラワン）はその典型で、巨木になるだけでなく、幹は上下で太さに違いが少ない完満な形で、丈が長いスリムな形をしているために、木材利用上は理想的な形です。

赤道直下では、どうしてこのような通直完満な形になりやすいのでしょうか。その答えの一つはモヤシにあります。暗い所で植物を育てると、ひよろひよると背ばかり伸びることはよくご存じですね。植物は弱い光の下では茎を太らせるより背丈を伸ばす方向に優先的に成長する性質があるからです。熱帯樹が育っていく林内環境はモヤシ現象が起きる環境と非常によく似ており、大変暗いうえに高温、多湿、無風の状態にあります。わずかに破れた樹冠層の穴から洩れてくる光を求めて、稚樹は上へ上へと背伸びをしていきます。赤道直下でもう一つ忘れてはならない環境に、常風、強風がないということがあります。したがって、稚樹は真上から差し込んでくる光に導かれるように真つすぐ上に伸びていきます。また、弱光下では、光の十分当たらない下枝は枯れ落ちてしまうので、枝葉が上部にだけついた形になりやすいのです。



フタバガキ科樹木とヤシ（矢印）の幹形の比較
魚眼レンズ撮影のため左右の木は曲がって見える。

一般には以上のような条件で育つために、冒頭に述べたような形の木ができると思われ、さらに林内の光の性質がこれを助長していると思われる。それは林内光が、葉の葉緑素によって吸収される赤色光が少なく、逆に葉を透過しやすい遠赤色光（赤色光よりやや長い波長の光）に富んでいることにより、植物体内のフィトクロームという色素の働きで、茎の伸長成長が促進され、肥大成長が抑制されます。また、人工気象室における私たちの研究によると、生育温度も熱帯樹の樹

形に関係しているといえるようです。たとえば、ポプラやヤナギなどを高温（ 30°C ）で育てると、毎週 20% もの伸長成長を続けますが、茎の肥大成長はわずかで、釣竿のような幹となり、根の発達も貧弱な若木となります。この樹形は熱帯樹と酷似しています。

結局のところ、こうしたいくつかの要因が重なって、真つすぐな巨木ができ、その幹の形と材の加工性の良さからフタバガキ科の樹木が木材商人の垂涎の的となり、大量に伐採されてきたことが、今日の熱帯林消失の原因の一つにあげられる結果を招きました。ところで、わが国では密植、間伐、枝打ちなどの林業技術によって、通直で完満な幹の木を生産しております。

（森 徳典）

長旅は弁当と水持参

夏といえば海水浴、海水浴といえば白いサンゴ礁、そしてその砂浜に沿ってどこまでも続く椰子の木陰。まさに、南国情緒をかきたてる風景です。この椰子はココヤシと呼ばれ、熱帯ならどこにでもあり、椰子があれば熱帯だというくらいトロピカルのシンボルです。原産地は東南アジアとも、南アフリカとも、あるいはニューカレドニア島ともいわれていますが、じつのところはわかりません。

熱帯では飲み水に不自由することがあります。そんなとき、若いココナツに穴を開けて中の果水を飲むと、ほんのり甘くて生き返る心地がします。天然の無菌水だから安全な水です。ココナツを割ると、厚い繊維質の中果皮が褐色のプラスチック製のような核を包んでいます。この丸い核の内側を七〜一〇^ミ程度の厚さで白い胚乳がおおい、その真ん中の空洞に果水が詰まっています。果水の量は二〇〇〜三五〇ccですから、缶ジュース程度です。ついでながらココナツの実の重さは、一・五〜二・〇^キです。

椰子は植え付け後五、六年程度で花をつけ始め、実は一年半かかって熟します。普通、年間花を四〜五房つけ、一房で一五〜二〇個の実をならせます。実の数は年々多くなり、やがては毎年一〇〇〜二〇〇個くらい収穫できるようになります。樹齢一〇〇年近くまで収穫できるといわれています。

熟したココナツを植え付けて灌水すれば、早いものでは二週間程度、普通は二〜三カ月程度で芽が出ます。



海辺に芽生えたヤシ

このとき根もほぼ同時に出てきます。しかし、種子を棚にのせた状態で灌水しても、ちゃんと発芽し、根は発達しないのに最初の四、五カ月は芽の成長に差がみられません。つまり、根から水を吸えない環境でも条件さえ整えば成長を始めるのです。これが、塩分の多い海岸の砂浜でも育ちうる秘密なのです。

そんな所で生活するために、椰子は素晴らしい工夫をしています。それが種子の中に持っている果水です。胚は発芽と成長のために果水を使うのです。すなわち、弁当と水筒を持参しているわけです。しかも、この果水は、オーキシシンやサイトカイニンなどの植物成長ホルモンを含んでいる、組織培養の培養液にも使われる強力な水なのです。まるで、現代のバイテク技術でできた人工種子みたいです。核の厚さは五^ミほどあって丈夫なため、海辺の椰子の木から落ちた種子が波に運ばれて長い旅をしても、胚や胚乳を守ってくれるでしょう。こんな仕掛けで、椰子は島から島へと分布を広げたのかもしれない。ただし、実験によれば一年ほどで発芽力を失いますから、あまり時間のかかる長旅は、バイテク種子といえども無理のようです。

(桜井尚武)

盛者必衰？ ナギモドキ

針葉樹は大昔から生き残ってきた原始的な植物です。東南アジアの熱帯林でお目にかかれる数少ない針葉樹にナギモドキの仲間があります。ナギモドキはひとめ見ただけでそれとわかる太くて真つすぐな幹に独特の樹皮を持つ非常に美しい樹木で、オーストラリアではカウリパインなどとスマートな名前と呼ばれていました。でも、なかには恐竜時代の想像図に出てくるような原始的な樹形をしたものもあって、いかにも過去の遺物といった感じですが。ナギモドキからは真つ白でネバネバの木工ボンドにそっくりな樹脂が多量に取れます。これは昔からその土地の人に広く利用されており、特にフィリピンではマニラコパルじゅうたんといって絨毯の裏に塗って滑り止めにしたり各種塗料に使われてきました。また、針葉樹であるために材木としての価値が高く、これまでにほとんどの天然林が伐採されてしまいました。過去にはナギモドキの大木がうっそうと茂る森林があったとされている所が、今は見る影もなくなっていました。過去にはほんとうに残念です。

ボルネオ島のブルネイに、ナギモドキの小さな林が数カ所残っています。どの林も周りを他の樹種に囲まれていて、湿地に残っているやせた土地の上に、かろうじてすがるように生きながらえている印象を受けます(ただし、その昔あたり一面にはびこっていたかどうかは不明)。さて、この先、このナギモドキの小さな林は「生物の多様性」を保ちながら末永く生き延びることができるのでしょうか。



Agathis borneensis の特徴的な樹皮

ボルネオ島の湿地に生育する
ナギモドキ (*Agathis borneensis*)

生物の多様性は、遺伝子の多様性、種の多様性、そして生態系の多様性の三つに区分されます。生物は、遺伝的な多様性があることによって過酷な環境にも適応することができるのです。遺伝子の多様性は、形態的な特徴や生化学の実験によって検出できます。この方法によると、同じ林内のナギモドキは非常に似ていて遺伝子の多様性が低いことがわかりました。そして、遺伝子の多様性は個々の林に局在していて、他の林とは音信不通の状態にあるようです。遺伝子の多様性が低い林は生息環境の変化に適應できないおそれがあります。ましてや、樹木は長い年月をかけて大きく異なりますから、遺伝的多様性の喪失はその種の存続に致命的な影響を与えます。このナギモドキの小さな林は、将来、周りから他の植物に追いつめられる一方で消滅してしまうのでしょうか。これも自然の摂理なのでしょうか。それとも……。

(北村系子)

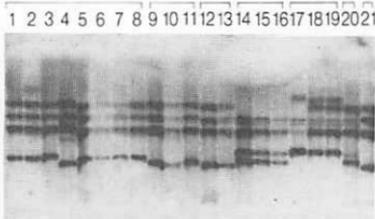
進化論の実験室

ダーウィン以来、多くの学者が生物の進化について研究を続けています。近年、分子レベル(DNA)の分析技術が飛躍的に進歩したおかげで、多くの情報が蓄積され、生物の進化が具体的なデータをもって語られるようになってきました。樹木でもこれらの技術が取り入れられ、多くの研究が行われています。

そのなかで、特に葉緑体内に含まれるDNAは葉緑体DNAと呼ばれ、種間の近縁関係を調べる指標として優れています。また、これを指標として用いれば、ある種から別の種が分化した時期までもある程度推測することができます。すなわち、現存の種がどのような進化の道筋を辿って現在に至っているかを明らかにできます。

熱帯林は多種多様な生物種の生息の場であり、多くの種を育んできました。その熱帯林の屋根(樹冠)を形成している主要な樹種がフタバガキ科の植物です(写真左)。フタバガキ科は三つの亜科に分けられ、これらはそれぞれアフリカ、南米ギアナ、東南アジアに分布しています。

東南アジアに分布しているのがフタバガキ科で高木層を形成し、一七属五七〇種が確認されています。特にマレー半島、スマトラ、ボルネオ、フィリピンの低地熱帯雨林は一般にフタバガキ科林と呼ばれるように、樹高五〇mを超える大高木のフタバガキ科の樹木が優占的な森林が形成されています。わが国が輸入し



フタバガキ科7属21種の樹木から取った葉緑体DNAの一部を比較したもの

数字の上の囲いは同じ属を示す。近い関係の種がよく似たパターンを示している。

フタバガキ科の樹木

ている南洋材の多くが、これらの地域から供給されています。

これらの分類は形態的特徴、すなわち葉の形、葉のつき方、幹の色、樹の形などの外部形態または樹脂道の有無などで行われてきました。しかし、フタバガキ科は種類が多く、形態的に似たものが多いので形態だけではあまいな部分が残ってしまいます。そこで、東南アジアに分布しているフタバガキ亜科七属二種の関係をDNAレベル（葉緑体DNA）で調べてみると、それぞれの種の関係が明らかになります（写真右）。そしてまた、驚いたことに既存の分類と非常によく一致していました。

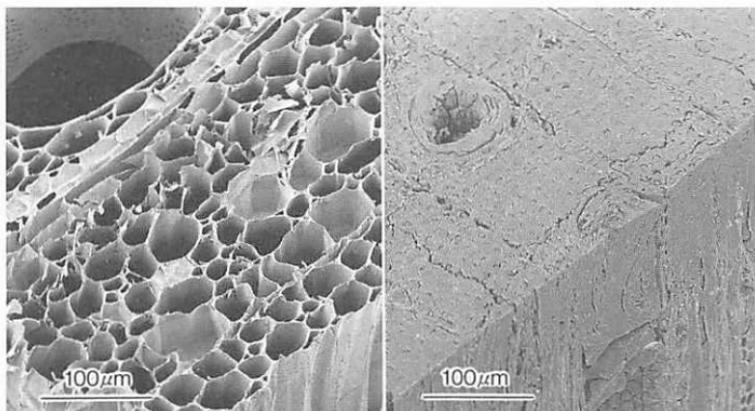
このことは分類学者の目の確かさを裏づけるとともに、系統進化を調べるうえでDNAレベルの分析がなくてはならないことをも示しています。

（津村義彦）

木にもカナズチ

木を手にとってみると、その木が重いか軽いかがわかります。日本産の木材では、キリが軽いほうの代表で、重いほうはカシやイスノキです。いろいろな木材の重さはその比重で比べるとはつきりしますが、通常の乾燥状態での比重を気乾比重といって、キリでは〇・二〇・三、カシやイスノキで〇・八〇・九五程度です。比重が一・〇ということは水と同じ重さということで、比重がこれを超えると水に沈むことになりませんが、それほど重い木は日本産のものではまずありません。確かに、水に沈んでしまうような生木はありますが、乾燥した木材はカシやイスノキのように重い木でも簡単に沈んでしまったりはしません。

ところが、熱帯産の木材には簡単に水に沈んでしまうものが珍しくありません。重い木は色の濃いものが多く、色調が美しくて肌目が緻密なために装飾に使われることも多く、黒檀や紫檀がよく知られています。これらの木材の比重はせいぜい一・一〜一・二ですが、リグナムバイタやスネークウッドの材はさらに重く、一・四以上になるものもあります。木材は多孔体で細胞壁と空隙とで構成されているので、細胞壁と空隙の割合でその木材の比重が決まります。仮に、細胞壁が非常に厚くて空隙部分がまったくなくなってしまうと、そのときの比重が一・五になります。これは細胞壁だけの比重で、真比重といい、樹種の違いに関係ありません。木材の細胞壁は内腔にある細胞がつくり出したもので、その細胞があった部分が木材中の空隙と



バルサ(左)とスノーウッド(右)の走査電子顕微鏡写真

して残ります。そのために、木材中にまったく空隙がなくなるほどに細胞壁が厚くなることはできないので、気乾比重が一・四という木材は驚くほど空隙が少ないのです(写真右)。

木材の細胞壁自体は比較的淡色なので、濃色の木材にはそれなりの濃色物質が沈着していることとなります。リグナムバイタでも辺材は淡褐色で比重は一・〇以下ですが、色の濃い心材では重量比で三〇%以上にもなる抽出成分が含まれています。

軽いほうではキリよりもはるかに軽い木があり、〇・〇五が最も軽い木の比重です。それはソラウッドまたはピスウッドと呼ばれるマメ科の低木で、インドの清らかな水辺に生育し、その材は模型などに用いられますが外国に輸出されるほどには生産されていません。商業的に扱われている木材で最も軽いとされるのがバルサで、比重は〇・一〇程度です。

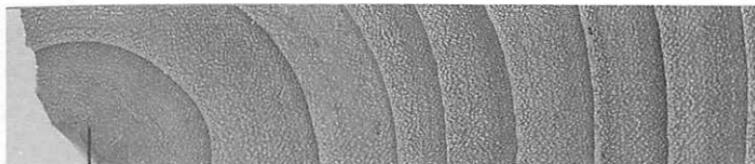
軽い木材の特徴は、材色が白色または非常に淡色で、細胞壁がきわめて薄いことです(写真左)。

(藤井智之)

常識のウソ——年輪

通称ラワンと呼ばれるレッドメランチやホワイトメランチなどの樹齢を知ることは難しいことです。しかし、熱帯に生育する樹木でも地域や樹種によっては、日本など温帯地域で普通に見られる年輪が形成されません。日本ほど四季が明確でないので、成長輪と呼ばれることもあります。一年に一層できるのが普通なので、年輪と考へても差し支えありません。スギやヒノキなどが肥大成長する期間は四月から九月末ごろまでです。しかしこの期間中は、いつも同じ速度で細胞が分裂し数を増すのではなく、成長期の初めでは大きな細胞（仮道管）や水分通導を受け持つ細胞（広葉樹の場合）が盛んに形成されます。

熱帯地域では、年間を通じて気温はあまり変わりませんが、降水量は月によって大きく変わります。日本に梅雨があるように熱帯には雨期があり、この雨期と乾期の周期が比較的はっきりしている地域も多いのです。樹木の成長は気温があまり変わらなくても、水分の多いか少ないかで大きく左右されます。したがって雨がよく降る時期とあまり降らない時期とでは、樹木の幹の直径が大きくなる（肥大成長）スピードは違ってきます。たとえば、中央カリマンタンでは雨がたくさん降る時期は、十一月から三月の期間です。この期間にカリマンタンに生育する樹木は花をつけ、実もなり、わが代の春を謳歌します。やがて実も熟し、樹種によっては葉が落ちます。葉がないのですから成長も止まります。この間は熱帯の樹木も一息つける成長



X線で見えたスンカイの成長輪（カリマンタン産）
成長開始期にはミズナラのように大きな道管が形成されているのが見える。

休止期です。何年前前にアフリカで起きた長期間の干ばつにみられるように、降るべき時期にほとんど雨が降らないと、動植物は生命の危機を迎えます。穀物が実らず、食料の確保ができないために飢饉となり、多数の餓死者が出たことは記憶に新しいことです。樹木も成長を始めることができなくなり、そのような年には幅の狭い年輪しか形成されないことになります。

最近、異常気象が発生する地域や頻度が多くなっていると聞きます。熱帯の樹木年輪を調べ、分析することで気候や環境の変動を予測できれば、人類にとって大いに役立つこととなります。年輪が比較的はつきりしている樹種としてターミナリアやチークがありますが、特に明瞭なのはスンカイ（クマツヅラ科）という樹種で、カリマンタンには蓄積も多く、材質も優れているためにフローリング用として、日本にも輸出されています。スンカイの木口面には年輪がはつきりと見えます（写真）。フィリピンに造林された日本固有のスギでも、明瞭な年輪が形成されています。

これら年輪が形成される樹種を対象にして、年輪幅や年輪内の密度（比重）の変化を詳しく調べることで、雨期や乾期の変動周期、雨期の雨量の多少など、気候の中・長期的変動の把握や推定が可能になってきました。

（太田貞明）

きまぐれ開花——トルニージョ

日本のような温帯にある森林の樹木は四季の変化に応じて毎年春に開花し、秋に結実するので、開花結実に規則性があることはよく知られていますが、乾期と雨期しかない熱帯の樹木の開花現象は、温帯と比べてどう異なるのでしょうか。

南米ペルーのアマゾン川上流域のセルバ（森林地帯）にあるフンボルト国有林で、JICAの林業プロジェクトによって、有用樹木五五種の開花結実現象が六年間観察されました。六年間という時間を費やしても熱帯林の諸現象について解明できることは多くはありませんが、いくつかの興味深いことがわかりました。

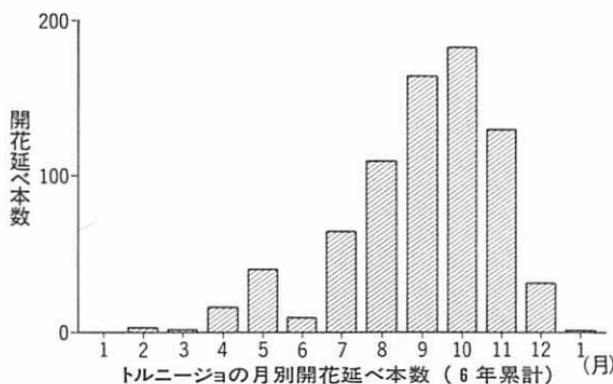
観察記録をまとめた結果、乾期に開花する樹種が雨期に開花するものより多いこと、毎年ほぼ同じ時期に開花が起る樹種と、年によって開花がずれる樹種があることがわかりました。

特に、後者の開花の例として紹介するトルニージョ (*Cedrelga catenaeformis*) は、マメ科の樹木で有用樹として知られていますが、開花が年により一回の場合と二回の場合があり、二回開花する場合でも、結実し成熟種子ができるのは一回しかないこと、年二回開花するのは特定の個体であるらしいことがわかりました。さらに、すべての観察木の六年間の開花記録を重ね合わせると、主な開花は八月から十一月（乾期の終わりから雨期の初めに当たる）に集中しているものの、一年中開花していることとなります。これは、年に

年	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
1983															
1984															
1985															
1986															
1987															
1988															
total															

太字は乾期

トルネージョの年別開花期



よって開花時期が大きくずれたことによる特殊な例ですが、今後調査が進めば、このような開花パターンを示す樹種はさらに増える可能性があります。

なぜこの樹種だけに大きな開花時期のずれが生ずるのか、原因はよくわかりませんが、雨量の減少や日照時間の増加などが開花の要因として知られていることから、このような気象の変動の影響を受けやすい性質を持っている可能性も考えられます。

熱帯雨林の樹木の開花結実習性を明らかにすることは、造林用の種子を採取する際の情報としても重要です。そのためには、何十年という長期にわたる観察を続け、データを蓄積する一方、熱帯の樹木の成長や開花結実に関与するホルモンや樹木の遺伝的な性質についても研究する必要があります。

(横田明彦)

日陰の大輪——ラフレシア

ラフレシアは直径一・一・五尺、重さ五・八鎰にもなる世界でいちばん大きな花をつける植物として有名であり、一九九〇年に大阪で開かれた「花と緑の万博」にも出品され話題になりました。

この花は一八一八年、シंगाポールの創設者ラツフルズ卿とその侍医アーノルドによって発見され、それを記念してラフレシア・アーノルディと名づけられたのです。この植物はタイ南部からマレー半島全体、スマトラ、ジャワ、ボルネオ、フィリピンの低地林に分布しているのですが、めったにお目にかかれませんが、花は白い斑点のある赤みがかった色で、木性のつるの幹に直接咲き、肉の腐ったような悪臭があります。

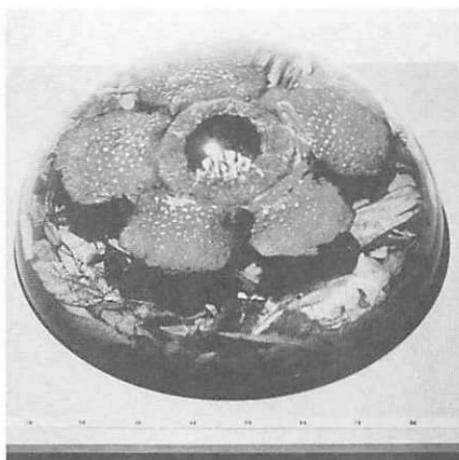
この匂いが多数のハエと昆虫を誘引し、彼らに花粉を運搬させているといわれています。一つの場所に多くの花が集まって咲くのですが、それらは雄花か雌花のどちらか一方だけなので、受粉を達成するメカニズムは精巧である必要があるのです。

花はつるに咲いているのですが、ほんとうはこのつるはブドウ科植物であって、ラフレシアはそれに寄生した寄生植物なのです。すなわち、ラフレシアは、進化の過程で重要でない部分（葉、根、茎）をことごとく捨て去り、残ったのが巨大な生殖器官である肉厚の花だけだったのです。

ラフレシアの果実は、ゾウ、トラ、シカなどの動物に踏まれて種子が飛散し、同時に寄生植物のつるの幹



(田中 猛 氏 撮影)



(大阪府立花の文化園提供)

「花と緑の万博」に出品されたラフレシア

にもひづめなどで傷つけられ、たまたまその傷口に種子が着生した場合にだけそこから侵入し発芽することができているのです。したがって、ラフレシアは野生動物がよく通る道沿いに集中しているといわれています。このことからある学者は、ラフレシアの存続のためには広い面積にわたって野生動物の保護が必要であるといっています。

発芽後は宿主の体内で発育して、やがて宿主の茎の皮を破って姿を見せるときには、すでにピンポン玉のような丸いつぼみになっていて、数カ月かかって、キャベツぐらいの大きさになります。花が開くとき、厚い花弁はキャベツをはぎとるような音をたてて、ゆっくり開き、完全に開花するには約二昼夜かかるといわれています。つぼみから開花するまでにおよそ九カ月かかるのですが、開花後は時間を追って色があせ、わずか四、五日後には黒く腐ってしま

います。

(河原輝彦)

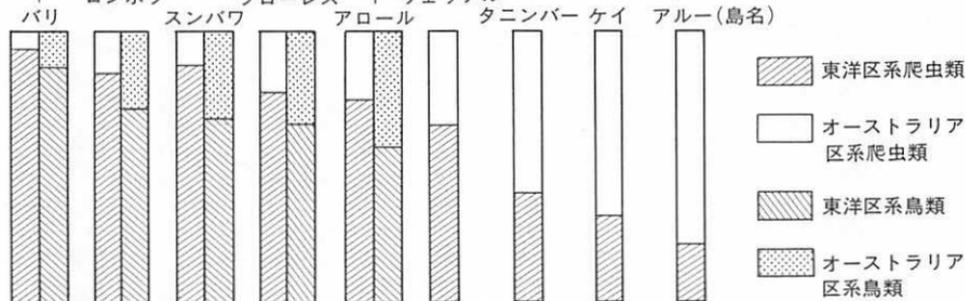
III

熱帯林の動物

向こうの島は別世界

チャールズ・ダーウインの『種の起原』は一八五九年に出版されましたが、その根幹をなす学説は一八五八年に、アルフレッド・ウォレスと共同で発表されました。ビーグル号の探検に博物学者として同行したダーウインが、主として各地の動物相の差異、プンタ・アルタでの化石の発掘、ガラパゴス諸島での動物相の観察などを基に進化論のヒントを得た話はありません。一四歳年下のウォレスは、ダーウインの『ビーグル号航海記』に影響を受け、はほとんど知られていません。一八四八年から四年間アマゾン流域に、二年後の一八五四年から八年間はマレー諸島(現在のインドネシア)の探検に出かけています。ウォレスはこの旅行の間にマレー半島からニューギニアに至る島々を九六回移動し、昆虫、魚類、哺乳類などの標本を二万点も収集しました。自然淘汰による種の進化を着想したのもこのときのようなのです。一八五八年、旅先で進化論に関する学説を書き上げたウォレスは、ダーウインに手紙を書き発表を依頼しました。同じく、進化論の構想を練っていたダーウインは非常に驚いたろうと思います。この結末は冒頭に述べたとおりですが、注目に値するのは二人の博物学者がそれぞれ独自に進化論を着想したこと、ともに熱帯地域の多様な生物相の観察にヒントを得たことです。

進化論の提唱者としてはダーウインの影に隠れてしまったウォレスですが、マレー諸島での研究を基に、



ウォレス線周辺の島々における爬虫類、鳥類の変化（これら推移帯の島々はウォレシアと呼ばれる）

世界における動物の地理分布を旧北区、新北区、新熱帯区、エチオピア区、東洋区、オーストラリア区の六つに区分し、最後のオーストラリア区と東洋区の間を区分する線がマレー諸島中のバリ島とロンボク島の間にあることを提唱するなど、動物地理学上に大きな足跡を残しています。哺乳類では、コアラ、カンガルー、カモノハシなどの生息するオーストラリア区と、スローロリス、トラ、センザンコウの分布する東洋区の境界線は、提唱者を記念してウォレス線と呼ばれています。図にはウォレス線の位置とその周辺の島々における両区要素の割合の変化を示しましたが、バリ島からアルー島へと移動するに当たって東洋区に所属する種類が減少し、オーストラリア区要素の種類が増えていくことがよくわかります。

(斉藤昌宏)

昆虫だけでも三千万種

熱帯林には、地球上の生物の半数以上が生息しているといわれています。現在、学名が正式に記載されているのは約一四〇万種ですが、実際の数は四〇〇万とも五〇〇万ともいわれており、未同定の種のほとんどは、まだ五〇万種しか同定されていない熱帯原生種といわれています。

熱帯に多くの動物種が生存するのは、それを支える植物種が多いためにほかなりません。東南アジアの熱帯林（ボルネオ島）では一畝のプロット一〇個で約七〇〇種（ヘクタール当たり最大一六〇種）の植物種が同定されましたが、これは北アメリカの全部の種数に相当するのです。ペルーのアマゾン地帯ではじつにヘクタール当たり三〇〇種も存在するのです。このように、寒・温帯にみられる単一種の樹林を構成することがまれで、小域に数多くの植物が繁茂する熱帯林には、それに見合った豊かな動物相はごくまれです。

ところが、熱帯のジャングルに足を踏み入れても、そう簡単に動物たちに会えるわけではありません。彼らの多くは保護色などでお互いから身を守り、あるいは侵入者を警戒して静かに生活しているので、そう簡単に見つけることができないのですが、木の幹に入り込んだり、五〇〜六〇センチも上の樹冠層や、地中には、それは多くの動物、昆虫がいます。

コスタリカの熱帯林は非常によく研究されていますが、そのサンタ・ロサ国立公園（一〇八平方キロ）に

地球上の既知および推計される生物種

生物の形態	既知の種の数	推計される種の総数
昆虫およびその他の無脊椎動物	989,761	昆虫種は3,000万種。その大半は熱帯森林原生種
維管束植物	248,400	少なくとも全体の10~15%は未発見
菌類および藻類	73,900	不明
微生物	36,600	不明
魚類	19,056	10%が未発見と仮定して21,000種
鳥類	9,040	既知種は全体の98%
爬虫類および両生類	8,962	爬虫類・両生類および哺乳類の既知種は全体の95%以上
哺乳類	4,000	
その他の脊索動物	1,273	不明
合計	1,390,992	控え目に見て1,000万種。昆虫類の推計が正しければ、合計推定種数は3,000万種以上となる

レスター・R・ブラウン編、松下和夫訳、「地球白書'88-'89」ダイヤモンド社、1989)より

は七〇〇種の植物に対して四〇〇種の脊椎動物と、三、一四〇のガヤチョウを含む、じつに一万三、〇〇〇種の昆虫が生息しています。アマゾンでは、一本の木に二六属、四三種のアリが同定されたことがありますが、これはイギリス本土の全部のアリの種数に匹敵するのです。有名なアメリカのスミソニアン研究所にいるテリー・アーウィンは、ペルー・アマゾンの熱帯雨林の樹冠部に生息する昆虫を調べ、一畝以下のプロットで二万二、〇〇〇種の甲虫を含む四万一、〇〇〇種の昆虫をカウントしました。そのほか、ブラジルの調査結果などから、この地球上には、三千万種もの昆虫が存在する可能性が示唆されています。

しかしながら、この生物の宝庫である熱帯林は、年々急速に失われています。ブラジルのアマゾンでは、開発によって居住区域の狭くなったベツカリーが移動したため、ベツカリーがつくるくぼ地に貯まる水に依拠していたカエルが絶滅しました。いま、こうしている間に、われわれの知っている種はおろか、まだ人の目に触れたこともない種が絶滅しつつあるのです。

(池田俊弥)

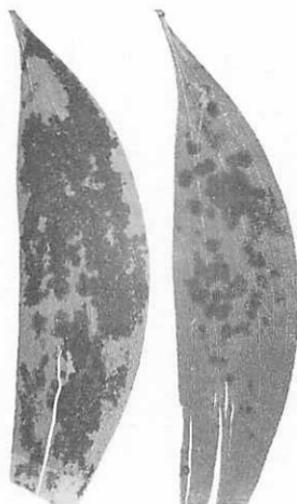
新種が続々——ただし病菌の話

常緑広葉樹の葉や枝がすす(煤)をまぶしたように真っ黒になる病気があり、その外観的特徴からすす病と呼ばれています。

この病気は菌類(糸状菌、カビ)の仲間によって起きますが、病原菌の発生生態の違いにより二つの群に分けられます。一つは葉の表面に伸びた菌糸から角皮を貫通して侵入菌糸を出し、表皮細胞や葉肉細胞の中に吸器を差し込み、生細胞から直接栄養をとるグループで、寄生性すす病(菌)といわれます。

この仲間のすす病菌はたいていが宿主限定性といって、一つの種が寄生できる植物の種類が一つの属あるいは属内のいくつかの種と、ごく限られているのが特徴です。日本のような温帯地域にも分布しますが、なんととっても常緑樹の種類豊富な熱帯・亜熱帯地域にたくさん種類が分布し、一定の地域(一つの国、一つの島あるいは一つの州など)で入念な調査をすると新種が続々と発見されることから、熱帯はすす病菌の宝庫といわれています。

病気としては、見かけは黒く汚いしよく目立ちますが、常緑樹に宿主限定性の寄生菌がつくという性質上、宿主植物が激しい落葉を起しますが、枯れることはなく(宿主を殺すほど激しい病気ならば、長い歴史的時間のうちに宿主も菌も共倒れになり消滅してしまいます)、林木や果樹・工芸作物などの造林地・植栽園に



寄生性すす病菌によるカマバアカシアのすす病



腐生性すす病菌によるグアバのすす病（右、葉裏）。葉裏（左）はワタアブラムシ類の寄生により白色になっている。

発生しても被害はさほどなく、放置されているのが実態です。

すす病菌のもう一つのグループは腐生性すす病菌と呼ばれるもので、アブラムシ、カイガラムシなど茎葉表面に生息する吸汁性害虫の分泌物を栄養源として繁殖する菌類です。この群のすす病菌は、宿主から直接栄養をとるのではなく、葉面に繁殖、被覆して光合成を阻害する被害を起こします。寄生性のすす病菌と違って宿主限定性ではなく、吸汁性害虫の繁殖する宿主にはたいい後追い繁殖をし、とても触る気がしないほど汚らしくなります。

菌類の研究者には、寄生性すす病菌の分類を得意とする学者が何人か（日本には一人）いますが、腐生性すす病菌を専門にする研究者はいないといつてよいでしょう。どなたか志す方はいませんか？

（小林亨夫）

巨大なアパート群

東南アジア、赤道周辺の西アフリカ、アマゾンを中心とする熱帯アメリカなどの熱帯雨林およびサバナには、巣をつくり家族を単位として生活している社会性昆虫と呼ばれる大量のシロアリが生息しています。シロアリのアパートは、木材の中にトンネルを掘っただけの簡単な木賃宿のようなものから、高さ六層もあり、地上にりゅうとそびえ立つ高級マンションのようなまであります。

シロアリは、節足動物門、昆虫綱、等翅目（シロアリ目）に属するものの総称で、翅脈の形態や共生原生物などからゴキブリ目と近縁であると考えられています。普通は七科（一五亜科）に分類され、現在までに二、二〇〇余種が報告されていますが、すべての種類を数え上げれば二、五〇〇種を超えるでしょう。日本国内には一六種しか発見されていません。そのうち、ヤマトシロアリとイエシロアリが広範囲に分布しています。ローンの支払いが終わらないうちに、家屋の木材に大きな被害を及ぼすのがこの仲間なのです。

シロアリは樹木の生葉を食べません。幹や枝の生きている組織もほとんど食べず、もっぱら枯れた樹木を主食にしています。樹木の細胞は、セルロースとヘミセルロースでできていますが、これらの成分はシロアリの体内で何の変化を起こすこともなく消化管（後腸）に達します。そこには、多数の原生生物やバクテリアが生息していて、セルロースとヘミセルロースを嫌氣的に発酵分解し、二酸化炭素、水素およびメタンな

どに変換します。このようにして、シロアリは食べた成分の一部を大氣中に放出しているのです。

大氣中に含まれている二酸化炭素、オゾン、メタンおよび亜酸化窒素などの微量ガスは、温室効果ガスと呼ばれています。これらのガスは必要不可欠なもので、もしこれらのガスが存在しないとすれば、地球の表面気温は現在より三三°C低下すると考えられます。では、逆に濃度が上昇したらどうなるのでしょうか。そのことが対流圏の大氣で現実に起こっているのです。十余年前に約一・五ppmであった大氣のメタン濃度は、いまや約一・八ppmに上昇しているのです。毎年一%の割合で増加しています。

大氣中のメタン濃度が上昇している原因はいろいろ考えられます。発生源には、湿地、水田、反すう動物、天然ガス、バイオマス燃焼、埋立地、石炭採掘などがあげられますが、そのなかにシロアリも含まれているのです。IPCC（気温変動に関する政府間パネル）の報告によれば、地球全体からの年間メタン発生量の約八%は、シロアリによるものです。

シロアリは、はるかなる太古から木材を食べ、メタンを発生していたわけですから、いまさらとやかくいわれる筋合いはないというでしょう。原因は、木材の伐採が近年とみに増えてきたことによるのかもしれませんが。これまでのことから、環境問題は、関係と関係の学問であることが理解できます。風が吹けば桶屋がもうかる論理を、決してばかにしてはいけません。いや、この論理を解明することが、環境を科学することなのです。

（陽 捷行）

家族をつくるゴキブリ

ゴキブリは世界中で約四、〇〇〇種類ほど知られていますが、その大部分は熱帯地方に生息しています。森林では林床部に多く住み、生きた動植物を摂食するものは少なく、たいていは死んだ生物を食べるいわゆる腐食性です。化石からみると、ゴキブリは今から四億年前の石炭紀の代表的な昆虫であり、最も古い歴史を持つている昆虫といえます。おそらく大昔も、動植物の腐ったようなものを摂食していたことでしょう。

このようにゴキブリは一般に腐食性といえますが、枯れた木の中に生息し、それらを摂食する食性性のものがいます。オオゴキブリ亜科のオオゴキブリ類やクチキゴキブリ類で、東南アジア、ニューギニア、オーストラリアなどから一七〇種ほどが知られています。大部分は湿润な熱帯林に生息していますが、オーストラリアでは乾燥したサバンナ地帯にまで進出したものもいます。日本では、南西諸島の亜熱帯林(照葉樹林)地帯に、オオゴキブリ、タイワンクチキゴキブリ、エサキクチキゴキブリの三種が知られています。

私は八年ほど前、クチキゴキブリが家族生活をしていることを発見しました。森林の林床部には、さまざまな倒木や落枝が横たわっています。それらの木が菌類にとりつかれ、ある程度腐朽して柔らかくなったものの中に、クチキゴキブリは孔道を掘って入っています。一般に、孔道は数十センチは続き、その奥に数頭から十数頭かたまって生息しています。私がそのような集団(コロニー)の顔ぶれを丹念に調べたとこ

ろでは(今まで六〇〇例以上調べています)、成虫と子虫の組み合わせが多く、成虫が二頭の場合は必ず雌と雄です。子虫の発育段階(齢)は比較的そろっていて、生まれたばかりの白色でいかにも弱々しい段階から成虫とほとんど変わらない大きさで黒色の頑丈な体をした終齢のものを持つコロニーまであります。また、コロニーによっては子虫たちの齢に二階級あるものが見られますが、これらはおそらくかなり時間をあけて二度にわたって生まれた子虫たちと思われれます。こうした状況から判断すると、このゴキブリは一夫一妻制でしかも子供を養育するような、いわゆる家族性あるいは亜社会性昆虫であるといえます。



クチキゴキブリの成虫の口元に子虫たちが集合しているところ(裏側より撮影した)(松本忠夫撮影)

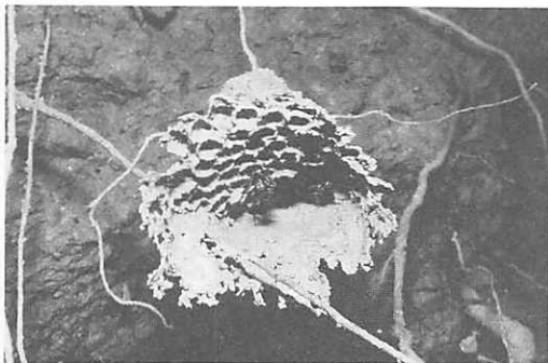
食材性でかつ家族性の昆虫は、ほかには甲虫類のクロツヤムシ、キクイムシ、チビクワガタムシの仲間でも知られています。さらに、甲虫類のなかには動物の糞を専門に摂食する糞虫といわれるものがありますが、それらのなかにも一夫一妻の家族を形成するものが多いです。このような家族性の昆虫の生活で共通することは、点在している食物資源を選び、その中に住むか、それらを地中の穴に引き入れるかしていることです。さらに、食物の消化のために菌類やバクテリアを利用している点も似ています。

(松本忠夫)

ハチ社会進化を解く鍵？

ハラボソバチは、インド亜大陸の南部から、スマトラ、ジャワなどの島を経て、ニューギニアにまで分布する熱帯アジアに特有のハチです。その名のとおりの腹部はたいへん細く、体長も一〜二センチと小型であるうえにも地味とあって、薄暗い熱帯林の中ではあまり目立つ存在とはいえません。泥や植物繊維でできたその巣にしても、崖から出た植物の根などにつくられることが多く、背景にマツチしていてなかなか目につかないのです。一〇年ほど前までは生態についてもごく断片的な情報しかありませんでした。ところが最近、各国のハチ研究者が精力的な調査を行い、既知種五〇種ならずというこの小さなグループのハチの生活がしだいにあばかれてきたのです。種数は少ないにもかかわらず巣の構造はおそろしく多様で、また、腹部から分泌したゼリー状の物質に付着させてから卵を巣内に置くという、他のハチには見られない不思議な産卵の仕方があります。おまけに、クモの巣についた昆虫を巧みにホバリングして失敬し、これを幼虫に餌として与えるという芸当まで見せてくれます。

しかしハチ研究者がハラボソバチに抱く興味は、こうした物珍しさだけによるものではありません。スズメバチやアシナガバチは、一頭の女王とその娘である多数の働きバチからなる家族社会で暮らしています。「産卵（女王）」と「労働（働きバチ）」の分業がなり立っているわけです。一方、彼らの遠い祖先に近いとされる



崖から出た植物の根につくられたハラボソバチの巣
(スマトラ島、山根爽一氏撮影)

ドロバチは、泥でできた巣に産卵し、ガの幼虫を子供の餌として蓄えたあと巣を閉鎖して親は去ってしまうので、親子が同じ巣で暮らすことはありません。こうしたハチがどのような進化をたどって、アシナガバチのような分業社会をつくるようになったか、これはまさしく究極の問題といってよいでしょう。

じつはハラボソバチは、ドロバチとアシナガバチ、スズメバチの中間に位置します。その生活ぶりを見れば、分業社会の芽生えがどんなものだったかがわかるのではないのでしょうか。ハラボソバチの一部には確かに産卵と労働の分業を原始的な形で行うものがありますが、この役割は固定したのではなく、労働個体が産卵個体にとって変わることもあれば、娘バチがしばらく母親を手伝ってから自分で別な巣をつくり始めることさえあります。発達した巣には普通は複数の雌バチがいて、これらは親子のこともあれば、血縁のない個体が集まる場合もあり、社会構造は非常に複雑です。結局、ハラボソバチに分業社会の芽生えをきれいな形で見出せるというのは幻想だったようです。分業が厳密でないがゆえに、かえって個体の行動は状況に応じて変わりやすく、それがこのハチをいつそう魅力的なものにしているのです。(牧野俊一)

過疎社会で暮らすカミキリムシ

カミキリムシ類は世界で三万五、〇〇〇種以上知られ、その大半は熱帯林で生活しています。そして一般に、熱帯の昆虫は種数は多いが個体数は少ないといわれています。一九八三年一〜三月、インドネシアのスマトラ島南スマトラ州ブナカットに滞在中、宿舎である苗畑周辺地域と造林地、約三〇キロ離れた天然林で森林害虫の調査を行いました。このとき、多くはありませんが約一三〇種のカミキリムシ類を採集しました。内訳は人工林（苗畑・造林地周辺地域）で約九〇種一、六〇〇頭、天然林で約五〇種一四〇頭で、共通種はわずか一二種でした。天然林での調査時間は人工林の約五分の一でしたので、天然林については、前述のことは当てはまるようです。

採集したカミキリムシのうち、個体数の多かったアラゲケシカミキリ属 (*Eucocentrus*) とフタホシサビカミキリ属 (*Ronicea*) についてみると次のようです。アラゲケシカミキリ属は一〇種一七四頭採集されていますが、人工林で五種一六五頭、天然林で五種九頭、人工林と天然林での共通種はありませんでした。フタホシサビカミキリ属は七種四一九頭採集され、人工林で七種四一六頭、天然林で三種三頭、人工林と天然林での共通種は三種でした (表)。

それではなぜ、人工林と天然林でこのように違うのでしょうか。カミキリムシは森林昆虫の代表ですが、

人工林と天然林で採集されたアラゲケシカミキリ属 (*Exocentrus*) と、フタホシサビカミキリ属 (*Ropica*) の個体数

属名	人工林	天然林	属名	人工林	天然林
<i>Exocentrus</i> sp.	1 90	0	<i>Ropica</i> sp.	1 115	1
	2 23	0		2 19	0
	3 0	1		3 32	1
	4 21	0		4 15	1
	5 30	0		5 5	0
	6 0	2		6 110	0
	7 0	4		7 120	0
	8 0	1	個体数	416	3
	9 1	0	(種数)	(7)	(3)
	10 0	1			
個体数	165	9			
(種数)	(5)	(5)			

その生活はじつに多様です。樹木の生死、加害部位、さらに、その新旧、大小により加害種が異なることが多いのです。そのうえ、成虫の出現時期や活動時間帯を微妙にずらして、競争を回避している種も多くみられます。マレーシアの低地熱帯天然林では二齢に胸高直径一〇センチ以上の木が二七六種、一、一六七木、一種平均四・二本であったという報告があります。これらことから、熱帯の天然林では、カミキリムシを含めて多くの穿孔性昆虫が狭い空間を利用して生活せざるを得ないことが理解できると思います。

ところで、このような狭い生活空間でなぜ、交尾相手を見つけ、種を維持できるのでしょうか。カミキリムシは自分の好みにあった木のおおいを触角で微妙に感じ取り、そこに集まり、交尾産卵します。生活空間としての木が大きな場合は、雄が木の上方から重い物質のフェロモンを出し、雌を呼ぶのだという説もあります。また、花に集まり、そこで栄養をとると同時に相手を見つけ、交尾する種も多数います。このようにして熱帯では、多くの種が生活しているのです。

(横原 寛)

チヨウにとってには雨期が春

インドネシアのスタラ列島ではだいたい六〜八月が乾期、十二〜二月が雨期の盛りに当たります。スマトラ島やジャワ島西部の熱帯雨林では乾期といっても比較的雨量が多いのですが、地域差や年格差もあって、降雨量が蒸発量と等しくなるおよその域値、月一〇〇_{mm}を下回ることもあります。東部ジャワより東ではより雨が少なく、はつきりした乾期があります。

温帯では冬の低温に抑えられて植物の成長が止まりますが、熱帯では乾期の乾燥によって植物の成長が止まります。ですから、乾期は熱帯の冬ともいえるでしょう。実際目にする風景にしても、チークの林が落葉したり、刈田や畦が枯草色になったりする様子は西南日本の冬景色に似ていなくもありません。もちろん熱帯の木の多くは常緑樹ですが、常緑樹といえども成長が止まるということは新芽が伸びないわけですから、そのような植物の新葉を食べている多くの昆虫にとっても、さらにはそれらの昆虫を餌にしている他の昆虫にとっても、乾期は餌の足りない温帯の冬に似た季節といえましょう。

チヨウにも温帯の春型、夏型、秋型といった季節型に似た雨期型と乾期型が現れるものがあります。熱帯から温帯の南部まで分布を広げているチヨウは少なくありませんが、おもしろいことに温帯で成虫越冬しているタテハモドキやコノマチヨウの仲間の秋型はじつは熱帯では乾期型、その温帯の夏型は熱帯では雨期型

と同じです。これらのチョウの秋型つまり乾期型は、翅を閉じたときの姿が枯葉に似た隠へい擬態にもなっています。

チョウの個体数の消長の面でも乾期と雨期がそれぞれ冬と夏に対応していると考えられる平行現象がみられます。一九九一年、インドネシアの乾期は月に一度降るが降らぬかの干ばつでした。このさなかにジャワ



モルッカネム造林地の林道に群れるタイワンキチョウ（1991年3月雨期末のスマトラにて）

とスマトラを訪れた私は、あまりの虫の少なさに驚きました。チョウもトンボもほとんど見かけません。十一月、例年よりだいぶ遅れて雨期入りすると、虫の姿も目立ち始めました。そして一月、雨期も盛り、さまざまなチョウたちの真つ盛りになりました。町中でも農村でもあちこちでおびただしい数のウスキシロチョウが飛び交い、モルッカネムの林を縫う林道には湿った地面から水を吸うタイワンキチョウが群がります。

「常夏」の国のチョウたちにも、季節をめぐる生活があるのです。
（松本和馬）

香りで結ばれた優雅な関係

中南米の熱帯雨林には金緑色や金青色に輝く美しいハナバチ、シタバチが生息しています。その名の由来は著しく伸長した舌。シタバチはこの長い舌を使って、クズウコン科やノウゼンカズラ科、キョウチクトウ科、イワタバコ科、ヒルガオ科などの長筒花の花蜜を吸うことができます。これら蜜源植物の花は、熱帯雨林の林床に点々と、非常に低い密度で分布しているので、シタバチは広い森の中でそれらの花の位置を記憶しておいて、決まった順路に沿って高速で花を巡回しています。彼らは森の奥からこつせんと現れて、花の前でホバリングし、一瞬花に降りたかと思うと、次の瞬間森の奥に飛び去っていくといいます。その飛翔する順路は一〇⁺を超えらるといわれていますが、まだ誰も確かめていません。

シタバチはミツバチ科マルハナバチ亜科に属する単行動性のハナバチです。ヤニを利用してつくった巣に、雌は花蜜と花粉を集めてきます。シタバチは、ベニノキ科、ビワモドキ科、イイギリ科、オトギリソウ科、フトモモ科などのように、雄ずいがブラシ状に密生している花や、マメ科、オクナ科、ナス科などのハチの振動によって葯から花粉がこぼれ落ちるような花で花粉を集めます。これらの花粉源植物は、先の蜜源植物同様に、シタバチに送粉を託しています。ヤニを分泌してシタバチに送粉してもらっているトウダイグサ科の植物すらあります。



ジャカラランダの花を訪れたシタバチの一種
(*Euglossa tridentata*) の雄

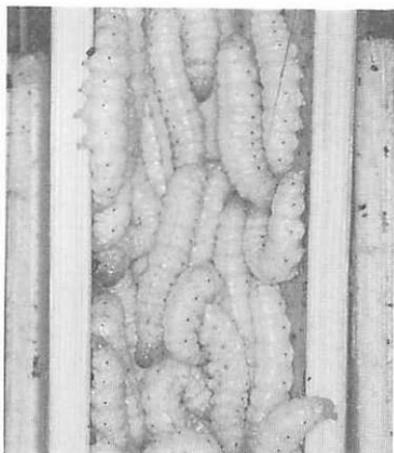
さて、熱帯雨林の樹上に着生するランのなかに、たくさんのシタバチの雄を誘引する種類があることが古くから知られていました。これらのランは花蜜をまったく分泌しない代わりに、シネオールやオイゲノールといった芳香物質を生産し、それらがシタバチの雄を誘引することがわかりました。ランの種間にもみられるこれら一〇種の物質の混合比の違いが、訪花するシタバチの種類の違いに対応しています。シタバチの雄はこの芳香物質を齧り取り、肥大した後脚脛節の溝の中にそれを集めますが、そこから先はまだ謎に包まれています。シタバチの雄は芳香物質を利用して性フェロモンを合成し、それを大顎腺から分泌して雌の誘引に使うともいわれています。

ランの芳香物質が化学合成され、シタバチの雄の誘引に使われるようになって、熱帯雨林の寶石たち、シタバチもしいにその幻の姿をわれわれの目の前に示すようになりました。芳香物質の前で三〇種のシタバチが陶醉したようにホバリングする様子は、中南米の自然の多様性の象徴でもあります。しかし、シタバチには、蜜源植物と花粉源植物が豊富に分布し、樹上にランを着生させる深い広大な熱帯雨林が必要です。芳香物質に集まるシタバチの種類が年々減っていることは、何を意味しているのでしょうか。(加藤 真)

竹の中で暮らす謎の虫

熱帯林というと多種多様な大木の森を想像しますが、そのなかにあつて竹の仲間も大変に繁栄しています。タイでは約四五種類の竹が成育し、かこ、家具といった手工芸品の材料や食用たけのこなどの貴重な林産物を人々に提供しています。そんな竹林の産物の一つといつてよいかもしれませんが、タイ北部の市場では、乾期になると、切り口に新聞紙を詰め込んだ青々とした竹が並べてあることがあります。なんだろうとのぞいてみると、中では体長三センチほどの丸々と太った白い幼虫がたくさんごめいていて驚かされています。この幼虫はロットドウアン（急行列車）と呼ばれる食用にされる昆虫で、なにか急行列車を思わせる流麗な（？）幼虫の姿からそう呼ばれるようになったとか。香ばしく美味しいので大変人気があります。熱帯の国々では、昆虫はタンパク源や薬味の材料として今も貴重な存在なのです。タイ東北部の市場ではタガメヤコロギなど一五種類もの昆虫が食用として売られているといいます。

さて、この急行列車、これだけ人目につきながら成虫が知られていないために、メイガ科のガの一種らしいということがわかつていくくらいで学名も決まっています。その生活様式もまだまだ謎に包まれています。この幼虫が見つかるのは当年生の竹だけなので、成虫はたけのこに産卵し、幼虫はそこから竹の内部へ侵入するものと考えられています。たけのこは急速に成長して硬くなっていますが、侵入した幼虫たちは



竹の中に潜み、内表面の組織を食べて成長する幼虫集団(スラチャイ氏提供)

七〇頭ほどの集団となって、竹の内表面の柔らかい組織を食べて成長します。そして一つの節せの内部を食べ尽くすとその下の節へと移動していきます。その際、節と節の間の隔壁に通過用の小さな穴を一つ空けますが、移動してしまつと糸を吐いて穴を完全に塞いでしまいます。この蓋かたは幼虫が去つた後ではもろくなり破れてしまうものの、水も洩らさぬ完璧なもので、アリなどの天敵や雨水の侵入を防ぐ働きを考えると考えられています。実際、幼虫が摂食している節の上の節には雨水がなみなみとたまっていることがよくあるのです。こうやって下へ下へと食べ進んでいき、およそ八〜一〇節の内部を食べてしまいます。竹のほうは、まだ柔らかい若い時期に食害された節は部分的に腐つて穴ができませんが、枯れてしまうことはありません。

村の人たちは竹の上部にできたこうした穴を目印に、幼虫を捜し出します。また、幼虫が侵入した節は普通より短くなることも一つの目安となるのだそうです。その後、この幼虫たちがどこでいつころ蛹まなこになり、そして成虫になるのか誰も知りません。地道な研究が続けられているので、きつといつか明らかになるでしょう。さて、どんな姿の成虫が現れるのか楽しみです。そのときはまたお知らせしましょう。

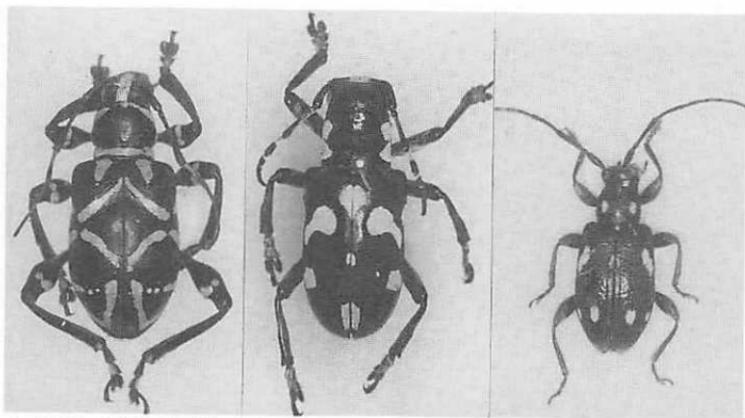
(後藤忠男)

虫の忍術——擬態

熱帯林に住む昆虫類は多くの捕食者に狙われます。そのため、捕食者から逃れるために擬態をしている種が多数あります。ここではカムフラージュとベーツ型擬態について紹介しましょう。

カムフラージュ(隠べいの擬態) 自分自身の色を周りの環境に似せて、捕食者には見えてはいるが背景と調和した色、形をしているため捕食者の眼から逃れることです。カムフラージュするものとしてはナナフシ目、バッタ目の昆虫がコノハムシを筆頭にして有名です。筆者が見た例でもしろうかつたのは、スマトラ島で見つけたバッタの仲間です。この虫は動いているときはバッタだとわかるのですが葉の上にとまると、緑色の翅を平たくするため葉と区別がつきませんでした。ただし、白い壁にとまってもまったく同じ行動をするため、かえって目立つこともありました。

ベーツ型擬態 捕食者が相手を識別していながら、それを食べられないもの、または食べれば自分自身に危害が加わると認識しているような場合をベーツ型擬態といっています。そして、捕食者がモデルを試食することににより味のまずさや危険性を覚え、次の同様の外観を持った動物を避けることを学習しなければなりません。ベーツ型擬態としては、①モデル(ハムシ、シヨウカイボン、ベニボタルなど)の体液に捕食者が忌避する物質を含む、②モデル(ハチ、アリ、クモなど)が咬む、毒針で刺すなど直接の防衛行動をとる、



カタゾウムシに擬態したカミキリムシ3種

③モデルの体がきわめて硬く、捕食者(鳥)が飲み込んだ場合、消化管を傷つけたりして不快感を与えると考えられるもの、などがあります。③の場合としては、フィリピンに多い体の大変硬いカタゾウムシ類に擬態しているカタゾウカミキリの仲間がその好例です。そして台湾のニセカタゾウカミキリ(写真左)、フィリピンのシロモンカタゾウモドキカミキリ(写真中)、フィジーのゲミス・アルボステインクティクス(写真右)がその代表です。

筆者が台湾の蘭嶼でモンステラを食べていたスジカタゾウムシをつかまえていたとき、飛べないはずのこのゾウムシが急に飛んだので、あわてて、捕虫網をひろげてつかまえてみると、ニセカタゾウカミキリでした。これでは鳥もだまされるはずだと思ったものです。蘭嶼に住むヤミ族は、力くらべをカタゾウムシが指でつぶせるかどうかで競うそうです。このときに、慣れた人はカミキリ虫のほうをつかまえてきて指でつぶしたという有名な話があります。

(横原 寛)

動物も持ちつ持たれつ

熱帯林に住む動物たちは、種の数は豊富でも、個体数は社会性昆虫を除いて少なく、一年中あまり変わりなく安定しているといわれています。そして、その生息範囲は比較的狭く、互いに影響を及ぼしあいながらも、うまく共存して生きています。

社会性昆虫でも、テレビなどによく出てくる軍隊アリは、いかにも恐ろしくて、通った後にはなにも残らず、よいことはなにもしていない印象を受けますが、じつはそうではありません。軍隊アリの進撃地、特に行進の先頭部には多くのチョウが低く飛んでいるのが見られます。そのほとんどは雄で、たぶんアリから出される臭いに引かれてくるのでしょう。広い範囲から集まってきます。進撃の後には、襲撃にあつて殺される多くの昆虫や小動物が残されていて、それをねらつた鳥たちが集まってきますが、その鳥の排泄物がこの特定のチョウの生存を保証するのです。

これは毒チョウの仲間で、鳥の排泄物を食べ、中に含まれている尿酸と部分的に消化されたタンパク質を利用し、繁殖と種の維持に役立てているのです。これは温帯の多くのチョウとは大きく異なっています。温帯のチョウは花蜜を吸いますが、これは成虫が生きるためのエネルギーを得るためだけであつて、繁殖に係する産卵数などは、幼虫期に蓄積された栄養分の質によつて決定されているのです。軍隊アリの行動は、

鳥を介して毒チヨウの種の繁栄を左右しているのです。

ハチドリは熱帯を代表する鳥の一つで、ヘリコプターのように空中で静止して花蜜を吸うことはよく知られていますが、同じように花蜜を吸う昆虫との間にはおもしろい関係があります。ハチドリは一般に、蜜の吸いやすい、上のほうの密生した花で採蜜するため、競争相手のミツバチやチヨウを下のほうに追いやりますが、テリトリーの比較的広いハチドリはおおらかです。天気が悪く、むらがるチヨウの数が少ない花の場合にはチヨウを追い払って蜜を採取しますが、天気がよく、日中、チヨウの数が多くなるとその花を放棄します。チヨウの数が少ないと追い払うエネルギーはたいしたことはありませんが、多くなるとなんのために蜜を吸いにきたのか、収支のバランスが取れないことになるからです。

コスタリカに住むユミハシハチドリは長く曲がつたくちばしを持っていて、このくちばしにぴったり合う、長くて曲がつた花冠の樹木一〇種の花粉媒介を一手に引き受けています。真つすぐなくちばしの鳥はお呼びではありません。これら一〇種の木の開花時期はそれぞれ異なっており、一年を通じてハチドリを飢えさせることはありません。雨の時期や量が変わると開花時期も大幅に変動しますが、三種以上の樹種が重なることはないのです。ある種の木の開花が遅れたり、早くなったりすると、それを補うように他の種の開花が起こり、ハチドリの生存に大きな影響が出ない機構となっています。熱帯林の狭い空間に共存する生物たちは、このようにそれぞれが互いに大きく影響しあいながら、うまく環境に適応してきました。

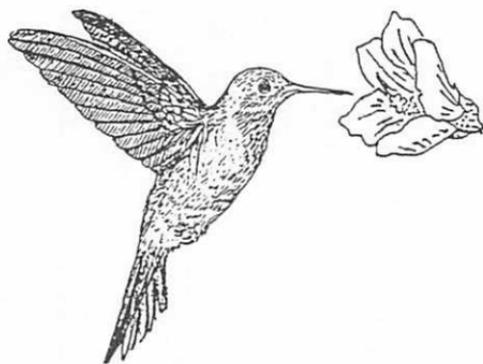
(池田俊弥)

羽ばたく宝石

ハチドリの羽毛は金属光沢で美しいところから、ルビー、トパーズ、サファイアなどの別名で呼ばれています。最小種はキューバ産のママハチドリで、体長五センチ、体重二グラム、卵重は〇・二グラムしかありません。多くはハチよりやや大きいぐらいで、最大のもはアンデス山脈に住むオオハチドリで体長は二三センチもあります。ハチドリは米大陸と西インド諸島特産で三〇〇種ほどいますが、特に中南米に多く、海岸線からアンデス山脈にまで分布しています。食物は花蜜、花の中に住む小昆虫、クモなどです。

熱帯雨林の林内はほとんど無風状態なので、多くの顕花植物の受粉作用は、林の上に頭を出している巨木を除いて、風以外の手段、すなわちミツバチ、ハチドリ、コウモリなどに頼っています。ハチドリの特徴はヘリコプターのように前進、後退、滞空飛行が簡単にできることで、その秘訣は翼を八の字型に回転させるところにあります。羽ばたきは秒間に五五〜七五回で、最大は二〇〇回にも達します。毎秒六〇回を超えるのとハチのような羽音に聞こえます。英名ハミングバードはこの羽音に由来しています。

滞空中に、長くて出し入れ自由なチューブ状の舌で花蜜を吸い、特に赤や黄色の花に敏感に反応します。足はほとんど退化しているので、木の上の移動も飛んで行えばかりか、雛への給餌も飛びながら口移しに行きます。飛翔速度は時速一一四キロにも達しますが、これは、筋肉がハトの四倍もあり、心臓は最大で体重の



吸蜜中のハチドリ

二、三%、呼吸数もコガラが四〇〇回/分に対し、六一五回もあるという並外れた体力によるものと思われる。しかし、夜間は体温を下げて冬眠中の動物のように昏睡状態に入り、エネルギーの消費を少なくするようにしています。

生物は長い時間的経過のなかで進化、適応放散を繰り返しつつ、まったく類縁関係のない種との間でも共進化が進められています。たとえば、細長い花冠の曲線とくちばしの曲線が一致しており、たとえ長いくちばしを持っていてもカーブが一致しなければその花蜜を吸うことはできないといった具合いで、吸蜜する花がそれぞれの種によって決まっています。最も長いくちばしを持つヤリハシハチドリは体長よりも長い一二・七センチもあり、長い管状の花冠を持った花の花蜜を吸うのに適しています。類似した餌を食べる動物は互いの競争を避ける形で特殊な形態に進化した結果で、これを花冠とくちばしの共進化と呼んでいます。このように花と花粉媒介者、花蜜供給者と吸蜜者との関係が一对一であるばかりに、片方が減びると相手も死滅してしまいます。生物の豊富な熱帯雨林のもろさはここにあります。

(阿部 學)

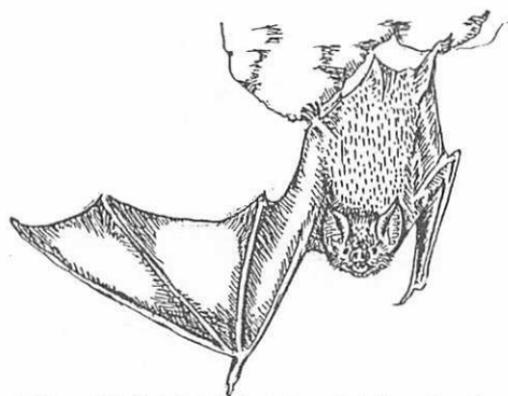
ドラキュラばかりじゃないコウモリの世界

熱帯に住むヘラコウモリは、長くて大きな葉状の鼻、長くて鋭い犬歯を持ち、広げた翼の長さが七六センチもあり、どう猛、残忍な外観から吸血鬼といわれていました。ところが、実際は寝ている鳥やネズミなどを鋭い嗅覚で見つけて捕食します。ほんとうの吸血鬼はシロチスイコウモリで、ふだんは鳥の血を吸っています。が、まれに人からも吸血し、ときとして狂犬病をうつします。また、ナミチスイコウモリは、本来はバクやペッカーリーなどの野生種の血液に依存していたのですが、近年、牛や豚の飼養が盛んになったことを反映して急速に増えてきました。この種は身軽に地上をはっていき、寝ている動物によじ登り、特殊なハサミ(歯)で皮膚を切つて血を吸うのですが、あまりに鋭いので動物は気づかないのです。

コウモリの最大の特徴は、腕と指骨の間に皮膚膜が発達し、これを翼として空中に舞い上がったことで、飛行機やスペースシャトルを開発した人類を除いては、真に空を飛ぶことができる唯一の哺乳動物です。コウモリはモグラなど食虫目の近縁と考えられています。翼を持つたことで競合者の少ない夜の空へ飛び立つたのでしょうか。さらに互いに競合を避ける形で虫食、果食、花蜜食、花粉食、魚食、蛙食、鳥食、トカゲ食、鼠食、コウモリ食、果ては吸血性に至るまでいろいろに分かれていきました。コスタリカの小さな鳥には一〇三種ものコウモリがいます。米国の四〇種に比べて格段に多いのは、熱帯にはそれだけ利用できる資

源が豊富にあることの証拠でもあります。

熱帯アメリカのコウモリの多くは、よく発達した翼と反響音を受けるのに適した外耳を持ち、エコロケーション（反響定位）により障害物を避け、飛びながら獲物を捕るという方法で採餌します。平らな葉状の鼻は反響定位のために発達したと考えられ、大型の食物を運ぶコウモリはソナー（音波）を口よりも鼻で発します。ウオクイコウモリは水面直下にいる魚に対して音波を発し、エビなどの甲殻類や魚を急襲します。



洞くつの天井で夜を待ちかねる吸血性コウモリ

熱帯雨林における相互進化の典型的な例は、花蜜食コウモリの形態と花冠の形で、花ごとに吸蜜者の種類が決まっています。形態的には長い鼻づらと軟弱な歯を持っており、花の奥深くにある花蜜を飲むのに適しており、花蜜を飲むときに顔や首の毛に花粉がつき、花粉が媒介される構造になっています。このようにコウモリと植物の間には、しっかりとした相互関係が成立しており、どちらかが滅びても共倒れになってしまいうもろさがあります。これはあまりにもよく発達した共進化の悲劇といわざるを得ないのですが、一方で熱帯雨林の保護の重要性をわれわれに示唆する事象でもありません。

（阿部 學）

氷期が決め手の鳥の数

熱帯雨林にはどのぐらいの種類が住んでいるかこ存じでしょうか。日本で繁殖する陸鳥は北海道から沖縄まで含めて一五二種類いますが、最も種類数の多いアマゾン河流域のコロンビアでは、二五〇平方キロに八一六種類もの鳥が繁殖しています。一つの地域で比較してみると、日本では二一〜三三種類の鳥しか繁殖していませんが、熱帯雨林では日本の天然林の五倍程度の八二〜一五〇種類もの鳥が繁殖しています。しかし、熱帯雨林では種類数は多いけれども、一種類当たりの個体数は非常に少なく、観察中に出会った種類をもう一度、観察することはほとんどできません。

さて、どのようにして熱帯雨林に生息する鳥類の種類数が増えていったのでしょうか。熱帯地域は、地史的に氷期におおわれたことがなかったので、巨視的にみれば環境が安定していて、種の絶滅が起こりにくかったといわれています。実際には、アマゾン河流域においては、氷期に乾燥するため、熱帯雨林の面積が縮小して、いくつかの島状の地域に分断され、間氷期になると再び熱帯雨林の面積が拡大して、これらの地域がつながるといことが繰り返されました。この過程で、多くの種類が種分化していったため、アマゾン河流域には一、五〇〇種類を超える鳥類が生息するようになったといわれています。

それではなぜ熱帯雨林にはこのように多種類の鳥が生息できるのでしょうか。熱帯雨林の特徴は、五〇代

繁殖期に調査区内の天然林で記録された種類数

日本 ¹⁾	熱帯雨林 (15ha 調査区内) ²⁾	
旭川	33種	エクアドル 150種
岩手	23種	ペルー 130種
奥多摩	29種	ガボン 115種
志賀高原	22種	カリマンタン 105種
足摺岬	21種	バブアニューギニア 85種
屋久島	24種	マレーシア 82種

1) 由井, 1977より

2) Karr, 1980より

を越す超高木層、豊富な着生植物、絞め殺し植物、籐とうなどのつる植物、ヤシなどの存在にあります。このよ
うな熱帯雨林の林内構造の複雑さが、着生植物でのみ採食するグループ、つるにひっかかった落葉でのみ採
食するグループのような、温帯林には存在しない、特殊化した鳥類群集の存在を可能にします。

また、熱帯雨林の鳥類群集のもう一つの特徴として、果実食、花蜜食鳥類の種類数が多いことがあげられ
ます。熱帯のパナマと温帯のイリノイ州の森林性鳥類群集を比較した例では、パナマにおいて増加した種類
数のおよそ二五〜五〇%は果実食のグループでした。熱帯雨林には果実をつける
植物が多く、乾期・雨期に対応した季節性はあるものの、一年中、果実を利用して
きるものが、これらの果実食の鳥類グループの存在を可能にしています。さらに、
中南米の熱帯雨林にはグンタイアリにくっついて行動しながら、グンタイアリの
通り道から驚いて飛び出してくる昆虫を、ちゃっかり食べてしまう鳥類グループ
もいます。

このように、熱帯の森林構造や熱帯独自の動植物が作り出す、温帯には存在
しない鳥類の生息環境が、熱帯雨林には存在しています。これらの生息環境を利
用することによって、熱帯雨林には多くの種類の鳥類が共存することが可能にな
ったのでしよう。

(永田尚志)

高層ビルの住み分け

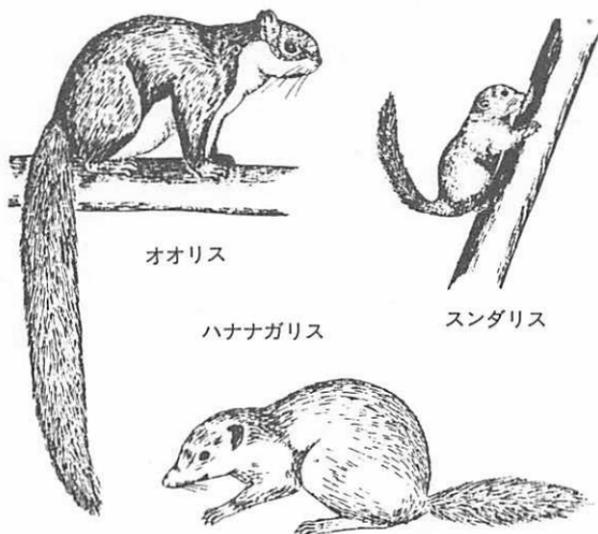
リスというと、欧米の童話や漫画に登場するあのすばしい愛嬌者の姿を連想する人が多いのではないのでしょうか。また、リス類の共通祖先と考えられているパラミスの化石は北アメリカから発見されています。

しかし、リスは欧米だけでなく、世界中に分布を広げ、多くの種に分かれました。なかでも、木の上で暮らす昼行性のリスの仲間は、熱帯林に最も多く見られます。アフリカ大陸、南アメリカ大陸、東南アジア地域を合わせると、全体の九二％に当たる一三二種が生息しています。さらに、夜行性のムササビ類を含めると一六四種にも及び、リス類の大半が熱帯林にすることになります。ボルネオの森林では一―二種、アフリカのガボンでは九種もの昼行性リスが同じ森の中に生息しています。日本や欧米などの温帯林では一―二種いるのがせいぜいですから、一―二種ものリスが一カ所に暮らす状況はとても想像しがたいものです。

ところがよく調べてみると、リスは種ごとに好む環境や習性が微妙に異なっていて、お互いに競合しないようになっていきます。たとえば生活空間についてみると、森林の上層・中層・下層さらに地表部といったように、種によって違う部分を利用しているのです。高さ五〇％にも及ぶ熱帯林は、ちょうど十数階建てのマンションのようなものです。最上階を利用するオオリス属の仲間は、地上へ降りることがほとんどないといわれています。実際、このリスの尾はとりわけ長く、枝から枝へバランスをとりながら渡り歩くのに適

しています。一方、一階を利用するスジャシリスの尾は体長の半分程度しかありません。

食べ物の好みも多様です。リスは一般的に果実や種子を主食とする種類が多いのですが、ハナナガリスは昆虫やミミズを好んで食べます。その名のとおり鼻先が長く伸びていて、土中の餌を器用に探し当てます。



リスに特徴的な鋭い門歯が未発達である代わりに、長い舌を持っている風変わりなリスです。スندگانリス属の仲間も変わっています。彼らの主食は、消化しにくく、タンニン含量も多い樹皮なのです。樹皮を主食とするためのなんらかの適応がみられるはずですが、詳細な研究はまだされていません。樹上性リスのうちで最も体の大きいオオリス属の仲間は体重が二倍にもなります。彼らは果実や種子のほかに、葉っぱも好んで食べます。

このように、リスたちは熱帯林の多様な環境を十二分に利用し、森林に依存して暮らしています。まだまだ謎の多い熱帯林の愛嬌者たちの暮らしぶり、そっと護ってあげたいものです。

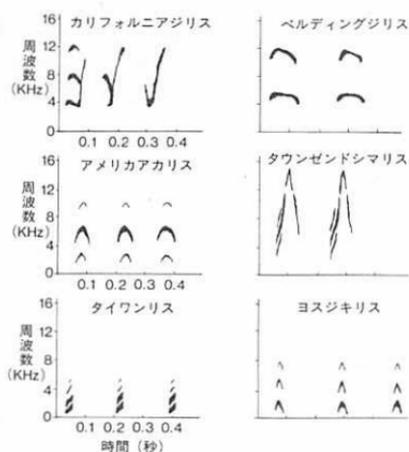
(田村典子)

音で知る動物たちのアピール

サイチョウやオウム類のよく響く声、テナガザルたちのコーラス、カエルやセミの大合唱。目をつぶっていても熱帯林とわかるのは、われわれ温帯に暮らす者にはなじみの少ない音の世界がそこにはあるからです。日本の雑木林で聞きなれた小鳥たちのさえずりはそこにはありません。あるのはお腹に響くような太い声、不気味なほど単調な音の繰り返し、意表をつくような機械音です。

高木、巨木の林立するジャングルでは、動物たちはお互いの存在を目で確認することが困難です。そのため、それぞれの種に特有な音声を使ってお互いの位置や状況を知らせあうことが重要になってきます。実際に熱帯林に入ってみると、あちらこちらから声が聞こえてきて、非常に多くの動物の気配を感じることはできるのですが、その姿はいつこうに探し出せないことが普通なのです。

さて、まったく適当に声を張りあげているように聞こえる彼らの音声も、よく調べてみると効率的に遠くへ情報を伝えるための音響特性を持っていることがわかります。空気中を伝わる音声は、音源からの距離に伴って減衰します。樹木の葉や幹が障害となつて、森の中ではさらに音の伝達がゆがめられます。ただし、ある特定の周波数（音の高さ）を持つ音は比較的減衰しにくいばかりか、場合によっては反響によって増幅されることさえあるのです。熱帯林では周波数五〇〇ヘルツから二キロヘルツの音が減衰しにくいとされています。実際、



リス類の警戒音声のソナグラム

- (上段) 草原に住む種類の音声
 (中段) 温帯林に住む種類の音声
 (下段) 熱帯林に住む種類の音声

パナマの森林に住む鳥類の音声を調べた結果、平均周波数二倍でさえずることがわかっています。これは、林縁や草原に住む鳥類に比べて著しく低い周波数です。同様に、草原や温帯林に住むリス類と熱帯林に住むリス類の警戒音声を比べてみると、図のような違いが認められました。熱帯林に住むリス類は、うっそうとした密林で音を効果的に伝達させるために、より低い周波数の音声を使っていることがわかります。

音の周波数だけでなく、音の長さも重要です。林内の障害物に反射すると、長い音は途中でゆがめられてしまい、一定の旋律を維持させることが困難です。旋律が変化してしまつては、もはや信号として機能しません。障害物の多い熱帯の密林では、単一周波数の短い繰り返しで信号を送ることが有効なのです。図で示したとおり、リス類の警戒音声についても、このことが例証されます。

もちろん音声が信号として機能するためには、種類ごとに、また状況に応じて異なる音声を発する必要があります。熱帯林に住む動物たちは、障害物の多い環境のなかで効率的に音を伝達させつつ、種ごとに独自の信号をのみ出してきたのです。

(田村典子)

窮鼠！ 木を嚙かる

一九八一年、フィリピンミンダナオ島で、ジャイアント・イビル・イビル（マメ科の早生樹）植栽地が数十ヘクタールにわたりアゼネズミ（クマネズミ科）に食害され大騒ぎになりました。日本では、樹木を嚙るのは「草食い」といわれるハタネズミ、ヤチネズミの類です。硬い樹皮を咀嚼・吸収できる消化器官（歯、胃、腸）を持っています。これに対し、クマネズミの類は、種実や穀物を食べるのに適した器官を備えていません。クマネズミが木を嚙る」という世界で初のニュースを聞き、フィリピンへ調査に出かけました。

調査の結果、アゼネズミは稲や畑の作物を荒らした後、雨期の食物欠乏期に、植えたばかりのジャイアント・イビル・イビルの苗木を嚙ったことが判明しました。この木は、家畜の飼料樹といわれるほど栄養があるので、増殖した空腹ネズミの非常食糧に利用されたのです。

それから一〇年後、インドネシアの東カリマンタン（ボルネオ島）でネズミ調査をする機会がありました。この島では、まだ天然林が残っており、人工造林もあまり進んでいないためか、苗木や造林木の食害は見られませんでした。しかし、くぼ地のたまり水でつくっている水稲や焼畑の陸稲が、アゼネズミにひどい食害を受けていました。それは、毎年平均三〇％の減収といえます。ある開拓農家では、雨期の大雨とネズミ害で収穫がゼロの年があると嘆いていました。



アゼネズミ

赤道直下のこの地域は年平均気温が二七℃、年雨量は二、五〇〇^ミリで、雨期・乾期の違いが明確ではありません。一年を通じて、いつもどこかで陸稲や水稲が栽培されているアゼネズミの楽園です。ネズミは畦に巣をつくり、稲の苗を切り落として髓を食べ、穂に登ってモミを食べ、田から田へ索餌の移動をします。食性も昔の「種子食い」から「草食い」に変化してきています。

さらに、アゼネズミは他種に抜きん出た年中無休の繁殖力を持っています。たとえば一腹の子は平均一〇頭（日本では六頭）で、お産の直後に発情と交尾をして三週間ごとに分娩します。だから一つの巣穴に母ネズミの二腹分の子ネズミと、姉ネズミたちが産んだ孫ネズミを合わせて三〇頭ほどの大世帯で暮らしているのを見かけることがあります。

数年前、やつとコメの一〇〇%自給を達成したインドネシア農業省にとって、ネズミ害対策は頭痛のタネになっています。ネズミを食べる部族もいるため、毒餌は使えないので駆除法は安い労賃に頼って、多人数が一斉に巣を掘り起こしネズミを叩き殺す「人海戦術」しか、いまのところ名案がないのです。

（前田 満）

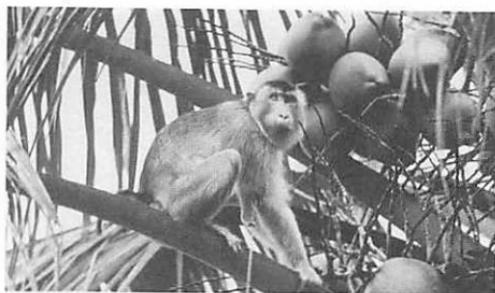
サル知恵、人を助く

西スマトラの村を訪ねると、サルが高いヤシの木によじ登り、飼い主の指示に従って上手にヤシの実を取っている姿を見ることが出来ます。サルの種類はブタオザル。その名のとおりブタのように短い尾を持ったニホンザルサイズのサルです。野生のものは、インドシナ半島、スマトラ、カリマンタンに生息します。

口笛、声、首ひもの引つ張り具合によって人から指示を受けたサルは、高いヤシの木をするするとよじ登ったり、木から木へ飛び移ったりして目指すヤシの実に達します。そこでサルは、しつかり座って、あるいは逆さまになりながら、ヤシの実に二本の手または足をかけます。そしてそのへたをくるくるとひねり、噛みを入れて、ついには落としてしまうのです。

調教は、普通一歳から三歳くらいで始め、最初は低い模擬椰子やしの木を使って練習させます。スマトラには同属のカニクイザルがありますが、カニクイザルは、操っているうちに首ひもをからませて窒息死してしまうそうです。ブタオザルのほうは、首ひもをからませないよう、うまく動く知恵を持っているといえます。肉体的にもブタオザルのほうがカニクイザルより大きく力が強いので、ヤシの実を引きちぎるのに適しているでしょう。

ブタオザルを持っている人は、他人からヤシの実取りを頼まれます。私のいた村では、ココヤシを一〇個



ブタオザル (*Macaca nemestrina*) を使ってヤシの実取り

採取するとそのうちの一個が取り分だそうです。ただし、スズメバチが巣くっている木の場合だと六個のうちの一つと歩合がよくあります。現金が支払われる場合もあります。じつは、このような文化は、スマトラだけではなく、マレーシア、タイ南部にも広がっています。

こういった熱帯の伝統文化を野外調査に活かしている研究者がいます。背の高い木の多い熱帯雨林で仕事をする植物学者にとって、植物標本の採集は、やっかいな仕事です。熱帯の植物分類学の大家、英国のコーナ博士は、このブタオザルを使って、高い木からうまく植物標本を採集したということ。また、私の知り合いのインドネシアの植物学者ブルノジョヨさんも、植物標本の採集にブタオザルを使っていました。彼は、衛星を使っての遠隔探査によりインドネシアの植生図を作成するプロジェクトの一員で、衛星画像と実際の植生を対応づけるための現地調査を行い、私の調査地を訪れたのでした。最新鋭の技術も一地方の伝統文化に助けられていると考えると愉快です。

このほか、アフリカのチンパンジーの利用植物の観察から人間に有用な植物が発見された例もあり、人がサルを含めた熱帯の生き物に教えられたり助けられたりすることは、たくさんあるようです。

(大井 徹)

スカイダイビングでコミュニケーション

熱帯の森の生き物のなかでも、特に騒々しいのは、集団生活を営む昼行性のサルたちでしょう。そのなかでも、東南アジアの熱帯雨林に生息するコノハザルの仲間（コロボス亜科）のコミュニケーションの方法は、その派手さで際立っています。

コノハザルは、熱帯アジアを中心に生息するサルの仲間ですが、葉食の傾向が強く、牛のようにいくつかにくびれた胃を持っています。その前胃と呼ばれる部分には、葉のセルロースを分解する働きを持つバクテリアが共生しています。このサルは樹上を主な生活空間としているのですが、発達した後肢でもっぱら樹冠を跳躍して移動します。数百頭もの集団をつくる種もありますが、一般に一〇頭前後の小さい集団をつくり、三〇分程度の比較的狭い行動圏で生活しています。果実食性の強いサルたちより、食料の確保のために広い地域を動く必要がないということでしょうか。一つの集団のなかには、一頭の雄と複数の雌がいるという構成が一般的で、雄だけからなる集団も見られます。集団に所属する雄は他の雄に対して排他的で、激しい争いが見られることもあります。

スマトラの私の調査地には、このコノハザルの一種、クロカムリコノハザル (*Presbytis melalophos*) の集団が、複数、肩を並べて生息していました。サルたちのディスプレイは、特に朝に頻繁に起こりました。



樹上のクロカンムリコノハザル

朝の採食をしていた集団の雄が、葉っぱをちぎる手を止めて、木のてっぺんに登り、座り込んで、ある方向をじっと見つめています。どうも別の集団が近づいてくるようです。突如、その雄は、空中に躍り出たかと思うと、チチチチ……、けたたましく鳥が鳴くような声を出し、両腕を開きかげんにまるでスカイダイバーのように落下していきます。七、八ほどは落下したでしょうか、バサツと大きな音を立てて下枝に着地しました。枝は、大きく揺れています。キイキイキイと子ザルがびっくりして悲鳴をあげます。するとすかさず相手の雄も、樹上をおおげさに走り回って枝を大きく揺らしたかと思うと、チチチチ、バサツとスカイ

ダイビング。

大きくピツチの高い音声、激しく下枝の揺れるさまと音、見通しのきかない熱帯雨林の樹冠部で生活する彼らがあみ出した、聴覚と視覚の両方に強く訴えるコミュニケーションの方法です。この群れは、オレのものだ、ここは、オレの縄張りだと主張しているのだと考えられています。人間が近づいたり、上空を飛行機が通過したときにも行うことがあるので、威嚇の意味合いが強いのではないでしょうか。

(大井 徹)

天狗猿の嘆き

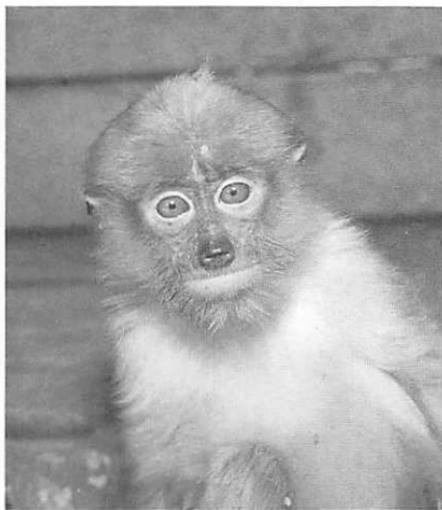
ボルネオ島にはロリス科、メガネザル科、オナガザル科、テナガザル科、さらに、住民から「森の人」と親しみを込めて呼ばれているオランウータン科のサルなどが十数種生息しています。オナガザル科に属するテングザルの雄成獣は、名前のとおり唇まで垂れ下がる長い「天狗の鼻」を持っています。

テングザルは頭部から肩にかけて、赤褐色のマントを着たような体毛でおおわれており、他方、顔や腹部、足や長い尾は灰白色で、見る方向によってはパンツをはいたようにも見えます。マカハム河を舟で下ると、枝上に腰をかけ葉を食べているテングザルの赤っぽい体毛を緑色の木の葉の間に見ることができません。

このサルの頭胴長は雄親でも五五〇七五^{mm}、尾長はこれよりわずか長く、体重は二〇〇三〇^g。雌は雄より小型で、体長は三分の二、体重は二分の一くらいです。

彼らは、身体がとびぬけて大きいボスザルを中心に数頭の群れを形成し、昼間（特に朝夕）活動をします。ボートが川岸に近づくと、あつという間に枝から枝へ飛び移り姿を消します。

テングザルは、ボルネオ全島に分布し、河口や湾、川沿い低地の湿地林、マングローブ林に好んで住み、ヒルギの若い葉や花、実、ギンネムの葉などを好んで食べます。木の葉が主食なので消化管が長く、いつも腹いっぱい食べるので、親ザルも子ザルも妊娠しているように腹部がふくらんで見えます。



テングザル

テングザルは、なぜ、長い鼻を持ち、世界中でボルネオ島にだけ住んでいるのでしょうか。

いずれも難しい問題ですが、ボスザルの鼻は、雌や群れを呼ぶときのホルンの役目を果たすのではないかと思います。鳴き声がマングローブの枝を縫って、グワツ、グワツと低音で響きわたっています。後者に聞かしてはまったくの推論ですが、世界で三番目に大きいボルネオ島には、多種類のサルが住むことができませんが、このなかでテングザルだけが、敵や競争種の侵入しない低地林やマングローブ林で豊富な木の葉などを食べ樂園にしているからと考えます。ところが、近年、商業伐採、工場用地の造成、耕地の拡大などのた

めに低地林が、また、エビ養殖のためにマングローブ林が伐採され、テングザルの住み場がしだいにせばめられてきているのです。

国際自然保護連合の「レッド・データ・ブック」では、「絶滅」の「危険な状態にある」種とされています。開発を全面的に止められないなら、せめて保全区、保存地域の設定を急がないと、テングザルの生態に関する知見がまだほとんど得られないうちに、この種を地球上から失うことになるかもしれません。

(前田 満)

転職に追い込まれたゾウ

タイへ旅行されたことがありますか。南国情緒たつぷりのこの国を訪れたことがある方は、きっとどこかでゾウのショーをご覧になったことがあると思います。タイにいるゾウは、東南アジア一帯に分布しているインドゾウです。十分成熟したゾウは肩高三尺くらいになります。大変な力持ちで最大二ツの物を引っ張ることができ、雄ゾウは牙を利用して六〇〇鎰を優に超える物を持ち上げることができます。

タイの北部、ランパン県に林業公社の若ゾウ訓練センターがあります。林業とゾウがどのように結びつくかと疑問に思われるかもしれません。じつは今から一一〇余年前、タイ北部一帯に広がる立派なチーク林の伐採権を手に入れたイギリス系の企業がチーク材の運搬にゾウを使い始めたのがこの関係の始まりです。

ゾウの訓練は、四、五歳ごろから始まり一〇歳まで続きます。初めはゾウ使いの命令を聞き分け服従することを覚えます。それから、ひざまずく、物を持ち上げる、転がす、回す、押す、引っ張るなどの動作を覚えます。またチェンソーなど林業機械の騒音に驚かず仕事ができるようにも訓練されます。訓練期間が終わるころには、傾斜三五度くらいのきつい斜面でも、重いチークをトラックがぐる所まで上手に引きずり出すことができるようになります。一〇歳から実際の運搬作業につき、一五歳から五〇歳までがバリバリの現役六〇歳で定年を迎え、七〇歳から八〇歳であの世に旅立ちます。なんだか人間の一生と似ていますね。



タイ北部のランパン県にある林業公社の若ゾウ訓練センター

ところで、山で働いていたゾウに大事件が起こりました。一九八八年十一月、タイ南部を襲った集中豪雨によりいくつかの村が壊滅し、三〇〇名以上の死者が出る大災害が発生しました。上流部の森林破壊を原因とみた政府は翌年一月、全国的な規模での森林伐採禁止令を公布しました。そのため、山で働いていたゾウは職場を失う結果となりました。一部のゾウはしだいに増えてきたチーク人工林をよりよい林にするための間伐作業に従事し、間伐材の運搬をしています。多くのゾウは山を降り観光客のためのショーやトレッキングなどほかの仕事への転職を余儀なくされています。現在、タイにいるゾウは一、〇〇〇頭をきったともいわれており、チーク材を運搬するゾウの文化だけでなく、ゾウ自体の種の存続まで危ぶまれています。

(中村松三)

IV

熱帯林の産物

金のなる木は争いのタネ

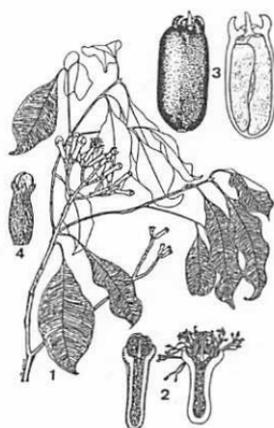
木にかかわる仕事をしている私たちには、スパイスなど緑の遠い植物のように感じられます。しかし、チヨウジ、ピメント、ニクズク、シナモンなどはいずれも熱帯林を原産地とする常緑高木で、この地域の大切な栽培作物になっています。熱帯林は、スパイスに関してもまさしく「宝庫」なのです。

十五世紀末に始まる大航海時代の動機の一つが、莫大な富を生むスパイスの確保でした。コロンブスはチヨウジを求め、航海でトウガラシに出会い、バスコ・ダ・ガマやマゼラン艦隊はチヨウジやシナモンを積んで故国に戻りました。四〇〇年余に及ぶ植民地争奪戦の背景に、スパイス専売権をめぐる西欧先進国の覇権主義があり、その歴史に翻弄ほんろうされながらたくましく生きてきた熱帯の人々があつたわけです。

チヨウジ(図)の原産国はインドネシアで、栽培面積七六万畝は世界一です。原産地マルク諸島に野生系統らしきものがあり、全国的にはザンジバル、シブチ等の品種が栽培されています。ポゴールの香辛料・薬用作物研究所には、フランス人が持ち出してアフリカのザンジバル島で栽培品種となり、日本人がこの国に再導入したザンジバル品種二〇数本の原母樹があります。さし木やつぎ木が困難なため自然受粉した実生を栽培しており、品種の厳密な管理は行われていません。現在の栽培地から優良個体を選抜し、その種子で次代検定園をつくり、劣る家系と個体を間引きしながら実生採種園を仕立てていく品種改良が望まれます。



テルナテ島に現存するインドネシア最大のチョウジ母樹



チョウジ

- 1：開花枝 2：蕾と花の縦断面
3：果実とその縦断面
4：乾燥チョウジ（商品）

オランダの専売政策で、アンボン島以外のチョウジがすべて焼き尽くされたといわれていますが、いまなお豊富な遺伝変異が残っています。老齢母樹の衰弱・枯損が進み、栽培品種の遺伝子プールも自然交雑で「汚染」されつつあるいま、チョウジ集団の変異の実態と分類、遺伝子資源評価などの研究と並行して、取り木による個体単位の保存や実生次代による品種、集団の現地外遺伝子保存を急がなければなりません。

マルク州北部テルナテ島の標高六〇〇メートル付近には、胸高直径一〇センチ、樹高三〇メートルあまり、樹齡三五〇年で世界最大といわれるチョウジの母樹（写真）があります。植民者の圧制と島民の抵抗の歴史を見すえ続けてきたであろう老母樹の根元に立って、ひとときの感慨にふけりながらこの国の人々とチョウジの豊かな行く末を願わずにはいられませんでした。

（山本千秋）

旅人の木

熱帯の乾燥地にも一風変わった形の木があります。Traveller's Tree(旅人の木)とか Traveller's Palm(旅人ヤシ)といわれる木もその一つで、学名を *Ravenea madagascariensis* といいます。

マダガスカルは生物の約六割は固有種といわれますが、バショウ科オウギバショウ属に入る *Ravenea* もまた、マダガスカルは乾燥地に自生する単子葉の固有種です。幹は通直にのび、その先には二回りほどの葉身と長い葉柄を持つバナナに似た葉が、あたかも扇を広げたように、左右対象に並んでいます。植物園などで、そのシンメトリーの美しさはひときわ目立ちます。この木の葉鞘の部分には水が貯まっており、旅人がこの水を飲んで喉の渴きを癒したことから名がついたのです。

マダガスカルの東海岸地方では、屋根をふくのこの葉を使うとともに、幹もハウジングに利用します。ちなみに、マダガスカルの国のシールには、この旅人の木とゼア牛の頭がデザイン化して使われています。旅人の木はその姿が美しいことから園芸種としても人気があり、熱帯各地の公園や道路沿いにも多く植えられています。手近なところでは、シンガポールの空港の周辺道路に多く見られます。

熱帯乾燥地で有名な木の横綱は、なんといってもバオバブ (*Adansonia* 属) でしょう。マダガスカルに七種、オーストラリアに二種、アフリカに一種分布し、幹の直径が一〇メートルにもなるパンヤ科の巨木です。その姿は、



旅人の木



バオバブの木

トックリのようでもあり、ダイコンを中途まで引き抜いたようにも見えます。樹齢は四〇〇〜五〇〇年にもなるといわれますが、古くなると中が空洞になるため正確な年代推定は難しいのです。人々はこの空洞を利用して、水や物資の貯蔵所、果ては住居にまでもしてしまっています。

バオバブの材は柔らかくてほとんど使いものになりませんが、その他の部位はじつに多くの用途があります。

果実は長さ二五〜四五センチもある大きなもので、パルプ質の果肉は清涼飲料の原料や薬用に、種子は良質の油脂を多く含むので食用油として用いられます。新鮮な若葉や新芽も食糧になり、繊維質の樹皮は布や綱になります。

さまざまな部位は、強心、喘息、下痢、低血圧、解熱などに効くといわれ、成分探索も行われています。バオバブの木が林立する熱帯乾燥地は、一種独特な景観をつくっています。

(池田俊彦)

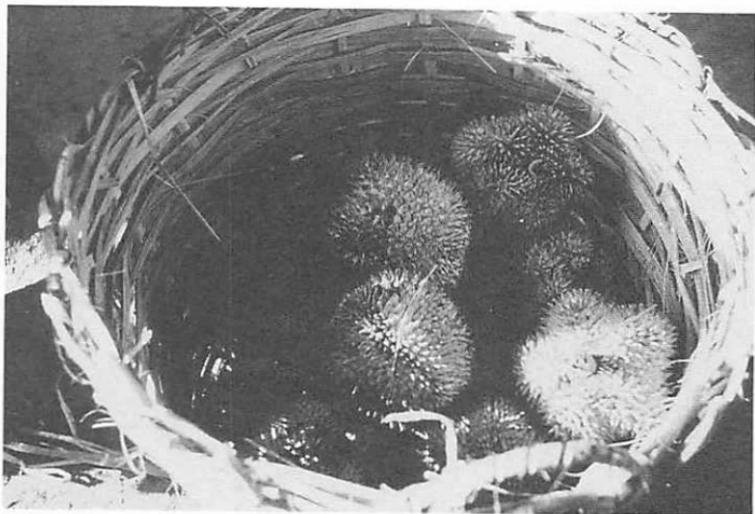
偉大な王と優美な女王

果物の王様ドリアンは熱帯アジア原産で、数百年にもわたって栽培されており、近年は育種も盛んです。

幹は通直で樹高四〇呎にも達し、太い枝を水平に張ります。果実は長さ二〇〜二五^{cm}、重さ一〜二^{kg}の球形
ないし楕円形で、人や動物を近づけないかのように、硬い突起でおおわれています。表面には四、五本のか
すかなくぼみが縦に走っていて、そこにナイフを入れると容易に割れて、クリーム色の房状の実が現れます。
この柔らかい実の中には大きな硬い種があり、その果実の大きさのわりには、食べられる部分はごくわずか
です。

さて、その強烈な異臭のために、果物の王様の名に反して多くの外国人から敬遠されていますが、王様た
るゆえんはどこにあるのか、思い切って口に入れてみましょう。ごくわずかに繊維質を帯びた、カスタード
クリーム状の実を口に含んだとたん、滋養あふれる甘味が舌をおおい、あの、生ゴミが腐ったようなにおい
が、とろけるような甘い香りへとみごとに変貌し、鼻孔をくすぐります。この濃厚な甘さと香りが、人々を
とりこにするのです。

ドリアンを売る屋台の多くで、濃い紫色か褐色の、小ぶりの柿ほどの大きさの果物が、一〇〜二〇個ずつ
紐で器用にひとまとめにくくられて吊り下げられています。果物の女王マンゴスチンもドリアン同様に、熱



果物の王様ドリアン

帯アジアで何世紀にもわたって広く栽培されてきました。成長は非常に遅く、成木の樹高は一〇メートル前後で、結実までに種子から一五年程度必要です

卵の殻のような薄くて硬い皮を持つ、肉厚の果皮でおわれていますが、爪を立てれば容易に割れて、まぶしいほど純白の、ミカンの房状の実が顔をのぞかせます。ドリアンと違って、この実を口にするのに躊躇する人はいないでしょう。その淡雪のように溶けてゆく舌触り、あくまでも上品な甘さとかすかに舌を刺す酸味、内に秘めたデリケートな芳香は、女王と呼ぶにふさわしいものです。

偉大な王ゆえに民は心酔し、かつ外敵もつくりません。しかし、優美で気品あふれる女王は、分け隔てなく人々の敬愛を受けるでしょう。ドリアン、マンゴスチンは、まさに果物の王様と女王様です。

(丸山 温)

まるでロープ？

つい今しがたまで頭をもたげていたヤマヒルの姿が見えなくなったと思ったら、樹海が切れて、密林の小さな空き地に出ていました。指さされた高さ四〇〜五〇メートルもある超高木（エマーシエントツリー）の頂部から竹かヤシの葉のようなものが突き出ていました。ロタン（藤）でした。マレーシアの研究者とロタンの植栽試験地を見学し、帰りに天然生ロタンを見せてくれるといって回り道をしたときの話です。

ロタンは東南アジア地域のみならず、日本の夏にも欠かせない風物である藤家具の材料となる植物です。主に東南アジアの熱帯林に生育するヤシ科のつる植物で、仲間は五〇〇種を超えます。茎が太くなるロタンは直径が五センチ前後で、椅子などの骨組み材とされ、細い種類は編み物や結束用に使われています。葉先あるいは葉鞘が変形したフックつきのヒゲを木の枝などに引っかけて立ち上がりますが、フジつるなどと違って幹を締めつけたり、また、クズのように樹冠をおおい尽くさないで、木を枯らすことはないようです。

ところで、眼前のロタンは下のほうに枝のない超高木の頂上までどのようにして登ったのでしょうか。双眼鏡で茎を元のほうへたどっていくと、超高木の樹冠から隣の樹冠、そしてさらにその隣の中層木の樹冠の中に消えていました。それから先は追跡できませんでしたが、話によると、地上をはいまわり、ときには何十メートルも先で木に登ることもあるといいます。記録では全長二〇〇メートルにも達するロタンがあります。ジ



Calamus 属のロタン的一种

ヤックのマメの木ならぬヤシの木といったところでしよう。ところが豆の木と違って、ほとんどのロタンは全身が鋭い刺でおおわれていて、登るところか、うっかり触れるとけがをします。

農民はこれを上手に引き下ろし、すぐに竹などでつくった二股や穴に茎を入れ、葉鞘や刺をしごいて剥ぎ取り、乾燥します。さらに熱ディーゼル油などに漬けて油脂分、水分を除き、表面を研磨した後に家具用素材として、香港、日本などに輸出しています。東南アジアの一九九〇年の年間の取り引きは二五億米ドル、素材輸出は一億六、〇〇〇万米ドルに達しています。木材以外の最大の林産物であるといわれ、密林が生む

貴重な換金作物として近年特に注目されています。大部分は密林からの天然ものですが、カリマンタンでは古くから小規模な栽培がされています。また、マレーシアではゴム園でロタンを栽培する試験も行っています。

ジャックはマメの木を育てて宝物を得ましたが、案内の研究者はロタンを植えて村おこしを図りたいと熱っぽく話してくれました。南米でも柳の下のどじょうをねらって、ロタンに似た性質を持つ植物の探索が行われていると聞いています。

(森 徳典)

所変われば竹変わる

日本でタケ類というと、私たちは人里近くのマダケやモウソウチクを思い浮かべます。マダケやモウソウチクの地下に張りめぐらされた地下茎、散生した緑鮮やかな稈（幹）の独特の風情、そして林内のあちこちに生えてくるたけのこなどはなじみ深い情景です。日本では春の味覚としてたけのこを味わったり、さらに成長した稈を竹かごや茶筌ちやせんなどの竹細工に利用したりしています。日本にはこのほかに、ササ類というタケの仲間が分布しています。ササ類はタケのなかでは最も北に分布をのびた仲間で、日本の森林には非常によく適応しています。森林内で一面に広がったササを目にされることも多いでしょう。山菜とされるネマガリタケもササの仲間であるチシマザサのたけのこです。

タケ類の分布の中心は熱帯地方で、全世界ではおおよそ一、〇〇〇種のタケ類が知られています。日本のタケ類がおおよそ一〇〇種ですから、その一〇倍の種が世界には分布しているわけです。そして、日本のタケ・ササ類とはまったく異なった生活をしている種も少なくありません。

熱帯のタケの特徴としてまずあげられるのが、稈が株立ちになる種が多いということです。世界一大きなタケといわれる *Dendrocalamus giganteus* は稈の直径二〇センチ、高さ三〇メートルにも達するものですが、この種も株立ちになります。モウソウチクよりも大きな稈が株立ちとなり、人が立ち入れないほどに密生している姿

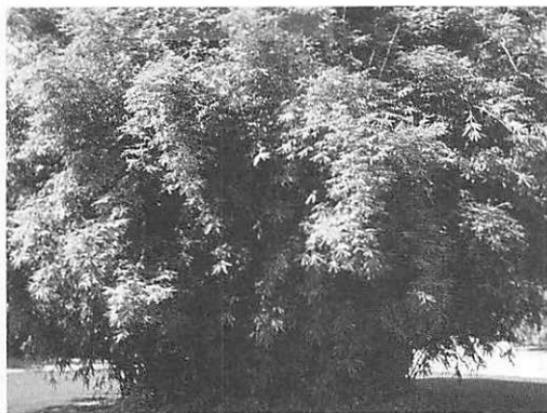
は、日本の竹林とはまったく異なる光景です。

タケの稈には穴があるというのは日本では常識ですが、熱帯のタケにはこの常識は必ずしも通用しません。バンブーサやデンドロカラムスの仲間には、稈が肉厚で、中心部の穴がほとんどないものがあります。東南アジアやインドでは竹材からパルプをつくり、紙として利用しています。このような国々では穴のないタケ

はパルプの原料として利用されているそうです。

木に登るタケ、いわゆるクライミング・バンブーと呼ばれるタケの一群も熱帯には分布しています。これは日本ではまったく見られないタイプのタケです。一般にタケ類の稈はたけのこの時代に一気に伸長成長を行い、その後は枯死するまで一定の長さを保っています。これに対してクライミング・バンブーは、前年までに地上部に伸びている稈の節から大きな芽がほころび、元の稈と変わらない太さの稈が新たに伸びていきます。クライミング・バンブーは、このような独自の稈の伸長を繰り返すことで、地表をはって成長したり、あるいは成長の速い熱帯の樹木にもよじ登って生活することができるのです。

(井鷲裕司)



稈が群生するタケ、バンブーサの一種

車社会を支える木

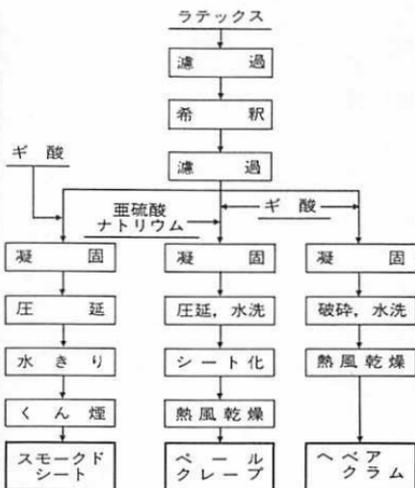
天然ゴムはパラゴムノキ *Hevea brasiliensis* から採取されます。原産地は南米アマゾン流域ですが、現在は主に東南アジアの大規模なゴム園で生産されています。樹皮を切りつけ内層に分布している乳管中のラテックスを流出させてカップに集めます。ラテックスは白い乳状の液でゴム分が三五〜三六%含まれています。ゴミなどを除いたラテックス液にギ酸または酢酸を加え、ゴム分を分離・脱水したものが天然ゴムです。

化学的にみると、天然ゴムはシス-1,4-イソプレンの単位構造が繰り返して結合した鎖状の高分子炭化水素です。シス型構造の連なりは全体としてバネのような働きをし、天然ゴムの強い弾性はこの構造に由来します。生ゴムのままでは性質が劣るので、各種のゴム製品を製造するには、素練り、配合・混練り、成型、加硫の順に加工して性質を改善します。加硫は最も重要です。ゴムに硫黄二〜三%と助剤を加え、混練り・成型したものを加熱すると、ゴムの鎖状分子の途中に網の結び目のような結合が形成されて硬くなります。これによって生ゴムの欠点である異臭、粘着、磨耗、易溶性などが克服されます。

はるか昔から南米のマヤ人やアステカ人は粘土製の型にラテックスを塗り重ね、くん煙して硬化させる方法を知っており、靴、水瓶、塑像、ゴムボールなどを製造していたようです。十八世紀中ごろコンタミーヌ(仏)やフレスノー(仏)らによってヨーロッパに天然ゴムがもたらされ、以来、雨具、バンド、消しゴムな



ゴムの採取法



天然ゴムの製造方法

どに使用されてきましたが、先に述べた欠点が障害となっていました。グッドイヤー（米）が一八三九年に加硫硬化法を發明するやゴムの利用は著しく拡大したので、アマゾン流域の野生ゴム資源は枯渇し価格は急騰しました。当時、イギリスは東洋の植民地のプランテーション経営に適する作物を探していたのでパラゴムノキに目をつけました。ウイッカム（英）やキュー植物園の努力でブラジルから持ち出された種子が芽ばえ、一、九〇〇本余の苗木がスリランカに移植されたのは一八三六年でした。これらが、現在、東南アジアで年間三七〇万ト産出される大産業に育つたのです。一八八八年プリジストン（英）が空気タイヤを發明し、自動車の時代が到来する夜明け前のことでした。

現代は車や飛行機なしではなり立ちません。日本では年間約五〇万トの天然ゴムがタイヤ、チューブなどの製造に消費され、車社会を支えています。

（林 良興）

木の葉で自動車が走る

木の葉で自動車が走る。タヌキが化かしているわけではありません。木の葉の匂い、すなわち、精油で自動車を走らせることができます。ガソリンのように炭化水素の混合物である精油には自動車のエンジンを動かす力があります。そこで、精油、樹脂、乳液などのように炭化水素成分を多量に含む植物は「石油植物」とか「石油のなる木」と呼ばれています。ユーカリはそのよい例です。ユーカリの種類は多く、六〇〇種類以上が存在しますが、そのなかには精油含量の高いものが多く、精油採取用に栽培されているものもあります。もともとオーストラリア原産のユーカリですが、成長が速いために今日では街路や公園などの緑化樹、防風林、用材、パルプ原料などのための森林の造成用として世界各地に植林されています。ブラジルでは製鉄用木炭の炭材用に大規模に植林されています。ユーカリ油生産は、かつてはオーストラリアが世界生産量のほとんどを占めていましたが、最近ではポルトガル、スペイン、ブラジルなどが主な生産国です。ところで、ユーカリ油の引火点はガソリンのそれよりも著しく高いので、ユーカリ油だけではエンジンの始動が困難で、ガソリンと混合したほうが燃料として効率がよいことがわかりました。しかし、ガソリンの価格がユーカリ油より安い現在では、ユーカリエンジンの実用化は難しそうです。

幹に傷をつけて滲出してくる樹脂を集めるタッピング法は、わが国では昔、マツヤニを集めるのに使われ



石油のなる木ユーカリ

ていました。東南アジアでは現在でも、マツヤニやクルイン樹脂の採取に使われています。傷をつけた幹の部分に火をあぶり、木を刺激して樹脂の増収を図ることも行われています。ダンマル、コバルも代表的な天然樹脂でその主成分は炭化水素です。白い汁を出す乳液植物で私たちの身近にあるのはタンボポやセイタカアワダチソウです。アメリカの発明王エジソンはセイタカアワダチソウの乳液からゴムをつくったといわれています。ゴムの木はゴムを生産する代表的な熱帯植物ですが、やはりタツピングでゴムの原料が採取され

ます。

トウダイグサ科植物には乳液を出すものが多く、アオサンゴやホルトソウもその一つです。これらの植物は十数年前のエネルギー危機のころに石油、石炭などの化石燃料に代わる炭化水素源として注目されました。現在は原油価格が比較的安いためにエネルギー植物の研究は下火ですが、限りある化石燃料に代わるエネルギー源として、また、地球温暖化の原因となる炭酸ガスの光合成による吸収媒体として、エネルギー植物は未来の貴重な資源となるでしょう。

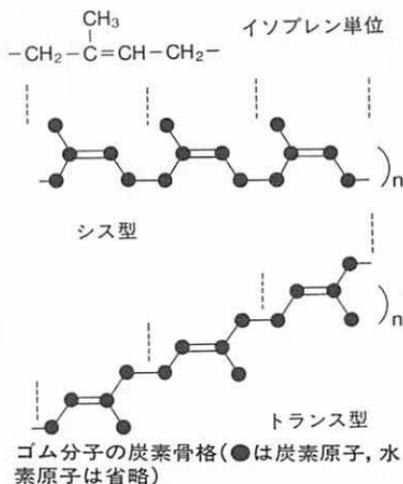
(谷田貝光克)

噛めば噛むほど頭の良くなる木

近ごろ、よく噛めない子や顎^{あご}の発達が悪く歯並びが悪い子が増えているといわれています。そしやくという行為は体の置かれた内外の環境に適応して発達するものと考えられていますが、子供たちの発達期の食生活に問題があり、飽食の文明環境がそしやく能力の発達を阻害する要因であると指摘されています。よく噛むということは脳の発達や学習効果にもよい影響を与えることが実験的に確かめられています。

チューインガムを噛むことは、そしやく能力を高めるうえで効果があることが明らかにされています。中南米の原住民は昔からサボジラ樹 *Achras zapota* (アカテツ科) の樹脂チクルを噛むのを好んできました。アメリカインディアンには松やにを噛む風習があり、ヨーロッパからの移民の間にこの土着の風習が広まっていきました。十九世紀中ごろに、天然ゴム資源が探索され、サボジラも期待された植物ですが、ゴムには不適當であることがわかったので、発明家T・アダムズはこれらの風習に着目して、チクルをチューインガムとして売り出したということです。

現在のチューインガムの製造法は、ガム基材二〇〜三〇%、砂糖など糖質六〇〜八〇%、香料一〜二%、栄養素その他少量を混練りし、成形したものです。チューインガムには大別して風船ガムと板ガムの二つのタイプがあります。風船ガムの基材は合成品ですが、板ガムの基材には天然樹脂が用いられます。チクルの



ほか、キョウチクトウ科のソルバ *Caoua macrocarpa* やシエルトン *Dyera costulata* の樹脂が主に使用されています。どれも中南米および東南アジアの熱帯雨林に産するゴム樹脂です。樹脂の採取法は天然ゴムの場合と同じタッピング法で、チクルは加熱濃縮、その他の樹脂は酸凝集法で集められます。

なぜチクルなどがゴム基材としてよいのでしょうか。チクルの例でみてみましょう。天然ゴムはほぼ均一なシス・イソプレンの高分子で、強い弾性物質です。チクルのゴム質はシス型が約三五%、トランス型が六五%の構造を持っています。トランス型のゴムは弾性を示さずシス型ゴムよりずっと脆く、低温で軟化します。そのためチクルは弾性が弱く脆い塊状で、軟化点も体温に近い四三°Cです。また、チクルはトリテルペン類

という低分子物質を約四五%含んでおり、これらの成分はやにっばい風味を与えるとともに、ゴム製造の錬成工程でゴム質の分子中に分散して粘着性を与えます。このような組成がチクルガムを噛んだとき口内で軟化し、ふっくらした適度な風合いを与えるのです。

ドライバーの眠気ざましにガムは効果的という実験結果があります。合成品が幅をきかせている現代に樹木成分の良さが活かされているのはうれしいことです。

(林 良興)

ヤシガラで水浄化

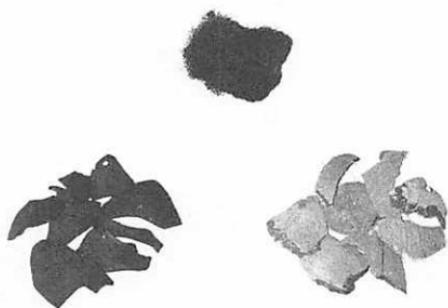
ココヤシがある海岸というと南の島を思い浮かべます。ココヤシは、寒暖の差のほとんどない気候を好みます。そのため、東南アジアなどの海岸地帯でよく栽培されているのです。この果実は食用として有用で、料理などによく使われています。一方、中身を取り除いた後の殻はヤシガラと呼ばれ、日本では、ヤシガラを炭化してつくったヤシガラ炭として使用されています。

木材などの木質系材料は、石炭、石油系材料に比べ、賦活（木炭を空气中、水蒸気中などで短時間に高温で処理すること）しやすく、簡単に品質のよい活性炭が得られますが、粉化しやすいという欠点があります。その点、ヤシガラ炭は、賦活しても軟らかくならないので、硬質の活性炭を製造するのに適しているのです。このため、ヤシガラ炭は活性炭の主な原料の一つとして多く使用されています。活性炭は粉状のものと粒状のものに大きく分かれますが、ヤシガラ炭は粒状活性炭の原料として優れているのです。

日本では、現在、主にフィリピン、インドネシア、マレーシア、シンガポールなどからヤシガラ炭を輸入しています。一九九一年には、四万六、六九三トのヤシガラ炭が輸入されました。

このヤシガラ炭などを原料としてつくられる活性炭の用途は非常に広範な分野に及んでいます。規模の大きなものとしては、化学工業原料などの合成に触媒として用いられたり、コンビナートの排煙から有害物質

を除去するのにも用いられます。また、工業用ガスの精製、医薬品製造にも用いられます。身近なものとしては、水道の蛇口に取りつけた水質浄化器のフィルターやタバコのフィルター、マスクなどにも用いられています。このほか、博物館など重要・貴重資材を納めている建物の空調にも使われています。また、最近特に環境ブームで注目されてきたものとしては工場廃水や生活廃水などの浄化への利用があります。浄水場では現在でも、活性炭が最も効率のよい材料として用いられています。臭気の激しい河川でも活性炭が用いられ、完全に除去することができました。これらの機能は、主に活性炭の持つ強力な吸着性に基づいているのです。



ヤシガラ活性炭（上）、ヤシガラ炭（左）、
ヤシガラ（右）

今、活性炭はわれわれの生活に欠くことのできないものとなっています。活性炭の需要は、この先特に環境浄化の面でますます増加することでしょう。ヤシガラ炭は数ある材料のなかでも特に質のよい硬質な活性炭の原料です。現在、他の木質系材料から硬質の活性炭をつくる研究が行われています。近い将来、ヤシガラ炭に取って代わる優れた活性炭の原料ができるかもしれません。しかし、われわれは南の島の贈り物をこれ以上浪費しないためにも、日ごろから環境浄化に努めるべきです。

（大平辰朗）

カイガララムシの贈り物

ラック（シエララック）といっても、ご存じない方が多いようですが、これにお世話になっていない方はまずいはずです。ラックとは、インド、タイ、インドネシアなどに分布するラックカイガララムシの体表から分泌される樹脂状の物質が凝固したものです。

みんなお世話になっているはずだといきったのですが、じつはこのラックが最も利用されたのはLPレコード（アナログレコード）とアルコールに溶けることを利用したニス（ワニス）、ラッカーでした。ラッカーとはこのラックに由来しているのです。レコードはCDやカセットテープにまったく置き換わってしまい、ニスやラッカーも合成塗料の出現で消費量は激減しました。それでもなお、ラックの利用範囲はきわめて広いのです。

ラックから取り出したワックス分は果物へのフルーツ・ワックス、チョコレート菓子などの光沢・防湿のためのコーティング、酸に強い性質を利用しての胃で溶けず腸で溶けるようにする錠剤のエンテリックコーティング、そして、赤紫色の色素（ラッカイン酸）はあん（餡）やジュースの着色などに使われています。インドのビハール州にある世界唯一のラック研究所を訪ねたら、コーヒー豆にラックをコーティングして輸出しているといっていました。これで乾燥、湿気を防ぎ、品質を維持できるということです。甘党も辛党も確



セイロンオークで増殖した
ラックカイガラムシ (東ジャワ)



ラック収穫のために枝を落とした村
落周辺のアメリカネムノキ
(タイ北部)

実にお世話になってはいるはずで。

日本へはタイから約三、〇〇〇ト、インドから五〇〇ト、そのほかインドネシア、ベトナム、中国などからも少量入っています。インドでは主として、セイロンオーク、ハナモツヤクノキ、インドナツメ、インドネシアでも同様にセイロンオーク、タイでは中南米原産のレインツリー(アメリカネムノキ)に、ラックカイガラムシの幼虫を放虫し、一代経過した六カ月後(タイでは二代経過した一年後)に、増殖したカイガラムシのついでに枝を落とし、分泌物を収穫しています。インド、タイ、インドネシアでは、村落周辺へのこれら樹木の植林と、そこからの林産物ラックの生産による山村経済振興に熱心に取り組んでいます。

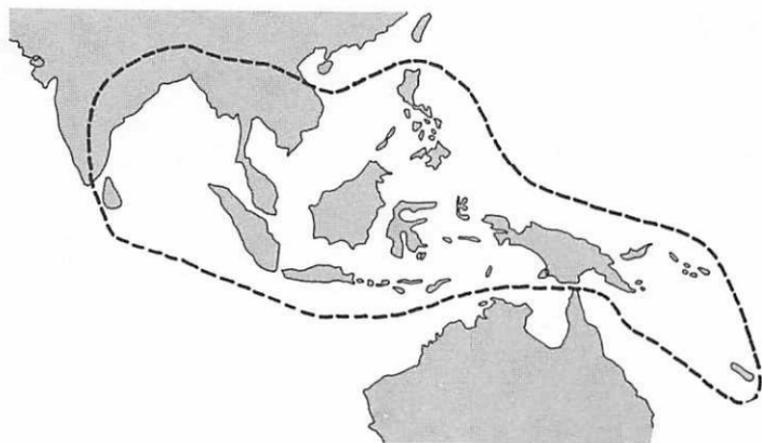
(渡辺弘之)

一本で一年分の食料

十八世紀初頭に刊行された「大和本草」（貝原益軒著）の穀類の項にコメ、キビ、ヒエなどとともに沙菰米（サゴベイ）が記されています。「南方の人の話では、エノキのような木の皮をつき碎き、水に浸して粉を取る。水を飛ばして乾かし、丸めるといふ。この説は疑わしい、マコモの根の粉ではないか。」という簡単な記述です。同書のマコモの項欄外に、「小野蘭山の話では、沙菰米はマコモではなく、南方の国に生育する木の皮からつくられるという茶色の丸薬のようなもの。水に浸し粥にして食べる。ほとんど味がないので砂糖を加えなければ食べられない。」と記しています。鎖国状態のなかで、遠方から渡来した珍しい品々をあれこれ議論していた様子が目に浮かびます。

沙菰米をつくるサゴヤシ属の植物はマレーシアからメラネシアにかけて数種が分布し、ホンサゴとトゲサゴがよく利用されます。サゴヤシは淡水が流入する湿地帯を好み、若木が地下茎から多数出するためしばしば純群落に近い状態で生育します。葉は長さ六〇センチ前後の羽状複葉で、茎の先に集まってつくところは別のヤシと同様です。成長は速く、一〇〜一五年くらいで高さ七〜一五メートル、直径三〇〜六〇センチとなり、茎の先端に三〜五メートルの大型複羽状花序をつけ、結実すると枯れてしまいます。

花を咲かせる前に茎の大部分を占めている髓の中の糖がデンプンに変化するため、その時期にデンプンを



サゴヤシ (*Metroxylon* sp.) の分布範囲 (中尾, 1966より)
ニューギニアではサゴヤシをサクと呼ぶ。

採取しなければなりません。種子が実る前に切ってしまうとどうやって子孫を残すのかと心配になりますが、腋芽を切つてさしておけば容易に活着し、その後の手入れも不要なので増やすことは簡単です。

収穫したサゴヤシは一握ほどの長さに玉切りされ、集落あるいは工場に運搬されます。茎を割って髓を取り出し、ほぐしながら水洗いすることによってデンプンを分離させるわけですが、使用する道具、やり方などは地域によってさまざまです。

採取したデンプンは乾燥して保存されますが、このとき小さく丸めて乾燥したものがサゴパールと呼ばれる製品で、一部は輸出されています。一本のサゴヤシから一五〇粒、大きなものでは三〇〇〜五〇〇粒のデンプンがとれます。しかし、ほぼ純粹なデンプンで味がありませんから、蘭山の話のとおり、食べるときには味つけが必要です。

(斉藤昌宏)

住んで良し食べて良し

日本や欧米諸国では、森林に依存して生きる人の数は少なくなつてしまいましたが、熱帯諸国では多くの人々にとって森林は駆け込み寺であり、スーパーマーケットであり、また住み家でもあります。ここでは、熱帯林地域で、どのような人々が、何を食べて生活しているのかみてみましょう。

インドネシアの東カリマンタン（ボルネオ島）では、現在でもまだ、狩猟採集生活をしている人々がいます。彼らはブナンと総称される民族のグループに属しますが、人口はほんのわずかです。かつての狩猟採集民族も、現在では大部分が焼畑農業を行っているからです。

彼らは吹き矢を使って、鳥やサルなど比較的小さな動物を狩ります。でも、蛋白および脂肪源として最も重要なのは、イノシシとシカ、それに川魚です。イノシシの場合、何頭かのイヌで追いつめてから槍で突くのが普通ですが、ときには風下の木陰に隠れ、槍一本で仕止めることもあるそうです。ビタミン類は、果実からとりまします。ドリアンなどの果物の時期になると、狩りもやめてもっぱら果物を食べまくるんだと聞かされました。数日で周囲の果物を食べ尽くすと、野営地を移すことになりまします。主な炭水化物は、何と云ってもサゴヤシの幹からとれるデンプンです。日本の葛湯のようにお湯で溶かしたり、あるいは固めて焼いたりして食べます。ブナンの人々は、かなり昔から次に述べるダヤック人を媒介として、中国系をはじめとする

商人と交易をしていたので、鍋は持っているのです。栄養学的な調査はしていませんが、ブナンの人々の食生活は、比較的バランスがとれているのではないのでしょうか。しかも、身体をよく使うため、男性たちは、ダヤック人よりもずっとたくましい筋肉質の体つきをしています。

ブナンの居住域より少し下流は、焼畑の世界となります。ここでの主役は、焼畑民族です。ボルネオ島の先住民族のうち、先に述べたブナン以外の諸民族、すなわち焼畑民族は、総称してダヤックと呼ばれています。そのうちのグループであるケニア人は、焼畑で、主食となる陸稲と、それに次ぐ重要性を持つトウモロコシを同時に栽培します。そのほかキユウリ、カボチャ、ナスなどの野菜類、サトウキビ、キャッサバ、タバコ、パパイヤ、食用の草類を陸稲と混ぜて、あるいは畑や出作り小屋の周囲に植えます。これら農作物のほかは、ブナン人と同様、狩猟、採集、漁労によって入手します。

独特のケニア料理のうち、「ウンダット」、「ピトウ」「レメン」のように餅米を材料とするものは、ことあるごとに食べますが、シカの皮や四肢、胃の内容物からつくられる「サット」や「ブデ・パヨウ」は、あまり頻繁には食べない様子でした。

以上説明した先住民族のほかに、比較的最近になって森林を開拓して入植した人々がいます。彼らの食卓の特徴は、バサール（市場）で買ってきた干し魚が登場することです。特に驚いたのは、味の素やその類似品が、かなり奥地まで入っていることでした。

（井上 真）

これがほんとの森林所得

熱帯林地域に住む先住民は、さまざまな森林産物を自分たちで利用しますが、値段がつけば仲買人に売って現金を得ています。そのお金で塩、砂糖、コーヒ、紅茶、衣類などを買うわけです。

インドネシアのスラウエシ島は、道路網が比較的整備されており、だいぶ開発が進んでいる感じを受けます。しかし、よく探してみると、まだ定住せずに、つまり集落をつくらずに、数家族の集団で森林の中を移動しながら焼畑農業を行っている人々がいます。彼らはスラウエシの先住民で、ワナ人と呼ばれています。

彼らは、森林からロタン(藤)、アガチスの樹脂であるコバル、それにクミリと呼ばれる胡桃くるみに似た木の実を集めます。そして、川岸まで担ぎ、あるいはかごで背負って行き、そこで筏をつくって、これら森林産物を下流まで運びます。河口部に近い所に秤が置いてあり、仲買人が定期的に買付けにきます。彼らは、販売して得たお金で、先に述べたような日常必需品を購入して自分の居住域に戻ります。以前はシナモンも売れたそうですが、現在の現金所得源は、以上の三つだけとなりました。

ボオルネオ島のプナン人は、指の太さほどのセガ・ロタンとガル(沈香)の販売で現金収入を得ています。良質のガルを探するのは、非常に骨の折れる作業です。木を伐倒して内部を見てみないと、樹脂がたくさん詰まっているかどうか分からないからです。樹脂の詰まりがよくて真っ黒なガルと、そうでないもの

とでは値段に雲泥の差があります。さて、彼らの地域を独占している商人が、モーターつきの舟で森林産物を買付けにきて、逆に日常必需品を彼らに売っているのは事実です。しかし、ちよつと調べてみたところ、商人が後払いの約束で彼らに必需品を先渡し、その代金として森林産物を受け取っていることがわかりました。さらに、商人が高価な船外機を持ち込んだために、ブナン人が債務奴隷になってしまっている所もありました。こうなると、森林産物の販売によって所得を得ることが、彼らにとって幸せなのかどうかかわからなくなっています。

同じボルネオ島のダヤック人たちも、森林産物を販売しています。しかし、セガ・ロタンの場合は、加工されてから販売されることが多くなります。まず、森林から集めてきたセガ・ロタンを日光で乾燥します。そして、ナイフを使って縦に細長く裂き、アンジャと呼ばれるかごを編んで、仲買人に売るわけです。インドネシアの観光地などで売られているアンジャは、このように流通した「本物」ばかりではないので、注意が必要です。

世界のロタンの大部分はボルネオ島、次いでスラウエシ島の産物だといわれています。ですから、私たちが家具店で見かける藤製の椅子、テーブル、マットの材料を、森の中でせつせと集めているのは、ここで紹介したワナ、ブナン、ダヤックなどの人々ということになります。森林産物を媒介として私たちとつながっている森の民のことを思いやろうではありませんか。

(井上 真)

油とりの横綱

熱帯の風景によく似合う植物の一つにヤシがあります。その種類も多く、葉を屋根ふきに利用するもの、実の利用、樹幹の中に蓄積されたデンプンを利用するものなど種類によって利用の仕方が違っています。熱帯への旅行パンフレットなどでよく見られるのはココヤシです。熱帯の海岸近くに広く分布する、住民の日常生活に最も重要な作物の一つで、このヤシの実から油脂を生産するために広く植栽されています。このほかにも油脂生産の原料として植えられているヤシとして、西アフリカ原産の油ヤシ（オイルパーム）があります。このヤシも名前のとおり、果実から豊富なパーム油が採取されています。

ココヤシは、植え付け後八〜九年でおよそ一五割もある大きな果実をつけ始め、その果実の中にある乳白色の肉を取り出したあと、乾燥してヤシ油が採取されています。また、油ヤシは植栽後三〜四年で結実し、直径四〇センチ、重さ六〜二〇割の果房に五〇〇〜二、〇〇〇個の赤い果実が付きまします。その果実は一つ一〇〜一五割ほどであり、その果実をしぼって油をとるのです。

これらのヤシからの油脂生産量は、油ヤシで一ヘクタール当たり平均六ト、ココヤシで一トであるのに対して、ラッカセイ、ゴマ、ダイズ、ナタネなどからの油脂生産量は一ヘクタール当たり一〇〇〜四〇〇割にすぎず、いかに両ヤシの油脂生産量が大きいかがわかると思えます。



ココヤシの果実の採取（フィリピン） 油ヤシ（マレーシア）

ヤシからとれた油脂は、以前はマーガリン、石鹼、洗剤などの加工原料として使われてきましたが、近年は食用油として多く使われるようになり、また、パーム油はこれらの用途のほかに金属板製造の作業資材にもなっていることなどから、近年油脂の需要量が増えているのです。また、パーム油の成分は、鯨油や牛豚脂に近いのですが、鯨の捕獲禁止などにより鯨油生産量の減少や牛豚脂の増産が思うようにいかないことなどもあって、その代用としてのヤシ油脂の需要が拡大しています。

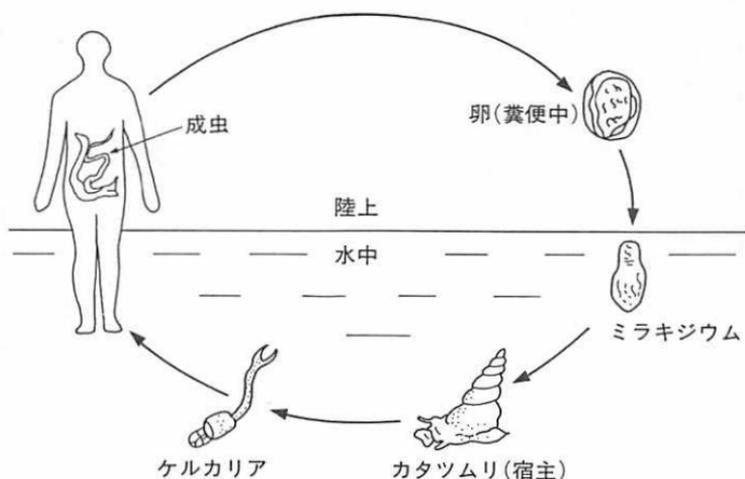
これに伴って近年、東南アジアでの油ヤシやココヤシの栽培面積が著しく拡大しています。特に油ヤシの栽培拡大面積は世界の油脂生産量の半分を占めるマレーシアで最も大きく、また、ココヤシの栽培はフィリピンで最も盛んで、その面積は世界のおよそ半分を占めています。

（河原輝彦）

せつ けん
石鹼で虫退治

現在の日本ではまったく感染者はいなくなりましたが、かつて甲府盆地、筑後川流域、広島地方などでは日本住血吸虫症が大発生しました。熱帯の国々では、今でも住血吸虫症はマラリアに次ぐ第二の風土病として恐れられており、世界保健機関（WHO）ではこれを撲滅しようときまざまな研究を行っています。

住血吸虫の成虫は人間の体内で受精卵を産み、これが糞便とともに体外に放出され、水中でミラキジウムという第一代の幼生になります。これが中間宿主であるカタツムリに寄生し、体内で変態し、ケルカリアという第三代の幼生となって、再び水中に出てきます。このカタツムリのいる川や池に人が素足のまま入ることによって、ケルカリアが皮膚から侵入し、体内で成虫となって再び卵を産むというサイクルになっているのです。したがって、中間宿主となるカタツムリを退治できれば住血吸虫は撲滅できるわけですが、合成の殺カタツムリ剤は高価であるため、発展途上国では入手が困難であるうえに、安全性にも問題があります。アフリカでは住血吸虫症が大きな問題となっていますが、エチオピアのある地方では、これに感染している人がまったくいないことが知られています。その地方では、ヤマゴボウ属のある植物の実を石鹼の代わりとして川での洗濯に使っていたため、この植物の成分について研究が行われました。その結果、サポニンという物質に中間宿主となるカタツムリを殺す強い活性があることがわかりました。



住血吸虫のライフサイクル

サポニンというのは、水に溶かして振ると石鹼のように泡を生ずることから名づけられた物質で、油になじみやすいトリテルペンという物質に、水になじみやすい糖がいくつか結合したものです。薬用ニンジンの有効成分としても知られていますが、強壯、鎮咳、去痰、抗炎症、殺精子、利尿をはじめさまざまな薬効があるため、熱帯でも民間薬として広く使われています。

サポニンは複雑な化学構造をしており、その構造の違いによって活性も異なるため、さまざまな植物に含まれているサポニンの殺カタツムリ活性が調べられました。その結果、*Swartzia madagascariensis* というマメ科の樹木に非常に強い活性を持つサポニンが含まれていることがわかりました。現在、このサポニンについてフィールド試験が行われていますが、結果は良好のようです。住血吸虫を完全に撲滅できる日も遠くないことでしょう。

(加藤 厚)

沈香も焚かず屁もひらず

火をつけてくすぶらせると良い香りのする木を香木といいますが、びやくだん白壇、じんこう沈香は代表的な香木です。白壇は、インドや東南アジアに自生する宗教儀式には欠かせない木で、赤色の心材は特有の強い匂いを持ち、焚くとさらに芳しい香りを揮散させます。白壇の場合、木そのものが芳香を放つのに対し、沈香は少し異なっています。沈香は、インド、中国、東南アジアに生育するジンチョウゲ科アキラリア属などの樹木が枯死したり、倒れて土中に埋もれたりしている間にカビなどの微生物が付着し、材中に含まれていた樹脂分が沈着し、材の中に緻密にしみ込んで濃縮・凝固したものです。沈香は焚くとかぐわしい香りを漂わせますが、そのままではあまり匂いはありません。樹脂が濃縮されているため重く、水に沈んでしまうので沈香という名がつけられました。しかし、なかには水に浮かぶ軽いものもあります。これは沈香としては価値が低いものです。沈香の生成過程は複雑で、まだはつきりわかっていません。アキラリア属の木がすべて沈香になるとはかぎりません。年老いて樹脂をたくさん含む樹皮に傷がつき、あるいは倒れて、自然のさまざまな条件が沈香の生成条件にうまく合ったときに沈香ができるのです。さまざまな状態でできる沈香を熱帯の林の中から探し出すのは大変な仕事です。土を掘り起こして探したり、病気で枯れかかっている木を探したり、微生物が付着しているため光を帯びている木を夜中に探したりします。沈香を探すには習熟した技術が必要な

ため大変高価です。沈香のなかでも最高級品になると一匁で一〇〇万円以上のものも珍しくありません。木の幹に傷ついたり、木を切り倒して土中に埋めたり、実験室内でカビを木に接種したりして沈香の生成を速める試みがなされています。しかし、まだ成功はしていません。

わが国での香木の歴史は六世紀の仏教伝来とともに始まり、遣唐使が唐から多くの香木を持ち帰ることによって広まってきました。はじめは仏への供香として使われていましたが、八世紀に入ると香を焚き、その香りを楽しむ平安貴族の優雅な生活に入り込んでいきました。部屋の内からともなく漂ってくる芳しい香りに心なごませ、十二単衣の袖から流れくる香りに心動かしたのです。

沈香のなかでも伽羅きゃらと呼ばれる香木は特に上質で珍重されてきました。そんなことから、特にすばらしいものの形容に伽羅という言葉が用いられます。伽羅細工は名木でつくられた細工物、伽羅女きゃらめは美人、伽羅きゃらの字は金銀を意味し、伽羅の下駄は最高の下駄を指します。

沈香はそれがぐわしい煙が気持ち落ち着かせ、安らぎを与えますが、古くから強壯、鎮静用の薬用としても用いられ、なんと異性を惚れさせる薬としても利用されてきました。

香りのなかでもすばらしいもの、それが沈香です。それで世間ではこんないい方もされています。「沈香も焚かず屁もひらず」、特に良いところもなければ悪いところもない平凡なことを意味することわざでは、臭い匂いに対する良い香りの代表格として沈香が使われています。

(谷田貝光克)

ウツトリとウンザリ

木材は、それぞれ異なったニオイを持っています。われわれは、芳香材については、生活のなかで上手に利用してきました。身の周りには、室内芳香剤、入浴剤、各種化粧品をはじめとして繊維製品に至るまで、さまざまな香り商品を見ることができます。ヒノキやヒバは、官能評価を行うと自然な感じがして、好きであると評価されます。

熱帯材にも多くの芳香材があります。白檀びやんたんは香木として珍重され、香道においても沈香じんこうなどとともに大いに利用されています。主な香気成分はサンタロールで、彫刻用材、宝石箱、扇子などに重用されています。精油は、強い生物活性を持ち、淋病の治療や鎮痛、健胃薬などとして使われてきました。

しかし、ここで忘れてはならないのが、悪臭材の存在です。悪臭材には、エリマのように、新鮮な材自体が悪臭をもっている場合と、ラワン、ラミンなどのように、微生物分解によって悪臭成分が生成される場合の二通りがあります。エリマは、その主要な悪臭成分がピリジンと3-メチルピロリジンであると報告されています。また、セルテイス属やラミンは、糞臭成分であるスカトールを含むことが知られています。微生物分解による悪臭は、水中貯木などによって嫌気性発酵が起こり、揮発性の低級脂肪酸（イソ吉草酸、イソ酪酸、酢酸など）が生成するためであるといわれています。

これらの木材のニオイを嗅いだ場合、人の体はどのような影響を受けるのでしょうか。

鳥居は、白檀の香りの吸入が脳波に及ぼす影響を調べています。C N V（期待波）と呼ばれる誘発電位を使って調べ、その吸入が人に鎮静的な作用を引き起こすことを明らかにしました。これまで、われわれが感じていた白檀の吸入による気分の落ち着きを脳波を使って証明しています。

また、神山は、同じく熱帯材由来の燻香物である沈香の吸入の効果をも、人の瞳孔の変化を使って調べています。瞳孔は人の自律神経活動の状態を鋭敏に示し、気分の違いに対応して変化します。その結果、沈香の吸入は副交感神経系の活動を高め、リラックスした状態をつくり出すことがわかりました。心理反応を調べる官能評価でも、同じ結果を示していました。

自然感を強く感じさせるタイワンヒノキ材油や不快感を強く感じさせる材油成分であるオイゲノールを使ったわれわれの実験からも、心理面の反応と生理面の応答はよく対応して変化することがわかっています。いやな匂いを吸入して不快であると感じた場合は、交感神経系が優位なストレス状態になっていることが観察されています。悪臭材の匂いを吸入して、心理的に不愉快であると感じた場合、生理的にはストレス状態にあることが想定されます。

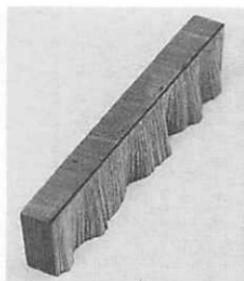
熱帯材は、これからの利用が期待されています。われわれの健康を考えるうえでも、悪臭を発生させることなく、上手に利用していくことが大切です。

（宮崎良文）

大工さん泣かせ

東南アジアから太平洋にかけてだけでも熱帯産材（南洋材）は、ざっと二―三万種あるといわれ、それぞれ独特の個性があります。木材利用の面だけでも有用なものが多い反面、欠点があるものもあります。代表的な熱帯産材の欠点をあげると、交錯木理による木材の狂いやねじれ、材面の美観を損ねる斑点や刃物を傷める原因となるシリカ、粘膜の刺激、催涙やぜんそくを引き起こす物質、悪臭を放ったり材変色を引き起こす物質、髓付近が極端にもろい脆心材ぜいしんまいの存在などがあり、これらは木材加工上大きな問題となります。

木理とは、木材中の細胞の並びが木の軸方向に対してある方向に傾いたまま成長したり（らせん木理・旋回木理）、成長とともに一年―数年おきにたびたび方向を変えて交差したり（交錯木理）する現象で、交錯木理はナタで割ると断面がギザギザになります。熱帯産材には特に交錯木理が多く、有名なマホガニー、一般にラワンと呼ばれるいるなかでもレッドメランチ、ホワイトメランチなど特に著しいものが知られています。熱帯産材は一般に重くて強いので、交錯木理が木材の強さに影響することはほとんどありませんが、乾燥するときに狂いやねじれを起こしやすく、カンナがけが難しいなどの欠点があります。しかし、交錯木理の著しいものは、リボン杓もくといつて材面に縞状の美しい模様もくが現れ、逆に珍重されることもあります。なぜ熱帯産材に交錯木理が多いのかはまだわかっていません。



交錯木理を示す断面
黒線がナタの刃を当てた部分、下側が割れ口(レッドメランチ)。



放射柔細胞内のシリカ
矢印以外にも7つある(ホワイトメランチ)。

シリカとは二酸化ケイ素のことですが、硬いガラスの粒が細胞内に入っていると考えていただければよく、熱帯産のある樹種の特徴となります。シリカは、樹種識別の重要な根拠となりますが、一方では刃物を傷つけたり斑点などで材面の美観を損ねたりする欠点にもなります。有名なチークや、ラワンのかなかでもメルサワ、クルイン、ホワイトメランチなどにはシリカの多いことが知られています。シリカはフッ化水素酸には溶けますが、強酸で木材もやられてしまうので除去処理は行われていません。

木材中には抽出成分と呼ばれるいろいろな化学物質があり、キノン類やサポニン製材中に粘膜炎を刺激し鼻水や涙を止まらなくなしたり、皮膚炎を引き起こします。低級脂肪酸は悪臭の原因となり、成分は不明ですがせんそくの原因となる物質もあるといわれています。

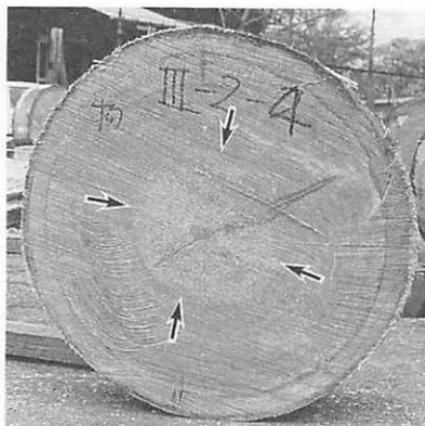
以上の欠点は、木材加工時に問題となりますが、私たちが製品として利用するときにはほとんど問題がなく、まさに大工さん泣かせといえるでしょう。

(平川泰彦)

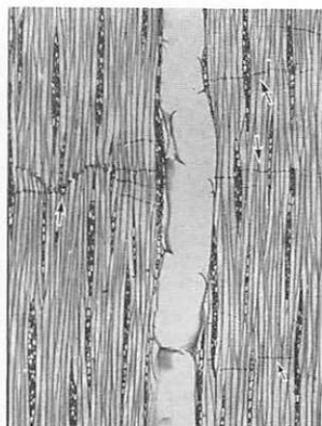
危険なバツト

熱帯材に限らず樹木を伐採した後「玉切り」といって、丸太を必要な一定の長さにチェーンソーなどで切っていく作業があります。このとき、熱帯材にはしばしば、輪切りされた面の中心部付近にその外側の部分とは明らかに色や表面の様子が異なった部分を、肉眼で認めることがあります。たいていの場合、毛羽立ったように見えることが多く、光の方向などを変えて見ると、その輪郭をいつそうはつきりと見分けることができます（写真①）。この特異な部分を脆心（フリットル・ハート）と呼んでおり、その強度的性質が正常材と比較して著しく劣っていることがわかっています。その理由は、脆心部の木材を構成している細胞の壁に「しわ（圧縮破損線）」が入っているためです。この「しわ」は、肉眼でも認められるようなものから、顕微鏡でやっと見つけることができるようなものまであります（写真②）。

ここで一つ実験を試してみましよう。木材の細胞とみなした紙コップを机の上に置き、手で押しつぶすように上から力を加えていくと、突然紙コップにペコツと「しわ」ができます。この「しわ」を圧縮破損線といえます。一度この「しわ」ができると、その部分を逆に引っ張っても元のように直してやることはできません。熱帯のジャングルで育っている間に、ここで実験したような押す力、圧縮力が樹幹の中心部に働いて、細胞の壁に「しわ」を生じさせるために脆心部ができると考えられています。このため、樹幹中に脆心部が



① レッドラワンの脆心部（矢印で囲まれた毛羽立っている部分）
（須川豊伸氏提供）



② レッドラワンの脆心部細胞に存在する圧縮破損線（矢印）
（須川豊伸氏提供）

生じる位置は樹幹の根元のほうに多いのです。しわの原因となる圧縮力は、樹木が肥っていく過程で発生する成長応力によるものとされています。そして、樹幹中心の随からおよそ一〇〜一五成長輪（年輪）までに存在するといわれている未成熟材や腐朽菌のような生物学的要因とは関係がないとされています。

以上述べたような理由でおわかりのように、脆心部の木材強度を正常材のそれと比べてみると、引張り強さ、衝撃曲げ強さが著しく劣っており、これらの強さは正常材の四分の一から三分の一程度となっています。また、たとえば引張り破壊の様子を比較すると、正常材の場合のようにささくくれたった破断の様子を示さず、突然ポッキリと材が二分されて、平滑な、あるいは階段状のもろい破断面を示します。あなたは、熱帯材の脆心部を使ってバットをつくりますか？

（中井 孝）

「ラワン」ってなんだろう

わが国の南洋材（熱帯材）のなかでインドからパプア・ニューギニアのアジアの南方地域にかけて産出する木材の使用量はかなり多く、平成二年度ではパルプ・チップ用を除いた用材の全供給量の一八％を占めて、一、二〇〇万立方メートルに達しています。さて、北米材ではベイツガの柱とかベイマツの梁などのように、一般的に木の名前が知られています。しかし、これだけ大量に輸入されている南洋材ではどんな木が輸入されているかご存じですか。たぶん、「ラワンに決まっているじゃないか」と答えられると思います。ところが、大蔵省の「貿易統計」の木材品目別輸入量の表（表1）はかなり細かく木材の種類を分けていますが、ラワンという名称はありません。最も多いのが「レッドメランチ等」その次が「ホワイトメランチ等」となっています。ラワンはどこへ行つたのでしょうか？ そそも、「ラワン」とはどんな木なのでしょう？

ラワンの定義は「フィリピン諸島に産するフタバガキ科のバラシヨレア属、ヘンタクメ属、シヨレア属の三属のうち軽軟ないしやや重硬な木材の総称」となっています。したがって、ラワンと同じグループに属する木でも他の国々では名称も異なっており、インドネシア、マレーシア連邦サラワク州では「メランチ」、サバ州では「セラヤ」と呼ばれています。

戦後大量に輸入された南洋材はそのほとんどがフィリピン産であったため、「ラワン」が南洋材の名前とし

表1 平成2年南洋材目別輸入量

素 材	針葉樹	1.4%
	レッドメランチ等	30.2
	ホワイトメランチ等	19.9
	クルイン、カプール	16.2
	その他フタバガキ科	11.2
	ラミン等	1.9
製 材	その他	9.1
	針葉樹	0.6
	主要フタバガキ科	3.6
	その他	5.9

大蔵省「貿易統計」より

表2 国・地域別輸入割合（丸太および製材）

	昭40	昭50	昭60	平2
インドネシア	1.6%	42.2%	4.6%	3.5%
マレーシア・サバ	29.9	33.2	42.1	25.8
マレーシア・サラワク	6.5	4.0	38.7	59.2
フィリピン	60.2	17.6	5.5	0.8
パプア・ニューギニア	0.0	0.5	5.2	4.9
その他	1.8	2.5	3.9	5.8

大蔵省「貿易統計」より

て定着し、現在でも南洋材といえはラワンといわれているのです。しかし、その後は表2ではつきりわかるように、フィリピン、インドネシア、サバ州と続いた各国の丸太輸出規制によって主要輸入国はフィリピン、インドネシア、マレーシア連邦サバ州、同サラワク州と移ってきました。木材は普通現地名で取り引きされているため、木材業界では一般に「メランチ」という名前が用いられるようになりました。そのようなわけで、現在は本当の意味のラワンはほとんど輸入されておらず、メランチ、セラヤを一般ではラワンと呼んでいるわけです。また、前の定義にあるように一般に呼ばれているラワンは東南アジア全体で一五〇種ぐらいの木材の総称になるわけです。表1にみられるように、メランチは南洋材の約五〇％を占めています。また、色などからレッドメランチ、ホワイトメランチ、イエローメランチとに分けられています。また、フタバガキ科の木材はクルイン、カプールを含めて南洋材の四分の三以上を占めています。

(三輪雄四郎)

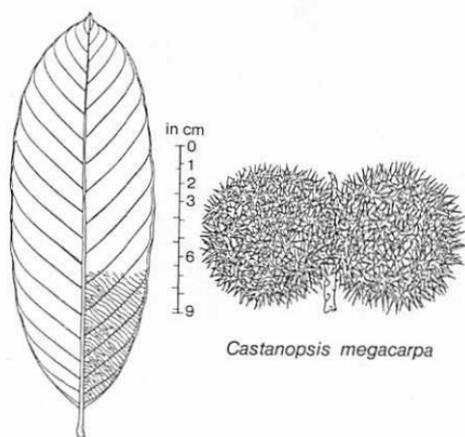
V

熱帯林の再生

消えるドングリの森

低地から山麓にかけて重厚な森林をつくっている熱帯林も五〇〇以上、一、〇〇〇以上と標高が高くなるにつれて、ブナ科の樹種が現れてきます。これが熱帯照葉樹林です。熱帯なので冬がなく、寒さが植物分布の制限要因にならないので、ヘゴのような木性シダやラン、ウツボカズラなどがあちこちに見られ、目を見張ります。でも、ドングリの木もたくさんあって、照葉樹林だと納得できます。

世界にはコナラ属とマテバシイ属が約三〇〇種ずつ、近縁のシイ属は約一二〇種あります。マレーシアにはコナラ属一九種、シイ属三四種に対してマテバシイ属が一一〇種も分布することからもわかるように、ここの主役はマテバシイ属植物なのです。熱帯照葉樹林のコナラ属は日本のカシと同じカシ亜属 (*Subgen. Cyclobalanopsis*) に属します。立派なバットレス (板根) をつくるのも熱帯的です。果実はコナラ属、マテバシイ属とも日本のドングリと同じような形をしています。果実の形状でおもしろいのはシイ属です。日本のシイは堅果を包み込む殻斗を持っていますが、熱帯のシイはしばしばその殻斗に針状のとげを生やしています。そうです、まるで小さな栗なのです。大きな実のシイ (*Castanopsis megacarpa*) という名のシイの実は、名前のとおり直径八センチにもなる栗の実顔負けのイガをつくりまわします。しかも、樹高四五メートルの大木になるので、実が熟すころ、この木の下を通るには注意が必要です。



「大きな実のシイ」の実
 (Sabah Forest Record No.10, Trees of Sabah
 Vol. 1 より)

フィリピンの高原の町のバギオは有名な避暑地で、見渡すかぎりマツ林が続きます。本来的植生の照葉樹林が少ないのは、伐採や焼き払いという人間の干渉が長い間行われてきた結果です。これに続く山岳地帯も本来照葉樹林帯だった所ですが、今ではキャベツや白菜、レタスなど温帯系野菜の栽培地になっていて、照葉樹林の面影はほとんどありません。避暑にきた人々は、この野菜をどっさり買い込んで帰ります。

ボルネオ島サバ州のキナバル山は標高四、一〇一〇で東南アジアの最高峰です。この山を一、〇〇〇以上登るとみごとに照葉樹林が現れ始めます。一九五〇年代以降、この地域一帯で温帯野菜を栽培する政策が推進され急速に普及しました。道筋にはこれらの野菜を買う客の群がる露店が立ち並んでいるのはフィリピンで見た光景と同じです。これらはキナバル山のドングリの森、照葉樹林を伐り開いて栽培されたものなのです。

ドングリの森のあるあたりはほんとうの傾斜地です。森林は土砂の流出や鉄砲水を防ぎ、水源かん養上も重要な生態系だけに、その急速な破壊、消失については、もっと深く考える必要があります。(桜井尚武)

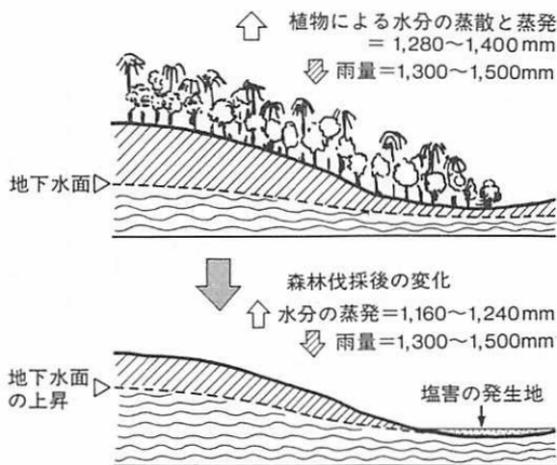
木を切れば塩の原

一般に、塩田は海水から塩をつくるために海岸沿いにありますが、タイ東北部では海拔二二〇〜二〇〇メートルの台地上に塩田を見ることができます。所によっては自然状態で地表面に塩華が真っ白に浮き出して、一面に荒涼とした不毛の風景を展開しています。また、日本人の考古学者によって、二〜三世紀ごろと考えられる製塩遺構が発掘されるなど、古くから塩とのかかわりが深い地域です。それではなぜ、台地上に塩田があるのでしょうか？

一つは、地下に厚い岩塩層が横たわっているからです。この地域はコラート高原と呼ばれる台地で、かつての海底が隆起し、陸となった所です。そのとき、海水がそのまま閉じ込められ、厚さ二〇〇メートルに及ぶ岩塩層が地下に広く分布しました。比較的浅い所に多量の塩分を含む場合、土壌水の上昇運動によって塩分が表土に蓄積され、この土壌は農耕に適さなくなります。昔は、このような塩による被害は一部の地域を除き、深刻なものではなかったといわれています。近年、なぜ、塩害地が急速に広がったのでしょうか？

現在のところ、主な原因は森林伐採および地下水の多量の汲み上げであると考えられています。

塩害の発生地は東北タイの北東部と中央部の岩塩層の上であり、かつ急激に森林破壊が行われた地域に限られることから、塩害地の拡大は、畑を開墾するために森林を大量に伐採したと密接に関係していると



森林破壊による塩害発生メカニズム
(田坂敏雄・タイの森林環境と生態系の攪乱より改図)

考えられています。

そこで、森林伐採による塩害の発生メカニズムについて考えてみましょう(図)。

森林の伐採により、地下水を多量に消費する樹木の蒸散作用がなくなると、地下水面上昇し、それに伴い塩分を含んだ土壌水は毛管現象により容易に上昇し、地表面に塩が吹き出していきます。このようにして、

水の集まりやすい凹地で特に塩の集積が見られます。

また、近年、東北タイでは塩分を多量に含んだ地下水を汲み上げ、天日で蒸発・濃縮し、さらに釜で煮つめて塩をつくる塩田が広く見受けられ、塩分の高い製塩処理水の垂れ流しによる農地汚染の拡大が社会問題化しています。この塩の需要はガラス製造の原料としてますます高まっております。塩害地の拡大が心配されています。

このような森林伐採および地下水の汲み上げが、地下深く眠っていた岩塩を地上に呼び出し、それに伴って、塩害地が広まり、東北タイ住民をますます貧困にしているといえるでしょう。

(酒井正治)

火種は永遠

インドネシア共和国で一九九一年に発生した林野火災は、乾期が長引いたこともあつて数年来の大火となり、火災によって出た煙が近隣国のシンガポールやマレーシアにまで及び、曇天の日が何日も続いたり、飛行機の離着陸に影響を及ぼすまでになりました。焼損面積がいちばん大きかったのはカリマンタン（ボルネオ島）で、およそ二万畝の林野が被害にあいました。カリマンタンの林野火災で特徴的なのは、地中の石炭層に火が入つて燃える、いわゆる地中火が起こることです。カリマンタンには、一〜五畝の厚さの石炭層が土砂をはさんで地下に数層にわたつて存在し、長年の地殻変動により褶曲、断層が起き、各地にその露頭が現れています。カリマンタン全体では数万から数十万の石炭層の露頭があるといわれています。

この露頭に一度火が入ると地中火となつて地下に燃え広がり、地上の火が消えても地下の火は何年も消えずにくすぶり続けます。雨期の激しいスコールでもこの火は消えません。ふだんは炎を上げない、いわゆる無炎燃焼の状態であることが多いのですが、ときには長炎を上げて燃えることもあり、乾期には新たな林野火災を引き起こすことにもなります。火口の直径は一畝ほどですが、地中の石炭の燃焼範囲は意外と広く、火口を中心に地層の走行方向に二〇〜三〇畝以上、傾斜方向に一〇畝以上と推定されています。火は地層に沿つて年に五〜一〇畝の速度で移動します。



炎を上げて燃える石炭層の露頭（火口の直径は約1m）

この石炭層を形成する石炭は、正確には褐炭および亜瀝青炭と呼ばれる種類のものので揮発成分を多く含む。そのため引火しやすいともいわれています。石炭層の露頭が自然発火するかどうかはまだ完全に確かめられただけではありませんが、可能性としてはあるといわれています。しかし、多くの石炭層の地中火は過去の火災や焼畑により入り、そのまま燃え残ったものようです。カリマントンでは一九八二〜八三年に焼損面積が九州全土に匹敵するぐらいの大林野火災があり、そのとき発生した石炭層の地中火が燃え残り、乾期になると毎年のように林野火災が発生しています。一九九一年の林野火災の発生原因の一つにもあげられています。消火についてはいろいろな方法が考えられていますが、今のところ有効な手段はありません。

石炭層の地中火が原因となる林野火災が問題になったのは最近のことです。しかも二次林やイネ科の草本（アランアラン）を主体とした草原地帯で起きており、熱帯雨林では起こりません。熱帯雨林は樹冠が鬱閉して林床に光が入りにくく草本層はきわめてまばらであり、しかも林内の湿度が高いため火災にあうことはほとんどないといわれています。カリマントン全体が原生林でおおわれていたころは石炭層の地中火の心配はなかったでしょう。石炭層の地中火は、森林の伐採や焼畑など、人為によって生じた新たな災害といえるようです。

（後藤義明）

やつかい者の緑の絨毯

熱帯林の再生が求められていますが、熱帯での森林再生は多くの原因で容易ではありません。なかでも山火事、造林経費、雑草は特に重要な問題です。

たとえば、長年にわたって造林した広大な人工林も一夜にして山火事で消失することがあります。また、現在、熱帯の多くの地で造林が行われていますが、この面積は伐採面積に比べればはるかに少ないものです。これは、造林費用が高いのもその一因となっています。次に、苗木を植えても十分な下刈りを行わないとアランアランに被圧され、苗木の健全な成長は望めません。以上、熱帯における森林再生をはばむ三つの大問題について述べましたが、これらに深くかかわっているのがアランアランなのです。

山火事の際、最初に燃え上がり、延焼の原因になるのはこの雑草の枯れ草です。また、この雑草は大きな有性・無性繁殖能力を持ち、成長が樹木以上に速いので、その抑制のために造林（下刈り、地ごしらえ）費用は大きくなります。このように熱帯造林に大きな影響を持つアランアランですが、報告された例はあまり多くないので、これからその実態を紹介します。

アランアランは熱帯の原生林が皆伐された後、すぐに伐採跡地に侵入し、優占する多年生の草本で、一年で急速に成長し高さ一五〇センチ以上になります。インドネシアではアランアランまたはララン、日本ではチガ



アラン アラン草原での下刈り

ヤ、フィリピンではコゴンまたはコゴングラス、タイではヤーカー、バングラデシュではサングラス、ナイジェリアではスピアーグラスと呼ばれています。分布は南米の一部と旧大陸の熱帯から亜熱帯です。開花は火事、刈り払い、乾燥のようなストレスの後、四〜六週間の後に行われます。種子は休眠期を有せず、一年間は活力を持ちます。

次に、制御法としては人力下刈りには山刀、クワ、フオーク、長い棒を使います。耕耘も有効で、地下茎の分布が〇〜一五^{cm}の深さに多いので、浅く耕耘すればもつとつもの八〇%が制御でき、さらに深く耕耘すればもつと有効です。しかし、重機械による制御は土壌が硬くなり、土壌浸食が起るので敬遠されています。

除草剤による制御は、高価で散布に水と技術を必要としますが、効果が速く、土壌攪乱が少ない長所があります。現在はグリホサート系除草剤、ダウボン、グルフォシネート、アンモニウム系、イマザピールなどが使われています。

(樋口国雄)

アマゾン丸坊主にするアリ

地球最大規模の熱帯林を形成する南米大陸のアマゾン。「この大密林を、ほんの数年内に丸坊主にするこ
とのできるアリがいる」といったら、みなさんは信じるでしょうか。そのアリこそ、ここで話しているハキ
リアリなのです。

このアリは、植物の葉・花・柔らかい茎などを適当な大きさに切り取り、これを土中の家(巣)に持ち帰
って細かく噛み砕き、球状にして、そこにきのこの菌糸を植えつけてきのこを栽培しています。そしてこの
きのこを幼虫の食料としています。つまり、ハキリアリはアリの中の農耕民族なのです。

切り取られる植物の量は、ブラジルの中南部では、一年間で一ヘクタール当たり八トを超えることもあり
ます。またコスタリカでは、一つの巣のハキリアリにより葉を刈り取られた植物の種類は、そこに生育する
植物の種類の数に八割近くに達します。もしハキリアリがアマゾンでこのような生活を送ったとしましよ
う。アマゾンの熱帯林では、一ヘクタール当たり約一トの葉が存在し、一年間に新たに生産される葉の量
は、約二ト強と見積もられていますから、単純に考えると、ハキリアリのために、二年を出でずしてアマゾ
ンにある葉っぱが全部刈り取られてしまうことになります。しかし、アマゾンには依然として木々の葉が青々
と繁つています。なぜでしょう。理由は単純です。アマゾンの森の中では、ハキリアリの密度が極端に低く



アマゾンの熱帯林の林縁部で見つかったつくられて間もないハキリアリの巣(左)と成長したハキリアリの巣(上)。

(数キロ平方メートル当たりにしても一つの巣ほどの密度もありません)、刈り取られる植物の量は、全体からみればたいした量ではないからです。

ところが近年、この「ハキリアリの低密度とアマゾンの森林の維持」という平衡関係が崩れかけてきているのです。もともとアマゾンの森林内では少なかったハキリアリが、今では、人間が森林を切り開いて建設した道路づいたにどんどんアマゾンの奥地に進入しています。

そして道路沿いに、これまた人間が造った焼畑を拠点として住みつき、そこから子孫を森林内に送り込んでいるのです。このままだとハキリアリの数が、ついには年間一ヘクタール当たり数十の葉を切り取るまでに増えないとはかぎりません。

アマゾンの森林へのハキリアリの進入、これは今や重大な問題になりつつあります。

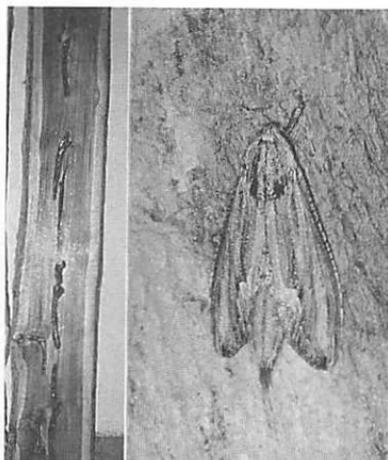
(市瀬克也)

チークの大敵

乾期さなかのタイ北部の十二月は、朝夕の冷え込みも厳しく、日本の晩秋を思わせる風情があります。広大なチーク林で落葉が始まり、枯れ葉が舞っていることもそんな風景の一角を担っているようです。チーク (*Tectona grandis*) はインド、ビルマ、タイ、ラオスを原産地とするクマツヅラ科の落葉性の木で、高級家具材、装飾および彫刻材として需要の高い有用樹です。現在、東南アジアの国々ではチークの造林を積極的に進めています。タイでは一三万畝、全造林面積の約二五%を占めるまでになっています。

チークは雨期の始まる四月初めに芽吹きます。大きな葉を茂らせて、雨期の間活発に成長を続けますが、乾期に入る十一月ごろから葉が褐色化を始め成長もしだいに終息し、最も暑くなる翌年の三月ごろまでにはすっかり葉を落としてしまいます。さて、こうしたチークの生活様式に合わせて、さまざまな害虫が現れては消えていきますが、そのなかで最も激しい被害を与えるのがビーホールボラー (*Xyletus ceramicus*) です。この害虫は木を枯らすことはありませんが、幼虫が幹に穿孔して長い穴を心材部につくります。激害林では一年で一本当たり一〇個もの被害孔ができることもあり、五〇〜六〇年に及ぶ長い生育期間に被害を受け続けると著しい材質の劣化を招いてしまい、木材としての経済的価値が極端に落ちてしまうのです。

ビーホールボラーはボクトウガ科の一種で、開長一〇センチに及ぶ大きなガです。成虫は乾期の終わりに現



チーク幹上のビーホールボラーの雌成虫（右）と被害木の縦断面（左）

れますが、このころはチークの成長活動の始まる直前に当たります。雌親は平均一万五、〇〇〇個もの卵を粗皮下や樹皮の割れ目に産卵します。孵化した幼虫たちは長い糸を吐いて風に乗って分散していき、チークの幹にたどり着くと穿孔し定着します。そして成長するにつれて、樹皮内から材内へと穿孔し、最終的には直径約一^セ、長さ二五^セにもなる縦穴を心材部につくって傷を塞ごうとしますが、じつは材内に穿孔した幼虫はこの栄養豊富なカルスを食べて成長しているのです。芯材部の長い穴は隠れ家としてつくられるにすぎません。

しかし一歩間違えば、こうした木の治癒活動はこの害虫にとって恐ろしい働きになりかねません。穴の中で蛹になるともはや摂食することはできませんから、カルスによって入口を塞がれてしまえば木の中に閉じ込められ羽化できないということになります。事実、閉じ込められて死亡した個体がときどき観察されるのです。しかし、通常は木の成長活動の終息に合わせて蛹になるので、ほとんどの個体が正常に羽化してきます。害虫も木の生理状態をよく知らなければ生きていけないというわけです。

（後藤忠男）

自然の法則と知恵くらべ

南米ペルーアマゾンに住んでいるシヒーボ族などのインディオたちは、今でも幾何学模様を描いた木綿の布地を赤土でこねたような茶褐色に染めて、女性の上着、巻きスカート、カーテンなどにして日常使っていますが、現代的な装飾品としても捨てがたい素材があります。この染料が、高級家具材として珍重されています。マホガニー（カオバ）の樹皮を叩いて調合したものです。かつてはインディオにとって容易に手に入らなかったマホガニーも、今は搬出可能な河川や道路沿いではほとんど見られず、木材市場では日本のケヤキなどと同様の貴重な樹種となっています。

このカオバと、材質が近いセドロ（センダン科）をはじめとするアマゾンの主要樹種を再び繁茂させるため、ペルー、日本二国間による技術開発試験が一九八一年から始まり、五、一〇、三〇センチ幅の列状植栽による造林が行われました。カオバとセドロは一年で一メートル近く伸び、夢は大きくふくらんだのですが、それをつかの間、マホガニーダグラメイガ (*Hypsipyla grandella*) とこう、体長三〇センチほどのメイガ科の幼虫によって植栽木の新梢が食害され、その後新芽は出るものの被害は繰り返され、やがて成長はマイナスとなり、枯死するものも多く出てきました。

森林総研の昆虫研究者たちにその対策が求められ、防除試験がペルーの研究者らの協力を得て始められま

した。調査の結果、植栽された本数の七〇%以上が被害を受け、特に明るく開放的となっている三〇m幅のカオバ、セドロの列と、そのいずれかだけを植栽した区域が壊滅的な被害を受けていました。また、被害は地際から一m周辺までに比較的多く、樹高五m以上になると少なくなる傾向も明らかになりました。

元来多様性の高い熱帯林では、自然がバランスを保つ力を働かせていますが、それまで少なかった樹種を人為的に増やすとこの関係が崩れる結果、一斉林をめざす方式は容易に受け入れてもらえないようです。

そこで自然の適応力にゆだねながらゆっくり時間をかけて生育させる方式と、早く五m以上に生育させる方式の二つの戦略が立てられました。前者では穴状に伐採して植栽し、虫から隔離したり、下刈りを控え目



植栽したセドロの苗木
苗木は間もなくマホガニーマダラメイガの食害を受け、成長は著しく阻害される。

にして草を虫よけにするなどの造林的手法を用いて、後者では薬剤散布による化学的防除手法を用いた試験を進め、やがて樹高五m、胸高直径一五cmを超す木も現れるなど、成果もみられるようになってきました。しかし、ペルー国内の政情不安からこの試みは中断され、成果はいまアマゾンの深い自然の中にゆだねられたままとなっています。

(山崎二郎)

サルカニ合戦

マングローブ林は、高温多湿で泥だらけ、しかも蚊の多いとてもいやな所ですが、この水気・塩気のス
トレスは、その程度に応じて種類や大きさのそろった単純な林をつくり出します。歩行が困難な泥地も海側
からのアブローチは容易なので、特にヒルギの林は良い炭が焼けるためつい伐られすぎになりがちです。ま
た陸側からは邪魔者として切り開かれていきました。マングローブは急速になくなっていき、近年、林業地
以外にも伐採・養魚池跡地への植栽が行われるようになってきました。

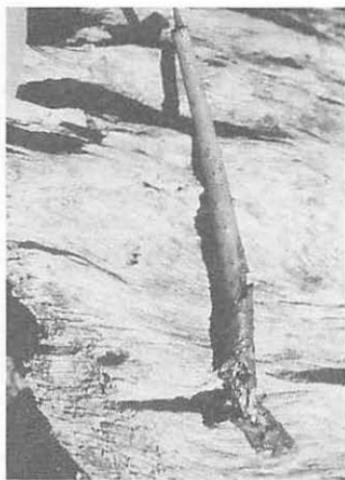
いざ植えるとなると苗木の心配です。さし木は無理なので、タネを使います。幸い、多くのマングローブ
樹種は胎生種子と呼ばれるタネをつけます。これは樹上にあるうちに芽ができてしまふもので、なか
でもヒルギ科のタネは樹上で太い根まで伸ばし、フタバナヒルギで六〇^{センチ}、オオバヒルギでは一メートルになるこ
ともあります。木の上ですでに苗木ができていようなもので、マングローブ林業地ではこれをそのまま田
植えのように植えつけるやり方がとられてきましたが、いろいろとトラブルが出てきました。

たとえば動物害です。植えたての柔らかいタネは、いろいろな動物にねらわれます。昆虫や巻貝による食
葉もあり、カニによるタネの切断が深刻な場所もあります。近くに大きな天然林があるような場所では、若
くてまだ根が張っていないような苗をサルが引き抜いてしまうことがあります。これはどうも食べるため

はなく遊びで抜くそうで困った話です。そこで、数カ月間育てて、樹皮が硬く、またサルが引き抜くには重たい立派な苗木にしてから植える方法がとられるようになってきました。

マングロープは、潮汐の影響による冠・排水がある湿った所に育ちますが、水の流れ、特に水はけが遮られて滞水し酸欠になるとたちどころに衰弱してきます。マングロープは案外酸欠に弱く、地上に突き出す気根が土砂に埋まってしまっただけでも、高さ二〇〜三〇センチもの大木が枯れることがよくあります。造林木でも同じで、養魚池跡への植林例では水はけの悪さのため苗木が一、二年のうちに全滅してしまうこともありま

す。マングロープは生育に適した立地をみずからつくっていきますが、栄養の少ない砂地のような場所に植えられると成長は遅くなります。マレー半島のあちこちではマングロープ林の土を洗ってスズを採掘して



カニによる食害を受けた、オオバヒルギ (*Rhizophora mucronata*) のタネ

ますが、その跡地は、きれいな砂地になります。ヒルギは条件がよいと一〇年で一〇センチ以上に育つこともまれではないのですが、スズ採掘跡地では、一〇年以上たつても高さ二〇センチ程度にしか育ちません。

マングロープはまだまだ生態や生理の基礎的研究が重要ですし、その成果が直接林づくりに活きる分野といえるでしょう。

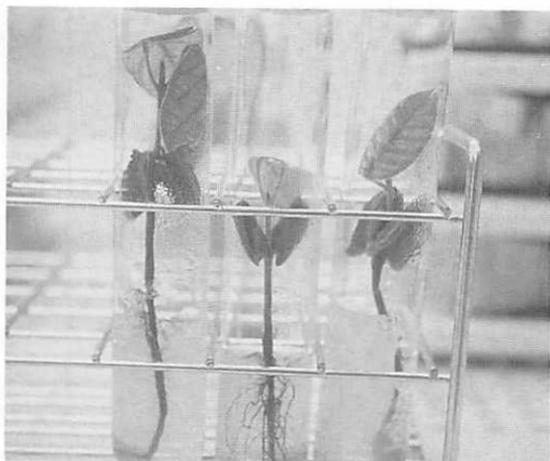
(田淵隆一)

タネがなければバイテクで

熱帯林の再生を積極的に行うには、たくさん苗木が必要です。そのために、山に自然に芽生えた稚樹を取ったり、種子を集めて苗畑で育てたりします。しかし、熱帯の有用樹木のなかには、めったに種子をつけなかったり、種子の保存が難しいものがあり、大量の苗木を準備できない場合があります。たとえば、東南アジアに自生し大木になるラワンの仲間の木には、一五年に一度しか種子をつけないといわれるものもあります。そのような場合、さし木や取り木によって無性繁殖を行い、苗木をそろえる方法がとられます。

最近では、観葉植物やランで利用されて有名な組織培養により、試験管内で増殖させることも試みられています。これは、植物の一部から出発して、多数の芽や種子の基になる胚を人工的につくり出そうとすることです。そうすることで、環境の影響を受けずに、いつでも、必要なときに苗木を準備することができます。また、さし木のための良質のさし穂をとる穂木を、組織培養技術を用いた材料の若返りによってつくることもできます。貴重な熱帯林の遺伝子資源を試験管の中に保存すれば、少ないスペースで、多くの樹種を扱うことができます。

すでにユーカリやチークは実際に組織培養によって苗木が生産されています。これは耐塩性があるとか、成長が速いとか特徴のある少数の個体を、迅速に増やすときに特に威力を発揮します。



ボルネオ島に自生するウブン（フタバガキ科の一種）の試験管苗

東南アジアの熱帯材を大量に利用してきた日本で、最近、熱帯林を再生するためにこうしたバイテクを利用しようというグループが結成されました。そこでは、フタバガキ科などの郷土樹種を植林するために組織培養やさし木技術の利用、苗木への共生菌の接種による生育や生存の向上などを図ろうとしています。マメ科の植物は、根粒菌が共生して、荒地でも割合よく育つことが知られていますが、フタバガキ科樹木につ

いても、それと似た共生関係にあるきのこ類があることがわかってきました。植林するときにそれらを積極的に接種したり、活性炭などを利用して、共生しやすい土壌環境をつくるのが熱帯林の再生を助けます。

一方、熱帯林がある国々でも、バイテクへの関心は高く、一九九二年にブラジルで開催された地球サミットでも取り上げられました。今後、先進国の進んだバイテク技術を導入して熱帯樹の苗木を生産しようという試みは、ますます盛んになるでしょう。写真は、日本人の指導によって組織培養された試験管苗です。現地でのこうした協力が求められています。

（石井克明）

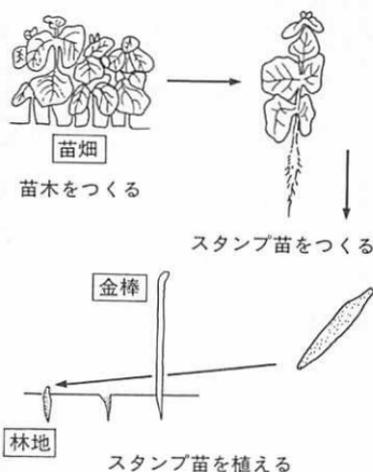
植えるときは丸坊主

チークは古くから知られた最も有用な熱帯樹木の一つです。東南アジア大陸部やインドのような明瞭な乾期が現れるモンsoon熱帯がチークの本来の生育場所ですが、現在、チークは東南アジアの島々、中南米、アフリカなどで広く植栽され、熱帯の有力な人工造林樹種になっています。このチークの造林は、私たちになじみのない独特の方法で行われています。熱帯では造林する場合、普通、スギやヒノキのような苗木を使わず、ポットで育てたポット苗を植え付けますが、チークの植栽にはポット苗を用いないで、棒状の苗木を使います。苗畑で一〜二年間、幹が真っすぐ伸びて、太い根の発達した苗木を育て、林地に植え付ける前に幹の基部の一部と太い根を残し、他はすべて切るか整理して、長さが一五〜二〇^{センチ}、太さが一〜二・四^{センチ}程度の棒状の苗木にします。これをスタンブ苗と呼んでいます。それを林地に持って行って、スタンブ苗より少し太い金棒で土に穴をあけ、スタンブ苗をさして、根元部分に土をかぶせて植栽が終了します。

植栽は普通、雨期の初めに行います。植え付け後二〜三週間で、幹部の休眠芽が発芽して一〜数本の枝葉が出てきます。成長するにつれて大きな枝葉が小さな枝葉の成長を抑えて、結局一本の幹が立つことになり、枝葉の最初の成長は、主にスタンブ苗に蓄えられた養分によってまかなわれるので、萌芽の成長と同じように速い初期成長が期待できます。この造林方法は、ポット苗の場合より、大量の苗木が一度にたやす



スタンプ苗から発生したチークの
枝葉



スタンプ苗の植え付け方法

く運べるということ、植栽が容易であることが大きな
利点で、熱帯の造林に適した方法といえるでしょう。

スタンプ苗による造林は古く一九二〇年代にビルマで
始まり、すでに一九三〇年代からチークの一般的な造林
方法として採用されています。ただし、インドネシアの
ジャワ島では、スタンプ苗の造林ではなく、チークの種
子を直接林地に播き、育成する直播き造林が行われてい
ます。

チーク以外の樹種ではスタンプ苗造林は萌芽性の高い
一部の早生樹で試みられていますが、まだ本格的には行
われていないようです。タイのフタバガキ科の一種では
私たちの試験からスタンプ苗による造林が可能であると
いう結果が得られています。もっといろいろな樹種でこ
の方法が試されてもよいのではないかと思います。

(加茂皓一)

これもさし木？

熱帯の低地に生育しているタケ類の多くは株立ち状ですが、その繁殖形態は暖温帯で育っているタケ類とは異なつたいくつかの顔をのぞかせてくれます。もともと高等植物の増殖法として、開花後に結実する種子を利用する有性繁殖と、株分け、さし木、つぎ木、取り木などの無性繁殖の二つの方法があります。最近、急速な進歩を遂げているバイオテクノロジーによる増殖法も後者の一つに加えることができるでしょう。

さて、種子による増殖法について考えてみると、暖温帯のタケ類は概して結実量が少なく、しかも発芽率も低いのですが、熱帯性のタケ類では結実量だけでなく発芽率も高いという特徴があります。しかし、種子の長期保存は困難であるとともに、早期に発芽率は低下してしまいます。

次に無性繁殖ですが、タケ類には形成層がないためにつぎ木は不可能ですが、株分けはどんなタケ類でも可能です。ただ暖温帯のタケ類は長い地下茎を持つているため、地下茎を掘り取っても部分的であれば株分けに対する大きなダメージを与えません。熱帯性のタケ類は地下茎がきわめて短いために株そのものへの影響が現れてきます。この点、さし木は熱帯性タケ類での有効な増殖法だといえるでしょう。というのも、熱帯ではこれが実用化されて農家経済にうるおいを与えている国もあるからです。

さし木の方法について述べると、熱帯性タケ類のたけのこは、発生から成長完了までにおおよそ九〇日を



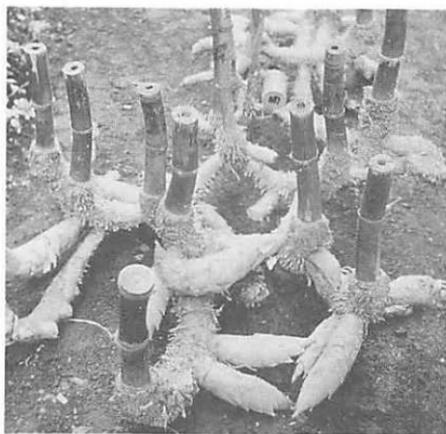
さし木の有効な方法

必要とし、暖温帯性のタケ類よりも長くかかります。しかし、降雨期の長い地域では一年間に数回連続して発生することになります。つまり三カ月ごとにたけのこが発生するので、三回目もしくは四回目に発生した一年生の若い稈（幹）を利用します。稈の基部から中央部付近までの部位がよく活着し、先端の細い部分は活着後の成長が遅くなるので利用しないほうがよいでしょう。

さて、稈は一節もしくは二節をつけて図に示したように泥土を両方の中空部に詰めるか、二節の場合は節間に小穴をあけて中に水を入れると保水性が保たれて活着や発根に有利となります。

さしつけ方法は、深さ三〇センチ程度の地中に水平に埋め、灌水しておけば、二〜三週間ほどで節の部分から稈と根が伸びてくるので、これを所定の場所に定植します。はじめに発生する稈は細いものですが、発生を繰り返すたびに太くなり、二年もすれば親タケと同様の太さの稈となります。

(内村悦三)



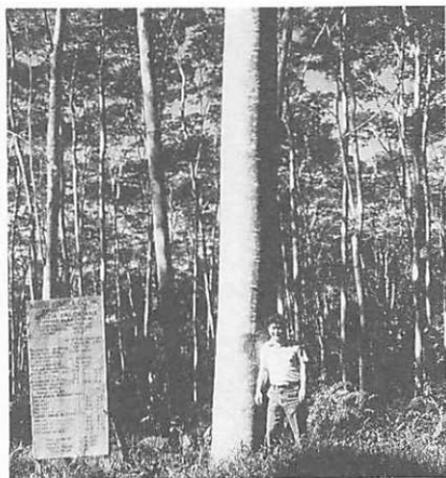
さし木による2年目の繁殖状況

ジャックと豆の木

「朝、眼をさましたジャックは、外の様子が変なことに気がつきました。きのう、おかさんが捨てた豆が一晩のうちに大きくなって、天までとどくりっぱな木になっているではありませんか。」

もちろん一晩で大きくなるわけではありませんが、気候にめぐまれた熱帯には早く大きくなる木、早生樹が多くみられます。なかには、原産地では成長が悪くても、ほかの土地で育てたところ、すばらしい成長を示した樹種もあります。こうした早生樹の多くはジャックの豆の木と同じようなマメ科の植物です。マメ科植物は、根に共生する根粒菌が固定した窒素を肥料として利用するため、やせた土地でも成長できると考えられています。代表的なマメ科の早生樹には、巨大ギンネム、ネムノキの仲間の *Albizia falcataria*、*Acacia mangium* などがあり、マメ科以外ではクマツヅラ科の *Gmelina arborea* などあげることができます。これらの早生樹は「奇跡の」、「驚異の」あるいは「有望な」といった修飾語がつけられて紹介され、ほかの国に導入されてきました。

どのくらいの成長量があるでしょうか。成長量は通常、幹材積と呼ぶ幹の体積をもとに表します。南米原産の巨大ギンネムでは、フィリピンで植栽後一年半で平均直径五・九^{cm}、高さ九・五^m、材積はヘクタール当たり一八五立方^mの記録があります。この材積は年間の成長量に直すと一二三立方^mになります。日本の



13年生の *Albizia falcataria*. 直径60cm, 樹高は40mを超える。

代表的な樹種のスギの年間成長量は約一五立方メートルですから、その約九倍に相当します。しかし、ほかの巨大ギンネムの調査によれば、成長量のばらつきが大きく、少ないものでは八立方メートルしかない林もありました。平均して熱帯の早生樹はヘクタール当たり二五立方メートルぐらいの成長量はあるようです。しかし、一般に早生樹材の比重は小さいため、重量成長は材積成長ほど大きくはありません。

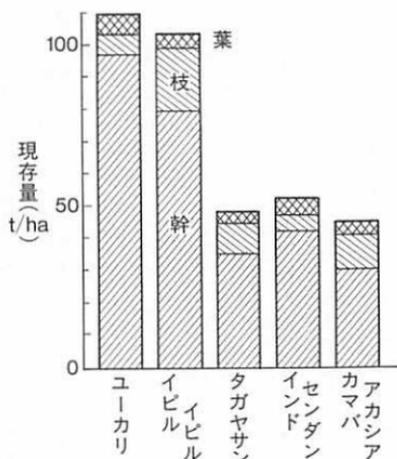
これら早生樹に共通する性質として、植栽後数年で最大の成長を示したあと、成長量が落ちてしまう欠点があります。アルビジアでは三〜四年で七〇立方メートルの最大の成長量を示したのち、成長量が落ちてきている例があります。また、成長量のばらつきが大きいことか想像されるように、これら早生樹は生育地の条件にきわめて敏感です。巨大ギンネムの成長は酸性の土では悪いといわれています。成長量調査は、一般に比較的狭い面積で行われます。狭い面積の値をヘクタール当たりに換算することが多いので、成長のよい場所を選ぶと成長量が過大になるおそれが出てきます。高い成長量データをもとに将来の収穫量を予想する場合には、こうしたデータの読み方にも注意が必要です。

(金澤洋一)

ユーカリは救いの女神？

熱帯林の分布する開発途上国では、天然林の伐採、放牧、焼畑などにより生じた土壌生産力の低い荒廃地が拡大し、住民の生活向上と自然保護の点から大きな問題となっています。このような荒廃地に森林を再生させ、林産物を生産するために、ユーカリが世界各地で積極的に造林されています。ユーカリはフトモモ科ユーカリ属の植物の総称で六〇〇以上の種が知られていますが、熱帯で最も多く造林されているユーカリはリバーレッドガム、すなわち *Eucalyptus camaldulensis* (以下ユーカリ) です。東南アジア、タイではこのユーカリ人工林が約五万三、〇〇〇ヘクタール(一九八七年)あります。東南アジアばかりでなく、地中海地域、アフリカ、南アジア、中南米などでも植林され、その面積合計は世界中で五〇万ヘクタール以上といわれています。

ユーカリが好んで植林されるのは、成長、造林、利用などの点で大変優れた性質を持っているからです。乾期と雨期がある熱帯モンスーン気候やサバンナ気候下において乾燥や一時的冠水によく耐え、やせた劣悪な土壌条件でも驚異的な成長を示します。タイの例では、植栽後五年で平均樹高九・五メートル、地上部現存量が一・一〇トン/ヘクタールという成長を示しています(図)。さらに、種子の採取・保存が容易で大量に苗木を生産できるうえ、成木の収穫伐採後に発生する萌芽も森林再生に利用できます。家畜が葉を好まないため、食害を受けにくく、乾期にときとして発生する林床が燃える地表火にも耐えます。イビルイビルなどの早生樹が虫害を受



タイのラチャブリにおける5年生人工林の現存量 (年降水量1,046mm, ラテライト土壌)

けやすいのに対し、ユーカリは単純一斉林にもかかわらず著しい病虫害が発生していません。材は、良質の薪炭になり、パルプや建築材としても利用できます。

ところが、近年、面積が急増したユーカリ林に対していろいろな批判が聞かれます。外来樹種ユーカリの一斉造林は在来の動植物の生育環境を破壊し、生態系の多様性を低下させるのではないかと。土壌水分をたくさん蒸散するので、水源としての機能が低下するのではないかと。五〜一五年の短伐期で収穫し続けると土壌がさらに劣化するのではないかと。葉や落葉が出す化学物質が近隣の農作物に悪影響を及ぼすのではないかと。このような心配はある程度あり得るのですが、化学物質の影響以外は他の早生樹と共通の問題点です。

ユーカリ林の生態系への影響を判定するには、量的な調査がまだ不十分です。化学物質についてはユーカリ林下層植生の欠如の原因が化学物質とする報告がある一方、ユーカリ伐採跡地での農作物栽培の収量が他樹種の場合に比べて低くない点から化学物質の悪影響を否定する報告もあります。今後は、ユーカリを含む造林樹種の特質の解明と、自然・経済条件に応じた賢明な樹種選択の知恵がより必要になります。

(田中信行)

ラワンの森よよみがえれ

熱帯雨林は地球上で最も古い生態系の一つです。ちなみに、マレーシアの熱帯雨林の植物相は第三紀からほとんど変わっていないといわれています。永々と続いてきた熱帯雨林が激しい変貌をとり始めたのは今世紀からです。焼畑、商業伐採が主な原因で、二十一世紀には消失の危険にさらされています。

東南アジアの熱帯雨林の盟主は、高さ五〇〜六〇m、直径一mを超える巨大なフタバガキ科の樹木です。厳密な意味では少し違うのですが、日本ではラワンといったほうが通りがよいでしょう。一三属三〇〇種以上がこの地域に分布しています。このようなすばらしい木は当然商業伐採の対象となり、抜き伐りされてきました。残念なことに、伐採した後再びフタバガキを生やしていくという視点がありませんでした。

一般に、フタバガキの天然更新は困難といわれていますが、一部では自然にうまくいっている所もあります。インドネシア東カリマンタンのスブルでは一年半前の伐採でできた五〇m四方の裸地に約四万本の稚樹が一層以上に育っていますし、この近くには一五年前に天然更新して現在二〇m以上に成長した林もあります。どちらも、裸地周辺に残されていた母樹から散布された種子が一斉に発芽したものです。フタバガキの天然更新の弱点は、開花―結実の頻度が五〜一〇年に一度といわれるように、なかなか種子がならないことです。ただ、種子がなり、光や水分、土壌の条件が適当であれば、驚くほどの稚樹が発生し成長を始めること

が明らかになってきました。

フタバガキの造林は、天然更新に比べてより難しいとされています。強い光のもと、乾燥に耐え、ときにはやせた土にも耐えなければなりません。厳しい環境に耐える樹種を探し出し、丈夫な苗木をたくさんつくることが重要です。マレーシアのフリムではいくつかの有望な樹種



インドネシア東カリマンタンのスプルでは、伐採でできた裸地に驚くほど多くの稚樹が天然更新している。
(琉球大学、馬場繁幸氏提供)

が選び出されています。また、フリーピンのパンタバンガンやタイのサケラートでは厳しい造林環境を和らげるため早生樹による先行造林を行い、その木々の下に植え付ける方法が検討されています。

もともと東南アジアの熱帯林は非常に密度の高いフタバガキ林でした。フタバガキ林はこの地域では最も安定した森林でもあるので、焼畑などで今は荒れ果ててしまった土地をフタバガキ林に戻し、自然に逆らわないようなやり方で木材生産や環境保全をすることが肝心です。スプルやフリム、パンタバンガン、サケラートの例がこの大きな問題を解く鍵となるでしょう。

(中村松三)

農業のよゆうな林業のよゆうな

樹木は、孤立的に育つと地上からそれほど高くない位置から出た枝がそのまま広がり、太い枝が張つてきます。そうすると地際付近の幹は太く成長するものの、枝のない幹の部分は短く、先細りの幹となりがちです。一方、周りを木々に囲まれていると枝が枯れ落ちて枝のない部分が長くなりますが、枝葉を十分広げられないと太く生まれません。空間が一部だけあると、特に広葉樹では空いた方向に光を求めて幹を曲げながら成長していきます。ところで、良い木材とは、外観的に通直で太く丸く長く、しかも太さが材の先から元まであまり変わらず枝のないものといえます。日本でもケヤキやミズナラなどのように有用な材の広葉樹がたくさんあり、人工植栽もされています。しかし、幹が曲がったり、太い枝が多かったりなどして、なかなか思うよゆうな材を生産することができません。ところが、熱帯に広葉樹の良材生産の見本があるのです。

それはチークです。マホガニーなどと並び熱帯産の最高級材の一つです。天然分布はタイ北部からインドにかけての乾期と雨期の区別のはっきりした地域で、乾期には大きな葉を落とします。このため直径成長が止まり年輪がつくられ、ケヤキの材に似た環孔材的な特徴を示します。心材は暗黄褐色からやがて金色の光沢を帯びた品のある重厚な色調を呈します。材は耐朽性が高く、狂わず、強度があり、比重のわりに加工しやすいなどの優れた特性に加えて、タイなどの資源が枯渇してきたので、材価は年々上昇する一方です。



ツンパンサリのチーク栽培

インドネシアではツンパンサリと呼ぶアグロフォレストリーの一種でチーク材を生産しています。チークが小さいうちは、木々の間にトウモロコシや陸稻などを栽培しながら木を育てます。チークの密度は最初は高めにし、農作物やギンネムなどで側圧を与えることによって幹を真っすぐに、しかも無用な枝を出させないようにし、その後は葉を繁らさないと幹が太くならないので、適宜間引いて枝葉を広げさせます。成長して枝同士が触れ合う前に、木の大きさに見合った空間を確保するため、間伐を何度も繰り返して直径成長を促します。形質を考えながら量も確保する、良材生産のための理想的な広葉樹施設業、高密度植・多間伐をツンパンサリはやっているのです。樹齢七〇年になってから根元付近の樹皮を剥いで木を枯らして収穫したら、元に戻ります。こうした生産ができるのも人手が豊富なためかもしれません。(佐藤 明)

農も林もとはいかない？

タイやミャンマーには、一〇〇年ほど前からタウンヤ法と呼ばれるアグロフォレストリー（二一〇ページ参照）の方式があります。これは、そもそも焼畑移動耕作の耕作跡地にチークの木を植えさせて、休耕地の有効利用を図りつつ木材資源を確保しようとするものでした。ところが林業主体の経営の場合、収穫までに時間がかかることから、農業主体の経営に比べて一般にずっと大きな面積を必要とします。たとえば一年耕作九年休閑の焼畑の場合、毎年一世帯が一畝ずつ利用すると、一平方⁺（一〇〇畝）で一〇世帯収容できることとなります。一方、チークの輪伐期を六〇年として伐採後一年だけ農作物を栽培するとすると、農業と造林作業だけでは一・七世帯しか収容できません。単純に計算すれば、焼畑の場合以上の人口を収容するためには、木材関連産業などで農業生産の五倍以上の所得を上げなければならないこととなります。

アグロフォレストリーが国際的に注目されるようになると、さまざまな国営のモデル事業のなかで、試験的あるいはデモンストレーション的に行われるようになりました。しかしほんとうにアグロフォレストリーによる植林を実行すべき対象地は、短期間の耕作が可能であり、かつ長期的には農業生産を続けるよりも林地に切り替えたほうがよい土地です。その意味で、アグロフォレストリーによる植林が成立するための自然的立地条件や、地域における農業人口密度の条件などは、焼畑移動耕作の成立条件とよく似ています。国営

事業のなかで行われてきたタウンヤ法ないし修正タウンヤ法と呼ばれる、林地の中で一時的に農耕を営むアグロフォレストリーは、焼畑移動耕作が成立する条件のもとで、土地利用を高度化する一つの試みだといえます。

ところが、タイなどでは農地面積が拡大した結果、植林の対象地も数十年前にタウンヤ方式でチークの造林が行われた場所に比べて生産力の低い劣等地へ移ってきています。また焼畑の相当部分が常畑へと変化してきているようです。したがって、大規模な植林を行うための方法としてアグロフォレストリーが用いられる可能性は少なくなってきたかもしれません。

しかし木材資源の確保、土壌浸食や洪水の防止など森林の持つ機能が以前にも増して重要性が認識される一方、農地を拡大しようとする圧力も依然として大きいので、農業と林業の間で土地利用をめぐるバランスをとることは重要な課題です。そこで最近では平均的な農業経営のなかで実行できるような、農業を主体としたアグロフォレストリーが現実的方法として考えられています。国有林地でのアグロフォレストリーと、農家の行うアグロフォレストリーとは全然違います。現在タイなどの平均的農家で実行可能なアグロフォレストリーは、常畑に対応したものです。その有望な例として、農地の一部あるいは周辺部に果樹などを含めた樹木を植えるという形態があります。日本などでは土地利用の発展によって農地と林地はほぼ完全に分化してしまいましたが、はたして熱帯では今後どのような発展を遂げるのでしょうか。

(岡 裕泰)

森を生かして森に生きる

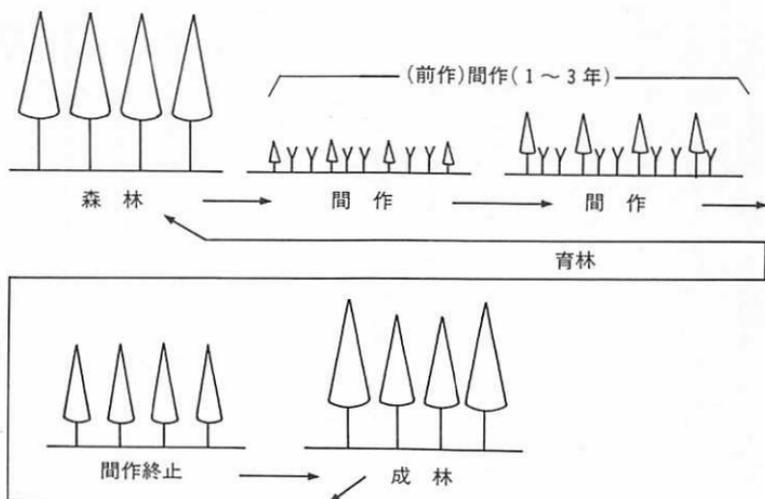
ここ数年、熱帯林に大きな関心が寄せられています。その背景には、無秩序な焼畑耕作や大規模な商業伐採により熱帯林が急速に減少したこと、地球規模での気候変動に熱帯林が大きくかわっていることが明らかになってきたことなどがあります。

熱帯の国々では、森林を焼畑から守るため、森林内で生計を立てている農民に一定の土地を与え、定住化を図る政策がとられました。しかし同じ土地で二、三年も耕作すると、土地の生産能力が急激に低下するため、農民たちは再び焼畑に戻ってしまい、結局この政策は失敗しました。

元来、伝統的な焼畑耕作では、火入れ面積、休閑期の長さなどに厳しい規則があつて、持続的な生産が維持されてきました。このような伝統的焼畑移動耕作は、熱帯の農業生産システムとしては生態的に最も適した方法であると考えられています。そこで、改めて伝統的な土地利用システムの一つとして、アグロフォレストリーが注目されるようになりました。

アグロフォレストリーには多種多様な形態があります。一般的には『同時に、同じ場所で林木と作物の生産あるいは牧畜を行うシステムで、最終的には森林化を目指す土地の利用形態』であるといえます。

同様の土地利用形態は中世ヨーロッパ、南米にも存在しましたし、わが国でも小場作、切り替え畑、焼畑



「タウンヤ」式アグロフォレストリーの土地利用
 国際協力事業団「アグロフォレストリー計画基準書手引き書」, 1983より

などと呼ばれて近年まで行われていました。

図はタウンヤと呼ばれる代表的なアグロフォレストリーの一形式で、ビルマ（現ミャンマー）で焼畑によるチークの造林方式として始められました。この方式では、農民は造林の前後数年間、森林内での耕作を許可される代償として、伐採跡地への造林と保育の義務を負わされます。土地を持たない農民には作物栽培ができ、当局にとっても地ごしらえや保育の経費を節減できるメリットがあります。そのためインドネシア、タイ、ビルマに急速に広がり、この方式で造林されたチーク林の面積はすでに数十万ヘクタールに及ぶといわれています。

しかし近年、チークなど、伐採まで数十年を要する樹種の造林地域では、新たに設定するための土地不足が大きな悩みのたねとなっています。（中島 清）

雲の上から見てやろう

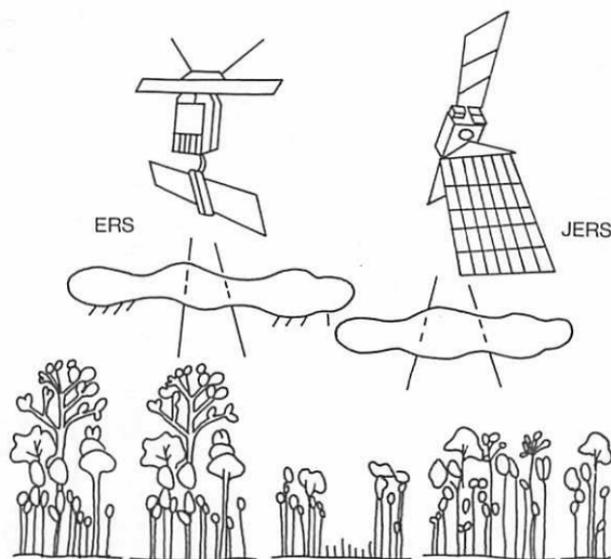
森林資源の把握やその変化の監視、またそれらの情報を基にした森林利用計画の策定などには、従来から航空写真が利用されています。また、広い地域の観測には人工衛星のリモートセンシング技術も使われるようになってきています。ところが、熱帯では森林地域が雲でおおわれていることが多く、その状況を空からとらえることは困難です。たとえばブラジルのアマゾン河流域の様子は、約十年間の人工衛星ランドサットの写真を重ね合わせることでようやくわかるようになりました。これでは近年の著しい熱帯林環境の変化をとらえ、適切な森林管理方策を立てるのには間に合いません。

これまでの資源観測衛星は、人間の目が見ている可視光と、それより少し長い程度の波長の反射の様子を利用して地球を観測しているからです。雲でおおわれていない場合には植物の状態などを詳細にとらえることができますが、雲でおおわれてしまう地域では雲の状況（天候）がとらえられるだけになってしまいます。そこで、雲があってもその下の状況が観測できる方法が考え出されました。それが、マイクロ波を利用した地球観測システムです。

マイクロ波は波長が数センチから数十センチと長いために、小さな粒子の集まりである雲を透過できます。しかし、自然の状態で存在するマイクロ波域のエネルギーは小さいために、宇宙から地上の状態を観測しよ

うとしてもよくわかりません。そこで、人工衛星にマイクロ波の発振器が取り付けられています。これによって、太陽の状態や気象条件に左右されずに、雲の上からでも地球の観測ができるようになりました。

一九九一年に打ち上げられた欧州共同体のERSと一九九二年に日本から打ち上げられたJERSの衛星



雲や雨を透過して森林を観測できるマイクロ波レーダーシステム

にもこのマイクロ波観測ができる装置SARが搭載されています。ERSにはCバンドといわれる波長を利用する観測器が搭載され、JERSにはそれより波長の長いLバンドの観測器が利用されています。Lバンドの波長は樹木の葉や小さな枝などはすり抜けることができるために、幹からの反射データをとらえ、樹木の大きさに関する情報を直接得ることができます。これは、今までの観測システムでは得られなかった情報です。

この性質を利用して熱帯林の伐採だけでなく、森林の質的な劣化の状況もとらえられるものと期待されています。

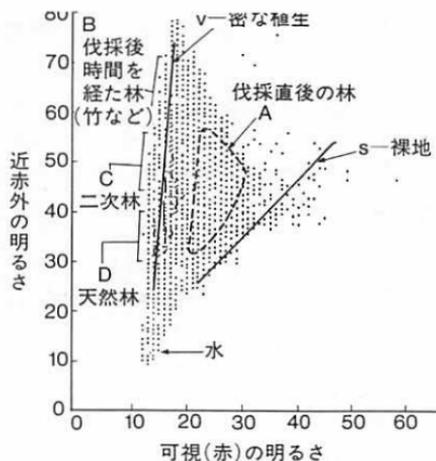
(沢田治雄)

あばたとえくぼは見分けられるか

今日、ランドサットやモモ衛星に搭載されている観測機器を利用して、地上の土地利用の変化を把握できるようになってきました。一方、熱帯では森林伐採などのために、地上をおおう植生がダイナミックに変化しています。熱帯林の変化は人工衛星データではどのように把握されているのでしょうか。伐採後の森林の変化を、東南アジアの熱帯雨林を例に説明しましょう。

まず、十分に成長した天然林が伐採されます。天然林の代表的な樹種として、ラワン材として知られるフタバガキ科の樹木があります。伐採は択伐と呼ばれる抜き伐りの方法で行われますが、全樹木の四〇%以上が伐採され、森林が広く伐開されることはごく普通です。伐採後の開けた林には日照を好む竹やヤシが多く侵入し、さらに、伐採後一〇年程度で樹木で閉鎖した二次林へと変化していきます。果物の王様として有名なドリアンは二次林を構成する樹木の一つです。さらに年月が経過すると、最初に伐採されたフタバガキ科の樹木などが成長し、二次林の樹種を追い越して、元の天然林を形づくります。

ところで、光は波長の短いほうから、人間の目に見える可視域、植物からの反射が強い近赤外域、植物体の水分量に関係のある中間赤外域に分けられます。日照を好む植物(竹、ヤシ)は日陰で生育できる植物(フタバガキ科の樹木)に比べて、可視域と近赤外域で光を多く反射します。また、森林が伐採されることによ



植生の明るさの違い

縦軸と横軸の数字が大きいほど、明るいことを示す。図中の直線vは密な植生で、直線sは裸地を表す。直線v上では、近赤外の明るさが大きいほど明るい所を好む竹などが多く、小さいほど天然林の状態に近づく。森林の光の反射パターンは一般にD-A-B-C-Dの順に変わる。

って、森林でおおわれて宇宙からは見えなかった地面が露出しますが、一般に土壌は植物に比べると赤の波長の光を多く反射し、特に、ラテライトと呼ばれる熱帯の赤土では顕著です。このため、森林の伐採と植生の回復状況に応じて、図のように光の反射特性が変わります。つまり、伐採直後(A)、伐採後やや時間を経た林(竹、B)、二次林(ドリアン、C)と天然林(フタバガキ科の樹木、D)は図に示したように、それぞれが特徴ある反射パターンを持っているのです。

ランドサットに代表されるこれまでの人工衛星搭載の観測機器は、可視域から赤外域までの光を波長帯ごとに地表の物体の明るさに応じて数値に変換して記録します。この人工衛星のデータから赤と近赤外のデータを取り出してカラー合成すると、図で示された植生型ごとの反射パターンの違いを目で見ることができません。赤と近赤外に加えて中間赤外のデータを利用したランドサットデータのカラー合成写真からは、伐採後から天然林に至るまでを四〜五段階に判読できるのです。

(粟屋善雄)

つくるも守るも人の知恵

東南アジアの伝統的な焼畑の社会では、土地を所有するという概念がなく、開墾して耕作を始めた人に、その土地を利用する権利が与えられました。土地は焼畑民にとり最も重要な資源であり、権利を認められた者には部族や共同体の固有の慣習に従って、注意深く利用する義務が課せられました。

しかし、こうした伝統的な焼畑民による土地利用は、植民地政府の土地政策や、独立後の新政府の開発優先の森林政策によって、大きく狭められました。まず植民地政府によって、輸出作物の生産に適した土地の私有化と、奥地に広がる森林の国有化がなされました。国有化の目的は、将来の開発のために土地とそれの上にある資源を政府の管理のもとに置くことでした。このとき、先住民による土地利用の権利は考慮されず、狩猟民や伝統的な焼畑民が生活の源としてきた森林のほとんどが、国有地に区分されました。

森林の開発は独立後の新政府の近代化政策のもので、本格化していきました。国際市場で高く売れるようになった木材を伐り出して外貨収入を獲得するために、有力者や企業に森林の伐採権が与えられ、大型の機械を使った大規模な伐採が繰り広げられました。その一方で、先住民の慣習的土地利用はさらに狭められ、わずかに特別な地区のみで認められることになりました。

ところが、このようにして進められた大規模な森林の開発は、予期しない結果を生み出すことになりました。

た。熱帯林の伐採は抜き伐りが基本ですが、その技術基準が守られなかったり、許可を受けない不法伐採が横行したりしました。また、都市や農村からあふれた貧困な人々が林道づたいに伐採跡地に入り込み、焼畑による耕作地を拡大していきました。その多くは、地力がなくなると次の場所に移っていく収奪的なものでした。管理がゆきとどかなくなつた伐採跡地や放棄された耕作跡地は、火災の被害をたびたび受け、土地の荒廃はさらに進むことになりました。

しかし、東南アジアでも数はわずかですが、先住民による慣習的な土地利用権が認められている国があります。ソロモン諸島、バブアニューギニア、バヌアツなどです。国あるいは島によって内容は異なりますが、共通しているのは、部族を構成する地域や血族のグループごとに土地が分割され、共有が認められていることです。土地をどのように利用するかは、それぞれの共同体の意志に任されており、伝統的な焼畑を続ける場合もあれば、森林を伐採して共同で商品作物のプランテーションを経営するような例もみられます。一方、バブアニューギニアのように、共有地の伐採権を政府が買い取り、企業にその権利を与える形で、伐採が進められるようなケースもあります。しかし、この場合も伐採した跡地の管理は共同体に任されており、森林を国有化して大規模な開発を進めた国々に比べ、土地の荒廃は最小限にとどまっているようです。

先住民の共同体による所有を認めたこれらの国々の経験は、熱帯諸国でのあるべき土地制度の一つの方向を示しているのかもしれない。

(加藤 隆)

編集委員・筆者一覽(五十音順)

執筆者

- | | | | |
|-------|--------------------|--------|----------------------|
| 池田 俊弥 | 熱帯農業研究センター研究技術情報官 | 浅野 透 | 熱帯農業研究センター主任研究官 |
| 加藤 隆 | 森林総研林業経営部経済分析研究室長 | 阿部 恭久 | 農林水産技術会議事務局研究調査官 |
| 河原 輝彦 | 森林総研海外森林環境変動研究チーム長 | 阿部 學 | 森林総研企画調整部研究情報科長 |
| 齋藤 昌宏 | 森林総研森林環境部群落生態研究室長 | 栗屋 善雄 | 森林総研林業経営部主任研究官 |
| 森川 靖 | 森林総研森林環境部植物生態科長 | 井鷲 裕司 | 森林総研関西支所造林研究室 |
| | | 井上 真 | 東京大学農学部助手 |
| | | 飯田 滋生 | 森林総研生産技術部更新機構研究室 |
| | | 池田 俊弥 | 熱帯農業研究センター研究技術情報官 |
| | | 石井 克明 | 森林総研生物機能開発部組織培養研究室長 |
| | | 石塚 森吉 | 森林総研生産技術部物質生産研究室長 |
| | | 市瀬 克也 | 熱帯農業研究センター研究第一部 |
| | | 内村 悦三 | 大阪市立大学理学部教授 |
| | | 小谷 圭司 | 森林総研関西支所育林部長 |
| | | 小野寺 弘道 | 森林総研東北支所多雪地帯林業研究室長 |
| | | 大井 徹 | 森林総研東北支所鳥獣研究室 |
| | | 大河原 恭祐 | 北海道大学大学院環境科学研究所 |
| | | 大角 泰夫 | 森林総研東北支所育林部長 |
| | | 太田 貞明 | 森林総研木材利用部木材特性科長 |
| | | 太田 誠一 | 森林総研北海道支所土壌研究室長 |
| | | 大平 辰朗 | 森林総研生物機能開発部生物活性物質研究室 |
| | | 岡 裕泰 | 森林総研林業経営部経済分析研究室 |
| | | 落合 幸仁 | 森林総研生産技術部主任研究官 |
| | | 加藤 厚 | 森林総研木材加工部主任研究官 |

編集委員

- 加藤 隆 森林總研林業經營部經濟分析研究室長
 加藤 真 京都大学教養部助手
 加茂 皓一 森林總研関西支所造林研究室長
 金澤 洋一 森林總研北海道支所造林研究室長
 河原 輝彦 森林總研海外森林環境變動研究チーム長
 河室 公康 森林總研森林環境部地質研究室長
 北村 系子 森林總研生物機能開発部生態遺伝研究室
 小林 繁男 森林總研森林環境部立地評価研究室長
 小林 享夫 林業科学技術振興所主任研究員
 後藤 忠男 夕イ国王室林野局（森林總研派遣職員）
 後藤 義明 森林總研森林環境部森林災害研究室
 佐藤 明 森林總研生産技術部植生制御研究室長
 齋藤 昌宏 森林總研森林環境部群落生態研究室長
 酒井 正治 森林總研九州支所土壤研究室長
 桜井 尚武 森林總研生産技術部更新機構研究室長
 沢田 治雄 森林總研林業經營部遠隔探查研究室長
 田中 信行 夕イ国王室林野局（森林總研派遣職員）
 田淵 隆一 森林總研北海道支所主任研究員
 田村 典子 森林總研多摩森林科学園森林生物研究室
 高橋 邦秀 森林總研北海道支所育林部長
 谷 誠 森林總研森林環境部氣象研究室長
 谷本 丈夫 宇都宮大学農学部助教授
 津村 義彦 森林總研生物機能開発部遺伝分析研究室
 中井 孝 森林總研木材利用部材料性能研究室長

- 中北 理 森林總研東北支所広葉樹林管理研究室長
- 中島 清 森林總研生物機能開発部生態遺伝研究室長
- 中村 松三 森林總研東北支所更新技術研究室長
- 永田 尚志 国立環境研究所野生生物保全研究チーム研究員
- 新山 馨 森林總研森林環境部主任研究官
- 西山 嘉彦 森林總研九州支所主任研究官
- 林 良興 森林總研木材化工部抽出成分研究室長
- 樋口 国雄 森林總研企画調整部海外研究情報室長
- 平川 泰彦 森林總研木材利用部材質研究室長
- 藤井 智之 森林總研木材利用部組織研究室長
- 藤枝 基久 森林總研森林環境部水流出管理研究室長
- 藤本 潔 森林總研九州支所土壤研究室
- 前田 満 林業科学技術振興所主任研究員
- 牧野 俊一 森林總研九州支所昆虫研究室長
- 榎原 寛 森林總研東北支所昆虫研究室長
- 松本 和馬 インドネシア森林研究開発センター(熟研センター派遣職員)
- 松本 忠夫 東京大学教養学部教授
- 松本 陽介 森林總研森林環境部環境生理研究室長
- 丸山 温 マレーシア森林研究所(熟研センター派遣職員)
- 三輪 雄四郎 森林總研木材利用部物性研究室長
- 陽 捷行 農業環境技術研究所資源・生態管理科長
- 宮崎 良文 森林總研生物機能開発部生物活性物質研究室長
- 森 徳典 森林總研生物機能開発部生物工学科長
- 森川 靖 森林總研森林環境部植物生態科長

谷田貝 光克 森林総研生物機能開発部森林化学科長

山崎 三郎 森林総研四国支所主任研究官

山本 千秋 森林総研生物機能開発部遺伝科長

横田 明彦 森林総研森林生物部主任研究官

渡辺 弘之 京都大学農学部教授

森林総研—森林総合研究所

熱研センター—熱帯農業研究センター

熱帯林の一〇〇不思議

一九九三年二月十五日 初版発行

編集・発行——社団法人 日本林業技術協会

〒一〇二 東京都千代田区六番町七

（電話）〇三—三二六一—五二八一（代）

振替 東京 三—六〇四四八

印刷・製本——東京書籍印刷株式会社

会員用

