

## ラワンときのこ-菌根菌

小川 真

### はじめに

空をおおい隠すように茂る熱帯雨林の中にいると、人や獣がひどくみすぼらしく、はかない生き物に見えてくる。熱帯雨林はまさに Plant kingdom で、我々動物のつける隙はほとんどない。

この王国の主役、フタバガキ科の樹木、ラワンはいずれも高さ 40~50 メートル、太さ 1 メートル以上に達する大木で、不思議な魅力を具えている。種によって形や色はさまざまだが、プロペラのような羽根のついた大きな実をつける。羽根をとったら、柿の実に似ているので、この名がついたものらしい。風が吹くと、正月の追い羽根のようにくるくるとまわりながら落ちてくる。この羽根は遠くへとぶためでなく、どうやら軟着陸するためのものらしく、実はばらばらと母樹の下に落ちてくる。

実がなるのは 5、6 年に 1 回で、なり年にはすべての種類が秋から翌年の春にかけて、一齊に実をつける。大木のはるか上の方に鮮かな赤や黄色の実がまるで花のようになっているのは見事である。さいわい今年、1991 年は 5 年ぶりのなり年で、種子はたくさんとれたが、仕事に追いまくられる羽目になった。というのも、この種子は落ちるとすぐ発芽し、低温や乾燥に弱く、虫やかびがつきやすく、保存がきかないので、採るとすぐまかなければならないからである。あたふたと実験の準備をしているうちに、種子が腐ってしまい、失敗することも多い。

このフタバガキ科の樹木の習性や種子の発芽条件、保存方法などについては研究も多く、最近では組織培養による繁殖方法の研究なども行われている。しかし、この樹木の根に共生するきのこ、菌根菌や菌根の効果についての研究は

---

OGAWA, Makoto : Lauans and Mushrooms-Mycorrhizal Fungi  
生物環境研究所



写真-1 *Shorea* 属の種子

まだ少なく、不明な点も多い。育苗に菌根菌が必要なことや植えた後の生長が菌根の有無に左右されることも専門家の間ではよく知られているが、一般にはまだその大切さがよく理解されていない。熱帯雨林のように植林や保育に手がかけられない所では、可能な限り自然の力、すなわち微生物の力に頼って木を育てる工夫をしなければならない。また、このフタバガキ科の主要種は分布がアジアに限られている所から、菌根の研究もアジアで行う必要がある。東南アジアの国々の研究者と協力し、その活動を助けることが今つよく求められている。とはいえる、熱帯の気候はきびしく、50才を

すぎた体にはこたえる。せめてもう10年も前に働く機会を与えられていたなら、恨み言のひとつもいいたくなるほどである。

### 熱帯雨林のきのこ

きのこは秋のものと思っている我々からみると、あの暑い常夏の国にきのこがぽこぽこ出ているというのは信じがたいことかもしれないが、実際よく出ている。もちろん、晴天が数日続くと、温度が上り、急に乾燥するので、すぐ発生が始まってしまう。熱帯といっても、所によって気象条件がまったく異なるので、きのこの出方もかなりちがうらしい。モンスーン地帯のタイでは雨季と乾季がはっきりしているので、きのこは雨季のものときまっており、おいしいシロアリタケも夏から秋に限って出てくる。一方、熱帯雨林の広がるボルネオ島などでは年中雨が降っているので、きのこシーズンがない。強いていえば、9月から4月頃までになるという。

サルノコシカケのような硬いきのこはそれほどでもないが、傘形のやわらかきのこの場合は、小さいうちからほとんど虫喰いである。テングタケの仲間などは、出るとすぐ虫の大群におそれれ、2、3日で消えてしまう。標本をつくろうと思ってとっておくと、一晩でカビだらけになり、とけてしまう。そのために胞子をとったり、分離培養するのがむずかしく、実験も思うにまかせない。出てくるきのこの数は少ないが、種類は多く、ざっと見たところ、温帯の常

表-1 フタバガキ科天然林のきのこ, 1991年  
(種小名は日本産をあてたもの)

菌根菌	材・リター分解菌
<i>Amanita spissacea</i>	<i>Trichaptum</i> sp.
<i>Amanita vaginata</i>	<i>Bierkandera</i> sp.
<i>Amanita</i> sp.	<i>Fomes</i> sp.
<i>Russula virescens</i>	<i>Panus</i> sp.
<i>Russula</i> sp.	<i>Ganoderma</i> sp.
<i>Russula vesca</i>	<i>Ganoderma</i> sp.
<i>Russula cyanoxantha</i>	<i>Microporus</i> sp.
<i>Russula foetens</i>	<i>Microporous</i> sp.
<i>Scleroderma columnare</i>	<i>Stereum</i> sp.
<i>Boletellus</i> sp.	<i>Exidia</i> sp.
<i>Xerocomus</i> sp.	<i>Pycnoporous coccineus</i>
	<i>Auricularia auricula</i>
	<i>Microstoma</i> sp.
	<i>Helvella</i> sp.
	<i>Polyporellus</i> sp.

緑広葉樹林のきのこ相によく似ている。木材腐朽菌の中では小形のウチワタケの仲間が多く、大きいサルノコシカケの類は比較的少ない。目についたものとしてはマンネンタケ、マメザヤタケの仲間や太い材に出ているキクラゲがあった。また、生長の速いマカラシガの材からはヒイロタケやアラゲカワキタケなども出ていた。うまく扱えば、おそらく、この材はきのこ栽培に使えることだろう。

温帯の常緑樹林にくらべて、落ち葉を分解するきのこの種類は少なく、白ぐされした落ち葉も少ない。多いのは小さなきのことかたい根状菌系束をつくるホウライタケの仲間やオチバタケの類である。全体に落ち葉や枝のくさりが速く、有機物層が浅いので、大きいコロニーをつくって、ゆっくり広がるカレバタケの仲間が少なく、ハラタケの類もごく小さい。おそらく、落葉分解の主役は細菌とかび、小動物で、分解様式は温帯とかなりちがっているようにみえた。事実、日本の土に比べて有機物がなく、土がやせている割には土壤微生物相がゆたかで、細菌が多く、分解力も高かった。

フタバガキ科の木の下を探すと、菌根性のきのこが見つかるが、その数は少なく、表層の土を掘って調べてみても、菌根の量も少ない。定面積あたりの菌根の量は多少乾きやすい尾根や水はけの良い所に多く、湿った斜面や平坦地などには少なかった。おそらく、菌根の重要さの度合が場所によって異なるものと思われた。というのも、熱帯雨林では落葉分解が速くすむので、植物の根

が落ち葉の直下に集まり、分解し水にとけた養分をすぐ吸収してしまうらしい。毎日、きまつて豪雨が降るので、地表はいつも濡れており、水が動いている。樹木はまるで水耕栽培されているようで、菌根をほとんど必要としていないかにみえた。ただし、これは大木が茂る成木林のことである。

出てくる菌根菌の種類を並べてみると、見たことのある種類が多い。もっともほとんどが未同定のために、未だ種組成を比較するところまでいたっていない。クリ林や広葉樹林の菌根菌を調べたことがあるが、*Scleroderma*, *Laccaria*, *Amanita*, *Russula*, *Boletus*など、主な属が共通している。おそらく、よく調べると、シイ・カシ林や雑木林のものと共通する種や変種が多いことだろう。このことは菌根菌の分布や共生関係の進化を考える上でもおもしろい。

### 菌根菌、スクレロデルマ

1989年の2月、インドネシア、東カリマンタン州サマリンダのムラワルマン大学を訪れた。ここでは熱帯降雨林研究計画がJICAの手で進められており、日本人研究者も常駐している。研究所へ出向いた最初の日、当時のチームリーダー、鈴木進さんに苗畠を案内してもらった。苗畠の隅に2年ほどたった*Shorea*の木立があって、そこに運よくニセショウロ目の*Scleroderma columnare*というきのこが出ていた。この*Scleroderma*の仲間は広葉樹の苗や若木に菌根をつくる性質があって、日本でもシイなどの木立やクリ園などでよく見かける。

きのこは厚い皮の袋状で、短かい柄があり、袋の中に胞子ができる。胞子が熟すと、灰色の粉状になってとびちる。胞子に小さなとげがあるので、水に浮きやすく、雨の多い所では雨水に運ばれて根につくらしい。



写真-2 *Scleroderma columnare* の子実体

土の中ではよく発達した白い根状菌糸束をつくり、根にそって伸びながら典型的な外生菌根をつくる。菌糸は根の表面をしっかりとおおって菌鞘をつくり、皮層細胞の間隙まで侵入してハルティヒネットをつくる。菌糸と植物の細胞は密着しており、水や養分の移動が行われている。この菌がつくと、フタバガキ科樹

木の枝はげしく枝分れして、よく生長し、根の量もふえる。菌糸が死ぬと、菌根も黒くなってしましおれ、1~2年たつと消える。

この仲間は温帯では春から夏に子実体をつくる性質がある、どちらかといえば、春のきのことして知られている。そのような性質が残っているせいか、シーズンの変化が少ない熱帯でも2~3月に出る

くせがある。子実体をつくる温度条件は現地の地中や地表温度からみて、おそらく30度前後なのだろう。子実体のでき方は温度よりもむしろ雨量に左右されるらしく、春の雨が比較的多い時期に出る。3年を通じて、いずれも大雨か長雨のあと1週間から10日で若い子実体が見つかっている。

フタバガキ科樹木の苗に菌根菌を接種するとな

ると、まず接種源となる胞子か菌糸を大量に手に入れなければならない。胞子をとるために若い林分をつくり、灌水などで条件をコントロールし、きのこをつくる必要がある。苗を育てようとすれば、いわゆるきのこ栽培から始めなければならないという次第である。今の所、子実体の組織や胞子から菌糸を分離培養しようとしているが、菌糸を大量培養するまでにはいたっていない。

*S. columnare* のほかにも苗の根に菌根をつくる種類がいくつかあるが、いずれも傘形のきのこで胞子がとび散りやすく、実用にはならない。カレバキツ

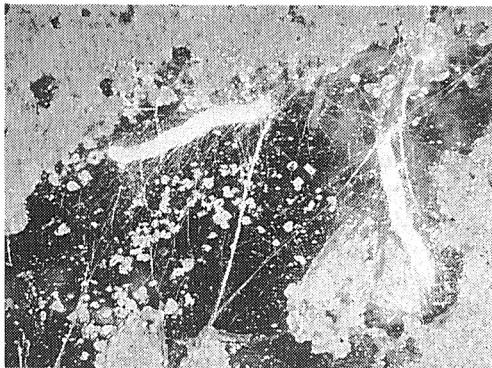


写真-3 *Shorea* にできた *Scleroderma columnare* の菌根

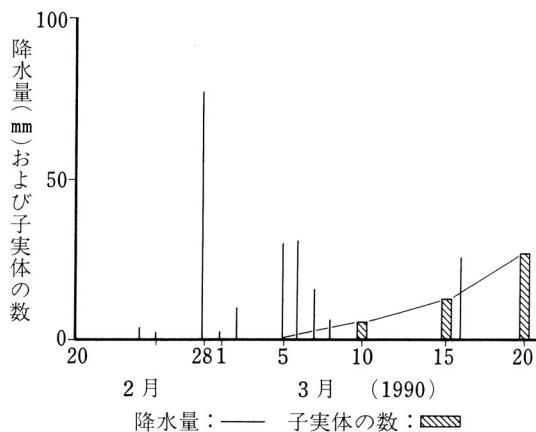


図-1 *Scleroderma columnare* の子実体発生と雨量の関係

表-2 *Scleroderma columnare*(A)と*Laccaria vinaceoavellanea*(B)の寄主範囲

樹種	菌根(A)	子実体(A)	菌根(B)	子実体(B)
<i>Dryobalanops lanceolata</i>	—	+	+	+
<i>Dryobalanops</i> sp.	+	—	—	—
<i>Shorea leprosula</i>	+	+	—	—
<i>S. parvifolia</i>	+	+	+	—
<i>S. smithiana</i>	+	+	—	—
<i>S. lamellata</i>	+	+	—	—
<i>S. ovalis</i>	+	+	—	—
<i>S. macrophylla</i>	+	+	—	—
<i>S. seminis</i>	—	+	—	—
<i>S. pinanga</i>	—	+	—	—
<i>Hopea mengarawan</i>	+	+	—	—

＋は菌根か子実体が見つかったもの；－は見つからないもの

ネタケやツルタケダマシ、カバイロツルタケ、カワリハツなどの菌根菌はいずれも分離培養がむずかしく、菌糸の生長もおそいので、ほとんど使いものにならないだろう。

### 菌根菌をつける

*S. columnare* が菌根をつくる相手の幅は広く、表-2 に示したように確認できただけでも 15 種に及んでいる。苗や若木の根にこの菌以外の菌根がほとんど見当たらないことから、フタバガキ科の若木の根はほとんどこの菌で占められていると思われる。シイ、カシ、クリ、コナラなどの苗の根も同じ仲間の *S. cepa* とキツネタケの菌根に占められていることからみても、若木につく菌の種類はかなり限られていると思われる。寄主選択性が弱いという点からも、*S. columnare* の実用性は高い。

苗に菌を接種する方法はいたって簡単である。実験的には B 層の土をとて、オートクレーブかガスで殺菌し、ポットにつめ、種子をまく。一方、きのこをホモジナイザーで碎き、水でうすめた胞子懸濁液をつくり、種子が発芽した後で根元に一定量まく。菌根ができるのは発芽 3~4 週間後で、この頃になると、苗の生長に差が現われ始める。もっとも、熱帯ではうっかり土壤殺菌すると、逆に生長が速いかびやバクテリアが大発生し、根腐れを起こすことが多いので、厳密な実験以外、土壤殺菌をしない方がよい。

実用的には少ない胞子を可能なかぎり有効に使うために胞子や菌糸を何らかの資材に固定吸着する必要がある。例えば炭のように胞子が発芽しやすく、根

表-3 天然林に近い苗畑における *Scleroderma columnare* の自然感染率

	<i>Shorea seminis</i> 7か月稚樹	40日	<i>Dryobalanops</i> sp. 6か月稚樹	48日	<i>Shorea parvifolia</i> 7か月稚樹
自然感染率	68%	0%	35%	0%	97%
菌根の量					
0	32% (23.2 cm)	—	65% (21.1 cm)	—	3% (26.0 cm)
+	57% (27.2 cm)	—	19% (43.2 cm)	—	36% (35.2 cm)
++	7% (29.0 cm)	—	16% (51.2 cm)	—	42% (35.5 cm)
+++	4% (25.0 cm)	—	0%	—	19% (32.5 cm)

注: ( ) は稚樹の高さ

が発生しやすい素材に胞子をつけておき、根が近づいたら直ちに胞子が発芽して菌根をつくるといった工夫をする。

このようにして人工的に菌を接種し、弱光下（自然光の1/2程度）で育てる、3か月後には100% 近い感染率になる。自然光のままでは樹種によって異なるが、苗の生長も悪く、菌根の形成率も低い。自然光の15%程度の暗さにおくと、苗の地上部はよく生長するが、菌根の形成率は低かった。また、6か月以上にたつと、近くに天然林があれば自然感染が起り、無接種の場合でも菌根ができることがある。

もっと簡単な菌の接種法は山の表土、深さ20センチまでの土をポットに使うか、落ち葉の入ったA層の土を10%程培土にまぜる方法である。この方法では発芽1か月後でも菌根が見られず、3か月頃から菌根ができ始める。樹種によって異なるが、表に示すように、多い場合は60~65%，少ない場合は35%どまりである。このような菌を無差別に林地へ植えると、生長むらが生じて、2, 3年以内に枯死するものが多く、これまでの経験では種によっては生存率が50%以下になることもある。

### 菌根は有効か

日本のような自然条件に恵まれた所では、ことさら菌を接種しなくても木が育つことから、また純粋培養でもよく植物が育つという事実からも菌根の役割が軽く見られがちだった。しかし、半砂漠地帯や亜高山帯などの自然条件のきびしい所や元来菌根菌の種類も量も少ない熱帯や南半球では菌根菌の存在は木が育つための必須条件である。

20世紀の初頭以来、樹木の根にきのこの菌糸について、養水分、とくにリンなどのミネラルの吸収を助け、菌鞘で若い根をつつんで、根面を病気や乾燥、

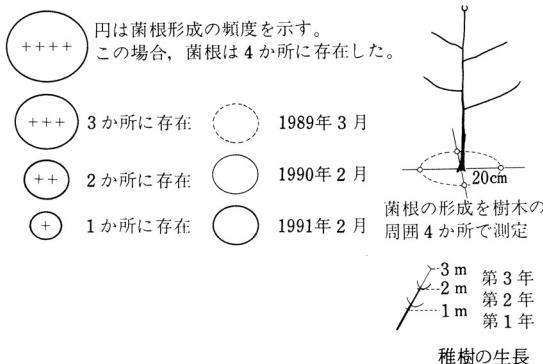
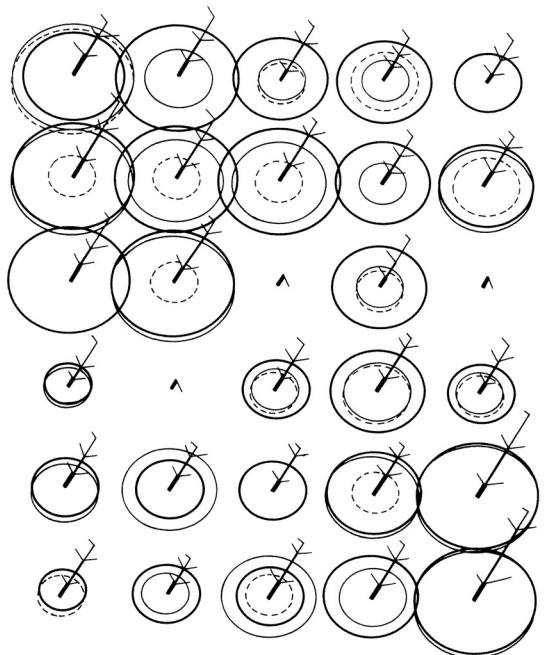


図-2 樹木の生長と菌根の形成 (*Shorea parvifolia*)  
▲：稚樹は1年後に枯れた。菌根の形成は*Shorea smithiana*の林分にくらべおそらく始まった。

菌根の形からみて、多分、スクレロデルマのものと話しておいたら、翌年1990年の春には生長の良い木の根元からきのこが出ており、予想が適中した。

凍結などから守るという事実はよく知られるようになった。フタバガキ科の樹木についてまだ詳しい研究例が少ないが、菌根の形やその生態からみて、同じような役割があるものと思われる。

ムラワルマン大学の苗畑で育てた苗を1988年6月にJICAのメンバーが定植した若い林分があった。1989年3月に見ると、樹種によって生長差が大きく、生存率にもちがいがあった。おそらく、菌根の形成状態に差があったのだろうと予測して、若木の根元の土を4点選んで掘りとり、菌根の有無をしらべた。すると、木の生長量と菌根の形成頻度にみごとな対応が見られ、菌根のない苗は枯死寸前だった。念のために、よく育った木の根をほりあげると、根に沿って菌根がついており、ほとんどの細根が菌根化し、菌のないものは黒くなってしまっていた。

3か年にわたって生長量と菌根の形成頻度をしらべたところ、苗の状態で菌をもつていた木から次第に周辺の根に菌がうつり、感染して菌根が形成されると急速に生長がよくなることもわかった。1991年には菌根のなかった木がほとんどの枯死し、菌のついたものだけが健全に生長しつづけ、下草を抑えるほどになった。

#### この植栽実験でわかったこと

とは次の通りである。人工林化しようとする2次林や裸地の表土はうすく、ほとんど例外なく貧栄養状態で、空中チッ素固定菌や菌根菌などの微生物の助けがなければ、とても育ちそうにない所が多い。まして日射が強いので、樹種によっては全滅する場合もある。菌根のつきにくい樹種になると、枯死率が高く、生長がおそいと下草にやられてしまう。このような場所に植える際は、養分吸収がよく、早く生長して下草との競争に勝たなければならない。何しろイネ科の雑草アランアランの生長が早く、3か月に1回下刈りをしなければならないほどだからである。

菌根を上手につければ、このような難問をいくらか解決することができそうに見える。菌根をしっかりとつけた苗の根系は細根が多く、菌糸が根を完全につぶんでいるので、枯死する率が低い。したがって活着率も高く、植えると、すぐ根系が広がるように見える。地上部の生長もよく、葉量も多いので、陽かけができやすく、アランアランがかなり早く消える。より早く、雑草を抑えようと思えば、早生樹種との混植なども考える必要がある。ことにフタバガキ科と共に通する菌根菌をもつユーカリなどが良いかもしない。

菌根菌についてもうひとつ重要な事柄がある。それは木の生長にともなって菌根菌の種類がかわるという事実である。林齡にともなってマツ林のきのこ相に遷移が見られることはよく知られており、クリ畠などでも同様の現象がみられる。フタバガキ科の場合もきのこを採集してみると、同じことがあるように思われる。

苗や若木につくスクレロデルマやカレバキツネタケなどの菌根は主根にもで



写真-4 植栽試験中の *Shorea* 若木。菌根形成の有無により生長に差がでている

きる性質があって、根にそって広がりやすい。しかし、林分の大半がこれらの菌でおおわれ、菌根が消えはじめると、次にテングタケやベニタケなど、根状菌糸束をつくって移動する性質をもった菌根菌がふえる。事実、フタバガキの若い植栽地では上の2種が優占しているが、成木林ではこの2種は姿を消し、テングタケやベニタケ、イグチの類などがふえ、種類数もふえる。

成木林の中で倒木の跡などに、いわゆるギャップ更新が起り、若木が育っていることがある。しかし、根をみると、菌根が少なく、数年で消えるという。実際フタバガキの天然林には中齢木がなく、若い芽生えも少ない。菌根菌の種類が林齡で異なるので、育たないのではという人もいるが、まだくわしいことはわからない。もし、このようなサクセッションがあるとすれば、人工林をつくる際にも表層土壤のとり扱いなど、かなり注意を要するよう思う。単に苗に菌根をつけて植えれば万事終了というわけにはいかない。

### おわりに

フタバガキ科には種が多く、ひとつの林分の中に10数種がいりまじってはえている。1種類だけの純林に近いところも焼畑の跡地などにはあるそうだが、まったくの天然林はない。一口にフタバガキ科といっても、ひどく性質が異なるので、人工植栽を試みる場合はその性質をよく知っていなければならない。用材価値からはもちろんのこと、生長のしやすさ、種子のつきやすさ、発芽の容易さ、菌根のつきやすさなど、とり扱いの楽さも目安にして樹種を選ばなければならない。今の所、数種のものが適当と考えられているが、まだ植栽実験の例も少なく、カリマンタンで適当なものがジャワやスマトラで良いかどうかわからない。タイ、フィリピン、マレーシアとなると、それぞれに適当な種類があり、ちがったきのこがついている。気象、土壤などだけでなく、森林の生物相も大きくちがっているので、1か所の例だけですべてをおし量るのは危険もある。

熱帯雨林の再生といえば、地球環境保全のためとかっこうよく聞えるかもしないが、実験現場に立ってみると、これから始めなければならないことばかりである。環境や生物相の基礎研究も必要だが、それ以上に植えて育てるという、もっとむずかしい、もっと大切な仕事が待ちうけている。熱帯の森林で研究に従事する人にお願いしたいことがひとつある。それは自分の興味を満足させるテーマに汲々とすることなく、現地の人の声をよく聞いて、今必要とされる技術をひとつでもふたつでも試してほしいということである。研究は己れのためにするものではなく、ひとのためにするものであることを思い出してほしいのである。