

海外農業開発

MONTHLY BULLETIN OVERSEAS AGRICULTURAL DEVELOPMENT NEWS

1 9 9 8 4

目次

1998-4

熱帯野鼠情報

ボルネオ島に生息するネズミ類・その他の哺乳類（上） 1

砂漠緑化に共生微生物と炭を使う 10

「海外農林業開発協力促進事業」制度のご案内 18



ボルネオ島に生息するネズミ類。その他の哺乳類（上）

国際協力事業団海外派遣専門家

*
安間 繁樹

▷島の概況◁

「Tropical Rain Forest」。この言い方は、従来「熱帯降雨林」と訳されるのが普通であったが、雨は世界中の広い範囲で降るので、最近はその量の多さが森林を特徴づけているという視点から「熱帯多雨林」の呼称に統一される傾向にある。

テレビ、新聞などのマスコミが一般に熱帯林という場合、それが熱帯多雨林の意味だと解しても、ほとんど間違いない。「地球の水がめ」「酸素の供給源」「遺伝子資源の宝庫」といった表現も、熱帯多雨林を指している。

しかし、この型の森林は低地混交フタバガキ林と呼ばれるもので、実際には違った型の森林も存在する。ボルネオ島はアジアのなかで最も開発の遅れた地域といわれるが、厳密に言えば手つかずの森林はない。北部のニア洞窟からは約4万年前のホモ・サピエンスと思われる頭蓋骨が発見され、また、4000年前と推定される数百体の遺体も見つかっている。人間の森林へのかかわりは、第二次大戦後の企業伐採といった新しい話しではないのである。こういった古くからの人間の営みによって、多くが二次林、プランテーション、耕作地、草原に変わってしまったが、そうしたなかでの植生の変化は動物にも大きな影響を与えているに違いない。

ボルネオ島は赤道にまたがる南アジアに位置し、74万平方キロの面積は島としてグリーンランド、ニューギニアに次ぎ世界で3番目に大きい。国の領域は、南4分の3を占めるのがインドネシア領カリマンタン、北側にマレーシア領のサバ、サラワクの2州、そのサラワク州に囲まれるように三重県とほぼ同じ面積のブルネイ国がある。

気候は、年を通じ高温多湿で、平野部の月平均気温は27～28℃だが、日中は30℃を超え、朝方は20℃前後まで下がる。年間降水量は2,500～5,000ミリと場所により大きな違いがみられるが、4月～9月が乾季、10月～翌年3月までが雨季である。

島の全人口は約920万人と推定され、先住民と総称される約200万人のダヤク族のほか、後に移住してきたマレー人、中国人、第二次大戦後にジャワ島やバリ島から移住してきた民族が住んでいる。

動物の生活圏として並べた熱帯植生

	----- 開発による森林の劣化および減少 ----->						
	自然林が存在する地域			自然林がなくなった地域			
	原生林	古い二次林	新しい二次林	プランテーション	屋敷林	草原	住宅地
陸上の森林	熱帯山地林						
	低地混交フタバガキ林 --- 熱帯多雨林 ---						
	石灰岩台地上の低木林						
	超塩基性土壌上の低木林						
	ケランガス --- 熱帯ヒース低木林 ---						
	川岸林 ----- 川沿いに発達した森林 -----						
	海浜植生 ----- 海岸林 -----						
水上の森林	季節による湿地林 ----- 雨季は水に浸る -----			もはや動物の住むことが出来ない地域			
	淡水湿地林						
	泥炭湿地林 ----- 酸性の水 -----						
	汽水林 --- マングローブと陸地の移行部 ---						
	マングローブ ----- 海水 -----						

ウィトモアーの植生区分を参考に筆者が作成

▷陸上の森林◁

いくつかの型に分けられる熱帯林のなかで、最大面積を占めるのは熱帯多雨林だが、かつてのボルネオ島は70%近くがこの熱帯多雨林であった。

熱帯多雨林は、その特徴から学問的には低地混交フタバガキ林と呼ばれ、典型的なものは海岸近くから標高600メートルの高さにまで広がっている。ここではフタバガキ科の樹種が優占し、樹高30メートルから場所によっては70メートルにまで達する。幹は15～37メートルの高さまで枝を付けずにまっすぐ伸び、その上に比較的小さな樹冠を作るので、キノコのような独特の樹型となる。

島内にみるフタバガキ科の樹種は約230に及び、有用樹種も多い。ラワンと呼ばれる馴染みの深い南洋材はすべてフタバガキ科で、今日では建築・家具、合板材としてなくてはならない木になった。ちなみにこのラワンを日本が最初に輸入した先はフィリピンで、現地ではフタバガキ科のなかで特に種類が多いショレア属をラワンと呼ぶため、今日、そのまま南洋材の総称になっている。

(1) 熱帯多雨林

熱帯多雨林のなかには、樹冠がうっぺいして空がまったく見えず、よく晴れた日中でもストロボなしでは写真が撮れないほど暗い。特別に太い木は100メートル歩いても2～3本が目につく程度である。太い幹や枝には、ツタやコケの仲間が絡み張りつき様々な紋様を描き、シダ植物や着生ランは房のように木のまたから垂れ下がっている。

枝から枝をつたうツル植物の多さに比べ、草や地をはうツル植物は少ない。そのため、林床は歩きやすく、稜線以外の傾斜が少ない所はすべてが山道のような印象をうける。乾季の終わりには落葉が積もるが、普段はほとんどない。

雨季にはあらゆる木々が花を咲かせ実をつけるが、種子、果実がほとんどならない年もしばしばある。筆者の経験からこうした現象の発生頻度を類推すると、小豊作は3年か4年ごと、

大豊作は8年から10年ごとである。果実は、ライ、クラントガン、ラオン、ドリアンといったドリアンの野生種、ランブタン、クレダン、ジュンパダなどのほか、筆者には名前も分らない果実がそこかしこに枝もたわわに実っている。

(2) 山地林

標高600から1,200メートルくらいの所もフタバガキ科が優占する低地混交フタバガキ林であるが、標高が増すにつれ樹種が減り樹高も低くなって山地林へと移行していく。

山地林は標高により上部と下部に分けている。1,200～2,000メートルまでが下部で、それより上、3,500メートルの森林限界までが上部である。樹木は矮小化し、樹高は谷筋でも20メートル以内にとどまり、幹の直径が30センチを超えるものは谷筋でなければ見られない。起伏の激しい地表、張り出した根、ねじれ曲がった幹、太い枝などが交錯し、それらのすべてが厚いコケに覆われている。林内で歩を進めようとすればナタが必要になる。

山地林上部は下部に比べて、樹木がさらに矮小化して葉も小さくなり、日本の高山帯のような景観に変わる。

ボルネオ島での植物の成育限界は3,800メートルなので、この標高を唯一超えるキナバル山(4,101メートル)のむき出しになった花崗岩の頂上に立つと、幾重にも重なる熱帯多雨林が眺望できる。

(3) 低木林

- ・ ケランガスとは北欧のヒース灌木林に対して熱帯ヒース低木林を指す現地語であるが、大昔、マングローブのような環境下にあったらしく、森林の土壌は珪素を多く含む貧栄養の真っ白な砂質土壌である。この砂の上を歩くと砂浜にいるような錯覚に陥る。森林全体の構造が単純で、樹高は30メートル以下、太い木は見られず、コケやウツボカズラを除くと下草もほとんどない。
- ・ 石灰岩台地、超塩基性土壌の土地にはわずかな低木林が発達しているが、この地域は有用木がなく、全く利用されていないといってよい。ただ、石灰岩地帯は鍾乳洞が発達するので、洞穴性コウモリ、アナツバメなど、ここをねぐらとする特殊な動物たちの生活圏になっている。
- ・ 川沿いに形成された森林を川岸林というが、現在ではその多くが町や船着場を作る過程でコンクリートや石で固められてしまった。田畑や村を川の侵食から守るために原形を残している所でも、幅30～100メートル程度しかないで、ここでの動物相は貧弱である。
- ・ 海岸林には、オオハマボウ、モクマオウが中心で、前縁にクサトベラが茂る。一見沖縄の海岸を彷彿させる風景である。グンバイヒルガオなどの草花も共通している。

▷水上の森林◁

森林といえば陸上にあるのが常識だが、ボルネオ島では水上にも発達している。季節によってできる湿地林とは異なり一年中水に浸かっているので、ボートでも浮かべなければ林内の移動はままならない。水が常にたまっているのは盆地や高度差のない平坦な地形によるものだが、このような地形ができたのは、一に大きな造山運動を経験せずに島全体が隆起したこと、二に島内の砂岩や頁岩がもろいため侵食された土砂が河川で運ばれ、広大な平野をつくったこと、さらには年降水量が海岸近くで2,500ミリ、山間部で5,000ミリを超すという気候が大きく関係している。

元来、このような所に水上の森林などできるはずもないのだが、長い歴史のなかではこれらいくつかの誕生要因が重なるときがあったのだろう。また、陸上の森林が慢性的な水浸しの状態になり水に強い樹種だけが残ったか、水に適応した樹種が進出したという因果関係も加わっている。

水上の森林には、次にあげるような海水・汽水のもとで発達するか、淡水のもとで発達するものがある。

- ・ 熱帯・亜熱帯地方の大きな川の河口または入江の干潮時に広大な干潟となる泥土にマングローブ林は発達する。温帯地方ならさしずめアシが茂るような環境といえる。高さ30~40メートルに達するマングローブ樹は、干潮時には泥土とともにタコの足のような支柱根や、タケノコのように地下茎から突き出た気根（筍状根）を露出するが、満潮時には水深2メートルにもなり、林縁部では樹冠の一部も水に浸かってしまう。ヒルギ科を主体にハマザクロ科、センダン科などの樹種があり、総称してヒルギの仲間と呼ぶ。ボルネオ島では約50種類を数えるが、個々では数種類の優占種を中心にわずかな種類が見られるにすぎない。
- ・ 海水と淡水が入り混じるマングローブの後背地、または河川の下流域に発達する汽水林には、ニボンヤシ、ラタン（籐）など日本では育たない植物のほか、サキシマスオウノキ、オキナワキョウチクトウ、アダン、オオハマボウ、シマシラキ、ニッパなどが成育し、その植生は八重山諸島に似ている。
- ・ 淡水湿地林は、大きな川沿いに発達しており、土壌は無機質に富み、多くはpH6を上まわる。また、川の水が水源であるため水の動きがバクテリアの働きを活性化させ、高湿下の環境もてつだって植物遺体の分解が早い。ときには泥炭が混じるが、その厚さはせいぜい数センチにとどまる。河川の流量、水深、地形などの条件により成立する森林はタコノキ群落、ヤシ群落、低木林、高木林と違ってくる。乾季、河川に通ずる湖沼の周辺などに多くみられる幾条もの水路を残して陸地化する所を季節的湿地林と呼んでいる。ホテイアオイはこんな林床に成育し、増水時に湖・川へと流れ出す。
- ・ 水はけの悪い熱帯の盆地に泥炭湿地林は発達する。たっぷり雨は降るが水の移動がほとんどなく、常に水浸しの状態という環境下では、倒れた木も空気に触れずバクテリアの影響を受けないので腐敗しない。温帯や寒帯地方の高層湿原の泥炭土は主にミズゴケやスゲ類の遺体で成り立っているが、熱帯のそれはすべてが樹木の遺体で、そのなかに含まれる未分解の木片のうち、地表に近い部分では丸太の形状をとどめているものが多い。これらは通常0.5メートル以上、ブルネイやサラワク州では8~20メートルの厚さに達している。

▷熱帯林内の齧歯類◁

ボルネオ島で記録されている61種の齧歯類のうち、34種がリス科、3種がヤマアラシ科、残る24種がネズミ科である。翼手類の数が92種と齧歯類をうわまわり、齧歯類のなかではリス類がネズミ類より多いのも熱帯林の特徴といえよう。

筆者はネズミ科のうち15種を捕獲している。次にこれらを中心にボルネオ島のネズミ類について述べる。

低地混交フタバガキ林から採集した種は、ミューラークマネズミ *Sundamys muelleri*、オグロクリゲネズミ *Niviventer cremoriventer*、チャイロスタンドトゲネズミ *Maxomys rajah*、アカスダトゲネズミ *Maxomys surfer*、ホワイトヘッドスタンドトゲネズミ

Maxomys whiteheadi、オナガコミネズミ *Leopoldamys sabanus*、ハイイロキネズミ（仮称）*Lenothrix canus*、ヤマネマウス *Chiropodomys gliroides* である。

このタイプの森林ではスダトゲネズミ属が最も多く、なかでもチャイロスダトゲネズミ、次いでアカスダトゲネズミが多い。両種とも茶褐色の背面に白い腹面、尾全体の上が灰色、下面が白色とはっきりした二層に別れ、色、模様とも区別しにくいほど類似している。強い違いをあげれば、前種は褐色が多少黒みを帯び腹の正中線に褐色の筋が入ることが多く、後種は明るい赤褐色で背中色が首の前まで伸び襟巻き模様となっていることが多く、後ろ足のひざの内側まで広がっている。

若い個体では、両種とも背面が灰褐色で模様も一定していないので、外観や測定値での区別は不可能といえる。

カリマンタンの伐採後の若い二次林ではホワイトヘッドスダトゲネズミが優占したが、ブルネイではいずれの森林にも少なかった。背面は前2種に似ているが、本種は若い個体でも腹面がオレンジがかった褐色をしている。外観は、尾が短く全体が多少小柄なので容易に区別できる。

- スダトゲネズミ属は日本のアカネズミやヒメネズミに一見似ているが、生態的にも地上中心という点では同じである。トゲネズミという名前は刺毛の性質に由来するが、この仲間の刺毛はきわめてに固く、指で体毛の部分を逆なでしてみると手に突き刺さるような感触がある。しかし、皮膚は弱いので、完全に成長した個体であっても標本を作る際に注意をしないと皮膚が破れてしまう。この仲間はもともと皮膚が弱いために丈夫な刺毛をもつようになったのか、逆に刺毛を強くしたために皮膚が弱くなってしまったのか、因果関係はわからない。また、このこととの関連性については不明だが、健康な個体でも常にびっしりとダニが付着している。これに比べクマネズミ属の方は、逆なですると刺毛が体毛とともにめくれ上がっていく。

- オナガコミネズミは頭胴長250ミリ、全長650ミリ、体重500グラムを超す大形の大変美しいネズミである。原生林から伐採後年数を経た二次林に多いが、若い二次林では極端に少ない。標高1,200メートルを超す山地林低部にも分布し、ここでは最優占種となっている。地上でも活動するが基本的には樹上性で、キナバル山では地上1～2メートルの高さに敷設された水道パイプも道がわりに使っていた。飼育下ではもっぱら高い位置に設置した巣箱を利用し、貯食性もあった。

本種は見かけに似合わず繊細で、捕獲後の測定時に麻酔をかけないと恐怖でショック死することがあったり、麻酔にはすぐかかるものの少しでもそれがきつくと死んでしまう。朝のトラップ回収の際、一番衰弱しているのは本種で、放逐の際、もたもたして瞬時に逃げないといった習性も他種とは違う。

- オグロクリゲネズミも樹上性で、敏捷である。長い尾をもち白い腹面は通常は黄色味を帯びている。

- ミューラークマネズミは黒っぽい灰色をした体重300グラムに達する大形のネズミで、長い刺毛をもつ。森林性で一般には低山の沢沿いに多いが、若い二次林やプランテーションでも見られる。捕獲したトラップに近づくと一種の威嚇行動なのだろう、チュウチュウとさかんに鳴く。

- ハイイロキネズミはマレー半島にも若干の分布域があるといわれるが、これまでサバ州の

セピロクとキナバル山麓のポリン、サラワク州のクチン近郊で捕獲された記録しかない。文献にはサラワク博物館おかかえの猟師が50年間も探し続けているものの、まだ見つかっていないとの記述がある。

筆者には、このハイイロキネズミをブルネイの国立公園での調査中、幸運にも仕掛けたトラップで1頭捕獲した経験がある。尾の先端3分の1が日本のケナガネズミのように白く、ずんぐりした体型は明らかに普通のネズミと違っていた。全体がふんわりとした軟らかな灰色の毛、腹面が真っ白であるなどの特徴からハイイロキネズミであることを確信し、詳細な調べを進めた結果、やはり本種であったので、すぐには標本にせず、床面積10平方メートル、高さ2メートルのケージで飼育することとした。

3ヵ月の飼育期間を通じての観察で、本種は樹上性であるらしいことがわかった。巣箱は地上ではなく、小屋の高い部分に設置したものを常に利用し、枯れ葉、木の皮、ヤシの木の繊維などを巣材として運び込んでいた。文献によれば低木や落下して地上に横たわる木や枝でも活動しているらしい。ピーナツ、イヌ・ネコ用のペットフード、野菜片など、餌箱にあるものを片っ端から巣箱に運び込み、ねぐらは餌に埋もれる状態になった。

飼育観察の域をでないが、本種はおそらくボルネオ島に生息するネズミ類のなかでは一番貯食性が強いのではないか。また、日中はひたすら眠り続けるが、日没後たっぷり時間が経過した午後8時ごろから午前4時ごろにかけ、多少の休息時を除き、活発に動いている。完全な夜行性である。

- ・ ヤマネマウスは体重15~20グラムの小さなネズミで、低地混交フタバガキ林から山地林低部に分布する。灌木や竹やぶで活動するが、夜行性のため日中は樹洞やタケのなかに潜む。樹上性で、後ろ足親指に大きく発達したひら爪と、他の四本の指が向かい合っているため、枝をつかむだけでなく蔓なども伝い歩きできる。筆者は1頭だけが標高600メートルの川沿いの竹やぶで、枯れて倒れ地上1メートルほどの高さに宙吊り状態になっているタケのなかに潜んでいたのを採集した経験がある。

オオヤマネマウス *Chiropodomys major*、ボルネオヤマネマウス *Chiropodomys murodides*、ボルネオオナガマウス *Haeromys margarettae* も樹洞に住むようだが、数が少なく記録そのものが極端に少ない。

山地林からミヤマオオネズミ（仮称）*Sundamys infraluteus*、オナガクリゲネズミ *Niviventer rapit* を採集した。山地林低部では低地フタバガキ林と共通するオナガコミネズミが優占するが、トラップにはアカスダトゲネズミも掛かった。

- ・ ミヤマオオネズミは頭胴長約30センチ、尾長35センチ、体重600グラムに達するボルネオ島最大のネズミである。背面は黒に近い灰色で、体毛は他の種に比べて軟らかく長い刺毛を持つ。地上性だが数が少なく生態は明らかでない。捕獲したトラップに近づくと威嚇行動らしく盛んに鳴いた。
- ・ オナガクリゲネズミは一見アカスダトゲネズミに似ているが、背面は鮮やかなオレンジ色で尾が長く、その先端2センチはまばらな毛で覆われている。樹上性で低木上でも活動を好む。

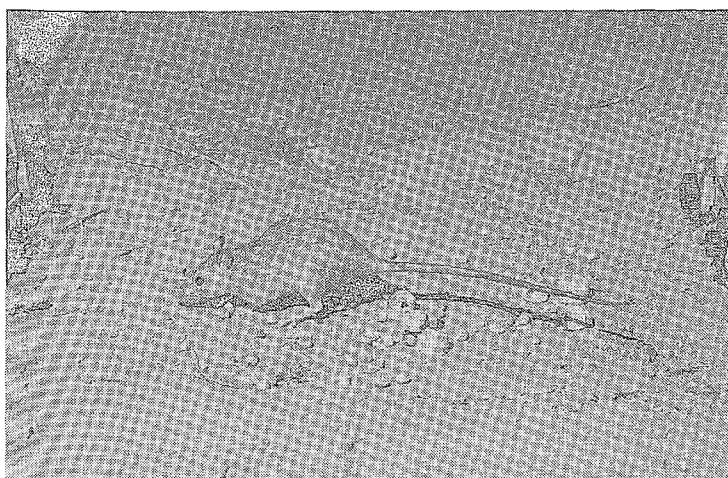
このほか、タカネクマネズミ *Rattus baluensis*、ヤマスダトゲネズミ *Maxomys alticola*、クリハラスダトゲネズミ *Maxomys ochraceiventer*、ヒメスダトゲネズミ *Maxomys baeodon* が山地性のネズミとして知られているが、筆者はまだ捕獲した経験がない。



オナガコミミネズミ
原生林から古い二次林
に生息する森林性、樹
上性のネズミ



ミヤマオオネズミ
ボルネオ島最大のネズ
ミで山地林に住む。地
上性



マレーシアクマネズミ
農村地帯に住む。ブラ
ンテーション、耕作地
に食害を与える

以上、紹介してきたネズミ類は純然たる森林性なので、プランテーションや屋敷林でもまず観察されることはなく、したがって農作物への加害は全くない。

▷農作物への加害種<

次の種類は、原生林や古い二次林には見られないもので、水田、農作物、果樹やオイルパームのプランテーションなどを被害する。ただし、筆者の調査地は種々のタイプの森林で、耕作地はほとんどなかったため、これらのネズミによる農作物への害を明らかにすることはできなかった。

東カリマンタンのマハカム川中流に位置するムンチマイ村での聞き取りでは、例年1月に陸稲の若い穂に被害が出る。筆者が持参した図鑑を見て村人が示す種は、常にトガリネズミかジネズミであった。この小動物が穂先までよじ登って齧るのだという。しかし、食虫類がそのような被害を及ぼすとは考えにくい。

先住民であるダヤック族は約80部族からなるが、彼等のほとんどは小形の食虫類とネズミ類を同類として扱っている。こんな理由もあって、筆者は陸稲の被害者はネズミだと推測している。彼らのいう動物が非常に小さいことが気になるが、調査の機会がなかった。なお、ボルネオ島にカヤネズミの仲間は分布していない。

コメクマネズミ *Rattus argentiventer* やマレーシアクマネズミ *Rattus tiomanicus* はプランテーション、屋敷林、耕作地および農村地帯に分布する。コメクマネズミは人家から離れたバナナのプランテーションや、畑、草地、若い二次林が広がる丘陵地帯で見られた。マレーシアクマネズミは、集落近くの耕作地や草地、灌木林、ケランガスでも捕獲されたことがある。飼育下での本種は、高い位置の巣箱を利用する一方で、地上のブロックの下に穴を掘り、落ち葉を集めて巣を作ったりした。

クマネズミ *Rattus rattus*、ナンヨウネズミ *Rattus exulans* は、プランテーション、屋敷林、耕作地および農村地帯に分布するが、特に農村部の家屋内に多い。

ブルネイでの調査では家屋内のものはすべてナンヨウネズミで、1個の粘着式のトラップに1晩で10頭の若獣が掛かったこともあった。しかし、人家の庭先での捕獲ではクマネズミの方が多く80%を占めた。

筆者が東カリマンタンで1986年7月～94年12月まで利用した研究宿泊施設は、82年に日本政府が無償供与で建てた鉄筋コンクリートの建物であった。一帯は低地混交フタバガキ林であるが、70年代前半に企業による択伐が入り、また、82～83年にかけては大規模な火災に見舞われた二次林である。すぐ近くを国道が走るが周囲に家屋はない。

研究宿泊施設の屋内ではクマネズミとナンヨウネズミが普通に見られたが、両種が同時に捕れる年はほとんどない。ある年はナンヨウネズミ、ある年はクマネズミというように分かれる傾向から、両種には何らかの種間関係があるようだ。加えて、ネズミは年々利口になっていく。ある年には同じトラップで同じ餌を使って何頭も捕獲できたのに、翌年はまったく捕獲できないのである。何らかの形で知恵が伝達されているものと推量される。両種はいわゆる家ネズミだが、研究宿泊所の敷地では専らクマネズミだけが捕獲された。ドブネズミ *Rattus norvegicus* の多い港湾地域ではあまり見かけない。

クリイロハツカネズミ *Mus castaneus* は農家の家屋内、オキナワハツカネズミ *Mus caroli* は耕作地などに生息するといわれるが、筆者の調査中は捕獲できなかった。

バリクパパン、サマリンダの港湾近くや川沿いのパサール（市場）で見られるのはすべてドブネズミである。このような環境ではジャコウネズミ *Suncus murinus* も普通に見られる。ドブネズミは市街地の商店の少ない住宅地でも生息しているのだろうが、住宅地で確認したものはすべてクマネズミであった。

ブルネイの首都バンダルスリブガワンには水上家屋が発達している。ここの家屋下の泥地で残飯や流れ着いた生ものを喰いあさっているのはすべてドブネズミである。干潮時であれば日中でも普通に見られるが、潮が満ちてくると護岸に掘った坑道または家屋の杭の隙間などに潜むようだ。家と家を結ぶ橋や家屋内の床にトラップを設置すれば捕獲できる。

マングローブ、汽水林、湿地林、泥炭湿地林など水上にできた森林は、地表が常に水に被われ、動物が生息できない環境だからネズミ類も生息していない。調査の限りでは樹上性のネズミもみられなかった。

そんななか、ブルネイ湾に浮かぶマングローブの島、セリロン島だけには唯一クマネズミとミューラークマネズミが定住している。ここは国定森林保護区で、全長2.5キロの木道が94年に完成、林業局の許可を得れば日帰りツアーが可能になった。ついですが、この木道は満潮時でも水につからない高さにあるので、労せずしてマングローブの景観を堪能できる。

セリロン島のネズミは工事の資材に紛れて侵入したと想像される。記号放逐による調査を試みた結果、クマネズミとミューラークマネズミの割合はおよそ7対3であった。両種は基本的には木道上だけで生活し、両側の森林の利用はわずかである。木道の先端で捕獲した個体を反対側の先端で放逐しても、2.5キロの木道全域を知り尽くしているといわんばかりに瞬時に戻ってしまう。夜間は主に観光客の食べ残しなどを漁っているが、それだけでは十分でない。ヒルギの果実なども食べているのではないか。日中はハウガンヒルギの幹にできた空洞に潜むか、水没しない泥塚に掘った坑道に潜んでいる。

彼らが積極的に泳ぐとは考えにくいですが、筆者が食料調達のために川に設置した刺し網に有毒のマングローブヘビが掛かったことがある。なぜこのような事態が生じたのか調べてみると、まず川を泳いでいたクマネズミが網に掛かり、これを捕食していたヘビが身動きできなくなったという因果関係であった。この例が示すように何かのおりには泳ぐのであろう。

セリロン島のクマネズミのすべてがなぜ強い黒色をしているかについては、今のところ不明である。同島の一部にはこれらのネズミのほか、テングザル、マレーヒョケザルが生息し、バナナリスの侵入もみられる。また、コウモリ類は植物食、昆虫食を含め10種類近くが生息している。

*略歴

1944年、中国内モンゴルに生まれる。東京大学大学院農学系研究課博士課程終了。専攻は哺乳動物生態学（農学博士）。国際協力事業団（JICA）の海外派遣専門家として1986年～94年までボルネオ島のインドネシア東カリマンタン州に、95年～97年まで同島北部のブルネイで調査研究に携わる。現在（98年3月より）JICA 海外派遣専門家として同島のマレーシアサバ州に滞在。

砂漠緑化に共生微生物と炭を使う

(株)関西総合環境センター生物環境研究所

所長（農学博士） 小川 眞

ここに紹介する荒廃地や砂漠地の共生微生物による緑化技術のいくつかはまだ実験段階にすぎず、実際それらの土地に適用した例はない。ここでは共生微生物の緑化に対する効果のメカニズムと、実際に荒廃地や砂漠地に適用する場合の具体的な方法を紹介する。

1. 植物と微生物の共生とその進化

(1) かびと植物の共生とその進化

この地球上に生命体が現れたのは35～37億年前のこと、その後陸上に生物が上がってくるまでに、ほぼ30億年の歳月が必要だった。水中から陸に上がった植物が生活するためには絶えず水や栄養を吸収する地下部器官の根と乾燥、熱、凍結、紫外線などに耐える強い地上部器官の茎や枝と光合成できる葉が必要だった。

植物が生まれるはるか以前に繁殖していた微生物のなかには独立栄養生活をするものもいたが、そのほとんどは死んだ他の生物の遺体を分解したり、他の生物体を殺して栄養をとる寄生的な性質の強いものだった。恐らく地上に上がった原始的な植物も地中にある根の部分から微生物の攻撃を受け、大半が絶滅したことだろう。生き残った植物は強い抵抗力を備えたものか、役に立つ微生物を共生させたものだけだったと思われる。植物を攻撃する微生物の側も、相手をすべて殺してしまえば共倒れに陥る。長い試行錯誤を経て水やリンを吸収し、根を病気から守る働きを持っているVA菌根菌（VAM菌）のような共生菌を付けたものだけが生き残ったとも考えられる。もちろん水辺や水生植物のように、共生菌を必要としないものも多かった。

事実、VA菌（VAM）の痕跡は3億7,000年前のシダ植物の化石に残っており、その形は現在のもので変わらないという。おそらく植物の祖先のいくつかはVA菌根菌のグループとかなり早く共生状態に達し、それに助けられて進化しながらテリトリーを広げていったものと思われる。菌の方も乾燥や高温、土壌の変化に適応し、厚い膜を持った多核体の大きな胞子をつくるようになった。ただし植物に比べて形態的にはほとんど進化しなかったようにみえる。

もう一つの古いタイプの共生が地衣類である。水辺に藻が育つと潮の干満や乾燥によって藻が死に、細菌やかびが付いて腐る。そのなかに水や栄養を吸収して送るかびが現れ、死にかけた藻類を助けたかも知れない。今も地衣類は藻とかびの共生体として乾燥の著しい地域や岩、樹上などに広がっている。

(2) きのこと樹木の共生

VA 菌根のような共生が成立したのはデボン紀と思われ、それ以降しばらく新しい共生現象の発生が見られない。二畳紀からジュラ紀の大森林時代には温度が高く水も豊富で、陸上には植物、ことに大木が繁茂したといわれている。この時代の樹木や森林の遺物が、現在の石炭や石油のもとになっていった。おそらく、動物やきのこのような分解者のグループがまだ少なかった時代のことと思われる。

大量の木材が分解しないまま地中にたまと、空気中の酸素の量が増え、二酸化炭素の分圧が下がる。酵素を必要とする分解者が次第に増え、植物の遺体もガスや無機物に変わり、物質循環が作動しはじめる。同時に酸素が多いと火事が頻発し、森林の消失はさらに早くなる。動植物を殺す生物も増え、あらゆる生き物が多数の子孫を残すために繁殖器官を発達させ、寿命も短くなっていったのだろう。

白亜紀に入ると恐竜の時代が終わり、植物の種類も大きく変化した。現在繁茂している針葉樹や広葉樹の大半は、白亜紀の中頃に進化しはじめたものである。不思議なことに、この時代に現れたマツ、ブナ、カバノキ、ヤナギ、フタバガキ、フトモモ科などの植物は例外なくきのこと外生菌根をつくって共生している。

外生菌根をつくるきのこも、木材や落葉を腐らせる仲間から進化したらしく、木材の成長を抑える働きをするものは1例もない。いずれも土のなかから水と水に溶けたリン、カリその他のミネラルを吸収する働きをもっており、細根の表面を厚い菌糸で覆うことによって根を乾燥や凍結から守る性質を持っている。これらの植物は菌の働きのおかげで地球上の、ことに北半球の乾燥地や寒冷地、高山などにも広がることができたのである。一方、この外生菌根菌は熱帯や南半球には少なく、わずかにユーカリ、ノトファグス、フタバガキ科などに共生する種類がある。このことから現在の大陸の位置がほぼ決まったころから、きのこが進化し、分布域を広げたものと思われる。

(3) 細菌や放線菌との共生

空中窒素を固定する細菌のリゾビウムなどが共生して根粒を作るマメ科の植物や、放線菌のフランキアが付いてサンゴ状の根粒に似た放線菌根をつくるヤマモモやハンノキ、モクマオウの仲間も白亜紀に生まれたものらしく、それ以後、細菌の助けを借りて地球上に広がった。マメ科植物のなかには、根粒菌を持たないものもあるが、その多くは同時に VA 菌根を持っている。

アフリカでは VAM 菌の代わりにきのこと共生するものがあるなど、共生の仕方も変化に富んでいる。おそらく、最初は土の中で非共生的に空中窒素を固定してきた細菌が、特定の植物の根の周辺で栄養をとりながら生き残り、受け入れる能力のある植物だけが細菌を取り込んで根粒をつくるようになったと思われる。空中窒素を固定する微生物をもっている植物は、ほぼ例外なくリンやカリを吸収する VA 菌根菌が外生菌根をつくるきのこと共生しており、三重共生している。植物が炭素を、菌根菌がリンを、細菌が窒素を供給し、お互いに助け合って生きている。その働きのために、これらの植物は荒廃地や半砂漠、海岸などでも強く、緑化植物として従来からよく用いられてきた。

(4) 植物が菌に頼る新しい共生

現在の草本植物の大半は VA 菌根を付けるか、菌根を全く付けないグループに属している。ただし、きれいな花をつけるツツジとラン科の植物は、例外なく内生菌根を付けてかびやきのこと共生している。これらの菌はリゾクトニアなどのかびか、子のう菌や担子菌類に属するきので、本来木材や落葉を分解する菌である。これらの菌根では外生菌根と違って、菌が分解吸収した炭水化物を植物に送るという特徴がある。ことに幼植物の間は、菌が養っている場合が多い。植物が十分光合成できるようになると、菌が水や養分を吸収して送るので、ランやツツジなどの類は樹上や岩盤の上でも成長できるのである。ランの中には葉緑素をもたないグループもあるが、これらの仲間は生涯を通じて菌に養われている。このツツジやランに見られる共生は最も新しく生まれたもので、今も進化しているように思われる。

以上のように植物と微生物の間には様々な共生のタイプがあって、その内容もそれぞれ異なっている。しかし、共生現象が発生した時期は地球の歴史の上でもかなり限られており、その時期は大きく変化する環境に生物が適応し、可能な限り生き残ろうとする時期だったように見える。共生型の生活方法をいち早く身につけ、生活法を変えたものだけが生き残り、次の時代に繁栄するといえるかも知れない。ただし、共生状態に到達するためには、本来生物がもっている繁殖力が、栄養摂取方法、寿命などを大きく変える必要がある。また、共生の相手が絶滅すれば共倒れになる可能性も高く、共生というのは決して楽な生き方ではない。

2. 共生微生物の利用

ここでは共生微生物の中から砂漠緑化が乾燥地の農業に役立つと思われる代表的なもの、根粒菌の *Rhizobium*、放線菌の *Frankia*、VAM 菌、外生菌根をつくるきのこなどを取り上げ、それぞれの利用方法について紹介する。

(1) 根粒菌、リゾビウム *Rhizobium*

マメ科植物の根には通常 *Rhizobium* や *Bradyrhizobium* などの根粒菌が共生して根粒をつくり、空中窒素を固定している。マメ科植物の中にはダイズ、エンドウ、インゲンマメなどの穀類やクローバー、ルーピンなどの牧草、ハギやエニシダのような緑化や鑑賞用の種類、アカシアなどの木材やタンニン、パルプを生産するものが数多く含まれており、古くから人の暮らしと密接につながってきた。

根粒が形成され空中窒素が固定されることもよく知られているが、これらの細菌が農林業の場面で広く利用された例は少ない。なぜなら通常、在来の細菌が容易に感染するので接種の必要がなく、肥料を与えると根粒ができなくても十分栽培できたためである。しかし、元来その土地にマメ科植物がない場所や、表土が流れてしまった所などでは菌を導入する必要性が生じており、リン酸欠乏の酸性土壌にマメ類を栽培する場合は VAM 菌の接種もしなければならない。ただし、これらの地域でもいったん土壌に有効な共生微生物が定着すれば、一作ごとに接種する必要はなくなる。

根粒の形は宿主の植物の種によって異なっているが、根粒菌の種類は植物のグループごとに共通しており、これを交互接種群と呼んでいる。根粒の中には空中窒素固定能力のあるものもないものがある。前者には赤い色素のヘモグロビンが含まれているので内部は赤く、後者は白い。

Rhizobium などの根粒菌を取り出す場合はこの色を見て赤いものを選び、表面をよく洗ってアルコールなどで消毒し、根粒をすりつぶして懸濁液をつくる。これを根粒菌分離用の培地にまいて、*Rhizobium* のコロニーを育て、さらに菌を純化するために植えかえを繰り返す。菌が単離できた段階で菌体を培養し、目的とする植物、例えばダイズなどに接種する。根粒菌は水や空気によって容易に飛ぶので、接種後は注意して管理する。

テストしたものの中から効果の大きかったものを選び、その菌体をジャーファーメンターなどで大量培養する。根粒菌は弱アルカリ性の炭やゼオライトなどの多孔質の物質を好むので、それに吸着させる。炭は低温で炭化した黒炭よりも白炭の方がよく、表面をアルギン酸ソーダなどで包み固定すると長期間保存できる。*Rhizobium* の細胞は炭の表面に張り付いてしっかりと固定されるので水で流されることがない。

この接種源をニセアカシア、ハギなどに与えると大きな成長促進効果が見られた。また緑化用のニセアカシアの苗に接種すると、対象に比べて苗高で10倍、重量でも8倍近くなり、窒素を化学肥料の形で与えたものよりもかなり大きくなった。また、根粒菌と同時に VAM 菌をニセアカシアの苗に接種すると効果はさらに大きくなり、根粒を単独接種したものに比べて成長量が約倍になった。全く無接種のものは成長できず、数カ月後に枯死した。

野外にハギを植える際に根粒菌を接種し、木炭粉を植穴の上に混ぜておくと、根粒菌の感染率と初期成長がよくなった。ただし野外では VAM 菌も多く、植栽後3年目には無接種のものでもかなりよく成長した。したがって緑化にこれらの共生微生物を用いる場合は活着率と初期成長を促し、早く根系を発達させる必要がある場所、例えば乾燥地や荒地で効果が現れやすいと思われる。

(2) 放線菌、フランキア *Frankia*

細菌に近いが、細胞が糸状に成長する放線菌のなかに、フランキアという特殊なグループがある。この菌は今のところフランキアと総称されているが、宿主植物が異なると菌の性質も多少違うところから、多くの系統または未知の種があると思われる。

菌が根の細胞内に入ると根の成長が抑えられて枝分かれが激しくなり、太く短い根が集まったサンゴ状のものができる。これを放線菌根、*Actinorrhiza* ともいう。菌体は放線菌根の細胞のなかに広がり、細胞内に充満する。ここで空中窒素を固定するが、その働きはマメ科の植物の場合ほど大きくはない。

マメ科植物の場合とほぼ同じ方法で、フランキアを取り出し培養することもできるが、成長がきわめて遅く十分な菌体を得るのに数カ月かかる。これも同じように炭を好むので炭の粉を入れて培養し、吸着させる。

この接種源をヤマモモの根に接種すると大きな成長促進効果が見られたが、効果のある菌の系統はきわめて少なかった。またヤマモモからとった菌がヤシャブシやハンノキに有効とは限らない。菌体濃度を培養した原液の100倍に薄めても接種効果が落ちないことから、炭の粉に固定し、炭に近づいた根に確実に感染させれば、少量の接種源でも十分な効果が得られる。ヤマモモなどの根は炭を与えただけでもよく発根するところから、炭と菌をあわせて用いると効果が大きいことが分かった。

野外にヤマハンノキを植える際にフランキアを入れた木炭粉を施用すると、ばらつきはみられたが、全体に樹高が高くなり放線菌根の形成量も多くなった。またこの効果は3年以上持続

している。ヤマモモには VAM 菌、ハンノキやヤシャブシにはきのこ類が同時に共生しているので、これらを接種するとさらに大きな効果が得られそうである。

ヤマモモは中国などのアジアに多く、ハンノキ属の落葉広葉樹は朝鮮半島から中国東北部、内陸の寒冷地、北アメリカなどにも多い。いずれも成長が早く、空中窒素を固定し、落葉の窒素含量も多いので、緑化樹としてこれまでも利用されてきた。フランキアと共生するモクマオウは、オーストラリア原産だが、どこでもよく成長し、アラビア半島でも育っている。燃料以外に用途がないが、防風、防砂や防潮林としては優れており、今後利用価値が高まるものと思われる。熱帯や亜熱帯の半砂漠地や乾燥地、海岸、高山跡地など、他の植物が生えないところでも十分育つことができる。

(3) VA 菌根菌、かび

VAM 菌は原始的なかびの一種、接合菌のアツギケカビ科に属している。属は数属、現在までに約300種が知られているが、まだ未知のものも多い。海岸や半砂漠から高山まで広い範囲に分布しているが、特に熱帯、亜熱帯や南半球に多い。

相手となる植物はシダから樹木に及んでおり、アブラナ科やタデ科以外の農作物のほとんどに共生し、水や養分吸収を助け、根の病気を予防している。したがって農林業に欠くことのできないものとして研究されているが、まだ人工的に培養できないために十分利用されるに至っていない。日本では4社が緑化用や農業用に販売しているが、いずれもコスト高で、なかなか普及しない。

VAM 菌は種類によって異なるが、土のなかに直径20~300 μm の風船かビーズ玉のような胞子をつくる。地温が上がると、胞子から菌糸が出て植物の若い根に引き寄せられるように侵入する。菌糸は細胞の間をぬって根のなかに入り、皮層細胞のなかにアークスキュール、樹枝状態(A)をつくり、土のなかから吸収した水や養分を送り、根から炭水化物をもらう。しばらくすると種類によっては袋状体、ベシキュール(V)をつくり、そのなかにリン脂質をためる。このベシキュールをつくらないものが多いので、最近ではA菌根という人も多い。根のなかに入った菌糸は1~3カ月働いて、細根が古くなると壊れて消える。植物の成長が止まるころに胞子をつくり越冬する。ものによっては根に入ったまま生き残るので、この根がもとになって感染が広がることもある。

実際にこの菌を使う場合は、野生または栽培植物の根と土を採って洗い、洗った泥水を目の大きさの違うフルイを重ねてその上でさらに洗う。フルイの上に残ったごみや土を実体顕微鏡の下で見ながら、ピペットで胞子を拾う。胞子の種類を分け、それぞれを殺菌土壌で栽培した植物、例えばアルファルファやニラなどの根に接種する。植物の成長に対する効果を確認した後、土を取り出し上と同様に胞子を洗い出して接種源として使う。通常有効は菌を十分手に入れるのに数年はかかる。

良い菌が見つかったら、キュウリやトマトなどの野菜の苗に接種する。畑でこの菌を直接接種しても、日本の土のように在来菌が多いところではほとんど効果が出ない。したがって主に育苗に使う。例えばキュウリの苗に接種すると、大きさが倍以上になり、スギやアカシアの苗に接種すると無接種に比べて10倍以上の大きさになった。ごく少量の化学肥料を与えると、さらに効果が大きくなる。

接種を確実にするためには、やはり炭の粉を用いる。炭の粉に VAM 菌の胞子を混ぜ、これをアルギン酸ソーダなどで固めておく。根は空気の多い場所を好むので、炭の塊の近くでよく発根する。VAM 菌は炭の上で発芽しやすいので、感染が比較的容易におこる。もっとも菌の種類によってその性質が異なるので、すべてに有効とはいえない。

サウジアラビアなどの乾燥地でもハウス栽培が盛んになり、数多くの野菜が栽培され果樹の栽培面積も広がっている。日本での経験からすると、ハウス栽培で灌水や施肥を繰り返すとたちまち塩類集積がおこり、土壤病害をともなっており、いわゆる連作障害がおこる。これを避ける一つの方法が VAM 菌と炭の利用である。また炭は有用な拮抗微生物を繁殖させる効果を持つことも知られているので、微生物を含ませた炭堆肥の利用も考えられる。

VAM 菌はこれまでの実験からニセアカシア、アカシア、ユーカリ、スギ、リンゴ、オレンジ、ウメなど樹木や果樹の育成にも効果があることが知られているが、最も重要なのは農業での利用である。今後農業に適さない地域で人工増加が進み、農業生産力を上げる必要に迫られる場合が増えるおそれがある。またリン酸肥料は今後供給不足に陥るので、有効にリンを利用する方法を開発しておく必要があるなど、VAM 菌の利用に対する要求は世界的に高まっている。

(4) 外生菌根菌、きのこ

きのこ共生する植物は、先に述べたように主として北半球や温暖から寒冷な地域に分布している。熱帯や砂漠地方には少なく、中央アジアや北米の砂漠地帯にヤナギ、ポプラ、マツなどの樹木が、半オーストラリアの半砂漠地帯にユーカリが分布している程度である。

外生菌根菌きのこから胞子を採ったり、菌糸を培養して接種源として造林に使う実験が、各地で古くから行われてきた。オーストラリア、ニュージーランド、南米などへ北半球のマツやナラの類を移植する際に、菌根菌の入った土を移したというのは有名な話である。今でも最も安価な方法は、既に成林している林の表面の土をかきとって育苗ポットに入れる方法である。こうするとばらつきはあるが、苗はよく育つようになる。野外へ植えるときもこの土を持っていくと効果が上がる。

現在我々はインドネシアできのこを使った熱帯雨林再生の研究を行っている。その方法はフタバガキの苗や若木によく付く *Scleroderma* という菌根菌のきのこを集め、その胞子をポットの土に入れて、菌根の付いた苗をつくる方法である。このきのこもやはり炭が好きで、炭の上でよく成長し菌根をつくる。菌根のついた苗は野外へ出しても強く、活着率は80%を超え、3年後の生存率も70%と高く、成長もかなり早い。菌根のない苗は数カ月で死んでしまうので、最近ではフタバガキの根に菌根を接種して植えることが常識となってきた。現在はさらに感染しやすい苗畑をつくり、大面積に低コストで植える方法を研究中である。

また、中国の黄土高原ではマツの造林が進められているが、ここでも菌根が重要な役割を果たしている。マツの苗をつくる時に苗畑にマツ林の山土を持ってきたり、きのこを砕いたものをまいて菌を植えると菌根がよく付く。この苗を野外に植えはじめたが、活着力が高く、その後の成長も良いという。

日本の国内ではマツ類の枯れがひどく、海岸や岩山でも集団枯損が起こっている。海岸や風致地区のマツは保存しなければならないが、ここでもきのこ炭が使われている。まず、マツ

林内の灌木をすべて伐り、落葉を掻き出してしまふ。その後で木の間に溝や穴を掘り、炭の粉を入れ少量の肥料をまく。菌根菌のきのこが手に入る場合は、水に溶いた胞子をまいて砂を埋め戻す。6～9カ月経つと、古い根の切り口に近いところから若い根が再生し、それに菌根ができて、2～3年経つと地上部の色も変わるほどになる。この方法はおそらく、乾燥地や水の乏しい所にも使えるものと思われる。

以上、共生微生物を使う例をいくつか挙げたが、今後研究開発が進めばもっと良い方法が発見され、より良い成果が得られるものと思う。植物を育てるには人工的なものをできる限り用いず、自然が持っているメカニズムや働きを利用することに努めることが望ましい。

3. 炭の利用

先に述べたように、なぜが共生微生物のほとんどが炭を好み、植物の根もよく炭に反応する。特に草や木やモミガラなどを炭化した小さな穴の多いものが良い。活性炭や石炭、フライアッシュのようなものは土に入れてもほとんど効果がなく、害になる場合が多い。

植物質を材料にして作られた炭は、細胞壁がそのまま炭化しているために小さな空隙の集まりから成り立っており、その表面積はきわめて大きい。物質を吸着する力が強く、水や空気を大量に含むことができる。また灰分があるためにアルカリ性が強く、低温で炭化した黒炭で pH 8～9、高温で炭化した白炭で pH 9～11 程度になる。

このような性質をもった炭を土のなかに入れると、土壌の透水性が上がり、空気の量が増え、水が入ると保水性も上がり、さらに酸性土壌の場合には土壌酸度が中和される。既に日本では炭が土壌改良材として認められているが、その効果はかなり普遍的で、大量に入れない限り害はない。植物の根はこのような要件を好むので、炭の近くでよく発根するのが一般的である。

炭は高温で焼かれているので、一般の微生物の栄養源となる有機物がない。アルカリ性のためにそれに耐えるグループだけが侵入し、病原菌を含む糸状菌は一般に繁殖しにくく、細菌もさほど増えない。根からわずかに有機物が供給されると、空中窒素を固定するアゾバクターなどが繁殖し、炭の周辺に窒素がたまる。これがまた根を誘う。VAM 菌もよく発芽し、根に侵入して共生しやすくなる。マツなどに炭が有効なのは、コツブタケ、ショウロ、キツネタケ、キシメジなどのアルカリ性に強いきのこが好んで増えるためである。

このように炭は植物の根を誘い、他の微生物との競争に比較的弱い共生微生物を繁殖させ、宿主に感染する場所を提供している。

よく考えてみれば、植物が繁茂しはじめた古い時代に森林や草原が再生するには、火で焼けることが必要だった。特に現在の植物が繁茂しはじめたころには、きのこや微生物が分解し、火が焼却することによって物質循環が進んだはずである。火事の結果できた灰や炭は新しい植物にとって敵のいない、消毒された水も空気もたっぷりある格好の棲み家だった。灰や炭はあらゆる植物にとって、ごく当たり前の生活の場であったように思える。

一方、我々は農業や化学肥料のなかったつい数十年前まで、灰を大切な肥料として使っていた。特にアジアの古い農書には灰や炭の使い方を書いたものが多い。灰、特に木灰をためて、これに肥やしを混ぜて寝かせる灰糞は最も重要な肥料として知られていた。ダイズをまく時に、一握りの灰を入れて種をまいたのを知っている人も多いだろう。分析してみれば、カリやリン、

カルシウムの混合物ということになるが、灰の中にはたくさんの炭のかけらが混じっていたはずである。現在でもカリマンタンの焼畑農民は雨の直前に火を付け、完全に灰にしないよう気をつけているという。

なぜ熱帯で焼畑ができるのか、その利用は元来温暖な地方ほど土の中の空中窒素固定菌の量が多いという事実からきている。1921年、麻布慶次郎氏らの空中窒素固定菌の分布に関する研究がある。化学肥料が少なかった当時、サハリンから台湾まで、水田や畑地のアゾトバクターの出現頻度を調べたもので、それによると南下するほど出現頻度が高くなるという興味ある結果が出ている。

熱帯で実際に測定してみると、どこでもバイエリンキアかアゾトバクターが採れ、その出現頻度は100%に達した。さらに土に炭を混ぜると細菌の量が3倍以上になり、それにつれて空中窒素固定菌も増えた。このような事実から見て、熱帯の土壤に炭を用いると窒素が自然に供給され、焼畑を広げることなく一定の収量をあげることが可能になると思われる。熱帯には農林業から出る廃物が多く、炭化の材料にはこと欠かない。

アラビア半島のような乾燥と高温の著しい所でも、同じ効果が上がるかどうかを試してみたいものである。炭の原料はさほど多くないが、ムギの殻や枯れたデーツなどを探せば使えるはずである。乾燥地では炭化の前の乾燥行程を省くことができるので、その点も有利である。また、もし必要なら熱帯から安価な材料を輸入することもできる。

もし、炭を半砂漠の土に埋め、そこに水を送ることができれば、水の供給にも役立つかも知れない。ハウス栽培や灌漑による塩類障害を避けるのにも役立つかも知れない。半砂漠地域での炭の利用の可能性は以外に高いように思える。

炭を農林業や砂漠緑化に用いることは、単に植物の成長や収穫を増やすのに良いというだけではない。現在問題になりだした CO_2 の増加による地球温暖化も、年々地球的規模で深刻になっており、日本でも樹木の枯死や異常な開花、成長などになって現れは始めている。地球温暖化を防止するために CO_2 を固定しようというアイディアは多いが、大量にかつ効果的に固定する方法は、森林や緑地を作る以外にない。いったん植物が光合成によって同化固定した炭素も、そのまま放置すれば燃えたり腐ったりして再び CO_2 に戻ってしまう。したがって、固定された炭素を何らかの方法で不活性化し、封じ込める方法を見いださなければならない。炭を農林業に利用するというこのアイディアは、単純ではあるが最も効果的なものと思われる。過去の地球上で植物が光合成によって同化し、石炭や石油として土のなかに封じ込めたものを、我々が掘り出して燃焼させれば、地球の大気がただちに過去へ戻ってしまうことは誰にでも分かることである。

もし、植物やその残廃物をすべて炭化し、これを土壤に還元し、自然の力によってさらに作物や樹木を育て、炭素の封じ込めと資源のリサイクルを同時に実行することができれば、地球温暖化の防止にいささかでも役立つのではないだろうか。この炭の利用による炭素の封じ込めも砂漠緑化実証事業の一つに加えたいものである。

* 本稿は、(財)石油産業活性化センターが刊行する Green Age 14号の参考資料「砂漠緑化に共生微生物と炭を使う」を、同センターおよび筆者の了解を得て転載させていただいたもの。

海外農林業開発協力促進事業

(社)海外農業開発協会は昭和50年4月、我が国の開発途上国などにおける農業の開発協力を寄与することを目的として、農林水産省・外務省の認可により設立されました。

以来、当協会は、民間企業、政府および政府機関に協力し、情報の収集・分析、調査・研究、事業計画の策定、研修員の受入れなどの事業を積極的に進めております。

また、国際協力事業団をはじめとする政府機関の行う民間支援事業（調査、融資、専門家派遣、研修員受入れ）の農業部門については、会員を中心とする民間企業と政府機関とのパイプ役としての役割を果たしております。

海外農林業開発協力促進事業とは

多くの開発途上国では、農林業が重要な経済基盤の一つになっており、その分野の発展に協力する我が国の役割は大きいといえます。そのさい、当協会では、経済的自立に必要な民間部門の発展を促すうえで、政府間ベースの開発援助に加え、我が国民間ベースによる農業開発協力の推進も欠かせないとの見地から、昭和62年度より農林水産省の補助事業として「海外農林業開発協力促進事業」を実施しております。

当補助事業は、今日までの実施の過程で、開発途上国における農林産物の需要の多様化、高度化等を背景とする協力ニーズの変化および円滑な情報管理・提供に対応するための拡充を行い、現在は次の3部門を柱としております。

1. 優良案件発掘・形成事業（個別案件の形成）

農業開発ニーズ等が認められる開発途上国に事業計画、経営計画、栽培などの各分野の専門家で構成される調査団を派遣して技術的・経済的視点から開発事業の実施可能性を検討し、民間企業による農林業開発協力事業の発掘・形成を促進します。

民間ベースの開発途上国における農林業開発事業の企画・立案に関して、対象国の農林業開発、地域開発、外貨獲得、雇用創出、技術移転などの推進に寄与すると期待される場合、有望作物・適地の選定、事業計画の策定などに必要な現地調査を行います。

相談窓口

民間ベースの農林業投資を支援

2. 地域別民間農林業協力重点分野検討基礎調査（農業投資促進セミナーの開催）

農業投資の可能性が高いと見込まれる地域に調査団を派遣して対象地域の農業事情、投資環境、社会経済情勢を把握・検討し、検討結果に基づく農業開発協力の重点分野をセミナーなどを通じて民間企業に提示します。

セミナーでは、農業投資を検討する上で必要となる基礎的情報とともに、現地政府関係機関および業界各方面から提出された合弁希望案件を紹介します。本年度は、中国南部地域（雲南省、広西壮族自治区）を対象に、平成10年3月に開催の予定です。

昨年までに、①インドネシア、②ベトナム、③中国揚子江中下流域、④中国渤海湾沿岸地域、⑤中国揚子江上流域を対象にセミナーを開催しました。

3. 海外農林業投資円滑化調査（情報の提供と民間企業参加による現地調査）

海外投資事業に関心を持つ企業の投資動向アンケート調査および投資関連情報の整備・提供を行うとともに、主に海外事業活動経験の少ない企業などを対象に、関心の高い途上国へ調査団を派遣し、当該国の農業開発ニーズ、農業生産環境などを把握します。

業界の団体、あるいは関係企業などの要望に沿った現地調査を企画し、協会職員が同行します（毎年度1回）。現地調査では、現地側の企業ニーズ、投資機関などの開発ニーズを把握するとともに、事業候補地の調査および現地関係者との意見交換などを行います。参加にあたっては、実費（航空賃、宿泊費、食費等）の負担が必要ですが、通訳・車両用上などの調査費用は協会が負担します。

また、アンケートおよび本調査の結果概要をはじめとする投資関連情報を提供するため、季刊誌を発行しています。

（社）海外農業開発協会
第一事業部
TEL：03-3478-3509

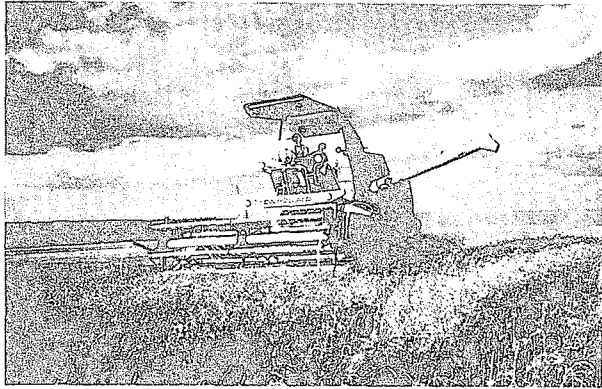
農林水産省
国際協力計画課事業団班
TEL：03-3502-8111（内線2849）

総合農業雑誌

アグロ・ナッセンテ

AGRO-NASCENTE

ブラジルで発行されている
日本語の農業雑誌!!



南米の農業が

次第に注目されてきました。

従来のコーヒー、カカオ、オレンジ、大豆などの他に、熱帯から温帯までの多くの作物が生産されるようになったからです。

南米の農業情報は、日本語唯一の専門誌「アグロ・ナッセンテ」誌で—

EDITORA AGRO-NASCENTE S.A.
R. Miguel Isasa, 536 - 1º - S/ 13, 14, 15
CEP 05426 São Paulo Brasil

(日本でのお申込み先)

日伯毎日新聞社東京支局
東京都港区三田 2-14-7
ローレル三田503号

Tel.: 03(3457)1220

海外農業開発 第239号 1998. 4. 15

発行人 社団法人 海外農業開発協会 橋本栄一 編集人 小林一彦

〒107-0052 東京都港区赤坂8-10-32 アジア会館

TEL (03) 3478-3508 FAX (03) 3401-6048

定価 300円 年間購読料 3,000円 送料別

印刷所 日本印刷(株)(3833)6971

M・トダロの 開発経済学

ECONOMIC DEVELOPMENT

SIXTH EDITION

Michael P. Todaro



- ◎監訳
岡田靖夫
(横浜国立大学大学院教授)
- ◎日本語版訳
OCDI開発経済研究会
- ◎上製本/A5判960ページ
- ◎定価=本体7000円+税

開発経済学的世界的名著——待望の日本語版

開発はゼロサム

ゲームではない

勝者も敗者もない公平な国際経済の
構築には何が必要か

農村から都市への人口移動モデルとして“トダロのパラドックス”を提唱したマイケル・トダロが途上国の窮状に焦点を合わせ、開発経済の問題点と見通しにアプローチする。

多角的な構成で、問いかけ、考える
演習に最適のテキスト

☆10カ国語で翻訳され、40カ国以上でテキストとして活用

☆20カ国の事例研究と8カ国を対象とした比較事例研究

☆各章末には「復習のための概念」と「討論のための例題」

☆600語を超える用語解説と150点を超える豊富な図表

*内容詳細はリーフレットをご請求ください

貧困と人間開発

UNDP「人間開発報告書 1997」

貧困の撲滅は可能である

貧困とは所得の低さだけでなく、寿命、健康、住居、知識、社会への参加、個人の安全保障など、人間らしい生活を送るための基本的能力の剝奪状態である。本書では人間貧困指数(HPI)を導入し、このグローバルな挑戦を検証する。



- ◎日本語監修
広野良吉(成蹊大学教授)
恒川恵市(東京大学教授)他
- ◎B5判/260ページ
- ◎定価=本体3800円+税

ODA最前線

国際協力専門家 その素顔

顔が見えるODAを探る

開発援助のために途上国各地で、技術協力に取り組む派遣専門家たち。その数は年間3000人にのぼり、専門分野も多岐にわたる。国際派ジャーナリスト青木公が徹底取材により克明に描くかれらの実態と人間ドラマ。

『甦る大地セラード』『一万人の国際大学』につづく著者好評シリーズの第三弾。



青木公 著

- ◎四六判/264ページ
- ◎定価=本体1800円+税



国際協力出版会

〒162 東京都新宿区山谷本村町42番地 経済協力センタービル別館5F
TEL.03-3354-8571 FAX.03-3354-8570

