平成７年度
熱帯林造成技術研修テキスト

熱帯の森林

—東南アジアを中心にした入門—

国際緑化推進センター
顧問・主任研究員
加藤亮助

財団法人　国際緑化推進センター

I　熱帯林とは

1　熱帯とは

熱帯と呼ばれる地域は、赤道を中心に太陽が冬至に最南端に下がる位置の南回帰線と、夏至に最北端に上がる位置の北回帰線によって囲まれた内側の地域を指しているが、地域によっては、地形などの関係で回帰線を越えていくらか南と北に広がりを持っている場合がある。

一般に、温度が高く雨量が豊富というイメージがあるが、年中湿度の高い赤道気団と、乾燥した貿易風を赤道に向けて吹き込んでいる南と北の亜熱帯気団との接面にできる、南と北の熱帯収束帯の季節的な動きによって、気候の様相が変わってくる。すなわち、赤道直下やそれに近い地域ほど雨季が支配的で、乾季はあっても極めて短く、逆に南と北の回帰線に近い地域ほど乾季が長くなる。その結果、地球全体の気候帯の中で、熱帯特有の気候帯が出現し、赤道に近い地域はいわゆる熱帯多雨林気候、乾季が季節的に入り込んでくる地域は熱帯モンスーン気候、さらに乾季が長くなるとサバンナ気候が出現してくる。

しかも、それぞれの気候下には独特の森林が生じ、それらは大きく分けると熱帯多雨林気候では熱帯多雨林（Tropical rain forest. 熱帯降雨林、熱帯雨林とも呼ばれる）、熱帯モンスーン気候下では熱帯季節林（Tropical monsoon forest. 熱帯モンスーン林とも呼ばれる）、さらにサバンナ気候下には熱帯疎林にあたるサバンナ林(Savana forest)が成立している。すなわち、乾季と雨季の長短がさまざまな熱帯の森林を分化させていることになる。そしてそれぞれの地域の森林は、地域に特徴的な植物が繁茂して独特の景観を示し、さらにその中に数多くの各種の動物が棲息していて、熱帯に特有な多種多様な生物の、いわゆる野生の王国を築いている。

また回帰線の近辺には乾燥の著しい砂漠気候と呼ばれている地域が広がっており、さらに同じ熱帯でも標高が高くなるにつれて、しだいに冷

涼になり、暖帯気候や温帯気候が現われてくるようになり、それに伴って森林の様相も変化していく。

これらの熱帯の森林については、後で少し詳しく述べることにして、ここでは熱帯の持ついくつかの特性に触れておこう。

2　熱帯の気候

1）熱帯の気温

熱帯は暑くて、湿りけが多い、いわゆる高温多湿という先入感を抱く人が多いが、実際に熱帯に触れると、熱帯といっても、日本の夏のように暑くて、じとじと湿ることは、多雨林地帯の森林の中にでも入らない限り経験することはなく、また季節によっては意外に寒いところもあり、また乾いたところもあることに気付かれると思う。

例えば、カリマンタンやマレー半島のような、赤道直下やそれに近い地域では、一年間を通じて毎日や毎月の平均気温は大きく変動することがなく、ほぼ27～28°Cと一定である。それに対して一日の中の気温の変化がむしろ激しく、日中の最高気温は34～35°Cにもなるが、殆どいつも午後の定刻に訪れる雷雨のあとの夕方には急に涼しくなり、明け方には22～23°Cに下がることが多い。従って全般的にさわやかで、日中の気温の高い時でも、木陰に入ると涼しく感じられるのは、意外と森林の中以外は湿度がそんなに高くないことを意味している。そのため、これらの地域では、いわゆる日本での熱帯夜と呼ぶような寝苦しい夜は、殆ど無いといってよい。

しかし、緯度が高いタイ国の北部の地域のようなモンスーン気候下で、5～6か月の乾季があるようなところでは、乾季と雨季の他に乾季には寒い季節と暑い季節とがあり、12～1月の寒い季節には20°C以下に下がり毛糸のセーターが欲しくなるほど寒く感ずることがある反面、2～3月の暑い季節には日中の気温は40°C近くまで上がることがある。従って一般的に南北の回帰線に近い地域ほど季節が明確になり、寒い季節にはかな

りの温度低下が起こるのに対し、暑い季節は高温になり、年間の温度差が10°C以上を超えることも稀ではなくなる。

また赤道直下であっても、標高が高くなるにつれて、場所によっていくらか異なるが、大体100mごとに0.45°Cずつ平均気温が下がるといわれる。しかし、このように標高が高くなると、場所ごとに一定の気温低減率で平均気温は下がるけれど、その季節的な変化は殆ど無いのが熱帯雨林気候の特徴といってよい。

以上の様に、同じ熱帯といっても気温は赤道からの距離である緯度の高低や、標高によって異なっており、これらが次の雨量や乾燥期間の長短が関係して、様々な熱帯林を生み出していることになる。

2）熱帯の雨量

熱帯の降雨は、熱帯の気候帯によって明確に異なり、赤道地帯を除くと雨の降り方に季節的な変動を伴う。すなわち赤道地帯では明瞭な乾季は存在しないが、緯度が高くなって南北の回帰線に近ずくに従って、明確な乾季が現われるとともに、その期間が長くなる。

赤道地帯では乾季はなく、2～3日おきに、場所によっては雨の多い季節に入ると、毎日のように雷雨がある。すなわち、赤道直下での太陽の強力なエネルギーのために発生する湿った上昇気流は、上空で冷やされ雷雨となって地表に降りそそぐ。夕方近くなると定期的に雷を伴った、いわゆるスコールがあり、車に乗っているとワイパーも効かないほど、滝のように強い雨が降るが、長くは続かなく30分位で止む。したがって現地の人々は雨が降っても慌てなく、木の下や家屋の下で雨宿りをし、やがて晴れるのを待つ。こうした雨の降り方は雨季と乾季が明確な地域でも変わりはなく、雨季には同じような雨の降り方をする。

こうした強い雨の降雨強度は1時間あたり50mmを超すことも稀ではなく、この強い雨の降り方は、裸地の場合には表土を強く叩き、その流亡を容易にする。また、これらのスコールに伴って、瞬間的に強い風が吹

くこともあるが、暴風に発達するような低気圧の発生はなく、高温で湿潤な暴風のない気候が赤道地域の特徴といえるし、これが巨大な熱帯多雨林を生み出す背景ともいえよう。

さらに熱帯多雨林の森林の周りや中では、空中湿度が一般に高く、夜間から明け方にかけて、湿度が殆ど100％になっており、よく森林を中心に霧が舞っていたり、朝霧で森林が包まれていることが多い。このような霧が雨とは違った水分を植物に与えて、その生活を豊かにしている。

赤道付近の多雨地帯は、年降水量が2,000mm以上を越える場合が多く、南北の回帰線に近ずくにつれて乾季が明確に生じ、それが長くなるにつれて降雨量が減少し、多雨地帯を取り巻いて1,000mm以上の地域が分布しており、さらに500mm、250mm以下と少雨地域が続いていく。

また山地地帯では、山腹を上昇する空気が温度低下に伴って霧を発生させる、いわゆる雲霧帯と呼ばれる場所がある。その霧が樹木の枝や幹に付着して、その水分を利用して着生植物が繁茂している森林を雲霧林と呼んでいる。

このように降雨の量や形式、さらに霧の発生は、気温と関連して様々な植生帯を形成させている。

3　熱帯の植生を規制する条件

熱帯では、月雨量が100mm以下になると水不足が、50mm以下になると生活休止の現象が林木に現われるといわれ、100mmと50mmの月雨量が乾燥の度合いの一つの目安とされている。この目安をもととしてH.Walter(1975)が気候図を作成しているが、この気候図は地域の気候の状況を知るにはよい手段である。図-1の例に示すように、横軸に北半球の場合は1～12月、南半球の場合は7～6月と中央に夏がくるようにする。縦軸は左に月平均気温、右に月平均降雨量をとり、気温の50°Cと雨量の100mmが同じ高さになるように、また気温の10°Cと降雨量20mmが等しくなるようにとられている。このグラフでは、降雨量が気温を下回る期間は相対

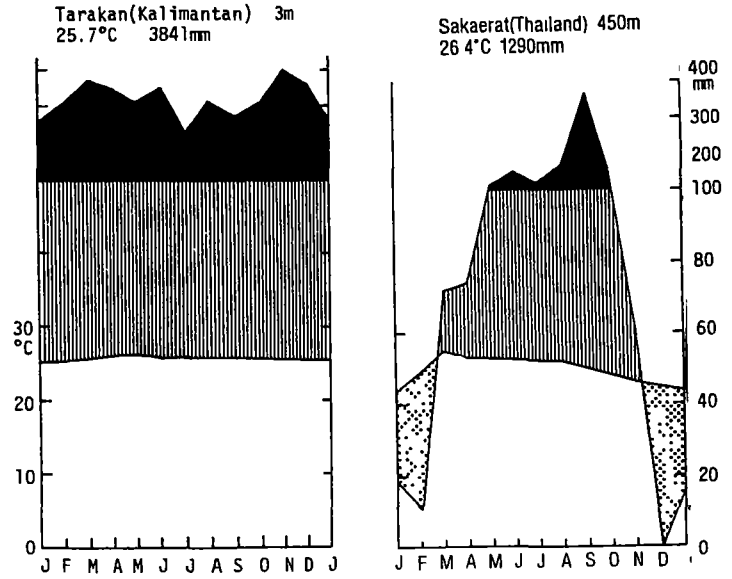

図-1 気候図の例
左は熱帯降雨林気候、左は季節林気候の例。

的に乾燥しているとして点でかき、降雨量が気温を上回る期間を湿潤または半乾燥として縦線で示し、降雨量が100mm以上の期間は過湿潤として黒く塗って示す。このほかに図で見られるように観測地名、国名、標高、年平均気温、年降水量などを付記する。年中赤道気団に覆われている赤道付近は、月雨量が100mm以下に下がることは殆どなく、林木にとって最も恵まれた高温多湿な生活環境が出現し、低地では常緑性の典型的な熱帯多雨林が成立する。

熱帯多雨林は100mm以下の月が2か月位あるところでも存在するが、乾季がある程度以上長くなり、50mm以下の月が3～4か月になると、乾季の間落葉する熱帯季節林が出現する。季節林は乾季が構造や相観に影響する程度によって、常緑季節林、半落葉季節林、落葉季節林に分けられる。この熱帯の多雨林と季節林は林冠の閉鎖した森林である。

さらに、50mm以下の月が5～6か月、年総降雨量が600～1,400mmと乾燥の度合いが厳しくなると、林冠の閉鎖した林分は成立できなくなり、林床にイネ科型草本で覆われた疎林のサバンナ林が出現し、それ以上厳しくなると上木と下ばえともトゲ植物の多いトゲ低木林が出現する。これらの水平的に分布する植生の姿は図-2に示すように乾季や雨量が少なく

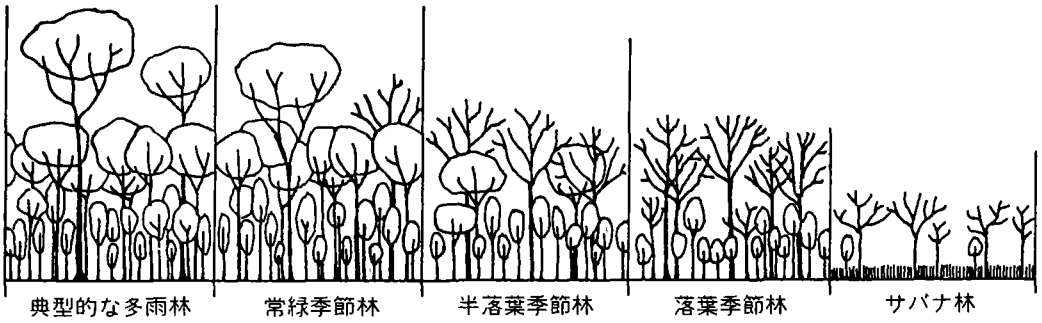

図-2　乾燥の度合いによる各種熱帯林の姿（吉良竜夫「熱帯林の生態」）

なるにつれて森林の構造や様相が単純になっていく。

このように乾燥の度合いの変化に応じて熱帯林の種類が変わるが、垂直的に海抜が高くなって温度条件が低下したり、土壌の母材や水分条件が変化したりしても、相観と構造の違った森林が出現する。

すなわち、典型的な熱帯多雨林である低地多雨林は、海抜が高くなるにつれて構造や種類相がしだいに単純になって、亜山地多雨林、下部山地多雨林、上部山地多雨林へと移行していく。

それぞれの多雨林の分布限界は、地域によっていくらか異なるが、低地多雨林は海抜500m以下、亜山地多雨林は1,000～1,500m以下、山地多雨林の上部と下部の境界はたいたい2,000～2,500mといわれている。山地多雨林のうち、山地多雨林には雲霧帯の影響を特に強く受けるところ

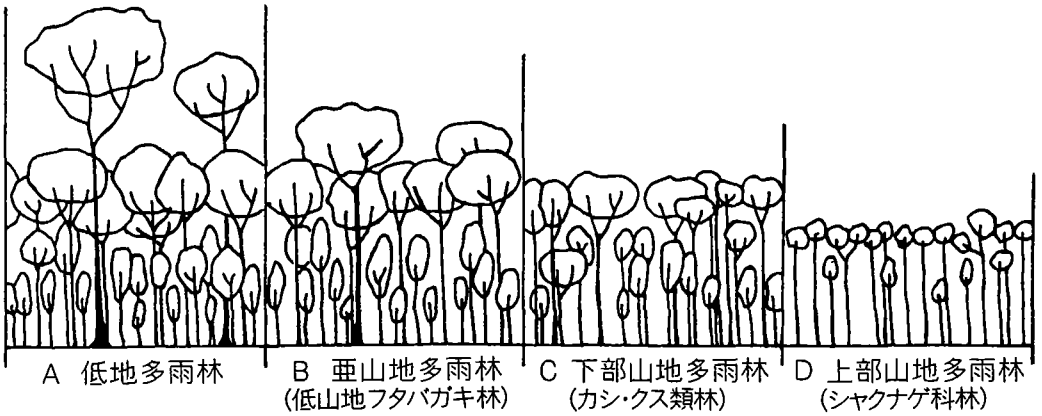

図-3　海抜高に伴う熱帯林の姿（吉良竜夫「熱帯林の生態」）

には、雲霧林が出現するが、コケ類で幹や枝が覆われていいることから、コケ林とも呼ばれている。この垂直的な森林の構造や様相の変化は図-3に示される通りである。

浸水や冠水をうける河川に沿ったところでは熱帯河岸林が成立しており、低湿な沼沢地や大河川のデルタ上に形成される泥炭湿地には熱帯湿地林が発達しており、これは湿地の条件によって非泥炭湿地林と泥炭湿地林に分けられる。

また、熱帯の河川の河口付近には泥の堆積と汽水域ができやすく、そこには各種の気根が特徴的なマングローブ林が広がっている。

一方、熱帯でも土壌の母材の違いによって特有な林型が発達しているばあいがあるが、世界的によく知られているものに、多雨林地帯に散在する珪砂の堆積層の上に発達し、多雨林とはまったく違った構造と相観を見せるヒース林がある。

熱帯地域に出現する代表的な森林の型は以上のようであるが、これらの森林のうち熱帯を代表する最も特徴的な森林は、世界の森林の中で最も複雑な相観と構造をもち、種類組成の最も多様な熱帯多雨林のうちの低地熱帯多雨林である。

熱帯多雨林の世界における分布は図-4に示すとおりであるが、ボルネオを中心にセイロン島からビルマ南部、ニューギニアに至る東南アジア地域、コンゴ河流域から象牙海岸に至る赤道西アフリカ地域、南アメリ

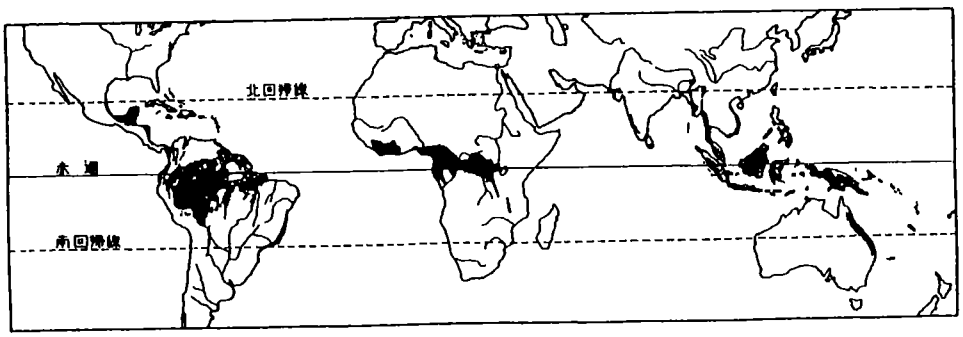

図-4　世界の熱帯多雨林地帯(H.Walterによる)

カのアマゾン流域の三地域に広がっている。これら三地域の多雨林は、その構成樹種には共通性がないにもかかわらず、その相観や構造には差がなくきわめて似ているのが特徴である。

しかも多雨林は多種多様な組成と構造のため、熱帯以外の気候帯の極盛相と違って、優占種で森林群落を分類し体系ずけることが難しく、現在のところ熱帯林はその相観と構造によって特色ずけられているので、以下これについて述べよう。

Ⅱ　熱帯雨林の特徴

これまで述べたように、一口に熱帯林といっても、水平的にも垂直的にも気温や雨量などの環境の変化に応じて、様々な森林が出現することを知った。ここでは構造的に世界で最も複雑であり、最も多様多種な生物から成り立っている熱帯雨林について、その構造や種類組成についてもう少し詳しく触れてみよう。

1　森林の構造

筆者が始めて触れた熱帯林は、マレーシアの首都クアラルンプールの東南70kmのところにある、パソー保護林であることから、そこでの調査を中心に熱帯多雨林の構造について述べよう。

パソー保護林は約700haの中心部分を囲んだ緩衝区域を含めて約2,000haある学術参考林で、現在はケポンにあるマレーシア森林研究所の管理の下に、各種試験研究に利用されており、典型的な低地多雨林といってよく、熱帯の森林研究の重要な一つの拠点となっている。

このような低地多雨林は、マレーシアでは低地フタバガキ林(Lowland dipterocarp forest)と呼ばれているが、現在は殆どゴムやアブラヤシのプランテーションとして開発されてしまい、学術参考林または国立公園や野生鳥獣保護地のような保護林を除いて殆ど無くなりつつあるのが現状である。

このパソー保護林は多雨林地域だけに殆ど明瞭な乾季はなく、平均気温27°C前後、年降水量は2,000mm前後といわれ、熱帯多雨林地帯としては雨量は少ないけれど年を通して比較的均一に分布していて、明確な乾季はない。この地域は標高75～150mのなだらかに起伏する低地であり、そこに成立する森林は、熱帯多雨林としてはまず一級の森林といってよいだろう。

１）多層な構造

典型的な熱帯多雨林の構造は、連続的な境界が明瞭でない多層林で、その高木層がほぼ三層認められるほど、層の構造が大変複雑に発達しているのが特徴である。普通20～30mの高さで樹冠が連続する大高木層が存在し、その下に10～15mの高さの小高木層が存在するが、さらに鬱閉した大高木層の上には樹高40m以上の、かなり広がった大きな樹冠をもつ大木が不連続的に突出していて、巨大高木層（突出高木層 Emergent treeとも呼ばれる）を形成している。したがって、森林の林冠の表面が大変凹凸に富んでおり、このような巨大高木層の存在は、他の森林に見られない特色である。

土壌条件の良いところの低地多雨林では、巨大高木層の林木の樹高は70～80m前後に達し、その胸高直径は70～80cm以上であるが、こうした巨大高木はhaあたり15～20本位しか存在していなく、パソーの森林ではこれらの巨大高木の殆どが有用樹種であるフタバガキ科の樹木で、一部マメ科のKoompassia属の樹木から成り立っている。

これらの三層の高木層の下には、2～5mの高さ以下のヤシの仲間や低木および高木層を占める林木の幼樹などからなる低木層がある。熱帯林は人も通さぬジャングルという表現がしばしば使用されるが、実際はジャングルというこうした表現は当てはまらず、森林の中は意外と歩き易いのが普通である。ジャングルという言葉は、昔森林に近ずくには川しかなかった時代に、川からの入り口が陽光に恵まれてまさにジャングルで歩き難かったことからきているようである。陽光が不十分な低木層や林床植生を形成する地表層は、その発達は高木層と比べて貧弱であるのが普通である。

このように熱帯多雨林の層構造は全体でほぼ五層に分けることができるが、葉層をもつ樹冠は下層まで連続的に分布していて、相観的には各層を明確に分離することは難しい。しかも、これらの各層にはそれぞれの層に固有な種類も存在するが、上層木の樹種の発育段階の小径木が多

く存在している。もちろん低木層や地表層でもショウガ目の植物や小型のヤシ類など固有の種類もあるけれど、量的には上層の樹種の稚幼樹の方が多く、例えば伐倒調査区での低木層と地表層を含んだ全立木本数はhaあたりにして8万本に及んでおり、胸高10cm以上の立木が580本であることと比べて、いかに小さい幼稚樹が多いかが理解でき、高木層を占める林木の予備群を非常に多く低木層や地表層に蓄えていることが判る。

このように構造上からみて、各層が五層に別れるといっても、それは連続的で層の分化が不明確であるのが、熱帯多雨林の特徴である。しかし、このような複雑な層構造も、雨量が少なくなって乾期が長くなるにつれて、森林が季節林からサバンナ林に移行したり、また標高が高くなるにつれて温度量が減少して上部山地多雨林へと移行したりするにつれて、すなわち環境条件の悪化に伴って、図-2と図-3に模式的に示されるように、全体的に樹高が低下し、層構造も巨大高木層が無くなって高木層は二層から一層へとしだいに単純化し、同時に種類組成もしだいに貧弱になっていくといわれる。

2）種類組成と立木本数

熱帯多雨林の特徴のひとつとして、種類組成が非常に多いことがあげられるが、低地多雨林では1ha当たりの10cm以上の直径を持つ林木の種類数は、一般的に40種以下のことはなく、ときには100種以上にも及ぶといわれるほど林木の種類相に富んでいる。

例えば、パソーの森林において伐倒調査区を含む2haの調査区で胸高直径10cm以上の樹木の種類の構成を示しすと表-1の通りである。これによると、総樹種数は277種を数え、haあたりにすると138種ということになり、大変種類数が多いことが判る。これらの林木の科別の組成は、フタバガキ科が圧倒的に多く、次いでトウダイグサ科、カンラン科、フトモモ科、マメ科、ムクロジ科、ニクズク科、オトギギリソウ科などからなっているが、優占するフタバガキ科とトウダイグサ科を併せても種数

表-1　パソー森林での調査地(2ha)の樹種数

(種数／2ha)

	商業用木材				その他	合計
	重硬	中庸	軽軟	計		
非フタバガキ科樹種	7	18	70	95	162	257
フタバガキ科樹種	4	3	13	20	-	20
合計	11	21	83	115	162	277

の３０％を占めるにすぎない。その内人間に利用される商業用木材樹種がhaあたりにして57種と42％を占めており、この地域での商業的に最も有用な樹種であるフタバガキ樹種はhaあたり10種であった。伐倒調査区で実際に伐倒した胸高40cm以上の立木は12本であったが、その種類数は11種あり、種類が非常に豊富であることを示している。

一般的に低地多雨林では、1haあたり10cm以上の直径を持つ林木の種類は40種以下のことは無く、時にはこのパソーの例のように100種以上、アマゾンのエクアドルの例のように200～300種にも及んでいることがある。日本の天然林では、例えばブナ林などでは直径10cm以上の木の種類は10種類位のもので、100種類も木の名前を覚えると、どこでもそう不自由しないのに比べて、熱帯多雨林の種類構成が非常に豊富であることが判る。これらの多様さには環境要因や生物相互の関係、さらに森林の回転更新していくメカニズムなどが関与していると思われるが、その機構については不明な点が多く今後の解明が待たれる。

これらの高木層、低木層を占めている林木だけでなく、林床植物やツル植物、着生植物にいたるまで、圧倒的に木本植物の多いことが、熱帯多雨林の大きな特性であるといえよう。パソーの2haの調査地での胸高直径10cm以上の立木本数を示すと表-2の通りであって、haあたりで579本の立木があり、そのうち商業用木材は約半分を占め、さらにフタバガキ樹種はその1/3を占めている。これを見ると森林の本数構造は、直径が細くなるほど本数が多くなっており、低木層や地表層での木本の本数

表-2　パソー森林での調査地(2ha)の立木本数

(本／2ha)

胸高直径	商業用木材				その他	合計
(cm)	重硬	中庸	軽軟	計		
10-19	20(7)	71(29)	249(57)	340(93)	419	759
20-29	7(5)	24(12)	85(20)	116(37)	73	189
30-39	6(3)	10(6)	35(5)	51(14)	43	94
40-49	2(1)	9(9)	21(12)	32(22)	16	48
50-59	1(1)	6(5)	13(10)	20(16)	12	32
60-69	1(1)	4(2)	5(1)	10(4)	3	13
70-79	0	1(0)	5(4)	6(4)	1	7
80-89	0	2(1)	1(1)	3(2)	1	4
90-99	0	4(0)	0	4(0)	0	4
100-109	0	3(2)	0	3(2)	0	3
110-119	0	0	2(2)	2(2)	0	2
120-129	0	1(0)	0	1(0)	1	2
合計	37(18)	135(66)	416(112)	588(196)	569	1157

()内はフタバガキ科樹種の本数

がhaあたり8万本にも及んでいることから見ても、完全な択伐型の森林であることを示している。

3）フタバガキ科樹種

すでに触れたように、東南アジアの熱帯林はフタバガキ科樹種が多いことが特徴である。このフタバガキ科の樹木は世界で17属の約570種あるといわれ、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る。またこの樹種はマダガスカル島やアフリカ大陸に分布するものや、最近では南米のガイアナにも分布していることが知られているが、その地域では樹種としては重要ではない。

東南アジアでのフタバガキ樹種は、いずれもすらりと伸びた巨大木のものが多く、その材質が比較的均一性の故に尊重されており、日本で

もアピトンとかケルイン、ラワンとかメランテと呼ばれ輸入されてきた重要な商業用木材の一つである。

フタバガキという言葉は、2枚の羽根を持つというdipterocarpから来ており、その特徴は種子の形態である。羽根突きの羽根のような形をしている長い羽根を持つのが普通で、この羽根の数が、フタバガキ科の属によって違っており、カポールと呼ばれるDryobaranops属は羽根が5枚、ラワンまたはメランテと呼ばれるShorea、Parashoreaなどの属は3枚、ケルインまたはアピトンと呼ばれるDipterocarpus、Hopea、Anisopteraなどの属は2枚と枚数が違っている。中にはチュンガルと呼ばれるBalanocarpus Heimiiのように羽根の痕跡だけで羽根を欠いている種類もある。しかし基本型は5枚で、2枚のものでも、3枚のものでも残りは短い羽根の痕跡を持っており、大きくは0、2、3、5枚の羽根を持つ種類に分けることができる。

これらの種子は地上に落下する前に、虫の食害を受けることが多く、また落下してもすぐ活力を失ってしまって、貯蔵が効かない種類が多く、これはこの科の樹木の造林を行なう時の問題となる。

すでに述べたように、熱帯アフリカにもフタバガキ科のモノティス亜科の2属が存在しているが、それほど重要な構成樹種ではなく、この地域の多雨林で重要な樹種はマメ科のジャケツイバラ亜科のAcacia、Afzeliaなどの属と、センダン科のKhaya属のものが多いのが特徴であり、一方中南米の多雨林は新しくフタバガキ科のPakaraimaea dipterocarpaceaがギアナ高地で発見されたけれどやはり重要ではなく、この地域ではノウゼンカズラ科のTabebuia属、クスノキ科のOcotea属、センダン科のCedrela、Swietenia属のものが多いといわれている。

2　豊かで奇妙な植物世界

1）樹木の通直性と樹皮

熱帯多雨林の相観上の特徴は、巨大高木層、高木層、低木層、地表層

の各層を構成する林木が、ほとんど同じような特有の樹形を持っていることである。すなわち、常緑広葉樹でありながら幹の形が通直で、枝下高が高く樹冠が小さく、かつ樹高の高いわりに直径が小さいため、すらりとした直幹性を示すことである。また巨大高木でも、大きく広がった樹冠を持ってはいるものの、樹幹下の幹の形はまったく通直完満ですらりとしていて、その直幹性は優れている。なぜこのようなすらりとした形態の林木ができるのかの理由は明確ではないが、一つには湿度と温度が高いためのモヤシ現象ではないかという人もいる。

多雨林の通直な林木の樹皮は一般に薄く滑らかで、深い割れ目や目立った皮目を持つことは稀で、樹肌の色も淡色のものが多い。

2）板根の発達

熱帯林の景観を特徴つけるもののひとつとして板根がある。通直な幹の根元が円形にならず、数枚の薄い三角形状の翼にわかれて放射線状に地表に広がるのが板根である。大きいものはマメ科のIrvingia malayanaの板根のように高さ5mに達するものもあるが、大木のほとんどが大なり小なり板根を持っている。これはあとで述べるように、地中深く入る直根が発達しない土壌条件の中で、通直性で樹高の高い多雨林の林木を支持する力を増大するために適応した形態と考えられる。林地の湿ったところでは支柱根や膝根と呼ばれる気根を持つのもあるが、これはむしろ湿地林やマングローブ林に多く、多雨林に限らない。

熱帯多雨林の中を歩いていると、よく大木の倒木に道を阻まれることが多く、これらの倒木が大小のギャップを形成して森林の更新回転を行っているのであるが、これらの板根木の倒れたものを見ると、意外と根が貧弱であることを示している場合が多い。すなわち、板根の下部についた、土の表面を走る細根が多く付着しているのに比べて、直根が見られなく、温帯などのように太い根が土壌深く入り込んでいるようなことは殆どない。

これには、土壌の性質が影響していると思われる。パソーの森林土壌は重粘で、表面はラテライト殻を多く含んだ、pH4.3～4.8のかなりの酸性の土壌で、養分は全体として多くなく、土壌の表面近いところに集中して多い。これは一般的に温度量と湿り気が高いため、有機物の分解が早く、温帯林や亜寒帯林のように地中に蓄積するようなことが無く、すぐ分解して土壌表面に発達する根によって林木に吸収されるか、激しい雨で流出してしまい、養分が地中に蓄積することが無いため、土壌は一般に痩せていて、有機物が少ないために堅い。このことは、一見豊かな多様性と複雑は組成、高い樹高などによって、土壌の生産力が高いと思われる熱帯の土壌が意外と痩せていることを示している。したがって直根を発達させる必要が無く、地上の養分を出来るだけ早く吸収するよう、土壌表面を走る細根を発達させることになり、これが地上部を支える役割を持つとともに、土壌表面に細根を発達させる板根という根を作り出していると見てよい。

したがって、養分の蓄積している地上の林木を取り除いて、粗放な農業や畜産を行おうとすると、土壌の生産力はすぐ低下し、荒廃地化してしまうことになる。これが、焼畑で作物が採れなくなると放置して休閑することによって二次林を復活させ、10年以上経て森林に蓄積された養分によって、再び焼畑耕作を繰り返して循環するという、熱帯の自然条件に適った伝統的で合理的な農法を生み出したといわれる。

3）葉、花、果実

熱帯多雨林の林木の葉は大型のものもあるが、中型葉（葉面積が25～182cm^2）のものが高木の80％を占めており、全縁もしくはほぼ全縁の平滑な葉縁を持つ林木がほとんどである。また、葉の先端が細長く尾状に伸びた滴下先端(tip drip)と呼ばれる形態が普通に見られる。これはスコールなど短時間に多量に降る雨水を、できるだけ早く滴下しようという働きがあるという。

また若葉の多くは当初葉緑素を欠いていて、新葉が種類によって様々な色どりを見せて枝先からだらりと垂れ下がるのがよく見られる。

芽は被覆がなく裸で保護されていないものが多く、被覆があるものでも多汁質で堅くならない。

花は一般に大きくなく目立たない色をしているものが多く、これら樹木の花は風媒花よりも虫媒花のものが圧倒的に多い。さらに花が幹や太枝に直接咲いて実を結ぶ、幹生花・果の性質を持つ樹種が多いのも、熱帯の樹種の特色ということができる。

これらの開花結実の季節性は樹種によって異なるが、例えば木材として有用なフタバガキ科樹種では、その開花は2～9年置きと不規則な間隔で開花結実年が訪れており、多くの場合乾燥が異常に強かったあとに起こることから、乾燥によるストレスが花芽形成を引き起こすともいわれていたが、必ずしも乾燥による水分ストレスだけで説明できない部分が生じ、最近は晴天時の夜間の低温が一斉開花の引き金になり、これにはエルニーニョ現象の発生による異常気象で生ずる低温が、フタバガキ科樹種の開花結実と深い関係があるという仮説が出されている。このエルニーニョ現象とは、赤道付近の東部太平洋で、海面水温の高い状態が半年から一年半位続く現象で、地球上の大気の循環に大きな影響を与え、東南アジアでは低温になる傾向がある。

この開花結実の不規則性は、天然の更新や、造林のための種子を得るための隘路となっている。またこれらの種子は低い温度や乾きに弱く、例えばあるフタバガキ樹種は16°Cで活力を失うといわれ、温帯の樹種のように低温と乾燥条件で貯蔵することが難しいといわれ、これも造林用の苗木を育成する場合に問題となる。

4）木性ツル植物

熱帯多雨林の相観に著しい特徴を与えているものにツル植物がある。このツル植物には、樹幹に巻き付くもの、巻ひげや鉤、根などで樹幹を

よじ登るものなど多様であるが、特に大型の太い木本性のツル植物が、光を求めて高木層にまで達し、木から木へと伝わって樹冠をしっかり繋ぎあわせている景観は特異である。これは伐木造材する場合に切り放さないと、目的林木以外の他の林木を道ずれにして倒すことになり、森林劣化の原因となる。

とにかく多種多様な木本のツルが多いことは驚異であるが、そのツル植物の大部分は双子葉植物だけでなく、中には単子葉植物のツル性のヤシ（籐）やツル性のタケもあり、熱帯林に特異な景観を与えている。このツル性のヤシは、ラタンと呼ばれ籐製家具などの原料として採取利用されており、非木材林産物として極めて有用である。このラタンは鋭い刺を有するものが多く、小さな逆刺が密生している細長い鞭のような器官を葉の先端や葉鞘から伸ばして、周囲の樹木に巻き付いてよじ登っている様は特異である。

５）着生植物

ランの仲間やシダ類などの様々な着生植物が多いのも熱帯多雨林の特徴であり、特に樹冠に着生する大型の着生植物が多いのが特徴的である。これらの着生植物は、例えばアリノスダマのようなものを着生の根元に形成して、特有の昆虫類と二重三重の共生生活を営なんでいることが多いといわれ、最近はこうした林冠部分の着生植物の共生関係の調査が行われているので、次第にこの共生関係が明らかになっていくものと思われる。

６）絞め殺しの木

熱帯多雨林を構成している林木の中に、奇妙な存在として“しめ殺し植物(strangler)”がある。この植物ははじめ着生植物として他の林木の幹や枝の上で発芽して生活をはじめるが、やがて気根を伸ばして宿主の幹を巻き付けるとともに、土に目をおろして自立するようになり、と

きには着生していた林木をしめ殺してしまう。その殆どはクワ科のイチジクの仲間であるFicus属のものが多いが、南米の多雨林ではオトギリソウ科のClusia属のものが多い。

7）菌類

熱帯多雨林にはキノコ類が多く、森林周辺にすむ住民たちに貴重な食料源となっている。また枯損木や倒木にはサルノコシカケの仲間の子実体も多い。これらは落葉落枝などの枯れた木質部分を腐朽分解をする役割を持っているだけでなく、中にはフタバガキ科の樹木の根と共存関係にある菌根もあり、これらが熱帯の不足がちになる土壌中の養分を補う役割を持っているといわれている。

3　豊かな動物

熱帯の多様性は樹木の世界だけでなく、森林の持つすべての生物に及ぶが、世界中の種の総数を1千万種とし、そのうち200万～500万種が熱帯林に棲息し、その種数の2/3以上が昆虫であろうとしている。また、現在の熱帯における新種の発見の多いことから、全生物数は5千万種になると推測している人もおり、熱帯林では地球上の生物の約半分が棲息しているといわれるほど種類が多様である。

炭素同化作用を営なむ植物、特に木本植物が熱帯林の主要な生産者であるのに対し、動物は植物の生産した有機物を食べて消費者として生活するもの、または他の動物を捕らえて捕食者として生活するもの、さらに菌類のように、動植物の枯死物を分解して生活しているものから成り立っている。したがって、植物世界の多様さが動物世界の多様さを生む要因となり、熱帯林の動物世界も誠に多様である。

1）哺乳類

パソーの保護林では哺乳動物が89種いるとされ、そのうち猿の仲間の

霊長類は5種おり、その他にゾウやトラについては判らないが、イノシシ、シカの仲間は多く、特に目立つのはネズミやリスの類が圧倒的に多いことである。また空を飛翔できる哺乳動物として、各種の採餌をするコウモリ類も多く、植物の繁殖に大きな役割を持っている。

ボルネオでは、野生化した家畜動物6種を含んで228種の陸生動物が報告されているが、その中でも圧倒的に多いのはコウモリ類の翼手目とリス、ネズミ、ヤマアラシなどのげっ歯目であり、これらには未確認のものが多いので種類数はまだ増えるとされている。また霊長類ではロリス科、メガネザル科、オナガザル科、テナガザル科、オランウータン科などの5科13種が生息している。これらの哺乳動物は、樹上に生活場所を広げている種類と、地上で過ごす動物、またその両方にまたがるものなどがあるとともに、時間的にも昼間に活動するもの、夜出てくるものおよび両方にまたがるものとがあって、それぞれ空間的、時間的に棲み分けていることを示している。このボルネオ全体の哺乳動物の種類数と比較して、パソーの森林だけで89種存在していることは、ここでの種の豊富さを示している。これらの哺乳類は鳥類とともに林木の種子散布に大きな役割を持つものが多く、中にはそれらの消化器官を通らないと発芽しないものも多いという。

２）鳥・爬虫類・昆虫

パソーでの鳥類は212種と、日本の天然林の10倍近い種類がいるといわれ、林木の種子の散布に重要な役割を果たしているといわれる。爬虫類は20種以上いるといわれ、リクガメの仲間やヘビの仲間が多い。さらにカエルなどの両棲類は25種が棲息しているとされている。

しかし圧倒的に多様で数の多いのが昆虫であり、森林の中ではカミキリ、ナナフシ、蝶、蛾、蜂、蟻などの仲間が特に目につく。これらの昆虫は、樹冠部分に生活するものが多く、それぞれ花粉媒介、有機物の消費分解、共生生活者として植物を保護するなど、様々な役割を持って巨

大な多雨林の栄養分の循環や林木の再生繁殖に貢献しているといわれるが、これらの役割についてはまだ十分解析され知られているとは言い難い。しかし、特に最近樹冠部の生物についての研究が進展していることから、これら樹冠に拠点をおく昆虫類の生活や役割がしだいに明らかになると思われる。

3）シロアリ

熱帯林を歩いていて目につくのがシロアリのアリ塚である。特に森林のリターの分解者として、熱帯林の栄養循環に大きな役割を持っているのがシロアリであり、多くの種類が地表、地下、木の幹や枝などに様々な形のアリ塚や巣を作っている。中には1m以上もある高さのアリ塚を作り、中に巡らされた穴に、シロアリの排泄物でできた海綿状の構造物の表面に、キノコの原基を粒状に付けてキノコを栽培するための菌園を作って、そこにシロアリタケというキノコを栽培して生活しているスミキノコシロアリもあり、このようにキノコを栽培しているキノコシロアリが圧倒的に多い。

パソーではこうしたシロアリがhaあたり52種も見つかり、それらの内スミキノコシロアリのアリ塚がhaあたり30個、多いところでは40～50個もあり、これらの巣には、1個に最大20万個体、平均8万個体のシロアリが社会を作っている。これらを総計すると、haあたりにシロアリだけで94kg、3485万個体にもなるという。これらのシロアリが熱帯雨林での落葉・落枝・枯れ木などの破砕・分解を行っており、森林の栄養循環でのシロアリの果たす役割が非常に大きいことが判る。

以上のように、熱帯多雨林の林木や植物のさまざまな特性が、森林の構造や相観を特徴ずけており、それらの多様さが動物の多様さを支えていることは確かである。この熱帯多雨林を中心にして主として熱帯アジアに焦点をあわせて、各種の熱帯林の分布や樹種について簡単に述べよう。

Ⅲ　東南アジアの熱帯林の分布概要

今まで、熱帯林の構造や相観については触れたが、ここでは東南アジアを中心に熱帯でどんな森林が分布しているかを概観してみよう。

1　熱帯多雨林地域

熱帯アジアの熱帯多雨林は、南アジアのインド、バングラデイシュ、スリランカの一部地域から、東南アジア大陸部のビルマ、タイ、カンボジア、南ベトナムの南部沿岸地域を経て、半島マレーシア、及び東南アジア島嶼部全体を覆ってパプアニューギニアにまで広がっている。熱帯アジアの多雨林は既に述べたように高木層にフタバガキ科の樹種が存在することが特徴で、とくに東南アジア島嶼部の多雨林はフタバガキ科樹種が優占であり、その中でもボルネオ島の排水の良い低地や丘陵に成立している多雨林は、世界の多雨林で最も多種多様な組成と構造を持ち、樹高の大きい最高の多雨林といわれている。

1）低地多雨林

東南アジアの低地多雨林の高木層は多くの樹種からなるが、そのほぼ50％はフタバガキ科の樹種であって、その主な属はAnisoptera、Dipterocarpus、Dryobalanops、Hopea、Shorea、Parashoreaなどである。また共生する一般的な樹種としてキョウチクトウ科のDyera、ウルシ科のGlutaとMelanorrhoea、アカテツ科のPalaqium,アオギリ科のHeritieraおよびマメ科のIntsia、Koompassia、Sindoraなどの属の樹種が多いようである。

一方、生物分布で大きな意味をもつウオーレス線の東側では、西側と違ってフタバガキ科の樹種がきわめて少なくなる。例えば、イリアンジャヤの森林は非フタバガキ科の樹種からなる典型的な多雨林といわれているが、その構成樹種のうち知られている主なものは、ムクロジ科のPo-

metia、マメ科のIntsia、ウルシ科のDracontomelum、アカテツ科のPalaqiumとGanua、カンラン科のCanarium、タテイスカ科のOctomelesなどの属の樹種である。

アジアの熱帯多雨林は、このようにフタバガキ科の樹種が優占または存在していることが特徴的である。このフタバガキ科の樹種はアジア以外ではアフリカに2属、また南米のギアナで新しく記載された1属があるが、それほど重要な構成樹種ではない。熱帯アフリカの多雨林はマメ科、センダン科、カンラン科、オクナ科、アカテツ科、ニクズク科、アカネ科などの樹種が多いが、特にマメ科のジャケツイバラ亜科のAcaciaとAfzelia属とセンダン科のKhaya属のものが多い。

一方中南米の熱帯多雨林はマメ科、センダン科、ノウゼンカズラ科、クワ科、アカテツ科、クスノキ科、ボチシア科などの樹種が多いが、とくにノウゼンカズラ科のTabebuia,クスノキ科のOcotea,センダン科のCedrelaやSwietenia属のものがよく知られている。

2）亜山地多雨林

同じ熱帯多雨林地帯であっても、海抜が高くなるにつれて構成樹種も変化し、森林の構造や種類組成も次第に単純になっていき、亜山地多雨林、下部山地多雨林、上部山地多雨林へと移っていく。これらの多雨林の分布限界は地域によっていくらか異なるが、すでに述べたように低地多雨林は500ｍ以下、亜山地多雨林は1,000～1,500ｍ、山地多雨林は上部と下部に別れ、その境界は大体2,000～2,500ｍといわれている。

半島マレーシアやボルネオでは丘陵フタバガキ林(Hill dipterocarps forest)から上部フタバガキ林(Upper dipterocarps forest)へと亜山地多雨林は続いていき、標高が上がるにつれてしだいにフタバガキ科の樹種が減少していき、やがて巨大高木層を欠くようになり、下部山地多雨林に移行していく。

それまでは標高500～700ｍ前後より亜山地多雨林が出現する。この亜

山地多雨林は低地多雨林よりは構造的にいくらか劣るけれど、フタバガキ科樹種が優占であり、巨大高木層も存在していて三層の高木層を有する。例えば、丘陵フタバガキ林の代表的樹種はセラヤ(Shorea curtisii)であり、その銀色に光る樹冠は特徴的である。こうした地域になると、木性シダ（ヘゴ類、Cayathea sp.）が現われてくるようになる。またツル性のタケ(Dinochloa maclellandii)も出現するようになり、林床には大型のヤシのベルタン(Eugeissona tristis)が現われ地表を厚く被覆し、森林の更新を妨げるようになる。

３）山地多雨林

一方、標高1,000m前後より、ブナ科のQuercusやCastanopsis属のものを主として、モクレン科、クスノキ科、シナノキ科、アカネ科、ツバキ科など、低地多雨林とは全く異なる樹種からなる下部山地多雨林が出現するが、この森林は亜山地多雨林よりも樹高が低く20～30mと低くなり、高木層も二層となる。この森林は日本の常緑広葉樹のシイ、カシ林と似ている。

さらに標高が高くなり、2,000mをこすと、年中雲のかかっている雲霧帯に入り、林内の景観が一変し、ランなどの着生植物が豊富になり、コケ類が幹や枝を覆い、いわゆるコケ林と呼ばれる林になる。またこうしたコケ林地域では食虫植物である各種のウツボカズラ(Nepenthes sp.)が多くなる。

さらに標高が上がると、場所によっては針葉樹やツツジ科の豊富な上部山地多雨林が出現し、高木層は一層となり樹高はさらに低下する。混成する針葉樹にはナンヨウスギ科のAraucaria属やAgathis属のものや、マキ科のDacrydiumやPodocarpus属のものなどがある。

東南アジアで最高峰といわれる高さ4,101mのキナバル山では、3,300mで樹木限界に達し、ヒカゲノカズラやスゲ類などが見られるだけとなり、やがて植生を欠く青白い灰色の岩の世界になる。

2　熱帯季節林

アジアの熱帯季節林は、インドの東部、ビルマ中部、タイとインドシナの大部分、フイリピンの西部、中部ジャワ以東の小スンダ列島などの地域に広がっている。熱帯多雨林に接続した地域で、乾季が3か月未満のところでは、多雨林と比較していくらか劣るものの、まだ常緑のフタバガキ科樹種の優勢な常緑季節林が成立している。しかし熱帯アジアの季節林の典型的な樹種はチークの名前で知られるクマツズラ科のTectona grandisと、サールの名前で知られるフタバガキ科のShorea robustaである。南アジアのチーク林は、シクンシ科のTerminaria、マメ科のPterocarpusやLagestroemia属の樹種と混生しており、ビルマとタイのチーク林は上記の属の他に、イイギリ科のHomalium、マメ科のDalbergia、クマツズラ科のVitex属の樹種と共生している。

インドのサール林はシクンシ科のAnogeissusとTerminaria属、ウルシ科のBuchanania、マメ科のPterocarpus、アカテツ科のMadhuca、カキノキ科のDiospyros、カンラン科のBoswelliaなどの属の樹種が混成している。これらの半落葉および落葉季節林には、下層に各種のタケが存在しているのが特徴的である。

なお、チークやサールの優先でない半落葉および落葉季節林が存在しているが、カンボジアやベトナムではフタバガキ科とマメ科の樹種が主要構成樹種となる。

3　サバンナ林

東南アジアのサバンナ林は、ビルマ中央部、タイ北部、カンボジア中部の地域によく発達していて、フタバガキ科の中でも落葉性のイン(Dipterocarpus tuberculatus)、ヒエン(D. obtusifolius)、テン(Shorea obtusa)、インギン(Pentacme siamensis)などが優占していることが特徴的である。またシクンシ科のTerminariaやクマツズラ科のVitex、カキノキ科のDiospyrosなどの属の樹木が優占なサバンナ林もあるが、い

ずれも林床は完全にイネ科型草本が発達していて典型的なサバンナ林の景観を呈する。

インド、パキスタン、ビルマの一部には熱帯トゲ林が広がっているが、マメ科のAcacia、Prosopis、Dalbergia属およびギョリュー科のTamarix属の低木樹種が点在している。

このサバンナ林やトゲ林は、熱帯アフリカや熱帯アメリカにも広く存在しているが、これらの森林の維持と拡大には乾季の野火と放牧が大きく作用しているといわれる。

4　ヒース林(Heath forest)

熱帯多雨林地帯で珪砂層が地表に露出しているところには、インドネシアではケランガス林と呼ばれているヒース林が出現する。ヒース林の構造や組成は場所によって非常に異なるが、周囲の低地多雨林と比べて樹高が一段と低く、大径木が稀で、葉の小さい硬葉の樹種が多い。また板根をもつ樹種が少なく、支柱根のあるものが多くなる。

東南アジアのヒース林はボルネオに最も多く存在しているが、タイ、カンボジアの南海岸、半島マレーシアの東西の海岸に沿っても存在している。構成樹種は多雨林、泥炭湿地林、上部山地林と共通のものもあるが、サルスベリに似た樹肌を持つフトモモ科のプラワン(Tristania obovata)の存在が特徴的である。

5　湿地多雨林(Wetland rainforest)

湿地に発達する多雨林は、淡水湿地林、泥炭湿地林及びマングローブ林の３森林に分けられる。

１）淡水湿地林(Freshwater swamp forest)

淡水湿地林は河川周辺の、富栄養の淡水によってしばしばまたは定期的に浸水される低湿地に発達する森林で、時には薄い泥炭層が形成され

ることはあっても、次の泥炭林が厚い泥炭と雨水のみに依存していることと比べて異なっている。この淡水湿地林は熱帯アジアに広く分布していたと考えられるが、すでに農地や水田として開拓された地域が多い。また淡水湿地林は東南アジアだけでなく、アフリカ、中南米の熱帯地域に広く分布しているが、なんといってもアマゾン流域が最も規模が大きい。

マレーシアでは、一般的に構成樹種は河岸林や泥炭林と共通のものが多い。一般的に淡水湿地林はヤシ科のニボンヤシ(Onchosperma tigillaria)が出現し、さらにキョウチクトウ科のAlstonia属のプライが中心となり、フタバガキ科のメルサワパヤ(Anisoptera marginata)やツバキ科のプナー(Tetramerista glabra)などもよく知られており、サゴヤシ(Metroxylon sagu)などのヤシ類を伴うことが多い。また東南アジア各地では、マングローブ林の背後にカユプテの名で知られるフトモモ科のカユプテ(Melaleuca leucadendron)が湿地林を形成していることが多い。また湖水面の前線はPandanus属のタコノキが占めていることが多い。

淡水湿地林はマングローブ林ほど単純ではないが、低地フタバガキ林と比べると層構造も複雑ではなく、樹高も低い。また種数も少なく、高木層を形成するのは30種前後である。さらに板根、支柱根、気根を発達させる種が多い。

２）泥炭湿地林(Peat swamp forest)

泥炭湿地林は、土壌が酸性で貧栄養の泥炭層上に発達する森林で、東スマトラ、マレー半島の両海岸およびボルネオに広がっているが、熱帯アジアの他の地域ではあまり多くない。また世界的に見ても、大規模な泥炭湿地林が見られるのは東南アジアである。

泥炭湿地の構造はドーム状をなし、泥炭の中央部ほど厚くなっており、薄いところで50cm、厚いところでは20mにも達する。極端に貧栄養でpH4以下の酸性条件下にある。水は降雨からのみ供給され洪水はない。

これらの泥炭湿地に発達する植生は、サラワクやブルネイで見られるように、周辺部から中央部に向かって連続的に変化していて六相に分けられている。しかしどこでも六相があるという訳ではない。最初の第一相は辺縁部の斜面に出現しており、最も低地フタバガキ林に類似しており、第五と第六相は最も発達した湿地の中央部にのみ形成され、樹高は低くヒース林と似ており、ヒース林と共通した種類が最も多い。林業的には、第二相のアラン林、第三相のアラン・ブンガ林が重要で低地フタバガキ林と似た相観や構造を持っており、樹高は40～50mに達し、樹種も共通のもが少なくないが、樹種数はずっと少ない。

もっとも普通に見られる樹種はアランと呼ばれるフタバガキ科のShorea albidaで、サラワクやブルネイでは群生して純林を形成することがある。共生する樹種としては、ジンチョウゲ科のラミンと呼ばれるGonystylus属の林木やノボタン科のDactylocladus属のジョンコンなどの樹種が特徴的である。これらは商業用樹種として伐木造材されているが、低地フタバガキ林が農地やプランテーションに転換する中で、泥炭湿地林は厚い泥炭のため農地への転換が難しく、今後とも林業地として重要な役割を持つ森林である。

3）マングローブ林(Mangrove forest)

すでに述べた湿地林が淡水域に出現するのに対して、マングローブ林は海水から淡水と塩水が交互に行き来する汽水地域の泥土上に発達する森林である。これらを総称してマングローブと呼び、100種類くらいの樹種が知られおり、それからなる森林をマングローブ林と呼び、特にインド～マレーシア地域が分布の中心と考えられる特異な群落である。したがってマングローブ林は熱帯アジアでは各地の河川の河口を中心に広く存在している。気候的には亜熱帯にも分布しているが、主な分布地域は熱帯多雨林地帯である。

マングローブ林の主要樹種は、胎生種子で繁殖するヒルギ科の、もっ

とも耐陰性で屈曲膝根を持つBruguira属と耐陰性が中間的で支持根を持つRhizophora属、陽性で直立気根をもつヤマプシキ科のSonneratia属、および陽性で細い直立気根をもち、半胎生種で繁殖するクマツズラ科のAvicennia属のものなどである。

マングローブ林は大別して河口マングローブ林と海岸マングローブ林に分けられるが、前者が圧倒的に広大である。マングローブ林は海や河口の自由水面から内陸部に向かって規則正しく樹種が交替する帯状分布をしているのが普通である。一般にアフリカ東海岸から東南アジアにかけてのマングローブ林が直立気根を持つ樹種が最前線を占めるのに対し、アフリカ西海岸と南米のマングローブ林は支柱根を持つRhizophora属が最前線に出て、直立気根を持つAvicennia属がもっとも内側に成立する。

東南アジアの河口マングローブ林のマレー半島の例では、外海側では泥が堅く最前線はヒルギダマシ(Avicennia属)で占められ、その侵入によってしだいに土地面が高くなるにつれてBruguiera属のベニガクヒルギやシロバナヒルギなどのマングローブ林に移行する。外海から河口に近ずくにつれてしだいに泥が柔らかく深くなり、最前線の樹種はAvicennia属からSonneratıa属に、さらにRhizophora属へと変化し、河の流路に面した汽水域ではRhizophora属が最前線を形成する。陸地に近い最奥部はBruguiera属の高木林となるが、やがて完全に陸地化して陸地の森林に移行していく。他にはCeriops、Xylocarpus、Lumnitzeraなどの属の樹種がある。

特にインドから太平洋諸島に分布する代表的はマングローブであるフタバナヒルギ(Rhizophora apicucata)とオオバヒルギ(Rhizophora mucronata)は支柱根を有しており、時には垂下気根を持ち、胎生種子である。胎生種子は干潮で露出した泥土面に定着した時にすぐ根付くように適応したと考えられ、種子は樹上の果実内で発芽して胚軸を伸ばし、緑色の槍状となって枝から垂れ下がり落下する。

マングローブは用材、燃材、炭材として利用されるだけでなく、樹皮

のタンニンの利用も行われているが、特に炭材としての利用は大きく世界市場に輸出されている。またマングローブ林はエビなどの稚魚の生育する場所、すなわち稚魚の幼稚園的な重要な役割を持っているが、最近は海老の養殖場として乱開発され、立派な天然林は少なくなっている。また現在は各国でマングローブの植林が進められているが、その場合には胎生種子を採取して泥土に挿して植えるやり方が多い。

以上、きわめて簡単であるが、熱帯アジアの各種森林の分布と樹種についての要約を紹介した。

IV　低地多雨林の現存量と一次生産

低地熱帯林の現存量や一次生産はかなり大きいといわれ、その大きさの故に、熱帯林の維持や消失が地球環境としての温暖化の原因である二酸化炭素の貯蔵源や発生源として問題視されるようになってきている。ここでは筆者の参加した半島マレーシアにおける低地多雨林の現存量調査や成長量の調査を紹介しながら、熱帯林の現存量や一次生産の問題に触れてみたい。

ここでいう現存量は、単位面積あたりに現存する生物量のことで、今はバイオマスという表現でなされることが多いが、ここでは単位面積あたりの植物量のことをさし、また一次生産は葉の葉緑素によって光合成された、ある期間あたりの量のことをさし、いずれもhaあたりの乾燥重量で示される。この現存量や一次生産は、人間を含めてすべての生物活動の源泉であり、ほぼその量の約半分は炭素から成り立つと言われるだけに、カーボンのシンクとして重要な意味があり、また破壊や焼却によって重大な発生源となりうるだけに、地球環境と密接な関係を持っている。

1　現存量と生産構造

現存量の測定には、巨大高木層の林木のように大きい個体から地表の小さな植物まで、ある面積の中に含まれるすべての植物の重量を測定しなくてはならない。このために方形区の大きさを植物の高さによって変えたり、大木はある大きさごとに分けるなどしてその重量を、葉、枝、幹などに分けて測定し、得られた結果をhaに換算して表示する。このようにして得られたパソーの低地多雨林の現存量は表-13の通りである。

これによれば、475トンという地上部の現存量は、それまで行われた熱帯多雨林の測定である、東南アジアの南タイのカオチョンでの331トン、また南西カンボジアの321トンという現存量と比較しても、最高樹高や主要樹冠層の高さの違いを考慮すれば妥当な量ということができる。

表-13　パソー保護林の伐倒測定区の現存量

	乾重（t／ha）					葉面積指数 (ha/ha)
	幹	枝	非同化部分	葉	地上部計	
木本	367.48	90.13	457.61	7.46	465.07	6.20
ツル類			9.13	0.52	9.65	0.66
その他			0.25	0.21	0.46	0.23
計			466.99	8.19	475.18	7.99

ここでは根系の調査は細根以外は行われなかったが、カオチョンの調査で地上部重の1/10という推定をしたことをそのまま当てはめると、パソー保護林の全現存量はha当たり500～550トンの範囲にあると考えてよい。

葉量の8.2トンという値は、他の地域の値と匹敵している。葉面積指数は8.0と意外と小さかったが、層別に上層から下層にいくにしたがって葉の厚さが変化し、たとえば、上層の大高木の表層では7m²/kgであるのに、地表の稚樹では13m²/kgと薄くなる傾向からきている。葉量、葉面積密度、幹・枝の非同化部分の垂直分布を示す生産構造図は図-7のようである。葉の垂直分布は高さ30～35m、20～25mおよび1.3m以下の三部分に最大値が出現していることが特徴的である。一方、葉面積密度は10～35mの高さの間でほとんど均質に分布しており、5m以下でもかなり高くなっているが、5～10mの間の層ではきわめて低くなっているのが特徴的である。ツル類の葉はすべての

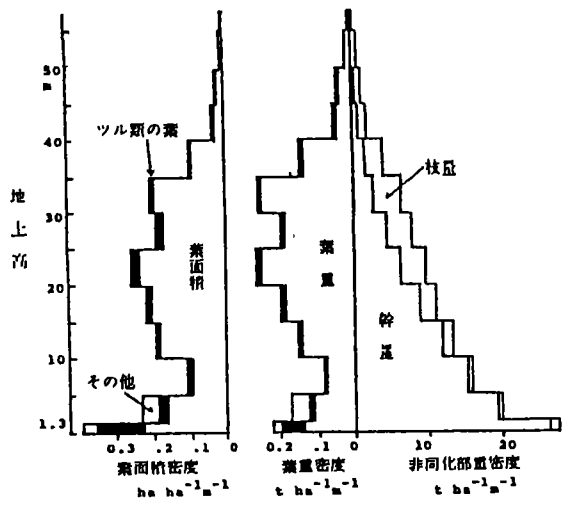

図-7　生産構造図

高さにかなり均等に分布しているが、全葉量に対するツル類の葉の割合は、樹冠の表面と地表面において増加する傾向が見られた。

2　生長量の推定

森林の一次生産量を推定するには、現存量の増加、すなわち生長量を推定することが必要である。しかし熱帯多雨林の場合、年輪を欠如していることが多いことや直径生長の測定は可能であっても、群落の巨大さや葉層の重なりあいなどから、樹高の測定が難しく生長量の正確な把握を困難にしている。一方、十分な伐採調査の資料があるならば、林木体の各部分の間の相対成長関係を利用して現存量の推定が可能である。

直径5cm以上の伐採測定木の各部分の相対関係は次の通りである。

胸高直径[D(cm)]と樹高[H(m)]との関係：$1/H = 1/2.0D + 1/61$

胸高直径の２乗と樹高の積[$D^2H(cm^2/m)$]と乾重[$W_S(kg)$]との関係：

$$W_S = 0.313(D^2H)^{0.9783}$$

幹重[$W_S(kg)$]と枝重[$W_B(kg)$]との関係：$W_S = 0.136W_B^{1.070}$

幹重[$W_S(kg)$]と葉量[$W_L(kg)$]との関係：$1/W_L = 1/0.124W_S^{0.794} + 1/125$

葉量[$W_L(kg)$]と葉面積[$u(m^2)$]との関係：$u = 11.4W_L^{0.900}$

これらの関係式を用いると、ある木の直径が与えられると、上式を逐次計算して積み上げると全地上部重と全葉面積の算出が可能となる。実際に伐倒測定した値と計算式による値と比較すると9％の相対誤差があったことから、直径が測定されれば9％以内の相対誤差で現存量の測定が可能であるといえる。

直径成長については伐倒測定区を含む2haの調査区の測定が、ほぼ2年間に渡って半年毎の測定が行われており、その結果を示すと図-8のようである。直径成長は意外と小さく、最高の成長量は最初の1年で約9mm、1年11か月で13mmに過ぎなかった。しかも同じ直径階に属する木でも、その成長量の幅はきわめて大きかった。しかしながら、全般的に主要樹種の構成員である大高木、すなわち胸高直径で20～40cmの範囲のものが

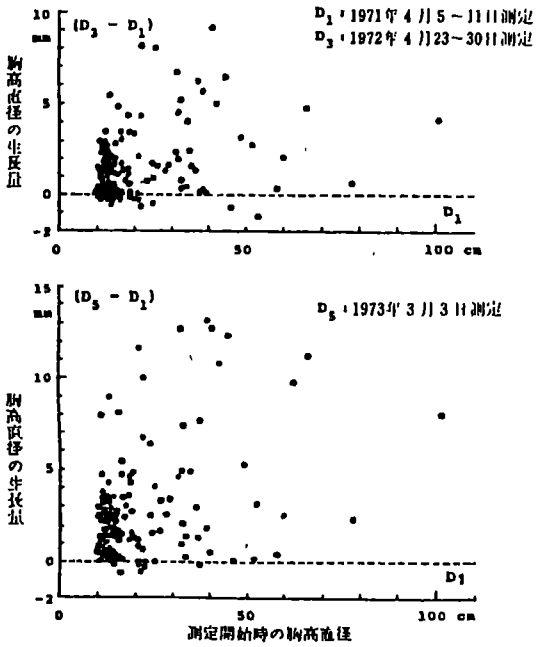

図-8　胸高直径10cm以上の木の胸高直径の成長量

最大値を示す傾向が見られた。これらの直径成長を基にして、伐倒調査区の4.5cm以上の胸高直径をもつ全立木の現存量の成長量を計算してみると表-　のようになる。

1年間の現存量の成長量はha当たり6.4トンであって、これは伐倒調査時の現存量の1.35％に当たる。この成長量の内、約80％が幹の、19％が枝の成長量で非同化部分への増加が大部分である。また根の成長量を地上部の10％と仮定するならば、現存量全体の成長量はおおよそ7トンと考えてよい。この値は1本の巨大高木または大高木が枯死することによって容易に帳消しになるほどで、あるいは過塾老齢天然林であること

表-14　直径成長から推定された現存量の成長量

	乾重					葉面積指数
	幹	枝	非同化部分	葉	地上部計	(ha/ha)
現存量(t/ha)	380.6	86.18	466.8	8.3032	475.1	7.298
成長量(t/ha年)	5.115	1.197	6.313	0.0866	6.399	0.0696
成長率	1.34	1.39	1.35	1.04	1.35	0.95

にも原因があるかもしれないが、熱帯多雨林の生産力、特に木材生産の場としての生産力の高さは、必ずしもそんなに大きくないこと示すものと思われる。

3　枯損量と純生産量

今まで述べた現存量の生産量は生立木の現存量の増加であって、枯損という形で消失した部分を含めての純生産量がどれだけあるかを紹介しよう。

リタートラップで捕らえられた、葉、10cm以下の小枝、樹皮、花、果実、昆虫の遺体や糞などの小型リターの年平均落下量はha当たり10.55トンに達し、そのほぼ60％の6.30トンが葉、25％の2.70トンが枝であった。そのほかに、花・果実・樹皮・芽鱗や苞鱗・昆虫の遺体・昆虫の糞などが15％の1.55トンあった。なお小枝は枯死した後、落下する前にある期間樹上で残って分解を受けるが、その際の消失量は、重量でほぼ30％と仮定されるので枝のその分を補正すると、小型のリターによる地上部現存量の消失は年平均11.5トンになる。

また直径10cm以上の枝や幹などの大型リターの落下、さらに立木状態で枯死する木などによる消失がある。これらも地上に落下する前に約10％の部分がすでに消失しているので、これを補正すると大型の木質リター量はha当たり年平均3.7トンとされている。

根については測定はないが、その20％が毎年更新されると仮定しすると、根の消失はha当たり年平均約4トンということになる。

さらに動物などによる非食量を毛虫の糞の量から推定すると、糞の量は0.245トンであったので、毛虫の13％の同化効率で補正すると、推定される葉の被食量はha当たり平均0.28トンに達する。

以上の値を積み上げると純生産量は1年間、ha当たり平均26.45トンと推定された。

この値は期待したほど大きい値ではなく、日本の温帯林よりは高いけれど、南西日本の暖帯林の純生産量と比べて有意な違いはなかった。

4　呼吸量と総生産量

一次生産として、純生産量に呼吸による消費量を加えた総生産量を推

定する必要がある。葉、幹、枝、根の各部分の呼吸量を測定して、それを基に全体の呼吸量が推定されたが、群落全体の呼吸量はha当たり年平均54.5トンであった。

したがって、総生産量は、純生産量の26.5トンと呼吸消費量の54.5トンを加えた合計で、1年当たりha当たり81トンとなる。この値は、たとえば温帯地域での、いくつかの非常に生産的な森林での総生産量がha当たり年平均60-80トンのレベルであることが知られているのに比べて、そう大きな違いはないことになる。

以上西マレーシアの典型的な低地多雨林の現存量と一次生産量についての要約を紹介したが、温度量と湿度条件に恵まれた、マレーシアの低地多雨林の一次生産量はha当たり年平均で81トンと推定されたが、この値は期待したほど大きい値ではない。

しかも、その67%が呼吸にとって消費されており、残りの33%に当たる26.45トンが、ha当たりの年平均の純生産量になる。さらに、その3/4が枯死木や枯死部分を補充するのに使われ、生きている現存量の成長量はわずか7トンしか利用されていないことが判った。この7トンという値は、直径75cmの木1本の現存量に匹敵しており、そうした巨大高木の1本の枯死によって容易にキャンセルされる可能性のある成長量ということになる。したがって、熱帯多雨林は普通想像されるほど、非常に高い生産力を持った森林群落ではないことになり、その開発や保全の間の調和を十分考慮しなくてはならないことになる。

しかし、これは老齢過熟な天然林では当然なことではあり、その巨大な現存量を維持しながら、絶えず枯損を生じ倒木をすることによってギャップを形成し、そのギャップの中に若い世代を育んでいることで見られるように、部分的な若返りを計って回転していく、森林の存在はそれなりに意味があることである。

一方、伐採跡地に植栽された早成樹種がha当たり20m^{3}以上の高い材積成長を示すことに見られるように、天然あるいは人工の若い更新段階の

森林の生産力が意外に高いのではないかと考えられていることから、熱帯地域の物質生産、ひいてはカーボンのシンクとしての働きは、これらを加味していく必要があり、地域の開発や保全にもこうした面を十分考慮していく必要があろう。

V　熱帯の森林資源の現状

それでは、今まで述べた各種の熱帯林が、地球上でどの位存在しているのだろうかを見てみよう。

言うまでもなく、森林に関する適切な決定や行動をとるためには、長期にわたる森林の状況や変化の情報があって始めて可能であって、森林資源の評価と体系的な観測は不可欠である。FAO（国際農業食糧機関）では、こうした観点で世界の森林資源の定期的な評価を行ってきている。第1回は約50年前の1946年に行われ、続いて第2回から第4回まで1953年、1958年、1963年と5年毎に行われたが、これらはいずれもアンケートによる調査が中心であった。1966年に地域別調査方式が提唱され、1968年から始まる第5回目の調査は、種々の事情によって中止され非公式の報告書としてまとめられたにすぎない。

その後、1978年よりFAOはUNEP（国連環境計画）からの財政援助を受けて、熱帯諸国における森林資源の現状と変遷の実態について再評価を行い、その結果を1981年に1980年熱帯森林資源評価報告書として発表した。これは当時1977年に米国政府による「西暦2000年の地球」が発表された後だけに注目を受け、熱帯の森林を論ずる時の基礎統計となった。その後この時の評価を基にして、10年後の1990年時点の評価が行われたが、ここで述べる熱帯の森林面積などの現状の情報は、すべて1990年に行われた森林資源の評価の結果に基ずいている。中身の個々については問題がないわけではないが、熱帯の森林の現状を大まかに把握するには役立つことは言うまでもない。

なお、ここでいう森林とは、林木の樹冠によって被覆された土地で、通常樹高7m以上に生育する林木があり、木材の生産ができる連続的な森林植生を意味する。これには林木のいくつかの層で大部分の土地が被覆され閉鎖している密林と、林床に連続したイネ科の草本の階層を持ち、樹木またはタケ類の樹冠の面積が土地面積の10％以上を占める疎林とを

含んでいる。これには林業目的の人工造林地、人為または自然的な理由のため蓄積を持たないが森林の状態に戻ると期待される小地域、林業目的に設定された若令の天然林および植栽林、林業に欠かせない苗畑・林道・歩道・防火線などの小疎開地、国立公園・自然保護区およびその他の学術的・歴史的・文化的保護地域の森林、0.5ha以上の広さを持つ防風樹と保護樹の地域を含むとされている。また森林外の林木である、耕地と草地や牧草地などに散在する樹木や小林地（0.5ha以下）、ゴムやアブラヤシ・果樹などの永年作物の栽培されている土地、都市公園・街路・庭園・建物周辺・生垣・道路・運河・河川などに沿って列植されている林木や小林地（0.5ha以下）を除くとしている。

1　世界の森林面積

世界の森林面積は、温帯の発展途上国などについて未確定のところがあるが、FAOと国連ヨーロッパ経済委員会の発表による「1990年の温帯の森林資源評価」によれば、世界における森林およびその他の樹林地の推定面積は表-3の通りである。

表-3　1990年における世界の森林およびその他の樹林地の推定面積

	陸地面積 (10億ha)	森林及びその他の樹林地		
		面積 (10億ha)	陸地面積との割合 (%)	全林地との割合 (%)
世界総計	12.76	4.06	31.8	100.0
熱帯諸国	5.79	1.73	29.9	42.6
温帯の先進国	5.34	2.06	38.6	50.7
その他の国	1.63	0.27	16.6	6.7

(FAO：1990年森林資源評価による)

すなわち、全世界の森林面積の合計は地球の陸地面積の31.8％にあたる40億6千万haと推定され、そのうちの約50.7％の20億7千万haが温帯先進国にあり、約43％の17億3千万haが熱帯諸国に存在していることになる。その地域別の面積は、前ソ連邦地域が23％と最も多く、ついでラテ

ンアメリカの23％、北アメリカの18％、アフリカの15％、アジア・太平洋地域の発展途上国が12％、オーストラリア、ニュージーランド、日本のアジア太平洋地域の先進国およびヨーロッパの先進国はいずれも5％前後である。ちなみに日本は0.6％にしか過ぎない。

また、全世界の陸地面積は127億6千万haであるから、熱帯地域の陸地面積ははその45.3％を占めており、その中で熱帯林の占める面積は土地面積の29.9％にあたる。この地域にある国の大部分は、開発途上国と呼ばれている国々であり、さらに温帯地域にも表のその他の国の大部分はそれに属すると考えてよいので、発展途上国の森林は世界の森林の49.3％を占め、先進国と発展途上国とが地球の森林をそれぞれ半分ずつ所有していることになる。しかし、ここで注意しなくてはならないことは、1980年から1990年の間の森林面積の変化を見ると、温帯の先進国の森林の面積が現状維持か僅かな微増の状況にあり、さらに中国を主とするその他の温帯国でも増大しつつあるという事実である。したがって温帯全体の森林がいくらか微増であることから、地球上の森林減少は次の節で述べるように、すべてが熱帯の森林の減少であることが分かる。

なお、表-3の合計数値が以下の表と合っていないのは、こちらの数値が未確定の数値のためである。

2　熱帯の地域による森林面積と消失面積

それでは、熱帯における森林面積の現状はどうであろうか。地球上の全熱帯の土地面積は約50億haといわれ、このうちの約5億haが砂漠であるといわれるので、残りの約45億haは森林の種類は別としても、なんらかの森林を潜在的に成立させる可能性を持つ地域であるといわれる。

これを熱帯林の地域ごとの1980年と1990年の森林面積と1990年の森林消失面積で見ると表-4の通りである。

これによると1990年時点での熱帯の森林面積は17億5千6百39万haと推定され、熱帯の全土地面積の36.7％を占めることになる。全土地面積に

表-4　地域別の森林面積と森林消失率の推定

地域	調査国数	全土地面積	森林面積		年森林消失面積	変化率 1981-1990
			1980	1990		
		百万ha	百万ha	百万ha	百万ha	%
アフリカ	40	2236.1	568.6	527.6	4.1	0.7
西サヘル	9	528.0	43.7	40.8	0.3	0.7
東サヘル	6	489.7	71.4	65.3	0.6	0.9
西アフリカ	8	203.8	61.5	55.6	0.6	1.0
中央アフリカ	6	398.3	215.5	204.1	1.1	0.5
熱帯南アフリカ	10	558.3	159.3	145.9	1.3	0.9
アフリカ島嶼	1	58.2	17.1	15.8	0.1	0.8
アジア	17	892.1	349.6	310.6	3.9	1.2
南アジア	6	412.2	69.4	63.9	0.6	0.8
東南アジア大陸	5	190.2	88.4	75.2	1.3	1.6
東南アジア島嶼	5	244.4	154.7	135.4	1.9	1.3
太平洋諸島	1	45.3	37.1	36.0	0.1	0.3
ラテンアメリカ	33	1650.1	992.2	918.1	7.4	0.8
中米／メキシコ	7	239.6	79.2	68.1	1.1	1.5
カリブ諸島	19	69.0	48.3	47.1	0.1	0.3
熱帯南米	7	1341.6	864.6	802.9	6.2	0.7
熱帯合計	90	4778.3	1910.4	1756.3	15.4	0.8

対する森林面積の割合はラテンアメリカで55.6%と最も高く、次いでアジアの34.8%となり、アフリカが23.6%と最も低い。一方、熱帯林全体に対する割合では、ラテンアメリカが52%と最も多く、次いでアフリカの30%、残りの18%がアジアとなり、実際の面積ではアジアが最も低いことになる。しかし、森林面積率の高いラテンアメリカであっても、中米・メキシコは28.4%と低く、森林面積率の低いアフリカであっても中央アフリカは51.2%と高い。各地域の中で、森林面積の大きいのは、アフリカでは中央アフリカ、アジア太平洋では島嶼部東南アジア、ラテンアメリカでは熱帯南アメリカと、いずれも熱帯多雨林地域であり、土地

面積に対して50％以上の森林が存在している。

また、前回の1980年の調査と比較すると、この10年間に熱帯の森林面積は1億5千4百10万haの減少が見られ、これは熱帯地域の1年あたりの平均消失面積として、前回の1980年時点での推定消失面積の1千百30万haと比較して、大幅に増大し毎年1千5百40万haの森林が消失していることになる。これは日本の国土面積の40％にあたり、また毎分約29.3haの熱帯林が消失したことになる。

この消失面積を地域別に見ると、面積ではラテンアメリカが740万haと最も多いが、その大部分はアマゾン流域の熱帯多雨林地域を含む熱帯南米の地域である。アジアでも熱帯多雨林が成立しているアジア島嶼部で大きい減少面積を示しているが、アフリカでは熱帯多雨林の成立している中央アフリカや西アフリカよりも南部の熱帯南アフリカで多い。

一方、毎年の森林消失の割合ではアジアが1.2％と最も高く、特に熱帯季節林の多い東南アジア大陸部が1.6％と高い値を示している。アフリカとラテンアメリカはほぼ同じ消失割合の0.7～0.8％であるが、やはり乾季の入り込む地域で森林消失率が高いのが目立っている。

このように熱帯各地とも森林減少が激しいのに対し、すでに述べたように温帯の先進国では、1950年以来森林造成が増大しているため、その森林面積は現在微増の傾向にあるといわれている。例えば、1990年の終わりにおけるヨーロッパの森林は1億4千9百万haと推定され、1980年での1億3千7百万haと比較して増大しており、地球上の森林の減少は熱帯における減少によっていることがわかる。

3　熱帯の主要生態地帯毎の森林面積

次に、各熱帯地域のおける、主要生態地帯、すなわち熱帯林の主要タイプごとの森林面積や消失の状態を見ると、表-5に示す通りである。この表では、熱帯地域を森林地域と高山や砂漠などの非森林地域に分け、森林地域は低地林と丘陵や山岳地などの山地林の二つに分けている。さ

表-5　主要生態地域別の森林面積と森林消失の推定

生態地域	土地面積	人口密度 1990	年人口増加率 1981-90	森林面積 1990		年間森林消失 1981-90	
					対土地		
	百万ha	人口/km²	%/年	百万ha	面積%	百万ha	%/年
森林地域	4,189.7	57	2.4	1,748.2	42	15.3	0.8
低地林	3,476.6	57	2.3	1,543.9	44	12.8	0.8
多雨林	937.1	41	2.2	718.3	76	4.6	0.6
湿潤落葉林	1,298.6	55	2.4	587.3	46	6.1	1.0
乾燥林	1,241.0	70	2.3	238.3	19	2.2	0.9
山地林							
（丘陵と山地）	723.1	56	2.6	204.3	29	2.5	1.1
非森林地域							
（高山と砂漠）	588.6	15	3.1	8.1	1	0.1	1.0
熱帯合計	4,778.3	52	2.4	1,756.3	37	15.4	0.8

注：人口増加率と森林消失率は複利であり、四捨五入のため内訳と合計は合わない。

らに低地林は多雨林、湿潤落葉樹林および乾燥林の三つに分けられているが、ここでいう湿潤落葉樹林は熱帯季節林に、乾燥林はサバンナ林やトゲ林に相当すると考えてよい。

表-5によれば、全森林面積は17億4千8百20万haで、そのうち低地林が15億4千3百90万haで全熱帯林の88％を占め、、残りの12％が山地林で2億4百30万haである。また、低地林の中では、多雨林の面積が7億1千8百30万haと最も多く、熱帯林全体の41％、低地林全体の47％を占めており、次いで湿潤落葉樹林が7億1千8百30万haで、熱帯林全体の33％で低地林全体の38％を占め、乾燥林が2億3千8百30万haで、全体の13.6％、低地林の15.4％を占めている。

熱帯の各森林タイプが存在する地域の土地面積と、その土地での1990年において森林が占めている面積との割合を見ると、森林地全体では土地面積の42％を占めている。このうち熱帯林面積の88％を占める低地林は、その地域の土地面積の44％を覆っており、また全熱帯林面積の12％

を占める山地林は、その地域の土地面積の29％を覆っていることになる。また、低地林の内、多雨林が76％と土地面積に対して最も高い割合で森林が存在しており、次いで湿潤落葉種林の46％、乾燥林の19％となっており、明らかに乾燥の度合いが強い地域ほど森林面積の割合は減少している。

1990年までの10年間の森林消失面積では、湿潤落葉樹林が最も多くて610万haであり、次いで多雨林の460万haである。森林消失率の高いのは、山地林で1990年までの10年間の年消失率は1.1％と低地林の平均0.8％を上回っている。また低地林の間では、湿潤落葉樹林が面積的でも年消失率でも高い値を示しており、また乾燥林も0.9％と低地林の平均より高い。このように乾燥の度合いの高いところや、山地林地域の減少率が高いのは、あるいは次に述べる人口増加率が高いことと無関係ではないように思われる。

このように森林の消失が人口の密度や増加率と関係があると思われるが、この表から人口密度や年間人口増加率と森林の消失との関係を見ると、人口密度では低地林、山地林とも57人/km^{2}前後であるが、低地林地域では多雨林地域で人口密度が最も低く湿潤落葉樹林から乾燥林地域にいくに従って増大している。また人口増加率では山地林が2.6％、湿潤落葉樹林が2.4％と若干他より高く、これがそれぞれの地域の森林の減少率を高めていると思われる。

森林消失の原因については後で触れるが、ここで注意を要するのは、ここでいう森林消失とは、土地面積に対する樹木の樹冠面積が10％以下になり、焼畑移動耕作を含む農業など森林以外の他の利用のために、天然高木林が皆伐されてしまうことを意味している。したがって、たとえ伐採、放牧、山火事等で森林が質・量ともに変化しても、その土地が依然として森林として利用されるだろうと見込まれる場合には、それを森林消失の面積には入れていない。

4　熱帯の多様性とバイオマスの消失減少

熱帯林の持っている豊かな種の多様性とバイオマスの動向は、地球規模の遺伝資源の保全管理や、気候的な温暖化などと関連して、最近話題になることが多い。

森林の減少と種の喪失の関係は、熱帯の森林の種類のよって異なるが、乾燥の度合いによる森林の生態的な特性と関係があり、各森林生態系ごとに森林の減少と密接な関係があり、森林の減少は明らかに種の消滅をもたらし、多様性の減少につながっていることが示されている。

表-6　森林消失による高等植物の種類の消失の推定表示

生態地域	森林面積 1980	森林面積 1990	森林消失 1981-90	相対的な種の豊かさ 1990	種の損失の推定表示 1981-90
	百万ha	百万ha	百万ha	種数	喪失率（%）
アフリカ					
熱帯雨林	91	87	4.7	30,700	2.0
湿潤落葉林	274	251	22.5	13,000	2.5
乾燥地林	162	151	10.8	1,900	1.0
高地林	38	35	2.9	12,300	2.5
アジア・太平洋					
熱帯雨林	199	177	21.6	40,400	4.3
湿潤落葉林	48	42	6.6	7,600	4.3
乾燥地林	46	41	4.7	1,600	1.6
高地林	53	47	5.8	13,500	3.8
ラテンアメリカ・カリブ					
熱帯雨林	474	454	19.4	57,900	1.6
湿潤落葉林	326	294	31.8	13,700	3.0
乾燥地林	52	46	6.2	1,600	1.9
高地林	138	122	16.2	18.400	4.0

表-6は、今回の評価で、各地域ごとの熱帯雨林、湿潤落葉林、乾燥地林、高地林の四種の森林型に分けた場合の相対的な種の豊かさと森林減少におる種の喪失率を試算した結果を示したものである。

1990年現在での相対的な種の豊かさでは、いずれの地域でも、熱帯雨林が他の森林と比較して高い種の豊かさを持ち、その中でも、最も森林面積の大きいラテンアメリカの熱帯多雨林が、最も豊かな種数を示している。続いて高地林もしくは湿潤落葉林が高い値を示し、乾燥地林は最も低い。その森林の減少による喪失率は、アジア・太平洋地域の熱帯雨林と湿潤落葉樹林がいずれも4.3%と他の地域や森林と比べて非常に高い値を示している。なお各地域とも高地林がいずれもかなり高い種の豊かさを持っているとともに、その喪失率も2.5-4.0%といくらか高い。

表-7は各地域の森林バイオマスとその減少の状況を示している。もちろんバイオマス量は森林の種類や面積によって異なることはいうまでもないが、haあたりのバイオマス量では、中央アフリカ、東南アジア島嶼部、カリブ海などでは200トンを超えているのに対し、低い値は西サヘルと熱帯南アフリカの60トン前後となっている。一人あたりの森林バイオマスは中央アフリカが最も高く878トン、次いで熱帯南米の615トンとなっているが、地域全体としてもラテンアメリカの426トンやアフリカの145トンに比べて、アジア・太平洋地域が36トンと低く、特に南アジアでは高い人口圧によって6トンと非常に低いことは注目される。また森林消失による森林バイオマスの減少は25億トンと推定され、そのうちの半分はラテンアメリカ地域で生じており、次いで約30%がアジア・太平洋地域、約20%がアフリカ地域である。

このような森林減少や多様性の消失の過程について、アフリカなどの地域で1980年と1990年の二つの衛星画像の比較解析のよって行われた。閉鎖林や疎林および長期休閑林などの連続した森林が変化する過程を四つに分けている。すなわち、森林の密度の変化や長期休閑後の焼畑利用された場合を「森林劣化」とし、断片的な森林への変化を「断片化」、

表-7　森林バイオマスの現況と森林消失による年間減少

地域	森林面積 1990	森林バイオマス			森林消失による年間減少 1981～90		
		haあたり平均	計	1人あたり平均	面積	バイオマス	
	百万ha	トン/ha	百万トン	トン/1人	百万ha	百万トン	%/合計
アフリカ	527.6	133.0	70,144	145	4.1	479	19
西サヘル	40.8	64.5	2,628	61	0.3	19	0
東サヘル	65.5	80.3	5,254	43	0.6	48	2
西アフリカ	55.6	97.3	5,409	34	0.6	58	2
中央アフリカ	204.1	227.1	46,349	878	1.1	259	10
熱帯南アフリカ	145.9	60.5	8,824	93	1.3	81	3
アフリカ島嶼部	15.8	106.5	1,680	140	0.1	14	0
アジア・太平洋	310.6	180.8	56,170	36	3.9	732	29
南アジア	63.9	99.6	6,368	6	0.6	55	2
東南アジア大陸部	75.2	187.1	14,075	80	1.3	246	10
東南アジア島嶼部	135.4	212.9	28,837	109	1.9	410	16
太平洋	36.0	191.4	6,890	118	0.1	22	1
ラテンアメリカ・カリビア	918.1	185.0	169.844	426	7.4	1,303	52
中米・メキシコ	68.1	95.2	6,483	55	1.1	106	4
カリブ海	47.1	247.0	11,638	337	0.1	30	1
熱帯南米	802.9	189.0	151,723	615	6.2	1,167	46
合計	1,756.3	168.6	296,158	121	15.4	2,514	100

もしくは「部分的森林減少」と呼び、さらに森林減少を二種類に分け、低木林や短期の休閑林である「他の樹林地への森林減少」と森林が失われて他の土地利用に転換した「非森林地への森林減少」としている。一方、森林の密度の増加や休閑林から閉鎖林などへの良い方向への変化を

「改善」と呼んでいる。

アフリカでは連続した森林のほとんど無視できる程度の改善と造林地への転換を除き、劣化が19.6%、断片化が25.4%、他の樹林地への森林減少が27.5%、非森林地への森林減少が26.7%であり、森林の生態区域では農業活動に適する低地湿潤林が他の山地や乾燥林と比べて大きい変化を示していた。このような変化はアジアやラテンアメリカでも見られ、特にブラジルや熱帯アジアでは連続した森林からの移行がアフリカよりも急速に進行しており、これはアジアでの高い人口密度と計画的な入植や資源開発が原因であるといわれる。またアジアとアフリカでの森林減少は常に断片化と劣化を伴って発生しており、ブラジルではアマゾン河や主要な国道などの線的な交通路に沿って進行しており、すべてが非森林地への移行であるという。

5　熱帯林の保全と森林収穫

この森林資源評価の一部として、森林保全、森林経営と木材収穫および人工林についての特別調査が行われたが、以下これについて若干触れよう。

森林保全：表-8は、木材生産、保護、保全などの様々な目的のために、法律で指定され公示されている森林の面積を示している。ここでいう木材生産の森林とは、木材や他の林産物の持続的な生産のために適した地形や土壌条件を持つ森林であるが、消費地や輸出港までの距離が考慮されていないので、経済性のない森林を含んでいる。保護森林は、傾斜が急過ぎて荒れた、または定期的か恒久的に浸水しがちな、地形上に位置していて、物理的に非生産性のために森林経営が実際になされない林業部局の管轄する面積を指しており、保全森林は法規性によって保全が指定されている林業部局の管轄する地域を指している。このように保護は水や土を保全するために存置している森林であり、保全は生物、すなわち野生生物の保全のために森林を保全していることになる。

表-8　1990年末における熱帯の森林機能別に分類された指定森林の面積

地域	土地面積	木材生産		保護		保全		計	
	百万ha	百万ha	対土地面積%	百万ha	対土地面積%	百万ha	対土地面積%	百万ha	対土地面積%
アフリカ	2,236.1	58.3	2.6	7.8	0 3	18.1	0.3	84.2	3.8
西サヘル	528.0	16 9	3.2	5 1	1.0	1.3	0.3	23 3	4.4
東サヘル	489 7	1.6	0.3	0.1	0.0	2.3	0.3	4.0	0.8
西アフリカ	203 8	13 0	6 4	1.5	0.7	5 0	2 3	19.5	9.6
中央アフリカ	398.3	3.0	0.8	0.4	0.1	1 2	0.3	4 6	1.2
熱帯南アフリカ・アフリカ島嶼部	616.3	23.8	3.9	0.7	0.1	8 3	1.3	32 8	5.3
アジア	892.1	151.2	16.9	43.8	4.9	26.8	3.0	221.8	24.9
南アジア	412 2	59 4	14.4	1.0	0.2	0.3	0.1	60.7	14.7
東南アジア大陸部	190.1	20.1	10.6	9.7	5.1	19.8	10.4	49 6	26.1
東南アジア島嶼部	244 4	71 7	29.3	33.1	13 5	6.7	2.5	111.5	45.6
太平洋	45.3	0 0	0 0	0.0	0 0	0.0	0 0	0.0	0.0
ラテンアメリカ	1,650.2	99.9	6.1	90.1	5.5	26.4	1.3	216.4	13.1
中米・メキシコ	239.6	12.0	5.0	73.2	30.6	0.8	0.8	86 0	35.9
カリブ海	69.0	0.9	1 3	0 8	1.2	0 8	1.2	2.5	3.6
熱帯南米	1,341.6	87.0	6.5	16.1	1.2	24 8	1.5	127.9	9.5
合計	4,778.4	309.4	6.5	141.7	3.0	71 3	1.5	522 4	10.9

このように指定公示されている森林は表に示されるように、全体で見ると土地面積の約11％が指定されているが、木材生産に指定されている森林が最も多く、ついで保護、保全の順になっている。また地域ではアジア地域が最も多く土地面積の約25％がなんらかの形で指定れており、次いでラテンアメリカ地域の約13％、最も少ないのはアフリカ地域の約4％となっている。これを1990年現在の森林面積と比べると、アジア地域では約70％が指定され、次いでラテンアメリカ地域の約24％、最も少ないのはアフリカ地域の約16％である。しかし同じ地域でも、アジアでは東南アジア島嶼部が45.6％と突出しており、またラテンアメリカ地域では中米・メキシコ地域が土地面積に対して約36％と非常に高いのが注

目される。

なお、これらの森林機能の内、保全と保護は必ずしも林業部局によって管轄されるわけではなく、他の行政部局によって管轄されることが少なくない。表-9は林業部局、野生生物部局およびその他の部局に分けての管理面積が纏められているが、ここでの林業部局の数値は前表の保護と保全の面積の合計値である。

表-9　林業、野生生物およびその他の部局管轄の保全区域の面積

地域	林業	野生生物	その他	合計	
	百万ha	百万ha	百万ha	百万ha	対土地面積%
アフリカ	25.9	197.7	0.6	224.2	10.0
アジア・太平洋	70.5	55.6	0.8	126.9	14.2
ラテンアメリカ・カリブ海	116.5	118.4	120.7	355.6	21.5
計	212.9	371.7	122.1	706.7	14.8

表によれば面積や管轄が地域によって異なっており、例えば保全保護地域の面積が最も多く、3億5千5百60万haと熱帯の総保護保全地面積の半分を占めているラテンアメリカ・カリブ海地域では、林業、野生生物、その他の行政部局によって、ほぼ三分割される形で管轄されている。アフリカ地域では、約88%の面積が野生生物局によって管轄されており、林業部局によって管轄される面積は約12%弱と少なく、その他の部局は1%以下である。一方アジア地域では林業部局による管轄が56%と過半数を超えるが、残りの大部分は野生生物局で、その他の部局は1%以下である。

このように熱帯地域全体で土地面積の14.8%が保全地域として法的または慣習的な制度によって管理されており、その箇所数も8,715か所の保全地区が存在しているといわれ、熱帯の相当部分が保護保全のために管理されていることになる。しかし、熱帯地域を通してその法制度は十分ではなく、指定だけされても生物多様性の点で不明な場合があったり、

保全地区の内わずか5%しか分類について調査されていなく、その他の調査も必ずしも十分に行われていないという。また予算や組織の面で、その保護保全への対応や管理が不十分にならざるをえない地域が少なくないといわれ、生物の多様性の保全の面で今後の問題であろう。

森林収穫：表-10は熱帯三地域での、1961年から1990年までの広葉樹林の年平均収穫密度と収穫面積の推計を表わしている。この表で注意さ

表-10　1961～1990年間の熱帯の3地域別の広葉樹林の年収穫推定強度と面積

期間	アフリカ			アジアと太平洋			ラテンアメリカとカリブ海			熱帯諸国全体		
	平均収穫強度 m^3/ha	年収穫森林面積 1000ha		平均収穫強度 m^3/ha	年収穫森林面積 1000ha		平均収穫強度 m^3/ha	年収穫森林面積 1000ha		平均収穫強度 m^3/ha	年収穫森林面積 1000ha	
		原生林	二次林		原生林	二次林		原生林	二次林		原生林	二次林
61-65	14	394	91	42	510	78	7	1,247	57	17	2,152	226
66-70	14	506	137	43	750	135	8	1,260	76	20	2,516	348
71-75	14	593	166	35	1,343	221	8	1,485	119	20	3,422	505
76-80	14	612	215	33	1,732	319	8	2,011	183	19	4,356	717
81-85	14	634	239	32	1,718	369	8	2,297	251	18	4,648	859
86-90	13	723	248	33	1,861	453	8	2,287	320	19	4,871	1,020

れるのは、haあたりに収穫される平均材積が、アフリカ地域で13-14m^3、ラテンアメリカ・カリブ海地域で7-8m^3といずれも低いのに対して、アジア・太平洋地域では32-43m^3と高いことから、面積的にはアジア・太平洋地域がラテンアメリカ・カリブ海地域よりもずっと少ないにもかかわらず、産出される材積量は数倍に達していることである。これはアフリカやラテンアメリカと違って、アジア・太平洋地域の森林が、特に東南アジア大陸部および島嶼部における森林が、材質の面で優れているフタバガキ科樹種がかなり高いまとまりで生育していて、森林の質の面で伐採利用される割合が高いためと思われる。しかし、その平均収穫強度も1971年以降低下していることは、その頃から最も高い生産量を持つ低

地フタバガキ林の農地への転換が急速に進んで消失しまい、次第に質的に劣る丘陵林へと伐採収穫が展開されたためと思われる。

森林の年収穫面積は各期間を通じて、ラテンアメリカが最も多く、ついでアジア・太平洋地域で、アフリカ地域が最も少ないが、各地域とも1971-75年代からその面積が急速に増大していることが示されており、特にアジア・太平洋地域では、1960-65年の平均と比べて、1985-90年の5年間の平均面積は3.5倍にも達している。また一度収穫された二次林の収穫面積も各地域とも次第に増大しており、原生林の減少のためであるとともに未利用樹種の市場性の上昇などから、経済的にも収穫が可能になったためであろう。

6　熱帯の人工林面積

こうした森林の消失面積に対して、1990年時点での人工林面積の公表及び推定面積は表-11の通りである。

表-11　熱帯の人工林面積の公表および推定純面積

(1,000ha)

地域	国数	1990年までの公表人工林面積　推定				年植栽面積	
		産業造林	非産業造林	公表面積計	人工林純面積	公表	純推定
アフリカ	36	1,400	1,600	3,000	2,100	130	91
ラテンアメリカ・カリブ海	26	5,100	3,500	8,600	6,000	370	259
アジア・太平洋	19	9,200	23,100	32,300	22,600	2,110	1,447
計	81	15,700	28,200	43,900	30,700	2,610	1,797

熱帯地域の各国で公表された総造林面積は4千3百90万haで、アジアと太平洋地域がその73％を占めて圧倒的に多く、残りの20％がラテンアメリカ、7％がアフリカである。これらの中で造林面積の大きいのは、イ

ンド、インドネシア、ブラジル、ベトナム、タイで、これら5か国で全造林面積の85％に達するといわれる。

人工林面積の内、産業造林の比率は約35％に達するが、その9％はアフリカ、33％はラテンアメリカ、58％がアジアと太平洋に存在している。しかし最近10年間に産業造林の比率がいくらか減少傾向にあり、これは共同体での植林やアグロフォレストリーが盛んになってきたためといわれる。熱帯の人工林の成林率は、56か所の造林地の調査で約70％と見られ、そのため公表面積よりも、実際の人工林面積は3千70万ha位と推定されている。最近人工林面積は増大しているが、その平均年間造林面積は、公表値で約261万ha、推定値で180万haであり、毎年の森林消失面積の12％に過ぎないことが分かるが、10年前に推定された年110万haの造林面積に比べるとかなり増大していることになる。

植栽されている樹種は表-12に示されているように、ユーカリ類が最

表-12　熱帯地域の主要樹種別人工林の報告面積

（百万ha）

地域／樹種	ユーカリ類	マツ類	チーク	アカシア類	その他	合計
アフリカ	0.79	0.61	0.145	0.25	1.2	3
中南米	4.07	2.78	0.015	-	1.77	8.6
アジア・太平洋	5.20	1.20	2.03	3.15	20.62	32.2
合計	10.06	4.59	2.19	3.40	23.59	43.8
%	23.0	10.5	5.0	7.7	53.8	100.0

も多く全体の23％の面積を占め、次いでマツ類の10.5％、アカシア類の7.7％、チークが5％であ、マツ類やアカシア類はいくつかの樹種が含まれているので、単独樹種ではチークが一番多い。

以上、熱帯林の森林資源の現状について、FAOの1990年の評価を基にその概要を述べた。

VI　熱帯林の消失の原因とその対応

前章で述べたように、1990年時点での調査では、各種の熱帯林が毎年1,540万ha減少しているといわれるが、これは毎分約30haの森林が消失していることになり、日本の森林面積が約2,500万haであることから、その60％の面積の熱帯林が消失していることになる。このような膨大な熱帯林の消失の背景には、熱帯地域の開発途上国が一次産品の輸出に依存した経済発展のために農地開発の推進が行われたこと、かつそれらの国の人口増加とそれを支えるための農耕地面積の拡大の必要性が増したこと、さらに大土地所有者による農地の寡占化に伴う貧農や土地無し農民による森林への侵入と開拓が行われたなどが存在しているといわれる。ここでは、それらの背景を含めて、熱帯林の消失の原因について述べ、できればその対応について簡単に触れてみよう。

1　焼畑移動耕作と計画的農地転換

焼畑移動耕作は熱帯地方の農業の中で、2,000年の歴史と伝統を持つ古い農耕方式であって、1ha程度の小面積の森林を伐採焼却して陸稲、トウモロコシ、サツマイモ、キャッサバなどを2～3年耕作し、土壌の肥沃度がなくなり雑草が繁茂するようになると放棄して、新しく隣接の森林に移動して同じ過程を繰り返し、最後に休閑休耕のために成立した二次林で森林化した最初の場所に戻って、再び焼畑耕作をするという、一定の場所を循環しながら農耕をする方式で、いわば定着型の循環式の焼畑耕作と呼ばれるものである。

東南アジアでは、主に山岳地帯の山地民族がこのやり方を伝統的に踏襲しているが、少なくとも5家族あたり100haの森林内で、10～15年間の休閑休耕期間を置いて、すでに二次林が復活している最初の元の場所に戻るならば、熱帯の森林では土壌中の養分が少なく、地上の森林に中に養分が蓄積しているという、熱帯地域での生態的特性にあった有効な土

地利用方式の農業であるとされてきた。

しかし、それだけに人口密度の低い森林地帯で成り立つ農法であり、問題は爆発的に増大している人口で、人口が増えるとともに、二次林に返す休閑期間が段々短くなり、土壌や森林内に蓄積される養分が不十分な、地力が戻らないままに耕作を繰り返すことになり、やがて生産力が落ちて森林に戻らないままに、草地などの荒廃地として放棄せざるを得なくなってしまう。その結果、移動耕作地域以外の他の天然林を焼畑耕作地化することを余儀なくされ、それが森林減少を促進することになる。

現在世界中で推定3億の人が森林に住み、焼畑耕作や狩猟採取を行っているといわれ、人口が低い間は持続的な耕作や狩猟および採取が可能であるが、人口の増大とともに過剰な耕作のために環境を悪化し、流域下部に洪水や山崩れなどの問題を生じさせている。このためには、今後焼畑移動耕作民の定着を計りながら、持続的で多様な土地利用を導入した流域管理計画を確立する必要があるといわれ、その方向で熱帯各国の努力が行われている。

一方、増加する人口を支えるためばかりでなく、国の経済政策として外貨の獲得のために森林を伐採して農地の拡大し、ゴム、カカオ、アブラヤシなどの換金作物の栽培を行うという、いわば計画的な森林の開発が実施されており、今まで多くの森林が農地や大規模なプランテーションに転換されてきたし、これからも行われるだろう。また国によっては過剰な人口を抱える地域から、過疎な地域や外領への計画的な移民を政策として行っているが、その場合の入植地が森林地や森林の伐採跡地であることが多い。

また同時に、一般農民の人口増加は、伝来の土地から溢れる土地無し農民を増加させ、それらの農民を吸収する産業が不十分なために、生活のためにそれらの人達が農地を求めて、木材生産のために新設された木材搬出の道路に沿って森林に移住し、非合法に残存森林を焼き払って耕作を行うことが日常のこととなっている。この耕作には自家消費の作物

を作る農民がいる反面、資力で土地無し農民を組織して、大規模に森林を焼き払って輸出用の換金作物を生産させ、やがて地力が収奪されてしまって生産できなくなると、放棄して他の森林地域に移動するという形態の耕作も見られるという。

このことは発展途上国のいずれにも見られる現象であり、森林を管理する森林官は勿論のこと、伐採権を持つ木材伐採の企業者もその対応に悩まされている。この種の焼畑耕作は、山岳地帯の伝統的な定住型で循環式の焼畑とは異なり、一時的な土地の占拠で作物が採れなくなると放棄してしまって、新たに森林に侵入し占拠して焼畑を行うという、いわば破壊型の焼畑耕作であり、その跡地には森林が復活することは殆どなく、多くの放棄跡は家畜の放牧地に変わることが多い。そして新しい草を得るために頻繁な火入れが行われるようになり、やがて痩悪化するだけでなく浸食を受けて、草も生えない荒れ地になってしまうことが多いといわれる。

こうした焼畑耕作は、土地利用上問題があるだけでなく、環境保全の面でも問題であり、各発展途上国ともその対策に取り組んでいるが、試行錯誤的な努力を重ねつつある段階といってよい。いずれにしても、こうした不法な焼畑耕作を防止するためには、基本的にはそれぞれの国の土地利用区分の確立が必要であり、土地条件や環境条件を十分配慮し、かつそれぞれの国の社会経済的条件にあった土地利用区分の確立が必要である。またこうした土地利用区分とともに、土地所有制度の改革を図っていく必要があり、貧農や土地無し農民に対する対策を多面的に配慮していくことが肝要と思われる。

さらに、熱帯林の持つ生態的多様性を模倣しながら、多様な用途を持つ各種樹木や果樹、野菜、さらに家禽類を組み合わせたHome gardenを導入したり、また農耕方式でも農業や畜産と林業を結合させることによって、いわゆる広い意味でのアグロフォレストリーへの道を歩むようにすることも一つの方策ではないかと思われる。農民たちが林木を伐倒焼却

するよりも、これを植栽することによって農業の生産を結果において上げることにつながることを認識して、林木と作物や家畜との組み合わせをそれぞれの地域に合った生産方式を考えていく必要があり、この面での山村住民への普及広報活動が望まれる。

2　用材の伐採生産

熱帯林からの木材生産は第二次世界大戦後において、先進国の利用技術の向上に伴い、大量に安価に入手できる熱帯用材への需要が急速に増大し、さらに植民地から独立した熱帯の発展途上国では、国の経済的発展と安定を求めて、外貨獲得のための資源として木材の生産が行われると共に、換金作物としてのゴムやオイルパームなどの永年作物、さらにキャッサバなどの農作物の生産のために、森林を伐採して土地利用の転換を国策として図るなど、こうした熱帯材の需要と供給の両面から、熱帯林からの木材生産がかなり大々的に行われてきたことは否めない。

熱帯における森林の伐採は、いわゆる伐採権（Concession）方式と呼ばれるやり方で、伐採を行う組織や企業は、各国の森林管理部局の政策や方針にしたがって、政府と伐採地域と伐採面積、伐採期間年度、伐採樹種と径級などについて20～30年前後の長期の契約を結んで伐採権料を納入し、これによって一定の地域の伐採権を獲得し、その契約に基づいてて伐採運集材を行うことになる。また国によっては森林官による伐採の内容について現地での具体的な指導管理を受けることになっている。

熱帯林、特に熱帯多雨林のおける木材生産のための森林伐採作業の方式は、今までは殆どの国において、伐採木の直径の下限を50cmとか60cmに制限しながら大径木から伐採し、その場合収穫木と残存木をマーキングして伐採する択伐または選択的伐採で行われている。またこの伐採の前後には稚樹の存在を調査したり、有用稚幼樹の保育のために周囲の雑草木を取り除いたりの管理をを行うなど、高度な厳密な意味での択伐が実施される場合には、すでに述べた熱帯多雨林の構造から見て森林消滅

にはつながることはなく、実際に木材生産のための伐採行為だけで森林が消滅することはなく問題はないはずであるが、伐採運集材に伴って現実には次の述べるようないくつかの問題がないわけではない。

商業的に有用な樹種の巨木だけを選択的に、haあたり10本位しか伐採していないにも拘らず、熱帯多雨林では非常に多くの木性のツルが繁茂して林木を相互に連結しているため、1本の巨大木の伐倒が他の数本の立木を道連れにして、いわゆるギャップを形成するだけでなく、伐採作業で残存木の1/3～2/3に損傷を与えるともいわれ、さらに木材搬出路や土場などのため、林地の10～30％が裸地化するといわれ、特に重機類の導入は土壌の撹乱と固結化の影響を残すことになる。これらは森林の消滅とは関係がないにしても、持続的な経営管理を難しくしたり、その生物多様性に影響を及ぼすなど、伐採後に残された森林の劣化の原因になるだろうことは否定できない。

もちろん、これらの伐採跡地に残った裸地は、1～2年でMallotus属（アカメガシワ類）やMacaranga属（オオバギ類）の仲間やAnthocephalus chinensis（カランパヤン）などの陽性のパイオニア樹種によって覆われてしまい、時には前から存在する前生稚樹に陽光があたって成長を開始する場合もあり、それらによって地表は1年たらずで被覆されてしまうが、裸地が広く撹乱が激しい場合には閉鎖に時間がかかり、森林の質の低下は否めない。しかし伐採後の有用稚幼樹に対する保育が適宜行われて人為的な撹乱が入らないならば、再び伐採利用できる森林に復活することはいうまでもない。

一方、高い生産力と多様性を持つ低地多雨林は、国立公園などの保護林を残して農地やプランテーションなどに転換されて大部分無くなってしまい、現在では木材生産の重点は丘陵林に移っているが、丘陵林はタケやヤシ類の繁茂が激しいため、伐採前での前生稚樹や伐採後の発生稚樹調査でも稚樹が少ないことが多く、この場合にはエンリッチメント・プランテング（Enrichment planting：補正造林）と呼ばれ方法が採用

されている。これは伐採跡の森林の有用稚幼樹の無いところに、10m幅の植え列に2m置きに、フタバガキ樹種のような有用樹種の植え込みを行う方法である。森林の保続を確実にするには、高度に制限された択伐方式などその土地の条件にあった施業法の採用と、出現した裸地の補正造林の推進しかないが、伐採に伴う森林や土壌の撹乱を少なくするような伐木造材や運材の検討を行うとともに、小面積皆伐、帯状皆伐法なども吟味してみる必要があるだろう。

さらに既に指摘したように、問題は伐採木の搬出のために開設された林道に沿って、土地無し農民が森林に入り込んで焼畑農業を行うことが多く、これは東南アジアだけでなく熱帯共通の問題点である。これらの土地無し農民は、残存の森林を焼き払って農作物を作るが、収穫できなくなるとまた森林を焼き払って新しく開墾をし、一時的な利用だけで放棄された土地は焼畑のために頻発する山火事に襲われ、土地の悪化に拍車をかけ、跡に荒廃地を残すことになる。

このようにして熱帯に放棄された広大な低質二次林や草地を、造林によって生産林地化することは、国土保全や地球環境の保全のために、また地域の木材の需要を満たすためにも、さらに残存熱帯多雨林の破壊を防ぐ意味でも、緊急かつ重要なことである。しかしこれには膨大な資金と人力の投入が必要であり、この場合外国資本の導入も考えられるが、植栽された造林地が木材を生産できるようになるには、少なくとも5～10年以上の年月が必要であり、その成否には発展途上国自身の政治経済的環境の安定が必要であるなど、多くの問題が存在するけれど、今後いっそうなんらかの形での造林投資の拡大を考慮していく必要があると思われる。

3　家畜放牧

世界には3～4千万人の牧者がおり、約40億頭の牛および山羊や羊を飼育しており、恒久的な牧場は地球の陸地面積の23％を覆うといわれてい

る。熱帯林特に疎林の消滅していく原因として、アフリカのサバンナ林地帯やインドの一部に見られるように過放牧があげられる。この場合草の再生促進や家畜への寄生虫の防除のための火入れが森林火災の原因となることがしばしばあり、これが森林の消滅に拍車をかける。

一方、熱帯アメリカ、特に中米とブラジルのアマゾン流域の熱帯多雨林では、大規模な牧場造成によって森林が消滅しつつある。これはアメリカなどの牛肉に対する需要の増大、特にハンバーガーなどの加工食肉製品の即席料理のチェンストアーのブームによる牛肉需要の増大が、半分以下の卸売り価格で生産される熱帯アメリカでの草食肉牛の増産につながり、これが熱帯林の牧場への転換という開発事業を生み出している。特にアマゾン流域の森林が大規模な牧場の開発が国の開発事業として進められ、例えば1966年から1978年の間に800万haの森林が600万頭の家畜を養うために、336の牧場へと転換が行われ、その後も大小様々な規模の牧場の開発が進められたという。

これらの牧場は管理が集約に行われることが少なく、粗放な経営のため土地は次第に痩せていき、10年位で放棄されるものも少なくないという。さらに、この地域で、森林の伐採を追って土地無し農民の不法な焼畑耕作が拡大し、それらの焼畑耕作の放棄跡地が牧場として利用されることも多く、これによってさらに土地を悪化させ、こうした痩悪地を後に残しながら牧場が焼畑耕作地を追って移動することも多いという。

いずれにして草地での土地利用は、草地管理のための火入れなどによって生産力は徐々に低下し、特に過放牧の場合には土壌が浸食され易く、浸食が開始されると土地生産力は急激に低下し、荒れ地化して放棄されることが多い。このためには流域の尾根や河川に沿った地域に森林を計画的に残すと共に、林木を加味した広い意味のアグロフォレストリーの一環として、林業と畜産を共存させる土地利用方式がもっと模索されて良いのではなかろうか。

4　薪炭材

世界的に見て、約20億の人々がエネルギー源として薪炭材に依存しており、毎年伐採される木材量の約2分の1は燃材として使用され、その5分の4は発展途上国で使用されている。とくに熱帯アフリカのサハラ砂漠の南部の半砂漠地域や、サバンナ地帯、熱帯アジアのヒマラヤ山岳地帯とインドのガンジス河平坦地、東南アジアの平地帯と島、熱帯アメリカのアンデス山脈の高原地帯、半砂漠地帯などが燃料の厳しい不足に苦しんでいるという。これらの地域ではサバンナ林、低木林からの過度な燃材採取のため森林そのものが枯渇し、農作物の肥料として重要な家畜の糞が燃料源として利用され、これが農地の生産力を低下し破壊し、食糧問題に影響を及ぼしているという。こうした地域では薪炭林の造成が急がれ着手されつつあるが、毎年haあたり10m³の燃材を生産するとして6000万haの造林地が必要と試算されており、多額の資本と労力が必要であり、将来の燃材問題は人口の増大とあわせて深刻なものになろう。

1980年には、13億近い人々が燃材の要求を十分満たされなかったといわれ、2000年には30億の人が燃材不足に直面するだろうともいわれている。こうした燃材の不足は、その確保のための時間を多くするだけでなく、人間の健康と関係し、病気の予防に不可欠な水の煮沸が不十分になるため、毎年ほぼ4百万人の5才以下の乳幼児の死因にもなっているといわれている。

さらに茶、タバコ、煉瓦などの加工のために必要な燃材の不足は、地域の産業活動に影響を及ぼし、また木材の枯渇は、代替えとして藁や牛糞が燃料に使用されるようになり、結果として作物の収量に影響を及ぼしているといわれる。

一方、焼畑耕作によって伐採され煙になってしまう木材は5億m³ともいわれ、これらと伐出現場などの残材なども含めて、木炭として加工し利用する道を開くことも考慮されるべきであろう。しかし、これも施設、道路など多額の基盤整備の費用を要することになることはいうまでもな

い。さらに地域での効率のよいコンロの使用普及など、経済的な利用と供給の確保を計る必要がある。さらに住宅の周囲に多様な用途を持つ樹木や果樹、野菜、家禽類を組み合わせたHome gardenを造成して、自家用薪炭をそこから少しでも供給できるようにすることも必要であり、この面での教育や普及のための広報活動が必要である。

以上、森林消滅につながる主要因について簡単に述べたが、れらの他に鉱山の採鉱に伴う森林の消滅や、ダム建設による森林の埋没による減少などもあげられている。

5　地球環境と熱帯林減少

以上述べたような森林減少が、木材資源の減少だけでなく、生物の多様性の低下、土地の荒廃など、その地域の土地や森林に依存している住民の生活を脅かすだけでなく、生物遺伝資源の消失や地球の温暖化など地球環境への影響が危惧されるようになってきている。いずれにしても非可逆的な変化を避けるためには、林業と農業、畜産業との結合である、広い意味でのアグロフォレストリーによる現存天然林の他の利用への転換の防止、現存熱帯多雨林の保護と健全な経営による木材の保続収穫の維持、エネルギー問題解決のための薪炭林造成とともに共有林やHome gardenの活用の促進などが急がれる。これらの特に緊急を要する問題の解決には先進国、開発途上国を問わず、最大の努力を払う必要があろう。また、これらの問題は発展途上国の人口増加と無関係ではないので、これらの国の人口の動態とその影響を把握し、それに応じた国全体の土地利用、地域開発、エネルギー問題を考慮した森林政策の確立を行う必要がある。この場合、地域の社会経済条件に立脚した諸森林事業の推進と、それへの住民の積極的参加を推進することによって、森林の持つ地域への福祉的役割など多面的な効用を実際に住民が経験し体得するようにすることが、たとえば人為的火災による森林の消滅を防ぐためにも必要なことである。

参考図書

日本で出版されている、主要な熱帯林に関する図書を掲げておくので、参考にして頂きたい（年代順）。

・小川房人著：熱帯の生態Ｉ（生態学講座16巻）、1974、共立出版社
・Ｐ．Ｗ．リチャーズ著、植松真一／吉良竜夫共訳：熱帯多雨林ー生態学的研究ー、1978、共立出版社
・吉良竜夫著：熱帯林の生態、1983、人文書院。
・デイデイエ・ノルマン著、浜谷稔夫校閲、猪俣礼二訳：熱帯の森林と木材、1984、白水社
・Ｗ．ヴィヴァーズ-カーター著、渡辺弘之監訳：熱帯多雨林の植物誌、1986、平凡社
・神足勝浩著：熱帯林のゆくえ、1987、築地書舘。
・Ａ．Ｒ．ウオレス著、谷田専治＋新妻昭夫訳：熱帯の自然、1987、河出版社
・地球の環境を考える会：破壊される熱帯林ー森を追われる住民たちー（岩波ブックレットNo.115）、1988、岩波書店
・日本学術振興会編：東南アジアの植物と農林業、1989、日本学術振興会
・黒田洋一、フランソワ・ネクトウー共著：熱帯林破壊と日本の木材貿易、1989、築地書院
・キャサリン・コーフィールド著、雨森孝悦訳：熱帯雨林で私が見たこと、1990、築地書院
・森林フォーラム実行委員会編：熱帯雨林そして日本、1990、日本経済評論社
・ジャック・ウエストビー著、熊崎実訳：森と人間の歴史、1990、築地書舘
・田坂敏雄著：熱帯林破壊と貧困化の経済学、1991、御茶の水書房
・内村悦三著：熱帯林のすがた、1991、研成社

参考図書

日本で出版されている、主要な熱帯林に関する図書を掲げておくので、参考にして頂きたい（年代順）。

・小川房人著：熱帯の生態Ｉ（生態学講座16巻）、1974、共立出版社
・Ｐ．Ｗ．リチャーズ著、植松真一／吉良竜夫共訳：熱帯多雨林ー生態学的研究ー、1978、共立出版社
・吉良竜夫著：熱帯林の生態、1983、人文書院。
・デイデイエ・ノルマン著、浜谷稔夫校閲、猪俣礼二訳：熱帯の森林と木材、1984、白水社
・Ｗ．ヴィヴァーズ-カーター著、渡辺弘之監訳：熱帯多雨林の植物誌、1986、平凡社
・神足勝浩著：熱帯林のゆくえ、1987、築地書舘。
・Ａ．Ｒ．ウオレス著、谷田専治＋新妻昭夫訳：熱帯の自然、1987、河出版社
・地球の環境を考える会：破壊される熱帯林ー森を追われる住民たちー（岩波ブックレットNo.115）、1988、岩波書店
・日本学術振興会編：東南アジアの植物と農林業、1989、日本学術振興会
・黒田洋一、フランソワ・ネクトウー共著：熱帯林破壊と日本の木材貿易、1989、築地書院
・キャサリン・コーフィールド著、雨森孝悦訳：熱帯雨林で私が見たこと、1990、築地書院
・森林フォーラム実行委員会編：熱帯雨林そして日本、1990、日本経済評論社
・ジャック・ウエストビー著、熊崎実訳：森と人間の歴史、1990、築地書舘
・田坂敏雄著：熱帯林破壊と貧困化の経済学、1991、御茶の水書房
・内村悦三著：熱帯林のすがた、1991、研成社

・山田勇著：東南アジアの熱帯多雨林世界、1991、創文社
・安間繁樹著：熱帯雨林の動物たちーボルネオにその生態を追う、1991、築地書舘
・馬橋憲男著：熱帯林ってなんだ　環境・開発と人々の暮らし、1991、築地書舘
・井上真著：熱帯雨林の生活ーボルネオの焼畑民とともにー、1991、築地書舘
・アレキサンダー・メイサー著、熊崎実訳：世界の森林資源、1992、築地書舘
・環境庁「熱帯雨林保護検討会」編：熱帯雨林を守る、1992、日本放送出版協会
・四手井綱英／吉良竜夫監修：熱帯雨林を考える、1992、人文書院
・ジョン・C・クリッチャー著、伊沢紘生監修、幸島司郎訳：熱帯雨林の生態学ーアマゾンの生態系と動植物、1992、どうぶつ社
・小林繁男編：沈黙する熱帯林ー現地からの報告ー、1992、東洋書店
・黒田洋一著：熱帯林破壊と戦うー森に生きる人びとと日本ー（岩波ブックレットNo.278）、1992、岩波書店
・内村悦三著：熱帯のアグロフォレストリーー基礎から実践までー、1992、国際緑化推進センター
・林野庁監修、国際林業協力研究会編：'92国連環境開発会議と緑の地球経営：1993、日本林業調査会
・日本林業技術協会：熱帯林の100不思議、1993、日本林業技術協会
・K．ミラー、L．タングレイ著、熊崎実訳：生命の樹　熱帯雨林と人類の選択、1993、岩崎書店
・熊崎実著：地球環境と森林、1993、全国林業改良普及協会
・渡辺弘之著：東南アジア林産物20の謎、1993、築地書舘
・地球の森林を考える会編：みどりの国際協力に取り組むーJICA専門家たちの記録、1993、山と渓谷社

・Ｔ．Ｃ．ホイットモア著、熊崎実・小林繁男監訳：熱帯雨林総論、1993、築地書舘
・マーク・コリンズ編、甲山隆司、黒田末寿監修：最後の熱帯雨林、1993、同朋社出版
・国際連合食糧農業機関編、国際食糧農業協会訳：1990年森林資源評価ー熱帯林諸国編ー、1994、国際食糧農業協会
・林野庁監修：国際森林・林業協力のあらまし、1995、海外林業研究会・国際緑化推新センターー

この他に、国際緑化推進センターー発行の「熱帯林造成技術テキストNo1～7」や、定期刊行物の「緑の地球（隔月刊）」と「熱帯林業（年3回刊）」の2誌が参考になる。