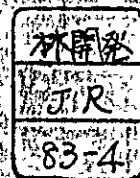


熱帯造林計画基準

昭和58年3月

国際協力事業団



JICA LIBRARY



1033043[9]

国際協力事業団	
受入 月日 58年5月23	100
登録No. 107055	88.39
	FDE

あ い さ つ

近年、開発途上国で森林開発が活発化してきているが、開発に伴う林地の取扱いが慎重でないため林地の荒廃を生起させている事例が一部で見られること、また、焼畑移動耕作など適正な土地利用に起因して裸地草地等が増加傾向にあること等から、森林資源の培養、国土保全機能の維持等のため森林造成に対する関心が高まり、この分野における我が国の協力が期待されているところである。

従来、これらの地域での造林は個別分散的に行われ、造林をとりまく諸条件を総合的に勘案した分析・検討は行われておらず、我が国の官民を通じた森林造成協力を進めるうえで主要な障害のひとつとなっている。

本書は、わが国の林業国際協力における重要な一分野である造林協力に関し、主として湿潤熱帯、なかでも、東南アジアおよび大洋州地域の造林問題を対象として技術上および手法上、留意すべき事例を集大成したものである。

乾燥熱帯（砂漠・サバンナ等）の造林は、特殊な緑化技術であるので、普遍的なこの造林基準では、詳述しないこととした。なお、中南米・アフリカ地域の造林については、社会経済の差異はあろうが類似の技術問題に関しては、本書を適用しうるものとする。

本報告書は、昭和54年6月に刊行された造林計画基準作成調査報告書（総論編）の増補改訂版である。

前回の報告書作成に御尽力いただいた坂口、原両先生の他に今回は、松井、岩川、日野の諸先生の参加をいただき、国内支援委員会（造林分野）の議を経て作成されたものである。

熱帯造林技術の蓄積が始まって日の浅い我が国にとって、極めて貴重な成果であり、官民ともに、その刊行が待たれているものであり、本報告書が、今後、熱帯降雨林地帯に在る開発途上国で造林協力を推進する際の指針書として広く活用されることを期待するとともに、本調査の実施に御尽力をいただいた関係国及び我が国の政府関係機関の関係各位、ならびに執筆者各位に対し心より感謝の意を表わすものである。

昭和58年3月

国際協力事業団

理事 檢山良三

熱帯造林計画基準 目次

1. 熱帯の植物帯と気候	1
1-1 熱帯植物帯と気候に関する回顧	1
1-1-1 Schimperによる植物地理学	1
1-1-2 パプア・ニューギニアの植生型	2
1-1-3 Holdridgeによる生活帯分布領域図	6
1-1-4 Whittakerによる主要な生物群系型	8
1-2 熱帯における気候による植物帯分類の主要な動向	11
1-2-1 熱帯における植物群系の分類	11
1-2-2 世界の熱帯植生型(群系)の分類	11
1-2-3 気候条件による大生態分布の座標づけ	17
1-2-4 熱帯山地の植物帯と気候	20
1-3 実践に役立つ熱帯の森林型の見方	23
引用文献	
2. 熱帯土壌	
2-1 熱帯に出現する土壌	32
2-1-1 フェラルソル(鉄・アルミ化土壌)	32
2-1-2 ニトソル(厚層赤色土壌)	32
2-1-3 アクリソル(粘土集積赤色土壌・低飽和)	32
2-1-4 ルビソル(粘土集積赤褐色・高飽和)	33
2-1-5 フルビソル(沖積土壌)	33
2-1-6 アンドソル(火山灰土壌)	33
2-1-7 カンピソル(始成土壌)	33
2-1-8 ヴァチソル(反転土壌)	33
2-1-9 グライソル(地下水土壌)	34
2-1-10 リトソル(岩上浅層土)	34
2-1-11 ヒストソル(泥炭土壌)	34
2-1-12 ゼロソル(乾燥土壌)とイエルモソル(砂漠土壌)	34
2-1-13 アレノソル(石英砂質土壌)	34

2 - 2	熱帯土壌の評価	34
2 - 2 - 1	熱帯降雨林	34
2 - 2 - 2	熱帯季節林	35
2 - 2 - 3	乾燥地帯	36
2 - 2 - 4	ま と め	36
2 - 3	熱帯土壌調査の方法	37
2 - 3 - 1	事前準備	37
(1)	資料収集	37
(2)	出張計画	38
(3)	調査用具の準備	39
2 - 3 - 2	現地調査	40
(1)	概況把握	40
(2)	概況調査	40
(3)	精密調査	41
(4)	土壌断面	41
(5)	調査事例	42
①	スマトラ・ブナカット地区の土壌調査	42
②	パプアニューギニア・マダンの土壌調査	44
③	ブルネイの土壌調査	46
3.	適地適木の判定	48
3 - 1	適地適木判定の見方	48
3 - 1 - 1	樹種の選定	48
3 - 1 - 2	気候的観点からの見方	48
3 - 1 - 3	土壌的観点からの見方	50
3 - 1 - 4	指標植物	53
3 - 2	数量化による地位指数の推定	54
3 - 3	適施業に関する諸問題	57
	引用文献	
4.	主要造林樹種の特 性	60
4 - 1	熱帯低地の適樹種	60
4 - 1 - 1	乾燥期が4カ月以下	60
4 - 1 - 2	乾燥期が4カ月～6カ月	72

4 - 1 - 3	乾燥期が6カ月～8カ月	79
4 - 1 - 4	乾燥期が8カ月以上	81
4 - 2	熱帯高地と適樹種	82
引用文献		
5.	種子管理	88
5 - 1	タネの採取源	88
5 - 2	種子収集作業	90
5 - 2 - 1	採種の時期	90
5 - 2 - 2	種子採種法	91
5 - 3	タネの貯蔵	91
5 - 3 - 1	主要樹種の種子の貯蔵と発芽処理	91
5 - 3 - 1 - 1	マメ科のタネの貯蔵と発芽	91
5 - 3 - 2	フタバガキ科種子の貯蔵と発芽	93
引用文献		
6.	育種	96
6 - 1	育種の必要性	96
6 - 2	林木育種の方法	96
6 - 3	育種目標の設定	97
6 - 4	育種方法の決定	98
6 - 5	育種計画の立案	98
6 - 6	林木育種事業の実行	98
6 - 6 - 1	育種区の設定	98
6 - 6 - 2	育種母材料の選抜	99
6 - 6 - 3	採種林・採種園の設定	102
6 - 6 - 4	採種園の保育管理	103
6 - 6 - 5	育種苗の造林	103
6 - 6 - 6	次代検定	103
6 - 7	遺伝資源の保存	104
6 - 7 - 1	現地保存	104
6 - 7 - 2	現地外保存	104
7.	苗畑造成・育苗	105
7 - 1	苗畑造成の基本	105

7-1-1	苗畑のタイプ	105
7-1-2	苗畑用地の選定	105
7-2	苗畑設計	106
7-2-1	簡易な施設の例	106
(1)	基本的な考え方	106
(2)	苗畑予定地の概況	106
(3)	苗木生産計画及び苗畑の規模	106
(4)	苗畑造成スケジュール	108
(5)	苗畑施設設計	108
(5)-1	用地造成	108
(5)-2	育苗用施設	108
(5)-3	建物施設	111
(5)-4	機械施設	112
7-2-2	完備された施設の例	115
(1)	基本的な考え方	115
(2)	苗畑予定地の概況	115
(3)	苗木生産計画及び苗畑の規模	115
(4)	苗畑施設及びその配置	118
(4)-1	作業用施設	118
(4)-2	管理用施設	120
(4)-3	付属施設	123
(5)	圃場設備	123
(6)	苗畑造成	129
(6)-1	苗畑造成日程計画	129
(6)-2	苗畑造成所要資機材	130
(6)-3	苗畑造成費用	131
7-3	育苗作業	136
7-3-1	播種	136
7-3-2	床替・ポット移植	139
7-3-3	ミコリザ	141
7-3-4	Stump(根株)苗	142
8.	植栽・保育	144

8 - 1	植 栽	144
8 - 1 - 1	地ごしらえ	144
8 - 1 - 2	植 栽	146
8 - 1 - 3	列状植栽と人工補整植栽	147
8 - 2	保 育	149
8 - 2 - 1	閉鎖前の保育	149
8 - 2 - 1 - 1	下刈りとつる切り	149
8 - 2 - 1 - 2	除 伐	150
8 - 2 - 2	閉鎖後の保育	151
8 - 2 - 2 - 1	保育形式と間伐	151
8 - 2 - 2 - 2	林分密度管理	154
8 - 3	年間造林作業計画	160
8 - 4	伐期の選定	161
8 - 5	造林計画の策定	163
9.	保 護	165
9 - 1	病虫害対策	165
9 - 2	山火事対策	170
9 - 3	風 害 対 策	170
10.	機械化造林	171
10 - 1	機械化造林の現状	171
10 - 2	予想される機械化作業	172
10 - 2 - 1	育苗・育林の機械化	172
10 - 2 - 2	防災用機材	173
11.	造林 功 程	175
11 - 1	功 程 管 理	175
11 - 2	功程管理の実例	178
11 - 2 - 1	パプアニューギニア	178
11 - 2 - 2	フィリッピン	181

1. 熱帯の植物帯と気候

1-1 熱帯の植物帯と気候に関する回顧

1-1-1 Schimperによる植物地理学

熱帯の植物帯と気候に関する著述を回顧すると、まずHumboldt, A. von¹⁾(1852)による“南アメリカの赤道地域旅行の私見”の記述が始まりのようであるが、熱帯の植物群系を系統的に記載した創始は、Schimper, A. F. W.^{2,3)}(1898)による“植物地理学”である。この著で、氏は新しく熱帯多雨林(Tropical Rain Forest, Tropische Regenwald)の用語を作りだした。これは湿潤熱帯に特徴的な植生である常緑広葉樹林に命名されたものである。

ちなみに、Schimperによる熱帯林の森林型の分類は、Richards, P. W.^{4,5)}(1952)による“熱帯多雨林”の著書がでるまで広く用いられていたものである。

さて、Schimperによる熱帯の植物群系に関しては、小川⁶⁾による次記解説を引用して紹介することとする。

「アジア・アメリカ・アフリカなどの熱帯では、地域により種類相は極端に異なるが、年間の降雨量と、その降水がある時期に集中しているか、あるいは年間を通じて降水があるかという降水型と対応して、相観と構造が非常によく相似する植生が存在することを認めた。これにより、森林の相観と構造に基づいて、熱帯低地の森林の気候的群系を次の4つに分類した。

- (1) 多雨林(rain forest): 湿性常緑樹林で、森林最上層の木の高さは少なくとも30mで、これより高いのが普通である。幹の太い木生ツル植物に富み、着生植物は草本・木本ともに豊富である。
- (2) モンスーン林(monsoon forest, 雨緑林-rain green forestとも呼ばれる): 乾季、とくにその終わりの時期にかなりの樹木、またはすべての樹木が落葉する落葉林で、季節により景観が異なる。樹高は多雨林ほど高くない。木生ツル植物は豊富で草本着生植物も多いが、木本着生植物は少ない。
- (3) サバナ林(savanna forest): 乾季には落葉するが、稀れには常緑の場合もある。乾生森林で、樹高は20m以下の場合が多い。林冠は連続せず、樹木はいわゆるパークランド状に疎開する。地表植物は高茎草本、とくにイネ科型草本に富み、木本の下生え、ツル植物、着生植物はきわめて少ない。
- (4) トゲ林(thorn forest): 葉層や平均樹高はサバナ林に似ているが、より乾生的である。木生の下生えや幹の細いツル植物に富むが、高茎草本、とくにイネ科型草本は少ない。上木・下生えともトゲ植物がきわめて豊富である。

Schimperはこの4つの森林群系に、(5)熱帯草原(tropical grassland)と(6)熱帯砂漠(tropical desert)とを加え、熱帯低地の気候的群系を6群系に分類している。熱帯草原には樹木がまばらに散在している草原であるサバナ(savanna)と、樹木が存在しない草原であるステップ(steppe)と

の両方が含まれるが、そのいずれも植物の生育期には、地表面は背の高いイネ科草本（ときにはスゲ科）でおおわれる。」

なお、サバナ林が完全な自然植生か、あるいは人為的影響のもとに成立した妨害極相であるかは、いろいろな意見があるが Richards⁴⁾ (1952) がまとめて以来、妨害植生であるという見方が有力である。

さて、Haeckel⁷⁾, E. (1869) が ecology (生態学) の名を与え、上述のように Schimper (1898) が植物地理学の著述をして以来、地域の気候帯と植生型は古くから長期にわたって深い関連のあることが知られ、Lane - poole (1925), 吉良 (1945), Thornthwaite (1948), Richards (1952), 今西 (1953), Walter (1955), Paterson (1956), Brass (1959), Holdridge (1967), Johns (1972), Pajimans (1976), Watt (1973), McLean (1973), Mueller - Dombois (1974), Whittaker (1975) ら (本文に関連のある文献のみによる) の多くの学者によって熱帯の植物帯と気候およびその関連が報告されている。本文はそのなかで参考と思われる Johns, Holdridge, Whittaker の記述を、項を改めて摘録することとする。

1-1-2 パプア・ニューギニアの植生型

Johns⁸⁾ (1977) は図 1-1 に示すように、パプア・ニューギニア (PNG) のマダン (Madang) からウイヘルム山 (Mt. Wilhelm, 標高 4,325 m) の直線距離にして 100 km の間を登ると、上昇するにしたがって現われる植生型の変化は、赤道から極地に至る間に現われるそれと似た変化が見られるとし、図 1-1 に示すように PNG の森林帯の垂直分布を水平分布の関係で解説し、表 1-1 によって、山地林を下部-中部-上部に分類し、それぞれに出現する樹種名を掲げている。

さらに、表 1-2 によって Johns が提案する PNG の植生の分類方式を、その他の学者による分類方式と対比して示している。

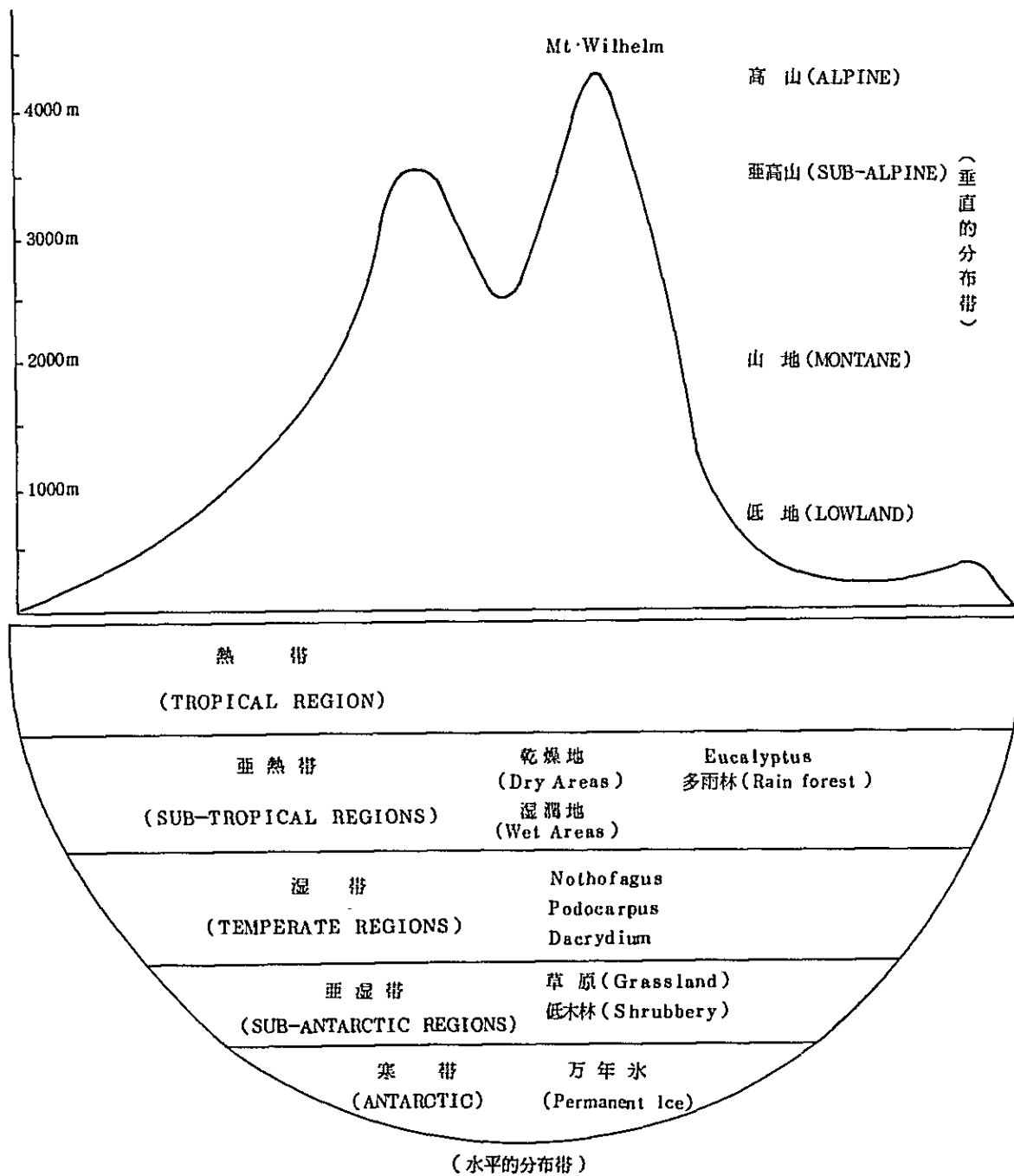


図1-1 PNGの森林帯の水平的, 垂直的分布帯 (Johns, 1977, 原図)

表 1 - 1 下部 - 中部 - 上部山地林の主な樹種

山地帯の区分

亜寒帯 (Sub Alpine Zone)	群系型 (Formation Type)	主要な科あるいは属 (Major Families or Genera)	標高範囲 (Alt. Range)
	上部山地 (Upper montane)	Dacrycarpus Papuacedrus Schefflera Pittosporum Elaeocarpus Amaracarpus	3200 m 3000 m
山地帯 (Montane Zone)	中部山地 (Mid Montane)	Cunoniaceae Nothofagus Dryadodaphne Podocarpus Phyllocladus Dacrydium Falcatifolium Elaeocarpus	2700 m 2000 m
	下部山地 (Lower Montane)	Elmerrillia Castanopsis Lithocarpus Araucaria Agathis Eucalyptopsis Podocarpus Elaeocarpus Syzygium Gnetum gnemon	1500 m 1000 m
低地帯 (Lowland Zone)	低地多雨林 (Lowland Rain Forest)		300 m

(Johns, 1977, 原図)

表1-2 パプア・ニューギニアの植生に提案された分類方式の比較

(Johns, 1977⁸⁾)

JOHNS (1972, '76)	PAIJMANS (1976)	WALKER (1973)	CLUNIE (印刷物)	BRASS (1959)	LANE-POOLE (1925)		
沿岸植生 (Coastal vegetation)	海浜と平坦地 (Beach ridge and flats)		海浜と海岸植生 (Littoral and beach vegetation)	マングローブ (Mangroves)	マングローブ林 (Mangroves)		
マングローブ (Mangroves)	塩水および塩気 のある湿地 (Saline and brackish swamps)		草 原 (Grassland)	草 原 (Grassland)	草 原 (Grassland)		
人類起源的草原 (Anthropogenic grassland)	草 原 (Grassland)		湿 地 (Swampland) 樹木とヤシ (Tree and palm)		湿地多雨林		
湿地植生 (Swamp vegetation)	低地淡水湿地 (Lowland fresh water swamps)		乾燥常緑林 と林地サバナ (Dry evergreen and woodland savanna)	サバナおよびサバナ林 (Savanna & Savanna forest)	多 雨 林 (Rain forest)		
サバナ (Savanna)	低地沖積平原 と扇状地 (Lowland alluvial plains and fans)		沖 積 林 (Alluvial forest)	多 雨 林 (Rain forest)			
モンスーン (Monsoon)	丘陵と低山地 (Hills and low mountains)		低地多雨林 (Lowland rain forest)		山 麓 肉 (Foothill forest)		
低地熱帯隣雨林 (Lowland tropical rainforest)			下部山地 (Lower mountain)	低地丘陵林 (Lowland hill forest)			
下部山地 (Lower montane)	下部山地 (Lower montane)		下部山地 (Lower mountain)	中部山地 (Mid mountain)	ブナ林 (Beech forest)	コケ林 (Mossy forest)	コケ林あるいは 雲 霧 林 (Mossy or cloud forest)
中部山地 (mid montain)	上部山地 (Upper montane)		上部山地 (Upper mountain)	上部山地 (Upper mountain)	亜高山林 (Sub-alpine forest)		高山岳林 (High mountain forest)
上部山地 (Upper montain)				亜高山林と草原 (Sub-alpine forest and grassland)	高山・草原 (Alpine grassland)		高山・草原 (Alpine grassland)
高山 (Alpino)		亜高山 (Sub-alpine)		高山・草原 (Alpine grassland)		高山・草原 (Alpine grassland)	

1-1-3 Holdridgeによる生活帯(植物群系)の分布領域図

Holdridge⁹⁾(1967)は植物群系(Plant Formations),すなわち生活帯(Life Zones)の分類方式を次の仮定に基づいて策定した。¹⁰⁾

(1) 地球上のある場所で見られる植物種の特有な群系は,湿度,降水,湿潤の基礎的な3因子のみによって決定される。ただし,湿潤は温度と降水の因子によって左右される。すなわち,植物群系のグループは3つの基盤的気候変数(climatic variables)によって定義され,これらのグループを生活帯と呼ぶこととする。

(2) 温度の指数はHoldridgeが次のように定義する年平均生物気温(Mean annual biotemperature)によることとしている。氏は,植物が成長すると一般に信じられている気温は0~30℃の範囲とし,これを生物気温とした。したがって,年平均生物気温は0℃以下と30℃以上の年平均生物温度を除外した日平均生物温度を積算したものである。

降水は年降水量(mm単位)で表わす。

(3) 植物への影響は,年平均生物気温,降水量,蒸発散位(potential evapotranspiration,最大蒸発散量の降水量に対する比)のいろいろの変数の測定値の対数に関係するとし,図1-2に示す六角形の領域が3つの気候変数の組み合わせに対応している。

(4) 緯度帯の緯度増加は高度帯の高度増加と同様性をもつとしている。

(5) いろいろな特殊立地に生育する植生型は生活帯によって単一なものとして決定することはできないので, Holdridgeは,さらに亜区分として,それを群集(association)と呼んでいる。すなわち,温度,降水,蒸発散位の3つの気候変数のほかに強風,雲霧,季節的降水型(seasonal precipitation pattern)などの因子を加えて修正する大氣的群集(atmospheric association)と,地形,排水,土壌およびその母材と年代で当然ひきおこされる修正を必要とする土地の群集(edaphic association)のほか,湿性群集(hydric association)などを別に認めている。

この分類方式はきわめて理論的で,世界的視野にたつて,各地で長期にわたって土地を最も生産的に利用する判断に役立ち,国土利用計画に対する生活帯生態の対応を考える基盤を与えるものとしている。ただし,属地毎にこの領域分布を解析することは,これに必要な気候因子のデータを求めることが,現状はきわめて困難な状況にある。

1-1-4 Whittaker による主要な生物群系型

11, 12)
Whittaker (1967, 1975) は世界のバイオーム型 (biome type*) を気候

図 1-3 のような模式図に表わした。

この図に示されている数字は次のバイオーム型を示すものである。

1. 熱帯多雨林 (Tropical rain forests)
2. 熱帯季節林 (Tropical seasonal forests)
3. 温帯多雨林 (Temperate rain forests)
4. 温帯落葉樹林 (Temperate deciduous forests)
5. 温帯常緑樹林 (Temperate evergreen forests)
6. タイガ (Taiga, 亜寒帯・亜高山帯針葉樹林)
7. 妖精の森 (Elfinwoods)
8. 熱帯広葉樹低木疎林 (Tropical broadleaved woodlands of small trees)
9. トゲ林 (Thronwoods)
10. 温帯疎林地 (Temperate woodlands)
11. 温帯低木地 (Temperate shrublands)
12. サバナ (Savannas)
13. 温帯草原 (Temperate grasslands)
14. 高山低木林地 (Alpine shrublands)
15. 高山草原 (Alpine grasslands)
16. ツンドラ (Tundras)
17. 温暖疎低木半砂漠 (Warm semi-desert scrub)
18. 寒冷半砂漠 (Cool semi-deserts)
19. 極地・高山半砂漠 (Arctic-alpine semideserts)
20. 砂漠 (True deserts)
21. 極地・高山砂漠 (Arctic-alpine deserts)
22. 湿性群落 (Hydric communities)

注：* ある陸地の群落の主な種類は、バイオーム (生物群系) または群系 (formation) を相観によって認める。群系は植物群落のみに限り、バイオームは植物と動物の双方に関連して用いる。

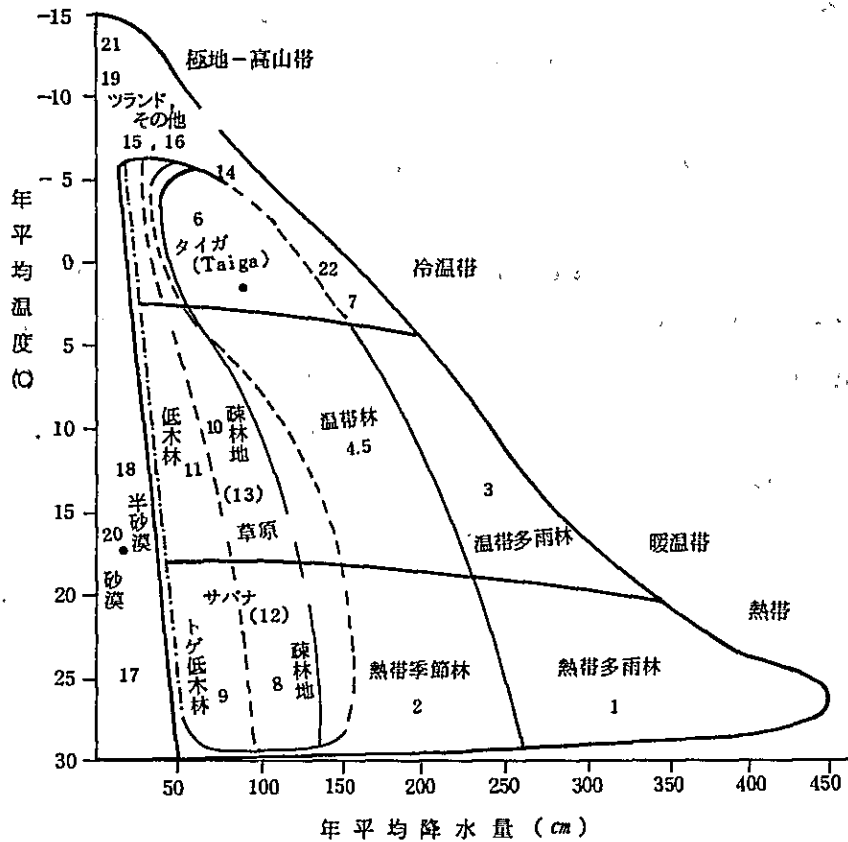


図1-3 湿润気候と気温に関するバイオーム型の模式図

(Whittaker 1975 原図. Lieth 1956, Dansereau 1957, Holdridge 1947, 1967 参照)

これらのバイオーム型の型間の境界は概略なもので正確に表示はできない。その理由は；

- ① 多くのバイオームは湿度と気温の変化に応じて連続的に現われてくること、
- ② 異なる大陸の異なる生育型 (growth-forms) は完全に一つになることはできない。例えばオーストラリアでユーカリのある種は、その気候下で森林または疎林に生育できるが、他の大陸では草原か低木林にとどまる。
- ③ 一地域に出現するバイオームあるいは群系は気候のみがその決定要因でなく、土壌条件、火災の頻度によっても左右される。
- ④ 年間同一の降水量でも陸地気候と海洋気候で異なり、本図で表わすことはできない。

この模式図はかなり単純なものであるが、それでも広範な自然群落の関係をある程度表わし、これによって世界気候に対して人類の土地利用の可能性を見ることが出来るものである。

さらに、Whittaker は図 1-3 の関連で、生態系の系列と型を世界的な尺度で気候との関係で傾度(変化度)解析 (gradient analysis) の概念を用いて図 1-4 のように 4 つの陸上生態系列の側面図 (profile diagrams) を提示した。すなわち図中：

A：アパラチャン山脈の中生(湿潤)林から西方に合衆国の砂漠に至る乾燥度の増加傾度に沿ってバイオームの変遷を示したものである。これは図 1-3 に示す模式図の年平均気温 16℃の線に沿ってのバイオーム型の変遷傾度を示すものである。

B：南米における多雨林から砂漠に至る乾燥度の増加傾度にそうものである。これは図 1-3 に示す模式図の年平均気温 25℃の線にそってのバイオーム型の変遷傾度を示すものである。

C：熱帯多雨林から高山帯に至る南米の熱帯山岳の標高の上昇傾度にそうもの、すなわち低地から高標高地へ向ってのバイオーム型の変遷を示すものである。

D：熱帯季節林から北方に向って寒帯ツンドラに至る気候の傾度にそうもの、すなわち低緯度から高緯度へ向ってのバイオーム型の変遷を示すものである。

さて A、B、は同じカテゴリーに入るもので、A・B、C、D、の 3 つを Whittaker は主要な森林生態系の型としている。

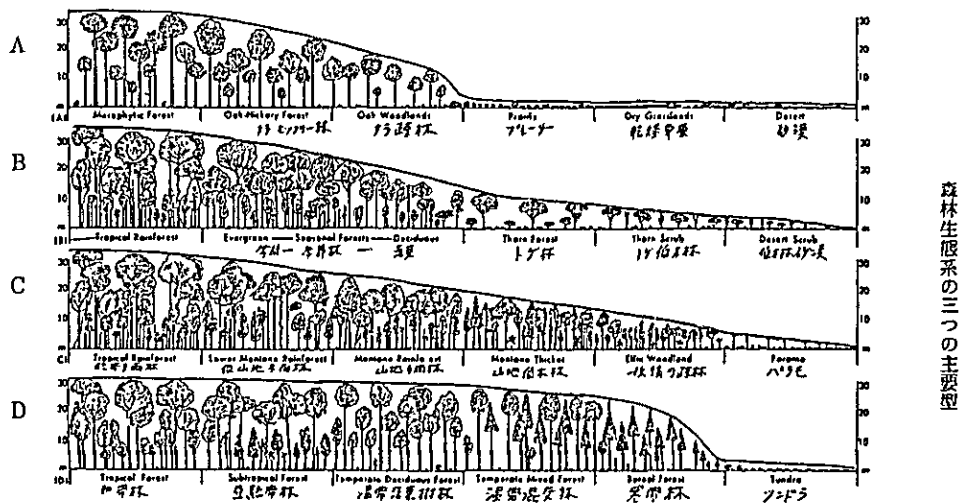


図 1-4 4 生態系列 (ecolines) の図式 (Whittaker, 1970)

群落と環境 (主要な生態系列)

1-2 熱帯における気候による植物帯分類の主要な動向

1-2-1 熱帯における植物群系の分類

Schimper 以後、気候に応ずる相観と構造に基づいて認められた熱帯低地の植生型の分類に関しては多くの学者によっていろいろな提案のある例については前章 1-1 で述べたとおりであるが、これらは必ずしも完璧と見られない点がある。そこで、主要な動向を紹介するに先立って、熱帯における植物群系の考え方をあらかじめ述べることにする。

植物の種類組成に基づく群落型 (Community types) は、前項で述べたようにきわめて細かく類別したいろいろな学派があるが、陸上の生態系を比較する場合には、細別された群落型に対応させてシステム化を計ることはきわめて困難である。したがって、陸上生態系の比較に最も適当な植生の単位は、次に述べる群系 (formation) レベルの類別によっている。

群系とは、ある環境に出現する優占植物の生活形によって類別する植生の相観的 (physiognomical) 単位である。また、植物群系を生態系区分として使うときには、一般用語としての“生態系”¹³⁾と区別するために、吉良は大生態系 (major ecosystems) という用語を用いることを提唱している。

さて、森林は気候条件の違いによって、その構成は著しく異なる相観を示すので、ある地域の代表としては、その中で最も広く分布する気候的極相があげられている。現在では極相をきめるための条件として地形・土壌などの要因も考えられており、それぞれの条件に対応するいろいろな極相が、ひとつの大気候のもとで存在しているという考え方が支配的であるが、Clements は、ひとつの大気候のもとでは、ひとつの極相が対応する、とする考えを示している。

陸上生態系において温度・雨量など植物の成長要因となる条件の制限が少ない場合、極相の植生は森林となる¹⁴⁾。この気候的極相の森林分布は、緯度にしたがって水平的には概ね帯状に現われることから森林帯と呼ばれている。これは、さきに述べた群系に相当する大きさのものであり世界的な大気候区分との対応を見るのに便利なものである。ただし、気候的極相は草原であったり、極端なときはほとんど砂漠であったりするが、それは気候的条件の変化に対応して帯状に見られるので、上記の森林帯は、さらに広義には世界の植物帯の一部といえよう。¹⁴⁾

1-2-2 世界の熱帯植生型 (群系) の分類

群系レベルの植生型の分類といっても、現実の世界の植生の分類には生活形の細分化の程度によって各種の体系がなされているが、すべての人が同意できるような群系分類の体系をつくることは、きわめて困難である。この中で国際自然保護連合 (IUCN) の生態学会は、その分類試案として表 1-3 を提案している。^{15, 13)}

この表で、4 連番号のついているのは個々の群系で、3 連番号で表わされているのは群系群 (formation group) と呼ばれるカテゴリーである。この群系分類はかなりの細分体系であり、分類の基準が生活形一本でなく、立地による分類の混じっている点にも問題があるが、少なくとも世界にどのような違った相観をもつ植生が実在するかを知るのには十分役立ち、陸上生態系の比較には実用的で便利な案である。¹³⁾

表1-3 世界の植生型(群系)の分類案(IUCN, 1973)(吉良の文献から引用)¹⁵⁾

I. HUMID AND SUBHUMID TROPICAL AND SUBTROPICAL REGIONS

1. FORESTS

1.1 Mainly evergreen

1.1.1 Tropical rain forests

1.1.1.1 Lowland rain forest

1.1.1.2 Montane/submontane rain forest

1.1.1.3 Bamboo forest

1.1.1.4 Cloud forest

1.1.1.5 Riverine forest

1.1.1.6 Swamp and fog forest

1.1.2 Tropical /subtropical seasonal forests

1.1.2.1 Lowland seasonal forest

1.1.2.2 Montane/submontane seasonal forest

1.1.2.3 Subalpine seasonal forest

1.1.3 Tropical/subtropical semi-deciduous forests

1.1.3.1 Lowland semi-deciduous forest

1.1.3.2 Highland semi-deciduous forest

1.1.4 Subtropical rain forest

1.1.5 Mangrove forest

1.2 Mainly deciduous

1.2.1 Drought-deciduous tropical lowland forest

1.2.2 Drought-deciduous tropical highland forest

2. WOODLANDS*¹

2.1 Mainly evergreen

2.1.1.1 Broad-leaved evergreen tropical woodland

2.1.2 Needle-leaved evergreen woodland

2.2 Mainly deciduous

2.2.1 Tropical drought-deciduous lowland woodland

2.2.2 Tropical drought-deciduous highland woodland

3. SCRUB

3.1 Mainly evergreen

3.1.1.1 Bamboo scrub

3.1.1.2 Palm/fern scrub

3.1.1.3 Tropical broad-leaved scrub

3.1.2 Evergreen needle-leaved scrub

3.1.3 Paramo*²

3.2 Mainly deciduous

3.2.1 Drought-deciduous/evergreen scrub

3.2.2.1 Drought-deciduous tropical scrub

4. DWARF SCRUB AND RELATED COMMUNITIES

4.1 Mainly evergreen

4.1.1 Dwarf-shrub heath

4.2 Mainly deciduous

4.2.1 Drought-deciduous dwarf scrub

4.3 Bogs

4.3.1 Dwarf-shrub bog

5. HERBACEOUS

5.1 Savannas

5.1.1.1 Tall-grass woodland savanna

5.1.1.2 Tall-grass tree savanna

5.1.1.3 Tall-grass shrub savanna

5.1.1.4 Tropical tall-grassland

5.1.1.5 Flood savanna

5.1.2.1 Short-grass tree savanna

5.1.2.2 Short-grass shrub savanna

5.1.2.3 Tropical short-grassland

5.4 Forblands

5.4.1 Perrenial forbland

5.4.2 Ephemeral forbland

5.5 Wetlands

5.5.1 Fresh-water marsh

5.5.2 Salt marsh

5.6 Aquatics

5.6.1 Floating meadows

5.6.2 Reed-swamps

5.6.3 Submerged rooted aquatics

5.6.4 Floating aquatics

II. HUMID AND SUBHUMID TEMPERATE AND SUB-POLAR REGIONS

(省略)*³

III. DESERTS AND SUB-DESERTS

2. WOODLANDS

2.1.1.3 Broad-leaved sub-desert woodland

2.1.3 Succulent woodland

2.2.7 Thron woodland

3. SCRUB

3.1.1.5 Evergreen desert scrub

3.1.3 Succulent scrub

3.2.4 Deciduous desert scrub

4. DWARF SCRUB

4.1.2 Desert evergreen dwarf scrub

4.1.3 Succulent dwarf scrub

4.2.4 Desert deciduous dwarf scrub

5. HERBACEOUS

5.2.4 Sub-desert grassland

5.4.3 Tropical cloud desert forbland

5.4.4 Episodical desert forbland

5.5 Wetlands

5.5.1 Fresh-water marsh

5.5.2 Salt marsh

5.5.3 Alkaline marsh

5.6 Aquatics

5.6.1 Floating meadows

5.6.3 Submerged rooted aquatics

5.6.4 Floating aquatics

6 6. BARREN DESERT

6.1 Rock desert

6.2 Sand desert

*1 Woodland (疎林) 米語, ただしイギリスでは forest とは≠同じ意味に使うことがある。

*2 Paramo は, 2.2.4 の詳述を参照されたい。

*3 熱帯, 亜熱帯以外は省略する。

また、吉良¹³⁾(1976)は熱帯・亜熱帯生態系の乾湿度系列について、次のように述べている。

「年中暖かい熱帯・亜熱帯の森林は、気候が乾くにつれて明瞭な乾燥落葉性の高本がふえるので、はっきりとした乾湿度成帯構造があらわれる。一般に乾燥した気候にむかって、次の3帯が区別される。

- a) 熱帯多雨林 (Tropical rain forest)
- b) 熱帯季節林 (Tropical seasonal forest)
- c) 熱帯落葉～半落葉林 (Tropical deciduous / semi-deciduous forest)

これらの森林帯の相観については、1-3で詳しく後述するので参照されたい。

亜熱帯は一般に中緯度高圧帯の乾燥気候下にあり、森林が少ないから亜熱帯の乾湿度成帯はあまりはっきりわかっていない。しかし、その配列構造は原則的には熱帯の場合と大差ないようである。

熱帯のウッドランド帯は、しばしばサバナ (savanna) とよばれるが、中・南米起源のこのことは定義があいまいで、地方により人によってさまざまな内容の植生をさす。この帯では、ふつう小高木サイズの落葉樹の疎林 (いわゆる savanna woodland) と雨季に 1.5~2 m ないしそれ以上の高さにしげるイネ科草原とが混在する。人間の影響—とくに火入れと放牧とは、草原を拡大する方向に作用し、草原のなかには高木や低木が散在した多様な植生型をつくりだす。表 1-3 では、このような背の高い熱帯草原に対してサバナという語をあてている。」

1-2-3 気候条件による大生態分布の座標づけ

吉良^{13, 16, 17, 18)}(1945, 1949), 今西・吉良¹⁹⁾(1953)は、温度と乾湿度を両軸にとった座標上に、世界の大生態系を位置づけるシステムを提案した。

座標の縦軸に温度軸をとり、これに吉良による暖かさの指数 (Index of warmth, WI) を採った。暖かさの指数は、植物の成長に影響を与える温度限界値を月平均気温 5℃以上とし、これを超すものを下記の式によって積算した値によるものである。

$$\text{暖かさの指数 (WI)} = \sum_{a \sim b} x - 5 \times (a \sim b)$$

ここで、

x : 月平均気温

a : 月平均気温 5℃を越す始めの月

b : 月平均気温 5℃を越す終りの月

したがって、a ~ b は月平均気温 5℃を越す月の数である。

さて、縦軸に示した暖かさの指数による気候帯と植物帯の関係を湿潤気候下の配列において対比すると表 1-4 に示すとおりである。

表1-4 暖かさの指数による気候帯と植物帯
(湿潤系列で示す)との対比(吉良, 1945)

暖かさの指数(WI)	気 候 帯	植 物 帯
0	極氷雪帯 Polar forest zone	(氷 雪)
0 ~ 15	寒 帯 Polar(tundra) zone	ツンドラ帯
15 ~ 45	亜寒帯 Subpolar zone	針葉樹林帯
45 ~ 85	冷温帯 Cool temperate zone	落葉広葉樹林帯
85 ~ 180	暖温帯 Warm temperate zone	照葉樹林帯
180 ~ 240	亜熱帯* Subtropical zone	亜熱帯多雨林帯
240以上	熱 帯 Tropical zone	熱帯多雨林帯

注：* 亜熱帯 (Subtropical zone) は国際的に暖温帯 (Warm temperate zone) の呼び方と混乱している。これに関し¹³⁾吉良は次のように述べている。「北半球温帯 (Temperate zone) 諸国の住民は、それぞれ自国を温帯の中心に位置づける傾向があるので、たとえば日本人にとっては、西ヨーロッパのブナ林地域は日本文化の中心である照葉樹林 (Laurel forest, 表1-3の分類Ⅱの1.1.6のTemperate rain forestにほぼ相当する) 帯のひとつ北の気候帯として冷温帯 (Cool temperate zone) の名がぴったりするが、ソビエトの人からみれば、モスクワの属する北方針葉樹林帯を温帯のなかに位置づけて冷温帯とよびたいので、いきおい日本南西部はもう亜熱帯になってしまう。ソビエト学派の土壌学では、日本の東北方程度の暖かさしかない黒海沿岸をさえ、亜熱帯とよんでいるから注意を要する。

ちなみに、南西日本の暖温帯常緑常林である照葉樹林は、太い木本つる植物や着生植物相が豊富で熱帯林的な景観をもっているし、またタケ類・シュロ類などの熱帯的な植物がふつうに見られるので、西洋の旅行者や学者には、それを亜熱帯とよぶ人が多かった。」

次に、座標の横軸に乾湿度軸をとる。乾湿度を表わす気候示数には完全なものがないので、次に定義する比較的使いやすいいくつかを併用する。

(1) K：次に示すKöppenの示数による

$$1 \text{ 年中多雨の地方} \quad K = P/2 (t + 7)$$

$$\text{夏雨の地方} \quad K = P/2 (t + 14)$$

$$\text{冬雨の地方} \quad K = P/2 t$$

ここで t は年平均気温 (°C), P は年降水量 (mm)

(2) PEI：K, ThornthwaiteのP-E indexによる

月毎の降水量 (Pmm), 蒸発量 (Emm) の平均値をつかい, P/E比の値を12カ月間積算したものである。

(3) CIH : Angstormの湿度係数の12ヵ月積算値による

平均月降水時間をT(100分単位, 100min/月)とし, Tで月平均降水量を割ってえた月平均を降水強度とし, これは次のような月平均温度(t)の中関数となる。

$$P/T = 1.07^t, \text{ または } T = P \cdot 1.07^{-t}$$

このTを温度係数と名づけ, これの12ヵ月積をCIHで表わす。

これらの示数について吉良¹³⁾は次のように述べている。Kは簡単なわりには適用性がひろい。PEIは湿润度気候および熱帯気候ではあまり有効でない。CIHは温暖な気候で非常に有効だが, 非生育期間の長い寒冷地では植生分布との対応がわるくなる。

さて, 横軸に示した乾湿度気候示数による乾湿度気候帯と植物帯との対比は表1-5に示すとおりである。

表1-5 各種乾湿度示数による乾湿度気候帯と植物帯との対比(吉良, 1945)

乾湿度指数			乾湿度気候帯	植物帯
K	PEI	CIH		
5以下	16以下	80以下	強乾燥帯 Perarid zone	砂漠・半砂漠帯
5~10	16~32	80~160	乾燥帯 Arid zone	トゲ低木林帯
10~18	32~64	160~240	半乾燥帯* Semiarid zone	ウッドランド帯
18以上	64以上	240~360	湿润帯 Humid zone	森林帯
28以上			過湿润帯 Perhumid zone	多雨林帯

注: *半乾燥気候帯は, 欧米の学者は亜湿润帯(subhumid zone)とよばれ湿润気候のほうに含められることが多い。

以上のような温度気候帯を縦軸に, 乾湿度気候帯を横軸にとっての両軸の区分の組み合わせと, 大生態系との対応関係は図1-5で示される。図の太い線の外がわにある部分は, 水平分布ではほとんど存在しない組み合わせを示す。

かくて世界のどの大生態系(植物群系)も, 暖かさの指数と乾湿度示数の交わる気候条件のところに位置させることができる。

夏雨気候

WI			氷 雪		
			ツ ン ド ラ		
0					
15	砂	ステッ プ	硬葉針葉樹林 (東シベリア)	常緑針葉樹林 〔内陸型〕 〔沿海型〕	
45			〔メドウ・ ステップ〕 落葉広葉樹 ウッドランド	落葉広葉樹林 〔ナラ型〕 〔ブナ型〕	
85	漠	とげ低 木林		暖温帯 落葉広葉樹林	照葉樹林
180			亜熱帯 季節林	亜熱帯 多雨林	
240			熱帯 季節林	熱帯 多雨林	
	Perarid	Arid	Semiarid	Humid	Perhumid

図1-5 北半球の夏雨気候帯に見られる大生態系の分布と温度気候帯および乾湿度気候帯との対応関係(吉良, 1976)

1-2-4 熱帯山地の植物帯と気候

熱帯低地の生態系については多くの研究が蓄積されつつあるが、垂直方向の生態系は、きわめて多くの変異があることや属地の気象観測値のデータがほとんどなく、十分な研究蓄積があるとはいえない。既述のなかでも若干熱帯山地の植物帯と気候にふれてあるが、本項で改めて垂直分布に焦点をあわせて最近の研究の主なものを摘録することとする。

大気中の気温は標高100 mの上昇ごとに、およそ0.56℃の割合で遞減する。この遞減状況は山岳が孤立しているか、あるいは連山の中にあるか、また緯度などによって、もちろん異なるが、それによって生態系とも森林の成帯配列は変化し、垂直森林帯は水平的森林帯にそれぞれ相当する区分が環境要因と見合っでできるとされている。しかし、この場合温度的に対応させても、環境としては日長、太陽輻射、降水型などのほか、高度を増すにつれて、とくに霧・雲・風などの著しい影響、さらには花粉・昆虫の存否などの多くの因子に違いがあり、森林帯の相観は著しく異なるので、水平的森林帯と垂直的森林帯は単に温度だけで対応させることはできない。

吉良²⁰⁾(1976)は熱帯山地の植生の温度系列について次のように述べている。

「気温が低くなっても海洋気候が持続するという点では、熱帯山地がもっとも典型的である。湿潤な赤道気候のもとでは、気温の年較差はしばしば1~2℃程度しかないが、そこに高い山があ

ると、高くのぼるにつれて平均気温は低くなるが、年較差のほうはほとんど変化しないからである。

このような山地での垂直植生帯は、平地から森林限界まで常緑の広葉樹林が連続する。構成樹種がきわめて多い関係もあって、群系区分は主に森林の構造に基づいて行われている。世界の各山地を通じた一般的な区分体系は確立されていないが、表 1-3 よりはやや細かく

- 1) 低地熱帯多雨林 (tropical lowland rain forest)
- 2) 低山地帯熱帯多雨林 (tropical submontane rain forest)
- 3) 下部山地多雨林 (lower montane rain forest)
- 4) 上部山地多雨林 (upper montane rain forest)

のように分けることが多い。

- 1) は、高木層が巨大高木 (30 m 以上)・大高木・小高木の 3 つに分化した多層林、
- 2) は、3 層構造を維持したまま全体として樹高が低くなったもの (高度 400 ~ 1000 m 前後)、
- 3) は、巨大高木層が消失した 2 層林 (高度 1000 ~ 2500 m 前後)、
- 4) は、完全な 1 層林をさす

温度条件からいえば、2) は亜熱帯林に、3) は暖温帯林に対比される。アジア熱帯の下部山地多雨林では、たしかにシイ (*Castanopsis*)、カシ (*Quercus*)、シリブカガシ (*Lithocarpus*) などのカシ類などが主要樹種のなかに数えられる。3) および 4) の山地多雨林は、ふつう極度に多湿な環境にあり、コケ林 (mossy forest)、雲霧林 (cloud forest, Nebelwald)、elfin forest (小妖精林) などとよばれる、着生植物に富んだ特有の景観を示す。上部山地多雨林は、地方によって、各種の針葉樹やシヤクナゲ科の樹木などが優占するが、ニューギニア中央高原では、このゾーンが、冷温帯林に相当するナンキョクブナ (*Nothofagus*) 林と亜寒帯林に相当する球果植物 (*Libocedrus* および *Podocarpus*) 林から成り立っているのは、興味ある事実である。この場合、赤道高地の垂直森林帯も、水平分布の森林植生帯と同様に 5 つの群系を含むことになるからである。」

ちなみに、吉良¹³⁾によれば：

パラモ (Paramo) は湿潤熱帯の高山で、森林限界をこえた高山帯の植物景観に対して Troll が名を与えたものである。そこでは、1 年中氷点に近い気温が持続し霧の多い過湿地帯で、赤道アフリカでは *Lobelia* と *Senecio*、アンデスでは *Espeletia*、ジャワでは *Anaphalis*、西イリアンでは木生シダなど、在来は草本植物である種類がキャベツ形の樹冠をもつ木本となって株立ちのイネ科草本とともに奇妙な植物景観をかたちづくる地帯である。

ブナ (Puna) は、乾燥の甚だしい亜熱帯のアンデス山地で、森林限界を超えた高山帯でも、乾季と雨季とが交代するので、パラモに対してブナと呼ばれるタイプの高山植物がみられる。ブナには気温の乾潤度に応じて、湿潤ブナ (草原ブナ)・乾燥ブナ・塩性ブナ (砂漠ブナ) が帯状に配列する。ブナでは気温の日較差が大きく、1 年の大部分の日に、夜の凍結と昼の融解が繰り返

されるという、きわめて特殊な気候環境をもつ地帯である。

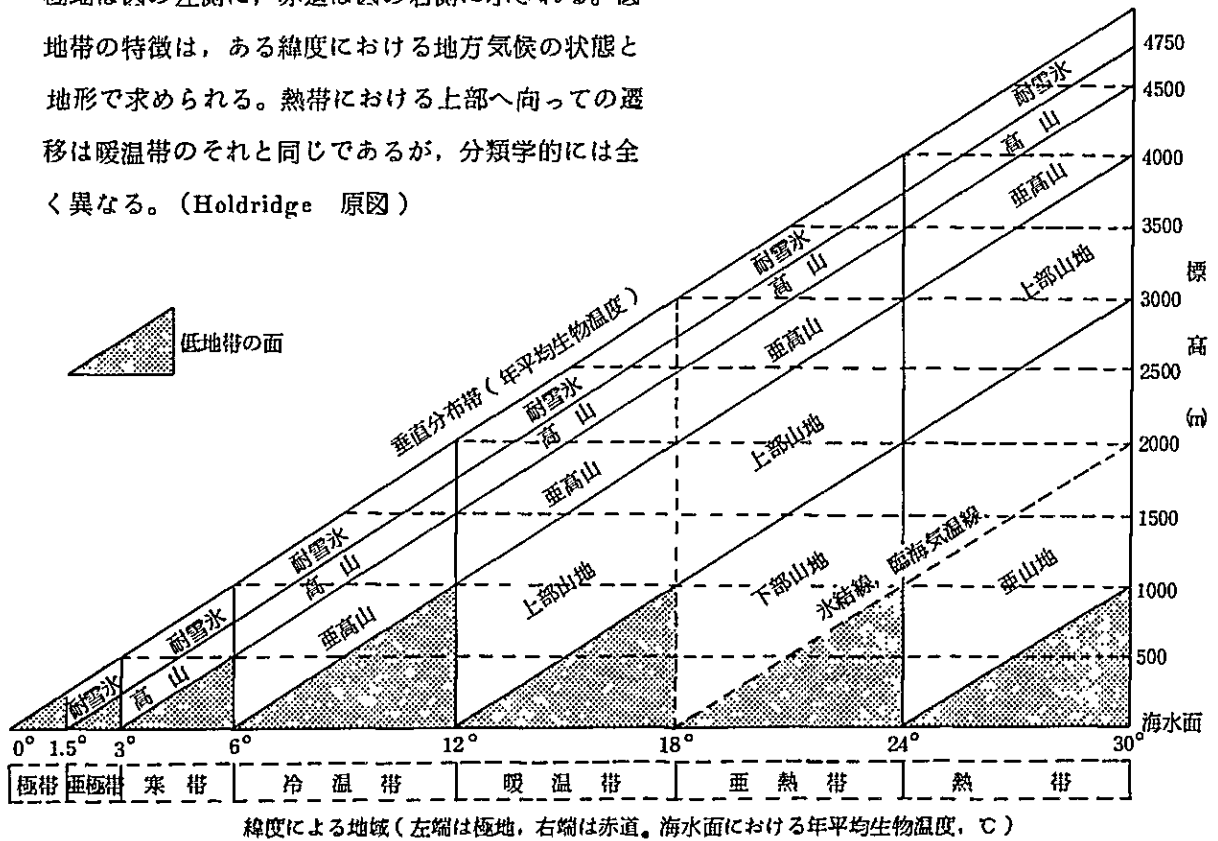
次に垂直植物帯分布に関する3つの文献を参考として添えておく。

(1) Holdridge による緯度に従っての高度と植物帯の関係。

Holdridge (1967)^{7, 9)}は、低地帯の気候と植物帯の特徴は、ある緯度における地方気温の状態と地形で求められる。しかし、熱帯における上部へ向っての遷移は暖温帯のそれと相観的には同じであるが、分類学的には全く異なるとして図1-6を掲げている。

図1-6 緯度に従っての高度と植生帯の関係。

極地は図の左側に、赤道は図の右側に示される。低地帯の特徴は、ある緯度における地方気候の状態と地形で求められる。熱帯における上部へ向っての遷移は暖温帯のそれと同じであるが、分類学的には全く異なる。(Holdridge 原図)



(2) Troll による植生帯の垂直配列⁷⁾

Troll は熱帯アンデスにおける気候的植生型の水平と垂直配列を表1-6のように示している。

表1-6 熱帯アンデスにおける気候的植生型の水平と垂直配列

(1950年ストックホルム会議における植物地理学部の会長あいさつによる。C. Troll)

湿潤月の数	低地 (Lowland)	下部山地 (Low Montane)	上部山地 (Upper Montane)	高山地 (High Montane)
12 11 10	常緑多雨林 と 半常緑多雨林	下部山地林	上部山地林	パラモ*2 (Paramo)
9 8 7	湿潤落葉樹林 と 草原	湿潤林 と 草原	湿潤連山*1 (sierra) 叢林	湿潤プナ(puna)*3 灌木と 草原
6 5 4 3	乾燥落葉樹林 と 草原	乾燥林 と 草原	乾燥連山叢林	乾燥プナ灌木 と 草原
2 1 0	トゲ林 と 草原	トゲ林 と 草原	トゲ連山叢林	トゲプナ灌木 と 草原
	砂漠灌木	砂漠灌木	砂漠連山	砂漠プナ
	砂漠	砂漠		

注 *1 sierra は殊にスペイン、中南米の連山をいう。

*2 paramo, *3 puna は1-2-4の詳述を参照されたい。

1-3 実践に役立つ熱帯の森林型の見方

熱帯の森林型の分布を大きく左右しているのは年降水量の大小よりも、むしろ乾季の長短の型^{21,22,23,24}が大きな因子である。この因子を重視して西ドイツのWalter (1955, 1960, 1964, 1973) は、図1-7, 1-8に示すようなきわめて便利な気候図形(Climatic Diagram, Klimadiagramm)を提案した。これは森林型の出現に深い関係のある気候の年間の傾向が、ひと目で簡単に比較できるような図示法を考案したものである。

気候図形は、横軸に北半球では1~12月、南半球では7~6月の順に目盛る。これは夏季の中心が常に中央にあたるようにしたものである。(図1-7に示した南半球のFijiのNandiと図1-8に示した北半球の那覇の例を参照されたい)。縦軸は、左側に気温を10℃きざみに、右側に降水量を20mmきざみに示し、かつ気温30℃の目盛りが降水量60mmの目盛りと一致するようにする。また降水量100mmを越す縮尺は1/10に減ずる。

以上の図示法にしたがって、調査地点の月平均気温と月降水量をプロットすると、図1-7のNandiの気候図形に示すように、(1)降水量については、その年変化曲線が100mmを越す部分の

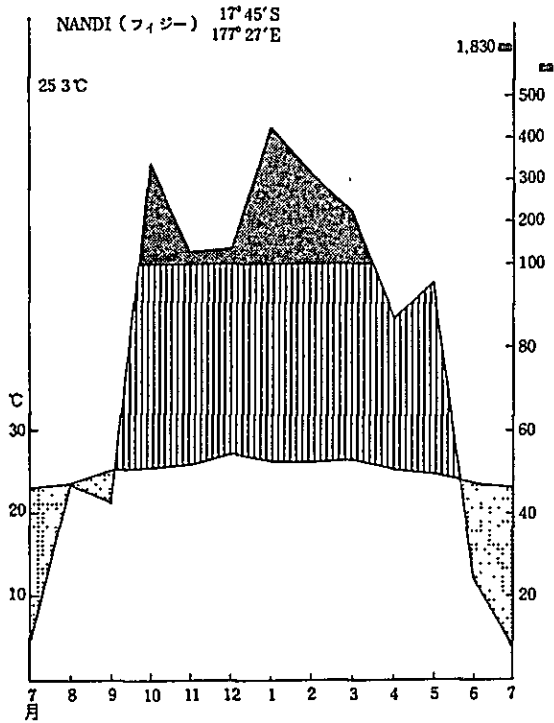


図1-7 Nandi (Fiji) の気候図形

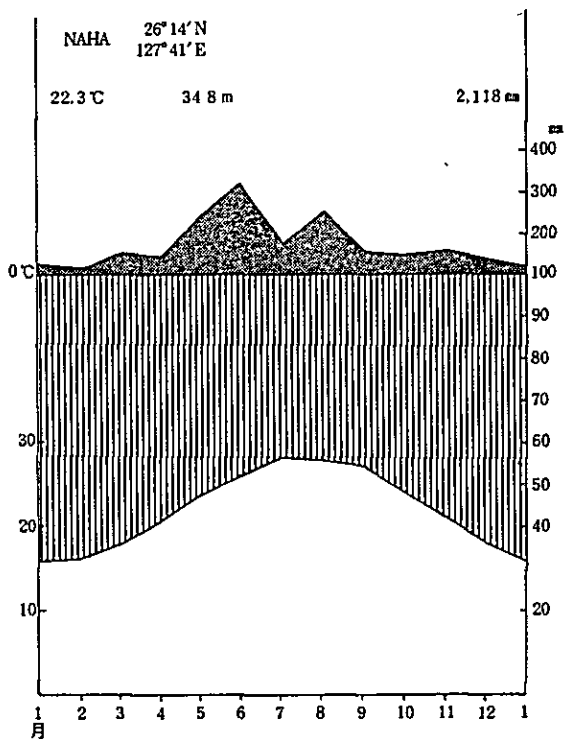


図1-8 那覇の気候図形

面積を黒色で示す。(2) 降水の年変化曲線が100 mm以下で気温の年変化曲線以上にある面積は細線で示す。(3) 降水の年変化曲線が気温の年変化曲線の以下にある部分の面積は砂目で示す。

この表示について、吉良²⁰⁾は次のように解説している。

「気候図形に示された降水量の年変化曲線が気温のその下にくる期間は乾季で、砂目部分の面積は乾季のきびしさを表わす。同ただけ雨が降る月でも温度が高いほど蒸散量が大きく乾燥度は強まる。経験的に30℃と60mmとを対応させると、その関係がよく表現されたとしている。熱帯の平均気温はおおむね25～30℃だから、月雨量50～60mm以下はほぼ乾季に相当することになる。

なお、月雨量100mm以上では水不足は起らないと考えて、その部分は黒くぬりつぶして雨量軸の目盛りを縮小している。そもそも、熱帯では月雨量が100mm以下になると森林に水不足の微候が現われ始め、50mm以下では林木の生活が休止に近づくように思われる。雨量100mm以上の月が10カ月を越えるような低地では原生林は典型的な熱帯多雨林となる。

したがって月雨量100mm以下の線で、雨量曲線が気温の曲線以上の間で図1-7に細線部で示してある期間に該当する時期は半乾季である。」

さて、WalterとLieth(1960)²²⁾は世界の気候図形(Klimadiagramm-Weltatlas)で10の主要型を区分している。こゝでは、吉良²⁰⁾(1979, 1980)が、この気候図形と対

応して解説した熱帯の森林型を以下紹介することとする。

熱帯低地の水平的森林型について表 1-7 によって赤道多雨気候から乾燥気候に向って熱帯多雨林、熱帯季節林（常緑・半落葉・落葉季節林）、サバナに区分し、図 1-9 でそれぞれの森林型の変化を示している。

図 1-10 は多雨林地帯の気候図形である。熱帯多雨林域は世界で東南アジア、赤道西アフリカ、アマゾンの 3 地域がよく知られている。これらの 3 地域は大洋で隔離されているので、構成樹種にはほとんど共通性はないが、森林の構造や相観はかなり似ている。ただし東南アジア以外の 2 地域は、それほど気候的に恵まれていない。図 1-10. C に示すマナウス（大アマゾン・ジャングルのほぼ中央）は気候図形で見ると 3 カ月に近い乾季をもち後述の図 1-11. A に示す西マレーシアの北部や同. B に示すタイ南部のそれに似ている。気候図形上に乾季が認められるようになれば、植生はもはや多雨林でなく常緑季節林とみなすべきであろう。アフリカの多雨林の気候は、一般にアマゾンよりもさらに明瞭な乾季をもっている。東南アジアの多雨林は他のそれらに比べれば最も湿潤ですぐれた林相と蓄積をもつ。

図 1-11 は常緑・半落葉・落葉季節林のそれぞれの気候図形を示したものである。表 1-7 の解説を参考として対比されたい。

図 1-12 は典型的なサバナ林地帯の気候図形を示したものである。この図でみられるように乾季のきびしさを表わす砂目の部分が年の数カ月にわたっている。

表1-7 熱帯低地の水平的森林型(吉良, 1979, 1980)

*1 森林型	典型的な 熱帯多雨林 (Tropical rain Forest)	熱帯季節林(Tropical Seasonal Forest)			サバナ林 (Savanna)
		常緑季節林 (ever-green)	半落葉季節林 (semi-deciduous)	落葉季節林 (deciduous) *2	
雨季 と 乾季 の 影響	月雨量100mm 以上の月が10 カ月を越える 低地	密生した高木林であるが構造や相観に季節的乾燥の影響の現 われる森林をいう。 月雨量が100mm以下の月がふえ、さらに50mm以下の月が加わ るにつれて樹高は徐々に低くなり、上の層から順に次第に立 木密度が低下してゆく。また同じく上の層から乾季にそろっ て落葉する樹種の割合がふえてゆく。			年に5~6カ月の乾 季があり、年雨量 800~1,200mm程度 の地域と考えられる。 しかし、局地的な分 布までふくめると、 その分布区域はもっ と広く、年雨量600 ~1,400mmの範囲に 及ぶ。
林分構造 と 相観	巨大高木層(普通は 樹高40m以上)、そ の下に大高木層(20 ~25m)、さらにそ の下に小高木層(5 ~15m)の3層構造 を呈する特徴がある。 個々の木は1年のう ち短期間だけすっか り葉をおとすものも あるが、季節的に一 斉に落葉する傾向は 少なく、森林全体と しては常に常緑の状 態を保つ。	巨大高木層が認めら れ、ほとんど常緑に 近いもの。	巨大高木層がなくな り、大高木の半ばが 落葉するもの。	巨大高木層がなくな り、大多数が落葉性 であるもの。 (ここでは雨量100 mm以下の月が6カ月、 50mm以下の月が4カ 月くらいになる)	乾季が厳しくなり、 もはや閉鎖した林冠 をもつ森林はできな くなり、疎生した小 高木の下に草本が密 生する状態になる。 なお、野火や牧畜の 著しい影響もある。

注: *1 森林型の名称は、ユネスコで使われている標準名である。

*2 Schimper は多雨林、モンスーン林、サバナ林に3大別している。

Schimper のいうモンスーン林は雨緑林とも呼ばれる。

これは落葉林に相当するが、これに半落葉季節林をひっくるめたものと考えられないこともない。

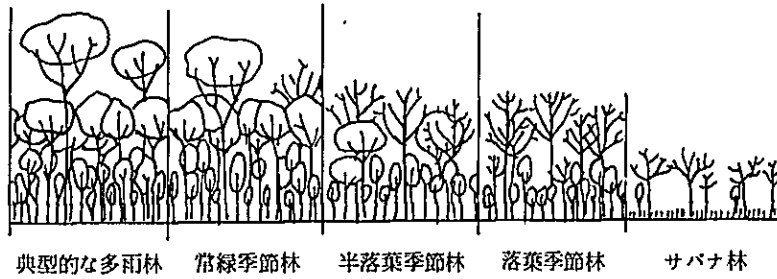


図1-9 赤道多雨気候(左)から乾燥気候(右)に向っての森林型の変化。
乾季の状態を示す。(吉良原図)

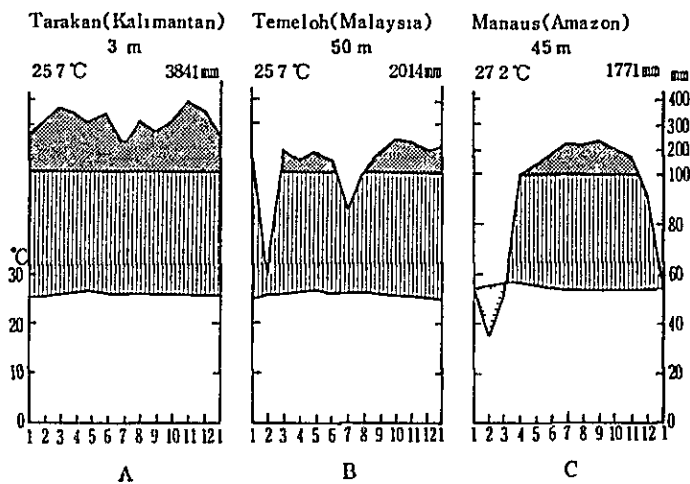


図1-10 多雨地帯(広義の)の気候図形。(吉良原図)
(地名につづく数字は、海拔高度、年平均気温、平均年雨量を示す。)

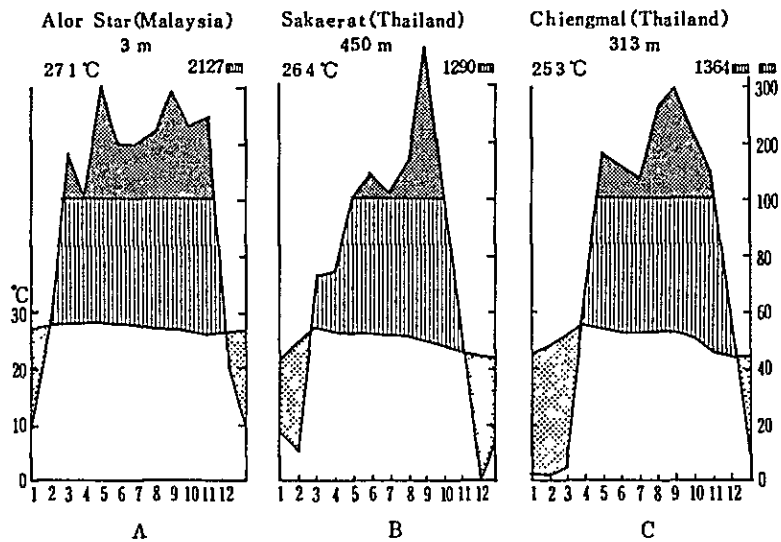


図1-11 季節林地帯の気候図形。
左から、それぞれ常緑、半落葉、落葉季節林に対比する。(吉良原図)

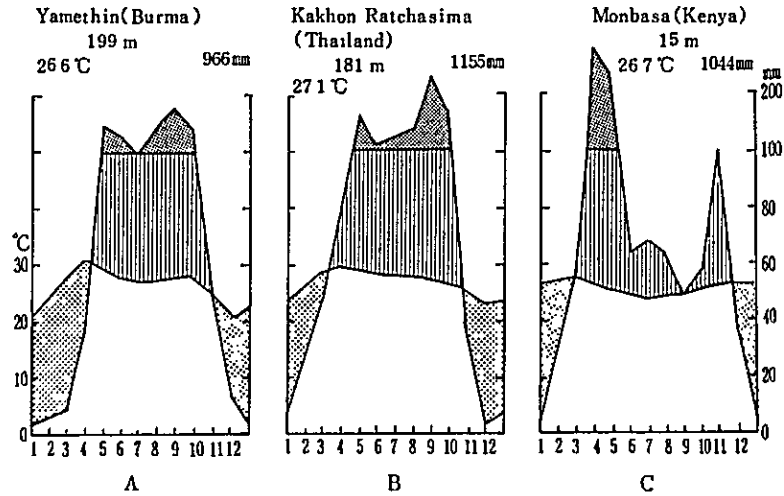


図1-12 サバナ林地帯の気候図形。(吉良原図)

熱帯の垂直的森林型は表1-8に示すように低地多雨林、亜山地多雨林ならびに山地多雨林を下部と上部に区分して解説しており、図1-13はそれぞれの森林型に対応する構造変化を示している。

図1-14は熱帯高山の気候図形である。前述のように高度の上昇につれて平均気温は低下するが、年を通じてほとんど格差のない特徴が注目される。

表1-8 熱帯の垂直的森林型(吉良, 1980)

森林型	低地多雨林 (Lowland rain forest)	亜山地多雨林 (Submountain rain forest)	下部山地多雨林 (Lower mountain rain forest)	上部山地多雨林 (Upper mountain rain forest)
海拔高 (ただし赤道に近い 湿潤熱帯)	典型的に低地多雨林 は500 m前後以下	移行帯	1000 ~ 1500 m 以上	2000 ~ 2500 m 以上
林分構造 と 相観	巨大高木層、大高木層、小高木層の3層構造をもつ。	高くなるにつれて巨大高木は樹高が次第に低くなる。	巨大高木層は消失して林冠の表面はなめらかになり、大高木層と小高木層の2層構造となる。 この高度以上では晴天の日でも雲霧帯となり、シダやランなどの若生植物が樹上につき、林内の景観が一変する。	小高木層だけの一層林となる。コケ類が幹や枝をおおいつくし、ねじくれた細い木が特有の相観を呈する。 コケ林(mossy forest)、妖精の森(elfin forest)などと呼ばれる。

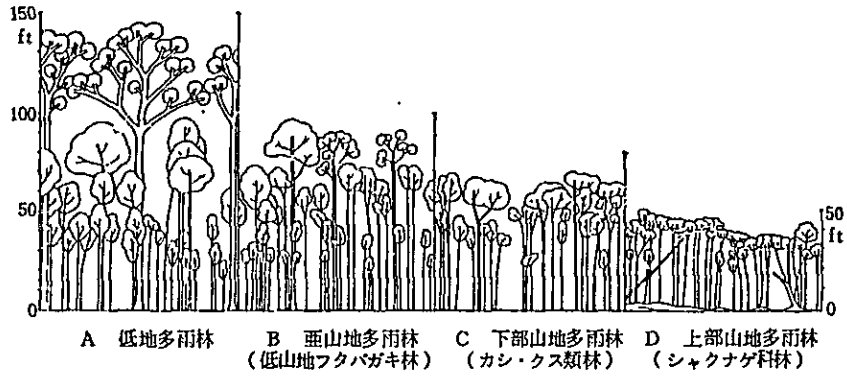


図1-13 マラヤの森林の高度による構造変化。(Robbins, 1968. 吉良による引用)

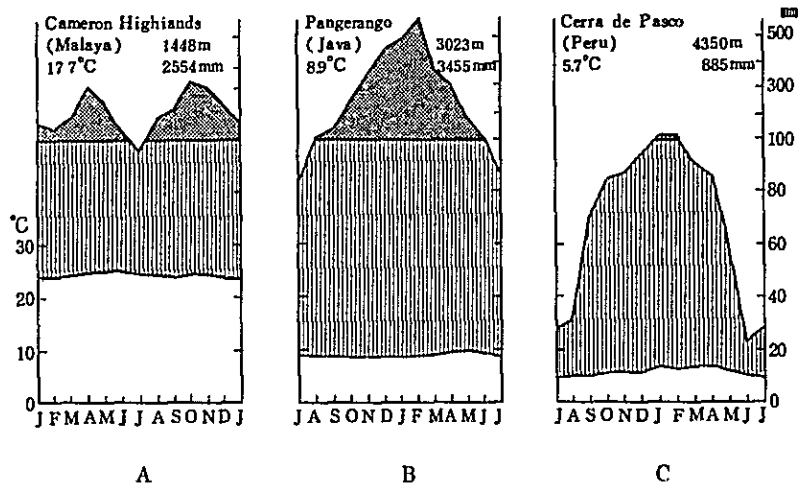


図1-14 熱帯高山の気候図形。雨量は中高度の地帯にもっとも多い。(吉良原図)

引用文献

- 1) Humboldt, A. von: Personal narrative of travels to the equinoctical regions of America. 2. Transl. T. Ross, London. 1852.
- 2) Schimper, A. F. W.: Pflanzengeographie of phisiologiscler Grundlage (ed. 2). Gena. 1898.
- 3) Schimper, A. F. W.: Plant-geography upon a physiological basis. Transl. by W. R. Fisher. Edited by P. Groom & I. B. Balfour. Oxford. 1903.
- 4) Richards, P. W.: The tropical rain forest. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 1952.
- 5) Richards, P. W., 植松真一・吉良竜夫共訳: 熱帯多雨林・生態学研究, 共立出版(株) 1978
- 6) 小川房人: 熱帯の生態 I, 森林, 共立出版(株), 1974
- 7) McLean, R. C. & W. R. Iviney-Cook: Text book of theoretical fotany 4. pp. 3317, 3823, 3826. Longman, London. 1973.
- 8) Johns, R.JJ.: The vegetation of Papua New Guinea. Forestry Colledge. Bulolo, PNG. 1977.
- 9) Holdridge, L. R.: Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 1967
- 10) Watt, Kenneth E. F.: Principle of environmental science. pp. 177 ~ 180. McGraw-Hill Book Co. 1973.
- 11) Whittaker, R. H.: Gradient analysis of vegetation. Biological reviews 42. 1967.
- 12) Whittaker, R. H.: Communities and ecosystems. 2nd ed. Macmillian Pub. Co. New York. 1975.
- 13) 吉良竜夫: 陸上生態系概論, 共立出版(株), 1970
- 14) 蜂屋欣二: 森林の生態的見方, 日本林業技術協会, 1976
- 15) IUCN: A working system for classification of world vegetation. IUCN Occasional Paper 5. International Union for Conservation of

Nature and Natural Resources. Morges, Switzerland. 23 pp.
Mimeographed. 1973.

- 16) 吉良竜夫：農業地理学の基礎としての東亜の新気候区分，京都，1945 a
- 17) 吉良竜夫：東亜南方圏の新気候区分，京都，1945 b
- 18) 吉良竜夫：日本の森林帯，林業解説シリーズ，日本林業技術協会，1949
- 19) 今西錦司・吉良竜夫：生物地理(II)，新地理学講座(4)，朝倉書店，1953
- 20) 吉良竜夫：森林型の成因，熱帯の森林型(I)(1979)，サバナ林，熱帯の森林型(II)(1979)，低地多雨林，熱帯の森林型(IV)(1980)，山地多雨林，熱帯の森林型(VI)(1980)，熱帯林業 52, 54, 55, 57，熱帯林業協会，1979 ~ 1980
- 21) Walter, H.: Ber. deutsch. bot. Ges. 68, 331 ~ 334. 1955
- 22) Walter, H. & H. Lieth: Klimadiagramm-Weltatlas. Gustav Fischer. Gena. 1960.
- 23) Walter, H.: Die Vegetation der Erde in "Öko-physiologischer Betrachtung, Band I. Die tropischen und subtropischen Zonen (1964), VEB Fischer Verlag, Gena. Zweite Aufl.
English translation by D. Mueller-Dombois: Ecology of tropical and Subtropical vegetation (1971). Oliver & Boyd. Einburgh.
- 24) Walter, H.: Vegetation of the earth in relation to climate and the eco-physiological conditions. The English Universities Press. London & Springer Verlag. New York, Heidelberg & Berlin. 1973.

2. 熱帯土壌

2-1 熱帯に出現する主な土壌

熱帯の土壌の研究はおくれている。いくつかの著書も発刊されているが、農林業の現場ですぐ役に立つ知識や経験に乏しいのが現状である。熱帯で造林を計画する場合、当面参考になるのが、FAO/UNESCOが編さんした世界土壌図である。500万分の1と言う小縮尺の図面であるので、細部については不正確なものであるが、これを参考にして現地調査を行えば非常に役に立つので、この土壌図の図化単位に用いられた、熱帯地方の主な土壌について（第一表）分布面積の大きいものから順次説明する。

2-1-1 フェラルソル（鉄・アルミ化土壌）

赤色ないし黄色の粘土質の土壌で、表層も腐植の含有量が少なく淡色である。典型的な熱帯多雨地帯の土壌である。

養分が少なく、理学的性質も不良である。

この土壌は、気温も高く雨量の多いところで長年月にわたって、母材となった岩石が十分に風化をうけて粘土化し、岩石に含まれていた、カルシウムやマグネシウムのような塩基類はもとより硅酸分の一部も雨水により流亡してしまい、鉄やアルミニウムの割合が多くなった土壌で、粘土も、カオリナイトと言われる置換容量の小さいものが主となっている。

森林下で多量の落葉類が落下しても、高温多湿のため分解が早く、分解生成物は直ちに樹木に吸収されてしまうか流亡してしまい、腐植としての蓄積は極めて少ない。

下層では地下水が停滞することが多く、そこでは鉄が還元酸化を繰返しつつ斑状に集積する。これをプリンサイト（Plinthite）と呼んでいるが、これが出来ると透水性が悪くなり根も貫通できなくなるから、プリンサイトが残るところに現われると、樹木の成長は極めて悪くなる。プリンサイトは乾燥すると固結して、再び水を加えても軟化しなくなる。これをラテライトと呼んでいる。

2-1-2 ニトソル（厚層赤色土壌）

あまり長くない乾期（4ヶ月以内）を持つ熱帯地方に広く分布する埴質の赤色土壌である。A層は淡色で腐植の含有量は少ない。B層には粘土が集積しているが、粘土分は下層深くまで漸減して行く。粘土が下層深くまで移動しているのので、下層まで土壌ブロックの表面に光沢がある。粘土は主としてカオリナイト性で、塩基置換容量は小さい。フェラルソルに比して、風化可能な鉱物類を含んでいて、生産力はやや高く、塩基飽和度の高いものは更によい。

2-1-3 アクリソル（粘土集積赤色土壌・低飽和）

乾期と雨期のある地帯で長期間かゝって生成された赤色土壌で、明瞭な粘土集積層を持ったものである。一般に酸性母材から生成され塩基類は溶脱され飽和度は低い。風化可能な鉱物の含量は極めて低い。

A層は、淡色で腐植の含量は小さい。養分が少ない上に、粘土集積層は根の分布を制限するので、生産力は低い。森林を伐採すると侵食が激しい。

2-1-4 ルビソル（粘土集積赤褐色土；高飽和）

温帯・亜熱帯・熱帯にかけて、明瞭な乾期を持つ地帯に生成される明瞭な粘土集積層を持ち塩基飽和度の高い赤褐色土壌である。熱帯では、アクリソルに比して若い土壌であると考えられ、風化可能鉱物を含んでいる。アクリソルより生産力は高いが、低平地では透水性が悪くなるから注意が必要である。

2-1-5 フルビソル（沖積土壌）

河川、旧湖沼、海などにより沖積堆積したものから生成された土壌である。粘土、砂、礫など、多様な粒径のものが層をなしている。土壌の性質は運ばれて来た材料によって異なるが、一般に熱帯地域では強く風化されたものが堆積する場合が多い。

一般に生産力が高い場合が多いが、マングローブ林など、海水の影響を受け、有機物を多く含んだ土壌が乾燥して酸化されると、硫酸が生成されて強酸性になることがあるから注意が必要である。

地下水が浅いことが多いので、停滞している場合は不良な土壌となる。

2-1-6 アンドソル（火山灰土壌）

アンド（暗土）は我国に多い、黒色のA層を持った、軽く、比較的保水性の良い土壌に命名された名前であるが、一般には、火山灰を母材とする土壌に広く用いられている。熱帯ではやゝ冷涼で湿潤な海拔高の高いところでは腐植を多く含んだ黒褐色のものが見られるが、低地ではA層の色は淡い。

熱帯地域では最も生産力の高い土壌とされている。とくに、塩基性の火山灰を母材とし比較的若い土壌が良い。

湿潤熱帯では、火山灰も古くなるにつれて風化が進み、フェラルソルの生成へと進んで行く。火山ガラスを多く含んだ火山灰は、風化の進行につれて珪酸分が浸みこんだ硬盤を形成する。これは根の貫入を阻げる。

熱帯の火山地帯では、フェラルソル、ニトソル、アクリソルなどの上に新しく火山灰が降下し土壌の若返りが行われることがあり、そこでは生産力も高くなる。

2-1-7 カンピソル（始成土壌）

黒褐色のA層と褐色のB層を持った土壌で、特別な集積層（粘土、カルシウム、ナトリウム、鉄など）も溶脱層も持たない壤土質の土壌である。熱帯地方ではA層は淡色で、一般に湿潤気候下の若い土壌である。生産力は高い。傾斜地に分布が広い。

2-1-8 ヴァーチソル（反転土壌）

極めて重粘な黒味の強い土壌である。数ヶ月にわたる明瞭な乾期を持つ平坦地で、膨潤収縮の激しいモンモリロナイト性粘土を主にしたこの土壌は、乾期には収縮により深くまで広い割れが

出来、雨期の始めに表層土がこの割れに流れ込み膨潤により一部の土壌が押し上げられる。この乾燥湿潤を繰返すことにより表層土が順々に下層へ流れ込み反復を続ける。

黒色味のわりには腐植の含量は少なく、重粘で、農業用土壌である。

2-1-9 グライソル(地下水土壌)

地下水が高く停滞するところでは、酸素が不足するため、鉄が還元されて灰青色を呈する層ができる。これをグライ層と呼び、50 cm以内にグライ層を持つ土壌をグライソルと言う。

熱帯では土壌の粘土化が進んでいるので、平坦地や凹地ではグライ土壌が生成されやすい。乾期のあるところでも、雨期に地下水が高くなる場所では、グライ層が生成され、乾期に土壌を調べても、地下水上面が上下するところには、1~数mmのマンガン結核が出来ているので雨期の水位を推定できることが多い。

生産力はグライ層が表層に近い程不良となる。

2-1-10 リトソル(岩上浅層土)

硬岩上の厚さ10 cm未満の鉍質土壌である。生産力は低く、土地保全を考えた取扱いをするところである。

2-1-11 ヒストソル(泥炭土壌)

湿潤な低凹地で枯死した植物質が酸素不足のため分解しないで堆積したものである。熱帯では沿海部に広く分布しており、森林に覆われたところでは、樹皮や枝葉を主成分とした木質泥炭となっているので、必ずしも貧栄養ではないが、沈下したり、硫黄分を含んでいると酸化により硫酸が生成されたりする危険があるので、予備的な調査が必要である。

2-1-12 ゼロソル(乾燥土壌)とイエルモソル(砂漠土壌)

いずれも降水量の極めて少ない(年200 mm以下)ところの土壌で淡色で、アルカリ性を示す。

2-1-13 アレノソル(石英砂質土壌)

均質な白色の石英砂からなる土壌で、熱帯では、純林状のAgathis林となっていることが多く、地表にはウツボカズラなどを見る。森林下では、腐植が下層1~数m下に集積していて、一見ポドソルの様に見えるので熱帯ポドソルなどと呼ばれることがある。

養分の殆んど無い土壌なので、非皆伐施業が必要である。

2-2 熱帯土壌の評価

2-2-1 熱帯降雨林

熱帯では常時気温が高いので降雨が充分あれば、化学反応は急速に進む。そのため、岩石の風化は非常に早く、赤色の埴質な土壌が出来る。落葉落枝の分解も早く進み、炭酸ガスと水と一部のミネラルになってしまい、腐植の蓄積は少ないので、黒味の強い土壌は出来にくい。岩石や落葉の分解によって生成される可溶性の成分も流亡してしまう。

即ち、熱帯降雨林の土壌は時間がたつとともに粘土質で養分の少ない土壌になって行くのが普

通の生成過程であり、フェラルソルの分布が広がる。

しかし、その過程の途中にあるものは、風化が完全には進んでいないので、砂分を含んでいて、その中の有色鉱物からは風化によって、塩基類なども少しずつ補給されるので、樹木にとっては条件が良くなる。玄武岩など塩基性の母材のところは更に良い。

また、上流から砂や粘土が運ばれて来る様なところでは、新しい材料が付加されるので、土壌の若返りがおこり、フェラルソルの悪い性質は改質される。

傾斜地では、土壌粒子は斜面に沿って移動しやすいので、一般に土壌は若く、カンピソルや、カンピソルとフェラルソルとの中間的な性質を持った土壌があらわれる。

火山地帯では、火山灰の降下が土壌の若返りを助ける。

熱帯降雨林地帯では、砂分を含んでいるかどうか、有色鉱物を含んでいるかどうかは、地力を判定する重要な要素となる。

反対に、粘土質土壌の悪い点を助長するものに、プリンサイトとグライがある。還元と酸化の繰返しによって出来た鉄の斑紋であるプリンサイトは、一般には土層の深いところに長時間をかけて生成されるものであるが、過去の地殻変動や侵蝕の結果、浅いところに現われることがある。プリンサイトは根の貫入を妨げるから、浅い層に出てくると生産力は低下する。グライ層も還元層で、根の発達を妨げるから、浅いところに現われると生産力を低下させる。平坦な地形のところでは、わずかの凹凸でグライ層が浅く出たり出なかつたりするので、注意が必要である。

粘土質の土壌を改良する目的で排水溝を設けることがあるが、粘土粒子の間に保持されている水は、非常に強い毛管力によるものであるから、重力では移動しないため、側溝の効果は側方1～2mの範囲にしか及ばないのが普通である。

そこで、有効深度という考え方は実用的である。即ち、樹木の根が自由に伸長し得る土層の深さであって、森林下で根が多く分布している範囲をしらべ、その土層と同じ様な性質を持った土層の深さを測定して、生産力の一つの尺度とすることである。

2-2-2 熱帯季節林

乾期には水分が不足するので、気温は高くても、風化や有機物の分解は遅れる。従って乾期のある季節林地帯では、やゝ砂質であったり、有色鉱物の残った土壌の分布が多くなり、塩基類の流亡もあまり激しくない場合が多く、土壌条件としては、それだけ良くなる。ニトソルがその好例である。

反面、乾期のあるところでは、雨期の始めに、粘土分が土層入に流れ込んで、下層に粘土集積層が出来やすい。この粘土集積は、乾期の強さや経続期間の長さを増すにつれて激しくなる。ニトソルのように軽度の粘土集積は、水や、養分の保持を良くするので、むしろ良い条件と考えられるが、顕著な粘土集積があるときは、根の貫入をさまたげるので、生産力を低下させるし、極端な場合は、粘土集積層が堅盤となって水を通さない[※]ので、表層がグライ層になることもある。

※ プラノソル（粘土盤土壌）がその例

従って、粘土集積の程度を確めて、根の伸長阻害や、滞水有無を判断する必要がある。

降水があれば、水は下方へ浸透するから、塩基類など可溶性の成分は水とともに流亡するが、乾期には、蒸発にともなって水は上昇するから、可溶性成分は表層部へ移動してくることになる。従って、乾期の程度にもよるが、土壌中の塩基類の流亡は少なくなり、年間雨量が少なくなるにつれて、土壌は、中性ないし微アルカリ性を示すようになる。

粘土集積のある土壌を、塩基類の多いルビソルと塩基類の少ないアクリソルとに分けているが、アクリソルの方が古い土壌で、ルビソルよりも生産力が低い。

この地帯でも、傾斜地では若いカンピソルが現われ易いし、河川による運積や火山灰の降下は土壌の若返りの作用がある。

2-2-3 乾燥地帯

降水量が少なくなると、岩石の風化や、有機物の分解が停滞するので、砂礫質の土壌や赤褐色味の淡い土壌が多くなるが、最大の問題は、水の上昇移動によって、土壌がアルカリ性になることである。降水量が少なくなるにつれて、石灰（炭酸カルシウム）の集積、石膏（硫酸カルシウム）の集積などの集積層が出来るようになり、土壌はアルカリ性となる。更に降水量の少ない所では、ナトリウムが表層に集積した土壌となり強アルカリ性となるとともに、ナトリウムは植物に対し毒性を示す。

防風林など造林を計画する場合は、耐乾性で耐アルカリ性の樹種を選ぶ必要があるが、成長を促すために灌水を計画する場合は、必ず排水を併せ考えなければならない。

灌水した水は蒸発して失われるが、その過程で下層にある塩基類を吸い上げて、土壌のアルカリ化を促進するからである。農業では灌水により不毛地と化した例が多いし、今後もその危険性が残されている。

2-2-4 まとめ

熱帯地域においては、各樹種の成育と土壌条件についての知識は極めて乏しい。場所によって成長に大差のあることも明らかなので、出来るだけ速かに、知識を集積する必要がある。当面の参考のために極く大づかみに生産力を判定する目やすをまとめてみると、

- a) 熱帯では、若い土壌の方が生産力が高い。その目やすは、砂分を含んでいること特に有色鉱物を含んでいること。
- b) 粘土集積層やプリンサイトなどが無い方がよい。あっても深い所にある程よい。
- c) グライ層は無い方がよい。あっても深い程よい。
- d) 降水量の多い地帯では、塩基性母材など塩基類の多い土壌の方がよい。

このような目やすのうち、樹種によって、どれが最も重要であるかを整理して行く努力を重ねる必要がある。

2-3 熱帯土壌調査の方法

2-3-1 土壌調査の方法

2-3-1 事前準備

(1) 資料収集

私達の調査のための旅行は、2週間前後から長くても2~3ヶ月程度である。永年熱帯地域に住みついて活躍しているヨーロッパの技術者達と対抗して働こうというのであるから、できるだけ予備知識を入れておかなければ、とてもかなうものではない。予備知識の多少で殆ど、その結果がきまってしまう。

また、調査目的が資源調査や施業基本計画のように大きく把握することが目的のものと、試験造林地選定、企業造林の適木選定等小区域についてや、具体的な植栽を目的としたものなど対応条件によって調査計画が異なる。いずれにしても、土壌についての予備知識を入れておくには、FAO/UNESCOのSoil Map of the Worldが便利である。その地図は500万分の1であるので極めて概念的である。全世界を10巻に分け、地図の外に各地域ごとの説明が付属している。この土壌図活用についての注意メモは以下のとおりである。

- ① 土壌単位（主要土壌分類名）の特徴や細分したものの内容、層位の見方等の基本になるものは、第1巻の説明書に記載されている。また、「統熱帯土壌学提要^{*}」はその土壌のほん訳名等は必ずしも適切とはいえないが参考書として便利である。
- ② 各巻（地方）ごとの土壌図のほか、これに付属した説明書には、主要地域ごとに気候、地形、地質、植生等土壌に関係する各因子の概要の説明があるので、調査地を含んだ該当地域について拾い読みをしておくといよい。
- ③ 土壌図には付号と色分けで地区区分されている。500万分の1の小縮尺であり、土壌分類単位というよりは、主要な土壌型とこれに付随する数種の土壌との複合型として表示されたものである。地図の裏面には、各記号ごとに複合土壌の内容が判るようになっている。これらの複合は、その地域の地形の細分に応じて組み合わせられたものであると考えてよいであろう。
- ④ 土壌図をみる場合に、目的地についてのみ調べておくのではなく、この土地に到る低地部分から、これを過ぎて奥地の脊梁山脈に至るまでを系統的にしらべておくことが望ましい。これによって、目的地は一連の傾向の中のどの部分であるかが明らかになる。たとえば、Benakatの調査でいうと、1) Palembang付近の土壌の傾向、2) Rematang河の渡河点までの土壌の傾向、3) 調査現地地域の土壌、4) 奥地の土壌と一連の傾向をみておく。

この事前資料収集での趣旨は、次の出張計画でもふれるように、調査地点のみに局限した見方に執着すると見誤まるもとにもなる。周囲からからめていったポイントを押えるのが基本である。

^{*}ブーリング著、菅原道太郎、尾中健二郎訳「統熱帯土壌学提要」：日本イリゲーションクラブ

農業開発等の目的で該当国で実施した土壌調査報告等がある。これの分類方式は大抵の場合、FAO/UNESCO方式と異なっていることが多いが、現地での分布様式や土壌性質を知る上に非常に参考となる。これらの資料は日本では入手困難で、現地で入手することとなる場合が多い。地質や森林等についての参考資料も現地で入手することとなろう。

さらに、情報収集の重要な源は、日本から既に該当地域あるいは近隣の地域に出張し調査を実施した先輩より、土壌以外の林業知識すなわち、主要な造林地、造林樹種、その成績、国の政策、民情等についても情報をえておくことが必要である。

(2) 出張計画

以上の諸情報と出張目的を土台にして出張計画をたてる。予算関係や現地引き受け先の条件等によって、あるいは調査団編成の場合は団長の方針等によって、調査者自らの計画意見通りになるとは限らない。しかしながら、最終的に分担した事項（この場合は土壌調査）について結論を出し、これを報告書にまとめて目的の義務を果たすのは調査者自らの問題である。この意味において調査者の自主的な態度が必要である。

前述のように、調査地だけの調査に終始していたのでは、その地域の本来の性質を見失うことがある。また、造林を目的とした場合、適確な樹種選定をする場合に、該当地域に造林事例が乏しい場合には、判断資料をえることができない。造林について土壌面より判断を下す場合には、少なくとも15年前後以上を経過した林分の成績を土壌面から判断することが望ましい。造林後4～5年程度で良好な成長をしていますが、引き続きその成長を維持するとは限らない。手近かに適確な資料を欠く場合には、近似の気候条件下での造林事例について、土壌調査を行い、その樹種の土壌性質に対応する関係を会得しておく必要がある。このためには、目的以外であっても2～3日の調査は必須の条件となる。

また、土壌の分類同定についても、小区域における分類は適確な表現をしているのか疑問が残る場合がある。たとえば、Borneo島に所在するBrunei国（三重県近似の大きさ）の土壌は世界土壌図では、低地部はOd20-aとし、丘陵、台地部はAo106-2/3aとしている。これらの表現に組み入れられている土壌は、湿地林のdystric Histosols及び丘陵のorthic Acrisolsのほか、Af, L, Gd, Gh, R, Jd, Jtの土壌が共存していることを示している。これによるとHistosolsに共存して、これより陸化した部分に広くみられるKerangas（白色硅砂堆積）Qaの存在を指示していない。しかし、Borneo島南部に広く発達している低湿地Shorea林の土壌をみると、河川周辺にはJ（Fluvisols）が細長く存在するが、それに沿って海岸よりO（Histosols）、P（Podzols）、Qa（albic Arenosols）と変化して台地、丘陵のAo（orthic Acrisols）に至ることを明らかにしている。東南アジア地域土壌図に付属した説明書においても、Borneo島でのArenosol-Acrisol Associationの項目や、SumatraとBorneoのPodzolsの項目等においてalbic Arenosolsにふれて記載されている。これらを見るとBruneiのKerangasはalbic Arenosolsと解釈せざるをえない。これを確実に同

認するには、Borneoの南部地域をも概査をして、これを確認するのが一番よい方法である。この土壌にある林を伐採利用，更新する方策についても，このような若干の道草にも見える手順が極めて重要であり，判断上効果的である。

(3) 調査用具の準備

現地での土壌調査は，土壌断面(Soil Profile)を作って，その面にあらわれた土壌の諸性質を判断するのである。現地で100 m前後の深さの孔を掘って壁を作るが，これに必要な鍬やスコップは現地調達することとなろう。以下，必要な用具をあげる。

① 山谷式コテ

土壌断面調整用に使う。刃が2方向についているので作業が楽である。刃が一方的であるから，左利き用，右利き用の区別が必要である。

② せん剃鋏

植木用の片手用の鋏である。これは，Aoの調整と断面にでた根の調整に必要である。

③ 折 尺

土壌断面のスケッチや写真をうつす場合，層位の厚さ，特殊な事象の位置の判断に用いる。10 cm単位に白・黒，黄・黒，黄・青等を交互に色づけしておく，判断しやすい。金属テープの物指は幅2 cm以上のものは，硬手で1 m以上に直立させても曲らない。しかし，断面を正しく垂直に掘り切る必要が困難であるから，物指を壁面に密着させるためには，補助金具で面に押しつけ固定する必要がある。土壌断面は垂直に切るとかえって観察しにくい。やゝあお向けに切った方が見易い。

④ 土色帖

Muncelのcolor standardが土壌の色の表現として国際的に用いられている。土壌の色に必要な色相のカードのみを集め新版標準土色帳(農林水産省農林水産技術会議)が市販されている。この方式で表現した色，たとえば7.5 YR5/8と表現してあれば，土色帖よりこの色を再現することができる。

⑤ クリノメーター

本来は地質調査で地層の傾きや，その方向を測定するものであるが，土壌調査地点の方位や傾斜をこれで読みとる。

⑥ PHメーター

水素イオンのPHメーターが携帯用として生産し販売されている。小型化されているので便利である。

⑦ ルーペまたは簡単な携帯顕微鏡

熱帯土壌のAcrisols等の粘土移動の判断にB層でのclay skin(土壌の微細粒子表面に粘土を塗ったようなcoating)を確認する。ナショナルのnational lightscope×30は簡単に軽く，活用の幅も広い。土壌中の小動物，火山灰ガラス，コーラル片等の判定に用

いられる。

⑧ 土壤硬度計

土壤の硬さは断面を指圧することで判断するが、山中式硬度計で指数として表示できる。～ 10, 10～15, 15～20, 20～ の4区分ぐらいが便利であろう。

⑨ 土壤記録野帖

特定なもの入手しにくい場合は、できるだけ大きいポケット野帖で方眼形式のものが便利である。土壤の記載は10 cm単位の枠取りになっているのが適当である。

⑩ 乳白色ビニール布(約1.5 m平方)

スケッチのほかにカラー写真撮影を行なうのが一般である。土壤断面に木洩れ日で斑状に日が当たると、断面写真としては役に立たない。これを防ぐために乳白色のビニール布で陰をつくり、一様の明るさにする。

この布は、急な雨の凌ぎや、湿った土地に座るときなど応用範囲は広い。

⑪ ビニール袋

土壤を一部宿会に持ち帰ってチェックする等に用いる。

⑫ 地形図, 空中写真

2-3-2 現地調査

(1) 概況把握

調査を行なう目的地に到達するまでの間には、航空機や自動車によって数百軒の間を移動するケースが多い。調査はこの時からすでに始まっていると考えるべきである。飛行機からは、山地や河川等の地形の様子、森林の荒廃状況、焼畑の状態等に注意しておく。乗用車、あるいは、ジープ等で目的地に向う時に、前述のFAO/UNESCOの土壤図記載の図示単位のものが、大まかな地形とどのように関係し、しかも、その地域の土地利用状況とどのように関係しているかをみていく。自動車で移動する場合には路面や路肩にみられる土壤の色や層の状態をみ、場合によっては、道路のcuttingを若干補修して簡易な土壤断面を作るとよい。これは現地のにり込む前の準備作業としては非常に役に立つものである。これによって、現地調査では自信をもって判断することができることにもなる。したがって、とくに目的地の近隣では、このことを留意して実行するとよい。

(2) 概況調査

現地調査の対象面積が数万haにも及び場合は、本調査そのものが精密な調査は不可能であり、また、目的に焦点を合わせたことにならない。概況把握そのものが本調査となる。調査対象が数千ha以下について、具体的な試験地や造林地の調査を実行するとなれば、まずここでいう概況調査を実施し、その上で精密調査を実施することになる。

概況調査が数万haの場合には、世界土壤図の図示単位の2～3が含まれることになる。この中に含まれる各土壤単位とそれの出現、組み合わせの状態を模式的に明らかにするこ

とが基本となる。

(3) 精密調査

造林木の成長と土壌の関係の調査や造林樹種選定（造林計画）のための小区域の林地の土壌調査がほぼ同様の林齢で、樹高成長に大きな差があるときは、大抵の場合には、立地条件の相違によるものであるから、樹種別に樹高差をよりどころに、土壌調査を行なうことは意義のあることである。造林計画のための土壌調査では、現地を数種の地形単位の組み合わせとみて、その単位ごとに土壌調査を実施する。劣った尾根、丸味のある尾根、凸斜面、平衡斜面、凹斜面、低地平面、低地微凹面等は調査を行なうべき地形の単位である。また、たとえ地形条件が同一であっても、原生林が維持されている場合と焼畑の繰り返えしで、Alang-alang 草原化している場合とでは、土壌性質が著しく異なっているので、必ずその比較によって、人為による影響を判断しておかねばならない。

これらの調査の一連で判断された土壌の種類単位を地図上に表現したのが土壌図である。地形の組み合わせと、これに対応する土壌や林況の相違を模式的に書き現わすことによって、土壌図にかえることもある。具体的な樹種選定は、調査して決定した土壌の種類と熱帯地域で造林候補となる各樹種の立地対応についての知識とから決定を下すことになる。

(4) 土壌断面の調査

土壌調査の基本は、土壌断面の調査を行なうことである。一般に、土壌の層位の区分、層位の厚さ、層界の状態、土色、A₀層の状態、腐植の含有状態、土壌構造、堅密度、孔隙、土性、石礫、溶脱・集積、根、菌根、堆積様式、母材の不連続性等について調査する。なお、土壌調査地の植生、林相、造林木の成長等については、できるかぎりのことは調査しておく。このような調査のしかたやそれぞれの表現方法等は各種の参考書^{*}があるので省略する。

土壌の分類同定は、上述の断面調査によって各層位の特徴をとらえ、その組み合わせによってきめることになる。

土壌断面調査で留意すべき諸点をあげると次のとおりである。

- ① 土壌断面を作るために試孔点を掘り始めるにあたって、非常に掘りにくい場合がある。その原因は種々あるが、一般に造林上不適地となる場合が多い。表層 20 m 前後の間に太い根が沢山走っていて掘りにくい場合は、土壌が乾燥しがちな場合にみられる。非常に堅密で、鉄にねばりつく場合も通気透水は不良である。
- ② 層位のうつりかわりがはっきりしていることは、それを界として上下の性質が著しく変っていることであり、根に対しても不自然であり、根の分布は一様ではない。
- ③ 断面に現われている根の分布状態は造林成績を考える場合の参考になる。根が深くまで均等に存在するような土壌では、造林しても根が深くまで伸びることができる可能性がある。根が表層に限られてしか見られない土壌では、造林しても根が深くまで伸びな

*林野弘済会：森林土壌研究会編，林野土壌の調べ方とその性質（1982）

いこともありうることを一応念頭におくべきであろう。

- ④ 東南アジアの熱帯土壌には Acrisols が極めて多く分布する。この土壌は iessivation (粘土の移動集積)がある土壌である。層位ごとの粘土の含量の多少を指間で土粒をねりつぶして、触感で判断したり、やゝ湿らせて、掌間にはさんでねり、紐状になる程度で判断する。壤土では紡錘状に切れてしまい、重粘土では紐状になってリング状に曲げることができる。このようにして、層位別の粘土の多少を検討する。また、粘土集積は B 層に集積するので、土粒の小単位を虫眼鏡で見ると、粘土分が粒の表面をコーティングしている状態がみられる。これを clay skin という。
- ⑤ 粘土の洗脱集積が顕著になると、表層近くに集積のために透水不良となり、A 層部に滞水が起こり、表層還元 (Ag 層) による青灰斑を見ることがある。この場合には表層部に一時滞水が起こり酸素欠乏を起している。この場合、稜線台地であっても湿害を起す。
- ⑥ 日本の褐色森林土などでは堅果状構造の発達する Be 型土壌では、林木は限らずとも成長はよくない。しかし、Acrisols で堅果状構造や亀裂が多くみられる土壌は、排水が良い土壌で成長もよいことがある。

(5) 調査事例

熱帯地域の土壌調査については経験は乏しいが、2～3の実例を挙げることにする。

① スマトラ、ブナカット (Benakat) 地区調査

スマトラの Benakat 地区で 1 号案件による試験造林計画の基礎調査である。

② 概況

スマトラ南部の調査地域の Benakat を中心として、海岸のパレンバン (Palembang) 付近から中央脊梁山地に至る間の土壌分布状況は世界土壌図によると次の通りである。図 2-1。

すなわち、Palembang に流れる Musi 河、調査地近くに流れる Lematang 河にそって Fluvisols がみられる。それ以外は、河口近くの低地では、Histosols (湿地の有機質土壌) や Gleysols の発達していることを示し、これより上流部では Acrisols を主とした土壌が多いことを示している。現地をジープで Palembang より奥地へ進んだ時の様子は次の図 2-2 に示したようになっている。すなわち、土地利用との関係がよくわかる。Palembang 郊外では、各家屋は板橋を渡って入る水上家屋である。ホテイソウの茂った上に家があり、粗放な水田が続いている。湿地の多い広大な平地は奥地には Melaleuca の林が広い。この Histosols より一段高く乾燥した陸地にはキャツサバーの畑があるが、finesand の Fluvisols がある。調査対象地まで入ると ironstone が土壌中に層を形成する Af (ferrie Acrisols) が特徴的である。これらの丘陵地よりさらに海抜の高い山地に入ると、Bh (humic Cambisols) やさらに Th (humic Andosols) と生産

力の高い土壌が存在する。政策的には Acrisols を主とした丘陵地が造林の対象になっているが、技術的には、非常にむづかしい。

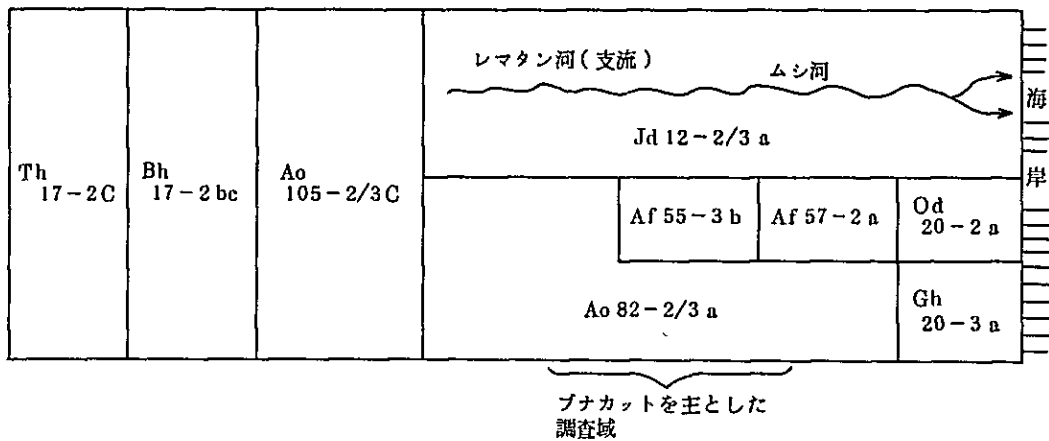


図2-1 スマトラ南部土壌分布

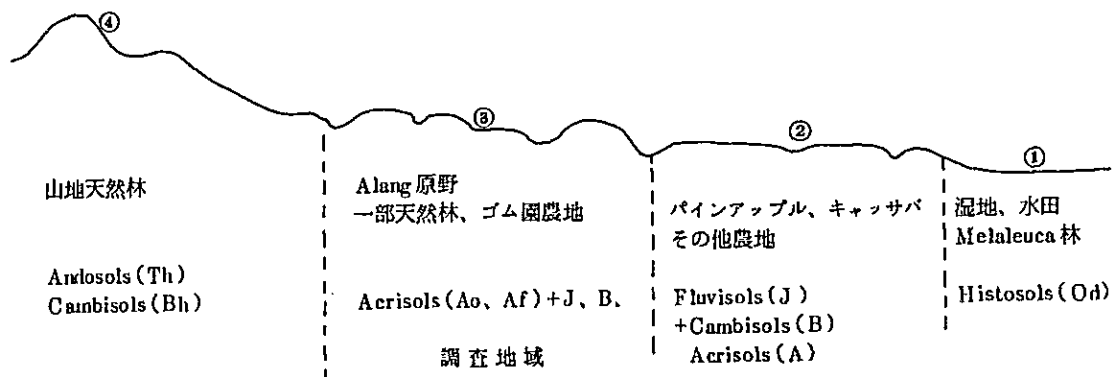


図2-2 スマトラの地形、土壌、土地利用の模式図

以上の条件の中での該当調査域 4 万 ha についての土壌調査を行った。本調査地の位置は本流の Musi 河を渡河して北上した Pemdopo から以西の約 4 万 ha の区域内で約 500 ha の試験地を設けることになっている。地質は第三紀の基岩よりなり、大部分は泥岩で東南部は凝灰岩である。東部の地域で台地面を細かい小谷で刻まれた rolling hill の①の区域と中央部は長い支流で削られて、むしろ、これによる沖積土が比較的広く分布する区域と③の凝灰岩の丘陵地でこれは西の方の山地へと続く。この地形の違いが土壌の種類や組み合わせが異なってくるので、まず地形把握が肝心である。

①の地域の土壌は、土壌断面の中間層に鉄石 (iron stone) の層をもっているのが特徴であり、Af 土壌 (ferric Acrisols) とみてよいであろう。台地上部の緩い凸面の土壌が、この地域の代表とすべきものである。表層部は還元の状態をもっている (Ag 層)。

斜面形は亀裂および堅果状構造の層がみられる。谷部ではGh（腐植性グライ土）がみられ、造林可能な土壌は斜面型である。⑩の区域の支流谷の解析が進み、鉄石を含む層はなく、むしろ、基岩の泥岩風化への移行部に plinthite(灰白～黄橙の斑状)の還元層が下層にみられる。Ap土壌(plinthitic Acrisols)である。支流に沿ってJd土(Fluvisols)(沖積未熟土)が発達する。Ap土壌のplinthite層が深い場合やJd土壌では造林は可能である。⑪の区域は砂質なガラス状のものを含んだ土壌である。Ao土壌(orthic Acrisols)とみてよいであろう。この砂質なものは基岩の相違によるものであろう。全般に亀裂や堅果状構造が発達している。とくに天然林での土壌は構造の発達が良い。生産力からすると、⑩>⑪>①の順位となる。

しかし、試験林設定の候補地は①の区域内となっているので、この目的のための精査を行った。稜線、中腹斜面、斜面下部、谷部で土壌の性質が異なっているのによって土壌図を作った。稜線部の土壌は表層還元がみられ、マツ造林は好ましくない。また、植孔は水たまりを作る。階段状に畦作りをし、盛土部に造林することが望ましい。さらに、この区域はAlang-alang草原で、放牧のため常に火入れが行われ造林には不適當である。実行段階では、⑩の区域内で、旧苗畑とBenakat間の道路沿いの地点に変更されたことは賢明な処置であった。

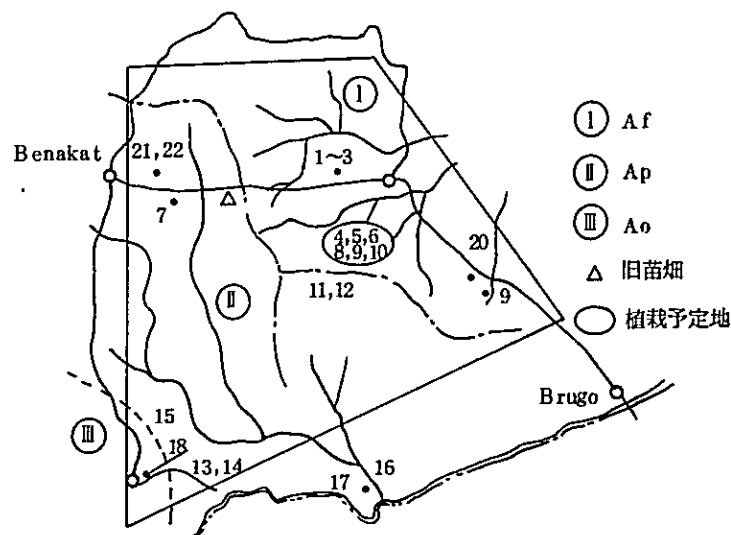


図2-3 ブナカットの土壌分布

なお、①の区域内に点在して住民が生活している。ゴムの栽培が多いが、多くはFluvisolsの処である。この土壌は粘土分が非常に少なくなっており、耕耘して利用するには一番極している。

② パプアニューギニアのマダンの土壌調査

Papua New Guinea は日本と同様に環太平洋の島で太平洋に面した地域は著しい隆起を続け、多くの火山が並んでいる。このため、土壌も火山灰の風化物を混入している。とくに P. N. G の本島の東部にある New Britain 島では火山灰土である Andosols が広く分布している。これらの地域では、Andosols のほか Cambisols も多く、熱帯地方では極めて生産力が高い。

P. N. G の東部地域で、本州製紙は約 8 万 5 千 ha の森林の伐採権をもち、主として火災跡に成立した二次林を、チップ生産のために伐採している。その跡地に対し、主として *Eucalyptus deglupta* (Kamarere) を造林し、現在約 2,000 ha に及んでいる。今後の試験造林の在り方を検討するため、土壌調査を実施した。その地域は、Madang の西方、Gogol 河流域の Naru, Gogol 地区である。なお、導入樹種の参考とするため、Lae の南部山地の Bulolo の森林について検討した。

Madang の周辺は隆起サンゴ礁より成り、石灰岩土壌で、ココヤシの植栽が延々と続いている。この林内にカカオ植栽あるいは牧畜がおこなわれている。

Gogol 河の下流 Naru 地区は沖積地で Je (eutric Fluvisols 富栄養沖積土) や Gh (humic gleysols) 等よりなる。

この上流に接した Gogol 地区の南部は Je と波状丘陵 (undulating Hills) の Be, Bd 等の Cambisols (褐色森林土のように層位の漸変する土壌) からなる。

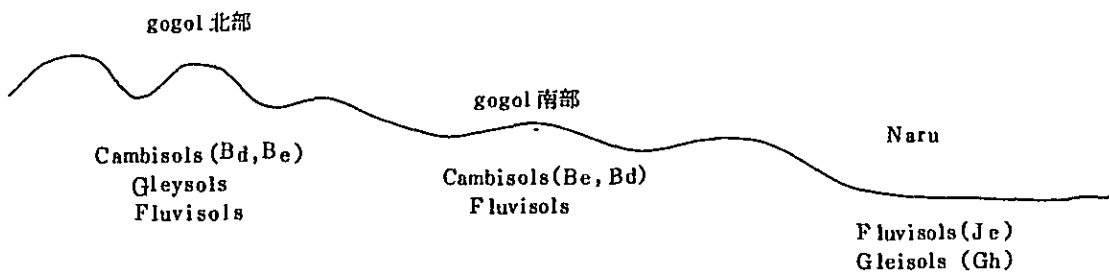


図 2-3 ゴゴールの土壌分布

さらに北部に移ると高低差は大きくなり、rolling hill の形となって、凸地形が強く現われ、侵食も受けやすくなる。

本州製紙の現地会社の JANT では Naru 地区の低地には *Terminalia brassii* を、Gogol の傾斜地形では *Eucalyptus deglupta* を植えている。低地部は沖積堆積を主とした Fluvisols から成り立っているが、天然林を伐採搬出の道路やブルの林内運行で、自然に存在した微地形の排水系統を完全に壊したために滞水面が多くできている。湿地に強いといわれる *Terminalia* も必ずしも生育は良好でない。地下水面が 20 ~ 30 cm と高くなっており、急激に Gleysols 化するものと考えられる。*Terminalia* は流水のような酸素分を含んだ湿地の方が良いようである。水系を乱さないよう、事前に埋管する等の処置をす

るとか、集材を乾季におこなう等の工夫が必要である。Gogol 河に接した国有林地域で、天然林を伐倒焼却して Kamarere を植栽した林分は極めて生育はよく、全然滞水はないが、12年生で一部伐採して集材した跡地は湿地になっている。

Eucalyptus deglupta (Kamarere) は Gogol 地区のような eutrophic Cambisols (Be) では非常に成長がよい。New Britain における Andosols と同様に富栄養な条件であることが必要条件で、dystrophic Cambisols (Bd) 貧栄養の明るい色調の土壌では明らかに成長は低下している。Kamarere は非常に成長のよい樹種であるが、極端に立地条件を選ぶ樹種である。

この地域の土壌の若干について pH を測定した結果からも、大部分は中性であって、肥沃なことを示している。

JANT の造林は、これからは rolling hill 地帯に移り、良好な条件が少なくなり、地形的にも侵食をうけ易いので、地力維持に特段の配慮が必要である。チップ材生産目的で、12～13年の主伐で良いかは非常に疑問である。12～13年に強度間伐をしてチップに利用し、25～30年で用材として主伐するように長期化を図ることが、地力維持上、経営の安定上も必要な措置と考える。また、山地帯へ移るに従って、*Agatis* や *Araucaria* をも植栽する等多様化が望ましい。

③ ブルネイの土壌調査

ブルネイで pulp 用チップ生産を目的とした試験造林のための土壌調査を行った。この国は面積は三重県ほどしかないために、世界の土壌図に図示されているのも3種の総合単位のみで、下部の Od 20 - a と中部の Ao 104 - 2/3 C が調査対象区域である。

これによると低地の沖積面は、Histosols を主とし、Gluvisols があり、中部の丘陵地は第三紀の岩石を基岩とし、orthic Acrisols を主として、各種の Acrisols と Cambisols から成り立っていることを示している。

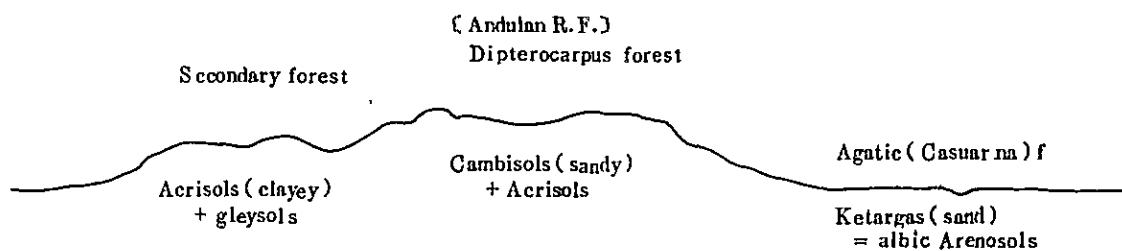


図2-4 ブルネイ調査の土壌分布

この地域の土壌の状態をみると、地質と非常に関係が深い。山地、丘陵の母材は第三紀の堆積岩からできており、東南の奥地ほどその生成時代は古く、今回の調査地域は第三紀の最も新しいものである。すなわち、Andulau 国有林の中、南部は Seria formation であり、第四紀堆積に覆われているとしている。同様に、Lamunin の予定地の手前の Araucaria 造林地附近も Seria formation でこれも第四紀の被覆下にあるとみてよい。不整合に砂質な風化物がみられる。このため、Acrisols としての粘土移動は認められず、Cambisols である。しかし、Andulau 国有林の北部は Liang formation であるが、表層部に第四紀被覆はなく、母岩風化とみてよく、層位の変化に応じての粘土の増加が顕著で Acrisols であることがわかる。このため稜線の模式的な土壌は A 層と B 層間の堅密度も著しく異なる。Andulau 国有林に接した南部は Kerangas といわれる白色硅砂の堆積で albic Arenosols (Qa) とみてよい。この土壌の上には Agatis の森林があり、表層の Ao の堆積の乏しい処では Causarina が多くみられる。これがさらに低地の湿原に移ると Histosols となり、Shorea の天然林となる。数 m に及ぶ peat (樹木の枝葉による Ao 層) が発達するといわれる。

造林の点よりすると、Andulau 国有林等の砂質な Cambisols の区域が最適と考えるが、国有林では非皆伐による更新に重点をおいている。したがって、皆伐、人工林を主とした施業は国有林北部の Acrisols の地域を選定した。ただし稜線部の土壌は 20 ~ 30 cm 以下で堅密な層があるため、とくに Pinus caribaea の造林には問題であり、稜線は林道や防火線に充当する方がよい。

南部の Kerangas (albic Arenosols) 地域を第 2 候補地としているが、皆伐によって、表層が乾燥する恐れもあるので、一応皆伐の試行を実行するとしても、慎重を期す必要がある。国有林では、この地域で line planting を実行しているが、適当な処置であり、択伐、列状伐採等非皆伐施業が適当と考える。

Brunei では人工造林の歴史も少なく、摂津板紙で実行している事例も年数が若過ぎるので参考とすることはできない。しかし、Acacia mangium は湿地と乾燥地の両極端にも耐えるといえそうである。

3 年前後の試植によって、不適格の樹種は判明し、残ったものについて、密度管理や混交試験等を実行すると共に、新しい候補樹種の試植と従来選出された樹種について、選抜育種をすることになろう。

3. 適地適木の判定

3-1 適地適木判定の見方

3-1-1 樹種の選定

適地適木適施業は育林の基盤の一つである。しかし、熱帯地域での人工造林樹種の選定は、タイ国におけるチークやブラジル国のスラッシュマツ、ユーカリ類や、フィジー国で試験造林の結果として、一応 *Anthocephalus cadamba*, *Cordia alliodora*, *Eucalyptus deglupta*, *Endospermum macrophyllum*, *Maesopsis eminii*, *Swietenia macrophylla* の6樹種を選定したなど、かなり古い歴史をもって定着ないし定着化しつつあるものもあるが、これらはきわめて稀な例で、各熱帯圏諸国とも未だ定着樹種決定のための試行錯誤の現状にある。

そして、第2次大戦後、とくにFAOが林産工業用として早成樹種人工林 (Industrial plantation) の価値あることを推奨して以来、熱帯諸国では外来種を含めて早成樹種の人工造林に重点をおき大きな関心と期待がもたれている。

このように早成樹種に焦点が向けられた理由は；

- (1) 熱帯では旺盛な草類成長のため手入れに多くの労力を要することから、初期成長のとくに優れたものが望ましいこと。
- (2) 材質が優れ、平均成長量が大きく、かつその最大到達時期の早いこと。
- (3) 投入資金が少なく、かつ短伐期で早期収入の得られるものが、当面望ましいこと。

などが大きな利点と考えられる。

これに比べて在来固有の長伐期樹種は、上述と逆の関係にあるほか、東南アジアに固有の二羽柿科樹種に例をとるとタネの採種、貯蔵などの研究が少なく、当面困難なことなどがあげられる。

しかし、一面外来導入樹種は、新たな生態系に割り込むものであるから常に病虫害に対する危険性が潜在しているほか、外来種・固有種とも耐陰性、植生遷移、その他生理・生態学的研究が後進的であるなど、各般の問題が胚胎している。それらは関連項目でそれぞれ詳述されるので、本章では適地適木適施業の観点から解説することとする。

3-1-2 気候的観点からの見方

とくに外国樹種の導入にあたっては、導入可能の適用範囲を、次の2つの気候的観点から検討する。

- (1) 先に述べた“気候条件による大生態分布の座標づけ(1-2-3)”を参照して、目的樹種の原因地と導入地の温量指数と乾湿示数に基づいて座標づけを行い、導入地が適応地域に該当するか否かを検討する。もちろん、原因地の環境からはずれても導入不可能とはいえないが、とりわけ導入樹種は新たな生態系に割り込むものであるから、少なくとも気候的因子に限り同様な環境にすることが好ましいといえよう。
- (2) 上述の検討はマクロ的観点にたつものであるから、さらに熱帯地域で樹種の適地を大きく

左右する降水量の季節分布の観点から、次の検討が必要である。

先に述べた“実践に役立つ熱帯の森林型の見方(1-3)”を参照して、気候図形による手法に従って適応範囲にあるか否かの細部検討を行う。

なお、気候的観点からの見方について、次に文献と所見から下記を紹介する。

ア Schmidt と Ferguson (1951¹⁾) の提案

Schmidt らはインドネシアの湿潤に対する乾燥季節の判定手段として降水型指数(Q)を次のように示した。

$$Q(\%) = (\text{乾燥月数} / \text{湿潤月数}) \times 100$$

ここで、乾燥月は月平均降水量が60mm以下、湿潤月は100mm以上とする。

ちなみに、スマトラ島の大部分は、降水型Q = 0 ~ 14.3%にあるが、メルクシーマツの出現地域はQ = 14.3 ~ 33.3%である。

チークは、平均気温20 ~ 27℃(最低15℃, 最高30℃), 年降水量1,250 ~ 3,750mmで、Q = 33.3 ~ 167%の地域がよいとされている。

イ カリビアマツの変種ホンジュレンシスの原産地と緯度の関係

熱帯各地ではPinus caribaea var. hondurensis が広く導入されている。しかし、赤道付近の低地熱帯多雨林に導入された人工造林地にはフォックステール(Fox tail)と呼ばれる奇形を現わすものが少なくなく、6年生程度で40%も現われるところがある。また、このような地域は開花しても結実種子が不稔の異常現象が見られる。フォックステール出現の原因については、遺伝因子説、土地の瘠悪説、土壌にボロン(硼素)の欠乏説などが提起されており定かでないが、こゝでは導入地の緯度が原産地と著しく離れていることを指摘しておきたい。すなわち、中米の原産地の緯度は12 ~ 18°Nであるのに対し、筆者の視察したフォックステールの出現するブルネー国のSungai Liang(4 ~ 5°N)、マレーシア国、ジョホール州のPaloh(2°N)、同国、セランゴール州のRawang(約2 ~ 3°N)は著しく低緯度にある。これに反してフォックステールの出現が比較的少なく、かなり造林に成功しているフィジー国、バヌア・レブ島は16 ~ 17°S、ブラジル国、サンパウロ周辺は23°S、マレーシア国、サバ州のキナバル山海拔760 ~ 900m(大河内氏談)は何れも原産地に近い緯度、ないし高標高地にある。ちなみに、開花・結実は気候的に季節変化のあるところに見られる。

ちなみに、赤道多雨地帯で500m前後以下にある典型的な低地多雨林から山地多雨林への移行帯は、一般に亜山地多雨林(Submountain rain forest)とよばれている。吉良は¹⁾この帯はほぼ亜熱帯に相当し、林業的に重要でカリビアマツなどの針葉樹も低地よりよく育つ。低地多雨林が今後どんどん開発されていくとすれば、将来はこの地帯が熱帯林業の重要な場となっていくことが考えられる、と述べている。

また、大角は²⁾マレーシア西北部の調査結果から次のように述べている。Hoop pine

(*Araucaria cunninghamii*)は高地に植栽したものがよく、同じ低地の場合は乾季のあった方がよかった。また、PNG産のものがAustralia産のものより成長のよいことが予想された。一方、Klinki pine (*A. hunsteinii*)は低地では10年を越えると成長速度が遅くなるに対し高地では成長速度が持続するようである。ちなみに、Hoop pineは原産地のPNGの方が成長のよいのに対し、Klinki pineは逆にマレーシアの方が成長がよかった。以上の結果から、いずれの*Araucaria*も、低地よりもより標高の高い地点への植栽が好ましいようである。と述べている。

3-1-3 土壌的観点からの見方

気候的観点から適応範囲に入っても、土地的因子によって樹種の適応と生産力は著しく制約される。

例えば、*Terminalia*属の多くは湿地に適応する有用樹種の一つである。ユーカリ属のなかには乾燥地に適応するものと湿性に適応するものがある。また、巨大ギンネムは中性ないしアルカリ性土壌(pH 7.0~8.5)を好み、酸性(pH 5.5以下)には不適である、ことが知られている。

総じて、我が国の温帯林では、一般的に峯通りにはマツ、沢すじにはスギ、この中間にはヒノキが造林に適することは昔からよく知られ、それぞれの立地に応じ選択の裏付けが土壌型や生理生態の特性に基づいて定着している。しかし、熱帯地域では多くの樹種の人工造林の歴史が浅く、ほとんどが未だ的確な適地は解明されていない現状である。

さて、FAO/UNESCOによる世界土壌図の分類は500万分の1という小スケールで土壌単位が示されているので、この範ちゅうで、これを造林木の成長に対応させるには、さらに細部の分類が必要である。例えば、我が国でスギの対象となる土壌のうち褐色森林土群ではその典型亜群に属する土壌型に分類されて適地や生産力の判定因子に用いられていることは周知のとおりである。

この観点から大角^{2,3)}は、半島マレーシア北部および西海岸で表3-1、表3-2のように土壌分類を行い、マレーシア北西部でチークの適地と出現した土壌タイプとの関連を表3-3のように報告しているので、1例として紹介する。

表3-1 土壌グループ記載用索作表(大角)²⁾

グ ラ イ	背白色の漂白された層。黄色の鉄のスポットが存在することがある。下層1m内外に地下水が存在する。
表 層 グ ラ イ	漂白層および赤黄色の斑点か、赤い鉄のパン層が出現する。
ラ テ ラ イ ト	ラテライト集積層, またはプリンサイトの出現
セ ラ	カルシウムの再堆積層が存在する。
暗 赤 色 土	暗赤色の風化物土壌。母岩の影響がある。
黄 色 土	黄色の風化物土壌。
岩 石 土	岩石地の小石, または砂利土壌。

表3-2 ヘルリス州マタアイ試験地にて観察した土壌シリーズ(大角)²⁾

土 群	土 壌 類	土 壌 シ リ ーズ
グ ラ イ	表 層 グ ラ イ	表層グライ・表層グライ化
	グ ラ イ	グライ・花崗岩グライ・グライ化
ラ テ ラ イ ト	ラ テ ラ イ ト	ラテライト
	ラ テ ラ イ ト 性	ラテライト性
セ ラ	セ ラ	セ ラ
暗 赤 色 土	暗 赤 色 土	暗 赤 色 土
	ラテライト性暗赤色土	ラテライト性暗赤色土・赤色土
黄 色 土	乾 性	乾性黄色土
	湿 潤 性	湿潤黄色土・花崗岩性湿潤黄色土
	湿 性	湿性黄色土・花崗岩湿性黄色土
	沖 積 性 黄 色 土	沖積性黄色土
	高 地 黄 色 土	高地黄色土
岩 石 土	岩 石 土	岩 石 土

表3-3 チークの生育立地(大角)³⁾

出現土 タイプ	チ ー ク の 生 育 状 況
乾 性 黄 色 土 (Dry yellow Soil)	湿潤地を好むという性質をもつことから、不適であると考えられる。
中 間 性 黄 色 土 (Medium yellow S.)	乾季の乾燥を考慮すると避けた方が得策であろう。ただし、花崗岩質のこのタイプは、通常土壌が深いので植栽後数年間の注意深い管理を必要とするが、十分植栽可能と考えられる。

湿性黄色土 (Wet yellow S.)	花崗岩質のものを含めて、生育適地と判定される。
沖積性黄色土 (Alluvial yellow S.)	成長に最も良好な特性を具備している。ただし、成長が良すぎて材質が不良となる可能性もあると思われるが、この点はこんご密度管理技術などを導入しつつ検討を進めていく必要がある。
高地黄色土 (High yellow S.)	おそらく植栽が可能と考えられるが、他の文献によれば、避けた方がよいと判断される。
暗赤色土 (Dark Red S.)	ときとして重金属障害を起すことがあるが、蛇紋岩やかんらん岩由来の土壌に限られるようである。この地域のタイプは石灰岩に由来するので、おそらくこのような障害は発現せず、上層の深さ、水湿環境、土壌の膨軟さから、造林には好適であると判断できよう。
ラテライト性暗赤色土 (Lateritic Red Dark S.)	石灰山地由来の洪積土であるため土壌養分的には劣るが、ラテライトと異なりラテライト結核が層状に堆積していないので、生育に必要な厚さの有効土層を保持している。したがって、チークの生育には障害がないものと予想される。
ラテライト (Laterite)	ラテライト結核の層が厚く堆積しており、さらに洪積土壌であることから、チークの生育に必要な厚さの有効土層と養分量を保持していないと予想され不適と判断される。
ラテライト性土 (Lateritic S.)	プリンサイト層をもっており、ラテライトの土壌と同様洪積土壌である。プリンサイト層は通常きわめてち密で根の貫入が妨げられる。したがって、土壌養分と有効層の厚さから不適と判断される。
グライ・花崗岩質グライ (Gley・Granitic Gley)	還元性土壌では生育抑制が若干みられるが、造林が可能であると考えられる。ただし、その場合には養分の状態が良好であるという条件があるので、グライには植栽可能であるが、花崗岩質のグライには不適と思われる。
セラ (Sera)	造林可能と判定されるが、貴重な土壌の一つであるので保存する方が得策であろう。
岩屑土 (Skeletal)	乾燥と有効土層の欠如から造林には不適である

上述のように樹種によって好ましい土壌のタイプは相違し、それに従って植栽・管理方法も対応していかなければならない。総じて、熱帯では養分的にみて恵まれない土壌でも、林木は高温多湿に恵まれて植物体中に多くの植物養分量を蓄積しているの、それを源泉として速やかな物質循環が維持される限り、かなり良好な生産力を現わしている。また、熱帯地域の現地調査によれば、高い降水量に基づく土壌の過湿状態、あるいは焼畑移動耕作に起因する土壌の

表3-4 山中式硬度計による
土壌の堅密区分(真下)

堅密区分	硬度計の指示目盛(示度: mm)
しやう	0 ~ 8
軟	9 ~ 13
やゝ堅	14 ~ 17
堅	18 ~ 21
すこぶる堅	22 ~ 25
団結	26 以上

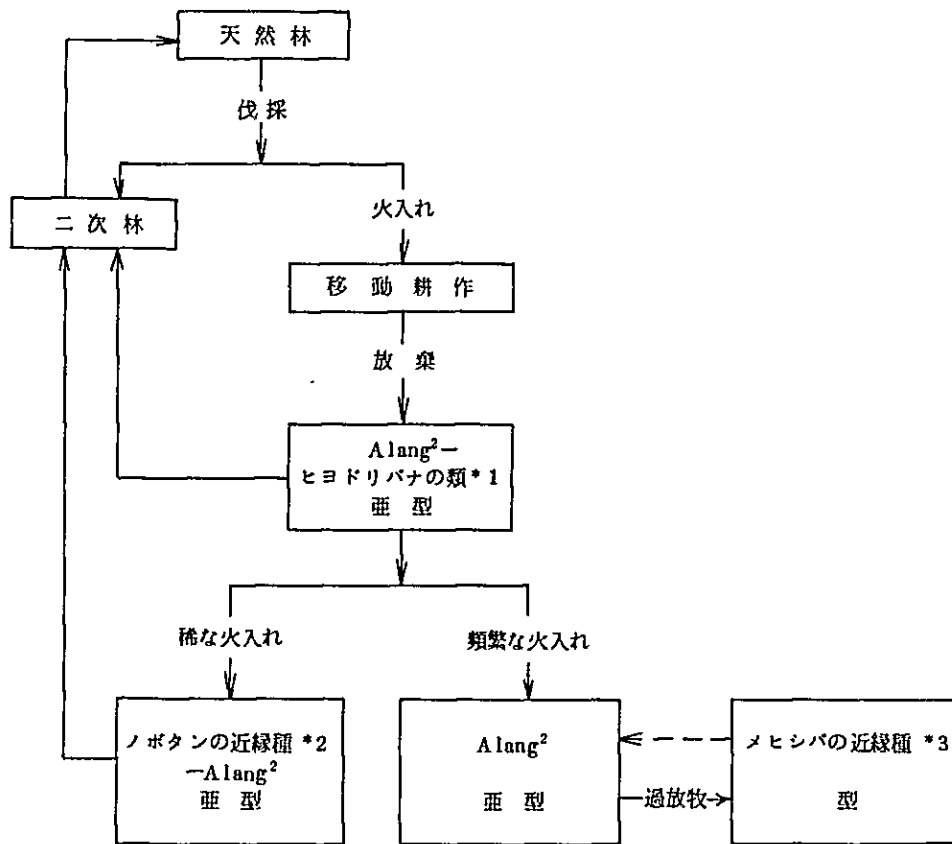
物理性悪化の程度は、とりわけ林木成長の良否と密接な関係があるようである。すなわち、土壌の堅密度は土壌構造や土壌粒径と関係が深く、さらにこれが水分状態にも強く影響して林木根系の発達や生理生態と深い関連がある。したがって、土壌の物理性の良否は、大まかな林木の生育適否の判断に役立てることができる。ちなみに、熱帯多雨林地帯では雨期の多量の降雨によって地形と関連して季節的に過湿状態となり土壌が悪化するの

で排水について十分考慮をはらうことが肝要である。坂口・小島⁴⁾(1976)は、フィリピン・ミンダナオ島の *Albizia falcata* の成長調査において、表3-4に示す山中式硬度計の示度が表土で21を超える土壌条件のところでは成績が著しく不良であったと報告している。

3-1-4 指標植物

熱帯地域では土地生産力が指標植物によって、かなり良く判定される。誤った焼畑移動耕作、山火事の繰り返し、過放牧などによって土地が瘠悪化した地域、例えば東南アジア(インドネシア、マレーシア、フィリピンなど)では *Alang²* (インドシア)・*Cogon* (フィリピン) (*Imperata cylindrica*・チガヤの類)、太平洋諸島のソロモン諸島では *Themeda australis* (メカルガヤの類)、フィジー諸島では *Mission grass* (*Pennisetum polystachyon*)や *Reed grass* (*Gasau*・*Miscanthus floridulus*)の優占する草原となる。

アラン・アラン草の場合、比較的肥沃地では草丈が高く、葉色が濃緑色を呈し、単位面積当たりの収量も大きい。低生産地では草丈が低く、葉色が淡黄色を呈し、単位面積当たりの収量も少ないなど、地力によって生活形が異なる。



- 注：*1 *Eupatorium odoratum*
 *2 *Melastoma affine* (Lantanaを随伴する)
 *3 *Axonopus compressus*

図3-1 *Alang²* 草原における遷移模式図(谷本, 1981⁵⁾)

ちなみに、インドネシアでは谷本(1981⁵)によればAlang²草原に関する植生遷移を図3-1のように示している。

図3-1に示すようにAlang²草原に再び火入れを行わず自然に放置すれば、ヒヨドリバナの類、ノボタンの類(ランタナを随伴)の先駆樹種が侵入して急速に成長し、それらの被陰によってAlang²草は2~3年で低下するか、枯死し、ついで二次林へ移行して土壌のき裂が増し、物理的条件の改良が示される。

また、一般にシダ類は立地の指標として役立つようであり、PNGではGoro-goroと呼ばれるクマタケラン近縁種(*Alpinia* spp, Zingiberaceae ショウガ科)が密生し、立木に蔓茎のからみつく植生は湿地の指標となっている。

こんど専門家によって、指標植生の研究の進展が期待される。

3-2 数量化による地位指数の推定

適地適木の判定には、ある林地にどのような林木を植栽するとどの位の収穫が得られるかということを科学的に知る必要がある。

従来の収穫表では既存人工林地の地位を知ることができるが、皆伐地や林木の成立していない地域で目的樹種の地位を査定することはできない。そこで、環境要因の数量化によって林木の成長(地位指数)の予測および成長に対する要因の寄与度評価を可能にすることが、小林(1963⁶)、西沢ら(1965⁷)、真下(1965⁸)によって解明された。

ただし、後述する林木の成長の良否を表わす指標としての地位指数を策定するには既存人工林の成績値によらなければならないが、熱帯林地域ではチーク、マホガニーなど人工造林の歴史の比較的長いものもあるが、いわゆる早成導入樹種の人工林の歴史はきわめて浅く、未だ伐期に達しないものが大部分で、その成績値をうるることができない現状にある。そのため幼齡林から得られた成長の実測値から成長の回帰曲線を求めて壮高齡林の成長を推定する場合はしばしばあるが、吉田(1929⁹)は、これに関し次のように述べている。「特定年度における標準の成長経路をもって、直ちに将来を推定することは厳密には不合理なことを免れないが、その期間の隔りが長くない場合は大きな不都合はないものとして許さるべきであろう。」

この理由は、例えば樹種によって植栽後10年間位は旺盛な成長を続けても、その後急速に成長の衰えるものがあるので、幼齡期の成長実測値による回帰曲線によって伐期を推定することは危険である。この観点からは壮高齡林の存在しない樹種に数量化による指数の推定を行うには十分な吟味が必要であるが、山谷(1982¹⁰)らは本手法によってフィジー国の造林樹種について実施した例もあるので、以下その編成概要を述べることにする。

(1) 地位指数

林地の潜在的な生産能力を表わす地位の指標は、林分の密度に影響されることのないと考えられる主林木(優勢木)の平均樹高を地位の指標として用いる。

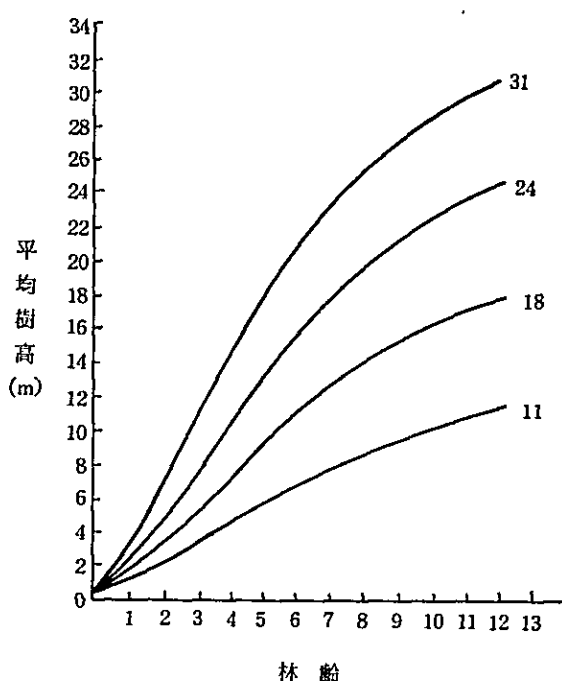


図3-2 地位別 高曲線
(Anthocephalus cadamba)

地位指数は基準林齢で主林木が到達する樹高をいう。例えば、図3-2に示すフィジー国政府が作成したカダンバ(Anthocephalus cadamba)の地位別樹高曲線によって、基準林齢を12年生とした場合、林分の優勢木平均樹高がその林齢で31mにあるとき、地位指数を31という。

一般に基準林齢には伐期齢などが用いられるが、前述のように熱帯人工林樹種の多くはまだ伐期に達していないものが多い点から、この手法の摘要は現段階で適用困難な点のあることを付け加えておく。

(2) 環境要因の数量化による地位指数の推定

数量化とは、対象林分の調査結果から得られたデータを目的事象(外的基準とよぶ、本論では前項で述べた地位指数を外的基準とする)を、それに関する環境要因に妥当な数量を与えた尺度によって表現できるように解析するものである。

すなわち、地位指数 Y の起り方を予測するため表3-5に示すような M 個の項目で、 M 次元の変量(X_1, X_2, \dots, X_m)を用いて多次元解析(または多変量解析)を行う。

この場合、表3-6で示すように各 X_j ($j=1, 2, \dots, M$)は数値をとるのでなく、数値は X_j をいくつかの範疇(カテゴリー) $C_{j1}, C_{j2}, \dots, C_{jrj}$ に分類し、さらに X_j の各カテゴリーに対して1つずつの数量 $t_{j1}, t_{j2}, \dots, t_{jrj}$ を与えて得られる。

表3-5 項目とカテゴリーの構成表

項目番号	1	2	M
変 量	X_1	X_2	X_m
カテゴリー	$C_{11}, C_{12}, \dots, C_{1r1}$	$C_{21}, C_{22}, \dots, C_{2r2}$	$C_{m1}, C_{m2}, \dots, C_{mrM}$
数 量	$t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1r1}$	$t_{21}, t_{22}, \dots, C_{2r2}$	$t_{m1}, t_{m2}, \dots, t_{mrM}$

これを具体的に例示すると、項目番号1、 $X_1 =$ 土壌型： $C_{11} =$ 土壌型A、 $t_{11} = 1$ 、 $C_{12} =$ 土壌型B、 $t_{12} = 2$ 、.....である。

関係する要因としては表3-6のような例があげられる。

表 3-6 数量化に関する要因例

項目番号	変量 (X _j)	カテゴリー (C _{jk})
2	土壌型 A ₁ 層深度	浅, 中, 深, 頗る深
3	土壌の有効深度	浅, 中, 深
4	気 象	温量指数, 降水量, 乾湿示数, 風衝害
5	方 位	N, E, S, W
6	傾 斜	平坦, 緩斜, 中斜, 急斜
7	植 生	植生型, 指標植物
..., ...,

これらの要因については多くのものがあげられるが、妥当なものを選ぶ必要がある。例えば土壌型については熱帯地域の土壌については細部の区分が行なわれていないので、地域毎に、専門的な調査資料をえなければならぬ。

さて、数量 t_{jk} を与える基準は次による。

Y を予測するには、次式(1)のよう

に X₁, X₂, ... X_M の和の形によることとする。

$$\hat{Y} = X_1 + X_2 + \dots + X_M \dots\dots (1)$$

すなわち、現実の Y を(1)式の \hat{Y} で予測する場合に、そのときの誤差をできるだけ小さくするようにきめる。それには、最小二乗法の考え方によって、(2)式のように現実の Y の値と予測した \hat{Y} の値の差の平方の和が最小になるようにして求める。すなわち、

$$\sum_{i=1}^M (Y - \hat{Y})^2 = \min. \dots\dots (2)$$

上の規準によって各カテゴリー C_{jk} に、数量 t_{jk} の最もよい値の t_{jk} をきめれば、(1)式によってこれらの数量の和として \hat{Y} を求めることができ、これによって Y を予測することができる。換言すれば、X₁ ~ X_M の M 個の項目について、それぞれ該当するカテゴリーのスコアを加算した値 (\hat{Y}) が実測地位指数 (Y) となるべく一致するように、各カテゴリーのスコアを電算機で計算する。

次に、どの項目がどれだけ地位指数に寄与しているかを知る尺度として、各項の偏相関係数とレンジを表示する。ちなみに、偏相関係数は、一つの項目について、他の項目を一定にして、地位指数とどの位深い関係をもっているかを表わし、レンジは各項目において最大スコアのカテゴリーと最小スコアのカテゴリーのスコア表である。さらに重相関係数を求めて推定の精度を吟味する。

上述のように数量化によって地位指数を推定するには、近代的統計によって数量化を電子計算機によって処理しなければならないので、その具体的手順については次の文献によりたい。

- 1) 44 林野計第 484 号：地位指数調査要領の施行について、昭和 44 年 12 月 19 日最終改正。
- 2) 西沢正久・真下育久：地位指数による林地生産力の測り方。林業研究解説シリーズ №15, 林業科学技術振興所、1966

3-3 適施業に関する諸問題

(1) 低地帯から山地帯への造林移行

従来の造林はインフラストラクチャなどの背景から比較的利便な平坦地ないし波状起伏地を対象として展開してきたが、これらの地域の開発が進むに従って、造林は次第に山地帯へ移行する傾向にある。樹種によっては低地帯よりも赤道多雨地帯では亜山地多雨林地帯の方が、よい成績の期待されることについては3-1-2で既に述べたとおりである。

しかし、山岳地形では従来の低地に比べて、斜面上部や凸地形では、その土壌は一般に浅く、乾性となることが予想される。一般に低地帯を含めて、地位の良いところは概ねどの樹種も良い成長を示す。もちろん、このことは樹種固有の性質によって、それぞれの樹種なりに良い成長ということで、樹種選定にあたっては樹種間の成長差や経済性を勘案して選択しなければならない。問題は地位の比較的悪いところに、どのような樹種を選ぶかが重大問題である。一例をあげると *Albizia falcata* は地位上のところで驚くほどの良い成長を示すが、地位が低下するに従って急激に成長が減退する。これに比べて、マツ類は適当な気候の範囲内では地位の適応幅はかなり広いように思われる。こんごは、地形の各単位毎に固定試験地を設けて成長を追跡測定することは、山岳造林における企業的採算判定の基準として参考となると思われる。

(2) 地力維持などの対策、とくに保護樹帯の造成

正常に行われている焼畑移動耕作では2~3年の耕作後、最近10か年の休閑林の経過によって回復されるとみられている。一般的にみて地力を低下させないためには、施業課程を通じて表土の悪化を来さない措置を講ずることが肝要であるが、森林の伐採と造林によってどのような地力変化を来すかは土壌その他環境のちがいに従って、こんごの科学的究明にまたなければならない。こゝで参考として菅原¹¹⁾(1982)による、熱帯森林における養分循環を次のとおり紹介する。

「成熟期に達した熱帯森林と土壌の間には、ほぼ閉塞的な栄養分の循環系が成立つといわれる。これはHardyがはじめてトリニダットで見出したことで、その後多くの人々によって容認されている。この場合、この循環系のなかには二つの主たる貯蔵所があって、その一つは生物集合体(biomass)、他の一つは表土(top soil)である。このうち、植物集合体は、直接的には降雨の洗浄による養分と、落葉や倒木など残渣の鉱物化成分の溶脱養分を下方の土壌に添加するが、一方では土壌の中から生育に必要な養分を吸収する(この場合、表土から80%、心土から20%の割合で吸収されている)。この他に植物集合体は、共生的窒素固定作用によって養分を大気中から受け取るものであり、一方土壌は非共生的窒素的窒素固定作用によって大気中から窒素を受け取るが、地表流出(run off)と侵食および脱窒作用によって養分を失い、さらに溶脱によって養分を失うものである」。

総じて、熱帯多雨林地帯の山岳傾斜地では、多雨とくに一時的の豪雨による侵食作用が大

さい。また、地力維持に関して考えなければならないことは、伐採によって地表が荒され、地力低下の起ることである。これに対し、造林によって順調に回復していけば問題はないがその場合、早成樹種によって10年ぐらいの短伐期の収穫を繰り返せば回復前に再度の荒廃が起るであろう。したがって、極力短伐期の繰り返しをさけ、長伐期をとって、それによる間伐材を利用する施業をとることが望ましい。また、林分が林齢の増すとともに閉鎖して林内照度が少なくなり林床植生が欠けるときは、森林状態であっても激しい降雨によって侵食が起り地力低下の原因となる。

これらの防止、あるいは地力の回復のためには、次の対策が考えられる。

- ① 遊離窒素を固定する豆科植物、たとえば Acacia 類などとの混交林を造成する。
- ② 効果のある cover plant によって地表を被覆する。これは下刈りの節減にも通ずる。
- ③ 伐採によって著しく土壌条件が悪化する場合は、地形・土壌などに応じてブルドーザーと集材機による集材法の比較を行う必要がある。例え作業方式によって収穫経費が節減となっても、地力低下による損失がより重大な場合が少なくない。

さて、熱帯林業では以上の観点から、次に述べる施業法をとりいれることが絶対的に必要であることを強調する。

- 1) 琉球で、^{12, 13)} 蔡温 は人工造林にあたり植栽区を小面積にとどめ、その周囲を天然生林保存区域、すなわち抱護樹帯で囲むことを提唱している。これによって防風を回避することとして「魚鱗式造林」とよんでいる。
- 2) ^{12, 13)} 佐藤 は、「天然広葉樹林の林種転換を行う場合には、抱護樹帯として尾根筋や峯通りには必ず40~50m幅に雑木林を伐り残す。なお数ha以上の団地では、さらに傾斜面にそうて0.4~0.5haに区画する雑木保存区をおき、その幅を40-30mとする」ことを琉球の造林に対して提唱している。これによって残存保護用雑木は、択伐法により良木を伐採することができるとともに地力養護、防風、防火、防虫、防菌に役立つとし、これを「細胞式造林」とよんでいる。なお、この方式が魚鱗式造林と異なるのは、谷筋の方を開放して木材の採取を便利にする点である。
- 3) ¹⁴⁾ 矢野らは、人工更新区域は沢筋を骨格として山腹の中部以下に、また天然更新区域は尾根筋を骨格として山腹の中部以上に、それぞれ地形に応じて配置することを提唱し、これを「掌状作業」とよんでいる。

以上を勘案して熱帯林業への技術移転を行うことがきわめて重要である。

すなわち、熱帯地域は侵食の危険が多く、とりわけハリケーン常習地帯は風害、さらに導入樹種は虫菌害の潜在的危険があり、これらを回避するためには、極力大面積の皆伐と単純林の造成をさけるとともに、さらに筆者は地形区分を行って尾根筋や峯通りのみでなく、沢筋にも抱護樹帯を設けることが肝要であると考える。

(3) 草生地の造林

熱帯地域には過去の誤った焼畑移動耕作によって地力が低下し草原化したところが少なくない。また、伐採跡地を仮土場としたところや、大型トラクタなどの集材による重圧によって表層土が完全に破壊されて物理性の悪化した跡地は草原化のおそれがある。

このような草原を林地化するには、まず前提として先駆樹種として荳科の *Acacia* 類やマツ類を造林する。近時 *Acacia mangium* もこのような低生産地の先駆樹種として成長の良ことから評価されている。

なお、平坦な草原地で、土壌の物理性の悪化した地帯では、トラクターにより耕耘とともに草種を同時に鋤き込んだ後、造林試験を行うことを試みることも考えられる。

引用文献

- 1) 吉良竜夫：山地多雨林・熱帯の森林型(VI)・熱帯林業 57, 熱帯林業協会, 1980
- 2) OHSUMI, Y. : Site classification based on soil in Mata Ayer Forest Reserve. Trop. Agri. Res. Cent. 1978
- 3) 大角泰夫：施業と森林土壌・チークおよびアロウカリアの適地判定, 熱帯農研集報 43, 熱帯農業研究センター, 1982
- 4) 坂口勝美・小島俊郎：フィリッピン国・ミンダナオ島の *Albizzia falcata* の成長. JICA (未発表), 1976
- 5) 谷本文夫：南スマトラのアラン・アラン草原における植生とその遷移, 林試研報 314, 1981
- 6) 小林正吾：数量化による地位予測法. 森林立地Ⅳ, (2), 1963
- 7) 西沢正久ほか：数量化による地位指数の推定法. 林試研報 176, 1965
- 8) 真下育久：林地土壌の生産力について. 日林関東支講 17, 1965
- 9) 吉田正男：台湾演習林における二, 三樹種の生長量構成状態及び樹形に就て. 東京演報 9, 1929
- 10) JICA (山谷孝一ら)：ピチレブ島広葉樹造林地森林生産力調査報告書. JICA, 1982
- 11) 菅原道太郎：焼畑(移動耕作)地力:AICAF 焼畑委員会(未発表), 1982
- 12) 佐藤敬二：実践造林, 農林出版, 1966
- 13) 佐藤敬二：琉球の造林とその推進に関する提言. 琉球林業協会, 1964
- 14) 矢野虎雄ほか：掌状作業の研究. 九大演報 40, 1966

4. 主要造林樹種の特徴

4-1 熱帯低地の適樹種

熱帯低地にある植生の群系（森林のタイプ）には色々な名称がつけられてきた。海拔約900 mまでの熱帯地域で、大きな面積を占めている湿潤（wet）ないし適潤（moist）な気象下にある密な森林は、熱帯降雨林（多雨林）と季節風林（雨緑林）などに分けられる。より乾燥する地域には、散生樹林や散樹草原が現われる。

熱帯低地の年平均気温は、その大部分は27℃近くである。しかしそこに存在する森林タイプによって、日および月の温度較差が非常に異なる。このような森林タイプによる温度の変化の原因は、降雨の量と年を通しての降雨の分布である。降雨の量と分布によって乾燥期の長さが異なり、また温度較差に巾ができる。

さて本稿では、気象の区分を乾燥月の長さはよって行なっている。月の降雨量が、大体50mm以下の月は一般に乾燥月としているので、これに準じて以下の如く気象区分をし、それぞれの区分に適応樹種をみつめた。

4-1-1 乾燥期が4カ月以下

この気象型はより細かく区分すると、A型（乾燥期2カ月以内）、B型（乾燥期2カ月～4カ月）になるが、適応樹種の面からみると明らかにA型が最適な樹種、あるいはB型が最適と思われる樹種もあるが、その中間的なものもあり、A型の樹種でもB型の気象でよく成育するので、あえてこれを区別しないで一緒にしてある。しかし明らかにA型、あるいはB型の気候が最適である樹種は、樹種の説明のところで附記することにした。ちなみにA型気象、B型気象の内容は次の通りである。

A型気象は年降雨量が一般に1,990mm以上で、場合によってはもっと多量に降る。年を通じて降雨の分布がよく、乾燥期はないか、または非常に短い。または非常に短い。年平均気温は約27℃で月と月との間の較差は極めて僅少、21℃にさがることはほとんどない。

B型の気象は年降雨量はA型同様に高く、5,000mmまたはそれ以上といわれ、少なくとも1,600mm以上で、乾燥期は短い。年平均気温はまだ約27℃あるが、季節の較差はA型よりも大きく最も寒い月の平均気温は18℃位で、暑い季節では、それ相当の高い気温になる。A型、B型を含め、この気候研に適する主要樹種は次の通りである。

Aeacia manguim, *Agathis loranthifolia*, *Albizzia falcata*, *Albizzia lebbek*, *Anthocephalus cadamba*, *Artocarpus integrifolia*, *Casuarina equisetifolia*, *Cedrela odorata*, *Cedrela toona*, *Cordia alliodora*, *Dyera costulata*, *Endospermum peltatm*, *Eucalyptus deglupta*, *Gmelina arborea*, *Gonystylus bancanus*, *Intsia bijuga*, *I. palembanica*, *Lagerstroemia speciosa*, *Leucaena glauca*, *Mesua ferrea*, *Ochroma lagopus*, *Pinus caribaea*, *Pinus merkusii*, *Pterocapus indicus*, *Sesbania grandiflora* (*Agati grandiflora*) *Swietenia macrophylla*, *Terminalia brasii*, *Terminalia catappa*

(1) *Acacia mangium*

まだ実績や情報が不十分であるが、成長著しく早く、且つ環境の悪い処でもよく生育する樹として最近注目を集めている樹種である。

この樹種の自生地はオーストラリアのクィースランドである。

10年ほど前にマレーシア連邦サバ州に導入試植された。その結果土地の良好な処では、9年生で樹高23m、直径23cmに達し、この9年生林分からha当り415m³の材を収穫したと報ぜられており、ha当り年平均成長量46m³に相当する成長ぶりである。

また同時に試植された有用早成樹 *Gmelina arborea*, *Albizzia falcata*, *Pinus caribaea*, その他と較べて、土地の良くない処でより優れた性能を示している。荒らされた土地で、また火山岩を伴った地位の低いラテライト性粘土土壤で、さらには移動農耕すら放棄した使いふるした土地で、そして又コゴン草 (*Imperata* sp.) の丘の斜面で、*A. mangium* は元気に成長し、しばしばha当り年平均成長量21m³を達成すると報ぜられている。

樹型は植物的に類似している *A. auriculiformis* より優れており、樹幹はほぼ通直である。但し、樹幹の基部から2本に分岐する傾向がややある。

花や果実は豊富につけ、毎年とれる。萌芽性はよい。

材は淡褐色、硬くて密、パーティクルボード用として優秀、パルプ試験の結果は植物的に類似している *A. auriculiformis* と製紙上での性質はほぼ同じ、但し、*A. auriculiformis* より比重低く、収量も少いと報ぜられている。また、家具・キャビネットに利用可能だろうとされている。

(2) *Agathis loranthifolia* (= *A. alba*)

インドネシアのモロッケン(マルク)諸島のアンボン、ハルマヘラなどに自然分布している。自生地では礫質の土地にある原生林内に群生している。この樹は19世紀からジャワ島で並木に使われていたが、成長が早いので造林が行われるようになった。

樹高60m、直径2mに達する大形の針葉樹で、樹幹はほぼ円筒形、通直で、枝下高は約20m、樹冠は先端がとがる。コパールと呼ばれる樹脂を生産する。種子は倒卵形で、長さ10~16mm、巾約8mmで、翼をもっている。

材は黄褐色~黄桃色、光沢がある。比重は0.45前後でやや軟い。内外装用、指物細工、構造材、家具、マッチ軸木などに利用される。パルプ適性もある。

造林法については各国編インドネシアを参照、A型気象が最適。

(3) *Albizzia falcata*

インドネシアの北部モロッケン(マルク)諸島の標高0~1,500mの地に自然分布している。また西イリアンにも現われるといわれている。1871年にジャワ島に導入され、以来東南アジアの諸国に植栽され、野性化している。初めは茶園の被陰樹に利用されていたが、その後は木材生産目的に植栽されるようになり、インドネシアやフィリピンではかなりの規模で

造林されている。

樹高は45 mに達する高木で成熟木は平らで、大きく広げた傘状の樹冠をもつ。若木の時代は主幹の成長が旺盛で、枝の成長を圧えて、上方にぐんぐんのびるため、樹冠は円錐形を呈する。果実は薄い木質のさやで、大きさ2×13 cm、中に小粒(約3～5 mm)のやや扁平な種子を多数蔵す。

材は白色～淡黄白色、気乾比重0.24～0.49、平均0.37で、軽い材である。腐敗菌への抵抗性は極めて乏しく、虫にも犯れ易い。乾燥、加工とも容易で、ベニアにむき易い。パルプの原料、包装材、マッチ(箱、軸木)、家具の内部に利用される。

造林法については各国編インドネシアを参照、成長は非常に早い。

(4) *Albizzia lebbek*

インド、ビルマ、アンダマン諸島の平地ならびに山麓、低地から海拔1,200 mの処に自生している。年降雨量1,500～2,500 mm、種々な土壌の上に密な半落葉樹林や密な乾燥林の中に現われる。気候、土壌とも非常に巾の広い条件の下で成育可能な適応性の強い樹種である。一般に半陽性の樹であるが、この面でも広い適応性をもっている。

樹高30 m、周囲3 mになる中型の樹で、枝を広くはって、傘形の樹冠をもつ。落葉樹。

材は暗褐色、構造材としてかなり良い。大工仕事、特に骨組みに使う。そのほか家具、車輪、二輪馬車、彫刻、樽などに利用される。

種子は1 kg当り10,500粒、保存は良好、ジュートの袋に入れて1年以上もつ。直播が最も普通に行われる。2×5 mに条まきする。3年の間には、年2～3回下刈する。Stump(根株)苗も利用出来る(1年生苗)。苗の先端の葉群を切らないで植栽することはいけない。成長は早く、12年で直径80 cm、30年で1.40 mになる。B型気象が最適。

(5) *Anthocephalus cadamba* (= *A. chinensis*)

インドネシアから中国にわたるアジア大陸の国々、パプアニューギニアまでの島嶼部の国々に自然分布し、海拔0～900 mの地に自生している。極端な陽樹で、二次林の先駆樹種として出現し、雑草に対し著しく抵抗性が強い。林道の両側、トラック運材跡地、移動農耕跡地、崩壊地、洪水害あとの河岸などによく純林が見られる。落葉性の樹である。

一般に樹高は25～30 m、直径40～60 cmになるが、適地では直径1 mにもなる。樹幹は通直で枝下高は高い。びんと張った大枝を横にのばし、先端は少々垂れ下る。

材はクリーム黄色、気乾比重0.3～0.6、相当に巾があるが、軽い材である。加工は容易、風雨にさらしたり、接地して使うとひどく腐れ易い。低質のマッチ、茶箱、包装箱、玩具、サンダルや軽仮設物などに向く。またパルプにも利用できる。

造林法については各国編インドネシアやフィリピンを参照。成長は非常に早い。

(6) *Artocarpus integrifolia*

熱帯アジアの平地および山麓、海拔0～1,200 mの地に自然分布している。普通密な半落

葉性の森林の中に現われ、肥沃な沖積土壌の上でよく成育している。しかし浅くて、岩の多い土壌の上にも順応できる。陽性の樹であるが、若い時代は、或る程度の日陰にも耐え得る。萌芽性がある。

樹高 25 m に達する中型の常緑樹である。この樹は木材よりもむしろ大きな果実 (Tack または Tack-fruit) がとれることで知られている。この果実は風味があり、食物として価値がある。

材は輝きのある黄色で、木理が交錯しており、キャビネットや家の骨組みなどによく使われる。またこの樹は染料がとれ、ビルマでは修道僧の衣服をそめるのに使われる。

種子は大きく (長さ 3 ~ 4 cm) , 1 kg 当 100 粒, 長く保存がきかない (3 カ月以下)。植栽は直播か、土付き苗を用う (裸根植栽は失敗する)。間隔は 3 × 3 m。成長は最初の 2 年は遅いが、その後は早い。セイロンで適地に植えたものは、2 年で樹高 1 m、20 年で 18 m、周囲 80 cm。B 型気象が最適。

(7) *Casuarina equisetifolia*

この樹種はアジアの熱帯各国を通じて広く見られる。本質的には海浜にある樹種で、締りのない砂に純林を形成し、防風、防潮と燃料を目的に広く植栽されてきた。またこの樹種は、下層の水が利用できるような、ある程度の長さの乾燥期のある地域にも広まっている。しかし排水の良好なことを好み、浸水地または粘土質土壌を好まない。自生地では、年降雨量 2,500 ~ 5,000 mm であるが、降雨量のかなり少ない地域に植えても成功してきた。陽性の樹種で、若い時はある程度の日陰に耐える。萌芽性は良好である。

樹高 40 m に達する大型の樹で樹幹は通直である。材は重硬、俗に鉄木と名付けられることもある。機械的性質は非常に強く、加工は困難である。ポストとして使われるが、特に燃材に利用される。

種子が小さいので直播は行われぬ。成長は早い方で、6 年で樹高 6 m、周囲 21 cm、10 年で 11 m、40 cm、20 年で 22 m、70 cm との報告がある。A 型気象が最適。

(8) *Cedrela odorata*

アルゼンチンのミンオネス地方の南緯 27° からメキシコの太平洋岸の傾斜地、北緯 24° にわたり、ラテンアメリカに広く分布しており、自生地の気温の範囲は広い。また年降雨量は 2,000 ~ 3,000 mm で、2 ~ 3 カ月乾燥するところに、最もよく出現する。

適地では、樹高 30 ~ 37 m、直径 1 m 以上に達する落葉樹である。樹幹は通直、円筒形をなす。

材は赤味おびた褐色で、独得の香りがある。気乾比重は 0.5 前後、軽くて軟いがその割に強度が高い。耐久性は中庸、耐虫抵抗性がある。上等な材はよい色調、よい木目があり魅力的である。重構造以外の建物、建具、家具、合板その他、色々の用途に使われる。シガー箱用材として欧米で賞用されている。

種子は1kg当り45,000～50,000粒,よく乾燥しないとすぐ活力を失う。成長はよいが, *Hypsipyla* spによる被害で失敗した例が多い。B型気象が最適。

(9) *Cedrela toona*

熱帯アジアを通じて, 密な湿潤林に広く自然分布し, 低地から1,200 mの高地まで, 年降雨量1,200 mm以上, 肥沃なローム質土壌の上に現われる。半陽性の樹種で, 若い時代にはよく日陰に耐える。

樹高50 mに達する高木で, 傘状の樹冠をつける。樹形はわるく, 周囲2～2.5 mの通直な幹はほとんどない。半落葉性。

材に赤い色調で, 軽く, 耐久性はない。芳香がある。箱や家具用として優秀である。

種子は1kg当り350,000粒, かなり保存がきく。種子が小さいためと, 雨で流される危険があるので, 直播は殆ど行われない。苗畑で列状に播き, 非常に細かい土でかるく覆う。1年後に山出しする。この際先端の葉部を切るか, Stump (根株) 苗で, 間隔2×2 mに植付ける。植付後最初の2年は成長が遅いが, そのあとは早い。22年生で樹高19 mとの報告がある。病虫害は *Hypsipyla robusta* によるシュートを犯される事が最も被害が大きい。B型気象が最適。

(10) *Cordia alliodora*

メキシコの中部以南の中央アメリカ諸地域ならびにエクアドル, ベルー, ボリビア, ブラジルに至る南米諸地域と西印度諸島に自然分布している。

樹高45 m, 直径70 cm に達する常緑樹で, 樹幹は通直, 板根がある。

材は緑色をおびたコーヒー色または暗緑色がかったコーヒー色で, 多くの濃色の縞をもっており, 人目をひく。気乾比重は0.45～0.57, 堅さ, 重さ, 強さは中庸, 耐久性は高く, シロアリにも強い。加工は容易, 仕上げは良好, 高級家具や上等な指物, 装飾用の彫刻版, 彫刻, 船の内部構造, 旋盤細工, 楽器などに使われる。

種子からの養苗は容易, 成長が早いため, 熱帯地区で植林されている。コーヒー園の日陰樹や庭園用としても植栽されている。

(11) *Dyera costulata*

マレー半島, スマトラ, ボルネオに自生している。砕け易い粘土の多い深いローム土壌の平坦地又は丘陵地を好み, 混交フタバガキ林内に広く分布するが, 出現度は低い。

樹高60 m, 直径2 m前後に達する大木である。

材は白色～薄麦わら色, 肌目はやや精で均斉, いくらか光沢があり, 辺心材の区別ない。気乾比重0.45内外, 軽軟である。加工は容易しかし耐久性なく, シロアリや穿孔虫に弱い。用途としては模型, マッチ, 包装, 鉛筆。

樹皮内に白いラテックスが豊富にあり, この樹脂はJelutong と呼ばれチューインガムの原料である。現在でも採集しているところがある。

現在マレー半島で成林した見本林や若干の造林地がある。成長の早い樹である。

果実は長さ 30 cm 内外、巾 3 cm 位、内部に平らで楕円形、膜質の翼にかこまれた種子を多数蔵す。果実は開いたあと長い間落下せず、その間種子は飛散する。果実に蔵されている種子は果実が十分に熟し、まさに開かんとする直前の果実内のものみみが発芽能力をもっている。このための種子集めは手間がかかるといわれている。また結実期は不規則である。

(12) *Endospermum peltatum*

フィリピンのルソン島、ミンドロ島、パラワン島、ミンダナオ島に広く自然分布しており、低地林および丘陵林に現われる。相当乾燥する地帯でもよく成育するが、年を通じて平均し降雨のある地域で最もよい成育をする。

直径約 80 cm に達する中層の高木である。陽性の木で、伐採跡地などに生育する。果実はさく果で、1～4 個の種子を蔵す。

材はやや明るい黄色～淡黄色、気乾比重は 0.30～0.65、平均 0.48、加工は容易、耐久性は低く、耐虫性も乏しいが、薬剤注入処理は極めて容易である。マッチの軸木、箱材、コンクリート型枠材、仮設構造材、造作材などに適する。低質ベニアやバルブにも向く。

種子は 1 リットル当り 6,300 粒、保存期間は最大 1 カ月、一般に床にばらまきする。播種前に一夜種子を流れにつける。発芽後約 20 日位でポットに移植する。成長は極めて早い。

(13) *Eucalyptus deglupta*

フィリピン（ミンダナオ島南部）、インドネシア（スラウエシ島西部、セラム島、西イリアン）、パプアニューギニア（ニューブリテン島を主とし、ニューアイルランド島、マヌス島、本島）に自然分布している。パプアニューギニアの自生地は、年間降雨量 2,500～5,000 mm 平均 3,000 mm 近くで、長期の乾燥のないところにある。年平均気温は 27～31℃、高地にある林分は 13～27℃、土壌は酸性の軽石から種々の沖積土まで広い範囲の母材からなる土壌の上に生育している。

樹高 73 m、直径 2.5 m に達する巨木になる。果実は果蓋をもったさく果で、径 3～4 mm、円錐形をしており微細な種子を沢山蔵している。

心材は赤褐色～淡桃褐色、接地すると耐久性はないが、野ざらしでも相当な耐久性をもち、内装に適している。加工は容易であり、実用家具、内部構造、フローリングの利用などが考えられるパルプ適性もある。

種子は極めて微細で、1 gr 当り約 12,000 粒、播種はこまかい砂または砂とまぜて播種箱に播く。噴霧器でたびたび灌水し、湿気を保つ。一度床替して、4 カ月位で山出しする。成長は極めて早く、適地で年間 4 m 近い樹高成長を示す。造林法は各国編パプアニューギニアならびにソロモン諸島参照。A 型気象が最適。

(14) *Gmelina arborea*

熱帯アジア大陸を通じ、海拔 0～1,200 m の範囲に広く自然分布している。主として年間降

雨量 1,000 mm 以上の半落葉性の密な森林の中に現われ、肥沃で湿潤な土壌を好むが、排水良好な土壌であれば、かなり適応性がある。半陽性の樹であるが、種子の発芽の際は多量の光を要求する。萌芽は良好である。

中型の樹で最大樹高 30 m、周囲 4 m に達し得る。落葉樹で一般に寿命が短く、特に好ましい環境以外では、比較的小さなサイズで寿命を終える。枝をはり、樹型はよくない。

材はよい木目をもった黄色で、気幹比重は 0.40～0.54、中庸度の耐久性がある。製材、ベニア切削は容易で、仕上げ面は光沢がある。家屋の柱、家畜の鈴、サンダル、ボートのデッキ、一般大工用、カヌー、家具の内張りなどに利用、また合板、パルプにも向く。

種子（核）は非常に堅く、1 kg 当り 150 粒、保存性はわるい。最大 3～6 カ月。種子は播種する前に一夜流水に浸す。直播でよい結果が得られる。土を 2～3 cm かぶせ、光を充分にあて、除草を度々行うことが必要である。苗木の植栽は 4 カ月～1 年生のものを使う。また、Stump（根株）苗は非常によい結果が得られる。成長は早い。B 型気象が最適。

(15) *Gongstylus bancanus*

サラワク、ブルネイの湿地林にしばしば多数現われる。この樹は酸性で、どちらかというとも水はけの貧弱な土壌を好む。したがって、このような条件の土地にこの樹種を試験的に植えてみると、よい結果が得られるのではないだろうか。

この樹は常緑の陰性の樹種である。若い時期はある程度の日陰を要求するようであるが、相当大きくなると、陽光を満度にうけても生き残れる。A 型の気象が最適。

やや大型の樹で、材は白色に近く、やや重硬であるが、加工は容易である。内装用材、軽構造物用材、床材などに適している。

(16) *Intsia bijuga*, *I. palembanica*

東南アジア（特にフィリピン、タイ、マレーシア、インドネシア）から南西太平洋諸島（パプアニューギニア、ソロモン、フィジー、サモアを含む）に広く分布している。主に熱帯降雨林中に自生し、湿潤な低地の樹である。前者 *I. bijuga* はマングローブと界を接する海岸地域や洪水時に流水に掩はれる地域に自生している。後者 *I. palembanica* は、前者より内部の低い丘の傾斜地又は水はけのよい平坦地で肥沃な粘土土壌や砂質粘土土壌の地に自生している。いずれも著しい直根を有す。

樹高 40 m、直径 1.5 m に達する大木で、季節的に乾燥する地域では落葉する。花は比較的不規則に咲き、熟した莢は閉じたまま落ちる。内に数個の種子を含む。

材は暗褐色～赤味を帯びた暗褐色、重硬で気幹比重 0.74～0.90、加工、仕上げは硬さの割に良い。耐久性高い。装飾用として高級な床材、パネル、キャビネット、家具、重構造物に利用される。

成長は若い時代は比較的早い（年樹高成長 2 m 位）が、樹幹型がわるい。しかし年とともに通直になるようだとされている。また弧立木は幹の低いところから枝を出すので、通直

な樹幹を期待するには、他の樹種と適当に混交して植える必要があるともいわれている。

種子は扁平で、硬くて薄い殻がある。種子の大きさは1リットル当たり約190個位、発芽率は79%位。

種子は條播する。條は間隔15cm、深さ3cm、種子間隔は4cm。1～2週間で発芽する（一斉に）。苗木は苗長20cm位になる前に床替床に移植する。この際列の間隔は35cmより小さくしてはいけない。また列上の苗木の間隔は20cm位にする。

山出は苗長50cm近くなった時行う。根も幹も切らなくてよい。根を土でダンゴ状に掩って植えるとよい。

(17) *Lagerstroemia speciosa* (= *L. flosreginae*)

熱帯アジアを通じて広く自然分布している。低地から海拔1,200m、年降雨量1,200mm以上、深くて肥沃な沖積土壌の上にある半落葉性の密な森林中に現われる。川の岸や非常に湿潤な土地（沼地ではない）を好む。かなり陽性の樹。乾燥には弱い（特に幼時）。萌芽は良好である。

中型乃至大型の落葉樹、材は赤褐色、かなり軽く、非常に弾力性がある。このため船の構造材に使われたり、すべての湾曲する部分に使われる。

種子は1kg当たり160,000粒、保存性はよい。種子が小さいので直播は困難、苗床は発芽期間中は少々の日陰と、度々の灌水が必要である。Stump（根株）苗を植えることは成功しない。少々刈り込んだ1.5年生の苗を植えるのがよい結果が得られる。

成長は最初の年は遅い（1年で樹高20cm）が、その後早くなる（3年で樹高3m）。B型気象が最適。

(18) *Leucaena glauca* (= *L. leucocephala*)

熱帯アメリカの原産で、少なくとも1,000mm以上の降雨と肥沃土壌が要求される。乾燥土壌や貧弱な土壌への造林は好ましくない。陽性の樹種であるが、大樹の日陰下でもよく耐え、生育する。

樹高は通常7～8mになる。優良な薪炭材である。またプランテーションのカバープラントとして適性をもっており、緑肥の役目をして土壌を改良する（ジャワのチーク造林に適用されている）。

この樹は広く熱帯、亜熱帯に導入され、現在は野性化している。フィリピンはIpil ipil ジャワではLamtoroなどと呼んでいる。この木の葉はタンパク質を多く含むためハワイでは家畜の飼料として、いろいろ育種の試験が進められ、最近ではHawaiian Giantという品種が育成されている。この品種は葉の量も多いが、樹幹も大きくなるので、フィリピンではGiant Ipil ipil と称して造林用に使われ始めた。ちなみにこの品種は従来のものにくらべると、種子、朔果、花、葉、葉片、幹、枝のいずれもが大きい。

普通種の種子はkg当たり28,000粒、数年間保存がきく。通常は直播で、薪炭材生産の場合は

2～3 m 間隔の列に播く。成長は著しく早い。造林地のカバープラントとして利用する場合については、各国編のインドネシアの項を参照されたい。

(19) *Mesua ferrea*

東南アジアを通じて広く分布しており、常緑密林に自生、ここでは群状に見られる。海拔 200～1,000 m、年降雨量 1,800 mm 以上、2 カ月以下の乾燥期のある地域に現われる。また、この樹は深く排水のよい花崗岩の砂土や砂質の沖積土を好む。若い時は耐陰性があり、長い強い日陰に耐える。一方十分に成長すると、多量の光(多量の日光にでも)に耐える。萌芽は良好であるが、芽は弱い。

大型の樹で、材は褐色調、非常に重くて硬い。また著しく耐久性があり、枕木や建物の骨組み、機具のハンドルなどに使われる。

直播の場合は僅かに日陰を与えて行えば成功する。苗木植栽の場合は、豆科の日陰植物(*Leucaena glauca*, または *Tephrosia candida*) で囲まなければならない。成長は遅く 25 年で平均樹高 5 m。A 型気象が最適。

(20) *Ochroma lagopus* パルサ Balsa

熱帯アメリカの低地密林に自然分布しており、肥沃で湿潤な土壌(特に沖積土壌)で、4 カ月を越えない乾燥期のある年降雨量 1,500～2,000 mm、海拔 300～800 m の地を好む。陽性の強い樹である。

樹高 20～40 m、直径 50～120 cm に達する中型または大型の樹である。非常に成長の早い樹で、最適の条件のところでは、5～6 年で樹高 15～18 m、直径 60～75 cm になる。材は非常に軽く(比重 0.2)、世界の木材中最も軽いといわれている。しかし重さの軽い割には圧縮強度や静的曲げ強度が強い。また弾性も高い。航空機材料や熱と音響の絶縁材料・救命具などに利用される。

2～3 年生の樹から利用出来る種子を生産する。種子は極めて微細、1 kg 当り 100,000 粒位、冷蔵庫で密封したコンテナに入れれば保存がきく。種子が小さいので箱にまき、その後ポットに移植する(充分慎重に)。初めは充分な日陰を必要とするが、山出し前 4～6 週間は一杯に陽光をうけるように、漸次日陰を少くして行く。苗木枯病などにかかり易いので銅剤などで防除するとよい。養苗期間は 4 カ月位である。4～6 年で伐採する。B 型気象が最適。

(21) *Pinus caribaea*

カリビアマツには次の 3 つの変種があるとされている。

P. caribaea mor. var. *hondurensis* は英領ホンジュラス、ガテマラ、ホンジュラスならびにニカラグアの中米大陸部(北緯 12°13'～北緯 18°00')に自然分布し、低地から海拔 1,000 m の地に自生している。

P. caribaea mor. var. *bahamensis* はバハマ諸島とカイコス諸島の海拔 0～12 m の地に

自生, *P. caribaea* Mor. var. *caribaea* はキューバならびにその属島パイン島の海拔 0~280 mの地に自生している。

このうち最も広く造林されているのはホンジュラス種である。この種の自生地の気候は、内陸山岳地で、気温最低 5℃, 最高 27℃, 多くの自生地の年降雨量は 1,200~1,690 mmである。また東岸地域では最低 15.6℃~最高 32℃(平均気温 1月~2月 23.9℃, 5月~6月 29.4℃), 年降雨量 2,300 mm(北部)~3,900 mm(南部)である。粘土質の通気がよくないところでは、生育しない。自生地の土壌は種々の基岩からなっているが、通常ロームもしくは砂質ロームで、時には砂利を多く含んでいて、排水のよい所である。

英領ホンジュラスの最適地では、樹高 45 mに達し、胸高直径 1.35 mが記録されている。ホンジュラス種は他の 2 変種とくらべ、大径木が多い。一般に樹高 25~30 m, 直径 30~60 cm 樹幹は通直で、疎な円錐形の樹冠をもつ。若令の時は 60°~70°の上向きにつく枝は、樹令が進むにしたがって水平方向の枝張りとなる。

材は淡褐色~褐色, 気乾比重は 0.75, 強度は高い。一般に建築用, 室内指物用, 土木用, 箱材, パルプ用などの用途がある。

種子は 1 kg 当り 70,000 粒, 1 年までは保存がきくが、密封したコンテナに入れて、冷室におくともっと長びかせることができる。直播はほとんど行わない。播種床で育成した稚苗をポット移植する。一般に苗高 20~30 cm で山出しする(播種後 6~8 カ月)。成長は早い。B 型気象が最適。

② *Pinus merkusii*

東南アジアを通して広く分布しているが、生育する地域によりいくつかの変種がみとめられ、生態的な要求が異っている。

タイ国(Korat 平地)産, 海拔 150~500 m, 成育はわるいが、貧弱な土壌と乾燥気候に耐える。

インドシナ産, (a)高地産(海拔 500~1,000 m)のものは成長良好であるが、排水良好な土壌と湿潤な気候(年降雨量 1,500 mm 以上)を要求する。また(b)低地産(海拔 0~100 m)のものは中庸(平均的)の成長をし、かなり粘土質の土壌に耐えるが、やや湿潤な気候(年降雨量 1,200 mm 以上)を要求する。

インドネシア産, 海拔 500~2,000 m で、非常によい成育をするが、排水良好な土壌と、湿潤な気候(年降雨量 1,500 mm 以上)を要求する。この変種は更に樹皮の滑、粗により 2 つに分けられるが、まだ両者の間の生態的要求の差は充分明らかにされていない。

フィリピン産, 生態的にインドネシア産に近いが成長は遅い。

樹は樹高 60 m, 周囲 7 m に達する高木で二葉松, 材はよい品質をもち、家屋構造材や、一般大工用, 箱材などに使われる。マツヤニの生産にも適し、パルプ材としても適している。

種子は 1 kg 当り約 27,000 粒, 種子の出所は重要である。冷く、乾燥したところにおくと保存が

きく。袋に入れて1年、密封したコンテナに入れると数年間もつ。養苗法、造林法については、各国編、インドネシアの項を参照。B型気象が最適。

(23) *Pterocarpus indicus*

セーシェル諸島、南インド、東南アジア大陸部、アンダマン諸島からバブアニューギニアならびにソロモン群島までの東南アジア島嶼部にわたり広く自然分布している。普通は海岸近くの低地の沖積土壌に多く、また丘陵地にも生育している。陽樹のため密林にはほとんどなく、疎林に多い。フィリピンでは湿潤な砂質ローム、または粘土質ローム土壌で非常によい成育をしている。冬期乾燥する地帯から多雨地帯まで、全島を通じて商業サイズの樹が見られる。明瞭な乾期があれば、完全またはほぼ落葉するが、乾期のないところでは入れかわり落葉する。

樹高40m、直径2mになる中型～大型の樹である。樹皮は薄く、火の害を受け易いが、容易に回復するといわれている。種子は翼をもっている。

材は淡黄色～赤色、気乾比重0.50～0.70、やや重硬、加工、乾燥とも容易、耐久性があり、白アリその他の害虫には抵抗性がある。高級家具、キャビネット、ベニア、ピアノのケース、内部仕上げなどに使われる。赤い心材は赤の染料に使うところがある。

種子は1リットル当たり140粒、発芽は24%、直播する場合は1穴に2～4粒まく。床に播く場合は15cm間隔の列状に浅い溝をつくって播き、あとで溝を土で覆い、更にしきわらで覆って水の蒸散を防ぐ。苗長50cm位で山出しする。挿木も可能である。

(24) *Sesbania grandiflora* (*Agati grandiflora*)

印度西部原産、東南アジア各地に分布し、アフリカ、太平洋地域に植栽されているほか、中南米、西印度諸島でも普及されている。

年降雨量1,000mm以上で、乾燥期の短い地域において最もよく繁茂している。

土壌は広い範囲の土壌で生育出来、黒色の貧弱な構造の粘土土壌を含め、貧弱な土壌でも育つ。この樹木の特殊の根瘤菌が、このような土壌の肥沃度回復に役立っている。

樹高10m、直径30cmになるマメ科に属する小高木で、樹幹は通直、円筒形である。

材は白色で、比重約0.42、軟かい。このため燃材としては適しているとはいえぬが、南アジアでは長い間燃材として利用してきた。

また材の繊維長(1.1mm-製紙用に利用する広用樹のはほぼ平均)と化学構成はパルプに通しており、東ジャワではこの樹をパルプ源として広く用いらるとの報告があるが確かでない。

このほかの用途としては、若い葉、柔らかい莢果(きや)と大きな花は地域住民の野采に供され、また革質の莢果は家畜が好み飼料となる。更に緑肥用や侵食された傾斜地に防止用に植栽されている。

この樹は成長迅速で、造林木は3年で樹高8m、平均直径10cm以上、年平均成長量 ha 当たり20～25 m^3 、また4年で樹高10m、平均直径20cmになるが寿命は短いなどの報告がある。

養苗は播種、挿木とも容易である。また大規模直播造林も易い。種子の前処理はしなくてよい。

病虫害については、ネマトーダの害を非常に受け易い。北オーストラリアの造林地では鳥（オオム）やバッタの害を受けた。

(25) *Swietenia macrophylla*

東部メキシコの南緯 30 度から西部ブラジルの南緯 18 度にわたって自然分布するが、主として、中米の海拔 0 ~ 450 m、年降雨量 1,500 ~ 5,000 mm に自生している。時には 1,400 m の高処にも見られる。ガテマラでは太平洋岸から 15 km 以内に普通に見られる（年降雨量 1,500 ~ 2,000 mm、5 カ月の乾燥期がある）。この樹種はより降雨量の少ない地域は、より湿潤な地域よりも成育は遅い。しかし材は逆に良好である。またこの樹は土壌の浅いところ、湿地気味のところから深い沖積土まで、色々の土壌の上に見られるが、排水良好で砂粘土質の傾斜地を特に好む。半陽性樹である。

大型の樹で、普通の樹高は 30 ~ 40 m、周囲 3 ~ 4 m、最大は樹高 60 m、周囲 9 m に達する。樹幹は通直、円筒形、板根がある。

材（心材）は桃色 ~ 赤褐色、金色の光沢をもつ。キャビネット用、建築用として世界的に知られ、高く評価されている。

造林は直播、苗木植栽とも行なうが、直播の場合は、非常に湿潤気象で、土地が肥えており、側陰が利用できる（若い樹は直射日光に耐えられないので）場合に限り良好な結果が得られる。この樹の造林地は穿孔虫 *Hypsipyla* sp. の害を受けやすいが、現在これに対する適格の防除法は出来てない。B 型気象が最適。

(26) *Terminalia brasili*

パプアニューギニアの西部ならびにニューブリテン島、ブーゲンビル島およびソロモン群島の西部、中部に自然分布している。これらの地域で、淡水湿地、河川附近の沖積平地に自生し、乾燥する地域の谷間にもやや普通に見られる。

樹高は 36 ~ 45 m、直径 1.5 ~ 2.0 m に達する高木で、樹幹は円柱状で非常に樹形がよい。湿地に生えているものは板根、支柱根が発達し、大きな樹になると板根は 2 m にもなる。樹は成長の初期には樹冠は単純な形で成育するが、後期には大きく拡った大枝上に葉をつけ、水平でかなり薄い樹冠となる。果実は 1 ~ 1.5 cm × 1.7 × 1.5 cm、よく発達した 2 つの翼をもつ。

心材は黄味をもった灰色、または淡い褐色、気乾比重は 0.44 ~ 0.51、軽い、かなり堅い。接地や風雨に露されると非常に腐れ易く、ピンホールを受け易い。加工は特別困難ではない。軽構造用、内部工作、ベニアなどに利用され、パルプ適性もある。

本樹種は淡水湿地帯の造林に適する樹種で、苗木を養成して植付ける。種子は 2 カ月後には発芽率 50% に落ちる。1 kg 当り 70,000 粒位、播種後 4 カ月位で山出しする。成長は非常に早く、初期には年樹高成長 4 m に近い。A 型気象が最適。

養苗法、造林法については、各国編、ソロモン諸島、パプアニューギニアを参照。

②7 Terminalia catappa

マレーシア、太平洋地域を通じて自生している。元来での樹種は熱帯の海岸にある樹で、一般に砂浜から背後の森林に拡がる海浜林を形成している。またこの樹種は、木材の利用のほか、観賞木、日陰樹として、あるいは果実が食用となるため、アフリカや西印度、中米の熱帯地域で植えられている。

熱帯の湿潤気候下で繁茂する樹種で、年降雨量は最低1,000mm以上、海拔高は低地から300mまでの地域に広く植栽されている。土壌については特殊性はない。例えば、砂地、ジャリ地でよく成育すると同時にMarl（泥灰土）や、浸透性のある珪酸を含んだ石灰岩地でも繁茂する。塩水のしぶきや乾燥にも耐え、且つは中庸の日陰又は全日光下にも耐える。

中型～大型の樹で、時に樹高25mに達する。

材は淡褐色～赤褐色 美しくて堅い。比重は0.59、中庸の重さである。

好ましい条件下では早く成長する。植栽1年で1m、2年で3m、3年で6mになる。また10年生造林地で22.5～36.0トンの収穫が期待できると報告されている。

材は短伐期で燃料に使われるほか、用材として家具、ベニア、キャビネット、ボート建造、一般構造物、橋用材、枕木、フローリング、箱、工芸品などの用途がある。

果実は頑強な殻の中に1～2個の種子（核）があり、種子は美味でアーモンドのようである。種子から食用油がとれる。

果実のほか、樹皮、葉、根にタンニンを含み利用されてきた。

砂丘の固定、観賞木（木の姿は水平に枝を輪生し、葉の一部赤色づいている。）としても利用する。

果実（核果）は卵形又は楕円体で、二面が圧縮されている（長さ3～6cm）。苗木養成は容易、種子は水に浮くので、海の流れにより広く散布される。

4-1-2 乾燥期が4カ月～6カ月

この型の気候は降雨は非常にはっきりと季節的で、季節風の影響による。

この型の気象は乾燥期は特に乾燥がひどいが、年降雨総量は前の(A)、(B)型と同じ高さのこともあるし、乾燥期の乾燥はそれほどひどくないが、年降雨量が1,200mmという低いこともある。

年平均気温は一般にもっと湿潤な地帯におけるよりも少々低く、22°～26℃といわれているが、気温の巾は前者よりも著しく大きく木陰の温度で時に43℃、あるいはそれ以上にのぼり、最も寒い月の平均気温は15℃より下にさがることもある。

このような型の気象下にある森林は、前述の湿潤な森林よりも常緑樹が少く、落葉樹の落葉期間も長い。この森林は現在は火や、人為の影響で、散樹型の森林になっているものも多い。前記B型（2カ月～4カ月乾燥）の気象下で見られる大部分の樹種は、この型の気象下にある森林にも現われる。そしてまた熱帯の高地型の樹種のあるものは、本気象型の低地（ただし、少ととも海拔約600mまで）に分布している。（例えば、ニューギニア東部にあるAraucaria

cunninghamii)

本気象型に適合する主要な樹種をあげると次の如くなる。

Adina cordifolia, *Agathis palmerstonii*, *Azadirachta indica*, *Dalbergia latifolia*, *Dalbergia sissoo*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus urophylla* (*E. decaisneana*), *Fagraea fragrans*, *Maesopsis eminii*, *Shorea robusta*, *Tectona grandis*, *Terminalia tomentosa*, *Toona calantas*, *Vitex parviflora*, *Vitex pinnata*, *Xylia dolia dolabriformis*

28) *Adina cordifolia*

熱帯アジアを通して、海拔0～1,000 m、年降雨量1,000～2,000 mmの密な乾燥林や時には密な半落葉樹林の中に現われる。一般には排水のよい花崗岩性の砂土壌の上に生育しているが、排水のわるい緊密な粘土土壌のところでも生育出来る。陽性の樹であるが、初めの若干の年数(あまり長くない)の間は軽い日陰を必要とする。

樹高50 m、周囲5 mに達する大型の樹で、樹幹は通直、円筒状で、板根をもつものが多い。落葉樹である。

木材は黄色、中庸の堅さで、一般大工用、ならびにキャビネット用のほか、玩具、絲巻き、ブラシの背、彫刻などにもつかわれる。

種子は微細で1 kg当り10,700,000粒、保存性は良く、密封したガラス瓶の中で少くも1年はもつ。播種箱にまくのが良い。(4-3-2, 育苗の項参照)播種後1年で現地植栽、成長はかなり早い。7年で周囲20 cm、樹高6 m。

29) *Agathis palmerstonii*

オーストラリアでNorthern Kauri pineと呼ばれ、クインズランドの海岸近く、南緯15°～19°の間に自生している。自生地の気象は、年降雨量1,270～2,030 mm、降雨量50 mm以下の月は4～6カ月(但し38 mm以下の月は1～2カ月)、平均年気温の巾は24°～26℃、最も寒い月の気温は14°～18℃と相当変化がある。また年の最高温度は40℃、最低温度は-3℃である。このような気象下で深い湿潤なローム質および乾燥した砂利の多い粘土質の尾根に *Flindersia brayleyana* (Maple silkwood, 有用材)とよく一緒に現われる。

この樹は *Araucaria cunninghamii* (別記参照)と同等の成長をするが、樹形はこれよりも良い。

材は合板用として優秀、その他多くの用途をもっている。

30) *Azadirachta indica*

インド、ビルマ、タイ、インドシナに自然分布し、年降雨量500～1,500 mmの密な乾燥林に現われる。自生地の土壌の種類は非常に変化がある。非常に適応性が高く、砂利のある乾燥土壌でも、密な粘土質土壌にも耐え得る。陽性の樹であるが、若い時はかなり強い日陰にも耐える。しかし最初の2年間、草類との成長競争には耐え得ない。萌芽は良好。

樹高 25 m より大きくならない中型の常緑樹である。

材は赤色，堅くて耐久性がある。農具，家屋などの骨組みや一般大工用に向く。薪炭材として良い。

種子は 1 kg 当り 4,000 粒，種子の寿命は短く，採種後 2 週間以内に播かなければならない。直播が最もよい方法で，よい結果が得られる。

また 1 年生の Stump (根株) 苗も好結果が得られる。苗の上部の葉をとらないで植えるとよい成績が得られない。成長は 5 年 (4 m) までは早く，その後は遅い (25 年で 10 m)。

31) *Dalbergia latifolia*

南部インドの海拔 0 ~ 1,500 m，年降雨量 1,000 ~ 1,500 mm，密な乾燥林中に自生している。

またジャワ島にも自生分布している。適潤で深い土壌を好むが，かなり貧弱な岩石のある土壌にもよく適応する。しかし排水の不良な土地には耐え得ない。6 カ月の乾燥に耐える。半陽性の樹木で高い樹冠に覆われることを好む。萌芽性はよい。

大型の樹で，樹高 45 m，直径 1.60 m に達する。

材は美しい暗赤紫色で，キャビネット用として高価で取引される。

よく整地された土地であれば，直播が良い結果を示している。また苗木植栽は 1 年生の苗または幹を半分切り落した苗，または Stump (根株) 苗を使うのが最もよい方法である。

32) *Dalbergia sissoo*

ヒマラヤの南，海拔 0 - 1,000 m の密な乾燥林や散樹草原に自生している。降雨量については常に適応性が広く，年降雨量 700 ~ 4,000 mm で育つ。また土壌についても適応性が広い。(但し排水不良の土地やあまり緊密な粘土土壌を除いて)。しかし中庸の降雨量で深く排水の良い土地で最良の成長をとげる。渓谷のほん流のある所の砂礫質の多孔質土壌を好む。

7 カ月 ~ 8 カ月つづく強い乾燥に耐える。

この樹は普通，中型の樹であるが，最良な環境下では樹高 30 m，周囲 180 cm に達し得る。

樹幹は通直なものはほとんどない。落葉樹である。

材は褐色で黒い縞がある。非常に堅くて耐久性も強い。構造材やキャビネット材として特にすぐれている。また色々の使途に利用される。

直播，苗木植栽，Stump (根株) 苗などの方法でかなりの規模で造林されてきた。陽性の樹で若い時には僅かな日陰にしか耐え得ない。よく萌芽する。

33) *Eucalyptus camaldulensis*

タスマニアを除いてオーストラリア全土，つまり温帯から熱帯にわたって，海拔 600 m までの処に自然分布している。年間雨量は 200 ~ 1,000 mm，年を通して平均して降雨のある地域にも，夏期多雨 (冬期乾燥) な地域にも自生しているが，冬季多雨 (夏期乾燥) な地域にも馴化適応性があるとされている。このため世界の各地に導入されている。土壌については湿潤な谷間や河川の岸などを好み，湿潤な湿地気味の地域でよく成長している。しかしかな

りの乾燥に耐え得る。この樹は現在ビルマの亜熱帯に近い地域で、地域住民の燃材供給を目的にその適樹として造林されている。オーストラリアの自然分布から見ても、典型的な熱帯気候下での造林には問題があるように思われる。

大型の樹で、材は強くて耐久性があり、一般構造物、杭、枕木、橋材に使われる。また良質な燃材である。パルプ材としても良い。

5～15年で結実する。種子は1kg当り330,000～660,000粒、数年間保存がきく。播種後6～10カ月で植栽する。成長は非常に早い。

(34) *Eucalyptus urophylla* (*E. decaisneana*)

インドネシアのチモール島、フローレス島ならびにその附近の諸島(南緯8°～10°)に自然分布している。自生地は夏季降雨型で、年間降雨量約1,000～1,500mm、乾期はひどくない。最も熱い月の平均最高気温29°、最も寒い月の平均最少温度8°～12°、低地から高い標高まで分布する。

樹高50mに達する大型の樹で、材は帯赤色、強くて耐久性がある。チモールでは、重構造物や橋の材料に使っている。

この樹は成長が早く、樹型は良好であり、有望造林樹種にあげられているが、まだ造林実績も少く、データにとぼしい。その中から一応は4～6カ月乾燥期のある気象が好ましいと判断されるが、或はより乾燥期の短い処がよい成育をするかも知れない。ソロモン群島(年降雨量2,400～3,500mmで、乾燥期なし)では初期には*E. deglupta*よりも早く成長するが、反面幹が細く、蔓(*merremia*)の害を受け易く、且つ樹冠が薄くて林内での雑草抑圧できないと報ぜられている。また、小規模の試植の結果による成長のデータとしては、パプアニューギニアで4年生、優勢木樹高11m、直径22cm、バリ島55年生、同15m、同17cm、東ジャワ島7年生27m、同22.8cmなどがある。

この樹種の自然分布はチモールで範囲の高抜高にわたっていることや、他の島にも分布しているので産地品種変化を示すと考えられている。この点についてはまだ試験などで、明らかにされていない。したがって、本樹種の造林に当っては、この点に留意することが必要といわれている。

病虫害についての情報はない。

(35) *Fagraea fragrans*

熱帯アジアを通じて低地、低山地、時に中庸の高さの山岳、1,500mの高さまで自生している。年降雨量は1,000～2,100mm、色々な土壌の密な乾燥林や時に散樹草原に現われる。半陽性の樹で、かなり排水のよくない土壌にも耐える。萌芽は良好である。

樹高最大30mになる中型の樹で、かなり樹冠をひろげる。

材は淡黄で真珠のような輝きがある。非常に堅くて、耐久性がある。高価なキャビネット用材であるが、時には耐久性が強いので外部用材としても使われる。

種子は1 kg当り500粒，かなり保存がきく（最大6カ月），直播はほとんど行われぬ。
軽い日陰のもとで播種，2カ月後に床替，12～15カ月で裸根で植栽する。雑草との競争にかなり強い。最初の2年間は年に1～2回刈払いを行う。植付の際は側陰があるとよい。成長は最初の10年間は早い。（10年生で樹高8～10 m）その後は成長が遅くなる。

36) *Maesopsis eminii*

リベリア，アイボリーユーストからコンゴ，ザイールに至る西アフリカ地域とこれにつづく東アフリカのウガンダ，タンザニア，ケニアの半湿性の森林に普通に見られる。

樹高は20～30 m，直径45～120 cm，西アフリカ地域のものは一般に小さい。樹幹は通直，円筒形で，板根はない。樹冠を拡げる。果実は深紫色の核果で，長さ2.5 cm位。

心材は黄緑色，軽いが堅い。光沢がある。大鼓，楽器，キャビネット，一般大工用，構造物などに利用されており，ヨーロッパに輸出されている。また現地では根皮は利尿剤，樹皮は瀉腸剤に利用している。

陽性の樹で成長は早い，寿命は短いといわれている。マラヤでの試植の結果は，北部モンスーン地帯に植えたものが成長可良で，その後の試植は北部モンスーン地帯で行っている。3年で樹高約1.2 m，5年で約15 m，若い時の成長は早いと報じている。また，多雨地帯にも試植されているが成長は良好で，多雨地帯の乾燥期2～4カ月地域がよく適するとも考えられる。また西アフリカでは，サバンナ草原に適する造林樹種であるとの報告がある。

種子は播種前に十分に水に浸すことが必要である。養苗は容易で，萌芽更新も可能である。種子は若い時期から生産される。

37) *Shorea robusta*

この樹は非常に気象条件の幅の広い範囲内で自生している。即ち年降雨量は1,000～6,600 mm 絶体最高日陰気温40℃，時に48℃，また最低気温-1℃～約7℃の地に自生している。

一般に北部ならびに中部インドの海拔1,500 mまでの平地や低い中型の山岳に生育し，年降雨量1,000～2,500 mm，密な乾燥林や散樹草原に見られる。時にはほとんど純林を作っている。これは火災で他の樹種が消失したためである。しかしこの樹は一般に他樹種との競争には弱いのであるが，火に対しての抵抗性が顕微なのである。またこの樹は深く，肥沃の土地で最良の成育をするが，あまりに早く乾燥（例えば，砂質，砂利質の河床のような）しない土壌であれば，貧弱な土壌でも適応出来る。また排水の悪い，通気性のかけた土壌を嫌う。

大型の樹種で，時に樹高40 m，周囲3.5 m以上におよぶことがある。樹幹は非常に通直，円筒形，こぶだらけの厚い樹皮は火に対し，よい防護となっている。

心材は暗褐色，耐久性がある。利用の主なものは，建築物の骨組み，ポスト，枕木などである。

造林は一般に直播が行われている。苗木の移植は良い結果が得られない。萌芽性は中年令までは良好である。成長は幼時は早く，4年で樹高5 m，6年で樹高6 m，その後はおそくな

り、30年で20 m、周囲70 cmとの報告がある。

(38) *Tectona grandis* チーク Teak

インド、ビルマ、タイ、ラオスの北緯10℃～25℃の間、ならびにインドネシア（ジャワ島が主）に自生している。低地ならびに低山岳樹種（海拔0～800 m）で、年降雨量1,000～2,000 mm、密な乾燥林に現われる。排水が良好であれば種々な土壌の処に生えている。

陽性の樹で若い時は僅かに側方からの日陰にだけ耐え得る。萌芽性もよい。

同じチークでも、二次的特性が異なるいくつかのレースに分けられる。葉の色、皮の色や構造、樹幹の通直度などの特性が異っており、その上これに応じて樹の生態的な要求も異っている。この差異は産地によるものである。

北部タイと北部ビルマのチークは緯幹が通直なことで知られているが、前者は特に形質がよい。インドとインドネシアのチークは一般にもっと大枝が多い。インドのニランプール(Nirambur)のチークは同国内で最も樹形がよいと考えられている。

北東部タイ(Lampang)のチークはほとんど純すいの石灰岩土壌に生育出来る。この樹はかなり著しい黄色調をもった美しい木理のある材をもっており、価格が高い。北西部タイ(Xiang Mai)のチークは緊密で重い土壌に耐える。またインドのチークは非常に貧弱なラテライト土壌に耐える。

また北部タイや北部ビルマのチークは、かなり高い湿分を要求し、乾燥期間60%以下の蒸気圧には耐え得ない。インドのチークは30%程度の低い蒸気圧を伴う、より長くより乾燥のひどい乾燥期に耐える。

チークは普通中型(樹高25～30 m、周囲3 m)の樹であるが、良い環境下では樹高50 m、周囲6 mという記録がある。落葉樹である。

心材は独得の金褐色で、暗褐色の縞がある。非常に耐久性が強く、温度、湿度による収縮度が特に小さく、乾、湿が交互にくるようなところ(特に船のデッキ)に用いられる材として、ほかのすべての木材にまさっている。また機械的性質は極めて強く、加工は一般に容易である。キャビネット、高級家具、建築では壁板、内装用、床板など高級装飾用、彫刻、テーブル板など高級品として世界的に広く用いられる。

造林は直播ならびにStump(根株)苗が行われている。ジャワ島のTumpang sari(ビルマのTaungya法)によるチーク造林は有名である。前記多雨な地帯でもよい成育が見られる。造林法については各国編インドネシアならびにビルマ、タイを参照。

(39) *Terminalia tomentosa*

熱帯アジアを通じ、低地や低い山に自生している。年降雨量700～3,000 mmの密な乾燥林や散樹草原に現われる。湿分の多い深くて重くて粘土質の土壌を好む。沼地のふちや、河川の岸によく見られる。時に乾燥した岩石の多い土壌の土地に見られるが、ここでは樹形がわるい。陽性の樹である。

樹高 40 m, 周囲 4 m 以上にもなることがある大型の樹木, 樹幹は通直, 円筒形の落葉樹である。

材はウォールナット色調の暗褐色で, より暗色の条がある。堅硬で機械的性質は良い。しかし特に耐求性が強いとはいえない。建物の骨組や内部工作に向く優良材であり, 家具やパネル用としても優秀である。

造林は直播か, 苗畑仕立ての苗木を使う。苗は播種後 1 年で山出しする。3 ~ 4 年の間は度々下刈する必要がある。成長はやや遅く 10 年で樹高 5 m 位になるとの報告がある。

(40) *Toona calantas*

この樹種はフィリピンを通じて, 種々の環境条件の土地に散生している。モラベ型森林 (モラベ *Vitex parviflora* が標兆する森林で, 土壌は石灰岩質で浅く, 水の保有性わるく, 気候は乾燥期を伴う) の小川に沿って, またラワン・ハガチャック型森林 (かなり乾燥期を伴う) 中の洪水のある平坦地や乾燥傾斜地, また降雨林にも分布している。

一般に大径木になり, 胸高直径 150 cm, 枝下高 15 ~ 20 m に達するが, 普通はもっと小さい。樹幹は通直, 円筒状である。

材は赤色 ~ 暗赤褐色, 強い芳香あり, また光沢がある。軽軟 ~ やや軽軟, 気乾比重 0.43 前後, キャビネット用材, 内部装飾用材, 高級シガーボックス, 家具, 指物などに利用される。

この樹は自然分布でもわかる通り, 色々の土壌条件や降雨条件によく適応するが, 最も適しているのは 4 ~ 6 カ月乾燥する気候下で, 海岸に近い砂質土壌の土地か, 土壌深く排水良好な低地である。

種子は小さくて翼がある。播種に際し前処理は不要, 1 週間で発芽する。播種床又は箱に播くが, 土は腐植土と砂と普通の庭土を等量に混ぜ, よく砕いて粉状にしたものを使うとよい。苗長 10 ~ 15 cm になった時, 列間 25 cm 巾に床替し, 苗高 40 cm で山出する。

湿潤で, 肥沃な土地での造林は, 一般センダン科樹木に見られる芽の穿孔虫害を受け易い。

(41) *Vitex parviflora*

この樹はフィリピンのほとんどの島を通じて, 二次林や比較的疎開した乾燥性の原始林に現われる。海岸丘陵地の隆起サンゴ石灰岩の上にある土壌にはモラベ型森林という特殊の森林が形成されるが, この樹は他の樹種と共にこのモラベ型森林を構成し, 主林木となっている場合が多い。モラベとはこの樹 (*Vitex parviflora*) の名称である。雨期, 乾燥期のはっきりした地に現われ, 砂漠状に近い場所にまで見られる。しかし降雨が年を通じてかなりの分布をしており, 相対湿度が乾燥期にはかなり低く, 雨期には高い地域で最も繁茂している。

樹高 25 ~ 30 m, 直径 100 ~ 150 cm に達する中型の樹で, 樹冠を広げる陽樹である。乾燥期の終りに部分的または全面的に葉を落す。

材はストロー色, 時に淡黄褐色, 非常に重く (気乾比重 0.938), 非常に堅い。比較的加工容易である。耐久性は高く, 接地しても使用に耐える。強度と耐久性を要求される用途に適

しており、高品質の構造用材、床材、家具用材、造船用材などとして用いられる。その他指物、挽物、彫刻、農器具などのほか、用途は広い。

種子は1リットル当り10,040粒、直播、苗木植栽とも行う。苗床では15cm間隔の列に1cmの間隔で播く、稀には散播することもある。0.5cmの覆土とする。種子は約10日で発芽する。苗は約25~50cmの高さで山出しする。間隔2×2m、植栽は雨期の初めに行わねばならない。

(42) *Vitex pinnata*

タイならびにインドシナの低地ならびに低山地に自然分布している。密な乾燥林や、時には散樹草原の排水良好で肥沃な土壌の上に現われる。半陽性の樹で、若い時はかなりの日陰にも耐える。

最高樹高30mに達する中型の落葉樹である。

材は淡褐色、堅くて耐久性が高い。美しい木目がある。種々の目的の構造材として良好、またキャビネット材にも向く。

種子は1kg当り10,000粒、保存性は良い。貯蔵前に果実のパルプを除去すれば、ジュート袋に入れて1年もつ。直播はほとんど行われない。日陰下の苗床で15cm間隔にすじまきし、床替をしない。播種後1年、Stump(根株)苗か、または裸根で植栽する。間隔3×3m、成長はやや遅い。5年で樹高3m、25年で8m。

(43) *Xylia dolabriformis*

熱帯アジアを通じて低地や低い山に自生し、年降雨量700~2,500mmの密な乾燥林や散樹草原に現われる。排水が良好であればひどく貧弱な土壌の土地でも耐える。陽樹である。

大型の樹で樹高40m、周囲4mに達することがよくある。樹幹はしばしば湾曲する。落葉樹である。

材は赤色をおびた褐色、堅くて耐久性強く、風雨に露出した場合でも耐久性を保ち、建物の骨組み、橋のバイリング、港における施設、道路の舗装用ブロック、建物の外部用材として良好なので、価格が高い。枕木としては世界で最良材の一つといわれている。

造林は直播が苗木植栽よりも遙かに望ましい。苗は移植に必ずしもよく耐え得ない。この樹種は非常に勢力旺盛で、成長が早く、普通4年で完全に雑草を排除するので、下刈は僅か2年すればよい。萌芽性は良好である。

4-1-3 乾燥期が6カ月~8カ月

この気象型は年の3分の1から2分の1に主に雨が降り、年降雨量700mm以上ある乾燥モンソン気候の型である。絶対最大気温は49℃の高さにあがり、絶対最低気温は-1℃にさがることがある。

このような気象下では樹木は散生樹林、散樹草原の型で成育しており、その多くの樹種は経済価値がない。

このような気象型の地域での造林樹種は次の樹種があげられる。

Acacia auriculiformis, *Acacia catechu*, *Cassia siamea*, *Pterocarpus pedatus*

(44) *Acacia auriculiformis*

樹高 17 m, 直径 60 cm になる小型の常緑樹でオーストラリアの北海岸の木曜島のほかいくつかの島が自生地である。年降雨量 1,520~1,780 mm, 50 mm 以下の月が 6 カ月, そのうち 5 カ月は 25 mm 以下といわれている。年平均気温は 27°~30 °C, 月平均気温の間に約 6 °C の較差があるようである。

この樹種は熱帯低地の貧弱な土壌で非常に成長が早い樹種であるため, 注目されている。

インドネシアでは貧弱なラテライト土壌の上で, 5 年で樹高 14 m, マレーシア連邦では 4 年後 9 m, ザンジバルでは 5 年で 10~12 m の記録がある。

樹形はよくない。用途は薪炭材, パルプ材くらいにしかない。しかし不毛の傾斜地の土壌安定のために適した樹種である。下草を速かに枯らして, 有用なしきわらをつくる。熱帯アフリカの東海岸では, 現在不毛の砂質の土壌の地に植栽されており, 造林地のあるすべての地区に燃材を供給出来ると報ぜられている。

この樹種は直播, 苗木植栽とも可能である。萌芽更新も出来るが, 非常に良好とはいえない。なおもっと乾燥期の短いところでも良好な成育が期待出来る。

(45) *Acacia catechu*

この樹は一年の大きな部分が乾燥する砂利の多い砂質の沖積河床に見られる。また, より高い土地の乾燥森林に生育している。排水の良い砂質土壌で最良の生育をする。しかし, 土壌があまりにコンパクトで, 排水が貧弱でないならば, その他の多くの土壌のところでも生育するであろう。

自生地の年降雨量は, 500 mm から 2,150 mm をこすまでの広い巾を持ち, 7 カ月~8 カ月の乾燥期のある処である。気温の限界は -1 °C~49 °C, 普通は *Dalbergia sissoo* (この樹木は前述の気象型の適樹種) と共に現われる。

この樹は小形の有用な材を提供し, 燃料やタンニン原料としても利用される。

移植は困難で, 普通は直播で造林する。成長は比較的速い。

(46) *Cassia siamea*

この樹はインド南部マドラス, ビルマ, セイロンの乾燥モンスン地域の海拔 0~800 m のところに自生している。ここでの年間降雨量は, 1,000~2,000 mm, 主に 11 月と 12 月に雨が降り, 6 カ月は乾燥する。しかしこの樹は年降雨量 500 mm という低い降雨量にも順応すると共に, より湿潤な地域でもよく育つことが示されている。

適潤で排水良好な土壌のところでも最も良く成育する。しかし排水(この樹は排水のよいことが絶対である。)の点をのぞけば, その他の条件については耐える性質が強い。

この樹は中型の樹木で樹高 20 m, 胸高周囲 1 m に達するものはまれである。優良なキャビネット用材であるが, 心材は非常に小さい。

この樹はポールや燃材を供給する目的で、極めて広く熱帯地域に造林（直播，苗木植栽）してきた。また，この樹の材はシロアリに対して強い抵抗性のあることが知られている。

(47) *Pterocarpus pedatus*

インドシナおよびタイの低地から 1,000 m までの乾燥密林や散樹草原（6 月～7 月の乾燥期のある）に生育している陽性の樹である。

この樹は色々の土壌の土地の上に見られ，特にラテライト土壌の土地に見られる。

かなり大きな樹で，樹高 30 m，周囲 150 cm に達する。半落葉性の樹種である。

心材は非常に耐久力のある材で，材色はバラ，または赤色調（インドシナ・ローズウッドと呼ばれている）で，キャビネット用に高い価格で取引きされている。その他には，気象的に悪い条件に露されるような部分（構造材の）に使われる。

造林は一般に直播が行なわれる。しかし，1 年生の Stump（根株）苗がインドでは良い結果を得ている。

4-1-4 乾燥期が 8 月またはそれ以上

年降雨量 700 mm 以下，年の 4 分の 1 以下に降雨があるという気象条件は，散樹草原や暑い砂漠の外縁を成立させる。温度変化は非常に大きく，絶対最高気温 52℃，最低気温 -4℃までの巾がある。樹木は有刺灌木と低木である。年降雨量 76～250 mm という寡雨な地域で見られる樹木は定期的な大水とか，長い根を下して地下水をとるとかによってのみ生き残っているのであって，このような降雨条件に適していると考えるのは誤である。何等かの湿分補充を受けない限り生きてはいけない。このような気象条件下で有用造林樹種としては，*Acacia arabica*，*Prosopis juliflora* があげられる。

(48) *Acacia arabica*

アフリカ，アラビア，インドに自然分布している。インドの自生地の気象は，年降雨量 75～1,270 mm，5 月～6 月から 9 月までの間に集中して降雨がある。しかし，500 mm 以下の降雨量のところでは，浸水することのある河岸地帯で，よく生育している。絶対最高温度は 50℃，最低気温は -1℃である。この樹種は常時湿分のある，または周期的に浸水する河川沖積土や black cotton soil に現われ，このような地域を特徴づけている。そしてまた，灌水造林は非常に成功している。また比較的塩基性土壌にも成育する。

中型の常緑樹，心材はピンクで，後に褐色になる。堅くて，耐久性がある。二輪馬車，建築，家具などに利用される。辺材は白くて大きな部分を占める。燃材として優秀，ビルマ，インド，パキスタンの乾燥地域の造林に最も重要な樹木の一つである。

種子は 1 kg 当り 6,600～11,000 粒，乾燥した状態で貯蔵すると 1 年以上もつ。播種前に種子を 48 時間暑い湯につけ，24 時間冷水につける。移植を嫌うので直播がよい。成長は非常に早く，1 年で 2 m，3 年で 4 m，4 年で樹高 5 m，周囲 25 cm になる。

(49) *Prosopis juliflora*

南北アメリカの熱帯および亜熱帯の西よりの地域（アルゼンチン～テキサス）に自然分布し、自生地は年降雨量 250～630 mm，常緑樹である。種々な土壌の上で育ち，貧弱な土壌，乾燥土壌，砂利の多い土壌，移動する砂地にも生育する。このため乾燥地の造林や，移動する砂地を安定さすために広く使われている。

小型～中型の樹で，非常に長い主根をもち極めて乾燥に耐える性質をもっている。植栽後 2～4 年で果実をつける。材は燃料によく，実はやわらかい。

種子は 1 kg 当り 30,000 粒，乾燥した場所に貯蔵すると 2 年はもつ。種子は前処理がおすすめられる。種子を水に入れ，加熱沸騰後，冷水に 1 日浸す。直播，苗木造林いずれも可。

4-2 熱帯高地と適樹種

熱帯の高地では，緯度，海拔高，方位などにより多くの異った気象が生じる。信頼すべき気象のデータは乏しく，山の降雨はわずか数マイル離れたところでも非常に異なるので，一般化することは危険である。また多くの場合，年のある時期には雲や薄い霧がかかっているのが普通で，前記のような降雨量で表示した湿分ではそこに湿分ではそこに生育している樹木の湿分の要求を誤りなく示すとはいえない。このような理由から海拔高や降雨量で，熱帯高地の気象を分けるのは困難であるので，各樹種をその生育地域という形で述べることにする。

ここで述べる高地向き有用樹は，*Acacia mollissima*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Araucaria cunninghamii*, *Araucaria hunsteinii*, *Eucalyptus citriodora*, *E. globulus*, *E. microcorys*, *E. pilularis*, *E. robusta*, *E. saligna*, *Pinus khasya*, *Pinus patula*.

(50) *Acacia mollissima*

オーストラリアのクインズランドとニューサウスウェールズに自然分布している。自生地は平坦な土地や低海拔高や中庸の海拔高の山の地区で，年降雨量 700～1,500 mm のところに現われる。この樹はアジアでは，インドで見られるように，降雨量の低い最も貧弱な土壌にもよく適応する。しかしセイロンでは年降雨量 2,500 mm，泥炭様の土壌で非常によく生育している。この 2 つの国では最も良好な標高は，1,200～1,800 m である。インドネシアのジャワ島でも植栽されているが，海拔 1,200 m 以上で良い成績を示している。

樹高はやっと 15 m になる小型の常緑樹である。樹皮から良質のタンニンがとれるので，これを目的に造林されている。材は構造材には不向であるが，燃材として良い。

種子は 1 kg 当り 80,000 粒，保存性は良い。堅くて湿気を通さない外皮があるので，遮蔽された場所で袋に入れて数年間保存がきく。移植を嫌うので，直播が唯一の造林法である。ha 当り 6 kg の割合で等高線上に間隔 2.5 m の列を作って播く。播種の前に湯 20 リットルに種子 5 kg の割合で熱湯に入れ，12 時間放置する。

(51) *Acrocarpus fraxinifolius*

南印度，アッサム，東ヒマラヤ，ビルマの海拔高中庸の地で，多雨地帯にある混交常緑樹林中に散生している。

樹高は 60 m, 直径 2.4~3.0 (板根上) に及ぶ巨木である。花期には大量の小さな花をつけ樹全体が緋の火炎になる。観賞木として植えられている。

材は暗褐色で黒い条がある。かなり堅くて強い。家具, 一般構造物, 張り板用, 屋根ふき板などに利用される。

この樹は寒いが, 霜のふらない熱帯高地が最も適している。インドでは年降雨量 1,800 mm 以上の地域で, コーヒー園の庇陰樹として使われているほか, アフリカで試験的に造林されている。若い内は非常に早い成長をする上, 樹幹型良好といわれている。

種子は gr 当り 13~32 個, 種子からの養苗は容易である。

52) *Araucaria cunninghamii*

ニューギニア自然分布し, 主要な分布地域は海拔 600~1,500 m, 年降雨量 1,270~1,780 mm, かなり湿潤な地域に自然分布している。深く肥沃なローム質土壌の上で, 最高の生育を示している。この樹種はまたオーストラリアのクインズランドとニューサウスウェルスにも自然分布し, ここでは海拔 900 m 以下である。ニューギニアの自生地と同じ降雨(年間を通じてよく分布し, 而も南半球の夏に多量の降雨がある)がある地でよく生育している。

樹高 46 m, 直径 1.6 m に達し, 枝下高は 25 m といわれている。種子は両端に翼をもつ。

材は桃色~紫色をおびた灰白色, 気乾比重 0.51, 建築用特に内部造作用, 家具, パッキング用, 合板に使われている。またパルプにも向く。

種子は冷温(10℃)で貯蔵すると長持ちする。苗床は軽砂土壌がよい。播種密度は㎡当り 85~130 本の床替苗が得られるようにする。播種後 4 カ月に間引きをして 130 本残し, 9 カ月(苗長 15~23 cm)に床替する。苗長 40 cm 位で山出しし, 植栽間隔は 3×2.5 m, または, 2.8×2.5 m, 成長は早い。造林法については, 各国編, パプアニューギニア参照。

53) *Araucaria hunsteinii*

ニューギニアの山岳地帯の傾斜地に前記の *Araucaria Cunninghamii* と混交して現われる。また, この樹種は *A. cunninghamii* よりももっと高所(海拔 2,500 m)まで自生している。

樹高は 46 - 85 m, 枝下 43 m にも及ぶ巨木で直径は 2 m にもなるといわれる。樹幹は通直, 円筒形で, 高い比率で上級合板用丸太がとれる。

木材は前記 *A. cunninghamii* と外観, 性質も相似しているが, やや軽く(気乾比重 0.45 前後), 強度も劣る。用途はほぼ同じである。

育苗法は *A. cunninghamii* にほぼ準ずる。成長は初めは *A. cunninghamii* に劣るが, 壮年期からはこれを上廻るとされている。造林法は, 各国編, パプアニューギニア参照。

54) *Eucalyptus citriodora*

オーストラリアのクインズランドに自然分布している。自生地は南緯 15~20°, 海拔 0~600 m, 年降雨量 600~1,000 mm(年間分布良い), 色々な土壌の上にある。アジアの多くの国々で試植されたが, 海拔 500~1,200 m, 年降雨量 1,000~1,500 mm で, 短い乾燥期のある地

域を除き貧弱な結果に終わっている。

樹高 40 m, 周囲 1.2 m に達する樹で, 葉は強いレモデのにおいがある。

材の色は淡く, 耐久性, 弾性があるが, 裂けたり, 割れ易い。構造用材, 柱材に利用される。

種子は 1 kg 当り 90,000 粒, 保存性良好 (密封したコンテナに入れて 1 年), 苗畑での苗木養成はやや難しい。苗床は肥沃で, 細かい土でなければならないし, 回数多く散水する必要がある。床替は注意しないとロスの比率が高い。播種後 7 カ月で土をつけて植栽する。成長は早い, 3 年で樹高 6.5 m, 周囲 18 cm になる。

55) *Eucalyptus globulus*

オーストラリアのビクトリア並びにタスマニア島の南部, 温帯地域に自然分布している。自生地の年降雨量は 500~1,500 mm, (年を通じて分布がよい)。海拔 0~500 m。世界各地で広く植林されており, 熱帯アジアでは数多くの造林地があるが, 最良の成績は海拔 1,200~1,500 m の地で見られる。この樹種は霧が続くような高地や, 暑くて乾燥する低地には適さない。

樹高 65 m に達する大型の樹で, 若い樹の葉は, 香りのあるオイルを含んでいる。

材は耐久性があるが, 裂けたり, 割れ易い。このため構造材としては不向で, 柱や燃材に使われる。

種子は 1 kg 当り 350,000 粒, 保存性は前者と同じ。直播, 苗木植栽とも行なわれる。後者の場合播種後 1 カ月で床替し, 5 カ月で山出しする。一般には 15 年ローテーションの萌芽林経営が行われている。適地では極めて成長が早い。

56) *Eucalyptus microcorys*

オーストラリアのニューサウスウェールズやクィンズランドの海岸地域に自然分布している。年降雨量 1,200 mm, 乾燥月の最低は 40 mm, 海拔 0~900 m の密な湿潤林に現われる。陽性の樹であるが, ある程度の日陰に耐える。色々な土壌に適応する。インドやセイロンでは海拔 1,200 m で少なくとも年降雨量 1,500 mm の地で, 良い結果が保られている。

樹高 30~45 m, 周囲 4 m 以上になる高木である。材は淡色で堅い。ユーカリの種数の中では構造用材として最もよいものの 1 つである。また枕木にも利用できる。

種子微細・保存性は前者と同じ。種子は軽い日陰のもとで撒播する。1 カ月後に床替, 7 カ月後 (苗長 30 cm) に土をつけて植栽する。成長は早い。

57) *Eucalyptus pilularis*

オーストラリアのニューサウスウェールズおよびクィンズランドの海岸地区 (暖帯地域) に自然分布している。年降雨量 1,000~1,200 mm (年を通じて分布のよい), 色々な土壌の上に現われる。インドやセイロンでは, 海拔 1,200~1,800 m, 年降雨量 1,200 mm 以上, 中庸の高さの山岳でのみで良い成育をとげる。陽性の樹であるが, 非常に適応性もある。

樹高 60 m, 直径 2 m にもなりユーカリ類の中で最も大きいものの 1 つである。

材は淡色で堅い。耐久性があり構造材として良好、骨組み、造船、柱、枕木などに利用する。

種子の保存性は前者と同じ。撒播して薄く灰をかぶせる。播種1カ月後に床替し、7カ月で山出しする。成長は早い。

(58) *Eucalyptus robusta*

オーストラリアのシドニーの南や、クインズランドの南部（暖帯地域）に自然分布している。自生地は海拔0～1,200 m、年降雨量1,000～1,500 mm（年を通じて平均して降雨がある）で、どちらかといえば湿地や湿潤な低地を好んで現われる。熱帯アジア諸国に導入された時、自生地の気象と非常に異なる気象に耐え、適応性が非常に強いことを示した。しかし、最適な条件は海拔1,000～1,500 m、年降雨量1,500 mm以上、湿潤な重土壌の土地のようである。陽性の樹。

樹高30 mになる中型の樹である。材は赤褐色で輝きがある。耐久性があるが裂け易い。このため構造材にはあまり向かない。重構造や柱に利用出来る。パルプに適する。

種子は1 kg当り120,000粒、保存性は前者と同じ。養苗法は前者とほぼ同じ。

(59) *Eucalyptus saligna*

オーストラリアのシドニーの南の海岸地区（暖帯地域）とクインズランドの北部に自然分布している。自生地は海拔0～1,200 m、年降雨量1,000～1,500 mm（年を通じて平均して降雨がある）で、乾燥した貧弱な砂質土壌のほかは、色々な土壌の上に見られる。熱帯アジアでは、海拔1,000～1,500 m、年降雨量1,500 mm以上の色々な土壌（但し水はけの良い）でよい結果が得られる。

樹高55 m、直径1.5 mになる大型の樹である。材は赤色で堅い。構造材として良好、オーストラリアでは家屋、箱、床板など色々な用途を持っている。但し、アジアの造林木は成長があまりにも早いので材質は遙かに劣る。パルプ適材である。

種子は撒播1カ月後に床替し、5カ月後に山出しし、根に土をつけて植える。成長は非常に早い。

(60) *Pinus khasya* (= *P. insularis*, *P. kesiya*)

広く印度ならびに東南アジア大陸部に自然分布するほか、一部島嶼部（フィリピンのルソン島）に自生している。

大陸部では海拔800～2,000 m、年降雨量1,000～2,000 mm、花崗岩や片麻岩、砂岩より成る土壌の土地で、広葉樹との競争の起る見込みのないところに自生している。陽性の樹で、他の樹種との競争には耐え得ない。またルソン島では北緯15°30′から18°15′にわたり、海拔760～2,100 mに自然分布している。ここでの平均気温は約18℃、最高平均気温は27℃、最低平均は9℃で、年降雨量は4,570 mm、12月～1月から3月～4月まで乾燥期になる。優良な成育は海拔約900～1,500 m、年降雨量1,780 mmのところに見られる。自生地は一般に土壌

は貧弱で、浅くて岩がない。しかし排水可良であるならば、堅いローム質土壤や粗い砂利を含んだ粘土でも生育する。ミンダナオ島の低地によい成育の造林木が見られる。大型の樹であるが、メルクシイマツほど成育しない。三葉松。

材は普通の構造材で、耐久性がないので、屋内の骨組みに使われる。パルプに適し、また良質のマツヤニを生産する。（但しメルクシイマツより生産量は低い）

種子は1 kg当り40,000粒、保存性はよい。ジュート袋に入れて1年密封したコンテナーに入れると数年間もつ。直播は成果まちまちである。苗床では筋播きにする。ミコリザは苗令1カ月の時から必要であるといわれている。播種後10カ月で植栽する。最初の2-3年間はしばしば下刈が必要である。

61) *Pinus patula*

中米の北緯19°~21°の限られた地域に自然分布している。海拔1,800~2,500 m、年降雨量1,020~1,520 mm、しばしば薄い霧のかかるところに密な純林をなす。色々な土壤に適應できるが、深くて水はけがよく、湿潤なローム質土壤の上で、溪谷や平坦地に良い成育をとげている。陽性の樹であるが、ある程度の日陰には耐え得る。乾燥や火にはやや敏感である。

樹高30 mになり、他のマツ類とくらべて、樹冠を広くはる、大きな節を作る傾向がある。

材は良質の構造材で、骨組み、一般大工用に使われる。パルプにも向く。

種子は1 kg当り50,000粒、乾燥した冷所におくとよく保存がきく。直播は殆んど行なわない。やや日陰の下で、間隔4×4 cmで播く。3カ月後に床替、土壤が十分に肥えていればミコリザに関してはきびしくないようである。播種後12-15カ月で山出しする。土つき苗を植えることが望ましい。沢山の節を作るので枝打ちが必要（5年~10年間）成長は5年まで普通、5~20年までは早い。（15年で樹高23 m）。

引用文献

- 1) A. B. Mitchell: Possibilities for Forest Plantations. Malayan Forester Vol. 26, No. 4, 1963.
- 2) E. B. Smythies: Common Sarawak Trees. Borneo Literature Bureau, 1965.
- 3) E. A. Longan & V. Balodis: Pulping and Papermaking Characteristics of Plantation -- Grown Acacia mangium from Sabah. The Malaysian Forester Vol. 45, No. 2, 1982.
- 4) FAO: Eucalyptus for planting -- FAO Forestry Series No. 11, 1979.
- 5) FAO: Tree Planting Practices in African Savannas, 1974.
- 6) H. I. Burkill: A Dictionary of the Economic Products of the Malay Peninsula, 1966.
- 7) J. H. Weidelt : Manual of Reforestation and Erosion Control for the Philippines. German Agency for Technical Cooperation, 1975.
- 8) Klaus-Günther Dahms: Afrikanische Exporthölzer, 1968.
- 9) Meizer Willem: Field Guide for Tree of West Malaysia, 1974.
- 10) National Academy of Sciences: Firewood Crops-Shrub and Tree Species for Energy Production.
- 11) National Academy of Sciences: Tropical Legumes-Resources for the Future, 1979.
- 12) P. von Royen: Manual of the Forest Trees of Papua and New Guinea, Part 1-Combretaceae. Department of Forest, Administration of Papua and New Guinea, Port Moresby, 1964.