東南アジアの熱帯多雨林世界

山田勇著

東南アジア研究叢書 24

目　　次

序　章 ……3
第1章　低湿地の植生景観 ……13
　第1節　マングローブ ……13
　　1　まえがき ……13
　　2　マングローブの分布 ……15
　　3　帯状構造を決定する要因 ……26
　　4　現　存　量 ……35
　　5　マングローブ植物の形態 ……37
　　6　マングローブの利用 ……41
　　7　マングローブ研究の方向 ……46
　第2節　淡水湿地林 ……49
　　1　分布と環境 ……50
　　2　マレー半島南部の淡水湿地林 ……51
　　3　東南アジア各地の淡水湿地林 ……69
　　4　森林開発の現状 ……78
　第3節　泥炭湿地林 ……80
　　1　分布と環境 ……81
　　2　サラワク・ブルネイの泥炭湿地林 ……83
　　3　東南アジア各地の泥炭湿地林 ……101
　　4　森林開発の現状と問題点 ……106
第2章　ブルネイの熱帯多雨林 ……109
　第1節　ブルネイの森林型 ……110
　　1　はじめに ……110

2 *Agathis* 林 ……112
3 Alan batu 林 ……120
4 Alan bunga 林 ……126
5 Alan 林 ……131
6 Padang alan 林 ……136
7 Alan padang 林 ……141
8 Ulat bulu 林 ……145
9 Mixed Peat Swamp (1) 林 ……149
10 Mixed Peat Swamp (2) 林 ……154
11 Mixed Dipterocarp 林 ……160
12 Kapor paya 林 ……170
13 ま と め ……174
第2節 天然林主要樹種の開花結実習性 ……176
1 はじめに ……176
2 調査方法と調査地 ……177
3 森林型による植物季節 ……178
4 植物季節についての考察 ……193
第3節 天然林主要樹種の生長様式 ……210
1 調査方法と調査地 ……210
2 主要樹種の生長様式 ……210
3 植物季節と生長様式 ……229
第3章 パングランゴ山地林の生態 ……237
第1節 パングランゴ山の位置づけ ……237
1 はじめに ……237
2 調査地の概況 ……239
3 パングランゴ山地の森林 ……247
第2節 樹種組成と階層構造の高度変化 ……251

1　調 査 方 法 ……251
2　樹種組成の高度変化 ……253
3　階層構造と高度 ……265
4　ま　と　め ……282
第3節　落葉落枝などの季節変化 ……286
1　調 査 方 法 ……286
2　1年間の落葉落枝などの総量 ……287
3　落葉落枝などの季節変化 ……289
4　樹種ごとにみた落葉量の季節変化 ……294
5　落葉の季節性と伸長型 ……298
第4節　パングランゴ山地における森林の炭素循環 ……302
1　現存量の推定 ……302
2　生長量と純生産量 ……309
3　A_0層の有機物の集積 ……311
4　土壌呼吸量 ……312
5　まとめ——炭素循環を中心として ……313
第4章　熱帯多雨林の遺伝資源保全 ……317
第1節　熱帯多雨林の問題点 ……317
1　人為的要因 ……318
2　自然的要因 ……321
3　生物学的要因 ……323
4　これからの方向性 ……324
第2節　遺伝資源保全への動き ……326
1　地球規模の動き ……326
2　東南アジアにおける地域的な動き ……332
第3節　現 地 保 全 ……335
1　現地保全の困難性 ……335

2 必要面積と個体数 ……337
3 厳正保護区 ……339
第4節 現地外保全 ……342
1 現地外保全の視点 ……342
2 現地外保全の方法 ……344
3 基礎研究の方向 ……346
第5節 現地外保全の事例 ……349
1 *Eucalyptus deglupta* ……349
2 *Pinus kesiya* と *Pinus merkusii* ……351
3 中央アメリカ産のマツ ……356
第6節 今後の展望 ……358
付表・付図 ……365
熱帯多雨林景観（写真） ……384
あ と が き ……397
引 用 文 献 ……403
索 引 ……421

図 表 一 覧

図序-1　マレーシア地域の極相植生型 ……8

図1-1　1000万年前のインド洋とテチス海 ……18

図1-2　アフリカから太平洋にかけてのマングローブの分布 ……21

図1-3　マレーシアの9種類の遷移関係 ……24

図1-4　マレーシアにみられるマングローブの帯状構造 ……33

図1-5　南スマトラの *Rhizophora apiculata*（樹高 25.5 m，胸高直径 29 cm）の支柱根 ……38

図1-6　マングローブの胎生種の実生 ……40

図1-7　南ジョホール・Sedili Besar 川筋の植生の変化 ……52

図1-8　*Garcinia? rostrata* の支柱根，λ 型根および直立根のかたまり ……63

図1-9　*Xylopia fusca* のループ型呼吸根と皮目 ……64

図1-10　マングローブから淡水湿地林，泥炭湿地林，低地フタバガキ林への推移 ……72

図1-11　南スマトラ・バニュアシンの淡水湿地林の樹冠投影図 ……77

図1-12　マレー半島，ボルネオ，スマトラにおける泥炭湿地の分布 ……81

図1-13　サラワクの泥炭湿地林の分布 ……83

図1-14　サラワクの Beluru 森林保護区内の森林型（サラワク森林局による区分）と Ulat Bulu による食害跡地 ……100

図2-1　永久プロット設定位置図 ……111

図2-2　*Agathis* 林の樹冠投影図 ……116

図2-3　*Agathis* 林の階層構造図 ……117

図2-4　Alan batu 林の樹冠投影図 ……122

図2-5　Alan batu 林の階層構造図 ……123

図2-6　Alan bunga 林の樹冠投影図 ……128

図 2 - 7　Alan bunga 林の階層構造図 ……129
図 2 - 8　Alan 林の樹冠投影図 ……133
図 2 - 9　Alan 林の階層構造図 ……134
図 2 -10　Padang alan 林の樹冠投影図 ……138
図 2 -11　Padang alan 林の階層構造図 ……139
図 2 -12　Alan padang 林の樹冠投影図 ……142
図 2 -13　Alan padang 林の階層構造図 ……143
図 2 -14　Ulat bulu 林の樹冠投影図 ……146
図 2 -15　Ulat bulu 林の階層構造図 ……147
図 2 -16　Mixed Peat Swamp (1) 林の樹冠投影図 ……150
図 2 -17　Mixed Peat Swamp (1) 林の階層構造図 ……151
図 2 -18　Mixed Peat Swamp (2) 林の樹冠投影図 ……156
図 2 -19　Mixed Peat Swamp (2) 林の階層構造図 ……157
図 2 -20　Mixed Dipterocarp 林の樹冠投影図 ……161
図 2 -21　Mixed Dipterocarp 林の階層構造図 ……162
図 2 -22　Kapor paya 林の樹冠投影図 ……171
図 2 -23　Kapor paya 林の階層構造図 ……172
図 2 -24　Arboretum Andulau における 1 回開花個体の樹高クラス別分布 ……179
図 2 -25　Arboretum Andulau における開花期と結実期の関係 ……180
図 2 -26　Andulau 保護林第 7 区における樹木の植物季節 ……184
図 2 -27　Andulau 保護林第 7 区における樹木の開花期と結実期の関係 ……185
図 2 -28　*Agathis* 林の *Agathis* の直径階ごとの植物季節 ……187
図 2 -29　*Agathis* プロットの Resak durian の樹高クラス別植物季節 ……188
図 2 -30　Alan bunga 林の樹木の植物季節 ……192
図 2 -31　1984 年 1 月から 1986 年 4 月までのスンガイリアンにおける雨量 ……194
図 2 -32　Arboretum Andulau における Meranti sarang punai の直径生長と植物季節の関係 ……211

図 2 -33 Arboretum Andulau における Meranti kawang tikus の直径生長と植物季節の関係 ……212
図 2 -34 Arboretum Andulau における Kapor bukit, Sepetir の直径生長と植物季節の関係 ……213
図 2 -35 Arboretum Andulau における非フタバガキ科樹種の直径生長と植物季節の関係 ……214
図 2 -36 Andulau 保護林第 7 区におけるフタバガキ科樹種の直径生長と植物季節の関係 ……216
図 2 -37 Andulau 保護林第 7 区における非フタバガキ科樹種の直径生長と植物季節の関係 ……218
図 2 -38 *Agathis* 林における *Agathis* の直径生長 ……225
図 2 -39 *Agathis* 林における *Agathis* 以外の樹種の直径生長 ……226
図 2 -40 Alan bunga 林における Alan の直径生長と植物季節の関係 ……227
図 2 -41 Alan bunga 林における Alan 以外の樹種の直径生長 ……228
図 3 - 1 Walter の方法によるインドネシア各地の温雨図 ……242
図 3 - 2 調査地の概念図 ……248
図 3 - 3 西ジャワ各地の温雨図 ……249
図 3 - 4 主要樹種の垂直分布 ……255
図 3 - 5 胸高断面積合計の高度別変化：(a) プロット別，(b) 樹種別 ……262
図 3 - 6 種数 - 面積曲線 ……264
図 3 - 7 (1) プロット 1 の樹冠投影図（個体番号 1 ～247) ……267
図 3 - 7 (2) プロット 1 の樹冠投影図（個体番号 248～432) ……268
図 3 - 8 プロット 1 の樹冠深度図 ……270
図 3 - 9 プロット 1 の全樹種の樹冠投影面積の階層内の垂直分布 ……272
図 3 -10 プロット 1 の代表種の樹冠投影面積の階層内の垂直分布 ……276
図 3 -11 階層の高度変化 ……278
図 3 -12 階層構造と垂直分布からみた樹種の分布 ……279

図３-13　代表的な樹種の階層構造と垂直分布からみた分布図 ……281
図３-14　パングランゴ山の階層構造からみた森林の垂直分布帯模式図 ……283
図３-15　落葉落枝量の季節変化 ……290
図３-16　変動係数の動き：(a) 全量，(b) 花と果実 ……291
図３-17　パチェット測候所における 1969～1970 年の月別雨量変化 ……293
図３-18　落葉の季節型 ……295
図３-19　落葉型を示す樹種の落葉量累積図 ……297
図３-20　プロット１のD-H関係 ……303
図３-21　D^2H-V関係 ……306
図３-22　胸高直径と生枝下高直径の関係 ……308
図３-23　胸高直径とクローネ内幹部分長との関係 ……308
図３-24　胸高直径と生長量の関係 ……310
図３-25　プロット１の循環図 ……314
付図（１～５）　パングランゴ山１haプロットにおける樹種ごとのリター量の季節変化 ……379

表１-１　世界のマングローブの属ごとの種類の分布（数地域に重複するものあり） ……21
表１-２　マングローブを代表する 50 種の分布 ……22
表１-３　東南アジアを中心に分布するマングローブ主要群集の類型とその生育地の特徴 ……25
表１-４　マングローブの 13 群集のインドから太平洋にかけての分布 ……26
表１-５　Watson と de Haan，Macnae のマングローブ区分の比較 ……28
表１-６　マレー半島におけるマングローブ樹種の浸水クラスと生育条件 ……30
表１-７　各地のマングローブの胸高断面積合計と立木密度 ……34
表１-８　各地のマングローブと熱帯林の現存量 ……36
表１-９　マングローブの利用 ……42

表1-10 マレーシア地区のマングローブ樹種の比重を基準とした燃材の評価 ……44
表1-11 マングローブ樹種の乾燥樹皮内のタンニン含有率 ……44
表1-12 マングローブ樹種の樹皮の割合 ……46
表1-13 南ジョホール・Sedili 地区の科ごとの全出現種数と淡水湿地林での出現種数 ……54
表1-14 南ジョホール・Sedili 地区の淡水湿地林の上層種 ……58
表1-15 淡水湿地林の種に見られる板根（B），支柱根（SR）ならびに呼吸根（P） ……61
表1-16 南スマトラ・バニュアシンの淡水湿地林の胸高直径 10 cm 以上の種組成 ……76
表1-17 南スマトラ・バニュアシンの淡水湿地林の胸高直径 2 cm 以上 10 cm までの種組成 ……77
表1-18 サラワク・ブルネイの泥炭湿地林の主要な科とその属・種数ならびに生活型別数値 ……88
表1-19 サラワク・ブルネイの泥炭湿地林の階層別主要構成種 ……90
表1-20 サラワク・ブルネイの泥炭湿地林の着性植物とつる植物 ……94
表1-21 サラワク・ブルネイの泥炭湿地林のシダ類 ……97
表1-22 カリマンタンとスマトラの泥炭湿地林の比較 ……105
表1-23 サラワクの森林分布の現況 ……106
表2-1 *Agathis* 林の樹種組成 ……118
表2-2 Alan batu 林の樹種組成 ……124
表2-3 Alan bunga 林の樹種組成 ……130
表2-4 Alan 林の樹種組成 ……135
表2-5 Padang alan 林の樹種組成 ……140
表2-6 Alan padang 林の樹種組成 ……144
表2-7 Ulat bulu 林の樹種組成 ……148
表2-8 Mixed Peat Swamp (1) 林の樹種組成 ……152

表 2 - 9　Mixed Peat Swamp (2) 林の樹種組成 ……158
表 2 -10　Mixed Dipterocarp 林の樹種組成 ……163
表 2 -11　Kapor paya 林の樹種組成 ……173
表 2 -12　調査プロットの代表値のまとめ ……175
表 3 - 1　パングランゴ山山頂の気象 ……250
表 3 - 2　調査プロットの概要 ……252
表 3 - 3　van Steenis の方法による樹種の分布域の高度別種数 ……256
表 3 - 4　全出現樹種のプロット別相対優占度 ……258
表 3 - 5　プロット 1 の階層構造の概要 ……269
表 3 - 6　プロット 1 における全樹種の階層構造 ……274
表 3 - 7　階層構造と垂直分布からみた樹種の類別 ……281
表 3 - 8　構成要素別リター量 ……288
表 3 - 9　階層別にみた樹種ごとの落葉型 ……296
表 3 -10　材　積　表 ……304
表 3 -11　プロット 1 の純生産量 ……311
表 3 -12　プロット 1 の A_0 層集積量 ……312
表 3 -13　プロット 1 の土壌呼吸量 ……312
表 3 -14　熱帯林の現存量 ……314
表 3 -15　各地の陸上植物群落の純生産量の測定例 ……315
表 4 - 1　熱帯多雨林の問題点 ……318
付表 1　パングランゴ山のプロット 1 （1600 m）の胸高直径 10 cm 以上の
全出現種の層別個体数ならびに相対優占度（胸高断面積比） ……367
付表 2　パングランゴ山のプロット 1 （1600 m）の対角線上にとった 10 個の
10 m×10 m 小方形区内の胸高直径 10 cm 以下，樹高 1.3 m 以上の
全植物体リスト ……368
付表 3　パングランゴ山のプロット 1 （1600 m）の対角線上にとった 10 個の
1 m× 1 m 小方形区内の樹高 1.3 m 以下の全植物体リスト ……369

付表4　パングランゴ山のプロット1（1600 m）の0.5 haにおける母樹の
径級ごとの着生植物のつき方 ……370
付表5　パングランゴ山の地上性の小木，灌木およびヤシ類 ……371
付表6　パングランゴ山の地上性のつる植物 ……372
付表7　パングランゴ山の地上性のシダ類 ……373
付表8　パングランゴ山の地上性の草本類 ……374
付表9　パングランゴ山の樹上性の着生小木その他 ……375
付表10　パングランゴ山の樹上性の着生つる植物 ……376
付表11　パングランゴ山の樹上性の着生シダ類 ……377
付表12　パングランゴ山の樹上性の着生ラン類 ……378

東南アジアの熱帯多雨林世界

序　　章

熱帯多雨林は，今や地球環境問題の中心課題として，世間の注目するところとなり，たとえ，実体は知らなくても，その名称だけは，一般にもなじみの深いものとなった．しかし，この森林は，一体どのような構造をもち，どのような生活形態が見られるのであろうか，それを知る人は少ない．そして，むろん，今でももっとも未知の多い分野として，地道な研究が続けられている．

熱帯多雨林がもっとも早く文章にされたのはコロンブスによるものであるとRichards はいっている．マレーシアの熱帯多雨林は第三紀以降，現在と同じ形のものがとぎれなく続いて来ているという．そして，そこには，オランアスリや，クブ，ブナンなどと呼ばれる狩猟採集民族が，おそらく，今ある生活形態とはそれほど変わらぬ姿で生活し続けてきたのであろう．

「熱帯多雨林」という名前そのものは，Schimper（1893）によるドイツ語のTropisch Regenwald に由来する．彼は，科学的に，熱帯多雨林を記載し，命名した最初の科学者であったと考えられている．

温帯を中心に発達した西欧中心の科学は，熱帯の植物世界の多様性，巨大性の前に大きく揺れ動いた．そして，数々の誤りや誇大な記載が正確な観察や調査と同様に生まれた．そんな中から，自らの三大陸の熱帯多雨林での研究をもとに，正しい科学的知識を整理したRichards（1952）の『熱帯多雨林』がまとめられた．この著作は，それまでの知識を集大成し，当時の生態学の主流であったクレメンツの極相理論に基づいて，熱帯多雨林研究を，科学的な体系にまとめた最初の労作である．すでに数十年を経ているが，この本を改めて読み直してみると，実によく書けた本だということをいわざるをえない．

数多くの文献の中から，必要なものだけをとりあげ，自らの体系の中に取り

込み，間違いと思われる部分はさりげなく修正し，理論化している手腕は，類書をみない．そして何よりも驚くことは，著者の予想している重要な研究テーマが，今でもなお，未解決な問題として残っている点である．例えば「更新」の項で，彼は次のような問題をあげている．「違った階層に属する樹木の平均枯死年齢はどのくらいであろうか？　荒されていない成熟した熱帯多雨林の主要優占種の正常な樹齢分布はどのようなものか？　また違った樹齢級の間では，構成種の相対的な比率がどのように違うか？　多雨林の大木の成長率は，その成長の段階に応じてどのように変化するか？　最も大量の枯死（すなわち，最も強い自然淘汰）が起るのは，成長のどの段階か？　そして最後に，小面積の森林の種類組成は，同一のまま維持されるのか，もしくは混合多雨林はむしろ大規模なモザイクとみなすべきで，ある特定の地域種は同一の種で置き換えられるのではなく，別の樹種群がそれにとって変わるのではないか」(植松・吉良訳 1978)．

彼は，これらの問題を，その当時の熱帯多雨林生態学の研究者が当面している緊急課題の一つとしている．それでは，これらの問題は，今の時点で解決したのであろうか．残念ながら，数十年を経た現代でも，この問題に対し，確実な答えを示すデータはまだ完全にはえられていないのである．これは，むろん，彼の洞察力が深く鋭いということだけではなく，根本的に困難な問題であることも確かである．そして，熱帯林研究者の数が絶対的に少ないということも事実である．かつては，温帯圏での研究が主流を占めて，熱帯圏は特殊な場と考えられてきた．しかし，Richards がその著作の冒頭に掲げている van Steenis の言葉のように，最も内容の豊富な植生型を示す熱帯がすべての基礎であり，それをもとに，淘汰によって生じてきた，より単純な，内容の貧弱化したヨーロッパなどの植生研究を考えるべきなのであるという主張にそった研究が，本流とはいかないまでも，一般認識として認められてきた．そして少なくとも森林生態学の分野では熱帯圏のデータを示さなければ，然るべき評価を受けられない時代に来ている．今までどのような調査がなされたか，ここで，その総てを

述べることはできないが，かいつまんで，主な動きを追ってみよう．

Richardsからかなりの年月をおいて出版されたのがWhitmore（1975）による東南アジアの多雨林の総説書である．この本はRichards以後の文献を駆使して，克明に多雨林を記載している．Richardsの著作が理論書とすれば，この本は，モノグラフに近いといえるが，その中にも，幾つもの注目すべき視点が見られる．その一つは，生産力，もう一つは，Gapに対する項目である．1975年度版では，文献数は680であったが，1982年に出版された第2版では，以前の文献を570に精選し，さらに570の新しい文献をつけ加えて，1140の文献についての総説を行なっている．その後，彼からきいた言葉では，文献があまり多くなりすぎ，かつ，アメリカやアフリカ地域に重要な仕事が増え，完全にそれらを参照することが不可能になったので，第2版以後の再版はしたくないということである．

Richards以後の大きな動きはWhitmoreも指摘している生産力とGapの仕事であろう．まず，生産力については，地球上の様々な生態系の生産力がIBP（国際生物学事業計画）によって，組織的に測定されたという大きな動きの中で，日本がマレーシアで行なった多雨林研究が最も大きな業績であろう．それまでに日本の生産力測定グループは，日本各地で森林の生産力測定を行ない，やがて，それは，大阪市立大学や京都大学を中心とする研究グループの努力で，東南アジアに伸び，南タイのカオチョンの林までの調査が完了していた．

そして，最後に残された熱帯多雨林の仕事として，マレーシアのPasohが選ばれ，日本，マレーシアとイギリスとの3国共同研究という形で1970年度から4年間にわたって定着調査が行なわれたのである．この仕事は，日本のお家芸であり，吉良（1983）もいうように，やっとRichardsを追い越したといいうる新しい成果であろう．ところが，この生産力測定という仕事は，木を伐倒して，それを層刈りにし，各々の部分の重量を計り，呼吸量なども測定するという，非常に労力と根気のいる仕事であり，残念ながら，日本人以外にはあまりやる人がないようである．アメリカでも京都大学の四手井研究室が共同研究と

いう形で指導を行なったが，その後，それほど多くの業績が出ているとはいい難い．長い生態学研究の中で，生産力研究の手法は画期的なものではあるが，全世界的に浸透するには至らなかった．しかし，この分野では，日本が群を抜いていることは確かである．これらの研究内容は多岐にわたるが，本論で扱うリターの仕事もその一環である．

生態系生態学の動きの中での生産力調査が一方の雄とするならば，群集生態学の中ではGap研究がもう一方の中心をなしている．ここ10年ばかりは，若手生態学者の多くがGap研究に没頭してきたといえる．しかし，熱帯におけるGap研究は，アメリカのOTS（Organization for Tropical Studies）や，Barro Coloradoが中心であり，熱帯アジアでは，それほど多くなく，Whitmoreが提唱した3相，つまり，成熟相（Mature phase），建設相（Building phase）およびギャップ相（Gap phase）の指摘が，多雨林の群集構造の解析に大きく寄与しているのが目立つ．彼はこれを更新過程と結びつけて考察するが，この視点は，Richardsに紹介されたAubrevilleに発している．Gap研究は数多くの報告を出したが，その割には実質わかったことは少ない．Richardsが更新の項でのべたような疑問に対し，まだ確実な答はない．

多雨林には季節感が乏しいことから，いつ花が咲くのかという問題については，古くから関心がもたれ，戦時中のシンガポール植物園での，イギリス人の協力による郡場の仕事は，一つのまとめであった．植物季節の研究は，後に述べるようにマレーシアを中心になされているが，それを階層構造やそこに属する樹種の性質と結びつけたものはなかった．本論の植物季節は，それに植物の成長周期などもまじえて論じていることに特質がある．

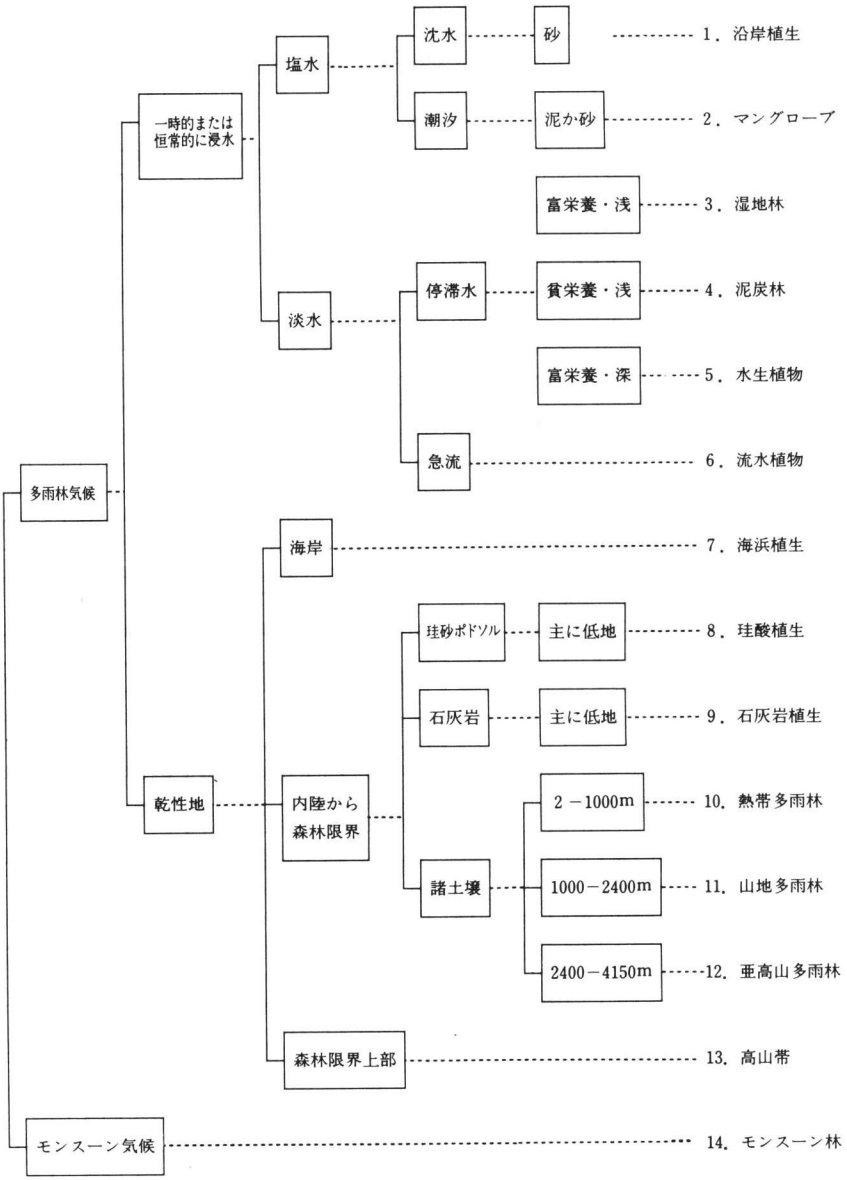
熱帯多雨林は，古くは森林内の小型生産物を求めて，近くは材を求めて，長い人間による攪乱の歴史がある．少数の人間が大きな森林の中から，わずかな生産物を抽出するごく小規模な攪乱が長く続いた後に，現在の多雨林でみられるような大規模な攪乱が多雨林の危機を促進している．

熱帯多雨林には，その中心となる低地多雨林の前後に，マングローブあり，

泥炭湿地あり，山地多雨林がある．いずれも熱帯多雨林気候下にみられる特徴ある植生である．これらの各植生についても，今世紀の中ごろから大規模な攪乱が始まっている．しかし，まだ，原生状態の部分はみることができる．本書では，これらの植生の紹介をすることも大きな目的である．この地球上には数々の優れた景観が見られるが，熱帯の植生景観ほど，内容豊富なものは，他のどこへ行っても見られないのである．

東南アジアの植生を分類する方法は，著者により，また国によりまちまちである．その中で植物学でいうマレーシア全域を含み，かつ水分条件や土壌条件なども考慮したものとして，van Steenis (1957) のものがある．これをややあたためたものが Whitmore (1975) にみられるが，原著の方が簡明であるので，それを図序-1 に示した．ここでは，まず，14 の極相植生型を年中湿潤なものと季節的なものに分けている．季節的なものはモンスーン林とされ，そのほかの 13 の植生型はすべて多雨林気候下に見られる．そして立地的に一次的または永久的に水に浸るものと，そうでないものに類別される．本論であつかうものはこのうち，前者ではマングローブ，淡水湿地林と泥炭湿地林，後者では熱帯多雨林と山地多雨林である．

厳密にいえば，気候的にはマングローブは亜熱帯にも分布するが，主要な分布域は多雨林熱帯である．海水，または淡水で多少なりとも浸水する低湿地に分布する．森林の中でマングローブはもっとも海よりに位置し，その後背地に淡水および泥炭湿地林が見られる．マングローブが海水から汽水域に出現するのに対し，2 湿地林は淡水域に分布し，淡水湿地林は河川の水，泥炭湿地林は，雨水が主な水の供給源である．マングローブと淡水湿地林は潮汐の影響を多少受けるが，泥炭湿地林は停滞水下にある．土壌についてはマングローブが泥や砂，淡水湿地が粘土，泥炭湿地林は泥炭である．いずれの森林型も浸水条件に対して適応するため，種々の形態をもつ異形根がみられる．呼吸根，支柱根，板根，気根などが種ごとにきわだった特徴を示している．これらの形態的特徴はマングローブにおいてとりわけ著しく，古くから研究者の関心をひいてきた．



[van Steenis 1957]

図序-1　マレーシア地域の極相植生型

文献数でいえば，マングローブは7000を越えるが，2湿地林については2桁のなかばまでである．

マングローブの林相は階層構造が単純で，ふつう単層からなり，単一樹種が純群落を形成する．樹高は高いものでは45 mに達する．塩分濃度，浸水期間，浸水の深さ，潮汐の強さなどによって，海側から帯状に分布帯がみられる．*Avicennia, Sonneratia* がもっとも海よりにあり，内陸にいくにつれて *Rhizophora, Bruguiera* が優占する．ほかに *Ceriops, Xylocarpus, Lumnitzera* などが出現する．地表にはミミモチシダ，*Acanthus ilicifolius* などが繁茂し，汽水域にはニッパヤシが大群落をつくる．着生植物やシダ植物は少ない．

淡水湿地林は河川周辺の低湿地で，富栄養な淡水によって永久的または一時的に浸水する森林であり，混交林の様相を呈し，階層構造はよく発達して，最大樹高は50 mに達する．着生植物やつる植物も多い．浸水の深さや期間などにより，様々な樹種が出現するが，van Steenis (1957) は次のような種や属を代表的なものとしてあげている．

Adina, Alstonia, Barringtonia spicata, Campnosperma, Coccoceras, Couthovia, Crataeva, Dillenia, Dyera, Elaeocarpus littoralis, Erythrina fusca, Eugenia, Ficus retusa, Glochidion, Gluta renghas, Lophopetalum, Mangifera gedebe, Memecylon, Metroxylon, Nauclea, Pandanus, Parkia, Pentaspadon motleyi, Sapotaceae divers, Serianthes, Shorea belangeran, Shorea, Timonius, Vatica rassak.

泥炭湿地林は，厚さ1～20 mの泥炭上に成立するきわめて特殊な森林である．侵入水はすべて貧栄養の雨水で，濃い紅茶色の排出水は強酸性である．泥炭湿地は一般にドーム状になっており，周辺部より中央部にすすむにつれて，同心円状に植生が変化し，六つの森林型が識別できる．周辺部では低地フタバガキ林と変わらない大型の森林が見られるが，中心部に近づくにつれて，矮小化する．サラワク・ブルネイの泥炭湿地林には *Shorea albida* が広大な面積に渡って純群落を形成する．主な種には次のようなものがある (van Steenis 1957)．

Alstonia, Amoora, Anisoptera, Calophyllum, Campnosperma, Combretocarpus

rotundatus, Cratoxylon, Dryobalanops, Durio carinatus, Eugenia, Gonystylus, Jackia, Koompassia, Litsea, Lophopetalum, Melanorrhoea, Pandanus, Parastemon, Payena, Pholidacarpus, Ploiarium, Salacca, Sapotaceae divers, Shorea, Tetramerista glabra, Tristania, Xylopia.

これらの3湿地林が占める面積は低地フタバガキ林のように大きくはなく，各国土面積のせいぜい10～15％である．しかもニューギニアの一部を除いて，大部分が開発の対象となっており，実面積の減少速度は著しい．

ついで，混交フタバガキ林であるが，この森林がマレーシアの低湿地上部から標高1000 mまでの最大の面積を覆っているもっとも規模が大きい森林型である．常緑の最高樹高が80 m近くにまで達する高木が，閉鎖した林冠から突出していることがまずもっとも目立つ特徴であろう．そして，階層構造が発達し，低木層や地表層を含めると5層の垂直構造が見られる．構成樹種は，ほとんどが通直な幹で樹冠は半円型のものが多く，樹幹基部には大きな板根をもつものが少なくない．そして，木本性の大型のつる植物が幹の周りにとりつき，枝部分には着生植物も見られる．樹種の数は多く，特に優占種とみられるものは存在しない．樹種の数が最も多いのもこのタイプである．この中でフタバガキ科の存在は顕著であり，スマトラ，マレー半島，ボルネオ，ミンダナオにかけて，森林の上層を優占している．このような単一の科（といってもその中には400種以上の種を含む）が目立つのは，東南アジアの特徴といってよい．そのほかの科で，同じように森林内に比較的多く出現するものには次のようなものがある（van Steenis 1957）．

Anacardiaceae（ウルシ科），Annonaceae（バンレイシ科），Burseraceae（カンラン科），Caesalpineaceae（ジャケツイバラ科），Celastraceae（ニシキギ科），Combretaceae（シクンシ科），Connaraceae（マメモドキ科），Dilleniaceae（ビワモドキ科），Ebenaceae（カキノキ科），Euphorbiaceae（トウダイグサ科），Guttiferae（オトギリソウ科），Icacinaceae（クロタキカズラ科），Lauraceae（クスノキ科），Meliaceae（センダン科），Mimosaceae（ネムノキ科），Moraceae（クワ科），

Myristicaceae（ニクズク科），Myrtaceae（フトモモ科），Ochnaceae（オクナ科），Olacaceae（ポロポロノキ科），Palmae（ヤシ科），Papilionaceae（マメ科），Rutaceae（ミカン科），Sapindaceae（ムクロジ科），Sapotaceae（アカテツ科），Sterculiaceae（アオギリ科），Thymelaeaceae（ジンチョウゲ科），Tiliaceae（シナノキ科）．

これらの中で，属としてもっとも多いものは *Eugenia* と *Ficus* で，500 種以上を数えるが，次の属も種類が多い．

Aglaia, Ardisia, Calamus, Calophyllum, Daemonorops, Diospyros, Dipterocarpus, Dysoxylum, Elaeocarpus, Garcinia, Litsea, Quercus, Schefflera, Shorea.

そして大木になるものとしては次のようなものがあげられる．

Agathis, Altingia, Bischofia, Dialium, Duabanga, Dyera, Ficus, Gossampinus, Kickxia, Koompassia, Morrus, Octomeles, Pinus.

標高 1000 m から 1500 m にかけてフタバガキ科はなくなり，1500 m を越えると，ブナ科を中心とした植生が出現し，山地林となる．

山地林の特徴はなんといっても，その着生植物とつる植物の豊富さであろう．幹にはびっしりとコケや地衣類がつき，着生のつる植物が，幹を取り囲むようにして，樹上へよじ登っていく．枝から上の樹冠部分には着生のランやシダ類が重なるように密生している．標高が上がるにつれて，雲霧林へ行くと，コケの量は更に多くなり，幹の倍近い厚さのコケが着生する．

山地林下部では，突出層がないだけで，それ以外の階層構造は同じだが，樹高は標高が上がるにつれて低くなり，3000 m 近くになると樹高 10 m ほどの単層の森林となる．ここでみられる主なグループは次のようなものである．

Lauraceae（クスノキ科），Fagaceae（ブナ科），Cunoniaceae（クノニア科），Monimiaceae（モニミア科），*Acer, Ulmus*，Magnoliaceae（モクレン科），Hamamelidaceae（マンサク科），*Rapanea, Leptospermum,* Ericaceae（ツツジ科）．

また，山になると低地とは異なり，草本植物が出現し，亜熱帯から温帯域で

もみられるような次のような種群が出現する．

Boraginaceae（ムラサキ科），Campanulaceae（キキョウ科），Caryophyllaceae（ナデシコ科），Centrolepidaceae（カツマダソウ科），Cyperaceae（カヤツリグサ科），Gentianaceae（リンドウ科），Labiatae（シソ科），Liliaceae（ユリ科），Primulaceae（サクラソウ科），Ranunculaceae（キンポウゲ科），Umbelliferae（セリ科），Violaceae（スミレ科）．

van Steenis がこれらの調査を行なった頃には，まだ原生植生は充分に残っており，ジャカルタの周辺にも湿地林は見られた．しかし，人口の増加と熱帯材の需要，ならびに換金作物としての林地の農地化などにより，熱帯多雨林は急激に変化し，その存続はいわば風前の灯というべき現状にあるといってよいだろう．現在原生林が最も多く残っているのは低湿地と高山である．

そういう中で，地球的規模の問題として環境破壊の問題と，遺伝資源保全の問題がある．前者は生態系保全の動きとして初めは熱帯だけを，やがて二酸化炭素の増加などとからんで，地球環境問題として，大きくとりあげられるようになったのは周知の通りである．

一方，遺伝資源問題は減少していく多雨林の中で，絶滅していく種の価値に重きを置き，その保全をうたうものであり，折からの生物工学の隆盛に伴い，そのもっとも基礎となるべき遺伝資源の同定，収集，探索から利用に至るまでの過程を扱うものである．これらの動きは 1972 年のストックホルムの環境会議をきっかけに，大きくクローズアップされたといってよい．本論では，私の熱帯での体験を林木育種的な観点から整理して論じた．

以上のように，本書では，低湿地の植生にはじまり，低湿地から山地林までの森林の構造と植物季節を中心に取り上げ，最後に遺伝資源の問題について言及した．各章は，それぞれ独立してはいるが，全体として，東南アジアの熱帯林の一側面が明らかになればと願っている．

第1章　低湿地の植生景観

第1節　マングローブ

1　まえがき

マングローブの研究の歴史は古く，すでに紀元前300年代に記録がみられ，それ以後現代にいたるまで綿々と研究が引き継がれてきている．かくも長期間にわたって各国の研究者の関心をひいてきた理由は，おそらくその生育環境と外部形態の特異性によるのだろう．

ふつう陸上に安定して定着する植物が，陸と海との境界に分布している．しかも，砂丘植物のように小さなものではなく，樹高30 mをこす，単一樹種による大きな群落である．そして，海寄りから内陸側へ移るにつれて，群落を構成する樹種がかわっていく．さらによく観察すれば，それぞれの樹種が奇妙な形態をした支柱根，呼吸根，気根，板根をもっている．樹上に垂れ下がる特殊な果実，様々な花，それに群がる鳥，蛾，昆虫類．地上をみれば無数に生息するカニ，エビ，トビハゼ，ムツゴロウの仲間．大きな動物ではヘビ，トカゲ，ワニ，トラと多数の鳥など．

海が交通の要路であったころは，これらのマングローブの景観はとりわけ印象の深いものであったにちがいないことは，様々な過去の記録が示している．Theophrastus（305B. C.）のペルシャ湾周辺のマングローブの記載からはじまり，Linne（1753）の時代にはすでにいくつかの種が記載できる程の情報が集まっていた．

科学的な方法でマングローブがとりあげられたのは，前世紀の終わりから今世紀の初めにかけてである．Schimper（1891），Karsten（1891）などから始まり，

Mead (1912), Becking et al. (1922), Luytjes (1923), Watson (1982), de Haan (1931) などの研究が各地で展開した．それ以後も様々な分野からの調査研究が進められ，1950 年代のおわりごろから，Ding Hou (1958), Macnae (1968) などのよくまとまった仕事が発表された．1970 年代には Chapman (1976, 1977) の集大成がなされるとともに，世界各地でマングローブに関するシンポジウムが開催され，マングローブ研究は一つのピークに達したといってよい．これは熱帯諸国が沿岸開発を行なうにあたって漁業，農業，林業の三大一次産業がからみあうマングローブを重視した結果でもあり，当分は基礎的な研究を含んだ応用面での仕事が継続すると思われる．

現実的な問題として，マングローブの減少が各地でとりあげられている．かつては熱帯低湿地として誰も近寄らなかったこの地域に，開発の最後の手がのびてきている．湿地をおおう原生林が大量に伐採され，跡地が農地や魚池，集落などに変化していく例は，東南アジアを旅すれば，どこでもみられる風景となった．かつて温帯圏からきた植物学者を驚喜させ，数々の研究を生んだ豊かなマングローブは，いまや風前の灯となり，無味乾燥で，無秩序な開拓地に変化しつつある．

マングローブの中へ入ると，さわがしい周辺部からは想像もできないような静寂が支配している．総ての音が泥と水と樹体に吸収され，時折きこえる鳥の声や羽音がアクセントになって，現代では忘れさられたような世界が展開する．そこには豊かで安定した生物の生活がある．

人間以外の生物が中心の世界へ入っていく時には，なかなか大変である．たいていの場合，アプローチは海からである．満潮の時をねらって，タイダル・クリークに沿って小舟で入る．舟からおりて林内を歩く時は，場所によって条件は異なるが，胸まで沈む所もあれば，意外に楽に歩けるところもある．やっかいなのは蚊である．マングローブにマラリア蚊はいないというのは嘘である．蚊柱のたつくらいの大量の蚊に刺されて，マラリアにかかる人は多い．それでもなおマングローブに出かけるのは，やはりそれだけ魅力があるからだろう．

マングローブは世界の熱帯，亜熱帯に見られる．その中での中心は東南アジアである．種数，構成樹種の多様性，個体の大きさ，群落の規模など，どれをとっても群を抜いている．初期の研究者の報告も圧倒的に東南アジアが多い．マングローブを論ずるためには，まず東南アジアを扱わなければならないのである．

東南アジアのマングローブの位置づけを種の分布をもとに行ない，帯状分布のまとめ，帯状分布の成因，形態，利用などについて，過去の文献をもとに整理してみた．マングローブの文献は7000近くあるといわれるが，参照できたものは，そのほんの一部にすぎない．代表的な著作を中心に，東南アジアのマングローブの実態を把握するのを目的とした．

2　マングローブの分布

(1) 分布を支配する要因

マングローブの分布を支配するものとして，Walsh (1974) は5要因，Chapman (1976) は7要因をあげている．これらを私なりに整理してみると，次のようになる．

① 大分布を規定するもの
　地史的要因，温度，海流
② 小分布を規定するもの
　陸側の条件：大河川の流出，浅い泥基質海岸，海からの強風と波からの保護地形
　海側の条件：塩水，潮位の幅
③ 帯状構造を決定するもの
　潮の動き，土壌型，塩分含量，光，種の特性

マングローブは地球上の熱帯，亜熱帯の海岸地帯に分布し，もっとも種類数の多いのは東南アジアを中心にした地域である．この周辺の分布の北限は南九州の北緯35度の *Kandelia candel* であり，南限はオーストラリアのメルボルン

近くの南緯38度の *Avicennia marina* である．東西方向には，太平洋諸島の一部を除いて，ほぼ全世界に分布するとみてよい．

基本的に植物の分布を決定するのは温度である．地球上での分布を調べてみると，マングローブの北限は1月の気温が16°Cの等温線と一致し，大西洋とインド洋における南限は7月の気温が16°C以上の等温線に一致する（Chapman 1975）．また別の見方をすれば，最寒の平均気温が20°C以上で，季節的な気温較差が5°Cをこえない地域に見られる．むろん例外もあり，東アフリカでは較差10°C以上のところにもマングローブは生育する．しかし，最も旺盛な生育を示すのは，ほぼ上に述べた範囲内である．植物分布を決定するもう一つの重要因子である雨量は，マングローブの分布自体にはそれほど問題でなく，湿潤熱帯から乾燥熱帯にまで広く見られる．

海流が，海辺に生育するマングローブにとって大分布の手だてとなることは，容易に推察できる．寒流と暖流の差によって，それぞれの大陸周辺の分布状況がある程度決定される．その際には，単なる平均気温による分布とは異なった分布限界を示すだろう．例えば，北へ向かう海流に沿う海岸では，より南に生育する可能性は残される．また実際に実生がどのくらい海流によって移動しうるかの具体的な実証例はないが，今後広域的に検証すべき重要なテーマである．

一般に，岩礫や砂海岸にはマングローブはみられない．陸側の条件としては，まず大河川の流出するきわめて平坦な地形である．長時間かけて運ばれた推積物がさらに傾斜をゆるくしているようなところでは，大量の泥が海を浅くしていく．この条件に入江やラグーン，湾，砂州，島，狭い海峡など，海からの波風があたらない地形が加われば，マングローブの生育に最適な条件ができあがる．

海側からの条件は潮汐と塩水である．潮汐の大きさにより，また河川の淡水により，塩分濃度は様々に変化し，それぞれに対応した植生が見られる．潮の干満が大きいほど，ゆるやかな河川の上流域までマングローブが分布する．パプア・ニューギニアのフライ川では300 kmまで，南スマトラでは約100 km

上流のパレンバンまでマングローブが生育している．強い風や波の常襲地では育ちにくい．

以上のような条件が揃えば，大面積のマングローブ林が展開する．もっともマングローブ樹種は必ずしも真性塩生植物ではなく，ボゴール植物園やインド，ヨーロッパの植物園では淡水で育てている．しかし，自然状態では一般に塩水から汽水域に分布すると理解してよい．土壌条件も，砂や泥炭，珊瑚礁などに生育することもあるが，大群落にはなりえない．

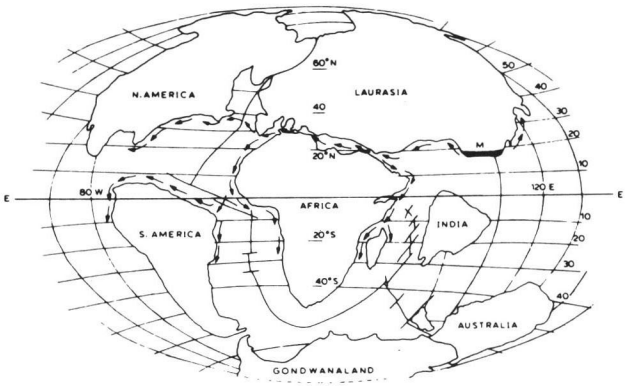
最近では，分布を決定する要因に，人間の活動が加えられる．例えば，インドでは放牧や農地化により，フィリピンやジャワでは魚池により，分布域が減少している．ハワイのように人間によってマングローブがもちこまれた例もある．

分布を決定するには以上述べたような要因が働くと思われるが，群落を形成する樹種は，一般に帯状構造をなして，海側から内陸にかけて順次樹種が変化していく．これはマングローブの分布の特徴とみなされるが，このことについては後に詳しく述べたい．

(2)　分布の起源

現在太平洋の一部を除いて，ほぼ大部分の熱帯，亜熱帯の海岸に分布するマングローブは，いつごろから，どのような形で今みられるような分布を示すようになったのか．Chapman（1975）は大陸移動説を基礎に次のような推論を行なっている．

大陸移動説では2億年前の二畳紀に原陸塊パンゲアが存在した．これは中生代の間に分裂をはじめ，北の大陸であるローレシアは南のゴンドワナ大陸と分離し，テチス海がジブラルタルまで広がった．7500万年前，つまり白亜紀のおわりから新生代の初めにかけて，インドを運ぶプレートはマダガスカルを中心にしてアフリカと対称の位置を占めていた．このころに被子植物の多様化が進み，マングローブの *Rhizophora* と *Avicennia* も塩分環境に適応して進化をはじめたと仮定しよう．



Mはマングローブの起源地，矢印はマングローブの分布方向を示す．
[Chapman 1977]

図 1-1　1000 万年前のインド洋とテチス海

1000 万年前にはインド洋とテチス海は図 1-1 にみられるようになる．マングローブの現在の分布からみて，図中のM地点がマングローブの起源地と考えられ，移動をはじめた．

マングローブの移動は図からみても，ローレシアの南岸沿いにいくしかない．その時に地中海への入口がひらいていたとしたら，*Rhizophora* と *Avicennia* の先祖は地中海へまず入り，そこからアフリカの西岸へ，また北へはスペインへ行き，さらに比較的狭い海をわたって北アメリカに達し，フロリダ方向へ南下したと考えられる．後世になって冬の気温の低下により，両属は地中海と北東アメリカ合衆国からは消滅した．その当時の太平洋諸島の状況は明らかではないが，ローレシアから実生が東方へわたっていくには，海が広すぎて無理であったと考えられる．

インド洋については，3500 万年前にはインドとローレシアはまだつながっていなかったので（McKenzie and Sclater 1973），その間の狭い海を *Rhizophora, Avicennia* と同じく *Bruguiera, Ceriops, Xylocarpus, Lumnitzera* などの属が海岸沿いに移動したと考えられる．テチス海から地中海への入口はそのころには完全に閉鎖されていたので，これらの属はそこを通過することはできず，インド洋

のモルディブ，マスカレン，チャゴスなどの島々に定着し，さらに東アフリカの海岸に沿って南下した．当時のインド洋一帯は温暖で，マングローブの生育には好適であった．

Rhizophora と *Avicennia* が地中海を通らないとしたら，喜望峰をまわったことになる．これは当時の寒冷な気候から無理な推論である．また，万が一まわれたとしても，それではなぜ *Bruguiera* がまわれなかったのかの説明がつかない．

これらの傍証として，Nypa の花粉が上部始新世のロンドン粘土層やブラジルから出ていること（Dolianiti 1955），*Avicennia* の花粉と *Acrostichum* の葉体が英国の第三紀層から報告されていること（Montford 1970），上部白亜紀から上部始新世にかけて，西アフリカでも Nypa の花粉の堆積が見られること（Muller 1970）などから，気候はマングローブが育つに充分温暖であったことが示される．

南米の太平洋岸の *Rhizophora* と *Avicennia* については，スペイン，モロッコ付近から西方向への移動が起こり，パナマ地峡が閉鎖される以前に太平洋岸に出て南下したと考えられる．また太平洋諸島については，オーストラリアがアジアに接近するまで移動はおこりえず，北半球についてはアメリカと太平洋諸島との距離はあまりに大きく，とうていマングローブは移動しえなかったと考えられる．

以上のような論旨により，マングローブの先祖の *Rhizophora* と *Avicennia* は西まわりによって分化したというのが Chapman 説である．これに対し，van Steenis（1962）や Ding Hou（1960）は，*Rhizophora, Avicennia, Xylocarpus, Lumnitzera, Laguncularia* はインド－マレーシア地区が起源で西方向に東アフリカへ，*Laguncularia* を除く4属は東方向にアメリカの太平洋岸に広がったとしている．そして，カリビア海に到達したのは，上部白亜紀から下部中新世の間のパナマ地峡が開いていた時期であるとし，東アメリカの海岸に定着後，海流にのった実生が海をわたって西アフリカに届いたと考えている．Ding Hou（1960）は太

平洋諸島にはマングローブの適地がないといっているが，Chapman（1975）は必ずしもそうはいいきれないとしている．

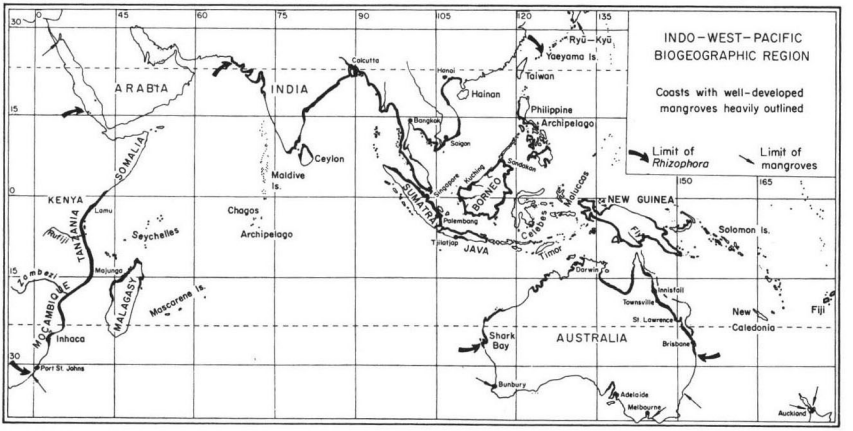
これらの議論をさらにおし進めるためには，マングローブ構成樹種群の系統学的研究をはじめ，地中海における白亜紀以後の堆積物内のマングローブの花粉の研究や，実生の浮遊能力などの実証的な研究が必要であり，地質学的な研究の発展とともに，マングローブの起源論がさらに煮つまることが期待できる．

(3) 種の分布

地球上に分布するマングローブをChapman（1975）はインド－太平洋型と新世界－西アフリカ型の二つに分けて考えている．

インド－太平洋型は東アフリカから紅海，インド，東南アジア，中国，南日本，フィリピン，オーストラリア，ニュージーランド，サモアまでの太平洋諸島を含む（図1-2）．新世界－西アフリカ型はアフリカとアメリカの大西洋岸，メキシコ湾，熱帯アメリカの太平洋岸，ガラパゴス諸島までを含んでいる．現在ハワイに生育する *Rhizopohora mangle, Bruguiera sexangula, Sonneratia caseolaris, Conocarpus erectus* などはすべて導入されたものであり，ハワイには土着のマングローブは存在しない．

この分類にしたがって，世界のマングローブの属数の分布を表1-1に示した．インド－太平洋型をまとめてインド－太平洋，東アフリカとして示し，新世界－西アフリカ型は太平洋アメリカ，大西洋アメリカおよび西アフリカの3地域に分けて示した．主な科はRhizophoraceae（ヒルギ科），Avicenniaceae（ヒルギダマシ科），Meliaceae（センダン科），Sonneratiaceae（ハマザクロ科），Combretaceae（シクンシ科），Bombacaceae（パンヤ科），Plumbaginaceae（イソマツ科），Palmae（ヤシ科），Myrsinaceae（ヤブコウジ科）などである．このうち最高の種数を示すものはRhizophoraceaeの4属16種であり，そのうち14種がインド－マレーシア地区に見られる．全90種のうち63種がこの地区に出現することは，ここが分布の中心であることを充分に立証するものである．それに比べると新世界系は貧弱であり，もっとも多い大西洋側アメリカでも17種にすぎない．



[Macnae 1968]

図1-2　アフリカから太平洋にかけてのマングローブの分布

表1-1　世界のマングローブの属ごとの種類の分布（数地域に重複するものあり）

属	インド-太平洋東アフリカ	太平洋アメリカ	大西洋アメリカ	西アフリカ	計
Rhizophora	5	2	3	3	7
Bruguiera	6	—	—	—	6
Ceriops	2	—	—	—	2
Kandelia	1	—	—	—	1
Avicennia	6	3	3	1	11
Xylocarpus	? 8	?	2	1	? 10
Laguncularia	—	1	1	1	1
Conocarpus	—	1	1	1	1
Lumnitzera	2				2
Camptostemon	2				2
Aegialitis	2				2
Nypa	1				1
Osbornia	1				1
Sonneratia	5				5
Scyphiphora	1				1
Aegiceras	2				2
その他	19	9	7	4	35
計	? 63	? 16	17	11	? 90

[Chapman 1976]

表 1-2 マングローブを代表する 50 種の分布

	東アフリカ	マダガスカル	セイロン	インド	ビルマ	マレーシア	スマトラ	ジャワ	ボルネオ	ニューギニア	オーストラリア	ニュージーランド	フィリピン	東タイ	ベトナム	台湾	海南島	琉球	南日本	西アフリカ	ブラジル	メキシコ湾	フロリダ	中央アメリカ	エクアドル
Rhizophora apiculata			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—		—								
R. mucronata			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—										
R. stylosa						—	—	—	—	—	—		—												
R. harrisonii																					—		—		
R. mangle																				—	—	—			
Bruguiera cylindrica			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—										
B. exaristata									—	—	—														
B. gymnorrhiza			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—										
B. parviflora				—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—										
B. sexangula			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—		—								
Ceriops tagal			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—										
C. decandra			?	—	—	—	—	—	—	—	—														
Kandelia candel			?	?	—	—	—	—	—	—	—			—	—		—	—							
Sonneratia alba			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—		—	—							
S. apetala			—		—	—	—	—	—	—	—														
S. caseolaris			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—										
S. griffithii						—								—	—									
S. ovata						—	—	—	—	—	—			—	—										
S. 雑種									—	—															
Xylocarpus granatum			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—										
X. moluccensis			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—										
X. mekongensis				—	—	—	—	—	—	—	—														
Lummitzera littorea				—	—	—	—	—	—	—	—		—	?											
L. racemosa			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	?	—	—	—								
Aegiceras corniculatum			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—									
A. floridum						—	—	—	—	—	—		—												
Avicennia alba		?		—	—	—	—	—	—	?				—											
A. marina			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—										
A. resinifera											—														
A. officinalis			—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	?	?									
A. lanata					—																			—	—
A. bicolor					—																			—	—
A. germinans																					—	—			
A. africana																				—	—				
Aegialitis rotundifolia					—																				
A. annulata										—	—														
Scyphiphora hydrophyllacea			—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—										
Derris hexapetala					—																				
Laguncularia racemosa																				—	—	—			
Conocarpus erectus																				—	—	—			
Pelliciera rhizophorae																									—
Nypa fruticans				—	—	—	—	—	—	—	—														
Acanthus ilicifolius				—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—										
Acrostichum aureum				—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—										
A. speciosum											—														
Camptostemon philippinensis													—												
C. schultzii									—	—															
Heritiera minor						—																			
H. littoralis	—																								
Excoecaria agallocha																									

[Chapman 1975]

さらに代表的な50種について表1-2でみると，東アフリカに9種，インドに28種，マレーシアに28種，ボルネオに31種，オーストラリアに25種が分布しており，マレーシア半島からボルネオにかけての熱帯多雨林地帯が分布の中心となることがうかがえる．

(4) 帯状構造

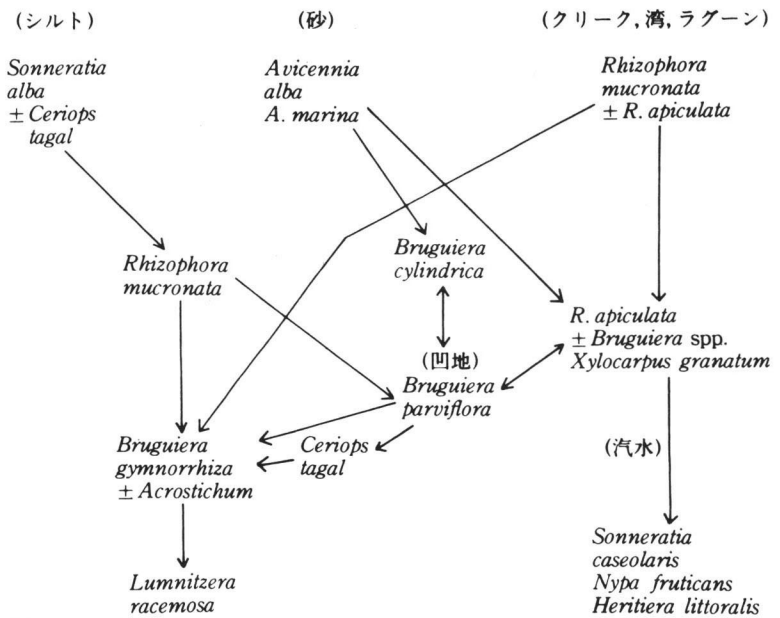
マングローブは海寄りから内陸にかけて，種が順次変化し，それぞれの種は海岸に平行に帯状構造をなしているのが基本である．Macnae (1968) は東アフリカからオーストラリアに分布するマングローブの帯状構造を一般化して，内陸から海側にかけて，次の6型が基本になるとした．

① 内陸側周縁林
② *Ceriops* 灌木林
③ *Bruguiera* 林帯
④ *Rhizophora* 林帯
⑤ 外洋面 *Avicennia* 帯
⑥ *Sonneratia* 帯

また，Chapman (1976) はマレーシア地区のみについて，次の9型をあげた．

① *Avicennia* パイオニア群集
② *Sonneratia alba* パイオニア群集
③ *Rhizophora mucronata* パイオニア群集
④ *Rhizophora apiculata* 群集
⑤ *Bruguiera cylindrica* (Berus) 型
⑥ *Bruguiera parviflora* (Lenggadai) 型
⑦ *Bruguiera gymnorrhiza* (Tumu) 型
⑧ *Ceriops tagal* 低木林
⑨ *Lumnitzera littorea*

マレーシアでの遷移は図1-3のようにまとめられる．しかし，彼自身もいうように，これらの関係は決してこれのみでなく，一つ一つの事例を完全に図化



[Chapman 1976]

図 1-3　マレーシアの 9 種類の遷移関係

することは不可能である.

Macnae や Chapman の分類ではいま一つものたりないので, 私の考え方を表 1-3 に示した. これは群集を単位として, インド - マレーシア地区に出現する主要なものを 13 あげ, それらを四つの生態環境に区分したものである. はじめの海水域先駆型には, 外洋面または海寄りに先駆種として群落を構成する 4 群集があげられる. 2 番目の中間型にはマングローブの中心をなす 4 群集が含まれ, これらは海に面することは少ない. これからさらに内陸へ入ると, 3 番目の内陸移行型となる. 種名をあげた群集としては二つだが, 雑多な移行種が生育する混交林が含まれる. これは地域による変異がもっとも大きいところである. 4 番目の汽水域先駆型は, 淡水の優占する川筋に目立つ二大群集をあげた. この区分によって, それぞれの群集の立地環境と性格がより明確になるのではないかと思われる. これらの群集のインドから太平洋地域の分布を示した

表1-3　東南アジアを中心に分布するマングローブ主要群集の類型とその生育地の特徴

生態区分	群集名	主な基質，生育地形など
I　海水域先駆型	Avicennia alba 先駆群集	大小の入江端，砂やシルトがまじる泥地
	Avicennia marina 先駆群集	外洋面，比較的かたい基質，この群集の後方に B. cylindrica がくる
	Sonneratia alba 先駆群集	川に寄りシルトの堆積するひじょうに深くやわらかい基質
	Rhizophora mucronata 先駆群集	小さな入江やクリークの土手のかたく深い泥，塩分濃度20‰以上を好む
II　中間型	Rhizophora apiculata 群集	暗色の肥沃な腐植と細砂のまじる基質，かなり乾いた土でも生育
	Bruguiera cylindrica 群集	Avicennia と B. parviflora のうしろのかたい粘土，河口付近，浅い有機物層，運河のないところ
	Bruguiera parviflora 群集	オポチュニストとよばれ，Rhizophora の前後に出入りする．B. cylindrica と似た立地またはより湿地に出現
	Bruguiera gymnorrhiza 群集	乾いた通気のよい土壌，内陸側に出る．マングローブの最終段階の種
III　内陸移行型	Ceriops tagal 低木群集	マングローブ内陸端に出現，時に Bruguiera や Rhizophora の下層に．樹高1～6 m
	Lumnitzera littorea 群集	川の土手近く壌土に出現する．Scyphiphora hydrophyllacea が随伴する
	混交林	Alstonia scholaris, Intsia bijuga, Ficus retusa など内陸種が混交．森林につづく場合（年間雨量2000mm 以上）と，サバナ，草原，砂漠につづく場合（500～1500mm）がある
IV　汽水域先駆型	Nypa fruticans 群集	もっとも高い春の潮で浸水する地区にみられる．川やクリークの土手に生育
	Sonneratia caseolaris 群集	川の土手に沿う，豊富な淡水によって塩分がうすめられたところ

［Watson 1928］，［Macnae 1968］，［Chapman 1976］を参考にして作成

のが表1-4である．周辺の一部を除いて，ほぼ全域に均一に分布していることがよくわかる．Chapman（1977）はより多くのマングローブ群集の分布を論じているが，基本的に重要なものとして，これらを把握し，それに付随して，そのほかのより小さな群集を認識する方が理解しやすい．

表1-4　マングローブの13群集のインドから太平洋にかけての分布

生態区分	群集名	インド	ビルマ	マレーシア	パプア・ニューギニア	フィリピン	太平洋諸島
I　海水域先駆型	Avicennia alba 先駆群集	+	+	+	+	+	+
	Avicennia marina 先駆群集	+	+	+	+	+	+
	Sonneratia alba 先駆群集	+	+	+	+	+	+
	Rhizophora mucronata 先駆群集	+	+	+	+	+	+
II　中間型	Rhizophora apiculata 群集	+	+	+		+	+
	Bruguiera cylindrica 群集		+	+	+	+	
	Bruguiera parviflora 群集		+	+	+	+	
	Bruguiera gymnorrhiza 群集	+	+	+	+	+	+
III　内陸移行型	Ceriops tagal 低木群集	+	+	+	+	+	+
	Lumnitzera littorea 群集		+	+	+	+	+
	混交林	+	+	+	+	+	+
IV　汽水域先駆型	Nypa fruticans 群集	+	+	+	+	+	+
	Sonneratia caseolaris 群集	+	+	+	+	+	+

［Chapman 1977］をもとに作成

3　帯状構造を決定する要因

マングローブを構成する樹種が，基本的には帯状構造をなして分布することは，各地の例が明らかにしている．それでは，どの様な要因によって，この帯状構造ができあがるのか．この問題に対して，実証的解答はまだえられていないが，要因の検討は Walter & Steiner (1936)，Macnae (1968)，Baltzer (1969)，Chapman (1976)，Snedaker (1982) などに見られる．この中で Macnae (1968) は，帯状構造を支配するものとして，①潮汐による浸水頻度，②塩分耐忍度，③土壌の湛水度をあげ，これらの要因に強く影響するものとして，マングローブ内部および周辺部の水路とマングローブ海岸の浸食を重視している．

Chapman (1976) は帯状構造そのものよりもマングローブの生態的条件として，①潮汐要因，②塩分，③土壌構造，④地下水位と排水，⑤通気，⑥塩化ナトリウム以外の土壌中の化学的性質，⑦気候，⑧生物相をとりあげ，それぞれの特色を示している．最近，Snedaker (1982) は今までの帯状構造の成因に関する諸説を，①遷移，②地形学，③生理生態学，④個体群動態の4分野にわけ

て，歴史をさかのぼって議論し，将来的には地形学と生理生態学の研究がマングローブの帯状構造と遷移の解明に寄与するであろうと推論した．

帯状構造は，マングローブの分布様式として，誰もが気にする基本事項である．しかし，そのわりには具体的なデータをもとにした論考は少ない．というよりもデータのとりにくい要因が多すぎる．ここでは基本的な事項を整理してみたい．

帯状構造を決定する要因は，二つの側面から考えられる．種が生育する立地条件と，そこに生育する種の特性である．まず，立地条件であるが，マングローブの生育地には大きく二つの自然的要因が作用している．潮汐作用と河川による土砂の堆積作用である．潮汐に関してはすでにWatson（1928）やde Haan（1931）によって基本的な分類がなされていて（表1-5），潮汐の頻度，水の深さ，および奥行きが帯状分布に関連する．海側からの潮汐と陸側からの河川による土砂の堆積が相和して，帯状構造をつくるべき下地ができあがる．より具体的にいえば，塩分濃度，水深，基質の条件が重要である．

塩分濃度の測定例はかなり幅の大きいものであるが，種ごとの耐塩性はほぼわかっている．すなわち，最も高塩分に耐えるのは*Avicennia marina*と*Lumnitzera racemosa*で，90‰の濃度にも生育する．ついで*Ceriops tagal*が60‰，*Rhizophora mucronata*と*R. stylosa*が55‰である．*Rhizophora apiculata, Bruguiera gymnorrhiza, B. parviflora*は10～30‰で，最後種は濃度20‰が最適である．*Xylocarpus*と*Nypa*は1～30‰，*Bruguiera sexangula*は1～10‰，*Sonneratia*属は通常の海水程度の塩分だが，*S. caseolaris*だけは10‰以下となる．マングローブが条件的塩生植物であって，淡水で人工的に生育している例は多いが，自然条件下では最適条件下に生育するのであるから，これらの耐塩特性が，塩分環境傾斜に沿って帯状構造に寄与していることは，まちがいない．

つぎに潮汐による浸水の深さと頻度については，Watsonやde Haanによる潮汐の区分けにしめされるように，帯状構造に影響することはほぼ確実であろう．さらに重要なことは，Macnae（1968）が述べている潮汐による水平面の形

表1-5 Watsonと de Haan, Macnaeのマングローブ区分の比較

Watson [1928]	de Haan [1931]	Dominant plant and system used in Macnae [1968]
	A. Brackish to salt water-salinity at high tide 10-30 ‰	
1. On land flooded at all high tides	A1. Areas flooded once or twice daily on each of 20 days per month	Seaward fringe of *Sonneratia alba* or *griffithii*
2. Areas flooded by "medium high tides"	A2. Areas flooded 10-19 times per month	Zone of *Avicennia marina* Zone of Rhizophora forest
3. Areas flooded by normal high tides	A3. Areas flooded 9 times per month	Zone of Bruguiera forests Forests of the landward fringe
4. Areas flooded by spring tides only		*Xylocarpus granatum* or *Lumnitzera littorea* or *Bruguiera sexangula* or Samphire association or
5. Areas flooded by exceptional high tides	A4. Areas flooded on only a few days in each month	Barringtonia association
	B. Fresh to brackish water-salinity 0-10 ‰	
	B1. Areas more or less under the influence of the tide	Nypa association
	B2. Areas seasonally flooded either by fresh or brackish water	

[Macnae 1968]

成という地形的な要因である．これは，潮汐のレベルの差によって，数段階の水平面が構成され，そこでの動物相，植物相は独立しているというものである．Davis (1940) の地形とマングローブの関係よりも，一歩進んだ地形の具体的な例証として，この水平面の成因，構造，生物相がより明らかになれば，さらに帯状構造の解明への手がかりがつかめることになるだろう．

最後に問題となるのは基質の条件であり，塩分濃度よりも重要であるとする意見も多い．マングローブの土壌は非常に細かい粒子からなり，しばしば半液体状であり，かたまりにくい．腐植層は幹，枝，根などからなり，カニの糞も重要な要素である．酸素濃度は低く，硫化水素が豊富に存在する．サラワクの

マングローブでは *Avicennia* 帯の粘土の平均電導率は5000～8000モウ，pHは7以上，灼熱損量は5～15％であり，この値は *Rhizophora* 林でもあまりかわらない．しかし *Nypa* 帯の黒泥土では電導率は0～1000モウと低くなり，pH値は泥炭地の酸性値に近くなり，灼熱損量は80～90％となり，泥炭湿地では95％以上になる（Macnae 1968）．

土砂の性質は上流域の基岩に左右される．珪岩，古い花崗岩，石灰岩などの地域を流れてきた川によってもたらされる土壌は貧弱であるが，新しい火山灰のものは東ジャワなどにみられるように高品質の土壌を生むことになる．マラッカ海峡ではさらに，更新世の間に川の氾濫原にたまった海中の沈澱物が，潮汐の動きによって浸食され，マングローブの基質に加わっているといわれる．

これらの比較的未熟なマングローブ土壌に，貝類を起源とする石灰物質が加わる．貝類をつくるタンパク質であるコンキオリンが，無酸素土中で硫黄バクテリアによって分解され，こわれやすくなって土砂と混合していく．これらの基質が高等植物に利用されるためには，さらに有機物，バクテリア，藍藻植物，珪藻類，緑藻植物などが関与し，その中でも硝化細菌と硫酸塩還元細菌の役割が重要であるとされている（Schuster 1952）．

基質の栄養条件とともに，土壌の水分条件も重要である．これにはマングローブ内部や周辺の水路が影響してくるが，排水のよい土を好むものとして，*Xylocarpus, Lumnitzera, Avicennia marina* などがあげられる．水びたしの土壌を好むのは *Nypa* である．

以上の塩分濃度，潮汐，基質に対して，各樹種がそれぞれの耐性の幅ですみわける現象が帯状構造となってあらわれる．樹種ごとの生育地の条件は，吉良（1967）がわかりやすくまとめているが，やや詳しいものを表1-6に示した．

樹種の特性は基質に対するものだけでなく，光条件に対しても異なっている．Macnae（1968）は，マングローブの完全陽生樹種として *Acanthus ilicifolius, Avicennia alba, A. marina, Sonneratia alba, S. apetala, S. griffithii* を，基本的に陽生であるが少し日陰なら生育するものに *Aegialitis annulata, Aegiceras corniculatum,*

表 1-6　マレー半島におけるマングローブ樹種の浸水クラスと生育条件

Watson による種名	Chapman による種名	浸水クラス	生育地の土壌，地形条件
Acanthus ebracteatus	Acanthus ebracteatus Vahl.	4, 5	川の土手または伐開地のロームまたは粘土
A. ilicifolius	A. ilicifolius L.	4, 5	川の土手または伐開地のロームまたは粘土
Acrostichum aureum	Acrostichum aureum L.	3, 4, 5	光さえあれば，どこにでも生育
Aegiceras majus	Aegiceras corniculatum (L.) Blanco	3, 4	海からあまり遠くない川の土手のローム
Avicennia alba	Avicennia alba Blume	2	川の影響下にある深い泥
A. intermedia	A. marina (Forsk.) Vierh.	2, 3	海に面したかたい泥
A. lanata	A. lanata Ridl.	2, 3	海より遠くない砂状の泥．シンガポールと東海岸に出る
A. officinalis	A. officinalis L.	3, 4	川の土手のかたい土
Brownlowia lanceolata	な し	4	川の土手と疎開地
B. Riedelii	な し	5	川の土手の砂状土
Bruguiera caryophylloides	Bruguiera cylindrica (L.) Bl.	4	海に面した新しい粘土の堆積地
B. eriopetala	B. sexangula (Lour.) poir.	3, 4	ローム．しばしば Br. cy.や Br. pa. と随伴．ふつう散在
B. gymnorrhiza	B. gymnorrhiza (L.) Lamk.	3, 4, 5	ロームまたは砂状泥．より乾いたところに豊富
B. parviflora	B. parviflora (Roxb.) W. & A. ex Griff.	3, 4	排水さえよければどこにでも生育
Carapa moluccensis	Xylocarpus moluccensis (Lamx.) Roem	4, 5	潮の限界付近のローム
C. obovata	X. granatum Koenig	3, 4, 5	砂状の泥と川の土手
Cerbera lactalia	Cerbera manghas	4, 5	潮の限界に近い川の土手
C. Odollam	C. odollam Gaertn.	5	砂状の海岸
Ceriops Candolleana	Ceriops tagal (Perr.) C. B. Rob.	3, 4	河口付近のローム
Cycas Rumphii	な し	5	海岸と内陸にも出る（東海岸のみ）
Daemonorops leptopus	な し	5	マングローブより高いところの川の土手
Derris uliginosa	Derris heterophylla (Willd.) Back.	4, 5	川の土手のローム
Excoecaria Agallocha	Excoecaria agallocha L.	4, 5	粘土．しばしば Br. cy. のうしろ
Heritiera littoralis	Heritiera littoralis Drynand ex h. Ait.	5	砂質ローム．川の土手とマングローブの内陸側端
Hibiscus tiliaceus	な し	5	ローム．内陸の川の土手
Intsia retusa	Intsia bijuga (Colebr.) O. Ktze.	5	潮の限界線より上のローム
Kandelia Rheedii	Kandelia candel (L.) Druce	4	川の土手．Perak にはない．散在

Lumnitzera coccinea	Lumnitzera littorea (Jack) Voigt	4, 5	ローム．マングローブの内陸端．時に海近く
L. racemosa	L. racemosa var. recemosa Van St.	4, 5	粘土．時に Br. cy. の後方
Nipa fruticans	Nypa fruticans Wurmb.	3, 4, 5	真水の影響のある川の土手
Oncosperma filamentosa	Oncosperma filamentosum Blume	5	潮の限界より上の粘土またはローム．内陸にもあり
Pluchea indica	な し	5	マングローブの後方の伐開地
Podocarpus polystachyus	な し	5	マングローブ後方の砂状の泥または高い土手の上．東海岸のみ
Rhizophora conjugata	Rhizophora apiculata Blume	3, 4	ローム状の泥ならどこでも生育するが海に面せず
R. mucronata	R. mucronata Lamk.	2, 3	川の影響下の深い泥．海に面せず
Scyphiphora hydrophyllacea	Scyphiphora hydrophyllacea Gaertn.	3, 4	川の土手のロームまたは砂状の泥地または疎開地
Sonneratia alba	Sonneratia ovata Backer	3, 4	ローム．しばしば川の土手からいくぶんはなれたところ
S. acida	S. caseolaris (L.) Engler	4, 5	ローム．川の水の影響のある範囲
S. Griffithii	S. alba J. Sm.	2, 3	海に面した豊かな泥または川の土手．よく R. mucronata と随伴
Thespesia populnea	Thespesia populnea (L.) Soland. ex Correa	5	砂海岸

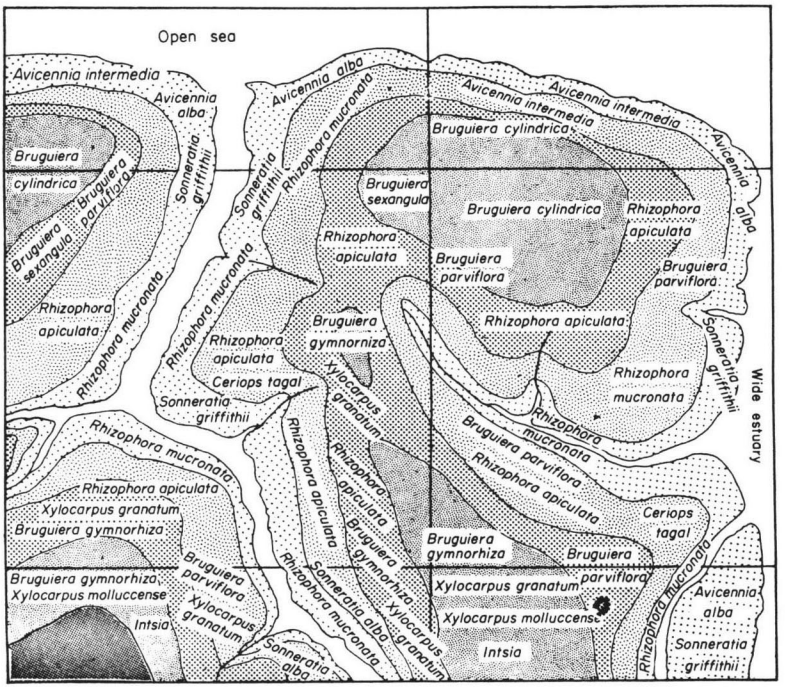
［Watson 1928］と［Chapman 1975］より作成

Ceriops decandra, Lumnitzera racemosa, Rhizophora stylosa, R. mucronata, R. apiculata をあげている．これら以外のものは陰樹であり，*Bruguiera gymnorrhiza* が代表的なものである．潮汐と河川の堆積の相互作用によってできた裸地に，はじめに侵入するものは，これらの陽生樹種である．活着に成功して生育するにつれ，それ自身の生育条件もかわり，除々に帯状構造が発達する．その最終段階が *Bruguiera gymnorrhiza* の出現とされ，これをもってマングローブ帯は内陸性の森林に移行していく．

まとめてみると，潮汐と河川による土砂，石灰基質，リター，糞などによってマングローブの生育すべき基質ができあがり，そこにまず完全陽生樹種が定着する．群落の発達に伴なって生育地の環境条件が変化し，変化した条件に適した別の種が生育する．この繰り返しが基本的な帯状構造を形成する．帯状構造というからには，均質な条件がある幅をもって分布していることが必須条件となる．ゆるやかな海岸低地は，この条件をもっともよく満たしている．これらの条件は，しかし，水路やクリーク，波，風，海流，人為的伐採などによって，たやすく変化していく．比較的ととのった帯状構造が大河の流出のない海岸線にみられるのは，これらの障害が少ないためである．逆に，大河河口の周辺部は複雑な要因がからみあって，より短く帯状構造が分断された形で，種の分布が見られる（図1-4）．

アメリカのマングローブで Rabinobitz（1978）は散布器官をもちいた実験の結果，①外洋面の低い部分を占めるマングローブ属の散布器官は大きくて重く，内陸側のそれは小さい，②実生の死亡率は散布器官の重さと逆相関する，③実生は成樹の下ではよく育たないなどの結論を示している．この個体群動態的研究を直接に帯状構造の成因と結びつけるのは Snedaker（1982）もいうように無理があるが，より詳しい追跡ができるならば，散布器官の形態，浮遊能力，寿命，定着性，基質の好みなどによって，分布様式がある程度おさえられる可能性はあるだろう．

帯状構造のもつ意味について Lugo & Snedaker（1975）は，南フロリダのマン



［Watson 1928］の一部

図1-4　マレーシアにみられるマングローブの帯状構造

グローブで物質代謝の研究を行なった．その結果，ある帯状構造に優占する種の物質代謝は，その優占群落内でもっとも効率よく機能し，随伴種のそれは効率が悪くなると述べている．これは，優占種のもつ特性が最適条件下に最大に生かされることを実証するものとして興味深い．これらの研究は東南アジアのマングローブではまだなされていない．

今後の一つの方向として，マングローブが構成する同種内の家系間分析が考えられる．種数が限られ，しかも分布が広く，かつ低地林ほど巨大木とならないので，調査は比較的簡単であり，広域分布と帯状構造の解明への糸口を与えるかもしれない．

表 1-7　各地のマングローブの胸高断面積合計と立木密度

地　域	主　要　樹　種	D≧10 立木密度／ha	胸高断面積 合　計 m^2／ha	文　　献
南スマトラ	Rhizophora apiculata, Avicennia spp.	386	21.2	Sukardjo & Kartawinata (1978)
	同　　上	426	12.9	同　　上
	同　　上	452	15.5	同　　上
	同　　上	366	14.5	同　　上
	Rhizophora apiculata, Avicennia alba	596	25.0	山田と Soekardjo (1979)
	Rhizophora apiculata, Bruguiera gymnorrhiza	190	13.0	同　　上
東インドネシア	Rhizophora 帯	761 (D>8)	22.8	Komiyama ほか (1988)
	Bruguiera 帯	300 (D>8)	36.2	同　　上
パナマ	Rhizophora brevistyla Laguncularia racemosa	712	13.6	Golley ほか (1975)
南フロリダ	Rhizophora mangle, Avicennia germinans	5900 (2.5≧D)	20.3	Lugo & Snedaker (1975)

4　現　存　量

マングローブに関する記載中心の報告は数多くみられるが，量的に扱ったものは少ない．

まず，胸高断面積合計についてみると（表1-7），南スマトラではかなり密な *Rhizophora apiculata* と *Avicennia alba* の混交林の 25 m²/ha が最高値であって，それ以外はすべてかなり小さな値となっている．もっとも内陸寄りとみられる *Rhizophora apiculata* と *Bruguiera gymnorrhiza* の混交する林では，わずかに 13 m²/ha にすぎない．これは 1 ha の調査地の集計であって，局所的にむろんかなりの量を示すところも少なくないが，*Nypa* やクリーク部分などが必ずあって，平均すればどこでもこれくらいの値であろう．立木密度も 190 本から 596 本と，それほど多いものでもない．東インドネシアでは Bruguiera 帯がやや大きな値を示している．新大陸のマングローブではパナマで 13.6 m²/ha，フロリダで 20.3 m²/ha であり，それほどかわらない．新大陸の調査は密な林分部分を小面積で測定しているため，個体が小さいにもかかわらず，東南アジアのものに近い値となっていると考えられる．

現存量の測定例はさらに少ないが，最近少しずつ新しいデータが出はじめた．東南アジアではわずかにタイとインドネシアの例があるにすぎない．南タイの *Rhizophora apiculata* の例では，支柱根をふくめた地上部乾物重量は159～281 t/ha である．また，タイ湾の植栽した *Rhizophora apiculata* の年齢ごとの現存量は，3年目の 20.8 t/ha が 14 年目には 188 t/ha となる．東インドネシアでは Bruguiera 帯で 436 t/ha という値が出ている（表1-8）．

これらの値をほかの森林型と比べてみると，熱帯多雨林まではいかないまでも熱帯常緑季節林と匹敵する値が出ている．日本の 39 年生のカラマツが 207 t/ha，芦生の天然生ブナ林が 354 t/ha（Shidei & Kira 1977）であるから，マングローブの現存量はそれよりも大きい場合が多い．さらに興味深いのは根量が異常に大きく，南タイの最高値は 509.5 t/ha を示している（Komiyama ほか 1987）．そしてそのうち 2 mm 以下の細根の占める割合は最高で 66.4 %といわ

表 1-8　各地のマングローブと熱帯林の現存量　　(単位：乾物重 t/ha)

地　域	主要樹種，森林型	調査面積，本数	幹重	枝重	支柱根重	葉重	花果実重	地上部重	文　献
南タイ	Rhizophora apiculata	25m²	74.4	15.8	61.2	7.4	0.3	159.1	Christensen (1978)
	Rhizophora 帯	26本	214.2	58.2	−	8.1	−	281.2	Tamai ほか (1986)
タイ湾	3年生 Rhizophora apiculata	1m×1m 植，30本	4.7	3.7	6.2	6.2	−	20.8	Aksornkoae (1975)
	6年生　同	同	17.3	10.9	10.8	11.0	−	50.0	同　上
	9年生　同	同	41.1	17.9	17.8	16.3	−	93.1	同　上
	11年生　同	同	59.4	19.8	18.7	18.4	−	116.3	同　上
	12年生　同	同	86.3	22.5	20.7	19.8	−	149.3	同　上
	13年生　同	同	103.8	23.1	20.3	20.2	−	167.4	同　上
	14年生　同	同	135.9	15.1	22.9	14.0	−	187.9	同　上
東インドネシア	Sonneratia 帯	サンプル木伐倒	130.0	32.2	0.1	6.5	0.17	169.1	Komiyama ほか (1988)
	Rhizophora 帯	同	215.7	36.8	40.7	5.6	0.32	299.1	同　上
	Bruguiera 帯	同	333.3	62.8	29.3	10.6	0.39	436.4	同　上
パナマ	Rhizophora brevistyla ほか	625m²，2箇所	159.3		116.9	3.6	0.02	279.3	Golley ほか (1975)
プエルトリコ	Rhizophora mangle	25m²，2箇所	28.0	12.7	14.4	7.8	−	62.9	Golley ほか (1962)
フロリダ	Laguncularia racemosa	25m²	4.0		3.2	0.7	−	7.9	Lugo & Snedaker(1975)
	Rhizophora mangle	同	70.4		52.0	7.3	0.02	129.7	同　上
	同　上	同	70.5		41.9	6.9	0.2	119.6	同　上
	R. mangle. L. racemosa	同	41.0	17.0	22.3	5.9	0.03	86.2	同　上
	同　上	同	65.2	19.1	27.2	5.8	0.2	117.5	同　上
	同　上	同	110.0	18.6	17.2	7.0	0.1	152.9	同　上
	R. mangle, Avicennia germinans	同	62.9	16.8	14.6	3.8	0.1	98.2	同　上
	同　上	同	133.7	27.7	3.1	9.5	0.0004	174.0	同　上
マレーシア	熱帯多雨林	0.10ha	528	126	−	8.8	−	663	小川 (1974)
南タイ	熱帯常緑季節林	0.32ha	230	93	−	7.8	−	331	同　上
タイ	モンスーン林	0.16ha	209	53	−	3.8	−	266	同　上
タイ	サバナ林	0.16 ha	55	11	−	2.7	−	69	同　上

れている．サンプリングの方法などによってかなりのばらつきはあるだろうが，マングローブの特異性を示すデータである．

5　マングローブ植物の形態

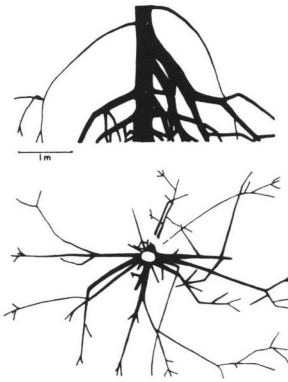
(1) 根　　系

マングローブの中でもっとも目立つのは異形根である．支柱根，板根，気根，呼吸根が地下部から突出し，地上部から垂れ下がり，一種独特の雰囲気をかもしだしている．また，マングローブの根のもつ負の屈地性も重要である．この形態的特徴が多くの研究者を引きつけたといっても過言ではない．根にかんする研究は Troll & Dragendorff (1931)，小倉 (1940)，Scholander ほか (1955)，van Steenis (1958)，Macnae (1968) などにまとめられている．

マングローブ樹種は大部分，直根や深い根をもたず，浅く広い根系を示している．ヒルギ科は長い幼根をもっていて，それは直根として成長するように思えるが，実は活着後は成長しない．*Rhizophora* の場合には支柱根の根端から 30 cm ほどの深さに根が入り，これが寄り集まって樹体を支えている．この支柱根はもともとは胚軸から発したものであり，のちには幹から斜めに垂れ下がって適当に分岐して地上にたっして根をはる．正常な根は分岐しないが，熱，乾燥，害虫などによって先端が枯死し，その少し上側から二次的な不定根が発生するといわれている．これがくりかえされると，仮軸分岐のような形となる (図 1-5)．

Bruguiera 属では，水平にのびたケーブル根が膝型または肘型に地上部へ突出して，呼吸根の役目をしている．突出部分には皮目がみられる．*Ceriops* 属も同様な根をもつ．*Kandelia* 属は幹基部が太くなり，板根と呼吸根をそなえている．

Sonneratia, Avicennia, Xylocarpus の各属は，どの段階でも直根がみられず，表面下 20～50 cm の層に非常に広い面積にわたってケーブル根を伸ばす．前2種の場合はそのケーブル根から下方へアンカー根をのばし，上方へは気根また



［山田と Soekardjo 1979］

図 1-5　南スマトラの *Rhizophora apiculata*
（樹高 25.5 m，胸高直径 29 cm）の支柱根

は呼吸根を出す．そして最上部の泥層に非常に細かい養分吸収根網を広げる．シルトがたまっていくと，新しい呼吸根が古いものの上にでき，呼吸は継続される．この層はたいへん肥沃で，穴をほって生息する動物の活動によって酸素も含まれている．また，そこにすむ二枚貝は，その水管を表面までのばし，海水を外套腔に循環させている．この活動はその周辺の泥に酸素を補給するため，淡色化が起こっている．

Avicennia 属と *Lumnitzera racemosa* の呼吸根は細く，鉛筆状であるが，*Sonneratia* 属と *Xylocarpus moluccensis* では太く，コブ状を呈する．*Xylocarpus granatum* が無酸素土に生育する場合は，根の突縁部が上方へ突出し，それに沿ってケーブル根が表面のすぐ下にみられる．

Scholander ほか（1955）はフロリダの *Avicennia nitida* と *Rhizophora mangle* で，根の通気毛細管系は呼吸根か支柱根の皮目とつながっていることを示した．*Avicennia* の場合，気根の皮目に潮がかぶると，根中の圧力が落ちはじめ，潮が引きはじめるまでそのままの状態で，それから空気が急速に吸収される．低い潮では酸素濃度は 10～18 %で，水にもぐると酸素量はおち，引き潮になって皮目が完全に空気中に出るともとのレベルに戻る．皮目をグリースでとじる

と，根の酸素量がおち，1～2日で1％またはそれ以下になる．これは呼吸根が嫌気性泥中の根系のベンチレーターの役目を果していることを証明している．*Rhizohphora* の場合は，支柱根の皮目がその役目をし，地下部の根の酸素濃度は *Avicennia* と同等の変異を示している．

(2) 胎生種子

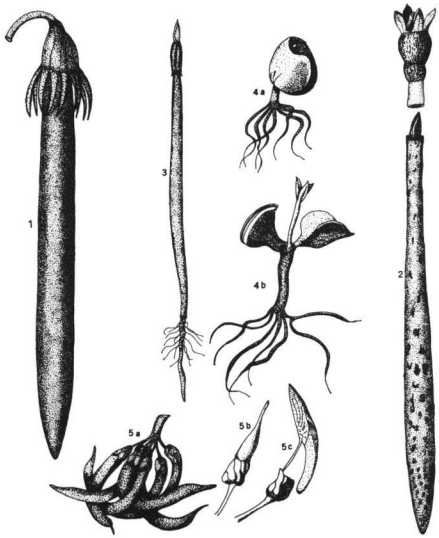
異形根とともに，胎生種子の発達もマングローブの特徴の一つである．ヒルギ科でもっとも著しいが，ほかの科でも見られる．種子がほとんど休眠しないで，果実がまだ枝についている間に発芽して長い胚軸と幼根を出すのであるが，この場合，内乳は短期間役にたつだけで，まもなく痕跡になってしまう．種ごとの胎生種子の発達状況は，van Steenis (1958) が次のようにまとめている．

Aegiceras corniculatum では胚が種皮を破り，果皮をうめつくしてしまう．それから胚の成長と釣合をとって大きくなり，大きくなった果実が落下したあと，胚は果皮を突き抜く．*Avicennia* も同様の発達をするが，果実がまだ樹上にあるうちに，胚が果皮を突き抜く場合と，そうでない場合がある．

Bruguiera では胚軸の先端が果実の先端をつらぬき，胚軸はそこから葉巻状に成長する．そして，付着したまま一緒に落下する．*Bruguiera parviflora* では果実基部は生長してきた幼芽によってつらぬかれ，果皮は実生のまわりに永存する．*Bruguiera* では子葉はただ基部に合着するだけだが，その腺状の表皮組織によって果皮から養分を吸収し，胚軸に養分を与える．

Rhizophora の胎生は，胚軸がかなりの長さに達するまで発達し，熟すると落下する．幼芽は，一端が太くなった棍棒状の子葉体の中に囲まれている．この子葉体は合着した子葉からなっており，胚軸の成長のために果皮から養分を吸収している．この部分は果実から突き出て，関節によって胚軸と区分されることが多い．成熟するとこの関節は破裂し，幼芽を冠した胚軸を含まない果実部分から離れて落下する．*Ceriops* も離れて落下するが，*Kandelia* は *Bruguiera* と同じく果実全体が落下する（図1-6）．

胎生については，マングローブ樹種の適応であるといわれることもあるが，



1　*Bruguiera gymnorrhiza*
2　*Rhizophora mucronata*
3　*Bruguiera parviflora*
4　*Avicennia marina*
　（a）　発芽時　　（b）　胚芽の伸長
5　*Aegiceras corniculatum*
　（a）　果実群　　（b）　若い果実
　（c）　発芽した果実
[Macnae 1968]

図 1-6　マングローブの胎生種の実生

同じマングローブでも *Sonneratia* にはみられず，また類似した環境に生育する *Barringtonia* 群集の樹種群や，淡水湿地，泥炭湿地林の樹種にも全くみられないことから，van Steenis（1958）は適応とは認めていない．胎生の有利な点は，落下して活着するまでの時間が短いことである．適応というよりも樹種の特性と見るべきだろう．

落下した胚軸が直接泥に突き刺さって生長を続けると説明されることが多いが，実際に突き刺さる瞬間を見た人はほとんどいないだろう．直接突き刺さるためには，下が適度に柔らかい泥でなければならない．かたい基質や水であれば突き刺さる見込みはなく，やわらかい泥に一旦は刺さっても横倒しになる可

能性も大きい．おそらく，落下した大部分の胚軸は，水に水平に浮遊する．まれに直立して浮いているものもある．小根が先端に出，引き潮の時に泥上に水平に付着し，活着すると胚軸が徐々に上方向を向いて，やがて直立姿勢になる(Egler 1948 ; Lawrence 1949)．春の小潮の時が，活着するのに最適な条件である．

マングローブの実生や果実は数カ月浮遊しても活力を失わないといわれている（Guppy 1906）が，マレーシアでは *Rhizophora, Bruguiera, Ceriops* などの実生は，ほとんどがすぐ近くの母樹からのものである．*Sonneratia* と *Avicennia* はかなりの距離を浮遊した種子によって更新が行なわれる．浮遊生活の意味付けは今後の課題である．

Chapman（1940）は実生が活着するには，非常に浅い海で小さな潮の上昇しかないか，あるいはかなりの潮の上下があって，そのために日中何時間か日にさらされるかの条件が必要であると述べている．これは，小さな軸部分が水から出ていなければ，稚樹はすぐに死ぬからである．したがって，胚軸の長さが重要な役割を果たし，*Rhizophora mucronata* のように 60～90 cm にもなるものは，かなり深い水の中でも成長できる．

6　マングローブの利用

熱帯では第一次産物を人間生活の各所に利用する．マングローブもその例にもれず，その用途はきわめて広い．これらの利用は，すでに Heyne（1950）や Burkill（1966）などの大著に詳しく述べられており，Watson もそれらの情報をまとめているので，ここでは簡単に表で重要なもののみを簡略化して示した．表 1-9 は，Watson が Heyne を基礎にまとめたものを，種名を改め，利用方法別に示してある．

基本的な用途は材とそれ以外にわけてよく，材の用途としては用材，燃材，炭材がある．現在でもマングローブに入ると，必ず炭ガマの一つや二つに出くわす．熱帯の炭の大部分はマングローブによっているといってよい．炭ととも

表1-9　マングローブの利用

種名	主な利用方法				
	材	燃料，炭	飲食	薬	その他
Acanthus ilicifolius				果実をくだいて血で清めたり，おできの手あてに，種子は虫下し	
Acrostichum aureum				葉はリューマチに，果実または皮の湿布が解毒に	牛のしきわら，屋根ふき
Avicennia alba, A. lanata, A. marina, A. officinalis	低質材，心材のよいのは樫材に似る，米臼，キャビネット，水道	低質燃料，ゴムや魚の燻煙		種子からつくった軟膏ははれものや天然痘の治療に，樹液は堕胎剤	灰が布洗いに，皮はアストリンゼントや皮なめしに
Bruguiera cylindrica	材，柱，たるき	燃材	若い幼根をゆでて野菜とする		
B. gymnorrhiza, B. sexangula	材，耐性あり，かたく重く乾燥わるし	燃材，炭材	幼根は食用，果実をかむ	果実がただれ目に，呼吸根より香水，皮から香辛料	
B. parviflora	材，鉱山用材	燃材			
Cerbera manghas, C. odollam			種子より食用油	果実でさするとリューマチが楽になる，種子油がかいせんに，樹皮と樹液が下剤とエイにさされた傷にきく	種子油が灯油に
Ceriops tagal	鉱山用，ボートの肘，柱，耐性あり	燃材	がくをかむ		
Cycas rumphii			種子と髄からデンプン	皮がタンニンと染料，抽出液は産科用止血剤 種子から吹出物軟膏	
Daemonorops leptopus					連結用
Derris heterophylla				弱い魚毒（幹と根）	
Excoecaria agallocha				皮膚病，樹液と材が下剤，樹液が魚毒，歯痛止め	香木
Heritiera littoralis	良質材，杵	燃材			
Hibiscus tiliaceus	荷車の車輪		若葉を食す	種子をつぶして下痢止め	

Intsia bijuga	良質材だが稀産			葉は毛生え薬，去痰剤，催尿剤	靱皮繊維より縄
Kandelia candel					
Lumnitzera littorea, L. racemosa	材，塀の支柱，最有用材，橋脚，ローズウッド級の耐性			樹皮は赤色の媒染剤，糖尿病薬	
Nypa fruticans			果実が保存食，樹液はサトウ，アルコール		葉は屋根ふきに，若葉はタバコ巻き
Oncosperma filamentosum	柱，杭，床，梁漁用杭，杼		キャベツ状の若芽がサラダ，ピックルスに		
Pluchea indica			野菜として食す，葉は茶の代用	うがい薬ほか用途多し，アストリンゼント軟膏	
Rhizophora apiculata	材，柱	燃材，炭			
R. mucronata	材，柱	燃材，炭	果実液より軽いワイン	タンニン	小舟のいかり
Scyphiphora hydrophyllacea	材かたく，道具の柄，柱			タンニン，皮の煎じ汁が血尿病に	小舟のいかり
Sonneratia alba	かたいが塩を含む，柱，船材，橋	燃　材	果実は食用にならず		呼吸根を漁の浮き，コルクに
S. caseolaris	材として不良		果実が食用	湿布がネンザにきく，醱酵ジュースは止血	
S. ovata	材として不良	燃　材	果実が食用	心材が肋膜とコレラに，果実の軟膏がしらみ出しに，葉汁が頭痛とかいせんに	靱皮繊維より縄
Thespesia populnea	材質よし				
Xylocarpus granatum, X. moluccensis	キャビネット，材のクサビが船用，石材用に	燃　材		皮の蒸留水がコレラとセキリに	灯油，髪油（種子より）

［Watson 1928］より作成，種名は［Chapman 1976］により改変

表1-10 マレーシア地区のマングローブ樹種の比重を基準とした燃材の評価

クラス	評価	比重	樹種
I	極上	>0.90	Rhizophora spp.
			Bruguiera spp.
			Ceriops spp.
			Heritiera littoralis
			Cynometra ramiflora
II	優良	0.75～0.90	Lumnitzera spp.
			Sonneratia alba
			Pithecolobium umbellatum
III	良	0.60～0.75	Xylocarpus spp.
			Aegiceras corniculatum
IV	並	0.45～0.60	Dolichandrone longissima
V	劣	0.30～0.45	Avicennia spp.
			Sonneratia caseolaris
			Excoecaria agallocha
			Cerbera manghas

[Cox 1911], [Becking et al. 1922] を [Walsh 1977] がまとめたもの

表1-11 マングローブ樹種の乾燥樹皮内のタンニン含有率

種	フィリピン			インドネシア			インド	マレーシア	オーストラリア
	最小	最大	平均	最小	最大	平均	平均	平均	平均
Rhizophora mucronata	18	28	25	—	—	32	24～45	30～40	27～39
R. apiculata	18	39	27	24	36	30	25～36	—	—
Bruguiera gymnorrhiza	24	32	31	21	37	29	28～42	—	29～36
B. sexangula	27	32	32	—	—	—	—	—	—
B. parviflora	9	15	10	—	—	—	—	—	—
B. cylindrica	—	—	—	6	9	8	—	—	—
Ceriops tagal	17	31	27	25	30	27	29～41	24	21～34
Xylocarpus granatum	22	25	23	20	21	21	—	—	—
X. moluccensis	23	23	23	24	27	26	—	—	—
Sonneratia alba	12	12	12	—	—	9	—	—	—

[Becking et al. 1922], [Howes 1962] を [Chapman 1976] がまとめたものより作成. 単位：乾重%

に燃材としても重要で，表1-10には比重を基準にした各樹種の評価をあげた．用材としての利用方法も多岐にわたり，*Ceriops tagal, Lumnitzera littorea, Scyphiphora hydrophyllcea, Xylocarpus moluccensis* などのように硬くても耐久性にすぐれ，優良家具を生産するものから，ヤシの *Oncosperma filamentosum* のようにきわめて用途の広いもの，*Rhizophora* のように柱になるものまで，様々なものがみられる．

材以外の用途のもっとも特徴となるのは，樹皮に含まれるタンニンの利用である．表1-11に樹種ごとのタンニン含量を示した．これらのタンニンは，インドではAcaciaのタンニンにとってかわられているが，マレーシア地域では皮なめし，魚網や布の染料などに広く利用されている．Abdul Razakほか(1981)はマレー半島の植物の中でタンニンを含む主なもの50種を調査しているが，その中でもマングローブの *Rhizophora mucronata, R. apiculata, Bruguiera gymnorrhiza* は上位を占めている．マングローブよりもタンニン含量の多いものは *Codiaeum variegatum*（トウダイグサ科），*Calophyllum inophyllum*（オトギリソウ科），マメ科の *Acacia auriculiformis*（外来種），*Cassia fistula, C. suratensis*（外来種）くらいのものである．

Watsonの時代にもすでにマレー半島ではタンニン用の樹皮はスマトラから移入され，ペナンへはタイから入っていた．一般には *Rhizophora mucronata* の樹皮が使われる．皮なめしに使われる樹皮は乾燥させることなく，たえず水をやって湿らし，細かく砕いてバットの水の中に漬け，そこへなめし用の皮を入れる．新鮮な樹皮は，その重さの125％分の皮をなめすことができる．樹皮は大木の厚手のものがよく，砕けていてはいけない．裂溝が黄味がかっているのがよい．樹皮の割合は表1-12にみられるように，樹種と直径の大きさによってかなり差が見られる．

地域によっては *Ceriops tagal* が重宝され，魚網，縄，帆布，布などを染めることにより3倍以上長もちさせる．これがないところでは *Xylocarpus granatum* が求められる．このタンニンの質と含有量は最高に近いが，樹皮がうすい．

表1-12　マングローブ樹種の樹皮の割合

（材積あたり%）

樹　種	幹周囲（インチ）				
	19～21	22～24	25～27	28～30	31～33
Rhizophora apiculata	—	24.36	22.10	19.95	16.88
R. mucronata	—	23.42	29.50	26.56	24.03
Bruguiera gymnorrhiza	18.62	16.85	15.44	14.28	10.78

[Watson 1928]

そのほか飲食用としての利用や薬用として服用される例はかなり多いが，これらの多目的利用はマングローブに限らず，熱帯のどの森林型でもみられる通例である．前述のHeyneやBurkillの大著ができあがるゆえんでもある．細かい利用を述べていてはきりがないので，ここではこのくらいにとどめたい．最近の文献としてWalsh（1977）が，マングローブの利用について新しい報告を書いている．

7　マングローブ研究の方向

東南アジアのマングローブ研究は，新大陸と比べると明らかに遅れている．ここではアメリカに於ける研究の一端を紹介し，今後の研究方向を考えてみたい．

アメリカのマングローブは東南アジアに比べると小さいが，研究面ではかなり細かい仕事がなされている．特に，物質代謝にかんする研究は1970年代に盛んに行なわれて，数々の成果を生んでいる．その詳細については別稿で述べたいが，主なものにGolleyほか（1962，1975），Lugo & Snedaker（1974，1975），Hicks & Burns（1975）などがあげられる．この中で最後にあげた文献は南フロリダのマングローブにおける物質代謝を調べ，周辺の湿地林からの淡水の流入による栄養分の補給の重要性を示した．そして，マングローブ生態系のダイナミックスに影響する潜在的な生態学的要因として，次のようなものを挙げてい

る．

① 潮汐要因

a 根系への酸素の輸送

b 毒性の硫化物の除去と全塩分含量の減量

c 沈澱物の堆積または浸食への関与

d 地下水面の垂直方向の移動による，栄養分の根系への輸送

② 水化学的要因

a 全塩分含有量が土壌水分と植物の維管束系間の浸透圧傾斜を支配し，これが葉の蒸発率に影響する

b 海水の高塩分濃度に起因する低蒸発率にもかかわらず，マングローブ生態系が高い生産力を維持するのは，土壌溶液中の多量元素の高含有量による

c 雨季の表面流水に含まれる異地性の多量元素が，マングローブ生態系の多量元素の蓄積を支配している

すでに帯状構造の項で述べた優占種の代謝効率のよさとともに，これらの視点は，今後の定量的な調査への指針となるものであろう．マングローブの利用に関しても，こういった調査をふまえての開発でなければならない（Lugo & Citron 1975）．マングローブの物質の流れについては Lugo & Snedaker（1974）が，遷移の方向と要因については Lugo（1980）が，非常に詳しい流れ図をそれぞれ書いている．

Pool ほか（1977）はフロリダ，プエルトリコ，メキシコ，コスタリカのマングローブ林の構造について比較している．Citron ほか（1978）はプエルトリコと周辺諸島の乾燥条件下にあるマングローブを調べ，長期の旱魃の結果，土壌塩分が高くなるとマングローブの枯死率が高くなり，塩分平地の面積が広がること，ハリケーンが遷移を退行させることなどを議論した．

マングローブの特性については Connor（1969）が *Avicennia marina* を人工栽培し，海水の半分の塩化ナトリウム量が最適生長を示したと報告している．ま

たWalshほか（1979）は鉛，カドミウム，水銀に対する*Rhizopohora mangle*の耐性を調べ，1ｇ土壌あたり500ｇの水銀のみが致命的であったとしている．Johnston（1981）はマングローブの葉の食害を調べている．

以上の定量的な仕事とは別に，種の詳細な形態的観察を行ない，生長や植物季節を含めた論考が見られる（Gill 1977 ; Gill & Tomlinson 1969, 1971 a, 1971 b）．さらに，Tomlinsonほか（1979）はヒルギ科の花生態学について，各属の特徴を明らかにしている．これらの仕事は生態系生態学とは異なり，種生態学の分野に，形態学を加味した新しい分野といえる．Tomlinson（1986）はこれらの成果をまとめてマングローブの植物学についての総説を出版した．

これに対し，マレーシアで今後研究すべき項目として，Srivastava（1980）は次のような項目をあげている．

① 造林に関して

(1) *Rhizophora*属と*Bruguiera parviflora*の生長と生産量の研究

(2) *Rhizophora*属の天然更新の研究

(i) サンプリング更新の効果的方法

(ii) 伐採の更新への影響と最適密度

(iii) 更新の際の地表の枝条の影響

(iv) *Bruguiera parviflora*の稚樹優占地の条件

(v) *Acrostichum aureum*の侵入条件と更新への影響

(vi) *Rhizophora*の更新のための三つの要素――水，母樹，萌芽力――の研究

(vii) カニとサルによる被害調査

(3) 人工更新技術の開発

② 生理生態学的研究について

(1) 一次生産力，物質代謝，エネルギー関係

(2) マングローブ土壌

(3) 開発の影響

(4)　マングローブ生態系内の水系の地形および生理生態

③　その他

(1)　海岸浸食防止のためのマングローブ評価

(2)　マングローブ生態系と労働力

(3)　マングローブ生態系と社会経済構造

(4)　土地利用

これらの項目はかなり応用面を含んでいるが，東南アジア諸国で現在進行中のプロジェクトも，ほぼこのような方向にあるとみてよい．応用的な研究のためには基礎研究が必要である．今後の研究方向は，より長期的に基礎的なデータを集積することにあるだろう．そのためには，開発の波にもまれない，試験区での定着調査がなされなければならない．新大陸の例では研究所と調査地とが密接に関連し，小型の機器類の開発も進んでいる．東南アジアではアプローチの困難さはあるが，群落の大きさでは世界最大のマングローブが未調査のまま各地に残っている．開発の波に消されないうちに，研究体制をととのえることが急務である．

第2節　淡水湿地林

マングローブや次に述べる熱帯泥炭林にくらべて，淡水湿地林に関する仕事は少ない．アプローチの困難さや病虫害の発生が，調査を拒んできた主な理由であろう．東南アジアでは，マレー半島の淡水湿地林が比較的よく調べられている．Corner は長くシンガポールの植物園で植物分類の仕事をしてきた熱帯植物学の第一人者のひとりであるが，1930 年代に，南ジョホールやシンガポールの湿地林を調査した．その記録が半世紀をへた 1978 年に出版された．ツツガムシ病や第二次大戦などによって，この仕事は中断しつつも，採集した標本の完璧な同定をまって出版された息の長い業績の一つである．内容的には植物の記載が多く，いささかまとめづらい本であるが，長期間，現地に滞在して，

実地に観察した人のみが書ける詳しい記述が見られる．

ここでは，この著作を中心に，低湿地林の一つの柱である淡水湿地林について概説したい．

1 分布と環境

(1) 分　　布

淡水湿地林は，世界的には，東南アジア，アフリカ，中南米の熱帯地域に広く分布し，アマゾン川流域に最大規模のものがみられる（Richards 1952）．東南アジアでは，インドシナ半島，タイ，ビルマのメコン川，チャオプラヤ川，イラワジ川，島嶼部では，ニューギニアのフライ川やセピック川などの下流域に大面積にわたって分布している．一般に，河川の下流で，海岸地形がゆるやかなところでは，どこにでもみることが出来る．また，多湿地域だけでなく，季節的な気候下にも出現する．沖積海岸低地に多いため，現在では大部分が水田やヤシ，ゴム園になっていて小さな団地として残存しているところが多い．

(2) 環　　境

淡水湿地林は，ミネラルの豊富な淡水によって，一次的，または永続的に浸水している森林である．泥炭はあるとしても数センチ程度で，熱帯泥炭湿地林のように数メートルに達する厚い泥炭は発達しない．泥炭湿地が雨水のみの供給をうけるのに対し，淡水湿地林は，河川の洪水による水の供給をうける．したがって，泥炭湿地の貧栄養に比べて，富栄養である（Wyatt-Smith 1961）．

マレー半島では，水の深さもまちまちであり，植生も，少数の大木が散在するものから，密生林，泥炭湿地林と類似したものなど，様々なものがみられ，火の入ったあとなどでは，単一樹種が優占することも多い．

Webber（1954）は，やや泥炭湿地林的な淡水湿地林とマングローブとでえられた珪藻類を比較した．その結果，淡水湿地林の珪藻類のほとんどが海水起源であり，マングローブと共通であった．これは現在淡水湿地林でおおわれている地域が，かつてはマングローブによって占められていたことを示している．

マングローブから淡水湿地林への移行は，南スマトラでも観察できる．海から陸側へ，*Rhizophora* や *Bruguiera* などが徐々に減少するにつれ，淡水湿地林要素の *Oncosperma* や *Campnosperma* などが出現しはじめ，やがてプライ（*Alstonia*）の大木が生育する本格的な湿地林となる．これらの移行帯の大部分は，現在では集落と稲作地帯となっているが，周辺部には残存した漸移帯の一部がみられる．

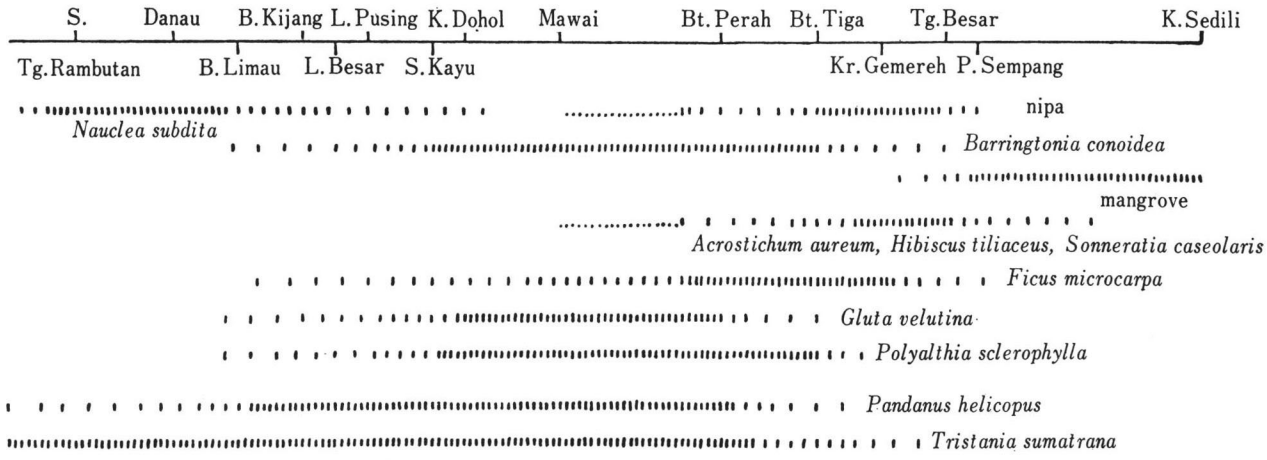
湿性の遷移は，開水面から水生植物をへて高木林に到る過程をたどるのであるが，その途中に，火入れや洪水の影響があり，様々な群落が出現し，多様な景観を呈している．

2　マレー半島南部の淡水湿地林

Corner（1978）がマレー半島南部のジョホールの Sedili 川周辺，Jason 湾およびシンガポールの淡水湿地林の調査を行なったのは，1929 年から 1941 年にかけてである．生態的な記述には物足りない面もあるが，それは当時としてはやむをえないことである．懐古的な記載の端々に，淡水湿地林の特色が浮かび上がる．突然の大洪水，その直後にはすべての昆虫や動物が樹上に避難し，葉をゆすると一度に落下してくること，ツツガムシ病により全村壊滅した例など，興味深い事実も挿入されている．しかし，これらの大部分の森林は現在ではほとんど残存していない．以下に彼の著作にのみみられる植物学的事実をまとめた．いちいち Corner の名をあげないが，特にことわらない限り，ここに記した事実はすべて Corner（1978）によるものである．

(1)　河川沿岸の植生

熱帯低湿地へのアプローチは，川によるのが最良にして唯一の方法である．海から川を遡って行くと，川の両岸の植生は次々に変化していく．塩分濃度，堆積の厚さ，潮汐，淡水の浸入度，川の流れの方向，陽光量などが相互に作用して植生が決定される．基本的には，上流からの堆積作用によって，下流域が少しずつ増進していくので，上流側では，生育条件の変化に対応できず枯死し



潮汐の影響は Tg. Rambutan（湾より 35 マイル）まで
[Corner 1978]

図 1-7　南ジョホール・Sedili Besar 川筋の植生の変化

ていく個体も多く観察できる．複雑に交錯しあっている部分もあるが，河口から上流への川沿いの植生は，次のようにまとめることができる．これらの樹種はSaracaを除いて，すべて陽性樹種である（図1-7）．

①　マングローブ帯　　ヒルギ科，*Avicennia, Carapa, Lumnitzera*などの生育する海水域．

②　ニッパ帯　　ニッパヤシの優占する，泥状の汽水域で，湾内の静水域．

③　Putat帯（*Barringtonia conoidea*）　　流水域で，半分沈んだような泥状の土手に，先駆種として侵入する．主として潮汐の影響下にある淡水域．

④　Rassau帯（*Pandanus helicopus*）　　Putat帯のうしろにすぐ続いて出現する．泥の土手が幅広くなるにつれて，ふえてくる．Rengas（*Gluta velutina*）が随伴．

⑤　Mempisang帯（*Polyalthia sclerophylla*）　　Rassau帯のうしろに続き，安定した泥状の土手に出るはじめての森林．潮汐の影響がある淡水の限界にまで分布．Medang jankang（*Elaeocarpus macrocerus*）とPianggu（*Horsfieldia irya*）が随伴．

⑥　Jejewi帯（*Ficus microcarpa*）　　Rassau帯とMempisang帯の上に生育．主としてより低く，変化のある汽水域．

⑦　Tristania土手（*Tristania sumatrana*）　　かたく高い川の土手上の，特に淡水で潮汐の影響のあるところで川に面した立地や，Mempisang帯のうしろなどに出現．しかし，潮汐の及ぶ範囲をこえて，ずっと上流にまで出現．

⑧　Saraca川（*Saraca bijuga*）　　林冠でおおわれた小支流の土手に沿って，湿地林の周辺部にみられる．Pelong（*Pentaspadon officinalis*），*Schoutenia glomerata*，およびフタバガキ科の樹種と随伴．

⑵ 植　物　相

この地区の沖積平地には，いくぶん潮汐と洪水の影響がある．地形的には主流に近接して，雑多な小支流が入り乱れている．潮汐は朝夕および季節によって高潮の高さが異なり，汽水の影響も違ってくる．また，雨による川の増水に

表 1-13 南ジョホール・Sedili 地区の科ごとの全出現種数と淡水湿地林での出現種数

	Total		Swamp-forest	
	Dicot.	Monocot.	Dicot.	Monocot.
Acanthaceae	12		2	
Aizoaceae	1		0	
Amaranthaceae	1		0	
Amaryllidaceae		2		0
Anacardiaceae	27		16	
Annonaceae	58		49	
Apocynaceae	23		15	
Apostasiaceae		2		2
Aquifoliaceae	3		3	
Araceae		23		16
Araliaceae	5		4	
Asclepiadaceae	21		12	
Bignoniaceae	2		2	
Bombacaceae	6		4	
Boraginaceae	3		1	
Burseraceae	12		11	
Capparidaceae	1		1	
Casuarinaceae	1		0	
Celastraceae	12		7	
Clusiaceae	c. 40		25	
Combretaceae	9		3	
Commelinaceae		5		2
Compostitae	6		0	
Connaraceae	11		8	
Convolvulaceae	10		5	
Cornaceae	3		3	
Crassulaceae	1		0	
Cucurbitaceae	4		3	
Cyperaceae		31		7
Dichapetalaceae	2		1	
Dilleniaceae	12		8	
Dioscoreaceae		3		3
Dipterocarpaceae	34		22	
Ebenaceae	? 18		11	
Elaeocarpaceae	11		5	
Ericaceae	2		1	
Erythroxylaceae	2		1	
Euphorbiaceae	110		71	
Fagaceae	20		13	
Flacourtiaceae	15		12	
Flagellariaceae		2		2
Gesneriaceae	c. 15		10	
Gonystylaceae	3		3	
Goodeniaceae	1		0	
Gramineae		30		3
Hernandiaceae	1		0	
Hypericaceae	3		2	

表 1-13　つづき (2)

	Total		Swamp-forest	
	Dicot.	Monocot.	Dicot.	Monocot.
Hypoxidaceae		2		1
Icacinaceae	11		7	
Labiatae	1		0	
Lauraceae	c. 60		37	
Lecythidaceae	8		5	
Leguminosae				
Caesalpinioideae	24		12	
Mimosoideae	10		2	
Papilionatae	20		2	
Lentibulariaceae	1		0	
Liliaceae		14		12
Linaceae	2		2	
Loganiaceae	6		4	
Loranthaceae	9		7	
Lowiaceae		1		1
Lythraceae	4		1	
Magnoliaceae	3		1	
Malpighiaceae	2		1	
Malvaceae	3		0	
Marantaceae		7		2
Melastomataceae	c. 35		25	
Meliaceae	c. 40		26	
Menispermaceae	6		4	
Monimiaceae	1		1	
Moraceae	57		32	
Musaceae		2		?
Myristicaceae	30		25	
Myrsinaceae	c. 28		16	
Myrtaceae	c. 65		32	
Nepenthaceae	3		3	
Nymphaeaceae	1		1	
Ochnaceae	3		3	
Olacaceae	3		3	
Oleaceae	5		5	
Opiliaceae	2		1	
Orchidaceae		c. 115		101
Oxalidaceae	2		2	
Palmae		c. 50		37
Pandanaceae		22		18
Passifloraceae	1		0	
Piperaceae	c. 10		7	
Pittosporaceae	1			
Polygalaceae	11		8	
Proteaceae	5		3	
Rhamnaceae	3		2	
Rhizophoraceae	13		4	
Rosaceae	6		4	

表 1-13 つづき (3)

	Total		Swamp-forest	
	Dicot.	Monocot.	Dicot.	Monocot.
Rubiaceae	c. 110		74	
Rutaceae	13		7	
Sabiaceae	3		0	
Santalaceae	1		0	
Sapindaceae	18		11	
Sapotaceae	23		17	
Saurauiaceae	1		0	
Schisandraceae	1		1	
Scrophulariaceae	2		0	
Simaroubaceae	2		0	
Solanaceae	1		1	
Staphyleaceae	1		1	
Stemonaceae		1		1
Sterculiaceae	18		11	
Styracaceae	1		1	
Symplocaceae	4		3	
Taccaceae		4		2
Theaceae	12		9	
Thymelaeaceae	3		3	
Tiliaceae	c. 15		9	
Ulmaceae	3		1	
Urticaceae	7		5	
Verbenaceae	18		8	
Violaceae	4		2	
Vitaceae	9		6	
Zingiberaceae		30		20
Totals	1285	346	794	230
Total angiosperms	1631		1024	
Gymnospermae	9		6	
Pterydophyta	72		52	
Total vascular flora	1712		1082	

[Corner 1978]

よる洪水もたえずおこる．これらの条件によって，川沿いとは異なった林相，いわゆる淡水湿地林がみられる．

この植物相について，Corner が記録したものは，1712 種に及び，そのうち 1082 種が淡水および塩水湿地に生育するものである．表 1-13 には，Sedili 地区全域に出現した科ごとの種数と，淡水湿地林域のものとを対比して示している．湿地林で多い種をもつ科には，Orchidaceae（ラン科），Rubiaceae（アカネ科），Euphorbiaceae（トウダイクサ科），Annonaceae（バンレイシ科），Palmae（ヤシ科），Lauraceae（クスノキ科），Moraceae（クワ科），Myrtaceae（フトモモ科），Meliaceae（センダン科），Clusiaceae（フクギ科），Melastomataceae（ノボタン科），Myristicaceae（ニクズク科），Dipterocarpaceae（フタバガキ科），Zingiberaceae（ショウガ科），Leguminosae（マメ科）などがあげられる．また属で多いものは，*Eugenia, Ficus, Bulbophyllum, Calophyllum, Dendrobium, Ardisia, Shorea, Diospyros, Garcinia, Pandanus, Lithocarpus, Macaranga, Lindera, Baccaurea, Memecylon, Elaeocarpus, Polyalthia, Calamus, Daemonorops, Horsfieldia, Psychotria, Xanthophyllum, Aglaia, Dysoxylon* などがあげられる．

(3) 林　　相

淡水湿地林の林相は，低地フタバガキ林ほど混交してはいず，また樹高も低いが，マングローブのように単純ではない．一般に平均樹高は 35 m 前後である．上層に分布する主な種を表 1-14 にあげた．これらの中で大きなものには *Cratoxylon arborescens*（樹高 45 m，枝下高 20～28 m，直径 70～80 cm），*Ganua motleyana*（樹高 50 m），*Koompassia malaccensis*（樹高 50 m，枝下高 27 m）などがある．また *Cratoxylon arborescens* と *Palaquium xanthochymum* が随伴して出現するところでは，この 2 種による優占率が高い．マレーシアの低地フタバガキ林では 50 から 60 m クラスの個体はかなりみられるので，最高樹高でも，淡水湿地林はやや劣るとみてよいだろう．

これらの大木の稚樹は，やわらかな腐植層の上に多く見られたり，倒れた幹の傍らから生育したりしている．中には主軸が落枝やヤシの落葉によって

表 1-14 南ジョホール・Sedili 地区の淡水湿地林の上層種

ANACARDIACEAE
Buchanania lucida
B. sessilifolia
Compnosperma squamata*
Gluta malayana
Melanorrhoea wallichii
Pentaspadon officinalis
ANNONACEAE
Mezzettia leptopoda*
Polyalthia hypoleuca*
Xylopia fusca*
APOCYNACEAE
Alstonia spathulata*
BOMBACACEAE
Coelostegia griffithii
Kostermansia malayana
Neesia malayana*
BURSERACEAE
Canarium littorale
Dacryodes macrocarpa*
D. rostrata
Santiria laevigata*
S. rubiginosa*
S. tomentosa*
CELASTRACEAE
Lophopetalum multinervium*
CLUSIACEAE
Calophyllum incrassatum*
C. inophylloide var. singapurense
C. macrocarpum
C. retusum*
C. sclerophyllum*
C. soulattri
C. wallichianum
COMBRETACEAE
Terminalia phellocarpa
DILLENIACEAE
Dillenia excelsa
D. grandifolia
D. pulchella*
D. reticulata
DIPTEROCARPACEAE
Dryobalanops oblongifolia
Dipterocarpus lowii
Dipterocarpus sp.
Hopea mengarawan
Shorea bracteolata
S. exelliptica
S. lepidota
S. palembanica
S. platycarpa*
S. singkawang
S. sumatrana
Vatica wallichii
ELAEOCARPACEAE
Elaeocarpus macrocerus
E. sphaericus
ERYTHROXYLACEAE
Ixonanthes reticulata
EUPHORBIACEAE
Blumeodendron tokbrai*
Macaranga griffithiana
FAGACEAE
Lithocarpus bennettii
L. leptogyne
L. urceolaris
HYPERICACEAE
Cratoxylon arborescens*
C. formosun
ICACINACEAE
Platea latifolia*
Stemonurus scorpioides*
S. secundiflorus
LEGUMINOSAE
Dialium patens
D. playtysepalum
D. wallichii
Intsia palembanica
Koompassia malaccensis*
Parkia speciosa
Sindora coriacea
S. wallichii*
LYTHRACEAE
Lagerstroemia ovalifolia
MELIACEAE
Amoora rubiginosa*
Dysoxylon macrothyrsum
MORACEAE
Artocarpus elasticus
A. kemando
Ficus calophylla
F. crassiramea*
F. consociata*
F. delosyce
F. sumatrana*
F. sundaica*
Parartocarpus venenosus ssp. forbesii*
MYRISTICACEAE
Gymnacranthera eugeniifolia var. griffithii*
G. forbesii
Myristica crassa
M. iners
M. lowiana*
MYRTACEAE
Eugenia cerina*
E. leptostemon
E. nigricans
E. papillosa
E. pseudosubtilis
OLACACEAE
Ochanostachys amentacea
Scorodocarpus borneensis
Strombosia maingayi
ROSACEAE
Parinari costata
P. nannodes
P. oblongifolia
RUBIACEAE
Mussaendopsis beccariana*
Nauclea maingayi
SAPINDACEAE
Nephelium glabrum
N. rubescens
Pometia pinnata f. alnifolia*
Xerospermum muricatum*
SAPOTACEAE
Ganua motleyana*
Palaquium confertum
P. macrocarpum
P. obovatum
P. semaram
P. xanthochymum
Planchonella maingayi*
STERCULIACEAE
Heritiera elata
H. simplicifolia
Pterospermum javanicum
Scaphium macropodum*
Sterculia macrophylla*
THEACEAE
Adinandra sarosanthera
Gordonia singapureana
THYMELAEACEAE
Aquilaria malaccensis
TILIACEAE
Pentace triptera
GYMNOSPERMAE
Podocarpus motleyi
P. neriifolius
P. wallichianus

＊はサラワク・ブルネイの泥炭湿地にも出現するもの［Corner 1978］

折損しているものや．タピール（マレーバク）により食害されているものも多い．

湿地林の構成樹種には，のちに述べるように異形根（板根，支柱根，呼吸根）をもって特異な形態を示すものも多い．草本は少なく，単子葉類とシダ，水蓮（*Barclaya*），ヤシ，タコノキなどが生育する．つる植物も多い．

(4) 樹　冠　型

樹冠の型にはかなりはっきりした特色のあるものが多く，生育段階に伴う形態の変化から，つぎの4型がみとめられる．

① 終始単軸生長するもの　バンレイシ科，ニクズク科，*Calophyllum, Garcinia* の類．*Calophyllum* と *Myristica* のある樹種は大きな樹冠をもつ．

② 長期間単軸生長し最終的には密な仮軸型の樹冠をもつもの　*Shorea, Koompassia, Crotoxylon, Parartocarpus* など．

③ 短期間単軸生長し，約17 m の高さで，2～4本の上向きの主枝にわかれ，それぞれが仮軸生長するもの　*Amoora rubiginosa, Ganua motleyana, Melanorrhorea wallichii, Mussaendopsis, Palaquium xanthochymum, Pentace triptera, Pometia, Terminalia phellocarpa, Tristania merguiensis.*

④ 林冠のギャップの間にちょうど入るくらいの小さな樹冠が，単軸生長した幹の上にのっているもの　*Aromadendron nutans, Cyathocalyx ridleyi, Tetractomia*（最小樹冠）．いずれも分枝は少ない．

(5) 着 生 植 物

詳しい調査はないが，Corner が1937年に，Sedili Besar の川岸の樹高20 m の *Norrisia major* の着生植物を調べた結果でも，次の38種が記録された．このことからも豊富な着生植物が生育すると類推してもよいと思われる．

Asclepiadaceae（ガガイモ科），*Dishidia nummularia*：Gesneriaceae（イワタバコ科），*Aeschynanthus parvifolius*：Melastomataceae（ノボタン科），*Medinilla hasseltii, M. maingayi, Pachycentria tuberosa*：Moraceae（クワ科），*Ficus deltoidea* var. *deltoidea*：Orchidaceae（ラン科），*Bulbophyllum pulchellum, B. purpurascens, B. ses-*

sile, B. vaginatum, Cymbidium finlaysonianum, Dendrobium acerosum, D. aloifolium, D. spurium, Eria pudica, E. vestica, Sarcostoma javanicum, Taeniophyllum sp.: Rubiaceae（アカネ科），*Hydnophytum, Myrmecodia*：（シダ植物類），*Asplenium nidus, Cyclophorus acrostichoides, Davallia solida, Drymoglossum piloselloides, Drynaria quercifolia, Humata repens, Hymenophyllum neesi, H. polyanthos, H. serrulatum, Lycopodium laxum, Microsorum punctatum, Ophioglossum pendulum. Phymatodes sinuosum, Platycerium coronarium, Pyrrosia longifolia, Selliguea heterocarpa, Thelypteris crassifolia, Vittaria ensiformis.*

(6) 根の形態

淡水湿地林に出現する根の形態は，大きく3態に区分できる．板根，支柱根，呼吸根である．つる植物や小低木にはみられず，また大木のどの生長段階で，これらの異形根が発生するのかは判っていない．この地区の湿地林では37科151種が3態のいずれかを示した（表1-15）．中には3形態すべてを整えたものもある．これらは属に特徴的なものではなく，それぞれの種が湿地条件で示す一つの特性であると考えられる．異形根をもつ樹種は，つぎのように区分することができる．

① 3形態のいずれをももたないもの　バンレイシ科，クスノキ科，*Calophyllum, Dipterocarpus, Elaeocarpus* のほとんどの種．*Cratoxylon, Mangifera, Sindora, Stemonurus, Strombosia* の全種．

② 板根のみを有するもの　51種が明白な板根をもち，8種がわずかな板根性を示す．

③ 支柱根のみを有するもの　49種が明白な支柱根をもち，1種がわずかに支柱根的な形態を示す．

④ 呼吸根のみを有するもの　10種が明白な呼吸根をもち，2種が不明瞭なものである．

⑤ 板根と支柱根の両形態を同時に有するもの　5種（*Dryobalanops oblongifolia, Eugenia nigricans, Lithocarpus ruceolaris, Myristica iners, M. lowiana*）にみら

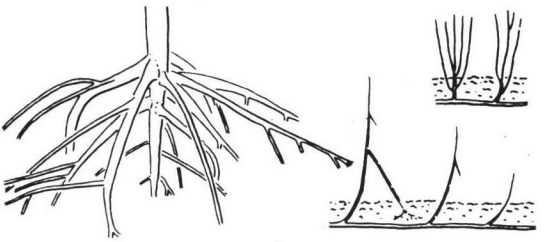
表 1-15　淡水湿地林の種にみられる板根（B），支柱根（SR）ならびに呼吸根（P）

	B	SR	P		B	SR	P
ANACARDIACEAE				Shorea spp.	−		
Campnosperma macrophylla	−			EBENACEAE			
Melanochyla sp.(Pontian)		−	−	Diospyros lanceifolia		−	
Melanorrhoea aptera	−			D. maingayi	−		
Gluta malayana	−			D. siamang		−	−
Parishia spp.	−			ELAEOCARPACEAE			
Pentaspadon officinalis	−			Elaeocarpus macrocerus		−	−
ANNONACEAE				E. griffithii		−	
Goniothalamus malayanus		−		E. stipularis		−	−
Polyalthia sclerophylla			−	E. paniculatus		−	
Xylopia ferruginea		−		ERYTHROXYLACEAE			
X. fusca		−	−	Ixonanthes reticulata	−		
X. malayana	−	(−)		EUPHORBIACEAE			
APOCYNACEAE				Baccaurea bracteata		−	
Alstonia spathulata	−		−	Blumeodendron tokbrai		−	
BOMBACACEAE				Bridelia pustulata		−	
Coelostegia griffithii	−			Macaranga amissa		−	
Kostermansia malayana	−			M. puncticulata		−	
BURSERACEAE				Neoscortechinia nicobarica		−	
Dacryodes macrocarpa		−		FAGACEAE			
Santiria laevigata	−			Castanopsis inermis	−		
S. rubiginosa	(−)		−	C. megacarpa	−		
S. tomentosa	−		−	Lithocarpus bennettii	−		
CELASTRACEAE				L.? cyclophorus	−		
Lophopetalum multinervium	(−)		−	L. hystrix		−	
CLUSIACEAE				L.? javensis	−		
Calophyllum curtisii	−			L. leptogyne		−	−
C. inophylloide		−	−	L. urceolaris	−	−	
C. kunstleri			−	Lithocarpus sp. (Pasania A)	−		
C. retusum			−	GONYSTYLACEAE			
C. sclerophyllum		−	−	Gonystylus bancanus			−
C. soulattri			−	ICACINACEAE			
Calophyllum sp. (n.44)		−	−	Platea excelsa var.		−	−
Garcinia bancana		−		riedeliana (Pontian)			
G. forbesii		−		P. latifolia		−	
G. maingayi		−		Stemonurus scorpioides			−
G. nigrolineata		−		LAURACEAE			
G.? rostrata		−	−	Lindera sp. (SFN 28520)	−		
Mesua lepidota		−	−	Litsea gracilipes		−	
CORNACEAE				Notaphoebe coriacea		−	
Alangium ebenaceum	−			LEGUMINOSAE			
DILLENIACEAE				Dialium spp.	−		
Dillenia albiflos		(−)		Intsia spp.	−		
D. grandifolia		−		Koompassia malaccensis	−		
D. reticulata		−		Parkia speciosa	−		
DIPTEROCARPACEAE				Pterocarpus indicus	−		
Dryobalanops oblongifolia	−	−		LILIACEAE			
Dipterocarpus grandiflorus	(−)			Dracaena granulata		−	
D. sublamellatus	−			LINACEAE			
Hopea mengarawan		−		Ctenolophon parvifolius	−		−
H. resinosa		−					

表 1-15 つづき (2)

	B	SR	P		B	SR	P
MELIACEAE				P. helicopus		−	
Amoora rubiginosa	−			P. malayanus		−	
MORACEAE				P. yvanii		−	
Artocarpus elasticus	−			POLYGALACEAE			
A. kemando	−			Xanthophyllum ? pulchrum		−	
A. maingayi	−			RHIZOPHORACEAE			
Ficus spp. (stranglers)		−		Pellacalyx axillaris			−
MYRISTICACEAE				RUBIACEAE			
Gymnacranthera eugeniifolia		−		Anthocephalus cadamba	−		
Horsfieldia crassifolia		−		Mussaendopsis beccariana	−		
H. irya	(−)		−	RUTACEAE			
H. polyspherula		−		Tetractomia tetrandra			−
Horsfieldia sp.		−		SAPINDACEAE			
Knema glaucescens		−	−	Pometia pinnata f. alnifolia	−		
K. intermedia		−	−	SAPOTACEAE			
K. plumulosa		−		Ganua motleyana			−
Myristica crassa		−		Palaquium confertum	−		
M. elliptica		−	−	P. hexandrum	−		
M. iners	−	−		P. macrocarpum	−		
M. lowiana	−	−	?	P. rostratum	−		
M. maingayi	−			P. semaram	−		
MYRTACEAE				P. xanthochymum	−	−	−
Eugenia atronervia		−		Palaquium sp.		−	
E. cerina		−	−	Planchonella maingayi	(−)		
E. conglomerata	−			Pouteria malaccensis	−	(−)	
E. cumingiana		−		STAPHYLEACEAE			
E. garciniifolia	−			Turpinia sphaerocarpa	−		
E. grata		−		STERCULIACEAE			
E. kiahii		−		Heritiera elata	−		
E. leptostemon	−			H. simplicifolia	−		
E. longiflora		−		H. sumatrana	−		
E. muelleri		−		Pterospermum javanicum	−		
E. nigricans	−	−		Scaphium linearicarpum	−		
E. oblata		−		S. macropodum	−		
E. oleina	−	−	−	Sterculia macrophylla	(−)		
E. papillosa		−	−	THEACEAE			
E. pauper		−		Adinandra sarosanthera	−		
E. pseudocrenulata		−		Ploiarium alternifolium		−	
E. subhorizontalis		−	?	Tetramerista glabra			−
E. tumida		−		TILIACEAE			
Engenia sp. (SFN 37730)	−			Pentace triptera	−		
Pseudoeugenia singapurensis		−		VERBENACEAE			
PANDANACEAE				Vitex peralata	(−)		
Pandanus atrocarpus		−	−	V. pubescens	(−)		

[Corner 1978]



[Corner 1978]

図1-8　*Garcinia ? rostrata* の支柱根，λ型根および直立根のかたまり

れる．

⑥　板根と呼吸根の両形態を同時に有するもの　　3種（*Alstonia spathulata, Ctenolophon, Santiria tomentosa*）にみられる．*Horsfieldia irya* が時に小さな板根と呼吸根をもつことがある．

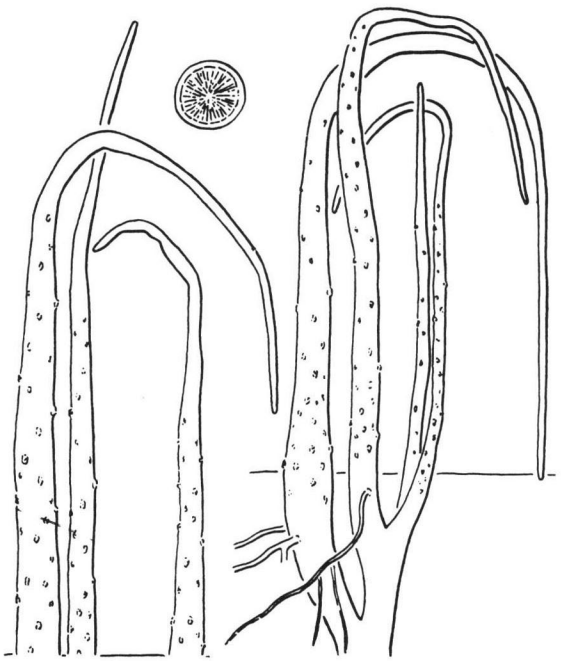
⑦　板根，支柱根，呼吸根の3形態を同時に有するもの　　*Palaquium xanthochymum, Eugenia oleina.*

⑧　支柱根と呼吸根の両形態を同時に有するもの　　18種．

板根は，板根の上部で幹がもっとも太くなり，そこから下部へ板根が発達するにつれて幹そのものは先細りの状態となる．これは支柱根をもつ幹にもみられ，先細りした幹の先端が腐って，樹体が支柱根だけで支えられていることもよくみうけられる．支柱根の出る高さが平均の洪水の高さを示している．板根と支柱根は，非常にかたい材でできていることが多い．

土壌との関連については，*Koompassia excelsa* は土がかたく乾いていると板根が小型化し，逆に *Kostermansia* は丘陵地では板根の大きさが最大になる．支柱根については，*Dillenia grandiflora, Xylopia ferruginea, Garcinia* と *Pandanus* のある種では，湿地でも丘陵地でも同様な支柱根をもっている．根の形態と環境との関連については，まだまだ不明な点が多い（図1-8）．

一方，呼吸根の材は柔らかく，通気組織があって，海綿状であり，強い潮汐の影響下でもっともよく発達する．淡水湿地林の呼吸根については，次の5型がみられる．



[Corner 1978]

図 1-9 *Xylopia fusca* のループ型呼吸根と皮目

① 直立円錐形の杭状のもの *Polyalthia sclerophylla, Sonneratia.*

② 直立板状のもの *Lophopetalum multinervium.* 洪水の深さがそれほどでないところでは，短く厚い膝根状に退化する．

③ 細いループ根として生長し，そこから曲がって土中に入るもの *Xylopia fusca, Calophyllum*（図 1-9）．

④ ③と似るが，厚い膝根となるもの *Alstonia spathulata, Ganua motleyana, Horsfieldia irya, Myristica elliptica, Tetractomia.*

⑤ λ 型根で直立に近く生長し，のち下方へのびた側根が土中に入るもので，末端部分はしばしば乾きあがっているもの *Elaeocarpus macrocerus.*

(7) 植 物 季 節

Sedili 地区の雨季は 10 月から 12～1 月で，2 月から 9 月までは雨が少ない．

特に7，8月には川の水量がもっとも減少する．南ジョホールやシンガポールでは，2～3月，7～8月に乾期のくる2山型の季節がみられ，この影響はSedili地区にも多少及んでいる．また，周辺の山地で降る雨による川の洪水は年中みられる．年間の降雨量は平均2600～2900 mmである．

1年を通じて1～5月にもっとも多くの花が見られ，各構成種の開花期間は3～5週間継続するとみてよい．そののち3～6カ月のうちに結実するので，5～10月が一般的に果実期となる．

開花については，年1回のものがふつうであるが，2回咲くものもある．たとえば，*Tristania sumatrana, Buchanania* の2種，*Ixora grandifolia* は1～2月と7，8月に，*Kopsia singapurensis* と *Ixora* は1～2月と9～10月に，また，*Pentaspadon officinalis, Pterospermum javanicum, Mesua rosea* などは4月と10月に花が見られる．さらに *Nephelium* と *Xerospermum* も2度咲くとみられる．

一方，毎年花が咲かずに，数年に一度開花する樹種も多い．フタバガキ科のものは数年に一度訪れる大乾季のあとに大量開花することで有名であるが，この地区の例では，1935年の1月が例年になく乾燥し，同じ年の5月に開花をみている．*Kostermansia* は1932年9月と1940年3月に開花結実しているので，8年周期といえる．*Pentace triptera* も同様の周期とみられる．*Gluta renghas* は1963～1969年の間に2年連続開花し，*Swintonia schenkii* は3年連続開花したという報告もある（Medway 1972）．ウルシ科のある種は湿地林ではめったに開花しないことも観察されている．

Sedili地区の1年間の植物の季節は，以下のようにまとめられる．

1月　　前半に *Buchanania sessilifolia* の白い花が，後半には *Melanorrhoea wallichii* の芳香のある白い花がたいへん目立つ．月末には *Tristania sumatrana* が咲き始め，*Tristania* 土手が3～4週間白くなる．またMempisang帯では落葉と花序の発達がはじまる．

2月　　3月にもかさなって，つぎのような樹種の開花，結実，落葉がみられる．

大量に開花するもの——*Buchanania lucida*（8月にも開花），*Campnosperma, Croton laevifolius*（5月に結実），*Eugenia* spp., *Ixora, Kopsia singapurensis,* クスノキ科の数種，*Lithocarpus* spp. *Macaranga baccaureifolia*（6月に結実），ニクズク科の数種，*Neesia, Pometia.*

結実するもの——*Calophyllum* spp.（10～11月に開花したもの），*Connarus grandis.*

新葉を開出するもの——*Shorea* spp., *Sindora coriacea*（落葉樹），*Macaranga baccaureifolia*（落葉樹）.

3月　3月の雨は不安定である．この時期に開花の始まるものがもっとも多い．中でも目立つのは *Cratoxylon formosum* の落葉と開花である．これは伐採の対象とならないのでよく残っている落葉樹で，裸の樹冠に赤味がかったピンクの花と芽が一斉にふき出す．

大量に開花するもの——*Castanopsis* spp., *Cerbera odollam, Crateva religiosa, Elaeocarpus* spp., *Entada phaseoloides, Eugenia spicata, Flagellaria, Gardenia tubifera, Gluta velutina*（花は6～7月まで続く），*Coniothalamus* spp., *Horsfieldia irya, Poikilospermum* spp., *Vitex clarkeana.*

結実するもの——*Mesua ferruginea, Myristica elliptica, Neoscortechinia forbesii, Nephelium glabrum, Vatica wallichii.*

新葉を開出するもの——*Calophyllum sclerophyllum, Dalbergia beccarii, Koompassia malaccensis, Polyalthia sclerophylla*（オリーブ色の新葉開出），*Pongamia pinnata* var. *xerocarpa.*

これらの現象は2月にはじまり，4月にまでのびることもある．*Koompassia malaccensis* について，Medway（1972）は6カ月ごとに新葉が発達すると述べているが，開花については不明な点が多く，1963～1969年の間に1度開花が観察されている．

4月，5月　大量に開花するもの——*Barclaya*（水生植物），*Barringtonia filirachis, Chisocheton amabilis, Cratoxylon arborescens, Cryptocoryne* spp.（水生植物），

Dillenia excelsa, Elaeocarpus macrocerus, Eugenia spicata, Garcinia bancana, Gardenia tubifera, Horsfieldia irya, Ixora congesta, I. lobbii, Jackia, Lophopetalum multinervium, Mussaendopsis, Myristica elliptica, Palaquium xanthochymum, Pandanus helicopus（8，9月まで続く），*Pentaspadon officinalis*（10月にも開花），*Polyalthia sclerophylla, Premna trichostoma, Pterospermum javanicum, Shorea* spp., *Sterculia bicolor, Vitex peralata.*

結実するもの——*Bhesa paniculata, Connarus grandis, Gnetum gnemon* var. *brunoniarum.*

新葉を開出するもの——*Podocarpus neriifolius.*

6月，7月　大量に開花するもの——*Connarus grandis, Elaeocarpus* spp., *Eugenia cerina, Fagraea racemosa, Nephelium rubescens, Tristania sumatrana*（2度目の開花），*Vitex clakeana*（2度目の開花）.

結実するもの——*Buchanania, Dillenia excelsa, Elaeoparpus macrocerus, Gardenia tubifera, Grewia antidesmaefolia, Pandanus helicopus*（10，11月まで継続して結実），*Pentace triptera, Pentaspadon officinalis, Rinorea anguifera, Schoutenia accrescens, Sterculia macrophylla, Vitex clarkeana, Xanthopyllum affine.*

新葉を開出するもの——多数．*Calophyllum sclerophyllum* は7月と3月に葉をかえる．

8月　*Buchanania lucida* の結実と2度目の開花．

9月　開花するもの——*Dysoxylon macrothyrsum, Ixora* spp.（2度目の開花），*Kopsia purensis*（2度目の開花）.

10月　大量に開花するもの——*Dacryodes macrocarpa, Dryobalanops oblongifolia, Pentaspadon officinale*（2度目の開花），*Pterospermum javanicum*（2度目の開花），*Xanthophyllum affine.*

結実するもの——*Garcinia penangiana.*

新葉を開出するもの——*Melanorrhoea aptera*（落葉樹）.

11月　多数の樹種が結実する．

12月　*Calophyllum* のいくつかの樹種がこの月か，または11月に開花する．もっとも湿潤な月のため，採集はほとんど不可能である．

落葉樹　次にあげる樹種は落葉樹である．

Cratoxylon formosum, Dillenia grandifolia, D. reticulata, Heritiera simplicifolia, Macaranga baccaureifolia, Melanorrhoea aptera, M. pubescens, Parkia speciosa, (*Pentace triptera*), *Pentaspadon officinalis, Polyalthia sclerophylla,* (*Pterospermum javanicum*), *Scaphium macropodum, Sindora coriacea, Sterculia bicolor, S. macrophylla.*

恒常的に開花しているものには，*Dillenia suffruticosa, Hibicus tiliaceus* があり，おそらく *Barringtonia racemosa* も同じである．

(8) 海岸から淡水湿地林への推移

Sedili川の河口，Jason湾周辺の海岸地帯から内陸への植物相の推移はいろいろな様相を示しているが，まとめてみると，砂浜海岸から始まるものと，マングローブからはじまるものとの，二つの系列にわけて考えることが出来る．

まず砂浜の場合は，グンバイヒルガオやカヤツリグサ科の *Canavalia* などの草本の優占する，いわゆるグンバイヒルガオ群集が，もっとも海側に面した砂浜または砂丘斜面に出現する．木本としては *Casuarina equisetifolia* の稚樹と，波によって打ち上げられてくる果実の活着と生育が始まる．*Casuarina* の生長ははやく，幅10～50 mの帯状の群落を形成する．この種子は完全な砂丘上でしか育たないので，母樹の下では生育せず，*Eugenia grandis* が侵入してくる．

この種はマレー半島においては，自然状態では，岩や砂の海岸地帯にしか生育しない．*Casuarina* のうしろに群落をつくり，そこには60種近い中，高木がみられる．これに続くのが，乾燥型の極相林で，ここには *Eugenia grandis* や *Beilschmiedia tonkinensis* などが海岸から400 mまでみられる．また *Dipterocarpus hasseltii* は *Eugenia grandis* 林にも入り，ところによっては，海岸から60 mくらいの場所に樹高25～30 mのものが生育する．さらに，*Cratoxylon*, 3種の *Eugenia*, *Pterospermum* などの大木がかなり出現し，たとえば *Cratoxylon formosum* などは樹高25～35 m，直径30～50 cm級のものが50×30 m^{2}内に7個

体観察されている．*Cratoxylon* と *Pterospermum* は湿地でも普通にみられるが，*Eugenia* の3種は海岸に限定される．下層には *Tacca palmata* や *Petunga roxburghii* がみられ，これらは *Eugenia* 林にも入る．ここから淡水湿地林になり，さらに内陸へ入ると低地フタバガキ林になる．すなわち，森林型だけでいうと，*Casuarina* → *Eugenia grandis* →乾燥極相林→淡水湿地林→低地フタバガキ林という推移である．この地区では乾燥型極相林のところに *Pterocarpus indicus* が優占する林が入ってくる場合がある．

海岸にマングローブがある場合には，マングローブ林が除々に淡水湿地林の樹種にかわっていく．川が入っている場合には，川筋に沿ってマングローブがかなり上流まで出現するので，川が蛇行する場合などは，はじめに述べた *Pterocarpus indicus* の林に続いて，マングローブが出，そして淡水湿地林に続いていく場合もありうる．これらはトランセクトのとり方によってかわるわけだが，基本的には，上に述べた二通りの移行形態がみられると理解してよいだろう．

3　東南アジア各地の淡水湿地林

(1) ビ ル マ

東南アジア大陸部の大河川下流域には，かつて広大な湿地林が分布していたはずである．しかし，その調査例はほとんどなく，わずかにビルマのイラワジ川下流域の植生について，Stamp (1925) が記録しているのみである．

ビルマの淡水湿地林は［Myaing］とよばれている．上部ビルマでは年間3～4カ月浸水する地区に湿地林がみられる．また，ラングーンとプロムを結ぶ鉄道と，イラワジ川の間の大部分の地域は7月から10月までの雨季に浸水し，樹木は水深2.4～3 mの中に立っている．こういう場所はイラワジ川の古い河床であるとされ，林相は疎開している．主な構成要素には，*Albizzia procera, Anogeissus* sp., *Barringtonia acutangula, Butea frondosa, Lagerstroemia* の数種，*Schleichera trijuga, Stephegyne parvifolia,* 竹では *Bambusa arundinacea* などがみら

れる．また，1年のうちほんの数週間しか乾くことのないもっとも湿った土地では，*Xanthophyllum glaucum* と *Dalbergia reniformis* がほとんど純林状をなしており，これらとともに，*Combretum* と *Glochidion* が藪状になって出現する．

また別に［Kanazo 林］とよばれる湿地林がある．これは *Heritiera fomes* の生育する林であり，干満の間に地表面から完全に水分がなくなる時間が数時間あるような条件下に出現する．したがって，潮汐の影響下にあるが，マングローブよりはやや高いところで，より塩分の少ないところにみられる．これには二つの型がみられる．

まず第一の型は，水分条件が淡水に近いところに生育するものである．ここでは生長はより旺盛で，樹高は 30 m をこえることもある．しかし密生した状態の森林ではない．随伴種として，*Afzelia bijuga, Amoora cuculata, Barringtonia acutangula, Dysoxylum* sp., つる性の *Combretum* sp., 地表に *Acanthus ilicifolius* などがみられる．この林分の最上部では，ペグ状の呼吸根も短くなって，樹体は大きくなり，大型の *Pandanus foetidus, Litsea, Cynometra ramiflora* などが随伴する．

もう一つの［Kanazo 林］のタイプは汽水域に生育するものである．樹体の大きさは前者に比べて小さくなるが，より高密な林分となる．随伴種は少なく，マングローブも含み，*Acrostichum aureum, Xylocarpus moluccensis, X. granatum, Cerbera odallum, Cynometra ramiflora, Bruguiera parviflora, Excoecaria agallocha, Sonneratia griffithii* などがみられる．やや高い所では浸水が少なくなるため，蒸発によって塩分濃度が高くなり，林相は貧弱化し，下層に *Cynometra ramiflora* や *Ceriops roxburghiana* が，地表には *Acrostichum aureum* が繁茂する．

Kanazo 林は雨季の全面的あるいは部分的浸水によって死滅し，また，春の高潮の高さ以上のところでは生存できない．この条件下で淡水湿地林が汽水域に分布する．ビルマではイラワジデルタに数百 km におよんで分布し，また，南アラカンや Mergui にも広くおよんでいる．これらの森林のなかに，大きな *Sonneratia apetala* が広く散在している．

Kanazo林の上限の上部で粘土質のところには，貧弱な樹木が散在する藪状の混交低木林がみられる．これは［Byaik］または［Kon-Byaik］とよばれる．主な樹種は *Amoora cuculata, Calophyllum* sp., *Diospyros* sp., *Elaeocarpus hygrophilus, Eugenia, Lagerstroemia flos-reginae*（クスノキ科）の類，*Litsea, Mangifera caloneura* などである．下層には，*Calamus arborescens, C. erectus, Clinogyne dichotoma, Flagellaria indica, Hibiscus tiliaceus, Phragmites* sp., *Pinanga* sp. などが厚くおおって，人の侵入をさまたげている．林内の倒木の跡地には，草本または *Hibiscus tiliaceus* が群生している．

これら以外に，*Phoenix paludosa* で代表される低木林，*Cynometra ramiflora* の純林状の低木林などが，イラワジデルタには広く分布している．

(2) シンガポール

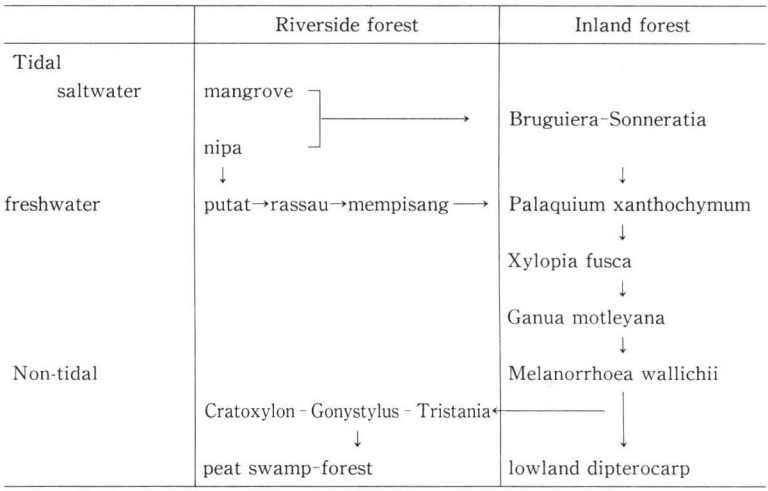
現在では最も開発のすすんでいるシンガポールにも，湿地林はみられた．1930年代にはすでに開発の手が伸びていたが，Corner は伐採を延期させて調査した．Mandai, Jurong, Pontian の3箇所である．

① Mandai道路の湿地林　林冠層の高さは32 mで，最大木は *Palaquium xanthochymum* である．この種が林冠層の約半数を占める．*Xylopia fusca, Pometia* が続いて多い．小木では *Talauma singapuresis* が優占し，地表には主にタコノキ，ヤシ，サトイモ科のものが出現する．

同じ地区の別のプロットでは，*Xylopia fusca* と *Cratoxylon arborescens* が多い場所と，*Palaquium xanthochymum* が優占するところがあった．やや乾いた条件下には，*Melanorrhoea wallichii, Shorea macroptera, S. platycarpa* が優占し，別のプロットに出現した主要樹種は出現しなかった．

これらのことから，もっとも湿地的な条件下に生育するものは，*Palaquium xanthochymum* であり，やや高い場所になると，*Xylopia fusca,* さらに高く乾燥した立地には湿地林特有の固有樹種はもはや出現せず，低地フタバガキ林への移行帯になるとみられる．

② Jurong道路の湿地林　ここでも林冠層の高さは30～32 m，最大木は



[Corner 1978]

図 1-10　マングローブから淡水湿地林，泥炭湿地林，低地フタバガキ林への推移

Cratoxylon arborescens で，直径は 70 cmに達する．主要高木は 31 種，小木は10種が数えられる．つる植物には，*Daemonorops leptopus, Dapania, Embelia, Flagellaria indica, Gnetum, Nitrella kentii, Morinda rigida, Pothos latifolia, Uncaria* などがみられる．また，下層には，*Ardisia tuberculata, Cyrtostachys, Hanguana, Labisia, Nenga, Salacca, Sterculia coccinea* などが出現する．ここでは他の湿地林に出現しないものが生育したり，他にもあるものがなかったりするので，植物地理学的にはやや異なった地域と考えられる．更新状況は小木がヘクタール当たり 5 万本に達しており，良好とみてよい．

③　Pontian の湿地　　周辺は 1939 年当時すでにパイナップル畑になっていた．ここの種数は，上に述べた 2 地区よりも少ない．共通種はあるが，典型的な淡水湿地林の樹種が少ない．多く出現するものには *Cratoxylon, Gonystylus, Tristania* があるが，*Melanorrhoea, Mussaendopsis* は出現しない．その他ここにあげないが，多数の樹種の有無から，この地区の湿地林は，泥炭湿地林への移行系列にあるものと結論づけられる．

以上のような3地区とSedili川の湿地林をあわせて考え，さらに泥炭湿地林のデータも入れて，Cornerは，淡水湿地林の位置づけを図1-10にみられるように，模式化した．

(3) マレー半島の湿地林

マレー南部だけでなく，マレー半島全体をふくめての湿地林については，Wyatt-Smith (1961) がまとめている．その生育環境などははじめに書いたので省略するが，ここでは，Cornerがふれなかった地域や樹種について簡単に記したい．

Perakの Utan Melintang保護林では，*Sindra intermedia, Melanorrhoea torquata, Lophopetalum* sp. が目立っている．東海岸の Rompin地区では広大な面積をスゲ属（深いところには *Scirpodendron ostatum* が出現する），*Licuala*，ヤシの *Livistona, Pinanga, Salacca* などが優占し，このタイプは湿地林のかなりの部分にもみられる．*Livistona-Pandanus-Stemonurus* 群集はセランゴールの Tinggi川と，南西 Pahangの Tasek Bera地区に出現する．*Fagraea crenulata* は，しばしば海から少しの距離のところに細い帯状になって出現する．*Hopea griffithii* は北クランタンの季節的な湿地に出現する．

排水が浸入した古い鉱山地域には，*Ploiarium alternifolium* と *Alstonia spathulata* が純林状をなし，随伴種には *Scleria* spp., *Lycopodium cernum, Gleichenia linearis* がある．かつて淡水湿地林であって，その後耕作され放置された跡地には，*Macaranga maingayi* がよくみられる．

Oncosperma filamentosa は淡水湿地林の代表的なヤシである．生育地は，海から少し離れたところに純林状をなし東海岸に沿って広くみられる．また中部Johorでは，浅い泥炭湿地林を伐採したあとに多数生育する．灰黒色に近い茎が30 m近くにもなり，鋭いトゲが茎に直角についている．海岸地帯や湿地の家屋の支柱や床材に使われる重要なヤシである．

淡水湿地林でぜひあげなければならないのは，*Melaleuca leucadendron* である．おもに，マラッカ，クランタン，トレガヌ，ケダー，ペルリスなどに分布し，

1966年の推定では20万haとなっている（Sandrasegaran 1966）が，現在では，ずっと少なくなっている．生育地は低湿地，海岸の沖積地，やせ地にも出現し，またマングローブの陸側のはしの砂地や，酸性土，塩分含有土，浸水土などさまざまな条件下にみられる．また出現の形態も，大きな灌木，灌木状の萌芽林（特に火のあと），高さ15～25 mの高木などさまざまである．樹冠は小さく，灰色がかった緑色で，やや曲がりくねった幹から淡色の樹皮がたえず薄片となっておちているため，すぐに識別できる樹種である．随伴種としては，よく *Ploiarium alternifolium* が出る．耐火性にすぐれており，萌芽枝とサッカーによる更新が盛んで，火の入ったあとには，この樹種だけの純林ができる．そういうところには，よじのぼりシダの *Stenochlaena palustris* と *Scleria* sp. がよくみられる．

生長に関しては6～7年で幹周囲23 cm，15年で30 cmになり，それ以後は1年に0.8 cmの割合で伸びる．もっとも生長がよいのは7年目で，樹高が9 mに達するのに9年を要する．用途は燃材，輸送用のビンのフタ，漁業用柱としてつかわれ，葉からはカユプテ油が薬用として抽出される．乾果は黒コショウ（*mercha bolong*）として売られる．外樹皮はタイマツをつくるのに適している．繊維が短く，漂白しにくく，かつこなれが悪いので，パルプには不適である．

以上述べたマレー半島の淡水湿地林は，すでに過去のものである．私が1978年に半島部の海岸地帯をくまなく調査した時も，もはや大面積の淡水湿地林をみることはなかった．大部分が水田やパイナップル畑などに転換されている．カユプテの林をみることもまれで，単木または小面積の団地として残存しているにすぎない．半島全域にかつて存在していた淡水湿地林の代表的な樹種として，Wyatt-Smith（1961）はつぎのようなものをあげている．

Alstonia spathulata, Artocarpus penduncularis, Calophyllum spp., *Campnosperma* spp., *Coccoceros muticum, Cratoxylon arborescens, Dialium* spp., *Dillenia* spp., *Dipterocarpus costulatus, Dryobalanops oblongifolia, Eugenia* spp., *Hopea griffithii, H. menga-*

rawan, Ilex cymosa, Intsia palembanica, Koompassia malaccensis, Lophopetalum spp., *Madhuca* spp., *Melanorrhoea* spp., *Mezzettia leptopoda, Nauclea maingayi, Palaquium* spp., *Parastemon urophyllum, Shorea bentogensis, S. hemsleyana, S. macrantha, S. platycarpa, Sindora intermedia, Vatica flavida, V. lobata, V. wallichii.*

(4) 南スマトラ

島嶼部東南アジアで湿地林が大面積を占めるのは，スマトラ東海岸一帯である．この地域ではもっとも海よりにマングローブ，内陸へ入るにつれて，淡水湿地林，泥炭湿地林が出現する．山田とSoekardijo (1979) は，パレンバン沖のマングローブと湿地林について調査している．

1978年当時，南スマトラはインドネシア政府の移住政策の一つの拠点であった．湿地林は伐採され，運河が掘削され，水田がつくられ，大量の入植者が人口稠密のジャワから移住していた．パレンバンからムシ川を北へ海方向へ出る川筋には，これらの居住者が様々な村落生活をいとなんでいるが，このことについてはのちに述べたい．

マラッカ海峡に面するスマトラ東海岸一帯は，マングローブにおおわれる．東南アジア多雨林気候下の中心であるだけに，蓄積は大きく，胸高直径85 cmの*Avicennia alba,* 樹高36m級の*Rhizophora apiculata, Bruguiera gymnorrhiza*などがみられる．淡水湿地林はこれらのマングローブの優占する海側から川を遡り，*Sonneratia alba*の優占する支流に入って，ニッパヤシが川幅を狭くし，黒色の川が流れる地域の周辺に出現する．

調査時は9月下旬であったが，当時の林内には，約30 cmの深さの黒色の水があり，その下に約20 cmの腐植層があった．林内には膝根型の呼吸根が突出し，地表には*Salacca conferta*の鋭いトゲが随所にみられ，また水上にも枯れたトゲが浮遊しており，調査はきわめて困難であった．林内は明るく，マングローブや低地フタバガキ林，山地林などにくらべてずっと疎開していた．最上層にくるのはプライとよばれる*Alstonia angustiloba*で，樹高50 mに達する．その下には*Campnosperma auriculata*がみられ，*Macaranga tricocarpa, Palaquium*

表1-16 南スマトラ・バニュアシンの淡水湿地林の胸高直径10 cm以上の種組成

(20×50 m²プロット)

Species	Number	Basal Area (cm²)
Polyalthia glauca	6	1,259.5
Campnosperma auriculata	5	3,812.2
Ochanostachys amentacea	2	215.7
Alstonia angustiloba	1	5,407.9
Macaranga tricocarpa	1	1,224.8
Palaquium sp.	1	779.0
Eugenia sp.	1	498.5
Elaeocarpus obtusus	1	359.5
Brochidia sp.	1	326.7
Artocarpus umisophylus	1	277.4
Memecylon sp.	1	277.4
Litsea sp.	1	254.3
Baccaurea sp. 1	1	224.2
Neonauclea sp.	1	158.3
Dendrocnide stimulans	1	141.0
Neonauclea calycina	1	126.6
Macarange ipolica	1	102.1
Neonauclea obtusa	1	84.9
Baccaurea sp. 2	1	80.1
Total	29	15,610.1

[山田とSoekardjo 1979]

属のものなどとともに中層を形成している．また，この層にはニボンとよばれるヤシの *Oncosperma tigillaria* が群生していて，樹高は25 mに達するものもある．低木には *Polyalthia glauca, Neonauclea obtusa, Baccaurea* 属などがみられ，林床にはサラックヤシ（*Salacca conferta*）と上層木の稚樹がみられる．

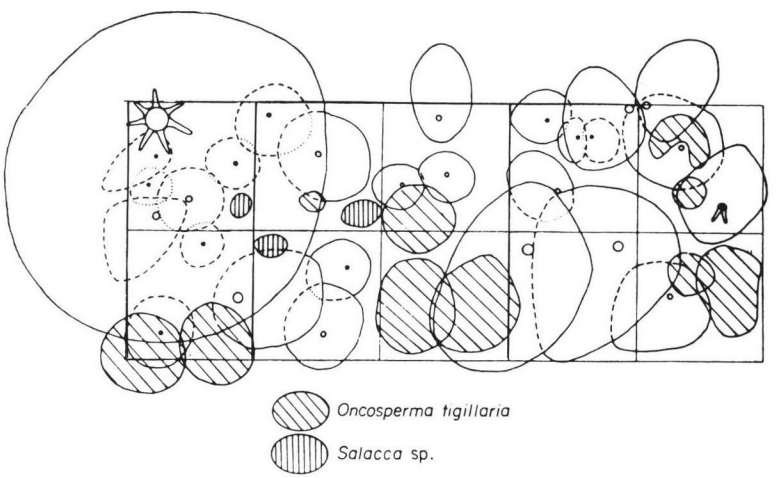
表1-16に直径10 cm以上の出現種の本数と胸高断面積を示した．ヘクタール当たりになおすと，立木本数は290本，胸高断面積合計は16 m²となる．この値は同じ地区のもっとも海よりの *Rhizophora apiculata* の優占するマングローブ林でえられた596本，25 m²という値よりは，かなり小さくなっている．しかし，同じマングローブでかなり内陸へ入った *Bruguiera gymnorrhiza* と *Rhizophora apiculata* の混交する林分での190本，13m²という値よりは，大きくなっ

表1-17　南スマトラ・バニュアシンの淡水湿地林の胸高直径2 cm以上10 cmまでの種組成

(20×50 m²プロット)

Euonymus javanicus	Polyalthia sumatrana
Syzygium polycephalum	Campnosperma auriculata
Dendrocnide stimulans	Leea indica
Canarium sp.	Elaeocarpus glaber
Eugenia sp. 1	Species of Annonaceae
Macaranga sp.	Euodia sp.
Elaeocarpus odontopetalus	Aglaia sp.
Neonauclea calycina	Timonius flavescens
Elaeocarpus obtusus	Anthocephalus chinensis
Glochidion zeylanicum	Artocarpus sp.
Eugenia reinwardtiana	Ficus glaberrima
Litsea sp.	Parastemon urophyllum

[山田とSoekardjo 1979]



(20 m×50 m)
板根をもつ最大木は*Alstonia angustiloba*（樹高50 m）
[山田とSoekardjo 1979]

図1-11　南スマトラ・バニュアシンの淡水湿地林の樹冠投影図

ている．後者の場合，20×500 m のトランセクトの集計値であり，その中にはニッパの優占する箇所やクリークがかなりあって，かなり低い値を示しているが，平均的にはこれくらいの蓄積とみてよいだろう．淡水湿地林の場合にも，プライの大木が1本入るかどうかによって，蓄積量もかなりかわってくるが，一応の目安として，この値を示しておきたい．

胸高直径 2～10 cm の小低木は表 1-17 に示され，地表の稚樹にもこれらと同じ樹種が観察された．サラックヤシは表には含んでいないが，重要な構成要素である．図 1-11 に調査したプロットの樹冠投影図を示した．大きな板根をもつプライとニボンが優占度の高いことがよくわかる．

4　森林開発の現状

淡水湿地林の開発は，すでに述べたようにシンガポールでは 1930 年代にはじまっており，マレー半島でもほぼ前後して伐採が行なわれている．現在残存している部分で，しかも現実に開発中のものは，南スマトラでみることができる．バニュアシン河口周辺の淡水湿地林の生育していた島は人が住まず，プラウ・リマウという名の示す如くトラが多数生息していた．ここに生育するプライの大木に目をつけたのは，ムシ川河口にあるスンサンという町の長である．1970 年にまず，材を搬出するために支流のニッパが切り開かれた．支流が細くなった先は運河が掘られる．そして，伐採されたプライは 4.4 m の長さに切られ，数名の人間の手によって，コロの上を滑るようにおされて運河に運ばれる．運河をやや広くした貯木場では，流されてきた材が 10 本単位の 2 縦列につながれ，ひとりの人間の手によって主流の入口まで運ばれる．そこでは材を1本ずつ横にならべ，数十本が一つのイカダとなって，パレンバン近郊まで曳航される．そこで再び，輸出用と国内用に仕分けされる．

材を伐りだした跡地には運河もあり，大木は伐られているので，開拓は容易である．ここには主にスラウェシ出身のブギスが入っている．入植した家族は土地 2 ha を与えられる．人々は残った中，小木を切り払い，1年中で一番雨

の少ない9月に焼く．そのあとを整地する．整地といっても，とりあえずは20 m×20 m くらいの，比較的倒木の少ない，排水良好な土地をやや整備するだけのことである．それと並行して，運河を掘り起した土がかたまってできた道路上や，人工的につくった高床あるいはその屋根の上などに，苗床を作る．まずニッパの葉を敷き，その上に厚さ3 cm ばかりの泥をひいて，その上にモミをまく．バナナやニボンの茎などで四方を囲い，上をニッパまたはバナナの葉などでおおう．1日2回，朝夕に灌水する．約1週間で背丈10 cm になり，2週間たつと移植可能となるので，あらかじめ整地しておいた土地に第1回目の分植を行なう．この際 tugal とよぶ穴あけ棒によって穴をあけるが，穴の深さは表面の腐植層内にとどまり，土壌中に入ることはない．これは第2回目の移植の際に根系が切断されるのをさけるためである．第1回目移植後，その周辺の土地をさらに整地し，約40日後に第2回目の移植を行なう．今度は穴は深く土中にまで達する．収穫は4月である．初年度の収穫はモミで1 t/ha であったが，毎年1 t/ha の増加量で，将来的には8 t/ha が期待されている．となりのジャンビ州では，同じような条件下で7年目に8 t/ha の収量をあげているという．燃えきらずに残った材の腐植化がすすみ，それが肥料となって収穫をあげることと，まわりの整地化がすすむことが収量をあげる要因である．ここでは雨水だけにたよっており，運河は排水用である．

現在，南スマトラでは三つの低湿地の開拓が行なわれている．第一の型は政府指導型の大資本投下，大規模工事，大量移住方式である．大型機械による天然林の伐採，運河掘削，大水田造成，居住地域の設定などが，きわめて計画的，工学的に行なわれる．ウパン地区周辺にみられる型である．第二には上に述べた村落レベルの共同作業型である．第三の型は，全く個人で入植する．小さな舟の通れる運河をつくり，小さな畑を自分でつくっていく．パレンバンから海側への低湿地の間にある小河川沿岸には，こういった小規模な零細開拓民が多い．大部分は，雑草の繁茂が原因で，数年でまた別の土地へ移っていく．

これらの三つの型の中で，低湿地の条件をもっともよく考えて，安定した方

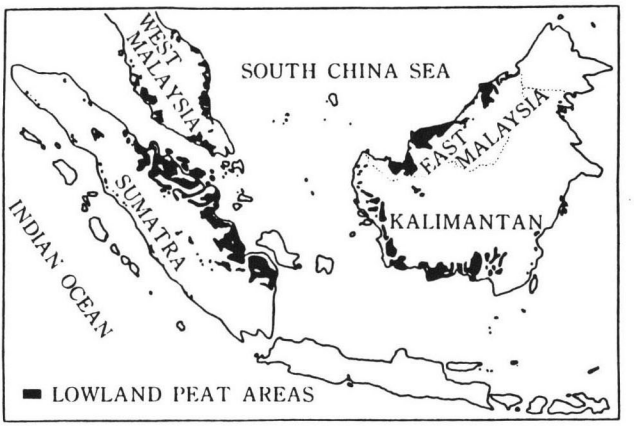
向を示すのは第二の型であろうとおもわれる．第一の型は大計画であるがゆえに，無駄や失敗が多く，かつ入植者の現地にたいする認識が浅く，なによりも開拓意欲に乏しい．第三の型は個人の力の限界がみられ，いたずらに二次林をふやすだけである．第二の型がもっとも望ましいと考えるのは，そこに住む人人の環境条件に対するの認識の深さと，それに対処する共同作業の組織性である．

森林が切り開かれる場合には利用されるべき材は用途に応じて，もっとも有意義に使われなければならない．プライは輸出用材として，*Compnosperma* は国内材として，ニボンは付近住民の建築材として，まず利用される．役にたたない中，小木は切られ，焼かれる．焼け残った材は無理に排除するようなことはせず，分解のすすむままにまかせて肥料分として利用する．滞水は排除し，作物の植え付けはその性質により場所を選び，時には土盛りして行なう．家屋の建築や，運河の拡張，整備など人手のいる仕事は共同作業である．天然林のもつ自己施肥能力を適度に変換しつつ，現場の条件を除々に克服して，無理な開発が全くみられないことは重要である．

淡水湿地林の開発は，しかし，全体的にみれば，ニューギニアを除いて，急速にすすんでいるとみてよい．今後の取扱いのためにも，また将来の環境保全のためにも，残存している天然林を含めた，ひと続きの保護区が確保されることがもっとも好ましい．南スマトラ州とジャンビ州境のアランガンダン地区はその目的にあった有力候補地である．

第3節　泥炭湿地林

泥炭湿地林も研究例の少ないところである．同じ熱帯低湿地にありながら，泥炭湿地林が研究対象とされなかった理由は，いくつか考えられる．まず，マングローブの内陸側に位置するためのアプローチの困難さである．そして，林内に到達したとしても，泥炭という足場の悪さが前進を躊躇させる．しかもマ



[Andriesse 1974]

図1-12　マレー半島，ボルネオ，スマトラにおける泥炭湿地の分布

ングローブにみられるような異形根や胎生種子などの関心をひく形態的，生態的特色は少ない．それに加えて，病虫害についてはわけのわからぬ不安が常につきまとう．私のささやかな経験からも，湿地林はできれば調査対象としたくないところであった．

ところが，泥炭湿地林の材木をもとめて，すでに1940年代には伐採が始まった．サラワクでAndersonが湿地林の調査をはじめたのは，この少しあとからである．東南アジアの泥炭湿地林について，唯一のまとまった仕事として，いまだに彼の業績をこえるものはない，ここでは，主として，1960年代に出版された彼の仕事を中心に，熱帯泥炭湿地林のあらましをのべたい．

1　分布と環境

(1) 分　　布

東南アジアで泥炭湿地林がみられるのは，スマトラ東部低地，サラワク・ブルネイ低地，マレー半島，西ニューギニア南部低地，南フィリピンなどである(図1-12)．面積について，わかっているものでは，インドネシアが17×10^6ha (Coulter 1957)，サラワクが1.5×10^6ha (Anderson 1963)，マレー半島0.5×10^6

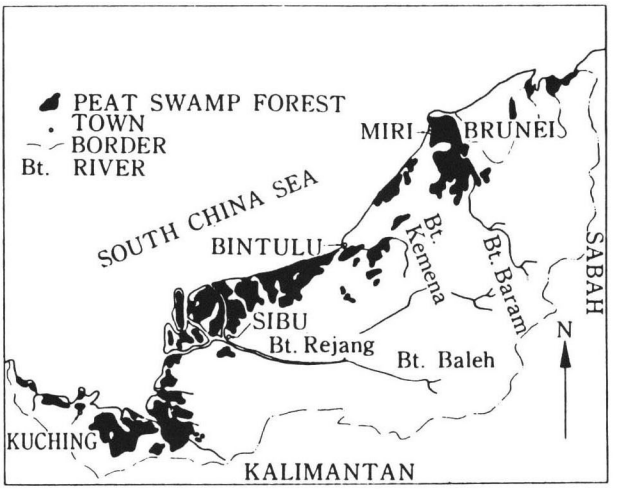
ha（Wyatt-Smith 1963）という数字がでている．これらのうち，かなりの部分は伐採されているとみられるので，現在の実面積はずっと少なくなっていると想定される．

世界的にみると，中南米ではアマゾン低地，カリブ海諸島，ギアナ低地などにみられて面積は 7×10^6ha，熱帯アフリカでは 3×10^6ha と推定されている（Driessen 1978）．これらの地域における研究例は東南アジアよりもさらに少なく，かつ，経済林としての価値も低い．マングローブと同様，もっとも大規模な熱帯泥炭湿地林がみられるのは，ボルネオ，スマトラを中心とした東南アジアの多雨林気候下であるとみてよい．

(2) 環　　境

熱帯泥炭湿地林の成立する泥炭湿地の構造は，ドーム状をなしている．これは Polak（1933）が，スマトラ，ジャワ，ニューギニアなどで調査した結果も，サラワク・ブルネイのものも同じである．湿地は，海岸よりもっとも離れたところがもっとも古く，従ってもっとも厚くなり，明白にドーム状となる．湿地の中央部ほど泥炭の蓄積は大きいが，泥炭の底の深さはまちまちである．Rejang デルタのもっとも深い泥炭の底は，平均海面よりも下に位置している．泥炭の下には黒泥土の薄い層がみられ，その下に，青色じみた灰色または退色した黄色粘土がみられる．地下水位は高く，4 月のブルネイで地表下 10 cm 程度である．泥炭表面に川の水が浸水してくることはない．すなわち，水の供給は雨水だけによっている．

泥炭は極端な貧栄養，酸性条件下にあり，ph の値は 3.85～4.15，灼熱損量は 77～94 %である．燐の含有量が全般に低く，湿地中央部へいくにしたがって養分が減少し，とりわけ燐とカリウムが少なくなる傾向にある（Anderson 1964 b ; Muller 1972）．サラワクでは Baram 湿地の泥炭がもっともよく発達しているが，そこでのミネラル分は他の地域よりずっと少なくなり，灼熱損量は 98～100 %になる．



[Lee 1979]

図 1-13　サラワクの泥炭湿地林の分布

2　サラワク・ブルネイの泥炭湿地林

Anderson はサラワクの森林局に 1954 年から奉職し，1960 年はじめには，サラワク・ブルネイの泥炭湿地林のほぼ完璧なモノグラフを完成し，同時に生態学的な調査も行なった．彼によれば，5 年間に，泥炭湿地林に分布する全樹種の 95 %の完全な標本を作成したという．長く，シンガポールに居を構えて，森林調査コンサルタントとして，東南アジア各地の森林調査にたずさわっていたが現在は引退してエジンバラにくらしている．

(1)　泥炭湿地林の概要

この地区の泥炭湿地林は，サラワク全国土面積の 8.4 %，ブルネイの 13.6 %を占める．サラワクでは，主に Rejang デルタと Baram 川沿いにもっとも大規模にみられる．特に Maludam 半島ではもっとも広く，マングローブから内陸へ 64 km入込み，1070 km^2 を覆っている（図1-13）．ブルネイでは，Belait, Tutong, Temburong の各地にみられる．

泥炭湿地はすでに述べたように，ドーム状であり，それぞれの湿地に発達す

る植生は，周辺部から中心部に向かって，連続的に変化していく．Anderson (1961 b) はこれらを6相 (Phase) にわけた．比較的よく発達した泥炭湿地での花粉分析結果では，泥炭の深さは13 mに達し，底はかたい粘土であった．その上には *Campnosperma coriaceum-Crytostachys lakka-Salacca conferta* 群集がみられ，つづいて6相が順番にあらわれた (Anderson 1964 a ; Muller 1965, 1972)．これらの遷移過程は Wilford (1960) により，4500年と推定されている．また，別のボーリングでは，もっとも古い層にマングローブがみられるところから，マングローブから発達してきた泥炭湿地林の歴史がよみとれる．

6相の森林型は，どの湿地にも出現するものではなく，たいていは，どれかが欠如している．特に最終段階の第6相はもっともよく発達した泥炭湿地にのみみられる．

これらの泥炭湿地林には，のちに述べるように，さまざまな樹種が生育しているが，サラワク・ブルネイ周辺に分布する特異な樹種として *Shorea albida* がある．Kapuas川の河口からブルネイの Tutong にまで分布するこの樹種は，熱帯では珍しく純林を形成し，泥炭湿地林を特徴づける特異種といえるだろう．

(2) 森林の相観

泥炭湿地の発達にともなって，変化する6相の概要は以下にまとめられる．

① 第1相：*Gonystylus-Dactylocladus-Neoscortechinia* 群集（混交湿地林）

湿地の縁辺に出現し，比較的未発達の海岸湿地の広い面積を覆っている．林冠は不均一で，最上層は樹高40～45 mに達し，各階層は非常に混交して，低地フタバガキ林と類似する．主な優占種は，*Gonystylus bancanus, Dactylocladus stenostachys,* ならびに *Shorea albida* 以外の4種の *Shorea* (*S. platycarpa, S. rugosa, S. scabrida, S. uliginosa*) である．中，下層にも多くの種が出現するが，もっとも分布の広いものは *Neoscortechinia kingii* と *Alangium havilandii* である．幹周囲30 cm以上の木本種は4046 m²あたり60～70種みられる．地表まで水位があがることもしばしばあり，サトイモ科のものやスゲ科の仲間の *Thorachostachyum bancanum* が豊富に出現する．ヤシの *Salacca conferta* は深い泥炭上では

厚い藪をなす．

②　第2相：*Shorea albida-Gonystylus-Stemonurus* 群集（アラン林）　第1相と第3相の漸移帯に出現する．林冠は不均一で，しばしば幹周囲3.7 mをこえる *Shorea albida* の大木が優占する．このような大木はたいていが中空で，樹冠は大きな鹿の角のような形をし，枯死寸前である．同種の中径木ならびに更新は全くみられない．中，下相は第1相に出現する種とほぼ同じで，相観も類似している．*Stemonurus umbellatus* は，幹周囲30～60 cmの小木で，もっとも特色があり，ヒース林にも出現する．

③　第3相：*Shorea albida* 優占種群集（アラン・ブンガ林）　サラワクの第2，第4地区と，ブルネイのBadas湿地を非常に広く覆っている．Rejangデルタにはほとんどみられない．上層は平坦な単層林冠で，樹高50～60 mの *Shorea albida* が，ヘクタール当たり88～125本みられる．中層はほとんど欠如する．下層はかなり密で，しばしば単一種，*Tetractomia holttumii* か，または *Cephalomappa paludicola* か，あるいは *Ganua curtisii* のいずれかが優占する．草本はほとんどみられない．*Pandanus andersonii* が，低木層に藪をつくることが多い．

④　第4相：*Shorea albida-Litsea-Parastemon* 群集（パダン・アラン林またはパダン・メダン林）　湿地の中央部に出現する．Rejangデルタや Baram湿地の一部では，漸移帯となり，林冠はやはり平坦で，高さ30～37 mの位置に連続している．構成樹の幹周囲は比較的小さく，1.8 mをこえるものはほとんどない．林相は棒が林立したような，いわゆるポール状となり，乾生型である．優占種の主なものは *Shorea albida*（パダン・アランの場合）と，*Litsea palustris*（パダン・メダンの場合）で，前者の密度はヘクタール当たり350本に達する．ほかに特徴的な種として，*Parastemon spicatum, Combretocarpus rotundatus, Calophyllum obliquinervum* があげられる．

⑤　第5相：*Tristania-Parastemon-Palaquium* 群集　第4相と第6相の間に，狭い帯状になって出現する．林冠は密で，わずかな突出木がみられ，平均樹高

は15～18 m である．密度は高く，ヘクタール当たりに幹周囲 30 cm 以上の木が，1000～1250 本みられる．各個体は小さく，幹周囲 90 cm をこえるものはまずない．もっとも豊富な種は，*Tristania obovata, T. aff. maingayi, Parastemon spicatum, Palaquium cochleariifolium, Dactylocladus stenostachys* などである．草本はほとんどみられない．

⑥　第 6 相：*Combretocarpus-Dactylocladus* 群集（パダン・クルントウム）

ドーム状湿地の発達の最終段階に出現する．Baram 川中流域の Marudi から上流にかけての深い湿地に，広い面積にわたって分布する．乾生型の疎開林である．大部分の個体はいじけた形態を示す．*Combretocarpus rotundatus* は幹周囲90cmをこえる唯一の樹種だが，樹高は12m以下である．*Dactylocladus stenostachys, Litsea palustris, Garcinia rostrata* などは多く出現するが，灌木程度の大きさである．アリ植物と *Nepenthes* は特に多い．*Thorachostachyum bancanum* と *Pandanus ridleyi* は湿地表面に豊富にみられ，そのようなところにはミズゴケ（*Sphagnum junghuhnianum*）が出現する．

この中で，6 相に共通して出現するのは *Dactylocladus stenostachys* のみであるが，大きさは第 1 相で幹周囲 2.7～3 m のものが，第 6 相では樹高 3 m ほどの小木となる．一般に，泥炭湿地が発達するにつれて，湿地林の種数はへり，個体の大きさは小型化するが，高密度となる傾向がみられる．

⑶　主な種・属・種数

Anderson（1963）が泥炭湿地林で収集した標本数は 1706 に達している．この内訳は，双子葉類が 1528，単子葉類が 106，針葉樹類が 6，シダ植物が 66 である．

このうち木本種は 242 種が記録され，その中で 38 種は下層にある幹周囲 30 cm 以下の小木である．東スマトラの湿地の木本種は 100 種以下であると，Sewandano（1938）は推定したが，サラワク・ブルネイでは，1 森林型の中だけでも 4046 m^2 の中に 75 種が出現する．泥炭湿地林という条件下でも，森林構成要素はかなり複雑であるといえる．

表1-18に泥炭湿地林に出現した属と種の数を科ごとに示した．低地フタバガキ林でみられる科はシクンシ科，ミソハギ科，エゴノキ科，ヤマモガシ科の4科を除いて，すべて泥炭湿地林でも出現する．しかも，低地フタバガキ林で優占するフタバガキ科，ウルシ科，バンレイシ科，トウダイグサ科，オトギリソウ科，クスノキ科，マメ科，フトモモ科，アカネ科，アカテツ科などは，泥炭湿地林でもかなりの割合を占めている．

草本では，スイレン科，*Limnanthemum, Jussiaea, Ludwigia* などの水生植物や双子葉植物が欠如している．おそらく，泥炭湿地の強酸性で嫌気的な条件によるためとおもわれる．また，好石灰植物のバルサミア科（*Impatiens*），キツネノゴマ科，ゴマノハグサ科，シュウカイドウ科，イワタバコ科などもみられない．唯一の例外は *Aeschynanthus hians*（イワタバコ科）だけである．優占度の高いものはサトイモ科とカヤツリグサ科のものである．

つる植物には多くの科に属するものがあるが，特にバンレイシ科，アカネ科，クワ科のものが多い．フウチョウソウ科，キントラノオ科，ナス科，キツネノゴマ科の記録はない．ヒルガオ科には2種がみられるが，どちらもあまりみかけない種である．

⑷　階層構造と種

階層構造はすでにみたように，混交湿地林でもっともよく発達し，遷移がすすむにつれて単純化する．厳密な意味では細かい検討を要するが，一般に泥炭湿地林に広範囲に出現する典型的な種を，表1-19に階層に分類して示した．

①　上層　　上層に優占するものは，やはりフタバガキ科のものである．*Shorea* 属の6種のうち，もっとも特色のあるのは *S. albida* である．個体の大きさ，密度，分布域のどれをとっても第一級の樹種である．*Shorea* 属以外で，有用樹としては *Gonystylus bancanus, Dactylocladus stenostachys, Copaifera palustris* がある．これらの樹種が，主として混交湿地林や，湿地周辺部の上層の80％を占めている．

②　中層　　この層と下層には，クスノキ科，トウダイグサ科，オトギリソ

表 1-18 サラワク・ブルネイの泥炭湿地林の主要な科とその属・種数ならびに生活型別数値

科	属数 (種数)	内訳				
		高木 幹周囲(インチ) >12	<12	低木	草木	つる	着生植物
Gymnosperms							
Coniferae	2 (2)	2 (2)					
Gnetaceae	1 (1)					1 (1)	
Angiosperms							
Dicotyledons							
Dilleniaceae	2 (2)	1 (1)				1 (1)	
Magnoliaceae	1 (1)	1 (1)					
Annonaceae	12 (17)	5 (9)	3 (3)			5 (5)	
Menispermaceae	2 (2)					1 (1)	1 (1)
Polygalaceae	2 (4)	2 (4)					
Hypericaceae	1 (2)	1 (2)					
Flacourtiaceae	2 (2)	1 (1)	1 (1)				
Guttiferae	3 (16)	3 (16)					
Ternstroemiaceae	2 (4)	2 (4)					
Dipterocarpaceae	7 (15)	7 (15)					
Malvaceae	2 (2)	2 (2)					
Sterculiaceae	2 (4)	2 (4)					
Tiliaceae	2 (5)	1 (2)	2 (3)				
Linaceae	2 (2)	2 (2)					
Rutaceae	2 (3)	1 (2)	1 (1)				
Simaroubaceae	2 (2)	1 (1)	1 (1)				
Ochnaceae	3 (4)	2 (2)		1 (2)			
Burseraceae	2 (6)	2 (6)					
Meliaceae	3 (3)	2 (2)	1 (1)				
Olacaceca	4 (5)	4 (5)					
Ilicinaceae	1 (2)	1 (2)					
Celastraceae	3 (4)	3 (4)					
Rhamnacecae	1 (1)					1 (1)	
Ampelidaceae	3 (3)					3 (3)	
Sapindaceae	3 (4)	3 (3)	1 (1)				
Anacardiaceae	7 (11)	7 (11)					
Connaraceae	3 (3)		1 (1)			2 (2)	
Leguminosae	8 (8)	6 (6)	1 (1)			1 (1)	
Rosaceae	2 (3)	2 (3)					
Rhizophoraceae	2 (2)	2 (2)					
Myrtaceae	3 (16)	3 (15)	1 (1)				
Melastomataceae	4 (8)	2 (2)		1 (1)		1 (2)	1 (3)

表 1-18　つづき(2)

科	属　数 (種数)	内　訳				
		高　木 幹周囲(インチ) >12	<12	低木	草木	つ　る	着生植物
Cucurbitaceae	1 (1)					1 (1)	
Araliaceae	2 (4)	1 (1)	1 (1)	1 (1)			1 (1)
Cornaceae	1 (1)	1 (1)					
Rubiaceae	18 (22)	6 (6)	5 (5)	1 (1)	1 (1)	5 (7)	2 (2)
Ericaceae	1 (1)			1 (1)			
Myrsinaceae	5 (11)	1 (1)	2 (3)	3 (4)		2 (3)	
Sapotaceae	4 (12)	4 (12)					
Ebenaceae	1 (4)	1 (4)					
Oleaceae	2 (4)	1 (3)				1 (1)	
Apocynaceae	5 (6)	2 (2)	1 (1)			2 (3)	
Asclepiadaceae	2 (6)						2 (6)
Loganiaceae	1 (2)			1 (2)			
Convolvulaceae	1 (2)					1 (2)	
Gesneriaceae	1 (1)					1 (1)	
Verbenaceae	3 (3)	1 (1)			1 (1)	1 (1)	
Nepenthaceae	1 (5)			1 (4)		1 (1)	
Piperaceae	1 (4)				1 (1)	1 (3)	
Myristicaceae	4 (7)	4 (5)	2 (2)				
Lauraceae	9 (18)	6 (14)	3 (4)				
Thymelaeaceae	2 (4)	1 (3)				1 (1)	
Loranthaceae	3 (3)						3 (3)
Santalaceae	1 (2)			1 (1)			1 (1)
Euphorbiaceae	11 (17)	7 (12)	4 (4)		1 (1)		
Urticaceae	1 (2)						1 (2)
Moraceae	3 (27)	2 (3)		1 (1)		1 (19)	1 (4)
Casuarinaceae	1 (1)	1 (1)					
Fagaceae	2 (5)	2 (5)					
Monocotyledons							
Orchidaceae	12 (17)				3 (3)		11 (14)
Zingiberaceae	2 (2)				1 (1)		1 (1)
Dioscoreaceae	1 (1)					1 (1)	
Liliaceae	1 (1)			1 (1)			
Flagellariaceae	2 (2)				1 (1)	1 (1)	
Palmae	7 (7)		1 (1)	3 (3)		3 (3)	
Pandanaceae	1 (4)			1 (3)		1 (1)	
Araceae	9 (9)				7 (7)	2 (2)	
Cyperaceae	2 (2)				2 (2)		

[Anderson 1963]

表 1-19 サラワク・ブルネイの泥炭湿地林の階層別主要構成種

高木：
（i）上層（幹周囲60ins 以上）：
Alstonia spathulata
Anisoptera marginata
Artocarpus rigidus
Calophyllum retusum
Campnosperma coriacea
Casuarina sp. nov.
Combretocarpus rotundatus
Copaifera palustris
Cratoxylon arborescens
Cratoxylon glaucum
Dacrydium beccarii var. subelatum
Dactylocladus stenostachys
Dillenia pulchella
Dipterocarpus coriaceus
Dryobalanops rappa
Durio carinatus
Dyera lowii
Ganua motleyana
Gonystylus bancanus
Gonystylus maingayi
Koompassia malaccensis
Litsea palustris
Lophopetalum multinervium
Melanorrhoea beccarii
Melanorrhoea tricolor
Mezzettia leptopoda
Parartocarpus venenosus ssp. forbesii
Parastemon urophyllum
Parishia sericea
Planchonella maingayi
Shorea albida
Shorea inaequilateralis
Shorea platycarpa
Shorea rugosa var. uliginosa
Shorea scabrida
Shorea teysmanniana
Swintonia glauca
Tetramerista glabra

（ii）中層（幹周囲25-60ins.）：
Alangium havilandii
Alseodaphne insignis
Alseodaphne rigida
Amoora rubiginosa
Aromadendron nutans
Arthrophyllum rubiginosum
Bhesa paniculata
Blumeodendron subrotundifolium
Blumeodendron tokbrai
Calophyllum fragrans
Calophyllum obliquinervum
Calophyllum sclerophyllum
Cotylelobium fuscum
Ctenolophon parvifolius
Dacryodes incurvata
Dacryodes macrocarpum var. macrocarpum
Dialium laurinum
Diospyros evena
Diospyros maingayi
Diospyros pseudomalabarica
Elaeocarpus obtusifolius
Eugenia christmannii
Eugenia havilandii
Eugenia incarnata
Eugenia nemestrina
Eugenia spicata
Ganua coriacea
Ganua pierrei
Garcinia havilandii
Garcinia vidua
Gardenia pterocalyx
Goniothalamus andersonii
Gonystylus forbesii
Horsfieldia crassifolia
Jackia ornata
Kokoona ovato-lanceolata
Lithocarpus wenzigianus
Litsea cylindrocarpa
Litsea gracilipes
Litsea grandis
Litsea nidularis
Longetia malayana
Macaranga caladifolia
Mussaendopsis beccariana
Nephelium maingayi
Palaquium cochleariifolium
Palaquium pseucocuneatum
Palaquium ridleyi
Palaquium walsurifolium
Parastemon spicatum
Parkia singularis
Platea excelsa
Polyalthia glauca
Pometia pinnata f. acuminata
Santiria laevigata

表1-19　つづき(2)

	Santiria rubiginosa var. rubiginosa	(iv)	地表層（幹周囲12ins以下）
	Santiria tomentosa		Antidesma phanerophlebium
	Sindora leiocarpa		Ardisia copelandii
	Stemonurus scorpioides		Canthium umbellatum
	Tristania aff. maingayi		Chisochetum brachyanthus
	Tristania grandifolia		Cyrtostachys lacca
	Tristania obovata		Dehaasia sp. (9252)
	Vatica mangachapoi		Disepalum anomalum
	Xerospermum muricatum		Gaertnera borneensis
	Xylopia coriifolia		Ixora pyrantha
			Polyalthia sp. (9059)
(iii)	下層（幹周囲12-24ins.）：		Tarenna fragrans
	Antidesma coriaceum		
	Baccaurea bracteata	低木：	
	Brackenridgea hookeri		Daemonorops longipes
	Canthium didymum		Euthemis leucocarpa
	Carallia brachiata		Euthemis obtusifolius
	Cephalomappa paludicola		Fagraea litoralis
	Cryptocarya griffithiana		Fagraea racemosa
	Cyathocalyx biovulatus		Ficus deltoidea var. motleyana
	Dillenia pulchella var.		Hanguana malayana
	Diospyros elliptifolia		Iguanura sp. (12446)
	Eugenia cerina		Labisia punctata f. pumila
	Garcinia rostrata		Labisia punctata f. punctata
	Garcinia tetrandra		Medinilla hasseltii
	Glochidion lucidum		Nepenthes bicalcarata
	Gomphandra comosa		Nepenthes gracilis
	Goniothalamus malayanus		Nepenthes rafflesiana
	Gymnacranthera eugeniifolia		Pandanus andersonii
	var. griffithii		Pandanus brevifolius
	Ilex hypoglauca		Pandanus ridleyi
	Ilex sclerophylloides		Pinanga sp. (12332)
	Knema kunstleri var. kunstleri		Plemele cantleyi
	Lithocarpus sp. (9813)		Schefflera subulata
	Lithocarpus sundaicus		Zalacca conferta
	Litsea resinosa	草本：	
	Mezzettia umbellata		Aglaonema pictum
	Nauclea parva		Alocasia beccarii
	Neoscortechinia kingii		Alocasia longiloba
	Pithecellobium borneense		Argostemma psychotrioides
	Polyalthia hypoleuca		Bromheadia finlaysoniana
	Pygeum parviflorum		Clerodendron fistulosum
	Samadera indica		Cryptocoryne pallidinervia
	Stemonurus umbellatus		Crytosperma lasiodes
	Sterculia rhoidifolia		Cystorchis variegata
	Ternstroemia hosei		Globba panicoides
	Ternstroemia magnifica		Homalomena rostrata
	Tetractomia holttumii		Piper muricatum
	Timonius peduncularis		Podolasia stipitata
	Xanthophyllum aff. citrifolium		Thorachostachyum bancanum
	Xanthophyllum amoenum		Zeuxine violascens

[Anderson 1963]

ウ科，カンラン科，カキノキ科，ブナ科，バンレイシ科に属する多くの種がみられる．とりわけこの層によく出現するものとしては，*Alangium havilandii, Blumeodendron tokbrai, Ctenolophon parvifolius, Diospyros evena, D. pseudomalabarica, Kokoona ovatolanceolata, Palaquium cochleariifolium, Parastemon spicatum, Xylopia coriifolia* がある．

③ 下層　混交湿地林でもっともこの層に広く出現するものは，*Neoscortechinia kingii, Cyathocalyx biovulatus, Stemonurus umbellatus* である．*Shorea albida* の純林の下層には，*Tetractomia holttumii* と *Cephalomappa paludicola* がみられる．

④ 地表層　*Ixora pyrantha* は *Shorea albida* 林の下に，*Tarenna fragrans* は混交湿地林に多い．

(ア) 低木　双子葉類で低木に属するものはあまりないが，湿地中央の疎開林には *Ficus deltoidea* var. *motleyana, Euthemis obtusifolius, Labisia punctata* f. *punctata, Medinilla hasseltii* などがみられる．*Nepenthes* は各種あるが，生活型は低木とみた方がよく，林冠が疎開した時のみ，つる性を示す．

ヤシやタコノキの類では，無茎で有刺の *Salacca conferta* が混交湿地林の特に浅い泥炭湿地に生育し，*Pandanus andersonii* は *Shorea albida* 林に大量に出現して厚い藪をつくる．ほかのタコノキでは *Pandanus brevifolius* が混交湿地林に，*P. ridleyi* が Baram 川の湿地中央の低木林にでる．

(イ) 草本　草本性双子葉類はこの層にほとんど出現しない．*Argostemma psychotrioides* は混交湿地林に多く，アリ植物の *Clerodendron fistulosum* はあまりみかけることはないが分布は広い．サトイモ科やスゲ属の類がかなり優占するが，その中でももっとも優占度の高いものは *Thorachostachyum bancanum* である．ほとんどのサトイモ科のもの，*Aglaonema pictum, Homalomena rostrata, Alocasia longiloba, A. beccarii* などは，地下水位の高い年中湿った場所に生育する．水生のサトイモ科の *Cryptocoryne pallidinervia* も川の近くや恒湿地に多い．逆に湿地中央部では，この科のものは全くみられない．

大型草本の *Hanguana malayana* も湿性の場を好み，風倒木が根上がりしてで

きた穴によくみられる．陸上性のランの *Zeuxine violascens* と *Cystorchis variegata* は，混交湿地林の落葉層の上に，美しい斑入りの葉を展開させている．

(5) 着生植物とつる植物

熱帯では同じ植物が条件によってその生活型をかえることがしばしばある．ここでも，ある種の *Ficus* や *Poikilospermum, Pycnarrhena borneensis* などは，まず着生植物として生活をはじめ，根が湿地の表面に到達すると，それ以後はよじのぼり植物として生長する．また，*Fagraea litoralis* や *Randia* 属のあるものは，着生植物ではじまり，のちに独立した低木となる．*Shorea albida* に着生する *Bulbophyllum beccarii* は，はじめは地表からのよじのぼり植物として生長し，のちに幹上部に纏わりつく着生植物となると考えられている．さらに，*Ficus deltoidea* var. *borneensis* と *Dischidia nummularia* は，ふつうには樹冠部分の着生植物であるが，湿地中央の疎開林では地上性となる．これらの現象は低湿地だけでなく，たとえばジャワの山地林では，*Vaccinium* の類にみられ，標高の低いところではつる植物で，高くなると低木になるものがある．しかし，上に挙げた種類以外のものは，ほぼ表1-20のような生活型に分けることができる．

① 陽性着生植物　混交湿地林の *Gonystylus bancanus* と *Dactylocladus stenostachys* らの樹皮はやわらかい繊維質でできていることもあって，着生植物がつきやすく，特にランが多く，*Bulbophyllum vaginatum, Dendrobium merrillii, Eria pannea, E.* aff. *pulchella* などはとりわけ豊富に出現する．*Shorea albida* には，この類の着生植物は少ない．湿地中央の低木林に限られるものに，*Dishidia* spp., *Hydrophytum formicarum, Myrmecodia tuberosa* があり，これらは疎開したヒース林にも出現する．

② 陰性着生植物　代表的なものは *Medinilla laxiflora* とランの *Liparis lacerata* である．ともに密な林分の小木上，地上から0.5～3 mの範囲に着生する．

③ 大型つる植物　一般に泥炭湿地林では，つる植物やよじのぼり植物は低地フタバガキ林ほど豊富でなく，種数も少なく大型でもない．*Shorea albida*

表 1-20 サラワク・ブルネイの泥炭湿地林の着性植物とつる植物

着生植物

(i) 陽性着生植物：
Adenoncos sumatrana
Bulbophyllum vaginatum
Dendrobium aff. merrillii
Dischidia hirsuta
Dischidia nummularia
Dischidia rafflesiana
Eria obliqua
Eria pannea
Eria pulchella
Ficus deltoidea var. deltoidea
Grammatophyllum speciosum
Hoya coronaria
Hydnophytum formicarum
Myrmecodia tuberosa

(ii) 陰性着生植物：
Appendicula pendula
Bulbophyllum beccarii
Dendrobium cumulatum
Dipodium pictum
Eulophia squalida
Liparis lacerata
Medinilla laxiflora
Pogonanthera pulverulenta
Pycnarrhera borneensis
Piper arborescens
Plectocomiopsis wrayi
Rourea mimosoides forma mimosoides
Tetrastigma sp. (12420)
Uncaria ovalifolia
Willughbeia glaucina
Zizyphus suluensis

(ii) 小型で下層に限られるもの：
Aeschynanthus hians
Ampelocissus thyrsiflora
Connarus semidecandrus
Epipremnopsis media
Ficus villosa
Flagellaria indica
Gnetum neglectum
Lecananthus erubescens
Linostoma longiflorum
Lucinaea morinda
Medinilla scandens
Nepenthes albomarginata
Nepenthes ampullaria
Pandanus sp. (14545)
Psychotria sarmentosa
Rhaphidophora lobbii

つる植物

(i) 大型で上層に達するもの（地上へ根を下ろす着生植物，しめ殺し植物を含む）：
Calamus sp. (4788)
Erycibe impressa
Fibraurea chloroleuca
Ficus acamptophylla
Ficus consociata
Ficus crassiramea
Ficus spathulifolia
Ficus sundaica
Ficus sundaica var. beccariana
Ficus xylophylla
Grenacharia beccariana
Korthalsia rigida
Mitrella dielsii

[Anderson 1963]

林と湿地中央の森林型では，つる植物はほとんどみられない．ロタンはあるが，小型で，商業的価値に乏しく，3種のうち，*Plectocomiopsis wrayi* と *Korthalsia rigida* は豊富にみられ，後者は *Shorea albida* と随伴する．

もっともよく出現する大型つる植物では，*Uncaria ovalifolia* があり，この樹液は飲料となる．この種が伐採後の若い二次林に出現すると，厚い藪をつくることになる．ほかによくみられるものに，*Willughbeia glaucina, Fibraurea chloroleuca, Mitrella dielsii* などがある．

Ficus の類は豊富で24種が記録されている．このうち，真性しめ殺し植物(Strangler) は海岸近くの浅い泥炭にみられる *Ficus crassiramea* を除いて少ない．そのほかのものはまず着生植物として生活をはじめ，場合によっては母樹を枯れさせてしまう半しめ殺し植物，または地上へ根を垂下する着生植物というべきものである．*Ficus acamptophylla, F. consociata, F. spathulifolia, F. xylophylla, F. sundaica* などが代表的なものであり，混交湿地林の *Gonystylus* や *Dactylocladus* 上に多くみられる．小型の *Ficus callicarpides* は *Shorea albida* の板根上につく．

④　小型つる植物　　*Lecananthus erubescens, Lucinaea morinda, Medinilla scandens, Aeschynanthus hians, Rhaphidophora lobbii* などが代表的なものである．*Nepenthes ampullaria* は泥炭湿地ではよじのぼり性だが，ヒース林では地上性である．小さなまきつき植物の *Gnetum neglectum* は高さ4.5mをこえることなく，Rejang デルタや Maludam 半島全体に出現するが，よくでくわすというものでもない．

⑤　アリ植物　　木本では *Macaranga caladifolia* と *M. puncticulata* がある．前者は原生林に，後者は二次林，特に耕作用に伐開された浅い泥炭地や鉄道に沿って純林状の林分をつくる．草本では *Clerodendron fistulosum* が天然林にでる．着生するものでは，*Dischidia nummularia, D. rafflesiana, Myrmecodia tuberosa, Hydnophytum formicarum* がみられ，後二種は疎開した低木林にみられる．

⑥　寄生植物　　一般に泥炭湿地林には少ないが，*Lepidaria oviceps* は上層木の樹冠に寄生し，たいへん目立っている．一方，*Macrosolen beccarii* は中・

下層木の日陰に寄生し，局所的には非常に豊富に出現する．灌木に寄生する *Henslowia varians* は疎開低木林にのみみられる．

(6) シダ植物

① 地上性シダ　地上性のものは少ない．*Vittaria elongata, Schizoloma coriaceum, Syngramma lobbiana* などは，混交湿地林の根または呼吸根の上に生育する．*Cyathea glabra* は無茎のヘゴで，*Shorea albida* 林に局所的に多くみられる．*Schizaea malaccana* は普通には山地でよくみかけられるが，低木林に *Lycopodium cernuum* とともにでる．*Ohioglossum intermedium* は Rejang デルタの1箇所のみから報告がある．*Nephrolepis biserrata* は原生林にはまれだが，伐採後火入れを行なって完全に疎開された二次林に，厚い藪をつくっている．

② 着生シダ　シダには顕花植物よりも光と温度に対する耐性が強いものがあるので，着生シダを陽性と陰性に識別するのは簡単ではない．庭園やゴム林にもみられ，泥炭湿地にも出現するものに，陽性の *Asplenium nidus, A. phyllitidis,* 陰性の *Pyrrosia longifolia, Paragramma longifolia* がある．*Humata angustata, H. parvula* は多様な生活型を示し，陰陽どちらの条件にも生育し，また，湿地中央部では地上性となる．陰性の典型は，*Lycopodium phlegmaria* var. *divaricatum* であり，この生育条件は，*Medinilla laxiflora, Liparis lacerata* と同じといえる．よじのぼりシダは2種のみで，*Stenochlaena palustris* は海岸近くの浅い泥炭のいろいろな樹種の幹下部にみられるが，内陸に入るに従って少なくなっていく．また，*Teratophyllum ludens* はかなり密な下層の蔭にみられる(表1-21)．

(7) 新　種

泥炭湿地林は Anderson の研究まで本格的な調査は手つかずであっただけに，新種の数も多い．正確には Flora Malesiana の完成をまたねばならないが，もっとも大きな発見は *Litsea palustris* Kostermans であった．この種はサラワク・ブルネイの湿地の中央部に豊富に出現し，Rejang デルタの中央部では，ヘクタール当たり 300 本の純林が広い面積を覆っている．このような新種がそれまで採集されなかったことは，いかに泥炭湿地の調査が行きわたっていなかった

表1-21　サラワク・ブルネイの泥炭湿地林のシダ類

地上性シダ：	(ii) 陰性シダ
Asplenium longissimum	Asplenium glaucophyllum
Cyathea glabra	Asplenium tenerum
Lindsaya scandens var. terrestris	Crypsinus albidopaleatus
Lycopodium cernuum	Humata angustata
Nephrolepis biserrata	Humata parvula
Schizaea malaccana	Lycopodium phlegmaria var. divaricatum
Schizoloma coriaceum	Lycopodium pinifolium
Syngramma lobbiana	Paragramma longifolia
Vittaria elongata	Polypodium verrucosum
着生シダ：	Pyrrosia longifolia
(i) 陽性シダ：	Selliguea heterocarpa
Asplenium nidus	Vittaria ensiformis
Asplenium phyllitidis	Vittaria hirta
Crypsinus albidopaleatus	つる性シダ：
Drynaria involuta	Stenochlaena palustris
Lecanopteris sinuosa	Teratophyllum ludens
Photinopteris speciosa	
Phymatodes crustacea	
Platycerium coronarium	

[Anderson 1963]

かを示すものであろう．

その他の新種は，*Cephalomappa paludicola* Airy-Shaw, *Pandanus andersonii* H. St. John, *Knema uliginosa* Sinclair, *Goniothalamus* sp., *Polyalthia* sp., *Ficus callicarpides, F. spathulifolia, F. supperforata, Perishea, Xanthophyllum, Piper, Cinnamomum* があり，新属には*Jarandersonia* というシナノキ科のものが発見されている．

(8) *Shorea albida*

すでに本文中でも何度か述べたように，この樹種はサラワク・ブルネイの泥炭湿地林の代表種である．分布はポンティアナック周辺からブルネイにまで広がり，主として泥炭湿地に生育するほか，サラワクでは標高60 mの白砂台地のモル上に，東北サラワクでは標高1200 mに，またクランガス林にも出現する（Ashton 1964 b ; Browne 1955）．生育状況は数百平方キロメートルにわたって単純一斉林をつくるという，熱帯ではきわめてまれな樹種である．

樹形は小木から超大木まで，さまざまな大きさのものが出現する．一般に樹高は湿地の周辺部ほどたかく中心部へ向かうにつれて低くなる．大きいものでは樹高 70 m，直径 2 m に達するものがある．幹は直通，円筒形で，厚く大きな板根は高さ 5 m，長さ 3.5 m になり，地表には表面根が広がる．樹冠は大きく開いたドーム型で，上部は平坦である．樹皮は紫がかった茶色で，しばしば灰色じみた桃色のように白くなる．深い裂溝は長さ 2 m に達し，辺材は桃色で，心材は赤茶色である．

この樹種は，虫と雷に弱いことが報告されている（Anderson 1961 a, 1964 b ; Brunig 1964）．虫害に関して始めての報告は 1953 年，Baram 川ぞいのものである．この被害地は空中から明らかに識別でき，全面積は 7 万 5000 ha と推定された．つづいて 1955 年の Puran 川ぞいの被害地は 10～15 年前の被害と推定され，倒れて腐った幹と根下部のみがみられ，*Shorea albida* の更新は全くみられなかった．下層には幹周囲 30～60 cm 級の，*Tetractomia holttumii* と *Quercus sundaicus* が優占していた．また，別の被害地は 25～30 年前に食害されたと推定され，やはり *Shorea albida* の更新はみられなかった．下層には幹周囲90～120 cmおよび 120～150 cm級の木が多くみられ，特に *Diospyros ferrea* var. *buxifolia* が優占していた．樹高は 25～30 m で，周辺の無被害の *Shorea albida* より 20 m は低かった．

Badas 地区の被害にあってまもなくの林分では，*Shorea albida* 以外の樹種はすべて生き残っており，やはり *S. albida* の更新はみられなかった．1948 年の 6 カ月の間に被害をうけたことがわかっている Maludam 半島の林分では，全被害面積が 6 万 2500 ha におよび，被害木は 154 万 2000 本と推定された．ここでもほかの樹種は食害されておらず，部分的な *Shorea albida* の更新がみられた．無被害林分では *Gonystylus bancanus* と *Tetractomia holttumii* が優占していた．

これらの被害に対し，当初は石油関係の汚染による原因がさぐられたが，被害が湿地全体におよんでいない点，他種が全く害されていない点などから，生物学的原因が考えられた．そして 'Ulat Bulu' とよばれている毛虫の大発生に

よる可能性がもっとも大きいとされた．この毛虫は長さ約1.3 cm，黒色の鉛筆ほどの太さで，赤茶色，無毒，無痛の毛が生えている．大発生は米の収穫期3，4月に起こり，数百万頭の幼虫が完全に地面を覆いつくすといわれている．

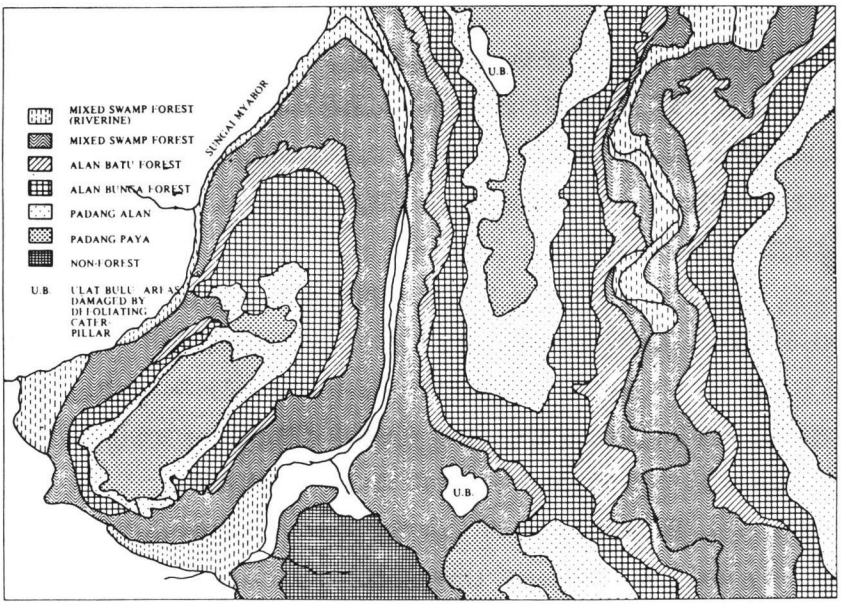
この被害は1950年以降ふえてきたもので，虫は同定されていないが，外来種である可能性も大きい．他の樹種の落葉現象も観察されているが，樹体が枯死することはない．

また，熱帯では，温帯に比べて雷雨の頻度が高い．たとえば，1955年から1961年の間の1年間の平均雷雨日数はクチンで，109日，雷鳴のきこえた日は163日におよぶ．この雷雨による被害地は円形状になっており，大きいものでは直径80～100 m，6000 m²くらいになる．被害は同心円状に広がり，落下地点付近の中心部では，最上層のみならず，小木に到るまで死滅する．中心から少し離れると，最上層木は死ぬが，小木の被害は少なくなる．さらに外側になると，被害は最上層木に限られ，しかも死ぬことはない．

森林型からみれば，*Shorea albida* 優占群集が，もっとも大きな被害をうける．林冠が平坦で，単一樹種が一様に分布しているためとみられる．1回の落雷で50本の木が死ぬことがある．マングローブの *Rhizophora* 林も，よく似た被害を受けやすい．共通点として，単純一斉な平坦林冠で，平坦地に生育し，地下水位が高いことがあるが，落雷との因果関係は解明されていない．

一方，混交林では巨大木とその周辺の数本の中，下層木に被害が限られる．見落としがちではあるが，クランガス林や低地フタバガキ林にも雷の被害は多い．*Shorea albida* 林の落雷跡地には更新が豊富にみられる場合があり，4 m²当たりに11.1本の稚樹が記録されたことがある．

さらに気象害の例として風害がある．特に *Shorea albida*－*Litsea*－*Parastemon* 群集が風に弱く，625 ha が風害にあった記録がある．樹冠の小さな細い幹のものが大量に倒れる．しかし，*Shorea albida* は風害から再生する能力があり，古木をよくしらべてみると，その証拠をみつけることができる．また，Baram川の風害の例では，7本の *Shorea albida* が風で倒され，長さ170m，幅15m



U. B. は Ulat Bulu による食害跡地
[Lee 1979]

図 1-14　サラワクの Beluru 森林保護区内の森林型（サラクワ森林局による区分）と Ulat Bulu による食害跡地

の地表が完全に露出した．そこでは豊富な更新がみられ，2000 m² に 7000 本の稚樹がみられた．また，倒木の幹の上にも実生苗が生育していた．風倒のあとに豊作年がくると，更新がうまくいく例はかなりみられるようである．*Shorea albida* 優占群集での風害はそれほどみられない．

以上述べた虫害の跡は，空中からみると，一斉林冠の中に巨大な円形状に広がってみえ（図 1-14），雷害地は点状に枯れた幹枝がみえることですぐに識別できる．この樹種は，ブルネイの暗赤色メランティの中でもっとも重要であるが，更新の問題は未解決である．上に述べたように，被害跡地の更新状況はまちまちであって，今後の調査にまたねばならないが，完全な陽光下で更新はきわめて良好な状態で進行し，生長はきわめて速いことは実証されている．豊作年は25年に 1 回くるといわれていて，1955年の豊作年には第 3 相の *Shorea*

albida 優占群集では1 haに8万1600本，第2相の森林型では6万4800本の稚樹がそれぞれ観察されている．また第4相の更新は栄養系繁殖によるもので，*Shorea albida* の稚樹やポール状のものの単位面積当たりの材積はきわめて大きい．Leo & Lee (1971) は全サラワクの *Shorea albida* の材積を 8×10^6 t と推定している．

材質的には中空であったり，ブリットルハートがみられたり，またひびわれしやすく，防腐剤の注入が困難であるなどの欠点がある．しかし，加工や乾燥は容易であり，梁や，柱，床板，重構造材などの用途は広い．何よりもその蓄積の大きさは魅力である．ここに述べたこの樹種の性質を，さらに科学的に，現場で，また実験的に追求した上で，更新方法を確立し利用すべきであろう．

3　東南アジア各地の泥炭湿地林

(1)　マレー半島

マレー半島では中部から南部にかけての海岸地帯に泥炭湿地が出現する．泥炭の厚さはせいぜい6 mくらいで，海岸線のすぐうしろにみられる．嫌気的条件下にあって，貧栄養，強酸性であり，雨水のみの供給によることなどは，サラワク・ブルネイと同じである．水はみた目は黒色にちかく，すくって光をあてると濃い紅茶のような泥炭湿地独特の色を示す．西海岸の一部では粘土上に，東海岸では砂上に出現する．

上層木層は樹高30 mで，密度はさまざまであるが，低地フタバガキ林よりはすべてにおいて小さい．しばしば非常に疎開した不連続な林冠を形成する．突出木はみられない．中層は6～18 mで，よく鬱閉している．低木層の密度も高低があり，密な場合は無茎のヤシが多くなる．地表植生は比較的貧弱である (Whitmore 1975)．

同心円状の帯状構造がみられるのは南ペラックの Hutan Melintang だけで，*Shorea uliginosa* が周辺部でヘクタール当たり4.8本，内側へ入ると30～51本みられる (Wyatt-Smith 1963)．種の数は限られ，主なものは次のとおりである

(Wyatt-Smith 1961).

木本類：*Amoora rubiginosa, Anisoptera marginata, Blumeodendron tokbrai, Calophyllum retusum, C. scriblifolium, Cratoxylon arborescens, Ctenolophon parvifolius, Dialium patens, Durio carinatus, Eugenia* spp., *Ganua motleyana, Gonystylus bancanus, Koompassia malaccensis, Litsea grandis, Myristica lowiana, Neesia altissima, Palaquium ridleyi, Parastemon urophyllum, Polyalthia glauca, Santiria nana, Shorea platycarpa, S. rugosa* var. *uliginosa, S. teysmanniana, Stemonurus capitatus, Tetramerista glabra, Xylopia fusca.*

その他：*Cyrtostachys lakka, Mapania palustris, Nepenthes* spp., *Pandanus artocarpoides, Salacca conferta, Stenochlaena palustris.*

東海岸と西海岸では植物相がことなるが，詳しい種の分布には不明な点が多い．商業材としては，*Gonystylus bancanus, Calophyllum, Tetramerista, Cratoxylon arborescens, Koompassia malaccensis, Durio carinatus* などが重要で，サラクワ・ブルネイの第1相の混交湿地林型のものが産出がよい．天然更新は一般に良好であるが，*Gonystylus bancanus* と *Tetramerista glabra* は天然林内での更新はみられない．再生林に優占するのは早成樹種の *Shorea* と *Cratoxylon arborescens* である．*Koompassia malaccensis* は深い湿地から，泥炭林の周辺部，低地のやせた土壌など，さまざまな立地条件下に生育する大木である．

泥炭湿地林を伐採し，耕作して放棄した跡地には *Macaranga maingayi* が純林状になる．*Pellacalyx axillaris* と *Scleria* sp. も，よくでてくる種である．ジョホールでは浅い泥炭湿地林はパイナップルやゴム林に転換されている．マレー半島では，サラクワ・ブルネイのように深い泥炭湿地は発達しないが3 m以上の泥炭地はやはり森林のままにしておくのが好ましいとされている．土壌面ではCoulter（1950，1957）の報告がある．

(2) インドネシア

いままで述べてきた泥炭湿地は今世紀に入ってからの研究である．インドネシアの泥炭の研究はずっと古く，すでに1854年にジャワの浮島現象について

Junghuhn (1854) が記載していると，Hewitt (1967) は述べている．それ以後，ジャワの泥炭や浮島，スマトラの泥炭の発見などの報告がつづき，それまで温帯や寒帯でしか泥炭は生成されないと信じていた学会も熱帯泥炭に注目し，報告書もふえてくる．

スマトラを中心にした報告書が多く，南スマトラとリアウ州の低湿地林についてEndert (1920)，van Bodegon (1922)，Sewandano (1938) などが，スマトラ東海岸の泥炭についてはMohr(1922) が報告しており，マレー半島ではCooke (1930) の研究がある．そして，Polak (1933) によるスマトラ，カリマンタン，ジャワ，セレベスの泥炭研究が出版される．彼女は更にインドネシアの泥炭の概説を行ない (Polak 1950)，ジャワの低湿地の記載の中で浮島の起源と構成について追求している (Polak 1951)．最近では，マレーシア熱帯域の泥炭についてまとめている (Polak 1975)．一方，はじめに述べたAnderson(1976)は，スマトラとカリマンタンの調査を行ない，その概要を報告している．

このように，インドネシアにおける泥炭湿地研究の歴史は長いが，残念なことに，泥炭湿地林の記載にまとまったものはない．ここでもまたAnderson (1976) によってスマトラとカリマンタンの泥炭湿地林をみたい．

スマトラではリアウ州に3箇所，カリマンタンでは西カリマンタンに1箇所，中部カリマンタンに1箇所の調査地が選ばれ，トランセクト法によって調査された．その結果，スマトラの方がカリマンタンよりも単位面積当たりの立木本数は少ないが，材積はほぼ同じであり，したがってスマトラの方が大きな個体が多いことが示された．

混交湿地林型の林分では，上層種には，カリマンタンとスマトラに共通するものが多い．ところが，疎開林型では，カリマンタンで優占するものがスマトラではみられないと報告されている．

スマトラのリアウでの構成樹種は，混交湿地林の上層に *Durio carinatus, Palaquium burckii, Dyera lowii, Shorea platycarpa, S. teysmanniana, S. uliginosa* が，中層と下層には *Knema intermedia, Mangifera havilandii, Neoscortechinia kingii* がみられ

た．疎開林型では，*Campnosperma coriacea* がヘクタール当たり 150 本みられ，*Parastemon urophyllum* と *Alstonia pneumatophora* が中層および下層に豊富で，時には上層にも達していた．

別のプロットでは，混交湿地林の優占種は *Artocarpus rigidus, Gonystylus bancanus, Palaquium burckii* である．疎開林では *Eugenia elliptilimba, Shorea teysmanniana, Mangifera havilandii* などの混交湿地林要素が小木となって出現した．ボルネオの典型的な疎開林要素である *Combretocarpus rotundatus* も記録された．

さらにもう一つのプロットでは，*Strombosia javanica, Mezzettia leptopoda, Paraquium walsuraefolium, Koompassia malaccensis* が移行帯に優占した．疎開林では *Palaquium burckii* がヘクタール当たり 200 本出現し，ほかに *Blumeodendron kurzii, Palaquium walsuraefolium, Campnosperma coriacea* がみられた．

一方，西カリマンタンでは混交湿地林の優占種は *Parastemon urophyllum, Diospyros pseudomalabarica, Dyera lowii, Gonystylus bancanus* などであった．中層には，*Blumeodendron tokbrai, Alangium havilandii, Stemonurus scorpioides* がみられた．疎開林には *Palaquium cochleariifolium* と *Diospyros evena* がヘクタール当たりそれぞれ 440 本，185 本と，非常に高密であった．

中部カリマンタンでは，どのプロットにも *Calophyllum* が多く，5 種（*C. retusum, C. sclerophyllum, C. lowii, C. soulattri, C. fragrans*）が出現した．川沿いの疎開林は，浅い泥炭の上にあり，たびたび洪水にあうところで，*Combretocarpus rotundatus, Diospyros evena, Dactylocladus stenostachys* が優占していた．混交湿地林では *Calophyllum* とともに *Gonystylus bancanus* が優占し，移行帯から疎開林にかけては *Palaquium burckii* が優占した．中層と下層には *Neoscortechinia kurzii* と *Stemonurus secundiflorus* が多く出現した．疎開林でもっとも豊富にみられたのは *Calophyllum retusum*（395 本/ha），*Palaquium cochleariifolium*（225 本），*Diospyros evena* であった．

以上の結果をまとめて示すと，両島に共通な混交湿地林の優占種には，*Alstonia pneumatophora, Campnosperma coriacea, Durio carinatus, Dyera lowii, Gonystylus*

表1-22　カリマンタンとスマトラの泥炭湿地林の比較

(0.2 ha 当たり)

	スマトラ		カリマンタン	
	混交林	疎開林	混交林	疎開林
平均種数	37	39	55	33
平均密度	99	154	190	251
胸高断面積				
合計 (m^2)	7.206	5.868	7.195	6.309
平均幹周囲 (cm)	86.743	69.1	69.7	56.1

[Anderson 1976]

bancanus, Koompassia malaccensis, Lophopetalum multinervium Mezzettia leptopoda, Palaquium burckii, Parastemon urophyllum, Shorea platycarpa, S. teysmanniana, S. uliginosa, Tetramerista glabra がある.

中層および下層で両島に共通なもので，しかもかなり特徴ある樹種として，*Blumeodendron kurzii, B. tokbrai, Diospyros pseudomalabarica, D. siamang, Engelhardtia serrata, Eugenia elliptilimba, Gymnacranthera eugeniifolia, Horsfieldia crassifolia, Ilex hypoglauca, I. sclerophylloides, Mangifera havilandii, Neoscortechinia kingii, Santiria laevigata, S. rubiginosa* がある.

疎開林型の泥炭湿地林で，カリマンタンには豊富にみられた種で，スマトラでは出現しないものに，*Dactylocladus stenostachys, Diospyros evena, Garcinia cuneifolia, Lithocarpus dasystachyus, Palaquium cochleariifolium, Parastemon spicatum, Sterculia rhoidifolia, Xylopia coriifolia* があげられる.

立木密度についてはカリマンタンの混交湿地林が190本，疎開林が251本，スマトラはそれぞれ99本と154本となり，カリマンタンの方が高密度である．しかし，平均の胸高断面積合計に大差はなく，結果として，はじめに述べたように，スマトラの方が個体が大きいといえる．種数に関しては，カリマンタンの混交湿地林がもっとも多く，プロットあたり55種だが，疎開林では33種になり，スマトラではそれぞれ37種と39種で大差はない．これは土壌の栄養条件の差が大きく影響していると思われる（表1-22）.

表1-23 サラワクの森林分布の現況

(単位1,000 ha)

湿地林のタイプ	森林局管轄林	州有林	全面積
Mixed Swamp Forest	435	739	1,174
Alan Batu Swamp Forest	114	13	127
Alan Bunga Swamp Forest	68	8	76
Padang Alan Swamp Forest	37	4	41
Padang Paya Swamp Forest	35	2	37
計	689	766	1,455

[Lee 1979]

以上，カリマンタンとスマトラの泥炭湿地林について述べたが，サラワク・ブルネイにくらべて，森林型の識別なども不明瞭であり，今の段階では相互比較をするわけにはいかない．今後の定量的な調査が必要である．

4 森林開発の現状と問題点

サラワク・ブルネイの泥炭湿地林の開発は，1945年頃にまず *Gonystylus bancanus* の伐採からはじまった．サラワクで本格的な林業開発が行なわれたのは1950年代からである（Lee 1972）．湿地林が五つの森林型にわけられ，全面積は145万5000 haに達している．このうち68万9000 haが森林局の管理下におかれている（表1-23）．いうまでもなく混交湿地林型の樹種がもっとも重要なものであり，Ramin（*Gonystylus bancanus*），Jongkong（*Dactylocladus stenostachys*），Sepetir paya（*Copaifera palustris*），Kapor paya（*Dryobalanops rappa*），4種の湿地性Meranti（*Shorea platycarpa, S. rugosa, S. scabrida, S. uliginosa*）があげられる．これら以外にも，望ましい樹種として軽軟な材を有するもの16種，中庸なもの7種，重硬なもの1種が開発の対象とされている．

Yap（1966）は泥炭湿地林の伐出を伝統的なクダクダ方式（木ぞり）から機

械力によるものに転換することを提唱しているが，現実には，あまり普及していないようである．ブルネイで現在おこなわれているのもクダクダと軽便鉄道を併用した方法である．これは政府が定めた伐採区域まで，焼玉エンジンの軽便鉄道を敷く．伐採は4人1組でチェンソーを使って行なわれ，玉切りされた材は木ぞりにのせられて，人力でおして軽便鉄道まで運ばれ，そこから川岸にある製材工場までは鉄道で運ばれる．鉄道の枕木には *Shorea albida* が使われ，3年に1度とりかえられる．伐採する材の最低直径は45 cmで，枝下高により3.7，4.3，4.9 mの3種の長さに適当に切り分けられる．普通1本から3～4本の玉切り材がとれる．人力にたよるこの作業は実に重労働であり，サラワクの若い元気のいい作業員が若いうちだけやれるといわれる．

伐採後の処置については特に何ら規制はないが，ほぼ皆伐状態になる伐採跡には *Shorea albida* の更新はあまりみられない．ブルネイでは，この更新をいかに促進するかが今後の重要な課題となっている．石油のおかげで材を輸出する必要がないので，この国の林業は立ち遅れている．

サラワクでは低湿地のとりあつかいについて，さまざまな試験を行なっている（Lai 1976, 1978 ; Lee 1972, 1976, 1977, 1979）が，いずれも試験が始まったばかりで，今後に期待する以外にない．*Shorea albida* に関しては，湿地よりも乾燥土壌の方が活着や生育が良好であり，またライン・プランティングの場合などは，適当に上層木を疎開した方が生長は促進されるが，あまり急激に疎開しすぎると雑木が進入して生長を阻害することもある．

低湿地の条件では更新問題は簡単ではないが，深い泥炭地は森林として維持していく以外に道はないので，早急な試験設計が要求される．混交湿地林の有用樹種の更新は旺盛であるが，問題は *Shorea albida* である．伐採跡地，虫害，風倒跡地，天然林下などの更新状況の長期にわたる調査とともに，苗畑や実験室における種子，苗木，稚樹の生長試験のつみ重ねが必要であろう．

さらに重要なことは遺伝資源としての保存である．Andersonの識別した六つの森林相はサラワク・ブルネイに特有な，世界でも例のない森林である．小

面積ではなく，できるだけ大きな面積を囲い込み，永久自然保護地として全生態系を維持していかなければならない．将来の遺伝資源としての可能性も大きく，具体的な発掘はこれからの課題である．

第2章　ブルネイの熱帯多雨林

ブルネイはボルネオ島の北西岸，東経114°23′～115°23′，北緯4°～5°5′に位置する面積5765 km² の南支那海に面する人口22万人の国である．1920年代に発見された石油および天然ガスの産出国でアジアではもっとも豊かな国であり，天然ガスの輸出先として日本とのかかわりも深い．

1984年にイギリスから独立して以来，石油以外の産業推進をおりこんだ第5次5カ年計画が発表された．将来国家収入の6％を森林局が負担することを目標としていることからも，森林資源は石油につぐ重要なものとして位置づけられている．

石油・天然ガスの存在の大きさにより，ブルネイの森林資源はあまり目立たなかったが20世紀のはじめより，イギリスによる森林調査，研究はBrowne, Anderson, Ashton等によるすぐれた業績を残した．しかし，組織だった研究体制はととのわず，現在に至るまで，森林研究所に類するものはなかった．

独立を機会に，森林地帯の入口に位置するスンガイリアン（Sungai Liang）に森林局の手で森林研究センターの建物が建築された．そして，将来の森林研究センターの充実と応用的に利用可能な基礎研究を推進するため，日本との技術協力が図られ，1985年10月，ブルネイと日本との間にブルネイ林業研究センタープロジェクトが生まれた．

私は，この研究プロジェクトの発足の前後に2年間，ブルネイに滞在し，研究センタープロジェクトの基本構想から設立後の調査研究にまでたずさわった．ここでは，おもにブルネイの森林調査の一端を紹介したい．

第1節　ブルネイの森林型

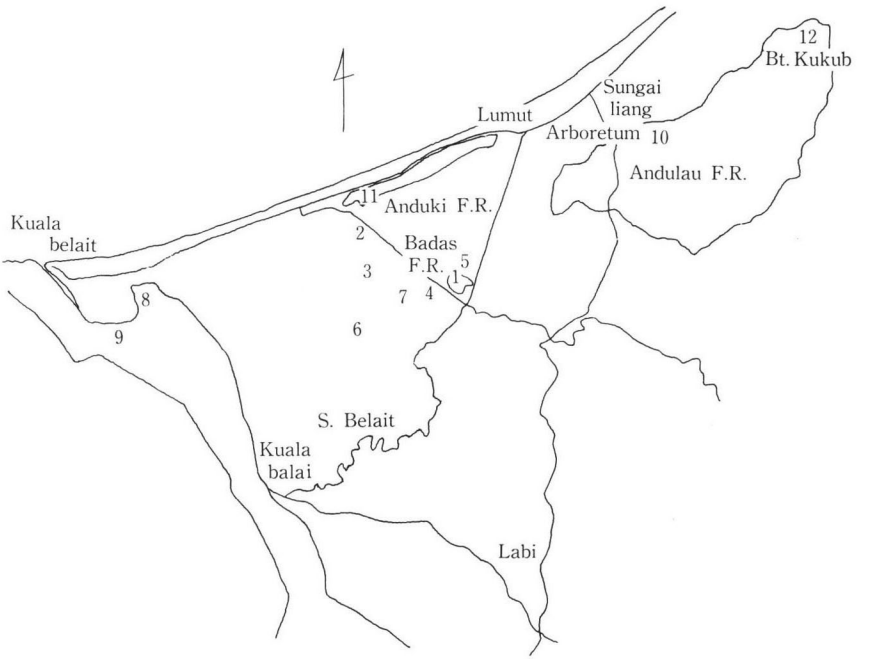
1　はじめに

ブルネイには熱帯多雨林の代表的な森林型がよく保存されている．ここでは，代表的な森林型の種組成および森林構造を調査し，永久プロットとして将来定期的に調査を継続していくための基礎データを集めた．

ブルネイの森林型は，Anderson & Marsden (1984) によれば，つぎのように分類されている．

① Mangrove
② Freshwater swamp forest
③ Peat swamp forest
　3.1 Mixed peat swamp
　3.2 Alan forest
　3.3 Alan bunga forest
　3.4 Padang Alan forest
　3.5 Padang forest
　3.6 Padang keruntum
④ Kerangas
⑤ Mixed dipterocarp forest
⑥ Lime stone forest（だがブルネイには存在しない）
⑦ Montane forest
⑧ Secondary forest
⑨ Urban, cleared land & cultivation

この中で，森林局の要請により，比較的重要とおもわれる森林型について基礎情報を得るために，つぎのような永久調査プロットを設定した（図2-1）．マングローブ，淡水湿地林，亜高山帯林については，足場の悪さや，距離の問



1　*Agathis* 林　2　Alan batu 林　3　Alan bunga 林　4　Alan 林　5　Padang Alan 林　6　Alan padang 林　7　Ulat bulu 林　8　Mixed Peat Swamp (1) 林　9　Mixed Peat Swamp (2) 林　10　Mixed Dipterocarp 林　11　Kapor paya 林

図 2-1　永久プロット設定位置図

題および重要性の低さから今回は意図的に省いたが，将来的には，やはり永久調査区を設定すべきであろう．

永久調査プロットの設定にあたっては，まず，Anderson & Marsden の作成した森林型地図により大枠をつかみ，現地でできるだけ広く観察調査をくり返した後，もっとも代表的と思われる林分を選んだ．基本的な面積は 50 m×50 m とし，コンパスと巻尺を使って，これを 10 m×10 m の小区画にわけ，境界をポールとテープで識別した．プロットの大きさは，50 m×50 m から 100 m×100 m のものまで，最高樹高の大きさと樹種の多様性を考慮して決定した．

プロット内の胸高直径（1.3 m）10 cm 以上の立木の直径を直径巻尺で，樹高

と枝下高はワイゼ測高器で測定した．各個体にはトタン板に通し番号の数字を刻印したものを釘打ちし，胸高直径位置には白ペンキで白帯をまき，後日の測定にそなえた．各個体の樹幹の位置と樹冠投影図を作成した．また樹種名が判明しないものは樹種同定用の葉サンプルを採集した．

Alan bunga と Agathis 林は，1983 年 4 月に 1 カ月間出張した際設定し，これら以外は，すべて 1984 年から 1986 年の間に設定した．

設定にあたっては，筆者以外に 3 ～ 5 人の現地スタッフが参加し，はやいもので数日，長いものでは，標本の採集を含むと数カ月を要した．調査プロットの中で最も難渋したのは，Alan bunga と Alan batu 林であり，ついで，Mixed Peat Swamp 林であった．いずれも泥炭湿地林のプロットで，足場の悪さは，かつてスマトラでマングローブを調査したとき以上に，やっかいなものであった．とりわけ障害となるのはムンクワン（*Pandanus andersonii*）と Alan の高い板根であり，これらにより調査の効率は著しく低下した．

現地スタッフは，Niga をリーダーとして，大変すぐれたフィールドサーベイヤーであり，どのような困難な場所でも着実にプロット設定から測定，同定標本採集までをこなし，その行程は，今までインドネシア，タイ，マレーシアなどで現地調査した時と同じかまたはそれ以上に優秀であった．

2 *Agathis* 林

(1) 位　　置

スンガイリアンよりジープで約 10 分スリヤ方向へ走り，液化天然ガス工場前を左へ折れ Alan 林の中を走る工場用水パイプにそった砂利道をブライト川の取水口近くまで入り，直前でパイプをまたぐ木橋をわたって林内に入ると，そこはもうクランガス林になっていて保護区になっている．この中を約 10 分走ると，VJR（Virgin Jungle Reserve）の看板の出ている場所があり，そこから小道を歩いて 3 分のところにプロットを設定した．

現在は，スンガイリアンから 40 分前後で到着するが，道路状況の悪かった

時は側溝がうまり，水はけがわるく，随所にジープで運行可能ギリギリの線まで水たまりができ，1時間半から2時間かかった．その後，砂利採集地などができて，道路状態はよくなった．用水パイプ沿いの道は両側にAlanの純林が展開し，泥炭を掘った側溝には黒色のピート地帯独特の水が流れる．ブルネイでもっとも簡単に泥炭湿地林がみられるところである．のちに述べるK 7の混交フタバガキ林と，この道からAgathisに入る道は，3種類の森林型がみられるもっとも良いルートである．

Alan林を車からながめると灰緑色に近い樹冠がはじめはまばらで，内側へ入るにつれて小さくまとまってくる．樹幹は通直というよりも，枝下下部付近でまがるものが多く，その上に，小さな樹冠がのっているという状態になる．黄色い樹幹の*Calophyllum* spp.や赤紫色のRengasやRaminが目立つ．道路周辺の伐開跡には，主としてKeruntumが更新してきている．道沿いまで森林のくる場合には大型の*Nepenthes*がぶら下がり，赤い幹のショウジョウヤシが目立ち，*Campnosperma*の大輪が咲いている．パイプ沿いのこの道は，Alan地帯をまっすぐにブライト川へぬけでる道であるが，その最終地点付近と途中1箇所，クランガス地帯となり，白砂のやや小高い丘となり，その周辺では，林分の個体数は多く密になり，直径の細い木が林立する．樹皮のはげやすいSelunsorが目立ち，樹高も低くなっているのが見える．Alan林では樹高が50 m近くまたはそれ以上になるが，クランガス林では，樹高25 m前後であり，この様相は一目でそれとわかる．

木橋をわたってその中に入ると，道は白砂の上を走り，白砂の上には，水ゴケが生え，周辺の樹木の幹下部にもコケ類が多い．着生のランやシダなども多く，林床の白砂と樹幹のコケの緑の対照がはえる．こういう中でひときわ目立つのは*Agathis*であり，通直で鱗片状の樹皮をもつ，黒茶色の堂々たる樹幹が上層部分にまでみられる．樹幹下部には白い樹液を出しているものが多く，これがいわゆるDamarとして，かつては重要な産物であった．また，*Agathis*の材は通直，完満，材質良好で肌の白さも好まれ，ブルネイでは，ほとんど切ら

れて，団地として残っているのはこことテンブロン地域の低地と山地部だけといわれている．

車を下りてプロットまでの小道はクランガス林の中でも *Agathis* の優占するところで，小道の上はクッションの上を歩くような感じになる．これは，リターと根毛層が厚く，約 20 cm～30 cm にわたって白砂の上をおおっており，これがクッションとなるためである．*Agathis* の生育しないクランガス林ではこれだけのリターと根毛層は発達しない．小道の周囲の足元には，エビネの類や，*Agathis* の稚樹が厚いリター層の上に散在し，倒木上には，着生のランやシダが豊かであり，林内はくらい．*Agathis* の比率が徐々に高くなり，やがてプロット位置に到達する．

このプロットの位置からさらに奥へ進むと再び *Agathis* が少なくなってゆき，数 m の段差をおりるとすぐに湿った泥炭湿地林に出る．このクランガス林から泥炭湿地林への推移はきわめてドラスティックであり，一見の値打ちがある．

(2) 林　　相

プロットを設定した場所はこの周辺でももっとも *Agathis* が純林に近い状態で生育しているところである．

最高樹高は 45 m，最高直径 90 cm で，これが第 1 層となり，以下第 2 層につづくが，階層構造は明確でなく，各層は各段階の *Agathis* がみられ，稚樹も豊富で更新状態はよい．土壌は白色のポドゾル土壌の上に約 20 cm の厚い根毛層があり，その上に，*Agathis* の小枝と葉片を中心にしたリター層が見られる．倒木の数は泥炭湿地林ほどではないが，中，小径木が多い．立木密度は，周辺の *Agathis* のないクランガス林よりは低く，歩きやすい．着生植物はランやパンダナスの類が少数あるだけで，一般のクランガス林ほど多くはない．*Agathis* の未熟の雌果が林床には多く，また季節によっては（特に 3，4 月に多いが），熟果が落下して種子が散乱し，芽生えのみられることもある．地形は平坦であるが，のちほど追加した 50×50 m^2 のプロットの端近くは傾斜して，すでに泥炭湿地林へ移行する状態を示している．

異形根については，板根や交柱根などはほとんどみられず，わずかにRu（*Casuarina* sp.）の浮上り板根が目立つのみである．

Furukawa（1988）による土壌調査ではここの土は35 cmまで細根が多くなっている．

樹冠投影図（図2-2）は，かなり密な樹冠のかさなりを示している．また図2-3に階層構造図を示した．この図は，樹冠投影面積と樹高および枝下高の測定値から，樹冠内における樹冠面積を1 mごとに区切って加えあわせたものである．高さごとの階層の変化が明白である．

(3) 樹種組成

表2-1に調査結果をまとめた．はじめに選んだ*Agathis*のプロットSP-1では，*Agathis*の個体数が148本中83本と圧倒的に多数をしめている．つぎに多いのがResak durianであり，この2種がここでは優占するとみてよい．第1層にはこのほかにBintangor, Mang, Sempilauなどが単木的に出現する．*Agathis*は第2層以下も均等に優占するが，UbahやMengilasなどが出現してきて，第3層になるとUbah ribuが目立つようになり，第4層の低木から第5層の地表植生となる．地表には*Agathis*の稚樹が広くみられるが，他樹の密生した場所ではみられず，母樹下の比較的疎開した林床部分に多い．

SP-2は，のちほど追加したものであるが，この端近くにはAlanも出現し，泥炭湿地林との境界の気配が感じられる．そうなると，*Agathis*の個体数はずっと少なくなり，Resak durianやNyatoh（1）と同じような値になる．そして，Kayu malamやAlan, Rengas, Merpisang（1）などの個体数が増加してくる．両サブプロットをくらべてみると個体数はややSP-2が多いが胸高断面積合計では，SP-1の方が多くなっている．これは*Agathis*による差によるものと考えられる．両者を足してヘクタール当たりにすると個体数610，胸高断面積合計38.4 m^2となり，かなりの大きさであることがわかる．

種類数は38種類で，クランガスという土壌条件もあって，生育する種類は少し限られてくるようである．

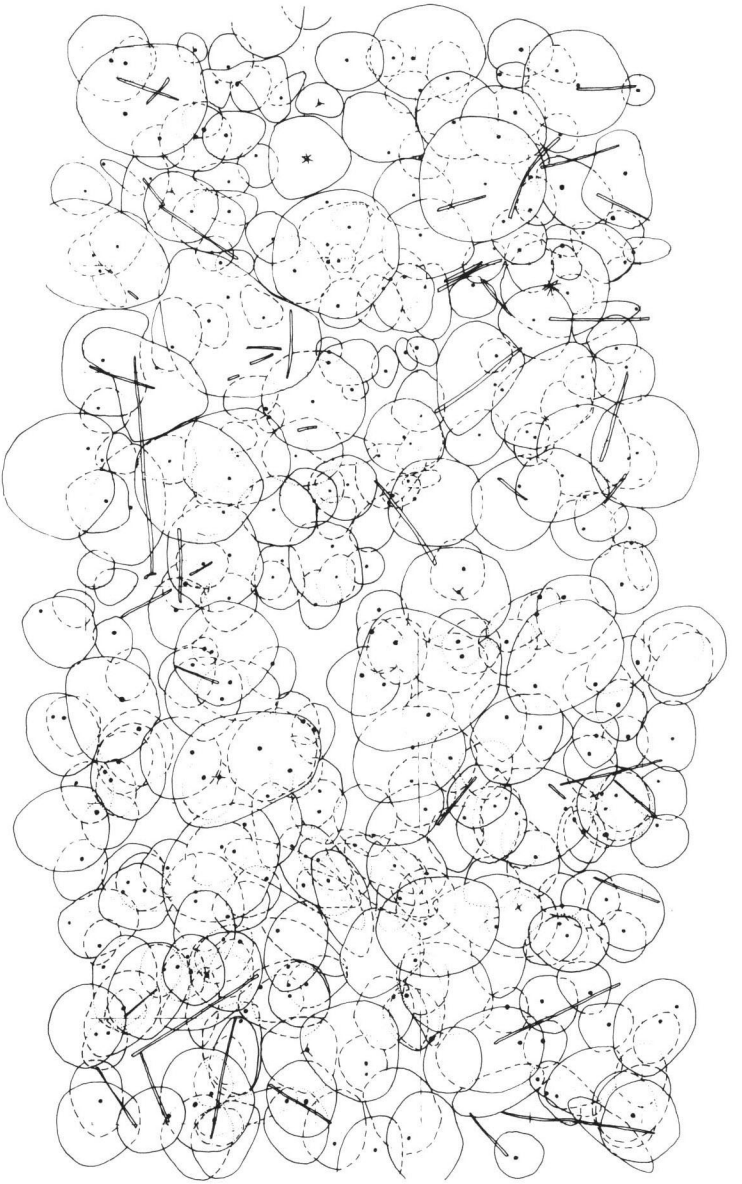


図 2-2　*Agathis* 林の樹冠投影図

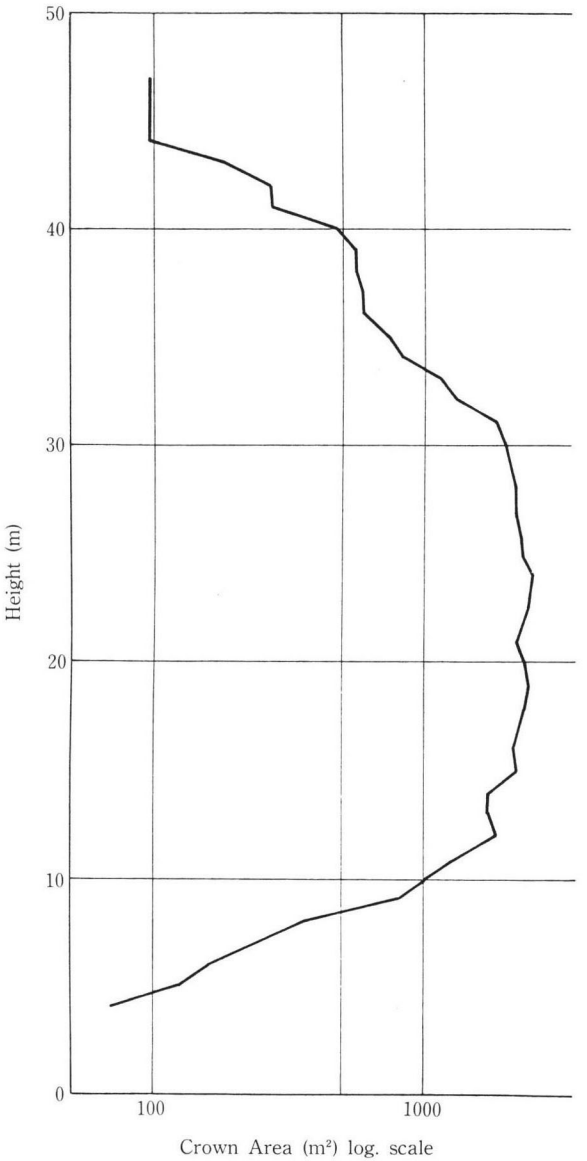


図2-3　*Agathis* 林の階層構造図

表 2-1　*Agathis* 林の樹種組成

Vernacular Name	Botanical Name	Family	SP-1 (50×50)		SP-2 (50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Agathis	Agathis dammara (Lamb.) L.G. Rich.	Araucariaceae	83	84431.5	30	34611.8	226	238086.6	37.05	62.00
Resak durian	Cotylelobium burckii (Heim) Heim	Dipterocarpaceae	20	11262.1	28	12649.7	96	47823.6	15.74	12.45
Nyatoh (1)		Sapotaceae	6	827.1	29	8885.5	70	19425.2	11.48	5.06
Mengilas	Parastemon urophyllum A. DC.	Rosaceae			12	6600.9	24	13201.8	3.93	3.44
Ubah ribu	Eugenia bankense Hassk.	Myrtaceae	7	820.1	4	483.0	22	2606.2	3.61	0.68
Nyatoh (2)		Sapotaceae	4	1259.6	4	1075.1	16	4669.4	2.62	1.22
Merpisang (1)					7	1012.9	14	2025.8	2.30	0.53
Mang	Hopea pentanervia Sym.	Dipterocarpaceae	4	878.9	1	143.1	10	2044.0	1.64	0.53
Bintangor (2)	Calophyllum sp.	Guttiferae	2	216.2	3	418.6	10	1269.6	1.64	0.33
Mengkulat	Ilex hypoglauca (Miq.) Loes	Anacardiaceae	4	509.8	2	113.0	10	1245.6	1.64	0.32
Alan	Shorea albida Sym.	Dipterocarpaceae			4	3771.5	8	7543.0	1.31	1.96
Dual	Lophopetalum sp.	Celastraceae	2	217.3	2	1262.9	8	2960.4	1.31	0.77
Rengas	Melanorrhoea sp.	Anacardiaceae			3	3876.5	6	7753.0	0.98	2.02
Bintangor (3)	Calophyllum sp.	Guttiferae			3	3206.0	6	6412.0	0.98	1.67
Lusi	Garcinia sp.	Guttiferae			3	1275.0	6	2550.0	0.98	0.66
Kayu malam	Diosypros sp.	Ebenaceae			3	852.8	6	1705.6	0.98	0.44
Ubah (1)	Eugenia sp.	Myrtaceae	3	648.8			6	1297.6	0.98	0.34
Medang (3)					3	492.5	6	985.0	0.98	0.26
Kedondong (1)			3	345.9			6	691.8	0.98	0.18
Bitis					2	2072.4	4	4144.8	0.66	1.08
Sempilau	Casuarina nobilis Johnson msc.	Casuarinaceae	2	1668.5			4	3337.0	0.66	0.87
Bintangor (1)	Calophyllum sp.	Guttiferae	1	1187.9	1	171.9	4	2719.6	0.66	0.71
Unknown (1)					2	324.1	4	648.2	0.66	0.17
Medang (1)					2	314.4	4	628.8	0.66	0.16
Ubah (2)	Eugenia sp.	Myrtaceae	1	145.2	1	134.7	4	559.8	0.66	0.15
Medang (2)					2	253.3	4	506.6	0.66	0.13
Keranji	Dialium indum L.	Leguminosae	1	80.1	1	124.6	4	409.4	0.66	0.11
Ru	Casuarina sp.	Casuarinaceae			1	1771.2	2	3542.4	0.32	0.92
Mata ulat	Lophopetalum sp.	Celastraceae	1	356.1			2	712.2	0.32	0.19

表2-1　つづき（2）

Vernacular Name	Botanical Name	Family	SP-1 (50×50)		SP-2 (50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Medang tabak	Dactylocladus stenostachys Oliv.	Crypteroniaceae			1	326.7	2	653.4	0.32	0.17
Menjalin (2)	Xanthophyllum sp.	Polyglaceae	1	221.6			2	443.2	0.32	0.12
Lithocarpus	Lithocarpus sp.	Fagaceae	1	156.1			2	312.2	0.32	0.08
Mempening	Lithocarpus sp.	Fagaceae			1	132.7	2	265.4	0.32	0.07
Unknown (2)					1	95.0	2	190.0	0.32	0.05
Kedondong (2)			1	91.6			2	183.2	0.32	0.05
Geronggang drum	Cratoxylum sp.	Hypericaceae			1	88.2	2	176.4	0.32	0.05
Menjalin (1)	Xanthophyllum sp.	Polygalaceae	1	83.3			2	166.6	0.32	0.04
Mentang kelait					1	75.4	2	150.8	0.32	0.04
Total			148	105407.7	157	86615.4	610	384046.2	100	100

D分布でみると，胸高直径 10 cm 台に 56 %がみられ，順次 90 cm に至るまでゆるやかなL字型を示している．

3　Alan batu 林

(1) 位　　置

スンガイリアンからスリヤの町に入り，中心部を海とは反対側に向かって森林に近づくとコタバルという新しく開けた町があり，その東南角に，Hiap Hong 製材工場がある．ここは Alan の製材をしており，トロッコが伐採現場まで通じている．トロッコには材を運ぶ大型のものと，人のみを運搬する小型の手づくりのものがあり，行きはたいていこの小型のものにのる．トロッコは，建設中の高速道路をよこぎって Alan Batu の林内を走るが，信じられないくらいの屈曲した線路上をかなりの速度で走るため，しばしば脱輪したり，乗員がふりおとされたりする．約 15 分で，シェル石油がつくった石油探索道にでくわす．このあたりは，Alan でももっとも大きい Alan batu といわれる Alan の老熟した林分である．周囲には Alan の倒木やはねあがった板根，ムンクワンやサラックなどの地表植生が歩行を困難にしている．また水たまりには *Hanguana malayana* が繁殖し，大型の *Nepenthes* が多く，泥炭は軟弱で深く，またその中にからまりあった根系があって歩行がさらに困難となる．リンテス（石油探索道）は作った当時はよいが，やがてくさり出し，こうなるとくさった部分やくさらない部分，釘の突出などがあり危険である．また倒木も板根上に倒れたものになると地表まで数 m になり，かつ大木の板根上は大きな空洞になっている場合が多く，これまた危険である．はじめのとっつきはわるいが，なれてくると，板根から板根へわたりあるくことになる．

(2) 林　　相

プロット位置はトロッコの軌道から 100 m ばかり入った典型的な Alan batu 林である．最高樹高は 60 m に近く，枝は鹿の角のように先端が折れて欠損したものが多いが，完全なものでは大きな樹冠となる．この第 1 層が非常に突出

しているので，第2層は，かなり下に感じられ，20～30 m 近くになる．主なものは，Kayu malam や Menjalin であり，胸高直径も 30 cm 前後のものが多い．第3層は少なく，続いて地表層となり，ムンクワンや *Nepenthes*，サラックが繁茂し，水たまりには既に述べた *Hanguana malayana* が見られる．着生植物は上層には少ないが，大木の大きな板根周辺にコケ，地衣類や着生のよじのぼり植物が見られる．

林床で目立つのは，倒木と板根，それに板根からのびる網状の根等である．倒木の数は今回調査した森林型の中でも最も多く，かつ大径木から小径木まで多く見られる．むろん大径木が倒れる時には数本の中，小径木が共倒れとなる．調査中にも何度か倒木の音を聞いたし，また倒れかけて，蔓に絡まり，泥炭中に埋まったような形でいる個体も見られた．興味のある異形根は，Alan の板根とそれに続く根系である．これはすでに Anderson (1964 a) も述べていることであるが，Alan batu の板根は高いもので 4 m くらいになり，そこから放射状に板根がのび，その先が網の目状に広がっていると同時に土中にも垂下根を出す．そのうちの何本かがかなり土中深く入る現象が見られる．従ってこの網目状の根の上にリターが溜り，仮の林床を作っている．そこでは一見林床とかわらないようなリターの分解も行なわれているようである．うっかり根の上を踏み外すと，数 10 cm 下にある本当の泥炭の林床に落下することになる．

倒木があると板根部分は盛り上がって巨大な壁をつくり，その下に池が出来る．そしてそこには魚が住んでいる．泥炭湿地林は川の影響を受けないことで淡水湿地林とも区別されるわけだが，この現象は，初めのうちは不可解であった．しかし，雨季の最中の2月にここを訪れた時，はじめて謎が解けた．水は，池の溜りから泥炭地の僅かな低みへとアチコチで流れていたのである．

(3) 樹種組成

このプロットでは Alan の個体数はさほど多くなく，むしろ Nyatoh (1) や，Medang (1) の方がはるかに多い．しかしこれらは中・小径木である．第1層に優占するのはAlanであり，個体数は少ないが，胸高断面積合計では48％を

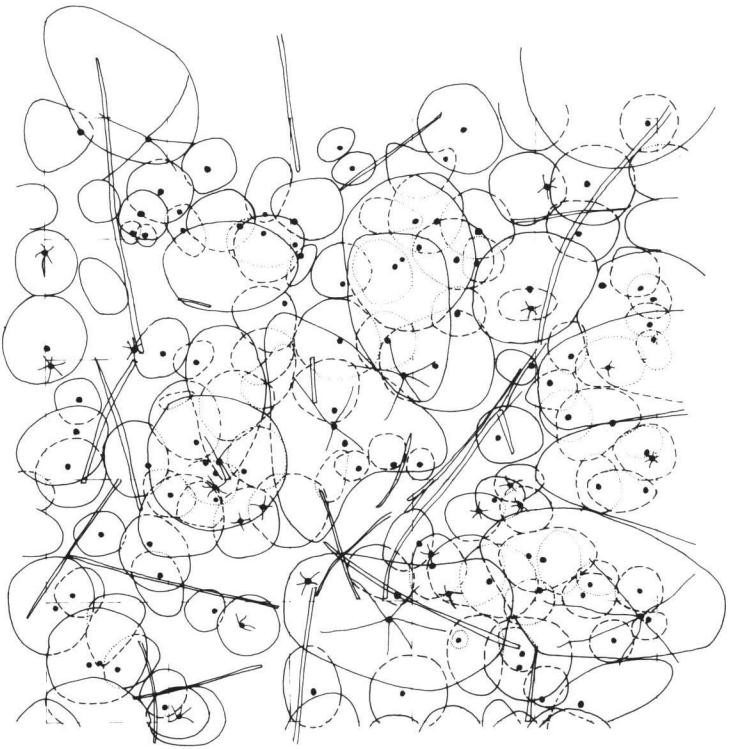


図 2-4　Alan batu 林の樹冠投影図

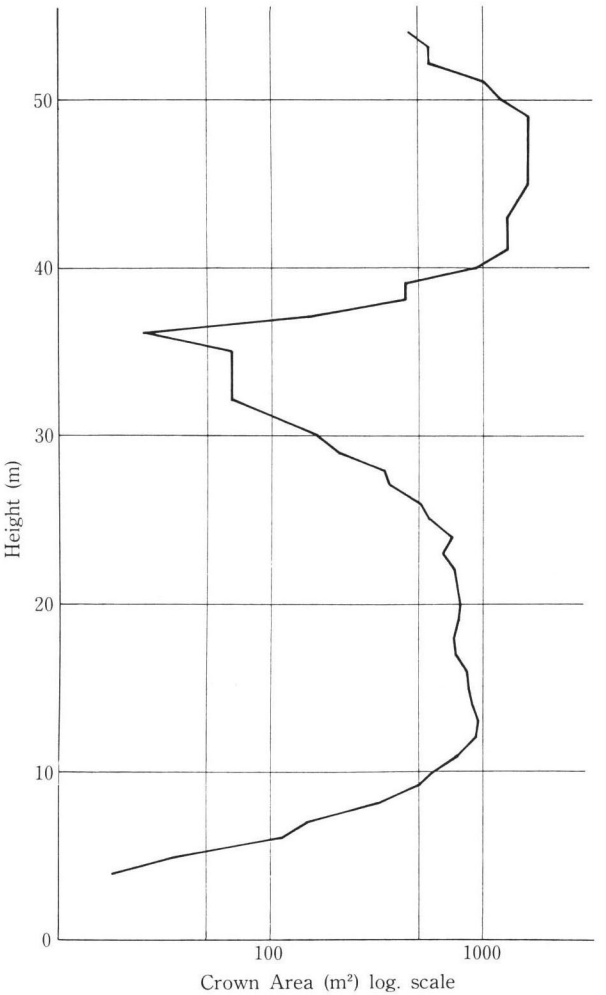


図2-5　Alan batu 林の階層構造図

表 2-2　Alan batu 林の樹種組成

Vernacular Name	Botanical Name	Family	SP-1 (50×50)		SP-2 (50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Nyatoh (1)	Palaquium leiocarpum Boerl.	Sapotaceae	65	35097.3	66	38118.8	262	146432.2	50.19	34.39
Medang (1)	Litsea resinosa Bl.	Lauraceae	23	3090.3	15	2454.3	76	11089.2	14.56	2.60
Alan	Shorea albida Sym.	Dipterocarpaceae	10	62504.4	7	39985.7	34	204980.2	6.51	48.14
Kayu malam	Diospyros evena Bakh.	Ebenaceae	11	5727.3	6	1448.4	34	14351.4	6.51	3.37
Jelutong	Dyera polyphylla (Miq.) Ashton	Apocynaceae	6	1581.0	5	1518.2	22	6198.4	4.21	1.46
Ludai	Macaranga caladifolia Becc.	Euphorbiaceae	2	413.3	4	879.0	12	2584.6	2.30	0.61
Medang (2)	Ilex hypoglauca (Miq.) Loes.	Aquifoliaceae	4	881.6	1	280.4	10	2324.0	1.92	0.55
Merpisang (2)	Polyalthia sp.	Annonaceae	1	224.2	4	745.1	10	1938.6	1.92	0.46
Merpisang (3)	Polyalthia hypoleuca Hk. f. ex Th.	Annonaceae	3	1396.0	1	105.6	8	3003.2	1.53	0.71
Ramin	Gonystylus bancanus (Mig.) Kurz	Thymelaeaceae	1	1384.7	3	7565.5	8	17900.4	1.53	4.20
Medang Tabak	Eugenia polyantha Wight	Myrtaceae	2	752.0	1	486.7	6	2477.4	1.15	0.58
Ubah (1)	Eugenia havilandii Merr.	Myrtaceae	2	544.9	1	126.6	6	1343.0	1.15	0.32
Menjalin/Mengilas	Austrobuxus nitidus Miq.	Euphorbiaceae	2	215.7	1	333.1	6	1097.6	1.15	0.25
Keruntum	Combretocarpus rotundatus (Mig.) Danser	Rhizophoraceae			2	3242.1	4	6484.2	0.77	1.52
Merpisang (1)	Polyalthia sp.	Annonaceae	1	111.2	1	103.8	4	430.0	0.77	0.10
Ubah (2)	Eugenia sarawacensis Merr.	Myrtaceae	1	95.0	1	84.9	4	359.8	0.77	0.08
Penerahan (1)	Gymnacranthera eugeniifolia (A. DC.) Sinclair var. griffithii (Warb.) Sinclair	Myristicaceae	1	314.0			2	628.0	0.38	0.15
Nyatoh (3)		Sapotaceae			1	277.5	2	555.0	0.38	0.13
Ubah (4)	Eugenia sp.	Myrtaceae			1	268.7	2	537.4	0.38	0.13
Nyatoh (2)		Sapotaceae	1	143.1			2	286.2	0.38	0.07
Medang (3)	Lauraceae	Lauraceae			1	120.7	2	241.4	0.38	0.06
Ubah (3)	Baccaurea bracteata Muell.-Arg.	Euphorbiaceae	1	96.7			2	193.4	0.38	0.05
Keranji	Endiandra oriacea Merr.	Lauraceae	1	95.0			2	190.0	0.38	0.04
Mengkulat	Ilex sp.	Aquifoliaceae			1	81.7	2	163.4	0.38	0.04
Total			138	114667.7	123	98226.8	522	425789.0	100	100

占めている．第2層になるとKayu malam, Julutongや Raminが出現し，Nyatoh (1)，Medangとともにやや疎な階層を示している．第2，第3層は混然一体となっており，識別は難しい．この下に地表植生があり，さきに述べたような，ムンクワン，Salak, *Nepenthes* などが出現する（図2-4，2-5）．

最高樹高は60 m近くに達し，今回の調査地の中で最も高い．また，胸高直径も大きく，かつ板根の大きさはすでに述べたように最も大きい．樹種数は24種とやはり少なくなり，単純な構成となることがわかる．個体数は，522本/haであり，Agathisよりは少ないが，胸高断面積合計は，42.6 m²と逆に大きくなっている（表2-2）．*Palaquium, Polyalthia, Eugenia* などスマトラの泥炭湿地にも出現するものも多く，泥炭地という立地条件でかなりの樹種制限があり，この条件は，クランガス林よりきびしいようである．

異形根については，Alanの板根とそこから編目状に伸びる根系が特色で，この樹幹直下部分はくされがひどく，それは幹の中空のものが多いことも意味する．そのほかにはKayu malamが小さな板根を持つほか，Ubahの類は背の高い板根が特徴的である．一部膝根も見られた．

Andersonによればこの型の森林は樹高70 mに達する場合があるとされているが，ここではそれほどのものはみられず，せいぜい60 mであった．

林床の倒木数は調査プロットの中で最も多く，泥炭の深さは，Furukawa (1987)によれば，かなり深いとされている．高速道路造成時の砂をとる目的で周辺に大きな池が出来ているが，その断面によると泥炭層は3 m近くあり，その下に白砂層があり，板根から下りてきている直径3 cmほどの根が，この白砂層深く侵入していた．

この林分では，1986年12月から1月にかけて一斉に開花し，その後，2～3カ月して結実した．花芽は赤色で，やがて淡黄クリーム色の小型の花が開花し，そのあと結実した果実は赤色から淡緑色に変化して落下した．この時には，地上からの調査とともにヘリコプターによる観察を行なったが，80～90%近い開花結実率であり，とくにAlan batu地帯が中心でAlan bunga地帯に入

ると少なくなっていった．

4 Alan bunga 林

(1) 位　　置

Alan batu を過ぎて更にトロッコに乗って奥地まで入ると，やがて Alan batu 地帯をすぎ，伐採跡地の更新地で樹高 10 m ほどの低木が林立した地帯を走る．伐採は片側だけで，もう一方は Alan 林が続き，Alan の大きさが徐々に小さくなって純林に近い状態が続く．この中心地帯にプロットをとった．トロッコを下りた地点まで乗場から約 40 分，この距離を歩くと 1.5～2 時間，材用の長いトロッコでは 2 時間かかる．ここからさらに 10 分奥へ入ったところに伐採現場がある．

ここからプロットまではムンクワンの茂る林の中を切り開いて，板根の上を歩いて行くことになる．ムンクワンの密度は，ここで最高に達し，葉縁にトゲのついた葉が高さ 3 m 近くまで繁茂し，板根の上の足場の悪さもあって，もっとも苦労するところである．こういう状態の所を約 10 分入ったところにプロットを設定した．

1986 年春にはこのトロッコが取り外されたため継続調査が困難になった．

(2) 林　　相

Alan の直径 70～90 cm，樹高 50 m 近い高木が上層を優占し，これのみで最上層の林冠をつくるという熱帯では珍しい林相である．この層をヘリコプターで上から見ると，灰緑色の特色のある樹冠が少しずつ重なるようにして，きわめて平坦な樹冠をなしている．また逆に下から見上げると個体間の樹冠の間がわずかにあいてきれいな樹冠の連なりが見られる．枝下高から樹冠までの間が長い場合が多く，ヒョロヒョロの木の上に小さな樹冠がかぶさっているような印象である（図 2-6，2-7）．

この下には実質上，第 2 層といえるものはなく，まれに Ramin や *Campnosperma* が入るくらいで，現実にはずっと下層の第 3 層ともいうべきところに

次層がきて，ここにはMempening, Nyatoh (1), Medangなどの小木が散在するが，これらは上層木の落枝などによって切損した枝をもつものが多い．従ってこの林相はほとんどAlanの純林とみていい相観である．地表には，ムンクワンがもっとも多く，ほかにRassauヤシや小木の稚樹があるが，Alanの稚樹は見あたらない．倒木はかなりあるが，Alan batuほどではない．

板根の大きさもAlan batuよりは小さくなるので，それほど歩行は困難ではないが，偽林床があることは同じで油断をすると穴に落ち込む．泥炭は，Alan batuよりも茶色が明るく，水たまりも少ない．林床にはムンクワンやRassauの地下部が縦横に走っている．着生植物は少ないが，倒木跡地やその近くにはよじのぼりのシダがあり，樹幹には常に開花の見られるツル性の*Timonius flavescens*が見られる．

湿気と熱気はAlan bungaと同じであるが，時折，雨のくる前などにかなり強い風が吹き，樹冠が大きくゆれて倒木の原因となる．こういう時には倒木ならずとも落枝などで危険であり，いちはやく退却する方がよい．

(3) 樹種組成

表2-3に示すとおり圧倒的にAlanが占める割合が大きく，個体数で44％，胸高断面積合計で84％を占めている．これは，*Agathis*林で*Agathis*の占める37％と62％という割合よりもさらに大きく，いかにAlanの優占率が高いかを示している．胸高断面積合計で大きいものは，RaminとKeruntumが続くが，前種はここではAlanの次の層にくる高木であり，*Calophyllum*とともに個体数は少ないが，比較的樹高の高くなる樹種である．しかし，林内ではAlanに被圧されて，枯死したものも多かった．これら以外では，ほとんどが小木となり，Alanのはるか下にかろうじて生育しているという感じである．第2層が欠如したような林相になるため地表はかなり明るく，その分，ムンクワンが繁茂している状況である．

種数は22種とAlan batuと同じレベルであり，最高樹高はAlan batuよりも低目である．Alan batuが老熟木とすれば，Alan bungaは壮年期の林といえよ

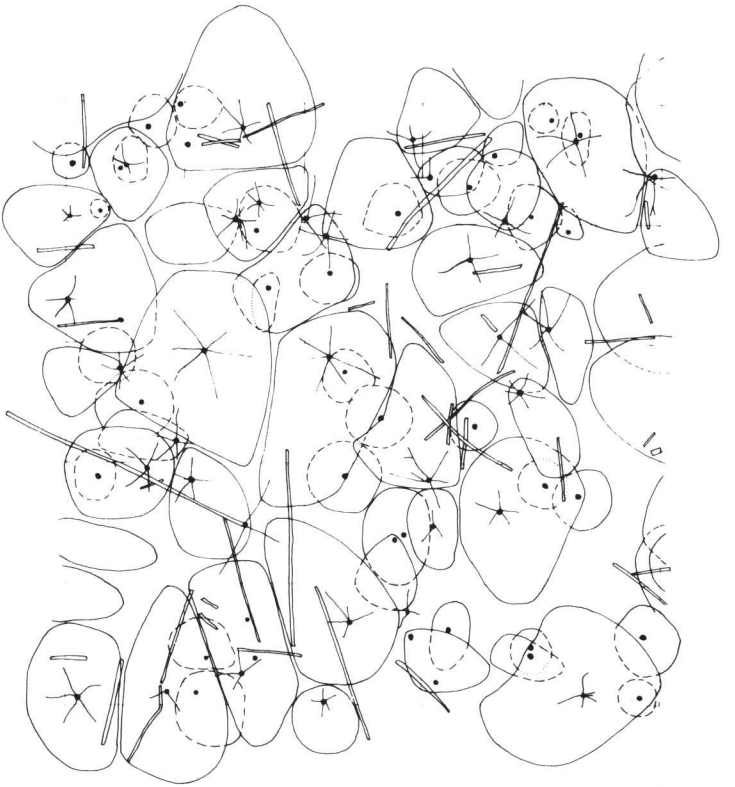


図 2-6　Alan bunga 林の樹冠投影図

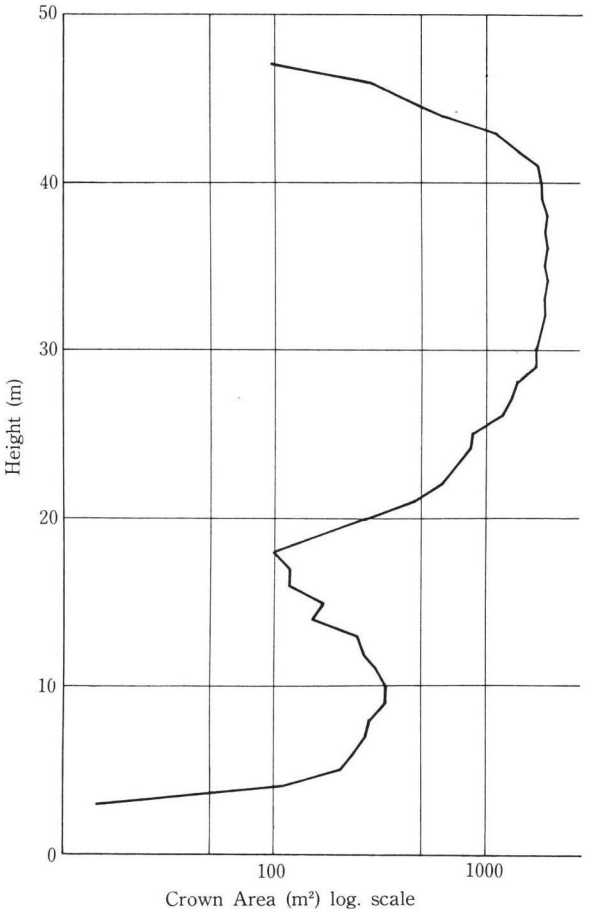


図2-7　Alan bunga 林の階層構造図

表 2-3　Alan bunga 林の樹種組成

Vernacular Name	Botanical Name	Family	SP-1 (50×50)		SP-2 (50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Alan	Shorea albida Sym.	Dipterocarpaceae	34	86923.8	34	96192.1	136	366231.8	44.16	84.49
Mempening	Prunus turfosa Kalm.	Rosaceae	10	1651.1	6	595.9	32	4494.0	10.32	1.04
Ubah (1)	Eugenia leucoxylon (Korth.) Miq. var. phaeophyllum	Myrtaceae	13	1359.7	3	292.8	32	3305.0	10.32	0.76
Ramin	Gonystylus bancanus (Miq.) Kurz	Thymelaeceae	4	6307.9	11	8818.7	30	30253.2	9.68	6.98
Nyatoh (1)	Palaquium cochleariifolium van Royen	Sapotaceae	5	1747.6	1	563.8	12	4622.8	3.90	1.07
Keruntum	Combretocarpus rotundatus (Miq.) Danser	Rhizophoraceae	3	5182.7	2	1699.6	10	13764.6	3.25	3.18
Medang (1)	Xanthophyllum racemosum	Polygalaceae	1	86.5	3	527.6	8	1228.2	2.60	0.28
Terentang	Campnosperma coriacea (Jack) Hall. f. ex v. Steen.	Anacardiaceae	1	98.5	2	992.8	6	2182.6	1.95	0.50
Nyatoh (2)		Sapotaceae			3	900.9	6	1801.8	1.95	0.42
Bintangor	Calophyllum sp.	Guttiferae			2	538.9	4	1077.8	1.30	0.25
Mengilas	Parastemon urophyllum (A. DC.) A. Dc./P. spicatum	Rosaceae	2	330.4			4	660.8	1.30	0.15
Mengkulat	Ilex hypoglauca (Miq.) Loes.	Aquifoliaceae			2	271.0	4	542.0	1.30	0.13
Menjalin	Xanthophyllum amoena Chod.	Polygalaceae			2	258.5	4	517.0	1.30	0.12
Medang tabak	Dactylocladus stenostachys Oliv.	Crypteroniaceae	1	111.2	1	128.6	4	479.6	1.30	0.11
Mentang lang					2	188.3	4	376.6	1.30	0.09
Jankang paya (2)					1	323.5	2	647.0	0.65	0.15
Jelutong	Dyera polyphylla (Miq.) Ashton	Apocynaceae			1	171.9	2	343.8	0.65	0.08
Merpisang	Polyalthia hypoleuca Hook. f. et Th.	Annonaceae			1	134.7	2	269.4	0.65	0.06
Selunsor	Tristania grandifolia Ridl.	Myrtaceae			1	113.0	2	226.0	0.65	0.05
Kandis	Garcinia microcarpa Pierre	Guttiferae			1	109.3	2	218.6	0.65	0.05
Medang (3)					1	105.6	2	211.2	0.65	0.05
Medang (2)					1	93.3	2	186.6	0.65	0.04
Total			73	103799.4	81	113020.8	310	433640.4	100	100

うか，根ぐされや幹の中空なものもそれほど見られず，成長も旺盛な様子である．この上木の優勢さにくらべて，下層木はいずれも貧弱であり，上層木の枯枝などの落下により，幹枝の損傷をうけているものが多く，成長も弱勢である．

Alan bunga から Alan batu への動きが正方向の遷移系列であるとするならば，次のように考えられる．Alan という非常に成長が速くかつ泥炭湿地に適応した高木がまず上層を形成する．上層木と下層木との間には大きな空間があいて，今この林で見るように第2層が欠如した形となる．時間がたつにつれ，Alan の上長成長は鈍化し，肥大成長もゆっくりとすすむ．これは Alan の老熟木の辺材部分の材質の緊密度からも想像できる．こうして，アランは今 Alan batu 林でみるような大木となり，板根も大きく成長し，幹内部の空洞化を進める．その間に，第2層へは，小径木であった下層木が徐々に成長してきて，丁度，現在，Alan batu 林でみられる中，小径木の様相を呈するようになる．この第2層の充実により，林床へ到達する太陽光線量は低下し，旺盛を極めていたムンクワンも勢力が衰え，他の幼樹にかわっていく．これが Alan bunga から Alan batu への遷移の方向と言えるだろう．

Alan 自身の更新はここでも殆ど見られず，50 m×50 m 内に1本の稚樹と萌芽による側芽の伸長が1例見られただけである．

1986年3月の大量結実はすでに述べたように Alan batu で主としておこり，Alan bunga ではやや劣ったが，それでもかなりの結実をみた．しかし，実生による稚樹の定着率は低いようであり，むしろ Alan batu の方が高いようである．こう仮定すると，この Alan の一斉林は，老熟化した Alan が何十年かに一度，大量開花結実し，実生がかなりの割合で活着生長し，同じ樹齢で同じような生長をとげ，今あるような Alan bunga の林を作ると言えるだろうか．

5　Alan 林

(1) 位　　置

スリヤの Hiap Hong 製材工場から新しくブライト川の給水口までひかれた軌

道ぞいのパイプラインにそった道を約13 km入った南側にリンテスが入っており，ここを約10分入った所である．

このパイプラインぞいの道は，Alan林の中をつっきった形になっており，両側にAlan batuに近い大径木の多いAlanの林相が見える．特に北側（海側）では鹿の角状になった老熟した大木がみられ，それが給水口近くでは大きい樹冠の樹高のやや低いAlanとなる．南側はやはりAlan batu型からUlat bulu的な二次林が見られ，そののち再びAlanの林になり，一部クランガスが*Agathis*プロットの方から伸びてきて，再びAlanに戻っている．

ジープをすてて，側溝をわたるのであるが，この側溝には，黒茶色の水が流れ，ピートの厚みは数mに達する．ここから数十mは二次林であるがすぐにAlanの林に入る．プロット設定当時はリンテスの木道はしっかりしていたが，1年後にははや腐り出し，Alan batuなどと同じような歩きづらい状態となった．

この地点へは，*Agathis*林の前を通る道から給水口の門を通ってくる道もあるが，現在は給水口の塩水浸入防止壁を建造中で入れない．スリヤまわりで行くと，スンガイリアンから約50分で到達する．

(2) 林　　相

一見したところAlan bungaに似た林相であるが，林内はやや暗く，樹冠がやや大きいことが異なり，また，林床がずっと乾いていて，ムンクワンがずっと少ない点などが異なっている．基本的な階層構造はAlan bungaと同じで，第1層を占めるのはAlanであるが，第2層の欠如ぐあいはAlan bungaほどではなく，小・中径木がやや大き目の印象をうける．林床にはムンクワンは少なく，板根の凹凸はあるが，水溜り部分が少なく歩きやすい（図2-8，2-9）．

着生植物，つる植物は少ない．倒木の数も少ない．

Furukawa (1988) によるピートのボーリングによると，7 m以上までピートが見られ，かなり深いピート層であることがわかる．Alan batuよりもやや乾生のピートである印象を受ける．

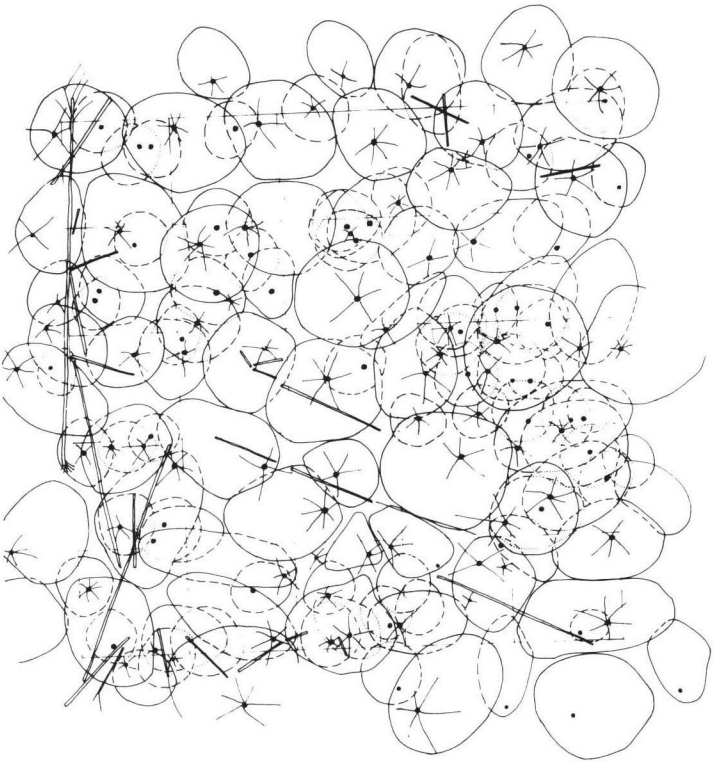


図 2-8　Alan 林の樹冠投影図

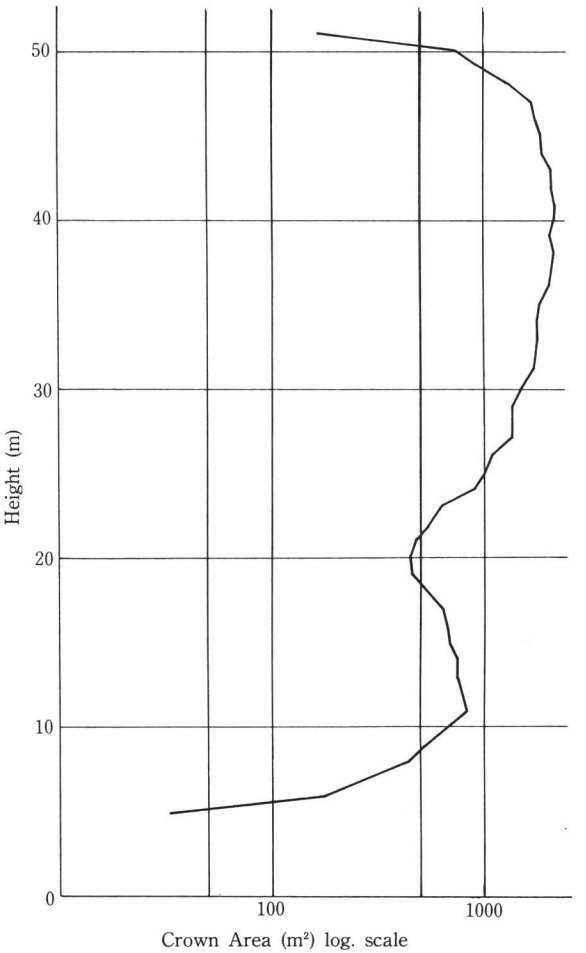


図 2-9　Alan 林の階層構造図

表 2-4　Alan 林の樹種組成

Vernacular Name	Botanical Name	Family	SP-1 (50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Alan	Shorea albida Sym.	Dipterocarpaceae	42	105895.0	168	423580.0	42.00	83.48
Nyatoh	Palaquium sp.	Sapotaceae	29	6345.6	116	26382.4	29.00	5.00
Unknown (1)			7	1101.7	28	4406.8	7.00	0.87
Keruntum	Combretocarpus rotundatus (Miq.) Danser	Rhizophoraceae	6	6964.3	24	27857.2	6.00	5.49
Bitis			3	2749.0	12	10996.0	3.00	2.17
Medang tabak	Dactylocladus stenostachys Oliv.	Crypteroniaceae	3	1215.9	12	4863.6	3.00	0.96
Kandis	Garcinia sp.	Guttiferae	3	380.5	12	1522.0	3.00	0.30
Jelutong	Dyera polyphylla (Miq.) Ashton	Apocynaceae	1	1249.7	4	4998.8	1.00	0.99
Ramin	Gonystylus bancanus (Miq.) Kurz	Thymelaeaceae	1	326.7	4	1306.8	1.00	0.26
Medang (1)		Lauraceae	1	201.0	4	804.0	1.00	0.16
Mentang lang			1	122.7	4	490.8	1.00	0.10
Kayu malam	Diospyros sp.	Ebenaceae	1	120.7	4	482.8	1.00	0.10
Mengkulat	Ilex hypoglauca (Miq.) Loes.	Aquifoliaceae	1	96.7	4	386.8	1.00	0.08
Ubah	Eugenia sp.	Myrtaceae	1	84.9	4	339.6	1.00	0.07
Total			100	126854.4	400	507417.6	100	100

(3) 樹種組成

Alan の占める割合はやはり高く，Alan bunga 林以上であり，泥炭湿地林中でも最高の値を示す．そしてこれに続いて Nyatoh の個体数が大変多くなってくる．中，小木としてはこれと Keruntum が優占する．Ramin や Jelutong, Kayu malam などは，ここでも出現している．

樹種は 14 種であるが，これはプロットの大きさからくるもので Alan bunga とそう変わりはない．このリンテスを奥へ行くと，より泥炭の深い Padang Alan 型の森林になるが，ここではさらに種数は少なくなる．

胸高断面積合計は大きい値を示している（表 2-4）．

6 Padang alan 林

(1) 位　　置

先にのべた *Agathis* のプロットから約 300 m ばかり進むと，クランガス林から 2 m ほど下り，突然に泥炭湿地林に入る．どちらかといえば乾生型のクランガスから多湿な泥炭湿地型への移行は，むろん境界付近における多少の樹種の交錯はあるが，あらゆる面からきわめてドラスティックである．

すなわち，まず林床には膝根やループ根が突出し，所々には水溜りができ，半腐食リターが覆っており，倒木が多く，その多くは，外面上は平滑であるが，内部は腐食している．コケや地衣類の着生状態もずっと多くかつ湿性になり，高密度の林分の目の高さ付近にいかにも湿地林という雰囲気をあたえる．そして各種のヤシ類や，着生シダ類も出現し，高木の種類が *Agathis* から Alan や Bintangor に変わってくる．気象条件は，空中温度 100 %近い状態となり，全身に汗がたれ落ちるといった感じである．

この湿地は，液化天然ガス工場入り口から入ってきた道路沿いに見えた Alan 林に続くものであり，ここではいくつかのタイプが見られるが，Anderson は一括して Padang forest としている．地元では，この中でも特に密生して小型の Alan の出現する所を Padang alan と呼んでいるのでこの名称をつかう

ことにする．

プロットは，この湿地林へ下りて，約100 m入った地点であり，保護区の境界から約20 m入った地点である．ここから車道へ直線で出る道もあり，これを行くと約20分で車道に出，*Agathis* をまわるよりも約30分短縮になる．

(2) 林　　相

すでに述べたAlan bungaやAlan batuとは違って，樹高が一段と低くなり，各樹種が非常に密生しているのが特徴で，いわばクランガス的湿地林といえるだろう．樹種もAlanが少なくなり，他樹種の方が優占し，第1層に占める樹種も各種出現する．そして階層構造は不明瞭になり，第2層，第3層が続いて連続的に地表植生に到ると考えられる（図2-10，2-11）．

着生の *Asplenium* が樹高1.5 m付近に多く見られるのが特徴的であり，林床にかけて，ヤシの類や *Nepenthes* が多く出現し，着生の地衣，コケ類が多い．林床は歩きやすいが，ループ根が多く，倒木もかなり見られる．根毛層の発達は地表下すぐのところで見られ，ピート内に足が埋まることは少ない．

Furukawa（1988）の調査では，285 cmまでピートが見られる．

(3) 樹種組成

個体数がずっと多くなっており，いかに密生しているかが，示されている．しかし，胸高断面積合計は *Agathis* と同じレベルであり，樹高はさらに低い．胸高直径も最高が60 cm台であり，中・小径木の多いことを示している．Alanの個体数はAlan bungaクラスの半分以下となり，同じクラスにRaminやKeruntum, Bintangorなどが肩を並べてくる（表2-5）．

中・小径木としてはNyatohが多く出現している．

異形根をもつものは少なく，Ubahの高い板根とRuの浮上り板根，地上に突出する細い膝根，ループ状根が目立つ程度であり，Alanの板根は小さく，30 cmくらいの高さである．

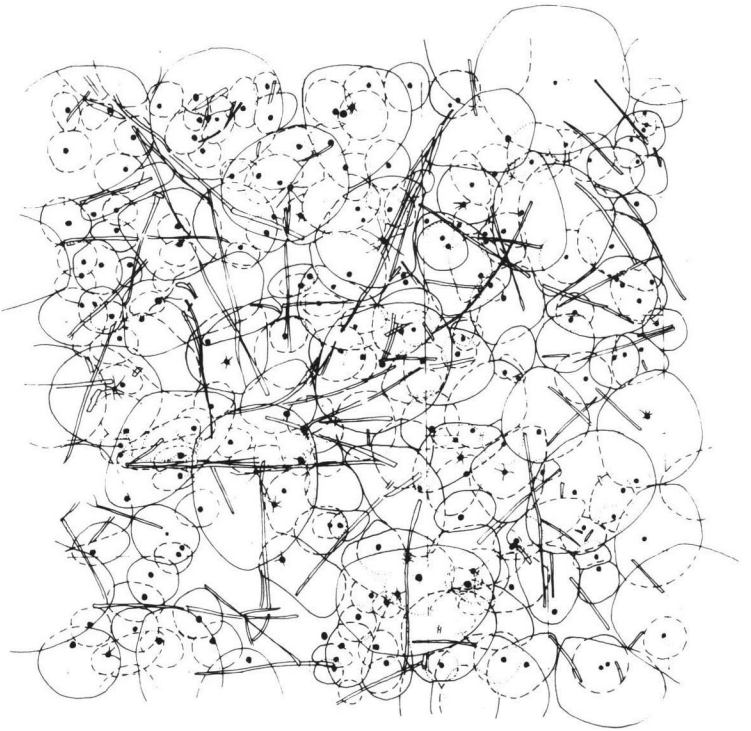


図 2-10　Padang alan 林の樹冠投影図

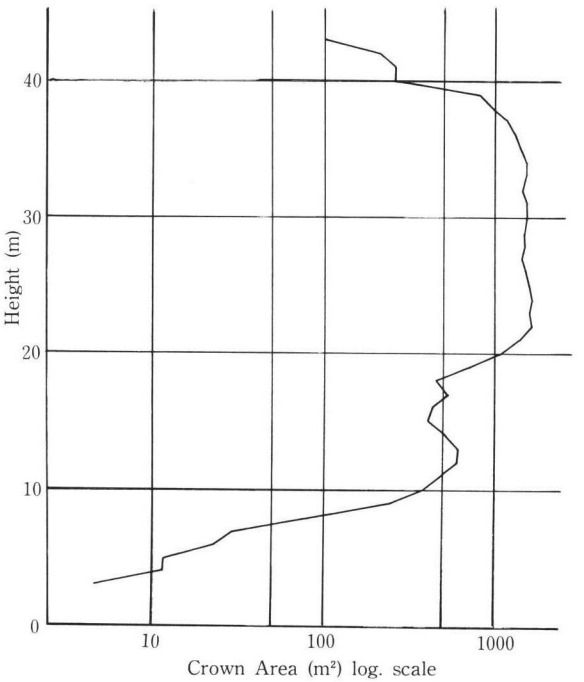


図2-11　Padang alan林の階層構造図

表 2-5　Padang alan 林の樹種組成

Vernacular Name	Botanical Name	Family	SP-1 (50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Nyatoh (1)		Sapotaceae	97	17599.8	388	70399.2	44.5	17.73
Nyatoh (2)		Sapotaceae	27	12206.8	108	48827.2	12.4	12.30
Alan	Shorea albida Sym.	Dipterocarpaceae	18	20276.7	72	81106.8	8.3	20.42
Nyatoh (3)		Sapotaceae	17	2690.3	68	10761.2	7.8	2.71
Ramin	Gonystylus bancanus (Miq.) Kurz	Tymelaeaceae	16	6857.7	64	27430.8	7.3	6.91
Bintangor (1)	Calophyllum sp.	Guttiferae	12	19823.7	48	79294.8	5.5	19.97
Keruntum	Combretocarpus rotundatus (Miq.) Danser	Rhizophoraceae	10	8454.7	40	33818.8	4.6	8.52
Medang tabak	Dactylocladus stenostachys Oliv.	Crypteroniaceae	7	2026.8	28	8107.2	3.2	2.04
Merpisang (1)	Polyalthia sp.	Annonaceae	4	388.8	16	1555.2	1.8	0.39
Rengas	Melanorrhoea sp.	Anacardiaceae	2	4550.0	8	18200.0	0.9	4.58
Kelimpanas paya	Goniothalamus sp.	Annonaceae	2	173.5	8	694.0	0.9	0.17
Bintangor (2)	Calophyllum sp.	Guttiferae	1	2196.8	4	8787.0	0.4	2.21
Ru	Casuarina sp.	Casuarinaceae	1	860.1	4	3440.4	0.4	0.87
Mang	Hopea pentanervia Sym.	Dipterocarpaceae	1	730.2	4	2920.8	0.4	0.74
Ubah	Eugenia sp.	Myrtaceae	1	226.9	4	907.6	0.4	0.23
Selumar	Jackia ornata Wall	Rubiaceae	1	113.0	4	452.0	0.4	0.11
Kandis	Garcinia sp.	Guttiferae	1	103.8	4	415.2	0.4	0.10
Total			218	99279.6	872	397118.4	100	100

7　Alan padang 林

(1) 位　　置

5 に述べた Alan の林へ入ったリンテスをさらに奥へ約 1.5 時間入ると，リンテスが終点となる．ここまでの林層は Alan 型の森林がずっと続き，途中で Ulat bulu 跡地を過ぎ，再びやや小さ目の Alan を通って，やがて Alan の個体がさらに小さくなった林分となる．林床は乾き，リター層が厚く積もって根株部分に盛り上がり，従って凹凸がかなり目立つ．ここは丁度，Badas の泥炭湿地林の中央部付近にあたり，Badas 地区では最も古い泥炭地帯と見ていいだろう．

(2) 林　　相

これまで述べた Alan 型の林相とは全く異なった様相を呈するのがこのタイプである．すなわち，樹高はずっと低くなって，30 m 前後となり，Alan の中径木が林立する格好になり，そのうちの数本は傾斜している．林冠からの陽光量の入射は林床まで届き，林床の泥炭は乾性型で，腐食質のカビが生えた状態のものは少ない．またリター層は厚く，とりわけ幹下部によじのぼるように蓄積して，歩くと泥炭湿地の中というよりも乾いたリターの中に埋まるようなかたちとなる．

階層構造としては，上層の Alan と下層の他種の 2 層に地表植生の 3 層といえる．地表植生も他の Alan 林で出現したものは少なく，Alan を除いた樹種の稚樹が見られる．着生つる植物は少なく，異形根は殆どない（図 2-12，2-13）．

(3) 樹 種 組 成

個体数は Padang alan の次に多いが，胸高断面積合計は，*Agathis* 林よりも小さい．最高樹高は 33 m，最大直径も 46 cm で，林分の規模は，泥炭湿地林としては最も小型のものとなる．種類数も 10 種類であり，個体数のうち半分強が Alan，20 % を Mengilas が占め，ほかに Keruntum, Kandis, Medang tabak などの共通種が見られる．Alan の直径は 46 cm から 14 cm まで見られ，他の樹種も中・小径木である（表 2-6）．

傾斜しているものが多いのは，高密度の同齢林分によく見られる現象である

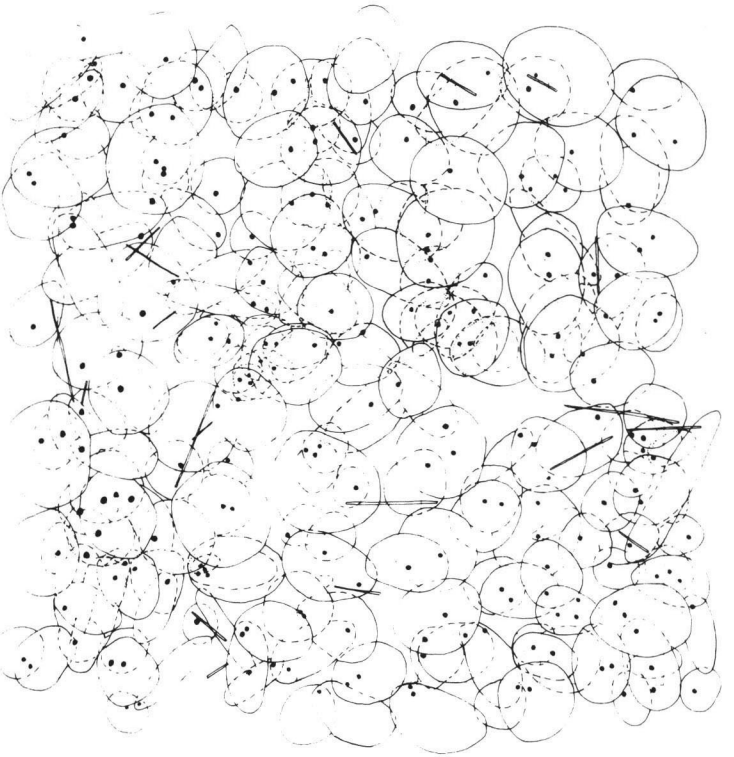


図 2-12　Alan padang 林の樹冠投影図

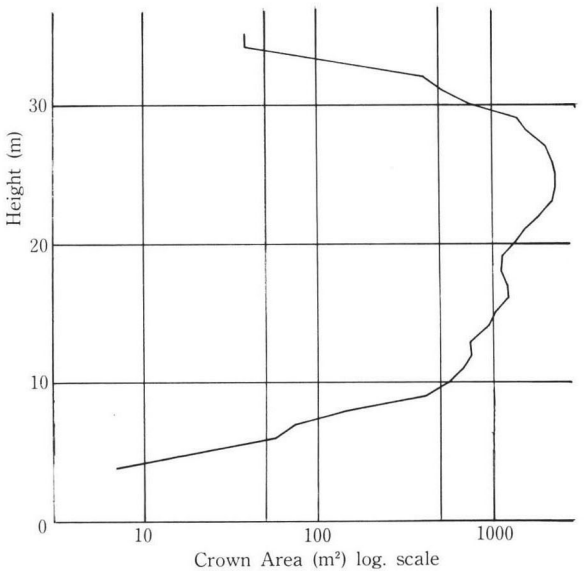


図2-13　Alan padang 林の階層構造図

表 2-6　Alan padang 林の樹種組成

Vernacular Name	Botanical Name	Family	SP-1 (50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Alan	Shorea albida Sym.	Dipterocarpaceae	99	60020.2	396	240080.8	53.23	69.65
Mengilas	Austrobuxus nitidus Miq.	Euphorbiaceae	55	19755.7	220	79022.8	29.57	22.93
Keruntum	Combretocarpus rotundatus (Miq.) Danser	Rhizophoraceae	10	3757.0	40	15028.0	5.38	4.36
Kandis (1)	Garcinia sp.	Guttiferae	9	816.2	36	3264.8	4.84	0.95
Medang tabak	Dactylocladus stenostachys Oliv.	Crypteroniaceae	6	969.7	24	3878.8	3.23	1.13
Nyatoh (1)	Palaquium sp.	Sapotaceae	2	246.6	8	986.4	1.08	0.29
Medang (1)	Litsea sp.	Lauraceae	2	178.1	8	712.4	1.08	0.21
Merpisang (1)	Polyalthia sp.	Annonaceae	1	248.7	4	994.8	0.54	0.29
Ubah (2)	Eugenia sp.	Myrtaceae	1	93.3	4	373.2	0.54	0.11
Ubah (1)	Eugenia sp.	Myrtaceae	1	88.2	4	352.8	0.54	0.10
Total			186	86173.7	744	344694.8	100	100

が，ここでも例外ではなく，樹冠は小さく，どの樹種も似た格好をしているので，一見して樹種を判別することは不可能である．

8　Ulat bulu 林

(1) 位　　置

Alan 林から Alan padang 林へいく途中にある Ulat bulu の被害跡地であり，Alan 林から徒歩約 40 分の距離である．ここに到るまでは既に述べたように Alan 林型の優良林分が続き，樹冠下の木道の上を快適に歩けるが，Ulat bulu へくるととたんに直射光にさらされ，二次林の中へ入る．とりわけリンテス周辺は数 m にわたって伐開されているので，倒木の幹，枝葉が乱れて，一般にみられる二次林の状況と変わらない．このタイプの被害地は，ブルネイでは Badas 地区と Sungai Damit 地区にもみられ，ヘリコプターから見ると，きれいなクレーター状になっていて，大きな楕円形や円形をしている．

(2) 林　　相

内部は鬱蒼として，林内照度は Alan のどの林分よりも暗い．目の高さは幹ばかりが林立している状態で，樹高は揃っている．これは，おそらく 25 年くらいの二次林とみていいだろう．Ulat bulu と呼ばれる蛾の幼虫により食害された跡に一斉に生育した樹種群がかなり均一な生長状態にならんでいることが一見して判る．

樹高は 30 m 近くが第 1 層であるが，ほとんどが，20 m 前後を中心に見られ，一層林といってもいい単純林である．林床には地表植物は全く生育せず，林床には上木の枯死木や枯枝が散乱し，ピートも乾いていて，歩きやすい．着生植物や，つる植物も見られず，この森林は，現在，旺盛に生育を続けて，枝葉を落としている様子が一見して判る林分である（図 2-14，2-15）．

(3) 樹 種 組 成

害虫による食害跡地の更新地であるだけに，個体数はずば抜けて大きい．その割に胸高断面積合計が小さく，小径木が林立していることを示している．ほ

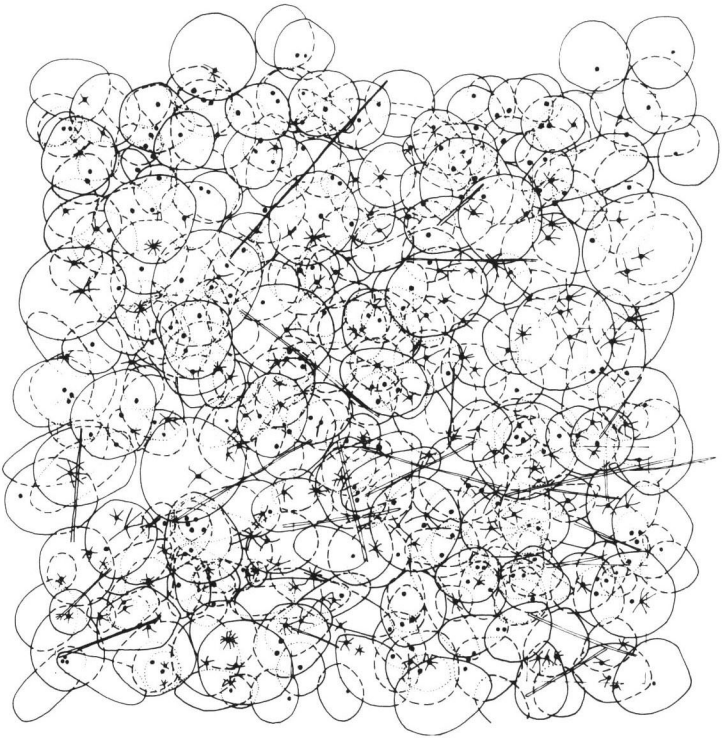


図 2-14　Ulat bulu 林の樹冠投影図

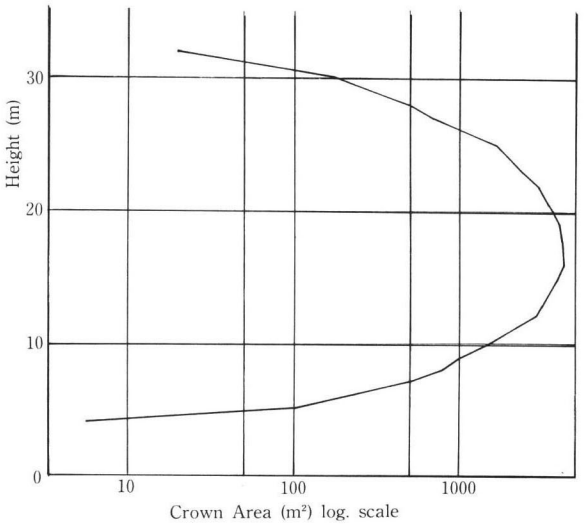


図2-15　Ulat bulu 林の階層構造図

表 2-7　Ulat bulu 林の樹種組成

Vernacular Name	Botanical Name	Family	SP-1 (50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Nyatoh (1)		Sapotaceae	74	16400.5	296	65602.0	25.34	20.24
Medang (1)		Lauraceae	65	20908.1	260	83632.4	22.26	25.81
Mempening	Lithocarpus sundaica (Bl.) Rehder	Fagaceae	55	11289.5	220	45158.0	18.84	13.93
Keyu malam	Diospyros sp.	Ebenaceae	32	13036.2	128	52144.8	10.96	16.09
Bitis			10	2171.7	40	8686.8	3.42	2.68
Ubah Air (3)	Eugenia sp.	Myrtaceae	8	1084.7	32	4338.8	2.74	1.34
Keruntum	Combretocarpus rotundatus (Miq.) Danser	Rhizophoraceae	7	9296.3	28	37185.2	2.40	11.47
Mentang lang			7	848.6	28	3394.4	2.40	1.05
Ubah (2)	Eugenia sp.	Myrtaceae	4	728.3	16	2913.2	1.37	0.90
Medang (2)			4	504.2	16	2016.8	1.37	0.62
Mengilas	Parastemon urophyllum A. DC.	Rosaceae	3	917.2	12	3668.8	1.03	1.13
Ubah (1)	Eugenia sp.	Myrtaceae	3	479.0	12	1916.0	1.03	0.59
Medang tabak	Dactylocladus stenostachys Oliv.	Crypteroniaceae	3	312.8	12	1251.2	1.03	0.39
Merpisang	Polyalthia sp.	Annonaceae	3	294.3	12	1177.2	1.03	0.36
Jangkang paya			2	966.0	8	3864.0	0.68	1.19
Terentang	Campnosperma coriacea (Jack) Hall. f. ex v. Steen.	Anacardiaceae	2	436.5	8	1746.0	0.68	0.54
Medang (4)			2	188.9	8	755.6	0.68	0.23
Geronggang	Cratoxylum arborescens (Vahl) Bl.	Hypericaceae	1	292.4	4	1169.6	0.34	0.36
Unknown (1)			1	216.3	4	865.2	0.34	0.27
Ramin	Gonystylus bancanus (Miq.) Kurz	Tymelaeaceae	1	145.2	4	580.8	0.34	0.18
Somah	Ploiarium alternifolium (Vahl) Melch.	Theaceae	1	126.6	4	506.4	0.34	0.16
Medang (3)			1	109.3	4	437.2	0.34	0.13
Menjalin	Xanthophyllum sp.	Polygalaceae	1	96.7	4	386.8	0.34	0.12
Ubah (3)	Eugenia sp.	Myrtaceae	1	89.8	4	359.2	0.34	0.11
Alan	Shorea albida Sym.	Dipterocarpaceae	1	81.7	4	326.8	0.34	0.10
Total			292	81020.8	1168	324083.2	100	100

ぼ Alan padang のレベルである．

種類数は26種と多くなり，Nyatoh, Medang, Mempening などが優勢で，ほかに Kayu malam, Ubah, Mengilas, Keruntum などが出現する．Alan は1個体のみみられるが，Alan bunga その他の林分での更新状況からみても，妥当な数字であろう（表2-7）．

9　Mixed Peat Swamp（1）林

(1) 位　　置

スンガイリアンよりスリヤを経由してクアラブライトまで約30分，ここからスピードボートに乗り換え，ブライト川を遡ること約15分，2番目の大曲がりをすぎた右側に小さな支流があり，その少し上流で舟をすてる．川辺は，ずっと河口からニッパが続き，上陸地点もニッパが10 m ほどの高さに繁る．干潮時にはニッパの下の泥から上陸するが，満潮時には，ニッパの葉身の上を泳ぐように岸辺に達する．サラックのトゲの地帯を少し通り，あとは，川辺林があってその中を通って行く．30分，約300 m 入った地点がプロットであり，そこまでは，洪水の影響があり，湿地状況はひどく，常に水びたしの状況で，膝根やループ状根などに足をとられて歩きづらい．プロット内は足首が常に埋まるくらいのピートの中を歩く．

(2) 林　　相

現場は河川の影響はなく，河岸よりは乾いた感じの場所である．この林分は，混交湿地林の中でも高木の大きな樹冠をもつ樹種がみられないタイプで，樹高も相対的に低く，個体の大きさも中，小型のものが多い．従って，とりたてて特徴のある森林ではないが，異形根の種類は多く，支柱根や膝根，浮上り板根，板根などの湿地林特有の興味ある形態が観察できる（図2-16，2-17）．

階層構造は，第1層から第4層まで連続しており，下層植生も豊富である．倒木はやはり多く，散乱した幹，枝葉が林床に見られ，こういう場所はやや高みになっている．

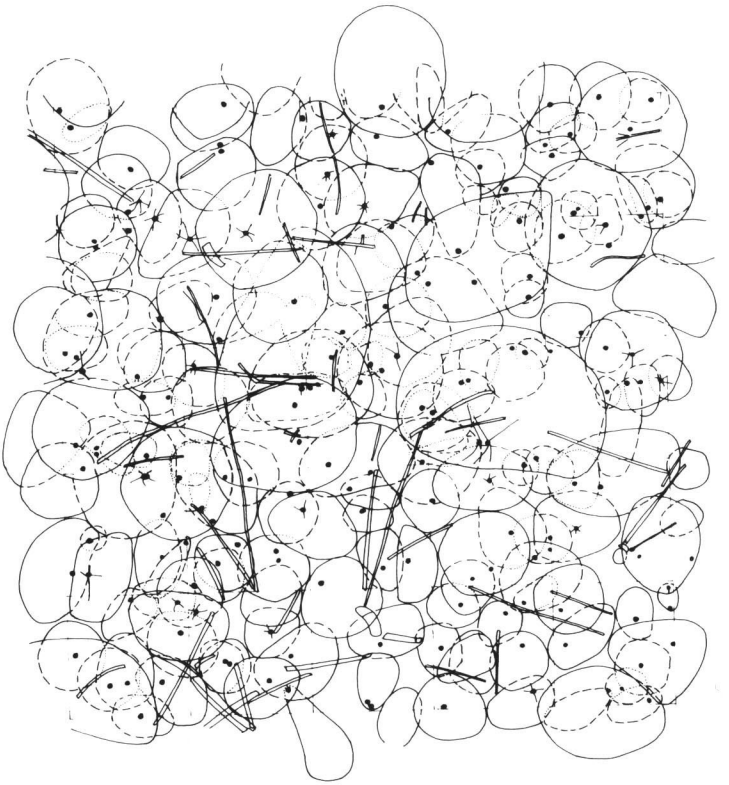


図 2-16　Mixed Peat Swamp（1）林の樹冠投影図

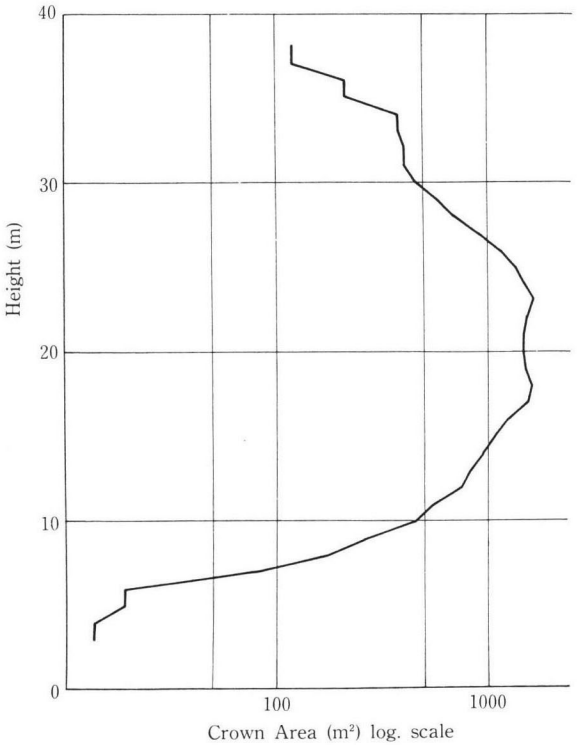


図 2-17　Mixed Peat Swamp (1) 林の階層構造図

表 2-8　Mixed Peat Swamp (1) 林の樹種組成

Vernacular Name	Botanical Name	Family	SP-1 (50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Sepetir	Sindora leiocarpa Becker ex De Wit	Leguminosae	43	33702.9	172	134811.6	20.77	36.91
Nantungan			13	2676.2	52	10704.8	6.28	2.93
Tampoi paya	Blumeodendron tokbrai (Kurz) J. J. S.	Euphorbiaceae	13	1848.6	52	7394.4	6.28	2.02
Amat	Tetramerista glabra Miq.	Tetrameristaceae	12	7058.4	48	28233.6	5.80	7.73
Mengkulat	Ilex hypoglauca (Miq.) Loes.	Aquifoliaceae	12	3510.7	48	14042.8	5.80	3.84
Pendarahan (1)	Gymnacranthera sp.	Myristicaceae	12	2844.9	48	11379.6	5.80	3.12
Menjalin	Xanthophyllum amoena Chod.	Polygalaceae	11	2216.8	44	8867.2	5.31	2.43
Pendarahan (2)			10	2829.9	40	11319.6	4.83	3.10
Ubah (4)	Eugenia sp.	Myrtaceae	9	5270.5	36	21082.0	4.34	5.77
Resak air	Vatica umbonata (Hook. f.) Burck.	Dipterocarpaceae	7	1173.0	28	4692.0	3.38	1.28
Lusi	Garcinia sp.	Guttiferae	5	2323.3	20	9293.2	2.42	2.54
Merpisang (2)	Polyalthia sp.	Annonaceae	5	1498.6	20	5994.4	2.42	1.64
Medang (1)			5	679.5	20	2718.0	2.42	0.74
Kedondong (2)			4	2763.9	16	11055.6	1.93	3.03
Kayu malam	Diospyros sp.	Ebenaceae	4	2608.4	16	10433.6	1.93	2.86
Kedondong (1)			3	2507.8	12	10031.2	1.45	2.75
Ubah (3)	Eugenia sp.	Myrtaceae	3	1395.6	12	5582.4	1.45	1.53
Merpisang (3)			3	856.8	12	3427.2	1.45	0.94
Mengilas	Parastemon urophyllum A. DC.	Rosaceae	2	2960.1	8	11840.4	1.00	3.24
Meranti (1)	Shorea sp.	Dipterocarpaceae	2	1669.8	8	6679.2	1.00	1.83
Merpisang (4)	Polyalthia sp.	Annonaceae	2	1080.5	8	4322.0	1.00	1.18
Simpor	Dillenia pulchella (Jack) Gilg.	Dilleniaceae	2	1076.4	8	4305.6	1.00	1.18
Ubah (2)	Eugenia sp.	Myrtaceae	2	893.3	8	3573.3	1.00	0.98
Jelutong Paya	Dyera polyphylla (Miq.) Ashton	Apocynaceae	2	717.1	8	2868.4	1.00	0.79
Merpisang (1)	Polyalthia sp.	Annonaceae	2	672.8	8	2691.2	1.00	0.74
Rambutan hutan	Nephelium sp.	Sapindaceae	2	623.2	8	2492.8	1.00	0.68
Jangtongan			2	590.5	8	2362.0	1.00	0.65
Merpisang (5)			2	193.4	8	773.6	1.00	0.21
Kedondong (3)			1	972.6	4	3890.4	0.48	1.07

表2-8　つづき（2）

Vernacular Name	Botanical Name	Family	SP-1 (50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Selumar	Jackia ornata Wall	Rubiaceae	1	422.5	4	1690.0	0.48	0.46
Ubah (5)	Eugenia sp.	Myrtaceae	1	376.5	4	1506.0	0.48	0.41
Kalim paya			1	286.4	4	1145.6	0.48	0.31
Merbau	Intsia palembanica Miq.	Leguminosae	1	174.3	4	697.2	0.48	0.19
Ubah (1)	Eugenia sp.	Myrtaceae	1	134.7	4	538.8	0.48	0.15
Dual	Lophopetalum multinervium Ridl.	Celastraceae	1	128.6	4	514.4	0.48	0.14
Keranji	Dialium laurinum Baker	Leguminosae	1	114.9	4	459.6	0.48	0.13
Mempait			1	105.6	4	422.4	0.48	0.12
Asam piang	Mangifera sp.	Anacardiaceae	1	100.2	4	400.8	0.48	0.11
Jangkang paya			1	86.5	4	346.0	0.48	0.09
Matangkulait			1	83.3	4	333.2	0.48	0.09
Medang (2)			1	80.1	4	320.4	0.48	0.09
Total			207	91309.1	828	365236.4	100	100

ギャップにはつる植物が見られる．一般には着生植物やつる植物は少ないが，やや大木の枝交差部などには着生植物が多い．

この林分は，泥炭湿地林としてはもっとも浅い地域に出るタイプで，ブルネイではこのブライト川沿岸に見られるのみである．

(3) 樹種組成

最高樹高は 36 m と小さく，また最大直径は 73 cm で中程度である．中径木の種類が多く，全種類数も 41 種となっている．個体数は Padang alan なみであり，胸高断面積合計はやや少ない．密度としては，かなり高密で中～小木の多い林分と見ていいだろう．

個体数，胸高断面積合計がともに大きいのが Sepetir であり，これは，ブルネイ，サラワクの混交湿地林の代表的な樹種である．メランティの仲間も出現するが個体数は少ない．目立つのは Ubah の高い板根をもったものや，Menjalin や Nantungan などの支柱根をもったものである．全個体数の 50 %が板根や支柱根などの異形根を有している（表 2-8）．

Furukawa（1988）によるボーリングでは，このピートは浅く，150 cm になると，マングローブの要素が出現するところから，ブルネイでも最も新しいタイプの泥炭湿地林に属するものであろう．

10 Mixed Peat Swamp (2) 林

(1) 位　　置

同じくクアラブライトよりボートで 15 分ブライト川を遡り，Rassau 地区の右側，ダヤクの家の上流を約 500 m 入った地点である．

古いリンテスが林内国境近くまで入っているが，ほとんど腐朽していて危険である．Rassau ヤシの生える川岸からサラック帯を通り，すぐに湿地林に入る．はじめは中径木が多いがすぐに大径木が現れ，Jelutong の樹液をとったあとの大木や Anderson の調査したラベル跡がでてくるともうプロットである．林床はピートによく水がたまり，しばしば膝を没するぐらい深く，かつその中

に根が交錯してよく足をとられる．林内は暗く，腐植質のリターが多い．また膝根や支柱根の類もたいへん多いのは9と同じである．

リンテスを20分，林内を20分歩いて到達する．雨季の最中には林内より川に向かって黒水が滔々と流れる．この林から10分さらに奥へ歩くとAlanが出現してくる．

(2) 林　　相

Andersonによるとこのタイプは混交フタバガキ林と似ているといわれるが，事実，大木もあり，林床もAlan bungaやAlan batuほどではない．樹種構成も多様で，もっとも大きいものはKapor payaで，大きな板根をもち50 mに達する姿は混交フタバガキ林のKapor bukitと比肩しうる（図2-18，2-19）．

階層構造も混交フタバガキ林とよく似て，やや突出的な第1層とそれに続く第2～第4層は連続して地表植生につながっている．林床には古い倒木が高みとなり，平坦地ではあるが，微細な凹凸があり，雨季の最中には水が流れている．水たまりも多く，そういうところには膝根が多く突出し，また樹幹上には板根，支柱根などが見られる．つる植物は倒木跡に多い．着生植物は少ない．

(3) 樹種組成

全個体数は645本，胸高断面積合計は33.9 m^2であり，比較的低い値である．種数は58種で泥炭湿地林としてはもっとも多い．樹高は50 mに近く，最大直径も140 cmと混交フタバガキ林クラスである．

もっとも優占するものはSepetirであるが，それでも12～13％であり，Alan林のように単一純種が50％以上を占めるようなことはない．そして，Nantungan, Merpisang, Ubah, Kayu malam, Medang, Amatなどがこれに続き，少数ではあるが，Kapor payaやRaminの大木が見られる．Merantiの仲間も出現し，9のプロットによく似た状態ではある（表2-9）．

この林分の大きな特徴はやはり異形根であり，とりわけ支柱根や，膝根をもつ個体が目立った．

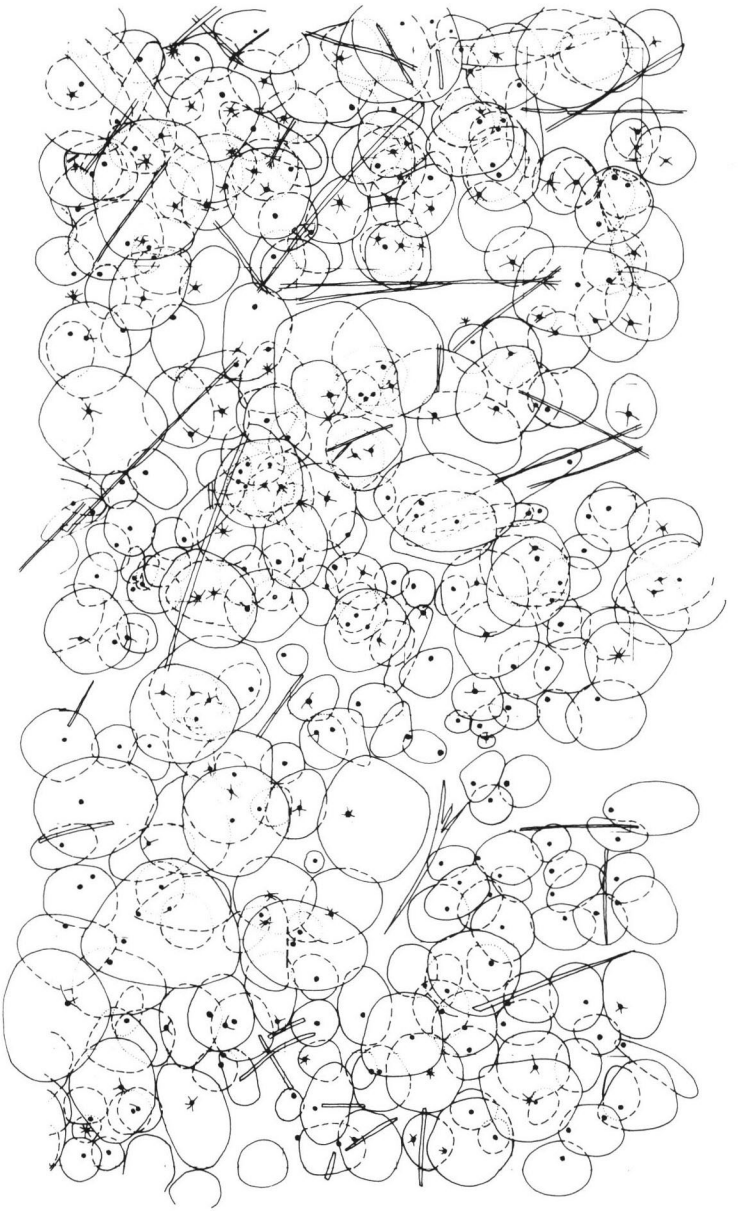


図 2-18　Mixed Peat Swamp（2）林の樹冠投影図

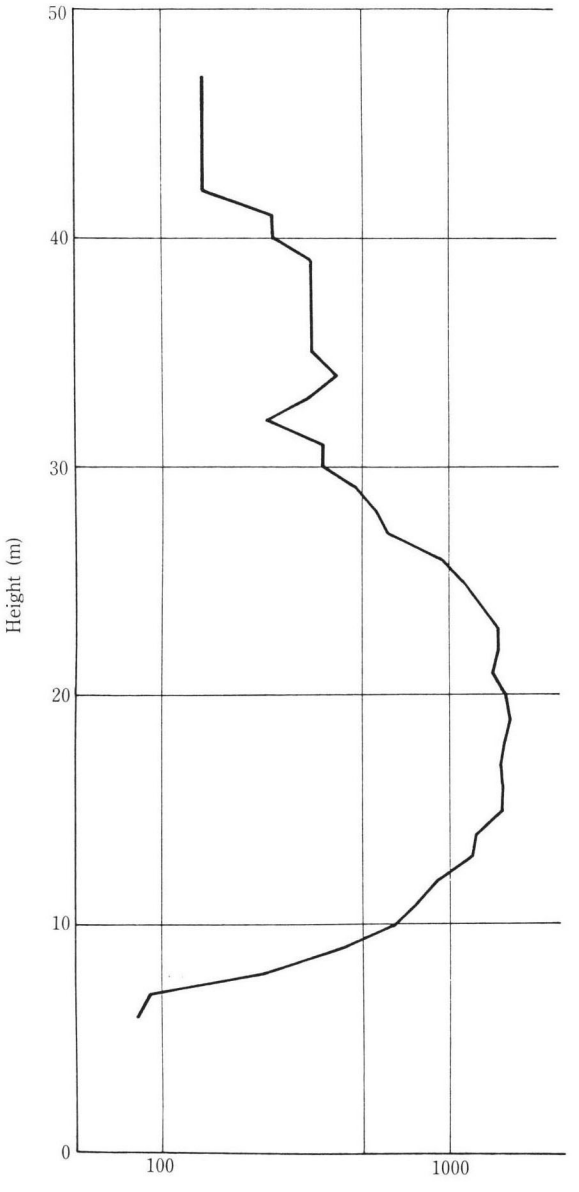


図2-19　Mixed Peat Swamp (2) 林の階層構造図

表 2-9　Mixed Peat Swamp (2) 林の樹種組成

Vernacular Name	Botanical Name	Fam.	SP-1(50×50)		SP-2(50×50)		SP-3(50×50)		SP-4(50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Sepetir	Sindora leiocarpa Becker ex De Wit	Leg.	25	18647.5	24	8471.8	18	7883.3	18	8049.2	85	43051.8	13.18	12.72
Merpisang (1)			21	8935.8	19	6696.8	10	4251.8	14	6469.6	64	26354.0	9.92	7.78
Nantungan			18	5645.8	5	1131.3	11	4303.6	26	6285.3	60	17366.0	9.30	5.13
Jelutong	Dyera polyphylla (Miq.) Ashton	Apocy.	16	5817.8	20	8413.0	10	1714.8	11	5392.4	57	21338.0	8.84	6.30
Ubah (4)	Eugenia sp.	Myrt.	4	2406.8	5	857.9	12	7813.8	16	8396.1	37	19474.6	5.74	5.75
Kayu malam	Diospyros sp.	Ebe.	11	2884.9	10	2184.9	7	2492.8	6	1408.6	34	8971.2	5.27	2.65
Medang (3)			8	1396.6	8	1802.5	7	1124.3	5	1220.7	28	5544.1	4.34	1.64
Amat	Tetramerista glabra Miq.	Tetr.	4	7089.3	13	8749.7	2	303.9	7	2839.9	26	18982.8	4.03	5.61
Mengkulat	Ilex hypoglauca (Miq.) Loes.	Aqui.	6	1464.2	5	1744.2	5	1003.0	5	1152.2	21	5363.6	3.26	1.58
Ubah (5)	Eugenia sp.	Myrt.	9	1415.2	1	426.2	7	3422.4	2	2099.2	19	7363.0	2.95	2.17
Menjalin	Xanthophyllum amoena Chod.	Poly.	5	651.5	7	1442.1	3	961.6	4	575.2	19	3630.4	2.95	1.07
Medang (5)					6	1843.2	3	1189.3	6	4932.6	15	7965.1	2.33	2.35
Tampoi paya	Blumeodendron tokbrai(Kurz) J. J. S.	Eup.			4	781.8	5	899.1	4	421.3	13	2102.2	2.02	0.62
Nyatoh (2)		Sapo.	3	15800.0	3	2252.7	1	379.9	2	209.2	9	18641.8	1.40	5.51
Medang (4)			2	183.2	3	1167.2	2	195.3	2	1058.5	9	2604.2	1.40	0.77
Merpisang (2)	Polyalthia sp.	Ann.			2	170.1	7	1461.7			9	1631.8	1.40	0.48
Kedondong(1)			1	1962.5	2	543.0	5	4909.1			8	7414.6	1.24	2.19
Lusi	Garcinia sp.	Guti.	1	376.5	2	1580.7	2	1222.4	3	2254.7	8	5434.3	1.24	1.61
Kapor paya	Dryobalanops rappa becc.	Dipt.	1	15386.0	1	1962.5	1	105.6	4	10101.4	7	27555.5	1.09	8.14
Kedondong(2)			2	2245.3	3	7624.4	1	426.2	1	116.8	7	10412.7	1.09	3.08
Nyatoh (1)		Sapo.	3	266.6	1	2659.0	3	6532.3			7	9457.9	1.09	2.79
Tampoi antu	Baccaurea bracteata Muell-Arg.	Euph.	6	942.2			1	265.8			7	1208.0	1.09	0.36
Kedondong(3)					2	2446.4			4	3069.0	6	5515.4	0.93	1.63
Jangkang paya			2	1819.1	1	153.9	1	1704.7	2	1500.6	6	5178.3	0.93	1.53
Ramin	Gonystylus bancanus(Miq.) Kurz	Thyme.			2	7261.7	1	1682.8	2	6319.1	5	15263.6	0.78	4.51
Pendarahan(1)	Gymnacrathera sp.	Myris.	1	283.4			4	2853.2			5	3136.6	0.78	0.93
Medang (1)			1	98.5	1	274.5	2	1288.4			4	1661.4	0.62	0.49
Ubah (3)	Eugenia sp.	Myrt.	2	1051.2	2	379.3					4	1430.5	0.62	0.42
Meranti (2)	Shorea sp.	Dipt.					2	264.0	2	935.3	4	1199.3	0.62	0.35

表2-9　つづき（2）

Vernacular Name	Botanical Name	Fam.	SP-1(50×50)		SP-2(50×50)		SP-3(50×50)		SP-4(50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Resak Air.	Vatica umbonata (Hook. f.) Burck.	Dipt.	2	534.6			1	181.4	1	128.6	4	844.6	0.62	0.25
Mentangkeleit			2	353.6			2	265.8			4	619.4	0.62	0.18
Rambutan hutan	Nephelium sp.	Sapi.	1	120.7			2	295.5	1	128.6	4	544.8	0.62	0.16
Mengilas	Parastemon urophyllum A. DC.	Rosa.					1	3235.5	2	4865.5	3	8101.0	0.47	2.39
Ubah (2)	Eugenia sp.	Myr.	1	113.0	2	2109.1					3	2222.1	0.47	0.66
Medang (7)							2	1992.4	1	179.0	3	2171.4	0.47	0.64
Ubah (1)	Eugenia sp.	Myr.	1	151.7			2	1430.0			3	1581.7	0.47	0.47
Medang (2)			1	886.2	1	323.5			1	301.6	3	1511.3	0.47	0.45
Pendarahan(2)	Gymnancranthera sp.	Myri.	1	234.9	2	1242.4					3	1477.3	0.47	0.44
Perawa					2	385.6	1	563.8			3	949.4	0.47	0.28
Pendarahan(3)	Gymnancranthera sp.	Myri.	2	551.6	1	251.5					3	803.1	0.47	0.24
Sabong ribut	Ctenolophon parvifolius Oliv.	Lina.	1	808.9					1	1589.6	2	2398.5	0.31	0.71
Dual	Lophopetalum multinervium Ridl.	Celas.	2	1286.0							2	1286.0	0.31	0.38
Asam piang	Mangifera sp.	Anac.	2	1092.2							2	1092.2	0.31	0.32
Simpor	Dillenia pulchella (Jack) Gilg.	Dill.			1	918.2			1	109.3	2	1027.5	0.31	0.30
Meranti (1)	Shorea sp.	Dipt.	1	555.4	1	455.9					2	1011.3	0.31	0.30
Ubah (6)	Eugenia sp.	Myr.	1	179.0			1	307.8			2	486.8	0.31	0.14
Kandis (1)	Garcinia sp.	Gut.	2	341.7							2	341.7	0.31	0.10
Kelimpanas paya					1	100.2			1	81.7	2	181.9	0.31	0.05
Medang (8)									1	2180.2	1	2180.2	0.16	0.64
Somah	Ploiarium alternifolium(Vahl) Melch.	Thea.							1	774.0	1	774.0	0.16	0.23
Selunsor	Tristania sp.				1	568.0					1	568.0	0.16	0.17
Unknown									1	277.5	1	277.5	0.16	0.08
Ubah (7)	Eugenia sp.	Myr.					1	224.2			1	224.2	0.16	0.07
Meranti paya(3)	Shorea sp.	Dipt.					1	208.6			1	208.6	0.16	0.06
Geronggang	Cratoxylon arborescens (Vahl) Bl.	Hype.							1	151.7	1	151.7	0.16	0.04
Medang (6)					1	107.5					1	107.5	0.16	0.03
Ara	Ficus sp.	Mor.							1	81.7	1	81.7	0.16	0.02
Bintangor	Calophyllum sp.								1	81.7	1	81.7	0.16	0.02
Total			172	103979.4	165	79482.7	147	69360.1	161	85737.6	645	338559.8	100	100

11 Mixed Dipterocarp 林

(1) 位　　置

スンガイリアンより，カユプテの並木のラビ道路を南へ進み，並木が *Acacia auriculiformis* にかわり，両側にカリビアマツの植林がみられるやや高みから左手に入る伐採道を入り，K 7（第 7 区）へ向かう保護林と二次林の境界となる稜線上の道を進んで，倒木の手前で車を降りる．ここまで約 20 分であるが，最近，道路状態が悪くなり，入口より徒歩でくると 40 分かかる．ここから少し登ると右手に Virgin Jungle Reserve の赤札があり，この小道を 3 分ほど下った地点である．ここまでは伐採跡の更新地であり，部分的に更新しているところや，土場跡のように全く更新のみられないところがある．概して林況はよいが，林道の保全状況が悪く，側溝がないため，雨水が路面を崩壊させているところが随所に見られる．車でいけさえすれば，スンガイリアンからもっとも近いプロットである．

(2) 林　　相

このプロットは Ashton（1964 a）が調査をした一画でもあり，Virgin Jungle Reserve として完全に手つかずで保存されているため，典型的な混交フタバガキ林が見られる．すなわち樹高 50 m クラスの突出層からその下の第 2 層および地表層まで，連続した階層構造で，各階層の識別は難しい．通直な幹をもった個体が多く，また板根をもつ大木も少なくない．つる植物は比較的多く，着生植物は上層木の枝分かれ付近に見られる．地表には，ヤシの類が多くまた上層木の稚樹も場所により群生する．林床は比較的明るく，リター量も比較的厚い．倒木は混交湿地林クラスであり，2 年の間にも何本か倒れた．海から近いためかよく強風が吹き，特に雨の前はおそろしいほど樹冠がゆれ動く（図 2-20, 2-21）．

(3) 樹 種 組 成

個体数は 736 と Alan padang なみであるが，胸高断面積合計は大きく，各プロットの中でも 2 番目の数値を示している．最高樹高50m，最大直径は114

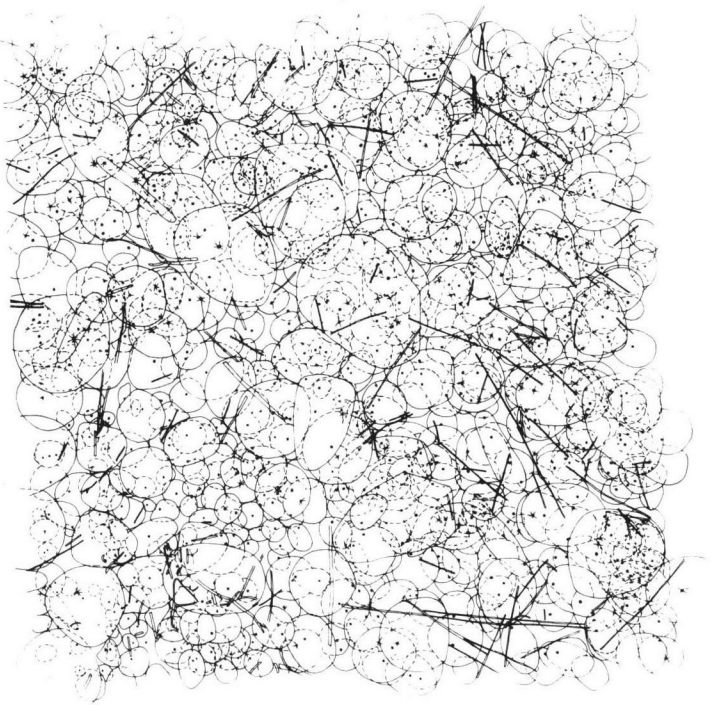


図 2-20　Mixed Dipterocarp 林の樹冠投影図

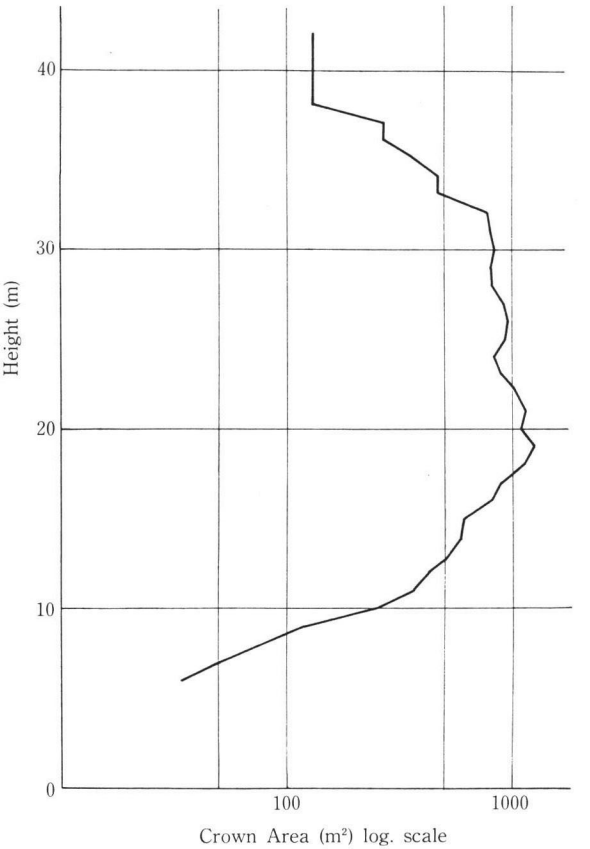


図 2-21 Mixed Dipterocarp 林の階層構造図

表 2-10　Mixed Dipterocarp 林の樹種組成

Vernacular Name	Botanical Name	SP-1(50×50)		SP-2(50×50)		SP-3(50×50)		SP-4(50×50)		Total/ha		%	
		No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Sabal	Dacryodes expansa (Ridl.) H. J. Lam	4	2544.8	4	991.5	24	10297.6	9	4025.1	41	17859.0	5.57	3.61
Asam panas(1)	Mangifera sp.	9	2511.4	8	1504.6	10	2678.8	14	4247.1	41	10941.9	5.57	2.21
Kayu tulang	Allantospermum borneensis Forman	28	14238.5					4	1239.4	32	15477.9	4.35	3.13
Kedondong(4)		3	295.5	13	5469.8	11	3026.4	4	570.9	31	9362.6	4.21	1.90
Kapor bukit	Dryobalanops beccarii Dyer	7	1349.3	5	32460.6	7	33003.2	8	22415.9	27	89229.0	3.67	18.07
Ubah (9)	Eugenia sp.			12	7165.4	5	6192.2	6	6567.6	23	19925.2	3.13	4.03
Bintangor (2)	Calophyllum sp.	5	5363.4	3	380.5	5	6506.8	5	1739.7	18	13990.4	2.45	2.83
Limau sebayan	Gonocaryum sp.	5	795.5	6	889.6	5	911.3	2	225.9	18	2822.3	2.45	0.57
Kedondong(6)				3	3419.9	9	3819.9	4	609.1	16	7848.9	2.17	1.59
Belian landak	Strombosia rotundifolia King	2	924.0	7	1708.0	5	1432.2	1	203.5	15	4267.7	2.03	0.86
Tinjau belukar		5	826.3	4	449.4	3	403.4	3	490.7	15	2169.8	2.03	0.44
Meranti sudu	Shorea quadrinervis V. sl.	2	3852.3	3	3182.6	3	1128.1	4	551.9	12	8714.9	1.63	1.76
Medang sisik (1)		3	2859.5			3	1090.0	4	1027.7	10	4977.2	1.36	1.01
Medang (1)				8	3764.3	2	239.8			10	4004.1	1.36	0.81
Medang (2)		3	756.4	2	920.5	2	263.5	3	926.9	10	2867.3	1.36	0.58
Seraya	Shorea curtisii Dyer	2	1741.2	3	11837.9	3	5899.9	1	292.4	9	19771.4	1.22	4.00
Kembang semankok (2)	Scaphium sp.	1	98.5			7	4506.3	1	1682.8	9	6287.6	1.22	1.27
Bintawak	Artocarpus anisophyllus Miq.	1	642.1	3	808.6	3	1030.2	1	1352.0	8	3832.9	1.09	0.78
Sireh-sireh (1)				4	1363.8	2	1049.0	2	1209.7	8	3622.5	1.09	0.73
Kedondong(3)		4	1283.1					4	972.9	8	2256.0	1.09	0.46
Tampoi antu(1)	Baccaurea bracteata Muell. -Arg.	3	573.0	2	192.1	1	122.7	2	561.1	8	1448.9	1.09	0.29
Kedondong(2)		1	89.8	1	98.5	4	983.9	2	195.3	8	1367.5	1.09	0.28
Damar hitam timbul	Shorea laxa V. sl.	1	6065.2					6	7334.8	7	13400.0	0.95	2.71
Kayu malam(2)	Diosypros sp.	1	132.7	2	1440.2	1	188.6	2	2364.4	6	4125.9	0.82	0.83
Ubah (12)	Eugenia sp.			2	2946.5	3	616.0	1	356.1	6	3918.6	0.82	0.79
Medang (8)				3	1971.2	2	485.4	1	1051.6	6	3508.2	0.82	0.71
Tarap	Artocarpus odoratissimus (Blanco) Merr.	1	218.9	1	257.2	2	616.0	2	647.8	6	1739.9	0.82	0.35
Merpisang (2)		3	651.4			3	398.7			6	1050.1	0.82	0.21

表 2-10　つづき (2)

Vernacular Name	Botanical Name	SP-1(50×50)		SP-2(50×50)		SP-3(50×50)		SP-4(50×50)		Total/ha		%	
		No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Ubah (3)		6	1049.9							6	1049.9	0.82	0.21
Keruing buah bulat	Dipterocarpus globosus Vesque	2	11626.5					3	17394.0	5	29020.5	0.68	5.88
Nyatoh (2)		1	923.5			3	4592.0	1	107.5	5	5623.0	0.68	1.14
Pendarahan(8)				2	1277.0	2	2317.5	1	896.8	5	4491.3	0.68	0.91
Kembang semankok jangtong (1)	Scaphium sp.	1	151.7	3	3752.9			1	151.7	5	4056.3	0.68	0.82
Pendarahan(2)		4	1602.7					1	165.0	5	1767.7	0.68	0.36
Mengkulat	Ilex hypoglauca (Miq.) Loes.					2	844.3	3	857.1	5	1701.4	0.68	0.34
Pallih putat		1	122.7	1	687.8			3	675.6	5	1486.1	0.68	0.30
Medang (3)		1	352.8					4	968.0	5	1320.8	0.68	0.27
Kayu malam(1)	Diosypros sp.	1	91.6	2	483.0	1	186.2	1	216.3	5	977.1	0.68	0.20
Merpisang (1)		3	734.2	2	185.3					5	919.5	0.68	0.19
Resak (1)	Vatica sp.	2	199.5					3	498.5	5	698.0	0.68	0.14
Pendarahan(3)		2	175.0	2	290.3			1	151.7	5	617.0	0.68	0.12
Dual	Lophopetalum javanica (Zoll) Turcz.	3	372.2	1	114.9			1	120.7	5	607.8	0.68	0.12
Kandis	Garcinia sp.	2	248.7	1	91.6	1	147.3	1	84.9	5	572.5	0.68	0.12
Ubah (25)	Eugenia sp.					1	81.7	4	373.2	5	454.9	0.68	0.09
Keruing mempeles	Dipterocarpus crinitus Dyer			1	174.3	3	4489.3			4	4663.6	0.54	0.94
Rengas (2)				2	359.2	1	1793.6	1	1884.8	4	4037.6	0.54	0.82
Bintangor (1)	Calophyllum sp.	1	1575.5	1	83.3			2	1763.2	4	3422.0	0.54	0.69
Keranji	Dialium cochinchinense Pierre			2	2708.8			2	470.1	4	3178.9	0.54	0.64
Meranti sarang punai	Shorea parvifolia Dyer			1	203.5	3	2912.4			4	3115.9	0.54	0.63
Putat	Barringtonia sp.	1	226.9			2	1247.0	1	1632.3	4	3106.2	0.54	0.63
Ubah (22)	Eugenia sp.					1	1218.6	3	892.6	4	2111.2	0.54	0.43
Ubah (2)	Engenia sp.	2	389.8			1	96.7	1	860.1	4	1346.6	0.54	0.27
Kedondong(7)						3	1145.8	1	153.9	4	1299.7	0.54	0.26
Pendarahan(9)						1	91.6	3	1068.0	4	1159.6	0.54	0.23
Ubah (10)	Engenia sp.			3	823.1	1	268.7			4	1091.8	0.54	0.22

表2-10　つづき（3）

Vernacular Name	Botanical Name	SP-1(50×50)		SP-2(50×50)		SP-3(50×50)		SP-4(50×50)		Total/ha		%	
		No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Ubah (20)	Eugenia sp.					1	642.1	3	301.0	4	943.1	0.54	0.19
Ubah (5)	Eugenia sp.	1	615.4	1	109.3			2	114.9	4	839.6	0.54	0.17
Pendarahan(7)				1	111.2	2	304.0	1	376.5	4	791.7	0.54	0.16
Bantas	Blumeodendron sp.	1	86.5			1	93.3	2	170.1	4	349.9	0.54	0.07
Ubah (16)	Eugenia sp.					1	196.0	2	2299.9	3	2495.9	0.41	0.51
Somah	Ploiarium alternifolium (Vahl) Melch.	3	2276.9							3	2276.9	0.41	0.46
Rengas (1)				1	1915.7	2	186.5			3	2102.2	0.41	0.43
Merbatu	Xanthophyllum sp.	2	1921.8			1	174.3			3	2096.1	0.41	0.42
Resak (2)	Vatica sp.	2	292.0					1	1632.3	3	1924.3	0.41	0.39
Ubah (11)	Eugenia sp.			1	759.3	2	996.0			3	1755.3	0.41	0.36
Medang serukam	Chaetocarpus castanocarpus (Roxb.) Thw.	2	1305.5			1	307.8			3	1613.3	0.41	0.33
Pendarahan(1)		2	735.3			1	655.6			3	1390.9	0.41	0.28
Minyak borok	Xanthophyllum sp.	1	580.8	2	738.4					3	1319.2	0.41	0.27
Medang (11)				1	589.3	2	589.4			3	1178.7	0.41	0.24
Ubah (7)		2	380.1	1	314.0					3	694.1	0.41	0.14
Medang (5)		1	326.7			2	311.7			3	638.4	0.41	0.13
Nyatoh (7)		3	617.1							3	617.1	0.41	0.12
Merpisang (4)						1	105.6	2	434.3	3	539.9	0.41	0.11
Entabuloh	Gironniera nervosa Planch.	1	158.3			2	322.4			3	480.7	0.41	0.10
Ubah (17)				2	313.2	1	156.1			3	469.3	0.41	0.10
Saga saga	Ormosia sumatrana (Miq.) Prain	2	244.8	1	153.9					3	398.7	0.41	0.08
Meranti kawang tikus	Shorea acuta Ashton	1	122.7	1	130.6			1	126.6	3	379.9	0.41	0.08
Pendarahan(5)		1	107.5			1	95.0	1	120.7	3	323.2	0.41	0.07
Ubah (21)						3	276.2			3	276.2	0.41	0.06
Unknown 313/369				2	7785.4					2	7785.4	0.27	1.58
Kelidang babi	Artocarpus anisophyllus Miq.	1	4462.9					1	1157.5	2	5620.4	0.27	1.14
Bintangor (3)	Calophyllum sp.			1	3629.8			1	1846.5	2	5476.3	0.27	1.11
Saban ribut	Ctenolophon parvifolius Oliv.			1	3846.5	1	400.9			2	4247.4	0.27	0.86

表 2-10　つづき（4）

Vernacular Name	Botanical Name	SP-1(50×50)		SP-2(50×50)		SP-3(50×50)		SP-4(50×50)		Total/ha		%	
		No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Kempas	Koompassia malaccensis Maing. ex Benth.					2	3943.2			2	3943.2	0.27	0.80
Bitis		1	1561.5			1	1358.5			2	2920.0	0.27	0.59
Meranti laut puteh	Shorea rubella Ashton							2	1830.7	2	1830.7	0.27	0.37
Ubah (24)						2	1450.4			2	1450.4	0.27	0.29
Medang (15)								2	1034.0	2	1034.0	0.27	0.21
Ubah (6)	Eugenia sp.	1	176.6			1	854.9			2	1031.5	0.27	0.21
Medang (4)		2	939.0							2	939.0	0.27	0.19
Rambutan hutan	Nephelium sp.			1	452.2	1	339.6			2	791.8	0.27	0.16
Mer. sarang punai bukit	Shorea ovata Dyer ex Brandis			1	551.3			1	179.0	2	730.3	0.27	0.15
Medang (12)						1	109.3	1	534.7	2	644.0	0.27	0.13
Kedondong (1)		1	415.3			1	124.6			2	539.9	0.27	0.11
Asam damaran	Mangifera quadrifida Jack					1	366.2	1	160.5	2	526.7	0.27	0.11
Pendarahan (10)								2	503.3	2	503.3	0.27	0.10
Nipis kulit	Memecylon borneense Merr.	1	83.3					1	323.5	2	406.8	0.27	0.08
Merawan daun tebal	Hopea treubii Heim							2	403.2	2	403.2	0.27	0.08
Tempinis	Artocarpus kemando Miq.							2	325.4	2	325.4	0.27	0.07
Pendarahan (4)		2	321.1							2	321.1	0.27	0.06
Sawar bubu	Canthium confertum kunth.			2	305.3					2	305.3	0.27	0.06
Sireh-sireh (2)								2	259.1	2	259.1	0.27	0.05
Tampoi antu (2)	Baccaurea sp.			1	80.1	1	169.6			2	249.7	0.27	0.05
Meranti paya	Shorea platycarpa Heim					2	226.1			2	226.1	0.27	0.05
Ubah (14)	Eugenia sp.			2	197.3					2	197.3	0.27	0.04
Ramin	Gonystylus velutinus Airy Shaw					1	111.2	1	78.5	2	189.7	0.27	0.04
Pupis						2	186.7			2	186.7	0.27	0.04
Ubah (1)	Eugenia sp.	2	186.6							2	186.6	0.27	0.04
Kapor paringgi	Dryobalanops aromatica Gaertn. f.							1	10381.6	1	10381.6	0.14	2.10

表2-10　つづき（5）

Vernacular Name	Botanical Name	SP-1(50×50)		SP-2(50×50)		SP-3(50×50)		SP-4(50×50)		Total/ha		%	
		No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Damar laut merah	Shorea kunstleri King	1	6079.0							1	6079.0	0.14	1.23
Keruing kerubong	Dipterocarpus geniculatus Vesque	1	4800.5							1	4800.5	0.14	0.97
Resak hitam	Cotylelobium melanoxylon (Hook. f.) Pierre	1	4510.3							1	4510.3	0.14	0.91
Bintangor (5)	Calophyllum sp.							1	3316.6	1	3316.6	0.14	0.67
Meranti paya bersisik	Shorea scaberrima Burck							1	3225.4	1	3225.4	0.14	0.65
Unknown 695								1	2374.6	1	2374.6	0.14	0.48
Unknown 771								1	2374.6	1	2374.6	0.14	0.48
Nyatoh (1)		1	1358.5							1	1358.5	0.14	0.27
Meranti langgai	Shorea beccariana Burck	1	1915.7							1	1915.7	0.14	0.39
Meranti lop	Shorea scabrida Sym.					1	1431.3			1	1431.3	0.14	0.29
Ubah (19)	Eugenia sp.					1	1313.2			1	1313.2	0.14	0.27
Unknown 703								1	1212.4	1	1212.4	0.14	0.25
Mengilas	Parastemon urophyllum A. DC.			1	989.3					1	989.3	0.14	0.20
Nyatoh (9)								1	939.8	1	939.8	0.14	0.19
Unknown 634								1	912.8	1	912.8	0.14	0.18
Benchaloi	Anisoptera grossivenia V. Sl.	1	886.2							1	886.2	0.14	0.18
Berangan	Castanopsis sp.	1	881.0							1	881.0	0.14	0.18
Kedondong(5)		1	764.2							1	764.2	0.14	0.15
Ubah (23)	Eugenia sp.					1	678.5			1	678.5	0.14	0.14
Medang (13)						1	619.8			1	619.8	0.14	0.13
Ubah (4)	Eugenia sp.	1	585.0							1	585.0	0.14	0.12
Ranchah-ranchah	Mangifera havilandii Ridl.	1	568.0							1	568.0	0.14	0.12
Unknown 623								1	482.8	1	482.8	0.14	0.10
Nyatoh (5)		1	432.4							1	432.4	0.14	0.09
Nyatoh (4)		1	408.1							1	408.1	0.14	0.08
Lakong	Pseudonephelium fumatum (Bl.) Radlk.					1	317.1			1	317.1	0.14	0.06
Kedondong(8)								1	298.5	1	298.5	0.14	0.06
Nyatoh (6)		1	295.4							1	295.4	0.14	0.06

表 2-10　つづき (6)

Vernacular Name	Botanical Name	SP-1(50×50)		SP-2(50×50)		SP-3(50×50)		SP-4(50×50)		Total/ha		%	
		No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Merpisang (3)		1	286.4							1	286.4	0.14	0.06
Nyatoh (8)				1	286.4					1	286.4	0.14	0.06
Ubah (15)	Eugenia sp.			1	283.4					1	283.4	0.14	0.06
Ludai				1	277.5					1	277.5	0.14	0.06
Pendarahan(6)		1	277.5							1	277.5	0.14	0.06
Ubah (8)	Eugenia sp.	1	277.5							1	277.5	0.14	0.06
Ubah (26)	Eugenia sp.							1	271.6	1	271.6	0.14	0.05
Ubah (13)	Eugenia sp.			1	232.2					1	232.2	0.14	0.05
Mempening	Lithocarpus sp.					1	229.5			1	229.5	0.14	0.05
Kuruing keset	Dipterocarpus gracilis Bl.					1	224.2			1	224.2	0.14	0.05
Durian borong	Durio sp.	1	203.5							1	203.5	0.14	0.04
Bintangor (4)	Calophyllum sp.			1	165.0					1	165.0	0.14	0.03
Petaling	Ochanostachys amentacea Mast.	1	162.8							1	162.8	0.14	0.03
Tampoi (1)	Baccaurea sp.			1	158.3					1	158.3	0.14	0.03
Resak hijau (1)	Vatica micrantha V. Sl.	1	156.1							1	156.1	0.14	0.03
Tampoi (2)	Baccaurea sp.	1	153.9							1	153.9	0.14	0.03
Medang (7)				1	153.9					1	153.9	0.14	0.03
Ubah	Eugenia sp.			1	138.9					1	138.9	0.14	0.03
Lanang				1	136.8					1	136.8	0.14	0.03
Medang (9)				1	132.7					1	132.7	0.14	0.03
Peragan-peragan								1	128.6	1	128.6	0.14	0.03
Medang (6)		1	118.8							1	118.8	0.14	0.02
Medang (21)								1	116.8	1	116.8	0.14	0.02
Kelim panas				1	114.9					1	114.9	0.14	0.02
Tempagas	Memecylon borneense Merr.			1	114.9					1	114.9	0.14	0.02
Ubah (18)	Eugenia sp.							1	113.0	1	113.0	0.14	0.02
Unknown 673								1	107.5	1	107.5	0.14	0.02
Asam (1)	Mangifera sp.	1	103.8							1	103.8	0.14	0.02
Nyatoh (3)		1	103.8							1	103.8	0.14	0.02

表 2-10　つづき (7)

Vernacular Name	Botanical Name	SP-1(50×50)		SP-2(50×50)		SP-3(50×50)		SP-4(50×50)		Total/ha		%	
		No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Durian (2)	Durio sp.					1	95.0			1	95.0	0.14	0.02
Mergasing	Kayea sp.							1	95.0	1	95.0	0.14	0.02
Medang (14)								1	91.6	1	91.6	0.14	0.02
Unknown 471				1	84.9					1	84.9	0.14	0.02
Rengas (3)								1	78.5	1	78.5	0.14	0.02
Total		179	109320.0	165	120920.4	202	128655.7	190	134982.2	736	493878.3	100	100

cm と，混交フタバガキ林としては小さい方である．しかし，種数はさすがに多く，174 種と最高の値を示している．構成樹種もフタバガキ科の占める割合が高く，第 1 層から小径木に到るまで，各階層の樹種が見られる．

この林分の特徴はよくいわれることではあるが，特に優占するものが存在しない点であり，表 2-10 でも示されるように，個体数で 6 %をこえるものはなく，また胸高断面積合計でも 18 %の Kapor bukit を除いて，ほとんどが数%以下の小さな比率でしかない．土壌状態は yellow podosolic soil で決していいとはいえないが，泥炭に比べてはるかに多様な種の生育を可能にするものであることが示される．

12　Kapor paya 林

(1) 位　　置

スンガイリアンから，スリア方向へ約 15 分で Anduki 保護林に着く．これは，もっとも交通量の多い国道に面した場所にあり，タバコの投げ捨てなどによる野火がよくおこり，何度も火の入った跡地に更新した林分が道路沿いに長く続く一画である．道はちょうど海岸の砂地にピートが少し混じる場所に盛土して作られており，周辺には，海岸性のミミモチシダやニッパ，ヒルギ類なども見られる．

(2) 林　　相

この林分は kapor paya が優占する林で，この樹種の半球形のととのった樹冠の連なりと，それを支える通直な樹幹とですぐに識別できる．樹高はそれほど高くなく，30 m 前後である．第 1 層はほとんど Kapor paya で占められて，他の樹種は目立たない．第 2 層には各種が入るが，すぐに地表植生となり，地表には，サラックヤシが入る．林床は，薄いリターとピートがあり，下は砂地である．乾期にはカラカラに乾くが，雨季には雨水が林床の低部を流れる（図 2-22，2-23）．

つる植物，着生植物は少ない．また野火の後に萌芽によって更新したものも

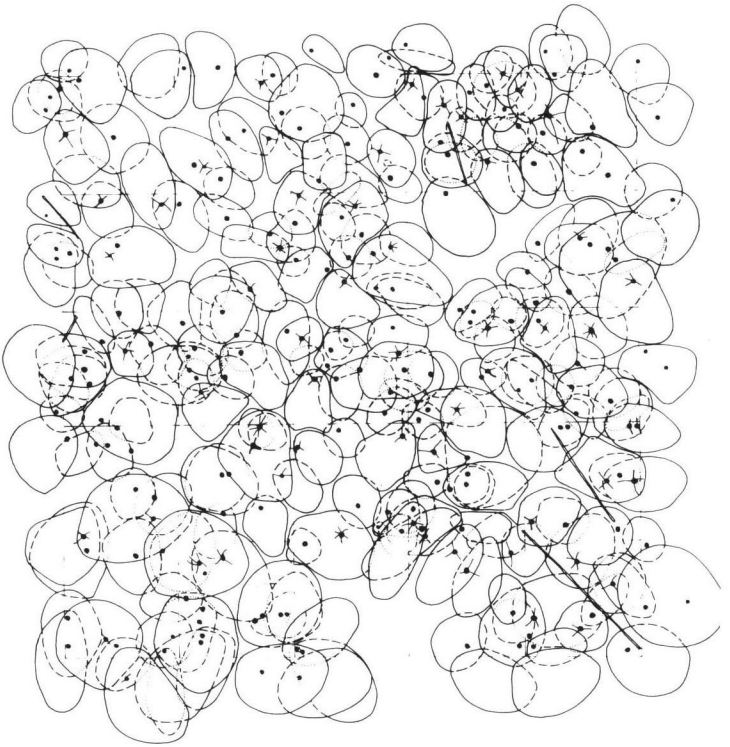


図2-22　Kapor paya 林の樹冠投影図

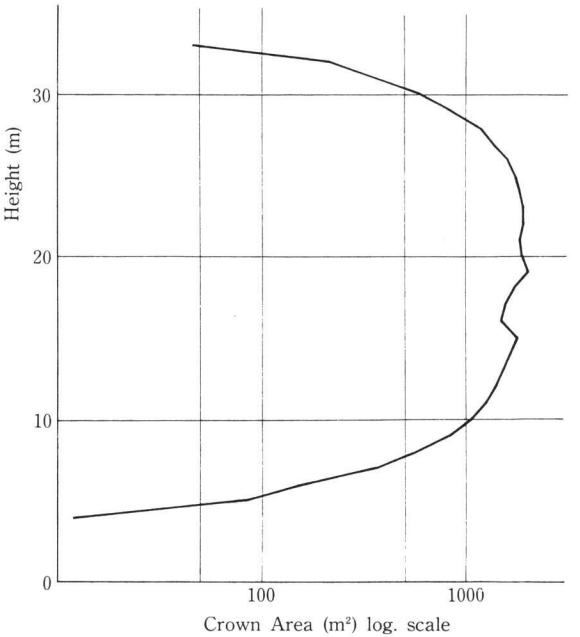


図 2-23 Kapor paya 林の階層構造図

表 2-11　Kapor paya 林の樹種組成

Vernacular Name	Botanical Name	Family	SP-1 (50×50)		Total/ha		%	
			No.	B.A.	No.	B.A. cm²	No.	B.A.
Kapor paya	Dryobalanops rappa Becc.	Dipterocarpaceae	138	79094.1	552	316376.4	62.44	86.21
Ubah (1)	Eugenia sp.	Myrtaceae	12	1848.4	48	7393.6	5.43	2.01
Ubah (2)	Eugenia sp.	Myrtaceae	9	1200.2	36	4800.8	4.07	1.31
Kandis (2)	Garcinia sp.	Guttiferae	8	1944.6	32	7778.4	3.62	2.12
Medang (1)			7	755.2	28	3020.8	3.17	0.82
Nyatoh (2)		Sapotaceae	6	930.0	24	3720.0	2.71	1.01
Kandis (1)	Garcinia sp.	Guttiferae	5	950.5	20	3802.0	2.26	1.04
Rambutan hutan	Nephelium sp.	Sapindaceae	4	596.1	16	2384.4	1.81	0.65
Nyatoh (1)		Sapotaceae	3	534.9	12	2139.6	1.35	0.58
Mengkulat	Ilex hypoglauca (Miq.) Loes.	Aquifoliaceae	3	459.5	12	1838.0	1.35	0.50
Mengilas	Parastemon urophyllum A. DC.	Rosaceae	3	280.3	12	1121.2	1.35	0.31
Resak air	Vatica umbonata (Hook. f.) Burck.	Dipterocarpaceae	2	619.0	8	2476.0	0.90	0.67
Medang (2)			2	284.2	8	1136.8	0.90	0.31
Merpisang (1)	Polyalthia sp.	Annonaceae	2	209.9	8	839.6	0.90	0.23
Medang (3)			2	207.2	8	828.8	0.90	0.23
Mentang Kelait			2	188.7	8	754.8	0.90	0.21
Kedondong (2)			2	173.3	8	693.2	0.90	0.19
Kedondong (1)			1	213.7	4	854.8	0.45	0.23
Merpisang (2)	Polyalthia sp.	Annonaceae	1	193.5	4	774.0	0.45	0.21
Rengas (1)	Melanorrhoea sp.	Anacardiaceae	1	179.0	4	716.0	0.45	0.20
Unknown (1)			1	176.6	4	706.4	0.45	0.19
Amat	Tetramerista glabra Miq.	Tetrameristaceae	1	156.1	4	624.4	0.45	0.17
Pendarahan(1)			1	120.7	4	482.8	0.45	0.13
Pendarahan(2)			1	98.5	4	394.0	0.45	0.11
Nantungan			1	86.5	4	346.0	0.45	0.09
Medang (4)			1	83.3	4	333.2	0.45	0.09
Ubah (3)	Eugenia sp.	Myrtaceae	1	83.3	4	333.2	0.45	0.09
Bintangor	Calophyllum sp.	Guttiferae	1	80.1	4	320.4	0.45	0.09
Total			221	91747.4	884	366989.6	100	100

数多く見られる．Kapor paya は毎年3月に開花するが，1986年は豊作年であり，第1層のほとんどの個体が開花結実した．

(3) 樹種組成

個体数は Ulat bulu に次ぐ多さであり，これは二次林の特色であろう．しかし，胸高断面積合計，最高樹高，最大直径ともに小さく，更新途中の，おそらく30年生くらいの林とみてよいだろう．

個体数，胸高断面積合計ともに圧倒的に優占するのが Kapor paya であり，これに比べると他の樹種は格段に少なくなる．しかし，種類数は28種とやはり，Ulat bulu クラスとなる．Ubah, Kandis, Medang, Nyatoh などが小径木としての位置を占めるほか，Amat のように淡水湿地林や泥炭湿地林にみられるもの，*Vatica* などのフタバガキ科も出現する（表2-11）．

おそらく，このままの状態が続けば，Amat や *Vatica* などが部分的に Kapor paya にとってかわることもあるだろうが，現実には，野火の繰り返しによって Kapor paya の優占が繰り返されるであろう．

13 まとめ

以上，各森林型の概要を述べたが，表2-12にまとめて代表値を示した．

11プロットのうち，湿地林関係が9プロットを占める．これは混交フタバガキ林の調査がかなり行なわれているのに対し，湿地林関係が Anderson の仕事以外にないこと，また今後のブルネイの林業政策上，湿地林が重要になることなどの理由によるものである．

この表に現われた数値を見ると，泥炭湿地林というのは，種類数などでは限られてくるが，森林の大きさや蓄積からみると，かなりのものと認めなければならない．現実にサラワクやブルネイで，泥炭湿地林が伐採の対象となってきたのは，この蓄積量があるからである．しかも，種類が少なく，とりわけ，Alan のような単一優占種の存在は，大変有利である．

ここでは，混交フタバガキ林がそれほど大きくはないが，Andulau の森林は

表2-12　調査プロットの代表値のまとめ

Forest types	Plot size (m^2)	No/ha	BA/ha (m^2)	Species Number/ plot	Hmax (m)	Dmax (cm)
Agathis forest	100×50	610	38.4	33	47.0	92.7
Alan batu forest	100×50	522	42.6	24	57.5	140.0
Alan bunga forest	100×50	310	43.4	22	51.5	96.6
Alan forest	50×50	400	50.7	14	51.0	80.5
Padang Alan forest	50×50	872	39.7	17	43.5	63.5
Alan padang forest	50×50	744	34.5	10	33.0	46.0
Ulat bulu forest	50×50	1172	32.6	26	30.5	46.5
Mixed peat swamp forest (1)	50×50	828	36.5	41	36.0	73.3
Mixed peat swamp forest (2)	100×100	645	33.9	58	47.0	140.0
Mixed dipterocarp forest	100×100	736	49.4	174	50.0	114.0
Kapor paya forest	50×50	884	36.7	28	33.5	47.5

ブルネイの中でも小さい方であり，Labi の奥へ行けば，さらに大きな森林が見られる．今回の調査結果だけからみると，泥炭湿地林の方が大きい印象を受けるが，これは，より多くの調査地を調べて比較する必要があるだろう．

泥炭湿地林の中でも大きいものは，すべて Alan を含んだ森林型である．この樹種の存在が森林の蓄積を大きく左右していることは明らかである．階層構造図でも，Alan は抜きんでて上層を占めている．それに比べて，混交フタバガキ林では，特に目立つ種類はなく，上層から下層にまでフタバガキ科の樹種が見られた．

森林の施業を考える場合，次世代の更新が連続している混交フタバガキ林のような場合は，択伐方式により，間をおいていけば，天然更新は充分可能である．ところが，泥炭湿地林の Alan のように，皆伐に近い伐採方法を行なっている場合には，きわめて問題となる．この点について，本格的な取り組みが今後必要となるだろう．

また，湿地林の有用樹種としては Alan だけではなく，Kapor paya, Kayu malam, Nantungam, Sepetir など，比較的樹体の大きなものや個体数の多いものの利用方法を開発する必要があるだろう．

また，Jelutong にみられる樹液の採取は，今後は，より高度な化学成分分析による微量有用物質の抽出と利用といった方面にも発展すべきであり，この方面については全く未開拓である．

いずれも足場の悪さ，アプローチの困難さを克服しなければならないが，これは固定した永久軌道を湿地にめぐらし，伐採，搬出後は造林，保育と天然林を含めた試験研究のために活用するのが最も望ましいと思われる．日本においてもかつては森林鉄道によって林業が成立していた地域があり，道路をつくることの困難な湿地帯では，軌道がいまだにもっとも有効であろう．

今回の調査では，プロットの数は限られたが，これはむろん，もっと増やすにこしたことはない．世界各地の例では数十ヘクタールから数百ヘクタール規模の永久調査区が設定され，定期的な調査が繰り返されている例が少なくない．今後は，ブルネイ森林局の手によって，より広い範囲の調査が行なわれることが望まれる．

第2節　天然林主要樹種の開花結実習性

1　はじめに

熱帯多雨林に生育する樹木の開花結実習性は，温帯のように，大部分が春に開花し，秋に実がなるといったような単純なものではなく，樹種により，また個体により，時には枝ごとに，その周期が異なっていることは過去におけるいくつかの文献が明らかにしている．

マレーシア地域では，Holttum，Koriba，Medway，Ng，Sasaki，Tamari，Chan などが，植物季節の問題をとりあげ，調査を行なっている．これらは，すべて半島部マレーシアとシンガポールのものであり，ボルネオにおける仕事はきわめて少ない．

この節では，スンガイリアン周辺の代表的な林分について，植物季節の調査を行なった結果について述べたい．

2　調査方法と調査地

植物季節の観察には，観察塔や，樹冠間をわたるはしごを使うことが望ましいのはむろんのことであるが，今回はその準備ができなかったため，すべて地上から双眼鏡による観察により，植物季節の変化を記載した．調査は2週間に1度，ふたりの観察者とひとりの記帳者が1組になって2年間にわたって行ない，現在も継続中である．ここでは，約2年間の観察記録をまとめた．

調査は葉については葉芽，新葉開出，新葉，旧葉，落葉の有無，花については，花芽，半開，全開，落花の有無，果実については，幼果実，成熟果，落果の有無につき，地上からの観察により判定を行なった．新葉と旧葉がまじりあっている時などは両者を記し，多少の度合を記した．

調査地はつぎの4林分を選んだ．選定にあたっては，スンガイリアンからのアプローチ，森林研究および林業政策上重要な樹種群の含まれる地域とした．

(1)　Arboretum Andulau

これは，スンガイリアンの研究センターから地つづきのいわば構内裏山といったところにある天然林樹木園である．ここには混交フタバガキ林の天然林が保存され，散策道がつけられ，また場合によっては，樹種名もつけられている．この散策道にそって，園内を一周し，かつ交錯する道を重複することなく一日で観察が終わるように，227本の観察木を選んだ．観察木の大きさは，直径5 cm以上とし，天然林の各階層から，比較的代表的な樹種を選んだ．

(2)　Compartment 7　(Andulau Forest Reserve)

Andulauの永久調査区を設定した林分へ通じる道筋に天然林が続いている．この道ぞいに121個体について観察を行なった．この林分は基本的にはArboretumと同じであり，Arboretumとの比較ができることも考えて選定した．

(3)　*Agathis* 林

永久調査区を設定したBadasの*Agathis*林において，50 m×50 mの胸高直径10 cm以上の全個体143本について，調査を行なった．ここでの主眼は，*Agathis*とそれに随伴するクランガス林系統の植物季節を知ることが目的であ

る．

(4) Alan bunga 林

ここはスンガイリアンからはやや遠いが，ブルネイの主要林業樹種として，Alan の植物季節を知ることは重要であるので，永久調査プロットの胸高直径 10 cm 以上の全立木についての調査を行なった．ここでは主として Alan の開花周期を知ることが目的であるが，あわせて下層木の周期性も調べた．

3 森林型による植物季節

(1) Arboretum Andulau

ここでは 227 個体についての調査を行なった．ここが最も個体数が多く，みっちり 1 日がかりの調査となる．まだ未同定の樹種も多く，今後の調査を必要とするが，主な結果についてのみ記した．

227 個体のうち，花に関しては，1 度開花したものが 53 個体，2 度開花したもの 5 個体，3 度開花したもの 3 個体，4 度開花したもの 1 個体となっている．

また果実が 1 度結実したものは 37 個体，2 度のもの 5 個体，3 度のもの 3 個体である．

落葉現象が 1 度見られたもの 21 個体，2 度見られたもの 4 個体である．

これらを科ごとにみると，1 回開花したものの中で多いものはフタバガキ科，アカテツ科，クワ科，ブナ科，ウルシ科などである．

開花の時期について，調査期間中 1 回開花結実をみた個体についてみると，No. 127 の Resak hitam を除いては 1985 年 6 月 15 日から 11 月 2 日の間に集中し，その中でも 7 月 27 日から 9 月 7 日までの間に 24 個体中 19 個体が開花している．すべての開花した個体を含めると通年して開花現象はみられるが，もっとも集中するのは 7 月末から 9 月初めまでとみていいだろう．また 1 回開花した個体を樹高の階層別（5 m ごと）に分けて示したのが図 2-24 である．これをみても，やはり 8 月を中心にした時期に集中していることがわかる．

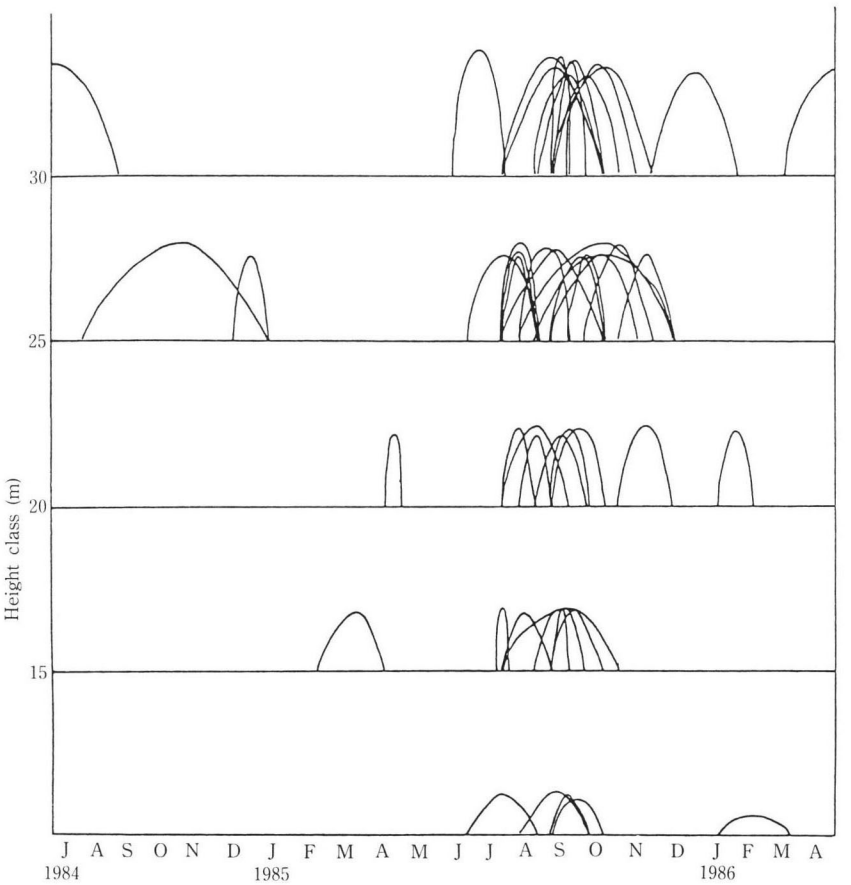
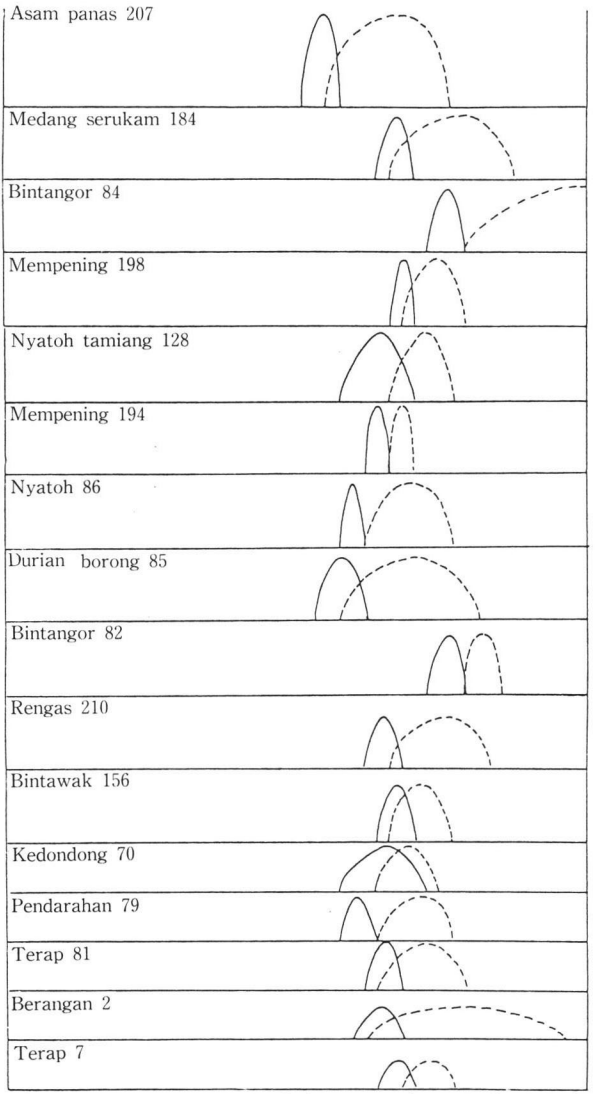


図2-24　Arboretum Andulau における1回開花個体の樹高クラス別分布



実線：開花　破線：結実

図 2-25　Arboretum Andulau における開花期と結実期の関係

結実の時期については図2-25にみられるように，開花中に結実していくもの，開花が終わった直後に結実するもの，そして，開花と結実の間があくものの3類型にわかれる．この中でもっとも多いのは開花中に結実の始まるもので，30個体中18個体がこれに属する．

結実の時期については，一般的に開花時期よりも長いものが多く，特に長いものは，Berangan (2)，Bintangor (84)，Rengas (4, 27)，Pendarahan (42) で，とりわけ42は，長期間結実している．

開花中に結実の始まる現象は，熱帯では珍しいことではなく，枝ごとに，開花結実の時期的なズレがおこることが示されている．

開花したもので結実しなかった個体は53個体中23個体であり，かなりの割合を占める．熱帯における種生態学はまだ未発達であるが，植物季節学的な観察を手がかりにして，今後は特定種のより深い研究が望まれる．

フタバガキ科のみについていえば，やはり，高木層の30 m以上で開花したのは，ほとんどがこの科のものである．この調査地全体で227個体のうち56個体がこの科に属し，そのうち12個体9種類が開花し，結実にいたったもの7種類8個体である．種名を挙げると，Binchaloi (72)，Meranti laut puteh (53, 116)，Meranti paya bersisik (227)，Meranti sarang punai bukit (110)，Kapor bukit (145)，Keruing buah bulat (147)，Resak hitam (127) の7種類である．このうちResak hitamは1984年の9月22日から1985年2月9日にかけて結実しているが，これ以外はすべて1985年9月21日から1986年2月22日までの間に少しずつピークをはずして結実している．記録にはないが，1983年の旱魃によって，おそらくかなり大量の開花結実があったとみてよく，1985年はその後の比較的大きななり年であろう．

以上の結果は，2年間弱の観察結果であり，まだまだ周期性をいうには早いが，大部分の樹種の開花は8月を中心に起こり，結実はそれに続く年末にかけてさみだれ式におこるとみてよく，種子採取の時期やそれにともなう苗床の準備などもあらかじめ準備することができる．

大切なことは，できるだけ形質の優れた個体からの種子を採取することであり，これは今後の熱帯の育種や造林の基礎として重要である．今までは種子の採取さえも困難であったため，どの様な母樹からでも，とにかくなってさえいればとってくるという傾向がどの国においてもみられた．しかし，種子は造林のすべての基礎であり，種子に内蔵される遺伝的性質の検討なくして今後のよりよい造林は望めない．そのためには，母樹から選んだ種子についての発芽後の形質についても充分に遺伝的な見地から検討する必要がある．

落葉現象については18個体が1回，5個体が2回，それぞれ期間中に落葉した．この両方あわせて時期別頻度をみると，もっとも多いのが1985年の3月9日から5月18日で，これは雨季あけの初めに乾く時期である．次が1984年8月25日から9月22日と，1985年8月24日から9月7日であり，いずれも，開花期でのべたように，1年のうちで2度目に乾く時期である．落葉の時期は，ほぼこのように1年のうちでも比較的乾いた時期におこるが，ここでは1985年11月30日から12月14日という雨の多い時期にも少しみられた．これも熱帯の特徴であり，乾期に中心があることはたしかであるが，他の時期に落葉がおこることもよくみられる現象である．

落葉樹としてはBintangor，Binchaloi，Meranti paya bersisik，Kempasなどが2度落葉している．

(2) Compartment 7, Andulau Forest Reserve

この観察地は，前項のArboretumから直線距離にして4.7 km東南東のAndulau保護林内の，とりわけ天然林の残っている部分である．

ここでの121個体の観察をまとめると次のようになる．

まず，開花に関しては，フタバガキ科以外では，1986年1月15日から3月26日までに一つのピークがあり，次いで1985年8月31日から10月25日となる．これは1回開花したものだけだが，これに2回，3回開花したものを加えると，通年して開花現象がみられる．

フタバガキ科の開花は1回のものが1985年8月31日から12月4日に集中

し，ほかに1986年4月9日から5月21日と，1984年9月12日から12月19日までとなる．これに2回以上開花したものを加えると，1985年10月9日から11月19日頃と，1984年7月12日から9月12日頃が多くなる．この科に関していえば，やはり，ブルネイでもっとも乾燥する季節に開花するとみてよいだろう（図2-26）．

次に結実では，フタバガキ科以外では開花期に少し遅れて順次結実するから，やはり通年してみられるが，特に多いのは1985年10月から1986年の5月にわたってである（図2-27）．

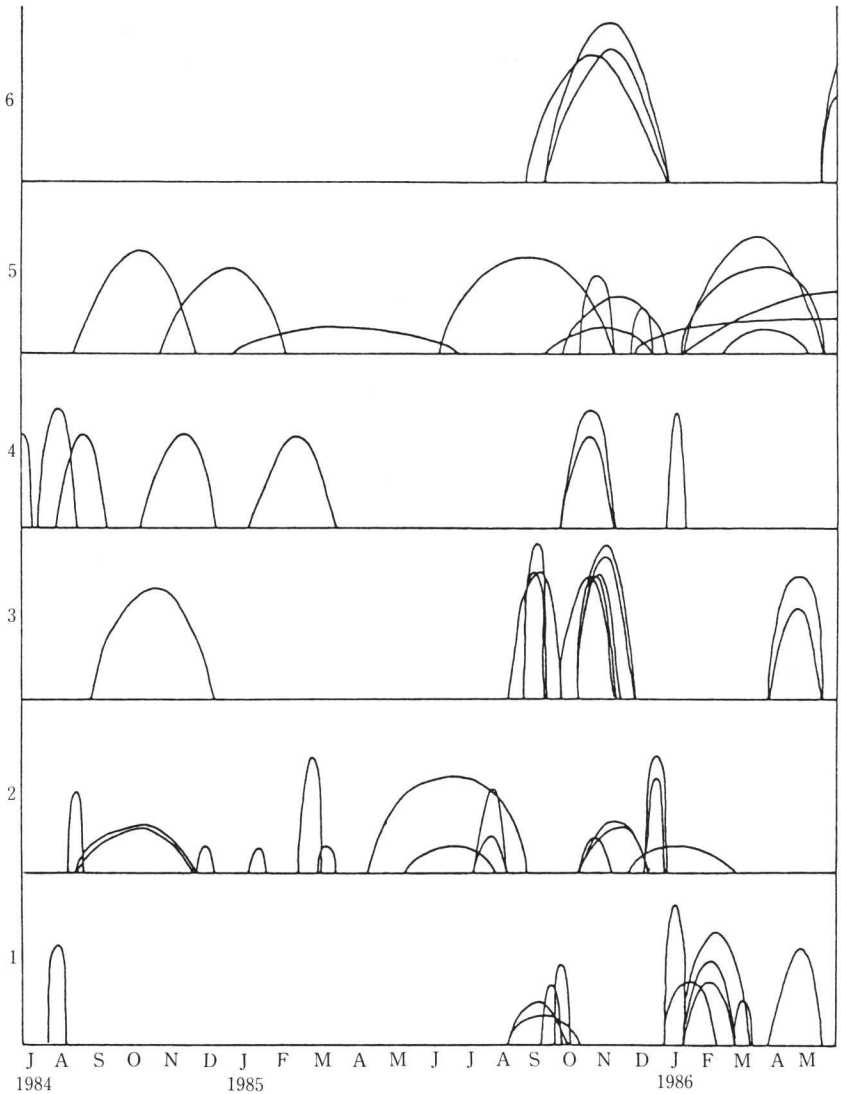
フタバガキ科の結実は2期にわかれ，1985年9月11日から1986年1月15日までと，1986年5月21日以降となっている．

落葉の時期については，二つの主な山があり，はじめが1984年7月12～31日，次が1985年11月19日から12月18日である．これら以外には，1984年9月12日，1985年6月19日と，7月18日がある．

開花と結実の関係については，開花中に結実のはじまるものが最も多く，Meranti paya，Bintangor，Jelutong，Medang，Mempening，Bantasなどがある．開花直後に結実のはじまるものはKapor bukit，Keruing buah bulat，Keruing mempelas，Kedondongなどがある．そして，開花時期と結実時期の間があくものには，Kedondong（56），Ubah，Geronggangがみられた．

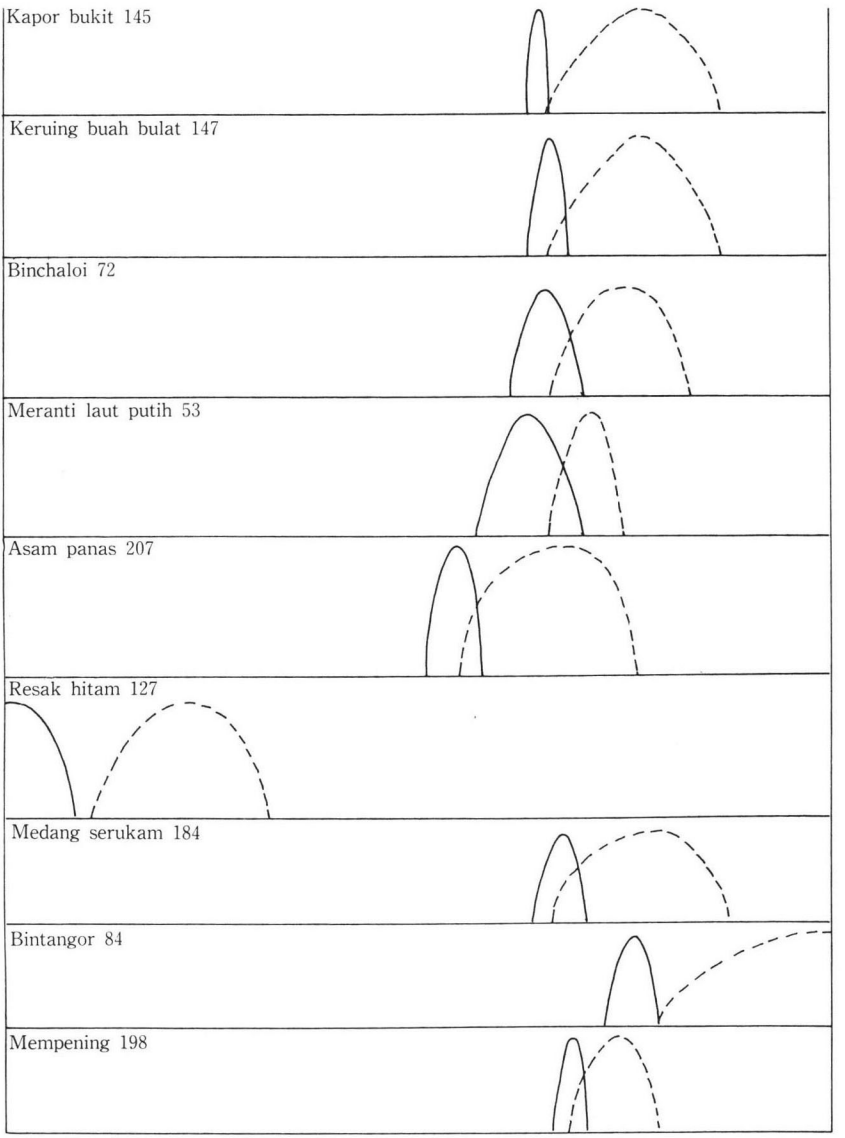
ArboretumとCompartment 7の両地域での開花結実現象を比較してみると，フタバガキ科については，ほぼ同時期に開花結実現象が起こっている．しかし，フタバガキ科以外ではピーク時以外にも数多くの個体の開花結実現象がみられ，これは，落葉期にも同じことがいえる．

これは，同じ種の場合には，樹齢，立地，階層内位置および家系間の差，種が異なる場合には，むろん種間の差，そして同じAndulau地域の一画ではあるが，立地的すなわち海からの距離，Compartment 7がやや標高が高いことや，土壌などの差がでてきているのかもしれない．



1　非フタバガキ科のうち調査期間内に1度開花したもの　2　非フタバガキ科で2～3度開花したもの　3　フタバガキ科で1度開花したもの　4　フタバガキ科で2度以上開花したもの　5　非フタバガキ科で1～2度結実したもの　6　フタバガキ科で結実したもの

図2-26　Andulau保護林第7区における樹木の植物季節



実線：開花　　破線：結実

図2-27　Andulau保護林第7区における樹木の開花期と結実期の関係

(3) *Agathis*

Agathis 林で開花結実をみたのは，*Agathis* が 113 本中 12 本，Resak durian が 20 本中 16 本であり，それら以外の樹種については 1 個体もみられず，かつ落葉現象はどの個体もみられなかった．

Agathis では 1 回雄球果が結実したもの 6 個体で，雌球果の結実は 1 回が 10 個体，2 回が 2 個体である．また Resak durian は 1 回開花が 6 個体，2 回が 9 個体，3 回が 1 個体で，1 回結実したものは 2 個体である（図 2-28）．

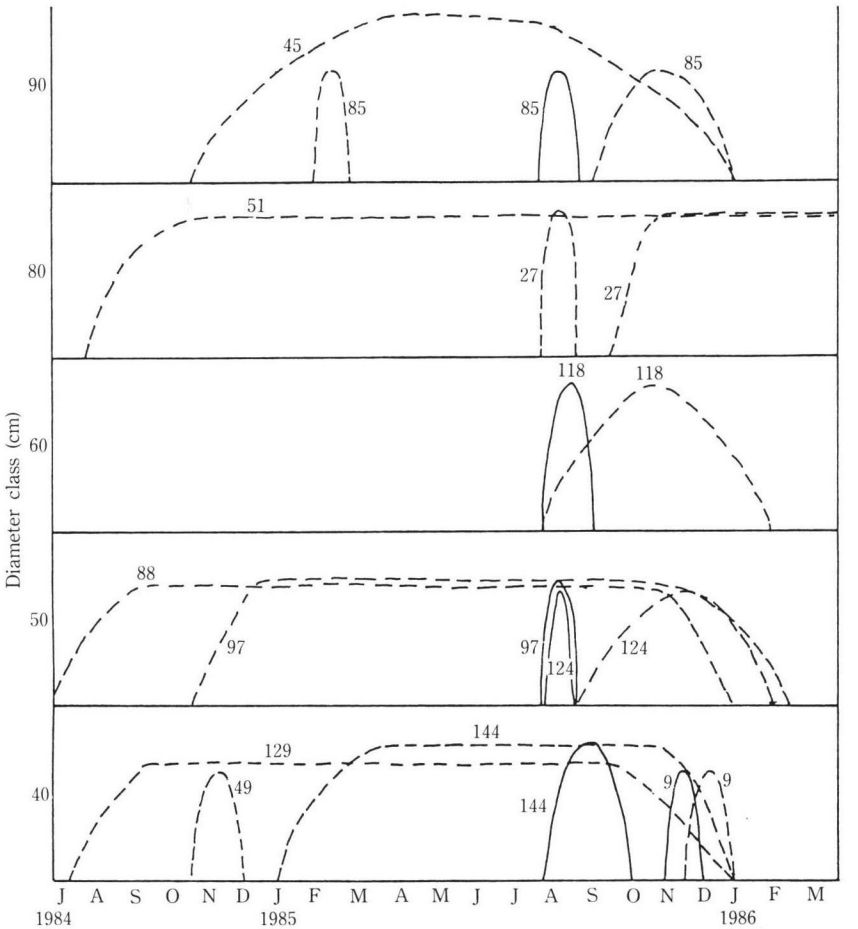
Agathis の雄球果の発生は 1985 年 8 月 17 日から 9 月末にかけて集中している．結実は一年を通じてみられ，その中でも 1985 年 8 月から 1986 年 1 月頃が多い．

Resak durian では，開花は 1984 年 7 月から 9 月末と 1986 年 1 月 18 日から 3 月 1 日までとなり，前者は乾燥期，後者は雨季のおわりとなっている．結実は 2 個体のみで，1984 年 10〜11 月と，1985 年 2 〜 3 月である（図 2-29）．

Agathis の植物季節的な動きをみてみると，直径が大きくなるにつれて，再生産活動が盛んになることがわかる．すなわち，直径が 10 cm から 30 cm 台の比較的小木では，ほとんどの個体がほぼ同じ変化を示し，球果形成現象はみられない．葉の動きでは，1985 年の 3 月 14 日より 6 月 24 日まで新葉や葉芽の動きは全くない．葉の主な活動は 1984 年の 10 月 25 日から翌 1985 年の 3 月 2 日まで，同年 8 月 1 日から翌 1986 年の 1 月 4 日まで，そして同年 2 月 1 日から 4 月までとなっている．これらの動きは，ある間隔をおいて，ある一定期間しばらく同じ現象が続くというパターンを示し，このことから判断すると，*Agathis* は隔伸的な動きをするとみていいだろう．

結実現象のおこるのは直径 40 cm をこえてからであり，各直径階別にみると次のようにまとめられる．

40 cm 台…… 11 個体中 4 個体が結実する．結実期はまちまちであり，もっとも長いものは，1984 年 8 月 6 日から 1986 年の 1 月 4 日までの 38 週に達する．雄球果は1985 年 8 月17日から同年10月26日までと1985年11月23日



実線：雄球果　　破線：雌球果

図 2-28　*Agathis* 林の *Agathis* の直径階ごとの植物季節

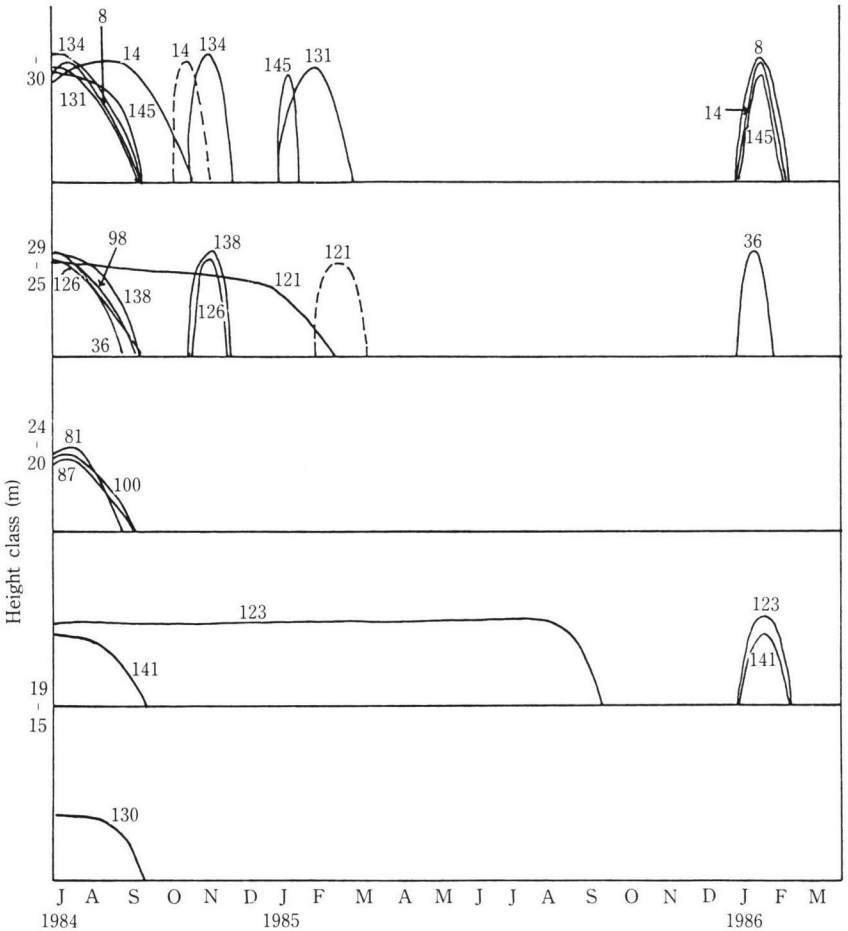


図 2-29 *Agathis* プロットの Resak durian の樹高クラス別植物季節

から12月21日までにみられる．

50 cm台……6個体中3個体が結実する．結実期は長いもので1984年7月21日から1986年の1月18日まで40週に達し，短いものでは14週である．雄球果は1984年8月17日から9月14日にみられる．

60 cm台……2個体中1個体が結実，雄球果は1985年8月17日から9月18日まで，雌球果も同時期より1986年1月18日まで12週にわたっている．

70 cm台……3個体中2個体結実．いずれもほぼ通年結実がみられる．

90 cm台……2個体ともに結実．一つは1984年10月25日から1986年1月18日までの32週，もう一つは2期に分かれ，1985年2月16日から3月30日までの6週と，1985年9月3日から12月7日までの16週となっている．雄球果は1985年の8月17日から9月14日である．

こうしてみると*Agathis*が結実期に達するにはかなりの年月を要し，林内での地位としても下層木から中，上層に達して，太陽光線を直接受容する頃になるまでかかるものと考えられる．また開花結実の時期は，一時期にかたよることなく，個体によりかなりの差があるとみなければならない．ブルネイでは一般に3，4月が球果の成熟期といわれているが，この図からみても球果の時期が終わるのは，ほとんどの場合2月から3月であり，このことを裏付けている．

*Agathis*は雌雄同株であり，分類学的にまだ分かっていない点が多いが，Whitmore（1977）は13種に分類し，東南アジア地区では3亜種にわけている．この生物季節については意外に観察例が少なく，*A. rubsta*の例が示されている．これによると1年目の1月に雄球果が発生し，6～7月に雌球果が発生，8～9月に交雑が行なわれる．2年目の9月に受精し3年目に種子が落下する．つまり種子が得られるまでは19カ月を要している．

またプランテーションで雌球果が初めて出現する年は中部ジャワで15年，クィーンスランドで20年であり，西ジャワでは20，18，12，13，13年というデータがあるが，一般にジャワでは25年以上の木からとれた種子でないと発芽率が良くないといわれている．

熟した雌球果はどのプランテーションでも1年に1回決まった時期にみられ，この時期は2～3カ月続くといわれている．ブルネイでは5，6，7月が中心で，まれに9月と11月になるとWhitmoreの本には記されている．

18カ月かかって完熟するものが毎年でるということは，毎年交配したものが翌年にまでもちこして順次種子を生産するにまで至るからである．

今回の調査では，地上からの観察であったため，腋生の雄球果の発生を正確にとらえたとはいいがたいが，雌球果の生育と落下については，より正確である．

結実現象が40 cm以上の木に起こるということは，プランテーションで25年以上の木の種子が発芽率がよいことと一致するであろう．

雄球果の時期は8～9月の乾燥期に一致し，おそらくこのしばらくのちに交配が行なわれるのであろう．そしてそれから1年半たった2～3月に完熟した雌球花が落下し種子を散布するか，もしくは樹上で散布する．*Agathis*の球果は一般には樹上で種子散布するとされ，ブルネイでも，樹上で完熟前に袋をかぶせて，開裂してから採取していたが，今回の調査中，3～4月には林床に完熟果も多数みられ，樹上の開裂だけではないようである．

このプロットの中で最も目立った開花を示したものはResak durianである．これを直径階別にみると，10 cm台のものは開花がみられないが，これはやはり開花樹齢に達していないことと，また，地位的に下層にあるためであろう．20 cm以上の大きさになると一様に開花し，また，完全に落葉するものも2個体みられる．結実したものは2個体である．これらの活動が行なわれない時期は4月13日から9月3日であり，これは雨の少ない時期とみていいだろう．開花する時期は6，8月の雨の少ない乾期のおわりに近い時期であり，最も乾く季節で，熱帯ではよく開花現象の起こる頃である．この種が葉をおとすことからみて，出芽，開葉などの現象の時期と勘案してみると，この種は落葉型とみてよいだろう．No. 131は，1985年2月はじめに一度完全に落葉し，その後も7～8月と11月初めから翌年1月中旬にかけてさかんに落葉している．別

の No. 141 は 1984 年の 7 月に完全に落葉している．

花は 1984 年 7 月～9 月までと 1985 年 1 月～3 月の 2 度にわけてみられるものもあるが，一般的には前者の乾期後半とみるのがいいだろう．そして，毎年開花するものでもなく，1 度開花すると少なくともこのデータからは，翌年の同じ時期に開花するものはみられない．

結実は No. 14 で 1984 年 11 月の長い花のあとにみられた．また No. 121 は，2 期つづけて開花したあと，1985 年 2 月から 3 月にかけて結実している．

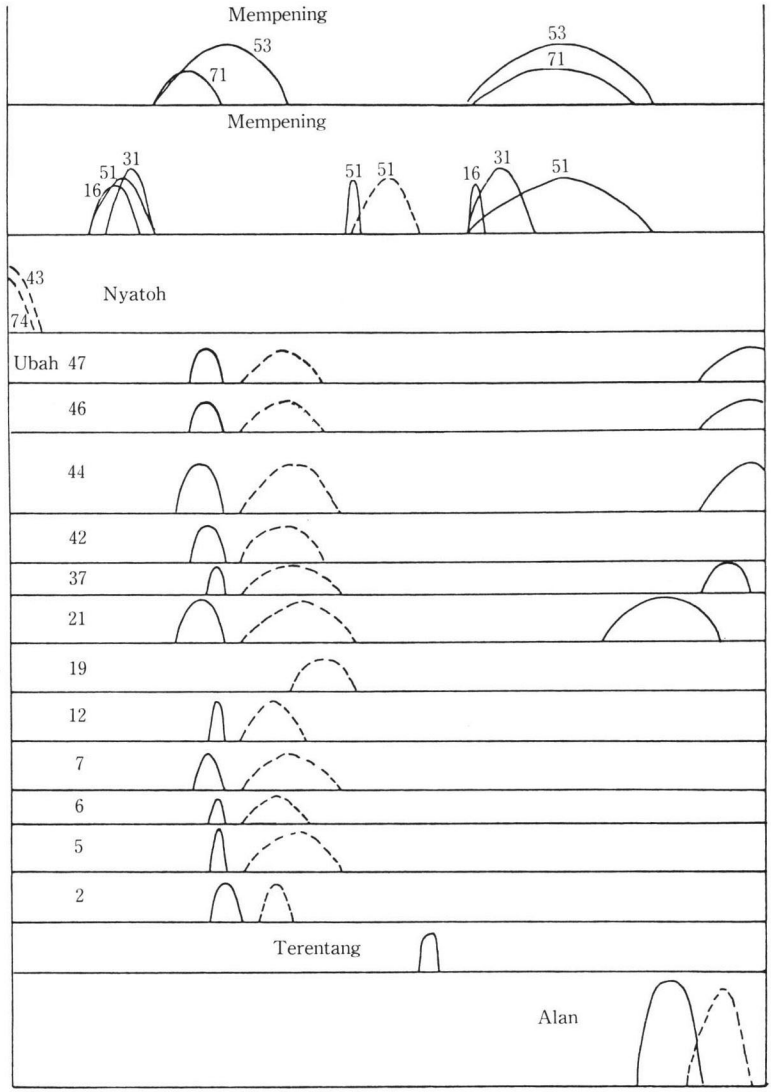
Agathis と Resak durian 以外の樹種については，主として下層に属する樹種群の植物季節では，種ごとにまちまちな傾向を示し，一定した傾向は認められない．いずれも開花結実現象はみられないところから，Kerangas 林の低木層での植物季節はきわめて貧弱であるといえる．

(4) Alan bunga 林

ここではやはり Alan が中心になる．一般に Alan の開花は 25 年に 1 回とかいわれるが，不明な点が多い．ブルネイでの伐採従事者からの聞き取りによると 7，8 年に 1 回という人や，ヘリコプターから観察した例では 3 年前にも樹冠が真っ赤になっていたという人もある．

ここではさいわいにも 1986 年はじめに一斉開花結実をみた．Alan は 34 個体のうち 1 本が風倒木となったので，33 個体であるが，この全個体が開花結実した．開花の開始日は 1986 年 1 月 14 日のものがもっとも早く，それ以外はすべて 2 月 11 日からはじまり，4 月 8 日には終わっている．結実は開花期の途中の 3 月 24 日からはじまるものが 32 個体，1 個体のみが 4 月 8 日となっている．結実が終わるのは 25 個体が 4 月 21 日，7 個体が 5 月 5 日，1 個体が 5 月 19 日もまだ結実がつづいているという状態にある．ここの Alan はすべて樹高 30 m 以上で第 1 層を形成するから，このすべてが開花結実したことは，まさに一斉開花現象とみてよいだろう．

Alan 以外では Ubah が 1985 年 1 月 14 日から 2 月末にかけて開花し，それに続いて 3 月から 6 月にかけて結実している．2 度目の開花は 1986 年 4 月を中



実線：開花　　破線：結実

図 2-30　Alan bunga 林の樹木の植物季節

心におこっている．このタイプは開花期と結実期が間をおいておこる型である．

Mempening も 1985 年 10 月～1986 年 2 月にかけてと，1985 年 9 月～1986 年 2 月にかけて開花している．どちらも雨季型といえる．結実は 1 個体 1 回だけで，時期は 1985 年 7 月の雨の少ない時期である（図 2-30）．

これら以外では Nyatoh 2 個体が 1984 年の 8 月に Terentang 1 個体が 1985 年 8 月のいずれも雨の少ない時期にそれぞれ開花結実している．

ここで問題となるのは Alan の開花結実時期である．1986 年の 2 月から 4 月にかけてという時期は，雨の最も多い時期から年はじめの乾燥する時期にかけてであるが，この時期に開花するものは Ubah が 1 個体だけであり，Ubah の他個体はすこしずれて 4 月から開花している．しかし，前年度をみると Ubah の 11 個体が 1985 年の 1 月から 2 月にかけての同時期に開花していることをみると，Alan bunga 林におけるこの時期は，一般的に開花現象の盛んな時期とみてよいのかもしれない．

フタバガキ科については，Arboretum Andulau ではほとんどが 1985 年 8 月，9 月に集中し，1986 年 4 月に 1 個体が開花している．また Andulau の K 7 では 1985 年 8 月 31 日から 12 月 4 日までに集中し，1986 年 4 月開花は 2 個体，1985 年の 1～3 月にかけては 1 個体となっている．また *Agathis* 林の Resak durian の時期は 1985 年 7，8 月と 1986 年 1～3 月である．したがって，Alan bunga の開花期は，乾性型の土壌に生育する他のフタバガキ科とは異なる時期を選ぶようであるが，Resak durian の後半とは一致する．

落葉樹種は 1 個体もみられなかった．

4　植物季節についての考察

以上の各樹種の傾向をスンガイリアンでとった雨量データの傾向と比べてみよう．

図 2-31 にみられるように雨の少ない時期は 3 月，6 月，8 月の 3 カ月である．1983 年の 2，3 月は例のエルニーニョ現象によるボルネオ島を中心にした

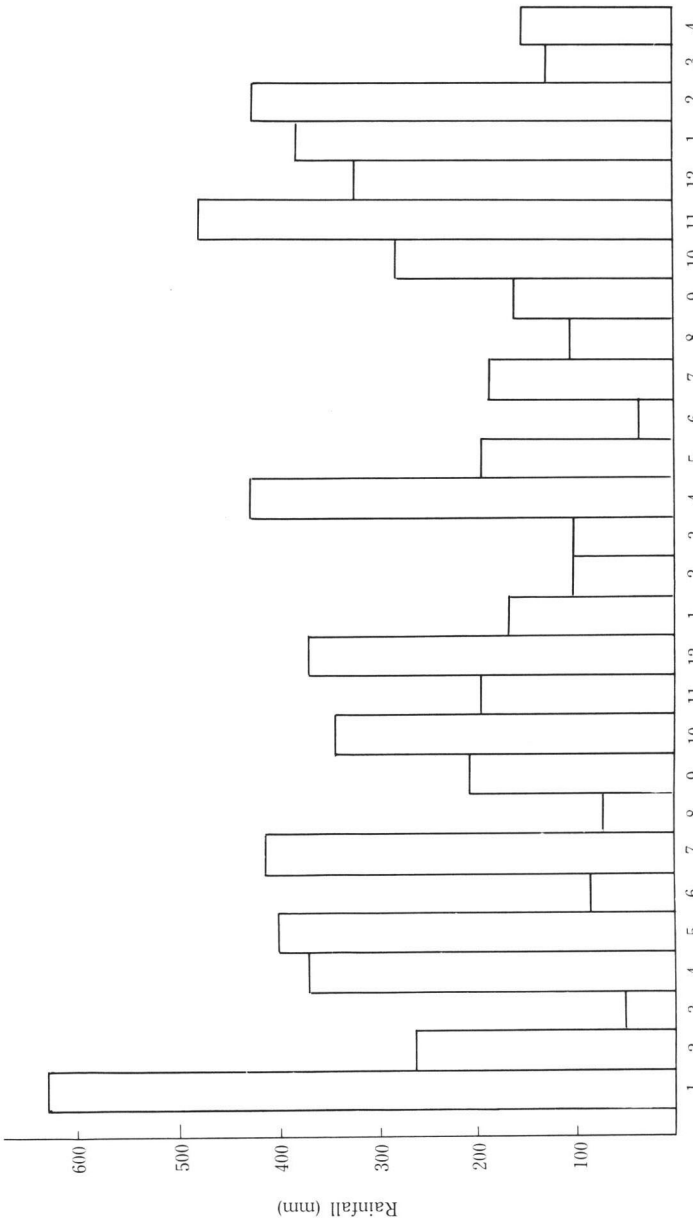


図 2-31　1984年 1 月から1986年 4 月までのスンガイリアンにおける雨量

大旱魃でほとんど雨が降っていない．この時を除いて月雨量が100 mm以下になるのは，1984年の2月，3月で，8月は100 mm前後の雨量である．

1984年9月から1985年1月のシーズンは，その翌年の同時期と同じで雨が多い．

ふつう一般には熱帯の開花現象は，長い乾期ののちに起こることが多いが，この図からみる限り，今までに述べた中では，Resak durianが6月，8月の雨の少なさと多少関係しているようであり，またフタバガキ科のかなりの部分が9月を中心に開花することも同じような一致であろう．しかし，Alanの大量一斉開花がおこったのは1986年2月からであるが，その前の数カ月は，大変雨が多いことになっている．従ってこのデータからも熱帯雨林での開花結実落葉現象については，未だ明確なことはいえないようである．

植物季節の情報については，ヨーロッパ各地を結んで行なわれているような組織的な研究報告は東南アジアではみられないが，それでも熱帯多雨林下における多様な樹種の季節変化は古くから注目され，シンガポール，マレーシア，インドネシアを中心にしてかなりの文献がみられる．シンガポールのHolttumや郡場らによる古典的研究と，それ以後マレーシアの各地で行なわれた報告の主なものをここで紹介して熱帯多雨林における植物季節の多様性を考えてみたい．

Holttum（1931）は，1927年から1931年にかけて，シンガポール植物園の樹木の植物季節を調べた．多くの落葉性の樹木は，毎年1回，その多くは2月の季節の変わり目に葉をかえ，そのうちいくつかは8月に落葉する．そして，年2回落葉するものが4種あり，これは2月と8月である．ほかの樹種では季節には関係なく，また，6カ月と12カ月というのでもなく，一定した間隔で葉をかえる．そして，同じ樹種でも個体によって変異がみられる．また，*Hevea braziliensis*などのようにきわめて不定期なものもある．小さな気候変化が引金となり，これが内的な要因とからんで落葉などの現象がおこる．

そのあと1940年に発表された論文（Holttum 1940）では，10年近い観察結果

を踏まえて前論文の見直しがなされた.

Holttum は落葉樹種の葉の変わり方につき，完全に気象と独立のものから，特別に感受性の強いものまで様々なものがあることを示し，毎年1回葉の変わるもの，1年以上の葉期間をもつもの，6～12カ月の葉期間をもつもの，一定した葉期間を持たないものなどに分けて詳しい報告をし，同時に落葉樹や常緑樹の開花と葉期との関係についても述べている.

この中で，気候の変化の中では，嵐による気温の低下（10～15°F）や，暑い日が続いた後の涼しい日などが葉の変化の刺激になるとしている．シンガポールでは，1月から2月に1年で最も気候の変化の激しい時があり，2～3月，7～8月が最も乾燥し，この2期に落葉現象が多いと述べている.

1年以上葉をもつものに *Koompassia malaccensis* が入り，これは，はじめの観察では12カ月に1度改葉していたが，長期にわたる観察で，もう少し長いこと（12.7カ月）が判明した．特に長いものでは *Heritiera elata* の20.5カ月，*H. macrophylla* の32.0カ月がある．短いものでは6～12カ月の間のものに *Stercuria* spp.，不定期なものに *Dyera costulata* がある.

開花現象は，落葉樹では leaf cycle のある時点でおこるが，常緑樹の開花はこれに関係なく，また新しい葉ののびとも関係がない．また，常緑樹は新しい葉の生長が数カ月間隔から1カ年またはそれ以上の間隔で起こるが，これらの時期は落葉樹のものよりも不規則である．普通古い葉は，新しい葉がでても落ちず，しばらくついているので，旧葉期間は長い．*Dyera costulata* は落葉樹と常緑樹との中間のような性質を示す．そして，常緑の新葉の生長は雨が引金になるのではないかと考えている.

Koompassia malaccensis は，昔の森林に残っていたものが植物園内にとりこまれたものがあり，1930年までは9月に葉が入れ替わっていたものが，同年には11月にかわり，翌年は12月，1933年には落葉しなかった．1934年は3月，1936年は5月17日，1938年は7月8日，1939年は7月15日，そして1940年は5月12日となっていて，平均すると葉期間は12.7カ月で，10.9カ月か

ら14.8カ月の幅がある．

そののち，郡場はシンガポール植物園における樹木の習性について詳しく調査し，熱帯における落葉樹の性格や，枝條の伸び方を常伸，交伸，隔伸にわけ，開花結実現象もあわせて検討している．さらに私は，ジャワのパングランゴ山の中腹においてリタートラップを用いてリター量を調べると同時に，種ごとの葉，花，実の季節変化を調べ，落葉のタイプから常伸性，隔伸性の差が各樹種の階層構造における位置での生活の差によるものであることを示した．これらの仕事については第3章で詳しく述べたい．

Burgess（1972）は，マレーシアで1925年から1970年までの開花のデータを調査した．彼によると，ほとんどのフタバガキ科は2～5年周期で開花した．*Shorea curtisii* と *S. platyclados* は5年を越えない．1960年から1970年の間では，5月に花のピークがみられ，これをさらに詳しくみると，3月から7月の間に分散して見られた．マレーシア北西部の乾燥地域では花のピークはより不鮮明となり，年の初めに咲く傾向が見られる．red meranti グループの大部分は11年間，5月にピークが見られた．気象とは特に相関はないが，数カ月前に出た新しい生長部分に一時に花が咲くようである．

彼はフタバガキ科の種子の寿命が短いため，植物季節を知ることは今後の更新のためにも重要であるとしている．開花に到るには20～30年が必要であり，花芽形成から開花にいたる際のホルモンや生理学的な研究ならびに開葉の研究が必要であるとしている．

旱魃との関係は明白ではないが，何らかの水ストレスが要因になる可能性を示唆している．とりわけ，*S. curtisii* は乾燥に敏感であるが，他の要因との関連性も考える必要があるとしている．

Medway（1972）は，マレーのセランゴール（Selangor）の Ulu Gombak 保護林（32° 1′N, 101° 47′E）で61個体（45種17科）の上層樹種の開花，結実および葉の活動を2週間に1度，6年間にわたり，1963年7月から1969年7月まで観察した．現地は標高515 m の典型的な Hill Dipterocarp Forest である．

開花は10種のうち5種までが同一時に開花した．*Ficus sumatrana*（しめ殺し植物）のみ，通年開花した．残りのものは不規則な間隔の周期で，しばしば1年を越えた．

1963年から69年まで毎年開花したものは10種，結実したもの6種である．全体では毎年常に最低20種が開花，12種が結実した．1963年と1968年には乾燥がひどく，大量開花が起こり，結実にいたるものが多かった．種に関係なく，63年から69年の間で，花の活動が最も活発なのは2～7月，少しゆるいのが8～11月，最も不活発なのは12月～1月であった．同じく結実では5～11月が高く，中でも9～11月が最も多い．群落全体としてはかなり明白な季節変動を示した．

葉の活動は様々であり，3種の葉の生長は絶え間なく起こった．毎年のサイクルが同じ時期の21種はしばしば2期の活動期があり，さらに五つの不規則な年2回のサイクルの活動が観察された．4種は毎年落葉し，4種はより長くまたはより短い規則的な間隔で落葉した．少なくとも6種において葉の活動は明白に花のサイクルと関連し，別の5種では毎年の花のサイクルと同じで，のこりは両者の活動は明らかに独立していた．それでも群落全体としては毎年の葉の動きは年2回のピークがあり，高いのは雨の少し少ない時期，次のピークが雨の最も多い時期であった．

Cockburn（1975）は，サバでIllipe nutのデータやWood，Meijerなどのデータ，さらにハーバリウムのデータも参考にしてフタバガキ科の開花状況をしらべ，1973年に種子の豊作があったことをみとめ，今後の課題として接ぎ木により早く開花させる方法やジベレリンその他の方法による化学的処理と，林内での微気象測定のための器具の開発などを提唱した．

Ng（1977）は，フタバガキ科の一斉開花についての観察結果をまとめている．すなわち，マレーシアKepongにある森林研究所樹木園のフタバガキ科樹木の1972年以降毎月の観察である．それらは1976年に大量開花した．1973年20個体，74年15個体，75年5個体の開花に対し76年には79個体が開花した．

この年の初め全マレー半島でも同様に大量開花した．これは今までの最大規模のもので，フタバガキ科以外の樹種も同調して開花し，同年8～9月に大量結実した．その内訳は，トウダイグサ科，ヒメハギ科，クワ科，パンヤ科のものが主で，その中で特に，*Baccaurea, Elateriospermum, Pimeleodendron, Xanthophyllum, Artocarpus, Durio* などの各属のものが目立った．

50種のフタバガキ科のうち15種が植栽後はじめて開花した．最高樹齢は45年のものである．この年に普段の年よりも成熟種子がよくとれたのは，多分，受粉の成功率が高いためであろう．

花期のピークは，Burgess（1972）は5月といったが，Kepongでは1973，74，76年は4月であり，それ以前では3～4月であるので，3～4月にピークがくるといえる．

開花の刺激となるものは，各月の前月に対する日照時間の増加らしく，平均して1日日照量が2時間またはそれ以上増加することが重要である．この急激な増加は常に1，2，3月にみられる．この日照時間の急激な増加が1957，58，63，70，76年の大量開花の引金となったらしい．

彼は旱魃を雨量ではかるのは間違いであるとし，旱魃は涼しい時期の後に暑い日が長く続くということであって，このことは雨量には現われないと説いている．

マレーシアにおける1957，58，63，68，70，76年の大量開花現象について，多くの樹種が同時性を示すといわれているのに対し，Sasakiほか（1979）は，1976年のマレーシア各地のフタバガキ科の大量一斉開花時に，各種各個体の観察により，ある種が限られた地区でのみ同時性を示すことを実証した．標高差，種，場所，地形，気象条件によって，花期は異なり，今後の育種研究のためにも，特有種の個体ごとの大規模調査が必要であるとしている．

Putz（1979）は，マレーシアの首都クアラルンプールより25 km北西の標高20～225 mにあるSungai Buloh保護林で，1 haプロット（胸高直径20 cm以上の胸高断面積合計は35 m^2/ha）内の，カンラン科，マメ科，トウダイグサ

科，アカネ科，アカテツ科，クスノキ科，ニクズク科，ヒルギ科らの131個体（35科52属62種）の植物季節を1972年3月から1976年2月までの4年間調べた．この観察用プラットフォームは，水平のアルミ製ハシゴと銅線で最大木の間をわたしてあり，全長363.5 m，最長距離75 mである．ここで1カ月に数回，花，果実，葉生産を記録した．そしてSpectral法やColwell法などによって季節性の有無を検討した．

花の生産では同時性のなさがみとめられ，同じ樹種でも開花期間が異なった．たとえば*Knema stenophylla*の雄木は連続的に開花し，雌木は断続的に開花した．*Santiria laevigata*の開花は，0，1，2回／年で同時性はない．花の開花期間は平均1カ月で，別の個体は，1973，74年の各月に開花した．これらの差は，木の大きさや樹冠の位置に関係はない．非同時性を示すものにはこれら以外に，*Randia densiflora, Anisophyllea corneri, Millettia atropurpurea*などがある．

平均して62種のうち15種に毎月花がみられ，花生産の一貫性は少数が常に咲いているという形で群落単位としてみれば，一定に保たれている．また，長期間にわたって開花しているものもみられる．すなわち，62種のうち12種が49カ月のうち25カ月以上開花していた．このうち，*Euodia glabra, Strombosia javanica, Millettia atropurpurea*は12カ月以上も長期にわたり継続して咲いていた．

樹種によっては定期的な季節性をしめすものもあり，つぎの5種は1972，74，76年の同じ時期に咲いた隔年開花樹種であった：*Alangium ebenaceum, Actinodaphne oleifolia, Koompassia malaccensis, Intsia palembanica, Ormosia venosa.*

毎年定期的に開花したものは4種あるが，これも完全に同時期ではなく，多少のずれがおこる．すなわち，*Alstonia angustiloba*は1972，74，75，76年の3，4月に咲いたが，1972年の12月にも咲いたため，1973年には開花していない．*Litsea castanea*は毎年8，9，10月に咲いたが，ほかの時期にも少し咲いた．*Elateriospermum tapos*は6個体とも毎年1～2月に咲くが，時々，7，8，9月に再び咲くことがある．そして，*Cryptocarya griffithii*は4年間のうち3年間

は初めの3カ月に咲いている．これらの同じ月に咲く樹種は，内的リズム，光周期または定期的なサイクルをもつ気象条件に反応するとみられる．しかし，66％に及ぶ樹種が開花していない．

開花に関して，季節性を一般化することはできないが，Wycherley（1973）がいうように，開花は乾季のあとにおこり，開花とその2～3カ月前の雨量に強い負の相関がある．乾季中または後半の雨嵐による急激な温度変化は開花を促すと考えられている．

果実については毎月62種のうち平均20.6種が結実している．季節としては4～9月に最も多く，果実生産に要する時期の違いや，果実が長く木にとどまっている樹種などの変異は多い．

果実が長く木にとどまって，発芽可能な種子を持つものには，*Anisophyllea corneri, Barringtonia pendula, Canarium littorale, Millettia atropurpurea* があり，これらはみな大きな果実をもち，最後種以外は動物散布である．

12カ月をこえて継続的に開花結実生産をする樹種は *Timmonius wallichianus, Nauclea subdia, Santiria laevigata, Dacryodes costata, Endospermum diadenum, Planchonella maingayi, Paropsia vareciformis, Grewia laurifolia, Litsea castanea, Myristica* sp. がある．

これら以外のものはすべて間隔があいて結実するもので，これには1年以上あくものや，1年1回以上結実するものなどがある．26種が1年以上あき，19種が年に2～3回，異なった木や枝に結実し，3種は結実がみられなかった．

風散布のものは乾季に成熟する傾向にある．上層の90％は動物散布で，全部肉質の果実をもつ．

葉については群落レベルでは間隙なしに葉を生産し，約半数以上が毎月新葉を出すが，気象との関連はない．Colwell法，Spectral法による季節性はみられない．個体や種ごとのピークをみるのは難しく，落葉，常緑，継続，隔伸などの他に，同じ種でも個体により同時性をもたないとか，別の生長様式をしめす

ものもある．したがって一方で全部開葉し，一方で単一枝のみ開葉というものも多い．

落葉するものでは2週間以上の期間無葉であったものはなく，完全落葉するものとして，*Ficus caulocarpa, Terminalia subspathulata, Intsia palembanica, Irvinga malayana* がある．*F. caulocarpa* は5～11月，他は1～3月である．

Alstonia angustiloba, Dracontomelum mangiferum, Xanthophyllum obscurum は新しく開葉する前に，大部分の葉を落し，*Barringtonia pendula* は3本のうちの1本がこの傾向を示した．

一時期に現われる葉の世代数については，落葉樹や，徐々に葉を落とし完全に新葉にかわるものは，数週間を除いて，1時期1世代である．ほかの樹種では1時期に3世代までみられた．

1年にどれくらい発葉するかについては，樹種によりかなりの差がある．期間の長いものでは，*Xanthophyllum griffithii* と *Diospyros pendula* は4年間に2回発葉する．

継続的に葉を出す常伸型には，*Actinodaphne oleifolia, Knema stenophylla, Endospermum diadenum, Macaranga hypoleuca, Strombosia javanica, Nauclea subdita, Randia densiflora, Timmonius wallichianum* などがあげられる．

以上の結果から，ここでの群落レベルでの季節性は弱いといえる．また樹種の気象に対する反応の幅が広い．例えば休眠現象などは2～18週間の差があり，さらに長いものもある．

非季節性という一定した花と果実の生産は，一年中，受粉者，散布者を安定して維持することに有利である．更にはっきりした時間的な機構をもたない樹種は，局所的な時間や場の条件に対する反応でも利益を得ている．

Putz の仕事と Medway (1972) の仕事との比較をすると，両者は1年または2年のサイクルの樹種の率が低いこと，種内同時性の欠如の2点で似ている．しかし，Medway の研究には明白な繰り返しのある季節変化がみられる．樹種の季節的変異はあっても群落全体としては規則的な季節性を示す．すなわち，

花と果実の年1回のピークと，葉生産の年2回のピークがあるが，Putz の研究ではこういうことはいえない．これはおそらく Medway の林分はフタバガキ科が優占していたことによるだろうと Putz は考えている．

Yap（1980）は，Jelutong（*Dyera costulata*）の植物季節についてまとめている．この樹種は，1930年から1940年代にかけて，チューインガムの原料に使われたのがその後落ち込んでいたが，最近では軽工業によく使われている．ここでは森林研究所の樹木園に植えられた11本について1974年から1979年の間の観察をしている．それによると，3本が定期的に開花し，開花は7～12月に他の樹種とともに一斉におこる．1978年には3本の Jelutong とまわりの他種34本が8～10月の間に開花した．花の開花は夜におこり，白色の花弁が翌朝多数みられた．花は2～3週間続いて咲き，若い果実が2～3カ月後に認められた．熟果は花のあと8カ月して採取する．

Chan（1980）は，マレーシアのパソーにおいてフタバガキ科の結実習性と稚樹の動態を調べた．その中で未成熟果をつけるものは，特に花がはやく咲いた種に多く，かつ未成熟果の落下は開花に続くはじめの2週間の間が特に多いとしている．そして，散布状況としては，フタバガキ科は風散布であり，落下しはじめて数 m は垂直に落ち，途中で翼を広げて，はやく旋回を開始する．そのため，落下速度は少し落ちて，地上に着く前に母樹からいくらか離れたところに吹き流される．風がなければ，旋回しつつ，真下に向かって木のそばに落ちる．普通の風の状態では成熟果は母樹より 50 m の距離まで散布されるが，大部分は 20 m 以内である．この理由は樹冠が密になっていることによる．ところが，母樹が斜面や稜線にある場合には，突風が遠くへはこぶことがよくある．距離については Burgess（1975）は *Shorea curtisii* で 80 m 以下であるとし，Janzen（1970）は母樹から離れるほど生存率は高くなるといい，逆に Liew & Wong（1973）や Daljeet Singh（1976）は母樹から離れると生存率は低くなるという．

Chan & Appanah（1980）のフタバガキ科の開花現象についての論文は，Red

Meranti グループ（Muticae sect）の *Shorea leprosula, S. macroptera, S. acuminata, S. lepidota, S. parvifolia, S. dasyphylla* の合計 100 個体について，マレーシアの Pasoh で大量開花の時期をねらって大規模な調査を行なったものであり，それまでの単なる植物季節的な観察を越えた新しい分野に踏み込んだ研究である．

ここでは 100 本の成木のすべてが開花し，順番としては *Shorea macroptera* が初め開花し，続いて *S. dasyphylla, S. lepidota, S. parvifolia, S. acuminata, S. leprosula* が開花した．これらの開花期は，少しずつ重複してずれ，早い種の後期とそれに続く種の初めの時期が重複するが，ピークはすべてずれている．

開花時期は短く 2 週間（*S. macroptera, S. dasyphylla, S. lepidota*）のものと 3 ½ 週間（*S. leprosula*）がある．遅咲きのものほど長期間開花している傾向がある．*Shorea leprosula* の場合 6 万 3000～400 万の花がつくと推定された．

Yap（1982）は，おなじPasohの低地フタバガキ林で，*Xerospermum intermedium* の 130 個体の植物季節の観察を 1972 年から 1977 年にかけて 5 年間，Reproductive Biology の研究の一環として行ない，他にも *Baccaurea, Nephelium, Lansium, Durio, Myristica, Knema* などの樹種についての数個体について 3 年同時期に観察した．雨，気温，日照時間も毎日 Pasoh で測定した．

Xerospermum intermedium は雌雄異株で，毎年の乾季のあとに開花した．花期は 3～4 カ月で長い．これは中層木であり，1976 年のフタバガキ科の大量開花に関係したかもしれない 1975 年 12 月の日照時間数の急上昇は，この樹種には影響しなかった．他の樹種では，上層林冠層にまで達するものは，フタバガキ科と同時的であった．Aoki ほか（1975）によれば，上層の 5 m の樹冠層で 60 %の太陽放射は吸収されるということで，下層にはあまり影響はないと考えられる．

Appanah & Chan（1982）は，*Shorea leprosula* と *Xerospermum intermedium* の例で，Reproductive Biology の方法論を木登りから袋かけに至るまで詳しく説明している．

Tamari & Jacaline（1984）は，フィリピンの Los Banos の Makiling forests で，

1979年に *Shorea contorta* の果実の散布をしらべ，母樹から30 m以内に大部分の果実が散布され，多くの過去の文献も加えて，特別な条件下でない限り，天然林では，母樹から30 m以内に散布されるのが普通であると述べている．また同じフィリピンでのフタバガキ科の植物季節を調べた仕事の中で，Tamari & Domingo (1979) は，フタバガキ科の開花期は2月から5月を中心に広く季節性をもつこと，8月から12月の間は開花結実はまれであり，果実が成熟するのは5月から10月で，Makilingの雨季に一致することを調べた．この地区はフィリピンでは乾燥地に入るが，開花結実習性は湿った地域のものと似ている．フィリピン全体をみると，フタバガキ科の開花期のピークは，乾いた地方では4月，中間地区で5月，湿った地方では5，6月であり，かなり幅がある．乾いた地方と湿った地方では，2～3カ月の果実の完熟期の差ができる．湿った地区や中間地区でのフタバガキ科の開花結実は，乾燥した地区のものよりもより長い期間に広がる傾向にある．

マレーシアでTamari (1976) がクアラルンプール周辺のフタバガキ科の植物季節を調べた結果では，毎年2回開花の山があり，これは雨季に一致する．異常な乾燥や雨による変異はむろんある．ほとんどのフタバガキ科の開花から結実への期間は2～5カ月である．生理的要素や，虫などにより，種子の成熟過程における自然条件による花や若い果実の損失は90％を越える．この論文は，植物季節から種子の性質，保存テストを含む優れた業績である．

Tamari (1976) のFig 3をみてみると，たしかに開花は雨季に一致するともみられるが，2～3カ月前の2月，7月の雨の少ない時期が引金になって開花すると解釈した方がいいのではないだろうかという解釈も可能である．

Wong (1983) は，Pasohで天然林と更新林における下層木の植物季節を調べ，前者の方が再生活動は活発であるが，上層木の場合ほど季節性がはっきりしないことを述べている．

以上が主として東南アジアの植物季節にかんする文献の紹介であるが，これ以外の地域では，熱帯アメリカではJanzen (1970, 1974)，Daubenmire (1972)，

Frankie ほか(1974 b), Gentry (1974), Croat (1975), Opler ほか(1976), Borchert (1980), Mueller-Dombois ほか (1981), Fleming ほか (1985), Reich & Borchert (1982), Opler ほか (1980) などの数多くの研究がある．また特にマングローブにかんしてはタイの Wium-Anderson & Christensen (1978), 花形態にかんしては Gill (1971), 日本では Shimizu (1983), ミクロネシアでは Wycherley (1973), アフリカでは Hopkins (1968), Malaisse (1974) などがある．

総説的なものとしては Lieth (1974), Frankie ほか(1974 a), Baker ほか(1983) がある．インドネシアでは古くは Coster (1923, 1926) ののち最近では Okimori (1987) の仕事がある．また Ashton ら (1988) はフタバガキ科の一斉開花に言及している．

これらの中で Borchert (1980) はコスタリカの *Erythrina poeppigiana* の落葉，開花，枝條発達を観察し，同じ個体群の中で明白な非同時性をみとめ，木の発達にはつよい内性的な制御があるとした．そして彼は植物季節の仕事は多数の種を扱うよりも，一種の多数の個体を調べた方がよいとしている．

さらに Reich & Borchert (1982) は，*Tabebuia neochrysanth* の観察により，水ストレスが植物季節と密接な関係にあり，これが幹の直径の縮みと関係があることをみとめた．

以上，文献の主たるものを調べてきたが，ここである程度はっきりと言えることは，フタバガキ科については，季節性がはっきりするが，それら以外では明白なことはいえないことである．フタバガキ科については，東南アジアで最も重要な樹種群であることから最もよく調べられており，その大量一斉開花についての文献は数多い．この一斉開花が何によるものなのかまだ不明であるが，これを分析するためにもまだまだデータの積み重ねが必要であり，また気象情報もより正確な，局地的なものが必要であろう．

しかし，一般的に上層種ほど季節性が示され，下層種ほど逆であるというのは理解しやすい事柄である．郡場は樹木の季節性に外的要因と内的要因が相互に作用しているといい，内的要因としては，ホルモンの働きが大きいことを示

唆している．植物の生長ホルモンや開花結実に関与するホルモンについて熱帯の樹木ではほとんど仕事がなされていないが，今後に期待するところは大きい．

ブルネイのフタバガキ林については，すでにAshtonがまとめているが，植物季節学的には未知の分野が多い．分類と生態の一部が解明されただけで，各樹種のもつ性質については全く手つかずといってよい．もっともこれは温帯諸国でも同じであり，本当に樹種のもつ特性について判っているのはきわめて少数の代表樹種についてでしかない．日本でいえば，スギ，ヒノキ，アカマツぐらいのものであろう．

熱帯では樹種が多いことがこういった調査を更に遅れたものにしている．問題は幅広い分野に及ぶまえに，できるだけ数を限って対処しなければならない．

今回の調査の中では代表的な樹種に絞って植物季節を調べた．それぞれの森林型での代表樹種（群）を挙げるならば，混交フタバガキ林ではフタバガキ科の樹種群であり，クランガス林では*Agathis*とResak durian，Alan林ではAlanであろう．つまり，*Agathis*をのぞいてすべてフタバガキ科の樹種であり，しかも*Agathis*の性質はフタバガキ科とよく似ていることはWhitmore（1977）が述べている通りである．

今回の調査で判明したことは，乾燥土上のフタバガキ科と泥炭湿地上のものとでは開花時期にズレがあること，クランガス林ではこの両者の中間的存在にあること，クランガス林の低層木は植物学的にきわめて不活発であること，などである．また，階層構造上の位置関係では，下層木にやや季節性の乏しさがみられることである．また次に述べる微細な肥大生長と季節性とはあまり相関がないこともこの調査の結果としていうことができる．

今回の調査はブルネイでは初めての試みであり，また観察者も初めての仕事であったため，こまかい観察までは行き届かなかった面は今後改善して行かなければならない．それでも得られた結果は興味をひくものであり，とりわけ，Alanの開花結実に出くわしたことは幸運であった．初めにも述べたように，開花結実習性の不明瞭な熱帯では主要樹種ごとに，また個体ごとに，その開花

結実習性を押さえておくことは，今後の有用樹種の造林事業にとっても不可欠のことである．

ここに選ばれた林分は，Alan bunga 以外はスンガイリアンから近い代表的な林分である．これに新しく Alan 型の林分をバダス周辺で設定し，定期的な調査を繰り返して，代表樹種の開花結実習性を把握することが経常的な研究として必要である．

その際とくに留意すべきことは，観察個体を優良な形質をもつものから選抜することである．このことはすでに FAO の遺伝資源探索のマニュアル等にも書かれていて周知の鉄則ではあるが，現実にはそれほど実行されていないのが現状である．それは，おそらく，温帯と異なり熱帯では同一樹種の純林が少なく，選抜がどうしても出会った個体になりがちなことによるだろう．

ブルネイでは，しかし，少なくとも Alan と *Agathis* については，かなりの個体数があり，優良形質の選抜は可能である．現実には *Agathis* では，優良形質といわないまでも母樹林として種子の採取を実行している．Alan では種子の確保が困難なところから，挿し木による増殖が小規模なミスト箱により実行されているが，これを拡充すると同時に，今回の開花結実に際して採取した 1000 粒の種子の実生苗を基礎に，様々な増殖方法が検討されるべきであろう．

フタバガキ科については，やはり Arboretum と Andulau を基礎にし，その中で主要樹種をもう少し絞り込み，1 樹種あたり 10 個体くらいの形質優良木を選抜して，穂木，挿し穂，種子の確保に務めるべきである．豊作年にはかなりの樹種が一斉開花結実することは，すでに多くの文献が示しているので，そういう時期には一時的に大量の種子の播きつけから養苗，山出しまでの苗畑の確保が必要となる．

外国樹種による早成樹の一斉造林は，一時しのぎやパルプ材などの供給にはなるだろうが，長期的にみて安定性のあるのはやはり土着樹種で，長く材質などが評価されている樹種である．これらは市場性もあり，また病虫害に対する抵抗力もある．そして立地的な条件もわかっているので，造林もやりやすい．

ここに述べた *Agathis* と Alan を含むフタバガキ科の各樹種は，この地域を代表する樹種群であり，伐採後の再造林，天然更新を含めて本格的に取り組まなければならない研究項目である．

Whitmore（1977）は *Agathis* についてまとめた小冊子の中で，詳しく過去の文献と現状を実地に調査したうえで，育種の可能性についても今後の課題であるとしている．そして，この種のもつ生態的適応性の広さ，分布の広さ，材質の良好性などの特色を生かして，今後はさらに，種子の保存や，栄養繁殖の方法の開発などを充実させ，また分類学的基準の確立と，生態型の検討なども今後の課題としている．

ブルネイの Badas における *Agathis* を見ていると，プランテーションの可能性，しかも優良形質からの優良クローンによる植林の可能性が考えられる．現在ある林分は小さいものではあるし，Whitmore のいう遺伝資源保存の有効最小個体数としての 5000 個体を有するにはほど遠いが，この中から優良個体を選び，その系統による増殖をすすめていくことによって，より優れた系統による集団ができあがり，生長，形質ともに優れた個体の収穫が可能となる．

ブルネイでは，小規模な *Agathis* のラインプランティングが Ulu Badas, Labi Hills 保護林，Andulau 保護林で実行されているが，いずれも試験というにはあまりに小規模であり，また植栽後の手入れや，測定なども定期的にはなされていない．

Agathis は，その後 Smits（1983）による葉挿しによる増殖や，Whitmore & Bowen（1983）による生長分析が行なわれていて，小ギャップ下にうえても生育可能であるという．本格的に造林を実行するには，Badas の林分調査から植物季節，種子の採取・保存，育種から山出し後の保育，生長量調査まで，一貫した体制を確立して行かねばならない．その過程において，未解決な課題を逐一取り上げて解明していくことが重要である．

第3節　天然林主要樹種の生長様式

1　調査方法と調査地

永久プロットを設定したのは，定期的に調査を行ない，構成樹種群の生長，枯死，更新状況などを継続して観察するためである．このようなデータは熱帯ではとりわけ少なく，年輪のない熱帯樹種の生長量，生長予測研究にとって大きな障害となっている．ここではすでに述べたように，毎年1回の定期調査として白帯をまいた部分の直径生長調査を行なうとともに，植物季節調査時に，ダイアルゲージによる微細な生長量の測定も実行した．

1年に1度の直径生長は，各個体にまいた白帯の上を直径巻尺で測定した．このデータは，毎年継続したうえで，数年間まとめて別に報告したい．

ダイアルゲージはアメリカのLiming（1957）によるものをアルミニウム製バンド式デンドロメーターによって改良した型式であり，0.05 mmまで読み取れる．この方式によって，インドネシアのジャワやスマトラ，タイおよび日本各地で測定された例があり，一応の評価を得ている．

ゲージは日本製のものを現場で作成し，取り付けた．取り付け位置は胸高直径部（地上より1.3 m）の上下どちらかを樹皮や幹の凹凸状況により決定した．取り付け後，ズレや，コイルのはずれなどがなく，安定した状態になったことを確認した上で調査を開始した．

測定の間隔は2週間に1度であり，植物季節の調査と並行して行なった．

調査地は，植物季節を調べた四つの地区から，適当な樹種と個体を選び，ダイアルゲージを取り付け調査した．

2　主要樹種の生長様式

(1)　Arboretum Andulau

ここでは49個体にダイアルゲージを取り付けたが，取り付け方法の悪かっ

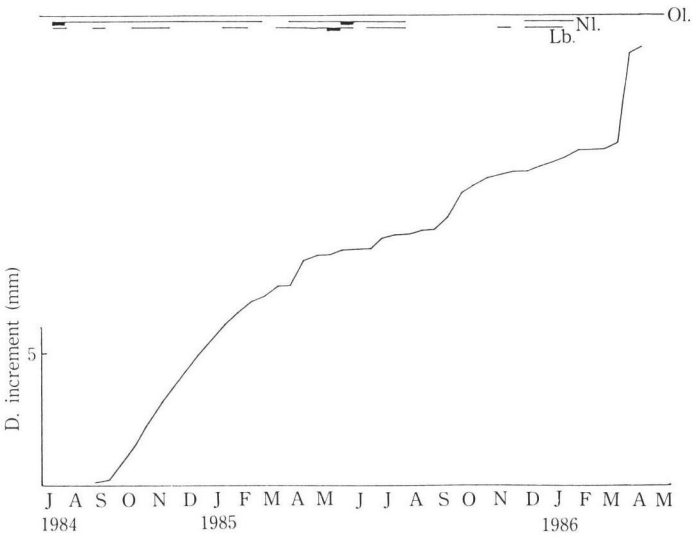
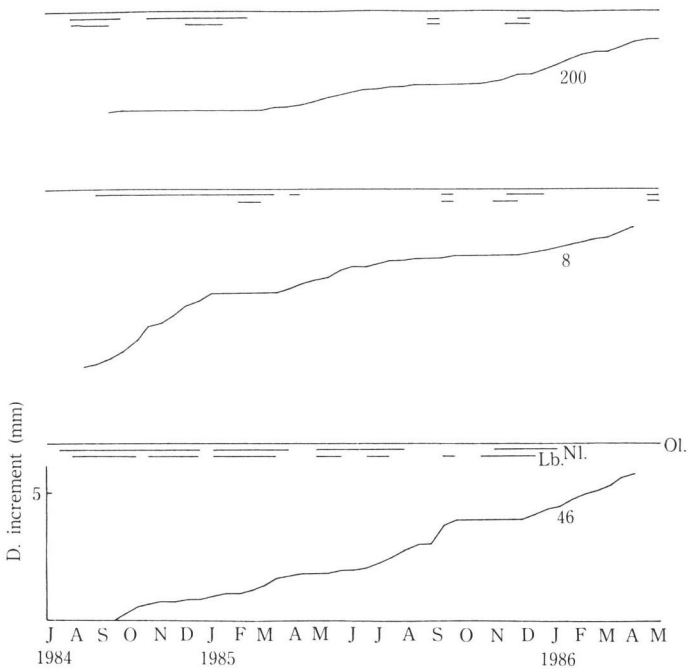


図2-32　Arboretum Andulau における Meranti sarang punai の直径生長と植物季節の関係

たもの，途中で小動物や人間により阻害されたもの，ヤニや凹凸状の樹皮面により作動しなかったものなどの理由で，正常な値をえられなかったものが35個体あり，正常に動いたものは14個体で，そのうち半数がフタバガキ科のものである．

このうちでフタバガキ科の Meranti sarang punai bukit が最もよく伸びているのでこの図を検討してみたい（図2-32）．この木は直径19.3 cm，樹高17.0 m，枝下高12.5 m であり，この期間中に16.8 mm のもっとも大きな生長を記録している．この生長の伸びの変化は図にみられるように1984年9月から1985年2月までは同じペースで伸びているが，3月にほとんど伸びない時期があり，4月にまた一時もどるが，それからは8月までゆるやかな伸び率となる．そして9月にまた急な伸びがあったのち，10月からは再び緩やかなカーブで1986年3月まで続き，3月後半に急激に伸びて終わっている．この傾向と植物季節の観察を照らし合わせてみると，1985年の5月に葉芽と新葉の開出が顕著で

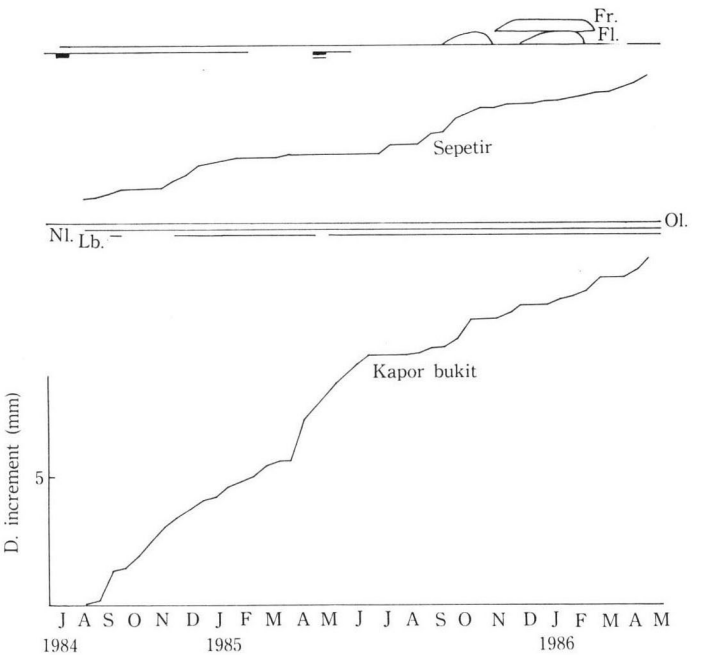


Lb：葉芽　Nl：新葉　Ol：旧葉　Fl：開花　Fr：結実

図 2-33　Arboretum Andulau における Meranti kawang tikus の直径生長と植物季節の関係

ある以外は特に大きな変化はないが，かなりの頻度で葉芽と新葉の開出がみられる．しかし，1985 年の 8 月から 11 月までの間は，全くそういった活動のない時期がみられる．ということは郡場のいう隔伸型とみていいだろう．1985 年 9 月と 1986 年の 3 月後半の急激な伸びは，このような新芽や新葉の休止期におこっているとみてよいかもしれない．

次に，Meranti kawang tikus をみよう（図 2-33）．この樹種は 3 個体あり，それぞれ直径は 13.4，21.6，31.2 cm の小径木であり，階層構造に占める位置としては前種に似ている．これらの傾向は図にみられるように，総生長量はそれほど大きくないが，No. 200 と No. 8 は植物季節の動きもよく似た傾向を示している．そして，僅かであるが，新芽や新葉の休止期に生長量の伸びが大き



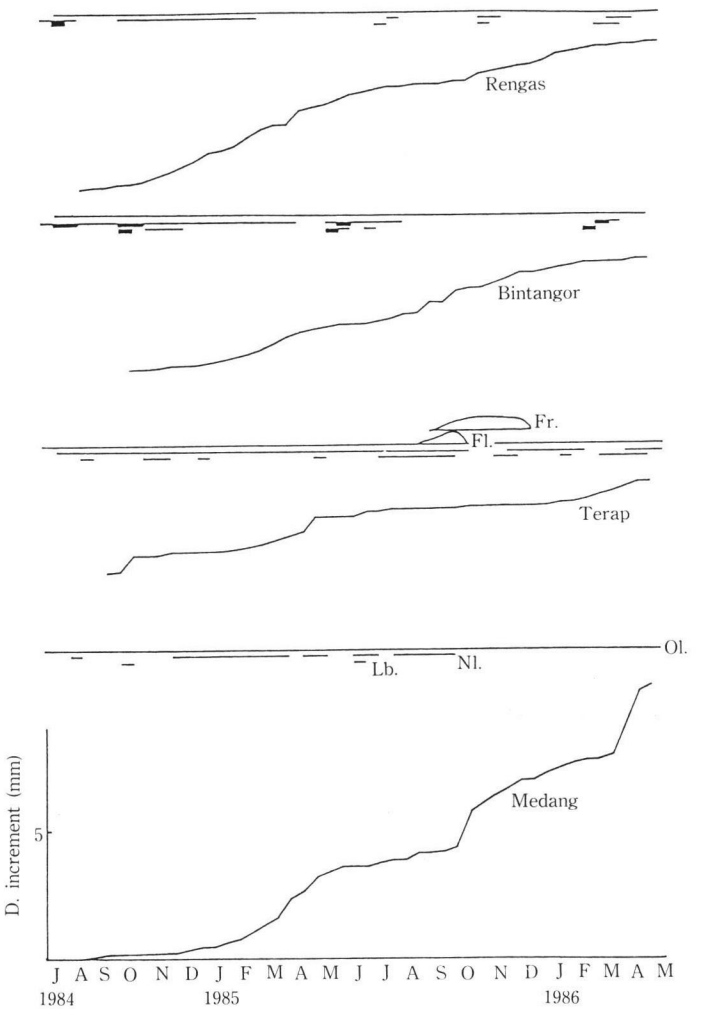
Lb：新芽　Nl：新葉　Ol：旧葉　Fl：開花　Fr：結実

図2-34　Arboretum Andulau における Kapor bukit, Sepetir の直径生長と植物季節の関係

い傾向がみられる．No. 46 はそれほど顕著ではないし，植物季節の動きも新芽の動きがより頻繁であるが，1985 年の 9 月や 1986 年の 1～3 月にはやや伸長が急である．

次に Kapor bukit であるが，これも同じクラスの大きさであるが，この場合は，植物季節がどうやら常伸型であり，年中新芽と新葉がみられるタイプである．従って植物季節の動きとの関連性はわかりにくいが，1985 年 5 月にある小さな休止期の前後はやはり最も伸びが大きいようである(図2-34)．

また Binchaloi は途中でコイルがはずれて半分のデータしかなく，図には示していないが，葉の展開のあとに急速な伸びを示す．しかしその新葉の前の時期の1985年 2 月から 4 月までが葉の休止期であるにもかかわらず，生長は遅



Lb：葉芽　Nl：新葉　Ol：旧葉　Fl：開花　Fr：結実

図 2-35　Arboretum Andulau における非フタバガキ科樹種の直径生長と植物季節の関係

い．

最後に，Sepetir（図2-34上）では，開花，結実が見られるが，この時期やや生長が鈍る傾向がみられ，1985年の7月から9月の間の生長が部分的にはやや大きいようである．

以上，フタバガキ科の樹種について述べたが，まとめてみると，新芽や新葉の開出や開花結実現象と幹肥大生長とは，常にそうであるとは限らないが，かなり対応した関係がみられるようである．

次に非フタバガキ科の樹種（図2-35）について調べてみよう．

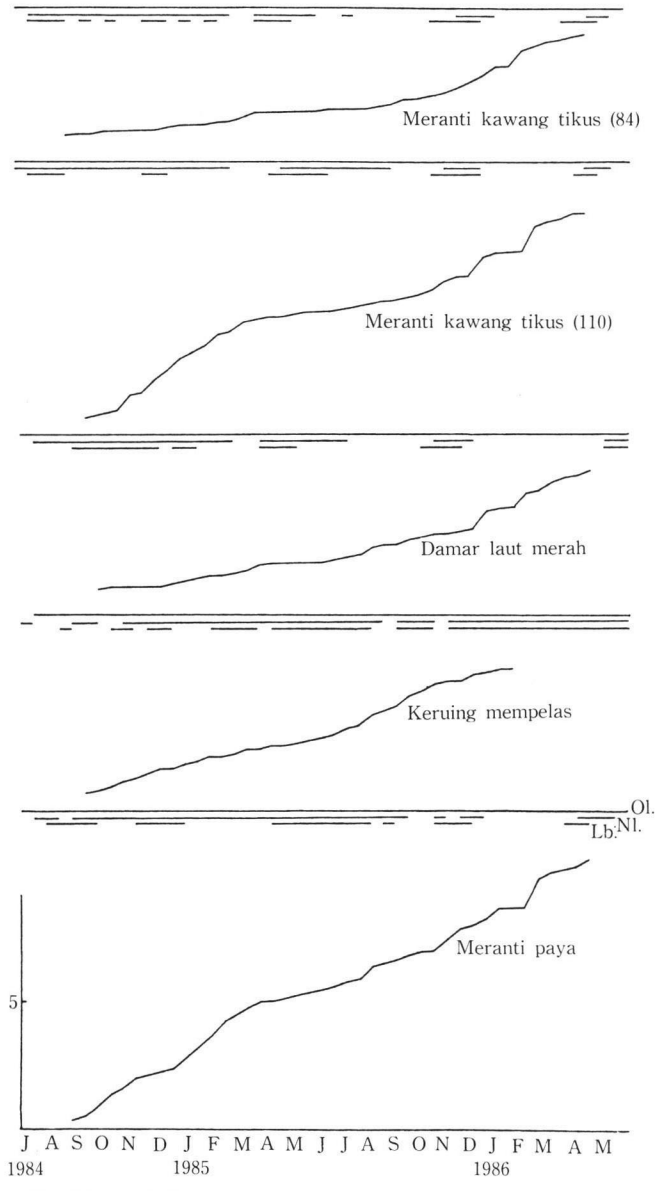
まず，Terapでは開花結実がみられるが，この時期には肥大生長は鈍く，1984年10月や1985年5月などの葉休止期に伸びがやや大きい．Medangでは1985年10月以降の葉の新しい活動のない時期に生長がよい．Garuは2個体みられたが，やはり新芽や新葉の活動のない時期に伸びが大きい傾向がみられる．Rengasではそれほど顕著ではないが，同じ様な傾向がみられ，Bintangorでは新葉の休止期にやや伸びが大きい．図には示してないが，Kempasでも，やはり葉の動きの止まる時期に肥大生長がみられるようである．

以上述べたように，非フタバガキ科の樹種についても，植物季節と幹の肥大生長との間にフタバガキ科と同じような関係がみられた．

(2) Andulau保護林

ここでは40個体にダイアルゲージを取り付けたが，やはり，諸般の事情で正常に作動したものはフタバガキ科5，非フタバガキ科21個体であり，それ以外は正確なデータがえられなかった．

まず，フタバガキ科（図2-36）では，Damar laut merahの動きは新芽や新葉の活動のない時期にやや高い伸びがみられる．Keruing mempelasは常伸的な動きでやや葉休止期に肥大成長が大きい傾向がみられるが，それほど顕著ではない．Meranti payaは1985年1月から4月と1986年3月の新芽のみられない時期に肥大生長がみられ，この傾向はかなり明白である．最後にMeranti kawang tikusは2個体あり，それらはかなり頻繁に新芽新葉の開出がみられるが，そ



Lb：葉芽　Nl：新葉　Ol：旧葉　Fl：開花　Fr：結実

図 2-36　Andulau 保護林第 7 区におけるフタバガキ科樹種の直径生長と植物季節の関係

の休止期にはやはり肥大生長は大きいとみていいだろう．

従ってここでもフタバガキ科については，Arboretum でみられたのと同じ関係が示される．

非フタバガキ科のものは21個体について検討したが，次のようにまとめられる（図2-37）．

(イ) 開花結実があり，その時期および新芽新葉の開出期には明らかに肥大生長が劣り，逆に開葉の休止期に明らかに肥大生長の旺盛なもの

Mempening 38　(D＝15.9)　隔伸

Bintangor 55　(D＝32.4)　隔伸

Geronggang 10　(D＝10.5)

(ロ) 開花結実はあるが(イ)のように肥大生長との関連のはっきりしないもの

Pendarahan 73　(D＝14.6)，116 (D＝28.3)　隔伸

(ハ) 新芽，新葉の開出時期に生長が劣り，休止期に生長の大なるもの

Bangkoh 79　(D＝17.1)　常伸

Pulai 25　(D＝15.9)　隔伸

Kedondong 95　(D＝15.8)　隔伸

(ニ) 新芽，新葉の開出などの植物季節と肥大生長との関連性が明白でないものの，休止期のある期間に肥大生長が大きくなるもの

Kempas 85　(D＝11.7)

Medang berunok 11　(D＝12.6)　常伸

Medang berunok 61　(D＝12.6)　常伸

Bintangor 104　隔伸

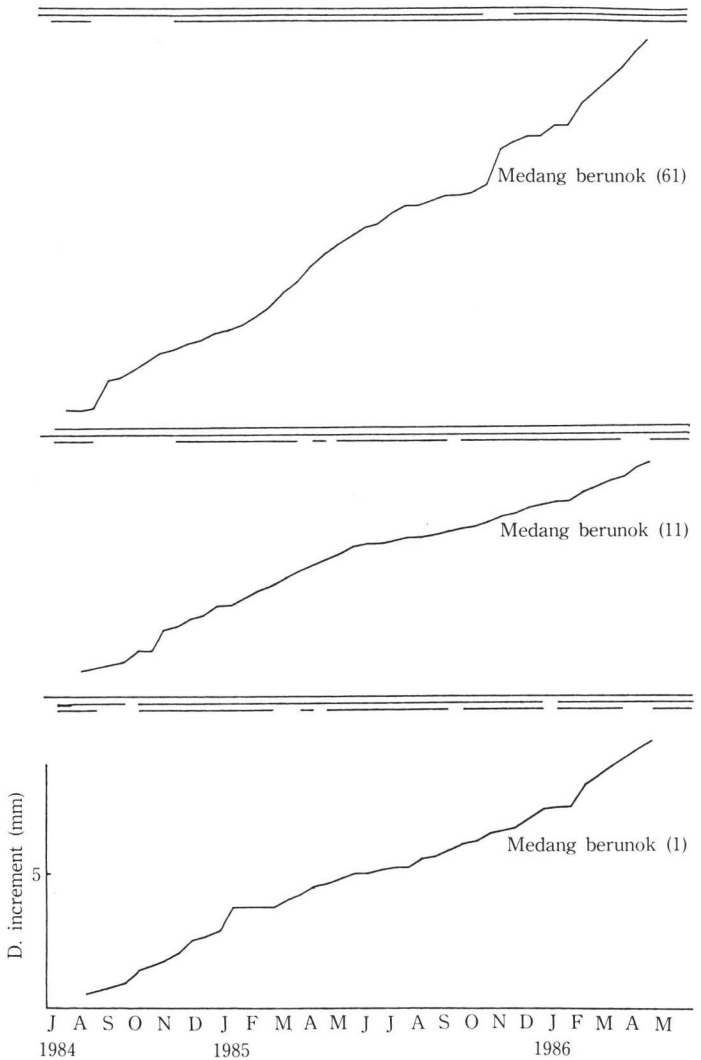
Merpisang 67　(D＝24.4)　隔伸

(ホ) 新芽，新葉期に肥大生長との関係が明白でないもの

Sireh-sireh 118　(D＝15.9)　隔伸

Kembang semangkok 41 (D＝29.5)　隔伸

Pulai 63　(D＝16.0)　隔伸



Lb：葉芽　Nl：新葉　Ol：旧葉　Fl：開花　Fr：結実

図 2-37　Andulau 保護林第 7 区における非フタバガキ科樹種の直径生長と植物季節の関係

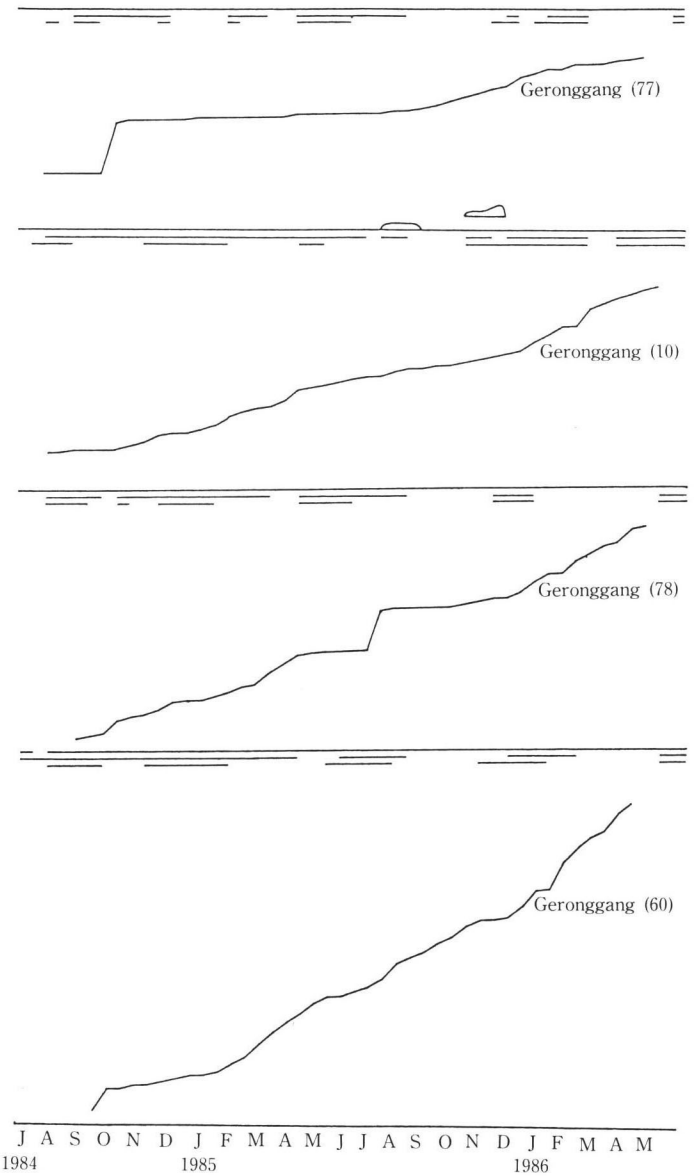

Geronggang (77)
Geronggang (10)
Geronggang (78)
Geronggang (60)
J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M
1984
1985
1986

図2-37　つづき（2）

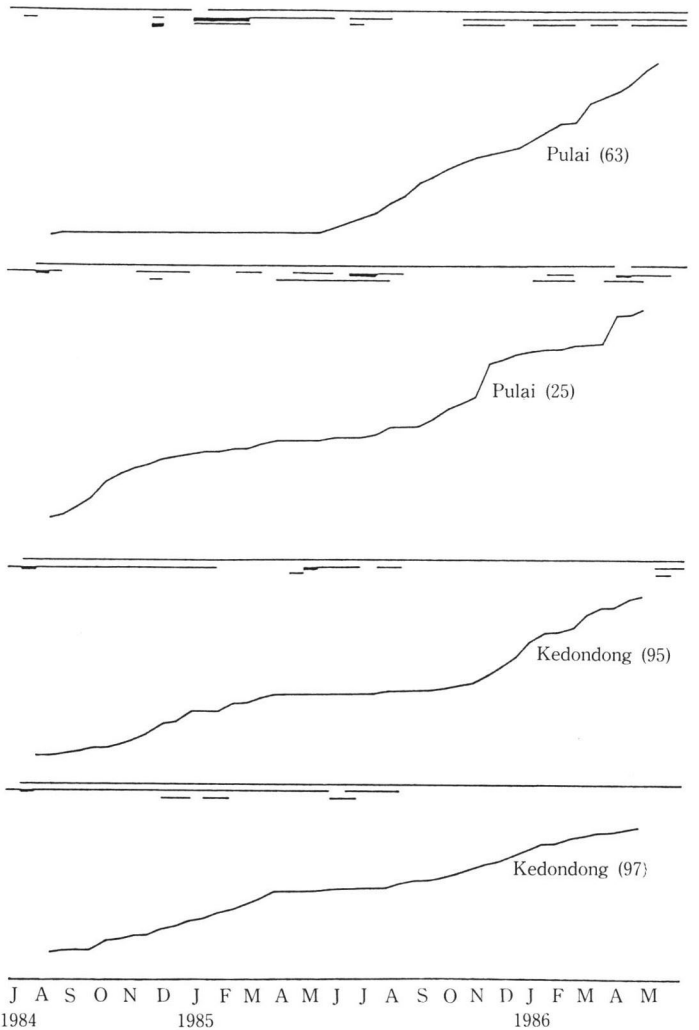

Pulai (63)
Pulai (25)
Kedondong (95)
Kedondong (97)
J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M
1984
1985
1986

図2-37　つづき（3）

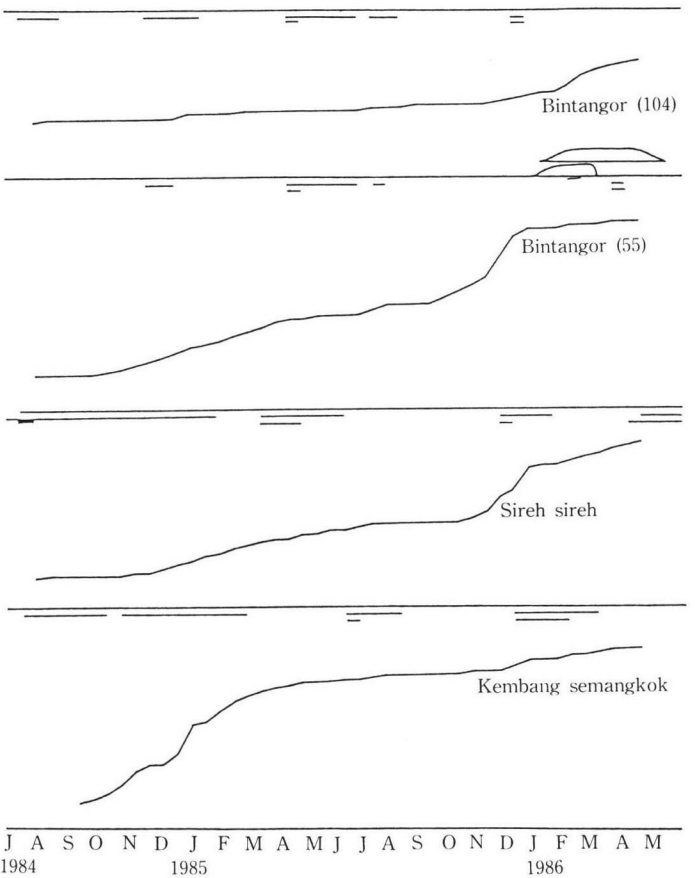

Bintangor (104)
Bintangor (55)
Sireh sireh
Kembang semangkok
J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M
1984
1985
1986

図2-37　つづき（4）

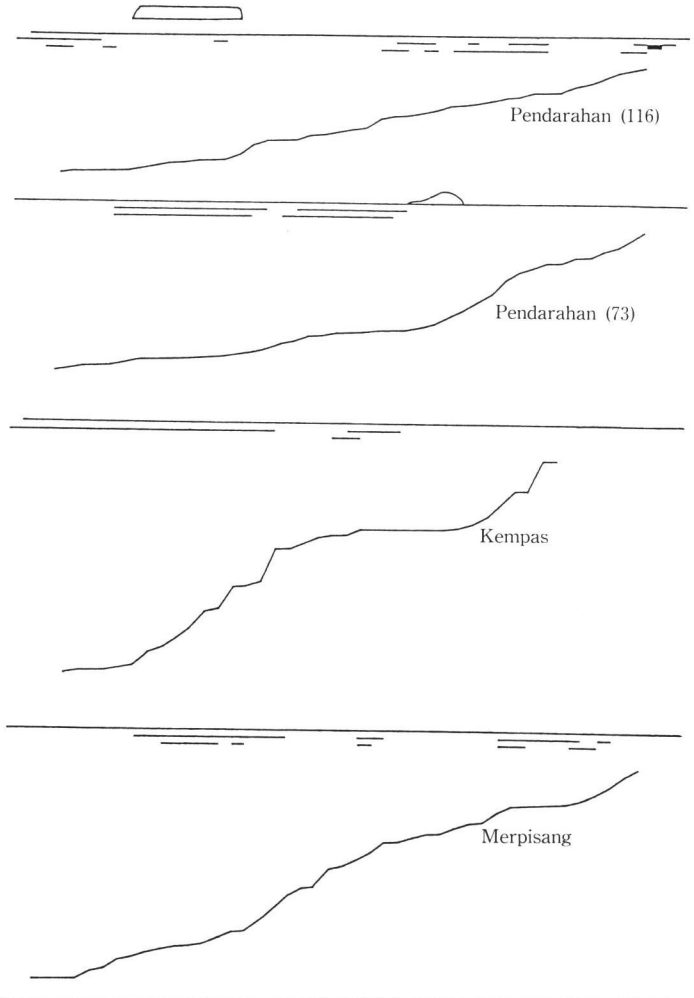

Pendarahan (116)
Pendarahan (73)
Kempas
Merpisang
J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M
1984
1985
1986

図2-37　つづき（5）

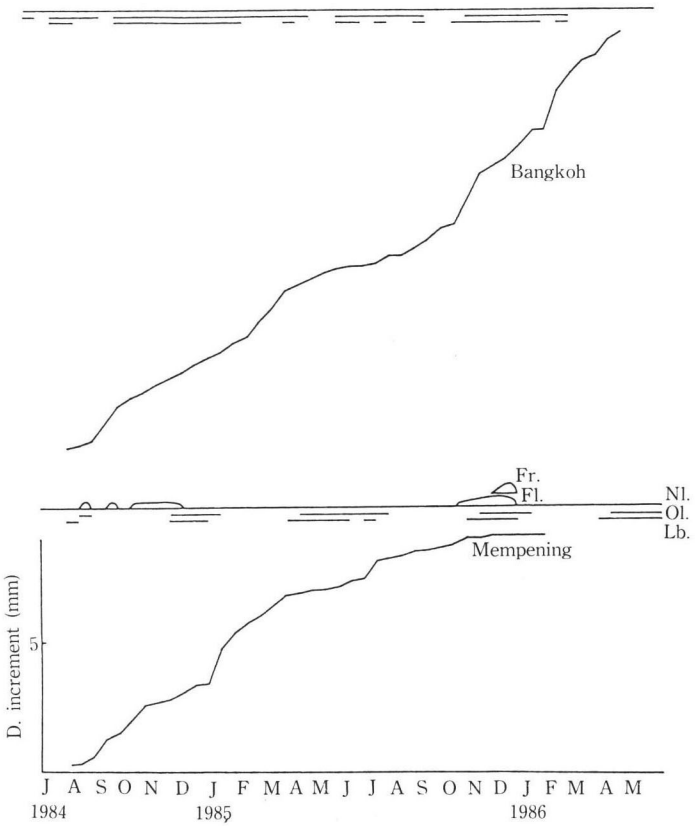

Bangkoh
Fr.
Fl.
Nl.
Ol.
Lb.
Mempening
D. increment (mm)
5
J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M
1984
1985
1986

図2-37　つづき（6）

Kedondong 97	(D=12.4)	隔伸
Medang bernok 1	(D=16.1)	常伸
Geronggang 77	(D=12.2)	常伸型隔伸
Geronggang 78	(D=16.5)	常伸型隔伸
Geronggang 60	(D=13.7)	常伸型隔伸

以上の様にまちまちであり，新芽新葉の時期と幹の肥大生長が関連しているということはいえない．

(3) *Agathis* 林

Agathis 林では，50 m×50 m プロット内の全 *Agathis* にダイアルゲージをつけ，*Agthis* 以外についても多くの木にダイアルゲージを取り付けた．しかし，ここでの肥大生長はきわめて小さいものが多かった．これは取り付けの不手際によるものか，あるいは樹脂の流出などにより，アルミテープが作動しなくなったものか，あるいは現実に肥大生長がそれほど遅いものか，今後の検討を要するが，ここでは植物季節との関連について述べたい．

まず *Agathis* では，生長の良かった No. 118，124，29，24 の肥大生長と植物季節を検討してみると，混交フタバガキ林のフタバガキ科でみられたような傾向は全くみられない．肥大生長の動きはすべて同じタイプを示し，また植物季節の動きもよく似ているが，球果の形成にあわすこともなければ，また新葉や新芽の開出がない時期に幹の肥大生長が大きいという傾向もなく，逆にこういう時期は肥大生長の動きが小さい．この傾向はより生長量の小さい *Agathis* 一般においてもみられる．すなわち *Agathis* では 1984 年 8 月から 1985 年 2 月頃までは肥大生長が増すが，それから 1985 年 8 月までは非常にゆるやかな生長となる．そしてその後ふたたび生長速度は大きくなり，この傾向が 1986 年 4 月まで続く．こうしてみると雨の少ない時期には少し生長が遅くなり，雨の多い時期には新芽や新葉の開出もあって，生長が促進されるというように解釈できる（図 2-38）．

Agathis 以外では Resak durian が最も顕著な開花結実活動を示しているが，

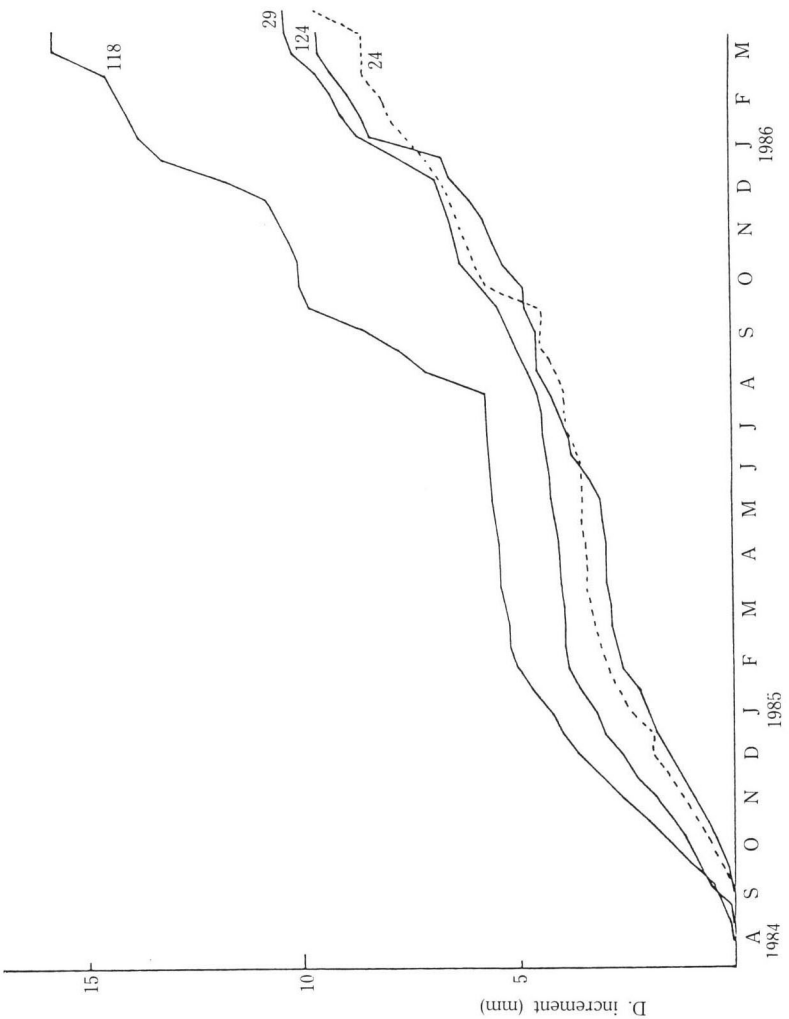


図 2-38　*Agathis* 林における *Agathis* の直径生長

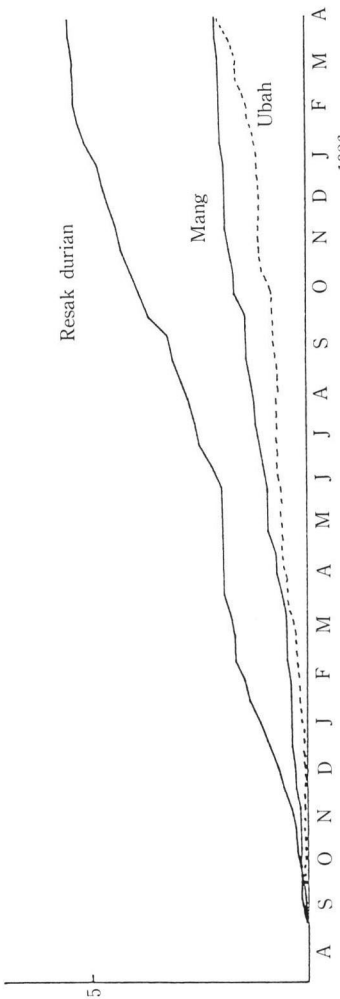
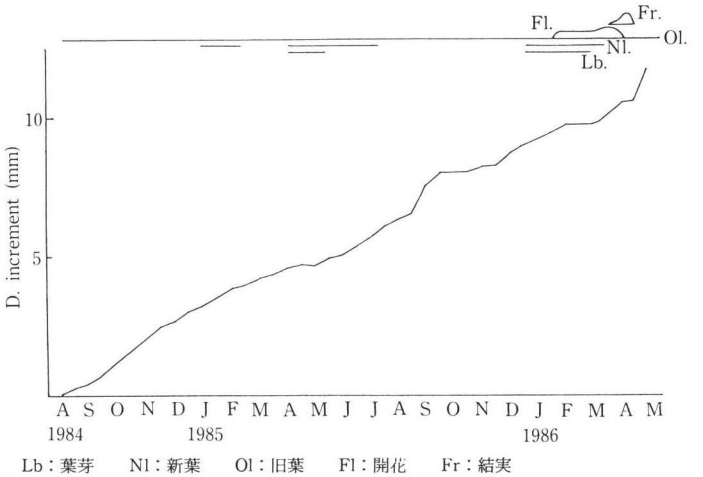


図 2-39 *Agathis* 林における *Agathis* 以外の樹種の直径生長



Lb：葉芽　Nl：新葉　Ol：旧葉　Fl：開花　Fr：結実

図2-40　Alan bunga 林における Alan の直径生長と植物季節の関係

これとダイアルゲージとの動きは特に関連性はみられない．むしろ，ここでも *Agathis* と同様に雨の少ない時期よりも多い時期に肥大生長の動きは大きい．Ubah（28）や Mang（35）では，生長量が少ないので明白ではないが，やはり，同様な傾向がでている（図2-39）．

(4) Alan bunga 林

ここでは Alan に12個体，Alan 以外で12個体にダイアルゲージを取り付けたが，両者で各3個体の生長が小さかったことを除いて順調に作動した．

まず Alan では，No. 8 では新葉の芽出しか開葉のおこる時期に幹肥大生長は小さくなり，一時減少さえする．また開花結実期にも同じ様な傾向がみられ，落果後，肥大生長は増加する（図2-40）．この傾向がみられるのはこの個体だけである．これ以外ではこれほど顕著ではないが，しかし，開花結実の時期には生長は鈍る傾向にあり，また葉の開出時にもやや鈍化するとみていいだろう．

Alan 以外の樹種では Mempening が Alan とよく似た肥大生長の動きを示すが，これと植物季節的な現象との関連は明らかでない．また Ubah についても同様である（図2-41）．いずれにしても肥大生長のパターンはよく似ており，ここ

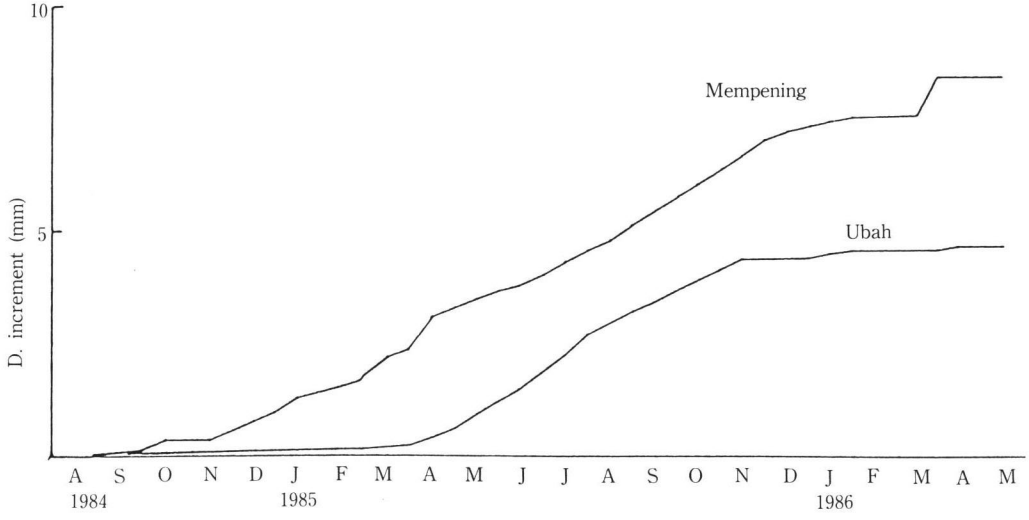


図 2-41　Alan bunga 林における Alan 以外の樹種の直径生長

では，雨の少ない時期に生長の伸びが大きい．

3　植物季節と生長様式

以上，ダイアルゲージについて述べてきたが，ここではいくつかの考察すべき事項がある．すなわち，(1) 取り付け後の作動状況，(2) 混交フタバガキ林におけるフタバガキ科と非フタバガキ科樹種の新葉開花結実現象と肥大生長との関連性について，(3) *Agathis* 林における雨の多い時期における生長と葉の伸び方について，(4) Alan 林における雨の少ない時期における生長の良さについてである．

(1)　取り付け後の作動状況について

今回用いたアルミニウム製幹肥大生長測定器は，アメリカで開発され，その後，最近になって日本の研究者により，日本国内やインドネシア各地で用いられている．スマトラで用いた例では，取り付け後，ツパイなどによってコイルがはずされたもの以外は順調に作動していたときいている．

今回の調査では，Arboretum では多くのゲージが測定できなかったのは，人や小動物による被害が多かったことと，ここがはじめて取り付けた場所であったため，不手際で，コイルの取り付けなどがしっかりしていなかったものが多かったためと思われる．大木については途中でアルミテープをつなぐことになるが，この場合は問題はなかった．*Agathis* での障害は，取り付け時ナタで樹皮面を削った際，削りすぎて樹皮から樹脂が滲出し，それによってアルミが幹に固定してしまったものが多いことである．混交フタバガキ林や Alan ではよじ登り植物の根がアルミテープを押さえつけるというケースがいくらかあった．これらの障害は直径の小さな木に使った薄手のアルミニウム板を使った時によくおきた．樹皮周辺部における着生植物の生育は，熱帯では予想以上にはやく，また，樹脂の滲出は，*Agathis* はいうまでもなく，他樹種においても多くみられることから，この種の機器の取り付けには万全の注意を払わなくてはならない．

(2) フタバガキ科樹種の季節性と非フタバガキ科樹種の非季節性について

Arboretum Andulau と Andulau 保護林の混交フタバガキ林において，すでに述べたように，フタバガキ科において新葉の開出や開花結実などの植物季節と幹の肥大生長とはある一定した関係があり，非フタバガキ科にも同様な傾向がみられるのと同時にそうでないものも多く，一定した関係はみられないということであった．

さて，ここでは，フタバガキ科の樹種の開花結実現象が毎年のものでなく，数年に1回のものであるということが一つのポイントとなるように思われる．つまり，数年間の間隔をおいて開花現象に導くためには，花芽の形成分だけ葉芽が減少し，開花結実へのエネルギー量が幹への肥大生長分を減らすということは充分ありうることであろう．そしてこのフタバガキ科の開花現象は，全枝に一斉に開花結実するようなタイプであるだけに，その時の光合成物質の肥大生長からの転流分はかなりの部分があるとみていいだろう．また葉については，はっきりした傾向を示すものはすべて隔伸型であり，葉の開葉にともなう時期にはエネルギーがそちらにまわるということがいえそうである．

一方，非フタバガキ科のものについては，フタバガキ科ほどはっきりした傾向はでてこない．これは，フタバガキ科が一つの科にまとめられ，しかもその性質として，大量開花の性質をそなえ，階層構造では上層を占め，葉の展開からみると隔伸型であるという比較的まとまった性質を持つのにたいし，非フタバガキ科はいくつもの科に属するものであり，階層構造における位置も上層から下層のものがあり，かつ伸長型も常伸のものから隔伸まで多種多様である．したがって肥大生長との関連がはっきりしないのが自然であるといえる．

(3) *Agathis* における雨の多い時期の肥大生長について

Agathis 林では雨の多い時期に肥大生長量が増加し，また，新葉の展開も多いという事実は，一つの熱帯雨林の典型といっていいかもしれない．これは *Agathis* の立地条件から考えなくてはならない．*Agathis* の生育するクランガス林は多雨林気候下にあっては珍しく乾生型といってもいい森林であり，白色の

ポドゾル土は，白砂といってよいほど水はけもよく，森林全体はきわめて乾生的な相観を呈している．従って雨量による生長の差が他のどの森林型よりも大きいとみなければならず，雨の少ない時期は当然，生産活動も制限される．雨の多い時期に葉の展開がおこり，それにともなって，光合成も活発に行なわれ，幹の肥大生長も盛んになるとみてよいだろう．これは *Agathis* だけでなく，同じ立地に生育する他の樹種にとっても同様であろう．

(4) Alan 林における雨の少ない時期における生長の良さについて

Alan bunga における葉芽，開花，結実現象時には肥大生長がおちることは，混交フタバガキ林と同じである．ここで大事なことは，雨の少ない時期に肥大生長ののびが大きいという点である．この傾向は，*Agathis* 林と全く逆であって，面白い．これを解釈するとすれば，泥炭湿地林では常に過湿の状態にあって，その状態では肥大生長は常に低目に抑えられている．これが雨の少ないやや乾燥気味の時になると，過湿状態が緩和され，周辺の環境が正常な生育により近くなって，肥大生長も促進されると考えてよいだろう．すなわち，湿地林に生育する樹種は，乾土に生育する樹種に比べれば湿地条件に適応しているだろうが，それでもやはり，湿地条件は大きな生長阻害要因なのである．

以上述べてきたように，ダイアルゲージによるミクロな直径の動きは，いくつかの傾向を示した．これをまとめてみると次のようになる．

① 適湿条件——混交フタバガキ林

上層・隔伸：開花結実時の肥大生長停止——フタバガキ科

中・下層・常伸～隔伸：肥大生長の関連性不明瞭——非フタバガキ科

② 乾燥条件——*Agathis* 林

雨による生育条件の良好化——雨季の肥大生長大

③ 過湿条件——Alan 林

乾期による生育条件の良好化——乾期の肥大生長大

植物季節の項であげた文献の中で，Wong (1983) は下層樹種ほど植物季節現象に季節性が乏しいことをあげており，他の文献にみられる上層を占めるフタ

バガキ科が逆に季節性を示すのと対照的である．この現象は上層に分布する樹種がより季節の動きに敏感であり，気象条件の緩和される下層では，それほどでもないことはごく普通に考えられることであり，Richards の中にもいくつか例が挙げられている．

ここではどういう性質の樹種が階層構造の中で上層となりうるのか，これを少し考えてみたい．ここでえられた資料は植物季節的データとダイアルゲージによるものである．

まず，生長の周期性ということで常伸性と隔伸性が郡場によって提示された．そしてこのことを，私は樹種のもつ生態的な立場で説明した．ここでは，さらにすすんで，何故ある樹種が占める位置がきまるのか，あるいは，どの因子が最も大きく階層構造の位置に影響するのかを考えてみたい．

まず，郡場は熱帯の落葉樹について分析しているが，常緑樹と落葉樹の気象条件に対する適応という点では常緑樹の方が優れている．すなわち落葉樹は葉を落とすということによって乾燥期や冬場をのりきるが，常緑樹はそのままの状態で耐え抜く．熱帯では，それほど植物の生育にとって厳しい条件はないが，それは温帯人のセンスであり，実際には，嵐のあとの気温の急激な低下や，雨のあと晴天が続くことなどによって落葉現象や開花結実が推進されることが知られている．むろん常緑樹が熱帯に多いわけであるが，落葉樹の比率もそれほど低くないということは，熱帯多雨林という比較的安定した気候条件下で，そのわずかな気象条件の差に感応する樹種がかなりみられるということであり，それは注意しなければならない．

次に，伸長型については，常伸と隔伸という大きな類型化ができるが，このうち常伸というのは，いわば，何事がおころうとも常につきすすむタイプであり，休止期がない．それに比べて隔伸型は，ある一定の間隔をおいて，伸長を休むタイプである．このどちらが有利であるか，それは単純にはきめられないが，少なくともパイオニア型の植物でいちはやく林地を覆ってしまうようなタイプは常伸型が有利であろう．しかしこういうタイプは，それほど大型に生長

することはなく，回転のはやい薄くて大型の葉を次々と開出することによって，ある段階まで達すると生長を停止してしまう．これらは立地と樹種のもつ性格とが一致する場合であるが，むろんこれ以外にも常伸性は有利な面がある．それは二次林などに旺盛に繁茂するだけでなく，天然林においてもギャップの中からいちはやく生長を続けて上層に達する性質である．このことにより，下層にいることなく，他樹種よりもよりよい生活環境を確保するタイプである．天然林のなかにはこういった樹種も相当含まれている．

それでは隔伸型というのはいかなる性質であろうか．ここでの特徴はいわゆる休止期をもつことである．休止期には葉條の伸長が停止するわけであるから，常伸性が常に新しい新陳代謝を繰り返しているのに対し，隔伸型では，ある間をおくことによって，伸長生長分が他の部位の拡充備蓄に向けられると考えられる．すなわち肥大生長がこの時期におこると考えてよい．あるいは，蓄積された光合成物質が，次の開葉や開花結実のためのエネルギーとして蓄えられるということも考えられるだろう．このことは常伸性に比べて，ある意味では抑制のきいた，種々の周辺の環境条件に対しても備えのある性質を具備しているとみてよいだろう．つまり，耐性としては，常伸性よりも隔伸性の方が優れていると考えられる．

次に林分内で優占する条件を考えてみよう．この点については，いろいろな角度からの接近が可能であるが，まず繁殖の大量一斉化ということがあげられる．フタバガキ科の樹種が一斉開花することはすでに植物季節の項でも述べた通りであるが，この性格は少なくともフタバガキ科の樹種が優占することに大きな役割を果たしているに相違ない．一斉開花ということは一つの個体をとってみると，その大部分の枝に花芽がつき，開花結実にいたる過程がスムーズに運び，完熟した種子群が地上に定着し，正常に繁殖しているひと続きの過程が完結することである．これが成功に導かれるためには，小量よりも大量の繁殖因子が働くことがよいのは自明のことである．この大量一斉開花という現象と伸長型との関連はどうであろうか．

おそらく，常伸型のものが，常に伸長することによって間断なく開花結実する傾向にあるのに対し，隔伸型のものほど一斉に開花結実する性格を持ち合わせているのではないだろうか．そうであれば，隔伸型というのは，優占種として天然林に長く生育する性質を備えているものといわねばなるまい．

郡場が調べたシンガポールの植物の中で，フタバガキ科の中で常伸型は，*Dryobalanops* 属の1種だけでほかはすべて隔伸型または落葉型である．おそらく，熱帯多雨林の上層樹種をとってみれば，隔伸型の方がずっと多いと思われる．隔伸型の方が気象に対する反応は敏感であり，それに対する適応の幅も大きいと思われるが，同時に内的要因についても郡場がいうように無視できない問題を含んでいる．すなわち，生長に関与するホルモンや開花生理を促進する開花ホルモンなどが，どのような条件下に，いかに作用するのかであるが，残念ながら，少なくとも熱帯樹種について調べたものはないようである．

しかし，ホルモンの問題はここで立ち入る性質のものではない．大量一斉開花という性質が，優占種として有利なものであることに間違いはない．次に，樹体の大きさである．これは同じ立地条件下にどれだけ大きくなれるかの問題である．これには絶対的な大きさと共に，相対的な生長速度がかかわってくる．フタバガキ科の樹種群にしても，いかに大量開花しようとも小木であればそれほど優占種として優れたものではなく，この科の優れた点は，直径1 m以上，樹高40 m以上に伸びて，森林の第1層を優占することにある．ここで重要なのは，第1層に達するまでの過程であり，これには，実生から稚樹をへて大径木にいたるまでのまわりとの生長差が問題となってくる．残念ながら，この過程の生長をきめ細かく追ったデータはないが，予想されることは，大径木に達するまでの生長速度については樹種間にかなりの差があり，その差が優占種として存在しうるかどうかの分かれ目となるにちがいないことである．従って，小径木から中径木までの伸びの差は，大量開花して活着した種子が，害虫や悪い立地条件下からのがれ生育してくる第二の関門である．そしてここでも，周辺にどのような大木や同種木があるか，アレロパシーの問題はどうかというこ

とも含めて，競争の末，優占木となるのである．一旦，第1層に達した個体は，そこで旺盛な光合成活動を始め，優占種としての地位を固め，大量開花結実という周期を繰り返していく．

おそらく，郡場もいうように，地質学的年代においてはほとんどの樹種が常伸型であったものが，様々な環境変化の中を通って今あるように性格の異なったものになってきたのであろう．

これら以外の性格として重要なことは，乾燥や，湿度にたいする耐性の程度である．*Agathis* や Alan でみられた雨の多少と活動期との関係は，両樹種がそれぞれの立地で最も耐性があるにもかかわらず，その条件は制限要因として働いているわけで，それが緩和される条件下では，やはり植物の活動は活発になってくるのである．そしてこの両者の中間地点にあるものが混交フタバガキ林の立地条件なのであろう．

優占種の問題として種数がある．立地条件として制限要因が大きいものほどそこに生育する種数は少なくなり，制限が緩和されるにしたがって種数は多くなる．ここで種数が少なくなればその中でもっとも優勢なものが優占種となり，その性質が制限要因にたいして耐性の幅が大きければ大きいほど，他種との差が開いてくる．泥炭湿地林での Alan はこの典型である．

すなわち，Alan は大量一斉開花する性質をもち，また，生長も速い．この生長の過程を追ったものはないが，Alan の第1層がとびぬけているのに対し，他樹種ははるか下位にあることは，このことを示したものにほかならない．これに加えて，形態的に大きな板根をもち，これが四方に細根網を広げて吸収面積を大きくし，また，二段構造の根系をもって分解に寄与している．さらに，泥炭の地中深く，時にはその深部の地層にまで届く長大な根系が板根下部から発達していることも大きな要因であろう．古川は，これに加えて，潮位の変化の幅が小さく，滞水状態が長く，それが Alan のような巨大な板根をもつ樹種をさらに優位に導いているとしている．むろん長大な根系のもつ広がりが泥炭地という立地の悪さの中で，物理的な理由による倒伏から大きな樹体を支える

のに有利であることはいうまでもない．

Agathis については，これほど顕著な特徴はみられず，どのような要因が一斉林をつくるのか明白ではないが，*Agathis* 林における根系の厚さをみると，クランガス林の白砂上の長い間のリターの蓄積の間に *Agathis* が入り，更新のよさが他樹を少しずつ後退させていったのではないだろうか．*Agathis* の樹脂のもつ化学成分が，アレロパシー現象として他樹種にマイナスの影響を与えていることも大いに考えられる．

Alan の一斉開花がおこったのは雨季の最中である．一方，*Agathis* や混交フタバガキ林の多くは乾期の終わりに開花する．この差はどこからくるのか．私は，実はこれは同じストレスであると考えている．すなわち，湿地性の Alan にとっては，滞水状態の中にさらに雨水が増加することは，より生育条件を悪くすることである．これは乾土に生育する場合に雨が降らずに乾くことがストレスとなることと質的に同じである．どちらの場合にもかなり極端な方向まで行った場合に，一斉開花現象がおこるのではないかと，私は考えている．

第3章　パングランゴ山地林の生態

第1節　パングランゴ山の位置づけ

1　はじめに

インドネシアの土をはじめて踏んだのは1969年1月10日のことであった．1965年に見たタイでは，すでに大阪市立大学，京都大学による森林調査が，チュラロンコーン大学，カセツァート大学の協力のもとに行なわれていた．できれば日本の研究者がまだあまり入っていない地域を調査したいと考えていたので，東南アジア研究センターの留学生に応募したときには，インドネシアを選んだ．日本で得られた情報からは，インドネシアの森林に関する具体的な状況はつかめず，そのまま日本を出発し，タイ，マレーシアで諸先輩の調査地をみてまわり，インドネシアへ入ったのである．

留学先は，ボゴールにある国立生物学研究所（Lembaga Biologi Nasional）（1969年当時）である．インドネシア国内の森林に関する情報を集めた結果，外領は資金面で無理と判断し，ジャワ島のできるだけアプローチのよい原生林を研究対象とすることにした．のちに述べるようにジャワ島での森林面積は小さく，原生林はそう多くは残っていない．西ジャワで調査候補地を探すと，パングランゴ山とウジュンクロンしかないのである．他の地域の大部分は二次林，水田，茶園，ゴム園，畑地などに利用しつくされている．ウジュンクロンは西ジャワ西端の半島部で，アプローチに2日かかる．定期的な測定をするには不都合なので，パングランゴ山に努力を集中することにした．パングランゴ山でなされた植物学に関する研究を調べてみると200以上の報告が発表されている（van Steenis & van Steenis Kruseman 1953）．調査のほとんどはオランダ時代にな

されたもので，オランダ語，ドイツ語によるものが多い．分類学，形態学，生理学に関するものが大部分をしめ，森林生態学に関係あるものとしてはSeifriz (1923) と Meijer (1959) のものを数えるのみである．前者は森林の垂直分布帯をあつかっていて，各高度の優占種によって分布帯を区別している．後者は標高 1400 m 付近における植物社会学調査である．

山地の森林植生をあつかう以上，高度による変化をできるだけこまかく把握したいと考えていた．垂直分布帯については，数多くの著者によって論ぜられてきた．今西 (1937) の日本アルプスの垂直分布帯，吉良 (1949) の温量指数による日本産主要樹種の分布域論，Whittaker (1956) の環境傾度分析による Great Smoky Mountains の解析などを代表的なものとしてあげることができよう．これらの業績のうち前二者は樹種の分布，つまりその種が出現するかしないかを問題にしているといえよう．Whittaker は山地の環境傾度にそった樹種の量的な分布を扱っている．実際に山をのぼっていくと，構成樹種の変化だけでなく，森林の構造も変化していくことに気がつく．この事実は熱帯では特に顕著で Wyatt-Smith (1964) はマレーシアでの例を報告しているし，Whittaker (1970) も指摘している通りである．

森林の構造を階層構造としてとらえようとするならば，Ogawa ら (1965) の樹冠深度図，Hozumi ら (1968) の分布密度関数による解析法，荻野 (1974) による地上からの各個体の識別による階層わけなどの方法があげられる．

パングランゴ山麓の標高 1600 m から 3000 m の山頂にいたる 1400 m の標高差をもつところに 9 個の調査地を設け，それぞれの標高における構成樹種，階層構造を観察することによって，個体の樹種の分布域を調査したうえ，それぞれの樹種が出現する林分において階層構造のどの部分を占めるかを調べ，それぞれの樹種のもつ生態学的な意義を明らかにしようと試みたのが本論である．

調査を行なったのは 1969 年 1 月から 70 年 1 月までの 1 カ年間と 1976 年 10 月の 1 カ月間である．

2　調査地の概況

(1)　インドネシアの地理

「赤道直下にかけられたエメラルドの首飾り」と形容されるように，インドネシアは多数の島嶼群からなっている．その範囲は東経95°から135°，北緯6°から南緯11°に及ぶ．西端のスンバ島から東端のイリアンジャヤまでは東西4800 kmにまたがり，カムチャツカから台湾にいたる距離に等しい．南北は1600 kmに達し，アメリカ合衆国と同じ広がりをもつことになる（渡辺1959）．大小あわせて3000以上ともいわれる島嶼群をささえるインドネシアの地質構造は，(イ) スンダ陸棚，(ロ) サフル陸棚，および (ハ) スンダ，サフル両陸棚の中間に位置する幼年期の山々という三つの単位からなる基本構造を持っている．

スンダ陸棚はアジア大陸塊の最南端部を構成する安定した構造をもつ部分で，長い地質時代を通じて，ほとんど地塊としてのまとまりを乱されたことがないといわれている．ボルネオ，東スマトラ，北ジャワおよび，マレー半島の基盤である．サフル陸棚はオーストラリア陸塊が北方へ張り出したもので，やはり安定した構造をもつ．北限は中部ニューギニアを東西に走る主山脈の南側にある．

スンダ，サフル両陸棚にはさまれた部分は第三紀以降の比較的若い時代に生じた造山運動の産物であるといわれる．褶曲山脈としてかなり複雑な島弧群を形成しているのである．この島弧群はビルマより南下するビルマ＝ジャワ弧がスマトラ島，ジャワ島，ケイ諸島およびセラム島などを形成する．この弧に平行してインド洋側に深い海溝を挟んで，ニアス＝メンタウェイがあり，ジャワの南側では完全に海面下に没している海底台に連なる（ドビー1961）．

インドネシアの地形に影響を与えている特徴的なものとして，次に火山の活動をあげねばならないだろう．環太平洋火山帯と地中海火山帯が出会うこの地域には実に多数の火山が見られる．新しい火山はスンダ，サフル両陸棚に挟まれた部分に見られ，インドネシア全体で活火山は100座以上，休火山は300座をこえるといわれる．

インドネシアの国土面積で最大のものはカリマンタン（ボルネオ島の東半部分を占める地域）である．スマトラ島がそれについでいる．人口の集中度についてみると圧倒的にジャワ・マドウラ地域に集中していることがわかる．ジャワ・マドウラ地域は面積は小さいが人口密度は499人/km²と断然大きい．第二の人口集中地帯であるバリ・ヌサトゥンガラ地域では79人/km²であるから，ジャワ島の人口集中度は非常に高いといえる．人口密度が第三位以下ではスラウェシ40人/km²，スマトラが35人/km²，カリマンタンでは8人/km²である．人口の集中する地域では森林面積は小さくなっていく．もっとも面積の大きいカリマンタンでは60％，スラウェシでは53％，ジャワ・マドウラでは実に23％にすぎない．

カリマンタン，スマトラ島などではフタバガキ科に属する樹種を優占種群とする熱帯多雨林が見られ，種の多様性，森林の規模などは3熱帯中最大であるといわれている．スラウェシからマルク，ニューギニアにかけては特定の優占種群がみられない多雨林が存在するが，調査が不充分で詳しいことはわからない．ジャワ島の調査はもっともよく行きとどいており，のちに述べるように多雨林からモンスーン林までの森林型がみられる．植物相にかんしては，Backer（1963～1968）やvan Steenis（1972）に詳しくまとめられている．

(2) ジャワ島の地理

ジャワ・マドウラ地域の面積は13万2187 km²でそれがインドネシア全体に占める割合は，6.94％にすぎない．1963年の統計によれば，この地域の森林面積は全陸地面積の23％で，全国平均の64％に比べて極端に少ない．森林が見られるのは，東西両端の半島部のウジュンクロン，バルランならびにヌサクンバン，プロウスリブなどの離島，そして本調査地のパングランゴ山，スラマット山などの高山に限られている．

インドネシア中，もっとも人口の集中度の高いジャワ島では水田が広がり，その背景にコニーデ型の秀麗な火山が聳える風景がいたるところに見られる．これは外領の熱帯多雨林におおわれた濃緑の世界とは全く異なった景観である．

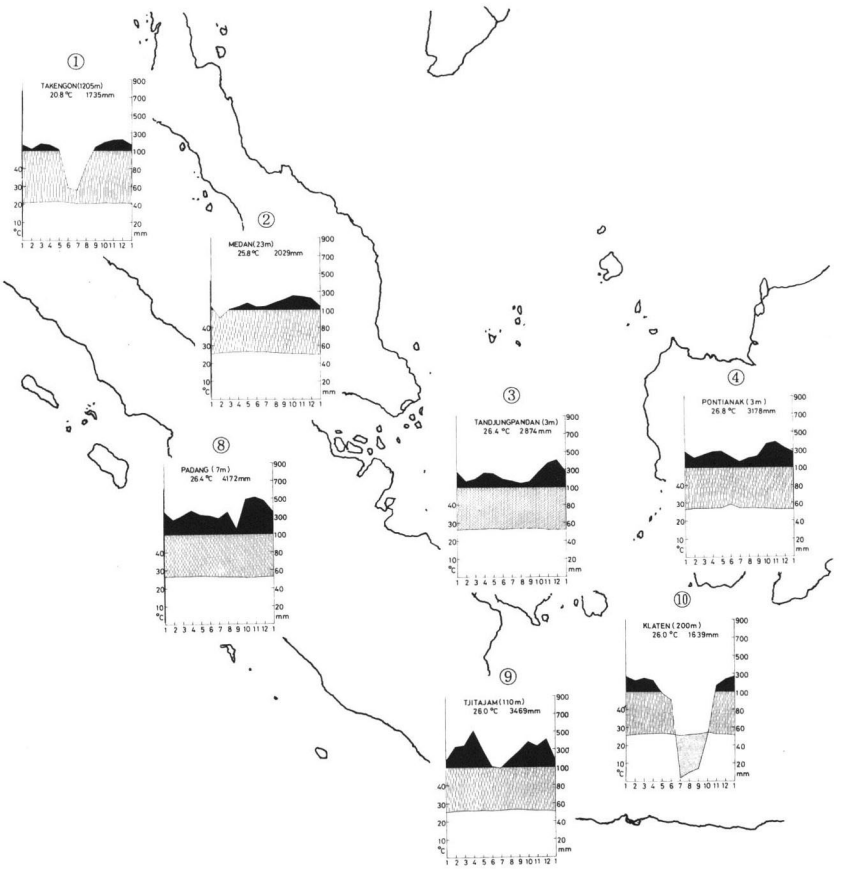
ジャワの景観を特徴づける火山群の活動は第三紀中期にはじまり，第四紀に入ると一段と激しくなって，世界有数の火山地域となった．現在，ジャワの標高2000 m以上の山はほとんどが火山である．最高峰は東ジャワのスメル山（3676 m）で，本調査地となったパングランゴ山（3019 m）は西ジャワの最高峰である．

バンドン，ガルー，ディエン，マランなどのやや冷涼な高原は必ずといっていいほどそれをとり囲む火山を背後にもっている．これらの高原地帯は植民地時代から避暑地として注目されてきたが，一方でまた野菜，果樹，茶などの供給地として重要な位置を占めているのである．西ジャワの標高1200～1500 m付近にはオランダ占領時代に創設されたという茶や果樹のエステートが広くみられる．水田や畑地の広がりとともに土地利用は徹底的に行なわれているといってよい．

上記のことは原生的な森林は1500 m以下にはほとんど残存していないとみてよいということを意味する．バンドン南部の山地では焼畑が標高2000 mちかくまでのびていて，いまもなお乾季にはいたるところに焼畑作業の煙がみられる．人口増加により，森林という植被が徹底的に剝ぎ取られてしまったことは，必然的に大規模な土壌侵食を生じせしめる結果となり，社会経済的にも深刻な問題となってきているという指摘がなされているのである．

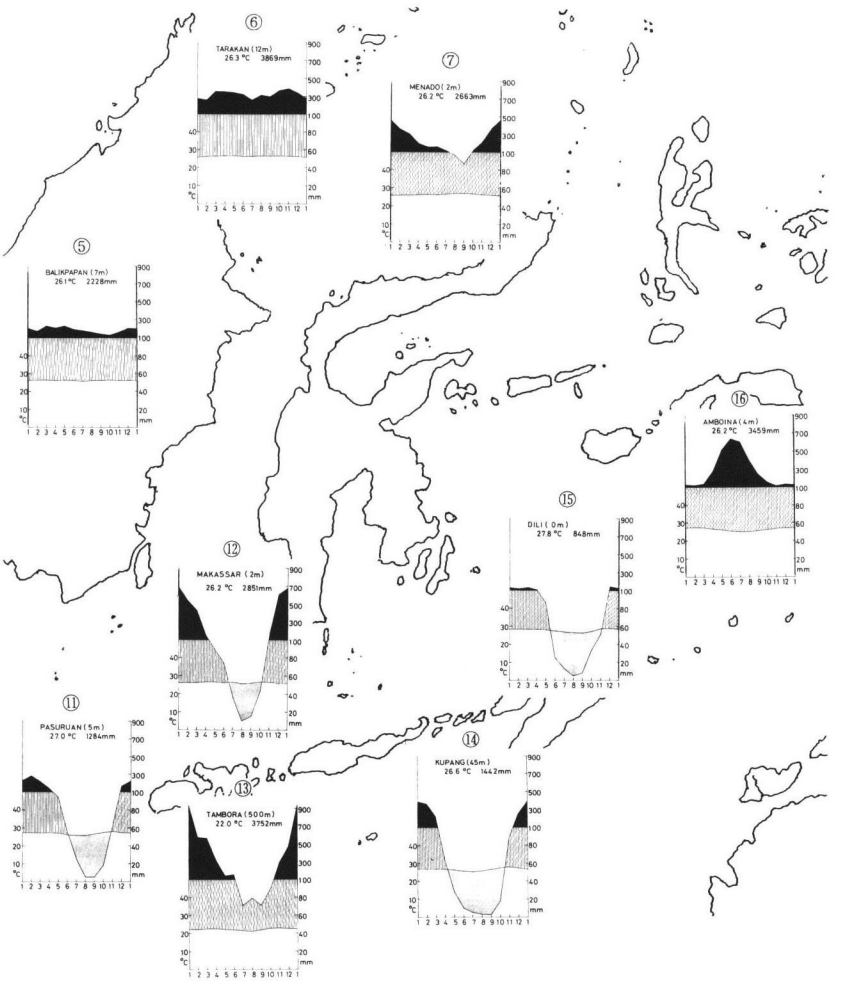
(3)　ジャワ島の気候

ジャワ島は基本的にはモンスーン気候の影響下にあり，季節によって卓越する風向がほぼ定まっている．気温は年中ほぼ一定して高温で，ジャカルタでは年平均26.6℃であり，年較差1.1℃で特に著しい季節変化はない．熱帯海洋性気候下にあるといってよい．降雨量はほぼ半年ごとに交代する二つの季節風によって支配されている．3月から9月には概して南東または東の風が，9月から3月には西ないし北西の風が卓越する．厳密にいうと3月から4月にかけて，また10月から12月にかけてはこの二つの季節風の遷移期にあたり，風はあるいは西から，あるいは東から吹く．



① Takengon ② Medan ③ Tandjungpandan ④ Pontianak ⑤ Balikpapan ⑥ Tarakan ⑦ Menado ⑧ Padang ⑨ Citajam (Tjitajam) ⑩ Klaten ⑪ Pasuruan ⑫ Ujung pandang (Makassar) ⑬ Tambora ⑭ Kupang ⑮ Dili ⑯ Ambon (Amboina)

図 3-1 Walter の方法による



インドネシア各地の温雨図

二つの季節風はいずれもジャワ島に降雨をもたらす．しかしいずれの季節にどれほどの降雨量をみるかは地域によって異なっており，ジャワ島西部の各地では西，西北西の風の時期に，南部では南東，南の風の時期に降雨をみる．したがって雨季はところによって異なった時期に訪れることになる．しかし降雨量そのものは，西，西北西の風がもたらすものが多く，したがってこの風の時期に雨季となる地域が相対的に湿潤な地域となる．

ジャカルタでの12月から3月にかけての雨季の降雨量1014 mmは年降雨量の56％を占める．7，8月を中心に6月から9月までは乾季であり，月雨量が100 mmを越えることは稀である．西部ジャワの山間部では年降雨量が4000 mmを越えるところもある．

ジャワ島を西から東へ移るにつれて，年降雨量は少なくなる．

中部ジャワには中央部に3000 m級の山塊があるので，地域によっては多雨と呼べるところもある．東ジャワになると，年降雨量が1000 mm以下のところもあって，乾燥の程度は著しくなってくる．降雨量の季節変化も著しくなり，乾季と雨季の差がはっきりしてくる．

Walter（1955）は温度1 °Cと雨量2 mmを同じ目盛りで縦軸にとり，横軸に月をとって，雨量曲線と温度曲線を一つの図に描く温雨図によって乾季を決定しようと試みている．すなわち，雨量曲線が温度曲線の下にくる月を乾季とするというのである．

図3-1に示したのはWalterの方法によるインドネシア各地の温雨図である．ジャワ島では西ジャワのチタジャムで平均雨量3469 mm；乾季はなく，中部ジャワのクラテンで平均雨量1639 mm；乾季3カ月，東部ジャワのパスルアンで降雨量1284 mm；乾季4カ月である．平均気温はいずれも26°C～27°Cで，ほとんど変わりはない．西ジャワから東ジャワにかけて年降雨量が減少し，乾季の持続期間が長くなっていくのがはっきりとあらわされている．東へ行くほど乾燥するという傾向は，ジャワ島の東へまでもつづいている．

(4) ジャワ島の植生

年中ほとんど変化しない高温，モンスーンによって支配される降雨量という二つの特徴をもった気候下にあって，ジャワ島の植生は少なくとも低地においては，林冠の閉鎖した高木林から疎開林まで，いろいろなタイプの森林が自然植生であった．すでに述べたように，現在，自然植生とみなせるものはジャワ島全土にごく断片的にしか残されていない．にもかかわらず，その植物相や植生が比較的よく研究されたのはこのジャワ島においてである．

植物相について簡単にふれておこう．ジャワ島はアジア系要素とオーストラリア系要素の両者を併せもつ地域であるとされている．ジャワ島のみに出現する固有種は少なく，山地ではスマトラとの共通要素が多いといわれる．けれども，マレー半島，ボルネオ，スマトラを特徴づけるアジア系要素の主要なものであるフタバガキ科に属するものはむしろ貧弱である．またオーストラリア系要素については，代表的な *Eucalyptus* はほとんどみられず，わずかに *Podocarpus* をみるにすぎない．

van Steenis (1965) はジャワ島の植生について次の11のタイプに分けている．

1. Submerged littoral vegetation
2. Mangrove
3. Beach formation
4. Lowland swamp forests
5. Hydrophytic vegetation
6. Rheophytic vegetation
7. Mixed lowland and hill rain-forest on dry land
8. Montane everwet rain-forest
9. Mountain swamps and lakes
10. Subalpine vegetation
11. Monsoon forest

このうち，海岸や河辺，山地などにごく限られた分布を示す，いわばマイナ

ーなものを除くと，ジャワ島の主要な植生としては，海岸植生としてのマングローブとバリントニア群落，低湿地にみられる *Alstonia*，*Gluta* 属などを含む湿地林，低地および丘陵地の混交多雨林とモンスーン林，ならびに山地多雨林と亜高山植生などをあげることができる．海岸林や湿地林の面積はごく限られており，スマトラやカリマンタンにみられるような広大なものは存在しない．低地多雨林は降雨量の大きい西ジャワではじめて成立可能なものであったようであるが，現在は人為の干渉を強くうけていて，ほとんど残っていない．ウジュンクロンなどの保護地域にわずかに残された林相から判断すると，最高樹高 50 m 級のよく発達した閉鎖した高木林で，林冠層は五つの階層からなる．スマトラやカリマンタンのフタバガキ科の樹種をまじえた林分と異なる点は，巨大な樹冠が突出する層が欠如していることと，落葉性の樹種がわずかではあるが混じることである．この森林は小川（1974）が Tropical Evergreen Seasonal Forest（熱帯常緑季節林）とよぶタイプにきわめてよく似た相観を示している．マレー半島中部のパソー保護林には，典型的な熱帯多雨林が見られるが，半島を北上して南タイに入ると，西ジャワの低地林と似た相観の森林を見ることができる．つまり典型的な降雨林気候から少しはずれた，降雨量の分布に季節性が見られるところの森林といってよい．

西ジャワから東ジャワに移行するにつれて乾季の存在が顕著になり，いわゆるモンスーン林の世界となる．チークをはじめとして，*Butea, Acacia, Albizia, Lagerstroemia* などの落葉性の樹種がめだってくる．構造は単純になって階層は 2 段林となり，樹高も 20 m をこえるものは少なくなる．有棘で，コルク質の厚い樹皮に覆われ，乾燥や火に耐える形態をもったものが多くなる．過去に著しく人手の入ったところは，たとえば東ジャワのバルランにおけるように草原と化しているところも多い．東ジャワではこうした草原が保護区となったりしている．この森林のように乾季落葉型の樹種が優占するところではチークの造林が行なわれている．インドネシアの場合はタイ，ビルマのような良質材を産出しないが，ジャワ林業にとって，チーク造林は重要な要素である．

山地に入り，標高が高くなると，まずブナ科が優占する森林が出現し，やがて高度をますにつれてツツジ科が優占するようになる．van Steenis は前者を山地降雨林，後者を亜高山植生と呼んでいる．山地帯の森林は低地のそれと比べて林冠の構造はよほど単純にはなるけれども，なお閉鎖した林冠をもち，樹高は 30 m を越えることもまれではない．種組成もかなり多様で，つる植物や着生植物が繁茂する．山地帯上部から亜高山帯にかけて，蘚苔類が大量に幹，枝，林床に付着するいわゆる蘚苔林が発達することは，東南アジアの各地におけると同じく，ジャワ島でも普通に見られることである．

以上ジャワ島の植生を概観すると，低地では西から東へ水分条件に支配された低地多雨林（熱帯常緑季節林）からモンスーン林の配列がみられ，垂直方向には低地から高地へ，低地多雨林，山地降雨林，亜高山植生の配列をみることができる．

3　パングランゴ山地の森林

調査地として選んだのは標高 3019 m のパングランゴ山と 2967 m のゲデ山の二つの火山をもつゲデ－パングランゴ山塊の北東斜面の森林である．ゲデ山は高度 2500 m 以上から山頂にかけて，火山活動の影響による植生の破壊が見られるが，パングランゴ山は山頂の一部に局所的な草地をみるほかは，ほぼ全面森林におおわれている．

この山塊の標高 1400 m 以下の部分は広大な茶のエステート，集落，畑地などになっていて，原生的な森林の面影はみるべくもなくなってしまっている．山塊全体からみると，中腹部にあたる標高 1400 m のところにチボダス植物園がある．図 3-2 にこの地域の概念図を示す．

チボダス植物園はインドネシアの生物学研究の中心地であるボゴールの国立生物学研究所の一部をなすボゴール植物園の分園のひとつで，ボゴールの南約 40 km（ジャカルタからは南へ約 100 km）のところに位置する．ここからゲデ－パングランゴ両山までをふくむ地域が厳正自然保護区に指定されたのは

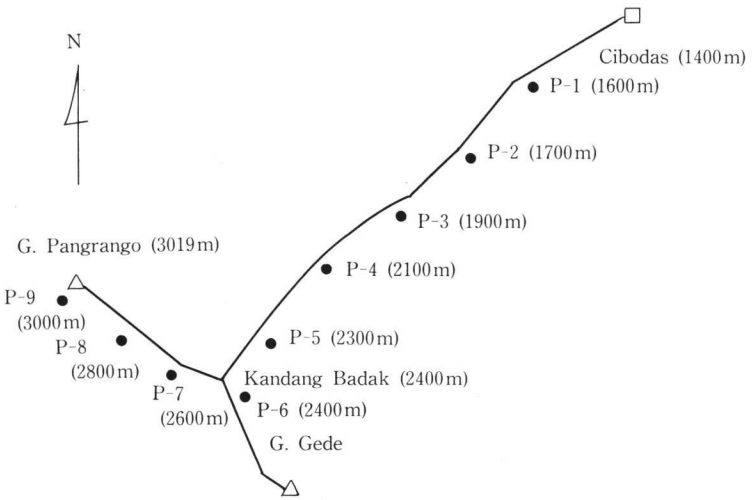
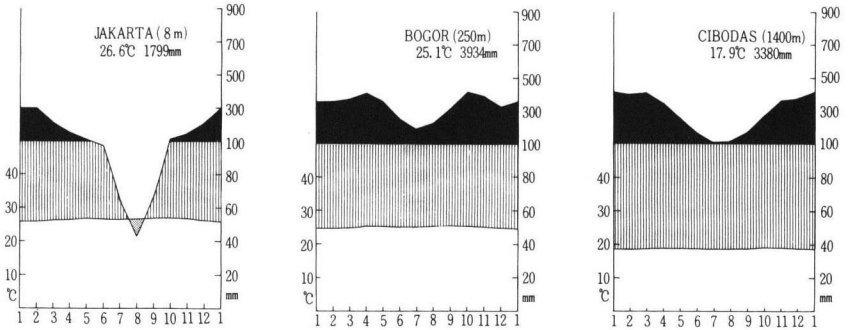


図 3-2　調査地の概念図

1925 年のことであったという．以来所轄官庁はいくつかの変遷を経てきたが，今日この地が熱帯山地林の研究の場として残りえたのは一貫した厳重な保護政策のおかげであったということができる．1400 m 以下の地域は上に述べたように完全に人為的景観と化してしまっているが，それ以上の地の植生を概観すると以下のようになる．

1400mから1500mまで付近には *Altingia excelsa*（インドネシア名 Rasamala）が優占する．この樹種は大きなものでは樹高 60 m ぐらいまで達し，連続した林冠層より上方に樹冠を突出させていて，最上層を優占している．1500 m 付近から *Schima wallichii* やブナ科，クスノキ科の樹種が出現し，1600 m 付近からはこれらの樹種が多く見られる．

1800 m 付近では *Podocarpus imbricatus* が目立ってくる．van Steenis が山地林と呼んだところである．ゲデ山とパングランゴ山の鞍部（2400 m）になると，平均樹高は 20 m 前後となり，林冠層の階層構造も単純化する．樹種も交替し，*Myrsine affinis, Eurya obovata* などや *Vaccinium varingiaefolium* などの森林となる．パングランゴ山山頂（3019m）に近づくにつれ，着生する蘚苔類の量が多くな



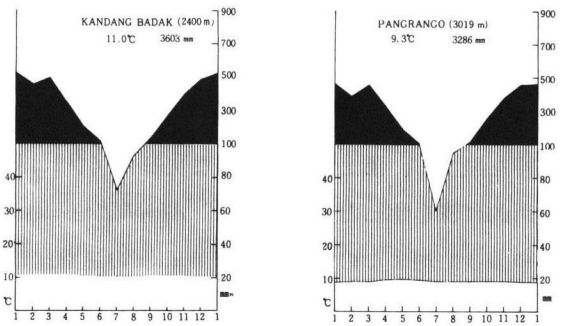


図3-3　西ジャワ各地の温雨図

表 3-1　パングランゴ山山頂の気象

	平均気温 ℃	平均相対湿度 %	月雨量 mm	降雨日数 > 0.1 mm	日照時間 hr.	日照率
1	8.9	91	461	29	80	27
2	9.0	91	386	26	51	28
3	9.0	91	451	30	88	22
4	9.6	88	329	28	99	33
5	9.9	82	191	25	161	41
6	9.5	78	109	20	172	50
7	9.1	70	60	16	219	69
8	9.1	72	95	17	186	67
9	9.1	76	114	20	172	53
10	9.2	84	259	26	131	39
11	9.2	88	376	27	110	30
12	8.9	88	455	28	73	29
年	9.3	83	3,286	291	1,522	41
統計期間	12～38 (27)	12～38 (27)	12～36 (16)	12～36 (16)	12～36 (16)	12～36 (10)

り，蘚苔林の様相を呈する．頂上付近では矮性化したツツジ科に属する樹種群が優占する．局所的に裸地化したところには，*Anaphalis javanica* が群生する．

西ジャワの海岸より山地までの気候変化を Walter の温雨図によってみると，図 3-3 にみられるように，ジャカルタでは 8 月にかなり明瞭な乾季が判別できるのに対し，ボゴール，チボダスでは顕著な乾季を区別できない．降雨量はジャカルタでは 1799 mm であるが，ボゴール，チボダスでは 3000 mm をこえる．気温の年変動は小さい．年平均気温はジャカルタで 26.6°C，ボゴールで 25.1 °C，チボダスで 17.9°Cのように南へいくにしたがって低下して行くが，それぞれの地における季節変化は著しくない．

パングランゴ山の標高 2400 m と 3019 m の両地点において，1912 年から 1930 年代のおわりまで 27 年間の気象観測が行なわれていた．気温は 2400 m で 11°C，3019 m で 9.3°Cと低下する．年降雨量はそれぞれ 3603 mm と 3286 mm で，チボダスと比べて大きな変化はない．7，8 月の寡雨月でさえ，平均降雨日数が多く，空中湿度が70％を下らない．山頂部では日照時間が短く

なる（表3-1）.

第2節　樹種組成と階層構造の高度変化

1　調査方法

チボダス植物園（国立生物学研究所チボダス分園）の管理するゲデ-パングランゴ（Gede-pangrango）自然保護区（1979年以降は管理は農林省に移管された）の標高1500 mからパングランゴ山頂（3019 m）にいたる登山路にそって調査プロットを選定した．選定にあたってはできるだけ緩斜地の同一斜面方位をもつ原生林をもとめたが，表3-2にみられるように各プロットの傾斜，方位はかなりばらばらのものとなった．プロット1，6，9は1969年2月に，他は1976年10月に設定した．

各調査プロットの総面積は異なるが，いずれも10 m×10 mの小方形区に分け，その中に出現する直径10 cm以上の個体について，樹種の同定，胸高直径，樹高，生枝下高の測定を行なった．直径10 cmから4.5 cmまでのもの，ならびに，樹高1.3 m以上で直径4.5 cm以下のものについても表に示されるような小方形区内において，同上の調査項目の測定を行なった．地表植生については1 m×1 mのコドラートを数個設置し，その中の植物種の同定，種数，個体数，植物高などを測定した．直径測定には直径巻尺を使い，小径木の場合はダイアルキャリパー，ノギスをもちいた．樹高測定にはワイゼ測高器，低木の場合は測定桿を使用した．

各プロットにおける調査の結果を各プロット内に出現した樹種別の個体数，相対優占度によってまとめた．巻末の付表に示すとおりである．

以下に樹種組成，階層構造の高度変化と樹種の特性について検討したところを述べる．

表 3-2　調査プロットの概要

		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9
標　高		1600	1700	1900	2100	2300	2400	2600	2800	3000
傾　斜		3°	10°	14°	10°	20°	20°	12°	32°	7°
方　向		N40°W	W	N10°W	N5°W	N10°W	N	N70°W	N40°E	N55°W
プロットの大きさ	D≧10	1ha.	1000m²	1000m²	1000m²	1000m²	400m²	400m²	400m²	400m²
	4.5≦D<10	1ha.	1000m²	1000m²	400m²	100m²	400m²	400m²	400m²	400m²
	H>1.3，D<4.5	1000m²	100m²	100m²	100m²	25m²	100m²	25m²	100m²	100m²
	地表植生	10m²	100m²	100m²	100m²	25m²	5m²	25m²	25m²	5m²

2　樹種組成の高度変化

(1)　東南アジア山地の垂直分布帯

Seifriz (1923) はゲデ-パングランゴ山の垂直分布帯を優占種によって次のように区別できるとしている.

1400～1670 m　Rasamala subzone

1670～2120 m　Podocarpus subzone

2120～2400 m　Herbaceous subzone

2400 m 以上についてはゲデ山のみについて Vaccinium subzone, Edelweiss subzone を分けている.

奥富 (1977) はボルネオの最高峰キナバル山 (4101 m) の東尾根の垂直分布帯を次のように分けている.

1200～1700 m　熱帯低山地降雨林

1700～2900 m　熱帯上部山地降雨林

2900～3700 m　熱帯亜高山植生

3700～4101 m　熱帯高山矮性低木林

マレーシア半島部の山地では, Wyatt-Smith (1964) が次のように分けている.

0～300 m　低地混交フタバガキ林

300～760 m　丘陵性フタバガキ林

760～1300 m　上部フタバガキ林

1300～1700 m　低山地カシ類照葉樹林

1700 m 以上　山地エリカ林

ニューギニアの Mt. Wilhelmina では, Brass (1941) が次のように区分している.

480～2350 m　カシ類林

850～3100 m　南極ブナ林

3000～3500 m　毬果植物林

3500～4050 m　灌木林

van Steenis (1972) はさまざまな種の分布の上限高度と下限高度から，種組成が顕著に変化する高度をもとめ，分布帯の境としてマレーシア区系（マレー半島，スマトラ，ジャワ，ボルネオ，スラウェシからニューギニアを含む）の垂直分布帯を次のように分けた．

1～1000 m	Tropical zone（熱帯）
1000～1500 m	Submontane zone（亜山地帯）
1500～2400 m	Montane zone（山地帯）
2400～4000 m	Subalpine zone（亜高山帯）
4000～4500 m	Alpine zone（高山帯）
4500～5000 m	Nival zone（恒雪帯）

以上あげた例を互いに比較してみると東南アジア山地の森林に共通することはブナ科とツツジ科の優占する森林帯が認められることであろう．前者はvan Steenisが，Montane zone（山地帯）と呼んだ森林の優占種群であり，後者はSubalpine zone（亜高山帯）の優占種群である．両地帯に *Podocarpus, Dacrydium* などの針葉樹が混交することも特色の一つにあげられている．山地帯上部から亜高山帯にかけていわゆる蘚苔林（Mossy forest）が発達することも東南アジア山地の特色といえよう．

(2) いろいろな樹種の垂直分布域

各調査プロットに出現した胸高直径10 cm以上の個体を樹種別に個体数，相対優占度についてとりまとめたのが後掲の表3-4である．9プロットで数えた全種数は81種であり，うち57種がプロット1に出現した．出現頻度の高い樹種をあげれば，*Acronodia punctata*（9プロットのうち7プロットに出現），*Schima wallichii*（6プロット），*Polyosma ilicifolia*（6プロット），*Myrsine affinis*（4プロット），*Eurya obovata*（4プロット）となる．

次に，出現頻度は高くないが，連続したプロットに出現せず，分離して現われる樹種がある．これらは，本来連続して出現するはずであるが，たまたま調査プロットに入らなかったと考えると，やはり上記のものについで，出現頻度

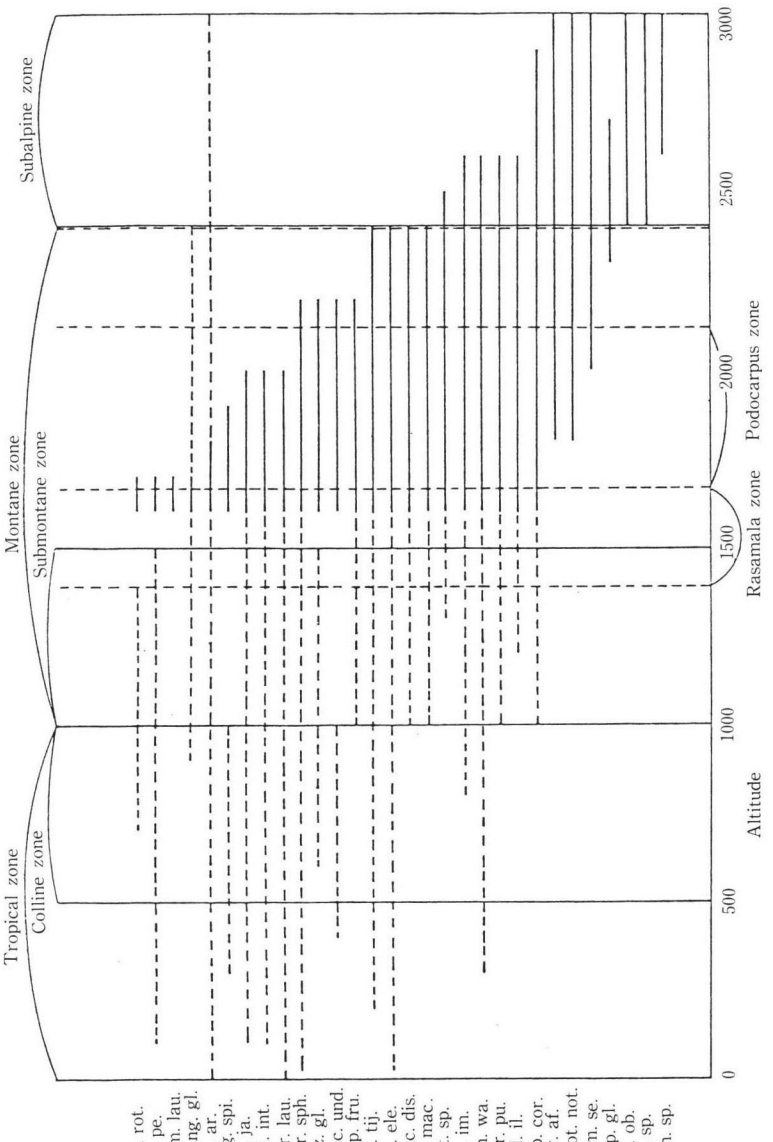


図 3-4　主要樹種の垂直分布

表 3-3　van Steenis の方法による樹種の分布域の高度別種数

標　高　(m)	1700	1900	2100	2300	2400	2600	2800
種の上限	2	1	3	4	5	4	0
種の下限	0	1	1	0	2	1	1
計	2	2	4	4	7	5	1

は高いとみてよい．これらの樹種には次のようなものがあげられる．

Astronia spectabilis, Geniostoma arboreum, Glochidion macrocarpum, Leptospermum flavescens, Lithocarpus elegans, Lithocarpus tijsmannii, Macropanax undulatus, Neolitsea javanica, Photinia notoniana, Symplocos laurina, Syzygium gracile, Vaccinium laurifolium, Viburnum coriaceum.

9 プロットのうち，1 プロットだけにあらわれるものは 41 種を数え，全体の 51 %に達する．

以上のうち，2 プロット以上に出現する 30 種について垂直分布域を図示した（図 3-4）．実線の部分は調査プロットに出現したことが記録された範囲と，プロット外にも観察によって出現が認められた範囲を示し，点線の部分は Backer が分布域とした範囲を示す．van Steenis, Seifriz の区分した垂直分布帯もあわせて図に示した．

いろいろな樹種の分布域は広い範囲にわたって互いに重なりあっていて，全体として樹種組成は徐々に変化していくように見える．ある高度で樹種組成に顕著な変化がおこるということは直観的にみとめにくい．そこで van Steenis がマレーシア区系の分布帯を分けた時に使った方法で，それぞれの樹種の分布の上限高度と下限高度から各高度における種数の変化がどのようになるかを調べてみた．ある高度に分布の上限をもつ種数と下限をもつ種数は表 3-3 のようになる．

高度 2400 m に分布の上限高度をもつものが 5 種，下限が 2 種，計 7 種が数えられる．他の高度では 2600 m における 5 種がこれに次いでいる．つまり 2400 m あるいは 2600 m がパングランゴ山地で種数が変化する高度とするこ

とができるわけである．

出現頻度の高い樹種は広い垂直分布域を持つものではあるが，それらが常に高い優占度をもつとは限らない．相対優占度（胸高断面積比）によってそれぞれの樹種のそれぞれの高度における優占度を確かめることができる（表3-4）．

もっとも出現頻度の高い *Acronodia punctata* は，1600 m のプロット 1 では，0.22 %の相対優占度を示し，*Schima wallichii* や *Castanopsis javanica* にくらべると決して優占度は高くない．2300 m のプロット 5 まではいずれのプロットにおいても 5 %をこえることはない．2400 m のプロット 6 では 22.7 %で *Eurya obovata* と並んで最も大きな優占度をもつ樹種となるが，2600 m のプロット 7 になると，7.8 %に低下し，*Polyosma ilicifolia* や *Myrsine affinis* に優占種の席をゆずる．*Acronodia punctata* はもっとも広い分布域をもつものの一つであるが，他の樹種に対して相対的に優占度の高くなるのは 2400 m のプロット 6 付近に限られている．

Schima wallichii も出現頻度の高い樹種である．1600 m のプロットで相対優占度は 25 %に達し，このプロットでもっとも高い優占度を示す種となっている．海抜高とともにさらに優占度は増加していき，2100 m のプロット 4 では 44 %を占めるにいたる．しかし 2400 m のプロット 6 にいたると急速に相対優占度は低下する．この樹種のように 2100 m のプロット 4 以下の広い範囲にわたって高い相対優占度を示すものはほかにはみとめられない．

Myrsine affinis は比較的標高の高い 2300 m のプロット 5 付近から上部に現われる高木の一種である．2800 m のプロット 8 で 42 %のような高い値を記録したが，分布域の全体にわたって他の樹種と比べて相対優占度は比較的高く，標高の高いところでの優占種であることを物語っている．*Eurya obovata* も 2300 m のプロット 5 から出現する標高の高いところの樹種である．しかし *Myrsine affinis* より相対優占度においてまさるのはプロット 9 (3000 m) のみであって，より高所での優占種と考えることができる．

Astronia spectabilis は 1600 m のプロット 1 から 2100 m のプロット 4 まで，

表 3-4　全出現樹種のプロット別相対優占度

Species	P-1		P-2		P-3		P-4		P-5		P-6		P-7		P-8		P-9	
	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %
Schima wallichii ssp. noronhae (Reinw. ex Bl.) Bloemb.	47	25.12	80	32.31	150	42.55	290	43.63	70	11.68	53	5.88						
Saurauia pendula Bl.	46	2.24	20	0.31														
Castanopsis javanica (Bl.) DC.	37	21.01	50	3.40	10	2.82												
Persea rimosa (Bl.) Kosterm.	30	7.61																
Turpinia sphaerocarpa Hassk.	24	1.23	60	1.57														
Lithocarpus pseudomoluccus (Bl.) Rehd.	22	4.83																
Decaspermum fruticosum var. polymorphum (Bl.) Bakh. f.	20	0.76																
Vernonia arborea Buch. – Ham.	19	4.64	20	7.58														
Symplocos fasciculata Zoll.	16	0.49	10	0.13														
Polyosma integrifolia Bl.	16	1.37	60	4.62														
Polyosma ilicifolia Bl.	15	1.20			30	1.81	260	16.28	340	16.25	399	18.84	750	26.50				
Ficus ribes Reinw. ex Bl.	10	0.29																
Macropanax dispermus (Bl.) O. K.	7	1.23	10	0.31	40	1.70												
Flacourtia rukam Z. & M.	6	0.37																
Syzygium antisepticum (Bl.) Merry & Perry	6	2.36																
Astronia spectabilis Bl.	5	0.21	20	1.61			40	5.75	50	19.04								
Castanopsis argentea (Bl.) DC.	5	0.11																
Lithocarpus rotundatus (Bl.) A. Camus	5	5.75	20	1.54														
Mischocarpus fuscescens Bl.	5	0.36																
Saurauia blumiana Benn.	5	0.25																
Villebrunea rubescens (Bl.) Bl.	5	0.14																
Antidesma tetrandrum Bl.	4	0.11																
Lithocarpus indutus (Bl.) Rehd.	4	1.45																
Pygeum parviflorum Teysm. et Benn.	4	1.17																
Syzygium rostratum (Bl.) DC.	4	0.30																

表3-4　つづき（2）

Species	P-1		P-2		P-3		P-4		P-5		P-6		P-7		P-8		P-9	
	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %
Viburnum sambucinum Bl.	4	0.25																
Acronychia laurifolia Bl.	3	0.58	10	0.16	10	0.14												
Casearia tuberculata Bl.	3	0.50																
Eurya acuminata DC.	3	0.10																
Lithocarpus elegans (Bl.) Hatus. ex Soepadmo	3	0.81					30	0.67	80	15.60								
Litsea resinosa Bl.	3	0.68																
Manglietia glauca Bl.	3	0.16	10	0.19														
Michelia montana Bl.	3	0.70																
Platea latifolia Bl.	3	3.62																
Acronodia punctata Bl.	2	0.22	10	0.90	70	4.64	20	3.20	80	4.81	345	22.72	225	7.75				
Dysoxylum alliaceum Bl.	2	0.14																
Elaeocarpus stipularis Bl.	2	0.05																
Engelhardia spicata Lech. ex Bl.	2	1.96	30	5.73	20	1.17												
Hypobathrum frutescens Bl.	2	0.04	10	0.19														
Litsea mappacea (Bl.) Boerl.	2	0.13																
Pithecellobium clypearia (Jack) Bth.	2	0.33																
Pyrenaria serrata Bl.	2	0.03																
Saurauia reinwardtiana Bl.	2	0.03																
Cinnamomum parthenoxylon (Jack) Meissn.	1	1.61																
Cinnamomum sintoc Bl.	1	0.31																
Glochidion macrocarpum Bl.	1	0.26					10	1.42										
Gordonia excelsa (Bl.) Bl.	1	1.79																
Ilex cymosa Bl.	1	0.07																
Lithocarpus tijsmannii (Bl.) Rehd.	1	0.48					10	0.23	10	1.17								
Macropanax undulatus (Wall. ex G. Don) Seem.	1	0.02			40	1.20	70	1.81										
Meliosma ferruginea Bl.	1	0.02																
Podocarpus imbricatus Bl.	1	0.38	30	37.74	30	34.56	30	1.80										
Prunus arborea (Bl.) Kalkman	1	0.02					30	6.23										

表3-4　つづき（3）

Species	P-1		P-2		P-3		P-4		P-5		P-6		P-7		P-8		P-9	
	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %	N	R.D. %
Saurauia nudiflora DC.	1	0.03																
Tarenna laxiflora (Bl.) K. & V.	1	0.03																
Viburnum coriaceum Bl.	1	0.02													75	7.46		
Viburnum lutescens Bl.	1	0.02																
Turpinia montana (Bl.) Kurz			10	0.29														
Myrsine hasseltii Bl. ex Scheff.			10	0.56														
Syzygium gracile (Korth.) Amsh.			10	0.64					20	0.74								
Omalanthus populneus (Geisel) Pax			10	0.23														
Neolitsea javanica (Bl.) Back.					60	5.44			20	1.57								
Ardisia javanica DC.					10	0.14												
Acer laurinum Hassk.					40	0.91	50	12.50										
Prunus sp.					20	2.08												
Lindera polyantha (Bl.) Boerl.					10	0.47												
Symplocos laurina (Retz.) Wall.					20	0.38	10	0.97							25	0.62		
Weinmannia blumei Planch.							10	3.18										
Geniostoma arboreum (Reinw.) O. K.							10	0.15			50	0.90						
Leptospermum flavescens J. E. Smith							10	2.17					50	20.10				
Myrsine affinis DC.									250	12.60	399	22.39	775	29.93	400	41.61	1158	20.99
Eurya obovata (Bl.) Korth.									180	16.34	80	4.27	50	1.24	150	19.59	806	22.47
Meliosma nervosa K. & V.									10	0.19								
Daphniphyllum glaucescens Bl.											50	7.09	75	1.98				
Symplocos sessilifolia (Bl.) Gürke											80	15.90	350	11.99	100	4.95	202	4.54
Schefflera sp.													25	0.50	325	24.26	50	0.74
Photinia notoniana W. & A.											27	1.40			25	1.52	50	1.03
Vaccinium laurifolium (Bl.) Miq.											25	0.61					25	0.31
Schefflera rugosa (Bl.) Harms																	50	1.00
Symplocos sp.																	50	1.36
Vaccinium varingiaefolium (Bl.) Miq.																	1425	47.56

かなり広い分布域をもつ樹種であるが，プロット1や2付近では相対優占度の値は小さい．高度が増すにつれて大きくなり，2300 mのプロット5では19％に達していて，このプロットで他の樹種より優占度が高い．1600 mのプロット1でただ1個体みられた *Podocarpus imbricatus* はプロット2（1700 m）やプロット3（1900 m）では35％という高い値を示して，それぞれのプロットで最も優占度の高い樹種となっている．この樹種は表3-4ではプロット4（2100 m）までしか記録されていないが，2600 m付近まで分布するのがみとめられる（図3-4）．ただし標高が高くなると数量的には少なくなるので，やはり1700～1900 mがこの樹種の最適分布域であろうと考えられる．

以上いくつかの樹種についてみたように，分布域の広い樹種も，それぞれの樹種の出現する領域で他の樹種に対して相対的な優占度をみると，常に高い値をとるもの，ごく狭い範囲に高い値をとるものなど，様々なタイプのものがあることがわかる．相対優占度によって，各プロットでの優占種をみると，プロット1から4では *Schima wallichii* と *Podocarpus imbricatus*，プロット6から9においては *Polyosma ilicifolia, Acronodia punctata, Myrsine affinis, Eurya obovata* などをあげることができる．プロット5は *Astronia spectabilis* の優占度が高い．

相対優占度はプロット内の樹種の量的な比較はできるけれども，プロット間の比較はできない．次に，胸高断面積合計値の高度による変化をみてみよう．

図3-5(a)は各調査プロットでえられた胸高直径10 cm以上の樹種の胸高断面積合計の総計を結んで，プロットごとの胸高断面積合計が高度によってどのように変化するかを示したものである．林分としての胸高断面積合計は1600 mで52 m²/haを示し，山頂では36 m²/haとなる．この間の変化は漸減するのではなく，図にみられるように明白な2山型を示している．すなわち最初の山の最大値は1900 mのプロット3において71 m²/haとなる．以後減少して2300 mでは46 m²/haまで落ち込む．ところがさらに高度があがるにつれてふたたび胸高断面積合計の値は増加し，2600 mでは1900 mの値にほぼ等しい70 m²/haにまで達する．そののち2800～3000 mにかけて，34～36 m²/haま

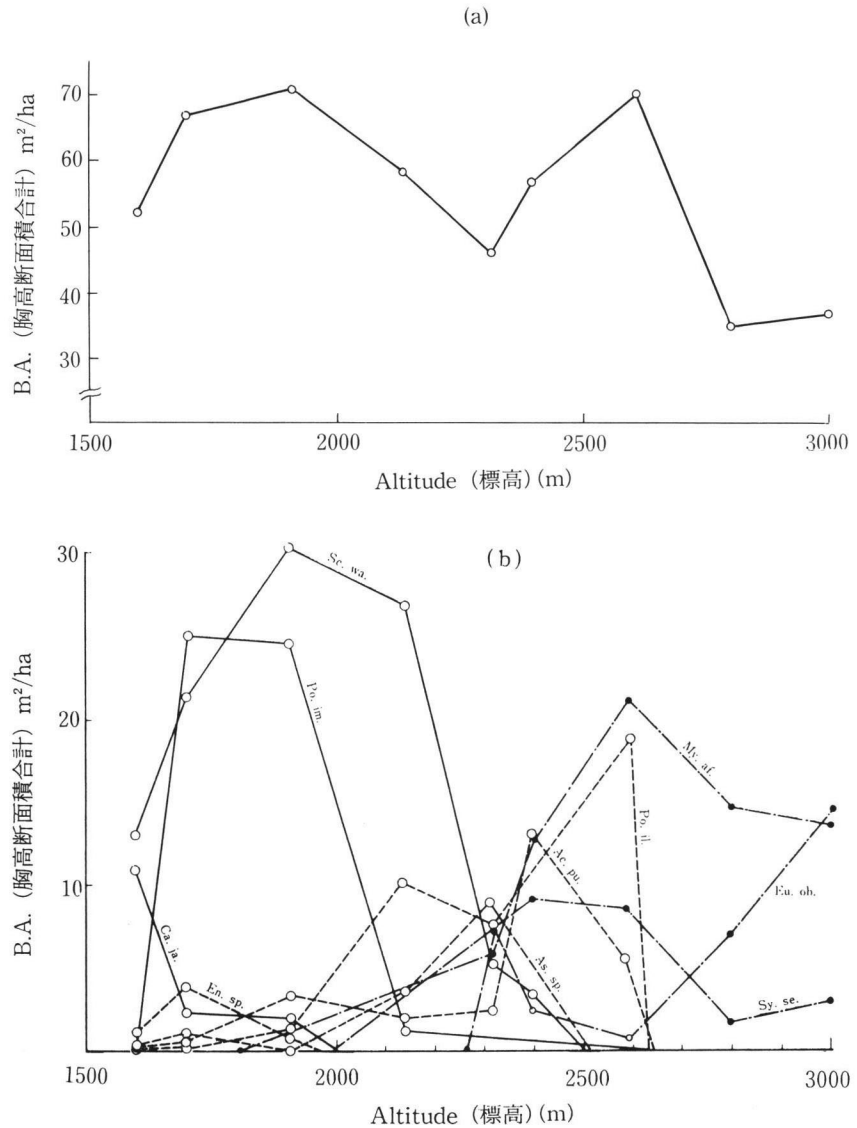


図 3-5　胸高断面積合計の高度別変化：(a) プロット別，(b) 樹種別

で減少する．2600 m のプロット 7 にはたまたま大きな *Leptospermum flavescens* の個体が含まれ，これの占める割合が大きいことが胸高断面積合計の値の大きさの一つの原因である．だがそれだけでなく，他の構成樹種の占める割合も巻末の表にみられるように大きな割合を占めていることがみとめられる．

図 3-5 (b) に比較的分布域の広い樹種の胸高断面積合計の値の垂直的な変化を示した．林分単位で認められた同じ傾向を構成樹種の量的な変化としてとらえることができる．すなわち図に示した 10 種のうち，2300 m に最大値を示すのは，*Astronia spectabilis* 1 種であり，他の樹種はすべて 2300 m を境に，その上下のいずれかにそれぞれの最大値をもっている．特に顕著なものをあげれば 2300 m 以下では *Schima wallichii* と *Podocarpus imbricatus*，2300 m 以上では *Myrsine affinis* と *Eurya obovata* である．

すなわち *Schima wallichii* は 1900 m のプロット 3 に最大値を示し，2100 m のプロット 4 でも他の樹種より大きな値を示し，この間にもっとも優占することが認められる．*Podocarpus imbricatus* は 1700 m のプロット 2 と 1900 m のプロット 3 に大きな値をもっている．*Schima wallichii* とならんで，胸高断面積合計の値は他の樹種よりもはるかに大きい．両樹種とも 2200 m をこえると胸高断面積合計の値は減少する．

同様に *Castanopsis javanica* や *Engelhardia spicata* などについても，それぞれが最大値を示すのは比較的狭い高度域に限られてしまっているように見える．胸高断面積合計の分布をみるとプロット 5 (2300 m) を境にして，それ以下と以上において組成が区別されることがはっきり示されており，優占種がこの高度で交代するということができよう．観察によってもプロット 5 の 2300 m 付近の高度を境に，林相の変化はかなり鮮やかに印象づけられる．

すでにみたように，2400 m と 2600 m にやや顕著な種数の変化がみとめられた．相対優占度で優占種を判断すると，2300 m のプロット 5 を境に下部と上部で優占種が交代するといえる．胸高断面積合計でみてもプロット 5 が特異的に低い値を示し，下部と上部ではプロット 5 に比べて大きな値を示すことが

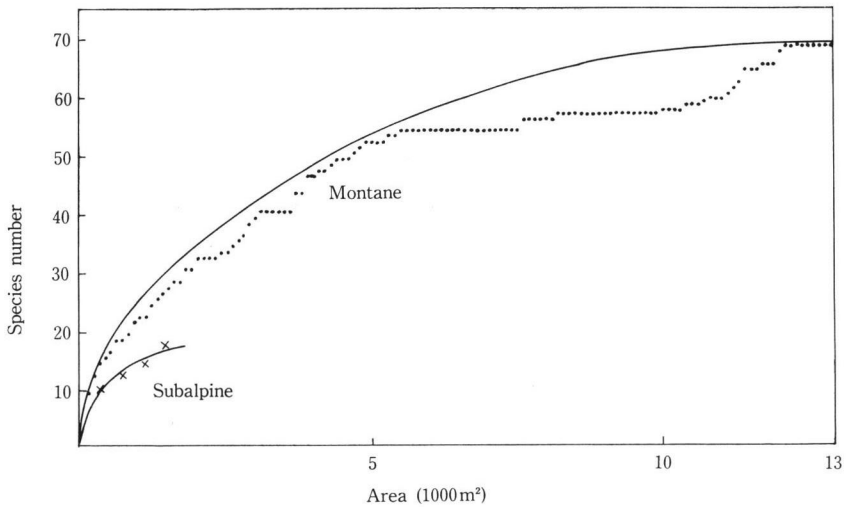


図 3-6 種数 - 面積曲線

わかる．これらの点をあわせて考えると 2300 m 付近が境となって樹種組成がかわるといわなければならない．van Steenis は山地帯と亜高山帯の境を 2400 m にしているが，パングランゴ山では 2300 m がそれにあたるとみてさしつかえないであろう．

パングランゴ山地での垂直分布帯は *Schima wallichii, Podocarpus imbricatus* の優占する山地帯，および，*Polyosma ilicifolia, Acronodia punctata, Eurya obovata, Myrsine affinis* などの優占する亜高山帯から成るということができる．両者間には移行帯がみられる．

(3) 種数 - 面積曲線

前項でみたようにパングランゴ山地の垂直分布帯は山地帯，移行帯，および亜高山帯に分けられる．それぞれの林分で調査面積と種数がどのような関係を示すかを調べてみた．プロット 1 から 4 までは同じ山地帯として一つのまとまりがあると考え，まとめて図示し，同様にプロット 6 から 9 までも亜高山帯としてまとめた．図 3-6 に両者の種数 - 面積曲線を示した．

まず山地帯の曲線は調査面積の小さなうちは種数が増加して行くが，0.5 ha 付近で 50 種に達し，それから上では曲線の勾配はゆるくなり，0.7 ha 以上は一定値に漸近してゆく．1.3 ha における最大種数は 69 種を数える．Ellenberg (1956) は，この曲線が横ばいになる点と原点を結び，それに平行にひいた直線が曲線と接する点の面積を最小面積とよび，群落調査面積の最小単位と考えた．この方法で接線をひいてみると，0.2 ha 付近に接点がくる．山地帯においては，最小面積 0.2 ha をとれば，種組成をあつかう調査としては充分と考えてよい．本調査ではプロット 1 のみは 1 ha をとっているので充分であるが，他は 0.1 ha である．種組成を論ずるには，プロット 2 から 4 までの個々のプロットの面積は充分ではないといわねばならないかもしれない．

亜高山帯の種数－面積曲線は山地帯とはかなり異なる．調査面積 0.04 ha で 10 種に達するが，以後曲線のカーブはゆるくなり，0.16 ha では 17 種に達して，もはや大きな増加傾向はみられない．山地帯と同様の方法で接線をひくと，接点の位置は 0.04 ha になる．亜高山帯の調査面積はすべて 0.04 ha であるから，まずまず，最小面積を満足していると考えてよいだろう．

種数－面積曲線にあらわれた山地帯と亜高山帯の差を明白に示すものの一つは，種類数の差である．曲線の傾向から判断すると，山地帯では 70 種，亜高山帯では 20 種が上限値と考えてよいのではないだろうか．もう一つの差は種数が飽和点に達するのに山地帯はかなりの大きさの面積を必要とするのに対し，亜高山帯ではごく小面積ですむということである．

3　階層構造と高度

(1)　パングランゴ山地の山地帯における階層構造

森林を構成する個々の個体がもつ樹冠が垂直方向にどのように配列しているか，パングランゴ山地の山地帯における例をみてみよう．プロット 1 において，林冠を構成する各個体の樹冠を次に述べる基準で分けて，1976 年の調査時に樹冠投影図を描いてみた．1969 年の調査時と 1976 年との間には，枯死や成長

にともなって個体ごとには変化がみられる．つまり局所的な変化は生じているのであろう．けれども枯死個体による林冠の疎開は，周辺個体の生長によってうめられていくこともまたみとめてさしつかえあるまい．充分広い調査面積をとっておけば，局所的な変化にかかわらず，林分全体の階層構造は安定したものとみなすことができよう．林冠を構成する各個体の樹冠はその垂直的な配列状態を互いに比較しながら次のように区分することができる．

I_0：林冠の上方に樹冠が突出していて，樹冠の全面が太陽光にさらされているもの

I：連続した林冠を形成する樹冠をもつもので，樹冠の大半が太陽光をうけるもの

II：樹冠の大半がI_0またはIの下方にあるが，なお一部は連続した樹冠の上部に達していて，部分的に太陽光の直射を受けるもの

III：樹冠が前3者の下にあり，太陽光の直射はうけないもの

現地で個々の樹冠が上の区分のいずれに属するかを判定し，それぞれ4方向の樹冠幅を測定した．図3-7に階層ごとに描いた樹冠投影図を示す．この投影図によって各個体の樹冠投影面積を点数法によって求め，プロットにおける階層構造としてとりまとめたのが表3-5である．

I_0層には32個体がみられるのみで，個々の樹冠投影面積は他の層のものに比べるとかなり大きいが，互いに重なりあうことはない．この層の平均樹高は34.7 m，平均樹冠深は13 mである．

I層には56個体が分布する．平均樹高29.6 m，平均樹冠深は11.4 mである．この層の樹冠相互の重なりあいはI_0層よりは大きい．しかし樹冠投影面積は土地面積の48％であるから，この層だけでは連続した林冠層を形成しているとはいいがたい．I_0とI層との樹冠の垂直方向のつながりを，プロット全体についてみると，互いに樹冠深の半ば以上が重なりあっていることがわかる．従って個々の樹冠について，層の判断はできるけれども，全体としては両層の区別は判然としているというわけではない．

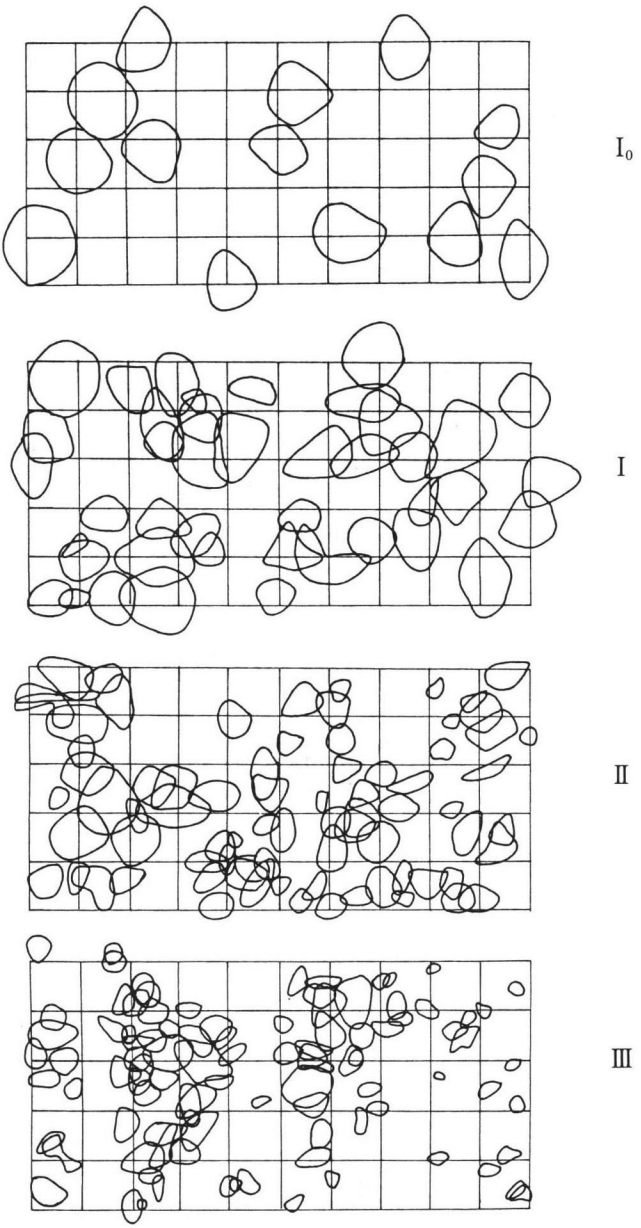


図 3-7 (1)　プロット 1 の樹冠投影図（個体番号 1～247）

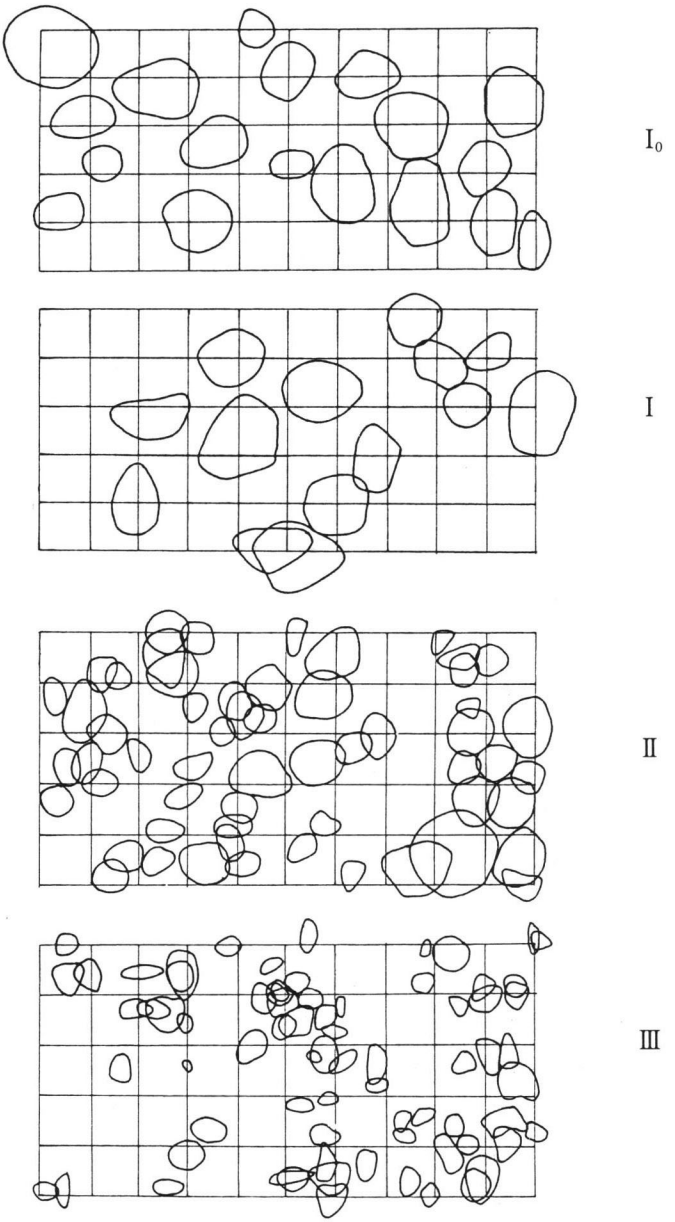


図 3-7 (2) プロット 1 の樹冠投影図（個体番号 248～432）

表 3-5　プロット 1 の階層構造の概要

層	最高樹高	平均樹高	個体数	樹冠面積	平均樹冠面積	平均樹冠直径	樹冠容積	平均樹冠容積	平均樹冠深
	H (m)	H (m)	N NO/ha	CA (m^2)	CA (m^2)	CR (m)	CB (m^3)	CB (m^3)	CD (m)
I_0	41	34.7	32 (8.1%)	3409.00 (20.9%)	106.5	5.8	44318.02 (28.0%)	1384.94	13.0
I	38	29.6	56 (14.2%)	4828.25 (29.6%)	86.2	5.2	54968.06 (34.7%)	981.57	11.4
II	36	19.9	134 (34.1%)	5025.90 (30.8%)	37.5	3.5	42524.45 (26.8%)	317.35	8.5
III	34.5	13.8	171 (43.5%)	3038.25 (18.6%)	17.8	1.8	16736.32 (10.6%)	97.87	5.5

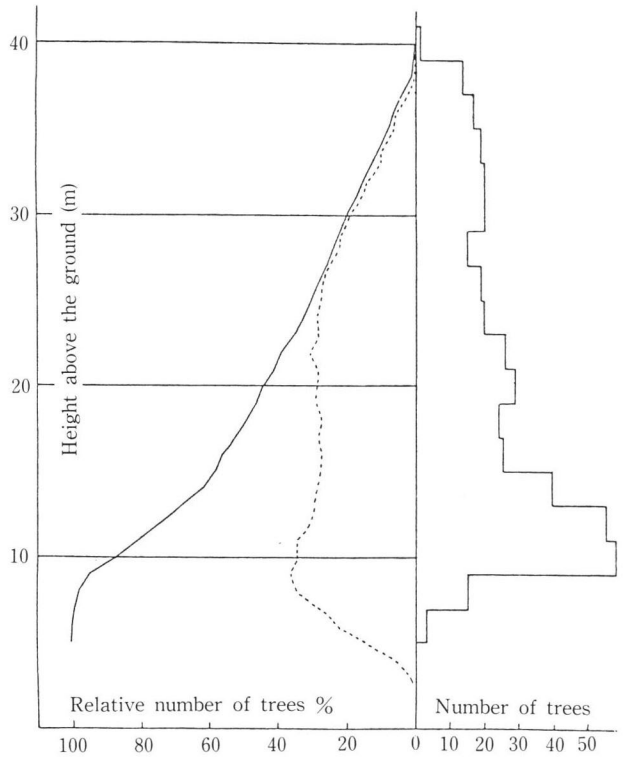


図 3-8　プロット 1 の樹冠深度図

II層になると個体数はずっと多くなり，134 個体を数える．平均樹高 19.9 m，平均樹冠深は 8.5 m である．I 層との間には樹冠の垂直方向の重なりもみとめられるが，両層の区別ははっきりしている．

III層はさらに個体数が増えて，171 個体が数えられる．平均樹高 13.8 m，平均樹冠深 5.5 m である．平均樹冠投影面積が小さいから，この層の樹冠投影面積合計は土地面積のせいぜい 30 %に達する程度である．上方の各層の樹冠は比較的不規則な分布を示しているのにたいして，この層はやや集中的な分布を示していることが図から読み取れるであろう．II層との間に垂直方向の樹冠の重なりあいがみとめられるけれども，両層の区別はかなりはっきりしてい

る．

以上の4層，I_0-III層は個々の樹冠については隣接する樹冠との相互の位置関係により判断しうるが，林分全体を平均してみるときI_0およびI層は互いに上下方向に重なりあっていて両者を分けることはできない．従ってI_0，I層とII層，III層の三つの層が区別できるといえよう．

Ogawaら（1965）は樹高と生枝下高の測定値の頻度分布図（樹冠深度図）から林分の階層構造をみわけようと試みた．プロット1でえた測定結果によって，樹冠深度図を描くと，図3-8のようになる．図は樹冠頻度曲線，樹高積算曲線からなっていて，樹冠頻度曲線の変化によって，階層構造が見分けられるというのである．図にみるとおり，プロット1では上層から下層まで，樹冠頻度，樹高積算曲線のいずれの曲線も明確な変異点を示すようにはみえない．かろうじてみとめられる樹冠頻度曲線が示す凹点をもって階層の境とみなすとすれば，3層を見分けることができる．I層は41～18 m，II層は18～10 m，III層は10～6 mである．先の方法によっても，I_0，I層は林分としては区別できず，結局3層をみとめたのであるが，樹冠深度図による結果も，これとほぼ一致しているといえる．ともあれ，これらの各層は多かれ少なかれ，上下に互いが重なりあい，垂直方向に平均26 mにおよぶ深い樹冠層を作り上げているのである．

樹冠投影面積が垂直方向にどのように分布するかを示すのが図3-9である．縦軸に地上からの高さ（m），横軸にそれぞれの地上高における樹冠投影面積の合計値をとってある．最大樹高の41 mから地上5 mまで樹冠は切れ目なく上下に続いている．24 mのところで，樹冠投影面積が1万m^2を越える．全樹冠深のなかばよりやや上方よりのところ，ちょうどI層の半ばあたりで林冠が閉鎖しているといえる．ここはI層に属する個体が多いが，他の層に属する一部の個体が樹冠を展開する空間ともなっているのである．

個々の樹冠が林冠層のどこに位置するか，個々の樹冠の受光状態はどうかを勘案して，階層構造を判断したと述べた．この方法によると，個々の樹冠が林

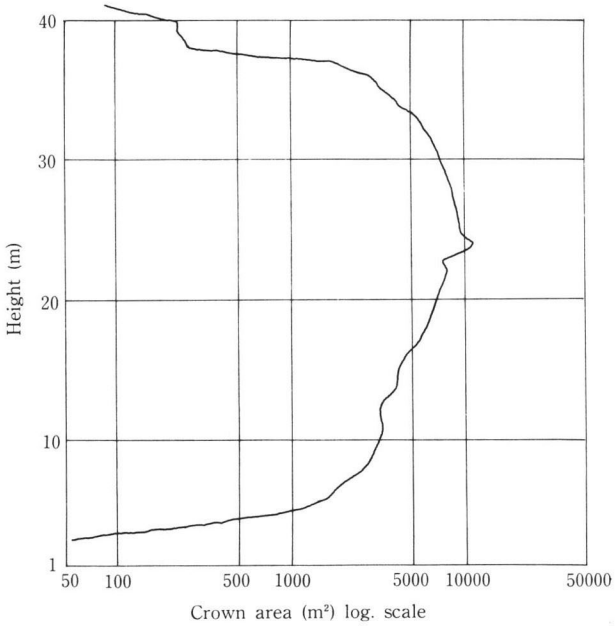


図 3-9　プロット 1 の全樹種の樹冠投影面積の階層内の垂直分布

冠層に対して相対的にどのような位置関係にあるかを明らかにすることはできるけれども，地上からある高さに樹冠をもつものが何層に属するかということはきまらない．樹高の低い I_0 層もあれば，高い II 層があったりもする．

1 ha の面積をもつプロット 1 の全体をならしてみれば，地上高 24 m 付近で林冠が閉鎖しているといえるであろうけれども，これはこの林分における階層構造を正しくあらわしたことにはならない．むしろ閉鎖した林冠層は波打ったように，あるいは高く，あるいは低く位置するとみるのが正確であろう．その上方に I_0 層が不規則に分布していて，林間の上方からながめることができるとすれば，かなりの凹凸が目につくであろう．

(2)　階層構造の樹種組成

階層構造を作り上げている各層（I_0- III 層）に出現する樹種に，何らかの特徴がみとめられるかどうかを検討してみよう．

表3-6にプロット1の全樹種56種について，それぞれが出現する層ごとにそれぞれが占める樹冠投影面積の比を示した．各層における樹冠投影面積合計をその層に出現する種数で除した値よりも樹冠投影面積比の大きいものをその層の優占種として，表の数値に＊印を付して示した．

各層での出現種数と優占種をみると，I_0層では12種が数えられるが，中でも *Schima wallichii* や *Castanopsis javanica* の占める割合が大きい．

I層には20種が数えられる．この層で優占的な樹種は *Castanopsis javanica, Schima wallichii, Vernonia arborea, Lithocarpus rotundatus* である．

II層になると36種を数え，*Schima wallichii, Castanopsis javanica, Persea rimosa, Lithocarpus pseudomoluccus, Saurauia pendula, Polyosma integrifolia, Syzygium antisepticum, Polyosma ilicifolia, Vernonia arborea, Michelia montana, Mischocarpus fuscescens, Macropanax dispermus* などが優占的である．

III層になると37種があらわれる．*Saurauia pendula, Turpinia sphaerocarpa, Decaspermum fruticosum, Symplocos fasciculata, Persea rimosa, Polyosma integrifolia, Polyosma ilicifolia, Ficus ribes, Lithocarpus pseudomoluccus, Schima wallichii, Castanopsis javanica* などが優占種となる．

概していえばI_0，I層からII，III層のように階層が低下するに従って，それぞれの階層に出現する種数は多くなる．

既に述べたように，プロット1は *Schima wallichii* や *Castanopsis javanica* の優占する山地帯にある．この2種はI_0，I層ばかりではなく，II，III層においても優占種に数えられている．

この他，*Persea rimosa, Lithocarpus pseudomoluccus, Vernonia arborea, Syzygium antisepticum* の4種もI_0-IIIの各階層に出現する樹種であるが，優占種となるのはIおよびII，またはIIおよびIII，またはII層のようにいずれかの階層に限られている．II層以下に出現する他の樹種の多くはII層またはIII層のいずれか，もしくは両層に出現の中心を持っていて，いずれも樹冠層の下部に限られた出現領域をもつものといえる．注目すべきなのは *Polyosma ilicifolia* や *Acronodia*

表3-6　プロット1における全樹種の階層構造

Species Name	I_0		I		II		III		Total	
	C.A	C.B	C.A	C.B	C.A	C.B	C.A	C.B	C.A	C.B
Schima wallichii	27.4*	30.6	20.6*	23.7	14.5*	16.2	3.0*	4.9	16.9	21.7
Saurauia pendula					5.7*	3.4	18.3*	15.3	5.2	2.5
Castanopsis javanica	18.9*	19.7	26.0*	26.8	8.8*	9.4	7.2*	9.7	15.7	18.3
Persea rimosa	7.0	6.4	4.4	3.6	8.5*	8.5	6.5*	8.3	6.6	6.2
Turpinia sphaerocarpa					2.7	1.5	7.6*	7.0	2.3	1.1
Lithocarpus pseudomoluccus	6.2	6.3	4.9	6.3	7.3*	6.5	3.6*	2.8	5.7	6.0
Decaspermum fruticosum					1.6	1.5	7.5*	8.9	1.9	1.3
Vernonia arborea	4.5	4.0	9.1*	7.0	3.8*	2.4	1.2	1.2	5.1	4.3
Symplocos fasciculata			0.3	0.2	1.4	0.8	6.2*	3.8	1.7	0.7
Polyosma integrifolia			2.3	2.3	5.7*	5.1	4.1*	5.1	3.2	2.7
Polyosma ilicifolia			3.7	2.8	3.9*	3.5	3.9*	4.5	3.0	2.4
Ficus ribes					1.5	1.0	3.3*	3.2	1.1	0.6
Macropanax dispermus			1.8	2.3	3.1*	3.8	2.1	2.1	1.9	2.0
Flacourtia rukam					1.7	1.9	0.6	0.7	0.7	0.6
Syzygium antisepticum	1.8	1.8	2.3	2.0	4.9*	7.4	1.1	2.5	2.7	3.4
Astronia spectabilis					0.2	0.8			0.0	0.2
Castanopsis argentea					0.5	0.2	1.4	0.9	0.4	0.2
Lithocarpus rotundatus	9.4	10.0	7.9*	7.6					4.3	5.4
Mischocarpus fuscescens					3.3*	4.1	1.9	1.4	1.4	1.2
Saurauia blumiana					0.5	0.2	2.7	2.3	0.6	0.3
Villebrunea rubescens							2.3	1.7	0.4	0.2
Antidesma tetrandrum					0.5	0.2	1.8	1.3	0.5	0.2
Lithocarpus indutus	7.7	6.4			0.8	1.2			1.8	2.1
Pygeum parviflorum			3.9	4.9					1.1	1.7
Syzygium rostratum					1.7	1.6	1.5	1.2	0.8	0.6
Viburnum sambucinum			0.3	0.1			2.2	1.6	0.5	0.2
Acronychia laurifolia			2.3	2.0	2.3	2.6			1.4	1.4

Casearia tuberculata			2.1	0.9			0.8	0.9	0.8	0.4
Eurya acuminata					0.6	0.3	1.5	1.4	0.5	0.2
Lithocarpus elegans			1.7	2.0			1.0	0.6	0.7	0.8
Litsea resinosa					2.1	1.9			0.6	0.5
Manglietia glauca							2.1	3.0	0.4	0.3
Michelia montana					4.1*	5.3			1.3	1.4
Platea latifolia	3.6	3.6	1.9	1.7	0.8	1.5			1.6	2.0
Acronodia punctata					0.8	0.9			0.2	0.3
Dysoxylum alliaceum					0.6	0.5	0.7	0.3	0.3	0.2
Elaeocarpus stipularis					0.4	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1
Engelhardia spicata	7.6	6.6							1.6	1.9
Hypobathrum frutescens							0.9	0.5	0.2	0.0
Litsea mappacea			0.7	0.3			0.3	0.2	0.3	0.1
Pithecellobium clypearia					1.7	1.5			0.5	0.4
Pyrenaria serrata							0.1	0.1	0.0	0.0
Saurauia reinwardtiana							0.4	0.4	0.1	0.0
Cinnamomum sintoc			2.4	2.5					0.7	0.8
Glochidion macrocarpum			1.5	1.1					0.5	0.4
Gordonia excelsa	2.6	2.4							0.5	0.7
Ilex cymosa					0.6	0.6	0.8	0.9	0.3	0.3
Lithocarpus tijsmannii	3.1	2.1							0.6	0.6
Macropanax undulatus							0.3	0.2	0.0	0.0
Meliosma ferruginea							0.1	0.0	0.0	0.0
Podocarpus imbricatus					1.8	2.1			0.5	0.6
Pygeum arboreum							0.5	0.4	0.1	0.0
Saurauia nudiflora					0.5	0.4			0.2	0.1
Tarenna laxiflora					0.7	0.5			0.2	0.1
Viburnum coriaceum							0.5	0.5	0.1	0.1
Viburnum lutescens					0.7	0.4			0.2	0.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

C.A：樹冠投影面積（%）　C.B：樹冠容積（%）

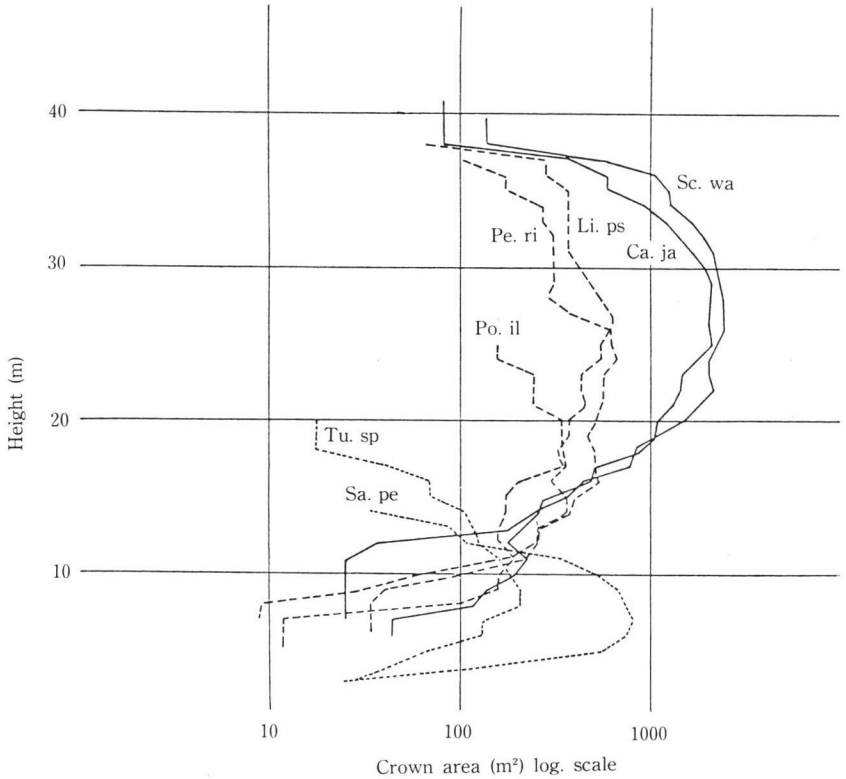


図 3-10　プロット 1 の代表種の樹冠投影面積の階層内の垂直分布

punctata のような亜高山帯の優占種や，*Astronia spectabilis* のような移行帯の優占種，いずれも分布の中心を標高のより高いところにもつ樹種が，II，III層に出現していることであろう．

I_0- III層のいずれかの層で優占種となるものについて，それぞれの樹種の樹冠投影面積が垂直方向にどのように分布するかをみたのが図 3-10 である．繁雑になるので，図には分布のパターンを表わすのに充分なだけの樹種について示してある．

Castanopsis javanica と *Schima wallichii* は地上高16m以上で大きい樹冠投影面積をもつ．林冠上層の広い範囲にわたって，この 2 種より大きい樹冠投影面

積を持つものは他にない．*Lithocarpus pseudomoluccus, Persea rimosa* は，上の2種に比べると樹冠投影面積は大きいとはいえないまでも，樹冠が林冠上層を占める樹種である．同様なパターンを示すものに，*Vernonia arborea, Lithocarpus rotundatus* などがあげられる．

Turpinia sphaerocarpa, Saurauia pendula は上層種が後退する 20 m 以下にあらわれる．地上高 7～9 m で，それぞれの樹冠投影面積が最大となる典型的な林冠下層種である．このような分布パターンを示す種に，*Symplocos fasciculata, Ficus ribes, Decaspermum fruticosum, Macropanax dispermus* などがある．*Polyosma ilicifolia* は亜高山帯に優占する樹種である．プロット1でI層の下部にあたる地上高 25 m 付近以下に出現する．15～20 m に分布の最大値をもっているが，それ以下の高さでは急速に後退し，林冠上層種型の分布を示すが，真に上層部には出現しないという特徴を持っている．

樹種ごとの樹冠投影面積の垂直方向の分布を検討してみると，林冠の上層と下層に出現する樹種が異なることがわかる．垂直方向の樹種によるすみわけがみとめられるといってもよい．このすみわけがおこっているのは地上高 11 m あたりで，ちょうどII，III層の境と一致している．つまり階層構造を構成する樹種構成をみると，I_0～II層を占める樹種群とIII層を占める樹種群に分けることができる．あるいは林冠上層種群によって占められる層と林冠下層種群によって占められる層に分けられるといってもよい．

I_0，IおよびII層では，樹種によるすみわけは生じていない．これらの層は同一樹種によって樹冠の成層化がおこっている可能性もあるわけである．I_0層に属する個体の樹冠が占める空間とII層の下部の間には光条件だけをとってみてもかなりの差があるはずである．にもかかわらず，たとえば *Schima wallichii* などのように I_0層からII層までの広い範囲にわたって優占する種は，幅広い環境条件に耐えうる樹種でなければならないということができよう．このような意味で，林冠上層種群は環境に対する適応の幅がかなり広い樹種群であると考えられる．

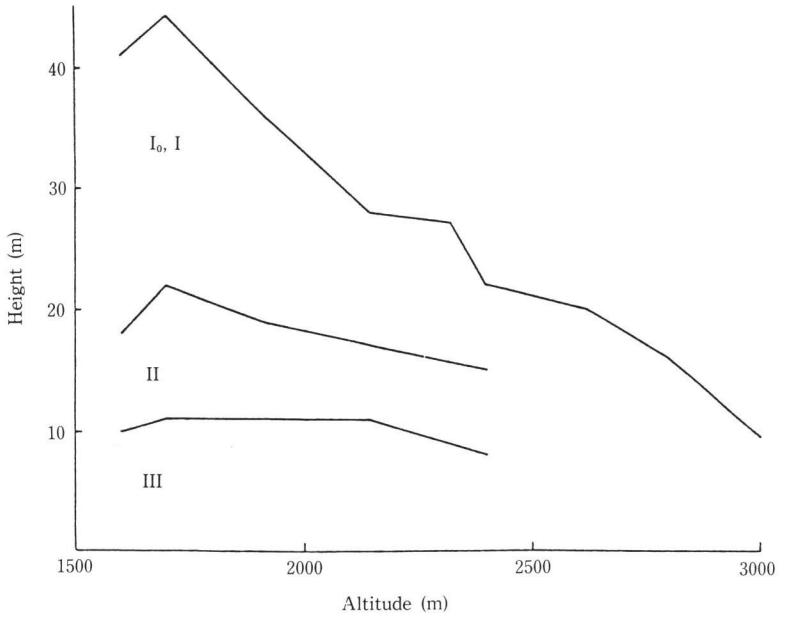


図 3-11　階層の高度変化

I_0- II層が生態的に環境に対する適応性の広い種群のすみわけによって生じた樹冠層の成層構造であるのに対し，III層は林冠上層種群によってはもはや占められえない空間である．そこは林冠下層種群によってはじめて埋めることが可能となる空間であろう．このようにみてくると I_0- III層の 4 層からなる階層も I_0- II層の上部 3 層とIII層とでは，生態的な意味がはっきりちがうことがあきらかになったといえる．

(3) 階層構造の高度変化

プロット 1 以外の各プロットでは，樹冠投影図を描くことができなかった．そこで樹高，生枝下高の測定値をもとに Ogawa らの樹冠深度図による方法で階層構造を調べた．高度とともに階層構造がどのように変化するか検討してみよう．図 3-11 に各プロットで得た最高樹高，I，II層およびII，III層の境界が高度とともにどのように変化するかを示してある．

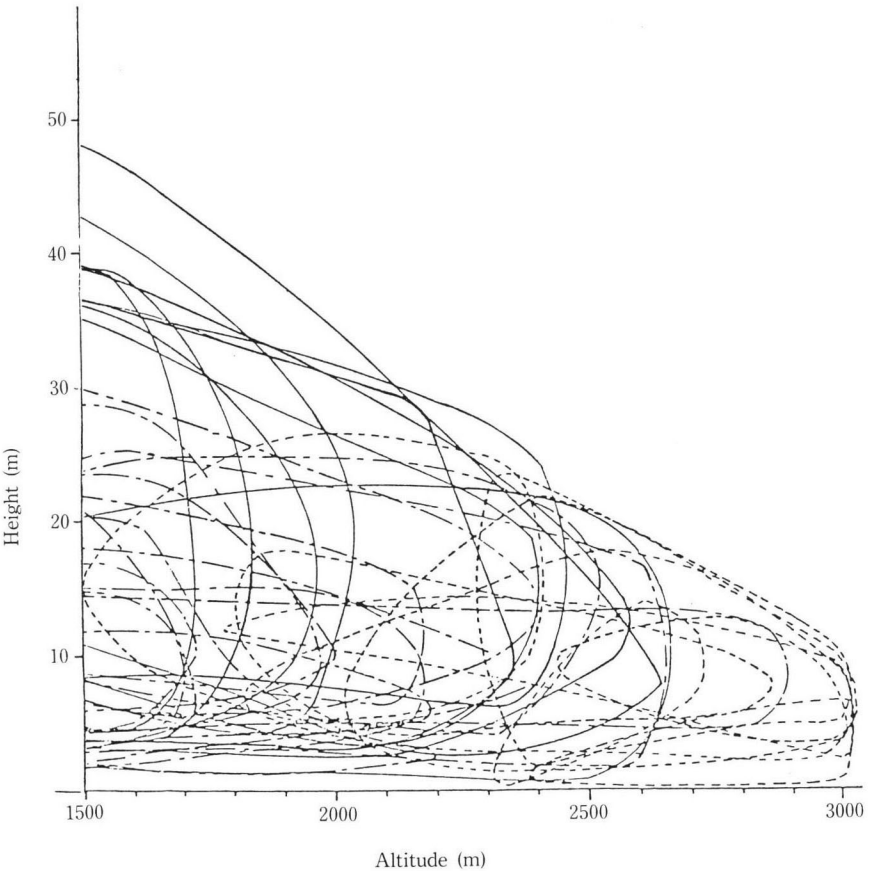


図3-12　階層構造と垂直分布からみた樹種の分布

プロット1では，最高樹高が41 mであるのに対し，山頂付近では9.5 mになる．1700 mのプロット2では，44 mを記録しているが，最大樹高は標高とともに減少するといってよい．プロット1ではI_0，IおよびII，IIIの階層が区別された．2400 mまでは3層を見分けることができるが，それ以上の高度では階層の分化は認められなくなる．すなわち，亜高山帯になると，山地帯にみられたような成層化は成り立たなくなり，単層となるわけである．

最高樹高の変化が著しいのにくらべて，II，III層の平均樹高はそれほど変化

しない．このことは最高樹高をきめるのが気温，降水量など植物の生活を外的に規制する要因によると思われるのに対して，樹冠の成層化は林内環境に対して，植物がどのように反応するかが関係するからではなかろうか．いずれにせよ階層構造が高度とともに単純化していく様子ははっきりと読み取れるであろう．

図 3-12 に示したのは，2 個以上のプロットに出現した胸高直径 10 cm 以上の樹種で，出現する階層のいずれかが優占種になったものについて，各プロットにおける最高樹高と生枝下高の最小値を順につないで得られた分布図である．

この図は各樹種の分布範囲だけでなく，それぞれの分布域内において階層構造がどの位置に樹冠をもつか，それが高度によってどう変化するかを示すことができる．全体に大変こみあっているが，これらの樹種の樹冠が階層構造のどの位置を占めるか，それが高度とともにどのように変化するかを検討したところ，次の三つに類別することができた．

A：高度変化にもかかわらず，常に林冠上層を占める樹種群

B：高度変化にもかかわらず，常に林冠下層を占める樹種群

C：高度変化とともに樹冠の位置が変わる樹種群（低地では林冠下層に，高地では林冠上層にあらわれる）

それぞれの樹種が上記の 3 類型のいずれに属するかを示したのが表 3-7 であり，そのうち代表的なものを示したのが図 3-13 である．*Schima wallichii* と *Podocarpus imbricatus* が山地帯の A 型の代表種である．図にみられるように 1600 m から 2600 m あたりまで，常に上層にみられる．亜高山帯では *Myrsine affinis* と *Eurya obovata* が 2400 m から 3000 m にいたるまで上層を優占している．

B 型の典型種は *Viburnum coriaceum* である．1500 m より 2800 m まで常に林冠下層種として出現する．この樹種の相対的な優占度は決して大きくないが，分布域の高度幅は最も大きい樹種である．

C 型は *Acronodia punctata* に代表される．図にみられるように 1600 m 付近で

表 3-7　階層構造と垂直分布からみた樹種の類別

A　型	Schima wallichii, Podocarpus imbricatus, Myrsine affinis, Eurya obovata, Castanopsis javanica, Engelhardia spicata, Cinnamomum sintoc, Vernonia arborea, Acer laurinum, Leptospermum flavescens, Vaccinium varingiaeforium
B　型	Viburnum coriaceum, Saurauia pendula, Saurauia reinwardtiana, Decaspermum fruticosum, Ficus ribes, Turpinia sphaerocarpa, Ardisia javanica, Vaccinium laurifolium
C　型	Acronodia punctata, Astronia spectabilis, Polyosma ilicifolia

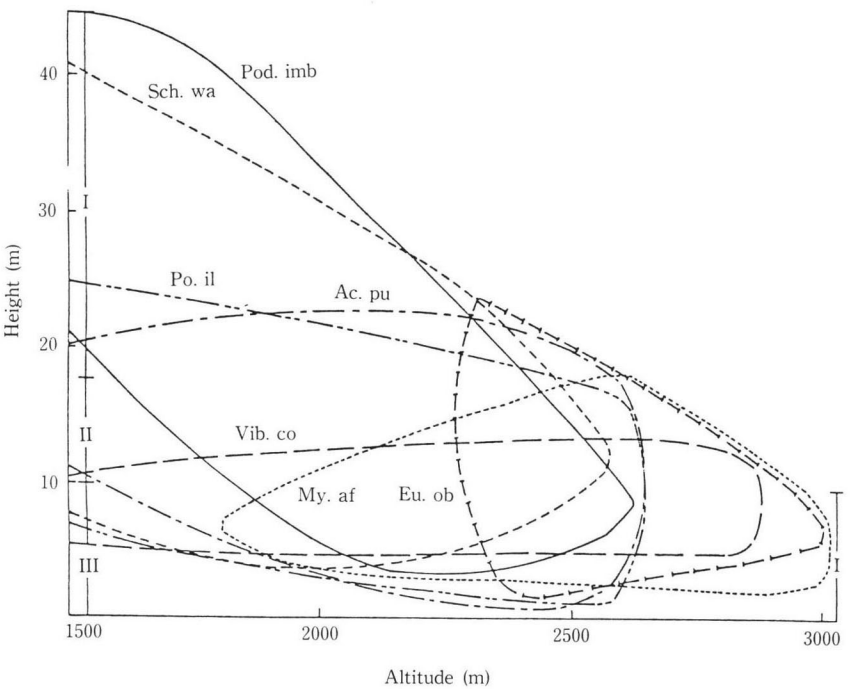


図 3-13　代表的な樹種の階層構造と垂直分布からみた分布図

は第II層を中心に樹冠の深さも小さいが，高度が上がるにつれて，樹冠深も大きくなり，2400 m 付近では上層に出現してくる．

4 まとめ

パングランゴ山地における森林植生の高度変化を樹種組成と階層構造の面から検討してきたところをここでまとめておこう．

樹種組成の面からみると，標高 2300 m 付近で優占種群の交代がおこる．*Schima wallichii, Castanopsis javanica, Podocarpus imbricatus* などは下部に優占する樹種群で，それらの分布上限は，van Steenis が山地帯と名付けたものの上限とほぼ一致している．上の樹種群の分布上限をもって山地帯の上限とするということができよう．

Myrsine affinis, Eurya obovata などは上部に優占する樹種群である．これらの樹種群の分布域を van Steenis にならって亜高山帯と呼ぶことにしたのである．山地帯と亜高山帯のあいだに *Acronodia punctata, Astronia spectabilis* などが優占するのがみられるが，この地域は高度差にしてせいぜい 100 m を越えず，山地帯樹種や亜高山帯樹種の分布域がかなりの幅をもつのに比べると，ほとんど問題にならない．樹種ごとの胸高断面積合計の高度変化をみても，山地帯樹種の後退と亜高山樹種の出現にはさまれて，両樹種群のいずれかが優占種群となりえない部分に出現が限られていることがわかる．この部分は山地帯から亜高山帯への移行帯と呼ばねばならないだろう．

一方，山地帯の林分では個々の林木の樹冠は垂直方向に I_0，I，II，III層のような相対的な位置関係をもっていることがみとめられたが，水平的な広がりを考慮にいれると，I_0 と I 層は区別できず，I，II，III各層とあわせて 3 層からなる階層構造をもつことが明らかとなった．階層構造の樹種組成，各階層を占める樹種群の出現パターンをみると，山地帯では，林冠上層部，I_0，I，II層を占める *Schima wallichii, Castanopsis javanica* などと，林冠下層部，III層に優占する *Saurauia pendula, Turpinia sphaerocarpa* などに二類別されることがわかっ

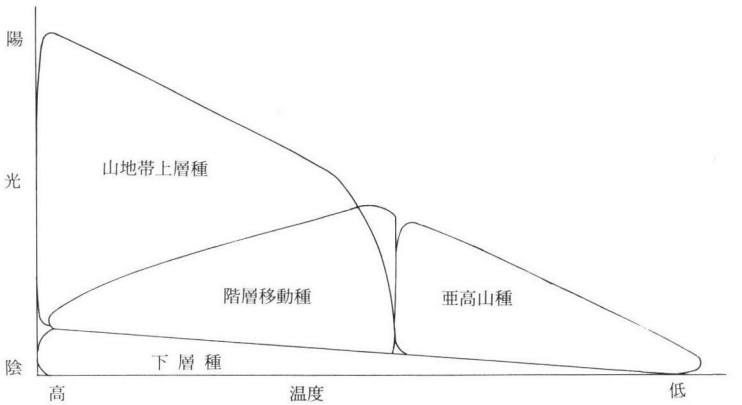


図 3-14　パングランゴ山の階層構造からみた森林の垂直分布帯模式図

た．階層構造の高度変化をみたところ，山地帯では最大樹高は高度とともに低下するものの，林冠層は三つの階層からつくりあげられていることに変わりはなかった．亜高山帯に至ると最大樹高は更に低下し続け，階層構造は単層になる．樹種組成によってこれをみると，A：常に林冠上層部を占める樹種，B：常に林冠下層部を占める樹種，C：高度変化とともに樹冠の位置が変わるものが認められる．模式的にあらわすと図 3-14 のようになる．A型の特徴をもつものに山地帯の林冠上層種群と亜高山帯種群がある．

山地帯から亜高山帯への移行が優占種の交代とともに階層構造の変化をともなっていること，山地帯と亜高山帯のあいだに狭い移行帯がみとめられることは重要な事実であろう．

山地帯の優占種群，*Schima wallichii, Castanopsis javanica, Podocarpus imbricatus* が亜高山帯の優占種群，*Myrsine affinis, Eurya obovata* と交代するとはいっても，互いの分布域はまったく重なりあわないというわけではない．両者が同じ高度域に混交しあっているところをみつけることはそうむつかしいことではない．けれどもそれぞれがそれぞれにもっとも優占する領域が重なりあっているとみるよりは，間に *Astronia spectabilis* や *Acronodia punctata* のような移行帯種の出現する，いわば緩衝帯とでも呼ぶべきところが存在しているように思えてなら

ない．つまり，両者は相互のぶつかりあいの結果として交代するのではなく，それぞれに優占する領域を異なった高度に持っているにすぎないと考えたいのである．それぞれの領域を決めているのは，おそらく温度条件であろう．2400 m のプロット 6 付近の年平均気温が 11°C，暖かさの指数が 72°C月であった．山地帯と亜高山帯の境は 2300 m であるから，その高度の暖かさの指数を概算すると約 80°C月ということになる．この値は吉良の設定した日本の照葉樹林帯と温帯落葉樹林帯をわける 85°C 月という値と似かよっていることは興味深い．山地帯優占種群の温度領域が照葉樹林帯樹種のそれと比較しうるなどということはできないとしても，これらの樹種は暖かさの指数の高いところに分布の中心をもつとみることができよう．Backer らの記載をみても，またジャワ島の他の地域の観察によっても，ここで観察した地域から低地にかけて，広く分布していることが認められる．

これに対し亜高山帯優占種群は温度領域の低いところに分布の中心を持つもののようで，断面積合計が 2300 m より高いプロット 7 で最大値を示したことによってもこのことは肯定できるであろう．とはいえ亜高山帯樹種群の温度領域は決して広くはない．3000 m のプロット 9 では *Vaccinium varingiaefolium* が別の優占種に数えられた（表 3-4）．van Steenis（1965）は亜高山帯上部ではツツジ科が優占するとしているが，プロット 9 の *Vaccinium* の出現が *Myrsine affinis, Eurya obovata* と交代する兆しとみることができるかもしれない．この点についてはさらに高度の高い山地での森林帯の分布を調べる必要があろう．

山地帯の優占種群は林冠上層部を占める．すでにみたように林冠上層部と一口にいっても，最上層の I_0 層と下層の II 層の間には光条件にかなりの違いがあることをみとめなければならない．かなりの光環境の幅の中ですみわけて成層化していることは，この樹種群が光に対してかなりの適応性を持っているとみなければならない証拠ではなかろうか．*Schima wallichii* は林内の倒木跡地や林冠の閉鎖が破れたところで，稚樹が更新しているのがみられる．*Castanopsis javanica* は不定芽による萌芽更新を行なう．これらの樹種は完全に閉鎖した林

冠下では稚樹を発生せしめえないが，光条件がいくらか好転したところで更新しているわけである．林冠上層部における樹冠の成層化はこうした局所的な更新の結果，それぞれの個体または個体群の示す生長段階の違いによるのかもしれない．

亜高山帯の樹種群については，階層構造が単純であるところからみて光条件に対する適応性は山地樹種群より広くはないのではなかろうか．もっとも最上層の樹高がずっと低下してしまっているから，階層構造を発達させるべき空間が，はるかにせばめられているわけで，単層構造を樹種群の光条件に対する反応の違いに帰することはできないのかもしれない．

山地帯の林冠下層部優占種群は高度が変化しても常に下層種であった．林冠上層種群に比べると，これらの樹種のあるところは，上層林冠によって一応保護された温度条件下にあるといってよい．つまり極端な気象条件の変動の影響からはまぬがれているわけで，分布域が広い樹種であっても，林間上層種群に対して重要なのはむしろ光条件に対する反応であろう．常に林冠下層部にしか出現しないということは，これらの樹種群が陰樹であるといってさしつかえないのではなかろうか．

移行帯に出現する樹種群は高度とともに，あるいは林冠下層部にあるいは林冠上層部に出現する．すでにみたようにこれらの樹種は山地樹種群と亜高山帯樹種群の残した隙間をうめるようにしてあらわれる．この樹種群は気候帯に対応するような広い分布域をもつものでは決してなく，局所的に限られた分布の仕方をする．本来の分布域を与えられないような樹種は，光条件に対してある程度の適応性はそなえていなければならないだろう．他の樹種の分布域である山地帯に出現するとき陰樹的なふるまいをみせるのも納得のいくことである．

パングランゴ山地においてみられる樹種群を以上のような観点からまとめると次のようになる．

(1)　山地帯上層種

Schima wallichii, Podocarpus imbricatus, Castanopsis javanica, Vernonia arborea,

Engelhardia spicata, Cinnamomum sintoc, Persea rimosa, Glochidion macrocarpum, Polyosma integrifolia, Manglietia glauca, Lithocarpus elegans, Lithocarpus tijsmannii, Lithocarpus rotundatus

(2) 下 層 種

Saurauia pendula, Turpinia sphaerocarpa, Viburnum coriaceum, Acronychia laurifolia, Macropanax undulatus, Macropanax dispermus, Hypobathrum frutescens

(3) 亜高山帯種

Myrsine affinis, Eurya obovata, Symplocos sp., *Symplocos sessilifolia, Schefflera* sp., *Photinia notoniana, Daphniphyllum glaucescens*

(4) 階層移動種（移行帯種）

Acronodia punctata, Astronia spectabilis, Polyosma ilicifolia

第3節 落葉落枝などの季節変化

1 調 査 方 法

山地帯のプロット1（1600m）において落葉落枝量などの調査を行なった．リタートラップを設置し，落下して来るものを集めてみると，葉，枝，花，果実，昆虫遺体，虫糞などの要素に分けることができる．これらの落下量をとらえ，かつその量がどのような季節変化を示すかを知るために，1年間の要素別の変動をみた．また要素内においても，樹種によって季節性は変化するかもしれない．そのために落下量をできるだけ細かく樹種に分けて，樹種ごとの季節性をみるようにした．同時に樹種ごとの季節性をひき起こす要因は何であるかを検討してみた．

熱帯林での落葉落枝などの測定例はたいへん少なく，東南アジアの山地林では，Edwards と Grubb（1977）によるニューギニア山地の例があるのみである．低地でも小川（1974）の例があるにすぎない．

本調査で使用したトラップは，1 m×1 m の底面積をもつもので側面の高

さが20 cmの板で四方を囲み，底面はビニールコーティングした1 mmの編目の金網で作成した．このトラップを37個，1 haのプロット内にランダムに設置した．測定開始は1969年の4月29日から1年間である．リターの回収は，1週間に1度決めて行なった．採集したリターは，チボダス植物園の実験室にて数日自然乾燥した後，葉，花，果実などはできるだけ細かく樹種ごとに分類した．枝，地衣藓苔類，昆虫遺体，糞などは単に要素として分けた．樹種別にも要素別にも分類不可能なものはその他とした．トラップごとにわけたこれらの資料を日本へ送り，京大農学部において，熱風乾燥器によって80°C，48時間乾燥した．インドネシアから日本へおくる際に紛失したものは皆無であった．輸送期間中に腐敗など認めたものも無かった．秤量は，分類された資料の一つ一つについて0.01グラム単位まで測定した．

2　1年間の落葉落枝などの総量

1週間に1度集められたリター量は37m²当たりの量となり，この値を1年間累積すると37m²当たりの1年間のリター総量を得る．ヘクタール当たりに換算すると，5.96 ton/ha・yrという値になった．この値の信頼度95％に対する信頼区間は，5.958±0.645 ton/ha・yrとなった．

熱帯山地林の落葉落枝量調査の一例であるEdwardsらは，ニューギニアの標高2400～2500 m付近の地上部現存量310ton/ha，最高樹高37 mの山地林で，16個の1 m²のトラップを4プロットに計64個並べて，1年間のリター量を測定したところ，平均7.55 ton/ha・yrの値を得たという．この値と比べてみると，パングランゴ山での値は標高がずっと低いにもかかわらず，かなり小さな値となっている．

リターの内容を構成要素別にみると，表3-8に示したようになる．葉に分類した中には，高木，低木，シダ，草本，着生植物，つる植物など，プロット1内に存在するあらゆる種類の植物体の葉を含んでいる．樹皮や地衣藓苔類などは，落枝に付着しているものは含まず，独立にトラップ内にあるもののみ分類

表 3-8 構成要素別リター量

	ton/ha・yr	%
Leaves	4.504	75.60
Branches	0.942	15.80
Barks	0.030	0.50
Lichens & Mosses	0.046	0.76
Flowers	0.189	3.18
Fruits & Seeds	0.201	3.38
Feces	0.011	0.19
Animal bodies	0.001	0.02
Others	0.034	0.56
Total	5.958	100.00

した.

花は，花弁だけの場合や，花梗のついたものもある．果実と種子も，果実だけの場合や種子だけの場合などあるが，いっしょに分類した．虫糞は，その形状や色彩によって，かなり区別できるが，どのような動物類によるものかは判定していない．虫類の遺体も種に分けることはしなかった．「その他」にふくまれるものの大部分は，粉砕の程度が著しく，原型を推定することが全くできないもののみに限った．樹種ごとにわけたのは，葉，花，果実と種子である．これらの中でも樹種にわけられないものは，それぞれの要素内で，分類不可能として扱った．

量的な割合をみると，葉がもっとも多く，75.6％を占めている．小村・安藤(1970) は九州の常緑樹林で落葉量が全リター量の 74.1％を占めていると報告している．熱帯多雨林のマレーシア，パソー林では，落葉量比は 60％であったという．ヒノキ人工林では，75.0～81.1％ (斉藤 1972) を占め，いずれをみても，リター量の中で葉の占める割合は最も大きいことを示している．

落枝量は 15.8％を占めるが，九州照葉樹林では 11.3％，パソーで 26％，ヒノキ人工林で 11.0～12.9％となる．

花と果実・種子の量は，後者がやや多く，両者あわせて6.5％を占める．九州の照葉樹林では果実量が花の量の 3 倍強を占め，両方で14.6％とかなり大

きな比率を示している．ヒノキ林では3.4％であり，パソーでは4.2％と小さい．他の虫糞，樹皮などはすべて1％以下である．

3　落葉落枝などの季節変化

落葉落枝等の総量ならびに構成要素が1年間にどのような季節変化をするかを図3-15に示した．総量の季節変化をみてみると（図3-15 (a)）たいへん凹凸の多い動きが認められる．

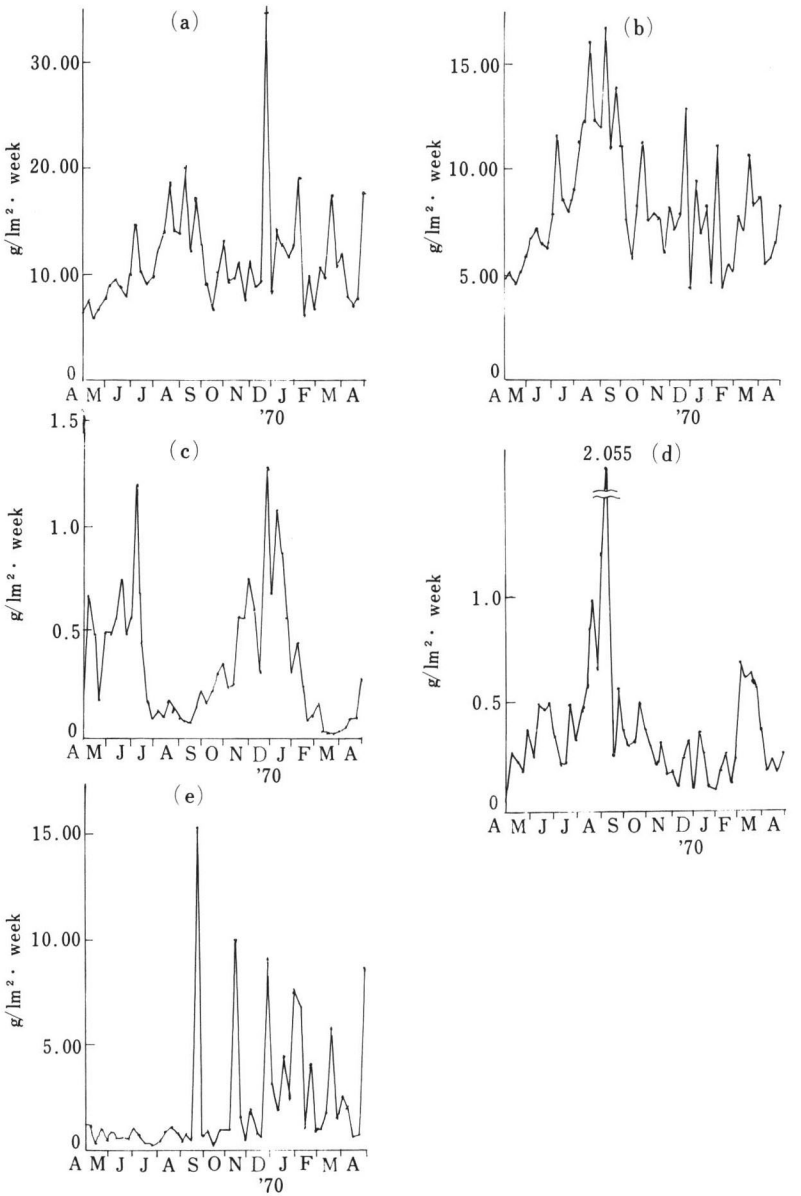
8～9月を中心にした一つのピークと，12月末の大きいピーク，2月にみられるピークなどがあって，このままではっきりした傾向はつかめない．この総量の内容を構成要素別に分類してみると，それぞれの要素のもつ季節変化は，それぞれ特徴を持っていることがかなりはっきりと判る．最も量の多い落葉量の変化は図3-15 (b) にみられるように8～9月を中心にした大きなピークを持つ．他の月にも多かれ少なかれ落葉があって，量的にはかなり変動している．

季節性がさらに明確になるのは，花の落下量である．図3-15 (c) に示したとおり，7月と12～1月に二つのきわだったピークがみとめられる．この二つのピーク以外の月は，量的にずっと少なくなる．この花の季節性と対応するのが果実の落下量である．図3-15 (d) にみられるように，8～9月を中心に大きなピークがあり，次のピークは3月になる．これらのピークの位置は，ちょうど落花量の二つのピークにひき続いて生じている．

花，葉，果実の季節性とは異なる傾向を示すのが枝（図3-15 (e)）である．9月に最も大きいピークが一つあり，11月，12月，2月，3月，4月とかなり幅のせまいピークが林立している．5月から8月にかけてはピークはみられない．

図には示されていないが，他のリター構成要素のうち地衣蘚苔類などは枝型を示した．また昆虫類の遺体や糞などは乾季にやや多い傾向がみられた．

全リター量の落ち方のばらつきをみるため1週間ごとに37個のリタートラ



(a) 総量，(b) 葉量，(c) 花量，(d) 果実・種子量，(e) 枝量

図 3-15　落葉落枝量の季節変化

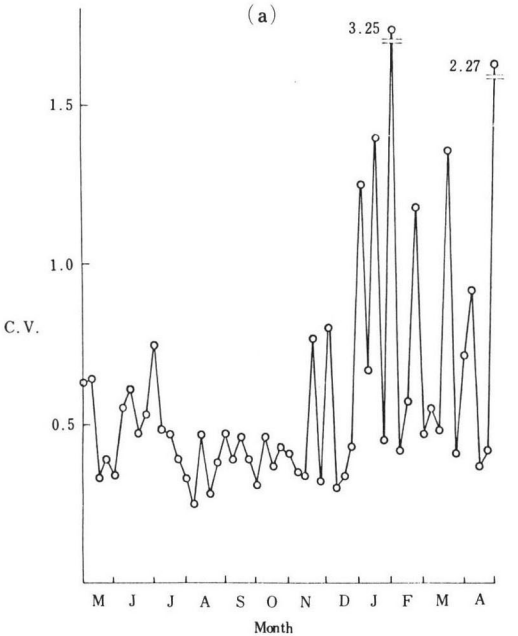


図3-16　変動係数の動き　(a) 全量

ップに落ちた全量をもとに変動係数を計算した．図3-16 (a) に変動係数の1年間の変化を示した．変動係数の値は，12月中旬まではほぼ0.5を中心にして上下した動きで，そのうちでも7月初めから11月中旬までは一定して0.5以下の小さな値を示している．ところが12月末になると変動係数の値は1.25となり，それ以後は5回にわたり1.0を越す大きな値となる．最大値は1月28日の3.25である．

リター全量を構成要素別にわけてみると，各要素の変動係数の値は増加する(斉藤1972)．ここでは種名の判明した花と果実についての37個のトラップで判定した毎週の変動係数の値の1年間の変化を図3-16 (b) に示した．全量の場合と比べると変動係数の値はずっと大きくなって，花では10月8日に6.6，果実では4月1日に6.2を示している．全体的な動きも全量の傾向とは異なり凹凸のピークの移動がかなり頻繁におこっている．

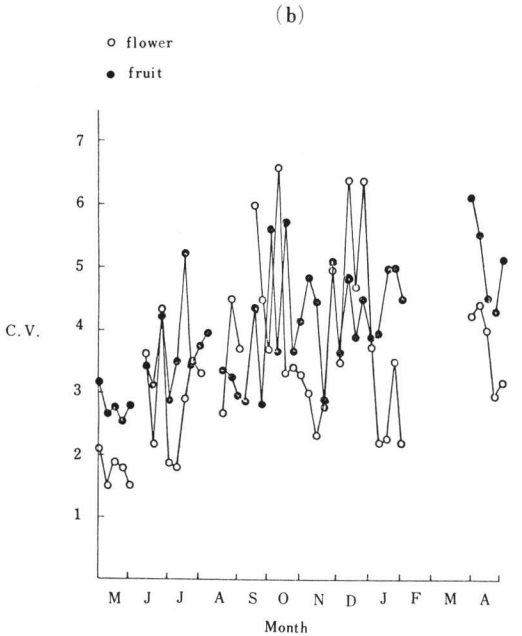


図 3-16 変動係数の動き (b) 花と果実

全量の場合には枝などがかなり局所的な落ち方を示して，変動係数に大きな値を与える原因になることが考えられる．花，果実については，量的に少ないものが，花，果実の落下量の季節変化でみたような傾向で落下する．花に関していえば，落下量の少ない時の方が変動係数の値は大きく，多い時ほど小さい．果実については傾向は一定しない．

ここでリターを測定した全期間に降雨量がどのように分布していたか，その季節変化を調べてみよう．当時のチボダス植物園の雨量計は観測不能になっていたので，チボダスの東方約 6 km にあるパチェット (Pacet) 測候所 (標高 1200m) のデータによることにした．

図3-17には1969，70年の 2 カ年にわたる月別雨量と降雨日数が書かれている．この図を見ると，1 年間通じて降雨量にかなり明瞭な差があることが読み取れる．すなわち，1969年の 1 月～ 4 月までと，9 月～12月までは降雨量が

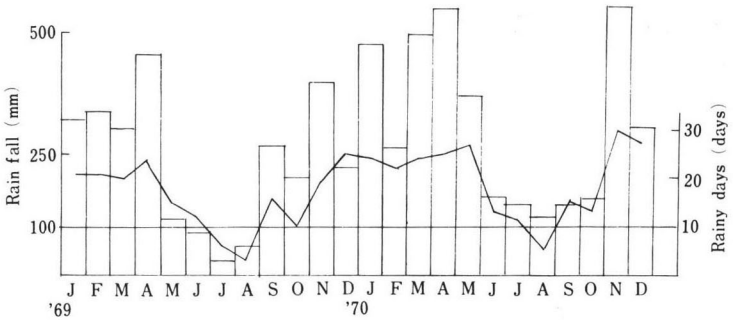


図3-17　パチェット測候所における1969～1970年の月別雨量変化

多いが，5月から8月にかけてはずっと減少する傾向がみられる．1970年に入ると，5月までは降雨量は大きく，7月から10月にかけて減少する．1969年の6月～8月の降雨量は月100 mmより少なくなる．1970年には100 mm以下にはならないが，やはり減少傾向がみられる．すでに述べたように，西のモンスーンの卓越する期間は多量の降雨量がみられ，この2年間での最大値は1970年の4月に500 mmを越えた値を記録している．このような傾向をみると，リター採取を行なった1969年の5月から8月までは乾季，9月から4月までは雨季と考えることができる．

1年を乾季と雨季に分けて考えると，先に構成要素でみた傾向は，葉では乾季から雨季の前期にかけてピークがみられ，花は乾季と雨季にそれぞれピークがみられ，果実は乾季から雨季の前期に大きなピークがあり，小さなピークが雨季後期にみられるということができる．傾向の全く異なった枝の落下量はほとんどが雨季に集中しているといえる．枝とともに地衣蘚苔類などが雨季に集中するのは，いずれも雨や雨にともなう一時的な強風によって落下するものが多いことを示していると考えてよいだろう．

葉，花，果実などは，枝の場合のように風雨などの物理力によるだけでなく，気候の変化に伴う植物自身がもつ内的な性質が落下量に影響していると考えられる．このような生理生態的な反応は，樹種ごとに特徴を持つことが考えられる．そのため，リターを樹種こどに分類した結果について次に述べる．

4 樹種ごとにみた落葉量の季節変化

落葉量の全リター量に対する割合は，すでにみたように75.6％を占めている．このすべてについて分類できるものを樹種ごとに分類した結果を，高木，低木，草本，シダ類，着生小木類，つる植物に分けてみた．それぞれの中で分けられた種類は，高木51種，低木14種，草本6種，シダ類26種，着生小木類23種，つる植物24種であった．このプロット1の種組成からみると，高木では57種のうち51種と約90％近い割合がリター量として採取されている．他のグループの場合も，草本類を除いてほぼ同じ割合か或いはそれ以上の採取効率を示している．葉リターの中では当然のことながら高木の葉が最も大きい割合を占めている．これまでの節においても，高，低木を中心にあつかってきたので，ここでも高，低木について調べてみたい．落葉量が小量で季節性の判定が不可能と思われるものについてはあえてとりあげなかったので，季節性が識別できた高，低木類は38種類である．これらの種類の季節変化を調べると次の五つの型に分けられる．

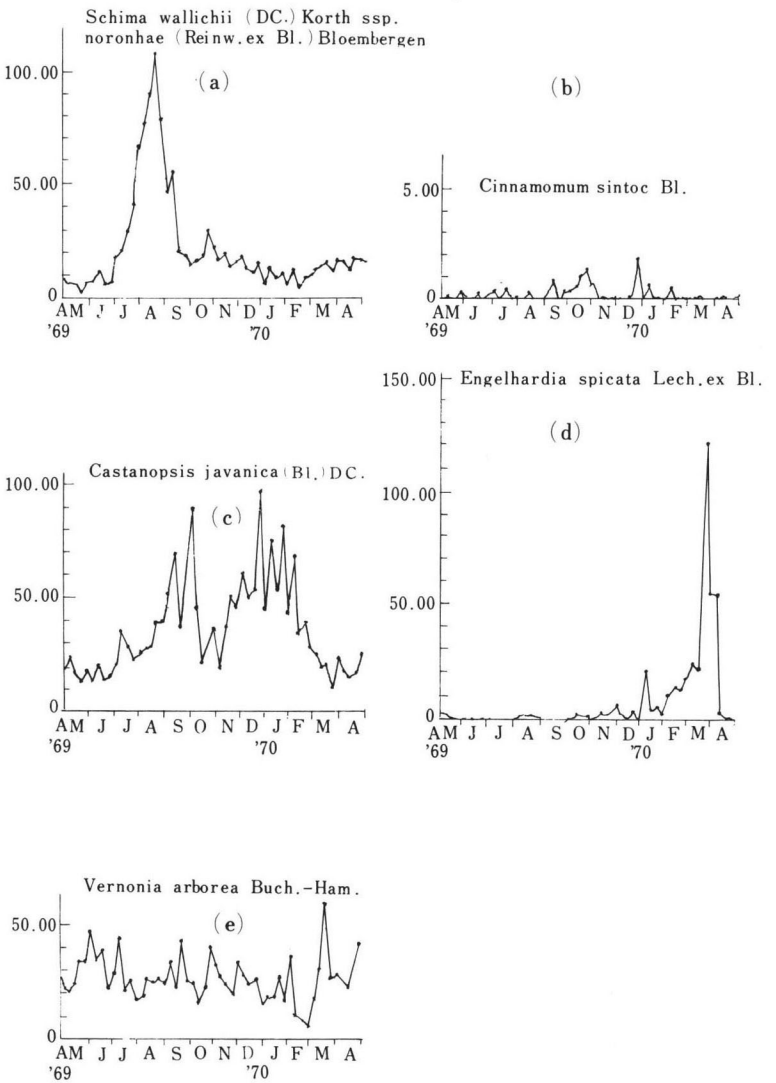
乾季落葉型　乾季に落葉のピークがみられるもので，図3-18（a）に示した *Schima wallichii* がこの典型である．非常に明確なピークが乾季にみられ，他の季節はずっと落葉量が少なくなる．7種類（18%）の樹種がこの型を示す．

雨季前期落葉型　図3-18（b）の *Cinnamomum sintoc* にみられるように，雨季の中でも前半の9，10，11月にピークのみられるものである．この型に属するものはもっとも多く13種（34%）を数える．

雨季中期落葉型　*Castanopsis javanica*（図3-18（c））にみられるように雨季の中頃12，1，2月を中心に落葉がみられるもので，5種（13%）がこの型を示している．

雨季後期落葉型　典型的なものは *Engelhardia spicata*（図3-18（d））に示されるように，雨季も後半の3，4，5月に落葉のピークがみられるものである．この型に属するものは8種（21%）を数える．

非季節型　*Vernonia arborea*（図3-18（e））にみられるように1年間通じて



(a) 乾季落葉型，(b) 雨季前期落葉型，(c) 雨季中期落葉型，(d) 雨季後期落葉型，
(e) 非季節型　(単位は g/37m²・week)

図 3-18　落葉の季節型

表 3-9 階層別にみた樹種ごとの落葉型

	Trees and Shrubs			
	I_0 Layer	I Layer	II Layer	III Layer
Dry Season	Schima wallichii Lithocarpus rotundatus	Glochidion macrocarpum Litsea mappacea	Polyosma ilicifolia	Saurauia reinwardtiana
Early rainy season	Platea latifolia	Cinnamomum sintoc	Litsea resinosa Meliosma nervosa Persea rimosa Polyosma integrifolia Laplacea integerrima Syzygium antisepticum	Symplocos fasciculata Villebrunea rubescens Ardisia fuliginosa Strobilanthes cernua Antidesma tetrandrum
Middle rainy season	Lithocarpus indutus	Castanopsis javanica Prunus arborea Lithocarpus pseudomoluccus		Castanopsis argentea
Late rainy season	Engelhardia spicata	Lithocarpus elegans	Flacourtia rukam Tarenna fragrans	Decaspermum fruticosum Saurauia blumiana Turpinia sphaerocarpa
Non-Season		Vernonia arborea	Astronia spectabilis Macropanax dispermus Syzygium rostratum	Saurauia pendula

落葉量の変化に大きな差がなく，明らかな季節性を示さないものである．5種(13%)がこの型に属している．

このリター量を測定した1600 m のプロット 1 の階層構造はすでに述べたように I_0－III層に分けられた．落葉型と決定された樹種についての階層構造に占める位置もわかっている．何層にもわたって分布する場合は樹冠容積の最大値をもつ階層をその樹種の階層として，落葉季節型と階層との関係を樹種ごとに表 3-9 に示した．

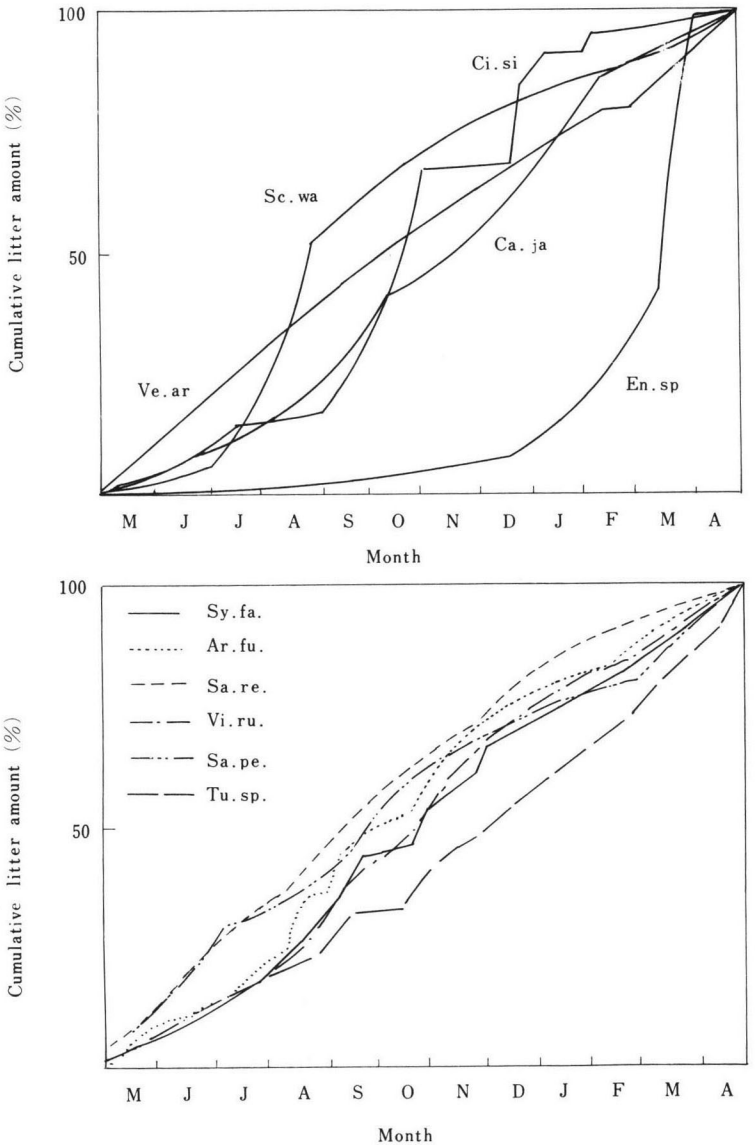


図3-19　落葉型を示す樹種の落葉量累積図

上に述べた五つの落葉型を代表する樹種はすべて上部の階層を占めるものであり，これらの季節性はきわめて明確に示された．一方，階層の下部を占める下層種については，ここでは10種がみとめられている．*Castanopsis argentea* は，このプロット1では低木であるが，周辺部では大木となりうるので，一応除外して考えると9種が本来の下層種と考えられる．これらの季節変化を調べてみると，上層種に比べて，季節変化の度合が不明瞭であることがわかる．雨季前期の *Strobilanthes cernua* と雨季後期の *Saurauia blumiana, Decaspermum fruticosum* の3種は比較的明白な季節変化を示すが，他の6種の季節変化は大変不明瞭である．これら6種の落葉量の累積図と上記の上層種5種の累積図を比較のために並べて示した（図3-19）．こうしてみると，下層種の季節変化はむしろ非季節型の *Vernonia arborea* に似た型をとることが示される．

5 落葉の季節性と伸長型

1年間の落葉量の変化をみると，樹種ごとに季節性がみられ，五つの季節型にわけられた（表3-9）．このうち，階層上層種の大部分が明白な季節型を示したのにたいし，*Vernonia arborea* のみは上層種であるにもかかわらず非季節型に近い動きを示した．このような階層の上下に分布する樹種による落葉型の差は，林冠部と下層との微妙な諸性質が相互に関連しあっているものと考えられる．

林冠周辺部と下層の下生えの間では気象条件が大変異なっている（Richards 1952）．下生え層の方が，森林の上層部に比べて，気温の変動の幅が小さく，空気の流れが静穏になり，相対湿度の較差も小さくなる．すなわちいろいろな気象条件が緩和されて安定した状態が作られる．熱帯では気温較差は小さいが，雨のあとなどには一時的に気温が低下し，それが落葉を促す契機となることがあると郡場（1947）は述べている．また，すでにみたように，乾季から雨季への変化によって，かなりの上層種が落葉する傾向を示している．しかし，これらの気象変化は林冠に遮られ，数層の階層を経ることによって，上に述べたよ

うにかなり緩和された形で林床に到達する．上層に分布する種が，気象の変化を直接うけるのに反し，下層の種は，年中あまり変化のない条件下に生育している．これらの生育環境の差が，落葉形式に変化を与えることは考えうることである．

Richards（1952）は熱帯各地の階層と季節性について，いくつかの例を示している．例えば，A，B層が2回の主な開花期をもつのに対しC層の開花は年中おこる（英領ギアナ），森林の中心部から乾季が長くなる外縁部にむかって落葉樹の比率が増える（ベルギー領コンゴ），A層の半数以上の樹種が乾季中に葉を失うのに対し，B層では大部分が常緑のままである（ナイジェリアの湿潤常緑林），落葉樹の割合は上層に圧倒的に多い（トリニダード）などである．これらの例からも，階層の上層と下層とでは季節性に違いがあることがみとめられる．

郡場（1947）は，シンガポールの植物園や島内に残存する原生林に生育する植物について，季節と枝の伸び方や，落葉の時期などを詳しく観察した結果，熱帯樹木の周期型として，常伸，交伸，隔伸，落葉の4型を挙げた．常伸は葉條が休みなく伸び続けるもの，交伸は1株の木でも枝によって発育の周期が異なり，交互不揃いな生長をして，株全体としてみれば休みなしに伸びているもの，隔伸はある周期に何枚かの葉を出して休み，間欠的にこれを反復するものである．交伸は常伸と隔伸との中間段階と考えられるので，基本的には常伸と隔伸という二つの伸長型に分けられると郡場は述べている．

この常伸と隔伸などの伸長型と，発葉の関係をみると，常伸樹は常季発葉であるのに対し，隔伸樹は定季，同季，無季の三つの発葉型が見られ，定季は1年に1～3回定季的に発葉するもの，同季は年に3～4回，気象変化に即して一斉に発葉するもの，無季は定まっていないものに分類できると郡場は述べている．また落葉と発葉の関係については，離層が完成し，旧葉が離脱することと，新葉の開発（発葉）とは前後完全に関連するものではなく，別々の過程である．離層の完成が早まり，新葉の開発が遅れると落葉樹となり，その逆の関

係が常緑となるとも述べている．

すなわち，常伸型が常時発葉するものではあるが，それと落葉との関係については言及されていない．また隔伸型は三つの発葉形式をもつけれども，落葉との関連については，これも言及されていない．従って，常伸型が常時発葉，常時落葉型であることは保証の限りではなく，離層形成の時期のずれによって，常伸型で常時発葉であっても常時落葉とはならないことも考えうるわけである．しかし，絶えず伸長を続け常に新しい葉を開発している枝條から，落葉だけに限ってある季節性なり周期性をもつことは，かなり考えにくいことではある．やはり，常伸型のものは常時発葉し，離層の形成も常時行なわれて旧葉の離脱が次々とおこると考えた方が自然であろう．落葉のみが隔時性を示すのは常伸型の中でも特殊な場合と考えた方がよいのではなかろうか．この点については，常伸樹の枝條における発葉と落葉の関係を調査する必要がある．今までこのようなデータはないので，ここでは，一応このような推察によっておきたいと思う．

隔伸型については，三つの発葉型があるのに示されるように，落葉についても，三つ位の型があるものと考えるのが自然であろう．

このように考えると常伸型＝常時落葉型＝非季節型落葉，隔伸型＝隔時落葉型＝季節型落葉という関連性が考えられる．すなわち，常伸型のものが連続的な伸長により，発葉と落葉を繰り返すならば，季節性を示さない落葉型の樹種は常伸型と考えられる．また隔伸型が間欠的な伸長によって，断続的な落葉を示すならば，落葉型に季節性の認められる樹種は隔伸型の生長をするといえそうである．

落葉量の測定結果からえられた樹種ごとの季節性の中で，乾季，雨季にかかわらず，ある一時期に落葉量のピークをもつものを隔伸型，季節性を示さないものを常伸型と考えると，表 3-9 の大部分は隔伸型を示し，常伸性を持つのは，I_0，I 層では *Vernonia arborea* の 1 種，II 層では *Astronia spectabilis, Macropanax dispermus, Syzygium rostratum* の 3 種，III層では *Saurauia pendula* の 1 種がみられ

る．III層での季節性を示す *Turpinia sphaerocarpa, Saurauia reinwardtiana, Ardisia fuliginosa, Villebrunea rubescens, Symplocos fasciculata, Antidesma tetrandrum* などはすでに述べたように，非常に非季節型に近い動きを示しているから常伸型と考えてよいだろう．

階層との関係でみると，上層に分布の中心をもつ大部分の樹種は隔伸型を示している．熱帯とはいえ，この山地では5月から8月にかけて雨量の減少する時期と，西のモンスーンによる11～3月を中心とする雨季という季節がみられる．このような季節性が樹種の性質に影響してくると考えられる．

Vernonia arborea は上層に分布する中の唯一の例外である．この種は分布域が広く，倒木跡地周辺に侵入して，きわめてはやい生長をとげる早成樹である．郡場の挙げた例から，常伸型の例を取り出すと，*Macaranga, Mallotus, Duabanga* などのように，伐採跡地や倒木跡地などに先駆種として優占する二次林の代表的な樹種群がみられる．*Vernonia arborea* の好む生育地を考えあわせると，これらの樹種はいずれもすばやい生長をとげて，裸地をおおう性質をもっている．このような生態的地位をもつ樹種群にとって，常伸性のもつ意味は大きいと考えられる．

下層の樹種については，すでに述べたように，外的環境が樹冠を通過することによって緩和され，季節性のない一定した環境条件下にあることが常伸型を生む要因であろう．郡場は灌木はたいてい常伸型であるとのべている．Koriba (1958) は，調査した樹種がどの伸長型に属するかをまとめている．その中で，このパングランゴ山にも出現する樹種には *Symplocos fasciculata* がある．Koriba の観察では，この樹種は常伸型に分類されている．本調査結果からも，この樹種の落葉型は一応雨季前期型に分けてあるが，何度も述べたように，その動きはきわめて非季節型的であった．この樹種は従って，常伸型とみることができる．そうすると，この樹種と似たような変化を示す下層樹種はすべて常伸型を示すとみてよいだろう．

以上をまとめてみると，季節型に分けられた38種の高低木のうち，隔伸型

を示すものは27種（71%），常伸型を示すものは11種（29％）となる．階層関係からみると，上層に分布する大部分が季節型の落葉，つまり隔伸型の生長を示し，非常に生長のよい早成樹のみが常伸型であって，ここではわずかに1種をみるのみであった．下層においては気象の変化が直接に影響することがないため，非季節型の落葉，すなわち常伸型の生長様式をもつものが出現すると推察される．

郡場の推定では，マレー産樹木のうち，常伸性と交伸性をあわせたものが全樹種の5分の1，落葉樹20分の1，残りの4分の3の樹種が隔伸樹となっている．熱帯多雨林においても常伸性の比率はそう高くはない．温帯林では，落葉樹はいうに及ばず，常緑樹も落葉に季節性をもつことは，すべてが隔伸型であることを物語っている．熱帯多雨林から温帯林への変化を伸長型で表現するならば，熱帯多雨林に約20％の割合を占める常伸型が減少して，隔伸型のみになるということができる．この山の両者の割合は郡場が低木や灌木を主な調査対象としていないことに一つの原因があるだろう．

第4節　パングランゴ山地における森林の炭素循環

1　現存量の推定

標高1600 mのプロット1において，樹高，生枝下高，胸高直径，リター量，土壌呼吸量，A_0層集積量を1969年に測定した．胸高直径測定位置は白ペンキで印をつけた．1976年には胸高直径の毎木調査を行なったのでこの2回の調査から胸高直径の生長量および枯死した個体の本数と胸高直径を知ることができる．現存量の推定には重量を実測したわけではないので間接的に推定する以下のような方法をとった．

1969年2月のプロット1のD-H関係は，

$$1／H＝0.6923／D＋0.0192$$

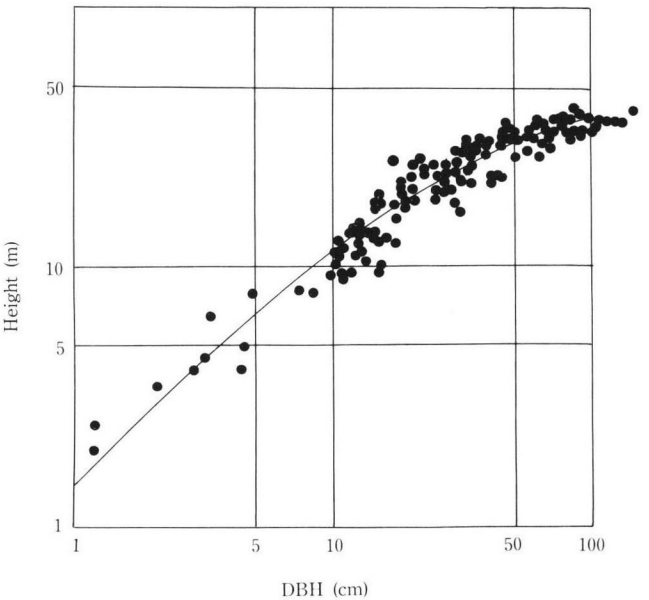


図3-20　プロット1のD-H関係

で与えられる（図3-20）.

胸高直径の2乗（D^2）と樹高（H）の積と材積の間にはきれいな両対数直線関係が成り立つことは，温帯，熱帯を問わず，多くの森林について認められている．毎木調査のD，Hの値と材積の関係がわかれば，この林分の材積が計算できる．また容積重がわかれば，材積を重量に換算することも可能である．

1935年にボゴール林業試験場の機関誌 “Tectona” 28巻に本調査地と同じ地域で調査されたいくつかの樹種の材積表が発表されている（Woff von Wulfing 1935）．この材積表は，西ジャワのプリアンガール（ボゴールからバンドンに至る一帯を指す）の標高1700～2100 mの地域において，*Quercus, Castanopsis, Engelhardia* などの樹種の形状のよいもの51～132本の測定をもとに作成されたものという．この表には皮つき・皮なしの直径，周囲長，樹高，生枝下高，生枝下高までの幹材積などが含まれている（表3-10）．この材積表からD^2Hと

表 3-10

Omtrekken (o) en diameters ($_od$) met bast op een hoogte boven den grond van: (*Circumferences* $-o-$ *and diameters* $-{}_od-$ *with bark at the height above the ground of:*)								Volume (*Volume*)		Boomhoogte (*Height of tree*)
1.50m		2.00m		3.00m		4.00m		Bastvrij timmerhout-stamstuk (*Commercial bole without bark*)	Opgewerkt vierkant hout (*Square timber obtained*)	
o	$_od$	o	$_od$	o	$_od$	o	$_od$			(h)
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	m^3	m^3	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
80	25.5	78.5	25.0	—	—	—	—	0.29	0.17	18.7
90	28.6	88.0	28.0	—	—	—	—	0.39	0.23	20.8
100	31.8	97.7	31.1	93.6	29.8	—	—	0.53	0.29	22.1
110	35.0	107.4	34.2	103.0	32.8	—	—	0.66	0.36	22.9
120	38.2	117.5	37.4	112.8	35.9	109.6	34.9	0.82	0.43	23.6
130	41.1	127.2	40.5	122.5	39.0	118.8	37.8	0.98	0.50	24.2
140	44.6	137.3	43.7	131.9	42.0	127.9	40.7	1.16	0.58	24.8
150	47.7	147.0	46.8	141.4	45.0	136.7	43.5	1.35	0.66	25.2
160	50.9	156.8	49.9	151.1	48.1	145.8	46.4	1.56	0.73	25.7
170	54.1	166.5	53.0	160.5	51.1	155.2	49.4	1.78	0.82	26.2
180	57.3	176.6	56.2	170.3	54.2	164.6	52.4	2.02	0.92	26.7
190	60.5	186.6	59.4	180.0	57.3	174.0	55.4	2.26	1.02	27.2
200	63.7	196.4	62.5	189.4	60.3	183.2	58.3	2.53	1.13	27.6
210	66.8	205.8	65.5	198.9	63.3	192.3	61.2	2.80	1.24	28.1
220	70.0	215.5	68.6	208.3	66.3	201.7	64.2	3.10	1.35	28.5
230	73.2	225.6	71.8	218.0	69.4	211.1	67.2	3.43	1.48	29.0
240	76.4	235.3	74.9	227.8	72.5	220.5	70.2	3.77	1.61	29.4
250	79.6	245.4	78.1	237.2	75.5	230.0	73.2	4.11	1.76	29.9
260	82.8	255.1	81.2	246.9	78.6	239.4	76.2	4.48	1.94	30.3
270	85.9	264.8	84.3	256.0	81.5	248.5	79.1	4.85	2.06	30.8
280	89.1	274.9	87.5	265.8	84.6	257.9	82.1	5.25	2.21	31.2
290	92.3	284.6	90.6	275.5	87.7	267.3	85.1	5.68	2.38	31.6
300	95.5	294.7	93.8	284.9	90.7	276.8	88.1	6.08	2.54	32.0
310	98.7	304.4	96.9	294.7	93.8	286.2	91.1	6.53	2.73	32.5
320	101.9	314.2	100.0	304.1	96.8	295.3	94.0	7.01	2.93	32.9
330	105.0	323.6	103.0	313.5	99.8	304.7	97.0	7.50	3.13	33.2
340	108.2	333.6	106.2	323.0	102.8	314.2	100.0	8.02	3.35	33.7
350	111.4	343.4	109.3	332.4	105.8	323.3	102.9	8.54	3.57	34.1

材　積　表

Stronkhoogte (*Height of stump*)	Kroonaanzelhoogte (*Height of first branch*)		Bastvrij timmerhoutstamstuk (*Commercial bole without bark*)					Opwerkingspercentage (*Timber-percentage*)	Diameter ($_od$) en omtrek (o) met bas (*Diameter - $_od$ - and circumference - o - with bark*)	
			Lengte (*Length*)	Top- (*At the small end*)		Midden- (*At the middle*)			op 1.50m (*at the height of 1.50m*)	
	(*ka*)	(*ka%*)		omtrek (*circumference*) (o')	diameter (*diameter*) ($_od'$)	omtrek (*circumference*) (o')	diameter (*diameter*) ($_od'$)		$_od$	o
m	in m	in %	m	cm	cm	cm	cm	%	cm	cm
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0.6	9.4	50.5	7.6	59.4	18.9	67.5	21.5	61.5	25.5	80
0.7	10.5	50.3	8.5	66.0	21.0	75.1	23.9	58.8	28.6	90
0.7	11.1	50.1	9.2	73.5	23.4	82.9	26.4	56.3	31.8	100
0.7	11.4	49.9	9.6	77.9	24.8	91.7	29.2	54.0	35.0	110
0.7	11.7	49.6	10.0	88.6	28.2	99.6	31.7	52.2	38.2	120
0.7	11.9	49.3	10.3	96.1	30.6	108.1	34.4	50.7	41.4	130
0.7	12.2	49.0	10.5	104.0	33.1	116.2	37.0	49.4	44.6	140
0.7	12.2	48.6	10.6	111.5	35.5	124.4	39.6	48.3	47.7	150
0.7	12.4	48.1	10.7	119.4	38.0	132.9	42.3	47.3	50.9	160
0.7	12.5	47.6	10.8	127.2	40.5	141.4	45.0	46.4	54.1	170
0.7	12.5	46.9	10.9	134.8	42.9	149.5	47.6	45.7	57.3	180
0.7	12.6	46.2	11.0	142.6	45.4	158.0	50.3	45.0	60.5	190
0.7	12.6	45.5	11.1	150.2	47.8	165.9	52.8	44.6	63.7	200
0.7	12.6	44.9	11.2	157.4	50.1	174.0	55.4	44.1	66.8	210
0.7	12.6	44.3	11.3	165.2	52.6	182.2	58.0	43.7	70.0	220
0.7	12.7	43.8	11.4	172.8	55.0	190.7	60.7	43.3	73.2	230
0.7	12.7	43.3	11.5	180.6	57.5	198.5	63.2	43.0	76.4	240
0.7	12.8	42.7	11.6	188.5	60.0	206.7	65.8	42.8	79.6	250
0.8	12.8	42.3	11.7	196.0	62.4	214.6	68.3	42.5	82.8	260
0.8	12.9	41.9	11.8	203.3	64.7	222.7	70.9	42.4	85.9	270
0.8	13.0	41.7	11.9	210.8	67.1	230.6	73.4	42.2	89.1	280
0.8	13.1	41.5	12.0	218.0	69.4	238.8	76.0	42.1	92.3	290
0.8	13.2	41.3	12.0	225.9	71.9	247.2	78.7	42.0	95.5	300
0.8	13.4	41.2	12.1	233.7	74.4	255.4	81.3	41.9	98.7	310
0.8	13.5	41.1	12.2	241.0	76.7	263.6	83.9	41.9	101.9	320
0.8	13.6	41.1	12.3	248.2	79.0	271.4	86.4	41.8	105.0	330
0.8	13.8	41.0	12.4	255.7	81.4	279.6	89.0	41.8	108.2	340
0.8	13.9	40.9	12.5	263.3	83.8	287.8	91.6	41.7	111.4	350

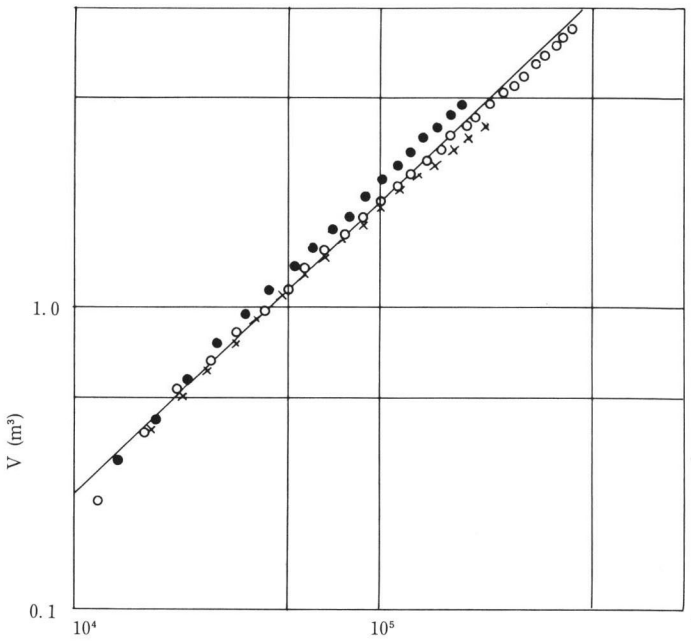


図 3-21　D^2H - V 関係

材積（生枝下高分）との関係を両対数グラフにプロットしてみると（図 3-21），樹種ごとに多少の差はあるが，まずまず

$$\log Vs = 0.9753 \log D^2H - 4.5266$$

によって近似できるとみてさしつかえないだろう．この関係をつかって，調査地の各個体の胸高直径と樹高から枝下部の幹材積を求めた．材積表の値は周囲長 80 cm から 350 cm までしかないが，この範囲外のものについても同じ関係式を用いた．

生枝下高より上の部分についてはD_B（生枝下高部分の直径）と$H - H_B$（樹高より生枝下高をひいた部分で樹冠長を表わす）の値をもとに推定することにした．材積表のDBHとD_Bの値をプロットしてみると，樹種ごとにきれいな直

線関係をえた（図3-22）.

樹種によりこの関係は異なるが，勾配はほとんどかわらず，三つの互いに平行な直線として表わされる．この上下の線はこの林分でみとめられるD_Bの上限と下限とみなすことにした．胸高直径はこの材積表では1.5 mであるが，上の関係を胸高直径を1.3 mにした本調査の結果にそのまま採用することにする．

毎木調査結果の$H-H_B$の値とDBHとの関係をみると図3-23にみられるようにかなりバラつくが，それぞれのDBHに対して平均的な$H-H_B$をあらわす関係を描いたのがあわせて示されている．クローネ内の幹部分を円筒形とみた場合は$\pi / 4\ D_B^2\ (H-H_B)$となるが，円錐型とみた方が適当であろうから$\pi / 12 \cdot D_B^2\ (H-H_B)$をとった．$D_B$の値は図3-22の中央の直線で近似したものをとった．

容積重については，ボゴールの林産研究所が樹種ごとの乾比重の最大，最小，平均値をとりまとめたものがある（Oey Djoen Seng 1964）．プロット1に出現する樹種は大部分が含まれている．樹種間の比重は0.36から1.09の間にあって，かなり大きな差を持っている．同じ樹種内でも，最大，最小値の幅はかなり大きくなる．そこで全出現種の平均値として，0.62をとることにした．気乾比重は水分含有率15％で測定されているので，乾重に換算するためにはさらに15％の水分量を考慮にいれなければならない．すなわち枝下部幹材積合計と枝上部幹材積合計の和と上の比重（含水率15％）から求めたのが229.3 ton/haという値である．これがこの林分の幹重量ということになる．

枝量については東南アジアの森林の現存量の実測値から，乾重量の40％を枝量と考え，119.7 ton/haとした．葉量についても南タイのカオチョンの葉量が落葉量の1.3倍であったというので，かりにこの比を落葉量に乗ずると5.9 ton/haとなる．

以上の各量をまとめると，幹299.3 ton/ha，枝199.7 ton/ha，葉5.9 ton/ha，地上部合計424.9 ton/haがこの林分の現存量ということになる．T／R

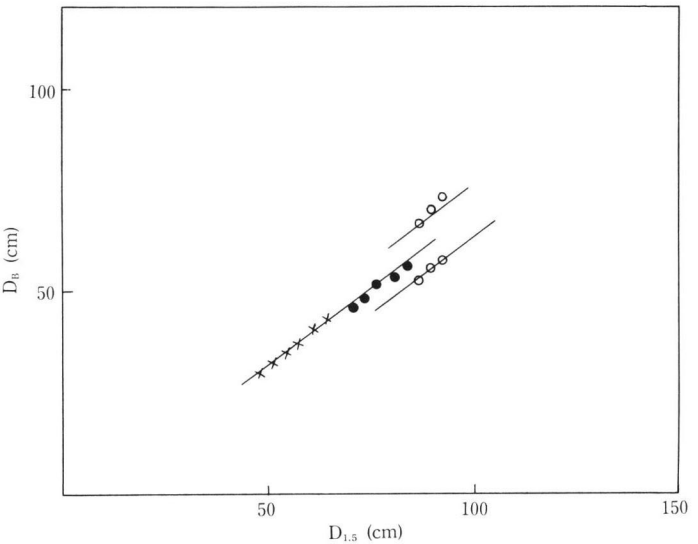


図 3-22　胸高直径と生枝下高直径の関係

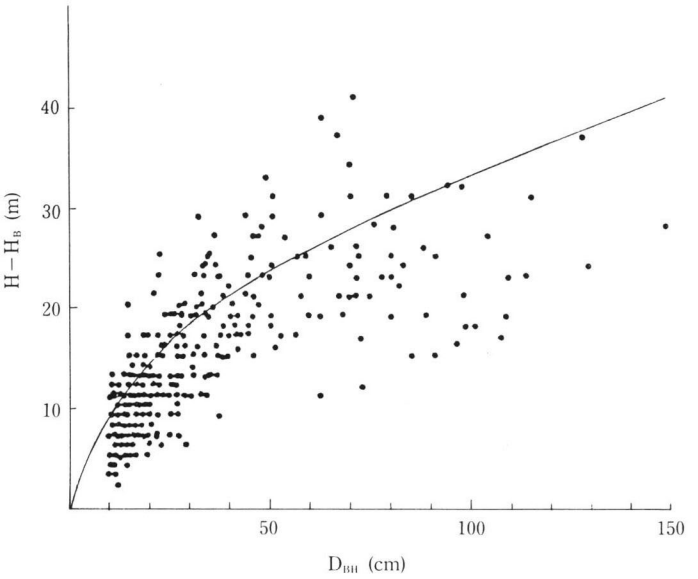


図 3-23　胸高直径とクローネ内幹部分長との関係

率を4とすれば，地下部は，106.2 ton/ha ということになる．

2　生長量と純生産量

1969年2月と1976年10月の2回の胸高直径の測定値から，生長量 ΔD を求めた．全立木の D－ΔD 図を図3-24に示す．

測定期間が7.6年間というかなり長い期間にわたっていたにもかかわらず，マイナスの生長がみられる．荻野（1967）はタイの森林で，直径の大きくなるにつれて ΔD がマイナスになりがちな傾向に対し，葉量が上限値に近づき，同化物質量が頭うちになるとすれば，樹幹下部への物質の蓄積が少なくなる．にもかかわらず呼吸などによる消費はむしろ増大するはずだから，胸高直径の伸びは減少するという解釈が可能であるとしている．本調査の例では大径木に限らず，胸高直径 20～30 cm の個体にも生長量が負になるものも多い．樹幹にコケ，着生植物，つる植物が繁茂するので，胸高直径付近の樹幹は凹凸が激しい．測定位置を明示しておいて，前回と全く同じように測定したとしても，測定面の凹凸による誤差はかなりあるとみなければならないだろう．

1976年10月の測定による現存量の推定は枝下部幹材積については1969年2月と同じ方法によることにしたが，樹高の測定は1976年には行なっていないので，1969年2月当時のD－H関係（図3-20）をそのまま用いて樹高を推定した．生枝下高より上の部分（枝上部幹材積）については枝下部幹材積と同じ割合で増加したとみなして計算した．さきに求めた枝下部幹材積とあわせて，1976年における幹材積として1969年の幹材積との差をこの期間の生長量とみなした．これを重量に換算し，1年当たりにすると 0.64 ton/ha・yr となる．枝の生長量は1969年も幹量の40％として現存量を求め，同様にして枝の現存量の増分として，0.261 ton/ha・yr をえた．葉量の生長量は他の推定例をみてもきわめて小さい．幹や枝の場合と異なり，葉の現存量を1978年には推定しえないので，無視できる程度に小さいとみなす．根の生長量は吉良（1978）にならって幹＋枝の生長量の4分の1とすると 0.23 ton/ha となる．この期間中

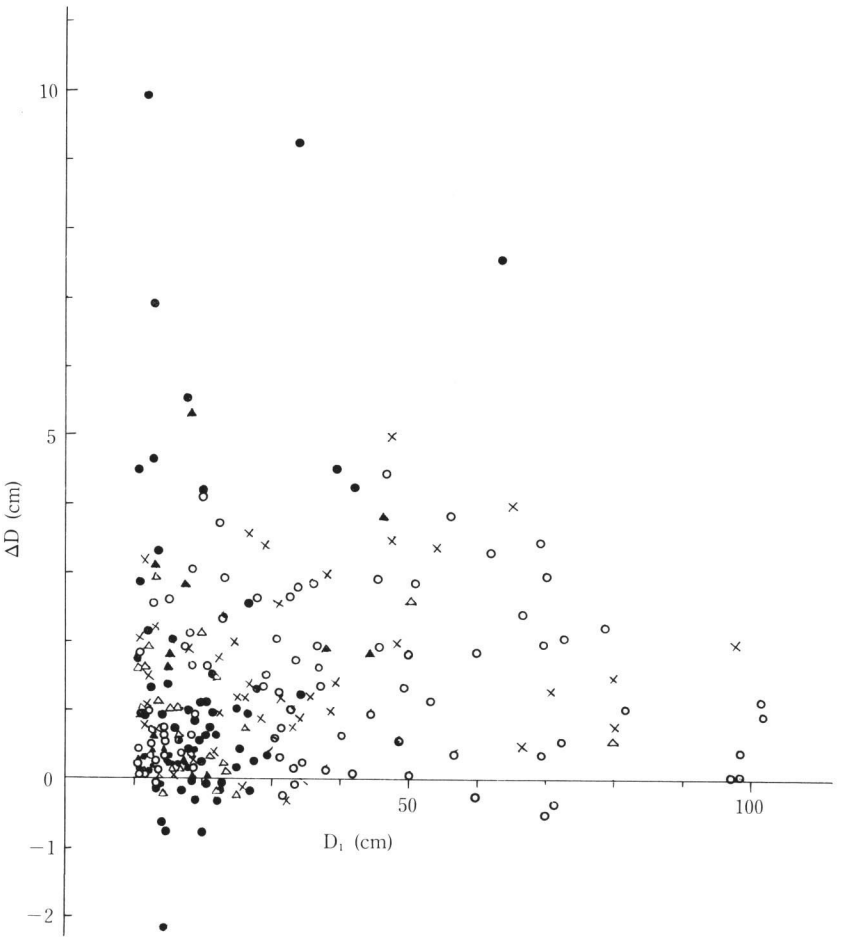


図 3-24　胸高直径と生長量の関係

表3-11　プロット1の純生産量

	幹	枝	根	葉	その他	計
現存量（1969年）（t・ha^{-1}）	299.3	119.7	106.2	5.885	−	531.055
現存量（1976年）（t・ha^{-1}y^{-1}）	304.2	121.7	−	−	0.27	−
現存量増加量（t・ha^{-1}y^{-1}）	0.639	0.261	0.255	−	0.27	1.395
小リター量（t・ha^{-1}y^{-1}）	−	0.942	1.489	4.504	0.512	7.448
大型リター量（t・ha^{-1}y^{-1}）	2.413	−	−	−	−	2.413
全リター量（t・ha^{-1}y^{-1}）	2.413	0.942	1.489	4.504	0.512	9.861
被　食　量（t・ha^{-1}y^{-1}）	−	−	−	−	0.013	0.013
計						11.269

に新たに直径10 cm以上になったものが1年当たりに直すと0.27 ton/ha・yrとなる．以上を加えあわすとこの林分の現存量の生長量は1.4 ton/ha・yrということになる．

落葉落枝量はすでにのべたように落枝量が0.942 ton/ha・yr，落葉量4.504 ton/ha・yr，その他が0.512 ton/ha・yrとなり全体で5.958 ton/ha・yrである．期間中に枯死したり，立ち枯れの状態にある個体を幹の枯死量として生存中のDとHから推定すると2.41 ton/ha・yrとなる．根の枯死脱落量は全く不明であるが，かりに地上部の全リター量の4分の1にあたるとすると1.5 ton/ha・yrになる．こうして得た林分の枯死量は9.9 ton/ha・yrとなる．食葉性昆虫による被食量については依田（1971）が虫糞量の1.2倍であるとしている．リタートラップ内におちた虫糞量0.011 ton/ha・yrを1.2倍すると0.013 ton/ha・yrが被食量となる．

このようにして求めた全生長量，全枯死（落葉落枝を含む）量，全被食量を加えあわすと11.3 ton/ha・yrを得る．表3-11に示すようにこれがこの林分で求められた純生産量である．

3　A_0層の有機物の集積

1 m×1 mの方形枠をランダムに5個林床におき，A_0層の有機物量を測定した．秤量は落葉および落枝に分けて行ない，一部試料をもちかえり，80°C，

表 3-12　プロット 1 の A_0 層集積量

(ton/ha)

月	7	8	9	10	11	12
葉	1.886	2.335	3.330	3.148	5.491	5.190
枝	6.156	4.415	2.237	0.628	3.815	1.990
計	8.042	6.750	5.567	3.776	9.306	7.180

表 3-13　プロット 1 の土壌呼吸量

月	8	9	10	11	12
土壌呼吸量 ($mg \cdot co_2/m^2 \cdot$ 年)	168.5	135.1	197.2	238.1	277.5

48 時間乾燥後秤量し，乾重量を求めた．

表 3-12 に 1600 m のプロット 1 の 1 カ月ごとの A_0 層の有機物量の値を示した．表にあげた数値は，季節的な変化とみるよりもサンプリングの誤差と考えた方がよいだろう．したがってここでは全体の平均値として 6.8 ton/ha の有機物が A_0 層に集積しているとしなければなるまい．

4　土壌呼吸量

1600 m のプロット 1 において密閉アルカリ吸収法による土壌呼吸の測定を行なった．林床に直径 20 cm，高さ 25 cm のブリキ製円筒の下部を埋め込み，数日間放置した後，1 N-KOH 20 cc を入れたガラスビンを円筒内にいれ，24 時間密閉後回収し，滴定した．調査時の最高最低温度も記録した．ブリキ筒は 10 個設置し，測定は 2 日～4 日繰り返し行なった．

表 3-13 に結果を示す．8 月から 12 月にかけて 4 回測定を行なったところ乾季の 8 月よりも雨季に入る方が土壌呼吸量は多くなっている．土壌呼吸量には季節変化があるはずであるけれども，これだけの測定値からは，それがどのようなものであるか議論の対象にするわけにはいかない．この量が有機物量に直すとどの程度のものになるかの目安をつけるため，土壌呼吸量の最小値と最大値をとって計算すると 8.1～16.6 ton/ha・yr の範囲にあるとしなければならな

いであろう．

5　まとめ——炭素循環を中心として

プロット1での調査結果をまとめておこう．地上部の現存量は425 ton/haである．うち幹量は299 ton/ha，枝量120 ton/ha，葉量は6 ton/haである．幹，枝の生長量は1.17 ton/ha・yrである．地上部から落葉落枝枯死などによって8.4 ton/ha・yrの有機物が林床にもたらされる．この量は，生長量の1.4 ton/ha・yrの6倍もの大きさである．純生産量は11.3 ton/ha・yrであるから，純生産量の大部分は林床へ還元されているといってもよい．A_0層での有機物の集積量は6.8 ton/haであるから，落葉落枝枯死量のおよそ81％にあたる．つまり1年間に供給される有機物量よりもやや少ない量がA_0層に集積されているといえよう．土壌呼吸量は有機物量にして8.1～16.6 ton/ha・yrであった．土壌呼吸量は生きている生物の呼吸による分が含まれているから，このままの値が分解された有機物量であるとはいえないにしても，地上部からの落葉落枝，枯死量とほぼみあった量が地表面から消失していっているとみてよいであろう．これをまとめて示したのが図3-25である．ここに示した値の精度についてはかなり疑問が残るけれども，少なくともオーダーとしての値はこの程度のものとみることができるのではなかろうか．

熱帯林で測定された現存量のいくつかの例をあげる．パングランゴ山地林で得た値は西マレーシアの多雨林よりは小さく南タイの常緑季節林よりは大きい(表3-14)．純生産量の推定値を表3-15にあげる．パングランゴ山地で得た値はごく小さいほうである．KiraとShidei（1967）は林齢と生産量の関係を次のように説明しうるとした．林分葉量は林冠が閉鎖すると一定量以上には増加しない．総生産量および葉群の呼吸量も葉量と対応した変化を示す．非同化器官の現存量はこれに対して増加しつづけるから，その呼吸量も増加しつづける．この結果，純生産量は林分の閉鎖する前後に極大値に達し，以後次第に低下するというのである．

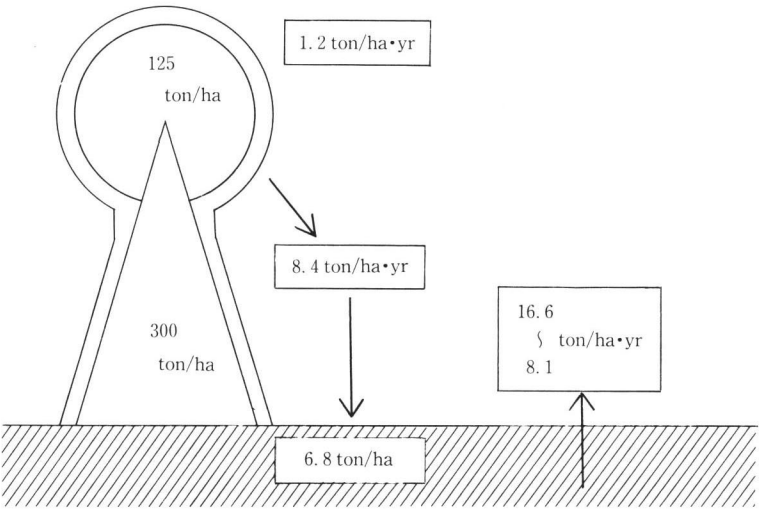


図 3-25　プロット 1 の循環図

表 3-14　熱帯林の現存量

	幹 ton/ha	枝 ton/ha	葉 ton/ha	地上部合計 ton/ha	根 ton/ha	全量 ton/ha	調査面積 ha
Tropical Rain Forest (Pasoh)	528	126	8.8	663			0.01
Tropical Evergreen Seasonal Forest (Khao Chong)	230	93	7.8	331	31	362	0.32
Tropical Evergreen Seasonal Forest (Cheko)	211	98	6.4	315	60	375	0.50
Tropicl Evergreen Seasonal Forest (1'Anguededou)	240		2.5	243			0.25
Monsoon Forest (Ping Kong)	209	53	3.8	266			0.16
Savanna Forest (Ping Kong)	55	11	2.1	68			0.16
Tropical Montane Forest (Pangrango)	299.3	119.7	5.9	424.9	106.2	531.1	1.00

［小川 1974］より

表3-15　各地の陸上植物群落の純生産量の測定例

植　生　型	場　　所	年　齢	純生産量（t/ha・yr）
熱帯多雨林	マレーシア	成熟林	27.2
熱帯季節林	アフリカ	成熟林	13.4
照葉樹林	九州	成熟林	20.6
コジイ二次林	九州	14	22.7
アカマツ林	関東	15	15.8
ブナ二次林	新潟	30-70	15.3
熱帯山地林	インドネシア	成熟林	11.3

［吉良 1976］より

地上部現存量に比べて，その生長量がきわめて小さいこと，有機物のA_0層への供給量（落葉，落枝，枯死量）とA_0層からの消失量がほぼ同じオーダーにあることなどからみて，この森林を炭素循環系としてみるとき，循環系を構成する要素のいずれかへ炭素の集積が進行しているとはいえないという意味で，この森林は生態学的に安定な平衡状態にあるということができよう．

第4章　熱帯多雨林の遺伝資源保全

第1節　熱帯多雨林の問題点

最近，熱帯多雨林問題が話題にならない日はないくらいよくとりざたされている．その割にはその内容がもう一つ明確でないようにおもわれる．その理由の一つは，やはり熱帯多雨林は遠い世界の話なのであろう．この遠い世界を身近にすることが我々熱帯多雨林で仕事をしてきた人間の役目であり，また，そうすることによって，大きな意味での地球のよりよき未来が開けるのではないだろうか．

それでは，熱帯多雨林にはいったいどのような問題があり，どのような方向性がのぞまれるのであろうか．はじめにまず私の考えを示し，そののち遺伝資源問題についての動きを論じていきたい．

現在，主として問題とされている熱帯雨林は，東南アジア，アメリカ，アフリカの赤道を中心とした熱帯多雨林気候のもとに位置しているが，Richards (1952) はこの3熱帯を共通の熱帯林としてとりあつかい，熱帯森林研究のはじめての総合化をなしとげた．しかし，その後，研究がすすむにつれ，この3地域を一つにあつかうことはかなりむつかしい段階にきている．そして，それぞれの地域について，専門家がより精度の高い研究を行ない，それが各地域の特徴を出しているというのが現状であろう．しかし，そういう現状の中でも，共通の問題点は，やはりあげられると私は考えている．私はまだ東南アジアしか知らないし，南米やアフリカの知識は，文献，実際に現地にいって調査した人の話，および年間数十名にのぼる各国の研修生からの情報収集などによっている．現実に当該の地を訪れてみればまた観点はかわるであろうが，主として

表 4-1　熱帯多雨林の問題点

人為的要因	自然的要因	生物学的要因
1. 情　報	1. 気　候	1. 多 様 性
2. 下部構造	2. 雨	2. 分布様式
3. 目　的	3. 土　壌	3. 変　異
4. 哲　学	4. 地　形	4. 繁殖様式
5. 技　術	5. 火	5. 植物季節
6. 資　金	6. 放　牧	6. 形　態
7. 人　材		7. 長　命

上述の情報と東南アジアでの体験から熱帯林に共通する問題点を考えてみたい(表 4-1)．これについて説明すると，まず，問題点は大きく三つ，人為的要因，自然的要因，それに生物学的要因に分類される．

1　人為的要因

まず，はじめの人為的要因では，第一にあげられるのが情報の不足である．たとえば日本で 80 年生の中部地方の代表的なヒノキ林をみたいといえば，しかるべき筋を通せば，たちどころに，その場所，地図，その林分のもつ材積，および周辺の林分の状況まで，詳細な情報が営林署に保存されていて，すぐにそれは，コピーされて手許に届けられることになっている．熱帯林地域では，こういった情報が整っているところはきわめて少ないか，あってもごく限られた一部の有用樹種のみである．そして，そこへたどりつくのがまた問題である．日本ならば，完備した林道網と電話電信設備等により，現地の情報はすぐに伝わり，季節ごとの道路情報も含めて，きわめて高密な情報網が整備されている．それは当然，収穫調査，伐採から市場へ伐出するまでの一貫したシステムが完成していることを意味している．ところが，こういうシステムは熱帯林ではほとんど期待できない．おそらく 5 万分の 1 レベルの地形図，土壌図，植生図などが整備されている国はまれであり，またあっても閲覧できる状態にある国は少ない．そして，その目的とする林分に到達する道はいかにも遠く，とりわけ外国人が入っていく場合には，まず入国し，内務省，警察省で旅行許可証をも

らい，該当県の知事，警察長，軍隊への許可をとりつけ，さらにその目的とする部落へ入るまでには，日本でいう町，村のレベルの許可をとりつけ，そしてやっと部落へ入ってその部落長の許可をとりつけ，山をよく知っている長老の話をたよりに，案内人をつけて，時には数日のキャラバンをくんで山へ入ってやっとたどりつくといった経過をたどる．ブルネイのような小国の場合にはこういう情報網と下部構造は比較的整備されている方だが，それは幹線のみであり，一歩奥へ入れば状況は同じである．インドネシアなどの大国になれば，外領の目的とする山へ入るのには最低2週間はみておく必要がある．こういう体験をするのは，決して苦労ではなく，それ自体たいへん楽しいのではあるが，能率という意味ではきわめて悪い条件下にあることは否定できない．

いま話題となっている遺伝資源問題でも，収集にあたっては，目的とする樹種なり，植物体にたどりつくために，長い時間をかけている例が各国で示されている．私が1969年にインドネシアにいた時にも，オーストラリアからきたユーカリの種子探索のふたりとハーバリウムの若手ひとりが，スラウェシで事故にあってふたりが死亡したことがある．これは *Eucalyptus deglupta* の林分を探しにでかけ，あまり成果なく，遠路を帰る途上道をふみはずしたトラックが転落したという事故である．この事故でなくなったDr. Prijantoは，花粉分析を学んだ少壮の学者であり，私の親友でもあったことから，深く印象にのこっている．道路はたとえあってもその整備状況は当然わるく，側溝のある林道などはほとんど期待できず，いったん雨がふれば，幹線道路でも水びたしになり，どこが道やら田やらわからなくなったり，雨のあとはツルツルにすべる路面に難儀したことも一度や二度ではない．こういった下部構造の整備のおくれは，林業という一つのネットワークを必要とする産業の中では大きな障害となっていくものである．

つぎに森林に対する姿勢の問題であり，これは目的と哲学の欠如としていいあらわせる．ごく一部の例外を除いて熱帯では，山または森は略奪の対象としてかあるいはおそれるべき神域に近いものであった．いずれも林業の心髄たる

持続更新ということは，チークを除いてみられなかった．日本ではすでに600年以上も昔から，京都の北山では，京都の寺院の建築につかわれる柱の生産を目的とした林業がなりたち，その後も日本各地で有名林業地ができるほどの林業に対する自覚があり，それぞれの地方で独特の技術が発達し，それは一つの体系として子々孫々伝えられ，優秀な技術は周辺各地へ拡散していった．

大陸部モンスーン地帯とジャワ東部のチーク材を除き，このような歴史的に重みのある林業体系や哲学といったものは，熱帯諸国ではまずみられない．ごく最近までの思想は，とにかく天然の産物を一方的に収奪するという，ちょうど石油や石炭などの鉱物資源に対するものと同じあつかいであり，再生産を考慮したものでは決してなかった．更新の思想は，自国の生産がその略奪の結果先がみえてきてはじめて認識されてきたといっても過言ではなく，あるうちはとにかく切りつくすというのが，いまでも一部の国にみられる経営方針であった．むろん，マレーシアやフィリピンなどでは天然林施業に対する方針はうちだされているが，それが成功しているという訳ではない．根本的に森林は再生機能を持続できるものであり，人の手によってそれを効率的に運営していくことが林学の根本であり，そのための基本的な設計ができていなかったというのが，多かれ少なかれ熱帯諸国の林業の特徴であろう．むろん天然林施業については温帯圏諸国も同レベルといってよい．

思想的背景のないところに技術は育たない．再び北山スギをもちだすが，北山スギのさし木による優良木の繁殖技術は，育種による近代的な方法が確立されるずっと以前にすでに確立していたといってよく，また，吉野における，たる丸の技術においてもしかりである．熱帯諸国の林業技術としてとりたててあげられるものとすれば，チークのタウンニヤ法やStumpさしくらいのものであり，その他には特にみるべきものはない．技術には当然人材と資金が関与してくる．資金に関しては，最近の温帯諸国でもあまりえらそうなことはいえないが，人材については，やはり，まだまだの感が深い．しかし，各国へ留学し帰ってきた優秀な人材が，精力的に仕事をこなしている姿は随所でみられるし，

この点では問題はないが，つねに気になるのは，技術者としての教育をうけた者が，すぐに行政の立場にまわり，せっかくの技術が役立っていないという点である．これは資金問題ともむすびつき，低劣な給与体系の中でより条件のよい場を求めるのは当然であろう．これらの技術，資金，人材の問題には温帯圏諸国が援助または国際協力という形で大きく貢献していることは周知の通りである．しかし国際協力はあくまで協力であり，最終的には自国の資金による自国の技術者と技術体系による林業技術体系が長期的な見通しにたって運営されていくことが意図されるべきであり，この道はまだまだ遠いといっていいだろう．

2　自然的要因

ここでは，六つの要因をあげた．まずもっとも大きくきくのは気候である．高温多雨の気候は，温帯，冷温帯とくらべて人間生活にはきびしく，植物の生活には，一般的には好適な環境をつくり出す．しかし，これが場合によって逆作用を及ぼすことは，最近のエルニーニョ現象による旱魃の例でもみられる通りである．

熱帯の気候で問題となるのは気温よりも雨である．温度の変化というものは熱帯ではそれほど大きくなく，一部の砂漠地帯などを除けば植物の生育にそれほど大きな作用は及ぼさない．一方，雨量の多少は如実に植物にひびいてくる．赤道直下の多雨林気候地帯は，年中ある程度の雨がふっていることになっているが，わずかな雨量の減少が開花結実をもたらし，また，長期的な旱魃が山火事をひきおこしたり，植林事業に大きな障害をもたらしたりする．そして一度に大量にふる雨は，大量の表土を流出させ，ふつうでも少ない熱帯の土壌の養分を流亡させ，各所に植林も不可能なほどの異常土壌形態を出現させる．たとえばフィリピンのパンタバンガンでは，日本の協力で造林事業が行なわれているが，そこでは鉄棒で穴をあけて植林する場合さえあるといわれている．温帯圏では農事暦があるように，林業についても苗畑から山出しまでの作業は，各

地域ごとに雨量をかんがみて作られている．熱帯圏でも最近の植林事業の拡大にともない，こういった作業暦が作られているが，雨季の変異の大きさにより，予定どおり実行できない例も多い．熱帯林の土壌についてまとまった仕事は少ないが，基本的に土壌中の養分量が温帯圏にくらべて少ないことは周知の事実である．熱帯林の生産力は，たえず補給される植物体からの枯死物質をはやい回転により無機化し，再び植物体によって利用されるところからなりたっており，いったん植物体からの養分の供給がたたれると，急速に土壌はせき悪化し，それに加えて大量の雨と強力な日射が土壌の物理性を悪化させる．それにくわえて，海岸の汽水域から泥炭地帯，ポドゾル土壌，石灰岩地帯など特殊土壌地帯も多く，それぞれの地域における研究例も少ない．これはむろん地形的な多様性も意味し，全く平面的な低湿地から，小丘の林立するような急斜面の台地や，石灰岩地形，山地と，さまざまな地形がみられる．これらの地形，土壌と植生の解析もいまだ不充分であり，充分なデータが蓄積されていない．

自然的な条件とはいえないが，火と放牧とは人と関連するものではあるが，あまりに広範に行なわれる熱帯の森林悪化の重要な現象であるので，ここでは自然条件として考えたい．フィリピンを南北に縦断した旅の中で，ルソン島の中部以北の山岳地帯下部から平野部との中間地帯の丘陵部では，野火が頻繁にみられた．正確には野火ではなく，焼畑もしくは放牧のために火をつけるのである．この火が予定どおりの面積を焼いたのち消すことができれば問題はなく，またそうすることが本来の焼畑のあるべき姿であろう．しかし現実にはそうではなく，ほとんどの場合，中腹から尾根までいってやっと自然に鎮火するのである．放牧用に火をつけるのは，古くなったアランアランの葉が牛の唇を傷つけるためつねに新しいやわらかいシュートが必要だからと農民はいう．そしてこの火と放牧がかさなりあうと林地はもっとも悪くなり，牛の踏み跡による小さな筋目が，丘の傾斜地には縦横に入り，植生の回復を大きくさまたげる．東南アジアでは，ルソン島やタイのコラート，北部山岳地帯などに多くみられ，アフリカでは，東アフリカのサバンナ地帯や北アフリカのサヘル地帯など比較

的乾燥した地域にもっと極端な例がみられる．南米では，アマゾン縦断道路にそって分割された農地に火が入り放牧していく図は，ランドサットからもよくとらえられている．この火と牧畜との関係は，いわば農牧業の林地への侵略であるが，それが適正規模で行なわれる場合はまったく問題はない．しかし，往々にしてコントロールがきかなくなり，また無自覚な拡大が土地の再生産能力をはるかにこえてしまうことが，大きな問題となっているのである．

これら自然的な条件というものは，むろん一つ一つが独立なものではなく，相互に関連していくものである．個別のテーマとは別に，相互作用を解明する方向性が必要であるが，それらの総合的な研究は少ない．

3　生物学的要因

とくに森林に関係する生物学的な要因としては，表4-1に示したような七つくらいの問題がうかんでくる．まず，よくいわれる多様性である．ここでは種の多様性のみについて考えている．これはいうまでもなく，他の気候帯にくらべて圧倒的に大きい．たとえば，マレーシアの混交フタバガキ林1 ha内の胸高直径10 cm以上の木の種類は170種を越え，1種あたりの個体数は数本にすぎない．日本のブナ林やミズナラ林，シイカシ林などのようにある種が大部分を占有するという例は，熱帯では例外的である．そしてその分布もいまだはっきりしているものは少ない．Flora Malesianaはマレーシア地域の植物相を1950年以来分類学的に体系づけてきているが，完成されたものは小さな科だけであって，クスノキ科，アカテツ科，バンレイシ科などの大きな科についてはまだどのくらいの時間がかかるかもわからない．そこには同じ種でも，個体における変異が大きいということもある．たとえば*Schima wallichii*は，ヒマラヤからマレーシアまで広く分布する種であるが，かつては数種に分類されていたものが1種であることが判明した．このように同一種の中での変異の存在は，まだまだ未知なところが多い．

さらに，多様な繁殖形式がある．風，鳥，蜂，蛾，昆虫，小動物など，交配

にかかわる媒介体は，熱帯ではもっとも多様によく発達している．しかし，その繁殖様式が解明されているのは，小型植物かごく一部の有用植物だけであって，大部分の林業用植物については未知である．そして，植物の開花結実についても，温帯のように春に花が咲き，秋に実がなるというものではなく，種により，個体により，また同じ個体内の枝により差があることは数々の文献がおしえてくれているし，すでにのべたとおりである．そして，形態的には，最近の分枝様式や建築様式の研究でしられるように，実にさまざまな形態をなすものが多い．それらの大部分は巨大なものがおおく，ランや草本や林床植生のような小さなものをあつかうようにはいかない．そして，いずれも 100 年以上の長期にわたって生存しつづけるということがある．

これらの熱帯林の生物学的な特徴は，むろん，少しずつ解明への道をたどってきているが，まだまだ不充分である．最近の生産力生態学の進歩は熱帯の生産力のメカニズムを解明しつつある．また個体群生態学や繁殖生物学，種生物学の分野は熱帯で精力的に仕事をすすめているが，林木については，やはりまだ未知の分野が多すぎる．大きな容積と長い年月生長しつづけるという林木のもつ特徴は，温帯圏においても，他の分野での生物学の分野の進歩とくらべるとどうしてもおくれをとりがちであるが，熱帯ではさらにその感がつよいといえよう．

4　これからの方向性

(1)　地球的規模

ごく最近の例ではフロンガスが地球圏の気象に大きな影響を及ぼすことが話題となっているが如く，現代は一国でのことがらが一国のみではすまされない状況下にある．原発や有毒物質のみでなく，熱帯地域における焼畑の煙がランドサットから大きくとらえられ，その気候的影響や炭酸ガス濃度の問題などについての議論は，連日話題になっている．このことは，我々は常に世界の状況を把握した上で国内問題に対処しないと，その影響はすぐに全世界的な規模と

なることを示している．

環境問題などが大きくとりあげられたのは1972年のストックホルムにおける国連環境会議であるが，それを機に上記のような議論は数多く出た．しかし，何ひとつとして問題は解決していない．その理由は，こういった地球的規模の全体論と次にのべる個別の現場に定着した仕事とが整合していないからである．

(2)　地域から局地へ

およそ議論というものは，話が大きくなればなるほどおもしろくなる．そして現実からは遊離していく．地球的規模の話をする人間ほど現場の実情を知らない人はいない．火を出すなといっても，日々の生活にあけくれる人間にはきとどけられない．地球的にこういう作用がおこるといっても，点にすぎない現地の人間にはピンとこない．その中間にたつのが国や町レベルの行政的，教育的な立場の人間であるが，これが両者を理解して行動しているとはとても考えられない．そうしている間にも，熱帯の森林問題はますます混迷の度をふかめていく．

地球的規模の視野をもった上で，あくまでも現地の実情をふまえた上で実行していくこと，これが今熱帯諸国の林業に求められている作業であろう．

(3)　長期的・実行的

そしてこの計画は長期的でなければならない．数年できえるような計画はムダであり，長い作業を要する林業には，数十年単位の長期計画が必要である．そしてそれは実行可能なものでなければならない．それは，往々にして，とうてい実行不可能な計画がまかりとおることがあるからである．この二つの要素は多くの熱帯諸国の林業に関してもっとも不足している観点であるとおもわれる．

(4)　生態－遺伝学的視点

最後に，よってたつ理論背景として生態学および遺伝学的立場を強調したい．これは，今までの林学が主として生態学的にかたむきすぎ，遺伝学や生理学の分野の研究が少なすぎたことへの反省をこめていうのである．とりわけ遺伝的

な視野は重要で，これだけ多様な種の集合体をあつかう以上，集団遺伝学的な基礎は重要である．

第2節　遺伝資源保全への動き

1　地球規模の動き

森林の遺伝資源問題については，国際的にはFAOが中心となり，その中の森林遺伝資源専門家小委員会（FAO Panel of experts on forest gene resources）が報告書を出し，また情報一般については，Forest Genetic Resources Information が毎年出されている．これらの活動は，国際的なレベルで行なうために，各国の一件報告的な内容が多く，まだ，まとまった成果がでるという段階ではなく，まず，一般論をのべた上でそれが各国の事情にいかにあうかをこれから実行していく段階であるといえる．そして，具体的には種子の採集が当面の大きな仕事であり，報告書をよむと，どの国が精力的に行なっているかが一目瞭然である．東南アジアにとりわけ力をいれているのはオーストラリアであり，とくにユーカリやアカシアの遺伝資源については他の追随をゆるさない．これらの中には当初は種子とりの苦労話も入っているが，最近ではどの国もより組織的により系統的になっており，着々とこの事業が進んでいることがわかる．

一方，わが国においても農業関係と科学技術庁が別個に同様な事業をおこしており，林木にかんしては，関東林木育種場が中心となって作業をすすめている．これは当面，日本国内の遺伝資源をまとめ，ついで国外へも手をのばす予定であるが，とにかく少ない予算と莫大な事務量とで，担当者は大変な作業をしいられている．こういった事業はとうてい大学などのできる範囲をこえており，政府の研究機関が組織力を駆使してやるべき性質のものであろう．

この遺伝資源問題が話題になってきたのは1972年のストックホルムでの国連環境会議を契機にしてである．そしてその前後から遺伝資源の原理にふれる著作がいくつか出版された．

Frankel & Bennett (1970) は，IBP のハンドブックとして出された植物の遺伝資源の著作の巻頭で，この本の Introduction という意味もあって遺伝資源の問題をつぎのようにまとめている．

① 遺伝資源の場での重要度，地域，緊急性などのチェック
② 実在する材料の収集
③ 遺伝資源の利用
④ 遺伝資源の保全
⑤ 記録
⑥ 国際的協力，指導，行政的バックアップ

この本の中では，これらの観点についてさまざまな議論がなされるわけであるが，FAO の遺伝資源情報についても，これらの問題について，地域的な問題が論じられるのが一般的である．とりわけ開発途上国においては，多かれ少なかれ，数々の問題点が指摘されて遺伝資源保全のむつかしさが強調されている．

林木については Callaham (1970) が地理的変異についての一般原則をつぎのようにまとめている．

① 多様な環境は，遺伝的に変異の多い種を生む．分布の広い種は局所的なものよりも変異が多い．

② 遺伝的な変異のパターンは環境変異のパターンと平行する．遺伝変異のパターンの不連続性は種の分布の断絶または環境要因の急激な変化と関係する．

③ 異なる気候区下に生長した種の家系は，環境要因への遺伝的適応が異なる．ある地区では，ある環境要因が致命的であり，また他の場所では同じ要因が他の致命的な要因ほど重要ではない．

④ 同所的な種は，同じ環境に対しての遺伝的適応性は類似するが同一ではない．制限要因は，一般には同じハビタットの種について常に同じではない．

⑤ 二つまたはそれ以上の連続的な種子源調査が最適の源を決定するのに必要である．たいていの種と環境は，一つの実験で完全に解析するにはあまりに

変異がありすぎる．

⑥ 人間の影響をうけない土着性の種子源の研究は，地域的な種子源がもっともよく適応するが，しかし，それはもっとも生産力が高いということではないことを示している．一般に外来集団は地域の環境の要因のユニークな組合せに地方的な集団と同じように適応することはない．

⑦ もしある土着種の変異について何もわかっていない場合には，地域種子源がもっとも安全である．もしその地域の種子が手に入らないなら，植栽場所の環境条件に似た所の種子源をつかうべきである．

⑧ すべての種子源の研究においては強い交互作用が考えられる．広く分離した一つの種の産地群は，いくつかの多様な環境にためして，各環境への最良の源をみつけるべきである．

⑨ 長期間栽培された種や，人間により阻害された種，またはきわめて異なった環境にうつされた，たとえば *Eucalyptus* や *Cedrus* などのようなものの推移は予想できない．

⑩ 探索は森林樹種をみつけ登録するだけに限るべきではない．むしろ，特に環境変化との関連において，種間または種内の変異性を明らかにすべきである．

⑪ 探索は主要環境傾斜にそうべきであり，それは，事前によく理解されていなければならない．このルートは暖から寒へ，高緯度の長日帯から低緯度の短日帯へ，そして湿潤地から乾燥地へ山をこえていくべきである．

⑫ 探索は各種の分布の端をさがしあてるべきである．中心を離れた集団をみつけ出す必要があり，これらの集団の中でおこったであろう進化的変化をみつけるためにサンプルしなければならない．

ここに示された事柄は，林木遺伝資源の探索と収集にあたっての原則を的確に表現している．しかし，実際にこれを実行するとなると一筋縄ではいかない．

たとえば，Zobel（1970）は，メキシコのマツの遺伝資源探索について実地にてらしあわせて，フィールドサンプリングの実際をかいている．

まず研究すべき樹種または樹種群の決定，それに付随する環境要因の記載などがかなりやっかいである．そしてある個体群の中の種子のサンプルの方法は，彼は1樹種あたり5個体からできれば25個体をとり，熟した球果から健全な種子をとり，原木を永久標示している．こういう方法により18種のマツから128本を選び，4万2000個の球果を採取した．さらに10 mmの材サンプル2個，標本，葉サンプル，白黒とカラー写真などをとっている．

これらの方法により採集した18種類のマツを他国にも植栽したが，*Pinus patula* を除き，すべて失敗した．これは地理的，生態的勾配を無視したためである．生育地と植栽地の注意深い適合性が必要で，それをしたとしても気候要因の不確かさやマイコリザの不活着性などが失敗に結びつく．

マツについては，主として中南米のマツ類について数多くの文献が出版されている．これらの産地試験はイギリスが中心に行ない，世界各国でその成果が出つつあるところであり，その結果はIUFROの中で会議のたびにまとめられてきている．

一方，熱帯産マツとならんで熱帯に多数うえられているユーカリについても文献は多い．その中でLarsen & Cromer（1970）は，ユーカリの探索，評価，利用と保全についてまとめている．ユーカリの類は，世界でももっとも変異が多く，種も多く，かつ交雑種も多く，1000以上の種と675の変種があるとされ，これらのうち235種が明確に分類されていない．そして，約100種類が世界各地で造林され，その国数は50カ国以上におよび，とくに重要なのは，ブラジルの *Eucalyptus alba*，地中海の乾燥地やパキスタンの *E. camaldulensis*，アフリカの *E. citriodora, E. globulus, E. grandis / saligna*，インドの *E. robusta* と *E. tereticornis* があり，これら以外で重要な六つに *E. deglupta, E. gomphocephala, E. maidenii, E. microtheca, E. occidentalis, E. regnans, E. viminalis* などがある．

一般に種子は大へん小さく，*E. grandis* では，1本の木から5ポンドの種子を産し，これは300万個の種子で2000エーカーの植林ができることを意味している．種子の生産はかなり若い時からはじまる．1964年以降，世界25カ国

において，系統的にユーカリの産地試験を行なっているが，この結果はまだでていない．

この保全に関しての研究は，やはり，Zobel がマツでのべたものと同じであり，種や変種の天然分布からサンプリング強度の問題としては5～数百エーカーから10個体の種子，植物標本，材の採取，母樹の永久標示，またはつぎ木による保存，各母樹から稚樹の成立，母材料と稚樹の変異の研究，そして種子の他国への配布などとなっている．

とくに問題となるのは，サンプリング強度と種子母樹の保存，さし穂からの根出しおよびつぎ木の困難性，さし穂をつぎ木する所まで好条件でもっていくこと，癒合性などである．

ユーカリは，タスマニアの43°Sからフィリピンの7°Nまで分布し，環境的には湿潤熱帯から中央オーストラリアの乾燥砂漠，さらには雪山山脈の高山環境にまでみられる，樹型も小型のものから世界最高木まであり，分布様式も数マイル四方のものから200万平方マイル（*E. camaldulensis*）に及ぶものまである．今後の問題としては，種内変異の研究や種子の各種のテストや保全方法の検討がはかられることになり，これらは国際的な共同作業としてやっていく必要があることを Larsen & Cromer は論じている．

Frankel（1970）は総括的な論議を行ない，材料の性質つまりライフサイクルの長さや，再生産方式，個体の大きさと生態学的条件――野生であるか，栽培化されているか――さらに目的――研究か導入か育種か――などによって，遺伝資源の保全の方法が決定されることを論じている．そして自然保護と共通な点は多いが，重要な相違点として，自然保護はすでに同定された生息環境や共同体を代表する地域を保護するのに対し，遺伝資源保全はさらに進んで遺伝的な相違――それはしばしばただ推測されるだけで，同定されていない――に関連するので，個体群サンプルと関連し，それは緯度と高度傾斜にそってより広い地域のものとなる．したがって“Genetic conserve”は，生態的変異性のスペクトルを含み，遺伝的変異性のスペクトルを規定することになる．だから広域

であると同時に散在し，とくに後者の場合がむつかしくなる．そして，将来世代のために保存の義務があり，国際協力の必要性をとき，とりわけ，国連機関による協力が望まれることを強調している．

Bouvarel (1970) は，とくに林木についてのべており，林木の遺伝資源上の問題として，サイズが大きくしたがって収集は大面積にわたって行なう必要があり多くの個体数をあつめることは不可能である，長命であり野生種である，他殖が優占的であり大面積の自然条件下に生育し大きな遺伝的変異性を個体レベルそして種内レベルでもっている，と特徴をあげ，実際の保全に対しての原則をのべている．

この著作から5年後にIBPシリーズとしてFrankel & Hawkes (1975) が出版された．ここでは，具体的な行動をおこす必要性が説かれている．Bradshaw (1975) は，集団の構造原理を説明し，具体的にはBenett (1970) のいう広域調査と集中調査の組合せがよいとしている．また，Marshall & Brown (1975) は，サンプリングについて限界内でいかに効率よく仕事をするかについての理論的背景をよく論じている．Frankel (1975) は，各地の収集探索の状況を報告し，そのあとに各地の詳しい状況がそれぞれの担当者によってのべられている．

危機に瀕している植物の保全に関しては，Synge (1980) に国際シンポジウムの議事録としてまとめられて，その方法がくわしくのべられている．種の保全については，さらにNorton (1986)，Frankel & Soule (1981) があり，遺伝資源保全については，Ford-Lloyd & Jackson (1986) が各作物についてのべ，さらに林木資源については別項を設けて，全世界的な視野から林木遺伝資源問題について概論をのべている．

現在，世界的な規模で遺伝資源問題をあつかっているのはFAOであり，この動きによって各国のとりわけ開発途上国の遺伝資源事業が動いているといってよい．

2 東南アジアにおける地域的な動き

網羅的あるいは原則的な一般論は，ガイドラインをつくるためには必要であるが，それがつねに地域の特長を明確に把握しているとはいいがたく，また，樹種についても樹種ごとに変異が大きい．さいわいにして日本のようにスギやヒノキといったすぐれた林木があって，しかも数百年にわたって改良や造林手法が積み重ねられてきた場合はよいが，たいていの熱帯諸国では，造林という思想が欠如し，ただ単に略奪的に林産物を収集してきただけであるので，再生産とそれにともなう遺伝的改良を含めた遺伝資源のとりあつかいは，大変な事業である．

インドネシアのボゴールは，伝統のある熱帯植物学の中心であるが，ここで1975年に，東南アジアの植物遺伝資源のシンポジウムが開かれた（Williams ほか 1975）．ここでは果実，根菜，野菜，プランテーション作物，森林生産物などの各論的な記述と共に，各国の事情ものべられている．

ボゴール植物園，その分園のチボダスおよびハーバリウムと動物博物館は，トロイブ研究所と共に，オランダ時代からの膨大な動植物標本の宝庫でもある．これらの試料は，生体のものも含めて貴重な遺伝資源であり，これを軸に，今後さらに資料をふやしていく努力をつづけることが必要である．インドネシアは広大な面積であるがゆえに，収集探索にも長時間，莫大な費用がかかる．国際的な協力が必要であろう．

マレーシアは，東南アジア諸国の中でもよく森林研究の行なわれている国であり，Kepong の森林研究所を中心に，遺伝資源事業が行なわれている．

フィリピンでは，焼畑民により森林破壊は大きく，年間17万2000 ha の割合で森林面積が減少しているとされ，その中で滅失していく樹種の保全を考えている．そしてそれとともに再造林，森林保全地区，保存種などを指定し，森林保全条約が1963年に制定されている．また，植物園を Makiling につくることも考えられていて，基礎的な研究が UPLB 中心に行なわれるような仕組を示している．

タイでは，伝統的にチークがあり，これと熱帯産のマツの育種が，デンマークとの協力で行なわれており，前者のTIC（Thai Danish Teak Improvement Center）が1965年にLampangに設立され，後者のPIC（Thai Danish Pine Improvement Center）がチェンマイに1969年に設立されている．1979年2月にチェンマイで開かれた“Southeast Asia Tree Improvement & Seed Procurement Cooperative Programme”では，Thanom Premrasm（1980）は，東南アジアでこの会議の主題の協力計画を提唱し，種子帯の表示，生態的条件，標準地区の設定，種子検定機構の設定，建物の整備，各種研究，*Pinus merkusii* と *P. kesiya* の危機に瀕する地の現地保全などをうたっている．

Keiding（1980）はこの問題に関して，輸出入の禁止や，タイのみが現地外保全をつくり他の国は静観している事実や，遺伝的侵蝕の問題や，技術や材料の交換の重要性をといている．そして，共通に行なうことのできる試験と，情報交換のための共通語，種子を確保するための組織や，種子登録の検定，実験のためのアセスメントのための共通な方法の欠如が問題であるとしている．かれは長い間タイの林木育種活動にたずさわってきただけあって，問題点を鋭く指摘している．

Nikles（1980 a）は，新しい組織をつくるよりも，現在ある組織をつかってやるのがもっとも現実的であり，地域の協力者が国際機関と密接な関係を保つことを強調している．そして優先的に，*Pinus merkusii, Albizzia, Eucalyptus, Pinus caribeae* var. *hondurensis, Tectona, Shorea, Pinus kesiya, Araucaria, Agathis, Acacia mangium, Gmelina, Swietenia* などの樹種に集中することを示唆している．そして，各国間の地域的な協力が必要であり，具体的な必要経費まで算出している．また同じNiklesは別の論文（1980 b）で同一人物が6～8年間同じポストでいることが必要で，基礎技術の充実が何よりも必要であるとし，1977～78年に調査した熱帯の針葉樹育種についてつぎのような問題点を指摘している．

① 多くの国で育種計画がなされているが，しばしば各国間の連絡がない．

② 育種母材料源，育種段階，技術能力，設備，高生産品種などに変異が大

きい.

③ ひじょうに進んでいる計画があり，これがうまくいけばひじょうに有益である.

④ 進んだ育種も相互に交換し，試行してはじめて活用できる.

⑤ 遺伝資源の自然条件内での確保，遺伝的構成の詳細な情報記録，育種計画の設定，育種過程と種子生産のための技術開発，データの効率利用，家系と環境との交互作用や採種園での種子生産の研究，材質，研修などの点に問題が多い.

⑥ 植林用の種子が国内的，国際的に手に入らない.

⑦ 地域的な成功を国際的に拡げられないのは，技術のためだけではなく，開発された改良材料の応用の欠如と，広く使用する際の失敗によることが多い.

そして North Carolina State University-Industry Cooperative Tree Improvement Programme が *Pinus taeda* で 20 年あまりの間成功してきている例や，南部アメリカの The Frorida Cooperative が *Pinus elliottii* で，Western Gulf Forest Tree Improvement Programme が Loblolly pine で成功している例などをあげ，協力の重要性をといている.

ASEAN では，それ以後，カナダが種子を中心にした協力プログラムをくみ，またニュージーランドやオーストラリアがきめのこまかい協力を行なってきている．これに対し，日本の協力は造林が中心で，最近研究部門もふえてきたが，種子をおさえるというもっとも基礎的なところがぬけているといわざるをえない.

現在，日本の熱帯林関係の協力費は，FAO の林業部門以上に達するといわれている．造林や生態の分野では，世界各地でいい仕事がでてきていて評価も高いが，林木育種の分野の国際協力はこれからである．日本の中だけの育種でなく，日本の技術を真に他国で実証するためにも，本格的なとりくみが必要であろう.

第3節　現地保全

1　現地保全の困難性

1975年にUNEPとFAOの協力のもとに，“Conservation of Genetic Resources” プロジェクトが発足し，in situ（現地）と ex situ（現地外）の保全両面についての活動がはじまり，後者についてはアフリカやアジアの各国にいくつかの ex situ conservation stands がつくられ，種子の収集も成功裡に行なわれている．ところが，in situについては遅れが目立つのが現状であり，そのため，FAOではExpert consultation on in situ conservation of forest genetic resources を1980年12月，ローマで組織した（FAO 1981）．この目的は，遺伝資源現地保全地域の選抜と管理運営のためのガイドラインをつくることにあり，その原則と方法論が簡単にのべられている．

この中で，より詳しいガイドラインの要求がだされ，それをうけて，Roche & Dourojeanni（1984）による現地保全のガイドラインが出された．これには遺伝資源の保全の原則から実行までが詳しく論じられている．同じ時期に，現地保全の科学的，技術的基礎をあつかったもの（Ingram 1984）と，現状報告と今後の実行計画をまとめたもの（FAO 1984）がだされた．さらに最近になって，現地内と現地外を含めた総論が出ている（Palmberg 1987）．

これらにみられる原則は，すべての国に適用できるものであり，よく考えられているが，それでもなお，現地の事情にはさらに人間くさい要素が入って，問題となることが多い．たとえば，現地保全をするのにガードをおき，見まわりをすることが必要であるが，その要員を配置しても，その給料が安いために本来の業務をおろそかにしたり，また，保存林へ入るリベートをとるなどの例があることは，現地へいって実情をしっているものなら誰もがきくことであろう．Palmberg（1987）も，森林遺伝資源の保護政策は性急にすぎ，まわりとの調和をかいて不用な軋轢を生じた．保全策が地域の役に立つという周辺住民の

認識がなければ成功しないといっている．そして優先的には，まず滅失のおそれのある樹種を中心に，材木生産，経済的価値の大きいものをあげている．必要な個体群の大きさとして，短期的には50，長期的には500個体を一つの目安としている．そして種内の個体群の選抜と共に，種内の遺伝的変異を環境条件の変異からみつけ出すことの必要性をといている．さらに，遺伝資源は共通の遺産であるとして，①植物遺伝資源の基本的な収集，②現地保全の状況，③国際的な情報交換，④遺伝資源，植物育種および種子生産のためのトレーニングの必要性をうたっている．

FAO（1975）は，森林遺伝資源の方法論をまとめたもので，ここでは，基礎的な情報がよく整理されており，のちのRoche & Dourojeanni（1984）と重複する面も多い．技術的な面としてつぎのような原則があげられている．

① 森林の経営の一つとして遺伝資源保全を総合的にとらえる．

② 地域的に樹種により，また行政上の変異が大きいので，地域にあった方法で行ない，自然生態系は現地保全，人工林は現地外保全，種子は種子銀行にて行なう．

③ 基礎的な地図を使用する．

④ 全生態系の現地保全がもっとも好ましい．

⑤ 野生動物，流水域保全，公園などの保全と連携させて，森林遺伝資源を保護する．

⑥ 厳正保護区を中央部におき，そのまわりにバッファー帯を設定する．そこでは択伐や観光は許可する．

⑦ 種内変異と最小必要個体数を考えねばならなず，1箇所大面積か，いくつかの分散した小面積保護区かを状況により判断しなければならない．

⑧ 農業用等に伐採されるところは危機にある樹種の種子をあつめて，種子銀行か，または人工造林として安全な場所に現地外保全させる．

そして，行政，財政的に，①研究と国際協力の優先権は，亜熱帯および地中海地域の乾燥地帯におく．②これらの地域の多くは，発展途上国のため，資金

が乏しいので，国際的な資金計画，協力が必要であるとして，各地域の財政的処理をあげている．

2　必要面積と個体数

遺伝資源保全についての必要面積については，さまざまな意見がある．すなわち，Richards（1971）はマレーシアの代表的な樹種の保存は100 ha以上，van Steenis（1971）は500 ha，Hedberg & Hedberg（1968）はアフリカの自然保護林で1000 ha，Shanklin（1951）は北アメリカの1タイプの保全に400 ha，アメリカのForest Service Natural Areaは最低120 ha，Franklin & Trappe（1967）は200 haとしている．以上をまとめると科学的根拠はないが，100～1000 haの間におちつく．一方，Ashton（1976）はサラワクでの種数面積曲線から，200個体を含む2000 haを基準としているがこれくらい以上が妥当な線であろう．むろん，緯度的，高度的に広く分布をするものには，1箇所では不充分であり，生態的変異を考慮していくつかの場所をえらばなければならない．

次に問題となるのはどれくらいの個体をあつかえばよいかである．これに関しては，Stern & Roche（1974），Koski（1974）などが参考になる．

種内間の変異については多くのアイソザイムをつかった論文があるが，個体数については，はっきりしたことはいえない．が，原則として，北方の針葉樹は風媒であり，異花受粉だから，連続する森林の効果的な個体数は大きく，Toda（1965）は1万個体としている．一方，南方の木は主に，虫，鳥，コウモリなどが媒介となり，しかも1～2 haに1個体というようなものであらゆる交配形式がみられ，自家受精が一般的なので，温帯林にくらべて，効果的な育種集団は小さい．しかし，具体的に森林でこれらの数字を示したものは少なく，Franklin（1980），Frankel & Soule（1981），Burley & Namkoong（1980），Marshall & Brown（1975）などから，短期的には50個体，長期的には500個体という線がでてくる．

また，面積内でのedge effectなるものもあるため，周辺に緩衝帯をおくこと

が提唱されている．

Roche（1975）は，つぎの10項目を今後開発すべき仕事としてあげている．

① 種子の貯蔵と試験
② 種内変異とその原因
③ 繁殖形式
④ 植物季節
⑤ 効率的な集団の大きさ
⑥ 厳正自然保護林の大きさ
⑦ バッファー帯の大きさ
⑧ 有性，無性繁殖
⑨ 採種園の設立
⑩ 熱帯天然林の管理

これだけではテーマが大きすぎてとりとめもないが，大きくみればこういうことになるだろう．私は，熱帯林保全の問題について，つぎのような項目をあげた（山田1982）．

① 生態系調査　保全区内の植生，土壌調査による小区画化と各小区画での永久プロットの設置．永久プロット内の生産力，物質循環面の定期継続調査．稚樹の生長過程の追跡調査と伐倒調査区跡地ならびに自然疎開地の更新調査．

② 優良遺伝資源調査　優良形質木の同定，定期的生長調査ならびに詳細な植物季節学的観察による開花結実，落葉，受粉，伸長などの各習性の長期的な記録．各樹種の分布様式の研究．純群落形成樹種に関しては群落の生態系調査と植物季節学的調査，アイソザイムなどによる家系間分析．

③ 種子，稚樹の保存と試験　豊作年の種子採取と保存，発芽試験，天然生稚樹の採取と密度，照度別生長試験．

④ 母樹林，採種園，採穂園　安定種子供給用として，純群落形成樹種では現地母樹林の設定．現地外では採種園，採穂園の造成．いずれの場合にも繁殖様式の研究が必要．

⑤　材料とデータの保存　　材料としては種子，植物標本，材鑑およびそれに関連する母材料の生育環境のデータ，諸試験のデータの整備と保存．現地外保存用として種子貯蔵室，植物体保存設備，集植所，樹木園，植物園など．

⑥　情報交換　　各保全区の情報を相互に交換するとともに，東南アジアではボゴールに情報センターを置き，すべての情報をここに集め，南米，アフリカの同様なセンターとネットワークで結ぶ．情報のみならず，材料の配布なども行なう．

これは，生態的な条件をも考慮してあげたものであり，基盤的データとして最小限必要とされるものである．

3　厳正保護区

熱帯林では1種あたりの個体数が少なく，自家受粉が多いが，小さなクランプの存在が他家受粉を促進している．また，雌雄異株性すなわち絶対的他家受粉がふつうの熱帯林生態系では多い．サラワクで711種のうちの26％が雌雄異株であり，これはイギリスの2％，全世界の種子植物の5％と比較すると多い．これらの雌雄異株の樹種は低木層にみられ，風媒はまれで，鳥，昆虫，コウモリ，小動物などが主な媒介者となる．多雨林の植物相と動物相の相互依存は，しばしば共適応の結果である．たとえば，中央アメリカの40種の *Ficus* のどれもが独自の媒介者をもっている．そして導入された *Ficus* は媒介者がいなければ種子を生産しない．これは，もし生態系がひどく破壊されれば，交配を確実にするのに充分な数の媒介者が存在しなくなり，種は絶滅することを意味している．

種子の散布は植物が移動することに関しては花粉より有効である．熱帯では風散布の種子は *Bombax buonopozense* や *Ceiba pentandra* などの例外を除きまれである．そして，多くの食物質をもった果実が優勢であり，動物による散布も多い．

チークやユーカリなどと同じように，ナイジェリアの *Khaya grandifoliola* は

分布が広いので種内変異を示し，こういう場合は生態系と独立して種の保存をはかることはむつかしい．

こういう時にどのような基準で厳正保護区を選定するかが問題になる．その例をナイジェリアとケニアの例でみよう．

(1) ナイジェリアの例

① 典型的な主要生態系で，しかも障害される可能性のある地域

② とくに関心が大きいか，または稀少な植物のある地域

③ 滅失のおそれがあるか遺伝的な退化のおこっている植物のある地域

④ 地域は接近可能でなければいけないが，高速道路やプランテーションや村落に近すぎてもいけない．

⑤ 面積はまわりの状況の変化によって影響されないくらいのものでなければならない．

(2) ケニアの例

① 潜在的な地域が空中写真で区別される．

② 現地の予備調査を行なう．

③ 選抜された部分を厳正保護区とするために Chief Conservator of Forests of the States の承認が必要である．

④ 承認されると，その地域が調査されて，その境界がセメントの杭で区画される．

⑤ 植生が記載されて，詳しい植物相が記録され，森林の垂直構造がかかれ，土壌型が決定される．

⑥ ファイルにすべての記録が保管される．

これらの方法は，どの国でも多かれ少なかれ同じようなものであろう．しかし，現実には，これらの境界を無視して森林は伐採され，厳正保護区は名ばかりのものになっているのが現状であろう．私がインドネシアでみた例をあげよう．

はじめに極端にひどい例であるが，南スマトラの Gumai pasmah 保護地の例

である．ここは南スマトラの中央部にあって標高1500 m前後の中級の山であり，山地性の植生の保護林として残されている．ところが，ブラジルのコーヒーが霜害にあった年以来，南スマトラのラハットを中心とする地域はコーヒーの一大産地となり，その面積は次第に高地へ移動した．1978年に調査した時点では標高1400 m地点までコーヒーが入り，境界線などは全くなく，周辺住民はここが保護林であるという自覚はなく，ひたすらコーヒー植栽のために天然林を伐採した．同行した自然保護局員の話ではあと数年でこの地域の森林は壊滅するだろうということであった．

一方，ジャワ島西部のゲデ・パングランゴ厳正自然保護区はインドネシア最初の厳正保護区であり，標高1400 mのチボダス植物園から3000 mの頂上まで厳正に保護されている．この管理は国立生物学研究所から現在は林業省にかわったが，侵入者の多い地区には柵がめぐらされ，登山者は番人のいる一つの門からのみ入ることをゆるされる．この保護林の両側はきりたった崖になって河川におちこんでおり，天然の柵をつくっていて侵入はむつかしい．それでもしばしば鳥をとりに入ったり，伐採する音がきこえてくる．見張人はたえず林内をまわってこれら周辺住民の説得につとめている．周辺の山がすべてきりひらかれ，ひどい場所では標高2400 m付近まで畑になっているにもかかわらずこのゲデ・パングランゴ山が残っているのは，これらの管理体制によることと，もう一つみおとせないのが研究者の頻繁な出入りである．ボゴール植物園は熱帯の植物学の中心であり，ここを訪れる研究者は数多く，そのうちの何割かがチボダスを訪れ，この山地林を見学する．もし，異常があればつねに関係機関に知らされる．国際的なFlora Malesiana Bulletinなどにのると特にその効果は大きい．

もう一つの例は西ジャワの突端にあるウジュンクロンである．ここはジャワサイの最終棲息地であり，WWFから常に調査者がきている．また最近は観光客もふえた．そしてこの4万haに及ぶ面積の中には村落が一つもないということも大きい．たった一つあった湾部の村は，1882年のクラカタウの爆発の

時に流された．もっとも近い村落からでも船で半日，陸路では2日かかり，しかも要所要所には見張り小屋がおいてある．家のある地点はすべて研究を目的とした施設である．ここで絶滅に近かったジャワサイが最近ふえてきているというニュースがある．それでも，時としてサイ角をねらって密猟する人間がみつかる時がある．

このように，単に地図上に厳正保護区を設定するだけでは，まずその先行きはみえている．周辺住民の意識を短期間にかえることはきわめてむつかしく，貧困な条件下で長年森林産物を日常的に採取してきた住人から天然林を守るのはそれ相応の人の出入りが何よりも必要であり，その内部に人間が居住する村落などはあってはならないのである．

人が出入りするためには，その保護区内にそれだけの科学的欲求をみたすだけの材料がなくてはならない．つまり，定期的に調査をし，それが長年つづいて価値あるものでなければならない．そういう場所はもうそう多くはない．広大な熱帯といえども点かあるいはやや大きな面としてしか，こういう価値ある天然林は残っていないであろう．遺伝資源の現地保全は生態系の保護区と重複せざるをえない状況にあるのである．

第4節　現地外保全

1　現地外保全の視点

現地保全にくらべて，現地外保全の方が効率よく進むということはよく理解できる．しかしそれでも熱帯において現地外保全を効率よく実行するのは容易ではない．

Guldager（1975）は現地外保全をするにあたって二つの視点を示している．一つは，有望な外来樹種の種子を安全に供給することが林木育種や造林計画に肝要であること．そしてもう一つは，多くの樹種が開発の波にさらされて危険な状態に陥っていることである．そして現地外保全を決定する戦略として，①

できるだけもとの集団に近い遺伝子型頻度で保護林を設立する――栄養繁殖によるもので静的保全，②できるだけ同じ遺伝子頻度で保護林を設定する――これも静的保全であり，種子をとる場合，③自然の選択力により自由に遺伝子頻度をかえる保全――進化的保全，④人間の手によって遺伝子頻度をかえる保全――選抜的保全とを識別している．そして，現地外保全で遺伝的完全性を保つためには，①母集団からの遺伝子型（seed）のサンプリング，②サンプルした遺伝子型の生存と生長，③サンプルした遺伝子型の交配について考えなければならない．

このうちはじめに問題となるのは母集団からのサンプリングである．ある一つの林分から被圧されていない木を15～25本ランダムにえらび，10～50リットルの球果を採集する．この場合，環境傾斜にそってグリッドシステムで採集するとしても，採集地が母集団の生育する地域を代表しているかどうかわからない．またサンプル数が少なすぎる．そして，結実している遺伝子型からしか採集していないなどの問題がある．が，実際には，その場所の条件や，労力，資金などによってサンプリング数は決定されるといってよいだろう．そして，対象とするものは，経済性が高く，種子の再確保がむつかしく，絶滅のおそれのあるものが優先される．そして現地外保存林の場所としては，種子の高生産地域，花粉の混入のない所，人や動物，火，侵蝕，洪水などのおそれのないところ，接近しやすいところで労働力が得やすくかつ機械力をつかって維持できるところがよい．これらの条件は，日本で採種園をつくる時などの条件と全く同じであると考えてよい．理想的にいえばある大地域内に絶滅に瀕する植物あるいは林分があるとすると，その同じ気候帯内で，地形，土壌なども類似したところで，やや人里に近く，しかもそれほど町中でもないあたりにかなりの余裕をもった場所があればよい．そして，危険分散のためにも，同じ材料は1箇所にではなく，数箇所に分散する方がよいだろう．

2 現地外保全の方法

現地外保全の方法としては，樹木園，植物園，クローン集植所，採種園，採穂園，種子貯蔵庫，組織貯蔵庫などが考えられる．はじめの三つは，再生産よりも保存を中心としたもので，特に前の二つは，保存と教育的な目的をかねそなえている．植物園の機能は，もともと薬草園という発想からうまれたものが多いが，現在は，貴重な現地外遺伝資源として，重要な役割をになっており，相互の種子交換なども活発に行なわれている．集植所は，とくに優良木をつぎ木によって保存している場合が多いが，日本の精英樹選抜の場合には，1精英樹あたり10本のつぎ木をし，間伐後，5本を残すようにしている．それでも用地問題などで面積が逼迫してくるので，あらかじめ，よほどの大面積を予定しておく必要があるだろう．

採種園，採穂園は，増殖を目的としたものであるが，構成クローンは，それぞれの地域を代表する優良形質クローンにかわりはない．採種園の場合，ランダムな自然交配ができるように，クローンの配置が考慮されなければならない．そして枝打ちや断幹などの手間はそうとうなものであり，機械力の導入は必須であり，かなり広い間隔で植栽することが必要であろう．日本の場合，スギで5 m×5 m，マツで7 m×7 m，スウェーデンでは針葉樹が5 m×5 m，アメリカではスラッシュとテーダマツが5 m×5 m，時に10 m×10 mで，ha当たりの結実量が最も多いのは8 m×8 mとされている．

構成クローンについては，できるだけ多くのクローンを混植し，しかも生産されるタネの素質がなるべく均一になる努力が必要であり，つぎの4条件が満足されることがのぞましい．

① 各クローン間の交配のチャンスがなるべく等しいこと
② 同じクローン内の交配のチャンスがなるべく少ないこと
③ 上の条件が間伐後もなるべく変化しないこと
④ できればクローンテストとしても役立つこと

交配の機会は，各クローンの着花条件や開花期の違いと共に，採種園の地形，

起伏，風向などにも左右されるが，基本的には各クローン間の距離が等しくなることと同一クローンが接しないようにすることである．

採種園適地としては，労働力がかなり必要となるので，相当の労働力がえられる交通便利な地点で，急傾斜地をさけ，普通以上に肥沃な土地がよく，かつ，付近の同一樹種の林分からなるべくはなれた場所がよい．スウェーデンでは，不良木から100 m，不良林分から1000 m以上はなすことを条件としているが，500～1000 mくらいはなすことが望ましく，場所的にそうもいかない場合にはすくなくとも100 mははなすようにしたい．花粉の飛散距離については，内外部ともに問題となるが，熱帯での飛散距離を測定した例はすくなく，温，冷温帯では，長いものでマツの300～500 km，50 km位のものに，マツ，トウヒ，カバ，ナラなどがあげられる．日本のオウゴンスギを用いた実験では，効果的に受精しうる範囲は意外にせまく，10～20 mという値がでている．これはクローン間の植栽間隔をどのくらいにするかにも関係し，また機械力を導入するかどうかにも関連する．

採種園の面積については，必要種子量から割り出せばよいが，すくなくとも1 ha以上は必要である．小面積では外部の影響が大きく，不都合であり，大面積の方が多くの苗木を植えられて均等に花粉のまざりあう確率もおおきい．クローン数は最小9から25クローンとし，円形または方形がよい．できれば，危険分散のために数箇所に分散した設計が望ましい．

採穂園については，日本のスギのように発根性にもすぐれた樹種をもつ場合はいいが，熱帯では，まだ栄養繁殖技術の開発が進んでいないので，基本的な基礎技術が確立してからの問題だろう．とりわけ上長生長にすぐれる熱帯産の木が，どれくらい断幹や枝打ちにたえられるかは一考の余地がある．もしうまくいけば，種子の保存期間の短い熱帯産有用広葉樹にとっては有用なものとなるだろう．

クローン集植所についても同じことがいえる．これらはつぎ木によって増殖するため，まず，この技術の開発が必要である．保存木数は，用地との関係も

あるが，最低5本を最終的に残したい．関東林木育種場でははじめ10本植栽し，間伐後5本残すようにしている．温帯では用地の問題が大きいが，熱帯ではかなり広い用地を確保できる場合が多いので，そのような場合には，林分として残せるくらいの大きさをあらかじめ予定しておくと将来の利用面も大きい．

樹木園と植物園については，すでに長い歴史があり，インドネシアのボゴール植物園のようなすぐれた例が多い．これは単にクローンを並列的に配置するのではなく，ボゴールの場合だと同系統のものを世界中からあつめて展示している．そして熱帯のものはボゴールに，やや冷温帯的なものはチボダスに，モンスーン的なものはマランにといったように，生育する気候帯に応じて保存場所をかえている．現代では，空調温室があり，温帯各地でも熱帯やサバンナの展示室などがもうけられている．

ヨーロッパの植物園は薬草園として出発したものが多いが，イギリスのキュー植物園のように，ゴムやキニーネなど有用樹種の導入の主役となり，国の経済に貢献した例は多い．ボゴール植物園では，東南アジア各地に配布されたオイルパームの母樹がまだ健在である．教育，観光などの資源としてもむろん大きい意味をもっている．最近では，遺伝資源問題が大きくとりあげられ，高度にすすんだ生物工学の基礎として，植物園などの意味が再確認されている．植物園は種子の交換をするところも多く，附属施設として種子貯蔵庫を備えることになる．これはもっと進んで，先進諸国では電算機と最新の空調設備を駆使して，登録から保存，配布までが一貫したシステムのもとに整備されている．

3　基礎研究の方向

熱帯林について以上のような現地外保全をする上で，問題となることはきわめて多い．日本の林木育種30年の歴史の中でも，精英樹選抜から，採種園の造成，検定林設定にいたるまでには，わずかスギ，ヒノキ，アカマツ，カラマツ，トドマツなどの数種類にもかかわらず，膨大な基礎調査が必要であった．しかも未だにすべてが判明したとはとてもいえず，見切り発車せざるをえなか

った事業も数多い．温帯地域ですらこの状態であるので，その種数や変異のきわめて多様な熱帯では，これから先，どのくらいの調査が必要であるのか，いささか気が重いが，一つずつ解決しなければならないだろう．そのためにはつぎのような観点を基礎にする必要があると思われる．

(1) 種の取扱い

熱帯では分類学的に種の確定しているものを対象にして，種をしぼる必要がある．その基礎は，絶滅に瀕するもの，有用樹種として価値の高いもの，すでに市場性のあるものなどは共通するが，それ以外に，更新能力の高い樹種を入れたい．これは，熱帯産種子の保存問題もからんで，重要である．現在のところ，熱帯産マツ，ユーカリ，アカシア，チークなどについてはかなりの仕事があるが，他のローカルな樹種については少なく，とりわけ，東南アジアのフタバガキ科については，マレーシアの森林研究所の研究以外にみるべきものは，ほとんどない．

(2) 緊急を要する研究課題

各樹種ごとに次の項目が必要である．地理的分布の把握，植物季節，交配様式，種子貯蔵，栄養繁殖，耐陰性．

① 地理的分布　分布については，分布の中心となる地域と隔離された地域の両方をおさえる必要がある．緯度および標高傾斜にそって，どのような生態環境に分布しているのか，そしてその群落内での分布様式が他種とどういう関係にあるか，アイソザイムなどによる家系分析も含めて詳しい調査が必要である．

② 植物季節　温帯の単純な植物季節とは異なり，熱帯では，種，個体，個体内の部位による季節性の変異が大きい．種による特性とともに，数量的な種子生産量まで含めて，地理的な変異をおさえる必要があり，気候変動との関連性をも考慮する必要がある．東南アジアでは，すでにのべたように多くの樹種について報告があり，一応，階層構造の上層種は季節性がはっきりし，下層種は季節性を示さない傾向がみられる．植物季節学は応用的には育種へ，基礎

的には繁殖生物学の分野と結びつくので，今後とも重要な分野となる．

③　交配様式　　温帯では主として風媒による受粉様式を軸に林木育種は考えられているが，熱帯では，風媒，虫媒，小動物，水媒など，さまざまな受粉様式がみられる．これらの研究例は，中南米において，アメリカ系の繁殖生物学者により，ここ20年ばかり行なわれてきているが，東南アジアではほとんどない．この分野は今後もっと研究がなされるべきであろう．

④　種子貯蔵　　熱帯産マツやアカシア，ユーカリなどは，15年以上の貯蔵が可能とされるが，フタバガキ科を中心にした広葉樹は数週間と寿命が短い．Wang (1975) は，種子と花粉の貯蔵について，Sasaki (1976)，Ng (1976) はマレーシアの樹種についての問題点をのべている．この時点で，フタバガキ科の種子の生存期間は最長10週間であり，その後15°C前後を基準に試験されているが，6カ月以上持続した例はきかない．この問題は今後もっとも力を入れてあたるべき課題であろう．

⑤　栄養繁殖　　更新を前提とした森林施業が行なわれだしたのが最近のことであることから，種子以外による繁殖技術は，とりわけおくれている．さし木，つぎ木，空中とり木などの基本的技術の開発が必要である．また組織培養技術も今後重要なテーマになるだろう．日本では栄養繁殖の困難なクヌギの増殖に胚芽をつかった増殖をこころみ，順化のみが残された問題となっている．これからは現地技術と共に，こういった実験室での組織培養を並行して行なう必要があるだろう．

⑥　耐陰性　　熱帯造林が幅広く実行されているわりには苗畑での耐陰性試験，密度試験が不足している．とりわけ前者はフタバガキ科のように生長段階によって性質をかえる樹種群には重要であり，被陰下による照度別の実験が是非とも必要である．

こうしてみると，現地外保全といえども，問題は山積しているといわねばならない．こういった仕事をするためには，当然しかるべき施設，有能な人材とそれをサポートする組織，資金がいるが，これらについても充分といえるもの

は少なく，その多くを外国からの援助にたよっているのが多くの発展途上国の現状であろう．そして，こういった基本的な問題が解決しない間にも，連日，多くの種が失われているのである．

第5節　現地外保全の事例

1　*Eucalyptus deglupta*

Davidson（1977）は *Eucalyptus deglupta* の遺伝資源的取扱いについてかなり詳しく報告を行なっている．遺伝資源の5段階として，①Exploration（探索），②Collection（採集），③Evaluation（評価），④Conservation（保存），⑤Utilization（利用）があるが，はじめの探索については，植物分類学的な同定と分布を中心にした植物学的探索（Botanical exploration）と，自然条件下での生態的，表現型変異を求める品種生態学的探索（Genecological exploration）がある．

まずはじめの植物学的探索について述べよう．この樹種はセラム島から1668年に採集された材料の記載が，はじめてRumphius（1743）によりなされた．はじめの名前は *Arbor versicolor* である．その後 Blume（1849）により，*Populus deglubata* として正確に記載されたが，その後も六つの名前が提出され混乱した．これは採取標本の不適切さと，変異および植物学者とハーバリウムとの連絡の悪さなどが原因している．詳しい分布が判明したのは1960年代であり，現在のところ，この樹種はフィリピンのミンダナオからセレベス，セラム，イリアンジャヤ，パプアニューギニアからニューブリテンまでひろがり，ニューアイルランドにも生育する．この樹種の造林試験はオーストラリア，英国領ホンデュラス，エクアドル，フィジー，黄金海岸，ハワイ，インド，インドネシア，ケニア，マレーシア，マダガスカル，ナイジェリア，パプアニューギニア，フィリピン，ソロモン諸島，南アフリカ，スリナム，タンザニア，タイ，トリニダードとウガンダで行なわれている．

品種生態学的探索としては，過去10年間，形態と生長変異の調査が自然分

布域内で行なわれた．樹高，形態，樹皮，芽の大きさと形，果実，葉の大きさと形などが調べられたが，特に葉の変異が著しく，亜種にはわけられなかったが，実際にはつぎの二つにわけることができた．

E. d. var. *schlechteri*——短く広葉

E. d. var. *deglupta*——狭長な葉と明白な滴下先端をもつ

その後も1975年にセレベスとセラムへ探索にでかけている．

採集については，品種生態学的探索と一緒かまたは続いて行なわれ，全天然分布域から比較的小さな種子サンプルをとって評価された．種子の採取は1969年にミンダナオ，セレベス，パプアニューギニアの計9箇所で行なわれた．そして，オーストラリアとパプアニューギニアで散布されテストされた．そして各国でも試験された結果，湿潤多雨林低地の造林結果は，ニューブリテン，セレベス，ミンダナオ産の種子がよい結果を示した．

つぎに保存である．この樹種を保護する四つの理由があげられる．

① 多雨林伐採跡地の産業用繊維生産として大きな可能性をもち，はやい生長と高材質で，熱帯各地の森林局が関心を示している．

② 陽生で，古い林分は更新することなく多雨林にとってかわられる．

③ 成熟林が建築材，柵，カヌー材，燃材として大規模に伐採されている．

④ この樹種の出現するのは，肥沃な川の平坦地（レビーバンク）で，これらは焼畑や，他の農地化によって伐採されている．

保全方法として現地，現地外，生殖質による方法があるが，もっとも好ましいのは現地保全である．この条件としてはつぎのことを考慮に入れなければならない．

① 林分が比較的純林で，多雨林樹種による侵入が少ないこと．

② 自然や人間の災害から完全に守れること．

③ 遺伝資源として，当事国の内外ともに収集し，利用できること．

④ 必要な行動，つまり法律制定，境界設定，公的関係などがすばやくできること．

フィリピンでは，すばやく保護林や，母樹林が指定された．

理論的にはその周辺部も含めて保護しなければならないし，樹種によって面積は決まっていないが，この樹種の場合，場所的変異が大きいので，多くの場所にいくつもある方がよい．

現地外保全は，今あるうちで危機的でかつ現地保全もできないようなところが考えられる．ミンダナオで2箇所，パプアニューギニアでは，1ブロック10 haまでのいくつかの産地試験地がつくられている．種子の保存については，この樹種の場合むつかしく，凍結保存しても2年で生命力が失われてしまうので限界がある．

利用の方法としては，どの種子源のものがどのような地域に適応するかの情報が集まりつつある．種子の供給は政府と商人によって行なわれている．最小15 haの完全な形のブロックを輸入国のもっとも適する土地につくり，それを種子源として地方の育種のもととするのが望ましい．500 haの造林地が第1世代の精英樹選抜には必要である．パプアニューギニアでは林木育種はよく進んでいるが，他国では専門家の不足と資金不足のため実行されていない．今後はさらに各分野での研究調査を発展させることを5カ年計画にもりこんでいる．

2　*Pinus kesiya* と *Pinus merkusii*

Turnbull (1972) は，フィリピンのカシアマツ（*Pinus kesiya*）の分布，特性，種子源などについて記載している．このマツはルソン島の15°30′Nから18°15′Nの間の標高450～2450 mに分布する．分布域は主として北ルソンの中央コルディレラ山系に約30万ha，小林分はカラバロ（1万ha）とザンバレス山地にもみられる．この地域の気候はモンスーン型で，5～7カ月の乾季がみられる．低い標高ほど乾季は長く，12月～4月まで，高い標高では2月，3月に2カ月ほどのおだやかな乾季がある．

高い標高では密な林分がみられ，低い標高では，より疎開された広い面積の純林をつくる．もっとも優勢な森林は，1500～2000 mの冷湿な地域で，そこ

では樹高は45 mに達することもある．焼畑，火，侵食などよってこのマツ林は，もとの広葉樹林地帯へ侵入するが，低い標高では，マツ自身が過伐，火，放牧によって影響をうけている．用途は採鉱用の材として開発されるが，ほかに家屋建築，燃材として使われている．このマツの家系変異が孤立したザンバレスやカラバト山系でみられるであろうし，中央コルディレラ山系の低い所や高い林分で，生長や乾燥抵抗性などが変化すると考えられる．また林分内の表現型の変異をみても選抜することは有益だろうと思われる．現在のところ，種子はバギオ近くの伐採地区から規制なしに採取されている．

P. kesiya は，東南アジアの三葉マツの複合したもので，アッサム，チベット，ビルマ，ラオス，ユンナン，ベトナムなどの *P. khasya* Royle，フィリピンの *P. insularis* Endlicher，南ベトナムの *P. langbianensis* A. chev，そして，おそらく中国からの *P. yunnanensis* Franchet も含んだものと考えられている．フィリピンでは Benguet 州から主に産するので Benguet Pine とよばれている．このマツはさまざまな土壌型に出現し，一般的には黄色粘土または粘土ロームで土壌深度もまちまちな所に生育可能である．もともとの生育地は，常緑広葉樹林で，その中でマツの孤立林分が混在していたものが，周辺の焼畑などの影響でマツの純林にかわっていったとみられる．

形態は大きく直立し，樹高生長ははやい．板根，先細りもなく，1800 m の Boboc 地区では，樹高 30 m，胸高直径 1 m のものがみられ，今まで最大の木は樹高 45.7 m，胸高直径 160 cm である．生長は 25 年まではやく，それ以後はおそくなる．枝分れにかなりの変異がみられ，これは遺伝的なものであるから改良の余地がある．

熟果は枝の頂端につき，単独で 2，3 個，ふつう正常な熟果は卵形で相称形である．50～100 mm 長，25～40 mm 幅，熟時淡茶色．大きさに変異が大きい．Nueva Vizcaya 州の Kayapa と Abra 州の Langangilang からの球果は大きく，Zambales のものは小さい．1～3 月に開花し，次の年の 10 月から 3 月に種子が熟する．ほとんどの種子は 1～2 月に散布される．Boboc 地区では，12～15

年で球果がつき，Zambales では，15～18 年で，地域や個体による変異がある．種子粒重は 5 万 2900 種子/kg（Cooling 1967），5 万 9800～7 万 6300 種子/kg（Turnbull 1972）などがある．発芽率は良好で 80 %（60～90%），ほとんどが 7～10 日で発芽し，発芽前の冷処理は効果がない．

伐採地では，15 本/ha の割合で母樹を残す．これは散布しやすいように稜線部などにかたまって残され，成功をおさめている．また林地への植え込みも行なわれ，種子床に散布されたのち，竹筒に種植されるか，または竹筒に直接まかれる．日陰で 4～6 カ月おいてから山出しされる．

育種的事業ははじまったばかりで，精英樹が選ばれはじめている．北ルソンの山地へ行けば，このマツはすぐにみられ，日本ならさしずめアカマツにあたる．現地は焼畑が行なわれているため，現地保全はむつかしい．また，二次林樹種であるので，現地保全といっても長い間には他の極相種にかわってしまうことも考えられる．とくに優良な林分については現地保全が必要だが，現地の状況からみて，かなりむつかしいことが予想される．各地域から標高と緯度にそってできるだけ多くの変異をえらび現地外保全することが有効と思われる．この樹種についてはオックスフォードから総説が出されていて，世界各地での植栽状況も含めて詳しく述べられている（Armitage & Burley 1980）．

東南アジアのもうひとつのマツ *Pinus merkusii* については，Cooling（1972）による仕事がある．

Pinus merkusii Jungh. & de Vriese という二葉マツはインドの NEFA からビルマ，タイ，ラオス，カンボジア，ベトナム，スマトラ，フィリピン，海南島に分布する．このマツの最初の記載は Junghuhn がスマトラのバタック地域を旅行中，地方名で “toesam” とよばれるこの種に出くわし，*Pinus sumatrana* と命名した．彼の材料は知事 Merkuse を通じて de Vriese にわたされ，彼は 1845 年に，*Pinus merkusii* Junghuhn & de Vriese として発表した．一方大陸産のものについては，最近 *Pinus merkusiana* sp. nov.（Cooling & Gaussen 1970）と記載された．アチェとタパヌリとの間の形態的な変異も明白であり，またフィリピンの

P. merkusii は，大陸のものと似ているといわれるが，今後，さらに分類学的な検討が必要である．これらの差異は，今後の試験や改良にとって大へん重要である．とくに，*P. merkusiana* のグラスステージは，適当な苗床とつぎ木技術を要し，かつ下刈の期間の長さなども問題となる．ザンビアでは，*P. merkusiana* は，亜湿潤地帯ではむつかしいが，いったん樹高生長がはじまると生長率はよい．ジャワでは湿潤地における *P. m.* j. dv の生長はひじょうによく，大陸種はとても及ばない．生長初期の両者の形態的差異は国際的な産地試験結果にもひろくみとめられた（Burley & Cooling 1972）．

これら2種類のマツの種子採取について，Keiding（1972）は，タイとデンマークの協力事業に長くかかわった経験者として詳しい意見をのべている．両種とも需要は大きく *P. kesiya* は800～2000 m の高地に，*P. merkusii* は 0～1000 m 程度の土地にむいた樹種であり，とくに後者は低い標高のところで生育可能なものとして，フィリピンのミンドロ島，カンボジアのキリロム高原，東タイのシサケット地区，およびスマトラのグラスステージのないものが注目されている．さまざまな海抜高から，異なった土壌型と混交林との関係などを考慮してかなり限定された地域からのサンプリングが必要である．そしてこのサンプリングの問題として，つぎのような問題をあげている．

① 近づきやすさ　戦争で南北ベトナム，カンボジア，ラオスへは入れず，ビルマは許可されない．たいていは山地で車ではいけず，数日歩くか馬である．道の際からのサンプリングだけでは不十分でさらに中へ入ろうとすると焼畑や伐採地などで危険が多い．

② 時間的要因　種子採取には時間がかかり，数季節に及ぶことがある．そのため接近しやすい場所から継続的に種子が採取できるようなしくみを考える必要がある．

③ 情報　*P. merkusii* については Cooling（1968）のモノグラフがよく，*P. kesiya* については Oxford で準備されている．

④ 地域協力　各地方の協力がなければ東南アジアでは能率があがらない．

直接，間接の利益をはっきりし，目的を明確に各国に伝える必要がある．どの国においても造林計画はたてているのに，その種子源についてはしっかりしていない．地方の林木育種計画や研究を促進することが大事である．タイでは，1965年にチーク，1969年にマツの林木育種計画が設立されている．

種子の採取については，*P. kesiya* の方が大量の種子をえやすく，発芽率もよい（70～80%）．*P. merkusii* は結果にバラツキが大きく，時に発芽率も10～30%という低いことがある．また，前種の方が開花，結実，球果の成熟の時期が規則的で，季節的である．後種の開花結実についてはまだはっきりしない点が多い．

Bryndumによると一般に，*P. merkusii* の球果は2月中旬～5月に熟するが，これは地方により，また，その中の個体によっても異なる．発芽試験では，茶色で，球果の鱗片がはなれはじめるころの発芽率が最高であった．若い時にとると発芽率がおちる．熟すのには3～4カ月かかるが，そのちょうどいい時期に採取のチャンスがあるかどうかが問題で，そのため，何回もくりかえして往復できるところがのぞましい．

一方，*P. kesiya* は緑色の球果でも発芽率はよい．タイでは1～2月が，フィリピンでは11～2月が採種期である．採種は木登り人夫をつかい，簡単な木登り具を使ってやるのがよい．スマトラでは，さらに開花期は不定で，もっとも少ないのは12月で，あとの月は5，10，1，2月などであるがまばらであり，タケゴン地区では7～8月の乾季に採種した．

こうしてみると，熱帯産のマツは，たとえ一種であっても，フタバガキ科のように個体により開花期が一定していないことはおもしろい．とくに，湿潤熱帯むきの *Pinus merkusii* にこの傾向がつよいことは興味のある点である．しかしおそらく，数多くのサンプルをとってみれば，開花結実などは乾季のおわりころに集中しておこるという傾向が大勢を占めるのではないだろうか．母樹をさだめて，その定期的な植物季節学的調査がのぞまれる．

3 中央アメリカ産のマツ

同じような状況は，中央アメリカのマツについても認められる（Kemp 1972）．中央アメリカのマツ天然林面積は4万5000 km²をこえ，ホンデュラス（2万7000 km²），グアテマラ（1万4000 km²），ニカラグア（4000 km²），ほかにエルサルバドル，英領ホンデュラスに小面積がある．これらの天然林は，密な純林は少なく，全体の半分以上は疎開したサバンナ的マツ林，マツ混交林または広葉樹との混交林であり，近よりやすい密な林分はすでに伐採されている．天然分布は，12°13′Nのニカラグアの北西大西洋海岸から，メキシコとの国境18°Nまで継続的に分布している．メキシコでは南に下るにしたがって種数は少なくなり，ニカラグアでは3種のみが分布する（*P. caribaea* Morelet, *P. oocarpa* Schide, *P. pseudostrobus* Lindl）．*P. caribaea* と *P. oocarpa* はどのような環境のところでも生育し，特に人間の影響下にある立地にみられる．これらの形態的な変異は大きいが詳しい研究はない．まず，*Pinus caribaea* では，中央アメリカのものはすべてvar. *hondurensis* Barr. et Golf. で二つの明白な生態的地区に分かれて出現する．一つは大西洋側の海岸低地で，12°13′Nの地下水位の高い，平坦な沖積地で，季節的に浸水し，永久的な湿地で，大西洋岸から1 km内陸の地である．年間降雨量は4000 mmで，1カ月のみ76 mm以下となり，毎月の相対湿度は70％を下らない．ここでのマツの形態は小さく，草地や，イネ科の湿地，広葉樹の小林分などの間に散在する．これらの林分は，海岸ぞいにメキシコの国境18°Nまで断続的にみられる．このレンジの雨量は2000 mm以下のところから3200 mmまである．中には，海岸沖積地からはなれて，内陸部の標高100 m程度の排水のよい砂利のような土に生育するものもある．

一方，内陸部のものは，ずっと乾燥した気候下にあり，典型的なものは，排水のよい，脊梁山脈のふもとの斜面に立つ．また山地の谷にもみられる．*P. caribaea* は標高800 m以下には出現せず，それ以上になると *P. oocarpa* が生育する．この地域の年平均雨量は1600 mmまたはそれ以下であり，乾季は大西洋岸よりもずっときびしい．*P. caribaea* は900 mmの年雨量まで生育し，長い

乾季にもたえる．

このように，*P. caribaea* の立地は，湿潤地帯と乾燥地帯の大きな差のある2箇所にみられる．

つぎに，*Pinus oocarpa* であるが，中央アメリカではひじょうに広い分布を示し，年間雨量2000 mmかそれ以下で，標高300～2000 mの浅く，石の多い，季節的に乾燥する酸性土に生育する．天然分布の南限は12°45′Nである．ホンデュラスのSierra de Diepiltoから北へ連続的に南北160 km，東西300 kmにわたって分布し，やや急斜面で近寄りにくい台地に生育しているので，伐採からまぬがれており，いい林分がニカラグア国境から北へグアテマラのBaja Verapazまでにみられる．

非常に乾燥した地区にもみられるのが特徴で，年間雨量900 mm以下で，乾季が長くきつく，100 mm以下の月が6カ月つづき，そのうち4カ月は25 mmという条件でも生育する．一方年雨量2000 mmで乾季のない地区にもみられる．形態的な変異が大きいが詳しい研究はない．

最後に *Pinus pseudostrobus* は，ホンデュラスとニカラグアで使われている名称である．1200 m以上の高地に出現し，年間雨量は1500 mm以上であるが，北西ホンデュラスでは850 mにも出現する．この松は *Pinus oocarpa* と同じくらい南にまで分布し，Volcan de Yali（13°15′N）では，標高1200 mの火山土でひじょうに大型で形質のよい個体が発見されている．

以上の3種の松の種子採取は，*P. caribaea* の低地のものは南北方向に極端な分布をするものも考えて，船か飛行機により60 kmまたは緯度0.5度間隔で行ない，全部で10～12産地からの収集で充分である．内陸種のものについては，特にひじょうに乾燥したところのものに注目し，やはり10～12産地が必要である．*P. oocarpa* は，特に南限のもの，極乾燥のものや標高による違いを考慮にいれて，緯度で選ぶ．ホンデュラスの中央部の広い分布地帯では，さらに検討が必要であり，より集中的なサンプルが必要であろう．これは集団の大きさによって採取することが必要である．最後に *P. pseudostrobus* はもっとも散

在しているが，5～6産地で，特に低い標高のものに注目するのがよいだろう．

これらの樹種のうち，前2種については国際的にも需要が供給をうわまわっており，今後の見通しもよい．小規模な保全は各国がやっているので，国際的な遺伝資源保全としては，限界点に生育する絶滅に瀕する集団の保全を行なうことが考えられる．

第6節　今後の展望

Kempほか（1976）は，遺伝資源の保全にあたっては，国際的には機運がたかまっているが，現実に貧困な熱帯諸国では食糧生産が先行すること，したがって，現地保全については，種の保全に関する技術的な問題よりも，周辺の社会，経済的な問題の方が大きい．したがって，食糧生産，水源涵養，国立公園，観光，教育などの目的とあわせて遺伝資源問題を現実的に処理していくことがよいとし，現地外でも，資金，人材面での不足から，樹種はきわめて限られていることを指摘し，国際協力の資金と人材をかねそなえた協力が必要であることをといている．これは東南アジアでも同じことであり，遺伝資源問題ほど，いうはやすく，実行はむつかしい事業はないであろう．あるべき姿と現実とのギャップをいかにうまくうめていくか，長期的で地味な努力の積み重ねが要求される．しかもこれは個人や小さな団体の行なうべきことではなく，国家的，国際的事業規模のものである．伝統的にこの分野で長期間にわたって実績をあげているのはイギリスのOxford Forestry Instituteである．ここでは，過去の植民地時代の蓄積をもとに，世界各国からの情報が集積され，毎年夏季コースや留学生の受入れを通じて，つねに新しい情報がつけ加えられている．そして1960年代にはじまった中南米のマツの探索から収集にはじまる事業は，その種子を世界各地にばらまいて産地試験を行ない，その結果が現在出はじめている段階である．

私は1989年9月にこの研究所を訪れ，実際に現地で活動を行なってきた

人々と会った．中南米のマツを中心にした仕事は一応おわり，あとは，世界各地からの産地試験の結果をデータベースにいれていく仕事が残っている．またすでに集まったデータをもとに，各樹種ごとのデーターベースをつくり，どのような環境条件下にはどの樹種が適切かという第一次の選択のできるシステムもできあがっている．

この研究所は，世界の中でもとびぬけて情報量が多く，現在，20万冊の本，1800冊（定期）と4000冊（不定期）の雑誌，3500巻のマイクロフィルムをもった一大情報センターとなっている．この図書館の情報をもとに，CABと連携してアブストラクトをつくり，また独自で熱帯林の基本的なモノグラフを出版している．このモノグラフをつくるには，責任者が平均して300〜400の論文を4カ月かけてよみ，各論文に一つずつ，自分でアブストラクトをつくり，まず，アブストラクト集をつくる．そして，それをもとに，担当樹種のモノグラフを分類から利用にわたるまで克明に記載してゆくのである．こうしてできた出版物は世界の熱帯遺伝資源の必読文献となって高く評価されている．

この研究所では，今はアフリカのAcaciaグループをはじめており，数種をしぼってその分布全域の調査をはじめている．むろん分野は，遺伝資源だけでなく，生態，保護，利用も含み，腊葉標本や材鑑などの収集も系統的に行なっている．こう書いてみるといいことばかりだが，実情は，かなりの困難もある．とりわけ，遺伝資源については，探索，収集，産地試験などで現地で数々の困難にぶつかることを話してくれた研究者も多い．産地試験などは各国まかせであるので，試験結果に問題も多く，失敗例をあげればきりがないらしい．しかし，その数が多いので失敗例にこだわることなく，充分やっていけるのである．

すでに25年以上の歴史があるうえに，過去に植民地を多くもったイギリスのこの分野での強さはゆるぎないものがある．しかし，それだけではなく，つねに新しいものを吸収し，新しい人材を世界各地から呼びよせる努力は，我々日本人がまじめになって考えなければならないことだろう．人とのつながりがもっとも重要であるというのは熱帯で仕事をした人ならば誰もが一致する意見

である．留学生や短期の研修コースできた人が，自国へ帰り，研究をつづけていく際につねにOxfordとの関係を保ちつづけ，それが組織化されて，研究所，国単位のつながりとなり，さらにいくつかの国を含んだ地域共同体との関係にまでひろがり，研究的活動を深めていく姿は，イギリスの場合，特に見事である．

イギリスだけでなく，はじめにのべたようにデンマークはタイと協力して，チークとマツの林木育種場をつくり，タイ政府が順調に運営している．カナダはASEANの種子センターの活動を行なっている．オースラリアは，ユーカリやアカシアの種子から種苗までを世界中に分配している．また，国家だけではなく，多くの大企業が種子戦争とよばれるような形で，世界中の優秀な遺伝資源を収集していることは周知の通りである．

日本は，残念ながら，まだこの分野でははるかに及ばない．農業関係では筑波にすぐれた設備をもつセンターができたが，林木に関してはまだまだである．地域や樹種をかぎっても，ここだけは日本が強いというところをそろそろつくるべき時期ではないだろうか．

私が理想的と考える現地外保全は後方に遺伝子保全林ともなるべき天然林をひかえ，その緩衝地付近に，現地外保全の施設をそなえるものであり，北海道の林木育種場や，チボダス植物園などを改良した形を考えている．林木は長命で個体が大きいことから，面積はあらかじめ大きく，少なくとも2箇所に分散させるのがよい．Rocheは1産地につき10〜30 haくらいで，少なくとも2箇所に分散することをすすめている．日本の林木育種場の例では，関東林木育種場が40 ha弱ですでに用地の不足を感じている．東北育種場が70 haで，これくらいあると，採種園，集植所，苗畑，諸設備も含めて，数種類の保全には充分であろう．保存すべき産地種を500産地とすると，1産地あたり10本として5000本の集植地が必要となる．植栽密度は樹種によってことなるが，広葉樹の場合は，針葉樹より大面積を必要とする．かりにha当たり500本としても集植だけで10 haが一樹種について必要である．これに苗畑4 ha，附属設

備4 ha，採種園4 haなどを考えると，数種の代表樹種の集植だけで70 haくらいはすぐにうまってしまう．さいわいにして用地の確保については，途上国は先進国ほどむつかしくない場合が多いから，あらかじめ大面積を確保しておけるだろう．そして，植栽から保育管理までは，毎年一定した労働力と資金が必要であるので，やはり，こういった事業は国家規模でやるべきであろう．

私は，こういった現地外保全施設を森林型の群系単位に数箇所おくことを考えている．熱帯には，海よりのマングローブから泥炭湿地，低地フタバガキ林，山地林，亜高山帯林，クランガス林などさまざまなタイプがみられる．これらの代表的な林分の周辺に，現地外保全施設をおき，その背後にある天然林から，代表的な樹種の精英樹をえらび，集植するのである．東南アジアでは，気候的にモンスーン地帯と熱帯多雨林帯とにわけられるが，そのそれぞれにおける候補地は，つぎのように考えられる．

熱帯多雨林帯

マングローブ……南スマトラ，ニューギニア

泥炭湿地林……サラワク，ブルネイ，南スマトラ，ニューギニア

低地フタバガキ林……カリマンタン，マレーシア，ミンダナオ，中部スマトラ

山地林……キナバル，チボダス，ニューギニア

クランガス林……サラワク

モンスーン地帯

マングローブ……南タイ

淡水湿地林……ラングーン

低地林……カオヤイ

山地林……ドイインタノン

マツ……北スマトラ，チェンマイ

チーク……チェンマイ

これらの施設は，単位として国を基準に考えるのがやりやすいが，国際的な

協力も必要であるので，すでにのべたように，情報センターをボゴールあたりにおいて中南米，アフリカの同様なセンターと情報の交換を行なう．これらの施設はむろん，国際機関とも密接に連絡をとりあって，国際的な共同事業も行なう．

この構想は，あくまでも理想形であって，現実にはさまざまな問題があり，こう思い通りにはいかないであろう．しかし，実際には要所要所に研究所ができて，小さいながらも地道な活動をひろげている．これらの既存の研究施設を利用して活動をひろげていくのがもっとも好ましい．

林業関係の試験研究機関の中で，材料をすぐ手元において，つねに実験に供するのは育種場である．大学の演習林と育種場とが合体し，林業試験場なみの実験設備があれば理想的である．すでに確立した施設をもつ先進諸国ではむずかしいが，発展途上国では，これから先，まだまだ可能性が大きく，かつこういった施設は今後ますます必要となってくることは，現在の遺伝資源保全の動きをみても明らかである．名称は森林遺伝資源研究所として，その前に各森林タイプをつければいい．

ここで一番問題となるのは人材である．しかも，こういう施設が，都市から離れすぎると，人材はますます集まりにくくなるというのも各地でみる実情である．したがってその施設は，その地域の大都会から，往復可能な距離にあることが望ましい．そして現地のスタッフだけでなく，常に国際的な活動の場として研究者が行き来することが望まれる．日本の国際協力事業団はすでに10年の実績をもち，森林研究の分野でも，タイ，インドネシア，ブルネイ，ペルーに研究協力をし，パプアニューギニアにも新しく協力が成立した．そして造林事業については，タイ，フィリピン，インドネシア，マレーシア，パラグアイ，ケニアなど世界各地で地道な活動を行なっている．その投資額の割にもう一つ成果が評価されないのは，場当たり的な協力体制と，一本筋の入った軸がないからである．それにくらべて，カナダ，ニュージーランド，オーストラリア，イギリス，オランダなどは，小規模ではあるが，種子をおさえることによ

って，もっとも基本的な所を把握している強みをもっている．日本への協力要請は今後ますます強まることは間違いなく，その事業費も毎年大幅にのびている．この予算の何割かを，今世界がもっとも要求している遺伝資源保全の問題にふりむけることは，今後の世界各国の日本の協力に対する評価をかえることになろう．

ここで問題を国内にむけよう．国際協力でもっともむずかしいのは国内問題だといわれている．縦割り行政のかたくなさ，人事異動の困難さなど問題は多いが，やはり一番のネックは人材不足という点であろう．私のまわりをみわたしても，本気で熱帯の森林を一生かけてやろうという人は少ないし，一度いった人でももうゴメンという人が多い．また再度いきたい人にはなかなかその機会がめぐってこないということもある．海外青年協力隊から帰った人材もしかるべきポストがなく，ゆがんだ形で，不本意な生活をおくってひねくれる人も多い．大学で海外を目差す講座も少ない．また留学生の受入れや海外調査などについては，まだまだムダな動きが多く，効率よくことがはこぶ状況にはなっていない．要するに，日本は上から下まで海外で働くようにはできていない仕組になっている．海外へ出れば昇給はストップし，帰ってきたときにしかるべきポストが準備されていないということもある．海外からの要請がいかに増えようとも，国内事情が大きくかわらなければ，こういった問題は解決しない．

海外での滞在期間は現在2年が基本になっているが，これはあまりに短すぎる．諸外国の例でみても，とくに林業などの場合は長く，5～8年を考えている．これはむろんその間中滞在していることが望ましいが，短期で往復してもよい．要は同じ人間が責任をもって一つの事業がある程度形をなすまでめんどうをみるということである．日本国内ではこういったことは現地との癒着をおこすということで，短期間に人がかわることがふつうであるが，これは国際的には通用しない．

このように考えていくと，長期に海外滞在する人間が帰国するときにまた問題がおこる．この解決策は，海外要員をプールする機関をつくることである．

現在のように，海外ですぐれた仕事をした人間を営林局へもどすようなことはせず，ひきつづき海外勤務を希望する者は生涯海外研究にのみ専念するのである．現在の熱帯農業研究センターでは林業関係の組織が小さすぎて現状にそぐわない．新しく熱帯林研究センターとでも改称して組織の充実をはかるべきである．

熱帯諸国の林業については，イギリス，アメリカ，西ドイツ，オランダ，オーストラリア，ニュージーランド，カナダなどの各国が独自の協力体制をしいている．また国際機関としてはFAO，UNESCOなどが活発な活動を行なっている．これら諸機関との密接な協力が今後必要となるだろう．

大学での人材養成については，熱帯関係の科学や研究所を増設すると同時に，海外のキャンパスや演習林などをもつことである．留学生の受入れもわざわざ熱帯から日本へ呼んで，現地の事情にそぐわない環境下の仕事を教えるよりも，熱帯ですべてが完了するようにする方がよほど効率的である．アメリカや，イギリスは，すでに温帯，熱帯をとわず，各地に海外の基地をもっている．こういう点で，日本は大きくたちおくれているといわざるをえない．日本の企業の多くが海外での工場をもつように，日本の大学とりわけ大学の中でも地域研究を目差す研究機関は，海外にしっかりとした基地をもつ方向に動くべきではなかろうか．アメリカのスミソニアン研究所のBarro Coloradoは40年前から，OTS（Organization for Tropical Studies）は25年前から，それぞれパナマとコスタリカに基地をつくり，熱帯研究と教育にとりくんできており，それが今のアメリカの熱帯研究の層の厚さをつくったといえる．

付表・付図

付表1　パングランゴ山のプロット1（1600 m）の胸高直径10 cm以上の全出現種の層別個体数ならびに相対優占度（胸高断面積比）

Species Name	1st layer No.	Relative dominance	2nd layer No.	Relative dominance	3rd layer No.	Relative dominance	Broken trees No.	Relative dominance	Total No.	Relative dominance
Schima wallichii ssp. noronhae (Reinw. ex Bl.) Bloemb.	35	30.57	9	8.76	3	1.34			47	25.12
Saurauia pendula Bl.					44	35.67	2	1.73	46	2.24
Castanopsis javanica (Bl.) DC.	20	25.02	11	10.15	6	2.54			37	21.01
Persea rimosa (Bl.) Kosterm.	11	6.81	13	9.59	4	1.45	2	29.72	30	7.61
Turpinia sphaerocarpa Hassk.			5	3.27	14	10.37	5	5.88	24	1.23
Lithocarpus pseudomoluccus (Bl.) Rehd.	9	5.29	6	4.13	7	3.08			22	4.83
Decaspermum fruticosum var. polymorphum (Bl.) Bakh. f.			13	4.86	7	2.97			20	0.76
Vernonia arborea Buch.-Ham.	6	4.68	9	7.34	4	1.63			19	4.64
Symplocos fasciculata Zoll.			2	0.78	13	5.83	1	1.18	16	0.49
Polyosma integrifolia Bl.	3	0.61	9	6.83	4	1.36			16	1.37
Polyosma ilicifolia Bl.			11	9.39	4	1.47			15	1.20
Ficus ribes Reinw. ex Bl.					10	4.76			10	0.29
Macropanax dispermus (Bl.) O. K.	1	0.48	2	4.90	4	4.44			7	1.23
Flacourtia rukam Zoll. et Mor.			5	2.92	1	0.41			6	0.37
Syzygium antisepticum (Bl.) Merry & Perry	4	2.73	2	1.83					6	2.36
Astronia spectabilis Bl.			3	1.42	2	0.75			5	0.21
Castanopsis argentea (Bl.) DC.					3	1.10	2	1.27	5	0.11
Lithocarpus rotundatus (Bl.) A. Camus	4	5.14					1	49.22	5	5.75
Mischocarpus fuscescens Bl.			3	2.50	2	0.99			5	0.36
Saurauia blumiana Benn.					5	4.12			5	0.25
Villebrunea rubescens (Bl.) Bl.					5	2.27			5	0.14
Antidesma tetrandrum Bl.					4	1.79			4	0.11
Lithocarpus indutus (Bl.) Rehd.	3	1.78	1	0.50					4	1.45
Pygeum parviflorum Teysm. et Benn.	4	1.50							4	1.17
Syzygium rostratum (Bl.) DC.			3	2.35	1	0.35			4	0.30
Viburnum sambucinum Bl.					3	3.36	1	1.14	4	0.25
Acrenychia laurifolia Bl.			3	4.94					3	0.58
Casearia tuberculata Bl.	1	0.33	1	1.65	1	0.74			3	0.50
Eurya acuminata DC.			1	0.29	2	1.04			3	0.10
Lithocarpus elegans (Bl.) Hatus. ex Soepadmo	1	0.96			2	0.83			3	0.81
Litsea resinosa Bl.	3	0.86							3	0.68
Manglietia glauca Bl.			2	1.11	1	0.47			3	0.16
Michelia montana Bl.	1	0.32	2	3.78					3	0.70
Platea latifolia Bl.	3	4.61							3	3.62
Acronodia punctata Bl.			2	1.86					2	0.22
Dysoxylum alliaceum Bl.			1	0.95	1	0.46			2	0.14
Elaeocarpus stipularis Bl.			1	0.25	1	0.27			2	0.05
Engelhardia spicata Lech. ex Bl.	2	2.49							2	1.96
Hypobathrum frutescens Bl.					2	0.70			2	0.04
Litsea mappacea (Bl.) Boerl.			1	0.91	1	0.29			2	0.13
Pithecellobium clypearia (Jack) Bth.							2	9.33	2	0.33
Pyrenaria serrata Bl.					2	0.54			2	0.03
Saurauia reinwardtiana Bl.					1	0.25	1	0.52	2	0.03
Cinnamomum parthenoxylon (Jack) Meissn.	1	2.05							1	1.61
Cinnamomum sintoc Bl.	1	0.40							1	0.31
Glochidion macrocarpum Bl.			1	2.17					1	0.26
Gordonia excelsa (Bl.) Bl.	1	2.28							1	1.79
Ilex cymosa Bl.			1	0.59					1	0.07
Lithocarpus tijsmannii (Bl.) Rehd.	1	0.62							1	0.48
Macropanax undulatus (Wall. ex G. Don) Seem.					1	0.26			1	0.02
Meliosma ferruginea Bl.					1	0.25			1	0.02
Podocarpus imbricatus Bl.	1	0.48							1	0.38
Pygeum arboreum (Bl.) Endl. ex F. v. M.					1	0.27			1	0.02
Saurauia nudiflora DC.					1	0.53			1	0.03
Tarenna laxiflora (Bl.) K. & V.					1	0.41			1	0.03
Viburnum coriaceum Bl.					1	0.27			1	0.02
Viburnum lutescens Bl.					1	0.38			1	0.02
Total	116	100.00	123	100.00	171	100.00	17	100.00	427	100.00

付表2 パングランゴ山のプロット1（1600 m）の対角線上にとった10個の10 m×10 m小方形区内の胸高直径10 cm以下，樹高1.3 m以上の全植物体リスト

Species Name	No. of individuals	Frequency	Basal Area (cm^3)	Mean Height (m)	SDR % (N′T′ BA′)	SDR % (N′F′ BA′H′)
Trees						
Castanopsis argentea (Bl.) DC.	5	3	35.86	3.9	13.9	22.7
Hypobathrum frutescens Bl.	4	4	44.64	4.0	17.8	25.9
Symplocos fasciculata Zoll.	4	2	29.73	4.0	9.7	19.8
Decaspermum fruticosum J. R. & Forst. var. polymorphum (Bl.) Bakh. f.	3	2	98.66	3.8	12.8	21.5
Saurauia pendula Bl.	3	3	39.97	3.6	13.7	21.5
Turpinia sphaerocarpa Hassk.	3	2	82.16	5.2	13.7	25.3
Apodytes cambodiana Pierre	2	2	28.31	5.8	9.2	25.0
Astronia spectabilis Bl.	2	2	9.06	4.0	8.3	18.7
Casearia tuberculata Bl.	2	2	23.83	3.5	9.0	17.7
Persea rimosa (Bl.) Kosterm.	2	2	65.83	7.3	11.0	31.1
Vernonia arborea Buch.-Ham.	2	1	47.38	3.5	6.4	15.8
Antidesma tetrandrum Bl.	1	1	69.40	8.0	7.2	30.4
Eurya acuminata DC.	1	1	51.53	7.0	6.4	26.7
Ficus ribes Reinw. ex Bl.	1	1	49.02	6.0	6.3	23.5
Glochidion cyrtostylum Miq.	1	1	10.75	4.5	4.4	17.4
Glochidion macrocarpum Bl.	1	1	2.84	4.0	4.1	15.6
Macropanax dispermus (Bl.) O. K.	1	1	14.52	6.0	4.6	22.2
Polyosma integrifolia Bl.	1	1	3.14	3.5	4.1	14.0
Lithocarpus pseudomoluccus (Bl.) Rehd.	1	1	43.01	8.0	6.0	29.5
Lithocarpus tijsmannii (Bl.) Rehd.	1	1	1.13	2.0	4.0	9.3
Schima wallichii (DC.) Korth. ssp. noronhae (Reinw. ex Bl.) Bloembergen	1	1	18.86	8.0	4.8	28.6
Shrubs						
Strobilanthes cernua Bl.	145	9	180.90	2.3	75.2	63.6
Ardisia fuliginosa Bl.	63	9	205.85	3.0	57.5	52.5
Talauma candollii Bl.	8	4	38.34	4.0	18.4	26.3
Saurauia reinwardtiana Bl.	4	2	86.10	5.4	12.4	26.2
Viburnum lutescens Bl.	3	2	82.00	6.0	12.0	27.7
Claoxylon glabrifolium Miq.	1	1	0.95	2.0	4.0	9.2
Lasianthus sp.	1	1	3.46	3.0	4.1	12.5
Saurauia blumiana Benn.	1	1	5.73	3.5	4.2	14.1
Palms						
Pinanga coronata (Bl. ex Mart.) Bl.	31	5	244.67	3.9	37.2	40.1
Tree Ferns						
Cyathea raciborskii Copel.	37	9	705.17	3.1	75.2	66.1
Cyathea contaminans (Wall. ex Hook.) Copel.	1	1	86.59	7.5	8.0	29.5
Herbs						
Nicolaia solaris (Bl.) Horan.	24	1	117.84	3.0	14.8	20.5
Cyrtandra sp.	5	1	3.95	1.5	5.0	8.5

付表3　パングランゴ山のプロット1（1600 m）の対角線上にとった10個の1 m×1 m小方形区内の樹高1.3 m以下の全植物体リスト

Species Name	Frequency	Number of Individuals	Fresh Weight including root (g)	Mean Height (cm)	SDR (F′N′H′)
Trees					
Saurauia pendula Bl.	1	2	16	11.0	7.7
Shrubs					
Strobilanthes cernua Bl.	8	35	1957	72.5	62.0
Psychotria divergens Bl.	4	5	251	42.8	29.8
Ardisia fuliginosa Bl.	3	5	334	63.3	31.3
Rubus moluccanus L.	2	3	45	30.0	17.4
Saurauia reinwardtiana Bl.	1	1	19	30.0	12.7
Talauma candollii Bl.	1	1	9	25.0	11.3
Woody Climbers					
Tetrastigma sp.	3	3	14	4.3	14.4
Cissus adnata Roxb.	2	2	94	5.0	10.2
Ficus lanata Bl.	2	2	37	8.5	11.2
Ficus trichocarpa Bl.	1	1	47	20.0	10.0
Piper baccatum Bl.	1	1	12	13.0	8.0
Piper cilibracteum DC.	1	1	4	10.0	7.2
Tetrastigma papillosum (Bl.) Planch.	1	1	4	5.0	5.8
Herbaceous Climbers					
Smilax sp.	1	1	10	40.0	15.5
Woody Creepers					
Piper sulcatum Bl.	2	2	30	30.0	17.2
Piper sp.	1	1	14	15.0	8.6
Non-woody Creepers					
Malaxis sp.	1	1	2	6.0	6.1
Scindapsus hederaceus (Z. & M.) Miq.	1	1	28	10.0	7.2
Orchids					
A species of Orchidaceae	2	2	11	12.5	12.3
Palms					
Pinanga coronata (Bl. ex Mart.) Bl.	2	2	676	85.0	32.4
Ferns					
Cyathea raciborskii Copel.	3	4	1089	71.7	33.4
Thelypteris heterocarpa (Bl.) Ching	2	2	92	35.0	18.6
Nephrolepis acumimata (Houtt.) Kuhn	2	3	15	15.0	13.2
Asplenium sp.	1	1	12	20.0	10.0
Diplazium sp.	1	3	30	20.0	10.5
Diplazium pallidum (Bl.) Moore	1	1	27	20.0	10.0
Dryopteris hirtipes (Bl.) O. K.	1	1	22	20.0	10.0
Dryopteris sp.	1	2	70	30.0	13.0
Egenolfia appendiculata (willd.) J. Sm.	1	1	4	15.0	8.6
Trichomanes sp.	1	1	2	7.0	6.3
Diplazium dilatatum Bl.	1	1	620	110.0	35.0
Herbs					
Elatostema paludosum (Bl.) Hassk.	7	137	2285	20.7	68.2
Cyrtandra picta Bl.	6	18	507	30.0	37.7
Zingiber inflexum Bl.	3	7	35	17.7	19.1
Arisaema filiforme Bl.	2	3	26	25.0	16.0
Amomum hochreutineri Val.	1	1	32	30.0	12.7
Coleus galeatus (Poir.) Bth.	1	1	200	120.0	37.7
Cyrtandra sp.	1	6	540	60.0	22.3
Elatostema sp.	1	18	355	20.0	14.1
Forrestia marginata (Bl.) Back.	1	3	24	20.0	10.5
Forrestia sp.	1	1	20	35.0	14.1
Lycianthes laevis (Dunal) Bitt.	1	1	2	20.0	10.0
Musa acuminata Colla	1	2	2	4.0	5.8
Amomum pseudo-foetens Val.	1	1	65	35.0	14.1

付表4 パングランゴ山のプロット1 (1600 m)の0.5 haにおける母樹の径級ごとの着生植物のつき方

Species Name	Average number of epiphytic species per tree (only trees with epiphytes)										Number of trees without epiphytes									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Schima Wallichii (DC.) Korth. ssp. noronhae (Reinw. ex Bl.) Bloembergen	1	1	3.5	3.2	6	4.8	4.3	7	4.5		2	1								
Saurauia pendula Bl.	2.5	1.7									7	2								
Castanopsis javanica (Bl.) DC.	2	1.3	3.5	2		3.5	5		6	5	3	3	1	1						
Persea rimosa (Bl.) Kosterm.	3		3	2			4			8	2		1							
Turpinia sphaerocarpa Hassk.	3.5	5									4	1								
Lithocarpus pseudomoluccus (Bl.) Rehd.		5	2.5	3.5	4	7	3	5												
Decaspermum fruticosum var. polymorphum (Bl.) Bakh. f.	2.0	1									4									
Vernonia arborea Buch.-Ham.			3						3.5		1		1							
Symplocos fasciculata Zoll.		3									11									
Polyosma integrifolia Bl.	1	1	3								2		1							
Polyosma ilicifolia Bl.	2	3	3.7								5		1							
Ficus ribes Reinw. ex Bl.	1										7									
Macropanax dispermus (Bl.) O. K.	1.5		2		5						1									
Flacourtia rukam Zoll. et Mor.	1										1	2								
Syzygium antisepticum (Bl.) Merry & Perry												1								
Astronia spectabilis Bl.		1									1									
Castanopsis argentea (Bl.) DC.											3									
Lithocarpus rotundatus (Bl.) A. Camus							4													
Mischocarpus fuscescens Bl.		3	6								2									
Villebrunea rubescens (Bl.) Bl.	1										2									
Antidesma tetrandrum Bl.	1										2									
Lithocarpus indutus (Bl.) Rehd.							6				1	1								
Pygeum parvidorum Teysm. et Benn.			2.5											1						
Syzygium rostratum (Bl.) DC.											1									
Viburnum sambucinum Bl.		2									2									
Acronychia laurifolia Bl.		2	1	3																
Casearia tuberculata Bl.	1		3																	
Eurya acuminata DC.	3										1									
Lithocarpus elegans (Bl.) Hatus. ex Soepadmo							6													
Litsea resinosa Bl.			3									1	1							
Manglietia glauca Bl.	1										1	1								
Michelia montana Bl.				3									1	1						
Platea latifolia Bl.				2														2		
Acronodia punctata Bl.		2.5																		
Elaeocarpus stipularis Bl.	2										1									
Hypobathrum frutescens Bl.											1									
Litsea mappacea (Bl.) Boerl.		2									1									
Pithecellobium clypearia (Jack) Bth.		1																		
Pyrenaria serrata Bl.	2																			
Saurauia reinwardtiana Bl.	2																			
Cinnamomum parthenoxylon (Jack) Meissn.										5										
Cinnamomum sintoc Bl.				4																
Glochidion macrocarpum Bl.				1																
Gordonia excelsa (Bl.) Bl.										6										
Macroponax undulatus (Wall. ex G. Don) Seem.											1									
Meliosma ferruginea Bl.											1									
Podocarpus imbricatus Bl.						3														
Pygeum arboreum (Bl.) Endl. ex F. v. M.											1									
Tarenna laxiflora (Bl.) K. & V.	1																			
Viburnum coriaceum Bl.	1																			
Viburnum lutescens Bl.											1									

付表5　パングランゴ山の地上性の小木，灌木およびヤシ類

Species	P-1 (1600)	P-2 (1700)	P-3 (1900)	P-4 (2100)	P-5 (2300)	P-6 (2400)	P-7 (2600)	P-8 (2800)	P-9 (3000)
Acer laurinum Hassk.				○					
Acronodia punctata Bl.				○		○			
Ardisia fuliginosa Bl.	○	○							
Ardisia javanica DC.						○			
Astronia spectabilis Bl.				○					
Daphniphyllum glaucescens Bl.						○			
Dichroa sylvatica (Reinw. ex Bl.) Merr.						○			
Eupatorium riparium Reg.			○						
Eurya obovata (Bl.) Korth.						○			
Hypobathrum frutescens Bl.		○							
Lasianthus sp.				○					
Lithocarpus pseudomoluccus (Bl.) Rehd.		○							
Litsea diversifolia Bl.		○							
Molineria capitulata (Lour.) Herb.		○	○	○					
Mycetia cauliflora Reinw.		○		○					
Myrsine affinis DC.						○		○	○
Piper sulcatum Bl.			○						
Podocarpus imbricatus Bl.					○	○	○		
Polyosma ilicifolia Bl.				○		○			
Polyosma integrifolia Bl.						○			
Psychotria divergens Bl.	○	○	○						
Rubus alpestris Bl.				○				○	
Rubus moluccanus L.	○	○	○						
Saurauia pendula Bl.	○								
Saurauia reinwardtiana Bl.	○								
Schima wallichii ssp. noronhae (Reinw. ex Bl.) Bloemb.				○	○				
Strobilanthes blumei Bremek.			○						
Strobilanthes cernua Bl.	○	○	○						
Symplocos sessilifolia (Bl.) Gürke						○			○
Symplocos sp.						○			○
Talauma candollii Bl.	○								
Turpinia sphaerocarpa Hassk.		○							
Vaccinium laurifolium var. ellipticum (Bl.) Sleum.						○			
Vaccinium laurifolium (Bl.) Miq. var. laurifolium						○			
Viburnum coriaceum Bl.						○			

付表6　パングランゴ山の地上性のつる植物

Species	P-1 (1600)	P-2 (1700)	P-3 (1900)	P-4 (2100)	P-5 (2300)	P-6 (2400)	P-7 (2600)	P-8 (2800)	P-9 (3000)
Cissus adnata Roxb.	○								
Clematis smilacifolia Wall.			○						
Ficus lanata Bl.	○								
Ficus sagittata Vahl		○							
Ficus trichocarpa Bl.	○								
Freycinetia insignis Bl.		○							
Hoya sp.			○						
Lonicera javanica (Bl.) DC.						○			○
Malaxis sp.	○								
Medinilla laurifolia (Bl.) Bl.			○	○					
Nertera granadensis (Mutis ex L.f.) Druce						○		○	○
Piper abbreviatum Opiz			○						
Piper baccatum Bl.	○								
Piper cilibracteum DC.	○								
Piper sulcatum Bl.	○								
Piper sp.	○								
Psychotria sarmentosa Bl.			○						
Rubus lineatus Reinw. ex Bl.									○
Scindapsus hederaceus (Z. & M.) Miq.	○								
Smilax macrocarpa Bl.			○						
Smilax odoratissima Bl.			○						
Smilax sp.	○								
Tetrastigma dichotomum (Bl.) Planch.		○		○					
Tetrastigma papillosum (Bl.) Planch.	○								
Tetrastigma sp.	○								

付表7　パングランゴ山の地上性のシダ類

Species	P-1 (1600)	P-2 (1700)	P-3 (1900)	P-4 (2100)	P-5 (2300)	P-6 (2400)	P-7 (2600)	P-8 (2800)	P-9 (3000)
Asplenium caudatum Forst.			○	○					
Asplenium sp.	○								
Athyrium japonicum (Thunb.) Copel.		○							
Athyrium sp.									○
Blechnum patersonii (R. Br.) Mett.						○		○	
Blechnum sp.					○				
Coniogramme flaxinea (Don) Diels		○							
Coniogramme sp.			○	○					
Cyathea junghuhniana (Kunze) Copel.		○							
Cyathea latebrosa (Wall. ex Hook.) Copel.				○	○				
Cyathea orientalis (Kunze) Moore				○					
Cyathea raciborskii Copel.	○								
Cyathea spinulosa Wall. ex Hook.		○							
Davallia sp.						○			
Diplazium dilatatum Bl.	○								
Diplazium esculentum (Retz.) Sw.		○							
Diplazium pallidum (Bl.) Moore	○	○							
Diplazium sp.	○						○		
Dryopteris adnata (Bl.) v.A.v.R.									○
Dryopteris hirtipes (Bl.) O. K.	○	○							
Dryopteris sp.	○		○	○	○	○	○		
Egenolfia appendiculata (Willd.) J. Sm.	○								
Elaphoglossum callifolium (Bl.) Moore				○					○
Lycopodium serratum Thunb.						○			
Lycopodium sp.				○					
Nephrolepis acuminata (Houtt.) Kuhn	○								
Plagiogyria glauca (Blume) Mett.				○	○	○		○	○
Polypodium feei (Bory) Mett.						○			
Polypodium sp.					○				
Polystichum aculeatum Schott		○							
Polystichum sp.					○				
Pteris excelsa Gaud.			○	○					
Thelypteris callosa (Bl.) K. Iwats.		○							
Thelypteris heterocarpa (Bl.) Ching	○	○							
Thelypteris opaca (Don) Reed		○							
Thelypteris truncata (Poir. in Lam.) K. Iwats.		○							
Trichomanes sp.	○								
Woodwardia sp.								○	

付表8　パングランゴ山の地上性の草本類

Species	P-1 (1600)	P-2 (1700)	P-3 (1900)	P-4 (2100)	P-5 (2300)	P-6 (2400)	P-7 (2600)	P-8 (2800)	P-9 (3000)
Amomum hochreutineri Val.	○								
Amomum pseudo-foetens Val.	○								
Arisaema filiforme Bl.	○	○							
Arisaema sp.				○					
Balanophora elongata Bl.								○	
Balanophora sp.			○						
Begonia robusta Bl.			○						
Calanthe flava (Bl.) Hassk.			○						
Carex sp.							○	○	○
Coleus galeatus (Poir.) Bth.	○								
Cyperus sp.						○			
Cyrtandra picta Bl.	○			○					
Cyrtandra sp.	○								
Disporum chinense (Ker-Gawl.) O. K.				○					
Elatostema paludosum (Bl.) Hassk.	○								
Elatostema sp.	○	○						○	
Forrestia marginata (Bl.) Back.	○								
Forrestia sp.	○								
Hedychium roxburghii Bl.		○							
Lycianthes laevis (Dunal) Bitt.	○	○							
Musa acuminata Colla	○								
Myriactis javanica (Bl.) DC.							○		○
Pilea sp.			○						
Primula prolifera Wall.								○	
Ranunculus javanicus Bl.								○	○
Sanicula elata Ham. ex D. Don								○	
Swertia javanica Bl.									○
Viola pilosa Bl.						○		○	○
Zingiber inflexum Bl.	○								

付表9　パングランゴ山の樹上性の着生小木その他

Species	P-1 (1600)	P-2 (1700)	P-3 (1900)	P-4 (2100)	P-5 (2300)	P-6 (2400)	P-7 (2600)	P-8 (2800)	P-9 (3000)
Aeschynanthus horsfieldii R. Br.	○								
Aeschynanthus sp.				○					
Agalmyla parasitica (Lamk) O. K.	○	○							
Diplycosia heterophylla Bl.	○								
Fagraea ceilanica Thunb.	○								
Fagraea sp.	○								
Ficus deltoidea Jack.	○								
Ficus sinuata ssp. cuspidata (Reinw. ex Bl.) Corner	○								
Hedychium roxburghii Bl. var. roxburghii	○								
Ilex spicata Bl.	○								
Medinilla laurifolia (Bl.) Bl.	○	○		○					
Medinilla speciosa (Reinw. ex Bl.) Bl.	○								
Medinilla verrucosa (Bl.) Bl.	○								
Peperomia sp.			○						
Polygonum chinense L.		○							
Procris frutescens Bl.	○								
Rhododendron javanicum (Bl.) Benn.	○								
Schefflera lucescens var. rigida (Bl.) Bakh. f.	○								
Schefflera scandens (Bl.) Vig.	○	○	○						
Schefflera sp.	○				○	○	○		
Usnea sp.	○					○			
Vaccinium laurifolium var. ellipticum (Bl.) Sleum.	○								
Vaccinium laurifolium (Bl.) Miq. var. laurifolium	○		○	○	○	○	○		
Vaccinium lucidum (Bl.) Miq.	○		○	○					

付表 10　パングランゴ山の樹上性の着生つる植物

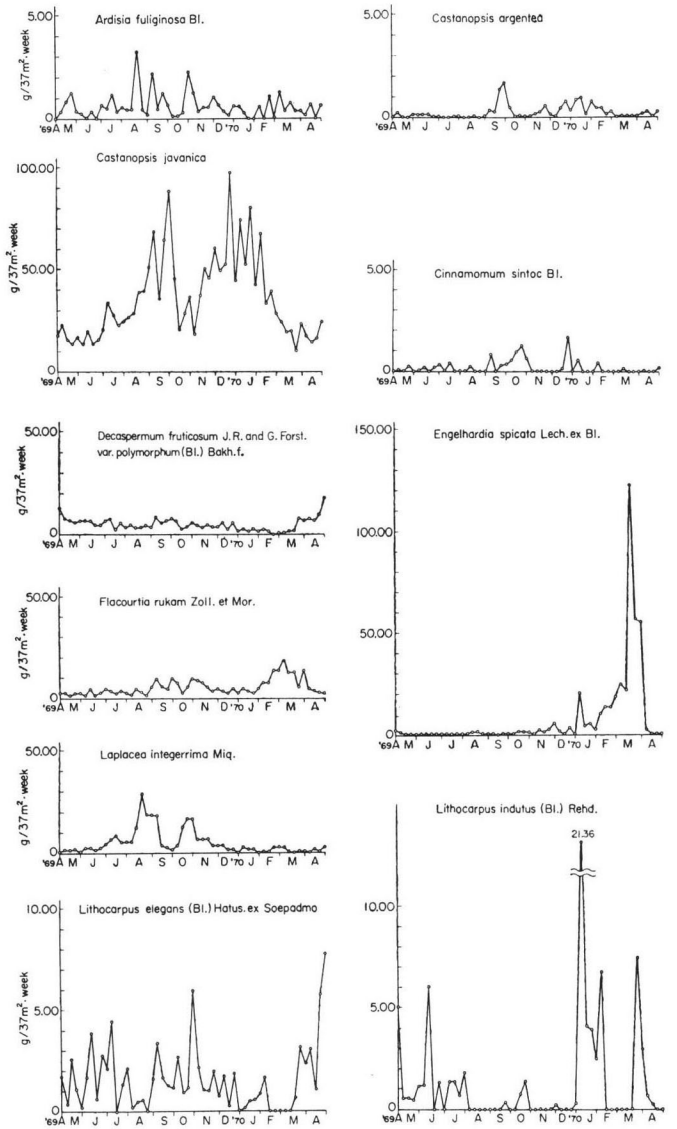
Species	P-1 (1600)	P-2 (1700)	P-3 (1900)	P-4 (2100)	P-5 (2300)	P-6 (2400)	P-7 (2600)	P-8 (2800)	P-9 (3000)
Actinidia callosa Lindl. var callosa	○								
Alyxia reinwardti Bl.	○								
Cissus adnata Roxb.	○								
Dendrotrophe umbellata (Bl.) Miq.	○								
Dissochaeta leprosa (Bl.) Bl.	○								
Elaeagnus conferta Roxb.	○								
Embelia pergamacea DC.	○								
Embelia ribes Burm. f.	○								
Embelia sp.			○						
Ficus lanata Bl.	○	○							
Ficus sagittata Vahl	○		○						
Ficus trichocarpa Bl.	○								
Freycinetia insignis Bl.	○	○							
Kadsura scandens (Bl.) Bl.	○	○	○	○					
Lonicera javanica (Bl.) DC.						○	○		
Mussaenda frondosa L.	○								
Piper baccatum Bl.	○								
Piper cilibracteum DC.	○			○					
Psychotria sarmentosa Bl.	○		○	○					
Pyrus sp.			○	○					
Rhaphidophora pinnata (L.f.) Schott	○								
Rubia cordifolia L.	○								
Rubus lineatus Reinw. ex Bl.				○					
Smilax macrocarpa Bl.	○								
Smilax odoratissima Bl.				○					
Smilax zeylanica L.		○							
Tetrastigma dichotomum (Bl.) Planch.	○	○		○					

付表 11　パングランゴ山の樹上性の着生シダ類

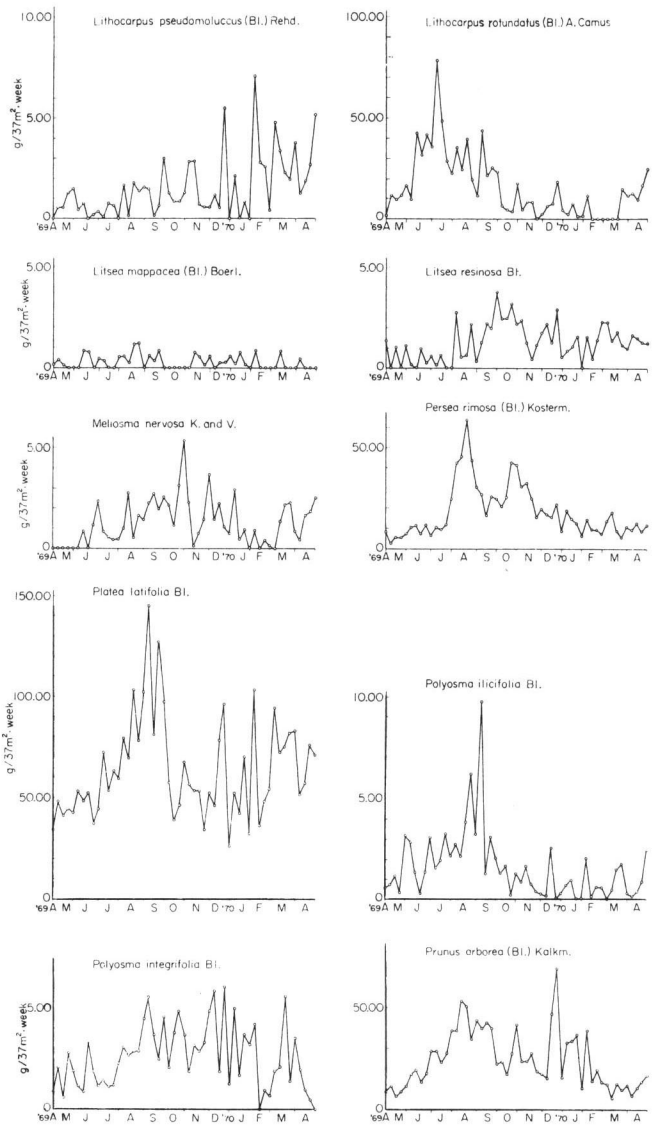
Species	P-1 (1600)	P-2 (1700)	P-3 (1900)	P-4 (2100)	P-5 (2300)	P-6 (2400)	P-7 (2600)	P-8 (2800)	P-9 (3000)
Asplenium caudatum Forst.	○	○	○	○	○	○		○	
Asplenium longissimum Bl.			○	○					
Asplenium nidus L.	○	○							
Asplenium thunbergii Kunze	○								
Asplenium sp.	○								
Coniogramme fraxinea (Don) Diels		○							
Cryspinus macrochasmus (Bak.) Copel.	○								
Ctenopteris millefolia (Bl.) Copel.							○		
Davallia trichomanoides Bl.	○	○							
Davallia sp.	○								
Elaphoglossum callifolium (Bl.) Moore	○	○	○			○	○		
Elaphoglossum petiolatum (Sw.) Urban	○								
Elaphoglossum sp.	○			○	○			○	
Humata sp.				○			○		
Hymenophyllum junghuhnii v.d.B.	○	○							
Hymenophyllum sp.	○		○	○	○	○	○	○	
Lomariopsis spectabilis (Kunze) mett.	○								
Lycopodium phlegmaria L.	○		○						
Lycopodium piscium (Hert.) Tagawa & K. Iwats.		○							
Nephrolepis acuminata (Houtt.) Kuhn	○	○							
Nephrolepis sp.			○						
Oleandra musifolia (Bl.) Presl.	○								
Polypodium feei (Bory) Mett.			○	○		○		○	
Polypodium sp.	○		○	○		○		○	
Selliguea heterocarpa Bl.		○							
Trichomanes sp.	○								

付表 12　パングランゴ山の樹上性の着生ラン類

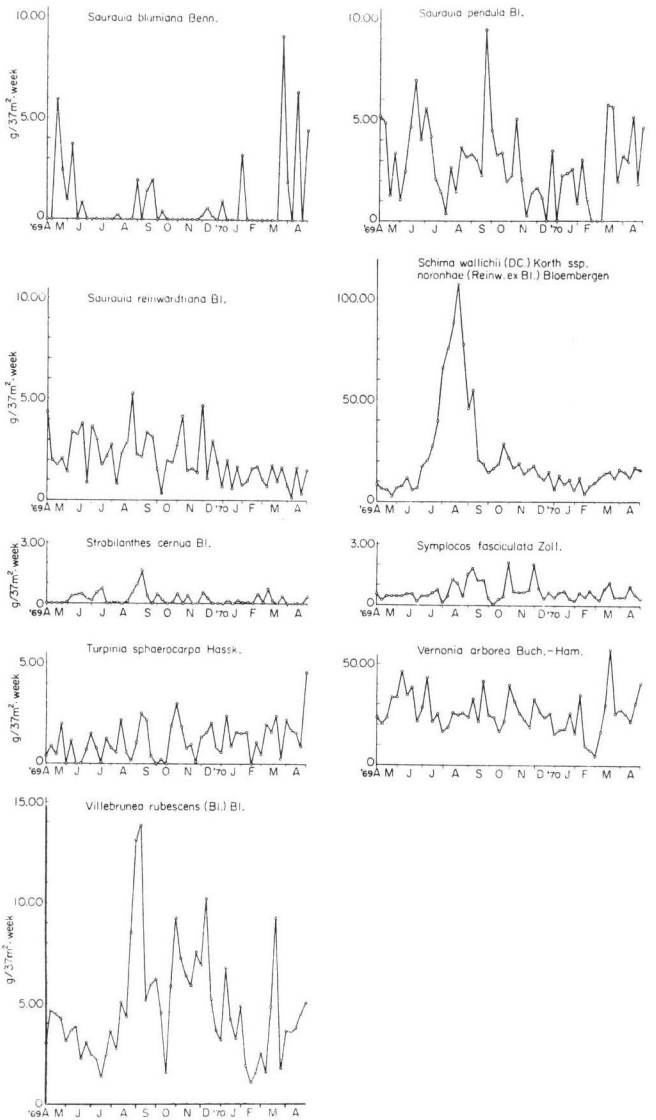
Species	P-1 (1600)	P-2 (1700)	P-3 (1900)	P-4 (2100)	P-5 (2300)	P-6 (2400)	P-7 (2600)	P-8 (2800)	P-9 (3000)
Agrostophyllum sp.	○								
Appendicula ramosa Bl.	○		○						
Bulbophyllum unifiorum (Bl.) Hassk.	○								
Bulbophyllum sp.	○			○					
Cyperorchis rosea (J. J. S.) Schltr	○								
Dendrobium conspicuum Bakh. f.			○						
Dendrobium hasseltii (Bl.) Lindl.						○		○	○
Dendrobium montanum J. J. S.			○						
Dendrobium sp.			○						
Eria fravescens (Bl.) Lindl.				○					
Eria sp.			○	○		○			
Liparis pallida (Bl.) Lindl.	○								
Liparis sp.	○								
Malaxis blumei (Boerl. & J. J. S.) Bakh. f.	○								



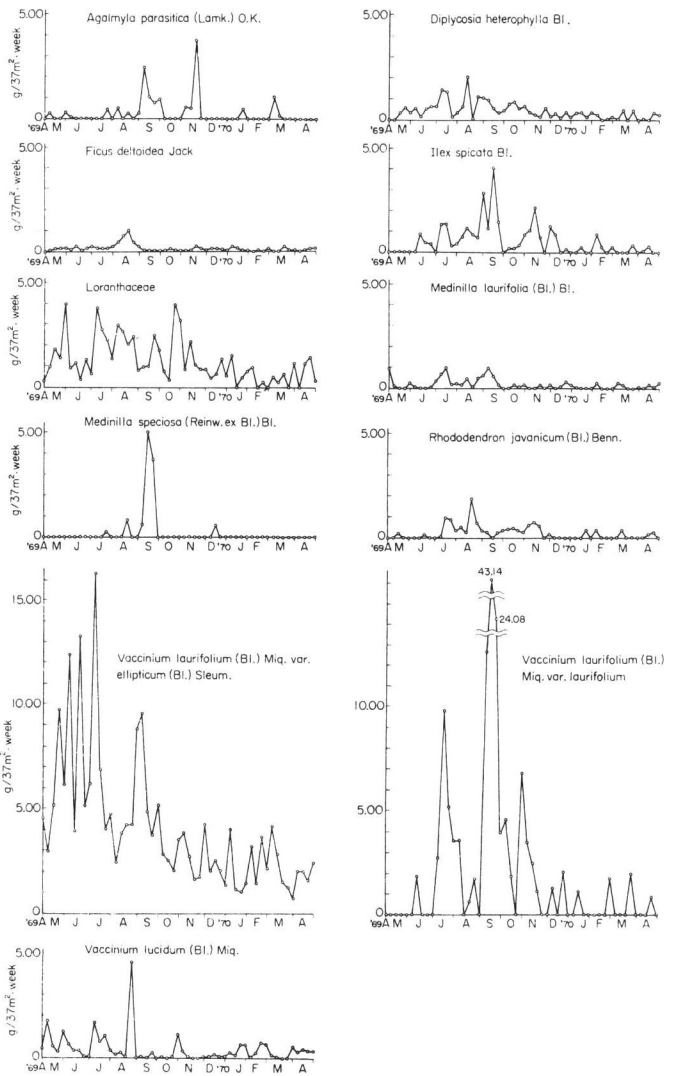
付図　パングランゴ山 1ha プロットにおける樹種ごとのリター量の季節変化（その1）


Lithocarpus pseudomoluccus (Bl.) Rehd.
Lithocarpus rotundatus (Bl.) A. Camus
Litsea mappacea (Bl.) Boerl.
Litsea resinosa Bl.
Meliosma nervosa K. and V.
Persea rimosa (Bl.) Kosterm.
Platea latifolia Bl.
Polyosma ilicifolia Bl.
Polyosma integrifolia Bl.
Prunus arborea (Bl.) Kalkm.
g/37m² week
'69 A M J J A S O N D '70 J F M A

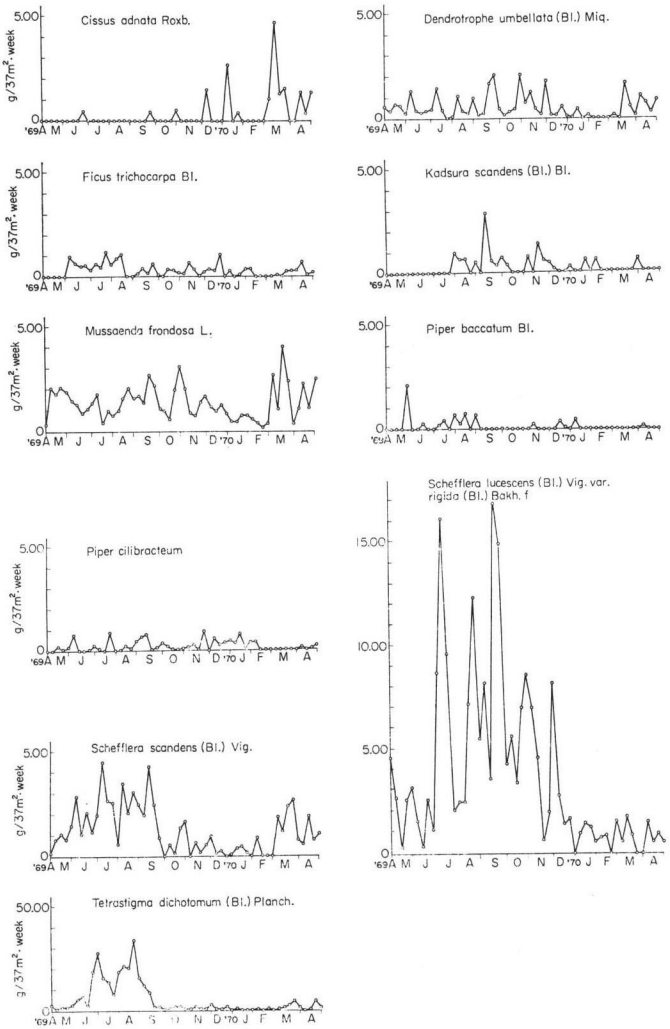
付図　（その2）


Saurauia blumiana Benn.
Saurauia pendula Bl.
Saurauia reinwardtiana Bl.
Schima wallichii (DC.) Korth ssp. noronhae (Reinw. ex Bl.) Bloembergen
Strobilanthes cernua Bl.
Symplocos fasciculata Zoll.
Turpinia sphaerocarpa Hassk.
Vernonia arborea Buch.-Ham.
Villebrunea rubescens (Bl.) Bl.
g/37m²·week
'69A M J J A S O N D '70 J F M A

付図 （その3）

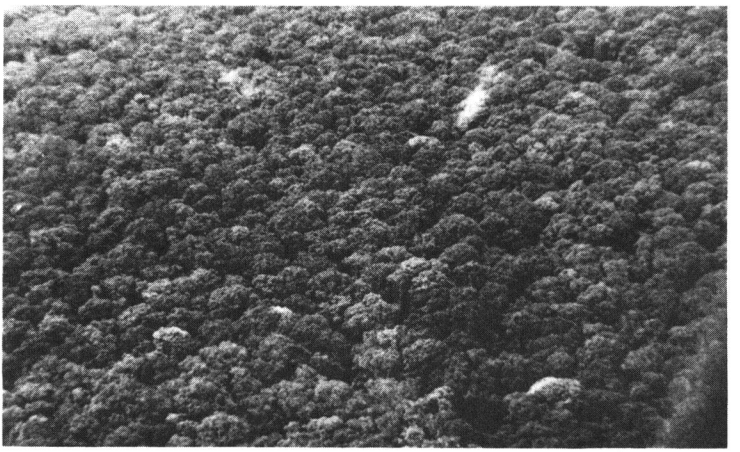

Agalmyla parasitica (Lamk.) O.K.
Diplycosia heterophylla Bl.
Ficus deltoidea Jack
Ilex spicata Bl.
Loranthaceae
Medinilla laurifolia (Bl.) Bl.
Medinilla speciosa (Reinw. ex Bl.) Bl.
Rhododendron javanicum (Bl.) Benn.
Vaccinium laurifolium (Bl.) Miq. var. ellipticum (Bl.) Steum.
43.14
24.08
Vaccinium laurifolium (Bl.) Miq. var. laurifolium
Vaccinium lucidum (Bl.) Miq.
g/37m² week
'69 A M J J A S O N D '70 J F M A

付図　（その4）


Cissus adnata Roxb.
Dendrotrophe umbellata (Bl.) Miq.
Ficus trichocarpa Bl.
Kadsura scandens (Bl.) Bl.
Mussaenda frondosa L.
Piper baccatum Bl.
Schefflera lucescens (Bl.) Vig. var. rigida (Bl.) Bakh. f
Piper cilibracteum
Schefflera scandens (Bl.) Vig.
Tetrastigma dichotomum (Bl.) Planch.
g/37m²·week
'69A M J J A S O N D '70 J F M A

付図　（その5）

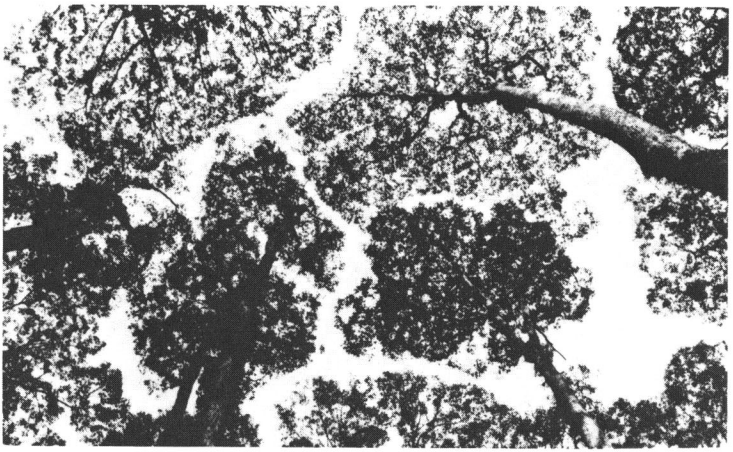
ブルネイ・テンブロン地区のマングローブ林．小規模な炭焼き用にぬき切りされるだけで，周辺のマレーシアにくらべ天然林がよく残っている



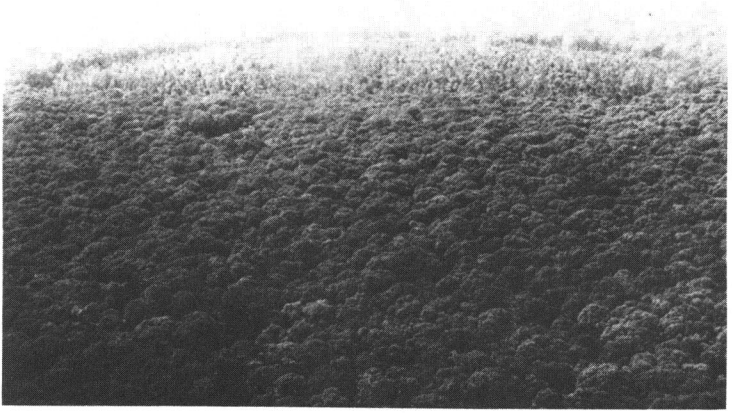
ブルネイ・バダス地区の泥炭湿地林のうち Alan（*Shorea albida*）の優占する林分の林冠表面は，平坦でびっしりとつまっている

ブルネイ・バダス地区の Alan 林．平坦な低湿地に一面に Alan がひろがる．中央のパイプは水道水用

ブルネイ・バダス地区の Alan bunga 林．ムンクワン（*Pandanus andersonii*）が地表に繁茂し，Alan（*Shorea albida*）の純林がみられる



ブルネイ・バダス地区の Alan bunga 林の林冠を下からみあげた図．小さな樹冠が美しく配置されている

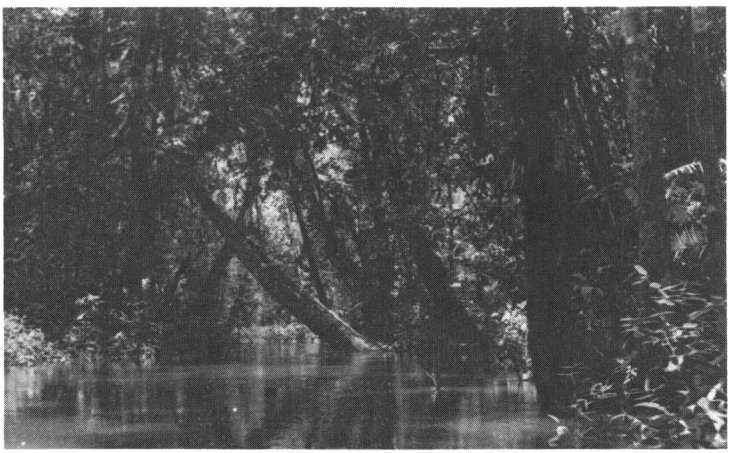


ブルネイ・バダス地区の Ulat Bulu 食害地．噴火口状に大面積にわたって食害される．

ブルネイ・バダス地区の Alan 林の伐採，サラワクからの労働者がクダクダ（木ぞり）で伐出する

ブルネイ・ブライト川周辺の混交泥炭湿地林の開拓．森林をひらいてパイナップル，バナナなどをうえる

パプアニューギニア・セピック川中流域の大湿地帯．広大な淡水湿地林がみられる

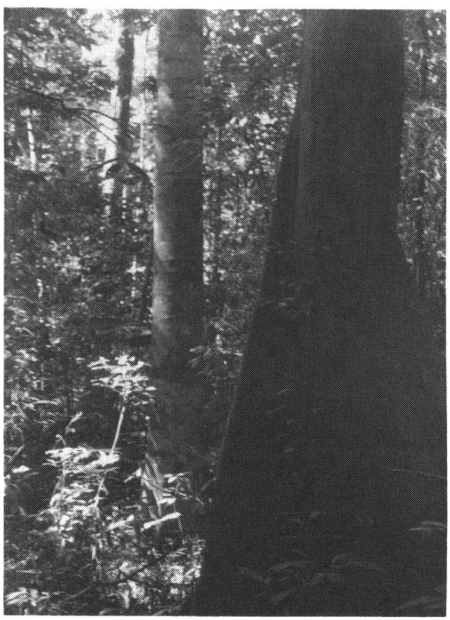


ブルネイ・ブライト川上流の淡水湿地林．雨期には景観が一変する

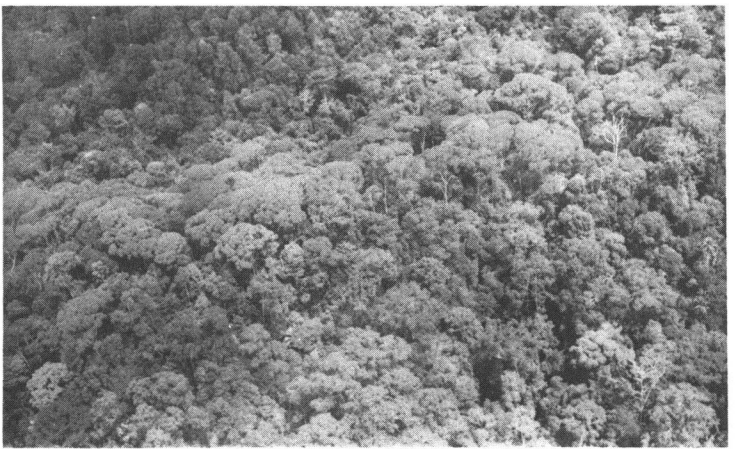
ブルネイ・ブライト川のサゴ林．淡水湿地林周辺にうえられたもの

パプアニューギニア・セピック川上流のサゴヤシの天然林．樹高 30 m に達するサゴヤシが広葉樹と混交する

ブルネイ・アンドラウの混交フタバガキ林．フタバガキ科の樹種が優占し樹高は50mをこえる．通直な幹が多い



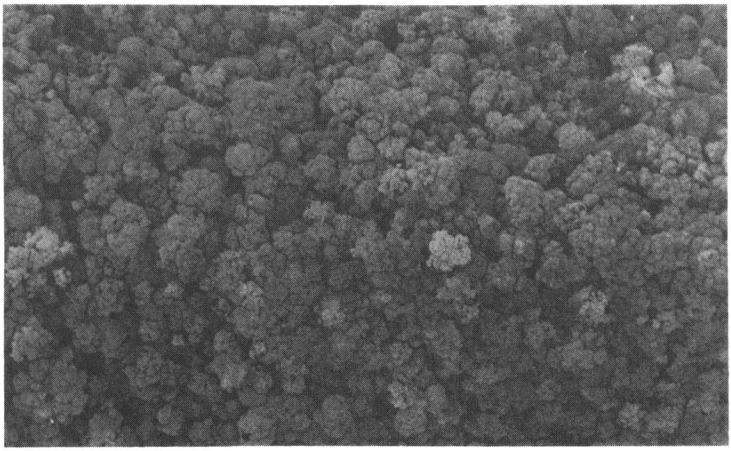
インドネシア・カリマンタン・バリクパパン周辺の混交フタバガキ林．高い板根がみられる



ブルネイ・ラビ地区の混交フタバガキ林．泥炭湿地林にくらべ，各樹冠の凹凸が大きい

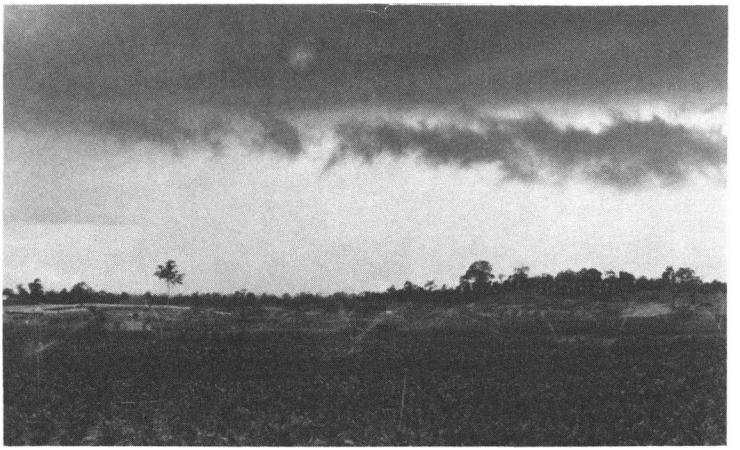
ブルネイ・アンドラウの混交フタバガキ林の伐採地．ぬき切りしたあとが顕著である

インドネシア・カリマンタン・バリクパパン周辺の伐採跡地．残っている大木は中空のため切らない



インドネシア・北スマトラ・アチェの混交フタバガキ林の林冠図．カリフラワー状の樹冠が微妙な色の違いで重なりあう

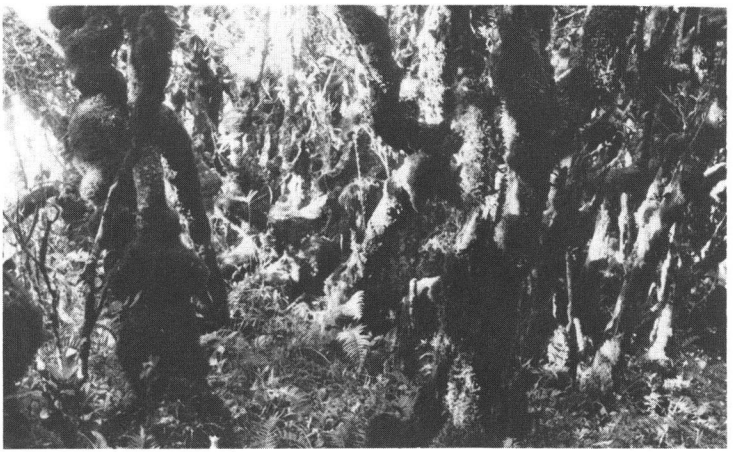
インドネシア・北スマトラ・アチェの混交フタバガキ林を伐採し焼畑をくりかえした地域．一面の草原がひろがる．尾根部にはマツが出現する



マレーシア・サラワクの油ヤシ栽培．遠方にみえる天然林を伐採して画一的なプランテーションがひろがる

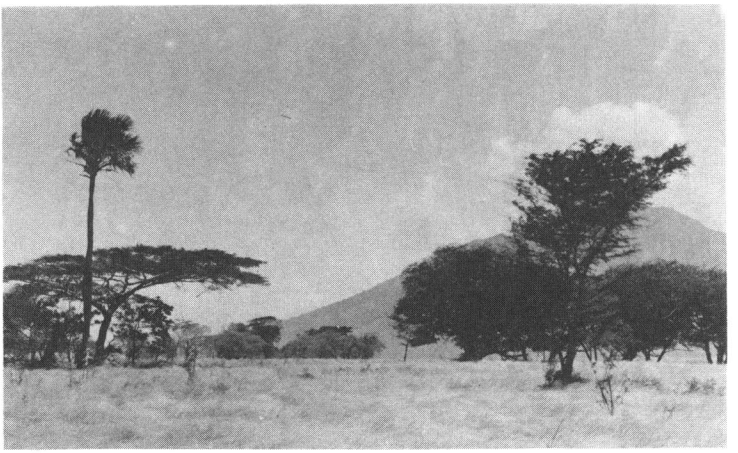
ブルネイ・バダス地区のクランガス林．アガチスの大木が優占する

インドネシア・西ジャワ・パングランゴ山の標高 1500 m 周辺の山地林．着生植物，つる植物がもっとも多い森林である



インドネシア・西ジャワ・パングランゴ山の標高 2800 m 周辺のモスフォレスト．幹の倍くらいの厚さのコケがつき，年中過湿状態にある

東北タイ・サケラートのモンスーン林．熱帯多雨林から北へ大陸部に入ると乾季が数カ月ある地域にこのようなモンスーン林が出現する



インドネシア・東ジャワ・バルランのモンスーン林に人手が入りサバンナ状の景観がひろがる

インドネシア・西ジャワのボゴール植物園．遺伝資源の現地外保全を古くから行なっている東南アジアの植物学研究の中心的存在

あ と が き

熱帯多雨林はいま世界の注目をあびている．地球上もっとも多様で複雑な生態系をもつ熱帯多雨林は，近年，木材伐採や焼畑移動耕作，農牧地化などにより，年間1000万ha以上におよぶ速度で，急速に消滅しつつある．それに伴う生態系の破壊，遺伝資源の滅失，炭酸ガスやメタンガス濃度の増加や森の住民の生活への侵害など，世界各地で問題が噴出している状況にある．

私は1965年にはじめて東南アジアの森林を訪れ，以来現在に至るまで，森林生態学的な見地から，東南アジアの森林について調査し，考えてきた．農林水産省の林木育種場に籍をおいていた間には，遺伝資源問題について考える機会を得た．フィールドの調査は，マングローブから泥炭湿地林，低地フタバガキ林，山地林まで一通りカバーすることができ，おおよその熱帯多雨林の姿がつかめるようになった．

はじめて東南アジアをたずねた1965年には現在みられるような熱帯林の危機的な状況はなく，豊かで静かな安定した熱帯の森の姿が多く残っていた．熱帯林の問題が大きくクローズアップされはじめたのは1972年の国連環境会議以降のことであり，以後急速に劣化が進行し，現在みられるような状況になった．それでもなお，熱帯の原生林は大きな開発の波にもまれつつも，その本来の姿をとどめているところがあちこちにみいだされる．

ここでは，熱帯多雨林気候下にあるさまざまな森林の姿を，現地調査をもとにして記述してきた．

熱帯林に入ると，地球上の他の場所では味わえない独特の雰囲気がある．それは，高温湿潤という植物世界にもっとも適した気候条件の中で成立した，樹高70 mから地表までをおおった植物の重層社会が生み出す，この世でもっとも複雑な多様性の中での安定社会ともいうべき世界のもつ構造的，機能的極相

の妙であろう．フィールド調査の経験のある人ならば誰でも経験があるだろうが，新しい未知の世界にはじめて足をふみいれた時の，心の底からわき上がってくる期待，よろこび，興奮などを，常に充分にみたしてくれるのが熱帯多雨林であると，私は信じている．

この地球上には，熱帯から極地に至るまでさまざまな生態系がある．その中で熱帯多雨林は，赤道直下といういわば地球の中心をとりまくもっとも豊かな生態系として，他に類をみないものであることは，万人の認めるところである．

しかし，この熱帯多雨林の世界もかわった．そのかわり方を一言でいえば，多様性がなくなり，すべてが画一化されているのである．複層をなす森林が切り開かれ，火が入れられ，放牧がはじまる．あるいは農地化がはじまる．これらには人のためになる生産物を産むために大面積にわたって画一化した単純な作物が植えられる．その結果，かつて森林として重層構造をなしていた土地の上には，一種類のたとえば，稲，あるいはトウモロコシ，あるいはキャッサバ，あるいはゴム，あるいはオイルパームなどといった商品作物が植えられ広大な面積をしめる．これらの単一作物を生産することは景観的にはおもしろくなく，また生物学的にも好ましくないが，しかし，それは，決して悪いことではない．完全ではないが，今のところもっとも経済効率のよい方法として，現在の経済体制のもとでは，やむをえないところであろう．

もっとも問題なのは，焼畑を短期間の間に何度もくりかえし，さらにそこに放牧したりすることによって，森林が一面の草原となる現象である．いま東南アジアの熱帯には，こういったアランアランの草原が広大な面積をおおっている．こういうところでは土壌状態が悪く，植林用の植付け穴をほることさえ困難なところも多い．また低湿地では森林を破壊することによって，硫酸酸性土などの毒性のある土壌が露出して問題となることもある．むろん，そこに住む人々にとっては，事態はもっと深刻である．とりわけ，森の中に生きる狩猟採集民にとって森を伐採されることは，自らの生活の場を完全にうばわれることになる．

このようなさまざまな問題をかかえる熱帯多雨林の世界を，今後どうあつかっていけばいいのだろうか．

その一つの方法は，現在残っている天然林のうち地域的に特色のあるものは代表的な森林生態系としてできる限りそのままの形で残し，その生態系を徹底的に研究することである．それが熱帯多雨林の基本的な構造と機能を知るよい方法となるのである．

一方，人間の手の入った場所については，その度合に応じて，さまざまな角度からの検討が加えられなければならない．画一的な単作はいま見直しの段階にあり，熱帯多雨林の状況にあったこころみがはじまっている．そのためには森林の側からだけではなく，農業，牧畜，水産業などの基本産業はいうに及ばず，地質や土壌をもとにした土地利用の方針から人間を含めた社会人文系の分野までを含めた総合的な取組みが必要であろう．熱帯多雨林ほど学際的研究に適した場はないといえる．これからは，こういった方面の仕事がふえてくるであろう．

私がはじめて熱帯に足を踏みいれたのは，大学3回生の時であり，田川基二，吉井良三の両先生について，タイ，カンボジア，マレーシア，シンガポールをまわった．その時に，研究者というのはすごいものだという感じをもった．早朝から日のくれるまで崖を登り，谷を下り，採集に汗をかき，夜は深夜まで採集標本の整理をした．「標本というのはいい写真をとるつもりでつくらなければいけないよ」と大型の熱帯植物を見事に標本にしあげていかれた田川先生の姿はいまでも頭にやきついている．その時知りあう機会を得た岩槻邦男さんには，それ以後，何かとお世話になってきている．

私のいた京都大学農学部森林生態学教室は，森林生態学の分野で生産力研究を中心に四手井綱英，堤利夫先生のもとで活発な仕事をしていた．その中で荻野和彦さんは，はじめてタイへ留学し熱帯研究をはじめた草分け的存在であり，現在に至るまで，私のもっとも信頼する先輩のひとりである．

大学院時代にインドネシアへ留学し，本格的な仕事をはじめた．その時以来，

京都大学東南アジア研究センターとの関係がはじまったが，とりわけ高谷好一さんには，大きな影響をうけてきている．

農林水産省林木育種場時代は，大学時代とは全く異なった研究環境の中で，しかも東京に近い場にいたため，国の立場から仕事をすることの意味を学んだ．国の機関のみでなく，国のすみずみまでいきわたる行政の仕組みとともに，それに対する現場で生きる人の姿勢についても多く学ぶところがあり，河村嘉一郎氏には特に感謝したい．その間にブルネイの林業研究センターの協力事業に参加する機会にめぐまれ，JICA や外務省関係の人々にもお世話になった．川村知也元ブルネイ大使，渡辺桂，下元豊，宮脇繁などの諸氏である．

私の仕事は外での時間がほとんどである．はじめて長期滞在をしたチボダスでは，Bapak Nurta 一家にたいへんお世話になった．若い盛りで，今おもえばずいぶんと無茶なことをたのんできたのを，常に完璧に私のために事をはこんでくれた．1988 年に 80 歳でなくなった Bapak Nurta は，いまもチボダスのすぐ近くから，パングランゴ山をみまもるように眠っている．その他インドネシアでは，スマトラに同行した Sukristijono Sukardjo，ボゴールの Otto Soemarwoto，Kuswata Kartawinata，Bapak Nedi，Rusdy Nasution，万玉嘉隆の各氏に特にお世話になっている．

ブルネイでは事業の発足から Hj・Mahari，Hj・Yassin，Anderson らの諸氏と共に常にフィールドを共にした Niga 氏の協力を忘れることはできない．

さらに，吉良竜夫，梅棹忠夫，小川房人，久馬一剛，菊沢喜八郎，大村紘史，古越隆信，大庭喜八郎，初島住彦，細川隆英，今立源太良などの諸氏の直接，間接的な影響ははかりしれない．

ここにあげた人々以外にもフィールドへ出むくたびに，何十人もの人々との出会いがある．熱帯へ出かけているのは，熱帯多雨林そのものの美しさ，大きさ，未知性などにひかれているのはむろんだが，そこに住む，心あたたかき人々と接することが常にこの上ない喜びでもあるからである．

何度も熱帯へ出かけ，たびたび大病をした．それでもなおかつ，また出かけ

られるのは，近藤医師の手厚い処方に負っている．またそのたびに，両親には心配をかけた．妻の洋子は，共にブルネイでの生活をすごし，熱帯泥炭湿地林に入った数少ない女性であり，つねにアキラメに似た境地で私の熱帯行を見守ってくれている．

私は熱帯林へ入るたびに，またきたかという感慨と同時に，はるか昔の，おとぎ話の世界にいるかのような錯覚におちいることがある．スマトラの山中であったコハール一家は，主人が山へロタンをとりに，妻は焼畑の手入れをし，娘たちは川へ魚をとりにいく毎日であった．たった二間の高床式の家に我々6名のために一部屋をかしてくれ，いやな顔ひとつせず，2週間共にくらした．ひどい貧乏な生活で，妻も娘もボロはきていたが，明るかった．都会からはなれて山近くなればなるほど，こういった，まさに純真な人がいまも脈々と生きていることを知ることは，大きな喜びといえるだろう．

京都にしばらくいると，私は疲れてくる．そして熱帯林へいくと，すべての疲れがいやされる．この浄化作用はどこからくるのだろうか．単なる場の違いだけでない何かがある．その何かを求めて，私は，また熱帯林へでかけていくのを楽しみにしている．

なお，本書の刊行にあたっては，平成2年度文部省研究成果公開促進費の交付をうけた．出版に際しては創文社の久保井正顕氏にたいへんお世話になった．記して感謝の意を表したい．

1991年1月　京都・衣笠にて

山　田　　勇

引 用 文 献

Abdul Razak B. M. A., Low C. K. and Abu Said A. 1981. Determination of relative tannin contents of the barks of some Malaysian plants. Malay. For. 44 (1) : 87-92.

Aksornkoae, S. 1975. Structure, regeneration and productivity of mangroves in Thailand. 109 pp. Ph. D. Dissertation. Michigan State Univ.

Anderson, J. A. R. 1961 a. The destruction of *Shorea albida* forest by an unidentified insect Emp. For. Rev. 40 : 19-29.

Anderson, J. A. R. 1961 b. The ecology and forest types of the peat swamp forests of Sarawak and Brunei in relation to their silviculture. Ph. D. thesis. Edinburgh University.

Anderson J. A. R. 1963. The flora of the peat swamp forests of Sarawak and Brunei, including a catalogue of all recorded species of flowering plants, ferns and fern allies. Gardens' Bulletin. Singapore. XX Part II. April.

Anderson, J. A. R. 1964 a. The structure and development of the peat swamps of Sarawak and Brunei. J. Trop. Geogr. 18 : 7-16.

Anderson, J. A. R. 1964 b. Observations on climatic damage in peat swamp forest in Sarawak. Commonw. For. Rev. 43 : 145-158.

Anderson, J. A. R. 1976. Observations on the ecology of five peat swamp forests in Sumatra and Kalimantan. 45-55. In "Peat and podzolic soils and their potential for agriculture in Indonesia." Proceedings ATA 106 Midterm Seminar, Tugu, Oct. 13-14. 1976. Bulletin 3, Soil Res. Inst. Bogor.

Anderson and Marsden (Forestry Consultants) Ltd. 1984. Brunei forest resources and strategic planning study. Vol. I & II.

Andriesse, J. P. 1974. The characteristics, agricultural potential and reclamation problems of tropical lowland peats in South-East Asia. 63 pp. Koninklijk Instituut voor de Tropen. Amsterdam.

Aoki, M., Yabuki, K. and Koyama, H. 1975. Micrometeorology assessment of a tropical rainforest in West Malaysia. J. Agr. Met. Japan 31 : 115-124.

Appanah, S. and Chan, H. T. 1982. Methods of studying the reproductive biology of some Malaysian primary forest trees. Malay. For. 45 (1) : 10-20.

Armitage, F. B. and Burley, J. 1980. *Pinus kesiya*. Tropical Forestry Papers No. 9. Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford. 199 pp.

Ashton, P. S. 1964 a. Ecological studies in the mixed dipterocarp forests of

Brunei State. Oxf. For. Mem. 25.

Ashton, P. S. 1964 b. Manual of the dipterocarp trees of Brunei State. Oxford Univ. Press.

Ashton. P. S 1976. Factors affecting the development and conservation of tree genetic resources in South-East Asia. In "Tropical Trees." eds. Burley, J. and Style, B. T., Academic Press. 189-198.

Ashton, P. S., Givnish, T. J. and Appanah, S. 1988. Staggered flowering in the Dipterocarpaceae : new insight into floral induction and the evolution of mast fruiting in the aseasonal tropics. Am. Nat. 132 (1) : 44-66.

Backer, C. A. and R. C. Bakhuizen van den Brink Jr. 1963-1968. Flora of Java. 3 Vols. Groningen.

Baker, H. G., Bawa, K. S., Frankie, G. W. and Opler, P. A. 1983. Reproductive biology of plants in tropical forests. In "Ecosystems of the world 14A. Tropical rain forest ecosystems-structure and function." ed. Golley, F. B. 183-215. Elsevier.

Baltzer, F. 1969. Les formations végétales associées au delta de la Dumbea. Cah. Orstrom, Ser. Geol. 1 (1) : 59-84.

Becker, P. F. 1982. Shorea seedling ecology in a lowland Malaysian rain forest. Ph. D. thesis. University of Michigan. USA. 137 pp.

Becking, J. H., Den Berger, L. G. and Meindersma, H. W. 1922. Vloed-of mangrovebosschen in Ned.-Indië. Tectona, 15 : 561-611.

Bennett, E. 1970. Adaptation in wild and cultivated plant populations. 115-129. In "Genetic Resources in plants." eds. Frankel, O. H. and Bennett, E. Blackwell.

Blume, C. D. 1849. *Eucalyptus deglupta* Bl. Mus. Bot Ludg.-Bat. 1 : 83-84.

Borchert, R. 1980. Phenology and ecophysiology of a tropical tree : *Erythrina poeppigiana* O. F. Cook. Ecology 61 (5) : 1065-1074.

Borchert, R. 1983. Phenology and control of flowering in tropical trees. Biotropica 15 (2) : 81-89.

Bouvarel, P. 1970. The conservation of gene resources of forest trees. 523-529. In "Genetic Resources in plants." eds. Frankel, O. H. and Bennett. E. Blackwell.

Bradshaw, A. D. 1975. Population structure and the effects of isolation and selection. 37-51. In "Crop genetic resources for today and tomorrow." eds. Frankel, O. H. and Hawker, J. G. Cambridge Univ. Press.

Brass, L. J. 1941. The 1938-1939 expedition to the Snow Mountains, Netherlands New Guinea. J. Arnold, Arbor. 22 : 271-342.

Browne, F. G. 1955. Forest trees of Sarawak and Brunei and their products. Government Printer, Sarawak, Kuching.

Brunig, E. F. 1964. A study of damage attributed to lightning in two areas of *Shorea albida* forest in Sarawak. Emp. For. Rev. 43 : 134-144.

Brunig, E. F. 1974. Ecological studies in the Kerangas forests of Sarawak and Brunei. Government Printer. Kuching.

Burgess, P. F. 1972. Studies on the regeneration of hill forests of the Malay Peninsula: the phenology of dipterocarps. Malay. For. 35 : 103-123.

Burgess, P. F. 1975. Silviculture in the hill forests of the Malay Peninsula. F. R. I. Research Pamphlet. No. 66.

Burkill, I. H. 1966. A dictionary of the economic products of the Malay Peninsula. 2 Vols.

Burley, J. and Cooling, E. N. G. 1972. Status of the C. F. I. international provenance trial of *Pinus merkusii* jungh. al de Vriese, September 1970. In "Selection and breeding to improve some tropical conifers." eds. Burley, J. and Nikles, D. G.

Burley, J. and Namkoong, G. 1980. Conservation of forest genetic resources. Paper for 11th Commonw. For. Conf., Trinidad.

Callaham, R. Z. 1970. Geographic variation in forest trees. 43-47. In "Genetic resources in plants----their exploration and conservation." eds. Frankel, O. H. & Bennett, E. Blackwell, 554 pp.

Chan, H. T. 1980. Reproductive biology of some Malaysian Dipterocarps. II. Fruiting biology and seedling studies. Malay. For. 43 : 438-451.

Chan, H. T. and Appanah, S. 1980. Reproductive biolgy of some Malaysian Dipterocarps. I. Flowering biology. Malay. For. 43 : 132-143.

Chapman, V. J. 1940. The Botany of the Jamaica shoreline. Geog. Journ. 96 : 312-327.

Chapman. V. J. 1975. Mangrove biogeography. Proc. Int. Symp. Biol. & Manag. Mang. Univ. Florida 3-22.

Chapman, V. J. 1976. Mangrove vegetation. Cramer, Lehre, 447 pp.

Chapman. V. J. ed. 1977. Wet coastal ecosystems. ——Ecosystem of the world I. Elsevier. Amsterdam. 428 pp.

Christensen, B. 1978. Biomass and primary production of *Rhizophora apiculata* Bl. in a mangrove in southern Thailand. Aquatic Botany, 4 : 43-52.

Cintron, G., Lugo, A. E., Pool, D. J. and Morris, G. 1978. Mangroves of arid environments in Puerto Rico and Adjacent Islands. Biotropica 10 (2) : 110-121.

Cockburn, P. F. 1975. Phenology of dipterocarps in Sabah. Malay. For. 38 (3) : 160-170.

Connor, D. J. 1969. Growth of grey mangrove (*Avicennia marina*) in nutrient culture. Biotropica 1 (2) : 36-40.

Cooke, F. C. 1930. Coconuts on peat. Malayan Agr. Journ, 18 : 587-595.

Cooling E. N. G. 1968. *Pinus merkusii*. Comm. For. Inst. Oxford. 169 pp.

Cooling E. N. G. 1972. Nomenclature of *Pinus merkusii*. Jungh. and de Vriese and *P. merkusiana* Cooling and Gaussen. In "Selection and breeding to improve some tropical conifers." eds. Burley, J. and Nikles, P. G. 89-97.

Cooling, E. N. G. and Gaussen, H. 1970. In Indochina : *Pinus merkusiana* sp. nov. et non *P. merkusii* Jungh. et de Vriese. Trav. Lab. For. Toulouse Tome 1, 8, art. 7.

Corner, E. J. H. 1978. The freshwater swamp-forest of south Johore and Singapore. Gardens' Bulletin Supplement No. 1, 266 pp.

Coster, C. 1923. Lauberneuerung und andere periodische Lebensprozesse in dem trockenen monsun-gebjet Ost-Java's. Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 33 : 117-187.

Coster, C. 1926. Periodische blüteerscheinungen in den tropen. Ann. Jard. Bot. Buitenzorg 35 : 125-162.

Coulter, J. K. 1950. Peat formations in Malaya. Malay. Agr. J. 33 : 66-81.

Coulter, J. K. 1957. Development of the peat soils of Malaya. Malay. Agr. J. 40 : 188-199.

Cox, A. J. 1911. Philippine firewood. Philip. J. Sci., Sect. A, 6.

Croat, T. B. 1975. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). Biotropica 7 : 270-277.

Daljeet Singh, K. 1976. The influence of seed predators on the development and yield of dipterocarp seeds. Paper presented at the 5th Malay. For. Conf. Sarawak.

Davidson, J. 1977. Exploration, collection, evaluation, conservation and utilization of the gene resources of tropical *Eucalyptus deglupta* Bl. Third world consultation on forest tree breeding. Canberra, 75-102.

Davis, J. H., Jr. 1940. The ecology and geologic role of mangroves in Florida. Papers from Tortugas Lab. 32. Carnegie Inst. Wash. Publ. 517 : 305-412.

Daubenmire, R. F. 1972. Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduous forest in northwestern Costa Rica. J. Ecol. 60 : 147-170.

De Haan, J. H. 1931. Het een en ander over de Tijlatjap' sche vloedbosschen. Tectona 24 : 39-76.

Ding Hou. 1958. Rhizophoraceae. Flora Malesiana Ser. I, vol. 5, part 4, 429-493.

Ding Hou. 1960. A review of the genus *Rhizophora* with special reference to the Pacific species. Blumea 10 : 625-634.

Dolianiti, E. 1955. Frutos de Nypa no Palaeocene du Pernambuco, Brazil. Div. Geol. Mineral Brazil Bol. 156 : 1-36.

ドビー, E. H. G. 1961. 東南アジア（小堀 巌訳）古今書院.

Driessen, P. M. 1978. Peat soils, 763-779. In "Soils and Rice." IRRI, Los Banos.

Edeling, A. C. J. 1870. Botanische wandeling in dem outrek van Vidara Tjina. Nat. Tijdschr. Ned. Indie, 31.

Edwards P. J. and Grubb, P. J. 1977. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. I. The distribution of organic matter in the vegetation and soil. J. Ecol. 65 : 943-969.

Egler, F. E. 1948. The dispersal and establishment of red mangroves, *Rhizophora* in Florida. Carib. Forest. 9 (4) : 299-319.

Ellenberg, H. 1956. Grundlagen der vegetationsgliederung 1. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. Stuttgart.

Endert, F. H. 1920. De woudbloomflora van Palembang. Tectona, 13.

FAO 1975. The methodology of conservation of forest genetic resources. Report on a pilot study. 127 pp.

FAO 1981. Report on the FAO/UNEP Expert Consultation on in situ conservation of forest genetic resources, held in Rome, Italy, 2-4 December 1980. FAO, Rome, Italy. 34 pp.

FAO 1984. In situ conservation of wild plant genetic resources : A status review and action plan. 83 pp.

Fleming, T. H., Williams, C. F., Bonaccorso, F. J. and Herbst, L. H. 1985. Phenology, seed dispersal, and colonization in *Muntingia calabura,* a neotropical pioneer tree. Amer. J. Bot. 72 (3) : 383-391.

Ford-Lloyd B. & Jackson, M. 1986. Plant genetic resources, Edward Arnold. 146 pp.

Frankel, O. H. 1970. Genetic conservation in perspective. 469-489. In "Genetic resources in plants——their exploration and conservation." eds. Frankel, O. H. & Bennett, E. Blackwell 554 pp.

Frankel, O. H. 1975. Genetic resources survey as a basis for exploration. 99-109. In "Crop genetic resources for today and tomorrow." eds. Frankel, O. H. and Hawks, J. G. Cambridge University Press, 492 pp.

Frankel, O. H. and Bennett, E. (Eds.) 1970. Genetic resources in plants—— Their exploration and conservation. 554 pp. Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh.

Frankel, O. H. and Hawkes, J. G. (Eds.) 1975. Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge University Press. 492 pp.

Frankel, O. H. and Soulé, M. E. 1981. Conservation and evolution. Combridge University Press 327 pp. (監訳・三菱総合研究所『遺伝子資源——種の保全と進化』家の光協会. 404pp. 1982.)

Frankie, G. W., Baker, H. G. and Opler, P. H. 1974 a. Tropical plant phenology : applications for studies in community ecology, 287-296. In Phenology and seasonality modeling." ed. Leieh, H. Springer-Verlag, Berlin.

Frankie, G. W., Baker, H. G. and Opler, P. H. 1974 b. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. J. Ecol. 62 : 881-919.

Franklin, I. R. 1980. Evolutionary change in small populations. In "Conservation biology." eds. Soulé, M. E. and Wilcox, B. A. Sinauer associates, Massachusetts. 395 pp.

Franklin, J. F. and Trappe, J. M. 1967. Natural areas : needs concepts and criteria. J. For. 66 : 456-461.

Furukawa, H. 1988. Stratigraphic and geomorphic studies of peat and giant podozols in Brunei, Part 1 : Peat. Pedologist 32 (1).

Gentry, A. H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. Biotropica 6 (1) : 64-68.

Gill, A. M. 1971. Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). 3. Phenology of the shoot. Biotropica 63 (2) : 109-124.

Gill, A. M. 1977. Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). 4. The adult root system. Biotropica 9 (3) : 145-155.

Gill, A. M. and Tomlinson, P. B. 1969. Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora magle* L.). 1. Habitat and general morphology. Biotropica 1 (1), 1-9.

Gill, A. M. and Tomlinson, P. B. 1971 a. Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). 2. Growth and Differentiation of Aerial Roots. Biotropica 3 (1) : 63-77.

Gill, A. M. and Tomlinson, P. B. 1971 b. Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). 3. Phenology of the Shoot. Biotropica 3 (2) : 109-124.

Golley, F. B., McGinnis, J. T., Clements, R. G., Child, G. I., and Duever, M. J. 1975. Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. Univ. Georgia Press, Athens. 248 pp.

Golley, F. B., Odum, H. T. and Wilson, R. F. 1962. The structure and metabolism

of a Puerto Rican red mangrove forest in May. J. Ecol. 43 : 9-19.
Guldager, P. 1975. Ex situ conservation stands in the tropics. 85-92. In "The methodology of conservation of forest genetic resources." FAO, Rome.
Guppy, H. B. 1906. "Observations of naturalist in the pacific between 1896 and 1899." Vol. 2. Plant dispersal. Macmillan, London and New York, 627 pp.
Hadberg, I. & Hadberg, O. 1968. Conservation of the vegetation in Africa south of the Sahara. Acta Phytogeogr. Suec. 54.
Hewitt, B. R. 1967. The occurrence, origin and vegetation of lowland peat in Malaya. Proc. Lin. Soc. N. S. W. 92, 1 : 58-66.
Heyne, K. 1950. De nuttige planten van Indonesië. 2 vols.
Hicks, D. B. and Burns, L. A. 1975. Mangrove metabolic response to alterations of natural freshwater drainage to southwestern Florida estuaries. 238-255. In "Proceed. Int. Symp. on Biol. and Mgmt. of mangroves." eds. Walsh et al. IFAS, Univ. of Florida, Gainesville, Florida, 846 pp.
Holttum, R. E. 1931. On periodic leaf-change and flowering of trees in Singapore. Gardens' Bulletin, S. S. V : 173-211.
Holttum, R. E. 1940. Periodic leaf-change and flowering of trees in Singapore (II). Gardens' Bulletin, S. S. XI : 119-175.
Hopkins, B. 1968. Vegetation of the Olokemeji forest reserve, Nigeria. V. The vegetation on the savanna site with special reference to its seasonal changes. J. Ecol. 56 : 97-115.
Howes, F. N. 1962. Tanning materials in "Wiesner's die rohstoffe des pflanzenreichs." Vol. 1. Cramer. 178-184.
Hozumi, K., Shinozaki, K. and Tadaki, Y. 1968. Studies on the frequency distribution of the weight of individual trees in a forest stand. 1. A new approach toward the analysis of the distribution function and the-3/2th power distribution. Jap. J. Ecol. 18 (1) : 10-20.
今西 錦司. 1937. 「日本アルプスの垂直分布帯」『山岳』第 32 年 : 269-364.
Ingram, G. B. 1984. In situ conservation of genetic resources of plants: The scientific and technical base. FAO, Rome 1984, 58 pp.
Janzen, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. Amer. Natur. 104 : 501-528.
Janzen, D. H. 1974. Tropical blackwater rivers, animals and mast fruiting by the Dipterocarpaceae. Biotropica 6 : 69-103.
Johnstone, I. M. 1981. Consumption of leaves by herbivores in mixed mangrove stands. Biotropica 13 (4): 252-259.
Junghuhn, F. 1854. Java, seine gestalt, pflanzendecke und innere bauart, Leipzig.

Karsten, G. 1891. Ueber die mangrove-vegetation im Malayischen archipel. Bibliogr. Bot. 22 : 1-71.

Keiding, H. 1972. Collection of pine seed in Southeast Asia with emphasis on provenance sampling. 17-28. In "Selection and breeding to improve some tropical conifers." eds. Burley, J. and Nikles, D. G.

Keiding, H. 1980. Constraints and prospects in international cooperation on tree improvement and seed procurement. 20-30. In "Proceedings of the conference on Southeast Asian tree improvement and seed procurement Cooperative Programme." Royal Forest Department, Bangkok.

Kemp, R. H. 1972. Seed sources and seed procurement of low-altitude tropical pines in Central America. 9-16. In "Selection and breeding to improve some tropical conifers." eds. Burley, J. and Nikles, D. G.

Kemp, R. H., Roche, L. and Willan, R. L. 1976. Current activities and problems in the exploration and conservation of tropical forest gene resources. 223-233. In "Tropical trees." eds. Burley, J. and Styles, B. T. Academic Press., 223-233. 243 pp.

吉良　竜夫. 1949. 『日本の森林帯』林業技術協会.

吉良　竜夫. 1967. 「マングローブの生態」『熱帯林業』5 : 1-16.

吉良　竜夫. 1978. 「水俣照葉樹林の動態」『自然』: 26-39.

吉良　竜夫. 1983. 『熱帯林の生態』人文書院. 251 pp.

Kira T., and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystem of the western Pacific. Jap. J. Ecol. 17 : 70-87.

Koelmeyer, K. O. 1959. The periodicity of leaf change and flowering in the principal forest communities of Ceylon. Ceylon Forester 4 : 157-189.

Komiyama, A., Ogino, K., Aksornkoae, S. and Sabhasri, S. 1987. Root biomass of a mangrove forest in southern Thailand. 1. Estimation by the trench method and the zonal structure of root biomass. J. Trop. Ecol. 3 : 97-108.

Komiyama, A., Moriya, H., Prawiroatmodho, S., Toma, T. and Ogino, K. 1988. Primary productivity of mangrove forest. 97-96. In "Biological system of mangroves." eds. Ogino, K. and Chihara M. Ehime Univ. 181 pp.

郡場　寛. 1947. 「馬来特にシンガポールに於ける樹木生長の周期に就て」(1)『生理生態』1-2 : 93-109.

Koriba, K. 1958. On the periodicity of tree-growth in the tropics, with reference to the mode of branching, the leaf-fall, and the formation of the resting bud. Gardens Bulletin, S. XVII : 11-81.

Koski, V. 1974. Effective population size in a really continuous forest. Proc. of the joint meeting of INFRO working parties on population genetics and

breeding theory. Stockholm.

Lai, K. K. 1976. Performance of planted *Shorea albida*. An interim summary. Forest research report No. S. R. 14. Forest Department, Sarawak, Malaysia. 13 pp.

Lai, K. K. 1978. Investigation 56 research plot 84. Line planting trials of *Shorea albida*. An interim report. Forest research report No. S. R. 21. Forest Department, Sarawak, Malaysia. 24 pp.

Larsen, E. and Cromer, D. A. N. 1970. Exploration, evaluation, utilization and conservation of Encalypt gene resources. 381-388. in IBP handbook 11.

Lawrence, D. B. 1949. Self-erecting habit of seedling red mangroves (*Rhizophora mangle* L.). Amer. J. Bot., 36 (5) : 426-427.

Lee H. S. 1972. The role of silviculture in the management of the peat swamp reserves in Sarawak. Paper presented at the Fourth Pan-Malaysian Forestry Conference, Kuala Lumpur.

Lee H. S. 1976. Trees poisoned during G1 silvicultural treatment in mixed peatswamp forest in the Sibu forest section. Forest Reserch Report No. S. R. 12. Forest Department, Sarawak, Malaysia. 4 pp.+Apendix.

Lee H. S. 1977. Manipulation and regeneration of the mixed swamp forest in Sarawak. The Malayan Nature Journal. 31 (1) : 1-9.

Lee H. S. 1979. Natural regeneration and reforestation in the peat swamp forests of Sarawak. Tropical Agriculture Research Series No. 12., 51-60. Tropical Agriculture Research Center. Ibaraki, Japan.

Leo, C. and Lee, H. S. 1971. The alan (*Shorea albida*) resources, their properties and utilization. Malay. For. 34 : 20-35.

Lieth, H. (Ed.) 1974. Phenology and seasonality modeling. Springer-Verlag. 444 pp.

Liew, T. C. & Wong, F. O. 1973. Density, recruitment, mortality and growth of dipterocarp seedlings in virgin and logged-over forests in Sabah. Malay, For. 36 : 3-15.

Liming, F. G. 1957. Homemade dendrometers. J. For. 55 : 575-577.

Linné, C. von. 1753. Species Plantarum Vol. I. Lundae.

Lugo, A. E. 1980. Mangrove ecosystems : successional or steady state? Tropical Succession. 65-72. Biotropica 12. Supplement.

Lugo, A. E. and Cintrón, G. 1975. The mangrove forests of Puerto Rico and their management. 825-846. In "Proceed. Int. Symp. on Biol. and Mgmt. of mangroves." ed. Walsh et al. IFAS, Univ. of Florida, Gainesville, Florida, 846 pp.

Lugo, A. E., Evink, G., Brinson, M. M., Broce, A., and Snedaker, S. C. 1975. Diurnal rates of photosynthesis, respiration and transpiration in mangrove forests of south Florida. 335-350. In "Tropical ecological systems." eds. Golley, F. B. and Medina, E. Springer-Verlag, New York.

Lugo, A. E. and Snedaker, S. C. 1974. The ecology of mangroves. Ann. Rev. of Ecol. and Systematics 5 : 39-65.

Lugo, A. E. and Snedaker, S. C. 1975. Properties of a mangrove forest in southern Florida. 170-212. In "Proceed. Int. Symp. on Biol. and Mgmt. of mangroves." ed. Walsh et al. IFAS, Univ. of Florida, Gainesville, Florida. 846 pp.

Luytjes, A. 1923. De vloedbosschen in Atjeh. Tectona 16 : 575-601.

Macnae, W. 1968. A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West-Pacific region. Advan. Mar. Biol. 6 : 73-270.

Malaisse, F. R. 1974. Phenology of the Zambezian woodland area with emphasis on the Miombo ecosystem. 269-286. In "Phenology and Seasonality Modeling." ed. Lieth, H. Springer-Verlag, New York 444 pp.

Marshall, D. R. & Brown, A. H. D. 1975. Optimum sampling strategies in genetic conservation 53-80. In "Crop genetic resources for today and tomorrow." eds. Frankel, O. H. and Hawkes, J. G. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 492 pp.

McClure, H. E. 1966. Flowering, fruiting and animals in the canopy of a tropical rain forest. Malay. For. 29 : 182-203

Mckenzie, D. P. and Sclater, J. G. 1973. The evolution of the Indian Ocean. Sci. Amer. 228 : 62-74.

Mead, J. P. 1912. The mangrove forests of the west coast of Federated Malay States. Govt. Printer.

Medway, L. 1972. Phenology of a tropical rain forest in Malaya. Biol. J. Linnean Soc., Lond. 4 : 117-146.

Meijer, W. 1959. Plant sociological analysis of montane rainforest near Tjibodas, West Java. Acta bot Neerl. 8 : 277-291.

Mohr, E. C. J. 1922. De grand van Java en Sumatra. Amsterdam.

Montford, H. H. 1970. The terrestrial environment during upper Cretaceous and Tertiary times. Proc. Geol. Ass. 81 : 181-204.

Mueller-Dombois, D., Bridges, K. W. and Carson, H. L. (Eds.) 1981. Island ecosystems. Biological organization in selected Hawaiian communities. US/IBP synthesis series 15. Hutchinson Ross Publishing Company. Massachusetts. 583 pp.

Muller, J. 1965. Palynological study of Holocene peat in Sarawak. 147-156. Symposium on Ecological Research in humid tropics vegetation. Kuching,

Sarawak.

Muller, J. 1970. Palynological evidence on early differentiation of angiosperms. Biol, Rev. 45 : 417-450.

Muller, J. 1972. Palynological evidence for change in geomorphology, climate and vegetation in the Mio-Pliocene of Malesia. In "The quaternary era in Malesia." eds. Ashton, P. S. and Ashton, M. Depertment of Geography, University of Hull.

Ng, F. S. P. 1976. The problems of forest seeds production with reference to Dipterocarps. 181-186. In "Seed technology in the Tropics." Univ. Pertaninan Malaysia.

Ng, F. S. P. 1977. Gregarious flowering dipterocarps in Kepong 1976. Malay. For. 40 : 126-137.

Ng, F. S. P. 1978. Strategies of establishment in Malayan forest trees. 139-162. In "Tropical Trees as Living Systems." eds. Tomlinson, P. B. and Zimmermann, M. H. Cambridge University Press, Cambridge.

Nicholson, D. I. 1958. One year's growth of *Shorea smithiana* in North Borneo. Malay. For. 21 : 193-196.

Nikles, D. G 1980 a. A. S. E. Asian regional (International) programme and relation to a global structure for genetic improvement of tropical forest trees. 31-47. In "Proceedings of the conference on "South-east Asian Tree Improvement and Seed Procurement Cooperative Programme." Royal Forest Department. Bangkok.

Nikles, D. G. 1980 b. Role of international cooperation in establishing and improving the genetic foundations of forest plantations in the tropics. 48-53. In "Proceedings of the conference on "Southeast Asian Tree Improvement and Seed Procurement cooperative programme." Royal Forest Department. Bangkok.

Norton, B. G. ed. 1986. The preservation of species. Princeton Univ. Press. Princeton. 305 pp.

Oey Djoen Seng. 1964. Specific gravity of Indonesian woods and its significance for practical use. Bogor.

小川 房人. 1974. 『熱帯の生態 I——森林』共立出版, 98 pp.

Ogawa, H., Yoda, K., Kira. T., Ogino, K., Shidei, T., Ratanawongse, D. and Apasutaya, C. 1965. Comparative ecological study on three main types of forest vegetation in Thailand. I. Structure and floristic composition. Nature and life in Southeast Asia IV : 13-48.

荻野 和彦. 1974. 「タイの森林植生と林業に関する森林生態学的考察」京都大学学

位論文.
荻野　和彦. Ratanawongse, D., 堤　利夫, 四手井　綱英. 1967.「タイ国森林の第一次生産力」『東南アジア研究』5 : 121-154.
小倉　謙. 1940.「『マングローヴ』及湿地産植物ノ異常根ノ諸型ニ就イテ」『植物学雑誌』54 : 389-404.
沖森　泰行. 1987.「熱帯樹林における生長の季節性に関する研究」京都大学学位論文.
奥富　清. 1977.「熱帯亜熱帯の森林と低木林」28-71 石塚和雄編『群落の分布と環境』朝倉書店. 植物生態学講座 1.
小村　精・安藤　満. 1970.「コジイ林の落葉量　照葉樹林の生物生産に関する研究」(昭和 44 年度) JIBP－PT－水俣特別研究地域 : 50-55.
Opler, P. A., Frankie, G. W. and Baker, H. G. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. J. Biogeog. 3 : 231-236.
Opler, P. A., Frankie, G. W. & Baker, H. G. 1980. Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. J. Ecol. 68 : 167-188.
Paijmans, K. 1976. New Guinea vegetation. Elsevier Scie. Pub. Co. Ams. 213 pp.
Palmberg, C. 1987. Conservation of genetic resources of woody species. FAO. 16 pp.
Polak, E. 1933. Ueber Torf und moor in Niederländisch Indien. Verh. Kon. Akad. V. Wetensch. 30 : 1-85.
Polak, B. 1950. Occurence and fertility of tropical peat soils in Indonesia. Contr. Gen. Agr. Res. Sta. 104, Bogor.
Polak, B. 1951. Construction and origin of floating islands in the Rawa Pening (Central Java). Contr. Ger. Agr. Res. Sta. 121 : 1-11. Bogor.
Polak, B. 1975. Character and occurence of peat deposits in the Malaysian tropics. 71-81. In "Modern Quaternary Research in Southeast Asia 1." eds. Bartstra, G. J. and Casparie, W. A. A. A. Balkema, Rotterdam.
Pool, D. J., Snedaker, S. C. and Lugo, A. E. 1977. Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, Mexico, and Costa Rica. Biotropica 9 (3): 195-212.
Putz, F.E. 1979. Aseasonality in Malaysian tree phenology. Malay. For. 42 : 1-24.
Rabinobitz, D. 1978. Early growth of mangrove seedlings in Panama, and an hypothesis concerning the relationship of dispersal and zonation. J. Biogeogr. 5 : 113-133.
Reich, P. B. and Borchert, R. 1982. Phenology and ecophysiology of the tropical

tree *Tabebuia neochrysantha* (Bignoniaceae). Ecol. 63 (2): 294-299.
Richards, P. W. 1952. The Tropical Rain Forest. Cambridge. (植松眞一・吉良竜夫共訳. 1978.『熱帯多雨林』共立出版.)
Richards, P. W. 1971. Some problems of nature conservation in the tropics. Bull. Jard. Bot. Belg. 41 : 173-187.
Roche, L. R. 1975. Guidelines for the methodology of conservation of forest genetic resources. 107-113. In "The methodology of conservation of forest genetic resources." FAO. Rome.
Roche, L. and Dourojeanni, M. J. 1984. A guide to *in situ* conservation of genetic resources of tropical woody species. FAO. Rome. 196 pp.
Rumphius, G. E. 1743. Herbarium Amboinensis 3 : 122.
斎藤 秀樹. 1972.「森林のリターフォール量の推定に関する研究」京都大学学位論文.
Sandrasegaran, K. 1966. A note on the growth of *Melaleuca leucadendron* L. (Gelam) Malay. For. XXIX. 1 : 21-25.
Sasaki, S. 1976. The Physiology, storage and germination of timber seeds. 111-115. In "Seed Technology in the Tropics." Univ. Pertanian Malaysia.
Sasaki, S., Tan, C. H. & bin Hj. Zulfatah, A. R. 1979. Some observations on unusual flowering and fruiting of Dipterocarps. Malay. For. 42 : 38-45.
Schimper, A. F. W. 1891. Die Indo-malayische Strandflora.
Scholander, P. F., van Dam, L. and Scholander, S. I. 1955. Gas exchange in the roots of mangroves. Am. J. Bot. 42 : 92-98.
Schuster, W. H. 1952. Fish culture in Brackish water ponds in Java. Spec. Pub. Indo-Pac. Fish Counc., 1. 143 pp.
Seifriz. W. 1923. The altitudinal distribution of plants on Mt Gedeh, Java. Bull. Torrey Bot. Cl. 50 : 283-305.
Sewandana, M. 1938. Het veengebied van Bengkalis. Tectona, 31.
Shanklin, J. P. 1951. Scientific use of natural areas. J. For. 49 : 793-794.
Shidei, T. & Kira, T. eds. 1977. Primary productivity of Japanese forests—— Productivity of terrestrial communities. JIBP Synthesis Vol. 16. Univ. Tokyo Press 289 pp.
Shimizu, Y. 1983. Phenological studies of the subtropical broad-leaved evergreen forests at Chichijima Island in the Bonin (Ogasawara) Islands. Jap. J. Ecol. 33 : 135-147.
Smits, W. Th. M. 1983. Vegetative propagation of *Shorea* cf. *obtusa* and *Agathis dammara* by means of leaf-cuttings and stem-cuttings. Malay. For. 46 (2): 175-185.

Snedaker, S. C. 1982. Mangrove species zonation : why? 111-125. In "Tasks for vegetation science." Vol. 2. ed. Sen, D. N. and Rajpurohit, K. S. Junk, Hague.

Srivastava, P. B. L. 1980. Research proposals for mangrove vegetation in Malaysia. 64-75. In "Workshop on Mangrove and Estuarine Vegetation." eds. Srivastava, P. B. L. and Kader, R. A. 10th December 1977. Faculty of Forestry, Universiti Pertaninan Malaysia.

Stamp, L. D. 1925. The vegetation of Bruma. Calcutta.

Stern, K., and Roche, L. 1974. Genetics of Forest Ecosystems. Springer-Verlag. 330 pp.

Sukardio, S & Kartawinata, K. 1978. Mangrove forest in Banyuasin estuary, South Sumatra. Seminar on mangrove and estuarine vegetation in SEAsia. Selanger, Malaysia.

Synge, H. 1980. The biological aspects of rare plant conservation. John Wiley & Sons, Chichester. 558 pp.

Tamai, S., Nakasuga, T., Tabuchi, R. and Ogino, K. 1986. Standing biomass of mangrove forests in southern Thailand. J. Jpn. For. Soc. 68 (9): 384-388.

Tamari, C. 1976. Phenology and seed storage trials of Dipterocarps. FRI Research Pamphlet 69. 73 pp.

Tamari, C. & Domingo, I. L. 1979. Phenology of philippine Dipterocarps. Tropical Agriculture Research Series No. 12 : 131-139.

Tamari, C. and Jacalne, D. V. 1984. Fruit Dispersal of Dipterocarps. Bull. For. & For. Prod. Res. Inst. No. 325 : 127-140.

Taylor, B. W. 1959. The classification of lowland swamp communities in north-eastern Papua. Ecology, 40 (4): 703-711.

Thanom Premrasmi. 1980. Proposal for the establishment of "South East Asian Tree Improvement and Seed Procurement Cooperative Programme." 13-18. In Proceedings of the conference on "Southeast Asian Tree Improvement and seed procurement cooperative Programme." Royal Forest Department. Bangkok.

Theophrastus (305. B. C.). Historia Plantarum IV, 7 : 4-7.

Toda, R. 1965. Preservation of gene pool in forest tree populations. Pro. IUFRO Working Party, Zagreb.

Tomlinson, P. B. 1986. The botany of mangroves. Cambridge University Press, Cambridge. 413 pp.

Tomlinson, P. B., Primack, R. B. and J. S. Bunt. 1979. Preliminary observations on floral biology in mangrove Rhizophoraceae. Biotropica 11 (4): 256-277.

Troll, W. and Dragendorff, O. 1931. Uber die luftwurzeln von *Sonneratia* L. und

ihre biologische bedeutung. Planta 13 : 311-473.
Turnbull, J. W. 1972. *Pinus Kesiya* Royle ex Gordon (syn. *P. Khasya* Royle ; *P. insularis* Endliche.) in the Philippines. Distribution, characteristics and seed sources. 43-53. In "Selection and breeding to improve some tropical conifers."
van Bodegom, A. H. 1922. De vloedbosschen in het Gewest Riouw en Onderhoorigheden. Tectona, 15.
van Steenis, C. G. G. J. 1957. Outline of vegetation types in Indonesia and some adjacent regions. Proc. Pacif. Sci. Congr. 8 (4): 61-97.
van Steenis, C. G. G. J. 1958. Rhizophoraceae——The introductory matter on ecology. Fl. Mal. ser. I. Vol 5 : 429-447.
van Steenis, C. G. G. J. 1962. The distribution of mangrove plant genera and its significance for paleogeography. Kon. Neder. Akad. van Wetench. 65 : 164-169.
van Steenis, C. G. G. J. 1965. Concise plant-geography of Java.
van Steenis, C. G. G. J. 1971. Plant conservation in Malaysia. Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 41: 189-202.
van Steenis, C. G. G. J., Hamzah, A. and Toha, M. 1972. The mountain flora of Java. Leiden.
van Steenis, C. G. G. J. and van Steenis-Kruseman, M. J. 1953. Brief sketch of the Tjibodas Mountain Garden Flora. Mal. Bull., 10 : 313-351.
Walsh, G. E. 1974. Mangroves : A review. 51-174. In "Ecology of Halophytes." ed. Reimold, R. J. & Queen, W. H. Academic Press.
Walsh, G. E. 1977. Exploitation of mangal. 347-362. In "Ecosystems of the world. I. Wet coastal ecosystems." ed. Chapman, V. J., Elsevier, Amsterdam.
Walsh, G. E., Ainsworth, K. A. and Rigby, R. 1979. Resistance of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). Seedlings to Lead, Cadmium, and Mercury. Biotropica 11 (1): 22-27.
Walter, H. 1955. Klimagramme als mittes zur beurteilung der Klimarerhaltnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirdschaftliche zwecke. Ber. d. deutsch. bot. Gaz., 68 : 331-344.
Walter, H, and Steiner, M. 1936. Die ökologie der ost-afrikanischen mangroven. Z. Bot., 30 : 65-193.
Wang, B. S. P. 1975. Tree seed and pollen storage for genetic conservation : possibilities and limitations. 93-103. In "The methodolgy of conservation of forest genetic resources."
渡辺 光. 1959. 『東南アジア』 朝倉書店.
Watson, J. G. 1928. Mangrove forests of the Malay Peninsula. Malay. For.

Records No. 6. 275 pp.
Webber, M. L. 1954. The Mangrove ancestry of a fresh water swamp forest suggested by its diatom flora. Malay. For. 17: 25-26.
Whitmore, T. C. 1975. Tropical rain forests of the far east. Oxford University Press, Oxford. 282 pp.
Whitmore, T. C. 1977. A first look at *Agathis*. Tropical forestry papers, No. 11. University of Oxford. 54 pp.
Whitmore, T. C. and Bowen, M. R. 1983. Growth analysis of some *Agathis* species. Malay. For. 46 (2): 186-196.
Whittaker, R. H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecol. Monogr. 26 : 1-80.
Whittaker, R. H. 1970. Communities and Ecosystems. New York.
Wilford, G. E. 1960. Radiocarbon age determinations of Quaternary sediments in Brunei and north east Sarawak. British Borneo Geological Survey Annual Report, 1959.
Williams, J. T., Lamoureux, C. H. & Wulijarni-Soetjipto, N. 1975. South East Asian plant genetic resources. IBPGR/SEAMEO/LIPI Bogor. 272 pp.
Wium-Anderson, S. and Christensen, B. 1978. Seasonal growth of mangrove trees in southern Thailand. II. Phenology of *Bruguiera cylindrica, Ceriops tagal, Lumnitzera littorea* and *Avicennia marina*. Aguatic Bot. 5 : 383-390.
Woff von Wülfing. 1935. Stamtafels voor enkele eiken——en Kastanjesoorten van West Java en voor Kihoedjan. Tectona 28 : 733-843.
Wong, M. 1983. Understory phenology of the virgin and regenerating habitats in Pasoh Forest Reserve, Negeri Sembilan, West Malaysia. Mal. For. 46 (2): 197-223.
Woodwell, G. M. & Pecan, E. V. eds. 1973. Carbon and the biosphere, Brookhaven Symposia in Biology 24, Springfield. 392 pp.
Wyatt-Smith, J. 1961. A note on the freshwater swamp, lowland and hill forest types of Malaya. Malay. For. 24 : 110-121.
Wyatt-Smith, J. 1963. Manual of Malayan silviculture for inland forests (2 vols.) Malay. For. Rec. 23.
Wyatt-Smith, J. 1964. A preliminary vegetation map of Malaya with description of the vegetation types. J. Trop. Gcogr. 18 : 200-213.
Wycherley, P. R. 1973. The phenology of plants in the humid tropics. Micronesica 9 (1): 75-96.
山田 勇. Sukardjo, S. 1979. 「南スマトラ低湿地の森林植生」『東南アジア研究』17 (3): 33-51.

山田 勇. 1982. 「熱帯林の現状からみた林木育種のあり方」11-13『林木の育種特別号』昭和56年度林木育種研究発表会講演集. 林木育種協会.

Yap, C. L. 1966. A mechanised method of log extraction in peat swamp forest. Malay. For. XXIX. (1): 34-36.

Yap, S. K. 1980. Jelutong : Phenology, fruit and seed biology. Malay. For. 43 (3): 309-315.

Yap. S. K. 1982. The phenology of some fruit tree species in a lowland Dipterocarp forest. Malay. For. 45 (1): 21-35.

依田 恭二. 1971. 『森林の生態学』築地書館.

Zobel, B. 1970. Mexican pines, 367-373. In "Genetic resources in plants——their exploration and conservation." ed. Frankle, O. H. and Bennett, E. 554 pp.

索　　引

A

Agathis 林……112
亜高山帯種……286
Alan (*Shorea albida*) ……85,97
Alan batu 林……120
Alan bunga 林 ……85,126
Alan padang 林 ……141
Alan 林 ……131
Anderson……81
Arboretum Andulau ……177
Ashton ……109
暖かさの指数……284

B・C

Browne ……109
バニュアシン ……78
ボゴール植物園……247
Burkill……41
ブルネイ林業研究センタープロジェクト
……109
Byaik ……71
Casuarina equisetifolia……68
Chapman……17
チボダス植物園……247
地球環境問題 ……12
Corner ……49

D・E・F

de Haan ……28
泥炭湿地林 ……80
Ding Hou ……19
塩分濃度 ……27
Eucalyptus deglupta ……349
風害 ……99

G

Gap……6
ゲデ山……247
現地保全……335
現地外保全……342
厳正保護区……339
グンバイヒルガオ群集 ……68

H・I・J

Heyne ……41
肥大生長……215
Holttum……195
IBP（国際生物学事業計画） ……5
遺伝資源問題 ……12
異形根……37,60
インドネシア……239
一斉開花……233
ジャワ島……240
常伸型……232,299
樹冠深度図……271

K・L

階層移動種……286
階層構造……265
下層種……286
隔伸型……232,299

Kanazo 林 ……70
Kapor paya 林……170
吉良竜夫……5
Kon-Byaik ……71
混交フタバガキ林 ……10
交伸型……299
郡場　寛……299
クランガス林……113
リンテス……120

M・N

Macnae ……23
マングローブ ……9,13
Medway ……197
Melaleuca leucadendron ……73
Mixed Dipterocarp 林 ……160
Mixed Peat Swamp 林 ……149
ムンクワン……127
Myaing ……69
熱帯多雨林……3
ニボンヤシ ……76

O・P

帯状構造……23,26
OTS (Organization for Tropical Studies) ……6
Padang Alan 林……85,136
パダン・クルントウム ……86
パダン・メダン ……85
パングランゴ山……247
Pinus caribaea ……356
Pinus kesiya ……351
Pinus merkusii ……351
Pinus oocarpa ……357
Podocarpus imbricatus ……248

R

雷雨 ……99
落葉型……299
落葉落枝……286
Rasamala (*Altingia excelsa*)……248
Richards ……3

S

山地林 ……11
山地帯上層種……285
Schimper ……3
生産力……5
蘚苔林……254
四手井研究室……5
種数－面積曲線……264
垂直分布帯……254
植物季節 ……64,176

T

大陸移動説 ……17
胎生種子 ……39
王利長三郎……204
淡水湿地林 ……9,49
低湿地の開拓 ……79
トロッコ……120

U・V・W

Ulat Bulu ……99,145
van Steenis ……7
Walter の温雨図 ……244
Watson ……28
Whitmore ……5

山田　勇（やまだ・いさむ）

1943年京都市生まれ．1966年京都大学農学部卒業．1979年京都大学農学部博士号取得．1975年より1980年まで京都大学東南アジア研究センター助手，1980年関西林木育種場，1981年より1988年まで関東林木育種場第2研究室長，1988年より京都大学東南アジア研究センター助教授，現在に至る．学生時代より東南アジアを中心にした熱帯多雨林の調査を行なう．1969年東南アジア研究センター留学生としてインドネシア国立生物学研究所へ留学．1982年より JICA のブルネイ林業研究センタープロジェクトに参加．論文に "Forest ecological studies of montane forest of Mt. Pangrango, West Java. I-IV" 東南アジア研究 13-15，1975-77．ほか多数．

東南アジアの熱帯多雨林世界　　東南アジア研究叢書　24

1991年2月20日　第1刷印刷
1991年2月25日　第1刷発行

ISBN4-423-89621-4

著者　山田　勇

発行者　久保井理津男

定価 9270円（本体 9000円）

発行所　本社 〒102 千代田区一番町17-3
仮事務所 〒112 文京区関口1-44-7
電話(3235)4361　振替 東京2-92472
株式会社 創文社

暁印刷・徳住製本

Printed in Japan