

国際協力事業団

# ブルネイ国森林資源開発計画調査

ファイナル レポート

その1

(モデルプランテーションエリア)

平成6年3月

財団法人 林業土木コンサルタンツ  
株式会社 パスコ・インターナショナル

103  
88  
AFF

農林
JR
94-4



国際協力事業団

# ブルネイ国森林資源開発計画調査

ファイナル レポート

その1

(モデル プランテーション エリア)

JICA LIBRARY



1122883 (0)

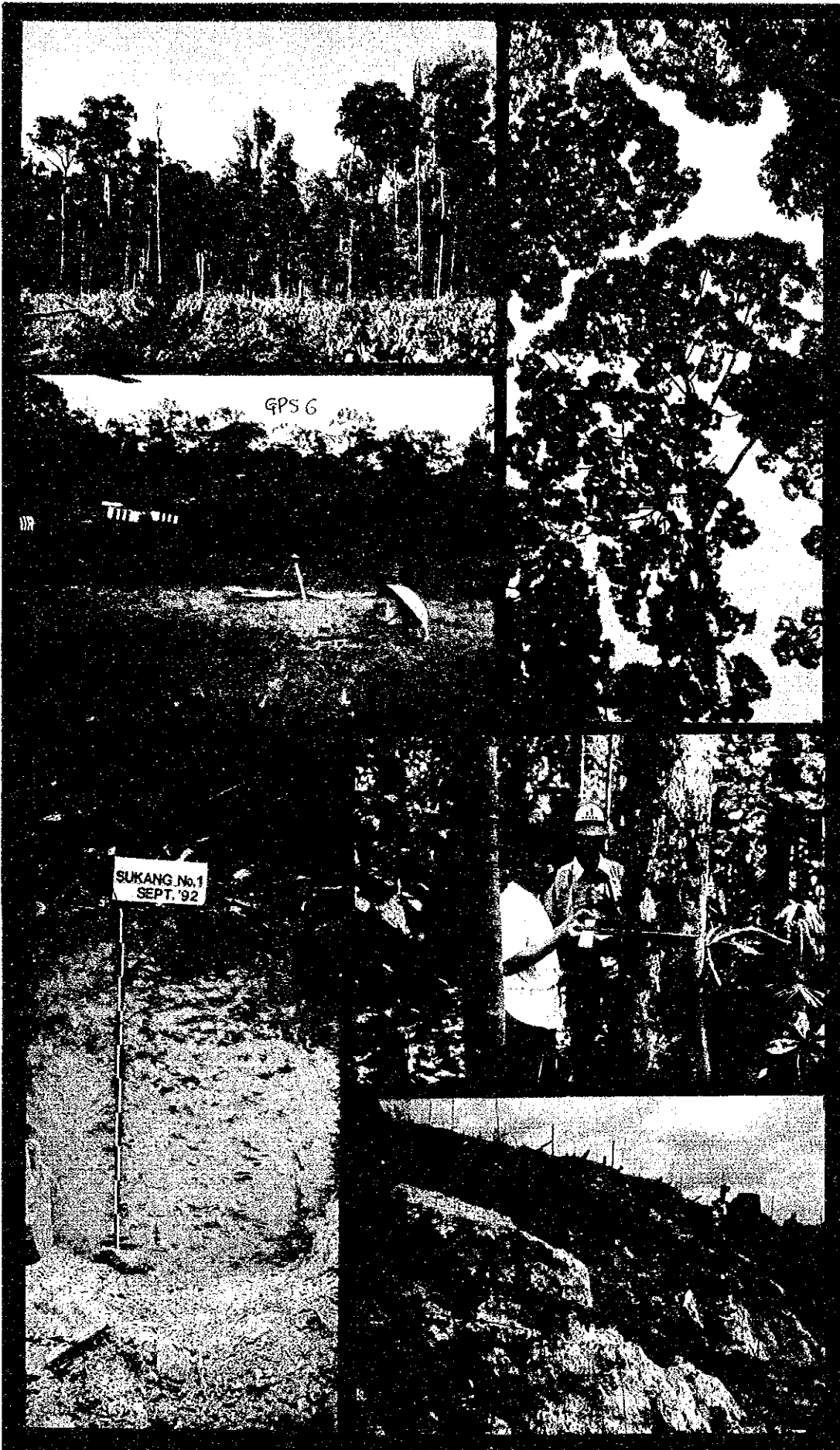
28592

平成6年3月

財団法人 林業土木コンサルタンツ  
株式会社 パスコ・インターナショナル

国際協力事業団

20502



MODEL PLANTATION AREA

1	2
3	
5	4
	6

1. Peat swamp forest  
-Type 3.2(2)-
2. Kapur paya  
-Type 2.2(1)-
3. GPS survey  
(Point6)
4. Technology transfer  
at survey area
5. Soil profile  
(Ferric Acrisols)
6. Gully erosion  
experimental plot

## 序 文

日本国政府は、ブルネイ・ダルサラーム国政府の要請に基づき、同国の森林資源開発計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成4年4月から平成6年1月までの間、7回にわたり、財団法人林業土木コンサルタンツの秋谷孝一氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ブルネイ・ダルサラーム国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成6年3月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介

## 目 次

ファイナルレポート (その1)	
序 論	1
要 約	4
I ブルネイ国の森林・林業と社会経済的環境	21
1. ブルネイ国の森林の現況	23
2. 森林行政の機構および制度	24
2.1. 林業局の機構	24
2.2. ブルネイ国の森林制度	25
3. 国家経済と森林・林業	25
4. 林業・林産業の動向	27
II モデルプランテーションエリア	29
1. 調査内容および調査地域	31
1.1. 調査内容	31
1.2. 調査地域	33
2. 航空写真の撮影と地形図の作成	37
2.1. 作業の概要	37
2.2. 航空写真撮影	38
2.3. 標定点測量	39
2.4. 現地調査	41
2.5. 地形図の作成	41
2.6. 成果品の扱い	43
3. 森林調査	44
3.1. 調査設計	44
3.2. 現地調査	50
3.3. 蓄積の推定	64
3.4. 森林調査結果の考察	74
3.5. 植生図	75
4. 土壌調査	77
4.1. 現地調査	77
4.2. 土壌調査の結果	80
4.3. 土壌図	84
4.4. 土壌調査結果の総合的考察	89
5. 森林調査簿	91
6. 自然環境影響調査	93
6.1. モデルプランテーションエリアにおける環境アセスメントの目的	93
6.2. 環境アセスメントのフローチャート	93
6.3. 環境への影響要因の抽出	95
6.4. 影響要因に対する環境保全対策	102
7. 森林施業指針	121
7.1. 森林施業の目的	121
7.2. 森林施業の方策	121
7.3. 施業方法の基本的考え方	123
8. 今後の森林施業についての提言	132
8.1. 基本的事項	132
8.2. 調査結果を踏まえた具体的事項	132
参考文献	135
<付録>	137

## ファイナルレポート (その2)

要 約	
III ナショナルパークエリア	

## ファイナルレポート (その3)

IV 森林管理ガイドライン	
---------------	--





《 图 目 次 》

Figure	Description	Page
Figure-1	Location of survey area .....	3
Figure-2	Location of rain guage and water level guage .....	15
Figure-3	Observation points of Temburong main stream route .....	16
Figure-4	Flowchart for Narional Park environment assessment .....	17
Figure-5	Suggested approach to establishing guidance and management structure for National Park .....	19
Figure-6	Forestry department organisation .....	24
Figure-7	Flowchart:From the survey design to forest inventory book, vegetation maps and soil maps .....	32
Figure-8	Stratigraphy of the Brunei area .....	34
Figure-9	Geological map .....	35
Figure-10	Relationship between forest type, configuration and topography .....	46
Figure-11	Stand type .....	47
Figure-12	Shape of small sample plots .....	50
Figure-13	Location of small sample plots .....	52
Figure-14	Flow-chart of data arrangement .....	54
Figure-15	Classification system of data .....	57
Figure-16	Location of soil survey points .....	79
Figure-17	Flowchart of environmental assessment in Model Plantation Area .....	94
Figure-18	Location of environmental assessment survey plots .....	95
Figure-19	Location of experimental area .....	98
Figure-20	Progress of gully erosion .....	99
Figure-21	Quadrat of gap planting (Plot No. 12) .....	111
Figure-22	Quadrat of gap planting (Plot No. 1, Plot No. 2) .....	111
Figure-23	Quadrat of gap planting (Plot No. 13) .....	112
Figure-24	Survival and crown projection diagram of Kapur bukit enrichment (Block A) .....	112
Figure-25	No. 2 Belt-transect of Kapur bukit plantation at Lamunin .....	113
Figure-26	No. 1 Belt-transect of natural forest at Bukit Sawat .....	114
Figure-27	Lower storey trees and regenerated seedlings in No. 1 belt .....	115
Figure-28	No. 5 Belt-transect of secondary forest at Merangking .....	116
Figure-29	Survival and crown projection diagram of Acacia mangium (Block I) .....	117
Figure-30	Survival and crown projection diagram of Klinki pine (Block F) .....	117
Figure-31	Survival and crown projection diagram of Kapur bukit (Block N) .....	118
Figure-32	Survival and crown projection diagram of Kapur paya (Block N) .....	119
Figure-33	No. 3 Belt-transect of Klinki pine at Lamunin .....	120
Figure-34	No. 4 Belt-transect of Klinki pine at Lamunin .....	120

《 表 目 次 》

Table	Description	Page
Table-1	Forest types .....	4
Table-2	Stratified standard .....	6
Table-3	Area and stand volume by stratum .....	7
Table-4	Volume by group and D. B. H. class .....	8
Table-5	Plan of forest operations .....	11
Table-6	Forest types .....	23
Table-7	Exports by commodity sections .....	26
Table-8	Log and sawn timber production .....	28
Table-9	Production and import of timber .....	28
Table-10	Contrast between forest type classification by Anderson and of this survey .....	45
Table-11	Classification of crown density .....	49
Table-12	Number of small sample plots by area .....	51
Table-13	Number of small sample plots by stratum .....	51
Table-14	Stratified standard .....	55
Table-15	Commercial value by stratum .....	63
Table-16	Standard interpretation card .....	65
Table-17	Crown diameter classification .....	66

Table	Description	Page
Table-18	Crown density classification .....	66
Table-19	Area by forest type .....	68
Table-20	Coefficients( $d_2$ ) used for standard deviation calculation .....	69
Table-21	Estimation of the standard error in mean stand volume .....	70
Table-22	Average stand volume by stratum .....	71
Table-23	Area and stand volume by stratum .....	74
Table-24	Forest inventory book(ex.) .....	92
Table-25	Erosion in Saw Timber Plantation .....	101
Table-26	Plan of forest operations .....	134

《 付 図 表 目 次 》

Appendix	Description	Page
App. Table-1	List of principal instruments employed .....	139
App. Table-2	List of photographs .....	140
App. Table-3	List of photos and films for delivery .....	141
App. Table-4	Volume table .....	142
App. Table-5	Species list (Group A) .....	167
App. Table-6	Species list (Group B) .....	167
App. Table-7	Species list (Group C) .....	168
App. Table-8	List of complete enumeration results by plot .....	169
App. Table-9	List of complete enumeration results by stratum .....	170
App. Table-10	Number of species by stratum .....	170
App. Table-11	Number of dominant species by stratum .....	171
App. Table-12	Number by group and D. B. H class .....	172
App. Table-13	Number by D. B. H class and stratum .....	172
App. Figure-1	Number by D. B. H class and stratum .....	173
App. Table-14	Number by stratum and storey .....	176
App. Table-15	Species by stratum -2. 1(1)- .....	177
App. Table-16	Species by stratum -2. 2(1)- .....	177
App. Table-17	Species by stratum -3. 1(1)- .....	177
App. Table-18	Species by stratum -3. 1(1, EX)- .....	178
App. Table-19	Species by stratum -3. 1(2)- .....	178
App. Table-20	Species by stratum -3. 2(2)- .....	178
App. Table-21	Species by stratum -3. 3(3)- .....	179
App. Table-22	Species by stratum -3. 5(1)- .....	179
App. Table-23	Species by stratum -5(2)- .....	179
App. Table-24	Species by stratum -5(2, BX)- .....	180
App. Table-25	Species by stratum -5(4)- .....	180
App. Table-26	Species by stratum -8- .....	180
App. Table-27	Volume by group and D. B. H class .....	181
App. Table-28	Volume by stratum and storey .....	181
App. Table-29	D. B. H by stratum .....	182
App. Table-30	Clear length by stratum .....	182
App. Table-31	Crown diameter by stratum .....	182
App. Table-32	Measurement value of average crown diameter and crown density .....	183
App. Table-33	Sampling number of large sample plots by stratum .....	184
App. Figure-2	Soil profile chart (sample) .....	185
App. Table-34	Guideline for soil profile description .....	186
App. Table-35	Soil classification from profile surveys .....	188
App. Table-36	Simplified key diagnostic horizons .....	191
App. Figure-3	Plan of gully erosion experimental plot .....	192
App. Figure-4	Lateral profile of gully erosion experimental plot .....	192
App. Figure-5	Plan of sheet erosion experimental plot .....	192
App. Figure-6	Standard diagraph of log buried work .....	193
App. Figure-7	Standard diagraph of gabion buried work .....	193
App. Figure-8	Standard diagraph of brush culvert work .....	193
App. Figure-9	Standard diagraph of log crib work .....	194
App. Figure-10	Standard diagraph of fence work .....	194
App. Figure-11	Standard diagraph of gabion check dam .....	194
App. Figure-12	Standard position of works .....	195

## 序 論

### 調査の背景

ブルネイ国の森林面積は、国土の約80%を占め、各地に種々のタイプの天然林が存在するが、これらの多くは世界的に貴重な熱帯林である。

ブルネイ国政府は第5次5カ年計画（1986～1990年）で国内資源の開発の一環として林業の振興に力を入れた。特に1989年1月に林業局はそれまでの開発省から産業一次資源省の管轄下に移されるとともに、同年11月に国家森林政策を打ち出し、長期的視点から環境保全と保続的利用等に配慮した森林管理を行なう方針を決定した。

まず、林業生産的な政策の面ではブルネイ政府は持続的利用を実現するために天然林の伐採量を削減して天然林資源の保全を図ることを決定した。一方、用材の需要に対応するため、1992年から約35,000haの林地を対象に造林プロジェクトを開始し、アカシア・マンギウム、クリンキーパイン等の外来種やカプール等在来種を用いた人工造林が行なわれた。年間950haの造林を継続して行なうと、将来はブルネイ国内の年間用材需要量 200,000 m<sup>3</sup>が自給可能になる。モデルプランテーションエリアの50,000haの調査対象地はおおむねこの造林プロジェクトの対象地の範囲を包括するものである。

次に、環境保全的な林業政策の面では、ブルネイ政府は森林内の生態系の多種多様性の維持を考え、遺伝資源の管理を図りつつある。同時にブルネイの国立公園、レクリエーション林を維持発展させブルネイの森林が熱帯林研究、教育文化的利用及びレクリエーション利用に活用されるよう計画策定を急いでいる。

しかし、前記の造林プロジェクトの造林に関しては、施業方法の選択、造林適地の判定、造林樹種の選定、土壌浸食の発生防止など多くの技術的問題を解決する必要がある。また、国立公園の利用に当たっては、現在自然のままに残されている原生林の生態系に影響のない利用方策、利用に必要な施設、利用者への留意事項、利用に当たっての森林管理等を具体的に示す必要がある。

このため、ブルネイ政府は1989年12月に日本政府に対し本開発調査に関する協力を要請した。これを受けて1990年12月の事前調査団（コンタクトミッション）が開発調査の実施を確認した後、1991年の11月の事前調査団（S/Wミッション）がその細部についてブルネイ国関係者と協議し実施内容を決定した。

### 調査の目的

上記の状況に基づき、本調査では Daerah Tutong および Daerah Belait にまたがる造林対

象地を含む50,000haのモデルプランテーションエリアとDaerah Temburong内国立公園で原生林の利用を検討する10,000haのナショナルパークエリアの2つの地域で調査を行なうことになった。

モデルプランテーションエリアでは、ブルネイ国が国家林業政策に沿った森林利用を行なう判断材料として現在の森林状況の把握に必要な新規の航空写真の撮影、1/20,000地形図の作成、作成した地形図を用いた植生図・土壌図の作成、森林調査簿の作成と調査結果を総合して森林施業への提言を行なうことを目的とする。

ナショナルパークエリアではブルネイ国の国家林業政策のもう一つの柱である環境林業を具体化して国立公園の観光的・教育的森林利用を行なうために、森林の現状を明らかにする植生図の作成、国立公園の利用計画と利用のための施設の計画を行なうほか国立公園の森林管理のためのガイドラインを作製することを目的とする。

#### 調査対象地域

モデルプランテーションエリアはブルネイ国西部の Daerah Tutong および Daerah Belait にまたがり、Tutong川、Belait川流域の国有林地 (Stateland Forest) を含む約50,000haで永久森林地域 (National Forest Estate) は含まれていない。

ナショナルパークエリアはブルネイ国東部 Daerah Temburong に属する Temburong川上流の国立公園内の約10,000haで永久森林地域に属する。

両エリアの位置をFigure-1に示す。

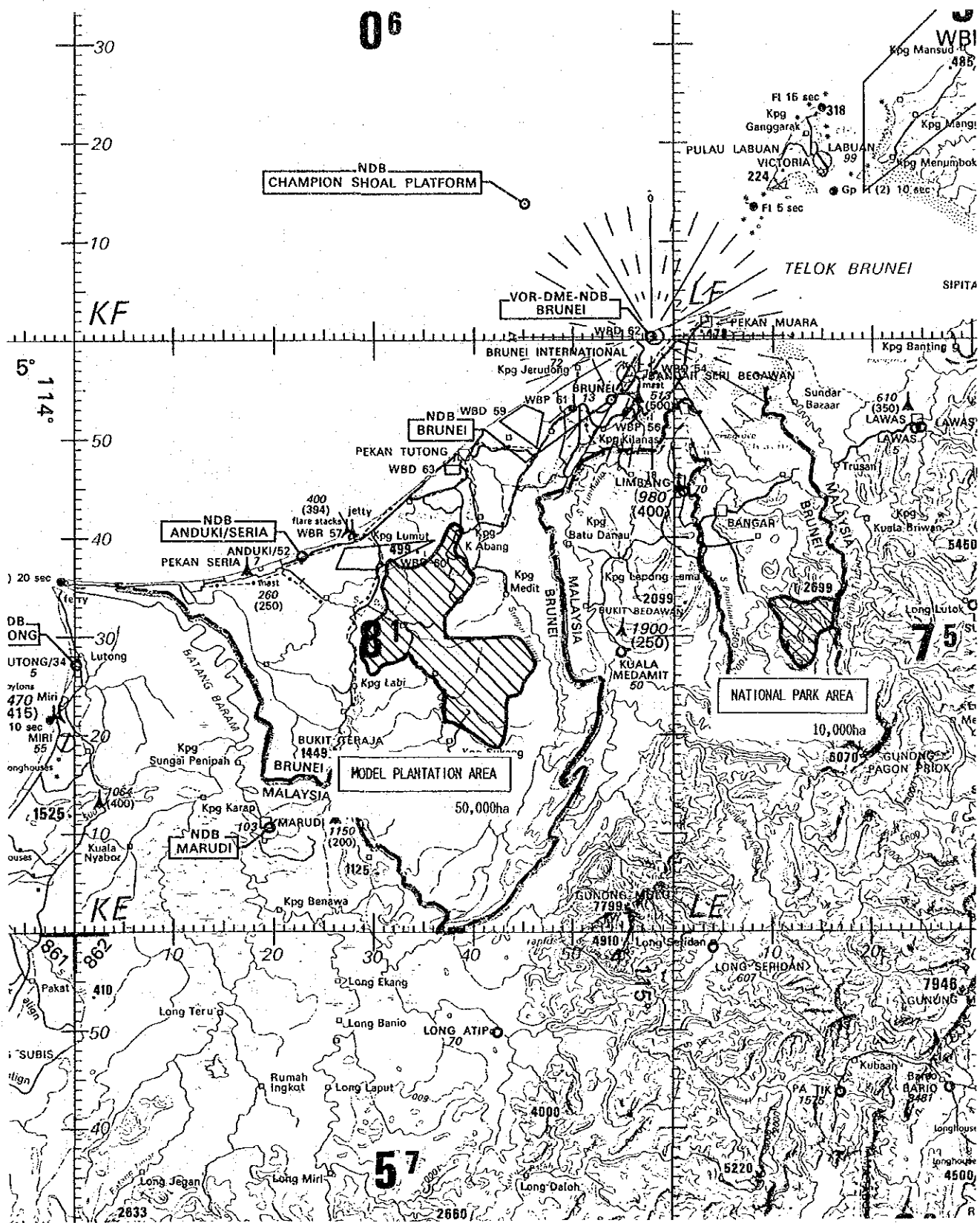
#### 調査団の構成その他

調査は団長の外航空写真チーム3名、モデルプランテーションチーム4名、ナショナルパークチーム4名が3年次にわたって予備調査、本調査、検証調査を行ない最終報告書をまとめた。

報告書は最初に調査の背景等についての理解を深めるためにブルネイ国の森林・林業に関する簡単な記述を行ない、次いでモデルプランテーションエリアの調査結果、ナショナルパークエリアの調査結果を記載した。

なお、利用の際の便を考慮して、国立公園の調査結果と国立公園の森林管理ガイドラインをそれぞれ第2分冊、第3分冊としてある。

Figure-1 Location of survey area



## 要 約

### ○ ブルネイ国の森林・林業と社会経済的環境

#### 1. ブルネイ国の森林の現況

ブルネイ国の森林面積は国土の81%を占め、森林面積のうち73%は天然林である。天然林はTable-1のように多くのタイプがあるが、これらの多くは自然のままの状態が保たれており世界的に貴重な存在である。

Table-1 Forest types

Forest Type	Area (ha)	%
Primary Forests	341,184	72.7
a. Mangrove	18,418	3.9
b. Freshwater swamp forest	12,668	2.7
c. Peat swamp forest	90,884	19.4
d. Kerangas	3,455	0.7
e. Mixed dipterocarp forest	192,575	41.1
f. Montane forest	7,196	1.5
g. Mixed Type a~f	15,988	3.4
Secondary Forest	127,786	27.3
Plantation	76	0.0
Total Forest Cover	469,046	100.0

By Anderson and Marsden (1984)

#### 2. 森林行政の機構および制度

林業局は1993年現在本局の9つの部と地方の5つの支局があり職員数は約370名である。また、林地には永久に林地として使用する永久森林地域 (National Forest Estate) と伐採後は他の用途を指定し得る国有林地 (Stateland Forest) があり、永久森林地域は期待される森林の機能によって保護林 (Protection Forest)、生産林 (Production Forest)、レクリエーション林 (Recreation Forest)、保全林 (Conservation Forest)、調査林 (Research Reserve) の5種類に区分されている。

本調査の対象地域のうちモデルプランテーションエリアの50,000haは現在国有林地に属しているが造林後は永久森林地域に編入になると予想される。

#### 3. 国家経済と森林・林業

1990年現在ブルネイの人口密度は44人/km<sup>2</sup>と低い。国の収入源の大部分は石油、天然ガスの輸出による。1人当りのGDPは1990年現在で約1万9200米ドルと高い水準にあり、このGDPの高さが農林業等第一次産業の維持を困難にしている。

#### 4. 林業・林産業の動向

「国家林業政策」に基づく森林保存政策が1990年以降実施され、伐採量が減少した。減少分は輸入でまかなえる現状にある。35,000haの国有林地 (Stateland Forest) を対象に将来の木材自給を目指した人工造林も始められた。その他では森林公園の新設、造林用種子の生産、荒地への治山造林などの事業が開始された。

#### ○ モデルプランテーションエリア

##### 1. 調査内容及び調査対象地域

Daerah Belait およびDaerah Tutong 内の森林地帯約35万haの航空写真を撮影するとともに、このうち約5万haについては1/20,000の精密な地形図を作成し、この地形図を用いて森林調査・土壌調査の結果に基づいた植生図・土壌図・森林調査簿等を作成した。

モデルプランテーションエリアの調査対象地域はDaerah Belait とDaerah Tutong にまたがる5万haで、国有林地 (Stateland)に属する。調査対象地域について境界、流域、地形、地質、気象、交通、集落、人口等の概況を調査した。

調査対象地域南部の調査はBelait川、Tutong川両河川を利用し、北部および中央部の大部分は道路を利用して行なった。

調査対象地域およびその周辺の産業は農業および林業である。農業は各集落の周辺で自給的な生産が行なわれ、林業は林業局の管理下で伐採、造林が行なわれている。

##### 2. 航空写真の撮影と地形図の作成

航空写真の撮影は面積約35万haを対象に縮尺1/25,000の写真を24コース、512枚撮影した。

既設の基準点2点を与点とし、新設基準点18点をGPSにより測量した。また、Lamin市内およびSg. Liang ~Labi間の道路沿いの複数の国家水準点を基準として約150kmの簡易水準測量を実施した。

空中三角測量は独立モデル法による解析ブロック調整で116モデルについて実施した。標定点等の各要素は図化機による検査でJICA規程の精度B級をクリアーしている。

空中三角測量の成果に基づき、図化対象地域5万haについて縮尺1/20,000素図14km×20kmを作成した。これを既存の縮尺1/50,000地形図を用いて編集し、清絵法により製図して地形図原図を作成した。

##### 3. 森林調査

目的を森林の取扱いや造林樹種の選定、さらに環境保全対策の検討に有効な植生図の作成に

重点を置くこととし、林分材積による区分よりも森林の生態的特徴に基づく森林区分を行なった。区分は基本的にはTable-2のAnderson外の森林タイプ区分に準拠することとし、航空写真から地形、林型を判読して区分した。判読区分の最小単位は概ね5ha程度である。航空写真上で区分された各森林タイプごとに必要な標本地（大標本）を選定し写真判読を行なった。さらに大標本のうち調査対象となる12の層から小標本を抽出してこれについて地上での毎木調査を実施した。また、小標本地の実測材積と、大標本地の樹冠疎密度および樹冠直径との回帰式を作り、層別および全体の蓄積を推定した。

Table-2 Stratified standard

Stratum			Forest type
2	Freshwater swamp forest	2.1(1)	Levee alluvium
		2.2(1)	Lower level alluvium
3	Peat swamp forest (PSF)	3.1(1)	Mixed swamp forest (MSF) Dense even, small crowns
		3.1(2)	Mixed swamp forest (MSF) Dense uneven, medium crowns
		3.2(2)	Mixed swamp forest (MSF) Dense uneven, large emergents
		3.3(3)	Alan bunga forest
		3.5(1)	Padang alan forest
5	Mixed dipterocarp forest (MDF)	5(2)	Dense uneven, medium or large emergents
		5(3)	Dense even, medium crowns
		5(4)	Dense uneven, medium and large crowns
8	Secondary forest	8	Generally over 25 years old
9		9	Forest plantations
10		10	Cultivation, cleared land & village
11		11	Unstocked land & land slide
(S)			Sparse density
(BX)			Exploited Forest

小標本地38箇所を調査し、樹種、上層、下層木の別、胸高直径、枝下高、樹冠直径等を計測した。小標本地の現地調査結果はパーソナルコンピュータを用いて、樹種別材積、本数優占度、



枝下高、樹冠疎密度等について標本地ごと、森林タイプごとに解析した。解析によって層別に出現樹種、商業樹種の多寡、ha当り材積などを明らかにした。

航空写真による森林判読作業は、① 地上の現地調査の対象とする小標本地の選定のための森林タイプ区分を行なう予備判読、② 航空写真判読基準カードおよび航空写真材積表を作成するための精密判読、③ 森林タイプ図作成のための①の再判読、④ 森林タイプ別材積推定に必要な大標本地の精密判読、の4段階の工程で行なった。

航空写真の判読と標準地の現地調査結果を用いて調査対象地域5万haの縮尺1/20,000の植生図を作成した。

植生図から求めた各森林タイプ別の森林面積は Table-3の通りである。また、それぞれの森林タイプ別に標準地調査の結果を用いて推定した蓄積も同じ Table-3に示す通りである。この表の総蓄積推定精度は当初予想した信頼限界80%、誤差率20%を上回り信頼限界95%、誤差率10%であった。

Table-3 Area and stand volume by stratum

Stratum	Area ha	Stand volume m <sup>3</sup>
2.1(1)	1,107.93	248,078.82
2.2(1)	3,780.18	903,655.81
2.2(1. EX)	99.05	15,056.19
3.1(1)	67.54	20,490.83
3.1(1. EX)	360.49	65,710.84
3.1(2)	2,033.69	770,931.21
3.1(2. EX)	831.44	170,436.89
3.2(2)	567.89	180,888.30
3.2(2. EX)	606.54	128,925.54
3.3(3)	583.51	338,238.57
3.3(3. EX)	364.19	81,546.51
3.5(1)	391.34	163,159.43
5(2)	13,087.36	4,911,620.77
5(2. EX)	8,770.35	2,229,326.50
5(3)	358.70	149,551.00
5(4)	1,848.89	868,810.05
5(4. EX)	14.97	3,408.62
8	1,057.31	176,723.02
Sub total	35,931.37	11,426,558.90
2.2(1. S)	67.88	135.76
3.2(2. S)	28.67	430.05
8(S)	67.49	269.96
Sub total	164.04	835.77
T o t a l	36,095.41	11,427,394.67

森林タイプ別のha当たり蓄積は Table-4のように二次林（層8）が 205m<sup>3</sup>で最も少なく、アラン林（層3.3、3.5）が 528～585m<sup>3</sup>で最も多い。泥炭湿地林（層3.1、3.2）と混交フタバガキ科（層5）はExploited Forestを除けば 331～448m<sup>3</sup>とアラン林に次いで高い値を示している。

淡水湿地林（層2）は 230～278m<sup>3</sup>で二次林に次いで少なかった。また径40cm以上の立木の材積は層ごとの差がより大きかった。商業樹種であるグループAで胸高40cm以上の商業的価値の高い材の割合はアラン林（層3.3、3.5）が最も大きく次いでフタバガキ科混交林の（層5(4)）が大きかった。商業的価値の高い材の占有率が低いグループは淡水湿地林の（層2.1）であった。

Table-4 Volume by group and D.B.H class

Unit: m<sup>3</sup>/ha

Stratum	Group	D<40	40≤D	Total	Stratum	Group	D<40	40≤D	Total
2.1(1)	A	27.849	11.592	39.441	3.3(3)	A	22.571	472.215	494.786
	B	76.145	96.201	172.346		B	35.648	19.359	55.007
	C	10.200	7.981	18.181		C	10.044	24.835	34.879
	Total	114.194	115.775	229.969		Total	68.264	516.409	584.673
2.2(1)	A	103.135	44.190	147.325	3.5(1)	A	69.102	336.541	405.644
	B	60.774	6.990	67.764		B	55.338	14.765	70.103
	C	29.881	32.938	62.818		C	21.688	30.844	52.531
	Total	193.789	84.118	277.907		Total	146.128	382.150	528.278
3.1(1)	A	136.073	63.022	199.095	5(2)	A	24.118	99.056	123.174
	B	120.868	40.723	161.590		B	60.128	128.950	189.077
	C	22.902	64.793	87.695		C	22.659	39.637	62.295
	Total	279.843	168.538	448.380		Total	106.904	267.643	374.546
3.1(1. EX)	A	58.140	89.633	147.773	5(2. EX)	A	17.439	52.966	70.405
	B	72.290	39.660	111.950		B	47.392	64.094	111.486
	C	0.742	0.000	0.742		C	29.092	25.871	54.962
	Total	131.173	129.293	260.465		Total	93.923	142.930	236.853
3.1(2)	A	38.761	151.463	190.224	5(4)	A	32.396	261.594	293.991
	B	54.574	103.632	158.206		B	63.476	48.931	112.407
	C	24.107	20.545	44.652		C	9.011	24.242	33.253
	Total	117.443	275.640	393.082		Total	104.883	334.768	439.650
3.2(2)	A	30.965	98.181	129.146	8	A	73.829	23.127	96.956
	B	59.528	102.142	161.670		B	66.671	6.663	73.333
	C	14.282	25.906	40.188		C	25.010	9.710	34.721
	Total	104.775	226.229	331.004		Total	165.510	39.500	205.010
					Total	A	38.665	159.412	198.077
						B	58.672	71.927	130.599
						C	18.566	27.198	45.764
						Total	115.903	258.537	374.440

#### 4. 土壌調査

既設の土壌図、地形図および航空写真を用いて各種の土壌タイプごとに調査地点を決定し、65地点の土壌断面を調査した。断面の記録はFAOの Guideline によった。

調査の結果、地形区分に対応する土壌タイプの分布を確認した。丘陵部は主として赤黄色ボドソル土壌で、FAO / UNESCO方式の大分類では Acrisols (粘土集積低飽和赤色土壌) を主に Cambisols(淡黄色変成土壌)、Gleysols (地下水成還元土壌) が混在した。低湿地および谷部では、泥炭の集積が認められ、Histosols(有機質土壌)、Gleysols (地下水成還元土壌) を主とし Cambisols (淡黄色変成土壌)、Acrisols (粘土集積低飽和赤色土壌) が混在し一部では Fluvisols(流積土壌) も認められた。その他に Kerangas と呼ばれる Arenosols (石英砂質土壌) が認められた。

本調査において作成の縮尺1/20,000地形図を基図として縮尺1/20,000の土壌図を作製した。

調査結果を総合して、侵食の危険性の大きな土壌と樹種選定に当たって注意を要する強酸性の土壌の存在とその分布を指摘した。その他いくつかの土壌型についても森林施業に関する留意点と主な分布を記載した。

#### 5. 森林調査簿

森林調査の結果を記入して作成した縮尺1/20,000植生図を使用し、各森林タイプ別の森林区分ごとに面積を測定し、森林区分番号、森林タイプ、面積、標高、傾斜、土壌型、主要樹種、本数、材積等を記入し、モデルプランテーションエリア全域の林地等 326区画の現況を示した森林調査簿を作成した。

#### 6. 自然環境影響調査

モデルプランテーションエリアにおける森林施業が環境に与えるインパクトを最小限度に止めるために、予想される環境への影響要因をピックアップし、それらについて実態調査を行なって保全対策を検討した。

浸食が進行して裸地化した斜面の9か月間の表面浸食量は平均2.22cmであった。A層が剝奪された斜面や急傾斜な斜面は浸食量が大きい傾向があった。ガリ一部分の浸食の進行は著しく、浸食が進行中の斜面の植栽木の生長は著しく不良であった。浸食によって生産された土砂は容易に下流に流下していた。

浸食の予防は主として森林施業方法で対応可能であるが、浸食されてしまった斜面の復旧では丸太、枝条等を用いて簡易な工事を行なって対応する必要がある。

JICA Forestry Research Project, Bruneiの成果である Line Planting, Gap Plantingその

他の試験地の成果を引用し、大面積皆伐以外の択伐や小面積皆伐等の施業方法についても提案した。

混交フタバガキ科林の調査結果からは Patch Improvement あるいは Line Planting の採用が可能と考えられ、二次林の調査事例からは、小面積皆伐や Line Planting が可能と考えられた。

造林樹種に関しては A. Mangium と Klinki pine について、今後の病虫害発生情報の収集と対策の検討が必要である。

その他では人工造林用樹種の育苗技術の向上と種子の確保が重要である。

## 7. 森林施業指針

森林施業の目的を林産物の持続的供給および森林の公益的機能の発揮の他、地域振興にも寄与するものと考えた。

森林施業計画に関しては林業生産、環境保全などの目的別に森林を区分し、それぞれの森林の施業方法を標準化する必要があることを指摘した。

本調査の成果として得られた植生図、土壌図、森林調査簿を利用して森林の取扱いを森林タイプと土壌の組み合わせ条件から求めるおよその判断基準をTable-5 に示した。

森林施業では伐採箇所の配置、集材方法、造林樹種を選択、下刈り、枝打ち、間伐等の留意事項の他、苗畑、林道の整備について提案した。

浸食や洪水、なかでも今後特に配慮すべき浸食への対策は、伐採方法の管理による予防対策だけでなく簡易な柵工等の施工などの復旧対策の必要性を述べた。

## 8. 今後の森林施業についての提言

森林施業を行うに当たっては森林の健全性を維持しつつ森林内容を将来に向けて維持・向上させること、森林およびその周辺環境を保全すること等が大前提となる。この観点からモデルプランテーションエリアの調査結果を総合して以下の提言を行う。

- ① モデルプランテーションの造成のための植栽箇所は、浸食を加速させる大面積の皆伐を避けるため分散させる必要がある。

植栽箇所の分散は植物による緩衝地帯を設置することになる。したがって植栽木が林地を覆いつくすまで隣接地の皆伐はするべきではない。

- ② プランテーションに外来樹種を導入するにあたっては、病虫害発生の危険性を最少にし、成林を確実にするため十分な観察や適応性のチェックを行う必要がある。

Table-5 Plan of forest operations

地形	森林タイプ 土壌タイプ	留意点	箇所	伐採方法	更新方法
河川沿い	① 河岸低湿地 ・低地 淡水湿地林2 Gleysols	河岸林として保護が必要 軟弱地盤のため作業性が悪い 細粒質、排水やや不良のため造林注意	全域	禁伐	-
	② 低標高平坦地 泥炭湿地林3.1、3.2 二次林8 Gleysols Histosols	低湿地は作業性が悪い 細粒質、排水やや不良のため造林注意 河岸林は保護が必要 排水不良、強酸性で特有種以外は造林不適	低地	小面積皆伐	造林
	③ 同上 Alan bunga forest 3.3 Histosols	更新困難なため純林の保護が必要 低湿地は作業性が悪い 排水不良、強酸性で特有種以外は造林不適	全域	禁伐	-
	④ 同上 Padang alan forest 3.5 Histosols	天然更新によるAlanの保存が可能 低湿地は作業性が悪い 排水不良、強酸性で特有種以外は造林不適	低地	択伐	天然更新
	⑤ 丘陵地 微波状地形 低地混交 7ヶ所附科林 5(2)、5(2. EX) Acrisols	天然更新が可能 浸食の未然防止が必要 急傾斜、粗粒質な箇所は土壌保全が必要	緩斜地 急斜地	小面積皆伐 択伐	造林 天然更新 エリカチフト
内陸	⑥ 丘陵地 混交フタバガキ科林 5(3)、5(4)、5(4. EX) Acrisols	丘陵頂部周辺の急傾斜地に分布 材積が多く変動が小さい 急傾斜、粗粒質な箇所は土壌保全が必要	全域	択伐	天然更新 エリカチフト

<備考> 1. 森林タイプ別面積は次のとおりである。  
 層2:5, 069. 32ha 層3.1、3.2、8:5, 623. 40ha 層3.3:947. 70ha 層3.5:391. 34ha 層5(2)、5(2. EX):21, 894. 33ha  
 層5(3)、5(4)、5(4. EX):1, 124. 80ha

2. ②のうち小面積皆伐の箇所である低地は点在するため、伐採方法は群状皆伐が望ましい。

3. ⑤のうち小面積皆伐は緩斜地を適地とするが、特に層5(2. EX)で帯状皆伐として実施されることが望ましい。

4. ②での造林樹種は種子の確保や苗木の生産等を考慮すると郷土種であるKapur payaが望ましい。

5. ③での造林樹種は自然生態系の保全を考慮するとKapur等の郷土樹種が望ましいが、層5(2. EX)等で林分不良により立地環境が劣化している箇所は早成樹種Acacia mangiumの導入も考慮する必要がある。

- ③ 混交フタバガキ科林は調査地域の3分の2をカバーしており、蓄積において70%以上を占めている。

森林造成が可能な箇所はほとんどがこの地域であるが、一部に地形が悪く、貧栄養土壌の箇所があるのでこのことを十分配慮した森林施業が必要である。貧栄養土壌の箇所には養分要求度の少ない樹種を選択すべきである。

有用商業樹種の比率の高い森林については現況の維持を図るため、択伐による天然更新、エンリッチメント植栽のような林分改良の手法を導入すべきである。

- ④ 泥炭湿地林は土壌が強酸性のHistosolsで、地表の状況からも造林が不可能な箇所が多く、Alan林のように天然更新も困難な森林があるのでこの取扱いには細心の注意が必要である。

淡水湿地林は溪岸の保護に有効なほか斜面上部からの流出土砂を林内に留める機能も有するので現状のまま存置する。

- ⑤ 緩傾斜地の土壌で中・細粒質のAcrisolsは調査地内では最も造林に適した土壌といえるが、土壌養分が貧しいので地表の有機質層をできるだけ失わせないように地ごしらえ方法を採用することが必要である。

- ⑥ 傾斜地の粗粒質の土壌は被浸食性が高いので人工林の造成、道路の作設には十分な注意を払う必要がある。土壌浸食の防止のため編柵工等適切な浸食防止策を講じることを提唱する。

## ○ ナショナルパークエリア

### 1. 調査の目的と内容

原始的に保存されている国立公園の森林の観光的・教育的利用を行ないつつ森林を保全的に管理するため、Temburong 川流域内約 1 万 ha の森林型と林分構造の把握、森林保全関連の降雨量、水位・流量、崩壊地等の調査、国立公園内の哺乳類、鳥類の調査、国立公園利用のための自然観察コースの設定、国立公園利用関連施設の計画、利用の影響評価を行ない、それらの結果を総合して国立公園内森林の保全と管理に関する管理ガイドラインを作成した。

### 2. Temburong 川流域の概要と森林

調査対象地は Pagon 山(1,850m) を最高点とする Temburong 川の流域に属し、古第三紀の頁岩、砂岩の急峻な地形で礫を含む浅い土壌が斜面に存在する。年間を通じて気温は平均 27~28 度と高温であり年平均雨量は 4,000mm 以上で月平均雨量は各月とも 250mm 以上である。

調査対象区域外も含めて Temburong 川の上流から河口までの間には山岳林、混交フタバガキ林、ケランガス林、泥炭湿地林などの天然林や二次林など各種の森林が分布する。

### 3. 国立公園の森林

国立公園の森林景観を構成する森林のタイプと構造を明らかにするため、航空写真による判読と林分構造の現地調査を行なった。

航空写真判読では、尾根部に分布する林冠が比較的連続して平滑な森林と主として斜面の中下部に分布し上層木の林冠が凹凸している森林と 2 つのタイプが判読された。

林分構造の調査は Figure-2 のように 18 箇所で 50×5 m の Belt-transect 法と Line-transect 法によって行なった。調査の結果は航空写真の判読結果と同様に、主として尾根上部に分布する“平滑で密な林冠を持ち、巨大高木が少なく、50m 以下の混交フタバガキ林”と斜面の中部以下に分布する“凹凸を持つ密な林冠を持ち、50m 以上の巨大高木が多い混交フタバガキ林”の 2 種の森林タイプが存在することが明らかになった。

現地調査で 80 種以上の樹種が見られ、そのうち 26 種はフタバガキ科であった。また、41m 以上の巨大高木は 19 種を確認した。巨大高木のうち 13 種はフタバガキ科であった。

### 4. 森林保全に関する調査

林地の保全に影響する降雨量を Figure-2 の調査対象地域の最下流部国立公園入口付近でデータ集積式の雨量計で 1992 年 9 月から約 9 カ月間観測した。

観測期間中の最大日雨量は 142.0mm、最大月雨量は 621.5mm であった。雨は夕方から夜間に

かけて降ることが多く、総降雨量の80%以上が夕刻から夜間にかけて降った。最大時間雨量は69.5mmであった。

国立公園への唯一のアクセス手段である舟による交通の便を左右する Temburong川の水位を Figure-2の国立公園入口からやや上流の Temburong川本流に設置し1992年9月から約1年間観測した。各月の平均水位は最大と最少で約1mの差がある。夜間の水位は降雨の特性を反映して日中より10cm高い。また年間の最高水位と最低水位の差は4.12mであった。

降雨後の水位の上昇は最大1時間で3.4mであった。上昇した水位は3~4時間で1m低下し、その後20~30時間緩やかに低下した後安定した水位となった。

洪水比流量は12.9ℓ/sec/km<sup>2</sup>で日本の第三紀層地帯の値とほぼ同じで降雨量が多いことを考えると透水性の低い土壌条件の影響と思われる。

航空写真判読とボートや徒歩による現地調査を併用して崩壊地の調査を行なった。その結果山腹崩壊地は20箇所12.22ha、溪岸崩壊は25箇所0.86haであった。

国立公園までの舟の出発点 Batang Duri から国立公園内の Sg. Machang までの間15.8kmに倒木・流木が203箇所511本あった。

溪床の堆積土砂は、調査期間中の2~3mの水位の上昇では大きく変動することはなかった。

## 5. 国立公園の動物

文献調査の結果は、国立公園付近で哺乳類55種が報告されていた。現地の林業局職員や作業員に対する聞き込み調査で、哺乳類17種を追加した。

鳥類ではオナガサイチョウを含む239種であった。鳥類は林冠の生息種が主体で、下層植物群落の生息数は55種であった。生息区域は水辺周辺に124種、高度460m未満の斜面に132種、460m以上の斜面に83種である。

## 6. 国立公園の利用計画

一般の利用者を対象に生態系へのインパクトを最小にするエコツーリズムの考えを採用した。高水位の季節に日帰り可能な Sg. Machang 合流点から下流を利用区域とした。

自然観察コースとして2時間以内で森林が観察できる3つのコースを選定した。第1はボートを利用して Temburong川本流沿いの大規模な森林景観を観察する Figure-3 の「Temburong本流コース」、第2は Sg. Apan 合流点から熱帯多雨林の樹木を観察しつつ360度の展望が出来る地点まで約2kmの行程の「Apan熱帯多雨林観察コース」、第3は低水位の時または短時間の観察に適当な「Kuala Belaloug森林観察コース」である。



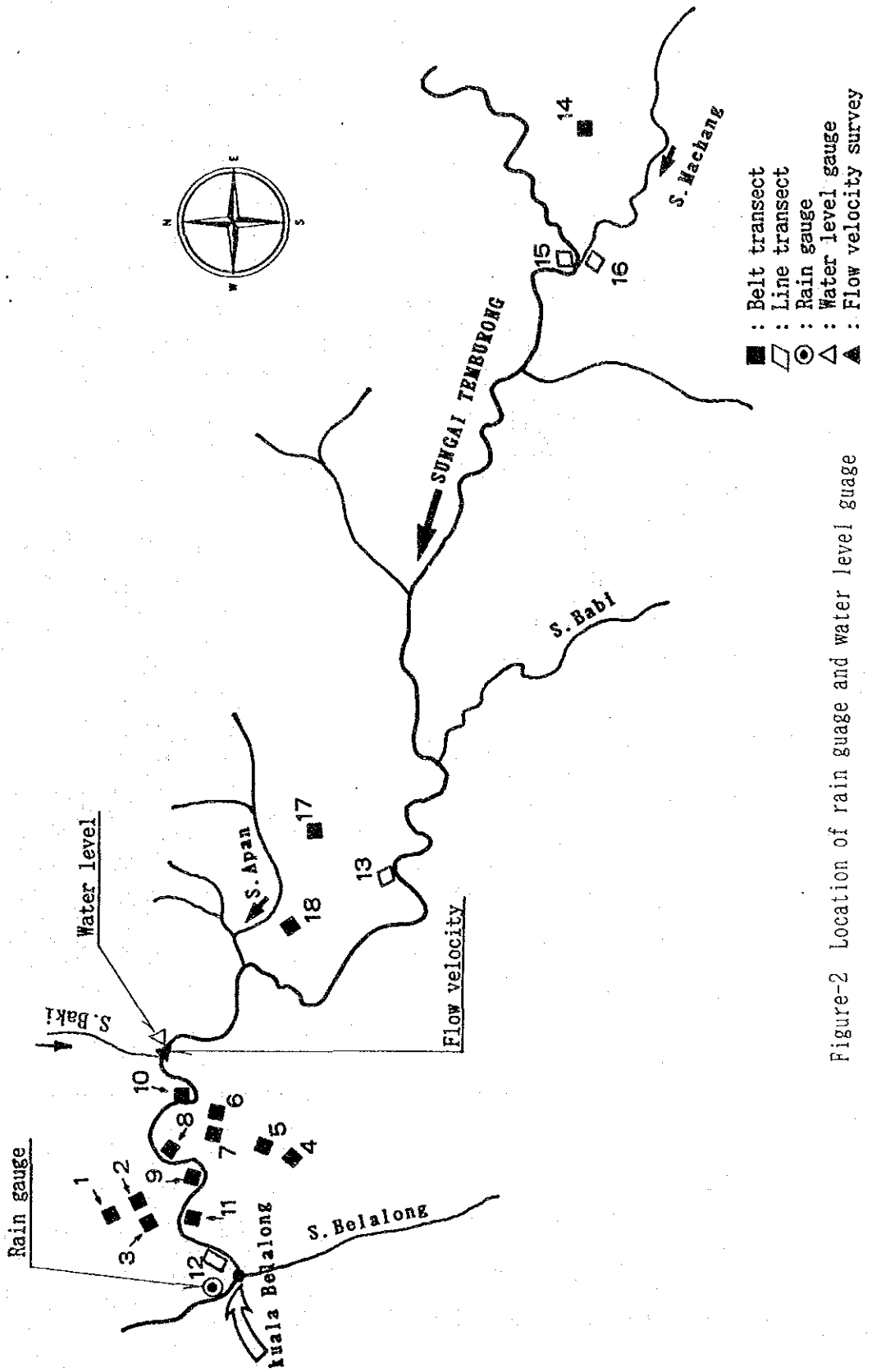


Figure-2 Location of rain gauge and water level gauge

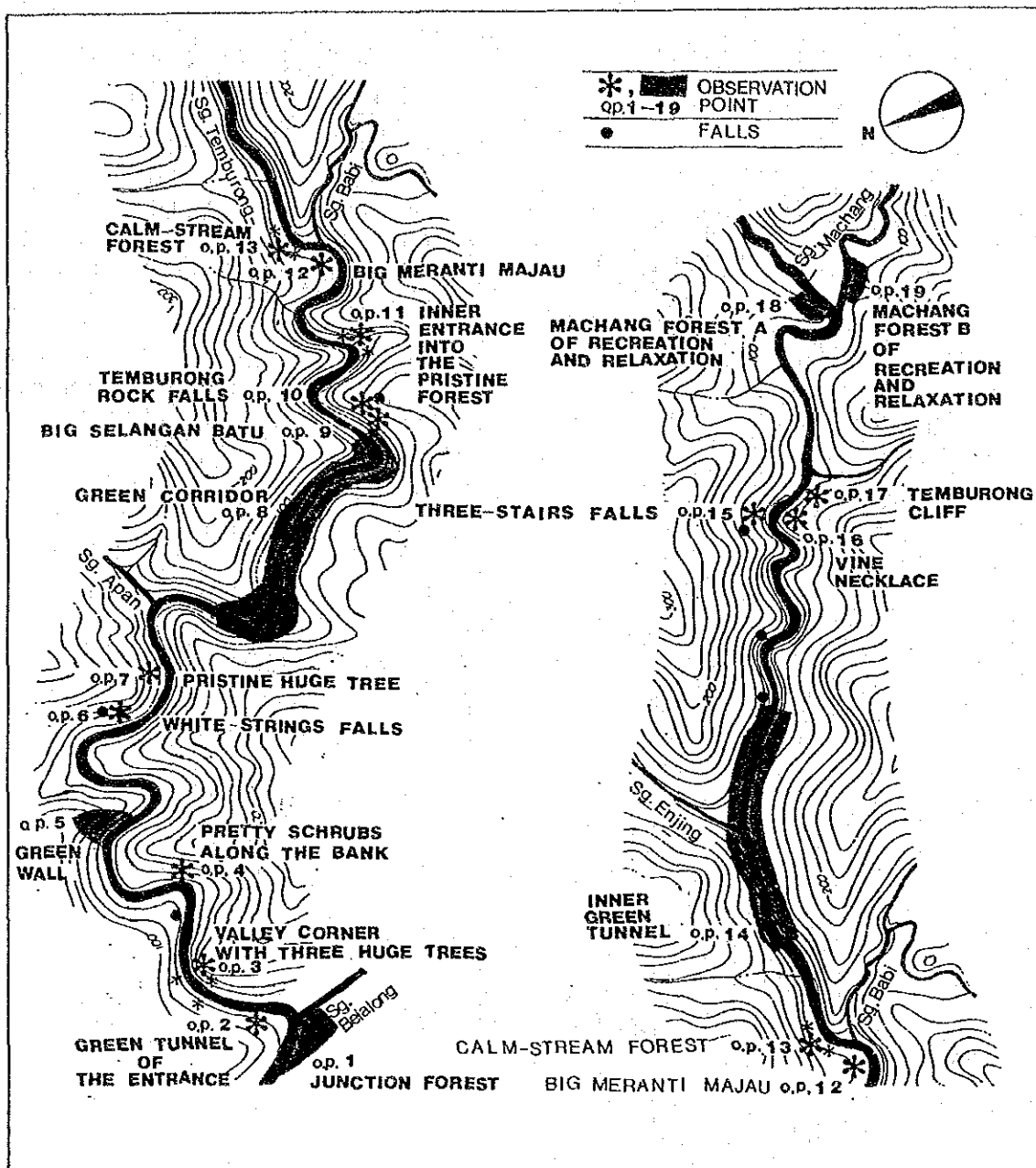


Figure-3 Observation points of Temburong main stream route

## 7. 利用施設計画

利用者の安全と利用の便のために必要な最小限度の施設とし、施設設置のための伐採を極力避ける方針を基本に計画した。管理施設、展望施設、休憩施設、公衆便所、船着場は新設計画、自然観察路は現存する歩道の改良計画を作成した。その他の標識および案内板についても触れた。

各施設について適切な設置場所、構造、規模や利用と管理に関する留意事項などに言及した。

## 8. 生態系に調和した公園利用のために

Figure-4のフローチャートによって公園利用が自然生態系に及ぼす影響をチェックし自然環境の保全を図る検証を行なった。

利用施設、自然観察路、アクセス、公園管理方法の4つの環境要因とこれらの要因により影響を受ける自然環境、社会文化環境、心理的環境の3つの環境要素の関連性を検討し、環境に調和した利用施設のあり方、環境に調和した自然観察路の設定、舟によるアクセスへの土砂崩壊等のインパクトの緩和、国立公園隣接地の緩衝地帯としての取扱い方、ブルネイ大学(U. B. D.) の Kuaka Belalong Field Study Centre との連携のあり方などを提言した。

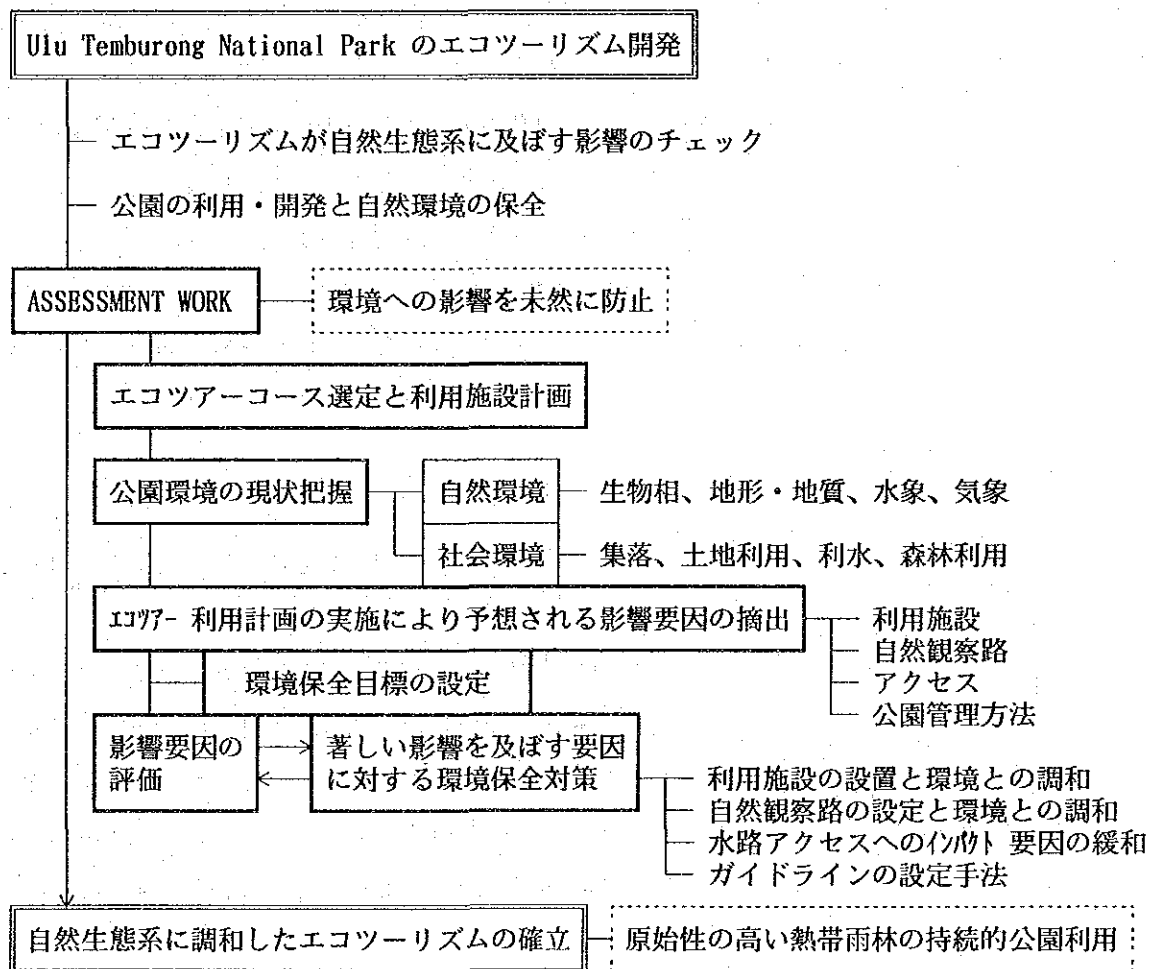


Figure-4 Flowchart for National Park environment assessment

## 9. 今後の Temburong 国立公園の利用と管理についての提言

ナショナルパークエリアの調査結果を総合すると、以下の事項に留意して今後の国立公園管理を進める必要がある。

- ① 国立公園の利用にあたっては現在の国立公園内の貴重な熱帯雨林の自然を損なうことが

ない形態での利用を行なうことが前提となる。言い換えれば国立公園内の森林の原始性を確保することが大切である。

- ② 利用の内容としては教育的・研究的利用が考えられるが、そうした利用に際しては、最低限、観察歩道などの施設が必要になる。歩道などの設置は自然環境への影響を最小限度に止めるような配慮が欠かせない。

利用は管理された利用のみに限定し、生態系を損なわないことを優先させる。また、国立公園隣接地の森林は国立公園内の森林と同じ扱いをし、さらにその外側の林地は皆伐を避ける取扱いをする。

- ③ 本調査で一般人を対象としたエコツアーについて具体的な検討を行なったが、エコツアーの参加者が「自然を破壊しないで自然を楽しむ」習慣を身につけることが望ましい。そのためには十分な科学的知識を持った案内者がエコツアーの参加者に自然を見る楽しみと自然の大切さを理解させるような案内をする必要がある。
- ④ 立木の伐採を伴うような建物等の建設は国立公園外に設置することが原則である。
- ⑤ エコツアーの実施に当たっては首都 Bandar Seri Begawan から Bangar までのボート、BangarからBatang Duri までの自動車、Batang Duri から Kuala Belalong までの小ボートと乗り換えて往復するアクセスの便を一般人が簡単に手配できるようなシステムに改善する必要がある。
- ⑥ Batang Duri からKuala Belalongまでの流路は、雨期には増水による水位の上昇、乾期には減水による浅瀬の出現でツアー客に危険が及ぶおそれがある。安全確保の方策を樹立しなければならない。
- ⑦ 本調査では、首都のBandar Seri Begawan から日帰りで往復出来る3つのエコツアーコースを設定した。2日、3日のコースに人を呼び集めるにはまず日帰りコースで国立公園の森林の貴重な森林生態と景観をPRして内外の評価を高めた上で計画し、施設の建設等も段階的に進めるのが望ましい。また、評価を高める方策としては、森林生態系に関する研究成果を動物や魚に至るまで幅広く収集して、充実した内容のパンフレット等を配布する。
- ⑧ 林業局、州事務所、現地案内人が果たす役割りをそれぞれ明確にし、またブルネイ大学に期待する役割も踏まえた上で国立公園の利用及び管理に関する組織を確立する必要がある。考えられるそれぞれの役割はFigure-5の通りである。

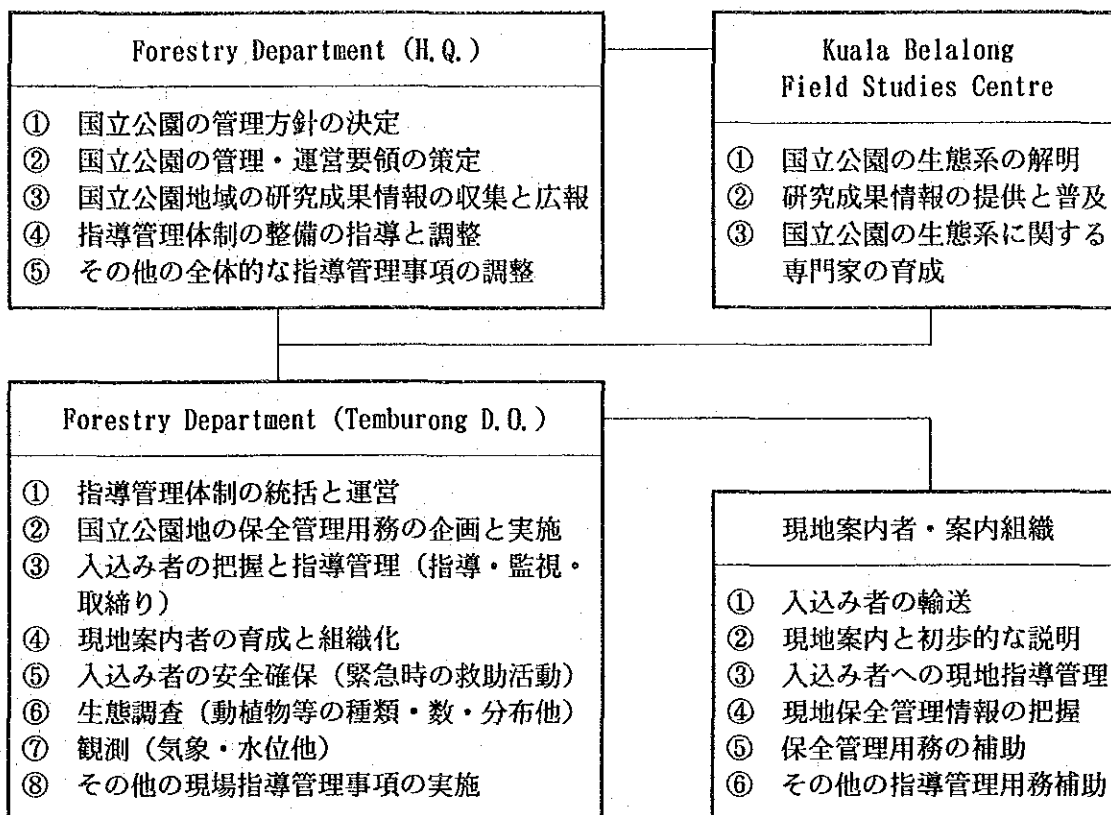


Figure-5 Suggested approach to establishing guidance and management structure for National Park



## 1 ブルネイ国の森林・林業と社会経済的環境





### 1. ブルネイ国の森林の現況

ブルネイ国の森林面積は Table-6 のように46万 9,046haで、国土面積の81%を占めている。森林面積のうち73%は天然林である。天然林では多くのフタバガキ科の樹種が混交している混交フタバガキ林(Mixed dipterocarp forest)が41%を占め最も多く、次いでアラン林 (forest of *Shorea albida*) など内陸部の泥炭湿地林 (Peat swamp forest)が21%を占める。その他に河口付近のマングローブ林 (Mangrove)、小河川沿いの淡水を被る淡水湿地林 (Freshwater swamp forest)、標高2,500ft (762m) 以上の山地の山岳林(Montane forest)、せき悪な土壌条件のケランガス (Kerangas) など各種の天然林が存在する。このようなまとまった面積の熱帯林が自然の状態に残され、しかも多くのタイプの天然林が現存する点でブルネイ国の森林は世界的に貴重な存在である。

Table-6 Forest types

Forest Type	Area (ha)	%
Primary Forests	341,184	72.7
a. マングローブ林 Mangrove	18,418	3.9
b. 淡水湿地林 Freshwater swamp forest	12,668	2.7
c. 泥炭湿地林 Peat swamp forest	90,884	19.4
d. ケランガス Kerangas	3,455	0.7
e. 混交フタバガキ科林 Mixed dipterocarp forest	192,575	41.1
f. 山岳林 Montane forest	7,196	1.5
g. Mixed Type a~f	15,988	3.4
Secondary Forest	127,786	27.3
Plantation	76	0.0
Total Forest Cover	469,046	100.0

By Anderson and Marsden (1984)

## 2. 森林行政の機構および制度

### 2.1. 林業局の機構

ブルネイの林業局は、1984年独立当初、開発省に所属していたが1989年に開発省から農林水産関係が独立し産業一次資源省に配置になった。1993年現在の林業局の組織 Figure-6 に示す。本局は首都のバンダル・スリ・ブガワンにあり、テンブロン、ラムニン、ツトン、スガイ・リアン、クアラ・ブライトの5箇所に支局がある。職員数は約 370名である。

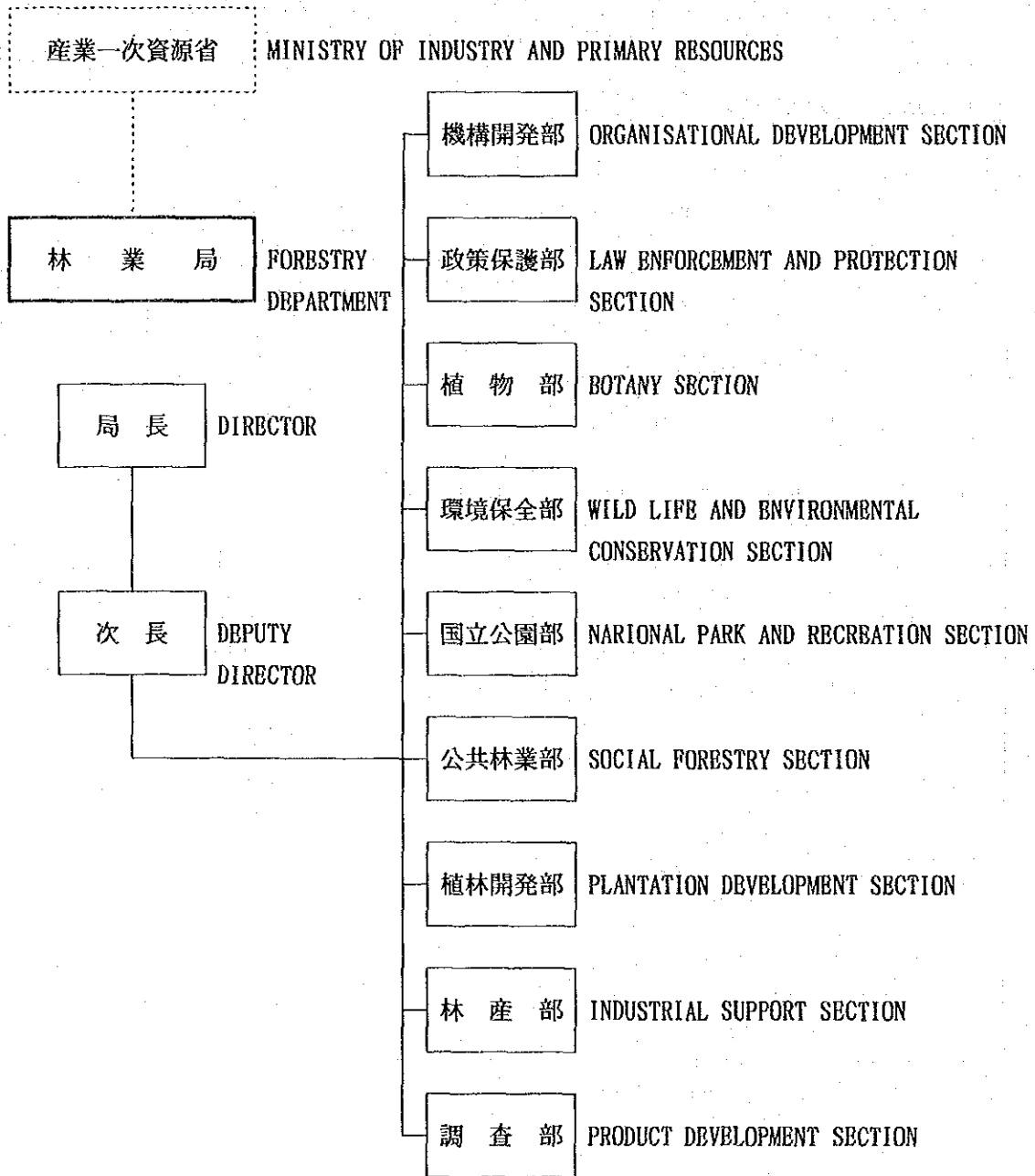


Figure-6 Forestry department organisation

## 2.2. ブルネイ国の森林制度

森林は原則的に国有であって、求められる機能によって永久に森林として使用する永久森林地域 (National Forest Estate) と伐採後は農用地・宅地等森林以外にも用途を指定し得る国有林地 (Stateland Forest) に分けられる。1993年現在、永久森林地域は24万1,097ha、国有林地は22万7,949ha でそれぞれ国土面積の41.8%、39.5%に当たる。

林業局が将来にわたって管理する永久森林地域は、それぞれの森林にどんな機能を期待するかによって以下の5種類に区分される。

- ① 保護林 (Protection Forests) : 土壌や水の保全のために原則として手を加えずに保護する森林で1993年現在1万8,562ha が編入されている。
- ② 生産林 (Production Forests) : 木材生産を行なう森林でその大部分を占める混交フタバガキ林の伐採方法は択伐である。14万6,106ha が編入されている。
- ③ レクリエーション林 (Recreation Forests) : 5か所の森林レクリエーション公園が該当し総面積は1,630ha である。
- ④ 保全林 (Conservation Forests) ; 貴重な動植物を科学、教育、観光等の面で保全的に利用しつつ保存する森林で7万2,123ha が編入されている。
- ⑤ 調査林 (Research Reserve) : 森林の利用、保全について調査研究を行う森林で2,676haが編入されている。

林業局は現在国有林地である林地のうち8万9,037ha を永久森林地域に編入する計画であるがこれが実現すると永久森林地域の面積は国土面積の57.3%に相当する割合を占めることになる。

1989年に新設された産業一次資源省に所属する林業局は同年「国家林業政策」を制定し、永久森林地域を上記の保護林、生産林、レクリエーション林、保全林と国立公園の5種類に分類した。国立公園の指定は1991年にウル・テンブロン国立公園4万8,857ha を対象に始めて行われたが、この地域は従来保全林であったのを重複して国立公園に指定したものである。

本調査の対象区域2箇所のうちモデルプランテーションエリアの5万haは国有林地 (Stateland) に属しているが造林後は永久森林地域 (National Forest Estate) に編入されると予想される。また国立公園地区の1万haは国立公園と保全林の2重の指定を受けた永久森林地域内にある。

## 3. 国家経済と森林・林業

ブルネイ国政府の統計書によると、1990年現在、ブルネイ国の人口は25万6,500人、国土面積5,765km<sup>2</sup>で人口密度は44人/km<sup>2</sup>とアジア諸国の中では人口密度が低い国である。労働人口は

Table-7 Exports by commodity sections

Million Dollars

COMMODITY SECTIONS	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Total Exports	3,999.98	4,195.21	5,796.49	9,852.94	8,591.73	8,153.26	7,170.68	6,813.94	6,532.89	3,990.10	4,005.61	3,436.45
Food and live animals	3.91	3.68	3.69	4.45	4.50	4.88	5.44	8.30	10.04	17.66	17.76	21.31
Beverages and tobacco	0.33	0.24	0.22	0.26	0.93	1.31	2.51	4.20	3.70	5.40	6.19	5.74
Crude materials inedible, except fuels	1.72	2.10	3.21	2.72	1.57	1.17	1.40	1.60	1.54	2.61	1.21	2.84
Minerals fuels, lubricants and related materials	3,960.16	4,105.27	5,703.80	9,714.34	8,499.70	8,074.91	7,092.82	6,729.53	6,435.62	3,877.70	3,906.81	3,351.86
Animals and vegetable oils and fats	0.04	0.06	0.03	0.02	-	0.32	0.46	0.27	0.14	0.04	0.12	0.23
Chemicals	1.02	1.19	2.89	7.86	3.83	2.00	2.98	4.95	3.27	2.49	1.72	1.89
Manufactured goods classified chiefly by materials	10.06	6.83	7.06	31.09	29.23	13.88	12.18	9.89	10.77	14.05	10.65	12.94
Machinery and transport equipments	21.13	28.74	30.16	44.93	30.20	44.13	41.91	32.07	55.31	55.29	40.73	28.63
Miscellaneous manufactured articles	1.90	47.04	45.22	46.82	21.32	10.55	10.77	21.08	10.86	13.19	16.89	9.77
Miscellaneous transactions and commodities not elsewhere classified	0.01	0.06	0.21	0.45	0.44	0.11	0.21	2.05	1.64	1.66	3.51	1.23

Source : Brunei Darussalam Statistical Yearbook 1990

1986年のセンサスで約8万6,000人であり、公務員はその約半分を占める。外国人労働者は約3万人であり、失業率は6.1%である。

ブルネイ国の経済の特徴を国の収入源となる輸出金額の1990年までの統計からみるとTable-7のような変遷を経ている。輸出総額は1980年をピークにしてその後減少するが、輸出額の大部分は石油・天然ガス等によって占められ、輸出額の変化も石油・天然ガス等の需給状況と価格変動によってもたらされているとみられる。

石油・天然ガスの輸出額が国の総予算を上回る程豊かなゆとりある国家財政と1980年以降の石油価格の低迷は、最近の環境重視の思想と相俟って1990年代のブルネイ国の林業政策に変化をもたらした。

1990年の1人当たりのGDP (Gross Domestic Product) は1990年現在、2万9,404ブルネイドルと高い水準にあり、このGDPの高さはブルネイ国内の人口が少なく国内消費量が限られることとともに各種の生産業の維持を困難にしている。農林漁業もその例外ではなく、各種の農産物を輸入によってまかなう割合が年毎に増加している。林産物についても合板等の加工品はほとんどを輸入でまかなっている現状にある。

#### 4. 林業・林産業の動向

ブルネイ国の森林が永久森林地域、国有林地ともすべて国有で国が管理する森林であるため、ブルネイの林業・林産業は1989年林業局によって制定された「国家林業政策」の実施によって大きく変わった。この政策は永久森林地域のみならず国有林地も含めて、森林地域の管理、環境林業の推進、産業林業の維持、熱帯林業技術の向上に関して基本的な考え方を示したものである。

この考え方に基づいて、林業局は具体的施策として1990年から天然林からの伐採量の上限を10万㎡とする「伐採削減政策」を実施した。その結果、国内における素材・製材の生産量はTable-8のように1990年以降減少した。この間製材歩留まりは向上して生産量の減少を緩和してはいるものの1990年以降の製材の輸入量はTable-9のように増加した。製材以外の合板等の製品はすべて輸入している。これらの製品も含めてブルネイの国内需要の規模が小さいので、当面林産物の不足分を輸入で充足することに大きな問題はない。

ブルネイ国内の製材業者は1993年現在24業者であるが、国内生産量の減少に伴い林業局はその合弁を促進する方針を打ち出している。これらの製材業者は永久森林地域(National Forest Estate) または国有地森林 (Stateland Forest) で伐採の事業を行う許可を得ており、素材の生産と製材が同一の業者によって行われる実態にある。

一方、将来の木材自給を目指して、主として生産性の低い国有地森林 (Stateland Forest)

を造林地に転換して生長の良い外来樹種等を植栽し生産性を向上させる造林が進められている。約3万5,000haの製材用材の植栽計画が出来ていて、これによると、毎年950haの植栽を継続して行うことにより最終的に年間20万m<sup>3</sup>の素材の生産が可能になる。この計画を進めるためには労務の確保の他、造林木の保護、造林地の保全等に関する新たな技術開発が必要と思われる。

その他「国家林業政策」の具体化の成果として、3つの森林公園の新設（1993年オープン）、国立公園内の歩道整備、造林用種子の生産、荒廃地への造林等の事業の他環境保全及び森林利用に関する研究が進められている。

Table-8 Log and sawn timber production (unit : cu. m. %)

YEAR	LOG	SAWN TIMBER	RECOVERY RATE
1983	180,455	86,686	48
1984	203,682	89,739	44
1985	198,218	97,025	49
1986	196,334	86,842	44
1987	182,199	88,973	49
1988	140,842	72,488	51
1989	215,938	101,059	47
1990	101,600	67,200	66
1991	90,800	54,150	60
1992	98,507	60,894	61

Source : Forestry Department

Table-9. Production and import of timber

	1989	1990	1991
<b>D I M E S T I C</b>			
SAWLOG	215,938.0m <sup>3</sup>	101,600.0	90,800.0
SAWN TIMBER	101,059.0m <sup>3</sup>	67,200.0	60,894.0
<b>I M P O R T</b>			
SAWLOG	—	—	213.0
SAWN TIMBER	6,123.1m <sup>3</sup>	51,237.7	46,694.5
SAWN PILES	519.6m <sup>3</sup>	—	26.5
MOULDINGS	13,604.1mrun	48,780.6	88,850.0
PARQUET/MOSAIC	17,246.3m <sup>2</sup>	33,148.8	8,763.9
PLYWOOD	2,366.416m <sup>2</sup>	1,947,704.6	2,178,815.7
VENEER	1,741.5m <sup>2</sup>	1,146.8	1,767.2
OTHER/POLES	63,418.8m <sup>3</sup>	90,508.5	99,647.0
BAKAU BOARDS	30,000pcs	32,680.0	16,600.0
OTHERS	—	—	—

Source : Forestry Department

## II モデルプランテーションエリア





## 1. 調査内容および調査地域

本調査の目的は、1991年11月に署名された本調査に関するS/Wにおいて明らかにされているように、モデルプランテーションエリア5万haについて縮尺2万分の1の地形図、土壤図および植生図ならびに森林調査簿を作成することである。

調査対象地域はS/Wの付図においてDaerah Belait およびDaerah Tutong にまたがる一帯とされており、その後ブルネイ国森林局との協議により北部はAndulau Forest Reserve界のBukit Sawat 地区およびUkong 地区、西部はBelait川沿いのLabi Hills Forest Reserve 界を堺とする Bukit Sawat地区およびSukang地区、東部はMerimbun国立公園界と接するRambai地区に絞り込まれた。

### 1.1. 調査内容

調査は先ず航空写真の撮影を先行させ、航空写真の判読と現地調査を組み合わせることで森林の現況、土壤の分布状況を把握することとした。森林の現況把握に関しては森林の生態的特徴による森林タイプ区分に主眼を置いて実施した。

また森林調査、土壤調査の実施に当たっては既往の森林調査、土壤調査の結果を検討、参酌し調査精度の向上と効率化を図ることとし、特に森林調査についてはAnderson外の森林タイプ区分を用い、あらかじめ写真の予備判読を行って現地調査の設計、計画を立てた。

森林調査は森林タイプ区分による層化二重抽出法によって行った。これは航空写真判読を行う大標本、これらからさらに抽出される小標本からなり、この小標本地について地上調査を実施した。

標本地調査は写真上で選定された地点に到達し、森林の各構成因子を計測した。地上調査結果と写真判読数値の法則性を見出して両者の相関関係を求め、各層あるいは全森林の内容を推定した。

土壤調査については、土壤型は特に地形との相関性が強く、地上調査によって出現した代表的な土壤型と、地形および森林タイプ判読結果との関連から調査地全域の土壤型の分布を推定した。

調査設計から森林調査簿、植生図、土壤図の作成に至る流れは Figure-7 フローチャートのとおりである。

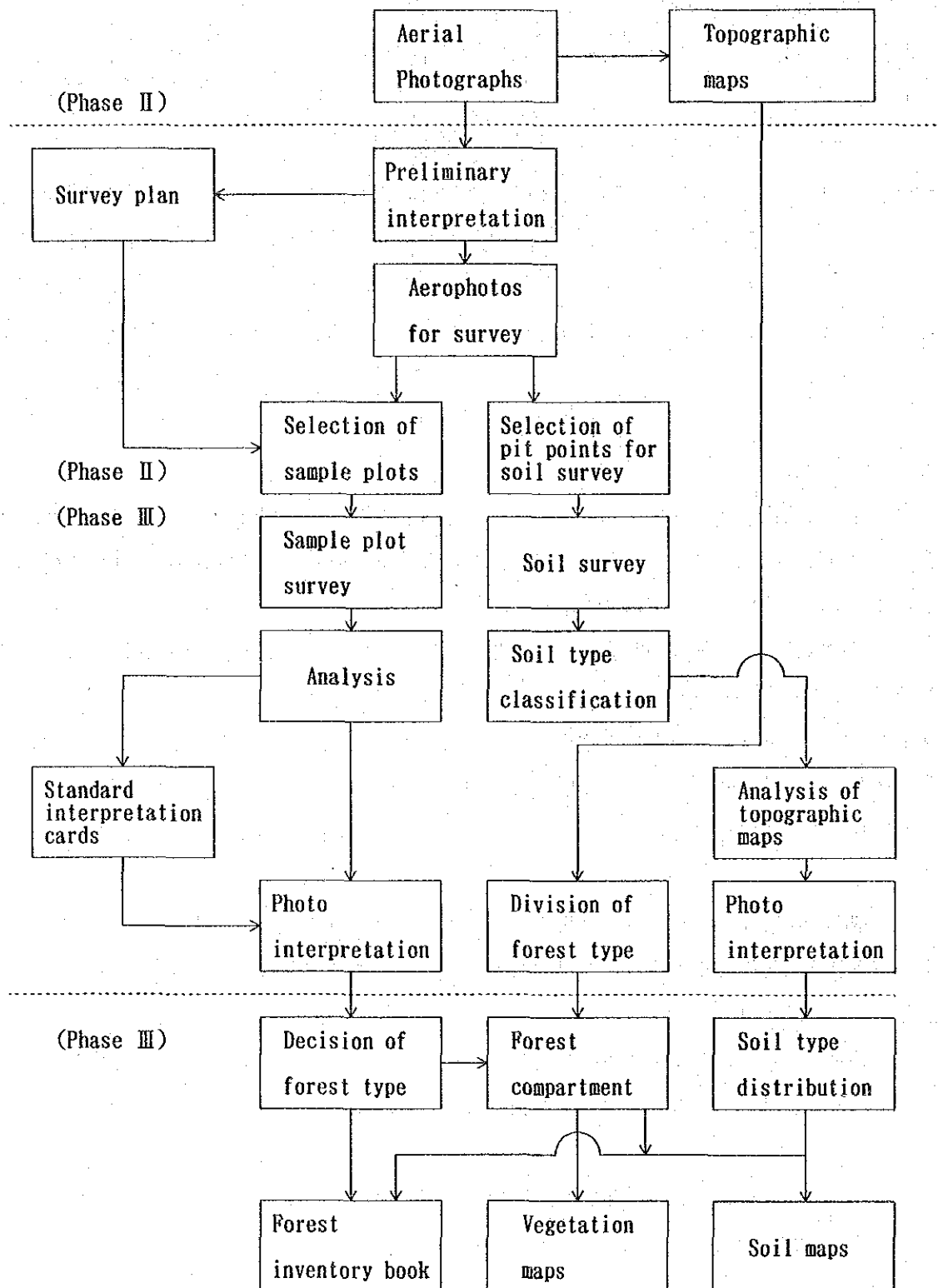


Figure-7 Flowchart : From the survey design to forest inventory book, vegetation maps and soil maps

## 1.2. 調査地域

調査地域はBelait川およびTotong川の2河川の流域からなっており、いずれの河川も南から北へ蛇行して北上している。

地形はゆるやかな小起伏波状地形で、標高は2mから100m程度である。標高の最低地点は調査地域北西部、Kampong（以下“Kg.”と略す。）Sungai UbarのBelait川河岸で、最高標高地点はBelait川沿いのKg. Apak Apakから東北東7km（新設道路東方900m）にある独立峰の106mである。

気象関係については、ブルネイ国際空港の観測データによると、1986年から1990年の5カ年平均は次のようになっている。

- (1) 気 温 : 平均最高気温 31.8℃、平均最低気温 23.3℃
- (2) 相対湿度 : 平均最高湿度 96%、平均最低湿度 68%
- (3) 降 水 量 : 年間降水量 2,628mm、年間降雨日数 168日（1mm超/日）
- (4) 日照時間 : 1日平均日照時間 7.2時間

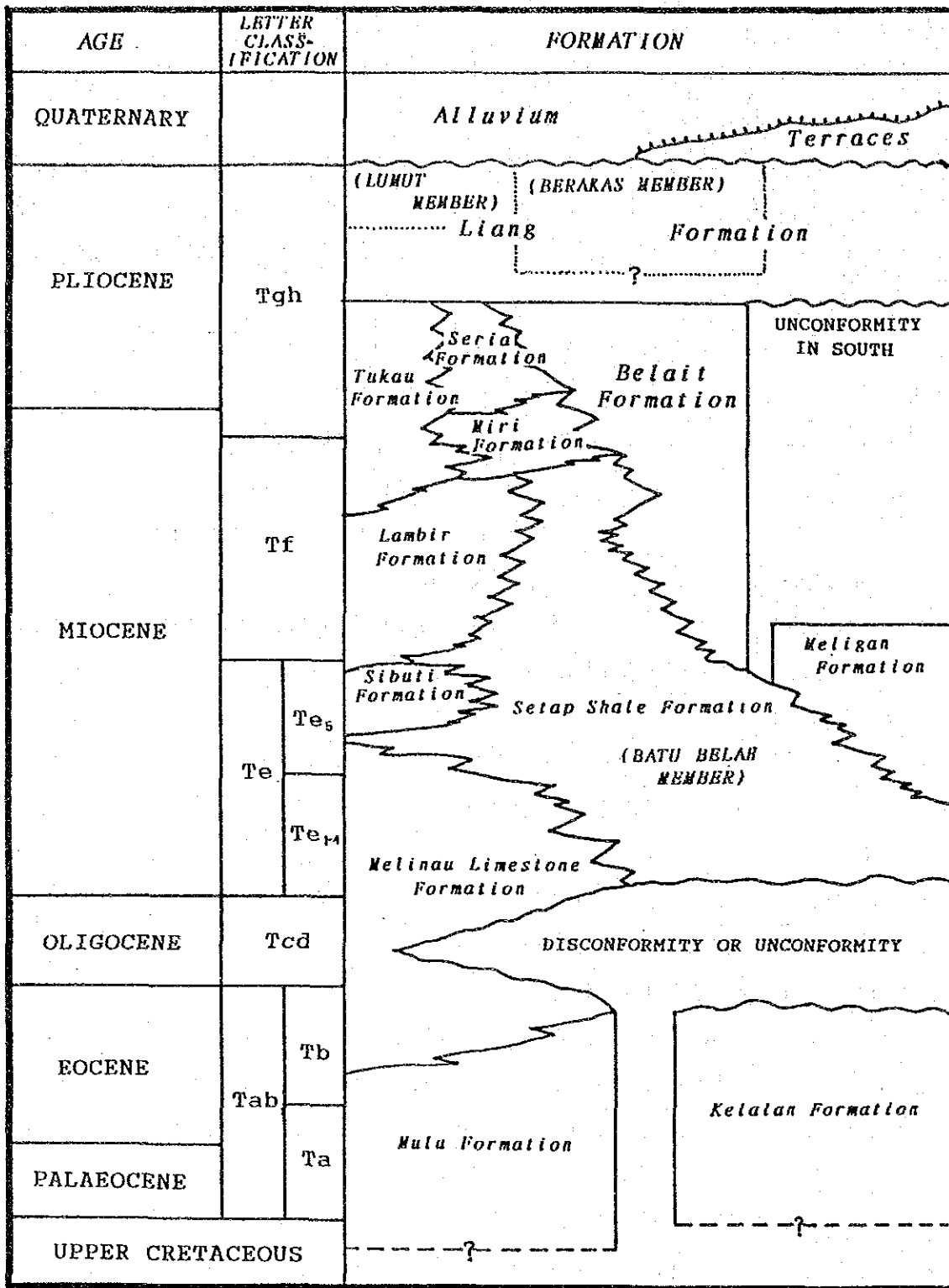
ブルネイ国もモンスーンの影響を受けており、主風の方向は大まかに4月から10月にかけては南西から北東に、11月頃から3月にかけては北東から南西に吹く。この北東の風が吹く時期が一般に雨期と言われている。

ブルネイ国の地質は大部分が第三紀、第四紀の堆積岩からなっており、非常に若い地層である。内陸の山岳地帯の年代は古く、北西の面の南シナ海に向かって低山帯、丘陵地帯と漸次若い地層に変移して行く。若い堆積物は海岸やデルタ地帯での堆積など海成であって、内陸部の火成岩や堆積岩から派生してきたものである。第三紀、第四紀の層序はFigure-8のとおりであり、また地質の分布状態はFigure-9のとおりである。

地形形成では、度重なる沈降、隆起の反復によって、沈殿と侵食の繰返しが起こり、現在のような緩慢な地形を形成している。北西方向に面する南シナ海沿岸部、Belait川、Tutong川流域の平坦部は第四紀沖積世の堆積物で、ピート（泥炭）が発達し、低湿地となっている。

標高ほぼ30m以下の小起伏波状地形では白色珪砂土（Kerangas）の堆積が出現する場合があって、特にDaerah Tutong西部に多い。

内陸部は変化に富んだ標高の低い丘陵地が多く、第三紀の堆積岩を基盤とする丘陵、尾根部分と、細かく入り組んだ中小河川流域の第四紀堆積物の低湿地などが分布している。



SARAWAK GEOLOGICAL OFFICE DIAGRAM 258 BY G.E.WILFORD, 1959

Figure-8 Stratigraphy of the Brunei area

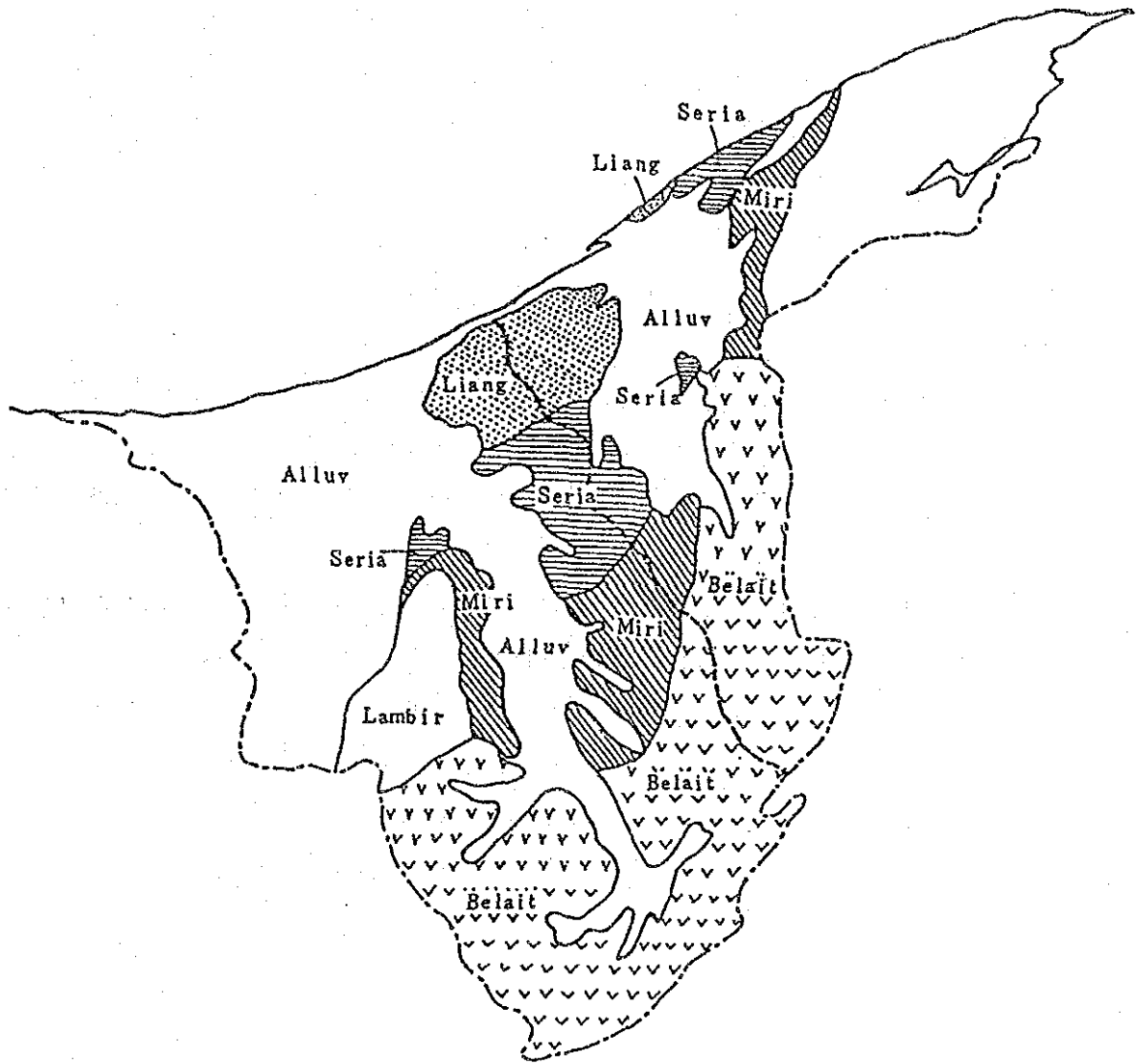


Figure-9 Geological map

地域内の交通は道路のほか河川を利用する。地域北部および中央部Kg. Apak Apak 北東 4,000 m付近までは道路を利用し、地域西部のBelait川沿いおよび東部のSupon Kechil周辺への到達は河川を利用する。南東部については道路および河川による到達は不可能である。

主たる道路はSungai LiangからLabiへ至る街道を Mau付近で東へ分岐し、Bukit Sawat を經由して調査地域ほぼ中央部を南下する道路がある。本道路は将来Apak Apak およびBuauを經由してSukangへ達する予定の新設（一部改良）道路で、現在Apak Apak とBuauの分岐点辺りまでは道路状態が良好であれば車での通行が可能である。

またPak BidangおよびRambaiから途中で合流し、Long Tadion を経て上記新設道路に至る道路等がある。

調査地域南西部へはBelait川を利用する。南部のBuau方面へはさらに支流のBuau川を遡上することになるが、乾期には水量が減少し本河川の通行は困難な状態となる。

東部のSupon Kechil周辺へはTutong川を遡上し、Kg. Belabau より陸路調査地内に到達することとなる。

調査地域内の主な集落は、Belait川沿いに下流からKg. Bukit Sawat、Kg. Pangkalan Siang、Kg. Apak Apak、Buau川の流域に入ってKg. Kukub、Kg. Buau等がある。

本地域北部中央を南下しKg. Bukit Sawat へ至る道路沿線には、Kg. Pak Bidang、Kg. Pak Meligai、Kg. Long Mayan、Kg. Meranking Ulu、Kg. Sungai Singap 等がある。

東部ではKg. Supon Kechilがあるが、これ以南にはほとんど存在しない。

以上のように集落は調査地域北部の道路沿いおよびBelait川沿いに集中している。

## 2. 航空写真の撮影と地形図の作成

### 2.1. 作業の概要

#### 2.1.1. 目的

ブライト地区およびトゥトン地区の森林地帯35万haについて航空写真を撮影し、モデルプランテーションエリアとして設定された範囲5万haについて地形図を作成した。測量仕様は原則として『海外測量（開発調査用）作業規程（案）』（以下『JICA』規程という。）に準じ実施した。

作業はブルネイ国森林局、測量局と協議・検討した結果、撮影業務については業務を実施しえるオーストラリア国の業者（Kevron Aerial Survey Pty. Ltd.）に再委託し、実施した。撮影以外の対空標識設置、埋石、標定点測量、水準測量、現地調査等の現地業務は調査団により実施され、その後実施された日本国内での図化作業も含め調査業務を通じてブルネイ側カウンターパートに対し、航空写真測量の技術移転を図ったものである。

#### 2.1.2. 作業量

作業種別	計画作業量	実施作業量
対空標識設置／埋石	1 6 点	2 0 点
航空写真撮影	3 5 万 h a	3 5 万 h a
標定点測量（GPS測量）	1 6 点	1 8 点
水準測量	1 5 0 km	1 5 0 km
現地調査	5 万 h a	5 万 h a
空中三角測量	116 モデル	116 モデル
図化／編集／製図	5 万 h a	5 万 h a

なお、主要機材は App. Table-1 のとおりである。

#### 2.1.3. ブルネイ国森林局、測量局および再委託業者との協議

限られた作業期間の中で精度の良い地形図（JICA作業規程のB級以上の地形図）を作成する為に、ブルネイ国森林局、測量局および再委託業者との協議が行われた。

##### (1) 現地作業着手時の協議

対空標識設置／埋石、航空写真撮影、写真処理、標定点測量、水準測量、現地調査について、作業の方法、作業量、作業隊の編成、作業スケジュール等について説明し、これらの作業に必要な諸手続き、ブルネイ側カウンターパートの人選等、ブルネイ側で準備すべき事項について協議確認が行われた。特に航空写真の撮影に係る次の事項について双方で確認した。

- a. 空港施設の優先利用の件（撮影機およびヘリコプター）
- b. マレーシア国境付近での撮影飛行の安全管理

- c. 測量局の写真処理施設利用の件
- d. 地形図および航空写真の利用制限の件
- e. 調査団・撮影クルーのビザ延長の件

図式および同適用規定、1/20,000地形図のデザインについて確認決定した。

## (2) 作業完了時の協議

現地作業の実施状況の報告および帰国後予定されている図化作業のためのセキュリティオフィサー派遣について確認・合意した。

## 2.2. 航空写真撮影

### 2.2.1. 対空標識設置/埋石

対空標識は空中三角測量の基準点として利用する為新設GPS測量点(20点)に設置した。新設GPS測量点4点についてはコンクリート埋標、16点についてはアクセスが困難であったので仮埋標を実施した。

埋石および対空標識設置は作業員に対する技術説明会実施後、直ちに作業に着手し、撮影作業着手前に終了した。撮影終了後対空標識はハレーションの発生した1点を除いて、航空写真上で全て確認された。

新設GPS測量点(18点)につき明細簿(DESCRIPTION OF AIRPHOTO SIGNAL)を作成した。

#### (1) 対空標識の仕様

- a. 形状            3枚羽
- b. サイズ           60cm×200cm
- c. 色                白ペンキ塗り

#### (2) GPS測量点埋石仕様

- a. 埋石はブルネイ国仕様により下記のように埋標した。

- 1) 鉄筋             $\phi = 6\text{ mm}$
- 2) コンクリート強度 =  $240\text{ kg/cm}^2$

### 2.2.2. 航空写真撮影

航空写真の撮影は撮影作業隊との詳細打合せの終了後、直ちにスタートした。作業期間中の天候は7月中は曇りと雨の日が続いたが幸運なことに8月上旬に天候に恵まれた。写真検査の結果、雲が写っている等で図化に適さない箇所については再撮影を実施し、8月10日の再撮影をもって全撮影計画地域を完全な写真でカバーすることが出来た。写真処理については8月27日に終了した。

再撮影後、App. Table-2 のとおり地形図作成に十分適した写真(35万ha)を得ることが出



来た。

縮尺1/50,000および1/200,000 既成図をベースとして写真標定図を作成した。写真標定図は写真番号とその図面上の位置およびコース番号を表現した。

(1) 撮影の仕様

縮尺	約1/25,000
撮影高度	約4,100m
平均基準面	約100m
撮影面積	約3,500km <sup>2</sup>
撮影コース	東西方向
オーバーラップ	60%±5%以内
サイドラップ	30%±10%以内
カッパー	10度以下
オメガ、ファイ	5度以下
雲量	各写真上で5%以下
フィルム	コダックパングロマチックフィルム
印画紙	コダック RC ペーパー

(2) 飛行基地

ブルネイ国バンダル・スリ・ブガワン国際空港を飛行基地とした。

(3) 納品成果品作成

写真処理はブルネイ国測量局内のラボ施設を利用して実施した。検査終了後の写真については、直ちに納品用の4セットの密着写真および App. Table-3 に示すようにポジフィルム、2倍伸し写真を作成した。対空標識明細簿(20点分)には実体視の出来る一組の4倍伸しスポット写真(6cm×4cm)を作成し、明細表に添付した。

### 2.3. 標定点測量

森林地帯の中での多角測量および三角測量は伐採が多くなるうえに視通が十分とれないので、測量の精度保持および工期短縮のためにGPS衛星受信機を用いた測量法で実施した。

#### 2.3.1. GPS測量

ブルネイ国では測量局が測地基準点網測量を実施しており、今回の調査地域にはこの様にして設置された基準点B77およびB78が隣接しており、これらの点を与点としてGlobal Positioning System (GPS)測量機器により放送軌道歴と干渉測位法によって、新設GPS測量点の座標を決定した。作業は7月10日より観測を開始した。

観測は米国トリンプル社製の4000 S L 受信機 3 台を使った同時観測で実施した。新説基準点 18 点の測量成果については検査の結果、平面位置、高さ共に作業規定の精度を充分満足させるものであった。

平面位置制限  $\pm 2 \text{ PPM} \times \text{距離}$  又は  $\pm 2 \text{ cm} / 10 \text{ km} \times \text{距離}$

高さ制限  $\pm 5 \text{ PPM} \times \text{距離}$  又は  $\pm 5 \text{ cm} / 10 \text{ km} \times \text{距離}$

計算に使用した測地座標系の準拠楕円体はEverest でこの諸元は長半径 6, 377, 298. 523m、偏平率  $1 / 300. 8017$ であり、座標系の原点は以下の通りである。

緯度  $4^{\circ} 00' 00''$

経度  $115^{\circ} 00' 00''$

#### (1) 観測

観測は仰角15度以上にある5個の衛星からのデータを約1時間、3台の受信機を用いて同時受信した。同時観測のレシーバー間の距離は50km以内とした。森林地帯の観測の時の電源としては小型電機を利用した。

#### (2) 刺針

対空標識が写真上で確認出来なかった点 (GPS. 1) について偏心点を設けて航空写真上に刺針表示する方法によった。

#### (3) 計算

座標算出の為の計算は全て衛星が準拠する楕円体 WGS - 84 で行った。これらで求められた値を用いて、最終的には測量局が設置した測地基準点 (B78) を与点としてブルネイ国の準拠楕円体である Everest 上に換算した。平面座標値はブルネイ国で利用されている Rectified Skew Orthomorphic 座標系を使い計算した。

### 2.3.2. 水準測量

測量地域には複数の国家水準路線があり、Lamunin 集落にある国家水準点および Liang ~ Labi 間の道路上の国家水準点 (両路線で合計 17 の既設点) を基準としてウィルド N A 2000 を使って約 150km の簡易水準測量を実施した。簡易水準測量路線に沿って約 1 km 間隔に簡易水準測量点を設けて 2 倍伸ばし写真上に刺針表示した。簡易水準測量点は  $1 / 20, 000$  地形図の高さの基準点として使えるように、写真上で明瞭な地点に選点した。水準測量の観測精度は閉合差、往復差の制限  $\pm 5 \text{ cm} \sqrt{S}$  (S : 路線長) を充分満足するものであった。

簡易水準測量の観測の仕様

標尺距離	最大 80m
読取り最小単位	1 mm
観測回数	1 視準 1 読定

往復回数

1往復

## 2.4. 現地調査

当該調査用に作成した図式および同適用規定に従い2倍伸ばし写真を使って現地において地形図作成に必要な情報を調査確認し、その結果を同写真上に表示した。行政名、行政界、についてはカウンターパートを通じて現地確認した。

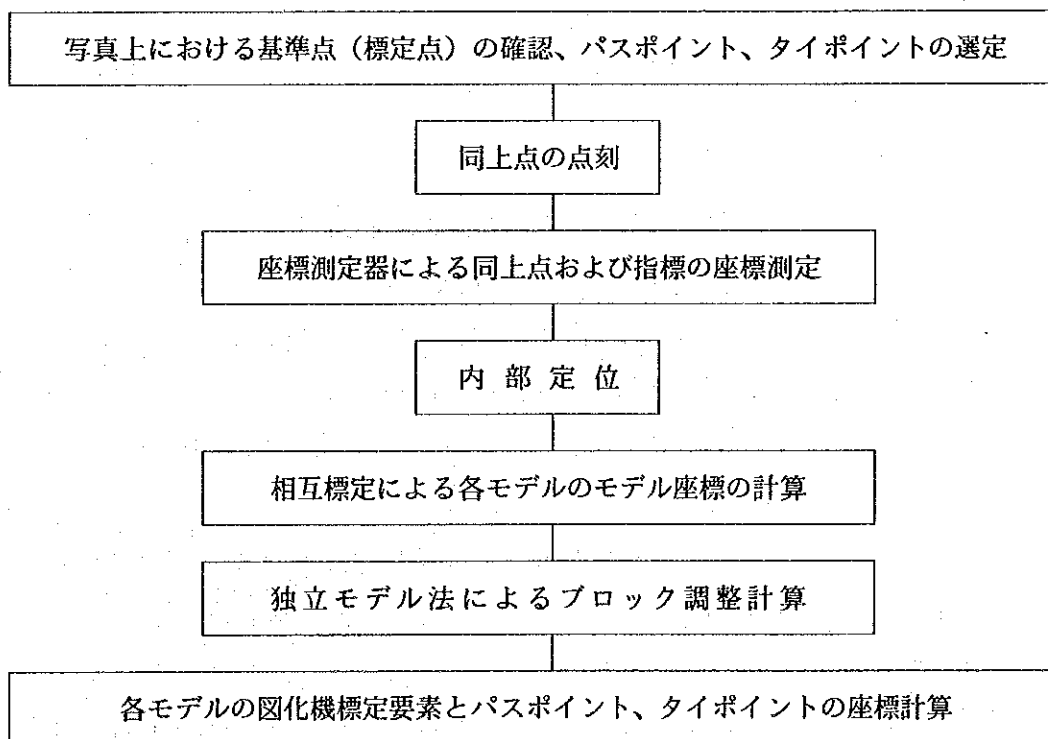
以下の事項について調査確認した。

- (1) 図式の適用上必要な各種表現事項
- (2) 注記に必要な行政名、各種名称等に関する調査

## 2.5. 地形図の作成

### 2.5.1. 空中三角測量

空中三角測量は独立モデル法による解析ブロック調整により実施した。使用したプログラムはPAT-M43である。ブルネイ国からセキュリティオフィサーがポジフィルム等の写真類を9月10日に持参し、その後下記の工程をへて116モデルについて、各モデルの図化機標定要素とタイポイントの座標値を得た。基準点の水平位置、高さの残差およびタイポイントの水平位置、高さの較差はそれぞれの制限以内であり充分満足な計算結果であった。作業は以下のフローにより行った。



## 図化機による検査

図化機により空中三角測量成果を点検した結果、平面位置 X、Y についてはパスポイント、タイポイント、標定点共に図上 0.2mm の制限以内で、高さについてはパスポイント、タイポイント、標定点、簡易水準測量点共に J I C A 規程の精度 B 級の制限内(1.7m 以下)であった。

### 2.5.2. 図化

空中三角測量成果に基づき図化機を用いてモデルを再現して図式および同適用規定に従って図化素図を作成した。

#### 図化の仕様

図化縮尺 : 1 / 20,000

図化面積 : 5 万 ha

投 影 : Rectified Skew Orthomorphic

内 図 郭 線 : 14km × 20km (図上 70cm × 100cm)、2 km 毎の距離方眼ティック表示

等高線間隔 : 主曲線 5 m、計曲線 25m、間曲線 2.5m

#### (1) 基準点の展開

図郭線、方眼線、標定点、パスポイント、タイポイントを図紙上に自動座標展開機により展開した。調査地域は 5 図葉でカバーされた。

#### (2) 標 定

相互標定は 6 個のパスポイントを使用して実施した。また対地標定についてはモデルの中に含まれる地上測量成果等の全ての点を使用して実施した。

対地標定の際の基準点の残差は水平位置において 6.0m 以内で、高さについては 1.7m 以内であった。

#### (3) 細部図化

- a. 図化に使用する鉛筆の色は図式および同適用規定に従った。
- b. 家屋については総描することなく、独立描画した。
- c. 間曲線については地形図上で、等高線間隔が 2 cm 以上ある箇所について表示した。
- d. 標高点は等密度 (図上 5 cm 間隔) になるように心掛けた。
- e. 図葉間の接合についてはポリエステルベースの接合写図を作成して行った。

#### (4) 点検・修正

個々のオペレーターに図式および同適用規定、細部図化の具体的な方法、接合のつけかた等について指示し、オペレーター間の不統一、不均等を生じないように注意を払った。

### 2.5.3. 編 集

図化素図に基づいて現地調査結果および縮尺 1 / 50,000 既成図等を用いて編集し、編集素図

を作成した。特に、地図の表現内容の均一性を保つことに注意を払った。

(1) 編集作業

- a. 図式および同適用規定と編集作業指示書に従って、編集素図を作成した。
- b. 地形図上に表現する基準点についてはその脱落を防ぐため後でまとめて表示した。
- c. 隣接図葉間の接合については特に注意して実施した。

(2) 点検・修正

編集の終了した図面については編集洩れの有無および不合理の無いように点検修正を実施した。

2.5.4. 製 図

製図はペンとインクを用いた清絵法により実施した。製図に使用する整飾版についてはブルネイ国森林局、測量局と協議して決定したものをを用いた。

トレースはブルネイ国森林局、測量局と協議して決定した図式および同適用規定に従って下記の順序で実施された。

- (1) 標高値
- (2) 注 記
- (3) 線状地物
- (4) 建物記号
- (5) 家屋、その他の地物
- (6) 地類記号
- (7) 地類界
- (8) 等高線
- (9) 清絵原図陽面を用いて検査・修正を実施した。

2.5.5. 検 定

1/20,000地形図原図については(株)日本測量協会、測量技術センターの検定を受けた。

2.6. 成果品の扱い

航空写真の撮影成果および標定点測量等の地上測量成果は地形図および航空写真等のブルネイ国外での取扱いに関するブルネイ国内法規によりブルネイ国セキュリティオフィサーが日本に持参した。日本国内で縮尺1/20,000地形図作成を終了後、1/20,000地形図等を含めた全ての航空写真測量成果品をブルネイ国セキュリティオフィサーが平成4年12月8日にブルネイ国に持ち帰った。

植生図および土壌図を作成するため、調査団は平成4年12月16日縮尺1/20,000地形図原図6図葉を再び日本へ持ち帰った。これら地形図6図葉は平成5年9月4日ブルネイ国森林局へ返還された。

### 3. 森林調査

#### 3.1. 調査設計

本森林調査の目的は蓄積推定と熱帯降雨林の生態的特徴に基づく各種森林タイプのより詳細な現況分布図を作成することを目的としたものである。しだかつて森林タイプ区分に当たっては、林分の材積の相違による区分ではなく、生態的特徴に基づく区分とすることに主眼を置いた。すなわち造林樹種の選定や森林の取扱い、さらには環境保全の検討に有意義なデータとなりうる森林タイプ図を作成することに重点が置かれている。

具体的には各層（区分された森林タイプのことを標本調査の場合は「層」と呼ぶ。）および全林分の蓄積推定は層化二重抽出法で実施した。この方法は、大面積の森林調査において調査面積に見合った十分な地上調査の標本地がとれないときに、航空写真判読と地上調査の併用による標本調査として通常採用される方法である。

森林タイプ区分は、基本的にはAnderson外の森林タイプ区分を本調査地域に限定した場合に適合するよう改変した。Anderson外の森林タイプ区分を本調査における森林タイプ区分の対比表は Table-10 に示すとおりである。

この森林タイプ区分の基準に基づいて航空写真から地形、林型（林冠型と樹高、林冠疎密度）を判読して区分した。この区分の最小単位は概ね 5 ha 程度とした。

航空写真上に区分された各森林タイプに必要な数の標本地（大標本）をおとし、その大標本について航空写真から平均樹冠直径 ( $X_{1i}$ ) と樹冠疎密度 ( $X_{2i}$ ) を判読する。さらにこの大標本の中から小標本を抽出し、抽出された小標本地について現地上で毎木調査を行い実測材積 ( $y_i$ ) とそれに対応する写真判読地 ( $X_{1i}$ 、 $X_{2i}$ ) を得る。この独立変数 ( $X_{1i}$ 、 $X_{2i}$ ) と従属変数 ( $y_i$ ) によって推定材積 ( $\hat{y}_i$ ) を求める回帰式をたて、本式から大標本地の材積を推定する。

大標本地は各層（各森林タイプ）に必要なかつ十分な個数が配置されているので層別および全体の蓄積が推定できることとなる。

##### 3.1.1. 航空写真の予備判読

航空写真の予備判読は調査設計の前段作業として各森林タイプを区分し、全調査地内に分布する各層に大標本と小標本を割り振るために実施する。

森林タイプ区分は航空写真から地形、林型、樹冠疎密度の 3 要因によって判読した。

##### (1) 地形の判読

各森林タイプの分布は地形因子によって大きく影響されている。調査地は全域にわたって低地小起伏波状地形である。淡水湿地林[2] は標高の低い河川や沢筋の河岸沖積地帯で、雨期には冠水する箇所には帯状に現われている。泥炭湿地林[3] は淡水湿地林の内側（山側）の低い平

Table-10 Contrast between forest type classification by Anderson and of this survey

	Forest classification by Anderson		Forest classification of this survey	
	Symbols	Forest types or conditions	Symbols	Forest types or conditions
Freshwater swamp forest	2.1	Levee alluvium	2.1(1)	Levee alluvium
	2.2	Lower level alluvium	2.2(1)	Lower level alluvium
Peat swamp forest	3.1	Mixed swamp forest	2.2(1. EX)	- " - (Exploited forest)
			2.2(1. S)	(Sparse density)
	3.1	Mixed swamp forest	3.1(1)	Mixed swamp forest Dense even, small crowns
			3.1(1. EX)	- " - (Exploited forest)
	3.1	Mixed swamp forest	3.1(2)	Mixed swamp forest Dense uneven, medium crowns
			3.1(2. EX)	- " - (Exploited forest)
	3.2	Alan forest	3.2(2)	Mixed swamp forest Dense uneven, large emergents
			3.2(2. EX)	- " - (Exploited forest)
	3.2(2. S)	(Sparse density)		
	3.2/3	Transitional between 3.2 & 3.3		
3.3	Alan bunga forest	3.3(3)	Alan bunga forest	
		3.3(3. EX)	- " - (Exploited forest)	
3.4	Padang alan forest			
3.5	Padang forest	3.5(1)	Padang alan forest	
Mixed dipterocarp forest	5(2)	Canopy uneven, medium or large emergent	5(2)	Dense uneven, medium or large emergents
			5(2. EX)	- " - (Exploited forest)
	5(3)	Dense even canopy of medium crowns	5(3)	Dense even, medium crowns
	5(4)	Dense uneven canopy of medium and large crowns	5(4)	Dense uneven, medium and large crowns
5(4. EX)			- " - (Exploited forest)	
Secondary forest	8	Generally over 25 years old	8	Generally over 25 years old
			8(S)	(Sparse density)
	9	Cleared land and cultivation	9	Forest plantation
			10	Cultivation, cleared land and village
			11	Unstocked land and land slide

坦地で、常時湿地状態にある箇所に現われ、淡水湿地林と低地混交フタバガキ科林との中間地帯に分布する。Padang alan forest、層[3.5(1)]は泥炭湿地林の中心部に出現し、Alan bunga forest、層3.3(3)はその外縁に分布する。さらに外縁の淡水湿地林に接するところに混交泥炭湿地林、層3.1(1)、3.1(2)、3.2(2)が現れている。低地混交フタバガキ科林、層5(2)はさらに内陸部の微波状地形に分布し、この低地混交フタバガキ科林につながる丘陵地形には大径木が比較的多く混生する混交フタバガキ科林[5(4)]が出現する。

森林タイプと地形との関係はFigure-10 のとおりである。

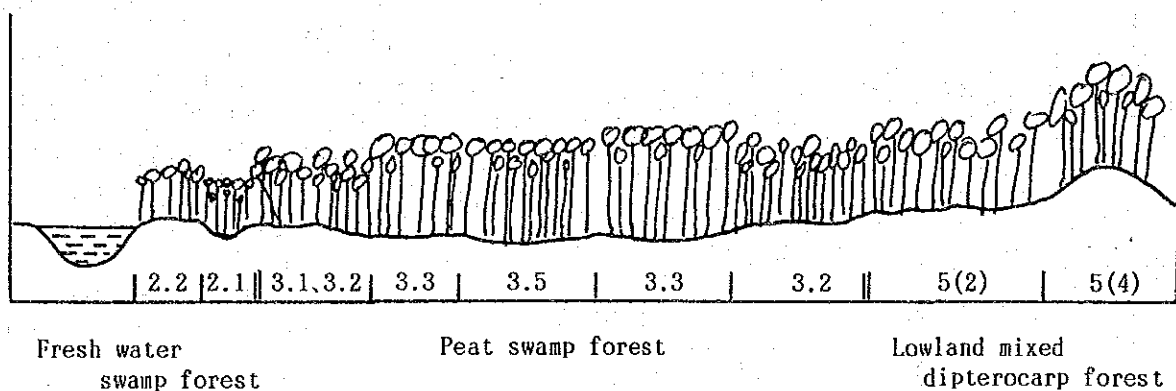


Figure-10 Relationship between forest type, configuration and topography

## (2) 森林タイプの判読

主として地形判読によって区分した淡水湿地林[2]、泥炭湿地林[3]、低地混交フタバガキ科林[5]をさらに林型の違いによって(1)から(5)に細分した。

林型区分の判読要因は林冠型と樹冠の大きさおよび樹高を用いた。

また泥炭湿地林のAlan bunga林[3.3]や低地混交フタバガキ科林[5(4)]のShorea属の一部の樹冠の写真色調は、比較的明るい淡灰色を帯びており判読が容易であった。さらに写真色調は林内の湿度状態の推定にも用いることができた。Padang alan 林[3.5(1)]のように湿度の高い林分の写真色調は概して濃灰色を呈していた。

林型区分の判別基準はFigure-11 に示すとおりである。

森林タイプの写真判読上の特徴を以下に記述する。

### a. 淡水湿地林 (Freshwater swamp forest)

#### (a) 2.1 タイプ

林型タイプ(1)で林冠はフラットでかつ密である。樹冠直径は極めて小さく、樹高は30m前



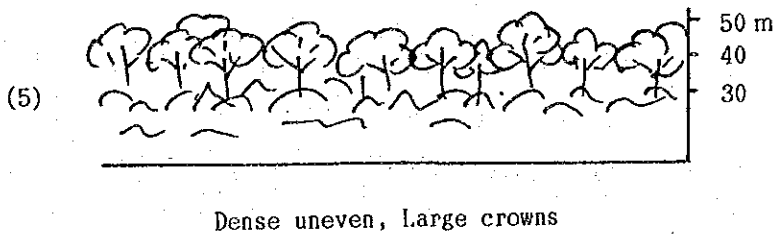
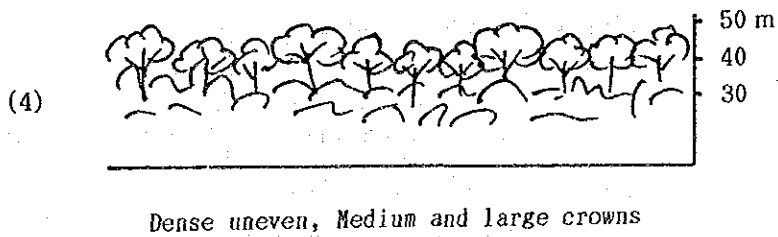
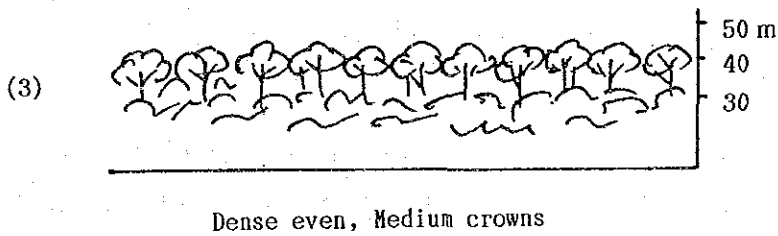
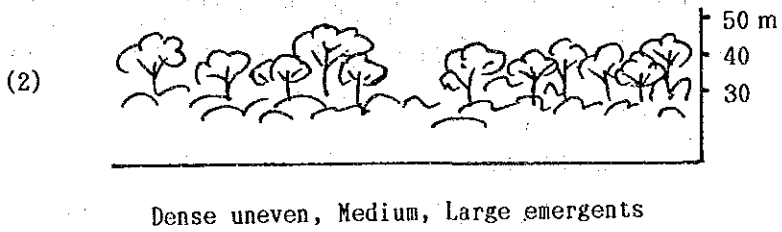
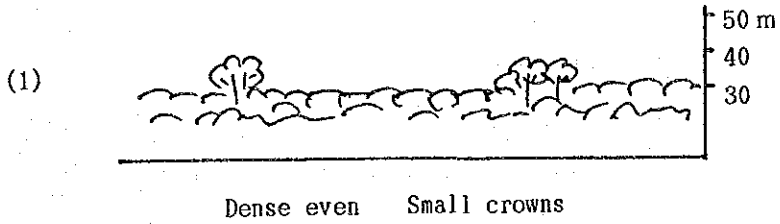
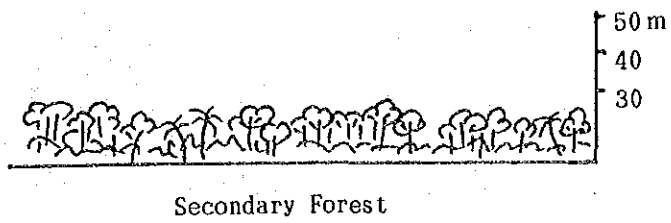


Figure-11 Stand type

後である。河岸の沖積土地帯に細長い帯状となって分布している。

(b) 2.2 タイプ

林型タイプ(1)で林冠は2.1と同じくフラットで密であるが、樹冠直径と樹高が2.1タイプよりやや大きい。このタイプの分布は2.1タイプに隣接するかあるいは2.1タイプは出現せず、2.2タイプのみ分布している場合もある。

b. 泥炭湿地林 (Peat swamp forest)

(a) 3.1 タイプ (Mixed swamp forest)

林型タイプは(1)と(2)のタイプがある。(2)タイプは(1)タイプより樹冠直径が僅かに大きく、林冠に凹凸が生じている。上層木の樹高は両者とも30mから40mの範囲にある。

(b) 3.2 タイプ (Mixed swamp forest)

本タイプは3.1(2)に非常に近似するタイプであるが、樹高が45m前後僅かに高い。3.1(2)タイプは淡水湿地林に類似し、3.2タイプは低地混交フタバガキ科林に近似している。タイプ内の変動が大きい森林タイプである。

(c) 3.3 タイプ (Alan bunga forest)

林型タイプは(3)で、Alanが優占し、写真色調は明るい淡灰色を呈している。樹冠直径は「中」で、均一な樹冠が密生している。平均樹冠直径は「大」で、上層木の樹高は45m前後である。

(d) 3.5 タイプ (Padang alan forest)

林型タイプは(1)と(3)を合わせたタイプで、本調査では(1)とした。樹高の高い通直なAlanが密生しているため、樹冠直径は「小」または「中」となっている。林冠の写真色調は灰色を呈している。

c. 混交フタバガキ科林 (Mixed dipterocarp forest)

(a) 5(2)タイプ

林型タイプ(2)で、上層林冠を占める林木は樹冠直径「中」および「大」が混在し凹凸の林冠を形成しているが、ところによっては林冠が疎開している場合がある。このタイプでは大径木のフタバガキ科樹種の混交割合が比較的多く、上層木の樹高は40mから50mである。

(b) 5(3)タイプ

林型タイプは(3)と(4)の中間的形態を示している。上層木に樹冠直径「中」の林木が小グループで群生するが、タイプ(3)のように林冠層はフラットではない。樹冠はやや密生しており、上層木の樹高は40mから50mである。本タイプは丘陵地形に出現する。

(c) 5(4)タイプ

林型タイプは(4)で低地の丘陵部のみに分布する。樹冠直径は「中」と「大」が混在する。

大径木はフタバガキ科の樹種が優占し、林冠の写真色調はやや明るい淡灰色を帯びている。上層木の樹高は50m前後である。

### (3) 樹冠疎密度の判読

樹冠疎密度は林分の上層林冠を樹冠疎密度板との比較によって判読し、予備判読段階での階級区分は Table-11 に示すとおりである。

Table-11 Classification of crown density

Crown density	Crown occupancy rate
High density	Over 90%
Medium density	60~80%
Sparse density	Below 50%

### 3.1.2. 標本地の選定

層化二重抽出法においては必要な数の大標本地と、この大標本地の中からさらに妥当な数の小標本地を抽出して、この小標本地について地上調査を実施することとなる。しかし航空写真の撮影時期と現地調査開始時の時間的制約から先ず小標本地を選定し、大標本地の抽出は現地調査後に行うこととした。

小標本地の数は、森林タイプ、調査時間、調査地へのアクセス等を勘案して調査地域全体で概略的に最小限30地点は必要であると想定された。

小標本地の選定に当たっては次の事項によることとした。

- a. 森林タイプごとの小標本地数は各森林タイプの面積割合を考慮して割り振る。
- b. 極端に分布面積が少ない森林タイプを除き各森林タイプに少なくとも1カ所は設ける。
- c. 可能な限り各森林タイプの典型的な林型を持つ箇所を選ぶ。
- d. 林型の変位の大きい森林タイプには多く割り振る。

以上の諸点から小標本地の地域別割振りは、Tutong川流域の森林タイプが比較的単純であるのに対して、Belait川流域は複雑な様相を呈していることから、Belait川沿いおよび調査地中央部に新設されている道路沿いに比重を置いた。

### 3.1.3. 小標本地の形状

小標本地の形状は、調査地点から航空写真上で確認できることと、現地作業の効率性を考慮して帯状の標本地とした。

調査原点から一定方向に基線（基線長 100m）を出し、基線の両側それぞれ20mの幅をとっ

た細帯状とする。

基線をさらに20mごとに区切り、基線を中心として両側に20m×20mのブロックを10箇設ける。基線長は原則的に100mとするが、二次林等で小径木が密生する等森林の状況によっては100m以下とし、この場合は計測胸高直径の下限を引き下げた。

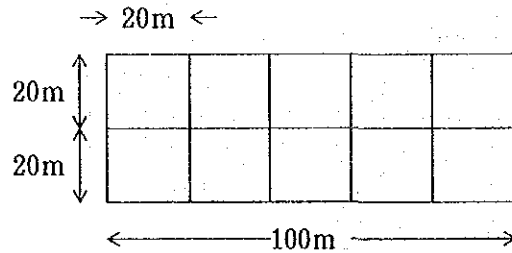


Figure-12 Shape of small sample plots

このブロックの設定は標本地内の胸高直径、枝下高、蓄積等の分散を見るためと、標本地内の測定木の確認を容易にするために設けたものである。

#### 3.1.4. 調査項目

標本地内全般に関する調査項目は次のとおりである。

- ① 天候、② 位置、③ 標本地が撮影されている航空写真の番号、④ 基線の方向、⑤ 勾配、⑥ 傾斜の方向、⑦ 樹冠疎密度

標本地内毎木調査の調査項目は以下のとおりである。

- ① 樹種名、② 上層木、下層木の別、③ 胸高直径、④ 樹高(枝下高)、⑤ 樹冠直径
- 計測する胸高直径の下限については、ブルネイ国において採用されている調査の方法等を参酌して原則として18cmとしたが、二次林等基線長が100m以下の場合は10cmとした。

### 3.2. 現地調査

#### 3.2.1. 標本地の数および位置

地区別および森林タイプ別標本地の数は Table-12 および Table-13 のとおりである。

また、標本地の位置は Figure-13 に示すとおりである。

Table-12 Number of small sample plots by area

Daerah	Area	Number of small sample plots
Tutong	Ukong	3
	Watershed of Sg. Supon	2
Belait	Mau/Bukit Sawat	11
	Along the new constructed road	8
	Apak Apak	10
	Buau	4
Total		38

Table-13 Number of small sample plots by stratum

Forest types	Stratum	Number of small sample plots
Freshwater swamp forest	2.1(1)	2
	2.2(1)	2
Peat swamp forest	3.1(1)	1
	3.1(1. EX)	1
	3.1(2)	4
	3.2(2)	5
	3.3(3)	4
	3.5(1)	2
Mixed dipterocarp forest	5(2)	7
	5(2. EX)	4
	5(4)	4
Secondary forest	8	2
Total		38

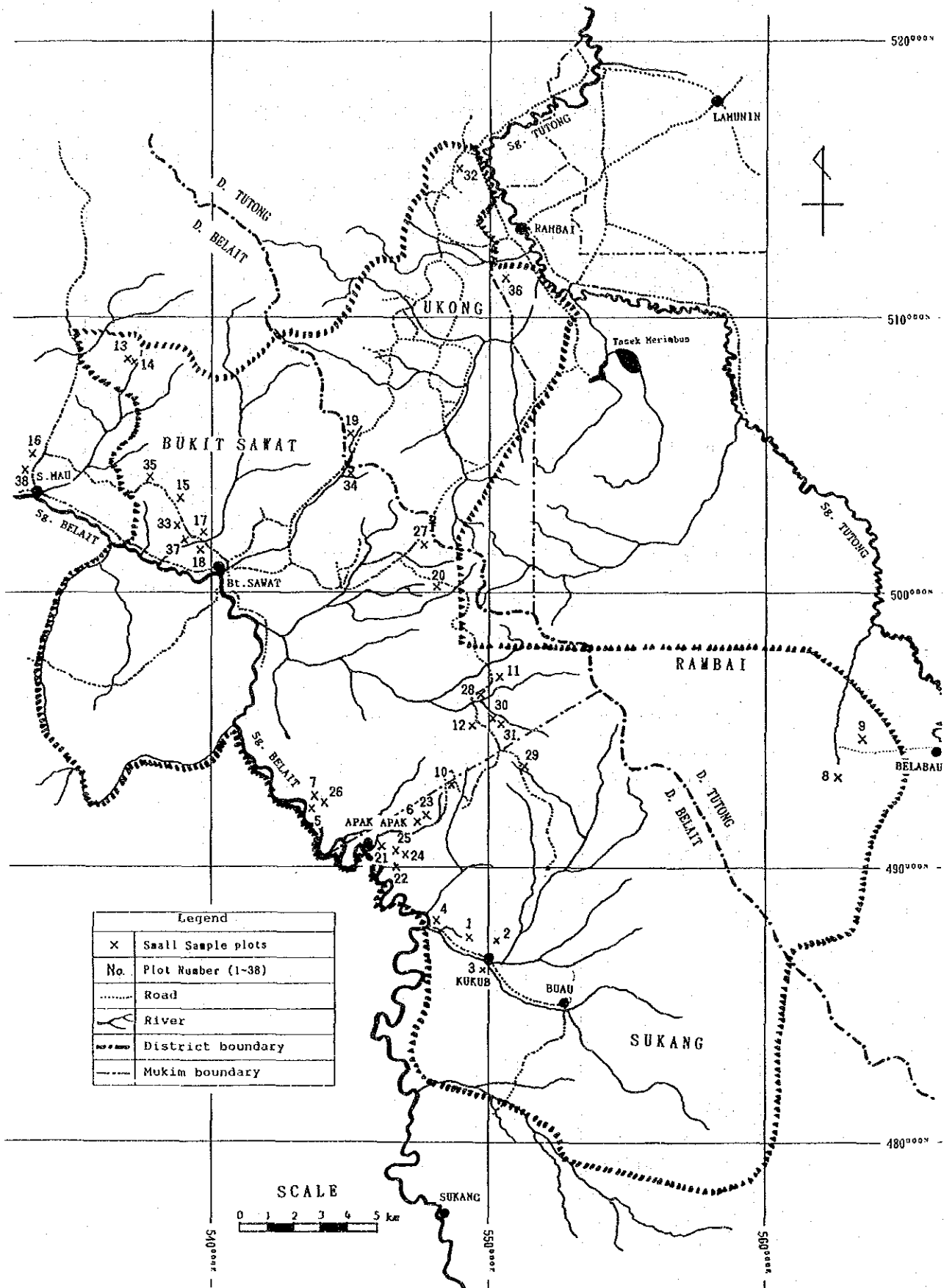


Figure-13 Location of small sample plots

### 3.2.2. 立木材積表の作成

当調査において、標本地の単木材積を求めるため立木材積表を作成した。

この際、ブルネイ国における林業研究計画の報告書 [FORBST RESEARCH NOTE IN BRUNEI DARUSSALAM No. 9 (DEVELOPMENT OF FOREST INVENTORY SYSTEM IN BRUNEI DARUSSALAM --- VOLUME TABLE CONSTRUCTION ---) by Masakiyo KAWAGUCHI and Mansor Bin Ahmat / Forestry Department, Brunei Darussalam and JICA Forestry Research Project Team in Negara Brunei Darussalam / July, 1988] に発表された次式を用いた。

$$\text{Log } V = a + b \cdot \text{Log } BH + c \cdot \text{Log } D$$

全樹種	$a = -3.91836$ 、 $b = 0.70315$ 、 $c = 2.01337$
Kapur bukit	$a = -3.35807$ 、 $b = 0.91246$ 、 $c = 1.52979$
Keruing	$a = -3.72438$ 、 $b = 0.16487$ 、 $c = 2.32208$
Seraya	$a = -4.78619$ 、 $b = 1.31309$ 、 $c = 2.05064$
その他	$a = -4.08397$ 、 $b = 0.88112$ 、 $c = 1.97930$

V : 単木材積    BH : 枝下高    D : 胸高直径

上式により主要樹種ごとに胸高直径、枝下高別の単木材積（皮付き利用材積）を算出し、App. Table-4「立木材積表」として取りまとめた。なお、胸高直径は18～150cmの範囲で2cmごとに、枝下高は10～50mの範囲で2mごとに表した。

標本地での毎木調査結果を取りまとめる際には、この立木材積表を用いて個々の立木材積を求めたが、この表に表されていないものについては上式から直接算出した。ただし、Merantiには同じShorea属で樹形が近似するSerayaの式を適用させた。

### 3.2.3. 標本地調査結果一覧

#### (1) 取りまとめ方法

現地における標本地調査で得られた38の標本点データを以下の方法にしたがって取りまとめた。取りまとめ作業の全体的な流れはFigure-14に示すとおりである。その結果は、最終的に別添の判読基準カードとしてまとめた。

なお、この取りまとめ作業には、パーソナルコンピューター (NBC:PC-9801) およびカード型データベースソフト (The CARD3+) を用いた。

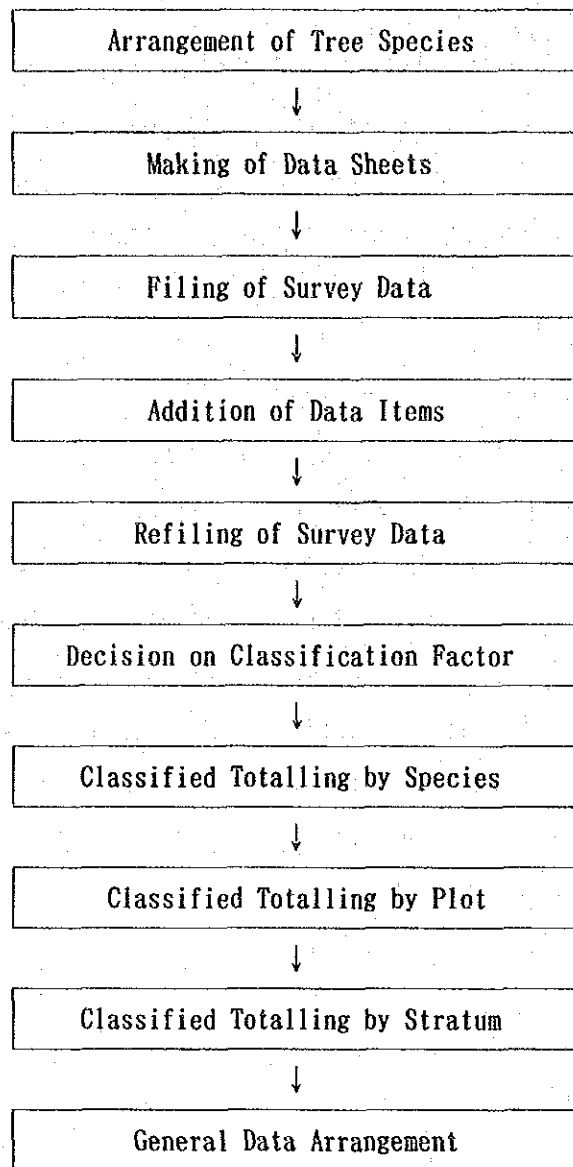


Figure-14 Flow-chart of data arrangement

a. 樹種の判定作業

樹種の判定は次に示す文献を参考にできる限りおこなった。

- ① A CHECK LIST of BRUNEI TREES : HASAN BIN PUKUL and P. S. ASHTON
- ② 熱帯植物要覧 : 熱帯植物研究会 (1991)
- ③ 熱帯の有用樹種 : 農林省熱帯農業研究センター

しかし、地方名が地域によって異なり1つの種が多くの地方名で呼ばれたり、逆に1つの地方名がいくつかの種を表わしたりしているため、判定作業は困難を極めた。特に、種名についてはほとんどの樹種が判定不可能であったため、種名の記述は省略した。



b. 毎木調査データのファイル

毎木調査野帳の記載事項であるプロットNo、ブロックNo、立木No、地方名、上層・下層別、胸高直径、枝下高、樹冠直径（上層木のみ）の8項目をコンピュータに入力した。

c. データ項目の追加

前述の現地調査項目に、次に示す諸項目を追加し、コンピュータに再ファイルした。

1) 層

本調査では層化二重抽出法を採用したが、この層化は類似の森林タイプをひとくくりにし、各森林タイプごとに標本地を抽出するため、Table-14 に示すように1森林タイプに1層を対応させた。標本地を割り当てた層は、2.1(1)、2.2(1)、3.1(1)、3.1(1.EX)、3.1(2)、3.2(2)、3.3(3)、3.5(1)、5(2)、5(2.EX)、5(4)、8の12層である。

Table-14 Stratified standard

Stratum			Forest type	Plot No.
2	Freshwater swamp forest	2.1(1)	Levee alluvium	4, 5
		2.2(1)	Lower level alluvium	21, 35
3	Peat swamp forest (PSF)	3.1(1)	Mixed swamp forest (MSF) Dense even, small crowns	1, 18'
		3.1(2)	Mixed swamp forest (MSF) Dense uneven, medium crowns	2, 3, 7, 32
		3.2(2)	Mixed swamp forest (MSF) Dense uneven, large emergents	15, 17, 24, 25 36
		3.3(3)	Alan bunga forest	6, 22, 23, 26
		3.5(1)	Padang alan forest	16, 38
5	Mixed dipterocarp forest (MDF)	5(2)	Dense uneven, medium or large emergents	8, 9, 10, 12 13', 14', 19' 20, 27, 28, 34'
		5(3)	Dense even, medium crowns	
		5(4)	Dense uneven, medium and large crowns	11, 29, 30, 31
8	Secondary forest	8	Generally over 25 years old	33, 37
9		9	Forest plantations	
10		10	Cultivation, cleared land & village	
11		11	Unstocked land & landslide	

' : Exploited forest

## 2) 属名・科名

前記の判定作業に基づき、地方名に対応した属名および科名を入力した。

## 3) 樹種グループ

判定された樹種について、以下に示すようなグループ区分をおこなった。

グループA	商業用樹種
グループB	利用可能樹種
グループC	その他

グループAについては、ブルネイ国森林法規則第13条 (Forest produce to be liable to royalty) に、ロイヤルティが用材トン当り15ドル以上の樹種として掲げられている樹種を適用させた。次に「南洋材の材質と加工性：筒本卓造、中野達夫、唐沢仁志、共著 (1975)」および「インドネシア産主要木材：筒本卓造、樋渡幸男 抄訳」等の文献から、用途、耐久性、加工性等の特性を考慮し、合わせて41樹種を商業用樹種として取り扱った。

グループBについても、前述の文献から28樹種を選別した。さらにグループCは、グループA、B以外の34樹種で、材の利用がまだ知られていないものである。

以上のグループA～C別の樹種リストを App. Table-5 ～7 に示す。

## 4) フタバガキ科

フタバガキ科の樹種を「D」(Dipterocarp Trees)、フタバガキ科以外の樹種を「N」(Non-dipterocarp Trees)で表わした。フタバガキ科の樹種は、全て樹種グループAに該当する。

## 5) 材積

「3.2.2. 立木材積表の作成」の項で示した材積式を用いて、単木ごとに胸高直径と枝下高から材積 (皮付き利用材積) を算出した。

### d. 分類因子の決定

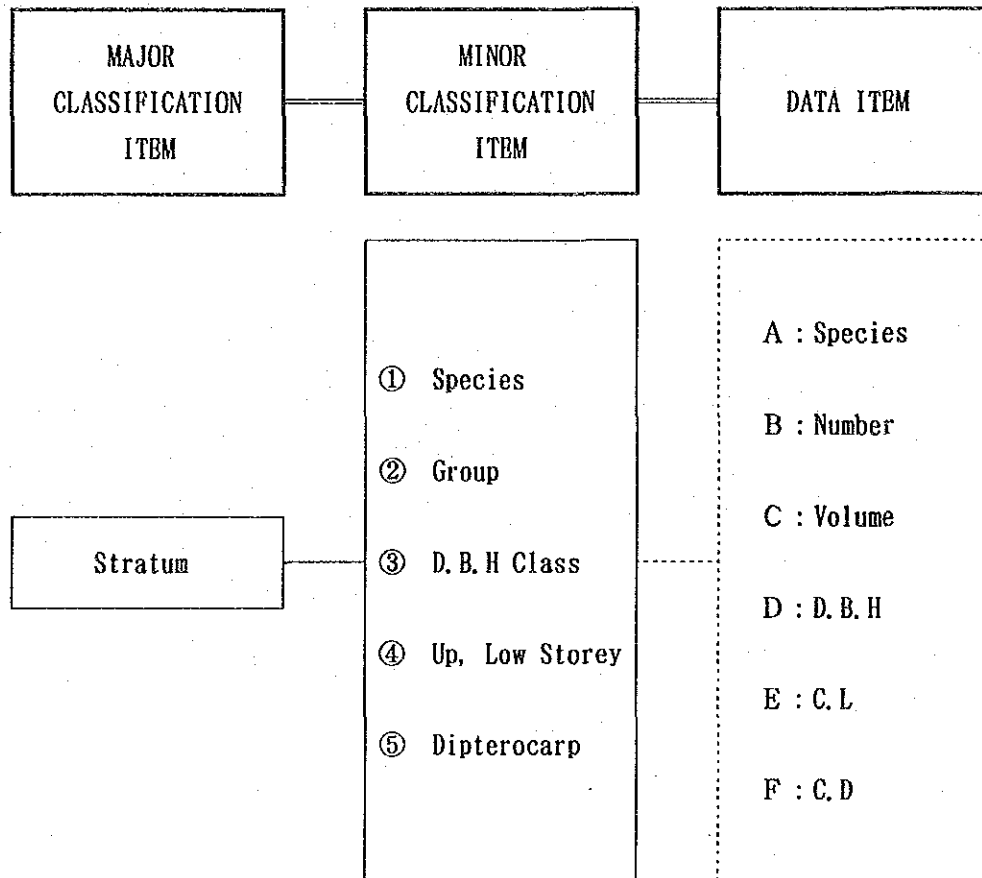
本調査では、森林タイプ別の林況を明らかにすることにより、モデルプランテーションエリア内熱帯林の生態的特徴を把握することが重要な課題となっている。このため、標本地データの大分類項目として「層」を取り上げた。また、「樹種」、「グループ」、「直径階」、「上・下層」、「フタバガキ科」の5因子を小分類項目として取り上げた。

### e. 分類集計および取りまとめ

取りまとめの対象となるデータとしては、「樹種」、「本数」、「材積」、「胸高直径」、「枝下高」、「樹冠直径」等を考えた。この結果、分類集計としては、例えば「層別グループ別の材積」、あるいは「層別直径階別の本数」のようにおこなった。

この取りまとめに当たっては、2つの直径階 (18cm以上40cm未満、40cm以上) ごとの区分を

適宜取り入れた。



(Note) D. B. H : Diameter Breast Height

C. L : Clear Length

C. D : Crown Diameter

Figure-15 Classification system of data

(2) 標本地

標本地ごとに、立木本数、胸高直径、枝下高、樹冠直径および材積（皮付き利用材積）を直径階別に一覧表にしたものが App. Table-8 である。

(3) 層

38標本地は Table-14 に表したように12層に分類される。

標本地における毎木調査の結果（立木本数、胸高直径、枝下高、樹冠直径、材積）を、層別に一覧表にしたものが App. Table-9 である。

a. 樹種

App. Table-10 に層ごとの出現種数を示す。これによると、各層の標本地数に差があるものの、次のような明瞭な傾向が認められる。

- ① 混交フタバガキ科林（層5）→泥炭湿地林（層3）→淡水湿地林（層2）の順に種数が多い。
- ② 層5は他層よりフタバガキ科樹種が圧倒的に多い。
- ③ 層5はグループA（商業用樹種）の種が占める割合が大きい。
- ④ 胸高直径40cm未満の種数が40cm以上の種数を上回っている。

#### b. 立木本数

ha当りの立木本数（胸高直径18cm以上）は、層3.1(1)が最も多く473本、層5(2. EX)が最も少なく191本で、層によってかなりの変動が認められる。また、胸高直径が40cm未満の立木は137～408本/ha、胸高直径が40cm以上の立木は17～131本/haであることから、各層の立木本数の較差は胸高直径40cm未満の小径木に左右されていることがわかる。

##### 1) 樹種別

層ごとの出現樹種の立木本数は App. Table-11 のとおりであるが、これによると、層によって出現樹種に次のような傾向が認められる。

- ① 淡水湿地林（層2）に多く出現する樹種  
Ubah、Nyatoh、Resak、Keruntum
- ② 混交湿地林（層3.1 および層3.2）に多く出現する樹種  
Ubah、Kapur Group、Ramin、Resak、Sepetir、Kayu malam、Medang tabak、Kedondong
- ③ アラン林（層3.3 および層3.5）に多く出現する樹種  
Alan、Keruntum、Mengilas、Ramin、Nyatoh
- ④ 混交フタバガキ科林（層5）に多く出現する樹種  
Meranti Group、Kedondong、Perah
- ⑤ 二次林（層8）に多く出現する樹種  
Ubah、Kapur Group、Resak Group、Kedondong

##### 2) グループ別

樹種グループ区分ごとのha当り立木本数は App. Table-12 のとおりである。商業樹種グループAは層2.2(1)に多く、層5(2)に少ない。利用可能樹種であるグループBも含めると、層3.1(1)に多く現れている。

グループAで胸高直径40cm以上のものに着目すれば、層3.3(3)では1ha当り229本のうち74本、すなわち1/3の立木に商業的価値が認められる。次いで、層3.5(1)、層5(4)に商業的有用

樹の占める割合が高くなっている。

### 3) 胸高直径階別

App. Table-13 は胸高直径階別に表わした1 ha当たり立木本数であるが、これによると各層とも径30cm未満の小径木が多いことが分かる。径100cm以上の巨木はいずれもアラン林(層3.3(3))と混交フタバガキ科林(層5)に出現している。

以上のことをグラフに表したのが App. Figure-1 である。これによると径20~30cmの立木が最も多いL字形の分布を示しているが、層により若干異なることがわかる。

### 4) 上・下層、科別

App. Table-14 はha当たり立木本数を上層木か下層木か、あるいはフタバガキ科かどうかで分類したものである。これによると、淡水湿地林(層2)、泥炭湿地林(層3.1)では上層木が多く、アラン林(層3.3 および層3.5)、混交フタバガキ科林(層5)では下層木の方が多い傾向にある。

フタバガキ科樹種の構成比は、層3.5(1)と層5(4)が40%と高く、層3.1(2)が14%で最低である。

### c. 材積

App. Table-9 に表した層ごとの1 ha当り材積をみると、二次林(層8)が205 m<sup>3</sup>で最も少なく、アラン林(層3.3 および層3.5)が528 ~585 m<sup>3</sup>で多い。泥炭湿地林(層3.1 および層3.2)と混交フタバガキ科林(層5)との差は特に認められず、Exploited Forestを除けば331~448 m<sup>3</sup>とアラン林に次いで高い値を示している。淡水湿地林(層2)は230~278 m<sup>3</sup>と二次林に次いで材積が少ない。

また径40cm以上の立木の材積に着目すると、層ごとの差はより顕著になる。層3.3(3)が516 m<sup>3</sup>と圧倒的に多く、層3.5(1)、層5(4)が次いでいる。

### 1) 樹種別

App. Table-15~26 は径40cm以上の立木の材積の多い順に出現樹種を並べたものであるが、このうち上位樹種に注目すると次のとおりである。

層2.1	.....	Ubah、Bintangor
層2.2	.....	Keruntum、Kapur paya
層3.1	.....	Kapur paya、Ramin
層3.2	.....	Kapur paya、Kedondong
層3.3	.....	Alan
層3.5	.....	Alan
層5(2)	.....	Meranti、Kedondong
層5(4)	.....	Kapur bukit、Meranti

## 2) グループ別

樹種グループ区分にしたがってha当りの材積を表わしたものが App. Table-27 である。多くの層で商業樹種であるグループAの占有率が高くなっている。特に層3.3(3)において顕著で、その占有率は85%と目を見張るものがある。

またグループAで胸高直径40cm以上の商業的価値の高い樹種に着目すれば、Alanの純林を形成する層3.3(3)が占有率約81%で他層を圧倒している。次いで、層3.5(1)、層5(4)が高率を示し、層2.1(1)が占有率5%と最も低くなっている。

## 3) 上・下層、科別

App. Table-28 は層別の1ha当たり材積を上層木か下層木か、あるいはフタバガキ科かそうでないかで分類したものである。これによると、どの層においても上層木の材積の方が大きくなっている。

フタバガキ科樹種の材積占有率は、アラン林(層3.3(3)および層3.5(1))が72~77%と最も高く、次いで混交フタバガキ科林の層5(4)が65%を占め、淡水湿地林の層2.1(1)が15%で最低である。

### d. 胸高直径・枝下高・樹冠直径

層ごとに胸高直径・枝下高・樹冠直径の平均値、最大値、最小値を表すと、App. Table-29~31のとおりである。平均値に注目すると、胸高直径では層3.3(3)、枝下高では層5(2)、樹冠直径では層5(4)が大きい値を示している。また、層によって胸高直径では20.4~47.7cm、枝下高では10.6~17.9m、樹冠直径では5.9~10.6mという大きな変動が認められる。

胸高直径の最大値は130cmで層3.3(3)、層5(2)、層5(4)に出現している。また、枝下高の最大値は35mで層3.3(3)、層5(4)に出現している。

### 3.2.4. 標本地調査結果の分析

小標本地の毎木調査データを層別(森林タイプ別)に分類集計し、各層の林況の特徴を明らかにした。データの解析に当たっては主として林木の商業的価値に視点をあてた。以下各層の特性要因を取り上げる。

#### (1) 層2.1(1) 淡水湿地林

優占種はUbah、Bintangor、Medang、Resak、Rengas等である。胸高直径40cm以上の商業樹種でグループAに属するものはResakとMerbau程度で、材積割合は5%である。主として小径木で構成された商業的価値の低い林分である。

本層のhaあたり平均材積は230m<sup>3</sup>である。

#### (2) 層2.1(1) 淡水湿地林

優占種はKeruntum、Kapur paya、Nyatoh、Meranti paya、Medang ta-bak等である。胸高直

径40cm以上のグループAに属する樹種はKapur paya、Nyatoh、Meranti paya、Ramin等で材積割合は16%である。この層も層2.1(1)に次いで商業的価値の低い林分である。

本層のhaあたり平均材積は 278 m<sup>3</sup>である。

(3) 層3.1(1) 泥炭湿地林

優占種はKeruntum、Ramin、Kapur paya、Bangkoh、Medang等であるが、場所により混交樹種の変動も大きい。胸高直径40cm以上のグループAに属する樹種はRamin、Kapur paya、Nyatohで、材積割合は14%と低く胸高直径40cm以下の中小径木が非常に多い林分である。

本層のhaあたり平均材積は 448 m<sup>3</sup>である。

(4) 層3.1(1, BX) 泥炭湿地林

過去において3.1(1)層の一部伐採が行われた林分で、森林タイプの一つとして位置付け層化した。優占種はRamin、Kapur paya、Ubah、Medang等である。胸高直径40cm以上のグループAに属する樹種はRaminとKapur payaで材積割合は34%を占める。

本層のhaあたり平均材積は 260 m<sup>3</sup>である。

(5) 層3.1(2) 泥炭湿地林

優占種はKapur paya、Ramin、Sepetir、Ubah、Nyatoh等である。胸高直径40cm以上のグループAに属する樹種はKapur paya、Ramin、Nyatoh、Merantiグループで材積割合は39%を占めている。

本層のhaあたり平均材積は 393 m<sup>3</sup>である。

(6) 層3.2(2) 泥炭湿地林

優占種はKapur paya、Kedondong、Rengas、Keruntum、Ubah等である。胸高直径40cm以上のグループAに属する樹種はKapur paya、Nyatoh、Ramin、Merantiグループで材積割合は30%である。

本層のhaあたり平均材積は 331 m<sup>3</sup>であって、立地特性を除けば層3.1(2)に共通するところが多い。

(7) 層3.3(3) Alan bunga 林

優占種はAlanのみで単純一斉林に近いものを形成し、材積割合は76%であった。胸高直径40cm以上の樹木では材積で86%を占め、本数では66%を占めていた。本層のhaあたり平均材積は 585 m<sup>3</sup>であり、全材積的にも、商業樹種の材積に関しても最大の数値を示している。

なお下層木にはRamin、Ubah、Jelutong、Sepetir、Nyatoh等が成育している。

(8) 層3.5(1) Padang alan 林

層3.3(3)のAlan bunga林と同様Alanが優占する層である。胸高直径40cm以上の樹木では材積で87%、本数で82%を占めている。