

# フィジー国

## バヌア レブ島 マツ造林地森林調査

### 報告書

昭和55年12月

計画機関 国際協力事業団  
実施機関 社団法人日本林業技術協会

林開発

80-64

JICA LIBRARY



1042944[7]



「3林班のファイアタワーより望む」

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 3. 30	202
登録No. 02238	88.3
	FDD

## あ い さ つ

フィジー国は、オセアニアの島しょ地域のなかでは木材生産・造林等の面でかなりの実績をもち、高い潜在的森林生産力を有しているところから、林業開発を同国の開発計画の主要課題としてとりあげている。

当事業団は、1980年7月7日から9月10日にかけて調査チームを派遣し、フィジー国の要請に基づく林業開発調査の一環として、バヌア・レブ島セガンガ、コロタリ両地区のマツ造林地を対象に森林調査を行った。

本報告書が、両地区における林業開発の基礎資料として活用され、また、日本およびフィジー両国の林業分野における協力関係の発展ならびに、両国間の友好関係、相互理解の増進に資することを確信するものである。

これまでの調査の遂行にあたり、絶大な支援と協力を賜ったフィジー政府およびわが国の関係機関の各位、ならびに調査に参加された団員の各位にこの機会に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和55年12月

国際協力事業団

総裁 有田圭輔



# 目 次

1 調査概要	1
1-1 調査の目的	1
1-2 調査地域の概要	1
1-3 調査団およびフィジー国関係者	6
1-4 カリビアマツの概要	6
1-4-1 カリビアマツ変種の特徴	6
1-4-2 カリビアマツの原産地での環境条件	7
1-4-3 カリビアマツの成長特性	8
1-4-4 被害とその防除	9
1-4-5 材質と用途	10
1-4-6 植林保育技術	11
1-4-7 生態的特徴	11
2 カリビアマツ資源調査	20
2-1 調査方法	20
2-2 標準地調査	20
2-3 標準地調査結果	23
2-4 平均樹高、胸高断面積合計の推定	28
2-4-1 平均樹高の推定	28
2-4-2 胸高断面積合計の推定	29
2-5 判読資料カード ( Stereo Gramme ) 作成	31
2-5-1 平均樹高	31
2-5-2 林分材積	35
2-5-3 胸高直径	35
2-5-4 樹冠疎密度	35
2-6 空中写真林分材積表	36
2-7 林相別蓄積および総蓄積の推定	39
2-8 森林調査簿の作成	51
3 間伐指針	55
3-1 間伐方法の検討	55
3-2 現行の間伐方法	57
3-3 林分密度管理図	60
3-4 最適間伐量の検討	65
4 その他	79



# 1 調査概要

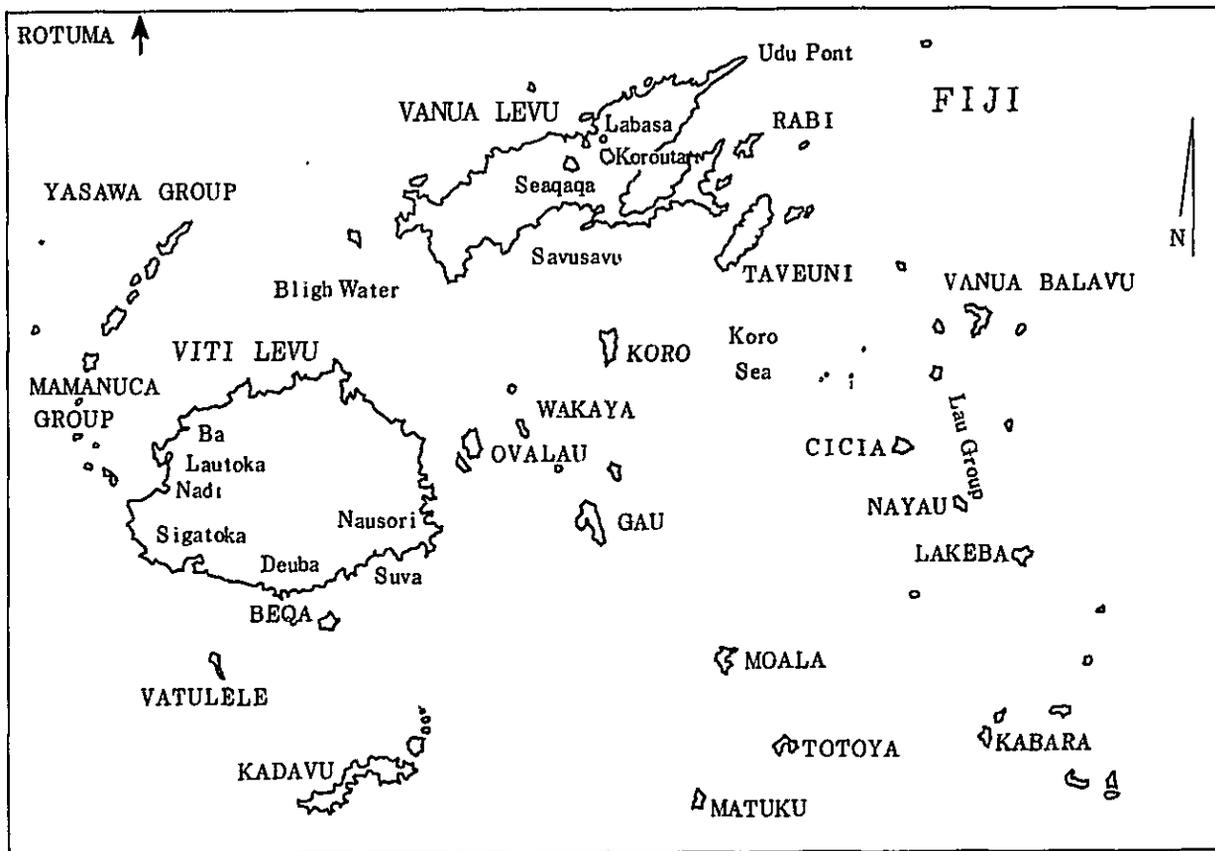
## 1-1 調査の目的

この調査はフィジー (Fiji) 国バヌアレブ (Vanua Levu) 島セガンガ (Seqaqa), およびコロタリ (Koroutari) 地区におけるフィジー国政府によるカリピアマツプランテーション地についてその分布状況, 資源量を空中写真解析によって求めること, および, その間伐等の施業法について調査検討を加え, 今後の施業計画立案の資料を提供することを目的に実施したものである。

## 1-2 調査地域の概要

調査の対象地は, フィジー国バヌアレブ島のセガンガ, およびコロタリ地区のフィジー政府による借地造林地である。(図1-1, 図1-2参照)

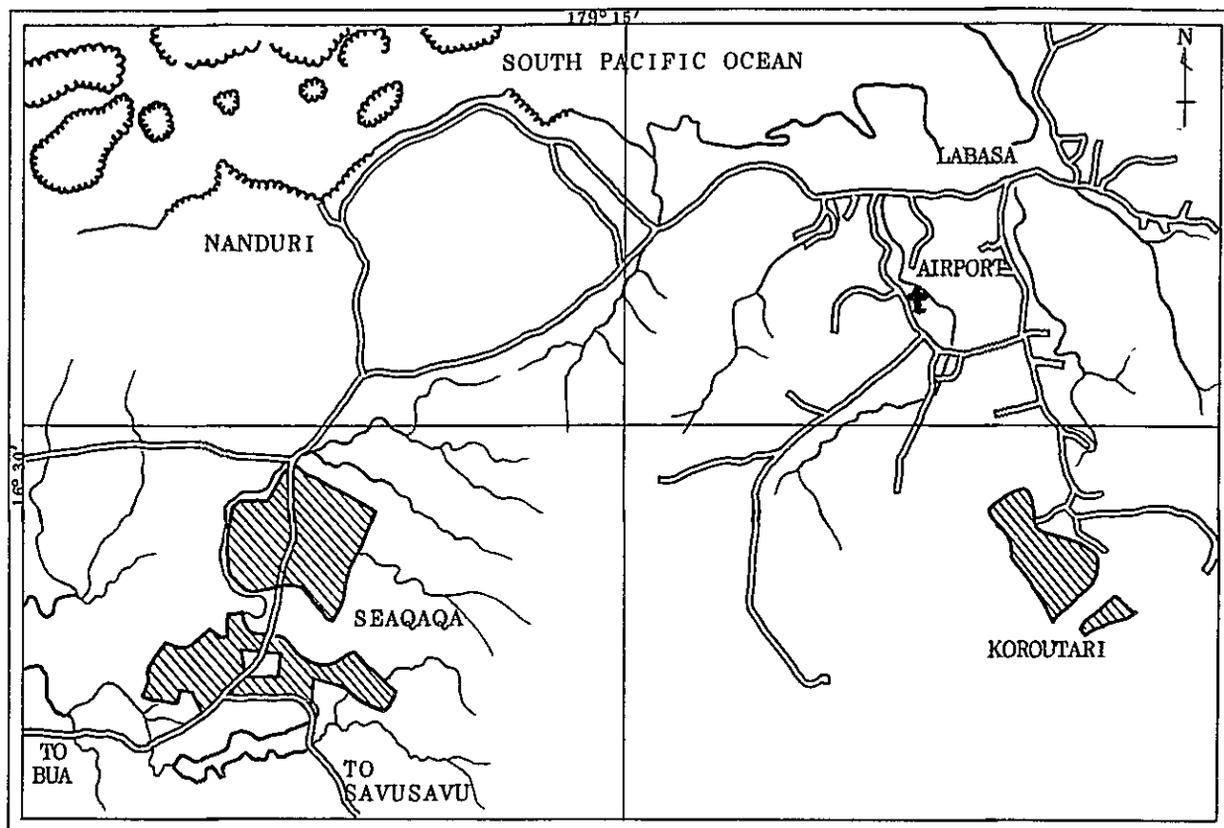
図1-1 フィジー国位置図



### ① 位置および面積

バヌアレブ島は南緯  $16^{\circ}15'$  ~  $17^{\circ}00'$  東経  $178^{\circ}30'$  ~  $180^{\circ}00'$  の範囲

図 1-2 調査対象地



にあり、面積は 5,500 km<sup>2</sup> でフィジー全体の 30% を占めている。調査対象地はバヌアレブ島のほぼ中央部に位置し面積はセガンガ地区 1,570 ha、コロタリ地区 300 haとなっている。(図 1-2 参照)

② 地形、地質

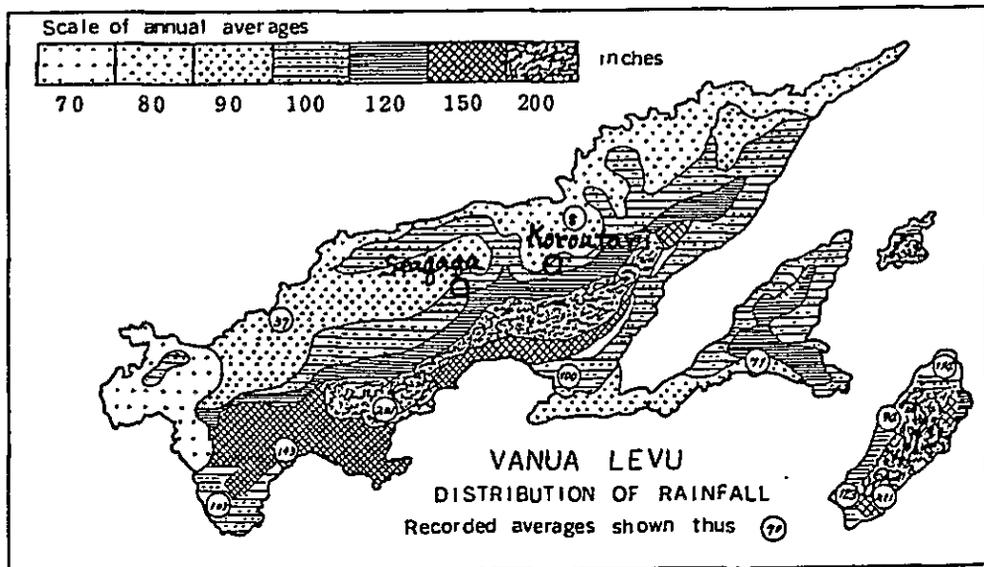
フィジー諸島の主要な島々の多くは古い火山性のもので、火山岩的な母材や部分的には古代の大陸外縁に向って沈積し続けたと想定される白亜紀および第三紀の推積層もみられる。バヌアレブ島は複雑な起伏の多い地形が多く存在し海岸線は深く湾入し、特に風上にあたる南東地帯は湾入が大きく山地の多い半島部分はいくびれて内陸部とつながった形となっている。この島は南西から北東に伸びる長細い形状をなしており、中央部の分水嶺によって北西側の乾燥地帯と南東側の多雨地帯に分断されている。セガンガ、コロタリ地区ともにこの分水嶺の北西側に位置し乾燥地帯に属するがかなり分水嶺に近接しているためまったくの乾燥地帯とはいえない。セガンガ地区は分水嶺(約 600 m)から北西約 5 kmの地点にあるがバヌアレブ島最大級の西方に流れるドレケチ(Ndreketi)川と北方に流れるコロヨリ(Koroyuli)川の上流に位置し分水嶺からの土壌堆積によって盆地状にな

っており、比較的平坦である。これに対しコロタリ地区は分水嶺の標高が800 mと高くまた海岸からの平野部が内陸まで広がっており調査対象地域はこの平野部と分水嶺の中間に位置するためかなり急峻な地形となっている。

### ③ 気 候

フィジー国の気候は熱帯海洋性気候で気温は年間を通じて高いが海洋によってかなり緩和されている。主風は南東からの貿易風で年間を通じ大部分偏東風が吹いている。このためバヌアレブ島では南西から北東に走る分水嶺の風上側は湿潤地帯、風下側は乾燥地帯となっている。ハリケーン、サイクロンは11～4月に発生する低気圧によってもたらされ、時として大被害が生じている。最近では1973年、1975年、1978年、1980年と2～3年おきに発生しており今年の4月に来襲したサイクロンによってセガンガ、コロタリ両地区で倒木が大量に生じた。図1-3はバヌアレブ島の年間雨量の分布状況である。

図1-3 バヌアレブ島降水量分布



### ④ セガンガフォレストステーションの概要

セガンガフォレストステーションは管轄面積1,900 haであり1959年に設立された。スタッフは造林関係4名、研究普及関係1名、機械関係1名、計6名で構成されており、固定労働者は30名程度である。施設としては次のようなものがある。

ステーション事務所	1棟
官舎	14棟

ゲストハウス	1棟
寄宿舎	2棟
車倉	2棟
倉庫	1棟
貯木倉庫	1棟
給油所	1
工作室	1
発電所	1
無線通信	1式
浄水場	2式
火の見やぐら	2基
貯木場	
苗畑	
林道	

また機械類は

MF 165 キャタピラートラクター	1台
D 3 クローラートラクター	1台
165 トレーラー	1台
シャークローダー	1台
ランドローバー	3台
小型トラック ( 3 ton )	2台
混用トラック	1台
消防自動車 ( 7 ton )	1台
エアコンプレッサー	1台
発電機 ( 240 V )	1基
防腐処理機 ( 杭丸太生産用 )	1基

となっている。

今年度の生産は間伐のみで主伐は実施していないが当分はサイクロンによる風倒木の処分が主となっている。4～8月の5カ月間の生産は表1-1のようになっている。

この処分単価は民間材木会社3社との申し合せ単価であり、林道わきトラック積込渡しである。4～8月の5カ月間が生産の最盛期であり年間平均では約50,000F\$の生産となっているという。

次に経費であるが1～12月の年間予算の内訳は下記のようになってい

表 1 - 1 セガンガ地区における 4 ~ 8 月間の生産量

区 分	素 材	処分単位	処 分 価
丸太1本当り 0.150 m <sup>3</sup> 未満	212.2 m <sup>3</sup>	10.90 F\$ / m <sup>3</sup>	2,312.98 F\$
0.150 ~ 0.30 m <sup>3</sup>	1,143.7	13.20	15,096.84
0.30 m <sup>3</sup> 以上	847.3	15.50	13,133.15
計	2,203.2	荷積経費 1.70	3,745.44
		計	34,288.41

るが10月には使い果たされてしまうという。

素材生産労務費	29,000 F\$
# 備品費	9,250
# 機械費(燃料代含む)	8,400
自動車等機械費	11,600
ステーション機械費	1,700
工作用具費	400
労務費(素材生産以外)	28,000
道路維持費	400
建物維持費	500
技術普及労務費	3,000
# 運転等	—
# 備品その他	1,500
計	93,750

セガンガ、コロタリ両対象地区は民間の土地を政府が借用し契約を結んで造林をおこなっており官行造林の形態をとっている。この契約の概要は次のとおりである。

まず契約成立時に礼金として1エーカー当たり2.5 F\$ が支払われる。そして造林されるまでまたは契約後5年まで年1エーカー当たり10セント支払われ、造林後または契約成立5年後以降は年1エーカー当たり50セントが支払われる。主伐時には立木価格の3% (最低補償20ドル/エーカー) が支払われる。この契約事項は原住民土地保管局(Native Land Trust Board)によって1956年に制定されたものであるが来年この見直しがなされることになっている。

### 1-3 調査団およびフィジー国関係者

セガンガ、コロタリ地区カリビアマツ調査団員は次のとおりであった。

#### 総括班

団長	福森友久	社団法人	日本林業技術協会顧問
	渡辺宏	"	技術開発部長

#### 調査班

団長	山田茂夫	社団法人	日本林業技術協会理事
	白井彰	"	専門技師
	山下勝男	"	"
	加藤仁	"	技師

なお、調査分担は山田が調査総括、山下、加藤が資源調査、白井が間伐指針、その他を分担した。

フィジー国関係者は次のとおりであった。

林野庁	長官	G.H.D. Williams
"	次長	K.T. Yabaki
"	専門官	A. Oram
"	経営部長	J.T. Usumaki
ランバサ (Labasa) 営林局		B. Mordak
"		P. Moi
セガンガ営林署	所長	I. Wainiqolo
コロタリ営林署	所長	T. Manawalala

### 1-4 カリビアマツの概要

#### 1-4-1 カリビアマツ変種の特徴

カリビアマツはカリブ海諸島が原産であるが、フィジー国に導入されているものはそれぞれの原産地毎に4変種がある。

##### ① *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

英領ホンジュラス、ガテマラ、ホンジュラス、ニカラガの各国に分布しており、垂直分布は英領ホンジュラスで0~1,000 mとなっている。大径木が多く、英領ホンジュラスの土地条件のよい所では樹高が45 mにもなる。形態的な特徴は var. *cubana* に比較すると枝が長く枝と枝の間隔も長い。1葉束に3~4針葉であるが非常に稀に5針葉のものもある。フィジー

国での成長は var. cuban に比較すると上長成長がよく6～7年生で1～1.5 mの差が生じている。

② *Pinus caribaea* var. *caribaea*

キューバ島の西部とパイン島 (Pinos Island) に分布しておりキューバ島における垂直分布は0～280 mである。フィジー国においては var. hondurensis と非常に似ており視覚的には区別がつかない。

③ *Pinus caribaea* var. *cuban*

キューバ本島に広く分布しておりフィジー国においては、他の3変種とはかなり違う形態を示している。すなわち、上長成長が比較的遅くいわゆるうらごけになりやすい。そして枝が比較的太くまた枝の間隔も狭い。枝状の角度は比較的上向きについており枝長も短い。このように形態がガッチリしており比較的サイクロン等の被害が少ない。また葉束は5針葉である。

④ *Pinus caribaea* var. *bahamensis*

バハマ諸島とカイコス諸島が原産であり、調査対象地ではコロタリ地区に存在した。形態的には var. hondurensis, var. caribaea と視覚的には区別がつかない。

1-4-2 カリビアマツの原産地での環境条件

カリビアマツの天然に生育する地域は霜のない年間をとおして温暖な気候の地域である。バハマ諸島やカリブ海の諸島で気温の最も低い1月でも22.1℃、もっとも暑い8月で28.3℃である。しかし英領ホンジュラスなどの大陸部では海岸地帯を除いて気候は変化に富んでいる。大陸内部の山地では気温が5℃まで下がることもある。

降水量はカリブ海諸島は11月～4月の冬季間は乾燥しており6月～10月は湿潤な時期である。キューバでは標高330 mの高地で1,780 mm、南西の山麓部で1,300 mm、南部の海岸平地で1,060 mmとなっている。バハマ諸島全体の年平均降水量は1,200～1,500 mmといったところである。

土壌条件はバハマ諸島、カイコス諸島はサンゴ礁台地であって、土層は非常に薄く3 cm以下であるといわれ、pHは8程度である。サンゴ礁台地でカリビアマツの根はそれを貫通して地下水層まで達することはできないがサンゴ自体のもつ保水性のため乾季でも耐えることが出来る。中央アメリカでは粘土質の通気性のよくないところでは生育できなく、肥沃地でなくとも砂や沈泥のような通気性のよいところに生育する。

### 1-4-3 カリビアマツの成長特性

カリビアマツの乾燥に対する抵抗性はかなり高く、ナイジェリアの海拔1,200 mの高地では相対湿度が10%以下に下ることがあるが、健全な生育を示す。しかし乾季中に葉がちじれて正常に展開しない現象がみられるという。根系は土壌水分の条件に応じて変化する。例えば南アフリカのズールランドの深い浸透しやすい膨潤な砂土に植栽されたカリビアマツは、地下水位まで垂下根が下ることによって高い成長を示す。一方バハマ諸島のようなサンゴ礁地帯では、サンゴ礁の表層に根系を広げ垂下根を形成することなく生育している。

カリビアマツの大きな成長特性として Foxtail や Needleless shoot の発生がある。Foxtail は幼齢期において側枝を出さずに成長し、一見幹の頂端がキツネの尾のような形を呈することから名付けられた。フィジー国におけるカリビアマツの4変種の間では var. hondurensis に多く var. cuban は非常に少ない、Foxtail は枝がないため無節の材が得られ生長空間が少なくてもよいという特徴もあるが直径成長が減退したり、風折れが生じやすい、繊維が短い等の欠点があると言われている。しかしフィジー国においては10～15年生位になると頂端から側枝が出て成木では枝の間隔が長いものの除々に正常の形態になっていくようである。また間伐の際には出来るだけ間伐してしまうということであった。15年生以上の成木には幹に直接葉が着生しているものがみられ幼齢期において明らかに Foxtail であったものが見られた。Foxtail の発生原因については高海拔地ほど発生率が低く、特に低地の土壌の厚い所ほど発生するということから環境要因に支配されるという説と遺伝的要因によって生ずるという説がある。フィジー国においては植林が最近傾斜地に移っており Foxtail が生じるような幼齢林は相対的に高海拔の傾斜地にしか存在せず、立地要因から発生の原因を解明することはできなかった。

Needleless shoot は新梢が伸びても針葉が伸長できず、針葉の芽が鱗片状に配列してしまったものをいう。調査対象地においてはこのような状態のものは見られなかった。

15年生以上の木には二又木が多くみられた。これは頂端から1～2 m程度のところから二又になっており、その箇所は直径にして10 cm以下の所である。同じ変種でも場所によって多く発生している所とそうでない所があった。多い所は全体の二割程度の発生率であった。この原因については、サイクロンによって頂端が折れそこから二又木が発生したとみる者も

いたが、確かなことは言えないと思う。

#### 1-4-4 被害とその防除

##### ① 風害

カリビアマツの原産地カリブ海諸島はハリケーンの襲来地である。そして場所によっては風倒を生じ、さらにその後山火事を生じ消滅することもあるといわれている。

調査対象地では今年4月にサイクロンが発生しかなりの被害が出た。その状態を概説する。

標準地69点の調査で正常木に対するFoxtail以外の異常木の本数比を調査した。この結果は表1-2のとおりであった。

表1-2 標準地の異常木本数比

標準地	異常木本数比(%)	標準地	異常木本数比(%)	標準地	異常木本数比(%)	標準地	異常木本数比(%)
1 S-1	3.9	19 S-24	5.7	37 S-19	1.1	55 Y-32	2.0
2 S-2	1.6	20 S-11	4.0	38 Y-17	1.4	56 S-30	11.5
3 Y-4	0	21 S-10	0	39 Y-18	0	57 S-32	0.1
4 Y-5	0	22 S-9	0	40 Y-19	2.4	58 Y-33	0
5 S-4	0	23 S-26	0	41 Y-20	1.1	59 S-31	3.8
6 S-3	2.7	24 Y-12	0	42 Y-22	1.1	60 S-34	0
7 S-5	5.9	25 S-12	16.5	43 S-21	5.5	61 Y-35	1.7
8 Y-6	5.8	26 S-13	4.4	44 S-20	15.9	62 S-33	9.6
9 Y-2	1.9	27 S-14	0	45 S-23	3.6	63 Y-34	2.4
10 Y-3	0	28 Y-15	4.1	46 S-22	5.1	64 S-27	1.4
11 Y-7	0	29 Y-16	0	47 Y-21	0	65 Y-28	0
12 Y-8	0	30 Y-13	3.2	48 Y-23	0	66 S-28	6.5
13 S-8	6.7	31 Y-14	0	49 Y-26	1.0	67 Y-29	2.9
14 S-6	10.9	32 S-16	3.1	50 Y-27	8.7	68 S-29	2.8
15 S-7	1.1	33 S-17	4.7	51 Y-25	1.3	69 Y-30	0
16 Y-9	0	34 S-25	12.4	52 Y-24	0		
17 Y-11	2.4	35 S-16	6.8	53 Y-1	4.0		
18 Y-10	2.4	36 S-15	1.1	54 Y-31	3.9		

\* S-1等は作業番号

この異常木は根こそぎ倒木しているもの、幹折れ、極端な二又木、自然枯損、等があった。これらの被害のうち根こそぎ倒木は1割、幹折れ5割、

極端な二叉木 2 割，自然枯損 2 割程度であった。サイクロン被害は根こそぎ倒木と幹折れであり被害木全体の 6 割程度であるといえる。標準地全体の平均被害率は 3.1 % となっており，この 6 割の 1.8 % 程度がサイクロンによる被害であるといえる。

サイクロンの被害はコロタリ地区よりもセガンガ地区の方が多い傾向であった。地況的には谷筋の最上部の狭くなった箇所や谷に沿って吹き上げた風が集中するような場所，およびその上部から尾根にかけて被害が多かった。被害がどのような林分に多いかを標準地データを分析して検討したがはっきりした傾向は認められなかった。ただ林分の中で胸高直径が平均より小さいものに多いような傾向であった。この場合，幹折れ等によって正確には分らないものもあったが多くの風衝になりやすい形状比の大きいかなりの樹高をもつものと認められた。

## ② その他の害

病害はマツ葉枯病 (*Cercospora pini-densiflorae*) がマレーシア，ブラジルで発生した例がある。またマツ赤斑葉枯病 (*Dothistroma pini*) が世界的に広く分布するが，その胞子発芽と生育の適温は 20℃ 以下でフィジー国の場合激害をうける可能性はない。マツ葉ふるい病 (*Lophodermium pinastri*) はニュージーランド，オーストラリア，フィジー等で発生しているとの報告があるが調査対象地にはみられなかった。

セガンガ地区では Bark beetle と呼ばれる直径 1～2 mm 程度の昆虫がいる。これは樹幹の皮と材の間に入りこみ材を 2～3 mm 程度喰い荒す。伐倒して皮を剥くと材に縞模様が生じているが，成長には影響せず問題になるほどではない。

## 1-4-5 材質と用途

カリビアマツの材質は米国の市場で Southern yellow pine とよばれている一群のマツ類とほぼ同じと認められている。比較の意味でカリビアマツと日本産アカマツ (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.) の性質の違いを示す。気乾比重はアカマツ 0.53，カリビア 0.75 とカリビアマツの方が重い。収縮率は接線方向には両者同じであるが半径方向でアカマツ 0.14～0.17 %，カリビアマツ 0.22 %～ とカリビアマツの方が大きい。曲げヤング係数，曲げ強さ，縦圧縮強さ等は同じであるがせん断強さ ( $\text{kg/cm}^2$ ) はアカマツ 96～120，カリビアマツ 121～150，板目面かたさ ( $\text{kg/mm}^2$ ) はアカマツ 0.9～1.5，カリビアマツ 2.6～3.8 となっている。摩耗

性（板目面の摩耗量mm/100回転）ではアカマツ0.054～0.080，カリビアマツ0.010～0.020となっており，全体としてアカマツよりもカリビアマツの方が重く硬い傾向である。

用途は一般建築材，箱材，土木用材，パルプ材に適するといわれている。フィジー国のカリビアマツは次のような用途がある。

防腐剤で処理してフェンスポスト，果樹のささえ木，土台，電柱，建築材，家具，パネル，箱材，等に使用される。現在セガンガでは間伐材が搬出されているが，これらはフェンスポストおよび箱材として利用されている。しかし需要が少なく供給過剰の状態である。主伐材については，まだ主伐時期に達していないため実績はないがランバサ合板工場（Fiji Forest Industry）が稼働しており，合板のコアとして利用することも考えているとのことであった。

しかしながらフィジー国内での需要はさほど期待できず，日本への輸出が強く期待されている。

#### 1-4-6 植林保育技術

セガンガで必要とされる種子は全て現在セガンガにある母樹から採種している。播種は発芽床へおこなう。発芽床は巾1m程度に10cm位土盛をしその上に約5mmの厚さで砂を掛ける。そして種子を万遍無く播きつけその上に砂を掛ける。直射日光を避け灌水を十分おこなう。2～3週間で5cm程度の幼苗になりポットへ移植をおこなう。ポットは直径6～7cm，高さ10cm程度のプラスチック製で土壌をよく粉碎して植えつける。3～4週間で幼苗は15～20cmになり山出しする。山出しは雨期におこなう。植え付け間隔は $9 \times 9 \text{ feet}^2$  ( $2.7 \times 2.7 \text{ m}^2$ )又は $8 \times 10 \text{ feet}^2$  ( $2.4 \times 3 \text{ m}^2$ )で植付本数はha当り1,350本となる。

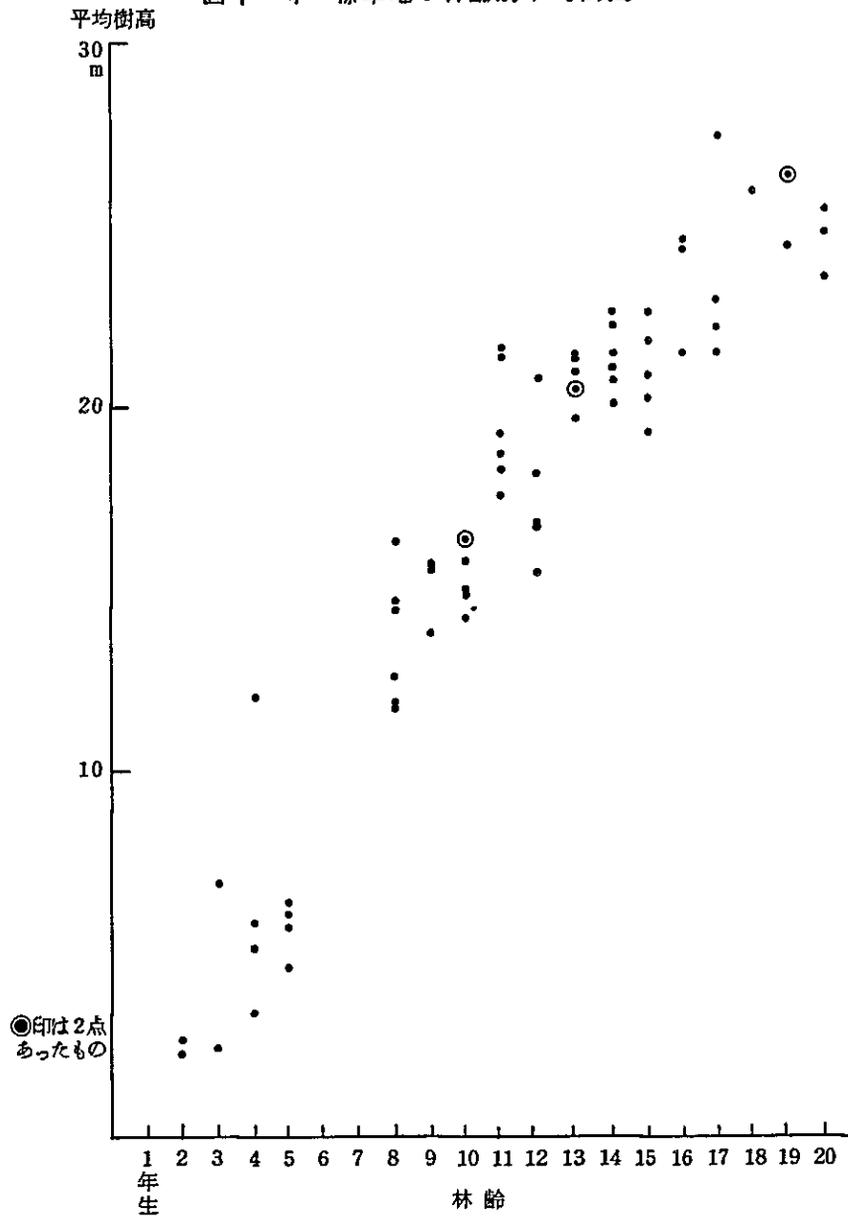
#### 1-4-7 生態的特徴

カリビアマツの生態的特徴は3-3 林分密度管理図のとおりである。しかしこの密度管理図は資料数69点によって作成されており生態的な林分構成を全て説明しているとは言えない。本節では主として標準地調査結果にもとづいて説明する。

##### ① 林齢別平均樹高

図1-4は標準地の林齢別平均樹高を示したものである。これによると20年生で平均樹高約25～27mに及んでおり上長成長が非常に速いこと

図 1-4 標準地の林齢別平均樹高

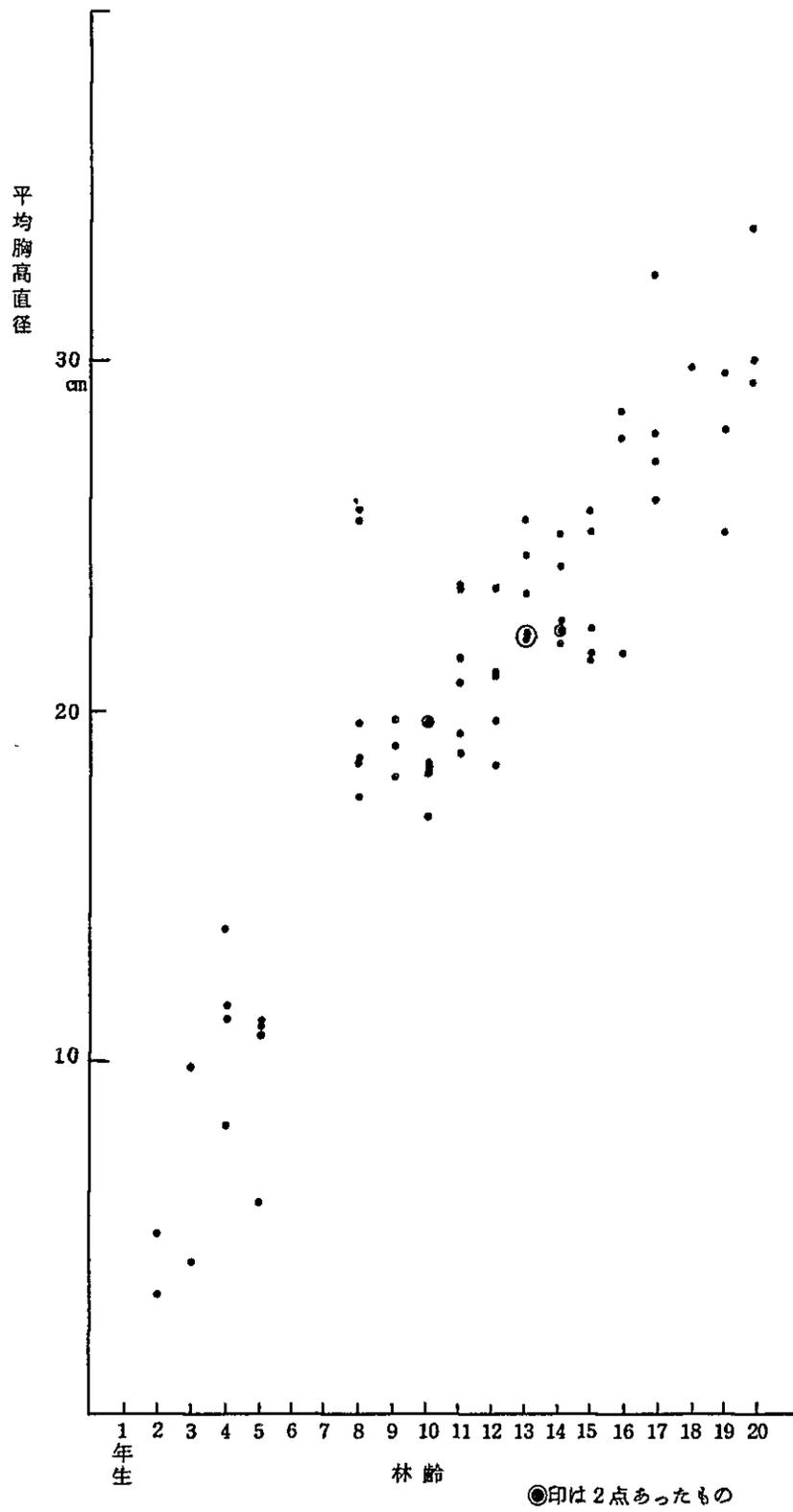


を示している。ちなみに日本の広島県地方のアカマツをみると成長の良い所でも10年で4.8 m, 20年で11.4 m, (30年で16.2 m, 40年で19.7 m, 50年で22.1 m, 60年で23.5 m)となっているがこれに比して20年前後は2倍以上の上長成長を示している。

② 林齢別平均胸高直径

図 1-5 は標準地の林齢別平均胸高直径である。これによると20年生で30 cm前後, 10年生で20 cm前後となっている。ちなみに日本の広島県地方のアカマツをみると成長の良い場所で10年生3.6 cm, 20年生10.5cmとなっており20年までで3倍程度の直径成長を示している。

図 1-5 標準地の林齢別平均胸高直径



③ ha 当り立木本数と平均胸高直径

図 1-6 標準地の ha 当り立木本数と平均胸高直径

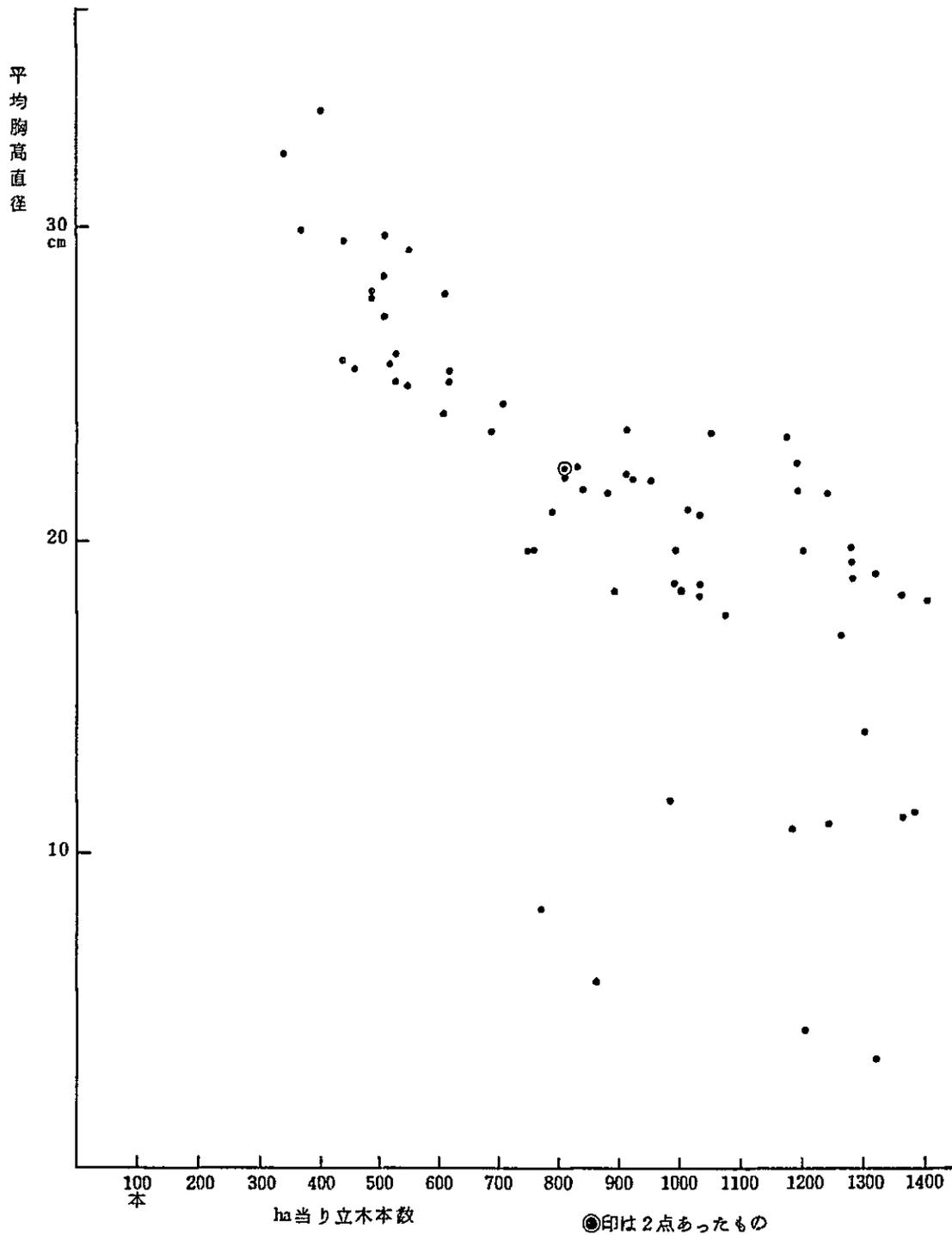


図 1-6 は標準地の ha 当り立木本数と平均胸高直径の関係を示したものである。

ha 当り立木本数が多くなれば平均胸高直径が小さくなるのは当然であり、この法則は植物生態の基本法則である。しかし図をみるとわかるように平

均胸高直径が15 cm以下ではこの法則にかなっていない。これはこの法則が個体間の競争関係が生じることによって成り立つものであり、本調査地の植つけ本数が1,300本程度では競争関係が生ずるまでかなりの時間経過が必要であることを示している。3の項でも述べるが日本におけるアカマツは3,000～4,500本/haを植付している。これはアカマツの形質が曲りやすいことや下草の繁茂を防止するために早急にうっ閉をはかるためである。

#### ④ ha 当り立木本数と平均単木材積

図1-7はha当り立木本数と平均単木材積の関係を平均樹高毎に示したものである。これは3の項でも述べるがC-D効果(Competition Density Effect)と呼ばれている。この関係は植物生態学上で閉鎖群落では $v = CN^{-d}$  ( $v$ :平均単木材積,  $N$ :ha当り立木本数)の関係が成り立つと言われている。そしてこのCは植物の種類によって決まるものであるがdは種類間の差が少なく普通3/2に近い値をとる。 $\tan \theta = \frac{3}{2}$ から $\theta$ を求めると $56^{\circ}10'$ となる。図上で右下がりの直線は $56^{\circ}10'$ の線である。これを見たととの直線上に非常に良くのっており3/2乗則がカリビアマツでもよく適合していることがわかる。そしてこの直線にのらない部分については未だ閉鎖林分になっていないことを示している。

#### ⑤ 林分構造

林分構造を説明する方法として本項では直径分布を検討した。標準地毎の平均直径別の直径分布を図1-8に示した。平均直径が10 cm程度以上ではほぼ正規分布(Normal Distribution)を示しており平均直径が大きいほど平均直径の回りの分散も大きい。これは森林の一般傾向であり、カリビアマツの特徴は見い出せなかった。ただ日本のスギ、アカマツ等に比較して平均直径の大きな林分の分散が小さく径級が揃っていることを示している。これは立木間の競争があまり厳しくないことと、下層間伐が徹底しているためと思われる。

図 1 - 7 ha 当り立木本数と平均単木材積の関係

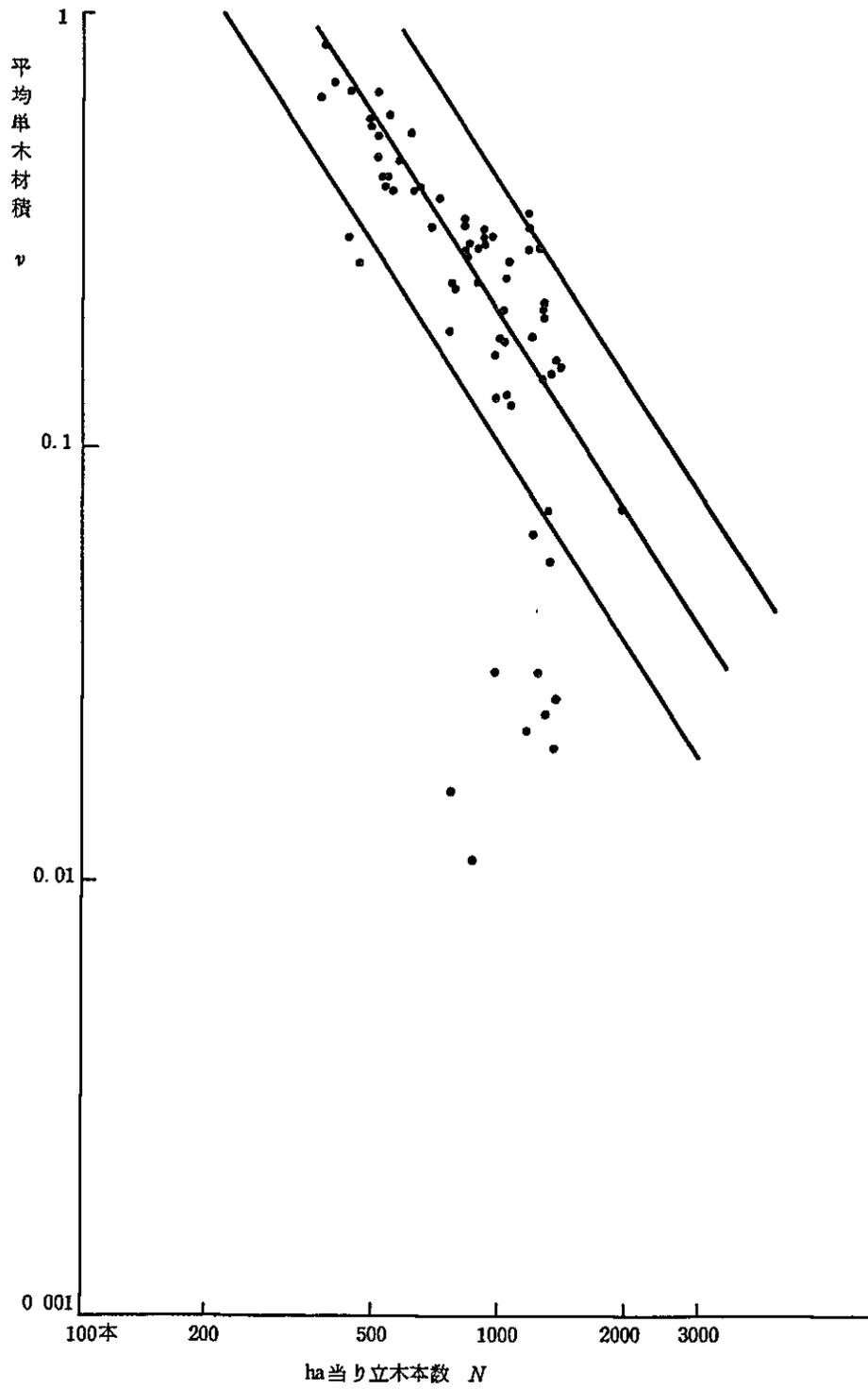
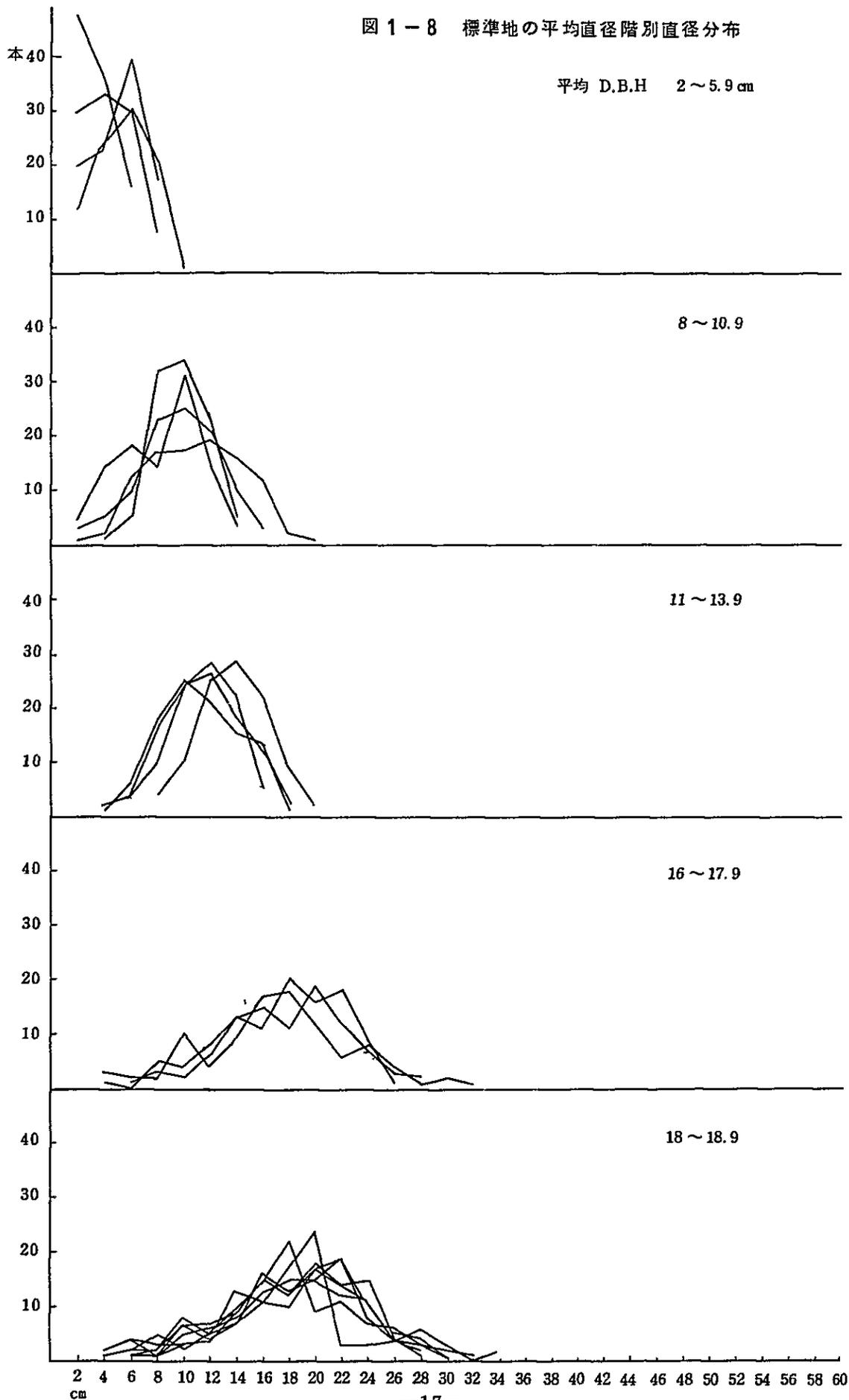
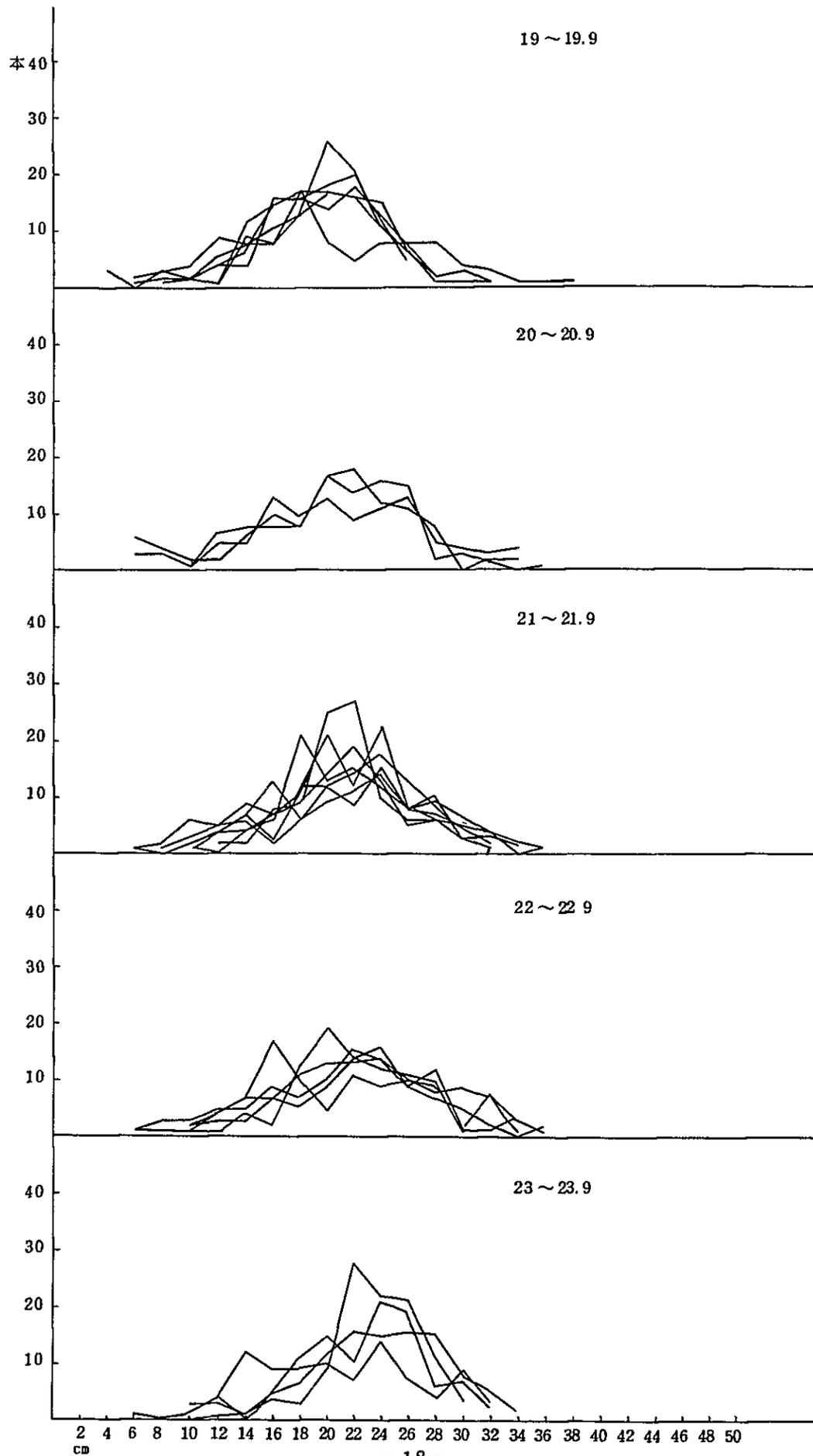
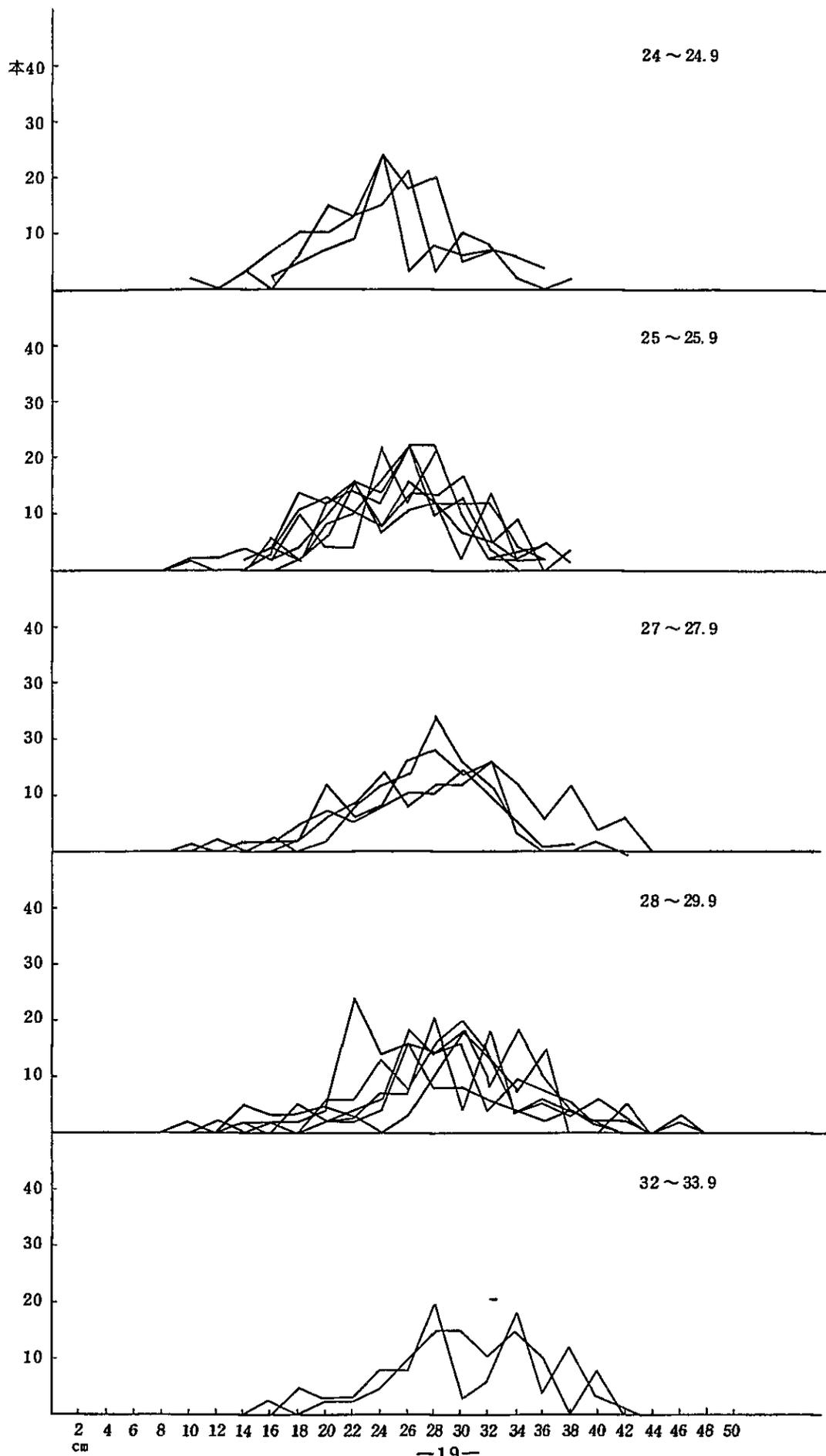


図 1-8 標準地の平均直径階別直径分布

平均 D.B.H 2 ~ 5.9 cm







## 2. カリビアマツ資源調査

### 2-1 調査方法

カリビアマツ資源調査の目的は、①林班、小班、林相別の森林調査簿の作成と、②総蓄積の推定の2点である。

(i) この調査の前提として、従来のストックマップを基礎とし、空中写真の判読により、林班、小班区分の妥当性の検討及び林相区分を行ない、新しいストックマップを作成した。従来の界線を変更する箇所については、現地チェックを行なった。

(ii) 森林調査簿の様式は、2-8に示すとおりである。ha当り材積は、定性的データに関する回帰推定的一种である数量化I類により空中写真林分材積表を作成し、これにより求めた。また平均樹高、胸高断面積合計もこの方法によって求めた。

(iii) 総蓄積の推定は、森林調査簿の積上げ値によることとした。

カリビアマツ資源調査の目的は①総蓄積の推定、②林班(Compartment)、小班(Subcompartment)、林相(Forest Type)別の森林調査簿(Forest Inventory Note)の作成の2点である。

蓄積の推定法は調査対象地全域を毎木調査(Every Tree Measurement)することが望ましいがこれは経費、工期とも膨大であり不可能であるので次に示すような方法で推定した。

林相毎の材積は空中写真を利用しても直接的には推定できない。このため標準地調査によって林分材積表を作成する。この林分材積表は標準地のha当り材積を独立変数、ha当り材積と相関が高くかつ現地調査をおこなわないでも空中写真、ストックマップ等から容易に得られる情報を説明変数とし最小二乗法(Method of Least Square)によって求める。この最小二乗法は一般には重回帰分析(Multiple Regression Analysis)を使用するがこの場合目的変数と説明変数の関係が直線的(linner)でないこと、および説明変数が数量で表わせないものがあるということから数量化I類(Quantification(I))を利用することにした。

### 2-2 標準地調査

標準地の選定はフィジー国作成の調査対象地域のストックマップにより、植栽年度別に面積を概測し原則としてその比率によって配分した。

その結果は表 2-1 のとおりである。

表 2-1 植栽年度別標準地数

植栽年	標準地数			植栽年	標準地数		
	SEAAQA	KOROUTARI	計		SEAAQA	KOROUTARI	計
1960	3		3	1970	5	1	6
61	2	1	3	71	1	2	3
62	1		1	72	2	4	6
63	4		4	73			
64	3		3	74			
65	5		5	75		4	4
66	6		6	76	1	3	4
67	6		6	77	1	1	2
68	5		5	78	2		2
69	6		6	計	53	16	69

標準地の設定は最近の 2 カ年に間伐，風倒の少なかった所で標準地内の林相がその周辺的林相とほぼ同様でありかつ標準地内で林相がほぼ均一性を示している所を選定した。標準地の大きさは林相が非常に均一であったことから 0.1 ha とし，植列に対して 45° の傾きとなるよう 20 m × 50 m の矩形プロットを設定した。現地調査は表 2-2 TALLY SHEET に示す内容を調査した。

毎木の胸高直径 (D.B.H) を上層木，下層木毎に，Foxtail, Abnormal tree (サイクロン被害木等) について数え，各直径階毎に 3 本程度全樹高をブルーメライスによって測定した。



## 2-3 標準地調査結果

Tally Sheet より次の内容を計算した。上層木平均樹高，平均樹高，平均胸高直径，ha当り立木本数，ha当り材積（皮無し（under bark）），Fox-tailの本数比，Abnormal tree 本数比。

表2-3はその結果である。表中樹種欄はカリビアマツの変種（variety）を示したものである。

Ph ..... Pinus caribaea var. hondurensis

Pc ..... " caribaea

Pcu ..... " cuban

単木材積を求めるために使用した材積式（Volume Function）は Commonwealth Forestry Institute, Oxfordで作成したもので次の式である。

Total Volume (C.F. under bark) =  $0.175 + 0.00183 D^2 H$  (ヤード，ポンド法)

↓

$D$  : D.B.H

$H$  : Height

$V$  (under bark) =  $0.005 + 0.00002636 D^2 H$  (メートル法)

この式より材積表（Volume Table）を作成すると表2-4のようになる。

表 2 - 3 標準地調查結果

Sample No.	Compartment & Sub.	Plantd Year	Spp. & Var.	Upper Height (m)	Average Height (m)	Average D. B. H (cm)	Number of stand (/ha)	Volume (m <sup>3</sup> ) (Under bark)	Basal Area (m <sup>2</sup> /ha)	Average >100 Height (m)	Average >100 D. B. H (cm)	Volume >100 (m <sup>3</sup> )	Foxtail (%) Stand rate	Abnormal tree (%) Stand rate
1	1-a <sub>1</sub> -1	63	Pc	223	221	271	510	2358	3035	244	334	732	0	39
2	1-a <sub>2</sub> -1	63	Pc	230	228	278	610	3197	3915	265	376	996	0	1.6
3	1-a <sub>3</sub> -1	60	Pc	256	254	337	400	2770	3231	275	386	1096	0	0
4	1-a <sub>3</sub> -1	60	Pc	238	235	292	550	3203	3841	278	382	1079	0	0
5	1-a <sub>4</sub> -1	63	Pc	275	274	323	380	3197	3321	298	430	1512	0	0
6	1-a <sub>6</sub> -1	60	Pc	250	248	299	370	2404	2753	273	380	1057	0	27
7	1-a <sub>6</sub> -1	62	Pc	262	259	297	510	3310	3681	279	374	1040	0	5.9
8	1-b <sub>2</sub> -1	65	Pc	227	225	256	520	2179	2754	250	316	680	0	5.8
9	2-a <sub>1</sub> -1	63	Pc	214	214	259	530	2233	2927	246	344	781	0	19
10	2-a <sub>3</sub> -2	64	Pc	252	245	277	490	2693	3104	280	344	879	0	0
11	2-a <sub>3</sub> -2	64	Pc	245	242	284	510	2637	3085	271	372	1012	0	0
12	2-a <sub>3</sub> -3	64	Pc	218	214	215	840	2481	3213	253	302	617	0	0
13	2-b <sub>1</sub> -1	65	Pc	197	192	215	1,190	3342	4679	236	312	619	0	67
14	2-b <sub>2</sub> -1	66	Pc	221	214	224	1,190	4008	4008	256	340	789	0	10.9
15	2-c-1	68	Ph, B	220	207	183	890	2094	2633	255	298	607	0	11
16	3-a <sub>1</sub> -1	65	Pc	225	208	222	810	2683	3391	259	326	738	0	0
17	3-a <sub>4</sub> -1	66	Pc	201	200	222	830	2300	3275	235	294	548	0	24
18	3-a <sub>3</sub> -1	66	Pc	221	210	222	820	2653	3405	254	318	688	0	24
19	4-a-1	65	Pc	232	217	250	530	2106	2747	244	326	692	0	5.7
20	5-a <sub>3</sub> -1	65	Pc	201	201	214	1,240	3550	4797	244	328	703	0	4.0
21	6-d-1	78	Pc	22	22	34	1,320	72	140	30	60	08	0	0
22	7-d <sub>1</sub> -1	78	Pc	26	26	51	1,970	140	467	31	82	11	10	0
23	10-a <sub>3</sub> -1	67	Pc	217	209	232	1,170	3996	5241	247	318	666	0	0
24	11-a <sub>1</sub> -1	66	Ph	212	207	218	950	2895	3813	240	314	631	0	0
25	13-a-2	70	Pc	158	157	181	1,030	1773	2897	215	280	465	0	16.5
26	14-a <sub>1</sub> -1	70	Pc	149	149	182	1,360	2099	3787	179	264	309	0	4.4
27	15-d <sub>1</sub> -1	77	Pc	24	24	43	1,200	75	204	30	76	10	0	0
28	20-a-1	61	Pc	263	263	279	490	2768	3067	279	340	865	0	4.1
29	20-a-1	61	Pc	265	263	295	440	2878	3105	298	366	1061	0	0
30	20-c-1	66	Pc	231	225	240	620	2395	2977	262	322	726	0	3.2
31	20-c-1	66	Pc	224	221	249	550	2139	2750	244	302	595	0	0
32	22-a-2	69	Pc, cu	196	192	192	1,280	2701	3908	222	264	414	0	3.1
33	23-a <sub>1</sub> -1	69	Pc, cu	182	182	187	1,280	2547	3740	235	270	460	0	4.7
34	26-a <sub>2</sub> -3	69	Pc	176	175	233	1,050	2771	4603	194	288	430	0	12.4
35	26-a <sub>4</sub> -1	69	Pc	188	186	207	1,030	2510	3737	226	300	548	0	6.8
36	27-a <sub>3</sub> -1	69	Pc	216	215	214	880	2500	3273	254	288	564	0	1.1

Sample No.	Compartment & Sub.	Plantd Year	Spp. & Var.	Upper Height (m)	Average Height (m)	D. B. H (cm)	Number of stand (/ha)	Volume (m <sup>3</sup> ) (Under bark)	Basal Area (m <sup>2</sup> /ha)	Average Height (m) >100	Average >100 (cm) D. B. H	Volume >100 (m <sup>3</sup> )	Foxtail (%) Stand rate	Abnormal tree (%) Stand rate
37	32-a <sub>1</sub> -1	69	Pc.cu	21.3	21.3	234	910	306.8	40.44	25.5	31.0	65.6	0	11
38	36-a-1	67	Pc	21.3	21.2	243	710	264.1	34.69	24.7	34.0	89.1	0	1.4
39	36-a-1	67	Pc	21.6	21.3	253	640	253.5	34.26	23.5	33.6	71.1	0	0
40	37-a-1	67	Pc	20.4	20.4	219	810	228.4	31.74	23.6	29.2	53.8	0	2.4
41	40-a-1	67	Pc	21.5	20.4	219	920	281.7	37.23	25.6	32.0	70.4	0	1.1
42	41-a-2	67	Pc	20.3	19.6	220	910	264.2	36.78	24.1	31.4	63.7	0	1.1
43	45-a-1	71	Ph	16.7	15.5	197	1280	269.4	40.60	18.1	27.0	35.4	0	5.5
44	45-a-2	72	Ph	16.2	16.2	257	440	132.2	23.31	17.7	31.0	46.8	0	15.9
45	47-d <sub>1</sub> -1	76	Pc	5.8	5.8	112	1380	37.0	14.36	7.7	15.4	5.4	6.5	3.6
46	48-a-1	72	Ph	12.0	11.8	185	990	126.8	28.61	14.1	25.2	24.2	0	5.1
47	50-a-2	68	Ph	17.3	16.6	208	790	184.7	29.44	21.1	31.2	55.1	0	0
48	50-a-7	68	Ph	18.3	16.7	196	760	178.8	26.37	23.1	31.8	63.4	0	0
49	51-a <sub>1</sub> -1	70	Ph	17.0	16.3	183	1000	175.7	28.25	21.3	26.6	40.7	0	1.0
50	51-a <sub>2</sub> -2	70	Ph	15.9	14.8	169	1260	179.7	31.60	18.0	29.8	39.2	0	8.7
51	51-a <sub>2</sub> -1	70	Ph	16.3	16.3	196	750	136.7	23.50	18.2	26.0	33.2	0	1.3
52	55-b <sub>1</sub> -4	68	Ph	18.2	18.1	234	690	222.2	32.77	22.6	35.8	77.3	0	0
53	56-a-2	68	Pc.cu	15.6	15.4	209	1010	207.3	36.77	18.5	29.2	42.7	0	4.0
54	5-a <sub>2</sub> -1	76	Pc	5.1	5.1	82	770	130	4.54	7.2	12.4	3.4	13.0	3.9
55	5-a <sub>2</sub> -1	76	Pc	3.3	3.3	116	980	31.3	11.16	7.6	16.4	6.2	10.2	2.0
56	5-a <sub>3</sub> -1	76	Pc	12.0	12.0	138	1300	94.1	20.05	15.2	18.4	14.1	10.0	11.5
57	17-a <sub>1</sub> -1	70	Pc	17.3	14.1	196	1200	211.2	38.47	19.1	28.2	41.1	0	0.1
58	17-a <sub>3</sub> -1	61	Pc	24.4	24.4	250	570	256.6	29.41	28.9	34.2	90.2	0	0
59	17-a <sub>3</sub> -1	77	Pc	6.9	6.9	98	1300	31.2	10.23	8.7	13.4	4.6	6.2	3.8
60	23-a <sub>5</sub> -1	75	Pc	4.6	4.6	59	860	9.8	2.75	8.0	10.0	2.6	3.5	0
61	23-a <sub>5</sub> -1	75	Pc	5.7	5.7	107	1180	26.7	9.42	8.0	14.6	5.0	10.2	1.7
62	24-a-1	75	Pc	6.1	6.1	111	1360	38.5	14.26	8.0	16.2	6.0	6.6	9.6
63	24-a-1	75	Pc	6.5	6.4	109	1240	37.3	12.88	8.3	16.8	6.8	5.6	2.4
64	27-a-5	71	Pc	15.6	15.6	180	1400	210.3	37.48	17.0	24.4	27.2	0	1.4
65	28-a-1	71	Ph	14.3	13.7	189	1320	195.9	37.69	17.0	27.2	33.8	0	0
66	31-a <sub>1</sub> -2	72	Ph	14.6	14.6	254	460	123.5	24.06	16.0	30.8	41.4	0	6.5
67	31-a <sub>1</sub> -3	72	Ph	12.2	11.7	185	1030	135.9	30.03	15.1	27.2	30.1	0	2.9
68	32-a-2	72	Ph	12.5	12.5	175	1070	130.4	27.68	15.2	25.4	26.5	0	2.8
69	32-a-1	72	Ph	14.5	14.4	196	990	160.6	31.09	16.0	25.0	26.9	0	0

表2-4 カリビアマツ単木材積表

H/D	4	6	8	10	12	14	16	18	20
3	0.006	0.008	0.010	0.013	0.016	0.020	0.025	0.031	
4	0.007	0.009	0.012	0.016	0.020	0.026	0.032	0.039	0.047
5	0.007	0.010	0.013	0.018	0.024	0.031	0.039	0.048	0.058
6	0.008	0.011	0.015	0.021	0.028	0.036	0.045	0.056	0.068
7	0.008	0.012	0.017	0.023	0.032	0.041	0.052	0.065	0.079
8	0.008	0.013	0.018	0.026	0.035	0.046	0.059	0.073	0.089
9	0.009	0.014	0.020	0.029	0.039	0.051	0.066	0.082	0.100
10	0.009	0.014	0.022	0.031	0.043	0.057	0.072	0.090	0.110
11	0.010	0.015	0.024	0.034	0.047	0.062	0.079	0.099	0.121
12	0.010	0.016	0.025	0.037	0.051	0.067	0.086	0.107	0.132
13		0.017	0.027	0.039	0.054	0.072	0.093	0.116	0.142
14			0.029	0.042	0.058	0.077	0.099	0.125	0.153
15				0.045	0.062	0.082	0.106	0.133	0.163
16				0.047	0.066	0.088	0.113	0.142	0.174
17					0.070	0.093	0.120	0.150	0.184
18					0.073	0.098	0.126	0.159	0.195
19						0.103	0.133	0.167	0.205
20						0.108	0.140	0.176	0.216
21							0.147	0.184	0.226
22							0.153	0.193	0.237
23								0.201	0.248
24								0.210	0.258
25									0.269
26									0.279
27									0.290
28									0.300
29									0.311

H/D	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
5	0.069									
6	0.082									
7	0.094	0.111								
8	0.107	0.126								
9	0.120	0.142	0.165							
10	0.133	0.157	0.183							
11	0.145	0.172	0.201	0.232						
12	0.158	0.187	0.219	0.253						
13	0.171	0.202	0.237	0.274	0.313	0.356	0.401	0.449	0.500	0.553
14	0.184	0.218	0.254	0.294	0.337	0.383	0.432	0.483	0.538	0.595
15	0.196	0.233	0.272	0.315	0.361	0.410	0.462	0.517	0.576	0.638
16	0.209	0.248	0.290	0.336	0.385	0.437	0.493	0.552	0.614	0.680
17	0.222	0.263	0.308	0.356	0.408	0.464	0.523	0.586	0.652	0.722
18	0.235	0.278	0.326	0.377	0.432	0.491	0.553	0.620	0.690	0.764
19	0.247	0.293	0.344	0.398	0.456	0.518	0.584	0.654	0.728	0.806
20	0.260	0.309	0.361	0.418	0.479	0.545	0.614	0.688	0.766	0.849
21	0.273	0.324	0.379	0.439	0.503	0.572	0.645	0.722	0.804	0.891
22	0.286	0.339	0.397	0.460	0.527	0.599	0.675	0.757	0.842	0.933
23	0.298	0.354	0.415	0.480	0.551	0.626	0.706	0.791	0.880	0.975
24	0.311	0.369	0.433	0.501	0.574	0.653	0.736	0.825	0.919	1.017
25	0.324	0.385	0.450	0.522	0.598	0.680	0.767	0.859	0.957	1.059
26	0.337	0.400	0.468	0.542	0.622	0.707	0.797	0.893	0.995	1.102
27	0.349	0.415	0.486	0.563	0.646	0.734	0.828	0.927	1.033	1.144
28	0.362	0.430	0.504	0.584	0.669	0.761	0.858	0.962	1.071	1.186
29	0.375	0.445	0.522	0.604	0.693	0.788	0.889	0.996	1.109	1.228
30	0.388	0.461	0.540	0.625	0.717	0.815	0.919	1.030	1.147	1.270
31	0.401	0.476	0.557	0.646	0.740	0.842	0.950	1.064	1.185	1.312
32		0.491	0.575	0.666	0.764	0.869	0.980	1.098	1.223	1.355
33		0.506	0.593	0.687	0.788	0.896	1.011	1.132	1.261	1.397
34		0.521	0.611	0.708	0.812	0.923	1.041	1.167	1.299	1.439
35		0.536	0.629	0.728	0.835	0.950	1.072	1.201	1.337	1.481

H/D	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
13	0.609	0.668	0.730	0.795	0.862	0.932	1.004	1.080	1.158	1.239
14	0.656	0.719	0.786	0.855	0.928	1.003	1.081	1.162	1.246	1.334
15	0.702	0.770	0.842	0.916	0.993	1.074	1.158	1.245	1.335	1.428
16	0.749	0.822	0.897	0.977	1.059	1.145	1.235	1.328	1.424	1.523
17	0.795	0.873	0.953	1.037	1.125	1.217	1.312	1.410	1.512	1.618
18	0.842	0.924	1.009	1.098	1.191	1.288	1.389	1.493	1.601	1.713
19	0.888	0.975	1.065	1.159	1.257	1.359	1.465	1.576	1.690	1.808
20	0.935	1.026	1.121	1.220	1.323	1.431	1.542	1.658	1.779	1.903
21	0.981	1.077	1.176	1.280	1.389	1.502	1.619	1.741	1.867	1.998
22	1.028	1.128	1.232	1.341	1.455	1.573	1.696	1.824	1.956	2.093
23	1.074	1.179	1.288	1.402	1.521	1.644	1.773	1.906	2.045	2.189
24	1.121	1.230	1.344	1.463	1.587	1.716	1.850	1.989	2.133	2.283
25	1.167	1.281	1.399	1.523	1.652	1.787	1.927	2.072	2.222	2.377
26	1.214	1.332	1.455	1.584	1.718	1.858	2.004	2.154	2.311	2.472
27	1.260	1.383	1.511	1.645	1.784	1.929	2.080	2.237	2.399	2.567
28	1.307	1.434	1.567	1.706	1.850	2.001	2.157	2.320	2.488	2.662
29	1.353	1.485	1.623	1.766	1.916	2.072	2.234	2.402	2.577	2.757
30	1.400	1.536	1.678	1.827	1.982	2.143	2.311	2.485	2.665	2.852
31	1.446	1.587	1.734	1.888	2.048	2.215	2.388	2.568	2.754	2.947
32	1.493	1.638	1.790	1.948	2.114	2.286	2.465	2.650	2.843	3.042
33	1.539	1.689	1.846	2.009	2.180	2.357	2.542	2.733	2.931	3.137
34	1.586	1.740	1.901	2.070	2.246	2.428	2.618	2.816	3.020	3.231
35	1.632	1.791	1.957	2.131	2.311	2.500	2.695	2.898	3.109	3.326

H/D	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80
13	1.322	1.409	1.498	1.590	1.684	1.781	1.882	1.984	2.090	2.198
14	1.424	1.517	1.613	1.711	1.813	1.918	2.026	2.137	2.250	2.367
15	1.525	1.625	1.727	1.833	1.942	2.055	2.170	2.289	2.411	2.536
16	1.626	1.733	1.842	1.955	2.072	2.191	2.315	2.441	2.571	2.704
17	1.728	1.840	1.957	2.077	2.201	2.328	2.459	2.593	2.731	2.873
18	1.829	1.948	2.072	2.199	2.330	2.465	2.603	2.746	2.892	3.042
19	1.930	2.056	2.187	2.321	2.459	2.601	2.748	2.898	3.052	3.210
20	2.032	2.164	2.301	2.443	2.588	2.738	2.892	3.050	3.212	3.379
21	2.133	2.272	2.416	2.565	2.717	2.875	3.036	3.202	3.373	3.548
22	2.234	2.380	2.531	2.687	2.847	3.011	3.181	3.355	3.533	3.716
23	2.336	2.488	2.646	2.808	2.976	3.148	3.325	3.507	3.694	3.885
24	2.437	2.596	2.761	2.930	3.105	3.285	3.469	3.659	3.854	4.054
25	2.538	2.704	2.876	3.052	3.234	3.421	3.614	3.811	4.014	4.223
26	2.640	2.812	2.990	3.174	3.363	3.558	3.758	3.964	4.175	4.391
27	2.741	2.920	3.105	3.296	3.492	3.695	3.902	4.116	4.335	4.560
28	2.842	3.028	3.220	3.418	3.622	3.831	4.047	4.268	4.495	4.729
29	2.944	3.136	3.335	3.540	3.751	3.968	4.191	4.420	4.656	4.897
30	3.045	3.244	3.450	3.662	3.880	4.005	4.335	4.573	4.816	5.066
31	3.146	3.352	3.565	3.784	4.009	4.141	4.480	4.725	4.977	5.235
32	3.247	3.460	3.679	3.905	4.138	4.278	4.624	4.877	5.137	5.404
33	3.349	3.568	3.794	4.027	4.267	4.514	4.768	5.029	5.297	5.572
34	3.450	3.676	3.909	4.149	4.397	4.651	4.913	5.182	5.458	5.741
35	3.551	3.784	4.024	4.271	4.526	4.788	5.057	5.334	5.618	5.910

## 2-4 平均樹高，胸高断面積合計の推定

平均樹高，胸高断面積合計 (Basal Area) は森林調査簿の主要項目であり，林況の把握や間伐の実施において重要な要因となっている。平均樹高は空中写真から直接的に判読することができるが，精度的にやや信頼性に乏しい。そこで本調査では，この両者を数量化し類をもちいて林況，地況から推定する方法を検討した。

### 2-4-1 平均樹高の推定

平均樹高と相関のある要因で既存資料，空中写真，地形図等から容易に判読できる要因は，林齢，樹冠疎密度，傾斜，地形等である。

標準地のデータを使用して計算すると表2-5のようなスコアおよび重相関係数，単相関行列 (Simple Correlation Matrix) を得た。なお，樹冠疎密度 (Crown Density) については空中写真撮影年度が1978年であり判読値には2年間のタイムラグがある。

このスコア値の使用法は，各要因内の該当カテゴリーのスコアを加算することによって平均樹高が推定できる。

表2-5 平均樹高推定スコア値

要因	カテゴリー	スコア	レンジ
林 齢 階	0～2年	-21.48	21.48
	3～5	-17.70	
	6～8	-10.68	
	9～11	-7.64	
	12～14	-4.79	
	15～17	-2.38	
	18～	0.00	
樹 冠 疎 密 度 階	0～30%	-1.07	2.42
	31～50	-2.42	
	51～70	0.17	
	71～90	0.59	
	91～100	0.00	
傾 斜	0～9°	-1.16	1.16
	10～19	-0.81	
	20～	0.00	
地 形	凸形斜面	25.76	2.28
	凹形斜面	23.86	
	平衡面	25.65	
	平坦面	26.14	

重相関係数 0.960

単相関行列

	平均樹高	林 齢	樹冠疎密度	傾 斜	地 形
平均樹高	1	0.929	0.854	- 0.510	- 0.022
林 齢	0.929	1	0.857	- 0.395	- 0.083
樹冠疎密度	0.854	0.857	1	- 0.395	- 0.019
傾 斜	- 0.510	- 0.395	- 0.395	1	0.190
地 形	- 0.022	- 0.083	- 0.019	0.190	1

重相関係数 0.960 は高い値を示しており、森林調査簿の平均樹高欄はこのスコア一値で推定することとした。さらにこのスコア一値は、本調査地域周辺の林分で平均樹高を推定したい場合に利用できると思われる。

標準地における平均樹高の実測値とスコア一値を用いての推定値は表 2-6 のとおりであり、高精度で推定されていることがわかる。

表 2-6 標準地の平均樹高の実測値と推定値 (m)

標準地 №	実測値	推定値	標準地 №	実測値	推定値	標準地 №	実測値	推定値
1	22.3	23.2	24	21.2	20.8	47	17.3	20.4
2	23.0	23.2	25	15.8	15.6	48	18.3	20.8
3	25.6	25.6	26	14.9	17.5	49	17.0	17.5
4	23.8	25.0	27	2.4	6.2	50	15.9	17.4
5	27.5	23.2	28	26.3	25.6	51	16.3	14.8
6	25.0	25.6	29	26.5	25.6	52	18.2	20.4
7	26.2	25.0	30	23.1	20.7	53	15.6	20.8
8	22.7	23.2	31	22.4	20.4	54	5.1	6.2
9	21.4	23.2	32	19.6	17.8	55	3.3	4.8
10	25.2	23.2	33	18.2	18.3	56	12.0	6.2
11	24.5	23.2	34	17.6	17.4	57	14.1	15.7
12	21.8	22.6	35	18.8	18.2	58	24.4	25.6
13	19.7	22.5	36	21.6	17.5	59	6.9	6.1
14	22.1	20.0	37	21.3	17.5	60	4.6	6.1
15	22.0	20.4	38	21.3	20.8	61	5.7	6.1
16	22.5	23.2	39	21.6	20.4	62	6.1	5.5
17	20.1	20.7	40	20.4	20.8	63	6.5	5.5
18	22.1	20.7	41	21.5	20.8	64	15.6	17.8
19	23.2	23.0	42	20.3	20.4	65	14.3	17.4
20	20.1	20.3	43	16.7	17.4	66	14.6	14.3
21	2.2	2.4	44	16.2	14.3	67	12.2	14.5
22	2.6	2.4	45	5.8	5.7	68	12.5	11.9
23	21.7	20.0	46	12.0	12.5	69	14.5	14.5

2-4-2 胸高断面積合計の推定

胸高断面積合計と相関があり、空中写真等から容易に判読できる要因として林齢、ha当り本数、樹冠疎密度があげられる。ただしこの場合写真縮

尺の関係から空中写真によるha当り本数の判読は精度的に少し問題がある。このためカテゴリーのグレードに巾をもたせ200本単位とした。スコア一値、重相関係数、単相関行列は表2-7のとおりである。

表2-7 胸高断面積合計推定のスコア一値

要因	カテゴリー	スコア一	レンジ
林 齢 層	0～ 2年	- 29.64	29.64
	3～ 5	- 21.19	
	6～ 8	- 3.74	
	9～ 11	- 0.38	
	12～ 14	- 0.50	
	15～ 17	- 0.36	
	18～	0.00	
ha 当 り 本 数 階	0～ 400本	- 9.48	10.39
	401～ 600	- 10.39	
	601～ 800	- 7.27	
	801～ 1000	- 5.76	
	1001～ 1200	- 2.00	
	1201～	0.00	
樹 冠 疎 密 度 階	0～ 30%	32.68	14.35
	31～ 50	35.88	
	51～ 70	37.94	
	71～ 90	40.61	
	91～ 100	47.03	

重相関係数 0.947

単相関行列

	胸高断面積合計	林 齢	ha当り本数	樹冠疎密度
胸高断面積合計	1	0.658	- 0.067	0.809
林 齢	0.658	1	- 0.637	0.857
ha 当り本数	- 0.067	- 0.637	1	- 0.376
樹冠疎密度	0.809	0.857	- 0.376	1

この重相関係数からもかなりの高精度推定が期待できる。森林調査簿の胸高断面積合計はこのスコア一値で推定したものをを用いることにした。さらにスコア一値は本調査地域周辺の林分で胸高断面積合計を推定したい場合に利用できると思われる。標準地における胸高断面積合計の実測値とスコア一値を用いての推定値は表2-8のとおりであり、高精度で推定されていることがわかる。

表 2-8 胸高断面積合計の実測値と推定値 (m<sup>2</sup>/ha)

標準地 No	実測値	推定値	標準地 No	実測値	推定値	標準地 No	実測値	推定値
1	30.35	29.86	24	38.13	34.35	47	29.44	30.17
2	39.15	32.99	25	28.97	35.57	48	26.37	32.84
3	32.31	31.14	26	37.87	37.56	49	28.25	31.80
4	38.41	36.64	27	2.04	9.49	50	31.60	37.56
5	33.21	30.78	28	30.67	30.22	51	23.50	28.23
6	27.53	31.14	29	31.05	30.22	52	32.77	30.17
7	36.81	36.64	30	29.77	32.84	53	36.77	38.11
8	27.54	29.86	31	27.50	27.05	54	4.54	4.22
9	29.27	29.86	32	39.08	40.23	55	11.16	8.93
10	31.04	29.86	33	37.40	40.23	56	20.05	11.49
11	30.85	29.86	34	46.03	38.24	57	38.47	33.50
12	32.13	40.91	35	37.37	35.57	58	29.41	30.22
13	46.79	44.68	36	32.73	31.80	59	10.23	11.49
14	40.08	44.53	37	40.44	31.80	60	2.75	5.73
15	26.33	31.68	38	34.69	32.84	61	9.42	9.49
16	33.91	34.49	39	34.26	30.17	62	14.26	14.69
17	32.75	34.35	40	31.74	34.35	63	12.88	14.69
18	34.05	34.35	41	37.23	34.35	64	37.48	40.23
19	27.47	29.86	42	36.78	34.35	65	37.69	37.56
20	47.97	46.67	43	40.60	37.56	66	24.06	23.81
21	1.40	3.04	44	23.31	23.81	67	30.03	32.20
22	4.67	3.04	45	14.36	11.49	68	27.68	30.14
23	52.41	44.53	46	28.61	26.38	69	31.09	28.44

## 2-5 判読資料カード (Stereo Gramme) 作成

判読資料カードは調査対象地やその周辺のカリビアマツ林相を判読する際、判読の助けとなるものである。本調査の標準地 69 点について判読資料カードを作成した (表 2-9)。

使用空中写真は 1978 年に撮影されたもので、現地調査時点 1980 年と 2 年のタイムラグがある。このため現地調査したデータを 2 年前に引きもどす必要がある。

### 2-5-1 平均樹高

樹高は地位 (Site Index) 毎にその成長率が違う。フィジー国ではセガンガ地区においてカリビアマツの地位別の地位曲線 (Site Index Curve) が作られている。これは 2-8 の項の図 2-6 で示している。標準地の林齢と平均樹高をこの図におとし、地位曲線にそって 2 年間さかのぼった時の平均樹高を採用した。





表 2 - 9

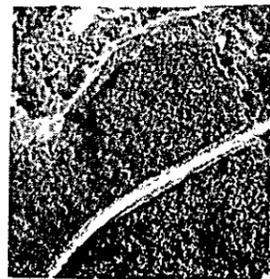
STANDARD INTERPRETATION CARD  
(STEREO GRAMME)

Location	Forest Age	Crown Density	Filing No.
Seagaga	15	D <sub>4</sub>	1

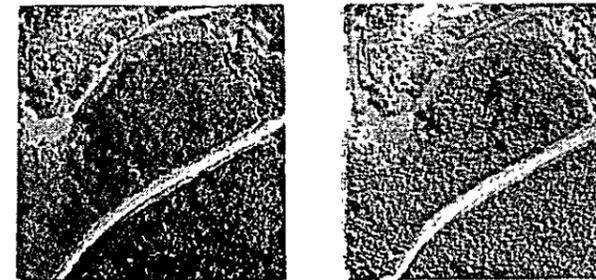
Plot No.	S-1
Location	Seagaga
Compartment & Sub-Compartment	1-a-1
Planned by	J.I.C.A Fiji Government
Enforced by	J.F.T.A
Surveyed on	August, 1980
Plot Area	0.1 ha

Data of Field Survey			
Site Description		Forest Description	
Topography	flat	Species	<i>P. var. caribaea</i>
Inclination	0°	Forest Age & (Planted Year)	15 (1963)
Direction	—	Average Height	20.3 m
Altitude	90 m	Average D.B.H	27.1 cm
		Number of Trees	Plot per ha 51
		Volume	Plot per ha 20.33 m <sup>3</sup> 203.3 m <sup>3</sup>
		Crown Density	90 %
		Basal Area	30.35 m <sup>2</sup> /ha

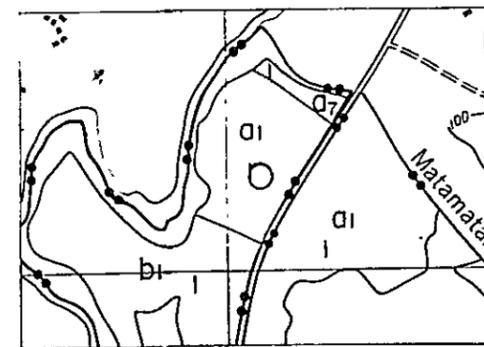
Aerial Photograph Index	
District Name	VANUA LEVU
Flyng Date	May ~ Jun, 1978
Scale of Photograph	1 : 20,000
Flyng Altitude	3,200 m
Focal Length	152.89 mm
Course No & Photo No	7 - 12, 13
Base Length	181 mm



Ground Photo



Stereo Photograph (Scale. 1 : 10,000)



Plot Location Map  
(Scale. 1 : 10,000)



### 2-5-2 林分材積

林分材積の2年間の補正は次の方法によった。まず3-3の項でha当り本数 $N$ と平均樹高 $\bar{H}$ から林分材積 $V$ を回帰計算によって求めている。この式は次のとおりである。

$$\log\left(\frac{V}{N}\right) = -1.4759 + 1.7431 \log \bar{H} - 0.4532 \log N$$

ha当り本数 $N$ は現在も2年前も変わらないと仮定すると現在の平均樹高と2-5-1で推定した2年前の平均樹高から計算される。そしてこの2年間の成長率を

$$\frac{\text{現在の林分材積} - \text{2年前の林分材積}}{\text{現在の林分材積}}$$

と定義しこの成長率を使用して標準地調査で得られた林分材積を2年前のものに修正した。

### 2-5-3 胸高直径

胸高直径は空中写真から直接的に判読することはできないのであまり意味がなく、標準地調査結果をそのまま使用した。

### 2-5-4 樹冠疎密度

樹冠疎密度は標準地調査によって得られる情報ではなく、空中写真から得られる情報であるので補正する必要はなく判読値をそのまま使用した。

標準地No 21, 22は植栽年が1978年であり空中写真撮影時点でまだ植栽されていない可能性があるため、判読資料カードは作成しなかった。

表2-10は標準地の現在および2年前の平均樹高、林分材積である。

表 2-10 現在および 2 年前の平均樹高, 林分材積

標準地 No.	平均樹高		林分材積		標準地 No.	平均樹高		林分材積		標準地 No.	平均樹高		林分材積	
	2年前	現在	2年前	現在		2年前	現在	2年前	現在		2年前	現在	2年前	現在
1	20.3	22.1	203.3	235.8	24	18.4	20.7	235.8	289.5	47	14.4	16.6	144.2	184.7
2	21.0	22.8	277.0	319.7	25	13.1	15.7	129.3	177.3	48	14.6	16.7	141.5	178.8
3	23.8	25.4	247.3	277.0	26	12.5	14.9	154.5	209.9	49	13.5	16.3	126.5	175.7
4	22.0	23.5	285.5	320.3	27	1.2	2.4	3.8	7.5	50	12.6	14.8	135.7	179.7
5	25.4	27.4	280.1	319.7	28	24.7	26.3	248.1	276.8	51	13.5	16.3	98.4	136.7
6	23.3	24.8	215.6	240.4	29	24.7	26.3	258.0	287.8	52	15.8	18.1	175.3	222.2
7	24.1	25.9	291.9	331.0	30	20.4	22.5	201.9	239.5	53	13.5	15.4	164.8	207.3
8	20.5	22.5	185.3	217.9	31	20.1	22.1	181.3	213.9	54	1.7	5.1	1.9	13.0
9	19.7	21.4	193.3	223.3	32	16.3	19.2	203.0	270.1	55	1.3	3.3	6.2	31.3
10	22.6	24.5	234.0	269.3	33	15.5	18.2	192.5	254.7	56	6.0	12.0	28.1	94.1
11	22.3	24.2	228.7	263.7	34	14.8	17.5	206.9	277.1	57	11.6	14.1	150.3	211.2
12	19.6	21.4	212.9	248.1	35	15.8	18.6	188.9	251.0	58	22.8	24.4	228.0	256.6
13	17.2	19.2	275.9	334.2	36	18.3	21.5	188.8	250.0	59	1.7	6.9	2.7	31.2
14	19.3	21.4	334.8	400.8	37	18.2	21.3	233.2	306.8	60	2.2	4.6	2.7	9.8
15	18.2	20.7	167.3	209.4	38	18.7	21.2	212.2	264.1	61	2.7	5.7	7.3	26.7
16	18.8	20.8	225.0	268.3	39	19.0	21.3	207.7	253.5	62	2.8	6.1	9.9	38.5
17	18.0	20.0	191.4	230.0	40	18.1	20.4	185.4	228.4	63	3.0	6.4	10.0	37.3
18	18.8	21.0	218.8	265.3	41	18.1	20.4	228.7	281.7	64	12.7	15.6	146.9	210.3
19	19.5	21.7	174.8	210.6	42	17.4	19.6	214.7	264.2	65	11.3	13.7	140.0	195.9
20	18.1	20.1	295.7	355.0	43	12.7	15.5	190.4	269.4	66	11.3	14.6	79.0	123.5
21	-	2.2	-	7.2	44	12.6	16.2	85.3	132.2	67	8.9	11.7	84.4	135.9
22	-	2.6	-	14.0	45	2.2	5.8	6.8	37.0	68	9.7	12.5	83.8	130.4
23	18.6	20.9	326.1	399.6	46	9.1	11.8	80.6	126.8	69	11.4	14.4	106.9	160.6

2-6 空中写真林分材積表

回帰推定法によって林分材積を求めることは 2-1 調査方法で述べたとおりである。一般の回帰推定法は重回帰計算によって推定されるのに対し本調査では数値化し類によって推定することも述べた。林分材積と相関性が高くかつ空中写真判読や地形図等から計測できる説明要因は林齢, ha 当り本数, 樹冠疎密度, 傾斜であるが林分平均樹高もまた相関性の高い要因と思われる。林分平均樹高は 2-4 の項で高精度に推定できた。これら 5 要因を使用しての計算結果は表 2-11 のとおりである。

表 2-11 林分材積表のスコア一値

要因	カテゴリー	スコア	レンジ
林 齢	0 ~ 2年	- 20.49	79.87
	3 ~ 5	- 6.59	
	6 ~ 8	10.30	
	9 ~ 11	59.38	
	12 ~ 14	35.67	
	15 ~ 17	4.97	
	18 ~	0.00	
樹 高 階	~ 6m	- 215.53	217.72
	7 ~ 10	- 217.72	
	11 ~ 14	- 145.93	
	15 ~ 18	- 136.66	
	19 ~ 22	- 74.97	
	23 ~ 26	- 47.02	
	27 ~	0.00	
ha 当 り 本 数 階	0 ~ 400本	- 20.30	35.22
	401 ~ 600	- 35.22	
	601 ~ 800	- 17.61	
	801 ~ 1000	- 24.76	
	1001 ~ 1200	0.46	
	1201 ~	0.00	
樹 冠 疎 密 度 階	0 ~ 30%	- 153.38	153.38
	31 ~ 50	- 140.59	
	51 ~ 70	- 120.24	
	71 ~ 90	- 92.80	
	91 ~ 100	0.00	
傾 斜	~ 9°	421.82	21.82
	10 ~ 19	400.00	
	20 ~	411.09	

重相関係数 0.972

単相関行列

	林分材積	林 齢	樹 高	ha当り本数	樹冠疎密度	傾 斜
林分材積	1	0.829	0.871	- 0.308	0.899	- 0.401
林 齢	0.829	1	0.914	- 0.637	0.857	- 0.531
樹 高	0.871	0.914	1	- 0.601	0.845	- 0.490
ha当り本数	- 0.308	- 0.637	- 0.601	1	- 0.376	0.467
樹冠疎密度	0.899	0.857	0.845	- 0.376	1	- 0.395
傾 斜	0.401	- 0.531	- 0.490	0.467	- 0.395	1

この重相関係数をみるとかなり高精度で推定できることを示している。このため森林調査簿のha当り材積欄にはこのスコア一表を計算しての推定値を記入することとした。標準地において林分材積の実測値とスコア一計算の推定値を比較すると表2-12のとおりである。

表2-12 標準地の林分材積の実測値と推定値

標準地 No	実測値	推定値	標準地 No	実測値	推定値	標準地 No	実測値	推定値
1	235.8	223.8	24	289.5	265.0	47	184.7	183.0
2	319.7	269.4	25	177.3	203.0	48	178.8	210.4
3	277.0	261.7	26	209.9	224.3	49	175.7	199.5
4	320.3	339.6	27	7.5	25.0	50	179.7	202.5
5	319.7	313.7	28	276.8	246.8	51	136.7	164.5
6	240.4	261.7	29	287.8	293.8	52	222.2	183.0
7	331.0	339.6	30	239.5	278.2	53	207.3	228.5
8	217.9	251.8	31	213.9	227.1	54	13.0	6.9
9	223.3	223.8	32	270.1	291.6	55	31.3	12.5
10	269.3	251.8	33	254.7	229.9	56	94.1	94.1
11	263.7	251.8	34	277.1	252.2	57	211.2	184.4
12	248.1	305.2	35	251.0	275.7	58	256.6	246.8
13	334.2	330.5	36	250.0	261.2	59	31.2	22.3
14	400.8	361.2	37	306.8	261.2	60	9.8	0.0
15	209.4	237.5	38	264.1	272.1	61	26.7	25.0
16	268.3	262.2	39	253.5	244.7	62	38.5	48.4
17	230.0	243.1	40	228.4	265.0	63	37.3	46.2
18	265.3	243.1	41	281.7	265.0	64	210.3	229.9
19	210.6	229.9	42	264.2	265.0	65	195.9	193.2
20	355.0	351.8	43	269.4	202.5	66	123.5	118.2
21	7.2	10.6	44	132.2	118.2	67	135.9	166.4
22	14.0	10.6	45	37.0	46.3	68	130.4	146.1
23	399.6	361.2	46	126.8	110.1	69	160.6	150.5

※ 60はスコア一値は-0.3

本調査対象地周辺で林分材積を推定したい場合、上記した5要因全てを使用することが不可能な場合がある。このような場合のために林分材積との単相関係数の小さい傾斜の要因を除いた場合、および傾斜とha当り本数を除いた場合のスコア一値を表2-13に示す。

表 2-13 林分材積表スコア値  
(傾斜および ha 当り本数を除く)

要因	カテゴリー	スコア値 (傾斜を除いたもの)	スコア値 (傾斜, ha 当り本数を 除いたもの)
林 齢 階	0 ~ 2年	- 61.09	- 28.42
	3 ~ 5	- 43.69	- 19.48
	6 ~ 8	- 17.21	- 5.88
	9 ~ 11	27.77	60.82
	12 ~ 14	15.72	36.07
	15 ~ 17	- 5.31	3.51
	18 ~	0.00	0.00
樹 高 階	~ 6 m	- 208.69	- 189.68
	7 ~ 10	- 210.68	- 181.72
	11 ~ 14	- 142.60	- 115.12
	15 ~ 18	- 134.74	- 128.25
	19 ~ 22	- 72.38	- 74.41
	23 ~ 26	- 48.68	- 52.56
	27 ~	0.00	0.00
ha 当 り 本 数 階	0 ~ 400本	- 27.24	/
	401 ~ 600	- 40.95	
	601 ~ 800	- 18.86	
	801 ~ 1000	- 24.31	
	1001 ~ 1200	1.16	
	1201 ~	0.00	
樹 冠 疎 密 度 階	0 ~ 30%	280.38	228.70
	31 ~ 50	296.84	242.21
	51 ~ 70	319.79	272.59
	71 ~ 90	340.50	302.00
	91 ~ 100	419.35	397.64
重 相 関 係 数		0.969	0.965

## 2-7 林相別蓄積および総蓄積の推定

林相別の蓄積は別冊森林調査簿のとおりである。この項では①林班毎の  
カリビアマツ植栽面積, 蓄積, ha当り平均蓄積, ②林班別, 林齢階別面積,  
蓄積をコンピューターによって集計した。

調査対象地全域で蓄積は 456千 $m^3$ , 面積は 1,868.7 ha であった。また地区  
別にはセガンガが 401千 $m^3$ , 1,571.76 ha, コロタリが 55千 $m^3$ , 296.94 ha  
となっている。林齢別面積は全体では下表のようになり図 2-1 のような  
結果が得られた。

1年生	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 ha	54.68	90.04	55.12	26.72	0	0	134.82	187.44	185.68
11年生	12	13	14	15	16	17	18	19	20
231.00 ha	281.64	330.88	164.40	58.28	30.28	13.44	11.64	8.16	4.48

また, 林齢別蓄積は次頁表のようになり図 2-2 のような結果が得られた。

1年生	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 m <sup>3</sup>	0	2,094	1,252	752	0	0	24,348	47,303	47,201
11年生	12	13	14	15	16	17	18	19	20
54,817 m <sup>3</sup>	87,514	102,715	50,122	16,298	9,043	4,258	3,464	2,430	1,365

表2-14 林班毎のカリビアマツ植栽面積、蓄積、ha当り平均蓄積

地区	セガシ							地区	コロタリ			
林班	カリビアマツ面積 (ha)	蓄積(m <sup>3</sup> )	平均蓄積 (m <sup>3</sup> /ha)	林班	カリビアマツ面積 (ha)	蓄積(m <sup>3</sup> )	平均蓄積 (m <sup>3</sup> /ha)	林班	カリビアマツ面積 (ha)	蓄積 m <sup>3</sup>	平均蓄積 (m <sup>3</sup> /ha)	
1	29.08	9,143	314	29	15.68	3,815	243	1	4.12	906	220	
2	62.92	18,881	300	30	19.84	4,762	240	3	2.16	475	220	
3	26.56	8,221	310	31	13.00	3,120	240	4	5.16	703	136	
4	32.52	8,302	255	32	16.72	3,797	240	5	4.08	315	77	
5	20.16	6,280	312	33	40.24	11,870	295	6	12.28	2,341	191	
6	9.68	1,431	148	34	40.48	12,954	320	7	13.76	1,321	96	
7	13.56	2,188	161	35	51.12	16,007	313	16	6.32	383	209	
8	34.88	10,115	290	36	47.92	15,334	320	17	19.80	2,593	131	
9	29.64	8,493	287	37	41.84	13,389	320	22	32.40	7,052	218	
10	29.80	8,966	301	38	34.64	8,943	258	23	20.12	1,152	57	
11	47.00	13,655	291	39	33.04	11,432	346	24	16.52	2,062	125	
12	22.96	5,539	241	40	42.68	13,561	318	25	7.80	1,863	239	
13	26.68	6,679	250	41	35.92	11,036	307	26	15.44	3,586	232	
14	8.96	1,884	210	42	24.12	6,117	254	27	27.28	7,164	263	
15	10.00	335	34	44	40.36	1,746	43	28	25.96	7,810	301	
16	35.76	4,671	131	45	40.40	8,364	207	29	14.84	3,960	267	
17	23.56	54	2	46	20.16	1,524	76	30	15.96	2,873	180	
18	23.64	6,700	263	47	30.72	1,153	38	31	31.54	4,494	142	
19	20.72	6,532	315	48	24.92	811	33	32	21.40	2,843	133	
20	41.16	12,708	309	49	18.16	4,358	240					
21	0.56	184	329	50	44.72	13,800	309					
22	28.68	7,216	252	51	63.68	15,925	250					
23	24.92	5,735	230	53	35.96	11,456	319					
24	19.84	4,819	243	54	23.12	6,995	303					
25	9.24	1,903	206	55	24.96	7,659	307					
26	23.08	5,570	241	56	42.24	14,122	334					
27	27.16	5,357	197									
28	22.40	5,469	244									
				計	1,571.76	401,080	255	計	296.94	54,896	185	

図2-1 林 齡 別 面 積

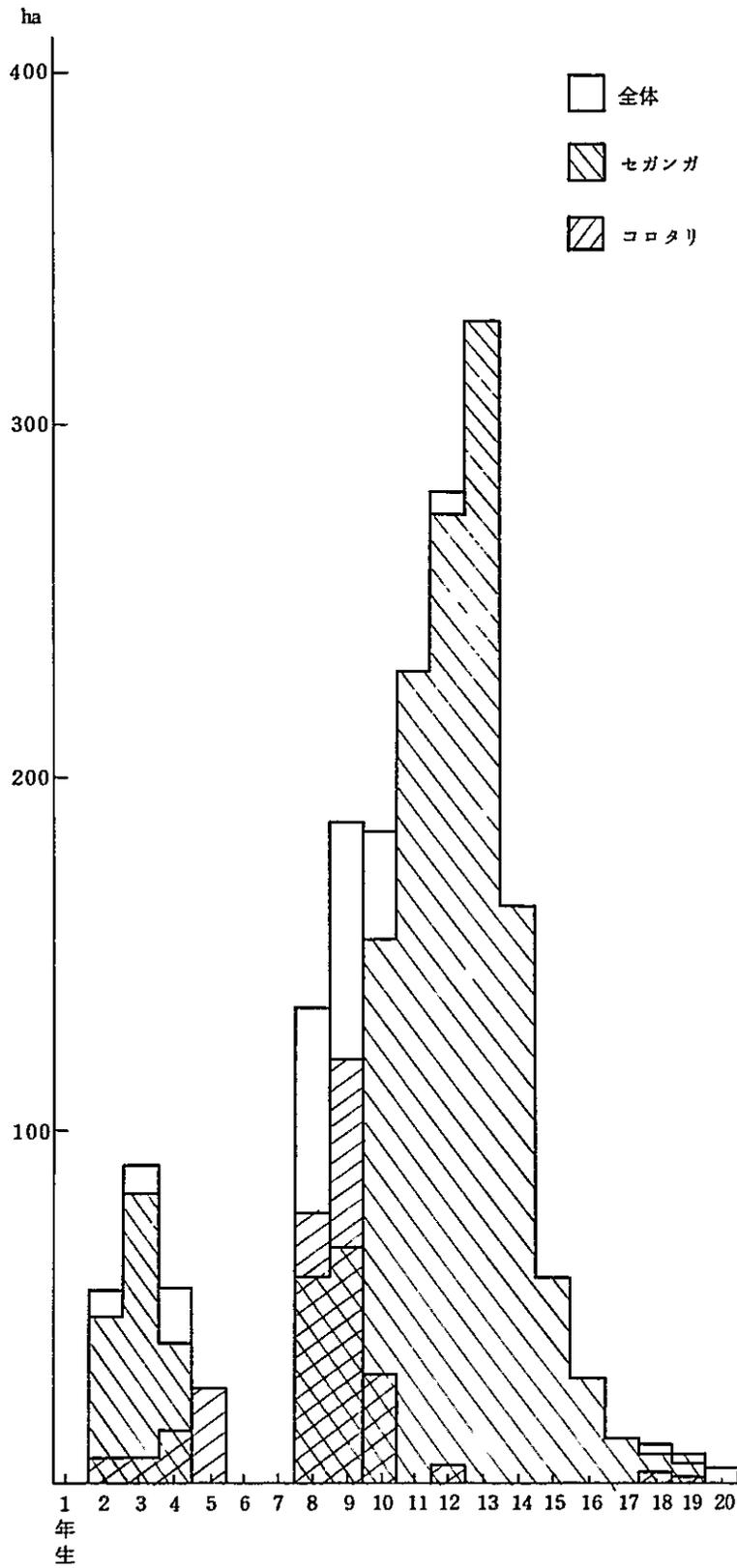


図 2 - 2 林齢別蓄積 (Semi Log)

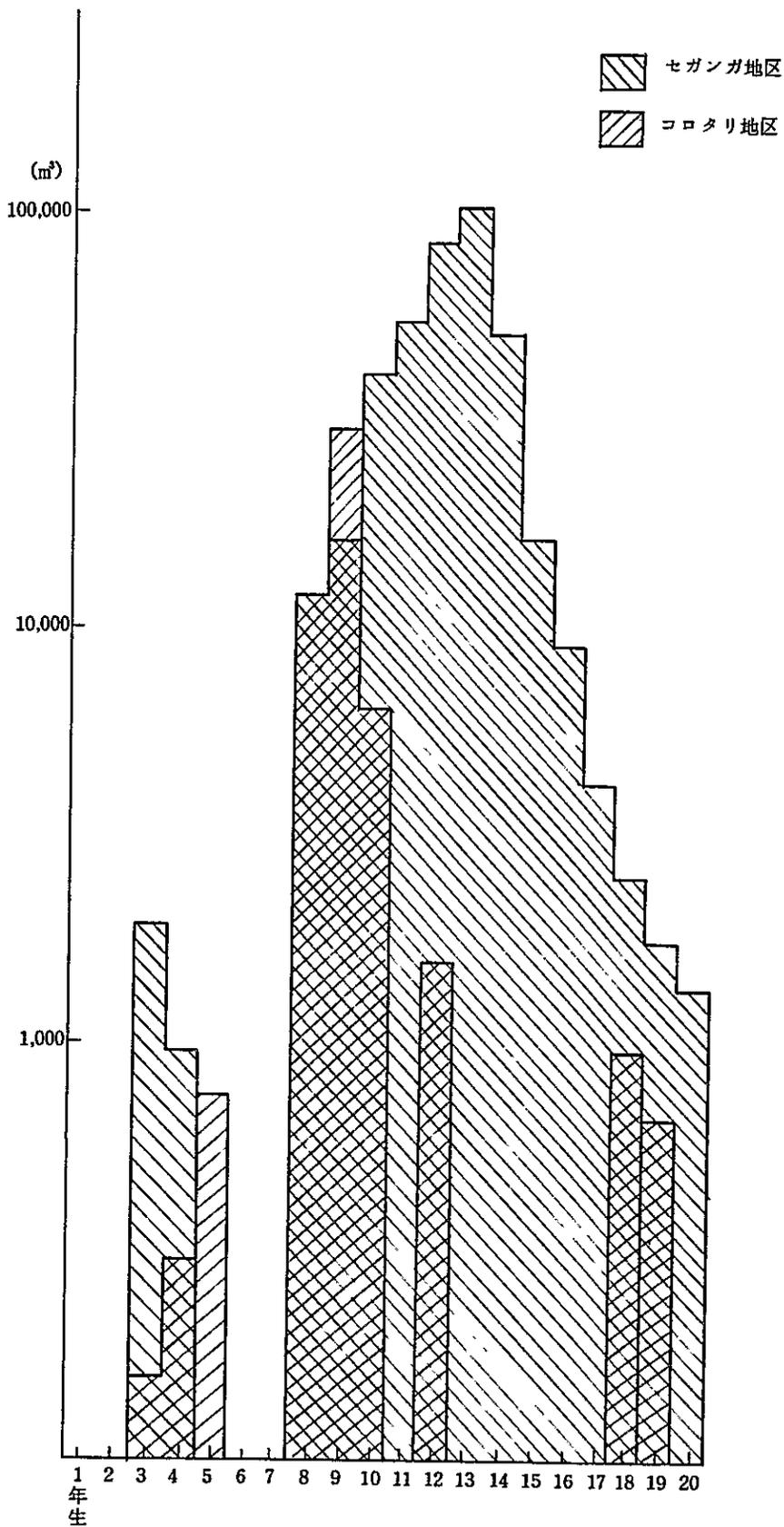


表 2-15 林班別林齡別面積，蓄積

地区	林班	1年生	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16	18	19	20
1	面積															9.28			8.32		4.48
	材積															3,062			2,496		1,365
2	面積												15.32		4.24	6.64	30.28				
	材積												4,318		1,357	2,125	9,043				
3	面積													10.60	9.00	6.96					
	材積													3,392	2,880	1,949					
4	面積												9.92			22.60					
	材積												2,678			5,624					
5	面積													15.48		4.68					
	材積													5,016		1,264					
6	面積		1.28	2.88						5.52											
	材積		0	144						1,287											
7	面積		2.44	1.52						9.60											
	材積		0	76						2,112											
8	面積													34.88							
	材積													10,115							
9	面積													15.56	14.08						
	材積													4,331	4,162						
10	面積													17.12	12.68						
	材積													4,782	4,184						
11	面積													46.40						0.60	
	材積													13,493						162	
12	面積											14.84				8.12					
	材積											3,265				2,274					
13	面積									26.68											
	材積									6,679											
14	面積		1.00	0.52						7.44											
	材積		0	10						1,874											
15	面積			10.00																	
	材積			335																	
16	面積		2.00	15.68						18.08											
	材積		0	314						4,357											
17	面積		20.84	2.72																	
	材積		0	54																	

地区	林班	1年生	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	18	面積										1.52		22.12								
		材積										285		6,415								
	19	面積												17.20	3.52							
		材積												5,504	1,028							
	20	面積													35.96					5.20		
		材積													11,148					1,560		
	21	面積									0.40									0.16		
		材積									136									48		
七	22	面積										28.68										
		材積										7,216										
	23	面積										24.92										
		材積										5,735										
	24	面積										19.84										
		材積										4,879										
八	25	面積										9.24										
		材積										1,903										
	26	面積										23.08										
		材積										5,570										
ノ	27	面積		0.84	5.08							21.24										
		材積		42	254							5,061										
	28	面積										22.40										
		材積										5,469										
	29	面積										15.68										
		材積										3,815										
ハ	30	面積										19.84										
		材積										4,762										
	31	面積										13.00										
		材積										3,120										
	32	面積										16.72										
		材積										3,797										
	33	面積	1.72																			
		材積	0												38.52							
	34	面積											8.68	31.80								
		材積											2,778	10,176								

地区	林班	1年生	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	35	面積											51.12									
		材積											16,007									
	36	面積												47.92								
		材積											15,334									
	37	面積												41.84								
		材積											13,389									
	38	面積									34.64											
		材積								8,943												
	39	面積									21.48		11.56									
		材積								7,733		3,699										
セ	40	面積												42.68								
		材積											13,561									
カ	41	面積						2.24						33.68								
		材積						336						10,700								
ク	42	面積									15.76		8.36									
		材積									3,686		2,431									
	44	面積	3.92	31.08					5.36													
		材積	0	622					1,124													
	45	面積	2.68						37.72													
		材積	0						8,364													
	46	面積	3.32	11.68					5.16													
		材積	0	234					1,290													
カ	47	面積		5.32	22.04				3.36													
		材積		107	441				605													
	48	面積	7.88		12.76				4.28													
		材積	0		255				556													
	49	面積									18.16											
		材積									4,358											
	50	面積											44.72									
		材積											13,800									
	51	面積									63.68											
		材積									15,925											
	53	面積											35.96									
		材積											11,456									

地区	林班	1年生	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
セ カ ン カ	面積												23.12									
	材積												6,995									
	面積												24.96									
	材積												7,659									
	面積												42.24									
	材積												14,122									
計	面積	0	47.08	82.24	39.88	0	0	0	58.12	67.32	154.12	231.00	275.96	330.88	164.40	58.28	30.28	13.44	8.32	5.96	4.48	
	材積	0	0	1,938	950	0	0	0	12,275	16,309	40,781	54,817	85,943	102,715	50,122	16,298	9,043	4,258	2,496	1,770	1,365	
コ	面積										4.12											
	材積										906											
	面積										2.16											
	材積										475											
	面積				2.00						3.16											
	材積				50						653											
5	面積				2.60					1.48												
	材積				19					296												
6	面積			0.80						5.80			5.68									
	材積			16						754			1,571									
7	面積									6.16												
	材積									1,321												
16	面積									1.28												
	材積									282												
17	面積			1.96	8.24					7.40											2.20	
	材積			39	161					1,733											660	
22	面積				2.40					28.96											1.04	
	材積				72					6,678											302	
23	面積					17.84															2.28	
	材積					486															666	
24	面積					8.88				7.64												
	材積					266				1,796												
25	面積								7.80													
	材積								1,863													
26	面積								15.44													
	材積								3,586													

地区	林班	1年生	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
コ ロ タ リ	27	面積								27.28														
		材積								7,164														
	28	面積									25.96													
		材積									7,810													
	29	面積									14.84													
		材積									3,960													
	30	面積								15.96														
		材積								2,873														
	31	面積								31.54														
		材積								4,494														
	32	面積								21.40														
		材積								2,843														
	計	面積	0	7.6	7.8	15.24	26.72	0	0	76.7	120.12	31.56	0	5.68	0	0	0	0	0	3.32	2.20	0	0	
		材積	0	0	156	302	752	0	0	12,073	30,994	6,420	0	1,571	0	0	0	0	0	968	660	0	0	

図2-1をみると11年生～13年生の林分が非常に多く、7年生は皆無となっている。林分の保続性を考え法正齡級配置 (Normal Age Class Distribution) を目指すならば、今後造林計画に際しこの点を考慮していかなければならないだろう。

次に現在の林分で用材として利用できる量がどのくらいあるかを試算する。フィジー国における用材として利用できる立木の最小基準は2.4 m × 23 cm (中央径) がとれる立木以上を対象としている。このためD. B. H 24 cm以上および30 cm以上を対象とし、その蓄積がどのくらい有するかを試算した。方法としてはまず標準地調査69標準地について、標準地の総材積に対するD. B. H 24 cm以上および30 cm以上の立木の材積の比を求める。標準地の林齢とこの比の相関数を回帰計算によって求め、この定数を使用して林齢別の現蓄積からD. B. H 24 cm以上および30 cm以上の立木の材積を推定する。図2-3はD. B. H 24 cm以上の材積率と林齢との関係を示したものであり、回帰直線は7年生以下のデータを除いて計算したものである。図2-4はD. B. H. 30 cm以上の材積率で、回帰直線は8年生以下のデータを除いたものである。これら2つの回帰式より各林齢におけるD. B. H. 24 cm以上、30 cm以上のそれぞれの材積率を計算すると下表のようになる。

林齢	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
D. B. H 24 cm以上	0	0	0	0	0	0	34	40	46	52	57	63	69	74	80	86	92	97	100
D. B. H 30 cm以上	0	0	0	0	0	0	0	0	6	12	19	25	32	38	45	52	58	65	71

(D. B. H. 24 cm以上では7年以下は0%)  
 " 30 cm以上では8年以下は0%)

この材積率(%)を表2-15の林齢別総蓄積に乗じて現在の用材として利用できる材積を算出すると表2-16のような結果が得られた。

表 2 - 16 林齢別用材利用可能材積

林 齢	D. B. D. 24 cm以上		D. B. H. 30 cm以上	
	セガンガ	コロタリ	セガンガ	コロタリ
8	4,174 (m <sup>3</sup> )	4,105 (m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
9	6,524	12,398		
10	18,759	2,953	2,447	385
11	28,505	0	6,578	0
12	48,988	895	16,329	298
13	64,710	0	25,679	0
14	34,584	0	16,039	0
15	12,061	0	6,193	0
16	7,234	0	4,069	0
17	3,662	0	2,214	0
18	2,296	891	1,448	561
19	1,717	640	1,151	429
20	1,365	0	969	0
計	234,579	21,882	83,116	1,673
総計	256,461		84,789	

図 2 - 3 標準地の林齢別 D. B. H 24 cm 以上の材積率

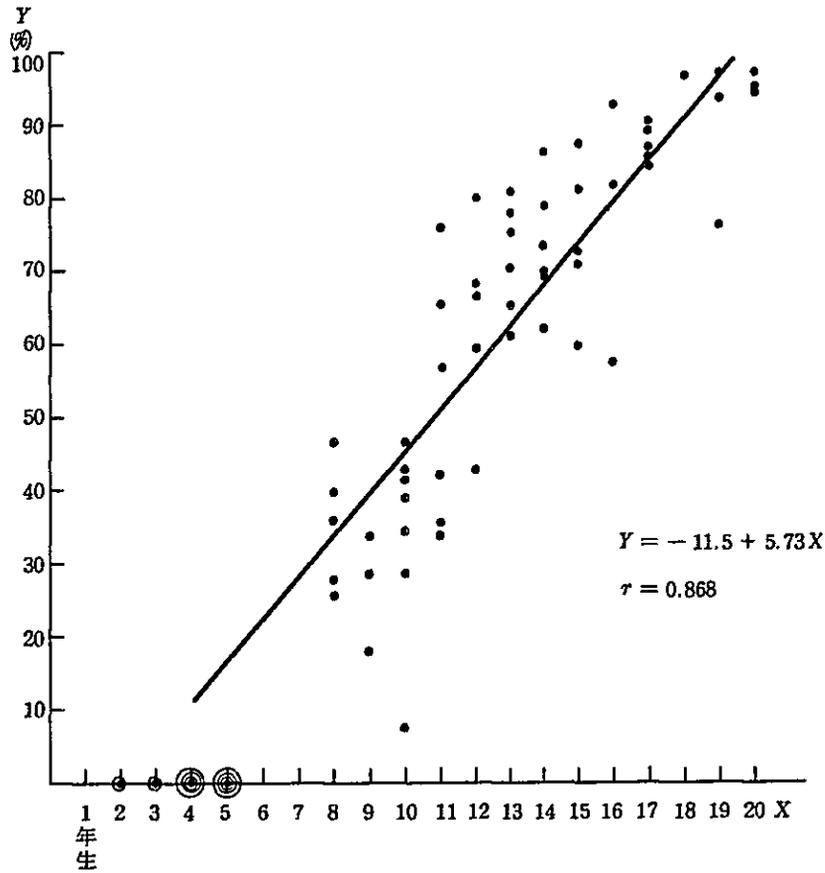
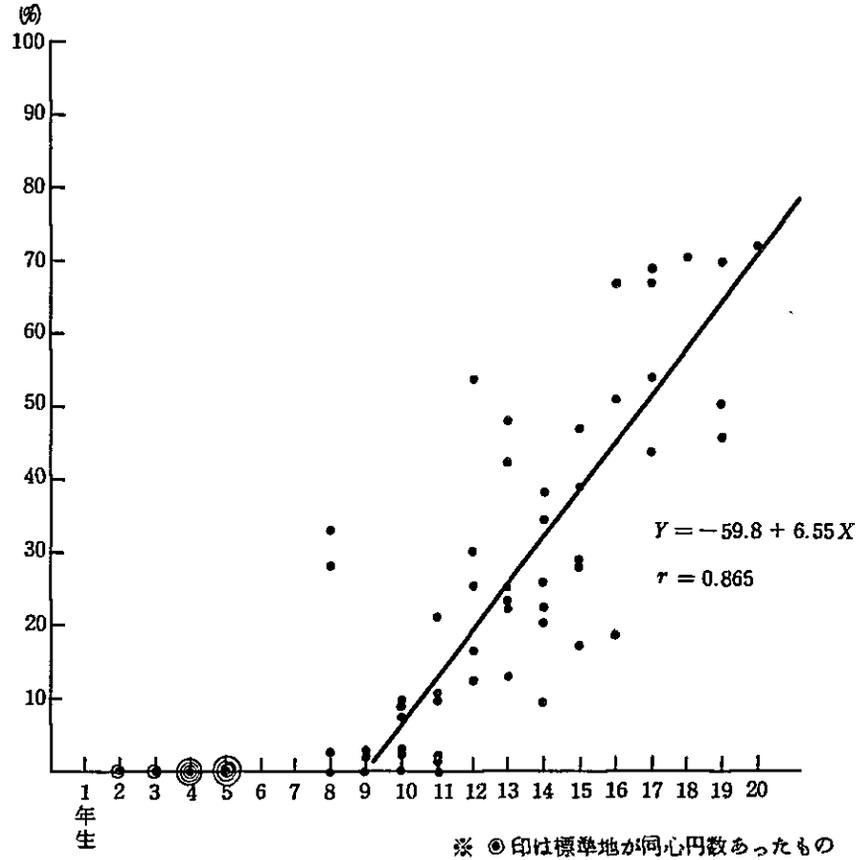


図 2-4 標準地の林齢別 D.B.H 30 cm 以上の材積率



調査対象地全域の蓄積を主体とする林分構成は上記の結果より図 2-5 のようになる。

図 2-5

D. B. H. 24 cm 未満 の立木の蓄積	24 cm ~ 30 cm 未満	30 cm 以上
199千 m <sup>3</sup> (43.7%)	172千 m <sup>3</sup> (37.7%)	85千 m <sup>3</sup> (18.6%)

10    20    30    40    50    60    70    80    90    100%

Commonwealth Forestry Institute では、フィジー国におけるカリビアマツのパルプ材として利用できる部分を直径 3 inch (7.62 cm) 以上として全体の材積に対する利用材積の割合を次のような関係式で提示している。

$$V(3'' \text{ 以上の C. F.}) = -0.45 + 0.9359 TV(\text{全材積 C. F.})$$

$$\downarrow$$

$$V(\text{m}^3) = -0.01274 + 0.9359 TV(\text{m}^3)$$

そこで現在の蓄積のうちパルプ材として利用できる量を推定するとセガンガは全蓄積 401,080 m<sup>3</sup> に対し 375,301 m<sup>3</sup>、コロタリは 54,896 m<sup>3</sup> に対し 50,441 m<sup>3</sup> がパルプ材として利用できることになる。

## 2-8 森林調査簿の作成

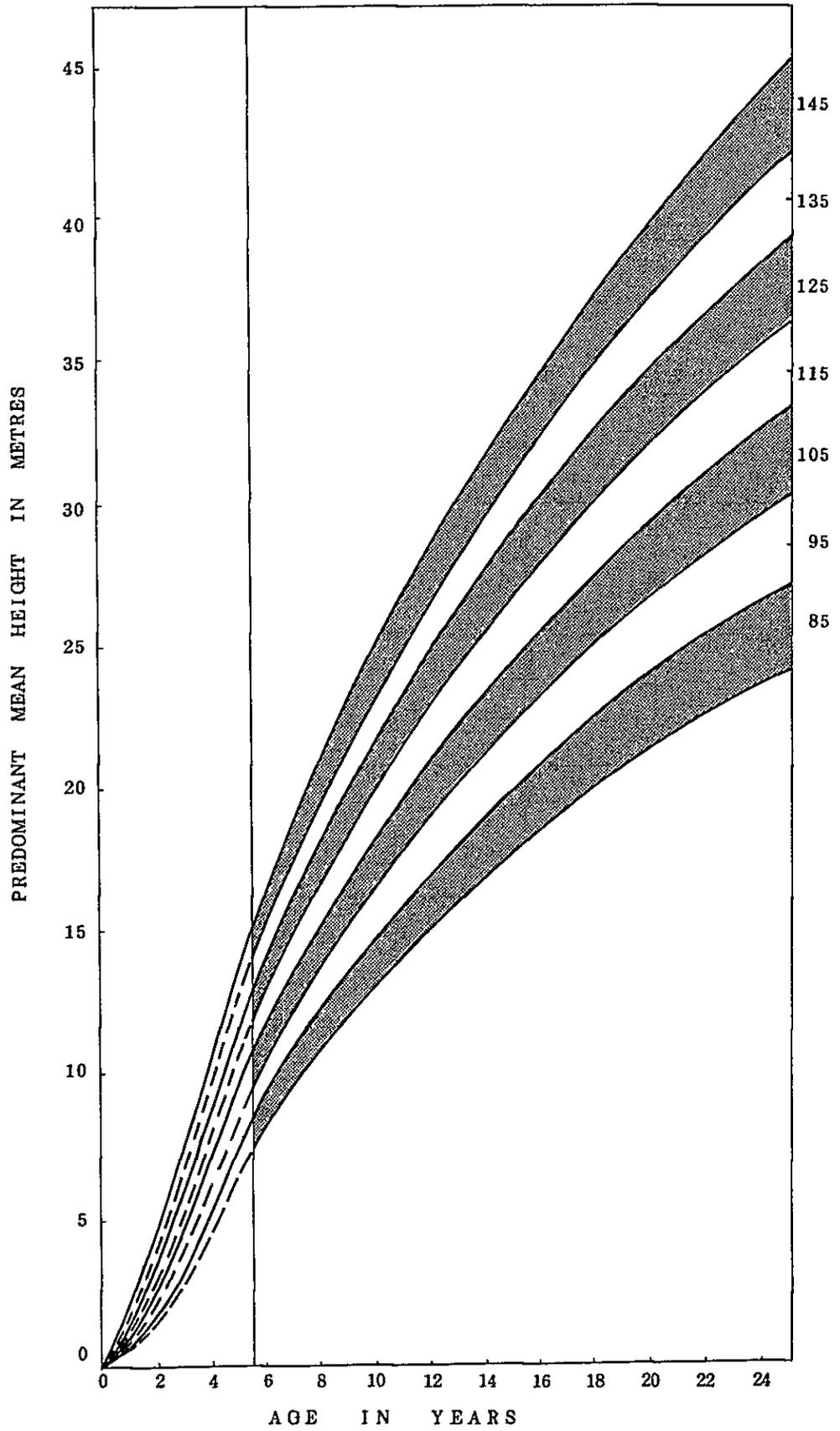
森林調査簿に載せる内容は次のとおりであり、それぞれコンピューターによって計算、アウトプットをした。林班毎に変種毎、全体の面積、蓄積を計算し頁を改めた。

- ① 小班はフィジー国所有のストックマップ上では造林計画を立案する毎にアルファベットで区分されている。このため1つの林班内に同じ記号(アルファベット)の小班が存在する。そこでこれを分類するために枝番号を付した。例 a-1, a-2等。
- ② 1つの小班内でも樹高や樹冠疎密度が違う場合があり、この場合は林相(Forest Type)で区分した。
- ③ 小班、林相別面積は本調査で作成したストックマップより測定しha下2桁まで示した。
- ④ 樹種は全てカリビアマツであるが変種が var. caribaea, var. hondurensis, var. cuban, var. bahamaensis が存在しそれぞれ混交しているものがあつた。コードは次のとおりである。

var. caribaea	.....	PC
var. hondurensis	.....	PH
var. cuban	.....	PCU
var. bahamaensis	.....	PB
広葉樹	.....	B
caribaea, hondurensis 混交	.....	PCH
caribaea, 広葉樹混交	.....	PC.B
caribaea, hondurensis, 広葉樹混交	...	PCH.B
caribaea, cuban 混交	.....	PCCU

- ⑤ 平均樹高は2-4の項で示したスコア値から求め整数止めで表示した。
- ⑥ 樹冠疎密度は空中写真から10%単位で判読した。
- ⑦ ha当り本数は空中写真から100本単位で判読した。
- ⑧ ha当り材積は2-6の項で示したスコア値から求め10 m<sup>3</sup>単位で示した。
- ⑨ 全蓄積はha当り材積に面積を乗じて求めた。
- ⑩ 標高は本調査で作成したストックマップより求め10 m単位で表示した。
- ⑪ 地形方位は本調査で作成したストックマップから求め、N, NE, E, SE, S, SW, W, NW, 無(FLAT)の9方位とした。

2 - 6 PINUS CARIBAEA MODIFIED SITE INDEX CURVES  
(SEAQAQA PLANTATION)



- ⑫ 地形傾斜は本調査で作成したストックマップから求め1°単位で表示した。
- ⑬ 地形は本調査で作成したストックマップから求め、凸形地形 (CONV.) 凹形地形 (CONC.)、平衡面 (PAR.S)、平坦面 (FLAT)とした。
- ⑭ 土壤水分含有量は空中写真から判読し、乾燥地 (DRY)、中間 (MID)、湿地 (WET)とした。
- ⑮ 地位指数 (Site Index) はフィジー国で作成されているセガンガ地区カリビアマツの地位指数曲線 (Site Index Curves)( 図 2-6 参照) を使用し、林齢とその時点での平均樹高から求めた。
- ⑯ 胸高断面積合計は 2-4 の項で示したスコア値を使用して求めた。  
森林調査簿のサンプルを図 2-7 に示す。

圖 2-7 森林調查簿

FOREST INVENTORY NOTE

SUB-COMP.	FOREST DESCRIPTION										SITE DESCRIPTION	SEADADA	* * * LOCATION	* * * COMPARTMENT	* * * * *	* * * * *
	PLANTISPP.	AV. HEIGHT (M)	CROWN NUM.	IVOL.	TOTAL VOL.	ALTTITUDE	DIRE-CTION	INCLINATION	TOPO-GRAPHY	SOIL						
A 1	1963	21	90	500	330	977	90	FLAT	0	FLAT	MID	85	30			
A 2	1963	20	70	600	260	333	90	FLAT	0	FLAT	MID	85	27			
A 3	1960	23	80	500	300	720	90	FLAT	0	FLAT	MID	85	30			
A 4	1963	21	80	400	340	802	90	FLAT	0	FLAT	MID	85	31			
A 5	1960	23	80	400	310	645	100	NW	8	PAR.S	MID	85	31			
A 6	1962	23	90	500	300	2496	90	FLAT	3	FLAT	MID	95	30			
A 7	1963	20	70	400	270	108	90	FLAT	0	FLAT	MID	85	28			
B 1	1965	21	80	600	330	1597	90	FLAT	0	FLAT	MID	95	30			
B 2	1965	21	80	500	330	1465	90	FLAT	0	FLAT	MID	95	30			

TOTAL AREA 29.08HA

TOTAL VOLUME 9143M+3

	AREA (HA)	VOLUME (M+3)
P. CARIBAEA	8.12	2500
P. HONDURENSIS	0	0
P. CURAN	0	0
P. BAHAMAENSIS	0	0
BROAD LEAF	0	0
P. C. B	0	0
P. C. P. H	20.96	6643
P. H. B	0	0
P. C. P. H. B	0	0
P. C. P. CU	0	0
P. C. P. B	0	0

### 3. 間 伐 指 針

#### 3-1 間伐方法の検討

間伐の目的をここで整理してみると、一斉林型の森林において林冠がうっ閉してから主伐を始めるまでの間にうっ閉を適当にコントロールして、生産の目的にあうような立木密度を調整することであろう。この間伐方法を決定する条件をあげると

- ① 林分収穫量（主間伐合計）が最大になること。
- ② 林分が成長段階で健全に成長すること。
- ③ 生産される材が利用用途の規格にあること。
- ④ 間伐の作業が簡潔で経費が少ないこと。

の4点に集約され、間伐方法の選択はこれらの条件を相互的に加味されたものでなければならない。

間伐方法を選択する第1のステップとしては対象林分の生態学的な特性を把握しなければならない。これは現実の林分から単位面積当りの立木本数、幹材積、平均樹高、平均胸高直径等がどのような相互関係で構成されているかを調査することである。日本ではこれら林分構成の状態を説明する方法として林分密度管理図（Stand Density Control Diagram）が発明されている。このダイヤグラムについて簡単に説明する。

同じ樹高の森林を考えた場合単位面積当りの本数と材積の間には

$$1/V = A + B/N \dots \dots (1)$$

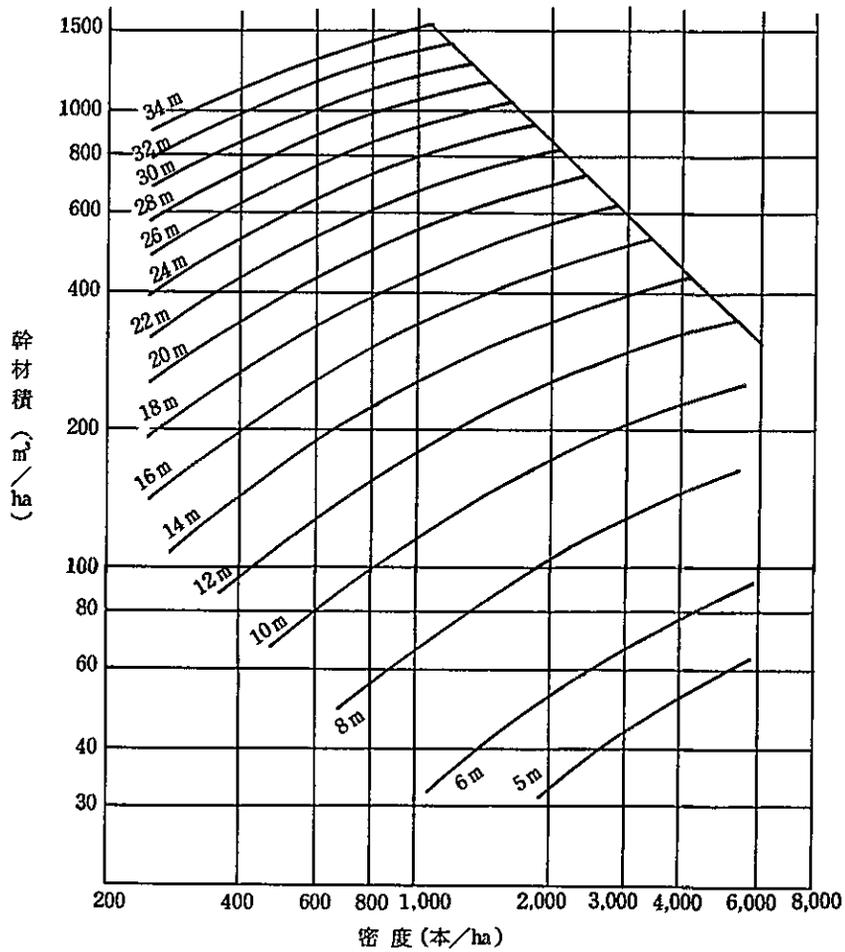
$V$ ：単位面積当りの材積

$N$ ：単位面積当りの本数

$A, B$ ：定数

の関係がある。これは $Y-D$ 効果（Yield Density Effect）といわれている。図3-1はそれぞれの樹高における $Y-D$ 効果を示した例である。この定数 $A, B$ はサンプルから樹高階毎に最小二乗法で求めることができる。十分多いサンプルであれば樹高毎の関係は図のようにスムーズな変化を示すはずであるが少ないサンプルでは、ばらつきが多い。このため $A, B$ を樹高との巾関数で表わし(2), (3)のようにし最小二乗法で $b_1, b_2, b_3, b_4$ を求めスムージングを計る。

図 3-1 Y-D 効果



$$A = b_1 H^{b_2} \dots\dots (2) \quad H ; \text{上層木平均樹高}$$

$$B = b_3 H^{b_4} \dots\dots (3)$$

そして単位面積当りの材積と単位面積当りの本数と樹高との関係は(2), (3)式を(1)式に代入することによって決定され(4)式のようになる。

$$1/V = A + B/N = b_1 H^{b_2} + b_3 H^{b_4}/N$$

$$V = (b_1 H^{b_2} + b_3 H^{b_4}/N)^{-1} \dots\dots (4)$$

一方林分形状高  $HF$  と上層平均樹高  $H$ ,  $ha$  当り本数  $N$  の関係は

$$HF = C_1 + C_2 H + C_3 \frac{\sqrt{N} \cdot H}{100} \dots\dots (5)$$

となることが経験的に知られておりサンプルより最小二乗法によって  $C_1, C_2, C_3$  を求めておく。胸高断面積合計  $G$  は  $V/HF$  で求められ(4), (5)より任意の  $H, N$  から  $G$  を求めることができる。そしてその時の断面積平均直径は  $\bar{D}_g = 200\sqrt{G/(\pi \cdot N)}$  で求めることができる。さらに一方断面積

平均直径と ha 当り本数，樹高，平均直径  $\bar{D}$  の関係は経験的に

$$\bar{D} = d_1 + d_2 \cdot \bar{D}_g + d_3 \cdot \sqrt{N} \cdot H / 100 \dots\dots (6)$$

となっており最小二乗法で  $d_1, d_2, d_3$  を決定する。そして平均直径  $\bar{D}$  は最終的に  $H, N$  の関数となっており任意の  $H, N$  から  $\bar{D}$  を求めることができる。

このようにして対象林分の ha 当り幹材積，ha 当り本数，平均樹高，平均直径が関数関係として示すことができる。

次に林分を無間伐のまま放置すると成長につれて個体間に競争がはじまり自然間引き (Natural Thinning) が現われる。これを求めるためには次のような方法をとる。

ha 当り本数，ha 当り材積，平均樹高の間には各サンプル毎に関数関係が存在している。そして密な林分と疎の林分にはそれぞれ違いがあり，この状態を競争比数として示すことができる。これは式(7)のとおりである。

$$R_c = b_3 H^{b_4} \cdot V / N \dots\dots (7)$$

$R_c$  ; 競争比数

この  $R_c$  はサンプル毎に算出されるが，この中で最も密な林分は  $R_c$  の値が最小となっている。これを対象地域の限界競争比数とし無間伐のまま放置した場合の各生育段階での成立本数の限界値であるとする。

林分密度管理図の中で自然枯死線があるがこれは無間伐のまま放置した時の自然間引きによって減少していく本数の状態を示したものであり，収量比数線は最多密度の状態を示したものである。

林分密度管理図上で胸高断面積合計  $G$  は

$$G = (\bar{D} / 2)^2 \cdot \pi \cdot N$$

$\pi$  ; 円周率 3.1416

で求められ，任意の平均胸高を径  $\bar{D}$  と ha 当り本数から求めることができる。

この林分密度管理図は林分の生態学的な状態を説明しているものであり，これを使用して前記①～④の条件を満たすような間伐法を選択していく。

### 3-2 現行の間伐方法

フィジー国では間伐の指針として次のような基準が定められている。

① カリビアマツの間伐規定 (Thinnig Prescriptions of Caribbean Pine)

平均的な成長状況 (地位級120) に近い良効な立木状態の林分について表

3-1のような内容を基準とする。

しかし、この表は大体の平均を示したもので、この値を守らねばならないというふうなものではない。林分によって林齢と超優勢木平均樹高 (Predominant Mean Height) や胸高断面積合計 (Basal Area) の関係が違っているので図3-2に示すグラフによって実践的な間伐をおこなうこととしている。ここで上位の曲線は各超優勢木平均樹高における最大の胸高断面積合計を示したもので、このレベルよりも大きい胸高断面積合計では必ず

表3-1

間伐順位	超優勢木の平均樹高	平均林齢	胸高断面積合計		間伐後の平均立木本数
			間伐前	間伐後	
1回目	18 m	9年	33 m <sup>2</sup> /ha	28 m <sup>2</sup> /ha	840本/ha
2	24	13	36	31.5	600
3	29	17	37	33	400
4	(34)	(21)	(37.5)	(34.5)	(290)

間伐をしなければならない。中位の曲線は上位と下位の中間で間伐前の最適な胸高断面積合計である。下位の曲線は間伐後の胸高断面積合計であり、間伐後胸高断面積合計がこれ以下とにならないようにとの基準である。例えば、ある林分の胸高断面積合計が30 m<sup>2</sup>/haで超優勢木平均樹高が18 mであったとする。これが林分の成長で相対的に樹高成長よりも直径成長の方が多く図上の①の点線のように進んだとする。この過程で中位の曲線より上になったら間伐を可とし上位の線になったら必ず間伐しなければならない。いま超優勢木平均樹高が22 mで下層間伐を実施したとすると点線のように胸高断面積合計が少なくなる。そしてこの間伐量は下位の曲線よりも上のレベルでなければならない。これを上位と下位の曲線の間を繰返し行なえというのである。別な例として相対的に直径成長よりも樹高成長の方が大きい場合は図上②のような軌跡を描き間伐の回数は少なくなる。

この方法は実践的な方法で図から読みとった値として表3-2のようものが示されている。

図 3 - 2 現行の間伐指針

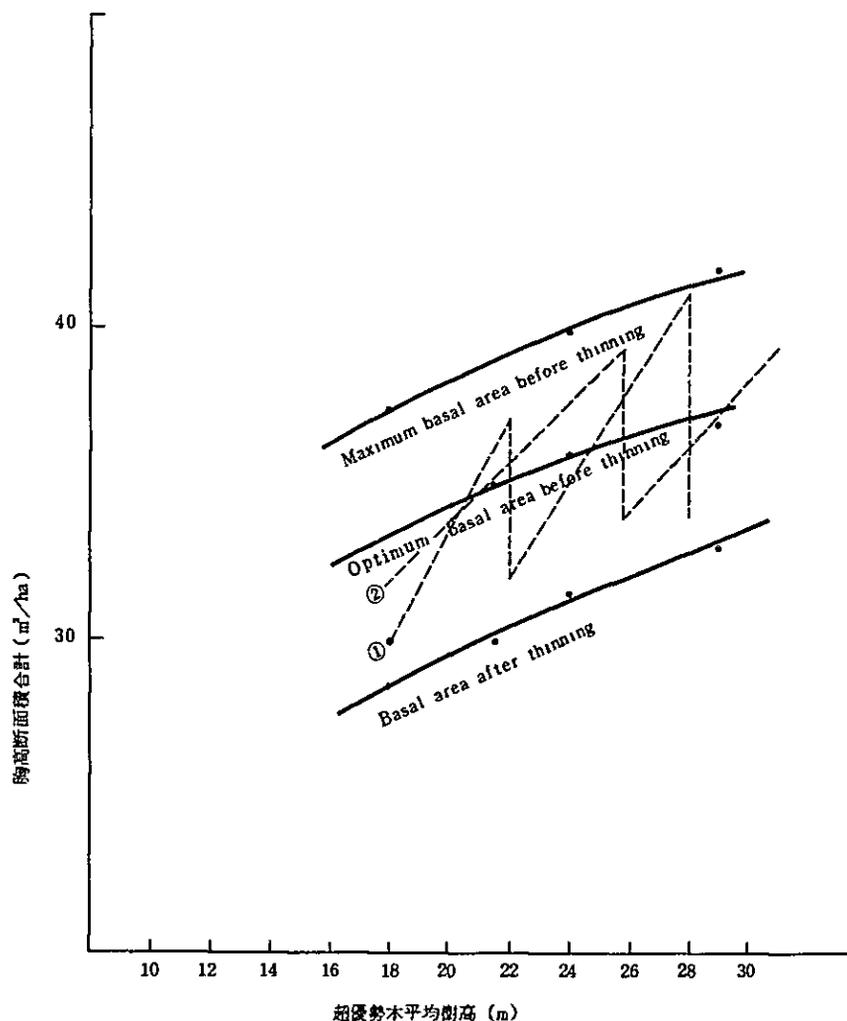


表 3 - 2

超優勢木の平均樹高	最適胸高断面積合計 (間伐前)	最多胸高断面積合計 (間伐前)	間伐後 胸高断面積合計
18m (17 ~ 19 m)	33.0 m <sup>2</sup> /ha	37.5 m <sup>2</sup> /ha	28.5 m <sup>2</sup> /ha
21 (19.1 ~ 22 )	35.0	38.5	30.0
24 (22.1 ~ 26 )	36.0	40.0	31.5
29 (26.1 ~ 32 )	37.0	42.0	33.0

このような基準に基づきこれをどのように効果的に対応したら良いかが「カリビアマツ造林地における間伐手順」に示されている。  
 まず対象とする林分について超優勢木平均樹高を固定標準地 (Permanent Sample Plot) から推定する。もし対象林分に固定標準地がなかったならば林分全体にばらまく形で 8 個の点を選び、それぞれその周囲 6 × 3 feet の範囲で最も樹高の大きいものを超優勢木平均樹高とする。



表 3-3 樹高階別 Y-D 効果の定数 A, B

樹高階 (m)	標準地数	A	B
1 ~ 2.9	3	-0.03715	215.46115
3 ~ 4.9	2	-0.47038	492.27902
5 ~ 6.9	6	-0.03627	84.76315
7 ~ 8.9	0	-	-
9 ~ 10.9	0	-	-
11 ~ 12.9	4	0.01984	-12.50509
13 ~ 14.9	5	0.00316	2.34311
15 ~ 16.9	7	0.00277	2.36060
17 ~ 18.9	7	0.00235	1.92809
19 ~ 20.9	6	0.00077	2.85491
21 ~ 22.9	16	0.00148	1.68918
23 ~ 24.9	6	0.00177	1.06092
25 ~ 26.9	6	0.00145	0.94123

(樹高階 7~8.9 m および 9~10.9 m は標準地がないため回帰計算ができない)

3-1 の項の(4)式において推定材積と実測材積との残差平方和が最小になるように Marquardt の逐次近似法<sup>※1</sup>によって  $b_1, b_2, b_3, b_4$  を改良した。その結果は次のとおりである。

$$b_1 = 0.129018$$

$$b_2 = -1.389128$$

$$b_3 = 444.5$$

$$b_4 = -1.856444$$

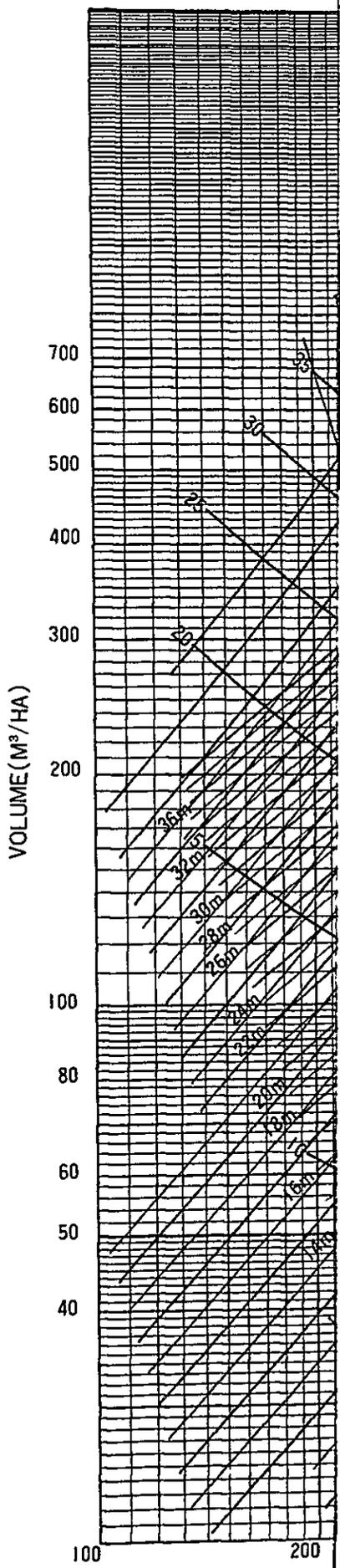
この定数等を使用して林分密度管理図を作成した。図 3-3 はカリビアマツの林分密度管理図である。

※1 D.W. Marquardt ; An algorithm for least squares estimation of non-linear parameters. J. Coc.

Indust. Appl. Math. Vol. 11 No 2



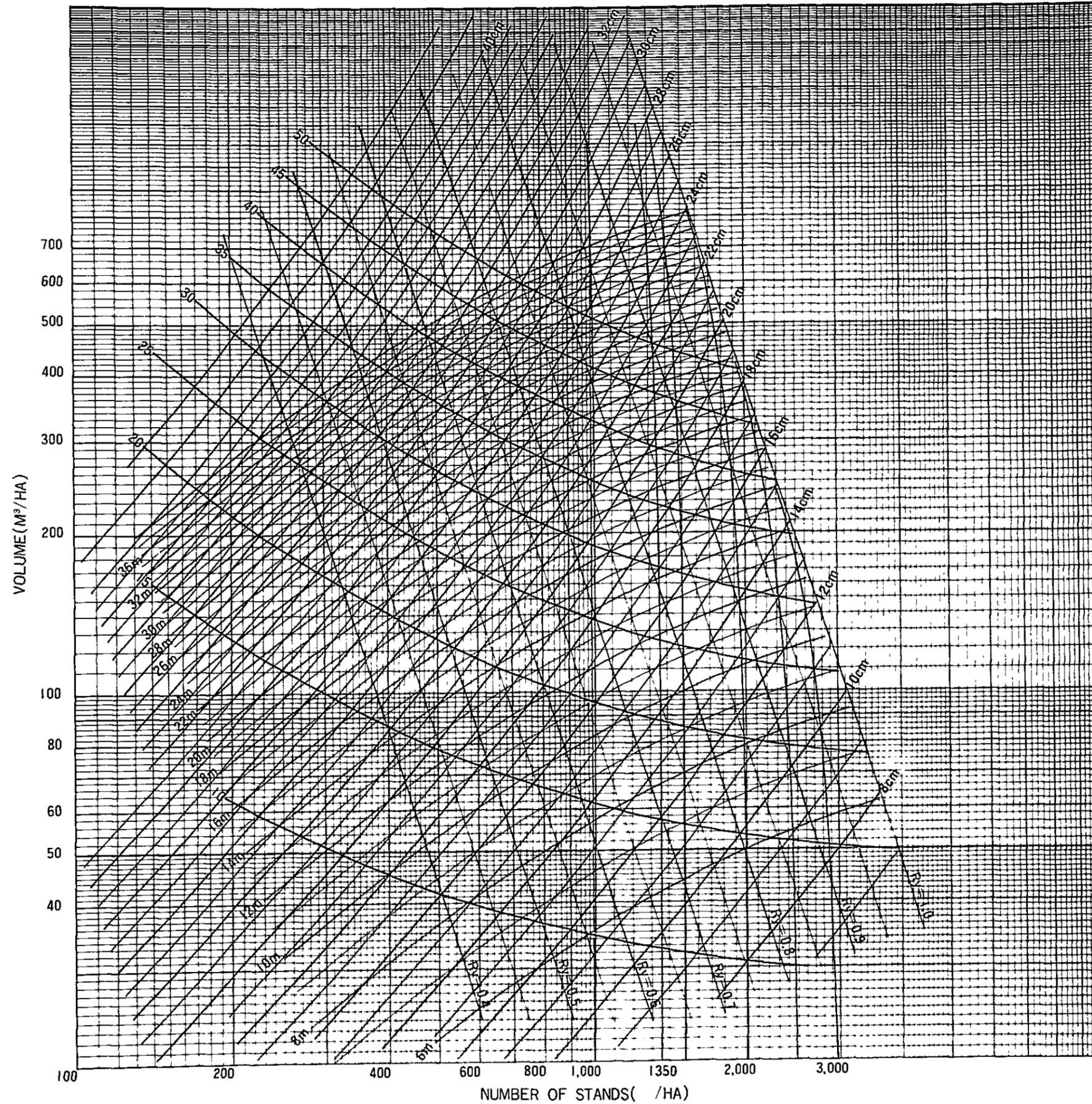
STAND DENSITY CONTROL DIAGRAM OF  
 PINUS CARIBAEA  
 (SEAQAQA, KOROUTARI PLANTATION)



INDEX	
	average height curve
	average D.B.H. curve
	yield rate curve
	natural thinning curve
	basal area curve

STAND DENSITY CONTROL DIAGRAM OF  
PINUS CARIBAEA  
(SEAQAQA, KOROUTARI PLANTATION)

INDEX	
	average height curve
	average D.B.H. curve
	yield rate curve
	natural thinning curve
	basal area curve





### 3-4 最適間伐量の検討

マザフィジー国で現在行われている間伐指針を林分密度管理図上に描いてみる。図3-4は3-2の項の表3-1を実線、表3-2を点線で示したものである。表3-1をケース1、表3-2をケース2とする。ケース1は3回目の間伐時点で超優勢木平均樹高は29m、ケース2では4回目の間伐時点で同樹高となっている。ケース2の4回目の間伐を間伐後のha当り立木本数が400本になるように実施したと仮定し、ケース1の3回目までの間伐量とケース2の4回目までの間伐量を比較する。表3-4はケース1、ケース2の間伐量を示したものである。この結果ha当り立木

表3-4 間伐量の比較

	ケース1	ケース2
1回目	45 m <sup>3</sup>	50
2回目	45	20
3回目	80	15
4回目		60
計	170	145

本数400本、蓄積280m<sup>3</sup>/haのレベルに到達するまでにケース1では170m<sup>3</sup>/ha、ケース2では145m<sup>3</sup>/haの間伐材が得られることを示している。もし仮に1回の間伐でこのレベルにしようとしそれを同図上に示すと①の点すなわちha当り本数1320本、蓄積510m<sup>3</sup>/haで間伐が行われ、間伐量は220m<sup>3</sup>/haとなる。この3つの例でわかるように、間伐を行ってあるレベルまでもっていく時その間伐量を多くするためにはできるだけ間伐回数を減らし最多密度に近づけておいてから実施することであるといえる。すなわち3-1の項の①林分収穫量が最大になること、という条件は間伐回数をできるだけ少なくすることである。

日本で行われている間伐方法は主伐材の用途に応じて収量比数Ryの値を定めている。すなわち密仕立ての林分は年輪巾が狭く木目の美しい材が得られるし、疎仕立ての林分は逆に年輪巾が広く大径材が生産され船舶用等に利用される。このような密仕立て、疎仕立ての違いは日本の場合収量比数(Ry)によって把握されている。収量比は最多密度に対する材積比であり、成長段階で収量比をある範囲に定めるものである。例えば密仕立てで有名な林業地では収量比が0.8~0.9の範囲で間伐が行われており、疎仕立て



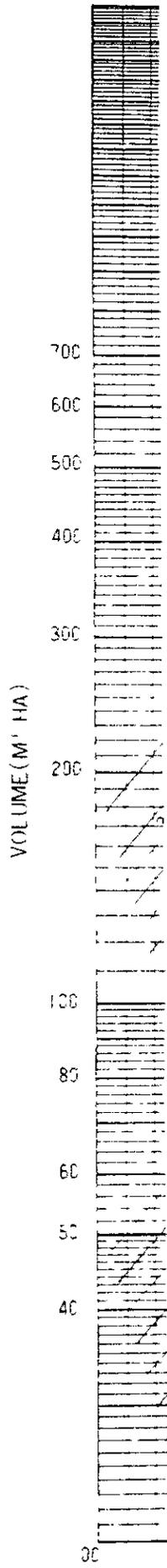
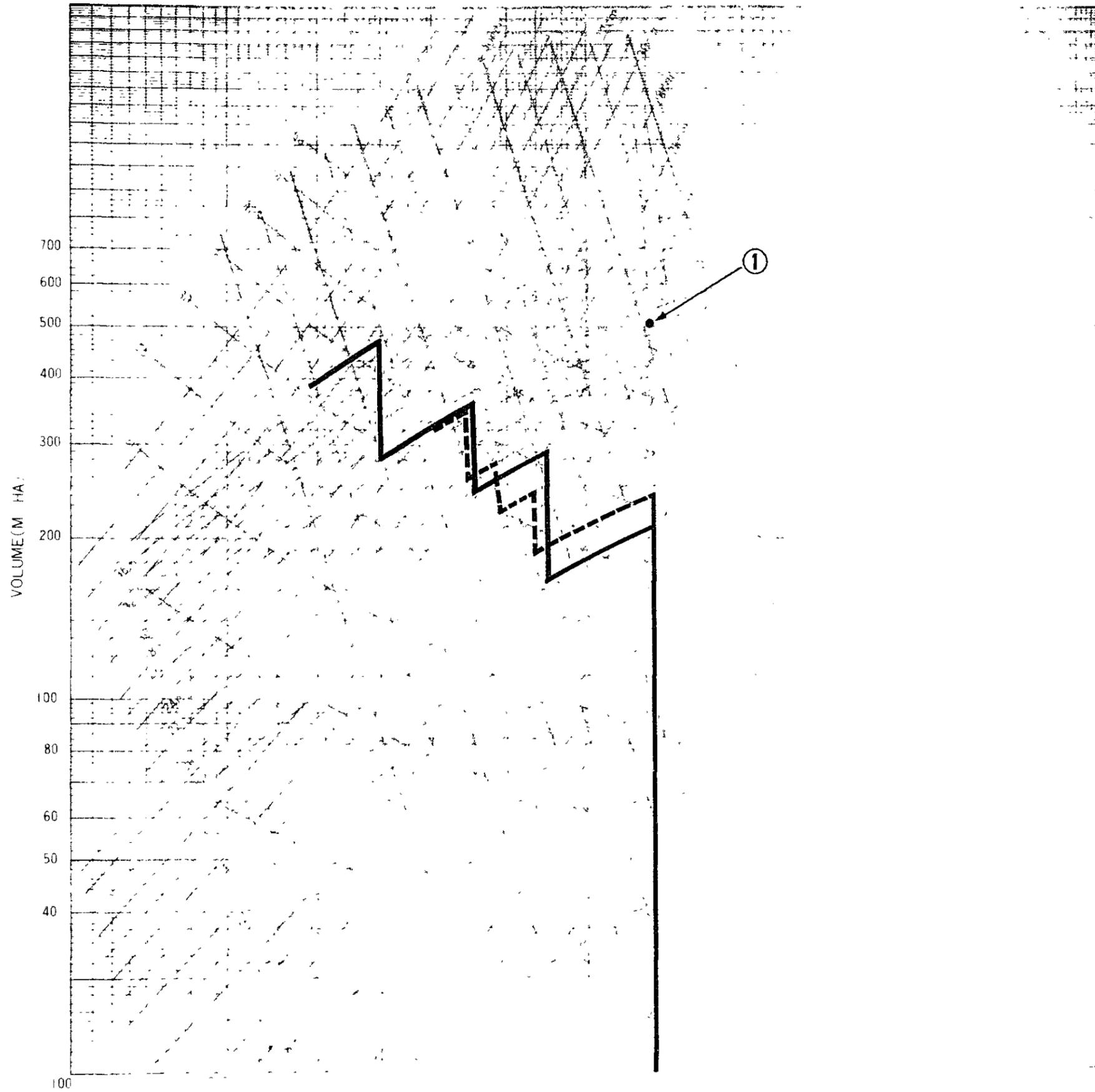


图 3-4





有名な林業地では0.5～0.6の範囲で間伐を行っている。これに対してフィジー国では超優勢木平均樹高のそれぞれのレベルで胸高断面積合計が一定の範囲に定まるように間伐するものであるといえる。このことが日本で行われている間伐法とフィジー国で行われているそれとの最も大きな違いであると言える。林分密度管理図はこの2つの間伐方法を試行する時両方に対応できる。ただしフィジー国で行われている間伐量決定の因子に超優勢木平均樹高が必要であるが、林分密度管理図にはこれがなく超優勢木平均樹高の代わりに平均樹高を使わなくてはならない。

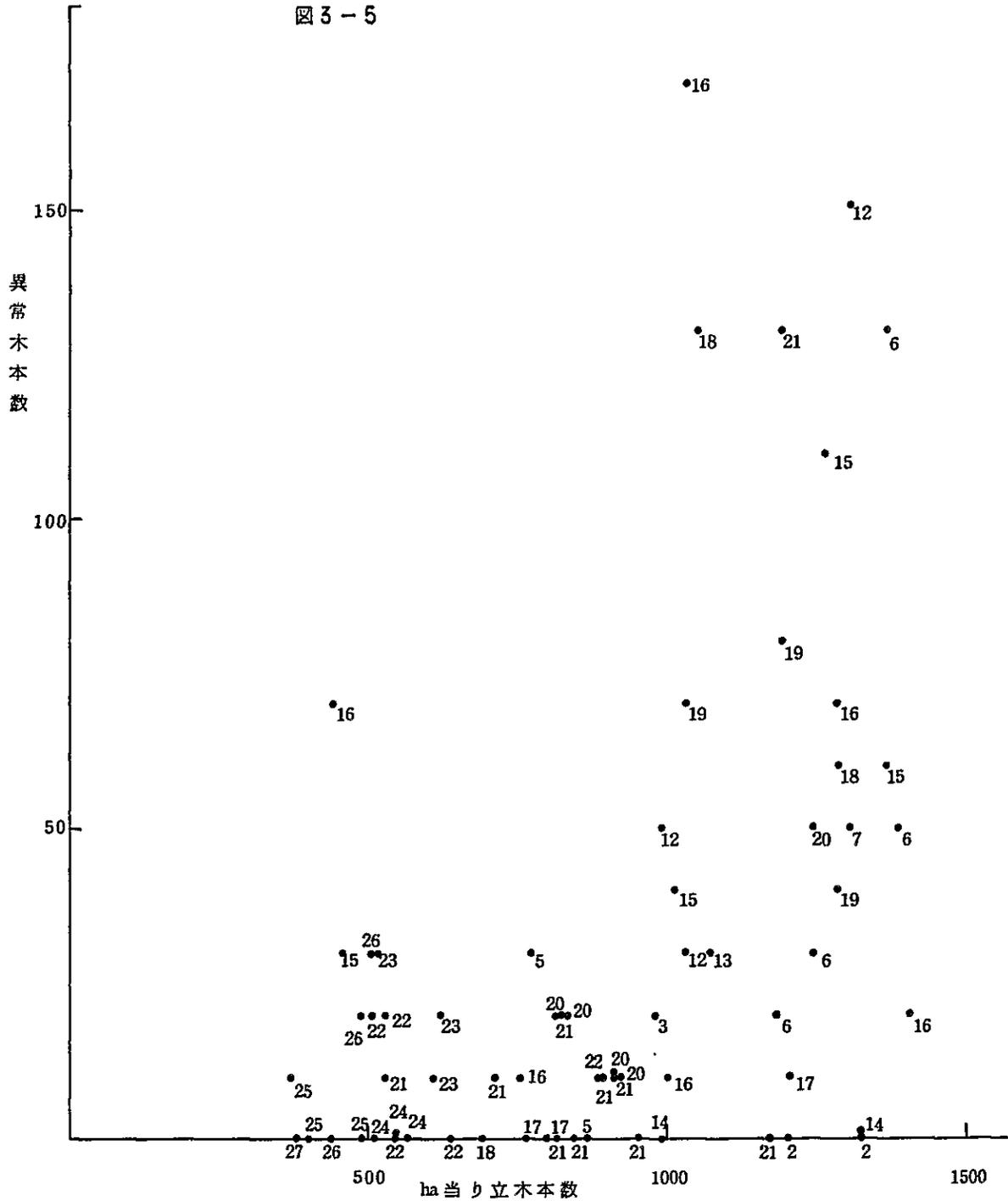
3-1の項の④間伐の作業が簡潔で経費が少ないことの条件は成育段階で間伐の回数をできるだけ減らし、一回の間伐量を多くすればそれだけ経費が安くなる。また間伐材が量産でき固定費用が少なくてすむ。

3-1の項の②林分が成長段階で健全に成長することの条件は林分の密度を最適にコントロールすることによって病害、虫害、気象害を防ぎ健全な成育を導くことである。どのような林分密度が最適であるかを検討するために本調査結果の標準地調査結果における異常木本数比と林分密度の関係を図3-5に示した。図中の数字は樹高である。このグラフを説明すると、まずha当り本数が多い標準地ほど異常木本数の多いものがある。このことは密度の高い林分ほど異常木が多いことを示している。このことは確率的にも当然のことである。次にha当り本数が1,000本以上の林分を見ると異常木の少ない林分の平均樹高は低いものに多く、異常木の多いものは樹高の高いものに多かった。ha当り本数が1,000本以下では逆に異常木の多い林分ほど平均樹高は小さい傾向であった。このことは林分の成長段階（樹高階）毎に最適ha当り立木本数が存在していることを示している。またこの平均樹高、ha当り立木本数、異常木本数の関係を林分密度管理図上に示すと図3-6のようになる。図中×印は異常木本数がha当り50本以上、△印は10～40本、○印は異常木が無かったものである。これを見るとha当り立木本数の多い林分に異常木が多いことがわかる。ha当り立木本数の多い林分は競争関係から自然枯損も多く生じると考えられるが、1-4-4の項で述べたように自然枯損は異常木全体の2割程度でありこのことから自然枯損以外の主としてサイクロン被害はha当り立木本数の多い林分に多く発生しているということが推察される。

③生産される材が利用用途の規格にありこと、の条件について検討する。

現在フィジー国で利用されるカリビアマツの規格は表3-5のとおりである。そして利用頻度は表中の順番である。このうち間伐材が使用できる

図 3 - 5



ものはフェンスポスト、果樹ささえ木、パルプ等であり、皮付き立木の胸高直径は最低1.4~1.6cmは必要であろう。また最大直径は表3-5から4.0cm程度と推察されるが、合板工場が稼働を始めたこと等を考えると超大径木(胸高直径6.0cm以上)の利用価値も非常に大きい。

以上述べた4つの条件を個々に満足させる方法を整理すると

- ① 林分収穫量を最大にするためには間伐回数を少なくしてできるだけ密度の高い林分までもつていき強度間伐をする。

VOLUME (M L)

100  
95  
90  
85  
80  
75  
70  
65  
60  
55  
50  
45  
40  
35  
30  
25  
20  
15  
10  
5  
0



图 3-6

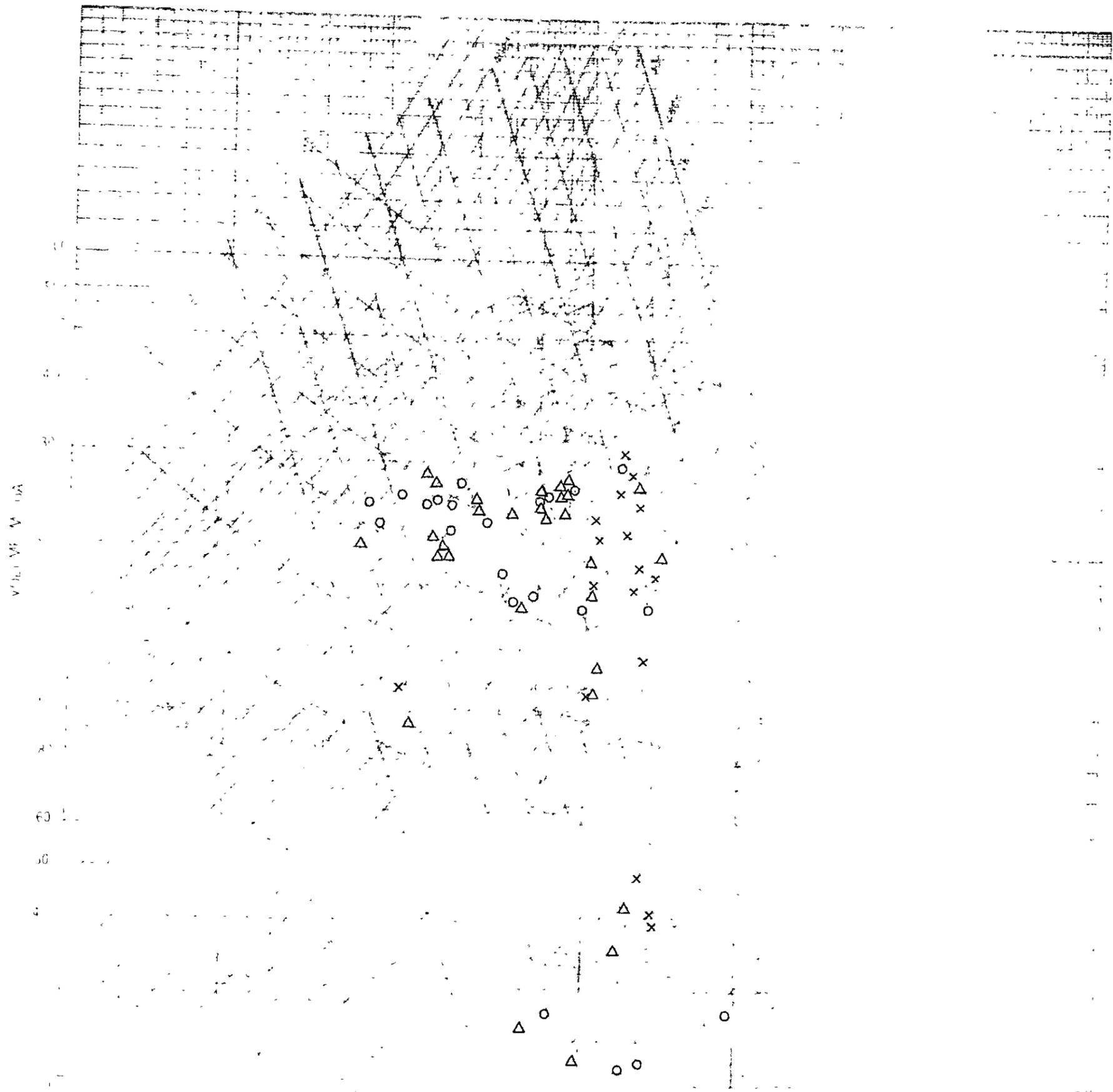




表 3-5 カリビアマツの用途規格

用 途	直 径	長 さ
フェンス・ポスト	10 cm<	1.5 ~ 2.0 m
土 台	20 ~ 35 cm	1.5 ~ 2.0 m
屋 柱	15 cm<	4.0 ~ 6.0 m
果樹ささえ木	15 ~ 20 cm	2.5 ~ 4.0 m
電 柱	20 cm<	6.0 ~ 8.5 m
パ ル プ	10 cm<	1.5 m<

② 林分が成長段階で健全に成長していくためには成長の初期段階では密度は高くてもよいが平均樹高が14 m~15 m以上になったらha当り立木本数は1000本以下でなくてはならない。

③ 生産される材を用途規格に合うようにするためには間伐は下層木の胸高直径が14 cm以上になるまではしない。また大径木は胸高を直径が40 cm~60 cmの範囲ではあまり用途がないので採材しないようにする。

④ 間伐経費をできるだけ安くするためには間伐回数を少なくして1回の間伐量をできるだけ多くする。

と結論される。

これらの条件を加味して林分密度管理図上に最適な間伐の軌跡を試行してみる。図3-7はその結果である。すなわち間伐材の胸高直径を14 cm程度にするため平均胸高直径が17 cmの時、1回目の間伐後の ha 当り立木本数が900本になるように間伐し、2回目は平均胸高直径24 cmの時、間伐後の ha 当り立木本数を400本になるように間伐を行なう。そして最終主伐時の胸高直径が38 cmの林分を仕立てるならばその後は間伐をしなくても良いし、60 cm以上にするならば平均胸高直径38 cmの時、間伐後の ha 当り立木本数が200本になるように3回目の間伐を行なう。

これを表で示すと表3-6のようになる。

表 3-6 最適間伐指針

	間 伐 前			間 伐 後			間伐材積
	平均樹高	本 数	胸高断面積	平均樹高	本 数	胸高断面積	
1回目	14 m	1,320本	30 m <sup>2</sup>	13 m	900本	33 m <sup>2</sup>	50 m <sup>3</sup> /ha
2回目	23	850	37	21	400	22	140

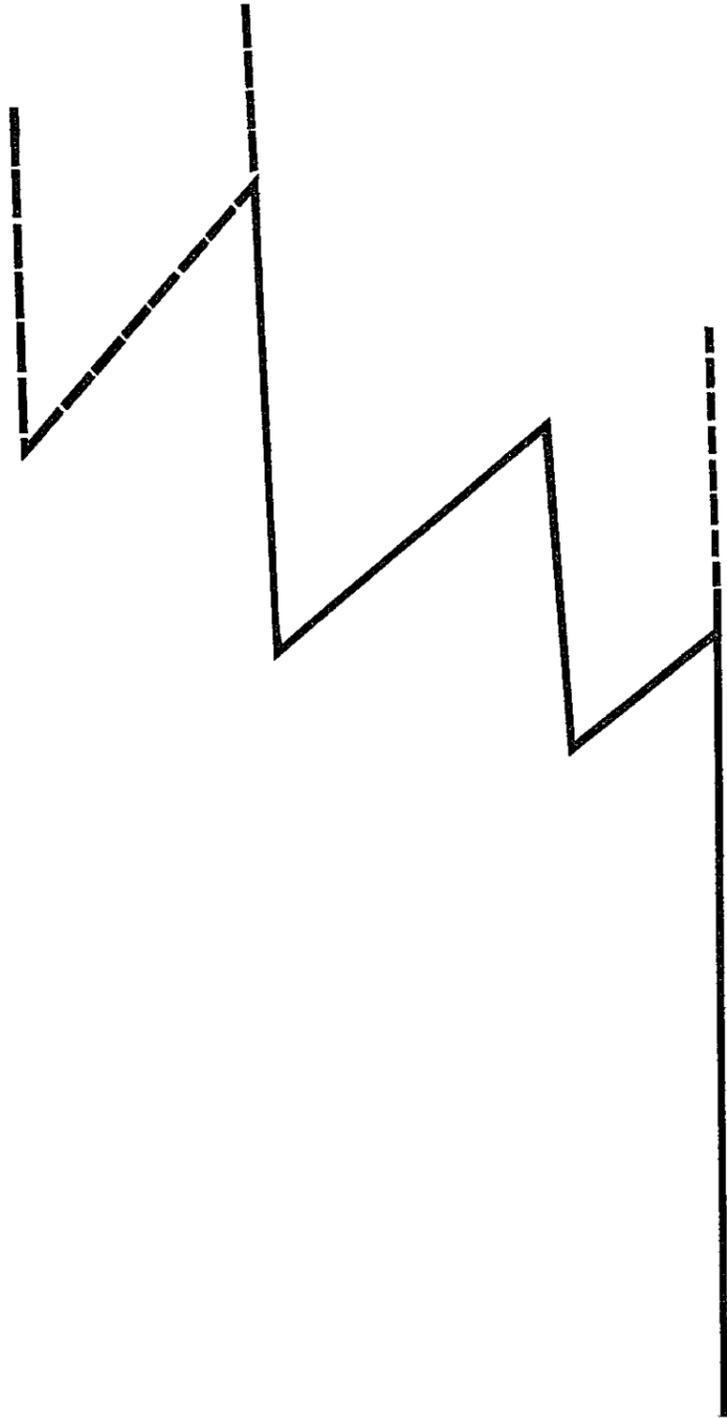




VOLUME, M<sup>3</sup>/A



图 3-7





さらにパルプ材として仕立てる場合は無間伐で平均樹高 24 m になるまで放置し皆伐する。この時の回帰年 ( Cycle ) は、図 1-4 から 18 年と推定できる。

最適間伐量を決定することは非常に難しい問題である。林分密度管理図上で間伐の軌跡を描いても林分密度管理図が最小二乗法で求められているために個々の林分では適合しない場合が多くある。またこの林分密度管理図自体 69 点の標準地からの結果であり完全に林分構造を説明しているとは言い難い。立地条件の違いによって当然間伐時期や 1 回の間伐量は個々の林分によって違うが林分密度管理図では適合のよいことに林齢の要因が入ってなく、林分平均樹高が間伐時期決定の尺度となっている。

従来フィジー国でおこなわれてきた間伐手法は密度管理図上に描いてみても、また諸々の条件を加味してみてもかなり妥当性のあるものであることが判明した。しかしながら一つ一つの条件を考えていくと改善される余地が残されている。その第一は間伐経費との関係から間伐回数をもっと減らして 2 回程度で良いのではないか、その方がむしろ現在の労働力からも妥当と認められる点である。

林分密度管理図はこのように間伐指針を検討する時、非常に有用なものであったがこれ以外にも次のような点で有用である。それは平均的な林分構成を説明していることである。例えば ha 当り立木本数が 800 本で平均胸高直径が 22 cm であれば、平均樹高は 18 m、蓄積は  $200 \text{ m}^3/\text{ha}$ 、胸高断面積合計は  $29 \text{ m}^2/\text{ha}$  等の情報を与えてくれる。これによって ha 当りの立木本数と平均樹高から収穫の予想が可能となり、収穫予想表の作成が可能となる。また個別林分の成績の判定が可能である。すなわち平均樹高と ha 当り本数のわかった林分について林分密度管理図から蓄積または平均胸高直径をよみとり、現実の林分の値と比較するとその林分が図に示された一般的傾向に対し、どのような位置を占めているかが判明する。

日本におけるアカマンの林分密度管理図は  $R_y$  の傾きがこのカリビアマンのものよりも緩やかである。これは植栽本数が日本の場合 3000~4500 本/ha と多いためである。フィジー国のカリビアマンは林分密度管理図上の自然枯死線や図 1-7 に示されるように競争関係はかなり成長してからである。成長の初期段階であまり疎開していると直径成長があまりにも速いために年輪巾が広く材の均質性からも好ましくないと考えられる。

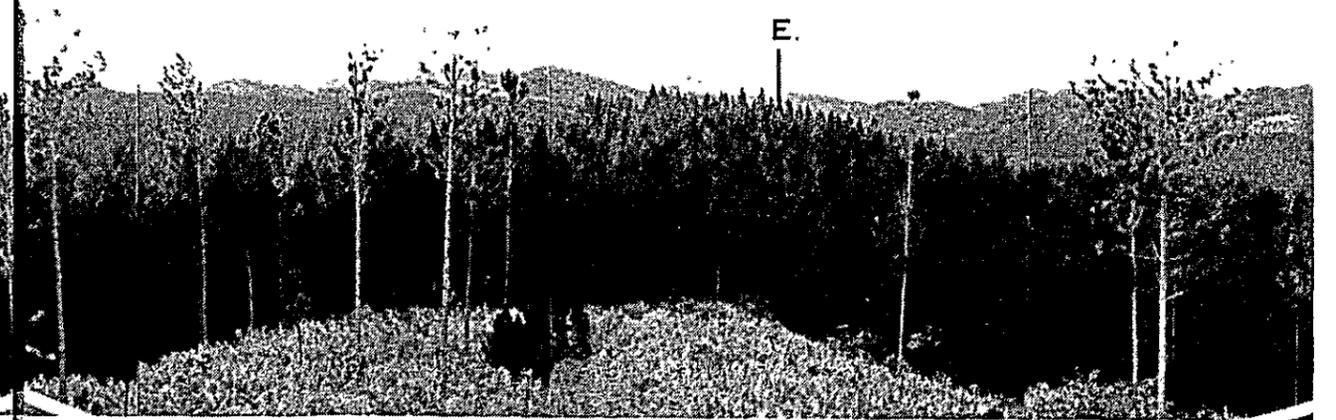
以上の間伐指針の検討は 1 カ月余の調査結果から得られたデータと従来日本で行われている間伐法を参考にして展開したものである。カリビアマ

ツに関してはフィジー国の担当者が多くの経験をもち、豊富なデータを有しているのでこの報告に示したような手法を参考に、さらに新しい情報を加味して間伐指針の体系を確立されることを期待するものである。

#### 4. そ の 他

植栽本数について次の点を提示したい。

現在フィジー国で行われているカリビアマツの植栽本数は1,350本/haとなっており、その理由としては間伐の労力を節約できること、および植列が広く機械化が導入できることであり、的を得た考えであると言える。しかしながら年輪巾を見ると成長の初期段階で直径成長が非常に速いこと、また図1-6、図1-7との関係からもう少し植栽本数を多くする必要があると思われる。そして今後新規造林は山岳地帯の傾斜地に行われる可能性があり、現在の傾斜地での造林成績があまり良くなく幹曲りが多いこと、そして機械化が導入されにくいこと等から植栽本数を再検討する必要があると思われる。



「3林班のファイアタワーより望む」

JICA