

JICA LIBRARY



1089183161

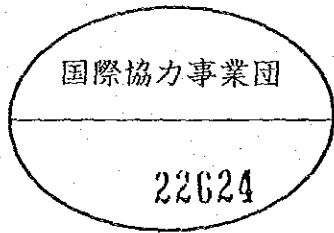
22624

昭和62年度

エクアドル共和国北東部林業資源調査
森林資源調査報告書

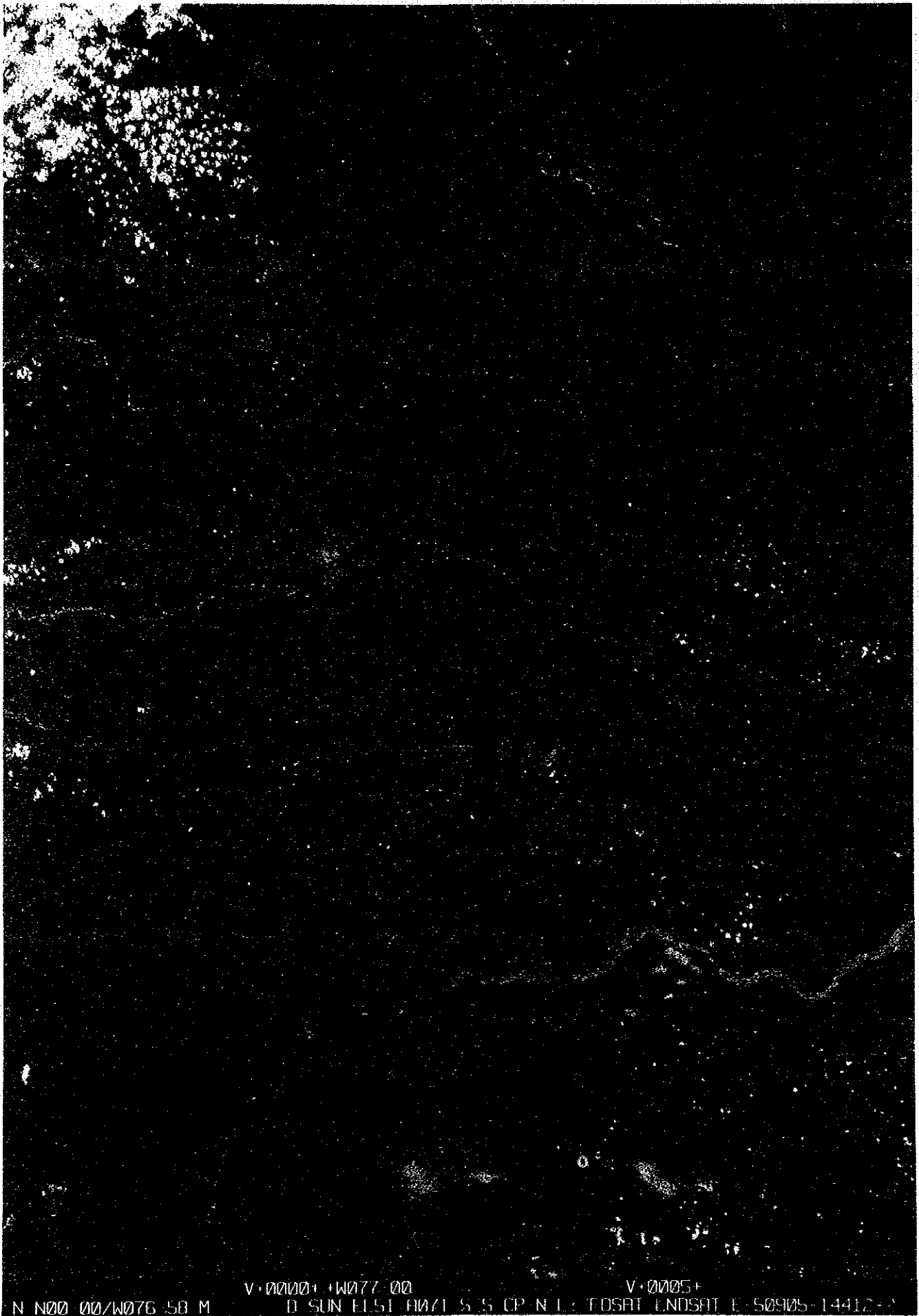
昭和63年3月

国際協力事業団



国際協力事業団

22624



N 00 00/W 076 58 M

V 0000+ W 077 00

V 0005+

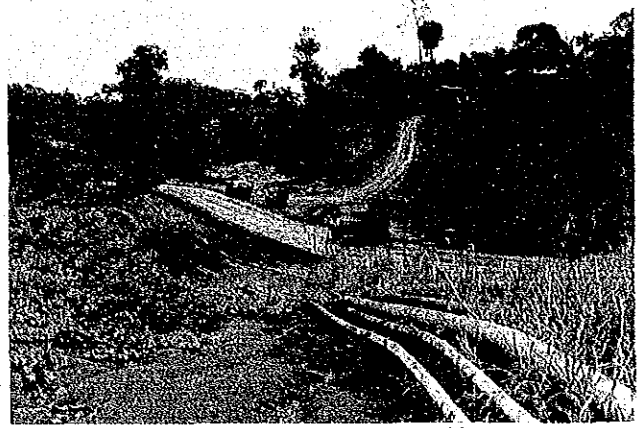
D SUN EL 51 0071 S 35 CP N L T DSAT L NSAT E 50905-14412

ランドサットによる赤外カラー画像 (1986年 8月23日)

調査対象地域 インテンシブ・エリア



調査対象地内の原生林



石油開発道路沿いに進む入植地



測量の訓練



森林調査



天然更新調査



土壌調査

まえがき

エクアドル共和国北東部林業資源調査は、同国ノルオリエンテ地区における森林施業・開発計画の基準策定等を行い、同国の経済、社会の発展に寄与することを目的として、昭和59年9月に締結されたScope of work (S/W)に基づき、昭和60年度から実施されている。

本報告書は、昭和61年度の現地調査並びに、昭和61年度および62年度の国内解析で行った森林資源調査の結果をとりまとめたものである。

今後の本「林業資源調査」を進める上で、貴重な資料となるものと期待している。

調査の実施にあたり、ご協力をいただいたエクアドル共和国農牧省、在エクアドル日本大使館、外務省および農林水産省の関係各位に、心より感謝の意を表すものである。

昭和63年3月

国際協力事業団
林業水産開発協力部長
近江克幸

目 次

要約

1. 調査の目的, 調査対象地	3
1-1 調査の目的	3
1-2 調査対象地	3
2. 調査の概要	5
3. 航空写真の撮影	7
3-1 撮影結果	7
3-2 撮影成果	7
4. 集成写真図の作成	8
4-1 集成写真図成果	8
5. 基本図の作成	8
5-1 基本図図化仕様	8
5-2 基本図成果品	8
6. 森林資源調査	9
6-1 立木材積表の作成	
6-2 森林予備調査	10
6-3 土地利用・林相図の作成	10
6-4 サンプルング設計	10
6-5 森林本格調査 (現地プロット調査)	13
6-6 毎木調査結果	13
6-7 天然更新結果	18
6-8 土壌調査	19
6-9 生長量調査	20
6-10 総蓄積の推定	20

本編

1. 序章	27
1-1 調査の目的	27
1-2 調査の背景と経緯	27
1-3 調査対象地	28
1-3-1 調査対象地選定の背景	31
1-3-2 インテンシブ・エリアの選定	31
1-4 調査全体の概要	32
2. 調査対象地の概要	36
2-1 位置および面積	36
2-2 地況	36
2-3 林況および土地利用	36
2-4 気象	37
3. 航空写真の撮影	41
3-1 撮影諸元	41
3-2 撮影契約	41
3-3 撮影体制	41
3-4 撮影作業の企画・監督	42
3-5 撮影成果	42
4. 集成写真図の作成	45
4-1 集成写真図成果	45
5. 基本図の作成	47
5-1 作成方法	47
5-2 基準点測量	47
5-2-1 基準点測量方法	47
5-2-2 JMR新設点観測	48
5-2-3 JMR既設点観測	48
5-2-4 水準測量	49
5-2-5 既設基準点の刺針	49
5-2-6 基準点測量成果	51

5-3	空中三角測量	51
5-3-1	作業方法	51
5-3-2	使用機材	52
5-3-3	調整計算	52
5-4	基本図の図化	54
5-4-1	図化仕様	54
5-4-2	凡例	54
5-4-3	図化成果	54
6.	森林資源調査	56
6-1	立木材積表の作成	56
6-2	森林予備調査	57
6-2-1	インテンシブ・エリアの選定	57
6-2-2	現地作業	57
6-3	土地利用・林相図の作成	58
6-3-1	判読区分基準の作成	58
6-3-1-1	土地利用・林相区分	60
6-3-1-2	林型区分	60
6-3-2	航空写真の判読	61
6-3-3	成果品	62
6-3-4	面積測定	62
6-4	サンプリング設計	66
6-4-1	標本抽出法	66
6-4-2	目標精度と標本数	66
6-4-3	標本の配置	68
6-4-4	標本の形態と面積	69
6-5	森林本格調査（現地プロット調査）	69
6-5-1	現地作業方法	70
6-5-1-1	プロット調査	70
6-5-1-2	調査項目	70
6-5-1-3	調査の実行	75
6-5-2	現地作業結果	75
6-5-2-1	概況踏査	75
6-5-2-2	プロットの数および位置	75
6-5-2-3	調査地の地形	79

6-6	毎木調査結果	83
6-6-1	取りまとめ・分析の方法	83
6-6-1-1	作業全体の流れ	83
6-6-1-2	樹種	83
6-6-1-3	層化	86
6-6-1-4	立木本数	91
6-6-1-5	材積	91
6-6-1-6	直径および樹高	92
6-6-2	樹種	92
6-6-2-1	出現種数	92
6-6-2-2	樹種構成	92
6-6-3	毎木調査結果一覧	101
6-6-4	立木本数	101
6-6-4-1	プロット別立木本数	101
6-6-4-2	層別立木本数	104
6-6-5	材積	104
6-6-5-1	プロット別材積	104
6-6-5-2	層別材積	110
6-6-6	直径および樹高	110
6-6-6-1	プロット別の直径および樹高	115
6-6-6-2	層別の直径および樹高	115
6-7	天然更新調査	129
6-7-1	調査方法	129
6-7-1-1	現地調査	129
6-7-1-2	取りまとめ・分析の方法	129
6-7-2	調査結果	132
6-7-2-1	出現種数	132
6-7-2-2	樹種構成	133
6-7-2-3	h a 当たり稚樹本数	142
6-7-2-4	稚樹の大きさ別本数構成	142
6-7-2-5	樹種グループ別本数構成	142
6-7-2-6	稚樹の大きさ別本数の推移	143
6-7-2-7	上層木と更新木の関係	152
6-7-2-8	今後の調査に向けて	156

6-8	土壤調査	157
6-8-1	調査方法	157
6-8-1-1	調査箇所の選定	157
6-8-1-2	土壤断面調査	157
6-8-2	調査結果	157
6-8-2-1	土壤の特徴と分類	157
6-8-2-2	土壤と森林タイプ	162
6-8-2-3	土壤と天然更新	162
6-8-2-4	土壤と森林施業	163
6-9	生長量調査	164
6-9-1	調査方法	164
6-9-1-1	年輪調査	164
6-9-1-2	胸高直径の算出	164
6-9-1-3	幹材積の算出	164
6-9-1-4	直径階別平均生長量の算定	165
6-9-1-5	林分材積生長量の算定	165
6-9-2	調査結果	165
6-9-2-1	樹齡と根元直径の関係	165
6-9-2-2	根元直径と胸高直径の関係	166
6-9-2-3	樹齡と胸高直径の関係	166
6-9-2-4	生長曲線式の推定	166
6-9-2-5	一変数材積表による材積の推定	166
6-9-2-6	直径階別平均生長量の算定	167
6-9-2-7	林分生長量の算定	168
6-10	総蓄積の推定	171
6-10-1	2相抽出法の理論	171
6-10-2	調査済標本の整理	174
6-10-3	回帰分析	178
6-10-4	1次標本数の決定	179
6-10-5	1次標本の写真判読	180
6-10-6	平均ha当り材積の計算	180
6-10-7	誤差の推定	182
6-10-8	総蓄積の推定結果	182
6-10-9	林分材積判定表の作成	184
6-10-10	総蓄積の推定	187
6-10-11	森林調査簿の作成	189

要 約

要 約

1. 調査の目的, 調査対象地

1-1 調査の目的

本調査は調査対象地(100万ha)における航空写真の撮影, 土地利用・林相図の作成等を行い, インテンシブ・エリア(10万ha)における基本図の作成, 森林資源の調査ならびに森林施業・開発計画の調査を行い, もって同地域の経済, 社会の発展に寄与するとともに, アマゾン林業開発計画の作成基準を策定することを目的とする。

本報告はこのうち航空写真の撮影, 林相図の作成, 基本図の作成および森林資源の調査に関するものである。

1-2 調査対象地

調査対象地はエクアドル共和国ノルオリエンテ地区, ナポ県下のアンデス山脈の山麓地帯(標高約500m)からの東側の, 標高約200m付近までの森林地帯であり, 東西80km(西径 $76^{\circ} 25' 37'' \sim 77^{\circ} 8' 45''$), 南北125km(北緯 $0^{\circ} 7' 39'' \sim$ 南緯 $1^{\circ} 00' 00''$)の長方形区内に含まれる100万haである。このうち重点とする地域(インテンシブ・エリア)は, 北をナポ川, 南をルミヤク川, 東西を西径 $76^{\circ} 42' 00'' \sim 77^{\circ} 05' 00''$ によって囲まれ, その面積は約10万haである。

調査対象地域を図-1に示す。

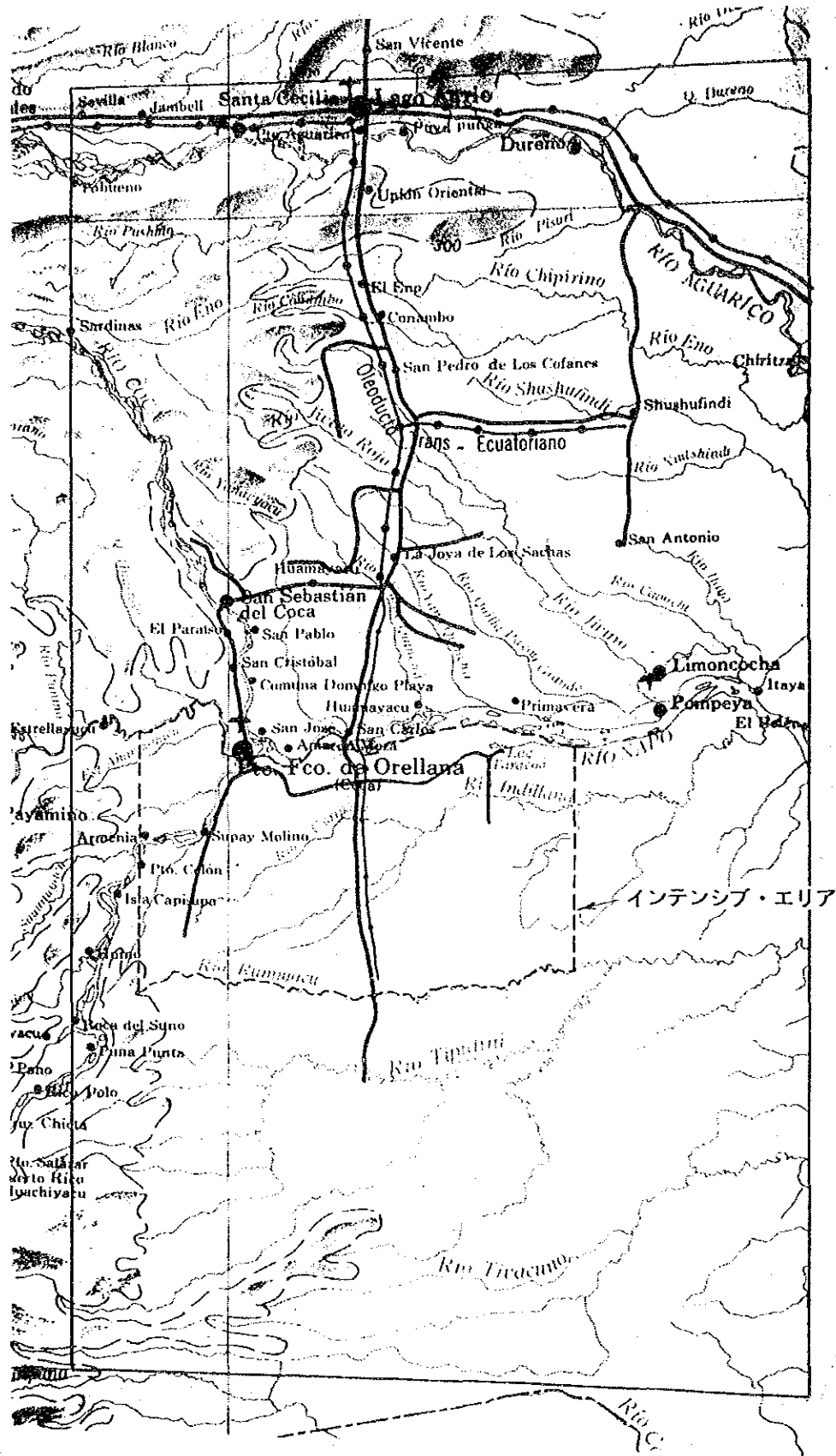


図-1 調査対象地 (1 : 640,000)

2. 調査の概要

本調査は以下の作業に大別される。

- a. 航空写真の撮影
- b. 集成写真図（モザイク）の作成
- c. 基本図の作成
- d. 土地利用・林相図の作成
- e. 立木材積表の作成
- f. 森林資源調査
- g. 森林管理台帳の作成
- h. 社会経済調査
- i. 森林施業・開発計画の基準策定

これらの作業の全体的な流れは図-3のとおりである。

また、これらに関係する年度別の現地調査（予定を含む）は、図-2のとおりであるが、1986年度の調査のうち森林本格調査が一時中断となったため調査計画を変更し、森林資源調査は実施したところまでの標本でとりまとめ、森林施業・開発計画の基礎調査と本格調査をまとめて実施し、現地検証審議以降は1988年度実施の予定となった。

項目	年度			
	1985年度	1986年度	1987年度	1988年度 (予定)
撮影・基本図図化	航空写真撮影			
		基準点測量		
森林資源調査	立木材積表調査			
	森林予備調査			
		森林本格調査		
森林施業・開発 計画調査			森林施業・開発 計画調査	
				現地検証審議 ドラフト・ファイナルレポート 説明

図-2 年度別現地調査概要

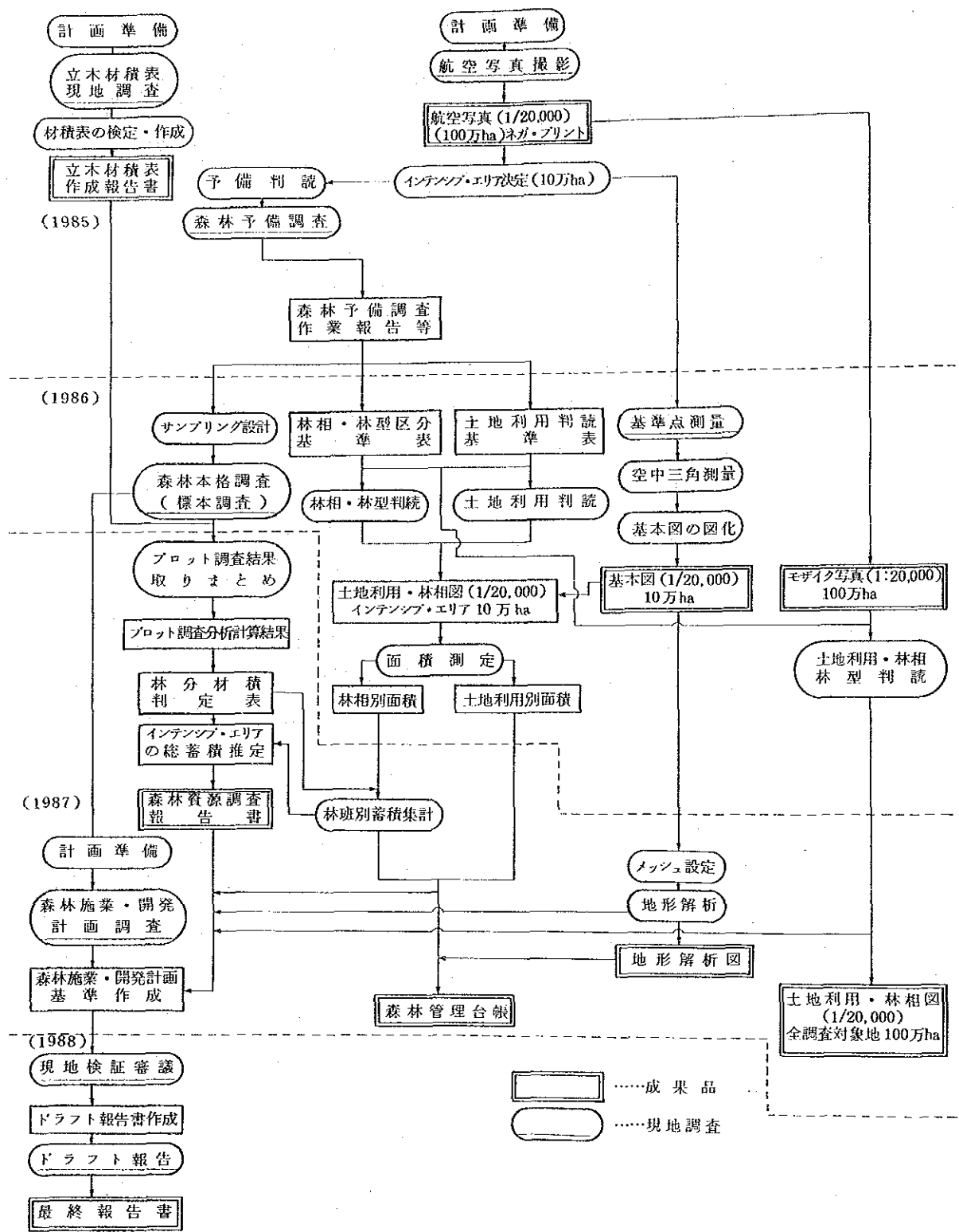


図-3 調査計画図

3. 航空写真の撮影

現在の森林、土地利用の現況を把握し、調査対象地の林相判読、土地利用・林相図作成および今後の森林施業・開発計画基準策定等のために航空写真を新規に撮影した。

3-1 撮影結果

撮影結果は以下のとおりである。

- a. 撮影面積 : 10,000km²(100ha)
- b. 撮影縮尺 : 1 : 20,000
- c. 撮影コース数 : 68コース
- d. 写真枚数 : 2151枚
- e. カメラ焦点距離 : f=150mm

3-2 撮影成果

- a. ネガフィルム : 1式
- b. 密着写真 : 1式
- c. 航空写真評定図 : 1式

4. 集成写真図の作成

撮影した航空写真を集合接合して集成写真図（モザイク写真）を作成した。この集成写真図の縮尺は撮影写真の縮尺と同一の1：20,000とし、図郭割は16km×12kmとし、これにより調査対象地は72面に分割された。

4-1 集成写真図成果

- a. 集成写真図ネガ : 1式 (72面)
- b. " CH焼 : 2式 (144面)

5. 基本図の作成

航空写真を用いインテンシブ・エリア10万haを対象として、2万分の1の大縮尺の基本図を作成した。

5-1 基本図図化仕様

- a. 図化面積 : 100,000 ha
- b. 図化縮尺 : 1 : 20,000
- c. 図化面積 : 13面
- d. 使用図化機 : Wild A-8 他
- e. 座標展開機 : ザイネティクス
- f. 等高線間隔 : 主曲線10m, 必要に応じて間曲線5mを表示

5-2 基本図成果品

- a. 基本図原図 (ポリエステルベース, 縮尺1 : 20,000) 1式 (13面)
- b. " 複製原図 (" " ") 1式 (13面)
- c. " 陽面焼 3式 (39面)

6. 森林資源調査

森林資源調査は、インテンシブ・エリアの森林の資源量を把握する目的で行った。

この調査の主な作業は、

- a. 立木材積表の作成
- b. 森林予備調査
- c. 土地利用・林相図の作成
- d. 森林本格調査（現地プロット調査）

毎木調査

天然更新調査

土壌調査

- e. 生長量調査
- f. 総蓄積の推定

に分けられる。

6-1 立木材積表の作成

この作業は、森林本格調査および総蓄積の推定のための基礎資料となる立木材積表を作成するものであり昨年度（1985）実施した。この結果以下の材積式を採用した5種類の材積表を作成した。

皮付き材積式

- a. 主要6樹種の材積式

$$\log V = 0.10606 + 2.08111 \log D + 0.69494 \log H$$

- b. 主要6樹種以外の材積式

$$\log V = -0.08995 + 2.04886 \log D + 0.87521 \log H$$

皮無し材積式

- a. 主要6樹種の材積式

$$\log V = 0.07384 + 2.09587 \log D + 0.70098 \log H$$

- b. 主要6樹種以外の材積式

$$\log V = -0.10921 + 2.05744 \log D + 0.87306 \log H$$

枝条材積式（皮付き，全樹種）

$$\log V = 1.99185 + 3.54174 \log D - 0.95365 \log H$$

（注）V：材積

D：胸高直径

H：利用高

6-2 森林予備調査

森林予備調査は、インテンシブ・エリアの選定および次に行われる森林本格調査設計のための基礎資料を得る目的で行った。

6-3 土地利用・林相図の作成

作成された基本図をベースに、土地利用・林相図をインテンシブ・エリアについて作成した。

(1) 判読区分基準

表-1に示す判読区分基準に従って判読を行った。

(2) 面積測定

作成された土地利用・林相図を用いてインテンシブ・エリアについて、それぞれの判読区分の面積測定を行った。この面積測定の結果は表-2のとおりである。

(3) 成果品

- a. 土地利用・林相図原図 (ポリエステルベース, 縮尺1:20,000)
..... 一式 (12面)
- b. 土地利用・林相図複製原図 (ポリエステルベース, 縮尺1:20,000)
..... 一式 (12面)
- c. 土地利用・林相図陽画焼 3式 (36面)

6-4 サンプルング設計

森林予備調査を含めた前述の諸作業の結果より、インテンシブ・エリアの広葉樹林の総蓄積を推定する標本調査法を次のように決定した。

a. 標本抽出法

層化無作為抽出法。層化は林相・林型による。

b. 目標精度

胸高直径40cm以上の立木の利用材積について、信頼度95%で誤差率15%以内。

c. 標本点数

最小36点

d. 標本の形態と面積

表-1 判読区分基準

林相区分

	区 分	記 号
森 林	広葉樹林 (広葉樹が75%以上)	(L) ※
	広葉樹・ヤシ混交林	LP
	ヤシ林 (ヤシが75%以上)	P
	無立木地 (含草地)	N
	二次林	S
	伐採跡地	T
森 林	農地	C
	樹木園 (含オイルパームのプランテーション)	A
	集落	H
	道路	V
	石油施設	B
	その他 (砂州, 湿地等)	O
外	河川	R
	湖沼	Lg

林型区分 (広葉樹林について)

樹 冠 径	区 分	記 号	樹 冠 疎 密 度	区 分	記 号
	中 + 小 (20m~30m) (20m 以下)	C 1		疎 (32%以下)	D 1
大 + 小 (30m 以上) (20m 以下)	C 2	中 (33~67%)	D 2		
大 + 中 (30m 以上) (20m~30m)	C 3	密 (68%以上)	D 3		

※ 土地利用・林相図上では広葉樹林記号 (L) を省略した。

表-2 土地利用・林相・林型別面積 (インテンシブ・エリア)

林相, 土地利用		記号	面積 (ha)	調査地内の割合 (%)	森林内・森林外の内部での割合 (%)
森	広葉樹林	C1D1	6.769	6.8	7.4
		C1D2	4.565	4.6	5.0
		C1D3	518	0.5	0.6
		C2D1	7.627	7.7	8.3
		C2D2	24.595	24.9	26.8
		C2D3	3.863	3.9	4.2
		C3D1	1.706	1.7	1.9
		C3D2	15.094	15.3	16.4
		C3D3	12.381	12.5	13.5
	広葉樹・ヤシ混交林	LP	8.685	8.8	9.4
林	ヤシ林	P	2.108	2.1	2.3
	無立木地(含草地)	N	994	1.0	1.1
	二次林	S	1.740	1.8	1.9
	伐採跡地	T	1.075	1.1	1.2
	森林合計		91.720	92.8	100.0
森外	農地	C	4,810	4.9	67.2
	樹木園	A	890	0.9	12.4
	集落	H	86	0.1	1.2
	道路	V	123	0.1	1.7
	石油施設	B	83	0.1	1.2
	その他(砂洲, 湿地等)	O	392	0.4	5.5
	河川	R	697	0.7	9.7
	湖沼	Lg	73	0.1	1.0
森林外合計			7,154	7.2	100.0
合計			98,874	100.0	—

带状プロット, 1 ha (20m×500m)

ただし、諸般の事情によりプロット調査が中断したため、総蓄積の推定は二相抽出法に変更した。

6-5 森林本格調査 (現地プロット調査)

森林本格調査では、インテンシブ・エリアを対象に以下の現地作業を実施した。

毎木調査

天然更新調査

土壌調査

(1) プロットの数

調査が完了している10点に、森林予備調査で得られた5点を加えた計15点を用いて、調査の取りまとめ・分析を行うことにした。

6-6 毎木調査結果

(1) 取りまとめ・分析の方法

取りまとめ・分析作業には、マイクロコンピュータNEC:PC-9801

VMO (システム:MS-DOS, 使用言語:N88-BASIC)を用いた。

(2) 層化

本調査では層化無作為抽出法を採用したが、プロット調査が満度に終了できず、未調査の林型があり、また各プロットの材積をみると、むしろ同一の層として扱った方が適当なものもみられるので、表-3のようなグループに結合し層化の単位とし分析を行った。

表-3 層化基準

層	含まれる林相・林型	標本(プロット)No.
I	L (C ₁ D ₁), L (C ₁ D ₂) L (C ₂ D ₁)	1, 2, 5,
II	L (C ₂ D ₂), L (C ₁ D ₃) L (C ₃ D ₁)	3, 13, 14,
III	L (C ₂ D ₃), L (C ₃ D ₂)	6, 9, 12, 15
IV	L (C ₃ D ₃),	8, 10,
V	LP	4, 7,
VI	P	11,

(3) 樹種

A. 樹種グループ

次のように樹種グループ分けを行い、樹種毎にコードNo.を付して分析した。

- 1) 主要6樹種
- 2) " 以外の商業用樹種
- 3) 潜在的利用可能樹種
- 4) 材の利用がまだ知られていない樹種
- 5) ヤシ科の樹種

B. 出現種数

毎木および天然更新調査において出現した樹種の総数は384種となった。

なお、毎木調査において出現した胸高直径10cm以上の種数は、307種となり、このうちヤシ類は14種であった。

C. 樹種構成

(1) 全体的な樹種構成

出現樹種の材積比率の半分近く(48.27%)がクワ科、マメ科、ニクズク科の3科に含まれていた。

また表-4~6は材積比率と本数比率のそれぞれ大きい上位10種をまとめたものである。

これらの表から材積比率では上位3位をニクズク科が占め(合計12.93%)これらはいずれも当オリエンテ地区においてGuapa, Coco, Doncel等多くの呼名を持つOtova属とVirola属の種群であることが判明した。

(4) 毎木調査結果一覧

毎木調査が行われた15プロットのデータの取りまとめ結果をプロットごとに、立木本数、胸高直径、利用高、全樹高、皮無、皮付幹材積、枝条材積について、直径階別に一覧表にしたのが表-7である。

(5) 立木本数

調査を行った全プロットの平均立木本数は胸高直径10cm以上40cm未満の立木が321本、胸高直径40cm以上が35本で合計357本となった。またヤシ類の平均本数は132本となった。

A. 層別立木本数

層ごとの立木本数を樹種グループ別に取りまとめた結果が表-8である。

表-4 材積優占種 (全プロット胸高直径10cm以上)

順位	コード	グループ	種名	地方名	材積比率 (%)
1	380201	3	Otova parvifolia	Doncel	5.72
2	380303	1	Virola sp.	Doncel coco	3.61
3	380301	1	Virola multicostata	Coco	3.60
4	290603	4	Inga sp.	Guaba	3.54
5	290601	2	Inga sp.	Arenillo	3.49
6	090101	3	Ceiba pentandra	Ceibo	3.39
7	370502	1	Ficus sp.	Higuerón	3.32
8	291001	1	Parkia nitida	Guarango	3.31
9	370201	3	Cecropia (sciadophylla)	Guarumo	2.24
10	370104	2	Brosimum sp.	Moral	1.73
上位10種の合計					33.95
その他					66.05
総計					100.00

表-5 材積優占種 (全プロット胸高直径40cm以上)

順位	コード	グループ	種名	地方名	材積比率 (%)
1	290601	2	Inga sp.	Arenillo	5.70
2	291001	1	Parkia nitida	Guarango	5.29
3	090101	3	Ceiba pentandra	Ceibo	5.19
4	370502	1	Ficus sp.	Higuerón	5.18
5	380201	3	Otova parvifolia	Doncel	4.73
6	380301	1	Virola multicostata	Coco	4.43
7	000000	4	-	-	4.16
8	380303	1	Virola sp.	Doncel coco	4.11
9	370104	2	Brosimum sp.	Moral	2.58
10	580101	2	Apeiba aspera	Peine de mono	2.16
上位9種の合計					39.37
その他 (同定できなかった順位7を除く)					60.63
総計					100.00

表-6 本数優占種 (全プロット胸高直径10cm以上)

順位	コード	グループ	種名	地方名	本数比率 (%)
1	290603	4	Inga sp.	Guabo	7.06
2	380201	3	Otova parvifolia	Doncel	6.27
3	370201	3	Cecropia (sciadophylla)	Guarumo	4.31
4	280301	4	Grias neuberthii	Pitón	3.07
5	380303	1	Virola sp.	Doncel coco	2.70
6	340301	4	Miconia sp.	Colca	2.34
7	270101	2	Nectandra sp.	Canelo	2.03
8	380301	1	Virola multicostata	Coco	1.92
9	370501	4	Ficus sp.	Guión	1.87
10	110202	2	Protium nodulosum	Copal	1.60
上位10種の合計					33.17
その他					66.83
総計					100.00

表-7 毎木調査結果一覧表(プロット毎)

1. CLASE DE DAP 1:10<D<10, 2:10<D<20, 3:TOTAL

SP. TB	NO. DE ARB. (/HA.)		DAP (CM.)			ALT. CONER. (M.)			ALT. TOTAL (M.)			VOLUMEN(CC) (M ³ /HA.)			VOLUMEN(CRANAS) (M ³ /HA.)								
	N1	N2	N3	N4	D1	D2	D3	AC1	AC2	AC3	AT1	AT2	AT3	VS1	VS2	VS3	VC1	VC2	VC3	VR1	VR2	VR3	
1	4	343	25	368	57	17.1	54.7	19.7	12.4	15.4	12.6	18.9	26.9	19.4	80.18	69.66	149.84	85.27	73.67	158.94	11.22	29.82	41.04
2	2	154	32	187	43	20.9	52.6	26.5	10.2	16.6	11.4	18.6	27.1	20.1	45.45	86.21	131.66	48.55	91.13	139.68	11.28	39.47	50.75
3	5	282	29	311	27	18.0	55.2	21.4	12.5	18.3	13.1	20.3	29.1	21.1	70.25	86.54	162.79	81.17	91.61	172.78	9.71	50.32	60.03
4	10	170	43	213	125	19.5	58.5	27.4	8.0	14.7	9.3	15.5	23.9	17.2	38.53	119.67	158.20	41.12	127.03	168.15	11.42	65.93	77.35
5	2	398	31	429	64	17.5	55.2	20.2	8.4	15.5	8.9	12.7	22.0	14.3	76.66	86.03	162.69	81.61	90.91	172.52	17.40	37.57	54.97
6	8	480	37	517	39	17.7	51.7	20.1	9.3	17.7	9.9	15.0	25.4	15.7	105.06	102.89	207.95	112.06	108.73	220.79	19.24	36.06	55.30
7	10	193	41	234	183	17.9	52.6	25.0	7.0	16.6	8.7	12.5	25.3	14.7	31.34	134.82	166.16	33.40	142.73	176.13	9.70	61.14	70.84
8	9	330	42	372	107	18.6	54.2	22.6	13.2	19.3	13.8	19.4	31.4	20.7	99.08	132.25	231.33	105.53	140.07	245.60	12.40	41.00	53.40
9	6	361	39	400	130	18.4	58.7	22.3	8.0	11.9	8.7	12.8	22.8	13.8	69.05	129.95	199.00	73.35	137.27	210.63	18.61	78.86	97.47
10	9	342	35	377	70	19.1	54.3	22.4	11.2	19.4	12.0	17.9	31.9	19.2	98.86	109.19	208.05	105.48	115.53	221.01	15.31	27.83	43.14
11	11	221	26	247	853	16.7	53.8	20.6	8.9	12.1	9.2	15.4	21.9	16.1	36.99	55.26	92.25	39.37	58.50	97.87	8.64	34.44	43.08
12	8	403	37	440	28	18.9	53.3	22.3	9.2	16.8	9.9	16.3	28.2	17.3	92.86	132.05	224.91	99.17	139.33	238.50	24.35	65.67	90.02
13	5	318	39	357	113	20.2	54.0	23.9	12.3	17.2	12.9	19.1	26.9	19.9	103.58	110.76	214.34	110.65	117.16	227.81	16.33	38.08	51.41
14	5	425	35	460	71	16.9	55.5	19.8	7.5	16.7	8.2	14.9	26.8	15.8	72.25	133.49	205.74	76.75	140.79	217.54	18.56	46.33	64.89
15	6	401	35	436	71	16.6	55.6	19.9	9.5	18.0	10.2	17.2	31.7	18.4	71.63	112.01	189.64	75.75	124.68	201.43	12.35	40.95	53.30
MEDIA		321	35	357	132	18.3	55.4	22.6	9.8	16.6	10.6	16.5	26.8	17.6	73.16	107.12	180.30	78.02	113.28	191.29	14.43	46.23	60.67

(注) N4はヤシ(胸高直径10cm以上)の本数を表わす

表-8 層別立木本数

(単位: 本/ha)

樹種/ 直径階 層	広葉樹			ヤシ類 N 4
	10cm ≤ D < 40cm	D ≥ 40cm	計	
	N 1	N 2	N 3	
I	298	30	328	55
II	342	34	376	70
III	411	37	448	67
IV	336	39	375	88
V	182	42	224	154
VI	221	26	247	853

(6) 材積

A. プロット別材積

毎木調査結果一覧表(表-7から胸高直径10cm以上の立木の皮無幹材積はプロットにより、92.25m³/ha(プロット11)~231.33m³/ha(プロット8)と変動し、胸高直径40cm以上の立木については、55.26m³/ha(プロット11)~134.82m³/ha(プロット7)となっている。

B. 層別材積

表-9は層別のha当たり材積をまとめたものである。

表-9 層別材積

(単位: m³/ha)

直径階 層	10cm ≤ D < 40cm	D ≥ 40cm	合計 (10 ≤ D)
I	67	81	148
II	84	110	194
III	84	121	205
IV	99	121	220
V	35	127	162
VI	37	55	92

(7) 直径および樹高

表-7のプロット調査結果一覧表から、胸高直径、利用高、全樹高の平均値をまとめたのが表-10である。なお今回の調査における最大直径および樹高は、いずれも同樹種のCeibo (Ceiba pentandra) で測定され、その胸高直径、利用高、樹高はそれぞれ150cm、38m、48mであった。

表-10 直径、樹高の平均値

直径階 項目	$10\text{cm} \leq D < 40\text{cm}$	$D \geq 40\text{cm}$	$10\text{cm} \leq D$
胸高直径 (cm)	18.3	55.4	22.8
利用高 (m)	9.8	16.6	10.6
全樹高 (m)	16.5	26.8	17.6

6-7 天然更新調査

(1) 調査方法

天然更新調査は毎木調査の各プロットのプロット1、5、10、の地点に1m×20mの天然更新調査用プロットを設定し、胸高直径10cm未満の稚樹を対象として、樹種別に本数を数えた。

稚樹の大きさ別の取りまとめとして、以下の4つの階層に区分し、それぞれの本数を集計した。

- A : 樹高 0.3m以下
- B : " をこえて 1.3m未満
- C : " 1.3m以上で胸高直径 5 cm未満
- D : " " 5 cm以上10cm未満

(2) 調査結果

A 出現種数

今回の天然更新調査において出現した樹種の総数は、調査総面積0.09ha (20m×1m×3箇所×15プロット) に対して 194種であった。

B 樹種構成

今回の調査で出現した総樹種のうちニクズク、マメ、アカネの上位3科が全出現本数のほぼ半数を占めていた。

比較的多くの層に出現し、いわゆる共通種と考えられるのは、

Inga sp. (Guaba)

Miconia sp. (Colca)

Nectandra sp. (Canelo)

Otoba parvifolia (Doncel)

などが挙げられる。

C 稚樹本数

稚樹本数については、ha当たり稚樹本数、稚樹の大きさ別本数構成、樹種グループ別本数構成、稚樹の大きさ別本数の推移について分析した。

D 上層木と更新木の関係

毎木調査において材積比率および本数比率の多かった上位20科と、天然更新調査において本数比率の多かった上位20科をそれぞれ比較してみると、毎木調査において圧倒的に優占していたのはクワ、マメ、ニクズクの3科であったが、天然更新調査においては、ニクズク、マメ、アカネ科が優占していた。

上層木（毎木調査において胸高直径10cm以上の立木）と更新木（天然更新調査において出現した稚樹）の両方に出現した樹種を整理すると

Inga sp. (Guaba)

Nectandra sp. (Canelo)

Otoba parvifolia (Doncel)

Miconia sp. (Colca)

Guarea sp. (Tocota)

Protium nodulosum (Copal)

Pourouma sp. (Uva)

等が多くプロットに上層にも、天然更新にも出現している。しかし天然更新において本数比率が最も高かった*Virola multicostata*(Coco)は、上層と更新木の比較では2つのプロットでその関係が見られるのみであった。

6-8 土壌調査

(1) 調査方法

A 調査箇所を選定

調査は毎木・天然更新調査と並行して行い、毎木調査プロットのなかから林相・林型を代表するプロットを選んだ。

なお調査点数は、調査当初、30点を予定していたが、調査が中断となったため13

箇所となった。

B 土壌断面調査

選定された調査箇所において、幅70cm、深さ100cmの試孔を設け、その土壌断面を調査した。この断面調査は、日本の国有林野土壌調査方法書に準拠して行った。また特徴的な土壌断面について土壌試料を採取し、MAG-PRONAREG(地域農業計画局)の土壌部の協力を得て試料のpH測定を行った。

(2) 調査結果

A 土壌の特徴と分類

調査が途中で中断したため調査地全体の土壌の特徴を論ずるのには多少無理があるが、調査対象地においては、大きく分けて2つの土壌タイプが存在すると考えられる。1つは、開析された丘陵地に分布する熱帯地域特有の二三酸化物に富んだ赤色土壌であり、一方は沖積平坦面の多くを構成する湿地に分布するグライ系土壌である。赤色土壌は暫定的にオーシク・フェラルソルに分類することにした。しかし、地形を考慮しさらに詳細な調査を行うことにより他の赤色系土壌が出現する可能性は十分であると予想される。

B 土壌と森林施業

フェラルソルの分布する丘陵地は、樹木の植栽は可能であると考えられる。また沖積平坦地については、一般的にグライ系土壌が分布する傾向があるため有用樹種の植栽は困難であると思われる。

6-9 生長量調査

調査対象地域内の天然林の生長量を把握するために生長量分析を行った。データは昨年度(1985)の立木材積表作成調査を行った際、同時に実施した伐倒木の年輪調査の結果を用いた。調査で対象となった157本の伐倒木のうち115本については切口に、生長休止期と思われる色の濃い部分が現れており、これらを仮に年輪と仮定し、この年輪を持っている115本のデータを用いて分析を行った。

この結果、調査地域における全樹種(各樹種合計のha当たり総量)の林分生長量は、ha当たり6.96m³となった。また、幹材積生長率はおおむね3.9%程度と推定された。

6-10 総蓄積の推定

インテンシブ・エリア総蓄積は、調査が中断したため限られた15標本から推定するため、当初計画の層化任意抽出法を変更して2相抽出法とすることとした。

2相抽出法は、標本を1次と2次に分け、1次標本は目的項目に相関が高くかつ容

易に調査可能な補助情報を調査し、2次標本は1次標本の中からサンプリングを行って目的項目の調査を行い、この組合せによって全体を推定する方法である。

この方法によりヤシ林、広葉樹・ヤシ混交林を除いた広葉樹林の平均ha当たりの材積（胸高直径40cm以上の利用材積）は112,339 m^3 と推定され、誤差率は信頼度95%で10.6%となり、総蓄積の信頼区間は、7,748,277 m^3 ~9,578,364 m^3 となった。

(1) 林分材積判定表の作成

林型区別にha当たりの材積を判定するため回帰分析により表-11のように林分材積判定表を作成した。

(2) 総蓄積の推定

総蓄積の推定は林分材積判定表によって求められた蓄積を、林相・林型区別についてみ上げていき、最後インテンシブ・エリアの森林地域について集計した。表-12はその総蓄積の内訳を示したものである。この結果、胸高直径10cm以上の立木総蓄積（ヤシを除く）は約1600万 m^3 となった。

またha当たりの材積（ヤシを除く）は森林面積（L）を87,911haとすると185 m^3 /ha（胸高直径10cm以上の広葉樹）および108 m^3 /ha（胸高直径40cm以上の広葉樹）となった。これはサンプリング調査による推定値の信頼区間内にあり、信頼性が保たれている。

(3) 森林調査簿の作成

面積測定結果および林分材積判定表を用いて、森林調査簿を作成した。すなわち土地利用・林相図上に設定した2km \times 2km（400ha）のメッシュを林班とし、またその中の林相・林型の判読区分単位を小班とし、各小班についてその面積および林分データ（立木本数および材積）を一覧表に示し森林調査簿とした。

表-11 林分材積判定表

林相	林型	材積 (m ³ /ha)				立木本数 (本/ha)					
		全樹種 (グループ1~4)	主要6樹種 (グループ1)	主要6樹種 +利用樹種 (グループ1+2)	枝 (グループ1~4)	全樹種 (グループ1~4)	主要6樹種 (グループ1)	主要6樹種 +利用樹種 (グループ1+2)	ヤシ類 (グループ5)		
	樹冠直径 (C)(D)	10cm ≤ DAP	40cm ≤ DAP	40cm ≤ DAP	40cm ≤ DAP	10cm ≤ DAP	40cm ≤ DAP	40cm ≤ DAP	10cm ≤ DAP		
L	1 1	101	26	3	6	346	18	2	6	64	
	1 2	125	48	8	18	357	23	3	8	65	
	1 3	149	70	12	28	368	27	4	10	66	
	2 1	125	48	8	18	357	23	3	8	65	
	2 2	173	92	17	38	379	32	5	12	67	
	2 3	222	136	26	57	402	40	6	16	69	
	3 1	149	70	12	28	368	27	4	10	66	
	3 2	222	136	26	57	402	40	6	16	69	
	3 3	294	202	39	85	435	53	8	22	73	
	LP	—	162	127	64	94	224	42	20	31	154
	P	—	92	55	12	34	247	26	6	6	853

表-12 インテンシブ・エリアの総蓄積

林相・土地利用	林型	面積 (ha)	材積				立木本数 (本)					
			全樹種 (グループ1~4)		主要6樹種 (グループ1)		全樹種 (グループ1~4)		主要6樹種 (グループ1)			
			10cm ≤ DAP	40cm ≤ DAP	40cm ≤ DAP	40cm ≤ DAP	10cm ≤ DAP	40cm ≤ DAP	40cm ≤ DAP	40cm ≤ DAP		
L	1	6,769	683,669	175,994	20,307	40,614	60,921	2,342,074	121,842	13,538	40,614	433,216
L	1	4,565	570,625	219,120	36,520	82,170	82,170	1,629,705	104,995	13,695	36,520	296,725
L	1	518	77,182	36,260	6,216	15,540	14,504	190,624	13,986	2,072	5,180	34,188
L	2	7,627	953,375	366,096	61,016	137,286	137,286	2,722,839	175,421	22,881	61,016	495,755
L	2	24,535	4,244,555	2,257,220	417,095	1,030,470	932,330	9,298,765	785,120	98,140	294,420	1,643,845
L	2	3,863	857,586	525,368	100,438	254,958	220,191	1,552,926	154,520	23,178	61,808	266,547
L	3	1,706	254,194	119,420	20,472	51,180	47,768	627,808	46,062	6,824	17,060	112,596
L	3	15,154	3,364,188	2,060,944	394,004	1,000,164	863,778	6,091,908	606,160	90,924	242,464	1,045,626
L	3	12,381	3,640,014	2,500,962	482,859	1,262,862	1,052,385	5,385,735	656,193	99,048	272,382	903,813
LP		8,685	1,406,970	1,102,995	555,840	816,390	547,155	1,945,440	364,770	173,700	269,235	1,337,490
P		2,108	193,936	115,940	29,296	25,296	71,672	520,676	54,808	12,648	12,648	1,798,124
N		994										
S		1,740										
T		1,075										
小計		91,720	16,246,294	9,480,319	2,120,063	4,716,930	4,030,160	32,308,500	3,083,877	556,648	1,313,347	8,367,925
C		4,810										
A		890										
H		86										
V		123										
B		83										
O		392										
R		697										
LG		73										
小計		7,154										
合計		98,874	16,246,294	9,480,319	2,120,063	4,716,930	4,030,160	32,308,500	3,083,877	556,648	1,313,347	8,367,925

本 編

1. 序 章

1-1 調査の目的

本調査は調査対象地（100万ha）における航空写真の撮影、土地利用・林相図の作成等を行い、インテンシブ・エリア（10万ha）における基本図の作成、森林資源の調査ならびに森林施業・開発計画の調査を行い、もつて同地域の経済、社会の発展に寄与するとともに、アマゾン林業開発計画の作成基準を策定することを目的とする。

本報告はこのうち航空写真の撮影、林相図の作成、基本図の作成および森林資源の調査に関するものである。

1-2 調査の背景と経緯

エクアドル国は面積約28万km²あり、地理的にシェラ（高地）、コスタ（西部海岸地方）およびオリエンテ（東部アマゾン流域）の3つの区域に区分される。このうちシェラ地方は海拔2000m以上の涼冷地で古くから開けており、またコスタ地方も近代になって農業開発や商工業の発達等によって開けてきた。しかし、国土の約半分を占めるオリエンテ地方はアマゾン川上流域に位置し、人口はわずか2%を占めているのにすぎず、開発が遅れてきた。

同国における森林は国土の65%を占め、特殊樹種バルサの世界一の産出国であるなど森林資源に依存する割合は大きく、林業、林産業を通じての同国経済の発展は農業とともに重要な課題となっている。しかしながら森林資源の状態は極めて概略的な把握であったり、また調査されていない地域が存在するなどいまだ不確実な面が多い。特に東部アマゾン地域は、熱帯降雨林に属する豊富な森林資源が存在するにもかかわらず、従来アクセスする道路が全くといってよいほどなかったことから開発が遅れ未開の地として放置されてきた。しかし、1960年代同地域に石油資源の埋蔵が発見され、その開発のために道路網が開設されるようになってから、森林資源も急速に脚光をあびるようになった。その保有する森林資源が適切な方法で利用されることにより同国の経済、地域住民に与える影響は多大なものがあると推察される。その反面森林資源の基礎データ、土地利用の計画、森林の管理、経営の計画なしに開発を進めるならば、無秩序な伐採と林地転用が行われ、森林破壊をひきおこし、とり返しのつかないことになる危険性をはらんでいる。森林は土地の保全、水の保全ならびに野性鳥獣の保護の観点からも重要なものであり、保護保全を含めた森林施業の計画が必要となっている。

このような背景によりエクアドル政府は、森林資源の現状を把握し長期的視点から資源の保続、環境の保全を考慮した森林施業・開発計画を樹立する必要があるとして、1982年7月わが国に対しノルオリエンテ地区内の100万haについての林業資源調査を要請してきた。

これに応じて国際協力事業団は、1984年9月～10月にかけて事前・S/W調査団を派遣し、要請の具体的内容、背景、森林資源の賦存状況、開発手法等我が国の協力の可能性についての調査を行い、同国農牧省(MAG)との間にScope of Work(S/W)を締結した。これにより1985年度から1987年度の3年にわたり本調査が実施されることとなった。

このため1985年7月から国際協力事業団は実施調査団を派遣し、S/Wのタイムスケジュールに沿って調査を進めている。しかし、1986年8月に至り、調査対象地を含むノルオリエンテ地区において、前記農牧省森林局(DINAF)を中心に推進されつつある国有林区画設定事業に対し地域住民の反対運動が起こった。地域住民は実施調査団がMAGと共同調査を行っていることから、実施調査団が同地域へ入域することをこぼみその後、事態は解決しつつあるが、不慮の事故を避けるため、森林資源は現地調査が中断した時点までのデータでまとめることとなり、引き続き森林施業・開発計画調査に移行することとなった。

1-3 調査対象地

調査対象地はエクアドル共和国ノルオリエンテ地区、ナポ県下のアンデス山脈の山麓地帯(標高約500m)から東側の、標高約200m付近までの森林地帯であり、東西80km(西経 $76^{\circ}25'37''\sim 77^{\circ}8'45''$)、南北125km(北緯 $0^{\circ}7'39''\sim$ 南緯 $1^{\circ}00'00''$)の長方形区内に含まれる100万haである。航空写真の撮影とモザイク写真をベースにした土地利用・林相図の作成はこの地域について行う。このうち重点とする地域(インテンシブ・エリア)は、北をナポ川、南をルミヤク川、東西を西経 $76^{\circ}42'00''\sim 77^{\circ}05'00''$ によって囲まれ、その面積は約10万haである。このインテンシブ・エリアを対象として基本図およびこれをベースにした土地利用・林相図を作成し、森林資源調査および調査対象地に関係した社会経済等の調査を行い、森林施業・開発の計画基準を策定する。

エクアドル国概略図を図1-1に、また調査対象地域を図1-2に示す。

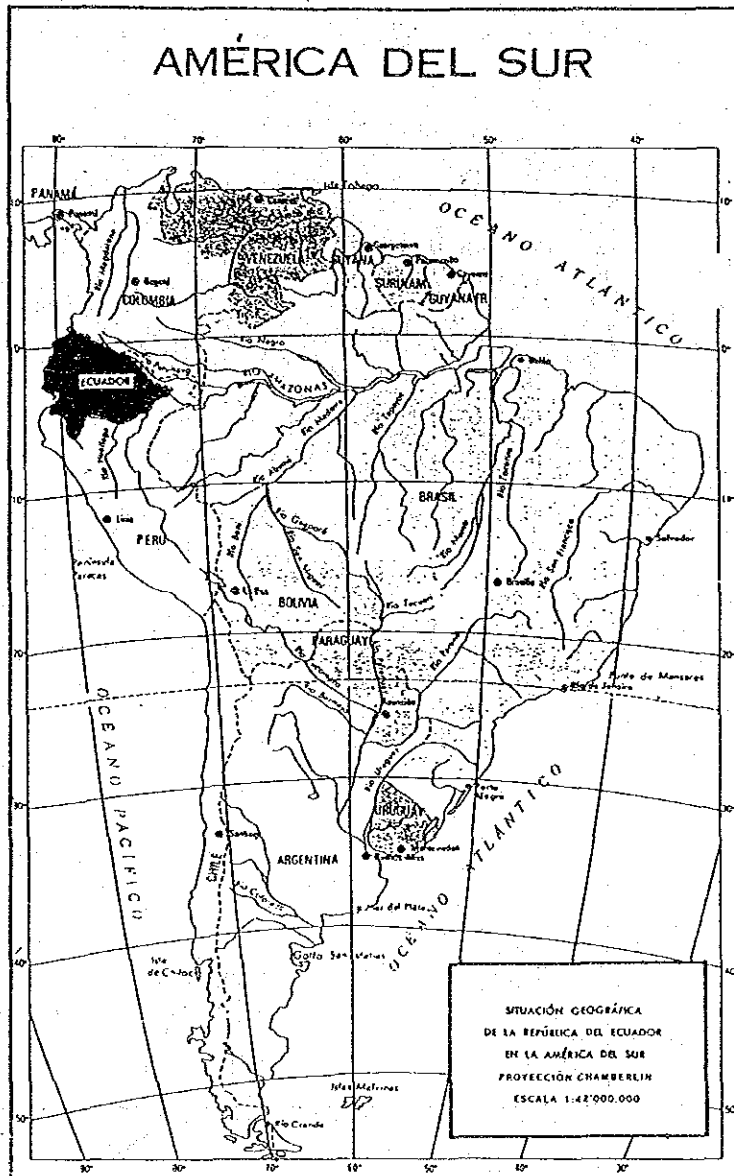
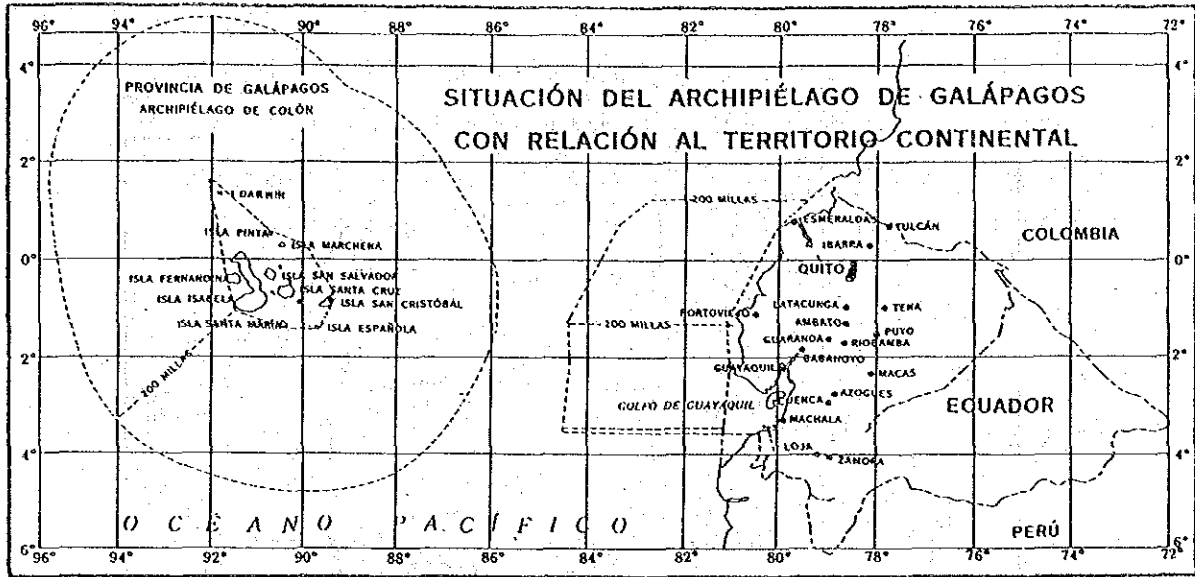


図 1-1 エクアドル国概略図

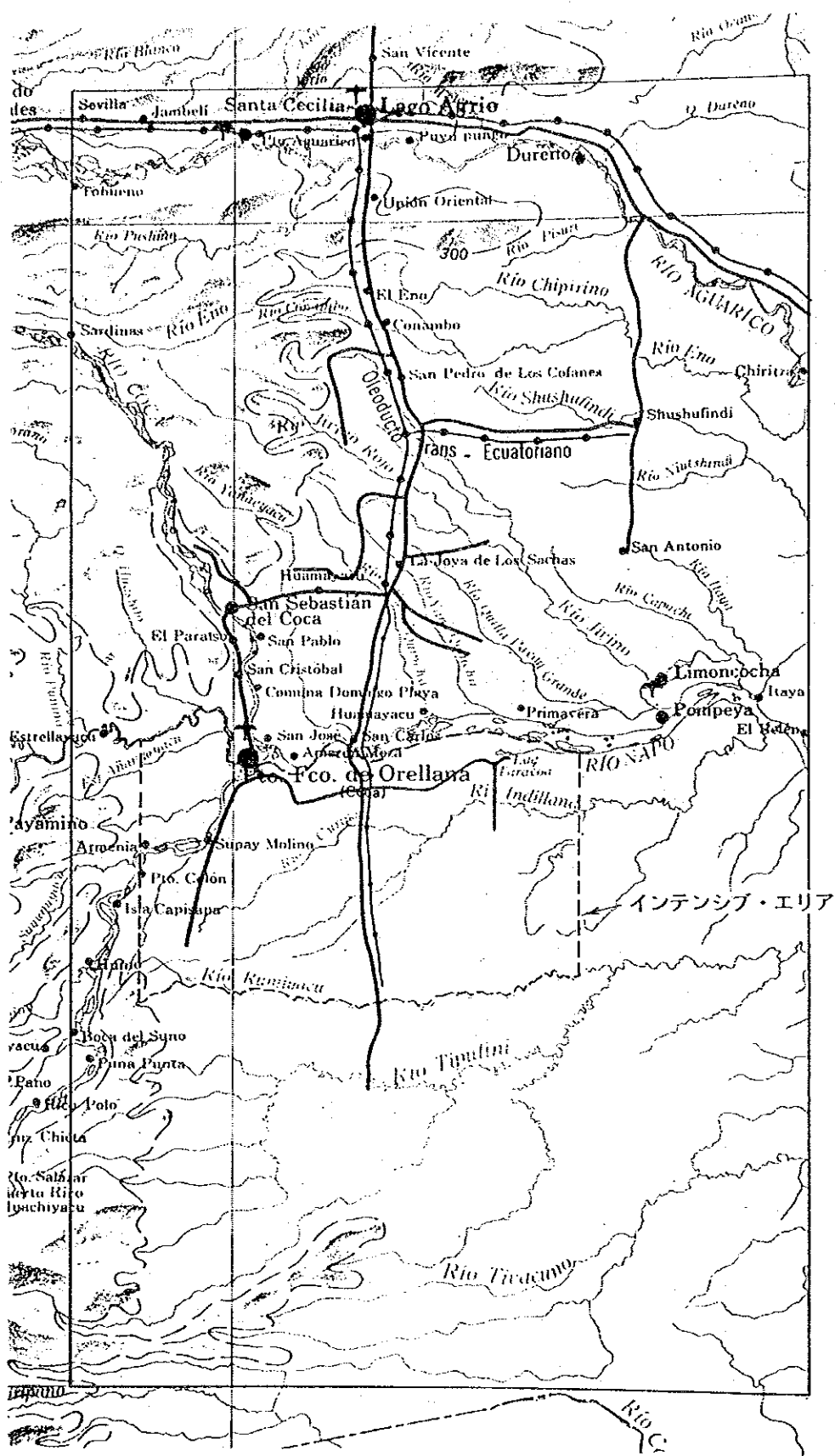


図 1 - 2 調査対象地 (1 : 640,000)

1-3-1 調査対象地選定の背景

森林局(DINAF)を中心とするエクアドル国政府の林業政策は前述の地理的区分、すなわち同国のほぼ中央を縦断するアンデス山脈により分けられたシェラ(高地)、コスタ(西部海外地方)およびオリエンテ(東部アマゾン流域)の3つの地域によってそれぞれ異なっている。

シェラ地方は火山灰土壌で形成されており、盆地・台地等に存在する農耕可能地は古くから開墾され、天然林はきわめて少ない。また火山灰土壌であることからエロージョンが激しく、深い侵食谷が形成されているところが多い。このためDINAFとしては、国土保全、水源かん養等を目的とした森林造成を最重点課題としている。

西部海岸地方においてはすでにかなりの森林が農牧業のため開墾され、農牧業から安定的収入が確保できる者が多い。このため農牧業のための開発圧力は、オリエンテ地方に比べかなり低いものと思われる。しかし、残された農牧業適地に対しては依然として開発圧力が働いているため、この地方においては農牧業開発を森林保全、林業経営等といかに調和のとれたものとするかが課題となっており、特にエスメラルダス県北部における未開発地域については秩序ある土地利用が必要とされている。

オリエンテ地方はアマゾン川上流域に位置し、平坦もしくは波状丘陵地形を成し、高温多湿の熱帯多雨林が成育し、豊富な森林資源が存在している。

同地方は従来アクセスする道路が全くといってよいほどなかったことから開発が遅れ、未開の地として放置されてきた。しかし、1960年代に石油資源の埋蔵が発見され、その開発のために道路網が開設されつつある。それに伴い石油開発に関連した人口が流入し、また凶作に苦しむ山岳地方の農民が新たな土地を求めて石油開発道路に沿って入植を始めたことなどから、従来手つかずであった原始林の伐採が進み、一部に無秩序な開発が進行している。

政府はこの地域の石油開発を軸にインフラストラクチャーの整備を図り、生産力の高い立地条件を生かした農業的開発をめざしているが、これには秩序ある森林開発が不可欠な課題となっており、この森林資源調査の調査対象地決定の有力な背景となっている。

1-3-2 インテンシブ・エリアの選定

インテンシブ・エリアは、人工衛星(ランドサット)画像の判読、航空写真の判読、諸資料の分析、現地における地上踏査および査察飛行の結果をもとに、森林予備調査において前述の地域に決定された。なおこの決定に際し、日本-エクアドル両国の合意確認のため、日本側を代表し沼田作業監理団団長および渡辺実施調査団団長とエクアドル側ボンセ森林局長代理との間に、1986年2月20日、キトにおいてミニッツが結ばれた。

1-4 調査全体の概要

本調査は以下の作業に大別される。

- a. 航空写真の撮影
- b. 集成写真図（モザイク）の作成
- c. 基本図の作成
- d. 土地利用・林相図の作成
- e. 立木材積表の作成
- f. 森林資源調査
- g. 森林管理台帳の作成
- h. 社会経済調査
- i. 森林施業・開発計画の基準策定

これらの作業の全体的な流れは図1-4のとおりである。

また、これらに関係する年度別の現地調査（予定を含む）は、図1-3のとおりであるが、前述のとおり、1986年度の調査のうち森林本格調査が一時中断となったため調査計画を変更し、森林資源調査は実施したところまでの標本でとりまとめ、森林施業・開発計画の基礎調査と本格調査をまとめて実施し、現地検証審議以降は1988年度実施の予定となった。以下それぞれの作業についてその概要を述べる。

年 度 項 目	1985年度	1986年度	1987年度	1988年度 (予 定)
撮影・基本図図化	航空写真撮影			
		基準点測量		
森林資源調査	立木材積表調査			
	森林予備調査			
		森林本格調査		
森林施業・開発 計 画 調 査			森林施業・開発 計 画 調 査	
				現地検証審議
				ドラフト・ファイナルレポート 説明

図1-3 年度別現地調査概要

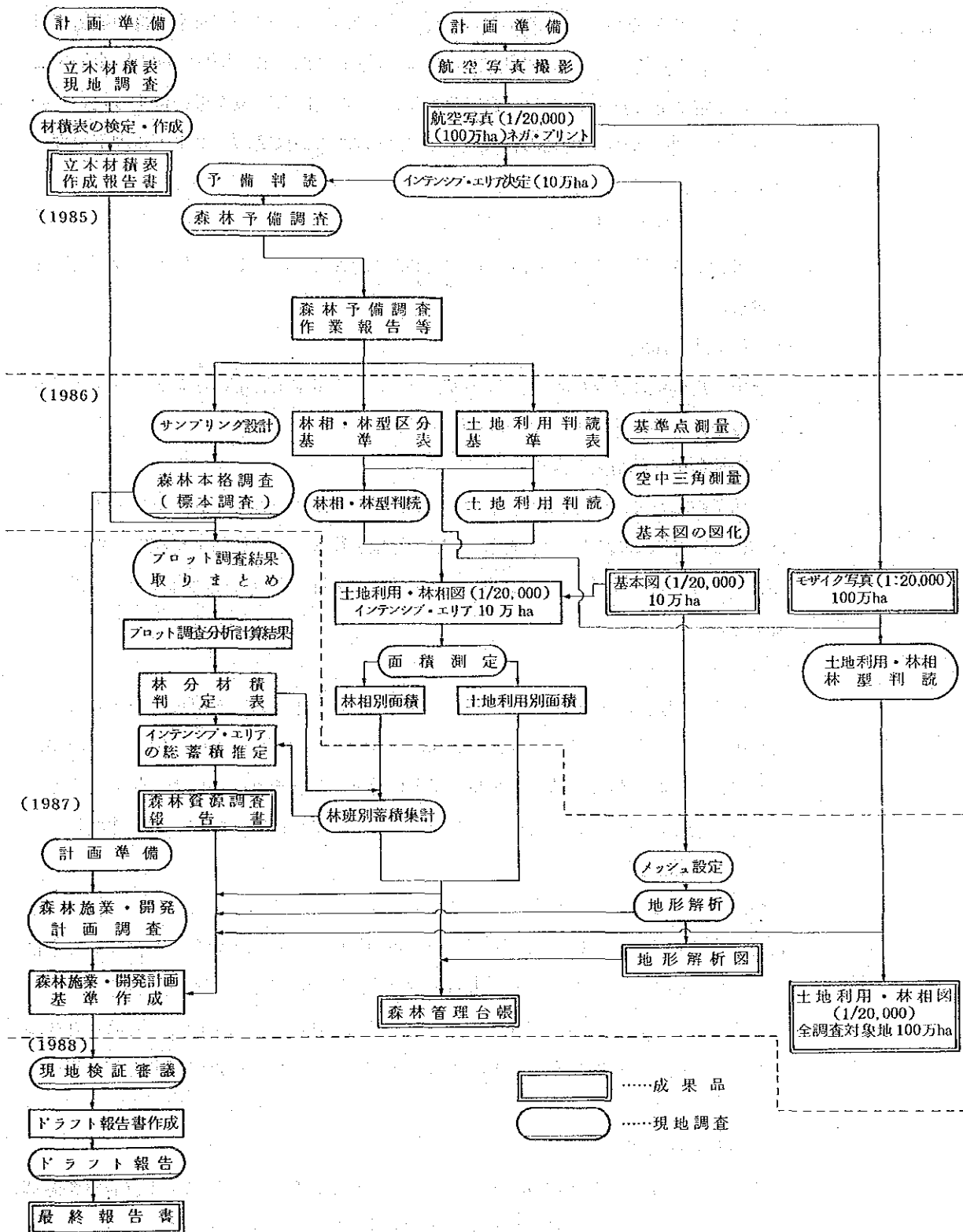


図1-4 調査計画図

(1) 航空写真の撮影

撮影縮尺1:20,000で、調査対象地1,000,000ha全域について航空写真の撮影を行った。航空写真は、当初1985年度(昭和60年度)に調査対象地域100万ha全域を撮影する予定であったが、1985年度は天候不良のため約60万haの撮影に留まった。そのため1986年度に残りの40万haの撮影を行った。なおこの作業はエクアドル国軍地理院(IGM)に委託して行った。

(2) 集成写真図の作成

撮影した航空写真を用いて縮尺1:20,000で調査対象地全域について集成写真図を作成した。

(3) 基本図の作成

空中三角測量に必要な現地基準点測量を行い、この結果を基にインテンシブ・エリア10万haについて縮尺1:20,000で基本図を作成した。

(4) 土地利用・林相図の作成

森林予備調査後決定された林相、林型区分の基準に基づいてインテンシブ・エリア10万haについて基本図上に土地利用、林相・林型を移写し土地利用・林相図を作成した。なお、全調査対象地100万haについての土地利用・林相図は集成写真図上で同様に作成した。

(5) 立木材積表の作成

森林資源調査において、標本林分の単木材積を求めるため立木材積表を作成した。材積表は対象樹種を主要6樹種(Chuncho, Guarango, Higuerón, Guapa, Sande, Zapote)とそれ以外の樹種の2グループとに分け、それぞれについて皮付きと皮無しの幹材積表を作成した。また全樹種を対象として枝条材積表(皮なし)を作成した。

(6) 森林資源調査

前述の(1)~(5)の諸成果をもとに、インテンシブ・エリアの森林資源状況を把握する目的で森林資源調査を行った。2期にわたる現地作業(森林予備調査および森林本格調査)において、標本プロットによる毎木調査、天然更新調査、土壌調査等を行い、各標本のデータから資源量の推定を行った。また毎木調査結果を取りまとめた森林調査簿および航空写真判読カードと、土壌調査結果を取りまとめた土壌調査写真集を作成した。

(7) 森林管理台帳の作成

インテンシブ・エリア10万haにおいて作成した土地利用・林相図および森林資源調査の結果に基づいて森林管理台帳を作成する。森林管理台帳は広面積の地域で、様々な情報をより早く画一的な方法で得るため、メッシュデータとする。

(8) 社会経済調査

森林施業・開発計画のための基礎資料として一般経済動向、林業・林産業、木材市場等についての社会経済調査を行う。

(9) 森林施業・開発計画の基準策定

上記までの自然的社会的基礎調査を基に、森林施業・開発の基準をインテンシブ・エリアを対象に策定する。

2. 調査対象地の概要

2-1 位置および面積

調査対象地の位置および面積は1-3で述べたとおりである。

2-2 地 況

調査対象地域はアンデス山脈の東部に当たり、山麓の起伏部末端から平坦部に移行する標高500m付近から、さらに東部に向かって標高が300m~200mで推移する地域である。表層地質は新第三紀堆積岩類および洪積世と沖積世の堆積物で構成されている。

地形は新第三紀堆積岩および洪積世堆積地が侵食を受けた小起伏の丘陵地と、河川の堆積作用による広い沖積平坦面とで構成されている。丘陵地では、侵食の及ばない台地面が残っている所や、侵食が強く働いて小沢が入り組み、幅のせまい山頂（丘頂）緩斜面（尾根）を形成している所などが不規則で多様に存在している。

水系はアマゾン川の支流であるナポ川の更なる支流域に属し、主な支流として北から、アグアリコ川、コカ川、パヤミーノ川等が挙げられる。これらはナポ川に合流した後、アマゾン川本流に合流しブラジル国を通過して大西洋へと流れている。

2-3 林況および土地利用

調査対象地域内の森林は、多数の種からなる常緑および落葉広葉樹とヤシ類の混交する熱帯多雨林となっており、河川ぞいには若干の竹類も見られる。

近年、これらの森林は石油開発により建設された道路周辺から奥地へ向かって、国内の移住農民や伐採業者により徐々にその林相に変化が現れつつある。すなわち、道路沿いに入植した農民による農地転用のための森林の伐採、伐出業者による合板用大径木の抜き伐り、さらにコカ北西部およびシュシュフィンディ南部にオイルパームの大面積植栽地が造成されるなどの変化が見られる。また、従来から定着農民による河川沿いの森林の利用も、河川周辺の林相変化をもたらしてきている。これらは主に有用樹（建築用、家具用等）の抜き伐りである。

一方、DINAFでは当地域内で伐採事業を行っている合板業者に対し伐採跡地の造林を義務付けているが、当地域での造林実績はまだゼロに等しい。また、同DINAFはODA（英国の援助機関）とともに、当ノルオリエンテ地区に3つの造林試験地を1978年に設定したが、その後の管理がなされず放置されたままになっている。さらに、同DINAFでは米国の援助によりアグロフォレストリーの試験を行っており、試験地もいくつか設定されている。また、民間ベースでは一部の篤農家が、有用樹の

苗木生産・植栽を小規模ながら行っており同D I N A Fでも注目している。

しかし、これら森林再生事業は森林の伐採の進行に比べればごくわずかなものであり、今後も当地域内の森林は、有用樹種（合板用が主）を中心に減少していくものと思われる。

2-4 気 象

調査対象地域は、Köppenの気候区分によればA f（熱帯雨林気候）に属し、年平均気温は25℃以上で月変化は1℃程度である。降水量は年間を通じて多く、雨季と乾季の区別はむずかしい。また、年度により月別降水量も変化し年間を通じての降水パターンを把握しにくい。これは当地域がアンデス山脈とアマゾン低地の接触部に位置し、マクロ、ミクロ的な複雑な気象要因の影響を受けているためと思われる。降水量をさらに観察すると、当地域を含むエクアドル・アマゾン地域においては、ノルオリエンテ地区、特にアンデス山脈の山麓に近い所で降水量が最も多く、逆にペルーとの国境へ近づくにつれ降水量は減少する。また、気温については前者では低めで後者では高くなる傾向がある。このことは以下に示す調査対象地域内の町、ラゴ・アグリオとコカの気象データからも裏付けされている。（表2-1および表2-2）

表2-1 ラゴ・アグリオの気象データ

(1978年~1981年の平均)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
気	平均	26.4	26.5	25.6	25.5	25.4	24.5	24.0	24.9	25.5	26.1	26.0	26.2	25.6
	最高平均	31.3	31.6	30.0	30.4	30.3	28.8	28.7	29.2	30.8	31.2	31.2	31.3	30.4
温	最低平均	20.4	20.6	20.8	20.7	20.6	20.2	19.4	19.5	18.7	20.3	19.5	19.9	20.1
	最高値	35.0	35.0	35.0	34.0	33.6	32.5	36.0	35.0	34.5	34.5	36.0	35.0	36.0
(℃)	最低値	17.5	16.5	18.0	18.0	15.5	17.0	12.0	13.5	16.5	17.0	14.5	14.5	12.0
	湿度	相対(%)	80.3	82.3	90.0	88.0	88.5	88.0	87.8	83.3	82.3	82.0	83.3	83.0
降水量	蒸気圧(mb)	27.3	27.7	27.5	27.4	27.8	26.9	26.0	26.1	26.4	27.3	27.7	27.9	26.2
	総量(mm)	193.4	228.9	292.0	402.6	361.9	367.7	274.0	210.3	282.3	283.6	244.9	300.0	3441.6
	24時間最大量(mm)	88.3	93.8	60.0	102.1	99.2	97.3	81.1	73.2	88.7	100.4	76.9	132.0	132.0
雲	降雨日(日)	12.3	14.5	19.0	21.0	24.0	22.5	21.5	16.8	17.5	17.7	20.0	18.3	225.1
	量*	4.6	5.5	6.0	5.8	5.8	6.0	6.0	5.5	5.3	5.3	5.3	5.3	5.5

* 雲量の単位は8分の1

☆ ラゴ・アグリオ観測点の位置：北緯00°05'，西経76°59'，海拔350m

表2-2 コカの気象データ

(1978年~1981年の平均)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
気	平均	26.4	25.1	25.1	25.6	25.3	24.7	24.3	26.4	25.6	25.9	25.9	25.9	25.6
	最高平均	31.5	31.0	31.0	30.6	29.9	26.2	28.7	30.5	30.6	30.7	31.0	31.0	30.2
温	最低平均	21.3	20.5	20.9	20.5	20.9	20.9	20.2	20.8	28.2	21.2	21.3	21.5	21.5
	最高値	35.4	34.9	36.6	34.3	33.4	32.2	34.0	35.1	34.6	35.2	35.0	34.8	36.6
(℃)	最低値	18.9	19.0	19.2	15.7	18.8	19.4	13.2	15.0	16.9	19.4	18.8	19.0	13.2
	湿度	相対(%)	85.5	86.0	89.0	87.5	90.5	92.5	86.7	89.5	90.5	89.3	89.7	89.7
降水量	蒸気圧(mb)	28.0	27.1	29.2	28.5	29.0	28.7	26.8	29.4	29.3	29.6	29.8	29.8	28.8
	総量(mm)	241.3	257.4	157.7	282.8	238.7	327.3	174.7	184.9	219.2	280.7	294.9	215.5	2875.1
	24時間最大量(mm)	83.3	118.7	60.5	81.1	73.8	64.2	46.5	96.6	75.0	99.6	139.2	79.4	139.2
雲	降雨日(日)	13.0	9.5	16.0	17.0	21.0	20.0	20.3	13.5	15.8	19.0	19.7	17.0	201.8
	量*	5.5	5.5	6.0	5.5	6.0	7.0	5.7	6.0	6.0	5.0	5.7	5.7	5.8

* 雲量の単位は8分の1

☆ コカ観測点の位置：南緯00°27'，西経76°57'，海拔220m

また図2-1~3に Walter の気候図形を調査対象地内の3つの町について示した。これらの図からもわかるように、乾季のない典型的な熱帯多雨林のパターンを表わしている。

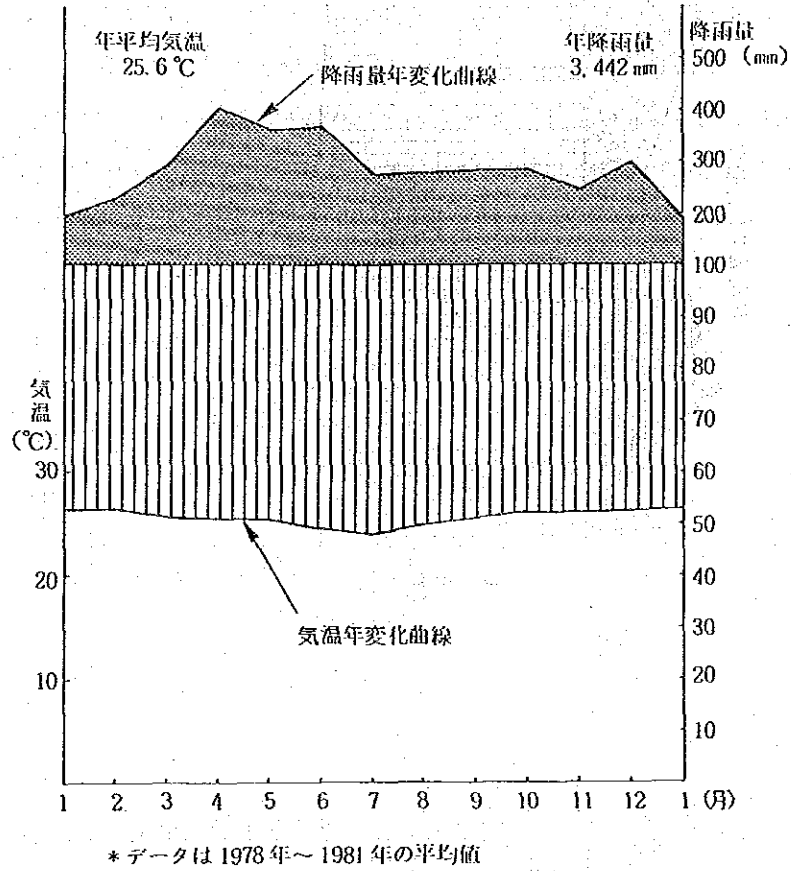


図2-1 ラゴ・アグリオ (Lago Agrio) の気候図形

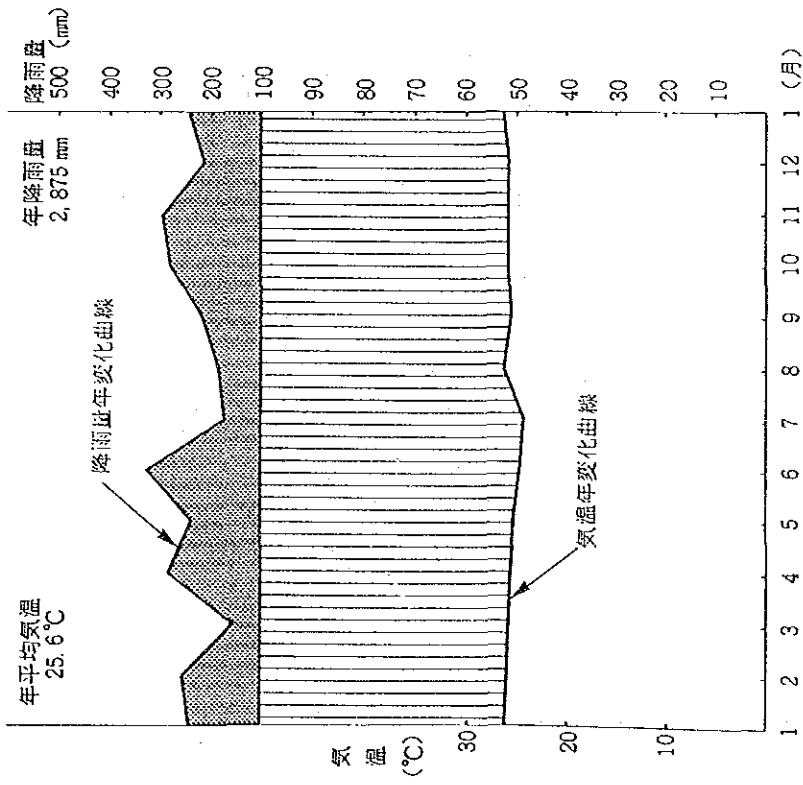


図2-2 コカ (Coca) の気候図形

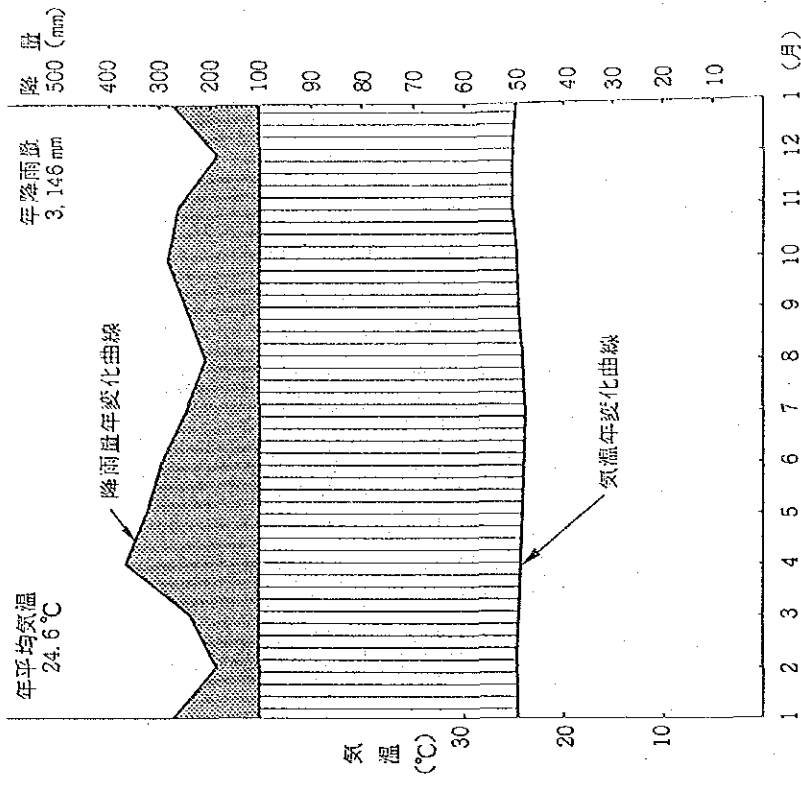


図2-3 リモンコーチャ (Limoncocha) の気候図形

3. 航空写真の撮影

調査対象地域周辺をカバーする既存の航空写真は1965～1966年および1973～1978年に撮影されているが、それは石油開発および縮尺5万分の1の地形図作成を目的としたもので、撮影縮尺は1:40,000～1:60,000と比較的小縮尺である。また、これらは撮影後10年以上も経過しており、現在の森林、土地利用等の状況を把握するためには開発が進みつつある地域だけに不相当と考えられた。そのため調査対象地の林相判読、土地利用・林相図作成および今後の森林施業・開発計画基準策定等のために、より縮尺の大きい航空写真を新規に撮影した。

3-1 撮影諸元

撮影諸元は以下のとおりである。

- a. 撮影面積 : 10,000km² (100万ha)
- b. 撮影縮尺 : 1 : 20,000
- c. 撮影コース数 : 40コース
- d. 写真枚数 : 約2,000枚
- e. カメラ焦点距離 : $f = 150\text{mm}$

3-2 撮影契約

エクアドル国内における航空写真の撮影はすべてIGMの管轄下におかれており、また、IGMと外国企業等との撮影契約は法律上不可能となっている。そこで、本撮影作業に当たり、まず実施調査団とMAGとが撮影委託契約を結び、次にMAGがIGMと撮影契約を結ぶ形をとった。この撮影委託契約はMAG大臣と実施調査団団長とにより昭和60年7月31日に、またMAG大臣とIGM総裁との契約は昭和60年9月5日にいずれもエクアドル国キトにおいて締結された。

3-3 撮影体制

撮影機材および撮影基地等は次のとおりである。

使用機材

- 航空機 : Beech Craft King Air
- 航空カメラ : Wild RC-10
- 航空レンズ : Metrogon
- レンズ焦点距離 : 152.49mm
- 使用フィルム : Kodak Doble X

撮影基地および写真処理施設

撮影基地 : ラゴ・アグリオ (Lago Agrio) , コカ (Coca)

写真処理施設 : キト市内の IGM 施設

3-4 撮影作業の企画・監督

撮影作業の計画、作業者の任務分担の確認とともに、作業期間中の撮影体制の確認、監督指導を行った。また、常時最寄りの気象観測所（ラゴ・アグリオ、コカ）の気象観測情報を入手したり、必要に応じ撮影対象地に赴き、撮影作業の進捗を助けた。

しかし昨年度（昭和60年度）の当初の撮影予定期間（昭和60年7月～11月）は、例年になく調査対象地域に曇りや雨が多く、最終的に昭和61年7月まで撮影期間の延長を余儀なくされた。この間、撮影日誌、飛行記録および天候記録の作成、点検により撮影作業の適正化・効率化を図った。

3-5 撮影成果

(1) 撮影成果の検査

この検査は、写真処理施設の点検とともに、随時撮影された航空写真のオーバーラップ、写真内の雲量等の検査を撮影委託仕様書に基づき行った。この結果、撮影成果は表3-1の航空写真明細表のように合計68コース、写真2151枚を採用した。

(2) 航空写真標定図

撮影成果の検査により採用された航空写真の撮影コースおよび写真主点位置を印した航空写真標定図（縮尺1:100,000）（別添）を作成した。図3-1にこれを縮小したものを掲げた。

(3) 撮影成果一覧

- a. ネガフィルム : 1式
- b. 密着写真 : 1式
- c. 航空写真標定図 : 1式

表3-1 航空写真明細表

コース No.	ロール No.	写 真 No.	写真 枚数	コース No.	ロール No.	写 真 No.	写真 枚数
1	211	43838-43883	46	22	216	45152-45200	49
2	211	43926-23970	45	22	216	45213-45260	48
2	228	47803-47829	27	22	217	45470-45492	23
3	211	43977-44012	36	23	216	45265-45301	37
3	228	47846-47872	27	23	217	45445-45469	25
4	211	44062-44080	19	24	218	45670-45700	31
4	214	44647-44678	32	25	219	26012-26058	47
5	214	44679-44710	32	26	217	45347-45395	49
5	215	44898-44916	19	27	217	45397-45444	48
6	214	44726-44756	31	28	218	45712-45735	24
6	215	44917-44936	20	28	219	46068-46088	21
7	214	44756-44786	31	29	218	45743-45757	15
7	215	44949-44967	19	29	220	46098-46130	33
7	228	47781-47802	22	30	218	45789-45804	16
8	214	44623-44644	22	30	227	47642-47674	33
8	215	44821-44832	12	31	220	46169-46182	14
8	215	44968-44988	21	31	227	47675-47709	35
9	215	44834-44863	30	32	227	47577-47624	48
9	215	44996-45015	20	33	220	46215-46246	32
10	215	45016-45037	22	33	230	48366-48381	16
10	227	47723-47772	50	34	220	46252-46295	44
11	213	44330-44373	44	35	229	47955-48002	48
12	213	44380-44424	45	36	230	48266-48313	48
13	213	44428-44471	44	37	229	48064-48110	47
14	213	44477-44521	45	38	229	48154-48169	16
15	222	46697-46723	27	38	229	48114-48145	32
15	228	47877-47896	20	39	229	48172-48218	47
16	222	46658-46684	27	40	217	45561-45593	33
16	228	47897-47913	17	40	230	48223-48238	16
17	222	46631-46655	25	39	217	45552-45558	7
17	228	47929-47948	20	40A	217	45496-45542	47
17A	230	48401-48427	27				
18	216	45092-45138	47				
19	216	45042-45087	46				
20	213	44527-44570	44				
21	214	44574-44621	48				
21A	230	48243-48255	13				
				計		68コース、 2151枚	

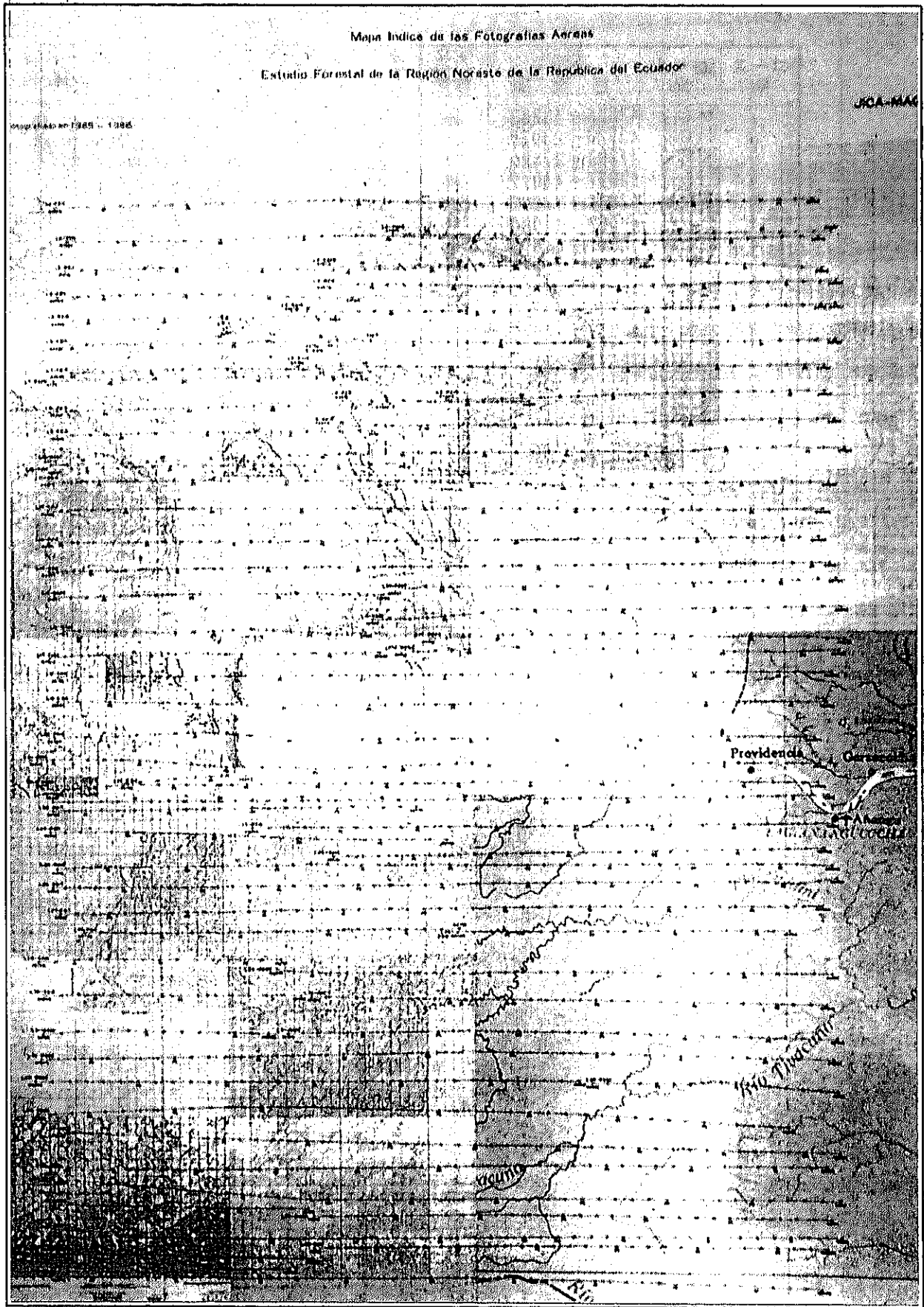


图 3 - 1 航空写真標定图

4. 集成写真図の作成

撮影した航空写真を集合接合して集成写真図（モザイク写真）を作成した。

これは全調査地域 100万haの土地利用・林相図作成の基図および今後の諸作業に用いられる。

この集成写真図の縮尺は撮影写真の縮尺と同一の1：20,000とし、図郭割は図4-1に示すように各図郭16km×12kmとし、これにより調査対象地は72面に分割された。

4-1 集成写真図成果

なお最終的な集成写真図の成果品は以下のとおりである。

- a. 集成写真図 ネガ : 1式 (72面)
- b. " CH焼 : 2式 (144面)

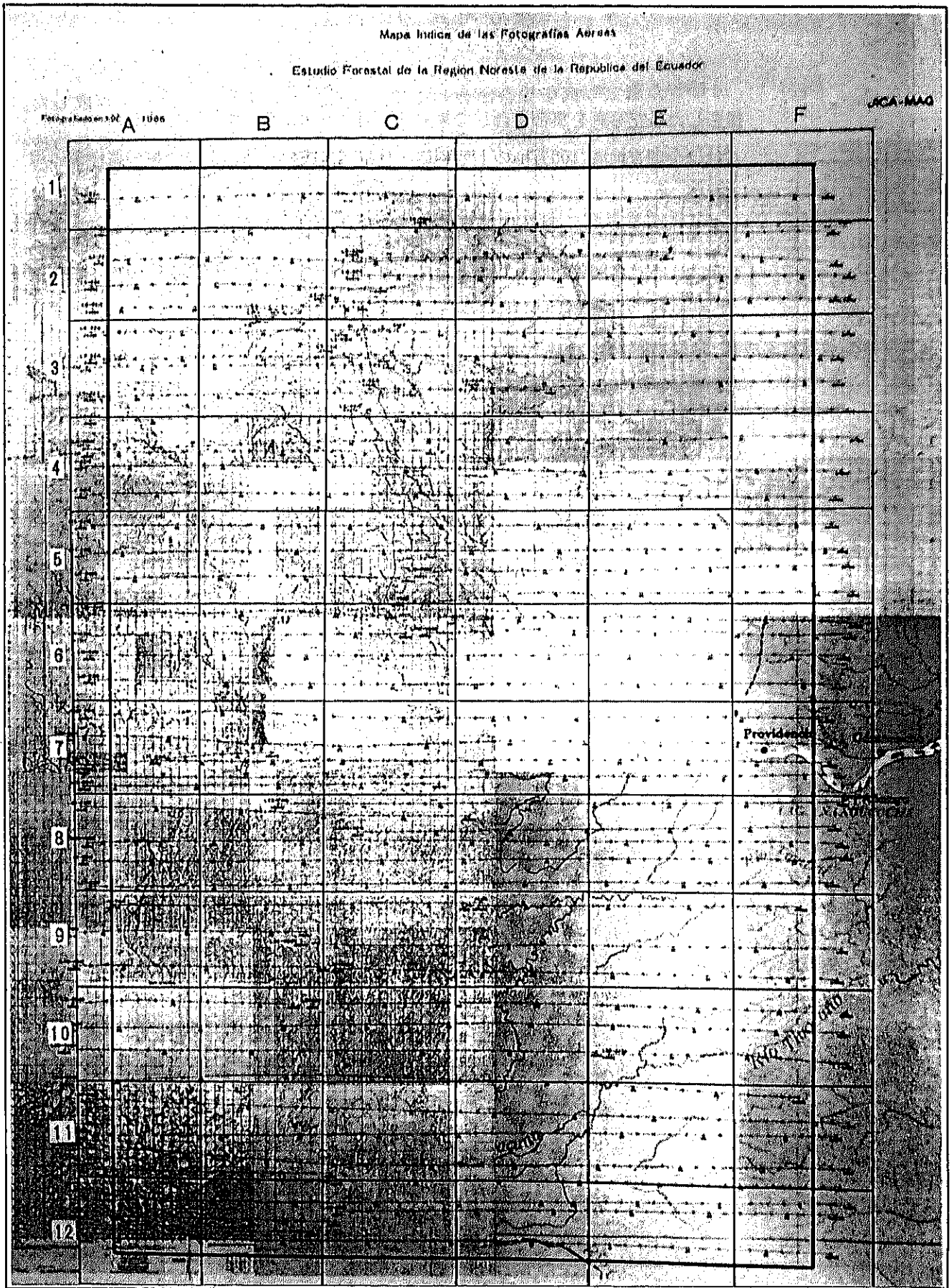


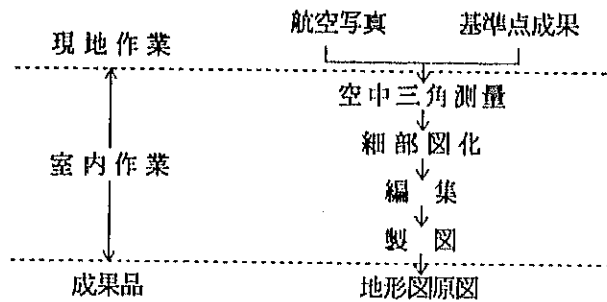
图 4 - 1 集成写真图图郭

5. 基本図の作成

現在、エクアドル国ではIGMによって縮尺百万分の1および50万分の1の全国地勢図や、縮尺5万分の1の地形図（または水系図）のほか各種の市街図等の整備が進められている。当調査対象地域においては縮尺5万分の1の地形図または水系図が一部の地域について作成されているが全体をカバーするまでには至っていない。そのため、撮影した航空写真を用いインテンシブ・エリア10万haを対象として、当地域のより詳細な土地利用・林相図の作成や森林開発計画作成に適する2万分の1の大縮尺の基本図を作成した。

5-1 作成方法

基本図は新規撮影の航空写真（縮尺1：20,000）を用い同縮尺で図化することとしその作業の概略は以下の図のとおりある。



また、作成する基本図の規格および精度は次のように設定した。

(1) 投 影

基本図の投影はエクアドル国の定めるユニバーサル横メルカートル図法（UTM）および国際標準楕円体によるものとする。

(2) 精 度

基本図の精度は下記の精度（標準偏差）以上を有するものとする。

各種地物の平面位置：図上2.0mm

標高点の高さ：等高線間隔の4/3

等高線： " 2/1

5-2 基準点測量

5-2-1 基準点測量方法

航測図化（空中三角測量）のための基準点測量を現地において実施した。

基準点測量方法は交通網が未発達でかつ視通状況がきわめて困難な密林地帯という

測量実施区域の条件を考慮して人工衛星観測方式を採用した。

人工衛星観測方式は米国海軍航行システム (NNSS : Navy Navigation Satellite System) による人工衛星発信電波をJMR 4型受信装置で記録するとともに、ドップラー効果によるカウントを測定し、内蔵マイクロプロセッサによって受信位置 (アンテナの電气的中心) の測地学的位置 (経度, 緯度, 高さ) を決定するものである。人工衛星観測は単独位置決定法 (ポイント・ポジショニング) により2台のJMR 4型受信機を使用して実施した。

NNSSシステムによる測位データについては、各国が独自で決定している測地系との関係を求める必要がある。このためエクアドル測地系の既設一等三角点コカ (Coca) においてJMR 4型による受信観測を実施して経度, 緯度, 高さのシフト量を求めた。

また、空中三角測量の精度をより高めるために一等三角点コカより直接水準測量を実施し、図化用航空写真上に実測標高点の位置を刺針した。

5-2-2 JMR新設点観測

JMR 4型による図化標定用の基準点新設は当初5点を計画していた。しかしIGMにおいて既存資料の確認をしたところ、テキサコ (Texaco) が実施した基準点 (人工衛星観測方式NNSS) 成果として座標, 高さおよび点の記が入手でき、それに基づいて現地踏査で図化標定用に適する位置にある既設NNSS基準点を3点確認し刺針した。また、同様にエクアドル国家基準点である一等三角点コカ (Coca) およびアウカ (Auca) を現地確認して刺針した。

計画段階では、既設基準点が現地にあるかどうか不明であり、また現地で入手した基準点の成果が民間 (テキサコ) による測量であり、国家基準点に準じる精度を保有しているか不明であったため、JMR新設点は5点としていた。しかし上述のとおりテキサコの成果も国家三角点と同等の成果としてIGMより入手でき、一等三角点2点を含む5点の使用出来たため、JMR新設点は図化標定の精度を向上させるため必要と考えられるソロス (Zorros), カトルセ (Km14), ユカ・スール (Yuca Sur) の3箇所に増設する事にした。

このようにJMR新設点が3点、既設基準点が5点と合計8点が図5-1のとおり配点され、図化標定の水平位置については十分の精度を持つものとなった。

5-2-3 JMR既設点観測

エクアドル測地系とNNSSシステムの成果とのシフト量を求めるため、エクアドル国家基準点である一等三角点コカでJMR観測を実施した。観測は25パスのデータが取得されるとともに、三角点本点位置への偏心要素測定を含め完了した。

シフト量は既設一等三角点と比較して求められ、これによって増設JMR基準点、ソロス, カトルセ, ユカ・スールのエクアドル測地系の位置が定められる。

5-2-4 水準測量

水準測量は空中三角測量の精度を高めるためおよび、JMR新設点のエクアドル測地系への標高シフト量の精度点検を目的として実施した。

水準測量は当初60kmを計画していたが、作業中断までに実施出来たのは40kmであった。水準測量は図5-1のとおり実施し観測ルート中、図化用航空写真上に実測標高点の位置を刺針した。

しかし、水準測量実施範囲がインテンシブ・エリア西側に偏在していたため、水準測量を実施出来なかった東側については現地での水準測量にかわるものが必要とされた。そこで、IGMより入手された測量成果を図上刺針して使用する方法を検討し、MAGにある立体図化機PG-2によって点検した。その結果水平位置についての刺針は難しいが、標高を標定用に使用するのは可能であることが確認された。このため水準測量の実施が不可能となった測量区域については、上述のIGM既設基準点の点の記を使用し図上刺針し、最終的に図5-1のとおり8点を用いて図化精度の向上に努めた。

図化範囲の東縁部および東南部については交通手段が無く、現地での測量はヘリコプターにて入域する以外不可能であったが、幸いIGMは軍のヘリコプターを使用してこの区域にも測量を実施していた。このため実測が不可能で標定点を予定しなかった区域にも標高点を得ることができた。

以上の代替の方法により、1/20,000航測図化を計画に定める必要精度内で十分実施することが可能となった。

5-2-5 既設基準点の刺針

既設基準点の刺針は図5-1に示すとおり実施した。計画段階では既設点の保存状況が不明のため、目標地物のほとんど無い密林内で発見することは困難と考えられていた。

しかしIGMより詳細な設置位置を示した点の記が入手できたことと、地元住民が測量実施当時をよく記憶しており標石位置に案内人として同行できたため、航測図化標定用に必要な配置にある5点についての刺針作業が実施できた。

テキサコ実施の基準点および一等三角点アウカについては、現地で標石が確認され直接航空写真上に位置がマークされた。一等三角点コカについては、現地測量で標石が未確認になっていたが、地元測量業者(GPS DEL ECUADOR)の協力を得て位置を確認し、偏心要素の測定を実施した。

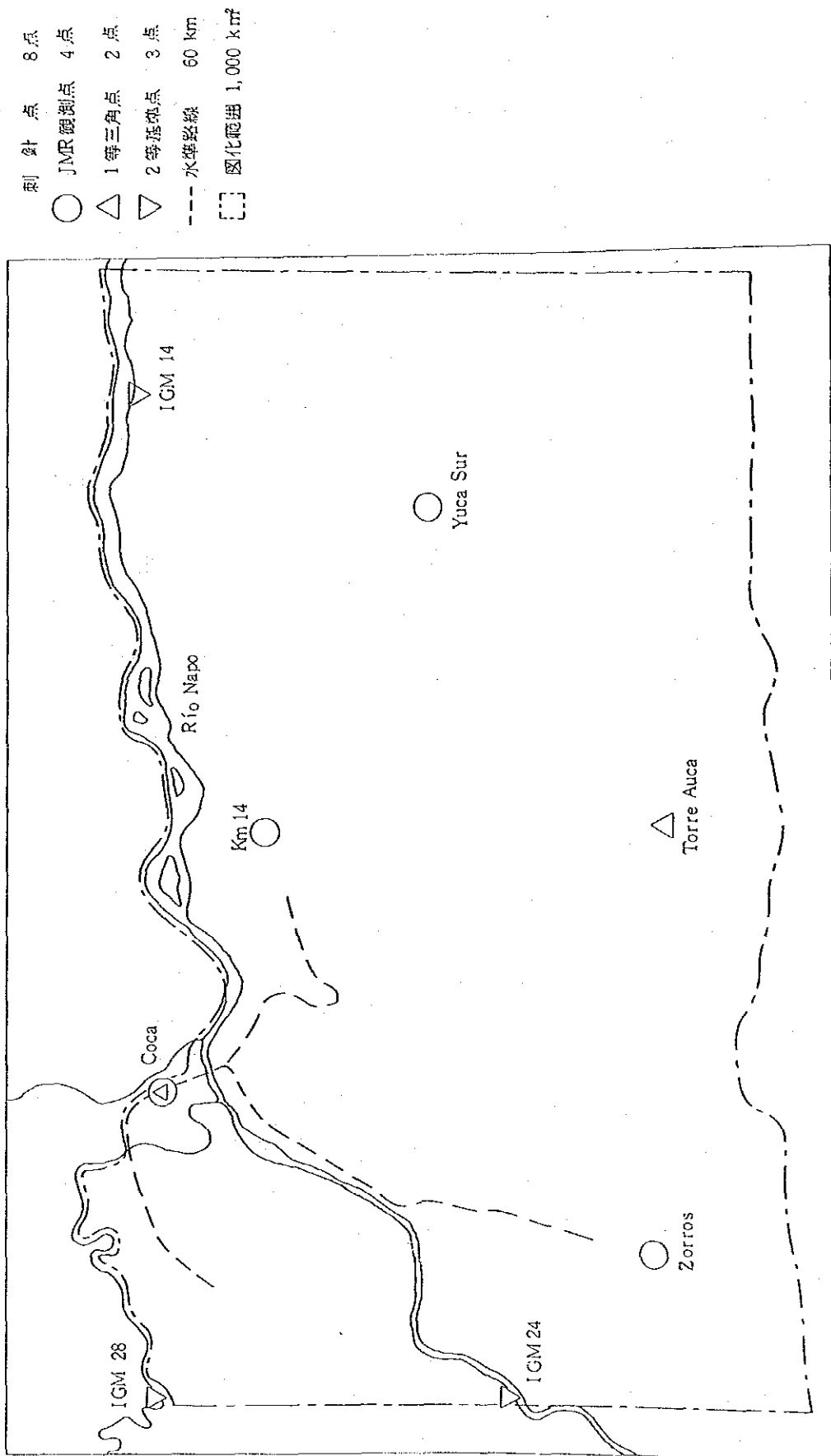


图 5-1 基准点测量实施图

5-2-6 基準点測量成果

基準点測量により求められた成果は表5-1の基準点成果一覧表に示されるとおりである。

表5-1 基準点成果一覧表

点名	等級	設置	N	E	H
Torre Auca	1等三角点	1974 (IAGS)	9 930 772.808 ^m	289 805.623 ^m	328.65 ^m
Coca		"	9 949 276.432	279 217.886	252.80
I GM 14	2等三角点	1977 (IGM)	9 950 436.883	305 462.869	234.29
I GM 24		1976 (IGM)	9 936 438.681	267 737.482	300.72
I GM 28		"	9 950 524.193	267 724.243	253.48
Yuca Sur	新設基準点	1986.8 (JICA)	9 942 022.111	302 486.899	258.29
km 14		"	9 946 101.292	289 788.265	302.86
Zorros		"	9 931 486.841	272 932.732	330.92

5-3 空中三角測量

空中三角測量は、前項で述べた基準点測量（人工衛星観測により求めた基準点および直接水準測量）および I GM から入手した既設基準点成果に基づき実施した。

5-3-1 作業方法

基本図作成の対象であるインテンシブ・エリアを図5-2のように2つのブロックに分け、合計で250モデルの空中三角測量を行った。使用した航空写真および基準点資料は以下のとおりである。

第Iブロック

コース：7コース（C20, 21, 22-1, 22-3, 23, 23-1, 23-2）

写真：100モデル

第IIブロック

コース：8コース（C24-1, 24-2, 25-1, 25-2, 26, 27, 28-1, 28-2）

2) 写真：150モデル

計 15コース

250モデル

（基準点資料）

新設基準点 4点（内1点は既設点検測を兼ねる）

既設基準点 4点

簡易水準刺針 53点（使用した点数）

5-3-2 使用機材

空中三角測量に使用した主要機材は以下のものである。

- a. 点刻 WILD PUG
- b. 測定 Zeiss JENA ステレオコンパレーター
- c. 計算 FACOM M360R

5-3-3 調整計算

基準点の配置状況は東南部に少なく、また、刺針点も既存のIGMのデータと今回の新設点と混合して使用したので、各コース共平面位置、高さについて1次にて計算を行い、内容の点検を行った後ブロック調整を実施した。

第Iブロックでは刺針点数は第IIブロックよりも多かったが、IGM14の点はエラー点であることが判明し使用しなかった。

第IIブロックでは中央部より東側に基準点の刺針成果が少なく、第Iブロックより図根点を送り補助とした。

また、高さの決定についてはIGM基準点14B等を逆に挿入しチェックを行った。

両ブロック共全域にわたり主要河川に関してモデルごとに水位によるチェックポイントを設け、流水方向、落差のチェックを行い、さらに東南部については特に最終決定前に図化機により、湿原、湿地、蛇行河川の流れの連続性等を点検し、高さの関連のチェックを実施して問題の無いことを確認した。

なお、基準点残差およびタイポイント較差を表5-2に掲げる。

表5-2 空中三角測量 基準点残差およびタイポイント較差

ブロック	コース数	モデル数	基準点数		基準点残差				タイポイント較差			
			平面位置	高さ	平面位置		高さ		平面位置		高さ	
					標準偏差	最大	標準偏差	最大	標準偏差	最大	標準偏差	最大
I	7	100	4	41	1.42	7.49	0.97	3.30		7.50		3.42
II	8	150	4 ※(9)	20 (9)	2.47	10.75	1.93	4.48		7.83		4.84

※ Iブロックよりの増設点

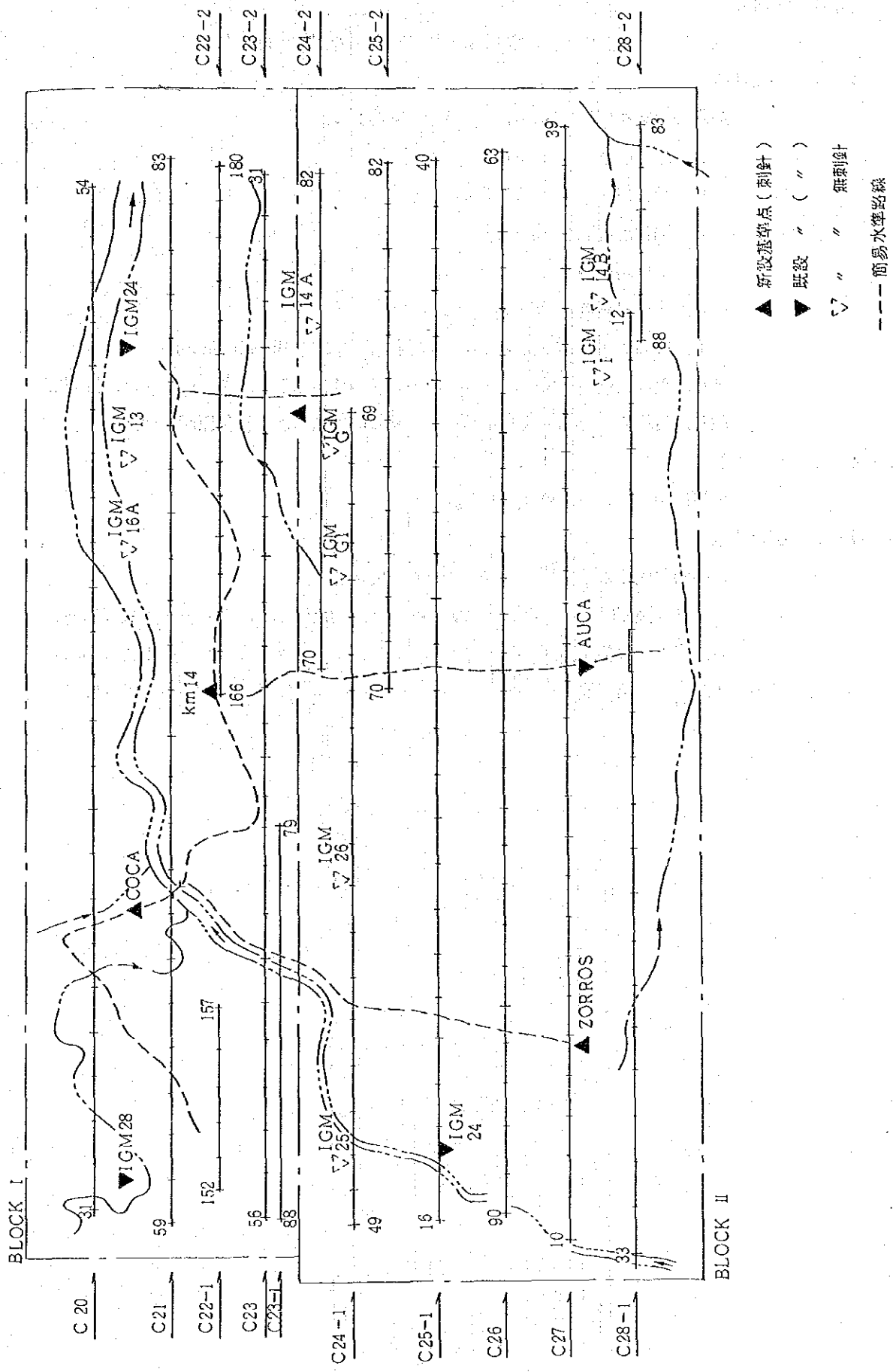


图 5-2 空中三角測量図