

2-1-2 標定点測量

(1) 基準点測量

モデルエリアの地形図作成のための空中三角測量に必要な基準点測量をGPS測量により実施した。既設三角点についてはチリ国の軍地理院による基準点成果および現地確認の結果、使用可能なものは北モデルエリアに1点、南モデルエリアに1点、中間に1点の計3点であった。そのために標定点12点（北モデルエリアに6点、南モデルエリアに5点、中間に1点）を新設した。

(2) 水準測量

標高決定の基準とするために、路線長約100kmの水準測量を実施した。水準路線の選定は、空中三角測量および図化の精度向上を考慮して行い、空中写真上明確な地点を選定し、測量を実施した。

水準測量の基準面は、北モデルエリアは新設標定点、南モデルエリアは国家水準点とした。

(3) 現地調査

両モデルエリア（北モデルエリア約38,000ha、南モデルエリア約26,000ha、計約64,000ha）において、地形図の作成に必要な土地利用状況、植生、地形、地物等について空中写真を用いて現地確認を行った。

また、地名、公共物名等も調査し、行政界等の資料も収集、確認した。

2-1-3 空中三角測量

空中三角測量は、基準点および水準点の成果を基に、図化作業に必要なパスポイントならびにタイポイントの測地座標を求めるために行った。

パスポイントおよびタイポイントの選定は、密着写真を用い、独立モデル法によるブロック計算を考慮し、パスポイントは各モデルごとに6点、タイポイントはコース重複部に、各モデルごとに1点とした。

仕様は次のとおりである。

写真縮尺 1:20,000

撮影コース数 9コース

モデル数 196モデル（北モデルエリア87モデル、南モデルエリア109モデル）

調整計算 独立モデル法

2-1-4 図 化

図化は、空中三角測量および現地調査等の成果に基づき、細部図化、編集・製図の各作業により行った。仕様は次のとおりである。

図 化 面 積	約64,000ha
図 化 縮 尺	1 : 20,000
投 影 法	UTM図法
図 郭	100cm×80cm (図上) 5面
地図の精度	平面位置 C級 (図上 2.0mm)
	高 さ C級 (等高線間隔の2/1)
等 高 線	主曲線間隔 20m 間曲線 10m
そ の 他	図化作業は、国際協力事業団 海外測量 (開発調査用) 作業規程 (案) を適用。

(1) 細部図化

ポジフィルムを使用し、日・チリ国双方合意した図式に基づいて、道路、河川等の線状地物、家屋、植生、等高線の順に測定描画した。

細部図化作業終了後、図化素図上で現地調査、空中写真および収集資料との照合、図式との整合等を点検し、図化もれを補入し、誤りを修正した。

(2) 編 集

編集は、図化素図および現地調査等の資料を用い、日・チリ双方合意図式に従って行った。

作業終了後、編集素図藍焼上で現地調査写真および収集資料との照合、等高線と標高点との関連、図式規程との整合等を点検し、誤りを修正した。

(3) 製 図

製図は、地形図原図に基づき 1 : 20,000地形図の日・チリ双方合意図式に従い、清絵方式により実施した。

製図作業終了後、藍焼図上で表示内容の誤記、脱落等について点検を行い、誤りを訂正した。

(4) 検 定

地形図は、社団法人日本測量協会、測量技術センターの検定を受けた。

2-2 土地利用・植生図の作成

2-2-1 土地利用・植生判読区分基準

モデルエリア内の森林内容および土地利用状況について概況を把握し、空中写真による土地利用・植生区分のための判読区分基準を、表2.2.1のとおり作成した。

表2.2.1 土地利用・植生判読区分基準

区 分		記 号	基 準
森 林	天 然 林	Araucaria 林	A ・樹冠は小さく、丸みを帯び均一 ・画像は暗く、樹高が高い
		Roble-Raulí-Coigue林	H ・過熟林は樹冠の広がりが大きく不規則 ・再生林は樹冠が小さく均一
		常緑樹林	J ・沢筋に分布 ・樹冠は大きく、均一性に乏しい ・画像は暗く、樹高が高い
	人 工 林		F ・ラジアタマツ、オレゴンマツ、ユーカリの造林地 ・マツ類の画像は暗く、樹冠は均一 ・ユーカリの画像は明るく、樹冠は小さい
	灌 木 林		Vb ・森林限界付近のNirre 林 ・山火事跡地の灌木林
	無 立 木 地		D ・画像が白く、判別のつかないもの ・裸地、伐採跡地、岩石地等
非 森 林	耕 作 地		C ・人家の近くに位置し、柵で囲まれているもの
	草 地 ・ 裸 地		G ・画像が白く、面的な広がりをもつもの
	集 落		P ・画像が白く、四角の固まりのもの
	水 部		L ・画像が淡白く、帯状になっているもの

2-2-2 空中写真の判読区画

新規撮影（1991年1月撮影）の空中写真（縮尺：1/20,000）により、土地利用・植生について、判読区分基準に従って予備判読を行った。

この予備判読による区画区分を現地において確認し、その結果に基づき土地利用・植生の判読区分の点検、修正を行った。

2-2-3 図面作成

空中写真上に区画された土地利用・植生の判読区分を2-1で作成した地形図（縮

尺：1/20,000) 上に移写し、清絵を行い、土地利用・植生図を作成した。なおこの土地利用・植生図に後述(2-3-3項)する林班の区画線を記入した。

2-3 森林資源調査

2-3-1 空中写真判読

(1) 林相判読区分基準

森林の種類は大別して天然林と人工林がある。天然林についてはチリ国の森林法(Decreto Ley No.701 Sobre Fomento Forestal)による森林区分がある。この区分をもとに、空中写真による判読区分基準を次のとおり作成した。

① 天然林

a. チリ国の現行区分

モデルエリアには、現行の森林法による12の森林区分のうち、Araucaria 林、Roble - Raulí - Coigüe林および常緑樹林の3区分が該当している。

a) Araucaria 林

1haに1本以上のAraucaria(*Araucaria araucana*)が生立する林分である。

モデルエリア内の標高1,000m以上に分布し、稜線部を中心に樹高30m程度の上層を形成し、中～下層にLenga、Coigüeが混生していることが多い。

b) Roble - Raulí - Coigüe 林

胸高直径10cm以上の林木のうちこれらの樹種のいずれか、または、これらの組み合わせが1ha当たり50%以上を占める林分である。

北モデルエリア内に広く分布しているRobleおよびRaulíを中心とした再生林と南モデルエリアの奥地に多く分布するCoigüeの過熟林がこれに相当する。

c) 常緑樹林 (Siempreverde)

モデルエリアの沢筋の一部で、この森林区分を構成するいくつかの樹種が出現していたが、常緑樹林の分布範囲は、南緯37度ないし38度から47度付近の湿気が多い海岸地帯、あるいは山麓地帯に多い。

b. 小区分

モデルエリア内に賦存する天然林の今後の取扱いを考慮し、現行の森林法による森林区分を、さらに小区分した。

a) Araucaria 林

Araucaria 林を次の2つに小区分した。

(a) Araucaria 林

Araucaria が樹冠占有率で60%以上を占める林分である。

モデルエリア内の、標高 1,000m以上の稜線部を主体に分布し、空中写真画像上（以下、「画像」と言う。）では、樹冠は暗く小さく丸みを帯び均一性がある。

(b) Araucaria - Lenga - Coigue 林

上記(a)以外のもので、Lenga、Coigueが混生している林分である。

b) Roble - Rauli - Coigue 林

Roble-Rauli-Coigue林を次の4つに小区分した。

(a) Roble - Rauli再生林

Roble とRauli の混交比率が高い林分で、再生林がほとんどを占めている。

北モデルエリアを中心に標高 1,000m以下に広く分布し、画像は淡暗く小さな均一性のある樹冠が特徴である。

(b) Coigue過熟林

Coigueが優占する過熟林分である。

北モデルエリアにおいては、Roble - Rauli再生林とAraucaria 林の間に、南モデルエリアでは、Araucaria 林の下方に見られる。

画像は暗く樹冠は均一性に乏しい。

(c) Coigue再生林

主に南モデルエリアのCoigue過熟林の周辺に分布している林分である。

(d) Roble - Rauli - Coigue 混交林

上記の(a)、(b)、(c)以外のもので、Roble - Rauli - Coigue が混生している林分である。再生林では樹冠は小さく均一で、沢筋に広く分布している。

② 人工林

ラジアタマツ (*Pinus radiata*) およびオレゴンマツ (*Pseudotsuga menziesii*) のマツ類と、ユーカリ類 (*Eucalyptus spp.*) が植栽されている造林地である。

集落周辺の小面積造林地および林業会社の大面積造林地がある。

マツ類の画像は暗く樹冠が均一で、ユーカリ類は明るく樹冠が小さい。

③ 灌木林

森林限界付近に広がるNirre (*Nothofagus antarctica*) の灌木林や、南モデルエリアに多く分布する山火事跡地の灌木林が含まれる。

④ 無立木地

伐採跡地、岩石地、裸地等であり、森林内において画像は白く判別のつきにくいものである。

以上をまとめて、表2.3.1 の林相判読区分基準を作成した。

表2.3.1 林相判読区分基準

大区分	中区分 (森林法区分)	小区分	記号	基準
天然林	Araucaria 林	Araucaria 林	AP	<ul style="list-style-type: none"> • Araucaria が優占する林分 • 樹冠は小さく、丸みを帯び均一 • 画像は暗く、樹高が高い
		Araucaria-Lenga-Coigüe 林	Am	<ul style="list-style-type: none"> • Araucaria, Lenga, Coigüeの混生している林分 • Araucaria の樹冠は小さく、樹高は高い • Lenga-Coigüeの樹冠は大きく、均一性に乏しい
	Roble-Raulí-Coigüe林	Roble-Raulí 再生林	HrR	<ul style="list-style-type: none"> • 画像は淡暗く、樹高は小さく均一
		Coigüe過熟林	Hc	<ul style="list-style-type: none"> • Araucaria 林の下部に分布 • 樹冠は大きく、均一性に乏しい • 画像は暗く、樹高が高い
		Coigüe再生林	HcR	<ul style="list-style-type: none"> • Coigüe林の周辺に分布 • 画像は暗く、樹冠は小さく均一
		Roble-Raulí-Coigüe 混交林	Hm	<ul style="list-style-type: none"> • Roble, Raulí, Coigüeが混生している林分 • 樹冠は小さく均一
	常緑樹林		NJ	<ul style="list-style-type: none"> • 沢筋に分布 • 樹冠は大きく、均一性に乏しい • 画像は暗く、樹高が高い
人工林			F	<ul style="list-style-type: none"> • ラジアタマツ、オレゴンマツ、ユーカリの造林地 • マツ類の画像は暗く、樹冠は均一 • ユーカリの画像は明るく、樹冠は小さい
灌木林			Vb	<ul style="list-style-type: none"> • 森林限界付近のÑirre 林 • 山火事跡地の灌木林
無立木地			D	<ul style="list-style-type: none"> • 森林内で画像が白く、判別のつかないもの • 裸地、伐採跡地、岩石地等

(2) 林型判読区分基準

モデルエリアの天然林の林分構成状況と蓄積を推定するために林型区分を行った。なお、林型区分は前記の天然林についてのみ行うこととした。

① 樹高

チリ国森林公社（以下「CONAF」と言う。）が現在使用している樹高区分は、次のとおりである。

- a. 4 m ～ 8 m未満
- b. 8 m ～ 12m未満
- c. 12m ～ 20m未満
- d. 20m以上

モデルエリアに広く分布する天然林の樹高は、Araucaria 林やCoigüeの過熟林で20 m以上、Roble、Rauli を主とする再生林で13m～20mとなっている。

したがって、前述のb、cの区分があまり意味を持たないため、CONAFの合意のもとでこれらを1つにまとめ、3区分にすることとした。

② 樹冠疎密度

樹冠疎密度は、CONAFで用いている区分をそのまま採用し、上層木による疎密度を密、中、疎、散の4区分とした。

上記、各区分を基に作成した林型判読区分基準は、表2.3.2 のとおりである。

表2.3.2 林型判読区分基準

種別	区分	範囲	記号
樹高	高	20m以上	A3
	中	8m～20m未満	A2
	低	8m未満	A1
樹冠疎密度	密	75%以上	D4
	中	50～75%未満	D3
	疎	25～50%未満	D2
	散	25%未満	D1

(3) 空中写真の判読

新規撮影（1991年1月撮影）の空中写真（縮尺:1/20,000）により、林相・林型について、それぞれの判読区分基準に従って予備判読を行った。

この予備判読による区画区分を現地において確認し、さらにプロット調査の結果により、林相・林型の判読区画を補正、修正した。

2-3-2 材積表の作成

(1) 材積表の作成指針

- ① ラジアタマツ、ユーカリ等の外来種については材積表が既に整備されており、これを使用する。
- ② 在来種については、胸高直径50cm以上のものについては既存の材積表を使用することとし、胸高直径10~50cmのものについては、Roble、Rauli およびCoigueを対象として既存の材積表を検定し、必要に応じて新たに材積表を作成することとした。

(2) 標本木調査

既存材積表の適合性の検定に必要なデータを収集するために、モデルエリアにおいて標本木の測定調査を行った。

① 調査地

資源の賦存状況、伐採許可、アクセス等の調査条件により、調査地は北モデルエリア内の国有保存林を中心とした以下の5箇所とした。(図2.3.1 参照)

- ・ Prado Menuco I
- ・ Prado Menuco II
- ・ Los Helechos
- ・ Rucue
- ・ Prado Escondido

② 標本木の選定

標本木は胸高直径10cm~50cmを対象として選定した。既存材積表の多くは胸高直径25cm以上を対象に作成されているため、本調査では胸高直径25cm以下の標本木をできるだけ多く選定した。

表2.3.3 に標本木の地区別本数、表2.3.4. に標本木の直径階別本数を示した。

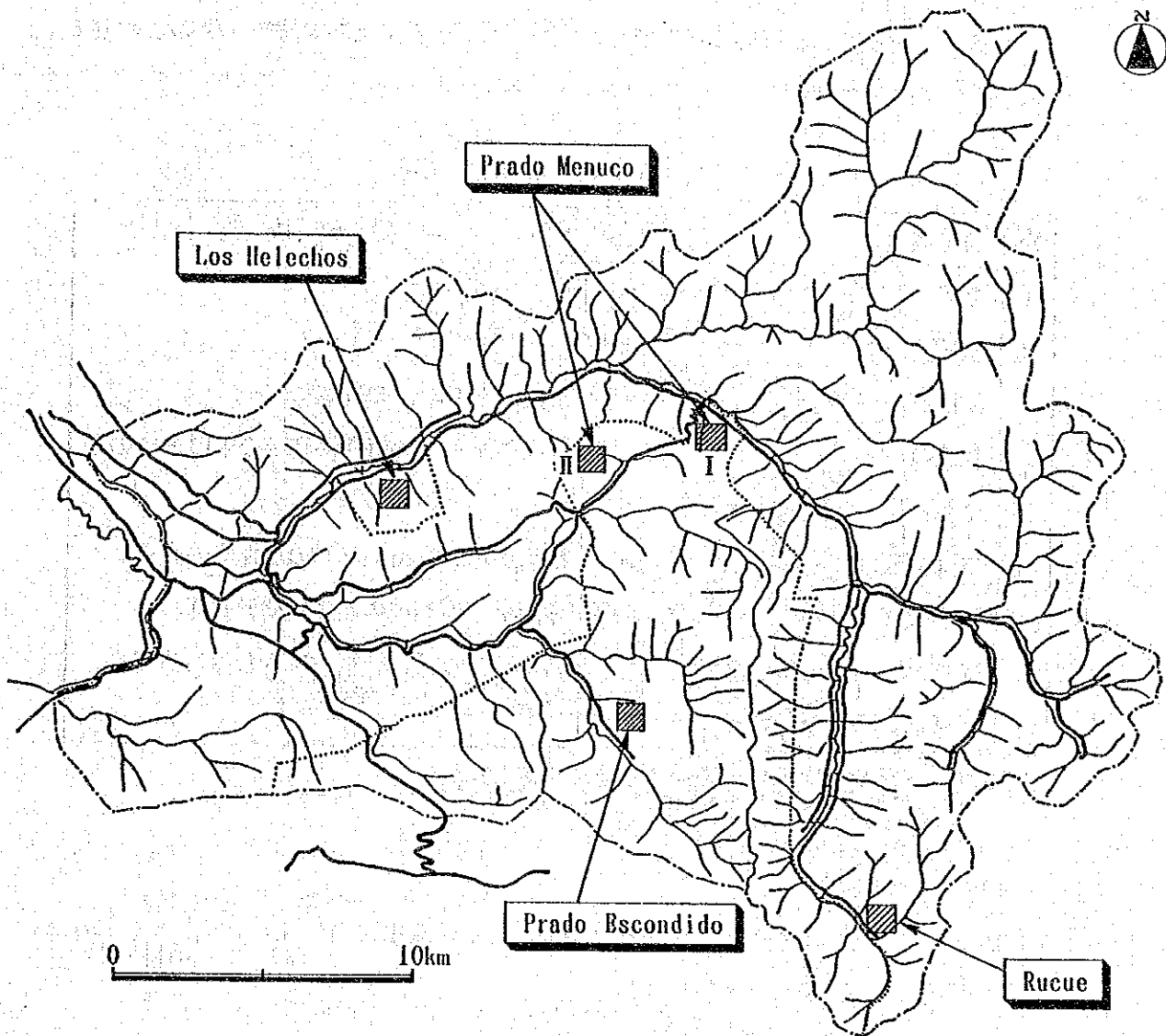


図2.3.1 標本木調査地

表2.3.3 標本木の地区別本数
単位：本

地区	Raulí	Roble	Coigüe
Prado Menuco I	14	5	3
Prado Menuco II	103	30	0
Los Helechos	0	71	0
Rucue	0	0	2
Prado Escondido	0	0	5
計	117	106	10

表2.3.4 標本木の直径階別本数
単位：本

直径階 (cm)	Raulí	Roble	Coigüe
10 ≦ ~ < 15	24	21	2
15 ≦ ~ < 20	21	18	0
20 ≦ ~ < 25	24	20	0
25 ≦ ~ < 30	11	13	2
30 ≦ ~ < 35	14	12	0
35 ≦ ~ < 40	10	12	2
40 ≦ ~ < 45	6	6	2
45 ≦ ~ < 50	5	2	2
50 ≦ ~ < 55	2	2	0
計	117	106	10

③ 標本木の測定

標本木を伐採し、直径および樹高の測定を行った。測定項目は表2.3.5のとおりである。

表2.3.5 標本木の測定項目

No.	測定項目	単位	測定位置等
1	位置	—	—
2	樹種	—	—
3	伐採高	m	地面から0.3 mの高さに統一。
4	利用高	"	伐採高から主幹直径が10cmの末口までの長さ。
5	全樹高	"	
6	伐採高直径	cm	地面から0.3 mの高さの伐採高の直径。
7	胸高直径	"	地面から1.3 mの高さの樹幹直径。
8	伐採高から4 m毎の直径	"	各位置の直径は、樹皮を含む皮付直径を、直径巻尺により測定した。
9	伐採高から4 m毎の皮厚	"	

注) 高さ、直径及び皮厚は小数第1位まで測定した。

④ 単木材積の計算

標本木について単木の皮無し実材積を算出した。算出に当たっては、長さ4 mのフーバー式による区分求積で行った。

(3) 既存材積表の検定

標本木調査で得られた標本木の単木データを基に既存材積表の適合性の検討を行った。

① 既存材積式

検定の対象とした材積式は、1990年にINFORのHans Grosse博士らにより作成された再生林のRaulí、Roble、Coigüeの全幹材積式で表2.3.6に示すものである。

表2.3.6 既存材積式

樹種	材積式
Raulí	$V = 0.00762 + 0.000028017 D^2 H$
Roble	$V = 0.02582821 + 0.000028502 D^2 H$
Coigüe	$V = 0.01210478 + 0.000029462 D^2 H$

② 検定結果

材積式の検定は、標本木の区分求積による実材積 (V_A) と、標本木のデータを既存の材積式に当てはめて得られる推定材積 (V_E) との差による検定を行った。

その結果は次のとおりである。

表2.3.7 材積式の検定結果

項目	樹種 直径 範囲	Raulí	Roble	Coigüe
		10~40cm	10~40cm	10~40cm
$V_A - V_E$ の平均		0.05583	0.02779	0.09937
不偏分散(u^2)		0.00408	0.00498	0.009687
標本数 (n)		105	96	7
F_0		80.2	14.9	7.14
$F'_{n-1}(\alpha=0.01)$		6.885	6.910	13.7
有意差		有 $F_0 > F$	有 $F_0 > F$	無 $F_0 < F$

以上の結果から、Roble およびRaulí の小径木については既存材積式の適用ができないことから新規に材積式を作成することとし、Coigüeの小径木については既存の全幹材積式を適用することにした。

(4) 材積式の作成

Raulí およびRoble について標本木データを基に次式による材積式を作成した。

$$V = a + b D^2 H$$

V (m³) : 材積 (末口直径10cmまでの皮無し幹材積)

D (m) : 胸高直径

H (m) : 全樹高

作成された材積式は次のとおりである。

表2.3.8 Rauli、Roble の材積式

項目	Rauli	Roble
材積式	$V = -0.00170 + 0.31623 \times D^2 \times H$	$V = -0.00729 + 0.31460 \times D^2 \times H$
相関係数	0.997417	0.997552
標準偏差	0.0303	0.03064
標準誤差率	6.3%	7.8%
標本本数	105本	89本

(5) Rauli とRoble の共通材積表の作成

Rauli とRoble の2樹種は立木の形状が類似しており、同一林分に混交して存在する
 場合が多い。そこで、それぞれの材積式の間有意差がなければ、それらを合併して共
 通の材積表を作成することが許されるし、またそれは森林調査の工程を高める上から望
 ましい。

このような観点から前述の二つの材積式の間有意差の検定を行った。その結果、2
 つの式の間有意差がなかったため、Rauli とRoble の共通の材積式を作成した。共通
 材積式は次のとおりである。

$$V = -0.00416 + 0.31545 D^2 H$$

相関係数=0.9951

標準誤差=0.0305m³

標準誤差率=7.20%

この材積式によって作成された材積表は表2.3.9 のとおりである。

表2.3.9 Rauli・Roble 共通利用材積表

VOLUMEN COBICO (m³S. S. C) DIAMETRO MENOR(C. C) ≥ 10cm

UNIT : CU. M

CLASE DAP (CM)	CLASE ALTURA (M)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
10	0.021	0.027	0.034	0.040	0.046	0.053	0.059	0.065	0.072	0.078	0.084	0.090	0.097	0.103
12	0.032	0.041	0.050	0.059	0.069	0.078	0.087	0.096	0.105	0.114	0.123	0.132	0.141	0.150
14	0.045	0.058	0.070	0.082	0.095	0.107	0.119	0.132	0.144	0.157	0.169	0.181	0.194	0.206
16	0.060	0.077	0.093	0.109	0.125	0.141	0.157	0.174	0.190	0.206	0.222	0.238	0.254	0.270
18	0.078	0.098	0.118	0.139	0.159	0.180	0.200	0.221	0.241	0.262	0.282	0.302	0.323	0.343
20	0.097	0.122	0.147	0.172	0.198	0.223	0.248	0.273	0.299	0.324	0.349	0.374	0.400	0.425
22	0.118	0.149	0.179	0.210	0.240	0.271	0.301	0.332	0.362	0.393	0.423	0.454	0.484	0.515
24	0.141	0.178	0.214	0.250	0.287	0.323	0.359	0.396	0.432	0.468	0.505	0.541	0.577	0.614
26	0.166	0.209	0.252	0.294	0.337	0.380	0.422	0.465	0.508	0.550	0.593	0.636	0.678	0.721
28	0.194	0.243	0.293	0.342	0.392	0.441	0.490	0.540	0.589	0.639	0.688	0.738	0.787	0.837
30	0.223	0.280	0.337	0.393	0.450	0.507	0.564	0.620	0.677	0.734	0.791	0.848	0.904	0.961
32	0.254	0.319	0.383	0.448	0.513	0.577	0.642	0.706	0.771	0.836	0.900	0.965	1.030	1.094
34	0.288	0.361	0.433	0.506	0.579	0.652	0.725	0.798	0.871	0.944	1.017	1.090	1.163	1.236
36	0.323	0.405	0.486	0.568	0.650	0.732	0.813	0.895	0.977	1.059	1.141	1.222	1.304	1.386
38	0.360	0.451	0.542	0.634	0.725	0.816	0.907	0.998	1.089	1.180	1.271	1.362	1.453	1.545
40	0.400	0.501	0.602	0.702	0.803	0.904	1.005	1.106	1.207	1.308	1.409	1.510	1.611	1.712
42	0.441	0.552	0.664	0.775	0.886	0.997	1.109	1.220	1.331	1.443	1.554	1.665	1.776	1.888
44	0.484	0.607	0.729	0.851	0.973	1.095	1.217	1.339	1.462	1.584	1.706	1.828	1.950	2.072
46	0.530	0.663	0.797	0.930	1.064	1.197	1.331	1.464	1.598	1.731	1.865	1.998	2.132	2.265
48	0.577	0.723	0.868	1.013	1.159	1.304	1.449	1.595	1.740	1.886	2.031	2.176	2.322	2.467
50	0.627	0.784	0.942	1.100	1.258	1.415	1.573	1.731	1.889	2.046	2.204	2.362	2.519	2.677

(注) 点線は材積表作成に使用した標本木の胸高直径及び樹高の分布範囲を示す。

(6) 枝条材積率表の作成

今後の木材の需給動向の中でチップ用材の需要増が見込まれること、天然林の減少に伴い資源の有効活用が求められていること等から、現在利用されずに林地に放棄されている在来種の枝条部分については、近い将来有効な資源として活用される時が到来すると予想される。

このことから、森林資源管理計画作成に当たっての基本的認識事項の一つとして、参考的に枝条部分の資源としての潜在的ポテンシャルを把握することとした。しかし、現在、在来種の枝条率に関する資料は整備されていないので、枝条材積率表を次により作成した。

モデルエリア内からRoble、Rauli およびCoigüeの標本木48本を選び、回帰式によって幹材積に対する枝条材積の割合(%)を求めた。

枝条材積率式(回帰式)は次のとおりである。

$$Y = -10.40270 + 0.41744 \times D$$

Y : 枝条材積率 (%)

D : 胸高直径(cm)

この式をもとに表2.3.10で示す枝条材積率表を作成した。

表2.3.10 枝条材積率表

胸高直径 (cm)	枝条材積率 (%)	胸高直径 (cm)	枝条材積率 (%)
10 ≦ ~ < 15	0.000	110 ≦ ~ < 115	36.559
15 ≦ ~ < 20	0.000	115 ≦ ~ < 120	38.646
20 ≦ ~ < 25	0.000	120 ≦ ~ < 125	40.734
25 ≦ ~ < 30	1.077	125 ≦ ~ < 130	42.821
30 ≦ ~ < 35	3.164	130 ≦ ~ < 135	44.908
35 ≦ ~ < 40	5.251	135 ≦ ~ < 140	46.995
40 ≦ ~ < 45	7.339	140 ≦ ~ < 145	49.082
45 ≦ ~ < 50	9.426	145 ≦ ~ < 150	51.170
50 ≦ ~ < 55	11.513	150 ≦ ~ < 155	53.257
55 ≦ ~ < 60	13.600	155 ≦ ~ < 160	55.344
60 ≦ ~ < 65	15.687	160 ≦ ~ < 165	57.431
65 ≦ ~ < 70	17.775	165 ≦ ~ < 170	59.518
70 ≦ ~ < 75	19.862	170 ≦ ~ < 175	61.606
75 ≦ ~ < 80	21.949	175 ≦ ~ < 180	63.693
80 ≦ ~ < 85	24.036	180 ≦ ~ < 185	65.780
85 ≦ ~ < 90	26.123	185 ≦ ~ < 190	67.867
90 ≦ ~ < 95	28.211	190 ≦ ~ < 195	69.955
95 ≦ ~ < 100	30.298	195 ≦ ~ < 200	72.042
100 ≦ ~ < 105	32.385	200 ≦ ~ < 205	74.129

注：枝条材積および幹材積の測定に用いた最小直径

枝条：末口直径10cm

幹材積：胸高直径50cm以下の場合、末口直径10cm

胸高直径50cm以上の場合、末口直径25cm

2-3-3 森林区画

(1) 林班

森林の位置を表わし、事業実行の便に供する目的で林班を設定した。林班は長期的に固定されるのが一般的である。林班の大きさは施業の集約度によって異なるが、本調査においては1林班の大きさを概ね500～600ha程度に区画した。林班界には稜線、河川等の自然界、道路等明瞭なものを用いた。

(2) 小班

小班は林班内で施業方法、樹種、林相、林齢、土地利用区分等森林の取扱いの異なる事業実行の便に供する小区画である。したがって、林班と異なり、施業方針の変化や事業の実行結果によって小班区画界は変わり得る。

本調査においては、土地利用・植生区画、林相・林型区画および国有林界によって小班を区画した。

以上の森林区画の結果、林班数は107（北モデルエリア65、南モデルエリア42）、小班数は3,145（北モデルエリア1,771、南モデルエリア1,374）となった。

2-3-4 森林調査

2-3-4-1 サンプルング調査

(1) 予備調査

① プロット調査

サンプルング設計の基礎資料を得るために、モデルエリア内においてプロット調査を行った。

a. 調査の方法

モデルエリア内に9個のプロットを設定し、プロット内の毎木調査を行った。

測定対象木は、胸高直径10cm以上を対象とし、樹種、胸高直径、全樹高、利用高（直径10cmまでの高さ）、形質等を測定した。

b. 調査結果

a) プロットの形状および大きさ

モデルエリアは、斜面の多い山岳地帯の森林であり、プロット内の平均化を図るために等高線に対し垂直な縦長の方形プロット（50m×20m=0.1ha）とした。

b) 変動係数

9プロットの毎木調査結果、変動係数は0.49であった。

$$C = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{224.09}{458.54} = 0.49$$

C : 変動係数

S : 標準偏差

\bar{X} : 平均値

② 工程調査

モデルエリアの調査拠点、アクセス状況、毎木調査等の工程について調査を行った。

a. 調査拠点

北モデルエリアは、Los Guindos、南モデルエリアは、Melipeuco をそれぞれ調査拠点とすることとした。

b. 工程

プロット調査に要する時間は、アクセス条件、伐開測量の距離、下層植生の状態、地形条件および調査人員の構成により大きく変動するが、平均10名構成における1プロット当たりの平均所要時間は6.7時間であった。このうち、アクセスに3.6時間(54%)、伐開測量およびプロット設定に1.3時間(19%)、測樹に1.0時間(15%)、更新調査に0.8時間(12%)を要している。

プロット調査は、1日8時間行動を前提にすると、前進基地の設定に要する時間および天候障害等を考慮し、1日平均1.0~1.5プロットが目安となる。

(2) サンプリング設計

天然林の総蓄積を推定するためのプロット抽出方法は、この段階で地形図が作成されていなかったことから、予備調査の結果を基に、単純無作為抽出法を用いてプロット数の算出を行い、算出されたプロット数を林相別に振り分けることにした。

なお、安全率については、他国における調査の経験を踏まえて決定した。

① 目標精度

信頼度95%、誤差率15%以内。

② プロット数

最少84個

プロット数は下記により算出した。

$$n = \left(\frac{tcs}{E} \right)^2 = \left(\frac{2 \times 0.49 \times 1.4}{0.15} \right)^2 \approx 84$$

n : プロット数

t : 信頼度係数 (t = 2, 信頼度95%)

c : 変動係数 (c = 0.49)

E : 推定誤差 (E = 15%)

s : 安全率 (s = 1.4)

③ プロットの配置

地形図(縮尺1:20,000)がまだ作成されていなかったため、空中写真上で区分した林相区画を基に、簡易林相図を作成した。

この簡易林相図上に格子線を設定し、その交点をプロット抽出点とした。

各林相タイプの面積等を勘案し、乱数表を用いてその必要プロット84点および予備点8点の計92点を抽出した。

④ プロット設定計画

現地調査を円滑に実施するため、92点のプロットについてそれぞれの抽出格子点と、その格子点へのアプローチのための明瞭点を空中写真上に明記し、明瞭点からプロットまでの測量線の方向と距離を計測した。

(3) 標準地調査

① 現地踏査

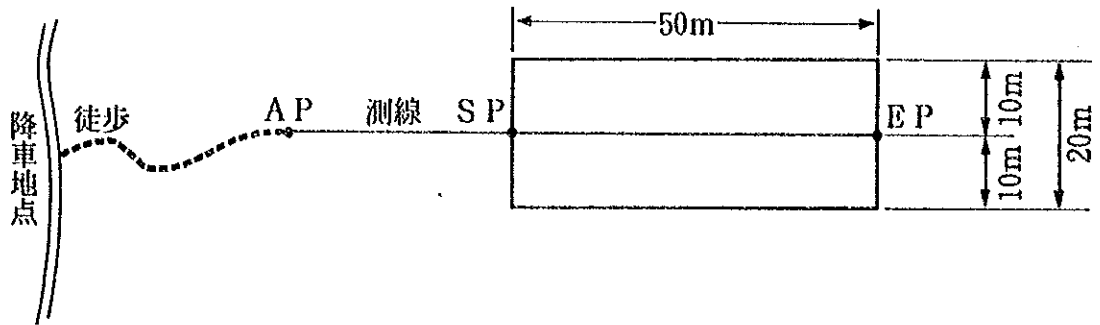
プロット調査を実施するに当たり、調査拠点、物資の調達、現地作業員の雇用可能性、アクセスおよびプロット位置の確認のため現地踏査を行った。

② プロット調査

a. プロットの現地設定

サンプリング設計によって計画されたプロットについて、それぞれ計画どおりの測線の測量および空中写真による位置確認によって、現地に0.1haの方形プロットを設定した。

なお、図2.3.2に示すAP(測量開始点)、SP(プロット起点)、EP(プロット終点)には、プロット番号等必要事項を明記した杭を打った。



- AP (Access Point) …… 進入のための明瞭点・測量開始点
 SP (Starting Point) …… プロット起点
 EP (End Point) …… // 終点
 ————— …………… 測量線
 • …………… 杭

図2.3.2 プロット設定図

b. プロット調査

プロット内の胸高直径10cm以上の立木について毎木調査を行った。地況、林況の測定項目は次のとおりである。

調査野帳の様式は巻末の図-1、2に示す。

a) 地況

- ・標高：プロットの平均標高を測定した。
- ・傾斜：プロットの位置する斜面の平均的な傾斜を測定した。
- ・方位：プロットの斜面方位を8方位で測定した。

b) 林況（毎木データ）

- ・樹種：測定木の一般名（地方名）を記入した。
- ・胸高直径：測定木の胸高直径は10cm以上で、地上から1.3mの高さの直径を輪尺、あるいは直径巻尺により、2cm括約で測定した。
- ・全樹高：地上から梢端までの全樹高を、測高器によりm単位で測定した。
- ・利用高：胸高直径50cm以上の立木について、主幹直径が25cmの末口までの高さをm単位で測定した。
- ・形質：形質は以下によって判定した。
 - ①通直で欠陥のない健全木
 - ②欠点はあるがある程度利用可能なもの
 - ③欠点があり利用不可能なもの

・上下層別：おのおのの立木が、上層木か下層木かを周辺との比較により判定した。

・更新の起源：各測定木の更新の起源について、種子によるものか、ぼう芽によるものかの区別を行った。

(4) 調査結果の取りまとめ

① プロット数および位置

現地調査の結果、プロット数は92個となった。

その林相別内訳は、表2.3.11のとおりである。

表2.3.11 林 相 別 内 訳

森林法区分	小 区 分	記 号	プロット数
Araucaria 林	Araucaria 林	AP	4
	Araucaria - Lenga - Coigüe 林	Am	2
Roble - Raulí - Coigüe 林	Roble - Raulí 再生林	HrR	33
	Coigüe 過熟林	Hc	27
	Coigüe 再生林	HcR	9
	Roble - Raulí - Coigüe 混交林	Hm	15
常 緑 樹 林		NJ	2
合 計			92

なお、これらのプロット位置を北モデルエリア、南モデルエリア別に巻末の図-3 および図-4 に示した。

② プロット調査結果一覧表

現地調査で得られた結果は、プロットごとに平均胸高直径、平均全樹高、ha当たり立木本数およびha当たり材積として取りまとめた。プロット調査結果一覧表は表2.3.12および2.3.13のとおりである。

表2.3.12 プロット調査結果一覧表 (北モデルエリア)

プロット NO.	林相・林型	上層木				下層木				計	
		本数 (/ha)	DBH (cm)	樹高 (m)	材積 (m ³ /ha)	本数 (/ha)	DBH (cm)	樹高 (m)	材積 (m ³ /ha)	本数 (/ha)	材積 (m ³ /ha)
1	HrR A2D3	390	17.7	15.1	62.27	910	11.2	8.0	40.22	1300	102.49
2	HrR A2D3	470	16.0	12.3	49.73	520	11.1	6.6	17.74	990	67.47
3	HrR A2D4	570	19.5	15.4	124.15	1210	12.3	8.2	65.54	1780	189.69
4	HrR A1D2	200	18.0	7.7	17.21	140	12.1	5.8	4.40	340	21.61
5	HrR A2D4	1140	17.7	14.1	190.91	1010	12.4	9.2	56.14	2150	247.05
6	Hm A2D4	200	25.2	15.3	77.89	1250	14.7	9.2	106.07	1450	183.96
7	Hc A3D3	50	105.2	24.8	437.20	340	15.5	7.5	30.12	390	467.32
8	Hm A2D4	670	22.6	17.9	179.39	700	12.5	11.2	44.21	1370	223.60
9	Hm A2D4	410	23.9	17.2	134.57	1340	13.1	10.0	97.30	1750	231.87
10	HcR A2D4	330	23.8	16.2	135.40	1040	11.1	10.4	55.55	1370	190.95
11	HrR A3D4	220	50.4	20.8	335.90	930	14.9	6.8	68.19	1150	404.09
12	Hm A2D3	40	51.0	18.7	54.35	840	14.4	10.3	67.69	880	122.04
13	Hc A3D4	200	59.1	23.3	473.23	70	23.1	14.3	28.13	270	501.36
14	HrR A2D2	270	16.9	11.3	31.06	550	11.3	8.2	19.55	820	50.61
15	HrR A2D4	570	21.6	15.2	150.23	510	13.6	12.5	38.61	1080	188.84
16	Hc A3D3	50	80.8	28.6	278.90	650	15.9	8.5	63.46	700	342.36
17	HrR A2D4	480	27.6	17.4	217.97	490	17.2	13.2	68.60	970	286.57
18	Hc A3D4	190	57.5	24.6	539.58	70	22.6	9.6	11.97	260	551.55
19	HrR A2D4	850	16.2	13.0	94.67	400	11.9	10.4	20.04	1250	114.71
20	HrR A2D3	130	37.8	14.0	109.49	900	13.0	7.2	41.29	1030	150.78
21	HrR A2D4	200	43.3	18.7	216.02	470	14.3	7.6	35.02	670	251.04
22	HcR A2D3	460	26.4	14.4	161.01	460	14.5	10.2	38.40	920	199.41
23	HrR A2D2	530	11.7	8.7	19.53	30	10.0	5.3	0.87	560	20.40
24	HrR A2D3	540	14.1	12.0	44.05	1300	11.7	7.8	58.61	1840	102.66
25	Hm A2D3	120	31.7	19.0	76.21	530	12.5	6.3	27.38	650	103.59
26	Hm A2D4	620	24.8	19.1	260.38	350	14.1	12.1	31.05	970	291.43
27	HrR A2D3	90	47.1	17.5	118.43	550	13.3	7.3	28.36	640	146.79
28	Hc A3D3	60	79.3	22.7	251.23	430	17.7	7.2	77.54	490	328.77
29	HrR A2D4	600	21.1	15.8	152.26	300	14.5	10.3	24.06	900	176.32
30	A A2D2	90	61.7	13.5	145.31	250	25.6	5.9	42.76	340	188.07
31	A A2D4	200	55.9	12.7	241.97	700	17.5	6.3	69.46	900	311.43
32	Am A2D3	200	42.1	14.9	205.91	70	31.7	7.7	26.20	270	232.11
33	Hc A3D4	170	66.5	20.8	583.68	300	16.8	10.5	36.85	470	620.53
34	HrR A2D4	610	19.1	15.1	121.90	890	11.9	10.1	44.77	1500	166.67
35	HrR A2D2	370	14.3	10.6	26.97	190	11.2	8.0	5.42	560	32.39
36	HrR A2D3	330	20.8	14.6	70.67	190	12.8	10.1	11.98	520	82.65
37	HrR A2D4	850	16.0	15.8	118.31	690	10.8	9.1	30.13	1540	148.44
38	HrR A2D3	180	29.3	14.4	80.13	1250	12.4	7.4	65.19	1430	145.32
39	HrR A2D3	320	17.2	14.8	50.76	500	11.8	7.7	20.48	820	71.24
40	Hc A2D4	210	46.7	16.7	466.82	420	12.0	8.0	19.91	630	486.73
41	HrR A2D3	340	18.3	10.7	58.04	470	12.1	6.9	16.85	810	74.89
42	HrR A2D4	450	16.5	13.5	73.86	760	11.6	8.9	34.32	1210	108.18
43	Hc A2D3	50	61.2	19.8	154.96	540	22.1	8.7	117.09	590	272.05
44	Hm A2D4	800	21.7	12.9	185.30	1090	14.3	7.8	72.39	1890	257.69
45	HcR A2D3	170	31.8	15.5	198.57	690	14.7	9.2	56.32	860	254.89
46	HrR A2D4	850	14.2	11.8	71.70	380	11.7	9.4	15.18	1230	86.88
47	Hc A3D4	90	85.6	23.8	546.13	730	14.4	7.7	52.28	820	598.41
48	HrR A2D4	710	20.9	14.3	158.55	730	12.6	8.5	38.34	1440	196.89
49	HrR A2D3	490	20.4	15.1	102.34	260	12.3	8.8	21.30	750	123.64
50	HrR A2D3	190	26.2	19.8	84.26	170	12.7	9.6	10.48	360	94.74
51	HrR A2D3	110	46.0	19.0	131.29	70	34.0	12.0	35.24	180	166.53
52	Hm A3D3	230	32.3	22.0	266.59	930	14.8	9.0	80.02	1160	346.61
53	A A3D4	120	85.3	27.0	503.50	300	30.8	12.0	132.89	420	636.39
54	HcR A3D4	400	31.0	24.8	321.99	550	17.1	12.9	86.97	950	408.96
60	Hm A1D3	730	11.9	7.7	31.52	140	11.7	4.9	5.17	870	36.69
61	Hm A2D4	790	14.4	9.0	47.37	880	11.6	4.0	34.69	1670	82.06
62	Hc A3D3	110	53.1	21.2	220.76	600	15.1	9.3	56.44	710	277.20

表2.3.13 プロット調査結果一覧表 (南モデルエリア)

プロット NO.	林相・林型	上層木				下層木				計	
		本数 (/ha)	DBH (cm)	樹高 (m)	材積 (m ³ /ha)	本数 (/ha)	DBH (cm)	樹高 (m)	材積 (m ³ /ha)	本数 (/ha)	材積 (m ³ /ha)
101	Am A3D4	330	42.0	23.5	477.90	170	14.7	7.8	11.18	500	489.08
102	A A3D4	110	77.8	20.2	498.83	250	20.6	9.8	50.32	360	549.15
103	Hc A3D3	60	96.3	27.2	373.96	80	32.7	10.7	36.63	140	410.59
104	HcR A2D3	660	21.1	16.0	180.15	440	12.4	9.7	24.95	1100	205.10
105	Hc A2D3	100	55.6	19.2	309.50	270	18.2	9.1	79.48	370	388.98
106	HrR A2D4	540	26.7	18.7	241.88	390	13.1	11.9	27.56	930	269.44
107	Hc A3D3	50	84.0	23.4	274.16	190	39.7	11.1	119.34	240	393.50
108	Hm A2D3	500	14.6	10.3	48.85	140	10.4	7.1	5.14	640	53.99
109	Hm A2D4	190	37.1	16.1	190.56	620	14.0	8.8	46.78	810	237.34
110	HcR A2D4	1270	15.8	11.4	163.41	540	11.8	3.0	26.67	1810	190.08
111	Hc A3D2	30	46.0	24.0	29.81	260	25.4	8.8	73.74	290	103.55
112	Hm A2D2	140	17.7	11.4	23.85	550	11.7	6.5	20.92	690	44.77
113	Hm A2D3	340	21.4	11.5	64.64	980	15.1	6.7	65.24	1320	129.88
114	Hc A3D4	140	92.8	27.6	759.04	50	22.0	7.8	15.41	190	774.45
115	Hc A3D4	90	59.7	25.1	245.06	490	25.8	11.7	206.84	580	451.90
116	HrR A2D2	130	27.7	13.1	47.27	60	15.3	6.5	4.08	190	51.35
117	Hc A3D4	60	96.0	28.5	400.91	250	43.4	16.2	244.90	310	645.81
118	Hc A3D4	40	127.5	29.7	463.62	600	22.0	8.4	123.18	640	586.80
119	HcR A2D4	1710	13.0	10.5	117.81	750	11.2	8.2	32.56	2460	150.37
120	Hc A3D4	110	67.8	24.8	308.73	40	43.0	13.3	28.75	150	337.48
121	HrR A2D4	270	35.0	19.1	198.34	350	16.6	10.0	37.67	620	236.01
122	Hm A2D3	600	17.6	10.5	87.47	800	12.2	7.4	39.13	1400	126.60
123	Hc A2D4	120	54.5	19.3	219.40	640	21.6	10.1	142.66	760	362.06
124	NJ A2D2	70	52.6	13.3	83.47	220	15.6	6.0	16.59	290	100.06
125	Hc A3D4	40	118.5	21.5	321.15	270	27.0	8.7	99.32	310	420.47
126	Hc A3D4	60	120.6	25.1	610.21	490	24.0	9.8	147.75	550	757.96
127	Hc A3D4	140	78.4	20.6	507.39	90	32.7	12.3	49.34	230	556.73
128	HcR A2D4	1560	15.8	13.4	221.57	810	11.1	9.9	41.19	2370	262.76
129	Hc A3D3	50	97.2	24.0	274.81	140	28.7	10.1	50.63	190	325.44
130	Hc A3D4	90	86.2	22.3	369.58	190	17.7	7.4	23.02	280	392.60
131	NJ A3D3	30	102.0	23.3	190.37	470	21.4	8.6	123.49	500	313.86
132	Hc A2D4	180	56.2	17.2	272.66	440	23.5	9.2	98.53	620	371.19
133	HcR A2D4	1800	15.6	10.4	177.41	640	11.4	7.2	26.45	2440	203.86
134	HrR A3D4	720	27.2	20.6	374.36	710	14.6	14.8	75.60	1430	449.96
135	Hc A3D4	50	102.0	27.4	457.38	150	35.3	11.7	84.79	200	542.17

③ 樹種

プロット調査で出現した樹種は21種で、そのリストは巻末の表-1に、出現樹種の林相別分布は巻末の表-2に示すとおりである。

④ 林相別取りまとめ

林相別のha当たり立木本数および材積を表2.3.14に取りまとめた。

この表からAraucaria 林のAPはAraucaria が本数比で62%、材積比で85%を占め、AmではLenga が同様に83%、70%を占めている。

再生林のHrR は、Raulí およびRoble が本数比で64%、材積比で84%を占め、HcR ではCoigüeが同様に87%、90%を占めている。

HcはCoigüeおよびMañío が本数比で46%、材積比で85%を占めている。

HmではCoigüe、Raulí、Roble が本数比で42%、材積比で71%を占めている。

NJではMañío およびTepaが本数比で77%、材積比で79%を占めている。

平均材積が最も高かったのはHcの454.37m³/ha で、次いでAPの421.26m³/ha となっている。ただし、Hc、Hm、NJで材積比が高いCoigüeおよびMañío は老齢化により形質が著しく悪く、利用率は極めて低い。

なお、林相別の胸高直径、樹高、立木本数、材積の上・下層別内訳は巻末の表-3～9に掲げた。

表2.3.14 林相別立木本数および材積

樹種	A.P.		Am		HrR		Hc		HcR		Hm		NJ	
	立木本数 (本/ha)	材積 (m ³ /ha)	立木本数 (本/ha)	材積 (m ³ /ha)	立木本数 (本/ha)	材積 (m ³ /ha)	立木本数 (本/ha)	材積 (m ³ /ha)	立木本数 (本/ha)	材積 (m ³ /ha)	立木本数 (本/ha)	材積 (m ³ /ha)	立木本数 (本/ha)	材積 (m ³ /ha)
	4		2		3.3		2.7		9		1.5		2	
Araucaria	315	359.12	65	107.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arrayán	0	0	0	0	1	0.01	1	0.14	0	0	0	0	0	0
Avellano	0	0	0	0	123	6.78	56	4.40	39	1.92	244	14.15	0	0
Azara	0	0	0	0	1	0.02	1	0.05	0	0	2	0.06	0	0
Canelo	0	0	0	0	0	0	1	0.01	0	0	22	1.60	0	0
Coigoe	95	40.18	0	0	11	2.09	84	328.95	1,383	207.67	163	46.61	30	1.05
Corcolén	0	0	0	0	1	0.01	0	0	0	0	3	0.16	0	0
Lenga	95	21.96	320	252.88	0	0	6	5.76	0	0	0	0	0	0
Lingue	0	0	0	0	125	7.94	1	0.10	62	4.69	167	16.00	0	0
Maitén	0	0	0	0	1	0.03	1	0.06	0	0	0	0	0	0
Mañío	0	0	0	0	0	0	109	56.57	1	0.89	0	0	95	119.45
Notro	0	0	0	0	1	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0
Olivillo	0	0	0	0	2	0.36	10	1.72	9	0.92	41	2.04	0	0
Peumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.07	0	0
Piñol	0	0	0	0	16	0.71	10	0.81	7	0.33	31	1.31	0	0
Radal	0	0	0	0	30	1.56	1	0.03	2	0.08	41	3.34	0	0
Raulí	0	0	0	0	434	78.60	53	17.50	60	11.85	225	41.08	0	0
Roble	0	0	0	0	209	49.90	8	8.65	16	0.84	101	28.64	0	0
Tepa	0	0	0	0	33	3.54	59	23.20	8	0.41	38	2.77	210	48.34
Tineo	0	0	0	0	0	0	6	5.24	0	0	0	0	0	0
Trevo	0	0	0	0	12	0.74	14	1.18	0	0	89	6.98	60	43.12
計	505	421.26	385	360.60	1,000	152.31	421	454.37	1,587	229.60	1,168	164.81	395	206.96

2-3-4-2 林相図の作成

(1) 移写、清絵

2-1で作成した地形図(縮尺 1/20,000)上に2-3-1で述べた空中写真上の林相・林型判読区画線に移写し清絵を行い、林相図を作成した。

なお、この林相図上には2-3-3で述べた林小班の区画線が設定されている。

(2) 面積測定

作成された林相図を基に、小班ごとに面積の測定を行った。

モデルエリアの土地利用・植生および林相区分別面積は表2.3.15のとおりである。

この表からVbおよびDを除いた森林面積の比率は、北モデルエリアで79%、南モデルエリアで54%となり、南モデルエリアに比べて北モデルエリアの方が森林面積の割合が高い。森林面積の内訳をみると、北モデルエリアではRoble-Raulfの再生林(HrR)が多く、南モデルエリアではCoigüe過熟林(Hc)の割合が高い。

また、非森林地域の中では、南モデルエリアにおいて特に草地(G)が多く分布している。

表2.3.15 面積集計結果

単位：ha

区 分		記 号	北モデルエリア	南モデルエリア	計		
森	天	Araucaria 林	AP	4,411.22	2,334.61	6,745.13	
		Araucaria-Lenga-Coigüe 林	Am	2,138.52	1,857.44	3,995.96	
		小 計		6,549.74	4,192.05	10,741.79	
	然	Roble-Rauli-Coigüe 林	Roble-Rauli 再生林	HrR	11,684.74	1,232.40	12,917.14
			Coigüe過熟林	Hc	5,654.42	5,166.62	10,821.04
			Coigüe再生林	HcR	1,395.80	1,854.99	3,250.79
			混 交 林	Hm	3,412.47	916.55	4,329.02
			小 計		22,147.43	9,170.56	31,317.99
	常 緑 樹 林		NJ	11.82	363.60	375.42	
	天 然 林 計			28,708.99	13,726.21	42,435.20	
	林	人 工 林		F	1,713.09	340.06	2,053.15
		灌 木 林		Vb	2,055.83	1,926.59	3,982.42
		無 立 木 地		D	3,527.59	2,754.69	6,282.28
森 林 計			36,005.50	18,747.55	54,753.05		
非 森 林	耕 作 地		C	38.68	382.26	420.94	
	草 地 ・ 裸 地		G	2,306.70	6,346.63	8,653.33	
	集 落		P	170.18	196.59	366.77	
	水 部		L	1.96	154.64	156.60	
	非 森 林 計			2,517.52	7,080.12	9,597.64	
総 計			38,523.02	25,827.67	64,350.69		

2-3-4-3 蓄積推定

(1) サンプルによる総蓄積の推定

92個の標準地調査結果をもとに、モデルエリアの天然林の総蓄積の推定を行った。推定に際し、林相をもとに対象森林を次の3つの層に分けた。

層	林相記号
1	AP, Am
2	HrR, HcR, Hm
3	Hc, NJ

各層の面積割合、平均蓄積をもとに層化無作為抽出の公式により、信頼度95%で総蓄積を推定した結果は表2.3.16のとおりである。

表2.3.16 総蓄積推定結果

総平均蓄積 (m ³ /ha)	298.28
総平均の標準偏差 (Sv)	21.52
t (0.05, 89) · Sv	42.82
平均蓄積の信頼区間 (m ³ /ha)	298.28 ± 42.82
総蓄積の信頼区間 (m ³)	12,657,565 ± 1,817,074
推定誤差率	14.4%

(2) 積上げによる総蓄積の推定

① 空中写真林分材積表の作成

モデルエリアの天然林を便宜上Araucaria 林 (AP, Am)、再生林 (HrR, HcR, Hm)、過熟林 (Hc, NJ) にグループ分けし、各グループについて空中写真判読因子と標準地調査結果による材積との関係式を求めた。

なお、人工林については、天然林の標準地以外に設けた10個の標準地調査結果により同様の分析を行った。

a. 写真判読因子の計測

グループごとに、上層木の樹冠疎密度 (D) および樹高 (H) を計測した。計測の単位は表2.3.17のとおりである。

表2.3.17 判読因子の計測単位

グループ	林相記号	判 読 因 子	
		樹冠疎密度 (D)	樹 高 (H)
Araucaria 林	AP, Am	5%	5 m
再 生 林	HrR, HcR, Hm	25%	5 m
過 熟 林	Hc, NJ	5%	1 m
人 工 林	F	10%	1 m

なお、樹冠疎密度の計測には、ミニドット・テンプレート（2mm）を用いた。

b. 材積式

標準地調査結果を用いて、林分材積と計測された判読因子との間の回帰式を求めた。求められた回帰式（材積式）と回帰分析の結果は表2.3.18のとおりである。

表2.3.18 空中写真林分材積式

グループ	材積式	相関係数	標準誤差率	標本数
Araucaria 林	$\log V = 0.65499639 \times \log D + 0.98545447 \times \log H + 0.11382958$	0.9635	13.6%	6
再 生 林	$\log V = 1.79998377 \times \log D + 1.35676602 \times \log H - 0.37254957$	0.8419	32.0%	57
過 熟 林	$\log V = 1.69808557 \times \log D + 0.40126676 \times \log H - 1.11149885$	0.9414	12.8%	29
人 工 林	$\log V = 1.1845430 \times \log D + 1.7200408 \times \log H - 2.092210$	0.9285	17.6%	10

V ; ha当たり林分材積推定値 (m³/ha)

D ; 上層木の樹冠疎密度 (%)

なお、再生林は25%ごとに1~4のランクを用いる（林型判読区分と同様）

H ; 上層木の樹高 (m)

c. 材積表の作成

前項で作成された材積式をもとに、グループごとに樹冠疎密度および樹高を因子とした空中写真林分材積表を作成した。（巻末の表-10~13）

② 小班材積の推定

①で作成された空中写真林分材積表を用い、個々の小班について計測された判読因子により、ha当たりの材積を判定した。この判定値に個々の小班面積を乗じて各小班的材積を求めた。

求められた小班ごとの材積を林相別に積み上げた結果は表2.3.19のとおりである。

表2.3.19 林相別蓄積集計結果

単位：m³

林 相		記 号	北モデルエリア	南モデルエリア	計	
天 然 林	Araucaria 林	Araucaria 林	AP	922,384	641,821	1,564,205
		Araucaria-Lenga-Coigüe 林	Am	839,342	904,611	1,743,953
	小 計		1,761,726	1,546,432	3,308,158	
天 然 林	Roble-Raulí-Coigüe 林	Roble-Raulí 再生林	HrR	1,855,174	161,567	2,016,741
		Coigüe過熟林	Hc	2,087,162	2,296,893	4,384,055
		Coigüe再生林	HcR	162,614	190,914	353,528
		混 交 林	Hm	634,851	88,781	723,632
	小 計		4,739,801	2,738,155	7,477,956	
常 緑 樹 林		NJ	2,080	89,572	91,652	
天 然 林 計			6,503,607	4,374,159	10,877,766	
人 工 林		F	274,881	29,282	304,163	
総 計			6,778,488	4,403,441	11,181,929	

この表から天然林では南北モデルエリア共にCoigüe過熟林(Hc)の蓄積比率が高い(北モデルエリア32%、南モデルエリア52%)。またRoble-Raulí再生林は北モデルエリアでは蓄積比率がHcに次いで2番目(28%)であるが、南モデルエリアでは5番目(4%)と低くなっている。

③ 総蓄積の推定

②で求められたモデルエリアの天然林の総蓄積が、サンプリング調査によって推定された総蓄積の信頼区間(信頼度95%、誤差率14.4%)にあるか否かを調べた結果は次のとおりである。

- ・積上げ調査による総蓄積 V_a ; 10,877,766m³
- ・サンプリング調査による総蓄積 V_b ; 10,840,491m³ < V_b < 14,474,639m³

これにより、積上げ調査による総蓄積(V_a)は当初の目標精度の範囲(V_b)にあると判定された。

2-3-4-4 森林調査簿の作成

林相図に示された個々の小班ごとに、小班番号、土地利用・植生区分、地形、面積、前述の積み上げ調査に用いた材積その他森林の現況等のデータを記した森林調査簿を作成した。

なお、Coigue過熟林には、樹幹の内部が腐朽している樹木が多いが、本調査簿ではこの腐朽部分も含めた材積を計上した。

また、枯損率についても掲上していないが、参考資料として日本における事例を巻末の表-14~15に掲げた。

2-3-5 天然更新調査

調査対象地域に広く分布する在来種の更新状況を把握するため、更新稚幼樹の本数を調査した。

(1) 調査方法

92点の標準地調査プロット(50m×20mの方形)の4隅において原則的に*Nothofagus*属の更新が見られるものと、見られないものからそれぞれ1箇所計2箇所を更新調査区とし、1m×1mの方形サブプロットを設置した。サブプロット総数は184個である。

本調査対象木は、調査区内に出現する全樹種とし、樹種別に下記の区分に従って調査した。また、草本類については種類、高さ、被覆率(優占種、準優占種別)を調査した。

(調査野帳は巻末の図-5参照)

- ・ 稚幼樹の高さ 30cm以下 ($h \leq 0.3m$)
- ・ " 30cm以上 1.3m以下 ($0.3m < h \leq 1.3m$)
- ・ " 1.3 m以上で直径5 cm未満 ($1.3m < h, d < 5 cm$)
- ・ " 1.3 m以上で直径5 cm以上10cm未満
($1.3m < h, 5 cm \leq d < 10cm$)

(2) 調査結果

① 出現樹種

184個の全調査区に出現した樹種は約40種であった。これらについて林相別の出現状況を示したものが表2.3.20である。

この表からグループIでは、11種が出現し、これらのうち最も出現頻度(出現したプロット数の比率)が高いのが*Araucaria*で、次いで*Lenga*となっている。このほか灌木性の*Maitén*、*Canelo*、*Azara*等がこれに続いている。

グループIIでは、28種が出現し、最も頻度の高かったものは*Avellano*で、次いで

表2.3.20 天然更新調査稚幼樹種の出現表 (+:ある - :ない)

No.	樹種名		グループI AP, Am	グループII HcR, Hm*	グループIII Hc, HcR, NJ, Hm*
	一般名	学名			
1	OLIVILLO	AEXTOXICON PUNCTATUM	-	+	+
2	LUMA	AMONYRTUS LUMA	-	-	+
3	ARAUCARIA	ARAUCARIA ARAUCANA	+	-	-
4	MAQUI	ARTISTOTELIA CHILENSIS	-	+	+
5	CORCOLEN	AZARA LANCEOLATA	-	+	+
6	AZARA?	AZARA SP.	+	+	+
7	HICHAY	BERBERIS SPP.	-	+	+
8	PEUÑO	CRYPTOCARYA ALBA	-	+	-
9	TREVO	DASYPHYLLUM DIACANTHOIDES	-	+	+
10	TAIQUE	DESFONTAINIA SPINOSA	-	-	+
11	CANELILLO or CANELO	DRYHIS WINTERI VAR. ENANA or VAR. ANDINA	+	-	+
12	NOTRO	EMBOTHRIUM COCCINEUM	+	+	+
13	AVELLANO	GEVUINA AVELLANA	-	+	+
14	HUALLO or HUAYO	KAGENECKIA OBLONGA	-	+	-
15	TEPA	LAURELIA PHILIPPIANA	-	+	+
16	PINOL or AVELLANILLO	LOMATIA DENTATA	-	+	+
17	RADAL	LOMATIA HIRSUTA	-	+	+
18	ARRAYAN	LUMA APICULATA	-	+	-
19	HAITEN	HAYTENUS DISTICHA	+	+	+
20	HAITEN	HAYTENUS MAGELLANICA	+	+	-
21	HYRTOIDES	HYRTOIDES SP.	+	-	-
22	RAULI	NOTHOFAGUS ALPINA	-	+	+
23	COIGUE	NOTHOFAGUS DOMBEYI	+	+	+
24	ROBLE	NOTHOFAGUS OBLIQUA	-	+	+
25	LENGA	NOTHOFAGUS PUMILIO	+	-	+
26	CHAURA or MURTILLA	PERNETTYA MUCRONATA	-	+	+
27	LINGUE	PERSEA LINGUE	-	+	+
28	SAUCO	PSEUDOPANAX LAETEVIRENS	-	+	+
29	ESPINO NEGRO	RHAPHITANNUS SPINOSUS	-	-	+
30	ZARZAPARILLA	RIBES SP.	-	+	+
31	ROSA MOSQUETA(CORALILLO)	ROSA MOSCHATA	-	+	-
32	MAHIO	SAXEGOTHAEA CONSPICUA	-	-	+
33	MAYU or SOPIORA	SOPIORA MACROCARPA	-	+	+
34	PELU	SOPHORA MICROPHYLLA	-	+	-
35	TINEO	WEINHANNIA TRICHOSPERMA	-	-	-
36	LUMILLA	未確認	+	-	+
37	MURRALLA	未確認	-	+	-
38	ORITES	未確認	+	-	-
39	PILPILVOQUI(OROCOY)	未確認	-	+	-
40	未同定	未同定	-	-	+

※Hmは、Roble・Raulí が材積比で優占のものはグループII
Coigueの材積比が優占しているものはグループIII

Piñol、Chaura、Lingue、Roble、Raulí、Maqui、Mayúと続いている。

グループIIIでは28種が出現し、このなかでもCoigueが突出して出現頻度が高く、次いでChaura、Tepa、Avellano、CorcolénおよびPiñolの順に出現頻度が低くなっている。

② 稚幼樹本数

表2.3.21に林相別の稚幼樹本数を示した。

この表からAPではAraucaria およびLenga が全体の73%を占め、AmではLenga が79%を占めているが、これらの稚幼樹の多くは高さ30cm以下のものである。

Roble およびRauli が上層を優占するHrR ではこれらの樹種の稚幼樹の本数割合が8%と低い。これは特にRoble の光要求度が高いことや、他の成長の早い樹種との競合が考えられる。

Coigueが上層を優占するHcではCoigueの稚幼樹が全体の22%を占めているが、これらの多くは高さ30cm以下のものである。HcR ではCoigueの稚幼樹が全体の24%を占めている。

高さ 1.3m以上の稚幼樹本数についてみると、HcR のCoigueが 5,000本/haと最も高く、次いでAPのArancaria、Lenga がそれぞれ 2,500本/haとなっている。

HrR ではRoble が 607本/ha、Rauli が 304本/haとなっている。

③ 考 察

*Nothofagus*属の天然更新を考える場合、*Araucaria* 林のAP、Amを除く林分においては、*Nothofagus*属以外の樹種の本数割合が高いことから、人為的に何らかの天然更新の補助作業を行うことが必要であると考えられる。

表2.3.21 林相別稚幼樹本数

(ha当たり本数)

樹種	林相標準 大きさ 地数	A P	A m	H r R	H c	H c R	H m	N J
		4	2	33	27	9	15	2
Araucaria	$h \leq 0.3m$	68,750	5,000	0	0	0	0	0
	$0.3m < h \leq 1.3m$	12,500	0	0	0	0	0	0
	$1.3m < h$ $d < 5cm$	2,500	0	0	0	0	0	0
	$1.3m < h$ $5cm \leq d < 10cm$	0	0	0	0	0	0	0
	Total	83,750	5,000	0	0	0	0	0
Roble	$h \leq 0.3m$	0	0	3,485	741	0	11,000	0
	$0.3m < h \leq 1.3m$	0	0	909	0	556	0	0
	$1.3m < h$ $d < 5cm$	0	0	455	0	0	0	0
	$1.3m < h$ $5cm \leq d < 10cm$	0	0	152	0	0	333	0
	Total	0	0	5,001	741	556	11,333	0
Rauli	$h \leq 0.3m$	0	0	1,818	2,037	556	2,667	0
	$0.3m < h \leq 1.3m$	0	0	303	185	0	333	0
	$1.3m < h$ $d < 5cm$	0	0	152	1,481	0	1,000	0
	$1.3m < h$ $5cm \leq d < 10cm$	0	0	152	370	0	0	0
	Total	0	0	2,425	4,073	556	4,000	0
Coigüe	$h \leq 0.3m$	6,250	0	0	16,111	7,222	0	0
	$0.3m < h \leq 1.3m$	0	0	0	3,519	556	0	2,500
	$1.3m < h$ $d < 5cm$	0	0	0	185	3,333	0	0
	$1.3m < h$ $5cm \leq d < 10cm$	0	0	0	0	1,667	0	0
	Total	6,250	0	0	19,815	12,778	0	2,500
Lenga	$h \leq 0.3m$	26,250	132,500	0	2,778	0	0	0
	$0.3m < h \leq 1.3m$	0	0	0	0	0	0	0
	$1.3m < h$ $d < 5cm$	2,500	0	0	0	0	0	0
	$1.3m < h$ $5cm \leq d < 10cm$	0	0	0	0	0	0	0
	Total	28,750	132,500	0	2,778	0	0	0
その他	$h \leq 0.3m$	25,000	15,000	55,303	36,111	23,333	32,000	37,500
	$0.3m < h \leq 1.3m$	10,000	15,000	16,970	23,519	13,333	14,333	27,500
	$1.3m < h$ $d < 5cm$	0	0	7,879	4,074	2,778	7,333	0
	$1.3m < h$ $5cm \leq d < 10cm$	0	0	303	370	0	667	0
	Total	35,000	30,000	80,455	64,074	39,444	54,333	65,000
Total	$h \leq 0.3m$	126,250	152,500	60,606	57,778	31,111	45,667	37,500
	$0.3m < h \leq 1.3m$	22,500	15,000	18,182	27,223	14,445	14,666	30,000
	$1.3m < h$ $d < 5cm$	5,000	0	8,486	5,740	6,111	8,333	0
	$1.3m < h$ $5cm \leq d < 10cm$	0	0	607	740	1,667	1,000	0
	Total	153,750	167,500	87,881	91,481	53,334	69,666	67,500

2-3-6 成長量調査

(1) 調査の方法

森林蓄積の推移に応じた適正伐採量の算出に資するために、モデルエリアにおける主要樹種であるRoble、Raulí およびCoigueを対象として成長量を調査した。

チリ国において、広葉樹天然林の成長量に関するデータはほとんどないため、概数的な成長率の把握を行った。その方法は、ヨーロッパの広葉樹について、半径の外側から1 cm以内の年輪数により成長率を求めるドイツのProdan氏が作成した表を使用することとして、成長錐を用いて、コアを採取した。

(2) 成長率の計算

55のコア採取木の胸高直径と、最近の成長を示す半径1 cm以内の年輪数との関係は、各樹種とも同じ傾向であったので、樹種をまとめてデータの分析をすることとした。

コア採取木の胸高直径と年輪数との関係を最小二乗法により、 $Y = a + bX$ の式にあてはめた結果、次の式を得た。

$$Y = 4.193 + 0.02398 \times X$$

$$\begin{cases} Y : \text{半径外側から中心に向かった1 cm以内の年輪数 (個)} \\ X : \text{胸高直径 (cm)} \end{cases}$$

上式に、2 cmごとの胸高直径を代入して得られた年輪数をProdanの材積成長率表にあてはめ、直径ごとの材積成長率を求めた。その結果は表2.3.22のとおりである。

表2.3.22 材積成長率表

胸高直径 (cm)	材積成長率 (%)	胸高直径 (cm)	材積成長率 (%)	胸高直径 (cm)	材積成長率 (%)	胸高直径 (cm)	材積成長率 (%)
10	13.04	30	3.27	50	1.78	70	1.04
12	10.24	32	3.07	52	1.70	72	1.01
14	9.38	34	2.88	54	1.62	74	0.99
16	6.93	36	2.70	56	1.54	76	0.96
18	6.75	38	2.52	58	1.46	78	0.93
20	5.66	40	2.35	60	1.39	80	0.90
22	7.23	42	2.21	62	1.32		
24	4.49	44	2.08	64	1.25		
26	4.02	46	1.97	66	1.18		
28	3.64	48	1.88	68	1.11		

(3) 林分成長率の推定

前項で作成された単木材積成長率をもとに、林分成長率を推定した。
推定の方法は表2.3.23に示すとおりである。

表2.3.23 林分成長率の推定方法

林 相	林 相 記 号	判読因子の計測単位		推 定 方 法
		樹冠疎 密度(D)	樹 高 (H)	
Araucaria 林	AP, Am	—	—	一律0%とする
Coigüe過熟林 常緑樹林	Hc, NJ	—	—	一律0.9%とする
Roble-Raulí 再生林 Coigüe再生林 混交林	HrR, HcR Hm	25%	1 m	D、Hを因子とした林分成長率 表による
人工林	F	10%	1 m	樹高-林齢-成長率の回帰式に よる

① 再生林等の林分成長率表の作成

Roble-Raulí 再生林、Coigüe再生林、混交林について、樹冠疎密度 (D) および樹高 (H) を因子とした林分成長率表を作成した。

標準地調査結果から、これらの林相にあたる57個の標準地について材積平均木の直径を求め、この直径から表2.3.22の材積成長率を適用して個々の標準地の林分成長率とした。

次に、個々の標準地の林分成長率と樹冠疎密度 (D) および樹高 (H) との関係を対数式を用いた回帰により求めた。回帰式は次のとおりである。

$$\log I = 0.488 \log D - 1.380 \log H + 2.038$$

I : 林分成長率 (%)

D : 樹冠疎密度 (25%ごとの1~4のランク)

H : 樹高 (m)

相関係数 : 0.676

標準誤差率 : 31.16%

標本数 : 57

求められた回帰式から樹冠疎密度 (D) および樹高 (H) を因子とした林分成長率表を表2.3.24のとおり作成した。

表2.3.24 再生林等の林分成長率表

D H	1	2	3	4
8	6.13	8.36	10.03	11.41
9	5.20	7.10	8.52	9.69
10	4.50	6.14	7.36	8.38
11	3.94	5.38	6.45	7.34
12	3.49	4.77	5.72	6.51
13	3.13	4.27	5.12	5.82
14	2.82	3.85	4.62	5.26
15	2.56	3.50	4.20	4.78
16	2.34	3.20	3.84	4.37
17	2.16	2.94	3.53	4.02
18	1.99	2.72	3.26	3.71
19	1.85	2.52	3.03	3.44
20	1.72	2.35	2.82	3.21
21	1.61	2.20	2.63	3.00
22	1.51	2.06	2.47	2.81
23	1.42	1.94	2.32	2.64
24	1.34	1.82	2.19	2.49
25	1.26	1.72	2.07	2.35
26	1.20	1.63	1.96	2.23
27	1.14	1.55	1.86	2.12
28	1.08	1.47	1.77	2.01
29	1.03	1.40	1.68	1.92
30	0.98	1.34	1.61	1.83

② 人工林の林分成長率の推定

a. 樹高と林齢の関係式

モデルエリアごとに、林齢の確認できた小班について、樹高 (H) と林齢 (E) との関係式を求めた。その結果は表2.3.25のとおりである。

表2.3.25 人工林の樹高 (H) と林齢 (E) との関係式

モデルエリア	関係式	相関係数	標準誤差率	標本数
北	$\log E = 1.1911267 \times \log H - 0.376290$	0.9191	15.6 %	36
南	$\log E = 1.2239895 \times \log H - 0.298706$	0.9161	13.7 %	11

求められた関係式から、個々の小班の林齢を推定した。

b. 林齢と成長率の関係

INFORによれば、第9州におけるラジアタマツの林齢 (E) と林分材積 (V) の関係式は次のとおりである。

$$\ln V = 7.6212 - 28.4121 \left(\frac{1}{E} \right)$$

この式から林齢と林分材積成長率の関係を求め、表2.3.26を作成した。

表2.3.26 林齢と林分材積成長率の関係

林齢 (年)	材積成長率 (%)
8 ~ 10	38.2
11 ~ 15	17.7
16 ~ 20	8.7
21 ~ 25	5.4
26 ~ 30	3.8

(4) 林分成長量の算出

前述の表2.3.19で蓄積集計に用いた個々の小班の材積をもとに、モデルエリアの林分成長量を算出した。

算出は、個々の林分材積に前項で求めた林分成長率を乗じて小班ごとの材積成長量を求め、モデルエリア別に集計を行った。集計結果は表2.3.27のとおりである。

表2.3.27 成長量集計結果

(単位：m³)

林相	林相記号	北モデルエリア	南モデルエリア	計
Roble-Raulí 再生林	HrR	88,969.6	7,271.3	96,240.9
Coigüe過熟林	Hc	18,778.7	20,672.3	39,451.0
Coigüe再生林	HcR	7,435.3	10,843.7	18,279.0
混交林	Hm	25,898.6	4,497.1	30,395.7
常緑樹林	NJ	18.7	792.8	811.5
天然林計		141,100.9	44,077.2	185,178.1
人工林	P	18,205.9	4,211.6	22,417.5
総計		159,306.8	48,288.8	207,595.6

2-3-7 土壌調査

(1) 調査の方法

モデルエリア内に分布する土壌の主な性状とその分布概況を把握するため土壌調査を実施した。

調査は、地形・標高、植生等を考慮しながら試孔点（巻末の図-6および7参照）を設け、層位の区分・厚さ・推移状態、A層の状態、土色、腐植の含有状態、土性、土壌構造、石礫、堅密度、水湿状態、溶脱・集積、菌根・菌糸、根系、pH等の各項目についての断面調査を行った。

土壌の分類については、FAO/UnescoによるSoil Map of the Worldの図示単位を用いた。

(2) 結果

調査地域の、北および南モデルエリアはともに火山灰によって広く覆われており、そこに発達する土壌もAndosols（火山灰土壌）がほとんどで、他には山頂の露岩地付近に出現する硬岩上の厚さ10cm未満の土壌がLithosols（岩上浅層土壌）として区分される程度である。

Andosolsは火山灰物質を母材とするかなり若い土壌で、塩基飽和度が低く、多くの物質は非結晶質で十分に結晶しておらず、粘土分はアロフェンが顕著な軽しょうで粘着性に乏しい土壌である。多くは山地斜面に出現し、アンデス山脈に広く分布している。

一般的に多くのAndosolsは多孔質で、多量の水を吸収することができ、陽イオン置換量が高く、かつ多量の有機物を含み、肥沃度は高い。したがって、大概のAndosolsは農業的にも好適な土壌で、特に中性あるいは塩基性の火山性物質でできている場合はさらに最良な土壌とされている。

調査地域に分布するAndosolsは、それほど多孔質ではなく、各層位の堅密度はやや硬めで、かなり締まっている断面も見られた。しかし、腐植の含有量はおおむね高く、pH値は6.8～6.9とほぼ中性で、土層も厚い。一部に40～50cmの箇所もあるが、おおむね1m以上の厚さを有しており、木竹の根系は概ね表層下70～80cm以深まで伸びている。また、土壌と植生との関連についてはあまり明確ではないが、Roble-Rauli再生林やCoigue過熟林を始めとして、様々な林相・林型と樹種構成を持つ森林あるいは草地が成立している。したがって、調査地域のAndosolsは最良の土壌とは言えないが、森林施業上特に問題となるような要素もないものと考えられる。

ただし、調査地の台地上平坦地および広い谷底低地に出現するAndosolsはA層が異常

に黒く、かべ状構造を持つ土壌が出現する。これは明らかに過湿の条件下において有機物が嫌氣的な分解をした結果生成されたものと考えられ、排水が悪く、傾斜地のAndosolsほど良好な土壌ではない。

一方、山頂の露岩地付近に分布するLithosols については、土層が極めて浅く、すぐに硬岩が現れるため木材生産力に期待はできない。

調査地域のAndosolsは、A層およびB層の状態や土性等から次の3タイプに区分できる。

① Humic Andosols (Th/腐植性火山灰土壌)

主に冷涼で湿潤な地方に出現する土壌で、ここでは斜面中～下部を中心に分布している。

アムブリックA層位(暗色性A層位)とカムビックB層位(変成B層位)を持ち、表層100cm以内の層位の土性が微砂質壤土(シルトローム)を主としている。A層～B層上位に明瞭な団粒構造または塊状構造が見られるものが多い。

② Ochric Andosols (To/淡黄色火山灰土壌)

アムブリックA層より明度・彩度の高いA層位を持つことにより、上記のThと区別される土壌で、Thと同様の箇所に分布する。

オクリックA層位(淡黄色A層位)とカムビックB層位(変成B層位)を持ち、表層100cm以内の層位の土性が微砂質壤土(シルトローム)を主としている。

③ Vitric Andosols (Tv/硝子質火山灰土壌)

やや偏乾性の地方に出現する土壌で、ここでは凸型斜面や尾根等乾燥しやすい箇所を中心として分布している。

硝子質の火山灰を含むかなり新しい火山灰土壌で、表層100cm以内の層位の土性が壤土(ローム)ないしやや砂の多い壤土を主としている。A層には明瞭な粒状構造や堅果状構造が発達しており、これらは乾燥時にかなり堅くなる。

また、南モデルエリアではやや砂分が増加する傾向にあり、この土壌も北モデルエリアより南モデルエリアの方に多く出現する。

なお、各試孔点における断面調査の結果は表2.3.28のとおりである。

表2.3.28 土壌断面調査結果一覽

No	地形・位置	傾斜	土壌型	A層の厚さ	土色	腐植	土性	構造	石	礫	堅密度	水温	溶脱集積	歯根	根系	備考
1	平衡斜面中部	27度	Th	30 cm	7.5YR 3/2~3/4	腐心	壤土~微砂質壤土	団粒・塊状	—	—	7~17	潤	—	有	腐心	根は1 m以深まで有
2	平衡斜面下部	10度	To	12 cm	5YR 2/2~7.5YR 3/3	腐心	微砂質壤土~壤土	粒状・塊状	細礫・半角・半腐朽・腐心	—	16~25	潤	—	—	腐心	根は70cm深まで
3	平衡斜面中部	17度	Tv	36 cm	7.5YR 2/2~3/4	腐心	壤土	団・粒・塊	—	—	10~20	潤	—	有	腐心	—
4	尾根上縁斜面	10度	To	10 cm	7.5YR 2/1~3/4	腐心	壤土	粒状	細礫・半角・半腐朽・腐心	—	13~28	潤	—	有	腐心	根は70cm以深まで有
5	平衡斜面中部	28度	Tv	30 cm	7.5YR 3/3~3/4	腐心	壤土	団粒状	細礫・半角~円・腐朽・腐心	—	10~16	潤	—	—	腐心	—
6	平衡斜面下部	24度	Tv	53 cm	7.5YR 2/2~3/4	腐心	壤土	粒状・塊状	—	—	15~20	潤	—	有	腐心	—
7	平衡斜面下部	44度	To	18 cm	7.5YR 3/3~4/4	腐心	壤土	塊状・板状	細礫・角~円・半腐朽・腐心	—	26~8	潤	—	—	腐心	86cm以深は岩層
8	平衡斜面下部	14度	Th	59 cm	7.5YR 2/3~4/6	腐心	壤土~微砂質壤土	団粒・塊状	細礫・半角~円・半腐朽・腐心	—	12~20	潤	—	—	腐心	—
9	凸型斜面下部	14度	To	11 cm	7.5YR 2/1~4/4	腐心	壤土~微砂質腐植土	団粒・塊状	細礫・半角~円・半腐朽・腐心	—	14~15	潤	—	—	腐心	根は85cm以深まで有
10	凸型斜面上部	30度	To	8 cm	7.5YR 3/3~4/6	腐心	壤土	粒状・塊状	細~粗礫・角~半角・半腐朽・腐心	—	20~14	潤	—	—	腐心	—
11	凸型斜面中部	16度	Tv	30 cm	7.5YR 3/2~5YR 3/4	腐心	壤土	粒状・塊状	細礫・円・半腐朽・腐心	—	21~10	潤	—	—	腐心	根は90cm以深まで有
12	台地上平坦地	2度	Th	35 cm	7.5YR 2/1~3/4	腐心	壤土~微砂質腐植土	粒・かへ状	細~粗礫・半角・半腐朽・腐心	—	13~24	潤	—	—	腐心	根は50cm深まで
13	平衡斜面上部	8度	Tv	30 cm	5YR 2/2~7.5YR 3/3	腐心	壤土	団粒・塊状	—	—	14~20	潤	—	—	腐心	—
14	凸型斜面下部	12度	Th	37 cm	5YR 2/3~7.5YR 4/4~5	腐心	壤土~微砂質腐植土	団粒状	—	—	16~22	潤	—	—	腐心	根は30cm深まで
15	凸型斜面下部	20度	To	20 cm	5YR 3/3~7.5YR 4/4	腐心	壤土	団粒・塊状	細礫・角・腐朽・腐心	—	8~21	潤	—	—	腐心	—
16	山頂堆積面	10度	Th	25 cm	7.5YR 3/3~4~4/5	腐心	壤土~砂質腐植土	団粒・塊状	—	—	14~23	潤	—	—	腐心	—
17	台地上平坦地	0度	Th	35 cm	7.5YR 2/2~3/4	腐心	壤土~植壤土	堅果・粒状	細礫・円~半角・半腐朽・腐心	—	17~23	潤	—	—	腐心	—
18	凸型斜面下部	28度	Tv	32 cm	7.5YR 2/2~3~4/5	腐心	砂質壤土~壤土	団粒・塊状	—	—	11~18	潤	—	—	腐心	根は80cm以深まで有
19	平衡斜面下部	20度	Th	67 cm	7.5YR 3/3~4/5	腐心	壤土~微砂質壤土	団粒・塊状	粗~巨礫・角・新鮮・腐心	—	21~15	中乾	—	—	腐心	—
20	凸型斜面上部	18度	Th	35 cm	7.5YR 2/2~3/4	腐心	壤土~植壤土	団粒・粒状	—	—	19~16	潤	—	—	腐心	根は70cm深まで
21	凸型斜面上部	20度	Tv	20 cm	7.5YR 2/3~4/4	腐心	砂壤土~砂質腐植土	塊状	細~粗礫・半角・半腐朽・腐心	—	22~13	潤	—	—	腐心	50cm以深は礫層
22	平衡斜面下部	6度	Th	24 cm	7.5YR 2/2~10YR 4/3	腐心	壤土~砂質腐植土	団粒・塊状	細~粗礫・半角・半腐朽・腐心	—	6~19	中乾	—	有	腐心	—
23	山頂平坦地	0度	Tv	32 cm	7.5YR 2/2~10YR 3/4	腐心	壤土	団粒状	—	—	16~25	潤	—	—	腐心	—
24	平衡斜面中部	18度	To	10 cm	10YR 2/3~3/4	腐心	壤土	かへ状	—	—	8~11	潤	—	—	腐心	pH 6.8~6.9
25	凹型斜面下部	17度	To	25 cm	10YR 4/3~4/6	乏心	壤土~微砂質壤土	粒状	細礫・半角・半腐朽・腐心	—	15~25	潤	—	—	腐心	pH 6.8
26	平衡斜面下部	9度	To	62 cm	10YR 4/3~4/4	腐心	微砂質壤土	粒状	細~粗礫・半角~円・半腐朽・腐心	—	18~23	中乾	—	—	腐心	pH 6.9
27	凸型斜面中部	17度	To	7 cm	7.5YR 4/3~4/6	乏心	壤土~微砂質壤土	粒状	—	—	6~21	中乾	—	—	腐心	40cm以深は岩層
28	平衡斜面中部	18度	To	20 cm	10YR 3/4~4/6	腐心	微砂質壤土~植壤土	粒・かへ状	細礫・半角・半腐朽・腐心	—	11~21	潤	—	—	腐心	—
29	山頂縁斜面	5度	To	40 cm	10YR 3/4~4/4	腐心	微砂質壤土~植土	団粒・か状	—	—	18~25	中乾	—	—	腐心	pH 6.8~6.9

注) 石礫の量は、左から『大きさ・形・風化度・含有量』

2-3-8 地形解析

後述の土地利用計画の基礎資料を得るため、モデルエリアの地形条件、特に傾斜について解析を行った。

(1) 方法

まず、地形図（縮尺1/20,000）上に1cm×1cm（4ha）のメッシュを設定し、各メッシュに内接する円内の等高線（20m間隔）の本数を数えた。

次に、等高線の本数から次式により傾斜角（ θ ）を算定した。

$$\tan \theta = \frac{c \cdot n}{d}$$

c：等高線間隔（20m）

n：等高線本数

d：メッシュの実長（200m）

さらに、現行法規による森林施業の傾斜による規制、混牧林における牧草地の傾斜適地等から、表2.3.29に示す傾斜区分を設定した。

表2.3.29 傾斜区分

区分	傾 斜		等高線本数
	度	%	
1	0~12	0~19	0~2.0
2	13~17	20~29	2.5~3.0
3	18~23	30~44	3.5~4.0
4	24~30	45~59	4.5~5.5
5	31~	60~	6.0~

この表をもとに各メッシュの傾斜区分を判定した。

(2) 結果

傾斜判定の結果を傾斜区分ごとに集計したものが表2.3.30である。

なお、傾斜判定の結果を図2.3.3 および図2.3.4 に示した。

表2.3.30 モデルエリアの傾斜分布

単位：ha

傾斜区分 モデルア	1	2	3	4	5	計
北モデルエリア	8,051 (20.9)	5,509 (14.3)	6,703 (17.4)	9,823 (25.5)	8,437 (21.9)	38,523 (100.0)
南モデルエリア	7,619 (29.5)	4,365 (16.9)	3,874 (15.0)	4,778 (18.5)	5,191 (20.1)	25,827 (100.0)

注：（ ）内の数字は比率（%）を表す。

2-4 森林施業調査

2-4-1 チリ国の森林の概況と森林行政組織

(1) 森林の概況

1991年のINFOR(森林研究所)の統計によれば、天然林(蓄積 $30\text{m}^3/\text{ha}$ 以上のいわゆる生産的森林)の面積は約7,616,500ha、人工林の面積は約1,555,200haである。これらの地域的分布状況をみると、天然林の約83%は第10州~第12州に、約14%は第8州および第9州にある。また、人工林は第5州以南にあり、全体の約85%が第7州~第9州にある。

天然林は Araucaria、Alerce等の針葉樹およびCoigüe、Roble、Raulí、Lenga等の *Nothofagus*属の広葉樹、その他で構成される。

人工林の約84%はラジアタマツ、約8%がユーカリである。ラジアタマツ人工林の約80%は最近15年間の植栽によるもので、一斉林の林相を呈している。

(2) 森林行政組織

チリ国の森林に関する行政は、農業省の外局であるCONAF(森林公社)が所掌している。(組織図は巻末の図-8のとおり)

CONAFの組織は中央機関とその下部機関である各州所在の支所および地方の管理事務所によって構成されている。

CONAFの所掌業務の主なものは、法令に基づく林業適地の認定、森林所有者の森林施業計画の審査、承認および森林所有者への技術を含む営林指導、山火事や森林病虫害対策等の森林保護活動のほか、国立公園、国有保存林および天然記念林の管理等である。

なお、森林・林業に関する試験研究の組織としては別個にCORFO(産業開発公社)に所属するINFORがある。

2-4-2 木材の生産と利用

(1) 木材需要

チリ国の木材消費量の実態について見れば、表2.4.1に示すとおり、1990年の消費量は10年前に対比し総量で約68%の増となっている。このうち、板材、合板用材は約179%、チップを含むパルプ用材は約100%の伸びがある。チップを含むパルプ材は、1990年には5年前に対比し約60%の増となっている。このうち、ラジアタマツの占める割合は1985年には約96%であったものが、1990年には56%となっており、逆に在来種の占めるウェイトが高まっていることを示している(表2.4.2)。また、製材、合板用材は、

1985年～1990年の5年間で約40%の増となっており、そのうちラジアタマツの占める割合は同5年間に約87%で推移している。

製材品生産状況を地域的に見れば、ここ10年間は第8州および第9州で全国の66%～68%を占めている（表2.4.3）。

表2.4.1 木材消費量（丸太換算）

単位：千m³

種類 年次	パルプ	製材	板材 合板	輸出丸太			チップ	その他※	計
				製材用	丸太用	小計			
1980	2,635	4,563	218	1,056	—	1,056	—	—	8,472 (100)
1985	3,393	4,578	316	1,260	14	1,274	—	—	9,561 (113)
1990	2,595	6,998	608	1,033	579	1,612	2,249	195	14,259 (168)

※ 1989年以前の統計調査はなされていない。

出典：INFOR, ()は1980年を100とした指数

表2.4.2 パルプ材の樹種別生産量

単位：千m³

樹種 年次	ラジアタマツ	その他	計
1985	3,270 (96)	136 (4)	3,406 (100)
1990	3,058 (56)	2,365 (44)	5,423 (100)

出典：INFOR ()は計を100とした比率(%)

表2.4.3 製材品生産量

単位：千m³

州別 年次	全 国	第 8 州	第 9 州
1980	2,249 (100)	1,203 (53)	320 (14)
1985	2,191 (100)	1,176 (54)	309 (14)
1990	3,327 (100)	1,784 (54)	400 (12)

出典：INFOR ()は全国を100とした比率(%)

次に、全国の製材品生産の樹種別割合を見れば、ラジアタマツの割合が圧倒的に大きい。(表2.4.4)

ラジアタマツはチリ国の風土に適応し、生長が旺盛で、パルプ用には16年生位で主伐が可能となり、一般用材用でも20~25年生で主伐が可能とされ、林業投資を魅力あるものになっている。

表2.4.4 全国製材品樹種別生産量

(単位：千m³)

年	樹種 区分	Alamo	ユーカリ	ラジアタマツ	Coigue	Laurel	Lenga	Raulí	Roble	Tepa	その他	計
		1985	生産量	25	22	1,871	49	4	35	20	40	53
	%	1.1	1.0	85.4	2.3	0.2	1.6	0.9	1.8	2.4	3.3	100.0
1990	生産量	26	41	2,889	74	4	53	34	62	56	88	3,327
	%	0.8	1.2	86.8	2.2	0.1	1.6	1.0	1.9	1.7	2.7	100.0

出典：INFOR

(2) モデルエリアの林業活動

① 概要

モデルエリアの森林の所有形態は国有および私有である。

a. 国有林

CONAFの管理する保存林であり、その目的は土地保全、水資源の維持、野生動物の保護、天然資源の合理的利用技術の開発・応用等である。

b. 私有林

大規模森林所有者と小規模森林所有者によって所有されている。

a) 大規模森林所有者

大規模森林所有者の所有規模は北モデルエリアで森林を所有する者は4,600~40,000ha、南モデルエリアでは6,000~70,000ha程度で、伐採、造林等の林業活動を行っている。両モデルエリアとも、人工林はラジアタマツが主体である。これらはパルプ材および一般用材の生産を目的としている。また、最近パルプ材の生産を主目的としたユーカリの造林地も増加しつつある。天然林については、過熟林を対象として伐採後人工林化したり、択伐作業を実施している。

また、再生林については、主としてパルプ用材を目的として間伐が実施されているが、一部の所有者で一般用材の生産を目的として間伐が実施されている例もある。

b) 小規模森林所有者

山間部に生活しており、自己所有の森林からの林産物販売による収入が、家計収入で大きなウェイトを占めている。(2-5 社会・経済調査の項参照)しかし、計画的な森林施業は行われていない。

② 伐採、造材、集材

- ・ 伐採に先立ち、森林所有者は法律に基づき事前に森林施業計画の承認をCONAFから得る必要がある。
- ・ 天然林大径木の伐採に際しては、腐れや空洞があると推測される立木については、伐採を見合わせている。

また、伐倒木の利用径級以下の樹幹部および枝条はほとんど利用されないまま林地に放棄されている。

資源の有効活用上、これらの利用が今後の課題である。

- ・ 小規模森林所有者は、役牛により地曳き集材を行っている。
- ・ 大規模森林所有者はトラクターにより地曳き集材を行っている。

③ 輸送手段

輸送はトラックおよびトレーラーを使用している。

④ 林道

モデルエリア内には、天然林の伐採、搬出のために作設された搬出路およびその一部が地域住民の生活道路としても使用されている道路(以下「林道」と言う)がある。

しかし、一部の企業が管理する林道を除き、その維持管理は木材の搬出時に若干行われるか、通行不能になって始めて行われる程度である。

林道の規格構造上特に問題なのは、勾配が急なこと、曲線部分の幅員が狭いこと、曲線半径が小さいことである。また、路体保持のための敷砂利がほとんど施されておらず、側溝も作設されていないため、降雨や融雪水によって火山灰性の路面表土が流出しやすい。特に畜力による丸太の地曳きによって生じた路面上の溝は雨水等による侵食の大きな原因となっている。

木材資源の有効利用、森林の適正な管理、さらには山間地域住民の生活道路の確保の観点から、林道の整備は重要な課題である。

(3) 木材の加工、利用、流通

① 加工施設

- ・ モデルエリア内には大型帯鋸1基、小割用丸鋸数基を備え、作業者10~35人程度の簡易な移動製材施設がある。
- ・ モデルエリア周辺のCollipulli、Cunco、Temuco、Los Angeles、Mulchén、Nacimiento等に多くの製材工場がある。
- ・ 製材の歩止りはおおよそ40~60%である。
- ・ チップ工場は最近のチップ需要の増大を反映してCollipulli、Cunco、Temuco等モデルエリア周辺にも数多く存在するほか、Los Angeles 周辺にも数多く存在している。
- ・ パルプ工場は全国で8工場ある。うち、第8州と第9州に5工場がある。繊維板等の加工工場は全国で7工場ある。うち、この両州に6工場がある。また、ユーカリを原料としたパルプ工場がSanta Feに建設され、1991年から稼働している。

② 利 用

- ・ 主要樹種の用途については、巻末の表-16に示すとおりである。
- ・ ラジアタマツ生産量の約30%はパルプ材であるとされている。
一方、在来種の利用上の評価についてはまちまちである。すなわち製品の質、価格共にラジアタマツやユーカリよりも優れていると評価するもの、チップを除き市場が小さいかあるいは不確実であると評価するものがあるほか、乾燥技術が未確立であることおよび樹種の多様性の故に極く高品質のものを除いてはすべてチップに振り向けざるを得ないと評価するもの等である。
- ・ 丸太の利用径級（未口）は、一般用材は、ラジアタマツが16cm以上、在来種が40cm以上、また、パルプ用材は各樹種共に10~35cmのものが一般的に取引されている。
- ・ 在来種の過熟林は心腐れの欠点を有するものが多いが、その程度についての調査は未だ十分に行われていない。

③ 流 通

- ・ モデルエリア内で生産された木材の多くは、北モデルエリアではCollipulli、Los Angeles等の製材工場等に、また、南モデルエリアではCunco、Temuco等の製材工場等に運搬され、製材品やチップ等に一次加工された後、周辺地域やConcepción、Santiago等の輸出港や木工等の最終加工工場に供給される。

また、自所有林を所有するパルプ工場や製材工場は、そこから生産材を直接自社

工場に搬入している。

また、大企業のなかには、原木供給組織と原木加工組織とを分けているものもある。

- ・ 表2.4.1 に示したように、1990年には全消費量の約11%が海外への輸出で占めており、10年前に比し約50%の増となっている。木材の消費量は海外の市場とも強い結びつきを有している。

輸出材のうち、ラジアタマツは製材品のほぼ 100%、パルプ材の約40%を占めている。

2-4-3 造 林

1) 人工林施業

(1) 人工林の現況

- ・ チリ国の人工造林活動は活発であり、そのなかでもラジアタマツに主力が注がれており、近年特にその面積が急増している（巻末の表-17~18参照）。
- ・ 第8州および第9州において、最近ではラジアタマツやユーカリの造林対象地が牧草地や農地にまで拡大している。
- ・ 造林地は一般的に同一樹種の一斉造林である。
- ・ 在来種の人工林面積はINFORの推定によれば全国で約1,600haである。
モデルエリア内では、在来種の人工造林の実行例は少ない。

(2) 人工造林の概要

① 植栽密度

ラジアタマツの植栽密度はha当り 2,000本程度である。主にパルプ用として植栽しているユーカリの植栽密度は 1,600本程度である。

在来種の植栽密度は、1,100~2,500本である。

② 枝打作業

ラジアタマツを対象に、一般用材生産を目的とする場合は、第1回目は8~10年生、第2回目は12~15年生で実施している。

③ 間伐作業

ラジアタマツを対象に、一般用材生産を目的とする場合は、主伐を25年として2回の間伐を実施し、最終的にha当り300~350本程度を残している。

2) 天然林施業

(1) 天然林の現況

- ・ チリ国の天然林（蓄積 $30\text{m}^3/\text{ha}$ 以上のいわゆる生産的森林）の面積は約 762万haで、南部の第10州～第12州で約83%、第8州および第9州で約14%を占め、ほとんどが第8州以南に分布している。
- ・ 南および北モデルエリアともに、天然林の樹種構成は、Araucaria、Lenga、Coigue、Rauli、Roble、Tepa、Lingue等である。

天然林は過熟林（150～300年生と推定）と再生林（40年生前後と推定）とに大別される。

再生林の成立要因は主として、伐採や山火事跡のぼう芽更新および下種更新によるものである。

特にCoigueの老齢大径木は、樹幹部の腐朽等木材の利用上欠陥のあるものが多い。

(2) 天然林の更新状況

モデルエリアにおけるRoble、Rauli、Coigueの天然下種およびぼう芽による更新状況は次のとおりである。

① Coligue との関係で見た天然下種更新

天然下種の大きな障害としてColigue (*Chusquea coleu*)がある。Coligue は成長が旺盛で、稈高は5 m以上におよび、直径も3 cm位に達する。陽光を好み、森林に空地ができると急激に増殖し群生する。

Coligue が高密度に増殖した場合、種子の着床や陽光を遮り、種子が着床発芽してもColigue との競合でその生長が阻害され、あるいは消滅すると考えられている。今回の調査でも、Coligue の密度が高いところでは、更新稚幼樹が見られなかった。

Coligue 生育地における天然更新状況を調査した結果は巻末の表-19に示されている。

② ぼう芽更新

Roble およびRauli のぼう芽による更新を現地で多く観察することができた。

Roble、Rauli は、伐採時期によっては、伐採年からぼう芽枝が発生し、一本の根株に5～6本、多いものでは数10本のぼう芽枝が発生、成長する。

なお、一部の小規模森林所有者は、薪材やパルプ材生産を目的として、20～30年生で胸高直径20～25cmのぼう芽枝を同一根株に4～7本位に仕立てている。

(3) 天然林施業の概要

- ・ Araucaria はDecreto Supremo No141(1987年、農業省)により現在枯死木以外は伐採が禁じられている。
- ・ 現行のDecreto Ley 701(1979年、農業省)により天然林の伐採に際し、森林所有者はCONAFに対し事前に伐採の規模、更新方法、森林保護対策等を内容とする施業計画を提出し、許可を得ることになっている。

択伐の場合、伐採後天然更新が良好でなければ人工補正作業として伐採前の林分のいずれかの構成樹種による植栽が義務付けられている。皆伐の場合も、伐採跡地の早急な森林回復を図るため、伐採後3年以内に当該地のいずれかの構成樹種による植栽が義務付けられている。

- ・ 再生林の主伐および間伐等実施の例を次に掲げる。

(例-1 : Los Laureles)

現在、40~50年生のRaulíの再生林で、胸高直径18~60cm、樹高30m(最大35m)、ha当り677本である。主伐の際、天然下種更新を期待し形質良好な母樹をha当り80本残している。また、母樹は発生稚幼樹の庇陰樹としても機能させることとしている。更新後の母樹の取扱いについては、・更新後伐採する、・次代林分の伐採時に伐採する、・種子源として残す等が考えられているが、現在のところ未定となっている。

(例-2 : Pemehue)

現在、30~40年生のRaulí、Roble、Coigüeの再生林である。伐期齢85~90年の択伐林を指向して、当面遺伝的形質の優れたプラス木を母樹として残すよう3回にわたって間伐を実施するとしている。1回目の間伐は、密度調整、2回目は支障木や欠陥木の除去、3回目はプラス木(径級が小さくても形質のよいものも対象)の保残等の目的で行われている。

また、無節材の生産を目的として、胸高直径が10cmに達した時に枝打ちを行うとしている。

(例-3 : El Morro)

現在、46年生のRaulíおよびRobleが混交する再生林である。近いうちに間伐を予定している。

2-4-4 育 苗

(1) 種子の採取

種子の採取は、自家採取、CONAF種子センター等からの購入、外国からの購入によっている。

CONAF種子センターはチリ国で唯一の公的な種子供給組織で、1974年に種子の採取および供給を目的として設立された。

同センターでは Roble、Rauli 等の在来種の種子も取扱っている。

(2) 育苗方法

民間の苗畑数箇所における調査の結果、外来樹種の育苗方法については各苗畑とも類似しており、育苗体系はほぼ確立されていると考えられる。在来種の育苗方法については、その方法が確立されていないためか、苗畑によって異なっている。

Los Angeles の近くにある苗畑（以下「A苗畑」という）およびNuevo Imperialの苗畑（以下「B苗畑」という）について述べれば次のとおりである。

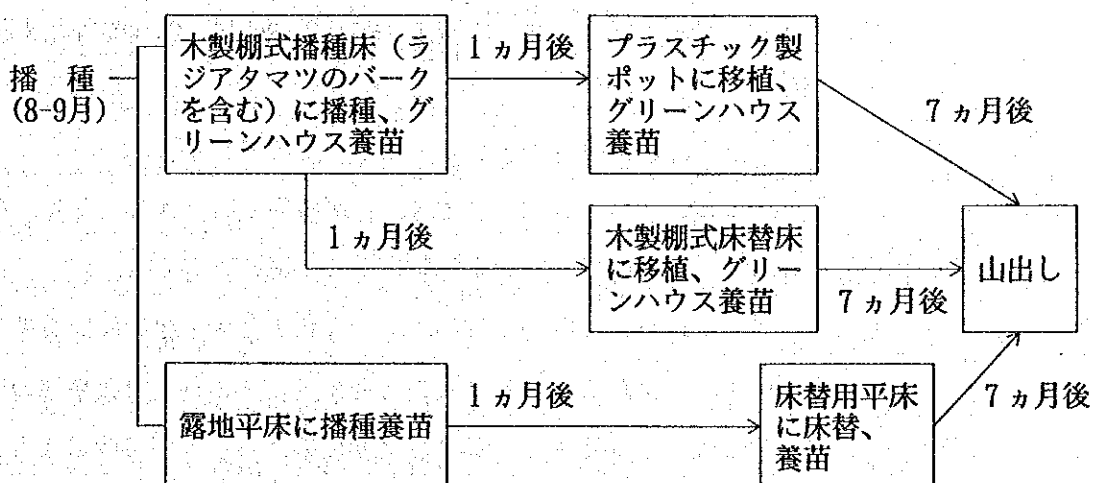
a. 外来樹種

A苗畑およびB苗畑での方法は類似しておりラジアタマツは 1.2m×100 mの床に9月～10月に播種され、約8ヵ月後に山出しされる。ユーカリは9月～11月に播種床に播種され、そのまま養苗されるか1ヵ月後にポットに移植され、いずれも7ヵ月後に山出しされる。

b. 在来種

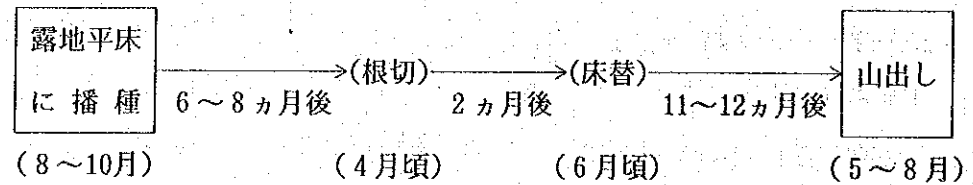
a) A苗畑

Roble、Rauli を8～9月に播種し、約8ヵ月後に山出しする。苗高は約30cmである。作業工程は次のとおりである。



b) B苗畑

Roble、Raulíを8～9月に播種し、約20ヵ月後に山出しする。苗高は45～80cmと幅がある。作業工程は次のとおりである。



(3) 病虫害

ラジアタマツ、在来種ともに、根腐れやダンピングオフの被害があり、この対策として燻蒸剤やキャップタン剤等の薬剤処理が行われている。

また、根切り虫による害もあり、対策として休閑地の設定や除草が行われている。

(4) 種子の貯蔵

Raulí、Roble等の在来種、ラジアタマツ、*Picea spp.*、*Larix spp.*等の種子はプラスチック製の袋に詰め、さらに麻袋に密封して、湿度6～8%、温度2℃の条件下で貯蔵すれば、5年間位は発芽力に影響なく保管が可能であるとされている。

Abies spp.、*Cupressus spp.*、*Tsuga spp.*等は、湿度8～10%のほかは上記同様の条件下で貯蔵すれば上記同様の成果が得られるとされている。

なお、*Araucaria* は高湿度下で貯蔵する必要があり、種子の発芽率を維持しながら保管するのは難しいといわれている。

(5) 苗木生産体制

- CONAFの資料によれば、南北両モデルエリアを含む第8州および第9州には約210の民間苗畑があり、ラジアタマツ、ユーカリを主体として年間約24,700万本の苗木を生産している。このうち、一部の苗畑ではRaulí、Roble、Coigüe等在来種の苗木を生産している。

これら苗畑の半数強は販売を目的として苗木を生産している。

- ラジアタマツ、ユーカリの苗畑については、育苗技術も確立されており、苗畑敷地の拡張の余地もあり、需要に応じた生産体制は十分にあると考える。

在来種については、育苗未経験の苗畑が多く、大量の苗木の生産体制を確立させるためには、育苗技術の指導および普及が必要と考える。そのうえで在来種の安定的な需要があれば、その生産意欲は大きくなり、需要に応えることが可能になると考える。

2-4-5 林地保全

(1) 過去に発生した土壤侵食

南北モデルエリアとともに過去10~50年の間、山火事、放牧、農地開拓および木材生産のための森林伐採等の結果として、林地を保護する植生が少なくとも一度は、全体的または部分的に取り除かれたと考えられる。そして、植生が取除かれた所では、過去において表面侵食が発生していたと考えられる。

侵食の度合いはその場所の植生被覆が取り除かれた度合、裸地状態での時間的長さ、地形、裸地状態時の降水の度合、放牧や開墾等の度合などによって異なっていたと考えられる。森林植生が回復されず放牧が続いている天然草地においては、過去に起ったさまざまな規模の侵食が今でも続いている。

現在、植生が回復している箇所においては、特筆するような侵食は観察されない。

(2) 土壤侵食の現状

モデルエリアでの土壤侵食の形態は、a. 表面侵食（小規模崩落、リル、ガリー、表土流出） b. 崩壊の二つのカテゴリーに分類できる。

a. 表面侵食

表面侵食（主に小規模崩落やガリー）は過度な放牧が行われ、土地を覆う牧草がほとんど残されていない急傾斜地（ほとんどの場合傾斜50%以上）において多く見られる。

放牧されている家畜は主に牛であるが、過度な放牧のため、深さ10cmから50cm、幅40cmから100cm以上にわたる Cattle Track(牛の通り道) が形成されている。

また、Cattle Track の端の弱い部分が牛の重みでくだけ、小規模崩落が生じている。

ガリー侵食の大部分はこのような小規模崩落に起因している。

また、ガリー侵食は丸太の搬出道でも起こっている。これらの道路のほとんどは敷砂利、排水構造がなく、補修作業もされないため、地曳き集材や、木材その他の資材を運ぶ牛車の通行によりリルが形成され、雪融け水や雨水の作用でそれが広がって大きくなり、時間の経過とともにガリーとなると考えられる。現地調査でもこれらの道路に深さ1.0mから1.2m、幅1.5mから2.0mのガリーが形成され、斜面上方に広がりがつつあるのが認められた。

急傾斜地（傾斜60%以上）では、森林の伐採後、火入れにより枝や表土の有機物が焼失し、表土が裸出した所で土砂の流出が起きていることが観察された。

b. 崩 壊

北モデルエリアのAmargos 付近で1991年1月に崩壊が起きている。崩壊の規模は幅40m、長さ 150mであった。この崩壊は新設林道の捨土箇所の脆弱な路肩部分から発生し、崩落土砂が下部にある家の一部を破壊した。

南北両モデルエリアにおいては、この他に数箇所の崩壊地がある。

2-4-6 森林保護

(1) 森林火災

a. 森林火災の実態

火災件数は年により増減はあるが、全体的に増加の傾向にある。被害面積も年々増大しているが、1件当りの被害面積は減少の傾向にある。なお、チリ国の森林火災の件数および被害面積は巻末の表-20に掲げたとおりである。

森林火災の原因は、表2.4.5 のとおりである。これによると、通行、輸送が最大の原因となっている。

表2.4.5 森林火災の原因 (1988~1989年)

森林火災の原因	全体に占める割合 (%)
林 業	5.6
農 牧 業	5.6
野外レクリエーション・スポーツ	2.6
遊 び	8.5
通 行 、 輸 送	41.9
そ の 他 の 活 動	1.7
放 火	18.7
そ の 他	1.5
不 明	13.9
計	100.0

出典：CONAF

b. 防火および消火体制

火入れ作業の事前届け出制がとられており、乾燥期の日中における火入れは許可されていない。

また、CONAFは危険地域の主要な地点に小型飛行機やヘリコプターを待機させ、危険期には巡視を行っている。火災発生時には消火隊や消火用水の輸送を行う。

民間企業でも消火体制の整備を図っており、ヘリコプターの配置や専任の消火隊を編成している企業もある。

(2) 森林病虫獣害

① 虫 害

人工林ではラジアタマツの頂芽を加害する *Rhyacionia buoliana* や葉を食害する *Ormiscodes cinnamomea*、ユーカリの幹の部分を加害する甲虫 (*Phoracantha semipunctata*) 等がある。Roble の植栽木の葉を加害する幼虫2種類が1本の樹幹に10数匹も塊っているのを観察したが種を特定することはできなかった。

② 菌による被害

研究者によれば、*Nothofagus* 属を加害するものとして、*Digueñes* (*Cyttaria espinosae*, *Cyttaria berteroi*, *Cyttaria darwini* (主として *Lenga* に発生)) 等がある。また、木部を加害する腐朽菌も多数存在するとされている。

③ 動物による被害

a. 家畜放牧による被害

ラジアタマツの植栽地では、動物の踏みつけによる損傷がある。

Nothofagus spp. では、現地観察の結果、天然更新地において樹高2 m位までは若枝が食害され、樹高40~50 cmまでは踏みつけの被害を受けている。

モデルエリアの森林には至る所で牛の放牧が見られることから、これらの被害対策は今後天然更新や人工更新を実行していく上での課題である。

b. 野生動物による被害

野兎による植栽木の頂芽や樹皮の食害がみられた。現在のところ罠の設置をしているほかは特別の対策を講じていない。

また、野鼠による樹皮の食害もある。

④ 気象害

在来種ぼう芽林は一般に本数密度が高いため風雪害を受けやすいとの意見がある。

また、ラジアタマツの、標高800 m以上の植栽地では霜害があるといわれている。

2-5 社会・経済調査

2-5-1 土地利用

(1) 現況

土地利用状況について、第2章で作成した「土地利用・植生図」からとりまとめた結果は2-3-4-2の表2.3.15のとおりである。特徴点を掲げれば次のとおりである。

- ・ モデルエリアの中で非森林の面積割合は北モデルエリアで約7%、南モデルエリアで約27%である。

非森林の草地（G）の割合は、北モデルエリアで約6%、南モデルエリアで約25%で、南モデルエリアの方が森林から草地への転換の度合いが大きい。

- ・ 森林内の無立木地（D）の割合は、北モデルエリアで約10%、南モデルエリアで約15%であり、森林開発の度合いは南モデルエリアの方が大きい。
- ・ 森林内の灌木林（Vb）の割合は、北モデルエリアで約6%、南モデルエリアで約10%であり、いずれも標高の低いところから高いところまで分布している。
- ・ 森林面積のうち人工林の占める割合は、北モデルエリアが5%、南モデルエリアが2%である。
- ・ 北および南モデルエリアとも、傾斜度に関係なく天然林への無秩序な家畜の放牧が行われている。
- ・ 草地（G）の多くは、生産力の極めて低い天然草地である。これらの天然草地に粗放な放牧が行われている。天然草地での放牧は傾斜区分4以上（45%以上）に該当する急傾斜地でも行われているため表面浸食の原因にもなっている。

(2) 土地所有区分等

チリ国の天然資源情報センター（CIREN）では全国の土地所有に関する地籍図および地籍台帳の整備を行っているが、現在までこれらのデータが整備されているものは、市街地、農地についてのみであり、森林地域についてのデータは未整備である。

土地の登記に関しては、国税局が管轄しており、同局による地籍に関する情報がCIRENで使用されている。調査対象地域内での聴取によれば、小規模土地所有者の多くは、この国税局への登記が遅れており、現地調査で私有地の境界を明らかにする資料を得ることができなかった。

2-5-2 地域住民の生活実態

(1) 北モデルエリア

北モデルエリアには、地域に生活する小規模土地所有者（入植者）の所有地のほか大規模土地所有者（民間林業会社等）の所有地および国有地がある。

入植者の中から16世帯を選んで土地所有状況、農林畜産業、就業状況等について聴取調査を行った。この結果は巻末の表-21のとおりである。

この調査結果および民間林業会社、CONAFへの聴取りを基に、地域住民の生活実態と問題点を表2.5.1にとりまとめた。

(2) 南モデルエリア

南モデルエリアには、地域に生活する小規模土地所有者（入植者）の所有地のほか大規模土地所有者の所有地および国有地がある。

入植者の中から8世帯を選んで北モデルエリアと同じ項目について聴取調査を実施した。この結果は巻末の表-22のとおりである。

この調査結果および大規模土地所有者への聴取り等をもとに、地域住民の生活実態と問題点を表2.5.2にとりまとめた。

(3) 南北モデルエリアの比較

モデルエリアごとに、地域住民の生活実態を比較した結果は次のとおりである。

- ・ 1世帯平均の土地所有規模は、南モデルエリアが北モデルエリアの約1.3倍である。
- ・ 北モデルエリアでは調査対象世帯の中に不在地主がいくつかみられたが、南モデルエリアにおける調査の範囲内ではみられなかった。
- ・ 1世帯平均の所有地に占める森林の割合は、両モデルエリアとも類似しており、それぞれ70%である。しかし、牧草地の割合は、南モデルエリアでは約27%、北モデルエリアでは約20%で、南モデルエリアの方が高い。
- ・ 1世帯平均の牛の飼育頭数は、南モデルエリアが北モデルエリアの1.6倍で、家畜販売の家計上のウエイトが高い。
- ・ 両モデルエリアとも天然林内への放牧の重要度が高く家畜の飼育規模に見合った草地面積を有する所有者は少ない。
- ・ 林産物の生産状況について見ると、天然林を対象に製材品を生産している世帯数の割合は、北モデルエリアでは50%、南モデルエリアでは75%で、南モデルエリアの方が高い。

このほか北モデルエリアでは再生林を対象としたチップ材生産が盛んに行われている。一方南モデルエリアでは過熟林を対象にした枕木生産が地域住民の間で行われている。なお、最近のチップ材の需要増に伴って南モデルエリアにおいてもチップ材の生産がみられるようになった。

- ・ 北モデルエリアの一部の世帯では、養蜂を行って収入の一助としている。

表2.5.1 北モデルエリアの住民（入植者）の生活実態と森林管理上の問題点等

調査項目	現 状	住民の要望	森林管理上の問題点
集 落	<ul style="list-style-type: none"> ・ Amargos に13世帯の集落 ・ 大部分は集落を形成せずに道路沿いに家が点在 		
世 帯、人 口	<ul style="list-style-type: none"> ・ 総世帯数125、総人口625人（1991年） 		
交 通、通 信	<ul style="list-style-type: none"> ・ Collipulli～Los Guindos 間に、1日1便の定期バス（土、日除く） ・ 牛馬が主要な交通手段 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 道路整備は地域の最優先課題 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 林産物の運搬は夏期に限られる
所 有 面 積 ※	<ul style="list-style-type: none"> ・ 世帯当たり10～180ha（平均70ha） 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 土地所有界が明記された公図の未整備
農 業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 農地は0.5～2.0ha ・ 小麦、じゃがいも、豆類、野菜等自給用作物 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 火入れによる森林火災の発生 ・ 農地開拓による天然林の減少
畜 産	<ul style="list-style-type: none"> ・ 牛が主で馬、羊、豚、山羊、鶏等 ・ 牛は世帯当たり2～15頭 ・ 牧草地は天然草地が主 ・ 年間を通じた天然林への放牧 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 牧草地の改良、拡大のための国の助成 ・ 飼育頭数の増大 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 天然林への無秩序な放牧 ・ 更新木の家畜による被害
林 業、林 産 業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 天然林は世帯当たり6～121ha（平均52ha） ・ 製材、チップ材生産 ・ 造林地はラジアタマツが主 	<ul style="list-style-type: none"> ・ チップ材生産のため再生林の活用 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 在来種造林に消極的 ・ 木材の利用歩止りが低い
収 入	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現金収入の45%は林業労働、土地管理による給与所得 ・ 37%は林産物販売、家畜販売 		
雇 用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域の林業会社が重要な就労先 		

※所有面積は聴き取り対象16世帯のほか、CONAFの資料による

表2.5.2 南モデルエリアの住民（入植者）の生活実態と問題点等

調査項目	現 状	住民の要望	森林管理上の問題点
集 落	<ul style="list-style-type: none"> ・ Santa Maria de Llaima 周辺が比較的大きな集落 ・ 他は道路沿いに家が点在 		
世 帯、 人 口	<ul style="list-style-type: none"> ・ 総世帯数230、総人口1,260人（1991年） 		
交 通、 通 信	<ul style="list-style-type: none"> ・ Temuco～Melipeuco間 Cunco～Llaima～Melipeuco間に定期バス運行 ・ 牛馬が主要な交通手段 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 道路整備は地域の最優先課題 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 林産物の搬出は夏期に限る
※ 所 有 面 積	<ul style="list-style-type: none"> ・ 北部は世帯当たり 0.5～10ha ・ 南部は世帯当たり50～250ha 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 土地所有界を明示した公図の未整備
農 業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 北部集落付近では1世帯3ha程度の農地に麦、芋、野菜等給作物を栽培 ・ 南部奥地では地力低く、自給用作物の栽培不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 肥料購入資金の助成 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 火入れによる森林火災の発生 ・ 農地開拓による天然林の減少
畜 産	<ul style="list-style-type: none"> ・ 牛が主で馬、羊、豚、山羊、鶏等 ・ 牛は世帯当たり3～44頭 ・ 牧草地は天然草地が主 ・ 年間を通じた天然林への放牧あり （大規模土地所有者は牧区を設けた計画的放牧を実施） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 牧草地の拡大 ・ 草地改良、牧柵設置のための資金の助成 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 急傾斜地への牧草地化の進行 ・ 林間放牧による森林の被害
林 業、 林 産 業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 天然林は世帯当たり2～180ha（平均65ha） ・ 製材、枕木、チップ材生産 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 北部住民は森林育成への関心が高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 在来種造林に消極的 ・ 木材の利用歩止りが低い
収 入	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現金収入の52%は林産物販売 ・ 34%は家畜販売 		
雇 用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域の林業・畜産会社が重要な雇用の場 ・ アルゼンチンへの労働力の流出あり 		

※所有面積は聴き取り対象8世帯のほか、関係機関の資料による