

ブラジル・サンパウロ州の ユーカリ造林について

藤 森 末 彦

1. はじめに

ブラジルの紙・パルプ産業は、高い国際競争力をもち、ユーカリパルプの生産量は世界の約半分を占めている。この原料基盤として重要な役割を果たしているのは、ブラジルの南東部から南部地域にかけて大規模に造成されたユーカリとマツ類の人工林であり、しかも、これら人工林の驚異的な成長量と低い原木コストである。

筆者は最近ブラジル・サンパウロ州の森林研究所やサンパウロ州立大学農学部等を訪れる機会を持ったので、ユーカリ造林について紹介したい。

2. サンパウロ州の自然条件とユーカリ人工林

(1) サンパウロ州の自然条件

サンパウロ州はブラジル南東部に位置し、州都サンパウロ市付近を南回帰線が通過している。地形は、大西洋沿岸の狭い低平地から、いっきょに標高 700～1,200 m の海岸山脈となり、西側内陸に向かって標高を下げつつ、丘陵・波状地・低平地となっていきパラナ川にいたる。州面積 24,790 千 ha の大部分は、海岸山脈から西流するパラナ川の支流域で、農地・放牧地などになっており、森林面積は 1996 年現在 3,846 千 ha で、州面積の 16% を占めるに過ぎない。

年平均気温は、丘陵・波状地で約 17℃、内陸低平地で約 20℃ であって、季節較差は 10℃ 前後と小さいが、内陸部では朝夕冷涼となる。また、春と秋に気温の急変がある。年降水量は、海岸山脈の内陸側山腹で 1,500～2,000 mm、丘陵・波状地で 1,200～1,500 mm、内陸低平地で 1,200～1,500 mm である。いずれも冬の 6～8 月に極めて少なく、夏の 12～2 月に多く、ときには雨量強度が時間雨量

表 1 ユーカリ・マツ類の人工林面積

単位：千 ha () は%

州	全 体 (1997)			紙・パルプ企業所有林 (1999)		
	ユーカリ	マツ類	計	ユーカリ	マツ類	計
サンパウロ	581 (20)	204	785	288	33	321
ミナス・ジェライス	1,551 (53)	145	1,696	137	41	178
バイア	198 (7)	87	285	221	21	242
パラナ	56 (2)	610	666	46	208	254
サンタ・カタリナ	41 (1)	351	392	13	112	125
リオ・グランデ・ド・スル	115 (4)	138	253	53	10	63
その他	407 (14)	169	576	229	54	283
計	2,949 (100)	1,703	4,652	987	442	1,429

出所：全体は Sociedade Brasileira de Silvicultura 1998，紙・パルプ企業所有林は Relatório Estatístico Florestal 1999

110 mm に達することもある。州全体としては西側内陸へいくにしたがって降水量が少なくなり乾燥化する。

(2) ユーカリ人工林

サンパウロ州の森林は、大西洋岸林，セラード低木林，二次林などの天然林が約 80%，ユーカリ，マツ類（スラッシュマツ，テーダマツなど），アローカリア類のパラナマツなどの人工林が約 20% で構成されている。このうち，ユーカリ人工林の面積は，表 1 に示すように 1997 年現在 581 千 ha で，北に隣接するミナス・ジェライス州に次いで多く，東北部のバイア州を含む 3 州でブラジル全体の 80% を占めている。一方，ブラジル紙・パルプ協会所属企業が所有するユーカリ人工林では，サンパウロ州が 288 千 ha と最も多く，上記の 3 州では同協会所属企業所有林の 66% を占める。

サンパウロ州の 1996 年の木材生産量（木炭 31 千 t を除く）は，人工林 15,909 千 m³，天然林 410 千 m³ と人工林からの生産量が圧倒的に多く，このうち，紙・パルプ用は 8,397 千 m³ で，全量が人工林からである（Anuario Estatístico do Brasil 1998）。

なお，ブラジル紙・パルプ協会所属企業による 1990～1999 年の年平均造林面積は 99 千 ha（ユーカリ 81%，マツ類 18%，その他 1%）であり，2000～2008



写真 1 ツベッチを使った育苗
(サンパウロ州立大学イタチンガ実験林)

年の造林計画は年平均 121 千 ha で、このうち、サンパウロ州は 35 千 ha (ユーカリ 92%) で、80% が再造林となっている (BRACELPA 年報 2000)。

3. ユーカリの造林マニュアル

ブラジルでは、森林法で木材または木炭を多量に消費する企業は、自己の消費をまかなう森林をもつことが義務づけられており、大規模な造林はそれらの

企業によって行われている。一方、年間の消費量が少ない製パン業、レンガ工場、穀物乾燥所、製茶工場などの小企業は、その消費量に対して造林積立金を納め、その資金は造林協会、農協を通じて苗木、肥料、農薬の形で農家に配付される仕組みになっている (国際農林業協会 1995)。

ユーカリの造林マニュアル *Plantio do Eucalipto* (A5 判 10 頁) は、1992 年に小農民への普及用としてサンパウロ州の森林財団が中心になって作成したもので、その内容は次のとおりである (【注：---】は筆者による)。

(1) 用途に適合する樹種

- ・紙、パルプ用 : *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*
- ・建築、柵、ポール用 : *E. citriodora*, *E. robusta*, *E. globulus*
- ・薪、木炭用 : *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. torelliana*

(2) 育苗

① ポットへの土入れ

ビニール袋 (15 cm × 8 cm) の下部に穴を 4 つあけ【注：穴は表裏に 8 つできる】、用土 (深さ 50 cm までの表土を篩にかけ細かくしたもの) を入れる。【注：紙・パルプ企業などの育苗では、作業能率と品質管理の向上を図るため、育苗はビニールポットでなく硬質プラスチックのツベッチを高床式の網テーブルにさげて苗木を育成する。ツベッチは細長の逆円錐台形で、上部の内径 2.6 cm、下部の内径 1.1 cm、高さ 12.1 cm、容量約 45 ml ほどの大きさで側面に穴はない。写真 1 参照】

② 播種

ポットを平坦地に 1 m 幅で並べ、1 m² 当たり 150 g の化学肥料 (NPK : 4-14-

8) を水 8 l に溶かして散布し、その上に細土をかけ（肥料を種子に直接ふれさせない）、種子を 1 ポット当たり 3～5 粒まいて、さらに細土をかける。

③ 日覆いと灌水

播種したポットにモミガラを 0.5 cm 厚にかけ、種子の上 10 cm に日覆いの寒冷紗（遮光率 50%，カヤでもよい）をかける。日覆いは種子の発芽後、メバエの苗長が 2 cm になったらはずす。播種後、毎日 2 回灌水する。

④ 間引きと移植

苗長が 3～4 cm になったら生育のよいものを残し、他は間引く。間引いた苗は発芽しなかったポットへ移植する。

⑤ 追肥と苗木の置き換え

追肥は、まきつけと同じ化学肥料を 15 日毎に 2～3 回散布し、苗長が 15 cm になったら止める。苗長が 15 cm になったとき、大苗は苗床の縁の方へ、小苗は中の方へ置き換え、小苗だけに追肥をする。

⑥ 選苗と山出し

苗木は 15～30 cm になったら灌水を止めハードニングをする。苗木全体が赤みを帯びてくれば苗木の大きさをそろえ、箱詰めにして山出しする。

(3) 植栽

① 地拵え（清掃と耕耘）

植栽予定地は抜根し、枝条も集めて一緒に焼却する（草などの低い植生は鋤きこむ）。清掃後、耕耘する（降雨後に行うと深耕ができる）。必要があれば耕耘は 2 度行う。

② 作業道と防火帯

耕耘の段階で作業道と防火帯を設計する。防火帯は火災の予防と消火作業に役立てるため、植栽予定地の周囲に幅最低 6 m で設置する。傾斜地の場合、防火帯は等高線沿いに設け、雨水による侵食を防止する。乾期には防火帯の雑草を刈払うか、又は耕耘する。特に、隣接地を農地にするため火入れをするときは、火災に十分注意する。

③ アリの防除

植付け前の地拵えの段階で、葉切りアリ（大型のサウバと小型のケンケン）の防除のため、殺蟻剤をアリの巣 1 m² 当たり 10 g 散布する。殺蟻剤は降雨後には使えない。また、シロアリが生息しているかどうか確認し、いれば根の食害を防止するため殺蟻剤を穴の底に 1 穴当たり茶匙 1 杯散布する。常に見回りをして植栽地の外 10 m までに生息するア리를駆除する。特に、アリは放置さ

れていた土地に多いので留意する。

④ 植栽間隔

植栽間隔は広いほど早い成長が期待でき、狭めると一部に被圧のおそれが生ずる。一般に推奨する間隔は、列間 3 m×苗間 2 m で、1 本当たり 6 m²、1 ha 当たり 1,660 本植えである。植栽間隔は地形によって変えてもよいが、最低でも 2 m×2 m とする。

⑤ 植穴

植穴は直径 30 cm、深さ 30 cm に堀り、表土を戻して施肥をする。植穴が小さいと苗木の根張りが悪くなって成長が遅れ、表土を戻さないと植穴が乾燥して苗木の活着が悪くなる。植穴の位置は、列条植えなので縄を引張って決める。地形がよければトラクターで掘るとよい。

⑥ 施肥

施肥量は土地により変わるが、通常、植付け時に化学肥料（NPK：10-30-10）を 1 本当たり 100 g 施用する。追肥は植付け 10 ヶ月後に行う。【注：1 ha 当たりの施肥量 1,660 本×0.1 kg×2=332 kg となる。ブラジルの土壌は一般に磷酸含有量が低く、ユーカリは痩せ地に植栽されるのが普通で、かつ施肥効果が大きいので磷酸含有量の多い化学肥料が使われる。なお、紙・パルプ企業などの造林における施肥量は 1 ha 当たり約 500 kg で、植付け時、植付け 3～6 ヶ月後、12～24 ヶ月後に施用するという。】

施肥は手播きか機械で行い、トラクター地拵えのときは植穴掘と同時に施肥する。施肥効果は植付け 5 ヶ月後の樹高で、無施肥の 49.5 cm に対し、植穴まき 110.5 cm、溝まき 110.6 cm である。

⑦ 植付け

植付けは、降雨後に表土を戻した植穴へ小さな鍬を使って行う。苗木の運搬距離が長いときは、トラック輸送時の苗木の乾燥を防ぐため苗木箱にシートを掛ける。苗木の仮植と植付けは次のように行う。

・ビニールポット苗

仮植は、植栽予定地の近くで水の便のよい平坦地に幅 1 m 長さ 5～10 m に並べる。畝間は風通しをよくするため 50 cm あける。植付けは、肥料が土壌とよく混ざっているか事前確認の上、苗木をビニールポットから取りだし、植穴に入れ、根元に土を 1～2 cm かけ、よく踏みつける。

・ツベッチ苗

仮植は、網テーブルを長さ最大 10 m で、間隔をあけて設置する。網テーブルがないときは、ツベッチを土壌に浅く埋め、砂を篩でツベッチ間にまいて

隙間を埋め、必要により灌水する。植付けは、苗木をツベッチから抜いて植穴に入れ、土を苗木と周囲の隙間に入れる。植穴に入れる土は苗木の根が曲がらないよう軟らかい土を使う。苗木はツベッチから抜いた後1～2日間活力を保つが、なるべく早く植付ける。

ユーカリ植林の場合、植付けた苗木の列間でマメ、トウモロコシの間作ができるが、間作は1列とする。

⑧ 下刈り

下刈りは、植付けた苗木が周囲の雑草木との競争にまけないよう広めに行う。通常、直径60 cmに坪刈すれば苗木は順調に育つ。しかし、牧草地へ植栽したときは75 cm以上に刈払う。機械刈りの場合は、列間は機械で、苗間は手で刈払う。

(3) 萌芽更新

収穫のためユーカリを伐採後、古株から萌芽が発生した場合、育成する萌芽以外は必ず芽掻きを行う。萌芽が十分発生しない場合は苗木を植栽する必要があるが、古株を抜根しなくてもよい。機械地拵えができるときは、古株を低く伐って土をかぶせ、耕耘、植穴掘り、施肥、植付けの順に行う。機械を使えないときは前回と同様の方法で苗木を植栽する。もし古株から萌芽したら、すべて芽掻きをする。【注：この造林マニュアルでは、芽掻きのとき萌芽は何本残すか、萌芽更新は何回するか解説はない。サンパウロ州では一般的に萌芽更新を2回行い、3回目は収穫量の低下が著しいため改植する。ミナス・ジェライス州で操業するセニブラの例では、ユーカリの萌芽更新による2回目の収穫量は植栽による1回目の収穫量の約70%、3回目の収穫量は1回目の収穫量の約50%に低下した（村上2000）。このため、紙・パルプ産業では萌芽更新に比べ造林費は高くなるが、収穫量を重視して新たに育成した優良品種で改植することも行われるという。】

4. ユーカリ造林の技術開発

(1) 産学協同

ブラジルのユーカリ造林の特色は、企業と大学・研究機関が協力して育種研究、育苗・育林の技術開発に取り組んで、極めて高い成長量と生産性を達成したことである（加藤ら1998、田嶋2000）。その一例は、サンパウロ市西北150 kmのピラシカバにあるサンパウロ州立大学農学部内の林業調査研究所 IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais) で、1968年に紙・パルプ、合板企業と同大学により創設された。創設当初の参加企業は5社であったが、現

在では製鉄・石油・鉱山などの企業も加って 24 社となり、調査研究、技術開発、情報提供のほか、種子センターで優良種子とクローン苗木の販売をするなど、大学と企業による共同プログラムを設けて、研究課題の優先順位の調整と方向づけのもとで活発な活動を行っており、その活動範囲もサンパウロ州のほか、パラナ州など 9 州に広がっている（国際農林業協会 1995）。

IPEF によれば、同種子センターは配付種子から計算して、30 年前から今日までブラジルの造林面積の 30～35% に相当する 200 万 ha 分の優良種子を参加企業へ供給してきた。現在、約 100 箇所で優良種子の選抜研究や大学の実験室での種子の品質テストを続けており、品質保証をした種子 6t を -10°C の種子貯蔵庫で 2 年間保管していて、いつでも参加企業に提供するほか、一般にも販売している。また、要請があれば用途に適する種子を調査研究し、提供する体制も備えているという。販売種子のリストには、外来樹種のユーカリ 26 種 (*E. grandis* 3 品種, *E. urophylla* 7 品種を含む)、ユーカリの交雑種 3 種、マツ類 3 種のほか、郷土樹種など 38 種について、原産地、産地（郷土樹種は生態区）、系統、発芽率、単位重量当たりの価格が記載されている。

【種子照会先；Fax：(49) 430-8616, E-mail：semeipef@carpa.ciaagri.usp.br,

URL：www.ipef.br/institucional/sementes】

(2) ユーカリの成長量

IPEF によれば、ユーカリの造林は用途、成長、耐病虫害などに適合する樹種を選抜し、遺伝子組替え、組織培養によってクローンをつくって品種を特定し、挿し木や接ぎ木で増殖して採穂園や採種園をつくり、20 年かけた適応試験の繰り返しによって苗木の大量供給体制を整え、年平均成長量を当初の 1 ha 当たり $10\sim 20\text{ m}^3$ から平均 45 m^3 に引き上げたという。さらに将来 $60\sim 70\text{ m}^3$ に引き上げることを目標にしていた。

ユーカリの年平均成長量は、これらの育種による品種の選抜のほか、植栽地の耕耘や化学肥料の施用などによるところも大きい。しかし、生産された大量の幹材を 7 年毎に林外へ持ち出すことは、地力の低下をまねくおそれがある。ユーカリの収穫に当たっては、山元で樹幹を剥皮して運材を行っているが、今後、林地の地力低下を抑制するために未利用のユーカリ樹皮などを堆肥化して林地へ還元するなどの検討も必要ではないかと思われる。

(3) ユーカリの造林費と伐採・搬出費

サンパウロ州立大学農学部の説明によれば、ユーカリの造林費（1997 年）は、表 2 に示すように伐期 6 年で 1 ha 当たり平均 1,061 US ドルで、植栽時とその

表 2 平均造林費（1997 年）

樹 種	造林費 (US\$/ha)	管理費 (US\$/ha)	計 (US\$/ha)
ユーカリ（伐期 6 年）	703	358	1,061
マツ類（伐期 18 年）	265	623	886

出所：サンパウロ州立大学農学部の説明資料

参考：センプラの伐期 7 年での造林費（1999 年実績）は、改植 1,407US ドル、萌芽更新 595US ドル（村上 2001）

表 3 伐採・集運材作業費（1997 年）

作 業 項 目	コスト (US\$/m ³)	備 考
伐採 ハーベスター	1.40	17.5 m ³ /h
フェラーバンチャー	0.84	78 m ³ /h
集材 スキッダー	0.84	200 m, 57 m ³ /h
フォワーダー	0.76	200 m, 25 m ³ /h
玉切り・はい積	2.06	(チェンソー：15 m ³ /人・日)
積み込み・卸し	0.51	
剥皮	2.37	
輸送 100 km まで	2.07	
100～200 km	4.43	
200 km 以上	6.71	

出所：サンパウロ州立大学農学部の説明資料

後に施用する肥料代、農薬代などを必要とするため、マツ類の造林費より高くなるという。しかし、我が国と比べると格段に安い造林費である。

また、工場へ搬入されるユーカリ丸太の価格も安い。これは産業造林地が地形的に恵まれた丘陵・波状地の旧農地や放牧地などに、まとまって造成されているので、伐採・集運材作業に高性能機械を導入して作業の高効率化を図り、伐採・集運材作業費の低廉化に努力しているからだという。なお、近年は集運材による環境インパクトや持続的管理に配慮して、全幹ではなく短尺材システムを採用するようになっているという。

追記：本稿は、(社)海外農業開発協会のブラジル・サンパウロ州を対象に実施した調査に筆者が参加したおり、現地で収集した情報を本誌用に取りまとめたものである。現地調査でお世話になった関係機関の方々に謝意を表します。

【参考文献】 1) 加藤隆・行武潔・吉本敦 (1998) 林産業を支えるブラジルの人工林資源：熱帯林業No. 41, 2) 田嶋謙三 (2000) 森林の復活—林業の立場から：朝日選書 649, 3) (社)国際農林業協力協会 (1995) ブラジルの農林業, 4) 村上章 (2001) ブラジル・セニブラ社のユーカリは今 (2) 植林事業：甘利敬正編著 “もっと知ろう世界の森林を (日本林業調査会)” 所収

図書紹介.....

◎インドネシアの火災と煙霧一大災害による損失— (David Glover & Timothy Jessup (Ed.), Indonesia's Fires and Haze—The Cost of Catastrophe—, xviii+149 pp. International Development Research Center, Ottawa, ON, Canada, 1999) 4,900 円

本書は EEPSEA (東南アジア経済・環境計画) と WWF・インドネシアの共同作業による成果で、1997 年インドネシアで起こった大規模な森林火災が、自国ばかりでなくマレーシア、シンガポールなど近隣諸国に及ぼした影響を分析・評価したものである。執筆者は数名の関係者が分担している。

評価は最終的に被害額のかたちで表示されているが、その過程においては、さまざまな指標やモデル式が用いられている。被害額の算定は、1997 年 8～10 月の 3 ヶ月間と前年の同期間 (過去 5 年間の平均値あるいは平常と思われる年の数値も適宜使用) との比較から行われ、金額は火災が起こる前の 1 米ドル＝2,500 ルピアで計算されている。

評価項目は“煙霧”に起因する健康上の被害 (医療施設への外来患者数、薬局での薬剤購入者数など)、それによる労働生産性の低下、空港閉鎖、飛行便の欠航や旅行者の減少による損失、“火災”による木材その他の林産物、農作物などの被害、消火活動にかかった費用、その他である。

こうして被害額査定の対象期間を 3 ヶ月に限定しても、控えめに見積もって、煙霧による被害が約 10 億米ドル、火災によるものが約 30 億米ドル、総計 40 億米ドルと算定された。ただし、積算の基礎となった項目の中には、長期的な影響を考慮したためか、過大と思われる被害額を想定したもの、例えば森林生態系の機能低下など、が含まれており、いささか気になるところである。

本書は、「火災の原因と影響」、「研究方法」、「マレーシア」、「シンガポール」、「インドネシア」、「結論及び政策上の勧告」の 6 章からなる。なお、「インドネシア」で扱われている地域は火災のひどかったカリマンタンとスマトラ島だけで、インドネシア全体ではない。

(小久保 醇)