

早成樹を生かす

その資源量・かび抵抗性・耐朽性・
耐蟻性・耐侯性・薬液注入性

財団法人 日本住宅・木材技術センター

まえがき

環境保全、森林資源の持続的利用を旗印に、世界的に森林伐採の跡地、さらに荒廃地や耕作放棄地にも植林される傾向が高まっている。そこに植林される樹種は、経済的観点から手間のかからない、初期生長量が大きく伐期の短い、所謂、早成樹であることが多い。

一方、これらの早成樹は、カビ、腐朽菌、シロアリ等による生物劣化に対する抵抗性が低く、狂い易い等の材質的欠点を持っている。

本事業は、このような早成樹のもつ材質的な欠点を改善して、より付加価値の高い材料として有効活用を図るために、基礎的試験を実施し、その成果を取り纏めた。

本事業の実施に当たっては、財団法人日本木材保存協会に下記の委員会を設置して試験、検討を進めてきた。

多忙な中を精力的に試験、検討にご協力を頂いた委員各位及び関係各位に深甚なる敬意を表するものであります。

早成樹等の耐久性向上及び変色防止技術開発委員会

委員長	矢田茂樹	横浜国立大学教育学部教授
委員	飯島倫明	東京農業大学農学部助教授
委員	今村祐嗣	京都大学木質科学研究所助教授
委員	大越誠	農林水産省森林総合研究所
委員	萩尾勝彦	住友林業株式会社筑波研究所
委員	信田聡	東京大学農学部助手
委員	柴田直明	長野県林業総合センター
委員	角田邦夫	京都大学木質科学研究所助教授
委員	中村嘉明	奈良県林業試験場
委員	西本孝一	京都大学名誉教授
委員	福田清春	東京農工大学農学部助教授
事務局	岩崎克己	財団法人日本木材保存協会

平成10年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター
理事長 岡 勝 男


~~~~ 目 次 ~~~~

はじめに

第1章 早成樹の資源と材質に関わる資料調査

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1 資料調査の方法            | 1  |
| 2 資料調査の結果            | 1  |
| 2.1 調査結果の概要          | 1  |
| 2.2 早成樹の資源と材質        | 1  |
| 2.2.1 世界における早成樹の資源状況 | 2  |
| 2.2.2 樹種別の資源量及び材質    | 4  |
| 3 考察                 | 10 |
| 4 今後の課題              | 10 |

第2章 早成樹の材質に関わる試験研究

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1 試験材の概要             | 45 |
| 2 カビ抵抗性試験            | 46 |
| 2.1 試験方法             | 46 |
| 2.2 試験結果             | 47 |
| 3 耐朽性試験              | 52 |
| 3.1 試験方法             | 52 |
| 3.2 試験結果             | 52 |
| 4 耐蟻性試験              | 52 |
| 4.1 試験方法             | 52 |
| 4.2 試験結果             | 56 |
| 5 耐候性試験              | 57 |
| 5.1 試験方法             | 57 |
| 5.2 試験結果             | 58 |
| 6 乾燥による収縮性及び乾湿繰り返し試験 | 66 |
| 6.1 試験方法             | 66 |
| 6.2 試験結果             | 66 |
| 6.2.1 収縮性            | 66 |
| 6.2.2 乾湿繰り返し         | 67 |
| 7 薬液浸透性試験            | 72 |
| 7.1 注薬缶による注入試験       | 72 |
| 7.1.1 試験方法           | 72 |
| 7.1.2 試験結果           | 74 |
| 7.2 局所注入試験           | 84 |
| 7.2.1 試験方法           | 84 |
| 7.2.2 試験結果           | 85 |
| 8 考察                 | 87 |

おわりに ..... 88



## 要 約

地球環境の保護の立場から天然林の伐採の抑制、伐採後には植林を義務付ける傾向にあり、熱帯地域だけでも人工林の面積は累計で3000万haに達している。そこに植林されている樹種は、初期成長量の大きい、いわゆる早成樹であることが多い。

これらの早成樹は、順次伐期を迎えようとしているが、建材分野では高品質の材料が要求される製材品としては活用されていない。

今後の資源問題を考えると、早成樹の材質的欠陥を改善して、これを付加価値の高い住宅部材、家具部材等にできるようにすることは、緊急の課題といえる。

早成樹は、カビ抵抗性、耐朽性、耐蟻性、乾燥による変形や干割れといった耐久性に関わる性能に不安があることから、委員会を設置し平成6年度から平成8年度までこれらの性能試験を実施し検討を行った。

本書は、過去3ヶ年の検討結果の報告書を基に、調査結果及び各性能試験結果を取りまとめたものである。

## キーワード

早成樹、カビ抵抗性、耐朽性、耐蟻性、耐候性、干割れ、薬液浸透性、熱帯地域、ユーカリ、サザンパイン、ラジアータパイン、ファルカータ、ホワイトポプラ、染色部位



## はじめに

地球環境の保護の立場から森林資源の持続的利用が叫ばれるようになって久しい。世界各地で天然林の伐採を抑制し、人工林から伐採したものを優先して利用し、伐採後には植林を義務づける傾向が高まっている。さらに一步進んで荒廃地及び耕作放棄地への植林も進められるようになってきている。

このような傾向は従来、温寒帯の地域で顕著であったが、現在では熱帯地域も例外ではない。現在、熱帯地域だけを取り上げて年間180万haもの植林が行なわれており、人口林の面積は累計で3000万haに達している。そこに植林されている樹種の多くは、手間のかかる稚樹保育を早く終了して収穫までの期間を短縮しようとする経済的観点から、初期成長量の大きい早成樹である。例えば、ユーカリ類、ファルカータ、アカシアマンギウム、パイン類、メリナなどである。もちろん、農業との両立を計るアグロフォレストリーとして、初期成長の遅い樹種（例えばチークやマホガニー）が育成されることもあるが、そのような事例は現状では少数にとどまっている。

熱帯地域及び温帯地域に植栽された早成樹は伐採が7～30年という短い周期で繰り返されるため、順次、伐採期を迎えている。すでにユーカリはパルプ原料として日本に輸入される広葉樹チップの40%を占めるほどにシェアを伸ばしている。

一方、建材分野ではパーティクルボードやファイバーボード等のボード類の原料としては低質早成樹も使用し得るが、製材品となると高品質の材料が要求されるため、早成樹が十分に活用されるに至っていない。今後の資源問題を考えると、早成樹の材質的な欠点を改善して、これを付加価値の高い住宅部材、家具部材等に使用できるようにすることは、緊急の課題といえる。高付加価値化は、より一層の植林意欲を促すことにもなり、地球環境を保全する観点からも重要である。

早成樹は早く成長するという利点の一方で、建材としての利用に当たっては、カビ抵抗性、耐朽性、耐蟻性といった耐久性に関わる性能に不安があることから、(財)日本住宅・木材技術センターからの委託を受けて、(社)日本木材保存協会は「早成樹等の耐久性向上及び変色防止技術開発委員会」を組織して、3年計画で調査及び試験研究を行うこととした。平成6年度は早成樹の資源の状況、蓄積及び材質についての資料収集と分析を行ない、その結果を踏まえて平成7～8年度はカビ抵抗性、耐朽性、耐蟻性、耐侯性、薬液注入性等の試験研究を実施した。すなわち、耐久性が求められる用途への使用の適否、薬液注入による材質改良の可能性を明らかにしようとしたのである。

なお、早成樹とは一般に初期生長が早く10年程度で伐採できるものを指すが、ここでは広義に捉えて、30年程度で伐採される樹種も含めた。早成樹といえども製材用には大径木が要求されるので、伐期はパルプ用よりも当然長くなるからである。

この著作は上述の委員会の検討結果の報告書をもとに、委員長であった横浜国立大学の矢田茂樹氏にお願いして取りまとめたものである。同氏に厚くお礼を申し上げるとともに(社)日本木材保存協会及び関係委員の皆様にも深く謝意を表す。



## 第1章 早成樹の資源と材質に関わる資料調査

### 1 資料調査の方法

これまで早成樹に関わる資源や材質について総合的に取りまとめた資料は少ないが、個別の資料は相当数にのぼる。そこで、まず外国産の早成樹に係わる資源および材質を各種の資料から検索して、その概要を把握することとした。

具体的には、関係の著書、学会誌・協会誌、試験場報告、シンポジウム報告書、FAO、ITTO報告書等である。資料により記載内容および範囲はさまざまであるが、記載されたデータをすべて本委員会で作成した『早成樹資料ファイル』に樹種別に収納することとした。文献資料によっては相互に矛盾するデータも認められたが、ここでは取捨選択することなくそのまま収納することとした。

### 2 資料調査の結果

#### 2.1 調査結果の概要

委員による各種文献資料の検索の結果、約50の早成樹関係の文献が収集された。これらの資料の収集整理に当たり、樹種別に『早成樹資料ファイル』に納まるデータはその中に収納したが、収納できない図・表・写真等についてはファイルの後に付属資料として貼付した。

調査により名前の挙がった温帯産・熱帯産の早成樹は約20種であった。それらのうち主なもの9種については個別に記載し、その他のものは「その他の早成樹」としてまとめた。近年、熱帯の国々では農業と林業を組み合わせたアグロフォレストリーによる熱帯林の再生が盛んになっており、植栽樹種は今後、郷土樹種を含めさらに多様になるものと考えられる。植栽される樹種は早成樹ばかりでなく、チークやマホガニーなどのような成長の遅い樹種、ラタン（籐）のような工芸作物も多いが、これらの樹種はここでは取り上げなかった。ただし、ゴムノキについては、東南アジアにおいて広大なプランテーションが形成され、定期的な伐採と植栽が繰り返され、今後とも相当量の継続的な木材供給が見込まれることから取り上げることにした。

#### 2.2 早成樹の資源と材質供給と利用の現状

アカシアやユーカリなど初期成長の早い樹種は10年ないしそれ以下で伐採可能であり、林業としては著しくサイクルが早い。これらの林では1年間にヘクタール当たり最大30トンもの炭素を固定すると言われており、その成長量は他に類を見ない。したがって、植栽と伐採の管理がうまく持続すれば、安定的で高水準の木材資源の供給が期待できる。

これまで、これらの早成樹はパルプ用あるいは薪炭用として利用されてきた。日本国内へは主としてパルプ用に開発輸入されている。一例として製紙会社の海外造林実施状況を表1-1に示す。東南アジア、オセアニア、南米を中心にユーカリ、アカシア、マツなどが植栽されている。

パルプ用や薪炭用の場合、材質に対する要求性能は高くないが、今後、製材用の用途を考える場合には、間伐・枝打ち等の育林技術の開発や伐期延長による大径木無節材の確保等が現地における技術開発の課題になるであろう。

表1-1 製紙会社の海外造林実施状況

| プロジェクト               | 事業着手年 | 目標面積<br>(千ha) | 1994年末までの<br>造林面積(千ha) | 主要樹種      | 備考                          |
|----------------------|-------|---------------|------------------------|-----------|-----------------------------|
| (社)南方造林協会(9社)        | 1970年 | 試験造林          | 1.4                    | 各種        | 通産省補助                       |
| 日伯紙パルプ資源開発(17社)      | 1973  | 110           | 92.0                   | ユーカリ      | OECD出資のナショナルプロジェクト          |
| 本州製紙パプアニューギニア        | 1975  | 10            | 8.9                    | ユーカリ、アカシア | 当初はJICA試験事業                 |
| 三菱製紙ニューカレドニア         | 1975  | 試験造林          | 0.2                    | ユーカリ      | JICA試験事業                    |
| タイユーカリ資源(14社)        | 1988  | (200)         | -                      | ユーカリ      | 契約栽培                        |
| 大昭和製紙オーストラリアNSW州     | 1989  | 1             | 0.5                    | ユーカリ      |                             |
| 大王製紙チリ第X区            | 1989  | 65            | 8.9                    | ユーカリ、マツ   |                             |
| 三菱製紙チリ第Ⅷ区            | 1990  | 10            | 6.1                    | ユーカリ      |                             |
| 日本製紙チリ第Ⅷ区            | 1991  | 14            | 3.8                    | ユーカリ      |                             |
| 新王子製紙・日本製紙ニュージーランド北島 | 1991  | (30)          | 2.5                    | マツ        | 国有ラジアータマツ人工林の利用権取得で伐採、造林を実施 |
| 新王子製紙ニュージーランド南島      | 1992  | 10            | 2.3                    | ユーカリ      |                             |
| 新王子製紙西オーストラリア        | 1993  | 20            | 2.0                    | ユーカリ      |                             |
| 新王子製紙造林試験(3ヶ国)       | 1991  | -             | 0.1                    | ユーカリ、アカシア | パプアニューギニア、ベトナム、フィジー         |
| 計                    |       | 470           | 128.7                  |           |                             |

資料：日本製紙連合会調べ

注：1. 目標面積の合計には( )を含む。

2. (社)南方造林協会

## 2. 2. 1 世界における早成樹の資源状況

熱帯地域における人工林の造成実績を表1-2～3に示す。アジア・太平洋を中心に既に約3000万haの人工林が存在し、年間約180万haの植林がされている。植林される樹種はユーカリが最も多く、23%を占めている。次いでマツ、アカシア、チークと続いている。温帯を含めた世界のユーカリ植林地図を資料5に示す。とくにブラジルでは

400万 ha を越えるユーカリ林があるとされる。ちなみに1992年に日本が輸入した広葉樹チップ13.3万tonのうち40%以上がユーカリであった。今後、その比率はますます増加するであろう。

次に温帯地域を見ると中国のポプラ、ニュージーランド・チリのラジアータパイン、米国のサザンパイン類が注目される。中国ではコウヨウザン、マツ、ポプラなどの早成樹を年間400万haも植林していると言われており、このうちポプラについては日本にも輸入される可能性が大きい。

ラジアータパインについては、ニュージーランドに続いて南米のチリでも広大な植林が進められており、育林技術の向上もあって、建築用材としての高度利用に向けて最も可能性の高い樹種となっている。また、サザンパイン類と同様、薬剤の浸透が容易なため、防腐処理による品質向上が著しい。熱帯産のメルクシマツ・カリビアマツも含め、マツ類は加圧注入等の木材保存処理の立場から見ると、注目すべき早成樹といえよう。

表1-2 熱帯地域における人工林総造成及び実面積 (1990年)

(1,000ha)

| 地 域          | 調査<br>国数 | 人工林総造成面積(1990年) |             |        | 推 定<br>実面積 | 年間植栽面積     |            |
|--------------|----------|-----------------|-------------|--------|------------|------------|------------|
|              |          | 産 業 用<br>人 工 林  | 非産業用<br>人工林 | 計      |            | 総造成<br>面 積 | 推 定<br>実面積 |
| アフリカ         | 40       | 1,400           | 1,600       | 3,000  | 2,100      | 130        | 90         |
| アジア・太平洋      | 17       | 9,100           | 23,100      | 32,200 | 22,600     | 2,100      | 1,470      |
| ラテンアメリカ・カリブ海 | 33       | 5,100           | 3,500       | 8,600  | 6,000      | 370        | 260        |
| 計            | 90       | 15,600          | 28,200      | 43,800 | 30,700     | 2,610      | 1,820      |

表1-3 主要樹種別の人工林造成推計面積

(百万ha)

| 地 域     | ユーカリ  | マツ   | チーク   | アカシア | その他   | 計     |
|---------|-------|------|-------|------|-------|-------|
| アフリカ    | 0.79  | 0.61 | 0.145 | 0.25 | 1.2   | 3     |
| アメリカ    | 4.07  | 2.78 | 0.015 | -    | 1.77  | 8.6   |
| アジア・太平洋 | 5.20  | 1.20 | 2.03  | 3.15 | 20.62 | 32.2  |
| 計       | 10.06 | 4.59 | 2.19  | 3.40 | 23.59 | 43.8  |
| 比率 (%)  | 23.0  | 10.5 | 5.0   | 7.7  | 53.8  | 100.0 |

出典：FAO 1990森林資源評価 (熱帯諸国篇)

## 2. 2. 2 樹種別の資源量及び材質

### 1) ゴムノキ(資料1~4)

#### ① 資源の概要

1991年の全世界におけるゴムノキの植林面積は主としてアジアを中心に900万haあり、ha当たり平均蓄積量は95m<sup>3</sup>である。年間の供給量は3,900万m<sup>3</sup>であり、このうち1/3強が材料用に使用可能とされているが、現状では年間80万m<sup>3</sup>が経済的に利用されている。今後、供給量は増加し2010年には年間5,200万m<sup>3</sup>に達すると予測されている。

ゴムノキでは25年でゴムの生産量はピークに達し、その後は経済的に生産能力が低下するため、伐採され更新される。25年生のゴムノキの樹幹は直径25~45cm、高さは10mである。なお、ゴムノキはマレーシアに1876年に導入された。

#### ② 材質上の特徴

ゴムノキは、広葉樹材で気乾比重は0.56~0.64である。伐採直後の材色は白黄色であるが、乾燥した後ではクリーム色となり時々ピンク色にも染まる。辺材は心材と区別が困難である。軸方向柔細胞が同心円状に形成され、それがあたかも年輪構造をつくり、製材でも木目を現すことになる。また、ラテックスの採取方法が悪いと、幹の内部に黒いやに状の筋が残り、製材した後に材表面に現れることがある。

乾燥性は比較的容易で、25cmの板では40~60日、50cmのものでは60~80日で天然乾燥が可能である。収縮は少なく、板目で1.2%、まさ目で0.8%である。

ゴムノキは微生物や昆虫の加害を受けやすく、カビ汚染も顕著である。しかし、一方では注入処理が容易な木材でもある。一般的には加圧注入が行われているが、ベセル法以外に交替加圧注入法(APM)や交替加圧・減圧注入法(OPM)も導入されている。一般的に使用されている注入薬剤は、ホウ砂・ホウ酸に適当な防カビ、防腐薬剤を混合したものである。

#### ③ 主たる用途及び期待される用途

食堂セット、庭園家具、応接セット、寝室家具、ロッキングチェア、イス、テーブル天板、などに一般的に使用されている。パーケットフロアとしても十分な硬度を有しているが、積層材にして、階段の踏み板、手摺り、ドアや窓の枠材にも用いられている。

端材は木質ボードの原料として、パーティクルボード、MDF、ブロックボード、木片セメント板などにも利用されている。その他、サラダボール、チーズボード、トレイなどの小物にも用いられている。

### 2) ユーカリ類(資料5~12)

#### ① 資源の概要

早成樹の代表的樹種で、熱帯から温帯地域に広く植栽されている(資料6)。前述のようにブラジルだけでも400万haもの植林がなされている。一口にユーカリといっても多数の樹種(約500種)があり、それぞれの地域に適した樹種が植栽されている。これまでパルプ用材として植栽されることが多く、その適木の判断基準は初期成長性、環境適応性、耐病虫害性、耐寒性、耐乾性、パルプ適性、樹幹通直性、萌芽更新性などである。その結果、ブラジルでは*E. glandis*が、東南アジア・パプアニューギニアではカメレレ(*E. degulpta*)が広く植栽されている。日本に入荷してくるカメレレは主にニューギニア(と

くにニューブリテン島)からのもので、スラウェシからも輸入されることがある。

## ② 材質上の特徴

丸太は比較的円筒形のものが多い。心材の色調は、褐色、淡赤褐色、赤褐色で、新しいときの辺材は淡黄褐色を示す。肌目はやや粗で、木理は通直～やや交錯である。道管の配列が鎖状を示し、他から区別しやすい。放射孔材で、しばしばリボン空が著しい。柔組織は顕著ではない。放射組織は単列である。

気乾比重は、0.44～0.72(天然木)、0.42～0.51(造林木)が知られている。収縮率は中庸、吸水性は小さい。乾燥時に落ち込みや内部割れを起こすことがある。強度的性質は中庸、鋸断性、鉋削性は普通である。製材時、ノコを入れると切り曲がりを生じることがあり、カンナをかけると逆目が出ることもある。乾燥性及び接着性は普通である。辺材の耐朽性は小さく、心材の耐朽性は中庸である。液体注入性は、木口面、板目面とも小さく、吸水量で見ると木口面 $0.13\text{g}/24\text{hr}\cdot\text{cm}^2$ 以下、板目面 $0.035\text{g}/24\text{hr}\cdot\text{cm}^2$ 以下である。

## ③ 主たる用途および期待される用途

主な用途は、フローリング、厚物合板、家具芯材、梱包、足物家具、クルインの代用としてのトラックなどの車の荷台板、パレット、重構造物などである。とくに単層フローリングはオーストラリアで実績があり、その可能性は高いといわれている。

## 3) ファルカータ類(資料13～14)

### ① 資源の概要

マメ科ネムノキ属の植物でギネスブックに記載される程の成長の速さを誇るが、材質は極めて軽軟である。モルッカ諸島から太平洋諸島が原産地とされているが、東南アジアに広く植栽され、土壌のやや貧弱な場所へも植栽が広がっている。樹幹形状はあまり良くなく、完満通直ではない。一般名はセンゴンラウト(インドネシア)、モルッカソウ(フィリピン)と呼称されていたが、最近では *Paraserienthes falcata* が一般的である。

### ② 材質上の特徴

材質は資料の15～16に示す。一般には心辺材の区別は困難で淡黄白色で、放置するうちにやや淡褐黄色～淡桃褐色を帯びる。ときに心材の色が濃く、かなり桃色を帯びることがある。加工は容易であるが、仕上がり面はあまりよくない。製材すると成長応力によってしばしば引き曲がりを生じる。耐朽性はきわめて低く、シロアリやヒラタキクイムシにも侵されやすい。注入性は、低比重であるにもかかわらず困難とされている。

道管の分布数は $2.3\text{個}/\text{mm}^2$ で、孤立道管の接線方向の最大径は $250\sim 330\mu\text{m}$ で、穿孔は単一である。道管のまわりに周囲柔組織が取り囲んでいる。薄壁の木繊維の間に散財柔組織が $25\sim 100\text{個}/\text{m}^2$ ほど一様に存在し、木口面では微細な白点として認められる。この散財柔組織は多室の結晶細胞である。

### ③ 主たる用途及び期待される用途

強度的性質が低いため、そのまま構造用には使用されることはない。軽軟であることを活かして家具や種々の製品の芯材などに用いられている。その他、マッチの軸木、包装用材にも使用されている。合板に用いられるほか、LVLに利用されることもある。最近では、低比重パーティクルボードなどへの利用が検討されている。用途によっては表面硬度の向上、耐朽性能や耐虫性能の付与が課題であろう。

## 参考文献

P. F. Cockburn B. A. : Trees of Sabah, Vol. 1., Borneo Literature Bureau for  
Forest Department Sabah, 1976

須藤彰司： 南洋材、地球出版、1970

上村 武ほか：木材活用事典、産業調査会、1994

緒方 健： 木材工業、**31**, 249(1976)

## 4) アカシア マンギウム (資料15~16)

### ① 資源の概要

これも代表的な早成樹で、熱帯地域における造林面積の約8%を占めている。とくにマレーシアのサバ、サラワク、インドネシアのカリマンタンでは最も多く植えられている。例えば、マレーシアのサバ州においては1992年に100ha、1993年に100ha、1994年に170ha植栽された。今後1995~1997年の間に毎年30ha、計90haが植栽予定である。ただし、一部の造林地では芯腐れの発生が問題になっている。

年間成長量は ha 当たり  $27 \sim 46 \text{ m}^3$  にも達するといわれている。マメ科の植物であり、地中に根を張り窒素を固定し、落ち葉からの有機物供給などで土壤改良にも役立つので、土壤の貧弱な土地にも植栽されている。

### ② 材質上の特徴

材質は資料の17~19に示す。辺心材の差は明らかで、心材は黄褐色、金褐色で色調の濃淡があり、辺材は黄白色、淡黄褐色である。木理はやや交錯する。生長輪はやや認められる。通常、細胞中に菱形の結晶を含む。

無欠点材の曲げ弾性係数は、同一の気乾比重で比較するとき、日本産木材の平均的な値よりいくぶん大きい。曲げ強度はほぼ同程度の値を示す。製材品(有節材)の曲げ強度は、無欠点小試験体に比べ13%小さい。曲げ弾性はあまり変わらない。強度と節径比の間には負の相関があるが、相関係数はあまり高くない。普通構造用材として広葉樹Ⅱ類に規定されている長期曲げ許容応力度は  $70 \text{ kgf/cm}^2$  であるが、アカシヤマンギウムの許容応力度は  $129 \text{ kgf/cm}^2$  であり、十分な強度を持っている。

## 5) 中国産ポプラ

### ① 資源の概要

中国では約20年前からポプラの植林が始まり、その植栽地域は揚子江流域の華中から現在では華北地方まで広がっている。各種のポプラの中からすぐれた成長のものが選抜され、積極的に植林が進められているのは、*Populus deltoides* I-69、I-63と *P. X euramericana* I-72である。*P. X euramericana* は、ヨーロッパブラックポプラと北米のコットンウッドとを交配したグループで、成長と繁殖力が旺盛で、多くのクローンがつけられている。

現在までのポプラの植林面積は300万haに達し、haあたりの年間成長量は  $20 \text{ m}^3$  であるので、トータルの年間成長量は現時点でも6000万  $\text{m}^3$  になる。植林木の成長はきわめてよく、15~20年で用材としての伐採適齢に達している。

### ② 材質上の特徴

*P. X euramericana* I-72の基本的な材質は気乾比重が0.46、含水率1%当たりの収縮率

が半径方向で0.13%、接線方向で0.26%である。

Populus deltoides について、アメリカ産材でのデータを参照すると以下の通りである。辺心材の区別は不明瞭で、材色は灰白色～淡灰褐色である。木理は通直で、肌目は比較的均一である。よく乾燥すると臭いは無臭となる。強度は比較的低い。ケバ立つので加工しにくい。環孔の配列は顕著ではない。一般的に材は軽く柔軟である。耐久性や耐蟻性はきわめて乏しい。ヒラタキクイムシの加害も受ける。注入性はやや良好の部類に入る。コットンウッドと称されており、アスペン (P. tremuloides) との区別は木理で判定されるが容易ではない。

### ③ 主たる用途及び期待される用途

従来は板材、合板、箱もの、バスケット、パルプとして利用されてきた。成長速度が著しいことから、中国では目下、植林ポプラの利用が大きな課題となっており、合板以外に、OSBやPSLへの利用が検討されている。工場生産されているOSBの比重は0.74、曲げ強度は437kgf/cm<sup>2</sup>、はく離強度は6.9kgf/cm<sup>2</sup>、24時間吸水の厚さ膨張率は19.0%、実験室で製造したPSLの場合、比重は0.61、曲げ強度は1094kgf/cm<sup>2</sup>、曲げヤング係数は112 X10<sup>3</sup>kgf/cm<sup>2</sup>、はく離強度は8.4kgf/cm<sup>2</sup>、吸水厚さ膨張率は9.6%である。

#### 参考資料

南京林業大学調査資料

島根大学農学部：外国産木材の強度データ集 (IV ヨーロッパ) 1983

島根大学農学部：輸入木材研究報告、No. 2、1973

## 6) ラジアータパイン (資料17～20)

### ① 資源の概要

現在、全世界では約360万haのラジアータパインの人工造林地があり、現在利用しているラジアータパインのほぼ全てがこれら人工林からのものである。人工林面積の分布を見ても、チリとニュージーランドが各々約1/3ずつを、オーストラリアが約1/5を、その他の国々が約1/10を占めている。1956年と1990年のデータを比較してみると、ラジアータパイン人工林面積の急激な増加傾向が歴然である (表1-4)。

表1-4 世界のラジアータパイン人工林面積の推移

| 国名       | 1956年              |                        | 1990年              |                       |
|----------|--------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
|          | 人工林面積<br>(x1000ha) | 全針葉樹林面積に<br>に対する割合 (%) | 人工林面積<br>(x1000ha) | 全針葉樹林面積<br>に対する割合 (%) |
| オーストラリア  | 122                | 76                     | 681                | 77                    |
| ニュージーランド | 229                | 60                     | 1,136              | 91                    |
| 南アフリカ連邦  | 21                 | 8                      | 57                 | 8                     |
| チリ       | 200                | 99                     | 1,243              | 99                    |
| スペイン     | 51                 | 100                    | データなし              | データなし                 |

[N.B.Lewis/I.S.Ferguson編"Management of radiata pine"(1993)から引用]

前表からも明白なように、ラジアータパイン人工林は南半球に局在しているが、ヨーロッパでも植林が試行されており、その範囲は将来的に拡大することが予想される。

また、熱帯アフリカや熱帯南米でも植林がされている。しかしながら、成功例は少ない。ラジアータパインは、元来、アメリカ合衆国カリフォルニア州の中部海岸地方に生育していた樹種であり、植林が行われている国々にとっては移入種である。本種の生育が良好である温帯あるいは亜熱帯地域の気候的条件の特徴は、年間を通じて適量の降雨があること、夏期に高温多湿になることが少ないこと、あられやひょうがあまり降らないこと、冬期に極端に低温になることがなく霜の影響が小さいことなどが挙げられる。

ラジアータパインは人工林から産出されているため、収穫予測が比較的容易であり、ラジアータパイン丸太生産量は2030年頃にそのピークを迎えるとされ、年間約1億立米に達する。生産性を向上させるために、選別された優良種を基本にした品種改良が行われており、生育環境に適した品種が優先的に植林され、成長率がきわめて高い。

## ② 材質上の特徴

成長率が高いことは、未成熟材の占める割合が高いことにもつながる。一定以上の強度が要求される構造用材として利用する場合には、未成熟材の割合が重要であり、製材品の等級づけの基準にもなっている。マツ類の特徴として周期的に節が集中的に出現するが、枝打ち等の保育により解決しつつある。辺材幅が極端に広いので、カビ汚染が発生しやすく耐朽性も低い。しかし、液体注入性は極めて容易であるので保存処理すれば性能は格段に向上する。

## ③ 主たる用途および期待される用途

かつては各種梱包用材、パレット用材等に使用されたが、現在では各種木質建材に広く活用されている。とくに防腐・防蟻剤を加圧注入した部材は性能が格段に向上するので、住宅土台やエクステリア用に使用される。

## 7) サザンパイン類 (資料21~25)

### ① 資源の概要

1492年にコロンブスがアメリカを発見したころの森林面積の2/3が合衆国に現存しており、その広さは全国土の1/3に相当している。約3億haの森林のうちの2/3が商業用森林である。商業用森林の大半は東部に集中している。商業用森林の58%は私有林、28%が国有林や州有林などの公有林、残りの14%は木材工業を含む企業が所有している。58%の私有林の多くは小規模経営であり、約半分にあたる森林は南部に存在している。公有林は、国有林が最大で、全森林面積の20%を占め、8%が州有林や市有林である。木材工業を営む企業が所有する14%の1/2は南部に位置している。

アメリカ合衆国の南部には広葉樹としてスイートガム (*Liquidambar styraciflua* L.)、オーク (*Quercus* spp.)、アッシュ (*Fraxinus* spp.)、コットンウッド (*Populus* spp.) が生育し、針葉樹としてはサザンパイン (あるいはサザンイエローパイン) が主要樹種である。

南部12州 (テキサス州東部からバージニア州にかけて、図1-1参照) には約7500万haの商業用森林があり、12州の合計土地面積の37%に相当し、アメリカ合衆国全体の商業用森林面積の約39%に匹敵している。南部諸州の商業用森林面積の71%は私有

林、10%が公有林、19%が木材工業を営む企業の所有になっている。サザンパイン類はこの地域の主要な樹種群である。

一般名サザンパインには主要樹種として4種あり、ロングリーフパイン (*Pinus palustris* M.)、ショートリーフパイン (*P. echinata* M.)、ロブローパイン (*P. taeda* L.) とスラッシュパイン (*P. elliottii* E.) が含まれる。

## ② 材質上の特徴

サザンパインは針葉樹の中では強度はもっとも高い部類であり、耐摩耗性、釘保持力も高いため、種々な構造的用途に適している。辺材幅が広く、ラジアータパインと同じく薬剤による保存処理も極めて容易である反面、かびや変色菌に侵害され易い欠点がある。

## ③ 主たる用途

各種の構造的用途に使用される。とくに薬剤の加圧注入性に優れているので、アメリカでは防腐・防蟻処理されて、住宅土台やエクステリア製品に多量に使われている。

## 8) カリビアマツ (資料26~28)

### ① 資源の概要

中米のカリブ海地域の原産で、3変種が知られている。熱帯各地とくにフィジー、マレーシア、サバ・サラワク、カリマンタン、オーストラリア、タンザニアに植栽されている。木材利用ばかりでなく松ヤニ採取用にも利用されている。例えば、フィジーではパルプ用に75000ha植林され、ha当たりの年間生長量は20m<sup>3</sup>とされている。

### ② 材質上の特徴

材質は資料31~32に示す。フィジー産造林木の場合、辺材は淡黄褐色を呈し、その幅は狭く元口で4~6cm、末口で2~3cmで2~数年輪を含む。心材は淡赤色である。年輪は樹心から10年輪程度までは明瞭でないが、これより外側に向かうと年輪界は明らかになる。年輪幅は全体として広く、とくに樹心から10年輪程度までは10~20mmに達している。時には35mmに達することもある。樹心を中心に直径5~10cmの範囲で樹脂の浸出した濃色の部分が存在する。

比重は0.40~0.67程度である。心材の耐朽性は低い。強度的性質に関して特徴的なことは、実大材の強度が無欠点小試験体に比較して、大きく下回っていることである。これはマツ特有の、集中的に分布する節によるものと考えられる。パルプ用はともかく、構造部材としての用途を考えた場合には枝打ち等の育林技術の確立が必要である。

### ③ 主な用途および期待される用途

用途は建築、造作、箱などの一般用、杭木その他の土木用である。今後は集成材に加工されて、日本に輸入されることが多くなるであろう。

## 9) その他の早成樹 (資料29~33)

前述の樹種のほか、熱帯地域には各種の早成樹が植栽されている。例えばメリナ、ラブラ、メルクシマツ、オオカルパマツ、アラウカリアなどである。適地適木の原則に従い、熱帯造林の樹種構成は今後ますます多様化されるであろう。これらも建材用に使用しうる可能性は高い。

### 3. 考察

以上、早成樹の資源状況と材質について論じたが、これらは年間材積生長量が ha 当たり 20~25 m<sup>3</sup>にも達しており、植栽面積の増加とあいまって、持続的に利用可能な森林資源としての期待は大きい。その中でもパルプ用ユーカリは最も多く植栽され、7~10年で伐採され萌芽更新されており、今や広葉樹チップの40%を占めるほどになり、主要な原料供給源となっている。パルプ用木材は材積生長量が問題であって、材質そのものに対する要求性能は建築構造部材ほど高くはない。建材用でもファイバーボードやパーティクルボード原料として用いる場合には比較的低質材も利用できる。

これに対し付加価値の高い製材用には通直な大径木が必要なので、パルプ用とは別の視点が求められる。すなわち伐期が長くなるので初期生長量だけでなく、その後の生長継続性も重要である。また、通直で節の少ないものが必要なので、細かな育林管理が求められる。これらの点については、まだ技術開発の余地がある。

早成樹の必要性は単に木材利用にとどまらず、早急に荒廃地に緑を再生する、あるいは地域住民に薪炭・飼料を供給するという見地からも高い。とくに手間のかかる植栽後数年間はアグロフォレストリー的な取り扱いが有効と考えられる。さらに高品質の木材を供給するためには除伐、間伐、枝打ち等の長期にわたる管理が必要とされるが、それを実現するためには取り除かれた樹木や枝葉が薪炭・飼料に有効活用されるようなシステムの確立が必要であろう。

早成樹の材質については、まだ未成熟材の範囲すらも明らかでないものもあり、今後の試験研究が望まれる。早成樹はおしなべて軽軟材なので、強度的には重硬材に比較して劣る。したがって、軽さが利点となるような用途への利用をまず考えるべきであろう。家具へのファルカータの利用がその良い例である。また、マツ類は節による強度低下が大きいので、製材品としての用途を考える場合にはこの問題を解決しなければならない。最も有力な解決方法は集成材として利用することであろう。

早成樹は耐朽性に欠けるものが多いが、ラジアータパインの例に見られるように液体注入性の容易なものが多いので、加圧注入による品質改善の可能性は高い。例えば米国のサザンパインのように、素材の耐朽性は決して高くないが、防腐剤の加圧注入によって耐朽性が飛躍的に向上したため、防腐処理製品の販路が急激に増大した事例もある。液体注入性に優れた早成樹は、このような処理をほどこして付加価値を高めるべきであろう。

カビ等の汚染の発生については、ゴムノキの例に典型的に見られるように、熱帯雨林地域では気象条件がカビの繁殖に適していることもあって、ほとんどの早成樹において発生する。防カビのためには丸太・製材品への早めの防カビ処理と乾燥処理が不可欠である。

### 4. 今後の課題

前述の調査により、早成樹の資源状況については大まかに把握することができた。しかし、その材質についてはまだ不明な点が多い。多くの早成樹はカビ汚染が発生しやすく、耐朽性及び耐蟻性に欠けることが、資料調査の結果から明らかになった。しかし、それらは個別の試験法による評価なので、早成樹相互間の耐朽性比較には使えない。また、製材品として高耐久性を要求される用途に使う場合には注入加工が行われることになるが、薬剤の注入性（注入量及び注入均一性）についてはほとんど明らかになっていない。これらの

点については、今後一定の試験方法に基づいたテストを行う必要がある。

将来的に見て、植栽された熱帯産早成樹の建材用途向けの輸入が増すものと見込まれるので、耐久性に係わる試験を早急に行い、早成樹といえども適材適所に使用することが大切であろう。

|     |         |                                     |
|-----|---------|-------------------------------------|
| 文献名 | 著者      | The Malaysian Timber Industry Board |
|     | 表題      | Malaysian Rubberwood                |
|     | 雑誌名・著書名 | 1988                                |

|          |                                                               |                                  |            |                                    |      |                        |
|----------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------|------------------------------------|------|------------------------|
| 資源量      | 国名                                                            | マレーシア                            | 樹種名        | ゴムノキ ( <i>Hevea brasiliensis</i> ) | 産地名  |                        |
|          | 植栽面積                                                          |                                  |            |                                    |      |                        |
|          | 樹齢                                                            | 25年                              |            |                                    |      |                        |
|          | 樹高                                                            | 10 m (clear bole)                |            |                                    |      |                        |
|          | 胸高直径                                                          | 25~45 cm                         |            |                                    |      |                        |
| 材質       | 樹幹形状                                                          |                                  |            |                                    |      |                        |
|          |                                                               | ゴムノキ (Para rubberwood)           |            |                                    |      |                        |
| 材質       | 組織上の特徴                                                        |                                  |            |                                    |      |                        |
|          | 心材、辺材の区別                                                      | 不明確                              | 辺材幅        |                                    |      |                        |
|          | 木理の通直性                                                        | ほぼ通直<br>樹脂細胞が同心円状に配列し、年輪模様を描き出す  |            |                                    |      |                        |
|          | 物理的性質                                                         |                                  |            |                                    |      |                        |
|          | 容積密度                                                          | 0.56~0.64 g/cm <sup>3</sup> (気乾) |            |                                    |      |                        |
|          | 収縮率                                                           | R方向: 0.8 %                       | T方向: 1.2 % | T/R: 1.5                           |      |                        |
|          | 吸水性                                                           |                                  |            |                                    |      |                        |
|          | 加圧注入性                                                         | 容易                               | 注入均一性      | 良                                  |      |                        |
|          | 強度的性質 (気乾)                                                    |                                  |            |                                    |      |                        |
|          | 曲げ強度                                                          | 66 N/mm <sup>2</sup>             | 曲げ弾性係数     | 9240 N/mm <sup>2</sup>             |      |                        |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー                                                   |                                  |            |                                    |      |                        |
|          | 横圧縮強度                                                         | 4.69 N/mm <sup>2</sup>           | 縦圧縮強度      | 32.0 N/mm <sup>2</sup>             | 剪断強度 | 11.0 N/mm <sup>2</sup> |
|          | 表面硬さ                                                          |                                  |            |                                    |      |                        |
|          | 生物劣化抵抗性                                                       |                                  |            |                                    |      |                        |
|          | カビ汚染性                                                         | 大                                | 耐朽性        | 極小                                 |      |                        |
| 耐蟻性      | 極小                                                            |                                  |            |                                    |      |                        |
| 帯鋸による製材性 | 鋸断研削が容易で平滑面が得られる                                              |                                  |            |                                    |      |                        |
| 挽き材乾燥性   | 早い (天乾で25mmの挽版の場合40~60日)<br>(人乾の場合、欠点除去の目的で高温高湿のスケジュールが用いられる) |                                  |            |                                    |      |                        |
| 接着性      | 良                                                             |                                  |            |                                    |      |                        |
| その他      | 用途: 家具(特にモールド加工品)、パーケットフロア、集成材(階段板、窓枠)、パーティクルボード、MDF、セメントボード  |                                  |            |                                    |      |                        |

|     |         |                  |
|-----|---------|------------------|
| 文献名 | 著者      | P. F. Burgess    |
|     | 表題      | Timbers of Sabah |
|     | 雑誌名・著書名 | 1966             |

|     |               |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|-----|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------|-----|--------|--|
| 資源量 | 国名            |                                                                                         | 樹種名 | ゴムノキ ( <i>Hevea brasiliensis</i> ) | 産地名 | サバ     |  |
|     | 植栽面積          |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | 樹齢            |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | 樹高            |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | 胸高直径          |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | 樹幹形状          |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
| 材質  | 組織上の特徴        |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | 心材、辺材の区別      | 不明瞭                                                                                     | 辺材幅 |                                    |     |        |  |
|     | 木理の通直性        |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | 物理的性質         |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | 容積密度          | 0.35~0.40 g/cm <sup>3</sup>                                                             |     |                                    |     |        |  |
|     | 収縮率           |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | 吸水性           |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | 加圧注入性         | 可能                                                                                      |     |                                    |     |        |  |
|     | 強度的性質         |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | 曲げ強度          |                                                                                         |     |                                    |     | 曲げ弾性係数 |  |
|     | 衝撃曲げ吸収エネルギー   |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | 横圧縮強度         |                                                                                         |     |                                    |     | 縦圧縮強度  |  |
|     | 表面硬さ          |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | 生物劣化抵抗性       |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     | カビ汚染性         | 大                                                                                       | 耐朽性 | 極小                                 |     |        |  |
|     | 耐蟻性           | 極小                                                                                      |     |                                    |     |        |  |
|     |               | ambrosia beetle, longhorn beetleの加害を受けやすい                                               |     |                                    |     |        |  |
|     | 帯鋸による製材性      | 特に問題は無い                                                                                 |     |                                    |     |        |  |
|     | 挽き材乾燥性        | 1.5インチの板の天乾に要する期間は2ヶ月<br>防ばい液の処理と棧木押さえをしないと、変色、曲がり、そりを生じる<br>木口割れが生じることがあるので、シールがすすめられる |     |                                    |     |        |  |
|     | 接着性           |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
| その他 | 釘打ちで割れやすい場合あり |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     |               |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |
|     |               |                                                                                         |     |                                    |     |        |  |

## 世界におけるゴムノキの供給事情

by M. Simula

"International Forum on Investment Opportunities in the Rubberwood Industry"

1993, K.L., Malaysia

## ゴムノキの植林事情

世界におけるゴムノキの植林は、約900万haと推定されているが、このうち90%はアジアである。その中でも、インドネシア、マレーシア、タイが世界全体の74%を占めている。他の産出国は、アジアでは中国、インド、スリランカ、ベトナムとフィリピンである。アフリカは全体の6%であるが、主たる産出国はナイジェリア、リビア、ザイールなどである。ブラジルに代表されるラテンアメリカは3%である。

アフリカやラテンアメリカの諸国はゴムノキの植林を増やそうとしているが、マレーシアでは1970年代以降減少傾向にある。インドネシアやタイでは、過去10年間は飛躍的に植林面積が増大してきたが、ここにきて増加傾向に限界がみられるようになってきた。

## ゴムノキの蓄積量

世界中でのゴムノキの蓄積量は866,000千 $m^3$ であり、これには幹や直径5cm以上の枝も含まれている。ゴムノキの年間成長量は、30~40年のローテーションとしてhaあたり3.6~6.5 $m^3$ といわれている。伐採時の収穫量は、haあたり140~200 $m^3$ である。

ゴムノキの供給においては、直径15cm以上のものは丸太用(Log)として分けられ、製材や合板に供せられる。一方、15cm以下のものは燃料用(Fuelwood)として、燃料やボード原料のチップとして使用される。

1997年までの供給予測によると、世界中では年間39,000千 $m^3$ であり、このうちいわゆるLogは11,000千 $m^3$ である(経済林としては、それぞれ29,000千 $m^3$ と8,000千 $m^3$ である)。2021年までには、この供給量は52,000千 $m^3$ (このうちLogは14,000千 $m^3$ )に達するものと予測されている。

## マレーシアにおけるゴムノキの利用

by C. H. Teng

"International Forum on Investment Opportunities in the Rubberwood Industry"

1993, K.L., Malaysia

## 資源状況

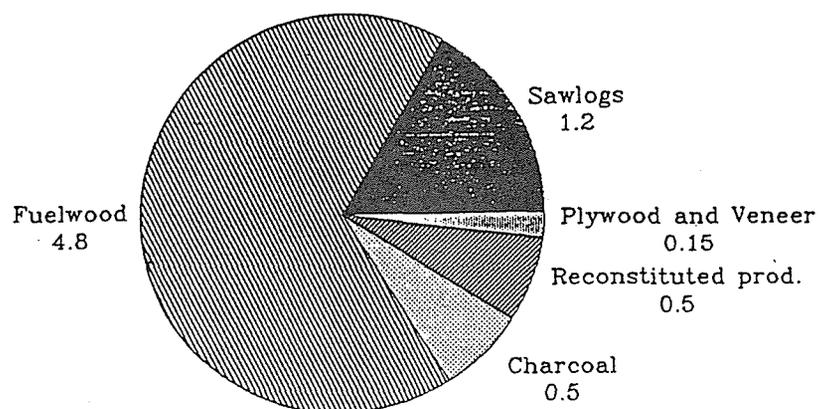
植林面積はマレーシア全土で183万haで、そのうち半島マレーシアが154万haである。ゴムノキは25～30年で伐採されるが、平均してその伐採率は3%である。1993～2008年にかけてのゴムノキの丸太の利用率は、150万m<sup>3</sup>と予測されている。

## 利用状況

## マレーシアにおけるゴムノキ材の生産量

| Year | Volume<br>(cubic metres) |
|------|--------------------------|
| 1987 | 898,022                  |
| 1988 | 1,240,979                |
| 1989 | 1,103,148                |
| 1990 | 971,003                  |
| 1991 | 1,622,366                |
| 1992 | 1,837,239                |

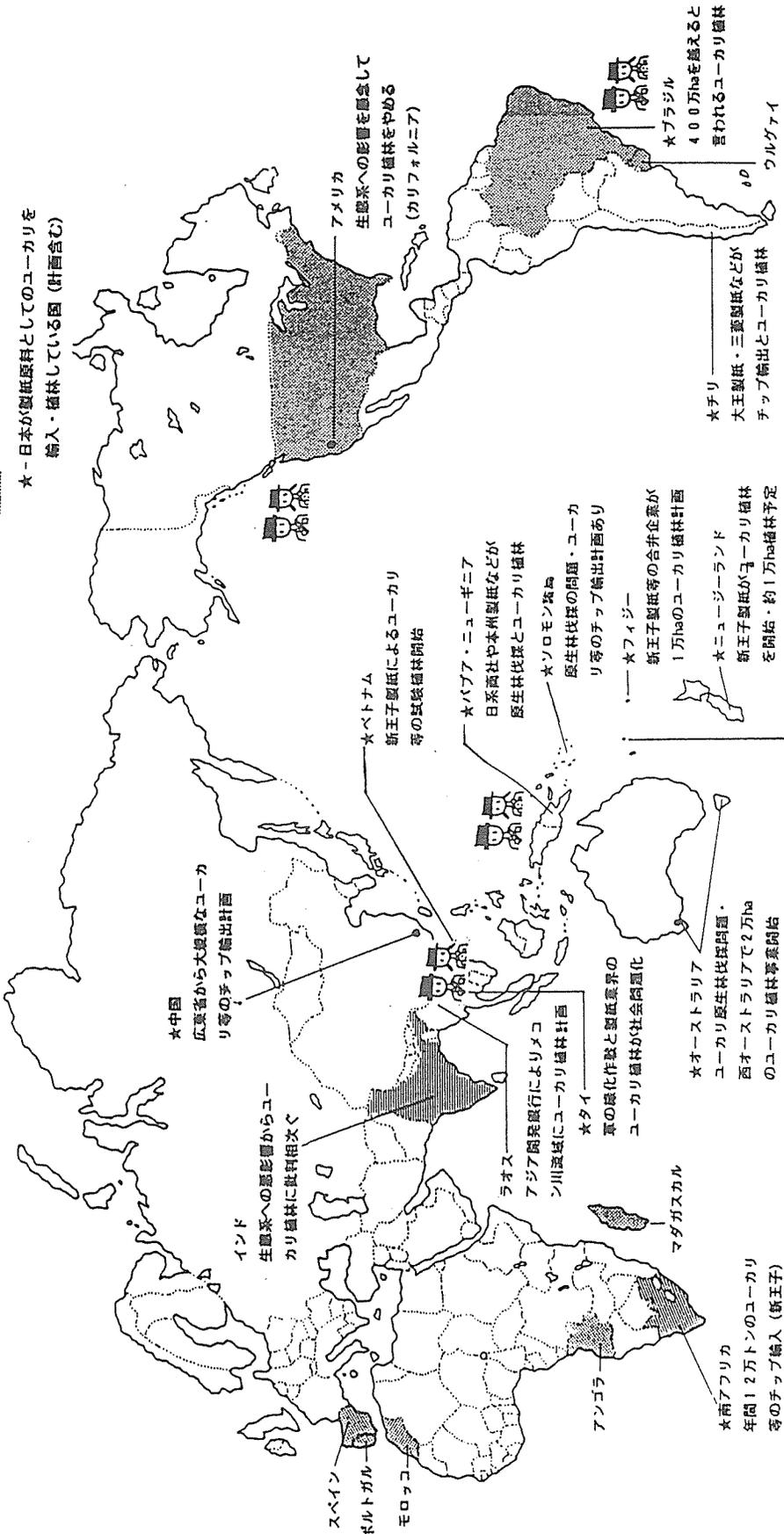
Source: Ministry of Primary Industries, Malaysia

利用状況(百万m<sup>3</sup>)

# 世界のユーカリ植林地図

ユーカリ植林地の多い10ヵ国  
(FAO 1977年資料より)

★-日本が製紙原料としてのユーカリを  
輸入・植林している国 (計画含む)



紙パルプ・植林問題市民ネットワーク著：沈黙の森・ユーカリ（1994）梨の木社より

|     |         |                                 |
|-----|---------|---------------------------------|
| 文献名 | 著者      | 林業試験場                           |
|     | 表題      | 南洋材の性質19, カリマンタン、ニューギニア産10樹種の性質 |
|     | 雑誌名・著書名 | 林試研報 No.262、59-163 (1974)       |

|          |             |                                                                          |                                                                       |
|----------|-------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 資源量      | 国名          | 樹種名: カメレレ ( <i>Eucalyptus deglupta</i> BL.)                              | 産地名: ニューギニア                                                           |
|          | 植栽面積        |                                                                          |                                                                       |
|          | 樹齡          |                                                                          |                                                                       |
|          | 樹高          |                                                                          |                                                                       |
|          | 胸高直径        |                                                                          |                                                                       |
| 材質       | 樹幹形状        |                                                                          |                                                                       |
|          | 組織上の特徴      | 導管配列が鎖状                                                                  |                                                                       |
|          | 心材、辺材の区別    | 明確 (心材: 赤褐色)                                                             | 辺材幅:                                                                  |
|          | 木理の通直性      | 交錯                                                                       |                                                                       |
|          | 物理的性質       |                                                                          |                                                                       |
|          | 容積密度        | 0.49~0.75 g/cm <sup>3</sup>                                              |                                                                       |
|          | 収縮率         | R方向: 3.6~4.8 %      T方向: 7.8~9.9 %      T/R: 2.1                         |                                                                       |
|          | 吸水性         | 木口面: 0.13 g/24hr·cm <sup>2</sup> 以下、板目面: 0.035 g/24hr·cm <sup>2</sup> 以下 |                                                                       |
|          | 加圧注入性       |                                                                          |                                                                       |
|          | 強度的性質       |                                                                          |                                                                       |
|          | 曲げ強度        | 665~1095 kgf/cm <sup>2</sup>                                             | 曲げ弾性係数: 88.6~127 kgf/cm <sup>2</sup>                                  |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー | 0.75~1.25 kgf·m/cm <sup>2</sup>                                          |                                                                       |
|          | 横圧縮強度       | 11.9~33.5 kgf/cm <sup>2</sup>                                            | 縦圧縮強度: 385~577 kgf/cm <sup>2</sup> 剪断強度: 68.5~110 kgf/cm <sup>2</sup> |
|          | 表面硬さ        | 0.7~2.7 kgf/mm <sup>2</sup>                                              | 耐摩耗性: 0.021~0.032 mm/100回転                                            |
|          | 生物劣化抵抗性     |                                                                          |                                                                       |
| カビ汚染性    |             | 耐朽性: 小                                                                   |                                                                       |
| 耐蟻性      |             |                                                                          |                                                                       |
| 帯鋸による製材性 | 普通          |                                                                          |                                                                       |
| 挽き材乾燥性   | 普通          |                                                                          |                                                                       |
| 接着性      | 普通          |                                                                          |                                                                       |
| その他      |             |                                                                          |                                                                       |

|     |         |                   |
|-----|---------|-------------------|
| 文献名 | 著者      | K. R. Bootle      |
|     | 表題      | Wood in Australia |
|     | 雑誌名・著書名 | 1983              |

|        |                  |                                   |        |                                        |     |            |
|--------|------------------|-----------------------------------|--------|----------------------------------------|-----|------------|
| 資源量    | 国名               |                                   | 樹種名    | カメレレ ( <i>Eucalyptus deglupta</i> BL.) | 産地名 | パプア・ニューギニア |
|        | 植栽面積             |                                   |        |                                        |     |            |
|        | 樹齢               |                                   |        |                                        |     |            |
|        | 樹高               |                                   |        |                                        |     |            |
|        | 胸高直径             |                                   |        |                                        |     |            |
|        | 樹幹形状             |                                   |        |                                        |     |            |
|        |                  | PNG セレベス原産                        |        |                                        |     |            |
| 材質     | 組織上の特徴           |                                   |        |                                        |     |            |
|        | 心材、辺材の区別         | 不明瞭                               | 辺材幅    | 20~40 mm                               |     |            |
|        | 木理の通直性           | 交錯                                |        |                                        |     |            |
|        |                  | 木目                                | 平滑~粗   |                                        |     |            |
|        | 物理的性質            |                                   |        |                                        |     |            |
|        | 容積密度             | 0.4~0.7 g/cm <sup>3</sup> (若齢植林木) |        |                                        |     |            |
|        | 収縮率              | R方向                               | 3 %    | T方向                                    | 5 % | T/R : 1.67 |
|        | 吸水性              |                                   |        |                                        |     |            |
|        | 加圧注入性            | 困難                                |        |                                        |     |            |
|        |                  |                                   |        |                                        |     |            |
| 材質     | 強度的性質            | (気乾強度)                            |        |                                        |     |            |
|        | 曲げ強度             | 105 Mpa                           | 曲げ弾性係数 | 14 Gpa                                 |     |            |
|        | 衝撃曲げ吸収エネルギー      | 19 J                              |        |                                        |     |            |
|        | 横圧縮強度            |                                   | 縦圧縮強度  |                                        |     |            |
|        | 表面硬さ             | 5.3 KN                            |        |                                        |     |            |
|        | 生物劣化抵抗性          |                                   |        |                                        |     |            |
|        | カビ汚染性            |                                   | 耐朽性    | 中庸 (接地条件には不適)                          |     |            |
|        | 耐蟻性              |                                   |        |                                        |     |            |
|        |                  | ヒラタキクイムシに加害される                    |        |                                        |     |            |
|        | 帯鋸による製材性         | 容易                                |        |                                        |     |            |
| 挽き材乾燥性 | 容易               |                                   |        |                                        |     |            |
| 接着性    | 良                |                                   |        |                                        |     |            |
| その他    | 釘打ちには前もっての穴あけが必要 |                                   |        |                                        |     |            |
|        |                  |                                   |        |                                        |     |            |
|        |                  |                                   |        |                                        |     |            |

|     |         |                               |
|-----|---------|-------------------------------|
| 文献名 | 著者      | 熱帯産造林木研究班                     |
|     | 表題      | 熱帯産造林木の材質 第2報 パプア・ニューギニア産カメレレ |
|     | 雑誌名・著書名 | 林試研報 No.347 (1987)            |

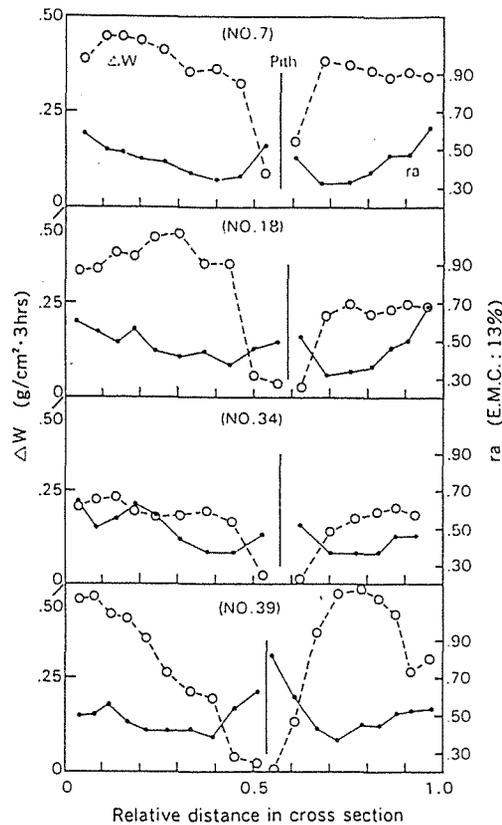
|          |                                         |                                                    |      |                                        |      |        |
|----------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|------|----------------------------------------|------|--------|
| 資源量      | 国名                                      | パプア・ニューギニア                                         | 樹種名  | カメレレ ( <i>Eucalyptus deglupta</i> BL.) | 産地名  | ホスキンス  |
|          | 植栽面積                                    |                                                    |      |                                        |      |        |
|          | 樹齡                                      |                                                    |      |                                        |      |        |
|          | 樹高                                      |                                                    |      |                                        |      |        |
|          | 胸高直径                                    | 樹齡20年で60~70cm (樹高は50~60m)                          |      |                                        |      |        |
|          | 樹幹形状                                    |                                                    |      |                                        |      |        |
| 材質       | 組織上の特徴                                  |                                                    |      |                                        |      |        |
|          | 心材、辺材の区別                                | 不明瞭                                                | 辺材幅: |                                        |      |        |
|          | 木理の通直性                                  | 交錯木理                                               |      |                                        |      |        |
|          | 物理的性質                                   |                                                    |      |                                        |      |        |
|          | 容積密度                                    | 別表参照                                               |      |                                        |      |        |
|          | 収縮率                                     | 平均 0.338 (0.269~0.511) g/cm <sup>3</sup>           |      |                                        |      |        |
|          | 吸水性                                     | R方向: 平均 3.6 (2.0~5.8)%      T方向: 平均 6.3 (4.8~9.0)% |      |                                        |      |        |
|          | 加圧注入性                                   | T/R: 平均 1.8 (1.0~2.6)                              |      |                                        |      |        |
|          | 加圧注入性                                   | 小さい                                                |      |                                        |      |        |
|          | 強度的性質                                   |                                                    |      |                                        |      |        |
|          | 曲げ強度                                    | 別表参照                                               |      |                                        |      |        |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー                             |                                                    |      |                                        |      |        |
|          | 横圧縮強度                                   |                                                    |      |                                        |      | 縦圧縮強度: |
|          | 表面硬さ                                    |                                                    |      |                                        |      |        |
|          | 生物劣化抵抗性                                 |                                                    |      |                                        |      |        |
| カビ汚染性    |                                         |                                                    |      |                                        | 耐朽性: |        |
| 耐蟻性      |                                         |                                                    |      |                                        |      |        |
| 帯鋸による製材性 | 挽き材の後の曲がりを除いて、問題となる点はない。                |                                                    |      |                                        |      |        |
| 挽き材乾燥性   | 容易で速い                                   |                                                    |      |                                        |      |        |
| 接着性      | ユリア樹脂接着剤の場合は良好、フェノール樹脂接着剤の場合部分的に劣る傾向がある |                                                    |      |                                        |      |        |
| その他      |                                         |                                                    |      |                                        |      |        |

|     |         |                               |
|-----|---------|-------------------------------|
| 文献名 | 著者      | 熱帯産造林木研究班                     |
|     | 表題      | 熱帯産造林木の材質 第2報 パプア・ニューギニア産カメレレ |
|     | 雑誌名・著書名 | 林試研報 No.347 (1987)            |

|          |                                         |                                                                             |       |                                        |     |    |
|----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------|-----|----|
| 資源量      | 国名                                      | パプア・ニューギニア                                                                  | 樹種名   | カメレレ ( <i>Eucalyptus deglupta</i> BL.) | 産地名 | モサ |
|          | 植栽面積                                    | }                                                                           | 樹齡    |                                        |     |    |
|          | 樹高                                      |                                                                             |       |                                        |     |    |
|          | 胸高直径                                    |                                                                             |       |                                        |     |    |
|          | 樹幹形状                                    |                                                                             |       |                                        |     |    |
|          |                                         |                                                                             |       |                                        |     |    |
| 材質       | 組織上の特徴                                  |                                                                             |       |                                        |     |    |
|          | 心材、辺材の区別                                | 不明瞭                                                                         | 辺材幅   |                                        |     |    |
|          | 木理の通直性                                  | 交錯木理                                                                        |       |                                        |     |    |
|          | 物理的性質                                   |                                                                             |       |                                        |     |    |
|          | 容積密度                                    | 平均 0.359 (0.339~0.381) g/cm <sup>3</sup>                                    |       |                                        |     |    |
|          | 収縮率                                     | R方向: 平均 3.7 (3.1~4.3)%      T方向: 平均 6.4 (5.7~7.3)%<br>T/R: 平均 1.8 (1.6~1.9) |       |                                        |     |    |
|          | 吸水性                                     | 小さい                                                                         |       |                                        |     |    |
|          | 加圧注入性                                   |                                                                             |       |                                        |     |    |
|          | 強度的性質                                   |                                                                             | 別表参照  |                                        |     |    |
|          | 曲げ強度                                    |                                                                             |       |                                        |     |    |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー                             |                                                                             |       |                                        |     |    |
|          | 横圧縮強度                                   |                                                                             | 縦圧縮強度 |                                        |     |    |
|          | 表面硬さ                                    |                                                                             |       |                                        |     |    |
|          | 生物劣化抵抗性                                 |                                                                             |       |                                        |     |    |
|          | カビ汚染性                                   |                                                                             | 耐朽性   |                                        |     |    |
| 耐蟻性      |                                         |                                                                             |       |                                        |     |    |
| 帯鋸による製材性 | 挽き材の後の曲がりを除いて、問題となる点は無い                 |                                                                             |       |                                        |     |    |
| 挽き材乾燥性   | 容易で速い                                   |                                                                             |       |                                        |     |    |
| 接着性      | ユリア樹脂接着剤の場合は良好、フェノール樹脂接着剤の場合部分的に劣る傾向がある |                                                                             |       |                                        |     |    |
| その他      |                                         |                                                                             |       |                                        |     |    |
|          |                                         |                                                                             |       |                                        |     |    |
|          |                                         |                                                                             |       |                                        |     |    |

|     |         |                               |
|-----|---------|-------------------------------|
| 文献名 | 著者      | 熱帯産造林木研究班                     |
|     | 表題      | 熱帯産造林木の材質 第2報 パプア・ニューギニア産カメレレ |
|     | 雑誌名・著書名 | 林試研報 No.347 (1987)            |

|          |                                         |                                                                        |     |                                        |     |       |
|----------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------|-----|-------|
| 資源量      | 国名                                      | パプア・ニューギニア                                                             | 樹種名 | カメレレ ( <i>Eucalyptus deglupta</i> BL.) | 産地名 | ケラバット |
|          | 植栽面積                                    |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          | 樹齡                                      |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          | 樹高                                      |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          | 胸高直径                                    |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          | 樹幹形状                                    |                                                                        |     |                                        |     |       |
| 材質       | <b>組織上の特徴</b>                           |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          | 心材、辺材の区別                                | 不明瞭                                                                    | 辺材幅 |                                        |     |       |
|          | 木理の通直性                                  | 交錯木理                                                                   |     |                                        |     |       |
|          | <b>物理的性質</b>                            |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          | 容積密度                                    | 平均 0.369 (0.278~0.527) g/cm <sup>3</sup>                               |     |                                        |     |       |
|          | 収縮率                                     | R方向：平均 3.6 (2.7~5.4)%    T方向：平均 6.7 (5.0~8.3)%<br>T/R：平均 1.9 (1.2~2.6) |     |                                        |     |       |
|          | 吸水性                                     | 小さい                                                                    |     |                                        |     |       |
|          | 加圧注入性                                   |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          | <b>強度的性質</b>                            |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          | 曲げ強度                                    | 別表参照                                                                   |     |                                        |     |       |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー                             |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          | 横圧縮強度                                   |                                                                        |     |                                        |     | 縦圧縮強度 |
|          | 表面硬さ                                    |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          | <b>生物劣化抵抗性</b>                          |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          | カビ汚染性                                   |                                                                        |     |                                        |     | 耐朽性   |
| 耐蟻性      |                                         |                                                                        |     |                                        |     |       |
| 帯鋸による製材性 | 挽き材の後の曲がりを除いて、問題となる点は無い。                |                                                                        |     |                                        |     |       |
| 挽き材乾燥性   | 容易で速い                                   |                                                                        |     |                                        |     |       |
| 接着性      | ユリア樹脂接着剤の場合は良好、フェノール樹脂接着剤の場合部分的に劣る傾向がある |                                                                        |     |                                        |     |       |
| その他      | 20年を過ぎると、ほぼ成熟材 (未成熟材は樹心から20~25cmに及ぶ)    |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          |                                         |                                                                        |     |                                        |     |       |
|          |                                         |                                                                        |     |                                        |     |       |



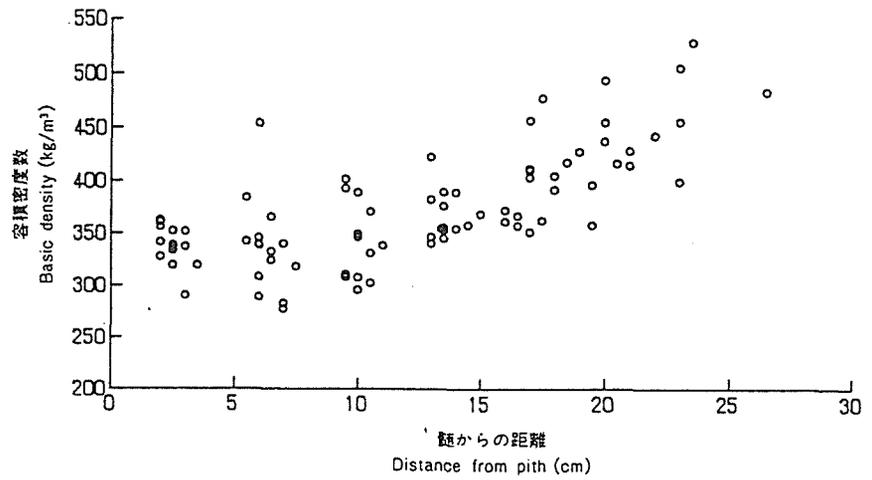
木口面直径に沿った吸水量の変動  
パターン

( $\Delta W$ : 吸水量,  $r_a$ : 気乾比重)

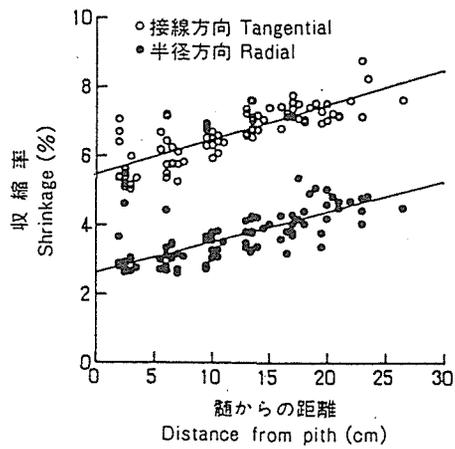
Patterns of water absorption amount  
in cross section ( $\Delta W$ : water absorption  
amount,  $r_a$ : specific gravity at  
air dry).

### ニューブリテンのカメレレ造林

カメレレの人工造林は、フィリピン、インドネシア、パプア・ニューギニア、フィジーなどの広い範囲にわたって行われている。ニューブリテンではカメレレが人工造林され始めたのは1948年で、場所は今回の試験木の採集地の一つであるケラバット (Keravat) であるとされている。現在最も広い面積をもつのは、西ニューブリテンのホスキンス周辺の造林地であろう。その中でも、スティティンベイ・ランバー社の所有する造林地はすでに1986年現在で、1.702 haに達している。なお、同社では、カメレレの場合輪伐期は20年で、その際の平均胸高直径は60~70cm、平均樹高50~60m、予想収穫立木材積700~1000 m<sup>3</sup>/haとしている。



樹幹水平方向における容積密度数の変動 (ケラバット産)  
Variation of basic density from pith (sample from Keravat).



樹幹水平方向における収縮率の変動 (ケラバット産)  
Variation of shrinkage from pith (sample from Keravat).

|     |         |                          |
|-----|---------|--------------------------|
| 文献名 | 著者      | Tree Talk, Inc. (CD-ROM) |
|     | 表題      | Woods in the World       |
|     | 雑誌名・著書名 | 1994                     |

|          |                                                    |                                                      |            |       |              |  |
|----------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------|-------|--------------|--|
| 資源量      | 樹種名                                                | ファルカータ [ <i>Albizia falcataria</i> (Paraserianthes)] |            | 産地名   | マレーシア        |  |
|          | 植栽面積                                               |                                                      |            |       |              |  |
|          | 樹齢                                                 |                                                      |            |       |              |  |
|          | 樹高                                                 |                                                      |            |       |              |  |
|          | 胸高直径                                               |                                                      |            |       |              |  |
|          | 樹幹形状                                               |                                                      |            |       |              |  |
| 材質       | <b>組織上の特徴</b>                                      |                                                      |            |       |              |  |
|          | 心材、辺材の区別                                           |                                                      |            |       | 辺材幅          |  |
|          | 木理の通直性                                             | 通直～交錯                                                |            |       |              |  |
|          | <b>物理的性質</b>                                       |                                                      |            |       |              |  |
|          | 容積密度                                               | 0.2～0.3 g/cm <sup>3</sup>                            |            |       |              |  |
|          | 収縮率                                                | R方向：3% (全)                                           | T方向：6% (全) | T/R：2 |              |  |
|          | 吸水性                                                |                                                      |            |       |              |  |
|          | 加圧注入性                                              | 心材の注入性は中庸                                            | 注入均一性      | やや不良  |              |  |
|          | <b>強度的性質</b>                                       |                                                      |            |       |              |  |
|          | 曲げ強度                                               | 7680 psi                                             |            |       |              |  |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー                                        |                                                      |            |       |              |  |
|          | 横圧縮強度                                              |                                                      |            | 縦圧縮強度 | 剪断強度：938 psi |  |
|          | 表面硬さ                                               | 390 Ibs                                              |            |       |              |  |
|          | <b>生物劣化抵抗性</b>                                     |                                                      |            |       |              |  |
|          | カビ汚染性                                              | 大                                                    | 耐朽性：小      |       |              |  |
| 耐蟻性      | 極小(ヒラタキクイムシの食害も受ける)                                |                                                      |            |       |              |  |
| 帯鋸による製材性 | 鋸断は容易、研削も容易であるが鋭利な刃が要求される<br>成長応力による影響あり、鋸くずは鼻喉を刺激 |                                                      |            |       |              |  |
| 挽き材乾燥性   | 乾燥は容易で早い、欠点の発生はない                                  |                                                      |            |       |              |  |
| 接着性      | 良                                                  |                                                      |            |       |              |  |
| その他      | 家具用、LVL用                                           |                                                      |            |       |              |  |

|     |         |      |
|-----|---------|------|
| 文献名 | 著者      | 須藤彰司 |
|     | 表題      | 南洋材  |
|     | 雑誌名・著書名 | 1970 |

|          |                    |                                                    |            |                                |                                 |
|----------|--------------------|----------------------------------------------------|------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 資源量      | 樹種名                | ファルカータ [ <i>Albizzia falcata</i> (Paraserianthes)] |            | 産地名                            | マレーシア                           |
|          | 植栽面積               |                                                    |            |                                |                                 |
|          | 樹齡                 |                                                    |            |                                |                                 |
|          | 樹高                 |                                                    |            |                                |                                 |
|          | 胸高直径               |                                                    |            |                                |                                 |
|          | 樹幹形状               |                                                    |            |                                |                                 |
| 材質       | 組織上の特徴             |                                                    |            |                                |                                 |
|          | 心材、辺材の区別           | やや不明瞭                                              | 辺材幅        |                                |                                 |
|          | 木理の通直性             |                                                    |            |                                |                                 |
|          | 物理的性質              |                                                    |            |                                |                                 |
|          | 容積密度               | 0.32~0.46 g/cm <sup>3</sup>                        |            |                                |                                 |
|          | 収縮率                | R方向: 1.1 %                                         | T方向: 3.4 % | T/R: 3.1                       |                                 |
|          | 吸水性                |                                                    |            |                                |                                 |
|          | 加圧注入性              |                                                    |            |                                |                                 |
|          | 強度的性質 (気乾強度)       |                                                    |            |                                |                                 |
|          | 曲げ強度               | 526 kgf/cm <sup>2</sup>                            |            |                                |                                 |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー        |                                                    |            |                                |                                 |
|          | 横圧縮強度              |                                                    |            | 縦圧縮強度: 283 kgf/cm <sup>2</sup> | 剪断強度: 50~54 kgf/cm <sup>2</sup> |
| 表面硬さ     |                    |                                                    |            |                                |                                 |
| 生物劣化抵抗性  |                    |                                                    |            |                                |                                 |
| カビ汚染性    | 大                  | 耐朽性   小                                            |            |                                |                                 |
| 耐蟻性      | 小                  |                                                    |            |                                |                                 |
| 帯鋸による製材性 | 容易で仕上がりは良好         |                                                    |            |                                |                                 |
| 挽き材乾燥性   | 天乾は良好              |                                                    |            |                                |                                 |
| 接着性      |                    |                                                    |            |                                |                                 |
| その他      | 軽軟であることから軽構造物、包装箱用 |                                                    |            |                                |                                 |

|     |         |                                         |
|-----|---------|-----------------------------------------|
| 文献名 | 著者      | 中井 孝                                    |
|     | 表題      | Mechanical properties of Tropical Woods |
|     | 雑誌名・著書名 | JARQ, 18(4), 315-323(1985)              |

|                                  |                |                                   |                                   |            |                                                 |    |
|----------------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------------------------|----|
| 資源量                              | 国名             | マレーシア                             | 樹種名                               | アカシア・マンギウム | 産地名                                             | サバ |
|                                  | 植栽面積           |                                   |                                   |            |                                                 |    |
|                                  | 樹齢             |                                   |                                   |            |                                                 |    |
|                                  | 樹高             |                                   |                                   |            |                                                 |    |
|                                  | 胸高直径           |                                   |                                   |            |                                                 |    |
|                                  | 樹幹形状           |                                   |                                   |            |                                                 |    |
|                                  | Acacia mangium |                                   |                                   |            |                                                 |    |
| 材質                               | 組織上の特徴         |                                   |                                   |            |                                                 |    |
|                                  | 心材、辺材の区別       |                                   | 辺材幅                               | 未成熟材幅      |                                                 |    |
|                                  | 木理の通直性         |                                   | 生長輪内の比重差                          |            |                                                 |    |
|                                  | 物理的性質          |                                   |                                   |            |                                                 |    |
|                                  | 容積密度数 (比重)     |                                   | 0.36~0.59                         |            |                                                 |    |
|                                  | 収縮率            |                                   | R方向:                              | T方向:       | T/R:                                            |    |
|                                  | 吸水性            |                                   |                                   |            |                                                 |    |
|                                  | 吸水度            |                                   |                                   |            |                                                 |    |
|                                  | 加圧注入性          |                                   | 注入均一性                             |            |                                                 |    |
|                                  | 強度的性質          |                                   |                                   |            |                                                 |    |
|                                  | 曲げ強度           |                                   | 443~1021 kgf/cm <sup>2</sup>      | 曲げ弾性係数     | 82.2~121 (10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> ) |    |
|                                  | 衝撃曲げ吸収エネルギー    |                                   | 0.16~0.91 kgf·m/cm <sup>2</sup>   |            |                                                 |    |
| 横圧縮強度                            |                | 縦圧縮強度: 328~553kgf/cm <sup>2</sup> | 剪断強度: 62.3~130kgf/cm <sup>2</sup> |            |                                                 |    |
| 表面硬さ                             |                | 耐摩耗性                              |                                   |            |                                                 |    |
| 生物劣化抵抗性                          |                |                                   |                                   |            |                                                 |    |
| カビ汚染性                            |                | 耐朽性                               |                                   |            |                                                 |    |
| 耐蟻性                              |                |                                   |                                   |            |                                                 |    |
| 帯鋸による製材性<br>(切削抵抗、成長応力による挽き曲がり等) |                |                                   |                                   |            |                                                 |    |
| 挽き材乾燥性<br>(乾燥性、発生する欠点など)         |                |                                   |                                   |            |                                                 |    |
| 接着性                              |                |                                   |                                   |            |                                                 |    |
| その他                              |                |                                   |                                   |            |                                                 |    |

|     |         |                              |
|-----|---------|------------------------------|
| 文献名 | 著者      | 王 潜、佐々木 光、Razali Abdul-Kader |
|     | 表題      | サバ産植林木間伐材の性質                 |
|     | 雑誌名・著書名 | 木材研究・資料、第25号、45-51 (1989)    |

|          |                      |                         |          |                                                |       |                         |
|----------|----------------------|-------------------------|----------|------------------------------------------------|-------|-------------------------|
| 資源量      | 国名                   | マレーシア                   | 樹種名      | アカシア・マンギウム                                     | 産地名   | サバ                      |
|          | 植栽面積                 |                         |          |                                                |       |                         |
|          | 樹齢                   |                         |          |                                                |       |                         |
|          | 樹高                   |                         |          |                                                |       |                         |
|          | 胸高直径                 |                         |          |                                                |       |                         |
| 材        | 樹幹形状                 |                         |          |                                                |       |                         |
|          |                      | Acacia mangium          |          |                                                |       |                         |
| 質        | 組織上の特徴               |                         |          |                                                |       |                         |
|          | 心材、辺材の区別             |                         | 辺材幅      |                                                | 未成熟材幅 |                         |
|          | 木理の通直性               |                         | 生長輪内の比重差 |                                                |       |                         |
|          | 物理的性質                |                         |          |                                                |       |                         |
|          | 容積密度数 (比重)           | 0.54                    |          |                                                |       |                         |
|          | 収縮率                  | R方向:                    |          | T方向:                                           |       | T/R:                    |
|          | 吸水性                  |                         |          |                                                |       |                         |
|          | 吸水度                  |                         |          |                                                |       |                         |
|          | 加圧注入性                |                         |          | 注入均一性                                          |       |                         |
|          | 強度的性質                |                         |          |                                                |       |                         |
|          | 曲げ強度                 | 759 kgf/cm <sup>2</sup> | 曲げ弾性係数   | 100~120 (10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> ) |       |                         |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー          |                         |          |                                                |       |                         |
|          | 横圧縮強度                |                         | 縦圧縮強度    |                                                | 剪断強度  | 104 kgf/cm <sup>2</sup> |
|          | 表面硬さ                 |                         | 耐摩耗性     |                                                |       |                         |
|          | 生物劣化抵抗性              |                         |          |                                                |       |                         |
| カビ汚染性    |                      | 耐朽性                     |          |                                                |       |                         |
| 耐蟻性      |                      |                         |          |                                                |       |                         |
| 帯鋸による製材性 | (切削抵抗、成長応力による挽き曲がり等) |                         |          |                                                |       |                         |
| 挽き材乾燥性   | (乾燥性、発生する欠点など)       |                         |          |                                                |       |                         |
| 接着性      |                      |                         |          |                                                |       |                         |
| その他      |                      |                         |          |                                                |       |                         |

|     |         |                                                                        |
|-----|---------|------------------------------------------------------------------------|
| 文献名 | 著者      | J. A. Kininmonth and L. J. Whitehouse                                  |
|     | 表題      | Properties and uses of New Zealand radiata pine. vol.1 wood properties |
|     | 雑誌名・著書名 | NZMOF発行 (1991)                                                         |

|          |                                                                                                                                |                                                                                                                           |         |                               |     |  |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------|-----|--|
| 資源量      | 国名                                                                                                                             | ニュージーランド                                                                                                                  | 樹種名     | ラジアータパイン                      | 産地名 |  |
|          | 植栽面積                                                                                                                           | 1,108,000 ha (Fig.1-1、1-5 参照)                                                                                             |         |                               |     |  |
|          | 樹齡                                                                                                                             | ～70年                                                                                                                      |         |                               |     |  |
|          | 樹高                                                                                                                             | 20年生：25～28 m、40年生：40 m                                                                                                    |         |                               |     |  |
|          | 胸高直径                                                                                                                           | 30年生：40～50 cm                                                                                                             |         |                               |     |  |
| 樹幹形状     | (Fig.1-4 A、B 参照)                                                                                                               |                                                                                                                           |         |                               |     |  |
| 材質       | 組織上の特徴                                                                                                                         | 心材形成は12～14年以降                                                                                                             |         |                               |     |  |
|          | 心材、辺材の区別                                                                                                                       | 明瞭                                                                                                                        |         |                               |     |  |
|          | 辺材幅                                                                                                                            | 辺材%/材木材積* 10年生-100, 20年生-90, 30年生-80, 40年生-70, 50年生-60                                                                    |         |                               |     |  |
|          | 未成熟材幅                                                                                                                          | 12年までは未成熟                                                                                                                 |         |                               |     |  |
|          | 木理の通直性                                                                                                                         | 中心部は旋回木理                                                                                                                  | 密度のばらつき | 0.350～0.550 g/cm <sup>3</sup> |     |  |
|          | 物理的性質                                                                                                                          |                                                                                                                           |         |                               |     |  |
|          | 容積密度                                                                                                                           | 12年生-0.325 g/cm <sup>3</sup> , 24年生-0.375 g/cm <sup>3</sup> , 34年生-0.415 g/cm <sup>3</sup> , 52年生-0.420 g/cm <sup>3</sup> |         |                               |     |  |
|          | 収縮率                                                                                                                            | 52年生のデータ：R方向：2.0% T方向：4.2% T/R：2.1 (生状態→12%mc)                                                                            |         |                               |     |  |
|          | 吸水性                                                                                                                            |                                                                                                                           |         |                               |     |  |
|          | 加圧注入性                                                                                                                          | 著しく良好                                                                                                                     | 注入均一性   | 良好                            |     |  |
|          | 強度的性質                                                                                                                          | Table 8-6 参照                                                                                                              |         |                               |     |  |
|          | 曲げ強度                                                                                                                           |                                                                                                                           |         |                               |     |  |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー                                                                                                                    |                                                                                                                           |         |                               |     |  |
|          | 横圧縮強度                                                                                                                          | 縦圧縮強度                                                                                                                     |         |                               |     |  |
|          | 表面硬さ                                                                                                                           |                                                                                                                           |         |                               |     |  |
| 生物劣化抵抗性  |                                                                                                                                |                                                                                                                           |         |                               |     |  |
| カビ汚染性    | 大                                                                                                                              | 耐朽性                                                                                                                       | 小       |                               |     |  |
| 耐蟻性      | 小                                                                                                                              |                                                                                                                           |         |                               |     |  |
| 帯鋸による製材性 | 挽き曲がり可能性有り                                                                                                                     |                                                                                                                           |         |                               |     |  |
| 挽き材乾燥性   | 材中心部の旋回木理による曲がりの発生の可能性大                                                                                                        |                                                                                                                           |         |                               |     |  |
| 接着性      | 良好                                                                                                                             |                                                                                                                           |         |                               |     |  |
| その他      | * Wood characteristics of New Zealand radiata pine and Douglas fir : Suitability for processing. D. J. Cown. MOF. 85pp. (1989) |                                                                                                                           |         |                               |     |  |

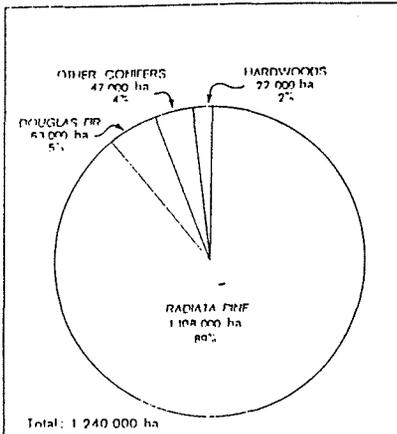


Figure 1-1 - The proportions of radiata pine and other exotic species in New Zealand plantations (as at 31 March 1989; Source: Ministry of Forestry).



Figure 1-4 A - A 42 year old unintended stand from Kaingaroa forest, photographed in 1962 and illustrating the characteristics of "old-crop" stands.

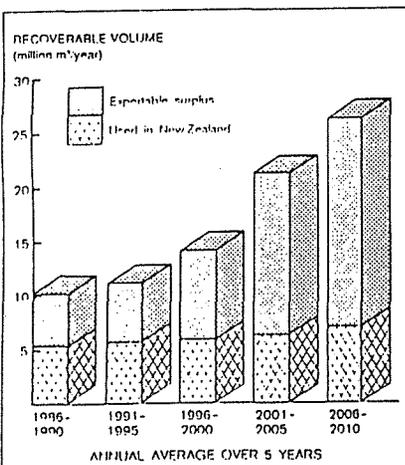


Figure 1-5 - A forecast of future exotic wood production and domestic usage - assuming reduced planting of new land (Source: Ministry of Forestry).

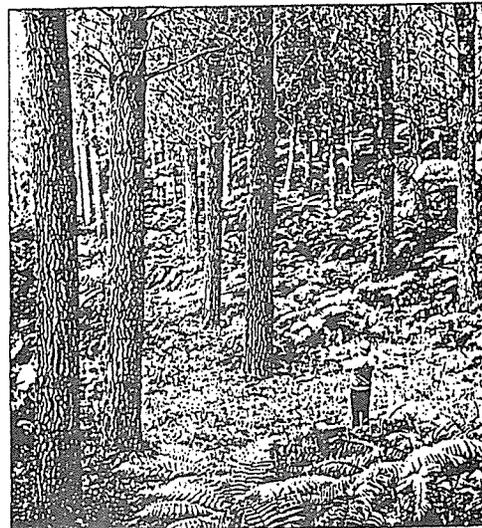


Figure 1-4 B - A 29 year-old "new crop" stand of radiata pine from Kaingaroa Forest, established from early improved seed (and thinned and pruned). Later stands were established from seed orchard seed incorporating substantial further improvement in growth rate and form.

Table 8-6 - Mean clearwood mechanical properties\* of five radiata pine trees tested in 1942 力学の性質

| Property tested                           | Units             | Green |          | Air-dry (12%MC) |          |
|-------------------------------------------|-------------------|-------|----------|-----------------|----------|
|                                           |                   | mean  | c.v. (%) | mean            | c.v. (%) |
| Density (OD w/vol at test)                | kg/m <sup>3</sup> | 385   | (10)     | 404             | (9)      |
| Ring width                                | mm                | 10.5  | (25)     | 10.3            | (24)     |
| <b>Static bending</b>                     |                   |       |          |                 |          |
| stress at proportional limit              | MPa               | 24.6  | (22)     | 46.3            | (19)     |
| modulus of rupture                        | MPa               | 40.6  | (18)     | 75.9            | (18)     |
| modulus of elasticity                     | GPa               | 7.31  | (28)     | 9.10            | (24)     |
| work to maximum load                      | kJ/m <sup>3</sup> | 47    | (39)     | 66              | (34)     |
| <b>Compression parallel to grain</b>      |                   |       |          |                 |          |
| stress at proportional limit              | MPa               | 15.2  | (22)     | 25.6            | (33)     |
| maximum crushing stress                   | MPa               | 17.9  | (18)     | 40.7            | (20)     |
| <b>Compression perpendicular to grain</b> |                   |       |          |                 |          |
| stress at proportional limit              | MPa               | 3.2   | (14)     | 5.9             | (18)     |
| <b>Shear parallel to grain</b>            |                   |       |          |                 |          |
| maximum stress radial                     | MPa               | 5.7   | (20)     | 9.7             | (13)     |
| maximum stress tangential                 | MPa               | 6.3   | (16)     | 11.7            | (17)     |
| <b>Tension perpendicular to grain</b>     |                   |       |          |                 |          |
| maximum stress radial                     | MPa               | 1.59  | (39)     | 2.34            | (29)     |
| maximum stress tangential                 | MPa               | 1.86  | (40)     | 3.31            | (31)     |
| <b>Hardness</b>                           |                   |       |          |                 |          |
| end grain                                 | N                 | 2310  | (16)     | 4450            | (20)     |
| side grain                                | N                 | 2220  | (15)     | 2780            | (21)     |

\* Tested according to ASTM D143 using specimens of 2- x 2-in cross section. Source: Hinds and Reid, 1957.

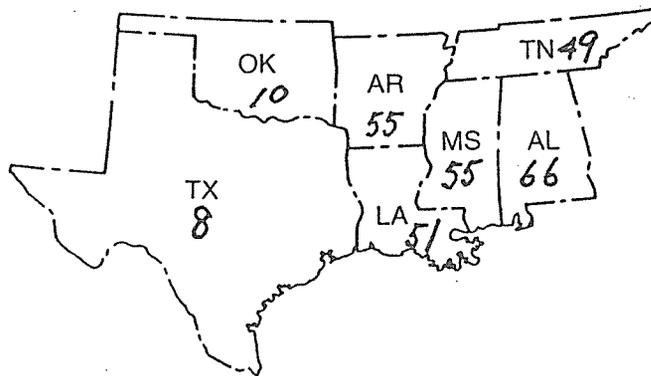
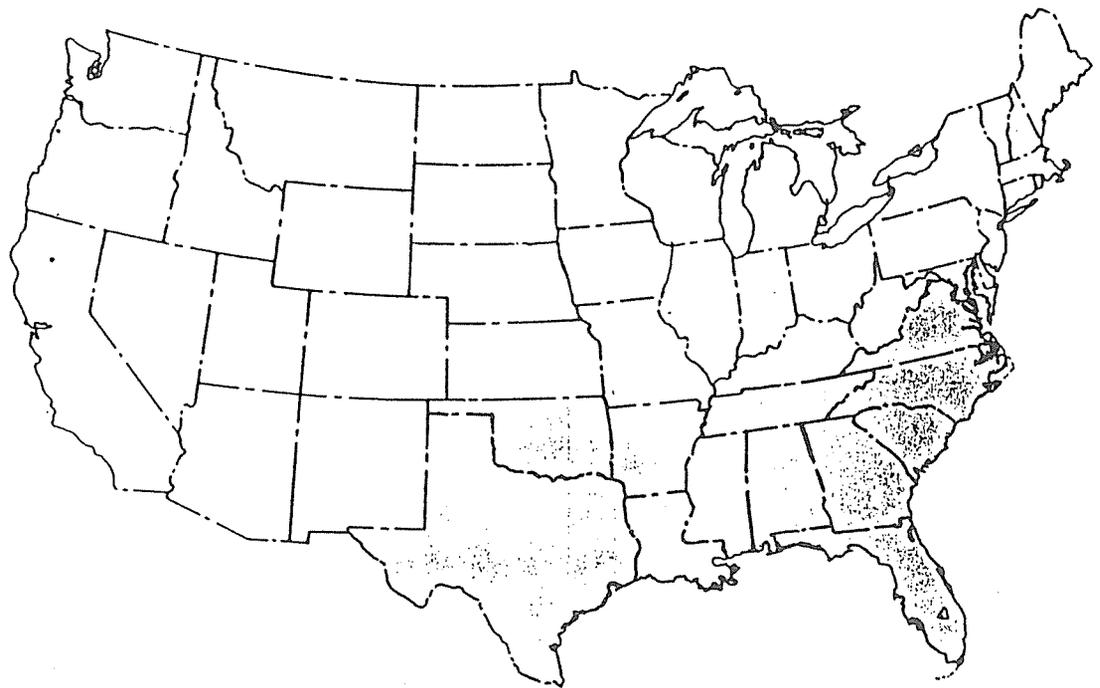
|     |         |                                                                                     |
|-----|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 文献名 | 著者      | N.B.Lewis <i>et al.</i>                                                             |
|     | 表題      | Management of radiata pine.(Chapter23 : The New Zealand radiata pine sector).404pp. |
|     | 雑誌名・著書名 | Inkata Press (1993)                                                                 |

|                 |               |                                    |     |          |     |
|-----------------|---------------|------------------------------------|-----|----------|-----|
| 資源量             | 国名            | ニュージーランド                           | 樹種名 | ラジアータパイン | 産地名 |
|                 | 植栽面積          | 1,176,000 ha (1992)                |     |          |     |
|                 | 樹齡            | 立木材積 $256 \times 10^6 \text{ m}^3$ |     |          |     |
|                 | 樹高            | 年間成長量 $23 \times 10^6 \text{ m}^3$ |     |          |     |
|                 | 胸高直径          | 人工林の80%を私企業が保有                     |     |          |     |
| 量               | 樹幹形状          |                                    |     |          |     |
| 材質              | <b>組織上の特徴</b> |                                    |     |          |     |
|                 | 心材、辺材の区別      |                                    |     |          | 辺材幅 |
|                 | 木理の通直性        |                                    |     |          |     |
|                 | <b>物理的性質</b>  |                                    |     |          |     |
|                 | 容積密度          |                                    |     |          |     |
|                 | 収縮率           |                                    |     |          |     |
|                 | 吸水性           |                                    |     |          |     |
|                 | 加圧注入性         |                                    |     |          |     |
|                 | <b>強度的性質</b>  |                                    |     |          |     |
|                 | 曲げ強度          |                                    |     |          |     |
| 衝撃曲げ吸収エネルギー     |               |                                    |     |          |     |
| 横圧縮強度           |               |                                    |     | 縦圧縮強度    |     |
| 表面硬さ            |               |                                    |     |          |     |
| <b>生物劣化抵抗性</b>  |               |                                    |     |          |     |
| カビ汚染性           |               |                                    |     | 耐朽性      |     |
| 耐蟻性             |               |                                    |     |          |     |
| <b>帯鋸による製材性</b> |               |                                    |     |          |     |
| <b>挽き材乾燥性</b>   |               |                                    |     |          |     |
| <b>接着性</b>      |               |                                    |     |          |     |
| <b>その他</b>      |               |                                    |     |          |     |
|                 |               |                                    |     |          |     |
|                 |               |                                    |     |          |     |

|     |         |                                                                            |
|-----|---------|----------------------------------------------------------------------------|
| 文献名 | 著者      | N.B.Lewis <i>et al.</i>                                                    |
|     | 表題      | Management of radiata pine(Chapter25 : Chilean radiata pine sector) 404pp. |
|     | 雑誌名・著書名 | Inkata Press (1993)                                                        |

|             |          |                                    |     |          |     |
|-------------|----------|------------------------------------|-----|----------|-----|
| 資源量         | 国名       | チリ                                 | 樹種名 | ラジアータパイン | 産地名 |
|             | 植栽面積     | 1,243,000 ha 1950年代から植林が増大         |     |          |     |
|             | 樹齢       | 立木材積 $153 \times 10^6 \text{ m}^3$ |     |          |     |
|             | 樹高       | 年間成長量 $17 \times 10^6 \text{ m}^3$ |     |          |     |
|             | 胸高直径     | 人工林の80%は私企業が保有                     |     |          |     |
|             | 樹幹形状     |                                    |     |          |     |
| 材質          | 組織上の特徴   |                                    |     |          |     |
|             | 心材、辺材の区別 |                                    |     |          | 辺材幅 |
|             | 木理の通直性   |                                    |     |          |     |
|             | 物理的性質    |                                    |     |          |     |
|             | 容積密度     |                                    |     |          |     |
|             | 収縮率      |                                    |     |          |     |
|             | 吸水性      |                                    |     |          |     |
|             | 加圧注入性    |                                    |     |          |     |
|             | 強度的性質    |                                    |     |          |     |
|             | 曲げ強度     |                                    |     |          |     |
| 衝撃曲げ吸収エネルギー |          |                                    |     |          |     |
| 横圧縮強度       |          |                                    |     | 縦圧縮強度    |     |
| 表面硬さ        |          |                                    |     |          |     |
| 生物劣化抵抗性     |          |                                    |     |          |     |
| カビ汚染性       |          |                                    |     | 耐朽性      |     |
| 耐蟻性         |          |                                    |     |          |     |
| 帯鋸による製材性    |          |                                    |     |          |     |
| 挽き材乾燥性      |          |                                    |     |          |     |
| 接着性         |          |                                    |     |          |     |
| その他         |          |                                    |     |          |     |
|             |          |                                    |     |          |     |
|             |          |                                    |     |          |     |

# The South, States and Regions



South Central Region



Southeast Region

アメリカ合衆国南部12州の商業用森林面積割合  
[数値は土地面積に対する割合 (%) を示す]

Southern Forest Products Association編"Forestry in the south"(1984)のデータを引用

|     |         |                                                    |
|-----|---------|----------------------------------------------------|
| 文献名 | 著者      | M. D. Bazett                                       |
|     | 表題      | Industrial Wood                                    |
|     | 雑誌名・著書名 | Shell/WWF Tree Plantation Review Study No.3 (1993) |

|          |                   |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
|----------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|-----------|----|
| 資源量      | 国名                | アメリカ                                                                                                                                                                     | 樹種名   | サザンパイン | 産地名       |    |
|          | 植栽面積              | 12,500,000 ha                                                                                                                                                            |       |        |           |    |
|          | 具体的な樹種名           | <i>Pinus palustris</i> Mill. (longleaf pine) ; <i>P.elliottii</i> Engeln. (slash pine) ;<br><i>P.echinata</i> Mill. (shortleaf pine) ; <i>P.taeda</i> L. (loblolly pine) |       |        |           |    |
|          | 年間成長量             | 10~15 m <sup>3</sup> /ha·year                                                                                                                                            |       |        |           |    |
| 材質       | 組織上の特徴            |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
|          | 心材、辺材の区別          | 明瞭                                                                                                                                                                       | 辺材幅   |        |           |    |
|          | 木理の通直性            | 通直                                                                                                                                                                       |       |        |           |    |
|          | 物理的性質 (木材工学からコピー) |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
|          | 容積密度              | 0.5~0.7 g/cm <sup>3</sup> (気乾)                                                                                                                                           |       |        |           |    |
|          | 収縮率               |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
|          | 吸水性               |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
|          | 加圧注入性             | 良好                                                                                                                                                                       | 注入均一性 |        |           | 良好 |
|          | 強度的性質 (添付資料参照)    |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
|          | 曲げ強度              |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー       |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
|          | 横圧縮強度             | 縦圧縮強度                                                                                                                                                                    |       |        |           |    |
|          | 表面硬さ              |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
|          | 生物劣化抵抗性           |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
| カビ汚染性    | 心材：中、辺材：大         | 耐朽性                                                                                                                                                                      |       |        | 心材：中、辺材：小 |    |
| 耐蟻性      | 心材：中、辺材：小         |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
| 帯鋸による製材性 |                   |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
| 挽き材乾燥性   | 乾燥遅く割れが生じやすい      |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
| 接着性      |                   |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |
| その他      |                   |                                                                                                                                                                          |       |        |           |    |

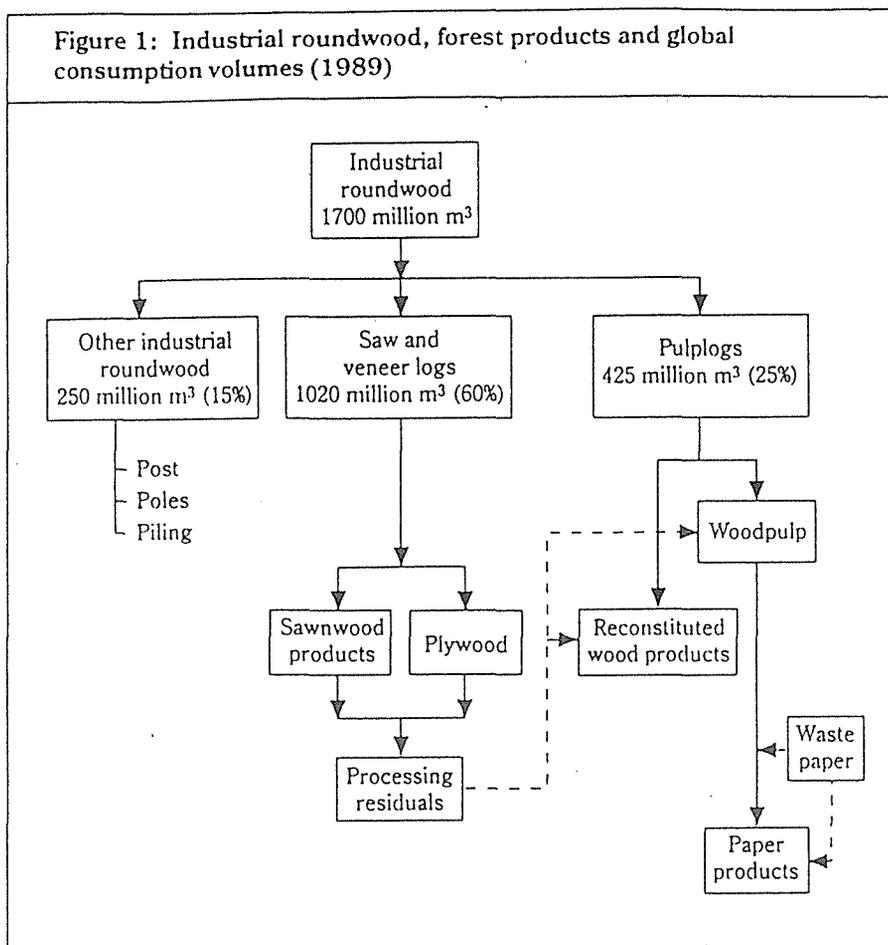


Table 1: World commercial forest resources (million ha)

| Region           | Natural forests |              | Plantations |              | Total commercial forests | % of total area |
|------------------|-----------------|--------------|-------------|--------------|--------------------------|-----------------|
|                  | Conifers        | Non-conifers | Conifers    | Non-conifers |                          |                 |
| Africa           | 1               | 161          | 1.3         | 1.2          | 162                      | 8               |
| North America    | 280             | 95           | 12.0        | 0.5          | 387                      | 18              |
| Latin America    | 15              | 510          | 3.5         | 2.9          | 531                      | 25              |
| Asia             | 62              | 197          | 31.6        | 8.2          | 299                      | 14              |
| Europe           | 62              | 46           | 15.7        | 3.3          | 127                      | 6               |
| CIS              | 425             | 93           | 16.9        | -            | 535                      | 24              |
| Oceania          | 6               | 31           | 2.1         | 0.1          | 39                       | 2               |
| Other            | 19              | 48           | -           | -            | 67                       | 3               |
| <b>Total</b>     | <b>870</b>      | <b>1181</b>  | <b>83.1</b> | <b>16.2</b>  | <b>2147</b>              | <b>100</b>      |
| <i>of which:</i> |                 |              |             |              |                          |                 |
| Developing       | 8%              | 75%          | 69%         | 36%          | 48%                      |                 |
| Industrial       | 92%             | 25%          | 31%         | 64%          | 52%                      |                 |

Source: Adapted from Binkley and Dykstra (1987), Ewing and Chalk (1988) for the World Bank, Sutton (1990).

Table 2: Industrial plantations

| Region        | Plantation areas (million ha) |                | Total       |
|---------------|-------------------------------|----------------|-------------|
|               | Coniferous                    | Non-coniferous |             |
| North America | 12.0                          | 0.5            | 12.5        |
| Latin America | 3.5                           | 2.9            | 6.4         |
| Asia          | 31.6                          | 8.2            | 39.8        |
| Africa        | 1.3                           | 1.2            | 2.5         |
| Europe        | 15.7                          | 3.3            | 19.0        |
| CIS           | 16.9                          | -              | 16.9        |
| Oceania       | 2.1                           | 0.1            | 2.2         |
| <b>Total</b>  | <b>83.1</b>                   | <b>16.2</b>    | <b>99.3</b> |

Source: Adapted from Gauthier, Sutton, Mather

Table 3: Fast-growing industrial plantations (c. late 1980s)

| Region/country           | Plantation area (ha '000) |                | Total        |
|--------------------------|---------------------------|----------------|--------------|
|                          | Coniferous                | Non-coniferous |              |
| <b>North America</b>     |                           |                |              |
| US South                 | 12,000 <sup>a</sup>       | 500            | 12,500       |
| <b>Latin America</b>     |                           |                |              |
| Brazil                   | 1,600                     | 2,300          | 3,900        |
| Chile                    | 1,140                     | 60             | 1,200        |
| Argentina                | 460                       | 180            | 640          |
| Venezuela                | 180                       | 20             | 200          |
| Mexico                   | 60                        | 20             | 80           |
| Other                    | 80                        | 350            | 430          |
|                          | <b>3,520</b>              | <b>2,930</b>   | <b>6,450</b> |
| <b>Europe-Iberia</b>     |                           |                |              |
| Spain                    | <sup>b</sup>              | 450            | 450          |
| Portugal                 | <sup>b</sup>              | 400            | 400          |
|                          |                           | <b>850</b>     | <b>850</b>   |
| <b>Africa</b>            |                           |                |              |
| Republic of South Africa | 500                       | 800            | 1,300        |
| Angola                   | 20                        | 50             | 70           |
| Congo                    | -                         | 40             | 40           |
| Kenya                    | 160                       | 10             | 170          |
| Zimbabwe                 | 70                        | 10             | 80           |
| Other                    | 550                       | 330            | 880          |
|                          | <b>1,300</b>              | <b>1,240</b>   | <b>2,540</b> |
| <b>Oceania</b>           |                           |                |              |
| New Zealand              | 1,180                     | 20             | 1,200        |
| Australia                | 900                       | 60             | 960          |
| Other                    | 50                        | 30             | 80           |
|                          | <b>2,130</b>              | <b>110</b>     | <b>2,240</b> |
| <b>Asia</b>              |                           |                |              |
| Indonesia                | - <sup>c</sup>            | 100            | 100          |
| China                    | -                         | 400            | 400          |
| Other                    |                           | 170            | 170          |

Notes: a) The conifer plantations of the southern USA are "border-line" fast-growing.  
 b) Iberia also has up to 4 million ha of slow-growing conifers  
 c) Indonesia has about 700,000 ha of slow-growing conifers

Sources: World Bank, Mather, Hagler, FAO, Jaakko Poyry, Sutton, SIPC records.

主要木材の物理的・力学的性質

第3表 比重, 曲げヤング係数, 縦圧縮強さ, 縦引張り強さ, 曲げ強さ, せん断強さの段階区分

| 段階  | 比重     | 曲げヤング係数<br>kg/cm <sup>2</sup> | 縦圧縮強さ<br>kg/cm <sup>2</sup> | 縦引張り強さ<br>kg/cm <sup>2</sup> | 曲げ強さ<br>kg/cm <sup>2</sup> | せん断強さ<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|-----|--------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|     |        | ×10 <sup>3</sup>              |                             |                              |                            |                             |
| 1   | ~ 0.16 | ~ 31.5                        | ~ 125                       | ~ 400                        | ~ 250                      | ~ 31.5                      |
| 2   | ~ 0.20 | ~ 40.0                        | ~ 160                       | ~ 500                        | ~ 315                      | ~ 40.0                      |
| 3   | ~ 0.25 | ~ 50.0                        | ~ 200                       | ~ 630                        | ~ 400                      | ~ 50.0                      |
| 4   | ~ 0.31 | ~ 63.0                        | ~ 250                       | ~ 800                        | ~ 500                      | ~ 63.0                      |
| 5   | ~ 0.35 | ~ 71.0                        | ~ 280                       | ~ 900                        | ~ 560                      | ~ 71.0                      |
| 5+  | ~ 0.40 | ~ 80.0                        | ~ 315                       | ~1000                        | ~ 630                      | ~ 80.0                      |
| 6   | ~ 0.45 | ~ 90.0                        | ~ 355                       | ~1120                        | ~ 710                      | ~ 90.0                      |
| 6+  | ~ 0.50 | ~100.0                        | ~ 400                       | ~1250                        | ~ 800                      | ~100.0                      |
| 7   | ~ 0.56 | ~112                          | ~ 450                       | ~1400                        | ~ 900                      | ~112                        |
| 7+  | ~ 0.63 | ~125                          | ~ 500                       | ~1600                        | ~1000                      | ~125                        |
| 8   | ~ 0.71 | ~140                          | ~ 560                       | ~1800                        | ~1120                      | ~140                        |
| 8+  | ~ 0.80 | ~160                          | ~ 630                       | ~2000                        | ~1250                      | ~160                        |
| 9   | ~ 0.90 | ~180                          | ~ 710                       | ~2240                        | ~1400                      | ~180                        |
| 9+  | ~ 1.00 | ~200                          | ~ 800                       | ~2500                        | ~1600                      | ~200                        |
| 10  | ~ 1.12 | ~224                          | ~ 900                       | ~2800                        | ~1800                      | ~224                        |
| 10+ | 1.12~  | 224~                          | 900~                        | 2800~                        | 1800~                      | 224~                        |

南洋材

| 樹種                                       | 分布              | 比重 | 収縮率  |      | 曲げヤング係数 | 縦圧縮強さ | 縦引張り強さ | 曲げ強さ | せん断強さ |
|------------------------------------------|-----------------|----|------|------|---------|-------|--------|------|-------|
|                                          |                 |    | 接線方向 | 半径方向 |         |       |        |      |       |
| 針葉樹                                      |                 |    |      |      |         |       |        |      |       |
| アガチス <i>Agathis alba</i>                 | IM*, NG*        | 6  | 4    | 4    | 7+      | 7     | —      | 5+   | 1     |
|                                          |                 | 6+ | 4    | 5    | 6+      | 7     | —      | 6    | 7+    |
| アルマンガ <i>Agathis philippinensis</i>      | Ph*, IM         | 7  | 4    | 5    | 7+      | 7     | —      | 7    | 6+    |
| クインスランドカウリ<br><i>Agathis palmerstoni</i> | Au              | 6+ | 3    | 4    | 5+      | 6+    | —      | 6    | 6     |
| クリンキバイン <i>Araucaria klinkii</i>         | NG              | 6+ | 4    | 4    | 7+      | 7     | —      | 6+   | 6+    |
| サイプレスバイン <i>Callitris glauca</i>         | Au              | 8  | 5    | 6    | 6+      | 8     | —      | 6+   | 7     |
| シルバーバイン <i>Dacrydium colensoi</i>        | NZ              | 7  | 3    | 3    | 5+      | 4     | —      | 5+   | 6+    |
| スラッシュバイン <i>Pinus elliottii</i>          | NAm, Au*        | 7  | 5    | 5    | 6+      | 7     | —      | 6+   | 6+    |
| スローラクラハム <i>Dacrydium elatum</i>         | IC*, Ph, IM, NG | 7  | 4    | 3    | 5+      | 7     | —      | 7    | 8     |
| スローラサル <i>Podocarpus imbricatus</i>      | IC*, Ph, IM*    | 7  | 7    | 5    | 6+      | 6+    | —      | 8    | —     |
|                                          |                 | 7+ | 5    | 4    | 8       | 8     | —      | 7    | 3     |
| ニュージーランドカウリ<br><i>Agathis australis</i>  | NZ              | 7  | 4    | 4    | 7       | 6+    | —      | 7+   | 6     |
| フープバイン <i>Araucaria cunninghamii</i>     | NG, Au*         | 7  | 4    | 5    | 8       | 7+    | —      | 7+   | 7+    |
| ブンヤバイン <i>Araucaria bidwillii</i>        | Au              | 6+ | 4    | 3    | 8       | 7+    | —      | 6+   | 6+    |
| メルクシバイン <i>Pinus merkusii</i>            | IM*             | 8  | 6    | 5    | 8       | 8     | —      | 7+   | 6+    |
| ラジアータバイン <i>Pinus radiata</i>            | NAm, Au*, NZ    | 7  | 5    | 5    | 7       | 7     | —      | 7    | 7     |
| ロブローバイン <i>Pinus taeda</i>               | NAm, Au*        | 6+ | 5    | 6    | 5+      | 6+    | —      | 6    | 6+    |

日本材料学会木質材料部門委員会編：木材工学事典（1982）工業出版より

|     |         |             |
|-----|---------|-------------|
| 文献名 | 著者      | 日本木材加工技術協会  |
|     | 表題      | 世界の有用木材300種 |
|     | 雑誌名・著書名 |             |

|          |             |                                         |                |                             |
|----------|-------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------------------|
| 資源量      | 樹種名         | カリピアマツ ( <i>Pinus caribaea</i> MORELET) | 産地名            | マレーシア、オーストラリア               |
|          | 植栽面積        |                                         |                |                             |
|          | 樹齡          |                                         |                |                             |
|          | 樹高          |                                         |                |                             |
|          | 胸高直径        |                                         |                |                             |
|          | 樹幹形状        |                                         |                |                             |
| 材質       | 組織上の特徴      |                                         |                |                             |
|          | 心材、辺材の区別    |                                         | 辺材幅            |                             |
|          | 木理の通直性      |                                         |                |                             |
|          | 物理的性質       |                                         |                |                             |
|          | 容積密度        | 0.75 g/cm <sup>3</sup>                  |                |                             |
|          | 収縮率         | R方向: 6.1 %以上                            | T方向: 7.8~9.9 % | T/R: 1.6                    |
|          | 吸水性         |                                         |                |                             |
|          | 加圧注入性       |                                         |                |                             |
|          | 強度的性質       |                                         |                |                             |
|          | 曲げ強度        | 841~1090 kgf/cm <sup>2</sup>            | 曲げ弾性係数         | 106~135 kgf/cm <sup>2</sup> |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー |                                         |                |                             |
|          | 横圧縮強度       |                                         | 縦圧縮強度          | 441~570 kgf/cm <sup>2</sup> |
|          |             |                                         | 剪断強度           | 121~150 kgf/cm <sup>2</sup> |
|          | 表面硬さ        | 2.6~3.8 kgf/mm <sup>2</sup>             | 耐摩耗性           | 0.010~0.020 mm/100回転        |
|          | 生物劣化抵抗性     |                                         |                |                             |
| カビ汚染性    |             | 耐朽性                                     |                |                             |
| 耐蟻性      |             |                                         |                |                             |
| 帯鋸による製材性 | 悪い          |                                         |                |                             |
| 挽き材乾燥性   | 普通          |                                         |                |                             |
| 接着性      | 普通          |                                         |                |                             |
| その他      |             |                                         |                |                             |

|     |         |                            |
|-----|---------|----------------------------|
| 文献名 | 著者      | 熱帯産造林木研究班                  |
|     | 表題      | 熱帯産造林木の材質 第1報 フィージー産カリビアマツ |
|     | 雑誌名・著書名 | 林試研報 No.338 (1986)         |

|     |                 |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|-----|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------|-----|-------|
| 資源量 | 国名              |                                                                                                                                                           | 樹種名 | カリビアマツ | 産地名 | フィージー |
|     | 植栽面積            |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|     | 樹齡              |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|     | 樹高              |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|     | 胸高直径            |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|     | 樹幹形状            |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
| 材質  | <b>組織上の特徴</b>   |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|     | 心材、辺材の区別        | 不明瞭 (辺材：淡黄褐色、心材：やや赤色)                                                                                                                                     |     |        |     |       |
|     | 辺材幅             | 元口：4~6 cm、末口：2~3 cm                                                                                                                                       |     |        |     |       |
|     | 木理の通直性          |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|     | <b>物理的性質</b>    |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|     | 容積密度            | 平均 0.409 g/cm <sup>3</sup> 、平均 0.436 g/cm <sup>3</sup> (抽出および未抽出)                                                                                         |     |        |     |       |
|     | 収縮率             | R方向：平均 3.39 (2.16~5.17)%      T方向：平均 6.23 (4.33~8.04)%                                                                                                    |     |        |     |       |
|     | 吸水性             | 辺材木口面：2267 mg/cm <sup>2</sup> day、板目面：517 mg/cm <sup>2</sup> day、柾目面：302 mg/cm <sup>2</sup> day                                                           |     |        |     |       |
|     | 加圧注入性           |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|     | <b>強度的性質</b>    |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|     | 曲げ強度            | 平角実大材      : 194~ 605 kgf/cm <sup>2</sup><br>無欠点小試験体 : 566~1016 kgf/cm <sup>2</sup>                                                                       |     |        |     |       |
|     | 曲げ弾性係数          | 平角実大材      : 56.6×10 <sup>3</sup> ~138.9×10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup><br>無欠点小試験体 : 41.5×10 <sup>3</sup> ~132.0×10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> |     |        |     |       |
|     | <b>生物劣化抵抗性</b>  |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|     | カビ汚染性           | 耐朽性                                                                                                                                                       |     |        |     |       |
|     | 耐蟻性             |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|     | <b>帯鋸による製材性</b> |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
|     | 挽き材乾燥性          | 早い<br>乾燥速度係数k 柾目面：板目面=1.6：1.0 程度<br>狂いや落ち込みはほとんど問題がない                                                                                                     |     |        |     |       |
|     | 接着性             |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |
| その他 |                 |                                                                                                                                                           |     |        |     |       |

Table 吸水量  
Water absorption

| 試験材番号<br>Sample log<br>No. | 気乾比重<br>Specific<br>gravity<br>at air dry | 含水率<br>Moisture<br>content | 吸水量 (辺材)<br>Water absorption (mg/cm <sup>2</sup> ·day) |                      |                     |
|----------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
|                            |                                           |                            | 木口面<br>Cross section                                   | 板目面<br>Tang. section | 柀目面<br>Rad. section |
| 7                          | (13)* <sup>1</sup>                        | (13)                       | (7)                                                    | (3)                  | (3)                 |
|                            | 0.49                                      | 13.0                       | 3,559                                                  | 693                  | 415                 |
|                            | 0.36~0.66* <sup>2</sup>                   | 12.5~13.7                  | 993~5,181                                              | 482~809              | 329~518             |
| 18                         | (12)                                      | (12)                       | (6)                                                    | (3)                  | (3)                 |
|                            | 0.50                                      | 12.9                       | 1,538                                                  | 579                  | 169                 |
|                            | 0.39~0.63                                 | 12.40~13.8                 | 906~3,725                                              | 290~879              | 89~301              |
| 34                         | (12)                                      | (12)                       | (6)                                                    | (3)                  | (3)                 |
|                            | 0.50                                      | 12.7                       | 1,485                                                  | 167                  | 114                 |
|                            | 0.42~0.63                                 | 11.6~13.6                  | 557~2,576                                              | 133~187              | 91~160              |
| 39                         | (13)                                      | (13)                       | (8)                                                    | (3)                  | (2)                 |
|                            | 0.49                                      | 13.0                       | 2,486                                                  | 617                  | 510                 |
|                            | 0.41~0.59                                 | 12.6~13.7                  | 498~5,083                                              | 250~895              | 75~945              |
| 平均<br>Mean                 | (50)<br>0.50                              | (50)<br>12.9               | (27)<br>2,267                                          | (12)<br>514          | (11)<br>302         |

\*1: 試片数 Number of specimens.

\*2: 最大, 最小 Maximum and Minimum.

Table 吸水量 Water absorption

| 丸太番号<br>Log<br>No. | 気乾容積重<br>Density in<br>air dry | 含水率<br>Moisture<br>content<br>(%) | 吸水量<br>Water absorption (mg/cm <sup>2</sup> ·day) |                       |                      |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|
|                    |                                |                                   | 横断面<br>Cross section                              | 接線断面<br>Tang. section | 放射断面<br>Rad. section |
| 5                  | (18)* <sup>1</sup>             | (18)                              | (7)                                               | (7)                   | (4)                  |
|                    | 0.39                           | 13.7                              | 262                                               | 52                    | 54                   |
|                    | 0.36~0.41* <sup>2</sup>        | 13.4~14.1                         | 174~620                                           | 43~70                 | 39~92                |
| 10                 | (15)                           | (15)                              | (6)                                               | (7)                   | (3)                  |
|                    | 0.37                           | 14.1                              | 187                                               | 46                    | 36                   |
|                    | 0.35~0.40                      | 13.7~14.3                         | 160~234                                           | 42~52                 | 35~38                |
| 17                 | (20)                           | (20)                              | (8)                                               | (8)                   | (4)                  |
|                    | 0.45                           | 14.1                              | 214                                               | 47                    | 36                   |
|                    | 0.40~0.61                      | 13.7~14.5                         | 173~331                                           | 39~71                 | 33~40                |
| 20                 | (17)                           | (17)                              | (7)                                               | (7)                   | (3)                  |
|                    | 0.38                           | 13.9                              | 247                                               | 51                    | 39                   |
|                    | 0.34~0.48                      | 13.3~14.5                         | 217~371                                           | 46~61                 | 31~44                |
| 45                 | (15)                           | (15)                              | (6)                                               | (7)                   | (2)                  |
|                    | 0.46                           | 13.8                              | 212                                               | 47                    | 41                   |
|                    | 0.40~0.50                      | 13.6~14.3                         | 183~251                                           | 43~52                 | 39~43                |
| 平均<br>Mean         | (85)<br>0.41                   | (85)<br>13.9                      | (34)<br>224                                       | (35)<br>49            | (16)<br>41           |
|                    | 0.34~0.61                      | 13.3~14.5                         | 160~371                                           | 39~71                 | 31~92                |

Note) \*<sup>1</sup>試片数 Number of specimens.\*<sup>2</sup>最大, 最小 Maximum and Minimum

|     |         |                   |
|-----|---------|-------------------|
| 文献名 | 著者      | K. R. Bootle      |
|     | 表題      | Wood in Australia |
|     | 雑誌名・著書名 | 1983              |

|          |             |                                           |                     |
|----------|-------------|-------------------------------------------|---------------------|
| 資源量      | 国名          | 樹種名: メリナ、ヤマネ ( <i>Gmelina arborea</i> L.) | 産地名: パプア・ニューギニア     |
|          | 植栽面積        |                                           |                     |
|          | 樹齡          |                                           |                     |
|          | 樹高          |                                           |                     |
|          | 胸高直径        |                                           |                     |
|          | 樹幹形状        | インド、ビルマ原産 早い成長で熱帯に広く植林                    |                     |
| 材質       | 組織上の特徴      |                                           |                     |
|          | 心材、辺材の区別    | 不明瞭                                       | 辺材幅:                |
|          | 木理の通直性      | 交錯                                        |                     |
|          |             | 木目: 粗                                     |                     |
|          | 物理的性質       |                                           |                     |
|          | 容積密度        | 0.51 g/cm <sup>3</sup> (気乾)               |                     |
|          | 収縮率         | R方向: 2%                                   | T方向: 4%      T/R: 2 |
|          | 吸水性         |                                           |                     |
|          | 加圧注入性       | 不良                                        |                     |
|          | 強度的性質       |                                           |                     |
|          | 曲げ強度        |                                           |                     |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー |                                           |                     |
|          | 横圧縮強度       | 縦圧縮強度:                                    |                     |
|          | 表面硬さ        |                                           |                     |
|          | 生物劣化抵抗性     |                                           |                     |
| カビ汚染性    | 耐朽性: 中庸     |                                           |                     |
| 耐蟻性      |             |                                           |                     |
| 帯鋸による製材性 |             |                                           |                     |
| 挽き材乾燥性   | 欠点の発生は少ない   |                                           |                     |
| 接着性      | 良           |                                           |                     |
| その他      | 蒸煮による曲げ加工に適 |                                           |                     |

|     |         |      |
|-----|---------|------|
| 文献名 | 著者      | 須藤彰司 |
|     | 表題      | 南洋材  |
|     | 雑誌名・著書名 | 1970 |

|          |             |                                                                        |          |                                           |      |                            |
|----------|-------------|------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------|------|----------------------------|
| 資源量      | 国名          |                                                                        | 樹種名      | メリナ、ヤマネ ( <i>Gmelina arborea</i> L.)      | 産地名  |                            |
|          | 植栽面積        |                                                                        |          |                                           |      |                            |
|          | 樹齡          |                                                                        |          |                                           |      |                            |
|          | 樹高          |                                                                        |          |                                           |      |                            |
|          | 胸高直径        |                                                                        |          |                                           |      |                            |
|          | 樹幹形状        |                                                                        |          |                                           |      |                            |
| 材質       | 組織上の特徴      |                                                                        |          |                                           |      |                            |
|          | 心材、辺材の区別    | 不明瞭                                                                    | 辺材幅      |                                           |      |                            |
|          | 木理の通直性      | 通直～交錯                                                                  |          |                                           |      |                            |
|          |             | 木目は粗                                                                   |          |                                           |      |                            |
|          | 物理的性質       |                                                                        |          |                                           |      |                            |
|          | 容積密度        | 0.51 g/cm <sup>3</sup> 、0.58 g/cm <sup>3</sup> 、0.49 g/cm <sup>3</sup> |          |                                           |      |                            |
|          | 収縮率         | R方向：2.4%                                                               | T方向：5.5% | T/R：2.29                                  |      |                            |
|          | 吸水性         |                                                                        |          |                                           |      |                            |
|          | 加圧注入性       |                                                                        |          |                                           |      |                            |
|          | 強度的性質       |                                                                        |          |                                           |      |                            |
|          | 曲げ強度        | 534～819 kgf/cm <sup>2</sup>                                            | 曲げ弾性係数   | 81～98×10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> |      |                            |
|          | 衝撃曲げ吸収エネルギー |                                                                        |          |                                           |      |                            |
|          | 横圧縮強度       |                                                                        | 縦圧縮強度    | 281～391 kgf/cm <sup>2</sup>               | 剪断強度 | 81～120 kgf/cm <sup>2</sup> |
|          | 表面硬さ        |                                                                        |          |                                           |      |                            |
|          | 生物劣化抵抗性     |                                                                        |          |                                           |      |                            |
| カビ汚染性    |             | 耐朽性                                                                    | 小        |                                           |      |                            |
| 耐蟻性      |             |                                                                        |          |                                           |      |                            |
| 帯鋸による製材性 |             |                                                                        |          |                                           |      |                            |
| 挽き材乾燥性   |             |                                                                        |          |                                           |      |                            |
| 接着性      |             |                                                                        |          |                                           |      |                            |
| その他      |             |                                                                        |          |                                           |      |                            |

|     |         |                          |
|-----|---------|--------------------------|
| 文献名 | 著者      | Tree Talk, Inc. (CD-ROM) |
|     | 表題      | Woods in the World       |
|     | 雑誌名・著書名 | 1994                     |

|     |               |                      |     |                                      |     |         |
|-----|---------------|----------------------|-----|--------------------------------------|-----|---------|
| 資源量 | 国名            |                      | 樹種名 | メリナ、ヤマネ ( <i>Gmelina arborea</i> L.) | 産地名 |         |
|     | 植栽面積          |                      |     |                                      |     |         |
|     | 樹齡            |                      |     |                                      |     |         |
|     | 樹高            |                      |     |                                      |     |         |
|     | 胸高直径          |                      |     |                                      |     |         |
|     | 樹幹形状          |                      |     |                                      |     |         |
| 材質  | 組織上の特徴        |                      |     |                                      |     |         |
|     | 心材、辺材の区別      | 不明瞭                  |     | 辺材幅                                  |     |         |
|     | 木理の通直性        | やや交錯                 |     |                                      |     |         |
|     | 物理的性質         |                      |     |                                      |     |         |
|     | 容積密度          |                      |     |                                      |     |         |
|     | 収縮率           | R方向：2 %              |     | T方向：5 %                              |     | T/R：2.5 |
|     | 吸水性           |                      |     |                                      |     |         |
|     | 加圧注入性         | 心材の注入性は困難            |     |                                      |     |         |
|     | 強度的性質         |                      |     |                                      |     |         |
|     | 曲げ強度          | 8881 psi             |     | 曲げ弾性係数                               |     |         |
|     | 衝撃曲げ吸収エネルギー   |                      |     |                                      |     |         |
|     | 横圧縮強度         |                      |     | 縦圧縮強度                                |     |         |
|     | 表面硬さ          | 527 lbs              |     |                                      |     |         |
|     | 生物劣化抵抗性       |                      |     |                                      |     |         |
|     | カビ汚染性         |                      |     | 耐朽性                                  |     |         |
|     | 耐蟻性           | 加害を受ける               |     |                                      |     |         |
|     | 帯鋸による製材性      | 鋸断切削は容易、サンディングも良好    |     |                                      |     |         |
|     | 挽き材乾燥性        | 天然乾燥は容易で早い、欠点は発生しにくい |     |                                      |     |         |
| 接着性 | 良好 (塗装も良好)    |                      |     |                                      |     |         |
| その他 | 耐光性：安定で変色は少ない |                      |     |                                      |     |         |

|     |         |                              |
|-----|---------|------------------------------|
| 文献名 | 著者      | 林業試験場                        |
|     | 表題      | 南洋材の性質18, サラワク、ニューギニア産8樹種の性質 |
|     | 雑誌名・著書名 | 林試研報 No.254、55-169 (1973)    |

|                                              |      |                                                                          |                                     |                                    |
|----------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 資源量                                          | 国名   | 樹種名: メリナ、ヤマネ ( <i>Gmelina arborea</i> L.)                                |                                     | 産地名: インド～インドシナ半島                   |
|                                              | 植栽面積 |                                                                          |                                     |                                    |
|                                              | 樹齡   |                                                                          |                                     |                                    |
|                                              | 樹高   |                                                                          |                                     |                                    |
|                                              | 胸高直径 |                                                                          |                                     |                                    |
|                                              | 樹幹形状 |                                                                          |                                     |                                    |
|                                              | 材質   | <b>組織上の特徴</b>                                                            |                                     |                                    |
| 心材、辺材の区別                                     |      | 不明確                                                                      | 辺材幅:                                |                                    |
| 木理の通直性                                       |      | 通直ないし交錯                                                                  |                                     |                                    |
| <b>物理的性質</b>                                 |      |                                                                          |                                     |                                    |
| 容積密度                                         |      | 0.49～0.58 g/cm <sup>3</sup>                                              |                                     |                                    |
| 収縮率                                          |      | R方向: 3.6～4.8 %                                                           | T方向: 7.8～9.9 %                      | T/R: 2.1                           |
| 吸水性                                          |      | 木口面: 0.13 g/24hr·cm <sup>2</sup> 以下、板目面: 0.035 g/24hr·cm <sup>2</sup> 以下 |                                     |                                    |
| 加圧注入性                                        |      |                                                                          |                                     |                                    |
| <b>強度的性質</b>                                 |      |                                                                          |                                     |                                    |
| 曲げ強度                                         |      | 670～840 kgf/cm <sup>2</sup>                                              | 曲げ弾性係数: 102～112 kgf/cm <sup>2</sup> |                                    |
| 衝撃曲げ吸収エネルギー: 0.51～0.63 kgf·m/cm <sup>2</sup> |      |                                                                          |                                     |                                    |
| 横圧縮強度                                        |      | 14.5～28.9 kgf/cm <sup>2</sup>                                            | 縦圧縮強度: 402～470 kgf/cm <sup>2</sup>  | 剪断強度: 71.7～110 kgf/cm <sup>2</sup> |
| 表面硬さ                                         |      | 1.4～2.2 kgf/mm <sup>2</sup>                                              | 耐摩耗性: 0.033～0.053 mm/100回転          |                                    |
| <b>生物劣化抵抗性</b>                               |      |                                                                          |                                     |                                    |
| カビ汚染性                                        |      |                                                                          |                                     | 耐朽性: 中                             |
| 耐蟻性                                          |      |                                                                          |                                     |                                    |
| 帯鋸による製材性                                     |      | 良い                                                                       |                                     |                                    |
| 挽き材乾燥性                                       |      | 乾燥性普通                                                                    |                                     |                                    |
| 接着性                                          |      | 悪い                                                                       |                                     |                                    |
| <b>その他</b>                                   |      |                                                                          |                                     |                                    |
|                                              |      |                                                                          |                                     |                                    |
|                                              |      |                                                                          |                                     |                                    |
|                                              |      |                                                                          |                                     |                                    |

|     |         |                                 |
|-----|---------|---------------------------------|
| 文献名 | 著者      | 林業試験場                           |
|     | 表題      | 南洋材の性質19, カリマンタン、ニューギニア産10樹種の性質 |
|     | 雑誌名・著書名 | 林試研報 No.262、59-163 (1974)       |

|     |                            |                                                                                |                |                               |
|-----|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------|
| 資源量 | 樹種名                        | ラブラ、カランパヤン ( <i>Anthocephalus cadamba</i> Miq.)                                | 産地名            | 東南アジア～ニューギニア                  |
|     | 植栽面積                       |                                                                                |                |                               |
|     | 樹齢                         |                                                                                |                |                               |
|     | 樹高                         |                                                                                |                |                               |
|     | 胸高直径                       |                                                                                |                |                               |
|     | 樹幹形状                       |                                                                                |                |                               |
| 材質  | 組織上の特徴                     |                                                                                |                |                               |
|     | 心材、辺材の区別                   | 不明瞭                                                                            | 辺材幅            |                               |
|     | 木理の通直性                     | 通直～やや交錯                                                                        |                |                               |
|     | 物理的性質                      |                                                                                |                |                               |
|     | 容積密度                       | 0.39～0.49 g/cm <sup>3</sup>                                                    |                |                               |
|     | 収縮率                        | R方向: 2.2 %以下                                                                   | T方向: 5.6～7.7 % | T/R: 3.5                      |
|     | 吸水性                        | 木口面: 0.14～0.35 g/24hr·cm <sup>2</sup> 、板目面: 0.069～0.084 g/24hr·cm <sup>2</sup> |                |                               |
|     | 加圧注入性                      |                                                                                |                |                               |
|     | 強度的性質                      |                                                                                |                |                               |
|     | 曲げ強度                       | 565～768 kgf/cm <sup>2</sup>                                                    | 曲げ弾性係数         | 76.3～99.7 kgf/cm <sup>2</sup> |
|     | 衝撃曲げ吸収エネルギー                | 0.27～0.71 kgf·m/cm <sup>2</sup>                                                |                |                               |
|     | 横圧縮強度                      | 16.6～44.4 kgf/cm <sup>2</sup>                                                  | 縦圧縮強度          | 303～398 kgf/cm <sup>2</sup>   |
|     | 表面硬さ                       | 0.7～1.9 kgf/mm <sup>2</sup>                                                    | 耐摩耗性           | 0.054～0.080 mm/100回転          |
|     | 生物劣化抵抗性                    |                                                                                |                |                               |
|     | カビ汚染性                      |                                                                                | 耐朽性            | 小                             |
|     | 耐蟻性                        |                                                                                |                |                               |
|     | 帯鋸による製材性                   | 良い                                                                             |                |                               |
|     | 挽き材乾燥性                     | 良い                                                                             |                |                               |
| 接着性 | 良い                         |                                                                                |                |                               |
| その他 | 成長が早い<br>熱帯アジアにおける代表的な造林樹種 |                                                                                |                |                               |

## 第2章 早成樹の材質に関わる試験研究

### 1 試験材の概要

第1章の早成樹ファイルに挙げた樹種の中で入手できた樹種は、表2-1の通りである。

表2-1 早成樹の樹種名および産地

| 樹種名       | 産地及び輸出港の概要 | 入手形態 その他参考事項               |
|-----------|------------|----------------------------|
| ロシア産カラマツ  | 北洋産材       | 生材丸太を入手、辺材部の採取不能           |
| ラジアータパイン  | ニュージーランド産材 | 生材丸太を入手、良材                 |
| カメレレ      | ソロモン諸島産材   | 生材丸太を入手、良材                 |
| カメレレ      | インドネシア産材   | 乾燥板材を入手、辺心材区別不能            |
| ファルカータ    | インドネシア産材   | 乾燥板材を入手                    |
| サザンパイン    | 米国産材       | 乾燥板材を入手                    |
| メリナ       | フィリピン産材    | 乾燥板材を入手                    |
| ホワイトポプラ   | 中国産材（北部地帯） | 未乾燥板材を入手、推定樹齢14年           |
| アカシアマンギウム | インドネシア産材   | 乾燥板材を入手、辺心材区別不能            |
| カリビアマツ    | インドネシア産材   | 乾燥板材を入手、辺心材区別不能            |
| ユーカリ      | オーストラリア産材  | 乾燥板材を入手、自然木（老木）と更新木（若木）に区分 |

表中、生材丸太で入荷したロシア産カラマツ、ラジアータパイン、カメレレについては、厚さ約30mmの板に製材した後、熱風乾燥機を用いて乾燥を行い、気乾材に調湿した。また、未乾燥材で入荷したホワイトポプラは、板材のまま同様にして気乾材に調湿した。なお、試験材の調達については、主に富洋木材（株）及び住友林業（株）に多大な協力をいただいた。

注薬缶による注入試験に供する試験材は、ファルカータは辺材と心材が得られたが、他の全ての樹種は心材のみを採材して、杭試験材の形状寸法に調製した。すなわち、断面を約3×3cmとして、カメレレ、ファルカータ、メリナ、アカシアマンギウム、スギ、カラマツは、長さ約90cmに仕上げた。ただし、ユーカリ（G2, M, 4A）は原材料の都合で、わずかに断面寸法に不足が生じ、長さも他材より短く約75cmとなった。それら供試時の詳細は7.1注薬缶による注入試験において述べる。

局所注入試験に供する試験材は、メリナとカラマツは心材のみ、ラジアータパインは辺

材のみ、ホワイトポプラは辺心材区別不詳、ユーカリ、アカシヤマンギウム、ファルカータ、カメレレは辺材と心材をそれぞれ採材して、板目板の形状寸法に調製した。すなわち、断面を厚さ約3 cm、幅約4 cmとして、長さ約40 cmに仕上げた。

耐候試験材及び乾燥割れ発生試験材は、ラジアータパインは辺材のみ、ファルカータは辺材と心材を、他のカラマツ、カメレレ、メリナ、アカシヤマンギウムは心材のみを、それぞれ幅広の板目板の形状寸法に採材した。すなわち、厚さ約2.5～3 cm、幅約10～12 cmとして、長さは約1 mに仕上げた。それらを試験実施場所において、さらに適した寸法形状に調製することにした。

## 2 カビ抵抗性試験

カビ抵抗性の違いを明確にするために、木材用防カビ剤の効力試験方法にしたがって、栄養分を含まない蒸留水で調製した孢子懸濁液を摂取源として、室内試験による各種のカビ抵抗性を比較検討した。

### 2.1 試験方法

1995年に改正された(社)日本木材保存協会規格第2号『木材用防カビ剤の効力試験方法』にしたがって試験を行ったが、孢子懸濁液の調製方法を変更して貧栄養にした。

#### (1) 供試樹種

調達できた下記の9樹種から心辺材を可能な限り区別して供試した。

サザンパイン(心材、辺材)、ラジアータパイン(心材、辺材)、カラマツ(心材、辺材)、ホワイトポプラ、ファルカータ、カリビアマツ、アカシヤマンギウム、メリナ、カメレレ、

#### (2) 試験体寸法および形状

20×3×50mmの直方体(20×50mm面が板目)の試験体を健全部から採取した。なお、試験体数は1菌種あたり6枚とした。

#### (3) 供試菌

使用した供試菌5種は次の通りであった。

- ① *Aspergillus niger* van Tieghem IFO 6341=ATCC 6275
- ② *Penicillium funiculosum* Thom. (旧名 *Penicillium luteum* Zukal) IFO 6345=ATCC 9644
- ③ *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud IFO 6353=IAM F-24(H. Iizuka)
- ④ *Gliocladium virens* Miller, Giddens & Foster (旧名 *Trichoderma viride* T-1) IFO 6355=ATCC 9645
- ⑤ *Rhizopus stolonifer* (Ehrenberg:Fries) Vuillemin SN 32 (旧名 *Rhizopus oryzae* Went & Prinsen-Geerligs; *Rhizopus nigricans* Ehrenberg SN 32) IFO 31005

#### (4) 供試菌の培養

下記の組成をもつ培養基50mlを100ml容の三角フラスコに入れ、上記滅菌したものに、供試菌を接種した。26±2℃、関係湿度70～80%の条件で菌叢が培養基全面を覆うまで1～2週間培養した。

〔培養基の組成：麦芽抽出物10 g、ペプトン5 g、グルコース25 g、リン酸二水素カリウム3 g、硫酸マグネシウム(七水和物)2 g、寒天20 g〕  
を 蒸留水1000mlに溶解させたもの

#### (5) 試験容器

直径90mm、深さ20mmの滅菌ペトリ皿を試験容器とした。ペトリ皿に蒸気殺菌した2%寒天液 15~20mlを注加・固定させた後、ポリプロピレン製ネットを敷き、この上に滅菌した同一樹種の試験体3枚を置いた。試験体表面をカビ生育に好適な含水率にするため、0.005%のスルフォコハク酸ジオクチルナトリウムを含む滅菌蒸留水をピペットで試験体3枚あたり2mlまいた。

#### (6) 孢子懸濁液（接種源）の調製

スルフォコハク酸ジオクチルナトリウムを加え、その濃度を0.005%に調製した蒸留水を蒸気滅菌後、室温に冷却したもの50mlを三角フラスコ内で生育した各供試菌の菌叢上に注加・攪拌し、回収した約50mlの液を孢子懸濁液とした。孢子懸濁液は試験体への菌の接種源として用いた。

#### (7) 観察と評価

各試験体について菌の発育状況を培養開始後3日目、1週間目その後は1週間ごとに実体顕微鏡下で観察し、下記の評価値にしたがって記録した。

- 評価値
- 0：試験体にカビの生育が観察されない
  - 1：試験体の側面（50×3mm面）にのみカビの生育が観察される
  - 2：試験体の上面（50×20mm面）にカビの生育が観察されるが、生育範囲は面積の1/3以下である
  - 3：試験体の上面にカビの生育が観察され、生育範囲は面積の1/3以上である

記録した評価値から各菌種後とに平均評価値を求め、平均評価値の合計を算出した。

### 2.2 試験結果

樹種別、心辺材別のカビ抵抗性の菌接種後の経時的变化と、評価が“3”に達した時間（3D：培養開始後3日、3D~1W：3日~1週間、1W~2W：1~2週間、3W~4W：3~4週間、-：4週間では到達せず）を表2-2~13に示した。

樹種別にカビ抵抗性を平均評価値の合計から比較してみると、10以下であったものが3種あり、ラジアータパイン心材が最低値6.8を記録した。ついでメリナ、カラマツ辺材であった。その他では、平均評価値の合計が13を超えるものが大半であった。ラジアータパイン心材-Rhizopus stoloniferの組み合わせで試験体に菌の生育がまったく認められなかった以外は、5種の供試菌はいずれも試験体上で生育できたことが確認された。

この試験に先立ち、0.2%麦芽抽出物水溶液で孢子懸濁液を調製した場合のカビ抵抗性試験も行っているが、それによれば心材と辺材との間にカビ抵抗性の差はほとんど認められなかった。今回のように孢子懸濁液を蒸留水で調製し、貧栄養下で菌を培養すると、ラジアータパインやカラマツでは心辺材に顕著なカビ抵抗性の違いを認められた。一方、サザンパインでは、なお差異は認められなかった。

以上の試験結果を見ると、現実には商用樹種の多くは辺材部のカビによる表面汚染や辺材変色が経済的に重要な問題であることを考慮すれば、貧栄養下の培養条件ですら、菌の側からは生育に好適であったと判断せざるを得ない。試験体の含水率は測定していないが、試験体表面の性状からすると、少なくとも、表層の含水率が50%を下回ったことはなく、

試験体の含水率や試験容器内の関係湿度は微生物の生育にとって好適な範囲にあったといえよう。すなわち、付加的に栄養を与えなくても、いずれの供試菌も水分条件さえよければ、生育速度が緩慢になったり生育対象樹種に選択性はあるものの、ほとんどの早成樹で生育できることが示された。早成樹はカビ汚染を発生しやすいと結論することができる。

表2-2 かび抵抗性の経時的変化（サザンパイン心材）

| 菌種                             | 平均評価値 |     |     |     |     | 評価値が3に到達した時間 | 4週後の平均評価値の合計 |
|--------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|
|                                | 3日後   | 1週後 | 2週後 | 3週後 | 4週後 |              |              |
| <i>Aspergillus niger</i>       | 2.3   | 3.0 |     |     |     | 3D~1W        | 12.8         |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 1.2   | 1.2 | 1.5 | 2.2 | 2.3 | -            |              |
| <i>Aureobasidium pullulans</i> | 3.0   |     |     |     |     | 3D           |              |
| <i>Gliocladium virens</i>      | 1.8   | 2.2 | 2.2 | 2.5 | 2.5 | -            |              |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>     | 1.3   | 1.3 | 1.8 | 2.0 | 2.0 | -            |              |

表2-3 かび抵抗性の経時的変化（サザンパイン辺材）

| 菌種                             | 平均評価値 |     |     |     |     | 評価値が3に到達した時間 | 4週後の平均評価値の合計 |
|--------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|
|                                | 3日後   | 1週後 | 2週後 | 3週後 | 4週後 |              |              |
| <i>Aspergillus niger</i>       | 3.0   |     |     |     |     | 3D           | 15.0         |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 1.5   | 3.0 |     |     |     | 3D~1W        |              |
| <i>Aureobasidium pullulans</i> | 3.0   |     |     |     |     | 3D           |              |
| <i>Gliocladium virens</i>      | 2.0   | 3.0 |     |     |     | 3D~1W        |              |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>     | 2.0   | 3.0 |     |     |     | 3D~1W        |              |

表2-4 かび抵抗性の経時的変化（ラジアータパイン心材）

| 菌種                             | 平均評価値 |     |     |     |     | 評価値が3に到達した時間 | 4週後の平均評価値の合計 |
|--------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|
|                                | 3日後   | 1週後 | 2週後 | 3週後 | 4週後 |              |              |
| <i>Aspergillus niger</i>       | 0     | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.8 | -            | 6.8          |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 0.3   | 0.3 | 0.3 | 1.0 | 1.2 | -            |              |
| <i>Aureobasidium pullulans</i> | 2.0   | 2.0 | 2.0 | 2.2 | 2.5 | -            |              |
| <i>Gliocladium virens</i>      | 1.0   | 1.0 | 1.0 | 1.3 | 1.3 | -            |              |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>     | 0     | 0   | 0   | 0   | 0   | -            |              |

表2-5 かび抵抗性の経時的変化（ラジアータパイン辺材）

| 菌種                             | 平均評価値 |     |     |     |     | 評価値が3に<br>到達した時間 | 4週後の平均<br>評価値の合計 |
|--------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|------------------|------------------|
|                                | 3日後   | 1週後 | 2週後 | 3週後 | 4週後 |                  |                  |
| <i>Aspergillus niger</i>       | 3.0   |     |     |     |     | 3D               | 14.0             |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 3.0   |     |     |     |     | 3D               |                  |
| <i>Aureobasidium pullulans</i> | 2.0   | 3.0 |     |     |     | 3D~1W            |                  |
| <i>Gliocladium virens</i>      | 2.0   | 2.5 | 3.0 |     |     | 1W~2W            |                  |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>     | 1.0   | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | -                |                  |

表2-6 かび抵抗性の経時的変化（カラマツ心材）

| 菌種                             | 平均評価値 |     |     |     |     | 評価値が3に<br>到達した時間 | 4週後の平均<br>評価値の合計 |
|--------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|------------------|------------------|
|                                | 3日後   | 1週後 | 2週後 | 3週後 | 4週後 |                  |                  |
| <i>Aspergillus niger</i>       | 3.0   |     |     |     |     | 3D               | 15.0             |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 2.2   | 2.8 | 2.8 | 3.0 |     | 2W~3W            |                  |
| <i>Aureobasidium pullulans</i> | 3.0   |     |     |     |     | 3D               |                  |
| <i>Gliocladium virens</i>      | 2.2   | 2.2 | 3.0 |     |     | 1W~2W            |                  |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>     | 3.0   |     |     |     |     | 3D               |                  |

表2-7 かび抵抗性の経時的変化（カラマツ辺材）

| 菌種                             | 平均評価値 |     |     |     |     | 評価値が3に<br>到達した時間 | 4週後の平均<br>評価値の合計 |
|--------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|------------------|------------------|
|                                | 3日後   | 1週後 | 2週後 | 3週後 | 4週後 |                  |                  |
| <i>Aspergillus niger</i>       | 3.0   |     |     |     |     | 3D               | 9.5              |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 0.3   | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | -                |                  |
| <i>Aureobasidium pullulans</i> | 2.3   | 2.5 | 2.8 | 3.0 |     | 2W~3W            |                  |
| <i>Gliocladium virens</i>      | 0.8   | 0.8 | 1.0 | 1.5 | 1.7 | -                |                  |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>     | 1.0   | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | -                |                  |

表2-8 かび抵抗性の経時的変化 (ホワイトポプラ)

| 菌種                             | 平均評価値 |     |     |     |     | 評価値が3に到達した時間 | 4週後の平均評価値の合計 |
|--------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|
|                                | 3日後   | 1週後 | 2週後 | 3週後 | 4週後 |              |              |
| <i>Aspergillus niger</i>       | 3.0   |     |     |     |     | 3D           | 13.1         |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 1.7   | 1.8 | 2.0 | 2.7 | 2.8 | -            |              |
| <i>Aureobasidium pullulans</i> | 3.0   |     |     |     |     | 3D           |              |
| <i>Gliocladium virens</i>      | 1.3   | 2.0 | 2.5 | 3.0 |     | 2W~3W        |              |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>     | 1.3   | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | -            |              |

表2-9 かび抵抗性の経時的変化 (ファルカータ)

| 菌種                             | 平均評価値 |     |     |     |     | 評価値が3に到達した時間 | 4週後の平均評価値の合計 |
|--------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|
|                                | 3日後   | 1週後 | 2週後 | 3週後 | 4週後 |              |              |
| <i>Aspergillus niger</i>       | 2.8   | 3.0 |     |     |     | 3D~1W        | 14.3         |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 1.5   | 2.0 | 2.8 | 3.0 |     | 2W~3W        |              |
| <i>Aureobasidium pullulans</i> | 3.0   |     |     |     |     | 3D           |              |
| <i>Gliocladium virens</i>      | 2.0   | 2.2 | 2.8 | 3.0 |     | 2W~3W        |              |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>     | 2.0   | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.3 | -            |              |

表2-10 かび抵抗性の経時的変化 (カリビアマツ)

| 菌種                             | 平均評価値 |     |     |     |     | 評価値が3に到達した時間 | 4週後の平均評価値の合計 |
|--------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|
|                                | 3日後   | 1週後 | 2週後 | 3週後 | 4週後 |              |              |
| <i>Aspergillus niger</i>       | 2.5   | 3.0 |     |     |     | 3D~1W        | 14.3         |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 1.5   | 1.7 | 2.0 | 2.5 | 2.7 | -            |              |
| <i>Aureobasidium pullulans</i> | 3.0   |     |     |     |     | 3D           |              |
| <i>Gliocladium virens</i>      | 1.5   | 2.0 | 2.2 | 2.8 | 2.8 | -            |              |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>     | 2.5   | 2.5 | 2.5 | 2.8 | 2.8 | -            |              |

表2-11 かび抵抗性の経時的変化（アカシアマングウム）

| 菌種                             | 平均評価値 |     |     |     |     | 評価値が3に到達した時間 | 4週後の平均評価値の合計 |
|--------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|
|                                | 3日後   | 1週後 | 2週後 | 3週後 | 4週後 |              |              |
| <i>Aspergillus niger</i>       | 2.5   | 3.0 |     |     |     | 3D~1W        | 13.8         |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 1.2   | 1.5 | 1.8 | 2.7 | 2.8 | -            |              |
| <i>Aureobasidium pullulans</i> | 2.0   | 2.0 | 3.0 |     |     | 1W~2W        |              |
| <i>Gliocladium virens</i>      | 1.0   | 2.0 | 2.2 | 3.0 |     | 2W~3W        |              |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>     | 1.7   | 1.7 | 1.7 | 2.0 | 2.0 | -            |              |

表2-12 かび抵抗性の経時的変化（メリナ=ジェメリーナ）

| 菌種                             | 平均評価値 |     |     |     |     | 評価値が3に到達した時間 | 4週後の平均評価値の合計 |
|--------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|
|                                | 3日後   | 1週後 | 2週後 | 3週後 | 4週後 |              |              |
| <i>Aspergillus niger</i>       | 0.8   | 2.3 | 2.3 | 2.8 | 2.8 | -            | 9.3          |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 1.0   | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | -            |              |
| <i>Aureobasidium pullulans</i> | 2.8   | 3.0 |     |     |     | 3D~1W        |              |
| <i>Gliocladium virens</i>      | 1.0   | 1.2 | 1.3 | 1.8 | 2.0 | -            |              |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>     | 0.5   | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | -            |              |

表2-13 かび抵抗性の経時的変化（カメレレ）

| 菌種                             | 平均評価値 |     |     |     |     | 評価値が3に到達した時間 | 4週後の平均評価値の合計 |
|--------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|
|                                | 3日後   | 1週後 | 2週後 | 3週後 | 4週後 |              |              |
| <i>Aspergillus niger</i>       | 1.5   | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.7 | -            | 10.4         |
| <i>Penicillium funiculosum</i> | 1.0   | 1.0 | 1.0 | 2.0 | 2.5 | -            |              |
| <i>Aureobasidium pullulans</i> | 1.7   | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | -            |              |
| <i>Gliocladium virens</i>      | 1.8   | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | -            |              |
| <i>Rhizopus stolonifer</i>     | 1.0   | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | -            |              |

### 3 耐朽性試験

#### 3.1 試験方法

表2-14に、試験材の樹種名、針・広葉樹の別、採取部位（辺材、心材等）、寸法等を示した。なお、ユーカリ材については、原材料から、中心（樹心部）、中間（中間部）、外側（周辺部）と区別して試験体を採取したが、いずれの部位も心材に相当する材部であった。

耐朽性試験は、JIS Z 2101(1994)「木材の試験方法」に示された耐朽性試験に準拠して行った。供試菌には、オオウズラタケ (*T. Palustris*) FFPRI 0507 および カワラタケ (*C. Versicolor*) FFPR 1030 を用い、8週間の実験室的強制腐朽操作を施した。試験体は一辺2cmの立方体とし、可能な限り12体を供試した。設置面へは木口面を対峙させて設置した。

#### 3.2 試験結果

試験結果は、表2-15に供試菌別の平均質量減少率で示した。耐朽性を評価するに当たって、目安として表2-16の評価基準（これは仮設定値、針葉樹についてはオオウズラタケ、広葉樹についてはカワラタケへの抵抗性で判断）を適用すると、早成樹の耐朽性は表2-17のようにまとめられる。

これらの結果を見ると、メリナとアカシヤマンギウムについてはある程度の耐朽性が認められるものの、全体としては耐朽性に欠けることがわかる。アカシヤマンギウム心材はカワラタケへの高い抵抗性が認められるものの、オオウズラタケに対する抵抗性は中程度である。メリナについても、カワラタケには高い抵抗性を示すが、オオウズラタケに対しては抵抗性が低い。すなわち、これらの早成樹を腐朽が懸念される部位部材に使用する場合には、あらかじめ防腐処理が必要になる。

### 4. 耐蟻性試験

木材の耐蟻性は樹種の違い、伐採時期、同一樹種であっても心材と辺材で異なることが知られている。一般に、辺材よりも心材の耐蟻性が高い樹種が多いが、その事実を早成樹についても確認するため、小木片を利用した室内試験で樹種別、心辺材別の耐蟻性を評価した。

#### 4.1 試験方法

(社)日本木材保存協会規格第11号(1992)『塗布・吹付け・浸せき処理用木材防蟻剤の防蟻効力試験方法 (1)室内試験方法』に規定されている総合試験方法にしたがって試験した。

##### (1) 供試樹種

調達できた下記の9樹種から心材を可能な限り区別して供試した。

サザンパイン（心材、辺材）、ラジアータパイン（心材、辺材）、カラマツ（心材、辺材）、ホワイトポプラ、ファルカータ、カリビアマツ、アカシヤマンギウム、メリナ、カメレレ、

##### (2) 試験体寸法および形状

10×10×20mmの二方柱の直方体の試験体を健全部から採取した。なお、繰返し数は5とした。温度60±2℃下で48時間乾燥後の各試験体の質量を測定した。すべての

表2-14

## 供試材料

| 樹種名       | 産地       | 部位             | 試験体寸法                         |     | 学名                           |
|-----------|----------|----------------|-------------------------------|-----|------------------------------|
| ソ連産カラマツ   |          | 心材<br>辺材       | 2×2×2cm<br>2×2×2cm            | 針葉樹 | Larix dahurica Turcz.        |
| ラジアータパイン  | ニュージーランド | 心材<br>辺材       | 2×2×2cm<br>2×2×2cm            | 針葉樹 | Pinus radiata D. Don         |
| ファルカータ    | インドネシア   | 心材<br>辺材       | 2×2×2cm<br>2×2×2cm            | 広葉樹 | Albizia Parasierianthes      |
| サザンパイン    | 米国       | 心材<br>辺材       | 2×2×2cm<br>2×2×2cm            | 針葉樹 |                              |
| ジェミリーナ    | フィリピン    | 心材<br>辺材       | 2×2×2cm<br>2×2×2cm            | 広葉樹 | Gmelina arborea L.           |
| カメレレ      | ソロモン諸島   | 心材<br>辺材       | 2×2×2cm<br>2×2×2cm            | 広葉樹 | Eucalyptus deglupta Bl.      |
| カメレレ      | インドネシア   | 区別なし           | 3×3×1cm                       | 広葉樹 | Eucalyptus deglupta Bl.      |
| ホワイトポプラ   | 中国       | 区別なし           | 3×3×1cm                       | 広葉樹 | Salicaceae Populus alba L.   |
| アカシアマンギウム | インドネシア   | 心材             | 2×2×2cm                       | 広葉樹 | Acacia leycophloe            |
| カリビアマツ    | インドネシア   | 心材             | 2×2×2cm                       | 針葉樹 | Pinus caribaea Morelet       |
| ユーカリ：老木   | オーストラリア  | 中心<br>中間<br>外側 | 2×2×2cm<br>2×2×2cm<br>2×2×2cm | 広葉樹 | Eucalyptus obliqua L' Herit. |
| ユーカリ：若木   | オーストラリア  | 中心<br>外側       | 2×2×2cm<br>2×2×2cm            | 広葉樹 | Eucalyptus delegatensis      |

表2-15 早成樹の耐朽性試験結果

| 樹種名       | 産地       | 部位   | カワラタケ 8週間腐朽    |      |          | オオウスラタケ 8週間腐朽 |                |      |          |          |
|-----------|----------|------|----------------|------|----------|---------------|----------------|------|----------|----------|
|           |          |      | 質量減少率<br>平均(%) | 標準偏差 | 変動<br>係数 | 試験<br>体数      | 質量減少率<br>平均(%) | 標準偏差 | 変動<br>係数 | 試験<br>体数 |
| ソ連産カラマツ   |          | 心材   | 6.85           | 2.07 | 30       | 12            | 23.76          | 2.34 | 10       | 12       |
|           |          | 辺材   | 8.53           | 4.08 | 48       | 12            | 30.11          | 3.36 | 11       | 12       |
| ラジアータパイン  | ニュージーランド | 心材   | 8.66           | 2.75 | 32       | 12            | 21.11          | 6.11 | 29       | 12       |
|           |          | 辺材   | 11.88          | 3.40 | 29       | 12            | 25.64          | 3.53 | 14       | 11       |
| ファルカータ    | インドネシア   | 心材   | 13.77          | 7.24 | 53       | 12            | 25.14          | 6.56 | 26       | 12       |
|           |          | 辺材   | 18.28          | 8.04 | 44       | 12            | 29.24          | 5.34 | 18       | 12       |
| サザンパイン    | 米国       | 心材   | 4.37           | 1.39 | 32       | 12            | 11.67          | 5.73 | 49       | 12       |
|           |          | 辺材   | 5.91           | 2.75 | 47       | 12            | 20.43          | 7.38 | 36       | 11       |
| ジェミリーナ    | フィリピン    | 心材   | 0.80           | 0.37 | 46       | 12            | 10.53          | 6.01 | 57       | 11       |
|           |          | 辺材   | 4.59           | 3.27 | 71       | 12            | 19.93          | 8.54 | 43       | 10       |
| カメレレ      | ソロモン諸島   | 心材   | 19.53          | 6.74 | 35       | 12            | 26.91          | 4.44 | 16       | 12       |
|           |          | 辺材   | 19.13          | 4.29 | 22       | 12            | 15.58          | 6.31 | 41       | 12       |
| カメレレ      | インドネシア   | 区別なし | 16.06          | 9.41 | 59       | 10            | 11.49          | 5.73 | 50       | 11       |
| ホワイトポプラ   | 中国       | 区別なし | 27.21          | 5.32 | 20       | 11            | 25.44          | 6.12 | 24       | 11       |
| アカシアマンギウム | インドネシア   | 心材   | 4.97           | 1.28 | 26       | 12            | 10.17          | 2.99 | 29       | 12       |
| カリビアマツ    | インドネシア   | 心材   | 4.74           | 1.27 | 27       | 12            | 31.13          | 2.97 | 10       | 11       |
| ユーカリ：老木   | オーストラリア  | 中心   | 7.52           | 3.58 | 48       | 12            | 21.63          | 2.78 | 13       | 12       |
|           |          | 中間   | 6.05           | 4.17 | 69       | 12            | 17.03          | 2.88 | 17       | 12       |
|           |          | 外側   | 5.10           | 3.66 | 72       | 12            | 13.06          | 5.01 | 38       | 12       |
| ユーカリ：若木   | オーストラリア  | 中心   | 7.65           | 4.74 | 62       | 12            | 18.37          | 2.09 | 11       | 12       |
|           |          | 外側   | 10.15          | 7.11 | 70       | 12            | 14.53          | 3.41 | 23       | 12       |

表2-16 耐朽性の評価基準（仮設定）

| 耐朽性<br>区分 | 平均質量減少率       |             |
|-----------|---------------|-------------|
|           | 針葉樹 - オオウズラタケ | 広葉樹 - カワラタケ |
| 大         | 0～8% 程度       | 0～5% 程度     |
| 中         | 8～15% 程度      | 5～10% 程度    |
| 小         | 15%以上         | 10%以上       |

表2-17 評価基準（仮設定）に基づく耐朽性区分

| 耐朽性区分 | 心材                                                       | 辺材                                            |
|-------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 大     | ジェミリーナ<br>アカシアマンギユウム                                     | ジェミリーナ                                        |
| 中     | サザンパイン<br>ユーカリ老木<br>ユーカリ若木                               |                                               |
| 小     | ソ連産カラマツ<br>ラジアタパイン<br>アルビジア<br>カメレレ<br>カリビアマツ<br>ホワイトポプラ | ソ連産カラマツ<br>ラジアタパイン<br>アルビジア<br>サザンパイン<br>カメレレ |

試験体は耐候操作をせずに供試した。

(3) 供試シロアリ

京都大学木質科学研究所で人工飼育されているイエシロアリ (*Coptotermes formosanus* Shiraki) のコロニーから採取された職蟻および兵蟻を用いた。

(4) 飼育容器

飼育に用いた容器は、直径8 cm、長さ6 cmの亚克力樹脂製円筒の一端を硬石膏でシールしたものであった。

(5) 試験体のセットおよび飼育

(4)に示した飼育容器の底部(硬石膏の部分)に柁目面が接するように試験体を置き、職蟻150頭と兵蟻15頭を投入した。飼育容器は底部に湿潤綿を敷いた蓋付きの容器に入れ、温度 $28 \pm 2^\circ\text{C}$ に保持した暗所で21日間静置した。

(6) 測定項目

21日間飼育後に回収した試験体の表面から付着物を除去して、温度 $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 下で48時間乾燥して質量を測定し、試験前後の質量差から質量減少率を求めた。また、職蟻の死亡頭数を記録し、死亡率を算出した。

4.2 試験結果

試験結果は樹種別、心辺材別に表2-18に示した。

表2-18 樹種別、心辺材別の耐蟻性

| 樹種          | 死虫率 (%) |      |      | 質量減少率 (%) |      |      |
|-------------|---------|------|------|-----------|------|------|
|             | 最小      | 最大   | 平均   | 最小        | 最大   | 平均   |
| ザンパイン心材     | 12.7    | 20.7 | 16.7 | 7.7       | 14.1 | 9.9  |
| ザンパイン辺材     | 4.0     | 14.7 | 8.5  | 16.5      | 20.7 | 18.8 |
| ラジアータ心材     | 8.0     | 16.7 | 13.9 | 10.4      | 24.3 | 15.3 |
| ラジアータ辺材     | 6.0     | 9.3  | 7.9  | 14.8      | 16.2 | 15.2 |
| カラマツ心材      | 3.3     | 16.0 | 10.0 | 22.2      | 27.7 | 25.9 |
| カラマツ辺材      | 3.3     | 11.3 | 8.7  | 20.2      | 28.0 | 23.6 |
| ホトトギス       | 7.3     | 13.3 | 9.3  | 18.8      | 27.1 | 24.3 |
| ファルカタ       | 9.3     | 19.3 | 14.7 | 7.6       | 13.8 | 11.9 |
| カリビマツ       | 10.0    | 18.7 | 14.8 | 16.3      | 24.8 | 19.5 |
| アカシヤマンギク    | 14.0    | 22.7 | 19.1 | 2.5       | 4.8  | 3.4  |
| イマネ(=ツエミリナ) | 13.3    | 30.0 | 21.6 | 4.0       | 5.0  | 4.6  |
| カスミ         | 6.0     | 18.7 | 13.2 | 16.2      | 28.6 | 21.6 |

この結果を見ると、予想通りマツ属の樹種はシロアリの食害を受けやすい傾向が認められた。サザンパインでは心辺材の耐蟻性が異なることが示されたが、ラジアータパインやカラマツでは心辺材の区別なく食害されており、耐蟻性に差はなかった。供試した多くの早成樹は耐蟻性が認められないが、アカシアマンギウムとメリナの平均質量減少率は5%未満であり、かなり高い耐蟻性を有することが実証された。この2樹種は前述の耐朽性試験でも他の早成樹よりも優れた性能を示しており、整合性が認められる。

## 5 耐候性試験

### 5.1 試験方法

#### (1) 試験体

表2-19に示す樹種について、節等の欠点を含まない板目材を各5枚作製した。曝露表面はスーパーサーフェーサー仕上げとした。

表2-19 暴露試験体

| 樹種              | 略号 | 密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 試験体寸法(cm)<br>T × L × R | 試験体の様子 |
|-----------------|----|----------------------------|------------------------|--------|
| ヒノキ心材           | H  | 0.47                       | 6 × 30 × 1             |        |
| スギ心材            | C  | 0.40                       | 6 × 30 × 1             |        |
| カラマツ心材          | KH | 0.54                       | 8 × 30 × 2.2           |        |
| ラジアータパイン心材      | RH | 0.49                       | 8 × 30 × 2.2           |        |
| ラジアータパイン辺材      | RS | 0.58                       | 8 × 30 × 2.2           | 青変菌    |
| サザンパイン          | S  | 0.55                       | 6 × 30 × 1.8           | 一部青変菌  |
| ファルカータ(フィリピン産)  | FP | 0.31                       | 9.5 × 30 × 2.5         |        |
| ファルカータ(インドネシア産) | FI | 0.31                       | 8 × 30 × 1.8           |        |
| ホワイトポプラ         | P  | 0.43                       | 4.5 × 30 × 1.8         | 黒変菌    |
| カメレレ心材          | EH | 0.44                       | 8 × 30 × 2.1           |        |
| カメレレ辺材          | ES | 0.48                       | 8 × 30 × 2.1           |        |
| メリナ             | M  | 0.41                       | 9.5 × 30 × 2.2         |        |
| アカシアマンギウム       | A  | 0.66                       | 7 × 30 × 2             |        |

#### (2) 曝露方法

茨城県つくば市において、曝露架台により南面45°で、試験体の木表側を曝露した。1996年1月18日より曝露を開始し60週間継続した。ただし、アカシアマンギウムについては1996年6月6日より開始した。

#### (3) 測定項目

曝露試験体について、4あるいは8週毎に下記項目について測定等を行った。

① 色差：試験体の中央、および上下端より長さの1/4の位置の計3カ所について、直

径6mmの測定窓を持つ色差計によりL\*、a\*、b\*を測定した。これら各刺激値の曝露前からの変化量 $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ および次式により色差 $\Delta E^*$ を求めた。

$$\Delta E^* = \{ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \}^{1/2}$$

結果は3測定個所の平均値で示した。

- ② 光沢：試験体中央部について、光沢計により60°鏡面反射率(Gr)を測定した。光沢の変化を、曝露前に対する曝露後の光沢の比(Gh/G0)で表わした。
- ③ 曝露面観察：汚れ、割れ等曝露面の様子を目視により観察した。

## 5.2 試験結果

### (1) 色差の変化

各試験体の曝露前の色の3刺激値および光沢の初期値を表2-20に示す。

表2-20 曝露試験体の色の3刺激値および光沢の初期値

| 樹種              | 略号 | L*   | a*   | b*   | Gr  |
|-----------------|----|------|------|------|-----|
| ヒノキ心材           | H  | 78.3 | 8.2  | 24.6 | 9.0 |
| スギ心材            | C  | 58.1 | 11.5 | 20.4 | 8.4 |
| カラマツ心材          | KH | 72.0 | 6.0  | 25.7 | 8.4 |
| ラジアータパイン心材      | RH | 80.7 | 5.3  | 23.2 | 6.7 |
| ラジアータパイン辺材      | RS | 77.7 | 5.1  | 21.3 | 6.3 |
| サザンパイン          | S  | 77.2 | 6.5  | 28.5 | 8.7 |
| ファルカータ(フィリピン産)  | FP | 79.6 | 5.5  | 16.7 | 9.4 |
| ファルカータ(インドネシア産) | FI | 79.6 | 4.9  | 17.9 | 8.7 |
| ホワイトポプラ         | P  | 79.6 | 2.9  | 18.7 | 6.6 |
| カメレレ心材          | EH | 73.5 | 9.4  | 20.4 | 6.7 |
| カメレレ辺材          | ES | 61.1 | 8.1  | 16.8 | 6.6 |
| メリナ             | M  | 76.7 | 4.0  | 20.5 | 6.2 |
| アカシアマンギウム       | A  | 60.6 | 7.9  | 21.1 | 8.1 |

曝露による色差 $\Delta E^*$ を図2-1に示す。 $\Delta E^*$ はいずれの樹種でも、はじめの4週で大きく増加し、その後12週程度までの増加量は小さい。しかし、 $\Delta E^*$ はその後再び大きく増加し、40週程度から増加が小さくなっている。後に示した写真でもわかるように、初期の $\Delta E^*$ の増加は太陽光による木材そのものの変化によるものが主体であり、後半の $\Delta E^*$ の増加は塵埃の付着やカビの発生による変色によるものが主体であると思われる。ただし、アカシアマンギウムは曝露開始時期が異なるため、これらとやや違った傾向を示している。したがって、同一に比較することは困難である。

木材そのものの変色によると考えられる12週後の $\Delta E^*$ は、針葉樹材ではカラマツ心

材 (KH)、ラジアータパイン心材 (RH)・辺材 (RS) がヒノキ (H) よりやや題であり変色の程度が大きいことを示している。スギ (C) はこれらに比べかなり小さい。広葉樹材では、 $\Delta E^*$  はいずれもヒノキより小さいが、特にファルカータ (FP、FI)、メリナ (M)、カメレレ辺材 (ES) はスギと同程度であり変色が小さい。ホワイトポプラ (P) およびカメレレ (EH) はこれらよりやや大きい。

$\Delta E^*$  は上式で示したように、3つの刺激値を総合した値であるため、個々の刺激値の変化を図2-2~4に示す。

$\Delta L^*$  (図2-2) は針葉樹材 (ヒノキ、カラマツ心材、ラジアータパイン、サザンパイン) ではスギを除いてはじめての4週で大きく減少し、その後12週程度までの減少量は小さい。しかし、その後再び減少し始める。一方、スギは20週程度までやや増加するもののほとんど変化がなく、その後減少を始める。広葉樹材ではスギに似たタイプ (ファルカータ、カメレレ辺材、メリナ) と、ヒノキに似たタイプ (ポプラ、カメレレ心材) がある。

$\Delta a^*$  (図2-3) は12週程度までほとんど変化しないかあるいは、やや増加しその後減少し再び変化しなくなるタイプ (ヒノキ、カラマツ心材、ラジアータパイン、サザンパイン、ポプラ、メリナ) と初期から減少しその後変化しなくなるタイプ (スギ、ファルカータ、カメレレ、アカシアマンギウム) がある。

$\Delta b^*$  (図2-4) は、いずれの樹種でも4週目に増加し、その後大きく減少した後、変化が小さくなっている。

木材そのものの変色を表わしていると考えられる12週目の色差測定のみとを、表2-21に示す。

表2-21 曝露12週後の色差および3刺激値の変化のみとを

| 樹種               | $\Delta E^*$ | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | 特徴           |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| ヒノキ心材            | やや大          | 低下大          | 低下小          | 変化なし         | 明度の低下        |
| スギ心材             | 小            | 増加小          | 低下大          | 変化なし         | 赤みの減少        |
| カラマツ心材           | 大            | 低下大          | 増加小          | 変化なし         | 明度の低下        |
| ラジアータパイン心材       | 大            | 低下大          | 増加小          | 変化なし         | 明度の低下        |
| ラジアータパイン辺材       | 大            | 低下大          | 増加小          | 増加大          | 明度の低下、黄色みの増加 |
| サザンパイン           | 大            | 低下大          | 増加小          | 低下小          | 明度の低下        |
| ファルカータ (フィリピン産)  | 小            | 低下小          | 低下小          | 低下大          | 黄色みの増加       |
| ファルカータ (インドネシア産) | 小            | 低下小          | 低下小          | 低下大          | 黄色みの増加       |
| ホワイトポプラ          | やや大          | 低下大          | 増加小          | 低下小          | 明度の低下        |
| カメレレ心材           | やや大          | 低下大          | 低下大          | 低下小          | 明度の低下、赤みの減   |
| カメレレ辺材           | 小            | 増加小          | 低下大          | 変化なし         | 赤みの減少        |
| メリナ              | 小            | 低下小          | 変化なし         | 変化なし         | 変化小          |
| アカシアマンギウム        | やや大          | 低下小          | 低下大          | 低下大          | 赤みの減少、黄色みの増加 |

### (2) 光沢の変化 (図2-5)

表2-20に示したように、曝露前のもともとの木材表面の光沢 (Gr) はいずれの樹種も小さい。曝露による光沢比 (Gh/G0) の変化は、12週以降増加し、その後減少するタイプ (ヒノキ、スギ、ファルカータ) と、ほとんど変化がなく、その後徐々に減少するタイプ (その他の樹種) がある。ラジアータパイン辺材などいくつかの樹種に見られる曝露期間中の光沢の変動は、測定時の試験体の含水率の違いなど試験体の条件によるものと考えられる。

### (3) 曝露面の割れの観察

曝露60週後の試験体曝露面の目視による割れの様子を表2-22に示す。割れは、長さ、幅および深さが小さい割れ (干割れ) を生じている樹種と、長さ、幅、深さとも大きい割れ (表面割れ) を生じる樹種、および、割れを生じない樹種があった。また、樹脂道を持つ樹種では、樹脂道に沿った比較的小さい割れを生じるものもあった。

表2-22 曝露60週後の試験体曝露面の割れの有無

| 樹種               | 略号 | 割れの様子 |
|------------------|----|-------|
| ヒノキ心材            | H  | 表面割れ  |
| スギ心材             | C  | 表面割れ  |
| カラマツ心材           | KH | 表面割れ  |
| ラジアータパイン心材       | RH | 表面割れ  |
| ラジアータパイン辺材       | RS | 表面割れ  |
| サザンパイン           | S  | 表面割れ  |
| ファルカータ (フィリピン産)  | FP | 干割れ   |
| ファルカータ (インドネシア産) | FI | 干割れ   |
| ホワイトポプラ          | P  | 干割れ   |
| カメレレ心材           | EH |       |
| カメレレ辺材           | ES | 表面割れ  |
| メリナ              | M  |       |
| アカシアマンギウム        | A  |       |

干割れ：長さ、幅、および深さが小さい割れ

表面割れ：長さ、幅、深さともに大きい割れ

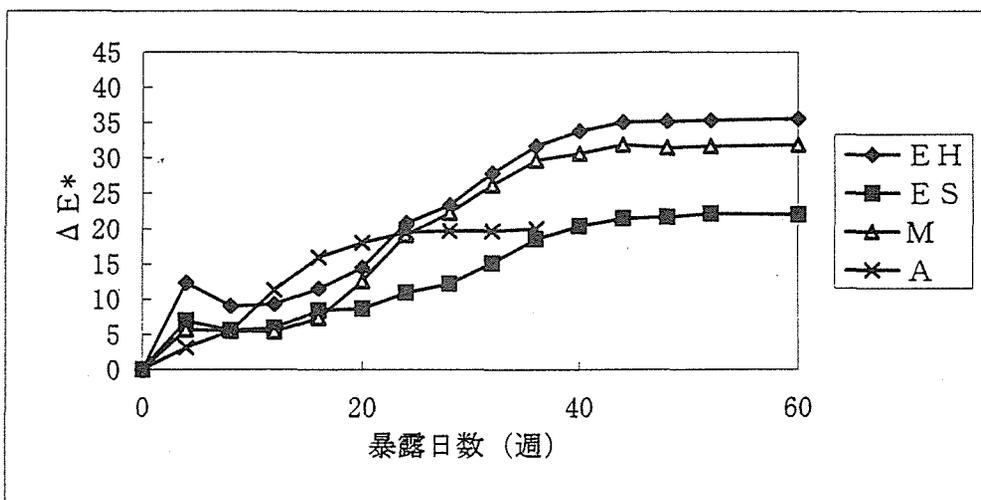
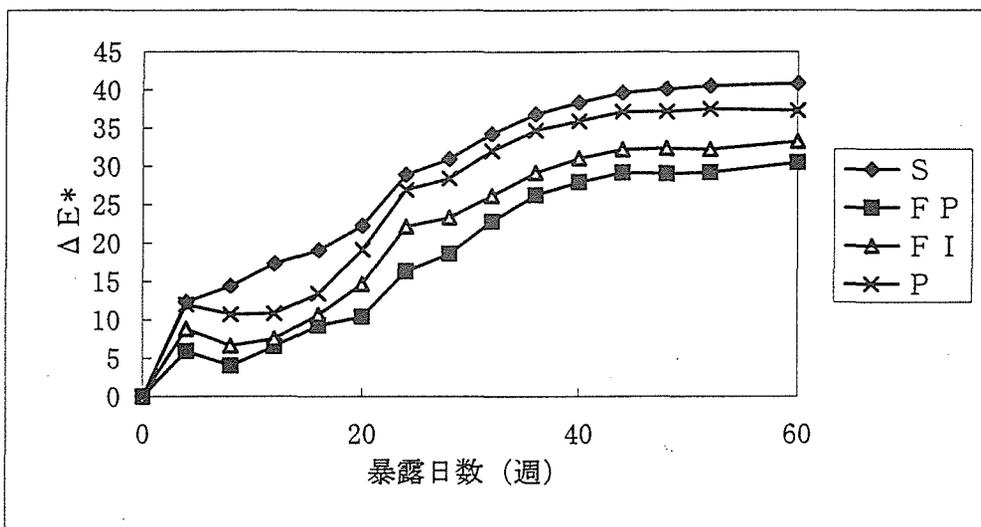
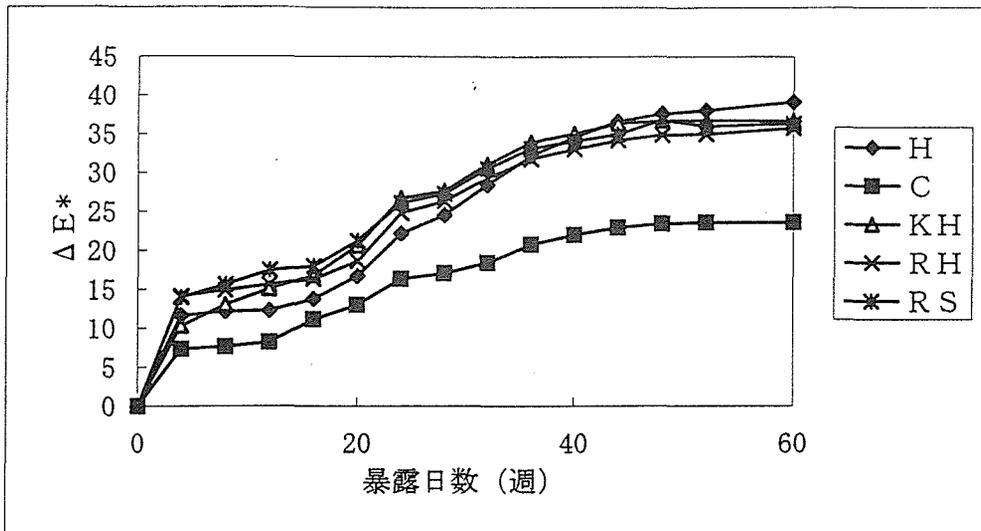


図2-1 各樹種の色差 $\Delta E^*$ の経時の変化

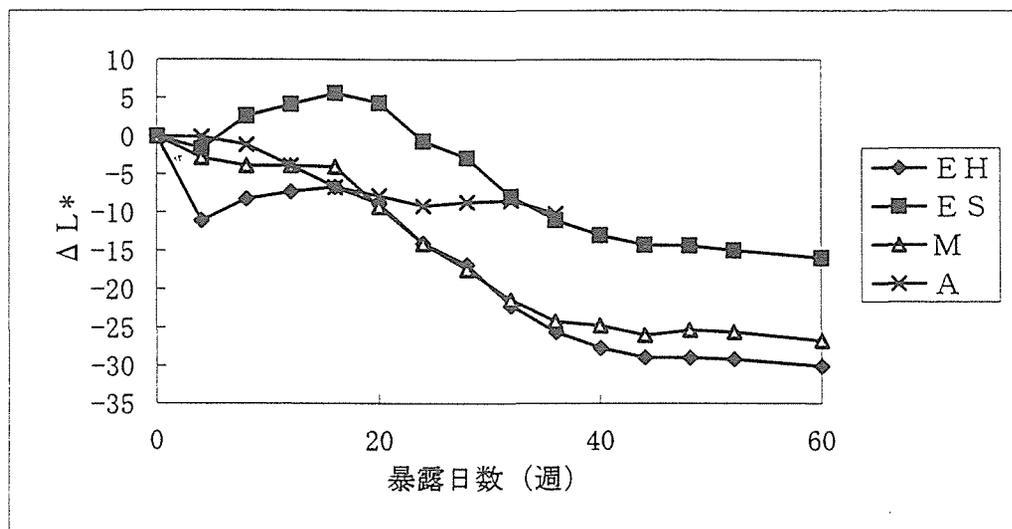
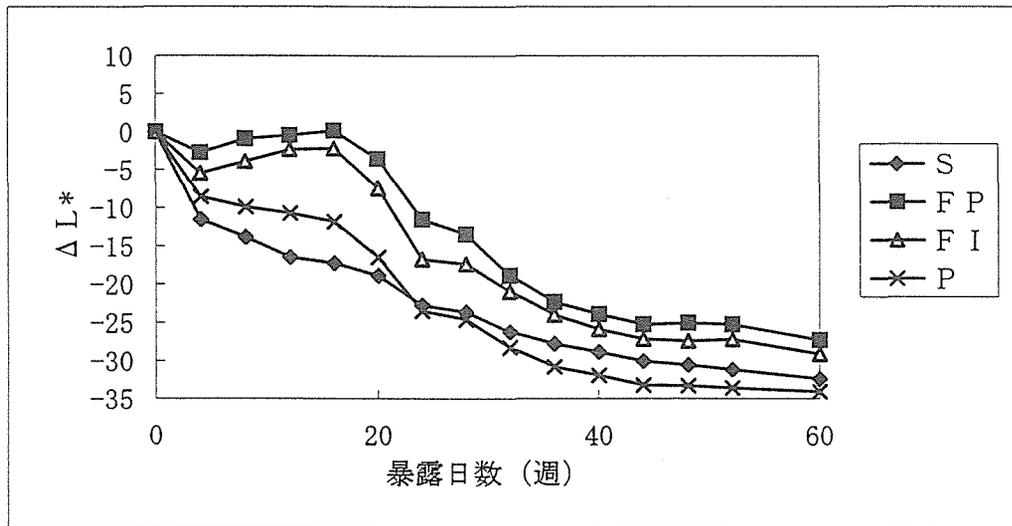
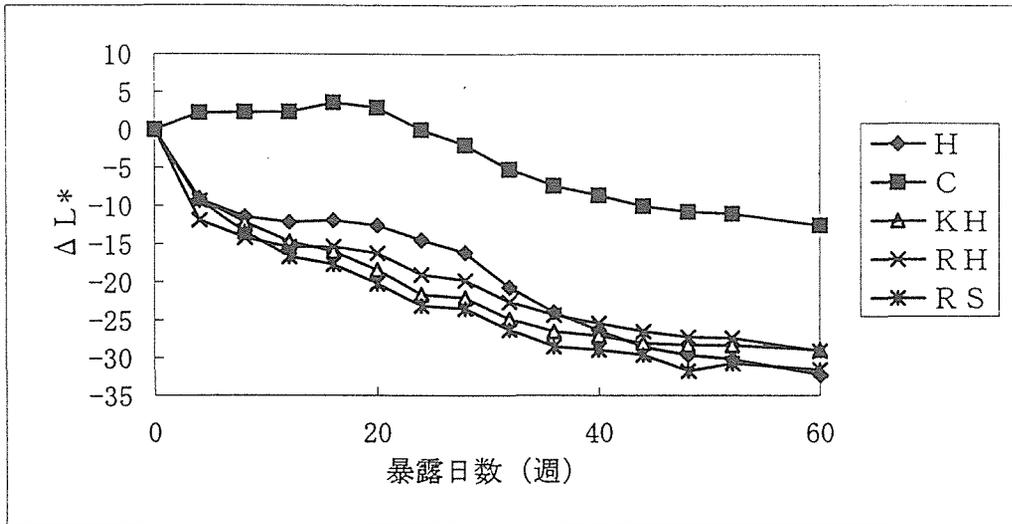


図2-2 各樹種の明度 $\Delta L^*$ の経時的変化

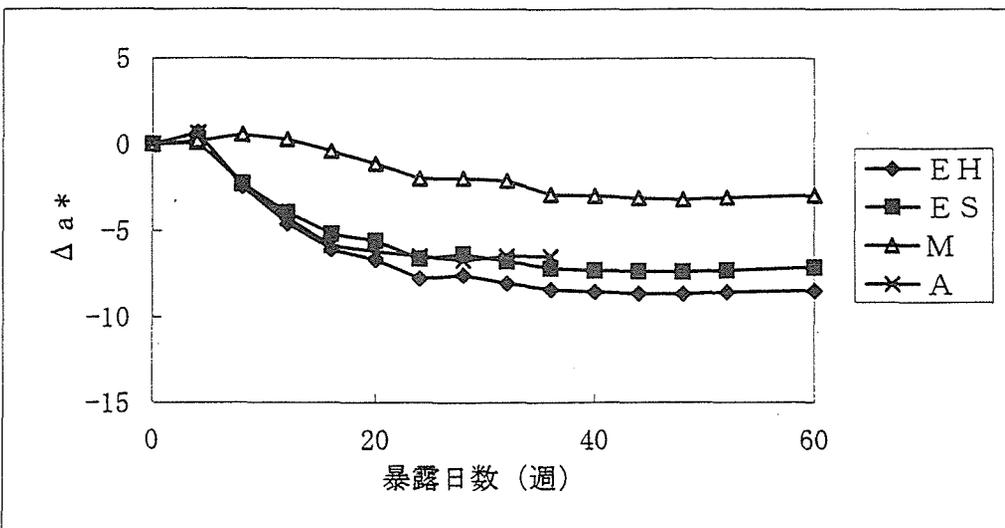
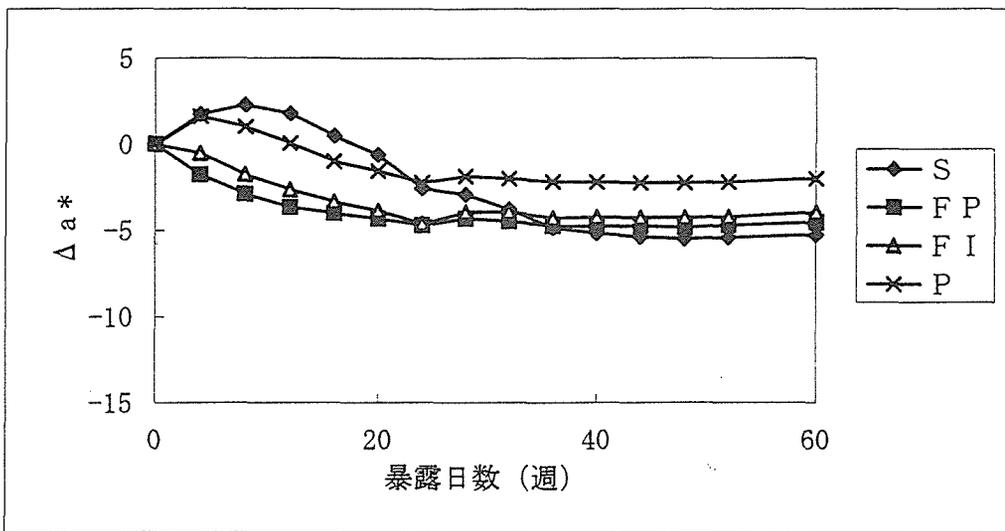
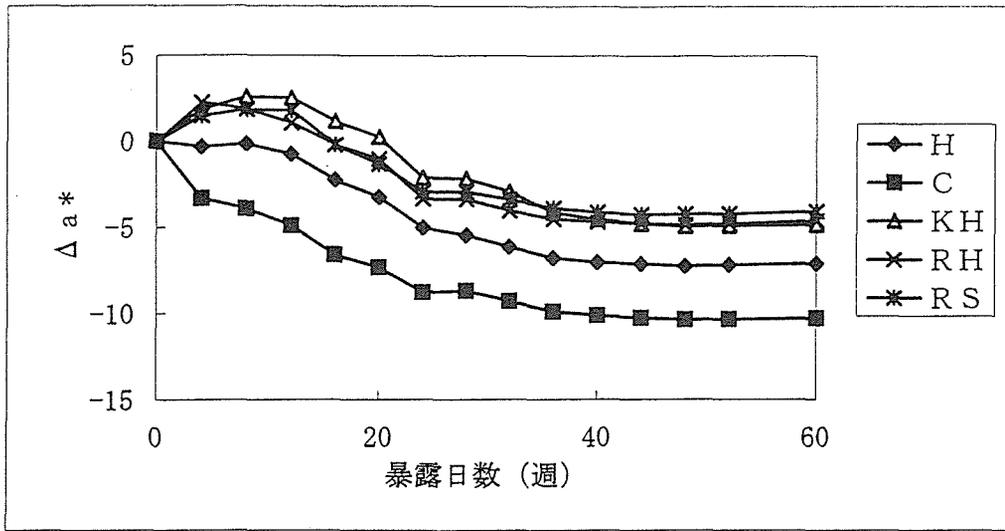


図2-3 各樹種の色差 $\Delta a^*$ の経時的変化

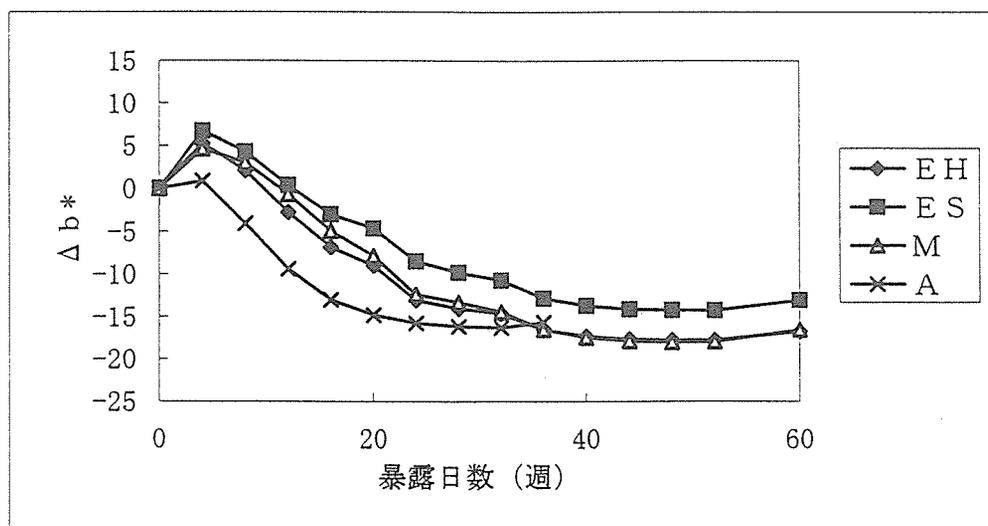
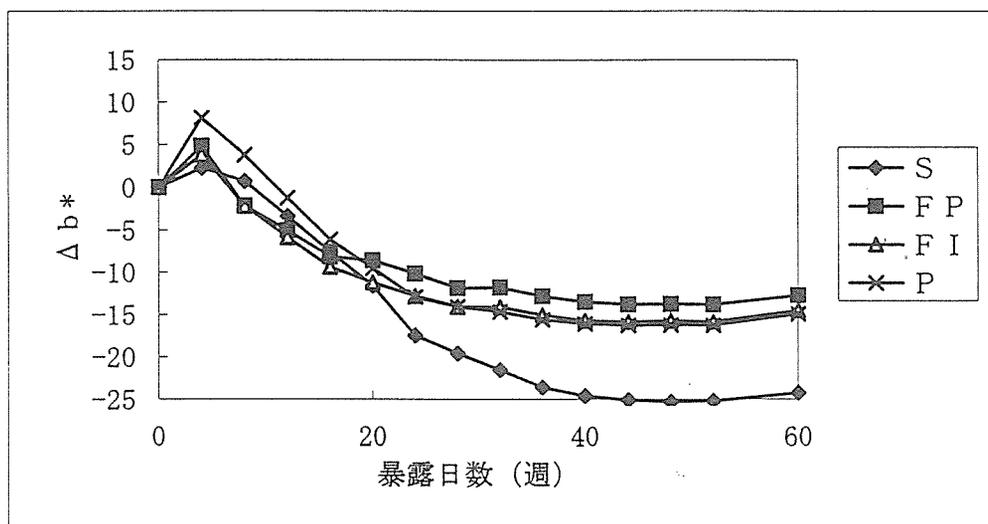
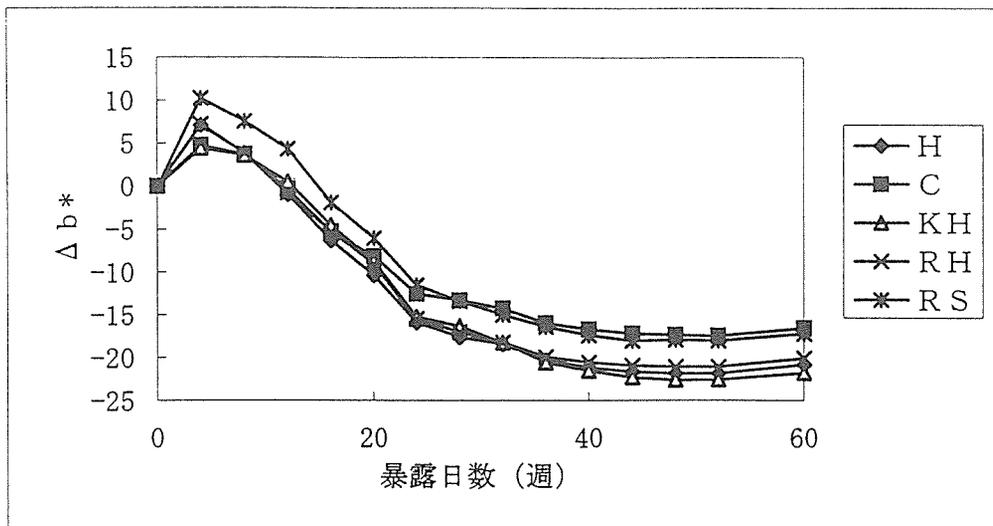


図2-4 各樹種の色差 $\Delta b^*$ の経時的変化

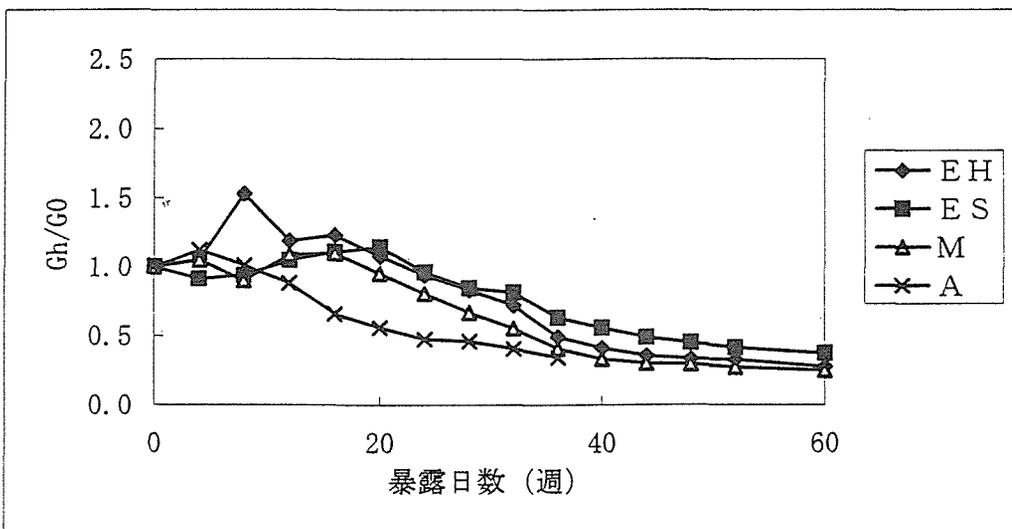
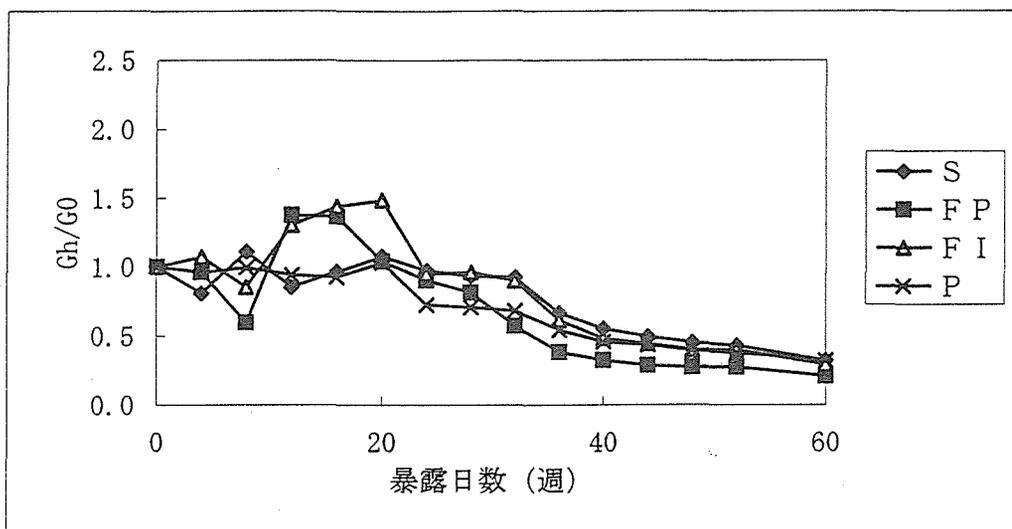
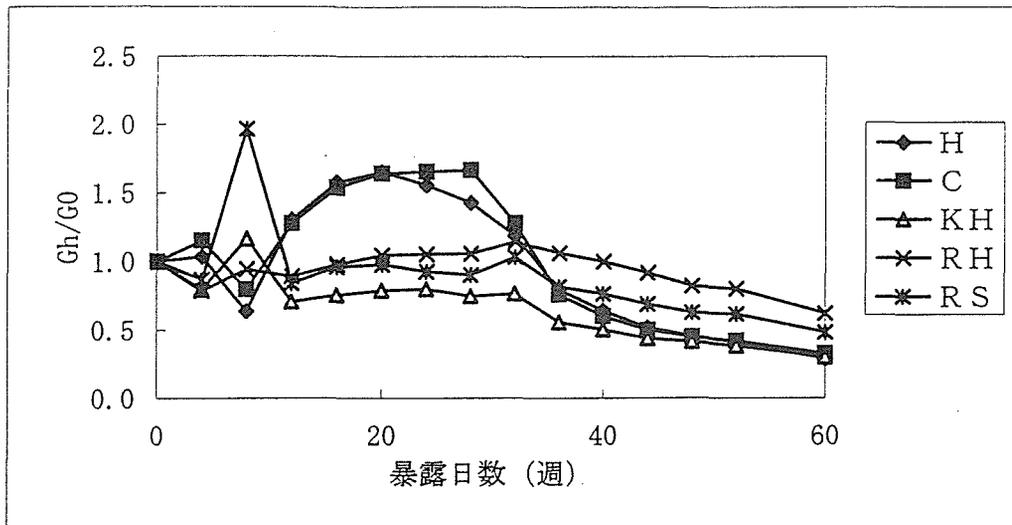


図2-5 各樹種の光沢の経時的変化

## 6 乾燥による収縮性および乾湿繰り返し試験

### 6. 1 試験方法

#### 6. 1. 1 収縮性試験

ここでは早成樹のほか、比較の意味で、一般建材用の針葉樹及び屋外用の高耐久性木材もあわせて供試した。その樹種は、表2-23に示す。心材と辺材を外見上から明確に区分できる樹種については、それぞれ別個にサンプリングした。辺材幅の狭い樹種については心材も含めサンプリングした。

試験片の寸法は、接線及び半径方向の長さが30mm、繊維方向の長さが5mmの二方桁を標準としたが、一部の早成樹は板厚が規定寸法に達しなかったため、2枚の板をエポキシ樹脂接着剤で積層接着して規定寸法にした。

各方向の寸法は、スクリーマイクロメーターを用いて測定した。まず気乾状態（含水率：9.8～12%）で測定し、次に105℃の乾燥機内で全乾にして測定し、最後に室内放置で吸湿させたのち60℃の温水中に浸漬して膨潤時寸法を測定した。そして、膨潤時の寸法をもとに気乾時及び全乾時の収縮率を求めた。これとは別に、気乾時には質量も測定して、気乾比重を求めた。

#### 6. 1. 2 乾湿繰り返し試験

供試した樹種や部位は表2-24に示す通りである。木取りは図2-6に示す通り、干割れの発生しやすい板目材である。

樹種によっては、あらかじめ製材されていて規定の木取り・寸法の試験片が採取できなかった。この場合にはエポキシ樹脂で集成接着して板目木取りの板材とした。試験片の数は1条件あたり5枚である。木表以外は塗膜形成型フッ素樹脂でシールして、干割れ発生試験に供した。

干割れ発生試験は屋外での環境変化のレベルを考慮に入れて、以下のようなスケジュールで実施した。気乾時の接線方向の寸法を測定した後、①20℃の水面に暴露面を接触させて72時間吸水・吸湿放置した後、質量と寸法を測定、②80℃の空気循環式乾燥器の中で24時間乾燥した後、質量と寸法を測定した。そして、①→②のサイクルを5回繰り返した。サイクル試験の終了後に、暴露表面の干割れの長さを測定するとともに、中央矢高を測定することによって幅反り量を求めた。

### 6. 2 試験の結果

#### 6. 2. 1 収縮性

早成樹を含む各種木材の収縮率の測定結果を表2-23に示す。また体積収縮率と比重との関係を図2-7に示す。

早成樹は押し並べて比重が小さいので、収縮率も高比重材に比較してやや小さい傾向が認められる。収縮率が大きい樹種は、干割れや幅反り等のトラブルを生じやすい。そのような観点から見ると、ソ連産カラマツの心材（比較的樹心に近い）は際立って収縮率が大きい。したがって、乾燥に伴う欠陥発生の危険が大きいといえよう。

ファルカータは白色系の軽軟材で清潔感があるので、従来から収納家具の引き出し材に使われているが、収縮率も小さいことから機能的にもそのような用途に適していることが伺われる。この材は乾燥後もしばしば生長応力が残留するので、集成材に加工して使用さ

れるが、メリナも含めて軽くて収縮率の小さいことが利点となるような最終用途に使われることになる。

ホワイトポプラは中国産の早成樹で今後の供給増が期待されているが、他の早成樹に比べて収縮率が大きく、色彩むらも大きいので、収縮家具に使用する場合であっても、化粧材としてよりも芯材として利用されることになる。パネル等の芯材に用いることも可能であろう。

アカシヤマンギウムは今回供試した早成樹の中で比重が最も高く、褐色系の重厚な色彩を持ち、比重の割には収縮率が小さいので、高級家具、フローリング材等にも使用しうる素材と考えられる。現地の植栽現場では、樹体の芯腐れが問題になっているようであるが、物性的には、注目に値する樹種である。

カメレレは比重の割に収縮率が大きいので、収納家具等には利用できないであろう。フローリングにするには、比重が小さすぎる。これは元来パルプ用に植栽されたものであるが、製材品として使用するには節のない大径木への育林技術の確立、乾燥時の落ち込み防止技術の確立が必要であろう。

針葉樹の早成樹のうち、東南アジア産のカリビアパインは熱帯産のためか早晚材の密度差が小さい点が特徴的であるが、収縮率に関しては中庸であった。

高耐久性広葉樹は、屋外用途の重構造部材として、近年、木橋・ボードウォーク等に多量に使われるようになった高比重材であるが、それらはおしなべて比重の割には収縮率が小さく、干割れしにくい材料といえることができる。

とくに、西アフリカ産のドゥッシー（ジャケツイバラ科）は特異的に収縮率が小さい。比重は0.7を超えているのに、全体積収縮率は5%にも満たない。すなわち、著しく干割れを発生しにくい。このため、現実には屋外において転落防止柵の笠木に使用され、その特異的な機能を発揮している。今回調査した早成樹の中には、これほど特異な収縮性を示す樹種は見いだされなかった。

#### 6. 2. 2 乾湿繰り返し試験

乾湿繰り返しによる寸法の変化を表2-24に示す。これを図示したものが図2-8である。これを見ると表層部の寸法は乾湿繰り返しの中で次第に収縮して行く。ただし、液体浸透が著しく良好なラジアータパイン辺材は、その傾向が顕著でない。

この試験結果は、例えばデッキを考えた場合に重大な意味を持つ。すなわち、施工後に時間の経過とともに表層部の寸法が収縮し、デッキ部材間の隙間が次第に広がることを意味しており、不都合な事態である。このような収縮が早成樹に特有に起こる現象なのか、他の材料にも認められる一般的な現象なのかは今後の研究を待たなければならないが、その発生メカニズムは早急に解明しなければならない。解明にあたっては、乾湿繰り返しにおける表層部の応力分布・歪み分布の測定が必要であろう。

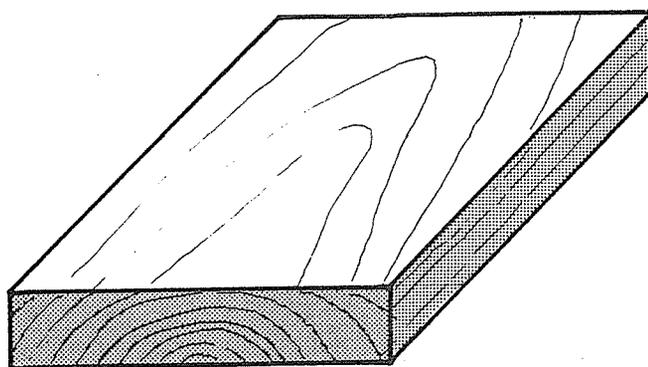
乾湿繰り返し試験によって発生した干割れと中央矢高を表2-25に示す。干割れに関しては、ファルカータ、アカシヤマンギウム、メリナ、カメレレは干割れが発生しなかった。このうちファルカータとカメレレは比重が小さいため寸法変化率が小さいので、干割れ・幅反りともに発生しない。アカシヤマンギウムとメリナは干割れが発生していないものの、幅反りは発生している。すなわち、比重がやや大きく寸法変化率もやや大きいので幅反りを生じるが、旋回木理のために干割れ発生には至らなかったと考えられる。

表2-23 早成樹を含む各種木材の収縮率(%)

| 樹種        | 部位  | 比重   | 気乾までの収縮率 |       |       | 全収縮率  |       |       |
|-----------|-----|------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           |     |      | 接線方向     | 半径方向  | 接線/半径 | 接線方向  | 半径方向  | 接線/半径 |
| アカシアマンギウム | 心材  | 0.73 | 5.44%    | 2.21% | 2.46  | 5.92% | 3.02% | 2.00  |
| ホワイトポプラ   | ?   | 0.38 | 5.05     | 2.62  | 1.93  | 7.01  | 3.36  | 2.09  |
| メリナ       | 心材? | 0.39 | 3.49     | 1.53  | 2.28  | 5.26  | 2.77  | 1.90  |
| ファルカータ1   | 心材? | 0.39 | 4.17     | 2.02  | 2.06  | 5.45  | 3.26  | 1.68  |
| ファルカータ2   | 心材  | 0.30 | 3.31     | 1.41  | 2.34  | 4.79  | 2.23  | 2.16  |
| カメレレ1     | 心材  | 0.54 | —        | —     | —     | 7.08  | 4.60  | 2.54  |
| カメレレ2     | 心材  | 0.38 | —        | —     | —     | 7.03  | 3.76  | 1.87  |
| ラジアータパイン1 | 心材  | 0.43 | 5.04     | 2.57  | 1.96  | 6.63  | 3.37  | 1.97  |
| ラジアータパイン1 | 辺材  | 0.50 | 6.26     | 2.50  | 2.50  | 7.90  | 3.86  | 2.05  |
| ラジアータパイン2 | 辺材  | 0.54 | 6.29     | 3.06  | 2.06  | 9.00  | 4.33  | 2.09  |
| カリビアパイン   | 辺材? | 0.47 | 3.61     | 1.72  | 2.10  | 5.44  | 2.42  | 2.25  |
| サザンパイン1   | 心材  | 0.53 | 3.09     | 2.50  | 1.24  | 4.65  | 3.70  | 1.26  |
| サザンパイン2   | 心材  | 0.50 | 4.80     | 2.53  | 1.91  | 6.52  | 3.80  | 1.72  |
| ソ連カラマツ    | 心材  | 0.65 | 7.31     | 3.53  | 2.07  | 11.53 | 5.54  | 2.08  |
| ソ連カラマツ    | 辺心材 | 0.57 | 4.28     | 1.46  | 2.93  | 5.53  | 2.28  | 2.43  |
| 日本カラマツ    | 心材  | 0.47 | —        | —     | —     | 7.77  | 3.71  | 2.09  |
| スギ        | 心材  | 0.33 | —        | —     | —     | 6.64  | 2.69  | 2.47  |
| ヒノキ       | 心材  | 0.39 | —        | —     | —     | 6.11  | 3.01  | 2.03  |
| ベイツガ      | 心材  | 0.43 | —        | —     | —     | 9.62  | 5.12  | 1.88  |
| ベイマツ      | 心材  | 0.66 | —        | —     | —     | 9.33  | 7.26  | 1.29  |
| ベイスギ      | 心材  | 0.37 | —        | —     | —     | 5.42  | 2.60  | 2.09  |
| レッドウッド    | 心材  | 0.35 | —        | —     | —     | 3.83  | 2.38  | 1.61  |
| 高耐久性広葉樹   |     |      |          |       |       |       |       |       |
| ジャラ       | 心材  | 0.91 | 8.89     | 5.33  | 1.67  | 11.13 | 7.09  | 1.57  |
| ボンゴシ      | 心材  | 1.08 | 6.14     | 4.27  | 1.44  | 9.54  | 6.95  | 1.37  |
| ドゥシー      | 心材  | 0.72 | 1.91     | 0.96  | 1.99  | 3.08  | 1.67  | 1.70  |
| イペ        | 心材  | 0.97 | 3.46     | 2.76  | 1.25  | 6.11  | 4.86  | 1.26  |

表2-24 乾湿繰り返しによる表層部の寸法変化（接線方向、％）

|            | Dry   | Wet  | Dry   | Wet   | Dry   | Wet   | Dry   | Wet   | Dry   |
|------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ファルカータA    | -1.10 | 2.96 | -1.07 | 2.59  | -1.48 | 2.01  | -1.96 | 1.82  | -2.10 |
| ファルカータB    | -1.14 | 2.98 | -0.95 | 2.65  | -1.29 | 2.33  | -1.53 | 2.42  | -1.50 |
| ラジアータパイン辺材 | -0.07 | 5.27 | 0.19  | 5.23  | 0.04  | 5.16  | -0.47 | 5.13  | -0.47 |
| アカシヤマンギウム  | -1.68 | 0.72 | -2.04 | 0.17  | -2.63 | -1.18 | -3.08 | -1.30 | -3.27 |
| メリナ        | -1.12 | 0.01 | -2.20 | -1.00 | -2.64 | -1.58 | -2.90 | -1.78 | -3.01 |
| カメレレ       | -0.61 | 2.87 | -0.29 | 2.62  | -0.41 | 2.54  | -0.42 | 2.47  | -0.67 |
| ユーカリA      | -0.55 | 2.99 | -1.20 | 2.42  | -1.90 | 1.65  | -2.35 | 1.71  | -2.46 |
| ラジアータパイン心材 | -1.52 | 1.50 | -1.88 | 1.17  | -2.16 | 0.69  | -2.68 | 0.33  | -3.16 |
| カラマツ心材     | -1.18 | 0.39 | -1.79 | -0.07 | -2.30 | -0.33 | -2.58 | -0.66 | -2.92 |
| ユーカリB      | -1.54 | 2.63 | -1.92 | 1.33  | -2.57 | 0.59  | -3.08 | -0.27 | -3.55 |



20 (R) × 100 (T) × 200 (L) mm

図2-6 乾燥割れ発生試験用の試験片  
（木表以外はフッ素樹脂でシール）

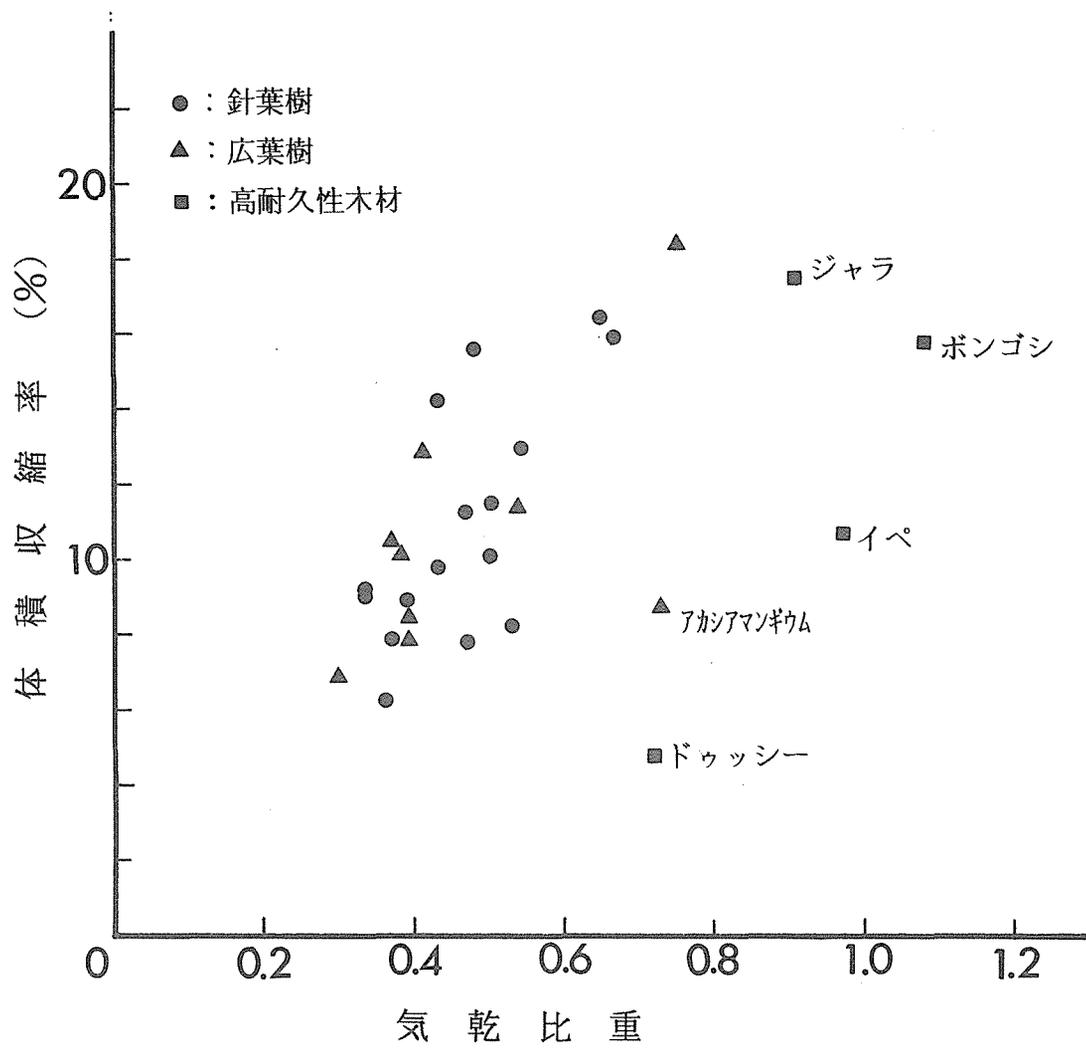


図2-7 体積収縮率と比重の関係

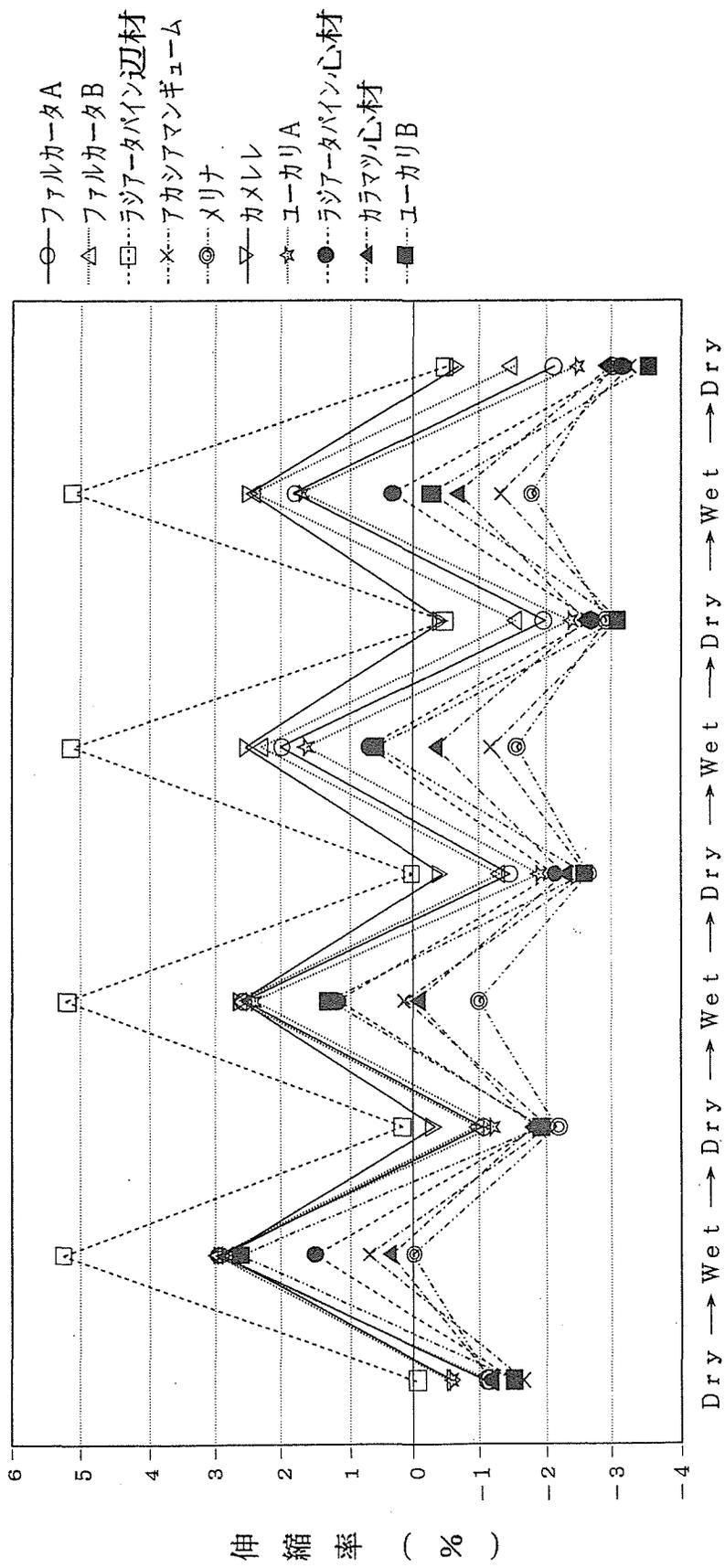


図2-8 乾湿繰り返しによる表層部の寸法変化

ラジアータパイン、ユーカリ、カラマツの3樹種は幅反り・干割れともに発生する。とくにユーカリは激しい幅反りを発生した。前述のように、このユーカリは製材の乾燥時に激しい落ち込みを生じることが明らかになっているので、今回の結果を併せて考えるとソリッド材として建材分野への利用には解決すべき課題が多いといえよう。

カラマツとラジアータパインについては、従来の定説に沿った結果となっており特記すべき事項はないが、いずれも寸法変化が大きく、狂いや割れを生じやすいといえる。ラジアータパインの場合は易浸透なので内部まで防腐防蟻処理できるが、カラマツの場合は難浸透なので薬剤は内部に浸透しない。したがって、防腐処理材の場合はカラマツの方が腐朽の危険がはるかに高いといえよう。

表2-25 乾湿繰り返しによる幅反りと干割れの発生  
(矢高は幅10cmの試験片に発生した最大値)

| 樹種・部位            | 比重   | 矢高     | 干割れ総延長                   | 備考           |
|------------------|------|--------|--------------------------|--------------|
| ファルカータ A (集成)    | 0.40 | ほぼゼロ   | 0 発生せず                   | 干割れしない。生長応力大 |
| ファルカータ B (ソリッド)  | 0.37 | ほぼゼロ   | 0 発生せず                   | 干割れしない。生長応力大 |
| ラジアータパイン辺材       | 0.52 | ほぼゼロ   | 123mm/100cm <sup>2</sup> | よく割れる        |
| アカシアマンギウム (集成)   | 0.63 | 0.95mm | 0 発生せず                   | 干割れしにくい      |
| メリナ (集成)         | 0.58 | 1.50mm | 0 発生せず                   | 干割れしにくい      |
| カメレ (集成)         | 0.38 | ほぼゼロ   | 0 発生せず                   | 干割れしない。コラプス無 |
| ユーカリ*4A, M (集成)  | 0.69 | 2.18mm | 127mm/100cm <sup>2</sup> | よく割れる。コラプス多  |
| ラジアータパイン心材(ソリッド) | 0.47 | 1.89mm | 18mm/100cm <sup>2</sup>  |              |
| カラマツ心材 (ソリッド)    | 0.65 | 1.51mm | 101mm/100cm <sup>2</sup> | よく割れる        |
| ユーカリ 5 (集成)      | 0.61 | 3.27mm | 59mm/100cm <sup>2</sup>  | 割れる          |

## 7 薬液浸透性試験

### 7.1 注薬缶による注入試験

#### 7.1.1 試験方法

##### 1) 試験材とその調湿

ユーカリ心材3種(G2、M、4A)、カメレ心材、ファルカータ心材・辺材、メリナ心材・アカシアマンギウム心材は約3×3×80～100cmの製材品を用いた。

ユーカリ心材3種は乾燥が不十分な可能性があるとのことから、暖房機器を使う頻度の高い実験室内に積み重ねて調湿した。その他の試験材は、一般の実験室内に積み重ねた。調湿は、いずれも約70日間実施した。スギ辺材及びカラマツ心材は調湿済みの製材品を使用した。

##### 2) 試験体の製作

注入試験の数日前に、試験材の4側面にプレーナーをかけ、断面寸法を3.0×3.0cm

に仕上げた。ただし、一部の樹種では寸法が足りなかったため、若干小さめになった。試験体の長さは90 cmとし、チップソーで仕上げた。ただし、ユーカリ心材3種のみは長さが足りなかったため75 cm長とした。なお、長さ方向を仕上げた際に、各試験材から含水率試片を1個ずつ作製し、全乾法によってそれぞれの含水率を求めた。

### 3) 注入試験

注薬缶を用いた減圧・加圧注入試験は、下記により実施した。処理液は、パテントブルーの約0.1%水道水希釈液とした。

①初期値の測定：試験直前の試験体寸法（中央の幅・厚さ、長さ）、重量測定。

②減圧処理：

- ・処理液に浸漬した状態で、水封ポンプ減圧（ゲージ圧：-660~-670 mm Hg）1.0時間。
- ・常圧に戻して、浸漬30分。
- ・試験体の表面をふいてから、減圧後の重量測定。

③加圧処理：

- ・処理液に浸漬した状態で、空気加圧（ゲージ圧： $10.0 \pm 0.1 \text{ kgf/cm}^2$ ）3.0時間。
- ・解圧後、直ちに試験体の表面をふき、加圧後の重量測定。

④後排気処理：

- ・処理液を抜き去った後、栈積み状態にして水封ポンプ減圧（ゲージ圧：-660~-670 mmHg）30分。
- ・試験体の表面をふいてから、後排気後の重量測定。

なお、以上の試験は重量測定に要する時間等を考慮に入れ、2回に分けて実施した。また、このことによって結果に差が出ないように、各樹種とも半分ずつに分けて処理をした。処理液の温度は、1回目が7~10℃、2回目が11~13℃であった。

水封ポンプによる減圧ではゲージ圧が-660~-670 mmHgを示していたが、水銀真空計で測定すると、12~13 mmHg (Torr)であった。この差は、主として実験棟所在地の海拔が850 m強あることによる。水封ポンプに供給された水道水の温度は2回とも約7℃であった。

### 4) 試験体の風乾

注入試験後の試験体は、一般の実験棟内に栈積みして、約50日間風乾した。

### 5) 染色部位の観察

すべての試験体について、まず図2-9のB面をチップソーで切り、中央断面における浸漬状況を観察した。次いで、木工用帯鋸盤で縦挽きした後プレーナーで仕上げA面を出し、木口面からの浸透性（繊維方向の浸透性）を観察した。A面の鋸断に際しては、柢目面に近くなる方を選択した。なお、以上の観察はすべて目視によって行った。

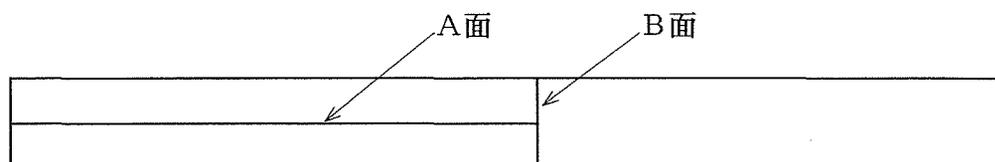


図2-9 各試験体における染色部位の観察方法

また、A・Bの染色性については、写真による記録も残した。

## 7. 1. 2 試験結果

### 1) 注入量の比較

注入試験に用いた試験体の初期データ（平均値）を表2-26に示した。

表2-26 試験体の初期データ（平均値）

| 試験体         | 試験<br>体数 | 寸法 (cm) |      |      | 密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 含水率<br>(%) | 空隙率<br>(%) |
|-------------|----------|---------|------|------|----------------------------|------------|------------|
|             |          | 幅       | 厚    | 長さ   |                            |            |            |
| ユーカリ(G2)心材  | 6        | 2.66    | 2.87 | 75.0 | 0.709                      | 10.5       | 57.2       |
| ユーカリ(M)心材   | 6        | 2.62    | 2.70 | 75.0 | 0.690                      | 10.0       | 58.2       |
| ユーカリ(4A)心材  | 6        | 2.71    | 2.71 | 75.0 | 0.615                      | 9.6        | 62.6       |
| カメレレ心材      | 6        | 3.02    | 3.01 | 90.0 | 0.377                      | 13.6       | 77.9       |
| ファルカータ心材    | 10       | 3.00    | 3.00 | 90.0 | 0.374                      | 13.1       | 78.0       |
| ファルカータ辺材    | 6        | 2.91    | 3.00 | 90.0 | 0.445                      | 13.6       | 73.9       |
| メリナ心材       | 9        | 3.00    | 3.00 | 90.0 | 0.574                      | 13.5       | 66.3       |
| アカシアマンギウム心材 | 6        | 2.80    | 3.00 | 90.0 | 0.599                      | 14.0       | 65.0       |
| スギ辺材        | 9        | 3.00    | 3.01 | 90.0 | 0.376                      | 11.1       | 77.5       |
| カラマツ心材      | 7        | 3.00    | 3.00 | 90.0 | 0.524                      | 13.0       | 69.1       |

注入試験における処理液の注入量は、図2-10に示した。1樹種あたり3本の垂直な線分で示したが、図の左側からそれぞれ減圧後、加圧後の注入量である。

注入試験における空隙充填率（図2-11）は、便宜上、次式で求めた。

$$\text{空隙充填率 (\%)} = (\text{後排気後の注入量}) / (\text{注入前の空隙率}) \times 100$$

樹種別に注入量と空隙充填率を見ると、次のようであった。

#### ①ユーカリ心材

G2、M、4Aの3種の試験体、計18本の中では、No. M・5のみが著しく大きな値を示した。この1本を除くと、3種の注入量・空隙充填率には大差がなかった。

4Aの注入量がやや多いのは、他の2種と比較して気乾密度が低く空隙率が高かったためであり、空隙充填率ではほぼ同じ値を示した。

なお、気乾密度が高い材であるため、注入量のわりには空隙充填率が高めになっていた。

#### ②カメレレ心材

注入量で見ると、今回供試した心材の中では、最も安定して高い値を示した。ただし、気乾密度がスギ材と同程度に低いため、空隙充填率ではあまり高い値は示さなかった。

#### ③ファルカータ心材・辺材

辺材は加圧処理の段階で良好な注入性を示し、空隙充填率も高かった。今回の試験結果

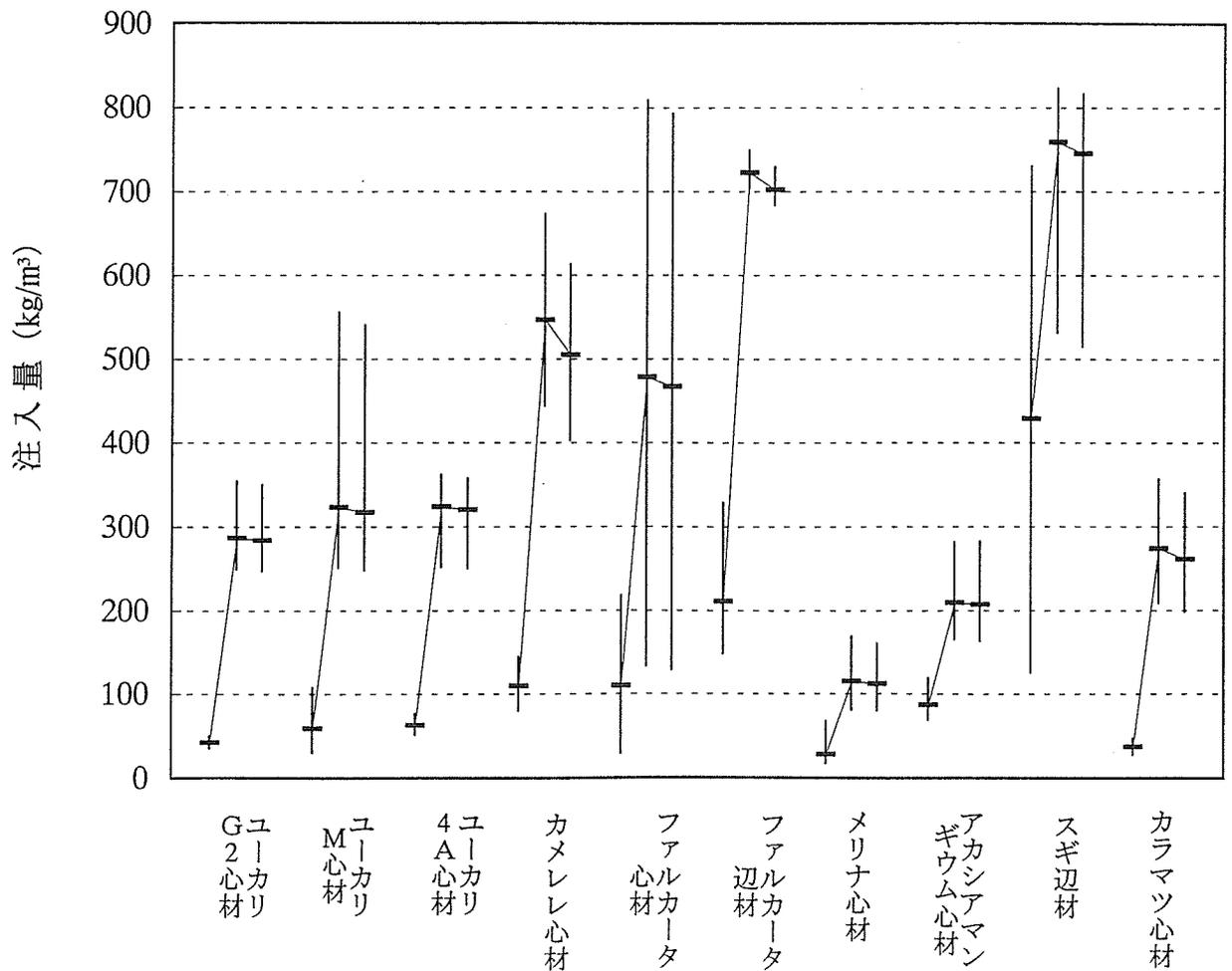


図2-10 樹種別の減圧後、加圧後、後排気後の注入量

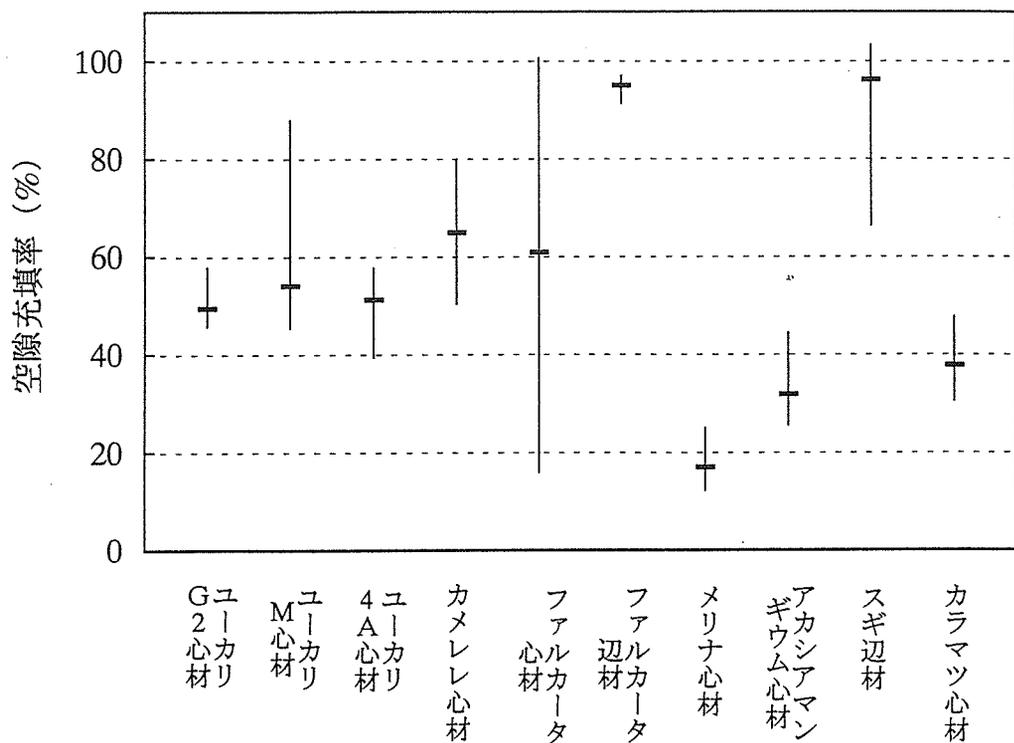


図2-11 樹種別の空隙充填率

のみから判断すれば、スギ辺材以上にバラツキの小さい高浸透性の材料と言える。これに対して、心材の注入性は非常にバラツキが大きかった。後排気後の注入量で見ると、試験体No. 1、5、6は  $150 \text{ kg/m}^3$ 以下で、カラマツ心材の最小値よりも少なかった。他方、No. 2、3、4、7、10では  $640 \text{ kg/m}^3$ 以上、特にNo. 4、7では  $760 \text{ kg/m}^3$ 以上であり、これらの値はファルカータ辺材とほぼ同等か、それ以上であった。心材の注入性については、後述の「(2) 染色部位の観察」の中で、若干の検討を加える。

#### ④メリナ心材

加圧処理をしても注入量はあまり増えず、今回の供試樹種の中では最も低い注入性を示した。

#### ⑤アカシヤマンギウム心材

メリナ心材と比べれば2倍近く注入されたが、それでもカラマツ心材より低い値を示した。

#### ⑥スギ辺材

試験体9本の中では、No. 2のみが著しく小さな値を示した。No. 2の試験体は外見上他の試験体と大差なく、注入性に差を生じた原因は明かでない。この1本を除くと、注入量で  $739 \text{ kg/m}^3$ 以上、空隙充填率で96.8%以上であった。なお、スギ辺材の場合には、減圧処理のみでも、かなりの注入量を示すものがあった。

#### ⑦カラマツ心材

減圧処理のみであまり注入されず、加圧処理によって注入量を増やした。この傾向は、カラマツ心材の一般的な特徴と言える。

以上の結果より、減圧・加圧注入処理での注入性は、次のようにまとめられよう。

ファルカータ辺材、スギ辺材 > カメレレ心材 > ユーカリ心材  
≧ カラマツ心材 ≧ アカシヤマンギウム心材 > メリナ心材

なお、ファルカータ心材については、バラツキが大きすぎて判断が困難であった。

## 2) 染色部位の観察

染色部位の観察はすべての試験体を対象とし、図2-9のA・B面について実施した。そこで、各樹種毎に代表的なもの、あるいは特徴のあるものを3本ずつ選択し、写真2-1~8に示した。これらの写真は1樹種あたり3枚とし、図2-12のように配置した。

写真A1は、試験体3本について、縦断面(図2-9のA面)全体を接写したものである。すべての写真において、左端(☞印を付けた面)が注入試験時の木口面、右端が試験体の中央部である。

写真A2は、A1のほぼ左半分(木口面を含む側)の拡大である。

写真Bは、中央横断面(図2-9のB面)を接写したものである。

なお、写真A1・A2・Bでは、①~③で示したように、すべて試験体No.を対応させてある。写真2-1~8では、写真A1・A2の左にそれぞれの試験体No.を記載した。

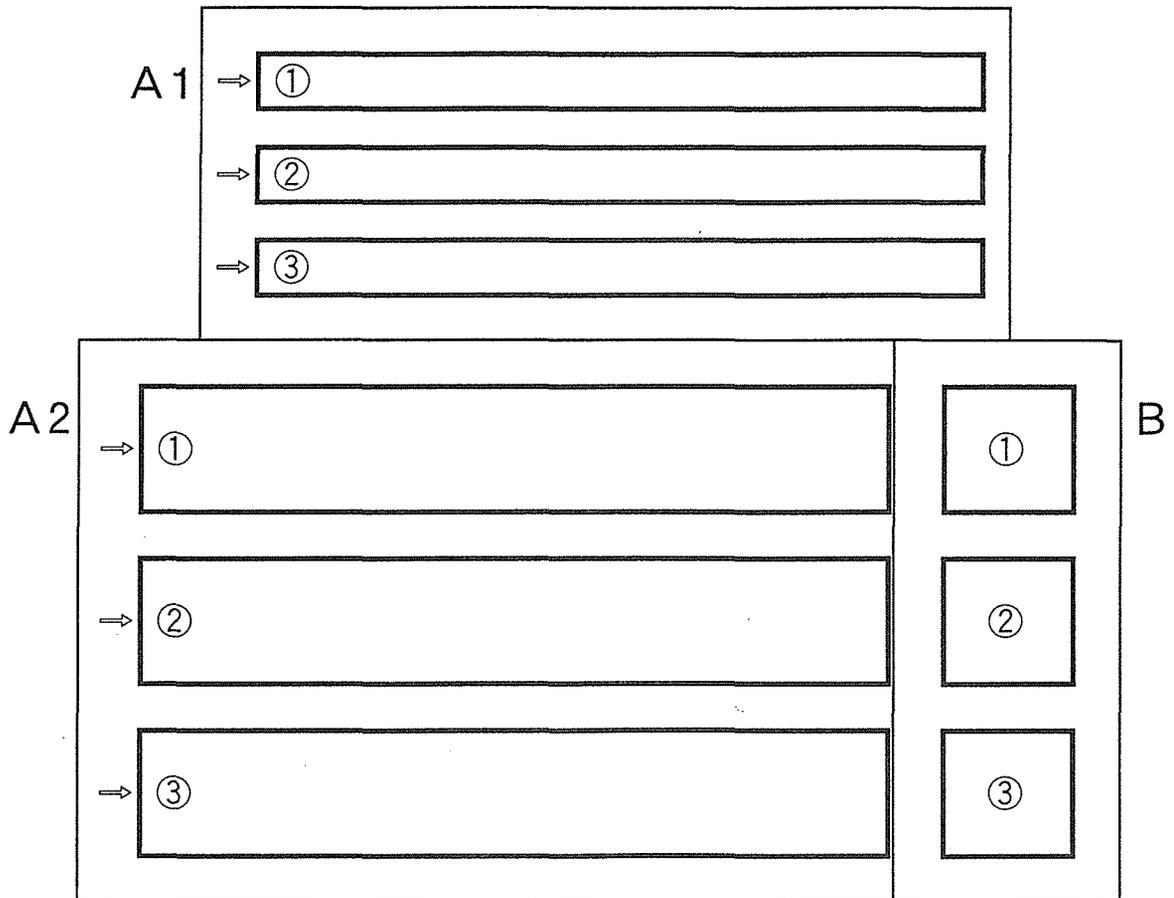


図2-12 写真2-1～8の表示方法

目視によって樹種別に染色部位を観察すると、次のようであった。

①ユーカリ心材（写真2-1。G2、M、4Aについて、平均的なものを示す）

**縦断面**で見ると木口面から「ほぼ均一かつ確実に染色される範囲（全ての試験体において共通に認められる範囲。以下、同様）は、G2・Mで約1mm、4Aで2mm前後までであった。それより中央側では、散在する道管の一部が染色されているのみであった。なお、染色された道管は、試験体中央部（木口面から37.5cmの部分）でも観察された。

**中央横断面**で見ると、試験体側面（板目・柁目）からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、0mmに近かった。それより内側では、各成長輪の中央付近の道管が、主として染色されていた。また、小さな内部割れが試験体中央でも認められ、この内部も染色されてい

た。

なお、ユーカリ心材 3 種の中では M5 の注入量が著しく多かったが、この試験体に限り道管の染色率が高かった。

②カメレレ心材（写真 2-2。特徴のある試験体 3 本を示す。以下、同様）

**縦断面**で見ると、木口面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、1 mm 前後までであった。それより中央側では、道管の多くが染色されているのみであった。なお、染色された道管は試験体中央部（木口面から 4.5 cm の部分。以下、同様）でも観察された。

**中央横断面**で見ると、試験体側面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は 0 mm に近かった。それより内側では、道管の分布密度が高く、それらの多くが染色されていた。ただし、試験体 No. 2、5 のように、半径方向にある程度の幅で染色されない部分を持つものもあった。6 試験体における注入性のバラツキは、主として染色される道管の比率と関係していた。

なお、カメレレ心材の注入性が比較的良好であったのは、主として道管の分布密度と染色率が高かったことによる。このことは、薬液処理をした場合、薬液が入るのは主として道管内だけであり、一般の木部は処理されない可能性を示唆している。従って、本樹種を使用する際には、このような注入特性にも留意を要する。

③ファルカータ心材・辺材（写真 2-3。上部の写真（A1）にのみ、試験体 No. 7 を追加）

**縦断面**で見ると、木口面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、1 mm 前後までであった（No. 1、8 の写真参照）。それより中央側では、道管や木部の一部が染色される場合もあった。なお、すべての試験体において、染色された道管は試験体中央部でも観察された。

**中央横断面**で見ると、試験体側面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、0 mm に近かった。それより内側では、すべての試験体において、道管の一部が染色されていた。また、試験体によっては、木部の染色も認められた。

ここで、試験体 No. 2、3、4、7、10 の染色性は、後述のファルカータ辺材とほぼ同様である。したがって、ファルカータ心材に限っては、辺材の混入した可能性も否定できない。

また、すべてが心材であったとすると、非常にバラツキが大きいことになる。心材であるとするれば、伐採後にチロース等が形成された可能性はありえない。立木の段階で、局所的にチロース等を形成する樹種なのであろうか。ファルカータ心材の注入性については、今後さらに多方面からの検討が必要と思われる。

④ファルカータ辺材（写真 2-4）

**縦断面**で見ると、木口面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、一応試験体中央部まで（ほぼ 4.5 cm 以上）と言えよう。ただし、試験体 No. 2、3、4 などでは、木口面近くでも部分的に染色性の弱い部分も認められた。

**中央横断面**で見ても、試験体側面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、試験体内部まで（ほぼ 1.5 mm 以上）と言えよう。ただし、上述の試験体などでは木部の染色に若干の濃淡が認められた。

⑤メリナ心材（写真 2-5）

**縦断面**で見ると、木口面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、1 mm 前後までであ

った。それより中央側では、本樹種の特徴として、道管も含めて染色されなかった。ただし、側面からは部分的に数mm前後の淡い染色が認められた。

**中央横断面**で見ると、試験体側面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、0mmに近かった。ただし、板目・柾目方向を問わず、部分的には数mm前後まで淡く染色される場合がかなり認められた。それより内側では道管を含め、染色されていなかった。

なお、メリナには交錯木理が存在し、一部の試験体では目切れも認められた。しかし、繊維方向の浸透性（木口面からの浸透性）が1mm前後しかなかった事実を踏まえると、側面から数mmに及ぶ部分的な染色の原因を、交錯木理や目切れで説明することは不可能である。このことについては、さらに組織構造面からの検討も必要と思われる。

#### ⑥アカシアマンガウム心材（写真2-6）

**縦断面**で見ると、木口面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、1mm以下であった。それより中央側では、道管の一部が染色されているのみであった。なお、染色された道管は、試験体中央部でも観察された。

**中央横断面**で見ると、試験体側面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、0mmに近かった。それより内側では、一部の道管のみが染色されていた。

#### ⑦スギ辺材（写真2-7）

**縦断面**で見ると、木口面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、試験体中央部まで（ほぼ45cm以上）と言えよう。ただし、試験体No. 2のみは、木口面から11cm前後までであった。

**中央横断面**で見ても、試験体側面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、試験体内部まで（ほぼ15mm以上）と言えよう。ただし試験体No. 2のみは、最小値が3mm前後であった。

#### ⑧カラマツ心材（写真2-8）

**縦断面**で見ると、木口面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、10mm前後であった。ただし、バラツキが大きい。それより中央側では、早晚材移行域～晩材部の染色が比較的良好であった。

**中央横断面**で見ると、試験体側面からほぼ均一かつ確実に染色される範囲は、1mm前後であった。ただし、バラツキが大きく、早材部でも部分的には数mm前後まで染色される場合もあった。それより内側では、一部の早晚材移行域～晩材部のみが染色されていた。

以上の結果より、減圧・加圧注入処理での染色部位は、表2-27のようにまとめられる。



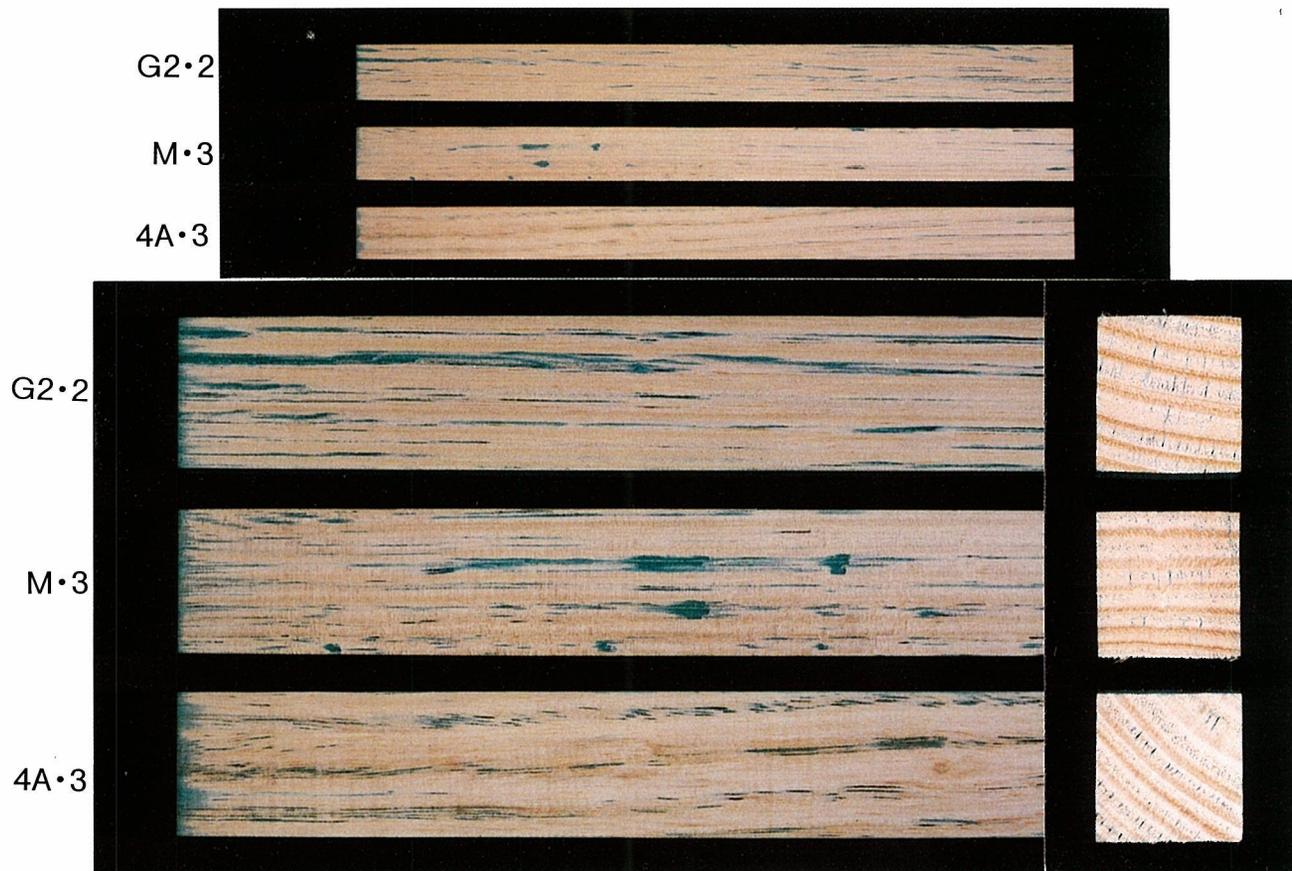


写真2-1 ユーカリ心材の染色部位

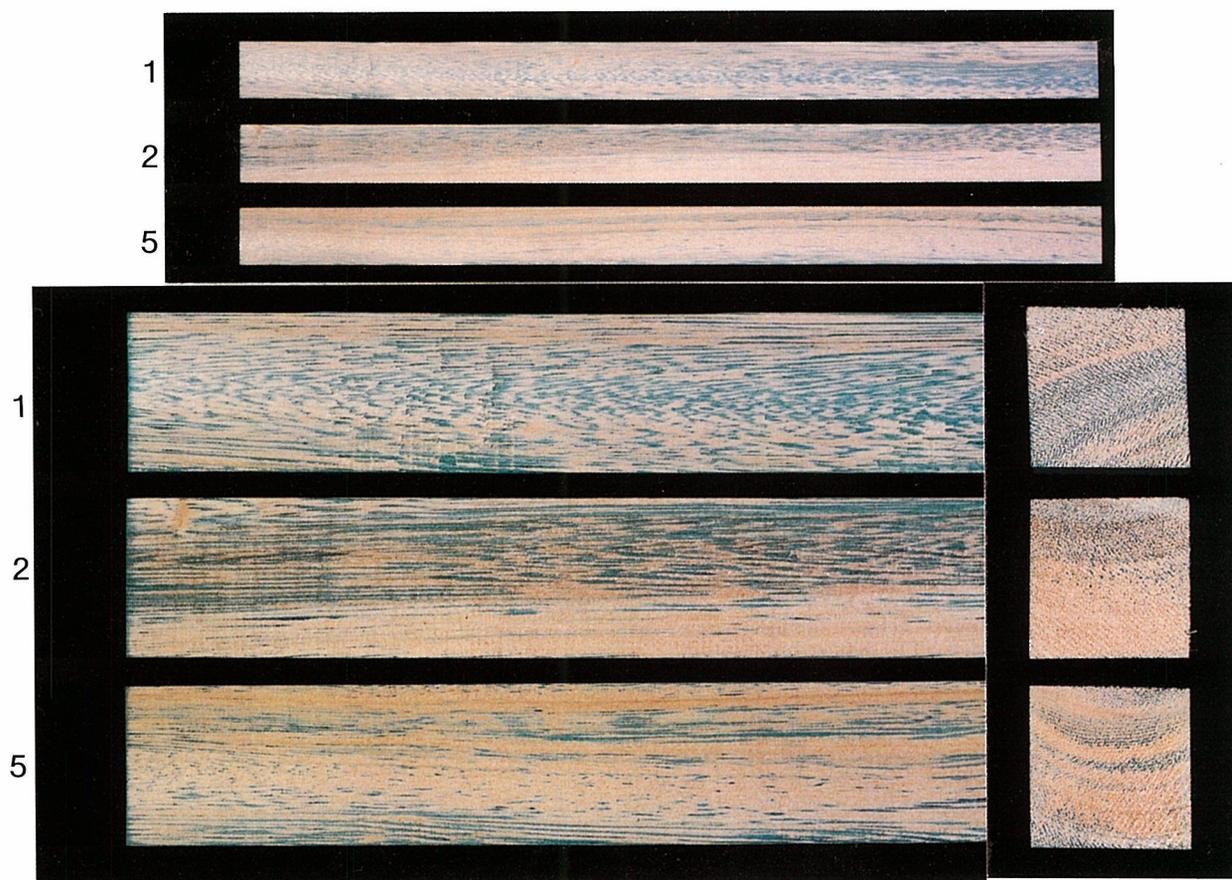


写真2-2 カメレレ心材の染色部位





写真2-3 ファルカータ心材の染色部位

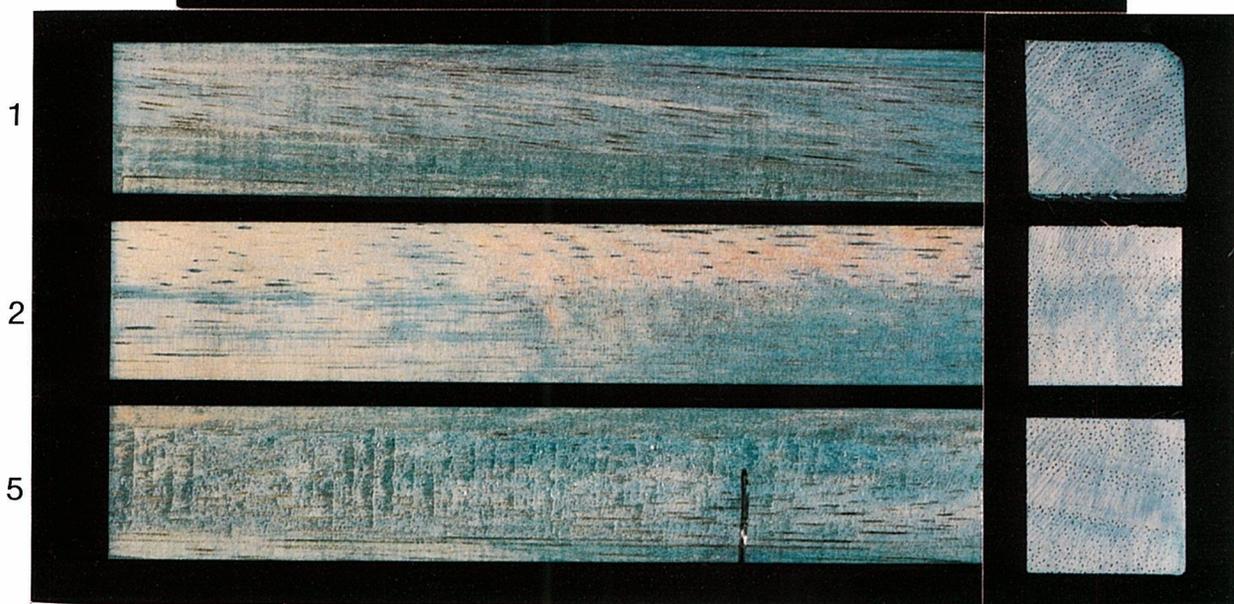
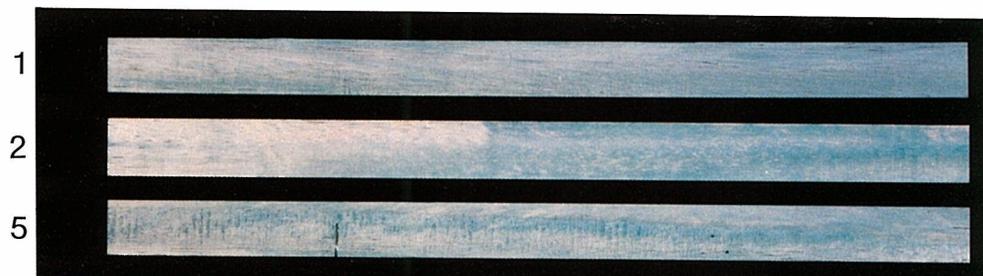


写真2-4 ファルカータ辺材の染色部位





写真2-5 メリナ心材の染色部位

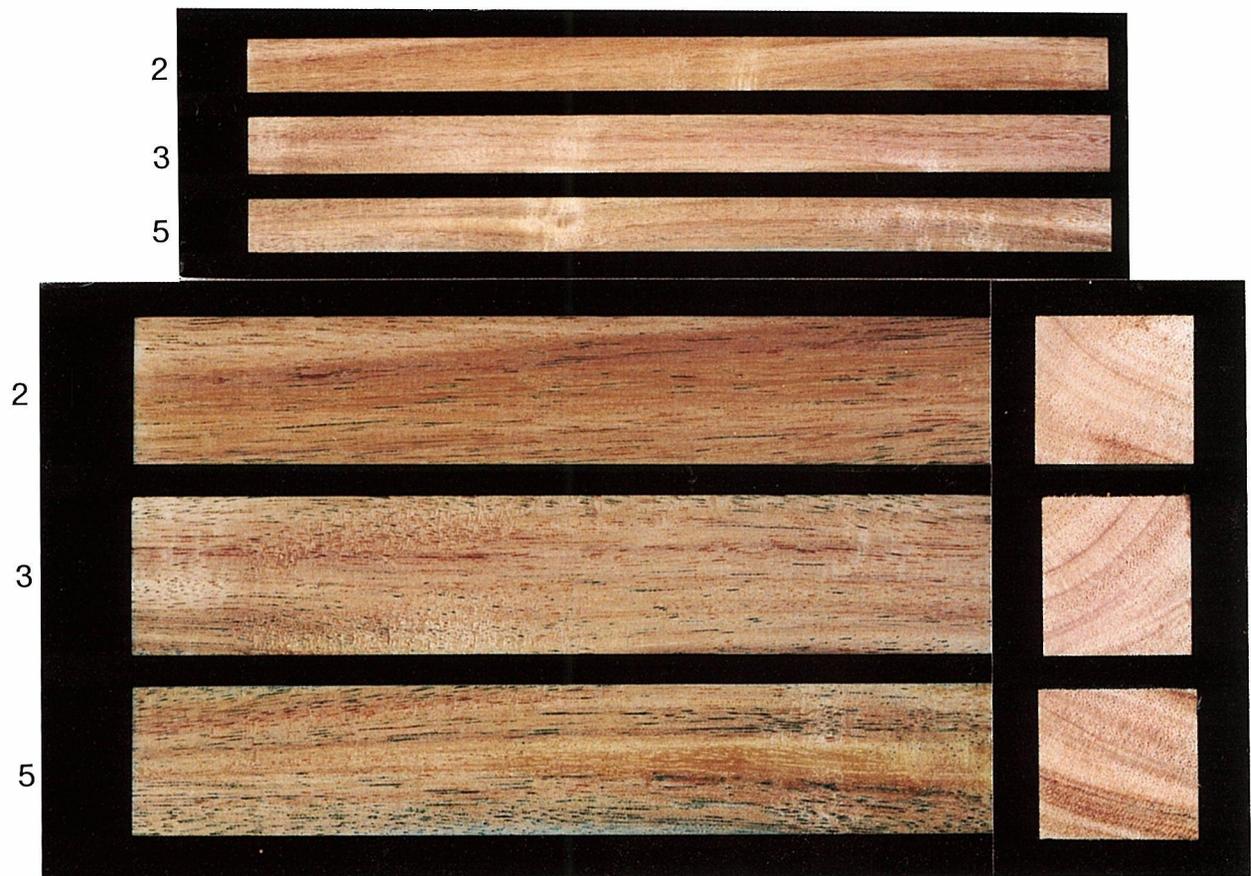


写真2-6 アカシアマンギウム心材の染色部位



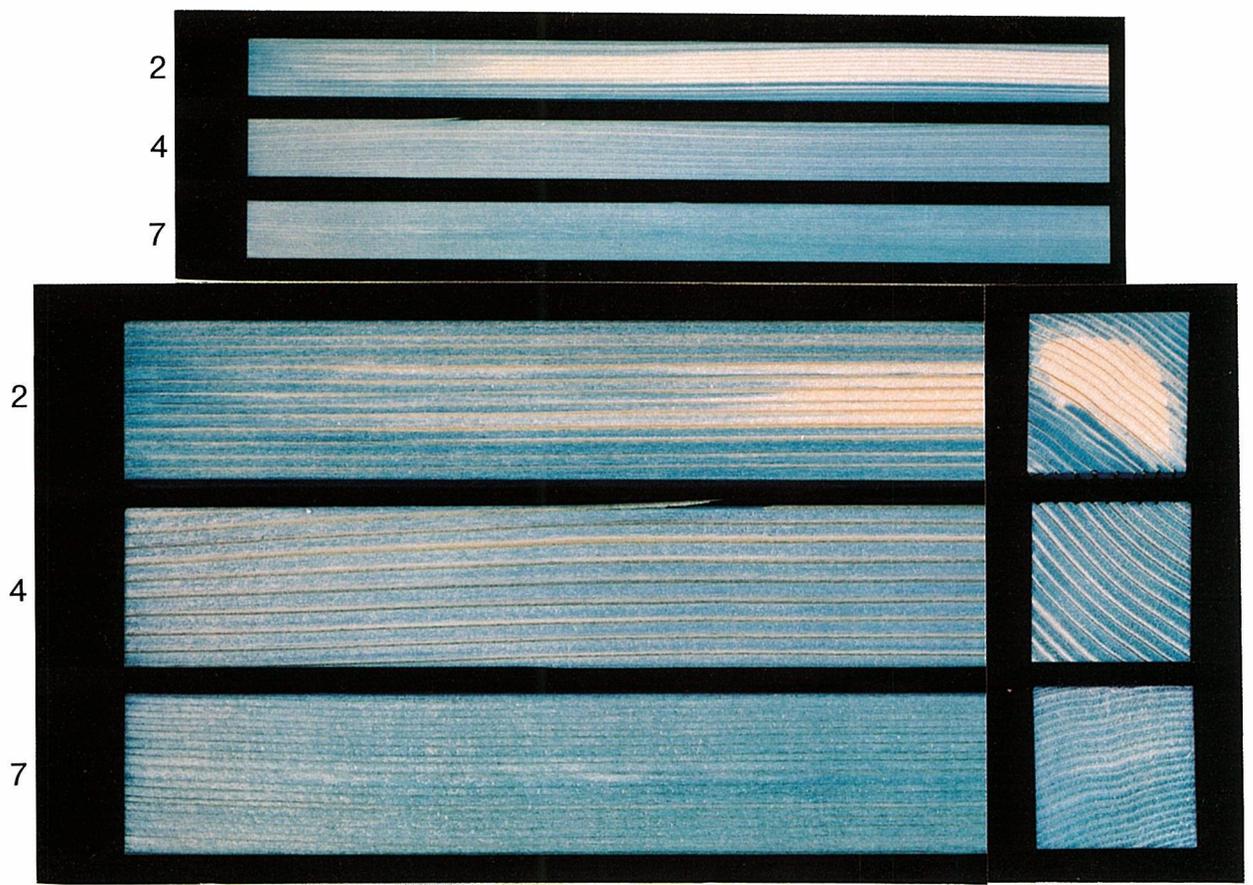


写真2-7 スギ辺材の染色部位

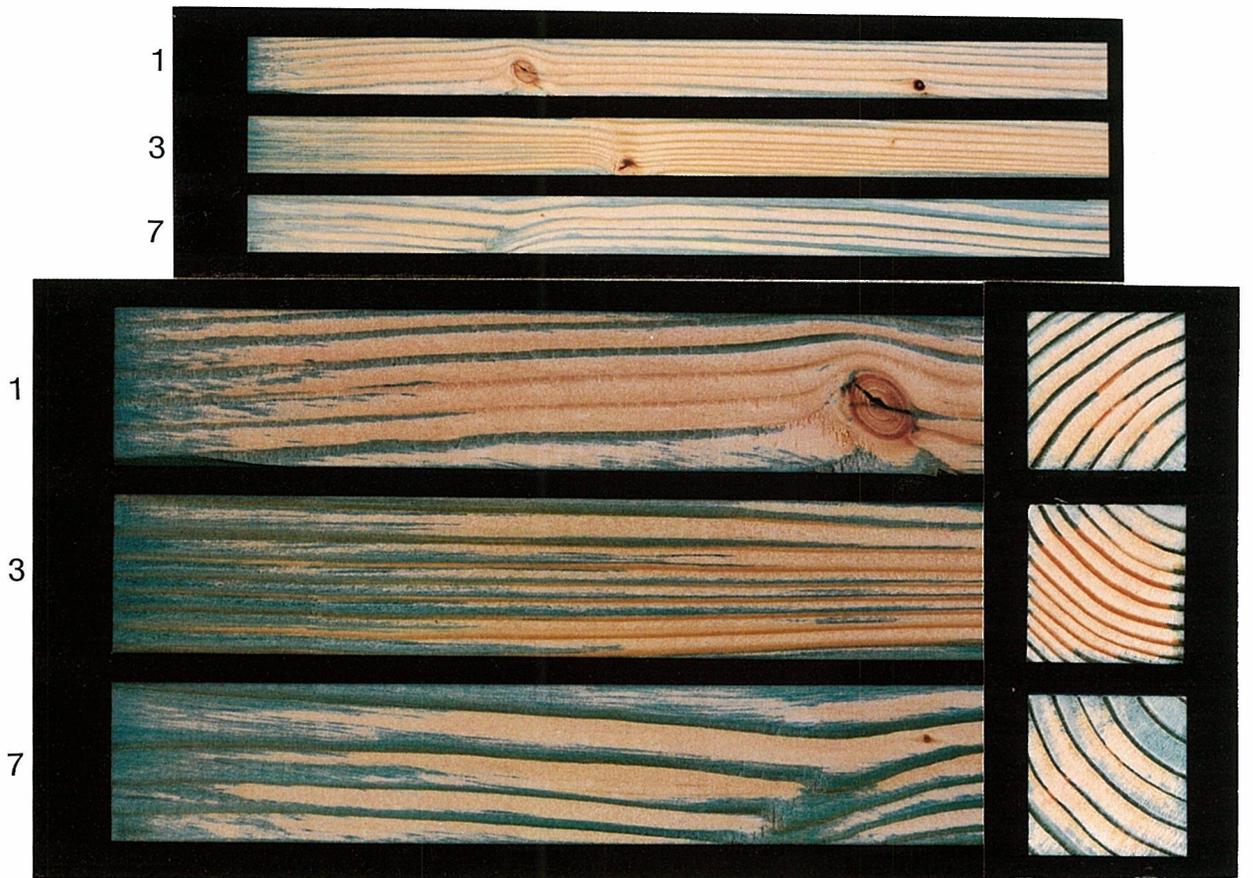


写真2-8 カラマツ心材の染色部位



表2-27 加圧注入試験体における染色状況

| 試験体          | ほぼ確実な染色範囲       |                 | 試験体中央部までの<br>局所的な染色部位               |
|--------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
|              | 木口面から           | 側面から            |                                     |
| ユーカリ 心材      | 約1 mm           | ほぼ0 mm          | 道管の一部と内部割れのみ                        |
| カメレレ 心材      | 1 mm前後          | ほぼ0 mm          | 道管の多くのみ (道管分布：密)                    |
| ファルカータ 心材    | 1 mm前後*         | ほぼ0 mm*         | 道管の一部のみ (場合によっては、木部も。バラツキ極めて大)      |
| ファルカータ 辺材    | ほぼ45 cm<br>(以上) | ほぼ15 mm<br>(以上) | [一部の材では、染色に濃淡あり]                    |
| メリナ 心材       | 1 mm前後          | ほぼ0 mm          | 部分的に、側面から数mm前後まで<br>淡く染色 [道管は染色されず] |
| アカシアマンギウム 心材 | 1 mm以下          | ほぼ0 mm          | 道管の一部のみ                             |
| スギ 辺材        | ほぼ45 cm<br>(以上) | ほぼ15 mm<br>(以上) | [まれに未染色箇所あり]                        |
| カラマツ 心材      | 10 mm前後         | 1 mm前後          | 早晚材移行域～晩材部の一部のみ<br>(左記のバラツキ大)       |

※ ここに示したのは最小値である。ファルカータ心材の染色範囲は試験体によってバラツキが極めて大きく、辺材と同程度に染色される場合もあった。

## 7.2 局所注入試験

### 7.2.1 試験方法

局所注入試験は本来インサイジングの浸透効果を検討するために確立した方法である。具体的にはインサイジングを施した供試材の局所に液圧による加圧注入処理を行い、薬液の浸透量、浸透距離を測定する方法である。

### 7.2.2 試験方法

本試験においては、刃幅10 mm、刃厚2.5 mmのオイスター型の刃物を繊維方向に平行に設定して、供試材の長さ及び幅方向の中央部に深さ10 mmのインサイジングを行った。したがって、インサイジング箇所から幅方向の側面まで20 mm、深さ方向の材面まで20 mm、長さ方向の材端まで200 mmをそれぞれ残し、その区間を薬液浸透の観察部位とした。

試験材数は各樹種、材部ごとに10～12本準備した。

局所注入装置は、注入口付近の液圧が測定できるように、圧力計を取付けたインジェクター（手動圧入ポンプ）を操作して、注入用薬液（パテントブルー0.1～0.2%）を供試材中に圧送した。注入工程は、10 kgf/cm<sup>2</sup>の加圧力を5分間維持することにした。浸透性が極めて困難な樹種においては、加圧しても薬液の浸透が少ないために液圧が上昇するだけなので、5分後に操作を打ち切りにした。一方、浸透性が極めて良好な樹種においては、10 kgf/cm<sup>2</sup>の液圧を加えると、ほとんど瞬時に長さ方向の材端に薬液が到達するので、その時点で圧送を打ち切り、200 mm薬液が流動した時間（秒）を記録した。同様に、供試材の目切れや注入圧力によって起こる木材の割裂などが原因で、材面に薬液が滲みだした場合は、そこで操作を打ち切った。

注入処理後の供試材は風乾した後、インサイジングの刃を起点にして、薬液浸透の縦断面と横断面が露出するように鋸断して、薬液の浸透距離を測定した。

### 7. 2. 2 試験結果

表2-28に局所注入法による薬液浸透距離の結果を示す。準備した試験材の状況によっては、注入が不成功に終わるものも発生したので、適宜追加して、およそ6本に注入が成功したときに実験が成立したと見なして、個々の測定値の範囲あるいは平均値を示した。なお、幅方向の浸透は、ラジアータパイン辺材以外はいずれの樹種も通常、刃物から1～2 mmが限度であったので、表中には示さなかった。

浸透性が極めて困難な樹種は、カラマツ心材とメリナ心材であった。繊維方向へおよそ20～40 mm、深さと幅方向へは1～2 mm浸透しただけで、顕著な難浸透材であることが確認された。それ以外の早成樹材の多くは心材であっても浸透性が極めて良好で、10 kgf/cm<sup>2</sup>の液圧を加えると、ほとんど瞬時に長さ方向の材端200 mmまで薬液が到達し、流動に要した時間は2～10秒、あるいは30～60秒であった。そのような樹種は、ラジアータパイン辺材、ユーカリ辺・心材、アカシアマンギウム辺・心材、ファルカータ辺・心材、カメレレ辺・心材、ホワイトポプラが挙げられる。中でもラジアータパイン辺材は、幅と深さ方向ともに大きな浸透性を示した。

表2-28 局所注入法による薬液浸透距離

注入圧力 10kgf/cm<sup>2</sup>

加圧保持時間 5分

| 樹種             | 辺・心材別 | 繊維方向浸透距離 (mm) | 深さ方向浸透距離 (mm) | 両端への通導時間 (秒) | 備考              |
|----------------|-------|---------------|---------------|--------------|-----------------|
| メリナ            | 心     | 18.9          | 1~3           | -            | 材末端まで浸透せず       |
| カラマツ           | 心     | 41.8          | 1~2           | -            |                 |
| ラジアータパイン       | 辺     | 200           | 2~16          | 3~5          | 幅方向浸透<br>2~10mm |
| ユーカリ           | 辺     | 200           | 0             | 3~5          |                 |
| ユーカリ G2        | 心     | 200           | 0             | 30~60        |                 |
| ユーカリ 4A, M     | 心     | 200           | 0~1           | 3~10         |                 |
| アカシア<br>マンギューム | 辺     | 200           | 0             | 2~3          |                 |
|                | 心     | 200           | 0             | 3~5          |                 |
| ファルカータ         | 辺     | 200           | 0~12          | 2~3          |                 |
|                | 心     | 200           | 0             | 3~10         |                 |
| カメレレ           | 辺     | 200           | 0             | 2~3          |                 |
|                | 心     | 200           | 1~2           | 2~3          |                 |
| ホワイトポプラ        | 不祥    | 200           | 0~1           | 2~3          |                 |

## 8. 考 察

早成樹12種について、①かび抵抗性試験、②耐朽性試験、③耐蟻性試験、④耐候性試験、⑤乾燥による収縮性及び乾湿繰り返し試験、⑥薬液注入性試験を行った。

まず、かび抵抗性試験の結果によると、かびの発育のやや遅いものはメリナ（ジェメリーナ）とカメレレの2樹種のみであった。全般的に見ると早成樹は貧栄養下でも水分さえあればカビが容易に発生することが明かとなり、防かび対策の必要性が改めて確認された。

熱帯産の早成樹は、素材そのものがかび抵抗性に欠けるうえに、その気象状況からもかびやすい環境にある。カビによる変色等の汚染を防止するためには、現地において伐倒後、すみやかに製材し、ただちに乾燥工程に入る必要があるであろう。地域によっては、乾季と雨季がはっきり区分されるので、乾季にのみ作業を行うことも考えられる。

このような乾燥処置が取れない地域では、伐採後および製材後に薬品による防カビ処理が行われることになる。この場合には、労働衛生も含め適正に薬品が使用されなければならない。

耐朽性試験の結果によると、心材の耐朽性は樹種間に相当な差異が認められる。メリナ（ジェメリーナ）とアカシアマンギウムは耐朽性が相対的に大きく、サザンパインとユーカリは耐朽性が中庸、それ以外は耐朽性が小であった。メリナ、アカシアマンギウムもヒノキ等の耐朽性のある樹種に比べて、取り立てて耐朽性があるわけではない。全体的に見ると、耐朽性に欠けるものがほとんどであるので、耐久性を必要とする構造用途には事前に保存剤の加圧注入等の処置が必要となる。したがって、今後、注入性について詳細に調査する必要がある。

耐蟻性はメリナ（ジェメリーナ）とアカシアマンギウムの2樹種でやや高い性能が得られたが、その他の樹種はおおむね小さかった。とくに、マツ類は耐蟻性に欠けている。やはり、湿潤状態で耐久性を必要とする構造部材に使用するときには、事前に防蟻剤の加圧注入等の処置が必要である。

耐候性に関しては、初期段階の変退色には樹種特性が認められたが、60週間後には全て暗灰色になった。また、メリナ、アカシアマンギウム、カメレレ、ファルカータを除いて表面割れが発生しており、塗装などによる表面保護の必要性が指摘された。

乾燥による収縮性に関しては、アカシアマンギウムが比重の大きい割りには収縮率が小さい（つまり、干割れ・幅反り等の変形を起こしにくい）点を除き、とくに特徴はない。

乾湿繰り返し試験の結果によると、早成樹は乾湿繰り返しの中で暴露表面の寸法が次第に収縮することが明らかになった。また、乾湿繰り返しを行ってもファルカータやカメレレのような広葉樹軽軟材は、幅反りも乾燥割れも発生しない。アカシアマンギウムやメリナのような中比重材は幅反りを生じるものの、旋回木理のために乾燥割れは発生しない。これに対し、ユーカリや針葉樹の早成樹は乾燥割れを容易に発生することが明らかになった。したがって乾燥割れに関しては、早成樹には優れた性能を示す樹種の多いことが明らかになったので、家具・デッキ・手摺部材等、人間の手足に触れる部材への利用拡大が期待される。

薬液注入試験の結果によると、注入性はファルカータ辺材、スギ辺材>カメレレ心材>ユーカリ心材≧カラマツ心材≧アカシアマンギウム心材>メリナ心材の順番であった。ファルカータ心材についてはばらつきが多く、判断が困難であった。ラジアータパイン、サ

ザンパインを除いて、薬液注入性の困難な早成樹が多い。ただし、カメレレ心材に関しては、資源量が多く薬液注入性も中庸なので、防腐防蟻処理木材として一定の品質を付与した製品を安定的に供給することができる可能性がある。実大材でのテストが期待される材料である。

変色防止に関しては、早成樹にカビ抵抗性がないことと、その多くが熱帯の湿潤地域で生育していることを考え合わせると、微生物汚染対策が最重要である。これが徹底しなければ、ソリッド材としての早成樹の建材分野への利用は望めない。現状では、防かび剤の使用によって変色の抑制をはかっているが、完全とはいえない。人体への影響、環境への影響に配慮しつつ、閉鎖系での防かび処理が望まれる。また、現地の製材工場において、人工乾燥装置などの設備の増強も必要であろう。

3年間にわたる調査・試験結果を通していえることは、早成樹は生物劣化抵抗性に欠けることである。ラジアータパインやサザンパインのように薬液注入性が良ければ、保存処理によって防腐防蟻性能を付与することができるが、多くの早成樹は薬液注入性がよくない。したがって、ソリッド材としての利用は主に家具や建築内装に向けられることになろう。この場合には見栄えが重要になるので、微生物汚染に対してはますます細心な配慮が必要になる。

なお、アカシヤマンギウムは比較的高比重で美しい暗褐色を呈しているので、脚物家具への利用が期待される。カメレレ心材は明るい褐色を呈し、心材の薬液注入性が中庸で狂いや干割れを生じにくいので、耐久性の高い製品になる可能性がある。

## おわりに

3年間の調査・試験で早成樹の資源や材質の実態について、相当な知見を得ることができた。しかしながら、熱帯産の主要な早成樹であるメルクシパインやカリビヤパインなどのマツ類については、材料が十分に入手できず試験に供することができなかった。これらがラジアータパインやサザンパインと同等の薬液注入性を示すか否かは、多いに注目されるところである。

本事業では早成樹の材質に関する各種の試験を行なったが、これらは比較的小さな試験片での結果であり、実大材での試験ではない。薬液注入性や干割れ・幅反り・縦反りなどの性能を正しく把握するには、実大材で試験が必要である。例えば、カメレレは総合的に見て、耐久性の高い材料になる可能性を秘めているが、実用化のためには節のサイズや分布も考慮に入れた試験が必要である。

現在の経済状況を考慮すると、外国産の早成樹の耐久性の向上や変色防止に関わる一次処理は現地の工場で行われ、加工部材あるいは半製品となって国内に輸入される可能性が高い。この場合、現地の保存処理技術の現状についての情報が必要になるが、文献や資料が十分でない。したがって、今後の展望を切り開くためには現地調査が不可欠であろう。

また、熱帯地域での早成樹の育成には日本の技術援助・財政支援も大きく関わっている。今後は開発途上国の公的機関と協力しつつ、早成樹の耐久性向上と変色防止技術の開発を行い、その技術の普及が求められている。