

# 単板利用による南九州産材の利用開発に関する研究

遠矢良太郎\* 森田慎一\* 山角達也\*\* 山之内清竜\*

イタジイ、イジュ、リュウキュウマツ、ミヤコダラ、タブノキについて、化粧合板と単板積層材(LVL)の製造試験を行った。その結果、単板切削では前処理として、原木の煮沸処理が必要であり、単板のそりやねじれに対しては、圧縮乾燥が有効であった。さらに、接着試験や製品の性能試験を実施した結果、これらの材は化粧合板やLVLとして利用できることがわかった。

## まえがき

鹿児島、宮崎、沖縄県を含む南九州地域の森林は、主として暖帯林と亜熱帯林を形成している。

この地域に産する木材のうち、乾燥によるねじれや割れの発生が大きい材は、歩留まりが低く、加工困難で、チップ材としか利用されていないのが現状である。しかし、これらのなかには、蓄積量、径級、木理、色調などの点で、木材工業への供給材料として期待されている樹種がある。

本研究は、こうした樹種のなかから、イタジイ、イジュ、リュウキュウマツ、タブノキ、ミヤコダラの5樹種を選んだ。これらの樹種について、単板を製造し、乾燥によって発生する割れやねじれを抑制するために、圧縮乾燥処理を行い、化粧合板や単板積層材(LVL)としての利用開発を図ろうとするものである。

これによって、本県木製品製造業界(特に化粧合板製造業、家具・工芸品製造業、フローリング製造業、屋久杉加工業)の活性化と森林資源の有効利用(特に奄美大島、屋久島の森林資源)が図られるものと期待されている。

## 研究

研究の遂行は、次の項目について実施した。

- 素材の材質試験
- ロータリーレースによる単板切削試験
- 単板乾燥試験
- 単板の接着試験
- LVLの製造と性能試験

### 1. 研究対象樹種の概要

樹種	採取地	供試木本数
イタジイ (別名 スダジイ)	奄美大島	各3本
イジュ		
リュウキュウマツ		
タブノキ	県本土	5本
ミヤコダラ	屋久島	2本

供試木の直径は25cmから40cmの範囲である。

## 2. 素材の材質試験

### 2-1 目的

南九州産材の材質を把握し、さらに樹幹丸太内における樹心から外方への材質変動を知ることによって、単板利用化のための資料を得る。

### 2-2 試験方法

供試木から図-1に示すように、長さ1mの丸太を採取し、樹心を通る4方向に柎目板を採材し、収縮率を直ちに測定した。圧縮、曲げ、せん断、衝撃、割裂の各試験片は、天然乾燥し、気乾状態に達してから作製した。

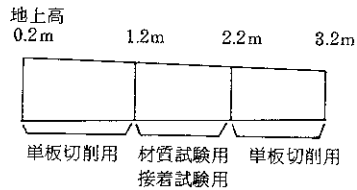


図-1 試験片の採取位置

収縮、圧縮、曲げ、せん断、衝撃の各試験片は、樹幹の外方から樹心に向けて連続して採取し、試験片の寸法や試験方法は、JISの木材試験方法に従って測定した。硬度は、せん断の試験片を用いて測定した。

### 2-3 試験結果

#### (1) 気乾比重

比重は、木材の性質を表わす重要な因子である。従って、比重が大であれば、強度が大である。しかし、材質は硬く、加工性は困難となり、収縮・膨張率も大となる。

表-1 気乾比重

樹種	測定値	文献 <sup>1)</sup>
イタジイ	0.70	0.50~0.61~0.78 (シノキ)
イジュ	0.68	—
リュウキュウマツ	0.58	0.42~0.52~0.62 (アカマツ)
タブノキ	0.63	0.55~0.65~0.77
ミヤコダラ	0.60	0.40~0.52~0.69 (ハリギリ)

文献<sup>1)</sup>: 林業試験場: 改訂3版木材工業ハンドブック(1982)

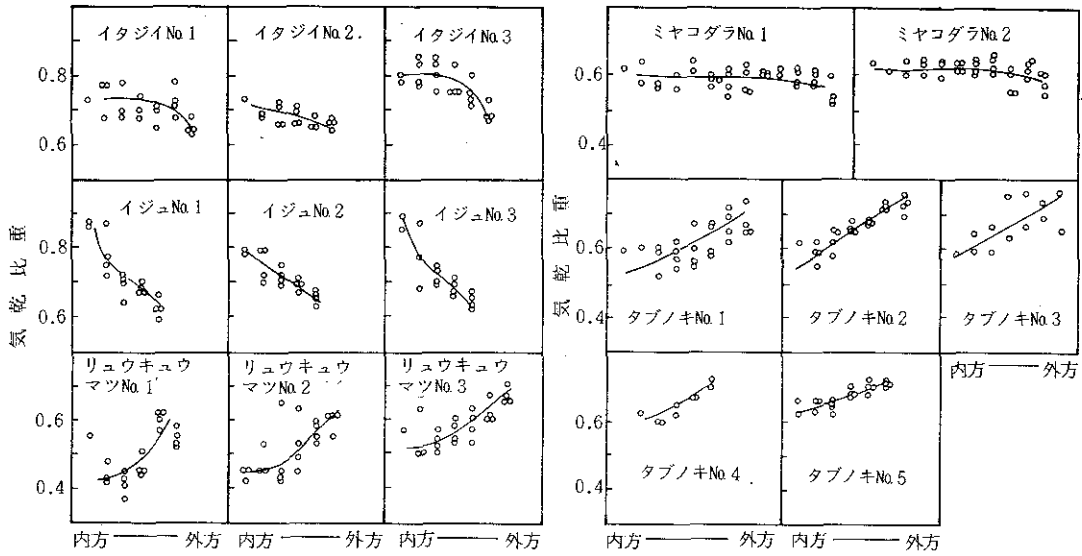


図-2 樹幹の水平方向における気乾比重の変化

表-2 南九州産材の収縮率

樹種	測定項目	測定値(%)	文献*(%)	文献** (%)
イタジイ	So R	4.42	—	4.02~4.63
	T	8.69	—	8.25~8.43
	Sa R	2.67	—	1.79~2.32
	T	5.94	—	4.51~4.60
	α R	0.17	0.17	—
	T	0.28	0.40	—
イジュ	So R	5.00	—	—
	T	10.04	—	—
	Sa R	3.19	—	—
	T	7.27	—	—
	α R	0.17	—	—
	T	0.27	—	—
リュウキュウマツ	So R	3.90	—	2.92~5.19 (アカマツ)
	T	7.42	—	7.68~8.93 (アカマツ)
	Sa R	1.85	—	1.39~2.49 (アカマツ)
	T	3.93	—	4.11~4.65 (アカマツ)
	α R	0.15	0.18 (アカマツ)	—
	T	0.26	0.29 (アカマツ)	—
ミヤコダラ	So R	5.18	—	4.59~4.16 (ハリギリ)
	T	9.92	—	7.67~8.06 (ハリギリ)
	Sa R	2.97	—	1.81~2.03 (ハリギリ)
	T	6.44	—	3.92~4.07 (ハリギリ)
	α R	0.18	0.17 (ハリギリ)	—
	T	0.29	0.34 (ハリギリ)	—
タブノキ	So R	3.81	—	3.93~4.30
	T	6.83	—	3.09~9.50
	Sa R	1.94	—	1.57~1.94
	T	3.77	—	4.06~5.60
	α R	0.16	0.17	—
	T	0.26	0.36	—

So: 全収縮率 Sa: 気乾までの収縮率 α: 平均収縮率

文献\*: 林業試験場: 改訂3版木材工業ハンドブック (1982)

文献\*\*: 林業試験場木材部・木材利用部: 日本産主要樹種の性質, 木材性質一覧表, 林試研報No.319 (1982)

各樹種の気乾比重を、木材工業ハンドブック<sup>1)</sup>に掲載されている値の平均値を、全国の標準木として、同じ種類の樹種と比較すると(表-1)、イタジイ、リュウキュウマツ、ミヤコダラは、標準木より気乾比重が大きい。イジュは、イタジイに近い。タブノキは、標準木に近い値を示している。

気乾比重の樹幹水平方向における変動(図-2)は、同一樹種では、一定のパターンを示した。樹幹の内方から外方に向けて気乾比重が小さくなる樹種は、イタジイ、イジュ、気乾比重が一定で変化しないのは、ミヤコダラ、気乾比重が大きくなるのは、リュウキュウマツ、タブノキである。

(2) 収縮率

各樹種の全収縮率及び生材から気乾までの収縮率を、同じ種類の材<sup>2)</sup>と比較すると(表-2)、イタジイとミヤコダラは、同種の材より収縮率が大きい。イジュは、イタジイより収縮率が大きい。リュウキュウマツとタブ

ノキは、同種の材と同じような収縮率である。

各樹種の平均収縮率は、同種の材より小さい値を示した。このことは、供試木の収縮率は、生材から気乾状態に達するまでが大きく、いったん乾燥すれば、含水率変化による収縮・膨張率は小さいことを示している。

(3) 強度

木材工業ハンドブック<sup>1)</sup>に示されている強度値を、全国の標準木として、表-3に供試木と比較して示す。

イタジイは、シイノキより圧縮強さと曲げ強さにおいて大きい。イジュは、イタジイより圧縮強さが大きい。リュウキュウマツの圧縮強さと曲げ強さは、アカマツとほぼ同じであるが、曲げヤング係数はアカマツの約2/3である。タブノキとミヤコダラの曲げ強さとせん断強さは、同種の材より大きい。特に、ミヤコダラのせん断強さは、ハリギリの約2倍に相当する。

表-3 南九州産材の強度

樹種	圧縮強さ	曲げ強さ	曲げヤング係数	せん断強さ		割裂強さ		衝撃吸収エネルギー	かたさ		
				椀目面	板目面	椀目面	板目面		木口面	椀目面	板目面
イタジイ	526 <sup>kgf/cm<sup>2</sup></sup> (516×10 <sup>2</sup> KPa)	1109 <sup>kgf/cm<sup>2</sup></sup> (1088×10 <sup>2</sup> KPa)	109 <sup>1/10<sup>4</sup></sup> (107×10 <sup>2</sup> KPa)	138 <sup>kgf/cm<sup>2</sup></sup> (135×10 <sup>2</sup> KPa)	144 <sup>kgf/cm<sup>2</sup></sup> (141×10 <sup>2</sup> KPa)	62 <sup>kgf/cm<sup>2</sup></sup> (61×10 <sup>2</sup> KPa)	66 <sup>kgf/cm<sup>2</sup></sup> (65)	—	4.30 <sup>kgf/cm<sup>2</sup></sup> (4.22×10MPa)	1.51 <sup>kgf/cm<sup>2</sup></sup> (1.48×10MPa)	1.85 <sup>kgf/cm<sup>2</sup></sup> (1.81×10MPa)
イジュ	659 (646)	1056 (1036)	100 (98)	138 (135)	155 (152)	62 (61)	77 (76)	—	4.51 (4.42)	1.33 (1.30)	1.62 (1.59)
リュウキュウマツ	475 (466)	910 (892)	78 (76)	138 (135)	145 (142)	35 (34)	43 (42)	—	3.52 (3.45)	1.51 (1.48)	1.65 (1.62)
ミヤコダラ	390 (382)	907 (889)	108 (106)	151 (148)	151 (148)	74 (73)	60 (59)	0.71 <sup>kgf/m<sup>2</sup></sup> (6.96 <sup>kgf/cm<sup>2</sup></sup> )	4.07 (3.99)	1.37 (1.34)	1.49 (1.46)
タブノキ	497 (487)	988 (949)	97 (95)	148 (148)	165 (162)	66 (65)	77 (76)	1.20 (11.77)	4.34 (4.26)	1.22 (1.20)	2.17 (2.12)
文*	シイノキ (441)	900 (888)	100 (98)	150 (147)		—		0.85 (8.34)	5.0 (4.9)	2.0 (2.0)	2.4 (2.4)
	アカマツ (441)	900 (888)	115 (118)	95 (93)		—		0.50 (4.90)	4.8 (4.2)	1.3 (1.3)	1.2 (1.2)
	ハリギリ (363)	750 (735)	85 (83)	75 (74)		—		0.70 (6.86)	8.5 (8.4)	1.1 (1.1)	1.2 (1.2)
	タブノキ (392)	700 (686)	90 (88)	120 (118)		—		1.00 (9.81)	4.0 (3.9)	1.8 (1.8)	2.0 (2.0)

( ) : S I単位

文献\* : 林業試験場:改訂3版木材工業ハンドブック(1982)

3. ローターレースによる単板切削試験

3-1 目的

厚さ4mmのロータリー単板を製造するための適正な切削条件を求めるもので、特に、原木煮沸温度条件に着目し試験を行った。

3-2 試験方法

(1) 切削方法

原木を長さ50cmに玉切りして、切削試験に用いた。使用したロータリーレースは飯田鉄工社製の1200mmレースで、厚さ4mmの単板が切削できるように改良した。

原木の煮沸温度は、60℃と90℃の2条件とし、設定したそれぞれの温度が、原木の中心部まで十分に到達するように、煮沸時間は20~25時間である。

煮沸温度を除くほかの切削条件は一定とした(表-4)

表-4 切削条件

単板歩出し厚さ	4 (mm)
刃口水平距離	3.6 (mm)
ノーズバー先端角度	85°
刃先角	22°
刃物材質	合金工具鋼

(2) 単板品質の評価方法

ロータリーレースから製造される単板を25cm間隔で切断し、原木の外方から内方への単板品質測定用試料とした。単板の品質は、単板の厚さむら、裏割れ率、面あらさで評価した。

(a) 単板厚さ

各試料単板の6ヶ所をマイクロメーターで計測し、最大値と最小値を除いて、平均値及び標準偏差を算出した。

(b) 裏割れ率

単板裏面からインクを浸透させ、乾燥後単板を鋸断し、裏割れの深さを単板厚さに対する百分率で表わし、裏割れ率とした。

(c) 面あらし

触針式あらし計を用い、測定長さ5cmにおけるあらしの最大値を求め、100 $\mu$ m未満、100~200 $\mu$ m、200~300 $\mu$ m、300 $\mu$ m以上の4段階に分類して評価した。測定方向は、繊維方向と直交し、測定倍率は100倍とした。

3-3 試験結果

(1) 単板の厚さ

一般に、単板切削におけるノーズバーと刃口の水平距離は、単板厚さの90%で設定されていることから、今回

表-5 煮沸温度と単板厚さ

樹種	原木煮沸温度	測定値数	単板厚さ (mm)				
			平均	最大	最小	範囲	標準偏差
リュウキュウマツ	60℃	50	3.99	4.16	3.71	0.45	0.094
	90℃	58	4.02	4.12	3.84	0.28	0.062
イジュ	60℃	40	3.97	4.07	3.77	0.30	0.078
	90℃	40	3.92	4.01	3.82	0.19	0.017
イタジイ	60℃	25	3.99	4.14	3.63	0.51	0.117
	90℃	28	3.89	4.10	3.64	0.46	0.156
ミヤコダラ	60℃	60	3.99	4.07	3.78	0.29	0.053
	90℃	68	3.99	4.09	3.84	0.25	0.039
タブノキ	60℃	53	4.12	4.26	4.03	0.23	0.048
	90℃	76	4.04	4.13	4.00	0.13	0.026

の試験でも、この方法によった。

その結果、表-5に示すように、各樹種とも厚さ約4mmの単板が得られた。

原木の煮沸温度は、単板の厚さに影響を及ぼし、60℃

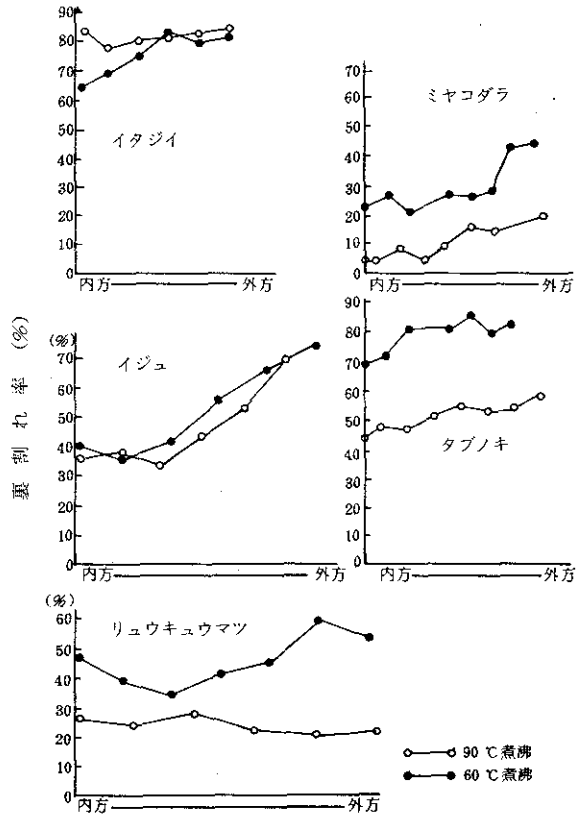


図-4 原木の水平方向における単板の裏割れ率変化

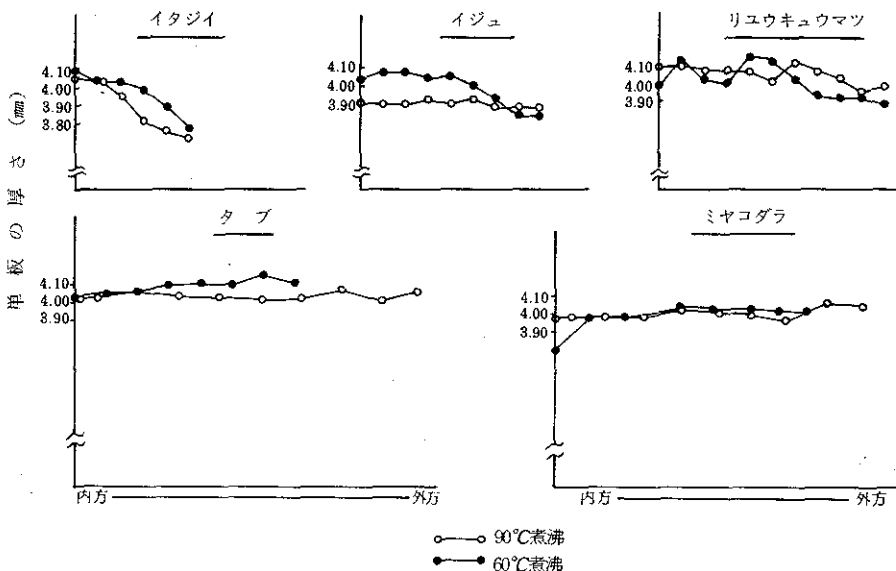


図-3 原木の水平方向における単板の厚さ変化

にくらべ、90℃で切削された単板の厚さは小さい値を示している。これは、60℃より90℃の方が、より強く原木を軟化したためと考えられる。

単板の厚さむらさを、数値の出現範囲と標準偏差でみると、イタジイを除くほかの樹種は、煮沸温度90℃の方が60℃にくらべて、厚さむらのない単板が得られた。イタジイの場合は、逆の結果を示した。

つぎに、単板の厚さについて、原木の外方から内方にかけて測定した結果を図-3に示す。

イジュとイタジイは、外方の単板厚さは小さい。ミヤコダラとタブノキは、外方、内方ともに同じ厚さである。リュウキュウマツは判然としないが、外方が小さい傾向を示している。

単板厚さの変動は、切削抵抗の大きさ、原木径の大小、原木材質、原木のロータリーレースへの支持方法など、いろいろな要因で影響されるが、煮沸処理によっても、単板厚さが変化する。

原木の外方から内方への裏割れ率の変動を図-4に示す。リュウキュウマツの裏割れ率は、外方から内方へかけてほぼ一定の値である。イタジイ、イジュ、ミヤコダ

ラ、タブノキは、内方より外方の裏割れ率が大きい。

煮沸温度によって裏割れ率に違いがみられ、イタジイを除くほかの樹種では、60℃より90℃の方が裏割れ率は小さい。樹種別の裏割れ率では、イタジイ、タブノキが大きく、次にイジュの順で、これらにくらべてミヤコダラ、リュウキュウマツは小さい。

(3) 面あらし

原木の外方から内方への単板の面あらしを図-5に示す。

単板の裏面は、単板切削時の引張り力を受ける側にあり、そのため、表面にくらべ面あらしが大きい。

煮沸温度によっても、面あらしが異なり、煮沸温度60℃より90℃が面あらしは小さい。しかし、イタジイとミヤコダラについては、この傾向は明らかでなかった。

外方から内方への変化をみると、イジュとリュウキュウマツは、外方の面あらしが大きい傾向にある。ほかの樹種は、外方、内方ともにほぼ同じ面あらしであった。

4. 単板乾燥試験

4-1 目的

乾燥中に発生する単板のそりやねじれを防止するために、堆積した単板に圧縮を加え、減圧下で単板の乾燥を行う方法を開発する。

4-2 試験方法

供試した厚さ4mm単板の寸法は、幅25cm(T)、長さ45cm(L)である。

(1) 熱板乾燥

単板と圧縮して乾燥する場合の、圧縮圧を検討した。圧縮圧は1kg/cm<sup>2</sup>、2kg/cm<sup>2</sup>、3kg/cm<sup>2</sup>とし、熱板温度は110℃、熱板と単板の間には、60メッシュの金網を挿入して、単板から蒸気が抜けやすいようにした。

(2) 高周波減圧乾燥

単板を40枚積み重ね、高周波減圧乾燥機(富士電波工業社製)に、図-6で示すように配置し、70トール、材温40~42℃と、50トール、材温35~37℃の2条件で乾燥を行った。このときの圧縮圧は、0.1~0.2kg/cm<sup>2</sup>とした。

(3) 熱風乾燥

熱風乾燥を行い、熱板乾燥及び高周波減圧乾燥と比較した。熱風温度は40℃である。

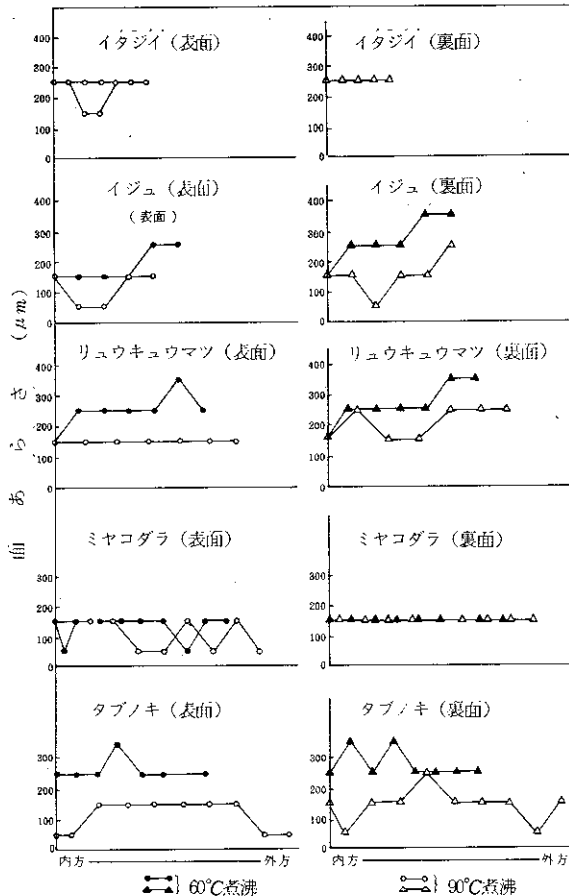


図-5 原木の水平方向における単板の面あらし変化

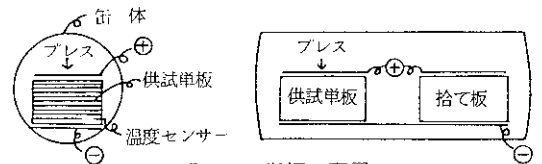


図-6 単板の配置

4-3 試験結果

(1) 熱板乾燥における圧縮圧と単板品質の関係

圧縮圧と単板の収縮率の関係を図-7に示す。どの樹種でも、圧縮圧の増加に伴ない、厚さ方向の収縮率が大きくなる。しかし、幅方向の収縮率は、圧縮圧の変化によらず、一定の値を示した。

乾燥終了後の単板をみると、どの圧縮圧でもそりやねじれのない平らな単板が得られた。このことから、圧縮圧は  $1 \text{ kg/cm}^2$  で十分である。

(2) 高周波減圧乾燥における圧縮の効果

堆積した単板に圧縮を施し高周波減圧乾燥を行うと、無圧縮にくらべて、乾燥速度が早くなる。また、無圧縮の場合、含水率が40~30%付近から以下になると、スパー

クが生じるが、圧縮するとスパークは生じにくい。これは、圧縮によって極板間の距離が近くなり、高周波が単板に印加されやすくなったためである。

(3) 乾燥条件と単板の乾燥経過

各樹種の乾燥経過を図-9に示す。タブノキを除くほかの材では、高周波減圧乾燥の乾燥速度は、熱風乾燥の乾燥速度より大きい。タブノキは逆の結果であった。

高周波減圧乾燥において、50ートル、材温35~37°Cは70ートル、材温40~42°Cより乾燥速度が速い。このことから、減圧乾燥における缶内圧力は、乾燥速度に大きく影響を及ぼすといえる。

次に、乾燥条件別に、生材から含水率20%までの乾燥速度を求め、熱風乾燥に対する高周波減圧乾燥の乾燥速

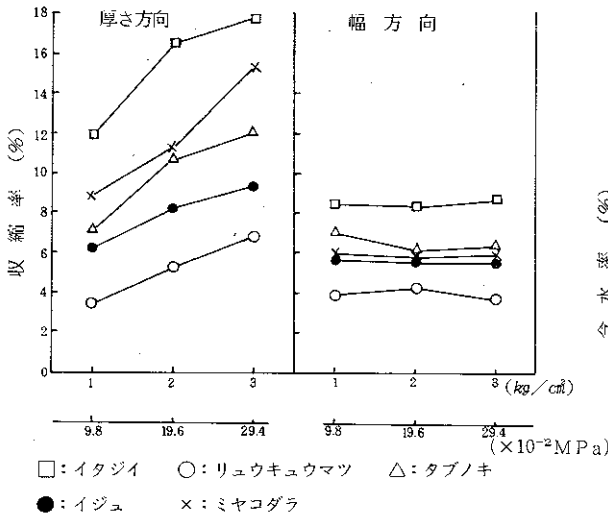


図-7 圧縮圧と単板の収縮率

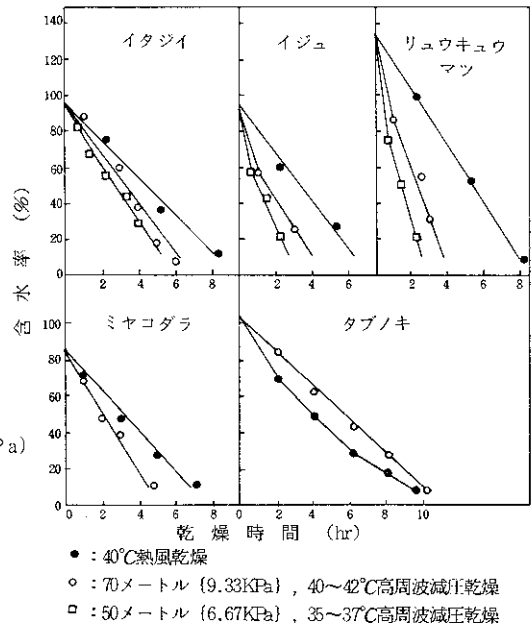


図-9 単板乾燥経過

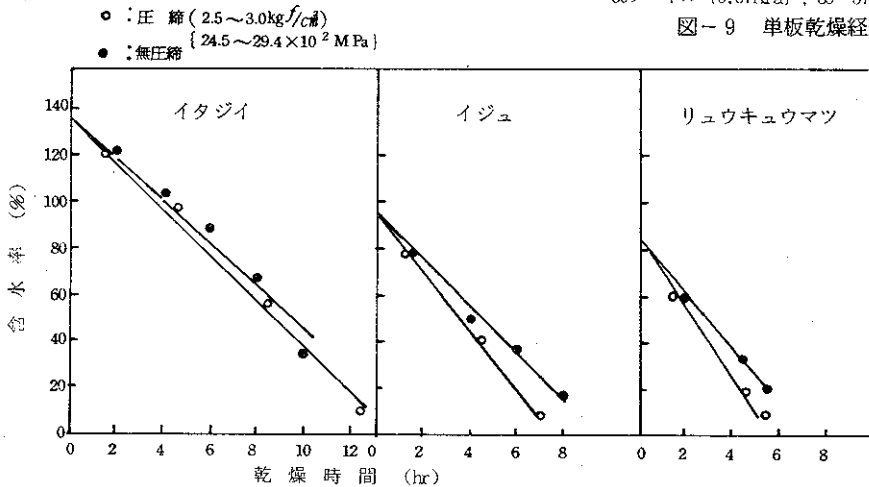


図-8 圧縮と無圧縮の高周波減圧単板乾燥経過

度比を表-6に示す。これから、熱風乾燥にくらべ、高周波減圧乾燥による著しい乾燥速度が期待できるのは、リュウキュウマツ、イジュ、ミヤコダラである。これらの樹種は、通気性が大きい。イタジイは、高周波減圧乾燥が熱風乾燥をやや上まわっている。タブノキは逆に、熱風乾燥の乾燥速度が高周波減圧乾燥より大きかった。

(4) 乾燥条件と単板の品質

表-6 単板乾燥において熱風乾燥速度を1.00としたときの高周波減圧乾燥速度の比 (生材から含水率20%までについて測定)

樹種	40℃ 熱風乾燥	高周波減圧乾燥	
		70トール{933KPa} 40~42℃	50トール{667KPa} 35~37℃
イタジイ	1.00	1.84	1.52
イジュ	1.00	1.58	2.33
リュウキュウマツ	1.00	2.14	3.16
ミヤコダラ	1.00	1.58	—
タブノキ	1.00	0.88	—

表7-4に、乾燥終了時の単板のそり、ねじれによって生じた矢高量を示す。

乾燥法別の矢高量は、40℃熱風乾燥>熱板乾燥>高周波減圧乾燥の順である。樹種別では、ミヤコダラ>タブノキ>イタジイ・イジュ>リュウキュウマツである。ミヤコダラは、圧縮圧を0.2kg/cm<sup>2</sup>~1.0kg/cm<sup>2</sup>の範囲に設定することが必要である。

表-7 乾燥終了時の単板のそり及びねじれの矢高量 (cm)

樹種	乾燥方法	熱板乾燥		高周波減圧乾燥	
		圧縮圧 1~3kgf/cm <sup>2</sup> {9.8~29.4×10 <sup>-2</sup> MPa}	40℃ 熱風乾燥	70トール{933KPa} 40~42℃	50トール{667KPa} 35~37℃
イタジイ		0~1	2~3	0~1	0~1
イジュ		0~1	2~5	0~1	0~1
リュウキュウマツ		0~1	3~7	0~1	0~1
ミヤコダラ		0~1	5~8	2~3	2~3
タブノキ		0~1	1~2	0~1	0~1

単板寸法 25cm(幅)×45cm(長さ)

5. 単板の接着試験

5-1 目的

積層材を作製する際の基礎的な資材を得るために、ユリア接着剤を用いた引張りせん断接着力試験を行った。

樹種による接着力の違いの程度や、単板化した場合の接着力の変化を調べるために、各樹種について挽板と4mm厚単板を用いた試験を行い、結果を比較した。

表-8 接着条件

項目	挽板	4mm厚単板
接着剤 配合比	レジン(常温硬化型)	100
	薄力小麦粉	10
	硬化剤(塩化アンモン)	1
	水	9
塗布量	150 g/m <sup>2</sup>	200 g/m <sup>2</sup>
プレス圧	10 kgf/cm <sup>2</sup>	
プレス温度・時間	室温 18時間	110℃ 12分

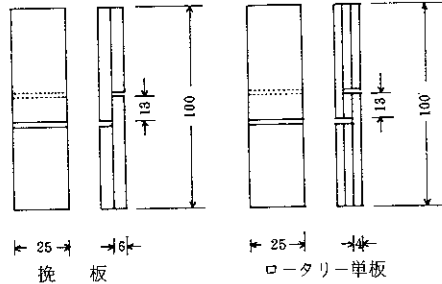


図-10 試片の形状と寸法

5-2 試験方法

JIS-K6851(接着剤の木材引張りせん断接着強さ試験方法)に準じて、常態試験(室温)及び耐温水試験(60℃の温水に3時間浸せき後室温の水で冷却)を行った。表-8に示す条件で接着を行い、プレス解除後24時間以上放置して、図-10に示す試験片を1条件につき12個以上作製した。単板は、3枚を平行合わせにして接着した。挽板は、6mm厚とし、ロータリー単板と比較するために、板目ないし追いまさのものを使用した。接着操作は、接着剤配合後30分以内に終了するようにした。また、塗付は片面のみとし、塗付量は、裏割れへの吸収を考慮して、単板の方を50g/m<sup>2</sup>多くした。

試験片作製後、さらに48時間以上室内(タブノキとミヤコダラは20℃、65%RHの恒温恒湿機中)に放置してから、それぞれの試験に供した。

5-3 試験結果

(1) 挽板の接着力

挽板の接着強度及び木破率の試験結果を表-9に示す。挽板の接着力では、イジュ、ミヤコダラがやや大きく次いで、イタジイの順で、タブノキとリュウキュウマツは小さい。

耐温水試験の結果、リュウキュウマツは、接着力及び木破率の低下が著しく、タブノキも、ほかの樹種にくらべて接着力の低下がやや大きかった。リュウキュウマツの場合、ある程度の耐水性を必要とする用途には、ユリア樹脂接着剤の使用は望ましくないと考えられる。またタブノキは従来から、良好な接着が行えない樹種<sup>1)</sup>のひ

とつにあげられているが、今回の試験であらためて確認が得られた。

(2) 単板の接着力

4mm厚単板3枚合わせの積層材の接着力及び木破率を表-10に示す。

挽板の接着力とくらべて単板の場合は、裏割れの存在や表面のあらさのため、一般に接着力は低下すると考えられる。今回の試験では、挽板とくらべて、常態試験で約60~70%、耐温水試験で約30~75%の接着力の低下がみられた。各樹種の接着力は、単板の品質に違いがみら

表-9 樹種別接着強度及び木破率(挽板)

項目 樹種名	挽板比重 (平均)	常 態		耐 温 水	
		接着強度	木破率	接着強度	木破率
イ タ ジ イ	0.68	94kg/cm <sup>2</sup> {92×10 <sup>2</sup> KPa}	80%	60kg/cm <sup>2</sup> {59×10 <sup>2</sup> KPa}	20%
イ ジ ャ	0.64	115{113}	90	65{64}	25
リュウキュウマツ	0.57	85{83}	50	16{16}	0
タ ブ ノ キ	0.67	84{82}	55	36{35}	25
ミヤコダラ	0.62	112{110}	85	57{56}	30

{ } : S I 単位

れるため比較は難しいが、常態では、ミヤコダラが大きい。イタジイの接着力は小さいが、これは単板の比重が小さかったことと切削状態が良くなかったためと考えられる。木破率は、挽板の場合のように差はみられない。裏割れの影響で全般的に木破率が大きくなったものと考えられる。耐温水試験では、リュウキュウマツの接着力の低下が大きく、木破率も著しく小さくなっている。タブノキの木破率低下も大きい。逆に最も良好な結果が得られたのは、ミヤコダラであった。

表-10 樹種別接着強度及び木破率(単板)

項目 樹種名	単板比重 (平均)	常 態		耐 温 水	
		接着強度	木破率	接着強度	木破率
イ タ ジ イ	0.52	24.8kg/cm <sup>2</sup> {24.3×10 <sup>2</sup> KPa}	85%	14.2kg/cm <sup>2</sup> {13.9×10 <sup>2</sup> KPa}	50%
イ ジ ャ	0.61	29.0{28.4}	80	14.4{14.1}	40
リュウキュウマツ	0.67	32.0{31.4}	95	11.5{11.3}	20
タ ブ ノ キ	0.67	30.8{30.2}	95	16.9{16.6}	10
ミヤコダラ	0.62	39.6{38.8}	70	25.0{24.5}	40

{ } : S I 単位

6. 単板積層材(LVL)の製造と性能試験

6-1 目的

LVLは、単板の繊維方向を平行にして接着することから、合板に比べて、そりやねじれを生じやすい。

また、厚さ4mmと、ロータリーレースで製造される単板では厚い方に属し、裏割れ率や表面あらさが大きく、接着不良が生じやすいと考えられる。従って、LVLの

製造に際しては、そりやねじれ、接着力の低下をできるだけ少なくすることが必要である。

本試験では、このことに関し、接着剤の塗付量を変えてLVLを作製し、その品質を検討した。

6-2 試験方法

(1) LVLの製造

厚さ4mmの単板を5枚合わせ、20mm(厚さ)×25cm(幅)×50cm(長さ)のLVLを製作した。単板の配置は裏面がLVLの表面にでないように配慮した。用いた単板の裏割れ率と面あらさを表-11に示す。用いた接着

表-11 供試単板の裏割れ率と面あらさ

項目	イタジイ	イジャ	リュウキュウマツ	ミヤコダラ	タブノキ	
裏割れ率(%)	82	47	25	15	55	
面あらさ μm	表面	250	100	150	100	150
	裏面	250	150	250	250	150

剤は、ユリア樹脂接着剤で、配合比は、ユリア樹脂接着剤100部、小麦粉10部、濃度10%の硬化剤10部とした。

接着は、圧縮温度105℃、圧縮圧10kg/cm<sup>2</sup>、圧縮時間20分とし、接着剤の塗付量を150g/m<sup>2</sup>(13.5g/900cm<sup>2</sup>)と200g/m<sup>2</sup>(18g/900cm<sup>2</sup>)の2条件とし、片面塗付した。使用したプレス機は、セイブ社製ホットプレス(熱盤寸法:50×50cm、最大圧60トン、最高到達温度200℃)である。

(2) 浸せきはく離試験

LVLのJASの試験方法で、接着の程度を調査した。すなわち、1辺が75mmの正方形の試験片を製作し、70±3℃の温水中に2時間浸せきした後、60±3℃の恒温乾燥機に入れ、それぞれの含水率が8%以下になるように乾燥し、はく離した部分の長さが、それぞれの側面において、1/3以下であるかどうかを調べた。

(3) そりとねじれの測定

20cm(幅)×45cm(長さ)のLVLを定盤上に置き、LVLの4隅のうち、1隅にダイヤルゲージをあて、残りの3隅を定盤上にそれぞれ押しつけ、生じた最も大きな数値をねじれ量とし、幅方向の矢高量の最大値をそり量として測定した。測定は、LVL製作後24時間経過してから実施した。

(4) 摩耗試験

フローリングの摩耗A試験(JAS)を単板で行った。これは、テーバー型摩耗試験機で行うもので、試料に荷重1000gをかけ、500回転した試料に表面材料が残って



おり、かつ、100回転あたりの摩耗減量が、0.15g以下であることとしている。

(5) 強度試験

製作したLVLについて、JISの木材強度試験方法に従って強度試験を行い、素材と比較した。

6-3 試験結果

(1) 浸せきはく離

表-12に浸せきはく離試験結果を示す。各樹種とも、塗付量150g/m<sup>2</sup>より200g/m<sup>2</sup>の方が、はく離が小さい。ミヤコダラとタブノキは、どの塗付量でもはく離を生じなかった。特に、タブノキは材内にロウ成分を含んでいることから、はく離率が大きいと予想されたが、接着剤の塗付を入念に行ったためか、はく離がまったく生じなかった。リュウキュウマツのはく離は大きく、塗付量150g/m<sup>2</sup>ではJASに不合格である。これは、温水浸せきによって、材内の樹脂成分が影響を及ぼしなものと考えられる。

はく離率は、リュウキュウマツ>イタジイ>イジュ>ミヤコダラ・タブノキの順で、裏割れ率と表面あらさの大きい単板ほどはく離率が大きい。

表-12 浸せきはく離率(%)

塗布量	イタジイ	イジュ	リュウキュウマツ	ミヤコダラ	タブノキ
150g/m <sup>2</sup>	5.3	2.5	19.1	0	0
200g/m <sup>2</sup>	2.6	1.1	12.8	0	0

(2) そりとねじれ

そりとねじれの測定結果を表-13に示す。

イタジイ、イジュ、リュウキュウマツのLVLのそり量とねじれ量をみると、塗付量200g/m<sup>2</sup>の方が、150g/m<sup>2</sup>より数値が小さい。しかし、ミヤコダラの場合は、逆の結果を得た。

表-13 ねじれ量とそり量

項目	塗布量	LVL寸法: 2cm(厚)×20cm(幅)×45cm(長さ)				
		イタジイ	イジュ	リュウキュウマツ	ミヤコダラ	タブノキ
ねじれ量(%)	150g/m <sup>2</sup>	2.74	3.96	1.23	1.52	6.26
	200g/m <sup>2</sup>	1.37	1.54	1.10	1.94	5.77
そり量(mm)	150g/m <sup>2</sup>	0.74	0.68	0.88	0.61	2.38
	200g/m <sup>2</sup>	0.55	0.35	0.48	0.95	1.62

(3) 摩耗性能

厚さ4mmの単板について、摩耗試験した結果を表-14に示す。100回転あたりの摩耗減量は、イタジイが最も大きく、ほかの樹種は、イタジイの約1/2以下であった。各樹種いずれも、JASに定められている0.15g以下であり、フローリング用化粧単板として十分利用できる。さらに、単板表面における摩耗深さは、摩耗減量と同じような傾向を示している。最大摩耗深さを調査すること

によって、フローリング用化粧単板としての必要厚さを求めることができる。

表-14 摩耗A試験結果

項目	LVL寸法: 2cm(厚)×20cm(幅)×45cm(長さ)					
	イタジイ	イジュ	リュウキュウマツ	ミヤコダラ	タブノキ	
供試材の気乾比重	0.52	0.64	0.65	0.56	0.60	
100回転当りの摩耗減量(g)	0.106	0.035	0.045	0.034	0.056	
500回転後の摩耗深さ(mm)	平均値	0.322	0.114	0.159	0.134	0.179
	最大値	0.49	0.24	0.32	0.25	0.30

供試材: 4mm厚ロータリー単板

(4) 強度性能

LVLの強度を表-15、LVLの素材に対する強度比を表-16に示す。

各樹種のなかで、イタジイとイジュは大きな強度を有し、縦方向の曲げヤング係数及び曲げ強さは、素材より大きい。しかし、衝撃吸収エネルギー、せん断強さ、割裂強さは、素材よりかなり小さい値を示すものもある。割裂強さは特に小さい値を示した。これは、接着の不良と単板品質が大きく影響したものと考えられる。

表-15内の図で表わすように、H型の強度は接着不良の影響をより大きく受けるし、V型は単板の裏割れの影響をより大きく受けるものとする。

リュウキュウマツのLVLは、素材より気乾比重が大きく、圧縮強さと縦曲げヤング係数が特に大きくなる。ミヤコダラとタブノキのLVLは、素材と同じかやや小さい値を示した。

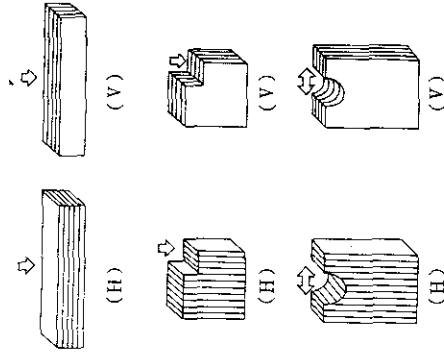
LVLにおいて、縦方向に対する横方向の強度の比率は、曲げヤング係数の場合、イタジイ・イジュ・リュウキュウマツ<タブノキ<ミヤコダラの順で、曲げ強さの

表-16 素材に対する単板積材の強度比

項目	気乾比重	圧縮強さ	縦曲げヤング係数		縦曲げ強さ	
			H	V	H	V
イタジイ	0.97	123	1.1	1.06	1.08	1.08
イジュ	1.00	0.98	1.35	1.24	1.11	1.12
リュウキュウマツ	1.19	1.28	1.59	1.42	1.09	0.95
ミヤコダラ	1.10	1.07	0.81	0.83	1.00	0.96
タブノキ	0.94	0.85	0.97	0.92	1.01	0.93
項目	衝撃吸収エネルギー	せん断強さ	割裂強さ			
			H	V	H	V
イタジイ	—	—	0.97	0.37	0.37	0.46
イジュ	—	—	0.95	0.86	0.24	0.50
リュウキュウマツ	—	—	0.63	0.88	0.56	1.35
ミヤコダラ	0.89	0.60	0.79	0.98	0.51	0.42
タブノキ	0.71	0.70	0.67	0.71	0.28	0.57

表-15 単板積層材の強度

項目 樹種	気乾比重	圧縮強さ	縦曲げヤング係数		横曲げヤング係数		縦曲げ強さ	
			H	V	H	V	H	V
イ タ ジ	0.68	645	t/cm <sup>2</sup> 125	t/cm <sup>2</sup> 115	t/cm <sup>2</sup> 3.2	t/cm <sup>2</sup> -	kg/cm <sup>2</sup> 1195	kg/cm <sup>2</sup> 1197
イ ジ ュ	0.68	645	135	124	3.4	-	1175	1180
リュウキウウマツ	0.69	606	124	111	3.8	-	995	861
ミヤコダラ	0.66	419	88	90	7.2	7.4	908	875
タブノキ	0.59	423	44	89	5.0	5.0	979	904
項目 樹種	横曲げ強さ		衝撃吸収エネルギー		せん断強さ		割裂強さ	
	H	V	H	V	H	V	H	V
イ タ ジ	kg/cm <sup>2</sup> 47	kg/cm <sup>2</sup> -	kgm/cm <sup>2</sup> 1.00	kgm/cm <sup>2</sup> 0.84	kg/cm <sup>2</sup> 140	kg/cm <sup>2</sup> 51	kg/cm <sup>2</sup> 24.3	kg/cm <sup>2</sup> 29.3
イ ジ ュ	70	-	0.95	0.76	131	119	18.5	31.2
リュウキウウマツ	39	-	0.45	0.39	92	122	24.1	46.7
ミヤコダラ	120	127	0.63	0.60	119	141	30.6	30.7
タブノキ	70	56	0.85	0.70	111	103	21.3	37.3



場合、イタジイ・リュウキュウマツ<イジュ<タブノキ<ミヤコダラで、イタジイ、イジュ、リュウキュウマツでは、縦方向に対する横方向の強度比が著しく小さい。

このため、強度比の著しく小さい樹種を用いたLVLの場合は、横方向の曲げの負荷を受けないように配慮しなければならない。

負荷方向の違いによる、H型とV型(表-15)について縦方向の強度をみると、曲げヤング係数、曲げ強さ、衝撃吸収エネルギーはいずれも、H型がV型より大きい。この結果から、LVLをはりとして用いる場合は、H型で利用の方が強度面から有利である。

LVLの強度を、木材工業ハンドブック<sup>1)</sup>に掲載されている強度の平均値を全国の標準木として、同種の材と比較してみると、南九州産材で製作したLVLは、一部強度の小さいものもあるが、一般的に標準木より大きな強度を有している。

### まとめ

南九州産材を、ロータリーレースによって単板化し、積層材(LVL)及び化粧単板としての利用を検討した結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 南九州産材の材質は、比重大で、生材から気乾までの収縮率が大きい。
- (2) 樹幹内における水平方向の材質変動は、同一樹種では一定のパターンを示している。南九州産5樹種の樹幹内における材質変動が把握できたことから、利用上の有用な資料を得た。
- (3) ロータリー切削における原木の煮沸温度は、60℃より90℃が単板品質にとって望ましい。イタジイは逆の結果を示した。
- (4) 収縮率が大きく、狂いの大きい単板を乾燥する方法として、何枚も単板を積み重ね、これに圧縮を施し、高周波減圧乾燥によって、平らな単板が得られる。

この場合の圧縮圧は、0.1~0.2kg/cm<sup>2</sup>である。ミヤコダラの場合は0.2~1.0kg/cm<sup>2</sup>の圧縮力が必要である。

- (5) 単板を積み重ね、これに圧縮を加えて高周波減圧乾燥すると、高周波印加時のスパークの発生が抑制され、しかも乾燥速度も速くなる。
- (6) 高周波減圧乾燥は、熱風乾燥にくらべて乾燥速度が大きい。その大きさは、リュウキュウマツ>ミヤコダラ・イジュ>イタジイの順で、タブノキは逆に熱風乾燥の方が大きい。これは、通気性の大小に左右される。
- (7) ユリア樹脂接着剤を用いて引張りせん断試験した結果、常態の場合、リュウキュウマツとタブノキの木破率がやや小さかったが、接着力の著しい低下はない。しかし、耐温水試験では、挽板及び単板ともにリュウキュウマツの接着力と木破率は著しく低い。タブノキもリュウキュウマツの次に低い。
- (8) 面あらさ及び裏割れ率の大きい単板を積層接着する場合、接着剤の塗付量を150g/m<sup>2</sup>よりも200g/m<sup>2</sup>と多く用いることで、接着はく離を小さくできる。
- (9) LVLの強度は、素材にくらべて、圧縮と曲げ性能がやや大きくなり、特に曲げヤング係数で著しい。しかし、衝撃吸収エネルギー、せん断強さが小さくなり、さらに割裂強さは著しく弱くなる。また、LVLは、横方向の曲げ負荷に対して著しく弱い。このことから、LVLを使用する際には、その特性を十分把握して用いる必要がある。

### 謝辞

本研究を遂行するにあたり、ご指導並びにご援助していただいた製品科学研究所長沢長八郎主任研究官に深く感謝する。

### 参考文献

- 1) 林業試験場：改訂3版木材工業ハンドブック、186~188、433、丸善、1982
- 2) 林業試験場木材部・木材利用部：林試研報、319、97~121(1982)