

フェノール樹脂接着剤による南洋材単板の接着性 (第2報) 数種の南洋材単板の接着性能と湿潤性

古田 直之, 宮崎 淳子*¹, 平林 靖

Bonding of veneers from southeast asian species with phenol-formaldehyde resins (II) Adhesive properties and wettability of several kinds of veneers from Southeast Asian species

Naoyuki FURUTA, Junko MIYAZAKI, Yasushi HIRABAYASHI

We investigated the adhesive properties and wettability of several kinds of veneers from Southeast Asian species using phenol-formaldehyde resins (PF). We conducted shear strength tests according to the Japanese Agricultural Standard (JAS) methods for structural plywood and found that the shear strength of Geronggang (*Cratogeomys arborescens*) and Rose gum (*Eucalyptus grandis*) exceeded the special-type JAS requirement, but those of Medang (*Listea confusa*) and Meranti (*Shorea sp.*) were lower than the JAS requirement. When the veneers were bonded after sanding, the adhesive properties improved and they exceeded the JAS requirement, except for Meranti. The contact angles of Geronggang and Jelutong (*Dyera sp.*) veneers had comparatively low values, but Medang and Meranti had high values. There was a negative correlation between the contact angle and specific shear strength. The corrected water absorption heights (C.W.A.H.) determined by the capillary rise method for Geronggang, Rose gum and Jelutong were comparatively high, but for Medang and Meranti were low. There was a negative correlation between the contact angle and C.W.A.H.

Key words: plywood, adhesive properties, contact angle, capillary rise method
合板, 接着性能, 接触角, 毛管上昇法

数種の南洋材単板について、フェノール樹脂接着剤による接着性能や湿潤性を調べた。合板の日本農林規格 (JAS) に規定される接着性能試験の結果、ゲロンガン、グランディスは JAS における特類の基準を満たしたのに対し、メダン、メランティは基準を満たさなかった。単板表面を研削した後に接着した場合、多くの樹種で接着性能が向上し、メランティを除いて特類の基準を満たす性能が得られた。単板の接触角はゲロンガン、ジェルトンが比較的小さく、メダン、メランティが大きい値を示し、合板の比せん断強さと負の相関が認められた。毛管上昇法による修正水分吸収高はゲロンガン、グランディス、ジェルトンは比較的高く、メダン、メランティが低い値を示し、単板の接触角と負の相関が認められた。

1. はじめに

南洋材は節や割れ等の欠点が少なく材質が均質で寸法安定性が高い等の特色があり、合板用原木としての適性に優れており、これまで多く利用されてきた。近年、南洋材資源の枯渇や原木の輸出規制などから、日本国内での合板製造における南洋材原木の使用量は大幅に減少している。しかし、フロア台板や型枠用合板等の表面平滑性や寸法安定性が要求される用途では、依然として南洋材を使用した輸入合

板へ頼らざるを得ない状況にある。国内で合板用として利用されている南洋材は、適正に管理された南洋材量に限度があることから、樹種が多様化している。ところが、合板用に使用されている南洋材樹種の中にはフェノール樹脂接着剤 (PF) との相性が悪く、良好な接着性能が得られないものがあることが指摘されている。合板工場においてはこのような接着不良を可能な限り減少させ、生産性の向上を図る必要がある。フェノール樹脂接着剤による南洋材

単板の接着性についてはこれまでも報告されている^{1,2)}が、近年利用されている樹種に関しては必ずしも十分なデータが得られていない。そこで本研究では、合板用として近年利用実績のある数種の南洋材についてPFによる接着性について検討した。

前報³⁾では、比較的接着不良が発生しやすいメダンについて、抽出物がPFの硬化に及ぼす影響について報告した。本報では、数種の南洋材単板について接着性能や単板の湿潤性を調べた結果を報告する。

なお、本研究は北日本ディック(株)からの受託研究として行ったものであり、一部を日本木材学会北海道支部平成19年度研究発表会⁴⁾において発表した。

2. 試験方法

2.1 供試材料

試験に供した単板の樹種、厚さ、気乾密度を第1表に示す。気乾密度は20℃-40% R.H.で単板重量が恒量に達したときの密度である。

2.2 合板の接着性能

第1表に示した単板から30×30cmのサイズの3プライ合板を各1枚ずつ製造した。合板製造条件は前報³⁾と同様である。これらの合板から常態接着力用、連続煮沸試験用それぞれ10片(順逆それぞれ5片)ずつの試験片を採取し、合板の日本農林規格(JAS)に準じた引張りせん断試験により、せん

断強さおよび木部破断率を算出した。試験片は単板厚さが2.5mm以上のものはJASのA型試験片(せん断面積25×25mm)、2.5mm未満のものはB型試験片(せん断面積13×25mm)とした。

2.3 単板の湿潤性(接触角)

第1表に示した各単板について、ラワン合板(厚さ12mm)の表面に接着し、接触角測定用試験体を作成した。試験体は表面をサンドペーパー(#180)で研削した後、所定のサイズに切断し、エルマ接触角測定画像解析装置360/830型を用いて接触角の測定を行った。なお、測定は20℃-40% R.H.で試験体重量が恒量に達した後に行った。単板に蒸留水およびフェノール樹脂と蒸留水の1対1混合物(以下混合物)を滴下し、滴下10秒後および60秒後の接触角を測定した。1回の滴下量は2μLとし、測定点数は1条件あたり10点とした。

2.4 単板の湿潤性(毛管上昇法)

第1表に示した各単板について、単板をウィレー式粉碎機により粉碎し20-42メッシュの木粉にした。これを、底部を100メッシュのステンレス網で覆った内径5mm、長さ30cmのガラス管内に充填した。木粉は、10cmつめるごとに3cm高さから3回ガラス管を実験台上に落とす方法でガラス管上部までつめた。ガラス管の底部を15mmまで蒸留水および混合物に浸せきさせ、水分(混合物)吸収高さの経時変化を調べた。測定した水分吸収高さから種々の因子の影響を修正した修正水分(混合物)

第1表 供試単板

Table 1. Veneers used for this experiment.

樹種 Species	単板厚さ(mm) Veneer thickness	気乾密度(g/cm ³) Density in air-dry condition	記号 Symbol
カポール Kapur (<i>Dryobalanops sp.</i>)	1.2	0.54	KP1.2
	2.5	0.56	KP2.5
ジェルトン Jelutong (<i>Dyera sp.</i>)	1.3	0.44	JE1.3
ゲロンガン Geronggang (<i>Cratoxylon arborescens</i>)	1.5	0.50	GE1.5
グランディス Rose gum (<i>Eucalyptus grandis</i>)	3.0	0.57	GR3.0
メダン Medang (<i>Litsea confusa</i>)	3.2	0.60	MD3.2
メランティ Meranti (<i>Shorea sp.</i>)	2.0	0.39	MR2.0
	3.0	0.58	MR3.0
	3.75	0.60	MR3.75

吸収高 (C.W.A.H.) を次式により計算した。測定は 20°C -40% R.H. の恒温恒湿室内において、1 樹種あたり 3 体行った。

$$C.W.A.H. = h_1 \frac{d^2 \pi h_2}{4 W S}$$

ここで、

h_1 : 水分 (混合物) 吸収高 (mm)

h_2 : ガラス管中の木分高さ (cm)

d : ガラス管の内径 (cm)

W : 木粉の絶乾重量 (g)

S : 水の比容積 (cm³/g)

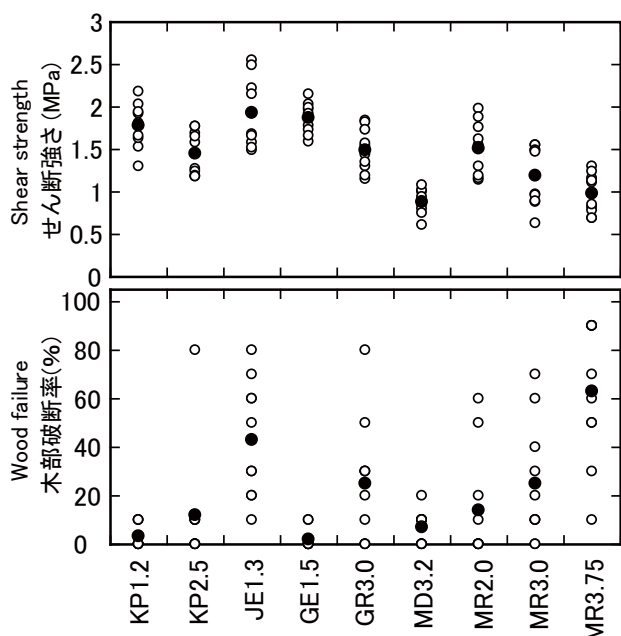
3. 試験結果

3.1 合板の接着性能

それぞれの樹種における常態時及び連続煮沸後のせん断強さと木部破断率を第1図、第2図に示す。常態時では、KP1.2, JE1.3, GE1.5 はせん断強さの平均値が 1.5MPa 以上と高かったが、MD3.2, MR3.75 は 1MPa 未満と低かった。木部破断率は JE1.3, MR3.75 で比較的高い値を示したが、その他

は 30% 未満であった。連続煮沸試験では、GE1.5, GR3.0, MR2.0 は全ての試験片で合板の JAS における特類の基準値である 0.7MPa を上回った。一方、KP2.5, JE1.3, MD3.2, MR3.0, MR3.75 では基準値に満たない試験片があり、MD3.2 では 10 片中 8 片が基準を下回っていた。MR3.75 は常態、連続煮沸後とも木部破断率が比較的高かったが、これは他の樹種に比べ単板厚さが厚く、裏割れが深く入っていたことが影響したものと推察される。

カポール材については、導管孔が大きく水分吸収が速いことや抽出成分の影響から、PF での良好な接着が得られない場合があること^{5,6)}がこれまでに指摘されてきた。メダンについては、接着性能に関する詳細な検討は見られないが、合板用原木として接着に問題がある樹種とされている⁶⁾。一方、ジェルトンは、比重が低いことからせん断強さも低いが、木部破断率は高く、接着性能が劣るとは言えないという報告¹⁾がある。ゲロンガン⁷⁾、メランティ¹⁾については過去の研究報告において、比較的良好な接着性能を示している。本試験結果は、メランティの結果を除いてこれらの報告と類似しており、カ

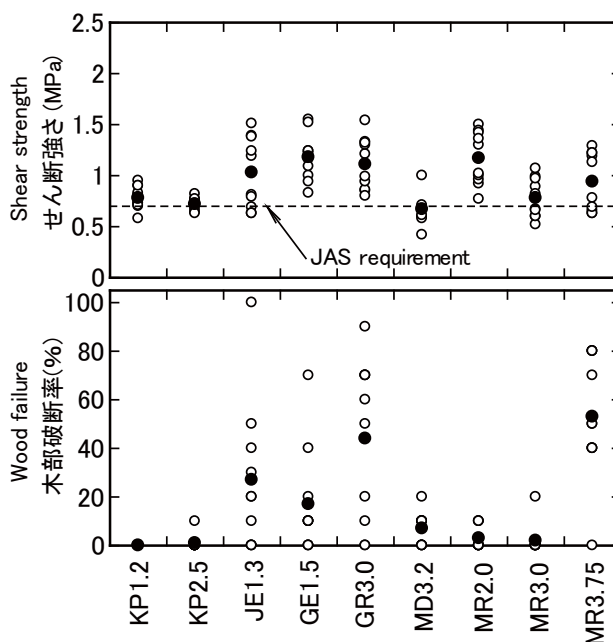


第1図 常態時のせん断強さと木部破断率

凡例) ○ : 測定値, ● : 平均値

Fig. 1. Shear strength and wood failure in the normal state.

Legend) ○ : Individual values, ● : Mean values



第2図 連続煮沸後のせん断強さと木部破断率

凡例) ○ : 測定値, ● : 平均値

Fig. 2. Shear strength and wood failure after continuous boiling.

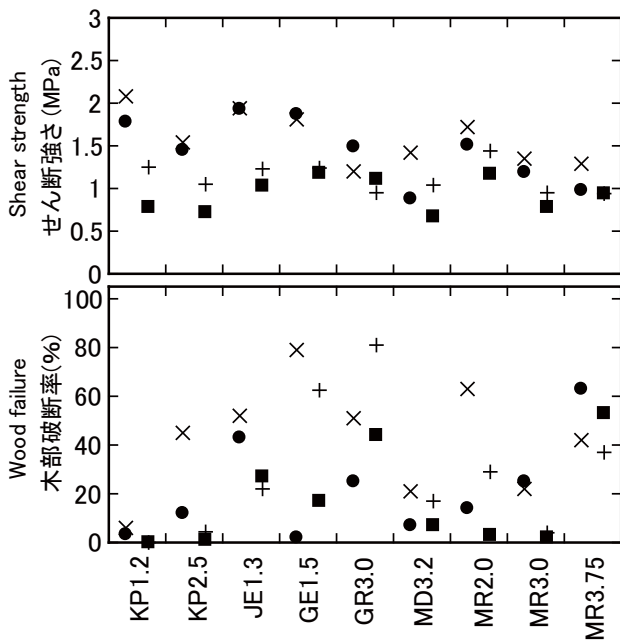
Legend) ○ : Individual values, ● : Mean values

ポール, メダンの接着性能が良好ではなく, ジェルトン, グロンガンでは比較的接着性能が良い結果となった。

接着性能へ影響を与える因子について, 樹種の特性以外の物理的な要因として, 単板表面の粗さの影響が考えられる。特に, 本試験で用いた MD3.2 は, 単板表面が非常に粗かったため, 接着剤が単板表面に均一に塗布されず, 十分な接着性能が得られなかった可能性が考えられた。

そこで, 単板表面の粗さの影響を減らすことを主な目的として, 全ての樹種について単板表面をサンドペーパーで研削した後, 同様に 3 プライ合板を製造し, 常態接着力試験および連続煮沸試験を行った。

試験結果を第 3 図に示す。せん断強さは常態時, 連続煮沸後とも研削後に向上する傾向が認められた。連続煮沸後は MR3.0, MR3.75 で一部 JAS 基準値に満たないものがあったが, それ以外はすべての試験片で基準値を上回った。木部破断率についても概ね研削していない単板を用いた合板よりも高い値を示したが, KP1.2 や MD3.2 では依然として



第 3 図 研削前後のせん断強さと木部破断率

凡例) ●: 常態時平均値, ■: 煮沸後平均値, ×: 研削後常態時平均値, +: 研削後煮沸後平均値

Fig. 3. Shear strength and wood failure after sanding.

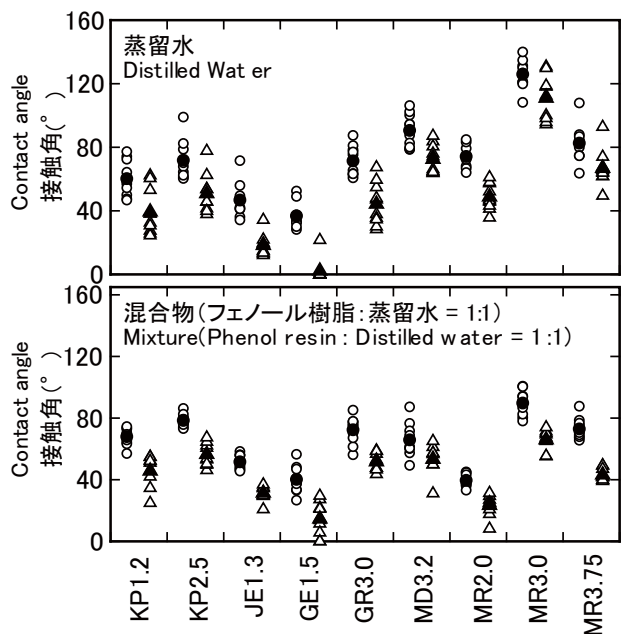
Legend) ●: Mean values in the normal state, ■: Mean values after continuous boiling, ×: Mean values in the normal state after sanding, +: Mean values after continuous boiling after sanding.

20%未満と低い値を示した。

既往の研究においても, 単板表面を研削して接着した場合, 接着性能が向上することが報告されているが, これは表面の研削により単板の湿潤性が向上することによるものとされている^{8,9)}。本試験においても接着性能が向上した理由として, 単板面が平滑になったことで接着剤が均一に塗布されたことに加えて, 単板表面の汚染や抽出成分が研削により除去されたことで湿潤性が改善されたことが考えられる。

3.2 単板の湿潤性

それぞれの樹種における滴下 10 秒後及び 60 秒後の接触角を第 4 図に示す。蒸留水滴下 10 秒後の接触角は GE1.5 が最も低く平均で 36°, MR3.0 が最も高く平均で 126° であり, 樹種による差が大きかった。混合物の滴下においても, GE1.5 が低く MR3.0 が高い値を示し, 蒸留水と同様の傾向であった。接触角の平均値は MD3.2, MR2.0, MR3.0, MR3.75 においては蒸留水よりも混合物がやや低い値を示したが, それ以外の樹種では両者はほぼ同程度であった。



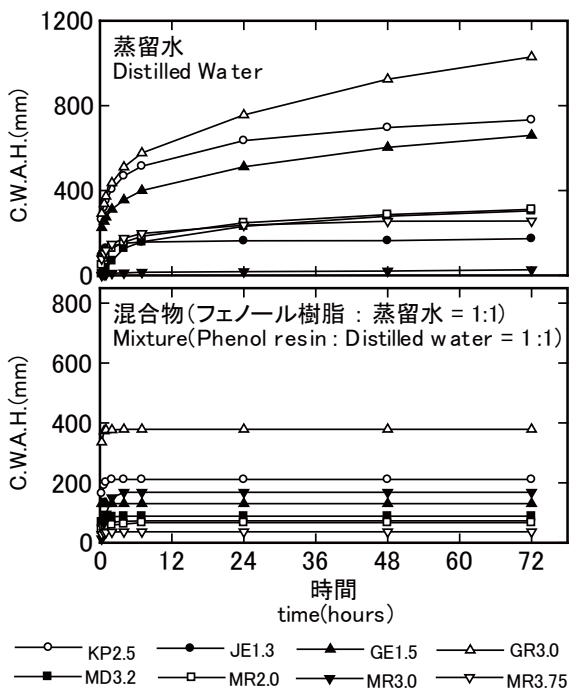
第 4 図 各単板の接触角

凡例) ○: 滴下 10 秒後の測定値, ●: 滴下 10 秒後の平均値, △: 滴下 60 秒後の測定値, ▲: 滴下 60 秒後の平均値

Fig. 4. Contact angles of several kinds of veneers.

Legend) ○: Individual values 10 seconds after dropping, ●: Mean values 10 seconds after dropping, △: Individual values 60 seconds after dropping, ▲: Mean values 60 seconds after dropping.

C.W.A.H. の経時変化を第5図に示す。蒸留水によるC.W.A.H. は72時間経過後も上昇途中であったが、混合物によるC.W.A.H. は4時間程度でほぼ一定となった。蒸留水、混合物とも72時間経過後のC.W.A.H. は樹種により大きく異なっていた。蒸留水の吸収ではJE1.3, GE1.5, GR3.0はC.W.A.H. が600mm以上と比較的高く、それ以外は300mm未満と低かった。特にMR3.0については試験体3体中2体が水分のC.W.A.H. が0mmであり、全く吸収しなかった。

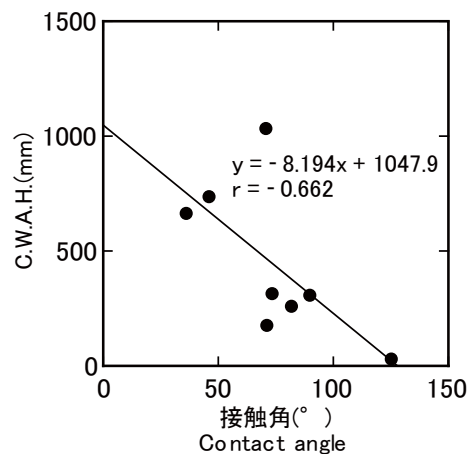


第5図 C.W.A.H.の経時変化
Fig. 5. Changes of corrected water absorption height (C.W.A.H.) with time.

蒸留水滴下10秒後の接触角と72時間後におけるC.W.A.H.の関係を第6図に示す。両者の相関係数は-0.66であり、接触角の大きな単板はC.W.A.H.が低い傾向を示した。

3.3 湿潤性とせん断強さの関係

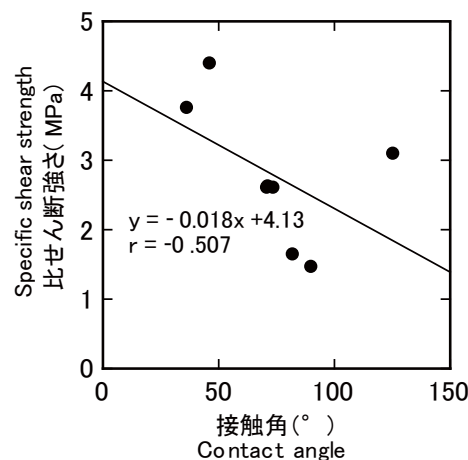
単板の湿潤性とせん断強さの関係について、せん断強さは比重の影響を受けやすいため、せん断強さを比重で除した比せん断強さで評価するのが望ましい。蒸留水滴下10秒後の接触角と比せん断強さの関係を第7図に示す。接触角と比せん断強さの相関係数は-0.51であり、接触角の大きな樹種は比せん



第6図 接触角とC.W.A.H.の関係
Fig. 6. Relationship between contact angle and C.W.A.H.

断強さが低い傾向を示した。

接着性能には比重の他にも抽出成分やpH等の様々な因子が関与するため、接触角との相関が得られない場合もあるが、一般的には接触角が大きなものには低い接着性能を示す傾向^{2,9)}が示されている。一方、浅野¹⁰⁾はフェノール樹脂接着剤による合板の接着性能と接触角の関係について、接触角の大きなものは高い接着性能を示すことを報告している。これは、フェノール樹脂接着剤は熱圧初期の加熱により接着層の接着剤粘度が低下し単板内部に浸透しやすいため、接触角の小さなものは接着剤が過度に浸透して適度な接着層が形成されないためであると



第7図 接触角と比せん断強さの関係
Fig. 7. Relationship between contact angle and specific shear strength.

している。本試験結果は、接触角の大きい MD3.2, MR3.0 等はせん断強さが低く、浅野の報告とは異なっていた。これは、本試験においては顕微鏡観察の結果、接着剤の細胞内腔への浸透量が少ないものが多く⁴⁾、単板内部への接着剤の過浸透が起きていなかったためと考えられる。また、本試験では接着剤にタンニンを添加しており、この影響で浸透が抑制されたことも考えられる。

C.W.A.H. と比せん断強さの関係については、両者の相関係数は 0.39 となり、接触角の場合よりも相関が低かった。既往の報告では、C.W.A.H. は接触角よりも比せん断強さとの相関が高い場合が多く^{2,9,11)}、これは C.W.A.H. は単板表面だけでなく、単板全体の湿潤性を示すものであり、単板表面の粗さや汚染等の湿潤性に影響する因子が取り除かれているためとされている。本試験において、C.W.A.H. と比せん断強さの相関が低かった理由は明確ではないが、本試験は既往の報告よりも樹種数が少なく、比重の分布範囲が狭いことや、接着性能に関与する他の因子が複雑に影響したこと等が考えられる。

4. まとめ

合板用として使用されている数種の南洋材について、単板の接着性能や湿潤性を調べた結果、以下の結論が得られた。

- 1) 合板の JAS に規定される接着性能試験の結果、ゲロンガン、グランディスは JAS における特類の基準を満たしたのに対し、メダン、メランティは基準を満たさなかった。
- 2) 単板表面を研削した後に接着した場合、多くの樹種で接着性能が向上し、メランティを除いて特類の基準を満たす性能が得られた。
- 3) 単板の接触角はメダン、メランティが比較的大きく、ゲロンガン、ジェルトンが小さい値を示し、合板の比せん断強さと負の相関が認められた。
- 4) 毛管上昇法による修正水分吸収高はゲロンガン、グランディス、ジェルトンは比較的高く、メダン、メランティが低い値を示し、接触角とほぼ同様の傾向を示した。

文 献

- 1) 柳下正, 唐沢仁志: 林業試験場研究報告 218, 273-285 (1968).
- 2) 高谷典良, 野崎兼司, 田口崇: 林産試験場月報 294, 12-18 (1976).
- 3) 宮崎淳子, 古田直之: 林産試験場報 540, 13-17 (2011).
- 4) 宮崎淳子, 古田直之: 日本木材学会北海道支部講演集, 札幌市, 2007, pp45-47.
- 5) 山川廣之介: 日本接着協会誌 29(11), 34-39 (1993).
- 6) 田村靖夫, 山田忠和, 長谷行正, 嶋崎善夫: 木材工業 38 (3), 126-132 (1983).
- 7) 柳下正, 唐沢仁志: 林業試験場研究報告 269, 65-73 (1974).
- 8) V.R.Gray: Forest Product Journal, 12 (9), 452-461 (1962).
- 9) J.Bodig: Forest Product Journal, 12 (6), 265-270 (1962).
- 10) 浅野信治: 木材工業 22 (7), 318-323 (1967).
- 11) 作野友康, 後藤輝男: 島根大学農学部研究報告 4, 103-109 (1970).

—技術部 生産技術グループ

—*1: 性能部 居住環境グループ

(原稿受理: 11.11.16)