

低溫クレゾール樹脂接着剤による 硬化積層材の機械的・物理的性質に関する研究

後 藤 輝 男 ・ 梶 田 茂

(木材物理第1研究室)

Teruo GOTO, and Sigeru KADITA ; Studies on the Mechanical and Physical Properties of the High-Density Laminated Wood bonded with Low Temperature Cresol-Formaldehyde Resin Adhesive.

[1] 研 究 目 的

従来の硬化積層材(強化木; High-Density Laminated Wood; High-Density Plywood; Improved Wood; Tegowood; Amberwood; Compreg; Kunstharzschichtholz; Vergütetes Holz; Massivholz; Versteiftes, Verdichtes und Gehärtetes Holz; Kunstholz; Lignofol; Gepresste-Schichtholz)は主として石炭酸及び高温クレゾール・フォルムアルデヒド樹脂接着剤並に Tego-film で以つて接着せられ、その優秀な機械的・物理的性質は吾人の等しく認める処であるが、接着剤並に Tego-film そのものが高価であり、又之と共に用いられる溶剤も相当高価につくので硬化積層材は製造費が高く、平和時の今日に於いてその利用は皆無に近い状態である。然るに現時、木材資源の世界的欠乏の為、高度の木材加工技術の進展が叫ばれている折柄、木材の高度集約利用の見地から硬化積層材の基礎的研究を行い、又その製品の利用策を講ずる事は決して意味なしとしないであろう。此が為には先ず第一に製造費の低廉を計らなければならない。此処に於いて接着強度は石炭酸及び高温クレゾール・フォルムアルデヒド樹脂接着剤には及ばないが、価額の点に於いて低廉な低溫クレゾール・フォルムアルデヒド樹脂接着剤を使用して硬化積層材を製作し、その機械的・物理的性質を攻究・検討した次第である。本研究報告は上述の如く低溫クレゾール・フォルムアルデヒド樹脂接着剤による硬化積層材の機械的・物理的性質を取纏めると共に従来行われた石炭酸および高温クレゾール・フォルムアルデヒド樹脂接着剤並に Tego-film による硬化積層材についての研究と比較検討したものである。

本研究するに当り御指導御援助下された京都大学木材研究所教授満久崇満、同助教教授杉原彦一の両氏に対し深甚の謝意を捧ぐる次第である。尙低溫クレゾール・フォルムアルデヒド樹脂接着剤並に單板を御寄贈下された日本化工材株式会社に対し厚く御禮申上げる次第である。

[2] 低溫クレゾール・フォルムアルデヒド樹脂の性状

(A) 原料としての低溫クレゾール

フェノール、高温クレゾール、および低溫クレゾール等は何れもコールタール中油溜分よりア

ルカリ抽出法で製造せられるのである。(註1) その際低温クレゾールは $180^{\circ}\text{C} \sim 230^{\circ}\text{C}$ にて溜出するものである。フェノールは Fig. 1 に示せる如き構造式を有し、フォルムアルデヒドとの反応の際×印で示した3箇所て反応する。之に対しクレゾールは Fig. 1 に示せる如き3異性体があつて×印位置で反応する。

尙フェノール、クレゾール3異性体の m. p., b. p. を示すと Table 1 の如し。

而して低温クレゾールに於いては石炭酸の含有量が少なく高沸点の酸性油分が多い。例えば高温系の場合と低温系の場合を比較すると Table 2 に示す如し。

尙高温系の場合に含有するクレゾール並にクレゾール以上の成分中には三つの反応基を有するメタクレゾール、3.5 キシレノールの含有量も少ない。従つてフェノール、高温クレゾールに比し、当然フォルムアルデヒドと反応して硬化性の遅い樹脂が生じ易い訳である。

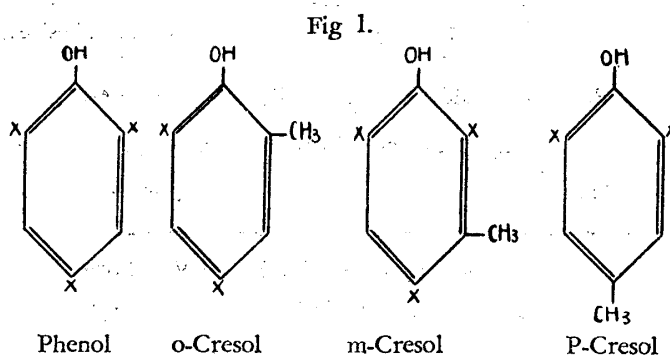


Table 1.

$^{\circ}\text{C}$	Phenol	o-Cresol	m-Cresol	p-Cresol
b. p.	182	191	202	202
m. p.	42	31	11.8	35

Table 2.

	石炭酸	クレゾール	クレゾール以上
高温系	35%	30%	35%
低温系	5%	30%	65%

(B) 低温クレゾール樹脂と石炭酸樹脂との比較

(A) 項に於いてのべた如くフェノールは3箇の反応基、即ち官能基3箇であるに反し、オルソクレゾール、パラクレゾール並びは3.5 キシレノール以外のキシレノール等は官能基2箇乃至1箇のものである。而してこれらに反応する処のフォルムアルデヒドは官能基2箇である。それ故にフェノールとフォルムアルデヒドは $3 \cdot 2$ 官能基反応を行い3次元構造を持つ高分子となり得るが、オルソクレゾール、パラクレゾール並びに官能基2箇のキシレノール等とフォルムアルデヒドは $2 \cdot 2$ 官能基反応を行うので1次元の線状構造を持つ樹脂となり得るのみである。

以上の事よりして判明する様に低温クレゾール樹脂は石炭酸樹脂並に高温クレゾール樹脂に比べて性質は劣る。即ち接着剤として使用する時は前者は後者に比べて接着性が良好でないと言う事が出来る。その実験的証明として大島敬治氏並に筆者の行つた結果をのぶれば Table 3. に示す如し。

(註 1) フェノールは近時ベンゾールより合成的に製造せられる。

(註 2) キシレノールには6箇の異性体があつて3.5 キシレノールのみ3箇の反応基を有する。

Table 3. 接着強度に及ぼす樹脂接着剤の影響
(Influence of resin adhesives on bond strength)

樹 脂 接 着 剤 (Resin adhesives)	接着強度 (Bond strength kg/cm ²)
Phenol-formaldehyde resin adhesive (k. Oshima)	100
Low Temperature cresol-formaldehyde resin adhesive (K. Oshima)	40
Do. (Writer)	68

試 験 片 (Test piece) ; D. V. L-Form.

樹 種 (Species) ; ブ ナ (Beech.)

上表より判明する様に低温クレゾール樹脂接着剤は石炭酸樹脂接着剤に比して接着力が劣り約 1/3~2/3 である。尙一般に低温クレゾール樹脂は石炭酸樹脂に比べて可使用時間が短かく、而かも完全硬化に長時間を要する。又クレゾール特有の悪臭を有するとか、水に溶解難い、粘稠性が大である、色調が濃厚である等の欠点を有し、性質は些か不良である。しかし、その価格が相当安いために屢々合成樹脂材料、および接着剤として使用されるのである。

〔3〕 低温クレゾール樹脂接着剤による硬化積層材の製造

(A) 原材料

(a) 単 板

樹 種 ; マカンバ (Birch ; *Betula maximowicziana* Regel)

厚 さ ; 0.72 mm. (平均)

大いさ ; 20×20 cm²

含水率 ; 約 15 %

(b) 接着剤

工業用アルコールで稀釈し、樹脂濃度約 30 %にした。比重、比粘度、色調は次の如し。

比重 ; 0.91, 比粘度 ; 1.51, 色調 ; 黒褐色。

尙本樹脂接着剤の用法は石炭酸樹脂接着剤に準拠して行つた。

(c) 含脂単板の製造

上述せし単板を恒温器に入れ 70°±2°C の温度で 10 分間乾燥し、単板含水率を約 8 %迄低下せしめ、直ちに樹脂溶液槽中に於いて浸漬せしめた。而して 20 時間浸漬後単板乾燥台にのせ、3 昼夜風乾せしめた。尙積層圧縮するに先だち風乾含脂単板を再び恒温器に入れ、70°±2°C の温度にて 15 分間予備加熱をなした。^(註)

(B) 硬化積層材の製造

積層枚数 ; 厚さ 1 cm., 2 cm., 3 cm. の硬化積層材を製造するために積層枚数を次の如くした。

(註) ; 予備加熱の時間が硬化積層材の機械的物理的性質に及ぼす影響を試験するために 5 分間にした場合もある。

厚さ 1 cm. の硬化積層材製造のために 24 枚

厚さ 2 cm. の硬化積層材製造のために 48 枚

厚さ 3 cm. の硬化積層材製造のために 72 枚

積層方向；単板繊維方向を全て平行に積層した。

圧 縮 力； 150 kg/cm^2

加熱方式；熱盤によつた。

硬化温度； $140^\circ \pm 2^\circ \text{C}$ （但し積層単板の中心温度）

硬化時間；積層単板 24 枚の時は 10 分間

積層単板 48 枚の時は 20 分間

積層単板 72 枚の時は 30 分間

加熱並に圧縮方法

積層単板の温度上昇と共に圧縮力を増大せしめ 140°C . に達すると同時に圧縮力を 150 kg/cm^2 にした。而して上述の如く所定の硬化時間、硬化せしめた後、加熱を止め、圧縮力 150 kg/cm^2 を保持したまゝ 70°C . になる迄放冷せしめた。^(註)

斯くして製造した硬化積層材の外観、比重、含脂率は下記の様である。

外 観；表面褐色の色を帯び、光沢のある木理模様が現われ美麗である。

比 重；平均 1.25

含脂率；平均 20%

[4] 研 究 方 法

(A) 試験片の採取

〔3〕項に於いてのべた様にして、製造した硬化積層材は製造後 5 日間放置した後、試験片を採取した。尚採取に於いては製品の各辺から 2 cm. 以内の部分にて採取した。

(B) 実験項目

実験は圧縮強度、引張強度、ヤング率、曲げ強度、剪断強度、衝撃曲げ吸収エネルギー、劈開強度、硬度、耐水、耐湿、耐煮沸水性、耐アセトン性、耐酸性、熱盤接着に於ける温度上昇状況、単板への接着剤浸透速度等の各項目について行つた。尚各強度試験は気乾状態、163 時間常温水浸漬後、28 日間飽湿デシケート中に置いた後の各状態について行つた。尚前述の如く予備加熱が強度に及ぼす影響を考究した。

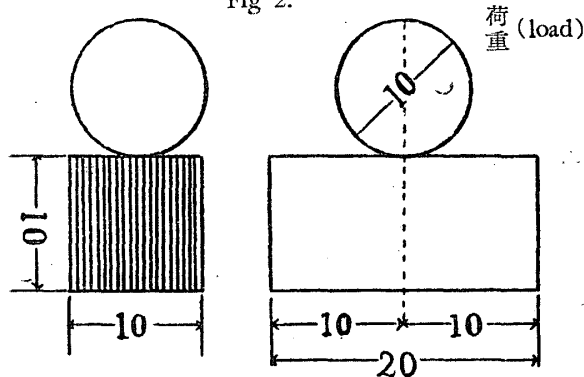
各強度試験は 4 Ton- 並びに 20 Ton-Amsler 万能試験機、Charpy 30 kg cm 衝撃試験機、Brinell 硬度試験機を使用して行つた。

(C) 実験法

J. E. S. の硬化積層材試験規格、D. I. N. 7701 を参照して行つたが二三の特別な試験に対し

(註)；温度測定；積層単板の中心位置に熱電対を挿入し M. V 計にて温度を測定した。尚熱盤温度は温度計を挿入して測定した。

Fig 2.



単位 Unit ; mm.

てのべると次の如し。

(a) 劈開強度

本試験は各層の接着程度を試験するために
行うものであつて、試験片は Fig 2. に示す
如きものを用いた。

試験方法は示層面の中央を直径 10mm. の
鋼球を以つて加圧して劈開した。その時、劈
開に要する荷重を以つて劈開強度値とした。
荷重速度は 300-kg/min. とした。

(b) 耐アセトン試験

樹脂の硬化程度を検するために行うもので、 $10 \times 10 \times 10 \text{ mm}^3$ の立方体試験片を用い、沸騰アセトン中に 1 時間浸漬せしめたる後、外觀変化の程度を検した。

(c) 耐酸試験

厚さ 10mm., 長さ、幅各々 50mm. の試験片を用い、比重 1.20 (濃度 27.3%) の硫酸溶液中に 24 時間浸漬せしめた後、外觀変化の程度を検した。

(d) 熱盤接着に於ける温度上昇状況についての実験

厚さ 0.72 mm., 幅 20 cm., 長さ 20 cm. の含脂単板を 24 枚, 36 枚, 48 枚, 72 枚を積層し、そのそれぞれの積層単板厚さの中心部に銅—コンスタンタン熱電対を挿入、M. V 計にて中心温度の上昇状況を測定した。それと同時に熱盤温度を温度計にて測定した。尚積層単板圧縮に際し押型は用いながつた。

(e) 単板への接着剤浸透速度に就いての実験

積層材、硬化積層材の製造に當つて、単板への樹脂溶液の浸透速度、即ち所定濃度の樹脂溶液に何時間浸漬すれば、希望の含脂率になるかについて知る事は非常に必要であると思う。この目的によつて下記方法に従い実験を行つた。

接着剤、溶剤 ; [3] (A) (b) 項に於いてのべた場合のものと同じ。

単板 ; 0.72 mm., 1.0 mm. 厚さのカバ, 1.0 mm. 厚さのブナの 2 種。

この単板を上記樹脂溶液中に 10min., 20min., 30 min., 1 hr., 2 hr., 4 hr., 20 hr., 24 hr., 浸漬せしめ各時間に於ける含脂量を測定した。溶液中から引上げて測定迄には 24 時間風乾の後、 $70^\circ \pm 2^\circ \text{C}$. の恒温器中にて 5 時間乾燥して溶液を揮散せしめた。尚含浸前の単板は可及的含水率の同一なものを用いた。又この実験に於いては単板内部への含浸と表面への附着は何等区別せず同一に含脂量と見做した。

[5] 研究結果並にその考察

(A) 含脂率

前述の如く 30% 低温クレゾール樹脂溶液中に 20 時間浸漬による硬化積層材含脂率は約 20 % で

あつた。これについては〔5〕(J)項に於いて詳述する。

(B) 圧縮率

圧縮力 150 kg/cm^2 による圧縮率は約 40%であつた。圧縮率は W. KÜCH 氏の研究報告にもある如く圧縮力の大小、含脂率、単板樹種等によつて異なる。即ち圧縮力が $150 \sim 200 \text{ kg/cm}^2$ 迄は圧縮力の増大と共に圧縮率は急激に上昇するが、之れ以上圧縮力が増大しても圧縮率は殆んど増加しない。又含脂率の高い程、圧縮率は低下する。

(C) 比重

供試材気乾比重は平均 1.25 であつた。即ちカバ素材の気乾比重 $0.65 \sim 0.67$ に比し約 1.9 倍増加している。比重は圧縮力の大小、単板厚み等によつて異なる。即ち W. KÜCH 氏、T. D. PERRY 氏の報告によれば、 150 kg/cm^2 以下の圧縮力に於いては圧縮力の増大と共に比重は急激に増加するが、それ以上の圧縮力に於いては殆んど増加しない。尚単板厚み $1.0 \sim 1.5 \text{ mm}$ 範囲に於いて比重は最も大であると宇野昌一、平井信二の両氏は報告している。含脂率の大小は比重の増減には殆んど関係しないと W. KÜCH 氏は報告している。

(D) 機械的性質

(i) 機械的性質は Table 4. に示せる如し。

Table 4. 低温クレゾール樹脂接着剤による硬化積層材の機械的性質

(Mechanical properties of high density laminated wood bonded with low-temperature cresol-formaldehyde resin adhesive.)

(機 械 的 性 質) (Mechanical properties)	含水率 (Moisture content) %		
	5.5	18.0	30.0
圧縮強度, (Compressive,) σ_{-B} kg/cm^2	1196	539	402
引張強度, (Tensile,) σ_B do.	2219	—	—
ヤング率, (Modulus of elasticity,) E..... do.	2.23×10^5	—	—
曲げ強度, (Bending,) σ'_B do.	2571	1722	1645
剪断強度, (Shear,) τ_s (// to L., // to G.) ⁽ⁱ⁾ do.	309	170	153
Do. τ'_s ($\perp$ to L., // to G.) ⁽ⁱⁱ⁾ do.	293	209	186
衝撃強度, (Impact,) U (charpy)..... kgcm/cm^2	46	—	—
硬 度, (Hardness,) (Brinell)..... kg/mm^2	31	29	22
劈開強度, (Bonding,) (// to L., // to G.,) kg.	467	—	—
Do. (// to L., $\perp$ to G.,) do.	348	—	—
$\sigma_{-B}/100 \cdot r$	9.6	—	—
$\sigma_B/100 \cdot r$	17.7	—	—
$\sigma'_B/100 \cdot r$	20.6	—	—

$E/100 \cdot r$	1784	—	—
$\tau_s/100 \cdot r$	2.5	—	—
$\tau'_s/100 \cdot r$	2.3	—	—
$U/100 \cdot r^2$	0.29	—	—

註. (i) ; Parallel to the lamination and parallel to the grain.

(ii) ; Perpendicular to the lamination and parallel to the grain.

r ; Specific gravity, approximately 1.25

Resin content ; approximately 20%

上表に示せる様に含水率の増加と共に各強度値は相当大きく減少する。而してその減少度合は低含水率に於いて甚だしいが、繊維飽和点附近の含水率に於いてはその減少は僅かとなる。この関係は素材の場合と同様であつて、積層材に就いても同様な関係を W. KÜCH 氏は見出している。尙赤松硬化積層材について藤野清久氏も含水率の増加と共に圧縮強度は著しく減少した事を報告している。

(註)
(ii) 含脂単板の予備加熱が機械的性質に及ぼす影響についての実験結果は Table 5. に示せる如くである。

Table 5. 機械的性質に及ぼす樹脂含脂単板の予備加熱の影響

(Influence of preheating of resin impregnated veneers on mechanical properties.)

機 械 的 性 質 (Mechanical properties) kg/cm ²	予 備 加 熱 (Preheating of resin impregnated veneers)		予備加熱せず (None.)
	15min. at 70° ± 2°C	5min. at 70° ± 2°C	
圧 縮 強 度 (Compressive)	1 1 9 6	9 1 2	—
曲 げ 強 度 (Bending)	2 5 7 1	2 1 5 9	1 7 1 5
剪 断 強 度 (Shear) (// to L. // to G.)	3 0 9	2 1 7	—

上表に見る様に含脂単板を圧縮前予備加熱せしめると強度は著るしく向上する。即ち含脂単板を風乾しただけでは溶剤の揮散のみ行われ、樹脂の縮合は殆んど行われぬ。そして水分は10~15%残留する。故に適当に予備加熱して樹脂をC状態からB状態に進行せしめて圧縮せしめると強度は向上する。又予備加熱せずして圧縮せしめると水分の蒸発および樹脂の未熟なため圧縮中相当樹脂が外部にはみ出る惧れがある。然し高温で長く予備加熱せしめる時は縮合が大に進み、反つて接着不良を招く危険があるから注意を要する。

(iii) 低温クレゾール樹脂接着剤による硬化積層材の機械的性質を他の樹脂による硬化積層材の機械的性質と比較して見ると Table 6. に示す如し。

註. 合成樹脂の成型の際に用いられる予備硬化 (pre-curing) と同意義である。

Table 6. 硬化積層材の機械的性質に及ぼす樹脂接着剤の影響
(Influence of resin adhesives on mechanical properties
of high density laminated wood.)

Strength (kg/cm ²)	Species	Resin adhesives	低温クレゾール樹脂 (Low temperature cresol-formaldehyde resin adhesive.)	石炭酸樹脂 (Phenol-formaldehyde resin adhesive.)	テゴフィルム (Tego-film)	メラミン樹脂 (Melamine-formaldehyde resin adhesive.)	フルフラール石炭酸樹脂 (Furfural-phenol resin adhesive.)	尿素樹脂 (Urea-formaldehyde resin adhesive.)	Polyvinyl resin adhesive.
圧縮強度 (Compressive)	Birch		1196	1800~2100	1500	—	—	—	—
	Beech		—	1400~1900	—	1300	1200	1920	1780
引張強度 (Tensile)	Birch		2219	2800~3000	2650~3000	—	—	—	—
	Beech		—	2500~2800	—	2000~3000	2450	2890	2900
ヤング率 (Modulus of elasticity)	Birch		2.23×10^5	—	—	—	—	—	—
	Beech		—	$2.5 \times 10^5 \sim 2.8 \times 10^5$	—	—	—	2.92×10^5	2.99×10^5
曲げ強度 (Bending)	Birch		2571	2500~2800	2550	—	—	—	—
	Beech		—	2600	—	2120	—	2890	3360
剪断強度 (Shear // to G.)	Birch		309	330	—	—	—	—	—
	Beech		—	270	—	—	—	—	—
剪断強度 (Shear ⊥ to G.)	Birch		293	380~450	435	—	—	—	—
	Beech		—	420	—	—	—	—	—
衝撃エネルギー (Impact kgcm/cm ²)	Birch		45.6	80.0~85.0	—	27.7	—	—	—
	Beech		—	71.8~80.3	—	—	—	—	—

即ち石炭酸樹脂接着剤による硬化積層材の機械的性質に比しいくらか不良である。尚低温クレゾール樹脂接着剤による機械的性質を V. D. I に依る翼根材規格並に本邦硬化積層材規格と照合すると本邦硬化積層材、規格、平行硬化積層材、丙に合格する様である。

(iv) 以上低温クレゾール樹脂接着剤による硬化積層材の機械的性質に関しての実験結果並に考察を加えたが、硬化積層材の機械的性質は尚、含脂率、含脂単板含水率、圧縮力、単板厚み、積層単板の組合せ方法、単板樹種等によつて著るしく異なるものである。之に関して筆者の経験並に既往の文献から製造の際考慮すべき事項に就いて略記すると次の様である。

(a) 含脂率

含脂率の増大と共に引張強度、ヤング率、曲げ強度、衝撃曲げ吸収エネルギー、圧縮率等は減少する。圧縮強度は 7~23% の含脂率範囲内にては含脂率の増大と共に僅か乍ら減少するが、23% 以上になると反つて向上する。比重は含脂率とは殆んど無関係である。高含脂率の利点は

良き耐水性、特に表面保護をなす事である。即ち耐湿、耐水性が高度に要求せられない時は、10~15%の含脂率が最適であると思う。

(b) 含脂単板含水率

前述の如く含脂単板は圧縮前、必ず予備加熱を行い含脂単板含水率を4~6%に於いて圧縮接着すべきであると思う。即ち木材の熱伝導率は単板含水率により異り、含水率10%以上の単板では熱伝導率が低下するので接着面の温度は中々上昇しなくて接着不良となる事がある。又含水率の高い時は水分変化に対する内部応力が大きくなる惧れがある。尚硬化積層材製造は高温圧縮を行うので含水率が高いと発泡現象の惧れがあり、接着不良を招く危険もある。

(c) 圧縮力

圧縮力の増加によつて圧縮率、比重、引張強度、ヤング率、曲げ強度、剪断強度、衝撃曲げ吸収エネルギー、硬度等は増大するが、圧縮力 $150 \sim 200 \text{ kg/cm}^2$ にて最高に達する。圧縮強度のみは圧縮力約 60 kg/cm^2 ^(註) にて最高に達し、それ以上の圧縮力とは無関係である。尚圧縮力を $150 \sim 200 \text{ kg/cm}^2$ 以上に増大せしめると含脂率の高い時は、樹脂の不均一な分布、繊維組織の破壊を起す等によつて強度は減少する。含脂率の低い時は圧縮状態の保持が困難である。即ち硬化積層材製造時の最適圧縮力は $150 \sim 200 \text{ kg/cm}^2$ であると思う。

(d) 単板厚み

宇野昌一氏の報告によれば単板厚み 1.0mm. 前後が最も機械的性質が良い、但し衝撃曲げ吸収エネルギーは単板厚みの増大と共に漸次増大するとのべているが、之に反して W. KÜCH 氏の報告によると、単板厚み 0.3mm., 1.2mm. では 0.3mm. の方が機械的性質は良好であるとのべている。故に之に関しては今後含脂率、圧縮率を関連せしめた詳細なる研究によつて明らかにせられるべき問題であると思うが、単板製作、単板取扱い、および形質商(強度値/比重)等の問題を考慮すると 0.7~1.0 mm. 範囲の単板が良いと思う。

(e) 積層単板の組合せ方法

之の問題に関しては BITTNER, 平井信二, F. ARMBRUSTER 各氏の報告に見る様に、単板組合せの方法を異にする事によつて機械的・物理的性質は異なる。故に製品の用途、主なる荷重方向、主なる荷重種類、価格等を考えて合目的的に選定する必要があるが、5~10枚毎に1枚直交単板を挿入するのが最も良い様である。

(f) 単板樹種

如何なる単板樹種が硬化積層材製造用単板として最も適當であるかについては平井信二氏の詳細なる報告がある。即ち散孔材であるカバが最も良く、ブナ、ミヅメが之に続いて良いとのべている。一方、環孔材、並に針葉樹の単板は殆んど用いられない。アメリカに於いては Birch, Maple, Yellowpoplar 等が用いられている。ドイツに於いては主として Birke, Buche を

(註) 圧縮経過は次の二段階に分離し得る。即ち圧縮力の増大と共に先ず行われるのは内部間隙—細胞間隙—がなくなり、次いで細胞膜に圧力が加わり木材質が圧縮せられるのである。此の内部間隙の除去と木材質圧縮との圧力の限界は約 60 kg/cm^2 とされている。

(註)
使用している。

(註) 散孔材；導管孔の大きさが年輪内何処でも略々同大で様に分布するので樹脂は比較的均等に浸潤し、圧縮による導管の閉塞が材質中で様に行われて組織に無理な破壊を起さしめない。

例、カンバ類、ブナ類、シナノキ、カツラ等。

環孔材；大なる導管が年輪界に沿うて春材に一列或は二列以上環状に配列し、秋材部中の導管は細小なため樹脂の浸潤並に木材質の圧縮は不均等である。

例、シホダ、トネリコ、ケヤキ、ナラ類、クリ等。

針葉樹；導管の様な大きな孔を缺くため樹脂の浸潤は一般に困難である。又春秋材の差異明瞭のために圧縮後の材質均等性を缺く。

(v) 低温クレゾール樹脂接着剤によるカバ硬化積層材の機械的性質をカバ素材並にデュラルミンのそれと比較すると Table 7. に示す如し。即ちカバ素材に比し強度値は何れも著しく増強するが、衝撃曲げ吸収エネルギーのみ劣り、約 $\frac{1}{2}$ しかない。又デュラルミンのそれに比すると強度値は何れも劣る。特に捩り強度、剛性率に於いて著るしく劣るが圧縮、引張、曲げ形質商は何れもデュラルミンのそれよりも大きい事は注目すべき事である。

Table 7. 低温クレゾール樹脂接着剤による硬化積層材の機械的性質—カバ素材、デュラルミンの機械的性質との比較—

(Comparison of mechanical properties of high-density laminated wood bonded with low temperature cresol-formaldehyde resin adhesive, birch wood and duralumin.)

機械的性質 (Mechanical properties)	A 硬化積層材 (High density laminated wood) (Birch)	B カバ素材 (Birch wood) (註1)	C デュラルミン (註2)	A/B %	A/C %
比重, (Specific Gravity,) r g/cm ³	1.25	0.65	2.80	192.2	44.7
圧縮強度, (Compressive,) σ_B kg/cm ²	1196	500	2100	293.1	57.0
引張強度, (Tensile,) σ_B do.	2219	300	3850	171.2	57.6
曲げ強度, (Bending,) σ'_B do.	2571	1100	4200	233.8	61.1
剪断強度, (Shear,) τ'_S do.	293	100	2100	293.0	14.0
ヤング率, (Modulus of elasticity,) E do.	2.23×10^5	1.45×10^5	7.30×10^5	145.8	30.5
衝撃強度, (Impact,) U , kg cm/cm ²	0.46	0.73	—	65.0	—
ブリネル (Brinell) 硬度, hardness) kg/mm ²	31	3.2	—	968.0	—
(註3) 捩り強度, (Torsion) kg/cm ²	477	200	3800	238.5	12.6
(註4) 疲労強度, (Fatigue,) do.	500	—	—	—	—
$\sigma_B/100 \cdot r$	9.6	7.7	7.5	124.7	127.9
$\sigma_B/100 \cdot r$	17.7	20.0	13.7	88.5	129.2
$\sigma'_B/100 \cdot r$	20.6	16.9	15.0	121.7	137.2
$\tau'_S/100 \cdot r$	2.3	1.5	7.5	153.3	30.6
$E/100 \cdot r$	1784	2230	2610	80.0	68.4
$U/100 \cdot r^2$	0.29	—	—	—	—

註1 ; 邦産カバ材の平均値を取った。

註2 ; 文献 (27) 参照

註3 ; 文献 (24) 参照

註4 ; 文献 (10) 参照

(E) 耐水, 耐湿性

幅, 厚さ, 長さ, それぞれ $20 \times 20 \times 20 \text{mm}^3$ の立方体試験片を用いて 163 時間 (7 日間) 常温水 ($28^\circ \pm 1^\circ \text{C}.$) 中にて吸水せしめた試験結果は Fig 3., Fig 4. に, 同様に同じ試験片を 28 日間飽湿デシケート中にて吸湿せしめた場合の試験結果は Fig 5., Fig 6. に示す如くである。積層方向並に木理に直角方向の膨脹は浸水時間, および吸湿時間の経過と共に増大するが, 就中積層方向の膨脹は吸水, 吸湿何れの場合も木理に直角方向に比べて約 4 倍程膨脹する。之に反して繊維方向は殆んど膨脹しない。尙積層方向, 木理に直角方向, 含水率増加曲線は浸水或は吸湿時間の初期に於いては相当急に増加するも, 時間の経過と共に漸次その増加量は減少する。上述の如く膨脹は主として積層物を加圧した方向に起るが, 之は製作時に圧縮せられた細胞物質が元の状態に戻ろうとする現象によるものである。水分吸収率と含湿率並に圧縮力との関係については W. KÜCH 氏の報告がある。即ち圧縮力の増大と共に水分吸収率並びに積層方向の膨脹率は減少するが $150 \sim 200 \text{kg/cm}^2$ 以上いく(註1)ら圧縮力を増大しても変らない。尙含脂率との関係は含脂率の増大と共に減少するも約 30 % 以上に増加しても殆んど変らない報告している。尙単板厚みと水分吸収率並びに膨脹率とは密接な関係がある。之に関して W. KÜCH

Fig 3. 浸水時間と膨脹率との関係
(Relation between immersion time and rate of swelling,)

water temperature ; $28 \pm 1^\circ \text{C}$
Test piece ; $20 \times 20 \times 20 \text{cm}^3$

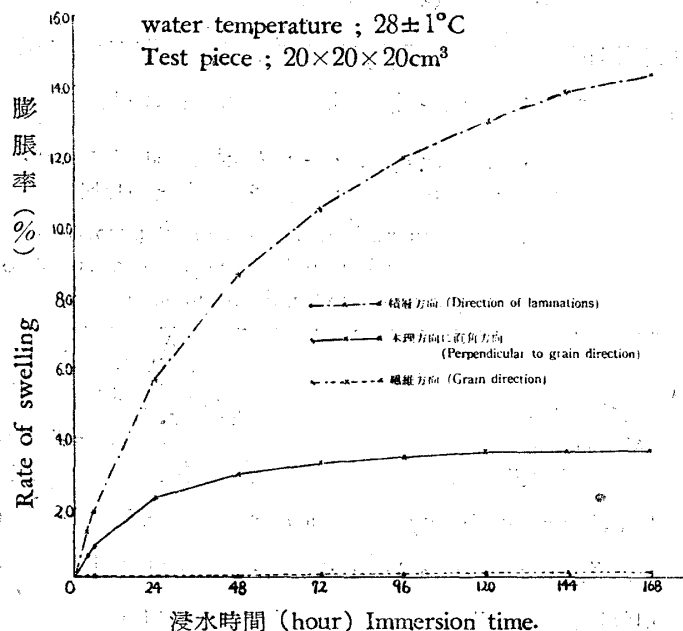
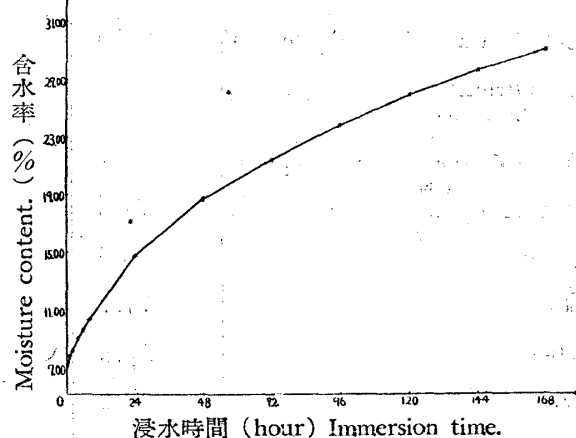


Fig 4. 浸水時間と含水率との関係
(Relation of immersion time and moisture content.)



(註1) 但し含脂率 18%, 単枚 1.2mm. のブナ硬化積層材。

Fig 5. 飽湿日数と膨脹率

(Relation between period of saturated humidity and rate of swelling.)

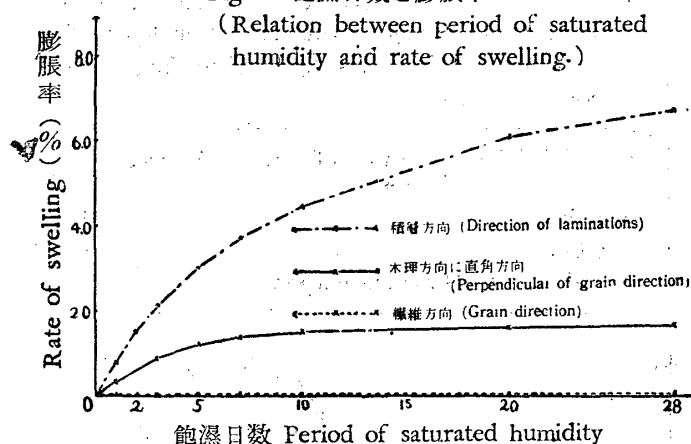
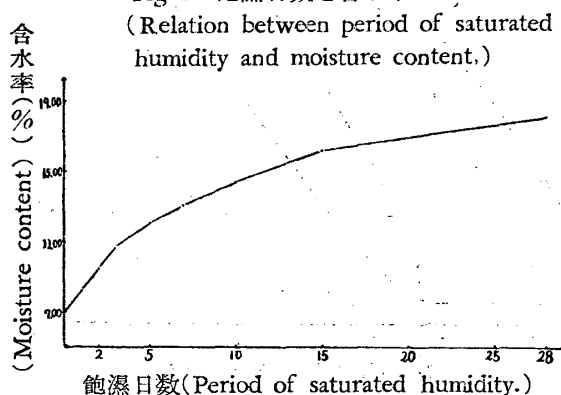


Fig 6. 飽湿日数と含水率

(Relation between period of saturated humidity and moisture content.)



尙外觀状況の変化は略々良好であつて、僅に小さき二三の亀裂個所を見たに過ぎない。本試験は K. RIECHER 氏ものべている如く圧縮接着による堅硬の度合が十分であるか、どうかの判定に役立つのである。即ち堅硬の度合が不十分な時は単板剝離、亀裂等を生ずるのである。

(G) 耐アセトン性

沸騰アセトン中に 1 時間浸漬した試験片は積層面に沿うて肉眼的識別の困難な程度の小さき亀裂が生じた。尙アセトン溶液は最初無色透明であるが試験片煮沸後は薄淡黄色に変色した。尙試験片の重量減少、繊維於向、木理に直角方向の膨脹は殆んどなかつたが、積層方向に於いて約 3 % 程膨脹した。

(H) 耐酸性

比重 1.20 の硫酸溶液中に 24 時間浸漬した試験片は割目、裂目等を全く認めなかつた。尙繊維方向、木理に直角方向の膨脹は殆んどなかつたが積層方向に於いて約 4.1 % 膨脹した。

氏のブナ積層材に就いての興味ある考察があるが、硬化積層材に対しては今後検討すべき問題であると思う。而し一般に単板厚みの増厚と共に水分吸収率並に膨脹率は僅か乍ら増大すると考えられる。

(F) 耐煮沸水性

耐水、耐湿試験に於いて用いた場合と同一試験片、並に剪断試験片を用いて沸騰水中に 6 時間浸漬後の各方向膨脹率、含水率、剪断強度の試験結果は Table 8. a. b. に示す如くである。

Table 8. 耐煮沸水試験の結果

(Result of boiling-water resistance tests a.)

	常 態 (Normal)	6 時間沸騰水中に浸漬 後 (After 6 hour at boiling water)
含水率 (Moisture content) (%)	6.0	50.2
剪断 (Shear 強度 strength) (kg/cm ²)	209	142

(b)

	膨 脹 率 (Percent of swelling)	比 率 (Rate) (%)
積 層 方 向 (Direction of laminations)	28.62	100
木理に直角方向 (Perpendicular to grain direction)	6.17	21.5
纖 維 方 向 (grain direction)	1.31	4.6

(註2) 文献(7)参照

(註) ; アセトン (CH₃ · CO · CH₃) b. p. 56°C, m. p. -94°C, s. g. 0.792.

(I) 熱盤接着に於ける温度上昇状況について実験

前述の如き実験方法により試験した結果は Fig 7. に示す如し。即ち本図より見て判る様に熱盤接着に於いては積層単板の外部と内部とでは温度上昇が可成り異なる。換言すれば加熱は不均一に行われるのである。例えば Fig 7. に就いて説明すると次の様である。

積層枚数 24 枚の場合、12 枚目の中心温度が 140°C . の硬化温度に達しているにも拘らず積層枚数 48 枚の場合、24 枚目の中心温度は 103°C ., 積層枚数 72 枚の場合、36 枚目の中心温度は 72°C . しか達していない。勿論之は積層枚数増加による熱盤間隔が異なるから一概には論じ得ないも、加熱方式は熱盤からの熱伝導によつて行われるから当然不均一に行われる。之がため製品の外部と内部とでは樹脂の硬化状態、熱による木材質の損傷程度等が異り、均一な良き製品を得る事は出来ない。

尙従来は熱盤温度を以つて硬化温度を表示しているが、前述の如く積層物が相当厚くなると熱盤温度と積層物中心附近温度とは可成りの差異があるため注意する必要がある。

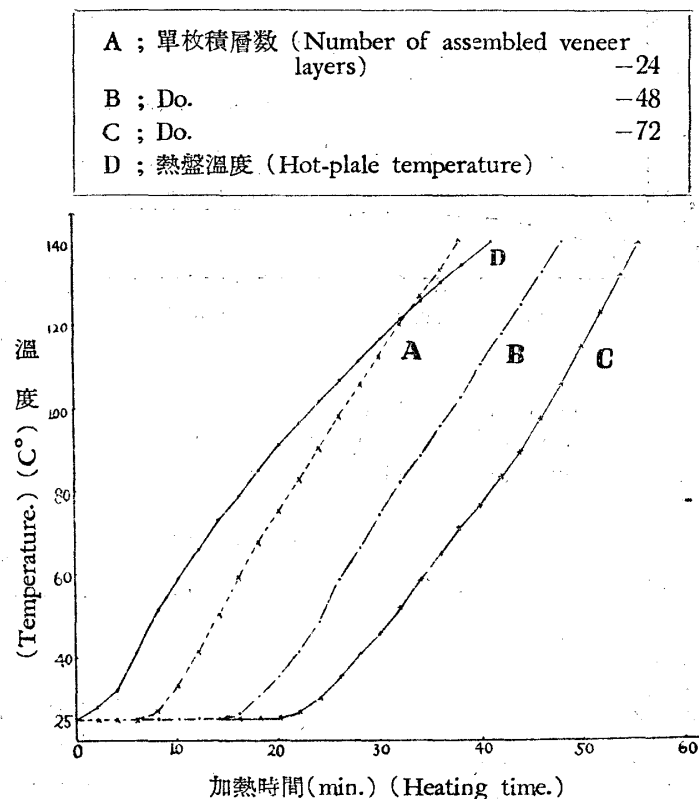
(J) 単板への接着剤浸透速度に就いての実験

前述の如き実験方法により試験した結果は Fig 8. に示す如し。即ち接着剤の浸透速度は浸漬の初期に極めて大で、時間の経過と共に徐々に小くなる。換言すれば浸漬 1 時間位で含脂率は略最高に達する。尙浸透速度は単板樹種によつて異り、ブナ単板はカバ単板よりも浸透速度大である。即ち同一時間に於いて含脂率が前者は後者よりも大である。

尙之に関しては大島敬治、北川長次郎、谷山雅一、岩田実、川島敏秀各氏の報告がある。それを要約すると次の様である。

- (i) 浸透速度は溶剤の種類、濃度によつて異なる。即ちメタノール溶剤を使用した場合は最も大でアセトン溶剤を使用した場合は最も小さくある。
- (ii) 浸透速度は樹脂接着剤の種類、粘度によつて異なる。

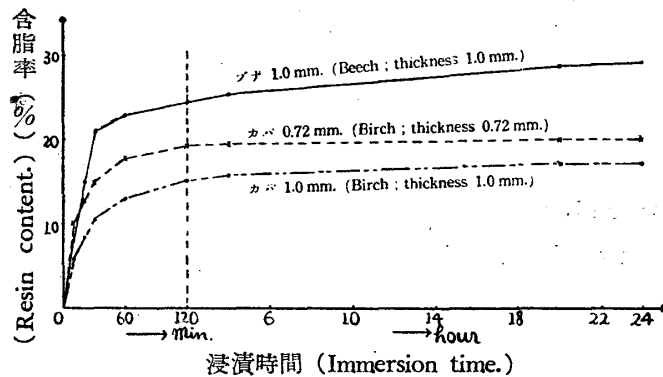
Fig 7. 熱盤接着による積層単板中心部の温度上昇経過
(Temperature raising process of center layer of assembled veneer layers by the bonding with hot plate press.)



註

単板樹種 (Species of veneer) ; Birch
 単板厚み (Thickness of veneer) ; 0.72mm.
 含脂率 (Resin content) ; approximately 20%
 含脂単枚含水率 (Moisture content of resin impregnated veneers) ; approximately 6%

Fig 8. 単枚への樹脂接着剤浸透速度
(Penetration velocity of resin adhesive for veneer)



樹脂接着剤 (Resin adhesive) ; 30% solution of low temperature cresol-formaldehyde resin adhesive
Specific viscosity, 1.51
Specific gravity, 0.91
Temperature of adhesive solution, $25 \pm 2^\circ\text{C}$
溶 剤 (Solvent) ; 工業用アルコール (Industrial alcohol)
浸透方法 (Method of penetration) ; 常圧 (Normal pressure)

(iii) 浸透速度は単板含水率によつて異なる。即ち含水率が低い程、浸透速度は大である。

(iv) 単板を弱アルカリで処理すると浸透速度は大となる。

(v) 浸透速度は注入方法によつて異なる。

尙単板厚みの減少と共に含脂率は直線的に増大する事を T. D. PERRY 氏は報告している。

[6] 摘 要

1. 低温クレゾール・フォルムアルデヒド樹脂接着剤によつて製造した硬化積層材の機械的・物理的性質は石炭酸・フォルムアルデヒド樹脂接着剤によつて製造した硬化積層材の該性質に比し些か不良であるが JES に合格する。
2. 硬化積層材製造の際、含脂単板は圧縮前必ず予備加熱をなし、含脂単板含水率を 4～6% に乾燥する必要がある。
3. 低温クレゾール・フォルムアルデヒド樹脂接着剤によつて製造した硬化積層材の耐アセトン、耐酸性は略々良好である。
4. 積層単板の枚数が多い時は熱盤温度と積層単板中心部の温度とは可成りの差異がある。
5. 単板への接着剤浸透速度は単板樹種、溶剤の種類、濃度、接着剤の種類、粘度、単板含水率、注入方法等によつて異なるも普通用いられる場合に於いては浸漬 1 時間位で含脂率は略々最高に達する。

Résumé

In this research are investigated the mechanical and physical properties of high density laminated wood bonded with the low temperature cresol-formaldehyde resin adhesive.

The production of high density laminated wood and the results obtained are as follows ;

- (1) Production of high density laminated wood.

Veneer

species ; birch (*Betula Maximowicziana* Regel)
thickness ; average 0.72mm.
area ; $20 \times 20 \text{cm}^2$
moisture content ; 8 %

Adhesive

low cresol-formaldehyde resin adhesive
specific gravity ; 1.91, specific viscosity ; 1.51
solvent ; industrial alcohol

Time of impregnation ; 20 hour

Grain direction of assembled veneer-layers ; all layers with parallel grain direction.

Curing condition

temperature ; 140°C .
pressure ; 150 kg/cm^2
time ; 10 minutes for the 24 layers
; 20 minutes for the 48 layers
; 30 minutes for the 72 layers

- (2) The results of mechanical and physical tests are given in Table 4, Table 8, and Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6.
- (3) Their mechanical and physical properties are a little worse than the ones bonded with phenol-formaldehyde resin adhesive.
- (4) The influence of preheating of resin impregnated veneers on the mechanical properties are given in Table 5.
- (5) When we are to produce the high density laminated wood, we have to preheat the resin impregnated veneers before pressing, till their moisture content comes to 4 ~ 6 percent.
- (6) Their abilities of boiling acetone and acid resistance are generally good.
- (7) The difference of temperature between the hot-plate and center layer of assembled veneers are remarkable, when a great number of veneers are assembled.
- (8) The penetration velocity of adhesives into the veneers vary with species of veneer, kind and concentration of solvent, kind and viscosity of adhesive, moisture content of veneer, method of impregnation, but in their normal conditions the resin content reach approximately to maximum in an hour.

As above, their all properties are recognized to come up to the JES.

文

献

- (1) J. Delmonte : The Technology of Adhesives 22~26, 39, 395~398. (1947)
- (2) T. D. Derry : Modern Plywood 195~212. (1945)

- (3) " : Modern plywood 260~277 (1948)
- (4) F. Kollman : Technologie des Holzes 677. (1936)
- (5) Bittner-Klotz : Furniere Sperrholz Schichtholz 1 Teil 32~50, (1939)
- (6) W. Küch : Einfluß der Preßbedingungen und des Aufbaues auf die Eigenschaften geschichteter Kunstharz-Preßstoffe VDI. **83**. Nr 52. 1309~1316. (1939)
- (7) " : Untersuchungen an Holz, Sperrholz und Schichthölzern in Hinblick auf ihre Verwendung in Flugzeugbau, Holz als Roh- und Werkstoff 2 Jahrgang. 257~272. (1939)
- (8) K. Riechers : Versuche an Kunststoffen für den Flugzeugbau VDI. **82**. Nr 22. 665~671.
- (9) " : Über Verwendung und Prüfung von hochverdichteten Holz, Holz als Roh- und Werkstoff 2 Jahrgang 101~116. (1939)
- (10) F. Armbruster : Technische Mindestwerte für kunstharzpreßhölzer, Holz als Roh- und Werkstoff 2 Jahrgang 78~82. (1940)
- (11) R. Nitsche : Eigenschaften warmgepreßter Kunstharz-Preßstoffe nach DIN 7701. VDI-Zeitschrift **83** Nr 6 161~164. (1939)
- (12) 近畿化学工業会編 : 合成樹脂研究綜報 104~107, 25~32, 45~46, 84~89, 108~115, 11~23. (1946)
- (13) 井本 稔 : 合成樹脂化学 17~18. 117~168. (1949)
- (14) 田中俊彦, 谷奥利夫 : フェノール樹脂工業 (合成樹脂工業叢書第1巻) 6~18, 21~44, 160~170, 252. (1950)
- (15) 田中勝吉 : 最新木材工芸学 196~203, 275~287. (1947)
- (16) 竹谷平造以下4氏 : 強化木と木製機 23~53, 144~160. (1944)
- (17) 平井信二 : 単板の組合せを異にせる積層木材の性質, 積層木材に関する研究第1報, 木材工業 **2**, No. 8, 4~11. (1947)
- (18) 平井信二 : 硬化積層材の製作時の圧縮度と材質との関係積層木材に関する研究資料 (1) 木材工業 **1**, No. 2, 4~24. (1946)
- (19) 平井信二 : 樹種別硬化積層材の材質, 積層木材に関する研究資料, 木材工業 **4**, No. 3, 15~20 ; **4**, No. 1, 1~8 ; **4**. No. 4, 5~7. (1949)
- (20) 松下 力 : 水溶性石炭酸樹脂による硬化積層材の性能, 木材工業 **4**, No. 9. : 7~20. (1949)
- (21) 堀岡邦典 : 薄板使用木曽檜積層材に関する研究, 木材工業 **2**, No. 3, : 5~6. (1947)
- (22) 西沢き二郎 : 積層材及強化木の回顧 (2) 強化木, 木材工業 **5**, No. 9, 15~22. (1950)
- (23) 渡辺治夫 : 熱圧接着, 木材工業 **4**. No. 3, : 102~105, (1949)
- (24) 宇野昌一 : 積層木材特に硬化積層材研究経過概要, 日本林学会誌 **29**, 1, 3. (合併号) 19~23.
- (25) 増野 実 : 強化木材の接着に就いて, 工業材料 **1**, 7 : 679. (1944)
- (26) 長沢不二男 : 強化木材の接着(木材用合成樹脂接着剤) 工業材料 **1**, 7 : 71. (1944)
- (27) 森 正男 : 航空機用強化木に就て, 工業材料 **1**, 3 : 50. (1944)