

積層木材に関する研究*

教授 平 井 信 二

Shinji HIRAI : Studies on the Layer-Woods

目 次

1. 緒 言	85	脂接着剤による硬化積層材の研究	121
2. 積層木材の概念及び既往の研究の概要	86	6.3 ビニール・フォルマール混入石炭酸・	
2.1 積層木材の名称とその概念	86	フォルマリン樹脂接着剤による硬化積	
2.2 積層木材に関する既往の研究の概要	87	層材の研究	124
3. 積層木材製造法の概要	88	6.4 フルフラール使用接合紙による積層材	
3.1 積層材	88	の研究	125
3.2 硬化積層材	88	6.5 蛋白熱圧による積層材の研究	123
4. 積層木材の材質試験方法	89	7 積層木材の単板の組合せに関する研究	134
5. 積層木材用樹種に関する研究	93	8. 長大積層木材の研究	146
5.1 針葉樹単板による積層木材の研究	93	8.1 針葉樹単板による長物積層木材の研究	146
5.2 ダケカンバ硬化積層材の研究	100	8.2 接続単板による長物積層木材の研究	159
5.3 シラカンバ硬化積層材の研究	104	9. 特殊処理単板を用いた積層木材の研究	165
5.4 チョウセンミネバリ硬化積層材の研究	108	9.1 ローラー圧縮処理単板を用いた積層材	
5.5 タブ硬化積層材の研究	111	の研究	165
6. 積層木材用接着剤に関する研究	114	9.2 スギ年輪板による硬化積層材の研究	169
6.1 注入用石炭酸・フォルマリン樹脂接着		10. 総 括	171
剤の標準化に関する研究	114	11. 参考文献	173
6.2 メラミン混入石炭酸・フォルマリン樹		Résumé	178

・ 1 緒 言

積層木材は改良木材の一種で、我国に於ては戦時中航空機材料としてその実現が早急に要求せられ、通常のものの実験室的研究はかなり進んでいた。この種の材料の製作に関係する因子が極めて多くあるため、これの工場生産に関しては既往の実験室的研究を以てしては不充分であつたので、著者は特に此の点に關聯して追究を行つたのが此の研究の目的の第一である。又既往の研究の範囲を進めて更に性能の優良なるもの、或は特別の目的のために特殊の性質を有するものを求めた事が目的の第二である。更に資源の多寡の見地から原料を既往のものゝ範囲外に求めて之を考究したのが目的の第三である。著者の研究結果は実際の工場生産に用いられ、一部は工作標準のもととなり、又日本航空機規格・積層材、硬化積層材の原案作製の資料となつた。

積層木材の研究は上記の如く實際的には主に航空機材料として発達したものであるが、その本質としては木材々質改良の主流をなす一部門であつて、機械部材部品、構築用材、車輛船舶用材、裝飾材等将来その適用が期待される部面が極めて多く、更に新しい木材の利用の分野をも開拓す

るものと考えられる。

尙著者の行つた研究は木材素材・合板・硬化合板・硬化積層材モールドング等の範圍に亘つたが戦災及び終戦時の混乱のため散逸したものが多く、その中比較的資料の散逸の少がづた積層木材に関する事項のみをこゝに取纏めたものである。取纏めに当つて御指導を賜つた三好東一博士に深く感謝の意を表する。

2 積層木材の概念及び既往の研究の概要

2.1 積層木材の名称とその概念

改良木材（貴化木材⁽⁵⁵⁾，強化木材⁽⁷⁹⁾，合成木材⁽⁶³⁻⁶⁹⁾，化工木材⁽⁶⁾，improved wood⁽⁷⁶⁾，modified wood⁽⁷⁶⁾，vergütetes Holz⁽⁴⁾）は木材素材に特殊処理を施して素材の欠点を改善し、或は特殊の性能を持たせたものである。積層木材もその中實際的に発達を見た主要なものであるが、その他にも圧縮木材（Lignostone），樹脂浸透木材，熱処理木材（staypak，stabwood 等），薬品処理木材等極めて多種多様のものを含む。こゝに積層木材と云うのは薄いベニヤ単板を多数接着剤を以て積層接着してブロックとなしたものを指す。主に鋸挽したかなり厚い単位板を積層接着したものも積層木材と称せられるが、之は挽板積層材又は剥合材として區別したい。米国で称する laminated wood は後記積層木材中の積層材と挽板積層材のいづれにも用いられているので積層木材の英訳名としては layer-wood⁽³²⁾ を用いたい。積層木材は製造法によつて種々のものが出来るが大体の概念として次の種類にわけられる。

(1) 積層材（普通薄層材^(13,23,56)，普通積層材^(84,91)，normal layer-wood⁽⁹⁾，normal laminated wood⁽⁹⁾ [米] Schichtholz^(3,41,42,61)，lamelliertes Holz⁽⁴⁾，Kunstharzplatte⁽⁴⁾）

接着剤は各単板の接着面又はその附近にのみ滲透し，圧締圧力 25 kg/cm² 以下のもの。

(2) 硬化積層材（強化木^(14,23,102)，強化木材⁽⁵⁷⁾，硬化木⁽³⁶⁻³⁷⁾，硬化薄層材^(85-90, 93-95)，hardened layer-wood⁽⁷⁷⁾，compreg [米]，FPL resin-treated laminated compressed wood [米]，Lignofol⁽⁷⁷⁾，Kunstharzpressholz⁽¹⁾，Presssperrholz⁽⁴¹⁾，Jicwood^(17,81) [英]

接着剤は各単板の内部組織にも滲透し，圧締圧力 100 kg/cm² 以上のもの。

上記の区分は我国に於て実用上対象となるものを基として行つたものであつて，処理方法の種々の組合せのもの，或は中間的のものも存在する事は当然である。例えば米国に於ける impreg⁽⁷³⁾（FPL resin-treated laminated wood）は樹脂浸透単板を少い圧力で積層したものであり，之と compreg との中間のものは semi-compreg⁽⁹⁾ と称せられる。ドイツの OBO-Festholz^(3,100) は接着剤に Tego-film を用いているが，極めて高い圧力で製作している。之等は上記の区分には含め難いが，当然積層木材の一種である。

* Buche 単板を用い，接着剤には通常液状樹脂を用いるが，時には Tego-film⁽⁷⁰⁾ を用いたものもある。

積層材の製作には木材はベニヤ単板を製作し得るものはすべて使用可能であるが、均質を特に重視するため、潤葉樹材中環孔材は普通用いられず、通常多く用いられるのは我国ではエゾマツ、ヒノキ、マカンバ、ブナ、シナノキ等である。接着剤も如何なる種類のものでよいわけであるが、通常用いられるのは石炭酸系合成樹脂接着剤（接合紙を含む）、尿素系合成樹脂接着剤であつて、カゼイン接着剤その他を用いる事は殆んどない。

硬化積層材の製作に当つては強圧を加え且加熱するため、圧締時に木材が甚しく圧潰しない事が条件であり、従つて使用樹種は比較的硬質の潤葉樹材中の散孔材が適当で、従来我国ではマカンバとブナに限られていたものである。接着剤は木材内部に迄滲透する事が必要であるため、之も石炭酸系合成樹脂接着剤に限られている状況である。

2.2 積層木材に関する既往の研究の概要

積層木材の個々の問題に関する既往の研究に就いては本文中の各項に於て触れるので、こゝでは概略的な記載をするに止める。積層木材は木材素材の致命的欠点である(1) 不等方性、(2) キズの包含、(3) 吸湿・脱湿に伴う収縮・膨脹性、(4) 低い強度と弾性、(5) 低い耐久性等の改善を目途として考えられたもので、先づ積層材が先に考えられた。積層材では主な目的は(2)の点の改善であつて、(3)、(4)、(5)等はあまり期待出来ない。(1)の不等方性に就ては寧ろ一方向の性質の向上を期待するために平行積層材を作る事が進められた。更に合成樹脂の研究の進歩に伴つて硬化積層材の研究が進展したが、之は(1)から(5)迄の改善を期したものであつて、目的によつて尙種々の特質あるものが考究された。ドイツに於ては1930年頃より航空機用材を対象として先づ積層材の研究が進み⁽⁴⁾逐次各種用途に対する硬化積層材がLignofolとして進展した。⁽¹³⁾

米国では最初に発達したのは寧ろ挽板積層材であつて、その後ベニヤ単板を材料とする laminated wood、殊に樹脂を滲透したものに就てはForest Products Laboratoryに於て独自のものが考究されて来た。^(73,76,77)即ちドイツの形式のものはアルコール、アセトン等に溶解するかなり縮合度の高い樹脂を単板注入用に使用しているが、米国のものは水溶性の縮合度の低いものを単板に注入し、その木材細胞膜質迄の滲透を期待して、特に(3)の性質の改善即ち dimensional stabilization を主な目的としたものである。他の各国に於ても硬化積層材類似のものが研究されイギリスではJicwood^(17,81)の名称で呼ばれている。ソビエツトに於ても同様なものが完成され、ラグⅢ型木製飛行機の桁材等に使用された。

我国に於ても日本プライウッド株式会社の竹谷平造氏によつて1940年前頃からエゾマツ、カバ、ブナの積層材、カバ、ブナの硬化積層材が試作された。⁽⁷⁹⁾その後航空機用材として性能高き積層木材が特に要望されるに及んで、陸海軍の研究所が主体となつて研究が進められ、積層材は主に第六陸軍航空技術研究所に於て、硬化積層材は主に海軍航空技術廠に於てその基礎が確立された。^(85-97,99,102)殊に宇野昌一氏は硬化積層材に就て1940年以来広汎な研究を行い、その結果を基として実

際の工場生産が行われるに至つた。しかし乍ら工場生産に於ては実験室的研究の結果では充分の效果を得る事が出来ず、更に工業的研究を必要とし、又資源的見地から従来のマカンバ、ブナの平行硬化積層材以外のものの探究が要求されたので之等は著者が主体となつて行つて来た。

3 積層木材製造法の概要

此の研究に於ける試料の製造法は目的により各々の場合に従つて異なる事があるが、こゝにはごく概括的に一般の製造法を記載する。

3.1 積 層 材

(1) 単 板

単板は通常厚さ 0.3～3.0 mm のロータリー単板を使用する。その中厚さは 1.0 mm 又は 1.5 mm のものが材料の入手容易の点より使用される事が多い。スライズ単板 又は ソーン単板を使用する事もあるも特殊の場合に属する。

(2) 単板の組合せ

通常は単板をすべて繊維方向を揃えて積層した平行積層材にするが、特殊の場合には種々の組合せを行う事がある。

(3) 接 着 剤

接着剤は尿素系接着剤の場合には塗布を行い、石炭酸系接着剤の場合には接合紙を使用する事が多く、時には塗布又は極めて短時間の接着剤液への浸漬を行う事もある。

(4) 加 工 法

尿素系接着剤を使用した場合には塗布後一定時間(通常24時間)加圧状態を保持し後圧縮から開放する。石炭酸系接着剤を用いる場合には温度140℃内外、時間は製品の厚さによつて適当とし、之には加熱加圧プレスを用いる。圧縮圧力は針葉樹材及び闊葉樹材中比較的軟質のものに就ては 5～10 kg/cm²、闊葉樹材中比較的硬質のものに就ては 20～25 kg/cm² にするのが普通である。

3.2 硬 化 積 層 材

(1) 単 板

積層材の場合と同様であるが、接着剤の材内部への滲透を容易にするため、通常厚さ 1.0 mm 以下のものが用いられる。

(2) 単板の組合せ

単板の繊維方向をすべて同一として積層した平行硬化積層材が普通であるが、使用目的によつては種々の組合せが考えられる。

(3) 接 着 剤

単板をB状態の石炭酸系接着剤液(溶剤は通常アセトン又はエタノール、メタノール)に浸漬

之を取出して乾燥によつて溶剤を揮発せしめる。

(4) 加工方法

積層した単板をそのまま圧縮する事もあり、又側板或は特殊の型（モールドング法）の間に圧縮する事もあり、又製品の厚さを規整する為に単板の両側にライナーを入れて圧縮する事もある。加熱温度は内部が約 120°C 以上になる事が必要で、通常 140°C を標準とする。加熱時間は厚さによつて異なる。圧縮度は 100 ~ 300 kg/cm²、通常 150 ~ 200 kg/cm²、とする。所定時間加熱後圧縮したままある程度冷却し、後プレスより取出す。

4 積層木材の材質試験方法

積層木材の材質試験方法に就ては技術院・日本航空機規格・積層材⁽¹³⁾（航格 8104）及び硬化積層材⁽¹⁴⁾（航格 8105）があるが、此の研究に於ける方法は特に記載を附さなければ概ね之と同一である。木材素材に就ては日本建築規格・木材試験方法（JES 建築 3107）⁽⁴⁰⁾があるが、之と略々同様の趣旨によるものである。之の概要を次に摘記する。

(1) 容積重測定

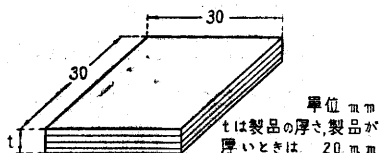
試験片は気乾状態（含水率標準：積層材 8%，硬化積層材 4%）のものでその形状は通常 4-1 図に示すものに就て測定を行い、次のものを求める。

4-1 図 容積重及び含水率測定試験片

$$\text{気乾容積重 } r = \frac{W}{V}$$

ここに W ：試験片の重量 [g]、 V ：試験片の体積 [cm³]

試験片の寸法はノギスによつて測り、計算によつて体積を求める。



(2) 含水率測定

通常強度試験に供した全試験片に就て求めたが、之が困難な場合、例えば引張試験時の含水率を求める際には破壊個所の附近から別に含水率測定片（通常試験片の全横断面を含む厚さ約 10 mm の盤）を採取して、之に就て求めた。又強度試験とは別個に求める場合には 4-1 図のものによる。含水率の算定は次式による。

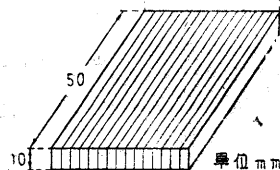
$$\text{含水率 } u = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100 [\%]$$

ここに W ：試験時の重量 [g]、 W_0 ：全乾時の重量 [g]。全乾時の重量は電気定温器中にて 100 ~ 105°C で熱し、恒量に達した時の重量を以て之をあらわした。

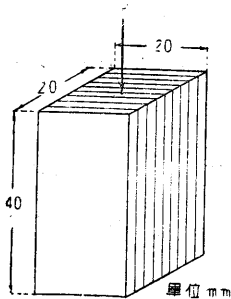
4-2 図 耐水試験片

(3) 耐水試験

4-2 図に示す試験片を種別によつて 4-1 表に示す処理を行い、後之を取出して常温迄乾燥した時の試験片の状態



4-3 図 圧縮試験片



4-1 表 耐水試験の処理

種 別	処 理 法
石炭酸系樹脂接着剤による積層材	沸騰水中に 4 時間浸漬
その他の接着剤による積層材	50°C 温水中に 4 時間浸漬
硬 化 積 層 材	沸騰水中に 6 時間浸漬

によつて耐水性を検する。即ち一部膨起或いは剥離がなければ耐水性良好とした。尙この試験は主に硬化積層材の場合に行つた。

(4) 圧 縮 試 験

4-3 図に示す如き厚さ 20 mm, 幅 20 mm, 長さ 40 mm の試験片で, その長軸は各層単板の繊維方向と平行である。此の試験片を縦の方向に圧縮して試験を行つた。平均荷重速度は積層材では毎分 4 kg/mm² 以下, 硬化積層材では毎分 8 kg/mm² 以下とし, 荷重板の一方には球座を用いた。此の試験から次のものが得られる。

$$\text{圧縮強さ } \sigma_c = \frac{P}{A} \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

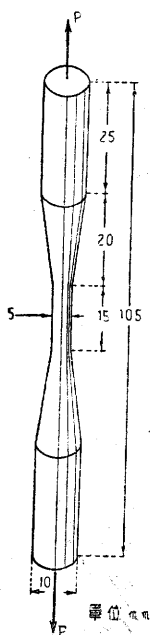
$$\text{圧縮形質商 } Q_c = \frac{\sigma_c}{r}$$

こゝに P : 最大荷重 [kg], A : 断面積 [mm²], r : 試験時の容積重。

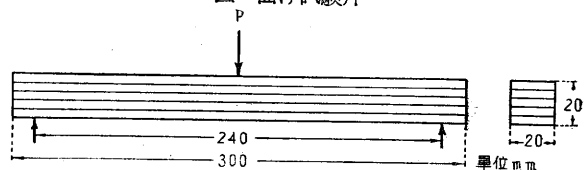
(5) 引 張 試 験

積層材では航格に規定されている試験片は木材素材のもの (日本建築規格・木材試験方法⁽⁴⁰⁾) と同一であるが, この研究では航格・硬化積層材と同一のものをを用いた。即ち積層材, 硬化積層材共

4-4 図 引張試験片



4-5 図 曲げ試験片



4-4 図に示す試験片を縦の方向に引張る。平均荷重速度は積層材, 硬化積層材共に毎分 4 kg/mm² 以下とした。此の試験から次のものが得られる

$$\text{引張強さ } \sigma_t = \frac{P}{A} \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

$$\text{引張形質商 } Q_t = \frac{\sigma_t}{r}$$

こゝに P : 最大荷重 [kg], A : 断面積 [mm²], r : 試験時の容積重。

(6) 曲 げ 試 験

4-5 図に示す如き厚さ及び幅 20 mm, 長さ 300 mm の試験片に就き, スパンを 240 mm としてその中央に集中荷重を加えて曲げ試験を行つた。荷重方向は通常積層面に垂直としたが, 又積層面に平行に行つた場合もあ

る。平均荷重速度は積層材では毎分 3 kg/mm^2 以下、硬化積層材では毎分 6 kg/mm^2 以下とした。荷重点及び支点の丸味の直径は 30 mm である。又試験中下面中央部に接触するダイヤルゲージによつて各荷重に対する撓みを測定した。此の試験から次のものが求められる。

$$\text{曲げ破壊係数} \quad \sigma_B = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad [\text{kg/mm}^2]$$

$$\text{曲げヤング係数} \quad E_B = \frac{4P_1 l^3}{\delta b h^3} \quad [\text{kg/mm}^2]$$

$$\text{曲げ形質商} \quad Q_B = \frac{\sigma_B}{r}$$

$$\text{曲げヤング形質商} \quad Q_E = \frac{E_B}{r}$$

ここに P :最大荷重 $[\text{kg}]$, l :スパン $[\text{mm}]$, h :試験片断面の高さ $[\text{mm}]$, b :試験片断面の幅 $[\text{mm}]$, P_1 : $P/4$ $[\text{kg}]$, δ :荷重が P_1 の時の中央部に於ける撓み $[\text{mm}]$, r :試験時の容積重

(7) 剪断試験

4-6 図に示す如き試験片を 4-7 図に示す装置により荷重を加える。剪断面は A BCD である。平均荷重速度は積層材では毎分 0.4 kg/mm^2 以下、硬化積層材では毎分 0.8 kg/mm^2 以下とした。此の試験から次のものが得られる。

$$\text{剪断強さ} \quad \sigma_s = \frac{P}{A} \quad [\text{kg/mm}^2]$$

$$\text{剪断形質商} \quad Q_s = \frac{\sigma_s}{r}$$

ここに P :最大荷重 $[\text{kg}]$, A :剪断面積 $[\text{mm}^2]$, r :試験時の容積重。

(8) 接着強さ試験

試験片 (4-8 図) の寸法及び試験法は剪断試験と同一であるが、剪断面は 4-8 図に示す如く積層面になる。平均荷重速度は積層材では毎分 0.4 kg/mm^2 以下、硬化積層材では毎分 0.8 kg/mm^2 以下である。此の試験から次のものが得られる。

$$\text{接着強さ} \quad \sigma_A = \frac{P}{A} \quad [\text{kg/mm}^2]$$

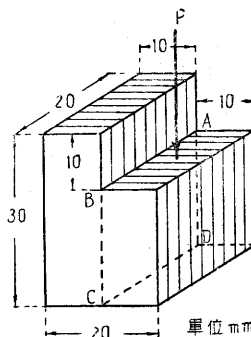
$$\text{接着形質商} \quad Q_A = \frac{\sigma_A}{r}$$

ここに P :最大荷重 $[\text{kg}]$, A :剪断面積 $[\text{mm}^2]$, r :試験時の容積重。

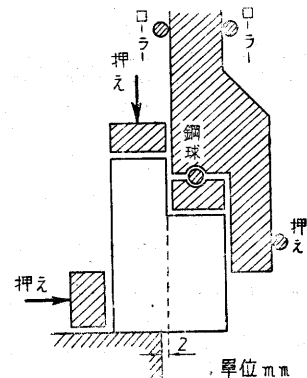
(9) 衝撃曲げ試験

曲げ試験に於けると同一寸法の試験片 (4-5 図), 即ち厚さ及び幅 20 mm , 長さ 300 mm の

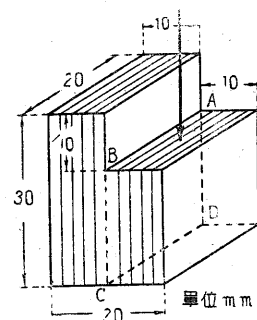
4-6 図 剪断試験片



4-7 図 剪断試験装置



4-8 図 接着強さ試験片



ものにつき、スパンを 240 mm として、シャルピー式 10 kg m 衝撃試験機（荷重点及び支点の丸味直径 30 mm, 錘の重量 8.5 kg, 高さ 1.2 m）を用いてその中央を打撃する。荷重方向は積層面に垂直としたが、又積層面に平行に行つた場合もある。この試験から次のものが得られる。

$$\text{衝撃吸収エネルギー} \quad U = \frac{W}{A} \quad [\text{kgm/cm}^2]$$

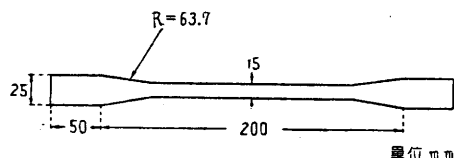
$$\text{動的形質商} \quad Q_D = \frac{U}{r^2}$$

こゝに W : 衝撃仕事 [kg m], A : 断面積 [cm^2], r : 試験時の容積重。

(10) 振り試験

この試験は航格にはない。試験片は 4-9 図に示す如く長さ 300 mm, 平行部標点間の長さ 100 mm, 標点間断面の直径 15 mm の丸棒とし、アムスラー型振り試験機（最大容量 2 ton）によつて振り荷重を加え、振りモーメント及び振り角を測定した。この試験から次のものが得られる。

4-9 図 振り試験片



$$\text{振り強さ} \quad \tau = \frac{16}{\pi} \cdot \frac{M}{d^3} \quad [\text{kg/mm}^2]^*$$

$$\text{剛性率} \quad G = \frac{32M_1 l}{\pi \theta d^4} \quad [\text{kg/mm}^2]$$

$$\text{振り形質商} \quad Q_\tau = \frac{\tau}{r}$$

$$\text{剛性率形質商} \quad Q_G = \frac{G}{r}$$

こゝに d : 断面の直径 [mm], l : 標点距離 [mm], M : 破断時振りモーメント [kg·mm], M_1 : 弾性限度以内の振りモーメント, 40 kg·mm, θ : 振りモーメント M_1 のときの l に対する振りの角 [rad.], $\theta = \tan \theta = \frac{\tau}{R}$ で示される。ただし $R = \frac{d}{2}$, 断面に於ける半径, r : 断面に於ける容積重。

(11) 硬さ試験

此の試験は航格にはない。こゝでは日本建築規格・木材試験方法⁽⁴⁰⁾の普通木材の硬さ試験と同じ方法で行つた。ただし試験片の大きさは適宜とし、試験面に径 10 mm の鋼球を荷重 100 kg を以て圧入、30 秒作用せしめ、荷重を除去し、後 5 分後に凹痕の最大深さをダイヤルゲージで測つて之を減込量とする。試験面は積層面（仮に板目面と称す）、積層に直角で単板の縦断面に当る面（仮に柃目面と称す）、積層と直角で単板の横断面に当る面（仮に木口面と称す）の 3 種類とした。鋼球圧入位置相互間の間隔及び周辺よりの距離は 10 mm 以上とした。此の試験から次のものが得られる。

$$\text{硬さ} \quad H = \frac{P}{10\pi h} \quad [\text{kg/mm}^2] \quad \text{硬さ形質商} \quad Q_H = \frac{H}{r}$$

* 此の応力算定式は弾性限度以内に於て成立するものであるが、便宜上その範囲を超えた場合にも適用される事がある。山田良之助：材料試験法 112 ~ 122 頁 (1933)

こゝに P : 荷重, 即ち 100 kg, h : 減込量 [mm], r : 試験時の容積重。

実験の項目によつてはその他の材質試験を実施した場合もある。それに就てはその都度試験法を記載する。

5 積層木材用樹種に関する研究

積層材は比較的圧縮圧力が低い為、その製作に当つて圧縮による圧縮破壊を考慮する余地が少く単板に製作し得てかつ接着剤によつて接着した際にその接着力が優良であれば如何なる樹種も使用可能である。しかし潤葉樹材では比較的均質と云う見地からマカンバ・ブナ・シナの散孔材(56,79,82,83,91)を用い、針葉樹材ではヒノキ・タイワンヒノキ・エゾマツが主として用いられた。

硬化積層材は製作に当つて著しい高压 (通常 100 kg/cm² 以上) を加え、かつ樹脂の浸透が均等でなければ均質のものが得られないとの要件から、その原材料としては潤葉樹中比較的硬質の散孔材が適当とされ、従来生産されていたものはマカンバを第一とし、その代用との意味でブナが対象になつたに過ぎなかつた。(57,79,85,87,93,94)しかし之に類似する樹種或いは他の比較的硬質の潤葉樹散孔材を用いて製作した硬化積層材は当然近似の材質を示す事が期待せられるし、又軟質の潤葉樹材又は針葉樹材でも圧縮圧力を適当にすれば、それ相応の材質を示すものが得られると考え、マカンバ・ブナ以外の潤葉樹材の他針葉樹材に就ても製作試験を行い、その材質を検討した。尙この項以外に於ても種々の樹種を使用した場合があるので、この項の記載以外に、各々その個所に於て樹種の比較にも触れておいた。

5.1 針葉樹単板による積層木材の研究

5.1.1 ま え が き

針葉樹材から良好な単板を得る事は技術的に割合に困難であるので、積層材用としてもヒノキ・タイワンヒノキのロータリー単板、エゾマツのスライス単板が用いられた程度に過ぎず、硬化積層材用としては殆んど考慮されていなかった。米国に於ては normal laminated wood には Douglas fir・spruce 等が用いられている。(44)しかし乍ら針葉樹の積層材及び硬化積層材はその材の本質上特有の性能を有するものと考えられ、特に引張強さの優良な事が特殊の目的に有用と思われたので、その利害を明かにする意味に於て検討を行つた。著者の研究と前後してヒノキ及びアカマツ硬化積層材の研究がある。(12,83,85)

尙此の項に記載する事項は 8.1 針葉樹単板による長物積層木材の研究に於けるものと同一材料で、特に樹種の比較に関する事項のみを抽出した。又此の実験は比較的長期に亘りかつ工場生産規模の製品の大きさのものを取扱つたため、製作条件の均一化に於て欠ける処がかなり多いものである。本研究の実施と取纏めに当つて村本覚四郎氏の援助に負う処が多い。

5.1.2 供 試 材

5.1.2.1 単板の樹種

ヒ ノ キ	<i>Chamaecyparis obtusa</i> SIEBOLD et ZUCCARINI	長野縣産
エ ゾ マ ツ	<i>Picea jezoensis</i> CARRIÈRE	北海道産
ス ギ	<i>Cryptomeria japonica</i> D. DON	秋田縣産
ク ロ マ ツ	<i>Pinus Thunbergii</i> PARLATORE	福岡縣産
アイグロマツ	<i>Pinus densi-Thunbergii</i> UYEKI	福岡縣産

5.1.2.2 単板の材種

ロータリー・ハーフロタリー及びスライス単板。厚さは 0.7・1.0・1.2・1.5・1.8 mm。

5.1.3 試料製作条件

5.1.3.1 接 着 剤

- A. 石炭酸・ホルマリン樹脂, メタノール溶液
- B. クレゾール・ホルマリン樹脂, メタノール溶液
- C. 上記 2 者の等量混合物
- D. 石炭酸・ホルマリン樹脂接合紙 (国産化工株式会社製)

5.1.3.2 試料の調製

5.1-1 表及び 5.1-2 表に示す。調製に当つては最大容量 4000 ton のプレスを使用した。

接合紙を使用したもの、接着剤を塗布したもの及び接着剤に浸漬 30 分のものは圧縮圧力も低いもので積層材を目標にしたものであり、その他のものは接着剤浸漬時間長く、圧縮圧力も大で硬化積層材を目標にしたものである。

5.1.4 材質試験結果

5.1-3 表及び 5.1-4 表に示す。

5.1.5 考 察

先づこの実験は後記潤葉樹材の場合 (5.2~5.5) と異つて実用大の大きさの試料を作り実験室的規模でない事が特異であつて、極めて大量の資材を用い、かつかなりの長期に亘つて行つたため、原資料を均一化する点に於いては不充分である。即ち単板に於ても各種類のものを全く同一条件に於て用いる事がなく、又接着剤も時によつてかなり異つたものを用いた。又加工条件も個々の場合によりかなりまちまちである。之等の相違は材質に影響を及ぼす事は当然考えられる処である。此のような事は実際の生産の際にごく普通に起る事であつて、この実用的試験に於て大まかな傾向を見る事も意味あるものと考えらる。

樹種別の特徴を示すためには同一条件のもののみを抽出して比較すればよいのであるが、同一条件の製作個数が少く、かつ偏差も著しいので充分な概念は得られぬと考えられる。そこで製作時ライナーを入れなかつた 30 kg/cm² 以上の圧縮のものすべてをとつて、各樹種毎にその各種

5.1-1 表 ヒノキ 積層木材製作条件

番号	単板の種別	単板厚 (mm)	単板枚数	接 着 剤	樹脂液 浸漬時 間 (hr)	全脂率 (%)	自然乾燥時間 (hr)	自然乾燥温度 (°C)	人工乾燥時間 (hr)	圧縮力 (kg/cm ²)	ライナー の有無	圧縮温 度 (°C)	圧縮加 熱時間 (hr)	圧縮率 (%)	出来上り寸度 (厚×幅×長) (mm)	備 考
1	ロータリー	1.0	30	クレゾール	塗布	23	21	43~54	7	10	なし	130	2	80	24×200×2030	
2	ハーフ・ロータリー	1.0	30	クレゾール	塗布	32	21	43~54	7	10	なし	130	2	80	24×203×2000	
3	ロータリー	1.8	14	クレゾール+石炭酸	0.5	16	17	58	5	10	なし	130	1.5	67	19.5×300×1900	
4	スライスト	1.8	15	クレゾール	0.5	30	8	61	5	10	なし	130	1.5	79	23×150×1500	
5	ロータリー	1.8	25	クレゾール	4	10	24	60	6	20	なし	130	2	79	36×150×2090	
6	スライスト	1.8	25	クレゾール	4	19	24	60	6	20	なし	130	2	71	37×150×1500	
7	ロータリー	1.8	26	石炭酸	4	12	6	65	6	30	なし	130	1.7	49	21×300×1900	
8	スライスト	1.8	24	石炭酸	4	17	6	65	6	30	なし	130	1.7	49	21×303×1900	
9	ロータリー	1.0	50	クレゾール	4	10	24	60	6	50	なし	130	2	46	23×200×2000	
10	ハーフ・ロータリー	1.0	50	クレゾール	4	25	24	60	6	50	なし	130	2	46	23×200×2000	
11	ハーフ・ロータリー	1.0	50	石炭酸	6	25	24	35	15	50	なし	135	2	38	19×200×2000	
12	ロータリー	1.0	50	石炭酸	6	11	24	35	15	50	なし	135	2	38	19×200×2000	
13	ロータリー	1.8	40	クレゾール	4	15	24	60	6	50	なし	130	2	47	33×150×1500	
14	スライスト	1.8	40	クレゾール	4	16	24	60	6	50	なし	130	2	47	33×150×1900	
15	ロータリー	1.8	26	クレゾール+石炭酸	2	14	8	58	5	50	なし	130	1.5	43	19.5×300×1900	中央部膨出す
16	スライスト	1.8	24	クレゾール+石炭酸	2	18	8	58	5	50	なし	130	1.5	43	19.5×300×1900	中央部膨出す
17	ロータリー	1.8	26	クレゾール	2	18	27	61	5	50	なし	134	1.5	48	21.5×150×1920	
18	スライスト	1.8	24	クレゾール	2	13	15	60	5	50	なし	134	1.5	45	20×220×1900	
19	スライスト	1.8	24	石炭酸	2	31	5.5	58	5	50	なし	135	2.5	51	23×150×1900	中央部膨出す
20	ロータリー	1.8	26	クレゾール	2	16	17	60	5	50	あり	130	1	51	23×150×1900	
21	スライスト	1.8	26	クレゾール	2	14	15	60	5	50	あり	130	2	50	23×220×1900	
22	スライスト	1.8	26	石炭酸	2.3	33	5.5	58	5	50	あり	127	1.8	51	23×150×1900	
23	ロータリー	1.0	55	石炭酸	6	20	24	50	5	80	なし	135	2	36	20×200×2000	
24	ハーフ・ロータリー	1.0	55	石炭酸	6	20	24	50	5	80	なし	135	2	36	20×200×2000	

5.1-2 表 エゾマツ・スギ・クロマツ・アイグロマツ積層木材製作条件

樹種	番号	単板の 種別	単板厚 (mm)	単板数 /枚数	接着剤	樹脂液 浸漬時 間(hr)	含脂率 (%)	自然乾燥 時間(hr)	人工乾燥 温度(°C)	人工乾燥 時間(hr)	圧縮圧 力(kg/ cm ²)	圧縮温度 (°C)	圧縮加 熱時間 (hr)	圧縮率 (%)	出来上り寸度 (厚×幅×長) (mm)	備考
エ ゾ マ ツ	25	ロータリー	1.2	21	クレゾール	0.5	15	8	61	5	10	130	1.5	89	23×150×1300	中央部膨出す 中央部膨出す
	26	ロータリー	1.0	42	クレゾール	2	20	12	61	5	50	134	1.5	48	21.5×150×1300	
	27	スライスド	1.0	45	石炭酸	2	34	5.5	58	5	50	135	2.5	44	20×140×1700	
	28	ロータリー	1.0	42	クレゾール	2	15	27	61	5	50	130	1	51	23×150×1300	
	29	スライスド	1.0	45	石炭酸	2.4	35	5.5	58	5	50	127	1.8	51	23×140×1700	
ス ギ	30	ロータリー	1.0	22	接合紙	—	22	—	—	—	5.5	135	1.5	86	19×300×2000	圧縮後幅の伸び10% {単板は辺材のみ {圧縮後幅の伸び5% {単板は心材のみ {圧縮後幅の伸び6% {圧縮後幅の伸び22% {ひび割れ入る
	31	スライスド	1.0	30	石炭酸	0.5	27	21	60	5	10	130	2	45	20×90×2000	
	32	ロータリー	1.0	40	石炭酸	2	26	24	45	8	30	135	2	43	17.5×350×2000	
	33	スライスド	1.0	54	石炭酸	4	13	20	65	5	30	130	1.7	47	29×100×2000	
	34	ロータリー	0.7	77	クレゾール	4	32	5	60	6	50	130	2	39	21×160×1750	
	35	ロータリー	0.7	75	クレゾール	4	35	5	60	6	50	130	2	39	21×190×1750	
	36	ロータリー	1.0	50	石炭酸	2	24	24	40	8	50	135	2	36	18×300×2000	
	37	スライスド	0.7	79	クレゾール	3	38	5	50	5.5	50	135	1.5	42	23×165×1900	
	38	スライスド	1.0	56	石炭酸	4	17	17	61	5	50	130	1.5	49	31×90×2000	
	39	ロータリー	1.0	45	石炭酸	2	12	16	60	5	50	130	1.5	63	27.5×200×1700	
ク ロ マ ツ アイグロマツ	40	ロータリー	1.0	44	石炭酸	2	14	16	60	5	80	130	1.5	56	24×200×1700	
	41	ロータリー	1.0	45	石炭酸	2	16	16	60	5	80	130	1.5	56	24×200×1700	

5.1-3 表 ヒノキ積層木材材質試験結果

番号	気 乾 容 積 重		含水率(%)		圧縮強さ (kg/mm ²)		引張強さ (kg/mm ²)		曲げ破壊 係数 (kg/mm ²)		曲げヤン グ係数 (kg/mm ²)		剪断強さ (kg/mm ²)		接着強さ (kg/mm ²)	
	平均 (個数) 最大—最小	平均(個数) 最大—最小	平均 (個数) 最大—最小	形質商	平均 (個数) 最大—最小	形質商	平均 (個数) 最大—最小	形質商	平均 (個数) 最大—最小	形質商	平均 (個数) 最大—最小	形質商	平均 (個数) 最大—最小	形質商	平均 (個数) 最大—最小	形質商
1	0.67(6) 0.68—0.66	5.0(6) 5.3—4.2	9.76(6) 10.35— 9.47	14.4	12.61(15) 15.45— 6.90	18.8	5.33(4) 5.72— 5.10	8.0	1557(4) 2376—1239	23.2	1.77(5) 2.04—1.47	2.6	1.27(5) 1.67—0.83	1.9		
2	0.67(6) 0.69—0.64	5.1(6) 5.5—4.4	9.48(6) 9.87— 8.97	14.1	11.36(15) 14.06— 8.30	17.0	4.65(4) 5.02— 4.23	6.9	1416(4) 2354—1033	21.1	1.46(5) 2.08—1.16	2.2	0.91(5) 1.04—0.72	1.4		
3	0.52(4) 0.61—0.49	7.3(4) 7.5—7.2	6.47(4) 6.78— 6.19	12.4	13.14(13) 15.61—10.65	25.3	11.15(4) 11.47—10.39	21.4	1057(4) 1265— 968	20.3	1.14(4) 1.24—1.04	2.2	0.84(4) 1.01—0.64	1.6		
4	0.67(4) 0.68—0.66	7.1(4) 7.3—7.0	5.25(4) 5.32— 5.17	7.8	13.97(13) 16.53— 9.74	20.9	13.40(3) 14.65—12.09	20.0	1182(3) 1306—1080	17.6	1.24(4) 1.28—1.18	1.9	0.97(4) 1.00—0.95	1.4		
5	0.62(6) 0.63—0.61	6.6(6) 7.0—6.2	8.94(5) 9.62— 8.58	14.4	14.34(15) 16.74—11.17	23.1	10.05(4) 11.25— 9.40	16.2	938(3) 1302— 717	15.1	1.07(5) 1.27—0.98	1.7	0.85(5) 1.01—0.51	1.4		
6	0.67(6) 0.69—0.63	5.9(6) 6.1—5.4	12.05(6) 14.75— 9.54	18.0	12.56(15) 15.53—10.20	18.7	10.76(4) 15.15— 7.42	16.0	817(4) 1020— 581	12.2	1.17(5) 1.44—0.98	1.7	0.71(5) 0.89—0.55	1.1		
7	1.02(4) 1.02—1.01	6.5(4) 6.5—6.5	11.04(4) 11.55—10.25	10.8	27.96(13) 34.63—23.78	27.4	20.60(4) 21.39—19.35	20.2	2145(4) 2630—1931	21.0	1.83(4) 2.17—1.54	1.8	1.31(4) 1.44—1.13	1.3		
8	1.12(4) 1.14—1.11	6.8(4) 6.8—6.8	11.74(4) 12.10—11.48	10.5	23.03(13) 24.85—21.89	20.5	20.10(4) 23.70—16.10	17.9	1578(4) 1855—1041	14.1	2.14(4) 2.35—1.96	1.9	1.56(4) 1.66—1.50	1.4		
9	1.07(6) 1.10—1.03	6.7(6) 6.8—6.6	13.52(5) 14.55—12.93	12.6	21.59(15) 22.95—19.68	20.2	19.12(4) 19.85—18.36	17.9	1123(4) 1480— 946	10.5	—	—	1.29(5) 1.32—1.02	1.2		
10	1.26(6) 1.28—1.24	6.1(6) 6.6—5.8	17.69(5) 18.67—16.43	14.0	21.76(15) 25.05—16.71	17.3	19.78(3) 20.17—19.02	15.7	1103(3) 1484— 526	8.8	2.12(5) 2.35—1.93	1.7	1.18(5) 1.33—0.88	0.9		
11	1.26(6) 1.28—1.25	4.7(6) 5.1—4.1	14.62(6) 15.40—14.10	11.6	23.70(14) 26.37—20.16	18.8	20.42(4) 22.36—18.73	16.2	1779(4) 1902—1635	14.1	2.68(6) 2.99—2.46	2.1	0.81(6) 1.16—0.38	0.6		
12	1.21(6) 1.24—1.17	4.9(6) 5.7—4.3	14.54(6) 14.97—14.10	12.0	26.47(15) 31.11—22.91	21.8	24.58(5) 26.95—24.22	20.3	1631(5) 1716—1531	13.5	2.52(5) 2.89—1.76	2.1	1.18(6) 1.58—0.93	1.0		
13	1.10(6) 1.12—1.06	6.5(6) 6.8—5.7	15.80(6) 16.28—15.11	14.4	29.71(15) 35.50—24.57	27.1	13.01(4) 13.80—12.48	11.8	1980(4) 2140—1780	18.0	2.18(5) 2.34—2.03	2.0	1.28(5) 1.52—0.94	1.2		
14	1.19(6) 1.24—1.07	6.2(6) 6.5—6.0	18.50(6) 19.07—17.17	15.5	29.54(15) 35.97—27.60	24.8	14.08(4) 15.17—12.98	11.8	2740(4) 3770—2370	23.0	1.88(5) 2.27—1.48	1.6	1.58(5) 1.74—1.36	1.3		
15	1.13(4) 1.13—1.12	6.7(5) 6.9—6.6	11.81(4) 11.97—11.69	10.5	30.62(14) 34.44—25.51	27.1	22.77(4) 23.86—21.62	20.1	2052(4) 2175—1944	18.2	1.91(4) 2.10—1.74	1.7	1.44(4) 1.54—1.26	1.3		
16	1.18(4) 1.18—1.17	6.5(5) 6.9—5.2	12.64(4) 13.17—12.24	10.7	28.39(13) 34.44—25.20	24.1	23.61(4) 24.54—22.67	20.0	2270(4) 2509—2164	19.2	1.77(4) 2.24—1.56	1.5	1.54(4) 1.62—1.46	1.3		
17	0.96(4) 1.02—0.91	7.2(4) 7.6—6.8	7.31(4) 7.85—6.76	7.6	27.70(14) 32.32—21.62	28.9	17.00(4) 18.37—15.45	17.7	1307(4) 1528—1190	13.6	1.56(4) 1.77—1.21	1.6	1.00(4) 1.14—0.96	1.0		
18	1.15(4) 1.16—1.15	4.8(3) 5.0—4.5	15.22(4) 15.50—14.82	13.2	31.95(13) 34.59—26.71	27.8	26.08(4) 27.46—22.65	22.5	1826(4) 2110—1372	15.9	2.26(4) 2.42—2.09	2.0	1.04(4) 1.22—0.75	0.9		
19	0.89(4) 0.93—0.86	7.5(3) 7.6—7.3	8.60(4) 9.07— 8.13	9.7	19.32(13) 22.45—13.34	21.7	12.06(4) 12.70—11.56	13.6	1162(4) 1242—1045	13.1	1.84(4) 2.02—1.62	2.2	0.81(4) 0.90—0.73	0.9		
20	0.97(3) 0.97—0.97	7.9(3) 7.9—7.9	7.31(4) 7.55— 7.14	7.5	21.16(13) 33.82—18.62	21.8	19.98(4) 20.87—19.87	20.6	1702(4) 1800—1595	17.4	1.73(4) 1.90—1.50	1.8	1.26(4) 1.38—1.16	1.3		
21	1.00(4) 1.01—0.99	6.8(3) 6.9—6.7	14.24(4) 14.79—13.62	14.2	23.88(13) 27.55—20.92	23.9	22.77(4) 26.33—20.59	22.8	2001(4) 2110—1742	20.0	2.06(4) 2.43—1.77	2.1	1.30(4) 1.56—1.18	1.3		
22	1.08(4) 1.11—1.06	6.5(3) 6.5—6.5	12.72(4) 13.20—12.21	11.7	24.34(14) 28.82—20.60	22.5	22.66(4) 24.78—20.02	21.0	1983(4) 2080—1872	18.4	2.12(4) 2.40—1.83	2.0	1.20(4) 1.56—1.03	1.1		
23	1.26(6) 1.30—1.15	4.5(6) 5.0—3.1	14.42(6) 15.45—13.69	11.4	30.01(15) 42.71—25.49	23.8	24.75(5) 25.89—24.08	19.6	1847(5) 1889—1808	14.7	2.07(5) 2.66—1.68	1.6	0.97(5) 1.43—0.76	0.8		
24	1.35(6) 1.37—1.33	2.5(6) 2.8—2.0	18.52(6) 20.09—17.48	13.7	23.41(15) 25.00—19.81	17.4	22.99(5) 25.06—21.06	17.0	1484(6) 1656—1113	11.0	2.13(6) 2.90—1.31	1.6	0.79(6) 2.15—0.70	0.6		

5.1-4 表 エゾマツ・スギ・クロマツ・アイグロマツ積層木材材質試験結果

樹種	番号	気乾容積重			含水率(%)			圧縮強さ (kg/mm ²)			引張強さ (kg/mm ²)			曲げ破壊係数			曲げヤーン係数			剪断強さ (kg/mm ²)			接合強さ (kg/mm ²)		
		平均	(個数)	最大-最小	平均	(個数)	最大-最小	平均	(個数)	最大-最小	平均	(個数)	最大-最小	平均	(個数)	最大-最小	平均	(個数)	最大-最小	平均	(個数)	最大-最小	平均	(個数)	最大-最小
エ	25	0.54(3)	11.3(3)	12.4-9.2	7.31(3)	7.46-7.00	13.5	8.66(9)	13.00-5.11	16.0	9.09(3)	11.16-7.86	16.9	1141(3)	1294-863	21.1	0.85(3)	1.12-0.62	1.6	0.67-0.52	1.1	0.60(3)	0.67-0.52	1.1	
	26	0.92(4)	6.7(4)	6.8-6.6	8.91(4)	9.41-8.39	9.7	15.54(12)	18.87-13.67	16.9	10.47(4)	11.55-8.91	11.4	986(4)	1132-718	10.7	1.69(4)	1.98-1.46	1.8	0.66-0.51	0.7	0.60(4)	0.66-0.51	0.7	
	27	0.99(3)	7.0(3)	7.5-6.4	9.90(3)	10.40-9.45	10.0	22.13(9)	25.50-19.90	22.3	12.20(2)	12.31-12.10	12.3	1700(2)	1742-1657	17.2	1.74(3)	1.96-1.48	1.8	1.03-0.85	0.9	0.92(3)	1.03-0.85	0.9	
	28	0.94(4)	5.7(3)	6.4-5.5	11.16(4)	11.36-11.02	11.9	18.02(12)	19.50-16.75	19.2	17.58(4)	18.22-16.88	18.7	1815(4)	2414-1319	19.3	1.80(4)	2.05-1.57	1.9	0.85(4)	0.9	0.95-0.70	0.85(4)	0.9	
	29	1.01(3)	6.9(3)	7.0-6.8	7.63(3)	7.81-7.48	7.6	23.40(9)	27.29-20.83	23.2	16.94(3)	17.33-16.41	16.8	1673(3)	1718-1618	16.6	1.50(3)	1.81-1.32	1.5	1.07-0.89	1.0	0.97(3)	1.07-0.89	1.0	
ス	30	0.41(5)	—	—	3.78(5)	3.97-3.46	9.2	5.08(15)	7.37-3.93	12.4	5.18(10)	6.02-4.67	12.6	544(10)	600-499	13.3	0.71(6)	0.94-0.60	1.7	0.55(6)	1.3	0.63-0.46	0.55(6)	1.3	
	31	0.90(4)	7.1(4)	7.4-7.0	9.44(4)	9.71-9.14	10.5	—	—	—	13.93(4)	14.91-13.30	15.5	1475(4)	1534-1373	16.4	1.49(4)	1.62-1.27	1.7	0.84-0.75	0.9	0.80(6)	0.84-0.75	0.9	
	32	0.96(5)	8.4(5)	9.5-7.9	9.85(9)	11.40-8.36	10.3	17.95(13)	20.56-15.23	18.7	15.21(4)	17.10-13.77	15.8	2054(4)	2730-1496	21.4	1.41(6)	1.63-1.17	1.5	1.17-0.65	0.9	0.84(6)	0.84(6)	0.9	
	33	1.03(4)	7.9(4)	8.2-7.2	9.82(4)	10.75-8.75	9.5	27.04(14)	30.27-21.10	26.3	15.40(4)	17.09-13.01	15.0	1740(4)	1789-1658	16.9	1.59(4)	1.99-1.04	1.5	0.94-0.70	0.8	0.81(4)	0.81(4)	0.8	
	34	1.14(4)	4.7(3)	5.4-3.6	14.22(4)	15.77-10.45	12.5	15.36(14)	19.49-10.62	13.5	17.56(4)	19.71-15.87	15.4	1830(4)	2615-1526	16.1	2.80(4)	3.19-2.53	2.5	1.22(4)	1.1	1.34-0.98	1.22(4)	1.1	
	35	1.26(4)	4.7(3)	4.9-4.4	17.50(4)	17.75-17.24	13.9	19.49(14)	24.67-13.04	15.5	20.95(4)	22.85-19.76	16.6	1799(4)	1870-1689	14.3	2.64(4)	2.81-2.31	2.1	1.02(4)	0.8	1.16-0.74	1.02(4)	0.8	
	36	1.20(5)	7.7(5)	8.1-7.4	14.17(9)	15.00-12.65	11.8	20.76(14)	25.70-17.34	17.3	16.44(4)	21.67-12.89	13.7	2167(4)	2240-2100	18.1	1.82(6)	2.13-1.37	1.5	1.21(6)	1.0	2.05-0.80	1.21(6)	1.0	
	37	1.15(4)	5.0(3)	5.1-5.0	14.52(4)	14.94-14.38	12.6	20.36(14)	24.50-15.90	18.0	16.21(4)	17.35-15.22	14.1	1620(4)	1710-1495	14.1	2.17(4)	2.35-2.01	1.9	1.24(4)	1.1	1.29-1.17	1.24(4)	1.1	
	38	1.24(4)	7.6(4)	7.9-6.9	12.70(4)	13.03-12.37	10.2	22.00(14)	25.51-18.62	17.7	19.55(4)	20.79-18.04	15.8	2059(4)	2160-1887	16.6	1.96(3)	2.16-1.66	1.6	0.87(4)	0.7	0.90-0.83	0.87(4)	0.7	
	39	1.30(4)	5.6(4)	6.2-5.2	14.40(4)	14.70-13.09	11.1	26.78(13)	28.65-19.90	20.0	21.39(4)	23.75-18.40	16.4	2381(5)	2580-2270	18.3	2.61(4)	2.79-2.39	2.0	1.58(4)	1.2	1.74-1.28	1.58(4)	1.2	
ギ	40	1.32(4)	5.5(4)	5.8-5.0	16.13(4)	17.03-13.42	12.2	28.28(13)	32.32-23.38	21.4	24.88(4)	26.38-22.79	18.8	2586(4)	2642-2472	19.6	3.10(4)	3.36-2.92	2.3	1.72(4)	1.3	2.12-1.64	1.72(4)	1.3	
	41	1.34(4)	5.1(4)	5.8-3.5	19.14(4)	20.94-17.28	14.3	28.56(13)	34.00-26.06	21.4	23.75(3)	27.28-21.56	17.7	2184(3)	2314-2077	16.3	2.62(4)	2.80-2.36	2.0	1.48(4)	1.1	1.67-1.29	1.48(4)	1.1	

強度の形質商を平均したものを以て比較して見る。その結果は 5.1-5 表に示す如く、之より各種強度毎に優劣の順位を示すと 5.1-6 表となる。

5.1-5 表 樹種別硬化積層材の材質(形質商)比較(ライナーなし、圧縮圧力 30kg/cm² 以上)

樹 種	圧 縮 強 さ	引 張 強 さ	曲 げ 破 壊 係 数	曲 げ ヤ ン グ 係 数 ×10 ²	剪 断 強 さ	接 着 強 さ
	平 均 (供試材数) 最大—最小	平 均 (供試材数) 最大—最小	平 均 (供試材数) 最大—最小	平 均 (供試材数) 最大—最小	平 均 (供試材数) 最大—最小	平 均 (供試材数) 最大—最小
ヒ ノ キ	11.9(15) 15.5—7.6	23.2(15) 28.9—17.3	17.5(15) 22.5—11.8	15.2(15) 23.0—8.8	1.81(14) 2.2—1.5	1.05(15) 1.4—0.6
エ ゾ マ ツ	9.9(2) 10.0—9.7	19.6(2) 22.3—16.9	11.9(2) 12.3—11.4	14.0(2) 17.2—10.7	1.80(2) 1.8—1.8	0.80(2) 0.9—0.7
ス ギ	11.5(7) 13.9—9.5	18.1(7) 26.3—13.5	15.2(7) 16.6—13.7	16.8(7) 21.4—14.1	1.80(7) 2.5—1.5	0.91(7) 1.1—0.7
ク ロ マ ツ (含アイグロマツ)	12.5(3) 14.3—11.1	20.9(3) 21.4—20.0	17.6(3) 18.8—16.4	18.1(3) 19.6—16.3	2.10(3) 2.3—2.0	1.20(3) 1.3—1.1

5.1-6 表 各種強度形質商に対する樹種別順位

強 度	樹 種 別 順 位
圧 縮 強 さ	クロマツ, ヒノキ, スギ, エゾマツ
引 張 強 さ	ヒノキ, クロマツ, エゾマツ, スギ
曲 げ 破 壊 係 数	クロマツ, ヒノキ, スギ, エゾマツ
曲 げ ヤ ン グ 係 数	クロマツ, スギ, ヒノキ, エゾマツ
剪 断 強 さ	クロマツ, (ヒノキ, スギ, エゾマツは殆んど同じ)
接 着 強 さ	クロマツ, ヒノキ, スギ, エゾマツ

この結果によれば強度の種類によ

つて順位が異つているから、使用上

要求される強度によつて樹種の選択

がなされる事となるが、ヒノキ・ク

ロマツ・アイグロマツは優良であり

スギ・エゾマツはかなり劣り硬化積

層材として適當でないといふねばな

らぬ。少くともスギ・エゾマツに対して圧縮圧力 50kg/cm² 以上の強圧を加える事は不可であつて、この事は製作時に単板が破壊して製品の幅が伸びる事からも考えられる処である。

尙積層材に就て航格・平行積層材規格値と比較したものを 5.1-7 表に示した。その記載は容積重は平均値に就て示し、接着強さは最小値が規格値以上ならば十、規格値以下ならば一とし、その他の強度は最小値が甲材規格値以上ならば優、乙材規格値以上ならば良、丙材規格値以上ならば可、丙材規格値以下ならば不可とした。

容積重 1.10 以上の硬化積層材に就て航格・平行硬化積層材規格値と比較したものを 5.1-8 表に示した。その記載は容積重は平均値をそのまゝ示し、諸強度は最小値に就て上記積層材の場合と同様にした。

航格規格値はマカンバ等の潤葉樹硬質散孔材に対するものであるから、之と対比することによつて針葉樹材の特質がうかがえる。即ち針葉樹材のものは容積重が小なるものが多いが、之と均衡を保つ強度は圧縮強さ・引張強さ(たゞスギは除く)・曲げ破壊係数で、曲げヤング係数は稍々悪く、剪断強さ・接着強さ殊に後者の著しく悪い事はその特徴である。引張強さは試験片個数が特に多い為記載には悪く現われているが、その平均値形質商は良好であつて、一般にブナよりも優秀であり、マカンバに匹敵するか之に勝るものも少くない。

以上樹種の比較を記したが、その他の条件に就ての考察は後記 8.1 長物積層木材の研究の項目に於て挙げる。

5.1-7 表 積層材材質の航格平行積層材規格値との比較

			容 積 重	圧縮強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	曲げ破壊係数 (kg/mm ²)	曲げヤング係数 (kg/mm ²)	剪断強さ (kg/mm ²)	接着強さ (kg/mm ²)
航 路 平 行 積 層 材 第 一 種 規 格 値	甲 材		0.80~0.65	6.6	11.0	10.0	1200	0.80	0.70
	乙 材		0.65~0.50	5.5	9.5	8.0	950	0.80	0.70
	丙 材		0.50~0.40	4.5	7.5	6.4	800	0.70	0.70
試 料	ヒノキ, 1	甲		優	(不可)	不可	優	優	+
	" , 2	甲		優	(可)	不可	良	優	+
	" , 3	乙		良	(良)	優	良	優	-
	" , 4	甲		可	(良)	優	良	優	+
	エゾマツ, 25	乙		優	(不可)	可	可	不可	-
	スギ, 30	丙		不可	(不可)	不可	不可	不可	-
	" , 31	>甲		優	-	優	優	優	+

第一種はエゾマツ, アカエゾマツ, ヒノキ, タイワンヒノキ, スギ, モミ, ツガに対するもの, 引張強さに就ては試験片数特に多く 10~15 個なる故 () に入れた

5.1-8 表 容積重 1.10 以上の硬化積層材材質の航格平行硬化積層材規格値との比較

			容 積 重	圧縮強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	曲げ破壊係数 (kg/mm ²)	曲げヤング係数 (kg/mm ²)	剪断強さ (kg/mm ²)	接着強さ (kg/mm ²)
航 格 平 行 硬 化 材 積 層 材 規 格 値	甲 材		1.30~1.40	16.0	28.0	24.0	2400	4.0	2.8
	乙 材		1.25~1.35	13.0	21.0	20.0	2000	3.0	2.3
	丙 材		1.10~1.40	11.0	20.0	15.0	1500	2.5	2.0
試 料	ヒノキ, 8		1.12	可	(良)	可	不可	不可	不可
	" , 10		1.26	優	(不可)	可	不可	不可	不可
	" , 11		1.26	良	(可)	可	可	不可	不可
	" , 12		1.21	良	(良)	優	可	不可	不可
	" , 13		1.10	良	(良)	不可	可	不可	不可
	" , 14		1.19	優	(良)	不可	良	不可	不可
	" , 15		1.13	可	(良)	良	可	不可	不可
	" , 16		1.18	可	(良)	良	良	不可	不可
	" , 18		1.15	良	(良)	良	不可	不可	不可
	" , 23		1.26	良	(良)	優	可	不可	不可
	" , 24		1.35	優	(不可)	良	不可	不可	不可
	スギ, 34		1.14	不可	(不可)	可	可	可	不可
	" , 35		1.26	優	(不可)	可	可	不可	不可
	" , 36		1.20	可	(不可)	不可	良	不可	不可
	" , 37		1.15	良	(不可)	可	不可	不可	不可
	" , 38		1.24	可	(不可)	可	可	不可	不可
	クロマツ, 39		1.30	良	(不可)	可	良	不可	不可
	" , 40		1.32	良	(可)	良	優	可	不可
	アイグロ マツ, 41		1.34	優	(良)	良	良	不可	不可

航格規格値はマカンバ, ブナ等に対するもの, 引張強さに就ては試験片数特に多く 10~15 個なる故 () に入れた。

5.1.6 摘 要

(1) ヒノキ・エゾマツ・スギ・クロマツ・アイグロマツの5種の針葉樹単板を用い、各種の製作条件で実用大の積層材及び硬化積層材を製作し、その材質を検討した。

(2) ライナーなし、 30 kg/cm^2 以上の圧縮の硬化積層材で樹種の比較をするに、強度の種類によつて多少傾向は異なるが、一般にヒノキ・クロマツ・アイグロマツは優良であり、スギ・エゾマツは劣る。

(3) スギ・エゾマツは硬化積層材に適當でなく、少くとも圧縮圧力 50 kg/cm^2 以上加える事は不可である。

(4) 硬化積層材は一般に圧縮強さ・引張強さ(スギを除く)・曲げ破壊係数は良好であるが曲げヤング係数稍く悪く、剪断強さ・接着強さ殊に後者は著しく不良である。

(5) 引張強さの優良なものがあり、その形質商は一般にブナよりも良好で、マカンバに匹敵するか或は之に勝るものがある。

(6) 以上の針葉樹の特質をよく考慮すれば、その硬化積層材は特殊の目的のものに利用し得る。

5.2 ダケカンバ硬化積層材の研究

5.2.1 ま え が き

硬化積層材用樹種としてはマカンバが最も適当なものであるが、之と近似の材質をもつ他のカバ属 *Betula* の種類も同様に用いられる事は当然考えられる処である。既にミズメに就ては宇野昌一氏の詳細な研究⁽⁸⁶⁾があり、著者はダケカンバに就て研究^(19,24)した。尙ダケカンバに就てはその後加納孟氏⁽³⁷⁾の研究がある。

ダケカンバの基本種エゾノダケカンバ *Betula Ermani* CHAMISSE は樺太・北海道・本州・朝鮮に分布し、本州に産するものはその変種で、*B. Ermani* var. *subcordata* KOIDZUMI の学名を有しアカカンバとも称する。カバ類蓄積は北海道・本州を通じて極めて多く、殊にダケカンバの蓄積は大であつてマカンバの夫を遙かに上廻る。北海道ではオニカンバと俗称する。素材の材質はマカンバと殆んど同じであるが、樹木としての形質はマカンバよりも悪く、又本州では海拔の高い処にあるため伐出の不便があり、顧られる処が少なかつた。しかしながらマカンバの蓄積が極めて少なくなつた今日に於てはミズメ・シラカンバと共に第一に取上げられなければならない樹種である。尙合板に就ても考究したが、こゝには硬化積層材に就ての結果を挙げる。⁽¹⁹⁾

5.2.2 供 試 材

信州(長野縣臼田営林署管内)産、丸太の直径 $36 \sim 38 \text{ cm}$ 、長さ 2.4 m 、単板は海軍航空技術廠材料部単板工場で製作したロータリー単板、厚さ 1 mm 、単板製作の際の歩止り試料2本につき 24% 及び 18% 平均 21% 。比較のマカンバ単板は市販のロータリー単板、厚さ 1 mm のも

のを使用した。

5.2.3 試料製作条件

単板合せ枚数	50 枚
接 着 剤	石炭酸・フォルマリン樹脂, 溶剤メタノール
樹脂浸漬時間	2 時間
含 脂 率	約 15 %
自然乾燥時間	48 時間
人工乾燥温度	70 ~ 80°C
同 時 間	2 時間

圧締圧力及び圧締時の側板の有無 4 種類

- (1) 100 kg/cm², 側板なし (2) 150 kg/cm², 側板なし
(3) 200 kg/cm², 側板あり (4) 200 kg/cm², 側板なし

圧締温度 135°C

圧締加熱時間 1.5 時間

製品寸度 (幅×長)

- (1) 250×400 mm (2) 200×300 mm
(3) 120×400 mm (4) 200×250 mm

5.2.4 材質試験結果

- (1) 気乾容積重 5.2-1 表 (2) 含 水 率 5.2-2 表

5.2-1 表 気乾容積重

圧締圧力 (kg/cm ²)	側板の 有無	ダ ケ カ ソ バ				マカソバ 平 均
		試験 片数	平均	最大	最小	
100	なし	5	1.31	1.32	1.29	1.39
150	なし	5	1.31	1.37	1.26	1.37
200	あり	5	1.34	1.37	1.30	1.39
200	なし	5	1.34	1.36	1.33	1.37

5.2-2 表 含 水 率 (%)

圧締圧力 (kg/cm ²)	側板の 有無	試験 片数	ダ ケ カ ソ バ			マカソバ 平 均
			平均	最大	最小	
100	なし	5	7.7	7.9	7.6	4.7
150	なし	5	7.2	7.8	6.6	6.0
200	あり	5	7.4	7.8	7.2	5.6
200	なし	5	8.0	9.8	7.4	5.3

- (3) 圧 縮 強 さ 5.2-3 表 (4) 引 張 強 さ 5.2-4 表

5.2-3 表 圧縮強さ (kg/mm²)

圧締圧力 (kg/cm ²)	側板の 有無	試験 片数	ダ ケ カ ソ バ				マカソバ	
			平均	最大	最小	平均 の形質商	平均	平均 の形質商
100	なし	5	15.23	16.55	14.34	11.6	17.56	12.6
150	なし	5	15.31	16.67	14.80	11.7	18.60	13.6
200	あり	5	14.49	15.52	13.54	10.8	19.65	14.1
200	なし	5	15.17	15.61	15.00	11.3	17.88	13.1

- (5) 曲げ破壊係数 5.2-5 表

- (6) 曲げヤング係数 5.2-6 表

- (7) 剪 断 強 さ 5.2-7 表

- (8) 接 着 強 さ 5.2-8 表

- (9) 衝撃吸収エネルギー 5.2-9 表

- (10) 硬 さ 5.2-10表

(11) 耐 水 性 各試料5ヶ宛沸騰水中に6時間浸漬したが、何等膨起・剥離がなく、又その後1ヶ月常温で放置しても何の異状を認めなかつたので耐水性良好である。

5.2-4 表 引張強さ (kg/mm²)
(対照のマカンバの試験結果なし)

圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の 有無	試験 片数	ダ ケ カ ン バ			
			平均	最大	最小	平均の 形質商
100	なし	5	35.21	36.80	33.09	26.9
150	なし	5	32.11	37.40	27.45	24.5
200	あり	5	32.52	35.77	30.92	24.2
200	なし	4	28.30	32.94	25.10	21.1

5.2-5 表 曲げ破壊係数 (kg/mm²)

圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の 有無	試験 片数	ダ ケ カ ン バ				マカンバ	
			平均	最大	最小	平均の 形質商	平均 の形質商	平均の 形質商
100	なし	5	26.35	27.90	24.95	20.1	28.06	20.2
150	なし	5	24.40	28.51	22.09	18.6	29.26	21.4
200	あり	5	24.80	26.57	21.51	18.5	30.21	21.8
200	なし	5	26.80	28.18	24.06	20.8	28.22	20.6

5.2-6 表 曲げヤング係数 (kg/mm²)

圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の 有無	試験 片数	ダ ケ カ ン バ				マカンバ	
			平均	最大	最小	平均の 形質商	平均 の形質商	平均の 形質商
100	なし	5	1974	1998	1921	1507	2100	1511
150	なし	5	2021	2354	1707	1543	2200	1606
200	あり	5	1934	2253	1730	1443	2285	1644
200	なし	5	2237	2934	2046	1671	2250	1642

5.2-7 表 剪断強さ (kg/mm²)

圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の 有無	試験 片数	ダ ケ カ ン バ				マカンバ	
			平均	最大	最小	平均の 形質商	平均 の形質商	平均の 形質商
100	なし	5	2.73	2.97	2.24	2.1	3.06	2.2
150	なし	5	3.32	3.53	3.13	2.5	3.03	2.2
200	あり	5	2.90	3.04	2.77	2.2	3.20	2.3
200	なし	5	3.50	3.87	2.94	2.6	3.15	2.3

5.2-8 表 接着強さ (kg/mm²)

圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の 有無	試験 片数	ダ ケ カ ン バ				マカンバ	
			平均	最大	最小	平均の 形質商	平均 の形質商	平均の 形質商
100	なし	5	2.43	2.70	2.12	1.9	2.20	1.6
150	なし	5	2.62	2.97	2.25	2.0	2.54	1.9
200	あり	5	2.38	3.04	2.09	1.8	2.50	1.8
200	なし	5	2.53	2.74	2.08	1.9	2.60	1.9

5.2-9 表 衝撃吸収エネルギー (kgm/cm²)

圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の 有無	試験 片数	ダ ケ カ ン バ				マカンバ	
			平均	最大	最小	平均の 動的形質商	平均 の動的形質商	平均の 動的形質商
100	なし	5	0.75	1.10	0.55	0.44	0.73	0.38
150	なし	5	0.51	0.64	0.46	0.30	0.64	0.34
200	あり	5	0.69	0.82	0.64	0.38	0.57	0.30
200	なし	5	0.71	0.91	0.46	0.40	0.64	0.34

5.2-10 表 硬 さ (kg/mm²)

圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の 有無	測定 数	ダ ケ カ ン バ									マ カ ン バ			
			木 口 面			柱 目 面			板 目 面			木口面		柱目面	
			平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均の 形質商	平均の 形質商	平均の 形質商	平均の 形質商
100	なし	3	16.1	16.9	15.6	12.3	13.3	13.9	12.3	10.2	13.4	14.9	12.7	10.2	25.1
150	なし	3	17.4	18.5	15.3	13.3	14.8	15.0	14.1	11.3	15.5	16.8	14.6	11.8	26.2
200	あり	3	15.6	16.7	13.5	11.6	13.3	15.8	10.1	9.9	13.0	14.9	9.4	9.7	31.3
200	なし	3	15.8	16.8	14.9	11.8	12.7	14.4	10.3	9.5	12.6	13.8	11.0	9.4	27.0

5.2.5 考 察

ダケカンバはマカンバにくらべると硬さは 50～65%，圧縮強さは 75～85% であつて、その値の低い事はかなり著しく、又曲げ破壊係数も稍々低い、その他の強度即ち引張強さ・曲げヤング係数・剪断強さ・接着強さ・衝撃吸収エネルギーはすべて遜色がない。

尙製品の容積重がマカバンにくらべて稍々小なる事を考えれば、その形質商では硬さ・圧縮強

さを除けばその他の強さはあまり大差なく、衝撃吸収エネルギーの如きは寧ろ勝る結果を示している。

圧縮圧力と諸種の強さとの関係は、マカンバでは容積重にも定つた傾向が見られないから、之を除いてダケカンバだけに就て見ると、圧縮圧力が大なる程その値が増す傾向の見られるのは引張強さ・曲げヤング係数・剪断強さ・接着強さであつて、その他のものに就ては一定の傾向が認められない。

側板の有無と諸種の強さとの関係は、強さの種類によつても異なるが、マカンバとダケカンバは全く傾向が異り、マカンバでは側板のあるものの方がよい結果を示す事が多く、反対にダケカンバでは側板のないものの方がよい結果を示すものが多い。その理由に就て適当な解釈を加える事が困難である。

一般に此の実験で試作した硬化積層材はマカンバ・ダケカンバ共に引張強さ・曲げ破壊係数は良好であるが、曲げヤング係数・剪断強さ・接着強さ・衝撃吸収エネルギーはあまり良好でない
尚ダケカンバによるものと航格・硬化積層材規格値と⁽¹⁴⁾比較して表示すれば 5.2-11 表となる
その記載は諸強度の最小値が甲材規格値以上ならば優、乙材規格値以上ならば良、丙材規格値以上ならば可、丙材規格値以下ならば不可とした。

以上の結果によればダケカンバ硬化積層材はマカンバの夫にくらべて圧縮強さ・硬さは低いが充分実用に供し得るものであり、他の代用材以上にマカンバに近似のものが得られると考えられる。従つてその蓄積の多い事を考えれば今後最も活用されるべき樹種の主なるものとなり得る。

5.2-11 表 ダケカンバ材質の航格平行硬化積層材規格値との比較

			圧縮強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	曲げ破壊係 数 (kg/mm ²)	曲げヤング 係数 (kg/mm ²)	剪断強さ (kg/mm ²)	接着強さ (kg/mm ²)	衝撃吸収 エネルギー (kgm/cm ²)
航 格 平 行 硬 化 積 層 材 規 格 値	甲	材	16.0	28.0	24.0	2400	4.0	2.8	0.70
	乙	材	13.0	21.0	20.0	2000	3.0	2.3	0.60
	丙	材	11.0	20.0	15.0	1500	2.5	2.0	0.50
試 料 (ダケカン バ)	100kg/cm ² 側板なし		良	優	優	可	不可	可	可
	150〃側板なし		良	良	良	可	良	可	不可
	200〃側板あり		良	優	良	可	可	可	良
	200〃側板なし		良	良	優	良	可	可	不可

5.2.6 摘 要

(1) 長野県産ダケカンバを用いて圧縮圧力 100 kg/cm² 側板なし, 150 kg/cm² 側板なし, 200 kg/cm² 側板あり, 200 kg/cm² 側板なしの4種の製作条件によつて硬化積層材を製作し、之等と同一条件で製作したマカンバ硬化積層材と材質を比較した。

(2) ダケカンバ硬化積層材はマカンバの夫にくらべると圧縮強さ及び硬さは低いが、その他の強度は遜色がない。ミズメと共に殆んどマカンバ同様に実用に供し得るものと考えられる。

(3) 圧縮圧力と強さとの関係は容積重の変化が見られるダケカンバの試料のみに就いて云えば、圧縮圧力を増す程引張強さ・曲げヤング係数・剪断強さ・接着強さは大となるが、その他のものには一定の傾向を見出し難い。

(4) 側板の有無と強さとの関係はマカンバとダケカンバとではその傾向が異り、マカンバでは側板のあるものの方が一般によく、ダケカンバではその反対を示す結果となつた。

(5) ダケカンバの蓄積は北海道・本州を通じてマカンバよりも遙かに大きい事から、今後活用せらるべき最も重要な樹種の一である。

5.3 シラカンバ硬化積層材の研究

5.3.1 ま え が き

シラカンバ *Betula platyphlla* SUKATCHEV var. *japonica* HARA は本州中部以北・北海道に分布し、種としては本州・北海道・樺太・千島・朝鮮・満洲・ダフリヤ・シベリヤ・支那を通じて広く分布する。蓄積も相当に多いが、大径木が割合に少く、樹木としての形質は不良であつて、本州では高山地方に偏在する為、材の利用価値が少なかつたものである。しかし我国産のカバ属 *Betula* のものとしてはミズメ・ダケカンバに次いで対象となるものであるから之について⁽¹⁸⁾⁽²⁴⁾検討した。シラカンバに就てはその後加納孟氏の研究がある。⁽³⁷⁾尙著者は合板としても考究したが⁽¹⁸⁾こゝには硬化積層材に就ての結果を挙げる。

5.3.2 供 試 材

I 帝室林野局名古屋支局久々野出張所管内産

II 山梨縣北巨摩郡清里村、山梨縣恩賜林産

単板は第一海軍技術廠材料部単板工場で製作したロータリー単板、厚さ 1mm、原木の寸度及

5.3-1 表 供試原木の寸法及び単板製作歩止り

産 地	丸太の長 (尺)	丸太の直径 歩止り (尺)	単板製作歩止り (%)	備 考
山 梨 県 清 里 村 産	8.7	0.6	8.5	試 料
帝室林野局名古屋支局 久々野出張所管内産	7	0.7	48.9	〃
帝室林野局旭川支局 深川出張所管内産	12	1.2	55.4	参 考
栃 木 県 産	6	0.6	26.5	〃

び歩止りは 5.3—1 表の如し。

単板切削は容易であつて剥肌は比較的良好であり、マカンバと大差がない如く認められた。比較のマカンバは長野縣産の原木をシラカンバ同様ロータ

リー単板、厚さ 1mm に製作したものを使用した。

5.3.3 素材の物理的性質

此の実験を行つた時素材の材質の研究も同時に行つたので、その研究結果の中、⁽¹⁸⁾平均値のみを 5.3—2 表に挙げる。使用した材料シラカンバは山梨縣産の別の原木 2 本、マカンバは長野縣産の別の原木 1 本である。強度試験方法は日本航空機規格・木材 (航格 8102) (昭和 19 年 5 月 5 日決定) によつたものであり、その方法は試験片の寸法を異にするものがある以外は殆んど日本

5.3.2 表 素材の物理的性質

項 目	シラカンバ		マカンバ
	No.1	No.2	
容 積 重	0.63	0.60	0.71
含水率1%に対する平均収縮率(%)	透心方向	0.153	0.139
	切線方向	0.267	0.225
圧 縮 強 さ (kg/mm ²)	4.60	3.47	5.70
引 張 強 さ (kg/mm ²)	15.80	10.00	16.26
曲げ破壊係数 (kg/mm ²)	9.51	7.00	11.22
曲げヤング係数 (kg/mm ²)	1028	640	1211
剪 断 強 さ (kg/mm ²)	1.02	0.93	1.11
衝撃吸収エネルギー (kgm/cm ²)	0.68	0.44	0.62
硬 さ (kg/mm ²)	木口面	4.32	3.12
	柁目面	0.87	0.89
	板目面	1.43	1.38

建築規格・木材試験方法 (JES 建築 3107)⁽⁴⁰⁾

に同じである。尙容積重・圧縮強さ・引張強さ・曲げ破壊係数・曲げヤング係数・剪断強さは標準含水率 15 % の時に換算した値を示した。その換算は含水率 1 % の増減につき、圧縮強さ・曲げ破壊係数・曲げヤング係数・剪断強さは 5 %, 引張強さは 3 % 減増するものとした。此の結果によればシラカンバ素材はマカンバ素材にくらべて衝撃吸収エネルギーを除いて全般的に材質が相当劣るものである。

5.3.4 試料製作条件

単板合せ枚数 圧縮圧力 100 kg/cm² のものは 30 枚

圧縮圧力 150, 200 kg/cm² のものは 40 枚

接 着 剤 石炭酸・ホルマリン樹脂, 溶剤メタノール

樹脂浸漬時間 2 時間

含 脂 率 シラカンバ I は 20 %, シラカンバ II は 15.4 %, マカンバ約 15 %

自然乾燥時間 48 時間

人工乾燥温度 70 ~ 80°C

同 時 間 2 時間

圧縮圧力及び圧縮時の側板の有無

シラカンバ I は 4 種 (1) 100 kg/cm², 側板なし (2) 150 kg/cm², 側板なし
(3) 200 kg/cm², 側板なし (4) 200 kg/cm², 側板あり

シラカンバ II 及びマカンバは 200 kg/cm², 側板あり

圧 縮 温 度 135°C

圧縮加熱時間 1.5 時間

製品寸度 (幅×長)

圧縮圧力 100 kg/cm² のものは 250×400 mm

圧縮圧力 150 kg/cm² のものは 200×300 mm

圧縮圧力 200 kg/cm² のものは 120×400 mm

5.3.5 材質試験結果

(1) 気 乾 容 積 重 5.3-3 表

5.3-3 表 気乾容積重

試料	圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の有無	試験片数	気乾容積重		
				平均	最大	最小
シラカンバ I	100	なし	5	1.17	1.20	1.14
	150	なし	5	1.31	1.34	1.30
	200	なし	5	1.36	1.36	1.35
	200	あり	5	1.34	1.37	1.31
シラカンバ II	200	あり	5	1.33	1.40	1.29
マカンバ	200	あり	8	1.29	1.36	1.26

(2) 含水率 全試料6.1~7.3%

の間にある

(3) 圧縮強さ 5.3-4 表

(4) 引張強さ 5.3-5 表

(5) 曲げ破壊係数 5.3-6 表

(6) 曲げヤング係数 5.3-7 表

(7) 剪断強さ 5.3-8 表

5.3-4 表 圧縮強さ

試料	圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の有無	試験片数	圧縮強さ (kg/mm ²)			平均の形質商
				平均	最大	最小	
シラカンバ I	100	なし	10	12.58	13.12	12.24	10.7
	150	なし	10	15.40	16.75	14.26	11.7
	200	なし	9	16.58	17.60	13.11	12.2
	200	あり	9	12.44	13.02	11.84	9.3
シラカンバ II	200	あり	6	12.93	13.53	12.44	8.8
マカンバ	200	あり	8	18.85	19.90	17.20	14.6

5.3-5 表 引張強さ

試料	圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の有無	試験片数	引張強さ (kg/mm ²)			平均の形質商
				平均	最大	最小	
シラカンバ I	100	なし	5	28.03	30.20	26.83	23.9
	150	なし	2	31.96	32.08	31.84	24.3
	200	なし	3	32.06	32.84	29.90	23.5
	200	あり	3	32.02	32.34	31.70	23.9
シラカンバ II	200	あり	1	32.55	—	—	22.3
マカンバ	200	あり	5	36.90	39.55	34.57	28.6

5.3-6 表 曲げ破壊係数

試料	圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の有無	試験片数	曲げ破壊係数 (kg/mm ²)			平均の形質商
				平均	最大	最小	
シラカンバ I	100	なし	5	24.52	28.98	20.80	20.8
	150	なし	2	29.78	31.68	27.87	22.7
	200	なし	4	27.78	33.21	23.28	20.4
	200	あり	3	30.89	34.78	28.94	23.0
シラカンバ II	200	あり	1	31.46	—	—	23.6
マカンバ	200	あり	5	32.21	34.92	29.70	24.9

5.3-7 表 曲げヤング係数

試料	圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の有無	試験片数	曲げヤング係数 (kg/mm ²)			平均の形質商
				平均	最大	最小	
シラカンバ I	100	なし	5	1438	1773	1156	1229
	150	なし	2	1838	1973	1703	1403
	200	なし	4	1880	2753	1290	1382
	200	あり	3	2231	2936	1827	1665
シラカンバ II	200	あり	1	2478	—	—	1863
マカンバ	200	あり	5	2627	2880	2529	2037

5.3-8 表 剪断強さ

試料	圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の有無	試験片数	剪断強さ (kg/mm ²)			平均の形質商
				平均	最大	最小	
シラカンバ I	100	なし	6	2.41	2.71	2.34	2.1
	150	なし	5	2.71	3.03	2.36	2.1
	200	なし	6	3.05	3.38	2.64	2.2
	200	あり	7	2.93	3.35	2.62	2.2
シラカンバ II	200	あり	9	3.07	3.38	2.88	2.3
マカンバ	200	あり	8	3.37	3.93	2.98	2.6

5.3-9 表 接着強さ

試料	圧縮圧力 (kg/cm ²)	側板の有無	試験片数	接着強さ (kg/mm ²)			平均の形質商
				平均	最大	最小	
シラカンバ I	100	なし	10	1.92	2.14	1.57	1.6
	150	なし	10	2.08	2.46	1.71	1.6
	200	なし	8	1.95	2.30	1.62	1.4
	200	あり	7	2.10	2.24	1.85	1.6
シラカンバ II	200	あり	7	2.01	2.32	1.48	1.5
マカンバ	200	あり	8	2.64	2.89	2.40	2.0

5.3-10 表 硬 さ

試料	圧 縮 圧 力 (kg/cm ²)	側板の有 無	測定数	硬 さ (kg/mm ²)									平均の形質商		
				木 口 面			柱 目 面			板 目 面			木口面	柱目面	板目面
				平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小			
シラカンバ Ⅰ	100	なし	12	12.2	14.5	8.8	6.1	7.9	3.7	4.8	9.6	2.8	10.4	5.2	4.1
	150	なし	12	13.6	15.9	10.9	7.8	13.2	5.4	9.4	13.2	7.7	10.4	6.0	7.2
	200	なし	8	15.5	17.6	11.7	7.6	11.3	5.0	8.9	10.5	7.0	11.4	5.6	6.5
	200	あり	8	14.0	14.5	13.2	9.3	10.5	8.0	9.3	14.4	6.4	10.4	6.9	6.9
シラカンバ Ⅱ	200	あり	12	15.9	17.6	14.4	12.4	13.2	11.3	11.9	13.5	10.2	12.0	9.3	8.9
マカンバ	200	あり	8	25.2	—	—	14.2	—	—	13.6	—	—	19.5	11.0	10.5

(8) 接 着 強 さ 5.3—9 表

(9) 硬 さ 5.3—10表

(10) 耐 水 性 シラカンバ各試料5個宛を沸騰水中に6時間浸漬した直後は膨起及び剥離を生じなかつたが、その後同試料を1ヶ月間放置した処、一部膨起を生じた。しかし圧縮圧力の高いものには此の様なものは殆んどなかつた。

5.3.6 考 察

シラカンバ硬化積層材を同一条件で製作したマカンバの夫に比較すると、圧縮強さは 66～69%，引張強さは 87～88%，剪断強さは 89～91%，接着強さは 76～80%，硬さは 56～88% で、いずれも相当に低く、曲げ破壊係数は 96～98%，曲げヤング係数は 85～94% で少し劣る。殊にシラカンバ試料の容積重が対照のものにくらべて大である事を考えれば、形質商に於て著しく劣るものと云えよう。又耐水性も稍く不良である。

シラカンバに就て圧縮圧力と容積重との関係は明瞭にあらわれ、圧縮圧力の大なる程、容積重が大となり、之に従つて諸種の強度も略々平行して増大している。もつとも曲げ破壊係数と剪断強さでは 150 kg/cm² 圧縮のものと 200 kg/cm² 圧縮のものが入れかわつている。形質商をとれば強度の種類によつて多小異なるが、全般的に見て 150 kg/cm² > 200 kg/cm² > 100 kg/cm²

5.3-11 表 材質の航格平行硬化積層材規格値との比較

	規格 甲 材 乙 材 丙 材	圧 縮 圧 力 (kg/cm ²) 及び側板の有無	圧 縮 強 さ (kg/mm ²)	引 張 強 さ (kg/mm ²)	曲げ破壊係 数 (kg/mm ²)	曲げヤング 係数 (kg/mm ²)	剪断強さ (kg/mm ²)	接着強さ (kg/mm ²)
試 料	航格平行硬化積層材規格値	—	16.0	28.0	24.0	2400	4.0	2.8
	甲 材	—	13.0	21.0	20.0	2000	3.0	2.3
	乙 材	—	11.0	20.0	15.0	1500	2.5	2.0
	丙 材	—	—	—	—	—	—	—
	シラカンバ I	100, なし	可	良	良	不可	不可	不可
		150, なし	良	優	優	良	不可	不可
		200, なし	良	優	良	不可	可	不可
		200, あり	可	優	優	可	可	不可
	シラカンバ II	200, あり	可	優	優	優	可	不可
	マカンバ	200, あり	優	優	優	優	可	可

である。従つて 100 kg/cm^2 程度の圧縮圧力低いものは著しく不良であると考えられる。

圧縮時の側板の影響は強度の種類によつて異り定つた傾向を見出し難い。

一般に此の実験に於て試作した硬化積層材はシラカンバ・マカンバ共に剪断強さ・接着強さは良好でなかつた。

尙航格・硬化積層材規格値⁽¹⁴⁾と比較したものを 5.3—11 表に示した。記載方法は前項 5.2 ダケカンバに就てのものと同一である。

以上の結果から見るとシラカンバはマカンバは勿論、ミズメ・ダケカンバよりも相当劣り、材料としてはマカンバ同様に取扱う事は到底考えられない。しかしながら此の程度の材質ならばマカンバ同等でなくても、比較的重要でない部材にはその材質を考慮して使用可能であらう。

5.3.7 摘 要

(1) 山梨縣及び岐阜縣産シラカンバを用いて圧縮圧力 100 kg/cm^2 側板なし、 150 kg/cm^2 側板なし、 200 kg/cm^2 側板なし、 200 kg/cm^2 側板ありの条件によつて硬化積層材を製作し、之等と他は同一条件の 200 kg/cm^2 側板ありのマカンバ硬化積層材とその材質を比較した。

(2) シラカンバ硬化積層材はマカンバの夫にくらべると、圧縮強さ・引張強さ・剪断強さ・接着強さ・硬さはいづれも相当に劣り、曲げ破壊係数・曲げヤング係数も稍々劣る。形質商をとれば更に著しく不良である。

(3) 圧縮圧力と容積重及び各種の強さとの関係は略々平行して増大する。たゞし形質商では圧縮圧力 150 kg/cm^2 のものが最も良好である。

(4) 側板の有無の影響に就ては定つた傾向を見出し難い。

(5) 上記の如くシラカンバはマカンバよりも著しく劣るから、マカンバ同様に使用する事は出来ないが、比較的重要でない部材には使用し得る。北海道・本州を通じ相当の蓄積があるから此の意味で今後の利用が期待される。

5. 4 チョウセンミネバリ硬化積層材の研究

5.4.1 ま え が き

朝鮮に産するカバ属 *Betula* にはエゾノダケカンバ・シラカンバ・チョウセンミネバリ・トウカンバ・オノオレ・コオノオレがあり、その中チョウセンミネバリ *Betula costata* TRAUTVETTER は朝鮮から満洲に分布し、満洲では黄樺と称する。朝鮮・満洲に於ける蓄積もかなりあり、その材の形質はマカンバ類に近いと考えられる。丁度北朝鮮産のチョウセンミネバリ単板を入手し得たので、之に関して合板及び硬化積層材製作の研究を行つた。こゝには硬化積層材に就ての結果を挙げる。尙チョウセンミネバリの素材の強度に関しては下記の報告がある。

布施忠司：試験法が木材の強度値に及ぼす影響に就て（汪清産潤葉樹材の強度報告）満鉄鉄道技術研究所報告 No.216 (1943)

5.4.2 供 試 材

北朝鮮産，ロータリー単板，厚さ 1mm の送附を受けたものを使用した。比較のマカンバ単板は市販のロータリー単板，厚さ 1mm のものを使用した。

5.4.3 試料製作条件

単板合せ枚数	40 枚		
接 着 剤	石炭酸・フォルマリン樹脂・溶剤メタノール		
樹脂浸漬時間	2時間	含 脂 率	約 15 %
自然乾燥時間	24 時間	人工乾燥温度	70°C
人工乾燥時間	2時間		
圧 締 圧 力	(1) 100 kg/cm ² (2) 150 kg/cm ² (3) 200 kg/cm ²		
圧締時の側板	な し	圧 締 温 度	135°C
圧締加熱時間	1.5 時間		
製品寸法(幅×長)	(1) 250×300 mm (2) 200×300 mm (3) 250×200 mm		

5.4.4 材質試験結果

- (1) 気 乾 容 積 重 5.4—1 表
 (3) 圧 縮 強 さ 5.4—3 表
 (5) 曲 げ 破 壊 係 数 5.4—5 表

- (2) 含 水 率 5.4—2 表
 (4) 引 張 強 さ 5.4—4 表
 (6) 曲 げ ヤ ン グ 係 数 5.4—6 表

5.4-1 表 気乾容積重

圧締圧力 (kg/cm ²)	チョウセンミネバリ		マ カ ン バ	
	試験片数	気乾容積重 平均	試験片数	気乾容積重 平均
100	5	1.31	5	1.26
150	5	1.37	5	1.34
200	5	1.47	5	1.35

5.4-2 表 含 水 率

圧締圧力 (kg/cm ²)	チョウセンミネバリ		マ カ ン バ	
	試験片数	含水率平均 (%)	試験片数	含水率 平均(%)
100	5	8.0	5	8.0
150	5	6.4	5	4.7
200	5	8.2	5	7.2

5.4-3 表 圧 縮 強 さ

圧締圧力 (kg/cm ²)	チョウセンミネバリ			マ カ ン バ		
	試験片数	圧縮強さ 平均 (kg/mm ²)	形質 商	試験片数	圧縮強さ 平均 (kg/mm ²)	形質 商
100	5	13.48	10.5	5	14.00	11.1
150	5	14.75	10.7	5	18.18	13.6
200	5	15.27	10.4	5	16.60	12.3

5.4-4 表 引 張 強 さ

圧締圧力 (kg/cm ²)	チョウセンミネバリ			マ カ ン バ		
	試験片数	引張強さ 平均 (kg/mm ²)	形質 商	試験片数	引張強さ 平均 (kg/mm ²)	形質 商
100	5	36.61	28.0	5	32.11	25.5
150	5	40.55	29.6	5	34.13	25.5
200	5	37.26	25.4	5	33.64	24.9

5.4-5 表 曲 げ 破 壊 係 数

圧締圧力 (kg/cm ²)	チョウセンミネバリ			マ カ ン バ		
	試験片数	曲げ破壊係 数平均 (kg/mm ²)	形質 商	試験片数	曲げ破壊係 数平均 (kg/mm ²)	形質 商
100	5	30.40	23.2	5	29.95	23.7
150	5	26.34	19.2	5	29.61	22.1
200	—	—	—	—	—	—

5.4-6 表 曲 げ ヤ ン グ 係 数

圧締圧力 (kg/cm ²)	チョウセンミネバリ			マ カ ン バ		
	試験片数	曲げヤング 係数平均 (kg/mm ²)	形質 商	試験片数	曲げヤング 係数平均 (kg/mm ²)	形質 商
100	5	3145	2401	5	2745	2179
150	5	2515	1836	5	2332	1740
200	—	—	—	—	—	—

(7) 剪 断 強 さ 5.4—7 表

(8) 接 着 強 さ 5.4—8 表

(9) 硬 さ 5.4—9 表

(10) 耐 水 性 各試料5個宛沸騰水中に6時間浸漬したが、何等膨起・剥離がなくその後1ヶ月常温で放置しても異状を認めなかつたので耐水性良好である。

5.4-7 表 剪 断 強 さ

圧縮圧力 (kg/cm ²)	チ ョ ウ セ ン ミ ネ バ リ				マ カ ン バ			
	試験片数	剪断強さ (kg/mm ²)	平均	形質商	試験片数	剪断強さ (kg/mm ²)	平均	形質商
100	5	3.33		2.5	5	3.11		2.5
150	5	3.51		2.6	5	4.06		3.0
200	5	3.34		2.3	5	3.63		2.7

5.4-8 表 接 着 強 さ

圧縮圧力 (kg/cm ²)	チ ョ ウ セ ン ミ ネ バ リ				マ カ ン バ			
	試験片数	接着強さ (kg/mm ²)	平均	形質商	試験片数	接着強さ (kg/mm ²)	平均	形質商
100	5	2.03		1.6	5	2.61		2.1
150	5	2.13		1.6	5	3.64		2.7
200	5	2.06		1.4	5	2.39		1.8

5.4-9 表 硬 さ

圧縮圧力 (kg/cm ²)	チ ョ ウ セ ン ミ ネ バ リ								マ カ ン バ							
	測定数	硬さ平均 (kg/mm ²)			形 質 商			測定数	硬さ平均 (kg/mm ²)			形 質 商				
		木口面	柾目面	板目面	木口面	柾目面	板目面		木口面	柾目面	板目面	木口面	柾目面	板目面		
100	5	18.6	13.7	12.5	14.2	10.5	9.6	5	16.9	12.7	10.7	13.4	10.1	8.6		
150	5	21.8	14.7	14.1	16.0	10.7	10.3	5	26.3	18.9	18.5	19.6	14.1	13.8		
200	5	19.6	15.0	15.1	13.3	10.2	10.3	5	22.2	17.6	18.0	16.4	13.0	13.3		

5.4.5 考 察

チ ョ ウ セ ン ミ ネ バ リ を マ カ ン バ に 比 較 す る に、い ず れ の 圧 縮 圧 力 に 於 て も 容 積 重 の 高 い も の が 得 ら れ る。強 度 は 引 張 強 さ・曲 げ ヤ ン グ 係 数 に 於 て マ カ ン バ よ り も 優 良 で あ り、曲 げ 破 壊 係 数 は 大 差 な く、圧 縮 強 さ・剪 断 強 さ・硬 さ は 可 成 り 劣 り、接 着 強 さ の 低 い 事 は 著 し い。更 に 形 質 商 を と っ て 考 え れ ば、引 張 強 さ・曲 げ ヤ ン グ 係 数 以 外 は 遙 か に 劣 る も の と 云 え よ う。

圧 縮 圧 力 と 諸 種 の 強 さ と の 関 係 は 此 の 実 験 で は 他 の 製 作 条 件 が 甚 し く 影 響 し て か、定 つ た 傾 向 が 見 ら れ ず、形 質 商 を 以 て 比 較 す れ ば、チ ョ ウ セ ン ミ ネ バ リ・マ カ ン バ 共 曲 げ 破 壊 係 数・曲 げ ヤ ン グ 係 数 を 除 い て 一 般 に 圧 縮 圧 力 150 kg/cm² の も の が 最 も 良 好 な 結 果 を 示 し て い る。

以 上 チ ョ ウ セ ン ミ ネ バ リ は マ カ ン バ と 比 較 し て 相 当 材 質 が 劣 る も の で あ る が、一 応 硬 化 積 層 材 と し て シ ラ カ ン バ 程 度 に 考 え て 使 用 可 能 と 認 め ら れ る。

5.4.6 摘 要

(1) 北 朝 鮮 産 チ ョ ウ セ ン ミ ネ バ リ を 用 い て 側 板 な し、圧 縮 圧 力 100 kg/cm²・150 kg/cm²・200 kg/cm² の 条 件 で 硬 化 積 層 材 を 製 作 し、之 等 と 同 一 条 件 で 製 作 し た マ カ ン バ 硬 化 積 層 材 と そ の 材 質 を 比 較 し た。

(2) チ ョ ウ セ ン ミ ネ バ リ 硬 化 積 層 材 は マ カ ン バ の 夫 に く ら べ る と、引 張 強 さ・曲 げ ヤ ン グ 係 数 は 優 良 で あ る が、圧 縮 強 さ・曲 げ 破 壊 係 数・剪 断 強 さ・接 着 強 さ・硬 さ は い ず れ も 劣 り、殊 に 形 質 商 は 遙 か に 不 良 で あ る。

(3) 圧 縮 圧 力 と 諸 強 度 と の 関 係 は 明 確 で な い が、此 の 実 験 結 果 で は マ カ ン バ・チ ョ ウ セ ン ミ

ネバリ共に形質商では圧縮圧力 150 kg/cm² のものが良好なる性質を示す事が多い。

(4) チョウセンミネバリはマカンバよりかなり材質は劣るが、一応硬化積層材として使用可能と認められる。

5.5 タブ硬化積層材の研究

5.5.1 ま え が き

タブ（一名イヌグス）*Machilus Thunbergii* SIEBOLD et ZUCCARINI は本州中南部・四国・九州・小笠原島・琉球・台湾等の暖地、主として瀬海地方に分布する常緑喬木で、我国南部では相当の蓄積があり、殊に熊本営林局管内国有林の蓄積は大きい。タブはカバ・ブナ類等にくらべれば軟質であるが、散孔材であり単板の切削も容易であるから、之による合板及び硬化積層材の考究をした。^(21,24)こゝには硬化積層材に就ての結果を挙げる。

5.5.2 供 試 材

原木は鹿屋営林署管内・鹿児島縣高山町大字後田字高野国有林産、丸太の直径 64 cm、長さ 2.3 m、単板は海軍航空技術廠材料部単板工場で製作したロータリー単板、厚さ 0.5 mm、辺材と心材を区別した。単板製作の際の歩止りは 40.1 % を示した。単板切削操作は容易であり、剥肌もまた良好であつた。

5.5.3 試料製作条件

試料の製作条件は 5.5—1 表の如し。

5.5—1 表 硬化積層材製作条件

項 目	圧 縮 圧 力 (kg/cm ²)				
	100	100	150	200	200
辺 心 材 別 単 板 合 せ 枚 数	辺 材 60	心 材 60	心 材 60	辺 材 80	心 材 80
接 着 剤	日本ペークライ ト製石炭酸フ ォルマリン樹脂溶 剤メタノール	同 左	同 左	同 左	同 左
樹脂液浸漬時間 (hr)	2	2	2	2	2
含 脂 率 (%)	16.0	15.5	15.5	16.0	15.5
自然乾燥時間 (hr)	48	48	48	48	48
人工乾燥温度 (°C)	70~80	70~80	70~80	70~80	70~80
同 時 間 (hr)	2	2	2	2	2
圧縮時側板の有無	な し	な し	な し	な し	な し
圧 縮 温 度 (°C)	135	135	135	135	135
圧縮加熱時間 (hr)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
圧力による伸び (mm)	な し	な し	な し	3	3
製品寸度(巾×長)(mm)	250×400	250×400	200×300	200×250	200×250

5.5.4 材質試験結果

(1) 気乾容積重 5.5—2 表 (2) 含 水 率 5.5—3 表

(3) 圧縮強さ 5.5—4 表

(4) 引張強さ 5.5—5 表

(5) 曲げ破壊係数 5.5—6 表

(6) 曲げヤング係数 5.5—7 表

(7) 剪断強さ 5.5—8 表

(8) 接着強さ 5.5—9 表

(9) 衝撃吸収エネルギー 5.5—10 表

(10) 硬さ 5.5—11 表

(11) 耐水性 各試料共5個宛沸騰水中に4時間浸漬したが、膨起・剥離するものがなく、尚その後1ヶ月常温で放置しても何等異状がなかつたので、耐水性良好と認められる。

5.5—3 表 含水率

圧縮圧力 (kg/cm ²)	辺心材別	試験 片数	含水率(%)		
			平均	最大	最小
100	辺材	7	5.8	8.8	2.8
	心材	9	5.4	10.6	2.1
150	心材	5	4.7	7.8	3.1
200	辺材	5	6.5	9.6	4.0
	心材	6	6.3	9.0	3.3

5.5—5 表 引張強さ

圧縮圧力 (kg/cm ²)	辺心材別	試験 片数	引張強さ (kg/mm ²)			平均の 形質商
			平均	最大	最小	
100	辺材	5	26.19	28.06	24.49	22.4
	心材	5	25.01	27.00	21.79	21.8
150	心材	5	28.60	29.75	26.50	21.5
200	辺材	5	25.81	29.00	22.32	19.1
	心材	5	34.69	36.73	32.78	26.3

5.5—7 表 曲げヤング係数

圧縮圧力 (kg/cm ²)	辺心材別	試験 片数	曲げヤング係数 (kg/mm ²)			平均の 形質商
			平均	最大	最小	
100	辺材	3	1548	1665	1472	1323
	心材	5	1708	1770	1584	1485
150	心材	5	1710	1840	1624	1286
200	辺材	4	1866	1991	1742	1382
	心材	5	1862	2005	1578	1411

5.5—2 表 気乾容積重

圧縮圧力 (kg/cm ²)	辺心材別	試験 片数	気乾容積重		
			平均	最大	最小
100	辺材	7	1.17	1.19	1.12
	心材	9	1.15	1.20	1.09
150	心材	5	1.33	1.35	1.30
200	辺材	5	1.35	1.36	1.35
	心材	6	1.32	1.37	1.27

5.5—4 表 圧縮強さ

圧縮圧力 (kg/cm ²)	辺心材別	試験 片数	圧縮強さ(kg/mm ²)			平均の 形質商
			平均	最大	最小	
100	辺材	11	12.39	13.20	11.08	10.6
	心材	10	12.57	13.10	11.63	10.9
150	心材	10	15.67	16.49	14.12	11.8
200	辺材	10	12.94	14.71	10.05	9.6
	心材	10	14.57	16.76	11.78	11.0

5.5—6 表 曲げ破壊係数

圧縮圧力 (kg/cm ²)	辺心材別	試験 片数	曲げ破壊係数 (kg/mm ²)			平均の 形質商
			平均	最大	最小	
100	辺材	3	26.61	26.95	26.34	22.7
	心材	5	25.20	25.97	23.81	21.9
150	心材	5	25.52	28.47	22.43	19.2
200	辺材	4	24.37	27.45	22.14	18.0
	心材	5	27.97	28.87	27.27	21.2

5.5—8 表 剪断強さ

圧縮圧力 (kg/cm ²)	辺心材別	試験 片数	剪断強さ (kg/mm ²)			平均の 形質商
			平均	最大	最小	
100	辺材	10	2.06	2.24	1.93	1.8
	心材	10	2.04	2.36	1.62	1.8
150	心材	10	2.35	2.62	2.03	1.8
200	辺材	10	2.43	2.70	2.06	1.8
	心材	10	2.47	2.84	2.15	1.9

5.9—9 表 接 着 強 さ

圧縮圧力 (kg/cm ²)	辺心材別	試験 片数	接 着 強 さ (kg/mm ²)			平均の 形質商
			平均	最大	最小	
100	辺 材	10	1.84	2.27	1.55	1.6
	心 材	10	1.90	2.10	1.65	1.7
150	心 材	10	1.70	1.87	1.59	1.3
200	辺 材	10	1.64	1.97	1.25	1.2
	心 材	10	1.81	2.02	1.47	1.4

5.5—10 表 衝撃吸収エネルギー

圧縮圧力 (kg/cm ²)	辺心材別	試験 片数	衝撃吸収 エネルギー (kgm/cm ²)			平均の 動的形 質商
			平均	最大	最小	
100	辺 材	5	0.58	0.90	0.37	0.42
	心 材	5	0.59	0.64	0.55	0.45
150	心 材	5	0.60	0.73	0.55	0.34
200	辺 材	5	0.72	1.00	0.46	0.40
	心 材	5	0.72	0.96	0.64	0.41

5.5—11 表 硬 さ

圧縮圧力 (kg/cm ²)	辺心材別	測定 数	硬 さ (kg/mm ²)									平均の形質商		
			木 口 面			柁 目 面			板 目 面			木口面	柁目面	板目面
			平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小			
100	辺 材	5	12.8	15.9	11.3	8.9	10.9	7.0	7.7	10.5	6.1	10.9	7.6	6.6
	心 材	5	13.7	15.9	12.2	9.3	10.5	7.8	8.3	10.2	6.8	11.9	8.1	7.2
150	心 材	5	18.4	21.0	14.5	18.2	21.0	13.2	14.9	16.7	9.9	13.8	13.7	11.2
200	辺 材	5	20.5	22.8	16.4	17.4	19.1	11.8	18.2	20.9	14.0	15.2	12.9	13.5
	心 材	5	20.1	23.9	17.0	17.4	19.1	13.2	17.1	19.1	14.4	15.2	13.2	13.0

5.5.5 考 察

タブ硬化積層材の諸強度の中、比較的良好なのは引張強さ・曲げ破壊係数・衝撃吸収エネルギーであつて、圧縮強さ・曲げヤング係数はマカンバの通常のものより相当低く（80 % 程度）、更に剪断強さ・接着強さ・硬さの値の低い事は著しい。

辺心材の差異は容積重に就ては圧縮圧力 100 kg/cm²・200 kg/cm² のいずれの場合も辺材の方が少し大きくあらわれ、圧縮強さ・引張強さ・曲げヤング係数・接着強さでその形質商は心材の方が大きくあらわれ、その他の強度ではその差異はあまり明瞭でないから、概括的に心材の方が優良であると云える。

圧縮圧力と材質との関係に就ては 150 kg/cm² 圧縮のものと 200 kg/cm² 圧縮のものは容積重が略々等しく、100 kg/cm² 圧縮のものがかなり容積重小であつて、強度に就ては定つた傾

5.5—12 表 材質の航路平行硬化積層材規格値との比較

航 路 平行硬化 積層材 規格値	甲 材 乙 材 丙 材	材	圧縮強さ	引張強さ	曲げ破壊係数	曲げヤング係数	剪断強さ	接着強さ	衝撃吸収エネルギー
			(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	(kgm/cm ²)
			16.0	28.0	24.0	2400	4.0	2.8	0.70
			13.0	21.0	20.0	2000	3.0	2.3	0.60
			11.0	20.0	15.0	1500	2.5	2.0	0.50
試 料	100 kg/cm ² , 辺材		可	良	優	不可	不可	不可	不可
	100 " , 心材		可	良	良	可	不可	不可	可
	150 " , 心材		良	良	良	可	不可	不可	可
	200 " , 辺材		不可	良	良	可	不可	不可	不可
	200 " , 心材		可	優	優	可	不可	不可	良

向を見出し難いが、形質商をとつて見ると一般に 100 kg/cm^2 圧縮のものが劣る様である。

尙各強度を航格・硬化積層材規格値⁽¹⁴⁾と比較して 5.5—12 表に示した。記載の方法は 5.2 ダケカンバの場合と同一である。

以上の結果によれば、タブ硬化積層材はマカンバの夫にくらべると諸種の強度が低く、到底硬化積層材としての通常の強度を要する用途に用いる事は期待出来ないが、その低下する材質を考慮して使用すれば、自らその用途もあると考えられる。

5.5.6 摘 要

(1) 鹿児島県産タブを用いて、辺心材別に圧縮圧力 100 kg/cm^2 , 150 kg/cm^2 , 200 kg/cm^2 側板なしの条件で硬化積層材を製作し、その材質を検討した。

(2) タブ硬化積層材は引張強さ・曲げ破壊係数・衝撃吸収エネルギーは比較的良好であるが圧縮強さ・曲げヤング係数は通常の硬化積層材の標準よりも相当低く、更に剪断強さ・接着強さ・硬さは著しく不良である。

(3) 辺心材の差異に就ては容積重は辺材の方が大であるが、諸強度は一般に心材の方が優良である。

(4) 圧縮圧力と材質との関係は 100 kg/cm^2 圧縮のものは容積重が低いのみならず、諸強度の形質商も良好でない。 150 kg/cm^2 , 200 kg/cm^2 圧縮のもの間では定つた傾向を見出し難い。

(5) タブは硬化積層材として通常の強度を要求される部材には使用し難いが、本邦南部に蓄積が多く、単板の製作容易なものであるから、その低い強度を考慮して用いれば、一応硬化積層材として生産の対象になり得る。

6 積層木材用接着剤に関する研究

積層木材用接着剤は積層材にするか、硬化積層材にするかによつてかなり異つている。積層材用としてはすべての接着剤が用いられるわけであるが、主に工業生産の難易の関係から或る程度限定される。現在用いられているものは塗布による加熱硬化性石炭酸系合成樹脂接着剤、同じく加熱硬化性の石炭酸系合成樹脂接合紙 (Tego-film)、常温硬化性石炭酸系合成樹脂接着剤、尿素系合成樹脂接着剤である。硬化積層材用としては、単板内部への浸透を期するため、殆んど加熱硬化性石炭酸系合成樹脂接着剤に限られている。

著者は硬化積層材の工業生産上使用される石炭酸・ホルマリン樹脂接着剤の標準化の問題を主として検討し、尙製法の簡易化、或は製品の性能の向上に関して二三の興味ある問題を取扱つた。

6.1 注入用石炭酸樹脂接着剤の標準化に関する研究

6.1.1 ま え が き

硬化積層材の性能は使用した単板の樹種のみならず、単板に注入された接着剤の性状によつても相当に異なる。単に石炭酸樹脂接着剤と称しても各種の製造法があり、それに従つて各種の性状のものがある。之等の優劣に就ては基本的に考究されたものが少い。そこで硬化積層材製造用として単板に注入される事を目的とした石炭酸樹脂接着剤を各種の方法により試製し、同時に之を使用して実際に硬化積層材を製作、その優良なものを求めんとした。尙標準的と認められるものに就て、その濃度・浸漬時間と含脂率との関係、工業的製造時の条件に於ける乾燥時間及び単板伸長率に就ても検討した。本研究は平山晋一・渡辺広太郎・鼻節欽治・長沢峻治・徳広ルツの諸氏との共同研究で、その主要なる部分は次の報告に発表されている。

平井信二・平山晋一・渡辺広太郎・鼻節欽治・長沢峻治：注入用石炭酸系合成樹脂接着剤＝⁽³⁰⁾スル研究

6.1.2 樹脂液の製作

3種類の様式の樹脂液を試作した。

No.1 含水樹脂液 石炭酸 400 g, フォルマリン (東洋高压製) 384 g を内容 1 l の 3 ロフラスコにとり、触媒として 1 N 苛性ソーダ溶液 50 cc と 20 % のアンモニヤ水 20 cc を加え、反応温度 85 ~ 90 °C にて 3 時間水浴上に加熱攪拌した後急冷し、之に 2 号メタノール 300 g を添加稀釈した。

No.2 脱水樹脂液 原料及び製作法は No.1 と同一であるが、メタノールにて稀釈する前に分液漏斗により水分 (上層) とワニス (下層) を分離せしめ、下層のワニス 600 g を得た。之に 2 号メタノール 300 g を添加稀釈した。

No.3 脱水中性樹脂液 原料及び製作法は No.1 と同一であるが、メタノールにて稀釈する前に過剰のアルカリを稀塩酸で中和し、数回水洗後、分液漏斗により水分 (上層) とワニス (下層) を分離せしめ、下層のワニス (乳白色を呈する) 1000 g に対し 2 号メタノール 730 g の割合で稀釈した。

6.1—1 表 試製樹脂の外観・比重・粘度及び屈折率

試 料	外 観	比 重 15/15°C	粘度(レッドウッド秒)		屈 折 率 アッペ, 20°C	
			20°C	30°C		
No. 1	ワ ニ ス	上層は水分, 下層は赤褐色のワニス	1.133	95.0	57.0	1.443
	樹 脂 液	透明な赤褐色粘稠体	1.023	8.3	7.0	
No. 2	ワ ニ ス	透明な黒赤褐色粘稠体	1.166	3.8	1.5*	1.448
	樹 脂 液	透明な赤褐色粘稠体	1.009	6.6	6.1	
No. 3	ワ ニ ス	半透明の赤褐色粘稠体	1.191	10.5	8.1*	1.454
	樹 脂 液	透明な赤褐色粘稠体	1.019	8.5	7.0	

* ラワチェック秒数

6.1.3 樹脂の性状

3種類の樹脂液とそのワニスの性状は次の如くである。

6.1.3.1 外観・比重・粘度・屈折率

6.1—1 表に示す。比重は比重瓶を用いて測定した。粘度はレッドウッド粘度計及びラワチェック粘度計を用いた。屈折率はアッペ屈折計によつて測定した。

6.1.3.2 加熱硬化時間

加熱温度 130°C に於て各樹脂液とそのワニス減量百分率が略々一定値を示す迄加熱し、硬化所要加熱時間を求めた。その方法は試料約 5 g を正確に秤量し、之を硝子蒸発皿（内径 72 mm, 深さ 14 mm, 厚さ 1 mm）に入れ、電気乾燥器中で 130°C にて加熱乾燥し、20 分毎に秤量しその減量を求めた。

樹脂液の場合は 3 種共に 100 分を要し、ワニスの場合は No.1 及び No.2 は 120 分、No. 3 は 80 分を要した。加熱時間と揮発分百分率との関係は 6.1—2 表の如し。

尚 3 種の樹脂液の 2 時間加熱後のアセトン抽出量を求めた。即ち各樹脂液約 10 g を磁製蒸発皿（内径 76 mm, 深さ 20 mm, 厚さ 3 mm）に採り、之を 130°C 2 時間加熱硬化せしめた後鉄製乳鉢中で粉碎し、50 mesh 篩を通過した試料約 5 g を正確に秤量し、ソックスレー抽出器によつて測定した。その結果は 6.1—3 表の如し。

6.1—2 表 試製樹脂の加熱時間と揮発分百分率 (%)

試 料		加 熱 時 間 (分)					
		20	40	60	80	100	120
No.1	ワニス	35.80	36.79	37.25	37.70	37.95	37.96
	樹脂液	59.87	61.69	61.73	62.00	62.02	
No.2	ワニス	34.56	35.75	36.69	36.91	37.18	37.20
	樹脂液	52.35	53.49	53.89	54.23	54.25	
No.3	ワニス	23.79	24.91	25.25	25.29		
	樹脂液	63.20	63.39	63.32	63.74	63.79	

6.1—3 表

試製樹脂のアセトン抽出量

樹脂液試料	硬化樹脂アセトン抽出量 (%)
No.1	6.63
No.2	4.62
No.3	4.17

以上の事から樹脂の完全硬化には約 120 分を要する事がわかる。即ち硬化積層材の製作時にはその厚さに従つて中心部の温度上昇に要する時間と樹脂硬化の時間を加えた適当な加熱時間を考えねばならぬ。

6.1.3.3 滲透性

厚さ 1 mm, 長さ 25 mm, 幅 25 mm のマカンバ・ロータリー単板（含水率約 5 %）を各樹脂液に一定時間浸漬後、70 ~ 80°C 2 時間、更に 130°C 2 時間人工乾燥を行い、該単板の含脂率の多少により滲透性の良否を定めた。その実験方法は次の如くである。1×50×25 mm の単板を 2 分して A・B とする。A を樹脂液に一定時間浸漬して後、取出して濾紙で単板表面に附着

した樹脂液を充分吸収せしめる。次に A・B 共に 70～80°C 更に 130°C で夫々 2 時間人工乾燥を行い、之をデシケーター中に入れて常温にした後秤量する。

$$70 \sim 80^{\circ}\text{C 乾燥後に於ける含脂率} = \frac{w_1 - w + h_1}{w} \times 100[\%]$$

$$\text{更に } 130^{\circ}\text{C 乾燥後に於ける含脂率} = \frac{w_3 - w + h_3}{w} \times 100[\%]$$

ここに w : A 単板の樹脂液浸漬前の重量, w_1 : A 単板を一定時間樹脂液に浸漬し、後 70～80°C で 2 時間乾燥後の重量, w_3 : A 単板を更に 130°C で 2 時間乾燥後の重量, $h_1 = w' - w_1'$, $h_3 = w' - w_3'$, w' : B 単板の始めの重量, w_1' : B 単板を 70～80°C で 2 時間乾燥後の重量, w_3' : B 単板を更に 130°C で 2 時間乾燥後の重量。

3 回の実験の平均値の含脂率は 6.1—4 表に示す如し。

6.3—4 表 試製樹脂液の単板浸漬時間とその含脂率 (%)

樹脂液試料	乾 燥	単 板 浸 漬 時 間 (時 間)				
		0.5	1	2	3	4
No.1	70～80°C で 2 時間	7.77	13.53	13.28	14.35	18.60
	更に 130°C で 2 時間	7.61	12.69	13.54	13.83	16.99
No.2	70～80°C で 2 時間	8.57	12.77	14.39	18.55	17.02
	更に 130°C で 2 時間	6.31	11.24	13.46	17.78	16.13
No.3	70～80°C で 2 時間	7.28	13.77	14.16	12.54	13.68
	更に 130°C で 2 時間	7.91	12.87	12.61	10.23	12.22

此の結果は供試単板の条件の均一化が困難な為かなり錯雑した状況を呈しているが、No.1 と No.2 の浸透性は良好で、No.3 は明かに浸透性が悪い。又全般の傾向として各樹脂液共、浸漬時間の長い程含脂率が大となる傾向が認められ、その関係は 1 時間迄はかなり急速に増大するが、その後は緩慢に上昇する。

6.1.4 樹脂液濃度・単板浸漬時間と含脂率との関係 (マカンバ)

浸透性良好と認められ、かつ後記の硬化積層材材質試験の結果の良好な脱水樹脂を対象とした。

6.5—5 表 脱水樹脂液の稀釈割合

試 料	混合割合(%)	
	ワニス	メタノール
A	30	70
B	40	60
C	50	50
D	60	40
E	70	30

6.1—6 表 脱水樹脂稀釈液の比重及び粘度

試 料	比 重 15/15°C	粘 度 レッドウッド秒	
		20°C	30°C
A	0.906	5.0	4.5
B	0.958	6.0	5.5
C	0.984	7.9	7.0
D	1.033	8.1	7.8
E	1.073	20.2	14.0

即ち No.2 と同一方法によつて製造した脱水樹脂 ワニスをメタノールを以て稀釈し各種樹脂濃度のものを得て、マカンバ単板に就て浸透性を考究した。

6.1.4.1 試 料

脱水樹脂ワニスを 6.1—5 表に示す如くメタノールで稀釈し、各種濃度のものを得た。その比

重と粘度は 6.1—6 表に示す如し。

6.1—7 表 脱水樹脂稀液の単板浸漬時間と
その含脂率 (%) (マカンバ)

試料	乾 燥	単板浸漬時間 (時間)			
		2	3	4	5
A	70~80°C で 2 時間	6.02	9.48	12.97	8.96
	更に 130°C で 2 時間	3.04	8.55	14.11	9.89
B	70~80°C で 2 時間	9.99	10.86	19.01	14.76
	更に 130°C で 2 時間	7.42	10.50	19.97	15.49
C	70~80°C で 2 時間	14.62	14.90	26.55	13.16
	更に 130°C で 2 時間	11.94	12.93	24.31	12.90
D	70~80°C で 2 時間	19.84	18.64	16.39	17.08
	更に 130°C で 2 時間	16.57	17.24	13.15	17.40
E	70~80°C で 2 時間	18.29	14.70	23.24	19.90
	更に 130°C で 2 時間	15.56	14.93	19.43	18.86

上の結果は試料 A 以外は大体滲透性良好なる結果を示している。即ち試料 A は樹脂濃度の小なるものであるが、人工乾燥の結果溶剤の揮発に伴い含脂率が小になるものである。従つて含脂率 15 % 程度を目標にすれば、樹脂濃度は少くとも 40 % 以上とする必要がある。又樹脂濃度の大きなるもの程内部への浸透が悪く、含脂率の高い事は表面附着の増大によるものと考えられる。従つて樹脂濃度の低いもの程望ましく、粘度から見ればレッドウッド 20°C で 6 秒程度のものが標準となる。

浸漬時間と含脂率との関係は此の実験では稍々不可解な結果を示している。概ね浸漬時間が増大する程含脂率も大となるが、特異な変化を示した試料 D を除き 5 時間浸漬の方が 4 時間浸漬の場合よりも含脂率が小である。その原因は或いはメタノールによる浸出の影響もあるかと考えられたので次の実験を行つた。厚さ 1 mm, 長さ 50 mm, 幅 50 mm のマカンバ・ロータリー単板 (全乾) をメタノールに 20 分・1 時間・2 時間・3 時間浸漬し、その後 70~80°C で 2 時間、更に 130°C で 2 時間人工乾燥を行い、減量百分率を求めた。その結果は 6.1—8 表の如し。

6.1—8 表 単板のメタノール浸漬の効果

メタノール 浸漬時間 (時間)	メタノール浸 漬後の単板重 量 (g)	70~80°C, 2 時間乾燥後		更に 130°C, 2 時間乾燥後	
		単板重量 (g)	その減量率 (%)	単板重量 (g)	その減量率 (%)
1/3	1.816	1.680	7.47	1.647	9.27
1	1.763	1.612	8.53	1.593	9.62
2	1.669	1.541	7.65	1.508	9.64
3	1.837	1.707	7.10	1.684	8.33

此の結果によれば

メタノールによる浸
出の影響がない事が
明かである。

6.1.5 樹脂液濃度と含脂率・単板の膨脹率・乾燥時間との関係 (ブナ)

6.1.4.2 滲透性実験結果

6.1.3.3 に於けると同一の実験を行つた。ただし試料は厚さ 1 mm, 長さ 50 mm, 幅 50 mm のマカンバ・ロータリー単板 (含水率約 5 %) を使用し、浸漬時間は 2 時間・3 時間・4 時間・5 時間とした。各濃度の樹脂液に所定時間浸漬後、70°C で 2 時間、更に 130°C で 2 時間乾燥後の含脂率 (3 個平均) を求めた。その結果は 6.1—7 表の如し。

前項と近似の実験をブナ単板を用いて行つたものであるが、樹脂液濃度と含脂率との関係の他、更にその際の単板の膨脹率・所要乾燥時間との関係も検討した。

6.1.5.1 樹脂液濃度と比重・ 6.1—9 表 樹脂液濃度と比重、粘度及び含脂率（ブナ）

試料	混合割合(%)		比重 15/15°C	粘度レッドウッド秒		含脂率(%)	
	ワニス	メタノール		20°C	30°C	含水の補正をしたもの	含水の補正をしないもの
No.2 と同一の方法によつて製造した脱水樹脂ワニスをメタノールで稀釈し、各種の濃度の樹脂液を作る。之に厚さ 1mm, 長さ 10mm, 幅 10mm のブナ・ロータリー単板（含水率約5%）を2	0	100	0.808	4.1	4.2		
	1	30	0.906	4.4	4.7	11.87	5.55
	2	35	0.925	4.7	4.7	12.99	10.30
	3	40	0.972	5.4	5.9	19.00	16.71
	4	45	0.939	4.8	4.9	20.32	17.49
	5	50	0.991	6.8	5.8	23.01	16.67
	6	55	1.000	6.6	6.0	24.13	20.50
	7	60	1.010	8.5	6.5	28.73	24.20

時間浸漬、60°C にて 3 時間人工乾燥を行つた。その結果は 6.1—9 表の如し。たゞし此の表で含水の補正をした含脂率とは前項と同一、即ち $\frac{w_1 - w + h_1}{w} \times 100$ [%], 含水の補正をしない含脂率とは $\frac{w_1 - w}{w} \times 100$ [%] である。

之によれば含脂率 15% を目標とすれば前項のマカンバの場合と同様、樹脂濃度は少くとも 40% 以上である事が必要である。粘度から見ればレッドウッド 20°C で 6 秒程度のものが標準となる。

6.1.5.2 樹脂液濃度と単板の膨脹率

6.1.5.1 の実験に於て樹脂液 2 時間浸漬直後及び 60°C 3 時間人工乾燥後の単板の膨脹率を示せば 6.1—10 表の如し。膨脹率の計算は次式による。

$$\text{単板膨脹率} = \frac{\text{樹脂液浸漬後又は乾燥後の単板の長さ} - \text{樹脂液浸漬前の単板の長さ}}{\text{樹脂液浸漬前の単板の長さ}} \times 100 [\%]$$

6.1—10 表 樹脂液濃度と単板の膨脹率

試料	樹脂液浸漬直後の膨脹率(%)			乾燥後の膨脹率(%)		
	繊維方向	繊維に直角厚み方向 方向(大凡透心切線方向)	繊維に直角厚み方向 方向(大凡透心切線方向)	繊維方向	繊維に直角厚み方向 方向(大凡透心切線方向)	繊維に直角厚み方向 方向(大凡透心切線方向)
1	0.47	6.85	4.18	0.04	-0.20	4.21
2	0.29	7.45	1.51	0.25	1.34	6.05
3	-0.84	8.31	1.24	-0.78	3.38	1.20
4	0.27	7.58	4.29	0.50	2.62	3.69
5	0.23	7.43	4.49	0.25	3.38	5.26
6	0.92	6.06	4.25	0.48	2.38	5.80
7	0.26	6.85	2.75	0.15	3.96	3.91

6.1—11 表 樹脂液濃度と乾燥所要時間

試料	乾燥所要時間	
	自然乾燥	60°C人工乾燥
1	20時	1時30分
2	22時30分	2時20分
3	21時15分	1時30分
4	20時45分	2時
5	17時	2時50分
6	19時40分	3時
7	17時	3時

以上の結果から樹脂液濃度と単板の膨脹率との特定の関係は見出し難い。しかし樹脂注入による単板の伸びは繊維方向については殆んど考慮する事は要らないが、繊維に直角方向に就ては 2~3% の伸びを生ずる事を見込まなくてはならない事が明かである。此の事はモールドィングの場合、単板の型取りに際し予め之だけの伸びを考慮に入れておく事が必要となる。

6.1-12 表 試験樹脂による硬化積層材の材質試験結果

欄中の数値は次の記載を示す

[平均値(試験片個数)
最大値—最小値]

試験料	気容積重	含水率 (%)	圧縮強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	曲げ破壊係数 (kg/mm ²)	曲げヤング係数 (kg/mm ²)	剪断強さ (kg/mm ²)	接着強さ (kg/mm ²)	衝撃吸収 エネルギー (kgm/cm ²)	硬さ (kg/mm ²)			耐水性
										木口面	柱目面	板目面	
No.1	1.26(8) 1.29—1.22	6.6	17.55(8) 24.30—15.70	35.29(5) 36.22—31.72	30.84(5) 33.30—26.73	2306(5) 2431—2255	3.10(8) 3.35—2.88	2.05(8) 2.70—1.37	0.52(6) 0.64—0.46	18.85(8)	13.86(8)	14.12(8)	良好
No.2	1.29(8) 1.36—1.26	6.1	18.85(8) 19.90—17.20	36.90(5) 39.55—34.57	32.21(5) 34.92—29.70	2627(5) 2880—2529	3.37(8) 3.93—2.98	2.64(8) 2.89—2.40	0.60(6) 0.73—0.55	25.18(8)	14.21(8)	13.59(8)	良好
No.3	1.29(8) 1.32—1.26	6.5	17.88(8) 18.40—16.83	28.91(5) 32.55—26.85	31.62(5) 35.12—26.86	2897(5) 2991—2867	3.19(8) 3.43—2.94	2.83(8) 3.28—2.40	0.62(6) 0.64—0.55	20.51(8)	14.26(8)	14.33(8)	良好

6.1.5.3 樹脂液濃度と乾燥所要時間

単板を樹脂液に浸漬した後、溶剤メタノールを揮散させる為乾燥を行うが、その際どのような方法でどれ位の時間乾燥するかが問題になる。もし乾燥不十分の場合には圧縮に際し、温度上昇と共に揮発分が膨脹して材面の膨れ・接着面の剥がれ等の最も悪質の損傷を生ずる。ここでは前記各種濃度の樹脂液に2時間浸漬したブナ単板を屋内常温(約 15°C 前後)に於ける自然乾燥、60°C の人工乾燥^{*}をし、共に恒量に達する迄の時間を求めた。その結果は 6.1—11 表の如し。

以上の結果によれば樹脂液濃度と乾燥所要時間との関係は自然乾燥と人工乾燥とでは稍く反対の傾向を示し、その理由は明かでないが、自然乾燥では 20 時間以上、60°C 人工乾燥では 3 時間程度が適当なる事が判明した。

6.1.6 試製樹脂液による硬化積層材の材質

試製樹脂液を使用して硬化積層材を製作し、その材質の優劣より、樹脂の適否を判定せんとした。

6.1.6.1 試料製作法

マカンバ・ロータリー単板、厚さ 1 mm のものを 50 枚積層、単板を 6.1.2 の各樹脂液に 6 時間浸漬し、2 晝夜自然乾燥を行い、更に 80°C 2 時間人工乾燥を行つた後、之を積層、たゞし単板の主繊維方向を平行とした。之を 130°C、200 kg/cm²、側板を入れて加熱加圧して製作した。硬化積層材の仕上り寸度は厚さ 31 mm、長さ 400 mm、幅 120 mm、圧縮率は 62 ~ 66% である。含脂率は No.1 (含水樹脂液使用) 15%、No.2 (脱水樹脂液使用) 17%、No.3 (脱水中性樹脂液使用) 12% である。

6.1.6.2 材質試験結果

* 人工乾燥温度は 100°C 以上高めると、樹脂の硬化が始まる故、単板予備乾燥には之以下の温度でなければならぬ。

6.1—12 表に示す如し。

此の結果は強度の種類によつて幾分の相違があるが、大凡の傾向として No.2 が最も優れ、No.3 は稍々之に近く、No.1 は全般にかなり劣る。殊に硬さ・曲げヤング係数・衝撃吸収エネルギー・接着強さの低い事が著しい。もつとも No.1 は No.2・No.3 に比して容積重小なる事も影響していると考えられる。接着強さは No.3 が最も大なる事は注意を要する。

尙航格の平行硬化積層材規格値と比較して優劣を表示すれば 6.1—13 表となる。即ち最小値が甲材規格値以上のものを優、乙材規格値以上のものを良、丙材規格値以上のものを可、丙材規格値以下のものを不可とした。

6.1—13 表 材質の航格平行硬化積層材規格値との比較

		圧縮強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	曲げ 破壊係数 (kg/mm ²)	曲げ ヤング係数 (kg/mm ²)	剪断強さ (kg/mm ²)	接着強さ (kg/mm ²)	衝 撃 吸収エネルギー (kgm/cm ²)
航 格 規格値	甲 材	16	28	24	2400	4.0	2.8	0.7
	乙 材	13	21	20	2000	3.0	2.3	0.6
	丙 材	11	20	15	1500	2.5	2.0	0.5
試 料	No. 1	良	優	優	良	可	不可	不可
	No. 2	優	優	優	優	可	良	可
	No. 3	優	良	優	優	可	良	可

6.1.7 摘 要

(1) 硬化積層材の単板注入用石炭酸樹脂接着剤として含水樹脂液・脱水樹脂液・脱水中性樹脂液の3種類を製作し、之等の性状、主としてその単板への滲透性を検討した。その結果によれば含水樹脂液と脱水樹脂液が滲透性良好である。

(2) 脱水樹脂液の適当な濃度は 40%，粘度レッドウッド 20°C で 6 秒程度のものが標準となる。

(3) 3種の樹脂液を使用した硬化積層材の各種材質を検討した結果によれば、脱水樹脂によるものが最も良好で、脱水中性樹脂によるもの稍々之に近く、含水樹脂によるものはかなり悪い。ただし接着強さは脱水中性樹脂によるものが最も良好である。

(4) 以上の結果から硬化積層材用単板注入の標準石炭酸樹脂接着剤としては比較的滲透性がよく、しかも製品の材質良好なる脱水樹脂を採用し、樹脂濃度 40%，その粘度レッドウッド 20°C で 6 秒程度の樹脂液とするを可とする。

(5) 此の標準石炭酸樹脂接着剤を工業的に使用する際に単板の樹脂浸漬時間を 2 時間程度、溶剤（メタノール）揮散の自然乾燥は 20 時間以上、人工乾燥ならば 60°C 3 時間程度を適当とし、此の際の単板の幅の膨脹率は 2～3% 見込む必要がある。

6. 2 メラミン混入石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤による硬化積層材の研究

6.2.1 ま え が き

メラミンとホルマリンによる樹脂は石炭酸・ホルマリン樹脂にくらべるとその加熱硬化に高い温度を要しないので、もし之が硬化積層材の製作に使用し得るならば工業生産上著しく有利となり、又高温による木材質自体の変質の点からも有効と考えられるので、一部メラミン混入の石炭酸・ホルマリン樹脂接着剤による硬化積層材を製作し、同一条件で製作した通常の石炭酸・ホルマリン樹脂接着剤による対照のものと材質を比較した。木材接着加工用の接着剤としてのメラミン樹脂の研究及びメラミン樹脂のみによる硬化積層材の研究には既に報告されたものがある。

6.2.2 樹脂液の製作

(1) 石炭酸・ホルマリン樹脂接着剤：標準のもの（前項 6.1 参照）

(2) メラミン混入石炭酸・ホルマリン樹脂接着剤

製 法：メラミン 126 g
 フォルマリン 450 g
 2N 苛性ソーダ 4 cc

を混合し 70°C, 1 時間加熱する。別に

石 炭 酸 376 g
 2N 苛性ソーダ 5 cc

6.2—1 表 硬化積層材の製作条件

接 着 剤	メラミン混入樹脂	石炭酸樹脂
項 目	マカンパ, ローターリー	マカンパ, ローターリー
単 板	1	1
単 板 厚 (mm)	1	1
樹脂液浸漬前の 単板乾燥状態	気 乾	気 乾
樹脂液浸漬時間(hr)	2	2
自然乾燥時間(hr)	24	48
人工乾燥温度(°C)	50	80
人工乾燥時間(hr)	2	3
圧縮圧力 (kg/cm ²)	150	150
側 板 の 有 無	な し	な し
圧 縮 温 度(°C)	100	135
圧 縮 加 熱 時間(hr)	1.5	1.5
含 脂 率 (%)	12	18
圧 縮 率 (%)	67	67

を混合したものを上記のものに加え, 80°C 1~1.5 時間加熱, 分離脱水し, ワニスを同量のメタノールで稀釈する。

6.2.3 メラミン混入樹脂液の性状

比重 (15/15°C) : 0.986

粘度 (レッドウッド秒) :

20°C—5.2, 30°C—4.7, 40°C—4.5

屈折率 (アツベ)(13°C) : 1.515

6.2.4 硬化積層材の製作条件

6.2—1 表に示す。

6.2.5 硬化積層材の材質 6.2—2 表に示す。

6.2.6 考 察

予備実験の結果メラミン混入樹脂では略々 100°C で加熱, 硬化積層材を作製し得る見当がついたので、之によるものの材質を検討した。製作条件に関しては上記加熱温度の低下の有効性は認められるが、樹脂の浸透性は石炭酸樹脂にくらべて劣る。出来た硬化積層材は同一圧縮圧力に於て容積重著しく低く、又含水率も高い。各種強度の中低下が認められるものは硬さ・剪断強さ・

6.2—2 表 硬化積層材の材質試験結果

項 目	接 着 剤	メラミン混入樹脂					石 炭 酸 樹 脂				
		試験片数	平均	最大	最小	平均の形質商	試験片数	平均	最大	最小	平均の形質商
容 積 重		5	1.19	1.20	1.15	—	5	1.34	1.35	1.34	—
含 水 率 (%)		5	8.0	8.1	7.8	—	5	4.7	5.2	4.0	—
圧 縮 強 さ (kg/mm ²)		6	14.62	15.20	13.65	12.3	6	13.40	14.12	12.74	10.0
引 張 強 さ (kg/mm ²)		6	32.78	35.46	29.69	27.5	6	31.94	34.20	29.09	23.8
曲 げ 破 壊 係 数 (kg/mm ²)		6	27.48	29.51	25.43	23.1	6	25.78	26.58	24.63	19.2
曲 げ ヤ ン グ 係 数 (kg/mm ²)		6	2290	2554	1995	1924	6	2327	2352	2315	1737
剪 断 強 さ (kg/mm ²)		8	3.15	3.46	2.80	2.6	8	4.33	4.58	4.16	3.2
接 着 強 さ (kg/mm ²)		8	2.65	2.94	2.40	2.2	8	2.38	2.79	1.99	1.8
衝撃吸収エネルギー(kg·m/cm ²)		6	0.77	1.20	0.64	0.54	5	1.18	1.20	1.10	0.66
硬 さ (kg/mm ²)	木口面	6	15.7	16.7	15.2	13.2	6	28.6	31.2	26.2	21.3
	柃目面	6	8.3	9.6	7.0	7.0	6	28.7	31.2	26.5	21.4
	板目面	6	8.2	9.9	7.0	6.9	6	30.5	32.5	27.0	22.8

衝撃吸収エネルギーであつて、その他の強度では劣る事がなく、形質商は良好であつて、殊に接着強さのまさる事は此の樹脂の実用を可能ならしめるものである。

木材質変質の影響の現われ易い引張強さ・曲げヤング係数・衝撃吸収エネルギー等に就ては、加熱温度の低いと云う事の格別の効果は認められなかつた。

尙航格・硬化積層材規格値⁽¹⁴⁾と比較して表示すれば、6.2—3 表となる。その記載は諸強度の最小値が甲材規格値以上ならば優、乙材規格値以上ならば良、丙材規格値以上ならば可、丙材規格値以下ならば不可とした。

6.2—3 表 材質の航格平行硬化積層材規格値との比較

航 格 平 行 硬 化 積 層 材 規 格 値	材 質	圧縮強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	曲 げ 破 壊 係 数 (kg/mm ²)	曲 げ ヤ ン グ 係 数 (kg/mm ²)	剪断強さ (kg/mm ²)	接着強さ (kg/mm ²)	衝撃吸収 エネルギー (kg·m/cm ²)
		甲 材	乙 材	丙 材	メ ラ ミ ン 混 入 樹 脂	石 炭 酸 樹 脂	良	優
試 料	甲 材	16.0	28.0	24.0	2400	4.0	2.8	0.70
	乙 材	13.0	21.0	20.0	2000	3.0	2.3	0.60
	丙 材	11.0	20.0	15.0	1500	2.5	2.0	0.50
試 料	メ ラ ミ ン 混 入 樹 脂	良	優	優	可	可	良	良
	石 炭 酸 樹 脂	可	優	優	良	優	不可	優

6.2.7 摘 要

(1) 硬化積層材単板注入用接着剤としてメラミン混入石炭酸・フォルマリン樹脂液をつくり、之に浸漬したマカンバ単板を用いて 100°C で加熱圧縮した硬化積層材を製作し、通常石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤により 135°C で加熱圧縮して製作した硬化積層材の材質と比較した。

(2) メラミン混入樹脂液によるものは同一圧縮圧力の対照のものにくらべて容積重著しく低く、含水率も高い。又硬さ・剪断強さ・衝撃吸収エネルギーは低い、他は概ね良好である。殊

に接着強さは対照にくらべてまさつていた。

(3) 加熱温度 100°C でかなり充分な材質の硬化積層材が得られるから、工業生産上有利と考えられる。

6.3 ビニール・フォルマル混入石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤による硬化積層材の研究

6.3-1 表 硬化積層材の製作条件

項 目	接 着 剤	
	ビニール・フォルマル混入樹脂	石炭酸樹脂
単 板	マカンパ、ロ一タリー単板	マカンパ、ロ一タリー単板
単 板 厚 (mm)	1	1
樹脂液浸漬前の 単板乾燥状態	気 乾	気 乾
樹脂液浸漬時間(hr)	20	6
自然乾燥時間 (hr)	48	48
人工乾燥温度 (°C)	80	80
人工乾燥時間 (hr)	2	2
圧縮圧力 (kg/cm ²)	200	200
側 板 の 有 無	あ り	あ り
圧 縮 温 度 (°C)	135	135
圧縮加熱時間 (hr)	1	1.5
含 脂 率 (%)	15.0	15.3
圧 縮 率 (%)	63	63

6.3.1 まえがき

ビニール・フォルマルによる合成樹脂は強度・靱性が高く、耐水性も良好であるが、之を通常の石炭酸・フォルマリン樹脂に混入する事によつて硬化積層材に何等かの効果が得られるかを対照のものと比較検討した。

6.3.2 樹脂液の製作

(1) 石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤：標準のもの（前項 6.1 参照）

(2) ビニール・フォルマル混入石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤：標準石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤 100 g にビニール・フォルマル

5 g を混入，60～65°C にて加温溶解をなす。

6.3.3 ビニール・フォルマル混入樹脂液の性状

比 重 (20°C) : 0.981

粘 度 (レッドウッド秒) : 20°C—36.6, 30°C—32.

6.3-2 表 硬化積層材の材質試験結果

項 目	接 着 剤	ビニール・フォルマル混入樹脂					石 炭 酸 樹 脂				
		試験片数	平均	最大	最小	平均の形質商	試験片数	平均	最大	最小	平均の形質商
容 積 重		5	1.18	1.20	1.17	—	5	1.29	1.36	1.26	—
含 水 率 (%)		5	4.7	4.9	4.3	—	5	6.1	6.5	5.5	—
圧 縮 強 さ (kg/mm ²)		6	14.15	15.05	12.72	12.0	6	18.85	19.90	17.20	14.6
引 張 強 さ (kg/mm ²)		5	31.52	33.32	29.20	26.7	6	36.90	39.55	34.57	28.6
曲げ破壊係数 (kg/mm ²)		4	27.37	28.25	26.02	23.2	5	32.21	34.92	29.70	25.0
曲げヤング係数 (kg/mm ²)		4	1970	2096	1756	1669	5	2627	2880	2529	2036
剪 断 強 さ (kg/mm ²)		8	3.12	3.30	2.87	2.6	8	3.37	3.93	2.98	2.6
接 着 強 さ (kg/mm ²)		8	2.25	2.44	2.04	1.9	8	2.64	2.98	2.25	2.0
衝撃吸収エネルギー (kgm/cm ²)		5	0.61	1.00	0.37	0.44	6	0.60	0.73	0.55	0.36
硬 さ (kg/mm ²)	木口面	6	14.7	15.8	14.0	12.4	6	25.2	31.5	18.3	19.5
	柃目面	6	9.3	10.2	8.4	7.9	6	14.2	20.9	11.9	11.0
	板目面	6	7.6	9.2	6.0	6.4	6	13.6	15.3	11.6	10.5

6.3.4 硬化積層材の製作条件

6.3—1 表に示す。

6.3.5 硬化積層材の材質

6.3—2 表に示す。

6.3.6 考 察

ビニール・フォルマール混入樹脂は粘度が高く、単板への浸透性は極めて不良であつて、樹脂含浸に長時間を要する。之による硬化積層材は同一圧縮圧力の石炭酸・フォルマリン樹脂によるものよりも容積重がかなり小さい。それにも増して諸強度の全般的な低下が見られる。殊に曲げヤング係数・硬さの低下が著しい。平均の形質商をとれば剪断強さ・接着強さは殆んど等しい。石炭酸・フォルマリン樹脂によるものと同程度の容積重を持つものを作つても靱性・強度の高いものが得られる期待は少く、ビニール・フォルマールの混入は良い効果がないものと考えられる。

尙航格・硬化積層材規格値⁽¹⁴⁾と比較して表示すれば 6.3—3 表となる。その記載は前項 6.2 の場合と同じ。

6.3—3 表 材質の航格平行硬化積層材規格値との比較

			圧縮強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	曲 げ 破壊係数 (kg/mm ²)	曲 げ ヤング係数 (kg/mm ²)	剪断強さ (kg/mm ²)	接着強さ (kg/mm ²)	衝撃吸収 エネルギー (kgm/cm ²)
航 格 平 行 硬 化 積 層 材 規 格 値	甲	材	16.0	28.0	24.0	2400	4.0	2.8	0.70
	乙	材	13.0	21.0	20.0	2000	3.0	2.3	0.60
	丙	材	11.0	20.0	15.0	1500	2.5	2.0	0.50
試 料	ビニール・ フォルマール 混入樹脂		可	優	優	可	可	可	不可
	石炭酸樹脂		優	優	優	優	可	可	可

6.3.7 摘 要

(1) 硬化積層材単板注入用接着剤としてビニール・フォルマール混入の石炭酸・フォルマリン樹脂を作り、之によつてマカンバ硬化積層材を製作し、同一条件によつて製作した通常の石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤による対照のものとその材質を比較した。

(2) ビニール・フォルマール混入樹脂液は粘度が高く、単板への浸透性は極めて悪い。

(3) ビニール・フォルマール混入樹脂による硬化積層材は対照のものにくらべて容積重が低く、それ以上に諸強度の全般的低下が見られる。ただし剪断強さ・接着強さの形質商は近似である。

(4) 通常の石炭酸・フォルマリン樹脂にビニール・フォルマールを混入するも、何等良い効果が無いものと考えられる。

6.4 フルフラール使用接合紙による積層材の研究

6.4.1 ま え が き

石炭酸とフルフラールより合成樹脂を生成する事に関しては八浜義和氏以下の多くの研究がある。又之を用いて硬化積層材を製造する事の研究も最近に至り多少行われたが、その性能は通常^(15,16,68,80)の石炭酸・ホルマリン樹脂によるものにくらべれば相当劣るものである。之等の研究はホルマリン代替にフルフラールを使用せんと考えるものであるが、著者は比較的簡易に実用化するには積層材用に使用の方が有効との考えから、接合紙としての使用に関する研究を行った。

積層材製作に用いる石炭酸系樹脂接合紙 (Tego-film) は通常サイズのない薄紙に石炭酸又はクレゾール (低温乾餾のものを用いる事あり) とホルマリンを縮合した樹脂を塗布、乾燥したものをを用いる。此のホルマリンの一部代替にフルフラールを使用した接合紙によつて積層材を製作し、その材質を検討したものである。

6.4.2 試料の製作

(1) 単板 プナ・ロータリー単板, 厚さ 1.0 mm, 気乾のもの

シナ・ロータリー単板, 厚さ 1.5 mm, 気乾のもの

6.4-1 表 積層材の製作条件

樹種 項目	プナ	シナ
単板厚(mm)	1.0	1.5
合せ枚数	24	15
圧締圧力(kg/cm ²)	25	20
圧締温度(°C)	135 ± 5	135 ± 5
圧締加熱時間(hr)	2	2
圧縮率(%)	70	57
製品仕上り寸度 (厚さ×幅×長さ) (mm)	16.8× 200×1800	12.8× 200×1800

ライナーを使用せず

(2) 接合紙 原紙は大昭和製紙株式会社製薄葉紙。樹脂原料配合比は次の如きもので国産化工株式会社に委託製造したものである。

石炭酸 100 % (重量比)

低温クレゾール 100 %

ホルマリン 48 %

フルフラール 52 %

6.4-2 表 積層材の材質試験結果

項目	樹種	プナ					シナ				
		試験片数	平均	最大	最小	平均の形質商	試験片数	平均	最大	最小	平均の形質商
容積重		5	0.86	0.87	0.85	—	5	0.81	0.82	0.79	—
含水率(%)		5	5.8	6.6	5.0	—	5	6.6	6.7	6.5	—
圧縮強さ(kg/mm ²)		5	6.9	7.2	6.5	8.0	9	9.8	9.9	8.4	12.1
引張強さ(kg/mm ²)		13	17.3	19.1	16.0	20.1	13	12.7	15.4	8.9	15.7
長柱引張強さ(kg/mm ²)		—	—	—	—	—	2	12.9	12.9	12.8	15.9
曲げ破壊係数(kg/mm ²)		6	11.2	12.7	9.1	13.0	18	15.4	18.7	13.1	19.0
曲げヤング係数(kg/mm ²)		6	1088	1328	816	1264	18	1348	1862	991	1660
剪断強さ(kg/mm ²)		6	1.63	1.98	1.33	1.90	10	1.62	1.84	1.08	2.00
接着強さ(kg/mm ²)		6	1.67	1.96	1.42	1.94	9	0.95	1.16	0.76	1.17
衝撃吸収エネルギー(kgm/cm ²)		6	0.55	0.70	0.44	0.74	—	—	—	—	—
耐水性		良					良				

(3) 積層材製作条件 積層材の製作条件は 6.4—1 表の如し。

6.4.3 材質試験方法

材質試験の項目は容積重及び含水率の測定、通常の試験片による圧縮・引張・曲げ・剪断・接着・衝撃曲げの各強度試験、長柱試験片による引張試験並に耐水性の判定の各項である。長柱引張試験の方法は後記 8.1 針葉樹単板による長物積層木材の研究に記したものと同一である。ただしブナに就て長柱引張試験及びシナに就ての衝撃曲げ試験を行わなかつた。

6.4.4 材質試験結果

6.4—2 表に示す如し。

6.4.5 考 察

ブナ積層材・シナ積層材共に容積重は積層材としては稍々高きものに属するが、之と平衡を保つ強度はブナでは引張強さ・剪断強さ・接着強さ、シナでは圧縮強さ・曲げ破壊係数・剪断強さであつて、ブナの圧縮強さ・曲げ破壊係数・曲げヤング係数・衝撃吸収エネルギー及びシナの引張強さ・曲げヤング係数・接着強さは相当に低い。かかる強度的性質の多くは使用された接合紙の如何によるものではなくて、寧ろ他の製作条件に由来するものであるが、ただし接着強さと耐水性は接合紙の良否を判定せしめる直接の資料になり得よう。即ちブナに就ては概ね良好であるがシナに就ては不良である。シナを用いる時は他の接着剤でも接着強さが悪くなるものである故、此の事を考慮に入れば略々実用に供し得るものと云えよう。

尚樹種の比較をすれば、形質商ではシナは概してブナより優良であるが、引張強さ・接着強さの劣る事を注意しなければならない。

航格・平行積層材規格値⁽¹⁸⁾と比較して表示すれば 6.4—3 表となる。ただし此の規格値はマカンバ・ブナ・イヌブナの硬質闊葉樹散孔材に対するものであるから、シナの如き軟質材では之に対比する事は出来ないが、便宜上共に掲示した。その記載は接着強さ以外の諸強度は最小値が甲材規格値以上ならば優、乙材規格値以上ならば良、丙材規格値以上ならば可、丙材規格値以下ならば不可とし、接着強さは規格値以上ならば+、規格値以下ならば-とした。

6.4—3 表 材質の航格平行積層材規格値との比較

		圧縮強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	曲 げ 破壊係数 (kg/mm ²)	曲 げ ヤング係数 (kg/mm ²)	剪断強さ (kg/mm ²)	接着強さ (kg/mm ²)	衝撃吸収 エネルギー (kgm/cm ²)
航 格 平行積層材 第二種 規格値	甲 材	8.0	14.0	13.5	1200	1.20	0.95	0.50
	乙 材	7.0	13.0	12.5	1100	1.00	0.95	0.50
	丙 材	6.0	11.0	11.0	1050	0.95	0.95	0.40
試 料	ブ ナ	可	優	不可	不可	優	+	可
	シ ナ	(優)	(不可)	(良)	(不可)	(良)	-

第二種規格値は マカンバ、ブナ、イヌブナに対するもの

6.4.6 摘 要

(1) 石炭酸・低温クレゾール・ホルマリン・フルフラール（ホルマリンとフルフラールは略々同量）を以て製作した接合紙を使用して、ブナ及びシナ積層材を製作しその材質を検討した。

(2) ブナ積層材は引張強さ・剪断強さ・接着強さが良好であり、シナ積層材は圧縮強さ・曲げ破壊係数・剪断強さが良好である。

(3) 接合紙としての実用性を判定せしめる接着強さと耐水性に就て云えば、ブナに対しては概ね良好であるが、シナに対しては不良である。シナは他の接着剤を用いた場合も不良であるから、フルフラール使用接合紙は実用に供し得るものと考えられる。

6.5 蛋白熱圧による積層材の研究

6.5.1 まえがき

蛋白質は加熱によつて変性し、水に対する溶解度が減少する事は一般に認められている処である。此の事から蛋白系接着剤を用いた場合加熱硬化すれば耐水性良好になる事が考えられるので、之を利用して積層材を製作する方法及びその製品に就て研究した。此の研究は佐々木周郁・宮内正人・上野景平氏との共同研究によるものである。⁽⁷²⁾ 尙合板に対する応用に就ては別途研究し次の如く発表済である。

三好東一・平井信二・徳屋雅彦：合板に関する研究 第2報 大豆蛋白熱圧合板製造法の研究⁽⁵²⁾

三好東一・平井信二・仁賀定三：合板に関する研究 第6報 大豆蛋白接合紙による合板製造法の研究。⁽⁵³⁾

6.5.2 蛋白接着剤の調製及びその条件

6.5.2.1 試料蛋白の窒素含有量

蛋白としてカゼイン（北海道興農公社製），大豆蛋白（豊年製油製），落花生蛋白（野田屋製）の3種類を用いた。各試料に就てケルダール法によつて窒素含有量を測定した結果は 6.5—1 表の如くである。

6.5—1 表 試料蛋白の窒素含有量

種 類	窒 素 含 有 量 (%)
カ ゼ イ ン	16.1~16.2
大 豆 蛋 白	12
落 花 生 蛋 白	16.1~16.2

之によればカゼイン・落花生蛋白は純粋に近いが、大豆蛋白は多少不純分を含む事を知つた。

6.5.2.2 蛋白接着剤の調製

一定の蛋白量に対して、その 0.2% の苛性ソーダ及び 5% の消石灰を加えて、濃度 10% 及び 15% の蛋白液を調製した。調製法は先ず蛋白を水に膨潤せしめ、之に苛性ソーダ

・消石灰の水溶液を順次添加し、之を単板浸漬液とした。使用迄に約 30 分間放置する。浸漬液の使用量は単板（1×220×220 mm）30 枚に対し浸漬液 3000 cc の割合である。

6.5.2.3 蛋白液の濃度と蛋白附着量・蛋白使用量

6.5—2 表 蛋白附着量, 蛋白使用量
及び圧縮前単板含水率

蛋白種類	浸漬液濃度 (%)	蛋白附着量 (%)	蛋白使用量 (g/100cm ²)	圧 縮 前 単板含水率 (%)
カゼイン	10	5.9	0.19	12.7
	15	10.1	0.33	11.7
大豆蛋白	10	6.5	0.19	14.1
	15	13.1	0.38	14.9
落花生蛋白	15	4.3	0.13	9.2

前記の蛋白溶液 150 cc に就き, プナ・
ロータリー 1 mm 単板 100×150 mm の
もの 5 枚を浸漬し, 浸漬 1 時間の後, 自然
乾燥を行つた。之につき蛋白附着量・蛋白
使用量 及び 単板の 含水率を求めた結果は
6.5—2 表に示す。

上表から蛋白附着量は浸漬液の濃度によ
つて著しい差異がある事が認められる。尙

単板含水率は自然乾燥時の天候によつて左右されるから確定的でない。

6.5.2.4 フォルマリン処理

試料の中フォルマリン処理をしたものがある。即ち浸漬後単板の生乾き状態に於て, フォルマ
リン 5% 溶液に 20 分間浸漬し乾燥させた。

6.5.3 積層材の製作

単板はプナ及びヒノキ・ロータリー単板, 厚さ 1 mm, 寸法 220×220 mm のものを使用し,

6.5—3 表に示す條件で製作した。

6.5—3 表 積層材製作条件, 圧縮温度 120~130°C, 冷却取出温度 70~80°C

符 号	樹 種	合せ枚数	蛋白種類	蛋白濃度 (%)	浸漬時間 (hr)	自然乾燥 時 間 (hr)	人工乾燥 (40°C) 時 間 (hr)	フォル マリン 処 理	圧縮圧力 (kg/cm ²)	圧縮加熱 時 間 (min)
C ₁	プ ナ	15	カゼイン	10	1	13	4	×	40	15
C ₂	プ ナ	15	カゼイン	15	1	43	—	×	40	15
C ₃	プ ナ	15	カゼイン	15	1	13	4.5	×	40	15
C ₅	プ ナ	15	カゼイン	15	1	13	4.5	×	60	15
C ₆	プ ナ	15	カゼイン	15	1	13	4.5	×	80	20
C ₇	プ ナ	28	カゼイン	15	1	13	4.5	×	40	15
C ₁₄	プ ナ	20	カゼイン	15	1	13	4.5	×	40	15
S ₁	プ ナ	16	大 豆	10	1	13	2	×	40	15
S ₂	プ ナ	15	大 豆	15	1	39	—	×	40	15
S ₃	プ ナ	17	大 豆	15	1	—	4.5	×	40	15
S ₄	プ ナ	17	大 豆	20	1	13	2	×	40	15
S ₅	プ ナ	21	大 豆	15	1	13	2	×	60	15
S ₆	プ ナ	26	大 豆	15	1	13	2	×	80	15
S ₇	プ ナ	32	大 豆	15	1	13	2	×	40	15
S ₈	プ ナ	17	大 豆	15	1	13	2	有	40	15
S ₁₀	ヒノキ	20	大 豆	15	1	13	2	×	40	15
S ₁₁	プ ナ	15	大 豆	15	1	13	2	×	40	15
S ₁₂	プ ナ	31	大 豆	15	1	13	2	×	100	20
P ₁	プ ナ	17	落花生	15	1	13	2	×	40	15

6.5—4 表 積層材の容積重及び含水率

符号	試験 片数	容 積		含 水 率 (%)		標準含水率(8%)換算容積重			
		平 均	最 大	最 小	平 均	最 大	最 小	平 均	最 大
C ₁	6	1.01	1.03	0.96	12.3	13	11	0.98	1.02
C ₂	5	0.95	0.98	0.89	11.1	12	11	0.93	0.95
C ₃	6	1.00	1.10	0.92	11.2	14	8	0.97	1.07
C ₅	6	1.10	1.16	1.04	14.1	16	12	1.05	1.11
C ₆	5	1.17	1.19	1.14	14.0	14	13	1.11	1.13
C ₇	6	0.91	0.94	0.88	11.2	14	9	0.89	0.92
C ₁₄	5	0.92	0.98	0.87	11.0	12	10	0.90	0.94
S ₁	6	0.99	1.11	0.92	15.4	17	14	0.94	1.03
S ₂	5	1.04	1.06	1.02	16.9	18	16	0.97	0.99
S ₃	5	0.98	1.00	0.80	11.2	13	9	0.93	0.97
S ₄	5	0.93	0.95	0.90	11.4	12	11	0.90	0.92
S ₅	5	1.14	1.24	1.09	14.0	14	13	1.08	1.18
S ₆	4	1.02	1.10	0.88	17.2	18	17	1.01	1.04
S ₇	3	0.94	0.95	0.94	16.0	16	15	0.88	0.89
S ₈	4	0.96	1.00	0.94	13.0	13	13	0.92	0.96
S ₁₀	5	1.14	1.26	1.08	13.0	13	12	1.10	1.20
S ₁₁	5	0.99	1.01	0.93	11.1	12	11	0.98	0.98
S ₁₂	5	1.16	1.19	1.11	13.0	13	13	1.11	1.14
P ₁	4	1.00	1.06	0.96	14.0	14	13	0.95	1.01

6.5—5 表 積層材の圧縮強さ

符号	試験 片数	圧 縮 強 さ (kg/mm ²)		標準含水率(8%)換算圧縮強さ (kg/mm ²)			
		平 均	最 大	最 小	平 均	最 大	最 小
C ₁	8	6.20	6.48	6.00	7.84	8.10	6.87
C ₂	8	6.34	6.63	5.70	7.31	7.92	6.56
C ₃	8	6.68	7.20	6.49	7.75	9.40	6.52
C ₅	8	6.70	7.18	6.58	8.74	10.16	8.03
C ₆	8	5.96	6.32	5.56	7.75	8.22	6.95
C ₇	8	7.07	7.64	6.71	8.20	9.82	7.09
C ₁₄	8	5.98	6.30	5.70	6.88	7.56	6.27
S ₁	9	5.43	6.17	4.94	7.44	8.79	6.45
S ₂	5	5.67	5.86	5.36	8.21	8.49	7.76
S ₃	8	5.59	5.91	5.18	6.48	7.39	5.31
S ₄	8	5.46	5.94	5.15	6.39	7.19	5.82
S ₅	7	5.97	6.52	5.48	7.76	8.48	6.85
S ₆	7	5.44	6.65	4.86	7.90	9.91	7.02
S ₇	3	3.97	3.99	3.95	5.56	5.59	5.33
S ₈	8	5.35	5.89	5.03	6.69	7.36	6.29
S ₁₀	6	6.93	7.64	6.59	8.66	9.55	7.91
S ₁₁	7	6.26	6.52	6.03	7.23	7.69	6.78
S ₁₃	8	5.73	6.10	5.35	7.16	7.62	6.69
P ₁	7	5.32	5.57	4.95	6.92	7.24	6.19

6.5-6 表 積層材の引張強さ

符 号	試 験 片 数	引 張 強 度 (kg/mm ²)		標準含水率(8%)換算引張強さ (kg/mm ²)	
		平 均	最 大	最 小	最 大
C ₁	5	17.7	18.9	15.6	19.8
C ₂	—	—	—	—	—
C ₃	5	15.4	17.3	13.8	18.4
C ₅	5	17.3	18.8	15.5	20.4
C ₆	5	15.9	16.7	15.0	17.7
C ₇	5	17.1	18.1	16.0	19.1
C ₁₄	5	14.4	16.6	13.4	17.3
S ₁	5	15.9	17.6	12.3	18.8
S ₂	5	13.1	14.2	12.9	15.6
S ₃	5	14.1	14.9	13.1	15.7
S ₄	5	16.3	17.7	14.6	18.5
S ₅	5	16.7	19.8	14.1	21.0
S ₆	5	19.6	21.3	17.8	23.4
S ₇	5	14.1	15.2	13.5	16.4
S ₈	3	17.0	18.1	16.0	19.0
S ₁₀	5	26.0	28.8	24.3	30.2
S ₁₁	5	16.4	17.3	15.6	17.9
S ₁₃	4	18.8	20.1	17.5	21.1
P ₁	5	16.4	18.1	15.1	19.2

6.5-7 表 積層材の剪断強さ

符 号	試 験 片 数	剪 断 強 度 (kg/mm ²)		標準含水率(8%)換算剪断強さ (kg/mm ²)	
		平 均	最 大	最 小	最 大
C ₁	8	2.29	2.54	2.02	3.18
C ₂	6	2.07	2.20	1.89	2.63
C ₃	7	2.39	2.60	2.08	3.37
C ₅	9	2.74	3.06	1.56	4.33
C ₆	5	3.01	3.14	2.85	4.08
C ₇	8	2.21	2.38	2.03	2.78
C ₁₄	6	2.14	2.31	1.96	2.77
S ₁	8	2.49	3.28	2.10	4.67
S ₂	7	2.10	2.19	1.98	3.26
S ₃	8	2.00	2.58	1.80	3.23
S ₄	8	1.92	2.10	1.82	2.55
S ₅	8	2.22	2.48	2.08	3.02
S ₆	8	1.65	2.20	1.05	3.03
S ₇	6	1.66	1.86	1.54	2.60
S ₈	6	1.63	2.04	1.43	2.55
S ₁₀	5	2.33	2.74	2.10	3.60
S ₁₁	7	2.20	2.30	2.11	2.71
S ₁₃	8	2.58	2.86	1.77	3.58
P ₁	7	2.14	2.55	1.60	3.32

6.5.4 積層材材質試験結果

(1) 容積重及び含水率 6.5—4 表。容積重は標準含水率 8% の時の値に換算したものを併記した。

(2) 圧縮強さ 6.5—5 表。標準含水率 8% の時の値に換算したものを併記した。以下各種の強度に就ても同様。圧縮強さの換算は含水率 1% の増減に対し、強さ 5% 減増するものとした。⁽¹³⁾

(3) 引張強さ 6.5—5 表。引張強さの含水率補正は含水率 1% の増減に対し、強さ 1% 減増するものとした。⁽¹³⁾ 上表中 C_2 の値がないのは、此の試験片の部分が接着不良で試験片製作が不能であつた為である。

(4) 剪断強さ 6.5—7 表。剪断強さの含水率補正は含水率 1% の増減に対し、強さ 5% 減増するものとした。⁽¹³⁾

(5) 接着強さ 6.5—8 表。

(6) 耐水性 試験片を沸騰水中に 6 時間浸漬した場合の結果を 6.5—9 表に示す。浸漬後剥離しないものを良とした。尚吸水膨脹率は試験片の積層方向の厚さをとり、吸水後の伸びのものと長さに対する百分率を以て示した。

6.5—8 表 積層材の接着強さ

符 号	試験片数	接 着 強 さ (kg/mm ²)		
		平 均	最 大	最 小
C ₁	7	1.69	1.89	1.55
C ₂	4	0.77	0.95	0.54
C ₃	8	1.45	1.79	0.92
C ₅	4	1.98	2.28	1.51
C ₆	11	2.09	2.45	1.55
C ₇	7	1.72	1.96	1.52
C ₁₄	6	1.92	2.02	1.66
S ₁	8	1.54	1.88	1.33
S ₂	7	1.40	1.63	1.00
S ₃	8	1.27	1.79	1.02
S ₄	7	1.60	2.00	1.43
S ₅	9	1.24	1.63	1.12
S ₆	7	1.38	1.62	1.10
S ₇	6	1.37	1.51	1.20
S ₈	5	1.56	1.85	1.34
S ₁₀	6	1.56	1.96	1.46
S ₁₁	6	1.89	1.95	1.81
S ₁₂	8	1.59	2.79	0.86
P ₁	9	1.29	1.92	0.84

6.5—9 表 積層材の耐水性

符 号	耐 水 性	
	外 観	厚みの吸水膨脹率 (%)
C ₁	良	40
C ₂	剥 離	37
C ₃	良	41
C ₅	剥 離	40
C ₆	良	60
C ₇	剥 離	47
C ₁₄	一	一
S ₁	一	一
S ₂	良	26
S ₃	良	34
S ₄	剥 離	43
S ₅	良	40
S ₆	良	37
S ₇	良	30
S ₈	良	40
S ₁₀	良	63
S ₁₁	良	26
S ₁₂	良	50
P ₁	良	40

6.5.5 考 察

試験結果を見て先ず第一に著しいのは製品の含水率が大なる事である。積層材の標準含水率は 8 % であるのに対し、此のものは 11 ~ 17 % にも達する。此の事は各強度値にも影響を与えるものである。容積重は一般の積層材にくらべて大きい。之は通例の硬質の潤葉樹散孔材に対する圧縮圧力は 25 kg/cm² 程度に止められるのに対し、此のものでは最小 40 kg/cm² を以て圧縮し、又 60・80・100 kg/cm² のものもある故で、当然圧縮圧力の影響と考えられた。予備実験の結果によれば熱圧蛋白の場合、圧縮圧力が小であると接着力が極めて低いので、此の程度の大きな圧縮圧力を用いたのである。圧縮強さは通例の積層材にくらべて著しく低い。圧縮圧力大なるものでは強度増大の傾向は認められる。引張強さは優良であつて、殊にヒノキはすぐれている。剪断強さは全試料優良である。接着強さも概ね優良であるが、一部値のかなり低いものがある。蛋白濃度 10 % の試料は接着強さが優良であつた。耐水性は大豆蛋白・落花生蛋白は大体良好であるが、カゼインは前二者にくらべて稍劣る様である。尚フォルマリン処理の有無は耐水性に影響を与えない。吸水膨脹率は一般に大である。之は圧縮圧力の大なる事によるものである。

ヒノキによる試料はただ 1 個しかないが、すべての性質は極めて優良であつて、硬化積層材と比較すると、その容積重は航格・平行硬化積層材⁽¹⁴⁾の丙材程度であるが、引張強さは甲材以上、剪断強さは乙材以上の値を示す。

尚標準含水率 (8 %) に補正した値を航格の平行積層材規格値と⁽¹³⁾比較して表示すれば 6.5—10 表となる。その記載は容積重は平均値に就て、圧縮強さ・引張強さ及び剪断強さは最小値が甲材規格値以上ならば優、乙材規格値以上ならば良、丙材規格値以上ならば可、丙材規格値以下ならば不可とし、接着強さは最小値が規格値以上ならば +、規格値以下ならば - とした。

以上の結果によれば、蛋白熱圧による積層材は含水率の大なる事、圧縮強さの小なる事、吸水膨脹率の大なる事を除けば概ね優良であつて、更に条件を適当に考究すれば、その性能を向上せしめ、実用の価値あるものが得られると考える。尚製品の含水率大なる事は種々の面で悪影響があると考えられるので、プレスから取出し後、適正な含水率に乾燥する事が必要であらう。

6.5.6 摘 要

(1) 蛋白質は加熱によつて変性し、水に対する溶解度を減少する事を利用し、積層材を製作する方法及びその製品に就て考究した。

(2) 蛋白試料としてカゼイン・大豆蛋白・落花生蛋白を用い、苛性ソーダ及び消石灰を併用し、蛋白濃度 10 % 及び 15 % の接着剤溶液を調製、浸漬によるブナ単板の蛋白附着量・蛋白使用量を求めた。

(3) かかる蛋白接着剤液に浸漬したブナ及びヒノキ単板を材料として積層材を製作したが、その際の圧縮圧力は 40 kg/cm² 以上、圧縮温度は 120 ~ 130°C で適当なものが得られた。

6.5-10 表 材質の航格平行積層材規格値との比較

			容 積 重	圧 縮 強 さ (kg/mm ²)	引 張 強 さ (kg/mm ²)	剪 断 強 さ (kg/mm ²)	接 着 強 さ (kg/mm ²)
航 平 行 積 層 材 規 格 第 一 種 格 値	甲	材	0.80~0.65	6.6	11.0	0.80	0.70
	乙	材	0.65~0.50	5.5	9.5	0.80	0.70
	丙	材	0.50~0.40	4.5	7.5	0.70	0.70
試 料	S 10		> 甲	優	優	優	+
航 平 行 積 層 材 規 格 第 二 種 格 値	甲	材	0.95~0.85	8.0	14.0	1.20	0.95
	乙	材	0.85~0.75	7.0	13.0	1.00	0.95
	丙	材	0.75~0.65	6.0	11.0	0.95	0.95
試 料	C ₁		> 甲	可	優	優	+
	C ₂		> 甲	可	一	優	—
	C ₃		> 甲	可	良	優	—
	C ₅		> 甲	優	優	優	+
	C ₆		> 甲	可	優	優	+
	C ₇		> 甲	良	優	優	+
	C ₁₄		> 甲	可	良	優	+
	S ₁		> 甲	可	良	優	+
	S ₂		> 甲	良	良	優	+
	S ₃		> 甲	不 可	良	優	+
	S ₄		> 甲	不 可	優	優	+
	S ₅		> 甲	可	優	優	+
	S ₆		> 甲	良	優	優	+
	S ₇		> 甲	不 可	優	優	+
	S ₈		> 甲	可	優	優	+
	S ₁₁		> 甲	可	優	優	+
	S ₁₂		> 甲	可	優	優	—
	P ₁		> 甲	可	優	優	—

第一種はエゾマツ、ヒノキ等針葉樹に対するもの、第二種 マカンバ、ブナ、イヌブナに対するもの

(4) 蛋白熱圧による積層材は含水率が大きく、又容積重も大である。後者の大であるのは圧縮圧力の大なる事にもよる。材質は圧縮強さの小なる事、吸水膨脹率の大なる事及び耐水性に多少の不安がある事を除けば概ね優良である。

(5) ヒノキ積層材は全般に優良で、殊に引張強さはすぐれている。

(6) 積層材の耐水性はカゼインによるものは大豆蛋白・落花生蛋白によるものよりも稍劣る様である。

7 積層木材の単板の組合せに関する研究

7.1 ま え が き

積層木材は通常その単板の繊維方向を同一にして積層する平行積層木材であるが、使用目的に

よつては異つた積層法を用いる事が考えられる。即ち各種強度値は単板の組合せを異にするに従つて種々な値を示す事に由来する。従来之に関する研究の発表されたものは殆んどなく、僅かに1/8・1/10・1/14 マカンバ混交硬化積層材に関する宇野昌一氏の研究があるに過ぎない。⁽⁸⁸⁾ここに通常使用せられる各種組合せの積層木材諸強度に関して求めた基礎的な結果を記載する。尙後記8.2 長物積層木材の研究に於ても混交積層木材を取扱つた。

7.2 試料の製作

7.2.1 単板の組合せ法

試料積層木材の単板組合せ法による種別名称は次の如くである。

- (1) 直交積層材：構成単板の繊維方向は1枚毎に直交する。
- (2) 直交硬化積層材：同上。
- (3) 1/5 混交硬化積層材：構成単板の繊維方向は5枚平行毎に1枚直交する。
- (4) 1/10 混交硬化積層材：構成単板の繊維方向は10枚平行毎に1枚直交する。
- (5) 45°放射状硬化積層材：構成単板の繊維方向は1枚毎に45°ずつ放射状に変化する。
- (6) 30°放射状積層材：構成単板の繊維方向は1枚毎に30°ずつ放射状に変化する。

7.2.2 使用材料

- (1) 単板の樹種 マカンバ・ブナ
- (2) 単板の材種 ロータリー単板、厚さ1mm
- (3) 接着剤 石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤、溶剤メタノール

7.2.3 試料製作条件

7—1 表に示す。尙圧縮に際してはすべて側板を使用した。

7—1 表 試料製作条件

種 別	樹種	出来上り寸度 (厚×幅×長) (mm)	浸漬 時間 (hr)	自然乾燥 時 間 (hr)	人工乾燥 温 度 (°C)	人工乾燥 時 間 (hr)	圧縮圧力 (kg/cm ²)	圧縮温度 (°C)	含脂率 (%)
直 交 積 層 材	マカンバ	35×450×900	塗布	24	80	2	25	125	2.5
"	ブ ナ	33×450×900	塗布	24	80	2	25	125	11
直 交 硬 化 積 層 材	マカンバ	31×450×900	1	24	80	2	200	125	15
"	ブ ナ	30×450×900	1	24	80	2	200	125	24
1/5 混交硬化積層材	マカンバ	31×900×900	1	20	80	2	200	125	17
"	ブ ナ	25×900×900	1	24	80	2	200	125	13
1/10混交硬化積層材	マカンバ	31×900×900	1	20	80	2	200	125	17
"	ブ ナ	25×900×900	1	24	80	2	200	125	13
45°放射状硬化積層材	マカンバ	31×400×400	1	20	80	2	200	125	8
"	ブ ナ	30×400×400	1	20	80	2	200	125	12
30°放射状硬化積層材	マカンバ	31×400×400	1	20	80	2	200	125	8
"	ブ ナ	30×400×400	1	20	80	2	200	125	12

* 日本航空機規格には筆者の命名が採用されている。

7.3 材質試験方法

材質試験の項目は容積重及び含水率の測定、圧縮・引張・曲げ・剪断・接着強さ・衝撃曲げ・硬さ及び振りの各機械的試験である。試験方法は概説に記載したものと同一であるが、尚使用目的を考えて通常の場合と異つた方向の強さを求めているので、之に関して附記する。

(1) 圧縮試験：構成単板の繊維方向と試験片の長軸とが平行又は直角の場合と 45° をなす場合とに就て行つた。

(2) 引張試験：圧縮試験の場合と同じ。

(3) 曲げ試験：負荷面が柾目の場合と板目の場合に就て試験を実施し、後者には更に構成単板の繊維方向と試験片の長軸とが 45° をなす場合に就き行つたものもある。

(4) 剪断試験：圧縮試験の場合と同じ。

(5) 接着強さ試験：圧縮試験の場合と同じ。

(6) 衝撃曲げ試験：曲げ試験の場合と同じ。

尚積層材の各強度値は標準含水率(8%)の時に換算した値も求めた。換算法は 6.5 蛋白熱圧積層材の場合と同一である。

7.4 材質試験結果

7—2 表乃至 7—7 表に示す。

7.5 考 察

通常の平行積層木材の場合には一定方向の強度のみ見れば略々差支えないが、単板の組合せを異にする場合は目的によつて各方向の強度が必要となる。此の研究の主目的は結果に示された各種強度値そのものにあるのであつて、此の様な材料を使用する場合の設計資料となり得るであらう。尚此の研究結果から抽出される三四の事項に言及する。

7.5.1 直交積層木材の材質

他の種別のものに就ても同じであるが、単板の組合せ以外同一条件の下で製作した平行積層木材がないので直接の比較をなし得ない。殊に硬化積層材は従来発表されたものにくらべて含脂率が割合に少く、又此の研究の製作品は寸度が割合に大きい事から容積重が小である事も既往の結果と比較をなし得ない理由である。直交積層木材はボルト結合部分の当板等に使用されるのが主であるが、その場合に積層面に平行方向の面圧・剪断荷重を受ける。従つて使用の場合に荷重方向が繊維方向と平行(及び直角)になる事と 45° の角をなす事がある。その優劣に就ては後の項に考察する。ただ諸強度が平行積層木材では異方性であるのにくらべて、等方性になつている事は特徴であつて、又構成上当然の事である。即ち平行積層木材の繊維方向の値より低い、之に直角方向の値よりは高い。各強度の種類によつて平行積層木材の繊維方向の値からの相違の程度は異なるが、圧縮強さ・硬さは低下の割合が比較的少く、引張強さの低下の程度は甚しい。剪断強

7-2 表 直交積層材材質試験結果

項 目	マ				ン				バ				ブ				ナ	
	試験片数	最 大	最 小	平 均	試験片数	最 大	最 小	平 均	試験片数	最 大	最 小	平 均	試験片数	最 大	最 小	平 均	標準含水時 換算平均	平均の 形質商
容 積	10	0.77	0.75	0.76	—	—	—	—	—	—	—	—	10	0.73	0.69	0.70	—	—
含 水 率 (%)	10	4.4	3.8	4.1	—	—	—	—	—	—	—	—	10	7.6	6.7	7.2	—	—
圧 縮 強 さ (kg/mm ²)	10	7.07	5.94	6.70	—	—	—	—	—	—	—	—	10	6.00	5.47	5.65	5.42	8.1
	10	6.77	5.49	5.94	—	—	—	—	—	—	—	—	10	4.91	4.12	4.50	—	6.4
引 張 強 さ (kg/mm ²)	5	10.71	8.50	9.26	—	—	—	—	—	—	—	—	3	6.32	4.09	5.44	5.40	7.8
曲 げ 破 壊 係 数 (kg/mm ²)	8	10.13	9.55	9.78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11	12.86	8.10	10.58	—	—	—	—	—	—	—	—	12	9.37	4.24	6.74	6.69	9.6
曲 ヤ ン グ 係 数 (kg/mm ²)	8	1150	900	995	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11	1182	540	950	—	—	—	—	—	—	—	—	12	1140	531	691	685	987
前 断 強 さ (kg/mm ²)	15	3.99	2.84	3.06	—	—	—	—	—	—	—	—	15	3.53	2.61	3.04	2.92	4.3
	15	2.98	2.49	2.80	—	—	—	—	—	—	—	—	15	2.97	2.07	2.40	—	3.4
接 着 強 さ (kg/mm ²)	15	1.31	0.54	0.91	—	—	—	—	—	—	—	—	15	0.69	0.30	0.55	—	0.8
	15	0.86	0.33	0.59	—	—	—	—	—	—	—	—	15	0.84	0.30	0.50	—	0.7
衝 撃 吸 収 エ ネ ルギ ー (kgm/cm ²)	8	0.50	0.30	0.38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	0.32	0.21	0.25	—	0.51
	8	0.37	0.27	0.32	—	—	—	—	—	—	—	—	8	0.26	0.20	0.23	—	0.47
振 り 強 さ (kg/mm ²)	9	1.78	0.97	1.30	—	—	—	—	—	—	—	—	6	1.27	0.64	1.00	—	1.4
剛 性	9	382	64	132	—	—	—	—	—	—	—	—	6	438	58	159	—	227
硬 さ (kg/mm ²)	12	12.7	6.2	8.6	—	—	—	—	—	—	—	—	12	6.5	4.3	5.6	—	8.00
	12	9.6	6.7	7.6	—	—	—	—	—	—	—	—	12	6.9	4.9	6.0	—	8.57
	12	6.0	3.8	5.1	—	—	—	—	—	—	—	—	12	5.7	3.3	4.4	—	6.29

7-3 表 直交硬化積層材質試験結果

項 目		マ			ソ			ブ			平均の 形質商
		試験片数	最 大	最 小	平 均	試験片数	最 大	最 小	平 均		
容 積	重	10	1.26	1.19	1.22	—	—	—	1.21	—	
含 水	率 (%)	10	3.3	2.6	2.9	—	—	—	3.9	—	
圧 縮 強 さ (kg/mm ²)	試験片の縦軸と繊維方向は平行 又は直角	10	16.63	14.25	15.66	12.8	15.90	16.44	13.6		
	試験片の縦軸と繊維方向は 45°	10	15.44	14.78	14.83	12.2	14.29	15.70	13.0		
引 張 強 さ (kg/mm ²)	試験片の縦軸と繊維方向は平行 又は直角	5	15.79	10.68	13.42	11.0	—	—	—		
	試験片の縦軸と繊維方向は 45°	—	—	—	—	—	4.62	7.03	5.8		
曲 破 壊 係 数 (kg/mm ²)	負 荷 面 征 目	8	17.20	14.52	16.20	13.3	—	—	—		
	負 荷 面 板 目	3	18.00	13.64	16.25	13.3	10.97	12.68	10.5		
曲 ヤ ン グ 係 数 (kg/mm ²)	負 荷 面 征 目	8	1867	1519	1651	1353	—	—	—		
	負 荷 面 板 目	3	1727	1271	1516	1243	976	1296	1071		
剪 断 強 さ (kg/mm ²)	試験片の縦軸と繊維方向は平行 又は直角	15	6.73	6.03	6.25	5.1	5.06	5.48	4.5		
	試験片の縦軸と繊維方向は 45°	15	6.92	5.80	6.38	5.2	5.18	5.89	4.9		
接 着 強 さ (kg/mm ²)	試験片の縦軸と繊維方向は平行 又は直角	15	1.64	1.09	1.39	1.1	1.16	1.56	1.3		
	試験片の縦軸と繊維方向は 45°	15	2.54	1.50	2.00	1.6	0.92	1.33	1.1		
衝 撃 吸 収 エ ネ ルギ ー (kgm/cm ²)	負 荷 面 征 目	8	0.56	0.45	0.52	0.35	—	—	—		
	負 荷 面 板 目 同上、試験片の縦軸と繊維方向 は 45°	7	0.69	0.52	0.68	0.45	0.20	0.27	0.18		
振 り 強 さ	(kg/mm ²)	9	4.74	2.48	3.83	3.1	2.24	2.70	2.2		
剛 性	率 (kg/mm ²)	9	360	111	219	180	70	146	121		
硬 さ (kg/mm ²)	木 口 面	12	22.8	17.0	20.5	16.80	15.8	18.5	15.29		
	縦 目 面	12	21.8	17.6	20.0	16.39	14.9	17.6	14.55		
	板 目 面	12	17.6	12.8	15.0	12.30	10.5	17.7	14.63		

7-4 表 1/5 混交硬化積層材材質試験結果

項	目	マ			カ			ソ			バ			フ			平均の 形状商
		試験片数	最大	最小	平均	試験片数	最大	最小	平均	試験片数	最大	最小	平均	試験片数	最大	最小	
容	積 重	10	1.32	1.30	1.31	—	—	—	—	10	1.36	1.34	1.35	—	—	—	—
含	水 率 (%)	10	3.6	3.0	3.2	—	—	—	—	10	3.6	2.8	3.1	—	—	—	—
圧 縮 強 さ (kg/mm ²)	試験片の縦軸と大部分の繊維方 向は平行	10	24.30	22.20	23.20	17.7	20.65	17.65	19.72	10	20.65	17.65	19.72	14.6	—	—	14.6
	試験片の縦軸と繊維方向は 45°	9	16.10	13.75	14.89	11.4	15.08	14.16	14.65	10	15.08	14.16	14.65	10.9	—	—	10.9
引 張 強 さ (kg/mm ²)	試験片の縦軸と大部分の繊維方 向は平行	6	23.87	9.26	19.59	15.0	22.45	18.10	20.26	5	22.45	18.10	20.26	15.0	—	—	15.0
	試験片の縦軸と繊維方向は 45°	10	10.96	5.28	8.54	6.5	6.63	5.31	6.10	3	6.63	5.31	6.10	4.5	—	—	4.5
曲 げ 破 壊 係 数 (kg/mm ²)	負 荷 面 板 目	3	26.14	21.49	24.52	18.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	負 荷 面 板 目	5	31.31	27.59	29.56	22.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
曲 げ ヤ ン グ 係 数 (kg/mm ²)	負 荷 面 板 目	3	2356	2272	2321	1772	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	負 荷 面 板 目	5	2253	1442	1912	1460	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
剪 断 強 さ (kg/mm ²)	試験片の縦軸と大部分の繊維方 向は平行	15	5.22	3.16	4.03	3.1	4.42	3.73	4.07	15	4.42	3.73	4.07	3.0	—	—	3.0
	試験片の縦軸と繊維方向は 45°	15	7.96	2.92	5.32	4.1	7.41	5.63	6.36	15	7.41	5.63	6.36	4.7	—	—	4.7
接 着 強 さ (kg/mm ²)	試験片の縦軸と大部分の繊維方 向は平行	15	1.69	0.62	1.29	1.0	2.29	0.75	1.43	15	2.29	0.75	1.43	1.1	—	—	1.1
	試験片の縦軸と繊維方向は 45°	15	2.07	1.06	1.66	1.3	2.76	1.36	1.90	15	2.76	1.36	1.90	1.4	—	—	1.4
衝 撃 吸 収 エネルギー (kgm/cm ²)	負 荷 面 板 目	3	0.55	0.39	0.45	0.26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	負 荷 面 板 目	5	0.99	0.84	0.88	0.51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
振 り 強 さ (kg/mm ²)	—	—	—	—	—	—	4.54	3.24	3.92	9	4.54	3.24	3.92	2.9	—	—	2.9
剛 性 率 (kg/mm ²)	—	—	—	—	—	—	376	100	248	9	376	100	248	184	—	—	184
硬 さ (kg/mm ²)	木 口 面	12	26.4	22.8	24.3	18.55	25.1	22.8	23.4	12	25.1	22.8	23.4	17.33	—	—	17.33
	木 目 面	12	23.9	17.0	21.1	16.11	22.8	18.3	20.8	12	22.8	18.3	20.8	15.41	—	—	15.41
	木 板 面	12	20.9	15.8	19.1	14.58	20.9	17.6	19.1	12	20.9	17.6	19.1	14.15	—	—	14.15

7-5 表 1/10 混交硬化積層材質試験結果

項	目	マ				ソ				ブ				平均の 形質商
		試験片数	最大	最小	平均	試験片数	最大	最小	平均	試験片数	最大	最小	平均	
容	積 重	10	1.29	1.27	1.28	10	1.37	1.35	1.36	10	1.37	1.35	1.36	—
含	水 率 (%)	10	3.6	2.9	3.2	10	3.2	2.7	3.0	10	3.2	2.7	3.0	—
圧 縮 強 さ (kg/mm ²)	試験片の縦軸と大部分の繊維方 向は平行	10	21.60	20.28	20.82	10	21.00	18.97	20.00	10	21.00	18.97	20.00	14.7
	試験片の縦軸と繊維方向は 45°	10	16.09	15.12	15.58	10	15.12	14.14	14.74	10	15.12	14.14	14.74	10.8
引 張 強 さ (kg/mm ²)	試験片の縦軸と大部分の繊維方 向は平行	4	27.10	20.60	24.52	5	26.01	16.32	22.44	5	26.01	16.32	22.44	16.5
	試験片の縦軸と繊維方向は 45°	5	6.47	4.29	5.64	4	6.65	5.02	5.49	4	6.65	5.02	5.49	4.0
曲 破 壊 係 数 (kg/mm ²)	負 荷 面 板 目 同上、試験片の縦軸と繊維方向 は 45°	8	34.96	26.08	30.85	8	27.28	18.40	22.71	8	27.28	18.40	22.71	16.7
	負 荷 面 板 目 同上、試験片の縦軸と繊維方向 は 45°	8	9.18	7.97	8.57	8	10.34	7.54	9.00	8	10.34	7.54	9.00	6.6
曲 ヤ ン グ 係 数 (kg/mm ²)	負 荷 面 板 目 同上、試験片の縦軸と繊維方向 は 45°	8	3146	2366	2499	8	2279	1984	2161	8	2279	1984	2161	1589
	負 荷 面 板 目 同上、試験片の縦軸と繊維方向 は 45°	8	970	789	880	8	1040	848	919	8	1040	848	919	676
剪 断 強 さ (kg/mm ²)	試験片の縦軸と大部分の繊維方 向は平行	15	2.85	1.96	2.50	15	3.91	3.10	3.53	15	3.91	3.10	3.53	2.6
	試験片の縦軸と繊維方向は 45°	14	8.10	4.04	6.84	15	6.36	5.35	5.64	15	6.36	5.35	5.64	4.1
接 着 強 さ (kg/mm ²)	試験片の縦軸と大部分の繊維方 向は平行	15	2.92	1.74	2.24	15	2.32	1.49	1.88	15	2.32	1.49	1.88	1.4
	試験片の縦軸と繊維方向は 45°	15	3.04	1.41	2.04	15	2.42	1.12	1.80	15	2.42	1.12	1.80	1.3
衝 撃 吸 収 エネルギー (kgm/cm ²)	負 荷 面 板 目 同上、試験片の縦軸と繊維方向 は 45°	8	1.18	0.88	1.01	8	1.21	0.87	1.02	8	1.21	0.87	1.02	0.55
	負 荷 面 板 目 同上、試験片の縦軸と繊維方向 は 45°	8	0.31	0.20	0.24	8	0.24	0.12	0.20	8	0.24	0.12	0.20	0.11
振 り 強 さ (kg/mm ²)		5	4.03	3.10	3.43	5	4.38	3.31	3.82	5	4.38	3.31	3.82	2.8
剛 性	率 (kg/mm ²)	5	573	156	374	5	582	116	457	5	582	116	457	336
硬 さ (kg/mm ²)	木 口 面	12	25.1	20.9	22.9	12	26.4	23.9	25.3	12	26.4	23.9	25.3	18.60
	証 目 面	12	19.1	14.9	17.1	12	23.9	20.9	22.2	12	23.9	20.9	22.2	16.32
	板 目 面	12	19.8	14.9	17.0	12	22.8	20.9	22.2	12	22.8	20.9	22.2	16.32

さは構成上当然著しく高く、それが又此の種別の材を使用する目的である。注意すべきは構成単板の繊維方向の交錯が影響して接着強さがかなり低い値を示す事である。此の事は他の種別のものに就ても同様の傾向があると思わなければならない。

7.5.2 混交硬化積層材の材質

混交硬化積層材は平行硬化積層材と殆んど同一の目的に使用されるが、結合の場所に於ける繊維方向の剪断強さの増加を考えて、一部のみ直交単板を挿入せるものである。その程度は平行5枚或は10枚に対し直交1枚の程度であるから、大体の材質は殆んど平行硬化積層材に近いと考

7—8 表 ブナ材諸強度のマカンパ材に対する比率(%)

種 別		直 交 積層材	直 交 硬化積層材	1/5混交 硬化積層材	1/10混交 硬化積層材	45°放射状 硬化積層材	30°放射状 硬化積層材
項 目	容 積 重						
圧縮強さ	試験片の縦軸と繊維方向は平行又は直角	92	99	103	106	92	95
	試験片の縦軸と繊維方向は45°	84	105	85	96	74	89
		76	106	98	95		
引張強さ	試験片の縦軸と繊維方向は平行又は直角	59	—	103	92	—	—
	試験片の縦軸と繊維方向は45°	—	—	71	97		
曲 げ 破壊係数	負荷面板目、試験片の縦軸と繊維方向は平行又は直角	64	78	—	74	62	68
	負荷面板目、試験片の縦軸と繊維方向は45°	—	—	—	105		
曲 げ ヤング係数	負荷面板目、試験片の縦軸と繊維方向は平行又は直角	73	85	—	86	71	76
	負荷面板目、試験片の縦軸と繊維方向は45°	—	—	—	104		
剪断強さ	試験片の縦軸と繊維方向は平行又は直角	99	88	101	141	99	91
	試験片の縦軸と繊維方向は45°	86	92	120	82		
接着強さ	試験片の縦軸と繊維方向は平行又は直角	60	112	111	84	51	74
	試験片の縦軸と繊維方向は45°	85	67	114	88		
衝撃吸収 エネルギー	負荷面板目、試験片の縦軸と繊維方向は平行又は直角	—	—	—	101	50	58
	負荷面板目、試験片の縦軸と繊維方向は45°	72	65	—	83		
振 り 強 さ		77	70	—	111	—	—
剛 性 率		120	67	—	122	—	—
硬 さ	木 口 面	65	90	96	110	66	79
	証 目 面	79	88	99	130	60	70
	板 目 面	86	118	100	131	61	54

* 放射状硬化積層材では試験片の縦軸と繊維方向とは関係なし。

えてよい。此の研究結果によれば剪断強さの増大は 1/5 混交の場合には相当期待出来るが、1/10 混交では殆んどその効果が見られない。反対に 接着強さは 1/5 混交の方が 1/10 混交のものより著しく低くなる事は注意を要する。

7.5.3 放射状硬化積層材の材質

放射状硬化積層材の剪断強さは大であるが、その他の強度は構成上当然平行硬化積層材よりも著しく低下する。放射状硬化積層材は滑車・ドラム等を使用されるのが主である。此の場合に最も要求されるのは積層を引きはがす力に対する接着強さであり、次いで積層面に於ける各方向の等方性でなければならない。後者の要求を充たす為に接着強さの比較的な均一を期する為に構成単板 1 枚毎少しずつずらして重ねてあるが、此の事は本質的に接着強さの絶対値そのものを弱める事である。従つて製造の際には接着強さの増強を目ざして特殊の接着剤を用いるとか、製造加工条件を適当にするとかの特別の考慮が加えられなければならない。

此の研究結果から見ると単板積層放射を 45° にした場合と 30° 放射にした場合とでは、諸種の強度及び接着強さに本質的な違いがあるとは認められない。又直交硬化積層材の接着強さとの間にも差異がない様である。

7.5.4 マカンバとブナの比較

一般にブナはマカンバに比較して材質が劣り、その比率は 7-8 表に示す如くである。殊に引張強さ・曲げ破壊係数・曲げヤング係数・衝撃吸収エネルギーに於てはその差異が明かであつて、硬さ・圧縮強さ・剪断強さ・接着強さに於ては時にブナの方が強度値大なるを示すものであるが、概ね劣等と云えよう。振り強さ及び剛性率は試験数が少い為明確な事は云えない。

7.5.5 単板の繊維走向に対し 45° をなす方向の強度

各種別の諸強度に就き試験片の長軸と単板の繊維方向とが 45° をなすものの値の平行又は直角をなすものの値に対する比率を求めれば 7-9 表の如くである。強度の種類並に種別により当然その程度は異なるが、圧縮強さ・引張強さでは 45° をなすものが値低く、殊に引張強さの低

7-9 表 試験片の縦軸と単板の繊維方向が 45° をなすものの強度の平行又は直角をなすものの強度に対する比率 (%)

項 目	種 別	直交積層材		直交硬化積層材		1/5 混交硬化積層材		1/10 混交硬化積層材	
		マカンバ	ブナ	マカンバ	ブナ	マカンバ	ブナ	マカンバ	ブナ
圧 縮 強 さ		79	80	95	95	64	74	75	74
引 張 強 さ		—	—	—	—	44	30	23	24
曲 げ 破 壊 係 数		—	—	—	—	—	—	28	40
曲 げ ヤ ン グ 係 数		—	—	—	—	—	—	35	43
剪 断 強 さ		92	79	102	107	132	156	274	160
接 着 強 さ		65	91	144	85	129	133	91	96
衝 撃 吸 収 エ ネ ル ギ ー		—	92	—	163	—	—	24	20

下は顯著で 50 % 以下なる事を示している。剪断強さは直交積層材・直交硬化積層材では兩者大差がないが、混交硬化積層材では当然の事ながら 45° のもの著しく大である。接着強さには一定の傾向を見出し得ない。

7.5.6 曲げ及び衝撃曲げ試験に於ける単板繊維方向の影響

試験数は少ないが 7—9 表にその結果を抽出して示した。混交硬化積層材では曲げ破壊係数・曲げヤング係数・衝撃吸収エネルギー共に著しく小となつてゐる。直交積層材に就てはブナの衝撃吸収エネルギーだけであるが、低下するものとは考えられない。

7.5.7 曲げ及び衝撃曲げ試験に於ける負荷面の比較

7—10 表に示す如くである。即ち曲げ破壊係数・衝撃吸収エネルギーに於ては負荷面板目の場合その値が大であるが、曲げヤング係数では却つて負荷面板目の場合が小となつてゐる。

7—10 表 曲げ及び衝撃曲げ試験に於ける負荷面板目のものの強度の負荷面柱目のものの強度に対する比率 (%)

種 別 項 目	直 交 積 層 材	直 交 硬 化 積 層 材	1/5 混交硬化積層材
	マ カ ソ バ	マ カ ソ バ	マ カ ソ バ
曲 げ 破 壊 係 数	108	100	121
曲 げ ヤ ン グ 係 数	95	92	82
衝 撃 吸 収 エ ネ ル ギ ー	—	—	196

7.5.8 硬さ試験に於ける負荷面の比較

7—11 表に示す如く一般に木口面、柱目面、板目面の順に大であり、且積層材では柱目面と板目面の開きが相当あるが、硬化積層材では本質的な差違はないものの如くである。

7—11 表 柱目面及び板目面硬さの木口面硬さに対する比率 (%)

種 別 項 目	直交積層材		直交硬化積層材		1/5 混交硬化積層材		1/10混交硬化積層材		45° 放射状硬化積層材		30° 放射状硬化積層材	
	マカソバ	ブナ	マカソバ	ブナ	マカソバ	ブナ	マカソバ	ブナ	マカソバ	ブナ	マカソバ	ブナ
柱 目 面	88	107	98	95	87	89	75	88	—	—	—	—
板 目 面	59	79	73	99	79	82	74	88	79	73	100	69

7.5.9 日本航空機規格の規格値

日本航空機規格の硬化積層材の中、平行硬化積層材以下の規格値は此の研究の結果を主とし、その他の研究及び生産の実状を参照して決定されたものである。航格・積層材⁽¹³⁾には平行積層材以外に直交積層材・45 度積層材(直交積層材と材そのものは全く同じであるが、製品の辺と単板の繊維方向とが 45 度をなすもの)を挙げているが、その規格値は空白になつてゐる。7—12 表は平行硬化積層材以外のものの規格値を挙げる。

7. 6 摘 要

(1) マカソバ・ブナ単板を使用して平行積層材以外のもの、即ち直交積層材・直交硬化積

7-12 表 日本航空機規格・硬化積層材規格値（平行硬化積層材を除く）⁽¹⁴⁾

種 別	質別	容 積 重	圧縮強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	曲げ破壊 係数 (kg/mm ²)	曲げヤン グ係数 (kg/mm ²)	剪断強さ (kg/mm ²)	接着強さ (kg/mm ²)	衝撃 吸収 エネルギー (kgm/cm ²)
直交硬化積層材	甲	1.20~1.40	13	13	15	1500	5.0	1.6	0.40
	乙	1.10~1.25	9	10	12	1100	—	—	—
45度硬化積層材 *	甲	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙	1.20~1.40	11	11	12	1200	4.0	1.3	0.35
混交硬化積層材	甲	1.20~1.40	16	24	22	2200	3.2	2.0	0.65
	乙	1.20~1.40	13	22	18	1800	2.8	1.6	0.55
放射状硬化積層材	甲	1.20~1.45	15	13	—	—	4.0	2.0	—
	乙	1.10~1.25	8	8	12	800	—	—	0.20

* 45 度硬化積層材は製品の辺と単板の繊維方向とが 45° をなすもので、材は直交硬化積層材に全く同じ

層材・1/5 混交硬化積層材・1/10 混交硬化積層材・45° 放射状硬化積層材・30° 放射状硬化積層材を製作し、その各種材質試験を実施して基本的数値を求めた。

(2) 直交積層木材は平行積層木材が異方性なるにくらべて著しく等方性となる。ただし各強度の平行積層木材の繊維方向の値からの違いは強度の種類によつて異なり、圧縮強さ・硬さは低下の割合少く、引張強さの低下の割合は著しい。剪断強さは著しく大となる。接着強さは平行積層木材のものよりかなり低い。

(3) 混交硬化積層材の諸強度は平行硬化積層材に近似するが、剪断強さは増大し、接着強さは低下する。剪断強さの増大は 1/5 混交のものは相当大きくなるが、1/10 混交では効果が殆んど見られない。反対に接着強さは 1/5 混交の方が 1/10 混交より著しく低くなる。

(4) 放射状硬化積層材の剪断強さは大きいが、その他の諸強度は平行硬化積層材よりも著しく低下する。この種のものの使用目的は接着強さの大なる事を要求するものであるが、通常の方法で製作されたものではその値の低い事を免れない。45° 放射状のものと 30° 放射状のものとの間には本質的な差異はない。

(5) 平行積層木材以外のものに於ても、一般にブナによるものはマカンバによるものより材質が劣り、殊に引張強さ・曲げ破壊係数・曲げヤング係数・衝撃吸収エネルギーの劣る事が著しい。

(6) 単板の繊維方向と平行又は直角をなす荷重に対する強度と、之と 45° をなす方向の荷重に対する強度との優劣は強度の種類によつて異なり、圧縮強さ及び引張強さでは 45° をなすものが値が低く、殊に引張強さは 50 % 以下である。剪断強さは直交積層木材ではあまり差はないが、混交硬化積層材では 45° をなすものが著しく大である。接着強さに就ては定つた傾向を見出し得ない。

(7) 曲げ及び衝撃曲げ試験に於て、試験片の長軸と単板の繊維方向が 45° をなす場合に就

て検討した。混交硬化積層材では曲げ破壊係数・曲げヤング係数・衝撃吸収エネルギー共に著しく小となる。直交積層木材に就てはブナの衝撃吸収エネルギーだけに就て求めたが、此の場合は通常のものより低下するとは認められない。

(8) 曲げ及び衝撃曲げ試験に於て負荷面柃目と負荷面板目との比較を行つたが、曲げ破壊係数・衝撃吸収エネルギーは負荷面板目の場合大であり、曲げヤング係数は負荷面柃目の場合大である。

(9) 硬さは一般に木口面、柃目面、板目面の順に大であり、積層材では柃目面と板目面との開きが相当あるが、硬化積層材では両者の間に大きい差はない。

(10) 直交積層木材はボルト結合部分の当板等、混交硬化積層材は通常の平行硬化積層材と同一、たゞし結合部分の強度増加を考えたもの、放射状硬化積層材は滑車・ドラム等が使用の対象となる。

8 長大積層木材の研究

加工木材はその寸度が大となると、関係する因子が極めて多いため処理条件を常に計画通り適正ならしめる事が困難となり、従つて製品の材質の不均質性が著しくなる事が当然考えられる。宇野昌一氏⁽⁹⁰⁾はマカンバ硬化積層材(硬化薄層材)の厚さ 200 mm, 幅 500 mm, 長さ 1500 mm のものを製作試験して実用上差支えない事を報告しているが実際の工業的方法では尚検討を要する事項が多い。こゝでは桁等に使用される実用大の長物を製作して、その不均質性を明かにする事を目的とした。

8.1 針葉樹単板による長物積層木材の研究

8.1.1 ま え が き

桁用材を目的とする場合には特に引張強さの大きい事が要求されるで、素材・単板の引張強さが比較的大きい針葉樹材が有利と考え、之を主体として研究を行つた。又製品の材質検査には少数の小型試験片による強度試験を行うのが普通であるが、小型試験片による強度試験結果と実用大試験片による強度試験結果との差を明かにして、市場生産の材料検査の際の基準を求める事を考究した。本項は 5.1 針葉樹単板による積層木材の研究の項に於けるものと同一実験であつて、長大材の観点から種々考究を加えた。

8.1.2 試料の製作

8.1.2.1 樹種及びその産地

ヒ	ノ	キ	<i>Chamaecyparis obtusa</i> SIEBOLD et ZUCCARINI	長野縣産
エ	ゾ	マ	<i>Picea jezoensis</i> CARRIÈRE	北海道産
ス		ギ	<i>Cryptomeria japonica</i> D. DON	秋田縣産
ク	ロ	マ	<i>Pinus Thunbergii</i> PARLATORE	福岡縣産

8.1.2.2 単板

種別にはロータリー単板・スライス単板・ハーフロータリー（偏心丸剥）単板の3種類があり、厚さは 0.7・1.0・1.2・1.5・1.8 mm のものがある。偏心丸剥はロータリー・チャックの中心を原木の中心より甚しく偏在させて取りつけ、製品を出来るだけ柃目板に近づけたものである。しかし此の方法で得られる単板は追柃の程度であつて、幅広の板では板の中心部及び両端部に板目部分を含む。尚スライス単板の中、ヒノキは純粋な柃目でなく寧ろ板目にかなり近いものである。

8.1.2.3 接着剤

- (1) 石炭酸・ホルマリン樹脂接着剤、溶剤メタノール
- (2) クレゾール・ホルマリン樹脂接着剤、溶剤メタノール
- (3) 上記両者を等量宛混合したもの
- (4) 石炭酸・ホルマリン樹脂接合紙（国産化工株式会社製）

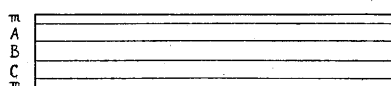
8.1.2.4 試料製作条件

各試料の処理法は 8.1—1 表及び 8.1—2 表に示す。相当長期に亘つた大規模な実験であり、装置も亦不完全であつた為、処理条件を統一する事が出来なかつた。接合紙を使用したもの、接着剤を塗布又は之に 30 分間浸漬したものは圧縮圧力も 10 kg/cm^2 以下で低く、従つて製品は積層材を目標にしたものであり、その他は接着剤浸漬時間は長く且圧縮圧力も高いので硬化積層材を目標としたものである。尚製造に使用したプレスは最大容量 4000 ton の電熱加熱、油圧プレスである。

8.1.3 試験片採取法及び材質試験法

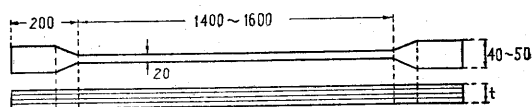
試験の種類は標準の方法による容積重及び含水率の測定、圧縮・引張・曲げ・剪断・接着強さの強度試験と実長のまゝの長柱引張試験とである。供試材よりの試験片採取法は、8.1—1 図に示す如し。即ち供試材の両縁は単板積み重ねの不整・圧縮時の圧延の影響等により材質の変化あるものと考えられる故、20～40 mm を取除き、A の部分より長柱引張試験片を全長に亘り 1 個又は 2 個、B の部分より容積重（含水率）・圧縮・曲げ・剪断・接着各試験片を順次 1 個宛接続してとり、各項目毎に 4～6 個、C の部分より標準引張試験片を相接続して 9～15 個採取した。材質試験の中長柱引張試験に就て、試験片の形状と大きさは 8.1—2 図に示す如く、試験機は

8.1—1 図 試験片採取法



- A: 長柱引張試験片
 B: 容積重、圧縮、曲げ、剪断、接着試験片
 C: 標準引張試験片
 m: 廃棄する端部

8.1—2 図 長柱引張試験片



t: 製品の厚さ
単位 mm

8.1-1 表 エノキ積層木材製作条件

番号	単板の 種別	単板厚 (mm)	単板 枚数	接着剤	樹脂液 浸漬時間 (hr)	含脂率 (%)	自然乾燥 時間 (hr)	温度 (°C)	乾燥 時間 (hr)	圧縮圧力 (kg/cm ²)	ライナー の有無	圧縮温度 (°C)	圧縮加熱 時間 (hr)	圧縮率 (%)	出来上り寸度 (厚×幅×長) (mm)	備 考
1	ロータリー ハーフ	1.0	30	クソゾール	塗布	23	21	43~54	7	10	なし	130	2	80	24×200×2000	
2	ロータリー	1.0	30	クレゾール	塗布	32	21	43~54	7	10	なし	130	2	80	24×200×2000	
3	ロータリー	1.8	14	クレゾール + 石炭酸	0.5	16	17	58	5	10	なし	130	1.5	67	19.5×300×1900	
4	スライスト	1.8	15	クレゾール	0.5	30	8	61	5	10	なし	130	1.5	79	23×150×1900	
5	ロータリー	1.8	25	クレゾール	4	10	24	60	6	20	なし	130	2	79	36×150×2000	
6	スライスト	1.8	25	クレゾール	4	19	24	60	6	20	なし	130	2	71	37×150×1900	
7	ロータリー	1.8	26	石炭酸	4	12	6	65	6	30	なし	130	1.7	49	21×300×1900	
8	スライスト	1.8	24	石炭酸	4	17	6	65	6	30	なし	130	1.7	49	21×300×1900	
9	ロータリー	1.0	50	クレゾール	4	10	24	60	6	50	なし	130	2	46	23×200×2000	
10	ハーフ	1.0	50	クレゾール	4	25	24	60	6	50	なし	130	2	46	23×200×2000	
11	ロータリー	1.0	50	石炭酸	6	25	24	35	15	50	なし	135	2	38	19×200×2000	
12	ロータリー	1.0	50	石炭酸	6	11	24	35	15	50	なし	135	2	38	19×200×2000	
13	ロータリー	1.8	40	クレゾール	4	15	24	60	6	50	なし	130	2	47	33×150×1900	
14	スライスト	1.8	40	クレゾール	4	16	24	60	6	50	なし	130	2	47	33×150×1900	
15	ロータリー	1.8	26	クレゾール + 石炭酸	2	14	8	58	5	50	なし	130	1.5	43	19.5×300×1900	
16	スライスト	1.8	24	クレゾール + 石炭酸	2	18	8	58	5	50	なし	130	1.5	43	19.5×300×1900	中央部膨出す
17	ロータリー	1.8	26	クレゾール	2	18	27	61	5	50	なし	134	1.5	48	21.5×150×1920	中央部膨出す
18	スライスト	1.8	24	クレゾール	2	13	15	60	5	50	なし	134	1.5	45	20×220×1900	
19	スライスト	1.8	24	石炭酸	2	31	5.5	58	5	50	なし	135	2.5	51	23×150×1900	中央部膨出す
20	ロータリー	1.8	26	クレゾール	2	16	17	60	5	50	あり	130	1	51	23×150×1900	
21	スライスト	1.8	26	クレゾール	2	14	15	60	5	50	あり	180	2	50	23×220×1900	
22	スライスト	1.8	26	石炭酸	2.3	20	5.5	58	5	50	あり	127	1.8	51	23×150×1900	
23	ロータリー	1.0	55	石炭酸	6	20	24	50	5	80	なし	135	2	36	20×200×2000	
24	ロータリー	1.0	55	石炭酸	6	20	24	50	5	80	なし	135	2	36	20×200×2000	

8.1-2 表 エゾマツ・スギ・クロマツ・アイグロマツ横層木材製作条件

樹種	番号	単板の 種別	単板厚 (mm)	単板合 せ板数	接 着 剤	樹脂液 浸漬時間 (hr)	含脂率 (%)	自然 乾燥 時間 (hr)	人工 乾燥 温度 (°C)	人工 乾燥 時間 (hr)	圧縮 圧力 (kg/cm ²)	ライナ ーの 有 無	圧縮 温度 (°C)	圧縮 加熱 時間 (hr)	圧縮率 (%)	出来上り寸度 (厚×幅×長) (mm)	備 考
エ ゾ マ ツ	25	ロータリー	1.2	21	クレゾール	0.5	15	8	61	5	10	なし	130	1.5	89	23×150×1300	中央部膨出す 中央部膨出す
	26	ロータリー	1.0	42	クレゾール	2	20	12	61	5	50	なし	134	1.5	48	21.5×150×1300	
	27	スライスト	1.0	45	石炭酸	2	34	5.5	58	5	50	なし	135	2.5	44	20×140×1700	
	28	ロータリー	1.0	42	クレゾール	2	15	27	61	5	50	あり	130	1	51	23×150×1300	
	29	スライスト	1.0	45	石炭酸	2.4	35	5.5	58	5	50	あり	127	1.8	51	23×140×1700	
ス ギ	30	ロータリー	1.0	22	接合紙	—	22	—	—	—	5.5	なし	135	1.5	86	19×300×2000	圧縮後幅の伸び 10 % 単板は刃材のみ 圧縮後幅の伸び5 % 単板は心材のみ 圧縮後幅の伸び6 % 圧縮後幅の伸び 22 %, ひび割入る
	31	スライスト	1.0	30	石炭酸	0.5	27	21	60	5	10	あり	130	2	45	20×90×2000	
	32	ロータリー	1.0	40	石炭酸	2	26	24	45	8	30	なし	135	2	43	17.5×350×2000	
	33	スライスト	1.0	54	石炭酸	4	13	20	65	5	30	なし	130	1.7	47	29×100×2000	
	34	ロータリー	0.7	77	クレゾール	4	32	5	60	6	50	なし	130	2	39	21×160×1750	
	35	ロータリー	0.7	75	クレゾール	4	35	5	60	6	50	なし	130	2	39	21×190×1750	
	36	ロータリー	1.0	50	石炭酸	2	24	24	40	8	50	なし	135	2	36	18×300×2000	
	37	スライスト	0.7	79	クレゾール	3	38	5	50	5.5	50	なし	135	1.5	42	23×165×1900	
	38	スライスト	1.0	56	石炭酸	4	17	17	61	5	50	なし	130	1.5	49	31×90×2000	
	39	ロータリー	1.0	45	石炭酸	2	12	16	60	5	50	なし	130	1.5	63	27.5×200×1700	
ク ロ マ ツ	40	ロータリー	1.0	44	石炭酸	2	14	16	60	5	80	なし	130	1.5	56	24×200×1700	
	41	ロータリー	1.0	45	石炭酸	2	16	16	60	5	80	なし	130	1.5	56	24×200×1700	

アムスラー型水平式 20 ton 長柱引張試験機を使用した。

8.1.4 材質試験結果

8.1—3 表乃至 8.1—6 表に示す。此の実験は 5.1 と同一のものであるから、8.1—3 表及び 8.1—4 表は 5.1—3 表及び 5.1—4 表の平均値のみを抽出した。

8.1—3 表 標準試験片によるヒノキ積層木材材質試験結果 (平均値)

番号	気 乾 容積重	含水率 (%)	圧 縮 強 さ (kg/mm ²)	引 張 強 さ (kg/mm ²)	曲 破 壊 係 数 (kg/mm ²)	曲 ヤング係数 (kg/mm ²)	剪 断 強 さ (kg/mm ²)	接 着 強 さ (kg/mm ²)
1	0.67	5.0	9.76	12.61	5.33	1557	1.77	1.27
2	0.67	5.1	9.48	11.36	4.65	1416	1.46	0.91
3	0.52	7.3	6.47	13.14	11.15	1057	1.14	0.84
4	0.67	7.1	5.25	13.97	13.40	1182	1.24	0.97
5	0.62	6.6	8.94	14.34	10.05	938	1.07	0.85
6	0.67	5.9	12.05	12.56	10.76	817	1.17	0.71
7	1.02	6.5	11.04	27.96	20.60	2145	1.83	1.31
8	1.12	6.8	11.74	23.03	20.10	1578	2.14	1.56
9	1.07	6.7	13.52	21.59	19.12	1123	—	1.29
10	1.26	6.1	17.69	21.76	19.78	1103	2.12	1.18
11	1.26	4.7	14.62	23.70	20.42	1779	2.68	0.81
12	1.21	4.9	14.54	26.47	24.58	1631	2.52	1.18
13	1.10	6.5	15.80	29.71	13.01	1980	2.18	1.28
14	1.19	6.2	18.50	29.54	14.08	2740	1.88	1.58
15	1.13	6.7	11.81	30.62	22.77	2052	1.91	1.44
16	1.18	6.5	12.64	28.39	23.61	2270	1.77	1.54
17	0.96	7.2	7.31	27.70	17.00	1307	1.56	1.00
18	1.15	4.8	15.22	31.95	26.08	1826	2.26	1.04
19	0.89	7.5	8.60	19.32	12.06	1162	1.84	0.81
20	0.97	7.9	7.31	21.16	19.98	1702	1.73	1.26
21	1.00	6.8	14.24	23.88	22.77	2001	2.06	1.30
22	1.08	6.5	12.72	24.34	22.66	1983	2.12	1.20
23	1.26	4.5	14.42	30.01	24.75	1847	2.07	0.97
24	1.35	2.5	18.52	23.41	22.99	1484	2.13	0.79

5.1—3 表 参照

8.1.5 考 察

此の実験は大量の資材を用い且かなりの長期に亘つて行つたため、原資材を均一化する点に於ては不十分なものである。即ち単板に於ても各種類のものを全く同一条件に於て用いる事がなく、又接着剤に於ても時によつてかなり異つたものを用いている。又加工条件も個々の場合に相違がある。之等の相違は製品の材質に影響を及ぼす事は当然考えられるのであるが、こゝでは実用試験と云う意味から検討を加える。尙樹種別の比較に就ては既に 5.1 針葉樹単板による積層木材の研究の項に就て記した。

8.1.5.1 圧締圧力別の比較

8.1-4 表 標準試験片によるエゾマツ・スギ・クロマツ・アイグロマツ材質試験結果 (平均値)

樹種	番号	気乾容積重	含水率 (%)	圧縮強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	曲げ破壊係数 (kg/mm ²)	曲げヤング係数 (kg/mm ²)	剪断強さ (kg/mm ²)	接着強さ (kg/mm ²)
エゾマツ	25	0.54	11.3	7.31	8.66	9.09	1141	0.85	0.60
	26	0.92	6.7	8.91	15.54	10.47	986	1.69	0.60
	27	0.99	7.0	9.90	22.13	12.20	1700	1.74	0.92
	28	0.94	5.7	11.16	18.02	17.58	1815	1.80	0.85
	29	1.01	6.9	7.63	23.40	16.94	1673	1.50	0.97
スギ	30	0.41	—	3.78	5.08	5.18	544	0.71	0.55
	31	0.90	7.1	9.44	—	13.93	1475	1.49	0.80
	32	0.96	8.4	9.85	17.95	15.21	2054	1.41	0.84
	33	1.03	7.9	9.82	27.04	15.40	1740	1.59	0.81
	34	1.14	4.7	14.22	15.36	17.56	1830	2.80	1.22
	35	1.26	4.7	17.50	19.49	20.95	1799	2.64	1.02
	36	1.20	7.7	14.17	20.76	16.44	2167	1.82	1.21
	37	1.15	5.0	14.52	20.36	16.21	1620	2.17	1.24
	38	1.24	7.6	12.70	22.00	19.55	2059	1.96	0.87
	39	1.30	5.6	14.40	26.78	21.39	2381	2.61	1.58
クロマツ	40	1.32	5.5	16.13	28.28	24.88	2586	3.10	1.72
アイグロマツ	41	1.34	5.1	19.14	28.56	23.75	2184	2.62	1.48

5.1-4 表 参照

8.1-5 表 ヒノキ積層木材長柱引張試験結果

番号	気乾容積重	含水率 (%)	長柱引張強さ (kg/mm ²)	同形質商	丸柱引張強さに対する比率 (%)	備考
1	0.67	5.0	8.47	12.6	67	チャックで破壊
2	0.67	5.1	7.97	14.6	70	
3	0.52	7.3	11.74	22.6	89	
4	0.67	7.1	9.70	14.5	69	
5	0.62	6.6	7.18	11.6	50	
6	0.67	5.9	7.73	11.5	62	
7	1.02	6.5	15.65	15.3	56	
8	1.12	6.8	14.54	13.0	63	
9	1.07	6.7	15.34	14.3	71	
10	1.26	6.1	15.18	12.0	70	
11	1.26	4.7	20.91 } 17.93 14.95 }	14.2	76	
12	1.21	4.9	22.59	18.7	85	
13	1.10	6.5	15.17	13.8	51	
14	1.19	6.2	17.87	15.0	60	
15	1.13	6.7	19.13	16.9	63	
16	1.18	6.5	20.74	17.6	73	
17	0.96	7.2	15.05	15.7	54	
18	1.15	4.8	18.77	16.3	59	

種々の製作条件のものを含

むので、こゝに圧縮圧力 30 kg/cm² 以上・ライナーなしの硬化積層材に就て圧縮圧力と各種強度の形質商との関係を抽出すれば次の様になる (5.1-3 表, 5.1-4 表参照)。

(1) 圧縮形質商: 樹種により多少の差違があるが、圧縮圧力 30 ~ 80 kg/cm² の範囲内では圧縮圧力を増すに従い、概ね形質商は増大する。

(2) 小試験片による引張形質商: クロマツを除いて、圧縮圧力 30 ~ 80 kg/cm² の

19	0.89	7.5	12.27	13.8	63	チャック で破壊	範囲内では形質商は圧縮圧力 を増すに従い寧ろ低下する。
20	0.97	7.9	11.85	12.2	56		
21	1.00	6.8	17.65	17.7	74		
22	1.08	6.5	15.76	14.6	65		
23	1.26	4.5	25.69	20.4	86		
24	1.35	2.5	18.46	13.7	79		(3) 長柱試験片による引 張形質商: ヒノキ以外のもの は試料が少ないのでヒノキのみ

に就て云えば、小試験片の引張

8.1-6 表 エゾマツ・スギ・クロマツ・アイグロマツ
積層木材長柱引張試験結果

とは反対に圧縮圧力 30~80

kg/cm² の範囲内で圧縮圧力を

増すに従い形質商は増大する結

果を示した。小試験片の場合と

の此の相違は解釈がつかない

が、試料の少い事、長柱引張試

験結果そのものに偶然性が多く

入り易い事等を考えに入れなけ

ればならない。

樹種	番号	気乾 容積重	含水率 (%)	長柱 引張長さ (kg/mm ²)	同 形質商	丸棒 引張強さに 対する比率 (%)
エゾマツ	25	0.54	11.3	7.80	14.4	90
	26	0.92	6.7	11.16	12.1	72
	27	0.99	7.0	14.00	14.1	63
	28	0.94	5.7	16.46	17.5	91
	29	1.01	6.9	15.59	15.4	67
スギ	35	1.26	4.7	17.10	13.6	88
	37	1.15	5.0	13.96	12.1	69
クロマツ	40	1.32	5.5	18.76	14.2	66
アイ グロマツ	41	1.34	5.1	21.53	16.1	75

(4) 曲げ形質商: 樹種によ

8.1-7 表 引張試験に於ける小試験片の最小値と長柱試験片の値の比較

樹種	番号	引張強さ (kg/mm ²)		比率 %	樹種	番号	引張強さ (kg/mm ²)		比率 %
		小試験片の 最小値	長柱試験片 の値				小試験片の 最小値	長柱試験片 の値	
ヒノキ	1	6.90	8.47	123	ヒノキ	18	26.71	18.77	70
	2	8.30	7.97	96		19	13.34	12.27	90
	3	10.65	11.74	110		20	18.62	11.85	64
	4	9.74	9.70	100		21	20.92	17.65	84
	5	11.17	7.18	64		22	20.60	15.76	76
	6	10.20	7.73	74		23	25.49	25.69	103
	7	23.78	15.65	66		24	19.81	18.46	93
	8	21.89	14.54	67	エゾマツ	25	5.11	7.80	153
	9	19.68	15.34	78		26	13.67	11.16	82
	10	16.71	15.18	91		27	19.90	14.00	70
	11	20.16	17.93	89		28	16.75	16.46	98
	12	22.91	22.59	99		29	20.83	15.59	75
	13	24.57	15.17	62	スギ	35	13.04	17.10	131
	14	27.60	17.87	65		37	17.18	13.96	81
	15	25.51	19.17	75	クロマツ	40	23.38	18.76	80
	16	25.20	20.74	83		41	26.06	21.53	83
	17	21.62	15.05	70					

つて形質商の変化の有様は異り、全般の傾向を見出し得ない。

(5) 曲げヤング形質商：圧縮圧力 $30 \sim 80 \text{ kg/cm}^2$ の範囲内に於て圧縮圧力が増すと共に形質商の低下はかなり著しい。

(6) 剪断形質商：樹種によつて異り、全般の傾向を見出し得ない。

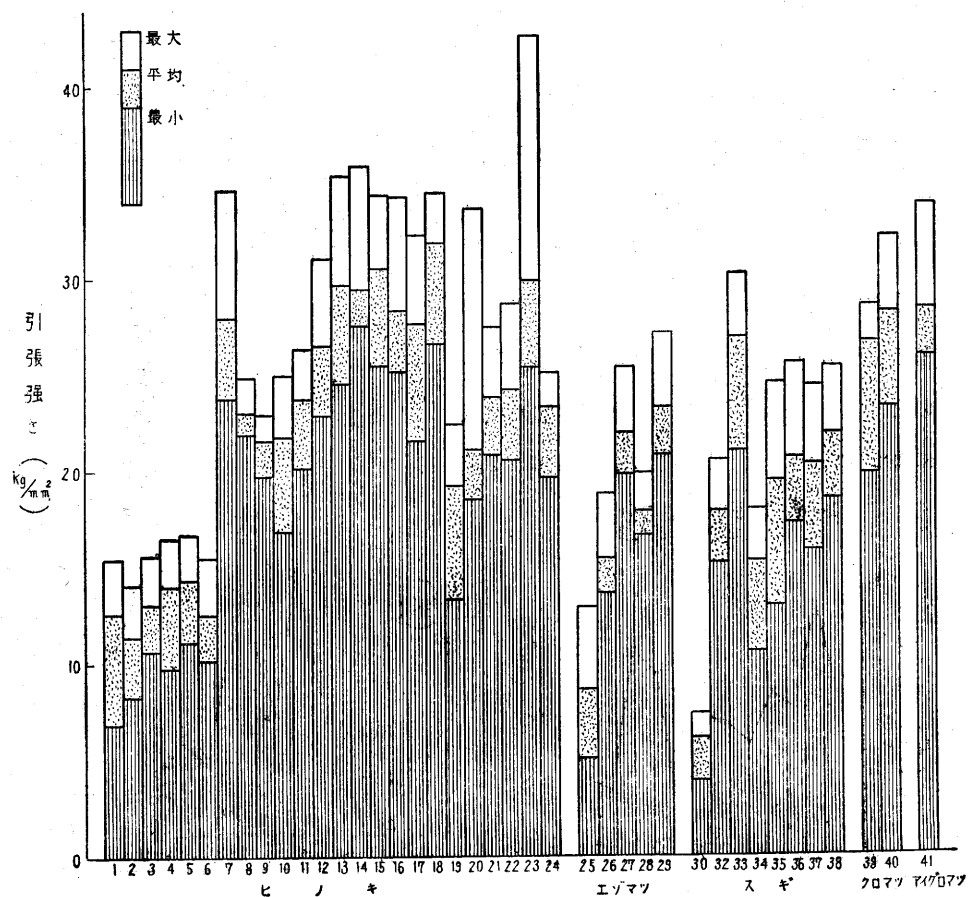
(7) 接着形質商：上と同様。

8.1.5.2 小試験片による引張強さと長柱引張強さの比較

積層接着したものの引張試験は局所的な応力集中を惹起し易く、試験値は非常に偏差の大きいものであるが、此の結果によれば長柱引張強さの値は小試験片による引張強さの値（平均値）に対し $50 \sim 91\%$ である。之は長大試験片の場合全長にわたつての最弱点で破壊し、その点の強度を示す事によるものと考えられる。8.1-7 表に小試験片によるものの最小値と長柱による値とを対比して示したが、長柱試験片による値が小試験片の最小値を上回る場合はごく少い。又積層材の方がその比率が高い様である。

一般に小試験片による値が高い程、長大試験片による値も高い。従つて製品の検査をするのに小試験片の試験のみによるときは、その値が高い程実用時の強度も大きいものと考えてよく、又

8.1-3 図 引張強さの平均、最大、最小

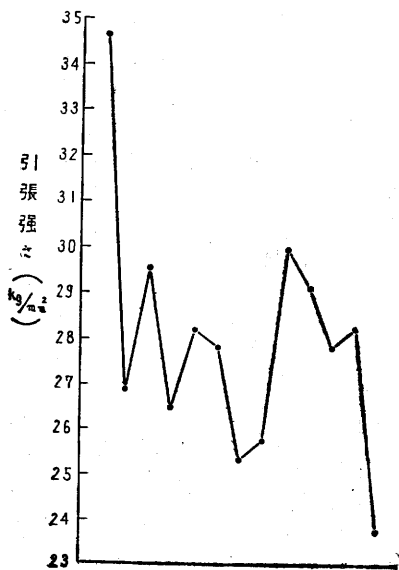
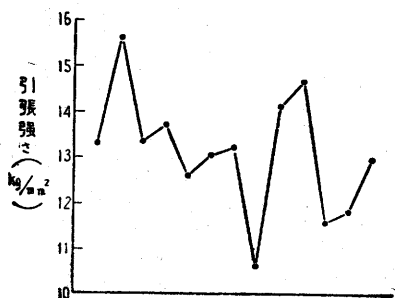


8.1—8 表 引張強さの偏差

樹種	番号	気乾容積重	試験片数	引張強さ算術平均 (kg/mm ²) [*]	同標準偏差 (kg/mm ²) [*]	同変異係数 (%)
ヒノキ	2	0.67	15	13.14±0.35 [*]	1.26±0.25 [*]	9.6
	7	1.02	13	27.96±0.71	2.57±0.50	9.2
	8	1.12	13	23.03±0.28	1.01±0.20	4.4
	15	1.13	14	30.62±0.71	2.64±0.50	8.6
	16	1.18	13	28.39±0.66	2.36±0.46	8.3
	17	0.96	13	27.70±0.80	3.00±0.57	10.8
	18	1.15	13	31.95±0.57	2.04±0.40	6.4
	19	0.89	13	19.32±0.66	2.39±0.47	12.4
	21	1.00	13	23.88±0.45	1.63±0.32	6.8
	22	1.08	14	24.34±0.58	2.17±0.41	8.9
エゾマツ	25	0.54	9	8.66±0.67	2.02±0.48	23.3
	26	0.92	12	15.54±0.41	1.43±0.29	9.2
	27	0.99	9	22.13±0.58	1.75±0.41	7.9
	28	0.94	12	18.02±0.25	0.88±0.18	4.9
	29	1.01	9	23.40±0.74	2.21±0.52	9.4
スギ	33	1.03	14	27.07±0.53	1.98±0.37	7.3
	37	1.15	14	20.36±0.56	2.09±0.39	10.1
	38	1.24	14	22.00±0.47	1.77±0.33	8.0

* 標準誤差

りかなり少い。此の差異は原料の異なる事によっても考えられる。とにかくかかる実用大のものを製作した場合にはその強さの偏差が相当著しく、又偏差の度合は試料によつて甚しく異なる事がわかる。しかしその原因を製作条件の中に明確に求める事は出来なかつた。尚上に計算した試料に就て、各試験片の引張強さの値を試験片を取つた順序に並べたものを 8.1—4 図乃至 8.1—21 図に示した。試料各々によつて変化の様子がかなり異なるが、1端

8.1—4 図 引張強さの分布
ヒノキ No.2

その強度は大約 60 % を見

込めばよい様である。

8.1.5.3 引張強さの偏差

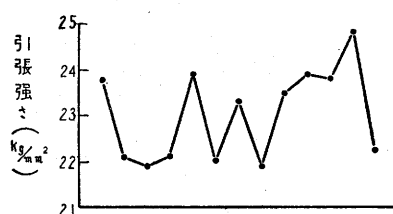
試験片数を比較的多くとつた小試験片による引張強さの平均・最大・最小を 8.1—3 図に示した。又一部のものに就てその偏差を数字的にあらわしたものを 8.1—8 表に示した。宇野

昌一氏が形状の大きなマカンバ硬化積層材を製作し計算したものとすると、引張強さの平均 27.74 kg/mm²のものの標準偏差は 1.573 kg/mm², 変異係数 5.7 %であつて此の場合の数値よ

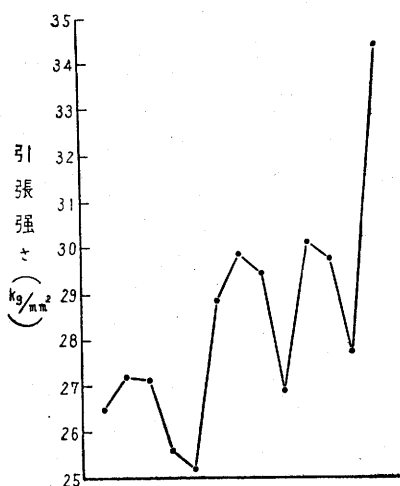
8.1—5 図 引張強さの分布, ヒノキ No.7

から他端へ順次値の上昇する形の見られるものが多い。又最小値は最端かすぐその近傍にある場合が多く、最大値にも稍々此の傾向が見られる。此の様なものは、圧縮に際しての両端の僅かな圧縮

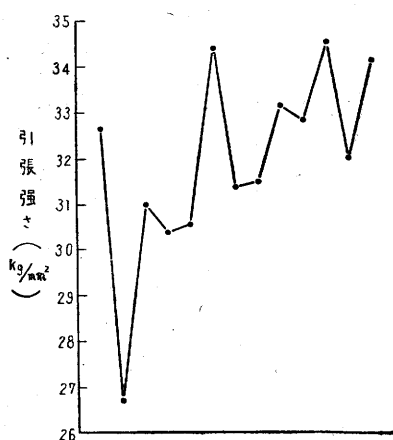
8.1-6 図 引張強さの分布
ヒノキ No.8



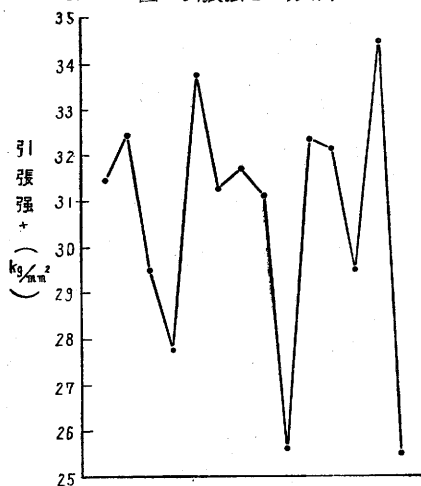
8.1-8 図 引張強さの分布, ヒノキ No.16



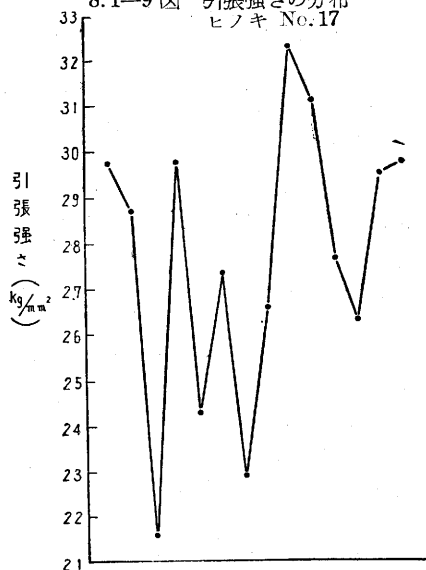
8.1-10 図 引張強さの分布, ヒノキ No.18



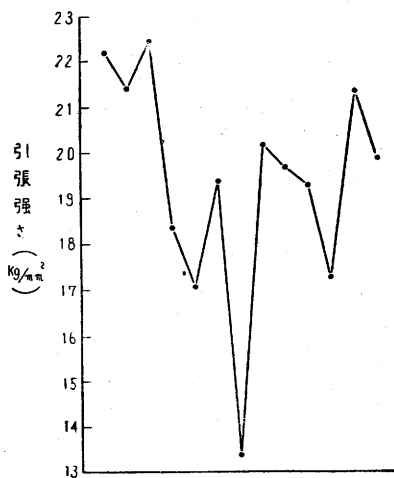
8.1-7 図 引張強さの分布, ヒノキ No.15



8.1-9 図 引張強さの分布
ヒノキ No.17

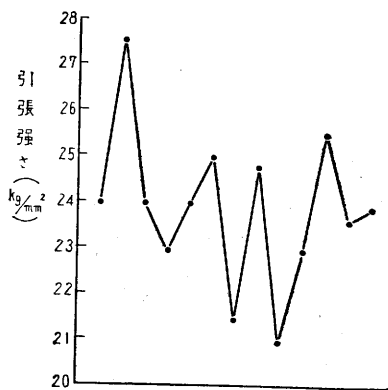


8.1-11 図 引張強さの分布, ヒノキ No.19

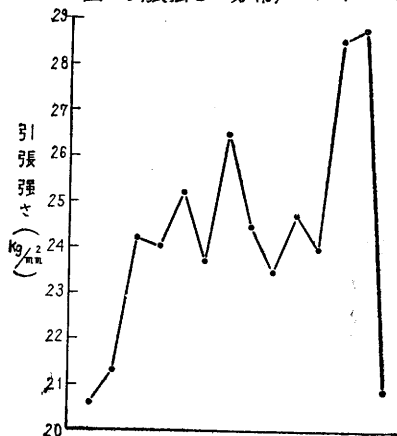
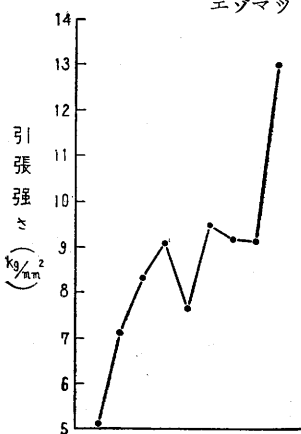
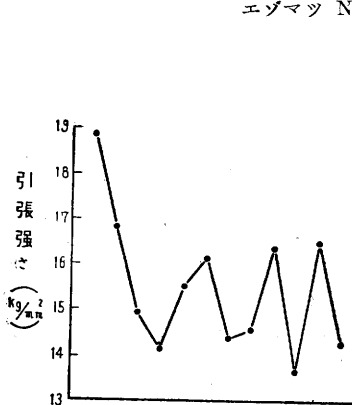
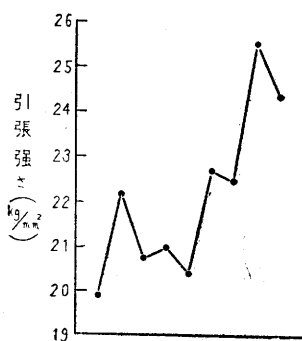
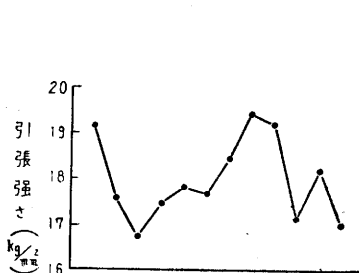


率の相違が影響したのではないかと考えられる。此の事は小さな実験室的のものを作る場合には殆んど問題にならないが、長大のものの製作ではプレス機の圧力が部分的に一様に行かないことから惹起するもので、実際の生産に当つて充分考慮しなければならない事である。之を防ぐには製品厚さの寸法を決めるライナーを製品の両側に置いて圧縮する事が有効と考えられるが、此の実験結果のみではその有効性を実証するに至っていない。

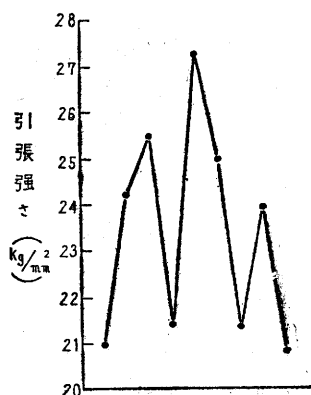
8.1—12 図 引張強さの分布, ヒノキ No.21



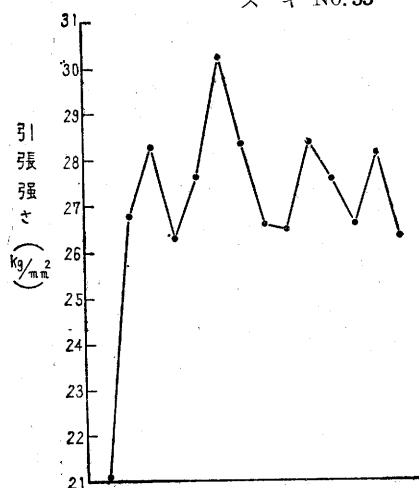
8.1—13 図 引張強さの分布, ヒノキ No.22

8.1—14 図 引張強さの分布
エゾマツ No.258.1—15 図 引張強さの分布
エゾマツ No.268.1—16 図 引張強さの分布
エゾマツ No.278.1—17 図 引張強さの分布
エゾマツ No.28

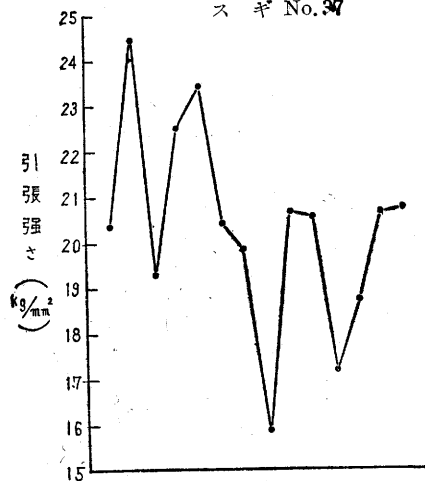
8.1-18 図 引張強さの分布
エゾマツ No.29



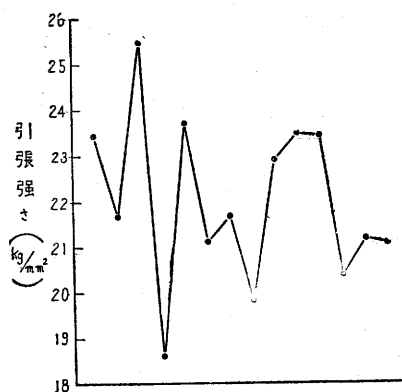
8.1-19 図 引張強さの分布
スギ No.33



8.1-20 図 引張強さの分布
スギ No.37



8.1-21 図 引張強さの分布
スギ No.38



8.1.5.4 潤葉樹単板による長物積層木材との比較

針葉樹単板による長物硬化積層材と比較の為にマカンバ及びブナを用いて近似の方法により製作及び材質試験を実施した。その製作条件は次の如し。

単 板 ロータリー単板, 厚さ 1 mm

接 着 剤 石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤, 溶剤メタノール

樹脂液浸漬時間 4 hr

含 脂 率 マカンバ 9.1 %, ブナ 6.9 %

自然乾燥時間 24 hr

人工乾燥温度 50°C

人工乾燥時間 5 hr

ライナーの有無 な し

圧 締 圧 力 170 kg/cm²

圧 締 温 度 135°C

圧締加熱時間 2 hr

圧 縮 率 56 %

製品仕上り寸度 マカンバ 厚さ 20 mm, 幅 240 mm, 長さ 1690 mm

ブ ナ 厚さ 20 mm, 幅 270 mm, 長さ 1690 mm

此のものの材質試験結果は 8.1—9 表及び 8.1—10 表に示す。

8.1—9 表 マカンバ, ブナの標準試験片による材質試験結果

樹 種 項 目	マ カ ン バ					ブ ナ				
	試験片数	平 均	最 大	最 小	平均の形質商	試験片数	平 均	最 大	最 小	平均の形質商
気 乾 容 積 重	4	1.39	1.38	1.35	—	4	1.36	1.39	1.32	—
含 水 率 (%)	3	3.5	3.7	3.2	—	3	4.0	4.6	3.1	—
圧 縮 強 さ (kg/mm ²)	4	20.57	21.44	19.75	15.0	4	18.40	18.70	18.11	13.5
引 張 強 さ (kg/mm ²)	12	36.21	42.55	28.57	26.4	11	32.18	36.76	28.50	23.6
曲げ破壊係数 (kg/mm ²)	4	32.25	33.37	31.12	23.5	4	26.00	27.96	24.35	20.5
曲げヤング係数 (kg/mm ²)	4	2675	2736	2616	1952	4	2107	2423	1667	1549
剪 断 強 さ (kg/mm ²)	4	3.36	3.76	2.90	2.5	4	2.64	2.96	2.02	1.9
接 着 強 さ (kg/mm ²)	4	2.13	2.23	1.98	1.6	4	2.23	2.43	1.80	1.6

8.1—10 表 マカンバ, ブナの
長柱引張試験結果

樹 種 項 目	マカンバ	ブ ナ
気 乾 容 積 重	1.37	1.36
含 水 率 (%)	3.5	4.0
長 柱 引 張 強 さ (kg/mm ²)	22.0	17.7
同 形 質 商	16.1	13.0
小試験片の引張強さ に対する比率 (%)	61	55

此の結果と針葉樹単板の場合を比較するに、かゝる
桁材の場合に主に問題になる引張形質商はクロマツ
(含アイグロマツ)・ヒノキ 50~80 kg/cm² 圧縮程度
のものならばマカンバ 170 kg/cm² 圧縮硬化積層材
に比して遜色なく、ブナ同一圧縮硬化積層材よりも相
当優良な事が明かである。しかし乍ら接着強さ・剪断
強さの低い事は針葉樹材によるものの共通した特徴で
あつて、此の点使用に当り充分の注意を要するものと
考えられる。

8.1.6 摘 要

(1) ヒノキ・エゾマツ・スギ・クロマツ・アイグロマツの各針葉樹の単板の種々の種別のもの、厚さのものを、用い、接着剤は石炭酸・ホルマリン樹脂、クレゾール・ホルマリン樹脂、両者混合したもの及び接合紙を用い、接着剤浸透方法・圧縮圧力・ライナーの有無等の加工条件も変化させて桁用実用大の長大積層木材を多数製作し、その材質を考究した。たゞし圧縮圧力 80 kg/cm² 迄である。特に実用大の長さの引張試験を実施して小型引張試験片による結果と比較した。

(2) 樹種別の比較に就ては前掲 5.1 の項に記述した。

(3) 圧縮圧力の比較をライナーなし、圧縮圧力 30 kg/cm² 以上の硬化積層材の各強度形質商に就て行つた結果次の如くである。

a) 圧縮圧力の増大に伴い形質商の増大するもの：圧縮強さ・ヒノキに於ける長柱試験片に

よる引張強さ（ただし此の試験結果は偶然性を多く含み易い）。

b) 圧縮圧力の増大に伴い形質商の減少するもの：小試験片による引張強さ（クロマツを除く）・曲げヤング係数。

c) 圧縮圧力の増大に伴う形質商の変化に定つた傾向の認められぬもの：曲げ破壊係数・剪断強さ・接着強さ。

(4) 長柱試験片による引張強さは小試験片による引張強さの平均の 50～91 % である。一般に後者によるものの値が高い程前者によるものの値も高い。製品検査を小試験片によつて行う場合には実用時の強さは試験値の大約 60 % と見ればよい。

(5) 試験片数を多くとつた小試験片による引張強さの偏差は変異係数で 4.4～23.3 % の範囲内にあり、多くは 8～9 % 程度である。プレスの圧力の不均一に基き、多少の圧縮率の相違が影響して、最弱の個所は最端部かその近傍にある事が多い。工業生産の製品の均質化の為にはライナーを入れる等圧力の均等を考慮せねばならぬ。

(6) 上記針葉樹単板によるものと殆んど同様の製作条件によつて、マカンバ・ブナの 170 kg/cm² 圧縮の硬化積層材を製作して比較した結果によると、引張形質商に就てはクロマツ・ヒノキ 50～80 kg/cm² 圧縮程度のものはマカンバによるものに匹敵し、ブナよりも相当優良である。ただし接着強さの低い事は注意を要する。

8.2 接續單板による長物積層木材の研究

8.2.1 ま え が き

前報に於て長さ 2 m 迄の長物積層木材に就ての結果を記した。その場合には構成単板は接續を要しない。長さが 2 m 以上の単板は通常殆んど生産されないから、之以上の長さの積層木材を得るには単板の接續を要する事となる。又製造用プレスも之以上の長物の場合は特別の桁用プレスによらなければならない。

予備実験の結果によれば、接續單板によつて積層木材を製作する際、厚さ少くも 1 mm 以上の単板では重ね接ぎ若くは突き合せ接ぎは不可で、1/10～1/15 の傾斜接ぎが必要であり、しかも接手は層に就て計画的に散在させる必要がある事を認めた。此の研究に於ては上記の予備実験の結果を基として、長さ 4 m・6 m・12 m の実用大積層木材を製作し、一般強度試験の他、長柱引張試験も実施してその材質を検討したものである。尙製作実験は日本航空機材株式会社（現日本レイヨン株式会社）岡崎工場の施設を利用して行つたものである。詳細な数字的資料は戦災の為焼失したので、平均的結果のみを挙げる。

8.2.2 試料の製作

8.2.2.1 単 板

ヒ ノ キ ロータリー單板、厚さ 1.0 mm

ブ ナ ロータリー単板, 厚さ 1.0 及び 1.5 mm

マカンバ ロータリー単板, 厚さ 1.0 mm

単板の製作は海軍航空技術廠材料部及び日本航空機材岡崎工場で行つた。

8.2.2.2 接 着 剤

(1) 石炭酸・フォルマリン樹脂接合紙, 次の各社製品のものがある。

a) 日本航空機材株式会社岡崎工場 b) 松下航空工業株式会社プロペラ製造所

c) 国産化工株式会社

(2) 石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤, 溶剤エタノール

8.2.2.3 試料製作条件

8.2—1 表及び 8.2—2 表に示す。単板の接続は 1/15 傾斜接ぎとなし, 層について計劃的

8.2—1 表 ヒノキ積層木材製作条件

番号	樹種	種 別	単板厚 (mm)	単 板 製作所	単板 合せ 枚数	接 着 剤	樹 脂 液 浸漬時間 (hr)	含脂率 (%)	圧縮圧力 (kg/cm ²)	製 品 寸 度 (厚×幅×長) (mm)	圧縮率 (%)
1	ヒノキ	平 行 積層材	1.0	海軍航空 技 術 廠	36	松下接合紙	—	—	10	30×250×4000	83
2	"	"	"	"	"	"	—	—	"	"	"
3	"	"	"	"	"	日航接合紙	—	—	"	"	"
4	"	"	"	"	"	"	—	—	"	"	"
5	"	"	"	"	"	松下接合紙	—	—	"	30×250×6000	"
6	"	"	"	"	"	"	—	—	"	"	"
7	"	"	"	"	"	日航接合紙	—	—	"	30×250×4000	"
8	"	"	"	"	"	"	—	—	"	30×250×6000	"
9	"	"	"	日 本 航空機材	"	"	—	—	"	30×250×4000	"
10	"	"	"	"	"	"	—	—	"	30×250×6000	"
11	"	平行硬化 積層材	"	海軍航空 技 術 廠	40	石炭酸樹脂	1.5	17	30	25×250×4000	63
12	"	"	"	"	"	"	"	17	"	"	"
13	"	"	"	"	"	"	"	13	"	25×250×6000	"
14	"	"	"	"	"	"	"	13	"	"	"
15	"	"	"	"	50	"	1.0	13	50	25×250×4000	50
16	"	"	"	"	"	"	"	13	"	"	"
17	"	"	"	"	"	"	"	12	"	25×250×6000	48
18	"	"	"	"	"	"	"	12	"	"	"
19	"	"	"	"	"	"	1.5	23	"	25×250×4000	50
20	"	"	"	"	"	"	"	23	"	25×250×6000	"
21	"	"	"	日 本 航空機材	"	"	"	15	"	25×250×4000	"
22	"	"	"	"	"	"	"	10	"	25×250×6000	"
23	"	"	"	海軍航空 技 術 廠	60	"	"	18	65	25×250×4000	42
24	"	"	"	"	"	"	"	26	"	25×250×6000	"
25	"	"	"	"	70	"	"	28	80	25×250×4000	36
26	"	"	"	"	"	"	"	24	"	25×250×6000	"
27	"	"	"	"	"	"	1.0	13	65	30×250×12000	43

に接手を分散させた。すべてライナーあり、圧縮温度 135°C、圧縮加熱時間 2 時間である。プレスは日本航空機材岡崎工場に設備されてあつた長さ 12 m の桁用プレスを使用した。之は搾油プレスを多数連結し熱盤を共通にしたもので、稼働は水圧により、加熱は蒸気によるものである。

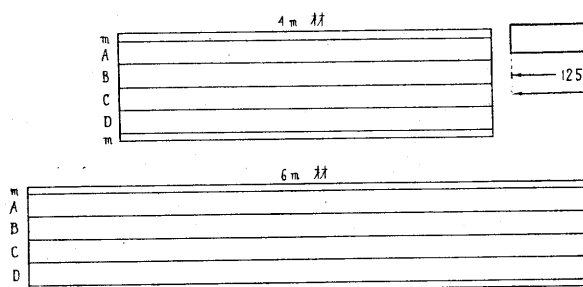
8.2—2 表 プナ・マカソバ積層木材製作条件

番号	樹種	種別	単板厚 (mm)	単板製作所	単板合せ枚数	接着剤	樹脂液浸漬時間 (hr)	含脂率 (%)	圧縮圧力 (kg/cm ²)	製品寸度 (厚×幅×長) (mm)	圧縮率 (%)
28	プナ	平行積層材	1.0	日本航空機材	38	国産化工接合紙	—	—	25	30×250×4000	79
29	"	"	1.5	海軍航空技術廠	26	日航接合紙	—	—	"	"	74
30	"	"	"	"	27	松下接合紙	—	—	"	30×250×6000	79
31	"	"	"	"	"	日航接合紙	—	—	"	"	82
32	"	"	1.0	日本航空機材	36	"	—	—	"	30×250×4000	83
33	"	"	"	"	"	"	—	—	"	30×250×6000	84
34	"	平行硬化積層材	1.5	海軍航空技術廠	15	石炭酸樹脂	1.0	12	50	15×250×12000	75
35	"	"	"	"	20	"	"	11	100	"	67
36	"	"	"	"	22	"	"	13	130	"	45
37	"	"	1.0	日本航空機材	28	"	"	12	"	"	61
38	"	1/8混交硬化積層材	"	"	27	"	1.5	15	150	"	60
39	"	平行硬化積層材	"	海軍航空技術廠	30	"	"	14	170	"	57
40	"	1/8混交硬化積層材	"	"	30	"	"	13	"	"	57
41	マカソバ	平行硬化積層材	"	日本航空機材	27	"	"	10	150	"	59

8.2.3 試験片採取法及び材質試験法

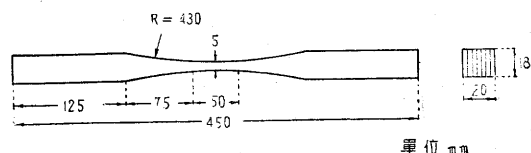
試験の種類は容積重の測定、圧縮・引張・曲げ・剪断・接着強さ・衝撃曲げの各強度試験と長柱引張試験とである。試料からの試験片採取法は 8.2—1 図に示す如し。小型試験片による引張は通常の丸棒試験片の他 8.2—2 図の角棒試験片によるものも行った。

8.2—1 図 試験片採取法



12m 材は 3 個に横断し、各 4m 材と同一方法による
 A, C: 長柱引張試験片 1 個
 B: 角棒引張、角棒引張、衝撃曲げ、曲げ、剪断、接着強さ、圧縮、容積重
 各試験片を 2 個宛 (4m 材) 又は 3 個宛 (6m 材)
 D: 予備
 E: 廃棄する端部

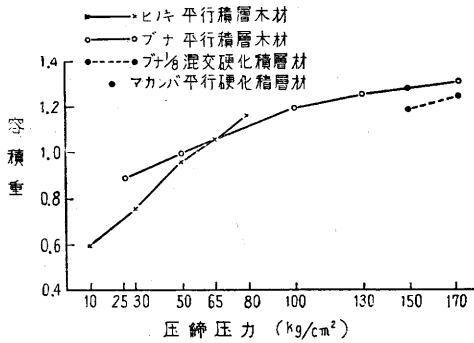
8.2—2 図 角棒引張試験片



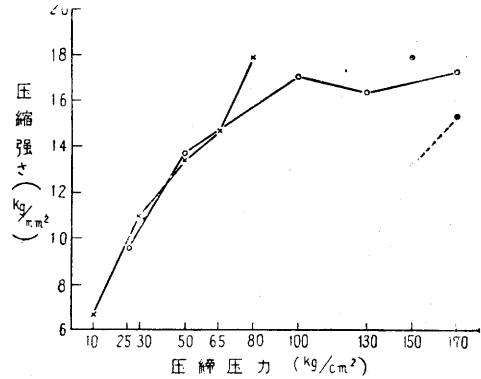
8.2.4 材質試験結果

試験結果平均値を容積重・各強度並びにその材質商毎に圧縮圧力と関連して示せば 8.2—3 図乃至 8.2—21 図の如し。

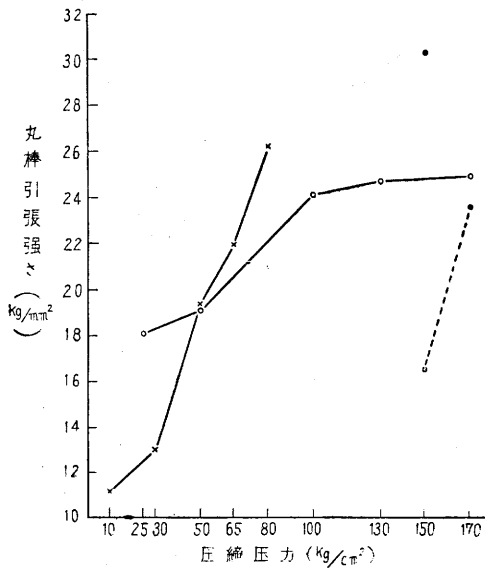
8.2-3 図 圧縮圧力と容積重との関係



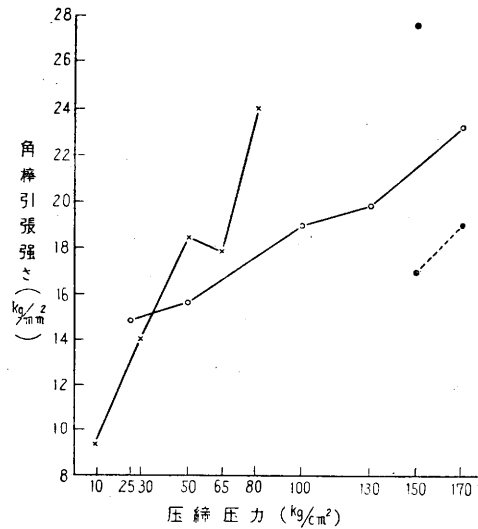
8.2-4 図 圧縮圧力と圧縮強さとの関係



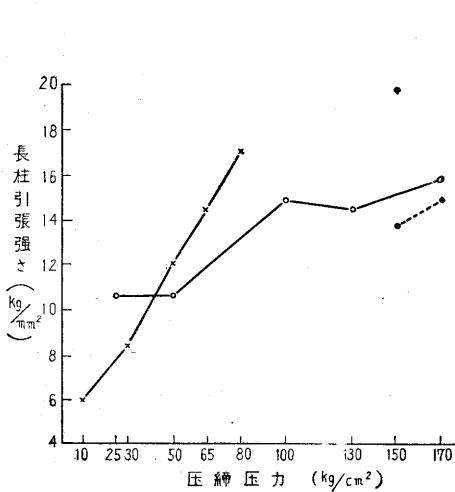
8.2-5 図 圧縮圧力と丸棒引張強さとの関係



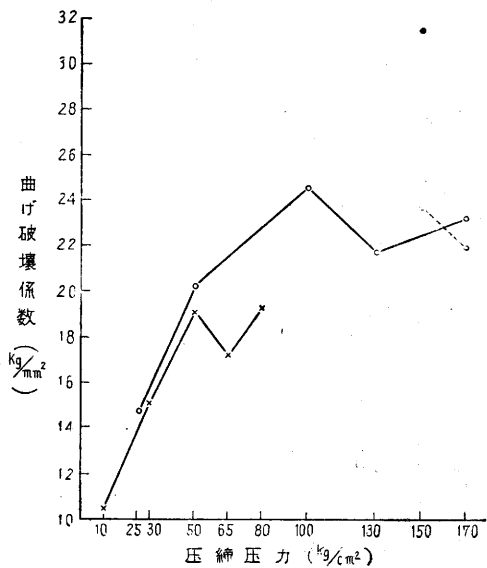
8.2-6 図 圧縮圧力と角棒引張強さとの関係



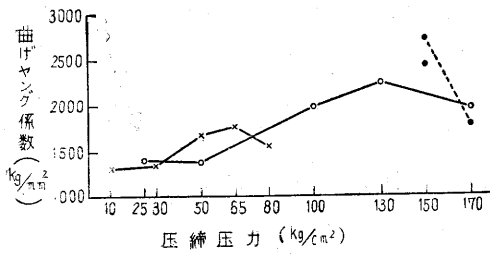
8.2-7 図 圧縮圧力と長柱引張強さとの関係



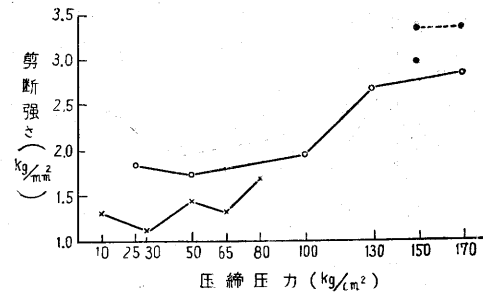
8.2-8 図 圧縮圧力と曲げ破壊係数との関係



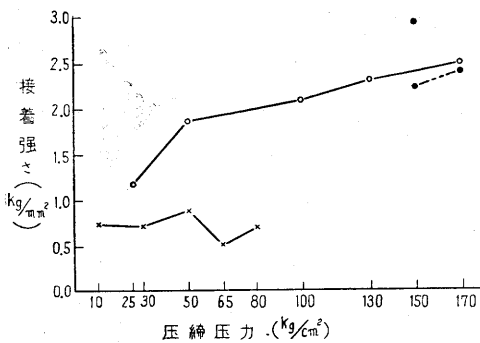
8.2-9 図 圧縮圧力と曲げヤング係数との関係



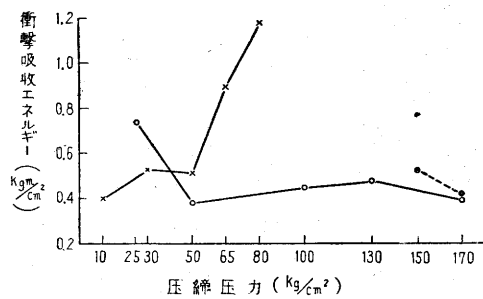
8.2-10 図 圧縮圧力と剪断強さとの関係



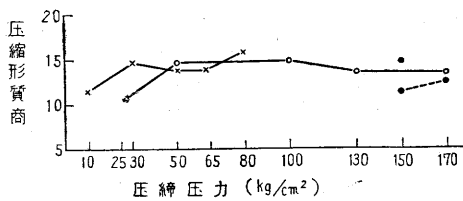
8.2-11 図 圧縮圧力と接着強さとの関係



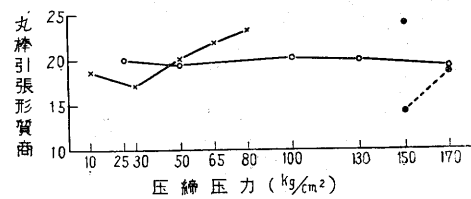
8.2-12 図 圧縮圧力と衝撃吸収エネルギーとの関係



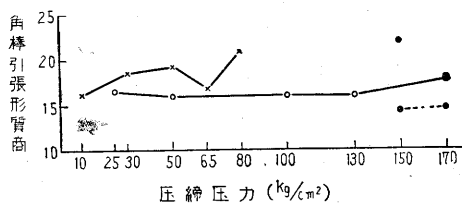
8.2-13 図 圧縮圧力と圧縮形質商との関係



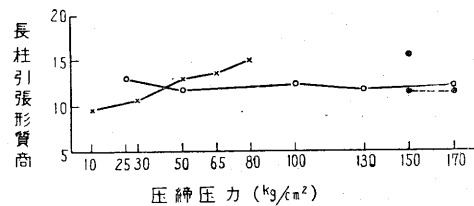
8.2-14 図 圧縮圧力と丸棒引張形質商との関係



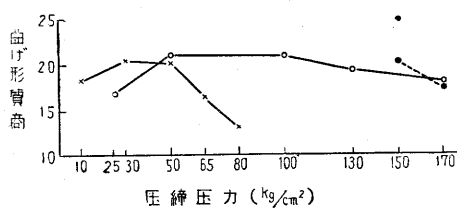
8.2-15 図 圧縮圧力と角棒引張形質商との関係



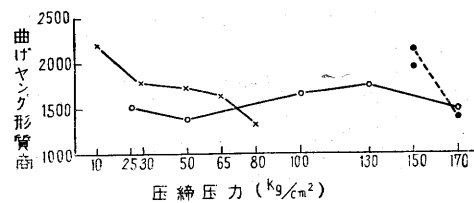
8.2-16 図 圧縮圧力と長柱引張形質商との関係



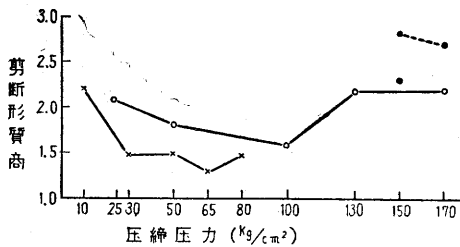
8.2-17 図 圧縮圧力と曲げ形質商との関係



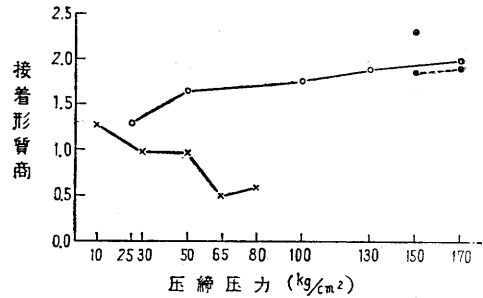
8.2-18 図 圧縮圧力と曲げヤング形質商との関係



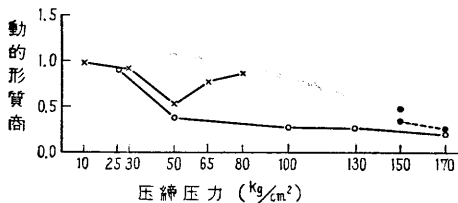
8.2—19 図 圧縮圧力と剪断形質商との関係



8.2—20 図 圧縮圧力と接着形質商との関係



8.2—21 図 圧縮圧力と動的形質商との関係



8.2.5 摘 要

(1) 長さ 2 m 以上の長物積層木材製作に於て、構成単板を 1/15 程度の傾斜接ぎとし計画的に接手を分散させれば、材質の低下は殆んど見られない。

(2) 圧縮圧力の増大に伴う容積重の増加の割合はヒノキの方がブナよりも著しい。此の傾向は圧縮強さ・引張強さ・衝撃吸収エネルギーの変化に影響を与えている。

(3) ブナでは圧縮圧力が 100 kg/cm² 以上になつても圧縮強さは増大しない。従つて形質商の低下が見られる。1/8 混交硬化積層材は容積重も小であるが、圧縮強さの低下は著しい。ヒノキでは圧縮圧力の増大と共に圧縮強さは上昇し、殊に 80 kg/cm² 圧縮のものは優良で、その形質商はブナ及びマカンバに優る。

(4) 引張強さは丸棒・角棒・長柱いずれの試験片によるも類似の傾向を示す。ブナに就ては圧縮圧力を増すに従ひ引張強さは緩慢な上昇をなすが、形質商にはその傾向が見られない。1/8 混交材は当然引張強さは小である。ヒノキでは圧縮圧力の増大に伴う引張強さの増大は著しく、形質商に於てもその上昇は明かである。80 kg/cm² 圧縮のヒノキは 170 kg/cm² 圧縮のブナより引張強さ勝る。試験片の形状・寸度による強度低下は丸棒試験片のものに対し、角棒試験片・長柱試験片によるものはそれぞれ 90 % 及び 63 % なる事を示している。圧縮圧力の低い積層材では長柱引張強さが著しく低い値を示す事がある。

(5) ブナ・ヒノキ共圧縮圧力 50 kg/cm² 以上では曲げ破壊係数の上昇が認められず、従つて形質商は低下する。殊にヒノキに於てその傾向が明瞭であつてブナよりも遙かに劣る。ブナ 1/8 混交材の曲げ破壊係数は平行材に殆んど変らぬ。

(6) ブナ・ヒノキ共最も圧縮圧力の大なるものが却つて曲げヤング係数が低下している。曲げヤング形質商はブナでは明かな傾向が見られぬのに対し、ヒノキでは明かに圧縮圧力大なる程低下している。圧縮圧力低きヒノキ積層材の曲げヤング形質商はマカンバに優る。

(7) 剪断強さに就てはヒノキはブナよりかなり低い。ブナでは剪断強さは圧縮圧力 100 kg/

cm²以上に於て上昇し、従つて形質商は 100 kg/cm² の処が圧縮圧力・形質商曲線の min をなす。1/8 混交材は直交単板が入る為著しくその剪断強さを増し、マカンバ平行材よりも優良である。ヒノキの剪断強さは圧縮圧力を増すに従い稍々上昇の傾向を示すが、形質商は寧ろ低下を示す。

(8) プナの接着強さの圧縮圧力に伴う上昇は 50 kg/cm² 以上は緩慢である。形質商には明かな傾向が認められない。ヒノキの接着強さはプナよりも著しく劣り、圧縮圧力を上昇しても強さの上昇が見られない。その為形質商は明かな低下を示す。

(9) プナの衝撃吸収エネルギーは硬化積層材では圧縮圧力を増すも上昇の傾向見られず、従つて動的形質商は寧ろ下降の様子が見られる。之にくらべれば圧縮圧力 25 kg/cm² の積層材の方が遙かに優良であつて、その形質商はマカンバ硬化積層材にも勝る。ヒノキは圧縮圧力 50 kg/cm²迄は衝撃吸収エネルギーの上昇度合少いが、その後は急激に大となる。動的形質商では 50 kg/cm²迄低くその後上昇の過程をとる。全体頗る優良で圧縮圧力 80 kg/cm²のものはマカンバ硬化積層材 150 kg/cm² 圧縮のものに優る。

9 特殊処理単板を用いた積層木材の研究

硬化積層材は常法によれば高压を加えて製作する為、その施設として極めて容量の大きいプレスが必要とする。もし既に単板に或る処理を施して、低圧の積層材を製作する設備によつて高い性能のものを作り得るならば、製作が著しく簡易となりその費用を軽減し得る事となる。此の目的の為に二三の探索を行つた結果を記する。

9.1 ローラー圧縮処理単板を用いた積層材の研究

9.1.1 ま え が き

硬化積層材を製作するには石炭酸系樹脂接着剤を浸透させた単板を乾燥後積層し、プレスに挿入圧縮する。通常 100 kg/cm² 以上の圧力を加えて加熱、樹脂の硬化を待つて操作を完了する。此の際大きな容量のプレスが必要とする。圧縮前に単板を予め圧縮して密度を高めておけば、加熱成型の際の圧力を極めて低くしても、かなり容積重が高くかつ材質の良好な製品が得られるとの見透しを以て此の研究を実施した。

9.1.2 方法の概要

単板に石炭酸系樹脂接着剤を塗布又は浸漬し、之を乾燥する。之迄の工程は通常の場合と同一である。その後単板を 1 枚毎に鉄製の 2 本のローラーの間を送り乍ら強圧する。圧縮された単板を所定枚数積層し、鉄製の上下定盤間に挿入、ボルトにて締付け（想定圧力 5 kg/cm² 程度）、そのまま乾燥器中に入れて加熱硬化せしめる。

9.1.3 試料製作条件

9.1.3.1 使用材料

(1) 単板 マカンバ及びブナ ローラー単板 1mm

(2) 接着剤 石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤、溶剤メタノール

9.1-1 表 積層材製作条件

項 目 \ 樹 種	ブ ナ I	ブ ナ II	マ カ ン バ
単板合せ枚数	40	60	70
樹脂液浸漬時間 (hr)	塗 布	2	2
自然乾燥時間 (hr)	24	24	24
人工乾燥温度 (°C)	40~50	40~50	40~50
同 時 間 (hr)	2	2	2
ローラー圧縮前単板厚 (mm)	0.7~1.2	0.7~1.2	0.8~1.0
ローラー圧縮後単板厚 (mm)	0.3~0.7	0.5~0.8	0.7~0.9
単板圧縮率 (%)	60	65	89
推定ローラー圧縮圧力 (kg/cm ²)	150~200	150~200	80~150
緊 締 温 度 (°C)	130~145	130~145	130~145
同 時 間 (hr)	2	2	2
製 品 寸 度 (mm) (厚×幅×長)	22×200×300	30×300×400	33×280×1100

ローラー圧縮圧力は圧縮率から推定した。単板のローラー圧縮中、単板の温度は約 40°C となる。

9.1.3.2 試料の調製

9.1-1 表に示す。

9.1.4 材質試験結果

(1) 気乾容積重及び含水率
9.1-2 表

(2) 圧 縮 強 さ
9.1-3 表

(3) 引 張 強 さ
9.1-4 表

(4) 曲げ破壊係数
9.1-5 表

(5) 曲げヤング係数
9.1-6 表

(6) 剪 断 強 さ
9.1-7 表

(7) 接 着 強 さ
9.1-8 表

(8) 衝撃吸収エネルギー 9.1-9 表 (9) 硬 さ 9.1-10 表

(10) 耐水性 各試料5個宛を沸騰水中に6時間浸漬したが、稍変形しただけで膨起・剥離なく、尚その後常温で1ヶ月間放置したが何等異状がなかつたので、耐水性良好と認められる。

9.1.5 考 察

単板のローラー圧縮の程度により製品の容積重が異なるのは当然である。ブナは No.1, No.2 共に圧縮度が高い為容積重が大であり、硬化積層材の容積重低いものに該当する。マカンバは圧縮度が少い為容積重も小さく、積層材の容積重高いものに該当する。諸強度も又多くはその容積重の硬化積層材又は積層材と同様の程度であるが、圧縮強さ・曲げ破壊係数は優良であり、剪断強さ・接着強さ・衝撃吸収エネルギーは概して低い。通常の方法で製作されたマカンバ及びブナの積層材・硬化積層材と比較してその形質商を 9.1-11 表に挙げる。

尙航格平行積層材及び平行硬化積層材規格値と比較したものを 9.1-12 表に示す。その記載は容積重は平均値を示し、諸強度は最小値に就て次の記号による。

硬 化 積 層 材	甲材規格値以上	+++++
〃	乙材規格値以上	+++++
〃	丙材規格値以上	++++

9.1-2 表 気乾容積重及び含水率

試料	試験片数	気乾容積重			含水率 (%)		
		平均	最大	最小	平均	最大	最小
ブナⅠ	5	1.10	1.12	1.09	10.6	13.5	8.7
ブナⅡ	5	1.10	1.11	1.11	8.0	11.1	5.0
マカンバ	5	0.96	0.97	0.95	12.0	12.3	11.6

9.1-3 表 圧縮強さ

試料	試験片数	圧縮強さ (kg/mm ²)			平均の形質商
		平均	最大	最小	
ブナⅠ	10	12.98	14.12	11.79	11.8
ブナⅡ	7	12.38	13.41	11.41	11.2
マカンバ	7	8.82	9.00	8.56	9.2

9.1-4 表 引張強さ

試料	試験片数	引張強さ (kg/mm ²)			平均の形質商
		平均	最大	最小	
ブナⅠ	8	22.63	27.50	20.40	20.5
ブナⅡ	5	19.90	23.62	18.31	18.1
マカンバ	7	20.94	22.70	18.05	21.8

9.1-5 表 曲げ破壊係数

試料	試験片数	曲げ破壊係数(kg/mm ²)			平均の形質商
		平均	最大	最小	
ブナⅠ	5	19.51	23.39	16.26	17.7
ブナⅡ	3	17.89	18.34	17.47	16.3
マカンバ	6	18.20	21.00	16.60	19.0

9.1-6 表 曲げヤング係数

試料	試験片数	曲げヤング係数 (kg/mm ²)			平均の形質商
		平均	最大	最小	
ブナⅠ	5	1322	1610	1174	1202
ブナⅡ	3	1780	2015	1545	1618
マカンバ	6	2290	2500	2140	2335

9.1-7 表 剪断強さ

試料	試験片数	剪断強さ (kg/mm ²)			平均の形質商
		平均	最大	最小	
ブナⅠ	7	2.04	2.48	1.86	1.9
ブナⅡ	7	2.50	3.12	2.00	2.3
マカンバ	9	2.00	2.07	1.95	2.1

9.1-8 表 接着強さ

試料	試験片数	接着強さ (kg/mm ²)			平均の形質商
		平均	最大	最小	
ブナⅠ	5	1.18	1.35	1.05	1.1
ブナⅡ	8	1.55	1.93	1.39	1.5
マカンバ	10	1.27	1.67	0.96	1.3

9.1-9 表 衝撃吸収エネルギー

試料	試験片数	衝撃吸収エネルギー (kgm/cm ²)			平均の動的形質商
		平均	最大	最小	
ブナⅠ	—	—	—	—	—
ブナⅡ	3	0.75	0.77	0.73	0.62
マカンバ	5	0.52	0.57	0.43	0.56

9.1-10 表 硬 さ

試料	測定数	硬 さ (kg/mm ²)									平均の形質商		
		木口面			柃目面			板目面			木口面	柃目面	板目面
		平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小			
ブナⅠ	8	14.2	14.7	12.8	8.7	8.8	8.4	7.0	7.4	6.4	12.9	7.9	6.7
ブナⅡ	10	13.8	14.8	12.5	9.0	9.9	8.2	6.8	8.1	5.8	12.5	8.2	6.3
マカンバ	8	8.3	8.8	7.8	3.6	4.0	3.2	4.5	5.0	4.2	8.6	4.0	4.7

9.1—11 表 単板予圧積層材、通常の積層材、硬化積層材の形質商の比較

種 別 項 目		単 板 予 圧 積 層 材			積 層 材 (91)		硬 化 積 層 材 (92)	
		ブ ナ I	ブ ナ II	マ カ ン バ	ブ ナ	マ カ ン バ	ブ ナ	マ カ ン バ
圧 縮 圧 力 (kg/cm ²)		推 定 150~200	推 定 150~200	推 定 80~150	20	20	200	200
容 積 重		1.10	1.10	0.96	0.91	1.04	1.31	1.35
含 水 率 (%)		10.6	8.0	12.0	10.5	10.9	4.5	5.2
形 質 商	圧 縮 強 さ	11.8	11.2	9.2	8.5	8.7	9.5	10.1
	引 張 強 さ	20.5	18.1	21.8	15.7	17.4	20.0	24.3
	曲 げ 破 壊 係 数	17.7	16.3	19.0	13.6	17.0	13.9	18.7
	曲 げ ヤ ン グ 係 数	1202	1618	2385	1407	2031	1328	1794
	剪 断 強 さ	1.9	2.3	2.1	1.9	2.0	2.5	3.2
	接 着 強 さ	1.1	1.5	1.3	1.4	1.8	—	—
	衝 撃 吸 収 エ ネ ル ギ ー	—	0.62	0.56	1.15	0.80	0.56	0.69
	木 口 面 硬 さ	12.9	12.5	8.6	7.7	9.8	19.2	21.7
	板 目 面 硬 さ	6.7	6.3	4.7	4.3	5.4	23.1	22.3

積 層 材 甲材規格値以上 +++

〃 乙材規格値以上 ++

〃 丙材規格値以上 +

以上を要するに此の程度の単板圧縮のものならば、硬化積層材と積層材の中間的のものが得られ、接着強さの稍々低い事が欠点であるが実用に供し得るものと考えられる。更に単板圧縮を強くする事は作業が著しく困難になると共に単板の割裂を惹起するから、実用的には此の方法による圧縮の略々限界ではないかと考えられる。

尙合板製作に就ても同様に単板を予圧して後、接合紙を以て加熱接着したものを試みたが、その結果によれば通常の製作法によつたものにくらべて引張強さ 58 %, 接着力 23 % の増大を見た (平井信二: 予圧単板による合板の引張強さと接着力—未発表—)。

9.1—12 表 材質の航格平行積層材、平行硬化積層材規格値との比較

			容 積 重	圧縮強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	曲げ破壊 係数 (kg/mm ²)	曲げヤング 係数 (kg/mm ²)	剪断強さ (kg/mm ²)	接着強さ (kg/mm ²)	衝撃吸収エ ネルギー (kgm/cm ²)
航 格 平行硬化積 層材 規 格 値	甲 材	1.30~1.40	16.0	28.0	24.0	2400	4.00	2.80	0.70	
	乙 材	1.25~1.35	13.0	21.0	20.0	2000	3.00	2.30	0.60	
	丙 材	1.10~1.40	11.0	20.0	15.0	1500	2.50	2.00	0.50	
航 格 平行積層材 第 二 種 規 格 値	甲 材	0.95~0.85	8.0	14.0	13.5	1200	1.20	0.95	0.50	
	乙 材	0.85~0.75	7.0	13.0	12.5	1100	1.00	0.95	0.50	
	丙 材	0.75~0.65	6.0	11.0	11.0	1050	0.95	0.95	0.40	
試 料	ブ ナ I	1.10	++++	++++	++++	++	+++	+++	
	ブ ナ II	1.10	++++	+++	++++	++++	+++	+++	++++++	
	マ カ ン バ	0.96	+++	+++	++++	++++	+++	+++	+	

9.1.6 摘 要

(1) マカンバ及びブナ単板に石炭酸・ホルマリン樹脂接着剤を塗布又は浸漬し、乾燥した後、ローラーにて強圧したものを積層し、ボルト締のまゝ加熱して製作した積層材の材質を検討した。

(2) かくして製作した積層材は容積重及び諸強度は通常の積層材と硬化積層材の略々中間的であるが、圧縮強さ・曲げ破壊係数は優良であり、剪断強さ・接着強さ・衝撃吸収エネルギーは概して低い。

(3) 此の積層材は接着強さの低い事は欠点であるが、実用に供し得るものと考えられる。

9.2 スギ年輪板による硬化積層材の研究

9.2.1 ま え が き

スギ年輪板(仮称)は宮崎雄一氏の考案せるものでスギ材の春秋材の区別の著しい事を利用し年輪に沿いその境界を剥離、密度大である秋材のみを集めて合板等に利用せんと目的のものである。此の種の単板ならばかなりの高圧を加える事が出来、従つて硬化積層材の製造も可能と考えられたので、その試作研究を行つて材質を検討した。

9.2.2 スギ年輪板製造法の概要

製作法の概要は次の如くである。スギ丸太を二つ割りにし、その春秋材の推移の急激である事と年輪幅広き事を利用し春秋材間を剥離する。剥離には最初小さなヘラを用い割裂目を順次入れ次いで次第に大きなヘラで裂目を進行せしめ、最後に薄鋼板(バンドソーの鋸歯を去つたもの)を差入れ裂目を縦通し剥離した。かくして秋材外面の綺麗な1年輪環の板を得るが、厚さが不同であるので、秋材外面を下底として厚さを一定とする様春材部を適当に鉋削除去する。春材部の除去即ち厚さを適当にする事により略々希望の容積重のものを得る理である。尙このものをローラーに通し圧縮を少し加えれば靱性を増すものと考えられる。宮崎氏によればヒノキ及び潤葉樹に就ても試作したが概ね適当なものが得られなかつたとの事である。

此の単板の特質と考える処は繊維は切断されない事、強度大である秋材部分を抽出利用すると云う事、容積重を適当に調節出来る事等があるが、製造法は手工業的であつて、更に加工法を考

9.2—1 表 スギ年輪板の厚さ、容積重及び含水率測定の一例

項 目	平 均	最 大	最 小
厚さ(mm)	1.27	1.45	1.20
気乾容積重	0.61	0.77	0.51
絶乾容積重	0.50	0.66	0.40
含水率(%)	13.8	17.7	10.4

9.2—2 表 スギ年輪板の容積重及び引張強さの測定例

番号	辺心材別	厚さ (mm)	気 乾 容積重	引張強さ (kg/mm ²)	同 形質商
1	心 材	1.1	0.69	18.94	27.4
2	心 材	1.1	0.74	15.89	21.5
3	辺 材	1.0	0.42	10.78	25.7
4	辺 材	0.4	1.06	35.48	33.5

案しなければ量産の見込の薄い事、原料丸太は略：一様の直径・年輪幅・秋材率のものを要する事、幅 500 mm 以上のものを採る事が難しい等の欠点がある。

9.2.3 スギ年輪板の材質

厚さ 1.25 mm 程度のものの厚さの偏差・容積重・含水率を求めた処 9.2—1 表の結果を示した。又別に薄い単板のものの容積重及び引張強さを求めたものを 9.2—2 表に示す。

之等の結果から総合するに厚さの偏差は著しく、一定の厚さに揃えるには別に機械的処理を考慮しなければならない。又同一厚さと云えども容積重は相当の開きあるものと考えられる。引張強さは期待された程大きくない。たゞ極めて薄いものは大きな値を示した。

9.2.4 試料製作条件

単 板 厚さ 1.25 mm 程度 (9.2—1 表参照) のもの

接 着 剤 石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤, 溶剤メタノール

樹脂液浸漬時間 2 hr 自然乾燥時間 24 hr

人工乾燥温度 50°C 人工乾燥時間 4 hr

圧 縮 圧 力 100 kg/cm² 圧 縮 温 度 135 ± 5°C

圧縮加熱時間 2 hr

9.2.5 材質試験方法

試験の項目は容積重・含水率の測定、圧縮・引張・曲げ・剪断・接着強さ・衝撃曲げの各強度試験であるが、試料が小さい為所定の大きさの試験片がとれず、引張以外の各試験片は所定のものの 1/2 の寸法のものを用いた。

9.2.6 材質試験結果

9.2—3 表に示す。

9.2—3 表 材 質 試 験 結 果

項 目	試験片数	平 均	最 大	最 小	平均の形質商
気 乾 容 積 重	5	1.08	1.12	1.05	—
含 水 率 (%)	5	3.9	—	—	—
圧 縮 強 さ (kg/mm ²)	10	14.64	15.72	13.36	13.6
引 張 強 さ (kg/mm ²)	4	27.55	31.02	24.43	25.5
曲 げ 破 壊 係 数 (kg/mm ²)	4	27.06	36.00	17.56	25.0
曲 げ ヤ ン グ 係 数 (kg/mm ²)	4	2664	3021	2317	2467
剪 断 強 さ (kg/mm ²)	6	2.26	2.38	2.03	2.1
接 着 強 さ (kg/mm ²)	5	1.62	2.27	1.07	1.5
衝撃吸収エネルギー (kgm/cm ²)	2	1.54	1.92	1.15	1.32

9.2.7 考 察

上の結果によれば容積重はあまり大でないが、諸強度の値はマカンバ・ブナ硬化積層材の容積

重 1.20 程度のものに匹敵する。即ち之等と比較すれば形質商は大である。ただし剪断・接着強さは良好でない。剪断強さ・接着強さの不良であるのは 5.1 に挙げた如く針葉樹硬化積層材の特性である。衝撃吸収エネルギーが極めて良好な事は特異である。

尙航格・平行硬化積層材規格値と比較すれば 9.2—4 表となる。その記載は容積重は平均値を示し、各強度はその最小値に就て 5.1—12 表針葉樹硬化積層材の場合と同一である。

9.2—4 表 材質の航格平行硬化積層材規格値との比較

	容 積 重	圧縮強さ	引張強さ	曲 げ 破壊係数	曲 げ ヤング係数	剪断強さ	接着強さ	衝 撃 吸 収 エ ネ ル ギ ー
		(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	(kgm/cm ²)
航 格 甲材 平行硬化 積 層 材 乙材 規 格 値 丙材	1.30~1.40	16.0	28.0	24.0	2400	4.0	2.8	0.70
	1.25~1.35	13.0	21.0	20.0	2000	3.0	2.3	0.60
	1.10~1.40	11.0	20.0	15.0	1500	2.5	2.0	0.50
試 料	1.08	良	良	可	良	不可	不可	優

以上によつてスギ年輪板は硬化積層材として比較的良好であり使用可能な事を示すものであるが、単板の量産の面に於て極めて見込少い故先づ特殊の目的の場合にのみ使用し得るものと考えられる。尙合板に就ても研究したが、比較的良好な結果が得られた（平井信二：スギ年輪板による合板の研究—未発表—）。

9.2.8 摘 要

(1) スギの春材部分を多く分離し、大部分秋材としたスギ年輪板を用いて圧縮圧力 100 kg/cm² にて硬化積層材を製作し、その材質を検討した。

(2) スギ年輪板硬化積層材は容積重 1.1 程度であるが、その材質は マカンバ類硬化積層材の容積重 1.2 程度のものに匹敵し、その形質商は更によい。しかし針葉樹材の通性として剪断強さ・接着強さは著しく低い。

(3) スギ年輪板の量産は見込少い故、特殊の目的にのみ生産し得るであろう。

10 総 括

積層木材の製造及びその製品の材質に関して、主として工業的生産の立場より、各種の研究を行つた。各問題に就て得られた結果の主要事項のみを簡単に列記する。

1 積層木材用樹種に関する研究

(1) ヒノキ・エゾマツ・スギ・クロマツ・アイグロマツの各針葉樹単板を用いて各種の条件により積層材及び圧縮圧力 80 kg/cm² 迄の硬化積層材を製作し、その基本的性質を明かにした。硬化積層材としては一般にヒノキ及びクロマツ（アイグロマツを含む）によるものの材質は良好であり、エゾマツ・スギは劣る。針葉樹全般の通性としては引張強さの優良なものがあり、剪断強さ・接着強さの低い事が著しい。

(2) ダケカンバ硬化積層材はマカンバにくらべて二三劣る性質はあるが、概ねマカンバ同様に使用し得る。

(3) シラカンバ硬化積層材の各種の性質はマカンバよりも相当劣るが、比較的重要でない部材には使用し得る。

(4) チョウセンミネバリ硬化積層材もシラカンバ程度のものと認められる。

(5) タブは一応硬化積層材に製作し得るが、材質はマカンバ級のものより著しく劣り、通常の強度を要求する様な用途には用い得ない。

2 積層木材用接着剤に関する研究

(1) 硬化積層材の単板注入用石炭酸・ホルマリン樹脂接着剤の工場生産の方式に含水・脱水・脱水中性の3型式が用いられるが、その中単板への浸透性良好で、製品の材質も最も良い脱水樹脂を可とする。樹脂液は樹脂濃度 40%，その粘度レッドウッド 20°C で 6 秒程度がよい。

(2) メラミン混入石炭酸・ホルマリン樹脂接着剤を使用する事によつて硬化積層材製作時の圧縮加熱温度を 130～140°C より 100°C に低下し得る。ただし通常のものより二三性質の劣つたものが得られる。

(3) 硬化積層材用接着剤としてビニール・フォルマール混入石炭酸・ホルマリン樹脂接着剤を使用するも何等良い効果は認められない。

(4) フォルマリンの約半量をフルフラールで代替した積層材用接合紙は実用に供し得る。

(5) カゼイン・大豆蛋白・落花生蛋白溶液に浸漬した単板を材料として圧縮圧力 40 kg/cm² 以上、圧縮温度 120～130°C で積層材を製作し得る。かかるものの材質は圧縮強さは小さいが概ね材質優良である。

3 積層木材の単板の組合せに関する研究

マカンバ・ブナを用い直交積層材・直交硬化積層材・1/5 混交硬化積層材・1/10 混交硬化積層材・45°放射状硬化積層材・30°放射状硬化積層材を製作し、その材質に関する基礎的数値を求めた。各種別によつて各々の特性があるから、それに従つて各々その用途が考えられねばならない。

4 長大積層木材の研究

(1) ヒノキその他の針葉樹単板を用い実用大の積層木材を各種条件により製作し、その材質を検討した。特に桁用として引張強さが要求される事を考慮して、小試験片によるものと並行して実用大の長物引張試験を実施した。前者のものの値が大なる程、実用時の強度も大と認められ又その値は前者の約 60% と見ればよい。尚圧縮圧力 50 kg/cm² 程度のヒノキ・クロマツの引張形質商は圧縮圧力 170 kg/cm² 程度のマカンバに匹敵し、ブナに勝ると認められる。

(2) 長さ 2m 以上の長物積層木材に於て構成単板を 1/15 程度の傾斜接ぎとし、計画的に接手を分散させたものは、2m 以下の単板接手のない積層木材にくらべて材質の低下は認められ

ない。

5 特殊処理単板を用いた積層木材の研究

(1) 単板に石炭酸・フォルマリン樹脂接着剤を塗布又は浸漬し、乾燥後ローラーで圧縮したものを積層し、ボルト締のまゝ加熱して製作した積層材は概ね通常の積層材と硬化積層材の中間の材質を示す。接着強さは稍々低いが実用に供し得ると認められる。

(2) スギの秋材部分のみを多く抽出したスギ年輪板による硬化積層材の材質は剪断強さ・接着強さの他良好であるが、スギ年輪板の量産の見込少い故、特殊の目的にのみ生産し得るものと認められる。

11 参 考 文 献

本文中に引用したもの以外に積層木材に関係あるものを挙げる。

1. ARMBRUSTER, F.: Technische Mindestwerte für Kunstharzpresshölzer. Holz **3**. 78-82 (1940)
2. BENZ, H.: Buchenschichtholz als Werkstoff für Werkzeuge zur spanlosen Verformung von dünnen Blechen. Holz **1**. 469-472 (1938)
3. BITTNER, J.: Technologische Eigenschaften; Prüf- und Abnahmevorschriften; Mess-, Prüf- und Hilfsgeräte. BITTNER-KLOTZ: Furniere, Sperrholz, Schichtholz. I. Teil (Werkstattbücher für Betriebsbeamte, Konstrukteure und Facharbeiter. Heft 76) (1939)
4. BRENNER, P. & KRAEMER, O.: Holzvergütung durch Kunstharzverleimung (Mitt. Fachausschusses für Holzfragen beim VDI. u. DVF Heft 12) (1935)
5. BURR, H. K. & STAMM, A. J.: Comparison of Commercial Water-Soluble Phenol-Formaldehyde Resinoids for Wood Impregnation. (U.S. Dept. Agr., For. Prod. Lab., Rept. No. R 1384) (Revised) (1945)
6. CASSELMAN, R.: Improved Wood. Hardwood Rec. **77** (No. 1). 16-17 (1939)
7. EGNER, K.: Neuere Erkenntnisse über die Vergütung der Holzeigenschaften. (Mitt. Fachausschusses für Holzfragen beim VDI. u. DVF. Heft 18) (1937)
8. EICKNER, H. W. & BRUCE, H. D.: Gluing of Thin Compreg. (U.S. Dept. Agr., For. Prod. Lab., Rept. No. 1346) (Revised) (1946)
9. ERICKSON, E. C. O.: Mechanical Properties of Laminated Modified Wood. (U.S. Dept. Agr., For. Prod. Lab., Rept. No. R1639) (1947)
10. ERICKSON, E. C. O. & FAULKES, W. F.: Basic Properties of Yellow Birch Laminates Modified with Phenol and Urea Resin (U.S. Dept. Agr., For. Prod. Lab., Rept. No. R1741) (1949)
11. FRANK, H.: Hartmetallwerkzeuge zur Bearbeitung von Holz, Sperrholz, Schichtholz und Kunstholz (mit besonderer Berücksichtigung des Nachschleifens). Holz **2**. 357-363 (1939)
12. 藤野清久: 赤松硬化積層材に関する研究 合成樹脂研究綜報 108-116 (1946)

13. 技 術 院：日本航空機規格・積層材（航格 8104）（昭和 19 年 5 月 5 日決定）
14. 技 術 院：日本航空機規格・硬化積層材（航格 8105）（昭和 19 年 5 月 5 日決定）
15. 八浜義和・井本 稔・林 泉：フルフラーレン石炭酸樹脂に関する研究（第 15 報）フルフラーレン石炭酸樹脂を用ふる強化木の製造に就て 合成樹脂研究綜報 39-44（1946）
16. 八浜義和・井本 稔：同上（第 16 報）強化木の一新製法 同上 45-46（1946）
17. HAYWARD, C. H.: Manufacture and Uses of Improved Wood. Wood 4. 194-197（1939）
18. 平井信二・渡辺広太郎・枝松信之・仙波正雄：中部地方産シラカバ材の研究（海軍航空技術廠研究実験成績報告 0489）（1944）
19. 平井信二・仙波正雄：信州産ダケカンパ合板・硬化積層材の研究（同上 04456）（1944）
20. 平井信二・平山晋一・渡辺広太郎・鼻節欽治・長沢竣治：注入用石炭酸系合成樹脂接着剤に関する研究（同上 04176）（1944）
21. 平井信二・仙波正雄：南九州産タブ合板及硬化積層材の研究（第一海軍技術廠研究実験成績報告 0518）（1945）
22. 平井信二：積層木材に関する研究 第 1 報 単板の組合せを異にせる積層木材の材質 木材工業 2（No. 8）. 4-11（1947）
23. 平井信二：積層木材に関する研究資料（1）硬化積層材の製作時の圧縮度と材質との関係 同上 1（No. 2）. 19-24（1946）
24. 平井信二：同上（2）樹種別硬化積層材の材質 同上 4. 1-8, 111-116, 148-150（1949）
25. 平井信二：挽板積層材の製造と利用 同上 5. 286-289（1950）
26. 堀岡邦典・海藤精一郎：強化木及積層材の理化学的研究 第一報 強化木及積層材の摩擦に就て 日本林学会誌 24. 589-591, 578（1942）
27. 堀岡邦典・海藤精一郎：同上 第二報 其の腐朽性に就て 同上 24. 631-634（1942）
28. 堀岡邦典・海藤精一郎：同上 第三報 其の湿潤現象に就て 同上 25. 13-14（1943）
29. 堀岡邦典：同上（第 IV 報）其の顕微化学的研究 同上 25. 174-181（1943）
30. 堀岡邦典・中込兼男：同上 第五報 其の偏光並に X 線的研究 同上 25. 270-276（1943）
31. 堀岡邦典・中込兼男：同上 第六報 其の耐火性に就て 同上 25. 483-488（1943）
32. 堀岡邦典・雨倉朝三：同上 第八報 加圧条件を異にせる積層材の強度に就て 同上 26. 272-273（1944）
33. 堀岡邦典・雨倉朝三：同上 第九報 加圧条件を異にせる強化木の強度に就て 同上 26. 273（1944）
34. 堀岡邦典：強化木及積層材の耐腐性並に耐火性に就て 木材保存 11（No. 2）. 46-53（1943）
35. 堀岡邦典：薄板使用木曾檜積層材に関する研究 木材工業 2（No. 3）. 5-6（1947）
36. 加納 孟：強化木材に関する研究 1. 樹脂溶液の滲潤に関する理論及び実験（北海道産マカバ材）（北海道林試・木材利用試験彙報 No. 4）（1944）
37. 加納 孟：同上 2. 圧縮圧力及び加熱温度に関する実験（北海道産ダケカンパ材，シラカンパ材）同上（No. 5）（1945）

38. 北川長次郎：強化木用単板含浸剤としての「メラミン」樹脂に就て 合成樹脂研究綜報 25-32 (1946)
39. 小竹無二雄・平山晋一・米本義之：メラミン系合成樹脂接着剤ニ関スル研究 其ノ一（海軍航空技術廠研究実験成績報告 04256）(1944)
40. 工業技術庁：日本建築規格・木材試験方法（JES 建築 3107）（昭和 24.1.20 決定）
41. KOLLMANN, F.: Holzveredelung. Technologie des Holzes. 602-701 (1936)
42. KÜCH, W.: Untersuchungen an Holz, Sperrholz und Schichtl.ölzern im Hinblick auf ihre Verwendung im Flugzeugbau. Holz 2. 257-272 (1939)
43. LUDEWIG, H.: Prüfung an "Lignofol"-Zahnräden. Kunststoffe 27 (Nr.3) 56-58 (1937)
44. LUXFORD, R. F.: Strength of Glued Laminated Sitka Spruce Made Up of Rotary-Cut Veneers (U.S. Dept. Agr., For. Prod. Lab., Rept. No. 1512) (1944)
45. 松下力：水溶性石炭酸系樹脂による硬化積層材の性能 木材工業 4. 420-423 (1949)
46. 右田伸彦・松井光瑞：強化木の化学的研究 東大演習林報告 No.35. 161-172 (1947)
47. MILLETT, M. A., SEBORG, R. M. & STAMM, A. J.: Influence of Manufacturing Variables on the Impact Resistance of Resin-Treated Wood. (U.S. Dept. Agr., For. Prod. Lab., Rept. No. 1386) (1943)
48. MILLETT, M. A. & STAMM, A. J.: Wood Treatment with Urea Resin-Forming Systems (Comparison with Phenolic Resins for Making Compreg). Reprint from Modern Plastics (Feb., 1947)
49. MILLETT, M. A. & HOHF, J. P.: Dimensional Stability of Synthetic Board Materials Used as Core Stock. Forest Products Research Society, 1948, Preprint. (1948)
50. 南 義夫：木材の簡易的性質 (2) 木材工業 4. 222-227 (1949)
51. 南 義夫：硬化積層材の疲労強度 同上 5. 175-177 (1950)
52. 三好東一・平井信二・徳屋雅彦：合板に関する研究 第2報 大豆蛋白熱圧合板製造法の研究 同上 2 (No.8). 21-30, 51 (1947)
52. 三好東一・平井信二・仁賀定三：同上 第6報 大豆蛋白接合紙による合板製造法の研究 同上 4. 521-525 (1949)
54. 半井勇三：木材の稀薄アルカリ処理に就て 同上 5. 82-84 (1950)
55. 西沢藍二郎：強化木材に就て 木材保存 11 (No.2). 54-59 (1943)
56. 西沢藍二郎：積層材及び強化木の回顧 (1) 積層材 木材工業 5. 390-396 (1950)
57. 西沢藍二郎：同上 (2) 強化木 同上 5. 443-450 (1950)
58. 小幡彌太郎・半井勇三：強化木に関する研究 (第1報) アルカリ処理による木材の強化 北方農学 1 (No.2). 20-24 (1947)
59. 半井勇三・小幡彌太郎：同上 (第2報) アルカリ強化木の樹脂加工 同上 1 (No.2) 25-26 (1947)
60. 小幡彌太郎・半井勇三：同上 (第3報) アルカリ処理による強化機構 同上 2 (No.1). 31-36 (1948)
61. OPITZ, H. & REESE, H.: Über die Eignung des Schichtholzes für die Herstellung von Zahn-

- rädern, Holz 3. 19-22 (1940)
62. ORTH, H.: Vergütetes Holz als Baustoff für einstellbare Holz-Luft-Schrauben. Dtsch. Luftwacht, Luftwiss. 4 (Nr. 8). 256-258 (1937)
63. 大島敬治・細野テル子: 化工木材用合成樹脂に関する研究 (第1報) 硫黄・石炭酸系樹脂に関する研究 (其の1) 炭酸加里を触媒とする硫黄・石炭酸樹脂の製造, 合成樹脂研究綜報 47-55 (1946)
64. 大島敬治・細野テル子: 同上 (第2報) 同上 (其の2) 硫黄・石炭酸樹脂を用いる積層材用接着剤に就て 同上 56-63 (1946)
65. 大島敬治・細野テル子: 同上 (第3報) 同上 (其の3) クレゾールを用ひる硫黄樹脂の製造並びに其の樹脂を用ひた接着剤 同上 63-70 (1946)
66. 大島敬治・細野テル子: 同上 (第4報) 同上 (其の4) 硫黄・石炭酸樹脂接着剤に依る積層材の接着条件に就て 同上 70-80 (1946)
67. 大島敬治・伊藤敬勝・向井スミ代: 同上 (第5報) 合成樹脂溶液の単板含浸速度に就て 同上 80-84 (1946)
68. 大島敬治・西妻己: 同上 (第6報) フルフラール・石炭酸樹脂を用ひる強化木の製造 同上 84-89 (1946)
69. 大島敬治・伊藤敬勝・向井スミ代: 同上 (第7報) フルフラール・フェノール樹脂に依る単板の接着研究 同上 89-95 (1946)
70. RIECHERS, K.: Über Verwendung und Prüfung von hochverdichteten Holz. Holz 2 109-116 (1939)
71. 佐々木周郁・宮内正人・渡辺忠雄: 木材接着剤に関する研究 (第1報) 大豆蛋白質接着剤の耐水性に就て 木材工業 4. 418-419 (1949)
72. 佐々木周郁・宮内正人・渡辺忠雄: 同上 (第2報) 大豆蛋白質接着剤の耐水性に及ぼす熱効果に就て 同上 4. 532-533 (1949)
73. STAMM, A. J.: Forest Products Laboratory Resin-Treated Wood (Impreg). (U.S. Dept. Agr., For. Prod. Lab., Rept. No. 1380) (Revised) (1943)
74. STAMM, A. J.: Possible Use of Improved Woods and Wood-Base Plastics in the Furniture Industry. (U.S. Dept. Agr., For. Prod. Lab., Rept. No. R 1482) (1944)
75. STAMM, A. J.: Wood and Paper-Base Plastics. (U.S. Dept. Agr., For. Prod. Lab., Rept. No. R1438) (Revised) (1946)
76. STAMM, A. J.: Modified Woods. (Advanced copy of a report to be presented at the Forty-second annual meeting of the American Wood-Preservers' Association, 1946) (1946)
77. STAMM, A. J. & SEBORG, R. M.: Forest Products Laboratory Resin-Treated, Laminated, Compressed Wood (Compreg). (U.S. Dept. Agr., For. Prod. Lab., Rept. No. 1381) (Revised) (1949)
78. SCHULTE, C.: Herstellung und Verwendung von Lignofol-Zahnradern. Holz 1. 391-392 (1938)
79. 竹谷平造: 合成木材に就て 工業雑誌 No. 956. (別刷) (1940)

80. 谷山雅一・岩田実・川島敏秀：フルフラール石炭酸樹脂に依る強化木材の製造研究 合成樹脂研究綜報 117-137 (1946)
81. TREVOR, J.S.: The Manufacture and Uses of Impregnated and Compressed Wood. Wood 5 (No. 3). 59-62 (1940)
82. 宇野昌一・芳賀万里：日本プライウッド株式会社製積層木材試験（海軍航空技術廠 研究実験成績報告 第二六五四号）(1940)
83. 宇野昌一・芳賀万里：新田ベニヤ株式会社製積層木材試験（同上 第二七五七号）(1940)
84. 宇野昌一・芳賀万里：素材及積層木材ノ耐朽性ニ関スル研究（同上 第三〇八六号）(1940)
85. 宇野昌一：積層木材試験（同上 01194）(1941)
86. 宇野昌一：ミツメ材製硬化薄層材ノ研究（同上 01278）(1941)
87. 宇野昌一：ブナ材製硬化薄層材ノ研究（同上 01313）(1941)
88. 宇野昌一：主繊維走向ヲ交叉作製セル硬化薄層材ノ性質ニ関スル研究（同上 01328）(1941)
89. 宇野昌一：硬化薄層材ノ耐溶剤，耐油，耐酸及耐アルカリ性ニ関スル研究（同上 01449）(1941)
90. 宇野昌一：形状大ナル硬化薄層材ノ材質及均質性ニ関スル研究（同上 01484）(1941)
91. 宇野昌一：エゾマツ，タイワンヒノキ，マカンバ及ブナ材製普通薄層材ノ研究（同上 0291）(1942)
92. 宇野昌一・伊藤計吉：製作時圧縮度ヲ異ニセルマカンバ及ブナ材製硬化薄層材ノ材質ニ関スル研究（同上 02376）(1942)
93. 宇野昌一：稀薄石炭酸系合成樹脂接着剤ヲ注入製作セルマカンバ及ブナ材製硬化薄層材ノ材質ニ関スル研究（同上 0352）(1943)
94. 宇野昌一・伊藤計吉：稀薄石炭酸系合成樹脂接着剤ヲ使用試作セル硬化薄層材ノ材質ニ関スル研究（同上 0388）(1943)
95. 宇野昌一・伊藤計吉：硬化薄層材製造ニ使用セル接着剤ノ性質ガ該材ノ材質ニ及ボス影響（同上 03171）(1943)
96. 宇野昌一：硬化薄層材ノ接着法ニ関スル研究（同上 01246）(1941)
97. 宇野昌一：木材及加工木材ノ衝撃強度ニ及ボス低温ノ影響（同上 01279）(1941)
98. 宇野昌一：各種剝合材ニ関スル研究 第一報（同上 0242）(1942)
99. 宇野昌一：長沢武雄：木材及積層木材ノ対数減衰率ニ関スル研究（同上 03180）(1943)
100. 宇野昌一：鋸板工作型板用材トシテノ硬化薄層材（訳）（海軍航空技術廠雑報 0119）(1941)
101. 宇野昌一・長井節夫：積層木材ノ新製作法ニ就テ（訳）（同上 036）(1943)
102. 宇野昌一：積層木材特ニ硬化積層材研究経過概要 日本林学会誌 29 (No. 1~3), 19-23 (1948)
103. VORREITER, L.: Kunstharzverleimte Sonderhölzer. Wien. Allg. Forst- u. Jagd-Ztg. 55. 137-138 (1937)
104. WEATHERWAX, R. C. & STAMM, A. J.: The Electrical Resistivity of Resin-Treated Wood (Impreg and Compreg), Hydrolized-Wood Sheet (Hydroxylin), and Laminated Resin-Treated Paper

(Papreg). (U.S. Dept. Agr., For. Prod. Lab., Rept. No. 1385) (1943)

105. 山本 孝: 高周波による航空機用強化木製作に関する基礎的研究 日本林学会誌 **26**, 269-272 (1944)

106. 吉田正臣・大津英輔・渡辺広太郎・平井信二・辻田榮俊前・永山 政・伊藤計吉: 福石合成 樹脂製フェノールレジン製品試験 (海軍航空技術廠研究実験成績報告 0419) (1944)

(昭和 26 年 1 月稿)

Résumé

The layer-wood (laminated wood with veneers) is generally known in two types in our country, namely the normal layer-wood and the hardened layer-wood. In the former the adhesive exists only near the glue line, and the preparing pressure is under 25 kg/cm². This corresponds to the normal laminated wood in U.S.A. and to the Schichtholz, Lamelliertes Holz or Kunstharzplatte in Germany. In the latter the adhesive penetrates into the tissue of veneers and the preparing pressure is over 100 kg/cm². This corresponds to the compreg (resin-treated laminated compressed wood) in U.S.A. and to the Lignofol, Kunstharzpressholz or Presssperrholz in Germany. Intermediate types of the above-mentioned two are scarcely produced for want of appropriate uses.

The author researched the preparing methods of the layer-woods and their properties chiefly in the view-point of industrial production.

The content of this research is divided into five articles.

1. On the tree-species of veneer.

Several species which had hardly been used for manufacturing layer-wood were investigated in consideration of their abundant volume.

(1) Numerous normal and hardened layer-woods composed of coniferous veneers were prepared under various conditions. The tree-species of used veneers are *Chamaecyparis obtusa*, *Picea jezoensis*, *Cryptomeria japonica*, *Pinus Thunbergii* and *Pinus densi-Thunbergii*. The preparing pressure ranges from 5.5 to 80 kg/cm². Physical and mechanical properties of the products are cleared.

As to the hardened layer-wood, the products of *Chamaecyparis obtusa*, *Pinus Thunbergii* and *Pinus densi-Thunbergii* are generally superior and those of *Picea jezoensis* and *Cryptomeria japonica* are inferior. As the common properties of conifers, the tensile strength is occasionally excellent, and the shearing strength and the adhesive strength are considerably low.

(2) The quality of the hardened layer-wood of *Betula Ermani* var. *subcordata* is inferior in several points to that of *Betula Maximowicziana* which is most generally used in our country, but it may be used nearly to the same purposes as the latter.

(3) The quality of the hardened layer-wood of *Betula platyphylla* is considerably inferior to that of *Betula Maximowicziana*. It may be used to unimportant members of construction.

(4) The quality of the hardened layer-wood of *Betula costata* is in similar degree to that of *Betula platyphylla*.

(5) It is possible to prepare a hardened layer-wood with *Machilus Thunbergii* which wood is considerably light and soft, but its quality is extremely inferior to those of *Betula*. Therefore this cannot be used for ordinary purposes which demand reasonable strengths.

2. On the adhesives.

(1) Three kinds of phenol-formaldehyde resin adhesives which are used for impregnation of veneers to prepare hardened layer-woods were compared. The water-removed resin is superior in respect to the permeation into veneer and to the quality of produced article compared to the water-containing resin and the water-removed, neutralized one. The adequate condition of the resin solution is indicated as follows:

resin content	40 %
viscosity (20 °C, by REDWOOD's viscosimeter)	6 sec.

(2) Using the phenol-formaldehyde resin adhesive comprising melamine, the preparing temperature of the hardened layer-wood can be lowered from 130~140°C to 100°C. But the product is inferior in some properties to the normal one.

(3) The phenol-formaldehyde resin adhesive comprising vinyl-formal is not effective for preparing the hardened layer-wood.

(4) The resin paper (Tego-film) composed of phenol, cresol, formalin, and furfural can be put to practical use for preparing the normal layer-wood.

(5) Normal layer-woods can be prepared by using veneers which are immersed into protein solutions of casein, soybean or peanut. The preparing pressure is over 40 kg/cm² and the temperature is 120~130°C. The qualities of these products are moderately good except the compressive strength.

3. On the combinations of veneer.

Following layer-woods of various combinations of veneer were prepared using *Betula Maximowicziana* and *Fagus crenata*.

- 1) Normal layer-wood ; grain crosses perpendicularly every other veneer.
- 2) Hardened layer-wood ; grain crosses perpendicularly every other veneer.
- 3) Hardened layer-wood ; grain crosses perpendicularly every sixth veneer.
- 4) Hardened layer-wood ; grain crosses perpendicularly every eleventh veneer.
- 5) Hardened layer-wood ; grain crosses radially every other veneer at an angle of 45°.
- 6) Hardened layer-wood ; grain crosses radially every other veneer at an angle of 30°.

Their physical and mechanical properties are cleared in relation to the direction of grain. These values are fundamental indices for practical uses of such kinds of products.

4. On the layer-wood of large dimensions.

(1) Various normal and hardened layer-woods of the size of practical use (up to 2 m) were prepared with veneers of coniferous trees. These specimens are the identical ones mentioned in § 3. In addition to the mechanical tests by the pieces of the standard size, the tensile strength by the large pieces of full length of specimen were also carried out. The tensile strength values of large test pieces are 50~91 % of that of small ones. In the case of estimating the usability of an article only by a test of small pieces, we can consider that the strength of the article as practical size is in proportion to the mean of the test values and it can be counted for about 60 % of the latter.

The quality quotients of the tensile strength of *Chamaecyparis obtusa* and *Pinus Thunbergii* which preparing pressure is about 50 kg/cm² are as good as that of *Betula Maximowicziana* and superior to that of *Fagus crenata* which preparing pressure is 170 kg/cm².

(2) If the veneers are joined 1/15-scarfwise and joints are intentionally scattered to make long layer-woods of over 2 m, their quality does not deteriorate compared to those which are free from joints.

5. On the layer-woods with particularly treated veneers.

(1) The author prepared several layer-woods by the following method. Veneers were applied with the phenol-formaldehyde resin or immersed to it, air-dried, compressed between two rollers, assembled and clamped with head blocks and bolts. Then the bales were heated to 130~145°C. On the whole these products indicate intermediate qualities of the normal and the hardened layer-woods. The adhesive strength of them is somewhat low, but they may be used for practical purposes.

(2) A hardened layer-wood with veneers which mostly consist of summer wood of *Cryptomeria japonica* has good properties except the shearing strength and the adhesive strength. But such veneers cannot be produced on a large scale, therefore these articles are unpractical.