

# 官能性樹脂によるWPC化(5)

- WPCオーバーレイ合板の性能 -

川上英夫 山科 創  
中野隆人 種田 健造\*

## 1. はじめに

既報<sup>1)~4)</sup>において、MMAモノマーに橋かけ性及び極性モノマー、オリゴマーを添加して注入樹脂液の性質に変化を与え、シナノキを用いてWPC化処理を行って、それらによる材内の注入重合性、処理材の諸物性に及ぼす影響を調べる一連の実験を試みた。これらの添加剤のうち、2-ヒドロキシエチルメタクリレート(HEMA)、グリシジルメタクリレート(GMA)、含OH基オリゴエステルアクリレート(M5700)等の極性基をもつモノマー、オリゴマーをMMAと併用する方法は木材とポリマーとの親和性をより増大させ、WPCの曲げ特性、寸法安定性の向上に寄与することが知られた。

本報では、これら極性モノマー、オリゴマーの添加によるWPCの実用面での性能を調べる目的で、単板にWPC化処理を施して、それを台板基材の合板にオーバーレイし、得られたWPC化合板の表面性能を劣化促進処理によって調べ、また接着性についても検討した。

## 2. 実験方法

### 2.1 単板のWPC化処理

供試単板として、シナノキの0.9mm厚、25×25cmのロータリー単板を用いた。気乾の単板を50℃で減圧乾燥してのち、第1表に示す4種の注入樹脂液を減

圧法で注入含浸させた。注入単板を1枚ずつステンレス板で挟んで積重ね、圧縮治具にて軽く圧縮し、クランプしたままオープン中で70℃、20時間重合処理を行った。注入液は前述したように、MMAモノマーをコントロールとして、これにHEMA(含OH基)、GMA(含グリシジル基)、M5700(含OH基)をそれぞれ10%添加した溶液で、重合開始剤としてBPOを0.7%用いている。注入液当り単板を12枚宛使用したが、合計48枚のWPC化単板における重量増加率は85~113%の範囲であった。

### 2.2 WPCオーバーレイ合板の調製

台板基材にはシナノキの4.5mm厚合板(3プライ)を単板と同じ寸法に裁断して供試し、その半数には前項と同様なWPC化処理を施した。処理単板、台板をともに20℃、65%RHで調湿したのち、台板に水性ビニルウレタン樹脂接着剤(KR-120、架橋剤AEを使用前1%添加、光洋産業KK製)を17.4g/25×25cmの割合で小型スプレッターを用いて塗付し、処理単板を平行張り、直交張りの2方法で張合せ、15分間堆積後、圧縮圧10kg/cm<sup>2</sup>で20時間常温硬化を行い、20℃、65%RHで10日間養生処理を行った。なお、接着剤KR-120は中性タイプでプラスチック材料と木質材料の接着に適したものである。

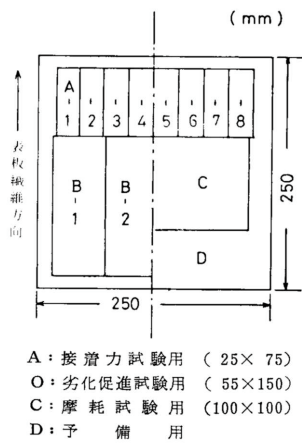
### 2.3 接着力および表面性能試験

上述のように各処理系毎に台板処理の有無、張合せ方法が平行、直交による4形式のWPC化合板を各3枚、計12枚調製したが、性能試験を行うために第1図に示すような裁断方法で各測定試験片を採取した。なお、摩耗試験の結果については各処理

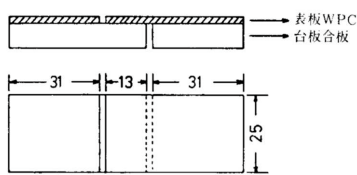
第1表 供試注入樹脂液

| 注 入 液 組 成 (w/w)              | 重合開始剤    | 〔略 号〕   |
|------------------------------|----------|---------|
| ① メチルメタクリレート                 | 0.7% BPO | 〔MMA〕   |
| ② MMA/2-ヒドロキシエチルメタクリレート(9/1) | 〃        | 〔HEMA〕  |
| ③ MMA/グリシジルメタクリレート(9/1)      | 〃        | 〔GMA〕   |
| ④ MMA/オリゴエステルアクリレート*(9/1)    | 〃        | 〔M5700〕 |

\*アロニックスM5700(単官能型, 含OH基, 東亜合成化学工業KK)



第1図 各測定試験片の採取



第2図 接着力測定試験片

系による耐摩耗性への影響が見い出されなかった  
 で、本稿では割愛する。

### 2.3.1 接着力試験

第1図の試験片(A)を交互に4片ずつ2分し、一  
 方を常態、他方をJASに準じて温水浸せき試験に供し  
 た。接着力の測定は試験片に第2図のような鋸目を入  
 れて引張り試験により行った。

### 2.3.2 劣化促進処理及び表面性能試験

試験片(B)の2片のうち一方(B-1)につい  
 て、サンドペーパー#240で素地調整後、ポリウレタ  
 ン塗料(二液性)の吹付けによる塗付を3回繰返して  
 (2,3回目の塗付前は#320で研削)塗装処理を行  
 った。塗付量は1回当たり80g/m<sup>2</sup>とした。無塗装と塗  
 装した試験片をまず紫外線カーボンウェザーメーター  
 により、前半110時間は光照射のみ、後半110時間は降  
 雨条件(12分/2時間)を与えて処理し、次いで50  
 90%RH, 20時間 - 50 , 熱風乾燥, 20時間の乾湿  
 サイクルを2回繰返して劣化促進処理を施した。

劣化処理試験片について以下の表面性能試験を行っ

た。

#### (1) 表面割れ

試験片の中央に表板単板の繊維方向と直交する長さ  
 4cmの標線と交差して発生する割れの数を30倍の実  
 体顕微鏡で測定した。

#### (2) 表面粗さ

万能表面形状測定器(MODEL 3E-C, 小坂研  
 究所製)を用いて、表板単板の繊維方向と直交する方  
 向の16mm区間における面粗さを振幅倍率500倍で測  
 定して中心線平均粗さとして求めた。また振幅倍率  
 200倍, 走査倍率10倍にて表面の形状を自記させた。

#### (3) 表面はく離強さ

特殊合板のJASの平面引張試験法に準じ、塗膜面  
 に接着した金属ブロックを垂直に引張り、はく離時の  
 破壊荷重から求めた。

#### (4) 塗膜附着性

試験片を沸とう水中で2~5時間加熱し、室温で乾  
 燥して、塗膜のはがれ、亀裂発生の状態を肉眼により  
 観察した。

#### (5) 色調変化

直読測色色差コンピューター(スガ試験機KK製)  
 を用いて、促進処理前後のL, a, b値を測定し、変色  
 度(色差)を算出した。

#### (6) カップ量

試験片の表板の繊維方向と直交する方向のスパ  
 ン4cmにおける中央矢高量を測定し、処理前後の差を  
 求めてカップ変動量として求めた。

## 3. 結果および考察

### 3.1 接着性

第2表に水性ビニルウレタン接着剤によるWPC化  
 合板の常態および温冷水浸せきによる接着力を示す。  
 台板処理は表板と同一系統のWPC化処理を施したも  
 のである。

まず、常態接着力は台板処理すなわちWPC-WP  
 Cの場合処理系による差異がほとんどなく、平行張り  
 で約70kg/cm<sup>2</sup>, 直交張りで約50kg/cm<sup>2</sup>とみなすこと  
 ができるが、これに対して台板無処理(WPC-木

第2表 水性ビニルウレタン接着剤によるWPC化合板の接着力 (kg/cm<sup>2</sup>)

| 表板処理   | 張合せ方法 | 常態接着力 |            | 温冷水浸せきによる接着力 |                 |
|--------|-------|-------|------------|--------------|-----------------|
|        |       | 台板無処理 | 台板処理       | 台板無処理        | 台板処理            |
| MMA系   | //    | 55.8  | 70.4 [126] | 48.2 (86)    | 42.4 (60) [88]  |
|        | ⊥     | 33.3  | 47.8 [144] | 20.0 (60)    | 34.1 (71) [171] |
| HEMA系  | //    | 67.6  | 68.8 [102] | 51.4 (76)    | 39.7 (58) [77]  |
|        | ⊥     | 41.0  | 51.0 [124] | 24.5 (60)    | 43.0 (84) [176] |
| GMA系   | //    | 56.9  | 69.1 [121] | 29.6 (52)    | 58.9 (85) [199] |
|        | ⊥     | 30.6  | 51.2 [167] | 18.1 (60)    | 41.3 (81) [228] |
| M5700系 | //    | 60.8  | 69.0 [113] | 42.7 (70)    | 25.2 (36) [59]  |
|        | ⊥     | 27.9  | 47.4 [170] | 17.0 (61)    | 17.0 (36) [0]   |
| 無処理    | //    | 47.9  |            | 40.9 (85)    |                 |
|        | ⊥     | 38.9  |            | 26.3 (68)    |                 |

注) 数値は12片の平均値  
 ( )内は常態接着力を100とした場合の温冷水浸せきによる接着力  
 [ ]内は台板無処理を100とした場合の台板処理による値

材)の場合処理系によってやや違いが認められ、接着力は平行張りでHEMA>M5700>GMA>MMA>無処理、直交張りでHEMA>無処理>MMA>GMA>M5700の傾向にあり、双方でHEMA系が最も高い値を示し、後者ではHEMA系以外は無処理よりも低かった。また台板処理における接着力は台板無処理よりも全系においてより高く、とくに〔 〕内の比率からも分かるように直交張りで増加率の高いことが認められた。

他方、温冷水浸せきによる接着力は( )内の比率から知られるように大半は常態時の6~8割程度に低下した。台板無処理の場合平行張りでHEMA>MMA>M5700>無処理>GMA、直交張りで無処理>HEMA>MMA>GMA>M5700の傾向にあった。台板無処理の場合には常態接着力の残存率はGMA系で高く、M5700系では著しく低下した。また接着層の破壊形態は表示しなかったが、すべて70~100%の木破率を示し、本実験条件でのWPCの接着性はかなり良好であると言える。この結果を既往の半井ら<sup>5)</sup>、往西ら<sup>6)</sup>による他の熱硬化性接着剤を用いた結果と比べると、塗付量等の接着条件が低位であるにも拘らずより高い接着力が示され、ビニルウレタン系接着剤はWPCの接着に適合するものと思われる。後藤ら<sup>7)</sup>はWPCの接着性についてぬれの問題をとりあげ、WPCの接着面に存在する非極性のプラスチック層によって、接着剤のぬれが悪く、接着剤の拡散、浸透が十分に行われないために均一な接着層を形成しないことを指摘している。その点、本処理系のHEMAの如き極性モ

ノマーは木材、接着剤両面に親和性を発揮し得、接着性を改善するものと考えられる。

### 3.2 劣化促進処理に伴う表面性能の変化

#### 3.2.1 表面割れ

無塗装の試験片についての表面割れの測定結果を第3表に示したが、割れの本数にはヒビ割れ状のかなり細かい(肉眼では見えない)

第3表 WPC化合板の劣化促進処理による表面割れ(無塗装面)

| 表板処理   | 中央4cm区間の割れ本数 |    |    |
|--------|--------------|----|----|
|        | //           | ⊥  | 平均 |
| MMA系   | 39           | 43 | 42 |
| HEMA系  | 24           | 24 | 24 |
| GMA系   | 51           | 62 | 57 |
| M5700系 | 53           | 45 | 49 |
| 無処理    | 69           | 58 | 64 |

注) 数値は4片の平均値

割れも含めてある。この結果表面割れは表板と台板の張合わせの違いによる明らかな傾向はみられないようで、WPCの割れは無処理材の1/2~1/3程度で、その大きさも無処理材が比較的大きな割れをもつものに対して全体的に細かであった。処理系ではHEMA系が最も少なく、他は同程度であった。なお、塗装試験片についての観察では表面割れはほとんど発生していなく、本実験の劣化条件の範囲では塗膜面に大きな影響を与えるまでに至っていない。

#### 3.2.2 表面粗さ

劣化促進処理前後の表面粗さを中心線平均粗さとして第4表に示した。この値は中心線を基準とした粗さ

第4表 WPC化合板の劣化促進処理に伴う面粗さの変化(中心線平均粗さμm)

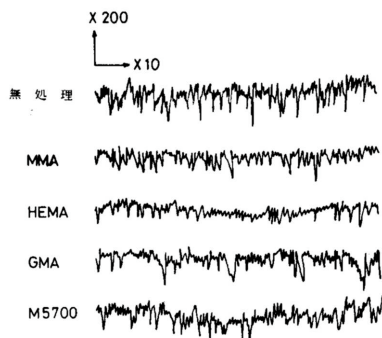
| 表板処理   | 無塗装面 |     | 塗装面 |     |
|--------|------|-----|-----|-----|
|        | 前    | 後   | 前   | 後   |
| MMA系   | 3.8  | 7.4 | 0.6 | 0.8 |
| HEMA系  | 4.0  | 6.3 | 0.6 | 0.8 |
| GMA系   | 5.9  | 8.3 | 0.4 | 0.8 |
| M5700系 | 4.4  | 7.5 | 0.5 | 0.8 |
| 無処理    | 6.5  | 9.4 | 2.3 | 2.5 |

注) 数値は各3回測定の平均値

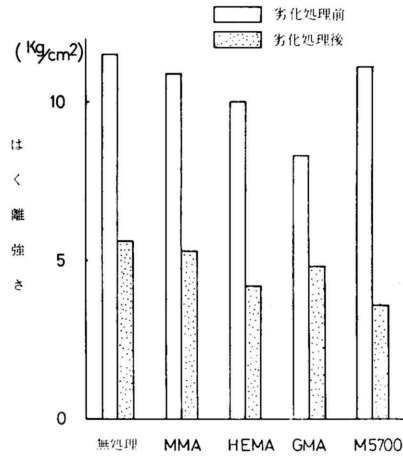
曲線の囲む面積を中心線の長さで除した値である。これによると、促進処理前の面粗さは無塗装面で無処理が $6.5\mu\text{m}$ 、WPCが $3.8\sim 5.9\mu\text{m}$ 、塗装面で同様に2.3に対して $0.4\sim 0.6\mu\text{m}$ であり、WPCの表面はとくに塗装面でより平滑であることが知られる。劣化処理に伴う面粗さの変化はやはり無塗装面で大きく、またWPCは無処理に比べて平滑性がより維持され、前後の差はHEMA系で最も小さいことなどが認められた。以上の状況は第3図に示す劣化処理後の表面プロフィールにも伺うことができる。無処理材では粗さの振幅が大きく、サイクルも大きい。一方、塗装面での粗さ変化は表面割れの場合と同様に小さかった。

### 3.2.3 塗装面のはく離強さ

この試験は当初塗膜の付着力を調べるために行ったものであるが、結果的には平面引張りによる破断がほとんどの場合表面の木破によるものであったので、はく離強さとして考察する。各処理系の劣化処理前後のはく離強さを第4図に示した。劣化処理前の強さは $8\sim 12\text{kg}/\text{cm}^2$ の範囲であって、すべてがJASの基準値 $4\text{kg}/\text{cm}^2$ を上回っている。しかし、劣化処理によってはく離強さは処理前の $1/3\sim 1/2$ に著しく低下した。破断状況を観察すると、処理前では表板の内部での破壊が多かったが、処理後ではすべて試験体の塗膜面にごく近い表板表層部において破壊していることが認められた。これは劣化処理とくに紫外線の被照射によって塗膜よりむしろ表板表層部が光分解による材質劣化を受けていることを示唆している。処理系による



第3図 劣化促進処理による各WPC表板の表面プロフィール(無塗装面)

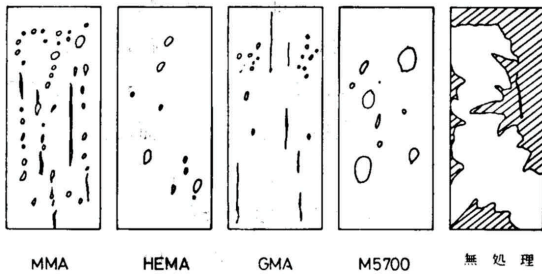


第4図 各WPC化合物板の劣化促進処理に伴う表面はく離強さの変化(測定点8ヶ所の平均)

はく離強さの違いは処理前にやや認められるものの、処理後では小さいようである。ここで注目されることは無処理のはく離強さがWPCよりもむしろ高目に現れていることである。これに関連してWPCの繊維方向と直交する方向の横引張り強さについての他のデータは見当らないが、一般にWPC化処理によって細胞間層にもポリマーが注入されることから、隣接細胞相互の凝集力は緩和されると思われる、とくに木材に膨潤を与える注入樹脂液系ではその傾向が大きく、注入ポリマーの横引張り強さに対する補強への寄与が小さいと推定される。他方、無処理材の場合には、本結果が塗装材についてであるので、塗料の浸透性がWPCに比べてはるかに大きく、表板の表層部では塗料による投錨効果が与えられ、見かけ上WPCに遜色のないはく離強さを保持するものと考えられる。

### 3.2.4 塗膜の附着性

前述したように劣化処理を施した後も、塗膜の割れ、面粗さ等の物理的な損傷は大きく出現しなかった。そこで塗膜の耐久性を調べるために、沸とう水中で煮沸処理を行い、塗膜の状況を観察したところ、劣化処理試片については煮沸30分経過時にまず無処理材に、2時間経過時にはWPCにも塗膜の部分的なはがれ、ふくらみ等が生じ始めた。第5図は2時間煮沸後室温で乾燥した各試験片表面のスケッチである。各系



第5図 劣化促進処理後沸とう水中2時間浸漬による塗膜の状態 (斜線部及び○部は塗膜のはがれを表す)

M5700系, MMA系とGMA系がそれぞれ塗膜はがれ及び割れの状態のパターンが類似し, 塗膜の付着性はHEMA系で相対的により良好であると判断された。

3.2.5 色調変化

劣化処理に伴う色調の変化は大まかに無塗装面では白灰色化し, 塗装面では塗膜の黄変化の影響を受けて赤褐色化した。第6図に明度指数Lの経時的な変化を無処理とWPC (MMA系) について

毎に状況を述べると次のようになる。

MMA系：多数のスポット状の塗膜のはがれが木目に沿って帯列し, スジ状の割れが生じた。

HEMA系：数個の比較的小円状の塗膜のはがれが点在した。

GMA系：スポット状の塗膜のはがれが点在し, 数個のスジ状の割れが生じた。

M5700系：HEMA系よりもやや大きな円形状の塗膜のはがれが点在した。

無処理系：斜線の部分にみられるように, 試験片の端から中央にかけて面積で50%程度の塗膜はがれと割れが生じた。

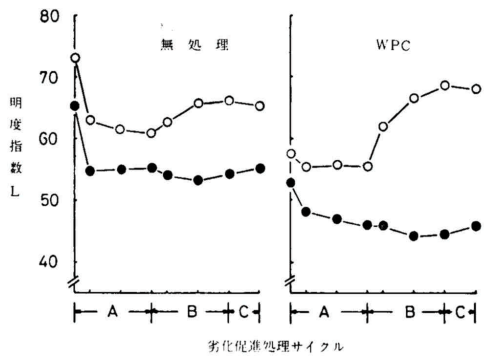
この結果は定量的でなく不十分ではあるが, 塗膜の付着性がWPCでは無処理に比べてかなり大きいことを定性的に示している。処理系別では, HEMA系と

第5表 WPC化合板の劣化促進処理に伴うL, a, b値の変化と変色度 (E)

| 表板処理   | 劣化処理の前後 | 無塗装面 |      |      |      | 塗装面  |      |      |      |
|--------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        |         | L    | a    | b    | ΔE   | L    | a    | b    | ΔE   |
| MMA系   | 前       | 54.4 | 9.7  | 19.3 | 14.0 | 53.0 | 10.0 | 21.8 | 8.5  |
|        | 後       | 67.0 | 5.4  | 14.9 |      | 46.7 | 15.7 | 22.6 |      |
| HEMA系  | 前       | 58.9 | 8.6  | 18.7 | 8.6  | 54.8 | 9.7  | 21.0 | 13.4 |
|        | 後       | 65.5 | 5.5  | 14.3 |      | 43.5 | 16.6 | 21.8 |      |
| GMA系   | 前       | 53.3 | 10.1 | 19.9 | 11.4 | 50.6 | 10.9 | 21.7 | 8.5  |
|        | 後       | 62.9 | 6.4  | 15.2 |      | 44.0 | 16.4 | 21.8 |      |
| M5700系 | 前       | 61.7 | 8.3  | 18.1 | 5.4  | 57.7 | 9.4  | 21.5 | 16.6 |
|        | 後       | 65.9 | 5.9  | 15.8 |      | 43.6 | 18.1 | 22.2 |      |
| 無処理    | 前       | 72.3 | 3.9  | 17.2 | 7.8  | 65.9 | 4.7  | 20.4 | 17.4 |
|        | 後       | 65.0 | 4.1  | 14.8 |      | 54.1 | 15.6 | 27.1 |      |

注) 数値は6片の平均値

例示した。無塗装の場合, 明度は前半の光照射のみのサイクルでは減少するが, 降雨条件を与えた後半のサイクルで上昇し, とくにWPCにおいて上昇が急激であり, 乾湿繰返しサイクルでは僅か減少する推移を示した。塗装面ではLは初期に急激な減少をして以降漸減し, 乾湿サイクルでわずかに上昇した。なお, WPCは処理系によらず同一パターンを示した。次に各処理系の劣化処理後のL, a, b値と変色度を第5表に示す。無塗装面をみると, L値は上記したように増加, a値は無処理で変化しないのに対しWPCで減少(赤味の減少)し, b値は全系で減少(黄味の減少)し, 灰白色化が明示されている。この場合の変色度はHEMA, M5700のOH基をもった樹脂液系でやや小さい傾向を示した。一方, 塗装面ではL値が減少, a値は全系で増加, b値はWPCで変化なく, 無処理で増加しており, すなわち, WPCは赤褐色化, 無処理は黄赤褐色化が進行することがわかる。変色度は無処理で最



第6図 劣化促進処理に伴う明度指数の変化

第6表 WPC化合板の劣化促進処理に伴うカップ変動量  
(mm/4cm)

| 表板処理   | 無塗装面 |      | 塗装面  |      | 全平均  |
|--------|------|------|------|------|------|
|        | //   | ⊥    | //   | ⊥    |      |
| MMA系   | 0.10 | 0.12 | 0.06 | 0.21 | 0.12 |
| HEMA系  | 0.09 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.07 |
| GMA系   | 0.18 | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.15 |
| M5700系 | 0.16 | 0.02 | 0.21 | 0.09 | 0.12 |
| 無処理    | 0.07 | 0.09 | 0.16 | 0.23 | 0.14 |

注) 数値は3片の平均値

も大きく、ついで無塗装の場合とは逆にHEMA, M5700系が大きくなっている。このことは、これらの含OH基樹脂液がウレタン塗料と何らかの化学的作用を及ぼし合うことを示唆しており、前項の塗膜の付着性においてこの両者が類似する挙動を示したことと合せて興味深い。

### 3.2.6 カップ変動量

第6表に各系試験片の幅方向(表板繊維方向と直交する方向)の劣化処理前後のカップ量の差を変動量として示した。処理前のカップはごく小さいのでこの数値が実際の試験片のカップ量とみなして差支えなく、実用的には問題にならない小さな量と思われる。相対的な比較のみをすると、塗装の有無、張合わせ方法による明らかな傾向は認め難く、処理系では全平均値からみてHEMA系が他系よりもカップ量が小さいと言える。

## 4. まとめ

極性モノマー(HEMA, GMA), オリゴマー(含OH基オリゴエステルアクリレート)をMMAに添加して得た単板状WPCの実用的性能を、台板合板

にオーバーレイし、一部ウレタン塗装を施して、ウェザーメーター、乾湿繰返しによる劣化処理を行って検討した。その結果、これら添加剤のうち、とくにHEMA添加系で接着性、表面割れ、表面粗さ、変色度(無塗装面)、塗膜付着性等のそれぞれの性能がより向上した。これはHEMAの含有するOH基の作用により、材内ポリマーの木材との親和性が増大し、両者がより密接したWPCを提供すること、また一方においてその後の接着剤、塗料等のポリマーによる二次加工処理においてもそれらとWPCとの緊密性が増加することに負っていると考えられた。

なお、本研究を進めるにあたり、接着科佐藤光秋研究員には実験に御協力を頂いた。また同科峯村伸哉科長、中村史門研究員には種々の御教示をお願いした。ここに心から謝意を表します。

## 文 献

- 1) 川上英夫ほか2名: 林産試月報, 306, 10 (1977)
- 2) 川上英夫ほか3名: 林産試月報, 307, 16 (1977)
- 3) 川上, 種田: 林産試月報, 308, 12 (1977)
- 4) 川上英夫ほか4名: 林産試月報, 310, 13 (1977)
- 5) 半井, 渡辺: 木材工業, 25, 220 (1970)
- 6) 往西, 後藤: 島大農研報, 第3号, 61 (1969)
- 7) 後藤, 往西, 作野: 島大農研報第2号, 99 (1968)
- 8) 川上, 種田: 林産試月報, 261, 22 (1973)

- 林産化学部 木材化学科 -  
- \*特別研究員 -  
(原稿受理 昭和54.9.25)