

木質石こうボードの製造試験 (1)

- 機械的性質に対する石こう・木質・水混合比及びボード比重の影響 -

高橋利男 北沢政幸
波岡保夫

1. まえがき

木質廃材を活用してボード類を成型する場合、バインダーとしてポルトランドセメントを選ぶと樹種によっては硬化障害が起こるので、その活用範囲は限定される。一方大気汚染防止のための廃煙脱硫に伴って生成する余剰石こうの利用開発が重要視されている。このことから木質のバインダーとして石こうをポルトランドセメントに代替しえれば一石二鳥といえよう。

木質と石こうの複合品としては軽量建築板（木毛板）がオーストリーにおいて1880年に既に特許を得ているとされている¹⁾。現在でもヨーロッパにおいてはこの種の材料が市場に出廻っていると聞くが具体的なデータは入手していない。

我が国では鋸屑やパルプが石こうボードの混和材料として一部用いられているようであるが、難燃性の点からその添加量は極めて低く、石こうとの合計重量比で1%以下に制限されている²⁾。文献的には村山らによるW-GPC（木質・石こう・プラスチック複合材）の基材としてパルプスラッシュ³⁾や木質繊維⁴⁾と石こうを組合せたものがはしりのようである。岸らは木工場の廃棄物であるプレーナー屑を活用する目的から、尿素・酢ビ共縮合樹脂との併用で石こうとの複合板を検討している⁵⁾。また重倉らは木毛板への利用樹種の拡大及び廃煙脱硫石こうの活用という我々と同様の観点から、ポルトランドセメントへの混合利用あるいは石こうの単独利用について検討し、その可能性を論じている^{6), 7)}。

石こうを木質のバインダーとして取り上げる場合、どんな種類のものを選ぶか、ポルトランドセメントに比べて極めて短い硬化時間を工程に合わせてどう調整するか、木材抽出成分の硬化時間、製品強度への影響

はどうかなどあらかじめ検討しておくべき課題が山積している。

本報では木毛板用として石こうの硬化時間を木毛セメント板の工程に合わせて調整したものをバインダーとし、ポルトランドセメントにとっては硬化不良樹種であり、特にその利用開発の求められているカラマツ小片を原料とした場合、機械的性質がどの程度のものになるかを検討する。

なお本報告におけるデータの一部は第27回日本木材学会大会において発表した⁸⁾。

2. 試験方法

2.1 供試原料

木質については道産カラマツの間伐小径木を板挽きしてからパルプチッパーで粗砕した。従って辺・心材こみであり、その含水率は約70%であった。これをPZ-6型パールマンチッパー（ナイフリング内径；48 cm，ナイフ枚数；20枚，ナイフ刃出量；0.5mm，インペラー回転数；1720r.p.m.，ナイフリング回転数；900r.p.m.）に乾物換算で約200kg/hr供給し、ロータリーキルンで乾焼したのち0.5mm目のスクリーンで微粉を除去した。供試にあたり120の熱盤上でほぼ全乾になるまで乾燥したのち、ポリエチレンの袋に移して吸湿を防ぎ室温まで冷却した。

石こうについては 型半水石こうに遅延剤を添加、攪拌混合したもので、小野田セメントKK中央研究所・石こう建材チームから提供を受けた。ここで用いている硬化遅延剤は蛋白系のもので、同社のノー・ハウである。第1表に供試石こうの物理的性質を市販の陶磁器型材用石こうのそれと比較してのせてある。抽出水で固めた例については参考値であり、この程度の成

第1表 石こうボードの物理的性質

物理的性質 ¹⁾		陶磁器用(B)		供試石こう	
		規格値 ³⁾	A社製	純水	抽出水 ⁴⁾
混水量(%)		82以下	77.0	66.0	(66) ⁵⁾
凝結時間	始発(分)	8以上	11.2	50.1	50.4
	みかけの終結(分)	—	13.7	55.8	57.5
	終結(分)	35以下	25.5	76.5	78.0
ぬれ引張強さ(kg/cm ²)		7.5以上	11.5	15.5	15.9
乾燥引張り強さ(kg/cm ²) ²⁾		—	16.8	31.6	35.1

注1) JIS R9112に規定されている試験方法による。

2) 上記の規格に定められていないが、45℃で24時間乾燥したのち引張試験を実施したもの。

3) JIS R9111に規定されているもの。

4) 気乾のカラマツ小片を、その10倍の重量の純水に20℃で48時間浸漬して抽出させたもの(抽出成分濃度: 0.29%)。

5) 純水のデータと比較するため揃えた。これによれば石こうの重量当りの抽出成分量は0.19%になる。

分濃度の場合は殆んど影響のないことを示している。これについては別の機会に詳しく検討する予定である。

水は水道水をイオン交換樹脂純水器を通して供試した。

2.2 製板方法

石こう/木質比(全乾重量比); 1.0~5.0, ボードの設計予定比重; 3水準, 水/石こう比を任意にかえた。石こう, 木質の所要量は下式により求めた

$$W_g = P \cdot W$$

$$W = \frac{d}{\{1 + (1 + \quad) P\}} (1 + \quad / 100)$$

ここで

W_g ; 硬化前半水石こうの重量

W ; 木質の全乾重量

P ; 石こう/木質比

d ; ボードの設計予定比重

; ボードの体積(本試験では32cm ×

34cm × 15mm)

; 半水石こう硬化後の結晶水の対半水石こう比

$$\left(\frac{3}{2}\text{H}_2\text{O}/\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} = 0.186\right)$$

; 養生後のボード含水率(10%と仮定した)

所要原料を1枚分ずつ秤量して品川式25M-Qr型万能攪拌機(容量25l, 能力400W)で混練した。木質に水を添加, 吸着させたのち石こうをまぶした。その後内法32cm × 34cmの木製枠内に手でフォーミングし,

枠を取り除いた後15mm厚木製ディスタンスバーを長手方向に配置し1枚ずつ圧縮クランプした。この際36mm厚ラワン合板をあて板とし, 雛型のためポリエチレンフィルムを置いた。圧縮状態で20℃, 85%R.H.の環境下に概ね20時間養生したのち脱型し, その後30℃に保った熱風循環式乾燥器(タバイ製パーフェクトオープンPS-23型)に48時間投入した。引き続き20℃, 65%R.H.の恒温恒湿室に放置, 約2週間後材質試験に供した。なお, 本試験で採用した養生方法は石こうの速硬性という特性を生かしたわけではなく, 安定側に設定したものにすぎない。これについては別の機会に検討する予定である。

2.3 材質試験方法

5cm × 28cmの曲げ試験片5コを採取し, 曲げ試験に供したのちその破断片から5cm × 5cmのはく離試験片5コを採取した。また1.25cm × 12cmの衝撃試験片を5コ得た。

曲げ試験は島津製作所製オートグラフIS-5000型試験機を用い, スパン24cm, 荷重速度10mm/minで行った。はくり試験はASTM D1037に準じ試験片の両面に鉄製のアタッチメントをエポキシ樹脂で接着し, 森試験機製作所製500kgオルゼン型試験機により厚さ方向に荷重速度約10mm/minの垂直引張荷重を加えて行った。衝撃試験については上島製作所製シャルピー型試験機(能力30kg・cm)により, スパン8cmで吸収エネルギーを測定し, これを試片の断面積で除して衝撃曲げ吸収エネルギーを求めた。

3. 試験結果と考察

3.1 最適混和水量について

ボード材質は石こう/木質比, ボード比重によって大方は決まることになるが, 加えてバインダーとしての石こう層の強さを支配する水/石こう比の要因効果を無視するわけにはいかない。半水石こうが水をとって硬化し二水石こうになるためには結晶水に相当する分の水だけがあればよい。しかし打設成型するためには固まる前の石こうスラリーが一定の流動性を

持つことが必要で普通は結晶水の他に過剰の水を添加する。この過剰水分は石こう硬化体に空隙を形成し、硬化体のみかけの密度を低下させるため、その分だけ強度が低下することになる。従って実際的には成型性を損なわない範囲で水の添加を少なくするのが強度的には有利となるわけである。

ところで石こう - 木質 - 水系ではいわば骨材に相当する木質が吸水性をもつため、添加した水がすべて石こう側に移行するわけではない。従って木質が存在しない場合に比べて多量の水が必要となる。一方前節のべたこの試験特有の成型方式によれば、石こうスラリー単独で打設成型される場合とは異なり、木質に附着した石こうがかならずしも十分な流動性をもつ必要はないともいえる。この辺の事情はポルトランドセメント - 木質 - 水系のそれと類似する⁹⁾。

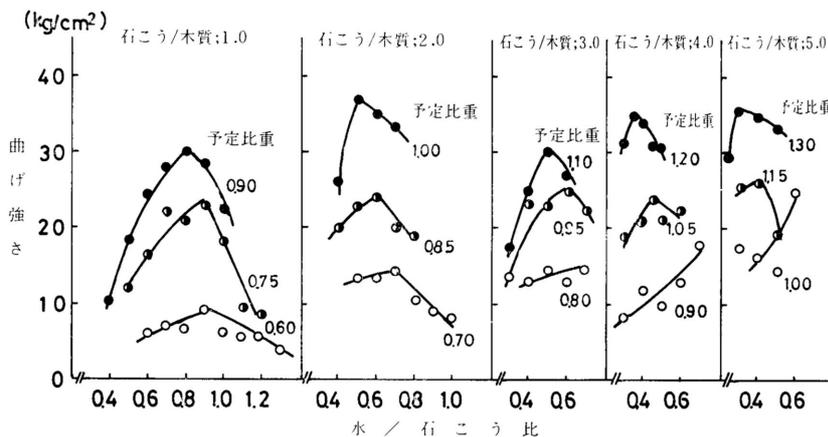
第1図は石こう / 木質比別にボードの設計予定比重をパラメーターとし、水 / 石こう比に対する曲げ強さの挙動を示したものである。水 / 石こう比の小さい領域で曲げ強さは増加傾向を示し、大きい領域で減少傾向を示している。前者は石こうの硬化に必要な結晶水に相当する水分が保障されていない領域であり、後者は硬化体に空隙を形成する水分過剰の領域であると考えられる¹⁰⁾。第1図によればそれぞれ予定比重が高くなるにつれ曲げ強さの最大値を与える水 / 石こう比、即ち最適水 / 石こう比は小さい方へ移行している。ボード比重を高めることはとりもなおさず成型圧力を高

めることであり、木質の含みうる水量が減少することを意味する⁹⁾。このため水 / 石こう比は相対的に小さくてよいことになる。第1図にみられる挙動は曲げヤング係数、衝撃曲げ吸収エネルギーに対してもほぼ共通している。

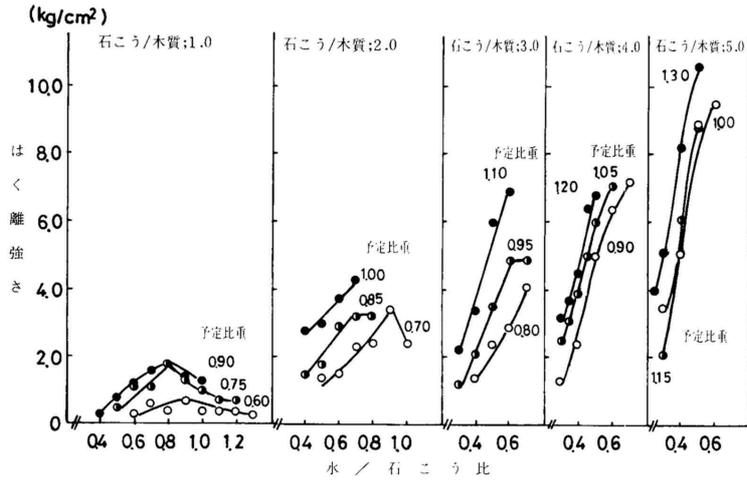
第2図は同様にして、はく離強さの挙動を示したものである。第1図と比較して特徴的なことは石こう / 木質比が3.0以上になるとボードの予定比重にかかわらず、水 / 石こう比の大きい領域でみられた減少傾向部分が観察されないことである。石こう / 木質比が大きくなると木質部分が少なくなるため、同じ水 / 石こう比の場合、石こう側のもつ水量は多くなる。従って混練後における石こうで被覆された木片の性状は石こう / 木質比の小さいところではさらさらして乾いた状態になるのが、大きいところではべとべととして濡れた状態にかわり、はなはだしい場合は石こうスラリーが木片に附着できず下側に沈下する現象さえみられるようになる。このような木片を手でフォーミングするとその厚さ方向への配列は不均一になりがちである。硬化後のボードの断面を観察すると、乾いた状態でフォーミングされたものは木片の厚さ方向とボードのそれとが一致し平行になるのに対し、濡れた状態でフォーミングされたものは両者が平行にはならず交錯する。このため厚さ方向への引張り荷重に対して木片は補強効果を示すことになる。第2図の石こう / 木質比3.0以上で減少傾向部分が観察されないのは以上の理

由によるものと考えられる。第2図にみられる挙動は吸水率、吸水厚さ膨脹率に対しても傾向的に一致する。

第1図、第2図でピークを示す水 / 石こう比をボードの設計予定比重に対してプロットしたものが第3図である。これ

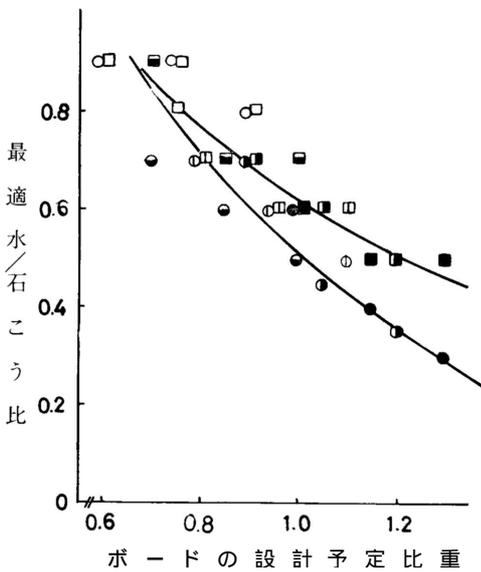


第1図 曲げ強さに対する水 / 石こう比、ボードの設計予定比重の影響



第2図 はく離強さに対する水/石こう比, ボードの設計予定比重の影響

2.2節で定義した設計予定比重に対して, 出来上がったボードの実際の比重はどのようになるのを知っておくことはボードの製造設計において不可欠である。曲げ強さに関する最適水/石こう比の水準で製造されたもののボード比重を示したのが第4図である。これによれば石こう/木質比にかかわらず, 設計予定比重と仕上りボード比重は低め側



第3図 曲げ強さとはいく離強さに関する最適水/石こう比

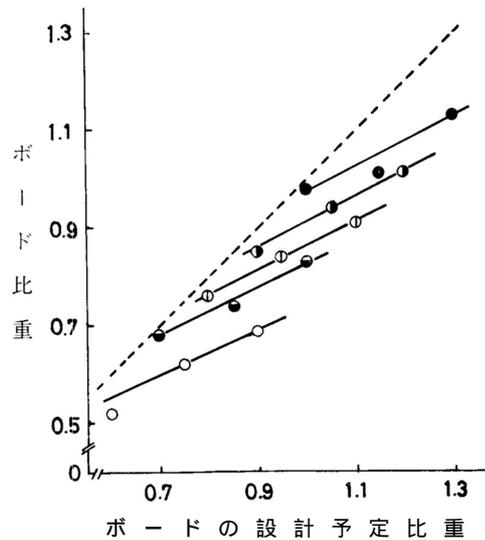
石こう/木質比	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
曲げ強さ	○	●	⊙	⊚	●
はく離強さ	□	■	⊠	⊡	■

によれば石こう/木質比間の差は明瞭ではなく設計予定比重のみに依存しているようである。一般にボード類を考える場合種々の材質特性値の中で曲げ強さの向上, 改善が主要な問題である。この意味で最適水/石こう比を選択する場合, はく離強さに関するものよりも曲げ強さに関するものを優先させるべきであろう。

でほぼ一致しているが高め側でははずれてくる。石こうが硬化し木片間の接着力を発現せしめても, それ自体の含水率が高いこと, 石こうが硬化する過程で体積膨張を引き起こすことなどにより, 脱型後スプリングバックするためである。

3.2 ボード比重, 石こう/木質比の影響

前節で示した曲げ強さに関する最適水/石こう比で

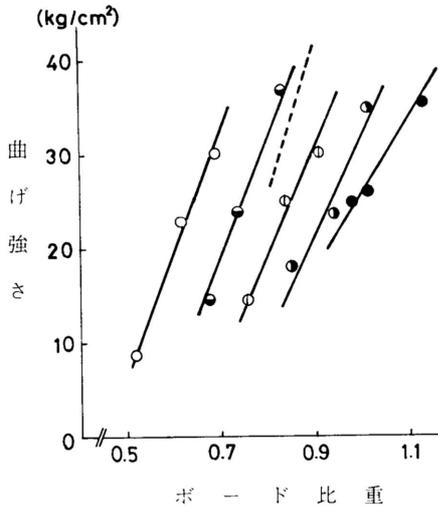


第4図 ボードの設計予定比重と仕上りボード比重の関係

石こう/木質比; ○1.0 ●2.0 ⊙3.0 ⊚4.0 ●5.0

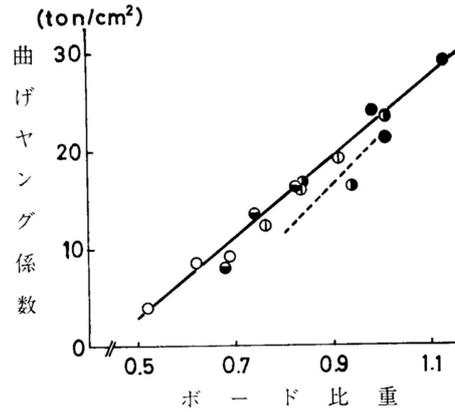
得られるボードの諸材質について検討する。各材質特性値をそれぞれ石こう/木質比をパラメーターとし、ボード比重に対してプロットした。それぞれプロットされた点はすべて試験体5コの平均値である。

第5図は曲げ強さの関係である。石こう単独の場合曲げ強さは密度に対して2次~3次の関係をもつ¹¹⁾ようであるが、本試験結果では設定したボード比重の範囲が狭いこともあって1次の直線相関で近似できる。石こう/木質比の小さい程、即ちボードの単位体積当りに含まれる木質の量の多い程強度は大きくあらわれる。図中の破線はエゾマツ・トドマツ混合のパールマン木片を原料とした木質セメント板のデータである⁹⁾が、これと比較してそう劣らないとみることができる。



第5図 曲げ強さに対するボード比重、石こう/木質比の影響
記号；第4図参照
破線は木質セメント板(セメント/木質比；2.0)⁹⁾

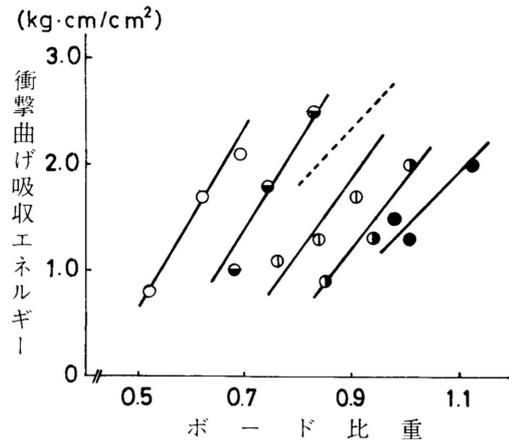
第6図は曲げヤング係数について示したものである。特徴的なことは石こう/木質比の効果が認められないことである。木質セメント板ではパールマン木片を原料とする場合はセメント/木質比の効果が認められている⁹⁾のに比べ、石こうの特性があらわれたものと考えることができる。木質セメント板のデータと比較し石こう/木質比を高め側に設定する限りでは劣ら



第6図 曲げヤング係数に対するボード比重、石こう/木質比の影響
記号；第4図参照
破線は木質セメント板(セメント/木質比；2.0)⁹⁾

ないと判断できる。

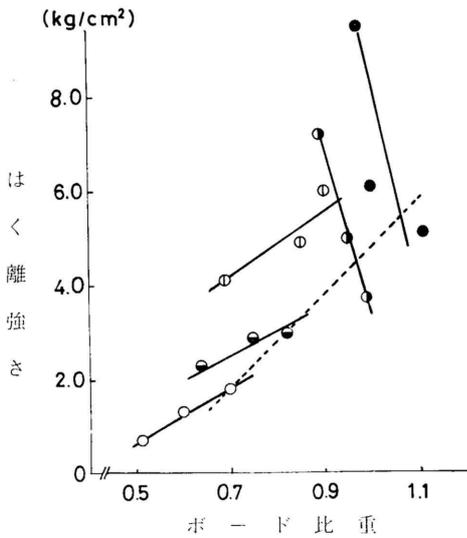
衝撃曲げ吸収エネルギーについて示したものが第7図である。曲げ強さにみられた挙動と一致し石こう/木質比の効果があらわれている。木質セメント板のデータ⁹⁾と比較して遜色はない。



第7図 衝撃曲げ吸収エネルギーに対するボード比重、石こう/木質比の影響
記号；第4図参照
破線は木質セメント板(セメント/木質比；2.0)⁹⁾

第8図にはく離強さの関係を示した。セメント/木質比が1.5~2.5の範囲の木質セメント板ではセメント/木質比の効果が認められない⁹⁾が、ここでは石こう/木質比の効果が明瞭である。石こう/木質比4.0と5.0の場合、ボード比重の効果が逆転してあらわれて

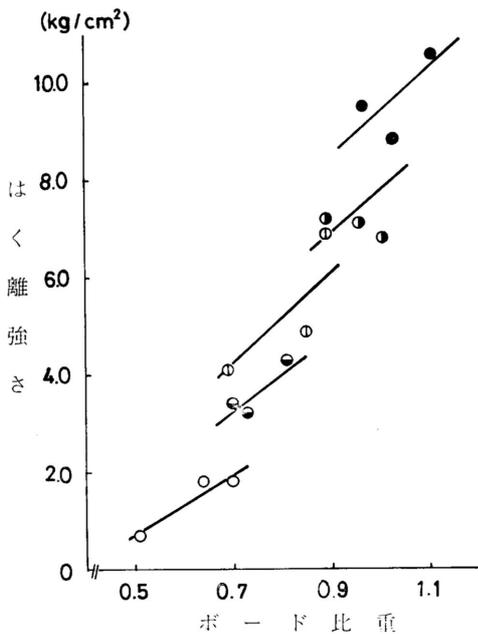
いるのは、曲げ強さに関する最適水/石こう比の水準



第8図 はく離強さに対するボード比重、石こう/木質比の影響(曲げ強さに関する最適水/石こう比を水準とした場合)

記号; 第4図参照

破線は木質セメント板(セメント/木質比; 1.5, 2.0, 2.5)⁹⁾



第9図 はく離強さに対するボード比重、石こう/木質比の影響(はく離強さに関する最適水/石こう比を水準とした場合)

記号; 第4図参照

でプロットしてあるためである。即ち石こう/木質比4.0の例では第8図の(0.89, 7.2), (0.95, 5.0), (0.99, 3.7)の点は第2図の(0.70, 7.2), (0.45, 5.0), (0.35, 3.7)にそれぞれ対応している。従って第2図ではく離強さの最大値を示す水/石こう比の水準のものをプロットすればこの矛盾はなくなる。それが第9図である。一部整合しないものもあるが第2図で分かるように設定した水/石こう比の水準幅が充分でないためである。

4.まとめ

カラマツの間伐小径木からえたパールマン小片を原料とし、型半水石こうの硬化時間を木毛セメント板の製造工程に適合するよう調整したものをバインダーに用いた場合、どの程度の水準のものが得られるか、石こう/木質比、水/石こう比及びボード比重を因子として検討した。結果の概要は次のとおりである。

(1) 曲げの性質の水/石こう比に対する挙動は、ある水/石こう比(最適水/石こう比)に臨界点をもつ上に凸のカーブとしてあらわれる。曲げ強さに関する最適水/石こう比はボードの設計予定比重に依存し、曲線的に低下する。石こう/木質比の効果は明瞭ではない。はく離強さに関する最適水/石こう比は曲げ強さに関するそれよりもやや高めにあらわれる。

(2) 曲げ強さ、衝撃曲げ吸収エネルギーはボード比重、石こう/木質比双方に依存し、ポルトランドセメントをバインダーとする場合と一致する。曲げヤング係数はボード比重のみに依存するようである。はく離強さは石こう/木質比、ボード比重双方に依存する。

(3) 機械的性質に関して本試験の範囲では石こうをバインダーとしたことによるマイナス効果は認められない。ポルトランドセメントにとっては硬化不良樹種であるカラマツでも石こうをバインダーに選んだ場合その利用が可能といえそうである。

(文献は次報に掲載する。)

- 木材部 改良木材料 -

(原稿受理 昭52.8.23)