

平成13年度 農林水産省補助事業
木材産業技術実用化促進緊急対策事業

木材産業技術実用化促進緊急対策事業報告書

VII 高齢者対策、圧密化、サッシ、保存編（4課題）

平成15年1月

財団法人 日本住宅木材技術センター

まえがき

地球温暖化対策森林資源の炭素固定機能の高度発揮が求められている中、我が国においては、スギ等人工林を中心とした森林資源が成熟しつつあり、木材の持続的利用を担う木材産業の発展が緊急の課題となっております。

また、我が国の木材産業は、木材需要及び価格の低迷、木材製品輸入の増大等から厳しい経営環境におかれており、木材産業の活性化が必要となっております。一方、木材関連企業の中には、木材利用の推進に資する新たな製品及び利用技術等の開発に真剣に取り組んでいる企業も見受けられます。

こうした中で、林野庁の平成13年度補正予算により、「木材産業技術実用化促進緊急対策事業」が実施されることになり、(財)日本住宅・木材技術センターが事業実施主体となって実施したところです。

この事業は、木材の利用推進や木材産業の発展に資する幅広い分野での新製品あるいは新技術の実用化に向けて必要な品質性能試験、市場調査、技術可能性評価等の試験調査課題を公募し、122件の応募課題の中から外部委員による評価を経て31課題を選定し、これらの課題に必要な試験調査を当センターと実施企業及び試験研究機関と共同で実施したものです。

これらの試験調査結果については、各課題毎に報告書を取りまとめたところですが、31分冊にもなるため、ここでは、活用と保存の便宜を考慮し、下記のように課題を7分類し、それぞれを合本・編集したところです。

- I 木質構造編
- II 集成材、合板、LVL編
- III 乾燥編
- IV ボード製造、利用編
- V 成型、防・耐火編
- VI 樹皮利用、廃棄物抑制編
- VII 高齢者対策、圧密化、サッシ保存編

多くの方にご活用頂きますようお願いする次第です。

平成15年1月

財団法人 日本住宅・木材技術センター
理事長 岡 勝 男

木材産業実用化促進緊急対策事業報告書

Ⅶ 高齢者対策、圧密化、サッシ、保存編

- 1312 転倒衝撃緩和のための床下地システムの試験調査
- 1318 圧縮スギの突き板化粧単板貼り集成材による製品開発
- 1309 高品質低価格スギ製引違戸型ウィンドウの開発
- 1325 高耐久性スギ構造用材料の低コスト化のための試験調査

1312 転倒衝撃緩和のための床下地システムの試験調査

課題番号:1312

転倒衝撃緩和のための床下地システムの試験調査

シンコール(株)

要 旨

高齢者の転倒による大腿骨頸部骨折は年間 10 万人にのぼるといわれている。しかしその対策として歩行する床についてのものはほとんどなく、表面材としてクッション性を持たせたものは存在するが、歩行性・車椅子の走行性とのバランスを考慮すると転倒の際の衝撃緩和にはあまり役立っていない状況である。

そこで弊社では、ゴム素材のサポートとパーティクルボードを重ね合わせて床の下地を作ることにより、従来にはなかった高転倒衝撃緩和性を保持する床下地システムの開発に取り組んできた。

その商品の衝撃緩和性や耐荷重性、及び歩行した際の快適性等について従来商品との比較を基本に置きながら試験調査を実施し、各性能の確認を行い実用化を図った。

キーワード

転倒衝撃緩和性、高齢者、骨折、床材、床下地システム、ゴムサポート、バリアフリー、耐久性、遮音性、歩行感、高齢者施設・病院

目次

1. はじめに	1
2. 試験調査の目的	3
2.1 商品開発の背景	3
2.2 新製品について	4
2.3 試験調査の目的について	6
3. 試験調査の内容について	7
3.1 性能評価について	7
3.2 使用者評価について	15
3.3 施工性の確認・評価について	17
3.4 仕様の確認・評価について	17
4. 試験調査日程	17
5. 試験調査の結果	18
5.1 性能評価について	18
5.2 使用者評価について	24
5.3 施工性の確認・評価について	30
5.4 仕様の確認・評価について	32
6. 実用化の見通し	32
7. 今後の対応	32
8. 特筆すべき成果	33
9. 試験調査委員会 委員	33
10. 技術者	33
11. 他からの指導又は協力事項	33
12. 参考文献	33
13. 参考資料	34

転倒衝撃緩和のための床下地システムの試験調査

シンコール(株)

1. はじめに

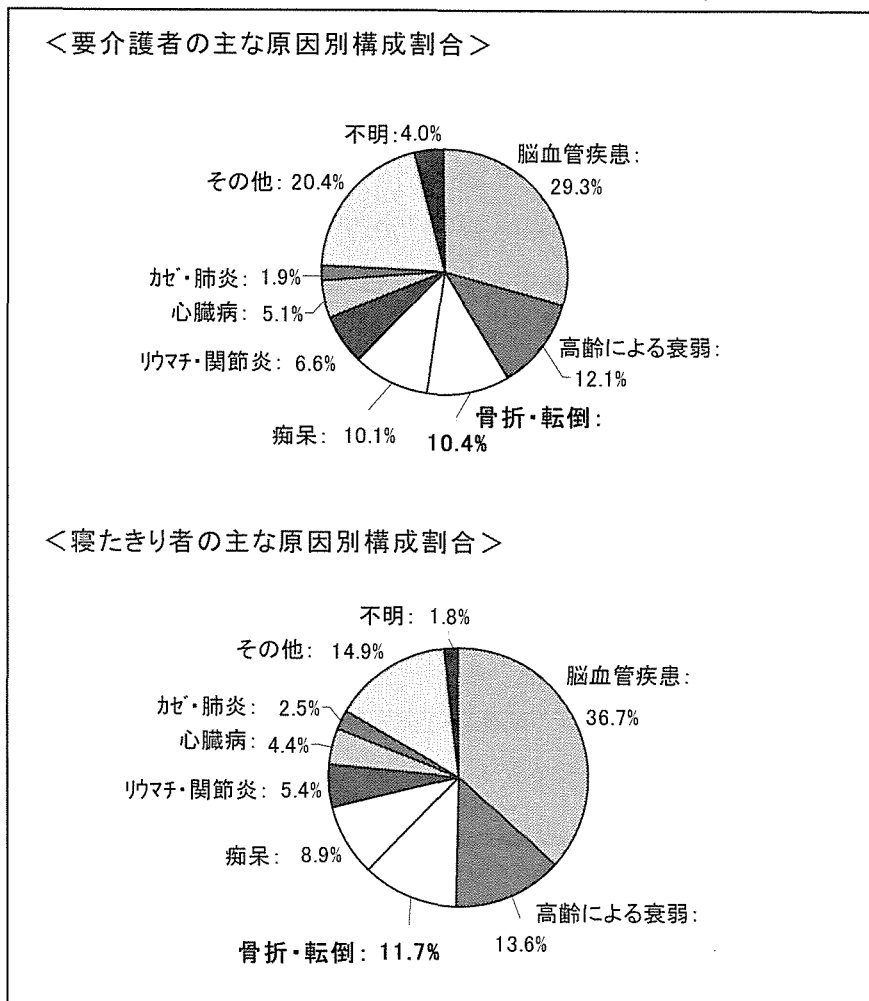
近年、日本では急速に高齢化が進んでおり、21世紀には国民の4人に1人が65歳以上になると予想されている。その中で、介護を必要とする者（以下「要介護者」という。）も増加することが予想されており、「国民生活基礎調査」（1998年）においては、要介護者数が約124万人、うち寝たきり者数は約36万人と、全体の28.6%を占めると推計されている。これを原因別にみると、要介護者及び寝たきり者ともに第3位に「骨折・転倒」があげられる（表1参照）。また骨折の箇所ですべて多いのがモモの付け根すなわち大腿部頸部の骨折であるが、この大腿部頸部骨折患者は年間約10万人にのぼるといわれており、その90%が転倒が原因とされている。

これらのことから、転倒事故が高齢者の生活を大きく左右する大きな問題であることが分かるが、転倒事故は実際に頻繁に起きている。16箇所の高齢者施設における調査において、約1年間に起きた全220件の事故のうち最も多かったのが転倒事故（64件（29%））であり、発生の状況は様々であったことが記録として残されている（表2参照）。また65歳以上の方が1年間に住宅において不慮の事故で死亡したケースとしても転倒事故が約20%を占めており（表3参照）、人数にすると実に約1,570人にものぼるとい調査結果がある。

このような転倒事故を極力減らす対策は数々とられているが、実際に転倒が発生した際に高齢者の体を守る方法としては、体をガードするヒッププロテクターの装着以外に「床材での対応」があげられる。実際、高齢者の人権及びQOL（生活の質）を守るための対策をまとめた、厚生労働省から出されている「身体拘束ゼロへの手引き」においては、転倒・転落によるケガ防止として「弾力（クッション性）のある床材を使用する」ことがあげられている。しかし、表面材としてクッション性を持たせたものは存在するが、歩行性・車椅子の走行性とのバランスを考慮すると転倒の際の衝撃緩和にはあまり役立っていない状況であり、その対策として適した床材がない状況にある。

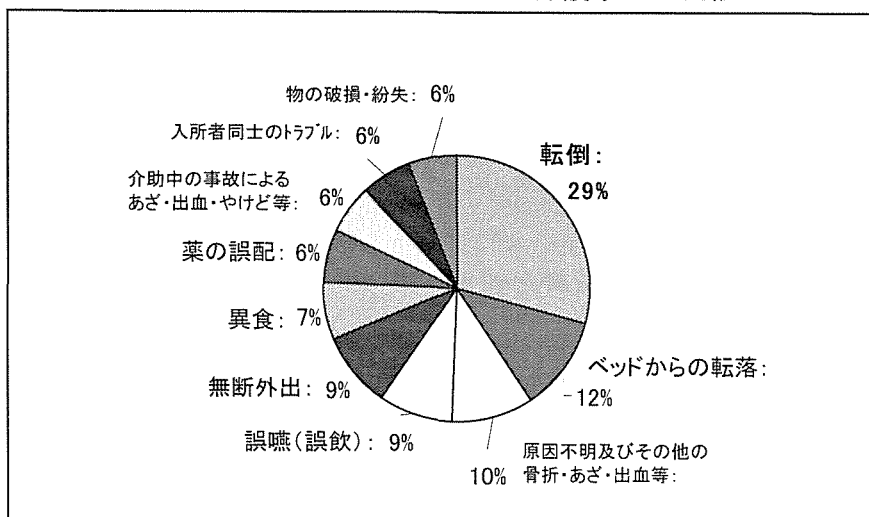
そこで弊社では転倒した際の衝撃を緩和する実用的な床材の開発に着手し、少しでも転倒による骨折を減らし、また寝たきりの高齢者減少につなげたいと考え開発を進めてきた。今回の試験調査はこの新製品（「やわゆか」と呼称）を今後福祉・介護市場に向けて広くPRし、多くの方に認知していただくための第一歩として実施した。

表 1 要介護者及び寝たきり者事故の主な原因別構成割合



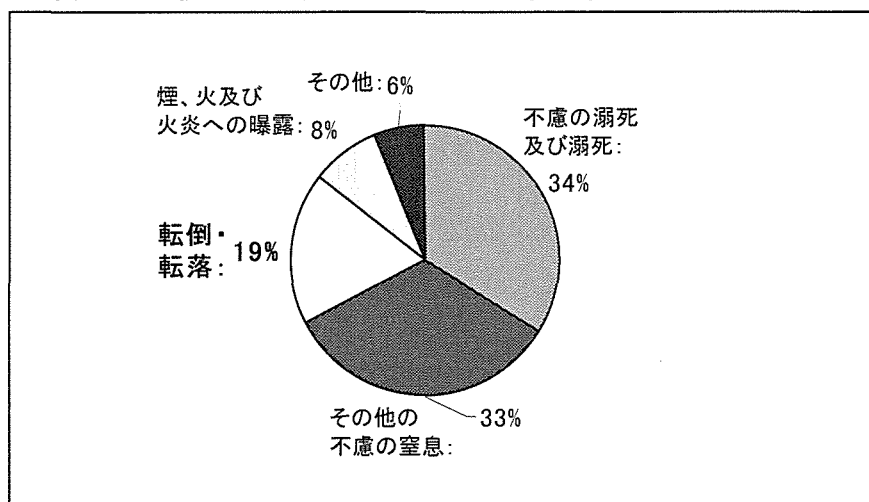
資料：厚生労働省大臣官房統計情報部「国民生活基礎調査」(1998年)

表 2 16 箇所の施設における介護事故の内訳



資料：国民生活センター「介護事故の実態と未然防止に関する調査研究」(2000年)

表 3 65 歳以上の家庭内における不慮の事故死原因の内訳



資料:厚生労働省大臣官房統計情報部「人口動態統計」(1999年)

2. 試験調査の目的

2.1 商品開発の背景

前項でも詳しく述べたように、現在高齢者の転倒事故は施設・住宅それぞれにおいて深刻な問題として取り上げられている。その対応策として、従来床材においては少しでも転倒した際の衝撃を緩和するために、モルタル等の固い下地面にクッション性に優れた表面仕上材を貼って表面を柔らかくするという方法がとられてきた(図1参照)。

しかし、転倒した際の衝撃を緩和するためにはかなりのクッション性が必要であり、そのような表面仕上材を使用すると歩行感が悪くなる、また車椅子の走行性が悪くなるなどの問題が生じ、歩行スペースへの使用が難しいという状況にあった。また逆に歩行性・車椅子の走行性とのバランスを考慮すると、転倒の衝撃を緩和するほどの効果をもつことが難しいという状況にあった。

そこで新製品は従来の考え方を根本的に覆し、表面仕上材ではなく床下地の衝撃吸収性を高めることにより、歩行スペースへの使用も可能な床材として開発を行った(図1参照)。

また内装材として環境問題へも配慮し、間伐材フローリングとの組み合わせを考え、表面仕上材と床下地材をセットにした商品として開発した。

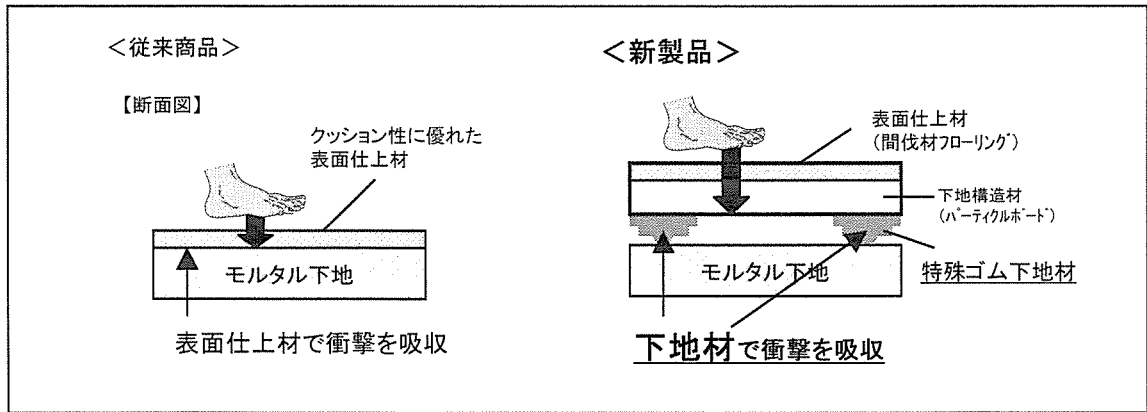


図 1 転倒衝撃緩和性効果をうたう従来商品と新製品の構造比較図

2.2 新製品について

2.2.1 構造について

転倒衝撃緩和のための新しい床下地システムの構造上の一番のポイントは、下地に特殊ゴム材（以下「ゴムサポート」という）を使用していることである。このゴムサポートが転倒衝撃緩和のキーとなる。このゴム材はゴムの原料の中でも耐久性に優れた天然ゴムを使用しており、形状は図 2 の通り逆三角形のような立体形状からできている。この形状は「面」で衝撃を受けるより「点」で受けた方が緩和性が高いということ、また施工上不陸をひろいにくいというメリットを考慮し考えられたものである。ゴム材の硬度は感覚的な面から硬度 40 のタイプを基本に考えているが、使用用途に応じ硬度 60・70 といった硬めのタイプの使用も考慮に入れている。

表面仕上材については、歩行性及び車椅子の走行性、意匠性、また資源の有効利用についても考慮し間伐材フローリング（303×1818 mm）を使用する。その下地材としてはたわみが少なく床材として安定性の高いパーティクルボード（600×1820 mm）を使用する。

これらを組み合わせた全体構造については図 3 の通りである。

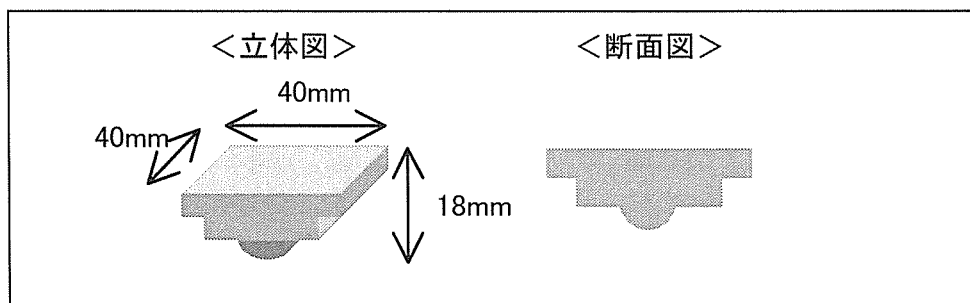


図 2 ゴムサポート形状図

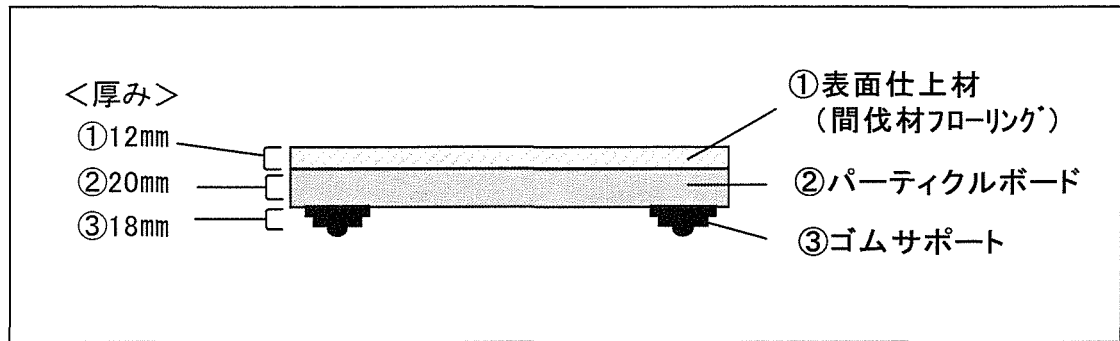


図3 新製品の構造断面図

2.2.2 施工方法について

下地用のゴムサポートは図4の通りパーティクルボードの裏面に割付を行う。パーティクルボードとゴムサポートの接着は接着剤もしくは両面テープにて行う。ゴムサポートを付けたパーティクルボードは床鳴り防止の点から、それぞれ約5mm程度隙間を開けて下地床面に設置する。

周り縁の処理としてはレベルの安定性を考え、図5の通りパーティクルボードの下に際根太を入れることとする。

パーティクルボードと表面仕上材は耐久性の面から図6の通り直交するように施工を行う。またパーティクルボードと表面仕上材との固定は部分的に接着剤を使用し、あとは釘打ちにて行う。

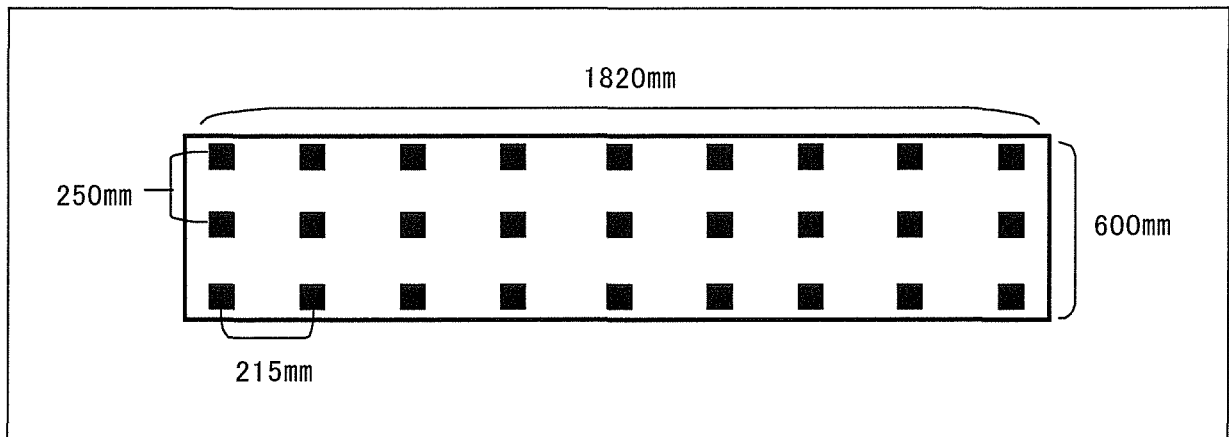


図4 ゴムサポート割付図

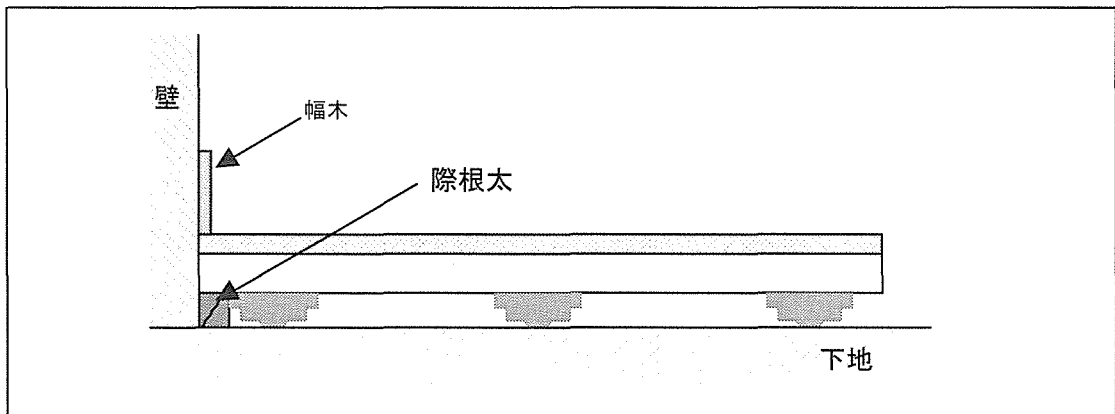


図 5 新製品の施工断面図

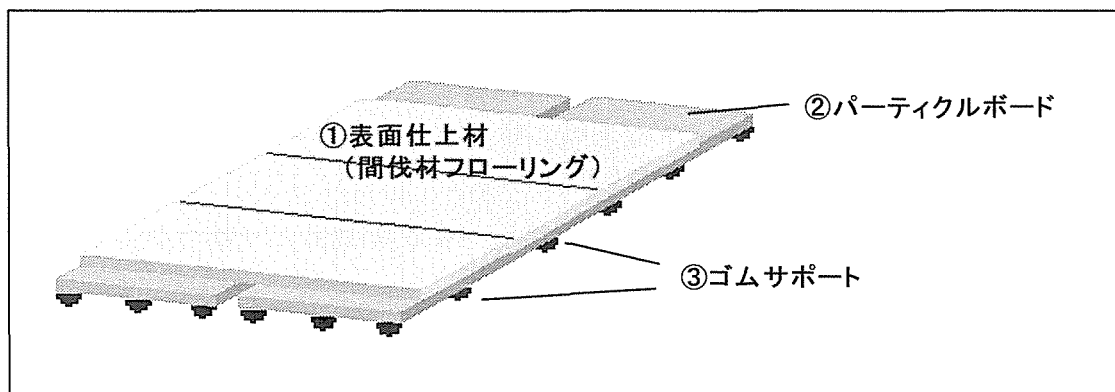


図 6 新製品の施工立体図

2.3 試験調査の目的について

今回の試験調査は、今後この新製品を介護・福祉市場に向けて広くPRするために必要と考える各種性能評価、使用者評価、及び施工性の確認を行うこと、またそれらを基に最終的な仕様決定を行うことを目的に実施した。詳細は下記の通りである。

<試験調査項目>

1) 性能評価：

●転倒衝撃緩和性：

下地にゴムサポートを使用し下地構造材、表面仕上材を組み合わせることにより、どれほどの転倒衝撃緩和性があるかを条件を変えながら調査し、転倒衝撃緩和性について評価を行う。

また類似した構造をもつ従来品（二重床）との転倒衝撃緩和性の違いについても評価を行う。

●耐荷重性：

下地にゴムサポートを使用することにより、床材として使用する上で必要な耐荷重

性があるかを調査し評価を行う。

●遮音性：

類似構造をもつ従来品（二重床）同様に、新製品においても遮音効果があるかどうかを調査し評価を行う。

2) 使用者評価：

下地にゴムサポートを使用することによる歩行感等への影響を、実際にモニター施工・ヒアリング調査を実施することにより確認し評価を行う。

3) 施工性の確認・評価：

実際に試験体の組み立て、及びモニター施工を実施する中で、現状で決定している施工方法に問題がないかを確認し評価を行う。

4) 仕様の確認・評価：

上記1)～3)の評価を基に、使用するゴムサポートの硬度及び下地構造体について決定する。

3. 試験調査の内容

3.1 性能評価について

3.1.1 転倒衝撃緩和性の評価

●試験概要：

床材における転倒時の衝撃緩和性を同条件にて調査・比較するために、JIS A 6519（床の硬さ試験）に基づき試験を実施した。

●試験依頼先：

床性能研究会

（実施場所は東京工業大学 建築学科 横山研究室）

●試験体について：

調査目的に応じ、試験体を下記の通り準備し試験を実施した。

<調査目的>

- ・目的①：新製品の衝撃緩和性及びゴムサポートの硬さによる衝撃緩和性の違いについて調査する。
- ・目的②：仕上材と下地材の衝撃緩和性に対する影響の違いを調査する。
- ・目的③：新製品と仕上材のみの場合との衝撃緩和性の違いを調査する。
- ・目的④：類似構造をもつ従来品（二重床）との衝撃緩和性の違いを調査する。

<試験体>

- ・表 4 に示す全 11 種類の試験体を各 1 体ずつ準備する。
 - ・サイズは全て 600 mm×900 mm とする。
- (新製品及び二重床の図面については巻末「13. 参考資料」参照)

表 4 床の硬さ試験試験体一覧

	使用目的	試験体No.	構造				
			仕上材	厚み	ゴムサポート	合板	パーティクルボード*
新製品構造	目的①	1	間伐材フローリング*	12 mm	硬度 40	-	○
		2			硬度 60		
		3			硬度 70		
	目的②	4	直貼りフローリング*	12 mm	硬度 40	○	○
		5	コルクフロア	12 mm			
		6	長尺シート	2 mm			
		7	タイルカーペット	6.5 mm			
仕上材のみ	目的③	8	クッションフロア①	2.5 mm	-	-	-
		9	クッションフロア②	1.8 mm			
		10	クッションフロア③	3.5 mm			
二重床	目的④	11	間伐材フローリング*	12 mm	専用支持脚	-	○

●試験方法：

- ・転倒衝突時の床の硬さを測定するために研究開発された専用装置を用いて測定する(図 7、表 5 参照)。
- ・具体的な方法としては、人間の頭部に近似したヘッドモデルを高さ 20cm からゴム板を敷いた床上に自由落下させ、その際に加速度計 (4) に発生する最大加速度 (Gs) を測定する。
- ・この試験では安全性の観点から、最大加速度 (Gs) は 100G 以下が望ましいとされ、JIS A 6519 においては以下のように性能値が決められている。

○体育館床：100G 以下 ○柔道場床：65G 以下

よってこれらの性能値を基準に、計測結果より新製品の転倒衝突時の安全性からみた床の硬さ評価を行う。

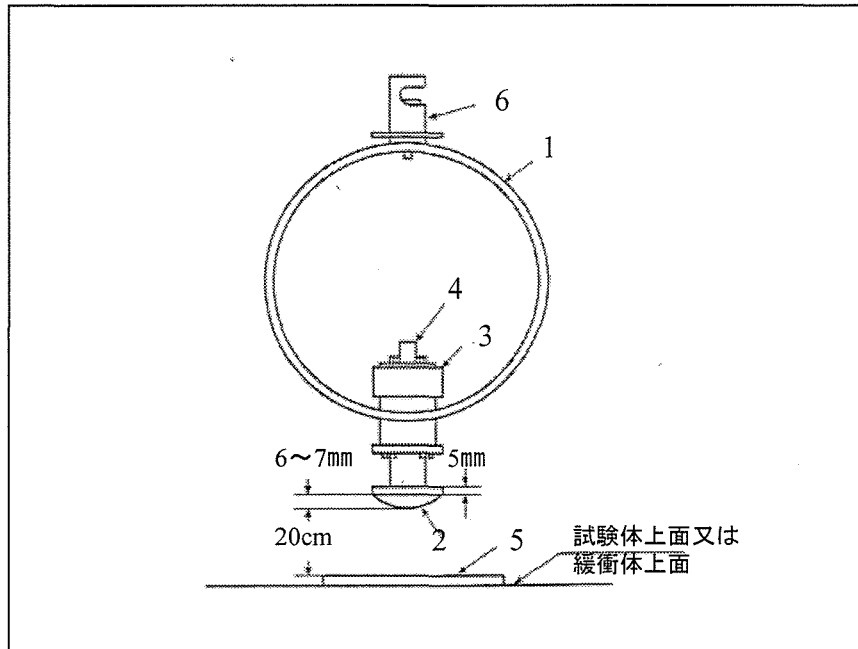


図 7 床の硬さ測定装置(ヘッドモデル)(JIS A 6519)

表 5 ヘッドモデルの仕様

番号	名称	規格・サイズ等
1	鋼製フレーム	外径 216.3 mm、厚さ 8.2 mm、幅 40 mm
2	鋼製ヘッド	曲率半径 50 mm、直径 50 mm
3	おもり	重量 1.34 kg
4	加速度計	
5	ゴム板	厚さ 8 mm、ショア A 硬度 37、大きさ 300×150 mm
6	つり金具	

- ・試験体上の計測場所としては、新製品については基本的に下地にゴムサポートのない箇所にて測定を行うが、一部ゴムサポート上でも測定を行う（図 8 参照）。
- ・比較対象として試験を実施する従来品（二重床）についても、支持脚上と支持脚間 2 箇所にて測定を実施する（図 9 参照）。

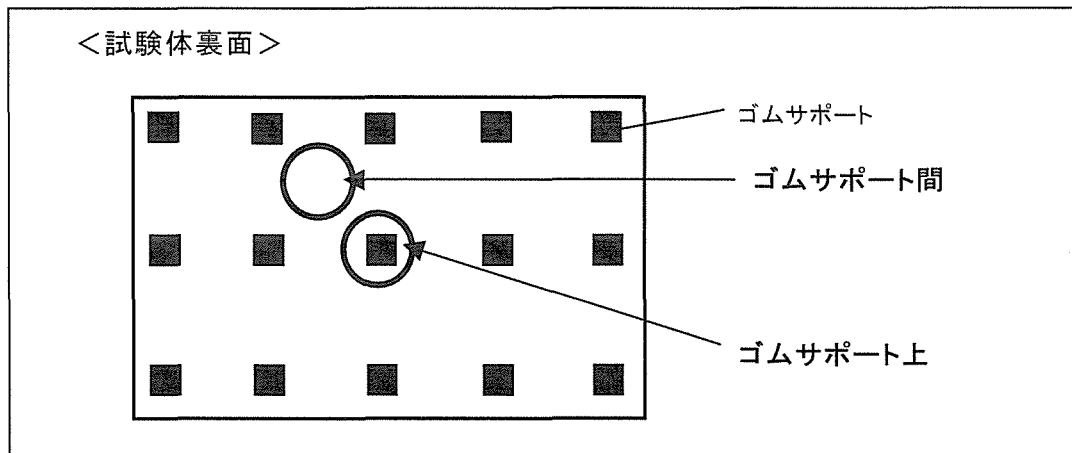


図 8 新製品における床の硬さ試験計測位置

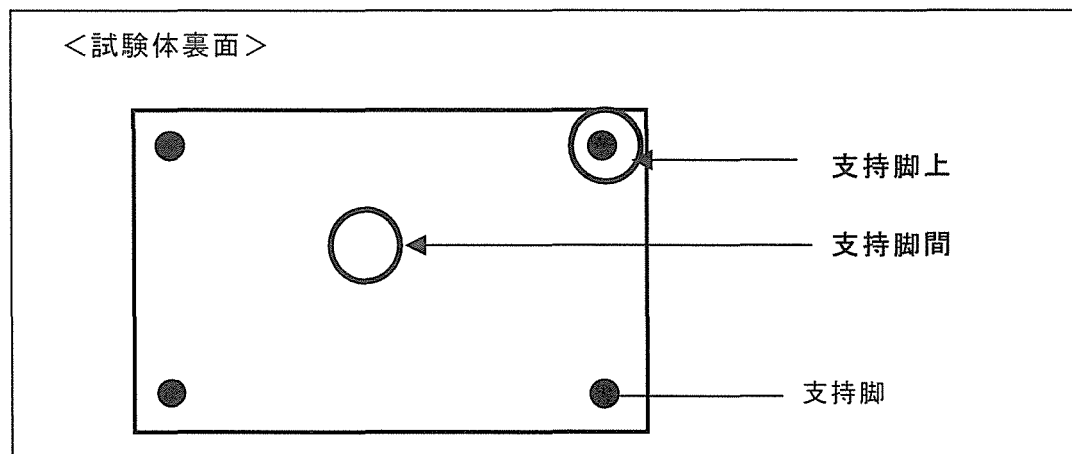


図 9 従来品(二重床)における床の硬さ試験計測位置

3.1.2 耐荷重性の評価

●試験概要：

床材としての耐荷重性（面荷重・点荷重性）を調査するために、新製品と構造が類似したフリーアクセスフロアや二重床に関する JIS の試験内容 (JIS A 1450、JIS A 6519) を参考に、自社にて試験内容を決定し実施した。

●試験依頼先：

石川県工業試験場

●試験体について：

調査目的に応じ、試験体を下記の通り準備し試験を実施した。

<調査目的>

- ・目的①：新製品の耐荷重性及びゴムサポートの硬さによる耐荷重性の違いについ

て調査する。

- ・目的②：新製品と類似構造をもつ従来品（二重床、フリーアクセスフロア）との耐荷重性の違いを調査する。

<試験体>

- ・表6に示す全5種類の試験体を各1体ずつ準備する。
- ・サイズはそれぞれ下記の通りである。

（各種試験体の図面については巻末「13.参考資料」参照）

1) 集中荷重試験用：

- ・新製品 … 600 mm×900 mm
- ・二重床 … 600 mm×900 mm
- ・フリーアクセスフロア… 500 mm×500 mm

2) 等分布荷重試験：

- ・新製品 … 350 mm×500 mm
- ・二重床 … 400 mm×540 mm
- ・フリーアクセスフロア… 500 mm×500 mm

表6 耐荷重性試験体一覧

	使用目的	試験体No.	構造		
			仕上材	ゴムサポート	ハーターイクルサポート
新製品	目的①	1	間伐材フローリング*	硬度 40	○
		2		硬度 60	
		3		硬度 70	
二重床	目的②	4	間伐材フローリング*	専用支持脚	○
フリーアクセスフロア		5	なし	樹脂一体型	-

●試験方法：

1) 等分布荷重試験（面荷重試験）：

- ・試験体全面に19.6kN（2tf）を負荷後、直ちに除荷する。
- ・負荷直後、除荷直後及び除荷5分後の変位をそれぞれ測定する。
- ・試験速度は12 mm/min（負荷、除荷時とも）とする。
- ・試験機器はダンボール試験機（PS-2000CB（株）東京試験機製作所製）を使用する（写真1参照）。

2) 集中荷重試験（点荷重試験）：

- ・試験体の中心に直径50 mmの鉄製円筒材にて1.96kN（200kgf）を負荷し、5分間負荷を維持した後、直ちに除荷する。
- ・負荷直後、負荷5分後、除荷直後及び除荷5分後の負荷箇所の変位を測定する。

- ・試験速度は 5 mm/min（負荷時）とする。
- ・試験機器は精密万能試験機（RTC-2410A（株）オリエンテック製）を使用する（写真 1 参照）。

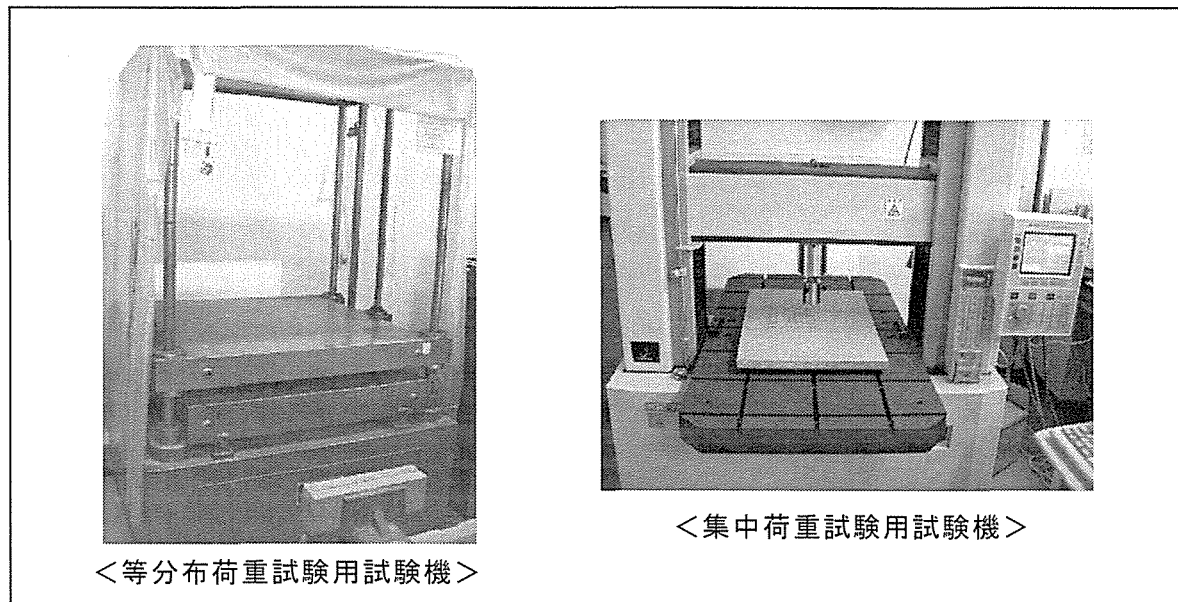


写真 1 耐荷重性試験用試験機

3.1.3 遮音性の評価

●試験概要：

床材としての遮音性能を調査するために、JIS A 1440（コンクリート床上の床仕上げ構造の軽量衝撃音レベル低減量の実験室測定方法）に基づき試験を実施した。

但し遮音性の有無をまずは確かめる必要があったため、今回は正式な方法ではなく簡易試験内容にて実施した。

●試験依頼先：

（財）建材試験センター

●試験体について：

残響測定室音源室内の標準コンクリート床（内法寸法：2500×4000 mm）の長辺に木枠を設置し、試験体（寸法：2500 mm×1820 mm）をサンプル設置断面図の通り実際に施工した（図 10・11 参照）。

（図面については巻末「13. 参考資料」参照）

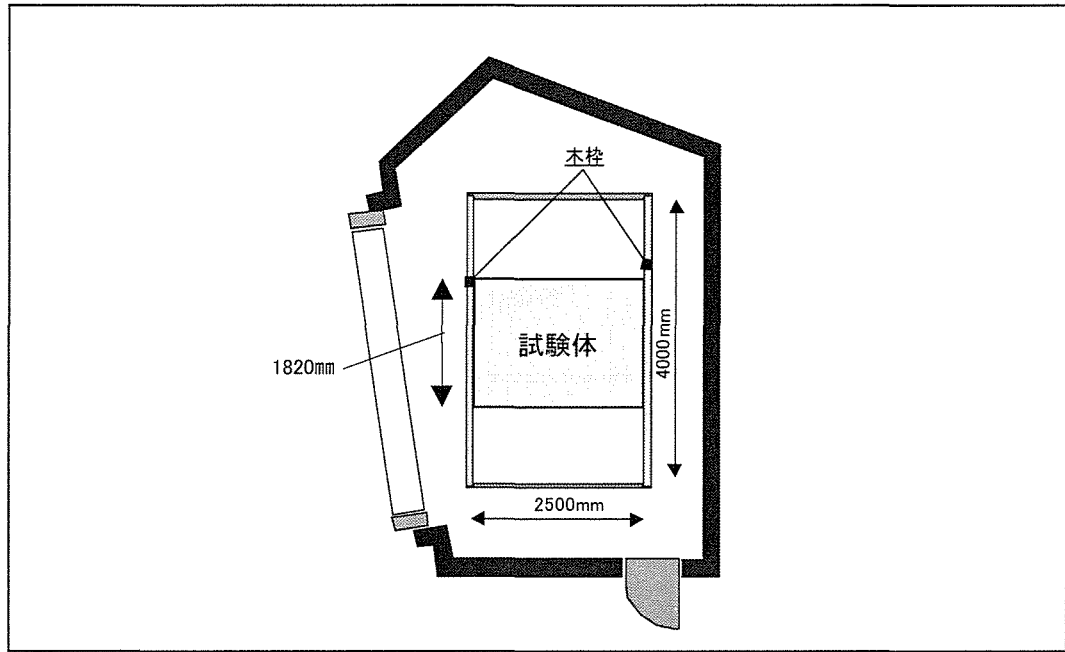


図 10 遮音試験用試験体設置図

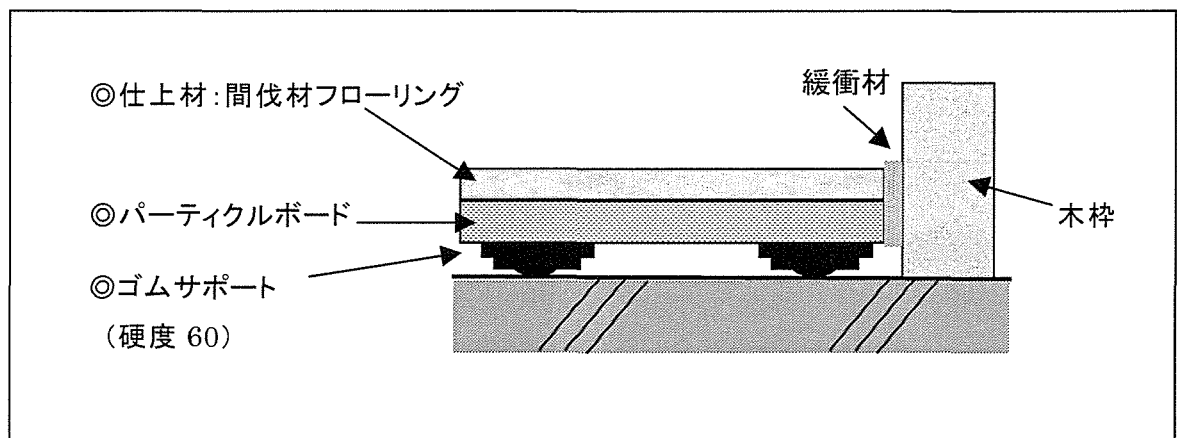


図 11 試験体構造及び設置端部断面図

●試験方法：

- ・新製品施工後の状況を図面より推測し、残響測定室音源室内の床面において打撃点（図 12 参照）を決定する。
- ・まずはスラブのみの状態で軽量衝撃音、重量衝撃音をそれぞれ発生させ、階下にある受音室内において床衝撃音レベルを測定する。
- ・軽量衝撃音はタッピングマシンにて、重量衝撃音はバングマシンにて衝撃を発生させる（写真 2 参照）。
- ・次に音源室内に試験体を施工し、上記と同じ打撃点において軽量衝撃音、重量衝撃音を発生させ、階下にある受音室内において床衝撃音レベルを測定する。

- ・スラブのみの状況と新製品施工後の状況における床衝撃音レベルより低減量を計算し、遮音効果を評価する。その際のそれぞれの床衝撃音レベルは打撃点3箇所の平均値とする。

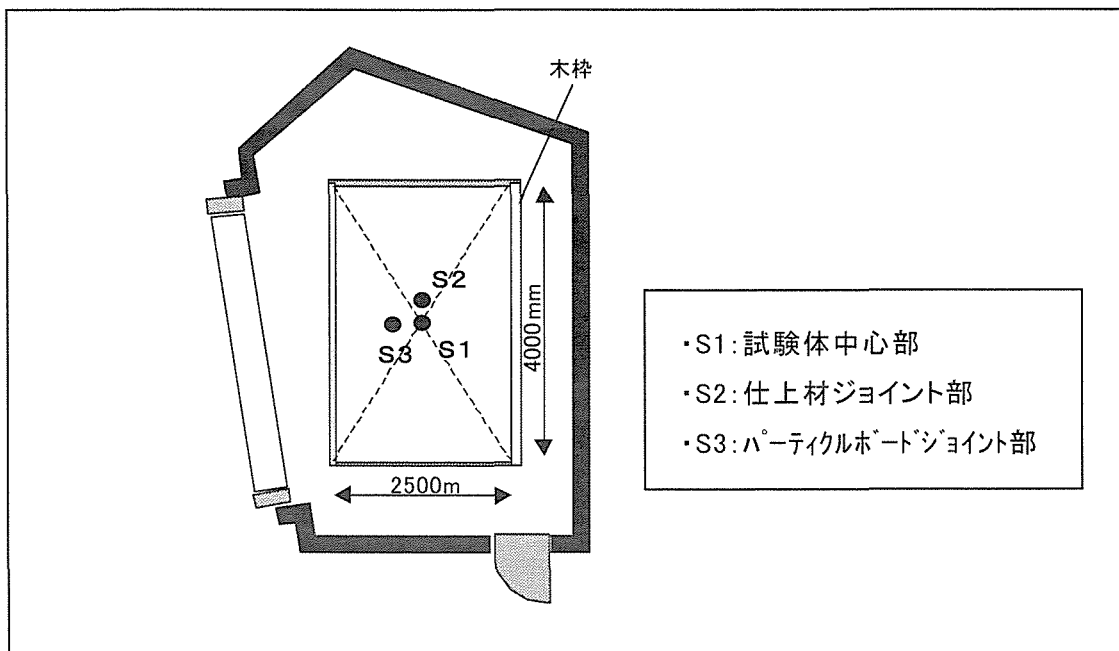


図 12 残響測定室音源室内における打撃点位置

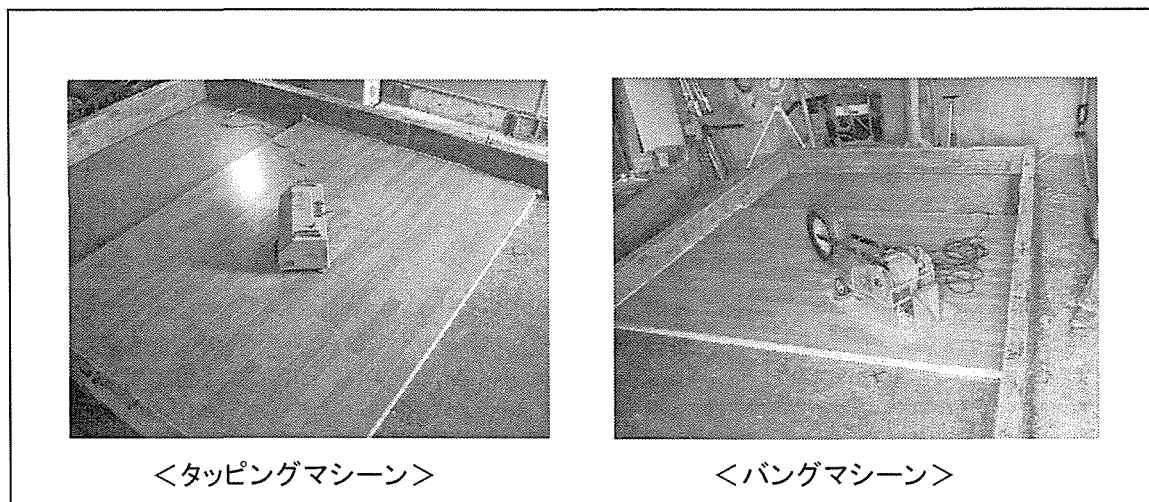


写真 2 遮音試験用試験機

3.2 使用者評価について

歩行感等のヒアリング調査に伴い、振動レベルの計測についても必要であると判断し、参考データとして計測を実施した。ヒアリング調査内容と併せてそれらについても下記に記載する。

3.2.1 モニター施工によるヒアリング調査

●試験概要：

床材としての快適性（歩行感など）を調査するために、モニター施工を実施し、一般の人を対象に歩行感などについてヒアリング調査を実施した。

●試験場所：

◎金沢市市営住宅：

リビングとキッチンのバリアフリー工事に伴い、新製品のモニター施工を実施。

- ・対象者は30代の施主（夫妻）とする。

◎金沢市内福祉施設：

- ・施設の一角にヒアリング調査用として新製品のモニター施工を実施。
- ・対象者は施設の職員とする。

●試験体について：

それぞれの現場において下記の内容にて新製品を施工し、試験体とする。

表 7 歩行感調査用試験体

	構造			施工数量
	仕上材	パーティクルボード	ゴムサポート	
市営住宅	間伐材フローリング	○	硬度 40	30 m ²
福祉施設	間伐材フローリング	○	硬度 40	50 m ²
			硬度 60	25 m ²
			硬度 70	25 m ²

●試験方法：

◎市営住宅：

・施工後約1ヶ月間対象者の方に通常通り生活していただき、その後現場を訪問し歩行感などの感想について対象者にヒアリング調査を実施した。

◎福祉施設：

- ・下記の通り2回に分けてヒアリング調査を実施した。

○1回目：

- ・硬度 40 のゴムサポートを使用し新製品を施工した後に、対象者の方にその上を通常通り歩行していただきその際の感想を聞き取りする。
- ・ヒアリング内容については基本的に選択形式とする。

○2回目：

- ・後日硬度 60・70 のゴムサポートを用いて再度新製品の施工を行い、その上を歩行した際の感想について聞き取りする。但し対象者には2種類のゴムサポートを使用したことを知らせずに実施する。
- ・また1回目の試験の結果、静止状態での振動についても調査が必要と考え、2回目については静止状態での振動の感じ方についても調査を実施。
- ・方法としては対象者に新製品の上に座ってもらい、その周りを他の人が歩行した際の振動の感じ方についてヒアリング調査を実施した。
- ・ヒアリング内容については1回目よりも通常の床との差を詳しく調査するため、基本的に5段階評価形式にて感想を聞き取った。

3.2.2 振動レベル測定

●試験概要：

市営住宅及び福祉施設における1回目のヒアリング調査の結果、振動の伝達が歩行感を左右する一つの要因であることが分かり、新製品上における振動レベルを下地のゴムサポートの硬度別に計測することとした。またその際に下地構造体として使用するパーティクルボードのサイズの影響についても調査することとした。

さらに比較調査を行うため、既存建築物においても同試験を実施した。

●試験場所：

◎新製品について

- ・自社社屋内の試験体上…ゴムサポートの硬度及びパーティクルボードのサイズを変えて施工した試験体上にて計測を実施（表8参照）。

◎既存建築物

- ・病院内（1階・2階）にて計測…鉄筋2階建て、一部二重床を施工した箇所あり。
- ・住宅内（1階・2階）にて計測…木造2階建て

●試験体について：

表8に示す試験体を実際に施工し準備する。

表 8 振動レベル測定用試験体一覧

試験体No.	構造			施工数量
	仕上材	ゴムサポート	パーティクルボード	
1	間伐材フローリング	硬度 40	600×1820 mm	15 m ²
2		硬度 60	600×910 mm	15 m ²
3			600×1820 mm	15 m ²
4		硬度 70	600×910 mm	15 m ²
5			600×1820 mm	15 m ²

●試験方法：

- ・振動レベル計を床面に置き、それを中心に約 1m 離れた箇所を歩行した際の最大振動レベル値を測定する。
- ・振動レベル計は VM-51 リオン株式会社製のものを使用した。
- ・測定は石川県工業試験場職員の立ち会いの下で実施した。

3.3 施工性の確認・評価について

前述の「2.2.2 施工方法について」にて記載した施工方法にておさまり上問題がないかをモニター施工の中で確認した。確認事項としては下記の通りである。

- ・ゴムサポートとパーティクルボードとの接着性について。
- ・パーティクルボードの設置の安定性について（ずれなどが発生しないか）。
- ・仕上材施工後のレベルの安定性について（不陸の問題はないか、際根太の設置に問題はないか等）。
- ・全体にかかる施工時間について（簡略化を図れるか）。

3.4 仕様の確認・評価について

前述の「2.2 新製品について」に記載した構造を現状基本に考えているが、使用するゴムサポートの硬度は 40・60・70 タイプの中でどれが適しているか、下地構造体として使用するパーティクルボードに問題はないか、またそのサイズはどのようなものが適しているかについて、性能評価及び使用者評価、及び施工性の面を考慮し最終評価を行った。

4. 試験調査日程

平成 14 年 2 月から平成 14 年 7 月まで

5. 試験調査の結果

5.1 性能評価について

5.1.1 転倒衝撃緩和性の評価

●試験結果：

各試験より得られた最大加速度値（G）は表9の通りである。

表9 床の硬さ試験結果一覧

	試験 No.	構造		計測場所	最大 加速度 (G)
		仕上材	ゴムサポート		
新製品	1	間伐材フローリング	硬度 40	サポート上	67.21
	2			サポート間	66.12
	3		硬度 60	サポート上	66.30
	4			サポート間	67.76
	5		硬度 70	サポート上	68.69
	6			サポート間	66.10
	7	直貼りフローリング	硬度 40	サポート間	62.10
	8	コルクフロア			58.08
	9	長尺シート			59.36
	10	タイルカーペット			58.26
仕上材 のみ	11	クッションフロア①	-	-	128.77
	12	クッションフロア②			124.75
	13	クッションフロア③			105.94
二重床	14	間伐材フローリング	専用 支持脚	支持脚上	55.91
	15			支持脚間	61.90

●結果に対する評価：

1) 新製品の衝撃緩和性とゴムサポートの硬さによる衝撃緩和性の違いについて

(表9：試験No. 1～6 参照)

- ・この試験の目安としては100G以下が望ましいとされ、柔道場床では65G以下と規定されていることを考慮すると、新製品（硬度40・60・70とも）は約66～69Gの値を示していることから衝撃緩和性は高いと考えられる。
- ・ゴムサポート上とゴムサポートのない箇所での差は最大でも硬度70の2.6Gであり、この程度の差は誤差と考えられ、新製品は全ての面においてほぼ均一に衝撃緩和性があると考えられる。
- ・硬度40・60・70のゴムサポートを使用した新製品におけるG値の差は、最大でも2.6Gでありこの程度は誤差と考えられ、3タイプの衝撃緩和性には差がないと考えられる。

2) 仕上材と下地材の衝撃緩和性に対する影響の違いについて

(表 9：試験No 1, 2, 7~10 参照)

- ・基本仕様では間伐材フローリングを仕上材として使用するが、構造的に仕上材と下地材ではどちらが衝撃緩和性に対する影響が大きいのかを調査したところ、仕上材別に 58~67G という結果が得られた。
- ・上記結果より仕上材別に最大で 9G の差があることが分かったが、試験を実施した人の話では 70G 以下という値の中では大きな差ではないとのことであった。
- ・よって新製品における衝撃緩和性については、仕上材よる影響は少なく下地構造がポイントとなると判断でき、仕上材については歩行性及び車椅子の走行性がよく、また施工面からもメリットのある（低床で施工が可能、合板の捨て貼りが不要）間伐材フローリングとの組み合わせが有効であると考え（図 13 参照）。

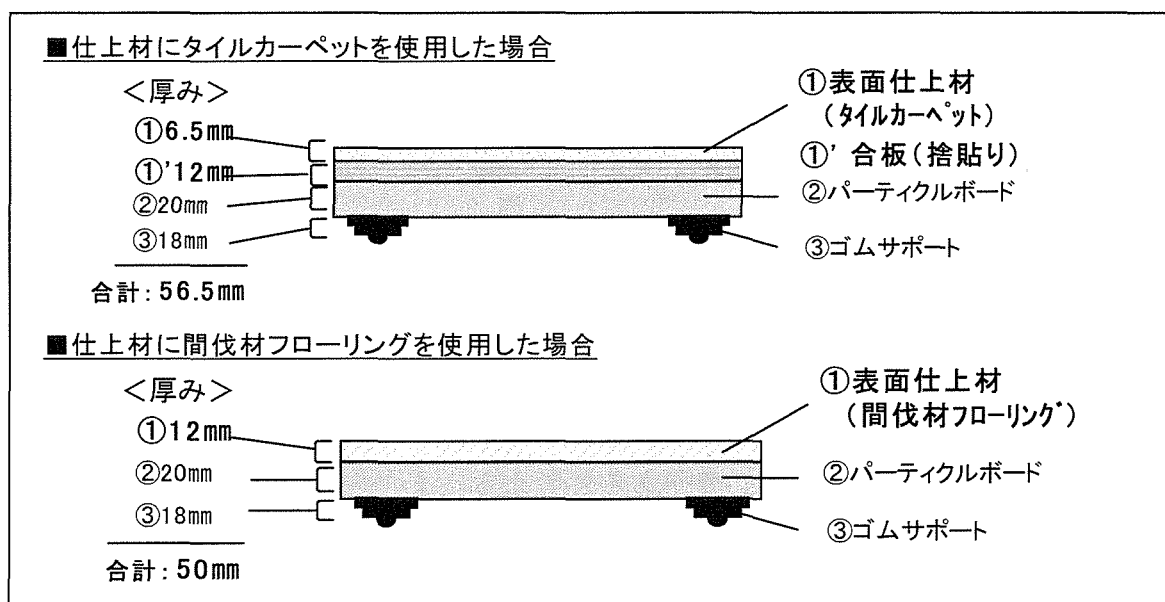


図 13 表面仕上材別構造比較図

3) 新製品と仕上材のみの場合との衝撃緩和性の違いについて

(表 6：試験No 1~6, 11~13 参照)

- ・仕上材の中でも特にやわらかいクッションフロアを厚みを変えて3種類準備し、比較試験を実施したところ全て 100G 以上という結果となった。
- ・この原因としては仕上材の厚みが薄いため、おもりを落とすと底つきしてしまう点があげられ、やはり車椅子の走行スペースや歩行スペースについては表面仕上材のみで転倒衝撃緩和性を高めることは難しいと考えられる。
(クッション性を高めるために仕上材を柔らかくかつ厚いものにする、車椅子の走行性や歩行感が悪くなるというデメリットが生じてしまう。)
- ・よって車椅子の走行性や歩行感のよさを維持しつつ転倒衝撃緩和性を高めるために

は、下地構造にて衝撃緩和効果をもつ新製品が有効であると考えられる。

1) 類似構造をもつ従来品（二重床）との衝撃緩和性の違いについて

（表 6：試験No. 1～6, 14, 15 参照）

- ・従来品（二重床）の中でも構造が新製品に近い商品にて試験をしたところ、56～62G という結果が得られた。
- ・この値は新製品の 66～69G という値よりも低く、衝撃緩和性については新製品をやや上回る結果となったが、試験を実施した人の話では 70G 以下という値の中ではそれほど大きな差ではないとのことであった。
- ・また従来品（二重床）においては、支持脚間よりも支持脚上の方が硬いため衝撃緩和性が悪くなる傾向があると予想していたが、それに反して支持脚上の方が値がよい結果となった。これは試験体のサイズが小さく支持脚上は試験体の端部での計測であったことが影響していると考えられるが、その点を考慮しても従来品（二重床）においては新製品同様のほぼ均一した衝撃緩和性があると考えられる。
- ・よって今回の試験においては、新製品と従来品（二重床）との衝撃緩和性は同等であると考えられる。

●今後の課題について：

今回の試験結果より垂直方向の衝撃に対する衝撃緩和性については、現状の新製品（ゴム硬度 40・60・70 とも）において十分効果があることが分かった。

しかし事業化につなげるためには、一番のポイントである転倒時の衝撃緩和性についてさらに試験調査を実施する必要があると考える。また従来品との差別化もポイントとなる。

よって今回は垂直方向からの衝撃に対する緩和性のみの調査であったが、今後は「転倒」という状況をより現実的にとらえ、それに基づいたかたちでの試験調査の実施も検討する。また従来品との差別化については、従来品の支持脚部分にゴム材を使用している点に注目し、材質・形状の違いが転倒衝撃緩和性にどのように影響するのかを考え検討していく。

5.1.2 耐荷重性の評価

●試験結果：

等分布荷重試験（面荷重試験）、集中荷重試験（点荷重試験）の結果は表 10、11 の通りである。

表 10 等分布荷重(面荷重)試験結果

	変位(mm)		
	負荷直後	除荷直後	除荷 5 分後
新製品(硬度 40 タイプ)	11.1	0.4	0.2
新製品(硬度 60 タイプ)	10.3	0.8	0.5
新製品(硬度 70 タイプ)	9.7	1.1	0.7
二重床	2.6	0.2	0.1
フリーアクセスフロア	3.1	0.4	0.1

表 11 集中荷重(点荷重)試験結果

	変位(mm)			
	負荷直後	負荷 5 分後	除荷直後	除荷 5 分後
新製品(硬度 40 タイプ)	8.1	8.9	0.3	0.2
新製品(硬度 60 タイプ)	7.2	7.5	0.8	0.4
新製品(硬度 70 タイプ)	6.0	6.4	1.1	0.7
二重床	4.6	4.9	0.5	0.3
フリーアクセスフロア	1.8	2.3	0.8	0.5

●結果に対する評価：

1) 新製品の耐荷重性とゴムサポートの硬さによる耐荷重性の違いについて

- ・上記結果より（表 10, 11 参照）、面荷重及び点荷重試験両方において新製品の除荷 5 分後の変位は 40・60・70 タイプとも 1.0mm 以下であり、耐荷重性については特に問題ないと考える。
- ・但し、新製品の下地に使用するゴムサポートの硬度が大きいほど除荷後の復元量が小さいという傾向が見られるため、他の性能との兼ね合いも考慮した上で耐荷重面からはできるだけ硬度の小さいゴムサポートを使用することとする。

2) 従来品（二重床・フリーアクセスフロア）との耐荷重性の違いについて

- ・構造的に新製品と類似した二重床及びフリーアクセスフロアとの比較では、支持脚部の材質の違いから面荷重においては除荷 5 分後の変位量は新製品の方が変位が大きいことが分かった。
- ・点荷重については除荷 5 分後の変位量を比較すると、硬度 40・60 のゴムサポートを使用した場合と従来品との差があまりなく、両者においてほぼ同等の耐荷重性があると考えられる。

- ・但し、面荷重・点荷重ともに荷重時の変位量は従来品よりも新製品の方が大きいことから、長期にわたり重量物を置く際には何らかの配慮が必要であると考ええる。

●今後の課題について：

- ・新製品における一時的な耐荷重性については特に問題がないことが分かったが、今回は長期荷重についての試験については実施しなかったため、今後は長期にわたる荷重試験についても実施する必要があると考えられる。
- ・また重量物を長期間置く場合の対処方法についても検討が必要と考えられる。

5.1.3 遮音性の評価

●試験結果：

遮音試験の結果は表 12～14 の通りである。

表 12 軽量床衝撃音測定結果

周波数(Hz)		63	125	250	500	1k	2k	4k
	打撃点	単位:(dB)						
裸スラブ	S1	66.0	72.0	73.3	73.2	73.1	73.6	71.4
	S2	66.6	71.7	73.1	73.0	73.3	73.4	71.0
	S3	65.8	72.6	73.0	73.0	72.7	73.4	71.2
	平均値 (①)	66.1	72.1	73.1	73.1	73.0	73.5	71.2
新製品	S1	55.9	68.6	68.7	54.8	41.6	27.2	17.4
	S2	55.8	68.3	69.9	57.7	44.8	28.4	16.7
	S3	57.2	69.2	69.6	56.3	42.6	25.4	15.7
	平均値 (②)	56.3	68.7	69.4	56.3	43.0	27.0	16.6
軽量床衝撃音レベル 低減量 (①-②)		10	3	4	17	30	47	55

注) 打撃点 : S1…試験体中心部

S2…仕上材ジョイント部

S3…パーティクルボードジョイント部

表 13 重量床衝撃音測定結果

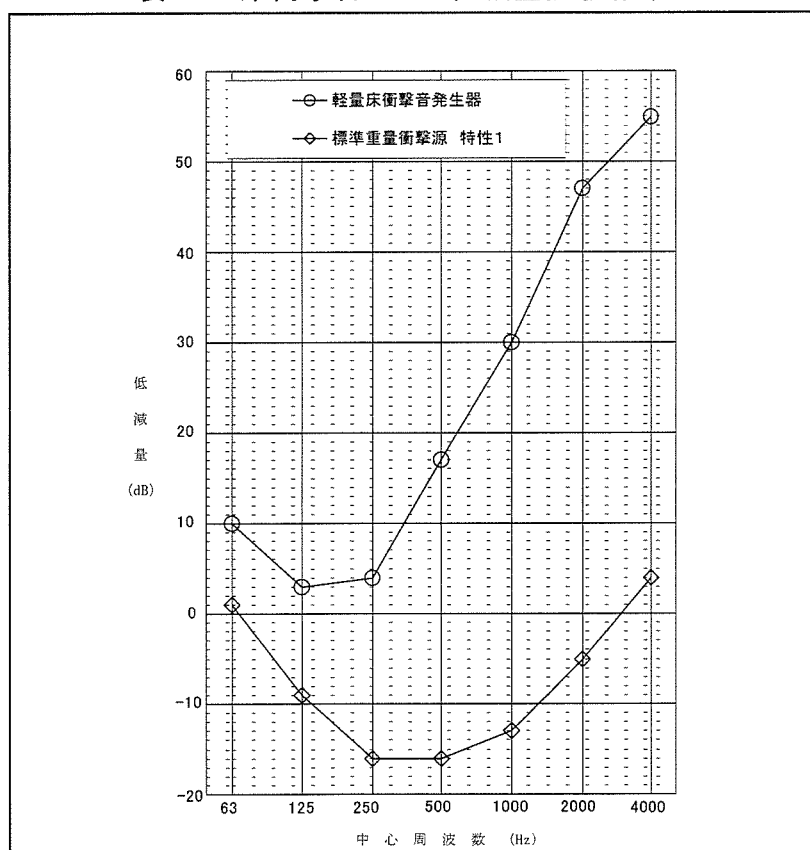
周波数 (Hz)		63	125	250	500	1k	2k	4k
	打撃点	単位: (dB)						
裸スラブ	S1	80.0	65.6	57.0	47.6	41.9	37.5	35.9
	S2	80.7	66.0	56.9	47.3	41.7	37.4	34.9
	S3	80.0	65.5	57.4	48.0	41.0	37.5	35.7
	平均値 (①)	80.2	65.7	57.1	47.7	41.5	37.5	35.5
新製品	S1	78.5	75.4	74.7	64.8	56.6	45.9	33.4
	S2	79.3	73.7	72.5	63.0	55.0	44.0	31.1
	S3	78.9	76.0	71.5	62.0	50.7	38.1	31.5
	平均値 (②)	78.9	75.0	72.9	63.3	54.1	42.7	32.0
重量床衝撃音レベル 低減量 (①-②)		1	-9	-16	-16	-13	-5	4

注) 打撃点: S1…試験体中心部

S2…仕上材ジョイント部

S3…パーティクルボードジョイント部

表 14 床衝撃音レベル低減量試験結果



●結果に対する評価：

- ・上記結果より（表 12・14 参照）軽量床衝撃音については 63Hz～4kHz 間全てにおいて床衝撃音レベルの低減がみられ、やや遮音効果があることが分かった。
- ・しかしこれらのデータを基に自社にて L 値を予想してみたところ LL-60 と推定され、床材として遮音効果をうたうほどの遮音性はないと考えられる。
- ・また上記結果より（表 13、14 参照）重量衝撃音については逆に 125Hz～2kHz 間において床衝撃音レベルの増加がみられ、かえって音を拡張させてしまうことが分かった。
- ・この原因としては、下地材にゴムを使用することで通常の床材とは異なる振動が発生していること、また下地材のパーティクルボードの設置間隔が狭いためそれぞれがぶつかりあってしまうことなどが影響していると考えられる。
- ・新製品と類似構造をもつ従来品（二重床）においては、下地部分に空気層をもつことにより振動が直に下地に伝わらず遮音効果があることから新製品においても遮音効果があると予想したが、以上の結果より実際にはその効果はないことが分かった。

●今後の課題について

- ・新製品の性能としては転倒衝撃緩和性が一番のメインとなるため、今後遮音効果をあげることに重点はおかないが、重量衝撃音を通常よりも拡張させてしまうというデメリットについてはさらに原因を追求し、施工方法等により改善できないかを今後検討する。
- ・まずはサポートの配置（パーティクルボード 1 枚あたりに割付ける個数）及びパーティクルボードの設置間隔について改善し様子を見る。

5.2 使用者評価について

5.2.1 モニター施工によるヒアリング調査

●試験結果：

1) 市営住宅におけるヒアリング調査結果

◎対象者：

2 名（男性：1 人、女性：1 人）

◎ヒアリング結果：

- ・歩行感としてはやわらかさを感じ転倒衝撃緩和性がある床材であることが理解でき、特に不快感はない。
- ・しかし静止しているものに対する振動の大きさが気になる。
(柵の中のものが揺れて音が鳴る、座っていると体に揺れがかなり伝わる。)
特に子供が走ったりした際の振動が大きく、歩行する際にもあまり強く歩かないように気を使ってしまう。

2) 福祉施設におけるヒアリング調査結果

■1回目：硬度40のゴムサポートを使用した新製品に対する調査を実施

◎対象者：21名

<性別> (人)

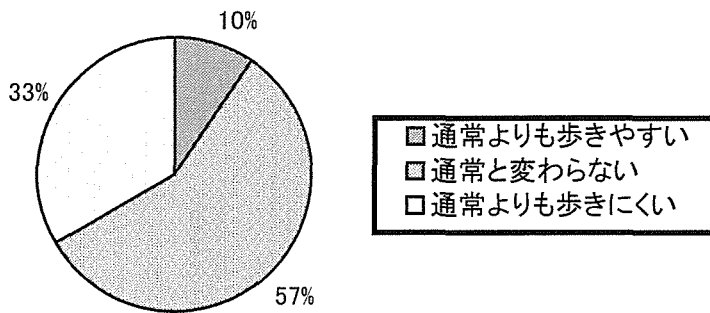
男性	女性	不明	合計
10	9	2	21

<年代> (人)

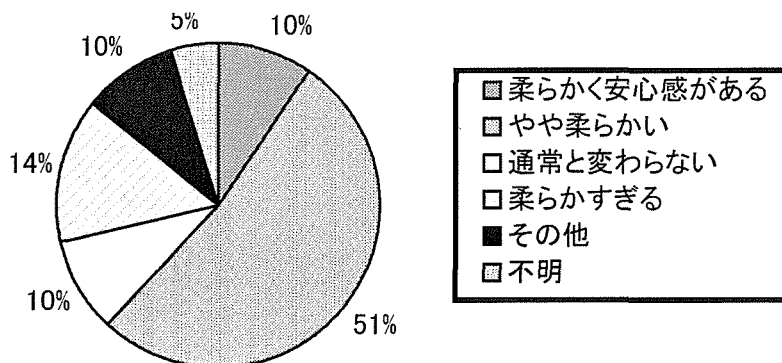
20代	30代	40代	50代	不明	合計
10	4	3	1	3	21

◎ヒアリング結果：

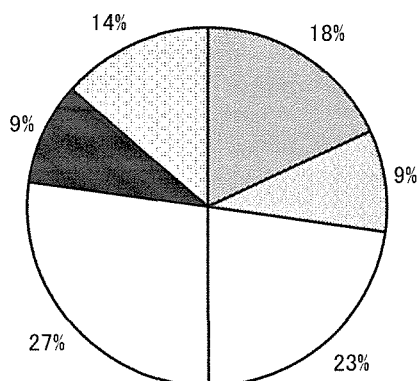
○歩行した際の歩きやすさについて



○歩行した際の感触（柔らかさ）について



○総合的にみた感想について



- 通常の床と変わらず生活する上でも問題ないと思う
- やや通常の床とは異なるが、気になるほどではない
- やや通常の床とは異なるが、使用するにつれ慣れると思う
- やや通常の床とは異なるが、転倒した際の衝撃を和らげる効果があるのであれば納得できる
- やや通常の床とは異なり、気になる。
- 通常の床と異なり、生活に支障をきたすと感じる。

○その他の感想について

- ・揺れが強い点が問題ではないか : 11人
- ・揺れによる音（キシミ）が気になる : 3人
- ・慣れていないせいか落ち着かない : 1人
- ・柔らかく安心感がある : 1人
- ・柔らかいという印象は得やすいのではないかと : 1人
- ・使えないと思う : 1人

■2回目：硬度 60・70 のゴムサポートを使用した新製品に対する調査を実施

◎対象者：14名

<性別> (人)

男性	女性	不明	合計
8	6	0	14

<年代> (人)

20代	30代	40代	合計
4	7	3	14

◎ヒアリング結果：

○歩行感について①

…通常の床との違いを5段階評価。

(人)

通常と同じ ←		→ 異なる		
1	2	3	4	5
5	4	5	0	0

○歩行感について②

…歩行した際の感触（柔らかさ）を5段階評価。

(人)

柔らかい	←—————→				硬い
1	2	3	4	5	
0	5	6	3	0	

○歩行感について③

…硬度 60・70 のスペース別に歩行した際の感触を評価。

(2種類のゴムマットを使用した旨を知らせずに違いについて聞き取りを実施。)

(人)

硬度 60		硬度 70	
硬い	柔らかい	硬い	柔らかい
5	4	2	5

○振動の体感について①

…通常の床上との違いを5段階評価。

(人)

通常と同じ	←—————→				異なる
1	2	3	4	5	
4	1	4	3	2	

○振動の体感について②

…硬度 60・70 のスペース別に振動の体感について評価。

(2種類のゴムマットを使用した旨を知らせずに揺れを感じる場所について聞き取りを実施。)

(人)

硬度 60	硬度 70
7	6

◎その他の感想について

- ・歩行感は通常の床と変わらない : 8人
- ・通常より揺れが気になる : 3人

●結果に対する評価：

<硬度 40 を使用した新製品に対する評価>

市営住宅、福祉施設ともに歩行感としては通常の床とはやや異なるが柔らかさを体感でき、転倒衝撃緩和性のある床としては納得できるとの意見が多かった。

この結果より、使用者に転倒衝撃緩和性のある床として理解を得る上では、硬度 40 の使用は有効であると考ええる。

しかし歩行した際に発生する「振動」を気にする人が多く、特に静止しているものに対する振動の伝わりが大きいという点が問題として多数あげられ、この点からは硬度 40 のゴムサポートの使用は難しいと考える。

<硬度 60・70 を使用した新製品に対する評価>

硬度 60・70 の歩行感については通常とほぼ変わらないという感想が大半を占めたが、一方硬度 40 を使用した場合よりも歩行感としての柔らかさがなくなり、使用者に転倒衝撃緩和性のある床として理解を得ることが難しくなったと考える。

振動の感じ方については、通常と異なると感じた人もいたが、硬度 60・70 トータルにみて不快さを感じるレベルではないと考える。

硬度 60・70 の比較については、歩行感・振動の感じ方ともにバラつきがあり、基本的に差はほとんどないと考える。

5.2.2 振動レベル測定結果

●試験結果：

各測定場所における試験結果は表 15～17 の通りである。

表 15 新製品上における振動レベル測定結果

試験体No.	構造			振動レベル(dB)
	仕上材	ゴムサポート	パーティクルボード	
1	間伐材フローリング	硬度 40	600×1820 mm	85～90
2		硬度 60	600×910 mm	75～80
3			600×1820 mm	75～80
4		硬度 70	600×910 mm	70～80
5			600×1820 mm	70～75

表 16 既存建築物内における振動レベル測定結果

	計測場所	床構造		振動レベル(dB)
		下地	仕上材	
病院	1階床面	モルタル	長尺シート	40
		二重床		65～75
	2階床面	モルタル	長尺シート	50～55
		二重床		65～75
住宅	1階床面	合板	フローリング	60～70
			畳	80～85
	2階床面	合板	フローリング	70～75

表 17 振動レベル計測結果比較表

振動レベル(dB)	40	50	60	70	80	90
計測場所						
新製品(硬度40)						↔
新製品(硬度60)					↔	
新製品(硬度70)				↔	↔	
病院(下地:モルタル)	● 1F	↔ 2F				
病院(下地:二重床)				↔		
住宅(下地:合板)				↔	↔	↔ 1F:畳

1F:フローリング
2F:フローリング

- ・既存建築物のモルタル下地の場合と比較し、新製品は全般的に発生する振動レベルが高いことが分かる。中でも硬度40のゴムサポートを使用した場合は振動レベルが最大90dBまで達しており、かなり大きな振動が発生していることが分かる。
- ・しかし従来品(二重床)及び木造住宅と比較すると、硬度60・70のゴムサポートを使用した新製品に比較的近いレベルの振動発生がみられることが分かる。
- ・住宅の畳上での振動レベルがかなり大きな値を示しているが、体感としてはほとんど振動の発生が分からない状況にあった。
- ・パーティクルボードのサイズによる振動レベルの差については、硬度60・70ともみられなかった。

●結果に対する評価：

新製品と類似構造をもつ従来品(二重床)を下地に施工した箇所の振動レベル値からも、支持脚を持ち床下に空間をもつ構造の床材についてはある程度の振動発生は十分起こり得ることが分かったが、その振動が不快に感じるかどうかを左右する要因としては振動の減衰時間が関係してくると考えられる。

畳上での振動発生が不快に感じない理由としては、振動減衰時間が短いからであると考えられ、一方新製品の硬度40タイプに不快感が強かったのは逆に振動減衰時間が長いからであると考えられる。

●快適性に関する総合評価と今後の課題について：

快適性の面からは硬度40のゴムサポートの使用は適しておらず、硬度60もしくは70のものを使用することが望ましいと考える。

パーティクルボードのサイズについては振動レベルには影響がないことが分かった

ことから、施工面を考慮し 600×910 mmの小さいサイズの使用が望ましいと考える。

今回は施設の職員を対象にヒアリング調査を実施したが、今後は新製品の使用者としてメインとなる高齢者を対象にヒアリング調査を実施し、職員からの意見との差についても確認する。

5.3 施工性の確認・評価について

<ゴムサポートとパーティクルボードとの接着性について>

各種試験体作製の際には、1液の弾力性接着剤（水性エマルジョン形、主成分：変成シリコーン系）を使用した。が、接着力が弱くゴムサポートがはがれる傾向にあったため、モニター施工においてはリフォーム向けフローリング接着用の両面テープの使用に切り替えた。その結果、接着性については安定し問題ないと判断できた。

今回は施工時間の短縮を考えゴムサポートを固定するライン全体に両面テープを貼る方法をとったが（写真3参照）、この方法ではロスが多く今後はゴムサポートの裏面のみ粘着シールをつける方法を考える必要があると思われる。

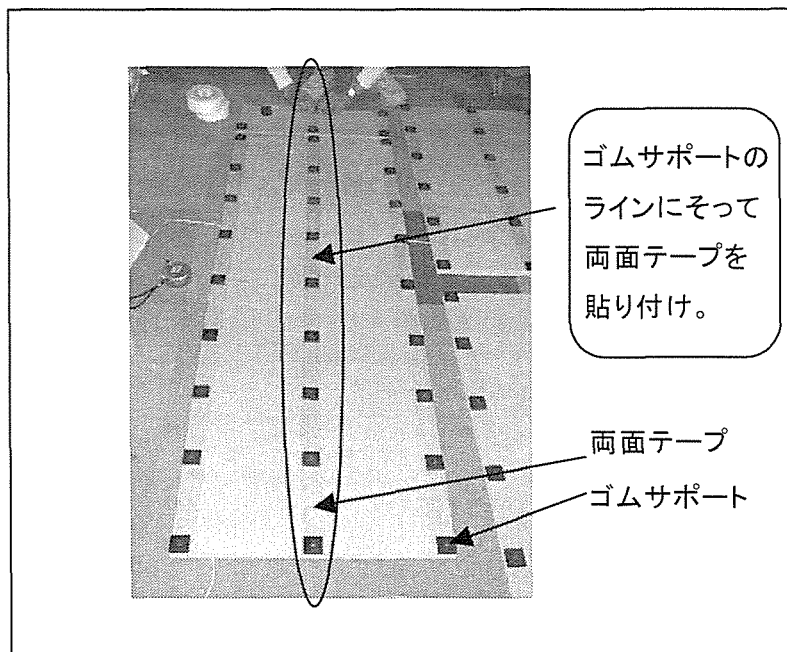


写真3 ゴムサポート固定図

<パーティクルボードの設置の安定性について>

パーティクルボード同士がぶつかることによって発生する床鳴りを防止するために、5 mm程度間隔をとって設置したが（写真4参照）、仕上材を貼る前にその上を歩行すると配置がずれるケースがあった。よって施工する上ではその点を配慮する必要があると考える。

パーティクルボードのサイズとしては小さい方が狭い現場にも対応しやすく扱いやすいことが分かったが、あまり小さいと上記の通りずれの発生が起りやすくなるため、施工上は 600×910 mmが適当なのではないかと考える。

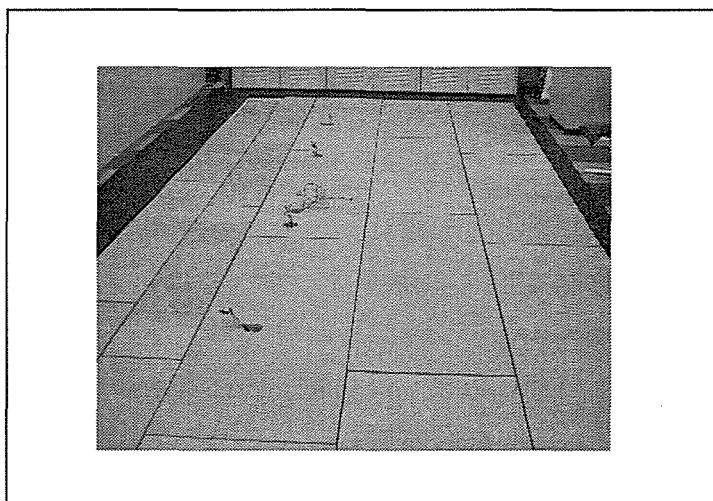


写真 4 パーティクルボード設置図

<仕上材施工後のレベルの安定性について>

モニター施工を行った福祉施設では既存のフローリングの上に新製品を設置したが、やや下地のレベルが悪い中、ほぼきれいに納めることができた。しかし市営住宅においては下地に断熱材が使用されており沈みこみがみられたため、部分的に合板をさし込んでレベルの調整を行った。

このことより、基本的には下地のレベル調整を行った上での施工が望ましいが、リフォーム等でやむを得ない場合はゴムサポートの間引きまたは調整材（合板等）の使用が必要と考える。

際部分のレベルの安定については際根太を入れることでほぼ問題がないと考える。また歩行頻度の多い出入り口部分や重量物を置く箇所についても根太を入れることが望ましいと考える。

<全体にかかる施工時間について>

全体的にみて下地構造の組み立て、設置に時間がかかった。特にゴムサポートの割付け及び接着については今後簡略化が必要と考える。現状は約 200～250 mmピッチでパーティクルボードにゴムサポートを割付けることとしているが、施工性を考えると割付け個数を減らすことも考慮に入れたいと考える。またあらかじめゴムサポートとパーティクルボードをセッティングした規格商品の製造も今後検討したい。

なお、巻末「13.参考資料」に施工の流れを示す図・写真を掲載した。

5.4 仕様の確認・評価について

上記性能評価、使用者評価、及び施工性の確認・評価より、現状は下記の仕様が適当であると考ええる。

- ゴムサポート…硬度 60 タイプ
- 下地構造体 …パーティクルボード（サイズ：600×910 mm、厚み 20 mm）
- 表面仕上材 …間伐材フローリング（サイズ：303×1818 mm、厚み 12 mm）

6. 実用化の見通し

今回の試験調査から新製品において高転倒衝撃緩和性があることが分かり、また使用者評価及び施工性評価から 5.4 に示す構造にてほぼ実用化が可能であることが分かった。

しかし今後、建築関連業者及び医療・福祉施設向けにこの商品を強く P R をしていくためには下記の点を進めて行く必要がある。

- ・実際の転倒動作に近い形での試験の実施及び衝撃緩和性データの取得
- ・類似構造をもつ従来品（二重床）との差別化の検討
- ・施工方法のマニュアル化
- ・施工賃を含めた価格の組み立て

これらの点の検討を年度内に進め、2003 年春の実用化に照準を合わせて準備を進めていきたいと考える。

7. 今後の対応

将来的には設計事務所、建設会社、マンションディベロッパー、ハウスメーカー等建築関連業者へ向けて P R し、福祉介護関連施設や高齢者向けマンション・住宅への指定を目指していくが、このような商品は実際に使用する立場の医療・福祉関連の人々に向けても情報発信を行い、理解を得る必要があると考える。現状では、転倒時の衝撃緩和を床材で対応しようと考えている病院・施設は少なく、病院・福祉施設の管理者をはじめ現場で働く人へ商品の説明を行い、理解を得なければ新製品の使用は難しいと考える。

そこで「6. 実用化の見通し」にて記載した検討事項を進めると同時に、今回取得したデータ等をまとめて簡易な資料を作成し、病院・福祉施設等に向けての説明を実施し、モニター施工及び職員や使用者に対するヒアリング調査の実施を進めていきたいと考える。その中で現場サイドからの意見等を少しでも多く収集し、今後広く福祉介護関連施設や建築関連業者へ向けて P R する際の貴重な材料として生かしていきたい。また建築関連については、今後 P R をしていくターゲットの選定について検討していく。

8. 特筆すべき成果

新製品において、点で衝撃をうける形状のゴムサポート材を下地材に使用することにより、仕上材に比較的硬い間伐材フローリングを使用しても高い転倒衝撃緩和性があることが分かった。このことより、歩行性及び車椅子の走行性がよく、かつ高齢者化社会における転倒事故によるケガを軽減することに貢献できる床材として、商品化できる可能性がみえたことは大きな成果である。

9. 試験調査委員会委員

委員長	山口 昌夫	金沢医科大学	リハビリ課教授
委員	真柄 幸男	NPO法人	バリアフリー総合研究所 研究員
	石崎 弘久	シンコール株式会社	商品部 課長（主任技術者）
	高木 麻弓	シンコール株式会社	商品部

10. 技術者

主任技術者	石崎 弘久	シンコール株式会社	商品部 課長
技術者	高木 麻弓	シンコール株式会社	商品部

11. 他からの指導又は協力事項

協力者	山田 有河	石川県工業試験場	製品科学部 技師 (振動レベル測定)
-----	-------	----------	-----------------------

12. 参考文献

- 1) 厚生労働省 「厚生労働白書」 (2001)
- 2) 国民生活センター 「介護事故の実態と未然防止に関する調査研究」 (2000)
- 3) 厚生労働省大臣官房統計情報部 「人口動態統計」 (1999)
- 4) 厚生労働省 「身体拘束ゼロへの手引き」 (2001)
- 5) (財)日本規格協会 「フリーアクセスフロア構成材試験方法 (JIS A 1450)」 (1997)
- 6) (財)日本規格協会 「体育館鋼製床下地構成材 (JIS A 6519)」 (1995)
- 7) (財)日本規格協会 「コンクリート床上の床仕上げ構造の軽量床衝撃音レベル低減量の実験室測定方法 (JIS A 1440)」 (1997)

13. 参考資料

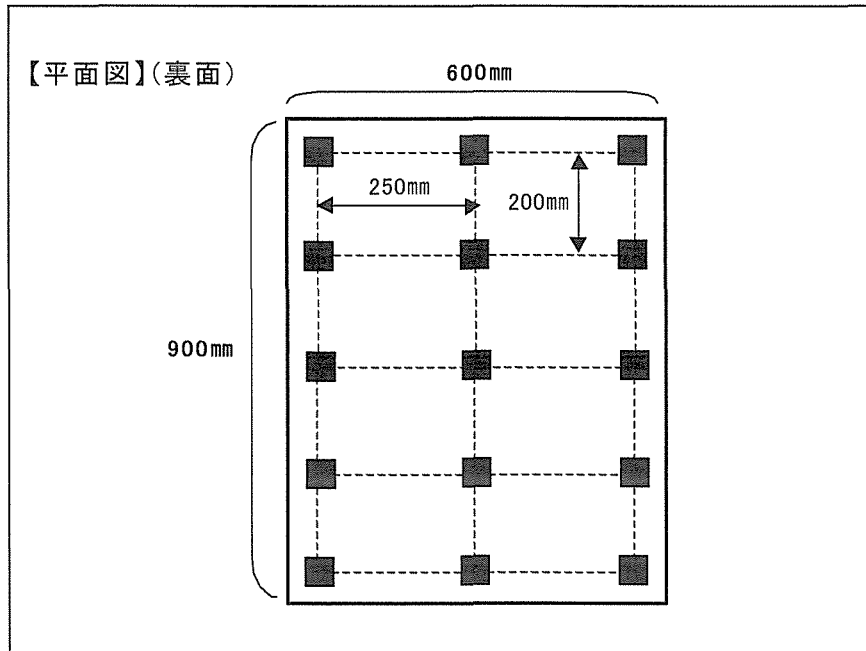


図 14 新製品の床の硬さ試験用試験体図面

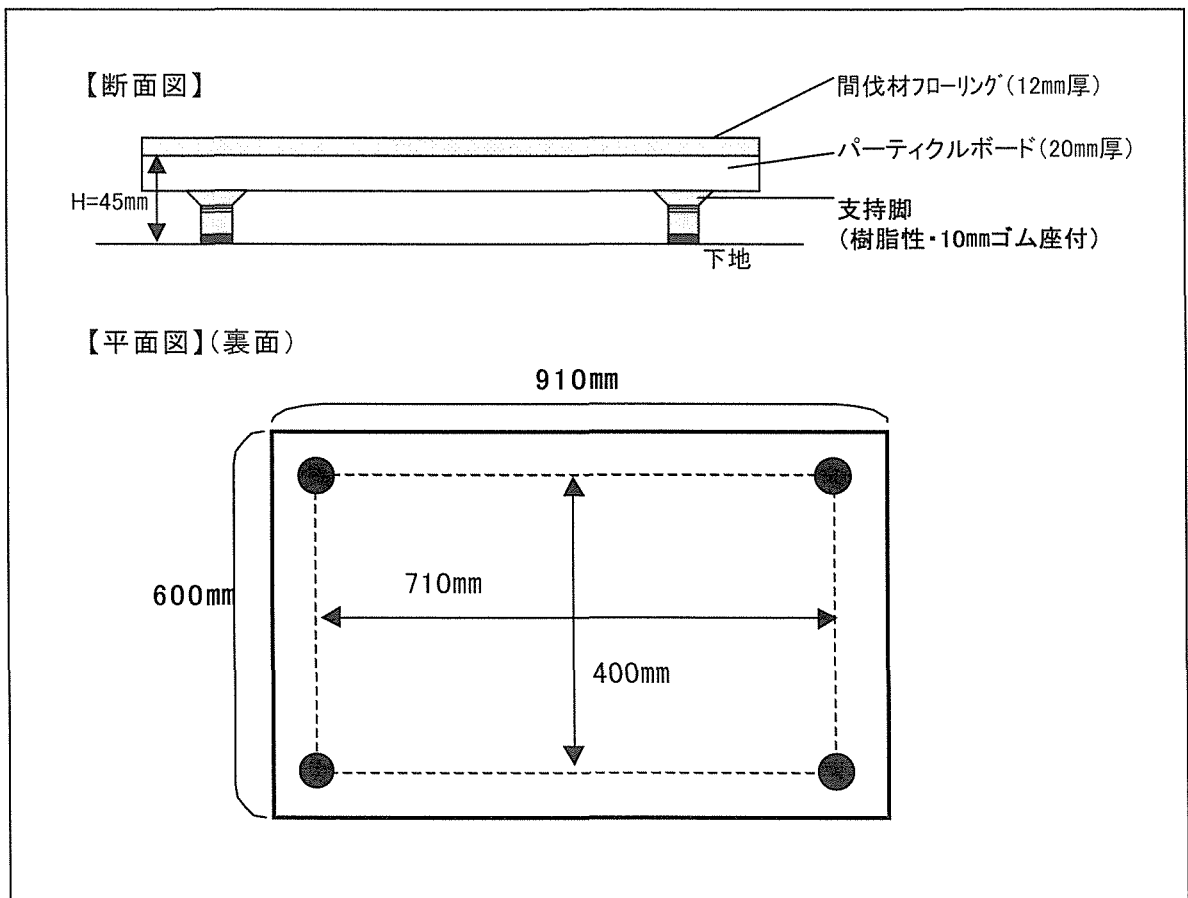


図 15 従来品(二重床)床の硬さ試験用試験体図面

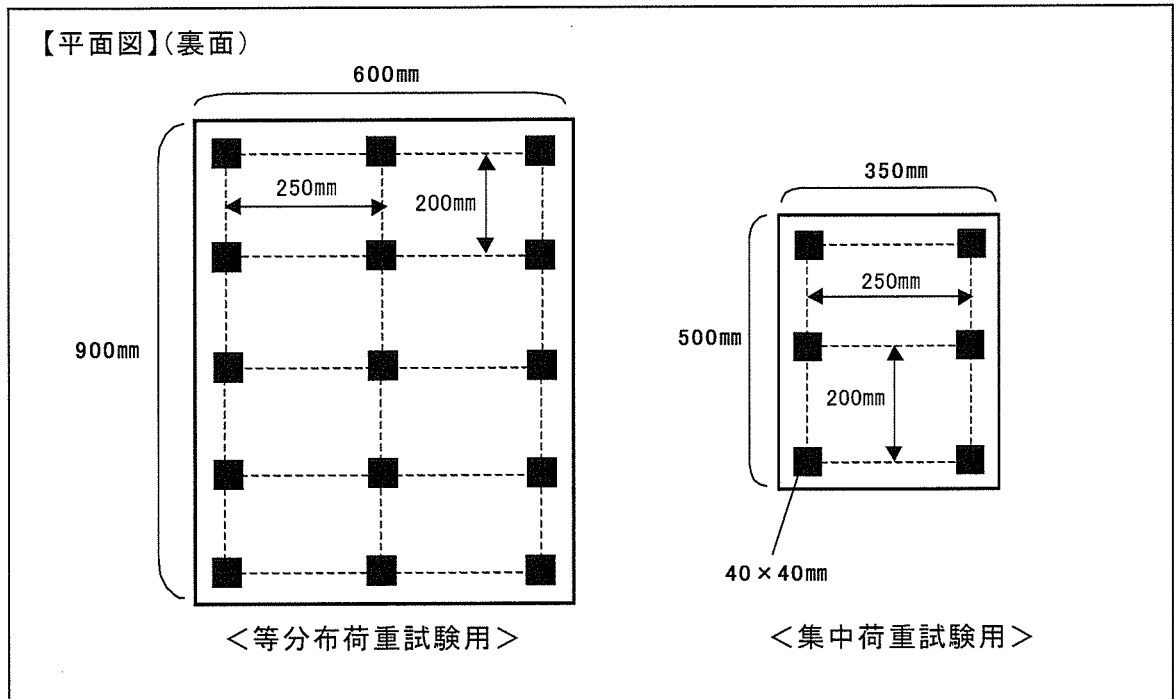


図 16 新製品の耐荷重試験用試験体図面

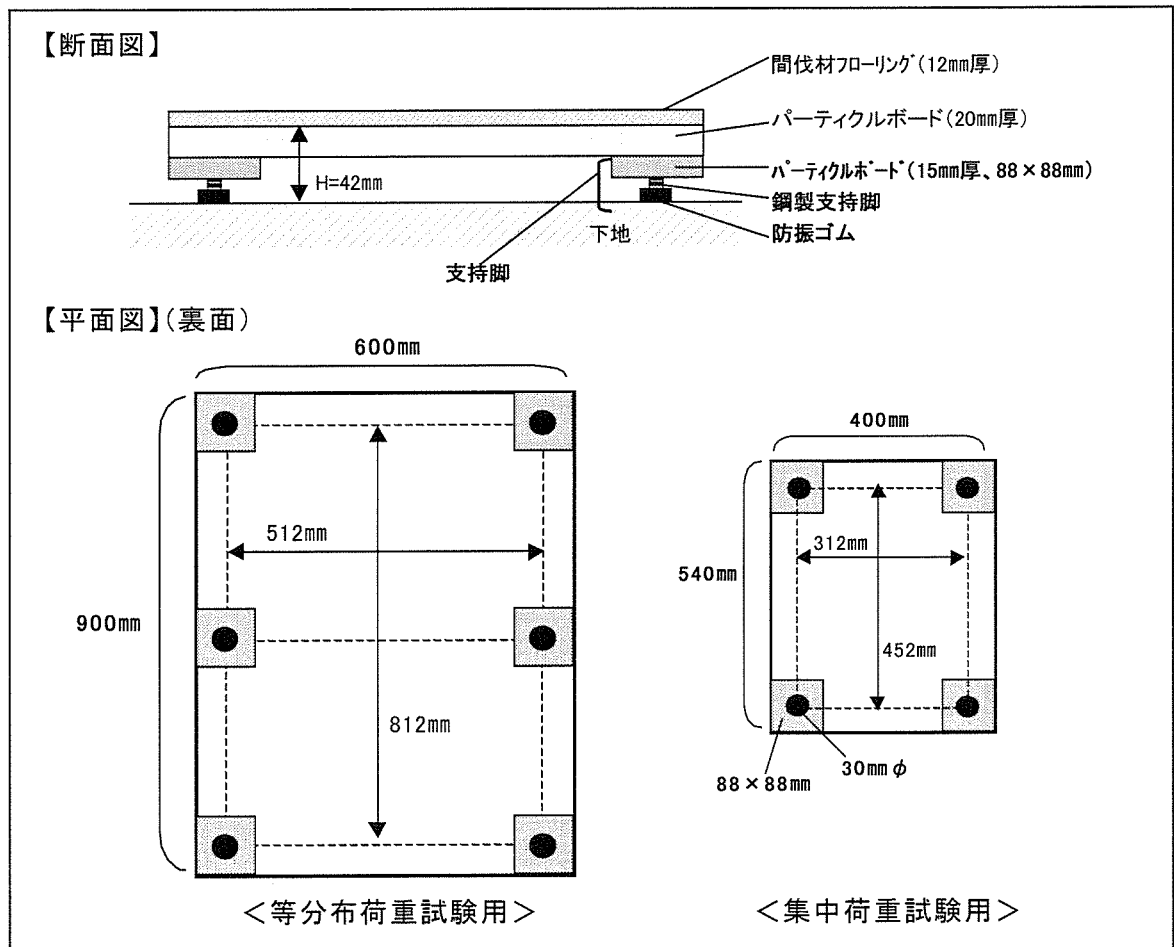


図 17 従来品(二重床)耐荷重試験用試験体図面

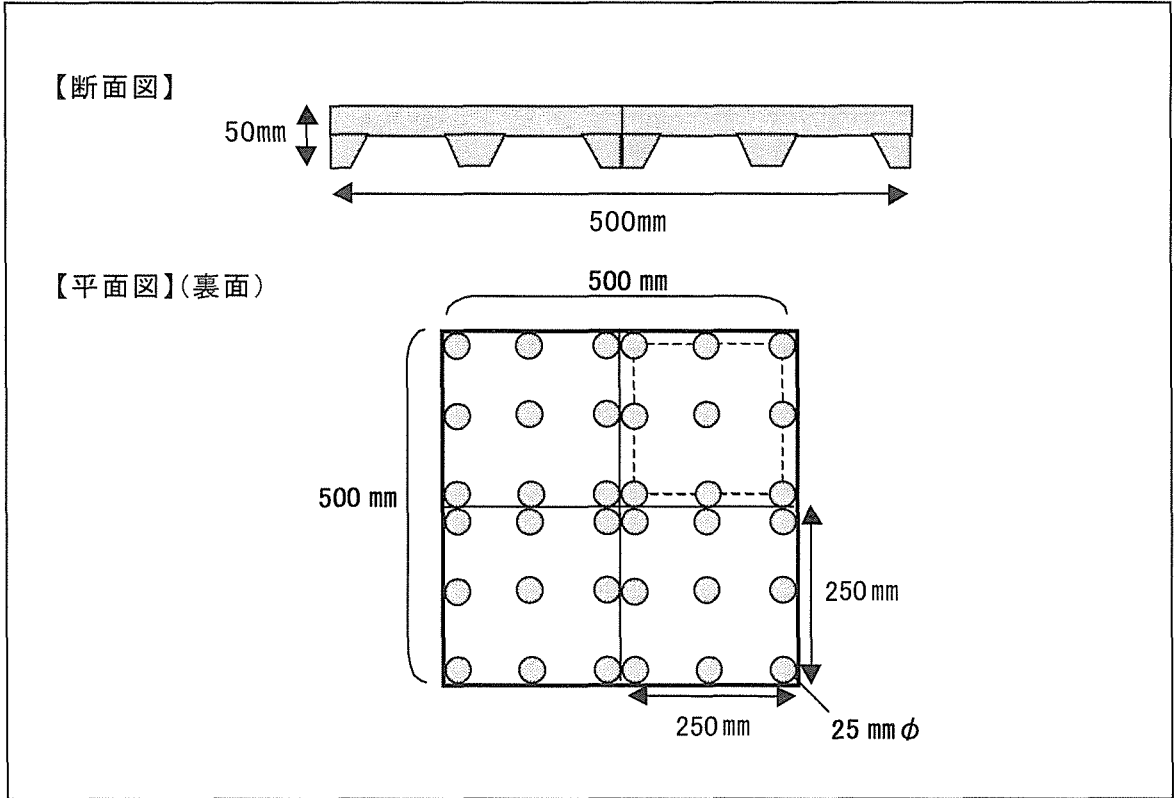


図 18 従来品(フリーアクセスフロア)耐荷重試験用試験体図面

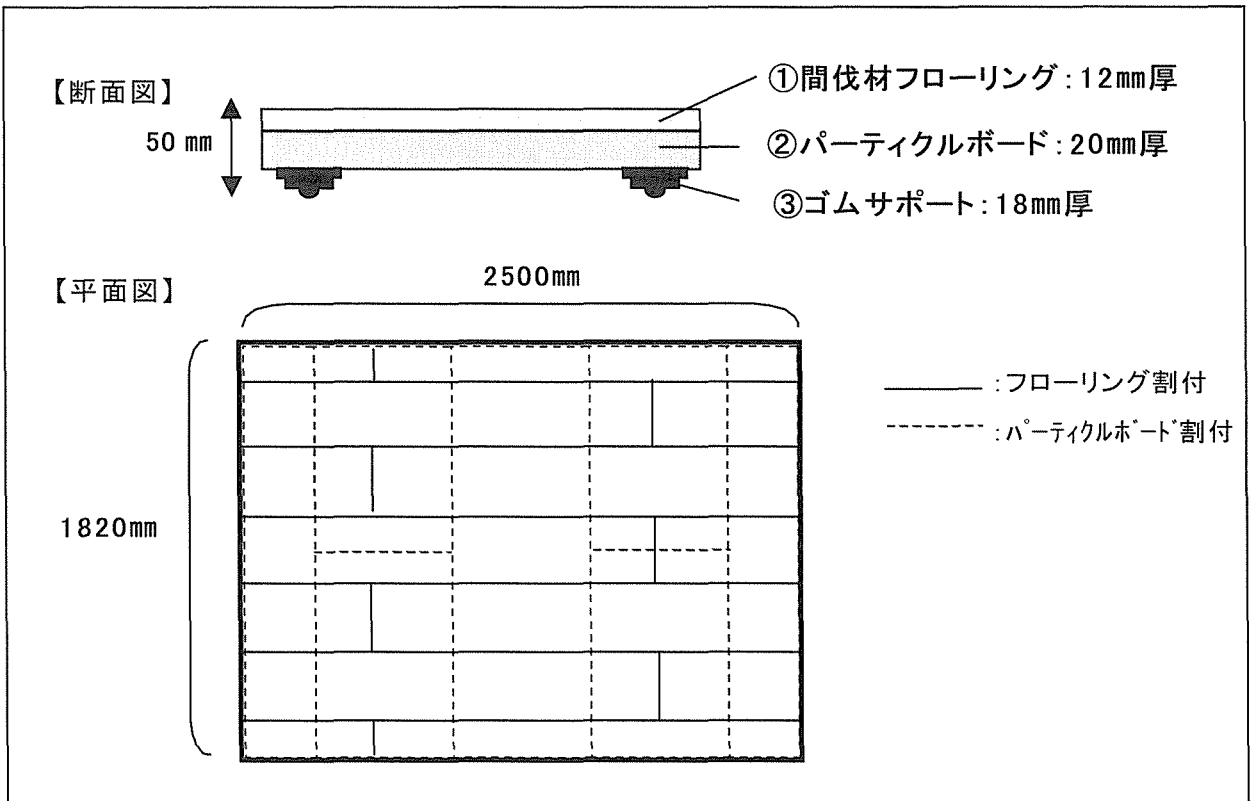
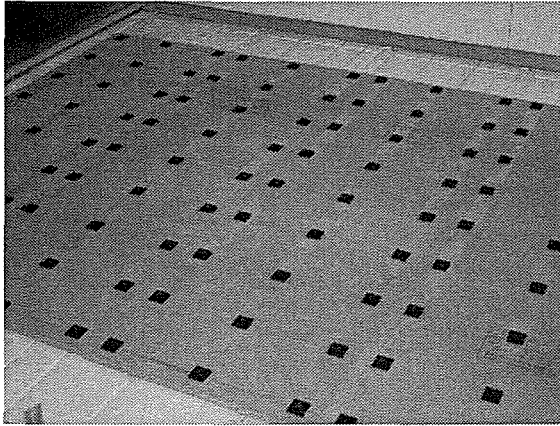


図 18 新製品の遮音試験用試験体図面



注) 量をあげた状態。下地は断熱材。

写真 5 ゴムサポート貼付け後の様子



注) 下地: 断熱材の上に合板を敷いた状態。

写真 6 際根太施工時の様子

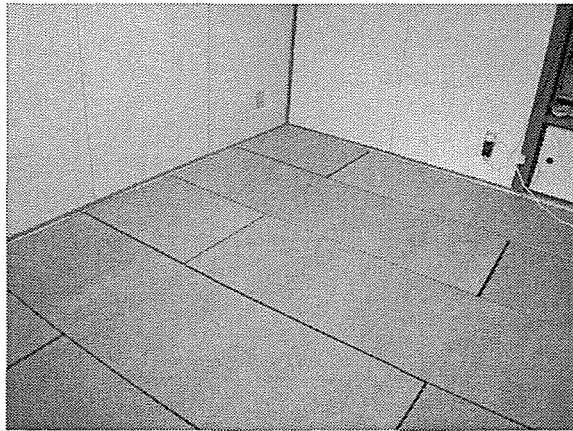


写真 7 パーティクルボード設置後の様子

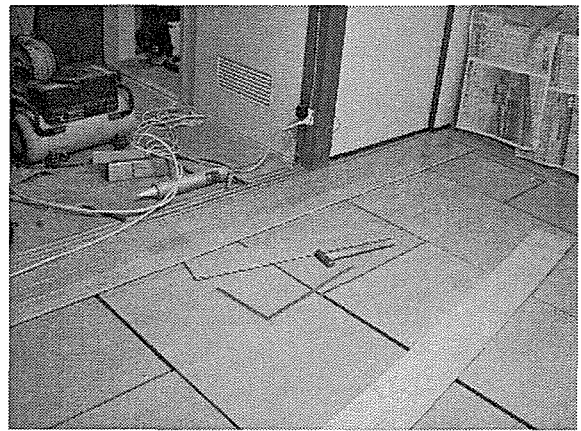


写真 8 フローリング施工時の様子

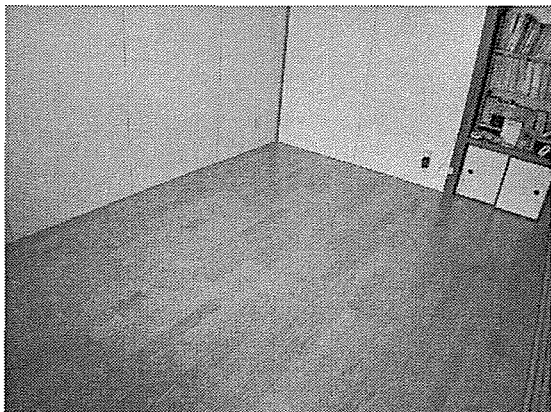


写真 9 新製品施工後の様子

1318 圧縮スギの突き板化粧単板貼り集成材による製品開発

課題番号：1318

圧縮スギの突き板化粧単板貼り集成材による製品開発

株式会社アミノ

要旨

本研究はスギの人工林から産出される木材の高度利用を目的とした開発研究である。スギ材の接線断面（板目面）に対して垂直に等分布負荷を加え、圧縮率50%まで圧縮成形を施すことにより圧縮材の春材、夏材に硬軟の差が少なくなり、材質は硬く均一に近い状態となる。この事は、広葉樹材例えば、ブナ、ナラ、カバ等とは木理及び肌目に違いがあるものの、それに近い機械的性質を保有する高級木材に変化した事を示すものである。この圧縮木材を加工によって付加価値を増大させ、普及効率を高めるためにスライス加工を施し、緻密、斉一な木理の単板を化粧単板として、高級家具、建具、床材等に適用可能か否かを確かめるための各種性能試験と実物試作を行った。さらにこれらの試作内容に対する業界及び市場の評価を調査したものである。

キーワード

スギ材、圧縮成形、圧縮突き板単板、集成加工、硬さ試験、接着試験、摩耗試験、耐候試験、市場調査、実物試作

目 次

1. はじめに	1
2. 試験調査の目的	1
3. 試験調査の内容	1
3.1 試験用金型による圧縮木材の製作	2
3.2 圧縮木材のスライス加工	3
3.3 圧縮木材の材質試験	4
3.4 圧縮スギ突き板を利用した家具・建具および床材の製作	8
3.5 市場調査	10
4. 試験調査の日程	10
5. 試験調査の結果	11
5.1 試験用金型による圧縮木材の製作	11
5.2 圧縮木材のスライス加工	12
5.3 圧縮木材の材質試験	13
5.4 圧縮突き板を利用した家具・建具および床材の製作	22
5.5 市場調査	23
6. 実用化の見通し	25
7. 今後の対応	25
8. 特筆すべき成果	25
9. 試験調査委員会委員	26
10. 技術者	26
11. 他からの指導または協力事項	26
12. 参考文献	26
13. 参考資料	26

圧縮スギの突き板化粧単板貼り集成材による製品開発

株式会社アミノ

1. はじめに

現在、国内で消費している木材の消費量は年間 1.1 億 m³弱であるが、国内産木材はそのうちの 19%で残りの 81%は外材に頼っている。又戦後植林したスギが主伐期を迎えているが安い外材のまゝに未利用のまま放置されていて森林荒廃の原因となっている。工業用素材として金属、プラスチック、複合材が主流であるが、最近工業用素材の選択基準が変わりつつあり、木材の持つ吸湿性、断熱性、肌合いなどが建材として認められるようになってきた。そこでこれまで利用価値の少なかったスギの材質を改善してブナなどの広葉樹材に近い機械的性質にするための技術、これを実現するための装置の開発を進めてきた。技術の内容は、スギ等の木材を柔らかく（可塑化）してプレスで圧縮成形し、高温高圧水蒸気のもとで形状固定する方法である。

圧縮成形により材質を改善し、普及効率を高めるために圧縮木材にスライス加工を施し、緻密、斉一な木理の単板を化粧単板として、高級家具、建具、床材等に適用可能か否かを確かめるための各種性能試験と実物試作を行った。

2. 試験調査の目的

国内産木材の有効利用を促進するため、本研究はスギの人工林から産出される木材の高度利用を目的として、圧縮成形木材を生産し、それにスライス加工を施し、家具や建具、床材等に活用させるための生産工学的実験を行い、実用化を目指すものである。

3. 試験調査の内容

主な内容は次のとおりである。

- (1) 圧縮木材の製作
- (2) 圧縮木材のスライス加工
- (3) 圧縮木材の材質調査
- (4) 圧縮スギを利用した家具・建具および床材の試作
- (5) 市場調査

これらの具体的内容を次に述べる。

3.1 圧縮木材の製作

3.1.1 試験用金型の製作

本研究に用いる圧縮木材を製作するための金型を製作した。主仕様を以下に示す。金型は、圧縮成形時に木材が荷重方向と直角方向に膨らむことを防ぐ必要がある。

金型の主仕様

- 〔1〕 型内有効寸法 2000L×100W×100H[ストローク 50](mm)
- 〔2〕 金型材質 木材に接する部分はアルミとする。その他は鉄で可。
- 〔3〕 金型構造 参照：13. 参考資料 写真 13-1、2
- 〔4〕 数量 5セット

3.1.2 圧縮木材の製造工程

本研究に用いる圧縮木材は当社で開発した「高効率木材圧縮加工機システム」を用いて、突き板化粧単板の加工に向いている圧縮木材を得る為の圧縮成形条件を導き、各種性能試験と実物試作に使用する圧縮木材を製造した。使用した材種を表 3-1 に示し、高効率木材圧縮加工機システム概略図を図 3-1 に示す。

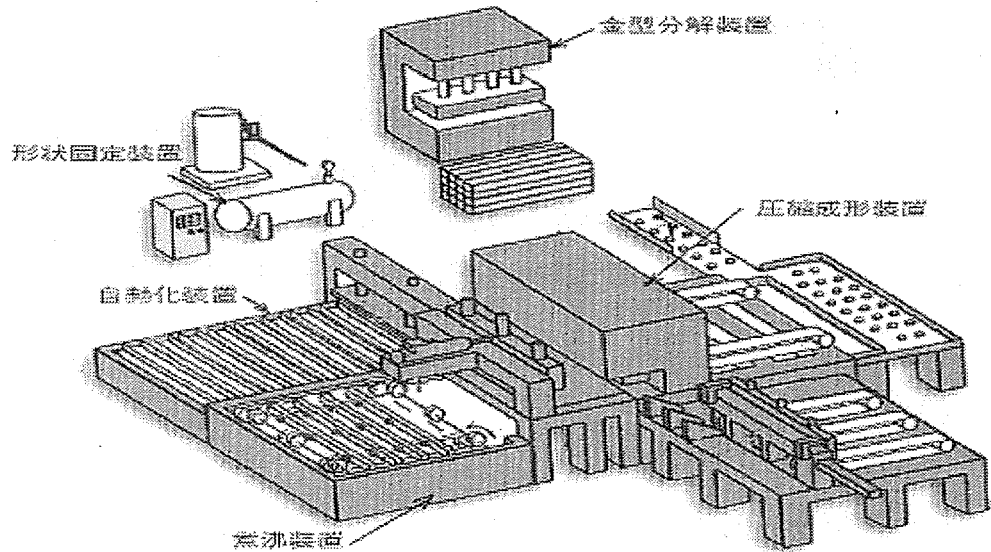
参照：13.参考資料 写真 13-3、4

表 3-1 試験に使用した材料

材種	寸法 (mm)	平均含水率 (%)	数量	項目
スギ四方無節	2000×105×105	35	20	実物試作
スギ小節	2000×105×105	68	75	性能試験
スギ小節	2000×100×100	72	50	性能試験

注：スギ四方無節材は在庫を使用

「高効率木材圧縮加工機システム」は、煮沸装置、圧縮成形装置、形状固定装置、金型分解装置、及び各種自動化装置により構成されている。圧縮材の製造の流れは、2000L×100(105)W×100(105)H(mm)の木材を煮沸装置に装填し 80℃の熱水で 60 分間煮沸し木材を軟化させる。軟化した木材を金型内に装填し、それを圧縮成形装置に装填する。木材の接線断面（板目面）に対して垂直に等分布負荷を加え、圧縮率 50%（木材の高さ比）まで圧縮成形を施す。この際の材温は 80℃程度、圧縮圧力は 3.7MPa 程度である。次に圧縮された木材が復元しないよう圧縮状態を維持するため金型により拘束する。拘束した金型を複数同時に形状固定装置に装填し、圧力容器内にて高温高圧水蒸気のもとで形状固定する。この際の圧力容器内の温度と圧力は 180℃、1MPa までそれぞれ上昇する。その後室温まで冷却し金型分解装置に装填し金型の拘束を開放し 2000L×100(105)W×50H(mm)の圧縮木材を得る。



- 注：1) 煮沸装置：熱水槽内部循環コンベア式
 2) 圧縮成形装置：2000kN多軸スクリープレス
 3) 形状固定装置：多管式貫流蒸気ボイラ+第一種圧力容器
 4) 金型分解装置：600kN多軸スクリープレス

図3-1 高効率木材圧縮加工機システム概略図

3.2 圧縮木材のスライス加工

圧縮木材のスライス加工は、木材加工業者に委託した。使用した機械はAMITEC社製縦突き厚突き用機械で、最大スライス長12m、最大スライス幅30cmの能力である。広葉樹材のスライスを行う場合、木材を一度煮沸してからスライス加工するが、圧縮木材の特性をそのまま生かすために、煮沸を行わずスライス加工した。これは、圧縮木材は煮沸すると若干変形（復元率5%程度）するためである。各種性能試験と実物試作を行うために、厚突きの突き板2種（0.6mm厚、0.8mm厚）、特厚といわれる突き板1種（1.5mm厚）のスギ圧縮材の突き板を用意した。圧縮木材の大きさが2000L×100（105）W×50H（mm）であるため、突き板の大きさが、桎目突き板45W×1990L（mm）、板目突き板95W×1990L（mm）程度に制限される。これにより、幅広の突き板が得られないため、単板貼り工程のコストアップにつながる。そこで実物試作に使用する突き板は、スライス前に圧縮材の木目方向をなるべく揃え、酢酸ビニル樹脂エマルジョン系接着剤を使用して集成し、その後スライス加工を行うこととした。

参照：13. 参考資料 写真13-5、6

3.3 圧縮木材の材質試験

3.3.1 硬さ試験

突き板の硬さ試験は、試験片としてスギ圧縮材の突き板と、比較対照として普通木材のスギ、ブナ、ナラの突き板を用いた。突き板の厚さを決めるにあたり、家具・建具用材および床材への適用を踏まえ、厚突き板 2 種（0.6 mm厚、0.8 mm厚）、特厚といわれる突き板 1 種（1.5 mm厚）を用意した。圧縮材およびスギについては 0.6 mm厚、0.8 mm厚、1.5 mm厚の 3 種類、ブナは 0.6 mm厚、1.5 mm厚の 2 種類、ナラは 0.6 mm厚 1 種類を用いたが、このうちブナの 1.5 mm厚に関してはロータリー単板を使用した。試験面は未塗装のものおよび塗装を施したものの 2 種類を比較することとした。塗装は、ウレタン塗料（W社製、木材用塗料）を用い、下塗り剤（サンディングシーラー）を 2 回、上塗り剤を 2 回塗布した。塗布量は、下塗り剤 200 g/m²、上塗り剤 300 g/m²である。木目形状は板目または追い柾および柾目を用意した。これらの突き板を基材となるラワン合板に貼り、突き板貼り化粧合板を作製してその硬さを測定した。

突き板とラワン合板の接着には酢酸ビニル樹脂エマルジョン系接着剤を使用し、塗布量は 100 g/m²である。表 3-2 には試験片の材質、図 3-2 には試験片の形状および寸法と、併せて測定面、鋼球の圧入位置を示した。

測定に使用した試験機は A&D 社製テンシロン UTM10T 型で、図 3-2 に示す圧入位置に直径 10 mmの鋼球を配し、100 kgのロードセルを用いて平均圧入速度 0.5 mm/min で、木材表面から深さ $1/\pi$ mm(約 0.32 mm)の位置まで圧入し、そのときの荷重を測定した。試験片数は各試験に対し 12 個、各面の測定箇所は 4 箇所とし、1 箇所ごとに順次測定してその平均値を求めた。硬さ H の算出式は以下に示す。

$$H(\text{N/mm}^2)=P/10 \quad P: \text{圧入深さが } 1/\pi \text{ mm となるときの荷重 (N)}$$

表 3-2 硬さ試験に用いた突き板の材質

材 種	平均密度 (g/cm ³)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)
スギ圧縮材	0.63	10.57	1.44
スギ材	0.36	9.69	2.96
ブナ材	0.60	4.14	2.00
ナラ材	0.60	3.64	2.00

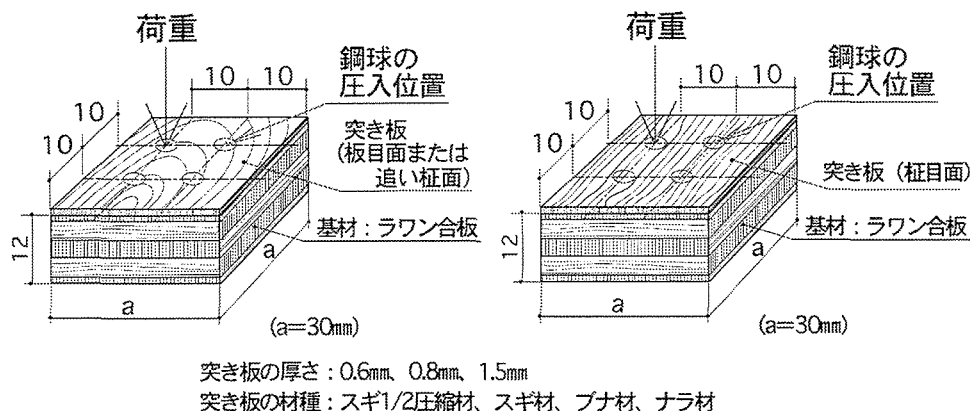


図 3-2 硬さ試験用突き板貼り試験片の形状と鋼球の圧入位置

3.3.2 接着試験

接着強度試験に用いた材種は、スギ圧縮材およびスギ材、ナラ材で、これらの無垢材と各突き板を基材に貼り、合板としたものを用意し、それぞれについて常態における引張りせん断強さを測定した。試験片の材質は、表 3-3 および表 3-4 に示した。突き板の厚さは、家具・建具用材および床材への適用を踏まえ、さらに、硬さ試験の結果が有効であった厚突きの 0.8 mm 厚を使用することとした。合板の基材部分にはラワン合板およびスギ材によるランバーコアの 2 種を用意し、両面に各単板を貼り付けた。接着剤は酢酸ビニル樹脂エマルジョン (K 社製 CH25)、塗布量は 172 g/m^2 で、両面にわけて均一に塗布し、24 時間圧縮した後、 $20\sim 22^\circ\text{C}$ 、 $60\sim 65\% \text{RH}$ の室内で、およそ 14 日間養生した。なお、接着面は板目と板目、柎目と柎目、板目と柎目の 3 種とした。試験片数は各 12 個である。図 3-3 に試験片の形状および寸法を示した。

測定に使用した試験機は A&D 社製テンシロン UTM10T 型で、ロードセル 500 kg、クロスヘッドスピード 5 mm/min で測定した。

表 3-3 接着試験に用いたスギ圧縮材および無垢材の材質

材 種	平均密度 (g/cm^3)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)
スギ圧縮材	0.80	8.68	1.07
スギ材	0.43	9.33	2.29
ナラ材	0.73	8.97	2.07

表 3-4 接着試験に用いた突き板材の材質

材 種	平均密度 (g/cm ³)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)
スギ圧縮材	0.63	10.57	1.44
スギ材	0.36	9.69	2.96
ナラ材	0.60	3.64	2.00

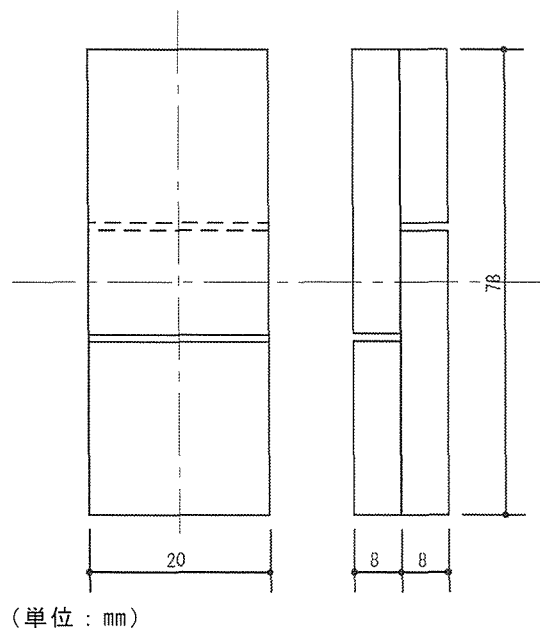


図 3-3 試験片の形状と寸法

3.3.3 摩耗試験

摩耗試験に用いた材種は、スギ圧縮材およびナラ材のほか、これら突き板を基材に貼り、合板としたものを用意した。試験に用いた試験片の材質を表 3-5 および表 3-6 に示す。突き板の厚さは、接着試験と同じ厚さの 0.8mm を用いた。試験は「建築材料及び建築構成部分の摩耗試験方法（研摩紙法）JIS A 1453」に準じて、荷重 9.8N、試験回転数 500 回として行い、質量減少量を測定した。

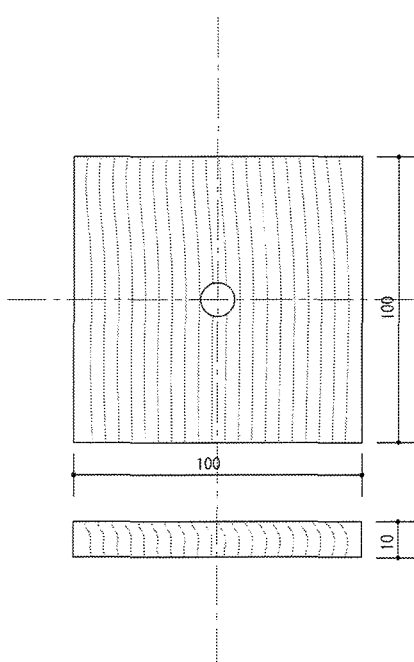
測定面の木目は、無垢材、突き板貼り合板ともに板目と柾目とし、それぞれ塗装を施したものと未塗装のものについて各 2 個ずつ測定した。図 3-4 および図 3-5 に試験片の形状および寸法を示した。

表 3-5 摩耗試験に用いたスギ圧縮材および無垢材の材質

材 種	平均密度 (g / cm ³)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)
スギ圧縮材	0.74	12.73	1.10
ナラ材	0.73	11.88	1.43

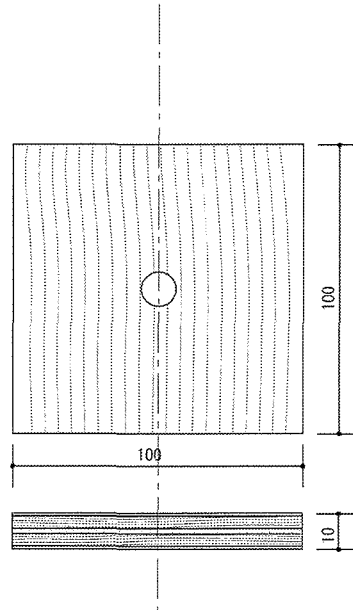
表 3-6 摩耗試験に用いた突き板材の材質

材 種	平均密度 (g / cm ³)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)
スギ圧縮材	0.63	8.43	1.79
ナラ材	0.60	3.64	2.00



(単位 : mm)

図 3-4 摩耗試験用無垢材
試験片の形状と寸法



(単位 : mm)

(突き板の板厚 : 0.8 mm)

図 3-5 摩耗試験用突き板貼り
試験片の形状と寸法

3.3.4 耐候試験

気乾状態で、長さ 15cm、幅 6cm、厚さ 1cm の試験片を、所定の試験体ごとに 3 体ずつ作製した。試験片はスギ圧縮材で、これらの無垢材と突き板を基材に貼り、合板としたものを用意した。すなわち、①柂目突き板貼り合板、②板目突き板貼り合板、③ソリッドである。そして各々、①無塗装、②市販クリア塗料、③特殊弾性塗料と組み合わせ、合計 9 条件とした。試験片をスガ式スーパーキセノン耐候性試験装置に取り付けて、400 時間の試験を行った。

ここで特殊弾性塗料とは、含水率変化に伴う木材の寸法変化に対する塗装の追従性能を向上させることによって、塗装のクラック発生を抑制するもので、通常木材において耐候性の飛躍的な改善が実証されている。これは、①自由水の侵入に伴う腐朽と②主に紫外線照射に伴うリグニンの分解という二つの耐候性低下メカニズムを、塗装によって抑制するためである。そこで、木材と塗装の密着性が重要となる。圧縮木材への本塗料の密着性は悪いことが経験的に知られているため、次の予備的検討に基づいて塗装方法を決定した。

下塗りとして、通常のウレタン樹脂にアクリル樹脂をブレンドした ST#300 (T 社) の刷毛塗りを行ったが密着性が悪く、テープによる付着性試験でハガレが生じた。このハガレの裏面には木材が付着していたので、木材面自体のテープテストを行うと表面剥離が観察された。この結果から、今回の圧縮木材表面近傍には微細な破壊が生じており、この表面の上層に塗装を施しても効果が少ないことになる。解決策として、塗料を木材中に十分に浸透させることによって、木材の微細破壊を塗料で補強する方法を試みた。すなわち、上記の下塗り塗料を水で希釈し、さらに浸透助剤として NMP (ノルマル・メチル・ピロリドン) を添加し、刷毛塗りではなく浸せき塗りを行った。この結果、テープテストによるハガレが防止できたので、この下塗りの後に上塗りを施した。

なお具体的な下塗り塗装は、上記の ST#300 : 水 : NMP を 100 : 50 : 5 の配合比として、ここに試験片を 2 分間浸せきした後、取り出して乾燥させた。この上に、上塗り塗料を刷毛で 2 回塗り重ね試験片を作製した。

3.4 圧縮スギを利用した家具・建具および床材の試作

3.4.1 学校用家具－教室用机・いす

学校用家具は、第 2 次大戦をはさんで戦前と戦後の初期は、地場産業として地元の木工業者が地元の山林の木材を利用してその地域の学校に供給してきた。しかし、昭和 27 年 (1952) に学校用家具の JIS 規格が制定公布された後、昭和 30 年代に入り鋼製学童用家具が学校の不燃化のもとで普及し始め、現在もその大部分が鋼製である。近年、感性教育に対する見直しが重視され、画一的な鋼製家具に対し、個性的なデザインの木製家具が注目されるようになり地元木材資源の活用と地場木工業の振興ともか

らんで、その実施例も多くなってきている。本試作品の机、いすはスギ間伐材を活用する視点から圧縮成形加工を施した材料を用い、甲板は圧縮スギ突き板化粧単板を貼ったもので、この種の材料を用いたものはこれまでになく、木製家具として圧縮スギの特長を生かした細身の軽快なデザインである。寸法は新 JIS 規格によっている。

参照：13. 参考資料 写真 13-17 及び図 13-1、写真 13-18 及び図 13-2

3.4.2 サイドボード

住宅居間用又はキッチンカウンターとしてデザインしたもので、すべて圧縮スギ突き板化粧単板貼りの集成材で構成されている。圧縮による木目（柾）は、硬く、通直に走っており精緻な感じを与える高級品である。

参照：13. 参考資料 写真 13-19 及び図 13-3

3.4.3 から戸風ガラス戸

スギのランバーコアの表面に下張りとして、ラワン合板（厚さ 5mm）を用い、その上に圧縮スギ突き板化粧単板（厚さ 0.8mm）を貼り付けてフレームを構成している。近年、表裏に用いる 2 枚の化粧貼り合板はガラス枠部分を切り抜いて作る方法のものが多く出回っているが、それは加工の容易さとコストの削減を基本においたもので、この種の工作法としては正式ではない。本品は、伝統的なフレーム構成にしたがい、しかも圧縮スギ突き板化粧単板の柾目貼りによって設置場所（住宅用居間・廊下の入り口用）にふさわしい清楚な感じを与えている。ガラス押え枠は圧縮スギのむく材を加工したものである。

参照：13. 参考資料 写真 13-20 及び図 13-4

3.4.4 引き違い戸

この種の戸の構成は、フレーム（上下棧、左右かまち）と鏡板を 1 枚の突き板貼り又は木目印刷された化粧合板から切り抜き、木目模様を上下に通して作られるのが一般的である。この事は最近では前項のから戸風ガラス戸などにも及んでいる。それは前項でも述べたが伝統的な正式の工法ではない。本品は高級品として正式なフレーム工法を採用している。フレームの精緻で通直な木目はユーザーの共感を呼ぶものと考えられる。鏡板押さえの縁材は、圧縮スギのむく材を使用している。引き違い戸は本来 2 枚構成であるが、試作は 1 枚に止めた。

参照：13. 参考資料 写真 13-21 及び図 13-5

3.4.5 フラッシュ戸

最近の高級マンション等のサニタールームに設置されるこの種のドアは、高さがあり、比較的幅は狭い。圧縮スギ突き板化粧単板柾目貼りの木目は、この種の用途に

最もふさわしい木目模様である。コアフレームはスギ材で製作した。

参照：13. 参考資料 写真 13-22 及び図 13-6

3.4.6 床材

試作は、ラワン合板を基材としてそれに厚さ 1.5mm の圧縮スギ突き板を貼り合わせたもので、寸法はこの種の床材として標準的な幅 300mm×長さ 1800mm を採用している。矧幅はこれも標準的な 4 枚構成で、柃目貼り、板目貼り、柃目・追柃・板目混合貼りの 3 種である。床材については、基本実験として摩耗試験を実施した。

参照 13. 参考資料 写真 13-23 及び図 13-7

3.5 市場調査

市場調査の対象を秋田スギによる木製品の一大産地能代市に焦点を絞り、市内関係業者の代表に圧縮スギの突き板化粧単板貼り集成材についての評価及び事業展開についての意見を求めた。

4. 試験調査の日程

平成 14 年 2 月から平成 14 年 8 月まで

試験内容別の日程は次のとおりである。

圧縮木材の成形型的设计及び製作—平成 14 年 4 月から平成 14 年 5 月まで

圧縮材の製作—平成 14 年 5 月から平成 14 年 6 月まで

スライス単板の製作—平成 14 年 6 月から平成 14 年 7 月まで

試験片の製作—平成 14 年 6 月から平成 14 年 7 月まで

硬さ試験—平成 14 年 7 月

接着試験—平成 14 年 6 月

摩耗試験—平成 14 年 7 月

耐候試験—平成 14 年 7 月

家具、ドア、フローリングの設計—平成 14 年 4 月から平成 14 年 6 月まで

家具、ドア、フローリングの製作—平成 14 年 7 月

市場性、事業化調査—平成 14 年 7 月

総合評価及び報告書作成及び—平成 14 年 8 月

5. 試験調査の結果

5.1 試験用金型による圧縮木材の製作

圧縮木材はその製造条件によりそれぞれ違う性質を持つ。本研究に使用する圧縮木材は、スライス加工するため材内部の割れがないことが望まれる。圧縮成形後の圧縮材を、材端より 50mm 間隔にて切断しそれぞれの切断面を目視検査した。材料条件と圧縮条件の違いによる圧縮木材の割れ発生状況を表 5-1 に示した。

その結果突き板化粧単板の加工に向いている圧縮材を得る為の条件を求めることができ、性能試験と実物試作に使用する突き板化粧単板用圧縮材を得ることができた。以下に圧縮条件を示す。

- ①材の幅が金型に対して 0.5mm 程度狭い事
- ②圧縮力に対する年輪の向きが垂直に近い材（板目材）である事
- ③圧縮速度は割れに影響しない

表 5-1 圧縮木材の割れ発生状況

材料条件				圧縮条件		圧縮結果	
圧縮力に対する年輪の向き	長さ (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	金型幅 (mm)	圧縮速度 (mm/min)	表面の割れ	内部の割れ
垂直に近いもの (板目)	2000	106	100	106	5	無し	無し
					25	無し	無し
					50	無し	無し
平行に近いもの (柾目、追い柾)	2000	106	100	106	5	有り	有り
					25	有り	有り
					50	有り	有り
垂直に近いもの (板目)	2000	103	100	106	5	少ない	有り
					25	少ない	有り
					50	少ない	有り
平行に近いもの (柾目、追い柾)	2000	103	100	106	5	有り	有り
					25	有り	有り
					50	有り	有り
垂直に近いもの (板目)	2000	100	100	106	5	少ない	有り
					25	少ない	有り
					50	少ない	有り
平行に近いもの (柾目、追い柾)	2000	100	100	106	5	有り	有り
					25	有り	有り
					50	有り	有り

注：各条件とも圧縮材 5 本の比較

性能試験にはスギ小節材を使用した。実物試作ではスギ四方無節材を使用した。スギ小節材を圧縮成形しスライス加工すると、節が欠落し商品価値がなくなる部分が多数発生するためである。比較的大きいスギ二方桁角四方無節材（105×105×2000）は高価なため事業化が難しい。平割材の二方桁四方無節材（例えば 33×100×2000）、小割材の二方桁角四方無節材（例えば 33×33×2000）の方が歩留まりもよく、材料単価が抑えられる。材料単価の比較をすると、下記のようになる。

①スギ二方桁角四方無節材（105×105×2000）：6500 円～

②スギ二方桁四方無節材（例えば 33×100×2000）：1000 円～[3000 円～]

③スギ二方桁角四方無節材（例えば 33×33×2000）：200 円～[1800 円～]

[]内は、①相当まとまった材積を得る場合を示す。

しかし、材料単価が下がっても他のコストが上がる可能性があるため、今後の検討課題とした。

参照：13. 参考資料 写真 13-7～写真 13-12

5.2 圧縮木材のスライス加工

最初は圧縮木材を煮沸してスライス加工（0.6 mm厚、0.8 mm厚、1.5 mm厚）を行い、次に煮沸を行わずにスライス加工を行った。板目、桁目ともに特に問題なく行えた。よって、圧縮木材の特性ができるだけ残せるよう煮沸を行わずにスライス加工した突き板を各種性能試験と実物試作に使用することにした。実物試作に使用するために基材に突き板を貼った結果、突き板の幅が狭いために、突き板の貼りに思っていたより時間がかかった。そこでスライス前に、圧縮材の木目方向をなるべく揃えて集成することにより、幅の広い突き板を得て時間の短縮を図った。

桁目突き板はスライスしたときはきれいだが、貼ってからサンダーを掛けた時、逆目面のようにザラザラした感触になることがあった。これが塗装時に問題として残る可能性がある。板目突き板はスライスではできるが、厚い物ほど割れるものが多かったため歩留まりが悪くなった。今後の課題として問題点の原因をつきとめて改善しなければならない。

参照：13. 参考資料 写真 13-13～写真 13-16

5.3 圧縮木材の材質試験

5.3.1 硬さ試験

突き板の硬さ試験によって得られた測定値を、材種、厚さ、木目の違いおよび塗装の有無によって表 5-2 に示した。今回、突き板に加工した木材は、二方桁および四方桁木取り材の両方を使用しているが、木取り法別の比較は行っていない。

図 5-1～図 5-3 は突き板面の塗装の有無による硬さを比較したグラフである。ブナについては板厚 0.6 mm と 1.5 mm、ナラは 0.6 mm での比較となっている。また、図中では、材種ごとに板目面または追い桁面と桁目面の比較も同時に行った。

今回使用した突き板の平均年輪幅は、スギ圧縮材 1.44 mm、スギ 2.96 mm、ブナ 2.0 mm、ナラ 2.0 mm であった。ブナ、ナラの年輪幅は突き板に用いられる材が持つ一般的な年輪幅である。

表 5-2 硬さ測定値

材種	板厚 (mm)	測定面	硬さ (N/mm ²)	
			未塗装	塗装
スギ圧縮材	0.6	板目面または追い桁面	6.57	10.09
		桁目面	5.78	11.17
	0.8	板目面または追い桁面	8.23	13.82
		桁目面	14.21	16.27
	1.5	板目面または追い桁面	5.88	8.72
		桁目面	14.80	17.15
スギ材	0.6	板目面または追い桁面	4.41	5.98
		桁目面	4.80	9.60
	0.8	板目面または追い桁面	3.82	5.59
		桁目面	3.33	8.23
	1.5	板目面または追い桁面	5.49	6.76
		桁目面	5.19	6.76
ブナ材	0.6	板目面または追い桁面	18.03	18.62
		桁目面	18.42	20.97
	1.5	板目面 (ロータリー単板)	16.76	17.84
ナラ材	0.6	板目面または追い桁面	20.78	24.70
		桁目面	18.52	19.31

材種別に硬さの傾向をみると次のとおりである。スギ圧縮材では突き板の厚さが厚い方が硬い。0.8 mm厚と 1.5 mm厚においては板目面または追い柾面より柾目面が硬く、未塗装の柾目面では $14.21\text{N/mm}^2 \sim 14.80\text{N/mm}^2$ とスギの 3～5 倍近い硬さに変質したことが分かる。板厚 0.6 mm では、板目面、柾目面ともにスギを若干上回った程度であった。しかし、塗装を施した試験片では $10.09\text{N/mm}^2 \sim 11.17\text{N/mm}^2$ と塗装を施したスギを上回った。ブナ、ナラはともに板厚、木目に関わらず高い値を示したが、スギ圧縮材の 0.8 mm厚と 1.5 mm厚の柾目面においては、未塗装の場合であってもこれら広葉樹材の硬さに近づくことが分かった。圧縮材は板厚 0.6 mmの場合でも、塗装を施せば突き板として適用の可能性があり、また、厚突き板の 0.8 mmと特厚の 1.5 mmに関しては突き板としての有利性を高め、硬い広葉樹材の代替品としての使用が期待される結果が得られた。

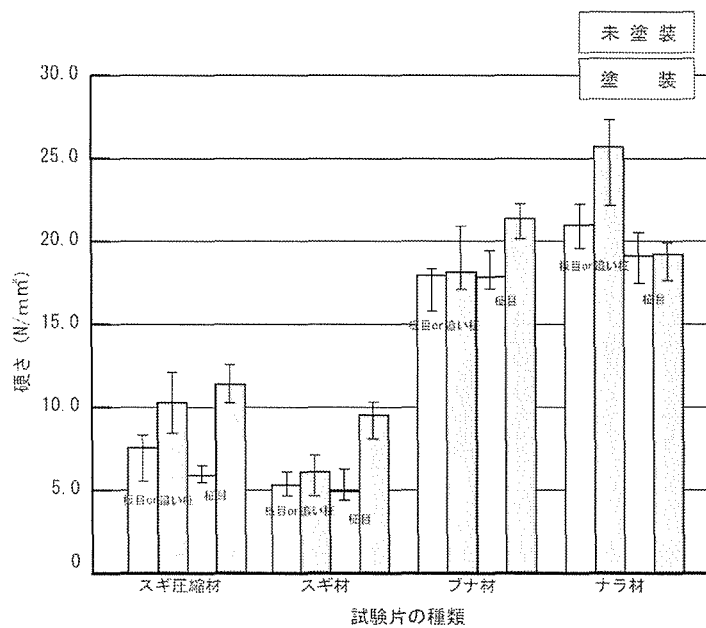


図 5-1 突き板の厚さ 0.6mmの場合

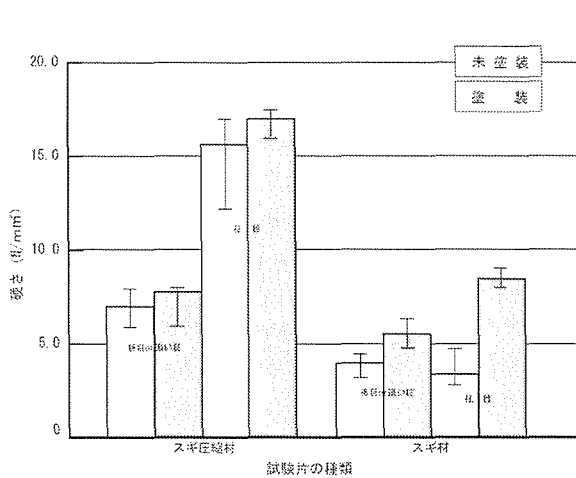


図 5-2 突き板の厚さ 0.8mmの場合

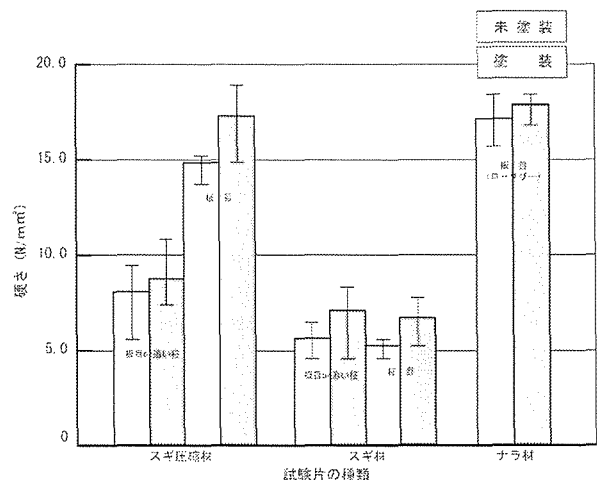


図 5-3 突き板の厚さ 1.5mmの場合

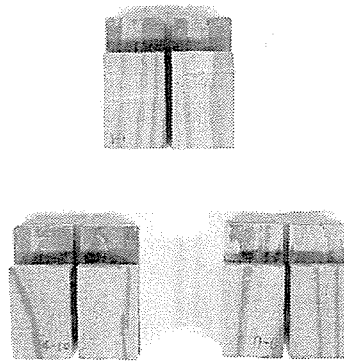
5.3.2 接着試験

接着強さ試験によって得られた引張りせん断接着強さの平均値を表 5-3 に示した。

表 5-3 引張りせん断接着強さ (n=12)

材種	構成	接着面	引張りせん断強さ (N/mm ²)	木部破断率 (%)
スギ圧縮材	無垢材	板目面・板目面	5.81	47.5
		柁目面・柁目面	7.81	9
		板目面・柁目面	4.03	15
	突き板貼り合板 (基材：ラワン合板)	板目面・板目面	3.89	77
		柁目面・柁目面	5.44	50
		板目面・柁目面	4.88	73
	突き板貼り合板 (基材：スギ ランバーコア)	板目面・板目面	3.88	71
		柁目面・柁目面	3.32	29
		板目面・柁目面	3.91	60
スギ材	無垢材	板目面・板目面	5.58	71
		柁目面・柁目面	6.45	45
		板目面・柁目面	6.40	85
	突き板貼り合板 (基材：ラワン合板)	板目面・板目面	4.73	91
		柁目面・柁目面	5.77	67.5
		板目面・柁目面	5.16	78
	突き板貼り合板 (基材：スギ ランバーコア)	板目面・板目面	3.99	57
		柁目面・柁目面	3.54	31.5
		板目面・柁目面	2.98	77.5
ナラ材	無垢材	板目面・板目面	7.96	0
		柁目面・柁目面	6.69	0
		板目面・柁目面	7.99	0
	突き板貼り合板 (基材：ラワン合板)	板目面・板目面	—	—
		柁目面・柁目面	7.96	43.5
		板目面・柁目面	7.57	61
	突き板貼り合板 (基材：スギ ランバーコア)	板目面・板目面	6.82	45
		柁目面・柁目面	5.95	16
		板目面・柁目面	7.00	29

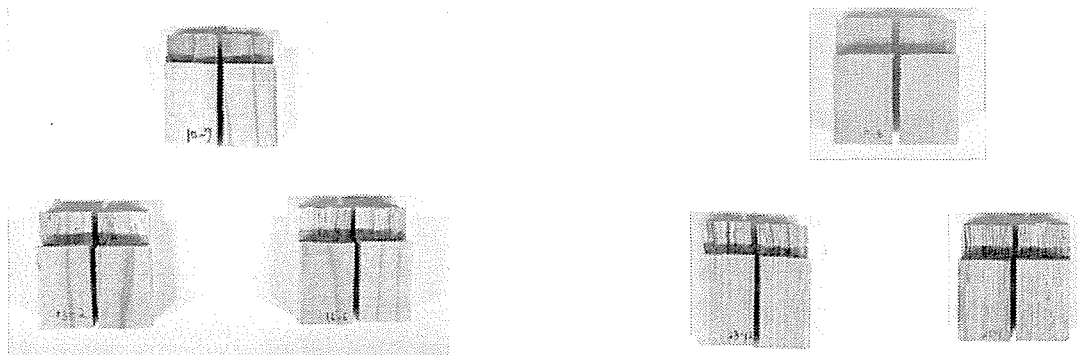
また試験片の破断状態を図 5-4 に示した。図 5-4-1 はスギ圧縮材、図 5-4-2 はスギ材、図 5-4-3 はナラ材による試験片の破断状態である。いずれも上段は無垢材、下段は突き板貼り合板で、左側は基材をラワン合板、右側は基材をスギランバーコアとしたものである。図 5-5 は引張りせん断接着強さをグラフ化したもので、図 5-5-1 は無垢材、図 5-5-2 は基材をラワン合板とした突き板貼り合板、図 5-5-3 は基材をスギランバーコアとした突き板貼り合板である。ナラの無垢材については、引張りせん断強さが $6.99 \text{ N/mm}^2 \sim 7.99 \text{ N/mm}^2$ となったが、木部破断は見られなかった。このことから、ナラ材に対しては今回採用した接着剤よりも接着力の強いものを使用する必要があることが確認された。また、ナラ突き板貼り試験片の板目どうしの接着に関しては試験のミスにより計測不可となったため、結果より削除した。



上段：無垢材 下段：突き板貼り合板

(左側の基材：ラワン合板、右側の基材：スギランバーコア)

図 5-4-1 スギ圧縮材の破断状態の例



上段：無垢材 下段：突き板貼り合板
(左側の基材：ラワン合板
右側の基材：スギランバーコア)

図 5-4-2 スギ材の破断状態の例

上段：無垢材 下段：突き板貼り合板
(左側の基材：ラワン合板
右側の基材：スギランバーコア)

図 5-4-3 ナラ材の破断状態の例

図 5-4 接着試験片の破断状態

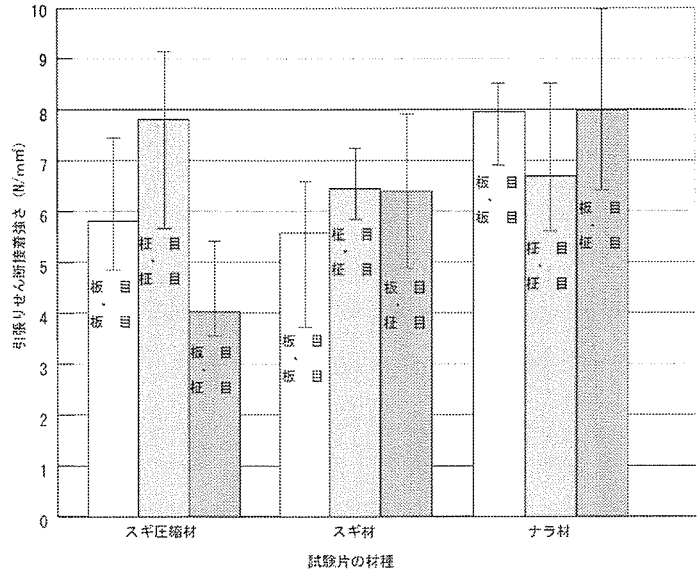


図 5-5-1 無垢材の場合

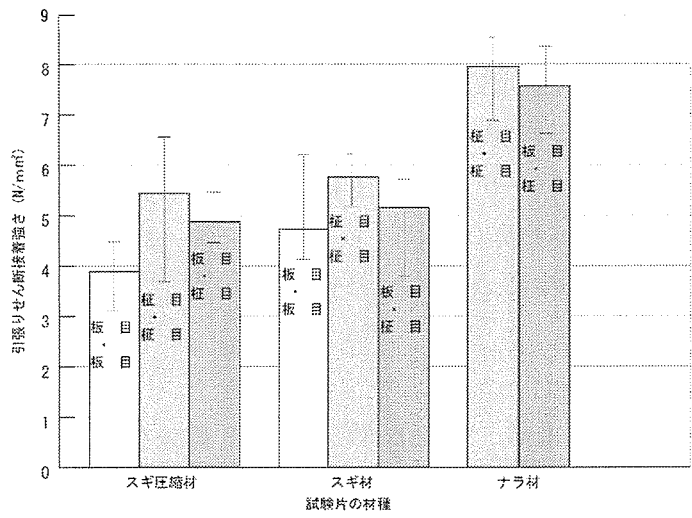


図 5-5-2 ラワン合板を基材とした突き板材の場合

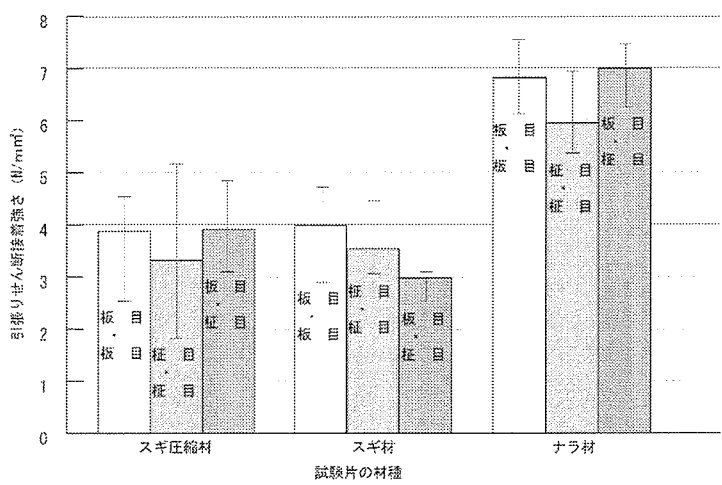


図 5-5-3 スギランバーコアを基材とした突き板材の場合

図 5-5 引張りせん断接着強さ

まず、無垢材についてみると、スギ圧縮材の板目どうしの接着においては、スギを上回り、ナラに近づく強さとなった。また、柾目どうしの接着ではナラを上回る強さを示した。ラワン合板を基材とした試験片では、スギ圧縮材はすべての接着面において若干、スギ材に及ばず、スギランバーコアを基材とした試験片では、板目と柾目の接着においてスギを上回ったものの、その他はスギ、ナラを下回った。

ナラの無垢材に関しては、今回の実験では木部破断がみられなかったが、このことは、今回採用した接着剤はナラ材に適せず、接着力不足となったものと考えられる。

今回の実験では、スギ圧縮材の突き板貼り試験片は、スギ材の引張りせん断接着強さを若干下回ったものの、それに近い値を示した。このことは、圧縮スギによる突き板が建具用材に適用できる可能性を示唆したものとする。

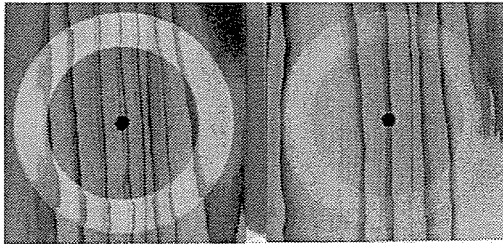
今回の実験結果を踏まえ、さらに接着剤の種類の見直しをするなど、試験方法の改善を行い、再度実験を行うことを検討している。

5.3.3 摩耗試験

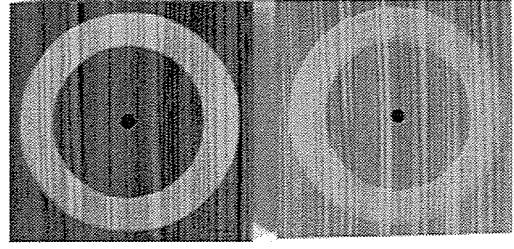
摩耗試験によって得られた結果を表 5-4 に、試験片の摩耗状態を図 5-6 に示す。図 5-6-1、図 5-6-2 はスギ圧縮材の板目、柾目、図 5-6-3、図 5-6-4 はナラの無垢材の板目、柾目、図 5-6-5、図 5-6-6 はスギ圧縮突き板貼り合板の板目、柾目、図 5-6-7、図 5-6-8 はナラ突き板貼り合板の板目、柾目である。なお、試験は、材の表面に塗装を施したものと未塗装のものについて行った。図の右側が未塗装、左側が塗装した試験片の摩耗状態を示している。

表 5-4 摩耗試験による質量減少量

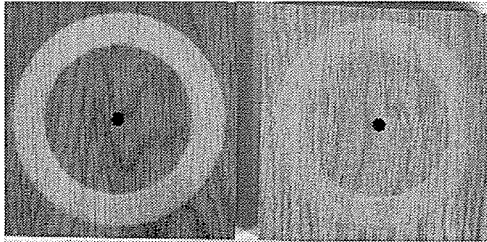
材 種	構 成	測定面	摩耗質量 (mg)	
			未塗装	塗装
スギ圧縮材	無垢材	板 目	574	738
		柾 目	774	886
	突き板貼り合板 (基材：ラワン合板)	板 目	1018	1045
		柾 目	932	1127
ナラ材	無垢材	板 目	357	680
		柾 目	312	771
	突き板貼り合板 (基材：ラワン合板)	板 目	316	789
		柾 目	441	829



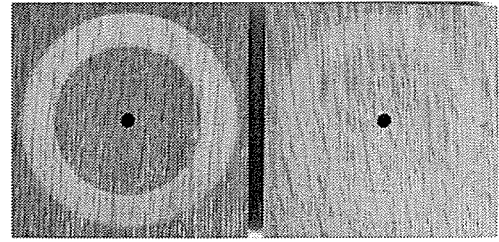
塗装 未塗装
図 5-6-1 スギ圧縮材 (板目)



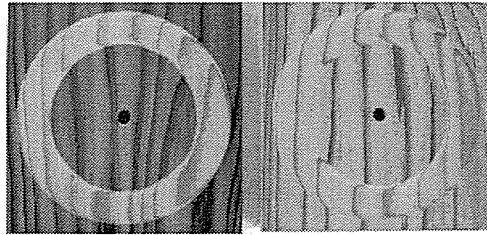
塗装 未塗装
図 5-6-2 スギ圧縮材 (柁目)



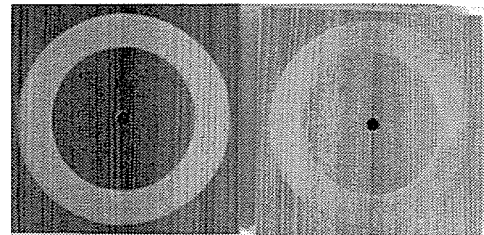
塗装 未塗装
図 5-6-3 ナラの無垢材 (板目)



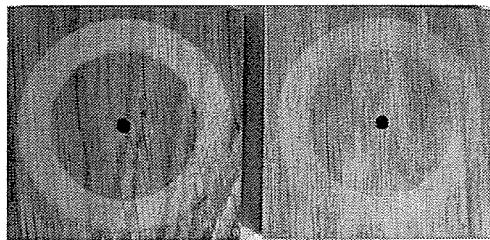
塗装 未塗装
図 5-6-4 ナラの無垢材 (柁目)



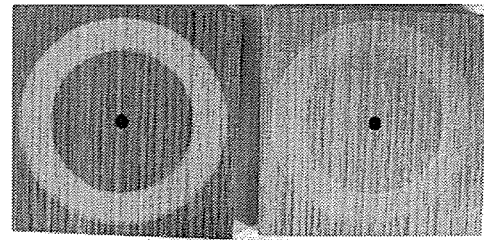
塗装 未塗装
図 5-6-5 スギ圧縮突き板貼り合板 (板目)



塗装 未塗装
図 5-6-6 スギ圧縮突き板貼り合板 (柁目)



塗装 未塗装
図 5-6-7 ナラ突き板貼り合板 (板目)



塗装 未塗装
図 5-6-8 ナラ突き板貼り合板 (柁目)

図 5-6 各試験片の摩耗状態

5.3.4 耐候試験

9種類の試験片をスガ式スーパーキセノン耐候性試験装置に取り付けて、次に示すように、照射と（照射＋降雨）を繰り返して400時間の試験を行った。

①照射条件

ブラックパネル温度：63℃

湿度：67%

放射照度：60 W/m²

時間：1時間42分

②（照射＋降雨）条件

温度：30℃

湿度：95%

放射照度：60 W/m²

時間：18分

①→②→①→②→①→…の繰り返しで合計400時間とし、その結果として積算放射照度は、86395 kJ/m²となった。なお、9種類の試験片を整理して表5-5に示し、試験前後の各試験片の様子を写真13-24～写真13-32に示す。なお写真の左側が試験前、右側が試験後を示している。

表5-5 試験片の種類

番号	サンプル名	ΔE（色差）
①-1	ツキ板柾目（特殊弾性塗料）早材部	0.200
①-2	ツキ板柾目（特殊弾性塗料）晩材部	0.168
②-1	ツキ板板目（特殊弾性塗料）早材部	0.135
②-2	ツキ板板目（特殊弾性塗料）晩材部	0.040
③-1	ソリッド（特殊弾性塗料）早材部	0.159
③-2	ソリッド（特殊弾性塗料）晩材部	0.250
④-1	ツキ板柾目（クリア塗料）早材部	0.351
④-2	ツキ板柾目（クリア塗料）晩材部	0.068
⑤-1	ツキ板柾目（塗料なし）早材部	0.312
⑤-2	ツキ板柾目（塗料なし）晩材部	0.500
⑥-1	ツキ板板目（クリア塗料）早材部	0.127
⑥-2	ツキ板板目（クリア塗料）晩材部	0.293
⑦-1	ツキ板板目（塗料なし）早材部	0.725
⑦-2	ツキ板板目（塗料なし）晩材部	4.18
⑧-1	ソリッド（クリア塗料）早材部	0.247
⑧-2	ソリッド（クリア塗料）晩材部	0.129
⑨-1	ソリッド（塗料なし）早材部	1.09
⑨-2	ソリッド（塗料なし）晩材部	0.610

耐候試験の結果、試験片条件をまとめた表 5-5 の右欄に数値を示したとおり、塗装無しの場合には色変化が大きく、その原因は写真から、紫外線によるリグニンの分解に伴う白色化であった。また、板目面の場合には色変化のみならずクラックも発生し、使用に耐えないことが判明した。

市販のクリア塗料では、柾目面、板目面ともに黒色化が観察された。これは、塗装と木材との界面に、試験中に浴びる水が侵入したためと思われる。一方、下地処理を十分に施した場合（試験片番号①-1～③-2）には、このような水の侵入は生じていないので、圧縮木材への塗装では下地処理が重要である。

早材部分と晩材部分での色変化に差があるように目視で感じられたので、分光測色計（MCPD-3000MIC）を用い、照射前と照射後の試験片を早材、晩材のそれぞれについて測色した。光源Cとし、色の表示はL*, a*, b*表示系とし、色差ΔEは次式より求めた。

$$\Delta E = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$$

その結果、図 5-16 のとおり明瞭な傾向は認められなかった。しかし、木材利用においては、目視という人間の感覚は重要なので、今後の検討課題である。

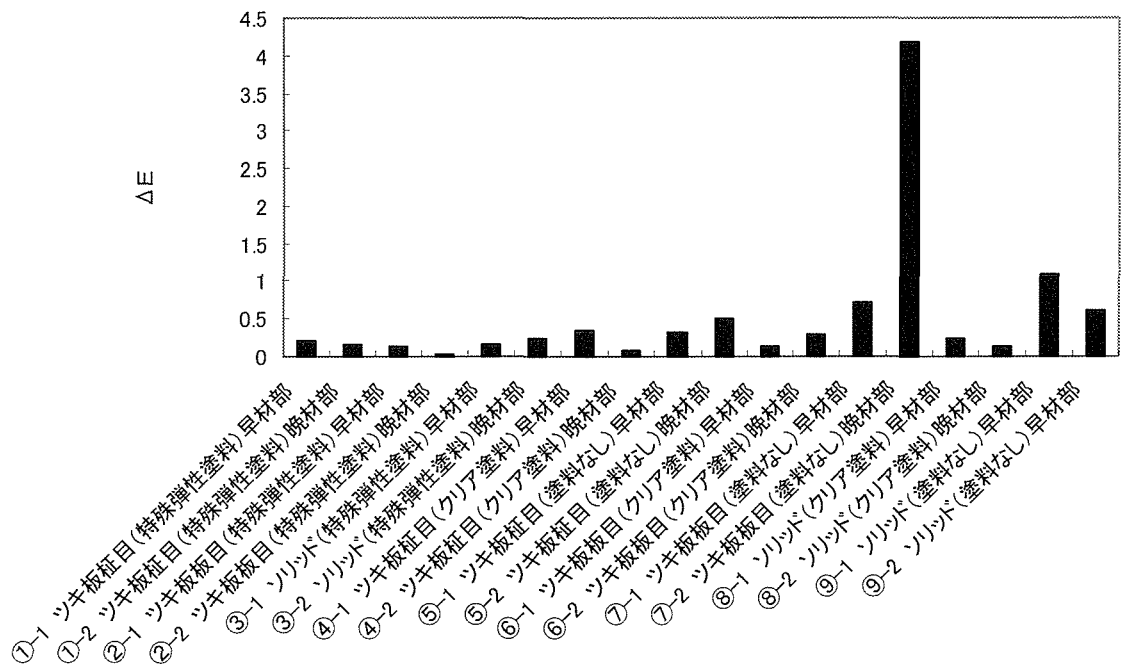


図 5-16 試験片の早材部、晩材部における耐候試験 400 時間後の色差

5.4 圧縮突き板を利用した家具・建具及び床材の製作

「13. 参考資料」に製作したものの写真と外観図を示す。製作にあたっては製作者のために別に設計図を描き、依頼した。製作の基本となった材料は、圧縮スギの無垢材、圧縮スギの突き板化粧単板（厚さ 0.6mm、0.8mm、1.4mm の 3 種類）、スギランバーコア、ラワン合板である。

学校用机・いすについては 3 年程前、異なるデザインではあったがスギ圧縮の無垢材を使用して試作した経験があり、それを踏まえた結果、完成度の高い製品になったと思う。前回の製品に使用した材料は、断面が 50mm×100mm、長さ 2000mm の圧縮材でそれを所定の寸法に切断し、加工した結果、時間の経過とともに狂いが生じた。このことは圧縮によって滞留していた内部応力が解放されたことによる狂いであることが分かり、今回は使用材の厚さを標準化し、その厚さに圧縮し、出来るだけ切削量を減らした結果、ほとんど狂いは見られなくなり、通直な部材によって構成することが出来た。製作の担当者も部材の厚さに圧縮した部材で構成することの長所を認識した。机の甲板についてはスギのランバーコアに圧縮スギ化粧単板を貼り付け、周囲の縁材は圧縮材を使用した。甲板表面の塗装には、工数がかかり一般家庭のテーブル等には適しているものの活発な学童の行動では工数をかけた割にはキズが生じ易い。そのため学校用机に限っては甲板の表面をこれまで使用されてきたメラミン化粧板にした方が良く考える。

次に試作した家具は、サイドボードである。この試作品は最初からスギ材の通直な木目の魅力を意識してデザインしたものであり、普通スギのスライス単板構成では得られない、より精緻な質感が共感を呼ぶと考えられる。スギ材の質感は日本人の感性にしみついており、これらの応用品の展開は容易であると考えられる。

建具の試作については、特に問題がなく、良質の集成部材が供給されれば仕上がり面にも良い結果を及ぼすことが明確になった。圧縮スギ突き板単板の製造についてはフリッチとなる圧縮材の集成方法がポイントとなるため、この構成については慎重を要する。

床材については、製造面では特に問題はなく、他の化粧単板貼りと同等に扱えることが分かった。

5.5 市場調査の結果

能代市内の木材関係業から聞きとった結果は下記のようなものであった。これらの人々からの意見を総合すると、スギ圧縮材の現状での評価は次のようにまとめられる。

- ①緻密な柾目の木理は好感を呼ぶと思われる。
- ②高級材のスライス単板の代替品として期待する。
- ③価格が 400 円/m²～750 円/m²であることを望む。
- ④安定供給を望む。
- ⑤板目突き板単板の木目模様は良いパターンが出にくい。

意見聴取者

- 1) 大高 一成 氏 (財) 日本住宅・木材技術センター 地域相談員
元能代市環境事業部技術開発センター所長

同氏には昨年まで能代市役所職員として地元木材業界を指導して来た立場から意見を求めた。圧縮工程で生ずる緻密な柾目の木理は好感を呼ぶと思われるが、スギの木肌の変色に好き嫌いが生ずるのではないかと、また、辺材部、心材部の色むらについても同様の意見が出るのではないかと心配されるとのことであった。サンプル品については逆目の部分も目立っていたが材の集成の際、逆目削りにならないように注意すればなくなるとされる。部分的逆目削りは塗装面のむらを生じさせるので注意が必要。

些細な技術面はさておいても地場産業の一層の振興に役立つ新技術であることを高く評価するとのことであった。

- 2) 山田 哲郎 氏 栄進銘木合板株式会社 代表取締役社長
庄内 隆 氏 同上 集成材部 営業主任

同社は市内業界大手の集成材メーカーで、永い伝統と実績を持つ会社である。今回圧縮スギのスライス加工及び集成材への化粧貼りを委託した関係から評価していただいた。加工性については、これまで扱ってきたスギ材のスライスと比べて、特に問題はないが、圧縮による柾目幅は狭く、幅を広くするための圧縮材の集成とコア材への単板の貼り付けに手間取り普通単板による生産よりは1.5～2割程度コストアップになる。柾目単板と板目単板を試作した結果、板目削り単板は割れが生じやすく、しかも木目模様は良いパターンが出にくい。柾目に関しては、逆目に注意して製材と接合を行えば良い結果が得られることが分かった。

人工スギの資源は豊富にあり、今後を期待できる新技術として、これを機会に一層の研究の充実と普及に向けた生産の合理化を推進したいとのことであった。

3) 能登 康成 氏 株式会社大栄木工 代表取締役

同社は注文高級洋風木製建具を対象としたメーカーで最近では新装なった首相官邸や都内大手ゼネコンが扱う高級マンション用室内建具の納入に実績がある。本件に関しては圧縮スギ材及び、それをスライス加工した圧縮スギ突き板の化粧貼り集成材又は合板については、新素材として、また高級材として評価出来るし、和洋建具を中心として広く利用されることが予測できるとのことであった。その要因は高級材のスライスト単板が不足し、品質や購入の面で安定的供給に不安があるためであるという。木肌が柾目の場合、チークに似ていることから0.6mm厚で750円/m²の価格になれば一層見通しが明るいものになるとのことであった。また圧縮材の無垢材にも関心があり、ドア枠を含めて防火戸の認定を受けられるのではないかと、是非その実験を試みたいとのことであった。

4) 大野 永治 氏 株式会社大野銘木 代表取締役

同社は若手起業家のユニークな経営によって成功している企業である。社長の言によれば人工林のスギは豊富に存在することから、圧縮成形用材の需要の増大に対しては充分対応出来るし、持続性がある。また意匠面では緻密な木肌に魅力を感じない人が多いのではないかと、技術的には比較的大きい二方柾角（例えば105×105×2000）の1/2圧縮よりは、小割材の二方柾角（例えば33×33×2000）の圧縮成形の方が丸太製材後に生ずる端材の利用も出来て歩止まりもよく、その小割材を柾目を揃えて集成接着し、その後スライス加工を施すことにより効率よく幅広の柾目単板を製作出来るのではないかと提案がなされ、今後の検討課題とした。

コスト的には、現在0.6mm厚のナラ、タモで400円/m²、ウォルナットで750円/m²が市場価格であるが、その範囲に入れば需要は急速に伸びるのではないかと意見が述べられた。

6. 実用化の見通し

圧縮スギをスライスし、その単板を集成材や合板等に貼り付け、新規に需要を開拓することは、豊富な人工林のスギを活用する意味からも極めて重要である。今回の研究は極めて短期日であり、実用化のためにはさらに基礎研究、例えば、集成材フリッチを作るための構成法や、効率的でコストの低い原木丸太の木取り方法などについて研究する必要がある。ただ、市場調査でも分かるように新しい技術として業界の期待が極めて大きい。圧縮木材の製造が試作段階を経て実用化に進むためには、圧縮成形装置の拡充が重要である。圧縮突き板を利用した家具等の製造に関しては特に問題はなく、むしろ、単板の製造コストを現在の他の高級単板との比較において如何に競争力をつけるかにかかっていると見えよう。

7. 今後の対応

圧縮スギ突き板貼り集成材を利用した製品を普及させるためには、予想される圧縮木材の需要拡大に対応できる生産体制を確立することにある。そのためには高能率の圧縮装置の開発が急務で、この対応次第で成否が決まると言っても過言ではない。これまでの成形法の経験を踏まえ、大量生産に適した製造装置の開発が望まれる。また、圧縮スギの突き板製造とともに圧縮木材そのものによる製品や圧縮スギ突き板貼り集成材と圧縮木材との混成による製品も充分考えられるので、圧縮材そのものの材料的性質の研究も重要と考える。

8. 特筆すべき成果

これまで圧縮材そのものの成形法に重点を置いて研究を進め、それを基に商品開発を進めてきたが、圧縮突き板単板の開発によって、大きく利用範囲を広げることが市場調査で分かった。特に高級単板の大量仕入れが極めて困難になりつつある現在では、人工林スギを利用した圧縮スギ材とその化粧単板は、成形装置の拡充次第では、大量の需要に対して均一な材質の品を永続的に供給することが可能であり、単板需要の不足に充分応えられることである。外国産材の単板に関しては品質の低下が著しく、しかも為替の変動による取引きの不安定さを考えると国内産のこの化粧単板、及び圧縮木材は極めて有望な商品であり、本格的に製造を進める価値があるものと考え

9. 試験調査委員会委員

委員長	藤盛啓治	拓殖大学	名誉教授
委員	金山公三	産業技術総合研究所木質材料組織制御研究グループ	グループ長
	阿部眞理	拓殖大学工学部工業デザイン学科	専任講師
	渡井 純	静岡県林業技術センター利用開発スタッフ	副主任
	呂 言	株式会社アミノ	開発技術室長 (主任技術者)

10. 技術者

主任技術者	呂 言	株式会社アミノ	開発技術室長
技術者	岩山 明	株式会社アミノ	開発技術課長
	峰岸賢二	株式会社アミノ	開発技術主任技術員
	鈴木洋次	株式会社アミノ	開発技術主任技術員
	向井司朗	株式会社アミノ	開発技術技術員

11. 他からの指導または協力事項

なし

12. 参考文献

- 1)高効率木材圧縮加工機の開発：中小企業事業団公開説明会資料（1998）

13. 参考資料

- (1) 試作家具類外観図
- (2) 写真類

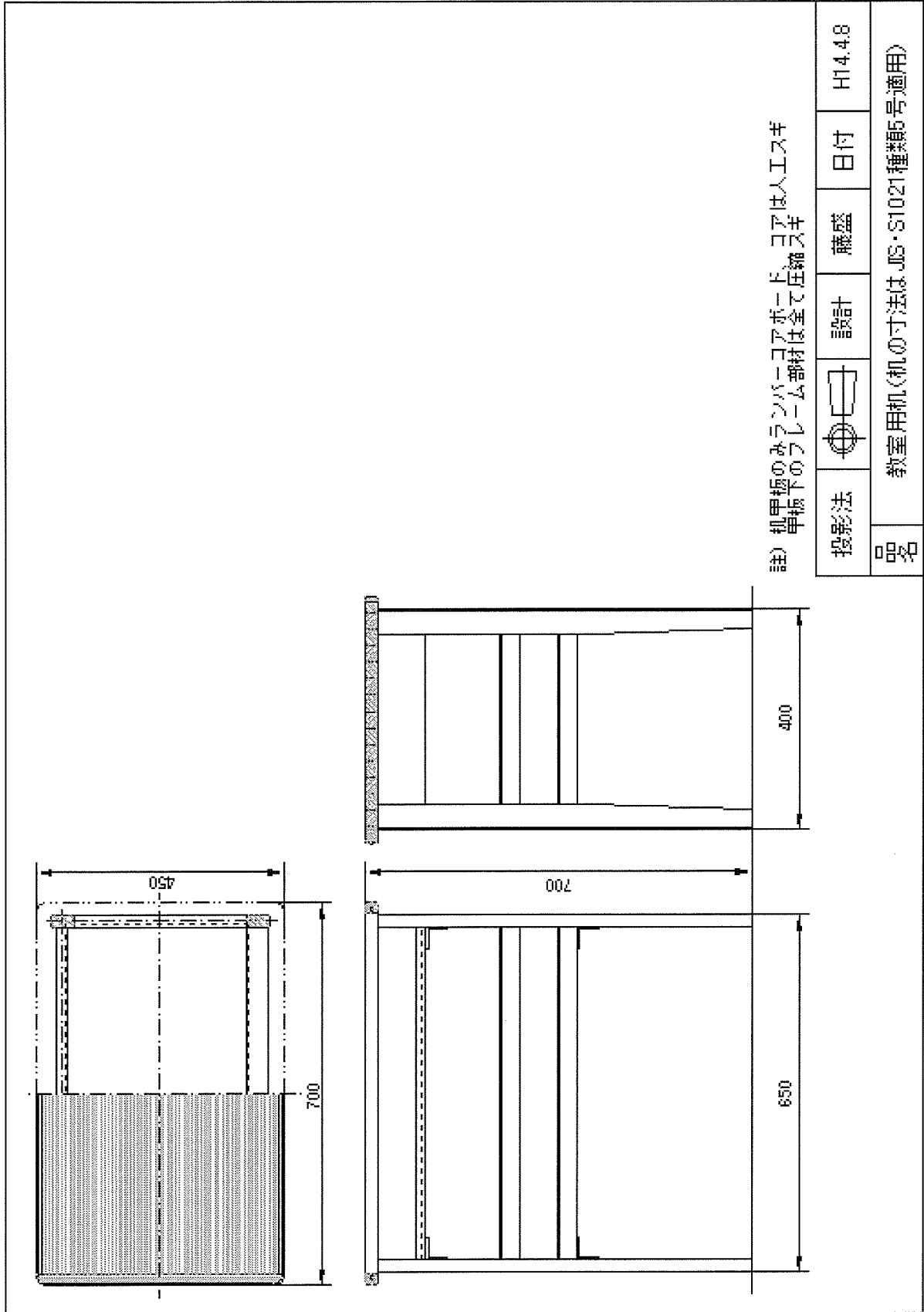


図 13-1 教室用机外観図

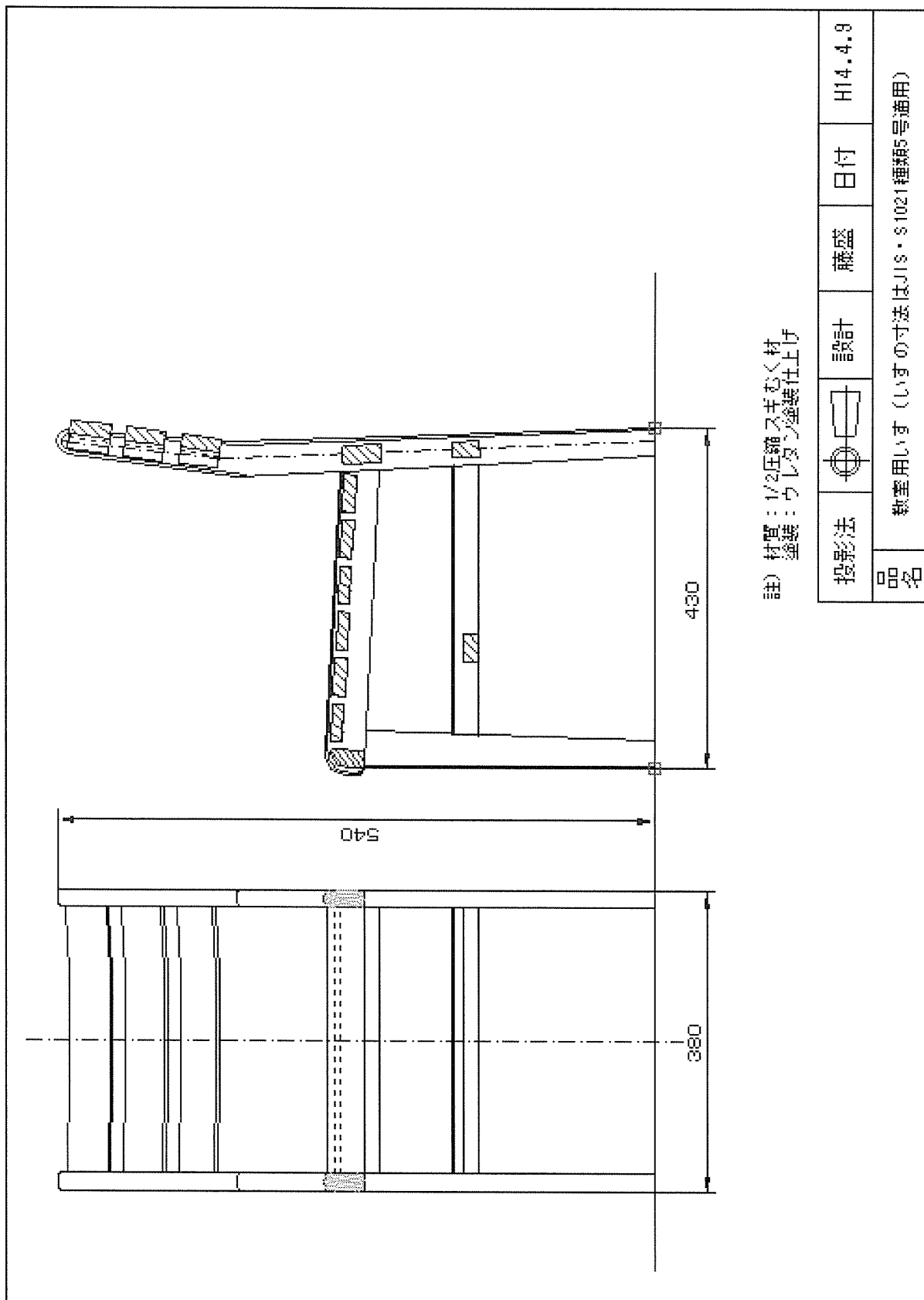


図 13-2 教室用いす外観図

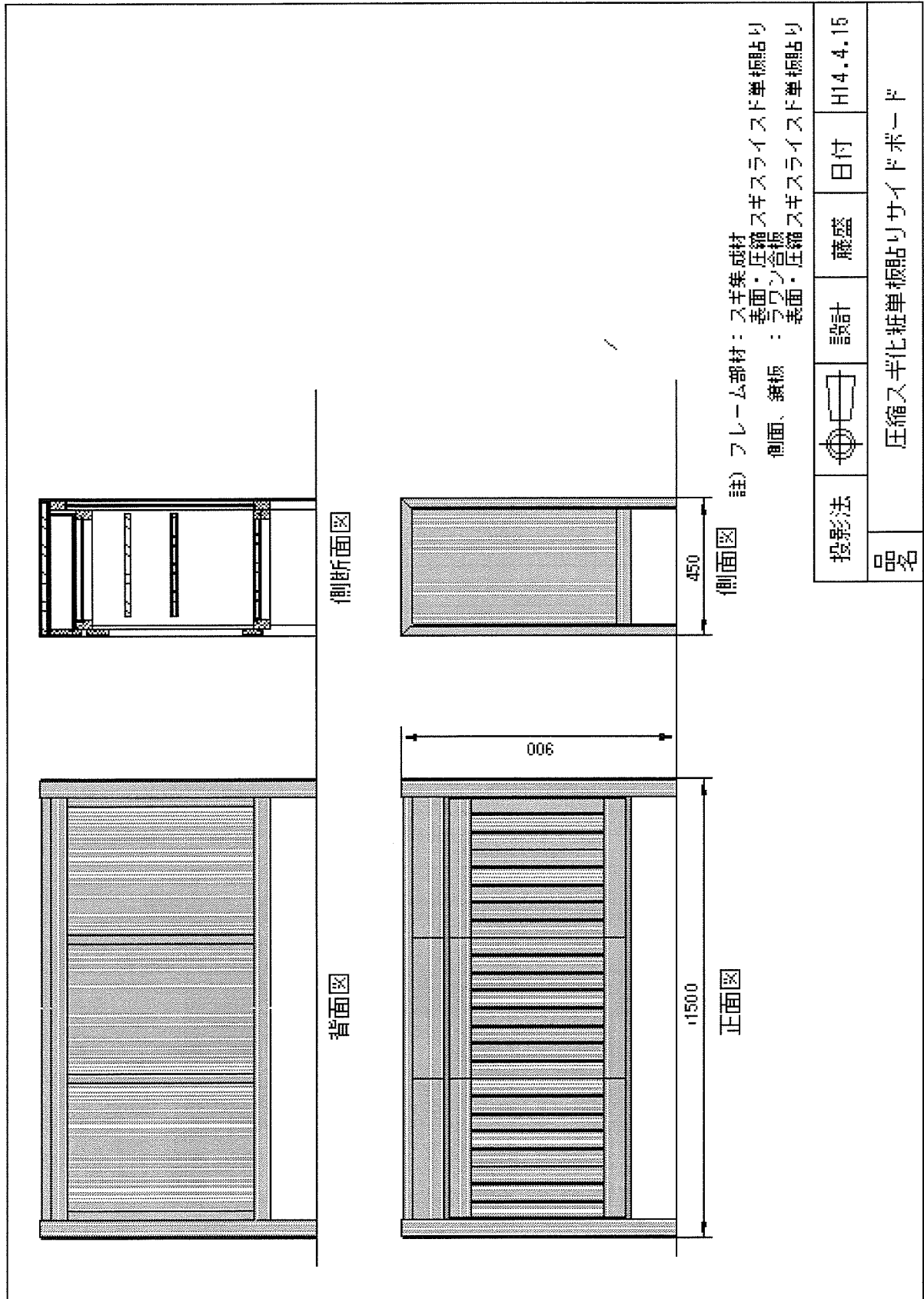


図 13-3 サイドボード外観図

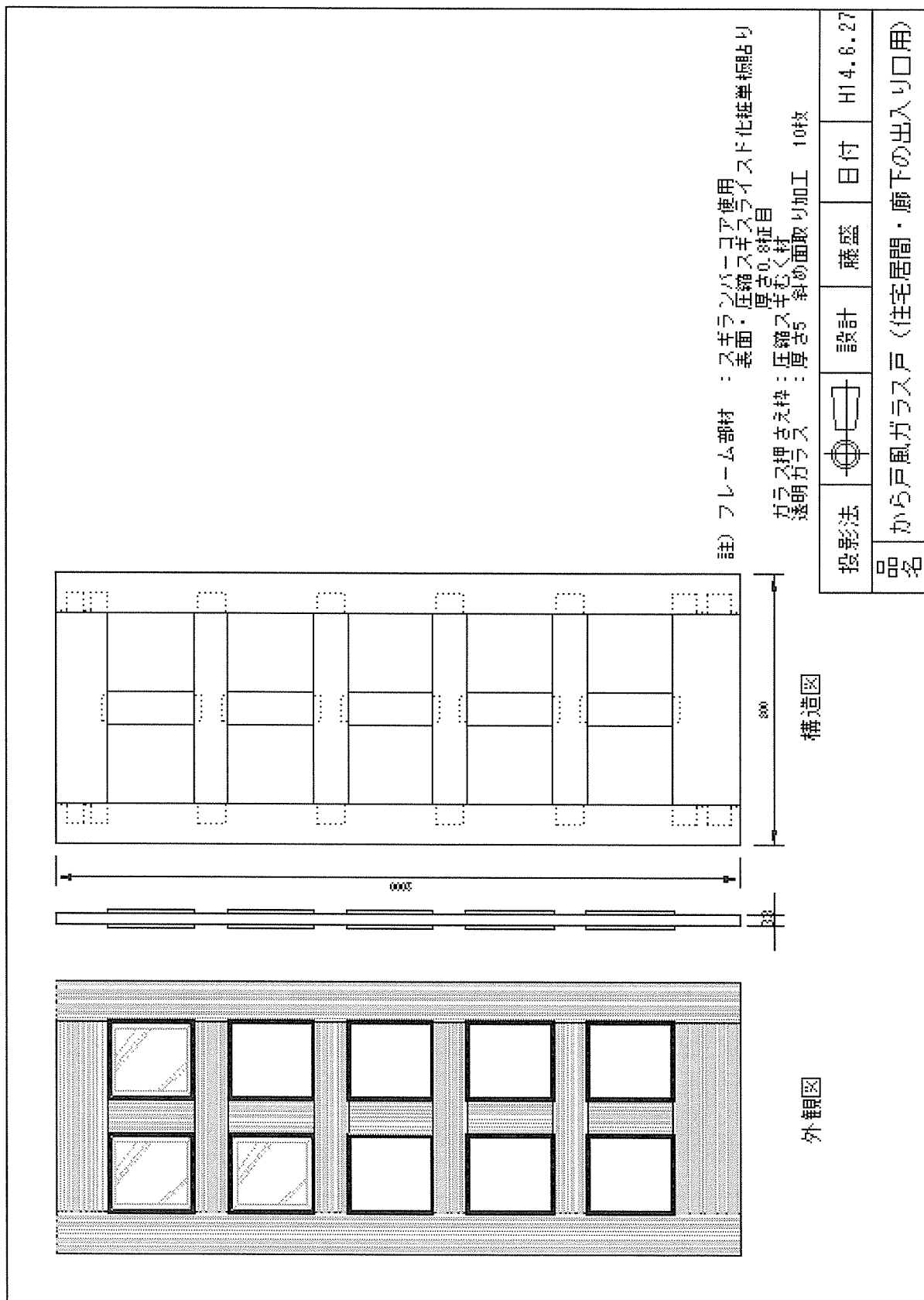
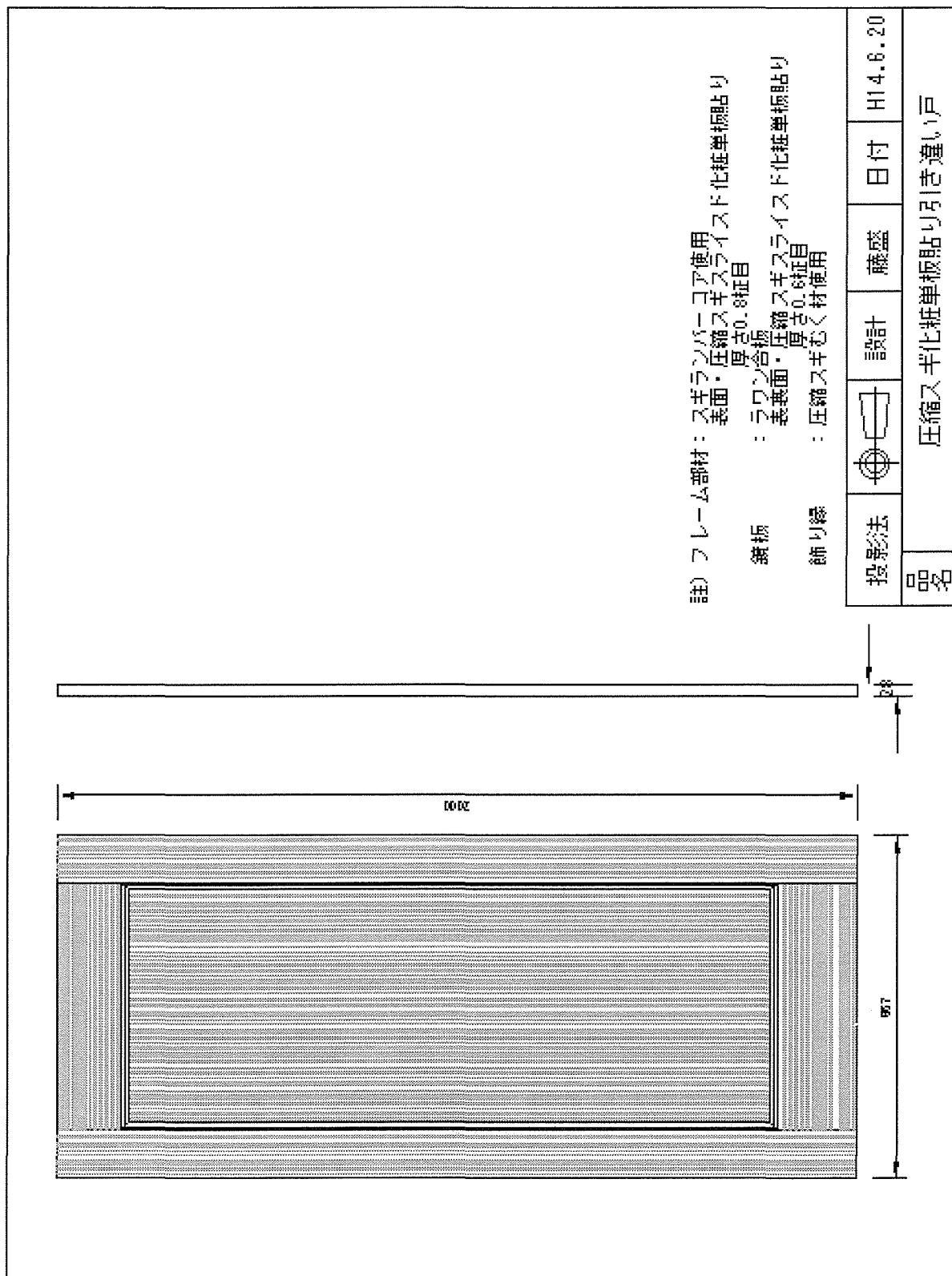


図 13-4 から戸風ガラス戸外観図



註) フレーム部材：スチロールパンバーコア使用
 表面・圧縮スチロールシート化粧単板貼り
 厚さ0.8mm

鏡板：ラワン合板
 表面・圧縮スチロールシート化粧単板貼り
 厚さ0.8mm

飾り縁：圧縮スチロール材使用

投影法		設計	藤盛	日付	H14.6.20
品名	圧縮スチロール単板貼り引き違い戸				

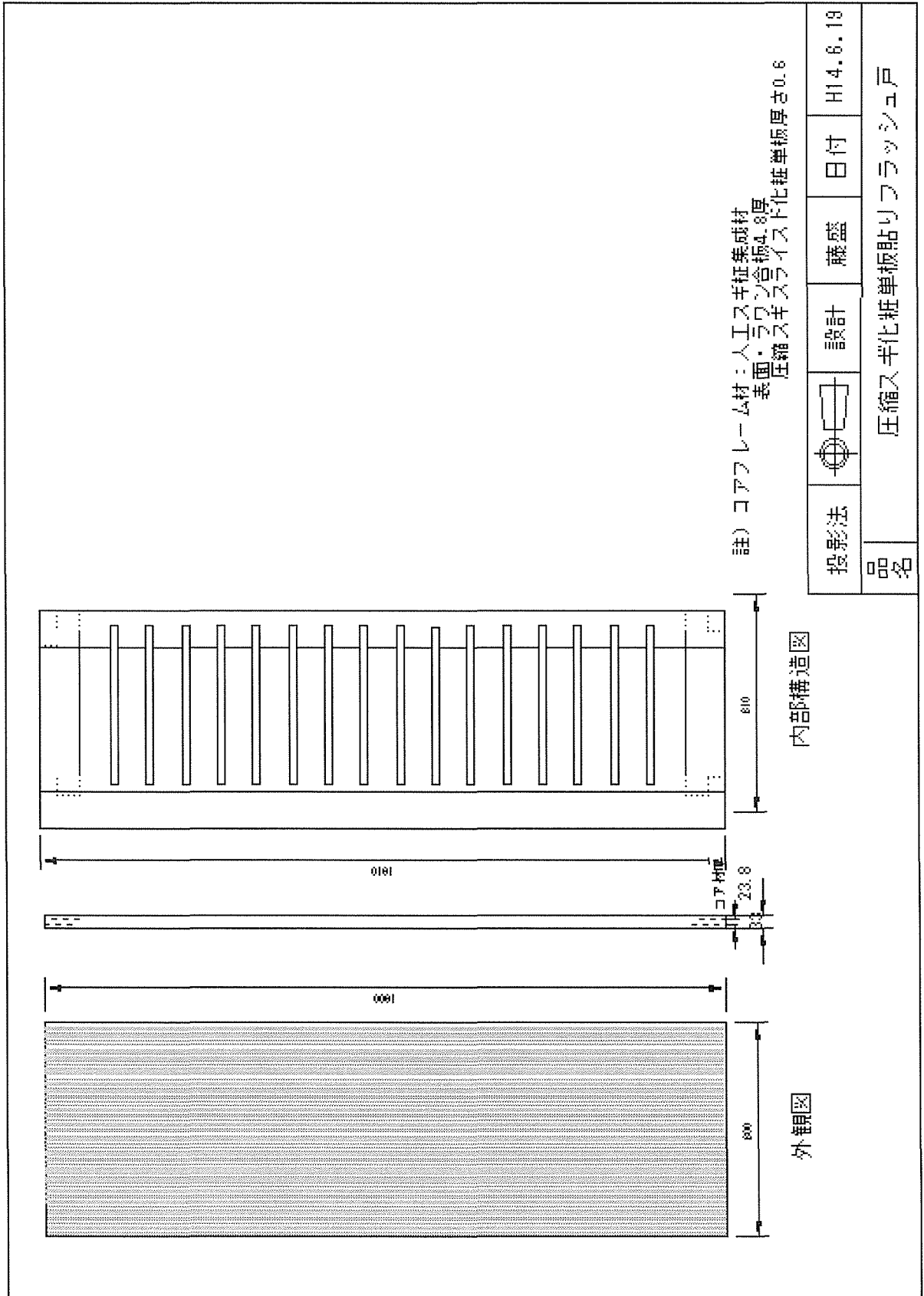


図 13-6 フラッシュ戸外観図

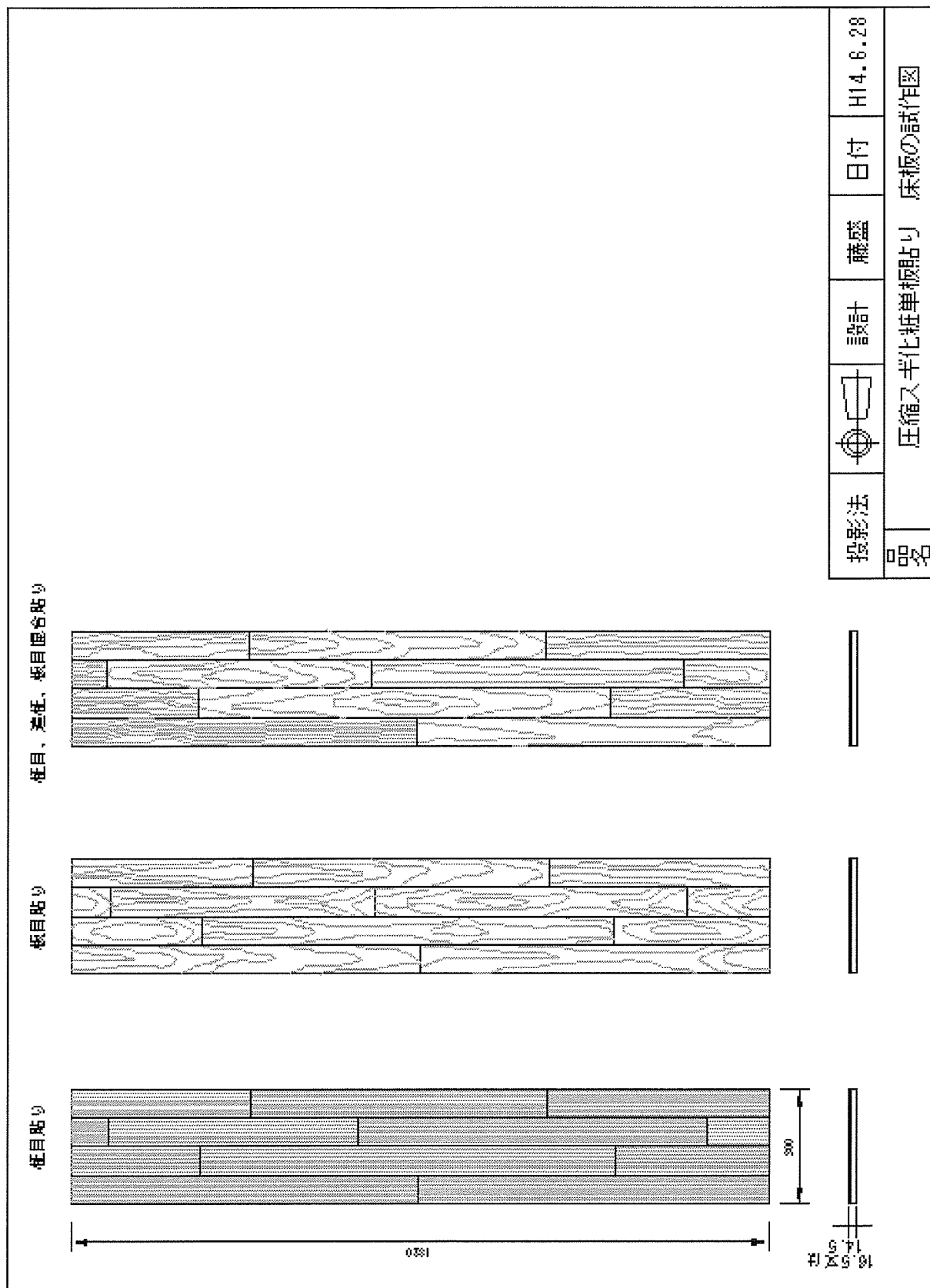


図 13-7 床材 3 種外観図

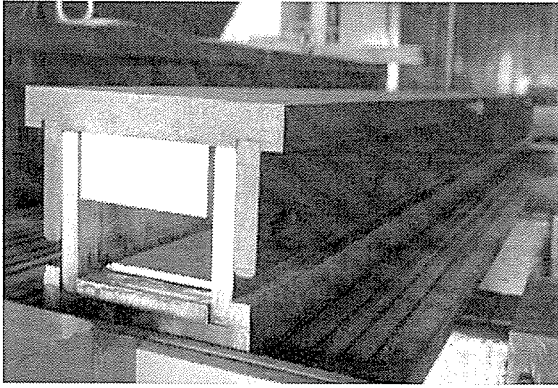


写真 13-1 金型

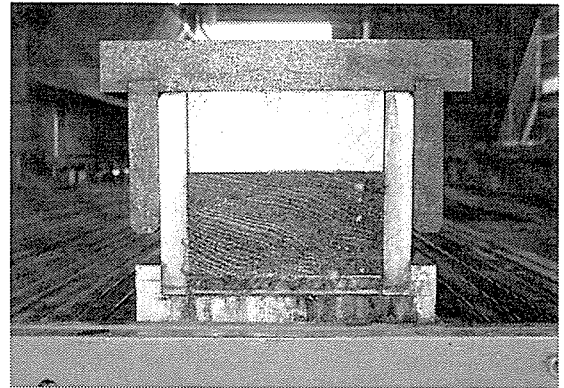


写真 13-2 金型

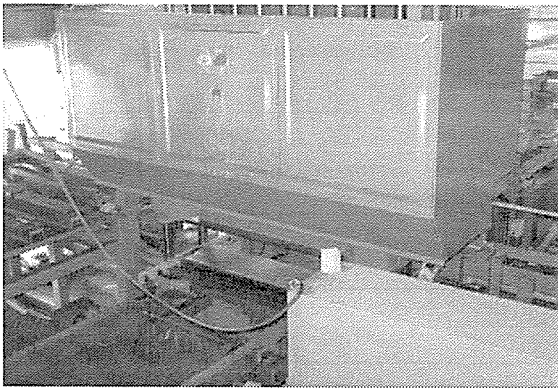


写真 13-3 圧縮成形装置

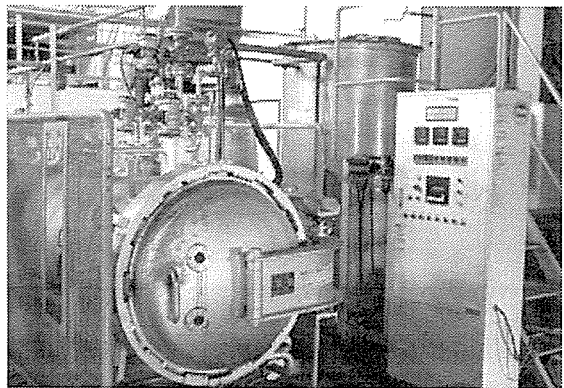


写真 13-4 形状固定装置

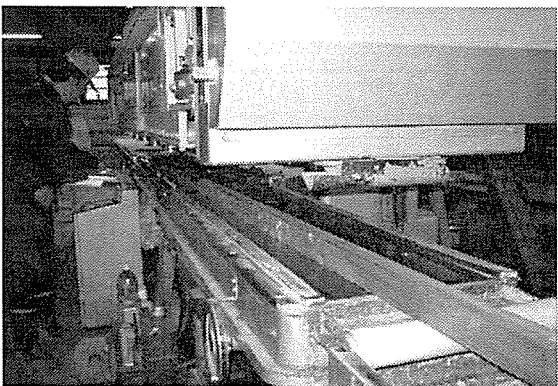


写真 13-5 スライス装置

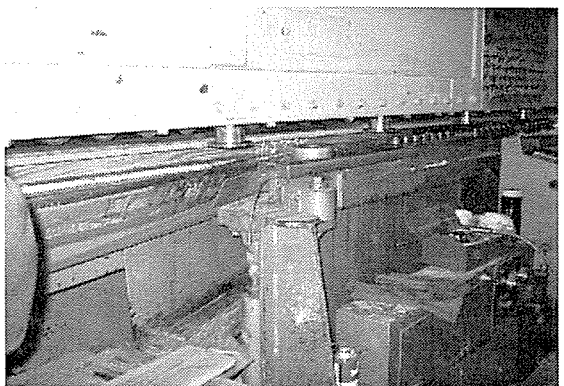


写真 13-6 スライス装置

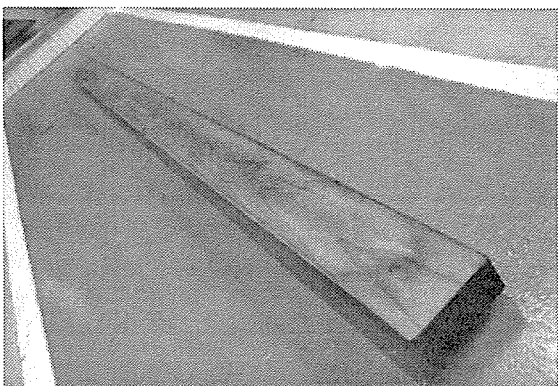


写真 13-7 割れ無し圧縮材

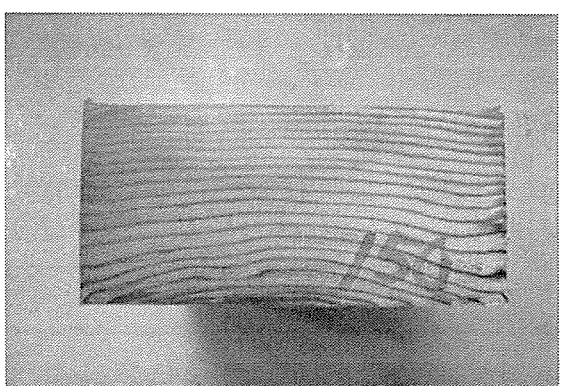


写真 13-8 割れ無し圧縮材断面

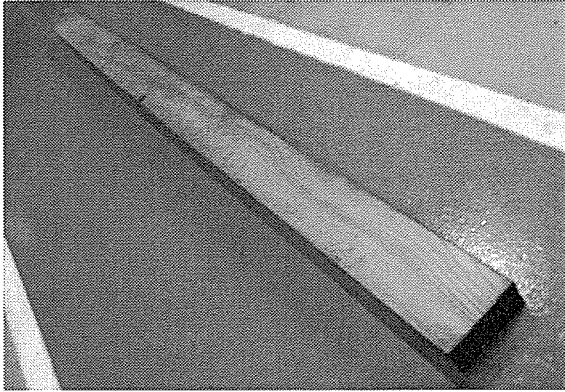


写真 13-9 内部割れ圧縮材

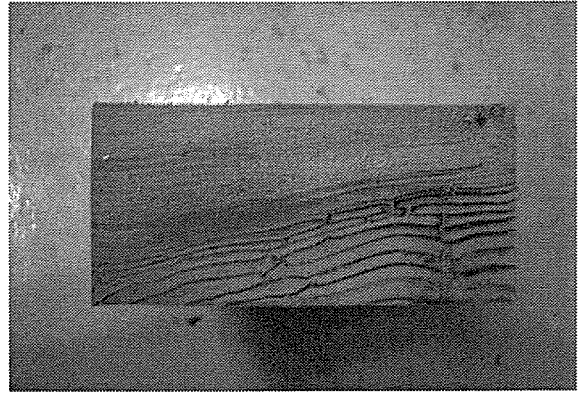


写真 13-10 内部割れ圧縮材断面

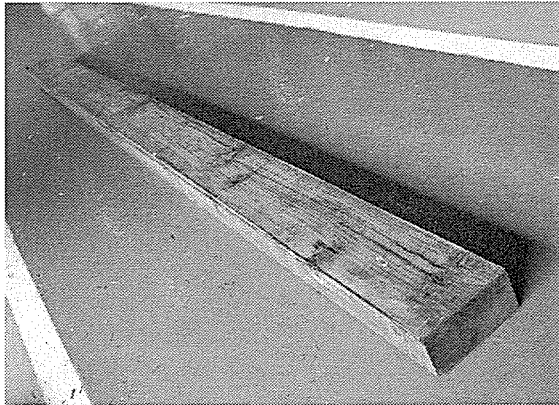


写真 13-11 割れ圧縮材

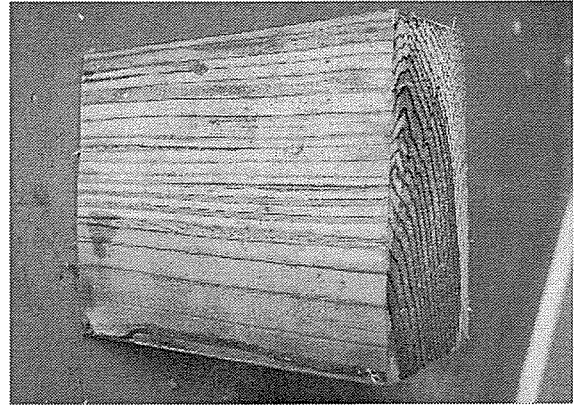


写真 13-12 割れ圧縮材断面

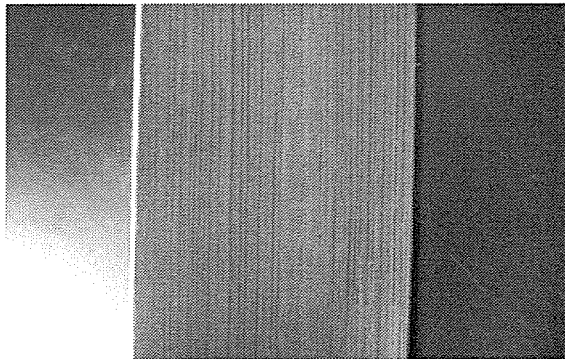


写真 13-13 圧縮スギ突き板単板

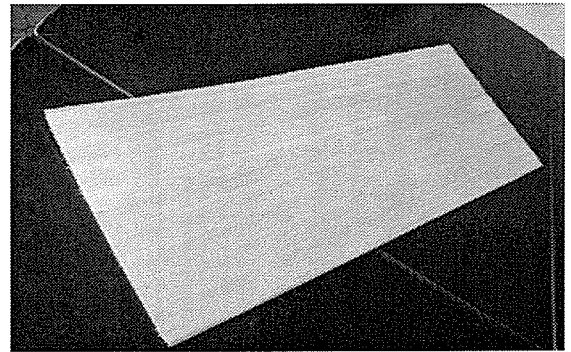


写真 13-14 柁目単板化粧貼り

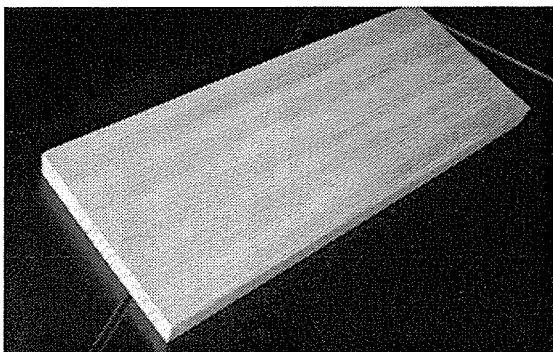


写真 13-15 柁目単板化粧貼り

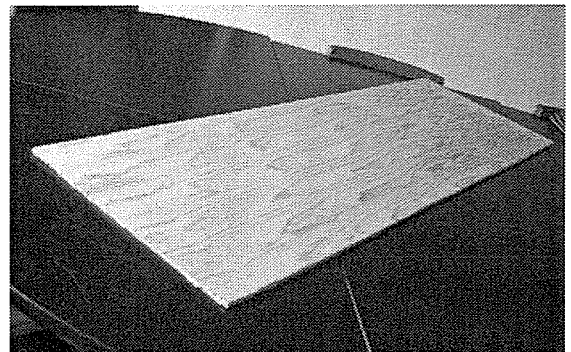


写真 13-16 板目単板化粧貼り



写真 13-17 教室用机



写真 13-18 教室用いす

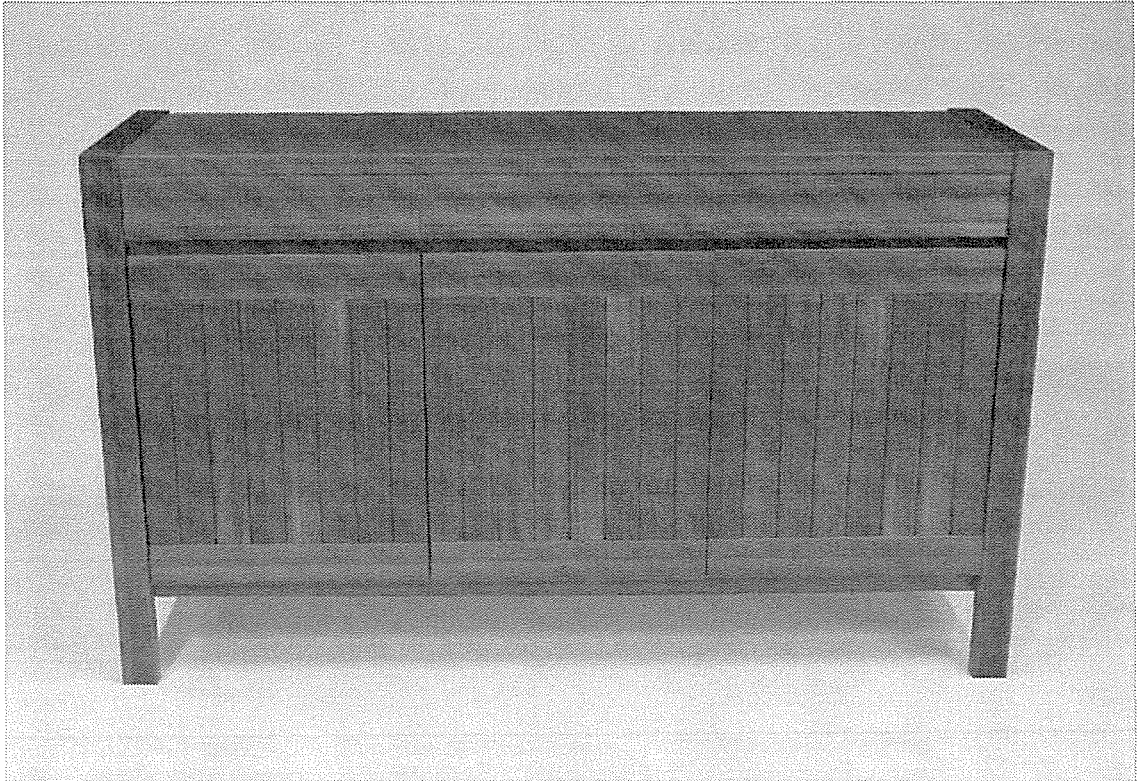


写真 13-19 サイドボード

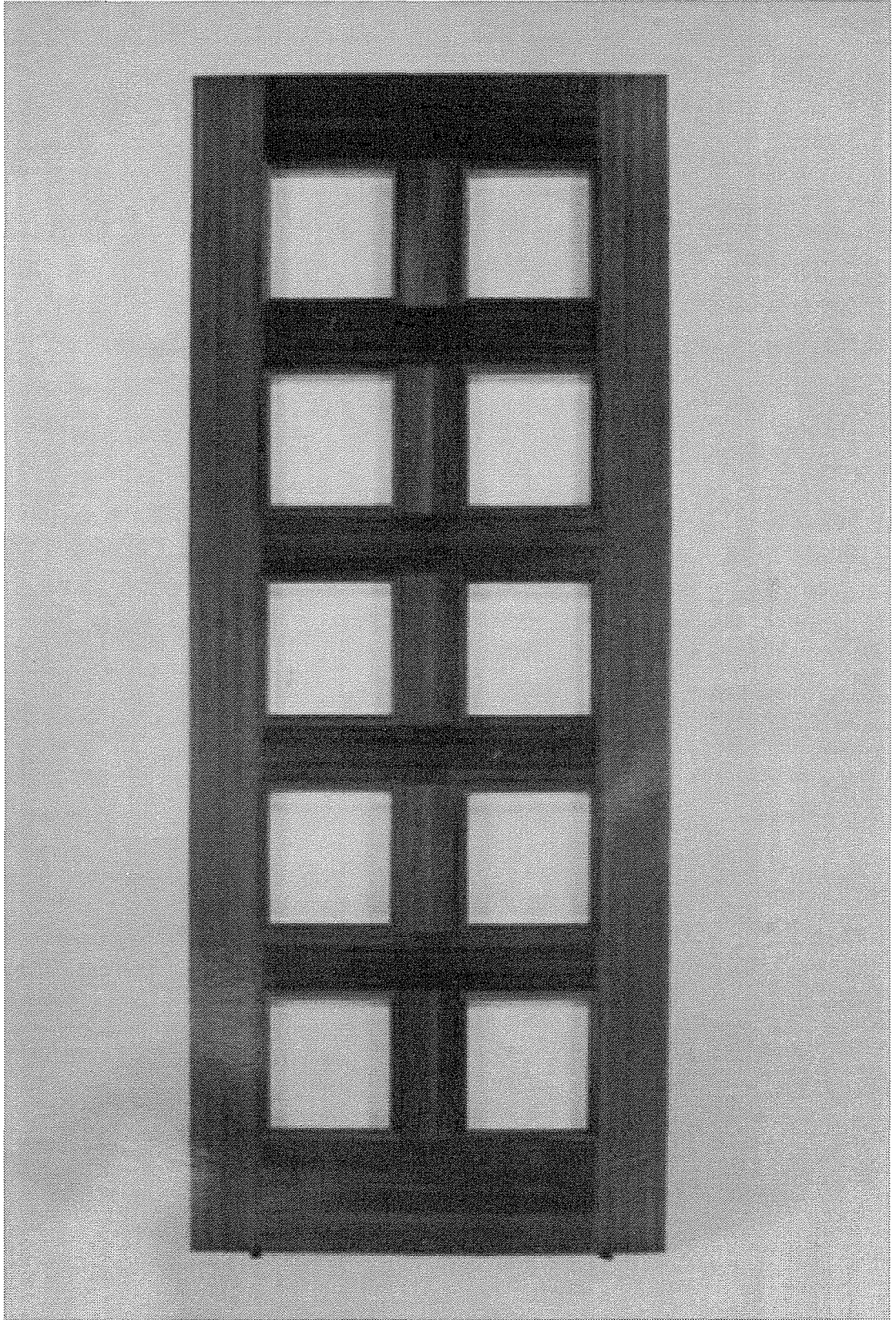


写真 13-20 から戸風ガラス戸

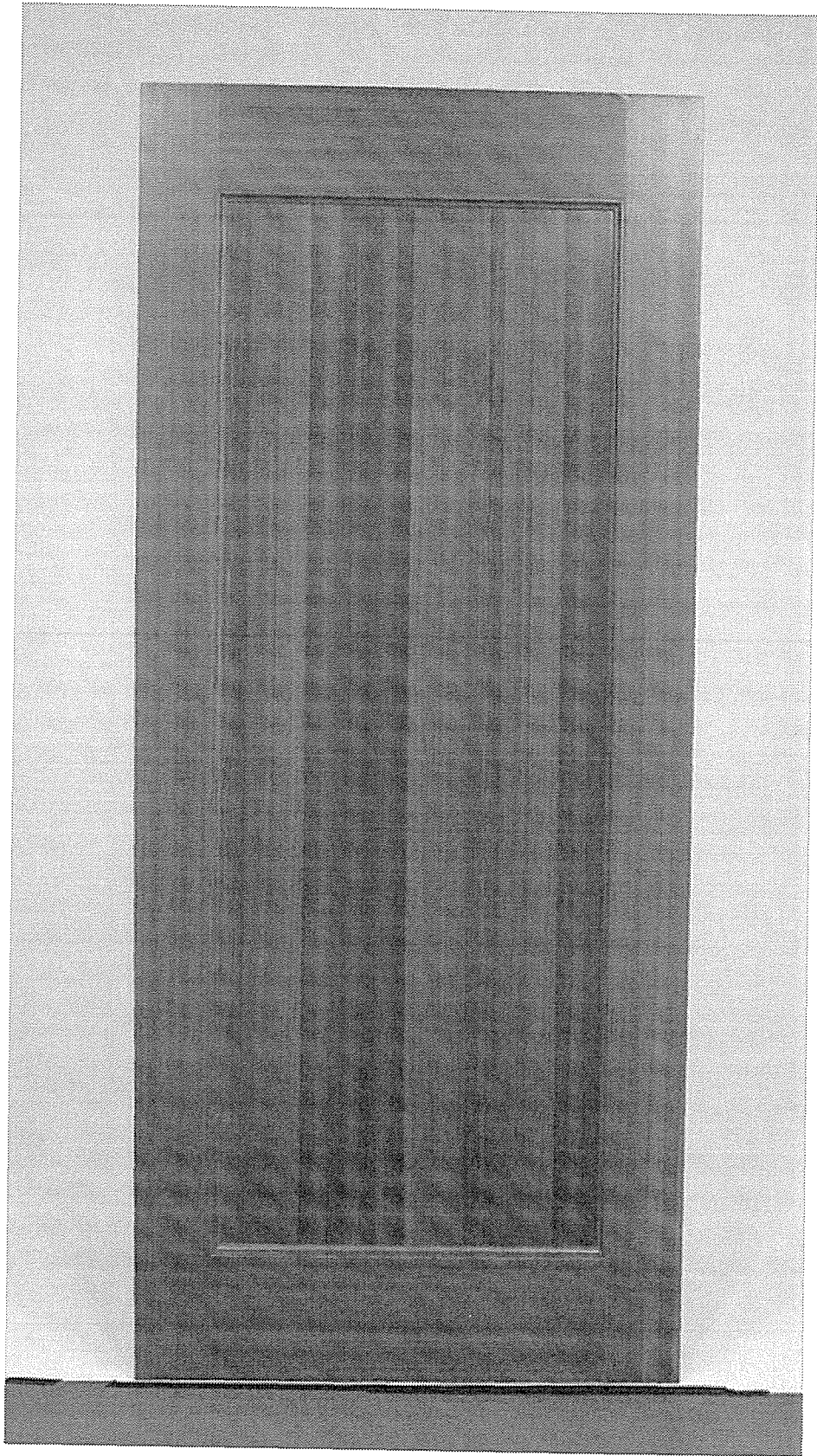


写真 13-21 引き違い戸

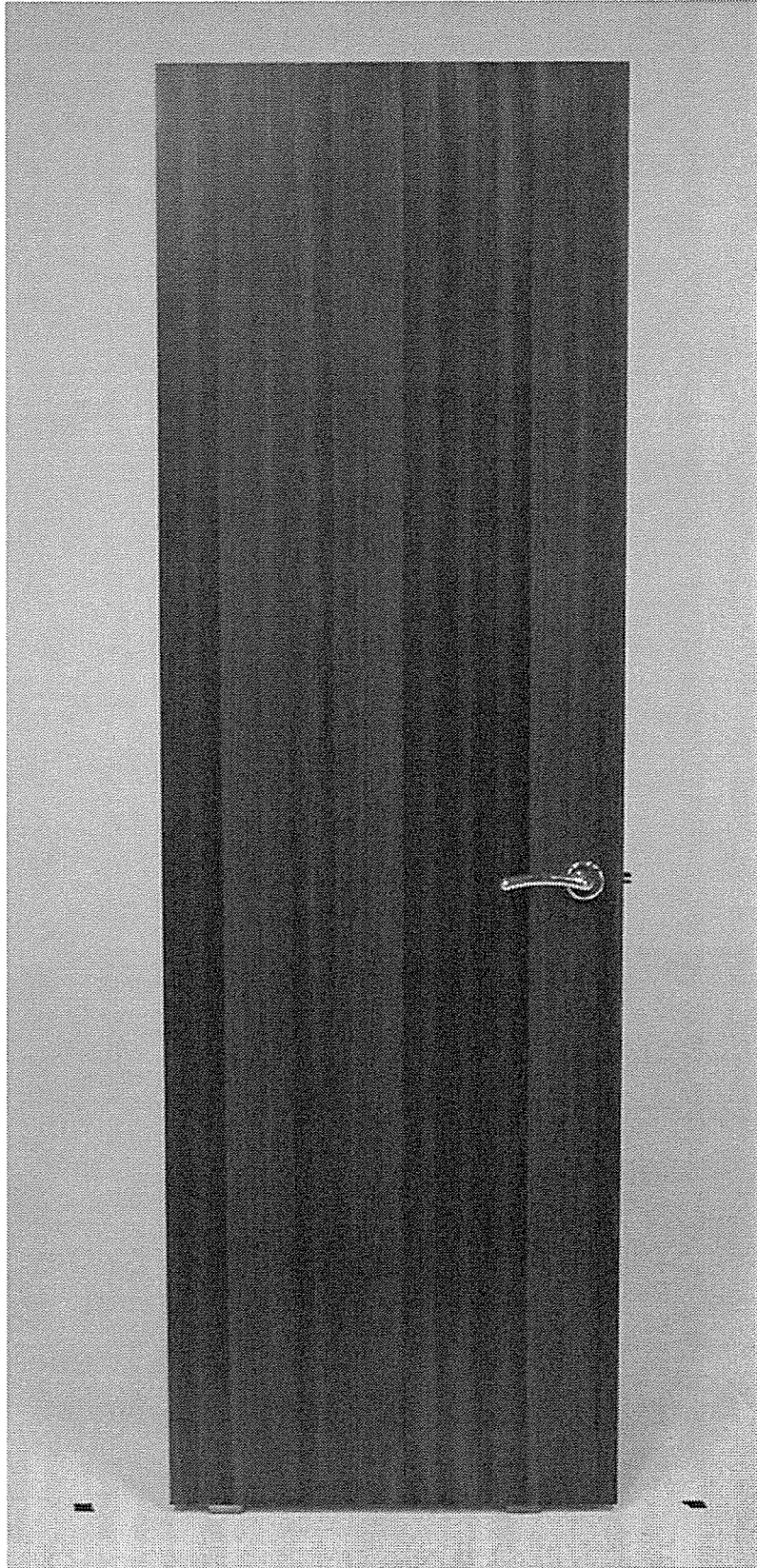
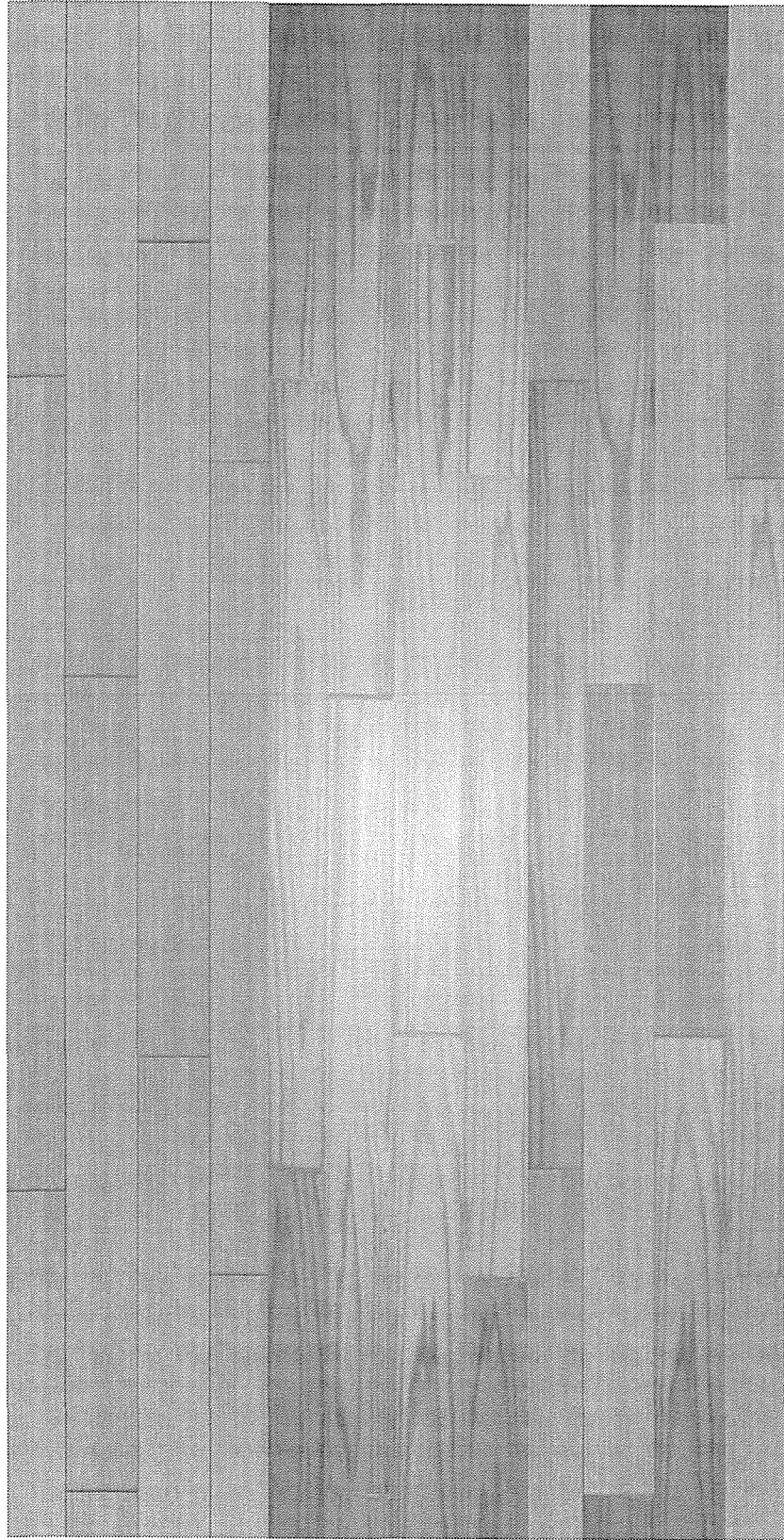


写真 13-22 フラッシュ戸



柱目貼り

板目貼り

柱目追柱・板目・貼り

写真 13-23 床板 3 種

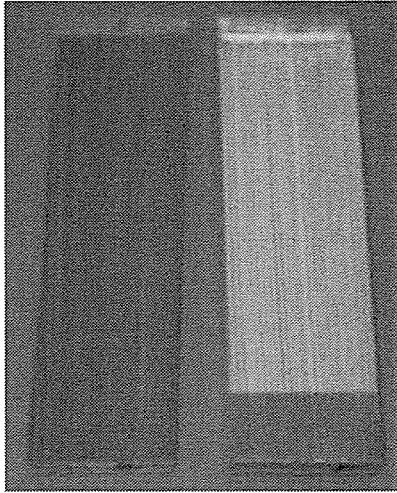


写真 13-24 試験片番号①

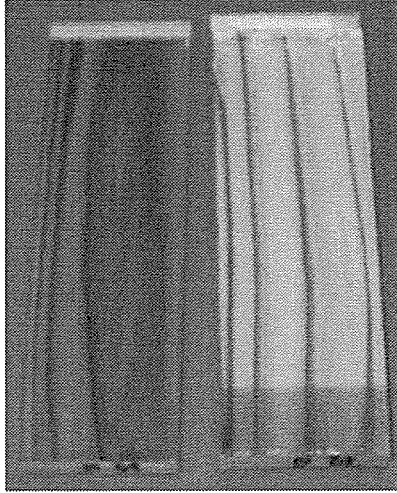


写真 13-25 試験片番号②

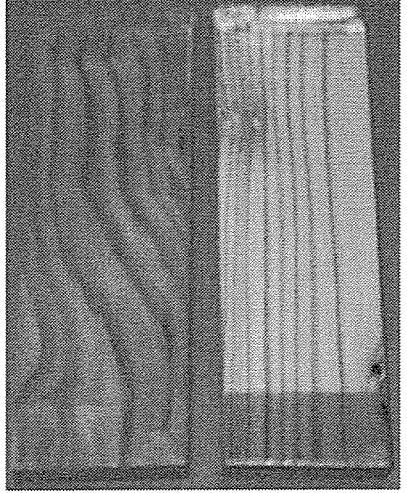


写真 13-26 試験片番号③

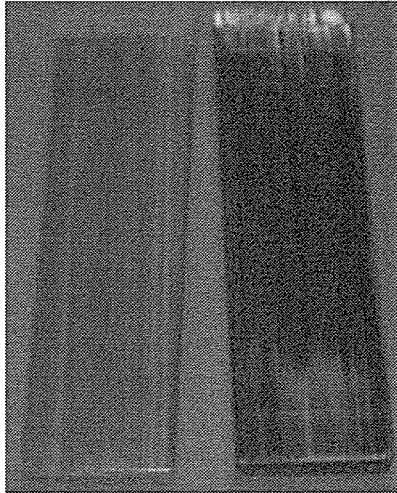


写真 13-27 試験片番号④

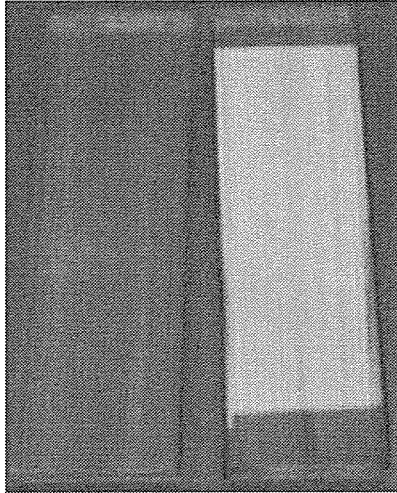


写真 13-28 試験片番号⑤

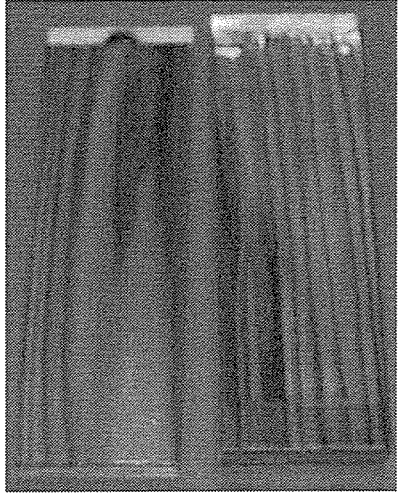


写真 13-29 試験片番号⑥



写真 13-30 試験片番号⑦

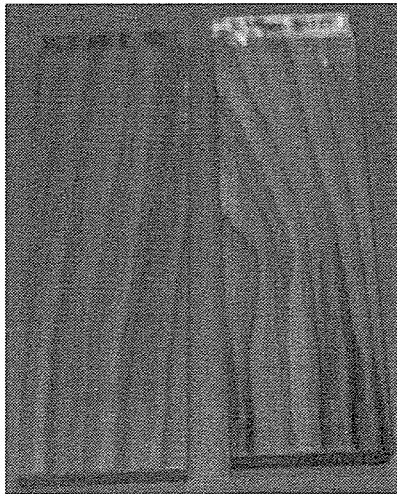


写真 13-31 試験片番号⑧

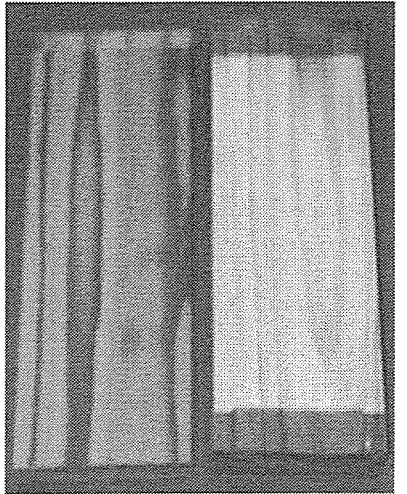


写真 13-32 試験片番号⑨

1309 高品質低価格スギ製引違戸型ウィンドウの開発

課題番号： 1309

高品質低価格スギ製引違い戸型ウィンドウの開発

シー・ティ・エス株式会社

要旨

スギは、日本各地において戦後大々的に植栽されて、現在伐採期を迎えており、需要開拓が求められている。木目が通ったスギ材は、狂いが小さく¹⁾、軽くて断熱性に優れている²⁾。そこで、これらの性質を活かして人々が身近で使うサッシとして利用し、地域産スギ材のもつ良さを認識してもらうことを本試験調査の目的とした。

スギは、木口面からの吸水が速く³⁾、無塗装のままでは含水率の上昇に伴って断熱性能が低下する²⁾。そこで、木材の防水を目的に、スギ集成材サッシ（障子）に3タイプの木材用保護着色塗料（浸透型、半造膜型、造膜型）による塗装を施し、浸せきはくり試験（20 サイクル）を行った。その結果、浸透型の塗料を下塗りに半造膜型のものを上塗りに使用することによって、含水率上昇と割れを抑制できる見通しを得た。

スギ材の含水率変化は、同時に寸法変化(接線方向 0.24%/MC%¹⁾)を伴うため、水密性、気密性、接着耐久性、塗膜耐候性の低下を引き起こす。このため、設計目標として、適当な塗装を行って使用中の含水率変化を8~16%の範囲に抑制し、接線方向寸法変化率を2.0%以内におさめる必要があると考えた。また、使用中の大きな変形を避けるためには、使用時の最低含水率まであらかじめ乾燥した材料を使う必要がある。そこで、スギラミナの乾燥に際して、仕上がり含水率を8±2%に制御し、断面辺長の膨張率を揃えて接着界面応力の発生を抑制するために、ラミナを柂目、追柂、板目に分けそれぞれごとに接着集成した。

学校など公共建物には、多くの大きな窓が装着されるため、開閉が容易なことが求められる。このため、大窓が製作でき、軽快に開閉ができる、引違い戸型が採用されるケースが多いと考えられる。しかし、この型の高気密・高水密性を備えたロック機構やアルミレールは、高価であった。そこで、簡単な構造のクレセント型ロックを採用し、水密性を高めたレールを独自に開発することによって、全体として従来のヘーベシーベ型に比べて約43%のコスト低減を図ることができた。また、性能試験の結果、気密性 A-4 等級、水密性 W-3 等級に適合し、サッシに求められる標準的性能⁴⁾を満たした。

このように、木口防水を意識したスギ材に合わせた塗装系の選択、簡易なロック機構の採用と新型レールの開発によって、スギ材の軽量高断熱という特徴を活かした低価格で耐久性の高い、操作性の良い引違い戸型ウィンドウの製造技術を確立できた。

キーワード

木製サッシ、引違い戸、スギ、アルミレール、クレセント、低価格、木材用保護着色塗料、木材含水率、寸法変化、水密性

目 次

1. はじめに	1
2. 試験調査の目的	2
3. 試験調査の内容	3
3.1 塗料の防水性能試験	3
3.2 引違い戸用高性能金具・レール類の開発	11
4. 試験調査の日程	16
5. 試験調査の結果	17
5.1 塗料の防水性能試験	17
5.2 引違い戸用高性能金具・レール類の開発	21
6. 実用化の見通し	28
7. 今後の対応	28
8. 特筆すべき成果	28
9. 試験調査委員会委員	29
10. 技術者	29
11. 他からの指導または協力事項	29
12. 参考文献	29
13. 参考資料	30

高品質低価格スギ製引違い戸型ウィンドウの開発

シー・ティ・エス株式会社

1. はじめに

スギは、地域の山で戦後造林され、地域の人々に馴染んでいる。現在は、その間伐・主伐の出材期にあり、良好な森林環境や資源循環を維持するため、早急な需要拡大が求められている。

用途拡大の方法として、集成材、合板、LVLなどの建築用材料に加工することが考えられるが、原木の運搬輸送費や人件費が高いため、加工コストが上昇しやすい。このため、とりわけ直材型スギ集成材や普及サイズの合板は、国際的な競争力が低下しているとされている。このため、加工コストを吸収できる付加価値があり、大量需要が見込める用途が求められている。林家や木材業者は、用途縮小の傾向の中で苦境に陥っており、早急な活性化策が求められている。

今後の需要先を確保し資源循環を円滑にするには、輸送コストが高価につく状況から、生産地域に密着した用途にまず目を向けるべきであろう。また、将来にわたる需要を確保するには、断熱性、自然味ある風合いなどに代表される木材の良さを、子供からお年寄りにいたる幅広い層の人々に木材の良さを認識してもらえる用途への展開が肝要である。

これらを背景に用途を探っていくと、地域の学校、公民館、スポーツ・保養施設など公共的建物の木製サッシ用の集成材用途が、有力と考えられた。この用途は、とりわけ、学校など子供たちの使う施設で木材の持つ情操教育効果が高く、さらにここで木材に良い印象が刷り込まれれば将来の需要家としての期待ができるという特徴をもつ。

他方、木材の大きな欠点といわれることは、たとえば、他材料と比べて高コストとなりやすいこと、含水率変化と連動して機能性能が変化すること、耐久性が低いことなどである。これらは、設計段階から障害となりやすい。安定した大きな需要を開拓するには、これらの障害を小さくすることが求められている。

2. 試験調査の目的

木目が通ったスギ材は、狂い（寸法変化）が小さく¹⁾、軽くて断熱性に優れている²⁾。そこで、この性質を活かしてサッシ用材として利用し、身近で使うことよって、地域産スギ材のもつ良さがより認識されると考えられる。本試験調査では、学校等の公共建物の窓として利用しやすくするため、低価格で、耐久性があり、水密性等の機能性が高く、軽快に操作できる引違い戸型ウィンドウの開発を目的とした。

スギ材は、低比重(0.38¹⁾)のため断熱性能が高い。しかし、木口面からの吸水が速く³⁾、無塗装のままでは含水率の上昇に伴って断熱性能が低下する。そこで、富山県林業技術センターが予備選択したスギ材に適したいくつかの塗料^{5, 6)}によって、ほぞ組み（コーナー）部を含むサッシ障子に塗装を施し、含水率上昇を抑制する塗装系を選択することを、本調査の一つの目的とした。

また、スギ材の含水率変化は、寸法変化(接線方向 0.24%/MC%)を伴うため、水密性、気密性、接着耐久性、塗膜耐候性の低下など様々な悪影響を招く。このため、木製サッシ用集成材においては、ラミナ木取り（年輪の長辺に接する角度）によって柾目（90～60°）、追柾（60～30°）、板目（30～0°）に分け、同じグループのラミナごとに集成接着して、ラミナ間の膨潤収縮率差による接着層付近での応力発生を抑制し、さらに前述の塗装によって含水率変化の範囲を 8～16%(接線方向寸法変化率 2.0%)に抑制する。これまでに、使用中の狂いを避けるには、使用中の最低含水率まであらかじめ乾燥した木材を使用するとよいこと（資料2）がわかっている。また、辺材は心材に比べて吸水速度が大きく³⁾、辺心材交じりのラミナを使用すると狂いやすい。さらに、辺材は耐朽性も低い⁷⁾ので、これを取り除いた心材のみのラミナを使用することとした。

稲垣製材(株)は、すでに、省エネルギーな、イコーライジング効果があつて内部割れが発生しにくく含水率むら小さい、間歇乾燥技術を開発している。この技術を適用して、仕上がり含水率を 8±2%に管理されたスギラミナを使用することとした。

学童生徒らが使用する窓は、軽快に開閉できる必要がある。このため、引違い戸型が採用されるケースが多いと考えられるが、学校建物に要求される水密性、気密性を高める設計のロック機構やレールは、これまで高価であった。そこで、シー・ティ・エス(株)を含む企業グループで共同開発した廉価型アルミレールをさらに性能アップして、さらにロック機構を簡便化して、金具・レール類で約 1/4 にコスト低減し、全体でヘーベシーベ型木製サッシに対して 40%以上のコストダウンを図ることを目的とした。

このように、防水性の高い塗装、安価な金具・レール類を適用した、スギ材の軽量高断熱という特徴を活かした低価格で耐久性が高く、操作性のよい引違い戸型ウィンドウの製造技術の確立を目指すこととした。

3. 試験調査の内容

3.1 塗料の防水性能試験

本調査における塗装の直接の目的を、耐候性、接着耐久性、耐朽性の付与とし、もって断熱性を中心とする機能の維維をはかることとする。すなわち、塗装によって水の基材への侵入を防ぐことによって、ウェザリングを抑制し、膨潤収縮繰返し応力による接着層のはくりや割れの発生(写真1)を抑制し、かび汚染とそれに続く腐朽開始の時期を延伸する。もちろん、着色による意匠性の付与も、塗装本来の目的の一つであるが、ここでは、紫外線の素地木材への侵入を抑制するため、やや濃色の褐色系に統一した。



写真1 スギ集成材サッシの接着層はくり
注) カビや藻類による汚染も認められる。

塗装による防水性は、外部からの水の侵入を防ぎ、侵入した水は速やかに外部に放出するという機能である。塗装前の木材含水率が高ければ、塗料の密着性が悪くなり塗装の性能が発揮できない。この場合の塗膜は、内部の水放出という役割を最初から課せられている。これをうまく達成できないと、水をこもらせて、塗膜(顔料)はくり、かびや腐朽の発生を招きやすくする。もう一つは、木材含水率を十分に低くかつ均一にしておかないと、狂いが発生し、木製サッシの各種性能に影響する。同時に、塗膜や接着層にとっては、木材の初期の膨潤収縮幅が大きく、劣化が早まる。これらのことから、基材であるスギ集成材の初期含水率を管理し、そのときの初期接着耐久性を知っておくことは、重要である。

集成加工原料のスギ材には、試験調査期間が短かったため輸送期間を節約するため富山県産材ではなく、集成加工地の和歌山県新宮市から産するいわゆる“新宮スギ”を使用した。このスギ材は、年輪幅がやや広いが均一で、心材色がいくぶん淡い特徴をもっていた。稲垣製材(株)(新宮市)において、これを35mm厚に製材し、ラミナ原板とした。さらに、棧積みして、**資料1**に示す乾燥スケジュール(間歇運転)で、10日間乾燥した。この乾燥直後の含水率は、 $7.9 \pm 2.2\%$ (**写真2**、2002年4月3日)、シー・ティ・エス(株)入荷直後(**写真3**、2002年4月19日)の集成材の含水率は、 $11.9 \pm 0.8\%$ であった。このサッシ用集成材(50×130×2000mm)は、ラミナ厚さ30mmに調整され、節および辺材がほぼ完全に除去されていた。

構造用集成材JAS煮沸はくり試験の結果を、**表1**に示す。この試験では、煮沸4時間—室温水中浸せき1時間— $70 \pm 3^\circ\text{C}$ 恒温乾燥器内24時間以上で試験前含水率以下となるまで乾燥することを1サイクルとした。5サイクルまでの試験結果から、追衿ラミナの集成材が接着層はくりを生じにくいことがわかった。これは、接着層はくりが、スギの放射組織に沿った面で、おこりやすいためとおもわれる(**写真4**)。

一般に、木材のウェザリングは、紫外線と降水によって起こり、内部に侵入した水分によって加速される。そのあとに、かび・藻類汚染と木材腐朽という被害が続くことになる。かび(青変菌は除く)は、木材表面の糖類を栄養源とする汚染菌で内部には入らないが、木材実質を栄養源とする腐朽菌の繁殖に先立って認められることが多い。スギ材のかび汚染は、とくに高温多湿な梅雨期では、加工時からすでに問題となりやすい。正常に乾燥・切削加工しても、無塗装スギ辺材を屋外使用した場合、3ヶ月前後から発生をみることが多い。藻類汚染は、藻類が表面付着物を栄養源としているため、この被害も表面だけにとどまるが、紫外線量の低下する冬期(多湿地域)や夏期でも日陰で多湿な部位に発生しやすい。富山では、スギ辺材の腐朽は、屋外暴露約1年後には初期腐朽が認められることが多い。

表1 集成材の煮沸はくり試験結果(1接着層最大はくり率/はくり率;%)

ラミナ木取り	1サイクル後	2サイクル後	3サイクル後	4サイクル後	5サイクル後
柱目	0/0	21.9/2.7	<u>25.9/5.0</u>	<u>55.7/8.5</u>	<u>55.7/8.7</u>
追衿	0/0	0/0	0/0	13.9/1.7	13.9/1.7
板目	0/0	<u>25.9/3.2</u>	<u>37.8/4.7</u>	<u>37.8/5.5</u>	<u>37.8/5.7</u>

注) : 不合格(25%以上/5%以上)



写真2 含水率を調べたスギラミナ原板(稲垣製材(株))

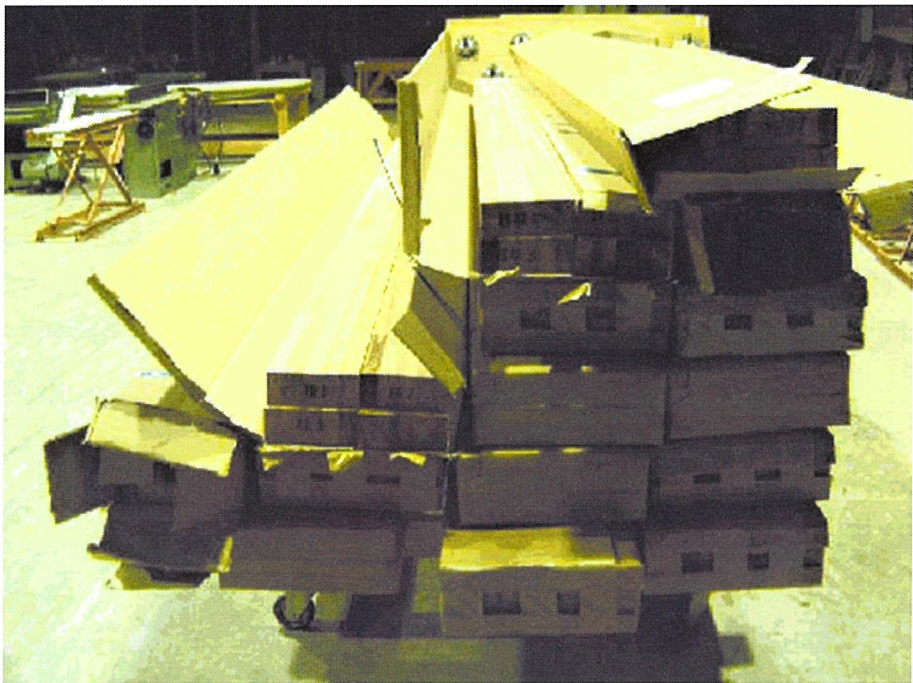


写真3 木製サッシ用スギ集成材(シー・ティ・エス株)

<板目ラミナ集成材>

<追柱目ラミナ集成材>

<柱目ラミナ集成材>

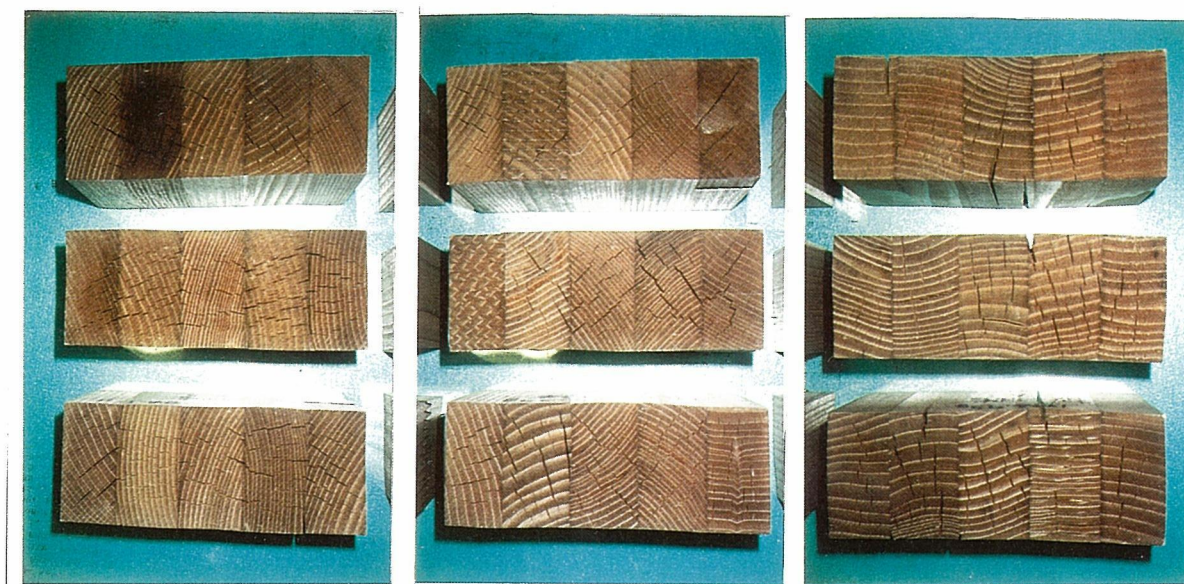


写真4 煮沸はくり試験5サイクル後の試片木口断面

木材腐朽菌は自由水を利用するため、含水率 30%付近から活動を開始するといわれている。屋外空中水平置きでのヨシノスギ辺材の腐朽被害度の変化(富山)を資料3に示す。さらに文献8(資料4)から、ヨシノスギ辺材のおおよその耐用年数(耐用限界被害度 2.5、クライメート・インデックスによって暴露地土浦に換算)は、土壌接触では 2.5 年、空中水平置きでは 3.5 年、コンクリート上水平置きでは 4.5 年が推定される。富山県産スギ3品種の土壌接触での被害度の変化を資料5に示す。これによるとスギでは、心材の耐用年数が、辺材に比べて約1年長くなっている。木製サッシの横かまち(この部分の劣化が他の部材と比べて最も顕著)は空中水平置き条件に相当し、これに心材を使った場合の被害度変化パターンは、スギ辺材のコンクリート上水平置きに相当すると考えられる。

木製サッシにスギ辺材を使用した場合、早いかびの発生と腐朽進行が懸念され、本調査では、初期トラブルを回避し、耐久性を確保するために、サッシにはスギ心材のみを使用することとした。また、見栄えを良くして、ウェザリングと狂いを抑制し、腐朽開始を少しでも延伸するため、適切な防水塗装を選択して施す設計を採用した。

3.1.1 塗装の防水性能評価

柾目、追柾、板目の集成材から長さ 75 mmに切断したブロック（高さ 50×幅 130 mm）それぞれ 2 片ずつに刷毛で 3 種類の塗料（型）を 6 面全面に塗装した。それぞれの塗布量を表 2 に示す。これらについて構造用集成材 JAS 浸せきはくり試験の条件に準じて室温水浸せき 32h-60℃乾燥 16h（構造用集成材 JAS では、室温水浸せき 24h-70℃乾燥 24h 以上）の操作を 20 サイクル行って（写真5）、含水率と接着層はくりを測定して、防水性能として評価した。

表 2 塗料別の塗布量（刷毛塗り;柾目-追柾-板目;g/m²）

塗装型	塗装系名称-色	下塗り量(塗料)	中塗り量(塗料)	上塗り量(塗料)	合計
浸透型	サドリン・クラシック -パイン	162-167-186 (サドリン・ベース)	128-108-87 (サドリン・クラシック)	55-47-51 (サドリン・クラシック)	345-324-323 (331)
半造膜型	シッケンズ・セトール HLS-ライト・オーク	120-136-127 (セトール HLS)	61-64-55 (セトール HLS)	51-47-49 (セトール HLS)	232-247-232 (237)
造膜型	シッケンズ・フィルター 7-ナチュラル	129-136-149 (フィルター 7)	62-60-61 (フィルター 7)	62-66-69 (フィルター 7)	253-261-279 (264)



写真5 塗装集成材の浸せきはくり試験(20 サイクル)

注) 1 サイクル：室温水浸せき 32h-60℃乾燥 16h

上段：試片 下段左：水浸せき槽 下段右：乾燥器

3.1.2 塗装障子の防水性能評価

浸透型、半造膜型、造膜型それぞれ1種ずつ3種類の塗料を小型の木製サッシ障子に全面塗装した。下塗り塗装は、**写真6**に示すように、コーナー（木口）部を乾式加熱塗装時冷却による塗料浸透促進法をとった。

これらについて構造用集成材 JAS 浸せきはくり試験の条件に準じて室温水浸せき 16h—60℃乾燥 32h の操作を 20 サイクル行って (**写真7**)、含水率変動を測定し、各乾燥後には接着部のふくれおよびはくりを観察し、防水性能として評価した。

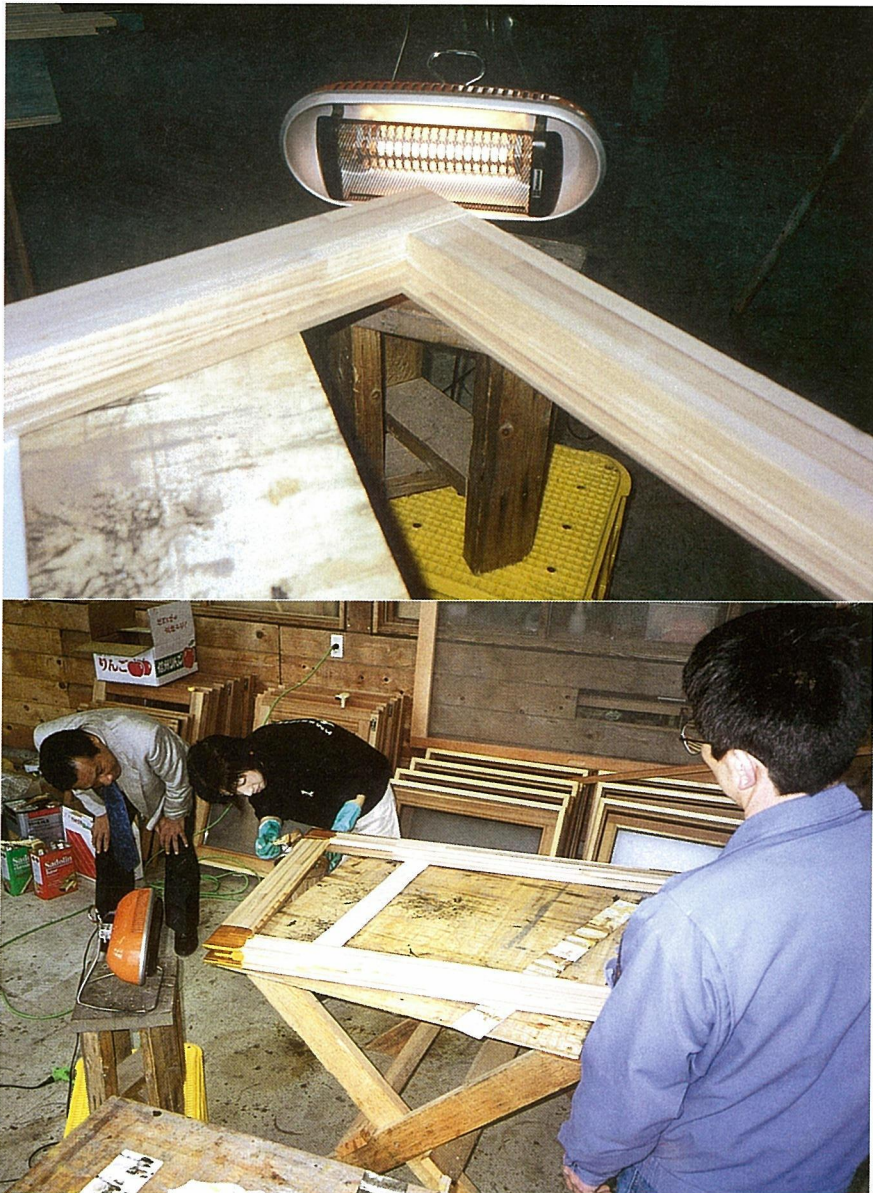


写真6 木口部の乾式加熱塗装時冷却による塗料浸透促進(予備試験)



写真7 室温水浸せき(上)と含水率測定(下)の塗装障子

3.1.3 木口浸透促進塗装のコストアップ評価

障子コーナー木口部を、傾斜回転塗装台で赤外線を使って表面温度を約 50℃まで乾式加熱後（写真8）、直ちに刷毛塗りし、室温塗料との温度差による冷却時吸込み効果による塗料浸透促進を行った。この時の塗料使用量および作業時間を計測し、コストアップを評価した。

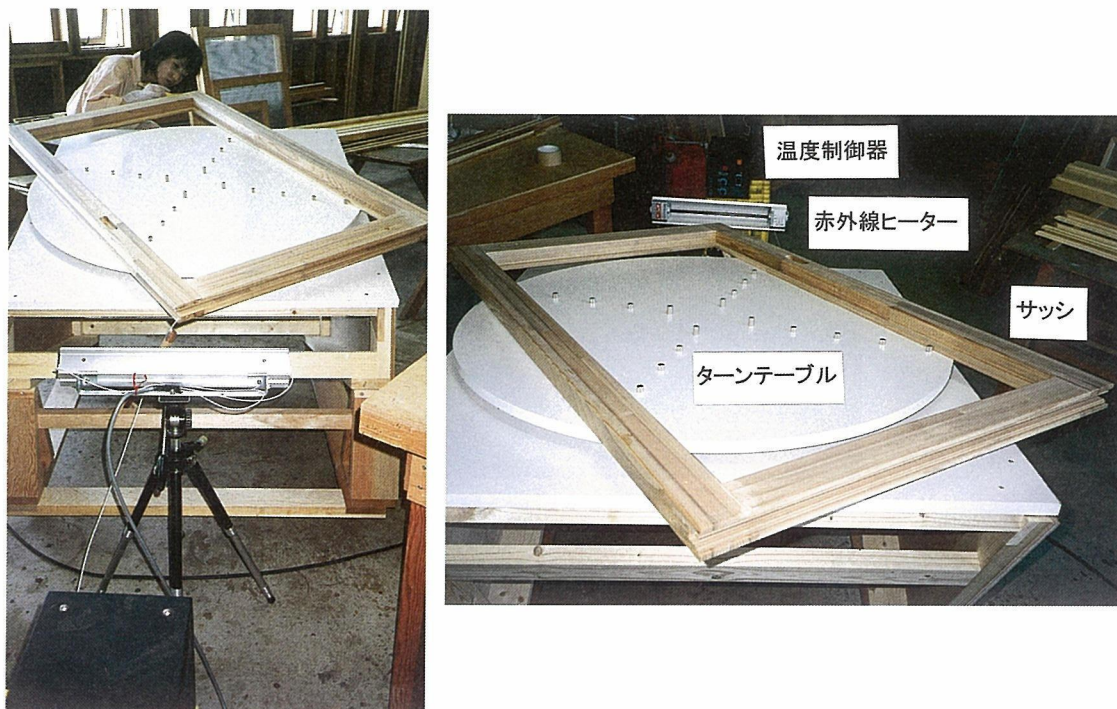


写真8 作業分析に使用した傾斜回転塗装台と赤外線加熱装置

注) 傾斜角 : 0~30°

回転角 : 360°自由回転

3.2 引違い戸用高性能金具・レール類の開発

今回開発したスギ製引違い戸型サッシの姿図及び断面詳細図を図1に、使用した金具類(クレセント型ロック、高水密型レール)を、写真9、10に示す。この開発製品を、JIS A 4706(2000) サッシ(Windows)に規定される性能項目について試験を行い、評価した。

製造した集成材の気乾比重は 0.396 ± 0.013 であった。この値は、木製サッシ用材の適性下限値 0.35 に近く、木ねじ保持力に不安があった。このため、写真9のようにクレセント受の固定木ねじ本数を2本から4本に増やし、使用時の耐久性を確保した。

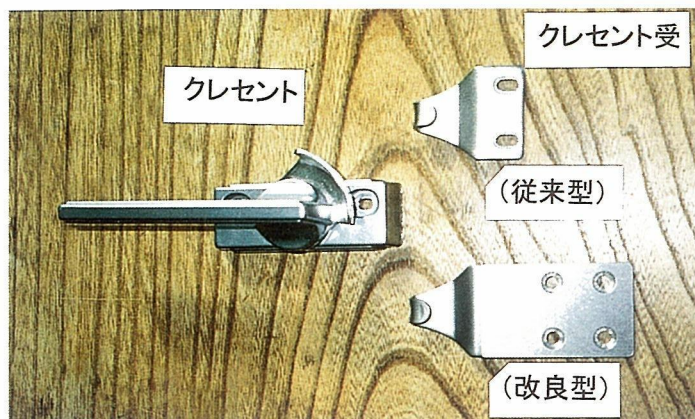
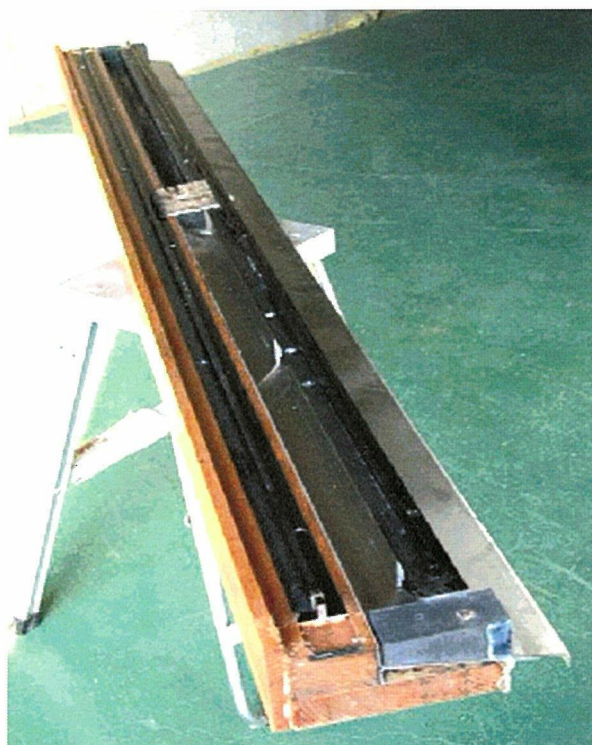
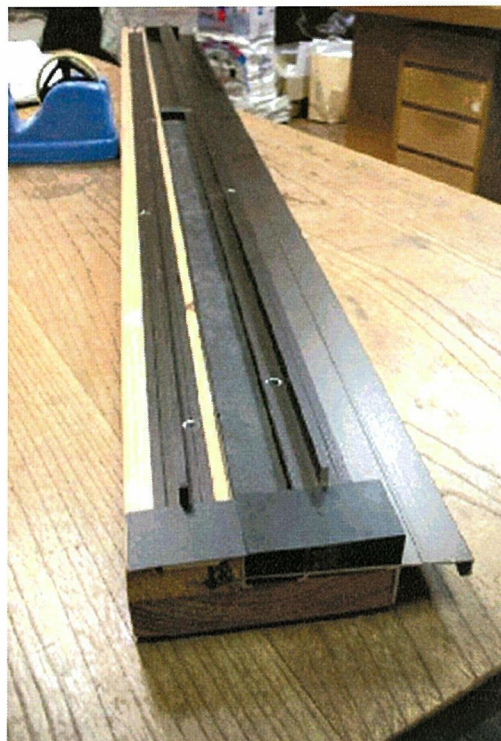


写真9 使用した改良クレセント型ロック



(開発型)



(従来型)

写真10 開発したスギ製引違い戸型ウィンドウに使用した高水密型レール

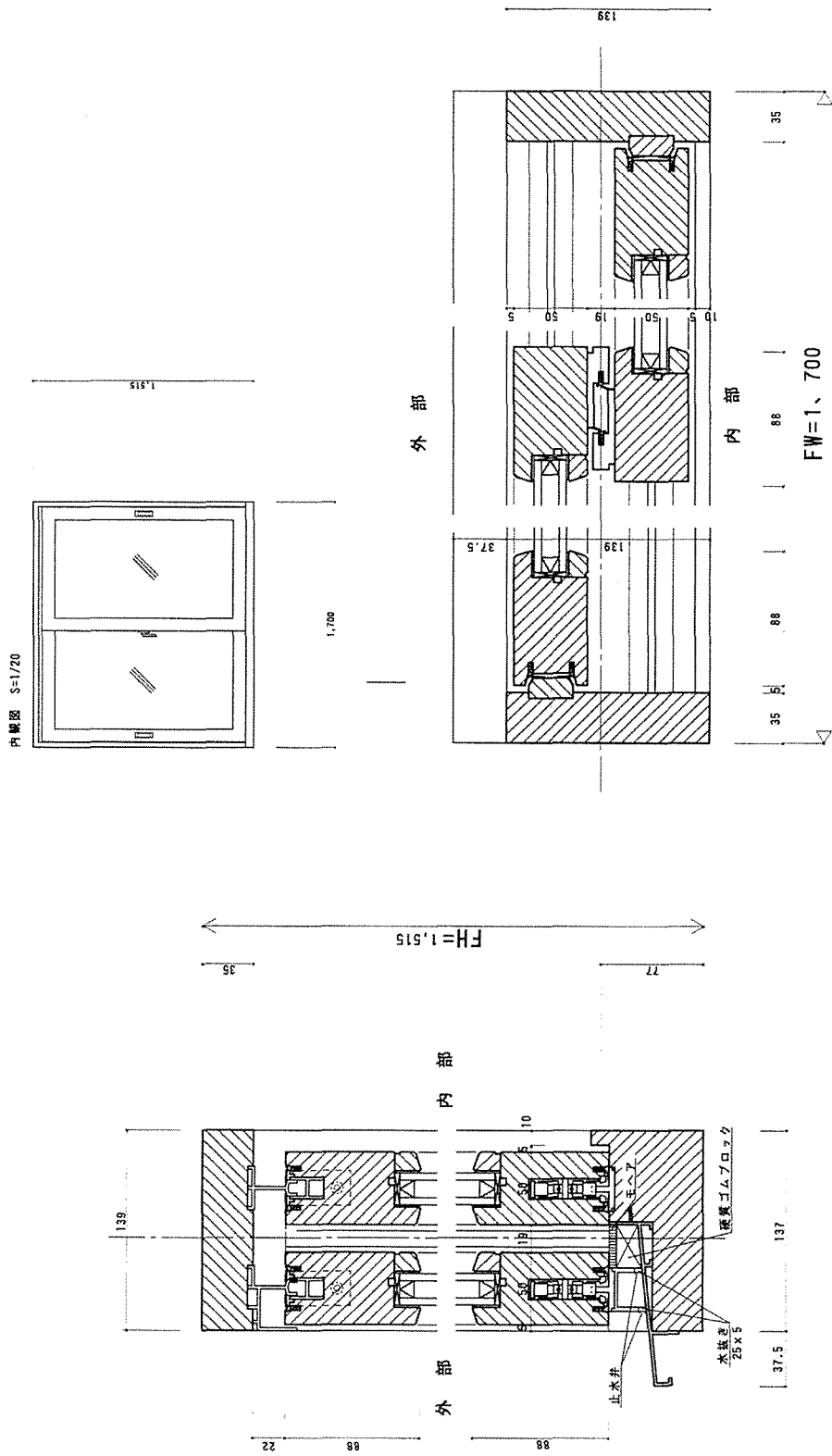


図1 開発したスギ製引違い戸型ウィンドウの姿図及び断面詳細図

3.2.1 開閉力試験 (JIS A 1519)

50N(5.1kgf)の規定おもりの自由落下力によって、完全に開くことおよび閉じること(200mm)をそれぞれ5回繰り返し確認する。それぞれ戸が円滑に開閉できれば適合とする。

3.2.2 開閉繰り返し試験 (JIS A 1550)

ロボットアームに引き戸を接続して開閉速度 8.3 回/分で 10,000 回開閉し、途中 1,000 回ごとに開閉力確認試験を行い、戸車や召合せ部等に異常を生じないか観察する。

3.2.3 耐風圧性試験 (JIS A 1515)

窓の内外に気圧差 (600、1200、1800、2400Pa) を設定し (縦軸)、召合わせかまち中央の変位率およびたわみ率 (mm) (以上二つを横軸) を測定する。また、除圧後の使用上支障のある残留変形や開閉異常を観察する。これらによって等級を判断する。一般に製品規格によっては、図2のような加圧線図(正圧・負圧)にしたがい試験を進め変位及びたわみを測定するが、ここでは繰り返し試験および安全性試験は行わなかった(したがって、試験圧力 P_2 、 P_3 はない)。

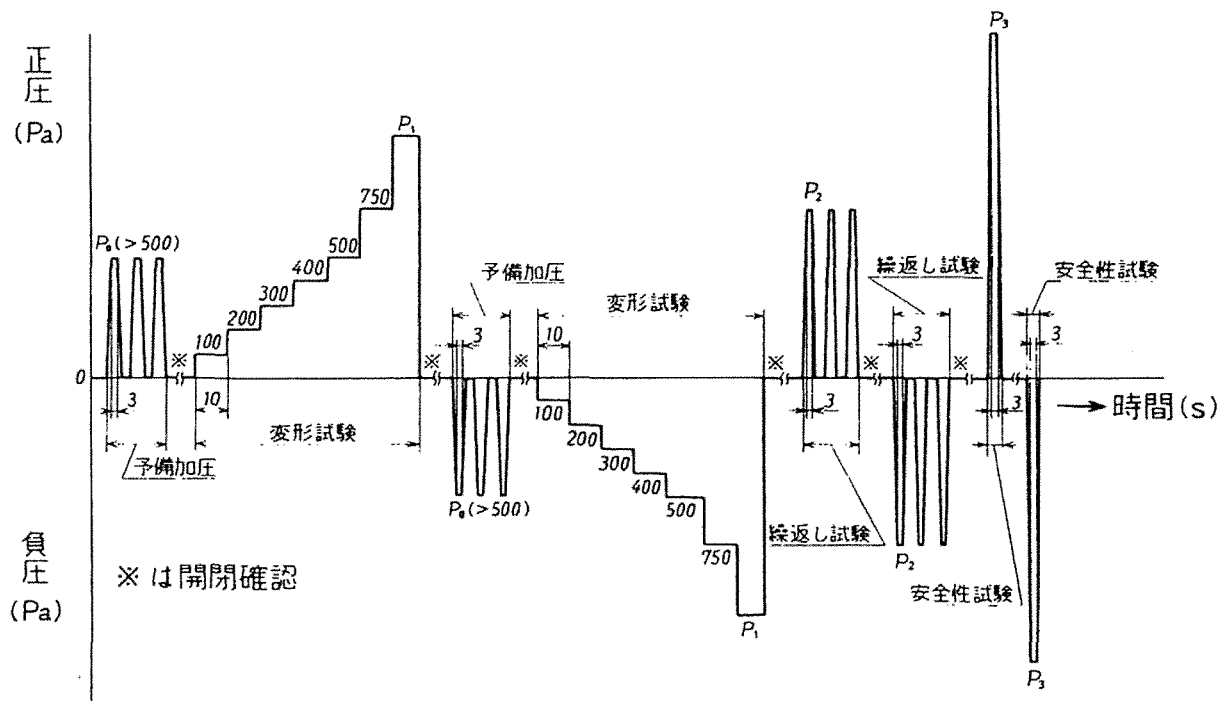


図2 耐風圧性試験の加圧線図(正圧・負圧)



写真 11 水密性試験装置

3.2.4 気密性試験 (JIS A 1516)

窓の内外に気圧差 (10、30、50、100Pa) を設定し (横軸)、気圧の高い方から低い方へ逃げる通気量 ($\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$) を測定し (縦軸)、これらを両対数グラフにプロットして各等級線より下に位置するか否かによって等級を判断する。

3.2.5 水密性試験 (JIS A 1517)

窓を試験装置に取付ける (写真 11)。窓の内外に 250Pa (W-3 等級) の気圧差を脈動圧で設定し、高圧側で 10 分間、一定速度で水を噴霧 ($4\text{l}/\text{m}^2\cdot\text{min}$) し、低圧側への漏水状況等不合格となる現象 (にじみだし、泡立ち、流れ出し、枠外・室内への著しい流れ出し、吹き出し、枠外への吹き出し、しぶき、枠外へのしぶき、枠外へのあふれ出し) を観察する。

3.2.6 戸先かまち強さ試験 (JIS A 1522)

戸を固定し、滑車によって 50N の規定おもりによって戸先かまち中央をかまちに対して垂直に、面内及び面外引張り力を加えて、載荷 30 秒経過後の変位量からたわみを算出する。面内方向のたわみが 1mm 以下、面外方向のたわみが 3mm 以下であれば適合とする。

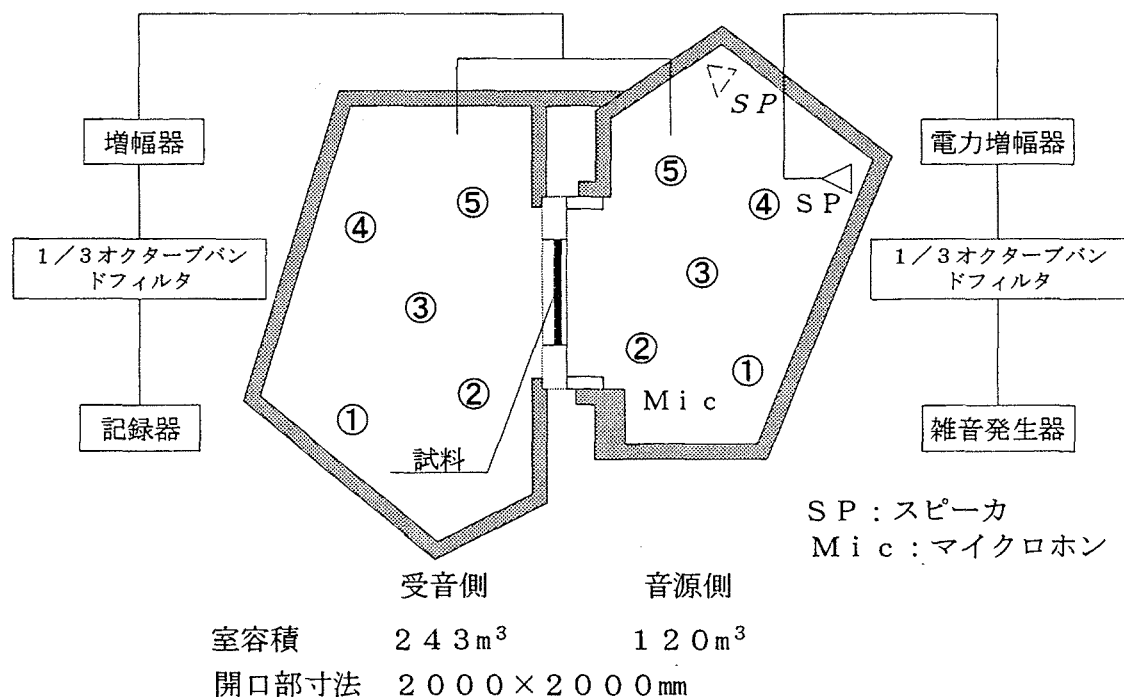


図3 遮音性試験装置((財)建材試験センター)

3.2.7 遮音性試験 (JIS A 1416)

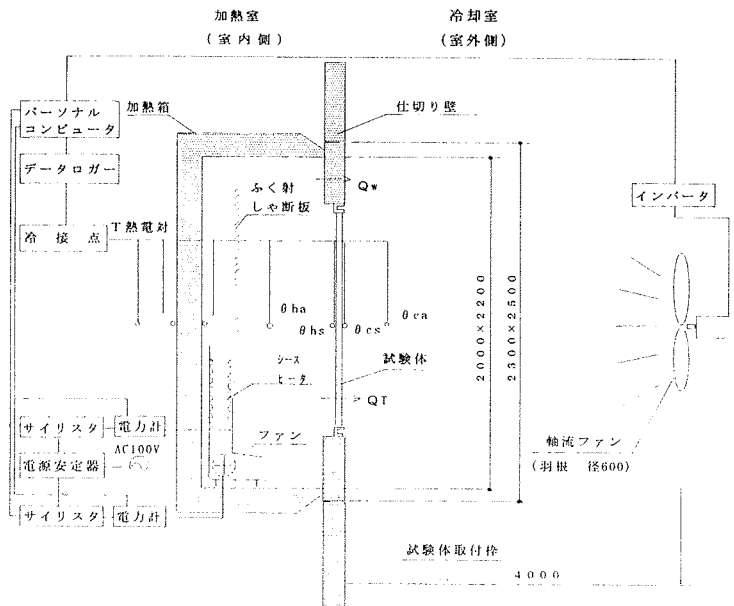
遮音性試験装置(図3)を用いて、内部からオクターブバンド中心周波数 125、250、500、1000、2000、4000Hz の6周波数の試験音を入射させ、サッシの外部における音圧レベルを測定することによって、サッシの音響透過損失を求める。規定されている遮音等級線に適合する等級を遮音性能とする。

3.2.8 断熱性試験 (JIS A 4710)

開発した引違い戸型木製サッシについて、断熱性試験装置(図4)を用いて JIS A 4710 により断熱性能(熱貫流抵抗 R ; $m^2 \cdot K/W$)を求め、JIS A 4706 により合致する等級を得る。

3.2.9 金具・レール類のコスト比較評価

ロック金具・レール類等について、ヘーベシーベ型、オルフェア型、今回開発した高水密クレセント型の3タイプの引違い戸について費用を比較する。



(注1)試験室の構造・寸法(W*L*H)：
 加熱室(5000*5000*5000)
 冷却室(5000*5000*5000)

周壁：両室とも断熱パネル壁
 (厚さ150)
 仕切り壁：断熱パネル壁(厚さ200)

(注2)加熱箱：
 硬質ウレタンフォーム(厚さ150)
 両面化粧鋼板(厚さ1.0)張り
 内法寸法W2000*H2000*D700

図4 断熱性試験装置(立山アルミニウム工業㈱)

4. 試験調査の日程

平成14年2月から平成14年7月まで

5. 試験調査の結果

5.1 塗料の防水性能試験

浸透型、半造膜型、造膜型の塗料型別に、集成材と障子(サッシ)に塗装した場合の防水性能を比較した。防水性能は、常温水浸せきと60℃乾燥を20サイクル繰り返して、含水率変動と接着部のはくりによって評価した。常温水浸せき時間と60℃乾燥時間を合計した1サイクルに要する時間を48時間として、無塗装あるいは含浸型塗装試片が含水率8~12%になるようそれぞれの時間調整を試みたが、最初の5サイクル程度は、それを探る過程となった。サイクルの時間配分が決まって効果が安定したところで、含水率変動の幅の大小、およびその幅の変化、変動の傾向について観察した。

5.1.1 塗装の防水性能評価

塗装スギ集成材の含水率変動を図5に示す。図中の無塗装試片は、含水率測定終了試片を用いたため、2サイクルで5%以上の接着層はくりが認められ、打ち切った。水浸せき32時間-60℃乾燥16時間のサイクルで、含水率変動幅は、無塗装は40%で大きく、造膜型は1%程度と極端に小さく、半造膜型と浸透型は11%前後でほぼおなじ水準を示した。このことは、含浸型でも、十分に塗布すればかなりの防水効果があることを示している。

同試験におけるはくり率の変化を塗膜型別に示したものが図6である。図より、接着層はくり抑制効果は造膜型>浸透型>半造膜型の順となった。半造膜型と浸透型は含水率変動の幅がほぼ同じだったことを考慮に入れると、浸透型塗装には、防水機能のほかに木口面における接着層補強効果が、わずかではあるが認められる。ただしこれは、浸透型塗料の塗布量は半造膜型と比べて合計で約100g/m²多いことが、寄与していると考えられる。

写真12に、浸せきはくり20サイクル繰返し後のフィンガー・ジョイント(FJ)部を示す。FJ部の接着が十分でなく、浸せきはくり操作によって次第に抜けた様子が観察できる。この原因は、FJの接着に使用したものと同一水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤ではなく、耐水接着力の弱い酢酸ビニール樹脂エマルジョン型接着剤を使用したためと推定される。

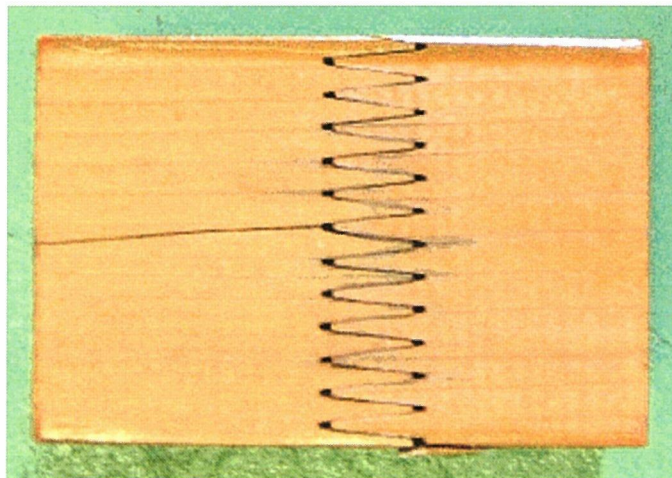


写真12 浸せきはくり20サイクル後のFJ部の抜け

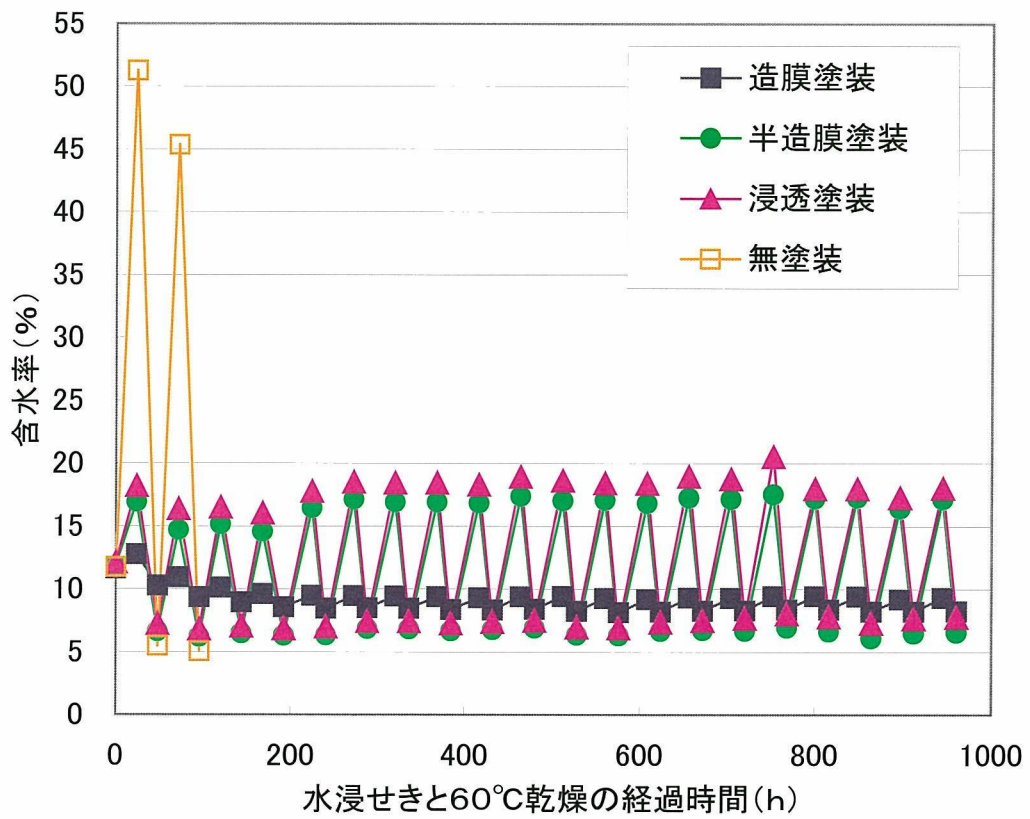


図5 浸せきはくり繰返しによる含水率変動

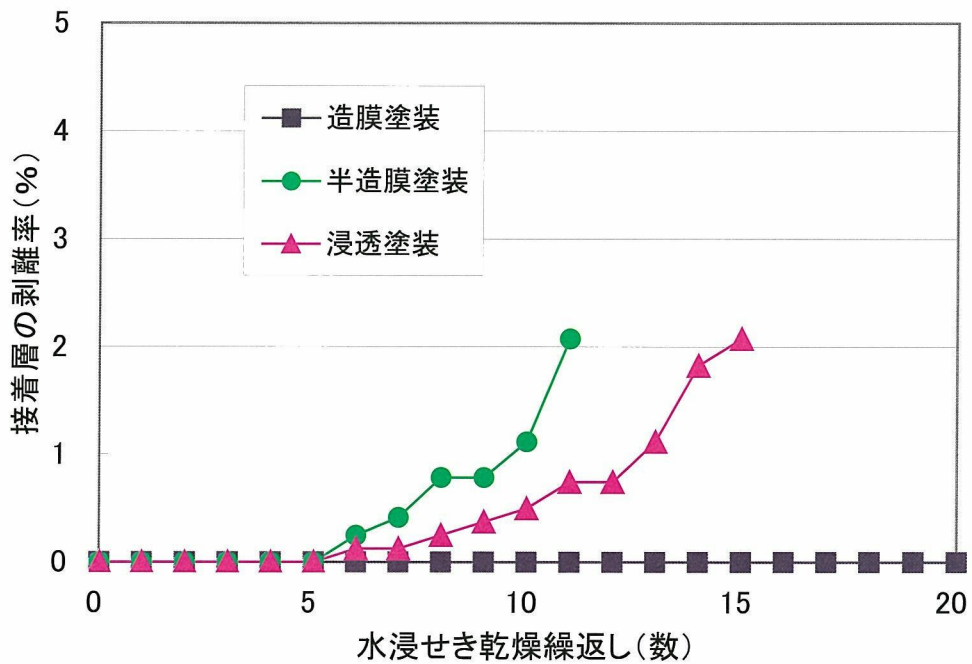


図6 浸せきはくり繰返しによる接着層はくり率の変化

5.1.2 塗装障子の防水性能評価

塗料を木口面に吸込まなくなるまで、その他の面にも同様に、塗装したスギ集成材障子試片の含水率変動を図7に示す。常温水中に16時間浸せき、60℃乾燥32時間を1サイクルとして、20サイクル繰返したときの含水率変動であるが、その変動幅は、無塗装(21%)、浸透型(8%)、造膜型(7%)、半造膜型(5~7%)の順に小さくなっている。このうち、半造膜型はサイクル数が増えるにしたがって、変動幅が大きくなっており、防水性の低下が認められる。変動の傾向は、造膜型が、徐々に高含水率側にシフトしており、水を閉じこめる効果がみとめられた。浸透型と半造膜型は、含水率が高い側にシフトするこの傾向は認められなかった。造膜型は、最初は小さい変動幅であるが、いったん塗膜が破れるとそこから水が内部に侵入し、徐々に奥に移動することから、徐々に水分が蓄積されると解釈できる。この閉じこめられた水分は、ウェザリングを加速し、塗膜はくりを促進することになり、好ましくはない。

コーナー部の水性高分子イソシアネート樹脂系接着層のはくりは、造膜型が3サイクル後、半造膜型、浸透型、無塗装が4サイクル後となり、造膜型がやや早かった。また、ほぞ組みコーナー部の接着耐久性が意外に低いことがわかった。

また、FJ部のふくれ・抜けの発生時期は、造膜型が9サイクル後・21サイクル後以上、半造膜型が9・15サイクル後、浸透型と無塗装が8・8サイクル後となった。FJ接着層付近の防水効果は、造膜型 > 半造膜型 > 浸透型 = 無塗装となった。

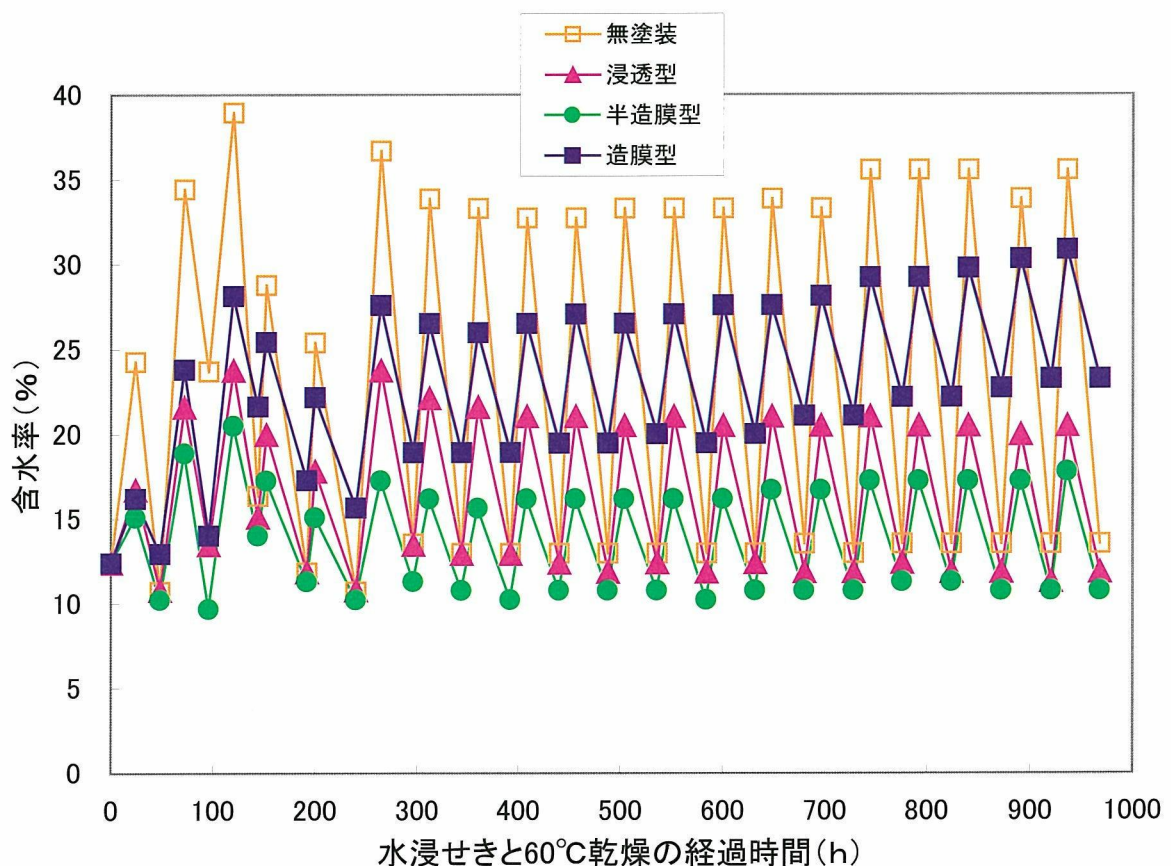


図7 塗装障子の浸せきはくり繰返しによる含水率変動

これらをまとめると、造膜型は防水性能としては優れているが、ほぞ組みがある被塗物の場合水トランプ効果があり、木製サッシには向かないことがわかった。また、含浸型は、塗料を十分しみ込ませた場合、木口面接着層はくり抑制効果をもち、防水性能の安定性に優れている。半造膜型塗料は、初期の防水性能に優れているが、今回試したものはしだいに劣化する傾向がみとめられた。結論として、浸透型塗料と半造膜型塗料の併用が推薦される。また、トップコート半造膜型塗料については、今後、劣化が小さいものを探すべきことがわかった。

5.1.3 木口浸透促進塗装のコストアップ評価

木口浸透促進塗装のコストには、使用塗料と塗装手間の増分による上昇がみられる。浸透促進による塗料の増分は一窓当たりで、木口面積が相対的に小さいため 400g(600 円相当)にとどまった。加熱電力コストは 4kWh(44 円相当)、手間は約 24 分(800 円相当)多くかかり、合計約 1,500 円のコストアップになると考えられる。これは、見積定価の約 0.6%のコストアップにあたるが、性能の向上(耐用期間の延長と断熱性能の低下抑制)が、補修費や冷暖房費の節約となって現れ、十分そのコストに見合うと考えられる。

5.2 引違い戸用高性能金具・レール類の開発

5.2.1 開閉力試験 (JIS A 1519)

児童生徒やお年寄りでも開閉操作可能なサッシであるためには、5.1kgf(50N)の比較的小さい力で障子を 200 mm移動して完全に開閉できる必要がある。この試験では、その性能を試すものである。試験には、ロックの解錠・施錠の操作が含まれていないが、個人住宅にも十分普及しているクレセント型なので、操作は学童やお年寄りの小さい力で容易に行え、操作方法にも慣れていることが推定される。

試験の結果は、適合であった。

5.2.2 開閉繰り返し試験 (JIS A 1550)

日常、障子の開閉は朝晩等頻繁に行われ、サッシは円滑にできることが要求される。本試験では、障子可動距離の 80%を 10,000 回(毎日1開閉として 27 年5ヶ月間分)往復移動し、使用上の支障がなく5.1kgf(50N)の力で円滑に動作する性能を保つことを確かめるものである。試験風景を**写真 13**に示す。

試験の過程 8,000 回後に、下溝に挿入したガスケットの脱落が認められたため、数箇所の接着剤塗布によって固定した。試験後は、戸車、レールその他に異常は認められなかった。試験の結果は適合であった。

この試験でも、ロックの解錠・施錠の操作は含まれていないが、使用したクレセント型ロックのクレセント受け固定用木ねじ本数を4本(従来2本)にして(**写真9**)、スギの木ねじ保持力の弱さを補っている。このため、開発サッシのロック部は、繰り返し使用に十分耐えたと考えている。



写真 13 開閉繰り返し試験中のスギ集成材製引違い戸型サッシ

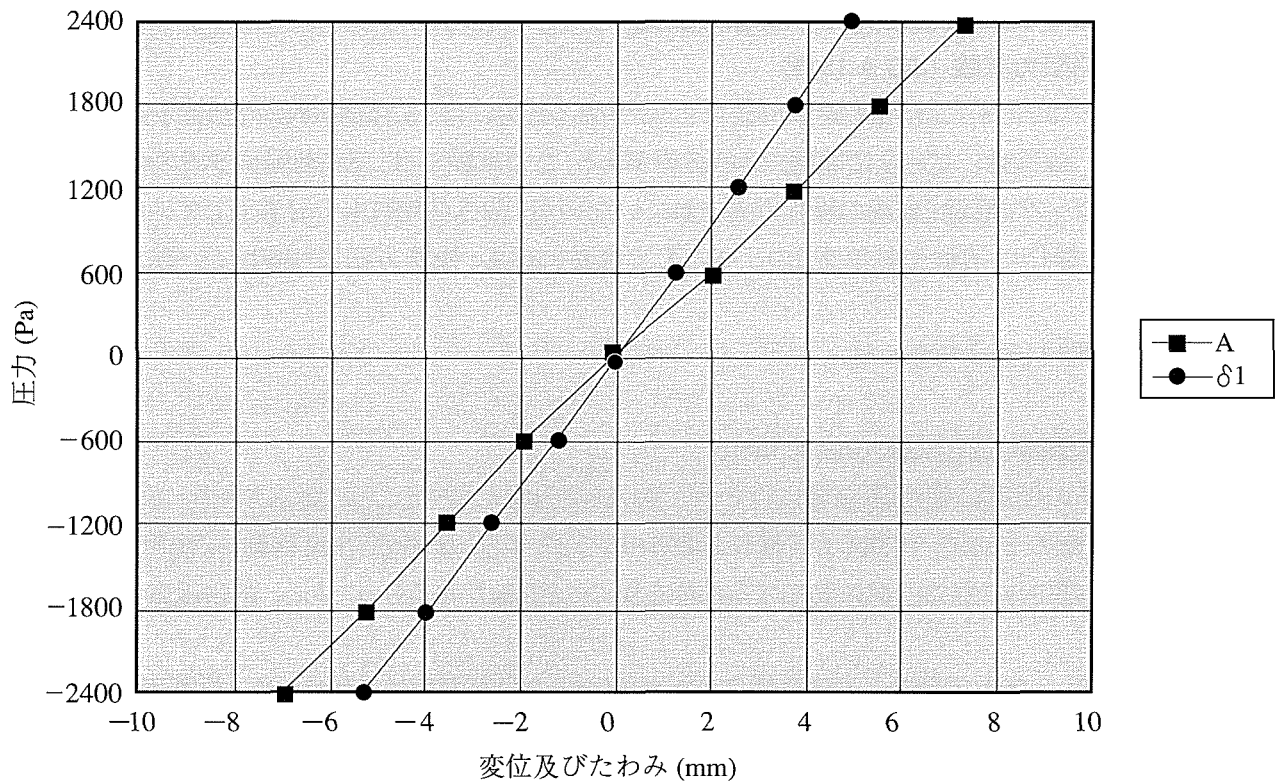


図8 耐風圧性試験における圧力と召合わせかまちの変位(A)及びたわみ(δ1)の関係

注) 最大変位(率) : 7.4mm(1/190) [適合基準値 \leq (1/70)]

最大たわみ(率) : 5.2mm(1/258) [適合基準値 \leq (1/100)]

5.2.3 耐風圧性試験 (JIS A 1515)

公共建物は、個人の住宅に比べて大規模で窓の数が多くなる傾向があると推定される。したがって、建物や内部にいる人々の安全を確保するため、サッシは強風時にもその風圧に十分耐える必要がある。スギ材は低比重であるため、かまち材あるいは枠材として弱いですが、面外変位はJISに規定される範囲に収まる必要がある。

試験による圧力と変位及びたわみの関係は図8のようになり、S-5等級に適合した。この等級は、木製サッシとしては標準等級の1等級上になり、高層で使用することが可能となる等級にあたる。

5.2.4 気密性能試験 (JIS A 1516)

サッシ性能試験項目の中で、水密性能と並んで重要なのがこの性能である。気密性能は、断熱性能と密接な関連があり、冷暖房エネルギーコストや有毒ガス漏れ災害時の避難場所の窓としての安全性にも影響する。

気密材に耐久性の高いエチレンプロピレンジエンモノマー (EPDM; エチレンプロピレンゴム) を使用しているが、A-4等級に適合した。これは、木製サッシとして標準的クラスにあたる。

5.2.5 水密性試験 (JIS A 1517)

窓から暴風雨時の水浸入がないことは、当然期待される。引違い戸型サッシにおいて、ロック機構を簡便化することは、この水密性を低下させやすい。本試験調査でも、最も関心が高い試験項目がこれである。召合わせ部分の水密性改善、アルミレール型の改良や排水弁の採用など幾多の改良を重ね、今回の試験は4度目の受験であるが、これまでは、枠外へのあふれ出しがあり、どの等級にも適合しない状況であった。

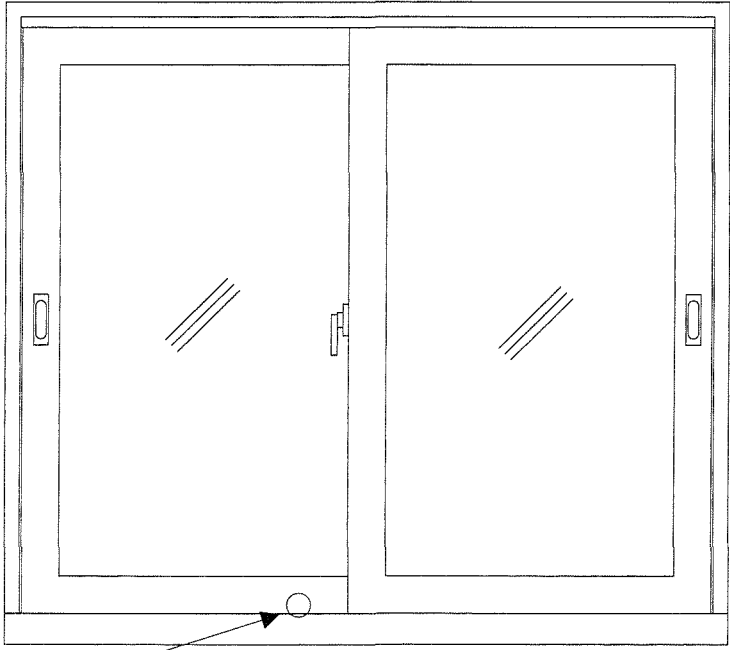
今回は、排水弁付近での泡立ちが認められたが躯体内漏水は認められず(写真 14)、W-3等級に適合した。この等級適合は、木製サッシとしては標準的であるが、クレセントロック引違い戸型としては、おそらく最高等級到達と思われる。本試験の結果を表3に示す。



写真 14 水密性試験中の敷居付近の状況

表3 開発したスギ集成材製引違い戸型サッシの水密性試験結果

Data 2 水密性試験結果

商品名	加圧方法	圧力持続時間	噴霧水量	試験日
シー・ティ・エス(株)社製 スギ製引き違い戸	脈動圧	10 min	4 ℓ/㎡・min	平成 14年 6月 7日
観 察 結 果			記号	
圧力差 (中央値) Pa	250		……不合格となる現象…… ● : 枠外へのあふれ出し ⊙ : 枠外へのしぶき ⊠ : 枠外への吹き出し ⊡ : 枠外への流れ出し ……合格範囲内の現象…… △ : にじみ出し ○ : 泡立ち ⊕ : しぶき ⊞ : 吹き出し ⊣ : 流れ出し	
上 枠 と か ま ち 間	異常なし			
下 枠 と か ま ち 間	異常なし			
た て 枠 と か ま ち 間	異常なし			
召 合 せ 部	異常なし			
そ の 他	○			
内観図				
				
排水弁付近での泡立ち				
※ 躯体内漏水は認められなかった。				
〔 下枠水位： 内障子内レール側 12mm 外障子内レール側 7mm、外レール側 5mm 〕				
所見	W-3 等級に適合する。			

5.2.6 戸先かまち強さ試験 (JIS A 1522)

障子戸先に一定の力(5.1kgf(50N))を加えて開閉させるわけであるが、このときかまちが有害な変形をしてはならない。JIS A 4706(2000) サッシ(Windows)では、スライディングサッシに対して面内方向のたわみ1mm以下、面外方向のたわみ3mm以下と規定している。

この試験の結果は、面内たわみ 0.3 mm、面外たわみ 0.6 mmであって、適合であった。スギ集成材はサッシに使える十分な強さを有することが示された。

5.2.7 遮音性試験 (JIS A 1416)

学校等公共的建物では、外部から騒音の影響を受けず静穏であることが要求されるであろう。今回開発したスギ製引違い戸型サッシを建材試験センターにおける試験に供した。

試験の結果は、T-1等級適合であった。これは、125Hzでは10dB以上、500～4000Hzでは25dB以上の音響透過損失をもつことを保証するものである。

5.2.8 断熱性能試験 (JIS A 4710)

公共建物でよく見られる大規模な建物の場合、冷暖房エネルギーコストの低減が設計に採用されるポイントの一つになる。木製サッシは、この点に優れるため、採用には有利であるが、性能の保証は求められる。

本試験項目の結果は、H-4等級に合格し、気乾時においては $0.344\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 以上の熱貫流抵抗値を有することが証明された。なお、木材は含水率が上昇するにつれて断熱性が低下する²⁾ため、防水塗装が不可欠であり、防水性能の比較的高い半造膜型塗料(アグゾノーベル(オランダ)製シッケンズ・セトール HLS(ライト・オーク色)、デンマーク製サドリン・エキストラ(パイン色)など)を上塗りとして、下・中塗りの浸透型塗料(デンマーク製サドリン・クラシック(パイン色)など)と組み合わせた塗装系の採用を検討しなければならない。

防水塗装(上塗り)の再塗装時期の判断は、障子の使用初期重量を記録しておき、定期的(梅雨あるいは降雪期)に重量を測ることによってかまち材の含水率を推定し、含水率 20%を超える時点が目安となろう。参考までに、資料5に浸透系、半造膜系、造膜径塗料で塗装したスギ板材の南面垂直暴露時の含水率変動を示す。

再塗装による使用上の不便は、使用者に負担感を植え付けるだけに、最低約7年の塗替えまでの期間(小学校在学期間以上)が期待されるところである。それより早い時期の再塗装には、乾燥した閑散期(たとえば夏休み)など、時期を選ぶ必要がある。

表4 開発したサツンの断熱性試験の結果

Data 1 断熱性能試験結果

測定回		第1回	第2回	第3回	
断熱性能試験結果	発熱量 Q (W) {kcal/h}	149.5 {128.6}	149.6 {128.6}	149.6 {128.6}	
	試験体周壁からの流出熱量 Q _w (W) {kcal/h}	5.5 {4.7}	5.5 {4.7}	5.5 {4.7}	
	試験体通過熱量 Q _t (W) {kcal/h}	144.0 {123.9}	144.1 {123.9}	144.1 {123.9}	
	冷却側空気平均温度 θ _{ca} (°C)	-0.1	-0.1	0.0	
	試験体平均表面温度	冷却側 θ _{cs} (°C)	2.7	2.7	2.8
		加熱側 θ _{hs} (°C)	13.3	13.2	13.2
	加熱側空気平均温度 θ _{ha} (°C)	20.0	20.0	20.0	
	試験体両側空気平均温度差 θ _{ha} -θ _{ca} (°C)	20.0	20.1	20.0	
	試験体熱流通過面積 A (m ²)	2.576 (1.700× 1.515)			
	熱貫流率 U = Q _t /((θ _{ha} -θ _{ca})·A) [W/(m ² ·K)] [kcal/(m ² ·h·°C)]	2.79 {2.40}	2.79 {2.40}	2.80 {2.41}	
熱貫流抵抗値 R = 1/U (m ² ·K/W) {(m ² ·h·°C/kcal)}	0.36 {0.42}	0.36 {0.42}	0.36 {0.42}		
判定	B L規定の1型に適合する。				
備考	<p>1)空気温度の設定は冷却側(室外側) θ_{ca}を0°C、加熱側を(室内側) θ_{ha}を20°Cとした。</p> <p>2)試験体表面の熱伝達抵抗の設定 あらかじめ標準板(硬質塩化ビニル樹脂板 厚12mm)を取り付けた状態で表面熱伝達抵抗が次の数値になるように加熱箱内および冷却室のファンを設定した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・加熱側 : 0.11 [(m²·K)/W] 試験体表面風速 約 0.3 [m/sec] ・冷却側 : 0.04 [(m²·K)/W] 試験体表面風速 約 3.0 [m/sec] <p>3)ウレタンフォーム断熱材よりの流出熱量 Q_w は次式より求めた。 $Q_w = \lambda (\theta_{hs} - \theta_{cs}) A' / d'$ [W] ここに、 λ : 熱伝導率 [W/(m·K)]、 d' : 厚み [m] θ_{hs} : 加熱側表面温度 [K]、 θ_{cs} : 冷却側表面温度 [K] A' : 加熱箱に囲まれた部分の面積 [m²]</p> <p>4)平均熱貫流熱率を示す。 2.79 W/(m²·K) [2.40 kcal/(m²·h·°C)]</p>				



写真 15 断熱性試験での温度センサのセッティング

5.2.9 金具・レール類のコスト比較評価

今回試作開発したサッシ寸法 W1700×H1515 mmと同寸法で、木材、金具・レール類と気密増強材に分けたコスト比較を表4に示す。今回開発したスギ集成材を使用した高水密クレセント型引違いサッシは、トータルで約43%のコストダウンがなされ、販売競争力が生みだされた。しかし、スギ集成材45,800 円は依然高く、見積定価に占める百分率は18%となった。このため今後、サッシ用スギ心材集成材の製造コストの引下げ努力が必要である。

スギラミナ原板(厚さ 35 mm)から集成材の歩留まりは 30%前後で、原木から集成材の歩留まりは、15~20%と推定される。このため、集成材の納材価格を 40 万円/ m³とすると、辺材混入材の販売が見込めない場合の損益分岐原木購入単価は、4~5万円/m³と推定される。

表4 引違い戸型サッシのロック機構別のコスト比較 (ヘーベシーベ型基準%, [金額])

ロック機構	木材(樹種;単価)	金具・レール類と 気密増強材料	見積定価
高水密 クレセント型	83 (スギ集成材;400,000 円/m ³)	26	57 [250,000 円]
従来 オルフェア型	73 (ベイマツ ; 350,000 円/m ³)	68	86 [380,000 円]
従来 ヘーベシーベ型	100 (ベイマツ ; 350,000 円/m ³)	100	100 [440,000 円]

注) サッシ寸法 W1700×H1515 mm

6. 実用化の見通し

この試験調査事業で得られた結果から、開発したスギ製引違い戸型ウィンドウについては、つぎのような実用化の見通しが得られた。

- 1) 各地で用途拡大が求められているスギ材を原材料として、操作性のよい引違い戸型をターゲットにサッシの開発を進めたので、設計に採用される可能性が高い。
- 2) ラミナにスギ心材のみを用いることによって耐朽性を高めた木製サッシを製造する方法を採用した。このため、製品は低毒性でリサイクル性が高くなり、学校等の公共建物の設計に採用される可能性が高い。
- 3) 多湿な気候に耐えるスギ材に適した塗装系を選択することによって、長期の耐用期間（耐候耐久性、接着耐久性）を確保できる見通しを得た。
- 4) 学校、体育館、集会施設などの公共建物の窓に求められる水密性、気密性、遮音性の基準を十分クリアし、これらの建物設計に採用される可能性が高まった。
- 5) 前項の各種機能を長期間保持するには、使用環境下で狂わないという寸法安定性が求められる。3) の塗装系を用い木材含水率上昇を抑制することと、スギラミナ原板を仕上がり含水率 $8 \pm 2\%$ に管理することによってこれが達成でき、機能耐久性が確保できる見通しを得た。
- 6) 構造的に簡易なクレセント引違い戸型を採用して、ロック金具やアルミレールなどのコストをほぼ1/4に圧縮したため、コスト競争力が高められた。

7. 今後の対応

- 1) この仕様の製品を生産するには、大量の無節心材スギラミナ原板を集める必要がある。スギ原木は等級によって価格が大きく跳ね上がるため、可能な等級原木から地道に原板を集める工夫によって、材料コストの圧縮を図る必要がある。また、大量発注に対しては、複数の事業者が日頃から可能な在庫量を持ち合うことによって、納期内納品が可能になる体制をとる必要がある。
- 2) 公共建物には、一定の耐火性能が求められる。開発したスギ製サッシにも20分以上の耐火性能を有することが望まれると思われるので、20分間の遮炎サッシの認定を取得したい。これによって、設計採用性をより高めたい。

8. 特筆すべき成果

- 1) スギ製クレセント引違い戸で、耐風圧性S-5等級、気密性A-4等級、水密性W-3等級、遮音性T-1等級、断熱性H-4等級の高性能を有するものが開発できた。とりわけ、耐風圧性および遮音性で木製サッシに要求される標準性能⁴⁾を上まわった。
- 2) 防腐剤等を加圧注入せず、スギ心材のみを用いてサッシ用材の耐朽性を高めるといふより環境に配慮した設計を採った。
- 3) 木材や金具・レール類のコスト圧縮により、同等の従来品（ヘーベシーベ型）と比べて約43%のコスト削減ができ、販売力が高められた。

9. 試験調査委員会委員

委員長	長谷川 益夫	富山県林業技術センター	副主幹研究員
委員	在原 誠人	設計工房「住空間」	代表
委員	稲垣 幸二	稲垣製材(株)	代表取締役
委員	上田 邦成	上田建築設計事務所	副所長
委員	朝日 毅	シー・ティ・エス(株)	代表取締役

10. 技術者

主任技術者	朝日 毅	シー・ティ・エス(株)	代表取締役
技術者	雪丸 洋一	〃	製造部
技術者	斉藤 伸一	〃	製造部

11. 他からの指導または協力事項

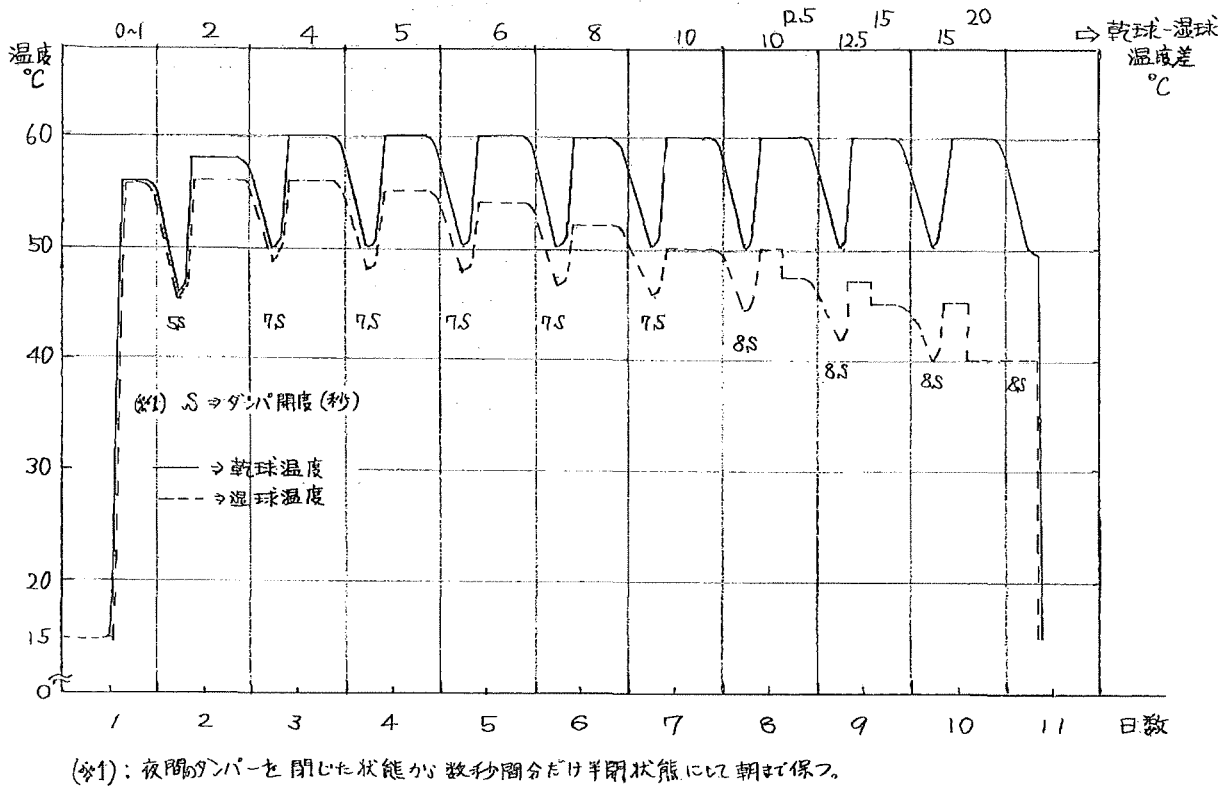
耐久性付与加工に関する技術 長谷川益夫 富山県林業技術センター 副主幹研究員

12. 参考文献

- 1) 世界の有用木材 300 種編集委員会：世界の有用木材 300 種－性質とその用途，日本木材加工技術協会，12-13，20-21(1975).
- 2) 改訂 3 版木材工業ハンドブック編集委員会：改訂 3 版木材工業ハンドブック，農林水産省林業試験場，111-113(1991).
- 3) 長谷川益夫：富山県産スギ 3 品種中径材の材質特性(第 1 報) 一気乾比重，平均年輪幅，材色，吸水量，注入量一，富山県林業技術センター研究報告，11，29-34(1998).
- 4) 日本住宅・木材技術センター：マニュアル作成事業報告書(木製サッシ設計・製造・性能規格等)，13-14(1998).
- 5) 長谷川益夫：木材表面を雨・風から守る，とやまの林業木材技術 Q & A，110-111(2000).
- 6) 長谷川益夫：県産スギに適した保護着色塗料を求めて，樹，59，11-12(2002).
- 7) 松岡昭四郎ほか 5 名：浅川実験林苗畑の杭試験(3) 各樹種の野外杭試験による耐朽性調査結果，林業試験場研究報告，232，109-135(1970).
- 8) Masuo Hasegawa：Climate Index of Wood Decay in Japan and Toyama Prefecture, High-Performance Utilization of Wood for Outdoor Uses, 15-25(2001).

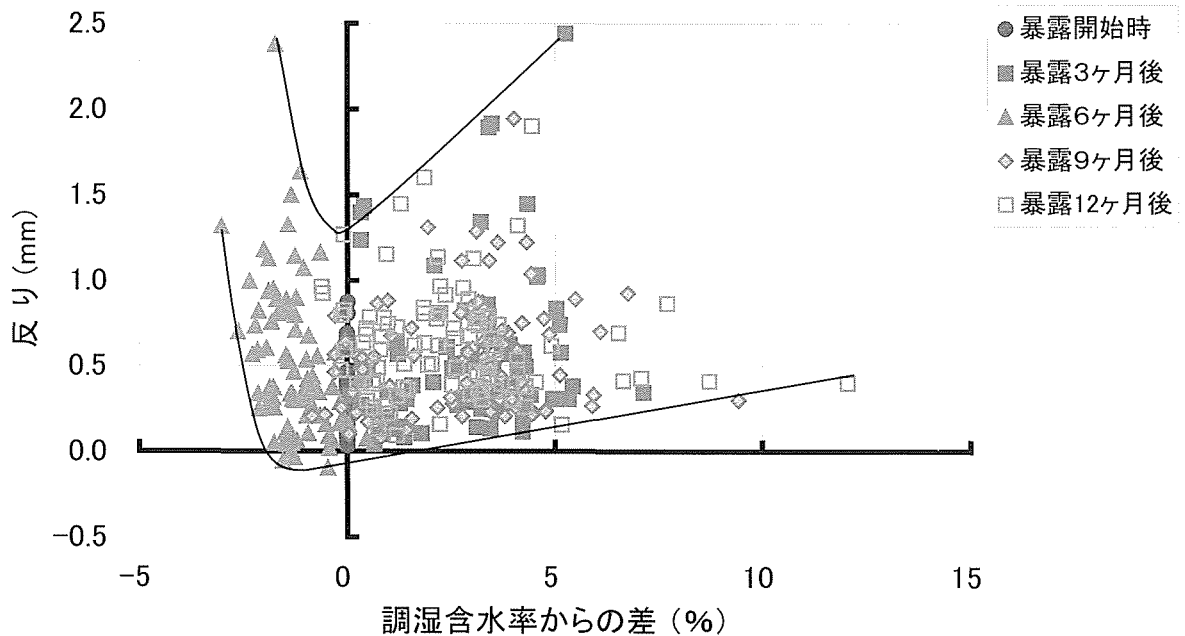
13. 参考資料

資料1 スギamina原板の乾燥スケジュール(新宮市 稲垣製材(株))

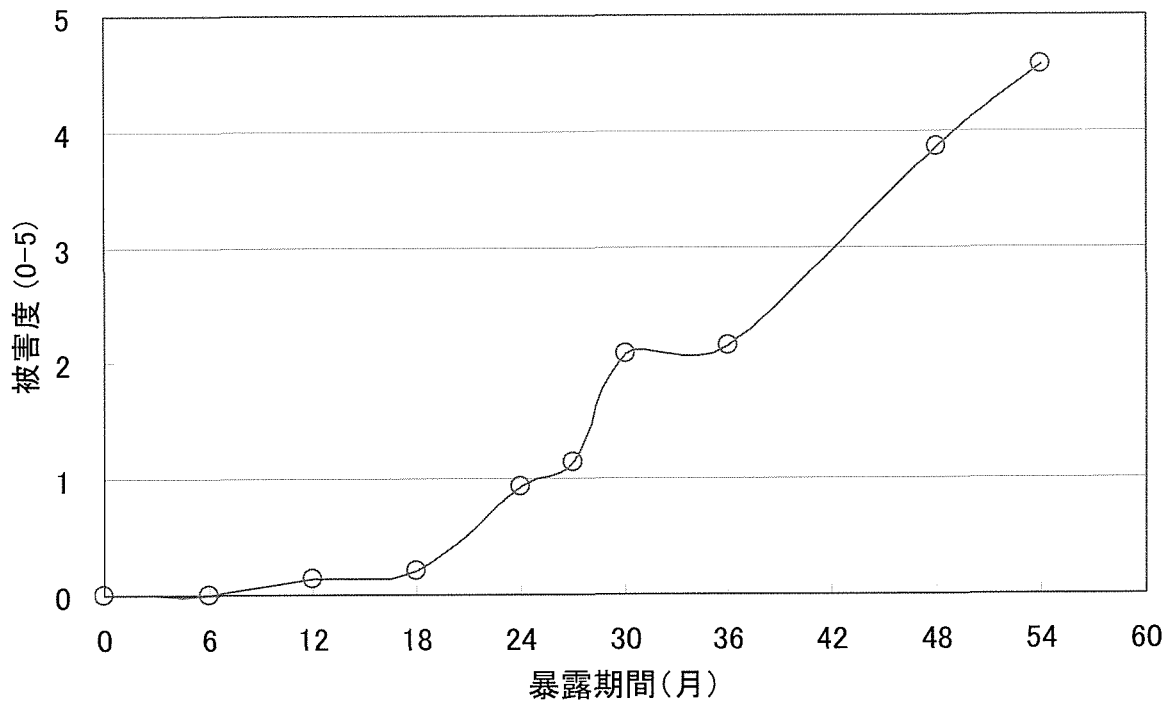


資料2 塗装スギ板目板の屋外暴露下における含水率と反りの関係(調湿平衡含水率 12.4%)

(長谷川益夫、未発表)



資料3 スギ辺材の空中水平置きでの腐朽進行(長谷川益夫、未発表)



資料4 ヨシノスギ辺材のコンクリート上水平置きと接地での腐朽被害度変化(文献8)

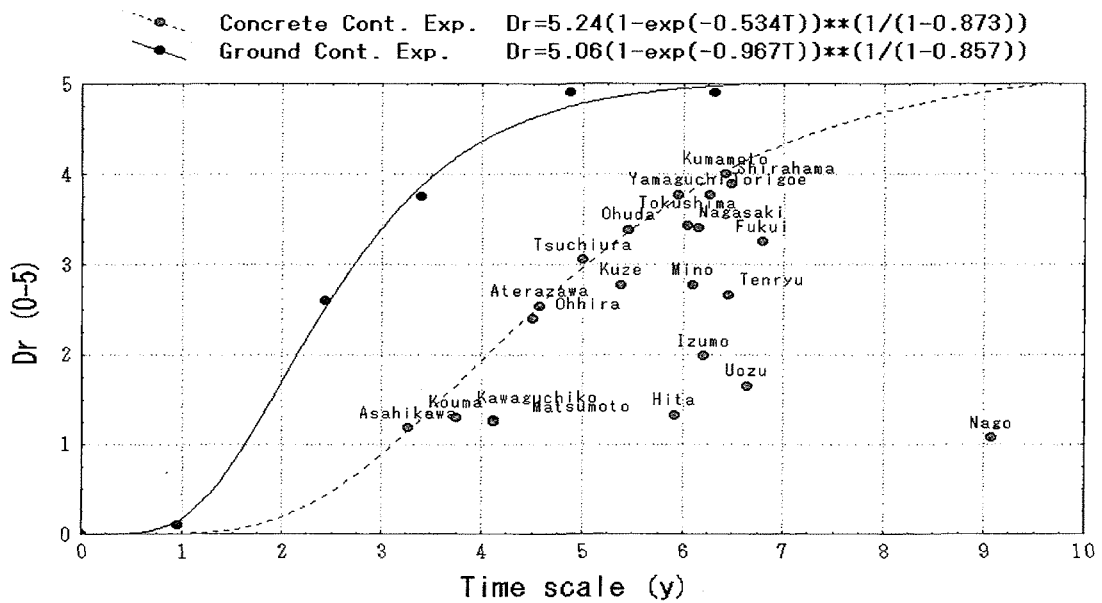
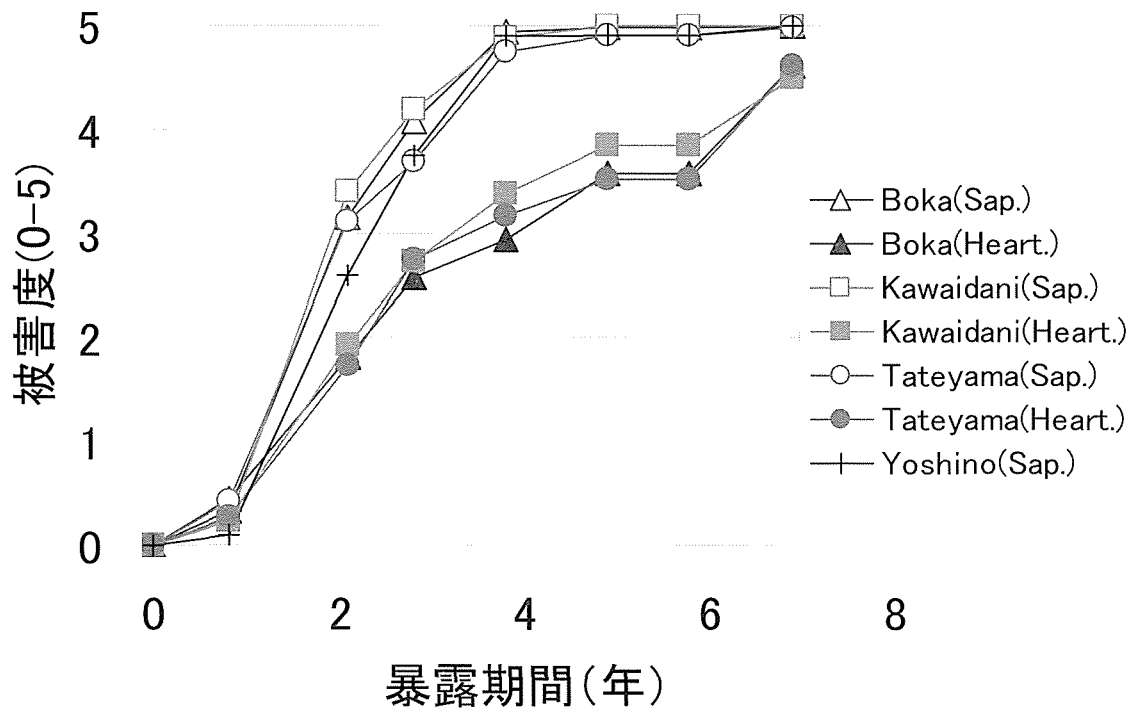


Fig. 5. Relationship between regression formulas of concrete contact exposure and ground contact exposure.

Note: Time scale (y) Relative value of CI', letting Tsuchiura's CI' is equal to 5 years.

$$CI' = \sum_{\text{Jan.}}^{\text{Dec.}} \frac{(t-2.0) d}{16.7}$$

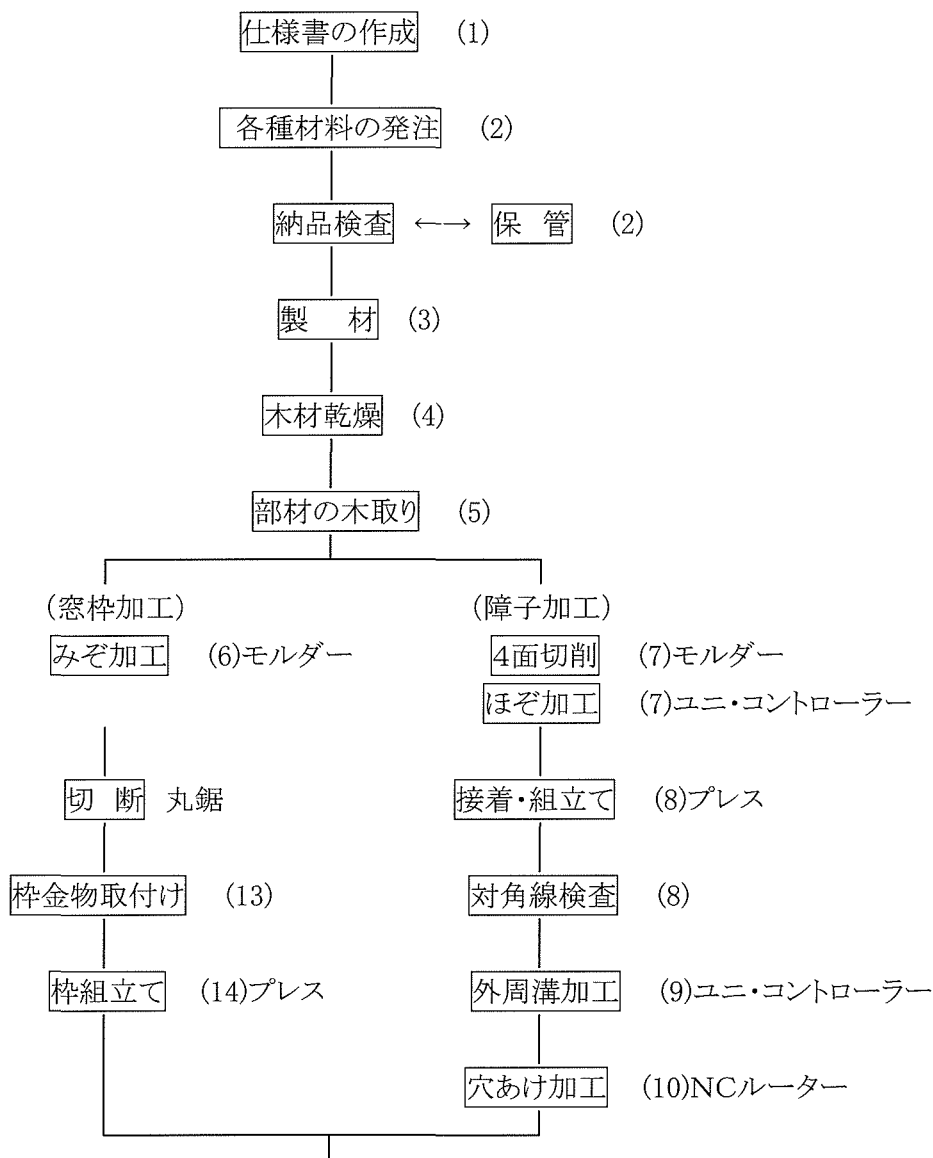
資料5 富山県産3品種スギ材の野外杭試験での被害進行(長谷川益夫、未発表)



資料6 木製サッシの製造方法 (シー・ティ・エス株)

作業フロー

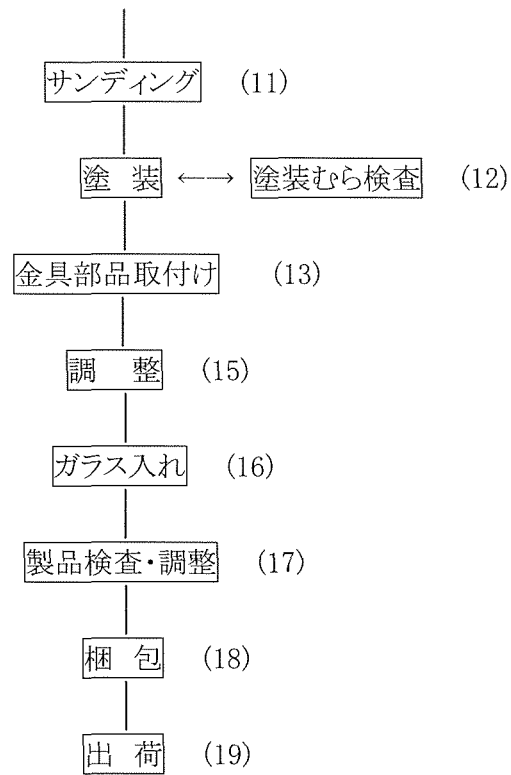
(#): 要点と注意事項の番号(内容記述は次項)



(つづく)

(つづき)

(#): 要点と注意事項の番号(内容記述は次項)



木製サッシ製作の手順ごとの要点と注意事項

(1) 仕様書の作成

確定した承認設計図に基づき、窓番、窓種、サイズ、木材部材、部品(金具等)、ガラスの種類・寸法吊元(左右)、ハンドル位置(高さ)、枠溝加工、塗装仕様、網戸(枠の材質、ネットの種類)について、詳細に製作指示書を作成する。

(2) 各種材料の発注／納品検査／保管

必要品目別に、必要量と在庫量を確認して、発注量を決めて発注する。納期とコスト、品質を考慮して仕入れ先を選び、納期のかかるものは、最優先に手配する。ガラスは納入日を取り付け予定日の3日～4日前になるよう指定する(返品は着日から5日以内)。レール、金具は指定された色を確認し、発注する。

検品は、納品受取り時に開梱してすぐに行い、品種別に、品質と数量、サイズを発注書に基づいて行う。

種類違い、数量違い、品質不良は、直ちに発注先へ連絡する。受け入れ資材は、受入日を記して、所定の保管場所に移す。

資材、部品によっては窓番号を記入して、その物件に必要な品はすべて揃えて、製造部に渡す。

(3) 製材

辺材、未成熟材、腐れ、割れ、腐りを避ける。曲りを見て、できるだけ目切れを生じないようにする。乾燥歩減り(約5%)、削り代(3mm)を考慮した寸法に鋸断する。

(4) 木材乾燥

製材された木材を、水平横方向の隙間が等しくなるように並べ、栈木は水平縦方向の間隔を等間隔に、しかも上方向の位置を揃えて各層飛ばさずに入れる。栈積みの上に押さえ重りを載せて、送材車を乾燥庫内に静かに入れる。木材に含水率測定用の検針を設置するのを忘れないこと。

スケジュール表に従い、毎日始業時と終業時に検針数値を記入し、制御条件を維持または再設定し、乾燥機の管理を行う。栈積みをばらして、仕上がり含水率を、含水率計を使って全数検査する。8±2%に管理する。含水率11%を超えるものは、再度栈積みし乾燥する。

(5) 部材の木取り

仕様書・製作指示書に従って、材面をよく観察して辺材、節、ヤニつぼ、傷等を避け、正確に寸法切りする。湾曲ぎみの角材は手押しかなをかけ真直ぐに正す。

(6) みぞ加工

4面切削時の部材の幅、厚み寸法許容差は±0.5mm以下とする。

(7) ほぞ加工 / 外周溝加工

木製サッシ専用加工機‘ユニコントロール10’により、ほぞ取り加工、溝取り加工、ガラス押し縁製造加工を同時に行う。刃物の摩耗状態を、加工に入る前によく観察し、摩耗している場合はチップを正しく交換する。そのほか、加工材に傷、欠けが生じないように注意する。

(8) 接着・組立て

枠や障子は、ほぞ部分に接着剤をつけプレス機で組立てる。組立てた製品の対角2隅をつなぐ2本の対角線の寸法をそれぞれ測り、許容差の1 mm以内であることを確認する。四隅の角度は直角 90°に正しく調整する。はみ出した接着剤は残らず拭き取る。接着剤が硬化するまで、枠の四隅をクランプで6時間以上圧縮する。

(9) 外周溝加工

ユニ・コンローラーで、ギア取付け溝、タイト材挿入溝、戸車取付け部などの切削加工をする。

(10) 穴あけ加工

ハンドル、引き手、ギア、戸車設置部分の穴開け加工は、位置、寸法情報を精確にNC(数値制御装置)に入力する。また、障子の下かまちに水抜き穴をあけ、水が室外がわの下レールに抜けるようになる。刃物の摩耗状態を、加工に入る前によく観察し、摩耗している場合はビットを正しく交換する。

(11) サンディング

障子や枠の汚れをとり、表面を美しく滑らかにし、塗装準備をする。繊維方向にグリット目を合わせる。

(12) 塗装／塗装むら検査

はけ塗りで行う。傾斜塗装台を使って特に木口に十分吸うだけ塗料を吸わせる。中塗り、上塗りでは色むらや垂れを生じないように塗布する。

(13) 枠金物取付け／金具部品付け

専用の金具仕様にに基づき、戸車、ガスケットその他部品をとりつけていく。

(14) 枠組立て

敷居カバー、追加型材、ガイドレールなどのアルミ部材、ゴムなどを取付け、枠を組立てる。縦枠内側に戸当りを付ける。付け枠のある場合はルーターで溝加工をする。溝の深さ、幅、位置など図面を注意深く見る。取付けの為にL金物を付ける場合もある。

(15) 調整

枠に障子をはめ込み開閉しながら動きをみる。枠との間隔を確かめる。2枚の障子が両脇に押し出されるように調整しながらクレセントを付ける。枠との気密性が高まるように。引き戸中央部、左右の障子の縦框の重なる部分から空気が入りやすい為、2本の召し合せとタイト材を付けるが、気密性能が失われないように位置を設定する。

(16) ガラス入れ

ガラスの種類を指示書どおりか確かめる。傷がないことを確認する。ガラスの種類と窓番号を指示書にしたがって組み合わせる。マークが室内側、右下に来るようにはめる。押し縁をビスで止める時は先に細いドリルで穴を空けてから、ガラスを割らないようにビスを打つ。ガラス押し縁の45°の4隅は段違いにならないように美しく隙間のないように止める。

(17) 製品検査・調整

各寸法測定(許容差±1 mm以内)。作動状態。割れ、傷、塗装むらの有無。複数の社員で確認しながら、社内検査表に検査結果を記入する。

(18)梱包

包装前に、ガラスを清掃し、下レールのゴミを取り除き木部は粉などを拭き製品を美しくする。パレットフィルムで保護するように、製品に巻く。ごみを入れないように注意する。

混載便で送る場合は、木枠に入れる。このとき本体は、ミナパックで幾重にも巻き、クッション材を配置する。

(19)出荷

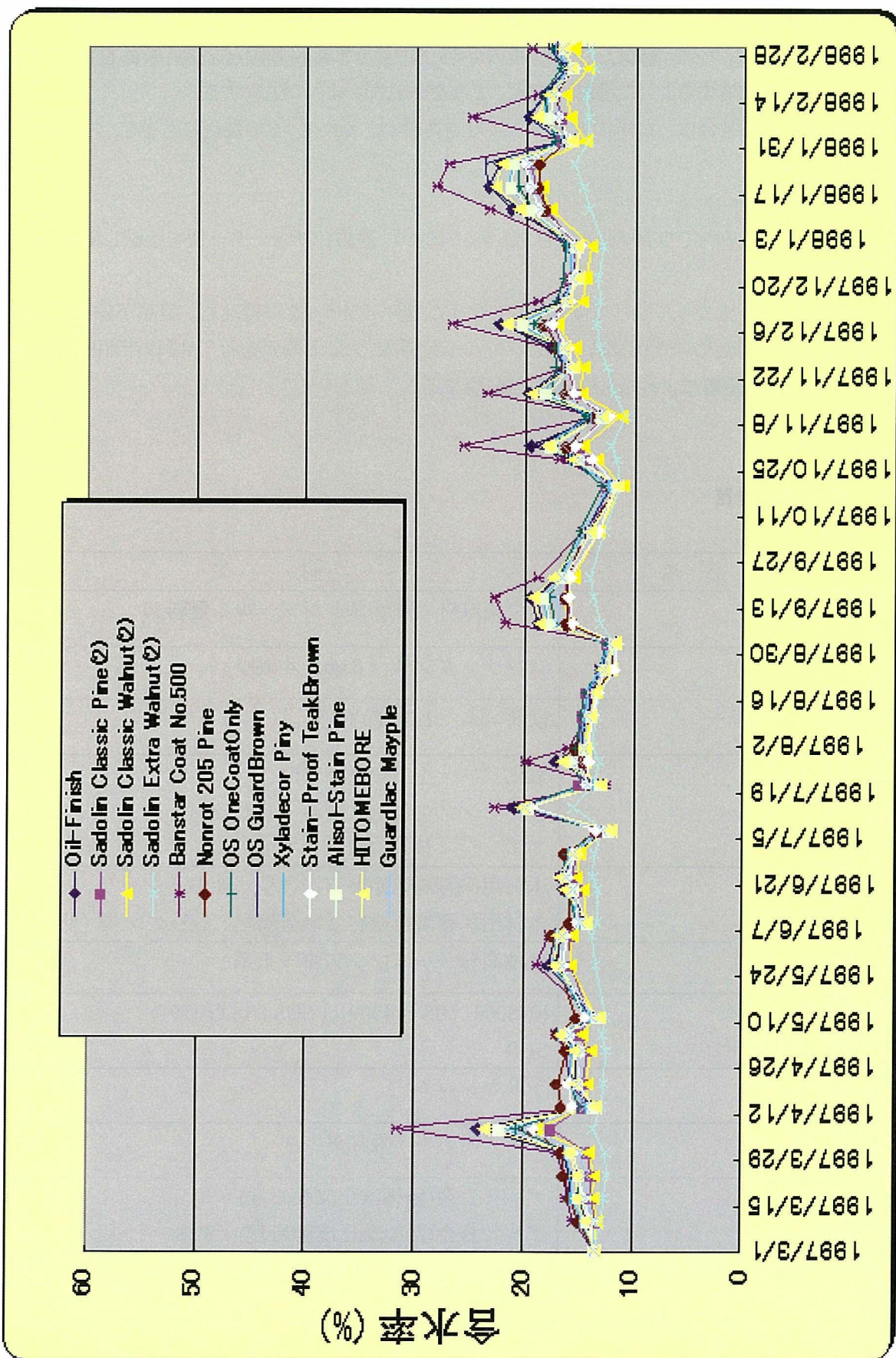
原則として、県内で少量のときは自社トラックにより、遠方はチャーター便を手配し積込みは業者に任せる。

製品は、落としたりぶつけて傷つけないように、静かにトラックに積込む。製品が輸送コンテナ内で倒れたり、がたついたりしないように、クッション挿入、バンド固定を行う。操作手順は、製品の種類や寸法、輸送距離によって、きめ細かく配慮する。

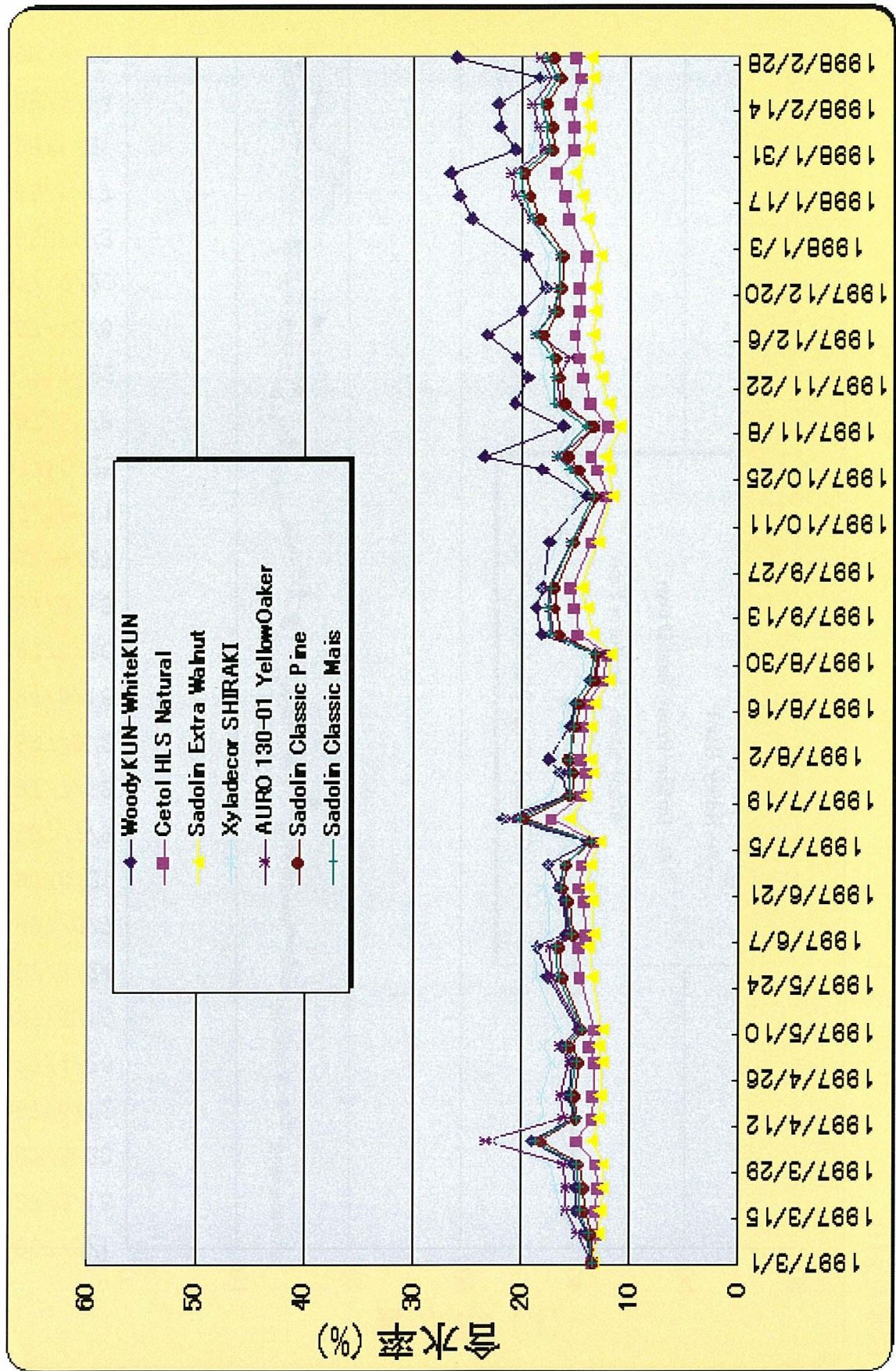
各部品の材質

部 品 名	材 質
木 材	スギ集成材（乾燥スケジュール：資料1）
ガラス	フロートガラス（3mm、4mm厚）
枠組スペーサー	硬質ゴム（EPTゴム）
タイト材	塩化ビニール（JIS K 5756） エチレンプロピレンゴム（EPDM） スポンジ（EPO）
塗 料	木材用保護着色塗料（浸透型：サドリン） 木材用保護着色塗料（半造膜型：シッケンズ／サドリン）
接着剤	水性高分子－イソシアネート系
ボルト、ビス ガラス押縁用ビス	SUS304（JIS G 4309）、SUS（JIS G 3101） SUS
コーキング	シリコンゴム
戸 車	ダイキャスト＋亜鉛メッキ
トップガイド 敷居カバー	アルミ合金（陽極酸化皮膜処理） アルミ合金（陽極酸化皮膜処理）／SUS
クレセント・クレセント受け	SUS304／ZDC2・SUS304／ZDC2

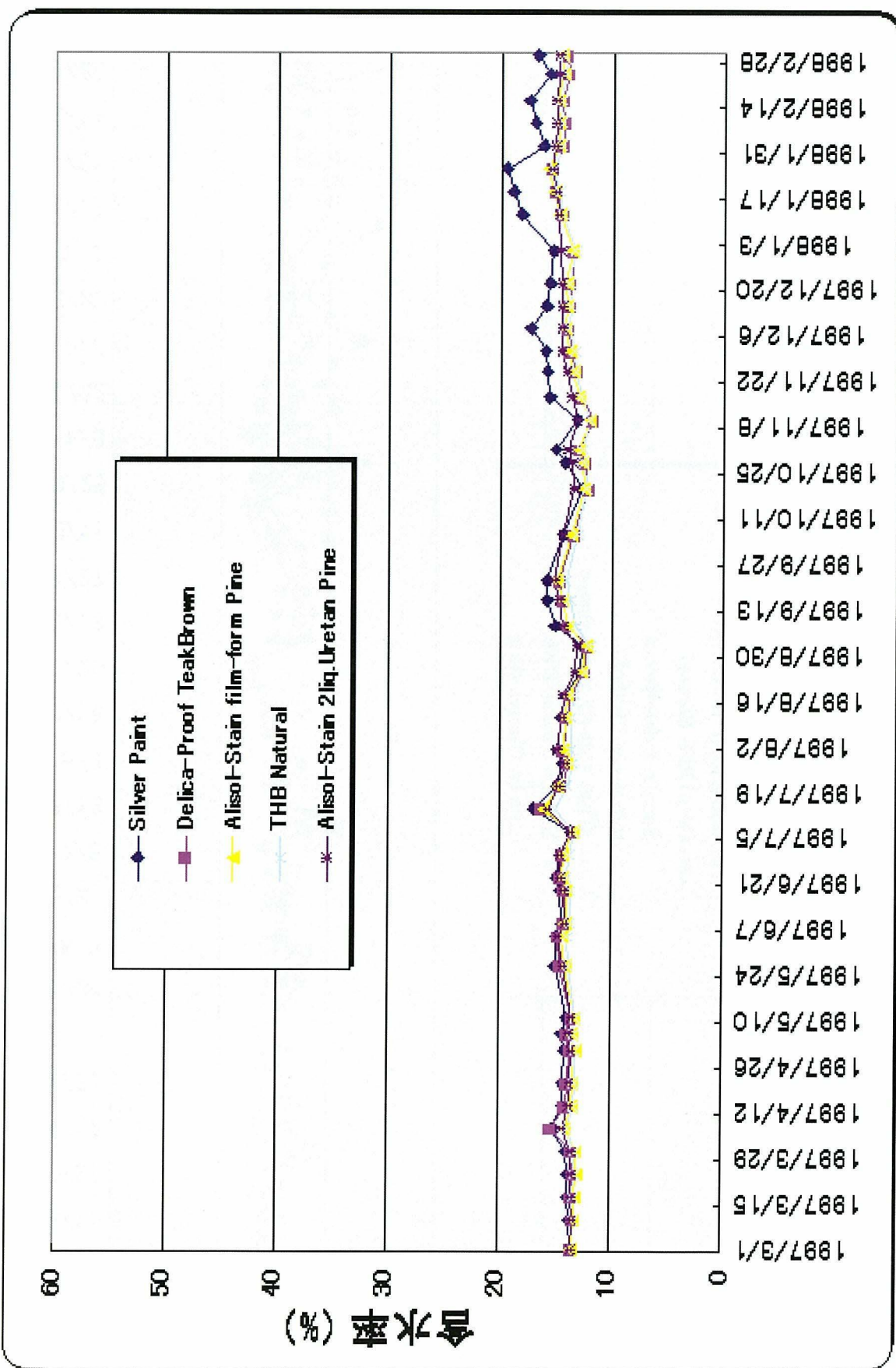
資料 7 塗装スギ板の 1 年間の含水変動 (長谷川益夫、未発表)
(浸透型塗料)



(半造膜型塗料)



(造膜型塗料)



1325 高耐久性スギ構造用材料の低コスト化のための試験調査

課題番号：1325

高耐久性スギ構造用材料の低コスト化のための試験調査

トリスミ集成材株式会社

要旨

木材の横圧縮大変形を応用した新たな薬剤注入処理技術であるロールプレス液体中圧縮法は、薬剤溶液中で、高含水木材を圧縮・浸せきすることによって、細胞内腔中の自由水と薬剤を置換する技術である。この手法の利点は、注入前の乾燥工程の省略によるエネルギー、加工時間、コストの低減および加工材に生じる不具合の抑制や、連続加工などが挙げられる。

本試験調査では、本技術の実用化に向けて以下の点に着目し、実験を行った。

- (1) システム化：低コスト、省スペース、簡便な操作を実現するために、小規模工場でも実施可能なロールプレス装置を開発し、経済的に機能する処理システムを構想する。
- (2) 幅広い材料への適用：従来の薬剤注入技術で難注入材とされている樹種への適用を試みる。
- (3) 高耐久・高強度化：防腐・難燃薬剤を注入した単板を用いた木質材料について、薬剤効力ならび強度性能の評価を行う。

キーワード

薬剤注入処理, スギ, 難注入材, 生材, ロールプレス, ACQ, フェノール樹脂, 難燃薬剤, LVL, 脱水, 乾燥, 注入効果, 強度性能

目 次

1. はじめに	1
2. 試験調査の目的	1
3. 試験調査の内容	1
4. 試験調査の日程	2
5. 試験調査の結果	2
第1章 ロールプレス法を応用した木材への新規液体注入処理	3
第2章 ロールプレス液体中圧縮法を用いた生材への薬剤注入処理 ～レース単板および挽板への液体注入効果～	21
第3章 ロールプレス液体中圧縮法を用いた生材への薬剤注入処理 ～注入単板を用いて製造した木質材料の性能評価～	56
6. 実用化の見通し	67
7. 今後の対応	67
8. 特筆すべき成果	69
9. 試験調査委員会 委員	69
10. 技術者	69
11. 他からの指導又は協力事項	70
12. 参考文献	70

高耐久性スギ構造用材料の低コスト化のための試験調査

トリスミ集成材株式会社

1. はじめに

平成 12 年度から、住宅の基本構造部分について 10 年間の瑕疵担保責任が義務づけられ、これに対応するため、土台などの床下構造部材についても、防腐・防蟻処理された構造用木質材料（LVL、集成材など）の需要が高まっており、低コストな製造方法の開発が急務となっている。また、国産材の活路を開拓するには、革新的な加工技術を開発し、低コストで加工品に高い付加価値を付与し、木材生産を経済的に十分機能させることが重要となる。

水分を大量に含む生材を、予備乾燥することなく、薬剤溶液中でロール圧縮することによって、内腔中の自由水を薬剤水溶液に置換することが可能となり、木材の薬剤処理において、飛躍的なコスト削減が期待される。

本試験調査では、新規薬剤注入技術を用いて、スギロータリー単板およびスギ挽板への薬剤注入を試み、各種薬剤処理単板を用いて高耐久性構造用木質材料を試作し、その強度、生物劣化抵抗、寸法安定性能を確認した。さらに、これらを床下用構造部材、エクステリア部材としての可能性を模索した。

2. 試験調査の目的

木材の横圧縮大変形を応用した新たな薬剤注入処理技術であるロールプレス液体中圧縮法を用いて、高耐久性スギ構造用材料を製造することを目標に、この方法の前後工程を含めたシステム化の構想、加工条件が木材への薬液注入効果に及ぼす影響ならびに薬液注入単板で製造した木質材料の性能を調査することを目的とした。

3. 試験調査の内容

大きく分けて次の 3 項目の試験を実施した。

- (1) ロールプレス法を応用した木材への新規液体注入処理
- (2) ロールプレス液体中圧縮法を用いた生材への薬剤注入処理
～レース単板及び挽板への液体注入効果～
- (3) ロールプレス液体中圧縮法を用いた生材への薬剤注入処理
～注入単板を用いて製造した木質材料の性能評価～

4. 試験調査の日程

平成 14 年 2 月から平成 14 年 8 月まで、詳細は次の通り。

平成 14 年 2 月：試験実行計画

平成 14 年 3 月：試験事項確認、材料調達

平成 14 年 4 月：試験片作製、圧縮試験

平成 14 年 5 月：薬剤注入試験、LVL 及び集成材作製準備

平成 14 年 6 月：LVL 及び集成材作製

平成 14 年 7 月：強度試験及び薬剤効力試験試験体作製

平成 14 年 8 月：強度試験及び薬剤効力試験、報告書作成

5. 試験調査の結果

次の 3 章に分けて整理した。

第 1 章 ロールプレス法を応用した木材への新規液体注入処理

第 2 章 ロールプレス液体中圧縮法を用いた生材への薬剤注入処理
～レース単板及び挽板への液体注入効果～

第 3 章 ロールプレス液体中圧縮法を用いた生材への薬剤注入処理
～注入単板を用いて製造した木質材料の性能評価～

これらを次ページ以降に記す。

第1章 ロールプレス法を応用した木材への新規液体注入処理

1. 緒言

木材の寸法安定化性能、防腐性能、耐火性能などを改善しようとする時、その多くは木材中に薬剤を導入することによって目的とする機能が付与されている。また、薬剤の導入方法は、溶液状態で注入する液相処理が主流である。

従来の注入缶および圧縮法による液体注入加工、今回提案する新技術の流れを図 1.1 に示す。従来の液体注入加工では、生材を一旦乾燥してから、耐圧注入缶を用いて減圧/加圧などの方法で薬剤溶液を注入し、その後、再び乾燥して製品としている。2 回の乾燥工程は、反りや割れなどの損傷による歩留まり低下の原因となり、そこでは多大なコストが発生する。また、現状の減圧/加圧注入法はバッチ処理であり、不良品の発生が避けられず、生産効率に欠ける。これらの注入加工における不都合が、化学処理木材発展の障害となっていると言っても過言ではないだろう。

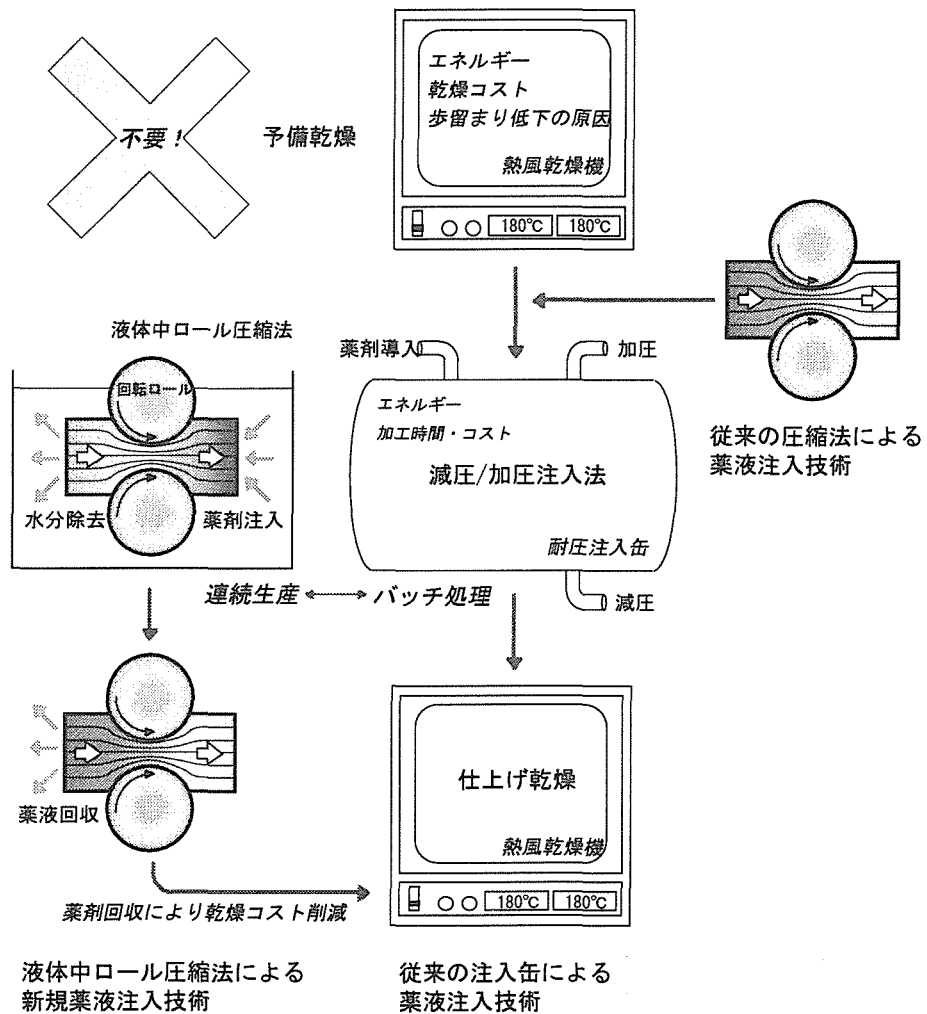


図1.1 新技術のフロー

近年、木材の横圧縮変形技術を応用した液体注入処理に関する研究が精力的に行われており、これについては飯田（1-2）によって詳しくまとめられている。本件に関する既往の研究では、主に平板プレスを用いて乾燥状態の木材が変形され、主に注入缶を用いた加圧/減圧注入法の前処理としての圧縮加工が中心に検討されている。ここでは、変形の吸水回復による吸引力の発生と、閉塞壁孔の圧壊による木材の液体浸透性の向上などが確認されている（3-6）。しかし、従来の方法においては、次のような問題点が指摘される。

(1) 注入缶を用いた加圧/減圧注入法の前処理として検討されているため、単に付加的な工程となっている。また、多大なコストを伴う事前の乾燥工程が不可欠である。

(2) 乾燥材を圧縮している点で、変形のための荷重が大きくなるばかりでなく、大変形に伴う強度劣化など、加工材の損傷が懸念される。

(3) 事前に圧縮処理してから、液体中に浸せきするため、除荷直後の弾性的な変形回復による液体吸引効果を活かしていない。

(4) 平板プレスを用いている点で連続生産を考慮していない。一部では、連続プレスを用いた検討があるが（7-10）、圧縮率が小さいにもかかわらず、強度低下が指摘されるなど、有効な結果は得られていない。

加圧/減圧注入法では、細胞内腔内での液体拡散を促進して、薬剤溶液を効率よく注入するために、前処理として木材を乾燥する必要がある。しかし、その目的から判断すると、細胞内腔中の自由水だけを除去すればよいことになる。細胞壁中の結合水に変化がなければ、反りや割れなどの障害も現れない。また、乾燥による壁孔の閉鎖や、過乾燥による注入障害を防止することもできる。さらに、乾燥材に比べ、湿潤材（例えば生材）の方が、変形時の荷重が小さいため、装置設計が容易となり、大変形に伴う強度低下を防止する上でも有利である。

そこで、木材の横圧縮大変形技術を応用した新規液体注入法として、内腔中の自由水を薬剤溶液に置換する方法を提案する。これは、通常乾燥工程を実施せずに、圧縮によって自由水を物理的に材外部に排出すると同時に、木材内腔中に薬剤溶液を導入する方法である。ここでは、木材を液体中で圧縮することによって、除荷直後の弾性回復力を有効に利用して薬剤溶液を吸引する。さらに、回転する一対の金属ロール間に木材を走行させることによって、連続的に木材を横圧縮変形するロールプレス法をこれに適用する（11-12）。

2. 実験方法

2.1 供試材料

木材試験片には、寸法 300(繊維方向)×90(接線方向)×4 および 6(放射方向) mm スギ (*Cryptomeria japonica* D.Don) 辺材を用いた。全乾比重は約 0.32 であった。試験片は、全乾重量および寸法を測定した後、吸水して含水率を全乾から飽水までの範囲で調整した。

注入薬剤として、低分子量フェノール樹脂処理を用いた。フェノール樹脂の平均分子量は 346、水溶液濃度（密度）は 28% (1.05g/cm³) とした。樹脂水溶液を注入した試験片

は 135℃のオープン中で樹脂の硬化反応を行い、重量増加率、吸水による寸法安定性能などを測定した。

2.2 ロールプレス装置

本実験に用いたロールプレス機を図 1.2 に示す。本装置は、直径が 150mm 幅が 100mm の一対の金属ローラにより構成され、駆動にはギアドモータ(0.4kW)を使用し、最大荷重 5kN、最大トルク 75N・m を発生することができる。動力部はローラー上部に配置され、チェーンによって下部ローラーのみが駆動される。インバータ方式によってロール回転数が制御可能である。最大回転数は 25rpm で、これを材料の送り速度に換算すると最大約 12m/分となる。加工部であるロールギャップ付近は、液体中に浸せきすることが可能となっており、本装置を幅 400mm×高さ 300mm×長さ 1250mm の液槽内に設置して使用する。圧縮率は、上部ローラーを軸箱ごと上下に移動して調整する。試験片の送り速度は 6m/min とした。

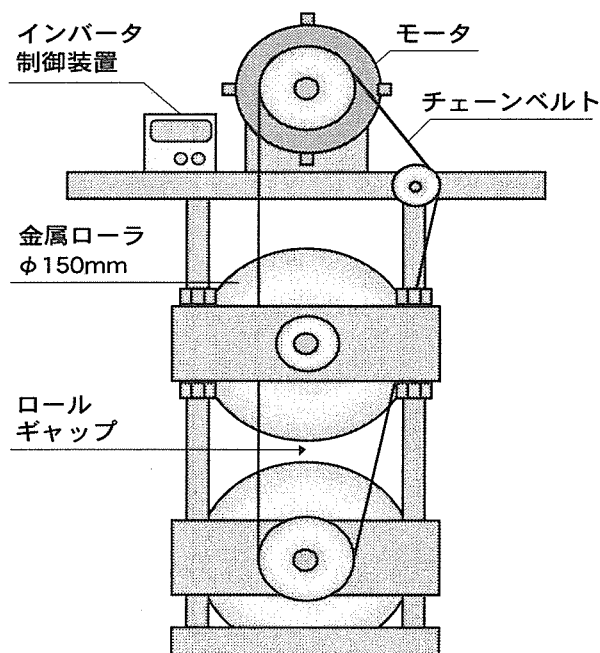
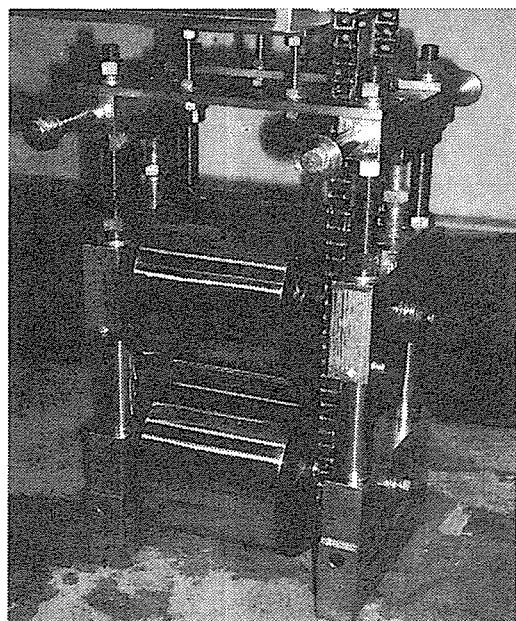


図1.2 液体注入専用ロールプレス

2.3 ロールプレス法による木材中の液体除去

試験片を液槽外でロールプレスし、木材中の水分除去を試みた。圧縮率は 15, 30, 45, 60, 75%、繰り返し数は 3 回とした。一部の試験片では、ロールプレス後の試験片を直ちに繊維方向に約 1cm の幅で切断し、個々の切片の含水率を計算して、繊維方向の分布を調べた。

2.4 ロールプレス法による木材への液体注入

水およびフェノール樹脂水溶液を満した液槽内に設置したロールプレスを用いて、試験片をロール圧縮した後、そのまま液体中に 0, 1, 3, 5, 10 分間浸せきした。圧縮率は 15, 30, 45, 60, 75%、繰り返し数は 3 回とした。対照として、平板プレスを用いる試験、事前に圧縮処理してから液体中に浸せきする試験も行った。

フェノール樹脂水溶液を注入した試験片については、130℃のオーブン中で樹脂の硬化反応を行い、重量増加率、吸水による接線方向の抗膨潤能などを測定した。

3. 結果および考察

3.1 乾燥木材への液体注入

横圧縮変形を応用した乾燥木材への液体注入法は、圧縮方法と加工環境の違いによって、主に次の 4 種類に分類される。平板プレス前圧縮法、ロールプレス前圧縮法、平板プレス液体中圧縮法、ロールプレス液体中圧縮法について、含水率 12% の木材に水を注入した結果を図 1.3 に示す。ここでは、変形率を 60%、圧縮後の浸せき時間を 3 分間としている。

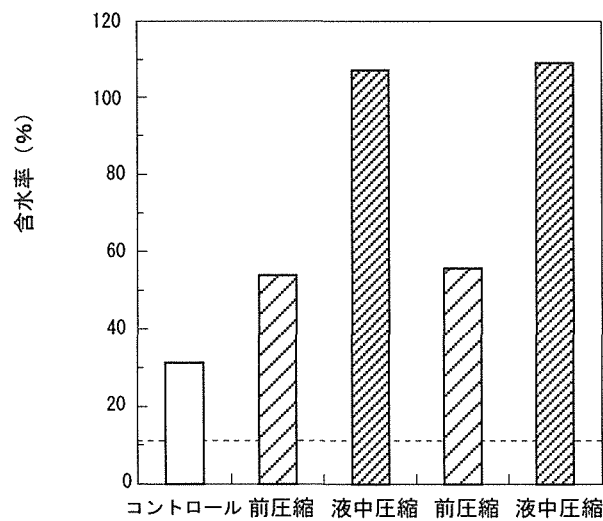


図1.3 実験方法と加工環境における注入効果

前圧縮法では、コントロールに対して、平板プレス法で約 73%、ロールプレス法は約 88% 高い液体注入量が得られ、事前に圧縮変形することによる液体注入促進効果が認められる。その効果において、圧縮方法の違いによる有意な差は認められない。さらに、前圧縮法に比べ、液体中圧縮法において飛躍的に高い注入量が認められ、ここでもその効果は圧縮方法によらずほぼ同等である。注入量は、コントロール材のその約 3.5 倍、前圧縮法の約 2 倍に相当し、液体中で圧縮することの優位性が確認される。

乾燥木材を横圧縮変形する時、除荷直後に変形の 20~30% が弾性回復し、それ以外の

変形は一次セットされて残留する。この残留変形は、吸水によって与えた変形量の約 90% 以上が回復する。このことから、横圧縮変形によって乾燥木材への液体注入が促進される要因には、液体吸引の駆動力として、①変形された細胞壁の除荷直後の弾性的な変形回復に起因する液体吸引力、②セットされていた残留変形の吸水回復に起因する液体吸引力、また、木材内部の液体浸透性の改善効果として、③大変形による閉鎖壁孔の破壊など液体の浸透経路の増大が考えられ、各種液体注入法における液体注入効果の差はこれらの大小によるものである。

すなわち、前圧縮による注入量の増加は、①が機能しないため、②と③が主な要因であると考えられる。本実験から②と③の効果を分離することはできないが、飯田ら (3) の結果から、前圧縮による注入量の飛躍的な増加は、②の効果が圧倒的であると判断される。

一方、液体中圧縮法における高い注入効果は、①が有効に機能するためである。また、②は、吸水によって細胞壁が湿潤することの結果として順次発現する効果であるため、①による吸水は②の効果を助長することになる。そのため、短時間の常圧浸せきによる液体注入では、①による迅速な吸水効果が重要な因子となる。

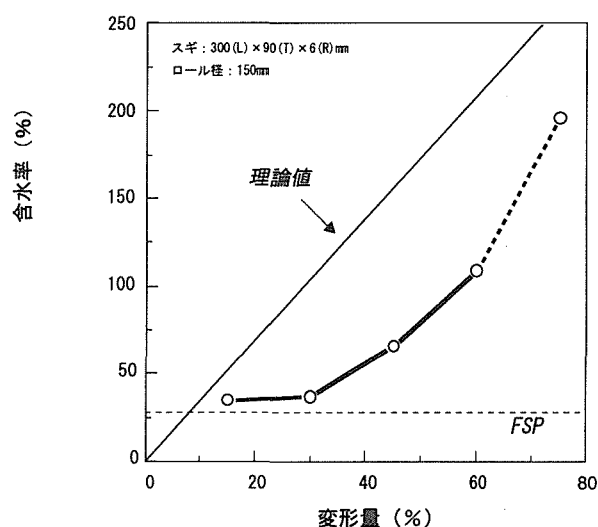


図1.4 液体中ロールプレス法による吸水

図 1.4 に、ロールプレス液体中圧縮法における、処理後の含水率と圧縮率との関係を示す。30%までの圧縮率では、注入後の含水率はコントロールのそれと同程度で、圧縮による効果は認められない。これは、液体中圧縮法においても、低圧縮領域では、先に述べた①の液体吸引効果が作用しないことを示す。圧縮率が 30%を越えると、圧縮率の増加とともに含水率が増加する。圧縮率 75%における吸水量の著しい増加は、試験片の破壊に伴う表面積の増大効果によるものである。

3.2 ロールプレスによる木材中の水分除去

飽水状態（含水率約 270%）のスギ材をロールプレスを用いて放射方向に圧縮することによって、木材中の水分を除去する場合の含水率変化と圧縮率の関係を図 1.5 に示す。

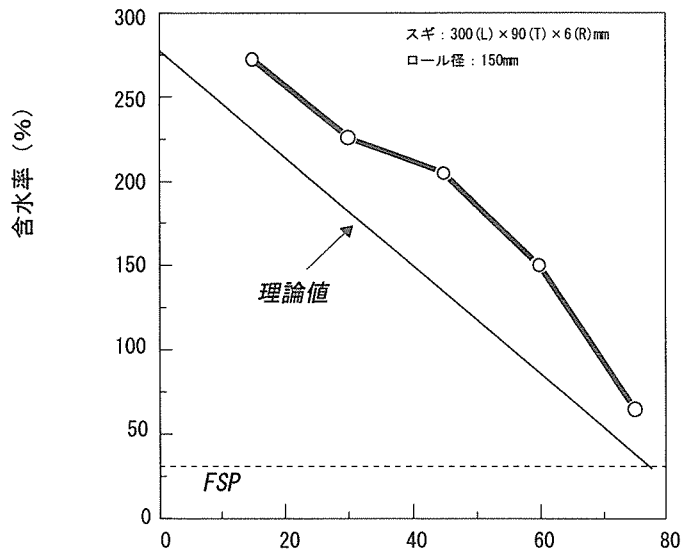


図1.5 ロールプレスによる脱水

圧縮率 15%では、含水率の変化がほとんど認められないが、それ以上では、圧縮率の増加に従って排出される水分量が増加し、含水率はほぼ直線的に低下する。例えば、圧縮率 60%では約 400kg/m^3 の自由水が除去されることになる。ここで、含水率が 270%から 15%までの乾燥加工について計算すると、圧縮率 60%の水分除去処理によって、乾燥時間が通常の熱気乾燥の約 3 分の 2 に短縮され、消費エネルギーは約 65.6%削減できる。また、水分除去効果は、試験片の厚さ、長さ、送り速度、温度に影響を受けず、圧縮処理によって厚さが約 5%減少するが、強度的性質の劣化はほとんど認められなかった。

さて、スギ材などの乾燥を困難としている理由の一つに、初期含水率の広範囲な分布が挙げられる。そこで、図 1.6 に、試験片の初期含水率と圧縮後の含水率との関係を示す。図中、■と□の和は処理前の含水率を示し、圧縮によって□で示す水分が除去されて、■の含水率になる。処理前の含水率は、標準偏差で 51.0 のバラツキがある。これを 60%圧縮することによって、含水率は平均値で約 104%に低下し、その標準偏差は 19.6 となり、著しくバラツキが減少する。これは、圧縮によって細胞内腔が減少する際に、透過性の高い空気が優先的に材外部に放出され、その後に液体が圧縮率に応じて除去されるためである。すなわち、処理前の含水率に関係なく、圧縮後の含水率は圧縮率によって決定されるため、含水率が平準化されることになる。さらに、これは次項で述べる薬剤注入加工においても、注入効果の均一化において有利となる。また、このことは、その後の乾燥スケジュールの簡素化を図る上で重要となる。

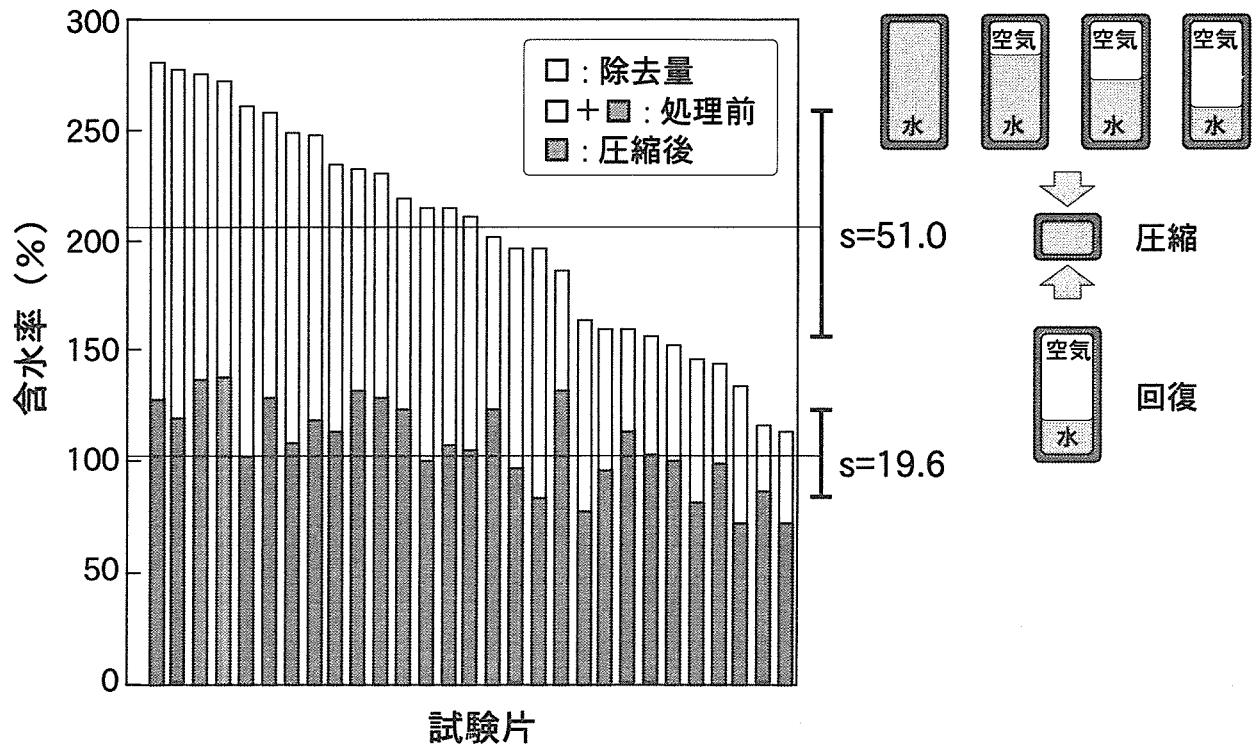
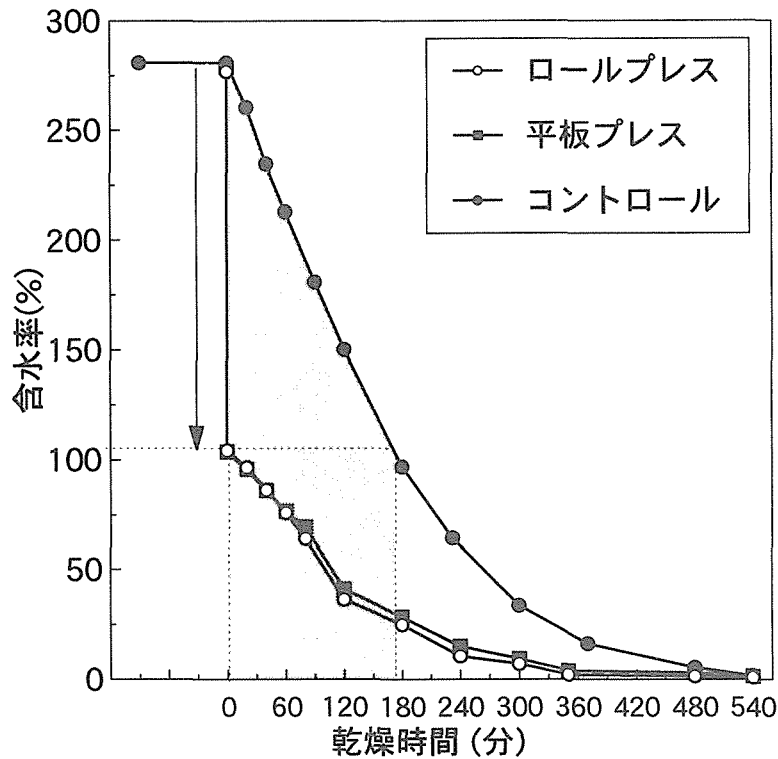


図1.6 水分除去処理による含水率の平準化

含水率約 270%の飽水試験片とこれを 60%圧縮によって水分除去した試験片を 60℃で恒温乾燥する時の含水率の経時変化を図 1.7 に示す。圧縮処理しない場合(●)、含水率が約 15%まで低下するのに約 400 分間を要する。一方、平板プレス(■)、ロールプレス(○)によって、水分除去する場合、圧縮によって含水率が飽水状態から約 100%まで低下するため、その後の熱気乾燥を加えても、含水率が約 15%まで低下するのに要する時間は約 220 分であり、水分除去処理によって乾燥時間を著しく短縮することができる。飯田ら (13) によると、圧縮処理による閉鎖壁孔などの微細構造の破壊によって木材の透過性が増加し、乾燥性の向上が期待され、この現象はロール圧縮において顕著である。しかし、本実験の範囲では、水分除去後の乾燥性について、ロールプレス圧縮の優位性は認められなかった。

スギ 厚さ：4mm，長さ：300mm
 圧縮率：60%，乾燥温度：60℃



ロールプレスを用いた乾燥前処理の有効性を投入エネルギー量の観点から検討する。ここでは、飽水状態のスギ材（密度 0.32） 1m^3 を 60°C の恒温乾燥機に用いて、含水率約 15% まで乾燥する工程を考える。

密度 0.32 g/cm^3 のスギ飽水材 1m^3 中に含まれる水分は、スギ材の空隙率が 0.78 であるため 780kg と算出される。また、含水率 100%、繊維飽和点(28%)および 15%での含有水分量はそれぞれ、320kg、90 および 48kg である。

60°C の恒温乾燥機のみを用いて、含水率 270% のスギ飽水材を含水率約 15% まで乾燥するのに必要なエネルギー量は、乾燥前のスギ材の温度を 20°C 、細胞壁の比熱を $0.28\text{kcal/kg}\cdot^\circ\text{C}$ 、 60°C における水の蒸発潜熱を 560kcal/kg 、結合水を分離させる微分吸湿熱を 25kcal/kg 、乾燥機の熱効率を 0.5 として計算すると、

- ・ 20°C のスギ材を 60°C まで加熱

$$320\text{ kg} \times 0.28\text{ kcal/kg}\cdot^\circ\text{C} \times (60-20)^\circ\text{C} = 3584\text{ kcal} \quad \dots (1)$$

- ・ 20°C の水を 60°C まで加熱

$$780\text{ kg} \times 1\text{ kcal/kg}\cdot^\circ\text{C} \times (60-20)^\circ\text{C} = 31200\text{ kcal} \quad \dots (2)$$

- ・ 60°C のスギ材の含水率を飽水状態から含水率 15% まで乾燥

$$(780-48)\text{ kg} \times 560\text{ kcal/kg} = 409920\text{ kcal} \quad \dots (3)$$

・繊維飽和点から含水率 15%までは、結合水の分離が必要

$$(90-48) \text{ kg} \times 25 \text{ kcal/kg} = 1050 \text{ kcal} \quad \dots (4)$$

従って、(1)~(3)の総計と乾燥機の熱効率 0.5 を考慮すると、投入するエネルギーは、

$$(3584 + 31200 + 409920 + 1050) / 0.5 = 8.92 \times 10^5 \text{ kcal} \quad \dots (5)$$

となる。また、ロールプレスを用いて、予め含水率が 100%になったスギ材の場合、同様に計算すると、(1) および (4) は等しいため、

・ 20°Cの水を 60°Cまで加熱するのに必要なエネルギー

$$(780-320) \text{ kg} \times 1 \text{ kcal/kg} \cdot \text{°C} \times (60-20) \text{°C} = 14400 \text{ kcal} \quad \dots (6)$$

・ 60°Cのスギ材の含水率を含水率 100%から 15%まで下げるためには、

$$(320-48) \text{ kg} \times 560 \text{ kcal/kg} = 152320 \text{ kcal} \quad \dots (7)$$

したがって、60°Cの乾燥機でのエネルギーは、(1),(4),(6),(7)の総計と熱効率を考慮して、

$$(3584 + 14400 + 152320 + 1050) / 0.5 = 3.43 \times 10^5 \text{ kcal} \quad \dots (8)$$

となる。また、ロールプレスで木材を含水率 100%まで脱水処理するために必要なエネルギーは、スギ 1 m³ を、幅 120mm×厚さ 6mm×長さ 1389m と換算した場合、材料の送り速度 10m/分、モーターのエネルギー効率を 0.7 として、

$$(0.4 \text{ kW} \times 2.3 \text{ hour}) / 0.7 = 1.31 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1166 \text{ kcal} \quad \dots (9)$$

従って、ロールプレスと熱気乾燥でのエネルギー総量は、(8)と(9)を足した 3.44 × 10⁵ kcal となる。すなわち、ロールプレスを用いて圧縮率 60%で水分除去を行うことによって、乾燥に要するエネルギーが 1/3 となることが試算される。

3.3 ロールプレスによる高含水率木材への液体注入

薬剤溶液中で高含水率木材をロールプレスすることによって、自由水の一部が薬剤溶液に置換される原理を図 1.8 に示す。

高含水率木材がロール間隙を通過する時、ロール入り口側で、細胞の圧潰によって内腔体積が減少し、内腔中の自由水が加圧される。自由水は、圧力伝達しながら、主に試験片後方に移動する。そして、主に後方木口面から、一部は板目、木端面に現れている仮道管断面から試験片外部に放出される。ロール通過後、変形していた細胞は直ちに元の形状に戻ろうとするため、縮小していた内腔体積が回復する。この時、内腔内が負圧となるため、主に先端木口面から、一部は板目、木端面から薬剤溶液を吸引する。すなわち、高含水率木材を薬剤溶液中でロールプレスすることによって、自由水の除去と薬剤溶液の注入を同時に行うことが可能となる。

図中下部に、内腔の体積変化から推定される含液状態の変化をモデルで示す。例えば、密度が 0.36g/cm² の木材を想定すると、細胞壁実質の体積分率は約 24%、細胞内腔のそれは 76%と計算される。通常、生材の内腔内には、自由水と若干の空気が存在する。この木材を体積で 1/2 に圧縮する場合、細胞壁実質の体積はほとんど変わらず、内腔が縮小さ

れるので、体積分率で 50%に相当する自由水と空気が放出される。すなわち内腔体積の 50/76 の自由水と空気が放出されることになる。この時、圧縮による水分除去の実験結果から判断すると、透過性の高い空気から移動するので、空気の大部分は放出されることが期待される。ただし、体積分率 26%の自由水が内腔内に残存する。この時、細胞壁内の結合水には変化がない。次に、除荷と同時に変形が回復し、内腔体積が増加することによって薬剤溶液を吸引する。既往の研究 (14) から、変形量に対する約 10%が永久ひずみとして残留するため、体積分率で約 45%分の薬剤溶液を吸引する。この場合、内腔内では、体積分率 26%の自由水と 45%の薬剤溶液が混在することになり、薬剤溶液は約 1.5 倍に希釈されることになる。従って、目的とする処理水溶液濃度の約 1.5 倍濃度の薬剤溶液を吸引させればよいことになる。

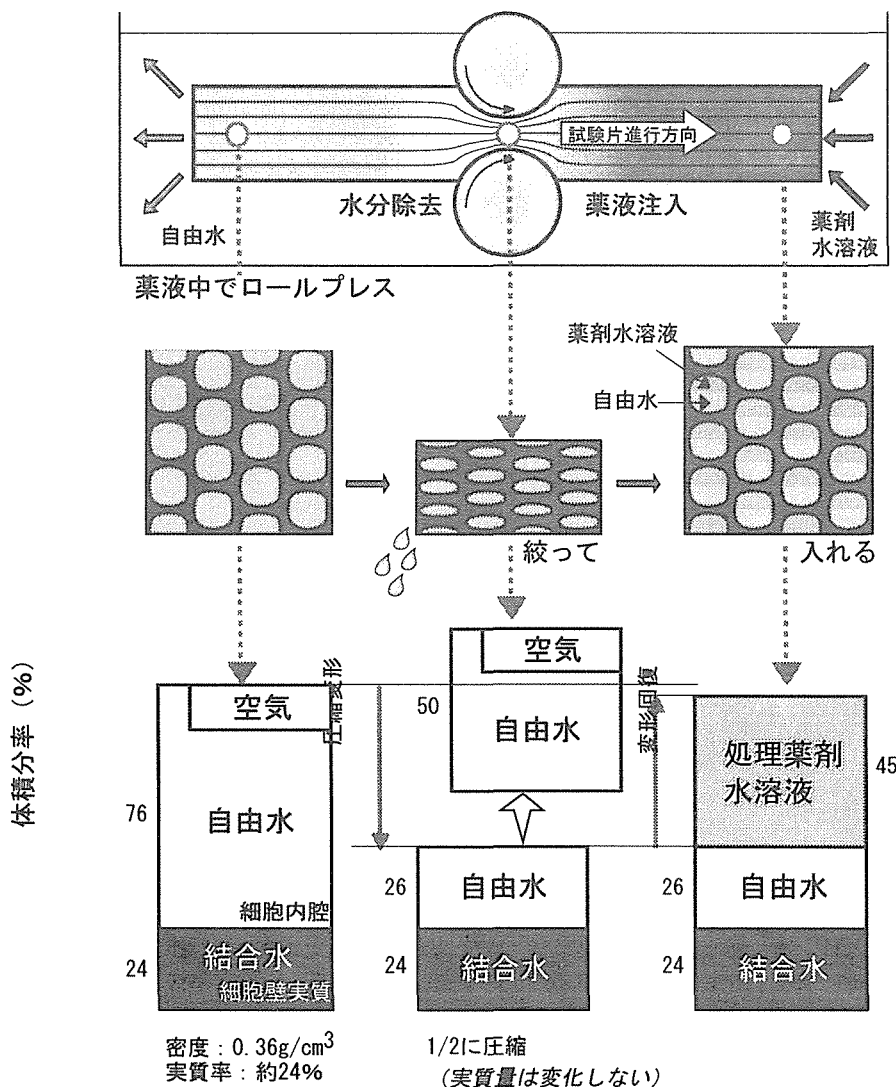


図1.8 薬液置換法の原理

上記原理について、具体的な一例を図 1.9 に示す。含水率約 320%のスギ材を水槽外でロールプレス（圧縮率：60%）すると、自由水が放出されて、○で示すように、含水率は約 120%になる。この操作を繰り返すことにより、含水率は若干低下するが、大きな変化は認められない。次に、同様の高含水率材を水中でロールプレスを繰り返すと、含水率は僅かに低下するものの初期含水率とほぼ同程度である。ここでも、繰り返しのによる変化はほとんど認められず、含水率変化はほぼ可逆的に生じる。水中でロールプレスする場合も、ロールギャップ最下点を通過する時には、含水率が 120%相当になっているはずである。従って、ここでは、内腔中の自由水が一旦放出され、新たに吸水されたと考えるのが妥当であろう。すなわち、この差が置換される液体量である。本例では、320%の含水率が、ロール最下点では 120%、処理後は 310%となるため、その差である含水率 190%相当分の液体が外部より供給されることになる。

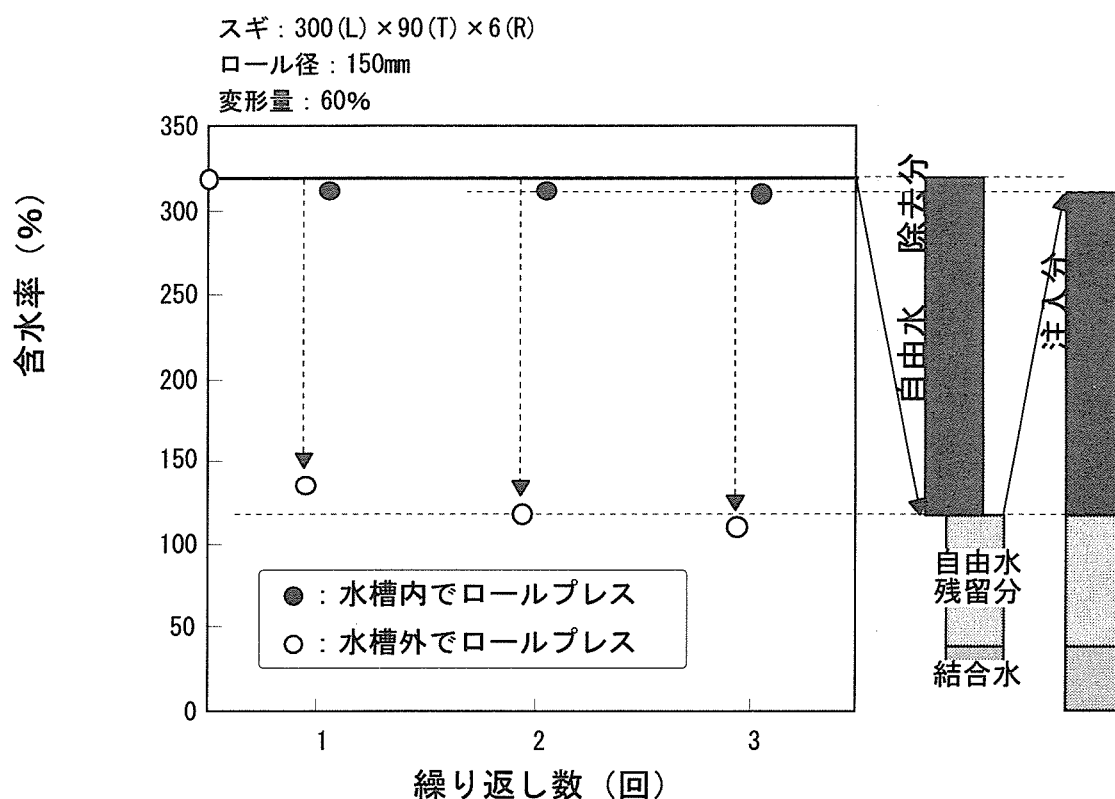


図1.9 薬液中で飽水材をロールプレスするときの薬液置換量

このことを繊維方向の液体分布について確認する。図 1.10 (上) で、○はロールプレスによって液体除去した後の含水率分布を示すが、これは極めて均一である。これとロールプレス後の含水率との差 (図中のストライプ部) が置換される液体量であり、この量を下図に●で示す。試験片中央部までほぼ均一に 200%程度の吸液が認められる。図中、乾

乾燥材を液体中でロール圧縮する場合の結果を付記するが、この場合、中央部で吸液率の低いバスタブカーブを示しており、ここでも液体置換法の有効性が強調される。

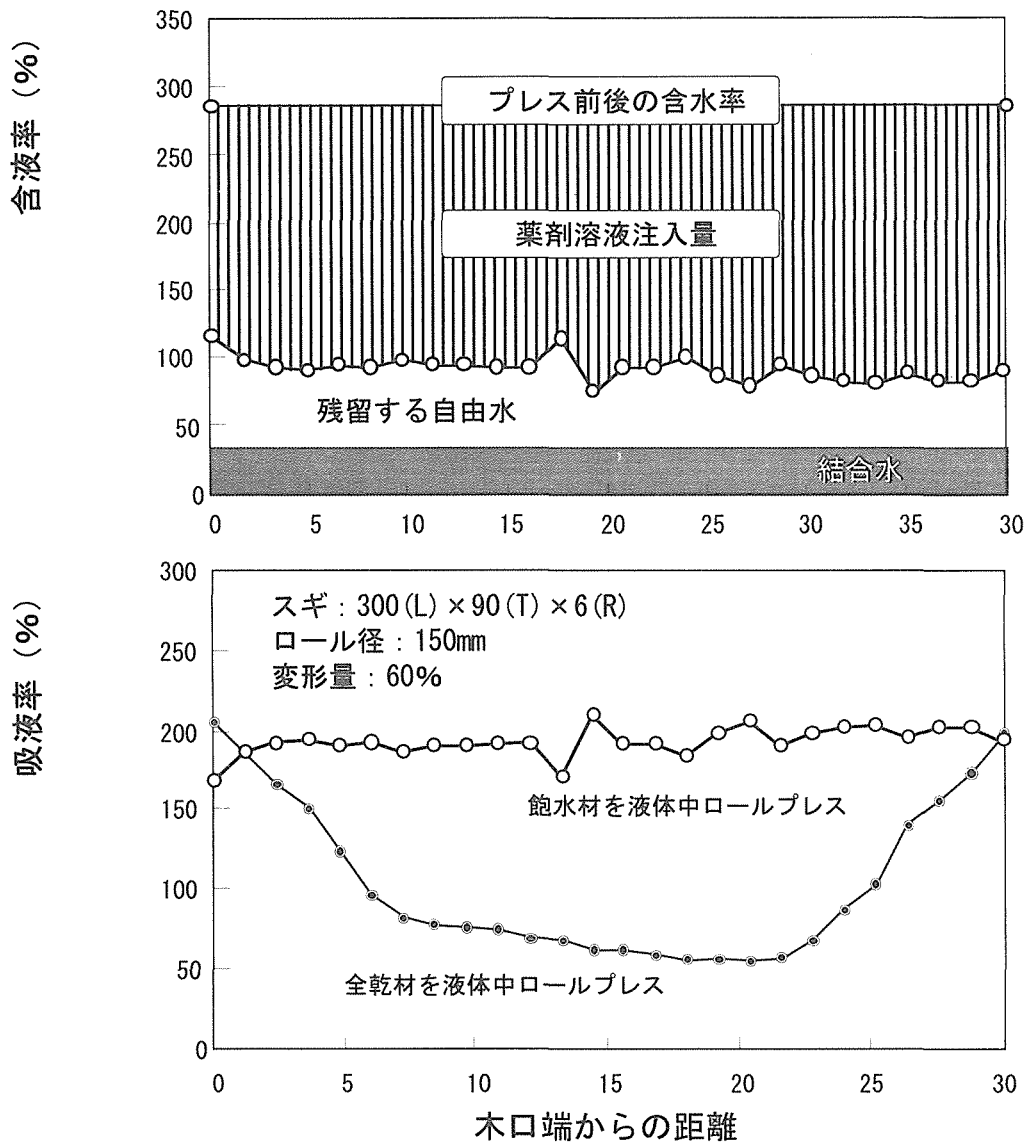


図1.10 液体中ロールプレス法によって吸水した木材の繊維方向の含水率分布

3.4 低分子量フェノール樹脂含浸処理

ここでは、飽水状態の木材を低分子量フェノール樹脂水溶液中でロールプレスすることによる樹脂固形分の導入効果を調べる。図 1.11 は、圧縮率 60%で、液体中ロールプレスする時の注入処理直後の含水率、樹脂固形分導入による重量増加率、得られた製品の接線方向の抗膨潤能と、ロールプレス後の浸せき時間およびロールプレス繰り返し数との関係を○で示す。図中、●は乾燥材を液体中ロールプレスした結果を示す。

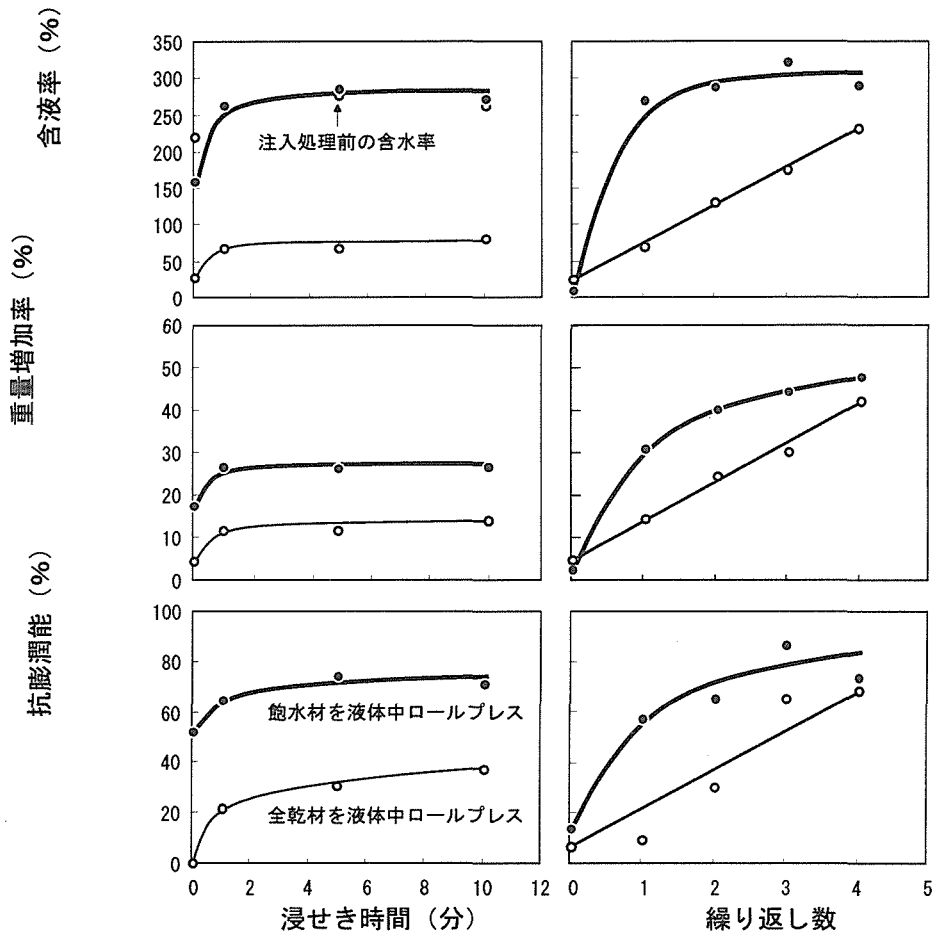


図1.11 液体中ロールプレス法によってフェノール樹脂を注入した木材の含液率、重量増加率、抗膨潤能

浸せき時間との関係についてみると、注入後の含液率は、ロールプレスを通過後直ちに液体中から取り出した試験片では若干低い値を示すが、1 分間以内に平衡に達する。これは極めて短時間に変形が回復し、薬剤溶液の注入が完了することを示す。この時の含液率は、注入前の飽水時のそれ(□)を若干越えるが、これはフェノール樹脂水溶液の密度が 1.05g/cm^3 と水よりも高いためである。

飽水木材を処理する場合、注入後の含液率とは、残存する自由水と外部から注入されたフェノール樹脂水溶液との合計量を示す。これに対し、中段に示す重量増加率は、導入されたフェノール樹脂の固形分量を示す。ここで用いた樹脂水溶液濃度は約 28% であるため、重量増加率の $100/28$ が外部から注入された樹脂水溶液の量と概算される。飽水木材の処理では、全乾材のその約 2 倍程度の重量増加率が得られており、飽水材を処理することの有効性が示される。

抗膨潤能は、重量増加率の増加と相関しており、内腔に注入された樹脂固形分が細胞

壁内に拡散することは明らかである。浸せき時間 1 分間処理で、60%以上の高い寸法安定性能が得られ、これは、気乾材を減圧によって強制注入した場合のそれに匹敵する。

繰り返し効果についてみると、含液率は 1 回目の処理でほぼ飽和に達しているが、重量増加率は 2 回目以降も増加する。先に述べたように、1 回目の処理で注入された樹脂水溶液は残存する自由水によって希釈される。2 回目の処理では、希釈された樹脂水溶液が放出され、新たに規定濃度の樹脂水溶液が注入される。重量増加率の増加は、ロールプレスの繰り返しによって、細胞内腔内の樹脂水溶液濃度が上昇するためである。抗膨潤能についても、2 回目以降若干増加する。従って、液体中ロールプレスによる薬剤溶液置換法においては、浸せき時間を長期化するよりも、ロールプレスを繰り返すことの方がより高い薬剤導入効果が期待される。

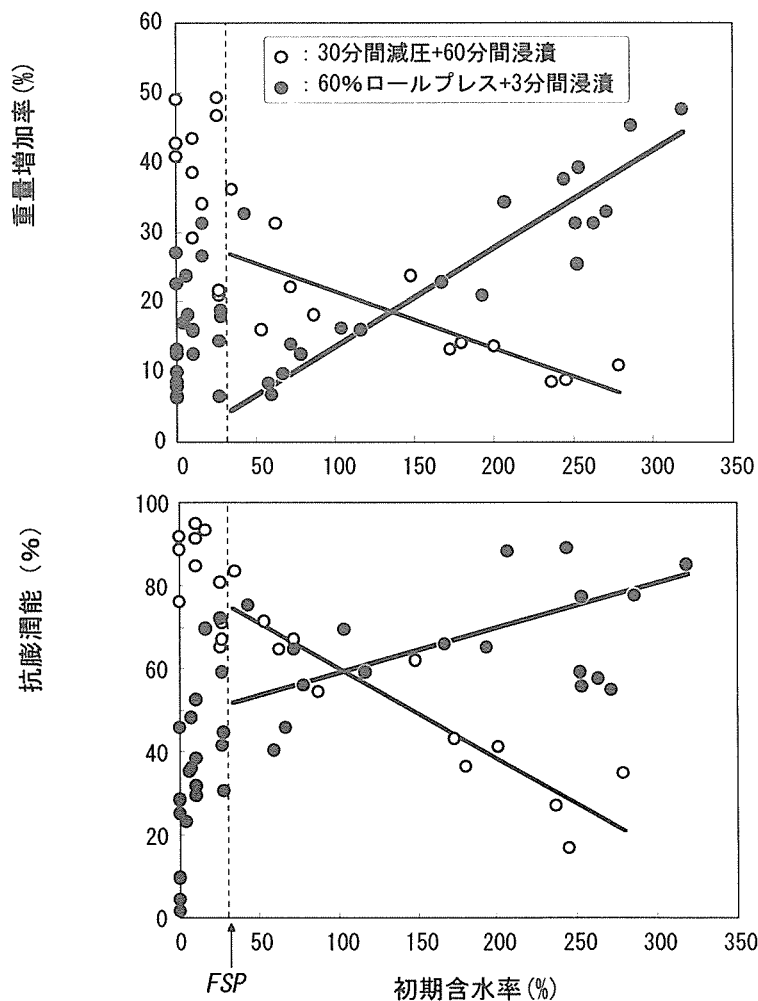


図1.12 液体中ロールプレス法において、処理時の含水率が重量増加率、抗膨潤能に及ぼす影

図 1.12 に、フェノール樹脂処理における重量増加率、接線方向の抗膨潤能とロールプレス時の試験片含水率との関係を示す。また、注入缶を用いて減圧/加圧注入する場合は、それらを○で示す。通常の高圧/加圧注入では、処理前の含水率が高いほど、重量増加率

が低く、これは樹脂水溶液の注入量が少ないことを意味する。一方、液体中ロールプレスによる液体注入では、繊維飽和点以上では、処理前の含水率が高いほど、薬剤溶液の注入率が高い。液体中ロールプレス法において、加工時の含水率が低いと注入率が低くなる理由として、内腔中に空気が存在する場合、① 圧縮変形によって内腔体積が減少しても、空気は圧縮性の物質であるため収縮して排出されにくいこと、② ロールギャップ通過時においても内腔は完全に消滅しないため、空気の逆流がおこることなどが考えられる。

3.5 新規薬剤注入処理システム

液体中ロールプレス法を応用した薬剤注入処理システムとして、次のような組み合わせが考えられ、これらのフローを図 1.13 に示す。

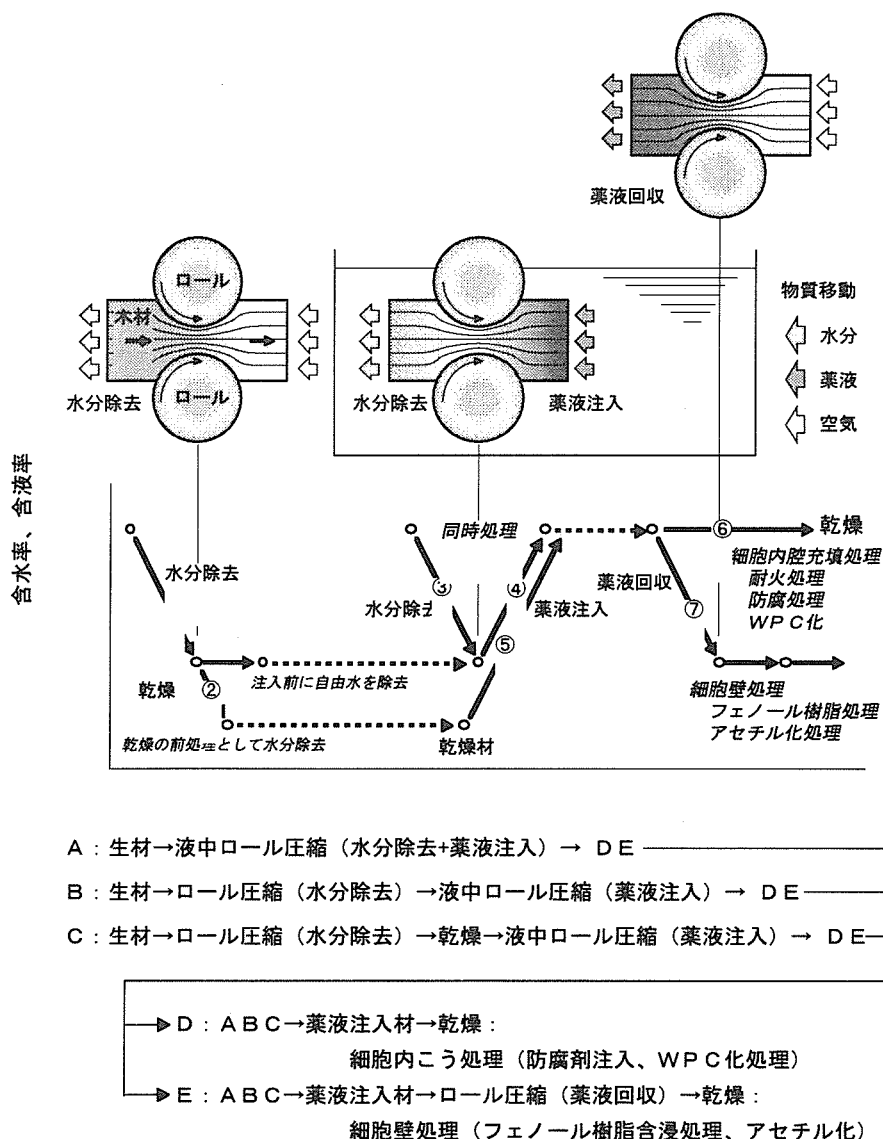


図1.13 液体中ロールプレス法による薬剤注入処理システム

- A. 基本工程は、生材を薬剤溶液中でロール圧縮（図中矢印番号③）することで、木材内腔中の自由水だけを物理的に除去すると同時に、スプリングバック（変形の回復）を駆動力として木材中に薬剤溶液を注入する（④）方法である。
- B. 1.の場合、木材から排出される水分によって液槽中の薬剤溶液が希釈されるので、溶液濃度を調製する必要が生じる。そのため、事前に液槽外で一旦ロール圧縮（①）することによって自由水を除去しておき、その後、液槽内で再びロール圧縮して薬剤溶液を注入する。図 1.9 から明らかなように、圧縮率が同じであれば、水分除去のための圧縮を繰り返しても、2 回目以降の含水率変化は少ない。すなわち、1 回目の圧縮で自由水の排出はほぼ完了するため、2 回目の圧縮で薬剤溶液が希釈される可能性は低い。低分子量フェノール樹脂含浸処理において、事前の脱水処理する場合の処理性能を図 1.14 に示すが、重量増加率、抗膨潤能において、事前の自由水除去による効果の差はほとんど認められない。
- C. アセチル化処理のように非水系の化学処理や、非水溶性の薬剤を注入する場合には、①の後、乾燥（②）してから注入工程（⑤）に供する方法もある。この場合、乾燥材をロール圧縮することになり、加工条件が制限され、注入量に劣るが、⑤を繰り返すことによって改善することができる。
- D. 耐火処理や WPC 化などでは、細胞内腔中に大量の薬剤を充填する必要があるため、薬剤溶液注入（④）後、通常の乾燥工程（⑥）によって溶剤を除去する。
- E. 寸法安定化などを目的とする低分子量フェノール樹脂含浸処理やアセチル化処理などでは、細胞壁内への薬剤の含浸および木材成分との反応を必要とする。この場合、反応後、液槽外でロール圧縮することによって、細胞内腔中の余剰薬剤溶液を回収（⑦）することができる。これによって、薬剤が節約できるばかりでなく、以降の乾燥工程においても、さらにコスト削減が図れる。低分子量フェノール樹脂含浸処理において、樹脂水溶液注入後の余剰薬剤の回収を行う場合の処理性能を図 1.14 に示す。注入後、薬剤溶液を回収することによって、内腔中に堆積する樹脂固形分量が減少するため、重量増加率は約 3 分の 1 に低下する。しかし、細胞壁内に拡散した固形分は維持されるため、抗膨潤能の低下は比較的少ない。脱水してから注入し、所定時間後に薬剤溶液を回収してから硬化反応を行った場合においても、約 40%近い抗膨潤能を得ることができる。

以上、液体中ロールプレス法によって木材に薬剤溶液を注入する場合、前後の工程をシステム化することによって、その優位性がさらに強調される。

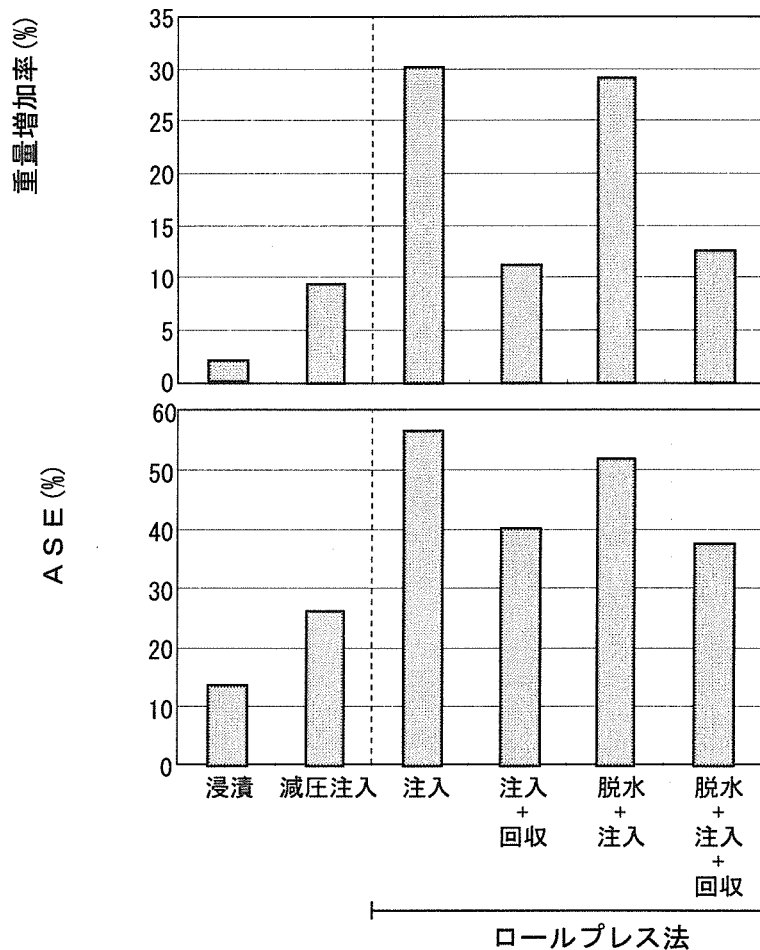


図1.14 注入前後の脱水、薬液回収が処理性能に及ぼす影響

4. 結言

木材の横圧縮変形技術を応用した液体注入処理に関し、以下の結果が得られた。

- (1) 圧縮法による薬剤溶液注入では、加工材を薬剤溶液中で圧縮することが重要である。また、連続処理が可能なロールプレス法が有利である。
- (2) 湿潤材をロールプレスすると、木材中の水分を有効に除去できる。また、処理前の含水率によらず、圧縮後の含水率は圧縮率によって決定されるため、含水率が平準化される。
- (3) 高含水状態の木材を薬剤溶液中でロールプレスすると、一部の自由水が薬剤溶液に置換される。この方法は、従来の乾燥材を圧縮する方法と比較して、次のような利点が考えられる。
 - ① 注入前の乾燥が不要となり、コストが削減され、歩留まりが向上する。
 - ② 注入効果が飛躍的に向上し、均一な注入が可能である。また、処理前の含水率が高いほど、その効果は高い。

③湿潤材を圧縮する方が、大変形に伴う強度劣化が小さく、変形回復が迅速である。

④湿潤材の方が機械設計が容易である。

(4)液体中ロールプレス法によって、低分子フェノール樹脂含浸処理を行ったところ、浸せき時間 1 分間の処理で、ASE（坑膨潤能）60%以上の高い寸法安定性が付与される。

参考文献

- (1) 飯田生穂：木材工業 **53**, 398-401 (1998).
- (2) 飯田生穂：木材工業 **53**, 446-449 (1998).
- (3) 飯田生穂, 高山知香子, 宮川 修, 今村祐嗣：木材学会誌 **38** (3), 233-240 (1992).
- (4) 飯田生穂, 池内 晃, 今村祐嗣：木材学会誌 **41** (9), 811-819 (1995).
- (5) 飯田生穂, 守 繁和, 中村嘉明, 酒井温子, 今村祐嗣：木材学会誌 **42** (6), 581-588 (1996).
- (6) 酒井温子：木材工業 **49**, 604-609 (1994).
- (7) 伊藤貴文, 石原茂久：木材学会誌 **43** (1), 52-60 (1997).
- (8) 西岡久寛, 中村嘉明, 今村祐嗣, 飯田生穂：第 16 回日本木材保存協会年次大会論文集, 東京, 2000, p33-38.
- (9) M.Y. Cech., D.R.Huffman： *Forest Prod. J* **20** (3), 47-52 (1970).
- (10) M.Y. Cech., D.R.Huffman： *Forest Prod. J* **22** (4), 21-25 (1972).
- (11) 井上雅文, 大前宏輔, 則元 京, 金山公三, 小原光博：塑性加工学会論文集 **29**, 469-470 (1998).
- (12) 金山公三：木材工業技術短信 **16** (2), 1-9 (1998).
- (13) Ugai Watanabe, Yuji Imamura, Ikuho Iida： *J Wood Sci.* **44**, 158-162 (1998).
- (14) 井上雅文, 足立幸司, 金山公三：木材学会誌 **47** (3), 198-204 (2001).

第2章 ロールプレス液体中圧縮法を用いた生材への薬液注入処理

～レース単板および挽板への液体注入効果～

1. 目的

前章で述べたように、木材の横圧縮大変形を応用した新たな薬剤注入処理技術であるロールプレス液体中圧縮法は、高含水木材を薬剤溶液中で圧縮・浸せきすることによって細胞内腔中の自由水と薬液を置換する技術である。この手法の利点は、注入前の乾燥工程の省略によるエネルギーと時間の低減および加工材に生じる不具合の抑制や、連続加工などが挙げられる。したがって、生材にこの手法を適用することが可能ならば、国産材問題を解決する大きな一助となる。

本手法を用いた「高耐久性スギ構造用材料の低コスト化」の要点は次の4点である。

(1)高耐久性：薬剤注入による木材の高耐久化、具体的には、耐腐朽化・難燃化を行うことで、加工品に高い付加価値を付与する。

(2)スギ：スギは国産材利用という観点のみではなく、軽柔で圧縮加工に適した材料であるため、本手法を用いる上で非常に適した材料である。

(3)構造用材料：低比重で軟質なスギを集成・圧密化することで高強度化を図る。

(4)低コスト化：小規模工場でも実施可能なロールプレスおよび操作が簡便な処理システムである液体中圧縮法によって経済的に充分機能する処理技術を構築する。

本章では、ロールプレス液体中圧縮法を用いて薬剤注入処理したスギ生材単板、挽板の液体注入量およびその特性を評価する。

2. 実験方法

2.1 供試材料

2.1.1 木材試験片

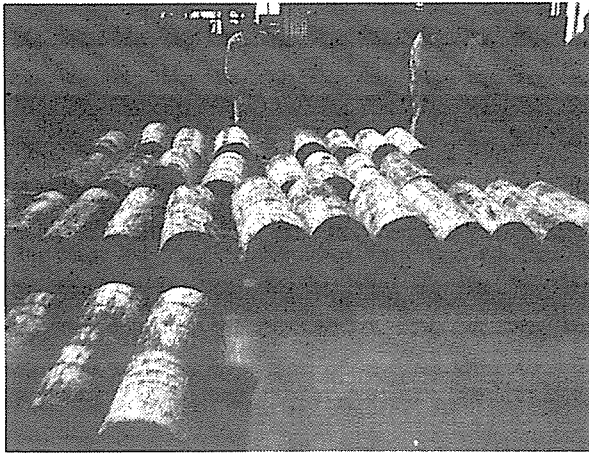
液体注入試験片には、国産材であるスギ材および難注入材とされるスプルー材およびベイマツ材を用いた。

(1)レース単板

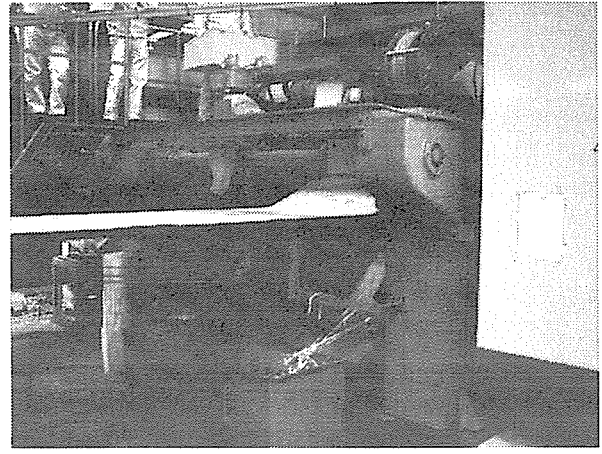
レース単板の原料には、10本のスギ原木を1000mmごとに玉切りして得た計40本のスギ丸太を用いた。スギ丸太をロータリーレース機で、厚さ3mm、1000mm×1000mmの単板に切削後（写真2.1）、表2.1(a)に示す寸法に調製した。ロータリーレース単板は、注入処理前の乾燥を防ぐため、寸法調整後にビニルシートで梱包した。また、一部の試験体については、60℃の恒温乾燥機によって、試験片含水率を気乾状態に調整した。

作製したスギレース単板のロットごとの全乾比重を表2.2に示す。IからXのローマ数字はスギ原木番号を示している。また、1から4が原木内での位置に相当し、1が元口、4が末口となる。また、作製されたスギ生材レース単板の初期含水率の分布を図2.1に示す。含水率150%以下の単板が試験片全体の66%を占めた。250%以上の高い含水

率を示す単板は 7%であった。試験片全体の平均含水率は 139%、標準偏差は 60.9 だった。全乾密度は平均 0.32g/cm^3 、標準偏差 0.029 であった。なお、1.4 項の液体注入試験には、材料密度が注入効果に及ぼす影響を最小限にするため、密度が 0.33g/cm^3 以上のスギ原木IV, VII, Xを除外した。



(a) スギ原木



(b) ロータリーレース機による切削

写真2.1 ロータリーレース単板の作製

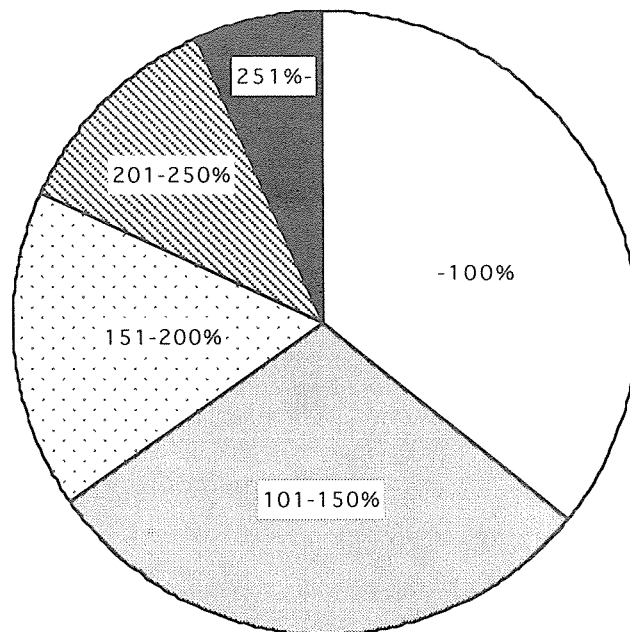


図2.1 スギ生材単板の含水率分布

※図中の数字は含水率

単板400枚：平均含水率139%(標準偏差=60.9)

表2.1 スギ試験片の材料条件

(a) レース単板	
含水状態	気乾, 全乾
厚さ(mm)	3
幅(mm)	120
長さ(mm)	100, 200, 300, 600, 900

(b) 挽板	
含水状態	気乾, 全乾
厚さ(mm)	10, 20
幅(mm)	120
長さ(mm)	100, 200, 300, 600, 900, 1800

表2.2 スギ丸太のロットと密度

ロットNo.	全乾密度 (g/cm ³)	標準偏差	ロットNo.	全乾密度 (g/cm ³)	標準偏差
I-1	0.31	0.019	VI-1	0.31	0.025
I-2	0.30	0.030	VI-2	0.31	0.018
I-3	0.32	0.023	VI-3	0.30	0.015
I-4	0.32	0.025	VI-4	0.31	0.025
II-1	0.30	0.013	VII-1	0.35	0.023
II-2	0.31	0.023	VII-2	0.34	0.026
II-3	0.31	0.015	VII-3	0.33	0.018
II-4	0.32	0.019	VII-4	0.33	0.020
III-1	0.26	0.028	VIII-1	0.29	0.011
III-2	0.29	0.012	VIII-2	0.32	0.009
III-3	0.27	0.014	VIII-3	0.30	0.025
III-4	0.31	0.020	VIII-4	0.31	0.014
IV-1	0.35	0.028	IX-1	0.32	0.018
IV-2	0.33	0.017	IX-2	0.32	0.019
IV-3	0.34	0.009	IX-3	0.32	0.025
IV-4	0.34	0.015	IX-4	0.32	0.025
V-1	0.27	0.017	X-1	0.30	0.022
V-2	0.28	0.010	X-2	0.33	0.011
V-3	0.28	0.020	X-3	0.33	0.014
V-4	0.29	0.021	X-4	0.31	0.014

※ I~Xはスギ原木の番号。1~4は1(元口)~4(末口)。

(2)挽板

無節のスギ辺材板目板を表 2.1(b)に示す寸法に切削し、生材状態および気乾状態で試験に供した。生材については、乾燥を防ぐために寸法調整後、ビニルシートで梱包した。挽板の全乾密度は平均 0.32g/cm^3 、標準偏差 0.043 であった。スプルースおよびベイマツの単板も同様に作製した。

2.1.2 注入薬剤

注入する液体には、以下 3 種の薬液を用いた。なお、試験片内に導入された薬剤は、細胞内腔に存在する自由水によって希釈されるため、薬液槽に準備する薬剤溶液は予め約 1.4 倍の濃度に設定した。

(1)寸法安定化薬剤：フェノール樹脂

注入量および細胞壁への薬剤浸透を評価するために、水溶性フェノール・ホルムアルデヒド樹脂（アイカ(株)）を用い、樹脂固形分率は 36%とした。

(2)防腐・防蟻処理薬剤：ACQ(防腐薬剤)

液体注入された木材の防腐効力の評価を行うため、ACQ(越井木材(株))を用いた。注入に用いる溶液の濃度は、重量濃度換算で 0.4%及び 0.8%とし、目標注入量をそれぞれ 2.6kg/m^3 (K3 相当)、 5.2kg/m^3 (K4 相当)とした。

(3)難燃処理薬剤：ホウ酸(難燃薬剤)

液体注入された木材の難燃性評価のために、ホウ酸系難燃薬剤(越井木材(株))を用いた。注入に用いる溶液の濃度は、重量濃度換算で 20%とし、目標注入量を 100kg/m^3 とした。

2.2 実験装置

(1)ロールプレス機(φ 200)

本実験に用いたロール径 200φ のロールプレス機を図 2.2 に示す。本装置は、直径が 200 mm、幅が 150 mmの一对の金属ロールにより構成され、駆動にはギヤモータ(0.4kW)を使用し、最大荷重 5kN、最大トルク $75\text{N}\cdot\text{m}$ を発生することができる。動力部はローラー上部に配置され、チェーンによって下部ローラーのみが駆動される。インバータ方式によってロール回転数が制御可能である。最大回転数は 25rpm で、これを材料の送り速度に換算すると最大約 12m/分となる。加工部であるロールギャップ付近は、液体中に浸せきすることが可能となっており、本装置を幅 400mm×高さ 300mm×長さ 1250mm の液槽内に設置して使用する。圧縮率は、上部ローラーを軸箱ごと上下に移動して調整する。

(2)ロールプレス機(φ 500)

本実験に用いたロール径 500φ のロールプレス機を図 2.3 に示す。本装置は、直径が 500mm、幅が 250mm の一对の金属ロールによって構成される。ロールは、幅 320×長

さ 4600×幅 450 mmの薬液槽内に設置され、薬液槽側部に設置されたギヤモータにより、下ロールのみが駆動する。ギヤモータ(7.5kW)は、最大荷重 37kN、最大トルク 2.8kN・mを発生する。圧縮率は、上部ローラーを軸箱ごと上下に移動して調整する。

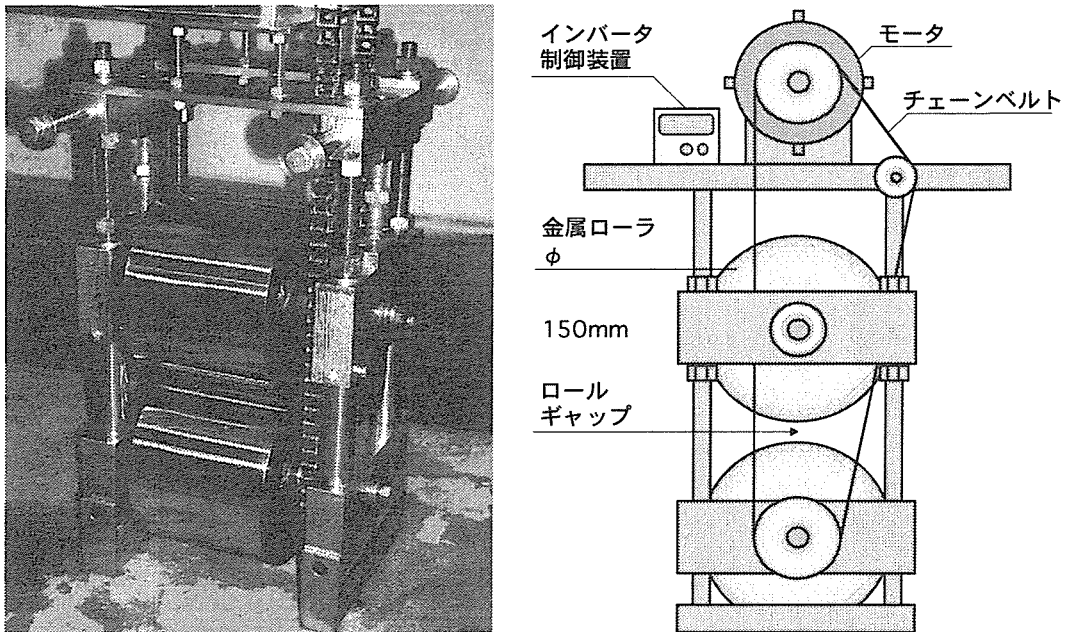


図2.2 200φロールプレス装置の外観と構造

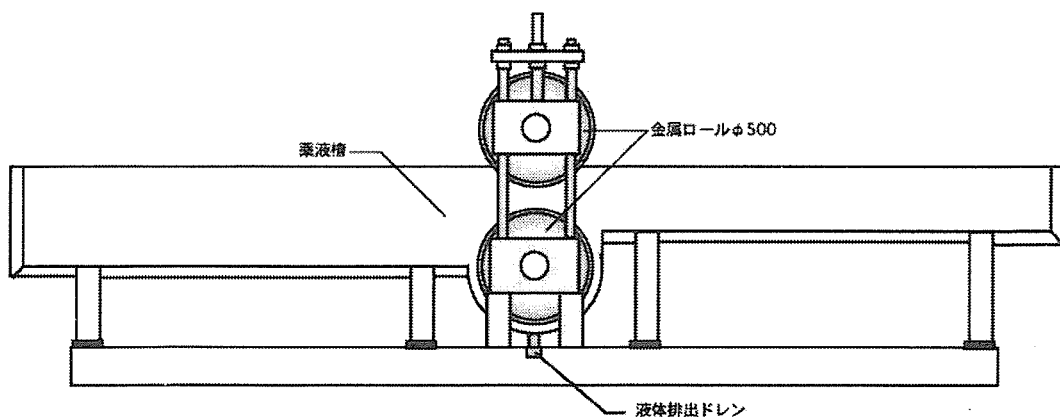
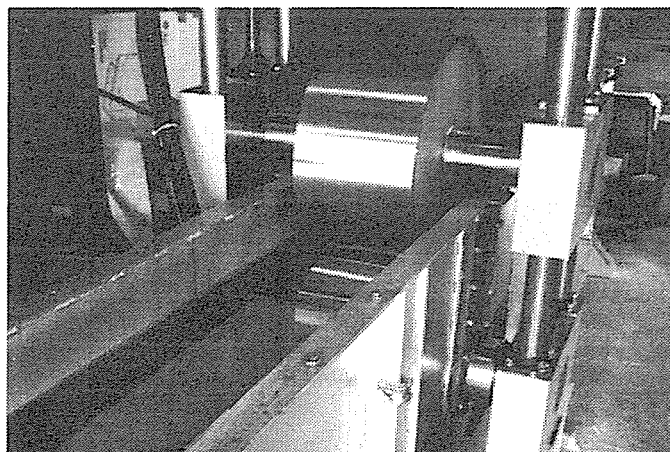


図2.3 500φロールプレス装置の外観と構造

2.3 水分除去試験

表 2.3 に示す条件によって、ロールプレスを用いて試験片を横圧縮した。ロールプレスでの送り速度は 6m/分とした。圧縮後の試験片について、目視によって試験片の損傷を観察するとともに、重量および寸法を測定して、含水率および厚さ変化を計算した。試験片数は各条件について 5 片とした。

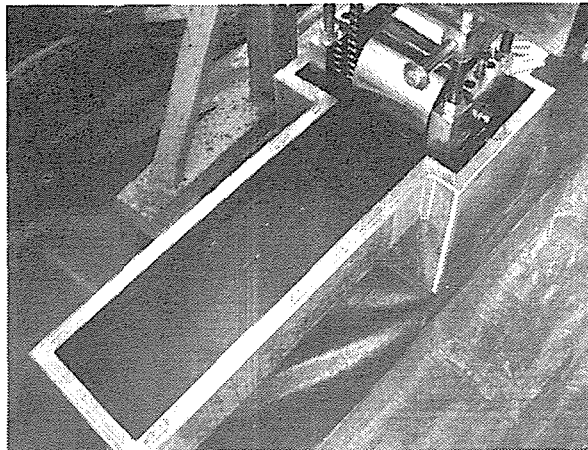
表2.3 水分除去条件（単板）

①ロールプレス圧縮率（単板）

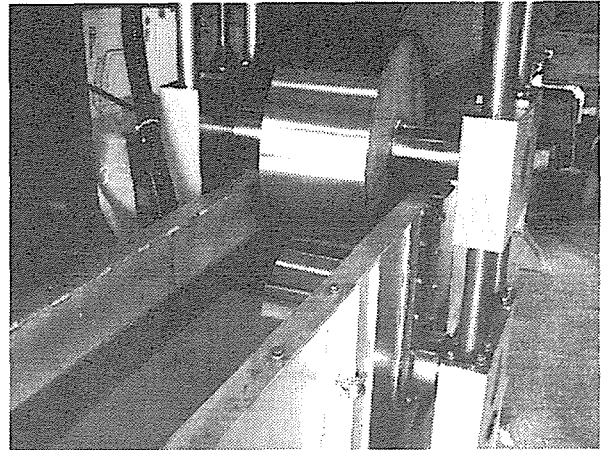
	圧縮	ロール径	材の部位	含水率
1	0%	—	心材	生材
2	0%	—	辺材	生材
3	15%	φ500	辺材	生材
4	30%	φ500	辺材	生材
5	45%	φ500	辺材	生材
6	60%	φ500	辺材	生材
7	75%	φ500	辺材	生材
8	15%	φ200	辺材	生材
9	30%	φ200	辺材	生材
10	45%	φ200	辺材	生材
11	60%	φ200	辺材	生材
12	75%	φ200	辺材	生材
13	0%	—	辺材	気乾材
14	15%	φ500	辺材	気乾材
15	30%	φ500	辺材	気乾材
16	45%	φ500	辺材	気乾材
17	60%	φ500	辺材	気乾材
18	75%	φ500	辺材	気乾材
19	15%	φ200	辺材	気乾材
20	30%	φ200	辺材	気乾材
21	45%	φ200	辺材	気乾材
22	60%	φ200	辺材	気乾材
22	75%	φ200	辺材	気乾材

2.4 薬液注入試験

各種薬液溶液を満たした液槽内に設置されたロールプレスを用いて（写真 2.2）、試験片をロール圧縮した後、そのまま液体中に所定の時間浸せきした。また、「圧縮→浸せき」を1サイクルとした圧縮繰り返し試験を行った。材料条件および注入条件を表 2.4～2.8 に示す。薬液溶液を注入した試験片は一昼夜、常温にて風乾した後、60℃の恒温乾燥機で含水率4～5%になるように調整し、LVLの製造に供した。



(a) 薬液槽内に設置されたロールプレス



(b) 薬液槽が注入液体で満たされた
ロールプレス

写真2.2 液体注入専用ロールプレス

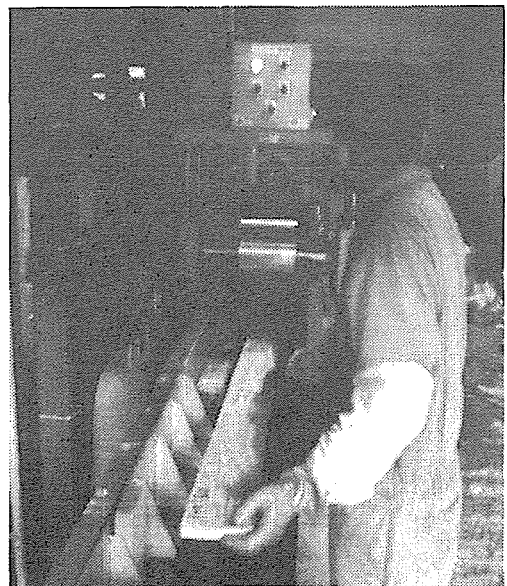
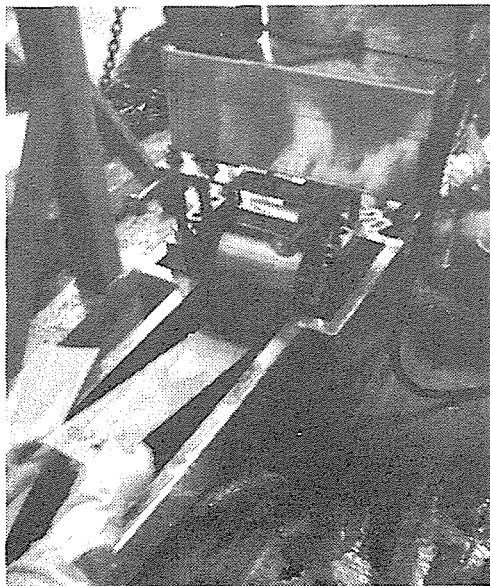


写真2.3 薬液注入処理試験

表2.4 薬剤注入試験 測定条件（単板寸法）

	圧縮	口一ル径	材の部位	含水率
1	0%	—	心材	生材
2	0%	—	辺材	生材
3	15%	φ 500	辺材	生材
4	30%	φ 500	辺材	生材
5	45%	φ 500	辺材	生材
6	60%	φ 500	辺材	生材
7	75%	φ 500	辺材	生材
8	15%	φ 200	辺材	生材
9	30%	φ 200	辺材	生材
10	45%	φ 200	辺材	生材
11	60%	φ 200	辺材	生材
12	75%	φ 200	辺材	生材
13	0%	—	辺材	気乾材
14	15%	φ 500	辺材	気乾材
15	30%	φ 500	辺材	気乾材
16	45%	φ 500	辺材	気乾材
17	60%	φ 500	辺材	気乾材
18	75%	φ 500	辺材	気乾材
19	15%	φ 200	辺材	気乾材
20	30%	φ 200	辺材	気乾材
21	45%	φ 200	辺材	気乾材
22	60%	φ 200	辺材	気乾材
22	75%	φ 200	辺材	気乾材

表2.5 薬剤注入試験 測定条件（薬液効力の比較）

①防腐・防蟻処理薬剤（単板）

	濃度	圧縮	材の部位	含水率
1	K4	0%	心材	生材
2	K4	60%	心材	生材
3	K3	60%	辺材	生材
4	K4	0%	辺材	生材
5	K4	60%	辺材	生材
6	K3	60%	辺材	気乾材
7	K4	0%	辺材	気乾材
8	K4	60%	辺材	気乾材

②難燃処理薬剤（単板）

	圧縮	材の部位	含水率
1	0%	心材	生材
2	0%	辺材	生材
3	60%	辺材	生材
4	0%	辺材	気乾材
5	60%	辺材	気乾材

③寸法安定化薬剤（単板）

	圧縮	材の部位	含水率
1	0%	心材	生材
2	0%	辺材	生材
3	60%	辺材	生材
4	0%	辺材	気乾材
5	60%	辺材	気乾材

表2.6 薬剤注入試験 測定条件（浸せき時間）

	時間	圧縮	材の部位	含水率
1	10秒	0%	辺材	生材
2	30秒	0%	辺材	生材
3	1分	0%	辺材	生材
4	3分	0%	辺材	生材
5	5分	0%	辺材	生材
6	10分	0%	辺材	生材
7	30分	0%	辺材	生材
8	10秒	60%	辺材	生材
9	30秒	60%	辺材	生材
10	1分	60%	辺材	生材
11	3分	60%	辺材	生材
12	5分	60%	辺材	生材
13	10分	60%	辺材	生材
14	30分	60%	辺材	生材
15	10秒	0%	辺材	気乾材
16	30秒	0%	辺材	気乾材
17	1分	0%	辺材	気乾材
18	3分	0%	辺材	気乾材
19	5分	0%	辺材	気乾材
20	10分	0%	辺材	気乾材
20	30分	0%	辺材	気乾材
20	10秒	60%	辺材	気乾材
20	30秒	60%	辺材	気乾材
20	1分	60%	辺材	気乾材
20	3分	60%	辺材	気乾材
20	5分	60%	辺材	気乾材
20	10分	60%	辺材	気乾材
20	30分	60%	辺材	気乾材

表2.7 薬剤注入試験 測定条件（繰り返し処理）

①ロールプレス繰り返し数（単板）

	圧縮率	材料長さ	時間	回数	材の部位	含水率
1	60%	300mm	10秒	2	辺材	生材
2	60%	300mm	10秒	3	辺材	生材
3	60%	300mm	30秒	2	辺材	生材
4	60%	300mm	30秒	3	辺材	生材
5	60%	300mm	1分	2	辺材	生材
6	60%	300mm	1分	3	辺材	生材
7	60%	300mm	10秒	2	辺材	気乾材
8	60%	300mm	10秒	3	辺材	気乾材
9	60%	300mm	30秒	2	辺材	気乾材
10	60%	300mm	30秒	3	辺材	気乾材
11	60%	300mm	1分	2	辺材	気乾材
12	60%	300mm	1分	3	辺材	気乾材

②ロールプレス繰り返し数（挽板）

	圧縮率	材料長さ	時間	回数	材の部位	含水率	厚さ
13	45%	500mm	3分	2	辺材	生材	20mm
14	45%	500mm	3分	3	辺材	生材	20mm
15	45%	500mm	3分	2	辺材	気乾材	20mm
16	45%	500mm	3分	3	辺材	気乾材	20mm
17	45%	500mm	3分	2	辺材	生材	10mm
18	45%	500mm	3分	3	辺材	生材	10mm
19	45%	500mm	3分	2	辺材	気乾材	10mm
20	45%	500mm	3分	3	辺材	気乾材	10mm

表2.8 薬剤注入試験 測定条件（挽板寸法および圧縮率）

寸法安定化薬剤（挽板）

	圧縮	長さ	時間	厚さ	含水率
1	0%	300mm	3分	20mm	生材
2	0%	300mm	3分	10mm	生材
3	15%	300mm	3分	20mm	生材
4	15%	300mm	3分	10mm	生材
5	30%	300mm	3分	20mm	生材
6	30%	300mm	3分	10mm	生材
7	45%	300mm	3分	20mm	生材
8	45%	300mm	3分	10mm	生材
9	60%	300mm	3分	20mm	生材
10	60%	300mm	3分	10mm	生材
11	0%	300mm	3分	20mm	気乾材
12	0%	300mm	3分	10mm	気乾材
13	15%	300mm	3分	20mm	気乾材
14	15%	300mm	3分	10mm	気乾材
15	30%	300mm	3分	20mm	気乾材
16	30%	300mm	3分	10mm	気乾材
17	45%	300mm	3分	20mm	気乾材
18	45%	300mm	3分	10mm	気乾材
19	60%	300mm	3分	20mm	気乾材
20	60%	300mm	3分	10mm	気乾材
21	60%	100mm	3分	20mm	生材
22	60%	200mm	3分	20mm	生材
23	60%	300mm	3分	20mm	生材
24	60%	600mm	3分	20mm	生材
25	60%	900mm	3分	20mm	生材
26	60%	1800mm	3分	20mm	生材
27	60%	100mm	3分	20mm	気乾材
28	60%	200mm	3分	20mm	気乾材
29	60%	300mm	3分	20mm	気乾材
30	60%	600mm	3分	20mm	気乾材
31	60%	900mm	3分	20mm	気乾材

また、フェノール樹脂を注入した試験片については、前述の操作後さらに、135℃の恒温乾燥機によって4時間処理することで、樹脂を完全に硬化させた。硬化後、重量及び寸法を測定した。注入量の評価は、次式に示す、重量増加率(WPG)を用いた。

$$\text{重量増加率(\%)} = (W - W_0) / W_0 \times 100$$

W_0 : 処理前の加工材重量(g), W : 処理後の加工材重量(g)

一部の試験片では、硬化後、試験片繊維方向に 10mm ごとに切断し、各切片の重量を求め、注入前の密度を元に繊維方向の薬液注入量の分布を調べた。

2.5 強度試験

水分除去された試験片を風乾後、105℃の恒温乾燥機によって全乾状態にし、気乾状態に調整後、単板については、60mm(繊維方向、L)×30mm(接線方向、T)×3mm(放射方向、R)寸法に、挽板については、200mm(L)×30mm(T)×10mm(R)および 400mm(L)×30mm(T)×20mm(R)に切削した。中央集中荷重三点曲げ試験を行い、繊維方向の曲げ強さおよび曲げ弾性率を求めた。スパンは厚さ(R)の 18 倍、荷重速度は 10mm/分とし、試験片の木表側から荷重を加えた。コントロールとして、圧縮せずに飽水状態から熱気乾燥した試験片についても同様の試験を行った。

3. 結果と考察

3.1 圧縮変形による水分除去効果

生材に含有される水分は、木材の搬送や乾燥に際してのエネルギー消費量の面から、経済性や加工・処理性に影響する重要な因子である。したがって、圧縮によって含水木材の水分除去を行うことは、乾燥工程の前処理として行った場合、エネルギーと時間を同時に節約することが可能であると考えられる。したがって、ロータリーレース後、生材状態のスギ単板の処理を試みた。今回は、ロールプレスによる含水木材の脱水効果を圧縮条件の変化を通して検討した。

また、スギ生材は、その比重の低さから、含水率の絶対値が高いばかりでなく、白線帯近辺で急激に含水率が低くなる傾向がある。さらに、この含水率のバラツキは一定でなく、品種および樹幹の部位によって変動する(1)。このため、初期含水率を調整しないまま、辺心材を同時に熱気乾燥した場合、一方では過乾燥、もう一方では繊維飽和点以上という極端な差が生じる。この乾燥の困難さが、スギ材の用途拡大の障害の一つとなっている。そのため、圧縮変形による機械的な水分除去による含水率の平準化を検討する。

3.1.1 水分除去

元来、木材の細胞内腔内は水分で満たされている。中空セル構造体である木材を繊維

と直角方向に降伏ひずみを越えて大変形する時、デンシフィケーションに至るまでの範囲では、主に細胞内腔の収縮によって変形が進行する。図 2.4 のように、この時、内腔中に存在する自由水は、体積収縮するか、外部に放出される。除荷後、細胞壁は与えられた変形のほとんどが回復する。生材状態の木材では、細胞内腔中に大量の自由水を含んでいる。水は非圧縮性物質であるため、木材の横圧縮変形に要する荷重程度では変形せず、そのほとんどは材外部に放出される。すなわち、高含水状態の木材を横圧縮大変形することによって、細胞内腔に存在する自由水を機械的に材外部に放出することができ、短時間に含水率を著しく減少させることができる。

図 2.5 に $\phi 200$ および $\phi 500$ のロールプレスで圧縮率を様々に変えて脱水処理した結果を示す。図中、直線で示した計算値は、飽水状態の木材において、内腔体積の理論的減少量から計算される圧縮後の含水率である。ロールプレスを用いて、飽水木材を圧縮すると、木材が一定距離を走行した後、後端木口面から水が噴出するとともに試験片表面、主に目切れおよび裏割れ部分にも水の滲出が確認された。

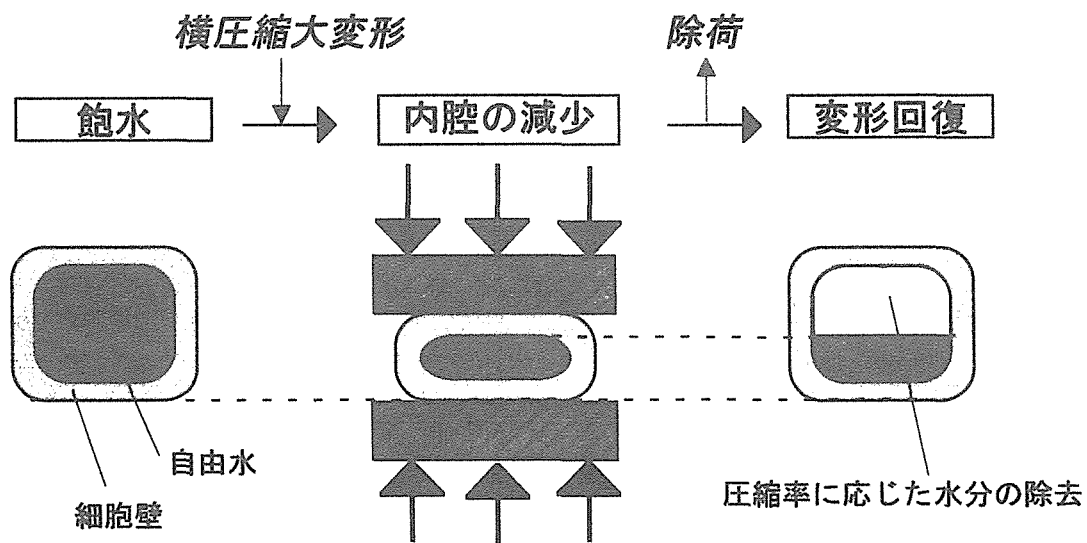


図2.4 ロールプレスによる自由水の物理的除去

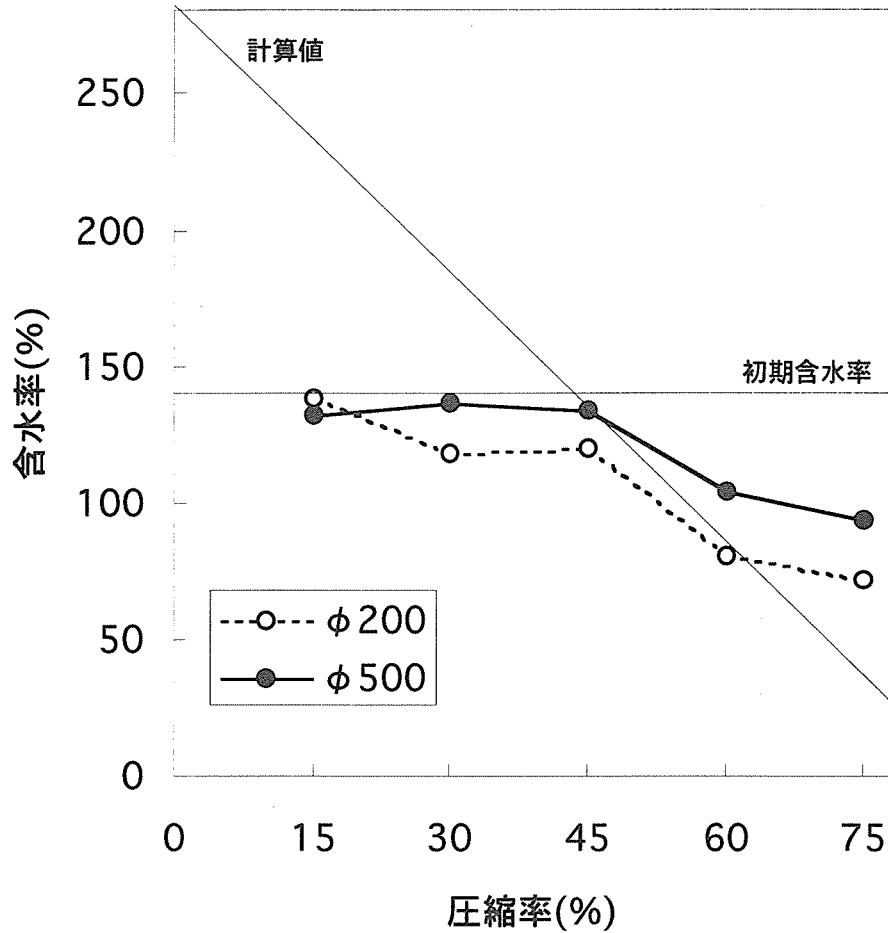


図2.5 圧縮率と脱水処理後の含水率の関係

脱水後の試験片の平均含水率は、圧縮率 30%以下の場合、ロール径に関わらず、初期含水率と比較してほとんど変化が見られなかった。これは、単板の平均初期含水率 139% が計算値より低く、試験片の細胞内腔が圧縮・収縮を生じて、内腔に存在する流動性の高い空気が選択的に材外部に放出され、水分放出に至らないためと考えられる。また、圧縮方向に対する直角方向への材の伸張が主に圧縮の初期段階で発生する (2) ことから、内腔体積の減少量が理論値より少ないことが推測される。また、圧縮率 45%以上では、圧縮率の増加に従って排出される水分量が増加し、内腔体積の理論的減少量から計算される含水率とほぼ平行に含水率が低下する。圧縮率 60%では、含水率は 100%前後まで低下した。ロール径を比較した場合、500φの脱水後の含水率が 200φのそれより若干高い結果であった。

3.1.2 含水率の平準化

圧縮変形による機械的な水分除去による含水率の平準化を検討する。図 2.6 から図 2.9 に、試験片の初期含水率とロール圧縮後の含水率との関係を示す。図中、■と□の和が初期含水率を示し、圧縮によって□で示す量の水分が除去され、■の含水率になる。

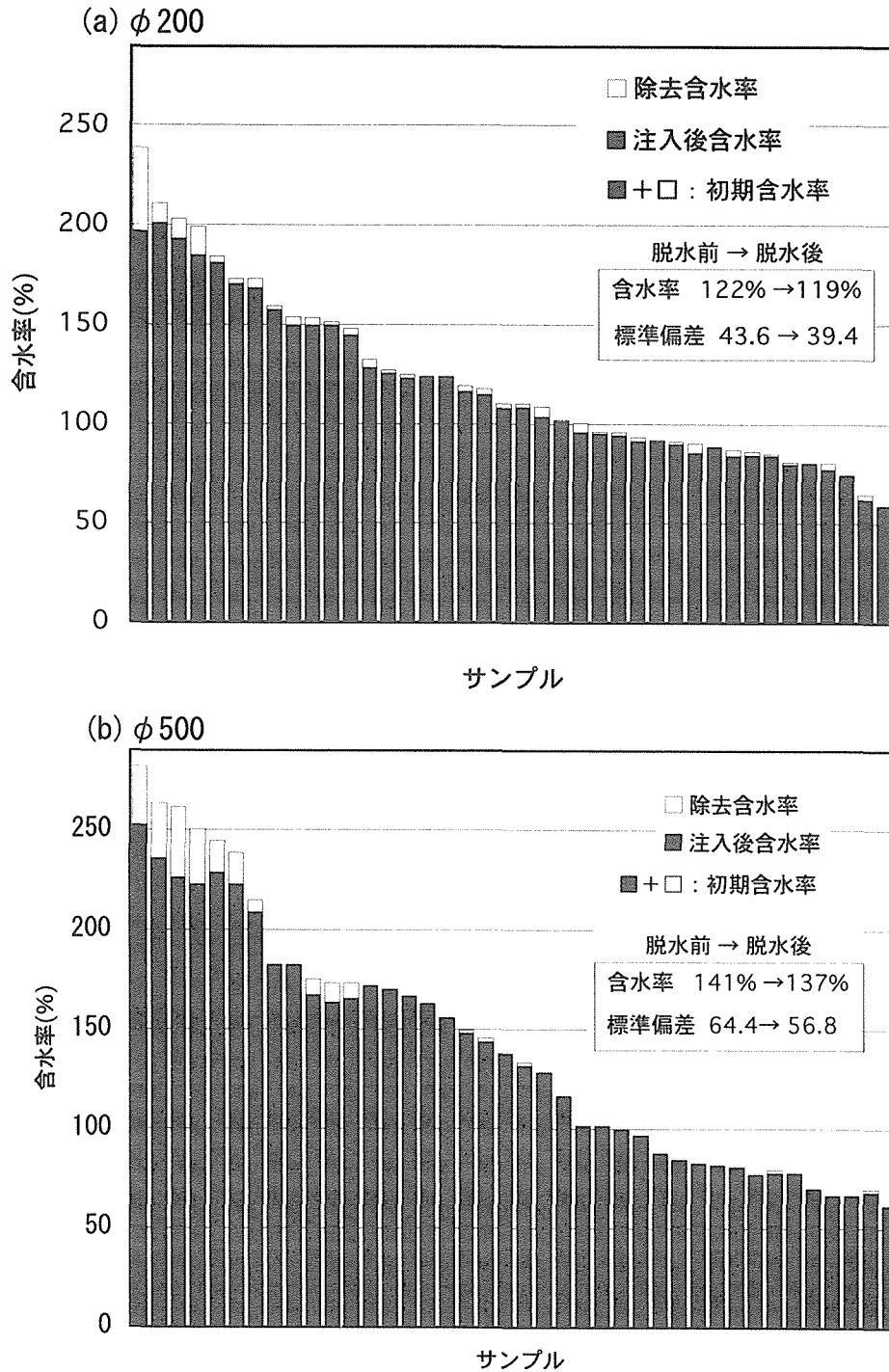


図2.6 スギ生材単板の含水率分布 (圧縮率30%)

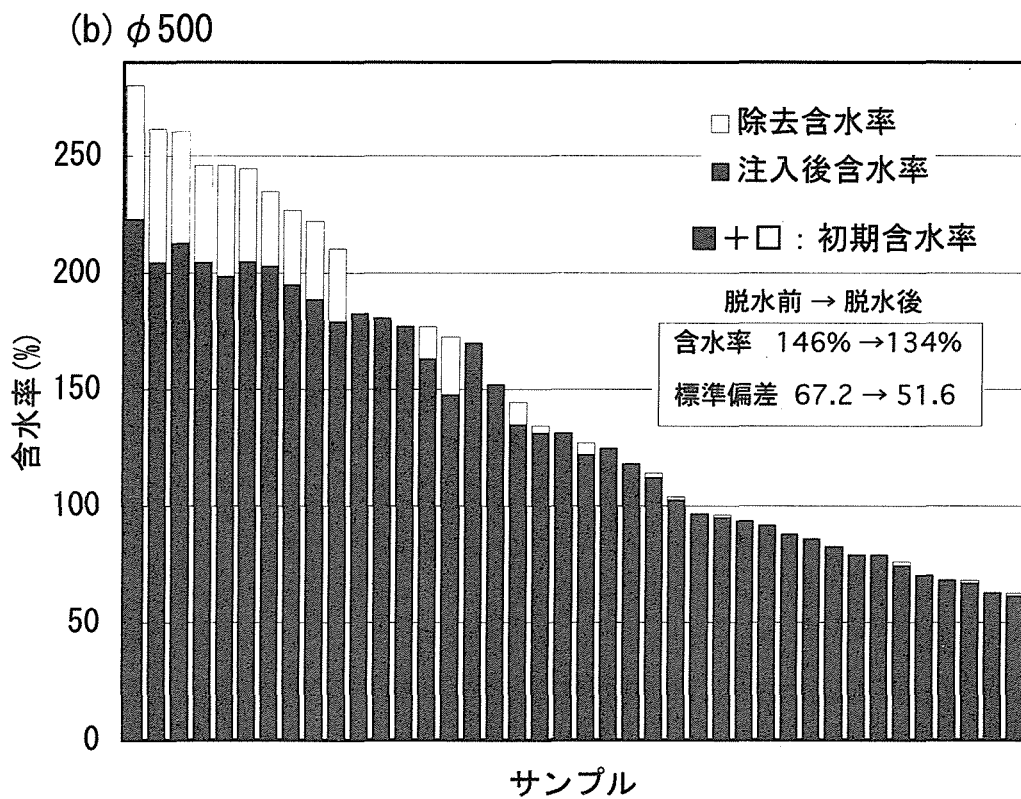
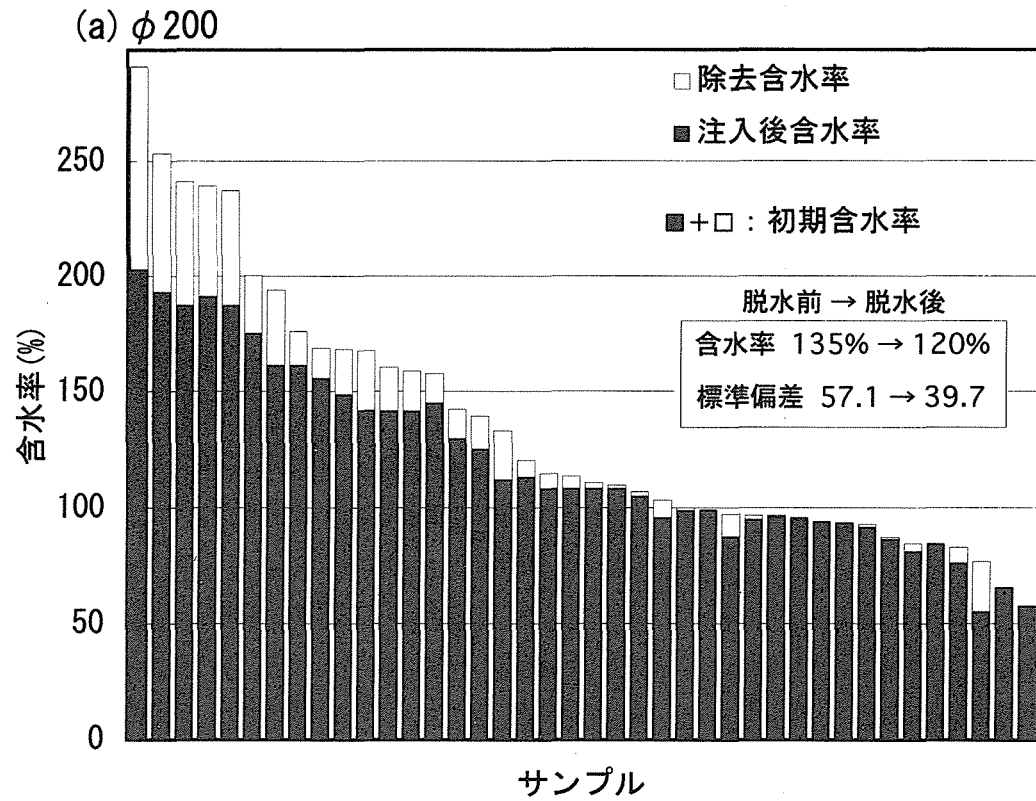


図2.7 スギ生材単板の含水率分布 (圧縮率45%)

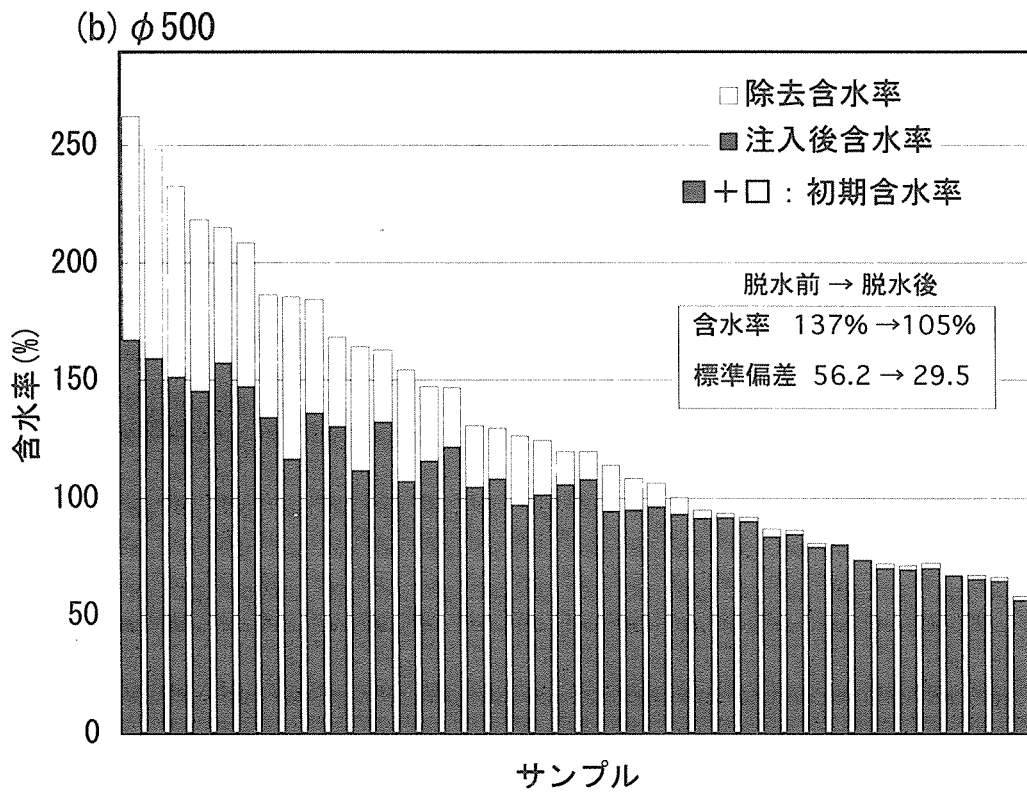
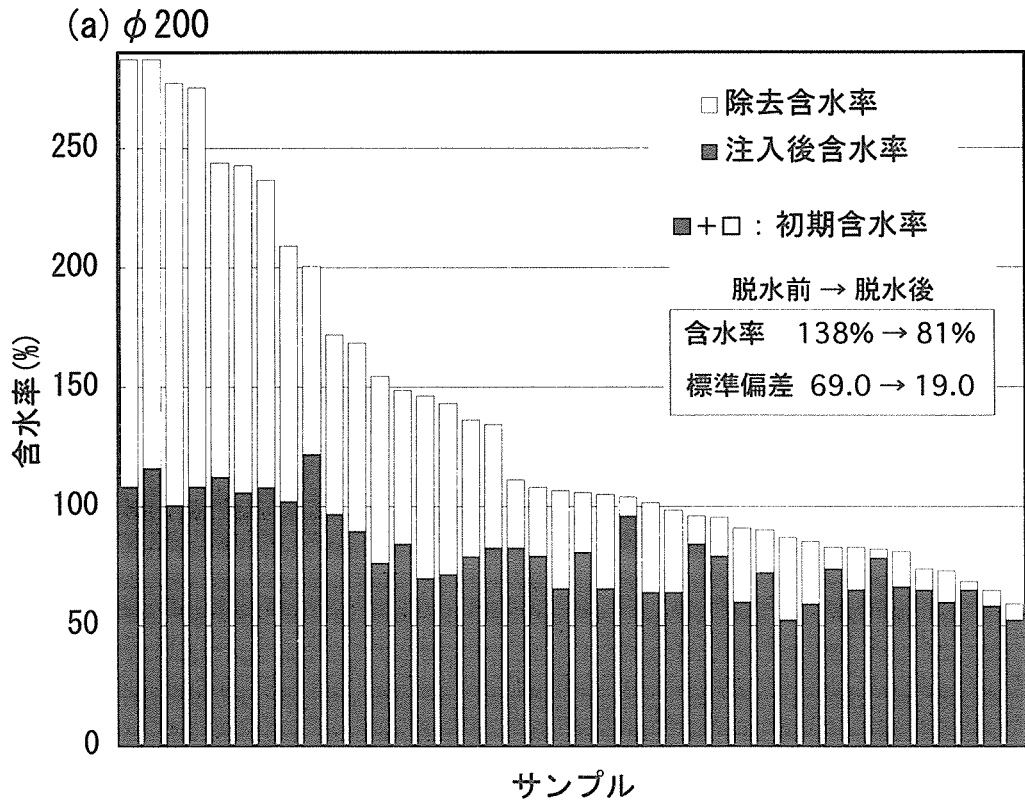


図2.8 スギ生材単板の含水率分布(圧縮率60%)

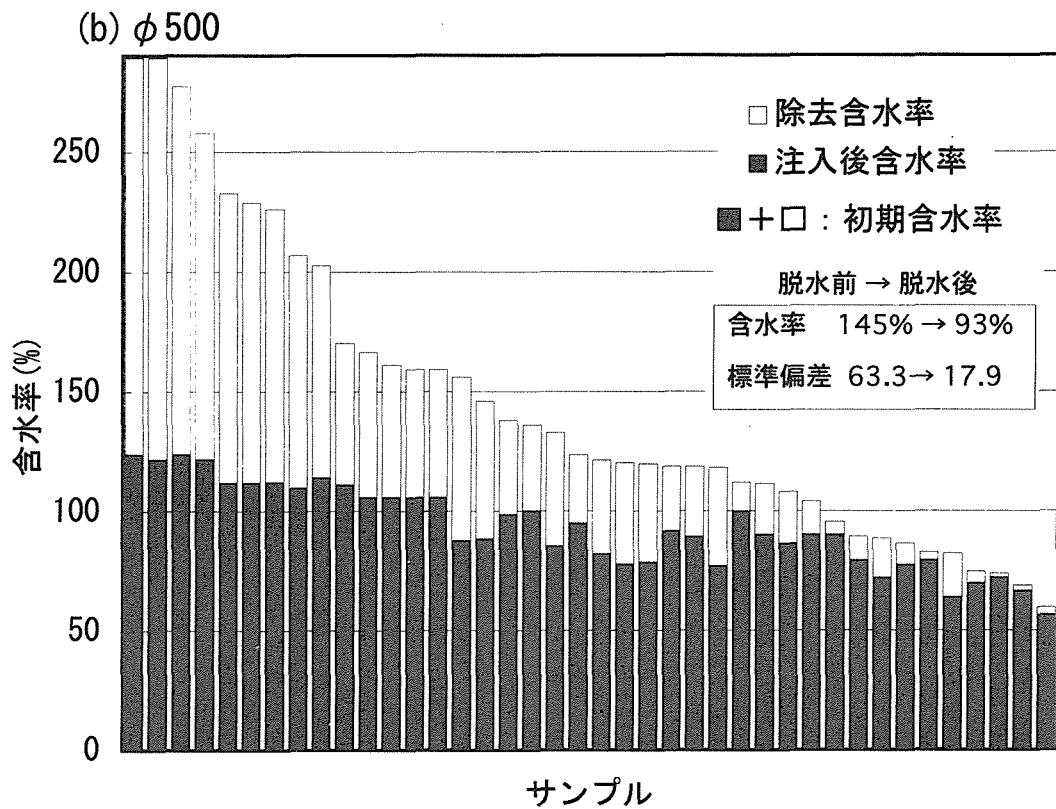
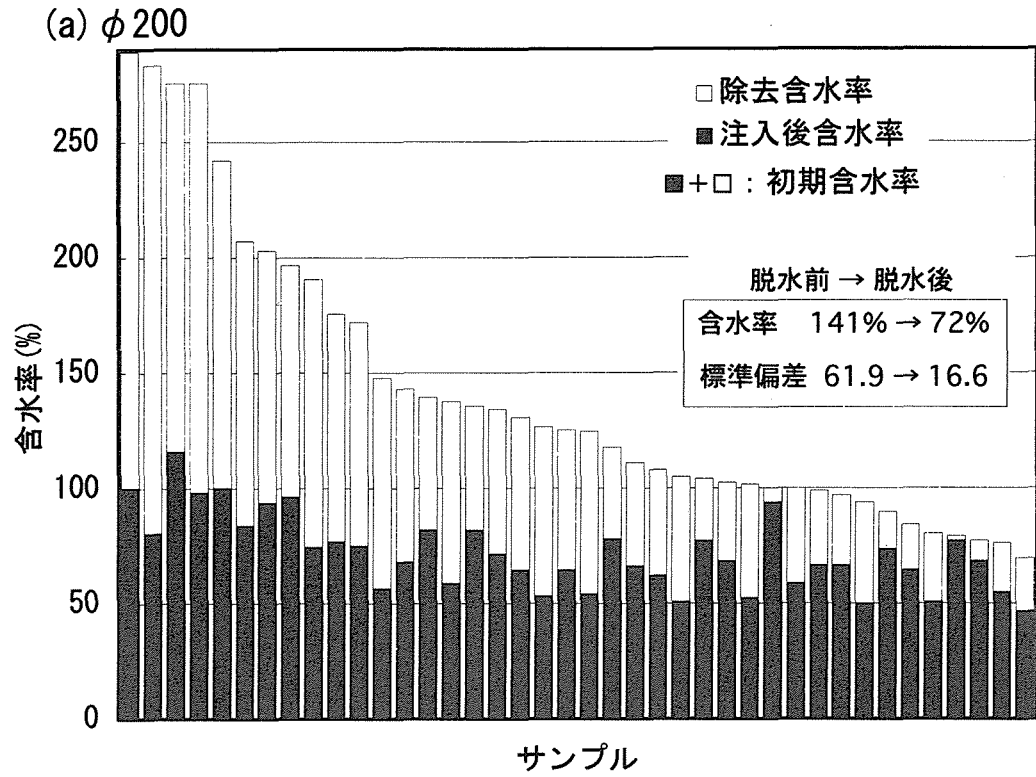


図2.9 スギ生材単板の含水率分布(圧縮率75%)

図 2.6 に示す、圧縮率 30%の脱水処理において、圧縮後の平均含水率は、ロール径 200 φ, 500 φ で約 3%および約 4%減少した。また、図 2.7 に示す、圧縮率 45%の脱水処理においては、それぞれ約 15%および約 12%減少した。以上のように平均値ではほとんど脱水効果が生じないと判断されるが、試験片単体では大きな脱水効果を生じる場合がある。図 2.6 をみると、含水率 200%以下の試験片の含水率変化は、圧縮前後でほとんど認められないのに対し、含水率 200%以上の試験片では、30%以上の脱水効果が生じたものがある。図 2.7 の圧縮率 45%になると、含水率 150%以上の試験片で顕著な脱水効果が認められる。高含水材に選択的に高い脱水効果が認められる理由は、前述したように、圧縮によって細胞内腔が収縮する際に、透過性の高い空気が優先的に材外部に排出され、その後、水分が圧縮率に応じて排出されるためである。したがって、圧縮率が増加するにつれて、初期含水率の低い試験片が脱水効果を生じるようになる。逆に、圧縮されても内腔に空気が存在する低含水材は、ほとんど脱水効果は生じない。

図 2.8 に示すように、60%圧縮することによって、試験片含水率は大幅に低下する。平均値はロール径 200 φ, 500 φ でそれぞれ約 81%および約 105%に低下し、その標準偏差は 19.0 および 29.5 となり、バラツキが著しく減少した。図 2.9 の 75%圧縮では、含水率減少およびバラツキの低下がさらに顕著となる。したがって、圧縮後の含水率は、初期含水率に関係なく、圧縮率によって決定され、初期含水率がそれよりも高いものについては、含水率が平準化されることになる。このように、含水率が均一化されていることは、乾燥スケジュールを設定する上で極めて有利であり、ロールプレスによる乾燥前処理としての脱水効果を、生材においても認めることができた。

3.2 加工条件の変化が木材への薬剤注入効果に及ぼす影響

3.2.1 挽板への薬剤注入効果

(1)初期含水率

図 2.10 に厚さ 10mm の挽板の初期含水率が薬液注入効果に及ぼす影響を示す。生材と気乾材を比較すると、両者にほとんど差が見られない。これは、生材で、低含水率の両端木口から、乾燥材同様に薬剤が浸透したこと、また、飽水材ではないため、細胞内腔内に存在する空隙に毛細管現象で薬液が浸透しやすくなったことが考えられる。しかし、浸せきのみで、重量増加率が 10%を超える試験片は確認されず、高い注入効果は得られなかった。そこで、液体中ロールプレスで圧縮率 45%、浸せき時間 3 分の薬剤注入処理を行った。結果として、薬剤注入効果は大幅に促進された。圧縮することによって、気乾材、生材で薬剤注入効果はそれぞれ約 1.7 倍、約 3.3 倍になった。第 1 章 3.5 項で述べたように、液体中ロールプレス法において、加工時の含水率が高いほど注入率が高くなる理由は、圧縮変形によって内腔体積が減少した場合、圧縮性の物質である空気は収縮して材外部に排出されにくい、非圧縮性物質である水の場合、材内部の圧力増加に伴い、材外部に排出され、薬剤溶液との置換が円滑に行われるた

めである。したがって、高含水状態の生材では、気乾材よりも大きな液体注入効果が得られる。

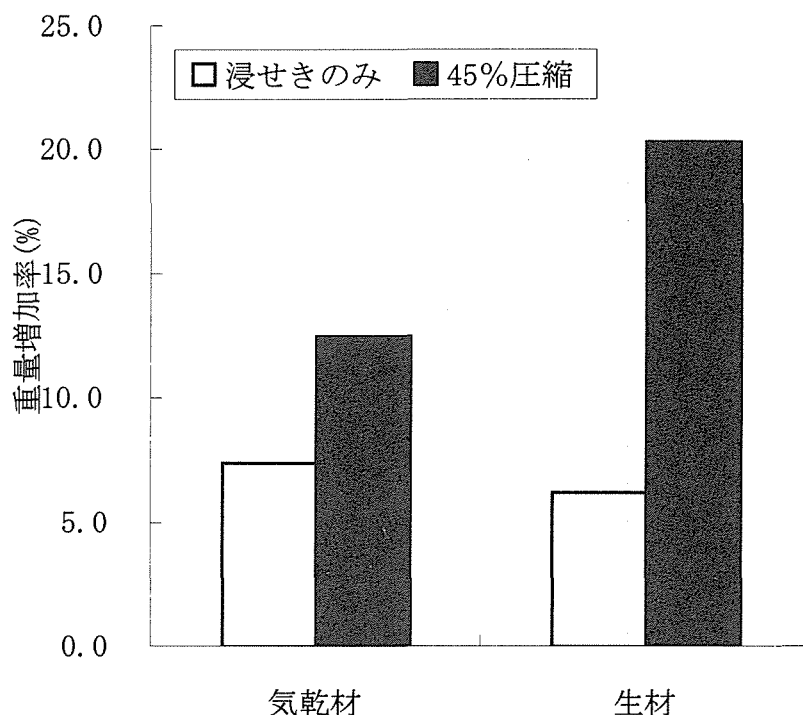


図2.10 挽板 初期含水率と重量増加率の関係

液体中圧縮法によってフェノールを注入した試験片の繊維方向の重量増加率分布を図 2.11 に示す。図の横軸は、ロールプレス時の試験片先端側を原点としている。図 2.11(a) は、圧縮を行わず浸せきのみの場合、生材と気乾材の注入量分布の差を示している。圧縮を行わないコントロール試験片の注入量は、両木口の端部で、若干増加するが、中央部では、ほとんど変化しない。また、気乾材の木口面付近での注入量は生材より多かった。両者の注入量の差は、試験片両木口から 10mm の部分の薬剤浸透の大小である。図 2.11(b)に気乾材および生材を圧縮率 45%で注入処理した結果を示す。気乾材の 0%と 45%を比較すると、注入処理によって試験片全体の注入量が増加した。特に、木口先端付近の注入量の増加が著しかった。液体中で木材試験片をロールプレスすると、試験片先端が約 150~250mm 走行した時、後端の木口から気泡が勢いよく噴出し始めた。乾燥木材が液体中でロールギャップを通過する時、ロール入り口側で、細胞の圧潰によって内腔中の空気が加圧される。空気は、圧力伝達しながら、主に後方に移動する。ただし、ロールギャップ直下の最も圧縮率が高い部位においても内腔が閉塞されることはないので、一部は先端側に逆流することも予想される。内腔内の空気

は主に後方木口面から、一部は板目、木端面に現れている仮道管断面から外部に放出される。ロール通過後の変形回復によって内腔体積が増加し、内腔内は負圧となる。そのため、主に先端木口面から、一部は板目、木端面から液体を吸引する。加工材が完全にロールプレスを通じた後は、後端付近の変形回復により、後端木口からも液体を吸引する。したがって、注入量分布は両木口面付近が高い、やや左底上がりのU字型のカーブとなると考えられる。生材を液体注入した場合、気乾材よりも試験片中央部方向への浸透長が増大し、木口面での自由水と薬液溶液の置換が気乾材よりスムーズに行われたと判断される。気乾材同様に、薬液注入量は試験片先端で高くなった。以上のように、生材を用いることで、木口面からの吸引を主体とする薬液置換が促進される結果が得られた。

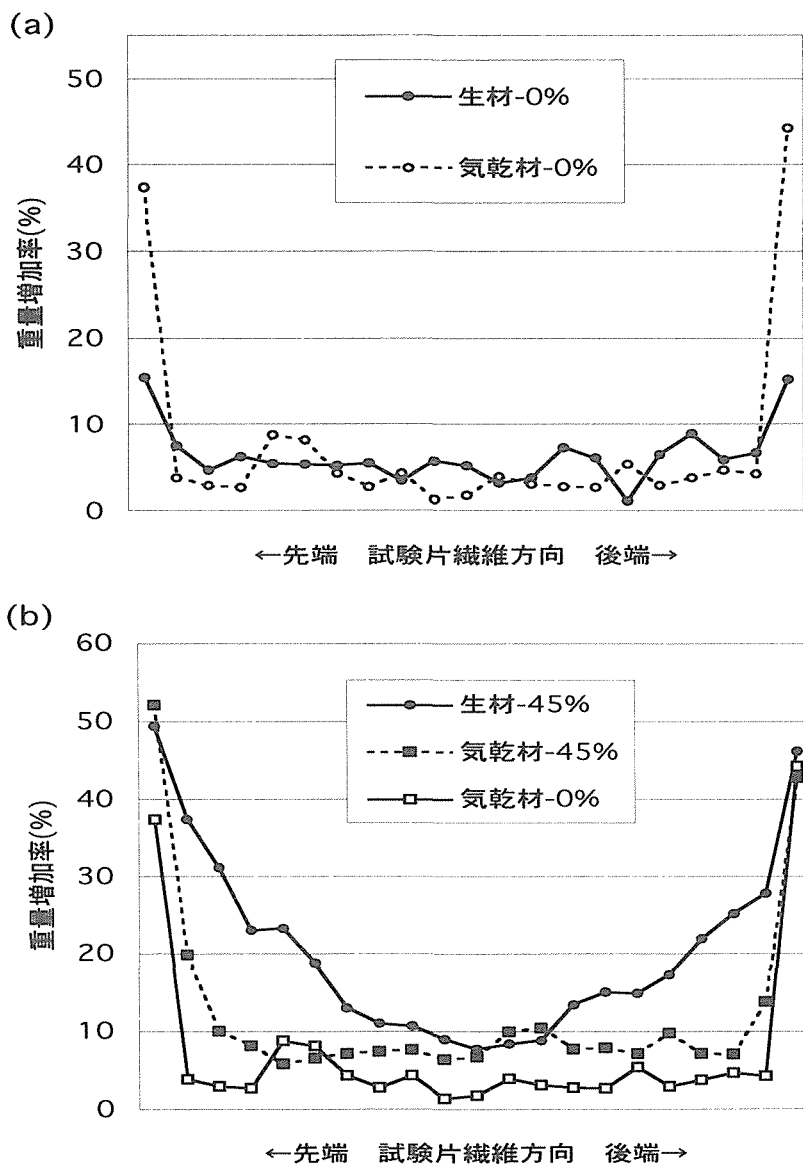


図2.11 挽板 繊維方向の薬液注入量分布～初期含水率～

(2)試験片寸法

次に試験片寸法が薬剤注入効果に及ぼす影響を検討する。図 2.12 に試験片の厚さを変えて処理を行った結果を示す。厚さが 10mm から 20mm と変化した場合、注入効果は気乾材、生材にいずれも約 20%低下した。圧縮時の試験片を観察したところ、試験片の最後尾がロール入り口直前で 2~3 枚の板状に厚さ方向に割裂するワニ口破壊(3)が認められた。その傾向は、厚さの増大に伴って顕著になった。この現象は、生材と比較して気乾材で顕著であった。ワニ口破壊は、ロール圧延部周辺に発生する厚さ方向の引張応力によるものである。破壊は全て年輪界において発生する。また、厚さ 20mm の試験片の一部で、試験片が幅方向に割裂する縦割れが生じた。これは、気乾材、生材ともに同様に確認され、厚さの増大とともに顕著になった。縦割れは、試験片厚さ方向の圧縮応力に対して発生した、幅方向への引張応力が原因である。試験片の幅方向の引張強度が木材-金属間に生じる摩擦力より大きくなった場合に発生すると考えられる。このように、加工条件によっては木材に不具合が確認された。しかし、これらの問題は、ロールの大径化やロール表面の摩擦係数の最適化を行うことでの抑制が可能と判断され、現在、検討中である。

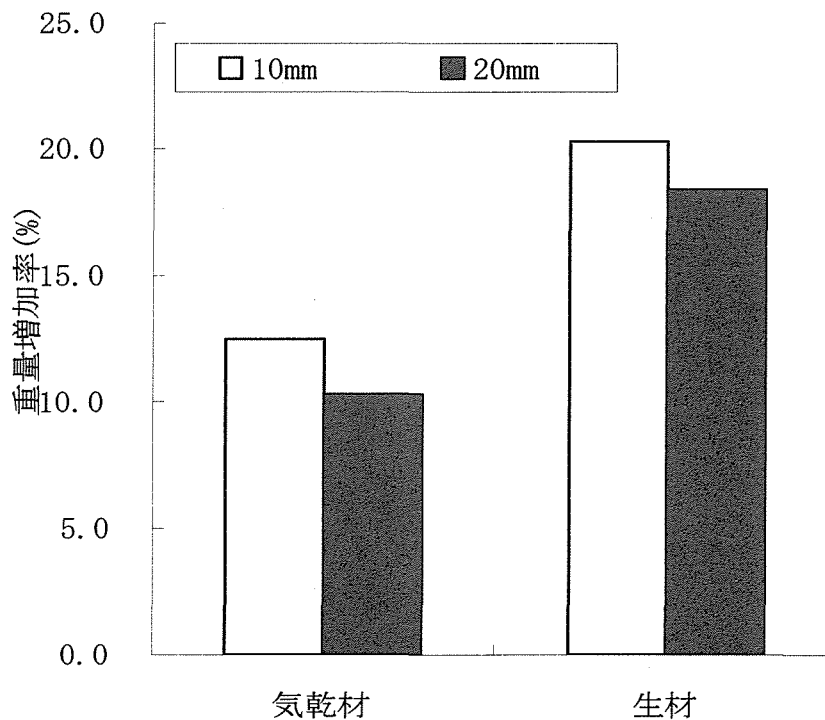


図2.12 挽板 厚さと重量増加率の関係

図 2.13 に試験片厚さの変化が試験片繊維方向の注入量分布に及ぼす影響を示す。図 2.13(a)での圧縮を行わないコントロール試験片の液体浸透は、毛管現象および拡散が主体となり、これらは試験片の表面積と密接な関係にある。厚さの増加に従って、注入量は若干低下するが、これは容積の増加に比べて表面積の増加が小さいためである。しかし、本試験では、双方に有意差がほとんど確認されなかった。図 2.13(b)の圧縮率 45% の場合、前述したように、試験片先端木口付近が若干高い注入量分布が得られた。また、厚さ 10mm の試験片では、厚さ 20mm よりの中央部にまで薬液が注入された。この理由は、板目表面からの液体吸引が加工材全体の注入量に反映されやすくなるためと考えられる。また、厚さが増大するにつれて、放射方向への空気の移動が困難になり、排出される空気が材内に残留することや永久ひずみが増大することが注入効果を低下させる原因と推察される。

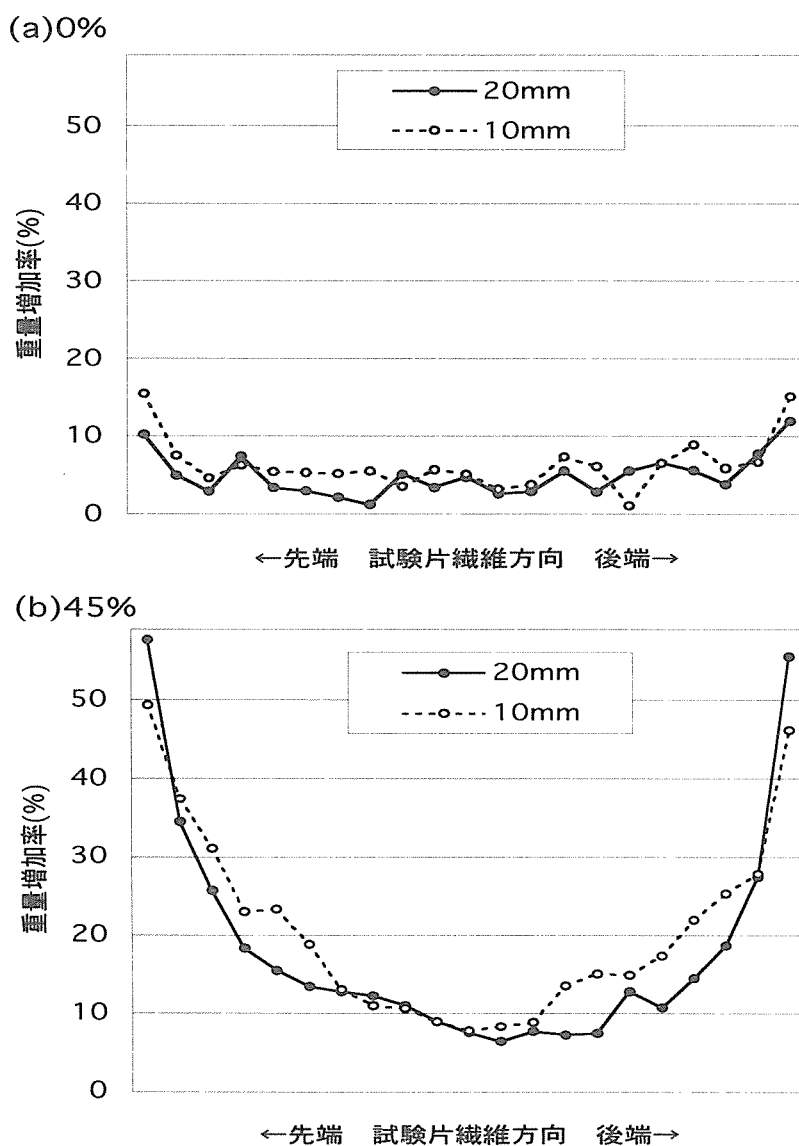


図2.13 挽板 繊維方向の薬剤注入量分布～厚さ～

試験片の木口面の薬剤で染色された部位において、縦割れやワニ口破壊等で生じた破断部分からの液体浸透が生じていることが確認された。したがって、注入量分布における試験片内部での急激な注入量の増減は、板目表面に露出した目切れからの液体吸引に加えて、試験片に生じた破壊や不具合による浸透経路の増加が原因の一つと判断される。

(3)圧縮率

図 2.14 に圧縮率と薬剤注入効果の関係を示す。「生材、厚さ 20mm、圧縮率 60%」の試験条件は、試験片をロール間隙に噛み込ませることが困難であったため、除外した。この問題を解決するためには、木材の圧入に要する荷重を低減させるか、ロールと金属間の摩擦係数を増大させることが必要である。具体的な方法として、ロールに挿入する木材先端に傾斜を与えるか、木材および金属の表面粗さを増大させる処理を施すか、いずれかの方法が簡便である。この点の詳細な検討は今後の課題である。

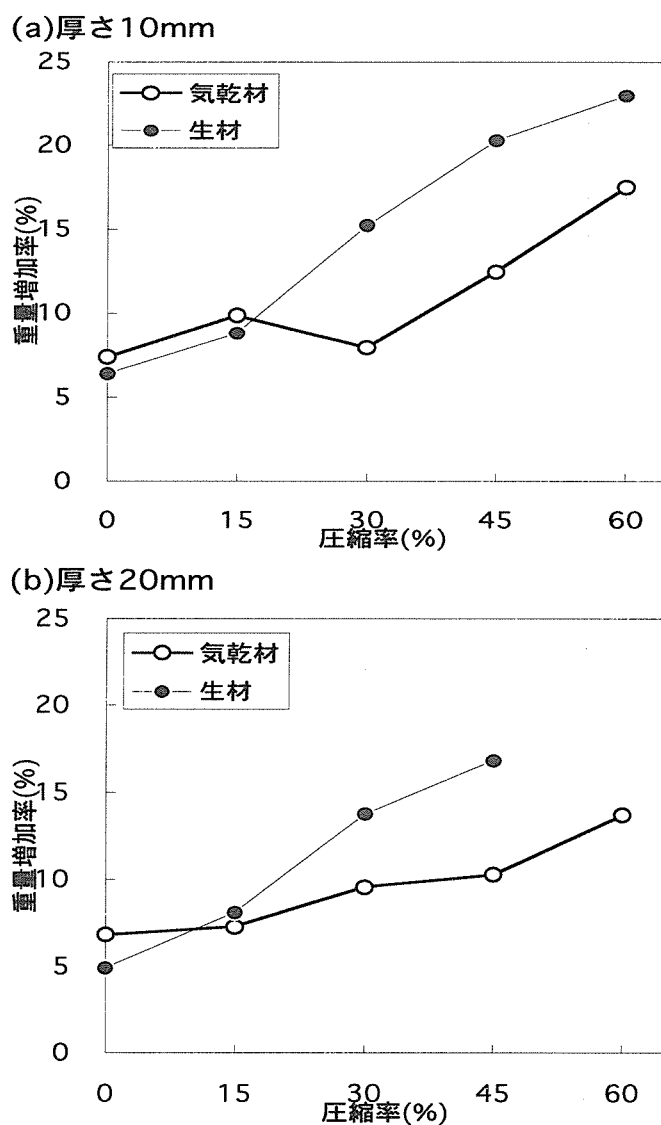
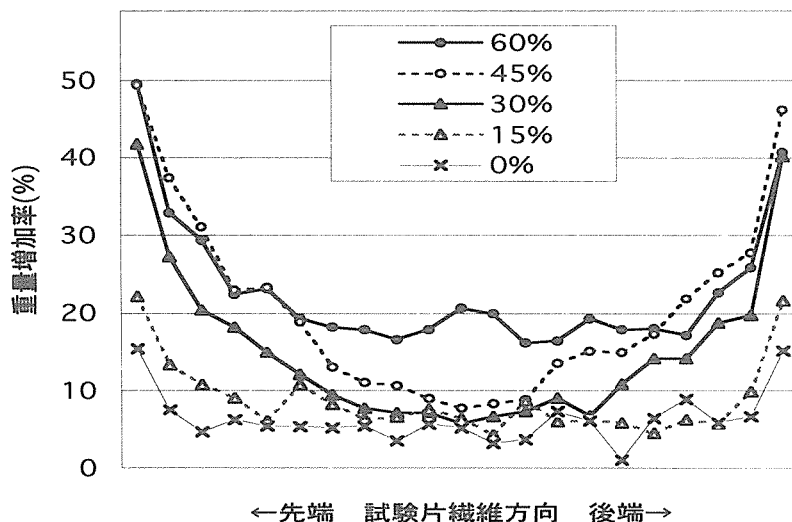


図2.14 挽板 圧縮率と重量増加率

厚さ 10mm の試験片において、生材では、圧縮率 30%以上で薬剤注入効果が発生した。また、気乾材では圧縮率 45%以上で同様に発生した。前述したように、低圧縮領域において、圧縮による注入効果が認められない原因は、低圧縮領域における木材横断面の変形は、接線方向への伸長が大きく、体積減少が生じにくいいため、変形回復による液体吸引効果は十分発生しないこと、圧縮変形に伴って、内腔中の空気は収縮するため、低圧縮領域では空気が外部へ放出されにくいことが理由の一つと考えられる。また、厚さ 20mm の試験片において、生材では、厚さ 10mm の試験片と同様に圧縮率 30%以上で薬剤注入効果の増大が顕著になったが、気乾材では、薬剤注入効果は緩やかに増大した。したがって、圧縮変形時の内腔体積の変化は液体吸引効果に大きく影響する。

(a)Wet 10mm



(b)Wet 20mm

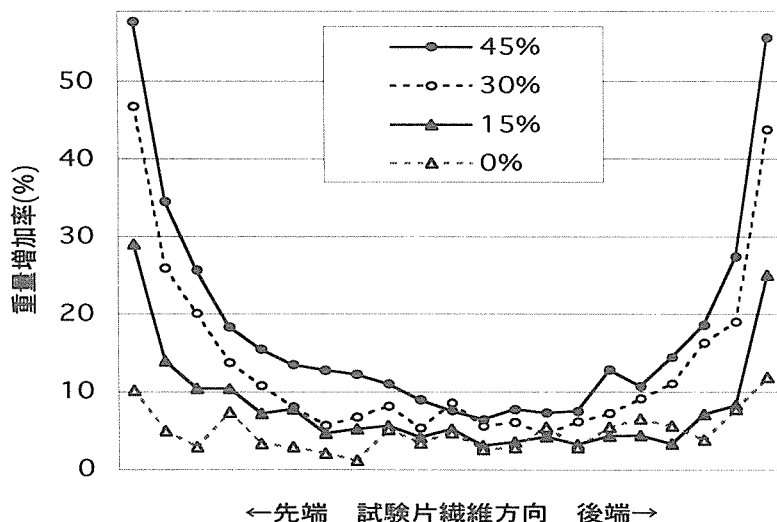
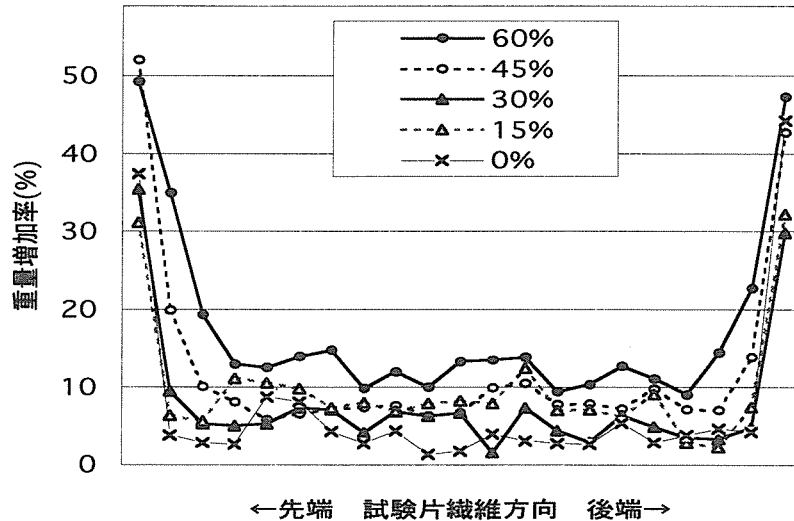


図2.15 挽板 繊維方向の薬剤注入量分布～生材・圧縮率～

図 2.15 に注入処理後の生材の注入量分布を示す。図 2.15(a)において、圧縮率 30%以上で木口付近の急激な注入量増加が確認された。また、圧縮率 45%までは、両木口からの液体注入効果の促進が生じ、圧縮率 60%では、試験片中央部での注入量の増大が認められた。図 2.15(b)に示すように、厚さ 20mm の場合でも同様に、圧縮率の増加に比例して木口面からの注入量が増加することが確認された。

(a)Dry 10mm



(b)Dry20mm

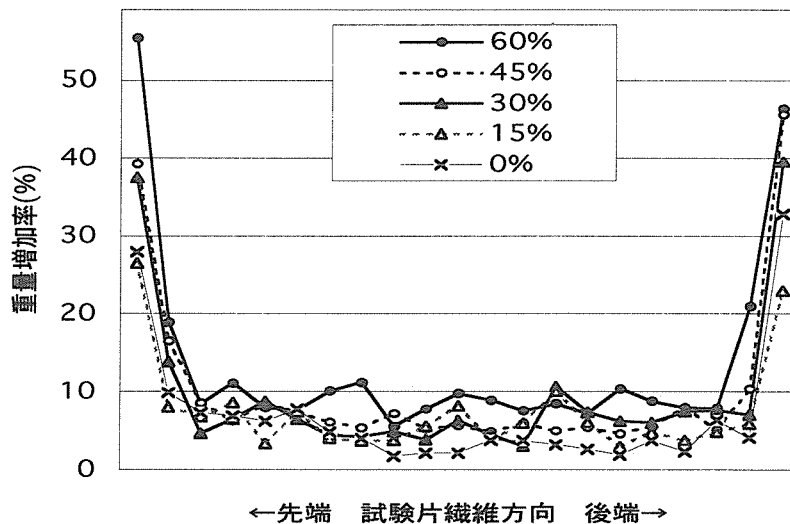


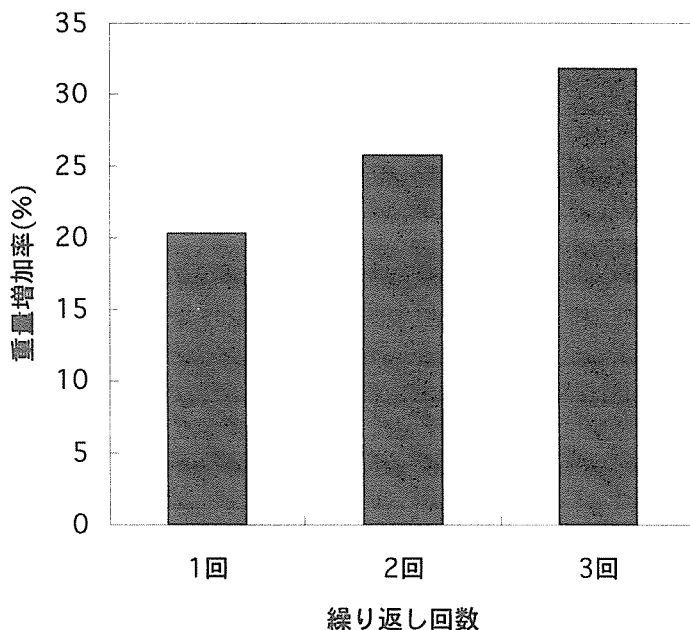
図2.16 挽板 繊維方向の薬剤注入量分布～気乾材・圧縮率～

図 2.16 に注入処理後の気乾材の注入量分布を示す。生材と比較して、全体的な注入量が低く、バラツキが大きな分布である。気乾材の場合、注入量分布は、圧縮率の増加によって、内部に進展するより木口付近の注入量の増大が顕著となった。したがって、試験片内部で液体吸引力が生じてても、生材より液体移動が困難であると推察される。このことから、高含水材で液体中圧縮を行うことの有意性が確認される。

(4)繰り返し処理

加工材の厚さの増大が液体注入効果に負の影響を及ぼすと前述したが、繰り返し圧縮処理によって、その改善を試みた結果を図 2.17 に示す。ロールプレス液体中圧縮法では、主に加工材の後端から空気が放出され、先端から水が吸引される。すなわち、内腔の物質は単一方向に移動する。そこで、1 回目のロールプレスで加工材先端付近に注入された水を2 回目以降のプレスで機械的に後方に移動させることを目的とした。

生材, 厚さ10mm, 圧縮率45%-3分間浸せき



生材10mm

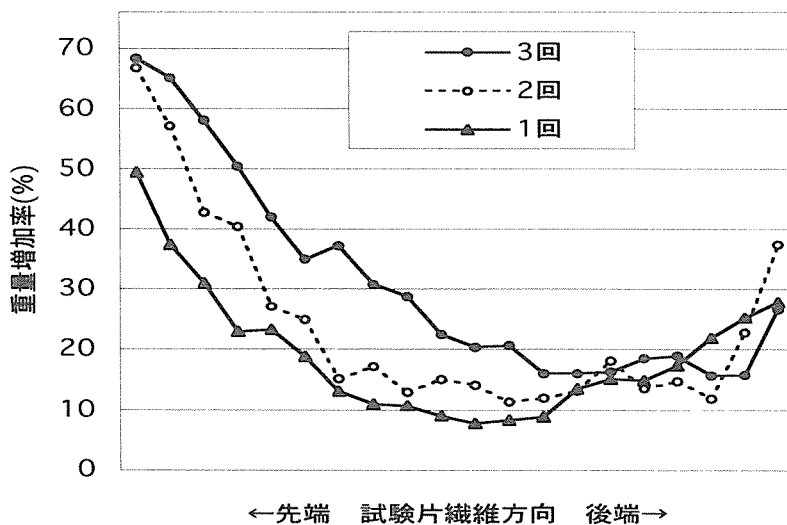


図2.17 挽板 圧縮繰り返し回数と重量増加率

図 2.17 に示した注入繰り返し回数と重量増加率の関係は、10mm 厚の試験片では、2 回の繰り返しによって重量増加率が 25%を越え、これに要する時間は 6 分間である。

したがって、圧縮繰り返しによる液体注入の促進効果が認められる。繰り返し数の増加とともに注入量増加の割合は減少するが、3回繰り返し後の重量増加率は30%を超える。図2.17下図の繊維方向の注入量分布から、試験片先端付近の吸水量が、圧縮回数増加と共に増加していること、さらに中心部に吸水効果が進展していることが確認された。

このように、集成材に用いられる長大なラミナに対しても、良好な薬剤注入効果が得られた。次にスギ生材丸太から作製したレース単板を用いて、その薬剤注入効果を検討する。

3.2.2 レース単板への薬剤注入効果

(1) 初期含水率

図2.18に単板の初期含水率が薬剤注入効果に及ぼす影響を示す。生材と気乾材を比較すると、浸せきのみでは気乾材の注入量が生材のそれを大きく上回った。また、浸せきするだけで20%以上の高い注入効果が得られた。これは、裏割れによる液体浸透経路の増大が大きく関与している。圧縮処理をすることで、薬剤注入量は気乾材、生材ともに増加した。特に、生材では浸せきのみと比較して約4倍高い注入効果を得た。このように、レース単板では、気乾材と生材で薬剤注入効果に大きな差が生じなかったが、システム化構想のための省エネルギー化や簡便な処理を目標とする場合、注入処理前に乾燥工程を経る気乾材に対して、ロータリーレース切削直後の高含水状態の生材を用いることが有利と判断される。

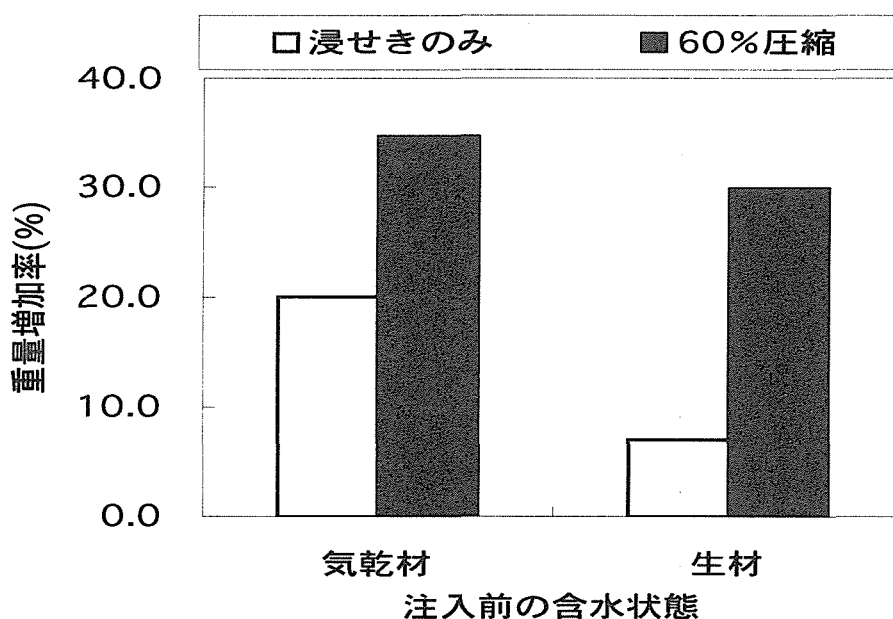


図2.18 単板初期含水率と重量増加率の関係

(2)試験片寸法

試験片長さが薬液注入効果に及ぼす影響を検討し、結果を図 2.19 に示す。生材-60% 圧縮および気乾材-浸せきのみにおける、長さ 100mm および 200mm、また、気乾材-60% 圧縮における、長さ 200mm および 300mm の薬剤注入効果の低下が見られるが、有為的な差や傾向は認められなかった。したがって、レース単板を用いた薬液注入処理において、長さ 900mm までの高い注入効果が確認された。

長さ(mm)	浸せきのみ		圧縮率60%	
	気乾材	生材	気乾材	生材
100	19.7	9.1	39.8	27.5
200	20.4	5.9	28.1	29.9
300	32.6	11.7	29.5	39.8
600	27.8	6.7	40.2	36.0
900	24.5	7.3	40.1	27.2

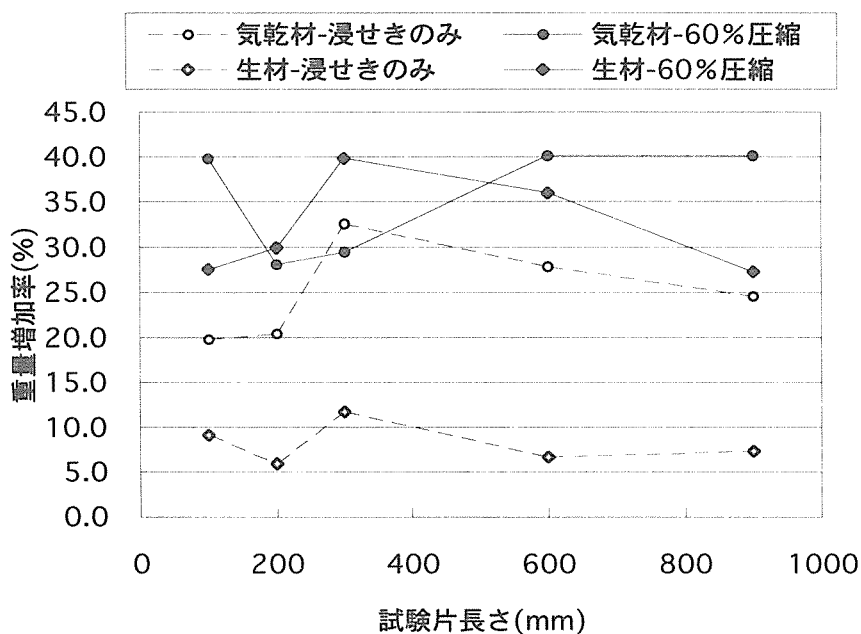


図2.19 単板の長さ重量増加率の関係

(3)浸せき時間

薬液中への試験片浸せき時間と注入効果の関係を図 2.20 に示す。生材-浸せきのみでは、注入量の急激な増加はなく、時間の経過に伴いゆるやかに上昇する。これは、

濃度差に応じた薬剤の拡散が主体となっているためと考えられる。それに対して、気乾材-浸せきのみでは、浸せき直後から数分程度の間急激に増加する。これは、試験片表面および裏割れからの毛細管現象による浸透が大きいと判断される。圧縮処理した場合、浸せき後 10 秒までの薬剤注入効果が大幅に増加する。浸せき時間 30 分の注入量を基準とした場合、浸せき時間 10 秒のそれは約 80%に達している。したがって、レース単板を用いる場合、圧縮に伴う細胞内腔の物質置換は木口面のみでなく、裏割れ部分からも生じると考えられるため、浸せき時間は 10 秒程度の短いオーダーでも十分な液体注入効果が得られる。

浸せき時間	重量増加率(%)			
	気乾材		生材	
	浸せきのみ	60%圧縮	浸せきのみ	60%圧縮
10秒	18.4	29.5	11.9	28.1
30秒	20.8	39.5	10.2	23.5
1分	20.2	35.2	11.1	30.1
3分	28.2	34.3	11.7	24.9
5分	25.5	31.4	8.7	25.0
10分	30.7	38.2	9.0	40.0
30分	32.7	35.0	21.5	34.5

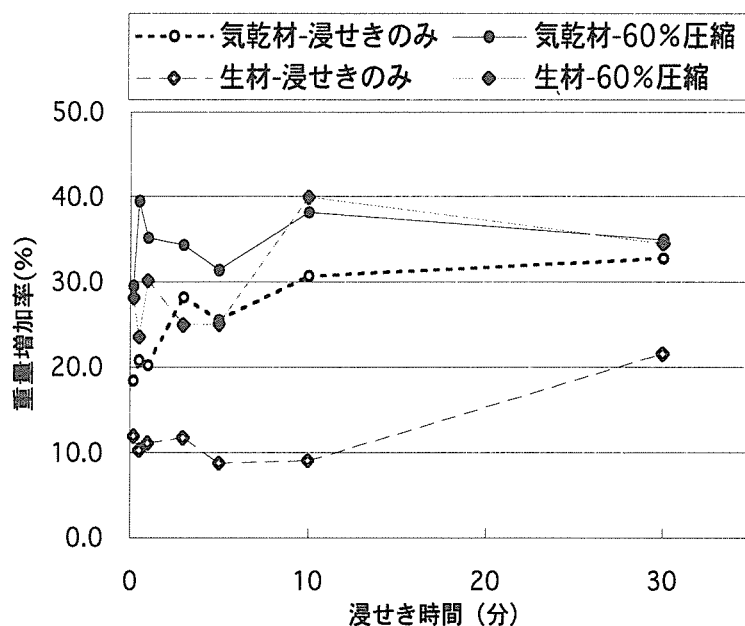


図2.20 単板の浸せき時間と重量増加率の関係

(4)繰り返し処理

薬液注入効果の向上および注入処理の効率化を図るうえで、加工材への複数回の圧縮・浸せき処理を行った。結果を図 2.21 に示す。注入処理を複数回することで、薬液注入量は増加する。1 行程での浸せき時間を 10 秒、30 秒、1 分と変化させたが、それらの間での注入効果に差は認められなかった。

繰り返し	気乾材			生材		
	1回	2回	3回	1回	2回	3回
10秒	29.5	41.0	47.0	28.1	41.8	43.8
30秒	39.5	40.3	53.0	23.5	47.8	54.2
1分	35.2	32.4	38.6	30.1	26.7	41.7

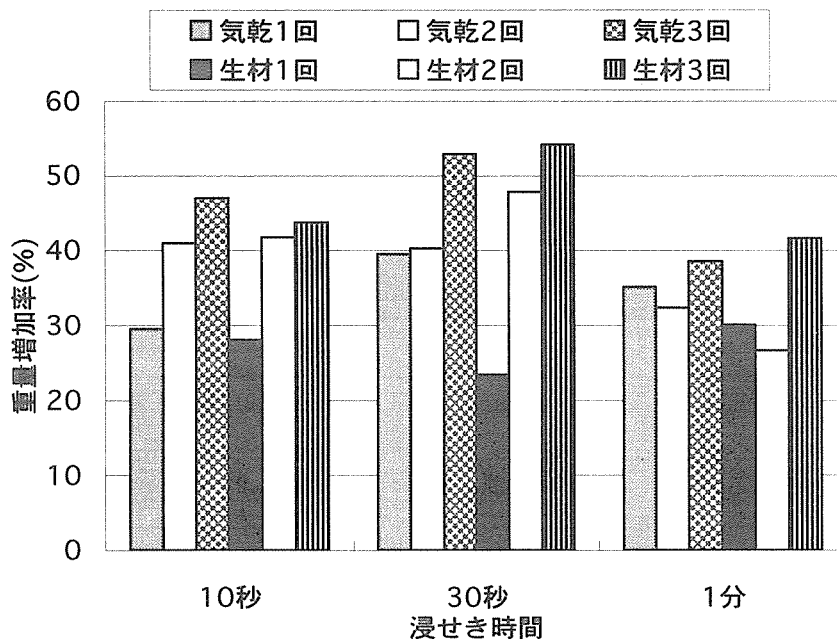


図2.21 単板の注入繰り返し回数と重量増加率の関係

3.2.3 難注入材への薬剤注入処理

図 2.22 にスギ材および難注入材とされるスプルース、ベイマツ材へのフェノール樹脂注入効果を示す。試験には厚さ 6mm の挽板を用いた。

気乾状態の難注入材では、圧縮率 50%においても、薬液注入効果はほとんど認められなかった。しかし、生材を用いることで、気乾材と比べて 2 倍以上の薬剤注入効果が得られた。これは、生材において、圧縮処理によって脱水される領域には、液体が浸透することが可能であるためである。また、生材では乾燥過程で生じる壁孔の閉鎖が生じないため、壁孔の閉鎖率が低いことや液体が流動する過程で重要な細胞表面のぬれが薬液浸透初期から高いことも原因と考えられる。

また、図 2.23 に示すように、圧縮・浸せき処理を繰り返すことによって、薬剤注入効

果は大幅に増加し、難注入材においても、3回の繰り返し処理で30%以上の重量増加率が得られた。以上のことから、生材(高含水材)を乾燥せずに用いることの有効性が確認され、また、液体中ロールプレス法は様々な樹種にも適用可能であることが示された。

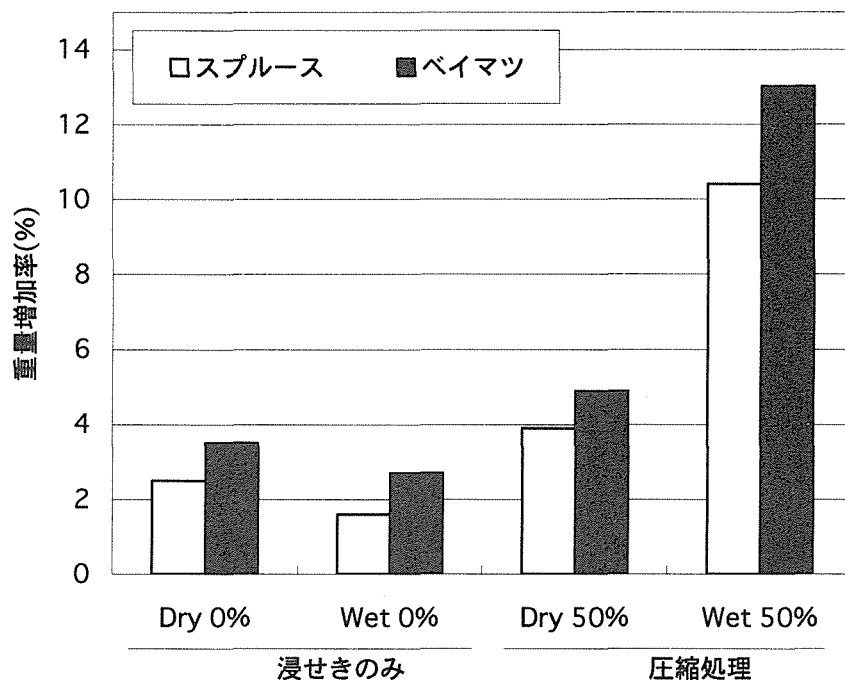


図2.22 難注入材への液体注入処理

生材, 圧縮率50%, 浸せき時間3分

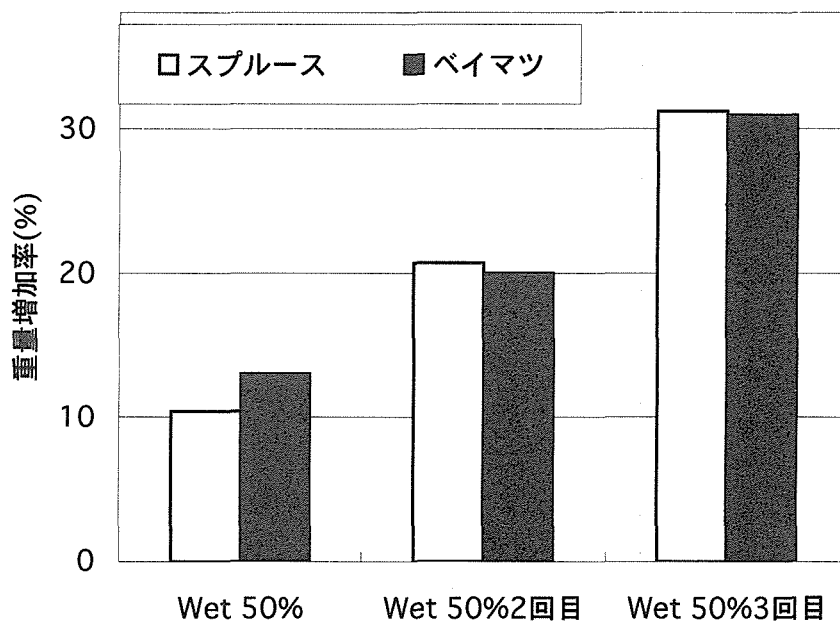


図2.23 難注入材への注入繰り返し処理

3.3 加工材の曲げ性能の評価

ロール径 200φを用いた場合の、レース単板の強度性能と圧縮率の関係を 図 2.24 に示す。ここでは、試験片の個体差および残留変形による密度の影響を除外するため、比強度を指標としている。これによって、木材細胞壁の損傷の程度を確認することができる。75%圧縮までの範囲で、比曲げ強さ、比曲げヤング率は、圧縮率と高い相関はなく、水分除去による繊維方向の強度劣化はほとんどないと判断できる。

ロール径 500φを用いた場合の、厚さ 10mm 挽板の強度性能と圧縮率の関係を 図 2.25 に示す。曲げ試験時の破壊形態を観察したところ、45%以上の圧縮率において、晩材から早材への移行部での層剥離による破断が多く確認された。この現象は特に圧縮率 60%の試験片で顕著であった。曲げ強度の低下は、生材より気乾材が著しかった。厚さ 10mm の挽板をロール径 500φで圧縮する場合、圧縮率 45%程度までならば、木材に顕著な破壊を伴わずに加工が可能であると判断される。また、強度性能の低下は、ロール変形時に材料内に生じた引張応力が破壊まで発展したことが大きな原因と考えられる。その解決法として、試験片の横拘束（サイドガード）や木材-金属間の摩擦係数の最適化などが想定され、現在、継続試験中である、厚さ 20mm の木材を用いて検討している。

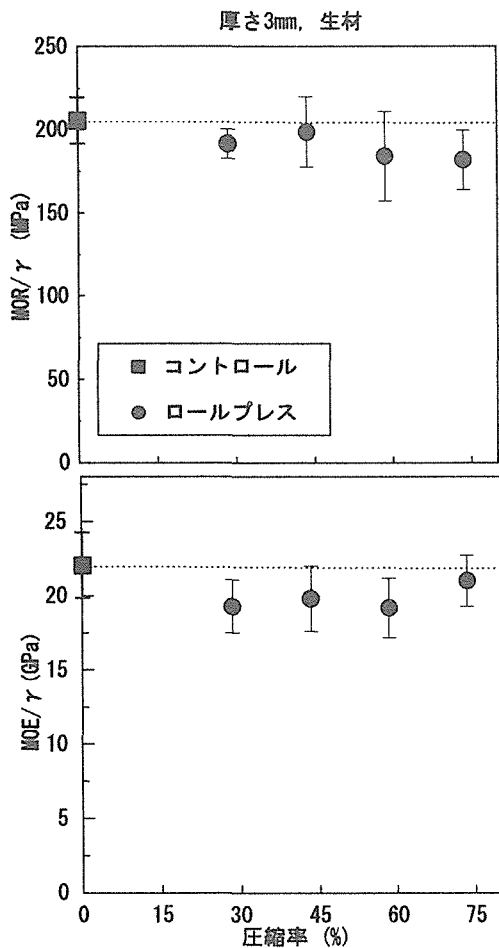


図2.24 単板 圧縮率と曲げ強度の関係

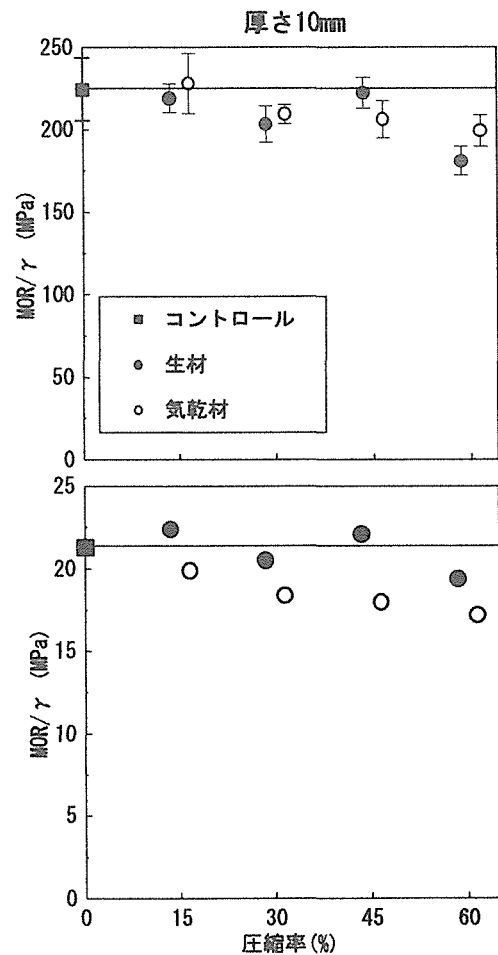


図2.25 挽板 圧縮率と曲げ強度の関係

参考文献

- (1)林 知行：木材工業 54 (2), 60-65 (1999).
- (2) 井上雅文, 足立幸司, 金山公三：木材学会誌 47 (3), 198-204 (2001).
- (3) 井上雅文, 大前宏輔, 則元 京, 金山公三, 小原光博：塑性加工学会論文集 29, 469-470 (1998).

第3章 ロールプレス液体中圧縮法を用いた生材への薬液注入処理 ～注入単板を用いて製造した木質材料の性能評価～

1. 目的

前章までに、液体中ロールプレス法に関する概要ならびにその注入特性について検討した。本章では、第2章で防腐・難燃薬剤、フェノール樹脂を注入した単板を用いた木質材料について、薬剤効力ならび強度性能の評価を行う。

2. 実験方法

2.1 供試材料

2.1.1 木材エレメント

LVL のエレメントとして、前章で作製したロールプレス薬液注入処理レース単板を用いた。

(1)ACQ 処理単板

注入処理後、気乾状態まで天然乾燥した後、熱気乾燥にて含水率を5%に調整した。

(2)難燃薬剤処理単板

注入処理後、気乾状態まで天然乾燥した後、熱気乾燥にて含水率を5%に調整した。

(3)PF 樹脂処理単板

注入処理後、気乾状態まで天然乾燥した後、熱気乾燥にて135℃で3時間硬化させた。

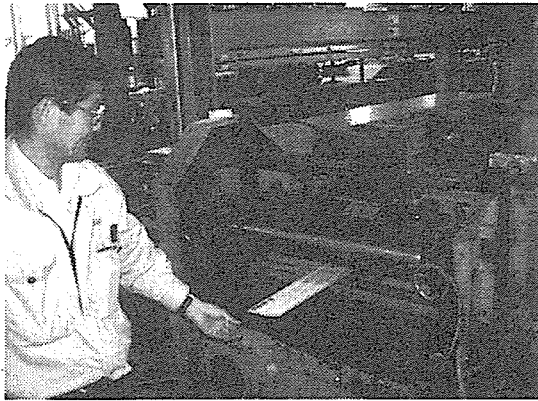
2.1.2 供試接着剤

接着剤にはレゾルシノール樹脂（アイカ工業(株)PR-10）を使用した。

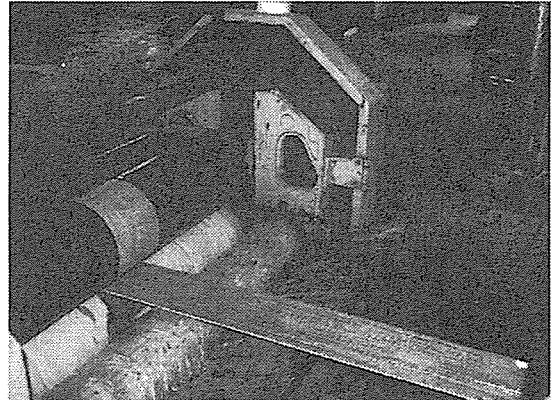
2.2 木質材料の製造

2.2.1 LVL の作製

500mm×120mm×36mm（12ply）及び900mm×105mm×105mm（40ply）のLVLを作製した。塗布量は300g/m²、堆積時間を20分以内とし、ホットプレスを用いて、8kgf/cm²、60℃で90分圧縮した（写真3.1-3.2）。作製したLVLは雰囲気下で3週間調整後、気乾状態で各種試験に供した。



(a) 単板への接着剤の塗布

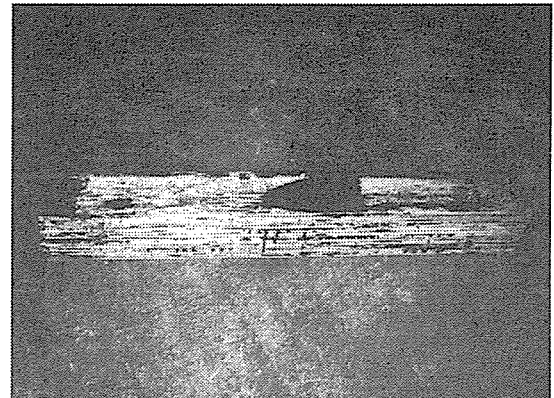


(b) 単板への接着剤の塗布

写真3.1 LVLの製造



(c) LVLの圧縮



(d) 40plyのLVL

写真3.2 LVLの製造

2.3 薬剤効力の評価

2.3.1 防腐試験

JIS K 1571 (木材防腐剤の性能規準及び試験方法) に準拠し、ACQ 処理された 12ply-LVL および無処理の 12ply-LVL について防腐試験を行った。試験片寸法は 10mm(L)×20mm(T)×20mm(R)とし、耐候操作は行わない事とした。供試菌として、オオウズラタケ、カワラタケを用いた。

2.3.2 寸法安定性試験

フェノール樹脂を注入した単板で作製した 12ply-LVL について、変形回復促進試験として、吸水、乾燥繰り返し試験を行った。試験片寸法は、10mm(L)×100mm(T)×30mm(R)とした。吸水処理は、20℃の水中で1時間減圧後、常圧で3時間放置して、試験片を飽水状態とした。乾燥処理は、変形回復に及ぼす温度の影響を防ぐために、低温で十分に乾燥

してから、徐々に昇温させ、最終的に 60℃の恒温乾燥機内で 12 時間以上乾燥した。この時、重量測定から含水率を計算して、その都度、試験片がほぼ全乾状態であることを確認した。これらの操作を 5 回繰り返した後、吸水状態の試験片を煮沸水中に 2 時間浸せきして煮沸処理を行った。各段階で、放射方向の寸法を測定し、厚さ方向の寸法変化を以下の式から算出した。

$$\text{厚さ膨張率(\%)} = (T - T_0) / T_0 \times 100$$

T : 各処理段階での試験片厚さ(mm), T₀ : 初期の試験片厚さ(mm)

同様に幅方向の寸法変化を以下の式から算出した。

$$\text{幅方向の寸法変化率(\%)} = (W - W_0) / W_0 \times 100$$

W : 各処理段階での試験片幅(mm), W₀ : 初期の試験片幅(mm)

また、幅方向の寸法変化率をもとに、フェノール樹脂による抗膨潤能(ASE)を求めた。

$$\text{抗膨潤能(\%)} = (D_0 - D) / D_0 \times 100$$

D : PF 処理材の収縮率, D₀ : 無処理材の収縮率(mm)

2.3 接着はく離試験

圧縮率を変えて加工した単板で作製した 12ply-LVL について、接着はく離試験を行った。

2.4 強度試験

圧縮率を変えて作製した 12ply-LVL の曲げ性能を測定した。試験片寸法は、500mm(L) × 30mm(T) × 30mm(R)とした。中央集中荷重三点曲げ試験を行い、繊維方向の曲げ強さおよび曲げ弾性率を求めた。スパンは 16Tmm、荷重速度は 10mm/分とし、材料の Flat-wise および Edge-wise から加力した。コントロールとして、圧縮せずに生材状態から同じ乾燥行程を経た試験片についても同様の試験を行った。

また、水平せん断性能を測定した。試験片寸法は、2200mm(L) × 30mm(T) × 30mm(R)とした。中央集中荷重三点曲げ試験を行い、せん断強度を求めた。スパンは 6Tmm、荷重速度は 10mm/分とし、材料の Flat-wise において加力した。コントロールとして、圧縮せずに生材状態から同じ乾燥行程を経た試験片についても同様の試験を行った。

3. 結果と考察

3.1 注入単板を用いて製造した木質材料の性能評価

3.1.1 薬剤注入処理単板を用いて作製した LVL の厚さ変化

表 3.1 に、作製した LVL の気乾状態での厚さを示す。圧縮率を変化させた場合、特に高圧縮領域で処理した単板を用いた LVL では大きな厚さ減りが懸念された。結果として、気乾材において、無処理材に対して約 3~4%の厚さ減りが生じた。しかし、生材で圧縮した単板の LVL の厚さは、無処理材とほとんど変化がなかった。これは、細胞壁が湿潤状態にある生材では、試験片の損傷による永久ひずみや残留変形量が少ないためと考えられる。薬液注入された単板の場合、フェノール樹脂と難燃薬剤では、無処理材より約 10% 厚さが増大した。これは、大量の薬剤が導入されたことによる、かさ効果および細胞壁内の空隙充填効果が原因と推察される。この結果は、ロールプレス液体中圧縮法による薬剤注入効果が薬剤効力評価に及ぼす影響と関係がある。以上の結果から、生材状態の単板を用いることで、大きな厚さ減りを生じることなく LVL を作製することができた。

表3.1 LVL 作製後の寸法

12ply-LVL	圧縮率	厚さ(mm)			
		ロール径500φ		ロール径200φ	
		生材	気乾材	生材	気乾材
無処理	-	32.9	33.2	32.9	33.2
脱水処理	15%	33.2	32.4	32.5	33.0
	30%	33.3	32.5	32.5	32.2
	45%	33.3	32.0	33.0	31.7
	60%	33.2	31.8	32.2	32.9
	75%	33.3	32.1	32.8	31.8
フェノール樹脂	0%	35.7	36.0	-	-
	60%	35.6	37.8	-	-
ACQ(K4)	60%	33.3	32.7	-	-
難燃薬剤	0%	34.7	-	-	-
	60%	34.7	-	-	-

40ply-LVL	圧縮率	厚さ(mm)			
		ロール径500φ		ロール径200φ	
		生材	気乾材	生材	気乾材
無処理	-	110.3	106.7	110.3	106.7
脱水処理	30%	111.0	111.0	111.4	108.2
	60%	111.5	109.4	109.7	107.5

3.1.2 LVLの接着はく離評価

表 3.2 に接着はく離試験の結果を示した。圧縮処理を用いた単板を用いることによる接着力への影響は無かった。また、本試験で用いた注入薬剤が、レゾルシノール樹脂接着剤に硬化阻害を及ぼす可能性の無いことが確認された。

表3.2 12ply-LVL 接着はく離試験の結果

			剥離長さ(mm)				剥離率 (%)	判定
			1	2	3	4		
脱水処理材	生材・辺材	a	0	0	0	0	0	合格
	圧縮なし	b	0	0	0	0	0	合格
	生材・辺材	a	0	0	0	0	0	合格
	圧縮率60%	b	0	0	0	0	0	合格
	生材・心材	a	0	0	0	0	0	合格
	圧縮なし	b	0	0	0	0	0	合格
難燃薬剤処理	生材・辺材	a	0	0	0	0	0	合格
	圧縮なし	b	0	0	0	0	0	合格
	生材・辺材	a	0	0	0	0	0	合格
	圧縮率60%	b	0	0	0	0	0	合格
	生材・心材	a	0	0	0	0	0	合格
	圧縮なし	b	0	0	0	0	0	合格
ACQ処理材	生材・辺材	a	0	0	0	0	0	合格
	圧縮なし	b	0	0	0	0	0	合格
	生材・辺材	a	0	0	0	0	0	合格
	圧縮率60%	b	0	0	0	0	0	合格
	生材・心材	a	0	0	0	0	0	合格
	圧縮なし	b	0	0	0	0	0	合格
フェノール樹脂処理材	生材・辺材	a	0	0	0	0	0	合格
	圧縮率60%	b	0	0	0	0	0	合格
	生材・辺材	a	0	0	0	0	0	合格
	圧縮率60%	b	0	0	0	0	0	合格
	生材・心材	a	0	0	0	0	0	合格
	圧縮なし	b	0	0	0	0	0	合格

3.1.3 LVLの曲げ強度

(1) 圧縮率

図 3.1 に圧縮率を変えてロールプレスした気乾単板から作製した、12ply-LVL の Flat-wise における曲げ性能を示す。圧縮処理した単板を用いた LVL の曲げ性能は無処理材と比較してほとんど変化しなかった。MOR、MOE 双方とも無処理材に対して、圧縮率の影響が認められなかったため、レース単板では単板の損傷はほとんど生じないと考えられる。ロール圧縮による単板の損傷が懸念されたが、残留ひずみによって若干の密度増加が生じ、これによる強度増加と相殺されたと考えられる。

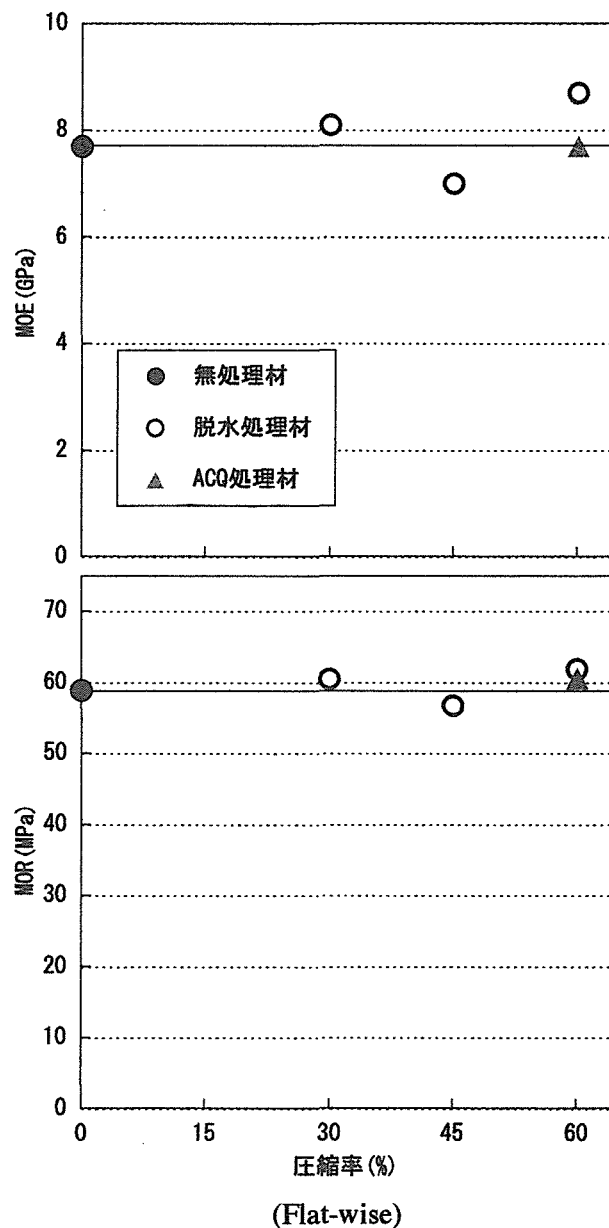


図3.1 12ply-LVL 圧縮率と曲げ強度の関係

(2) 注入薬剤

図 3.2 に薬剤注入処理した単板を用いた LVL と曲げ性能との関係を示した。代表的なデータとして、ここでは ACQ の結果を示す。無処理材と ACQ 注入単板で、MOR および MOE の値はほとんど変化がなかった。したがって、薬剤が曲げ強度に及ぼす影響はほとんどないと考えられる。

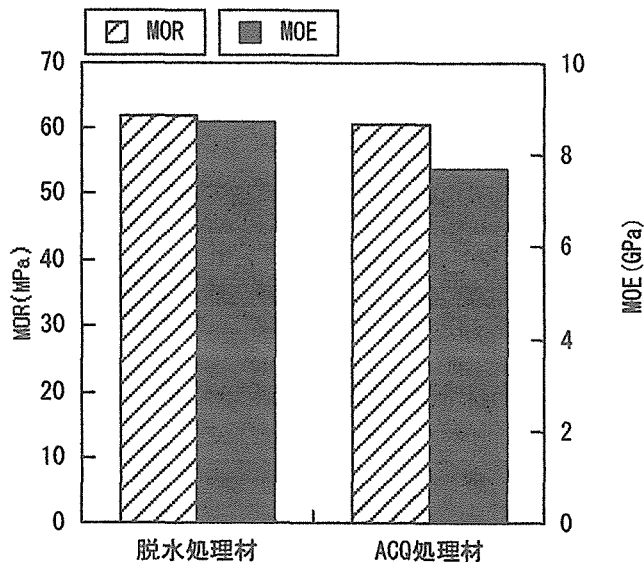


図3.2 12ply-LVL 薬剤溶液が曲げ強度に及ぼす影響

(3) 荷重方向

材料が耐力用途の場合、木材素材では板目面より柃目面で荷重を負担させるように用いる。LVL でも同様に、接着面(Flat-wise)より積層面(Edge-wise)で荷重を受ける。したがって、図 3.3 に 12ply-LVL の Flat-wise と Edge-wise が曲げ強度に及ぼす影響を示す。両者の曲げ強度性能を見ると、圧縮処理による強度低下は見られなかった。

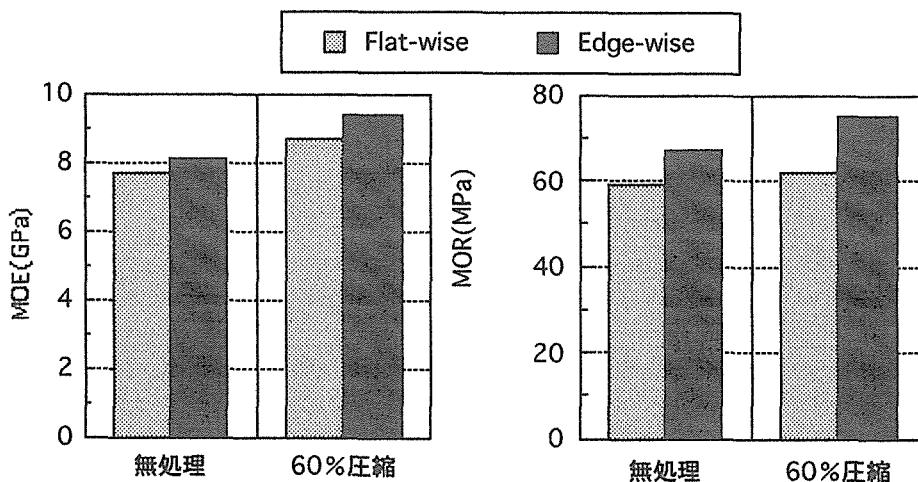


図3.3 12ply-LVL Flat-wiseとEdge-wiseが曲げ強度に及ぼす影響

3.1.4 LVLのせん断強度

前述したように、ロールプレスは、せん断変形の連続であるため、従来の平板プレスよりも顕著な材料の損傷が懸念される。ロールプレスによるせん断力は、木材繊維方向の組織にズレを生じさせるように作用する。したがって、材料の繊維方向のせん断力を評価することで、ロールプレスによる強度低下を検討することができる。単板内部での強度低下を評価するため、Flat-wise で試験を行った結果、図 3.4 のような結果を得た。図には、ロール径 200 φ で気乾材を圧縮した結果を示す。圧縮した圧縮率の変化とせん断強度に相関性は見られなかった。本試験の範囲で、レース単板を用いた LVL のせん断強度の低下は確認されなかった。

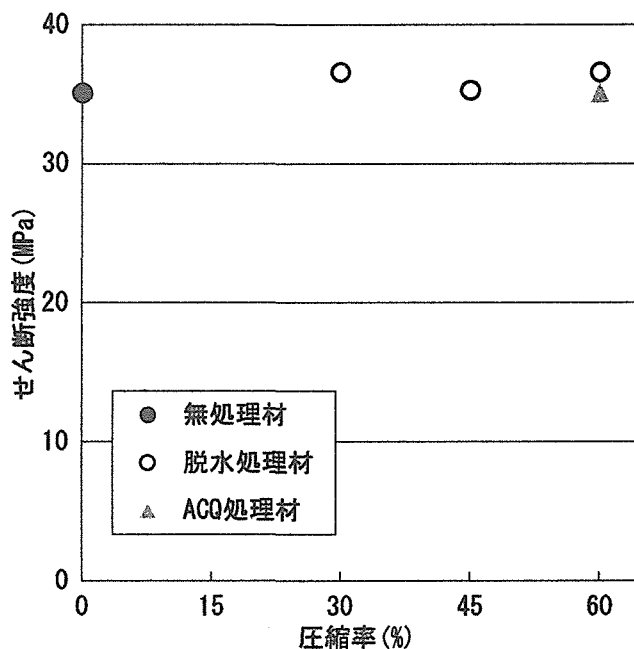


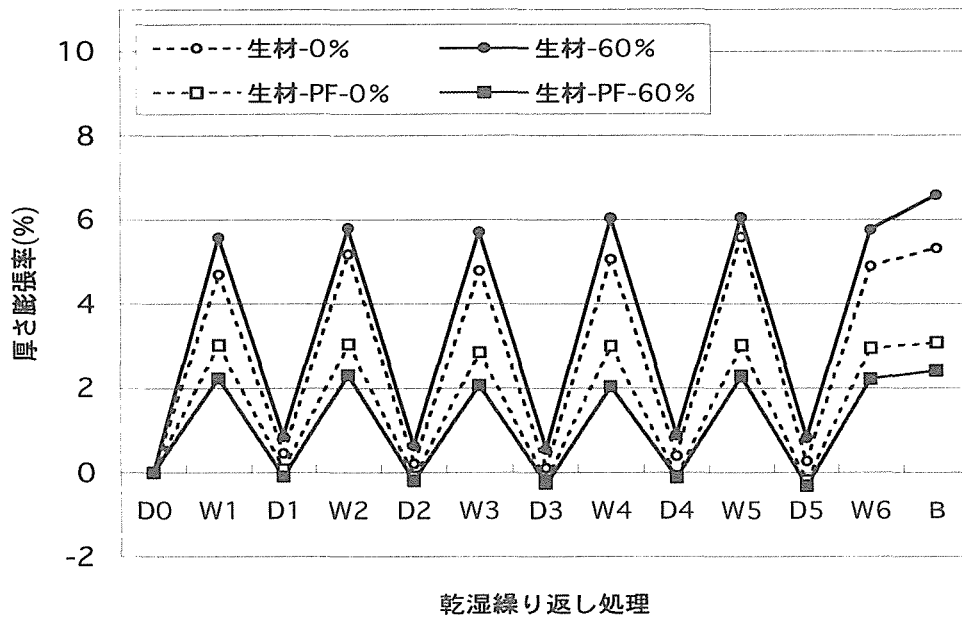
図3.4 12ply-LVL 圧縮率とせん断強度の関係 (Flat-wise)

3.1.5 LVLの寸法安定性能

一度圧縮処理された単板を用いて LVL を作製した場合、その後の寸法変化に懸念が生じる。そこで、12ply-LVL の乾湿繰り返しを行い、試験前寸法に対する寸法変化を求めた。厚さ膨潤率を図 3.5 に、幅方向の寸法変化率を図 3.6 に示す。

図 3.5 において、生材と気乾材を比較すると、圧縮のみ-60%圧縮の条件で、気乾材の膨張率が生材のそれより、全乾状態で約 2 倍の値となった。これは、飽水処理によって、残留変形が回復したためと考えられる。すべての条件において、繰り返し処理による厚さ膨潤率の増大は認められなかった。フェノール樹脂(PF 樹脂)処理された LVL の厚さは、乾湿繰り返しをすることで、ほとんど変化しなかった。

(a)生材



(b)気乾材

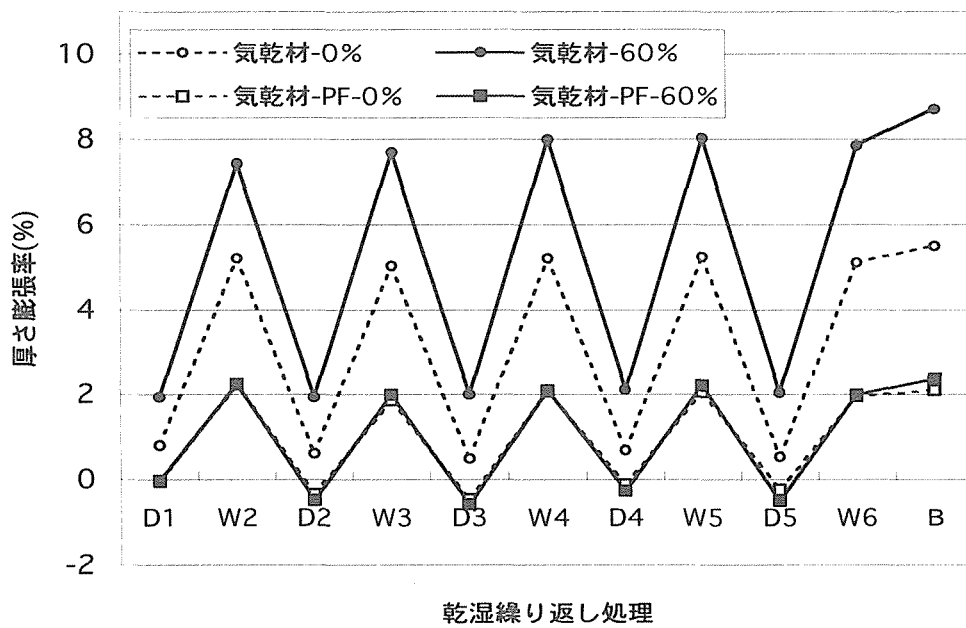
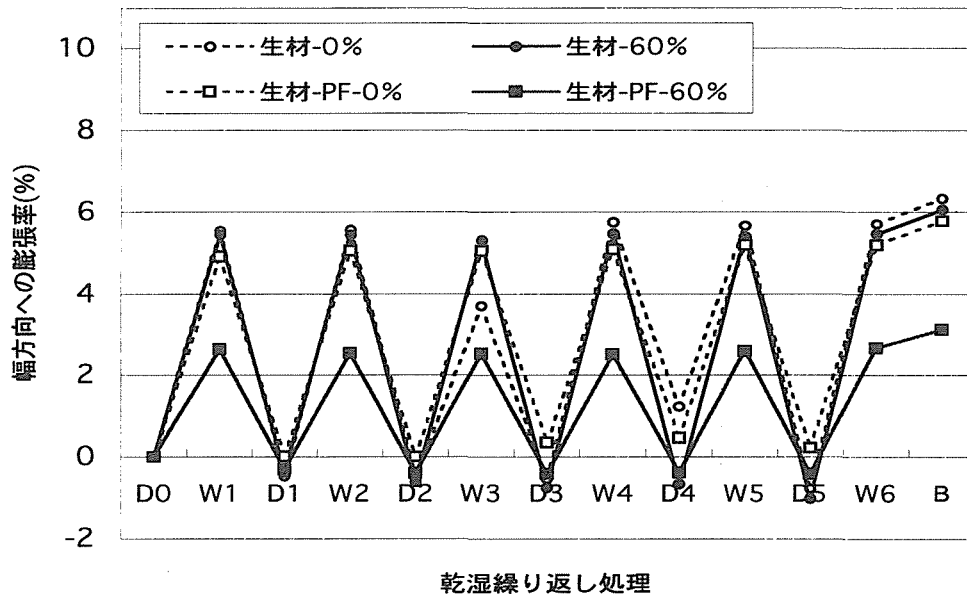


図3.5 12ply-LVL 厚さ膨張率

(D: 全乾処理, W: 飽水処理, B: 煮沸処理, 数字は処理回数)

圧密化の影響を除くために、図 3.6 に幅方向の寸法変化率を示す。気乾材では、厚さ膨潤率と比較して、その値が大きく低下した。生材では、厚さ膨潤率と幅方向での値はほとんど変化が無かった。

(a)生材



(b)気乾材

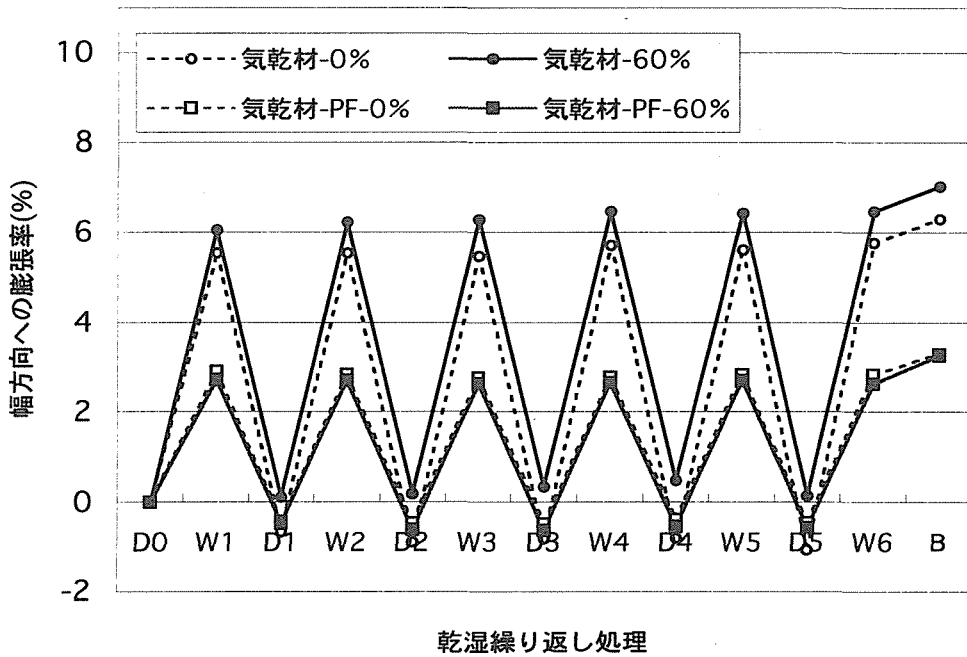


図3.6 12ply-LVL 幅方向の寸法変化率

(D: 全乾処理, W: 飽水処理, B: 煮沸処理, 数字は処理回数)

以上のことから、気乾状態で圧縮された単板を用いて LVL を作製する場合、湿潤条件下での厚さ方向の寸法変化が懸念される。しかし、生材の単板を用いることでその影響は大幅に低減される。

フェノール樹脂処理単板を用いた LVL の抗膨潤能を図 3.7 に示す。生材の浸せきのみ単板以外の条件で、45%を超える高い抗膨潤能が得られた。したがって、フェノール樹脂の充填効果が確認されたため、液体中ロールプレス法を用いることで、単板内部に注入された薬液は細胞壁内まで浸透していると判断できる。

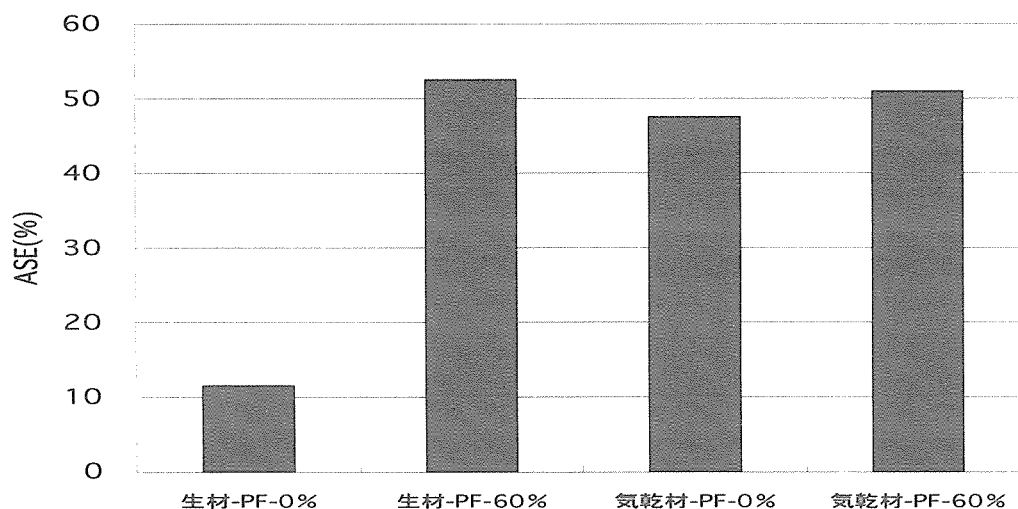


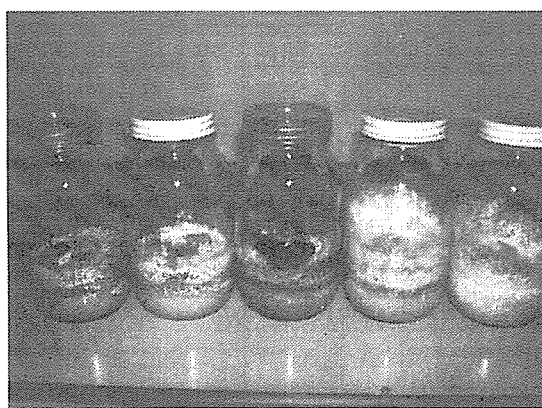
図3.7 12ply-LVL PF樹脂による抗膨潤能

3.1.6 防腐薬剤注入 LVL の耐久性

写真 3.3 に腐朽試験開始 3 週間経過時の写真を示す。写真 3.3(a)がオオウズラタケ、写真 3.3(b)がカワラタケを菌株として用いている。無処理試験片（写真 3.3(a)(b)共に右端の試験ビン）に対し、処理試験片のほとんどには、菌が被覆していない。このことから、薬剤溶液が単板内部まで浸透し、効力を発揮していると判断される。



(a) オオウズラタケ



(b) カワラタケ

写真3.3 腐朽試験(3週間経過時)

6. 実用化の見通し

本調査結果から、ロールプレス液体中圧縮法は従来の液体注入処理法より、以下の点で優位性が認められた。

(1) 生材状態の木材に注入処理が可能

本来、注入前に行っていた木材の乾燥工程が省略可能であり、さらに、生材への注入効果は気乾材より高くなる。

(2) 処理装置の小型化と注入処理時間の短縮

ロールプレスの加工特性は、材料の極小部を順次変形させることであること、また、連続加工性を有することである。そのため、長大な木材を用いる場合でも、バッチプレスと比較して、装置の小型化が可能である。また、生材を用いることで、木材内に非常に短時間で薬液が導入されることも装置の設計上、有利となる。

(3) 難注入材への適用

従来の方法では注入が難しいとされていた樹種に対しても、高い注入効果が得られる。

以上のことから、ロールプレス液体中圧縮法では、原料とする木材の許容範囲の拡大と、その処理方法の簡便さから、実用化に向けて大きく前進したと判断する。

7. 今後の対応

構造物材料・低コスト化への更なるアプローチ

(1) ロール加工が木材に及ぼす不具合の解決

ロールプレスを用いて木材を横圧縮変形する場合に、加工条件によっては、図 4.1 に示すような破壊が生じる。材料の最後尾が厚さ方向へはく離する「ワニ口破壊」、繊維方向に発生する「縦割れ」、材料表面で繊維直交方向に発生する「表面割れ」、ロール接触部から数mm内部に発生する「層はく離」、また、加工材の板厚面が弓なりに反る「縦反り」、これらは、ロールプレス特有の破壊として認められる。これらの破壊現象は、加工材の異常変形を促すため、強度性能にも大きく影響を及ぼすことが懸念される。

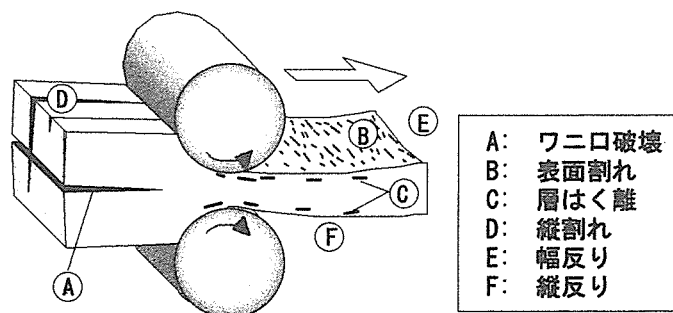
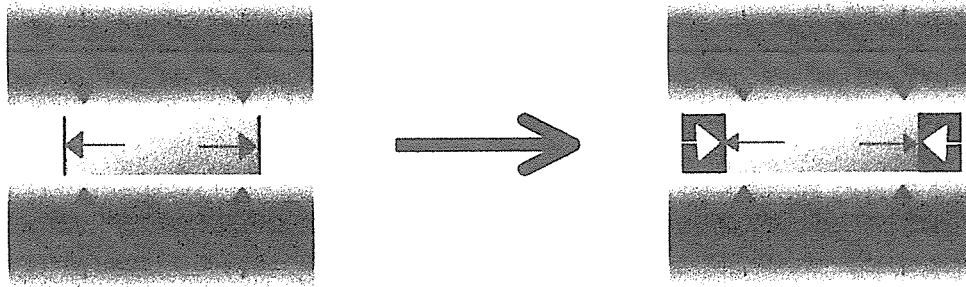


図 4.1 ロールプレス時の生じる木材の不具合

加工後の割れ、反りおよび強度低下は製品の信頼性に関わるため、この問題を解決する必要がある。具体的な方策について、図 4.2 に示す。



木材-金属間の摩擦が小
→幅方向への材の伸長

横拘束による抑制
→木材には圧縮力のみが作用

図 4.2 横拘束変形による材料破壊の抑制

ロール圧縮時に横拘束治具を用いることで、木材の幅方向への伸長を抑制し、反りおよび割れの原因となる引張応力の発生を抑制し、歩留まりおよび材料強度の低下を防ぐ。

また、ロールプレス法を実用化する上で、節など欠点を有する木材への適用を考える必要がある。

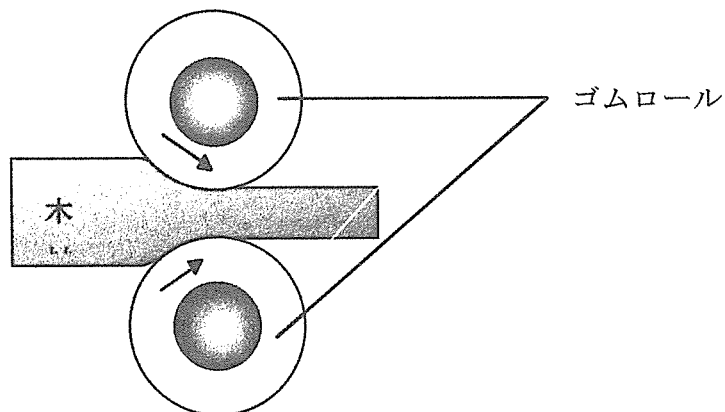


図 4.3 ゴムロールを用いた木材の圧縮

図 4.3 に示すように、木材の横圧縮強度より硬く、節より軟らかい材質のゴムで構成されたロールを用いることで圧縮処理による材料欠損を抑制することが可能であると推測される。

(2)高強度化・機能性付与

加工条件の変化によって、ロールプレスは表層部にひずみが集中し、選択的な圧密化が生じる。この特性は、限定された部位への薬剤注入処理や表面圧密化処理など、加工技術の多様化に対して大きなアドバンテージであると判断される。

8. 特筆すべき成果

本調査での成果は以下の通りである。

(1)低コスト化：小規模工場でも実施可能な小径のロールプレスを用いた生材単板の圧縮処理の結果、大幅な水分除去効果が得られた。また、操作が簡便な処理システムである液体中圧縮法を用いて生材単板に薬剤注入した結果、短時間で大量の薬液を導入することに成功した。また、薬剤注入単板を用いて製造した木質材料について、大きな強度低下は認められなかった。したがって、注入前の乾燥工程の省略によるエネルギー、加工時間の低減および加工材に生じる不具合の抑制や、連続加工性を考慮すると、低コスト化への可能性が示唆された。

(2)幅広い材料への適用：従来の薬液注入技術で難注入材とされているスプルーースおよびベイマツ材を生材状態で、ロールプレス液体中圧縮法を施した結果、薬液注入効果の促進が確認された。また、圧縮処理を複数回繰り返すことによって、注入量が増加し、難注入材であっても大量の薬液が導入可能であることが示された。

9. 試験調査委員会 委員

	氏名	所属	職名
委員長	井上 雅文	京都大学木質科学研究所	助手
委員	金山 公三	独立行政法人産業技術総合研究所中部センター	グループリーダー
	藪岡 貞治	トリスミ集成材株式会社	取締役研究開発本部長

10. 技術者

	氏名	所属	職名
主任技術者	藪岡 貞治	トリスミ集成材株式会社	取締役研究開発本部長
技術者	高橋 真紀子	トリスミ集成材株式会社	
	小柳 清	トリスミ集成材株式会社	

11. 他からの指導又は協力事項

氏名	所属	職名
古田 祐三	京都府立大学農学部	助手
足立 幸司	京都大学木質科学研究所	日本学術振興会特別研究員
稲井 淳文	越井木材工業株式会社	技術開発室長

12. 参考文献

「5. 試験調査の結果」の各章ごとに示した。