

## フィルム転写による住宅用内装材の開発 (第1報) 針葉樹材へのフィルム転写技術の確立

藤澤泰士\*, 水本克夫\*, 高野了一\*\*

### Interior Material Production by Film-Transferring Process I. Application of Film-Transferring Process to Conifer Woods

Yasushi FUJISAWA\*, Katsuo MIZUMOTO\*, Ryoichi TAKANO\*\*

富山県産スギ, シベリア産のアカマツ, エゾマツおよびカラマツのフィルム転写適性を平板プレスを用いて検討した。得られた知見を基にロール式転写装置を設計・試作し, フィルム転写木材の適正製造条件を検討した。結果は以下の通りである。

- 1) スギ辺材をのぞき, 転写不良が認められた。
- 2) 転写前に木材表面を加熱処理することにより, これらの転写不良は改善された。
- 3) ロール式転写装置によるフィルム転写木材の適正な製造条件は, 前加熱温度 180℃-90秒, 転写ロール材質は鉄/硬質ゴム, 転写ロール温度 140℃, 転写速度 10 m/min, 後加熱温度 140℃-90秒であった。
- 4) 上記の条件で作製したフィルム転写木材は, フィルム密着性に優れ, JAS特殊合板の特殊壁面の適合基準を満たした。また, 無処理材と同程度の光沢度および吸湿性を有した。

#### 1. はじめに

フィルム転写は, PET (ポリエチレンテレフタレート) などの樹脂シート上に形成した多層のフィルムを転写基材表面に接着する表面化粧方法で, 用途に応じてフィルム構成を組み合わせることにより, 色調整, 表面機能性, 触感などの性能を基材表面に均一かつ同時に付与することが可能であり, プラスチック, MDF などに応用されている<sup>1)</sup>。

この技術を利用して, 木材表面にフィルムを転写することができれば, 色調整や耐汚染性などの表面性能の付与が容易になり, さらに転写するフィルムを薄くすることにより, 従来の塗装やシート積層では付与することが困難な木材素地感や調湿性などを

有する複合材料を作り出すことが可能である。

しかし, 現在 MDF などへの転写に用いられているフィルムを, 通常のロール転写装置を用いて針葉樹材へ転写すると, 転写したフィルムの密着力不足, 転写時にフィルムと木材との間に気泡の発生等の問題が生じ, 転写が極めて困難であった。

そこで, これらの問題を解決し, 木材素地感を生かした高意匠の住宅用内装材の開発するため, 針葉樹材へのフィルム転写技術について検討した。始めに, 薄膜のフィルムを調製し, 県産スギおよびシベリア産針葉樹 (3種) のフィルム転写適性および転写不良の改善法について平板プレスを用いて検討した。次に, 得られた知見を基に, より実用的なロール式

本報告の一部は, 第46回日本木材学会大会 (熊本), 第47回日本木材学会大会 (高知) および1998年度日本木材学会中部支部大会 (富山) で発表した。

\*木材試験場 \*\*企画管理部

転写装置を設計・試作し、フィルム転写木材（以下転写木材）の適正製造条件を検討するとともに、作製した転写木材の性能を明らかにしたので報告する。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試材料

#### 2.1.1 供試木材

平板プレスによる転写では、県産スギ（以下スギ）の辺材および心材、シベリア産のアカマツ、エゾマツ、カラマツ（以下アカマツ、エゾマツ、カラマツ）の心材を用いた。寸法は幅20×厚さ5×長さ80mmとし、含水率を13%に調整した。

ロール式転写装置による転写では、県産スギの辺材および心材を用いた。寸法は幅80×厚さ15×長さ1000mmとし、含水率を13~15%に調整した。

なお、各供試材のフィルム転写面は超仕上げ鉋盤で仕上げた。

#### 2.1.2 供試フィルム

グラビア印刷機を用いて、表-1に示す剥離樹脂、着色樹脂、接着樹脂（いずれも昭和インク工業製）を順に積層した厚さ約6 $\mu$ mのフィルムをPETシート（東レ製）上に調製した（図-1）。

### 2.2 平板プレスを用いた転写条件の検討

フィルム転写性の評価に用いた試験材を以下のように調製した。供試材表面に転写シート（図-1）を重ねた後、平板プレス（高木金属工業製）を用い、5mmのディスタンスバーを挿入して、100~150 $^{\circ}$ C、10あるいは60秒間、ゲージ圧力20 kgf/cm<sup>2</sup>で圧縮した。解圧後、供試材の表面温度が80 $^{\circ}$ Cになるまで放冷してからPETシートを剥離した。

試験材の転写性は、目視による外観観察（転写フィルムの縮みなど）および基盤目テープ剥離試験（JIS K 5400）で評価した。評価基準は図-2に示す

表-1 転写フィルム用樹脂

	組成	軟化点
剥離樹脂	アクリル樹脂 塩 酢 ビ	105 $^{\circ}$ C 76 $^{\circ}$ C
着色樹脂	同上	同上
接着樹脂	アクリル樹脂	105 $^{\circ}$ C

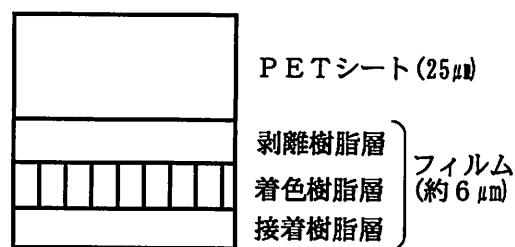


図-1 転写シートの構成

6段階とし、基盤目部分が剥離しない6点以上をフィルムの密着性良好とした。

転写不良の改善法として、溶媒抽出および加熱処理を行い、上記と同様の方法でその効果を検討した。溶媒抽出処理はジクロロメタンを用いた6時間の還流抽出、加熱処理はオープン中で110~150 $^{\circ}$ C、1時間加熱を行った。

### 2.3 ロール式転写装置による転写木材の試作と性能評価

#### 2.3.1 ロール式転写装置の概要

ロール式転写装置は（丸協技研(株)製作）、平板プレスによる知見と実用性を加味し、①前処理と転写が一工程で行えること、②針葉樹材表面への加熱、加圧が効率よく行えること、③操作が簡便で、設置に場所を取らないことの3点を考慮し、設計した。

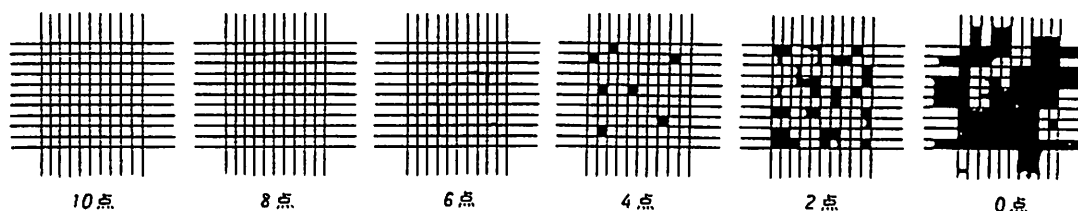


図-2 基盤目テープ剥離試験の評価基準

\* JIS K 5400に準拠

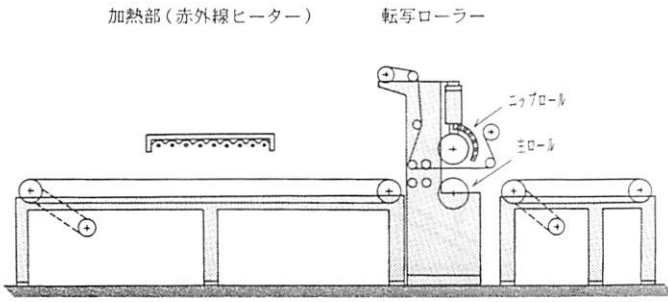


図-3 ロール式転写装置

装置の概略は、図-3に示すように、加熱部（赤外線ヒーター内蔵）と転写ローラーから構成されている。転写ローラーの主な仕様は以下のとおりである。

- ・ニップロール（上部ロール）：鉄または軟質ゴム（ゴム硬度60度）、制御温度100～250℃、有効転写幅450 mm、最大加圧力10.99 ton（油圧式可変）
- ・主ロール（下部ロール）：鉄または硬質ゴム（ゴム硬度90度）

この装置の特徴は、早材、晩材、節部など表面材質の差が大きい針葉樹材を転写ローラーにスムーズに挿入できるように、通常のロール転写装置とくらべてロールの線圧を2.5 ton/10cmと高く設定し、また、上下ロールを別駆動式としたことである。

2.3.2 転写木材の製造条件

転写木材の製造条件は、以下の項目について検討

した。

- 1) 前加熱処理：表面到達温度140～200℃
- 2) 転写ロール材質：ニップロール／主ロール；軟質ゴム／硬質ゴム，軟質ゴム／鉄，鉄／硬質ゴム，鉄／鉄
- 3) 転写圧縮量：0.5および1.0 mm
- 4) 転写速度：1～15 m/min
- 5) 後加熱処理：140～180℃

転写ロール温度は140℃に固定した。なお、後加熱処理は木材の素地感を付与するために行った。

2.3.3 転写木材の性能評価

得られた適正な製造条件で作製した転写木材のフィルム密着性を総合的に評価するため、特殊合板のJAS-SW（特殊壁面）に規定されている平面引張り強さ、1類浸漬剥離試験、寒熱繰り返しD試験、耐水D試験および退色B試験を行った。

また、素地感を評価するため、光沢計（ミノルタ製、GM-268）を用いて、入射角度60°で、繊維方向および接線方向について光沢度を測定した。

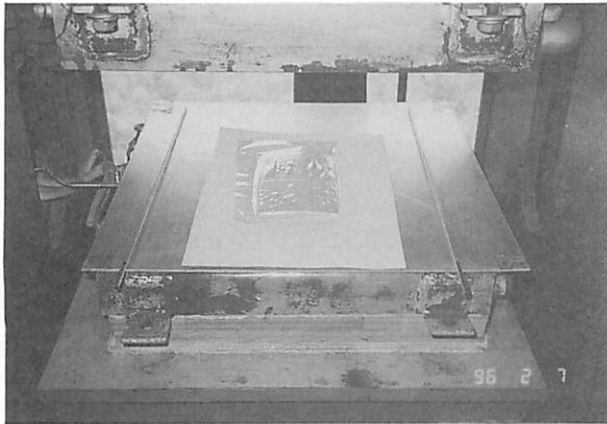
さらに、吸湿性を評価するため、転写木材の転写面を除く全ての面をパラフィンでシールした後、20℃、RH100%、24hr → 20℃、RH65%、24hrのサイクルを10サイクル繰り返し、サイクル毎の重量を測定し、その重量変化から転写面の吸湿量を求めた。

表-2 各樹脂のフィルム転写適性

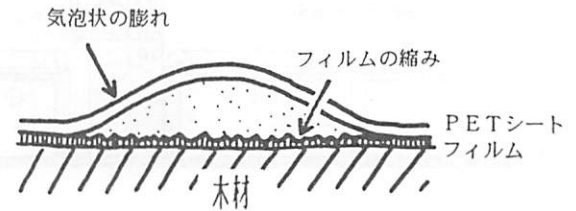
転写条件		スギ 辺材	スギ 心材	アカマツ 心材	エゾマツ 心材	カラマツ 心材
転写温度	時間(秒)					
100	10	△(2点)	△(2点)	×	△(2点)	×
110	〃	△(2点)	△(2点)	×	△(2点)	×
120	〃	△(2点)	△(2点)	×	△(2点)	×
130	〃	△(4点)	△(2点)	×	×	×
140	〃	○(6点)	×	×	×	×
150	〃	×	×	×	×	×
100	60	△(2点)	△(2点)	×	×	×
110	〃	△(2点)	×	×	×	×
120	〃	△(2点)	×	×	×	×
130	〃	△(6点)	×	×	×	×
140	〃	△(6点)	×	×	×	×
150	〃	×	×	×	×	×

注) 含水率：13%

- ：目視による転写良好，基盤目テープ剥離なし
- △：目視による転写良好，基盤目テープ剥離あり
- ×



写真一 転写不良の例 (エゾマツ)



図一四 木材への転写不良断面

### 3. 結果および考察

#### 3.1 各樹種のフィルム転写適性

スギ、アカマツ、エゾマツ、カラマツのフィルム転写適性を表一2に示す。その結果、目視による転写不良および基盤目テープ剥離が共に認められなかったのは、スギ辺材140℃-10秒、130℃-60秒、140℃-60秒の転写条件のみであった。その他の樹種は、いずれも目視による転写不良や基盤目テープ剥離が認められ、特にアカマツ、カラマツでは全ての条件でフィルムを良好に転写することができなかつた。

転写不良となった材は、写真一および図一4に示すように、熱圧縮直後にPETシートが気泡状に盛り上がり、その下でフィルムの縮み、溶解等の異常が観察された。PETシートやフィルムからの気体の揮発は考えられないことから、この現象は木材中に含まれている揮発成分に起因していると推察された。

#### 3.2 前処理による転写性改善効果

揮発成分を完全に除去する方法として、ジクロロメタン抽出 (Tappi T204)<sup>5)</sup>を行った結果、全ての樹種で転写性の改善が認められ、転写不良に対する揮発成分の関与が示唆された。そこで、加熱による揮発成分の除去の妥当性を検討するため、あらかじめ140℃で加熱した各供試材を密閉ガラス瓶中に入れ、140℃、60分間再度加熱したときの揮発分量をガスクロマトグラフ法<sup>3)</sup> (ガスクロマトグラフ: 島津製作所製, カラム: PEG20M液相25m×0.2mm.i.d.キャピラリーカラム, キャリヤーガス: He, 検出器: FID)で測定した結果を図一5に示す。揮発分量

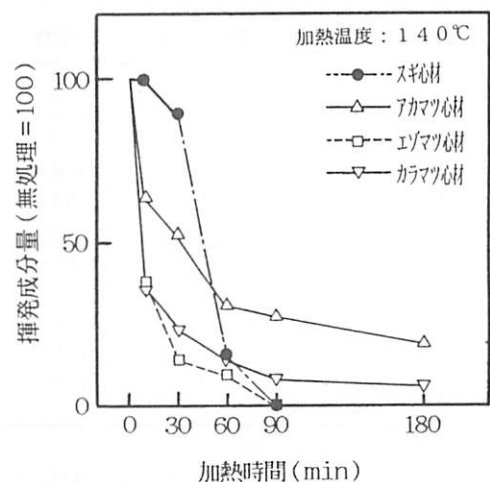
は、加熱1時間の処理で、スギ心材、エゾマツ、カラマツは、無処理材に比べ1/9~1/10に、アカマツは、約1/3に減少していることが確認された。

そこで、加熱前処理による転写不良の改善効果を検討した結果、表一3に示すように、スギ心材、アカマツでは120~150℃、エゾマツ、カラマツでは140~150℃の加熱処理で転写性の改善が認められた。しかし、転写性改善の温度が樹種によってことなることについてはその理由は明らかでなく、今後の検討が必要である。

#### 3.3 ロール式転写装置による試作と性能評価

##### 3.3.1 適正製造条件

1) 前加熱処理: 表一4に加熱処理温度とフィルム転写性の関係を示す。これより材の表面到達温度



図一五 揮発分量の変化

表—3 各種前処理によるフィルム転写性改善効果

前処理方法	スギ 辺材	スギ 心材	アカマツ 心材	エゾマツ 心材	カラマツ 心材
無処理	○(6点)	×	×	×	×
有機溶媒抽出処理 (ジクロロメタン)	○(10点)	○(10点)	○(10点)	○(10点)	○(10点)
加熱処理 110℃ (1時間)	○(6点)	×	×	×	×
120℃	○(6点)	○(6点)	○(6点)	×	×
130℃	○(6点)	○(6点)	○(6点)	×	×
140℃	○(10点)	○(6点)	○(6点)	○(6点)	○(6点)
150℃	○(10点)	○(6点)	○(6点)	○(6点)	○(6点)

注) 転写条件：140℃，10秒

- ：目視による転写良好，基盤目テープ剥離なし
- △：目視による転写良好，基盤目テープ剥離あり
- ×：転写不良（転写フィルムの縮み等が発生）

180℃以上の場合，フィルムの転写性は，転写圧縮量にかかわらず良好であった。前述の平板プレス転写による検討で明らかとなったスギ心材の転写性改善温度（120℃，1時間）よりも60℃も高い温度となった理由は，加熱時間が約90秒と極めて短時間であったことが要因と思われる。

2) 転写ロール：表—5に転写ロールの組み合わせとフィルム密着性の関係を示す。その結果，フィルムの密着性はニップロール／主ロールが，鉄／硬質ゴムの組み合わせの場合，最も良好であった。これは，図—6に示すように，鉄／硬質ゴムでは裏面に

ある硬質ゴムがつぶれ，木材表層が選択的に圧縮され，鉄ロールの熱と圧力が，効率良く伝えられたためと考えられる。また，鉄／鉄では，主ロールと木材との間に滑りが生じ，転写圧縮量0.5 mm以上で材をロール部に挿入することができなかった。

3) 転写速度：転写可能な速度は2.5～12.5 m/minであった。2.5 m/min未満では，熱による縮みがフィルムに発生し，12.5 m/minを越えると，フィルムを材表面に接着できなかった。

4) 後加熱処理：転写木材の表面は，転写 PET シートの表面が賦形されているため，極めて平滑で，高い光沢度を有しており，木材の持つ素地感<sup>1)</sup>は失われている。そこで，転写木材に木材表面の微細な凹凸を付与させるため，転写木材の表面をフィルムの軟化点以上の温度（140～180℃，90秒）で，再度加熱（後加熱）した。その結果，転写木材の材感を無処理材のそれに近づけることができた。

以上の結果を総合的に判断すると，適正製造条件は，転写前の表面到達温度180℃，転写ロールは鉄／硬質ゴム，転写ロール温度140℃，転写速度10 m/min，転写後の表面到達温度140℃であった。

表—4 加熱処理による転写性変化

表面到達温度	転写圧縮量	
	0.5mm	1.0mm
140℃	×	×
150℃	×	△(6点)
160℃	×	△(6点)
170℃	△(4点)	△(6点)
180℃	○(6点)	○(6点)
190℃	○(6点)	○(6点)
200℃	○(6点)	○(6点)

- 注) 試供材：スギ心材  
 転写温度：140℃  
 評価：○；転写良好，△；転写浮きあり，×；転写不良  
 1 mm基盤目テープ剥離試験 (JIS K 5400)

### 3.3.2 フィルム転写木材の性能評価

上記の適正製造条件で作製した転写木材のフィルム密着性を特殊合板 JAS に準拠し評価した。平面引張り強さは，平均17.5 kgf/cm<sup>2</sup>あり，塗膜付着力の適合基準である 4 kgf/cm<sup>2</sup>以上の値を示した。また，

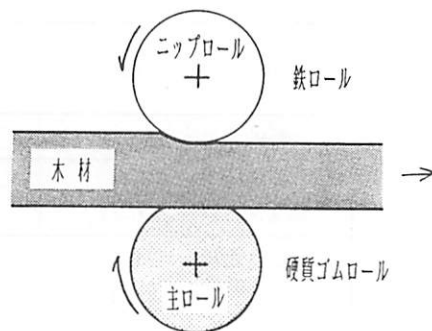
表—5 転写ロール材質によるフィルム密着性変化

ニップロール/主ロール	転写圧縮量		
	0mm	0.5mm	1.0mm
軟質ゴム/硬質ゴム	0～2点	2～4点	2～4点
軟質ゴム/鉄	0～2点	2～4点	2～4点
鉄/硬質ゴム	0～4点	4～6点	6点
鉄/鉄	0～4点	NG	NG

注) 供試材：スギ辺材

転写条件：140℃

1mm碁盤目テープ剥離試験 (JIS K 5400)



図—6 鉄/硬質ゴムの組合せによる表層圧縮 (模式図)

1 類浸漬剥離試験，耐水 D 試験，寒熱繰り返し D 試験および退色 B 試験を行った結果，フィルムの剥離，ふくれ，縮みなどは観察されず，JAS 特殊合板—SW (特殊壁面) の適合基準を満たした。

転写木材の光沢度の変化を図—7，8 に示す。繊維方向および接線方向の光沢度とも，フィルム転写直後の高い光沢度が，後加熱処理により低下していた。

乾湿繰り返し試験の結果を図—9 に示す。転写木材は，無処理材と同程度の吸湿量を示し，フィルム転写により木材の吸湿性が阻害されていないことが明らかとなった。また，ウレタン塗装材に比べて2倍を越える吸湿量を示した。

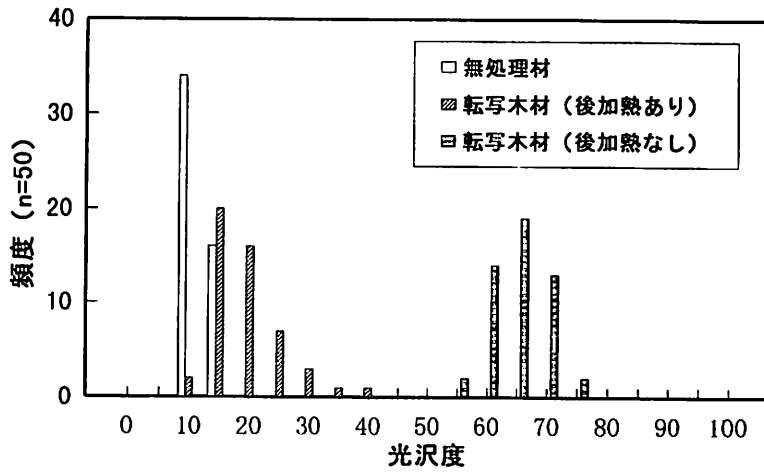
転写木材の表面を顕微鏡で観察すると，フィルムに微細な孔が多数存在していることが確認された。転写木材の高い吸湿性能は，これらの微細な孔が関与していると思われるが詳細は不明である。なお，これらの微細な孔は，フィルム転写直後には認められず，後加熱処理後に多数認められるようになったことから，後加熱処理によって生じたものと考えられる。

以上のように，転写木材は，フィルム密着性に優れ，かつ木材が持つ素地感および吸湿性を保持していた。転写するフィルムの構成を変えることにより，さらに耐汚染性，耐摩耗性などの性能を付与することも可能であり，転写木材は，住宅内装材料として他の材料にない優れた特性を持っている。また，近年，住宅建材の VOC が問題になっているが，転写木材は，製造過程で溶剤を全く使用しないことから，安全な住宅建材と言える<sup>2)</sup>。

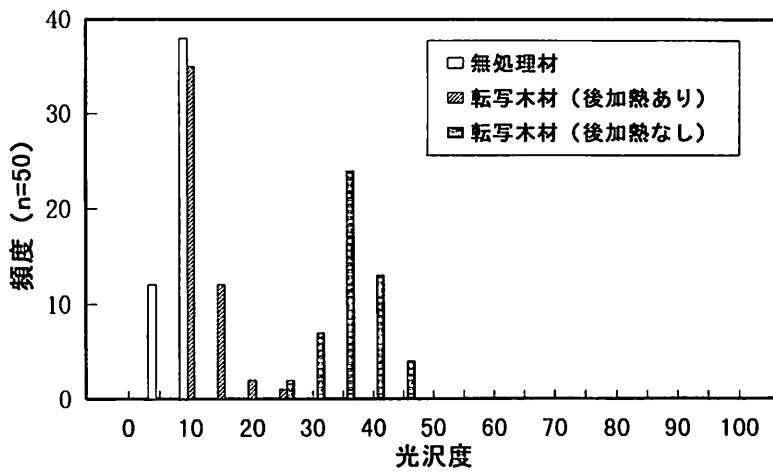
#### 4. まとめ

県産スギ，シベリア産のアカマツ，エゾマツおよびカラマツを用い，フィルム転写による住宅用内装材の製造について検討した結果，以下の結論を得た。

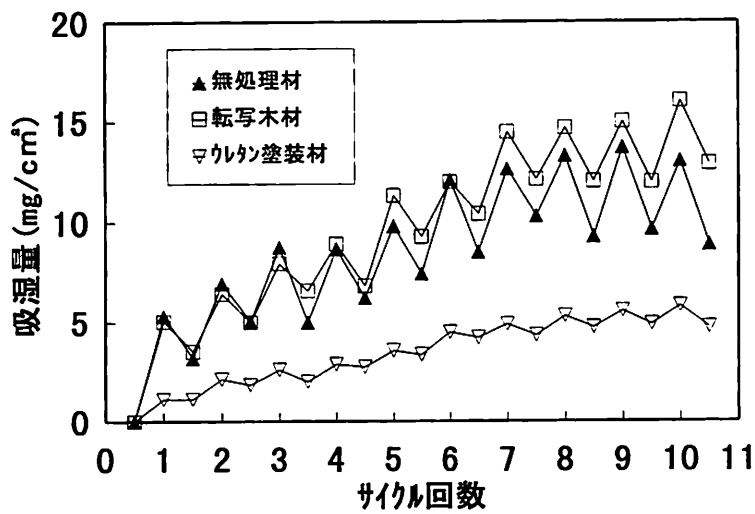
- 1) スギ辺材を除き，転写不良が認められた。
- 2) 転写前に木材表面を140℃で1時間加熱処理することにより，転写不良が改善された。
- 3) ロール式転写装置によるフィルム転写木材の適正な製造条件は，前加熱処理温度180℃，転写ロール材質は鉄/硬質ゴム，転写ロール温度140℃，転写速度10 m/min，後加熱温度140℃であった。
- 4) 上記の条件で作製したフィルム転写木材は，フィルム密着性に優れ，特殊合板 JAS の特殊壁面の適合基準を満たした。また，木材が持つ素地感 および吸湿性を有していた。



図一七 繊維方向の光沢度分布



図一八 接線方向の光沢度分布



図一九 乾湿繰り返し試験

「20℃, RH100%, 24h → 20℃, RH65%, 24h」の10サイクル繰り返し

## 文 献

- 1) 乾 徹雄：熱転写フィルム印刷，日本接着協会誌 11, 451-458 (1988).
- 2) 高橋 徹，鈴木正治ら：“環境”，海青社，1995, pp.99-117.
- 3) 寺内文雄，大平辰朗ら：木材および精油のヘッドスペース揮発分，日本木材学会誌 39, 1431-1438 (1993).
- 4) 増田 稔：木材の視覚特性とイメージ，日本木材学会誌 38, 1075-1081 (1992).
- 5) 日本木材学会編：“木材科学実験書Ⅱ，化学編”，1986, pp.242-243.

## Summary

The film-transferring process was studied for potential application to Sugi (*Cryptomeria japonica* D.Don) in Toyama prefecture, Akamatsu (*Pinus sylvestris* L.), Ezomatsu (*Picea jezoensis* Carr.) and Karamatsu (*Larix gmelinii* Kuzeneva.) in Siberia with flat press. The roll press and appropriate conditions were established for this purpose. The following results were obtained.

- 1) Film-transferring was not applicable in all cases except for Sugi sapwood.
- 2) Pre-heating before film transfer to the wood surface led to improvement.
- 3) Appropriate conditions were pre-heating temperature : 180°C-90sec., roll materials : iron/hard rubber combination, roll temperature : 140°C, rate : 10m/min and after-heating temperature : 140°C-90sec.
- 4) Under these conditions, film adhesion to wood surface was superior and met Superior wall standards in JAS superior plywood. Brilliance and moisture adsorption were essentially the same as with nontreatment.