

薄膜転写による住宅用内装材の開発（第2報） — スギ材用転写薄膜の試作 —

藤澤 泰士*¹, 鈴木 聡*¹, 中谷 浩*¹
近江 正陽*², 富永 洋司*²

Interior Material Production by Film-Transferring Process (the second report) The trial production of a transcription film for the Cedar material

Yasushi FUJISAWA, Satoshi SUZUKI, Hiroshi NAKATANI
Masaharu OHMI, Youji TOMINAGA

意匠性の高い住宅用スギ内壁材を製造することを目的に、スギ用転写薄膜を試作した。その結果は、以下の通りである。

- 1) 転写温度120~160℃で転写する転写薄膜を開発した。
- 2) スギ材に転写した薄膜は、住宅用一般壁面用途として十分な接着性と耐水性を有していた。
- 3) スギ材の色バラツキ低減には、明度と赤系の色調整が効果的であった。

1. はじめに

本県西部地域では、電柱材利用を目的として、30~35年伐期のボカスギ林業が行われていたが、用途が減少し、現在、その2/3が9齢級以上（45年）に達しており、ボカスギ材の需要を確保することが地域林業の早急な課題となっている。

今後、ボカスギ材の需用を拡大し、地域林業の活性化に寄与するためには、構造材以外にも内装材等の付加価値の高い製品を地域で製造、供給していくことが重要であると考えられる。そのためには、内装材に必要な機能性（耐汚染性、耐摩耗性等）や、高い意匠性を付与することが効果的であるが、従来の木材塗装は、高度で熟練した品質管理技術や、環境汚染防止のための排気・廃液処理を含む設備が求められ、木材加工業や森林組合等への新規導入は困難である。

そこで、前報では、塗装に代わる新しい方法として薄膜転写による高機能スギ内装材の製造方法を報告した¹⁾。これは、水蒸気透過薄膜をスギ材表面に

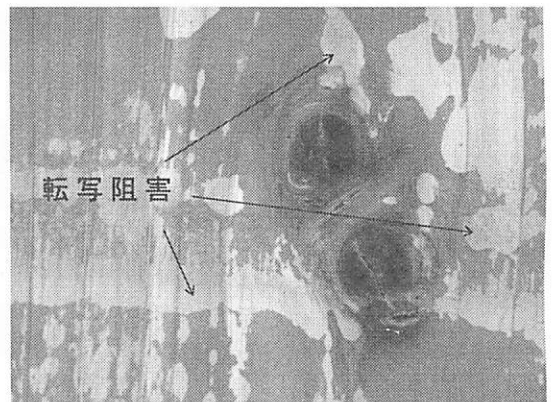


図-1 スギ心材節部に発生した転写阻害

熱転写した後、焼き付け処理する方法であり、加工製品にはスギ材のもつ調湿性能を活かしたまま、任意の色・艶調整や、耐汚染性等の機能性が付与される²⁾。しかし、本技術を用いてスギ内装材を実生産するためには、薄膜に一般壁面として必要な接着力を付与すること、また、前報で指摘したスギ心材部、節部等に多く含有し、160℃以上の熱を加えると急激に揮散するヤニ成分の問題を解決すること³⁾ (図-

*1: 富山県林業技術センター木材試験場

*2: 東京農工大学大学院環境資源化学課

1), さらに, スギ色調に適応した薄膜を製造することが必要である。

そこで, 転写阻害成分の揮散が低い160℃以下の転写温度で, 住宅用一般壁面に必要な接着力を有する薄膜の開発と, スギ材の外観色調に適した薄膜の色調について検討した。

なお, 本研究は, 「平成16-18年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」の委託により実施した。

2. 実験方法

2.1 供試材料

2.1.1 薄膜用樹脂の調整

熱接着樹脂として, 分子量65,000および67,000のアクリル樹脂と, 共重合度300, 400および420の塩化ビニルー酢酸ビニル共重合樹脂を混合した5種類の熱接着樹脂 (ACV-HS-A~E, 昭和インク工業㈱にて試作) を用いた (表-1)。また, 剥離層樹脂および機能層樹脂として, アクリル樹脂を主成分とする樹脂 (ACV, 昭和インク工業製) を用いた。これらの樹脂はメチルエチルケトンでザーンカップ # 3 で16秒の粘度に調整した。

表-1 試作した熱接着樹脂

	樹脂系	重合度	分子量	Tg(℃)	樹脂固形分 (%)
HS-A	アクリル	-	65,000	55	25
	塩酸ビ	-	-	-	-
HS-B	アクリル	-	67,000	105	4.5
	塩酸ビ	420	-	76	15
HS-C	アクリル	-	67,000	105	4.5
	塩酸ビ	300	-	76	18
HS-D	アクリル	-	67,000	105	4.5
	塩酸ビ	400	-	60	16
HA-E	アクリル	-	-	-	-
	塩酸ビ	400	-	60	20

2.1.2 供試スギ材

本県西部地域より伐採したボカスギ材を厚さ15mm 板材に製材, 含水率15%に人工乾燥, 寸法幅150×厚さ12×長さ1000mm, 木裏面サーフェーサー仕上げを施した後, 23℃, 65%RH環境下で2週間含水率調整し (平均含水率: 約10%), 転写に供した。

2.2 薄膜の製造方法

薄膜は, 小型グラビアコーター (GP-10, TOYO BO製) を用いて, 厚さ25μmの無処理PETシート (東レ製) 上に, グラビア版60線/cmにて, 剥離層樹脂, 機能層樹脂を各1~2μm積層し, その上に, 試作した熱接着樹脂を4μm積層 (グラビア版40線/cm, 2回) して製造した (図-2)。

実生産を行うための薄膜の量産試作は, 熱接着層の膜厚4, 8および12μmの薄膜を各500m, 東洋包材(株)つくば工場にて実施した。試作において, 剥離層, 機能層は版線60線/cmのグラビアコーター, 熱接着層はリバースコーターを用いて積層した。

2.3 転写方法

薄膜の熱接着樹脂層とスギ材の木裏面を重ね, 当センターにて開発した専用の転写ロールプレス装置⁴⁾ (図-3) を用いて, 転写温度100~160℃, 転写速度10m/minで薄膜をスギ表面に熱転写, PETシートを剥離した後, 赤外線ヒーターにて転写面を120~200℃に加熱して, 薄膜をスギ材表面に焼き付けた。

2.4 転写接着性の評価

スギ材表面に転写した薄膜の転写接着性について, 特殊合板JASに準拠した平面引っ張り強さ (引っ張

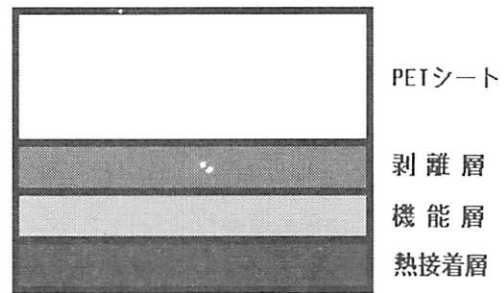


図-2 転写薄膜仕様 (PETシートは転写後に剥離する)

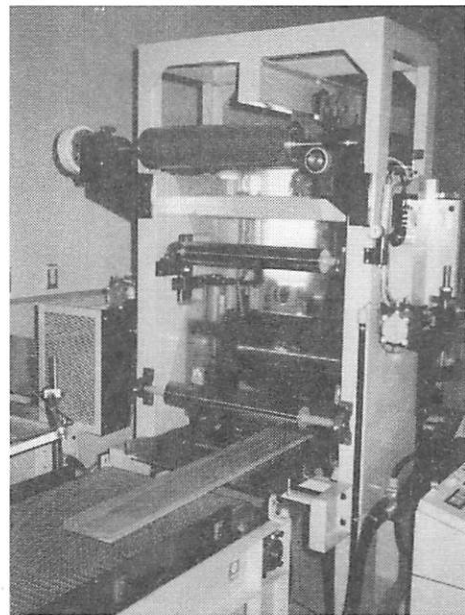


図-3 加熱ロールプレス装置

表-2 基盤目テープ剥離の評価点数

評価点数	転写薄膜の状態
10	剥離の発生なし
8	剥離面積が5%以内
6	剥離面積が5~15%
4	剥離面積が15~35%
2	剥離面積が35~65%
0	剥離面積が65%以上

り速度：2mm/min), 耐水BおよびC試験後の平面引っ張り強さ, JIS-K-5400塗料に準拠した基盤目テープ剥離(表-2)を測定した。

2.5 薄膜の造膜性の評価

5cm角に切り取った薄膜を10枚重ね, 厚紙に挟み込んだ後, 0.98N/mm² (10kgf/cm²)の加重を均一に負荷させた状態で40℃恒温器中に1週間放置し, 薄膜熱収縮, 薄膜のはがれ等の発生の有無を測定した。

2.6 薄膜の色調調整

色彩色差計(CR-310, 測定径50mm, ミノルタ製)および光沢計(GM-268, ミノルタ製)を用いて, 本県産ボカスギ材の辺材, 心材および節部のL*a*b*表色系(JIS Z 8729)を測定した。その結果を基に, ボカスギ材色に対応した2色調の薄膜を試作, 転写温度140℃, 後加熱温度140℃の条件でボカスギ材に転写した後, 再度, 辺材, 心材および節部の表色系を測定した。

さらに, JAS特殊合板に準拠した退色性評価を行い, 転写スギ材の耐光処理前後の色差(ΔE*ab)を測定した。

3. 結果および考察

3.1 薄膜の転写接着性の改良

スギ心材に転写した場合の熱接着樹脂と転写接着性の関係を図-4, 5に示す。平面引っ張り強さは, 薄膜とボカスギ材表面の静的接着力, 基盤目テープ剥離は, 動的(衝撃)接着力を表している。一般壁面用途としては, 平面引っ張り強さが0.392N/mm² (4kgf/cm²)以上, 基盤目テープ剥離が6点以上が必要である。

後加熱温度160℃以下の平面引っ張り強さは, アクリル樹脂単体のHS-Aが0.5~1.0N/mm²を示したが, 塩酢ビ共重合樹脂を混入させた薄膜(HS-B~E)は1.0~1.5N/mm²の値を示し, アクリル樹脂より高い接着力を示した。また, 後加熱温度180℃では, す

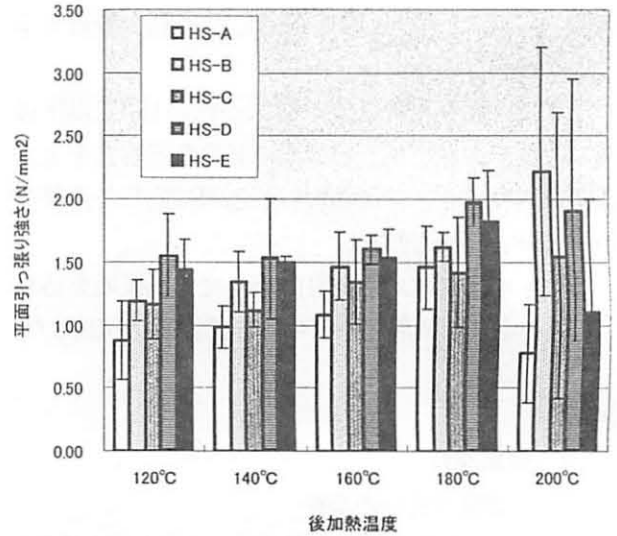


図-4 熱転写樹脂と平面引っ張り強さの関係

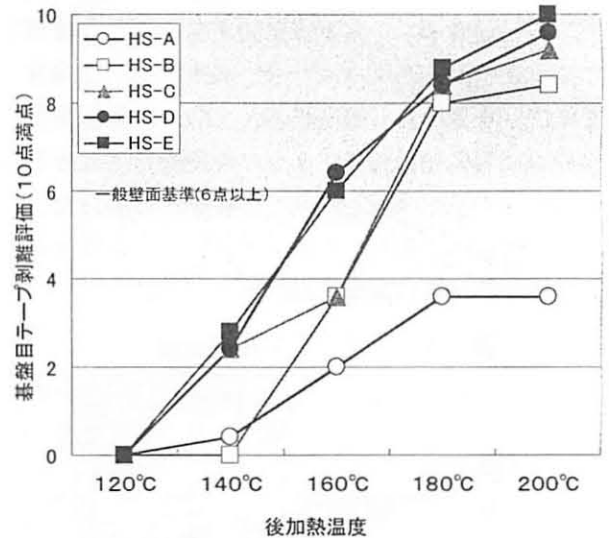


図-5 熱接着樹脂と基盤目テープ剥離評価の関係

べての熱接着樹脂の平面引っ張り強さが向上したが, 後加熱温度200℃になると, 測定値のバラツキが大きくなり, HS-AおよびEの平面引っ張り強さは大幅に減少した。これには, 熱接着樹脂の熱分解, または転写阻害成分が影響していると推測される。

基盤目テープ剥離は, 後加熱温度120℃では, すべて熱接着樹脂が評価0点(65%以上が剥離)であったが, 後加熱温度の上昇にともない評価点が向上し, 後加熱温度180℃以上では, HS-Aは評価4点(剥離面積は15~35%)と比べ, HS-B~Eは評価8点(剥離面積は5%以下)と高い値となった。

加熱転写工程において, PETシートから剥離した直後の薄膜は平面状に積層し, 後加熱処理による薄膜の熱軟化処理により, スギ表面の微細な凹凸に沿って密着すると考えられる。塩酢ビ共重合樹脂は, 熱

軟化温度が低く、柔軟性に優れているため、塩酢ビ共重合樹脂の混合率が高い薄膜ほど熱に対して軟質となる⁵⁾。そのため、塩酢ビ共重合樹脂を混入した薄膜は、加熱温度が高くなるほど、熱軟化が進み、スギ表面の微細凹凸面との接着面積が増加すると考えられる。後加熱温度が高くなるとともに、塩酢ビ共重合樹脂を混入した樹脂薄膜 (HS-B~E) の基盤目テープ剥離評価が向上したのは、この接着面積が増加したことが要因であると推察される。一方、アクリル樹脂は直鎖構造のため、硬く、衝撃に対してもろい性質がある。HS-Aの基盤目テープ剥離評価が低い理由は、アクリル樹脂が持つ衝撃に対するもろさが影響したと推察される。

3.2 量産した薄膜の接着性

塩酢ビ共重合樹脂の混合率を増加させると、薄膜の軟質化が進むと同時に、薄膜の粘性 (タック) と熱に対する収縮・膨潤性が増加し、樹脂の造膜性を低下させる原因となる。薄膜の実生産において、薄膜は紙管にロール状に巻き取られ、保管される (図-6)。その際、薄膜の軟化が過剰になると、巻き取り時または保管時に加えられる熱と圧力によって、薄膜の固化 (ブロッキング) やPETシートからの剥離が発生する。そのため薄膜に用いる樹脂には、転写接着性ととともに、長期間の熱と圧力に対して安定した造膜性が求められる。

試作した薄膜の熱・圧力に対する造膜性を評価した結果、HS-AおよびBは薄膜の剥離等の発生等は観察されず、安定した造膜性を示したが、HS-CおよびEは、薄膜の固化およびPETシートからの剥離が発生した。また、HS-Dには若干の薄膜のはがれが発生した。HS-CおよびEについては塩酢ビ共重合樹脂混入による熱接着樹脂の軟化処理が過剰であったこと、また、HS-Dについては薄膜作製時の乾燥が不十分であったことが原因と考えられる。HS-Dについては、薄膜を製造した直後に、40℃、10秒程度の乾燥処理を行うことで、問題は解消された。

以上の結果より、薄膜の量産試作に用いる熱接着樹脂として、スギ材との接着力と樹脂薄膜の熱・圧力に対する安定性が良好なHS-Bを選定し、量産試作を行った。

量産試作した薄膜を、転写温度100~160℃で転写し、140℃で後加熱処理した転写ボカスギ材の平面引っ張り強さと基盤目テープ剥離評価を図-7、8

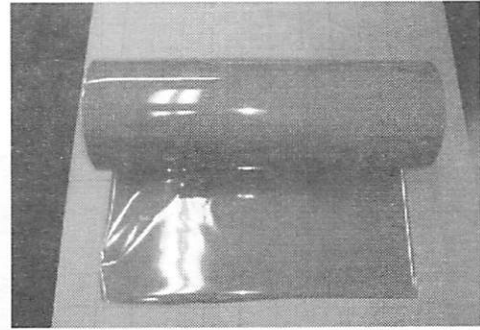


図-6 量産試作したスギ用転写薄膜

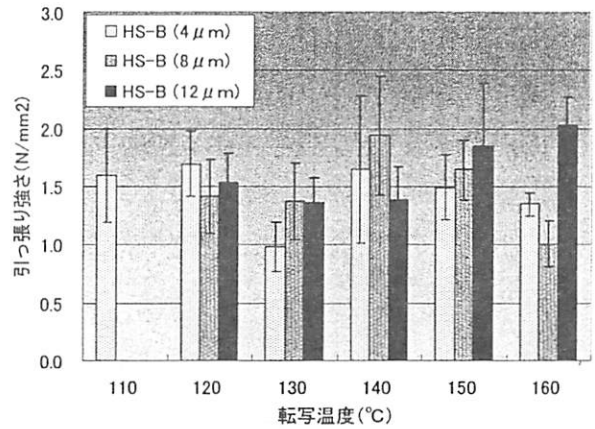


図-7 量産試作した薄膜の平面引っ張り強さ

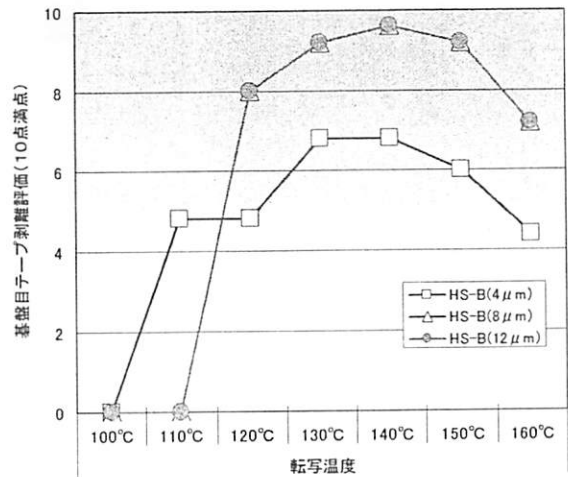


図-8 量産試作した薄膜の基盤目テープ剥離評価

に示す。熱接着層 8 μm および 12 μm の薄膜は、転写温度 120℃ 以上の条件で、平面引っ張り強さ 1 N/mm 以上、基盤目テープ剥離評価 6 点以上を示した。また、耐水 B および C 試験後の接着性は、熱接着層 8 μm が耐水試験後の引っ張り強さの減少率が最も少なく、耐水試験後も 1.0 N/mm² 以上の接着性を示した (図-9, 10, 11)。

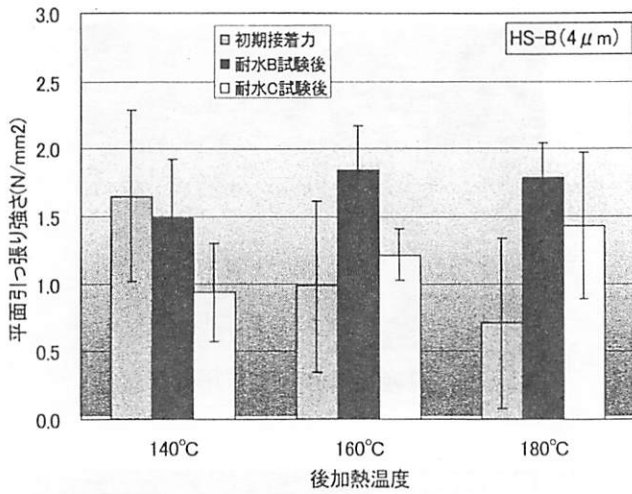


図-9 量産試作した薄膜の耐水接着性 (1)

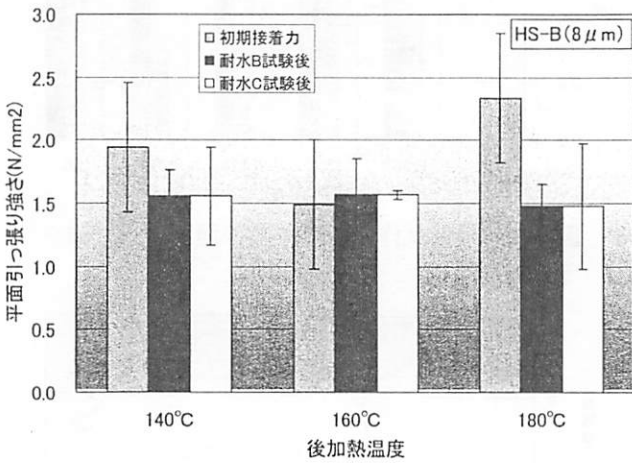


図-10 量産試作した薄膜の耐水接着性 (2)

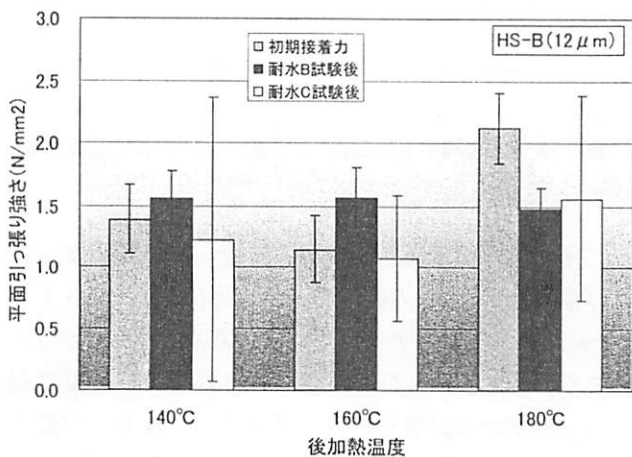


図-11 量産試作した薄膜の耐水接着性 (3)

表-3 富山県西部地域産ボカスギ材の色調

		L*	a*	b*
心材 n=323	平均値	65.10	11.22	20.22
	標準偏差	3.03	1.17	1.59
辺材 n=30	平均値	74.64	6.66	19.33
	標準偏差	1.60	0.83	1.53
心材節部 n=309	平均値	56.63	10.88	18.86
	標準偏差	4.07	1.03	1.50

表-4 調整した転写薄膜の色調

		L*	a*	b*
色-1	赤茶系	60.78	17.22	20.28
色-2	こげ茶系	67.76	7.57	20.67

表-5 転写ボカスギ材の色調 (赤茶系)

		L*	a*	b*
心材 n=20	平均値	48.32	19.87	20.43
	標準偏差	1.08	0.50	0.67
辺材 n=10	平均値	71.13	13.25	18.73
	標準偏差	1.71	0.68	0.47
心材節部 n=12	平均値	45.68	18.15	18.13
	標準偏差	2.24	1.68	2.06

表-6 転写ボカスギ材の色調 (こげ茶系)

		L*	a*	b*
心材 n=323	平均値	47.98	11.59	18.69
	標準偏差	0.92	0.28	0.72
辺材 n=10	平均値	56.69	12.01	22.61
	標準偏差	0.47	0.18	0.40
心材節部 n=10	平均値	43.73	10.63	15.65
	標準偏差	0.82	0.53	1.07

このように、量産試作したスギ用薄膜は転写温度 120~160°Cで転写でき、住宅用一般壁材として十分な接着性を有していることが明らかとなった。今後、実生産に対応した転写温度、後加熱条件、薄膜仕様等を検討し、実用的な転写スギ内装材の製造条件を確立する必要がある。

3.3 ボカスギ材色に適した薄膜の色調整

ボカスギ材の辺材、心材および心材節部の材色は、主に明度指数 (L*) とクロマティネクス指数の赤-緑方向の色調 (a*) に大きな差が生じており、青-黄方向の色調 (b*) は辺材、心材、節部とも 20 付近の値を示した (表-3)。

ボカスギ材の表面意匠性を低下させる部位による

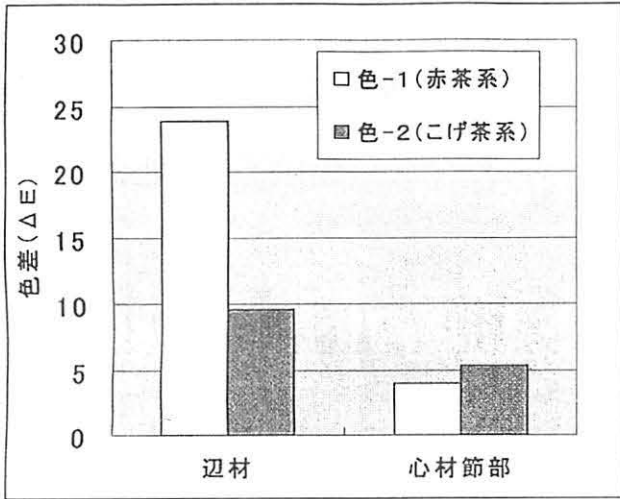


図-12 転写スギ材の色差(心材との比較)

色バラツキは、主に明度と赤-緑方向の色調の差に起因していることから、内装材として均一な色調に調整するためには、この2因子の色調整が最も効果的であると考えた。そこで、 b^* の色調を材色と同じ20前後に設定し、 L^* および a^* の色調整した2色(赤茶系およびこげ茶系)の薄膜を製造した(表-4)。転写ボカスギ材の心材、辺材および心材節部の色調を表-5, 6に、心材部と比較した辺材と節部の色差(ΔE)を図-12に示す。

赤茶系の色調は、心材で L^* は47.98、 a^* は19.87、辺材で L^* は71.13、 a^* は13.25を示し、明度指数で20以上の差が生じた。一方、こげ茶系の色調は、心材で L^* は47.98、 a^* は11.59、辺材で L^* は56.69、 a^* は12.01を示し、赤茶系の色調より、指数の差が小さかった。心材部との色差(ΔE)においても、こげ茶系色調の方が色差が少なく、ボカスギ表面を均一に調色していた。

転写ボカスギ材の退色試験による色差(ΔE)を図-13に示す。心材(素材)と比較して、こげ茶系を転写したボカスギ心材の退色は約1/4に、赤茶系では約1/8に減少した。アルミ板に転写した薄

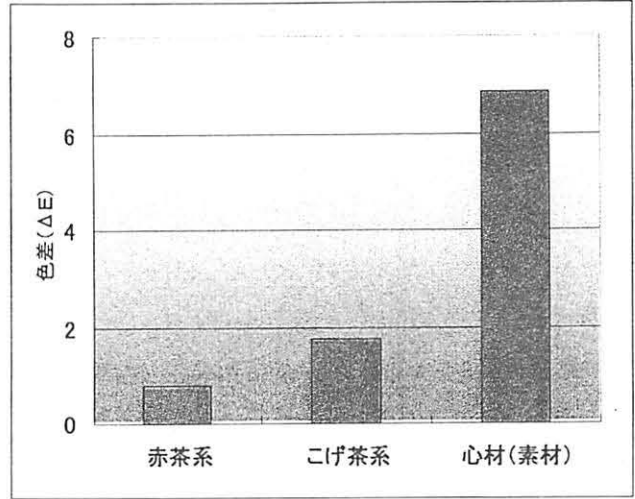


図-13 転写ボカスギ材の退色試験による色差(ΔE)

膜の退色試験後の色差がほぼ0であることから、転写スギ材は下地となった素材が退色したと判断される。このことより、薄膜には紫外線遮へい効果があり、転写スギ材は退色性に優れていることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 藤澤泰士, 水本克夫, 高野了一: フィルム転写による住宅用内装材の開発(第1報), 富山林技セ研究報告, No12, 15-22 (1999).
- 2) 藤澤泰士, 鷺岡雅, 高野了一: フィルム転写木材の製造方法, 特許登録第3198100号 (2001).
- 3) 藤澤泰士, 鈴木聡, 中谷浩ら: 機能性薄膜を転写したボカスギ内装材の開発, 日本木材加工技術協会第23回年次大会要旨集, 盛岡, 2005, p 71-72.
- 4) 藤澤泰士, 鷺岡雅: ロールプレスによるスギ表層WPCの製造, 富山林技セ研究報告, No15, 33-39 (2002).
- 5) “接着剤データハンドブック第2版”, 日本接着学会編, 日刊工業新聞社, 2001, pp.106-138.

Summary

A transcription film for cedar was created in an experiment to manufacture expensive cedar wall material for residence design. The following results were obtained.

- 1) A transcription film transcribed at a transcription temperature of 120-160°C was developed.
- 2) A film transcribed into the cedar material had sufficient adhesion and water resistance for general wall surface use in residences.
- 3) Brightness and the color adjustment of red were effective in decreasing the color dispersion of the cedar material.