

# スギ材の材色調整に関する研究

2002年度～2004年度（県単）

豊嶋 勲\*1 近藤和幸\*2 菱田重寿 山本勝洋

## 要 旨

資源として豊富にあるスギ樹皮を利用したスギ材への染色方法について検討した。その結果、スギ樹皮と水の重量比を1：10として水酸化ナトリウム10g/lを添加して得られた抽出液で茶褐色系統の色合いにスギ辺材を染色することが可能であった。また、水酸化ナトリウムを添加しなかった抽出液に塩化第二スズ5水和物または塩化アルミニウム6水和物の媒染処理後、耐候試験機による2～4時間程度の光照射によってスギ赤心材色に極めて近い赤系統に発色することが認められた。また、太陽光でも半日程度の暴露時間で同様な効果が認められた。耐候試験機や太陽光による着色は光の当てられた部分のみ着色され、絵文字等の転写が可能となった。また、転写された絵文字は色むらやにじみの発生がないという特徴があった。染色・媒染・光照射複合処理着色材の耐光性は、市販の透明塗料AQRX-3550により向上し、耐候試験機100時間の照射後でも材色変化に大きな変化が認められず、実用レベルの効果が認められた。

## I 目的

資源として豊富にあるスギ材は軟質で、あたたかみのある材料として内装材に適していると考えられるが、ヒノキ材と比較して、心辺材間の色差や心材色のバラツキが大きいことなどの理由から、材色の均質な材料が入手しにくく、利用の拡大が進んでいない。そこで、本研究では木材の環境調和型資材としての長所を生かすため、製材の廃材として豊富にあり、自然素材であるスギ樹皮を利用した染色調整技術や近年木材への環境低負荷型着色法として研究事例の多い光照射による物理的処理技術など環境負荷の小さい材色調整技術<sup>(1)</sup>を開発し、材色の均質な材料を製造する方法について検討を行った。

## II 試料と方法

### 1. スギ樹皮による染色調整技術の開発

森林・林業技術センター内に植栽された35年生のスギ材を2002年12月に3本伐倒し、樹皮を剥がし染色液を抽出する試料とした。樹皮は60℃の恒温乾燥器内で2日間乾燥した。樹皮と蒸留水との重量比を1：10として、オートクレーブ内で温度105℃、30分間の条件で染色液の抽出を行った。助剤として塩酸、水酸化ナトリウム添加、無添加の各条件により抽出を行った（表-1）。この染色液を気乾状態のスギ辺材の板目材（寸法：6 cm×6 cm×1 cm）に減圧注入した。室温で乾燥後、媒染剤として塩化第二スズ5水和物（以下染色+S n）5%、硫酸銅（以下染色+Cu）10%、有機酸チ

Isao Toyoshima, Shigehisa Hisida, Katsuhiro Yamamoto: Coloring of sugi by dyeing and ultraviolet irradiation

\*1現豊田加茂農林水産事務所 \*2現農林水産部林務課

タン（以下染色+Ti）10%、塩化アルミニウム6水和物（以下染色+Al）10%の4種類の媒染金属塩を減圧注入することにより発色させた。注入した試験体を室温で乾燥後、ハンディカラーテスター（ミノルタ製CR-310、測定径5cm、D65光源、2°視野）を用いて材色を測定した。材色はJIS Z 8729による明度と色度を次のように表す。

明度（L\*）、色度（a\*、b\*）

染色前後の明度差（ $\Delta L^*$ ）、色度差（ $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ ）を次のように表す。

$$\Delta L^* = L_t^* - L_0^*、\Delta a^* = a_t^* - a_0^*、\Delta b^* = b_t^* - b_0^*$$

$L_t^*$ ：t時間後の明度

$a_t^*$ ：t時間後の赤色方向の色度

$b_t^*$ ：t時間後の黄色方向の色度

表一 染色の抽出における助剤の添加条件

助剤	条件	1	2	3	4	5
塩酸		100ml/1	—	—	—	—
水酸化ナトリウム		—	1g/1	5g/1	10g/1	—

## 2. 染色、媒染と光照射による着色調整技術の開発

1と同じスギ樹皮を用い、1と同様な方法でスギ樹皮から抽出した比を1：10として、オートクレーブで温度105℃、30分間の条件で染色液の抽出を行った。スギ樹皮は1と同じ試料を用いた。染色液をスギ辺材の板目材（寸法：6cm×6cm×1cm）に減圧注入した。試験体を室温で乾燥後、媒染剤として塩化第二スズ5水和物（以下染色+Sn）、硫酸銅（以下染色+Cu）、塩化アルミニウム6水和物（以下染色+Al）の3種類の媒染金属塩を用いて発色させた。濃度の条件は1%、5%、10%の3条件とした。また、比較対照として染色液だけ（以下染色）を減圧注入した試料及び各5%濃度の塩化第二スズ5水和物（以下Sn）、硫酸銅

（以下Cu）、塩化アルミニウム6水和物（以下Al）だけを減圧注入した試料も作成した。以上の各条件を表一2に示す。これらの条件で調整した試験体を室温で乾燥後に耐候試験機（スガ試験機製ウェザーメーター、キセノンランプ）を用いて発色処理を行った。照射処理条件は、照射強度は48W/m<sup>2</sup>、ブラックパネル温度63℃、湿度50%、照射時間8時間とした。照射後にハンディカラーテスターで1と同様な方法で材色を測定した。また、同様に染色、Sn5%媒染処理した試験体の太陽光暴露による発色処理を2005年2月に実施した。暴露時間は12時間とした。発色した色合いを同様にハンディカラーテスターで測定した。材色及び色差は次のように表す。

明度（L\*）、色度（a\*、b\*）

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

$$\Delta L^* = L_t^* - L_0^*、\Delta a^* = a_t^* - a_0^*、\Delta b^* = b_t^* - b_0^*$$

$L_t^*$ ：t時間後の明度

$a_t^*$ ：t時間後の赤色方向の色度

$b_t^*$ ：t時間後の黄色方向の色度

表一 2 光照射処理前の試験体調整条件

媒染 (%)	Sn			Al			Cu			媒染なし
	1	5	10	1	5	10	1	5	10	
染色	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
染色なし	—	○	—	—	○	—	—	○	—	○

## 3. 透明塗装による染色・媒染・光照射複合処理材の耐光性試験

着色材の色の安定を図るため、透明塗料による耐光性の効果を調査した。染色後に媒染処理を行った試験体（以下未光照射材）及び、さらに光照射4時間を行い着色した試験体（以下光照射材）

に紫外線を遮断する効果を有する透明塗料を塗布した。使用した透明塗料を表-3に示す。塗布方法は、ハケで2回塗りとして、塗布後一昼夜放置して表面が乾燥した後に耐候試験機（スガ試験機製ウェザーメーター、キセノンランプ）を用いて耐光性試験を行った。暴露条件は、温度42℃、湿度50%、放射照度48W/m<sup>2</sup>、波長300~400nm、暴露時間を100時間とした。

表-3 透明塗料の種類と性状

塗料名	性状	製造メーカー
AQRX-3200	水性	和信化学
AQRX-3400	水性	和信化学
AQRX-3550	水性	和信化学
SC-77	水性	玄々化学
Non-TX	溶剤型	和信化学
UC-111	溶剤型	玄々化学

### III 結果と考察

#### 1. スギ樹皮による染色調整技術の開発

染色+Sn処理されたスギ辺材の明度と色度を図-1に示す。スギ樹皮染色の色の特徴である茶褐色は、水酸化ナトリウムの濃度が濃い10g/lの条件で最も濃色に染色された。水酸化ナトリウム1g/l、5g/l、無添加の条件では明度、色度ともに高く、いずれも黄褐色系統に染色された。しかし、早材と晩材間で染色にむらが生じた。塩酸を添加した場合は、やや暗い褐色に染色された。また、染色+Ti、染色+Al、染色+Cuなど他の金属塩による媒染処理によっても褐色系統以外の色合いに発色されたものはなかった。以上のことから、10g/lの水酸化ナトリウムを添加して抽出した染色液を使用して染色されたスギ材は、茶褐色への着色が可能であると思われるが、染色液の着色成分のスギ晩材への浸透がしにくいことから色むらが生じたと考えられる。また、その他の条件で抽出した染

色液では農色が得られないので、木材のように最初からある程度の材料の着色には実用的ではない。

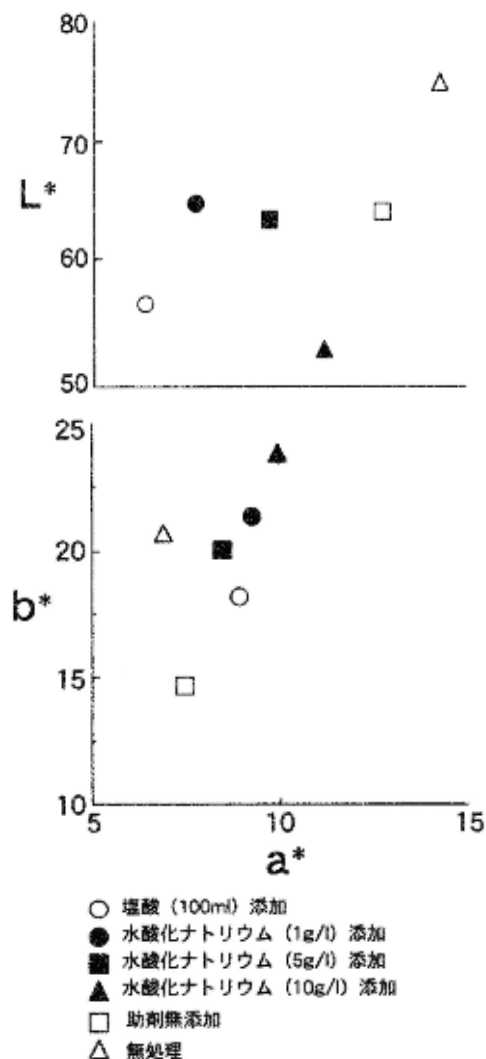


図-1 各条件で抽出したスギ樹皮染色液によるスギ辺材の染色色彩数値

#### 2. 染色と光照射による着色調整技術の開発

スギの辺材への染色+Sn処理後の紫外線照射による材色変化を図-2に示す。明度差 ( $\Delta L^*$ ) の変化については、塩化第二スズ5水和物処理濃度が高いほど明度の低下が見られた。一方、塩化第二スズ5水和物5%のみの処理でも大きな明度低下が認められた。染色液のみでは、明度の低下はほとんど認められなかった。色度差 ( $\Delta a^*$ ) の変化については、染色+Snのすべての濃度の場

合に大きな上昇を示した。特に、染色+Sn 1%で照射4時間後に7.6の上昇を示した。一方、Snのみ、染色のみの場合は、2.0の上昇しか認められなかった。このことから、赤色の発色は染色と塩化第二スズ5水和物の処理及び紫外線照射複合処理による可能性が示唆された。色度差 ( $\Delta b^*$ ) については、染色のみ及び無処理の場合で7を超える大きな変化が起こり、黄みが増大した。また、染色+Sn 1%では5.6の上昇となった。それ以外の条件ではすべて低下した。このことから、塩化第二スズ5水和物の濃度は黄みの増減に影響することが認められ、その濃度の変化により赤色から赤橙色までの着色調整の可能性が示された。最も色合いがスギ赤心材色に近い例として染色+Sn 5%の色彩数値は $L^*=47.36$ 、 $a^*=13.4$ 、 $b^*=21.37$ であった。

写真-1 に染色と塩化第二スズ5水和物5%の媒染処理と耐候試験機による2時間の紫外線照射複合処理によるスギ辺材へのモミジ葉の絵の転写事例を示す。光が当てられた部分だけが着色され、色むらやにじみが見られなかった。

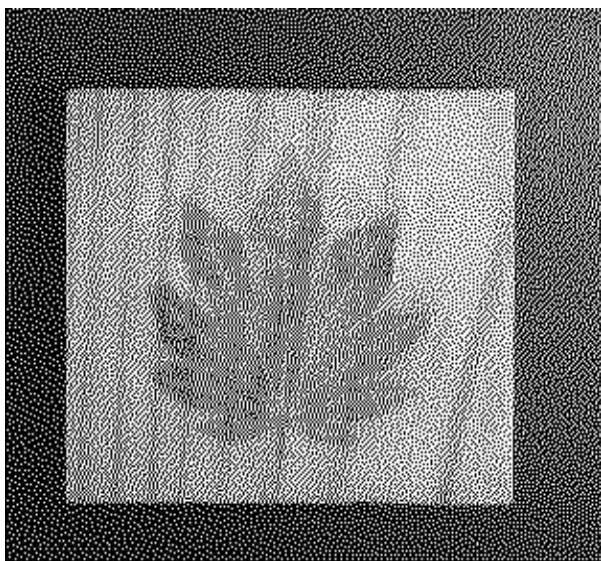


写真-1 スギ材に転写されたモミジ葉の絵の着色事例

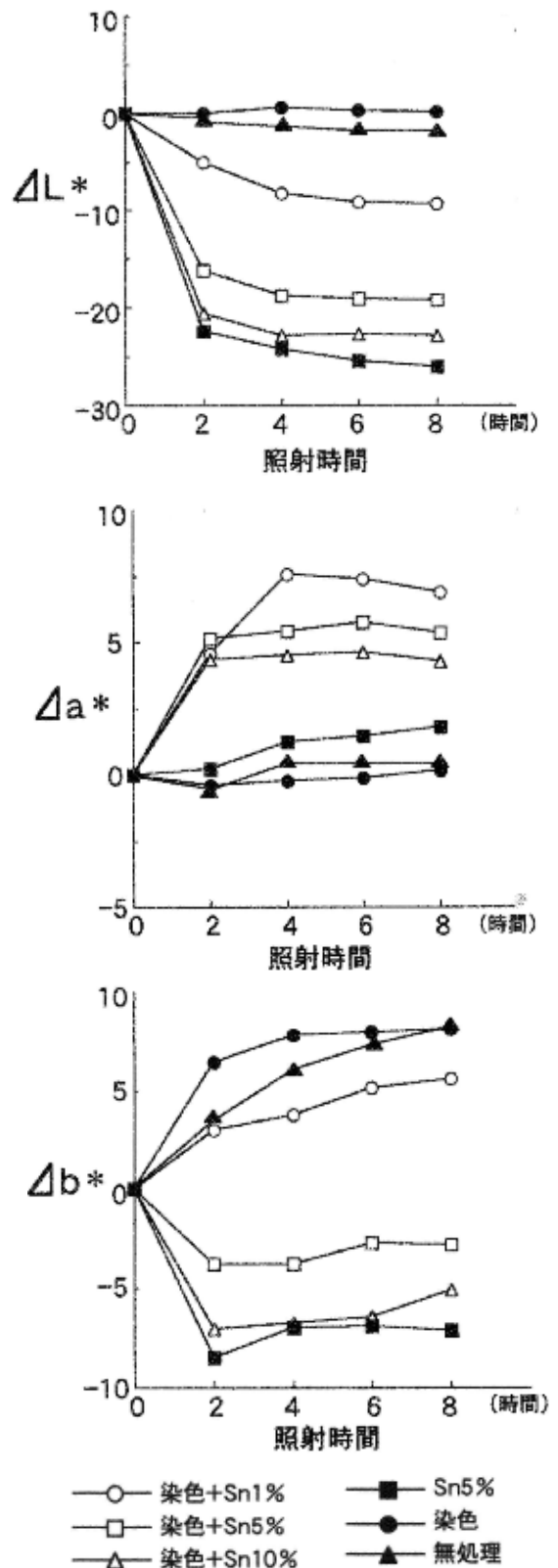


図-2 染色+Sn処理材の紫外線照射時間と明度、色度の変化の関係

染色+A1処理の紫外線照射による材色変化の結果を図-3に示す。

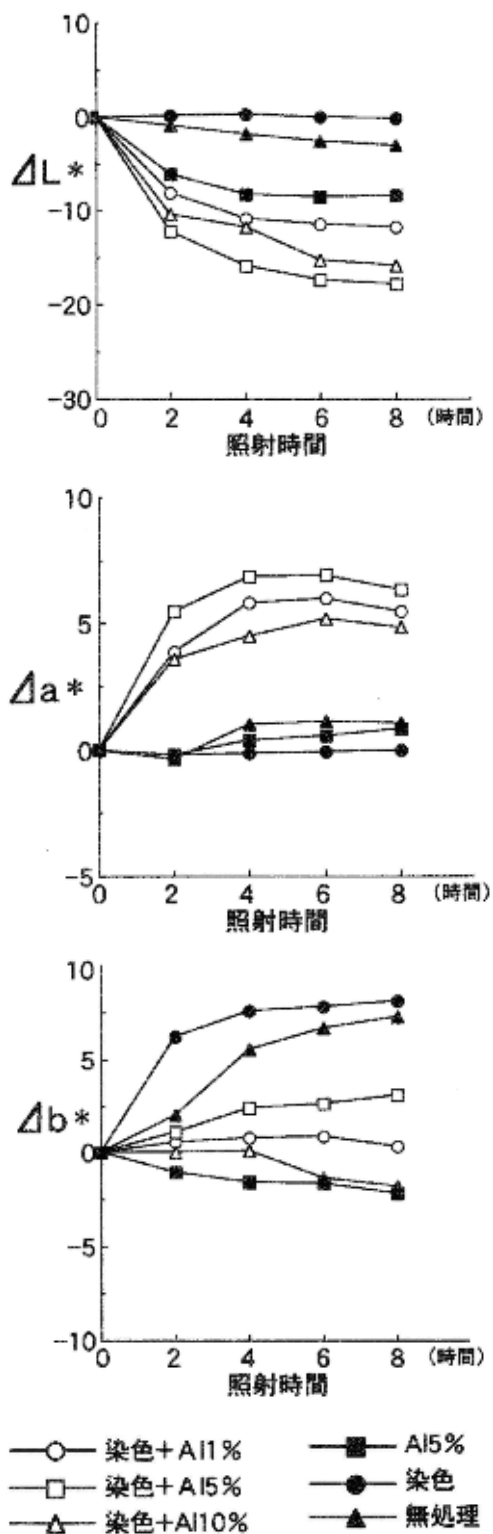
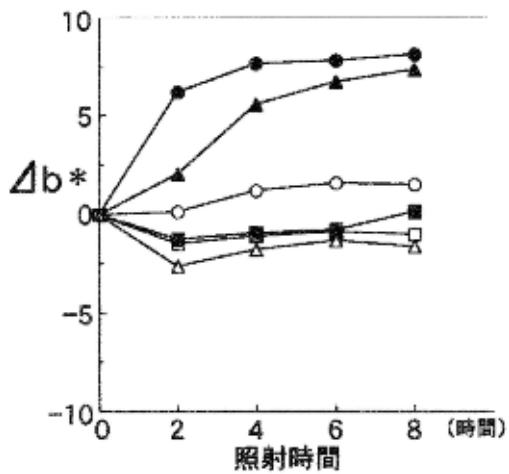
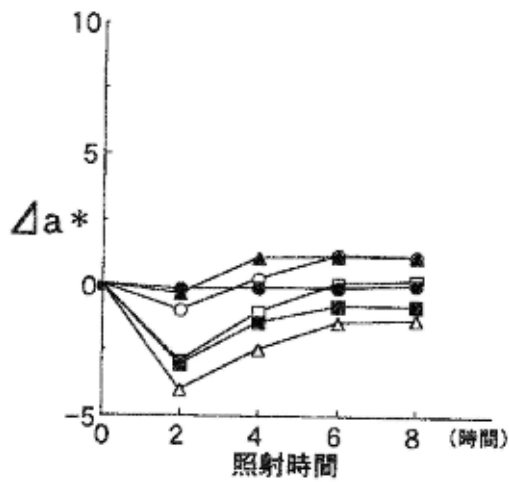
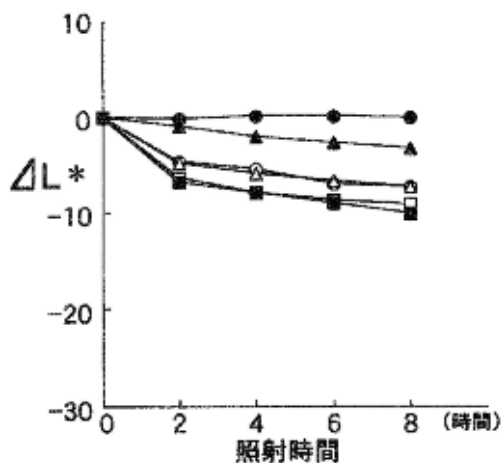


図-3 染色+A1処理材の紫外線照射時間と明度、色度の変化の関係

明度差 ( $\Delta L^*$ ) については、染色+A1のすべての濃度で低下が認められ、特に、5%の場合で最も大きく約20近い低下を示した。A1だけでも明度の低下が認められたが、染色+A1のいずれの濃度条件より小さく、9程度の低下であった。色度差 ( $\Delta a^*$ ) については、染色+A1で大きな上昇が見られた。特に、染色+A15%処理の照射4時間で色度差 ( $\Delta a^*$ ) は6.8を示した。色度差 ( $\Delta b^*$ ) については、最も大きく変化したのは染色のみ及び無処理で、8近い上昇となった。一方、染色+A15%処理では最大2.1上昇したが、その他の濃度ではほとんど変化を示さなかった。このことから、染色+A1処理でも染色+Snと同様に赤色が増大する方向に着色され、かつ黄色の方向には濃度の影響が認められなかったことから、赤色への安定した着色調整の可能性が示された。最もスギ赤心材色に近い例として染色+A15%の色彩数値は  $L^*=52.62$ 、 $a^*=15.17$ 、 $b^*=24.49$  であった。

染色+Cu処理の紫外線照射による材色変化の結果を図-4に示す。明度差 ( $\Delta L^*$ ) は、染色のみの条件以外すべての条件で低下したが、染色+Snや染色+A1のような大きな低下を示さなかった。色度差 ( $\Delta a^*$ ) については、すべての条件で8時間照射後もほとんど変化はなかった。また、色度差 ( $\Delta b^*$ ) についても、染色のみ及び無処理の条件以外ほとんど変化はなかった。このことから、染色+Cu処理では光照射8時間の範囲でほとんど材色変化を示さないことが明らかとなった。

太陽光暴露による染色+塩化第二スズ5水和物処理材の材色変化を図-5に示す。明度差 ( $\Delta L^*$ ) については、耐候試験機に比べ変化が少なかった。一方、色度差 ( $\Delta a^*$ ) と色度差 ( $\Delta b^*$ ) は耐候試験機とほぼ同様な材色変化を示した。このことから、太陽光暴露によって耐候試験機での着色と同様に、スギ赤心材の赤色系統に着色可能なことが示された。



○ 染色+Cu1%      ■ Cu5%  
 □ 染色+Cu5%      ● 染色  
 △ 染色+Cu10%    ▲ 無処理

図-4 染色+Cu処理材の紫外線照射時間

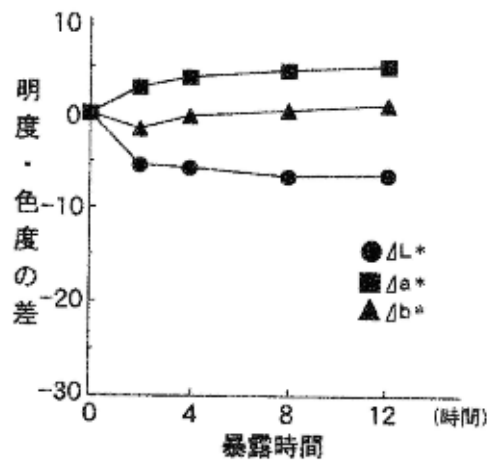


図-5 染色+Sn処理材の太陽光暴露時間と明度、色度の変化の関係

### 3. 透明塗装による染色・媒染・光照射複合処理材の耐光性試験

染色+Sn処理したスギ辺材(未光照射材)に6種の透明塗料を塗装したところ、3種の塗料で材面に黄変が生じた。変色しなかったAQRX-3550、AQRX-3200、SC-77の3種について、耐光性試験による色差 $\Delta E$ と照射時間の関係を図-6に示す。AQRX-3550は色差 $\Delta E$ が6以下であったが、AQRX-3200、SC-77、無塗装では色差 $\Delta E$ が6以上であった。JIS基準では、6以下が実用レベルなことから、AQRX-3550の有効性が示唆された。

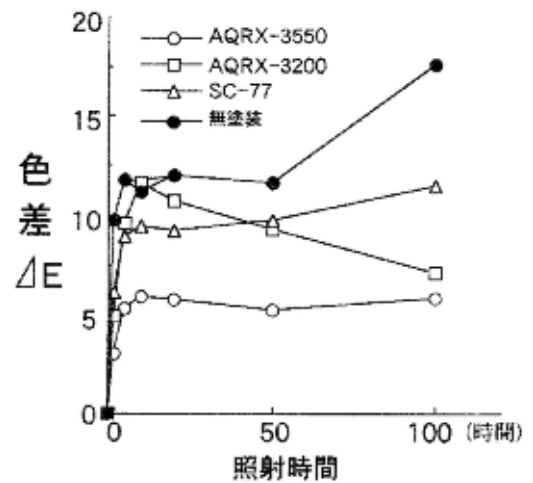


図-6 染色+Sn処理材の耐光性試験による色差の変化

また、染色+Sn処理後、光照射して着色したスギ辺材（光照射材）に透明塗料で塗装した材の耐光性試験の結果を図-7に示す。いずれの処理材も短時間で色差 $\Delta E$ が上昇し、その後はゆるやかな上昇傾向を示した。処理材のうち、AQRX-3550が最も低い値を示したが、無塗装でもAQRX-3550について低い値を示し、かなり高い耐光性が認められた。AQRX-3550については、未照射材の場合と同様に有効性が示唆された。

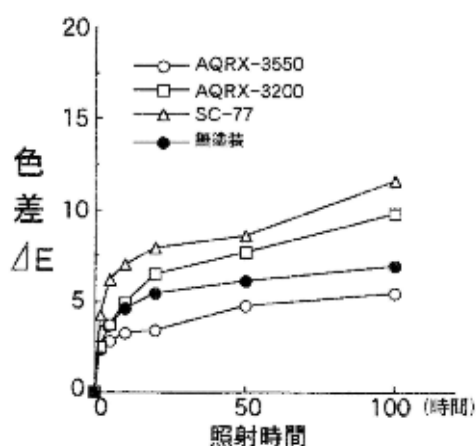


図-7 染色・塩化第二スズ5水和物媒染処理・光照射処理材の耐光性試験による色差の変化

#### IV まとめ

(1) スギ樹皮を使用した染色には10%の水酸化ナトリウムを添加して抽出した場合に茶褐色系統の濃色に染色できるが、早晚材間の染色の難易の違いから色むらが生じた。

(2) 無添加で抽出した染色液を含浸後、塩化第二スズ5水和物や塩化アルミニウム6水和物の媒染処理をしたスギ辺材では、その後耐候試験機による2～4時間程度の光照射を行うことにより、スギ赤心材色に極めて近い赤系統に発色することが認められた。

(3) 光照射による着色は耐候試験機の代わりに太陽光暴露でも同様な効果があった。その際暴露

時間は半日程度で赤系統に着色された。

(4) 光照射による着色は光の当てられた部分のみ着色されるので、絵文字等の転写が可能であり、転写された絵文字は色むらやにじみの発生がないという特徴がある。

(5) 染色・媒染処理材及び染色・媒染・光照射処理材の耐光性は、透明塗料AQRX-3550の塗装により向上し、耐候試験機100時間の照射後でも色差 $\Delta E$ が6以内と実用レベルの耐光性を示した。

#### V 引用文献

(1)三井勝也 (2002) 環境低負荷型木材着色システムの構築, 岐阜県生活技術研究所研究報告No.4 : 51-59