

## 〈資 料〉

### 圧縮法を導入した薬剤注入法による木材の改質 (第2報) 圧縮処理と浸せき処理の併用による多色染め

酒井温子・伊藤貴文

板目表面から厚さ方向に1mm以上の染色を目標に、スギ辺材板目板をあらかじめロール式プレスで圧縮処理した後、染料溶液に浸せきした。染料は、木材内部への浸透性が異なる2種類を水に溶解して使用した。その結果、圧縮率が高いほど、また浸せき時間が長いほど、吸収量は増加し、木材内部への染料の浸潤度も高くなった。吸収量が約300kg/m<sup>3</sup>以上の場合、目標とした板目表面から厚さ方向に1mm以上の染色が達成できた。しかし、圧縮率が高いほど、圧縮時の材の巨視的な割れと、処理後に残留する反りが顕著となることから、今回検討した範囲では、「圧縮率30%、浸せき時間3日間」が最適な処理条件と判断した。

#### 1. はじめに

注入処理の前に圧縮処理を行うと、薬液の注入量が増加することが知られている。第1報では<sup>1)</sup>、スギ心材のラミナに圧縮処理と防腐薬剤の加圧式注入を行い、乾燥後接着して集成材を作製したところ、圧縮処理をしなかった場合よりも、薬液の注入量が増加し、防腐性能が向上した。

一方、浸透性の異なる2種類の染料を溶解した溶液を、木材に注入すると、木材内部へ染料が分離しながら浸透し、乾燥後の切断面に多色で特徴的な色模様が出現する<sup>2)</sup>。この方法を用いて、主に針葉樹材に多色染めを行い、工芸品や内装材料への利用を提案してきた。板目板の場合、特徴的な色模様を出すためには、染色し乾燥させた後、プレーナ等により板目表面の厚さ約1mm分を削り取る必要がある。そのため、木材内部への高い浸潤度を確保する上で、従来は加圧式注入法を用いてきた。しかし、あらかじめ木材に圧縮処理を行えば、浸せき処理でも高い浸潤度が得られる可能性がある。

そこで今回は、板目表面から厚さ方向に1mm以上の染色を目標として、木材をあらかじめロール式プレスで圧縮処理した後に、染料溶液に浸せきする方法で染色を試みた。耐圧の注入缶を用いない染色方法として提案する。なお、本報の一部は、第48回日本木材学会大会(1998年、静岡)で口頭発表を行った。

#### 2. 材料と方法

##### 2.1 材料

気乾状態(含水率12~14%)で無欠点のスギ辺材の板目板を使用した。材の厚さは12mm、幅は80mmとした。また、材の長さはほぼ繊維方向に1mとし、実験条件に依

じて3,4あるいは6体の試験体を連続して切り出した。すなわち、3試験体を切り出した場合には各試験体の繊維方向の寸法は300mm、4試験体を切り出した場合には240mm、6試験体を切り出した場合には150mmとなった。得られた試験体は、木口面からの染料溶液の侵入を防ぐために、木口面をエポキシ樹脂で封じてから試験に供した。

染料は、黒色のニグロシンと、オレンジ色のソーラオレンジを、それぞれの濃度が0.1%となるように、水に溶解して使用した。染料の木材内部への浸透性は、ニグロシンがソーラオレンジよりも優れている。

##### 2.2 プレス

住友林業(株)製の1対型のロール式プレス(商品名:ウッドタフナー)を加熱することなく使用した。ロールの直径は上下とも315mmである。送り速度は常に0.32m/minとした。

##### 2.3 方法

###### 2.3.1 ロール式プレスによる圧縮方法の検討

ロール式プレスによる圧縮において、木材がロール間を1回通過するに当たり、どの程度の圧縮量が適当であるかを把握するために、繊維方向に連続する4試験体をそれぞれ、表1に示す4方法で圧縮処理し、その後3日間染料溶液中に浸せきし、さらに40℃の送風乾燥機中で乾燥した。

この際、圧縮率は30%、すなわち、厚さ12mmの木材を3.6mm圧縮することとした。また、圧縮時に木口面を封じたエポキシ樹脂の1部に亀裂が発生したので、再度、木口面をエポキシ樹脂で封じてから、圧縮による変形が残留している試験体を染料溶液中に浸せきした。染料溶液の水温は約10℃であった。

以上の工程において、圧縮時の巨視的な割れの発生状況と、乾燥後に残留する反りを観察するとともに、寸法

表1 圧縮条件

圧縮条件	圧縮方法
①	木材がロール間を1回通過するたびに、ロールの間隔を0.3mmずつ狭くして、ロール間を合計12回通した場合
②	ロールの間隔を0.6mmずつ狭くして合計6回通した場合
③	ロールの間隔を1.2mmずつ狭くして合計3回通した場合
④	ロールの間隔を1度に3.6mm狭くして1回だけ通した場合

および重量の測定を行い、寸法変化および染料溶液の吸収量を把握した。本報では、吸収量とは、浸せきもしくは加圧式注入によって木材中に含まれた溶液量を意味し、処理前と浸せき後もしくは加圧式注入後の重量差を、浸せき後もしくは加圧式注入後の体積で除して算出することとした。また、乾燥後、試験体を切断し、木材内部への染料の浸透状況を木口面で観察した。

なお、以上の試験には、板目板を5枚使用した。

### 2.3.2 圧縮率および浸せき時間の検討

繊維方向に連続する6試験体を使用した。1試験体は圧縮処理を実施せずに、また4試験体は圧縮率をそれぞれ10、20、30および40%として圧縮処理を実施してから、染料溶液中に浸せきした。残る1試験体は、比較のために、圧縮処理を行わずに加圧式注入のみを行った。

圧縮方法は、2.3.1の結果から、木材がロール間を1回通過するたびにロールの間隔を0.6mmずつ狭くした。したがって、4試験体はそれぞれロール間を2、4、6あるいは8回通過したことになる。浸せき時間は、5時間、1日、2日あるいは3日間とした。圧縮処理後の木口面へのエポキシ樹脂の再塗布は、2.3.1と同様に行った。

検討事項は、2.3.1と同様、圧縮時の巨視的な割れの有無、乾燥後に残留する反りの状況、寸法変化、吸収量および木材内部への染料の浸透状況とした。

比較のために実施した加圧式注入は、減圧80hPa 1時間、引き続いて加圧0.98MPa 2時間の条件とした。

なお、以上の試験には、各条件ごとに、板目板を5枚ずつ使用した。

### 2.3.3 板目面に出現する色模様の観察

繊維方向に連続する3試験体を使用し、2試験体は、2.3.2の結果から、圧縮率を30%として、染料溶液に1日あるいは3日間浸せきした。残る1試験体は、比較のために、圧縮処理を行わずに加圧式注入のみを行った。

その他の方法については、2.3.2と同様とした。

乾燥後、板目面をプレーナにて1mm切削し、出現した色模様の観察を行った。

以上の試験には、板目板を7枚使用した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 ロール式プレスによる圧縮方法

図1に、各工程における試験体の厚さ方向と幅方向の寸法変化を、処理前寸法を基準に示した。厚さ方向における浸せき前の値が、圧縮条件によって若干異なったが、それ以外は顕著な差は認められなかった。

次に、表2に圧縮時の巨視的な割れの発生状況、吸収量および乾燥後の試験体の木口断面を示した。圧縮条件①と②の場合は、割れは発生しなかったが、③と④の場合には、割れの発生が見られた。割れは、いずれも木表に繊維に沿って1本生じ、割れの深さは半径方向に数mmであった。この巨視的な割れの特徴は、後述する3.2および3.3においても共通していた。

また、吸収量は、厚さ方向の浸せき前の寸法や巨視的な割れの有無によって影響を受けると予想されたが、実際には圧縮条件による差は明確ではなかった。

一方、乾燥後の試験体の木口断面の観察で、染料の浸透状況にも圧縮条件による差は認められなかった。しかし、圧縮時に発生した反りが乾燥後にも残留し、反りの残留の程度は圧縮条件によって異なった。すなわち、圧縮条件④では反りはほとんど目立たないのに対して、圧縮条件④から①へと残留する反りが著しくなった。なお、反りは、いずれも木表を凹とする幅方向の反りで、この特徴は後述する3.2および3.3においても共通であった。

以上から、巨視的な割れおよび反りの発生がいずれも少ないのは圧縮条件②であったので、以下の検討ではこの条件を採用することにした。

### 3.2 圧縮率および浸せき時間

図2に、各工程における試験体の厚さ方向と幅方向の寸法変化を、変化率をもっとも高い圧縮率40%の場合について、処理前寸法を基準に示した。幅方向については、浸せき時間による差は認められなかったが、厚さ方向については、浸せき時間5時間の場合に、浸せき後および乾燥後の寸法が、他の浸せき時間に比べて顕著に小さかった。同様の傾向は圧縮率が20%および30%の場合にも確認された。このことから、圧縮により生じた変形を回復させるためには、浸せき時間は1日以上必要と考えられた。

次に、圧縮時の巨視的な割れの発生状況を表3に示し

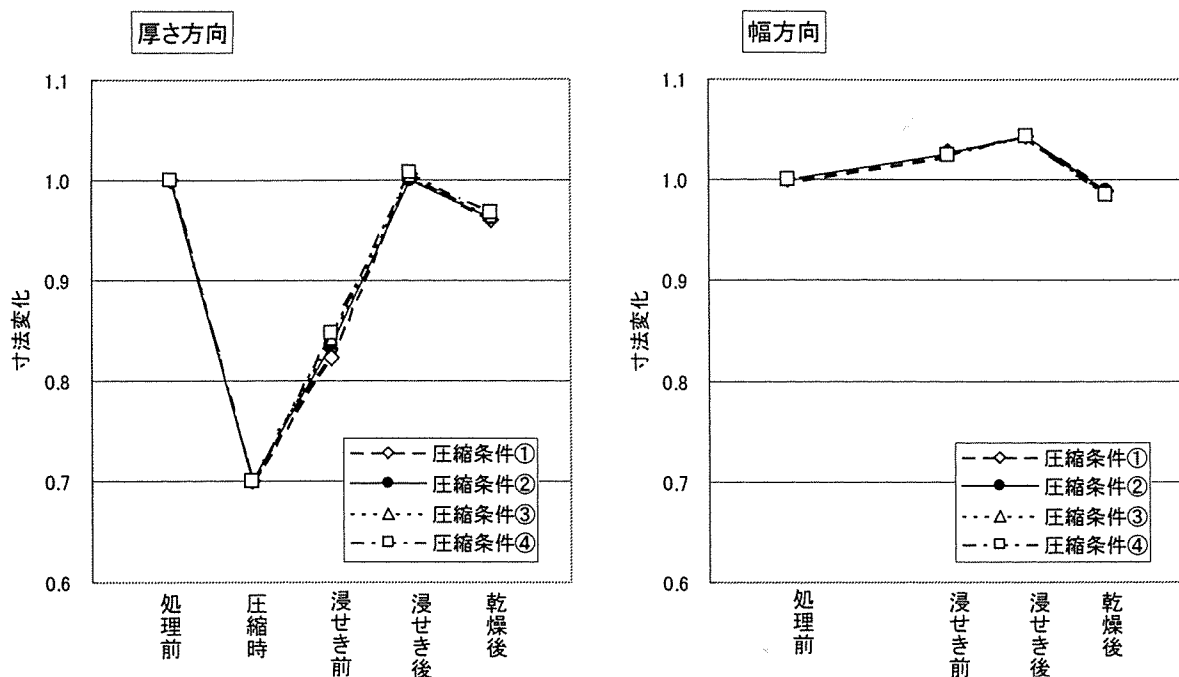


図1 圧縮条件ごとの寸法変化

表2 圧縮条件ごとの巨視的な割れの発生状況、吸収量および乾燥後の木口断面

圧縮条件*	割れの発生状況	平均吸収量 (kg/m <sup>3</sup> )	乾燥後の木口断面
①	割れの発生 なし	299.2	
②	〃	299.6	
③	木表に繊維に沿った割れ (5 試験体中 3 体)	282.0	
④	〃 (5 試験体中 5 体)	294.4	

\*：圧縮条件については、表1 参照。 矢印は圧縮時に発生した割れを示す。

た。圧縮率20%以下の場合には、割れは発生しなかったが、圧縮率30%で20試験体中2体が、圧縮率40%で20試験体中6体で割れが発生した。

既往の検討例では、大型の気乾材をバッチ式プレスで半径方向へ圧縮した際、スギ材では圧縮率45%で割れは生じなかったが、ベイヒバ材では同じ圧縮率で割れが生じたことから、実用的には圧縮率は30~40%が限度であるとしている<sup>3)</sup>。気乾状態のスギ板目板を圧縮する場合の圧縮率の限度は、今回の割れの発生状況を考え合わせると、ロール式プレスは、バッチ式プレスよりもやや

低く、30%程度と考えられる。

図3に、圧縮率と吸収量の関係を浸せき時間ごとに示した。圧縮率が同じ場合には、浸せき時間が長くなるにつれて吸収量は多くなった。また、浸せき時間が同じ場合には、圧縮率が高くなるにつれて吸収量は多くなった。

一方、加圧式注入法の場合、平均吸収量は451.3kg/m<sup>3</sup>であった。圧縮処理と浸せき処理の併用でもっとも吸収量が多かった、圧縮率40%、浸せき時間3日間の条件でも平均吸収量は356.4kg/m<sup>3</sup>で、加圧式注入法による吸収量には及ばなかった。

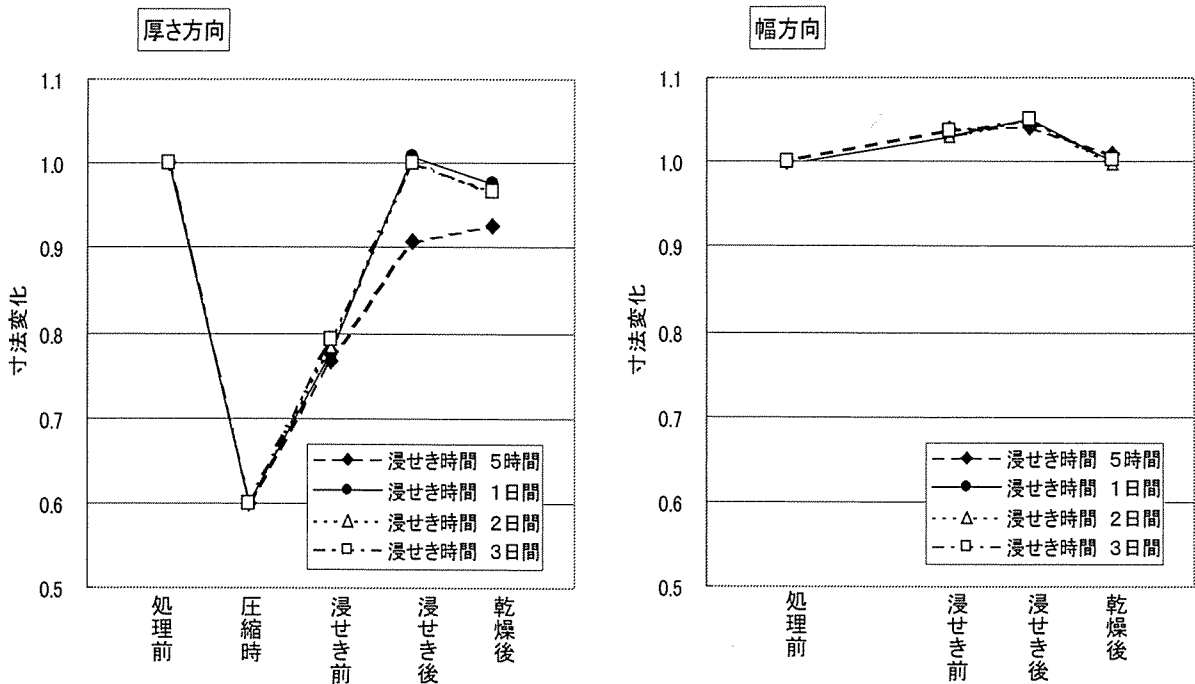


図2 圧縮率40%の場合の寸法変化

表3 圧縮率ごとの巨視的な割れの発生状況

圧縮率(%)	割れの発生状況
10	割れの発生なし
20	〃
30	木表に繊維に沿った割れ (20試験体中2体)
40	〃 (20試験体中6体)

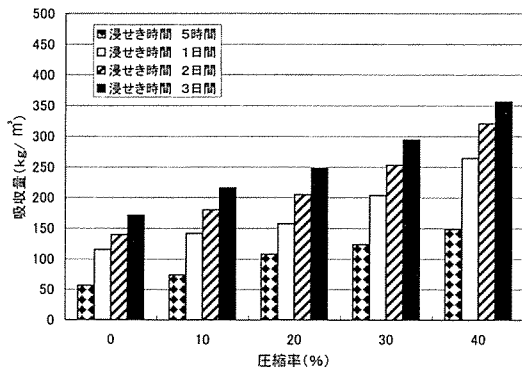


図3 浸せき時間ごとの圧縮率と吸収量の関係

表4に、乾燥後の試験体の木口断面を示した。この表からも、浸せき時間の増加に伴って、また圧縮率の増加に伴って、染料が木材内部へと浸透することがわかる。また、図3と併せて考察すると、今回の検討で目標とした、板目表面から厚さ方向に1mm以上の染色は、吸収量が約300kg/m<sup>2</sup>以上でほぼ達成していた。一方、圧縮率が高くなるにつれて、圧縮時に発生した反りが、乾燥後の

試験体にも残留する様子が観察された。この反りは、浸せき時間が5時間の場合には、上述したように変形回復が不十分で、特に顕著であったが、浸せき時間3日間の場合でも、完全な変形回復には至らなかった。

以上から、今回検討した範囲では、圧縮率が40%の時には圧縮時の巨視的な割れの出現率が高かったため、処理条件として不適と判断し、圧縮率30%で浸せき時間3日間を、もっとも高い吸収量および染料の浸潤度が得られる処理条件と判断した。

### 3.3 板目面に出現する色模様

図4に、板目表面をプレーナで1mm切削して出現した面を木表で示した。

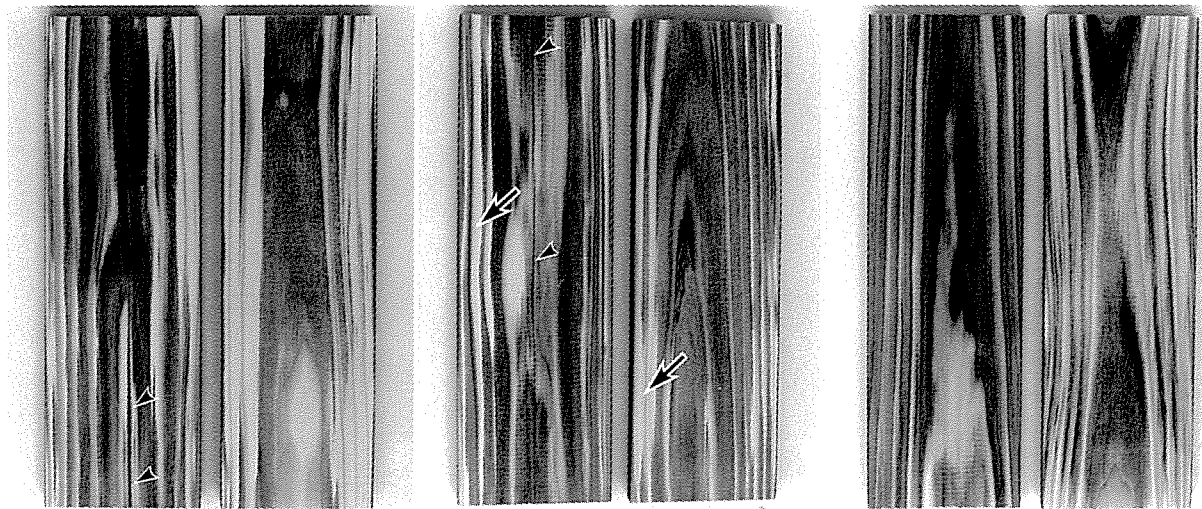
色模様については、加圧式注入法の場合やや茶色に仕上がるのに対して、圧縮処理と浸せき処理の併用では黒色が目立った。2種類の染料の木材内部での分布が、注入方法によって異なることは興味深い。

しかし、図4中に矢印で示したように、プレーナ切削を行った場合、残留した反りの影響で、木表では幅方向の外側を厚く切削し、木裏では幅方向の内側を厚く切削する結果となり、圧縮率30%と浸せき時間3日間の組み合わせでも、染料の未浸透部分が発現することがあった。

また、図4中に矢尻で示したように、圧縮率を30%に設定したにもかかわらず、圧縮時に14試験体中8体で巨視的な割れが発生し、プレーナによる切削後も木表で割れが顕著に認められた。3.2では、圧縮率30%の場合、

表4 乾燥後の試験体の木口断面

圧縮処理なし				
圧縮率 10%				
圧縮率 20%				
圧縮率 30%				
圧縮率 40%				
	浸せき時間 5時間	浸せき時間 1日間	浸せき時間 2日間	浸せき時間 3日間
加圧式注入				



圧縮率30%+浸せき1日間

圧縮率30%+浸せき3日間

加圧式注入(圧縮処理なし)

図4 板目面(木表)の染色状況

割れの発生は10%程度であり、今回多発した原因については明らかではない。

#### 4. まとめ

浸せき処理の前処理として圧縮処理を行うことで、スギ辺材の板目板に対して、染料溶液の吸収量を増加させることができた。その結果、本検討で目標とした、板目表面から厚さ方向に1mm以上の染色は、圧縮率30%、浸せき時間3日間、もしくは圧縮率40%、浸せき時間2日以上で可能となった。

しかし、圧縮処理により巨視的な割れと反りが発生したため、今回使用した材料については、圧縮率は最大で30%までが限度であり、40%になるとこの欠点が顕著に

なり、処理として不適当と判断せざるを得なかった。

圧縮時の木材の含水率を高くしたり、加温したりすると、木材の可塑性が高まり、圧縮時の割れや反りが軽減できる可能性があるが、圧縮時の可塑性が高くなるほど、吸収量や吸液による変形回復が悪くなることも知られている<sup>4)</sup>。この圧縮時の割れと反りは、染色に限らず、あらゆる薬液の浸透改善に圧縮処理を導入する際の課題といえる。

なお、耐圧缶を使用しない注入方法としては、温冷浴法<sup>5)</sup>なども今後、検討の余地があると思われる。

## 引用文献

- 1) 酒井温子・増田勝則：圧縮法を導入した薬剤注入法による木材の改質（第1報）防腐集成材の作製と防腐性能および接着性能の評価. 奈良県林試研報. 29, 29-35(1999)
- 2) 酒井温子, 杉本英明：木材の多色染め（第2報）実用的な多色染め方法の検討と試作品の製作. 奈良県林試木材加工資料. 27, 28-32(1998)
- 3) 酒井温子：圧縮法による難浸透性木材への液体注入（第3報）—大型気乾材への圧縮処理と加圧式注入処理—. 木材工業. 49(12), 604-609(1994)
- 4) 酒井温子：圧縮法による難浸透性木材への液体注入（第4報）水と温度の影響. 奈良県林試研報. 24, 31-39(1994)
- 5) 栗崎宏：AAC温冷浴処理による簡易防腐処理の検討（第1報）. 木材保存. 30(6), 250-258(2004)  
(2004年12月28日受理)