—研究—

乾燥による割れの防止試験（1）

—針葉樹心持正角のPEG処理—

大 山 幸 夫　奈 良 直 哉
米 田 昌 世　橋 本 博 和
千 葉 宗 昭　菅 野 新 六

1. まえがき

針葉樹心持正角の乾燥による割れを防止するため，予報[1]ではポリエチレングリコール（PEG）はじめ数種類の無機塩化物を塗布または浸漬処理して予備試験を行い，PEG処理がもっとも効果的であることを確認した。

本試験では，このPEG処理による適正条件を得るための過程として、まず、主要な因子と水準を設定し実験計画法による主効果を検討した。

2. 試験方法

径級15～30㎝のエゾマツ（P），トドマツ（A），カラマツ（L）各原木より10．5×10．5×110㎝の心持正角を調製し，第1表に示すPEG水溶液の浸漬処理と加圧注入処理について，各因子を直交表L27（37～8）に割付けた。供試材は同一の原木と玉番が含まれないように一条件当り3本ずつ配分し，PEG処理後，圧締別，乾燥スケジュールごとに桟積して連続運転により人工乾燥した。一方，比較のため無処理材については，高温高湿スケジュール（D）と低温高湿スケジュール（E）を加えて試験した。

乾燥終了後，常法により含水率経過，水分傾斜，歪量，狂い，寸法，材面割れ及び内部割れを測定した。このうち，材面割れ（木口割れと表面割れ）の大きさは，供試材に発生した材面割れの長さ×最大幅の総和で表わした。

材面割れの発生しなかったPEG処理心持正角の材面を1～3㎜鉋削し，20°C，65％RH，20°C，85％RH，20°C，65％RHの雰囲気に順次30日間ずつ放置して，吸，放湿過程における割れの発生及び寸度変化を測定した。また，このPEG処理鉋削材から厚さ10㎜の板目板を木取り，同一材の木表と木表との尿素樹脂による接着試験及びアミノアルキッド樹脂，ニトロセルローズラッカー塗膜の密着力についても測定した。

薬液吸収量の測定は，ボーメ比重計により浸漬前後の濃度を測定し，薬液残存量から算出した。薬液浸潤量の測定は，供試材断面（繊維方向1㎝，半経方向0．5㎝）の全乾供試片を60～80°Cの熱水にて毎日一回抽出を6日間繰り返したのち，供試片を全乾にしてその重量差から固形分を算出した。

なお，本試験のほかPEG原液及びNaCl水溶液の浸漬処理を行ったが，前者は

第1表　PEG試験条件L27（37－8）

処理法	浸	漬		加	圧注入	
因子／水準	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
樹種	エゾマツ	トドマツ	カラマツ	エゾマツ	トドマツ	カラマツ
重合度（#）	600	1000	4000	600	1000	4000
濃度（g/dl）	15	30	60	5	15	30
処理温度（°C）	20	40	60	5	5	5
浸漬期間（日）又は注入圧力（kg/cm²）	0	5	20	0	3	6
養生期間（日）又は注入時間（分）	2	7	22	10	60	240
圧締	なし（N）	平圧（P）	旋圧（P'）	なし（N）	平圧（P）	旋圧（P'）
乾燥スケジュール	A	B	C	A	B	C

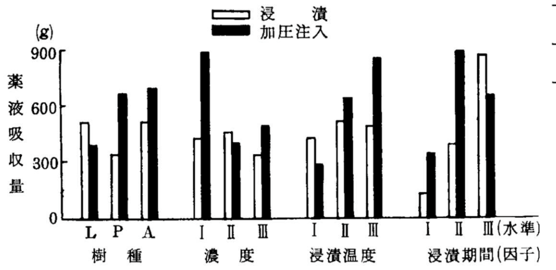
（注）注入方法550mmHg，30分減圧後加圧（圧力0は減圧のみ）
浸漬期間0は約1分間浸漬
養生温度は11月（－5～10°C）屋外放置
圧締圧力は3.5kg/cm²・桟木（桟木間隔37cm）

浸漬中に材中水分が脱水されて材面割れを発生した条件が多く，後者ではほとんど効果が認められなかったので省略する。

3. 試験結果

（1）薬液吸収量

第1図は、供試材1本当りの薬液吸収量（各水準当り9条件の平均値）を有意差のある因子について示した。



第１図　ＰＥＧ水溶液の吸収量（材長110cm）
Ｌ—カラマツ
Ｐ—エゾマツ
Ａ—トドマツ

樹種別にみると，浸漬処理ではカラマツ，トドマツに比べてエゾマツが少なく，加圧注入ではカラマツが少ない。また，処理間では浸漬期間による差がもっとも大きく，加圧注入では低濃度で圧力が高いと多く吸収されるが，加圧時間は60分程度で安定する。

（2）含水率経過

第2表　乾燥スケジュール

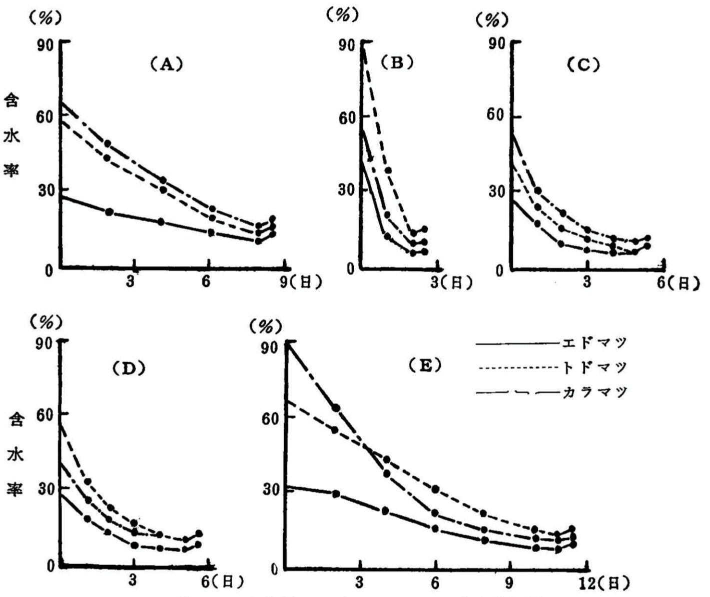
スケジュール	T（°C）	△T(°C)
A	80～100	3～ 35
B	120	75
C	80～100	35～ 55
D	100	15
E	45～ 70	3～ 30
調湿処理	90	5

第2表の各乾燥スケジュールによる含水率経過を**第2図**に示した。仕上り含水率約8%までに要した日数は，スケジュールEが約11日，ついでスケジュールAが約8日間であるのに対し，これと同じ温度条件により増湿を行わない低湿スケジュールCでは，さらに約3日間短縮させて5日間で仕上った。また，高温高湿スケジュールDはCと同様の日数を要したが，高温低湿スケジュールBでは，僅か2日間で仕上った。

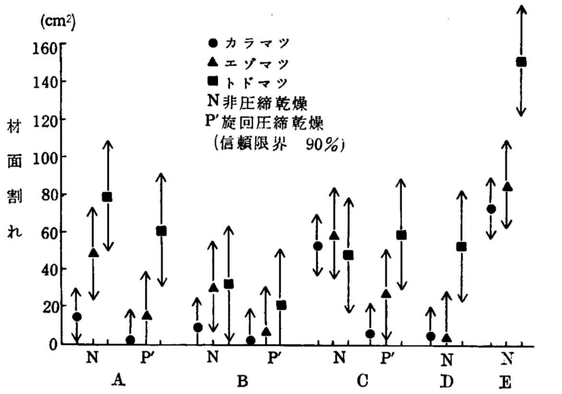
（3）材面割れ

第3図は無処理，**第4図**はPEG浸漬処理と加圧注入処理による供試材1本当りの材面割れの大きさを効果グラフで示した。処理の各水準は9条件の供試材27本の平均値である。

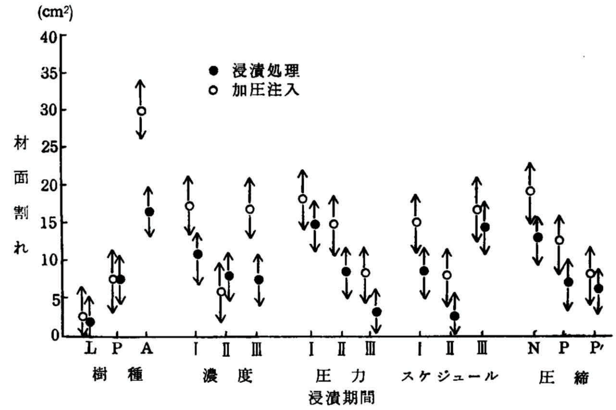
まず，無処理材の材面割れについてみると，樹種間ではカラマツが少なく，ついでエゾマツ，トドマツの順に多くなる。また，エゾマツとトドマツはカラマツよりも同一条件における材面割れのバラツキが大きい。この原因はエゾマツの場合，節の割れが材面に伸びることが多く，トドマツは水喰部分2）とみられる材面にクラック状の割れが多数発生したためと考え



第２図　各乾燥スケジュールによる含水率経過



第3図 無処理材の各乾燥スケジュールによる材面割か
(材長110cm. 3本平均)



第4図 PEG処理材の転換による材面割れ

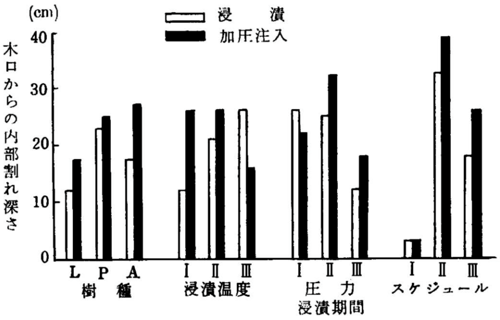
られる。乾燥スケジュールを非圧縮乾燥について比較すると，一般に材面割れが発生しにくくなると言われている低温高湿スケジュールEにもっとも多く発生しているのに対し，高湿または低湿の両スケジュールとも高温であれば材面割れは減少する傾向がみられる。また，圧縮による抑制効果が認められた。

一方，処理材の材面割れのうち浸漬処理についてみると，各樹種の平均値は無処理材の1／3～1／7に減少しているが，その順位は無処理材と同様にカラマツが少なく，エゾマツ，トドマツと多くなっていく。PEGの重合度には高度な有意差は認められないが，低分子量になるほど材面割れは減少するようである。濃度1う%ではやや効果が落ちるが，30%と60%との差は少ない。浸漬温度には有意差は認められないが，浸漬期間は長いほど効果的であり，養生期間はむしろ短かい方が良好である。乾燥スケジュールは無処理と同様に120°C，2日間で仕上げたBがもっとも少なく，圧縮乾燥による効果が認められる。この浸漬処理27条件のうち，肉眼的に全く割れなかった条件は，エゾマツ・#600・60%・60°C・20日間浸漬・22日間養生・スケジュールC・旋回圧縮乾燥であるが，養生期間が長いうえ，低湿スケジュールCによっても割れなかったのは，重合度，濃度，浸漬温度などの各因子には高度な有意差はないが，その相乗作用によってより一層効果的になったものと考えられる。

一方，加圧注入処理では，樹種，重合度，乾燥スケジュール，圧縮乾燥の各因子とも浸漬処理と同様の傾向を示している。濃度15%が高度な有意差を示したのは，濃度が低いほど浸潤長は大きいが材の単位体積当りの絶対量が不足し，また，濃度が高くなるほど浸潤しにくくなるためと考えられる。注入圧力は高いほど効果的であるが，加圧時間はむしろ短かい方が有効である。加圧注入処理27条件のうち，全く割れを発生しなかった条件は，カラマツ・#600・15%・6kg／cm²・10分・乾燥スケジュールC・非圧縮乾燥であった。

(4) 内部割れ

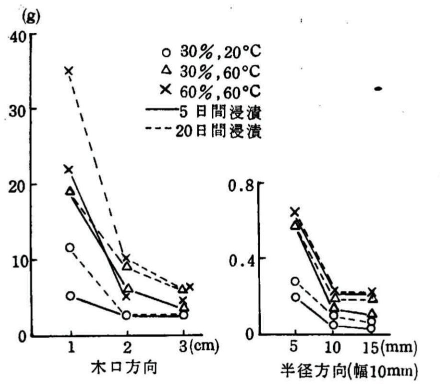
第5図には，PEG処理材の各因子について，乾燥による木口からの内部割れの深さを示した。



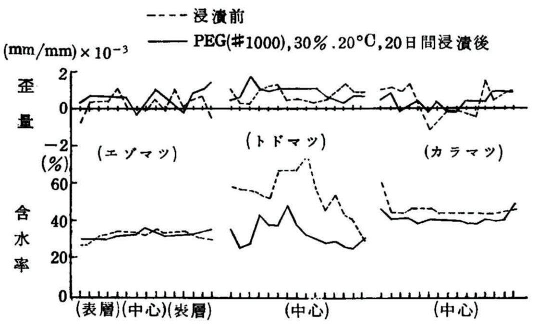
第5図 PEG処理材の乾燥による内部割れ

一般に針葉樹心持正角を高温または低湿条件で急速乾燥すると，木口が割れていない場合でも木口付近の内部に割れを発生するが，トドマツでは水喰材とみられる部分にも内部割れを発生し易い。

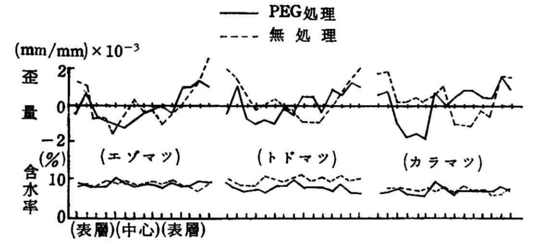
PEG浸漬処理による内部割れの深さをみると，樹種間ではカラマツがエゾマツ，トドマツより短かく，処理間では濃度は30%と中庸で，浸漬限度は低く，浸漬期間は長いほど内部割れを抑制するが，乾燥スケジュールAの高湿条件による効果がもっとも大きい。加圧注入処理でも浸漬処理と同様の傾向がみられるほか，注入圧力6kg／cm²の抑制効果が認められた。



第6図　カラマツ心持正角のPEG(#1000)浸潤量



第7図　PEG浸漬中における心持正角の水分傾斜と歪量



第8図　PEG処理と無処理心持正角の水分傾斜と歪量（スケジュールA）

(5) PEGの浸潤量と浸潤長

第6図は，カラマツ心持正角について，PEG（#1000）の各濃度と浸漬温度により，5日間と20日間浸漬した直後の木口方向と半径方向に含まれる固形分を示した。木口方向では，濃度と温度が高くて浸漬期間が長くなると，総木口近辺の浸潤量は増加するが浸潤長の差が少ない。この傾向はほかの樹種についても同様であった。なお，PEGは重合度が低く，温度が高いほど蒸発し易くなるので，特に高温乾燥材に含まれるPEGは，この値よりもかなり少ないと考えられる。

(6) 薬液浸漬中における水分傾斜と歪量

第7図は，各樹種心持正角のPEG水溶液浸漬前後における水分傾斜と歪量を示した。

高含水率材は，PEG水溶液に浸漬することによって含水率が低下し，各樹種とも濃度30%，浸漬温度20°C，20日間浸漬では，繊維飽和点附近において平衡に達すると思われる。また，この条件よりも濃度と温度が高くなるにしたがって，さらに低含水率まで脱水され，PEG原液の100°C浸漬では全乾近くに達することを確認している。歪量は，薬液浸漬後の含水率が繊維飽和点附近であることから，ほとんど変化していない。

(7) PEG処理乾燥材の水分傾斜と歪量

第8図は，乾燥スケジュールAによる無処理とPEG処理心持正巧の水分傾斜と歪量を示した。

予報において，心持正角の仕上り含水率を約15%にしたときの水分傾斜は，表層部の約10%に対し中心部は約30%と大きかったが，仕上り含水率を約10%以下にすると，水分傾斜は無処理，処理材ともほとんど認められない。PEG処理材の歪量は，無処理材と比較して特に表層部において小さな値を示している。

このことは、PEGの浸潤長は半径方向に僅か数㎜であるから，浸潤部分をスライスしたときの収縮は小さいが，大部分を占める未浸潤部分の収縮に支配されて浸潤部分も収縮し，材全体の収縮率は無処理材

に近いことを確認しており，その収縮過程においてPEGは，材表層部の歪量を常に小さくしているため，材面割れが発生しにくくなると考えられる。

(8) 乾燥鉋削材の環境による割れと寸度変化

PEG処理して乾燥した心持正角を鉋削後，吸湿，放湿を繰り返しても材面割れは発生しなかった。また，ねじれの変化では吸湿過程において非圧縮乾燥材はZ旋回するのに対しZ旋回しながら圧縮乾燥した材はS旋回（0. 5度以内）する傾向が認められた。この吸湿過程における半径方向の膨潤率（含水率8%から15%）は処理，無処理材とも約0. 6%（約0. 6㎜）であった。

(9) PEG処理材の接着，塗装性

材面割れの抑制に有効なPEG処理材の接着性，塗装性について別途に検討した結果，尿素樹脂によるPEG処理材の接着力は，せん断強さ，木部破断率とも無処理材と同程度の値を示し，いずれもJAS集成材規格に合格した。また，塗装性を塗膜密着力でみた場合，アミノアルキッド樹脂，ニトロセルローズラッカーとも無処理材と同等の値を示しているが、塗膜の乾燥性ではPEGの重合度が低いかまたは高濃度で長時間浸漬処理した場合，ラッカーの硬化を妨げる。この原因は，材面から浸潤したPEGが鉋削後の材面に残存しているため，ラッカーがPEGに溶解したものと考えられる。PEGの材面割れに対する効果は，浸潤量と浸潤長が大きいほど有効になるので，PEG処理材の塗料には，PEGに不溶性の樹脂またはPEGを不溶化する[3] といわれているポリウレタン樹脂などを使用すると安全である。

4. まとめ

(1) 針葉樹心持正角の乾燥による割れは，PEG処理によって防止することができる。

(2) 処理方法では，塗付よりも浸漬または加圧注入処理の方が有効である。

(3) 浸漬処理の場合，材面割れの抑制に高度な有意差を示した因子は浸漬期間，乾燥スケジュール，圧縮乾燥であるが，重合度，濃度，浸漬温度などの相乗効果も認められた。

(4) 樹種別の材面割れの発生は，カラマツ＜エゾマツ＜トドマツの順に大きくなり，割れ易い樹種ほど高度な処理条件を必要とする。

(5) PEGの浸漬による浸潤長は，おおよそ木口から数㎝，半径方向に数㎜程度である。

(6) 十分にPEG処理した心持正角は，高温低湿スケジュールによって，割れることなく速やかに乾燥できる。

(7) PEG処理心持正角は無処理材と同様に収縮するが，材表層部の歪量は小さい。

(8) PEG処理して乾燥した心持正角を鉋削後，吸湿，放湿を繰り返しても材面割れは発生しない。

(9) PEG処理材は尿素樹脂による接着力を低下させることはないが，ラッカー塗膜の硬化を妨げることがある。

本試験において，PEG，乾燥スケジュール，圧縮乾燥など各処理条件のなかから，材面割れの抑制に有効な因子を見い出すことができたので，次回はその主要な因子により浸潤量と材面割れとの相関性が得られるような実用試験を行う予定である。

なお，本試験の遂行にあたり小野寺木材部長はじめ北村接着科長，佐藤接着科研究員の協力を得た。

本試験の一部は第24回日本木材学会大会において研究発表した。

文 献

1) 大山幸夫：北林産試月報または木材の研究と普及，10月号 (1973)

2) 石田茂雄：北大農学部演習林研究報告，第22巻，第2号 (1963)

3) 福岡邦典ほか2名：日本木材学会大会研究発表要旨 (1973)

4) 大山幸夫ほか2名：日本木材学会大会発表要旨 (1974)

―木材部　乾燥科―

(原稿受理　49. 9. 16)