

ポリエチレングリコールによるスギ挽き板の寸法安定性の改善

誌名	愛媛県林業試験場研究報告
ISSN	03892875
著者名	村口,良範
発行元	愛媛県林業試験場
巻/号	20号
巻号補足	
掲載ページ	p. 54-61
発行年月	2000年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ポリエチレングリコールによるスギ挽き板の寸法安定性の改善

村 口 良 範

Dimentional stability improvement of Sugi sawn lumber by means of polyethylene glycol

Yoshinori MURAGUCHI

スギ背板に寸法安定性能を付与し、内装材への利用を促進させるため、実用寸法で入手可能な含水率レベル(気乾材、生材)のスギ板材をポリエチレングリコール(平均分子量1000及び3000)で有効に含浸処理する方法と寸法安定化効果の検討を行った。その結果、気乾材のPEG処理では、含浸処理方法(室温浸漬、水注入後室温浸漬、水注入後温浴浸漬、水注入後温浴・冷浴処理、PEG液減圧・加圧注入後浸漬)により、各処理のPEG1000、PEG3000とも注入量とPEG含有量は1%の有意水準で高い相関が認められた。減圧・加圧注入処理は注入量とPEG含有量の増大には有効な処理であったが、PEG含有量の割に嵩効果や抗膨潤能は高くなかった。比べてPEG前処理に水を注入した処理が比較的安定した寸法安定効果を示した。次に生材のPEG処理では、含浸処理方法(室温浸漬、温浴浸漬、PEG液減圧・加圧注入後浸漬)を行ったが、PEG注入量、PEG含有率とも気乾材処理に比べ低レベルであり、有意な関係もなかった。しかし、PEG含有量の割に嵩効果や抗膨潤能が大きく、安定した寸法安定効果を示した。また、減圧・加圧処理材において幅反りの削減効果が認められた。PEG含有量とバルキング率の間には正の相関関係(気乾材処理においては1%有意水準、生材処理においては5%有意水準)があり、バルキング率と抗膨潤能(ASE)の間には調湿時の高含水率域において有意な相関が認められた。

キーワード — 含浸方法、乾燥材処理、ポリエチレングリコール、スギ背板、寸法安定化

1. 緒 言

製材工程で発生するスギ背板部分から採材されるラス板の有効利用法の1つとして内装用の壁板等が考えられるが、造作材にはそりや狂いの少ない材料が求められる。

本試験では実寸スギ板材で入手可能な含水率レベル(気乾材、生材)のスギ板材をポリエチレングリコール(平均分子量1000及び3000)で有効に含浸処理する方法と調湿条件下での寸法安定化効果の検討を行った。

2. 供試材料及び試験方法

2.1 スギ生材・乾燥材別ポリエチレングリコー

ル含浸試験

気乾状態及び生材状態のスギ(辺材部)板材に各種の含浸操作(浸漬法、加圧減圧注入法等)を適用し、分子量の異なるポリエチレングリコールを含浸させ、PEG含有率及び絶乾時の膨潤率を測定し、ポリエチレングリコールによる含浸効果を検討した。

2.1.1 供試材

出所の違うスギ中丸太10本の中心部で心持ち正角(12cm角程度)を採材した残りの外縁部で採った板材(辺材部、寸法T:R:L=120:15:3000mm)10個体

2.1.2 供試材料の調整

10本の内5本は事前に天然乾燥にて気乾含水率状態まで乾燥させた試験材(以下、気乾材という)、他の5本は生材状態に保った試験材(以下、生材という)を、それぞれ自動一面カンナ盤で平滑に仕上げた状態で試験に用いた。

さらに各供試材の繊維方向に節等の欠点部分の無いところで120mmずつの12ブロックに割材し注入用の12個の試験体(PEG1000注入分6条件分及びPEG3000注入分6条件分)とした。

2.1.3 供試薬剤

和光純薬工業(株)製のポリエチレングリコール(公称名は平均分子量1000及び3000がそれぞれ「ポリエチレングリコール1000」及び「ポリエチレングリコール4000」であり、以下「ポリエチレングリコール1000」を「PEG1000」及び「ポリエチレングリコール4000」を「PEG3000」という)の30wt%水溶液として用いた。

2.1.4 試験方法

含浸条件はポリエチレングリコール水溶液への3日間の浸漬を全てに共通して行うこととし、浸漬に先立って次の前処理を行った。処理条件は、気乾材については

- ①室温浸漬(前処理なし)
- ②水を減圧・加圧注入後室温浸漬(減圧1hr 21hPa、加圧2hr 940kPa)
- ③水を減圧・加圧注入後温浴浸漬(水注入は同上、温浴1.5hr 80℃)
- ④水を減圧・加圧注入後温浴、冷浴処理(各2回)後浸漬(水注入は同上、温浴1.5hr 80℃・冷浴室温)
- ⑤PEG液減圧・加圧注入後浸漬とし、(減圧1hr 4hPa、加圧2hr 940kPa)

生材については

- ⑥室温浸漬(前処理なし)
- ⑦温浴浸漬処理後室温浸漬(温浴1.5hr 80℃)
- ⑧PEG液減圧・加圧注入後浸漬(減圧1hr 4hPa、加圧2hr 940kPa)

の各処理方法で行い、含浸処理前後に体積と重量

を測定した。含浸処理終了後、絶乾状態まで乾燥後再測定しポリエチレングリコール溶液の注入量とポリエチレングリコール含有量を算出した。

PEG含有量算出においては試験材数カ所で採取した含水率測定試片のデータ(含水率、全乾容積重)で補正している。

また、各条件ごとに絶乾時の無処理材(気乾材の寸法から推定)の寸法を基準とし、PEGで膨潤した処理材の嵩効果を求めるためPEG処理材のバルキング率(以下、バルキング率という)を求めた。算式は次式である。

$$\text{バルキング率} = \frac{(V - V_0)}{V_0} \times 100$$

V ; PEG処理材の絶乾時の体積

V₀ ; PEG処理材の処理前絶乾時の体積(推定値)

2.2 ポリエチレングリコール処理材の寸法安定性の検討

2.1で含浸処理したポリエチレングリコール処理材(以下PEG処理材という)を20℃で高湿条件下に置き吸湿させ寸法変化を調べ、寸法安定化の評価を行う。

2.2.1 供試材

2.1.4で処理した気乾材すべてと、生材の含浸処理条件⑥、⑦、⑧で処理した供試材。

2.2.2 供試材料の調整

2.1.4のPEG処理材を乾燥させ、絶乾状態にした試験片を恒温恒湿器(㈱タバイ製 恒温恒湿器(LHL-112))に収容し、各条件下(20℃、関係湿度(56%、65%、75%、90%))にそれぞれ2週間の調湿期間を経て供試材とした。

2.2.3 試験方法

調湿前及び各条件調湿後に寸法(T、R、L方向別)を測定し、寸法安定性の評価を抗膨潤能(ASE)により行った。同時にT方向の材幅に対する矢高を測定して、吸湿による幅反りの変動を調べた。

なお、抗膨潤能(ASE)の算出には次式を用いた。

$$ASE = \frac{V_c - V_T}{V_c} \times 100$$

V_c ; 無処理材の体積膨潤率

V_T ; 処理材の体積膨潤率

今回、 V_T 算出に用いた無処理材は同一試験材から採取した供試材のうち処理材と同一形状の無処理材を変則的に用いた。

また、幅反りの評価には「幅反り率(%)」を用いることとし、次の算式により行った。

$$\text{幅反り率} = \frac{\text{中央部分で測定したT方向の材幅方向に対する矢高}}{\text{中央部分で測定したT方向の材幅}} \times 100$$

なお、矢高の測定は材面の表裏で行い木表側をプラス、木裏側をマイナスで表した。

3. 結果及び考察

3.1 スギ生材・乾燥材別ポリエチレングリコール含浸試験

3.1.1 処理条件別のPEG含浸結果

浸漬前処理別のPEG水溶液の浸透性(注入量)については、図-1に気乾材へのPEG水溶液(水前処理注入量を含む)の注入結果を示した。

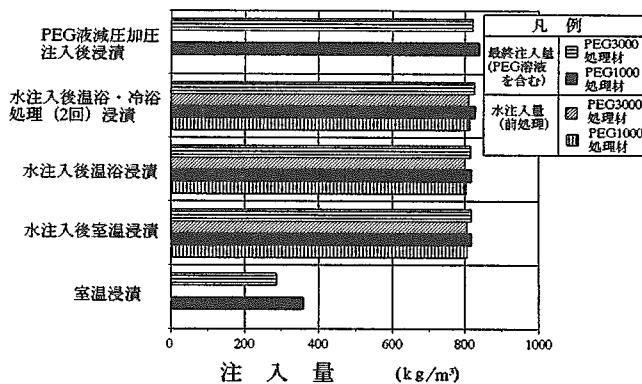


図-1 気乾材へのPEG注入量

図-2は生材への注入結果であり、図-1において含浸処理法のうち供試材に直接PEG溶液を含浸した加圧注入処理では気乾材にPEG1000・PEG3000とも800kg/cm³を越える注入量が得られた。2.1.4の②、③、④の前処理として注入した水の注入量(800kg/cm³程度)と近似していることから

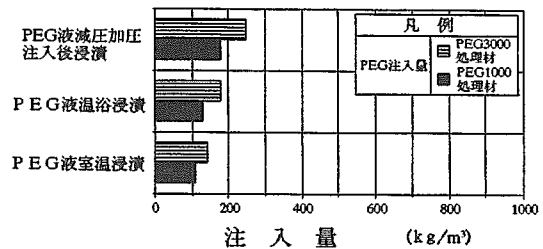


図-2 生材へのPEG注入量

PEG薬剤の30%wt溶液濃度ではPEGの含有量を度外視するとかなりの注入量が得られることがわかった。

しかし、気乾材の浸漬処理では300kg/cm³前後の注入量しか得られず、加圧注入処理と大きな差があった。

なお、分子量別ではPEG1000の注入量がPEG3000を上回っているものの大きな差はなかった。

気乾材の前処理として水(膨潤剤として)を注入したのは、乾燥スギ材の木材実質中を膨潤剤で膨潤させ、PEGの特性である拡散、置換を促進させることにあったが、PEG溶液を各方法で浸漬した結果をみる限りは全体の注入量は微増であった。

図-2に示すとおり、生材への含浸処理においては、PEG1000・PEG3000とも注入量は⑥加圧注入後浸漬>⑦温浴浸漬>⑧室温浸漬の順であった。また、⑥、⑦、⑧全ての処理においてPEG3000の注入量がPEG1000を上回っていた。

生材では加圧注入が浸漬に比べ注入量は大きいのが気乾材ほどの大きな差にはならなかった。

次に処理条件別のPEG含有率については、図-3に気乾材のPEG含有量を棒グラフで示している。分子量によるPEG含有率に大きな差異は認められなかったが、総じてPEG1000の含有率がPEG3000を上回る結果となった。含浸条件別に見ると、PEG水溶液の直接減圧加圧処理がPEG含有率80%と際だって大きな含有率を示す結果となっており、水を浸漬前処理として注入後に含浸処理した

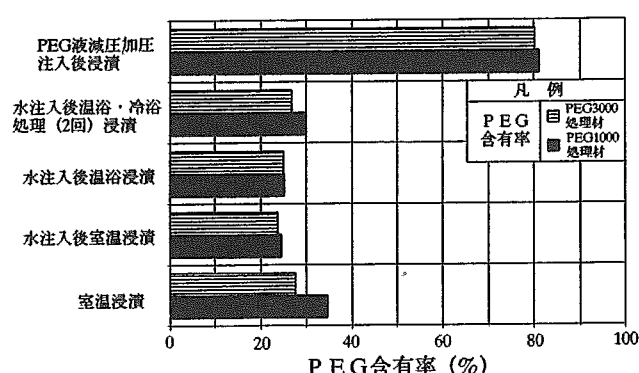


図-3 気乾材へのポリエチレングリコール含有率

処理条件(②、③、④)のPEG含有率に大きな差(PEG1000 24.5~34.7%、PEG3000 23.6~27.5%)はなかったし、室温浸漬のみの処理材より含有率が下回る結果となった。

図-4は生材へのPEG含有率を棒グラフで示した。

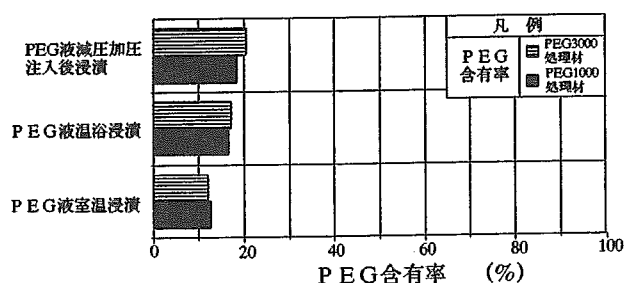


図-4 生材へのポリエチレングリコール含有率

分子量によるPEG含有率の大きな差異(12.1~20.3%)は認められなかったが、PEG1000の含量がPEG3000を下回る条件のものもあった。含有率は全体的に気乾材を下回っており、3日間程度の浸漬では通常言われるPEG含浸の定法(飽水状態の材に拡散法で含浸)による含有率向上効果は小さいことが推察された。

3.1.2 PEG処理材によるバルキング効果

各条件ともPEGの含有量とバルキング率は正の相関(PEG1000処理材では危険率1%水準で、PEG3000処理材では危険率5%水準で有意であった)があったことから、PEG分子の細胞空隙への

充填による嵩効果が認められた。

各PEG処理材のバルキング率を図-5に示した。気乾材の処理材では処理方法によりPEG含有率及びバルキング率に違いがでたが、生材の処理材では処理方法による差は出なかった。しかも、生材の処理材は乾燥材処理材と比べ、PEG含有率は小さいものの高いバルキング率を示した。このことは、生材のPEGの木材細胞壁中へのPEG分子の拡散の差が現れたようにも推察される。

なお、PEGの分子量によるバルキング率の差は生材処理材ではなく、乾燥材処理材においてPEG1000がPEG3000を全ての条件で上回った。

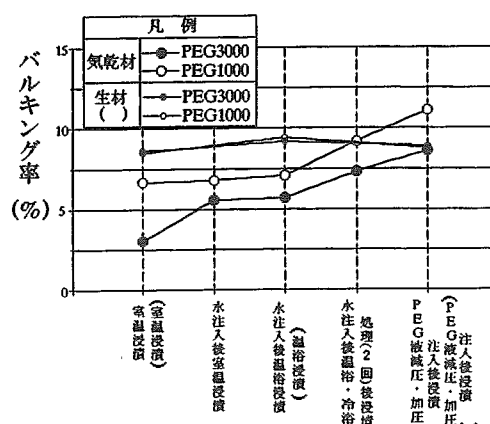


図-5 PEG処理材のバルキング率

3.2 ポリエチレングリコール処理スギ材の寸法安定性の検討

3.2.1 処理条件別の吸湿率

各PEG処理材を各調湿条件(20℃、関係湿度(56%、65%、75%、90%)、各2週間)で調湿した結果、吸湿により無処理材は関係湿度56%、65%、75%、90%でそれぞれ吸湿率(平衡含水率)8%、10.5%、12.5%、17.5%付近で平衡状態を示した。図-6~9に各条件ごとのPEG処理材の平均吸湿率を示した。

PEG1000処理材では関係湿度56%、65%で処理材は無処理材に比べ吸湿しにくく、90%条件では無処理材に比べ吸湿し易く、75%付近に転換点

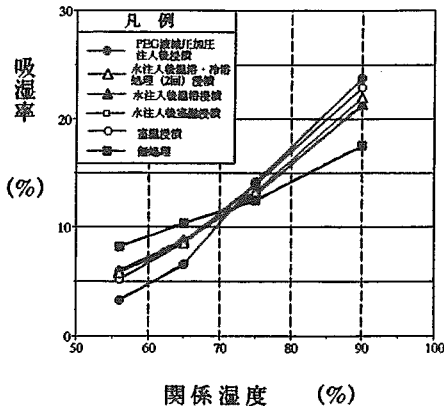


図-6 PEG1000処理気乾材の湿度条件別の吸湿率

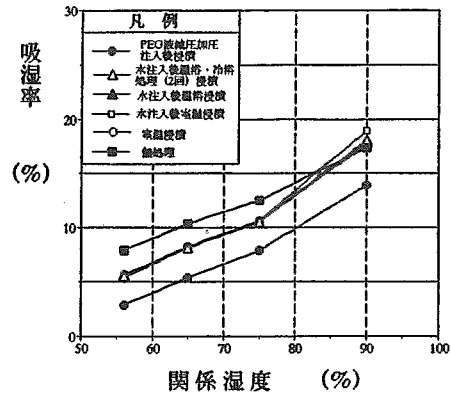


図-7 PEG3000処理気乾材の湿度条件別の吸湿率

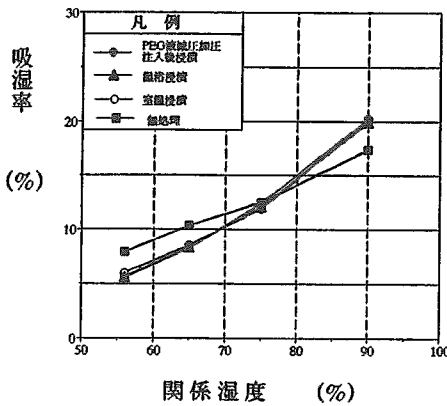


図-8 PEG1000処理生材の湿度条件別の吸湿率

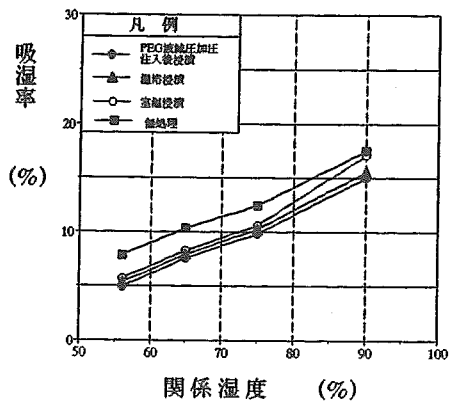


図-9 PEG3000処理生材の湿度条件別の吸湿率

の存在が推察された。

また、吸湿率のPEG含有量の違いによるバラツキは高調湿条件下になるほど小さくなる傾向があった。このことは、PEGが低湿度側で木材との結合により吸湿性を低下させ、高湿度側ではPEGの高い吸湿性によって多量に吸湿する性質に由来することが推察された。なお、PEG3000処理材ではほとんどの関係湿度下で処理材は無処理材に比べ吸湿しにくかったが、90%条件下で無処理材を上回る処理材があり転換点の存在が90%付近以上に存在することが推察された。

つまり、PEGの分子量の違いによる吸湿性が、高分子量(PEG3000)では高い相対湿度でないと一定の吸湿性を示さないことに起因しているようだ。

さらに、気乾材処理材では、どの湿度条件においてもPEG含有量と吸湿率の間には高い相関関係(1%有意水準で有意)があり、相関関係も転換点付近で転換(負の相関から正の相関)していたが、生材処理材では同じ傾向を示すものの相関関係は一部の湿度条件にとどまっていた。

3.2.2 処理条件別の抗膨潤能(ASE)

関係湿度56%、65%、75%、90%で調湿した結果、無処理材の体積膨潤率はそれぞれ2.5~3.1%、4.0~4.4%、5.0~5.5%、6.8~7.2%の値を示した。無処理材の膨潤率を基準にした各処理条件別の抗膨潤能を図-10~13に示した。

抗膨潤能はバルキング率と高湿潤条件下で高い負の相関があった。

図14、15にPEG処理材のPEG含有率と関係湿

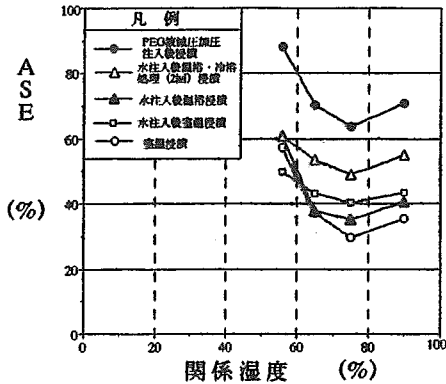


図-10 PEG1000処理気乾材の湿度条件別の抗膨潤能

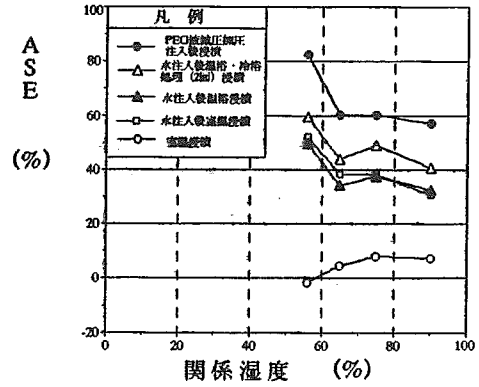


図-11 PEG3000処理気乾材の湿度条件別の抗膨潤能

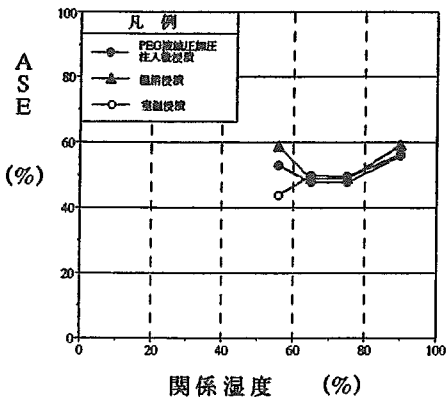


図-12 PEG1000処理生材の湿度条件別の抗膨潤能

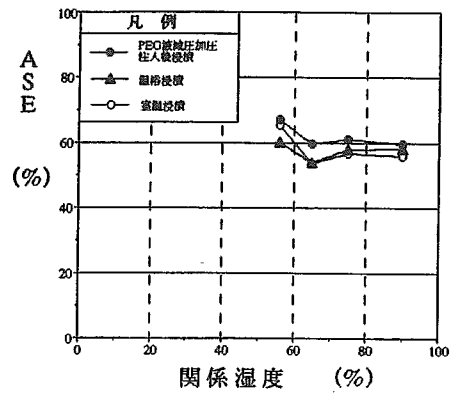


図-13 PEG3000処理生材の湿度条件別の抗膨潤能

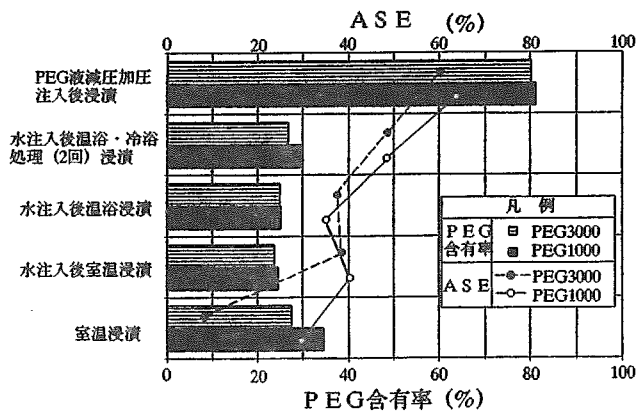


図-14 気乾材へのポリエチレングリコール含有率と抗膨潤能

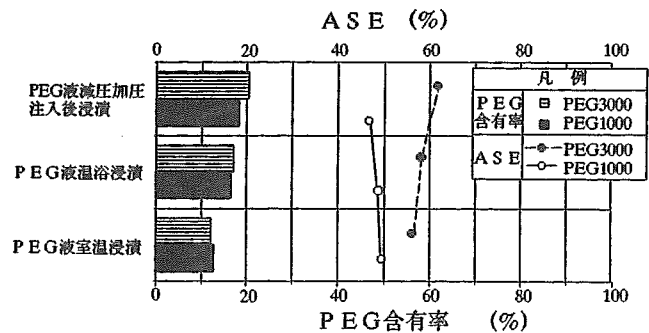


図-15 生材へのポリエチレングリコール含有率と抗膨潤能

度75%時のASEを対比して示したが、条件別のASEの順位はおおむねPEG含有量の高いものが大きい傾向があった。

気乾材処理では、室温浸漬ではPEG含有量の

割にASEが小さく、PEG含浸のかかなりの量が表層から狭い範囲の細胞内こうに留まっていることが推察された。また生材処理材のASEをみると、気乾材に比較してPEG含有量が小さいにも関わ

らず、安定したASEを示した。これは、含有量に関わらず、PEG分子が拡散により気乾材に比べ、細胞壁中まで浸透したことが推察された。

ASEを関係湿度条件別にみると、ほとんどのPEG処理材で相対湿度56%の時に吸湿量が小さいため一番高いASEを示す傾向があった。また、それぞれの湿度条件で気乾材ではASEの順位は前述の傾向を示すが、3.2.1に述べた吸湿率の転換点の影響をうけ、PEG1000において関係湿度90%時のASEが75%時に比べ大きくなり、PEG3000では関係湿度条件下で最も低いASE値を示す傾向があった(生材処理材についても同じ傾向)。これは、膨潤率に関係のある吸湿率がPEG1000の70%以上の高含水率においては高い値を示し、少なからず膨潤するため、相対的にASEが向上したことが考えられた。

3.2.3 処理条件別の幅反りの削減効果

PEG処理後に1週間程度風乾したあと、絶乾にし、さらに2.2.2の関係湿度で調湿した結果、無処理材の平均幅反り率(絶乾時~90%調湿時)はそれぞれPEG1000処理気乾材0.60~0.12%、PEG3000処理気乾材0.43~0.02%、PEG1000処理生材1.24~0.41%、PEG3000処理用生材1.10~0.39%の値を示した。

各PEG処理材の各処理条件別の幅反り率を調湿時の結果とあわせて示したのが図-16~19である。気乾材処理材ではPEG処理によって気乾状態(供試材はM.C.13~15%)から絶乾状態に乾燥した場合通常起こりうる木表側の幅反りが、木裏側へ発生した。これは、PEGの細胞内への充填において水が膨潤剤として作用した時(生材時にも)と同様に木裏側方向(マイナス側)への反りと

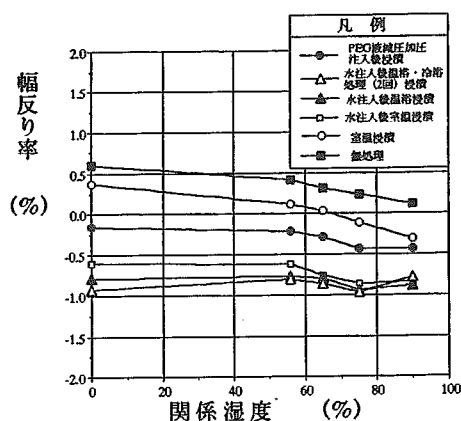


図-16 PEG1000処理気乾材の湿度条件別の幅反り率

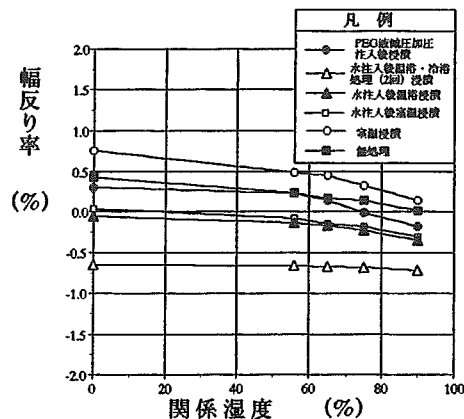


図-17 PEG3000処理気乾材の湿度条件別の幅反り率

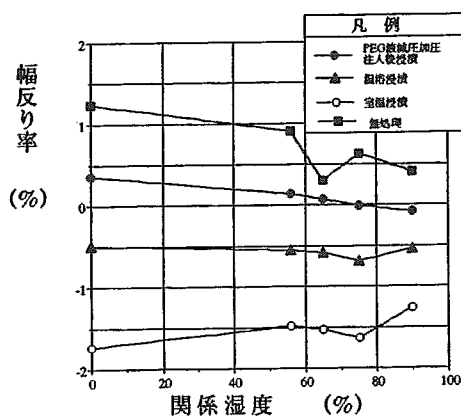


図-18 PEG1000処理生材の湿度条件別の幅反り率

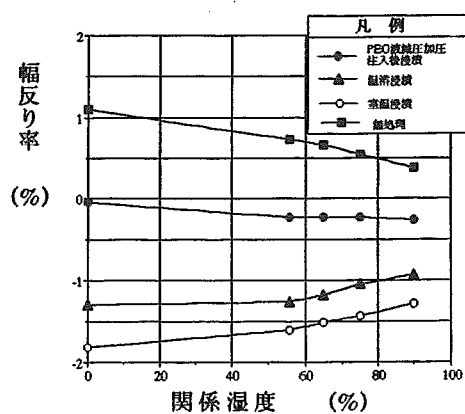


図-19 PEG3000処理生材の湿度条件別の幅反り率

して発現したと思われる。

調湿による変動は無処理材よりも小さかった。特に前処理として水を注入した含浸材の幅反り率の変動が小さいことが、PEG1000、PEG3000に共通的であった。

無処理の供試生材を生材状態(M.C.90~230%)から絶乾状態にした時に、1%を越える幅反りが発生したが、PEG処理材では加圧注入後浸漬した含浸法で0.5%以内の幅反りにおさまっていた。

4. 結 論

本研究では、スギ板材を短期間(ここでは3日間)のPEG浸漬処理により、寸法安定性能を得るため、浸漬前の前処理方法とPEGの分子量の影響の検討を行うとともに、板材面部の幅反りの削減効果についても検討を行い、以下の知見を得た。

①PEG処理時の材が気乾材の場合、生材に比べ前処理が効果的に作用し、PEG溶液の注入量やPEG含有量を増加させることができたが、それが寸法安定化の向上に寄与していなかった。今後、処理条件(温度、浴比)や処理後の乾燥条件で寸法安定化向上技術の検討を行う必要がある。

②PEG水溶液による生材処理は低いPEG含有率にも関わらず寸法安定性能を示した。さらに減圧加圧処理が幅反りの削減に有効であった。

③気乾状態まで乾燥した材を注入前処理として水を注入しPEG含浸させると、PEG含有率こそ気乾材のままの浸漬に比べ劣るものの、寸法安定化の指標となるASEは高く、木材細胞への飽水化前処理が有効なことが推察される。また、PEG温浴中の浸漬が有効なことがわかった。

④減圧・加圧注入処理は気乾材処理には注入量、PEG含有量の増大にかなり有効に働いたが、その割に寸法安定化には作用していない。また、生材処理では顕著な効果はなかった。

⑤分子量平均1000以下のPEG処理材は加湿な使用環境下では、吸湿性が高く、しみだし等の問題もあり注意を要することが確認できた。

参考文献

- 堀岡邦典・富永洋司・千葉保人(1968) 材質改良に関する研究. 東農工大農演報No.7. pp.89-100.
- 作道 健・橋平 誠(1973) ポリエチレングリコールによる木材の膨潤についての2,3の知見. 京大農演報No.45.pp.227-237.
- 今村博之ほか5名(1983) 木材利用の化学, 共立出版(株), pp.256-269.
- 作道 健(1983) ポリエチレングリコール(PEG)と木材. 木材工業38(5):215-221.