

PEG処理によるフローリングの寸法安定性

伊藤 洋一 菅谷 恵美子*¹ 中畠 厚

Dimensional Stability of Wooden flooring with Polyethylene Glycol

Youichi ITO Emiko SUGAYA*¹ Atsushi NAKAJIMA

Keywords: dimensional stability, PEG, flooring, moisture adsorption, moisture desorption
寸法安定性, PEG, フローリング, 吸湿, 放湿

1. はじめに

木材にPEG（ポリエチレングリコール）処理をすることにより寸法安定性を改善させる試みは、これまで種々の方法で研究されてきた¹⁻¹¹⁾。実用的な利用方法としては、寸法安定性能を与えるほかに乾燥による割れ発生の抑制¹⁰⁻¹²⁾や出土木材の保存¹³⁻¹⁵⁾、変色防止^{14, 16)}などがある。

PEG処理の長所は、①比較的高い寸法安定性が得られる、②PEG含有率30%以下では強度低下が少ない、③変色が少ない、などに加えて毒性がほとんどなく、環境や人にやさしい処理といえる。また、短所は①相対湿度80%以上の高湿度下において吸湿性が高いことからPEGの溶脱が起こること、②一部の接着剤で接着強度が大きく低下することがあげられる。

このPEG処理木材の利用方法のひとつに、室内のフローリングとしての適用がある。近年、床暖房方式の採用等により高い機能性を持つフローリングの開発が望まれている。既に、体育館床暖房用フローリングの開発についての報告¹⁷⁻²⁰⁾があり、その評価方法も確立されつつある。

これらのことを踏まえ、本報告では、PEG処理材

を単層フローリングとして使用する場合を想定し、処理材の寸法安定性についてその処理効果を熱気乾燥後の無処理材と比較検討し、考察した。

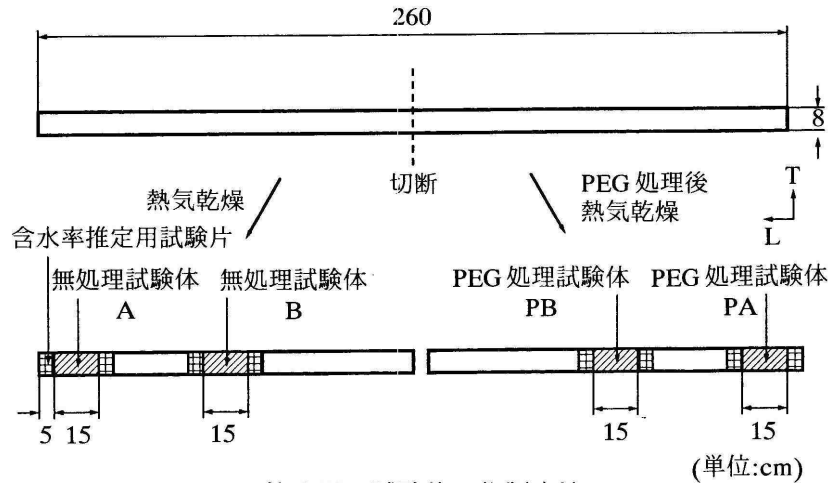
2. 実験方法

2.1 試験体

実験に使用した試験体は、一本のマカンバ原木より切り出した製材（板目木取り）より作製した。製材の寸法は、幅(T方向)×厚さ(R方向)×長さ(L方向)＝8cm×1.5cm×260cmでそれを中心で切断し、一方をPEG処理材とし、もう一方を無処理材とした。PEG処理は木材中の自由水によってPEGの拡散が行われることから、一般に高含水率材ほど効果的である^{1, 4)}。したがって、PEG処理は乾燥前の製材を第1表に示す処理条件で室温にて行った。その後、無処理のものと共に熱気乾燥を行った。熱気乾燥は、

第1表 PEG処理の条件

PEG重合度	#4000
PEG濃度(%)	60
浸漬期間(日)	20, 10, 5, 1



第1図 試験体の作製方法
注：厚さは、各試験体とも1.5cm

マカンバにおける材厚2.5cm用の標準的な乾燥スケジュール（乾燥温度：55～80℃，乾湿球温度差：4～28℃，コンディショニング1日）を適用し，仕上がり含水率8%を目標にして行った。

試験体は，第1図に示すように，1枚の製材からPEG処理用2体と無処理用2体の計4体を15cm長さで採寸した。PEG処理の際，PEGは主に木口面より木材細胞中に拡散，浸透していく。したがって，木口面からの距離はPEG処理の程度に影響を与えることになる⁶⁾。このため，試験体は木口面近傍および中央部より作製した。また，各試験体の両側から長さ約5cmの含水率測定用の試験片を作製し，これらの試験片の含水率から各試験材の含水率を測定した。

その後各試験体を，試験体間の含水率のばらつきを減少させるため，温度20℃，相対湿度約65%，平衡含水率約12%の恒温恒湿室内で約1か月調湿した。調湿の後，各試験体を長さ15cm，見付け幅7.5cm，厚さ1.5cmの寸法で，さねの形状は本さね，

塗装はポリウレタン塗装で仕上げた。

2.2 吸・放湿試験

第2図に吸・放湿試験の概略を示す。約1か月の調湿の後，各試験体に吸・放湿試験を行った。

放湿過程では，温度60℃，相対湿度約9%，平衡含水率約1.8%の恒温恒湿槽を使用した。一方，吸湿過程では，温度20℃，相対湿度約85%，平衡含水率約18%の恒温恒湿室を使用した。

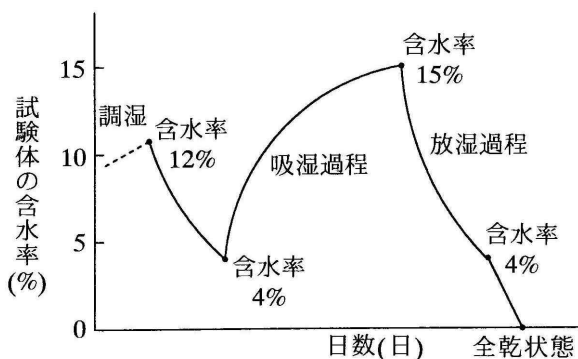
吸・放湿過程それぞれの終了判断は，放湿条件下のものは冬期の使用環境を想定し，含水率の平均値が約4%，吸湿条件下のものは夏期の使用環境を想定し，含水率の平均値が約15%と設定した。

吸・放湿試験の開始・終了時および一定の時間おきに，試験体の寸法変化と幅ぞり矢高を測定した。寸法変化については，試験体中央部の厚さ，幅を1/100mmまで測定した。幅ぞりは，スパン中央部の矢高を測定した。矢高の測定スパンは6.5cmで，そり量は1/100mmまで測定した。測定終了後，全乾状態にして試験体重量の補正を行った。

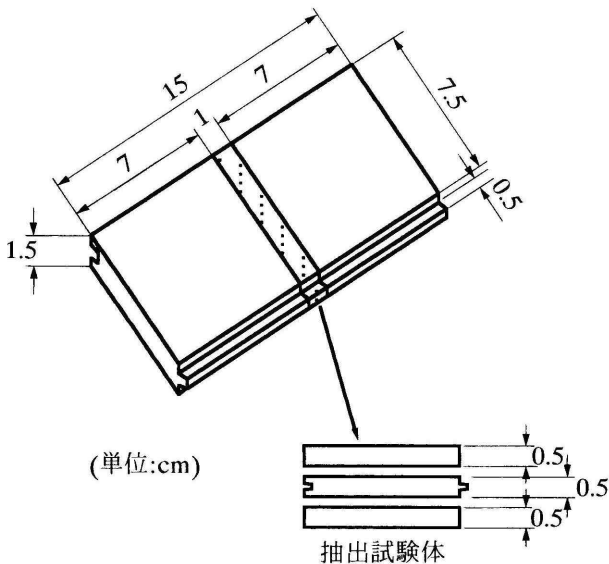
吸・放湿試験における試験体の性能評価については，各試験体に一度低含水率（含水率約4%）を経験させた後の「吸湿過程」と「放湿過程」について検討した。

2.3 抽出試験

各試験体の寸法変化に与えるPEG含有率（以下PGと略す）の影響を調べるため，抽出試験を行った。抽出試験体は，第3図に示すように，試験体の中央部から1cm長さで切り出し，厚み方向に5mmずつ3体



第2図 吸・放湿試験の流れ



第3図 抽出試験体の作製方法

に分割して作製した。抽出は、これらの試験体を全乾状態にした後、70～80 の熱水中で3日間行った。その後、試験体を再度全乾状態にしてその重量からPGを次式により算出した。

$$\text{PEG含有率(PG)}(\%) = \left\{ \frac{(100 - \alpha)W_1}{100W_2} - 1 \right\} \times 100$$

：無処理材の温水抽出物 (%)

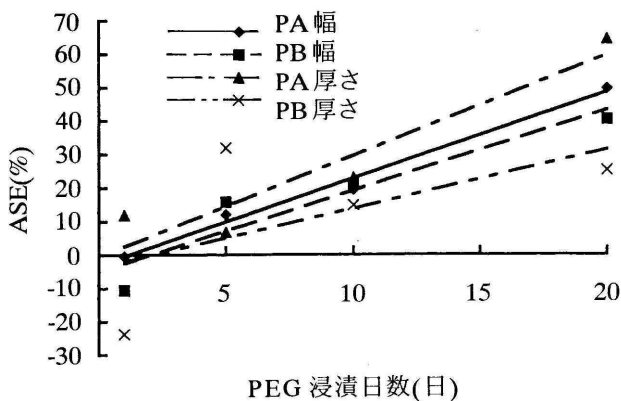
W₁ : 抽出処理前全乾重量 (g)

W₂ : 抽出処理後全乾重量 (g)

3. 結果と考察

3.1 吸・放湿試験における所要日数と寸法変化

吸湿に要した日数は、すべてのPEG処理試験体が



第4図 吸湿過程における寸法変化

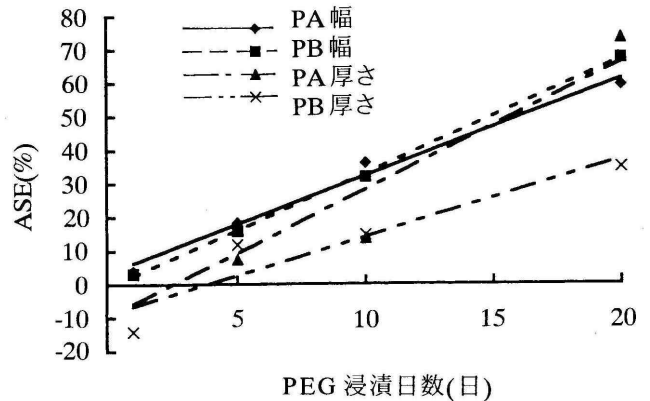
注：試験体AとPAは製材端部より、また試験体BとPBは製材中央より作製した。

18日間であったのに対し、無処理試験体では15日間であった。一方、放湿に要した日数は、PEG処理試験体が4日間であったのに対し、無処理試験体では6日間であった。すなわち、PEG処理試験体は吸湿しにくく、放湿しやすいことがわかった。

各試験体の吸湿過程における寸法変化を第4図に示す。PEG処理した後、製材端部より作製した試験体PAにおいては、PEG浸漬日数が増加するにつれて幅方向・厚さ方向ともASE(寸法安定度)は増加する傾向にある。一方、製材中央部より作製した試験体PBにおいては、幅方向では浸漬日数が増加するにつれてASEは増加したが、厚さ方向では明確な相関性は得られなかった。しかし、厚さ方向においても浸漬日数5日以上の試験体は無処理のものよりASEは増加した。このことから、試験体PAではPEG浸漬日数が増加するとともに寸法安定性が向上し、試験体PBでは浸漬日数5日以上のもは無処理のものと比較して寸法安定性が向上したことがわかった。

また、試験体PAと試験体PBのASE値を比較すると浸漬日数が同じ場合、PAの値はほぼ同等か上回る傾向にある。このことより、試験体PAは試験体PBよりPEG処理の効果がよくあらわれているといえる。

放湿過程における寸法変化を第5図に示す。試験体PA、試験体PB共に、浸漬日数5日以上の試験体はPEG浸漬日数が増加するにつれて幅方向・厚さ方向ともASEは増加した。このことから、PEG浸漬日数が増加するとともに寸法安定性が向上したことがわかった。



第5図 放湿過程における寸法変化

注：試験体AとPAは製材端部より、また試験体BとPBは製材中央部より作製した。

試験体PAと試験体PBのASE値を比較すると、試験体PAの20日浸漬のものの厚さ方向ASE値は、試験体PBの同日浸漬のものの2倍になった。しかし、残りの浸漬日数5日以上試験体での、PAとPBのASE値はほぼ同等であった。したがって、放湿過程では試験体PAと試験体PBの木取り位置の違いによるPEG処理効果の相違はあまり表れなかったが、無処理試験体との比較においては処理効果が表れていた。

第4図と第5図より、浸漬日数5以上のPEG処理試験体は無処理試験体と比較して寸法安定性が向上したことがわかった。また、浸漬日数20日の試験体は他の試験体に比べてASE値が大きく、浸漬日数10日の試験体ASE値の1.7~5.4倍になっている。したがって、浸漬日数20日の試験体は高い寸法安定性を有しているといえる。

3.2 吸・放湿試験における幅ぞり矢高の変化

吸・放湿過程における幅ぞり矢高の変化について第2表に示した。幅ぞり矢高の符号は、+の場合には試験体が凸型に変形していることを表し、-の場合

は試験体が凹型に変形していることを表している。

幅ぞり矢高の許容値は、床暖房時のフローリングの許容値^{17,18)}を参考にすると、「矢高量1.0mm以下かつ増加量0.5mm以下」である。したがって、増加量でみると放湿過程での試験体PBにおける20日浸漬のものの増加量が許容値を上回ったが、残りの試験体は吸湿・放湿を通じて、許容範囲内であった。

また、含水率1%当たりの増加量においては、吸湿・放湿を通じてその値は小さくなり、使用上問題となるような変化は見られなかった。

次に、矢高量でみると、矢高の最大値において許容値を上回っている試験体はなかった。PEG処理試験体と無処理試験体を比較してみると、PEG処理試験体PBにおける20日浸漬のものの増加量が許容値を上回ったが、残りの試験体は吸湿・放湿を通じて、許容範囲内であった。また、矢高の最大変化量においてはPEG処理試験体と無処理試験体との間で明確な相関性を得ることはできなかった。

したがって、今回の試験では幅ぞり矢高に対するPEG処理の効果は認められなかった。しかし、実際の使用に支障のある変化はないものと考えられる。

第2表 吸・放湿過程における幅ぞり矢高の変化

	PEG 浸漬日数 (日)	吸 湿		放 湿		矢高の 最大値 (mm)	矢高の最大 変化量 (mm)
		増加量 (mm)	含水率1% 当たりの 増加量 (%)	増加量 (mm)	含水率1% 当たりの 増加量 (mm)		
試験体PA (コントロール は試験体A)	20	-0.04 (-0.04)	0.00 (0.00)	0.15 (0.18)	0.01 (0.02)	0.14 (0.18)	0.15 (0.18)
	10	-0.13 (-0.18)	-0.01 (-0.02)	0.44 (0.26)	0.04 (0.02)	0.56 (0.13)	0.44 (0.26)
	5	-0.12 (-0.02)	-0.01 (0.00)	0.30 (0.18)	0.03 (0.01)	0.31 (0.18)	0.3 (0.18)
	1	0.02 (-0.14)	0.00 (-0.01)	0.13 (0.21)	0.01 (0.02)	0.24 (0.12)	0.15 (0.21)
試験体PB (コントロール は試験体B)	20	-0.31 (-0.11)	-0.03 (-0.01)	0.73 (0.14)	0.07 (0.01)	0.88 (0.03)	0.73 (0.14)
	10	-0.21 (-0.18)	-0.02 (-0.02)	0.44 (0.31)	0.04 (0.03)	0.40 (0.17)	0.44 (0.31)
	5	0.04 (-0.17)	0.00 (-0.01)	0.00 (0.29)	0.00 (0.03)	-0.03 (0.22)	0.04 (0.29)
	1	0.02 (-0.08)	0.00 (-0.01)	0.22 (0.15)	0.02 (0.01)	0.37 (0.10)	0.24 (0.15)

注1：試験体AとPAは製材端部より、また試験体BとPBは製材中央より作製した。

注2：()内は、その試験体と同一の製材より作製した無処理試験体の値を示す。

注3：幅ぞり矢高の符号は、試験体が凸型に変形した場合を+、凹型に変形した場合を-とした。

3.3 抽出試験

第3表に幅方向の寸法安定性に与えるPGの影響について示す。PEGが試験体中に均一に分布しているときには、20～27%のPGでほぼ100%のASEを得ることができる⁴⁾ことから、試験体中のPEGの分布をみるために各抽出試験体におけるPGの最大値、最小値を参考に示した。高いASE値を有する浸漬日数20日の試験体PAは、PGの平均値が17.6%と高く、かつ最大値、最小値もそれぞれ21.6%、15.0%と高い値を持つ。一方、同じ浸漬日数20日の試験体PBは製材中央から採材されているので、PGの値は試験体PAよりも小さくなったがPG平均値が9.2%と比較的高かったためASE値は高くなった。

第4表に厚さ方向の寸法安定性に与えるPGの影響

について示す。幅方向と同様に高いASE値を有する浸漬日数20日の試験体PAは、高いPG値を持つ。一方、試験体PBにおいては、幅方向ほどASE値は高くならなかった。これは、PEGが試験体中に均一に分布していないためであると考えられる。このことから、高い寸法安定効果が得られている場合、PEGは試験体中にほぼ均一に分布していて、かつPGの平均値が高いと考えられる。

4. まとめ

PEG処理材を単層フローリングとして使用する場合を想定し、処理材の寸法安定性についてその処理効果を熱気乾燥後の無処理材と比較検討した。その結果は、次のとおりである。

第3表 幅方向におけるPEG含有率(PG)と寸法安定性

	PEG 浸漬日数 (日)	吸 湿	放 湿	PG 平均値 (%)	PG 最大値 (%)	PG 最小値 (%)
		ASE(%)	ASE(%)			
試験体PA (コントロール は試験体A)	20	49.7	59.4	17.6	21.6	15.0
	10	19.4	36.3	6.2	10.1	3.6
	5	12.1	18.3	3.9	4.5	2.8
	1	-0.5	3.9	0.4	1.1	0.0
試験体PB (コントロール は試験体B)	20	40.5	67.6	9.2	15.8	5.5
	10	21.3	32.1	2.5	4.7	1.2
	5	15.9	15.9	3.2	6.6	1.5
	1	-10.5	3.2	0.1	0.6	0.0

注：試験体AとPAは製材端部より、また試験体BとPBは製材中央より作製した。

第4表 厚さ方向におけるPEG含有率(PG)と寸法安定性

	PEG 浸漬日数 (日)	吸 湿	放 湿	PG 平均値 (%)	PG 最大値 (%)	PG 最小値 (%)
		ASE(%)	ASE(%)			
試験体PA (コントロール は試験体A)	20	64.4	73.5	17.6	21.6	15.0
	10	23.0	13.7	6.2	10.1	3.6
	5	6.8	7.5	3.9	4.5	2.8
	1	12.0	3.1	0.4	1.1	0.0
試験体PB (コントロール は試験体B)	20	25.2	35.0	9.2	15.8	5.5
	10	14.9	14.8	2.5	4.7	1.2
	5	31.9	11.8	3.2	6.6	1.5
	1	-23.7	-14.2	0.1	0.6	0.0

注：試験体AとPAは製材端部より、また試験体BとPBは製材中央より作製した。

- 1) 浸漬日数20日の試験体は高い寸法安定性を有している。
- 2) 幅ぞり矢高に対するPEG処理の効果は認められなかった。しかし、実際の使用に支障のある変化はないものと考えられる。
- 3) 高い寸法安定効果が得られているときには、PEGは試験体中にほぼ均一に分布しており、かつPGの平均値は高くなる。

これらの結果より、PEG浸漬日数が20日のものは、単層フローリングとして使用可能な寸法安定性を有しているといえる。ただし、その条件としてPEGが試験体中にほぼ均一に存在していることがあげられる。

5. おわりに

木材にPEG処理をすることにより寸法安定性を改善させる試みは、これまで種々の方法で研究されているが、PEG処理はその安全性の高さから、環境保全に対する認識が高まるにつれ、その重要性が増していくものと考えられる。

また、PEG処理材を単層フローリングとして製造するときには、複合フローリングとして製造する場合と比較して、製造工程の簡略化が可能になるというメリットがある。

今後、PEG処理材を単層フローリングとして利用していくためには、浸漬処理でPEGを木材中に均一に分布させるため、温冷浴法を採用するなどの処理方法の改善が必要であると考えられる。

文 献

- 1) Sadoh, T. : *Mokuzai Gakkaishi*, 13, 41-45 (1967).
- 2) Sadoh, T., Urakami, H. : *Mokuzai Gakkaishi*, 13, 323-326 (1967).
- 3) Sadoh, T., Urakami, H. : *Mokuzai Gakkaishi*, 13, 327-330 (1967).
- 4) Sadoh, T., Urakami, H. : *Mokuzai Gakkaishi*, 14, 353-357 (1968).
- 5) Schneider, A. : *Holz Roh Werkst.*, 27, 209-224 (1969).
- 6) Stamm, A. J. : *For. Prod. J.*, 14, 403-408 (1964).
- 7) 堀岡邦典, 富永洋司, 千葉保人 : 東農工大演報, 7, 89-110 (1968).
- 8) 富永洋司, 池田淳一郎, 松田邦康 : 木材工業, 26, 69-72 (1971).
- 9) 石丸 優 ほか3名 : 木材学会誌, 32, 889-895 (1986).
- 10) 石丸 優, 浅井幸男 : 木材学会誌, 32, 996-1002 (1986).
- 11) 奈良直哉 ほか4名 : 林産試験場研究報告, 67, 129-170 (1978).
- 12) 奈良直哉 : 林産試だより, 3月号, 7-10 (1981).
- 13) 増沢文武 : 材料, 28, 582-588 (1979).
- 14) 佐道 健 : 木材工業, 38, 215-221 (1983).
- 15) 石丸 優 : 木材保存, 19, 204-218 (1993).
- 16) 峯村伸哉, 梅原勝雄 : 林産試験場研究報告, 68, 92-130 (1978).
- 17) 清野新一 ほか3名 : 林産試験場報, 9, 18-26 (1995).
- 18) 清野新一 ほか3名 : 林産試験場報, 10, 17-23 (1996).
- 19) 山岸宏一 : 木材工業, 49, 154-159 (1994).
- 20) 山岸宏一 : 木材工業, 49, 208-213 (1994).

—技術部 乾燥科—

—*1 北海道林務部 林産振興課—

(原稿受理 : 1996. 9. 13)