

# 木材プラスチックの物性について(1)

- 機械的強度および硬度 -

種 田 健 造 長谷川 勇

シナノキ試片を用い、これにスチレン(St)、メタクリル酸メチル(MMA)ならびにSt 6 : MMA 4およびポリエステル(PE) : Stが1 : 9, 2 : 8, 3 : 7, 4 : 6の混液など計7種の重合性溶液を注入し、木材プラスチックを試作した。この木材プラスチックについて、強度および硬度の調査、検討を行ない、大要つぎの結果を得た。

- 1) 木材プラスチックの強度および硬度は、木材に較べてすべてに向上が認められたが、重合法によって向上率に大幅な変動が認められる。
- 2) 平均向上率は、縦圧縮と衝撃曲げ吸収エネルギーではほぼ比重に比例して大きく、ついでせん断であり、曲げ強さでは比重の上昇率よりも低い。
- 3) プリネルかたさは飛躍的に向上し、木材の十数倍に達するものが認められた。
- 4) 一般に各強度、硬度はPE - St系の注入液を加温法で重合した場合が最も大きい向上率を示し、ついでMMA放射線法が良好であった。加熱法の向上は低く、とくに、含湿の風乾材 - 加熱法は最低の向上にとどまるものが多かった。ただし、せん断強さは加熱法が放射線法よりも高い向上率を示した。

## 1. 緒 言

木材プラスチックの物性のなかで最も大きな特長は、何んといっても木材より機械的性質が向上することであり、それ故にその性質については、多数の研究者によって成果が発表されている<sup>1-10)</sup>。しかし、使用木材の樹種、注入液、および重合法がそれぞれ相違するほか、強度の測定にさいしてもその条件や方法が異なっているため、確かにかなりの向上が認められるものの、重合法や注入液によってどのような傾向や特徴をもつものであるかが、なかなか掌握し難い。

私どもは、このような本分野の研究報告に接しつつ、同一木材を用い、注入液、重合法を種々変化させて得た木材プラスチックについて、機械的諸強度、硬度および寸度安定性などを調べ比較検討を試みたので、本報ではそのうち強度および硬度についての結果を報告する。なお、供試片調製のうち、放射線重合に際してご指導とご援助をいただいた北海道大学工学部原子炉材料講座・諸住高教授と同教室各位に深く感謝の意を表す。

## 2. 実 験

### 2.1 重合

約4 × 4 × 20 (繊維方向) cmの二万柁風乾材を、一夜70 時間に減圧乾燥し試片として用いた。比較のため、風乾のままの試片 (含水率14.3%) も用いた。注入はデシケーター中で30分間減圧した後、重合性液に浸漬し、2時間常圧下に静置する方法を採った。

#### 2.1.1 放射線重合

注入材をアルミニウム箔および塩化ビニリーデン加工セロハンで包み、円筒かご型線源 (60Co 3000Ci) で、 $3.24 \sim 9 \times 10^4$  r/hrの強度により2Mr照射した。注入液はMMA, PE : St = 1 : 9, 2 : 8, 3 : 7 および4 : 6の計5種で、重合率98 ~ 99%のほぼ完全に重合した木材プラスチックを得た。

#### 2.1.2 加熱重合

注入液にあらかじめ重合開始剤を添加しておき、注入材をアルミニウム箔で包み、シールした後、所定温度のオープン中で重合した。注入液としては、MMA, St : MMA 4, St, PE : St = 1 : 9, 2 : 8および

第1表 加熱・加温重合条件および重合率

注入液	開始剤	促進剤	温度	時間	重合率
MMA	BPO 0.2%		70°C	20hr	90~95%
MMA 4 St 6	BPO 0.2%		80°C	20hr	83~90%
St	BPO 0.2%		95°C	20hr	85~90%
PE+St	MEK 0.3%		75°C	20hr	91~97%
PE+St	MEK 0.3%	CoN 0.03%	40°C	20hr	96~100%

BPO:ベンゾイルパーオキサイド, MEK:メチルエチルケトンパーオキサイド  
CoN:ナフテン酸コバルト

4:6の計6種を使用した。

### 2.1.3 加温重合

重合促進剤(ナフテン酸コバルト)のベンゼン, 溶液を注入した後, ベンゼンを蒸発させ, ついで開始剤を含む重合性混合液を注入し, アルミニウム箔に包んだ後, 加温した。注入液はPE:St=1:9, 2:8および4:6の混液3種を用いた。

加熱および加温重合における重合条件および重合率は第1表のとおりである。

### 2.2 強度試験

強度試験は, JIS木材試験方法に準拠(一部試片は標準よりやや小さい)して, 20℃, 関係湿度65%の恒温恒湿下に下記により実施した。

- 縦圧縮試験 30×30×60mm  
島津 Testing Machine RH50
- 曲げ試験 12×12×200mm  
島津 Autograph IS 5000
- せん断試験 30×30×40mm  
オルゼン型 5t
- 衝撃曲げ試験 12×12×140mm

V-F Impact Tester

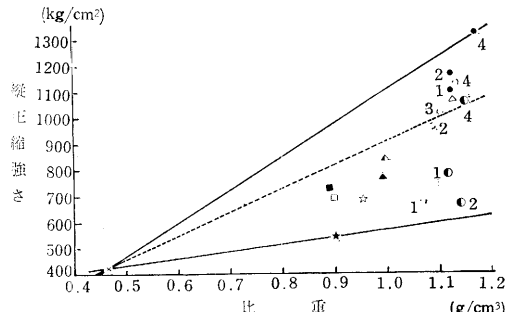
- かたさ試験 30×30×40mm  
オルゼン型 500kg

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 縦圧縮強さ

第1図は注入液および重合法などの処理系列に縦圧縮強さの平均値(6試片, 第4図を除き, 以下第5図まで適用)を試片比重に対比させて示したものであ

る。図中の各種の点は, それぞれ第2表に示した処理系列を意味するもので, これも以下第5図まで適用する。また細実線はデーターの分布範囲を示し, 点線は比重に比例して強度増加をした場合(したがって比強度が等しい)を示した。なお, PE-St系を示した点に付した数値は, 注入液中のPE含有比を現わしている。



第1図 縦圧縮強さと比重の関係

第2表 各点の意味する処理系列

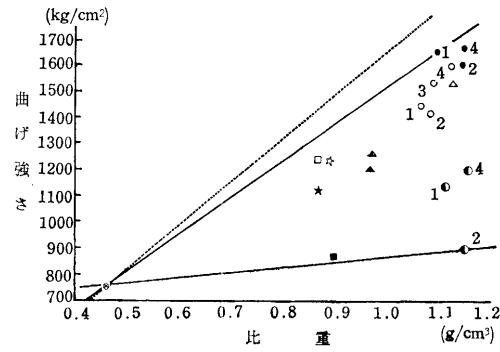
点	注入液	重合法	試片
⊕	コントロール(素材)		—
○	PE-St	放射線	乾燥試片
●	PE-St	加温	乾燥試片
◐	PE-St	加熱	乾燥試片
△	MMA	放射線	乾燥試片
▲	MMA	加熱	風乾試片
▴	MMA	加熱	乾燥試片
☆	MMA-St	加熱	乾燥試片
★	MMA-St	加熱	風乾試片
□	St	加熱	乾燥試片
■	St	加熱	風乾試片

PE-St系で加温法の縦圧縮が最も高く, これらは比強度も木材より大きい。そしてPE含量の多いものほど高い強度を示しているが, この傾向は放射線と加熱法による重合の際に, さらに顕著に現われている。すなわち, PE 10~20%では分布範囲の下部, 同40%では上部に位置している。これらにより, PE-St系でPE含量が強度に大きく影響していることが分かる。MMA注入の場合は, 放射線重合のものが比重も高く, 強度も大きい。この反面, 加熱法は強度向上が

少なく、比強度は小さくなった。これは、放射線重合では注入液がほぼ完全に重合し、しかも容積が1~4%減少するのに、加熱法では逆にかかなりの容積増加がみられるほか、加熱中の重合熱のため材内部が150程度にまで上昇し、木材の膨潤と木質の劣化が起こり、また重合途中において注入液の一部が高熱により材から流出して、見かけ上重合率が低くなるなどのことが原因と考えられよう。StおよびSt-MMA混液使用の場合も、加熱重合時に、それぞれかなりの容積膨潤が認められており、強度増加率の小さいのは、MMA加熱法の場合とほぼ同様の原因と考えられる。注入前の試片の水分含有の影響は明瞭ではなかった。加熱、放射線の両重合法によるMMAの注入重合材の比重の差に比べ、PE-St系における両重合法に比重差をみられないのは、PE-St系加熱重合には他系の加熱重合のような大きな容積膨潤がみられない(±2%程度)、注入液粘度が高いためか重合中の液の流出が少なく、重合率がかなり高いなどによるものと考えられる。かくしてPE-St系では、木材より比重増を来たす木材プラスチックで、なお木材の比強度にまさる縦圧縮強さを保有する優れたものを得ることが出来るわけである。以上、縦圧縮強さからみた場合に、MMA注入の放射線重合、促進剤と開始剤を併用したPE-St混液注入加熱重合法などによる木材プラスチックに優れたものが得られる。

### 3.2 曲げ強さ

曲げ試験結果を第2図に示した。この場合も、促進剤・開始剤併用のPE-St系加熱法が最も高い値を示した。PEの含量は縦圧縮の場合ほど強度に影響を及ぼさないようであるが、縦圧縮ではあまり違いの認められなかったPE-St系放射線法と加熱法の間、明らかに相当の差異が認められ、加熱法はかなり低い強度となった。その他のMMA、MMA-St系およびSt系処理材については、乾燥材を使った場合に、やや高い強度を示した点を除けば、縦圧縮の場合とほぼ同様のことがいえよう。曲げ全体でいえることは、データの分布範囲が木材の比強度におよばない低い位置にとどまることで、材料の最も重要な機械的性質の一つ

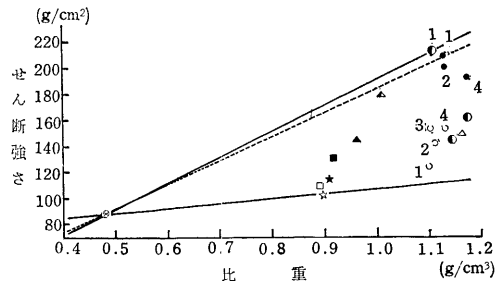


第2図 曲げ強さと比重の関係

とされる曲げの向上率がこのように低いのは、今後製造法の検討にあたってとくに注意せねばならない点と思われる。

### 3.3 せん断強さ

せん断強さのデータ・分布を第3図に示したが、やはりPE-St系の促進剤・開始剤による加熱法が最高の位置を占めた。しかし、同系加熱法は放射線法より高く、またPE含有比による影響が小さい点、前の縦圧縮、曲げとは異なった。MMAの場合も放射線より

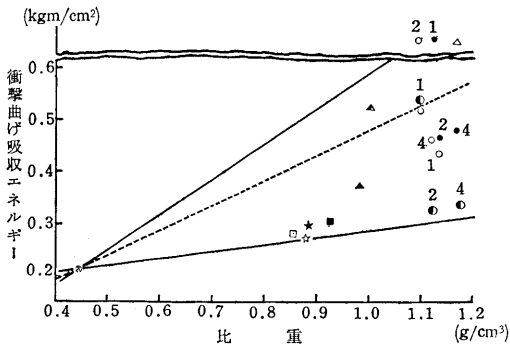


第3図 せん断強さと比重との関係

加熱法が高い向上率をみせた。このようにせん断強さは、放射線法処理材の向上率が低いのが特徴である。またSt、St-MMA両系の処理材は、他の機械的性質と同じく、この強度の向上率も低かった。加熱法、加熱法のMMA、PE-St処理材には比重の増加に見合う強度増を示すものもあったが、せん断強さ全体では、曲げほどではないが、向上率は低い方であった。

### 3.4 衝撃曲げ吸収エネルギー

2試片の平均値を第4図に示した。図中0.6kg/cm²

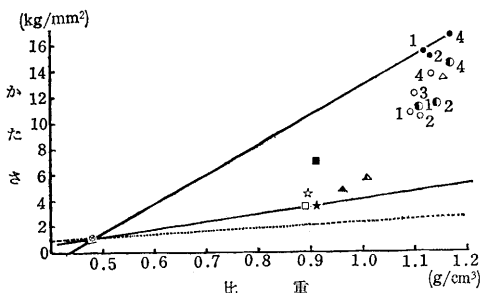


第4図 衝撃曲げ吸収エネルギーと比重の関係

より上に示した点はスケールオーバーで破壊しなかったものである。PE-St系ではデータが大きくばらつき、PE含有比、重合方法別の傾向は明瞭にはつかめなかったが、放射線法、加温法のものが高値にある。その分布は等比強度線より、やや低いところを中心に分布している。MMAでは放射線法が最強で、ついで乾燥試片処理のものが高く、水分を含む風乾試片処理のものは低くなっている。StとSt-MMA注入処理材は向上率が最低であった。

### 3.5 硬度

第5図にブリネルかたさの測定結果を示したが、その向上率は飛躍的で、最低の向上率のもので、比重に見合う向上よりもはるかに高い向上率を示した。そのうちでも、最も高いかたさを示したのは、やはりPE-St系における促進剤・開始剤併用の加温法重合のもので、実に木材の十数倍のかたさである。そのほか加温法、放射線法も、PE-St系の処理材はすべて高いかたさを示し、比硬度も木材の4倍以上に達し、またPE含有比とともにやや増大した。MMAは放射線重合



第5図 ブリネルかたさと比重の関係

の処理材が高く、PE-St系のものと同程度であるが、加温法では比硬度2.1~2.5倍程度の向上である。Stは風乾試料の場合がやや高いかたさを示したが、St, St-MMA系の処理材は、他の機械的性質と同じく向上率が最低であった。

以上5種の機械的性質を総合すると、各性質によりかなりの差はあるが、StとSt-MMA系の加温法処理材は全般的に向上率が低く、反面PE-St系処理材、とくに加温法が優れていることがわかった。また放射線法も、せん断強さを除いては機械的性質全般に優れた向上が認められた。加温法処理材の機械的性質の向上が一般に低いのは、縦圧縮の項にも記述したように、重合時における材内部の高温による木材劣化、可塑化などが原因と考えられ、加えて高温にもとづく注入液の流出と蒸発、容積膨潤などの影響が重なって起るものであり、木材プラスチック材質面から、製造上留意すべき多くの点が明らかになっているものと考えられる次第である。

## 4. 総括

以上の研究結果をまとめると、おおよそつぎのように総括できよう。

4.1 縦圧縮強さ：PE-St系の加温法が最高で、比強度も向上するが、放射線法、加温法はやや劣る強度を示した。全般にPE含有比の高いほど大きい強度であった。MMA系では放射線法が大きく、加温法はやや劣る強度を示した。St, St-MMA系の加温法も強度の向上が低かった。したがって縦圧縮については、MMA放射線重合、PE-St加温法重合の処理材が優れているといえる。

4.2 曲げ強さ：前項縦圧縮と同じく、PE-St系では加温法が最高を示したが、放射線法がこれよりやや低く、加温法はさらに低い強度にとどまった。乾燥材を処理した場合やや高い強度を示したが、MMA, St-MMAおよびSt系では縦圧縮の場合とほぼ同様の傾向であった。データは木材と同じ比強度線よりかなり低い範囲にとどまり、諸強度中最低の向上率にとどまった。

4.3 せん断強さ：同じくPE-St系加温法が最高であったが、加温法が放射線法より高い向上率を示した。PE含有比の影響は小さかった。MMA系でも加温法が放射線法より優れていた。このように放射線法の

向上が小さく、加熱法が比較的高い向上率である点が他の強度と異なっている。StとSt—MMA系は、ほかの強度と同様に向上率が低かった。せん断は最高の向上を示したもので、木材の比強度と同程度であり、全体としては曲げについて向上率が低かった。

4.4 衝撃曲げ吸収エネルギー：全般的にほかの強度よりもやや高い向上であった。PE—St系ではデータが大きくばらついたが、放射線法、加温法にやはり高い向上が認められた。MMAも放射線法が高かった。加熱法は全系とも低い範囲の向上にとどまった。

4.5 プリネルかたさ：全系で飛躍的な向上がもたらされた。とくにPE—St系が最高で、PEの含有比によりやや高くなる傾向がみられた。同系加温法で木材の十数倍に達し、他の重合法もこれについて高いかたさを示し、比硬度も4倍以上となった。MMAの放射線法も高くPE—Stと同程度であったが、MMA、St、St—MMA系の加熱法は向上率が低い方であった。

## 文 献

- 1) Kent, J.A., Winston, A., Boyle, W.R. and Harmison, L.W. : USAEC Annual Report, TID-7643, 335 (1962)
- 2) Kent, J.A., Winston, A., Boyle, W.R. and Updyke, L. : Industrial Uses of Large Radiation Sources, 1, 337 (1963)
- 3) Kent, J.A., Winston, A. and Boyle, W.R. : Isotopes Radiation Technology, 1, (2) 189 (Winter, 1963—1964)
- 4) Sian, J.F., Meyer, J.A. and Skaar, C. : For. Prod. J., 15, 426 (1965)
- 5) Siau, J.F. and Meyer, J.A. : For. Prod. J., 16 (8) 47 (1966)
- 6) Langwig, J.E., Meyer, J.A. and Davidson, R.W. : For. Prod. J., 18, (7) 33 (1968)
- 7) Miettinen, J.K. : IAEA Panel, Bangkok, Nov. 20—24 (1967)
- 8) Miettinen, J.K., Autio, T., Siimes, F.E. and Ollila, T. : The State Institute for Technical Research, Finland, Publication No. 137 (1968)
- 9) 藤田晋輔, 後藤輝男 : 島根農科大学研究報告, 第15号, A-2, 林学, 41 (1967)
- 10) Singer, K., Vinther, A. and Thomassen, Th. : Risø Report No. 211, Danish Atomic Energy Commission, Research Establishment Risø (Dec. 1969)

—林産化学部 木材化学科—

(受稿受理 45.10.19)