

## 樹脂注入による木材の材質改良研究

- 一. 注入材の硬化処理に関する試験
- 二. 注入材の材質改良に関する試験

松 田 健 一

### Studies on the Improvement Quality of Treated Woods with Synthetic Resin.

Kenichi MATSUDA

#### 緒 言

有用な木材資源の払底から、現在は外材を多量に輸入して木材不足を補っているが、反面、材質的に不安定で色々と問題をかかえているがゆえに、未開発材として取残されてきた地方産の樹木等を木材工業材料として活用することが要望されている。

一応、これらの外材や地方産の樹木の理学的な性質については、すでに究明され、又、目下究明されつつあるが、本研究では更に基礎的研究の段階から一步すすめて、それらの樹木の材質を人為的に改良して有用材に開拓しようとするのが目的である。

すなわち、木材にフェノールレジンを強制的に注入して木材のもつ不均質性、吸湿性、それに伴う歪や反狂等の性質を制御して木材の材質を変える試験で、各種の樹木に対するフェノールレジンの含浸性、膨張性及び機械的強度について検討した。尚、本研究は昭和42年から昭和45年にかけて鹿児島県木材工業試験場において、筆者の在職中に行ったもので、フェノールレジンによる木材の材質改良についての試験が一応終了したので、既発表の資料をも含めて整理し、その内から、2, 3を抜萃して報告する。なお、本試験は県木材工業試験場の永吉主任研究員、山田研究員と共に遂行したものである。

#### 一. 注入材の硬化処理に関する試験

##### I. はじめに

樹脂注入材は同一条件で処理した場合でも注入する樹脂、被注入材の材種によって含脂率の異なることが既発表の研究資料からも列挙されるが、この含脂率の異なる原因は材質の差や他に諸々のファクターがあるが、同一樹種においても含浸注入処理後、材内に注入された樹脂が加熱硬化処理の手段によって材外に吐出される量で異なる現象が考えられる。この点に着目して材内に注入した樹脂を硬化時に外部の吐出する量を最小限にとどめて出来るかぎりの高い含脂率を保持し、木質材料の改善を図ることを目標とし、適正な硬化方法を検討し、併せて機械的性質の改良性に関する試験デー

タを得たので報告する。

## II. 実験方法

### 1. 供試材

- (1) ミヤコダラ (*Kalopanax septemlobus* Koidz, var *lutchenms* Nemoto.)
- (2) タブノキ (*Machilus thumbergii* Sieb et Zucc.)
- (3) イタジイ (*Castanopsis cuspidata* Schottky var *sieboldii* Nakai.)

これらの材種の中から、木理通直なものを選び、含水率3~4%に乾燥調湿を行った。未処理材の含水率は15%程度であった。

### 2. 供試樹脂

- (1) 樹脂名 ネオレジン #75 (フェノールレジ系アルコール溶性タイプ) アイカ工業KK製
- (2) 性状 ①外観…赤褐色鮮明体 ②粘度…100~150 cp/20°C, ③揮発成分…65~67%, pH=7.2 ④溶解液…メタノール。

上記原液をメタノールで稀釈し、樹脂濃度50%に調整し、注入試験に供した。

### 3. 樹脂注入法

#### (1) 真空加圧含浸装置の概説

供試材を加減圧用タンクに密閉した後、貯液用タンクの樹脂を真空脱泡処理及び加減圧用タンクの中の供試材の真空排気処理を行う。次に樹脂を加減圧用タンクに送り、ペーンポンプ(圧力制御可能)で所要の圧力を加えて樹脂の注入を行う。加減圧用タンクの吐出側のバルブ調整にて圧力の調整と樹脂の循環が可能である。

#### 4. 注入条件の設定

木材の含浸試験の資料から検討を加えて、次の条件を設定した。

- (1) 樹脂の真空脱泡処理を1 mmHg に達するまで 10 分間
- (2) 木材の真空脱気処理を0.5 mmHg に達するまで 30 分間
- (3) 注入圧力 30 kg/cm<sup>2</sup>

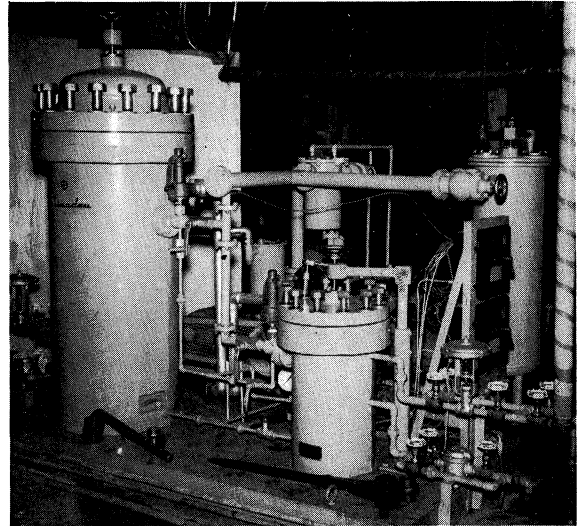


Photo 1. 真空加圧含浸装置

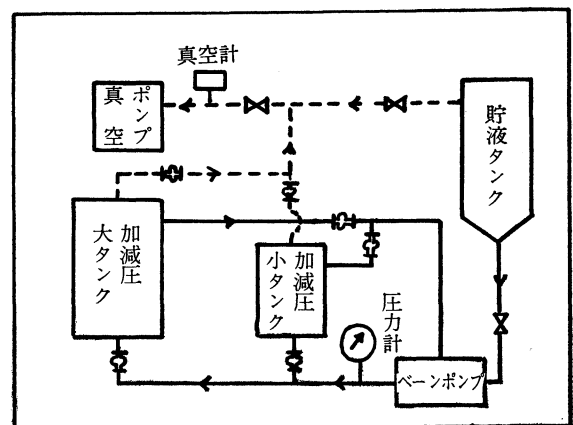


Fig. 1. 装置の系統図

(4) 加圧注入時間 40 分間

5. 硬化条件の設定

4の工程で樹脂を注入した材を加減圧用タンクから取出して、材表面の樹脂を拭きとったのち、そのまま常態乾燥に 48 時間附し、揮発成分の逸散を図った。その後に電気恒温乾燥器を用い、加熱反応による硬化作用を予備硬化、完全硬化処理の 2 段階に分け、予備硬化処理を 48 時間、完全硬化処理を 24 時間に設定し、温度処理を次の A, B, C, D の 4 段階に分けて硬化処理法による含脂率に関する検討を行った。

Table 1. 硬化条件

硬化条件	温度	
	硬化温度 C°	
	予備硬化	完全硬化
A	40	80
B	40	100
C	60	80
D	60	100

(注) 常態乾燥後を常後予備硬化後を予後完全硬化後を完後注入直後を注後と略省する。

6. 測定項目

(1) 含脂率 =  $\frac{\text{被注入材の処理後の重量} - \text{被注入材の処理前の重量}}{\text{被注入材の処理前の重量}} \times 100$

(2) 樹脂残留率 =  $\frac{\text{被注入材の硬化処理後の含脂率}}{\text{被注入材の注入直後の含脂率}} \times 100$

(3) 曲げ強度試験 (JISZ-2113)

$$\sigma_b = \frac{3pl}{2bh^2} \text{ kg/cm}^2$$

∴ P … 最大荷重 kg    b … 半径方向 cm

l … スパン cm    h … 接線方向 cm

(4) 衝撃吸収エネルギー (JISZ-2116~63)

$$\sigma_i = \frac{W}{A} \text{ kg-m/cm}^2$$

∴ W … 衝撃仕事量 kg-m.

A … 断面積 cm<sup>2</sup>

III. 結 果

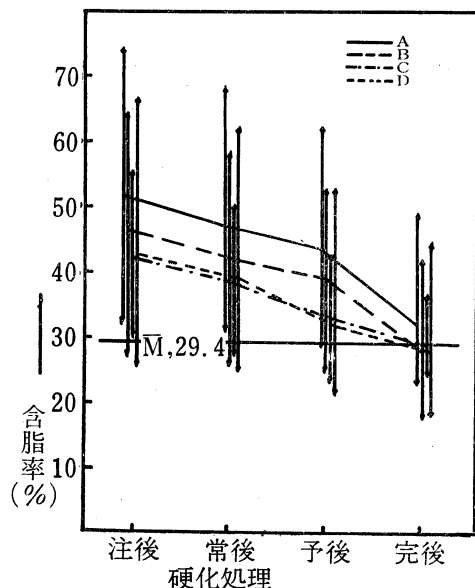


Fig. 2. ミヤコダラの硬化処理による含脂率の変化

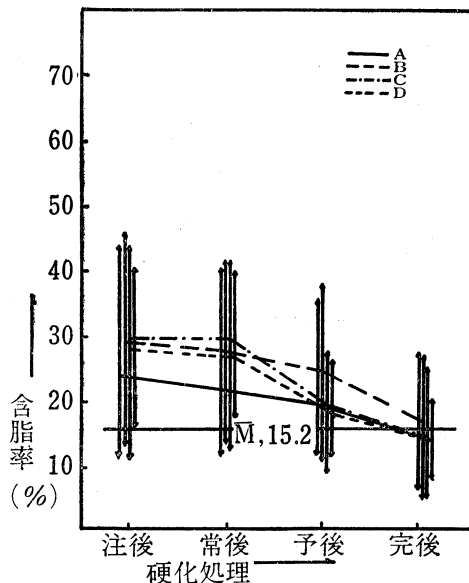


Fig. 3. タブの硬化処理による含脂率の変化

含脂率は Fig. 2, 3, 4 に示されるように 3 樹種の完後の平均含脂率はミヤコダラが 24.5%, タブ 15.2%, イタジイが 5.5% となっている。硬化処理段階では、いずれの材も相対的に注入後の材内の樹脂は処理の過程を追うに従って吐出して減少の傾向にある。

硬化処理における含脂率の変化については、3 樹種を硬化条件別にまとめて検討すると、硬化条件 A 処理における 3 樹種の完全硬化後の平均含脂率は 17.4%, B, C, D でもほぼ同様の値を示している。

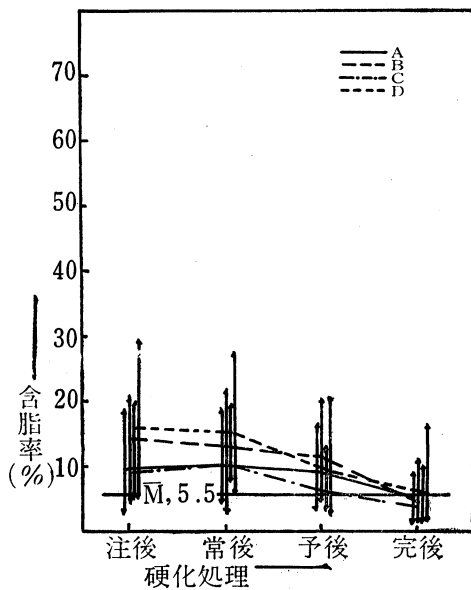


Fig. 4. イタジイの硬化処理による含脂率の変化

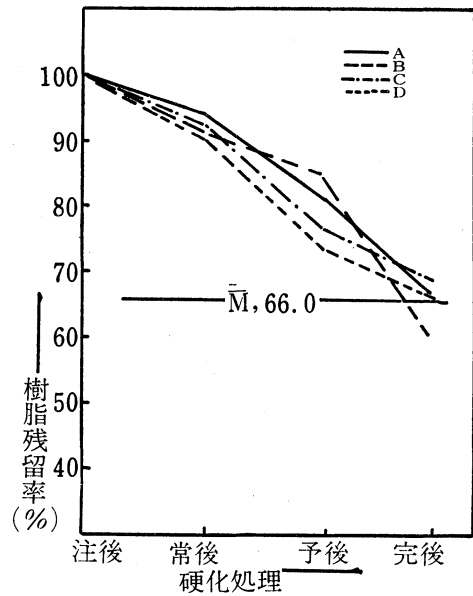


Fig. 5. ミヤコダラの硬化処理に伴う樹脂残留率の変化

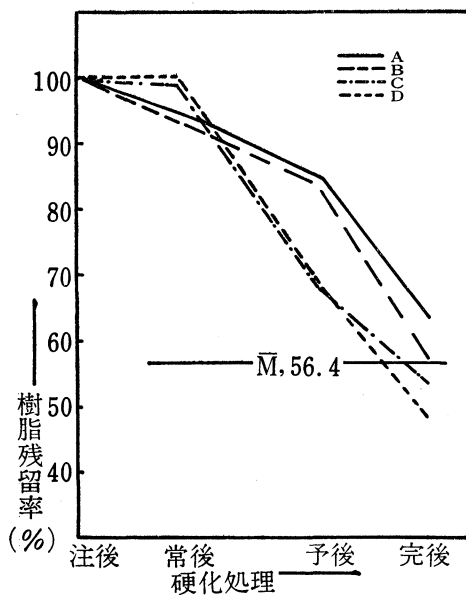


Fig. 6. タブの硬化処理に伴う樹脂残留率の変化

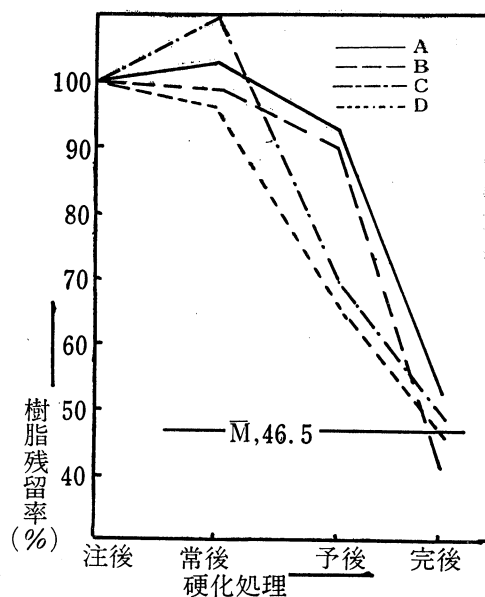


Fig. 7. イタジイの硬化処理に伴う樹脂残留率の変化

硬化処理に伴う各樹種の樹脂残留率は Fig. 5, 6, 7 をみると注入直後から常態乾燥時 までは気象条件の影響をうけて多少のバラツキを示した。

硬化条件 A, B の場合, 予備硬化段階までは樹脂残留率の減少はゆるやかであるが, 完全硬化段階にかけて急激な減少を示すのに対し, 硬化条件 C, D においては予備硬化段階までは急に下り, 完全硬化段階にかけてゆるやかである。この現象は3樹種とも前述の如く, 予備硬化温度の因子によって二通りの樹脂残留率の変動の傾向をもっているが, ミヤコダラについては硬化温度因子による影響はみられない。

各樹種の平均樹脂残留率は Fig. 5, 6, 6, 7 に示すようにミヤコダラが高くイタジイが低い値をとり, 残留率は樹種間では明らかな相違いを示している。

樹脂残留率について云えることは, 含脂率の高い樹種ほど残留率も高く, 含脂率の低い樹種ほど残留率も低い傾向を示している。これは樹脂の減少割合にほかならない, 硬化条件 A, B についてはイタジイの樹脂残留率は他の2樹種に比して完全硬化段階では顕著な下降を示したが, 硬化条件 C, D についてはタブ, イタジイの樹脂残留率はミヤコダラにくらべて予備硬化処理で急激な下降の傾向を呈した。

機械的強度は Table 2 の曲げ強さについてみると, 未処理材の強度を 100 とした場合, 硬化処理によってイタジイは平均指数 102 と余り変りないが, ミヤコダラは 155, タブ 161 と約 1.5 倍となっている。その内でタブは硬化条件の因子による大きな変化はみられなかった。それに対して, ミヤコダラとイタジイについてはその影響はみられた。

Table 2. 樹脂注入剤の機械的性質

樹種		ミヤコダラ		タブ		イタジイ	
機械的性質	処理別	強度 kg/cm <sup>2</sup>	増加率(%)	強度 kg/cm <sup>2</sup>	増加率(%)	強度 kg/cm <sup>2</sup>	増加率(%)
	曲げ強度	未処理	750		817		1160
A		1205	61	1250	53	1110	-4.3
B		1250	67	1280	57	1190	2.6
C		1100	47	1230	75	1300	11.1
D		1090	45	1330	75	1150	-1.2
撓み量	未処理	12.7		11.2		9.7	
	A	11.3	11.8	9.7	12.7	6.2	26.1
	B	7.5	40.9	10.7	4.2	7.3	24.8
	C	8.2	35.4	9.3	16.1	7.7	10.6
	D	7.5	40.9	9.5	15.3	6.7	30.9
衝撃吸収エネルギー	未処理	4.18		2.10		4.22	
	A	2.16	-48.4	3.00	+42.8	2.73	-35.3
	B	2.00	-52.2	3.02	+43.8	2.47	-41.5
	C	1.55	-62.9	2.92	+39.1	2.56	-39.3
	D	1.88	-55.1	2.85	+35.7	2.18	-43.6

撓み量は硬化処理によって、タブは未処理材と余り変化ないがミヤコダラ、イタジイの場合、硬化条件 A を除いて低下の現象を呈している。

衝撃吸収エネルギーは硬化処理によってタブは未処理材のそれを 100 とした場合、平均指数 141 と顕著な向上がみられた。ミヤコダラ 46, イタジイ 61 でとくにミヤコダラが低くなっている。

#### IV. 考 察

前記結果について総合的検討を加えるに、次の如き諸点をあげることができる。

(1) 材中にいったん加圧注入された樹脂は硬化処理の過程にて樹脂中に含まれている溶剤の逸散及び加熱硬化処理によって材の内部温度の上昇に伴い、樹脂が外部へ吐出されるために、漸時、含脂率が減少してゆくものである、が、注入直後に含脂率の低かったイタジイは外部気象条件の影響を受け易く、含脂率の増加率が高くなっている。これは常態乾燥期間中が非常に多湿であったために水分を吸収したものと考えられる。

(2) 材内に加圧注入された含脂率のバラツキは Fig. 1~3 からみられるように、6~9%あるため注入直後の含脂率を基準として樹脂残留率を算出し、この樹脂残留率の増減によって硬化条件の適否を検討してみると、Fig. 5~7 にて示される様に、樹脂残留率はミヤコダラが最もよく、次いでタブ、イタジイの順となっている。ミヤコダラは硬化条件 B を除く、他の条件が良く、条件 C が最もよかった。タブについては条件 A, B がよく、その中でも条件 A が良好であった。このことは硬化温度が上昇することによって樹脂残留率が下るものと考えられる。イタジイについては硬化条件 A, C がよく、条件 B, D がわるい。このことは完全硬化温度が高くなれば残留率がわるくなるものと推察される。

(3) 硬化条件について考察すると完全硬化温度の影響があり、温度を上昇させることによって残留率は低下するものと考えられる。このことは完全硬化温度の高い硬化条件 B, D の樹脂の吐出量の多いことが観察される点からも判る。尚、イタジイは含脂率が低いからか、その特徴はみられない。

(4) Table 2 から注入処理によって、曲げ強度の向上、撓み量、衝撃吸収エネルギーの減少という一般的な傾向を示しているが、曲げ強さについては硬化条件 A は条件 C D にくらべて大きく撓み量、衝撃吸収エネルギーの減少割合も小さい。このことは前述の含脂率の結果からも硬化条件 A がミヤコダラの硬化方法としては適当と思われる。

タブについては、曲げ強さは著しく向上しているにも拘らず、撓み量は僅かな減少しか示していない、尚、衝撃吸収エネルギーは注入処理によって減少すると云う一般的な事象を示さず、未処理材のそれよりもかなりの向上が認められた。これは前述の含脂率からも硬化条件 A がタブについて良好であることを示すものである。

イタジイの機械的性質については、硬化条件 C が良好だが、相対的に注入処理による影響は少い。前述の含脂率の項でのべたことから硬化条件 C が適当と考えられる。結果的にはイタジイは含脂率

も低く機械的性質の改善も認められないところから樹脂注入の効果을期待することはできないものと思われる。尚、衝撃吸収エネルギーの低下は高温処理による材質の劣化に起因すると考えられる。

今回の試験で、樹脂注入法のひとつのポイントであった樹脂注入材の硬化条件について樹脂の吐出状態や温度、時間の關係を把握できたことは大きな成果であった。

## 二. 注入米材の材質改良に関する試験

前回までは国産材の材質改良に関する試験を実施してきたが、多量に輸入されている米材の材質改良に関するデータは得られていないのでここでは米材とくに針葉樹がフェノール系アルコール溶性樹脂、水溶性樹脂を注入した場合の材質が如何に変わるかを検討する為に試験を行い、この資料を得たので報告する。

### I. 実験方法

#### 1. 供試材

- (1) ベイスギ (*Thuja picata* D. Don.)
- (2) ベイツガ (*Tsuga heterophylla* Sarg.)

供試材は初期含水率 15% 程度のものを電気恒温乾燥器で 3% まで乾燥調湿を行った。寸法、数量は 20×20×300 mm で含脂率用、比重用、曲げ強度用、衝撃吸収圧用各 32 本、硬度用 10 本

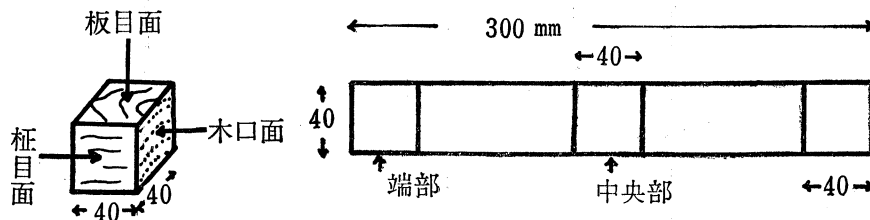


Fig. 8. 硬度用試験片の寸法と位置

#### 2. 供試樹脂

注入用樹脂はフェノール系の次の 2 樹脂を使用した。

- (1) A 樹脂フェノールレジソアルコール溶剤タイプ (ネオレジソ #75) アイカ工業 K K 製 (性状は一~II~2~(2) を参照)
- (2) B 樹脂フェノールレジソ水溶性タイプ (ネオレジソ #70) アイカ工業 K K 製 (性状は溶解液が水である外は上記と変わらず)

上記の A, B 樹脂を注入用に供するために、夫々メタノールと水で稀釈し、樹脂濃度を 50% とした。

#### 3. 注入硬化条件の設定

- (1) 樹脂の真空脱泡処理を 1 mmHg に達するまで 10 分間

- (2) 木材の真空脱気処理を 0.5 mmHg に達するまで 30 分間
- (3) 注入圧力 20 kg/cm<sup>2</sup>
- (4) 硬化条件 イ. 常態乾燥 48 時間  
ロ. 予備乾燥を 40°C で 48 時間  
ハ. 完全乾燥を 80°C で 24 時間

#### 4. 測定項目

(1) 含脂率, 曲げ強度, 衝撃吸収エネルギーについては一〜II〜(1) を参照。

(2) 比重 =  $\frac{W}{V}$

W…重量 g

V…体積 cm<sup>3</sup>

(3) 硬度 =  $\frac{P}{10\pi h}$  kg/mm<sup>2</sup>

P…圧入深さ h が 1/π mm なるときの荷重 kg

h…圧入深さ ≒ 0.32 mm

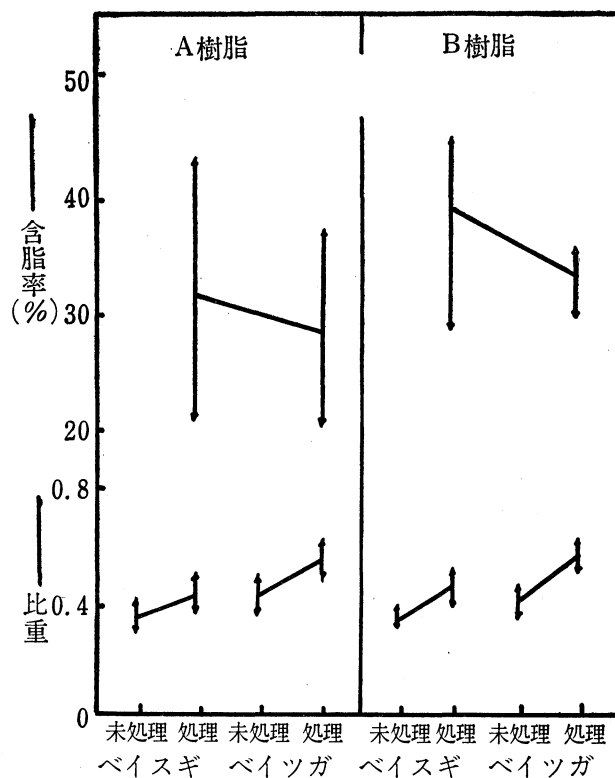


Fig. 9. A B樹脂注入材の樹種別比重と含脂率

## II. 結 果

含脂率については, Fig. 9 でA樹脂注入材ともベイツガは, ベイスギよりも含脂率は低くなっている。ベイツガとベイスギの含脂率の比は A 樹脂が 0.93 であるのに対し, B樹脂は 0.85 で, B樹脂の場合がベイツガはベイスギよりも樹脂の注入が悪い傾向を示している。

注入樹脂について, 含脂率の比較をしてみると Fig. 10 からベイツガ, ベイスギいずれの場合も



B 特脂の方が A 樹脂よりも含脂率は高く、ベイスギの場合、上昇率は 24%，ベイツガで 13%となっている。

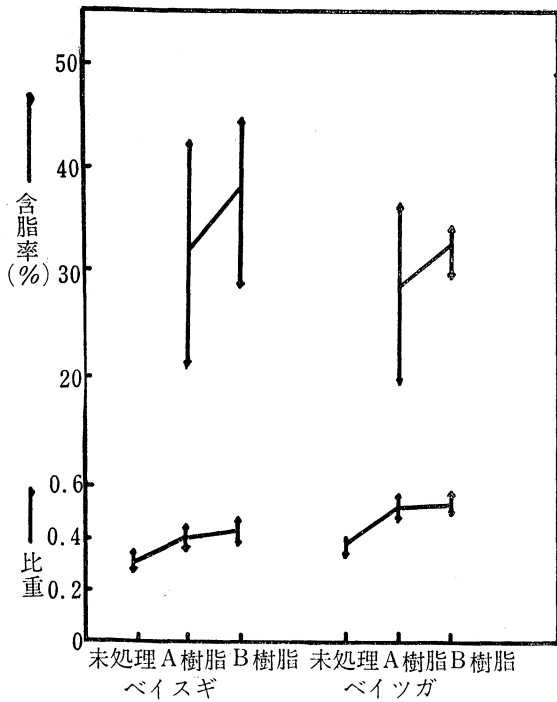


Fig. 10. 樹脂注入材, 未処理材の比重と含脂率

比重についてみると Fig. 9 から当然のことながら、ベイスギ、ベイツガとも 27~37%と注入材が未処理材よりも大きくなっている。A 樹脂の場合、その上昇率の比はベイツガがベイスギの 1.16 となっているが B 樹脂の場合はその逆の 0.93 となっている。

Fig. 10 から A, B 樹脂について比重の変化を比較するとベイツガは殆んど差がないが、ベイスギの場合は B 樹脂の方が大きい。

機械的性質について先ず、曲げ強度の改良性を検討してみると、注入処理によって曲げ強度は未処理材に対して 17~33% 程度の向上を示している。

樹種による曲げ強度の変化をみると Fig. 11 から A 樹脂については、ベイツガの 26.1%の

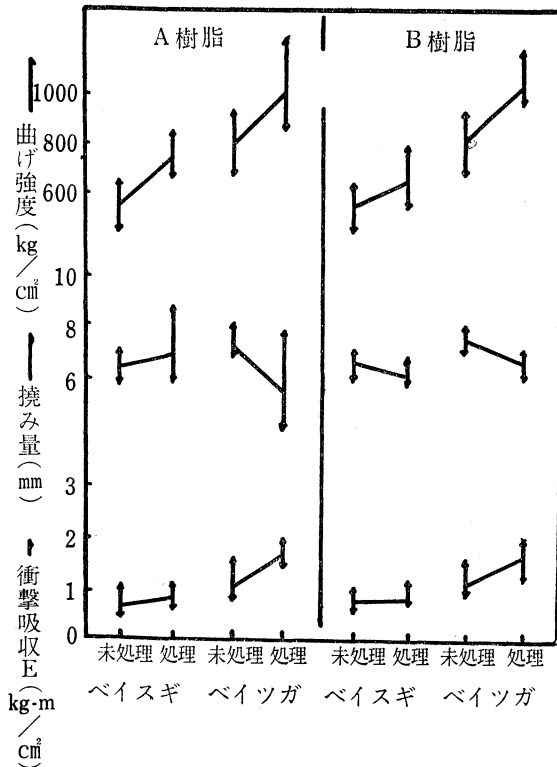


Fig. 11. A B 樹脂注入材の機械的強度

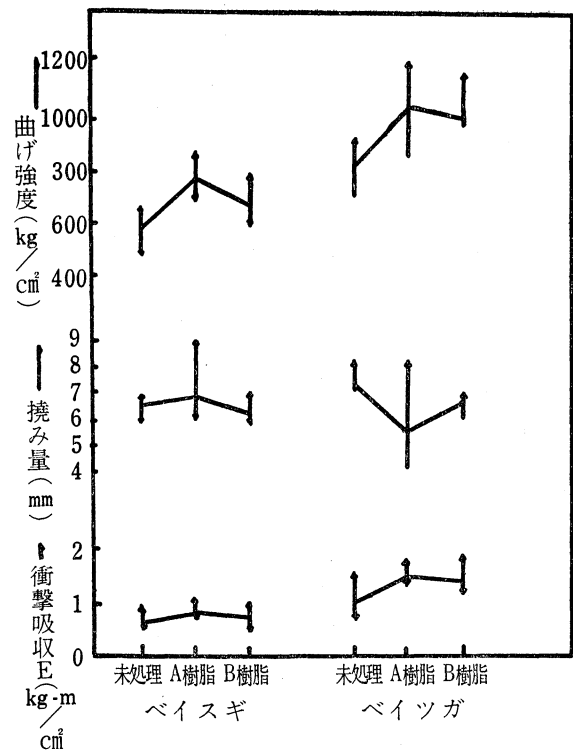


Fig. 12. 樹脂注入材, 未処理材の機械的強度

上昇に対し、32.9%とベイスギが高くなっている。Fig. 12 から A樹脂注入材の曲げ強度はB樹脂注入材よりも高くなっている。

樹脂注入による衝撃吸収エネルギーは Fig. 11 で判る様にいずれの樹種も未処理材よりも大きくなっている。

A, B樹脂について比較してみると Fig. 12 から衝撃吸収エネルギーは曲げ強度と同じ様に A樹脂の場合の方が高い傾向を示している。

Fig. 13~14 にみられるように樹脂注入処理によって硬度は上昇している。木口面の硬度は、柁、板目面の硬さにくらべて著しく向上している。なかでも 端部における木口面の硬度は未処理材に対し 97~139%の上昇を示している。

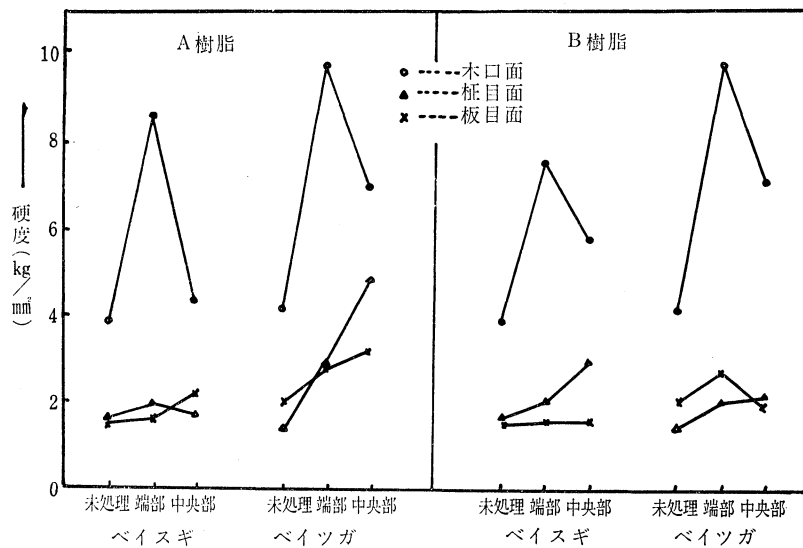


Fig. 13. AB樹脂注入材の硬度

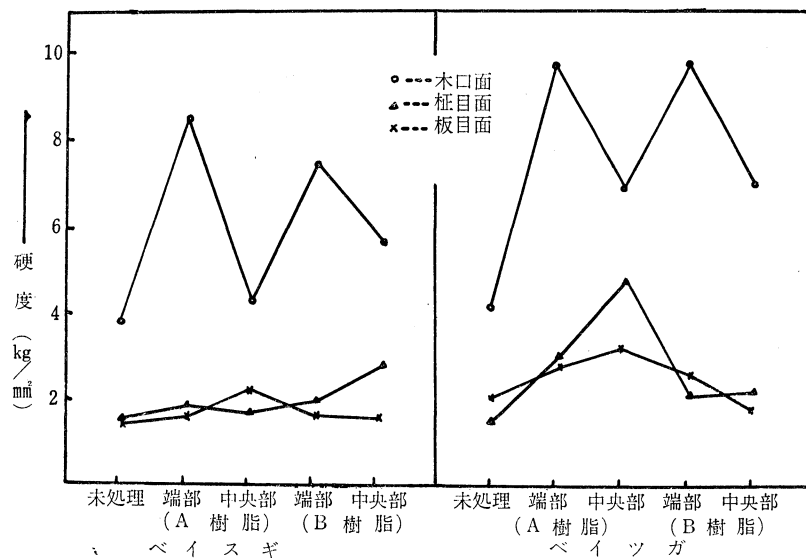


Fig. 14. 樹脂注入材, 未処理材の硬度

### III. 考 察

試験結果を検討すると次の如き諸点をあげることができる。

1. ベイスギ、ベイツガともにB樹脂（水溶性タイプ）に比し、A樹脂（アルコール溶剤タイプ）の含脂率は低いのであるが曲げ強度、衝撃吸収エネルギーは、B樹脂注入材よりも高い値をとり、材質の機械的性質の改善にはアルコール溶剤タイプのA樹脂の効果が認められる。
2. 曲げ強度測定の際の撓み量については、一般に樹脂注入処理によって小さくなるのに反し、ベイスギのA樹脂注入材の場合はやや未処理材より大きくなっている。
3. 衝撃吸収エネルギーは前述（一）の広葉樹の結果は未処理材よりも低下しているのに対し、今回の針葉樹においては僅かであるが向上がみられた。
4. 木材へ合成樹脂を注入する場合は、含脂率は比重に影響されるものであって、本研究においても比重の小さいベイスギの含脂率は比重大なるベイツガよりも高いが同体積における樹脂注入量は比重の大なるベイツガの方が多くなっている。

処理材の硬度は木口面の硬さは端部が中央部に比してかなり高く柾目、板目面は中央部、端部共にさほど差はない。このことから表層部が内部より硬度が向上していることが認められる。これは樹脂の木材への注入状態とほぼ一致する結果である。

上記試験の他に、寸度安定に関する問題、辺心材への注入、材質改善に関する試験を行って、木材の樹脂注入による材質改善についての資料をえたが今後、これらをもとにして、材質改良材の利用面についての研究開発を継続してゆく計画である。

### 参 考 文 献

- 1) 木材工学梶田茂編著養賢堂
- 2) 木材工業ハンドブック林業試験場編丸善
- 3) 原色木材大図鑑貴島恒夫著保育社
- 4) 樹脂注入による改良木材の研究（第1報）産工試九州出張所 '66
- 5) 樹脂注入による竹材の材質改良研究鹿児島県木材工業試験場 '67