

7 試験研究事項

樹脂注入による木材の材質改良研究

(第 一 報)

注入材の硬化処理に関する試験

主任研究員 永吉 忠之

研究員 松田 健一

研究員 山田 式典

I はじめに

木材の材質改良の手段として、合成樹脂、とくに石炭酸樹脂の含浸による効果が顕著であることは、既発表の研究資料からも知られている。その中で、樹脂注入材は、注入する合成樹脂、及び被注入材の材種、その他の因子によつて含脂率の異なることが列挙されている。

この含脂率の異なる原因については、材種が異なり、木材の性質が均一でなく、複雑な内容を有している事もあげられるが、同一樹脂においても含浸処理後、材内に注入された樹脂が、加熱硬化処理の手段によつて、材外に吐出する量が異なるという現象が考えられる。

この点に着目して、材内に注入された樹脂を硬化時に外部に吐出する量を最小限にとどめて出来る限りの高い含脂率を保持して、木質材料の改善を図ることを研究目標とした。

その為に、如何なる加熱硬化方法が樹脂の残留効果を期待できるかを、このたびの試験では採り上げて硬化処理の過程を、常態時における乾燥、加熱硬化の第1段階としての予備硬化、第2次として完全硬化の3段階に区分し、それぞれに温度、時間のファクターを加味し、適正な硬化条件の設定に検討を加え、併せて、機械的性質の改善性に関する試験データも得たので報告する。

II 実験方法

1. 供試材

(1) ミヤコダラ

Kalopanax septemlobus Koidz var *lutchuense* Nemoto

環孔材で道管の径200~400 μ で狂いのはげしい材

(2) タブノキ

Machilus thumbergie Sie et Zucc

散孔材で道管の径50~140 μ で、樹脂成分の多い材

(3) イタジイ

Shiia sieboldi Makino

放射孔材で道管の径100~320 μ でタンニンの多い材

これらの材種の中から木理の通直なものを選び、含水率3~4%に乾燥調湿を行つた。未処理材の含水率は15%であつた。

供試材として次の項目について、寸法、形状及び数量を作成した。

- | | | |
|-----------|-------------------------|------|
| (1) 含脂率用 | 20×20×300 ^{mm} | 120本 |
| (2) 曲げ強度用 | " | 90本 |
| (3) 衝撃強度用 | " | 90本 |

2. 供試樹脂

含浸用樹脂はphenol系のアルコール溶性タイプの樹脂を使用した。

- (1) 樹脂名 ネオレジン#75(原液) アイカ工業KK製
- (2) 性状 イ、外觀 赤褐色鮮明体
- ロ、粘度 100~150 CP/20℃
- ハ、揮発分 65~67%
- ニ、pH 7.2~7.4
- ホ、溶解液 メタノール

上記の原液を含浸用に供するために、メタメールで希釈し、樹脂濃度50%にして樹脂含浸試験を行った。

3. 供試器機

- (1) 真空加圧含浸装置(真空度0.01mmHg, 加圧度40kg/cm²) 島津製作所製
- (2) 直示天秤(容量1,000g, 最小容量0.1g) 島津製作所製
- (3) 電気恒温乾燥機 小型二基
- (4) アムスラー型4ton木材万能試験機 東京衝機製造所製

4. 含浸条件の設定

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、含浸処理を行った。

- (1) 樹脂の真空発泡処理を1mmHgに達するまで10分間
- (2) 木材の真空脱気処理を0.5mmHgに " 30分間
- (3) 含浸圧力を 30kg/cm²
- (4) 加圧含浸時間を 40分間

5. 硬化条件の設定

4の工程にて樹脂を注入した材を加減圧タンクから取り出して、材表面の樹脂分を拭きとったのち、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、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、予備硬化時間を48時間、完全硬化時間を24時間に設定し、温度処理を次のA、B、C、Dの4項目に区分して、硬化処理法による含脂率に関する検討を行った。

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

(注) 今後は下の語を省略して記す
 常態乾燥後のことを常後
 予備硬化後 " 予後
 完全硬化後 " 完後
 含浸直後 " 浸後

硬化条件別記号.

III 試験測定項目

1. 物理的性質

含浸処理による木材の含脂率、樹脂残留率の算出には次式を用いた。

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

$$(2) \text{樹脂残留率} = \frac{\text{被注入材の各硬化処理後の含脂率}}{\text{被注入材の含浸直後の含脂率}} \times 100(\%)$$

2. 機械的性質

合浸処理した木材の機械的強度の測定には、アムスラー型 4 ton 木材万能試験機を使用した。

(1) 曲げ強度試験

JISZ-2113の規格を適用し、2点支持の中央集中荷重として柾目前から荷重を加えた。

$$\text{曲げ強さ} = \frac{3 p l}{2 b h^2} \text{ kg/cm}^2 \quad \begin{array}{l} p = \text{最大荷重 } \text{kg} \\ h = \text{接線方向} \end{array} \quad \begin{array}{l} l = \text{スパン } 20 \text{ cm} \\ b = \text{半径方向 } \text{cm} \end{array}$$

$$\text{曲げ強度指数} = \frac{\text{被注入材の処理後の強度}}{\text{被注入材の処理前の強度}} \times 100$$

(註) 曲げ強度試験と併せて撓み量 (mm) を測定した。

(2) 衝撃吸収エネルギー

JISZ 2116-63の規格を適用し、10 kg-m, シャルピー衝撃試験機を使用して、柾目側から荷重を加えた。

$$\text{衝撃吸収エネルギー} = \frac{\text{衝撃仕事量 } W}{\text{断面積 } A} \text{ kg-m/cm}^2$$

$$\text{衝撃吸収エネルギー指数} = \frac{\text{被注入材の処理後の吸収エネルギー}}{\text{被注入材の処理前の吸収エネルギー}} \times 100$$

IV 試験結果

1. 含脂率について

Fig 1, 2, 3に示されるように、ミヤコダラの完後の平均含脂率は29.4%と最も高い値を示した。タブの場合は15.2%、イタジイは5.5%であり、含脂率は低い。

硬化処理の段階においては、いずれの樹種も相対的に含浸直後の材内の樹脂は、処理の段階を追うに従って当然のことながら減少する傾向にある。

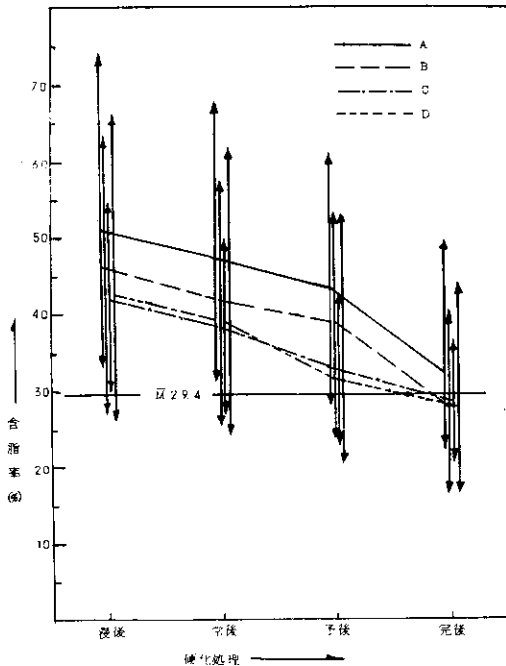


Fig 1. ミヤコダラの硬化処理による含脂率の変化

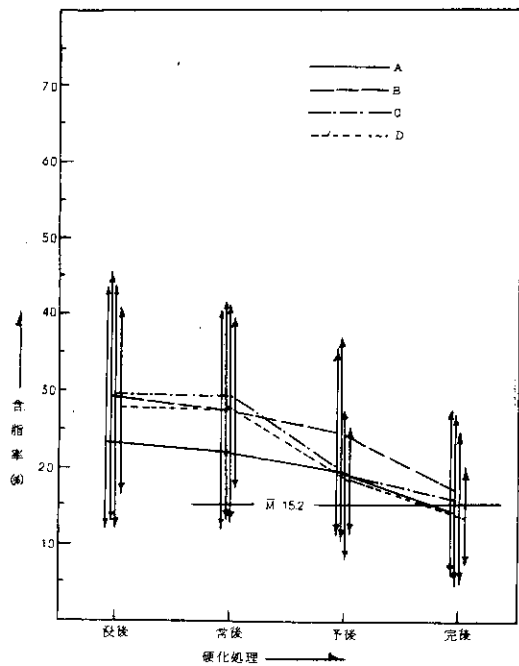


Fig 2. タブの硬化処理による含脂率の変化

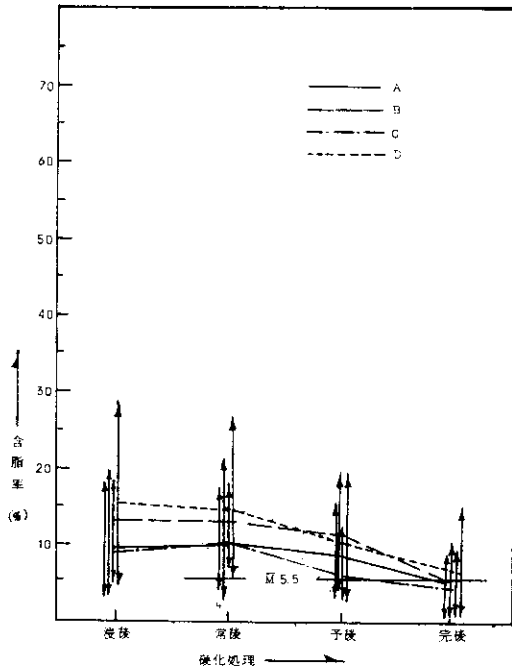


Fig 3. イタノイの硬化処理による含脂率の変化

2. 硬化処理段階における含脂率の変化について

(1) Fig 4, 5, 6, 7からみられるように3樹種においては、各条件別処理による平均含脂率（完全硬化後の含脂率の平均値）は、ほぼ同様の値であり、しかも同一条件下における含脂率の変動は、減少の傾向を示しているが、樹種相互間の交互作用は認められない。

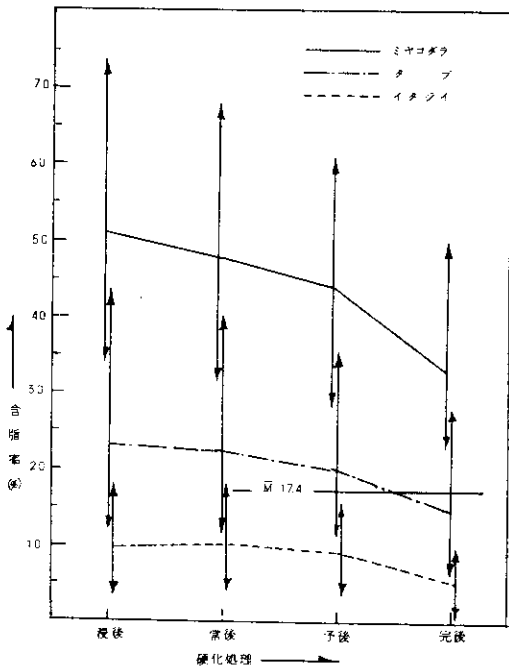


Fig 4. 硬化条件(A)における樹種の含脂率変化

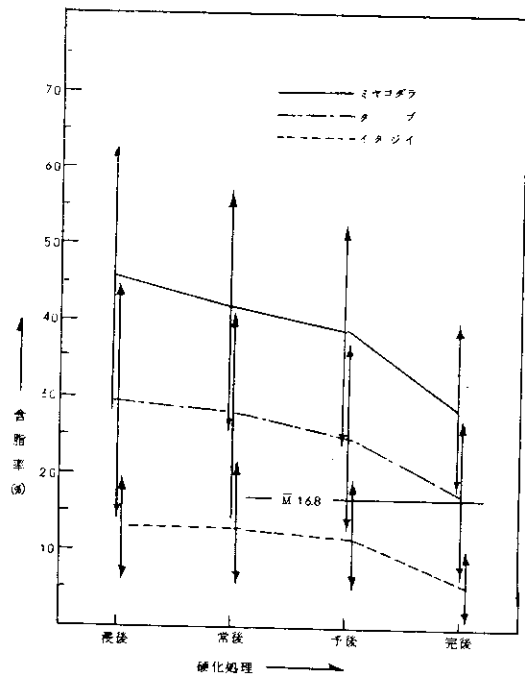


Fig 5. 硬化条件(B)における樹種の含脂率変化

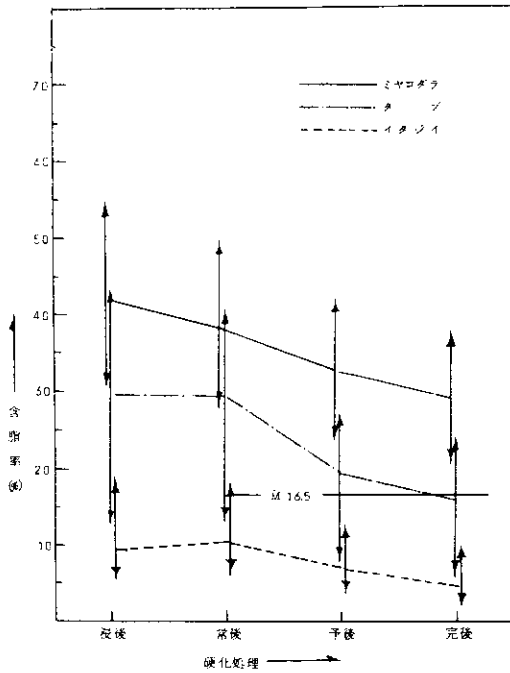


Fig 6. 硬化条件(C)における樹種の含脂率変化

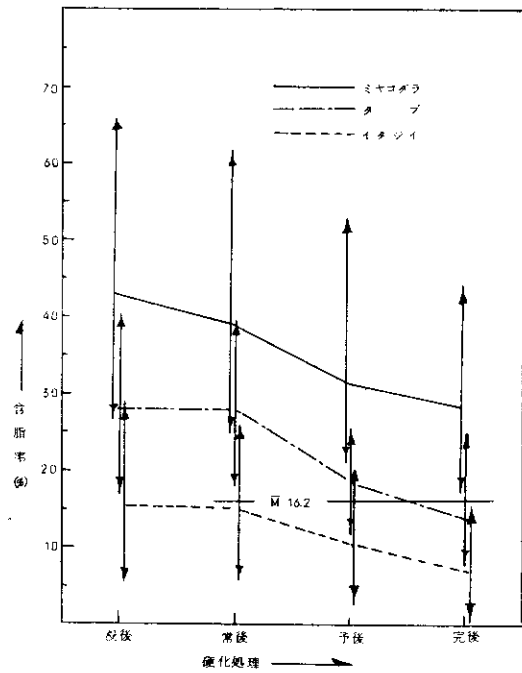


Fig 7. 硬化条件(D)における樹種の含脂率変化

3. 硬化処理に伴う樹脂残留率について

Fig 8, 9, 10をみると、各樹種についての樹脂残留率は含浸直後から、常態乾燥時までには気象条件によって、多少のバラツキを呈した。

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に於いては、予備硬化段階までが急激に下り、完全硬化段階にかけてはゆるやかである。

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 8, 9, 10に示す様に、ミヤコダラが高く、イタシイが低く値をとり、残留率は樹種間では、明らかな相違を示している。

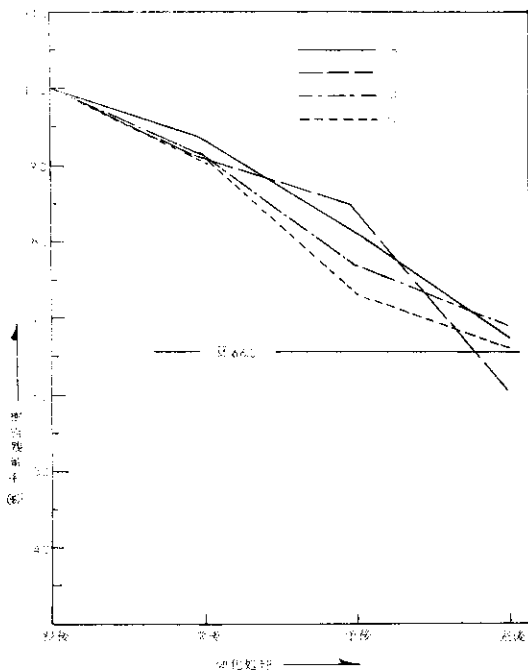


Fig 8. ミヤコダラの硬化処理に伴う樹脂残率の変化

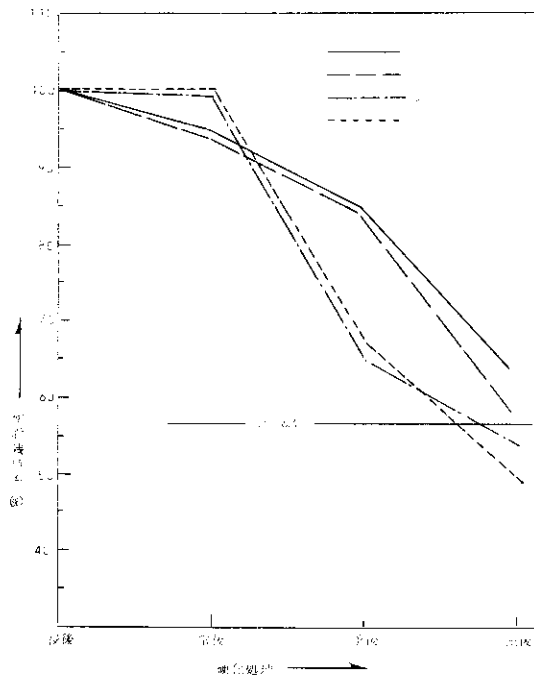


Fig 9. タブの硬化処理に伴う樹脂残率の変化

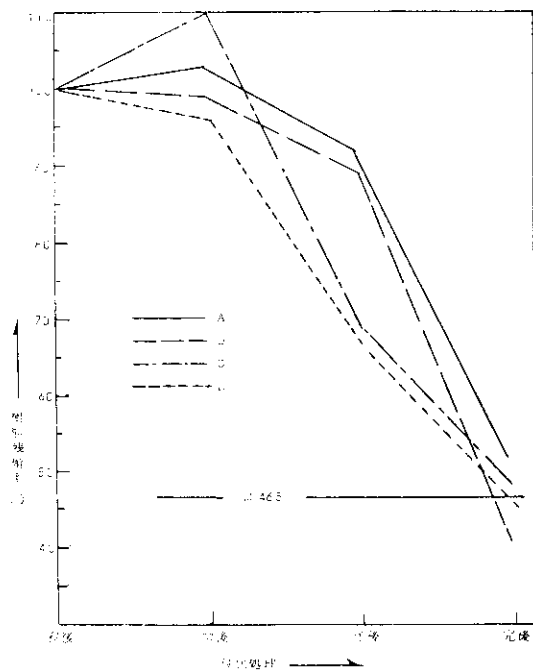


Fig 10. イタジリの硬化処理に伴う樹脂残率の変化

(2) Fig 11, 12, 13, 14から樹脂残率について云えることは、含脂率の高い樹種ほど残率も高く、含脂率の低い樹種ほど残率も低い傾向を示している。これは樹脂の減少割合の相違にほかならない。

硬化条件A, B (Fig 11, 12)については、1項ですでに述べたが、イタジリの樹脂残率は他の2樹種にくらべて、完全硬化段階では、顕著な下降を示したが、硬化条件C, D (Fig 13, 14)については、タブ、イタジリの樹脂残率は、ミヤコダラに比して予備硬化処理で急激な下降の傾向を示した。

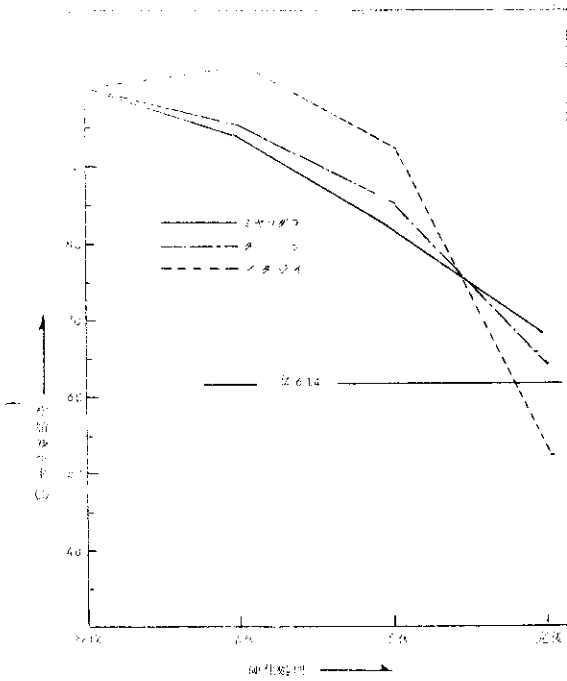


Fig 11, 硬化条件Aにおける樹種の樹脂残留率変化

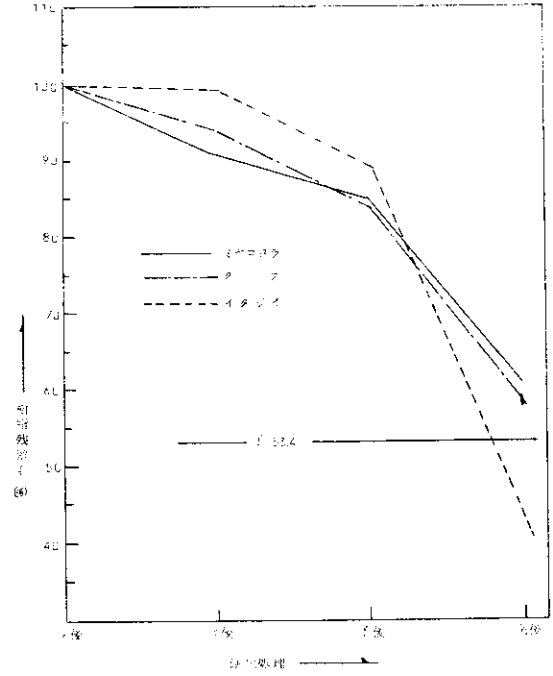


Fig 12, 硬化条件Bにおける樹種の樹脂残留率変化

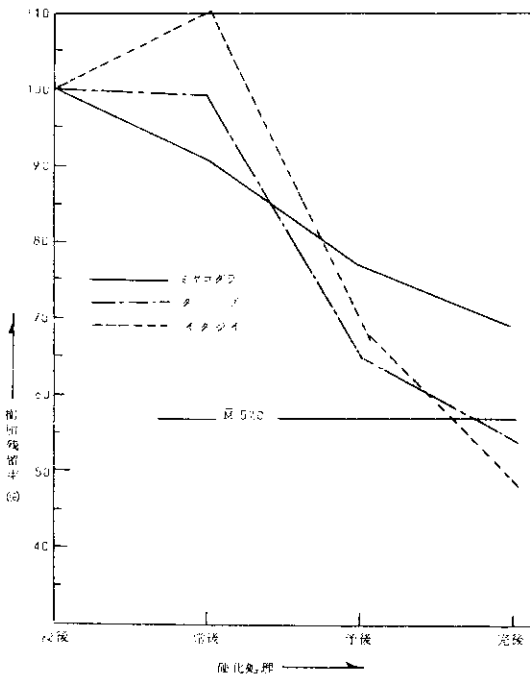


Fig 13, 硬化条件Cにおける樹種の樹脂残留率変化

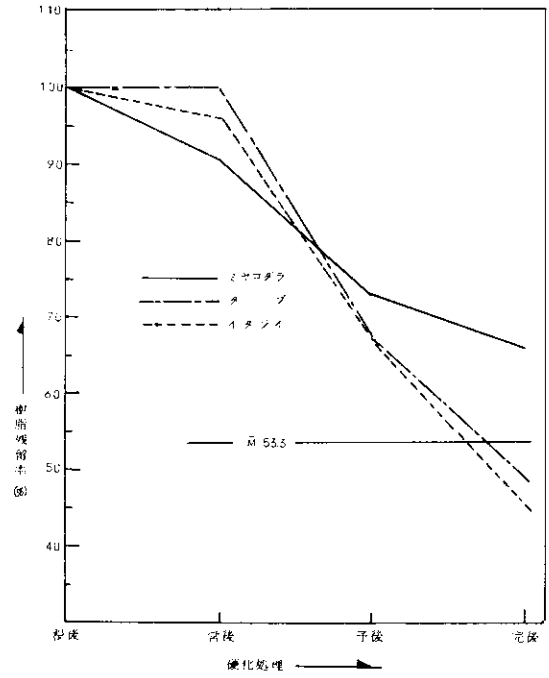


Fig 14, 硬化条件Dにおける樹種の樹脂残留率変化

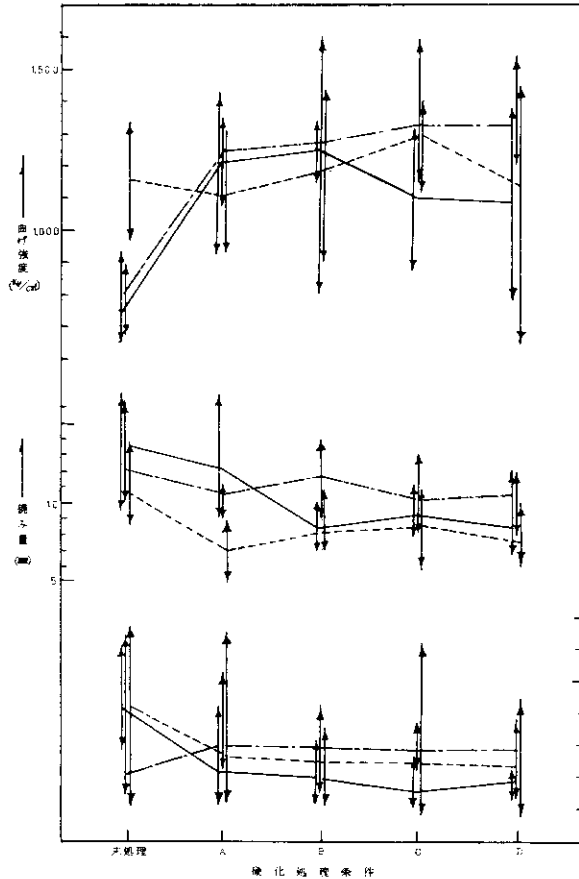


Fig 15. 硬化条件別樹種の機械的強度比較

ギーを100とした場合、平均指数141と顕著な向上がみられた。それに対して、ミヤコダラ46、イタジイ61で特にミヤコダラが低くなっている。

4. 機械的強度

(1) 曲げ強さについて

Fig 15, 16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と余り変化を生じないが、ミヤコダラ155、タブ166と約1.5倍となっている。

その中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、その影響がみられた。

撓み量はFig 15から、硬化処理によってタブは、未処理材と余り変わらないが、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。

(2) 衝撃吸収エネルギーについて

Fig 15, 16の通り、衝撃吸収エネルギーについてみると、硬化処理によってタブは、未処理材の衝撃吸収エネルギー

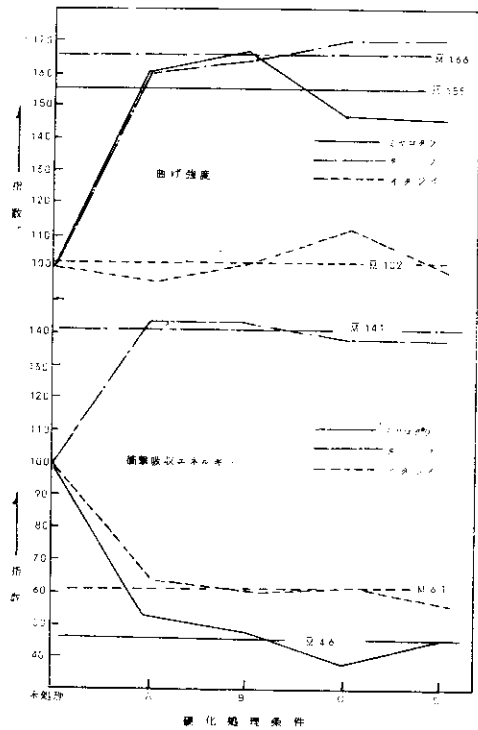
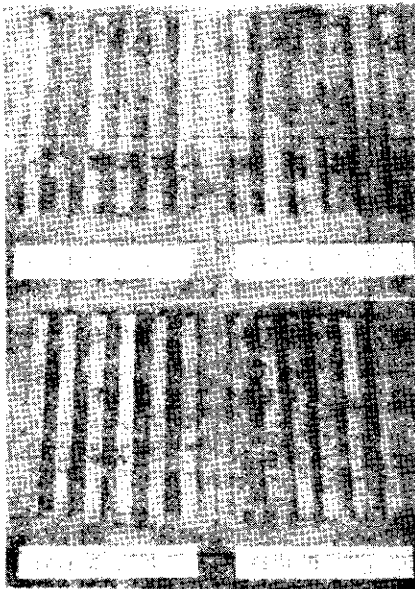
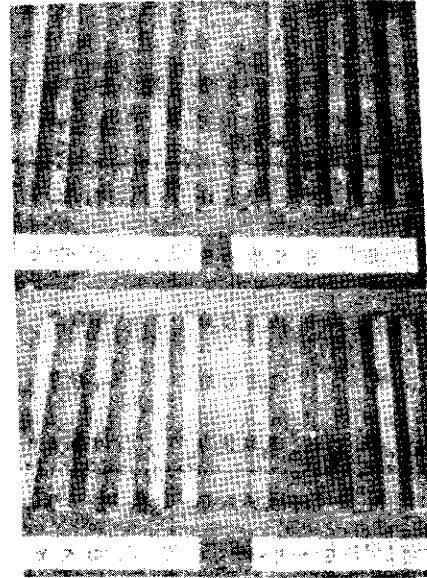
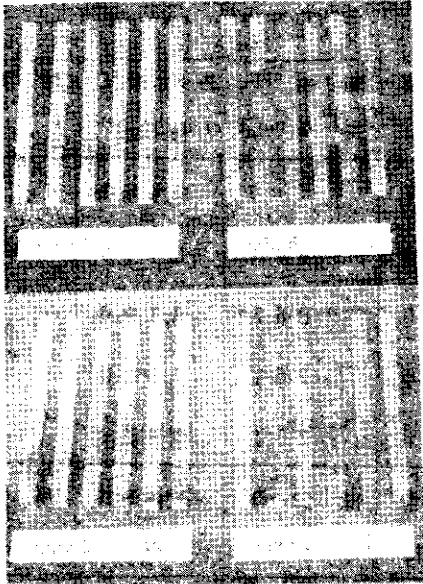


Fig 16. 硬化条件別樹種の機械的強度の変化指数

樹脂注入によって変化する含浸材の機械的性質

機械的性質		ミヤコダラ		タブ		イタジイ	
曲げ強度	樹種別	平均強度 <i>kg/cm²</i>	増加率 %	平均強度 <i>kg/cm²</i>	増加率 %	平均強度 <i>kg/cm²</i>	増加率 %
	曲げ強度	未	750		817		1,160
曲げ強度	A	1,205	60.7	1,250	53.0	1,110	-4.3
曲げ強度	B	1,250	66.7	1,280	56.7	1,190	2.6
曲げ強度	C	1,100	46.7	1,330	75.1	1,300	12.1
曲げ強度	D	1,090	45.4	1,330	75.1	1,150	-1.2
撓み量	樹種別	平均撓み量 <i>mm</i>	減少率 %	平均撓み量 <i>mm</i>	減少率 %	平均撓み量 <i>mm</i>	減少率 %
	撓み量	未	12.7		11.2		9.7
撓み量	A	11.2	11.8	9.7	12.7	6.2	36.1
撓み量	B	7.5	40.9	10.7	4.2	7.3	24.8
撓み量	C	8.2	35.4	9.3	16.1	7.7	20.6
撓み量	D	7.5	40.9	9.5	15.3	6.7	30.9
衝撃吸収エネルギー	樹種別	平均衝撃吸収エネルギー <i>kg·m/cm²</i>	増減率 %	平均衝撃吸収エネルギー <i>kg·m/cm²</i>	増減率 %	平均衝撃吸収エネルギー <i>kg·m/cm²</i>	増減率 %
	衝撃吸収エネルギー	未	4.18		2.10		4.22
衝撃吸収エネルギー	A	2.16	-48.4	3.00	+42.8	2.73	-35.3
衝撃吸収エネルギー	B	2.00	-52.2	3.02	+43.8	2.47	-41.5
衝撃吸収エネルギー	C	1.55	-62.9	2.92	+39.1	2.56	-39.3
衝撃吸収エネルギー	D	1.88	-55.1	2.85	+35.7	2.38	-43.6

硬化処理材の完全硬化処理直後の樹脂の吐出状態



V 考 察

前記結果について総合的検討を加えるに、次のような諸点をあげることが出来る。

- (1) 真空加圧含浸装置によって、いったん材中に加圧注入された樹脂は硬化処理過程において、樹脂中に含まれている溶剤（揮発成分）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、樹脂が外部に吐出されるために、漸時、含脂率が減少してゆくものである。が、含浸直後に含脂率の低かったイタジイは外的な気象条件の影響を受けやすく、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) Fig 4～7にみられるように3樹種については、硬化条件別による平均含脂率の変化はみられないのに対し、Fig 1～3から樹種相互間には、明らかな含脂率の差

がみられた。

- (3) 真空加圧含浸装置によって、材中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、含浸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 8~10からみられるように、樹脂残留率はミヤコダラが最も良く、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。

Fig 11~14から硬化条件について考察すると、硬化条件A、Cが最もよく、条件B、Dがわるい。

この事象から、樹脂残留率については、完全硬化温度の影響があり、温度を上昇させる事によって、残留率は低下するものと思われる。

このことはphoto 1~6に観察できるように、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から判る。

尚、イタジイは含脂率の低い点からか、その特徴はみられない。

- (4) Fig 15, 16から含浸処理によって、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についても減少割合が小さい。

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、適当であると推察される。

タブについては、曲げ強さが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含浸処理によって減少するという一般的な傾向を示さず、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がタブについても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が良好であるが、相対的に含浸処理による影響は少ない。

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ことから、樹脂含浸の効果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ものと考えられる。

尚、今回の試験で樹脂含浸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、時間の関係を把握できたことは大きな成果であり、今後の樹脂含浸法による材質改良木材の研究の指針となるであろう。

参 考 文 献

1. 樹脂注入による改良木材の研究(第一報) 1966
産工試九州出張所
2. 木材工業 梶田茂編著 養覧堂
3. 木材工業ハンドブック 林業試験編 丸善
4. 原色木材大図鑑 貴島恒夫著 保育社
5. 樹脂注入による竹材の材質改良研究(第一報)
鹿児島県木材工業試験場 '67