

空気比較式比重計による 木材の樹脂注入難易の判別法

谷 口 實⁽¹⁾・古 谷 剛⁽²⁾

Minoru TANIGUCHI and Takeshi FURUYA : Discriminating
Method of Difficulty for Impregnation Treatment of
Wood with Synthetic Resin by Air Comparison Pycnometer

要 旨：薬液が容易に注入し得る樹種の数は、注入の難しい樹種の数に比して、はるかに少なく、同じ樹種間にも心辺材、産地別などにより注入の難易が存在する可能性を示し予測できないので、南洋材 21 樹種、国内産主要樹種 63 について、薬液の注入難易を速やかに判定する方法を検討した。その判定法の原理は、試料外部と連絡されていない内部空隙と実質容積の和を測定することにあり、この測定容積と概算実質容積の比を判定の基準にした。この測定には東芝-ベックマンの空気比較式比重計 930 形を用いた。なお、実際の注入および浸透状態を観察するため、メチルメタアクリレート (40%)—スチレン (60%)、 α, α' -アゾビスイソブチロニトリル 1.5%、染料 0.1% を減圧注入処理した。その結果、(1) 容易に注入し得る樹種は、南洋材 3 樹種 (カラス、スローール クラハム、ジェルトン)、国内産針葉樹 5 樹種 (ヒメコマツ、モミ、イヌマキ、スギ、コウヤマキ)、広葉樹 7 樹種 (サワグルミ、ドロノキ、トチノキ、ヤマナラシ、ヤマハンノキ、シナノキ、オオバボダイジュ) であった。(2) 同じ樹種間でも心辺材、産地別により注入難易が存在し、特にスギは顕著であった。(3) 空気比較式比重計による判定基準と実際の注入および浸透状態とは良好な相関関係が認められた。以上のように、従来の判別法が注入処理材の経験的な観察と実験によっていたが、本法により薬液の注入難易を容易にかつ速やかに判別できることがわかった。

1. 緒 言

既報¹⁾において、重合開始剤およびレドックス系の重合促進剤を用いた、化学法による合成樹脂充填木材 (WPC) の製造結果について報告したが、放射線および化学的手法を用いた WPC の製造過程において、木材の薬品処理を行うときには、常にその薬剤が木材中に注入し得るかどうかの問題がある。木材の組織的な方向から、すでに薬液および気体の浸透拡散などに関して研究^{2)~4)}が行われ、その物理化学的な検討もなされているが、その成果を木材中への薬液の浸透に役立てようとしてもほとんど役に立たない。加圧注入法を行う場合にも同様である。薬液を注入し得るかどうかは、木材の組織的な構造中の空隙の大きさ、空隙率も関係するが、一番大きな要因は、空隙どうしの連絡の状態によるからである。例えば紋孔、道管が閉鎖されている場合には、結局注入は不可能になる。工業的な処理工程においては、薬液の注入は短時間で行わなければならない、木材実質中の拡散による浸透などはほとんど利用価値はないといえる。そこで、薬液が容易に注入し得る樹種の数は、注入の難しい樹種の数に比してはるかに少なく、同じ樹種間にも、心辺材、産地別などにより注入の難易⁵⁾が存在する可能性を示し、予測できないので、薬液の注入難易を速やかに判定する方法について検討した。

本研究を行うにあたり、御助言と御指導をいただいた当研究室室長 村山敏博技官ならびに試料の選定に尽力していただいた木材部乾燥研究室長 筒本卓造技官、木材部材質研究室長 中野達夫技官に感謝いたします。

2. 実験方法

2.1 実験試料

試料は Table 1, 2 に示すような南洋材 21 樹種、国内産主要樹種 63 種の $2.5 \times 2.5 \times 4$ cm の絶乾試料を用いた。

Table 1. 供 試 材 (南 洋 材)
Wood samples (Tropical woods)

番 号 Number	原木記号 Mark of log	樹 種 Tree species		産 地 Growing place
		一 般 名 Common name	学 名 Scientific name	
1	II C	プ ジ ッ ク Phdiek	<i>Anisoptera glabra</i> KURZ.	カンボジア Cambodian
2	II D	ロ ヨ ン Ro yong	<i>Parkia streptocarpa</i> HANCE	"
3	II F	スローラ クラハム Srol kraham	<i>Dacrydium elatum</i> (ROXB.) WALL.	"
4	II G	ロン リアン Rong leang	<i>Tristania</i> sp.	"
5	IV A	ク ル イ ン Keruing	<i>Dipterocarpus</i> spp.	カリマンタン Kalimantan
6	VII A	ジェルトン Jelutong	<i>Dyera</i> sp.	"
7	VII B	カ ラ ス Karas	<i>Aquilaria</i> sp.	"
8	VII C	テ ラ リ ン Teraling	<i>Tarrietia</i> sp.	"
9	VII D	チャ ン パ カ Champaka	<i>Michelia</i> sp.	"
10	VII E	ギ ア ム Giam	<i>Cotylelobium</i> sp.	"
11	VII F	レ サ ク Resak	<i>Vatica</i> sp.	"
12	VII G	ライト レッド メランチ Light red meranti	<i>Shorea</i> sp. (sect. <i>Rubroshorea</i>)	"
13	VII H	バ ラ ウ (1) Balau (1)	<i>Shorea</i> sp. (sect. <i>Shorea</i>)	"
14	VII I	バ ラ ウ (2) Balau (2)	"	"
15	VII J	バ ラ ウ (3) Balau (3)	"	"
16	VII K	ボルネオ オーク Borneo oak	<i>Quercus</i> sp.	"
17	VII L	ケ レ ダ ン Keledang	<i>Artocarpus</i> sp.	"
18	VII M	ケ ラ ッ ト Kelat	<i>Eugenia</i> sp.	"
19	IX A	レッド ラワン Red lauan	<i>Shorea negrosensis</i> FOXWORTHY	フィリッピン Philippine
20		ホワイト ラワン White lauan	<i>Parashorea contorta</i> MERR. et ROLFE	"
21		ウォルナット Walnut	<i>Juglans</i> sp.	インドネシア Indonesia

Table 2. 供 試 材 (日本産主要樹種)
 Wood samples (The important Japanese woods)

I 針 葉 樹 (Softwood)

記 号 Signs	樹 種		Tree species	採材管林局 Regional forestry office
	和 名	Common name	学 名 Scientific name	
2N	カ ヤ	KAYA	<i>Torreya nucifera</i> SIEB. et ZUCC.	熊 本 Kumamoto
3M	イ ス マ キ	INUMAKI	<i>Podocarpus macrophyllus</i> D. DON	高 知 Kochi
4M	モ ミ	MOMI	<i>Abies firma</i> SIEB. et ZUCC.	" "
5H	ウラジロモミ	URAJIROMOMI	<i>Abies homolepis</i> SIEB. et ZUCC.	前 橋 Maebashi
6F	アオモリトドマツ	AOMORITODOMATSU	<i>Abies Mariesii</i> MASTERS	青 森 Aomori
7D	トドマツ	TODOMATSU	<i>Abies sachalinensis</i> FR. SCH.	札 幌 Sapporo
8H	シ ラ ベ	SHIRABE	<i>Abies Veitchii</i> LINDLEY	前 橋 Maebashi
9J	カラマツ	KARAMATSU	<i>Larix leptocarpis</i> GORDON	長 野 Nagano
10C	エゾマツ	EZOMATSU	<i>Picea jezoensis</i> CARRIÈRE	帯 広 Obihiro
12J	トウヒ	TŌHI	<i>Picea hondoensis</i> MAYR	長 野 Nagano
13M	トガサワラ	TOGASAWARA	<i>Pseudotsuga japonica</i> BEISSNER	高 知 Kochi
14M	ツ ガ	TSUGA	<i>Tsuga Sieboldii</i> CARRIÈRE	" "
15L	アカマツ	AKAMATSU	<i>Pinus densiflora</i> SIEB. et ZUCC.	大 阪 Osaka
16K	ヒメコマツ	HIMEKOMATSU	<i>Pinus pentaphylla</i> MAYR	名古屋 Nagoya
17N	クロマツ	KUROMATSU	<i>Pinus Thunbergii</i> PARLATORE	熊 本 Kumamoto
18G	ス ギ	SUGI	<i>Cryptomeria japonica</i> D. DON	秋 田 Akita
18I	" "	" "	" "	東 京 Tokyo
18N	" "	" "	" "	熊 本 Kumamoto
19J	コウヤマキ	KŌYAMAKI	<i>Sciadopitys verticillata</i> SIEB. et ZUCC.	長 野 Nagano
20J	ヒ ノ キ	HINOKI	<i>Chamaecyparis obtusa</i> ENDL.	" "
21J	サ ワ ラ	SAWARA	<i>Chamaecyparis pisifera</i> ENDL.	" "
22J	ネ ズ コ	NEZUKO	<i>Thuja Standishii</i> CARRIÈRE	" "
23J	アスナロ	ASUNARO	<i>Thujopsis dolabrata</i> SIEB. et ZUCC.	" "
24F	ヒノキアスナロ	HINOKIASUNARO	<i>Thujopsis dolabrata</i> SIEB. et ZUCC. var. <i>Hondai</i> MAKINO	青 森 Aomori

II 広 葉 樹 (Hardwood)

記 号 Signs	樹 種		Tree species	採材管林局 Regional forestry office
	和 名	Common name	学 名 Scientific name	
25C	ドロノキ	DORONOKI	<i>Populus Maximowiczii</i> A. HENRY	帯 広 Obihiro
26C	ヤマナラシ	YAMANARASHI	<i>Populus Sieboldii</i> MIQUEL	" "
28F	オニグルミ	ONIGURUMI	<i>Juglans Sieboldiana</i> MAXIM.	青 森 Aomori
29H	サワグルミ	SAWAGURUMI	<i>Pterocarya rhoifolia</i> SIEB. et ZUCC.	前 橋 Maebashi
31H	ミ ズ メ	MIZUME	<i>Betula grossa</i> SIEB. et ZUCC.	" "
32B	シラカンバ	SHIRAKANBA	<i>Betula platyphylla</i> SUKATCHEV	北 見 Kitami
33D	マカンバ	MAKANBA	<i>Betula Maximowicziana</i> REGEL	札 幌 Sapporo
34H	アカシデ	AKASHIDE	<i>Carpinus laxiflora</i> BLUME	前 橋 Maebashi
35D	ア サ ダ	ASADA	<i>Ostrya japonica</i> SARGENT	札 幌 Sapporo
36F	ク リ	KURI	<i>Castanea crenata</i> SIEB. et ZUCC.	青 森 Aomori

Table 2. (つづき) (Continued)

記号 Signs	樹 種		採材営林局 Regional forestry office
	和 名 Common name	学 名 Scientific name	
38E	ブ ナ BUNA	<i>Fagus crenata</i> BLUME	函 館 Hakodate
38F	" "	" "	青 森 Aomori
38K	" "	" "	名古屋 Nagoya
38L	" "	" "	大 阪 Osaka
39H	イヌブナ INUBUNA	<i>Fagus japonica</i> MAXIMOWICZ	前 橋 Maebashi
40N	アカガシ AKAGASHI	<i>Cyclobalanopsis acuta</i> OERSTEDT	熊 本 Kumamoto
41N	シラカシ SHIRAKASHI	<i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i> OERSTEDT	" "
43N	イチイガシ ICHIIGASHI	<i>Cyclobalanopsis gilva</i> OERSTEDT	" "
44H	ク ス ギ KUNUGI	<i>Quercus acutissima</i> CARRUTHERS	前 橋 Maebashi
45C	ミズナラ MIZUNARA	<i>Quercus crispula</i> BLUME	帯 広 Obihiro
45D	" "	" "	札 幌 Sapporo
45F	" "	" "	青 森 Aomori
45K	" "	" "	名古屋 Nagoya
46H	コ ナ ラ KONARA	<i>Quercus serrata</i> THUNBERG	前 橋 Maebashi
47C	ハルニレ HARUNIRE	<i>Ulmus davidiana</i> PLANCH. var. <i>japonica</i> NAKAI	帯 広 Obihiro
48H	ケ ヤ キ KEYAKI	<i>Zelkova serrata</i> MAKINO	前 橋 Maebashi
50D	カ ツ ラ KATSURA	<i>Cercidiphyllum japonicum</i> SIEB. et ZUCC.	札 幌 Sapporo
51D	ホオノキ HŌNOKI	<i>Magnolia obovata</i> THUNBERG	" "
53N	タブノキ TABUNOKI	<i>Machilus Thunbergii</i> SIEB. et ZUCC.	熊 本 Kumamoto
54N	イスノキ ISUNOKI	<i>Distylium racemosum</i> SIEB. et ZUCC.	" "
55I	ヤマザクラ YAMAZAKURA	<i>Prunus jamasakura</i> SIEB.	東 京 Tokyo
56F	イヌエンジュ INUENJU	<i>Maackia amurensis</i> RUPRECHT et MAXIMOWICZ var. <i>Buergeri</i> C. K. SCHNEIDER	青 森 Aomori
57H	キ ハ ダ KIHADA	<i>Phellodendron amurense</i> RUPR. SARGENT	前 橋 Maebashi
58H	モチノキ MOCHINOKI	<i>Ilex integra</i> THUNBERG	" "
59D	イタヤカエデ ITAYAKAEDE	<i>Acer mono</i> MAXIMOWICZ	札 幌 Sapporo
60I	トチノキ TOCHINOKI	<i>Aesculus turbinata</i> BLUME	東 京 Tokyo
61C	シナノキ SHINANOKI	<i>Tilia japonica</i> SIMONKAI	帯 広 Obihiro
62C	オオバボダイジュ ŌBABODAIJU	<i>Tilia Maximowicziana</i> SHIRASAWA	" "
63M	ヒメシャラ HIMESHARA	<i>Stewartia monadelphæ</i> SIEB. et ZUCC.	高 知 Kochi
64D	ハリギリ(セン) HARIGIRI(SEN)	<i>Kalopanax pietus</i> NAKAI	札 幌 Sapporo
66H	シ オ ジ SHIOJI	<i>Fraxinus spaethana</i> LINGELHEIM	前 橋 Maebashi
67D	ヤチダモ YACHIDAMO	<i>Fraxinus mandshurica</i> RUPRECHT var. <i>japonica</i> MAXIM.	札 幌 Sapporo
68C	アオダモ AODAMO	<i>Fraxinus Sieboldiana</i> BLUME	帯 広 Obihiro
68'	トネリコ TONERIKO	<i>Fraxinus japonica</i> BLUME	
69H	キ リ KIRI	<i>Paulownia tomentosa</i> STEUDEL	前 橋 Maebashi
72F	コバノヤマハンノキ KOBANOYAMAHANNOKI	<i>Alnus Inokumae</i> MURAI et KUSAKA	青 森 Aomori
74I	ヤマハンノキ YAMAHANNOKI	<i>Alnus hirsuta</i> TURCZANINOW var. <i>sibirica</i> C. K. SCHNEIDER	東 京 Tokyo

2.2 空気比較式比重計による注入難易

の判定方法

判定法の原理は試料外部と連絡されていない内部空隙と実質容積の和を測定することにより、この測定には、東芝-ベックマンの空気比較式比重計 930 形を用いた。これにより測定された容積値が測定試料の実質容積（近似的に、重量/1.5）に近ければ近いほど、内部に閉鎖された容積は小さくなり、気体および液体は注入し易いことになる。反対に両容積値が離れれば離れるほど、閉鎖された空間は大きくなり、気体および液体の浸透は難しくなる。従って、測定容積と概算実質容積の比を判定の基準にした。この容積比は近似値で、実際の注入処理後の容積は測定していない。

空気比較式比重計 930 形の測定原理および測定方法は Fig. 1 の A, B で示すような 2 つの室にそれぞれピストンがついている。説明のために室は 2 つとも同一容積で試料が入っていないとする。2 つのピストンを図の 1 の位置において大気圧で空気を満ちし、パーキングバルブおよびカップルバルブをしめる。A のピストンを一定のストロークだけ 2 の位置まで動かし、つぎに B のピストンを同様に動かす。このとき、差圧計の両側の圧力を同一にするためには B のピストンのストロークは A と同一で 2 の位置に動かさなければならない。つぎに容積 V_x cc の試料を B 室に置いておき、前記と同様に操作すると、差圧計の両側の圧力は同一にならない。しかし、B のピストンを 2 の位置より V_x の容積に相当する 3 の位置まで戻すと両室の圧力は同一になる。2 と 3 の距離 d_x は試料 V_x の容積に比例し、cc で読めるように校正してある。

測定は 1 気圧でスタートして 2 気圧に圧縮した状態で行った。

2.3 注入処理法

注入および浸透状態を観察するため、メチルメタアクリレート (MMA) 40%, スチレン (ST) 60% の混合液に重合開始剤の α, α' -アゾビスイソブチロニトリル (AIBN) 1.5% および染料スミプラスト Green 0.1% を添加し、減圧注入法により 10~20 mmHg で 10 分間排気し、5 分間常圧下に放置して注入処理した。その後、処理された試料をアルミ箔で包み加熱重合させた。加熱は初期重合温度 60°C、重合完結温度 105°C の 2 段階で行った。

3. 実験結果と考察

3.1 南洋材および国内産主要樹種の注入難易

Fig. 2 は南洋材について、容積比と比重との関係を示したもので、Photo. 1, 2 は実際の注入および浸透状態を観察するため、MMA (4) : ST (6), AIBN 1.5%, スミプラスト Green 0.1% を減圧注入処理し、加熱重合させたものである。Table 3 にそれらの結果をまとめた。その結果、Fig. 2 および Table 3 で明らかなように、容易に注入し得る樹種はカラス、スローラ クラハムおよびジェルトンの 3

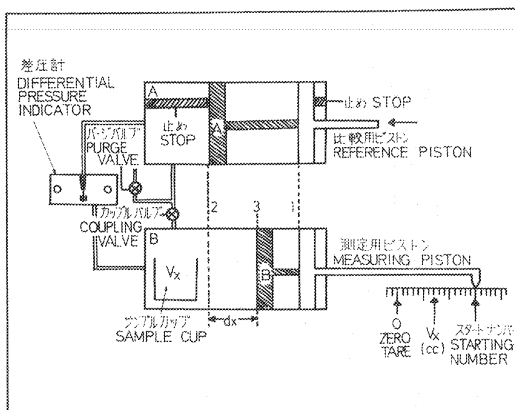


Fig. 1 空気比較式比重計の測定原理
Measurement principle of air comparison pycnometer

Table 3. 空気比較式比重計による測定容積と注入難易 (南洋材)
Measured volume and impregnation difficulty by air comparison pycnometer (Tropical woods)

番 号 Number	樹 種 Tree species	比 重 Specific gravity (g/cm ³)	理論空隙率 Theoretical void volume (%)	測定容積 Measured volume (cc)	実質容積 Substance volume (cc)	容 積 比 Volume ratio	理論含浸率 Theoretical monomer content (%)	モノマー 注 入 率 Percent monomer in wood (%)	樹 脂 率 Percent polymer in wood (%)	残存空隙率 Residual void volume (%)
1	ブ ジ ッ ク Phdiek	0.65	56.7	18.76	8.85	2.12	78.5	5.6	2.7	51.0
2	ロ ヨ ン Ro yong	0.50	66.7	11.00	7.84	1.40	120.1	19.6	16.5	60.0
3	スロール クラハム Srol kraham	0.47	68.7	7.80	6.75	1.15	131.5	113.8	80.1	61.8
4	ロン リアン Rong leang	1.22	18.7	19.86	17.03	1.17	13.8	1.1	0.2	16.8
5	クルイン Keruing	0.68	54.7	14.15	10.26	1.38	72.4	10.0	8.0	49.2
6	ジェルトン Jelutong	0.39	74.0	11.40	6.09	1.87	170.8	105.1	94.3	66.6
7	カ ラ ス Karas	0.41	72.7	7.77	6.22	1.25	159.6	144.3	133.5	65.4
8	テラリン Teraling	0.76	49.3	15.90	11.41	1.39	58.4	19.3	16.7	44.4
9	チャンパカ Champaka	0.50	66.7	10.70	7.73	1.38	120.1	78.5	72.2	60.0
10	ギ ア ム Giam	0.98	34.7	14.23	14.37	0.99	31.9	5.0	2.6	31.2
11	レ サ ク Resak	0.72	52.0	13.48	11.34	1.19	65.0	43.5	40.7	46.8
12	ライト レッド メランチ Light red meranti	0.42	72.0	18.38	6.26	2.94	154.3	9.2	6.7	64.8
13	バラウ (1) Balau (1)	0.74	50.7	16.07	11.34	1.42	61.7	29.0	25.2	45.6
14	バラウ (2) Balau (2)	0.97	35.3	22.32	15.58	1.43	32.7	4.0	2.3	31.8
15	バラウ (3) Balau (3)	1.01	32.7	20.87	15.45	1.35	29.1	3.0	1.6	29.4
16	ボルネオ オーク Borneo oak	1.03	31.3	19.55	15.63	1.25	27.3	4.8	3.4	28.2
17	ケレダン Keledang	0.53	64.7	17.70	8.17	2.17	109.9	23.8	19.8	58.2
18	ケラット Kelat	0.78	48.0	15.05	11.04	1.36	55.4	20.1	17.5	43.2
19	レッド ラワン Red lauan	0.54	64.0	17.65	8.83	2.00	106.7	6.9	3.8	57.6
20	ホワイト ラワン White lauan	0.47	68.7	9.90	7.08	1.40	131.6	60.2	56.4	61.8
21	ウォルナット Walnut	0.68	54.7	13.47	10.58	1.27	72.4	33.1	30.0	49.2

樹種で、ホワイト ラワン、チャンパカは中庸であった。その他の樹種は注入困難であった。しかし、容積比が1.0近くにあるギャン、ロンリアンは注入し易いはずであるが、実際の注入実験ではほとんど浸透していない。これは道管や細胞間隙が樹脂などにより充填していると考えられる。

Fig. 3 は国内産針葉樹について、容積比と比重との関係を示したもので、Photo. 3, 4 は減圧注入処理したものである。Table 4 にそれらの結果をまとめた。その結果、Fig. 3 および Table 4 で明らか

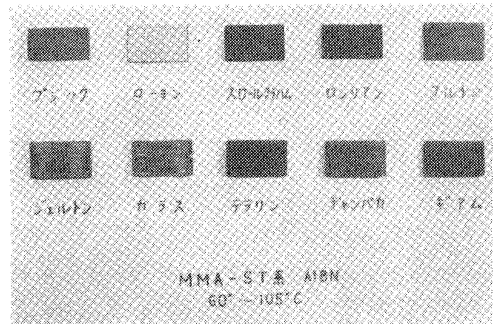


Photo. 1 注入難易の観察 (南洋材)
Observation of difficulty for impregnation treatment of tropical woods with MMA-ST and AIBN 1.5% (Phdiek, Ro yong, Srol kraham, Rong leang, Keruing, Jelutong, Karas, Teraling, Champaka, Giam).

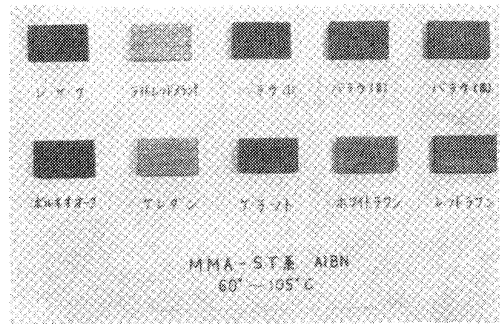
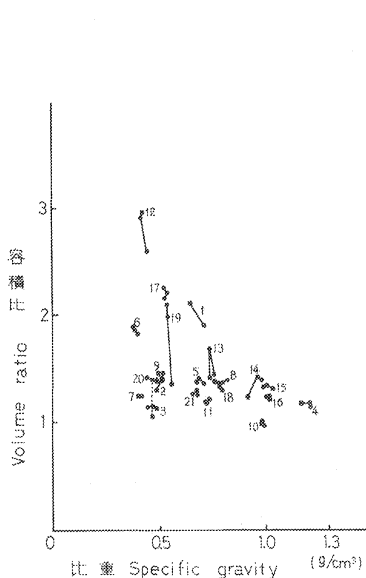
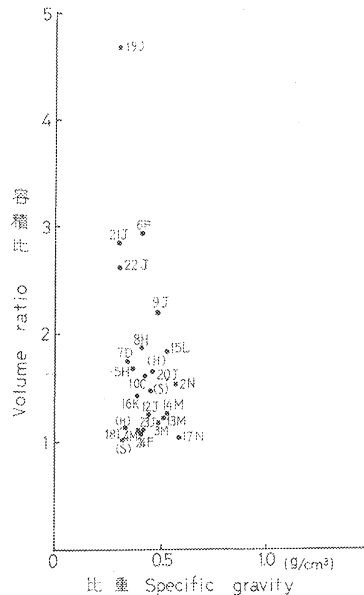


Photo. 2 注入難易の観察 (南洋材)
Observation of difficulty for impregnation treatment of tropical woods with MMA-ST and AIBN 1.5% (Resak, Light red meranti, Balau(1), Balau(2), Balau(3), Borneo oak, Keledang, Kelat, White lauan, Red lauan).



Note) 図中の番号は Table 3 を参照。
Numbers in figure are listed on Table 3.

Fig. 2 容積比と比重との関係 (南洋材)
Relation between volume ratio and specific gravity in oven dry (Tropical woods).



Note) 図中の記号は Table 4 を参照。
Signs in figure are listed on Table 4.
(H) : Heartwood, (S) : Sapwood

Fig. 3 容積比と比重との関係 (針葉樹)
Relation between volume ratio and specific gravity in oven dry (Softwood).

Table 4. 空気比較式比重計による測定容積と注入難易 (針葉樹)
Measured volume and impregnation difficulty by air comparison pycnometer (Softwood)

記 号 Signs	樹 種 Tree species	比 重 Specific gravity (g/cm ³)	理論空隙率 Theoretical void volume (%)	測定容積 Measured volume (cc)	実質容積 Substance volume (cc)	容 積 比 Volume ratio	理論含浸率 Theoretical monomer content (%)	モノマー 注 入 率 Percent monomer in wood (%)	樹脂率 Percent polymer in wood (%)	残存空隙率 Residual void volume (%)
2N	カ ヤ KAYA	0.55	63.3	13.38	8.71	1.54	103.6	56.2	51.8	57.0
3M	イヌマキ INUMAKI	0.49	67.3	9.70	8.17	1.19	123.6	112.0	100.0	60.6
4M	モ ミ MOMI	0.38	74.7	6.65	6.05	1.10	176.9	143.4	101.7	67.2
5H	ウラジロモミ URAJIROMOMI	0.37	75.3	9.42	5.63	1.67	183.2	37.8	34.3	67.8
6F	アオモリトドマツ AOMORITODOMATSU	0.41	72.7	19.63	6.72	2.92	159.6	21.4	19.5	65.4
7D	トドマツ TODOMATSU	0.34	77.3	9.75	5.33	1.83	204.6	58.6	56.6	69.6
8H	シ ラ ベ SHIRABE	0.41	72.7	11.55	6.30	1.83	159.6	78.5	66.6	65.4
9J	カラマツ KARAMATSU	0.47	68.7	16.65	7.53	2.21	131.5	17.8	16.2	61.8
10C	エゾマツ EZOMATSU	0.40	73.3	8.97	5.88	1.53	164.9	34.5	32.8	66.0
12J	ト ウ ヒ TÔHI	0.48	68.0	9.65	7.49	1.29	127.5	30.0	28.0	61.2
13M	トガサワラ TOGASAWARA	0.50	66.7	9.47	7.61	1.24	120.1	75.4	68.6	60.0
14M	ツ ガ TSUGA	0.53	64.7	9.75	7.63	1.28	109.9	61.7	59.1	58.2
15L	アカマツ AKAMATSU	0.53	64.7	14.27	7.75	1.84	109.9	40.0	35.1	58.2
16K	ヒメコマツ HIMEKOMATSU	0.39	74.0	8.83	6.09	1.45	170.8	146.7	117.0	66.6
17N	クロマツ KUROMATSU	0.58	61.3	9.60	9.32	1.03	95.1	78.4	59.1	55.2
18 I'	スギ(心材) SUGI(Heartwood)	0.33	78.0	6.89	6.07	1.14	212.7	60.0	45.9	70.2
18 I'	スギ(辺材) SUGI(Sapwood)	0.32	78.7	5.73	5.68	1.01	221.2	176.7	131.6	70.8
19J	コウヤマキ KÔYAMAKI	0.30	80.0	20.70	4.44	4.66	240.0	122.0	92.6	72.0
20J	ヒノキ(心材) HINOKI(Heartwood)	0.42	72.0	12.25	7.60	1.61	154.3	41.7	32.5	64.8
20J	ヒノキ(辺材) HINOKI(Sapwood)	0.45	70.0	10.98	7.47	1.47	140.0	30.2	25.4	63.0
21J	サ ワ ラ SAWARA	0.30	80.0	14.28	5.01	2.85	240.0	77.5	68.8	72.0
22J	ネ ズ コ NEZUKO	0.30	80.0	12.23	4.82	2.54	240.0	53.5	48.6	72.0
23J	アスナロ ASUNARO	0.39	74.0	6.57	6.11	1.08	170.8	28.4	25.1	66.6
24F	ヒノキアスナロ HINOKIASUNARO	0.41	72.7	6.93	6.45	1.07	159.6	30.4	27.0	65.4

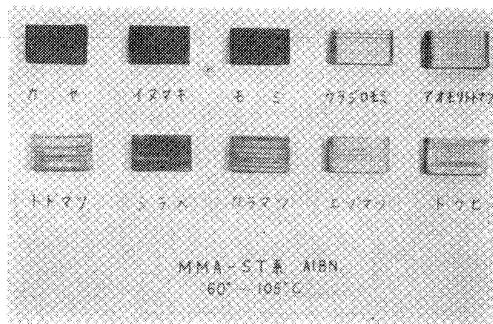


Photo. 3 注入難易の観察 (針葉樹)
Observation of difficulty for impregnation treatment of the important Japanese woods (Softwoods) with MMA-ST and AIBN 1.5% (KAYA, INUMAKI, MOMI, URAJIROMOMI, AOMORITODOMATSU, TODOMATSU, SHIRABE, KARAMATSU, EZOMATSU, TÔHI).

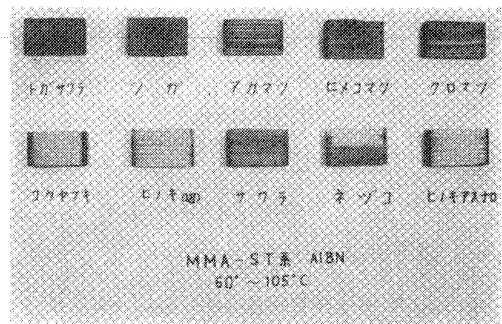


Photo. 4 注入難易の観察 (針葉樹)
Observation of difficulty for impregnation treatment of the important Japanese woods (Softwoods) with MMA-ST and AIBN 1.5% (TOGASAWARA, TSUGA, AKAMATSU, HIMEKOMATSU, KUROMATSU, KÔYAMAKI, HINOKI(S), SAWARA, NEZUKO, HINOKIASUNARO).

なように、容易に注入し得る樹種はヒメコマツ、モミ、イヌマキ、スギおよびコウヤマキの5樹種で、カヤ、トドマツ、シラベ、トガサワラ、ツガ、クロマツ、サワラおよびネズコは中庸であった。その他の樹種は注入困難で、特にカラマツは困難であった。例外として、コウヤマキの場合、容積比が4.67で判定法の基準としては注入困難であるはずであるが、実際の注入実験結果はその逆であった。これはコウヤマキの含有成分、主に樟脳がMMAモノマーによって溶解され、浸透を促進させると推察される。次に広葉樹については、Fig. 4, Photo. 5~8, Table 5に示す。その結果、容易に注入し得る樹種はサワグルミ、ドロノキ、トチノキ、ヤマナラシ、ヤマハンノキ、シナノキおよびオオバボダイジュの7樹種で、イタヤカエデ、ミズメ、マカンバ、イヌブナ、ブナ (辺材)、シラカンバ、ヤマザクラ (辺材)、アサダ、ヤチダモ、シオジおよびハルニレは中庸であった。その他の樹種は注入困難であった。

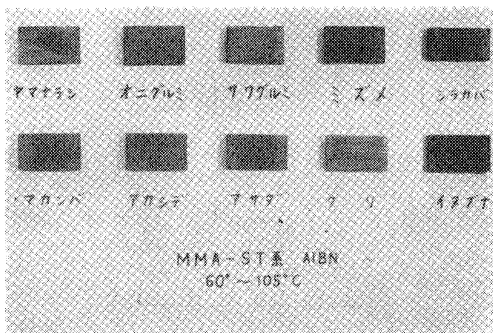


Photo. 5 注入難易の観察 (広葉樹)
Observation of difficulty for impregnation treatment of the important Japanese woods (Hardwoods) with MMA-ST and AIBN 1.5% (YAMANARASHI, ONIGURUMI, SAWAGURUMI, MIZUME, SHIRAKANBA, MAKANBA, AKASHIDE, ASADA, KURI, INUBUNA).

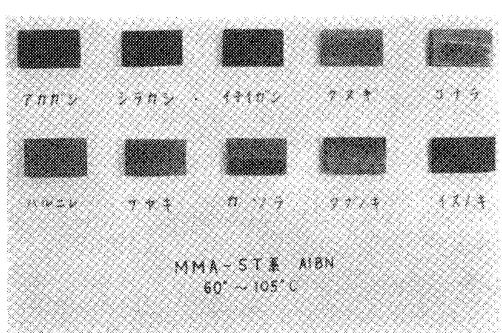


Photo. 6 注入難易の観察 (広葉樹)
Observation of difficulty for impregnation treatment of the important Japanese woods (Hardwoods) with MMA-ST and AIBN 1.5% (AKAGASHI, SHIRAKASHI, ICHIGASHI, KUNUGI, KONARA, HARUNIRE, KEYAKI, KATSURA, TABUNOKI, ISUNOKI).

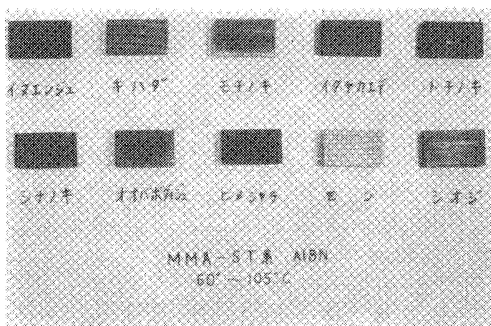


Photo. 7 注入難易の觀察 (広葉樹)

Observation of difficulty for impregnation treatment of the important Japanese woods (Hardwoods) with MMA-ST and BIAN 1.5% (INUENJU, KIHADA, MOCHINOKI, ITA-YAKAEDA, TOCHINOKI, SHINANOKI, ÔBABADEI, HIMESHA, SEN(HARIGIRI), SHION).

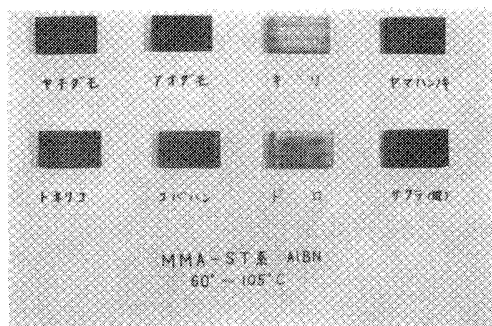
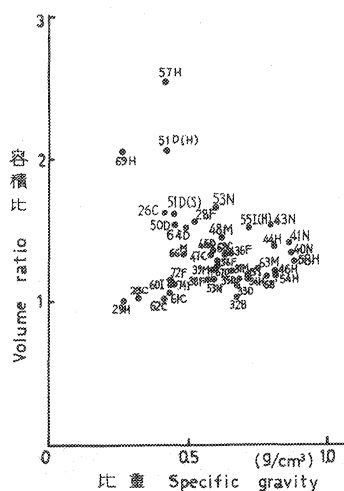


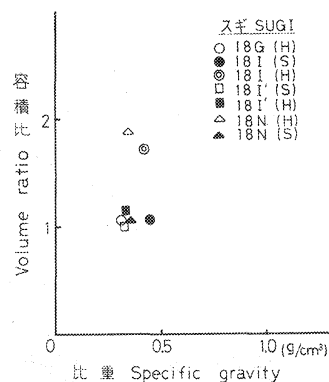
Photo. 8 注入難易の觀察 (広葉樹)

Observation of difficulty for impregnation treatment of the important Japanese woods (Hardwoods) with MMA-ST and AIBN 1.5% (YACHIDAMO, AODAMO, KIRI, YAMA-HANNOKI, TONERIKO, KOBANOYAMA-HANNOKI, DORONOKI, YAMAZAKURA (S)).



Note) 図中の記号は Table 5 を参照。
Signs in figure are listed on Table 5.
(H): Heartwood, (S): Sapwood

Fig. 4 容積比と比重との関係(広葉樹)
Relation between volume ratio
and specific gravity in oven dry
(Hardwood).



Note) Table 6 を参照。
See Table 6.

Fig. 5 容積比と比重との関係
(産地別)

Relation between volume ratio and specific gravity in oven dry (Difference of locality).

3.2 心辺材および産地別樹種による注入難易

まず、心材および辺材による注入難易については、Fig. 3~5, Photo 9 および Table 4~6 に示す。その結果、スギおよびヒノキは産地により心材の方がモノマー注入量が大きいものもあるが、一般に心材は辺材に比較して浸透が非常に困難であった。これは既報¹⁾でものべたように、樹脂、タンニンなどの集積にもとづく細胞壁の硬化、道管や細胞間隙が填充体あるいは填充様体樹脂その他の内容物によって閉塞されること、重紋孔に樹脂が沈着することなどによると推察される。つぎに、産地別樹種による注入難易

Table 5. 空気比較式比重計による測定容積と注入難易 (広葉樹)
 Measured volume and impregnation difficulty by air comparison pycnometer (Hardwood)

記号 Signs	樹種 Tree species	比重 Specific gravity (g/cm ³)	理論空隙率 Theoretical void volume (%)	測定容積 Measured volume (cc)	実質容積 Substance volume (cc)	容積比 Volume ratio	理論含浸率 Theoretical monomer content (%)	モノマー注入率 Percent monomer in wood (%)	樹脂率 Percent polymer in wood (%)	残存空隙率 Residual void volume (%)
25C	ドロノキ	0.32	78.7	5.48	5.34	1.03	221.2	119.7	117.3	70.8
26C	ヤマナラシ	0.41	72.7	9.19	5.79	1.59	159.6	119.3	108.4	65.4
28F	オニグルミ	0.52	65.3	12.00	7.62	1.57	113.0	9.6	8.3	58.8
29H	サワグルミ	0.26	82.7	4.17	4.13	1.01	286.3	269.2	184.4	74.4
31H	ミズメ	0.65	56.7	13.10	10.79	1.21	78.5	56.2	48.2	51.0
32B	シラカンバ	0.66	56.0	9.95	9.60	1.04	76.4	65.8	53.7	50.4
33D	マカンバ	0.68	54.7	11.87	10.65	1.11	72.4	48.5	45.0	49.2
34H	アカシデ	0.72	52.0	13.10	11.15	1.17	65.0	42.0	33.2	46.8
35D	アサダ	0.68	54.7	12.62	10.75	1.17	72.4	56.5	50.0	49.2
36F	クリ	0.65	56.7	12.64	9.44	1.34	78.5	23.0	21.0	51.0
38F	ブナ	0.57	62.0	10.58	9.11	1.16	97.9	76.3	66.1	55.8
39H	イヌブナ	0.58	61.3	11.32	9.27	1.22	95.1	73.1	64.7	55.2
40N	アカガシ	0.87	42.0	18.51	13.58	1.36	43.4	9.3	8.3	37.8
41N	シラカシ	0.88	41.3	19.97	13.77	1.45	42.2	9.1	8.4	37.2
43N	イチイガシ	0.79	47.3	19.36	12.59	1.54	53.9	6.6	5.7	42.6
44H	クスギ	0.82	45.3	17.79	12.83	1.39	49.7	14.9	13.4	40.8
45D	ミズナラ	0.59	60.7	12.61	9.41	1.34	92.6	43.2	41.1	54.6
46H	コナラ	0.81	46.0	14.87	12.65	1.17	51.1	22.4	21.2	41.4
47C	ハルニレ	0.58	61.3	11.97	9.11	1.31	95.1	50.3	48.9	55.2
48H	ケヤキ	0.61	59.3	13.84	9.70	1.43	87.5	21.5	20.7	53.4
50D	カツラ	0.42	72.0	10.54	6.77	1.56	154.3	47.2	43.1	64.8
51D	ホノノキ (心材)	0.42	72.0	10.63	5.23	2.03	154.3	—	—	64.8
"	HONOKI (Heartwood) (辺材)	0.45	70.0	9.12	5.75	1.59	140.0	—	—	63.0
53N	タブノキ	0.60	60.0	15.20	9.19	1.65	90.0	22.2	20.8	54.0
54N	イスノキ	0.81	46.0	16.15	13.45	1.20	51.1	41.1	35.1	41.4

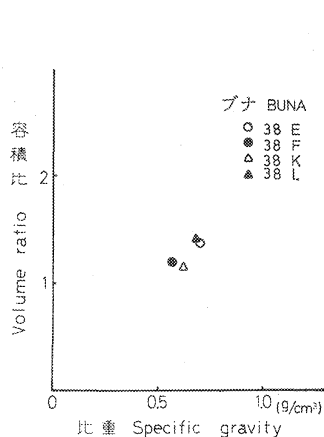
Table 5. (つづき) (Continued)

記号 Signs	樹種 Tree species	比重 Specific gravity (g/cm ³)	理論空隙率 Theoretical void volume (%)	測定容積 Measured volume (cc)	実質容積 Substance volume (cc)	容積比 Volume ratio	理論含浸率 Theoretical monomer content (%)	モノマー 注入率 Percent monomer in wood (%)	樹脂率 Percent polymer in wood (%)	残存空隙率 Residual void volume (%)
55 I	ヤマザクラ(心材) YAMAZAKURA(Heartwood)	0.62	58.7	16.95	10.99	1.54	85.2	14.5	13.6	52.8
"	"(辺材)"(Sapwood)	0.71	52.7	15.10	12.45	1.21	66.8	50.1	48.2	47.4
56 F	イヌエンジュ INUENJU	0.61	59.3	11.90	9.40	1.27	87.5	31.3	29.8	53.4
57 H	キハダ KIHADA	0.41	72.7	17.20	6.56	2.62	159.6	20.4	18.5	65.4
58 H	モチノキ MOCHINOKI	0.88	41.3	17.26	13.38	1.29	42.2	15.6	14.9	37.2
59 D	イタヤカエデ ITAYAKAEDE	0.59	60.7	11.20	9.43	1.19	92.6	80.9	69.6	54.6
60 I	トチノキ TOCHINOKI	0.44	70.7	7.71	6.87	1.12	144.6	128.0	107.5	63.6
61 C	シナノキ SHINANOKI	0.43	71.3	6.90	6.40	1.08	149.2	121.3	109.7	64.2
62 C	オオバボダイジュ OBABODAIJU	0.41	72.7	6.72	6.51	1.03	159.6	108.4	104.1	65.4
63 M	ヒメシャラ HIMESHARA	0.75	50.0	14.14	11.77	1.20	60.0	40.1	34.4	45.0
64 D	ハリギリ(セン) HARIGIRI(SEN)	0.49	67.3	12.40	8.24	1.50	123.6	20.3	18.9	60.6
66 H	シオジ SHIOJI	0.48	68.0	9.25	7.85	1.18	127.5	52.6	50.0	61.2
67 D	ヤチダモ YACHIDAMO	0.60	60.0	11.72	9.23	1.27	90.0	71.4	60.4	54.0
68 C	アオダモ AODAMO	0.63	58.0	13.87	10.35	1.34	82.9	48.1	45.3	52.2
68'	トネリコ TONERIKO	0.77	48.7	13.78	11.51	1.20	56.9	27.3	26.7	43.8
69 H	キリ KIRI	0.26	82.7	8.42	4.19	2.01	286.3	36.1	33.5	74.4
72 F	コバノヤマハノキ KOBANOYAMAHANNOKI	0.43	71.3	7.68	6.78	1.13	149.2	108.7	103.9	64.2
74 I	ヤマハノキ YAMAHANNOKI	0.44	70.7	8.00	7.07	1.13	144.6	122.6	106.0	63.6

Table 6. 空気比較式比重計による測定容積と注入難易 (産地別樹種)
 Measured volume and impregnation difficulty by air comparison pycnometer (Difference of local wood)

記号 Signs	樹種 Tree species	採材営林局 Regional forestry office	比重 Specific gravity (g/cm ³)	理論空疎率 Theoretical void volume (%)	測定容積 Measured volume (cc)	実質容積 Substance volume (cc)	容積比 Volume ratio	理論含浸率 Theoretical monomer content (%)	モノマー注入率 Percent monomer in wood (%)	樹脂率 Percent polymer in wood (%)	残存空疎率 Residual void volume (%)
18G	スギ (心材) (H)	秋田 Akita	0.32	78.7	5.29	5.07	1.04	221.2	95.1	75.0	70.8
18I	" (心材) (H)	東京 (静岡) Tokyo (Shizuoka)	0.42	72.0	11.71	6.61	1.77	154.3	51.7	35.1	64.8
"	" (心材) (S)	"	0.44	70.7	7.12	6.89	1.03	144.6	48.4	40.4	63.6
18I'	" (心材) (H)	東京 (八王子) Tokyo (Hachioji)	0.33	78.0	6.89	6.07	1.14	212.7	60.0	45.9	70.2
"	" (心材) (S)	"	0.32	78.7	5.73	5.68	1.01	221.2	176.7	131.6	70.8
18N	" (心材) (H)	熊本 Kumamoto	0.35	76.7	10.50	5.63	1.87	197.1	55.7	47.7	69.0
"	" (心材) (S)	"	0.36	76.0	6.09	5.66	1.08	190.0	73.0	69.0	68.4
38E	ブナ BUNA	函館 Hakodate	0.69	54.0	14.26	10.88	1.31	70.4	29.3	28.3	48.6
38F	"	青森 Aomori	0.57	62.0	10.58	9.11	1.16	97.9	76.3	66.1	55.8
38K	"	名古屋 Nagoya	0.62	58.7	10.99	9.72	1.13	85.2	67.1	56.5	52.8
38L	"	大阪 Osaka	0.67	55.3	14.81	10.47	1.41	74.3	9.4	7.8	49.8
45C	ミズナラ MIZUNARA	帯広 Obihiro	0.54	64.0	12.00	8.75	1.37	106.7	37.0	35.0	57.6
45D	"	札幌 Sapporo	0.59	60.7	12.61	9.41	1.34	92.6	43.2	41.1	54.6
45F	"	青森 Aomori	0.68	54.7	13.26	10.60	1.25	72.4	18.5	16.3	49.2
45K	"	名古屋 Nagoya	0.70	53.3	13.78	10.91	1.26	68.6	18.4	17.3	48.0

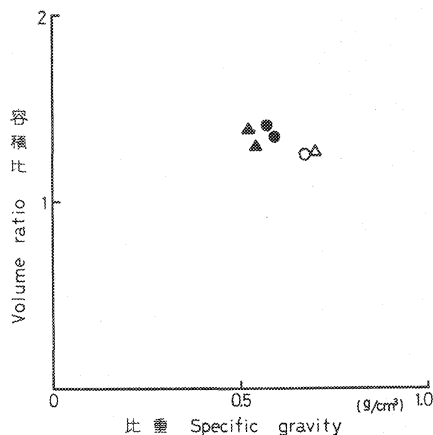
Note) (H) : Heartwood, (S) : Sapwood



Note) Table 6 を参照。
See Table 6.

Fig. 6 容積比と比重との関係
(産地別)

Relation between volume ratio and specific gravity in oven dry (Difference of locality).



▲ 45 C, ● 45 D, ○ 45 F, △ 45 K
Note) Table 6 を参照。See Table 6.

Fig. 7 容積比と比重との関係 (ミズナラ)
Relation between volume ratio and specific gravity in oven dry (MIZUNARA).

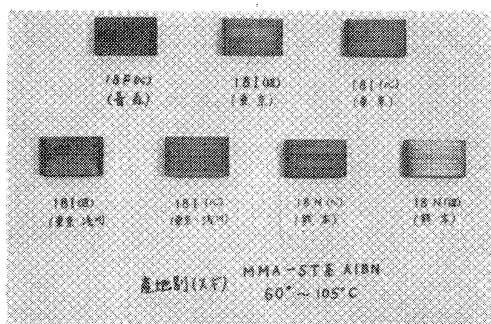


Photo. 9 産地別樹種 (スギ) における注入難易の観察

Observation of difficulty for impregnation treatment of the difference of local woods (SUGI) with MMA-ST and AIBN 1.5%.

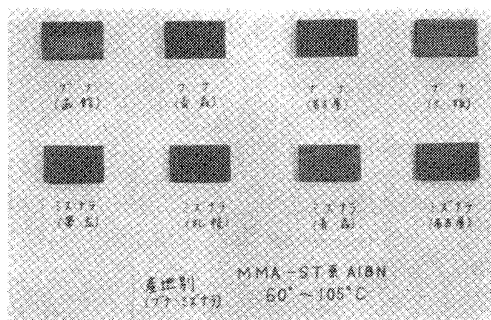


Photo. 10 産地別樹種 (ブナ, ミズナラ) における注入難易の観察

Observation of difficulty for impregnation treatment of the difference of local woods (BUNA, MIZUNARA) with MMA-ST and AIBN 1.5%.

はスギ、ブナおよびミズナラについて実験を行った結果を Fig. 5~7, Photo. 9~10, Table 6 に示す。まずスギについていえば、Photo. 9 および Table 6 で明らかのように同じ東京でも産地が異なれば、浸透状態が異なることがわかる。また、秋田産の心材が東京 (八王子・浅川実験林) 産の辺材を除き、他の心辺材よりも注入および浸透状態が良好であった。

ブナについては青森および名古屋産材が良好であった。ミズナラは帯広および札幌産材が青森および名古屋産材よりも容積比が高いにもかかわらずモノマー注入率は高かった。以上のように産地別樹種により注入難易が存在することが判明した。このことは立地条件などにより組織構造が異なるためと推察されるが、今後検討する必要がある。

文 献

- 1) 谷口 實・古谷 剛：合成樹脂充填木材の製造に関する研究，林試研報に投稿中；木質材料の合成樹脂注入処理 (1)，第18回日本木材学会大会講演要旨集，203，(1968)
- 2) 横田徳郎：木材の細胞壁内における収着水の拡散，木材誌，5，4，143～149，(1959)
- 3) 横田徳郎：木材中における非膨潤性気体の拡散，木材誌，13，6，225～231，(1967)
- 4) 林 昭三・西本孝一・貴島恒夫：浸漬法による木材への液体浸透—液の pH との関係—，木材研究，No. 41，63～74，(1967)
- 5) 中井 勉・相原一男・吉田 弘：防腐まくら木の品質管理—加圧注入処理によるまくら木樹種に対するクレオソート油の浸透—，鉄技研速報，No. 65—31，1～27，(1965)

**Discriminating Method of Difficulty
for Impregnation Treatment of Wood with Synthetic
Resin by Air Comparison Pycnometer**

MINORU TANIGUCHI⁽¹⁾ and Takeshi FUREYA⁽²⁾

Summary

This study has been undertaken to discriminate the difficulty for impregnation treatment of wood with liquid in twenty-one species of tropical woods and sixty-three species of the important Japanese woods (2.5×2.5×4 cm, oven dried). These species are shown in Table 1~2.

The principle of this discriminating method is to measure a void volume of wood samples. Volume ratio was used as the standard of discrimination, that is, measured volume vs. wood substance volume.

The measurement apparatus used is an air comparison pycnometer (manufactured by Beckman-Toshiba, LTD.).

Liquids used were mixed with methyl methacrylate (MMA) monomer 40% and styrene (ST) monomer 60%, and added to α, α' -azobis-iso-butyronitrile (AIBN) 1.5% as an initiator and sumiplast 0.1% as the dye by weight percentage respectively.

The liquid was impregnated into the wood under the condition of vacuum and an atmospheric pressure. After the treatment, the wood samples were placed in an oven at 60°C to polymerize MMA and ST monomer.

The results obtained are as follows:

(1) The tree species which could impregnate easily were three species of tropical woods Karas (*Aquilaria* sp.), Srol kraham (*Dacrydium elatum* (Roxb.) WALL.), Jelutong (*Dyera* sp.), and five species of the important Japanese softwoods INUMAKI (*Podocarpus macrophyllus* D. DON), MOMI (*Abies firma* SIEB. et ZUCC.), HIMEKOMATSU (*Pinus pentaphylla* MAYR), SUGI (*Cryptomeria japonica* D. DON), KŌYAMAKI (*Sciadopitys verticillata* SIEB. et SUCC.). In addition, there were seven species of the important Japanese hardwoods DORONOKI (*Populus Maximowiczii*

Received November, 5, 1975

(1) (2) Forest Products Chemistry Division

A. HENRY), YAMANARASHI (*Populus Sieboldii* MIQUEL), SAWAGURUMI (*Pterocarya rhoifolia* SIEB. et ZUCC.), TOCHINOKI (*Aesculus turbinata* BLUME), SHINANOKI (*Tilia japonica* SIMONKAI), ŌBABODAIJU (*Tilia Maximowicziana* SHIRASAWA), YAMAHANNOKI (*Alnus hirsuta* TURCZANINOW var. *sibirica* C. K. SCHNEIDER)).

(2) The difficulty for impregnation treatment of wood with liquid was found to be heart-sapwood and the difference of locality in the same tree species. Particularly SUGI was remarkable in this respect (in Table 6.).

(3) Although the former discriminating method depended upon the experiential observation of the impregnation or penetration, it was found that the difficulty for impregnation treatment of wood with liquid was discriminated easily and rapidly by this method.