

注入木材に関する研究

第3報；圧縮力と Dimensional Stabilityとの関係

後藤 輝男・梶田 茂

(木材物理第1研究室)

Teruo GOTO and Sigeru KADITA ; Studies on the Impregnated Woods.

Ⅲ. Relation between the Pressing Pressure and Dimensional Stability.

I. 緒 言

圧縮木材については下記の3つの Group が考察研究せられている。

- a. Ordinary compressed wood — Lignostone
- b. Laminated compressed wood — Lignofol
- c. Resin-treated laminated, compressed wood (Compregnated wood) — Kunstharz-schichtholz

即ち上記の材料は生産過程中必ず圧縮操作が行はれるが、此の際用いられる加圧力と材料に与えられる Dimensional Stability との関係については従来殆んど研究されていない様である。筆者等は第Ⅰ報に於て報告した低縮合石炭酸フォルアルデヒド樹脂を注入処理した“マカンバ”、“ヒノキ”両辺心材について此の関係を研究した。

研究費の一部は文部省科学研究費によるものである。此の機会に感謝の意を表する次第である。

Ⅱ. 圧縮力が木材組織に及ぼす影響

木材中にある孔隙割合を C 、細胞膜実質が占める割合を m 、容積重を r とすれば $C=1-m=1-r/1.56$ となり、圧縮力増大と共に弾性及び塑性変形が起り C は減少し、 r は逆に順次増加して木材の真比重 1.56 に近づく事は一般に良く知られているが、針葉樹（有樹脂溝材、無樹脂溝材）、広葉樹（環孔材、散孔材、輻射孔材、絞様材）によつて圧縮過程がそれぞれ異なる事は W. KÜCH 氏の針広葉樹材からの積層材、並に筆者等のラワン材からの積層材についての研究から明白な事である。即ち細胞腔隙容積率と圧縮力とは低圧縮力範囲に於て必ずしも比例的な関係がなく、寧ろ木材の構造組織*と密接な関係があるものと思はれる。

※ 木材の構造組織と圧縮度との関係；一般に秋材を構成している細胞は厚膜から出来て居り、

春材を構成している細胞は薄膜であるため、必然的に同一圧縮力に於て春材部は秋材部よりも大きな圧縮度を示す。又木材の巨視的構造に於て、仮導管、木部柔組織、髓線細胞、導管、木繊維等に大別しうるが、此等を構成する細胞膜には何れも厚薄がある。即ち一般的に春材部にある仮導管、木部柔組織の細胞膜は薄く、次いで髓線細胞、導管で、最も厚いのは秋材部にある仮導管、木繊維と略々順列をつけうる。

要するに上記の組織の分布、及び数によつて圧縮度は異なるものと思はれる。

例えば“=レ”は比較的高き細胞腔隙容積率 ($C=約70\%$) を有する材であるが、圧縮力 30kg/cm^2 迄は、容積率は殆んど増加しない、然るに“ラワン” ($C=約76\%$) の如きは圧縮力の増大と共に、速に材中の孔隙は縮小し容積率は増加する。即ち=レ材とラワン材の構造組織の差異で、前者は木繊維細胞が多く且つ一様に配列しており、加うるに導管の数が比較的少いのに対し、後者は木部柔組織並に導管数が多いからである。

又針葉樹は広葉樹に比し春・秋材の差異が明瞭であるため圧縮経過は後述する様に階段的に行はれる。以上は圧縮力と巨視的な木材組織との関係であるが、圧縮力を加える事によつて細胞膜の微細構造が変化するかどうかの問題であるが、小原亀太郎氏は木材細胞膜の微細構造は圧縮挫折等の作用によつて著しい影響をうける事は事実であり、此の現象は染色反応によつて明らかにする事が出来るとのべている。即ち此の現象を良く説明するのに ROBINSON の所謂 “Slip Plane” がある。此は木材細胞膜に圧縮によつて生じた縞であつて、此の縞部分は塩化亜鉛沃度液で紫色となる。

即ち木材細胞膜はセルローズのミセルから成り立っているが、その周囲はリグニンで包まれている。それがために木材細胞膜はセルローズの反応を与えないで、リグニン膜の反応、即ち塩化亜鉛沃度では黄色に染まるのであるが、一度強圧を加えるとリグニンの被膜が破れてセルローズが露出し、塩化亜鉛沃度で紫色に染色されるのである。換言すれば木材を高温高圧下で処理する時は、ミセルを取囲むリグニン被膜が容易に破れ、セルローズ間の可塑性作用を一層容易に行はしめるものと考えられる。即ち加圧する事によつて木材中に内部応力を惹起せしめるが、此を解消せしめるのにセルローズ間の充填物質 (Cementing Material) であるリグニンを十分に流動せしめる様な条件下で木材を加圧、加熱する事が必要である。此の様な見地から研究が行はれているのが “Heat-stabilized compressed wood” (Staypak) で普通の圧縮木材とは異なるものである。

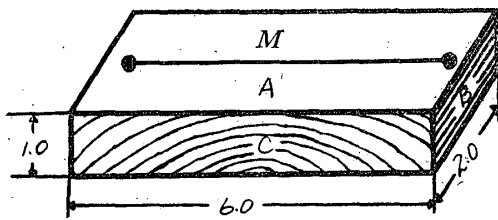
III. 無処理圧縮木材と石炭酸樹脂注入圧縮木材の最適加圧条件の問題

無処理圧縮木材に関して R. M. SEBORG 及び A. J. STAMM 両氏の報告によれば、木材の圧縮は F・S・P 迄の含水率及び圧縮温度の増加と共に増加する。然し繊維の比例限界応力以上の圧縮力を加える時は、含水率・圧縮温度の因子は圧縮量に大きな影響を与えない。即ち木材含水率を20%以上にし、 325°F (168°C) よりも稍々高き温度にて圧縮処理する時は “Recovery” の少い無処理圧縮木材が得られるとのべているが、石炭酸樹脂で処理した場合は、樹脂硬化に最適な含水率は木

材接着に関する従来の報告から6～8%であるから無処理圧縮木材生産時に於て最適とされる20%以上の含水率にて樹脂処理木材を圧縮硬化した時は、樹脂硬化が不良となるものと推察される。

Ⅳ. 実験材料及び樹脂注入圧縮処理

Fig. 1 試片 (Specimen)



Unit : cm

A ; Radial surface

B ; Tangential surface

C ; Transverse surface

M : Marked Line

(A) 測定材料

Fig.1 に示す様に厚さ1.0cm, 断面6.0×2.0cmのヒノキ辺心材, 及びカバの辺心材を用いた。

用いた試片の容積重, 含水率及び細胞腔隙容積率は Table 1 に示す如くである。而して切線方向の収縮率測定のために5.0cm距離の標線を Fig. 1 に示す様に入れた。

(B) 注入樹脂—低縮合石炭酸・フォルムアルヒド樹脂—

Table 1 ; 試片 (Specimen)

樹種 (Species)		容 積 重 Sp. Gravity (g/cm ³)	含 水 率 Moisture Content (%)	細胞腔隙 容 積 率 Total Fractional Void Volume · (%)
ヒノキ (Hinoki) Japanese Cypress (C. obtusa S. et Z)	辺 材 Sapwood	0.47	15.5	72
	心 材 Heartwood	0.49	15.2	70
カバ (Birch) (B. nikoensis koidz)	Sapwood	0.62	14.9	62
	Heartwood	0.71	14.7	56

Table 2 ; 樹 脂 (Resin)
(Low condensation phenol-formaldehyde resin)

含 脂 率 (Resin Content)	16.2 %
粘 度 (Viscosity)	1.91 c. p.
比 重 (Sp. Gravity)	1.049 g/cm ³
pH	8.7
表面張力 (Surface Tension)	45.01 dyne/cm ²
滲潤能率*	24.7 g/t·cm ²

$$* \text{ 滲潤能率} = \frac{\text{表面張力} \times \text{比重}}{\text{粘 度}}$$

第1報に於てのべた様に, 最も良い Dimensional Stability を与えた低縮合石炭酸樹脂の“E-Resin”を用いた。即ちその性状は Table 2 に示す如くである。

(C) 樹脂注入方法

ビーカ中に試験片を入れ(各条件に対して4箇)5時間ウイット中にて10mm Hgの真空度で減圧乾燥した後, 樹脂を注入し24時間樹脂中に浸漬せしめた。樹脂中浸漬温度は25±3°Cであつた。而して試片

をビーカー中より取出し 10 日間風乾せしめた。

(D) 硬化圧縮処理

加圧は年輪の半径方向に行つた。(切線方向に加圧すると、その方向が年輪の層と一致し、往々年輪に沿うて割目が生ずる。特に針葉樹材に此の現象が著しい。) 樹脂硬化時間及び硬化温度は Table 3 に示す如くである。

Table 3 ; 硬化時間及び硬化温度
(Curing-period and temperature of treated specimens.)

Pressing Pressure	From 0 kg/cm ² to 20kg/cm ²	40kg/cm ²	From 70kg/cm ² to 150kg/cm ²
Curing Period	20 min.	15 min.	10 min.
Curing Temp	150°C	150°C	150°C

尚圧縮力 40kg/cm² 以上の場合は、直ちに所期圧縮力を加圧する事なく、圧縮 3 分間後に所期圧縮力に達する様徐々に加圧した。又圧縮終了後試片を直ちに取出す事なく、90°C迄熱盤温度が冷却した後取出した。硬化圧縮終了した試片は更に 100°C で 2 時間電気乾燥器中で乾燥した後、乾燥デシケーター中に入れ冷却した。その時の試験片含水率は何れも 2 ~ 4 %であつた。無処理試片も比較のため同様に乾燥し約 4 %の含水率とした。

上述の様に樹脂注入圧縮硬化処理した試片の含脂率は大約 Table 4 に示す如くである。

Table 4 ; 処理試片の含脂率
(Resin content of treated specimen)

	Hinoki		Birch	
	Sapwood	Heartwood	Sepwood	Heartwood
Resin Content (%)	19.0~25.0	17.0~22.0	7.0~11.0	3.0~8.0

Resin ; See Table 2.

V. 実 験 方 法

容積安定性 (Dimensional Stability) ; 上述しに様に硬化圧縮終了した試片は乾燥デシケーター中で冷却した後、坪量及び標点間距離測定 (切線方向 - 1/100mm 精度の読取顕微鏡で測定) 並びに厚み測定 (放射方向 - 1/20mm 精度のキャリパーで測定) を行つた。而して試験片にビーカー中にて水中に浸漬し、ウイト中にて 1 時間真空下に置き更に 10 日間 25° ± 5°C の水中に浸漬した。水中浸漬後、同様に坪量、標点間距離及び厚み測定を行つた。次いで風乾後 105°C の電気乾燥器中で絶乾にした。而して水中に浸漬膨潤せしめた状態と最終乾燥状態間の Dimensional Change

を基準として Antishrink Efficiency (ASE) 及び Recovery を次式によつて計算した。

$$\text{ASE} = \frac{\text{Shrinkage of untreated specimen} - \text{Shrinkage of treated specimen}}{\text{Shrinkage of untreated specimen}} \times 100 (\%)$$

$$\text{Recovery} = \frac{B - A}{B} \times 100 (\%)$$

B ; Thickness of specimen before immersion in water

A ; Thickness of specimen after immersion in water.

VI. 実験結果及び考察

(A) 樹脂注入直後の切線方向の膨脹率並に重量増加率

樹脂注入前の気乾状態時の試験片を基準として計算した。結果は Table 5 に示す如くである。

Table 5 ; 膨脹率及び重量増加率* (Percentage of swelling and weight-increase)

Species		Swelling (%)	Weight-Increase
		—Tangential Direction—	(%)
Hinoki	Sapwood	3.82 — 4.0 — 4.14	163.0 — 163.6 — 164.5
	Heartwood	4.39 — 4.6 — 4.91	145.6 — 146.8 — 149.0
Birch	Sapwood	2.94 — 3.5 — 4.01	83.8 — 87.5 — 91.2
	Heartwood	4.15 — 4.7 — 5.60	60.9 — 66.6 — 71.5

* After resin-impregnation.

Table 5 に見る様に"ヒノキ" "カバ"何れも心材注入量は少いが、膨脹率は大である。又両材を比較して見るに"ヒノキ"は"カバ"に比し注入量は約2倍程大であるが、膨脹率は殆んど同じである。然し木材の収縮膨脹は一般に容積重の増加に伴つて増加するから、両材に於て注入量が等しい場合は"カバ"の方が膨脹率は大となるものと考えられる。

尚硬化圧縮処理による切線方向の膨脹率は"ヒノキ"に於ては圧縮力 10kg/cm² (辺材 ; 3.0 % , 心材 ; 2.3%), "カバ"に於ては 20kg/cm² (辺材 ; 2.6 % , 心材 ; 2.2 %) にて最も大であつた。

(B) 圧縮力と容積重及び圧縮率との関係

前述した条件で製造した"ヒノキ" "カバ"の樹脂注入圧縮材の容積重、圧縮率は Table 6, Fig. 2, Fig. 3 に示す如くである。

図表に見る様に"ヒノキ"の容積重増加及び圧縮経過は"カバ"のそれとは明らかに異なる。即ち"ヒノキ"に於ては (i) 10kg/cm²迄の圧縮力—容積重の増加は殆んどなく未だ弾性変形領域内にあるものと思はれる。(ii) 10kg/cm²~20kg/cm²間の圧縮力—春材部分の圧縮限界を越え該部分の

Table 6 ; 樹脂注入圧縮材の容積重 (g/cm^3) 及び圧縮率 (%)
(Specific gravity (g/cm^3) and rate of compression (%) of resin-impregnated, compressed wood)

圧 縮 力 Pressing Pressure kg/cm^2	ヒ ノ キ (Hinoki)				カ バ (Birch)			
	辺 材 (Sapwood)		心 材 (Heartwood)		Sapwood		Heartwood	
	g/cm^3	%	g/cm^3	%	g/cm^3	%	g/cm^3	%
Untreated	0.47	—	0.49	—	0.62	—	0.71	—
0	0.57	0.1	0.59	0.4	0.67	1.2	0.72	1.7
5	0.57	1.9	0.59	1.1	0.68	3.5	0.73	2.9
10	0.57	3.1	0.59	3.1	0.69	4.2	0.75	5.2
20	0.92	40.0	0.75	30.3	0.74	12.8	0.79	11.0
40	1.12	51.4	1.21	52.1	0.93	32.3	0.91	24.6
70	1.21	53.2	1.27	55.9	1.15	43.3	1.12	37.3
100	1.25	54.6	1.31	55.3	1.20	46.6	1.26	42.8
150	—	—	—	—	1.32	51.8	1.33	46.3

Fig. 2 ; 圧縮力と容積重との関係
(Relation between Pressing Pressure and Specific Gravity of Resin Impregnated woods.)

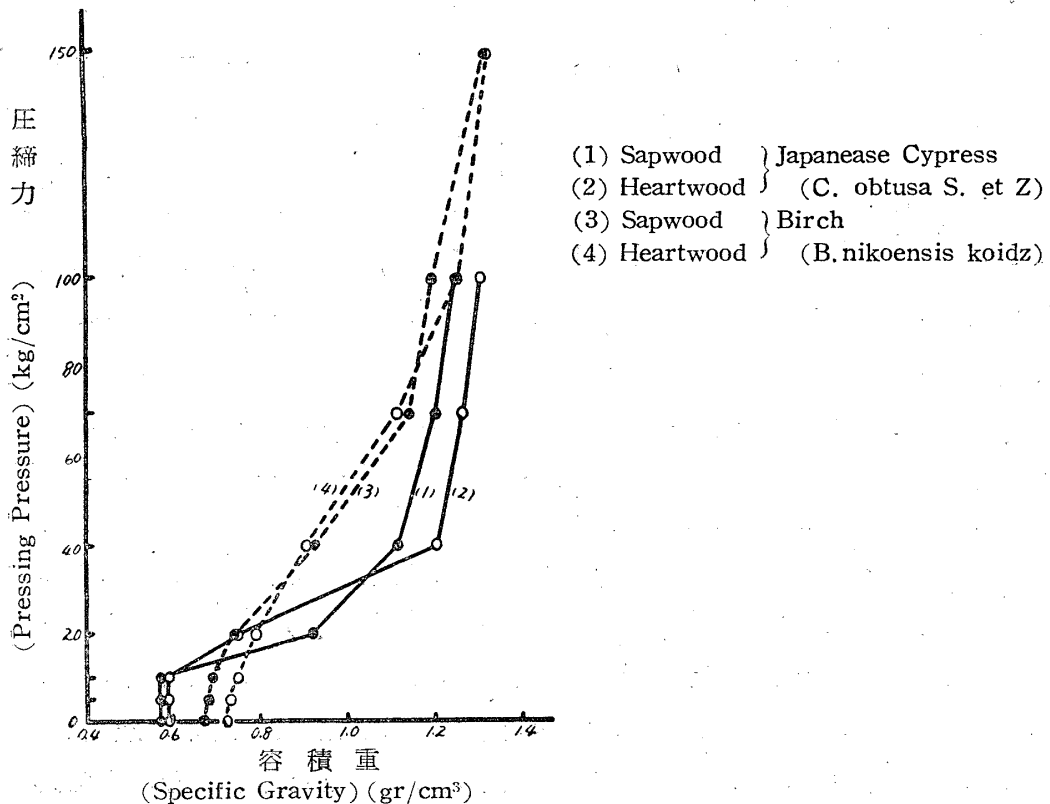
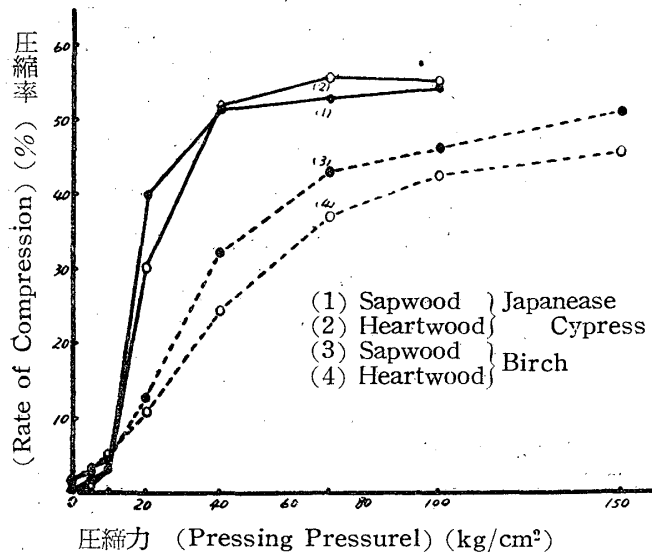


Fig. 3 ; 圧縮力と圧縮率との関係
(Relation between Pressing Pressure and Rate of Compression of Resin Impregnated Woods.)



Pore が非常に圧縮せられると共に容積重、圧縮率は急激に増加する。又辺材は心材よりも大きくそれが増加する。此は辺材に於ける春材部分が心材に於ける該部分よりも大きいからである。即ち春材部分帯の幅を測定する事によつて、該圧縮力範囲に於ける圧縮増加率を予測しうるものと思はれる。(iii) $20\text{kg/cm}^2 \sim 40\text{kg/cm}^2$ 間の圧縮力—秋材部分の圧縮限界を越え、同様に容積重、圧縮率の急速な増加をもたらすが、春材部分圧縮の場合程大きくはない。

尚 (ii) の場合と反対に心材は辺材よりも大きく増加する。(iv) 40kg/cm^2 以上の圧縮力—Pore の部分が殆んど消滅し圧縮率は約 $50 \sim 55\%$ となり、容積重は圧縮力とは殆んど無関係で増加しない。即ち此れ以上圧縮力を増大せしめても容積重増加曲線は木材真比重の線に漸近線的となり、極く僅かの容積重を増大せしめるにも非常に大きな圧縮力を加える必要がある。以上要するに“ヒノキ”に於ては後述する様に $10, 20, 40\text{kg/cm}^2$ がその構造組織と Dimensional Stability 間に重大な影響を及ぼす限界圧縮力である。

“カバ”に於ては“ヒノキ”の様に明瞭な階段的圧縮経過を示さない。即ち圧縮経過から見ても“カバ”は“ヒノキ”に比し homogeneous な材であると謂える。然しカバ積層材について W. KÜCH 氏のものべている様に (i) 約 10kg/cm^2 迄の低圧縮力範囲では容積重、圧縮率の増加は僅かで木材の元の組織は本質的に維持しているが、可塑性圧縮変形を起こしている。(ii) $10\text{kg/cm}^2 \sim 70\text{kg/cm}^2$ 間の圧縮力—約 40kg/cm^2 の圧縮力で容積重、圧縮率増加の変異点が存在する様であるが、大体圧縮力の増加に伴い Pore 部分が漸進的に相当除去せられ容積重、圧縮率の増加が割合大きく行はれる。(iii) 70kg/cm^2 以上の圧縮力—Pore 部分は殆んど消滅するも尚僅か乍ら圧縮率、容積重の増加を示す。以上要するに“カバ”に於ては随線及び箇々の厚膜細胞が折曲げられる限界圧縮力は辺材では 40kg/cm^2 、心材では 70kg/cm^2 であると思はれる。

尚“ヒノキ”“カバ”両材共高圧縮力範囲に於て心材よりも大きな容積重となる。

(C) 圧縮力と回復率との関係—Radial 方向の Dimensional Stability—Fig. 4 に示す様に“ヒノキ”に於ては、圧縮力 20kg/cm^2 に於て、即ち前述した様に春材部分の圧縮限界を越え、該部分の Pore が圧縮せられた時、回復率が最大となる。“カバ”に於ては辺材では圧縮力 40kg/cm^2 、心材では圧縮力 70kg/cm^2 で回復率が最大となる。尚カバ材に於て 150kg/cm^2 の高圧縮力で加圧した場合と、無処理材の場合と放射方向の膨脹率は略々同じである。要するに回復の問題から考察す

るに、中間圧縮力の使用は好ましくない。以上の結果は(D)項に於てのべる様に Tangential 方向の Dimensional Stability と同じ関係にある。尙 Fig. 4 及び Fig. 5 から判る様に樹脂注入圧縮木材の加圧方向の Recovery は無処理圧縮木材*のそれに比し僅かである。

※ 無処理圧縮木材の回復に関して、Hickory の心辺材を用いて実験を行つた R. M. SEBORG 及び A. J. STAMM 両氏の詳細な報告がある。即ちⅢ項に於てのべた様な最適条件で圧縮した場合でも 10~20% の回復率を示す。尙無処理圧縮木材に於て圧縮度保持量が多いもの程、換言すれば回復率の少い場合程、水中で平衡迄膨潤せしめた状態と絶乾状態間の放射方向の収縮量は大きい。即ち圧縮度保持量と放射方向の収縮量は比例関係にある。切線方向の収縮量は圧縮

Fig. 4 ; 圧縮力と回復率との関係 (I)
(Relation between Pressing Pressure and Recovery)
—— Resin Impregnated Woods ——
"Hinoki" (Japanese Cypress)

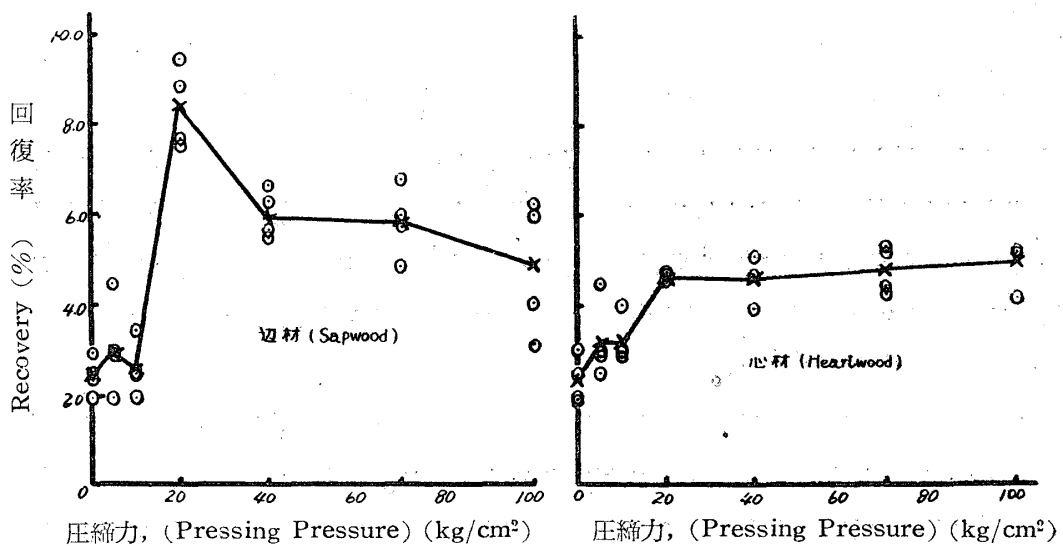


Fig. 4 (II)

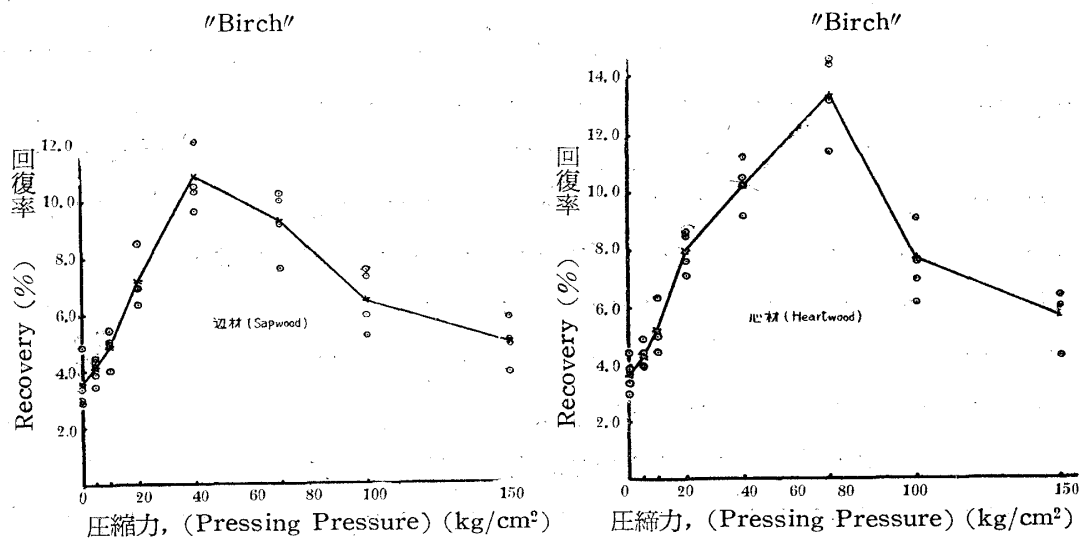


Fig. 5 ; 圧縮力と圧縮度との関係 (I)

(Relation between pressing pressure and Fraction of Original Thickness.)

— Resin Impregnated woods —

"Hinoki" (Japanese Cypress)

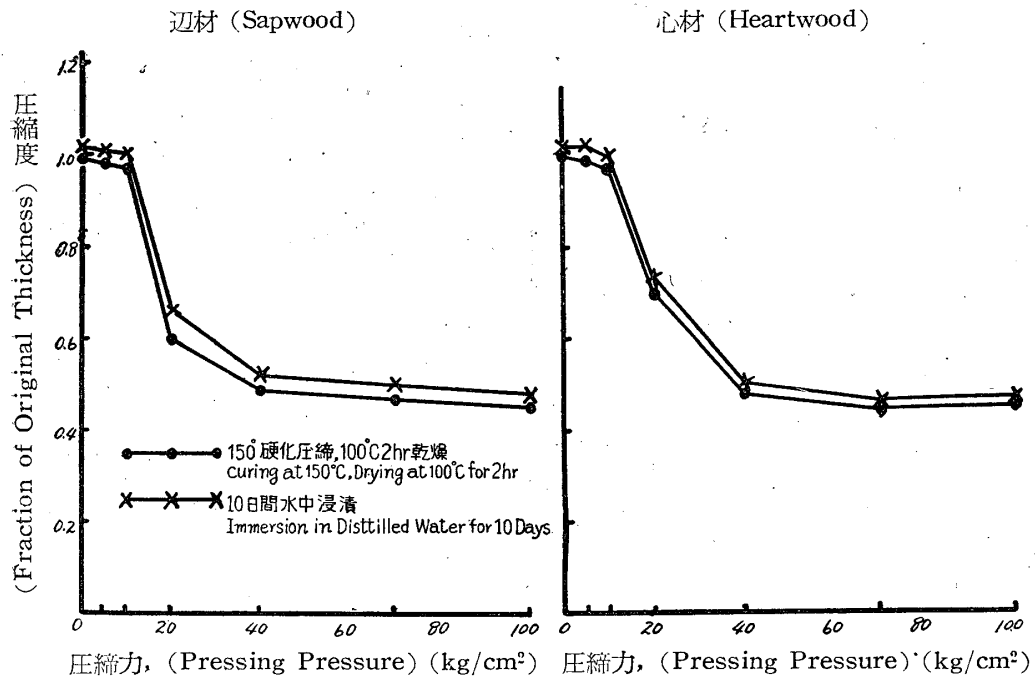
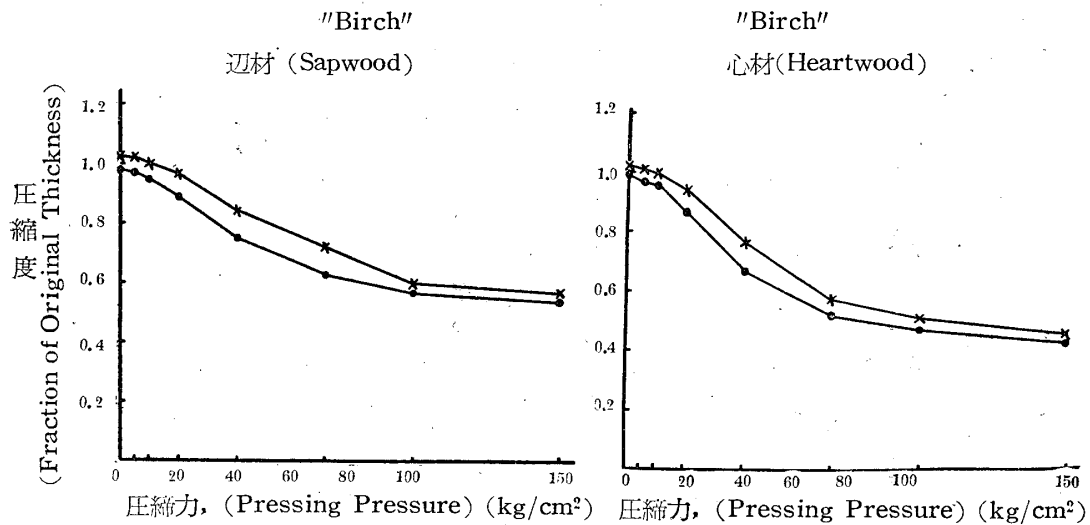


Fig. 5 (II)



度保持量の大小とは無関係である。以上の事項は樹脂注入圧縮木材の場合については 適合しない。

(D) 圧縮力と抗収縮能力との関係 — Tangential 方向の Dimensional Stability — 上述の方法で樹脂注入・硬化・圧縮処理した試片を 1 時間水中に浸漬したまゝ真空下に置いた後、更に 10 日間水中に浸漬膨潤せしめた状態と最終絶乾状態間の Dimensional change を基準として算出した収縮率並に抗収縮能力は Table 7, Fig. 6 に、及び水中浸漬後試片中に吸収せられた含水率は

Fig. 6 ; 圧縮力と抗収縮能力との関係 (I)
(Relation between Pressing Pressure and Antishrink-efficiency.)
— Resin Impregnated Woods —

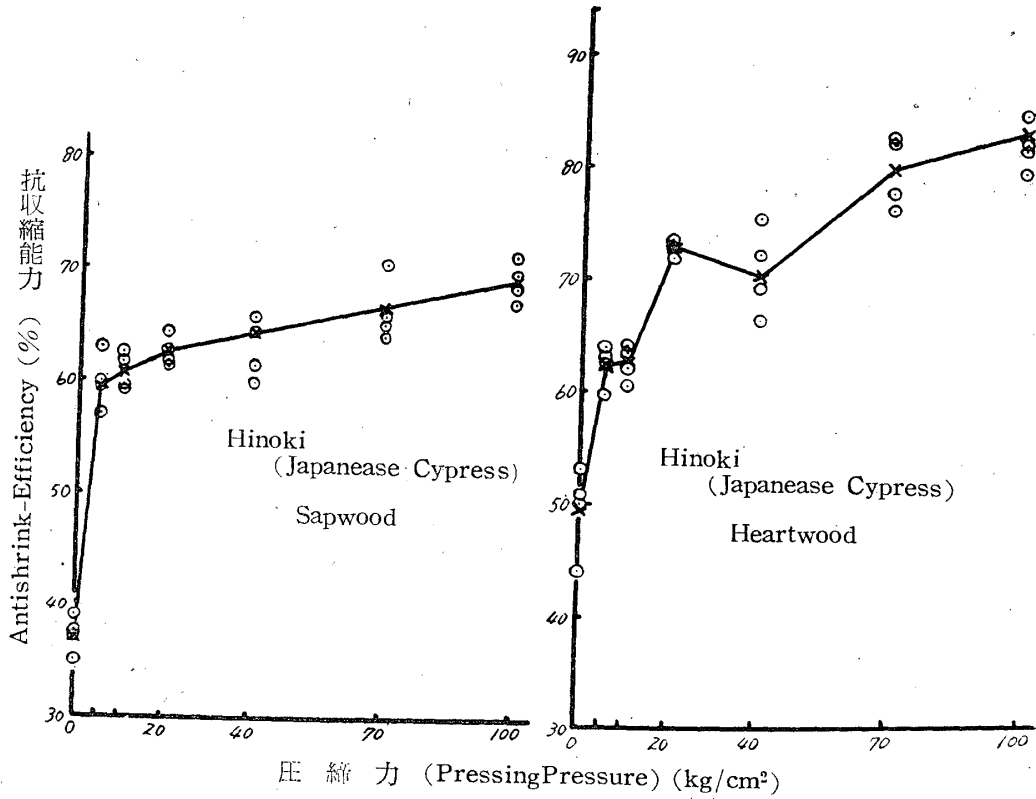


Fig. 6 (II)

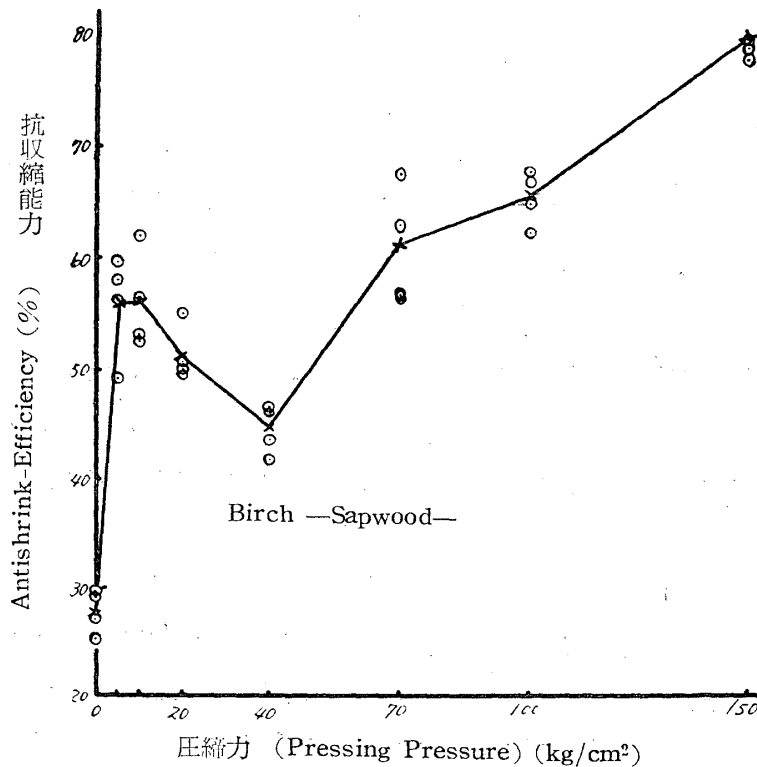


Fig. 6 (II)

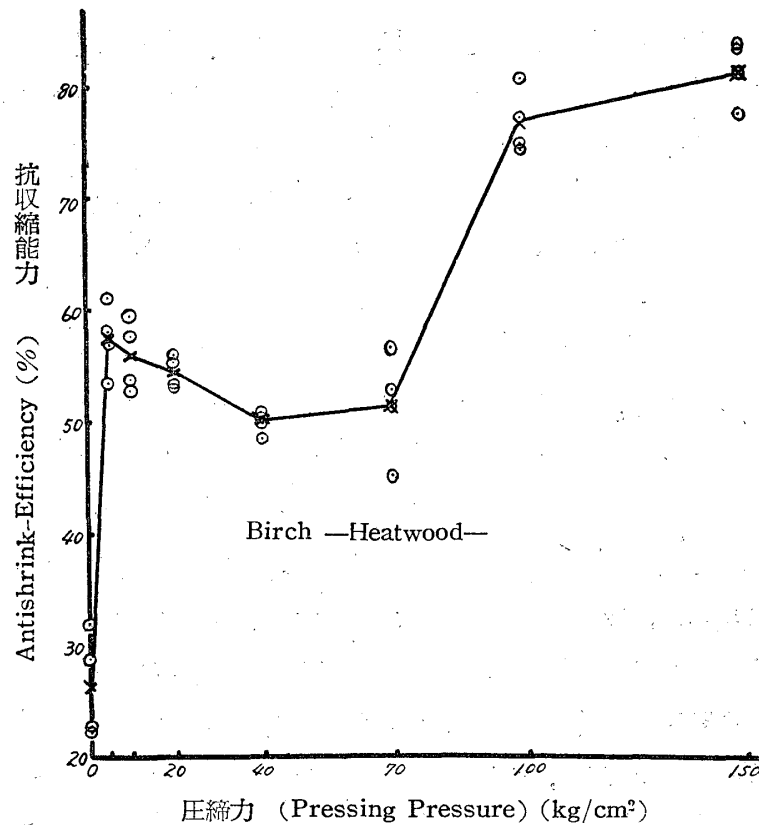


Table 7 ; 無処理並樹脂注入圧縮木材の収縮率及び抗収縮能力

(Shrinkage and antishrink-efficiency of untreated woods and resin impregnated, compressed woods.)

圧 締 力 Pressing Pressure (kg/cm²)	Hinoki (Japanese Cypress)				Birch			
	辺 材 (Sapwood)		心 材 (Heartwood)		辺 材 (Sapwood)		心 材 (Heartwood)	
	S (%)	ASE (%)	S (%)	ASE (%)	S (%)	ASE (%)	S (%)	ASE (%)
Untreated	6.44	—	7.09	—	6.13	—	8.54	—
0	4.06	37	3.59	49	4.42	28	6.29	26
5	2.60	60	2.68	62	2.71	56	3.63	58
10	2.54	61	2.66	63	2.70	56	3.76	56
20	2.42	63	1.93	73	2.98	51	3.89	55
40	2.38	64	2.10	70	3.40	45	4.29	50
70	2.15	67	1.42	80	2.36	62	4.16	51
100	1.78	70	1.30	84	2.10	66	1.95	77
150	—	—	—	—	1.24	80	1.65	81

S ; Shrinkage

ASE ; Antishrink-efficiency

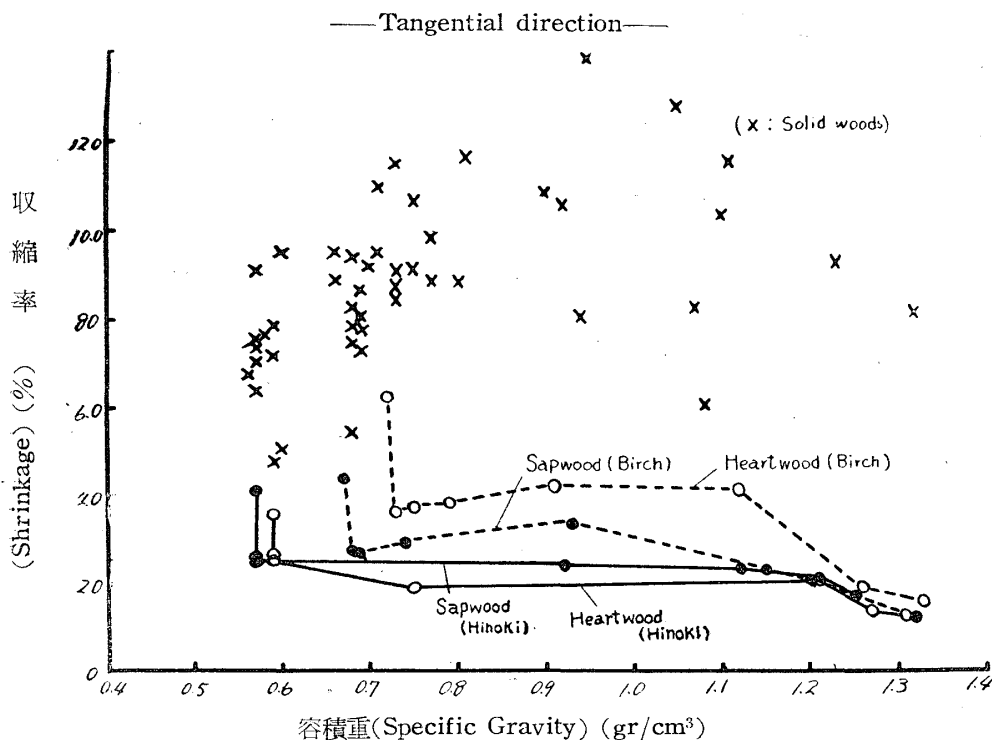
Fig. 8 に示した。Table 7, Fig. 6 に見る様に樹脂注入処理する事によつて抗収縮能力はヒノキに於て約 40~50%, カバに於て約 30% となるが, 5kg/cm^2 の低圧縮力を加圧する事によつて該能力はヒノキに於て約 1.5 倍, カバに於て約 2 倍上昇する事は注目すべきである。

即ち前述した様に此の範囲の圧縮力では木材組織の圧縮は殆んど認められないのに, 該能力が非常に上昇するのは如何なる事由によるものであろうか。此は恐らく次の様な理由によるものであると思はれる。(i) 繊維素及びリグニンの遊離の OH 基と樹脂の OH 基間の化学結合が非常に促進せられる。(ii) 木材中に注入された樹脂が縮合硬化の際—A状態からB・C状態へ移行の時—収縮・膨脹に最も大きな原因をなす非結晶領域へ樹脂が浸潤し, 該領域で硬化する樹脂が多くなり, 水分子の吸着を非常に減少せしめる。(iii) 又僅かの圧縮力でも高温圧縮 (150°C) のためにミセルを取囲むリグニン被膜が一部破れて, 注入樹脂の遊離のフェノルマリンと化学結合—所謂リグニン・フェノールフェノルマリン樹脂の形成—或はリグニン自体の活性化を或程度行はしめる。

然し後述する様に中間圧縮力に於て抗収縮能力が殆んど増加しない, 或は減少する結果に対する詳細なる理由は不明であるが, 次の様な事由によるものであると思はれる。

即ち圧縮力の増大と共にヒノキに於ては, 該能力は圧縮経過の場合と異つて略々漸進的に増大するが, カバに於ては, 中間圧縮力 (辺材では $20\sim40\text{kg/cm}^2$, 心材では $40\sim70\text{kg/cm}^2$) で減少し高圧縮力 (辺材では 70kg/cm^2 以上, 心材では 100kg/cm^2 以上) で再び大いに増加する。此の

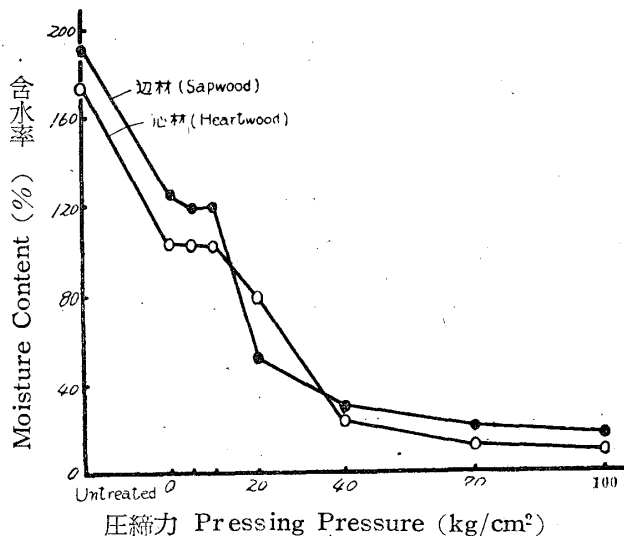
Fig. 7 ; 樹脂注入木材と普通木材の収縮率
——切線方向——
(Comparison of Shrinkage of Resin Impregnated, Compressed woods
and Solid woods.)



結果は前述した様に秋材部の限界圧縮力と一致する。即ち限界圧縮力に於ては厚膜細胞組織が非常に至められ大なる内部応力を惹起せしめる。一該圧縮力では此の大きな内部応力を緩和するに十分なリグニンの活性化が行はれない。一故に該圧縮力で Recovery が大きく、該能力が低下するものと思はれる。此の事実は興味ある問題で、更に大いに考察する必要があると思はれる。

要するに中間圧縮力(樹種、材部によつてやゝ異なる)は抗収縮能力増強に殆んど効果を与えない。尚心材よりもカバ、ヒノキ両材に於て何れも高い抗収縮能力値を得る。即ち $100\text{kg}/\text{cm}^2$ の高圧縮力に於て、ヒノキでは辺材約 70%，心材約 84%， $150\text{kg}/\text{cm}^2$ の高圧縮力に於て、カバでは辺材約 80%，心材約 81% の非常に高い抗収縮能力値を得る。

Fig. 8 ; 圧縮力と含水率との関係 (I)
(Relation between Pressing Pressure and Moisture Content, Hinoki (Japanese Cypress))
10日間水中浸漬 (Immersion in distilled water for 10 days. Water temperature; $25^\circ \pm 5^\circ\text{C}$)



上圧縮力を増大せしめても試片含水率は殆んど変化なく、心材に於て 30~20%，辺材に於て 20~10% の僅かの水分しか含み得ない。カバに於てはヒノキの場合と異なり、圧縮力 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ 迄略々直線的に試片含水率

樹脂注入圧縮木材の容積重と収縮率一切線方向一との関係を略々同容積重の普通木材のそれと比較図示すれば Fig. 7 に示す如くである。即ち処理木材の収縮率は何れも低い事が判る。此の事を Dimensional Stability のみの観点から考察するに、高容積重の木材を使用する事は使用上、経済上から不利益であると思はれる。

圧縮力と試片含水率 (10日間水中浸漬後の含水率) の関係は Fig. 8 に示す如くである。即ちヒノキに於ては、圧縮力 $0 \sim 10\text{kg}/\text{cm}^2$ 迄は殆んど変わらないが $10 \sim 40\text{kg}/\text{cm}^2$ 間の圧縮力範囲で急速に減少する。又 $40\text{kg}/\text{cm}^2$ 以

Fig. 8 Birch (II)

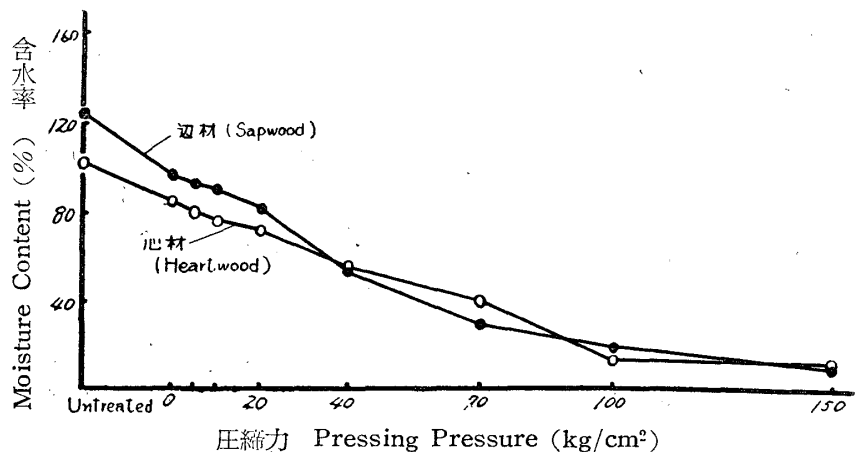
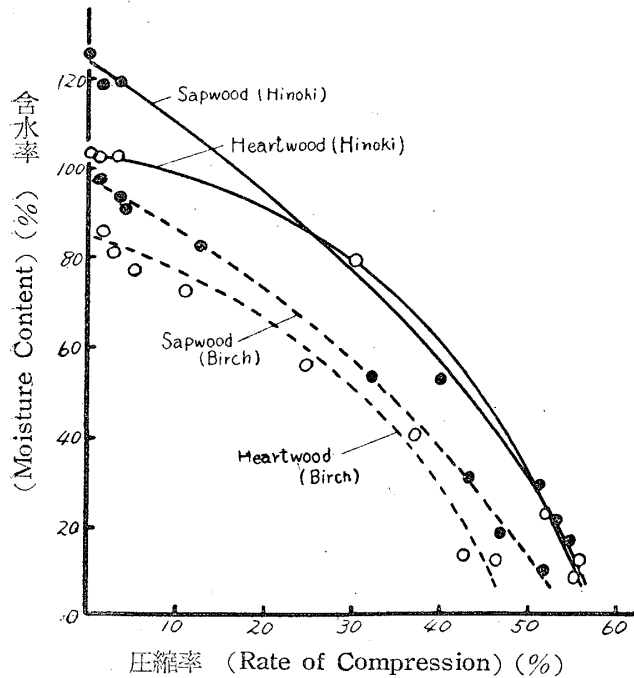


Fig. 9 ; 圧縮率と含水率との関係
Relation between Rate of Compression
and Moisture Content



は減少し、それ以上の圧縮力では殆んど変化なく、心辺材共20~10%の水分しか含み得ない。以上の現象は圧縮力と圧縮経過の関係と同一の関係にある。即ち圧縮率と含水率との関係を図示すれば Fig. 9 に示す如くである。

即ち圧縮率の増加に伴いヒノキ・カバ両材の辺材間及び心材間に於て同様な含水率減少曲線を示す。

尚樹脂注入圧縮木材の吸湿・吸水性と膨脹・収縮の関係は素材の場合と相当異なるものと考えられるので、今後詳細なる研究を行つて明らかにしたいと思つている。

以上要するにヒノキ・カバの辺心材共、抗変形質商は Table 8 に見る様に圧縮力 5~10kg/cm² に於て最大で、中間圧縮力では悪く高圧縮力で僅に改良される事が判る。即ち Dimensional Stability のみの観点から樹脂注入処理材は約 10kg/cm² の低圧縮力か、100kg/cm² 以上の高圧縮力で硬化圧縮する事が好ましい。

Table 8 ; 抗変形質商
(Quality-quotient of antideformation*)

圧 縮 力 Pressing Pressure (kg/cm ²)	ヒ ノ キ (Hinoki) (Japanace Cypress)		カ バ (Birch)	
	辺 材 (Sapwood)	心 材 (Heartwood)	辺 材 (Sapwood)	心 材 (Heartwood)
0	0.65	0.84	0.42	0.36
5	1.05	1.05	0.82	0.79
10	1.07	1.06	0.81	0.75
20	0.63	0.97	0.69	0.70
40	0.57	0.58	0.48	0.55
70	0.55	0.63	0.55	0.46
100	0.56	0.64	0.55	0.61
150	—	—	0.61	0.61

* Quality quotient of antideformation = $\frac{\text{Antishrink-efficiency value}}{\text{Specific gravity}}$

VII. 要 約

1. 圧縮力と木材孔隙減少の関係は一次函数的な関係はなく、むしろ木材構造組織と密接な関係がある。尚圧縮力の増大と共に細胞膜の微細構造が変化する。
2. 圧縮力の増大と共にヒノキ材の容積重、圧縮率は階段的な増加を示すが、カバ材では漸進的な増加を示す。
3. 樹脂注入圧縮木材の回復率は無処理圧縮木材に比し僅かであるが、ヒノキ材では心辺材共圧縮力 20kg/cm^2 に於て、カバ材に於ては辺材では圧縮力 40kg/cm^2 、心材では圧縮力 70kg/cm^2 で回復率は最大である。
4. 5kg/cm^2 の非常に低い圧縮力でも抗収縮能力値は大きく増加する。
5. Dimensional Stability のみの観点から、樹脂注入処理材は約 10kg/cm^2 の低圧縮力或は 100kg/cm^2 以上の高圧縮力で硬化圧縮する事が好ましい。

Résumé

In the present research were studied the relations between the dimensional stability and pressing pressure of the phenolic-resin impregnated woods.

All data presented in this report were obtained by using prepolymerized phenol formaldehyde resin. (Table 2)

The method of resin treatment was conducted as follows;

Specimens (Fig. 1, Table 1) were piled in a beaker. The beaker were placed in a vacuum desiccator and evacuated for 5 hrs. with a vacuum pump to remove entrapped air. Following this the specimens were allowed to stand in the treating solution overnight to allow for thorough diffusion into the cell-wall structure. The treated specimens were placed on towelling paper for about 5 min. to remove surplus solution. They were then weighed and the tangential dimension measured with a reading microscope.

The conditions of pressing pressure and curing temperature were showed in Table 3.

The resin-impregnated, compressed specimens, after weighing and measuring, were placed in a vacuum desiccator partly filled with water.

A vacuum was pulled for 1 hr. with a vacuum pump. The specimens were then allowed to soak for a period of 10 days in distilled water to remove any unpolymerized resin-forming chemicals. The specimens were again weighed and measured, then air dried for 24 hr. and oven dried at 105°C .

All the recovery- and antishrink efficiency values were calculated on the basis of the dimensional change between the leached swollen condition and the final oven dry condition.

The results of experiment obtained were summerized as follows;

(A) Relation between specific gravity and pressing pressure. (Fig. 2, Fig. 3, Table 6)

These data illustrate the significant differences in species of wood as a function of the

pressing pressure.

(B) Relation between recovery and pressing pressure. (Fig. 4, Fig. 5,).

From these data, the pressing pressure of maximum recovery are as follows;

Species		Pressing Pressure (kg/cm ²)	Recovery (%)
Hinoki (Japanese Cypress)	Sapwood	20	8.5
	Heartwood	20	4.5
Birch	Sapwood	40	11.0
	Heartwood	70	13.0

(C) Relation between antishrink efficiency and pressing pressure. (Fig. 6, Table 7)

The antishrink efficiency increases rapidly at low pressing pressure of 5 kg per square centimeter. From the stand point on dimensional stability, the low pressing pressure of 10 kg per square centimeter or high pressing pressure about 100 kg per square centimeter seem to be adequate to give sufficient antishrink efficiency of phenolic resin impregnated wood.

文 献

- (1) 後藤 輝男・梶田 茂：注入木材に関する研究，第1報；低縮合石炭酸樹脂による木材処理
木材研究 11, 29. (1953)
- (2) 後藤 輝男・梶田 茂：ラワン積層材について (1) 物理的性質，木材研究資料 4, 45. (1953)
- (3) 小原亀太郎：木材加工と細胞膜の研究 日本木材工芸 2, 623. (1934)
- (4) R. M. Seborg, A. J. Stamm : The Compression of Wood, Mechanical Engineering 63, 211. (1941)
- (5) L. Klein, M. Grinsfelder and D. Bailey : Comparison of Methods for Improving Wood.
Ind. Eng. Chem. 252. (1944)
- (6) A. J. Stamm, R. M. Seborg : Resin-Treated Wood (Impreg). F. P. L. Report 1380 (1950)
- (7) W. Küch : Über die Vergütung des Holzes durch Verdichtung seines Gefüges. Holz als Roh und Werkstoff 9 Jg, H. 8, 305 (1951)