

木材防腐剤に関する研究

第24報 P. C. P.-Na 水溶液の木材への滲透及び注入に就いて

木材化学第二研究室 西本 孝一・布施 五郎・井上 吉之

(昭和32年12月24日受理)

Koichi NISHIMOTO, Goro FUSE, and Yoshiyuki INOUE : Studies on the Wood Preservatives. (XXIV) On the Impregnation of Sodium Pentachlorophenol Solution into Wood.

緒 言

P. C. P. -Na 水溶液が木材中に滲透し難いことは木材防腐剤として大きな欠点であるが果して加圧注入を行つた場合他の一般的な防腐剤と比較して非常に滲透が劣っているか否か又注入条件によつて滲透状態が如何なる影響を受けるか或いは滲透不良の原因より考えてそれを改良する注入方法がないものかは P. C. P. -Na 水溶液の使用に当つて当然考えねばならない事柄である。P. C. P. -Na 水溶液の注入については既に木材防腐剤としてのペンタクロールフェノール及びその塩類に関する研究として詳細な報告が P. C. P. 研究会より出されているが我々も之等の問題に興味を持ち他の防腐剤との比較、加圧条件による影響、滲透度改良等に関して一連の実験を行い更には実用の目的をもつてケヤキ・腕木材の P. C. P. -Na 水溶液の注入実験を行つたのでここに纏めて報告する次第である。

各種防腐の各樹種に於ける滲透状態

P. C. P. -Na 水溶液と他の防腐剤との滲透状態を比較して優劣をきめる事は、木材の性質上極めて困難な事であるが、本実験ではそのような問題を考慮して供試材の作製・滲透状態の測定を特に注意し、次の如く行つた。

木材の選定及び試験材の調整

試験片を健全な清浄なスギ、(*Cryptomeria japonica* D. Don). ヒノキ、(*Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Z). クロマツ、(*P. Thunbergii*, Parl), ブナ、(*Fagus crenata* Blume), ケヤキ (*Zelkova serrata* Makino), クリ (*Castanea crenata* Sieb et Z) の丸太より、5×15×55 cm の二方桁の板を鋸断し、全試片の辺材率を出来るだけ一定にする為、又節を除去する為、板を選別した後含水率が大体15%前後になる迄人工乾燥する。

4×4×25 cm の二方桁木取りに正確に鋸断し、秤量する前に3ヶ月間実験室に放置した。試片を秤量し、試片は同じ容積に切つたので、重量で比重分布を示した。各材種を3組に分け、各組を10本宛とした。即ち1つの組の10本は比重の近似した試片であり、各組より1本宛を任意に選んで合計3本を同一薬剤の同一注入条件で注入試験に供する如くした。尚これ等の供試

材の年輪密度平均含水率，辺材率は Table 1 の通りであるが，ブナ，ケヤキの心材は殆んど注入が困難である為辺材のみを使用した。

Table 1.

樹 種 Wood name	ス ギ Cryptomeria	ヒ ノ キ Cypress	クロマツ Black pine	ブ ナ Beech	ケ ヤ キ Zelkova	ク リ Chestnut
年 輪 密 度 annual ring density	4.9	3.2	2.0	5.1	3.9	4.2
平 均 含 水 率 (%) average moisture content	15.7	16.5	16.2	17.3	16.5	16.0
平 均 辺 材 率 (%) average sapwood rate	21	68	—	100	100	0

注入処理液の調整

試験に選んだ防腐剤は水溶性3種，油性2種である。

水溶性防腐剤：Boliden Salt S-25 (2.5%水溶液，比重1.0225)，Malenit (1.5%水溶液 比重1.0183)，Sodium Pentachlorophenol (P.C.P.-Na 5%水溶液)を用いた。

油性防腐剤：Creosote oil (JIS 1号，比重 1.0772) Pentachlorophenol (松根原油に3%溶かしたもの)を用いた。P. C. P. は松根原油に常温で約30%溶解するので，この点石油系溶媒の高価な本邦では P.C.P. の溶媒としては注目すべきものであろう。

防腐処理規格 JIS A 9002 に準じた Table 2 の如き注入条件によつて注入を行つた。注入後乾燥し各薬剤の滲透面積は区分求積に依つて求めた。

滲透面積の測定方法は，供試材を軸方向に於いて中央で切断して半分を Fig. 1 の如く4つ

滲透面積測定用試片採取図

Fig 1.

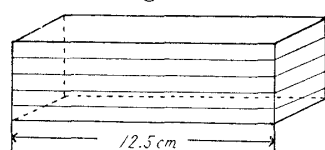
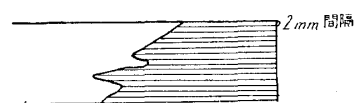


Fig 2.



に切断し，その4つの切断面について Fig. 2 の如く滲透面積を細分し，その近似値面積の和に依つて滲透面積を求めた。次に述べる滲透面積値はこの4断面の面積値の平均を以つて示したものである。なお試片の残り半分は各薬剤の防腐効力を試験する為に用い，その結果は既に発表した¹⁾。薬剤の検出は Boliden salt, D.N.P., Creosot, P. C. P. 松根油液は供試材の変色又は着色部分をもつてし，NaF は Zirkon-Alizariu, Reaction を利用し，P.C.P.-Na の検出は先に報告²⁾した如く二酸化塩素の酸化による検出法が従来の硫酸銅による方法より鋭敏で且つ検出部分の防腐効力も充分であるので以下の実験では全てこの検出法で行つた。

下記の注入条件による各薬剤の注入量及び滲透面積は Table 3 の通りである。

これ等の数値に依つて滲透の難易を比較する事は困難であるが，一応の傾向を考えて見るとクレオソートは全ての樹種について良い滲透を示している。P. C. P.-Na 水溶液はクレオソートと比べれば劣るが，他の水溶性防腐剤と比較する時 NaF の滲透面積には及ばないが，ポリ

(Bethell 法)

Table 2.

樹 種 Wood name	前 排 気 Advance vacuum		加 圧 Pressure		温 度 Temperature (C°)	後 排 気 Final vacuum		静 止 Repose (分)
	減 圧 (mm)	時 間 (分)	圧 力 (kg/cm ²)	時 間 (分)		減 圧 (mm)	時 間 (分)	
ヒ ノ キ Cypress	500	30	7	60	35	500	30	30
ス ギ Cryptomeria	500	30	7	60	35	500	30	30
ク ロ マ ツ Black-pine	500	30	7	30	35	500	30	30
ケ ヤ キ Zelkova	500	30	7	30	35	500	30	30
ク リ Chestnut	500	30	7	30	35	500	30	30
ブ ナ Beech	500	30	7	90	35	500	30	30

(Lowry 法)

樹 種 Wood name	前 排 気 Advance vacuum		加 圧 Pressure		温 度 Temperature (C°)	後 排 気 Final vacuum		静 止 Repose (分)
	減 圧 (mm)	時 間 (分)	圧 力 (kg/cm ²)	時 間 (分)		減 圧 (mm)	時 間 (分)	
ヒ ノ キ Cypess	—	—	7	60	35	500	40	30
ス ギ Cryptomeria	—	—	7	60	35	500	40	30
ク ロ マ ツ Black pine	—	—	7	30	35	500	40	30
ケ ヤ キ Zelkova	—	—	7	30	35	500	40	30
ク リ Chestnut	—	—	7	30	35	500	40	30
ブ ナ Beech	—	—	10	90	35	500	40	30

ーデン塩や D.N.P. の変色又は着色部分と同程度或いはそれ以上の浸透面積を示し水溶性防腐剤中特に浸透性が劣るとは考えられない。P.C.P 松根油液はクレオソートより悪いが、全ての樹種にかなり良く浸透している。注入量は水溶性防腐剤に比べて悪いが、注入量と浸透面積との関係は水溶性防腐剤の場合に水と薬剤の浸透が一致せず、注入量のみで判断するのは危険である。又各樹種別に見ると、P.C.P.-Na の水溶液はブナ、ケヤキの辺材には容易に浸透するが、ケヤキ、ブナ、クリ等広葉樹の心材は殆んど浸透しない。スギ、ヒノキ、マツ等は他の水溶性防腐剤と同程度の浸透を示し長大な材では処理困難で、より完全な防腐の為、補助薬剤を混合することが必要である。マツ材では油性薬剤が良い浸透を示し、クリ心材でもかなりの浸透面積を示しているのは、水溶性防腐剤と良い対称である。なお Bethell 法は Lowry 法よ

Table 3.

薬 劑 preservatives	Boliden salt				Malenit						Creosote				P. C. P. 松 根 油 液 (pine root oil)				P. C. P. 水 溶 液 (water solution)			
	B 法		L 法		B法	L法	D. N. P.		NaF		B 法	L 法	B 法	L 法	B 法	L 法	B 法	L 法	B 法	L 法	B 法	L 法
	注 入 量	滲 透 面 積	注 入 量	滲 透 面 積			B法	L法	B法	L法												
樹 種 wood name	注 入 量	滲 透 面 積	注 入 量	滲 透 面 積	注 入 量	注 入 量	滲 透 面 積	滲 透 面 積	滲 透 面 積	滲 透 面 積	注 入 量	滲 透 面 積	注 入 量	滲 透 面 積	注 入 量	滲 透 面 積	注 入 量	滲 透 面 積	注 入 量	滲 透 面 積	注 入 量	滲 透 面 積
ス ギ Cryptomeria	217	18.2	165	14.9	237	232	18.1	19.2	34.4	28.8	500	53.3	435	50.3	105	32.3	52	26.1	302	28.7	270	26.7
ヒ ノ キ Cypress	347	53.3	335	53.3	470	487	41.4	37.2	53.3	52.0	697	50.2	462	39.0	130	32.9	70	26.1	462	50.8	330	40.8
ク ロ マ ツ Black-pine	270	21.2	250	19.4	300	270	27.8	22.0	42.3	33.7	170	46.9	145	51.7	195	48.1	140	41.2	336	27.8	256	20.0
ブ ナ Beech	575	53.3	401	53.3	590	502	53.3	53.3	53.3	53.3	301	53.3	282	53.3	260	53.3	157	50.7	437	52.6	382	51.0
ケ ヤ キ Zelkova	525	53.3	314	53.3	528	369	53.3	50.2	53.3	53.3	257	53.3	238	48.4	230	51.3	133	45.6	382	53.3	287	50.8
ク リ Chestnut	97	1.2	52	1.0	70	65	1.3	1.2	3.9	3.7	55	33.1	40	33.7	47	20.9	11	6.9	86	2.8	8.1	2.4

(B 法 : Bethell 法 L 法 : Loury 法)

り全ての薬剤及び樹種に就いて良い浸透を示している。

加圧条件が P.C.P.-Na 水溶液の浸透に及ぼす影響

一般に防腐処理に於いて、薬剤の注入浸透に対し加圧の強さと加圧時間は、薬剤の温度と共に最も重要なものである。与えられた材に最も適した圧力の強さ及び処理時間は、要求する浸透度、材の浸透の難易、防腐剤の温度等の諸条件により異なる。

かかる意味に於いて P.C.P.-Na 水溶液の木材への浸透が加圧条件に依つて如何なる動向を示すかを調べる事は、防腐剤としての使用目的に準じた処理を適正ならしめる上に有効であり、必須の事項と思う。

此処に本目的の為に付した実験結果を報告する。

前実験と同様の供試材としてスギ心材、ヒノキ心材、ブナ心材、ブナ辺材、ケヤキ心材及びケヤキ辺材を選んで用いた。

3% P.C.P.-Na 水溶液を使用し、PH・透明度を一定にして用いた。

上記の供試材に圧力 3 kg/m²、6 kg/m²、10 kg/m² 加圧時間 10 分、30 分、60 分、120 分と加圧条件を変えて注入を行い、繊維方向に於ける Na-P.C.P. の浸透長を測定した。浸透長の測定方法は Fig. 3 の如く切断し、二酸化塩素の酸化に依る検出法²⁾を行つて、P.C.P. の呈色面積より Fig. 4 の如く 6 点の測定点の浸透長を測りその平均値を求めて浸透長とした。

浸透面積測定用試片採取図

Fig. 3.

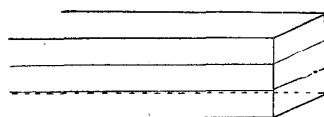


Fig. 4.

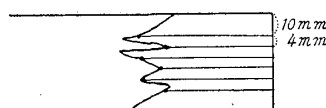


Table 4 の値は 2 断面の浸透長の平均値である。

一般に防腐剤の木材への浸透は潤葉樹に対するより針葉樹に対する方が良く、その通路は主に前者では導管、後者では仮導管で、導管の径の大小、通路における障害物の有無、仮導管の細胞壁の性質により左右される。針葉樹の未乾燥材で閉塞紋孔が乾燥するにつれその孔が大になり繊維飽和点以下では円節が脱落するものもあり防腐剤の浸透が容易となる。潤葉樹では髄線は防腐剤の浸透を容易にしない。針葉樹では髄線仮導管をもっているものは幾分浸透を容易にする。辺材が心材より浸透性の勝る理由の一つは、閉塞紋孔少く細胞膜に樹脂分が少いからである。

かくの如く針・潤或は辺・心に於ける浸透性の相違は組織的因子に左右される点大なるも、一応スギ・ヒノキの辺材は低圧短時間の処理で本実験に用いた大きさの試片では完全に浸透すると見做し、実験を行わなかつた。実験結果を見るに、ブナ・ケヤキ辺材は圧力 3 kg/cm² 加圧時間 10~30 分で殆んど 100% の浸透長を示し本実験に用いた大きさの試片では、辺材に対する浸透は何ら結論を生み出し得なかつた。

これに反し各材の心材に就いてはかなり面白い結果を得ている。即ちスギ・ヒノキの針葉樹と、ブナ・ケヤキの潤葉樹と比べると明らかに前者が注入量、浸透長共に数倍大きい値を示し

ている。スギ、ヒノキの間では殆んど差がないが、スギは若干滲透し易いようである。ブナ、ケヤキの間では注入量はブナが多いに拘らず、滲透長はケヤキが高い値を示している。これはブナは細い導管が年輪内一様に分布しているに対し、ケヤキは春材の大きい導管が年輪の内境に沿って環状に配列している為、この部分にかなり深く防霉剤が滲透している事に原因があらう。圧力と注入量との関係に於いて、低圧の場合より高圧の場合の方が時間による影響が大きい。低圧に於いてはヒノキ心材はスギ心材より多い値を示しているが、高圧では全く逆である。試片が小さい為時間の影響より圧力の影響が大きく現われている。ブナ心材、ケヤキ心材では圧力による影響が針葉樹程大きく現われず特にブナ心材に於いてはこの傾向が著しい。

圧力と滲透長との関係は注入量に対するよりかなり密なる関係がある様で、圧力が高くなるにつれて滲透長は急速に増大する。低圧ではスギ心材を除く以外の材種では60分で滲透長は大體伸び難く、10 kg/cm² の高圧では全くこの逆でスギ心材以外の材種は120分で急激に増大している。これが何に原因しているか不明であるが、恐らく組織的なものではなからうか。

注入量が時間と共に増大する割合より滲透長が時間と共に増大する割合の方が大きい、即ち、滲透長はある圧力以上に加圧注入を行う時はかなり時間の影響を受けるという事である。

Table 4.

供 試 材 Sample wood	圧 力 3kg/cm ² Pressure			圧 力 6 kg/cm ² Pressure			圧 力 10 kg/cm ² Pressure		
	加時 圧間 time (分)	注 入 量 Impreg- nated volum (kg/m ³)	滲透長 Penetrat- ed length (cm)	加時 圧間 time (分)	注 入 量 Impreg- nated volum (kg/m ³)	滲透長 Penetrat- ed length (cm)	加時 圧間 time (分)	注 入 量 Impreg- nated volum (kg/m ³)	滲透長 Penetrat- ed length (cm)
ス ギ 心 材 Cryptomeria heartwood	10	162	1.8	10	235	6.1	10	278	5.8
	30	192	3.1	30	278	6.3	30	450	8.1
	60	207	4.2	60	377	7.6	60	507	11.4
	120	300	5.7	120	450	10.3	120	562	12.1
ヒ ノ キ 心 材 Cypress heartwood	10	185	2.7	10	253	2.9	10	270	7.5
	30	278	4.5	30	290	4.5	30	310	7.8
	60	330	4.9	60	358	8.0	60	390	9.6
	120	337	5.0	120	450	8.8	120	505	10.7
ブ ナ 心 材 Beech heartwood	10	87	0.1	10	105	0.1	10	105	0.5
	30	100	0.1	30	130	0.1	30	142	1.0
	60	122	0.1	60	152	0.6	60	157	1.4
	120	150	0.5	120	200	1.5	120	227	3.3
ブ ナ 辺 材 Beech sapwood	10	325	11.6	10	340	12.0	10	380	11.9
	30	335	11.9	30	362	12.1	30	387	11.9
	60	337	11.8	60	390	12.1	60	423	12.4
	120	337	12.5	120	462	12.4	120	478	12.4
ケ ヤ キ 心 材 Zelkova heartwood	10	20	0.8	10	20	0.8	10	87	1.7
	30	36	1.3	30	43	1.8	30	140	3.3
	60	66	2.7	60	75	3.8	60	151	4.4
	120	71	2.8	120	77	4.0	120	207	7.4
ケ ヤ キ 辺 材 Zelkova sapwood	10	251	7.1	10	302	12.2	10	362	12.4
	30	292	12.3	30	349	12.3	30	521	12.4
	60	289	12.3	60	388	12.4	60	519	12.4
	120	475	12.4	120	532	12.4	120	564	12.4

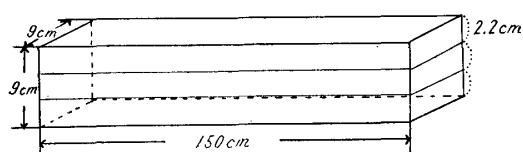
ケヤキ腕木材の P.C.P.-Na 水溶液の注入について

P.C.P.-Na の浸透性より考えて長大な材の防腐には十分な効果が果して得られるか否かは疑問であるが、電柱腕木大の大きさでは十分な防腐効果が期待出来るものと考えられる。近時ケヤキ材の不足に伴ってケヤキ腕木材に辺材が多く含まれ、その為腕木材の防腐が必要な事となつて来た。而し乍ら従来のクレオソートの防腐では汚染の為工事人夫や市街地に於ける一般の人々に対する障害もあり又処理前のケヤキ材は含水率（約70%）が高く完全なクレオソート注入には乾燥を必要とし、更に最近の我々の老化試験器に依る耐候性試験³⁾に於いてクレオソート油は紫外線に依つて著しくその防腐効力を減ずる事を知つたが、腕木材のように直射日光を強く受ける位置ではその点も考慮すべきで、色々と問題点があり之に変わる防腐剤として、P.C.P.-Na 水溶液が適当でないかと考え、その浸透状態を調べ実用に供し得るかどうかについて以下の実験を行つて見た。

9×9×150 cm の比較的辺材率の高いケヤキ腕木材を使用した。含水率は平均70%で一条件に就いて20本の腕木を用い、注入条件を8種類行つたので合計 160本の腕木に就いて行つた結果である。

注入条件としては前排気30分、650 mm で加圧力、加圧時間を次表の如く変えた。液温 25°C、pH 7.8 の3% P.C.P.-Na 水溶液を防腐薬剤として用いた。注入後1ヶ月間室内に放置して後、図の如く柃目方向に切断してその切断面に呈色反応を行つて浸透面積をプランメーターで測定し、両切断面の平均値をもつて浸透面積とした。浸透面積は注入した20本全部に就いてでなく、その辺材率、注入率が平均辺材率、平均注入量の値に近い注入材を3本選んで浸透面積を測定し、その平均値で以つて示した。結果は Table 5 に示す如くである。

Fig 5 浸透面積測定用試片取図



試材腕木は、木理の通直なものを出来るだけ選択し、しかも辺材の大体40%（9×9×150cmの腕木1本に対し）のものを選んだわけであるが、表の如くかなりの差がある為、平均注入量に影響し20本の平均値としては、注入条件により

注入量に大きな差が認められなかつた。而しながら辺材率で注入量を割ると表の如き値を示し辺材当りの注入量に差が認められる。又20本中より辺材率40%に近きものを5本を選びその注入量を平均して比較して見たが同様に注入条件による差が認められた。次に浸透状態を測定する為木理の非常に通直な優良材各3本を選び、前述の方法で浸透面積を測定したわけであるが、辺材面積に対する浸透面積の比率は明らかに注入条件により差が認められた。即ち3気圧では120分加圧しても52%しか浸透しないのに反し、6気圧ではすべて65%以上を示し、ある圧力以上を必要とするもので6気圧90分以上が適當の様である。

材中では P.C.P.-Na が浸透しない部分でも水は先行する。ケヤキ辺材では水は低圧力でも60分にかければ充分充満される為、圧力が増大し時間が長くなつても水の吸収量にはさして大きな変化はない。而し P.C.P.-Na の浸透は水の如く行われず、常に外力に依つて押し込まれるのであるから、圧力が増大し、時間が長くなれば当然深く浸透するわけである。それ故実用的に腕木に P.C.P.-Na 水溶液を防腐剤として注入する場合には、注入量のみを以つてその浸

Table 5.

注 入 条 件 Pressure condition	辺材率 ¹⁾ Sap- wood rate	注入量 ¹⁾ Impreg- nated volum	注入量/辺 材率 Impreg- nated/ Sapwood rate	辺材率 ²⁾ Sapwood rate	注入量 ²⁾ Impreg- nated volum	辺材率 ³⁾ Sapwood rate	注入量 ³⁾ Impreg- nated volum	滲透面積 ⁴⁾ Penetrat- ed area
3 気圧 60分 (kg/cm ²) (minuts)	(%) 41.1	(kg) 0.94	22.7	(%) 41.0	(kg) 1.04	(%) 37	(kg) 0.90	42.1
〃 90分	34.0	0.76	22.2	41.2	1.01	41	0.82	41.5
〃 120分	37.4	0.93	24.7	41.1	1.07	37	1.00	52.3
6 気圧 30分	32.1	0.88	27.2	41.0	1.09	38	1.00	68.2
〃 60分	43.0	1.23	28.6	41.1	1.08	44	1.25	73.6
〃 90分	41.8	1.32	31.6	41.0	1.20	35	1.20	70.1
〃 120分	42.0	1.39	33.1	41.1	1.23	33	1.40	70.4
6 気圧 30分 30分	42.4	1.32	31.1	41.1	1.20	44	1.20	65.0
* 6 気圧 60分 1%アルカリ液	—	—	—	—	—	27	1.90	94.3

〔註〕 1) 20本平均 (Average of 20 Samples.)

2) 5本平均 (Average of 5 Samples.)

3) 3本平均 (Average of 3 Samples.)

4) 辺材面積に対する葉の滲透面積の比率 (The ratio of penetrated area to sapwood)

(註) 5本平均は辺材率の良く似た5本を選んで平均辺材率を41.0%前後とする。3本平均は目切、節等のある材は除き目の通直な辺材、心材の区別の明瞭な腕木を20本中より3本を選んで平均したもの。6気圧30分、6気圧30分は6気圧30分後排液し、605mm 30分排気して6気圧30分加圧したもの。

透状態を推定する事は危険で必ずロット毎に滲透状態を検査すべきであろう。この事は又他の水溶性防腐剤を用う場合にも心すべき事である。

P.C.P.-Na 水溶液のアルカリに依る滲透度の改良

先に我々は P.C.P.-Na 水溶液の木材滲透性の不良原因に就いて実験を行い⁴⁾。又界面活性剤、有機溶媒に依る滲透度改良の実験を行つて滲透度不良に P.C.P. の析出が大きな原因をなし、これが有機溶媒の如き P.C.P. を溶解せしめるような液を加える事に依つてかなり滲透度が改良せられる事を知つた⁵⁾。そこで我々は P.C.P.-Na が材中で反応して P.C.P. を析出する事を防ぐ事は予め P.C.P.-Na 水溶液にアルカリを加え pH を高くする事に依つて可能でないかと考えた。而し乍ら既に Tönjes⁶⁾ や古沢氏⁷⁾ が報告せられている如く pH 値を 10~11 にまで上げて実験を行つた結果多少滲透長が改良せられるが余り大きな効果が見られない故、不良原因の他の因子の他に実際に木材に P.C.P.-Na 水溶液が滲透する際に P.C.P. の析出が起るのは先端の液の部分であるから先端で充分析出をも防いでいないので更に高い濃度のアルカリ液を用いる事に依つて P.C.P. の析出を防ぎ P.C.P.-Na 溶液の滲透に効果をあげられるのではないかと考え、(材のアルカリ溶液による膨潤と云う問題もあるが) NaOH を多量加え

て次の如き実験を行つて見た。

P.C.P.-Na 水溶液の経木による毛管上昇試験

ケヤキ心辺材，ブナ心辺材，ヒノキ心辺材，スギ心辺材の大きさ 2×32 cm 厚さ平均 0.5 mm の経木を用いて毛管上昇試験を行つた。直径 11 cm 長さ 35 cm の円筒のガラス容器に 3% NaOH 含有 3% P.C.P.-Na 水溶液，1% NaOH 含有 3% P.C.P.-Na 水溶液，0.5% NaOH 含有 3% P.C.P.-Na 水溶液及び 3% P.C.P.-Na 3% 水溶液を調製し 300 cc づつ入れて上記の経木を垂直に立て液温 $22 \sim 25^{\circ}\text{C}$ で 2 時間浸漬した。浸漬後取出して乾燥するのを待つて呈色反応を行い上昇長を測定した。又予め之等の溶液の比重，粘度，表面張力を測定し拡散恒数を求めて見たが実際の経木に於ける上昇長との間には関係が見られなかつた。拡散恒数の測定値は次の通りである。

3% NaOH 含有 3% P.C.P.-Na 水溶液	33.79
1% 〃 〃	33.73
0.5% 〃 〃	31.53
3% P.C.P.-Na 水溶液	32.93
水	72.29

経木による試験結果は Table 6 に示してある。P.C.P.-Na の上昇長はヒノキ材，スギ材では NaOH を含有する事によつて大きくなり上昇長比も増大しているがブナ材，ケヤキ材ではこの関係が明瞭でない。P.C.P.-Na の上昇長及び上昇長比が無含有の P.C.P.-Na 液より小さいものがあつて大きな影響がない様である。NaOH の濃度による差はいつれの材に於いても殆んど認められない。

Table 6.

苛性ソーダ添加量	上昇長 (cm)	ブナ心材	ブナ辺材	ケヤキ心材	ケヤキ辺材	ヒノキ心材	ヒノキ辺材	スギ心材	スギ辺材
NaOH added.	Penetrated length	Beech heart-wood	Beech sap-wood	Zelkova heart-wood	Zelkova sapwood	Cypress heart-wood	Cypress sapwood	Cryptomeria heart-wood	Cryptomeria sapwood
0%	水 (Water)	4.55	6.83	3.33	2.40	11.28	7.97	11.57	16.38
	Na-P.C.P.	3.63	4.93	2.93	1.97	6.68	4.47	6.17	11.53
	比 (Ratio)	0.80	0.75	0.88	0.79	0.59	0.56	0.53	0.69
0.5%	水 (Water)	5.28	6.98	3.10	2.23	11.18	11.08	9.78	21.30
	Na-P.C.P.	4.45	5.73	2.75	2.05	7.40	8.03	7.70	16.45
	比 (Ratio)	0.84	0.83	0.89	0.93	0.66	0.73	0.79	0.77
1%	水 (Water)	5.33	5.60	3.60	2.05	12.74	12.37	11.05	16.10
	Na-P.C.P.	4.60	3.98	2.98	1.86	8.44	9.03	9.62	12.81
	比 (Ratio)	0.87	0.71	0.83	0.91	0.67	0.72	0.86	0.79
3%	水 (Water)	5.55	5.63	3.86	2.00	14.42	9.25	11.60	16.77
	Na-P.C.P.	4.57	4.26	3.30	1.96	9.67	6.40	8.35	12.05
	比 (Ratio)	0.83	0.76	0.85	0.98	0.67	0.69	0.72	0.72

木材片に対する浸漬試験

ヒノキ心材, スギ心材, スギ辺材, ケヤキ辺材を $2 \times 2 \times 15\text{cm}$ の二方柱に調製し之に一方の木口のみをメラミン樹脂を塗布して封じたものを使用した。調製に当つて出来るだけ均等な材を選び一つの薬剤に対して5本使用した供試材の含水率は16%前後であつた。次に前試験と同様の各 P.C.P.-Na 水溶液を調製しビーカに一定量を入れ之に上記の供試材5本を垂直に立て20時間後之を取り出し乾燥後板目方向の中央で切断してその切断面に呈色反応を行い呈色面積を2mm 間隔で区分しその長さを平均して浸透長を求めた。実験結果は Table 7 の通りである。

Table 7.

薬 剤 Preservatives	樹 種 Sample No.	ヒ ノ キ 心 材 Cypress heartwood	ス ギ 心 材 Cryptomeria heartwood	ス ギ 辺 材 Cryptomeria sapwood	ケ ヤ キ 辺 材 Zelkova sapwood
		cm	cm	cm	cm
3% NaOH 3% P.C.P.-Na 液	1	2.4	5.0	6.2	4.1
	2	3.1	6.2	6.4	4.0
	3	3.2	4.2	5.7	2.9
	4	2.7	3.9	5.6	2.6
	5	2.5	4.9	6.1	3.5
		2.8	4.8	6.0	3.4
1% NaOH 3% P.C.P.-Na 液	6	2.8	4.4	4.8	4.1
	7	2.4	6.0	6.4	3.2
	8	2.7	4.1	5.0	3.7
	9	1.9	3.8	5.8	3.8
	10	2.9	4.7	5.4	2.9
		2.7	4.6	5.5	3.5
0.5% NaOH 3% P.C.P.-Na 液	11	2.4	5.0	5.6	3.9
	12	1.8	4.0	4.8	2.9
	13	2.4	4.8	7.4	3.8
	14	2.1	4.8	6.5	4.2
	15	2.3	4.4	6.1	2.7
		2.2	4.6	6.1	3.5
3% P.C.P.-Na 液	16	1.7	3.2	4.5	2.6
	17	1.3	3.9	4.2	2.4
	18	1.9	3.0	4.5	3.6
	19	1.7	3.5	5.1	2.3
	20	1.9	3.4	4.8	2.7
		1.7	3.4	4.6	2.7

之等の結果を見ると木材の個体差があつて明確に比較し難いが大体の傾向を見ることが出来る。即ちいづれの樹種に就いても NaOH の有無によつて浸透長に差が認められた。而し NaOH の量による違いは経木の場合と同様で差がなかつた。之等の結果より浸漬の場合に経木に於いても又木材片に於いても NaOH の存在によつて著しく浸潤性を増大する事は困難で最初の期待した如き大きな効果が得られなかつたので次に加圧注入試験を行つて比較して見た。

加圧注入試験

供試材として辺材では材の大きさより完全に注入され比較が出来ないので注入困難なヒノキ心材, スギ心材, ブナ心材, ケヤキ心材を最初の供試材と同様に選んで $4 \times 4 \times 32\text{cm}$ の二方柱に調製し比重で配分して一条件に5本づつ注入を行つた。即ち同様の P.C.P.-Na 各水溶液を調製し前排気 600mm 30分, 加圧時間7気圧60分で Bethell 法によつて加圧注入を行つた。注入後中央で切断して浸漬試験と同様に浸透長を測定した。実験の結果は Table 8の通りである。加圧注入試験の結果ヒノキ材, スギ心材ではNaOHの添加によつて注入量も浸透長も著し

く増大し1～3%のNaOHにより約2倍量の注入量，滲透長を示している。0.5%は之等にくらべて劣る様である。之に対しブナ心材，ケヤキ心材は殆んど効果なく良い結果を示さなかつた。而しケヤキ腕木材に1% NaOH 含有 P.C.P.-Na 水溶液に注入した結果は Table 5* の如く注入量に於いても辺材の滲透面積に於いても非常に良い値を示し辺材に対して良い効果

Table 8.

薬 剤 Preservatives	番 号 No.	ヒノキ心材 Cypress heartwood				スギ心材 Cryptomeria heartwood				ブナ心材 Beech heartwood				ケヤキ心材 Zelkova heartwood			
		注 入 量 (g) Impreg- nated vol.	滲 透 長 (cm) Penet- rated length			注 入 量 (g) Impreg- nated vol.	滲 透 長 (cm) Penet- rated length			注 入 量 (g) Impreg- nated vol.	滲 透 長 (cm) Penet- rated length			注 入 量 (g) Imp.eg- nated vol.	滲 透 長 (cm) Penet- rated length		
3% P.C.P.-Na水溶液	1	143	13.2			145	18.1			48	2.4			20	8		
	2	126	13.8			152	17.5			52	2.3			24	6		
	3	97	8.2	12.2		116	14.5	15.5		38	1.9	2.2		27	8	7	
	4	127	12.9			108	13.6			43	2.2			13	2		
	5	142	13.0			121	13.9			45	2.3			29	10		
0.5 % NaOH 3% P.C.P.-Na水溶液	6	143	15.1			190	24.5			48	2.0			23	7		
	7	200	20.4			262	27.0			48	2.1			20	6		
	8	204	21.6	19.1		159	16.7	23.5		56	2.3	2.3		32	12	8	
	9	241	22.1			191	23.2			57	2.8			26	8		
	10	159	16.5			213	26.1			49	2.5			16	6		
1 % NaOH 3% P.C.P.-Na水溶液	11	143	16.8			226	29.7			46	2.2			18	9		
	12	169	17.3			195	27.0			42	2.0			52	37		
	13	277	28.8	22.9		208	28.9	29.3		56	2.9	2.8		40	13	16	
	14	270	25.9			223	30.0			55	3.0			24	10		
	15	227	25.5			259	31.1			62	3.9			32	13		
3 % NaOH 3% P.C.P.-Na水溶液	16	301	26.9			230	28.5			52	2.4			49	16		
	17	320	27.7			231	29.8			60	3.1			51	25		
	18	187	17.4	23.2		206	29.4	29.9		78	4.2	3.2		46	25	17	
	19	311	28.0			248	31.0			55	2.4			29	10		
	20	177	15.9			278	30.7			67	3.8			38	13		

のある事を示している。従つてブナ心材，ケヤキ心材の注入困難は組織的影響が強くあらわれているものと考えられる。以上の実験結果 NaOH を加えて加圧注入する事によつてヒノキ，スギケヤキ辺材等の注入量滲透長を増大する事が可能でアルカリの濃度も1%が適当である事を知り得た。尙アルカリ液で注入する際に予め3% NaOH 液を注入し之を乾燥して含水率30%として後 P.C.C.-Na 溶液を注入した時と3% NaOH 液注入後直ちに P.C.P.-Na 溶液を注入した時と上記の如く3% NaOH 含有 P.C.P.-Na 溶液として注入した場合の注入量と滲透長の比較を行つて見たが注入量も滲透長も最後の方法が最も良い値であつた。

注入材の強度試験

アルカリ濃度を高くする事によつて良い滲透が得られたが之等の濃度のアルカリを注入する事によつて木材の材質に影響して強度の低下を示さないかを知る事が実際の使用に当つて是非必要な事であるので之等の溶液を注入し15%前後になるまで人工乾燥し更に一ヶ月放置して後含水率15～16%でその材の曲げ試験を行つた。試験材の大きさは2×2×32 cm の二方枠で一条件に10本の試験材を用いて測定した。試験方法は J. I. S. の木材試験方法に従つて行つた。

曲げ試験の結果は Table 9 の通りであるが最初へミセルローズ等の流失を考え曲げ強度の低下を予期したのであるが結果は表の如き値を示し強度の増大した材もあつてこの程度の濃度では其の影響が問題とならない事を知つた。

Table 9. 各薬液の木材曲げ強度に及ぼす影響
(Tensional strength influenced by several chemicals solutions)

防 腐 剤 Preservatives	スギ辺材 Cryptomeria sapwood (kg/cm ²)	スギ心材 Cryptomeria heart-wood (kg/cm ²)	ヒノキ心材 Cypress heart-wood (kg/cm ²)	ブナ辺材 Beech sapwood (kg/cm ²)	ブナ心材 Beech heart-wood (kg/cm ²)	ケヤキ辺材 Zelkova sapwood (kg/cm ²)	ケヤキ心材 Zelkova heart-wood (kg/cm ²)
3% NaOH 3% P.C.P.-Na 水溶液	751	771	902	965	1050	1055	1130
1% NaOH 3% P.C.P.-Na 水溶液	764	797	905	995	1057	1182	1444
0.5% NaOH 3% P.C.P.-Na 水溶液	797	745	888	1033	1072	1141	1127
3% P.C.P.-Na 水溶液	784	756	888	985	1091	1030	1210
無 処 理 (Untreated)	691	712	904	966	1050	913	1132

P.C.P.-Na の流失試験

木材の強度と共にアルカリの存在によつて注入された P.C.P.-Na が流失され易い危険がある。薬剤の雨水による溶脱は防腐処理材の安定性に最も大きな影響を与えるものでその流失量が問題となつて来る。従つて上記の如き処理法によつて注入された P.C.P.-Na がどの程度流失され易いか又それが硫酸アルミ塩によつてどの程度固着されて流失を防ぎ得るかに就いて若干の実験を行つて見た。即ち 4×4×32 cm 二方桁の供試材を上記の加圧注入試験と同様に P.C.P.-Na の各水溶液を前排気 600 mm 30分、加圧時間 7 気圧60分で Bethell 法によつて加圧注入を行い一ヶ月室内に放置した。次に各条件の供試材 2 本のうち 1 本は 5%硫酸アルミニウム水溶液に 10 分間浸漬して乾燥した。この様に準備された各供試材を直径 8cm 長さ 38cm の円筒のガラス容器に入れ蒸溜水 1200 cc を加えて完全に浸漬し 2 時間後密栓して 1 分間に 130 回転する振盪機に 1 時間振盪し更に 1 時間放置した。操作終了後、供試材を取出しその残液に就いて P.C.P.-Na を定量した。定量法は既に述べた如く塩酸で P.C.P. を沈澱させガラスフィルター No. 4 で濾過し乾燥後エーテルで処理し更にメタノールに溶解せしめて適濃度に稀釈し Beckman Spectrophotometer で吸光度を求めて定量した。之等の流失試験の結果は Table 10 の通りである。流失量は NaOH の存在でかなり影響され 3% NaOH で 2~3 倍の流失がある。流失率はヒノキ、スギでは注入量も多いので変化がないがブナ、ケヤキでは著しく増大している。而し硫酸アルミニウムで Al 塩として固着さす事によつて流失量も流失率も著しく減少せしめる事が可能で従来の P.C.P.-Na の溶脱試験と考え合せ実用上余り問題でないと考え得る。この処理も NaOH の濃度が大きいと効果がかなり少なく更に硫酸アルミニウムの濃度を高くするか浸漬時間を長くする事によつて多少の解決が可能であつても

Table 10.

処 理 方 法 treatment	ヒ ノ キ 心 材 Cypress heartwood			ス ギ 心 材 Cryptomeria heartwood			ブ ナ 心 材 Beech heartwood			ケ ヤ キ 心 材 Zelkova heartwood		
	注 入 量 Impreg- nated volum	流 失 量 Leaching amounts	流 失 率 Leaching rate	注 入 量 Impreg- nated volum	流 失 量 Leaching amounts	流 失 率 Leaching rate	注 入 量 Impreg- nated volum	流 失 量 Leaching amounts	流 失 率 Leaching rate	注 入 量 Impreg- nated volum	流 失 量 Leaching amounts	流 失 率 Leaching rate
	g	mg	%	g	mg	%	g	mg	%	g	mg	%
0.5% NaOH 3% P.C.P.-Na 水溶液	6.00	168.0	2.8	6.39	185.3	2.9	1.47	125.0	8.5	0.42	92.5	22.0
1% NaOH " "	8.10	223.0	2.8	5.82	197.9	3.4	1.50	153.4	10.2	0.42	132.4	31.5
3% NaOH " "	9.33	269.0	2.9	7.44	260.4	3.5	1.80	213.4	11.9	0.57	207.1	36.3
3% P.C.P.-Na 水溶液	2.85	96.8	3.4	4.56	136.8	3.0	1.35	55.4	4.1	0.51	91.5	18.0
0.5% NaOH } Al 3% P.C.P.-Na 水溶液 } 固着	4.80	81.6	1.7	5.73	103.1	1.8	1.71	34.2	2.0	0.78	39.0	5.0
1% NaOH } " " " } "	6.81	136.2	2.0	6.39	134.2	2.1	1.68	71.0	4.2	0.66	67.3	10.2
3% NaOH } " " " } "	7.71	169.6	2.2	8.34	200.2	2.4	2.34	198.2	8.5	0.54	159.3	29.5
3% P.C.P.-Na 水 溶 液 } "	3.81	41.9	1.1	3.63	32.7	0.9	1.29	15.5	1.2	0.60	18.5	3.1

〔註〕流失率 = $\frac{\text{流失量}}{\text{注入量}} \times 100\%$ (Leaching rate = $\frac{\text{Leaching amounts}}{\text{Impregnated volum}} \times 100\%$)

西本・布施・井上：木材防腐剤に関する研究

NaOH の濃度はその点を考慮して1%以下が適当である。

以上の流失試験は防腐処理材の安定性より見て非常に不完全なものであくまでも比較上の数値で防腐剤の安定度の問題は木材の他の強度試験と共に今後の実験に待ちたい。

総 括

以上の実験は不備な点が多いが P.C.C.P.-Na の注入状態を纏めて見ると

(1) P.C.P.-Na の滲透はクレオソートに較べかなり劣りそのままの使用では実用化について多々問題がある。而し Boldensalt, D.N.P. と同程度の滲透面積を示し之等に較べ特に滲透性が劣ると考えられない。

(2) 樹種別及び心材辺材によつて滲透度を異にし加圧時間、加圧力にも材と関連して考慮を払うべきである。

(3) ケヤキ腕木の辺材防腐には P.C.P.-Na 水溶液の注入が適当で注入量、滲透面積より充分防腐効果が得られる。1%の NaOH を加える事によつて更に注入量、滲透面積の増大が可能である。加圧条件は6気圧90分が適当である。

(4) P.C.P.-Na 水溶液に NaOH 0.5~3%を加える事に依つてヒノキ心材、スギ心材の滲透面積、注入量を約1.5~2倍量増大出来る。之は各樹種の辺材にも同様の事が云えると考えられる。

(5) NaOH の濃度は木材の強度、流失量、注入時の取扱い及び経済的な問題等の諸条件より考えて1%前後が適当である。

終りに臨みケヤキ腕木材の注入に種々の御援助を下さいました大洋腕木株式会社社長北岡甲助氏に深謝致します。

Résumé

From experiments on the impregnation of sodium pentachlorophenol (P.C.P.-Na) solution into wood, following results were obtained.

(1) Penetration of several preservatives into the various woods.

The following woods were used for experiments.

Cryptomeria; Japanese cypress; Japanese black pine; Beech; Zelkova serrata.

The samples were treated with 2.5% bolden salt water solution, 1.5% malenit water solution, creosote oil (J.I.S. K 2404, No. 1), 3% pentachlorophenol pine root oil solution by full-cell and empty-cell process (J.I.S. A 9002, See Table 2), Measure of penetrated area are obtained by the integration. (See Fig. 1 and 2)

The results are shown in Table 3. The penetrated area of P.C.P.-Na was smaller than that of creosote oil, but was similar to that of bolden salt and dinitrophenol in malenit, and that of P.C.P. pine root oil solution was larger than that of bolden salt and malenit. But the retention of P.C.P. pine root oil solution

was worse than that of the latter.

(2) Influence of various pressure condition on the impregnation of P.C.P.-Na water solution into wood.

In these experiments, the full-cell process was used, and pressure power were 3 kg/cm², 6 kg/cm², 10 kg/cm², pressure time were 10 min., 30 min., 60 min., 120 min., and the conditions of wood samples were identical to (1).

The results are shown in Table 4. The more pressure power and time applied, the better penetration were gained on heartwood of cryptomeria and cypress but on heartwood of zelkova and beech, the same fact was not found. P.C.P.-Na solution were penetrated sufficiently into sapwood by low pressure. The penetration of P.C.P.-Na solution in both zelkova and beech was influenced more than that of cryptomeria and cypress by sapwood rate.

(3) On the impregnation of P.C.P.-Na solution into zelkova cross arm.

Zelkova cross arm was impregnated with 3 % P.C.P.-Na solution under various pressure conditions. The experimental conditions are as follows. Dimension of sample is 9×9×150 cm, and moisture content is 65~75 %, and sapwood rate is 30~50 %

The pressure condition and results are shown in Table 5. The preservation of zelkova cross arm was possible enough with P.C.P.-Na solution, because the penetration of P.C.P.-Na in the zelkova sapwood was very good in regard to the retention and the penetrated area. The zelkova cross arm was enough protected by treating with full-cell processes on 90 min. of 6 kg/cm².

(4) The improvement of the penetration of P.C.P.-Na by sodium hydroxide.

In order to improve the penetration of P.C.P.-Na, woods (cryptomeria, cypress, beech and zelkova) were treated with 3 % P.C.P.-Na solution containing 3~0.5 % NaOH.

The results of immersing tests on wood shavings (0.05×2×32 cm) are shown in Table 6. The results of immersing tests on pieces (2×2×15 cm) under room condition are shown in Table 7.

On the pressure impregnating tests, size of wood pieces was 4×4×32 cm and was treated with the full-cell process (vacuum ; 600 mm, 50 min., pressure ; 7 kg/cm², 60 min.). In the case of pressure-impregnation on heartwood of cryptomeria and cypress, the average retention of P.C.P.-Na were 250 kg/m³ on only P.C.P.-Na solution, 370 kg/m³ on 0.5 % addition of NaOH into P.C.P.-Na solution, 440 kg/m³ on 1 % addition, and 500 kg/m³ on 3 % addition. The similar results were obtained in the penetrated area, but on heartwood of zelkova and beech the addition of NaOH had no effect.

Non-pressure-treated woods were found to have relatively lower P.C.P.-Na retention than pressure-treated woods.

The results of strength test and the leaching test of woods treated with P.C.P.-Na solution contained NaOH are shown in Table 9~10, and the strength are not influenced with the addition of NaOH, and the treatment with 10% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ water solution gives the protection of the leaching.

From the results, we think it recommendable to add 1 % NaOH to P.C.P.-Na solution in order to improve the penetration ability.

文 献

- 1) 西本・井上：木材研究 14, 27 (1955)
- 2) 西本・布施・井上：木材研究 14, 37, (1955)
- 3) 西本・布施・井上：第4回日本木材学会大会講演 (1957)
- 4) 西本・布施・井上：木材学会誌 2 158~61 (1956)
- 5) 西本・布施：木材研究 18, 1 (1957)
- 6) A. Simon, H. Tönjes : Holz als Rohu. Werkstoff 11. 3. 104~111 (1953)
- 7) 古沢清：林業試験場報告 67 (1954)
- 8) R. T. Rogers, E. A. Bahr : J. Forest Products Research Soc. 2, 1, 17~12 (1952)
- 9) A. Simon, E. Baumgärtel : Holz als Rohu. Werkstoff 10. 10 (1953)
- 10) P.C.P. 研究会：木材防腐剤としてのペンタクロールフェノール及びその塩類に関する研究 (1955)
- 11) Edward. Hines, L. J. Jacobi, and W. H. Pretti-Pavletta ; J. Forest Products Research Soc. 5, 2, 88~92 (1955)
- 12) J. D. Maclean ; Agriculture Handbook No. 40 (1952)