

## 木材防腐処理法に関する研究(5)

# 浸漬法における浸漬時間と吸収量との 関係について

雨 宮 昭 二<sup>(1)</sup>  
井 上 衛<sup>(2)</sup>

### 1. ま え が き

木材防腐処理における浸漬法は建築、土木用材などに使われる角材や板材に対して、広く行なわれている方法である。操作としては浸漬槽に防腐剤を入れ、それに木材をつけるという非常に単純な方法であるが、浸漬時間、木材の寸法、樹種、木材含水率、表面の仕上げ状態や使用防腐剤により、吸収量は各種に変化して、各時間における吸収量を推定することはむずかしい。また、あまり単純な方法のためか、わが国においては実際に使用されているわりには処理資料が発表されておらず、ただドイツにおいて2、3の報告が発表されているのみで<sup>1)2)3)4)</sup>、実用上非常に不便である。

このような意味から、浸漬法に関する処理資料を集めることと、浸漬時間と吸収量とのあいだの規則性を求めることは、この処理法を利用する人々に、何らかの役にたつのではないかと考えて本実験を行なった。

浸漬処理において側面からの浸透の深さは非常に少なく、実用材料の場合には全吸収量に対する木口面からの吸収量の割合は小さいので板材でも角材でも表面積あたりの吸収量に換算すると、両者のあいだには大した差がない。また実用的にも板材を浸漬処理する機会が多いので、本実験においてはすべて板材を用いて、浸漬時間と吸収量における規則性と、吸収量に影響する各種の因子について検討した結果について報告する。

### 2. 実 験 方 法

浸漬方法は長さ110cm、幅20cm、深さ15cmの長方形の浸漬槽に板材を入れ、重しをのせて材が浮き上がらないようにし、それに液を加えて、最上部の材面より約1cm上に液面がくるようにした。このようにして、各浸漬時間ごとに板材を取り出して重量を測定し、またその材を液中にもどして、各時間ごとの吸収量を求めた。

この場合、途中でとり出さないで、連続して浸漬した材と、上記のように時々とり出しては重量を測定して、またつけるという断続的に浸漬した材とは、各種の条件が異なるかもしれないが、予備実験で同一時間浸漬して比較した結果、Table 1 に示すように吸収量においては大差ないことがわかった。それゆえ、両者は大体同じような吸収経過をたどるものと仮定して、同一材料の変化を求めた方が明確な結果がえられやすいと考えて、断続的な浸漬により時間と吸収量の関係を求めたのである。

(1)(2) 木材部材質改良科防腐研究室

Table 1. スギ心材を用いて断続的と連続的な浸漬における吸収量の比較

(使用した液は水)

Comparison between retentions using SUGI (*Cryptomeria japonica* D. DON) heartwood by intermittent and continuous steeping (solution is water).

Size of lumber	Steeping method	Retention at 24 hrs.
1.5 × 7 × 100 cm	intermittent	460 g/m <sup>2</sup>
	continuous	514
1.5 × 7 × 50	intermittent	556
	continuous	561
1.5 × 7 × 25	intermittent	572
	continuous	615

Table 2. 形状の異なるスギ材の24時間浸漬における吸収量を kg/m<sup>3</sup> と g/m<sup>2</sup> で表わした値の比較 (水溶液の場合)

Comparison between retentions expressed by kg/m<sup>3</sup> and g/m<sup>2</sup> in the case of steeping at 24 hrs. using SUGI lumber of various size (water solution).

Size cm	Volume m <sup>3</sup>	Surface area m <sup>2</sup>	Retention	
			kg/m <sup>3</sup>	g/m <sup>2</sup>
1 × 7 × 100	7 × 10 <sup>-4</sup>	0.16	90	456
1 × 7 × 50	3.5 × 10 <sup>-4</sup>	0.08	101	455
1 × 7 × 25	1.8 × 10 <sup>-4</sup>	0.04	111	491
9 × 9 × 190	160 × 10 <sup>-4</sup>	0.70	22	520
4.5 × 9 × 45	18 × 10 <sup>-4</sup>	0.13	46	640
dia. 10, leng. 140	140 × 10 <sup>-4</sup>	0.44	16	444

浸漬した液の温度は約 25°C を常に保持させるように恒温室内において行なった。

使用した板材は主としてスギ心材を用い、寸法は各種のものを用いた。

吸収量の表現の方法は、浸漬法においては液の吸収が大体表面積に比例しているため、単位面積 (m<sup>2</sup>) あたりの重量 (g) で表わした。これは Table 2<sup>5)</sup> に示すように材の形状は変わっても、g/m<sup>2</sup> で表わした吸収量の値はそれほど大きな変化がなく、寸法の影響をある程度無視できると考えたからである。ただ、繊維方向を 50cm 以下にすると、それより長い材に比べるといくぶん吸収量が大きくなる傾向にある。

### 3. 実験結果

#### (1) スギ心材と辺材の場合

材料としてはカンナ仕上げをした厚さ 1cm、幅 7cm、長さ 25、50、100cm の 3 種類の寸法の板目の板を、各寸法ごとに 4 枚ずつを用いて水に浸漬し、その吸収量を各時間ごとに測定した。心材・辺材とも長さの短い板の方が長いものに比べて、いくぶん吸収量は大きくなっているが、大きい差はないので、Fig. 1 では心材・辺材ごとに 3 種類の寸法の板の合計数 12 枚の平均値で各時間の吸収量を示した。

実験結果は Fig. 1 に示すが、各時間における心材・辺材の吸収量を比較すると、浸漬 1 時間までは辺材の吸収量は心材の約 2 倍であり、それ以後 5 時間までは 1.8 倍、24 時間では 1.5 倍とだいたい低下してくる。これは心材の吸収量が 5 時間より 24 時間の間に、それまでの吸収速度より少し上昇するためであろう。

Fig. 1 において、各時間における吸収量の偏差の範囲を斜線で示したが、心材に比べて辺材の方が標準偏差はかなり大きくなっている。各時間の吸収量と標準偏差との比をみても、辺材は心材の 1.5~3 倍となっている。ただ、両者とも浸漬時間が長くなれば、標準偏差の絶対値は大きくなるが、吸収量との比はかなり減少してくる。

Fig. 1 に示すように 両対数の方眼紙を用いて、縦軸に吸収量を、横軸に時間をとって、心・辺材の水の吸収経過を示すと、5 時間まではほとんど直線的に増加し、5 時間から 24 時間になるといくぶん傾斜が急になって上昇しているようである。この関係を表わす一般的な実験式を示すとつぎのとおりである。

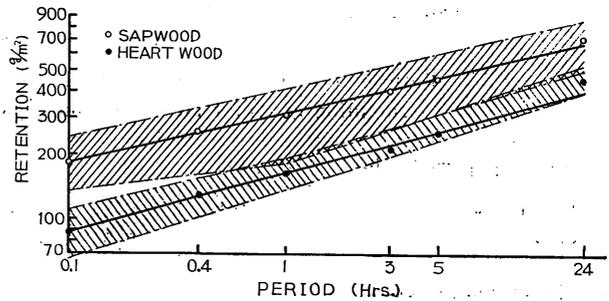


Fig. 1 スギ心材と辺材(寸法25, 50, 100×7×1cm)の浸漬による吸水量  
Retentions of water by steeping using SUGI heartwood and sapwood (size 25 or 50 or 100×7×1cm).

$$\log Y = a \log X + \log b \dots\dots\dots(1)$$

X: 浸漬時間(時間), Y: 吸収量(g/m<sup>2</sup>)

a: 時間と吸収量との関係を示す常数

b: 単位時間あたりの吸収量を意味する常数

心材と辺材の実験結果の 5 時間までの吸収量を実験式(1)を用いて表わすとつぎのとおりである。

心材  $\log Y = 0.278 \log X + \log 166 \dots\dots\dots(2)$

辺材  $\log Y = 0.235 \log X + \log 320 \dots\dots\dots(3)$

心材は辺材に比べて a の値は大きく、b の値は小さい。b の値はこの場合浸漬 1 時間の吸収量に相当するから、12 枚の実測値より求めた浸漬 1 時間における吸収量の標準偏差、すなわち心材では ± 27 g/m<sup>2</sup>、辺材では ± 120 g/m<sup>2</sup> の値を用いると、(1), (2), (3)式はつぎのようになる。

$$\log Y = a \log X + \log (b \pm s) \dots\dots\dots(4)$$

s: 標準偏差

心材  $\log Y = 0.278 \log X + \log (166 \pm 27) \dots\dots\dots(5)$

辺材  $\log Y = 0.235 \log X + \log (320 \pm 120) \dots\dots\dots(6)$

けっきょく、心材は辺材に比べて吸収量の増加割合は大きい、吸収量の絶対値は辺材の方が大きいということを示しており、心材では(5)式、辺材では(6)式の範囲内に吸収量がおさまるといことができる。

浸漬 1 時間のときの吸収量を 1 とした場合、他の時間における吸収量との比をとると Table 3 に示すような値になる。

(2) 粗面と滑面のスギ心材を各種防腐剤で処理した場合

材料はスギ心材の板目の板材を用いた。板材は約 4 m の長さのひき板を 8 等分し、1 枚おきに 2 つの組に分けて、4 枚を 1 組とし、一方の組は機械カンナで全面を仕上げ、他の組はひき肌のままを用いた。前者の板を滑面の板、後者のものを粗面の板とここでは称する。

Table 3. 浸漬1時間の吸収量に対する他の浸漬時間の吸収量との比率  
(スギ心・辺材における水の吸収量)

Ratio of retention at each steeping period to retention at 1 hour  
(retention of water on heart- and sapwood of SUGI).

Steeping period (hr.)	0.1	0.4	1	3	5	24
Heartwood	0.53	0.79	1(166) <sup>1)</sup>	1.31	1.57	2.80
Sapwood	0.62	0.86	1(301)	1.34	1.55	2.37

1) Retention at 1 hour (g/m<sup>2</sup>).

板材の寸法は粗面の板では厚さ 1.5cm, 幅 8 cm, 長さ 50cm, 滑面の板では厚さ 1.3cm, 他は粗面と同じ寸法のものを用いた。

防腐剤の種類は水溶性薬剤として Wolman salt (JIS K 1550 PF 1種 1号) の2%溶液と Na-PCP の2%溶液, 油性防腐剤として PCP の2%軽油溶液とクレオソート油を用いた。

実験結果は両対数方眼紙を用いて Fig. 2 に示すが, いずれの薬剤においても, 粗面のは滑面のものに比べて各時間における吸収量は大きくなり, 両者の比率は1時間より短いときは 1.5~2倍で, 1時間より長くなると 1.2~1.3倍と低下してくる。このことは Fig. 2 においても, 粗面の吸収量の増加割合よりも, 滑面のそれの方が大きくて, しいに滑面の方が粗面の吸収量に接近していることをみてもわかる。

各薬剤の各時間における吸収量の標準偏差を粗面と滑面とに分けて, 平均値を実線に, 標準偏差による吸収量の分散の範囲を破線で示すと Fig. 3 のようになる。一般的には粗面の方が偏差は大きく, また時間の経過とともに両者とも偏差が大きくなっている。しかし, 標準偏差と吸収量との比をみると, いずれの場合でもそれほど粗面と滑面との間に大きな差はなく, 時間の経過とともにその比は小さくなっている。

クレオソート油は滑面のみしか処理しなかったが, 標準偏差は他の薬剤に比べると非常に大きくなって

おり, 吸収量との比はやはり時間の経過とともに小さくなっている。

Fig. 2 をみると, いずれの場合でも浸漬時間が5時間までは吸収量と浸漬時間との間にほぼ直線的な関係があり, (1)式が成立する。しかし, 5時間から24時間になるといずれの場合でも, 吸収量の増加割合は上昇する傾向にある。

そこで浸漬3時間までの結果から, 実験式(4)の常数を求めてみると Table 4 のようになる。a の

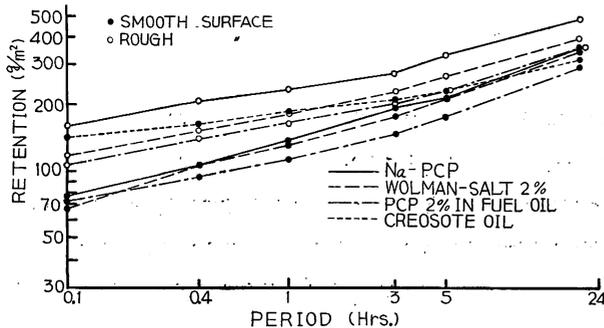


Fig. 2 スギ心材(寸法 50×8×1.5 cm)の粗・滑面における浸漬による各種防腐剤の吸収量

Retentions of a few preservatives by steeping using rough and smooth surfaces lumbers of SUGI heartwood (size 50×8×1.5 cm).

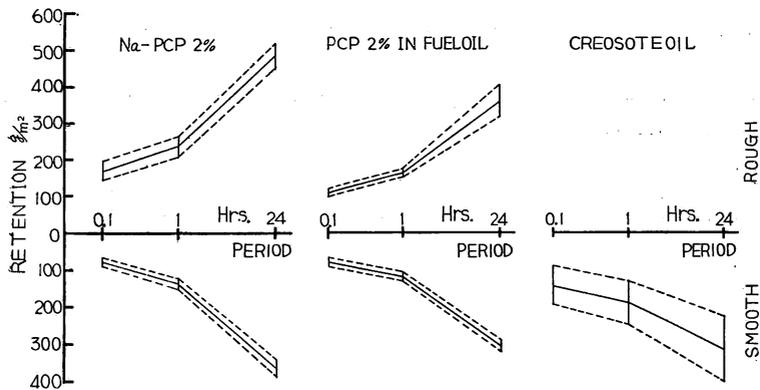


Fig. 3 スギ心材の粗・滑面における浸漬による各種薬剤の吸収量と標準偏差 (各8枚)

Retentions and standard deviations of a few preservatives by steeping using rough and smooth surfaces lumbers of SUGI heartwood (each 8 pieces).

Table 4. スギ心材の粗・滑面における各種薬剤の吸収量 (g/m<sup>2</sup>) と浸漬時間 (0.1~3 時間) との関係を示す実験式の常数

Constants in experimental formula which indicates the relation between the steeping period (0.3~3 hrs.) and the retention (g/m<sup>2</sup>) of a few preservatives on rough and smooth surfaces lumbers of SUGI heartwood.

Surface	Preservative	a	b±s
粗面 Rough	Water	0.159	271±25
	Sodium-pentachlorophenate (Na-PCP) 2%	0.149	237±28
	Wolman salt 2%	0.193	185±15
	Pentachlorophenol (PCP) 2% in fuel oil	0.197	161±6
滑面 Smooth	Water	0.276	135±19
	Sodium-pentachlorophenate (Na-PCP) 2%	0.262	139±15
	Wolman salt 2%	0.262	139±8
	Pentachlorophenol (PCP) 2% in fuel oil	0.202	119±10
	Creosote oil	0.111	183±60

Note: Experimental formula is  $\log Y = a \log X + \log (b \pm s)$

X: Steeping period (hr.) Y: Retention (g/m<sup>2</sup>)

a: Constant for rate of retention.

b: Constant for retention at unit period (hr.).

s: Standard deviation of retention.

値は水溶液では滑面は粗面より大きくて、約1.8倍であり、軽油ではほとんど差がない。クレオソート油では粗面を行なわなかったため、両者の比較はできないが、他の液に比べるとaの値は非常に小さくなっている。また粗面の Wolman salt のaの値が Na-PCP や水に比べて大きい。滑面の値ではほとんど同じ値であることから考えれば、水溶液の場合粗面では0.15と考えるとさしつかえないであろう。

bの値は逆に粗面は滑面の値よりかなり大きくなっている。浸漬1時間における吸収量の標準偏差であ

Table 5. 浸漬1時間の吸収量に対する他の浸漬時間の吸収量との比率  
(スギ心材の粗・滑面における各種薬剤の吸収量)

Ratio of retention at each steeping period to retention at 1 hour (retention of a few preservatives on rough and smooth surface lumbers of SUGI heartwood).

Steeping period (hrs.)		0.1	0.4	1	3	5	24
Water solution of preservatives <sup>1)</sup>	Rough	0.68	0.85	1(210) <sup>2)</sup>	1.22	1.41	2.14
	Smooth	0.54	0.80	1(141)	1.35	1.58	2.71
PCP 2% in fuel oil	Rough	0.66	0.87	1(163)	1.23	1.41	2.20
	Smooth	0.66	0.85	1(113)	1.32	1.58	2.67
Creosote oil	Smooth	0.76	0.86	1(188)	1.11	1.22	1.67

1) Preservatives are Sodium-pentachlorophenate and Wolman salt.

2) Retention at 1 hour (g/m<sup>2</sup>).

る  $s$  の値は粗面では材表面が不規則にあれているから、各板の吸収量の間にはばらつきがはげしく、滑面に比べれば大きな値となっている。

浸漬1時間のときの吸収量を1とした場合の、他の時間における吸収量との比を示すと、Table 5 のようになり、実験式の  $a$  の値の大きいものは吸収量の増加割合も大きくなっていて、 $a$  の値の大小が大きく影響していることがわかる。

けっきょく、同じスギという樹種を用いても、材質の差異がかなりはげしいので、Table 4 の常数を用いた実験式(4)の範囲内で吸収量を推定することができない場合もあるかもしれないが、少なくとも  $a$  の値は浸漬時間が5時間以内ならば、同じ薬液を用いた場合、それほど大きく変わることはないものと考えられる。ただ  $b$  土  $s$  の値は材質の影響を受けやすいので、かなり変動する可能性はある。そのために、吸収量の絶対値を正確に推定することはできないとしても、Table 5 のようなある特定の基準浸漬時間における吸収量に対する、他の時間における吸収量の比率は、大体このような関係にあると考えてさしつかえないであろう。

粗面と滑面の板の吸収量ならびに吸収速度のちがいは、粗面の板では表面の細い毛状の部分や凹凸面が浸漬初期に多量の液の吸収を示して、滑面の板より初期吸収を大きくさせるのである。その後の吸収量の増加割合が滑面の板に比べて少なくなるのは、表面部分の吸収が浸漬初期において非常に急速に進行するが、ただちに飽和に近づいてその部分の増加量が急激に低下してくる。しかし、材中への液の浸透は滑面と同じような速度で進行するから、各時間における液の増加量そのものは粗面も滑面もほとんど同じである<sup>2)</sup>。ただ粗面の方は初期吸収量が滑面の2倍以上であるため、その値と増加量との比すなわち増加割合は、初期吸収量の少ない滑面における増加割合に比べれば小さくなるのである。そのためにまた吸収量の増加割合と関係のある  $a$  の値も、粗面の方が小さくなるのである。

### (3) スギ心材をメタノール溶液で処理した場合

材料としてはカンナ仕上げした無節のスギ心材で、寸法は厚さ1cm、幅10cm、長さ30cmのものをを用いた。この材料は(1)、(2)の実験に用いたものと産地がことなる材である。

処理に用いた溶液はメタノール 100, 75, 50, 25% (重量比) の水溶液と水との5種類の液で、それに防腐剤は溶解させないで、溶液の物理的性質のみが変化したときの時間と吸収量の関係を検討した。

実験結果は両対数方眼紙を用いて Fig. 4 に示すが、水に比べてメタノール溶液の方が、浸漬3時間以前ではすべて吸収量が大きくなっている。そのうちとくに50%液が最も大きく、ついで25%液となっている。100%と75%液は浸漬0.4時間(24分)までは水より吸収量が大きい、それ以後はほとんど差がなくなっている。またどの濃度の場合でも浸漬3時間以後は吸収量において水との差がし

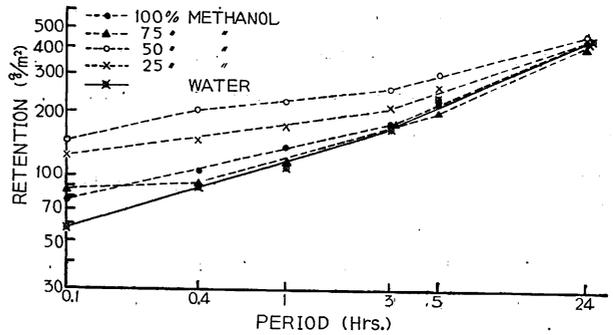


Fig. 4 スギ心材(寸法30×10×1cm)の浸漬によるメタノール溶液と水の吸収量

Retentions of methanol and water by steeping using SUGI heartwood (size 30×10×1 cm).

だいに小さくなり、24時間ではほとんど一致してしまっている。

いずれの場合も浸漬3時間までは Fig. 4 のとおり、時間と吸収量との間に直線の関係があり、それ以後はいくぶん増加割合が大となって、3時間が変曲点となっている。しかも、50、25%液のように初期吸収量の大きいものは他の濃度のものに比べて、その変曲の程度が小さくなっている。それゆえに24時間後の吸収量はどの濃度の液でも大体等しくなるのである。

これらの関係は実験式(1)が成立し、その常数を示すと Table 6 のとおりである。

以上の結果をみると、メタノールの濃度が高いものは吸収量において水と大して変わらず、*a*の値もほとんど等しく、濃度の低いものは吸収量においては水より非常に多くなるが、*a*の値は非常に小さくなっている。

液の物理的性質のうち Table 11 に示すように、比重は濃度が高いほど小さく、表面張力も濃度が高い

Table 6. スギ心材における各種濃度のメタノール水溶液の吸収量 (g/m<sup>2</sup>) と浸漬時間との関係を示す実験式の常数

Constants in experimental formula which indicates the relation between the steeping period and the retention of methanol solutions of various concentration for SUGI heartwood lumbars.

Solution	0.1 ~ 3 hrs.		3 ~ 24 hrs.	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	
Water	0.327	126	0.424	113
100% methanol	0.246	136	"	"
75% "	0.327	126	"	"
50% "	0.119	227	0.280	190
25% "	0.154	178	0.333	146

Note: Experimental formula is  $\log Y = a \log X + \log b$

*X*: Steeping period (hr.), *Y*: Retention (g/m<sup>2</sup>)

*a*: Constant for rate of retention.

*b*: Constant for retention at unit period (hr.).

ほど小さくなって、粘度はどの濃度でも水と大して変わらない。このように液の物理的性質と実験結果との関連をみると、もっとも関係のありそうなのは表面張力のようなものである。しかし、最も表面張力が小さくて、木材表面をぬらすという点では有利なはずの100%、75%液が、大して水の吸収量と変わらない原因は明らかでないが、1つの考え方としては、高濃度のメタノールに木材をつけると木材中の水が短時間に脱水され、材の組織が収縮して、液の浸透しにくい状態になり、それがマイナスの影響をあたえているからではないだろうか。

これに対して50%と25%液のものは表面張力としては100%の濃度の2倍近い値を示すが、それでも水のそれに比べれば約2/3であるから、浸漬された木材を直ちにぬらして、短時間に多量の液が材中に吸収され、また高濃度のような材からの脱水作用がないから、材の組織も変化しないので、表面張力が小さくて、水よりぬれやすいという液の性質を十分活用して、浸漬初期に非常に高い吸収量を示すのであろう。しかしこの場合、吸収量の増加量は逆に水より少ないので、長時間経過すると吸収量が水と大して変わらなくなってしまうのである。

はっきり、メタノール溶媒を用いる場合には、濃度50%のものをを用い、5時間以内の浸漬を行なえば、最も能率的な処理を行なうことができる。

(4) スギ心材を界面活性剤を添加した水で処理した場合

材料としては約4mのスギ心材の板を6等分し、1つおきにとって2組にし、その1組は界面活性剤を添加しない水で、他の1組は界面活性剤を添加した水で処理した。

板の寸法は厚さ1.5cm、幅10cm、長さ65cmで、板の表面はひき肌のままの粗面の板とカンナ仕上げした滑面の板の2種類を用いた。

界面活性剤はカチオン系のもので添加量は0.1%にした。添加前の水の表面張力は25°Cで71.97 dyne/cm、添加後の水は42.61 dyne/cmであった。

本実験では24時間で浸漬を打ち切らずに120時間すなわち5日間浸漬を行なって、1日以上浸漬を行なった場合の吸収量と浸漬時間との関係をも合わせて求めた。実験結果は両対数方眼紙を用いて Fig. 5 に示す。

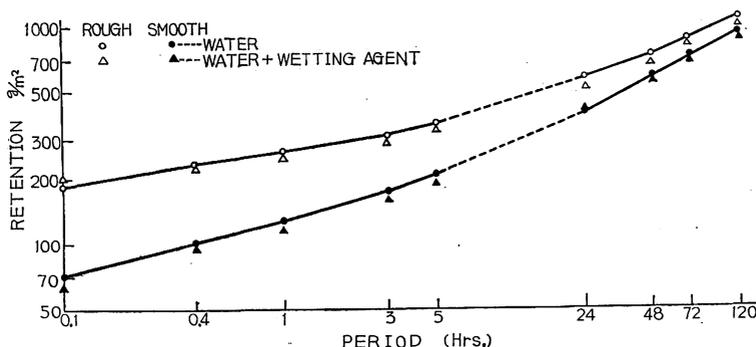


Fig. 5 処理液へ界面活性剤添加の影響  
(スギ心材寸法 65×10×1.5cm)  
Retentions of solution with wetting agent by steeping using  
SUGI heartwood (size 65×10×1.5 cm).

Table 7. スギ心材における界面活性剤を添加した水の吸収量 (g/m<sup>2</sup>) と浸漬時間との関係を示す実験式の常数

Constants in experimental formula (1) which indicates the relation between the steeping period and the retention (g/m<sup>2</sup>) of water with and without wetting agent for SUGI heartwood lumbers.

Surface	Solution	0.1 ~ 5 hrs.		1 ~ 5 days	
		<i>a</i>	<i>b</i> <sup>23</sup>	<i>a</i>	<i>b</i> <sup>29</sup>
Rough	Water	0.159	271	0.412	561
	" + W. A. <sup>1)</sup>	0.131	272	0.431	500
Smooth	Water	0.276	131	0.517	386
	" + W. A. <sup>1)</sup>	0.280	124	0.491	404

- 1) W. A. ....Wetting agent
- 2) Retention at one hour.
- 3) Retention at one day.

Table 8. 浸漬1日間の吸収量に対する他の浸漬時間の吸収量との比率 (スギ心材の粗・滑面における水溶液の吸収量)

Ratio of retention at each steeping period to retention at 1 day (retention of water solution on rough and smooth surface lumbers of SUGI heartwood).

Steeping period	1 hr.	3 hrs.	5 hrs.	1 day	2 day	3 day	5 day
Rough surface	0.47	0.55	0.62	1 (562) <sup>1)</sup>	1.27	1.53	1.95
Smooth surface	0.33	0.44	0.53	1 (393)	1.44	1.81	2.29

- 1) Retention at 1 day (g/m<sup>2</sup>).

粗面では0.1時間のときわずかに界面活性剤添加の水の方が吸収量は大であるが、0.4時間ではほとんど無添加のものと等しくなり、その後はしだいに無添加のものより少なくなってゆく。滑面の場合は界面活性剤添加の水の吸収量がつねに無添加のものの吸収量よりいくぶん少なくなっている。これらの結果は実測値間の比較であるが、いずれの場合でも有意差はかなり大きな危険率においても認められなかった。けっきょく界面活性剤の添加の効果は全くないということになる。

Fig. 5 をみると、やはり時間と吸収量の間には5時間までは直線的関係があり、5時間と24時間の間に変曲点があって、24時間から120時間までがまた直線的関係がある。ただ、後者の吸収量の増加割合は前者に比べてかなり大きくなっている。いずれにおいてもこれらの間には実験式(1)が成立するから、その常数を求めてみると Table 7 のとおりである。

*a*, *b* いずれの値においても界面活性剤の添加の影響はほとんど認められない。また浸漬1日から5日までの *a* の値は、5時間までの値に比べるとかなり大きくなっている。しかし、粗面の方が滑面に比べて *a* の値の増加割合は大きくなっている。浸漬1日間の吸収量を基準にして、他の時間との吸収量の比率を示せば Table 8 のとおりであり、これらの関係は水溶液で処理した場合に大体あてはまるであろう。

本実験では界面活性剤を1種類しか使わないから、この実験だけで界面活性剤添加の影響の有無を速断することは早計かもしれないが、B. SCHULZE らの実験<sup>6)</sup>によっても、秒単位の瞬間浸漬にはある程度木材の浸透に有効に働く場合もあるが、浸漬時間が長くなると全く影響をあたえないのみか、ときによって

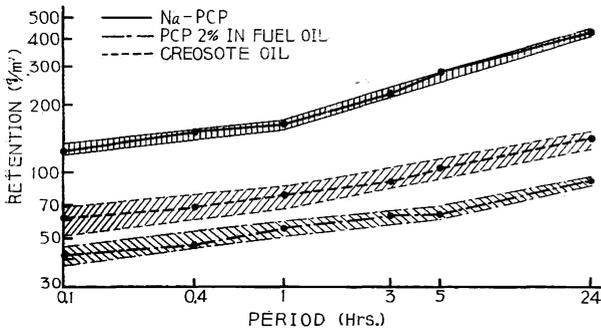


Fig. 6 エゾマツ (寸法50×10×2 cm) の浸漬時間と各種薬剤の吸収量  
Retentions of a few preservatives by steeping using EZOMATSU (size 50×10×2 cm).

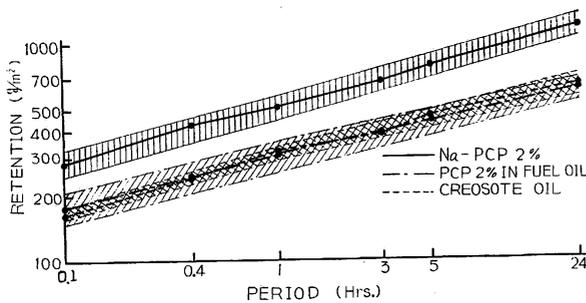


Fig. 7 ブナ辺材 (寸法52×8×2 cm) の浸漬時間と各種薬剤の吸収量  
Retentions of a few preservatives by steeping using BUNA sapwood (size 52×8×2 cm).

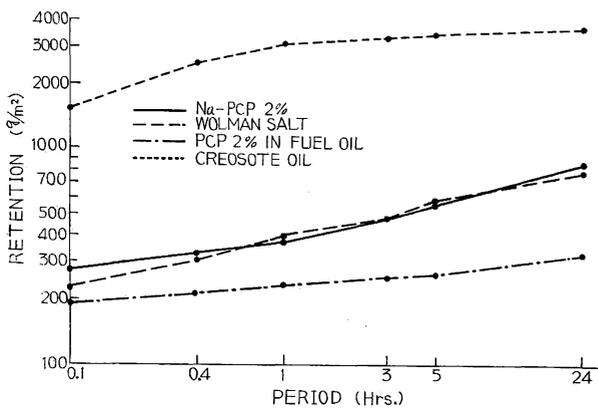


Fig. 8 アカマツ辺材 (寸法70×11×1 cm) の浸漬時間と各種薬剤の吸収量  
Retentions of a few preservatives by steeping using AKAMATSU sapwood (size 70×11×1 cm).

は阻害的に働く場合もあるという結果がえられている。本実験において、界面活性剤の添加が液の表面張力の低下のためには有効であっても、液の材中への浸透を促進させるという点では全く役だっていないという結果がえられたことは、B. SCHULZE らの結果を再確認することになる。

(5) エゾマツ, ブナ, アカマツ材を各種の防腐剤で処理した場合

材料はすべてカンナ仕上げした板で、その寸法はエゾマツは厚さ2cm, 幅10cm, 長さ50cm, ブナ辺材では厚さ2cm, 幅8cm, 長さ52cm, アカマツ辺材では厚さ1cm, 幅11cm, 長さ70cmのものをを用い、各薬剤ごとに同じ樹種の板を4枚ずつ用いた。

防腐剤としては Na-PCP 2%水溶液, PCP 2%の軽油溶液, クレオソート油の3種類を用いた。

実験結果はそれぞれ両対数方眼紙を用いて、Fig. 6 にエゾマツ, Fig. 7 にブナ辺材, Fig. 8 にアカマツ辺材の時間と吸収量との関係を示した。各図において、斜線の部分が標準偏差による分散の範囲を示している。

吸収量ではエゾマツの場合、水溶液が最も大きく、ついでクレオソート油, PCP の順である。ブナでもやはり水溶液が最も大きく、PCP 2%とクレオソート油はほとんど同じである。しかし、アカマツではクレオソート油が最も吸収量が大きく、ついで水溶性薬剤、最も少なか

Table 9. エゾマツ、ブナ、アカマツ材における各種薬剤の吸収量 (g/m<sup>2</sup>) と浸漬時間との関係を示す実験式の常数

Constants in experimental formula (1) which indicates the relation between the steeping period and the retention (g/m<sup>2</sup>) of a few preservatives for EZOMATSU (*Picea jezoensis* CARR.), BUNA (*Fagus crenata* BLUM.) and AKAMATSU (*Pinus densiflora*. S. et Z.) lumbers.

Species	Preservatives	a	b
AKAMATSU-heartwood	Na-PCP 2% Wolman salt 2%	0.212	199
AKAMATSU-sapwood	Na-PCP 2% Wolman salt 2% PCP 2% in fuel oil	0.199 0.088	388 194
EZOMATSU	Na-PCP 2%	0.197	179
	PCP 2% in fuel oil	0.094	50
	Creosote oil	0.119	79
BUNA-sapwood	Na-PCP 2%	0.216	523
	PCP 2% in fuel oil	0.230	297
	Creosote oil	0.230	297

ったのは軽油溶液であった。

いずれの場合でも、時間と吸収量との間に5時間までは大体直線の関係が成り立ち、実験式(1)が成立する。実験式(1)の常数を求めてみると Table 9 のとおりである。

以上各樹種の各薬液ごとの吸収量の変化を記したが、このように樹種によって差ができるのは、樹種ごとの木口面や側面からの浸透性によって強く影響されるからである。すなわちアカマツ辺材のように、木口面、側面の両面が浸透のよいものと、エゾマツのように両面とも悪いものは、吸収量の増加割合が小さく、aの値も小さくなっている。前者は初期吸収においてかなり多量の液を吸収して、両側面から浸透した液が互いに連絡してしまっ、木口面からしだいに浸透してくる液をある程度阻害するのではないかと考えられる。しかし、板の全面から液が吸収されるため吸収量そのものはかなり高い値を示している。

それと対照的な後者は、液の浸透する孔がどの面においても非常に少なく、しかも長くつづいた孔が少ないので、浸透した液はただちに障害に会って、それに打ち勝ってさらに浸透するのに時間を要する。そのため吸収量の増加割合は小さくなるのである。

これに対してスギ、ブナの辺材のように木口面からの浸透のみが非常によい材では、実験に使った板材の長さがあまり長くないので、短時間で材の各部に液が浸透して、それ以上増加するのが急速に少なくなるため、アカマツ辺材ほど吸収量の増加割合は小さくはないが、スギ心材よりは小さくなる。しかるにスギ心材のように、側面、木口面の浸透があまり良くないが、エゾマツよりは浸透しうる孔が多いと思われるから、つねに同じような速度で内部に液が浸透して比較的高い増加割合を示すのであろう。

#### (6) ラワン単板を水とメタノール50%水溶液で処理した場合

材料としてはラワン単板の厚さ4 mm, 30×30cmのものをを用いた。

溶液としては水とメタノール50% (重量比) 水溶液の2種類を用い、各液ごとに10枚の単板を用い、吸収量は10枚の平均値で表わした。

浸漬時間は秒単位のもの、分単位のものとの2種類に分け、別々の単板を用いて吸収量を測定した。

実験結果は両対数方眼紙を用いて、Fig. 9 に示す。吸収量における標準偏差は時間の経過とともに少

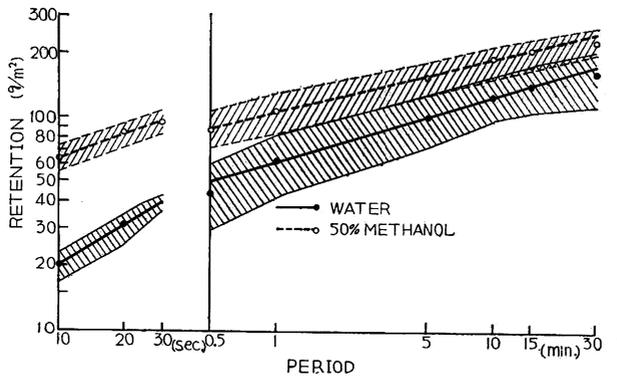


Fig. 9 ラワン単板 (厚さ 4 mm) の浸漬時間と吸収量  
Retentions of methanol solution and water by  
dipping using lauan veneer (thickness 4 mm).

Table 10. ラワン単板 (4 mm厚) におけるメタノール50%水溶液と水の  
吸収量 (g/m<sup>2</sup>) と浸漬時間との関係を示す実験式の常数  
Constants in experimental formula (1) which indicates the relation between the  
steeping period and the retention (g/m<sup>2</sup>) of water and 50% methanol  
solution for lauan veneer (thickness 4 mm).

Solution	10 ~ 30 sec.		0.5 ~ 30 min.	
	<i>a</i>	<i>b</i> <sup>1)</sup>	<i>a</i>	<i>b</i> <sup>1)</sup>
Water	0.608	4.9	0.308	62
Methanol 50%	0.340	28.7	0.241	108

- 1) Retention at one second.
- 2) Retention at one minute.

しずつ大きくなってはいるが、吸収量に対する比率は少しずつ小さくなっている。浸漬液の比較では浸漬時間が秒単位の場合はメタノールは水の2~3倍、分単位では1.5~2倍の吸収量を示している。このように、メタノール溶液が水より吸収量が大きくなるということは三枝樹成通の実験結果にも示されている。いずれの場合でも浸漬初期にはその比率は大きく、しだいに小さくなっていく。そのため、各時間における吸収量の標準偏差はメタノールの方が大きい、吸収量との比率では水とあまり変わらない。

この実験においても、吸収量と浸漬時間とは秒単位でも分単位でも直線関係にあるから、実験式(1)が成立する。この式の常数 *a* と *b* を秒単位と分単位との浸漬時間に分けて計算した結果を示すと Table 10 のとおりである。*a* の値はどの場合でも、水がメタノールより大きな値となっており、*b* の値では逆にメタノールが水よりかなり大きな値を示している。また秒単位の浸漬時間においては分単位の場合に比べて、水、メタノールともに *a* の値は大きくなっている。

けっきょく、これらの結果からメタノール50%水溶液は水より吸収量をかなり大きくさせるが、吸収量の増加割合は逆に水より小さくなっているから、メタノール水溶液を用いた場合には、スギ心材の板材の場合と同じように、短時間の浸漬において、最も効果があらわれる。たとえば、メタノール液30秒後の吸

収量は水に浸漬した場合、約5分後の吸収量に相当する。

このようにメタノールが水に比べて、単板によく吸収される原因の一つとしては、やはり液の表面張力が大きい影響をあたえているものと考えられる。すなわち、メタノール溶液の方が表面張力が非常に小さいから、裏われその他の単板の細かい間隙を短時間にぬらして吸収されるからであろう。

#### 4. 考 察

本実験では浸漬時間と吸収量との関係に重点をおいたため、浸潤長については詳細な資料はえられなかったが、24時間浸漬のあとにとりだされた板を切断して測定した結果はスギ心材、アカマツ心材、エゾマツでは各防腐剤とも側面から約1mmで<sup>8)</sup>、材の表面が粗面のものは滑面のもの比べて吸収量は多くても、側面からの浸潤長は差がなかった<sup>6)</sup>。同一表面仕上げであるならば大体吸収量が大になれば、浸潤長も大きくなって、両者の間に比例的関係があるから、時間の経過とともに浸潤長の変化を測定しなくても、時間と吸収量との関係は浸潤長との関係をも表わしていると考えてさしつかえないであろう。

実験結果はいずれの場合でも、Fig. 1~9までのように両対数方眼紙において各時間の吸収量を結んでみると、大体直線となり、時間と吸収量の間には、次式が成りたつことを意味している。

$$\log Y = a \log X + \log b$$

この式をかき直せば次のような式となる。

$$Y = b X^a \dots\dots\dots(7)$$

このように(7)式が成立するという事は、時間  $X$  と吸収量  $Y$  との間には放物線状の関係が成立することを意味している。

(7)式のような関係は W. OSTWALD<sup>9)</sup> が液体の毛細管上昇において、実験の結果から上昇高と時間との関係について、同じような実験式すなわちつぎのような式を発表している。

$$h = KX^m \dots\dots\dots(8)$$

$h$ : 毛細管中の液の上昇高,  $X$ : 時間,  $K, m$ : 常数

木材を多くの毛細管の集まりであると考えれば、毛細管中で成立する関係が木材中でも成りたつのは当然であるから、上昇高  $h$  を吸収量  $Y$  におきかえれば(7)式と(8)式は同じ式となる。

ただ、(8)式の常数  $K, m$  について W. OSTWALD はなんら説明をしていないので、R. LUCAS<sup>10)</sup> はこの関係を理論的に考察して、次のような式を導き出した。

$$h = \frac{wr}{2\eta} X^{0.5} \dots\dots\dots(9)$$

$w$ : 表面張力,  $r$ : 毛細管半径,  $\eta$ : 粘度

(9)式を木材の浸漬処理に適用するとして、上昇高  $h$  と吸収量  $Y$  とをおきかえて考えれば(7)式と同じ形となり、

$$a = 0.5 \quad b = \frac{wr}{2\eta} \dots\dots\dots(10)$$

となる。

それゆえに、液中に木材を浸漬し、材中を液が浸透してゆく際に空気をはじめ、木材組織の各部分の阻害をうけずに理想的な毛細管上昇の速度で浸透してゆくことができるならば、 $a$ の値は当然0.5に近い値を示すであろう。しかし、 $a$ の実測値は防腐剤溶液によってかなり変動はあるが、5時間までの浸漬結果

では 0.01~0.3 の範囲で、0.5 の値とはかなり差がある。ただ、いずれの溶液の場合でも24時間以上になるとしだいに0.5 に近づくようである。たとえば、Fig. 5 の24時間~120時間の浸漬結果では 0.4~0.5 となり、そのことが明らかにあらわれている。

このような考察の結果から、浸漬処理において、材中に液が浸透してゆく際に阻害の原因となっているもの、とくに最も大きいと考えられる空気の阻害をなんらかの方法で除去することができれば、 $a$  の値を 0.5 に近づけることが可能であろう。

ただ、(9)式では理想的な毛細管中の液の流動であるから、使用する液体の性質に関係なく、 $a$  の値を 0.5 であるとしているが、木材は理想的な毛細管の集まりであると考えするには、少し無理があるから、空気の阻害を少なくさせても、 $a$  の値を 0.5 に完全に一致させることはむずかしいことかもしれない。

実験結果では、木材そのものが理想的な毛細管でなく、しかも全面浸漬のため材中に残存する空気の阻害をうけて浸透速度はおそくなり、浸漬する液の性質によりかなり大きな幅で常数の値が変動する。しかし、本実験で求められた常数を検討してみると、これらに最も強く影響をあたえているものは溶液の物理恒数と木材の通導性である。G. BECKER が油性防腐剤を用いて、5 秒間の浸漬で吸収量と液の物理恒数との関係を検討したが、例外がかなりあって明りょうな関係が求められなかったといっている<sup>11)</sup>。

そこで、本実験に使用した各種の溶液の物理恒数を示すと Table 11 のとおりであるが、各溶液の物理恒数とその浸漬結果とを対比してみると、比重、表面張力、粘度などの値と木材の吸収量との間にかかなり密接な関係がありそうである。

たとえば、 $a$  の値は表面張力の大きい水溶液では、表面張力の小さいメタノール、軽油、クレオソート油に比べて大きい。また粘度ではその大きいクレオソート油は比較的粘度の小さい他のものに比べればかなり  $a$  の値が小さくなっている。

$b$  の値については表面張力の小さいメタノール、軽油、クレオソート油などが大きくなる場合が多く、とくにクレオソート油のように粘度の高いものは大きい値を示す。

このような結果から実験式(1)の常数  $a$ 、 $b$  を決定する各因子の関係を模式的に示せば次のとおりである。

Table 11. 使用した液の物理恒数  
Physical constant of solution.

Solution	Temperature °C	Specific gravity	Surface tension dyne/cm	Specific viscosity (Engler degree)
Water	25	0.997	71.97	1.00
Na-PCP 2%	"	—	47.98	—
Wolman salt 2%	"	1.022	34.37	1.00
PCP 2% in fuel oil	"	0.790	28.79	1.07
Creosote oil	"	1.070	41.58	1.79
Methanol 100%	"	0.792	27.42	0.99
" 75%	"	0.859	32.60	—
" 50%	"	0.916	41.05	1.08
" 25%	"	0.959	46.73	—
Wetting agent 0.1%	"	—	42.61	—

$$a \approx \frac{w}{\eta} \dots\dots\dots (11)$$

$$b \approx \frac{\sigma \eta K}{w} \dots\dots\dots (12)$$

$\sigma$ : 比重      $K$ : 木材の浸透性を示す常数

けっきょく、これらの関係をいいかえれば、 $a$ の値は表面張力に比例し、粘度に反比例する。 $b$ の値は材の通導性と比重と粘度に比例し、表面張力に反比例するということになり、浸漬処理において使用する液の物理的性質は短時間の浸漬による吸収量にあたる影響と、液の浸透速度におよぼす影響とはかなり異なっていることがわかる。

ただ、(11)、(12)式の関係は実験結果にあらわれた現象から導き出された推論にすぎないのであって、何ら理論的根拠もないから、各種の実験結果を検討することによって、実際の浸漬処理において、つねにこのような関係が成立するかどうか、今後さらに検討してみるつもりである。

本実験においても、界面活性剤を添加した水が表面張力はメタノールのそれに近いくらい低下したにもかかわらず、なんら添加の影響が吸収量にあらわれなかったことについては、上記の考え方と矛盾するが、実験結果から推定するならば、界面活性剤を添加したことにより表面張力が低下するのは、木材中に浸透しない液のみであって、材中に浸透してゆく液は必ずしも材外の液と同じ性質とはかぎらず、あるいは添加薬剤が材の表面で吸着されてしまって、無添加の液となって浸透してゆくからではないだろうか。

ただ、本実験では1種類の界面活性剤の結果であるから、この結果でもってすべての場合を推定することはできないが、たとえ液の浸透に影響をあたえるとしても、(11)、(12)式にしたがえば、短時間の浸漬における吸収量にプラスに作用し、浸透速度にはマイナスに作用するであろう。

## 5. む す び

防腐処理法のうち浸漬処理における時間( $X$ )と吸収量( $Y$ )との間における規則性について検討してみたが、両者の間には放物線状の関係すなわち  $\log Y = a \log X + \log b$  という関係があることが明らかとなった。ただその関係を示す実験式の常数が、いかなる因子によって影響されるかはある程度明らかにすることはできたが、その常数と各因子との間にいかなる関係式が成りたつかは明確にすることはできなかった。これらの諸問題については今後さらに検討してゆくつもりである。

この実験式における常数を木材と液の性質から計算により求めることができれば、処理を行なう前に吸収量を推定することができるのであるが、まだそれは不可能で、やはりあらかじめ処理を行なわんとしている木材を用い、処理液中に浸漬して、時間と吸収量との関係を予備的に求めて、常数を決定することが必要である。その後はこの実験式を用いて、吸収量の大約を推定することができるであろう。

## 6. 摘 要

(1) スギ心材と辺材の処理の場合、辺材の吸収量は浸漬1時間までは心材の2倍、24時間で1.5倍である。吸収量の増加割合は Fig. 1 のようで辺材より心材の方が大きい。

(2) 粗面と滑面の板材の各種防腐剤溶液による吸収量は Fig. 2 に示すとおりである。粗面の板は滑面の板に比べて、吸収量においては大きく、吸収量の増加割合では小さい。

実験式  $\log Y = a \log X + \log b$  (1) が成立し、その常数  $a$ ,  $b$  の値を Table 4 に示す。

(3) スギ心材をメタノール溶液で処理した場合、50、25%の濃度のものが浸漬初期において水より数倍吸収量が大きくなる。それらの結果は Fig. 4 に、実験式(1)の常数は Table 6 に示す。

(4) 界面活性剤を添加した水で処理した場合は、吸収量において無添加の水とほとんど差がみられなかった。それらの結果は Fig. 5 に、実験式の常数は Table 7 に示す。

(5) エゾマツ、ブナ、アカマツを各種防腐剤で処理した場合、エゾマツはもっとも吸収量が少なく、ブナ辺材、アカマツ辺材ではほとんど吸収量は同じであった。実験結果は Fig. 6, 7, 8 にそれぞれ示し、実験式の常数は Table 9 のとおりである。

(6) ラワン単板を水とメタノール50%液で処理した場合、秒単位でも、分単位の浸漬時間でも、その初期において吸収量はメタノール液が水の数倍であった。実験結果は Fig. 9 に、実験式の常数は Table 10 に示す。

(7) 浸漬処理においては時間と吸収量との間にはいずれの場合においても、常に放物線状の関係が成立し、実験式(1)が成立することが明らかとなった。ただ、実験式(1)の常数と材の性質や液の物理恒数との間には(11)、(12)式のような関係がありそうだが、はっきりとした関係式は求めることができなかった。

#### 文 献

- 1) BECKER, G. and K. STARFINGER : Studien über die Flüssigkeitsaufnahme beim Tauchen von Holz.-Erste mitt. : Der Einfluss der Tauchdauer und einer Wiederholung der Tauchbehandlung auf die Flüssigkeitsaufnahme von Kiefern- und Fichtenholz, Holz als R. u. W., 13, pp. 462~467, (1955)
- 2) BAVENDAMM, W. and H. ANCYKOWSKI : Praxisnahe Untersuchungen über die Imprägnierung von Bauholz durch Kurztauchen und Trogränkung. Holz als R. u. W., 14, pp. 218~222, (1956)
- 3) BAVENDAMM, W. and G. SEEHANN : Praxisnahe Untersuchungen über die Imprägnierung von Buchenholz durch Streichen und Trogränkung. Holzforschung und Holzverwertung, 12, pp. 50~54, (1959)
- 4) BAVENDAMM, W. and W. SCHNEIDER : Praxisnahe Untersuchungen über die Imprägnierung von Bauholz durch Streichen und Trogränkung mit Bifluoriden, Holz als R. u. W. 17, pp. 284~291, (1959)
- 5) 雨宮昭二 : 簡易木材防腐処理(2) 浸漬法, 木材工業 17, 6, pp. 292~298, (1962)
- 6) SCHULZE, B. and G. THEDEN : Das Eindringen von Holzschutzmitteln. Holzforschung 4, pp. 79~107, (1950)
- 7) 三枝樹成通 : 合板の難燃処理に関する研究—特にアルコール溶媒の浸透速度に及ぼす効果について, 木材工業 17, 4, pp. 171~174, (1962)
- 8) 防腐研究室 : 木材防腐実地試験(4) 木材部水中貯木場防腐処理外柵の1~3年間の被害調査(1), 林試研報, 130, pp. 195~204, (1961)
- 9) OSTWALD, W. : Über das Zeitgesetz des kapillaren Aufstiegs von Flüssigkeiten und über die Beziehungen desselben zur chemischen Konstitution der letzteren. Kolloid Zeitschrift, 2, (1908)
- 10) LUCAS, R. : Über das Zeitgesetz des kapillaren Aufstiegs von Flüssigkeiten. Kolloid Zeitschrift, 23, pp. 15~23, (1918)
- 11) BECKER, G. and K. STARFINGER : Studien über die Flüssigkeitsaufnahme beim Tauchen von Holz.-Zweite mitt. : Der Einfluss von Holzeigenschaften und Holzart auf die Flüssigkeitsaufnahme beim Kurztauchen von Kiefern- und Fichtenholz. Holz als R. u. W. 14, pp. 95~100, (1956)

**Research for Wood Preserving Treatment (5).  
Relation between period and retention by steeping process with lumber.**

Shôzi AMEMIYA and Mamoru INOUE

(Résumé)

The steeping process is used mostly in treating lumber for buildings and engineering works in Japan. However, there are little treating data and research reports on this process in this country. So the object of this experiment is to prepare treating data and to find the regulation between period and retention in the steeping process.

The specimens used in this experiment are mainly lumbers of SUGI (*Cryptomeria japonica* D. DON); other species are EZOMATSU (*Picea jezoensis* CARR.), AKAMATSU (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.) and BUNA (*Fagus crenata* BLUM.). Their dimensions are 25~100 cm (length), 10~15 cm (width) and 1~1.5 cm (thickness). The solutions are 2% WOLMAN salt in water, 2% sodium-pentachlorophenate (Na-PCP) in water, 2% penta-chlorophenol (PCP) in fuel oil and creosote oil.

The retention is taken to be the difference between the initial weight and the weight at each steeping period. The same lumber is taken out intermittently from the steeping tank and is weighed at each steeping period. The intermittent steeping was adopted for the reason that the rate of the retention can be measured using the same lumber, and there is little difference between the retentions by the intermittent and the continuous steeping, as is shown in Table 1. All retentions in this paper are represented with gram per square meter ( $\text{g}/\text{m}^2$ ), because there is less difference between the retentions per surface area ( $\text{m}^2$ ) than per volume ( $\text{m}^3$ ) when timbers of various forms are treated by the steeping process for the same period, as is shown in Table 2.

Obtained results are shown with both logarithmic section paper in Fig. 1~9. As shown in Fig. 1~9, the relation between period and retention are linear. Their relation can take the form of the following formula.

$$\log Y = a \log X + \log b \dots\dots\dots(1)$$

$X$ : Steeping period

$Y$ : Retention

$a$ : Constant showing rate of retention

$b$ : Constant showing retention at unit period

The values of  $a$  and  $b$  in the experimental formula (1) for the various species and solutions are shown in Table 4, 6, 7, 9 and 10.

The rough surface means in this paper the sawn surface, and the smooth surface means the shaved surface. The value of  $a$  for the rough surface is less than  $a$  for the smooth surface, and the value of  $b$  for the rough surface is more than  $b$  for the smooth surface. The value of  $a$  for water solution is more than  $a$  for fuel oil and methanol solution. The value of  $a$  for creosote oil is minimum in all solutions.

In methanol solutions of various concentrations, the values of  $a$  and  $b$  for 75% and 100% methanol solutions are almost equal to the values of  $a$  and  $b$  for water, and the value of  $a$  for 25% and 50% methanol solutions is less than the value of  $a$  for water; but the value of  $b$  for both solutions is more than the value of  $b$  for water. So when lumbers are treated by the steeping process with 25% and 50% methanol solution, there is more effect for the reten-

tion at the short period.

The physical constant of the solutions used in this experiment are shown in Table 11. It is presumed that the relation between the physical constant of solutions and the value of  $a$  and  $b$  for the experimental formula (1) would take the form as in the following formula.

$$a \approx w/\eta, \quad b \approx \eta\sigma K/w$$

$w$ : Surface tension

$\eta$ : Viscosity

$\sigma$ : Specific gravity

$K$ : Constant for permeability of wood.