

浅川実験林苗畑の杭試験 (2) 防腐処理杭の10年間の被害経過

雨宮昭二⁽¹⁾・松岡昭四郎⁽²⁾・庄司要作⁽³⁾
井上衛⁽⁴⁾・阿部寛⁽⁵⁾・内藤三夫⁽⁶⁾

S. AMEMIYA, S. MATSUOKA, Y. SHÔJI, M. INOUE, H. ABE and K. NAITO:
Stake Test at Asakawa Experiment Forest (2). Inspection of the treated
stakes during ten years

要旨：浅川実験林苗畑において行なっている杭試験における防腐処理杭の10年間の被害経過について報告する。試験杭は $3 \times 3 \times 60$ cm のスギ辺材を地中に 30cm まで埋めて試験を行なった。無処理の辺材は地中、地上ともに3年の耐用年数であった。クレオソート油処理杭は原液を $\frac{1}{10}$ に希釈して吸収量 $15 \sim 30 \text{ kg/m}^3$ にしたものでまだそれほど被害を受けていないが、水溶性防腐剤では吸収量が 1 kg/m^2 以下のものは大部分10年以下の耐用年数であった。地中に立てておいた杭の含水率は辺材では地中部分が40~60%、地上部分が15~20%であったが、心材では地中部は100%以上のものが多かった。各杭の縦圧縮強度は被害経過と同じ傾向を示し、腐朽による比重減少率と相関関係を示した。室内放置した処理材の11年後の圧縮強度は処理時より高めの値を示し、長期間経過後でも防腐剤の木材強度に対する影響はほとんどないことが明らかとなった。

1. ま え が き

木材防腐剤の防腐効力は、その薬剤の殺菌効力と各環境における効力の持続性、すなわち薬剤の物理的ならびに化学的安定性ととの総合的な性質として判断しなければならない。防腐剤の使用される環境は多種多様であるが、大別すれば、気象の異なる地域、屋内と屋外、地中と地上などがある。これら各環境において防腐効力に最も影響の大きい因子は空気、水、光、温度、菌類などである。水は木材より防腐剤の流脱または拡散を、空気は防腐剤の分解や菌の生育を、光は防腐剤の分解を、温度の上昇は防腐剤の揮散、溶解度や分解を、さらに菌類の発育を、菌類は木材の分解や防腐剤の変質などを促進する。このような各因子が自然界においては相互に関連し合って、非常に複雑な過程をたどって防腐剤の効力を減退させていく。自然界において複雑な変化をたどる防腐効力を、いかにして正しく評価するかということが、つねに問題にされており、そのひとつの手段として、室内において数か月という短期間に防腐効力を推定する各種の方法が提案されている。

それらの室内試験方法はいずれも、防腐剤相互間の相対的効力を評価することはできるが、実用的な効力持続期間すなわち処理材の耐用年数の決定を行なうことは非常に困難である。これに対して、野外における杭試験では、個々の因子の解析は困難であるが、自然界の各因子の総合された結果として、処理材の耐用年数が決定できるという利点と同時に、実験室では求めえない自然界における各種の変化が処理材に現われて、防腐剤ごとの特性が比較的明りょうにとらえられる。しかし、野外試験は防腐効力が大きい薬

1969年12月25日受理

(1)~(6) 木 材 部

判ほど長年月を要し、結論を短期間に出しにくい。これでは防腐剤の改良・開発を、効率よく行なうには非常に不便である。そのため、各国とも最近室内試験において、現在の方法よりもっと適確に実用上の結果を短期間に推定できる方法の確立をめざして、かなりの努力が払われている。われわれも本試験をはじめに当たっては、室内試験の腐朽重量減少率と野外試験における耐用年数との相関を求め、今後よりよい室内試験方法を確立することを一つの大きな目標としている。

このような現状のため、世界各国とも、防腐剤の研究においては、かならず室内試験と野外試験とを併行して実施しており、野外試験は地域差をも考慮して、数か所に試験地を設けて行なっている。けっきょく、防腐剤の防腐効力は現在においては室内試験と野外杭試験、さらには各種の実用試験などの結果を総合的に検討して、評価しなければ、実用上の諸問題に対して、正しい答えはえられない。

以上のような目的または必要性と、日本のみならず世界で使われている各種の薬剤が、わが国において野外に使用された場合、どの程度の効力を示すか、諸外国の杭試験結果などと対比することをも考えて、各地域に同時に同一材料の杭試験を行なうべきであったが、さしあたって1か所ということで昭和33年7月浅川実験林苗畑に試験地を設けて今日まで至っている。その当時以来試験を行なっている薬剤の種類は約40種、吸収量が2～3種、合計すると約80種類となり、杭の本数は全数で約2,000本に達している。被害調査は設置以来毎年1回行ない、今日まですでに10年を経過している。それらの調査結果をみると、薬剤によってはかなり大きな変化も現われてきており、多くの興味ある資料もえられたので、まだ本試験は今後も長くつづける予定であるが、中間報告的な意味において、10年間の被害経過をまとめて報告する。

本実験を実行するにあたり、種々指導下さった強度研究室の諸氏、ならびに種々協力下さった浅川実験林の諸氏に対して深く感謝する。

2. 試験地の概況

試験地の位置は東京都の西部にあたる高尾山麓の浅川実験林苗畑内である。この土地は Fig. 1 に示すように、ゆるやかな南傾斜地で、まわりには樹木も少なく、全敷地がほとんど同じように陽があたり、水はけも良い環境で、広さは約720m²である。

気象条件については、試験地で観測が行なわれていないため、近くにある実験林庁舎の観測資料によった。昭和34年(1959年)～昭和37年(1962年)までの約3年半の観測結果を示すと Table 1 のとおり



Fig. 1 浅川実験林苗畑内杭試験地
Stake test field at Asakawa.

である。

土壌は有機質に富んだ関東ロームであって、多種の菌類が繁殖していることはもちろんである。ただ、初期の段階では、菌による被害すなわち腐朽のみが観察されたが、5～6年経過後、ヤマトシロアリの侵入を受けて、局部的には腐朽とシロアリの被害が同時に進行している杭も見られるようになってきた。

Table 1. 浅川実験林気象状況

The weather at ASAKAWA Experiment Forest

Date 年 月 Year Month	气温 (°C) Average atmospheric temperature			湿度 Relative humidity (%)	全降水量 Total rainfall (mm)	地中温度 Temperature under the ground		
	月平均 Month	最高* Max.	最低* Min.			0 m	0.3 m	
1959,	7	25.4	28.8	20.9	84	161.3	31.5	24.1
	8	26.0	29.6	21.8	84	426.9	31.9	25.9
	9	22.9	26.6	18.9	84	296.1	26.0	24.7
	10	17.2	20.9	12.0	80	246.1	17.1	17.2
	11	12.1	16.0	6.7	79	89.6	10.7	13.2
	12	7.7	12.2	0.9	63	128.3	5.5	9.1
1960,	1	5.1	10.5	- 2.3	62	45.3	2.3	5.5
	2	7.1	12.1	- 1.2	58	6.3	5.7	6.1
	3	9.4	15.0	4.4	59	19.8	12.6	9.0
	4	12.6	16.7	6.4	67	172.3	17.8	12.3
	5	17.8	21.3	15.5	77	160.1	21.7	16.8
	6	20.9	24.9	15.5	79	106.9	24.0	19.8
	7	25.4	29.0	20.2	81	134.1	29.2	24.1
	8	26.4	29.1	20.7	78	415.3	28.5	25.4
	9	23.1	26.3	18.3	82	115.0	25.7	24.6
	10	16.4	20.2	11.4	78	158.9	18.1	19.3
	11	12.4	16.5	6.7	76	90.5	12.3	14.1
	12	7.1	12.0	0.1	68	76.0	4.0	8.0
						1,550.5		
1961,	1	3.7	7.1	0.5	64	23.1	1.0	4.1
	2	5.2	8.9	- 0.1	52	35.1	2.3	4.7
	3	8.4	16.7	3.1	65	112.7	10.0	8.2
	4	15.6	21.5	10.4	63	164.1	18.2	12.8
	5	19.8	25.9	13.3	70	64.0	24.6	18.0
	6	21.9	25.3	15.9	78	402.1	17.7	20.9
	7	26.0	30.3	21.6	78	73.4	31.0	25.7
	8	25.3	29.5	21.1	81	118.8	30.9	26.1
	9	23.4	28.0	18.8	76	141.8	28.4	25.1
	10	17.3	20.5	14.0	85	428.9	19.7	19.6
	11	11.3	16.5	6.1	68	67.4	11.9	13.7
	12	6.0	12.2	- 0.2	64	38.1	3.3	8.5
						1,669.5		
1962,	1	3.3	9.6	- 3.0	59	36.4	0.7	4.5
	2	4.3	11.5	- 2.9	53	13.2	3.5	5.1
	3	6.4	12.9	- 0.2	58	57.2	8.6	7.7
	4	12.3	18.6	6.0	60	124.7	16.7	12.3
	5	16.6	22.2	11.0	69	149.8	21.9	16.7
	6	19.5	23.6	15.3	82	229.5	24.0	20.4
	7	23.8	27.7	19.9	87	207.4	27.0	23.4
	8	26.2	31.5	20.9	73	189.2	31.7	26.5
	9	22.8	27.7	17.9	76	30.3	28.9	25.0
	10	15.2	19.9	10.4	77	130.8	18.8	19.0
	11	10.3	15.0	5.6	75	175.9	11.4	13.4
	12	6.1	12.2	-0.1	70	65.0	3.5	7.2
						1,409.4		

*日最高および日最低の月平均

Average value of maximum temperature on every day of month.

3. 試 験 方 法

(1) 供 試 杭

スギ，秋田産，寸法 $3 \times 3 \times 60$ cm の角材である。材面はすべてプレーナー仕上げである。処理杭用に辺材を用い，対照材として無処理の辺材および心材を用いた。

(2) 防腐剤および処理液濃度

防腐剤の種類は最初に設置したものは18種類，そのあと随時追加したものは 16 種類となっていて，合計 34 種類である。そのうち油状のもの 4 種，油溶性のもの 4 種，その他は水溶性薬剤である。

主要な薬剤の処理液の濃度は 2～3 の例外を除いて 2%，その 1/5 濃度に相当する 0.4%，その 1/10 濃度に相当する 0.2% の 3 種類を用いた。その他のものは 1/10 濃度のものをふいて 2 種類とした。このように処理液の濃度を希釈することによって，薬剤吸収量を調節した。

設置本数は原則として，1 単位最小 10 本としたが，経年別に抜きとって，強度試験その他の測定を行なう予定の薬剤は 35～45 本とした。毎年 3 本ずつ抜きとって 10 年継続できるという予定で 45 本にし，35 本の方は抜きとる時期を毎年としないで，隔年という予定であった。この抜きとる杭に使用された薬剤はクレオソート油，PCP，Na-PCP，W-3 (JIS K 1550 PF 1 種 1 号)，ポリデン・ソルト S-25，ホウ砂・ホウ酸混合物，硫酸銅の 7 種類で，処理液濃度も 3 種類である。その他の薬剤については杭の本数は 10 本とした。

(3) 処 理 方 法

すべて加圧処理を用いて，ほとんど杭全体に薬液が浸透するようにした。そのときの処理条件は以下のとおりである。

水溶性防腐剤の場合

前排気なし；加圧 5 kg/cm^2 ，30～60 分；後排気 600mm，10 分。

油状，油溶性防腐剤の場合

前排気 600mm，30 分；加圧 5 kg/cm^2 ，30～60 分；後排気 600mm，10 分。

ただし，蒸発しやすい溶媒の場合は後排気は行なわないで，被覆して静置期間を長くする。

(4) 吸 収 量

注入量が素材重量に対し， $100 \pm 20\%$ の範囲になるように加圧時間を調整し，少なすぎるものは再注入を行なった。吸収量の多少を調整する手段は前記したように処理液の濃度を希釈して，注入量としてはつねに上記の条件の範囲にはいるように調節した。この範囲の注入量を，木材の単位容積あたりで計算すると $300 \sim 400 \text{ kg/m}^3$ に相当するものが多い。

(5) 杭の設置方法

杭の全長の半分（約 30cm）を地中に埋めて，垂直に立てた。杭と杭との間隔は杭の長さに等しい 60cm とした。杭の位置は敷地の南北を 60cm ごとに 47，東西を 38 に割って，その各線の交点に杭をたてることにし，各薬剤，各濃度ごとの杭は無作為化するため，すべて抽選により位置を決定した。

(6) 調 査 項 目

- a. 毎年 1 回の被害調査。
- b. 抜き杭の含水率分布。

- c. 抜取り杭を地上部、地下部に分けて、おのおの3個の試片の縦圧縮強度。
- d. 同試片の全乾容積重。
- e. 同試片中の薬剤残存量。
- f. 各薬剤の室内における防腐効力試験方法による防腐効力。

各項目の測定方法は各試験結果の章で説明する。

4. 被害調査結果

被害調査方式はすでに防腐研究室で行なっている被害程度を肉眼で観察して、つぎのような基準にしたがって6階級に分類し、それを被害度として数字で表わす方法を用いた。

被害度	観察状態
0	健全。
1	部分的に軽度の虫害または腐朽。
2	全面的に軽度の虫害または腐朽。
3	2の状態のうえに部分的にはげしい虫害または腐朽。
4	全面的にはげしい虫害または腐朽。
5	虫害または腐朽により形がくずれる。

これらの被害度の評価は肉眼的観察によるため、かなり主観的要素がはいるが、多数の杭を評価し、各被害度に区分された部分の圧縮強度減少率を求めてみると、第1報¹⁾で示したように、被害度1は10～20%の強度減少率であり、被害度2は20～40%の強度減少率、被害度3は30～50%の強度減少率、被害度4は50%以上の強度減少率の範囲に入るようである。このように被害度の各区分は強度との関係について、大体これらの範囲の減少率になっているということを目安にして、各杭の被害調査結果をみれば、客観的にも理解されうるのである。

ただ、杭の評価は1本の全体を総合的に評価することは困難であるので、地上部の木口面付近(T)、地ぎわ部付近(G)、地中部の木口面付近(B)の3か所に分けて、別々に評価を行なった。えられた各杭の3部分の被害度を別々に薬剤ごとに平均して、平均被害度を求め、その値が2.5以上に達した年数を、その集団のその部分の耐用年数とした。

被害調査結果を示すと Table 2 のとおりである。

この試験に使用されたクレオソート油の性質ならびに混合薬剤の組成を示すと、つぎのとおりである。

クレオソート油の性質

比重	1.055	水分	0.1 %
留分			
235°C まで		2.5	%
235～315°C		4.4	%
315°C までの全量		6.9	%
315～330°C		12.5	%
酸性油分		10.3	%
比粘度 (40°C/20°C)		1.58	

P F 系 (JIS K 1550 フェノール類無機フッ化物系木材防腐剤)

W-1 (JIS K 1550 3 種)

NaF	8 7 %
フェノール類	1 0
SbF ₃	3

W-2 (JIS K 1550 1 種 2 号)

NaF	5 0 %
フェノール類	1 0
Na ₂ HAsO ₄	1 0
K ₂ Cr ₂ O ₇	3 0

W-3 (JIS K 1550 1 種 1 号)

NaF	2 5 %
フェノール類	1 2.5
Na ₂ HAsO ₄	2 5
K ₂ Cr ₂ O ₇	3 7.5

W-4 (JIS K 1550 2 種)

NaF	5 2.5 %
フェノール類	1 0.5
K ₂ Cr ₂ O ₇	3 7

注：フェノール類は、ジニトロ・オルソ・クレゾール

Boliden salt S-25

As ₂ O ₅	3 6 %
CrO ₃	2 3
ZnO	1 1.6
CuO	3.9
H ₂ O	2 5.5

ACP (JIS K 1553 ペンタクロルフェノール銅のアンモニア溶液木材防腐剤)

Na-PCP	1.0 %
CuSO ₄	0.6
K ₂ Cr ₂ O ₇	0.8
NH ₄ OH	4.2

CZC (クロマイテッド・チンク・クロライド)

ZnCl ₂	8 1.5 %
K ₂ Cr ₂ O ₇	1 8.5

ZMA (チンク・メタ・アルセネイト)

As ₂ O ₃	6 0 %	} CH ₃ COOH 1.6 % 添加
ZnO	4 0	

Tancas C

CuSO ₄	3 5 %
As ₂ O ₅	2 0
K ₂ Cr ₂ O ₇	4 5

Tanalith CB

CuO	1 0.8 %
CrO ₃	2 6.4
H ₃ BO ₃	2 5.5

KHSO₄ 3 7.3
 TBTO : Tributyltin oxide
 TY 101 : Tributyltin sulfamate
 TBT-Te : Tributyltin telephthalate

防 火 剤 R

(NH₄)₂HPO₄ 5 8.3 %
 H₃BO₃ 2 5.0
 NH₄Br 1 6.7

防 火 剤 M

(NH₄)₂HPO₄ 1 0 %
 (NH₄)₂SO₄ 6 0
 Na₂B₄O₇·10H₂O 1 0
 H₃BO₃ 2 0

防 火 剤 P

ZnCl₂ 3 5 %
 (NH₄)₂SO₄ 3 5
 H₃BO₃ 2 5
 Na₂Cr₂O₇·2H₂O 5

調査結果によると、無処理のスギ心材は地きわ以下は4年の耐用年数であるが、地上部は10年経過後でもまだそれほど腐朽していない。これに対し無処理スギ辺材は地中、地上ともに3年の耐用年数であり、地上部は心材に比べて非常に腐朽しやすい。反対に地中部においては、心材、辺材の耐朽性の差はあまりみられない。屋内試験においては心材があまり腐朽しないという結果と²⁾全く異なっており、自然条件下の腐朽現象がいかに複雑な変化を示すかをあらわしている。

クレオソート油の原液処理材はまだ全く被害は認められないが、1/5 希釈液、1/10 希釈液は数年経過後、わずかに被害が認められ、地中部分は10年後の現在かなり被害が進行しつつある。

P C P と Na-P C P とを比較してみると、油性と水溶性であるから、当然 P C P がかなり良好な防腐効力を示すと予想していたが、えられた結果によれば、それほど大きな差がない。P C P の溶媒として燈油を用いたが、やはり蒸発しやすい溶媒では P C P 本来の防腐効力が発揮できないのであろう。

P F の各種、すなわちW—1～4を比較してみると、吸収量の少ないグループで比較してみるとW—3、W—2、W—4、W—1の順に防腐効力が低下しているようである。W—1はとくに吸収量を多くしてもそれほど耐用年数はのびないが、他のものは吸収量が多いとまだ10年経過してもそれほど被害は進行していない。

ポリデン・ソルト S—25 は最も低濃度の0.2% 処理材でも、10年後まだ耐用年数がきまらないほど防腐効力が高い。10年経過の水溶性防腐剤のうちでは最も効果が大きいようである。

ホウ砂・ホウ酸混合物は野外で使用する、耐水性がないから、ほとんど防腐効力を示さないようである。

硫酸銅単独使用は、実用的には落差式処理法による電柱以外にはほとんど使用されていないが、この試験結果では予想以上に防腐効力を示し、10年後でもまだ耐用年数が決まらないほど被害が少ない。ただ、興味があることは、一般的に銅系の防腐剤で処理した杭は地上部の頂部の腐朽が、地中部に比べて非常に早くからあらわれる。蟻酸銅の場合においても同じ結果がえられている。

Table 2. 防腐処理杭の各位置における平均被害度¹⁾

Average grade of damage on each position of stakes treated with preservatives

防腐剤名と 処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m ³	杭の数 Number of stakes	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years										耐用年数 Service life
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SUGI heartwood (untreated)	—	15	T G B	0 0 0	0 0.9 1.2	0 1.7 1.8	0.1 2.9 3.2	0.1 3.1 3.5	0.3 3.4 3.9	0.5 3.6 4.1	0.5 3.7 4.2	0.7 3.8 4.2	1.0 4.1 4.4	4 4
SUGI sapwood (untreated)	—	10	T G B	0 0 0	0.8 1.2 1.7	2.8 1.7 2.4	4.0 2.5 3.4	4.0 3.4 3.8	5.0 3.5 4.0	5.0 4.1 4.7	— — —	— — —	— — —	3 4 3
Creosote oil	254 503 734	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
20% creosote oil in kerosene	19 52 69	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0.2	0 0.2 0.2	0 0.3 0.8	0.1 0.4 0.8	0.1 0.4 0.9	0.2 0.4 1.3	
10% creosote oil in kerosene	16 27 31	10	T G B	0 0 0	0 0 0.1	0 0.1 0.1	0 0.1 0.3	0 0.4 0.3	0.1 0.6 0.8	0.2 0.7 1.1	0.3 0.8 1.3	0.7 0.9 1.6	0.8 1.1 2.0	
Pentachloro- phenol(PCP) 2% in kerosene	5.32 6.07 7.37	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0.1	0 0 0.1	0 0 0.2	0 0 0.5	0.1 0.3 0.7	0.4 0.7 1.1	0.6 0.9 1.4	
" 0.4%	0.78 1.02 1.30	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0.2 0.3	0.2 0.6 1.0	0.5 1.0 1.5	0.8 1.4 1.8	1.1 1.7 2.3	1.2 1.8 2.6	1.2 2.1 3.1	1.2 2.5 3.3	10 8
" 0.2%	0.19 0.23 0.61	10	T G B	0 0 0	0 0.4 0.6	0.1 0.4 0.6	0.1 0.6 0.9	0.3 0.9 1.3	0.6 1.4 1.9	0.7 1.9 2.5	0.9 2.5 3.1	1.0 2.9 3.5	1.4 3.2 3.7	8 7
Sodium- pentachloro- phenate (Na-PCP)2%	6.37 6.56 8.11	10	T G B	0 0 0	0 0 0.1	0 0 0.1	0 0 0.3	0.2 0.4 0.6	0.3 0.8 1.0	0.4 0.8 1.4	0.6 1.0 1.5	0.8 1.1 1.9	1.2 1.3 2.2	
" 0.4%	1.20 1.41 1.62	10	T G B	0 0 0	0 0.4 0.6	0 0.5 0.7	0.3 0.8 1.5	0.3 1.1 1.8	0.5 1.3 2.1	0.8 1.5 2.4	0.9 1.5 2.6	1.1 1.9 2.8	1.4 2.0 2.9	7
" 0.2%	0.59 0.75 1.11	10	T G B	0 0 0	0 0.2 0.6	0 0.2 0.6	0.5 0.4 1.0	0.6 1.1 1.3	0.7 1.1 1.7	0.8 1.4 2.4	0.9 1.9 2.8	1.1 2.3 3.1	1.5 2.6 3.5	10 7
W-3 ²⁾ (JIS K1150 Type 1-1) 2%	6.57 7.57 8.44	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0.1 0.2 0	0.2 0.4 0	0.4 0.5 0.2	0.7 0.7 0.5	0.8 0.8 0.7	
" 0.4%	0.85 1.33 1.60	10	T G B	0 0 0	0 0.3 0.1	0 0.4 0.1	0.2 0.8 0.1	0.3 0.9 0.2	0.6 1.2 0.5	0.8 1.2 0.7	0.8 1.2 1.0	1.0 1.8 1.6	1.0 2.2 1.6	
" 0.2%	0.61 0.69 0.82	10	T G B	0 0 0	0 0.3 0.3	0 0.4 0.4	0.1 0.6 0.7	0.1 0.7 0.9	0.5 0.8 1.5	0.5 1.0 2.0	0.6 1.7 2.6	0.6 2.0 3.0	0.7 2.1 3.1	8
Boliden salt-S 25 2%	6.01 7.35 8.15	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0.3 0.1 0	0.5 0.1 0	0.5 0.1 0	

防腐剤名と 処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m ³	杭の数 Number of stakes	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years										耐用 年数 Service life
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Boliden salt-S 25 0.4%	1.36	10	T	0	0	0	0	0	0.3	0.4	0.7	0.8	0.8	
	1.44		G	0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.9	1.1	
	1.54		B	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.6	0.8	0.9	
"	0.56	18	T	0	0	0	0.1	0.1	0.3	0.6	1.0	1.1	1.2	
	0.75		G	0	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5	0.9	1.0	1.3	1.4	
	0.95		B	0	0.2	0.2	0.4	0.5	1.0	1.1	1.1	1.2	1.6	
Boron compound 2 %	5.51	10	T	0	0.3	2.4	3.8	4.0	4.8	4.9	5.0	5.0	—	3
	7.07		G	0	0.3	0.9	1.5	2.4	3.1	3.6	3.8	4.1	—	5
	7.97		B	0	0.3	1.2	2.5	3.1	3.9	4.0	4.3	4.4	—	4
"	1.74	10	T	0	0.5	1.9	3.1	3.6	4.2	4.6	4.8	4.9	—	4
	2.52		G	0	0.5	1.1	2.0	2.2	2.5	3.2	3.8	4.6	—	6
	3.25		B	0	0.8	1.2	2.5	3.0	3.5	3.9	4.3	4.6	—	4
CuSO ₄ 5 %	15.4	14	T	0	0	0	0.2	0.4	0.8	0.9	1.1	1.1	1.6	
	18.7		G	0	0	0	0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.8	—	
	21.6		B	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.5	0.8	0.8	
"	2.7	17	T	0	0	0	0	0.1	0.6	0.8	1.0	1.1	1.1	
	3.3		G	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	
	4.1		B	0	0	0	0	0	0.2	0.5	0.6	0.7	0.8	
"	1.4	17	T	0	0	0	0.1	0.2	0.8	0.9	1.4	1.5	2.0	
	1.8		G	0	0	0	0	0	0.2	0.4	0.6	1.0	1.0	
	2.0		B	0	0	0	0	0.1	0.4	0.7	0.9	1.0	1.0	
W-4 (JIS K1550 Type 2) 2 %	3.05	17	T	0	0	0	0.1	0.1	0.4	0.6	0.9	1.3	1.4	
	5.79		G	0	0	0	0.1	0.1	0.3	0.5	0.9	1.2	1.6	
	7.71		B	0	0	0	0.1	0.1	0.3	0.6	0.9	1.5	1.6	
"	0.60	17	T	0	0	0.1	0.4	0.5	0.9	1.3	1.5	1.5	1.6	9
	1.25		G	0	0	0.2	0.5	1.1	1.2	2.1	2.2	2.7	3.4	
	1.55		B	0	0	0.2	0.8	1.4	1.8	3.0	3.0	3.8	4.2	
"	0.60	16	T	0	0	0.1	0.6	0.9	1.4	1.5	1.6	1.6	—	6
	0.85		G	0	0.6	0.8	1.4	2.1	2.4	2.9	3.2	3.3	—	
	1.24		B	0	0.6	1.1	2.0	2.8	3.1	3.6	3.9	4.0	—	
ACP (JIS K1553)	108	10	T	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.5	
	180		G	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	
	255		B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
"	34.1	10	T	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.6	0.7	0.7	
	43.5		G	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.5	0.6	
	51.7		B	0	0	0	0	0	0	0.2	0.5	0.6	0.6	
Sodium-o- phenylphenate 2 %	6.36	10	T	0	0	0	0.6	0.8	1.2	1.7	2.1	2.2	2.4	10
	7.62		G	0	1.0	1.3	2.1	2.3	2.4	3.0	3.2	3.6	3.9	6
	8.20		B	0	1.1	1.5	2.8	3.0	3.2	4.0	4.1	4.2	4.5	4
Sodium-o- phenylphenate 0.4%	1.25	10	T	0	0	0.2	0.8	1.1	2.1	3.2	4.1	4.4	—	7
	1.39		G	0	0.5	0.9	1.5	2.0	2.4	3.3	3.9	3.9	—	6
	1.52		B	0	1.4	1.8	2.8	2.9	3.5	4.3	4.6	4.7	—	4
Copper-formate 2 %	5.08	10	T	0	0	0	0.1	0.2	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	
	6.78		G	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	
	7.82		B	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0.2	
"	1.23	10	T	0	0	0	0.1	0.1	0.6	0.7	1.2	1.3	1.5	
	1.35		G	0	0	0	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	
	1.51		B	0	0	0	0	0	0.6	0.7	0.8	1.0	1.0	

防腐剤名と 処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m ³	杭の数 Number of stakes	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years										耐用年数 Service life
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Zinc-meta- arsenate (ZMA) 2 %	6.46 7.17 7.99	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0.1 0.1	0.1 0.1 0.5	0.4 0.4 0.5	0.4 0.5 0.8	0.8 0.7 0.9	0.9 0.8 1.0	0.9 0.9 1.1	
" 0.4%	1.27 2.23 2.64	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0.5 0.5 0.4	0.6 0.7 0.7	1.0 0.7 0.8	1.1 0.8 1.1	1.2 0.9 1.1	1.2 1.1 1.4	1.4 1.1 1.6	
Chromated zinc chloride (CZC) 2 %	6.95 7.68 8.38	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0.6 0 0	0.9 0 0	1.9 0 0	2.2 0.1 0	2.6 0.2 0	10
" 0.4%	0.90 1.43 1.62	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0.7 0 0	2.8 0.1 0.1	3.2 0.1 0.1	3.8 0.1 0.6	4.2 0.5 0.9	4.8 1.2 1.0	4.9 1.2 1.0	4.9 1.2 1.0	4
W-2 (JIS K1550 Type 1-2) 2 %	5.14 7.38 8.46	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0.1 0 0.1	0.1 0 0.1	0.2 0.2 0.2	0.4 0.4 0.4	0.5 0.2 0.5	0.5 0.2 0.7	0.6 0.2 0.7	
" 0.4%	1.04 1.42 1.60	10	T G B	0 0 0	0 0.1 0.1	0 0.1 0.1	0.2 0.3 0.6	0.2 0.7 0.8	0.6 0.9 1.1	0.7 1.1 1.4	0.7 1.1 1.8	0.7 1.3 2.1	0.8 1.8 2.4	10
W-1 (JIS K1550 Type 3) 2 %	8.6 11.4 12.9	10	T G B	0 0 0	0 0.5 0.9	0 0.9 1.2	0.3 1.8 2.2	0.4 2.1 2.7	0.7 2.5 3.2	0.8 3.0 3.5	1.0 3.2 3.8	1.1 3.2 3.8	1.4 3.2 4.0	6 5
" 0.4%	0.67 1.72 2.40	10	T G B	0 0 0	0 0.2 0.5	0.2 0.6 1.0	0.7 1.4 2.0	0.9 1.9 2.5	1.1 2.5 3.3	1.1 3.0 3.7	1.1 3.4 4.0	1.1 3.6 4.1	1.4 3.7 4.1	6 5
Creosote oil (excluding acid oil)	116 435 715	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
Creosote oil 75 : heavy oil 25 mixture	196 554 759	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0.1 0.1	0 0.1 0.1	0 0.1 0.1	0 0.1 0.1	
Creosote oil 50 : heavy oil 50 mixture	139 517 771	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
Creosote oil 75 : coaltar 25 mixture	44 271 557	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0.1	0 0 0.1	0.1 0 0.1	0.1 0 0.1	
Creosote oil 50 : coaltar 50 mixture	62 389 634	10	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
Phenol resin 30%	102 144 173	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0.1 0.1	0 0.1 0.1	0.1 0.1 0.1	— — —	— — —	
" 20%	51 77 123	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0.2	0 0 0.3	— — —	— — —	
" 10%	36 49 71	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0.3 0.3	0.1 0.1 0.4	0.1 0.1 0.8	0.2 0.4 0.8	— — —	— — —	

防腐剤名と 処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m ³	杭の数 Number of stakes	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years										耐用 年数 Service life
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Phenol resin 10%	26	9	T	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	—	—	
+	49		G	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	—	—	
Na-PCP 0.4%	72		B	0	0	0	0	0	0.3	0.5	0.5	—	—	
Phenol resin 5%	16	9	T	0	0	0	0	0	0	0.2	0.3	—	—	
+	27		G	0	0	0	0	0	0	0.3	0.6	—	—	
Na-PCP 0.2%	33		B	0	0	0	0	0	0.4	1.0	1.1	—	—	
Phenol resin 5%	22	9	T	0	0	0	0	0.1	0.1	0.5	0.7	—	—	
+	31		G	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	—	—	
Na-PCP 0.4%	39		B	0	0	0	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5	—	—	
Phenol resin 5%	19	9	T	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	—	—	
+	38		G	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	—	—	
Na-PCP 2%	53		B	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.5	—	—	
Phenol resin 1%	4.3	9	T	0	0	0	0.1	0.2	0.4	0.5	0.5	—	—	
+	7.1		G	0	0	0	0.1	0.2	0.4	0.8	1.0	—	—	
Na-PCP 0.4%	9.0		B	0	0	0	0.2	0.6	0.8	1.3	1.4	—	—	
Tri-butyltin oxide (TBTO) 1%	3.1	10	T	0	0	0	0	0	0	0	0.1	—	—	
+	3.9		G	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	
1%	5.4		B	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	
"	0.63	10	T	0	0	0	0.2	0.4	0.7	1.1	1.6	—	—	
+	0.75		G	0	0	0	0	0.3	0.6	1.2	1.3	—	—	
0.2%	0.81		B	0	0	0	0.1	0.6	1.1	1.7	1.8	—	—	
"	0.10	10	T	0	0	0	0.3	1.7	2.6	2.7	3.3	—	—	6
+	0.15		G	0	0	0	0.1	0.5	0.7	1.2	1.4	—	—	
0.04%	0.23		B	0	0	0.3	0.9	1.6	1.7	2.2	2.4	—	—	
TY 101 1.0%	2.06	9	T	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
+	3.20		G	0	0	0	0.1	0.2	—	—	—	—	—	
1.0%	3.57		B	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
"	0.52	9	T	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
+	0.58		G	0	0.1	0.2	0.6	0.9	—	—	—	—	—	
0.2%	0.66		B	0	0.1	0.2	0.3	0.6	—	—	—	—	—	
TBT-Te 1%	2.36	9	T	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
+	3.07		G	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
1%	3.50		B	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
"	0.40		T	0	0.1	0.1	0.1	0.4	—	—	—	—	—	
+	0.57		G	0	0.1	0.1	0.2	0.3	—	—	—	—	—	
2.0%	0.64		B	0	0	0	0.2	0.3	—	—	—	—	—	
Tancas C 2%	8.7	9	T	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
+	11.9		G	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
2%	14.7		B	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
"	1.68	9	T	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
+	2.49		G	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
0.4%	3.13		B	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
Tanalith-CB 2.0%	7.1	9	T	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
+	11.7		G	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
2.0%	13.0		B	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
"	1.38		T	0	0	0.1	0.4	0.5	—	—	—	—	—	
+	2.52		G	0	0	0.2	0.2	0.4	—	—	—	—	—	
0.4%	3.32		B	0	0	0.3	0.3	0.3	—	—	—	—	—	

防腐剤名と 処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m ³	杭の数 Number of stakes	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years										耐用 年数 Service life
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CCA (JIS K1554 Type 1) 2 %	7.4 12.0 14.1	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
" 0.4%	0.29 0.44 0.48	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
W-2 (JIS K1550 Type 1-2) 0.4%	2.10 2.33 2.53	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0.3 0.3	0.2 0.4 0.4	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
W-2 0.4% + Creosote oil brushing	1.76 2.09 2.47	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
W-2 0.4% + Vinylacetate emulsion 1%	1.14 1.56 1.92	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0.2	0.3 0 0.8	0.3 0.4 1.1	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
W-2 50% diffusion process	7.9 12.5 19.7	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0.1 0 0	0.1 0 0.1	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
Fire retardant R 15%	45 87 110	9	T G B	0 0 0	0 0 0.1	0 0 1.1	0 0.7 2.3	0.1 2.0 3.1	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	4.5
Fire retardant R 3 %	10 18 21	9	T G B	0 0 0	0 0 0.2	0.4 0.6 1.0	0.8 0.9 1.6	1.0 1.2 1.9	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
Fire retardant M 15%	93 108 123	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0.2 0 0.2	0.6 0.9 1.6	1.1 1.1 2.3	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
" 3 %	16 20 21	9	T G B	0 0 0	0 0.1 0.4	0.2 0.6 1.3	1.1 1.4 2.2	1.4 2.2 3.0	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
Fire retardant P 15%	46 94 129	9	T G B	0 0 0	0 0.1 0	0 0.2 0.2	0 0.2 0.2	0 0.2 0.2	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
" 3 %	14 21 25	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0.2	0.9 0 0.2	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
Copper boronfluoride 2 %	11 13 15	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0.1 0 0	0.1 0 0	0.7 0 0	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
" 0.4%	2.4 2.8 3.1	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0.1 0 0	0.6 0 0	0.7 0 0	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
Copper silicofluoride 2 %	9 14 16	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0.1 0 0	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	
" 0.4%	2.3 2.7 3.0	9	T G B	0 0 0	0 0 0	0.1 0 0	0.3 0 0	0.6 0 0	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	

防腐剤名と 処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m ³	杭の数 Number of stakes	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years										耐用年数 Service life
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Boliden salt K33 (JIS K1554 Type 2) 2%	6.7	10	T	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
	10.9		G	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
	13.5		B	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
" 0.4%	1.3	10	T	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
	1.8		G	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
	2.5		B	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
" 0.2%	0.70	10	T	0	0	0.1	0.3	—	—	—	—	—	—	
	1.04		G	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
	1.30		B	0	0	0.1	0.1	—	—	—	—	—	—	
X-TR One time brushing	19	9	T	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
	32		G	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
	58		B	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
" Two times brushing	24	9	T	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
	35		G	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	
	49		B	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	

Note :

- 1) 被害度 Grade of damage 観察された状態 Observed condition
- 0 健全 Sound
- 1 部分的に軽度の被害 Partial slight damage.
- 2 全面的に軽度の被害 All slight damage.
- 3 2の状態のうえに部分的にはげしい被害
Condition of 2 and partial severe damage.
- 4 全面的にはげしい被害 All severe damage.
- 5 破壊 Destroyed.

- 2) W- : PF系防腐剤 Wolman salt.

ACP : ペンタクロロフェノール銅のアンモニア溶液防腐剤

Copper-pentachlorophenate in ammonium solution.

TY101, TBT-Te : 有機錫化合物 Tri-butyltin compound.

Tancas C : CCA系防腐剤 Chromated copper arsenate.

X-TR : クロロナフタリン系防腐剤 Chloronaphthalene compound type.

- 3) T : 杭の頂部の木口面 Top end.

G : 杭の地際部 Ground line.

B : 杭の地中部の木口面 Bottom end.

- 4) 耐用年数は各集団の平均被害度が 2.5 以上に達した年

The service life is approximately at the time when the average grade of damage on the stakes in a group have arrived over 2.5.

また、C Z C 処理材は亜鉛系の防腐剤であるが、銅系以上に地上部と地中部の被害経過が異なっていて、地中部はまだなんら被害を受けていないのに、地上部はほとんど形がなくなるほどの腐朽を受けている。

石炭酸樹脂注入材はレジン率が低くなると、やはり被害も大きくなっている。さらにこれに Na—PCP を添加したものは、添加量を多くしないと、効果が顕著にあらわれないようである。

T B T O (tributyltin oxide) は 0.2% 処理材がかなり被害を受けており、P C P の結果と大差ないようである。さらに多少地上部が被害を受けやすい傾向である。

防火剤各種はまだ 5 年しか経過していないが、R、M とともに 15% という高濃度で高い吸収量であるのにかなり腐朽が進行していてほとんど防腐効力を示していない。ただ、P のみはまだ被害も小さいので、R、M よりは防腐効力がありそうである。

その他の防腐剤はまだあまり被害を受けていないが、経過年数が短いもので、顕著な変化があらわれない。

5. 抜き取り時の杭の含水率分布

毎年抜きとってきた杭をただちに Fig. 2 に示すように、地中部 3 か所、地上部 3 か所からおのおの約 6 cm の長さの試片をきりとり、下から No. 2 ~ 7 とした。No. 2 は地中部の木口面付近の部分、No. 3 はそれにつづく部分、No. 4 は地ぎわ付近の地中部部分、No. 5 は地ぎわ付近の地上部分、No. 6 は地上部の木口面付近の部分 No. 7 につづく部分である。

これらの試片は切断後、ただちに重量を測定し、風乾して圧縮強度測定後、絶乾まで乾燥してから、抜

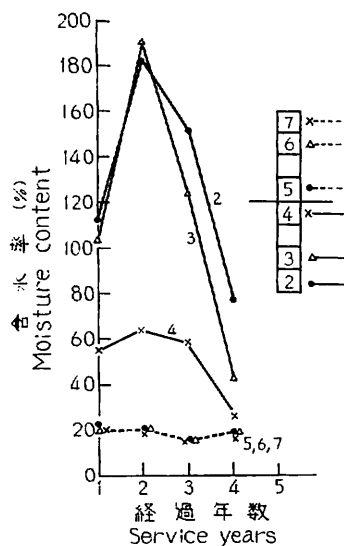


Fig. 2 スギ心材無処理杭各抜き取り時の含水率分布

Distribution of moisture contents in the untreated stakes of SUGI heartwood when removed.

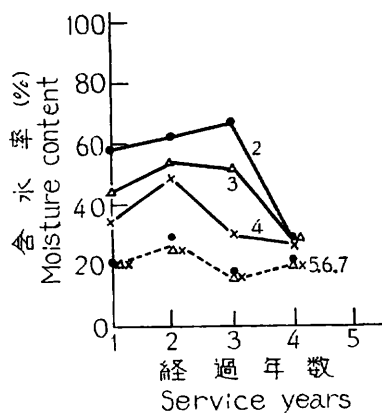


Fig. 3 スギ辺材無処理杭の各抜き取り時の含水率分布

Distribution of moisture contents in the untreated stakes of SUGI sapwood when removed.

取り時の含水率を推定した。各値は3本の杭の平均値である。

その結果は Fig. 2～9 に示す。Fig. 2 はスギ無処理心材の, Fig. 3 はスギ無処理辺材の含水率分布を示している。この両者を比較してみると、地上部はいずれも 15～20% の含水率で大差ない。これに対し、地中部は心材の含水率が非常に高く、3年までは100%を越えているのに対し、辺材は高くとも70%で、大体 40～60% のものが多い。このことは辺材が心材より液体の浸透性が良いということから考えれば、逆の結果のような感じを与える。しかし、よく考えてみれば、地中の水分の杭への浸透性が良いとい

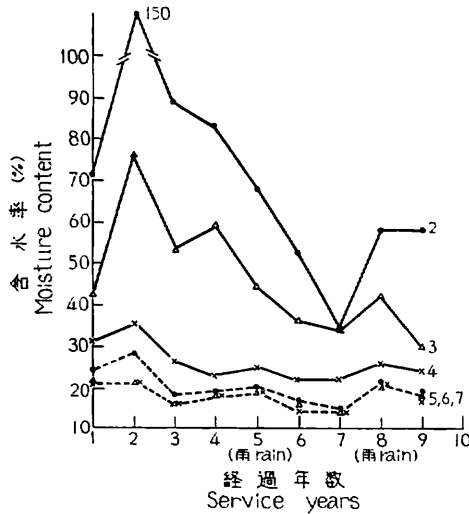


Fig. 4 クレオソート処理杭の各
抜き取り時の含水率分布

Distribution of moisture contents in the
stakes treated with creosote oil when
removed.

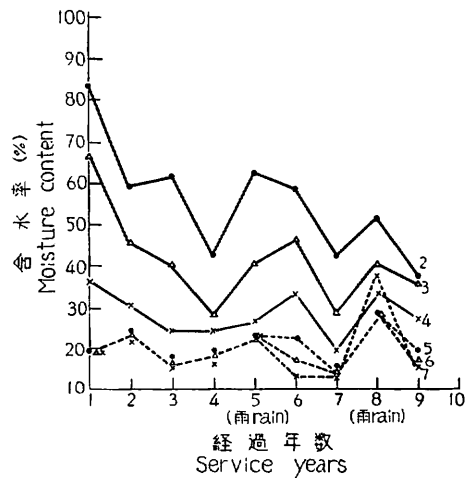


Fig. 5 2% PCP 処理杭の各抜き取り
時の含水率分布

Distribution of moisture contents in the
stakes treated with 2% pentachlorophenol
when removed.

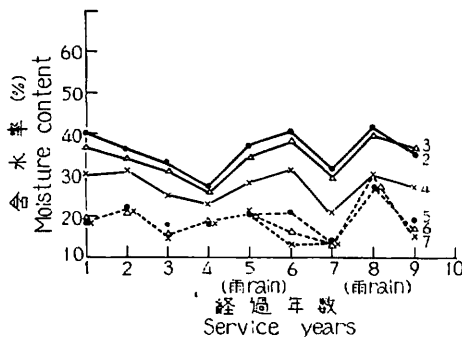


Fig. 6 2% Na-PCP 処理杭の各抜き取り
時の含水率分布

Distribution of moisture contents in the
stakes treated with 2% Na-PCP when
removed.

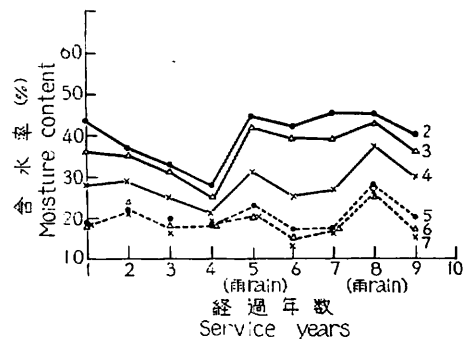


Fig. 7 2% ウォルマンソルト処理杭
の各抜き取り時の含水率分布

Distribution of moisture contents in the
stakes treated with 2% Wolman salt
when removed.

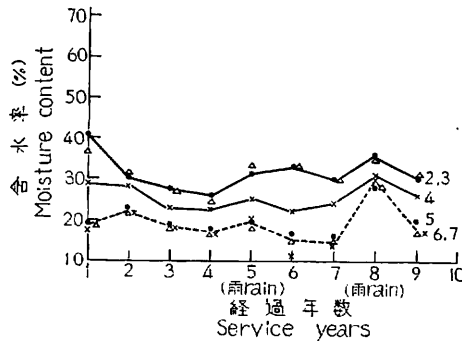


Fig. 8 2%ボリデン・ソルト処理杭の各抜取り時の含水率分布
Distribution of moisture contents in the stakes treated with 2% Boliden salt when removed.

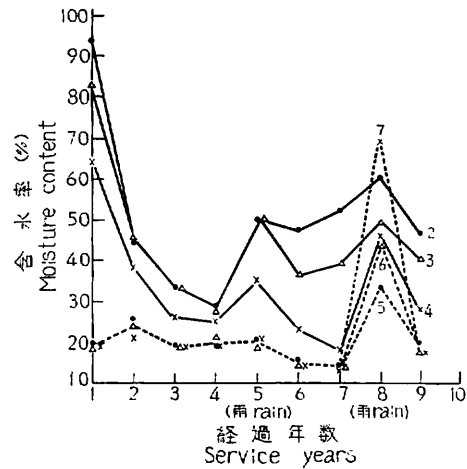


Fig. 9 2%ホウ素化合物処理杭の各抜取り時の含水率分布
Distribution of moisture contents in the stakes treated with 2% boron compound when removed.

うことは、その材のなかの地中部から地上部への繊維方向の通導性も良好である。それゆえ、スギ辺材の杭は地中で水分を吸いこんでも、ただちに地上部にまで運ばれ、そこで空中に蒸散していくから、地中部における平衡含水率はそれほど高くないものと考えられる。しかるに、心材の場合は、繊維方向の通導性が非常に悪いので、地中部で吸収した水分は短時間にたやすく、地上部に移動しないため、地中部に多量に集積される。そこで、心材のとくに地中の木口面付近は、100% をこえるような高含水率を保持しているであろう。

このように、地中部における杭の含水率は、その杭の繊維方向の通導性と関係がありそうで、Fig. 4 のクレオソート油処理杭と Fig. 5 の 2% PCP 燈油処理杭の含水率の経時変化をみても理解される。すなわち、両者とも油性防腐剤であるから、処理後かなりの期間は材中の細胞空隙中に、油が充満していて、水分の通導を阻害している。そのため杭を地中に立植後のある期間は、地中部の杭の含水率は高くなっており、時間が経過するとしだいに含水率は低下してきて 40~50% の範囲におちついてくる。これは材中に注入された油が時間の経過とともに、しだいに低沸点部分から蒸発していき、材の通導性もそれに反比例してよくなって、地中部の平衡含水率を低くさせていくのであろう。

水溶性防腐剤の場合は、ホウ素化合物処理材を除いて、無処理辺材とほとんど同じ傾向である。Fig. 9 のホウ素化合物の場合、多少地中部が高めに出ているのは、材の腐朽がはげしく、空けきが多くなって、含水率を他の薬剤処理杭より高めているのであろう。

Fig. 9 において、抜取り時にたまたま雨が降ったとき、とくに 8 年目のときに地上部が地中部よりも杭の含水率が高い値を示しているのも、地上部の木口面付近が非常にはげしく腐朽していたからである。

他の薬剤の場合も、雨が降った 5 年と 8 年のときの地上部は 20~30% の範囲を示していて、ふつうの年に比べれば 5~10% 高い値を示している。しかし、地中部は雨が降っても、降らなくても、ほとんど杭の含水率には影響がない。

地上部の含水率変化からのみ考えてみれば、地上部の木口面付近の腐朽の進行は、雨が降るたびに腐朽

に適した含水率になり、天気の良い日がつづけば、20%以下という腐朽に不適な含水率となって腐朽の進行が停止する。このように、杭の地上部は天候の変化とともに、腐朽が進行したり、停止したりしながら、しだいはげしく腐朽していくものと考えられる。

6. 野外における各処理杭の圧縮強度の経年変化

4の項で抜取り時の含水率を測定するために、各杭から切りとられた試片を風乾し、さらに 20°C、70%の関係湿度を保持している恒温恒湿室に数週間放置して平衡状態に達した後、側面はかなん仕上げしないで、野外にさらされた面をそのまま、縦圧縮強度を測定した。試片の大きさは約 3×3×6 cm で、測定時の含水率はいずれの場合も、14~15% であった。

各杭とも、まず、防腐処理をするまえに杭の両端からそれぞれ約 6 cm の試片を切りとって、縦圧縮強度を測定し、その2つの測定値の平均値をその杭の標準強度とした。杭を防腐処理後、Fig. 10 以下に示すように、No. 2 に接していた木口部分から、やはり 6 cm の試片を切りとってNo. 1 とし、圧縮強度を測定して処理直後の杭の圧縮強度とした。

このように、各杭の標準強度と毎年抜きとって測定した No. 2~7 の強度との差の比率を百分率であらわし、増加した場合は+、減少した場合は-であらわした。この増減率の3本の杭の平均値が経年別に Fig. 10 以下に示されている。なお、処理杭の経過年数0年の場合は No. 1、すなわち処理直後切断して測定した値と、標準強度との差の比較である。

Fig. 10 は無処理のスギ辺材ならびに心材の強度変化を示している。この結果によると、辺材は1年後で、地中部分No. 2~4 はほとんど 10~20% の減少率範囲であり、地上部分 No. 5~7 は 5~10% の範囲である。2年後では地中部は No. 2, 3, 4 の順に減少率が大きくなっていて、20~30% の範囲である。地上部は No. 5 とNo. 7 とがほとんど同じで、No. 6 は多少減少率は小さい。しかし、大体 10~20% の範囲にはいつている。3年後になると地中、地上部ともに急激に腐朽が進行するためか、その減少率も地中部で 60~70%、地上部で 40~60% となっている。けっきょく、地中部は地上部に比べれば、腐

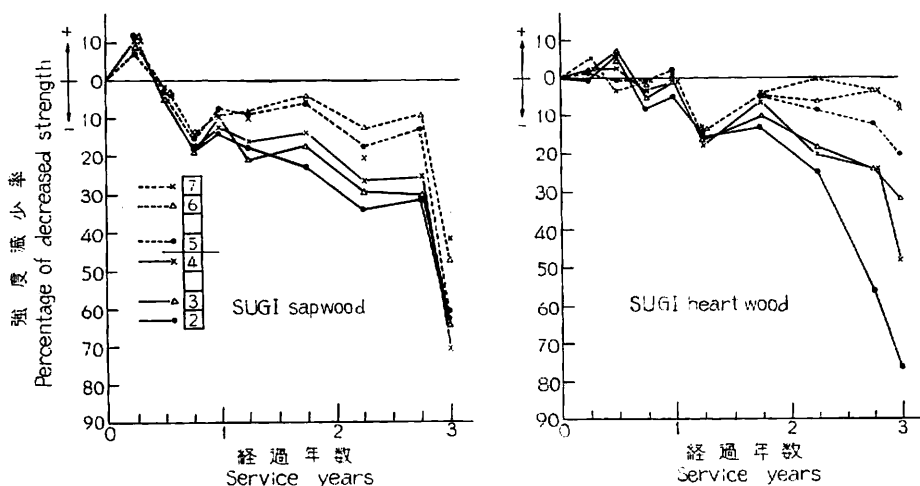


Fig. 10 スギ無処理杭の圧縮強度の変化

Variation of compression strength on the untreated stakes of SUGI during three years.

朽の進行は早い、段階的に進行する。地上部はある時期まで、腐朽がほとんどないが、ひとたび腐朽菌が根拠地をつくると、非常に急速に腐朽が進行するようである。

これに対し、心材は1年後、地中部も地上部ともに10%前後の減少率を示したが、2年後、3年後となると地中部の腐朽の進行は辺材と大差ない。しかし、地上部は辺材と異なって、3年後でも No. 6, 7 は 5~10% の減少率範囲である。ただ No. 5 は地中部の影響を受けて、多少他の地上部に比べれば減少率が大きくなっている。これらの結果は、Table 2 の被害調査の結果と大体同じ傾向を示している。

Fig. 11 はクレオソート油で処理した杭の圧縮強度変化を示す。クレオソート油原液で処理した杭は10年間野外に放置されていても、各部分とも強度が低下するよりむしろ多少増加する傾向にある。もちろん、腐朽はしていない。しかし、燈油で5倍に希釈したクレオソート油で処理した杭では、地中部は5年以後多少強度の低下をきたして、その減少率は10~20%の範囲である。最も強度低下の大きい部分は No. 2 で、ついで No. 3, 4 の順である。地上部分は原液処理材ほど大きくないが、10年後でもやはり増加する傾向にある。

Fig. 12 は PCP の燈油溶液で処理した杭の圧縮強度変化を示している。2% 処理材は8年以後、地中部が急激に強度低下を示しているが、地上部分はほとんど低下していない。0.2% 処理材の地中部は3年以後かなり急激に強度が低下しており、9年後は杭が腐朽によりはげしく破壊されて、10年目の杭は抜きとることができなかった。しかし、地上部分は地中部に比べて比較的強度低下が小さく、9年目に No. 5 が急に強度が低下しはじめた。

Fig. 13 は、Na-PCP で処理した杭の圧縮強度減少率を示している。2% 処理材は8年以後地中部が多少強度低下を示しはじめたが、地上部分はほとんど強度低下を示していない。0.4% 処理材では7年以後、地中部がかなり強度低下を示しはじめ、10年目では完全に近く破壊されていた。しかし、地上部分はそれに比べて、まだほとんど強度低下を示していないのは興味あることである。

Fig. 14 はフェノール類・無機フッ化物系防腐剤で処理した杭の圧縮強度変化を示している。W-3 (JIS K 1550 1種1号) の2% 処理材は地中部が3年以後徐々に強度が低下して、10年目ではかなりの減少率を示しているが、地上部分はほとんど変化がない。0.4% 処理材もほとんど同じ傾向である。

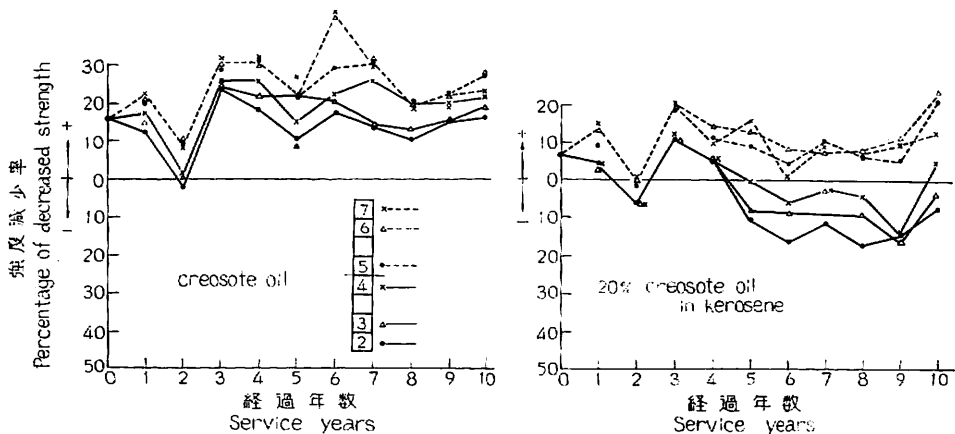


Fig. 11 クレオソート油処理杭の10年間における圧縮強度の変化

Variation of compression strength on the stakes treated with creosote oil during ten years.

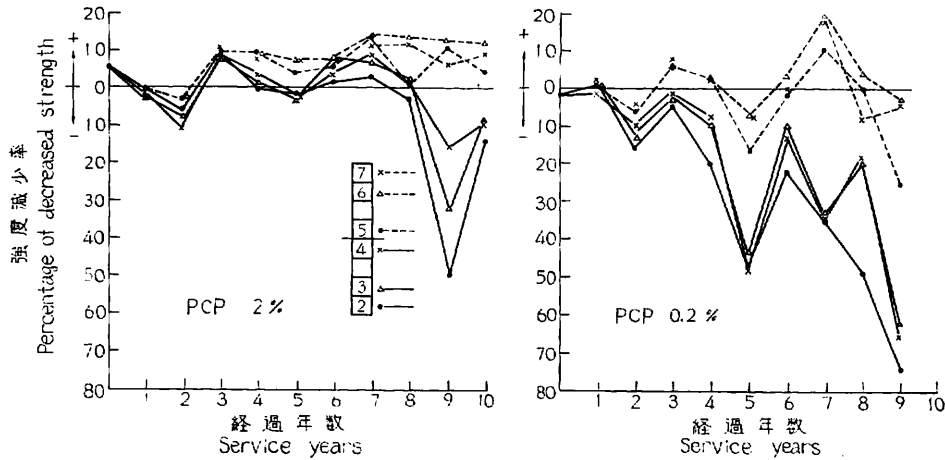


Fig. 12 PCP 処理杭の 10 年間における圧縮強度の変化
Variation of compression strength on the stakes treated with
pentachlorophenol during ten years.

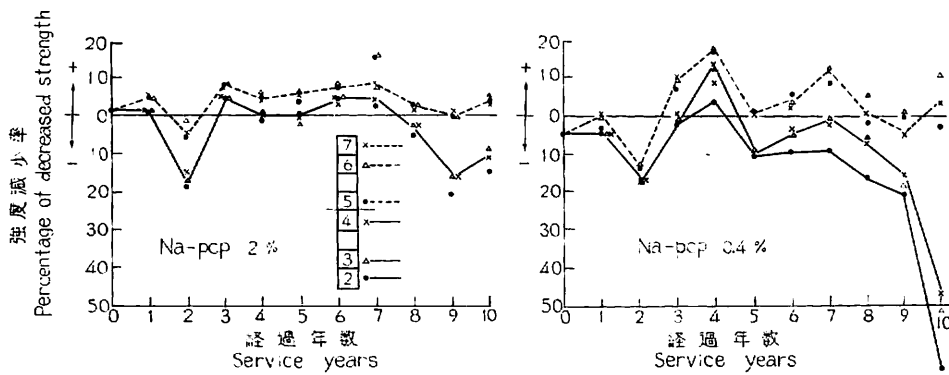


Fig. 13 Na-PCP 処理杭の 10 年間における圧縮強度の変化
Variation of compression strength on the stakes treated with
sodium pentachlorophenate during ten years.

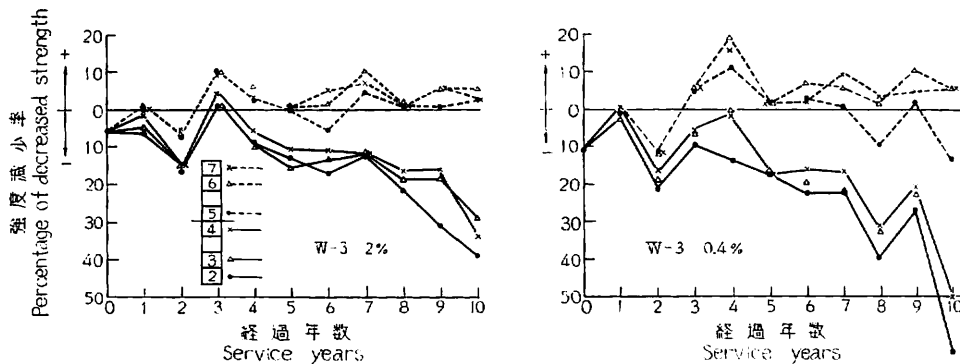


Fig. 14 フェノール類・無機フツ化物系防腐剤処理杭の 10 年間における圧縮強度の変化
Variation of compression strength on the stakes treated with
Wolman salt during ten years.

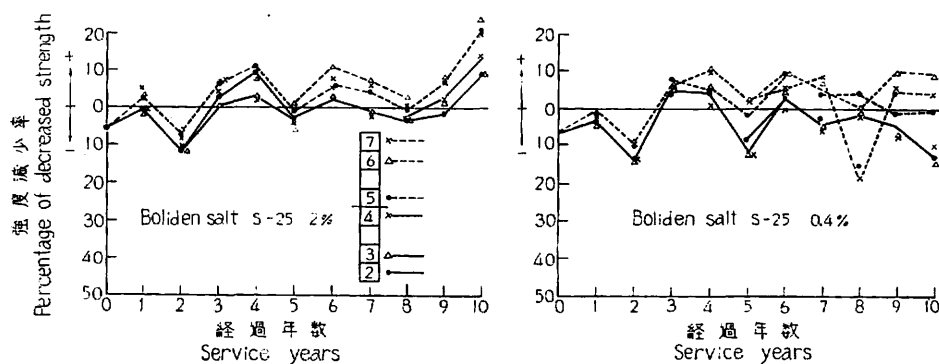


Fig. 15 ボリデン・ソルト処理杭の 10 年間における圧縮強度の変化
Variation of compression strength on the stakes treated with
Boliden salt during ten years.

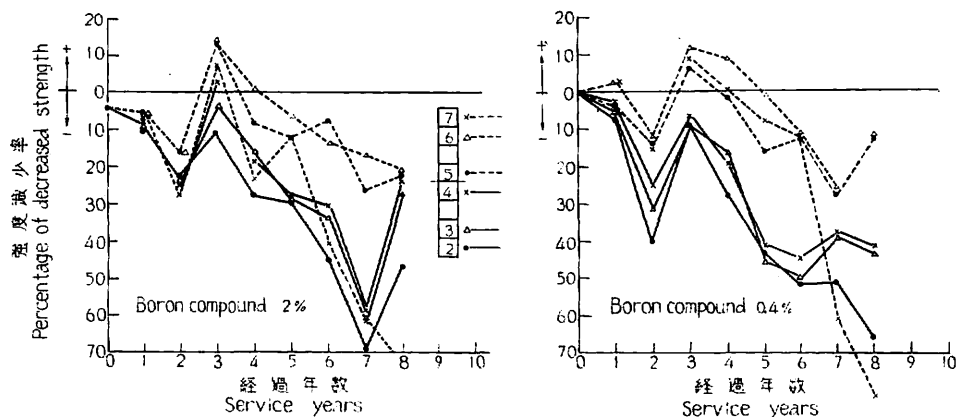


Fig. 16 ホウ素化合物処理杭の 10 年間における圧縮強度の変化
Variation of compression strength on the stakes treated with
boron-compound during ten years.

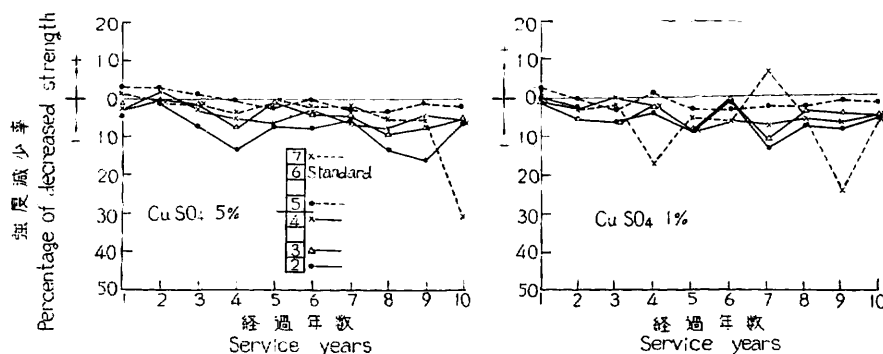


Fig. 17 硫酸銅処理杭の 10 年間における圧縮強度の変化
Variation of compression strength on the stakes treated with copper sulphate.

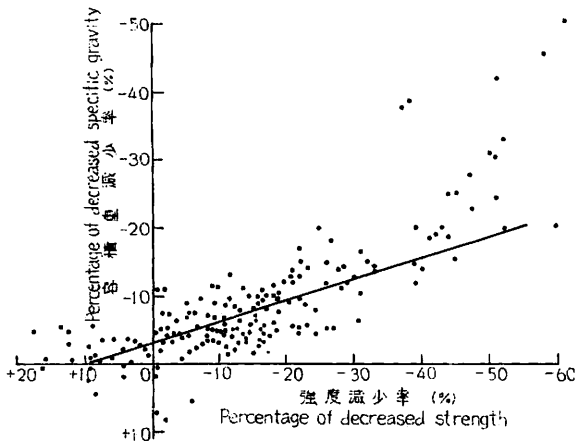


Fig. 18 各試片の強度減少率と容積重減少率の関係
Relation between percentage of decreased strength
and decreased specific gravity on the test pieces.

Fig. 16 はホウ素化合物で処理した杭の圧縮強度変化を示している。この薬剤は濃度に関係なく、地中部、地上部ともに 2 年以後、急激に強度低下をきたし、野外においてはほとんど防腐効力が期待できない。

Fig. 17 は硫酸銅で処理した杭の圧縮強度変化を示している。ただし、この薬剤の場合、他の薬剤のように処理前に両端から標準強度用の試片を切りとらなかったから、各杭で最も健全状態を保持していると考えられる No. 6 の圧縮強度の値を基準として、他の部分と比較した。そのため多少他の薬剤の場合と値が異なる。ただ、被害調査結果でも明らかにされたように、室内試験で褐色腐朽を示す菌で試験すると、全く防腐効力を示さないのに、野外では地中部が案外防腐効力が高く、強度低下も小さいという傾向ははっきりあらわれている。さらに、この処理材が地中部では強いが、地上部とくにその木口部分では 5% 処理材でもかなり腐朽が進行していて、大きな強度低下をときどき示している。この点は被害調査の結果を裏付けている。

この試験において、各試片の圧縮強度測定後、全乾容積重を測定したが、全般的な傾向としては圧縮強度減少率と容積重減少率とは Fig. 18 のように大体比例関係にあり、容積重減少率の絶対値は圧縮強度減少率よりはるかに小さい値である。それゆえ、容積重の経年別変化は圧縮強度の変化と大体同じ傾向を示したので、ここでは省略した。

以上 7 種類の防腐処理材の圧縮強度減少率を示したが、毎年異なる杭を抜いてきては強度を測定するので、毎年の強度変化はかならずしも連続していない。ときには前年より減少率が小さい値になったり、急激に大きな値になったりして矛盾した結果を示している場合もある。しかし、大体の傾向は Table 2 の被害度の変化と一致しているから、杭の被害の程度を定量的に知りたい場合には、Fig. 10~17 に示した圧縮強度減少率のように、強度が変化していくものと考えてさしつかえない。

7. 室内に放置した処理杭の圧縮強度変化

野外に設置するために処理された杭のうち、強度試験を行なう薬剤の処理材のグループから、5 本ずつ

が、地中部分の強度低下は 2% 処理材に比べてさらに著しい。

この系統の防腐剤は、地中部分の防腐効力はそれほど大きいとは考えられないが、地上部分においてはかなり吸収量が少なくても、大きな防腐効力を示している。

Fig. 15 はポリデン・ソルト S-25 で処理した杭の圧縮強度変化を示している。2% 処理材は 10 年目でもほとんど強度低下を示しておらず、0.4% 処理材でも地中部が 10 年目で多少強度低下を示しはじめた程度で、水溶性防腐剤としては最も大きな防腐効力を示している。

Table 3. 長期間室内に放置されたクレオソート油処理材の圧縮強度変化
Variation of compression strength of treated stakes (creosote oil)
exposed in the room for long term

防 腐 剤 Preservative solution	杭の位置* Position of stake	圧縮強度変化率(%) Variation on compression strength		容積重変化率(%) Variation on specific gravity		処 理 直 後 の * 圧縮強度変化率の 全 平 均 値 (%) Total average percentage of variation on compression strength just after treating
	No.	2 年 後 * After 2 years	11 年 後 * After 11 years	2 年 後 After 2 years	11 年 後 After 11 years	
Creosote oil	2	- 3.8	48.6	86.7	48.7	16.3 (±5.0)
	3	- 4.5	49.2	44.1	63.5	
	4	- 4.0	50.3	40.2	59.4	
	5	- 6.0	50.1	47.1	70.6	
	6	- 6.3	48.8	51.6	75.9	
	7	- 6.7	54.1	52.7	79.0	
Value of untreated parts (1-8)		230kg/cm ²	263kg/cm ²	267kg/m ³	327kg/m ³	←Standard value
Retention	kg/m ³	323	411	323	411	
20% creosote oil in kerosene	2	-18.9	40.4	8.7	4.3	7.0 (±8.1)
	3	-18.9	37.2	6.4	2.4	
	4	-18.7	38.7	4.7	3.9	
	5	-18.5	38.7	5.2	4.6	
	6	-18.9	38.2	5.3	6.3	
	7	-18.7	38.9	14.5	15.8	
Value of untreated parts (1-8)		254kg/cm ²	202kg/cm ²	290kg/m ³	259kg/m ³	←Standard value
Retention	kg/m ³	42	59	42	59	

Table 4. 長期間室内に放置された PCP 処理材の圧縮強度変化
Variation of compression strength of treated stakes (PCP)
exposed in the room for long term

防 腐 剤 Preservative solution	杭の位置* Position of stake	圧縮強度変化率(%) Variation on compression strength		容積重変化率(%) Variation on specific gravity		処 理 直 後 の * 圧縮強度変化率の 全 平 均 値 (%) Total average percentage of variation on compression strength just after treating
	No.	2 年 後 * After 2 years	11 年 後 * After 11 years	2 年 後 After 2 years	11 年 後 After 11 years	
2 % pentachlorophenol in kerosene	2	- 5.5	27.2	4.5	1.9	5.7±6.4
	3	- 4.3	25.3	2.6	1.5	
	4	- 5.1	24.6	1.6	2.4	
	5	- 5.3	24.4	1.3	1.1	
	6	- 5.4	25.7	2.0	1.3	
	7	- 4.2	28.7	3.9	2.8	
Value of untreated parts (1-8)		213kg/cm ²	219kg/cm ²	281kg/m ³	268kg/m ³	←Standard value
Retention	kg/m ³	5.47	3.99	5.47	3.99	
0.2% pentachlorophenol in kerosene	2	-11.2	24.1	0.1	2.3	-2.3±7.9
	3	-11.2	24.4	-0.6	2.9	
	4	-11.1	26.0	1.2	2.1	
	5	-11.2	25.8	-1.5	2.1	
	6	-11.2	23.8	-1.7	0.4	
	7	-11.2	24.8	-2.5	2.3	
Value of untreated parts (1-8)		248kg/cm ²	207kg/cm ²	293kg/m ³	256kg/m ³	←Standard value
Retention	kg/m ³	0.50	0.54	0.50	0.54	

Table 5. 長期間室内に放置された Na-PCP 処理材の圧縮強度変化
Variation of compression strength of treated stakes (Na-PCP)
exposed in the room for long term

防 腐 剤 Preservative solution	杭の位置 ^{*1} Position of stake	圧縮強度変化率(%) Variation on compression strength		容積重変化率(%) Variation on specific gravity		処 理 直 後 の ^{*4} 圧縮強度変化率の 全 平 均 値 (%) Total average percentage of variation on compression strength just after treating
	No.	2 年 後 ^{*2} After 2 years	11 年 後 ^{*3} After 11 years	2 年 後 After 2 years	11 年 後 After 11 years	
2% sodium-pentachlorophenate	2	-13.5	20.8	0.8	-1.7	1.9±5.9
	3	-13.1	19.8	-0.3	-2.3	
	4	-12.6	21.2	-0.3	-0.3	
	5	-12.5	22.0	0.4	0.8	
	6	-12.7	23.8	0.4	0.4	
	7	-13.1	27.0	0.9	3.5	
Value of untreated parts (1-8)		240kg/cm ²	228kg/cm ²	294kg/m ³	288kg/m ³	←Standard value
Retention	kg/m ³	8.20	7.86	8.20	7.86	
0.4% sodium-pentachlorophenate	2	- 8.6	18.9	-2.3	-2.8	4.6±4.1
	3	- 7.8	19.9	-1.6	-1.7	
	4	- 7.5	20.8	-0.3	-1.4	
	5	- 7.6	22.1	-0.2	-1.3	
	6	- 7.5	23.0	1.2	-0.8	
	7	- 6.0	25.7	3.0	1.1-	
Value of untreated parts (1-8)		227kg/cm ²	278kg/cm ²	292kg/m ³	32.4kg/m ³	←Standard value
Retention	kg/m ³	1.48	1.33	1.48	1.33	

Table 6. 長期間室内に放置された W-3 処理材の圧縮強度変化
Variation of compression strength of treated stakes (Wolman salt)
exposed in the room for long term

防 腐 剤 Preservative solution	杭の位置 ^{*1} Position of stake	圧縮強度変化率(%) Variation on compression strength		容積重変化率(%) Variation on specific gravity		処 理 直 後 の ^{*4} 圧縮強度変化率の 全 平 均 値 (%) Total average percentage of variation on compression strength just after treating
	No.	2 年 後 ^{*2} After 2 years	11 年 後 ^{*3} After 11 years	2 年 後 After 2 years	11 年 後 After 11 years	
2 % W-3 (Wolman salt)	2	-18.7	13.1	-0.4	1.8	-6.1±4.7
	3	-19.0	12.7	-0.3	0.7	
	4	-19.0	12.7	-0.9	0.1	
	5	-19.6	13.8	-2.3	0.9	
	6	-20.2	13.8	-2.6	1.2	
	7	-20.2	15.5	-1.6	1.6	
Value of untreated parts (1-8)		252kg/cm ²	233kg/cm ²	297kg/m ³	267kg/m ³	←Standard value
Retention	kg/m ³	7.13	7.28	7.13	7.28	
0.4% W-3 (Wolman salt)	2	-16.2	20.0	-0.8	-2.2	-10.7±6.6
	3	-16.7	14.6	-2.1	2.1	
	4	-16.9	19.4	-2.8	-3.7	
	5	-17.4	18.9	-3.1	-4.2	
	6	-17.4	21.7	-2.3	-2.3	
	7	-16.4	23.4	-1.7	-1.6	
Value of untreated parts (1-8)		242kg/cm ²	214kg/cm ²	301kg/m ³	293kg/m ³	←Standard value
Retention	kg/m ³	1.46	1.47	1.46	1.47	

Table 7. 長期間室内に放置されたポリデン・ソルト処理材の圧縮強度変化
Variation of compression strength of treated stakes (Boliden salt)
exposed in the room for long term

防 腐 剤 Preservative solution	杭の位置 ^{*1} Position of stake	圧縮強度変化率(%) Variation on compression strength		容積重変化率(%) Variation on specific gravity		処 理 直 後 の ^{*4} 圧縮強度変化率の 全 平 均 値 (%) Total average percentage of variation on compression strength just after treating
	No.	2 年 後 ^{*2} After 2 years	11 年 後 ^{*3} After 11 years	2 年 後 After 2 years	11 年 後 After 11 years	
2 % Boliden salt S-25	2	- 8.6	17.0	2.8	1.0	-5.6±6.7
	3	- 9.5	17.5	2.0	2.5	
	4	- 9.2	17.5	2.5	0.1	
	5	- 8.3	19.7	4.8	1.4	
	6	- 7.9	17.7	3.7	0.7	
	7	- 8.2	20.3	3.7	0.9	
Value of untreated parts (1-8)		231kg/cm ²	248kg/cm ²	290kg/m ³	294kg/m ³	←Standard value
Retention	kg/m ³	6.91	6.19	6.91	6.19	
0.4% Boliden salt S-25	2	- 9.5	19.5	-1.3	2.9	-7.0±8.6
	3	-11.0	15.9	-1.6	1.1	
	4	-12.7	16.3	-1.6	2.6	
	5	- 9.3	15.0	-1.3	0.8	
	6	- 8.1	16.2	-0.8	1.0	
	7	- 6.6	16.9	1.4	0.4	
Value of untreated parts (1-8)		215kg/cm ²	255kg/cm ²	256kg/m ³	284kg/m ³	←Standard value
Retention	kg/m ³	1.57	1.37	1.57	1.37	

Table 8. 長期間室内に放置された硼素化合物処理材の圧縮強度変化
Variation of compression strength of treated stakes (boron compound)
exposed in the room for long term

防 腐 剤 Preservative solution	杭の位置 ^{*1} Position of stake	圧縮強度変化率(%) Variation on compression strength		容積重変化率(%) Variation on specific gravity		処 理 直 後 の ^{*4} 圧縮強度変化率の 全 平 均 値 (%) Total average percentage of variation on compression strength just after treating
	No.	2 年 後 ^{*2} After 2 years	11 年 後 ^{*3} After 11 years	2 年 後 After 2 years	11 年 後 After 11 years	
2 % boron compound	2	- 7.1	5.1	0.4	-3.0	-4.5±6.9
	3	- 9.1	4.7	-0.3	-3.1	
	4	- 8.6	5.4	-0.3	-1.9	
	5	- 8.1	7.1	0.9	-3.3	
	6	- 8.2	7.6	0.7	-4.5	
	7	- 6.9	8.3	2.3	-3.3	
Value of untreated parts (1-8)		229kg/cm ²	209kg/cm ²	291kg/m ³	269kg/m ³	←Standard value
Retention	kg/m ³	6.78	6.81	6.78	6.81	
0.4% boron compound	2	-16.2	17.9	1.9	0.1	0.7±5.9
	3	-16.2	18.1	1.4	-6.2	
	4	-16.2	18.1	8.9	0.2	
	5	-16.2	17.0	-3.5	-0.1	
	6	-16.2	18.8	-3.7	0.7	
	7	-16.1	17.0	-3.8	-1.0	
Value of untreated parts (1-8)		252kg/cm ²	252kg/cm ²	306kg/m ³	285kg/m ³	←Standard value
Retention	kg/m ³	1.59	2.69	1.59	2.69	

Table 3~8

- Note *1 1と8は処理前の杭の両端の部分、この2つの部分の平均値が他の部分との比較をするときの基準値となる。
2~7は処理材を室内放置後、切断した各部分。
No. 1 and 8 mean both end parts of a stake before treating, and the average value on two parts becomes the standard value comparing with each value on other parts.
No. 2~7 mean each part of the stake cut after exposing in the room.
- *2 3本の杭の平均値。Average value of three stakes.
- *3 2本の杭の平均値。Average value of two stakes.
- *4 35本の杭の1'の変化率の平均値。Average value of variation on No. 1' parts of thirty-five stakes.

室内に保管しておいた。これらの材も、強度試験を行なうための杭と同じように、防腐処理前に杭の両端から試片をきりとり、圧縮強度を測定して標準強度とした。

5本の杭のうち、2年後に3本、11年後に2本を規定どおり切断して、縦圧縮強度、容積重を測定して、標準値との変化を比較した。その結果が Table 3~8 に示してある。

処理直後の各処理材の圧縮強度変化率の全平均値をみると、クレオソート油原液は多少増加する傾向にあるが、他の処理材ではほとんど変わらないか、多少減少する傾向にある。

2年後の各処理材の圧縮強度は全般的に減少しているものが多く、とくにW-3の減少は顕著である。しかるに11年後の結果をみるといずれの場合も、強度が増加している。とくに Table 3 のクレオソート油の場合は顕著である。

クレオソート油処理材の強度増加の著しいことは、クレオソート油中の高沸点成分が時間の経過とともに重合して高分子となり、それが木材細胞空隙内で固着して、木材の強度を増加させる傾向にあるということは一般に知られている事実であるから、Table 3 の結果もそのような意味で理解される。

容積重の変化については、クレオソート油と PCP のように油性のものは、処理直後の試片では非常に容積重が増加するが、時間の経過とともに低沸点部分が揮散して、2年後には標準値と大差がなくなる。しかし、クレオソート油原液は低沸点部分が少ないから、11年後でも50~80%の容積重の増加を示している。このことは圧縮強度の増加にも関係があるかもしれない。

その他はすべて水溶性防腐剤であるから、容積重は標準値とほとんど差がない。しかし、そのわりには11年後の圧縮強度の増加が著しい。

このように各処理材とも、11年という長期間室内に放置しておく、圧縮強度が増加するということは、真に薬剤の影響によるものか、木材質そのものが時間の経過とともに変化するものなのか、標準値を測定したときと杭の各部分の試片を測定したときでは時間的にあまりにも隔たりがあるため測定機械や環境の違いによる誤差なのか、明らかでない。しかし、これらの原因による誤差ならばそれほど大きな値とらないはずなので、このような結果が生じた原因については現在はいきりしたことはいえない。

ただ、現在使用されている防腐剤で処理された木材はたとえいかに長期間放置されてもこれらの結果から強度が増加すると判断するのは不適当かもしれないが、少なくともその薬剤により木材質に影響をうけて、機械的性質が劣化するということはまず考えられない。

8. 室内における木材防腐剤の防腐効力試験

杭試験を行なう大きな目的の一つに、野外における処理杭の耐用年数と室内における防腐剤の防腐効力

試験の結果との関連を明らかにして、室内試験方法の改善に役だたせるということがある。そのため、杭試験に使用された防腐剤を 2, 3 の室内試験方法によって防腐効力を明らかにした。

用いられた室内試験方法は「JIS A 9302 (1957) 木材防腐剤の防腐効力試験方法」と試験片を JIS A の方法ではスギ辺材を用いているが、スギの代わりにブナ辺材を用いて、その他は JIS A の方法と同じものと、さらに耐候操作において、JIS A の方法では流水で流脱試験を行なうのであるが、その代わ

Table 9. スギ試験片による防腐効力試験結果
The effectiveness of wood preservatives with SUGI sapwood

薬 剤 Preservative	処 理 液 の 濃 度 Concentration of treating solution (%)	薬剤吸収量 Retention (kg/m ³)	耐候操作 回 数 Cycle of wea- thering test	流脱試験 方 法*1 Method of leaching test	重量減少率 の 範 囲 Percentage of weight loss (%)	効力値*2 Effective value	供試材の観察*3 Observation on the test pieces after testing		
Sodium- pentachloro- phenate (Na-PCP)	2	18.7	0		+ 2.8~0.6	100	A	A	A
		15.1	3	R V	+ 1.4~ 1.0 0.1~ 0.6	100 100	A	A	A
		13.2	10	R V	1.7~ 8.7 6.2~18.5	90 77	B B B'	B' C C	
	0.4	3.1	0		+ 2.1~ 0.5	100	A	A	B
		2.9	3	R V	7.2~13.7 11.2~14.8	78 70	B B	B' B'	C C
		2.6	10	R V	11.9~37.2 14.5~21.7	43 55	B' B' B' C'	C' C' C' C'	
	0.2	1.6	0		8.5~19.8	63	B	B	B'
		1.5	3	R V	38.6~49.3 23.2~40.5	1 19	C' C'	C' C'	C' C'
		1.3	10	R V	11.7~37.4 26.8~28.2	39 33	B C C' C'	C' C' C' C'	
W-3 (JIS K1550 Type 1-1)	2	17.1	0		0.9~ 2.1	100	A	A	A
		15.0	3	R V	+ 0.5~ 0.1 0.3~ 0.8	100 100	A	A	A
		12.9	10	R V	+ 0.9~ 0.1 + 1.8~ 0.7	100 100	A	A	A
	0.4	3.2	0		+ 1.2~ 0.1	100	A	A	A
		2.9	3	R V	+ 2.0~ 0.9 + 1.9~ 0.9	100 100	A	A	A
		2.6	10	R V	+ 1.6~22.4 + 3.8~25.7	74 64	A C' A C'	C' C' C' C'	
	0.2	1.6	0		+1.2~+0.7	100	A	A	A
		1.5	3	R V	+1.9~+1.2 + 1.5~20.6	100 79	A	A	B C
		1.3	10	R V	+ 2.5~ 4.5 + 1.9~28.3	98 82	B A	B C C C'	
W-4 (JIS K1550 Type 2)	2	16.3	0		+ 4.2~ 1.2	100	A	A	A
		15.0	3	R V	0 ~ 0.8 1.2~ 1.9	100 100	A	A	A
		13.3	10	R V	0.1~ 1.4 + 1.7~ 2.0	100 100	A	A	A
	0.4	3.3	0		+ 2.0~ 0.3	100	A	A	A
		2.9	3	R V	+ 1.3~ 2.0 + 0.7~ 3.3	100 100	A	A	A
		2.0	10	R V	+ 0.3~ 5.9 + 2.4~12.9	97 93	A A	A B B C	
	0.2	1.6	0		+2.2~+1.4	100	A	A	A
		1.5	3	R V	+ 3.0~ 1.6 + 1.3~ 0.2	100 100	A	B A	B A
		1.3	10	R V	+ 1.1~ 4.5 11.6~35.0	100 56	A B B' C'	B' C C' C'	

薬 剤 Preservative	処 理 液 の 濃 度 Concentration of treating solution (%)	薬剤吸収量 Retention (kg/m ³)	耐候操作 回 数 Cycle of wea- thering test	流脱試験 方 法*1 Method of leaching test	重量減少率 の 範 囲 Percentage of weight loss (%)	効力値*2 Effective value	供試材の観察*3 Observation on the test pieces after testing		
Pentachloro- phenol (P C P)	2	12.3	0		1.5~10.6	100	A	A	A
		?	3	R	+ 0.3~ 1.6	100	A	A	A
		11.4		V	5.9~ 8.0	100	A	B	B
		?	10	R	1.3~ 7.0	100	A	B	C
	0.4	10.6		V	+ 0.1~ 5.8	100	A	A	B B
		2.4	0		3.0~ 7.7	100	A	A	A
		?	3	R	+ 0.3~ 2.8	100	A	A	B
		2.3		V	4.6~ 8.6	100	A	A	A
	0.2	?	10	R	2.3~16.6	76	B	B	B C
		2.0		V	+ 1.4~13.6	85	A	A	B' B'
		?	0		1.7~ 4.9	100	A	A	A
		1.3	3	R	+ 0.8~ 4.7	100	A	A	B'
Creosote oil	100	?		V	0.6~ 4.0	100	A	A	A
		1.2	10	R	0.7~28.2	64	A	C	C' C'
		?		V	7.6~34.2	50	B	B'	C' C'
		1.0							
	20	807	0		7.9~14.3	98	A	A	A
		?	3	R	5.0~ 8.7	92	A	A	A
		752		V	6.5~ 8.6	93	A	A	A
		?	10	R	1.3~ 5.4	96	A	A	A
	10	?		V	1.8~ 4.4	97	A	A	A
		109	0		11.8~20.2	86	A	A	A
		?	3	R	2.4~ 4.3	98	A	A	A
		117		V	5.6~ 6.1	100	A	A	A
	10	?	10	R	+ 0.9~ 0.3	99	A	A	A
		121		V	+ 1.6~ 1.9	99	A	A	A
		60.6	0		13.6~19.6	100	A	A	A
		?	3	R	2.9~ 5.6	96	A	A	A
	10	57.4		V	2.2~ 3.6	99	A	A	A
		?	10	R	+2.8~+0.4	97	A	A	A
スギ無処理 対 照 材 Control of untreated SUGI sapwood		45.8		V	+1.8~+0.1	97	A	A	A
			0		38.1~46.5		C' C'	C' C'	C' C'
			3	R	13.7~45.0			"	
				V	41.8~43.3			"	
Sodium-o- phenylphe- nate	2		10	R	33.2~49.4			"	
				V	33.6~43.8			"	
		12.5	0		0.1~ 1.2	100	A	A	A A
		?	3	R	+ 3.6~ 1.8	100	A	A	A A
	0.4	14.5		V	+ 1.6~ 0.7	100	A	A	A A
		?	10	R	+ 3.1~ 0.9	100	A	A	A A
		16.1		V	+ 2.1~ 0.6	100	A	A	A A
		3.2	0		+ 0.9~ 0.3	100	A	A	A A
Zinc-meta- arsenate (ZMA)	2	?	3	R	+ 0.5~ 2.2	86	A	A	B' C
		13.9		V	+ 0.2~ 7.3	96	A	B	B B
		?	10	R	15.0~22.4	51	B'	C' C'	C' C'
		9.6		V	8.0~21.6	59	B'	B' B'	B' C
	0.4	3.3	0		2.5~ 3.0	100	A	A	A A
		?	3	R	0.9~ 1.9	100	A	A	A A
		2.9		V	0.5~ 1.5	100	A	A	A A
		?	10	R	0~ 1.3	100	A	A	A B
機 酸 銅 Copper- formate	2	?		V	0.2~ 0.2	84	A	A	A B'
		?	0		0.6~ 1.2	100	A	A	A A
		17.9	3	R	+ 0.5~ 0.9	100	A	A	A A
		?		V	+ 0.2~ 1.2	100	A	A	A A
	0.4	2.5	10	R	1.2~10.6	88	A	B'	C C
		?		V	0.8~ 1.2	99	A	A	A B
機 酸 銅 Copper- formate	2	17.9	0		1.3~ 5.5	100	A	A	A A
		?	3	R	1.6~ 3.6	100	A	A	A A
		15.2		V	+ 0.6~ 7.4	98	B'	B' B'	B' C
		?	10	R	20.5~36.7	32	C'	C' C'	C' C'
機 酸 銅 Copper- formate	2	11.6		V	1.2~36.1	54	A	C	C' C'

薬 剤 Preservative	処 理 液 の 濃 度 Concentration of treating solution (%)	薬 剤 吸 収 量 Retention (kg/m³)	耐 候 操 作 回 数 Cycle of wea- thering test	流 脱 試 験 方 法 Method of leaching test	重 量 減 少 率 の 範 囲 Percentage of weight loss (%)	効 力 値*2 Effective value	供 試 材 の 観 察*3 Observation on the test pieces after testing
	0.4	3.4	0		+ 2.9~ 1.8	100	A A A A A
		}		R	+ 1.1~ 3.3	99	A A A A A
		3.1	3	V	+ 2.8~ 0.6	100	A A A A A
		}		R	+ 1.0~ 22.7	76	A A C C C'
		2.5	10	V	0.6~ 40.0	75	A B B B C
Boliden salts-25	2	17.4	0		0.4~ 1.0	100	A A A A A
		}		R	0.2~ 2.0	91	A A A A A
		15.0	3	V	0.5~ 0.7	100	A A A A A
		}		R	0.2~ 1.5	100	A A A A A
		13.6	10	V	0.4~ 1.1	100	A A A A A
	0.4	3.6	0		0.7~ 1.5	100	A A A A A
		}		R	0.5~ 1.0	100	A A A A A
		2.9	3	V	0.6~ 25.0	90	A A A A A
		}		R	1.0~ 14.6	87	A A A B' C
		2.5	10	V	0.5~ 20.6	89	A A A A C'
A C P (JIS K1553)	2	16.4	0		+ 1.4~ 0.6	100	A A A A A
		}		R	0.8~ 2.1	100	A A A A A
		14.7	3	V	0.6~ 0.9	100	A A A A A
		}		R	0.4~ 2.8	100	A A A A A
		13.3	10	V	0.5~ 1.4	99	A A A A B
	0.4	3.2	0		+ 0.5~ 11.5	89	A A B B' C
		}		R	6.1~ 17.9	80	B C C' C' C'
		2.9	3	V	5.0~ 15.3	80	C C C C C
		}		R	4.2~ 19.3	68	B B C C' C'
		2.6	10	V	7.4~ 26.0	64	C' C' C' C' C'
	0.2	1.6	0		8.0~ 38.9	50	B' B' C' C' C'
		}		R	16.5~ 26.2	48	C' C' C' C' C'
		1.5	3	V	23.1~ 32.7	34	C' C' C' C' C'
		}		R	18.2~ 32.6	33	C' C' C' C' C'
		1.4	10	V	17.6~ 26.1	41	C' C' C' C' C'
Chromated zinc chloride (C Z C)	2	15.7	0		20.1~ 37.1	40	C' C' C' C' C'
		}		R	41.8~ 45.6	2	C' C' C' C' C'
		14.4	3	V	36.8~ 46.0	8	C' C' C' C' C'
		}		R	32.5~ 46.9	0	C' C' C' C' C'
		12.3	10	V	13.1~ 46.3	14	C' C' C' C' C'
	0.4	3.4	0		29.3~ 36.5	22	C' C' C' C' C'
		}		R	32.9~ 39.6	19	C' C' C' C' C'
		2.9	3	V	29.1~ 41.5	12	C' C' C' C' C'
W-1 (JIS K1550 Type 3)	2	15.8	0		0.4~ 1.8	100	A A A A A
		}		R	+ 2.4~ 1.0	100	A A A A A
		14.4	3	V	0.1~ 1.0	100	A A A A A
		}		R	+ 2.4~ 1.2	100	A A A A A
		11.0	10	V	1.9~ 2.4	100	A A A A A
	0.4	3.9	0		+ 2.3~ 1.2	100	A A A A A
		}		R	2.3~ 4.0	100	A A A A A
		3.0	3	V	0 ~ 3.9	100	A A A A A
		}		R	1.5~ 20.1	82	B B' C C C'
		2.5	10	V	2.8~ 31.7	83	B C C C C
W-2 (JIS K1550 Type 1-2)	2	15.5	0		0.4~ 1.3	100	A A A A A
		}		R	+ 2.9~ 0.9	100	A A A A A
		14.4	3	V	0.8~ 2.3	100	A A A A A
		}		R	+ 2.0~ 1.0	100	A A A A A
		13.6	10	V	+ 2.2~ 0.8	100	A A A A A
	0.4	3.2	0		+ 2.8~ 0.6	100	A A A A A
		}		R	+ 1.8~ + 0.9	100	A A A A A
		3.0	3	V	+ 3.1~ + 1.0	100	A A A A A
		}		R	+ 2.9~ + 1.2	100	A A A A A
		2.7	10	V	+ 2.7~ 5.6	96	A A B B B

薬 剤 Preservative	処 理 液 の 濃 度 Concentration of treating solution (%)	薬剤吸収量 Retention (kg/m ³)	耐候操作 回 数 Cycle of wea- thering test	流脱試験 方 法 Method of leaching test	重量減少率 の 範 囲 Percentage of weight loss (%)	効力値*2 Effective value	供試材の観察*3 Observation on the test pieces after testing
スギ無処理 対 照 材 Control of untreated SUGI sapwood			0		33.2~49.4		C' C' C' C' C'
			3	R V	38.0~47.4 41.8~44.4		"
			10	R V	33.9~45.0 33.6~43.7		"
							"
硫 酸 銅 CuSO ₄	5	39.3	0		1.2~3.3	100	A A A A A
		?	3	R V	0.8~5.5 0~12.1	98 87	B B C C C C C C C C
		34.8	10	R V	23.2~27.1 20.2~28.8	32 21	C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'
		31.3					
	1	7.7	0		0.6~8.9	89	B' B' B' C C'
		?	3	R V	14.9~19.2 13.1~20.6	58 43	C C C C C C' C' C' C' C'
		7.1	10	R V	20.9~27.8 19.4~27.1	38 23	C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'
		6.1					
	0.5	3.9	0		5.4~11.3	75	B' B' B' C C'
		?	3	R V	10.2~20.3 16.4~26.5	65 30	B B B B C C' C' C' C' C'
		3.6	10	R V	21.4~26.8 24.4~28.8	40 16	C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'
		3.1					
ホウ素化合物 Boron compound	2	15.4	0		+0.2~0.4	100	A A A A A
		?	3	R V	+6.5~2.3 +4.6~+0.5	100 89	A A A A A B' B' B' B' B'
		14.0	10	R V	26.2~34.8 17.6~29.6	27 27	C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'
		?					
	0.4	3.0	0		65.1~14.4	73	B B' C C C'
		?	3	R V	22.7~30.1 22.0~27.5	35 24	B' C C C' C' C' C' C' C' C'
		2.9	10	R V	30.7~35.4 17.1~31.8	15 17	C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'
		?					
スギ無処理 対 照 材 Control of untreated SUGI sapwood			0		20.5~40.5		C' C' C' C' C'
			3	R V	33.1~48.7 30.6~36.1		C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'
			10	R V	32.4~49.3 26.1~37.6		C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'
Creosote oil heavy oil mixture	50 50	614	0		2.6~10.3	100	A A A A A
		?	3	R V	2.9~4.8 5.0~8.0	100 100	A A A A A A A A A A
		520	10	R V	1.3~3.2 1.9~4.9	100 100	A A A A A A A A A A
		423					
Creosote oil heavy oil mixture	75 25	634	0		8.6~11.1	100	A A A A A
		?	3	R V	0.2~4.6 5.6~6.7	100 100	A A A A A A A A A A
		507	10	R V	1.6~3.1 1.2~3.0	100 100	A A A A A A A A A A
		267					
Creosote coal tar mixture	50 50	751	0		4.7~9.9	100	A A A A A
		?	3	R V	2.0~2.9 2.6~43.0	99 93	A A A A A A A A A A
		528	10	R V	0.1~5.0 0.2~9.0	100 100	A A A A A A A A A A
		473					
Creosote coal tar mixture	75 25	503	0		7.9~9.6	100	A A A A A
		?	3	R V	4.3~5.5 5.1~6.6	100 100	A A A A A A A A A A
		529	10	R V	+0.4~3.5 2.5~3.6	100 100	A A A A A A A A A A
		459					
CCA (JIS K 1554 Type 1)	2	15.6	0		3.4~4.8	100	A A A A A
		?	3	R	0.5~1.8	100	A A A A A
		14.8	10	R	1.8~6.4	97	A A A B B
		?					
		13.9					

薬 剤 Preservative	処 理 液 の 濃 度 Concentration of treating solution (%)	薬剤吸収量 Retention (kg/m ³)	耐候操作 回 数 Cycle of wea- thering test	流脱試験 方 法* ¹ Method of leaching test	重量減少率 の 範 囲 Percentage of weight loss (%)	効力値* ² Effective value	供試材の観察* ³ Observation on the test pieces after testing
C C A (JIS K1554 Type 1)	0.4	3.3	0		0.2~ 2.1	100	A A A A A
		3.0	3	R	0.9~ 6.5	100	A A A A A
		2.9	10	R	0.4~ 1.9	98	A A A A B
	0.2	1.6	0		0.9~ 1.9	97	A A A A B
		1.5	3	R	0.5~ 1.6	96	A A A B B
		1.4	10	R	0.8~ 1.9	97	A A A A B
スギ無処理 対 照 材 Control of untreated SUGI sapwood			0		20.5~40.5		C' C' C' C' C'
			3	R V	33.1~48.7 30.6~36.1		C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'
			10	R V	32.4~49.3 26.1~37.6		C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'

注 Note:

*1) R = 試験体を水温 25°C 毎分約 2l の流水中に 1 時間浸漬し、約 1 日風乾後 24 時間 60°C で乾燥する。

The test pieces are immersed in running water (25°C temperature and 2l/min. velocity) for one hour, and they are dried at 60°C for twenty-four hours after air drying for one day.

V = 試験体をデシケータ中で、50mmHg で 5 分間減圧し、試験体 1 個あたり 50cc の水 (25°C) を入れ、常圧にもどし、5 分後 30mmHg で 10 分、ふたたび減圧して常圧にもどしてから取り出し、約 1 日風乾後、24 時間 60°C で乾燥する。

The test pieces are set in the desiccator, and the vessel is formed a vacuum of 50mm Hg for five minutes and then 50cc water (25°C) per one piece are introduced into the vessel. After that, the pressure in the vessel is come back to atmospheric pressure, and after five minutes, the vessel is formed again a vacuum of 30mmHg for ten minutes. The test pieces after this operation are dried at 60°C for twenty-four hours after air drying for one day.

*2) 効力値 = $\frac{P - \text{処理材の重量減少率}}{\text{対照材の重量減少率}(P)} \times 100$

Effective value = $\frac{P - \text{Percentage of weight loss on the treated test piece}}{\text{Percentage of weight loss on the control test piece}(P)} \times 100$

*3) 観察による腐朽度 Decay grade by observation.

A : 健全 No decay.
B : 部分的に軽度の腐朽 Partial slight decay.
B' : 全面的に軽度の腐朽 Slight decay all over the piece.
C : 部分的にはげしい腐朽 Partil severe decay.
C' : 全面的にはげしい腐朽 Severe decay all over the block.

りに減圧一常圧のくり返しによる流脱試験を行なうものの 3 種類の方法を用いた。

実験結果は Table 9, 10 に示される。表中流脱方式として R とあるのは JIS A の試験方法を意味し、V が減圧一常圧法である。また 同一表中に対照材が数か所にはいつているのは、そこまでの薬剤が同一時期に試験され、その対照材の重量減少率の平均値が効力値の計算に用いられている。

この試験結果と野外における耐用年数を比べてみると、スギ試験片を用いた結果と野外の処理杭の耐用

Table 10. プナ試験片による防腐効力試験結果

The effectiveness of wood preservatives with BUNA sapwood

薬 剤 Preservative	処 理 液 の 濃 度 Concentration of treating solution (%)	薬剤吸収量 Retention (kg/m ³)	耐候操作 回 数 Cycle of wea- thering test	流脱試験 方 法 ^{#1} Method of leaching test	重量減少率 の 範 囲 Percentage of weight loss (%)	効力値 ^{#2} Effective value	供試材の観察 ^{#3} Observation on the test pieces after testing
Sodium- pentachloro- phenate (Na-PCP)	2	12.1	0		6.6~13.0	81	B B B'
		11.1	3	R	3.4~5.0	90	B' B B'
		10.4	10	R	8.9~18.0	72	B' B' B'
		10.4	10	V	15.8~29.0	53	B' C C
	0.4	2.5	0		40.5~49.4	8	C' C' C'
		2.2	3	R	32.0~41.2	21	C' C' C'
		1.9	10	R	42.2~49.8	1	C' C' C'
		1.9	10	V	37.1~52.4	5	C' C' C'
	0.2	1.3	0		44.0~54.8	1	C' C' C'
		1.2	3	R	48.9~59.9	-16	C' C' C'
		1.0	10	R	45.2~54.2	-11	C' C' C'
		1.0	10	V	37.3~50.8	-2	C' C' C'
W-3 (JIS K1550 Type 1-1)	2	12.8	0		+1.5~0.3	100	A A A
		11.0	3	R	+0.9~+0.4	100	A A A
		10.4	10	R	+1.3~+0.3	100	A A A
		10.4	10	V	+2.8~+1.2	100	A A A
	0.4	2.5	0		+2.4~+2.1	100	A A A
		2.3	3	R	+2.4~+2.0	100	A A A
		1.9	10	R	+2.1~+1.5	100	A A A
		1.9	10	V	+1.8~18.1	88	A B C C
	0.2	1.3	0		13.8~42.3	37	B' C' C' C'
		1.1	3	R	+2.6~31.4	71	A C C
		1.0	10	R	3.1~45.1	56	C C C
		1.0	10	V	38.7~41.8	17	C' C' C'
W-4 (JIS K1550 Type 2)	2	12.8	0		18.6~49.1	29	C' C' C' C'
		11.2	3	R	46.6~61.1	-14	C' C' C' C'
		10.2	10	R	+1.4~1.9	99	A A A
		10.2	10	V	1.2~1.4	99	A A A
	0.4	2.4	0		0.8~1.5	98	A A A
		2.2	3	R	0.6~1.4	98	A A A
		1.7	10	R	0.7~1.2	99	A A A
		1.7	10	V	+0.6~0.5	99	A A A
	0.2	1.2	0		+0.3~1.6	99	A A A
		1.1	3	R	+0.7~0.1	100	A A A
		1.0	10	R	+1.2~5.0	95	A A B
		1.0	10	V	2.1~27.8	75	B B B' C'
Pentachloro- phenol (PCP)	2	7.2	0		0.9~20.9	79	A B C
		6.4	3	R	1.8~23.3	85	B B B
		5.8	10	R	24.5~50.7	18	C C C'
		5.8	10	V	+1.6~5.0	100	A B B
	0.4	1.5	0		4.1~46.2	33	B C' C' C'
		1.3	3	R	27.9~33.8	35	B' C C'
		1.1	10	R	16.5~44.5	29	B' C' C'
		1.1	10	V	11.0~32.6	48	B' C C
	0.2	1.5	0		17.0~34.5	45	B C C C
		1.3	3	R	18.5~39.4	38	B' B' C' C'
		1.1	10	R	28.8~41.3	34	C' C C'
		1.1	10	V	36.8~51.2	5	C' C' C'

薬 剂 Preservative	処 理 液 の 濃 度 Concentration of treating solution (%)	薬剤吸収量 Retention (kg/m³)	耐候操作 回 数 Cycle of wea- thering test	流脱試験 方 法*1 Method of leaching test	重量減少率 の 範 囲 Percentage of weight loss (%)	効力値*2 Effective value	供試材の観察*3 Observation on the test pieces after testing
Creosote oil	0.2	0.8	0		17.7~36.5	49	B' B' B'
		0.7	3	R	1.8~24.9	72	B' B' B
		0.6		V	22.2~33.4	37	B' B' C
			10	R	27.0~49.8	24	C' C' C'
	100	469		V	16.2~46.7	25	B' C C' C'
		425	0		4.0~ 6.7	100	A A A
		374	3	R	2.2~ 9.2	95	A A A
				V	2.1~ 2.3	100	A A A
	20	77.8	10	R	0.3~ 9.5	98	A A A
		69.1		V	0.3~ 4.1	99	A A A
		61.0	0		0.2~ 4.3	95	A A A
			3	R	+ 2.0~ 0.2	100	A A A
ブナ無処理 対 照 材 Control of untreated BUNAsapwood	10	37.4		V	+ 1.4~ 0.3	100	A A A
		34.5	10	R	+ 0.5~ 0.9	100	A A A
		29.8		V	+ 1.6~ +0.8	100	A A A
			0		0.1~ 1.1	100	A A A
	2	12.5	3	R	+ 1.8~ +0.9	100	A A A
		11.2		V	+ 1.9~ 1.9	100	A A A
		9.7	10	R	+ 1.0~ 0.1	100	A A A
				V	+ 1.5~ 6.9	94	A A A
	0.4	2.5	0		46.8~52.5		C' C' C' C' C'
		2.3	3	R	39.0~54.8		C' C' C' C' C'
		2.0		V	40.5~48.7		C' C' C' C' C'
			10	R	42.3~52.2		C' C' C' C' C'
Sodium-o- phenyl- phenate	2	12.5		V	39.7~32.3		C' C' C' C' C'
		11.2	0		1.2~ 2.0	100	A A A A A
		9.7	3	R	0.6~ 1.5	100	A A A A A
				V	1.1~ 1.9	100	A A A A A
	0.4	2.5	10	R	0.3~ 1.6	100	A A A A A
		2.3		V	+ 0.1~ 1.4	100	A A A A A
		2.0	0		0.4~47.6	52	A B C' C' C'
			3	R	9.4~46.3	47	B' B' C' C' C'
Zinc-meta- arsenate (ZMA)	2	12.1		V	33.2~48.7	17	C' C' C' C' C'
		11.2	10	R	39.3~52.5	18	C' C' C' C' C'
		9.5		V	39.4~48.8	37	C' C' C' C' C'
			0		2.8~ 3.5	100	A A A A A
	0.4	2.4	3	R	2.5~ 2.7	100	A A A A A
		2.2		V	2.1~ 2.5	100	A A A A A
		1.1	10	R	2.3~ 3.6	100	A A A A A
				V	2.4~19.4	82	A B B' C C
鐵 酸 銅 Copper- formate	2	12.1	0		1.6~ 2.5	100	A A A A A
		10.9	3	R	2.4~13.4	94	C B A A A
		9.7		V	1.2~ 2.7	100	A A A A A
			10	R	1.7~ 8.8	99	A B C C C'
	0.4	2.5		V	1.1~38.5	64	A B C C C'
		2.2	0		9.5~12.9	91	A A A A B
		1.9	3	R	1.8~38.4	50	A B' B' C' C'
				V	34.4~47.8	16	C' C' C' C' C'
Boliden salt S-25	2	12.2	10	R	25.3~38.9	34	C' C' C' C' C'
		10.9		V	35.6~45.8	13	C' C' C' C' C'
		9.7	0		19.1~46.2	30	B' C' C' C' C'
			3	R	25.4~52.3	24	C' C' C' C' C'
	0.4	2.5		V	26.6~49.5	16	C' C' C' C' C'
		2.2	10	R	25.4~57.6	7	C' C' C' C' C'
		1.9		V	44.7~46.7	7	C' C' C' C' C'
			0		1.4~ 1.8	100	A A A A A
Boliden salt S-25	2	11.6	3	R	1.7~ 1.9	100	A A A A A
		10.8		V	1.8~ 2.6	99	A A A A A
		9.6	10	R	1.8~ 2.4	100	A A A A A
				V	1.9~ 2.8	98	A A A A A

薬 剂 Preservative	処 理 液 の 濃 度 Concentration of treating solution (%)	薬剤吸収量 Retention (kg/m ³)	耐候操作 回 数 Cycle of wea- thering test	流脱試験 方 法*1 Method of leaching test	重量減少率 の 範 囲 Percentage of weight loss (%)	効力値*2 Effective value	供試材の観察*3 Observation on the test pieces after testing
	0.4	2.4	0		1.2~4.4	100	A A A A A
		2.2	3	R	1.7~41.7	58	A C' C' A C'
		2.0	10	R	21.5~38.9	31	C C' C' C' C'
		2.0	10	V	7.0~46.3 55.9~63.9	43 0	C' C' C' B C' C' C' C' C' C'
ACP (JIS K1553)	2	11.6	0		3.5~46.0	52	B' B' C C C'
		10.9	3	R	8.6~37.2	42	C C C' B' B'
		8.5	10	R	3.0~16.8	80	B' B' B' C' C'
		8.5	10	V	19.1~45.7 5.2~16.7	49 79	C' B' B' B' C' C B B' B' C'
	0.4	2.5	0		46.9~65.3	0	C' C' C' C' C'
		2.3	3	R	47.9~57.2	0	C' C' C' C' C'
		2.0	10	R	35.9~59.2	0	C' C' C' C' C'
		2.0	10	V	47.7~62.6 44.6~55.7	0 0	C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'
	0.2	1.2	0		38.7~59.7	0	C' C' C' C' C'
		1.1	3	R	37.8~61.0	0	C' C' C' C' C'
		1.0	10	R	44.5~59.9	0	C' C' C' C' C'
		1.0	10	V	49.4~59.5 43.0~58.8	0 0	C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'
	2	11.6	0		49.9~57.4	0	C' C' C' C' C'
		10.6	3	R	44.9~58.5	0	C' C' C' C' C'
		9.8	10	R	51.9~56.4	0	C' C' C' C' C'
		9.8	10	V	40.7~61.5 43.4~49.5	0 0	C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'
	0.4	2.5	0		49.7~58.9	0	C' C' C' C' C'
		2.1	3	R	49.8~58.4	0	C' C' C' C' C'
		1.9	10	R	48.7~55.3	0	C' C' C' C' C'
		1.9	10	V	46.1~54.8 42.5~56.5	0 0	C' C' C' C' C' C' C' C' C' C'
W-1 (JIS K1550 Type-3)	2	11.5	0		1.2~2.2	99	A A A A A
		10.6	3	R	0.9~1.3	99	A A A A A
		8.8	10	R	0.4~1.0	100	A A A A A
		8.8	10	V	+ 0.1~0.8	99	A A A A A
	0.4	2.4	0		+ 0.2~1.3	100	A A A A A
		2.3	3	R	0.4~1.5	100	A A A A A
		2.1	10	R	0.1~2.0	100	A A A A A
		2.1	10	V	0~0.9 0.3~13.2	100 92	B A A B A B B C C A
W-2 (JIS K1550 Type1-2)	2	11.7	0		0.7~1.3	100	A A A A A
		10.7	3	R	0.4~0.8	100	A A A A A
		9.4	10	R	0.6~0.9	100	A A A A A
		9.4	10	V	+ 0.1~0.3 + 0.2~0.9	100 100	A A A A A A A A A A
	0.4	2.3	0		0.2~13.1	95	C A B A A
		2.1	3	R	+ 0.1~9.4	97	C' B A A A
		1.4	10	R	0.4~1.4	99	C' B' B' B' B'
		1.4	10	V	0.5~2.1 0.4~43.3	99 64	A A A A A B' C C B' C
	ブナ無処 理対照材 Control of untreated BUNAsapwood		0		52.5~64.8		C' C' C' C' C'
			3	R	39.0~54.8		C' C' C' C' C'
			10	R	40.5~48.7		C' C' C' C' C'
硫 酸 銅 CuSO ₄	5	29.9	0		42.3~52.2 39.7~52.3		C' C' C' C' C'
		26.3	3	R	29.1~31.9	28	B B B B B
		23.7	10	R	18.6~31.1	42	C C C C C
		23.7	10	V	20.4~33.6 23.0~23.0 18.4~26.5	43 39 53	C C C C C C C C C C C C C C C

薬 剤 Preservative	処 理 液 の 濃 度 Concentration of treating solution (%)	薬剤吸収量 Retention (kg/m ³)	耐候操作 回数 Cycle of wea- thering test	流脱試験 方 法* ¹ Method of leaching test	重量減少率 の 範 囲 Percentage of weight loss (%)	効力値* ² Effective value	供試材の観察* ³ Observation on the test pieces after testing
硫 酸 銅 CuSO ₄	1	6.4	0		27.2~28.2	31	B B B B B
		5.4	3	R	25.7~32.8	31	B B B B B
		5.4	3	V	28.3~32.6	38	B' B' B' B' B'
		4.8	10	R	29.5~38.0	29	B B B B B
	0.5	3.2	0		27.2~28.2	31	B B B B B
		2.8	3	R	25.7~32.8	31	B B B B B
		2.8	3	V	28.3~32.6	38	B' B' B' B' B'
		2.5	10	R	29.5~38.0	29	B C B' C B'
ホウ素化合物 Boron compound	2	13.0	0		+0.1~1.6	100	B' B' B' B' B'
		11.4	3	R	3.3~15.5	80	B' B' B' B' B'
		9.8	3	V	0.1~0.8	65	B' B' B' B' B'
		9.8	10	R	8.7~2.9	55	B' B' B' B' B'
	0.4	2.6	0		19.2~32.3	42	C B' B' B' B'
		2.3	3	R	26.6~37.5	27	B' B' B' B' B'
		2.3	3	V	40.8~44.2	11	B' B' B' B' B'
		2.0	10	R	31.6~43.7	15	B' C C B' B'
ブ ナ 無 処 理 対 照 材 Control of untreated BUNAsapwood			0		38.8~56.2		C' C' C' C' C'
			3	R	45.3~49.2		C' C' C' C' C'
			3	V	43.9~52.6		C' C' C' C' C'
			10	R	42.3~52.9		C' C' C' C' C'
			0		43.1~54.3		C' C' C' C' C'
			3	R	45.3~49.2		C' C' C' C' C'
			3	V	43.9~52.6		C' C' C' C' C'
			10	R	42.3~52.9		C' C' C' C' C'
Creosote oil heavy oil mixture	50 50	416	0		3.4~5.1	99	A A A A A
		344	3	R	0.8~9.5	100	A A A A A
		344	3	V	1.6~3.0	99	A A A A A
		264	10	R	0.2~2.5	100	A A A A A
	75 25	405	0		+0.6~0.1	100	A A A A A
		337	3	R	2.9~5.2	100	A A A A A
		337	3	V	0.3~2.1	100	A A A A A
		247	10	R	1.8~3.8	100	A A A A A
Creosote oil coal tar mixture	50 50	477	0		0~0.3	98	A A A A A
		388	3	R	0.2~0.7	100	A A A A A
		388	3	V	2.0~3.7	100	A A A A A
		291	10	R	0.2~1.7	100	A A A A A
	75 25	447	0		1.4~1.9	100	A A A A A
		360	3	R	+0.2~0.4	98	A A A A A
		360	3	V	+0.2~2.2	100	A A A A A
		255	10	R	1.8~2.9	100	A A A A A
Creosote coal tar mixture	75 25	447	0		+2.4~1.5	100	A A A A A
		360	3	R	0.6~1.1	100	A A A A A
		360	3	V	+0.5~2.4	100	A A A A A
		255	10	R	+0.7~1.2	100	A A A A A
			0		38.8~56.2		C' C' C' C' C'
			3	R	45.3~49.2		C' C' C' C' C'
			3	V	43.9~52.6		C' C' C' C' C'
			10	R	42.3~52.9		C' C' C' C' C'
ブ ナ 無 処 理 対 照 材 Control of untreated BUNAsapwood			0		43.1~54.3		C' C' C' C' C'
			3	R	45.3~49.2		C' C' C' C' C'
			3	V	43.9~52.6		C' C' C' C' C'
			10	R	42.3~52.9		C' C' C' C' C'
			0		43.1~54.3		C' C' C' C' C'
			3	R	45.3~49.2		C' C' C' C' C'
			3	V	43.9~52.6		C' C' C' C' C'
			10	R	42.3~52.9		C' C' C' C' C'

注 Note :

*1, *2, *3は Table 9 と同じ

*1, *2, and *3 are the same in the Table 9.

年数とは 2, 3 の例外を除いて、耐用年数の短いものは、やはり効力値も小さくなっている。耐候操作回数 0 回、すなわち耐候操作を行なわないものは、かなり少ない吸収量でも防腐効力が十分あるが、操作回数が 3 回または 10 回となると効力値が急激に下がるものと、全く影響のないものがある。

杭の被害調査結果と効力値とを比べてみると、3 回または 10 回の耐候操作で効力値が 80 以下になったものは、大体野外の杭で 10 年以内の耐用年数のものが多い。ただ、銅化合物（硫酸銅、蟻酸銅）は室内試験では非常に悪い結果を示しているが、野外の杭の地中部分は十分な防腐効力を示している。しかし、地上部分の木口面付近が案外短期間に腐朽しているので、この部分では室内試験結果と一致している。また、PF 系の W-1 は杭試験では非常に耐用年数が短く出ているが、室内試験の結果は非常に良好で、銅系統の薬剤と逆の結果となっている。

ブナ試験片を用いた場合は、PCP, Na-PCP, ACP などのペンタクロロフェノールの系統の薬剤が、かなり多い吸収量でも全く防腐効力が認められないのは、興味ある問題で、ブナ材中に吸収されてから、薬剤が変質して効力のない形に変わっている可能性がある。

耐候操作の流水法と減圧一常圧法の差は、多少後者の方が条件としてはきびしいようであるが、腐朽試験の結果ではあまり大きな差はないようである。

なお、クレオソート油ならびにそれと重油またはコールタール混合物のような油状防腐剤の試験結果において、比較的重量減少率が大きくなっており、したがって、効力値が多少低めに出ているが、試験片そのものはまったく腐朽していなかったのもので、この場合の重量減少は薬剤の流脱によるものと考えられる。

以上のように、室内における防腐効力試験結果と野外の杭試験結果を比較してみると、やはり室内試験の結果でかなり腐朽するような薬剤で処理された杭は、大体野外でも耐用年数が短いものが多い。しかし、室内試験で良好なものでも野外試験ではよくないものが吸収量の少ない場合に多く見られた。このことから、室内試験における耐候操作をもっときびしくする必要がある。銅系統の薬剤の試験には褐色朽の菌と白色朽の菌との両種を用いないと判断を誤る可能性がある。試験片の樹種は Na-PCP と PCP に示されたように、スギの場合とブナの場合で非常に異なった結果をえているので、必要によっては針葉樹のみでなく、広葉樹の試験片で試験を行なう必要がある。

なお、室内試験結果と野外試験結果との相関関係については、別な機会にくわしく検討する予定である。

9. ま と め

野外において、10 年経過した処理杭の被害経過、強度変化、容積重の変化、各杭の含水率分布などについて中間報告的にまとめてみたが、野外においては地上部と地中部とに分けて考えないと、そこであらわれる結果は非常に異なることが明らかとなった。それゆえ世界各国で行なわれている杭試験も、今後は地上部と地中部の両者に分けて結果を評価すべきであると考えられる。

また本試験結果は一地域の結果であるから、ここでえられた各薬剤の野外における耐用年数をもって、わが国における野外の結果であるとすることはできない。ただ、たとえ気象条件のかなり異なる地域で試験を行なったとしても、各薬剤の各吸収量における耐用年数の絶対値は多少変動があるかもしれないが、薬剤間の相対的關係はあまり変わらないのではないかと考えられる。

室内試験結果と野外試験結果とは薬剤吸収量や耐候操作のちがいにより、かなり相関々係のあることが明らかとなったが、この問題はとくに重要なことなので別の機会に十分検討する予定である。

10. 摘 要

浅川実験林苗畑において行なっている杭試験における、防腐処理杭の10年間の被害経過について報告する。

杭はスギ辺材を用い、寸法は $3 \times 3 \times 60$ cm のもので、30 cm を地中に埋めて試験を行なった。被害状態は全数の杭を毎年 1 回観察し、強度試験、含水率分布、容積重の変化などは毎年 3 本ずつ抜きとって測定した。えられた結果の概要を示せば、つぎのとおりである。

1. 被害経過は Table 2 のとおりであって、無処理辺材の耐用年数は地中、地上とも 3 年に対し、心材は地中では辺材と同じであるが、地上は 10 年後でもまだ被害はそれほど進行していない。

処理杭では、吸収量の少ないものはすでに寿命がきているものが多いが、クレオソート油の 1/10 に希釈したもの、すなわち吸収量が $16 \sim 31 \text{ kg/m}^3$ のものはまだそれほど被害が進行していない。JIS K 1550 の PF 系の薬剤では W-1 (3 種) のみは吸収量が 7 kg/m^3 以上でも 10 年以内の耐用年数である。その他は W-3, W-2, W-4 の順に防腐効力は低下するようであるが、 7 kg/m^3 以上の吸収量の杭は 10 年後でも被害はそれほどはげしくない。

PCP は予想ほど効果がなく、Na-PCP と大差ない結果だった。ホウ素化合物は野外ではほとんど効果が認められなかった。

硫酸銅、蟻酸銅など銅化合物は地中部分の被害は非常にわずかであるが、地上の木口部分はかなり被害をうけていた。

2. 採取時の含水率分布は、Fig. 2~9 に示すとおり無処理スギ辺材の地中部分の含水率は 40~60 % に対し、心材では 100% 以上のものが多かった。地上部分はいずれも 15~20% の含水率であった。

処理材については、大体無処理辺材と同じような含水率分布を示した。

3. 縦圧縮強度の変化については Fig. 10~17 に示す。大体被害経過と同じ傾向で、被害の進行とともに強度も減少している。容積重の変化も大体強度の変化と同じであるが、減少率の絶対値は強度減少率より小さい。

4. 室内に放置した処理杭の圧縮強度変化について、2 年後と 11 年後に測定した結果を Table 3~8 に示す。いずれも、2 年後は標準強度より多少低下する傾向にあるが、11 年後は増加する傾向にあった。これらの結果の原因は明らかでないが、防腐剤で処理されて長期間室内に放置されても、少なくとも薬剤の影響による強度低下ということは考えられないことが明らかになった。

5. 杭試験に使用された薬剤の室内における防腐効力試験結果を Table 9, 10 に示す。スギ試験片を用いた結果は大体野外の結果と一致しているが、硫酸銅は室内試験では悪く、野外の地中では良好な結果を示し、W-1 は室内では良好な結果をえたが、野外では非常に悪い結果を示している。

PCP, Na-PCP をブナ試験片で試験すると非常に悪い結果を示すことは興味ある問題である。

文 献

- 1) 雨宮昭二：浅川実験林苗畑の杭試験(1) 杭の被害程度を評価する方法，林試研報，150，143~156，(1963)。
- 2) 松岡昭四郎・庄司要作：木材の耐朽性について（第 1 報）JIS による比較耐朽性試験，林試研報，123，137~152，(1960)。

Stake Test at Asakawa Experiment Forest (2)
Inspection of the treated stakes during ten years

Shôji AMEMIYA⁽¹⁾, Shôshiro MATSUOKA⁽²⁾, Yôsaku SHÔJI⁽³⁾, Mamoru INOUE⁽⁴⁾,
Hiroshi ABE⁽⁵⁾ and Kazuo NAITO⁽⁶⁾

Summary

The results obtained by inspection of treated stakes during ten years at Asakawa Experiment Forest are reported in this paper.

SUGI sapwood was used for the stakes, and the size is $3 \times 3 \times 60$ cm. The stakes were set in the ground in an upright position with about half of their length (30cm) in the ground. The inspection of all stakes was carried out every year, and the measurements for the compression strength, the moisture contents and the specific gravity of the stakes were taken on the three stakes removed from the field every year. The results obtained are as follows:

1. The condition of the damage on the stakes found by observation during ten years is shown in Table 2.

Service life of the untreated sapwood is about three years both above and under the ground, and that of the untreated heartwood is mostly three years under the ground, but their top end above ground show not much damage even after ten years. The service life of the stakes with Wolman salt retentions under 1 kg/m^3 was less than ten years. Pentachlorophenol in kerosene was not very effective, unexpectedly; and its effectiveness was almost similar to that of sodium-pentachlorophenate. Borax and boric acid compound provided little protection against decay in the field. Though the stakes with copper sulphate and copper formate were damaged little under the ground, their top end above ground were damaged severely.

2. The distributions of the moisture contents in the stakes when removed are shown in Fig. 2~9. The moisture contents in the underground parts of the untreated sapwood stakes were 40~60 %, and that of the untreated heartwood stakes were over 100%. The moisture contents of both untreated sapwood and heartwood stakes above ground were mostly 15~20%. The moisture contents of all treated stakes were like those of the untreated sapwood stakes.

3. The variation of compression strength on the stakes during ten years is shown in Fig. 10~17. The variation of compression strength on the stakes had a tendency to decrease with developing of damage during ten years. The variation of specific gravity on the stakes is like that of compression strength. Their absolute values of decreased percentage are less on the specific gravity than on the compression strength.

4. The variations of compression strength of the treated stakes exposed in the room for two or eleven years are shown in Table 3~8. After two years, the compression strength of all treated stakes had a tendency to decrease, but they had a tendency to increase after eleven years. Though the reason for this has not yet been found, it is certain that the strength of the stakes treated with usual wood preservatives would not be decreased by the action of preservatives.

Received December 25, 1969

(1)~(6) Wood Technology Division.

5. The results of the effectiveness test for the preservatives used in this stake test are shown in Table 9 and 10. The results with SUGI sapwood corresponded with the results in the stake test approximately. Copper sulphate showed low effectiveness in laboratory test, but higher effectiveness under the ground. W-1 showed high effectiveness in laboratory test, but lower effectiveness under the ground. It is interesting to note that better effectiveness for pentachlorophenol and sodium-pentachlorophenate were obtained in the test with SUGI sapwood test pieces, whereas no good effectiveness for them were obtained in the test with beech sapwood test pieces.