林試研報 Bull. For. & For. Prod. Res. Inst. No. 347, 1987 1〜33

浅川実験林苗畑の杭試験 (8)

28年経過後の浅川実験林の防腐処理杭，およびその他の試験地の被害経過

井上 衛[(1)]・雨宮昭二[(2)]・松岡昭四郎[(3)]
鈴木憲太郎[(4)]・山本幸一[(5)]

Mamoru INOUE, Shoji AMEMIYA, Shoshiro MATSUOKA,
Kentaro SUZUKI and Koichi YAMAMOTO :
Stake Test at ASAKAWA Experiment Forest VIII.
Inspection data of the treated stakes at ASAKAWA over a period of 28 years and ones at other sites

要 旨：各種薬剤で加圧処理した杭を浅川実験林苗畑の土壌中に昭和33年設置以来，その杭の被害度を観察してきた。

その結果，加圧処理したもので耐用年数が判明したおもなものは，処理液濃度2.0%についてはボリデンソルトS25の25年，CZCの20年，フェノール類・無機ふっ化物系木材防腐剤 (PF) W-3 (1種1号) の19年，同W-2 (1種2号) の18年，処理液濃度1.0%については硫酸銅の18年，トリブチルスズテレフタレートの14年で処理液濃度30%のフェノール樹脂は19年等であった。クレオソート油原液およびクレオソート油を重油あるいはコールタールで希釈したもので処理した杭は28年経過してもわずかに腐朽がみられるのみであるが，クレオソートを灯油で10，20%に希釈したものは13年，16年であった。また，22年経過しているCCA系でJIS K 1554の1号および2号の2.0%液で加圧処理した杭はまだほとんど健全で，耐用年数は未定である。

当場第2樹木園のばくろ試験場にあらたに20薬剤で加圧処理し，設置して8年経過したものは各薬剤とも通常使用されている濃度よりも低い濃度ではすべて8年以下の耐用年数を示している。

耐用年数は腐朽開始の遅速，および腐朽開始後の腐朽速度によって左右されるが，処理材の場合は腐朽がじょじょに進行し，ある時点で急激に進むタイプと最初から同じ速度で進むタイプとがみられる。前者は主として水溶性薬剤に，後者は主として油性薬剤に多い。

目 次

1. まえがき ……2
2. 杭の被害調査方法と耐用年数 ……2
3. 供試杭と処理 ……3
4. 供試薬剤の品質または組成 ……3
5. 被害調査結果 ……5
5-1 加圧処理杭の耐用年数 ……5
1-1 18年間における耐用年数 ……5
2 クレオソート油処理杭の平均被害度 ……5
3 PF系防腐剤処理杭の平均被害度 ……6
4 銅化合物処理杭の平均被害度 ……7

1986年12月22日受理
木材利用—50 Wood Utilization—50
(1)(2)(3)(4)(5) 木材利用部

5　CCA 系防腐剤処理杭の平均被害度 ……9
6　トリブチルスズ化合物処理杭の平均被害度 ……9
7　フェノール化合物処理杭の平均被害度……11
8　フェノール樹脂処理杭の平均被害度……12
9　ほう素化合物，ZMA，CZC 処理杭の平均被害度……15
10　防火剤処理杭の平均被害度……15
5-2　塗布用薬剤で処理した杭の平均被害度 ……17
6.　筑波ばくろ試験場で追加試験した各種薬剤による加圧処理杭の調査結果……17
6-1　供試薬剤と処理液濃度 ……17
6-2　被害調査結果 ……18
6-3　スギおよびブナ処理材の比較 ……18
7.　処理杭の腐朽経過……27
8.　四国支場に設置した防腐処理杭の強度変化……28
引用文献……32
Summary……33

1. ま え が き

防腐研究室においては，昭和 33 年以降当場浅川実験林苗畑に杭試験地を設置し，防腐処理杭の被害度調査を継続してきた。この被害度調査結果はすでに中間報告として，林業試験場報告 No. 230[1]，および No. 297[2] で設置後 18 年間までの被害経過について報告した。また，硫酸銅，ウォルマン塩系防腐剤，ならびにボリデン塩系防腐剤処理杭中の各種金属残存量，およびクレオソート油処理杭中の残存量についても報告してきた[3)4)]。

しかし，昭和 61 年末で最初から設置した杭はすでに 28 年を経過しており，前回の報告後も 10 年を経過している。この間，前報までに耐用年数の明らかになったものは薬剤ごとに別表にし，本報告では設置以降 19 年から 10 年間の耐用年数，および腐朽経過をとりまとめて報告する。なお，試験地の概況，および設置方法などについては上記林試研報 No. 297[2] で詳細に報告してあるので本報告では省略する。

また，防腐研究室で当場四国支場において行っている防腐処理杭の 7 年経過した強度試験結果，および，当場第 2 樹木園で行っている防腐処理杭のばくろ試験の被害度調査の結果もあわせて報告する。

なお，調査当時当研究室員であった庄司要作氏，供試薬剤を提供していただいた各社，および設置箇所の管理にご尽力をいただいた浅川実験林，四国支場の方々に謝意を表します。

2. 杭の被害調査方法と耐用年数

防腐研究室において，以前より野外の木材の被害度を評価する方法として，肉眼的な観察によって被害度を 6 階級に分類し，それを被害度として数字で表す方法[5] を用いており，今回の調査もそれにより評価をした。

本試験における各杭の被害度の評価は 1 本全体を総合的に評価することは困難であるため，従来同様観察部を上部の木口面付近（T），地際部付近（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し，それを部分別に平均してグループ内での同一部分の平均被害度とした。耐用年数の判定については，角材は主として建築用部材として使用されることが多く，その場合の環境は地際部（G），地中部の

Table 1. 被害度の表し方
Observation of inspection.

被害度 Rating	観察状態 Condition
0	健全 Sound (no attack)
1	部分的に軽度の虫害または腐朽 Slight and superficial decay (attack)
2	全面的に軽度の虫害または腐朽 Evident but moderate decay (attack)
3	2の状態のうえに部分的にはげしい腐朽 Partial severe decay (attack)
4	全面的にはげしい虫害または腐朽 Severe decay (attack)
5	虫害または腐朽により形がくずれる Destroyed

木口部 (B) に近いため, そのいずれかの平均被害度が 2.5 に達した時点をもってその杭の耐用年数とした。

各被害度と観察状態の関係は Table 1 に示すとおりである。

3. 供試杭と処理

供試杭は秋田県産のスギで寸法は 3×3×60 cm の角材, すべてプレナー仕上げをし, 処理杭用には辺材のみの杭を用い, 対照材としては無処理の辺材と心材のみの杭を用いた。

処理方法としては加圧処理は JIS A 9002 の第1法を用い, 前排気 600 mmHg {80.0 kPa} 30分, 加圧 5 kgf/cm^2 {490.5 kPa} 120分, 後排気 600 mmHg {80.0 kPa} 30分, そのほか拡散法処理, 塗布処理によったものもある。薬剤の吸収量の調整は, 処理液の注入量をあまり変化させず 350~450 kg/m^3 の範囲におさめ, 処理液濃度を変えて調整した。

4. 供試薬剤の品質または組成

クレオソート油の品質	比重	1.055
	酸性油分	1.03
	比粘度 (40℃/20℃)	1.58
	水分	0.1%
	留分	
	235℃まで	25%
	235~315℃	44
	315℃までの全量	69
	315~330℃	12.5

PF 系防腐剤 (JIS K 1550 フェノール類無機ふっ化物系木材防腐剤)

◦W-1 (JIS K 1550 3種)	NaF	87%
	フェノール類	10
	SbF_3	3

◦ W-2（JIS K 1550 1 種 2 号）	NaF	50%
	フェノール類	10
	Na_2HAsO_4	10
	$K_2Cr_2O_7$	30
◦ W-3（JIS K 1550 1 種 1 号）	NaF	25%
	フェノール類	12.5
	Na_2HAsO_4	25
	$K_2Cr_2O_7$	37.5
◦ W-4（JIS K 1550 2 種）	NaF	52.5%
	フェノール類	10.5
	$K_2Cr_2O_7$	37

注：フェノール類はジニトロオルトクレゾール

CCA 系防腐剤（JIS K 1554 クロム・銅・ひ素化合物系木材防腐剤）

◦ Boliden salt S-25	As_2O_5	36%
	CrO_3	23
	ZnO	11.6
	CuO	3.9
	H_2O	25.5
◦ Boliden salt K-33（CCA 2 号）	H_3AsO_4	42%
	CrO_3	27
	CuO	15
	H_2O	16
◦ CCA 1 号	$K_2Cr_2O_7$	56%
	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	33
	$As_2O_5 \cdot 2H_2O$	11
◦ Tanalith CB	CuO	10.8%
	CrO_3	26.4
	H_3BO_3	25.5
	$KHSO_4$	37.3
◦ Tancas C	$CuSO_4$	35%
	As_2O_5	20
	$K_2Cr_2O_7$	45

ACP（JIS K 1553 ペンタクロロフェノール銅のアンモニア溶液）

	Na-PCP	1·0%
	$CuSO_4$	0.6
	$K_2Cr_2O_7$	0.8
	NH_4OH	4.2
CZC（chromated zinc chloride）	$ZnCl_2$	81.5%
	$K_2Cr_2O_7$	18.5
ZMA（zinc-meta-arsenate）	As_2O_3	60% } CH_3COOH 1.6%添加
	ZnO	40 }

防火剤

◦ R	$(NH_4)_2HPO_4$	58.3%
	H_3BO_3	25.0
	NH_4Br	16.7
◦ M	$(NH_4)_2HPO_4$	10%
	$(NH_4)_2SO_4$	60
	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	10
	H_3BO_3	20

◦P	$ZnCl_2$	35%
	$(NH_4)_2SO_4$	35
	H_3BO_3	25
	$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$	5

5. 被害調査結果

昭和33年設置以来，同51年までの調査結果は報告済なのでそれまでに耐用年数が明らかになったものは薬剤ごとに別表にし，本報告では同52年から61年までの被害調査結果について報告する。

5-1. 加圧処理杭の耐用年数

5-1-1. 18年間における耐用年数

設置以来，前報告[2] (18年経過) までの耐用年数は本報告と同じように地際部 (G)，地中部 (B) のいずれかの平均被害度が2.5になった時点をもってその杭の耐用年数とし，その考察については前報告[1)2)]で述べているので省略する。

5-1-2. クレオソート油処理杭の平均被害度

クレオソート油処理杭で前回の報告までに耐用年数が明らかになったものを Table 2 に，また，それ以降の被害経過については Table 3 に示す。

クレオソート油原液で処理した杭は28年経過してもわずかの被害がみられるのみで，各部位とも耐用年数は求められていない。しかし，クレオソート油の酸性油分を取り除いたものは，原液に比較して18年まではほとんど差がなかったが21年目頃から全体に腐朽が始まり，このグループの杭の耐用年数は27年である。

また，クレオソート油を沸点の低い油で希釈すると耐用年数は急激に短くなるが，コールタールおよび重油のような高沸点の油で希釈した場合は，クレオソート油原液で処理したものよりは若干腐朽の進行は早くなるが灯油で希釈したものよりはかなりよい結果を示している。本試験の結果で，クレオソート油と沸点の高い希釈剤の混合比を変えた場合を比較してみると，クレオソート油75，重油あるいはコールタール25よりもクレオソート油50，重油あるいはコールタール50の方がわずかに良い結果を示している。これは，重油あるいはコールタールはクレオソート油の材外流出を防止する物理的効果を果していると考えられる。以上のことからクレオソート油を希釈して使用する場合，効力持続期間は沸点の高低が耐用年数に大きく影響することが確認された。

Table 2. すでに明らかになったクレオソート油処理杭の耐用年数
Service life of the stakes impregnated with Creosote oil at ground line.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solutlon	吸収量 Reten-tion kg/m^3	耐用年数 Service life (years)	防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Reten-tion kg/m^3	耐用年数 Service life (years)
クレオソート油20% (ケロシン希釈) 20% Creosote oil in kerosene	19 | 52 | 69	| 16	クレオソート油10% (ケロシン希釈) 10% Creosote oil in kerosene	16 | 27 | 31	13

Table 3. クレオソート油処理杭の平均被害度

Average grade of damage on each position of the stakes treated with creosote oils.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years 19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	耐用年数 Service life (years)
クレオソート油 Creosote oil	254	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	503	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	
	734	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	
酸性油分を除いたクレオソート油 Creosote oil (excluding acid oil)	116	T	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	1.0	1.1	1.1	
	435	G	0	0	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	1.7	1.9	2.3	27
	715	B	0.4	0.4	0.6	0.7	0.7	0.9	0.9	2.1	2.3	2.7	
クレオソート油と重油混合物 Creosote oil 75 : heavy oil 25 mixture	196	T	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.6	0.6	
	554	G	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	759	B	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
〃 Creosote oil 50 : heavy oil 50 mixture	139	T	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	
	517	G	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.6	
	771	B	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	
クレオソート油とコールタール混合物 Creosote oil 75 : Coal tar 25 mixture	44	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	271	G	0.6	0.6	0.7	1.1	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8	
	557	B	0.5	0.5	0.7	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	
〃 Creosote oil 50 : Coal tar 50 mixture	62	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	
	389	G	0	0	0.4	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	
	634	B	0	0	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	

5-1-3. PF 系防腐剤処理杭の平均被害度

PF 系の防腐剤は JIS K 1550「フェノール類・無機ふっ化物系木材防腐剤」に規定されている薬剤であるが，同規格が昭和38年改正され，旧規格の W-1 は新規格の JIS K 1550 (PF) 3種，W-2 は同1種2号，W-3 は同1種1号，W-4 は同2種に区分が変更されたので（ ）内に表示した。

本試験で PF 系防腐剤で処理したものは8種類，13濃度である。そのうち前回の報告までに耐用年数が明らかになったものは Table 4 に示すように6種類の11濃度であり，今回報告するのは Table 5 の2種類，各1濃度である。この結果から W-2 (PF 1種2号) の0.4% 液で加圧処理し，乾燥後クレオソート油を2回塗布したものの耐用年数は15年である。この耐用年数は，おのおのの薬剤を単独で同じ方法で処理したもの，すなわち，W-2 (PF 1種2号) 0.4% の11年より4年，クレオソート油単独塗布杭12年 (Table 21) より3年延びている。これは，油性薬剤であるクレオソート油は防水効果があり，材内に浸透している水溶性薬剤の流脱の防止に役立ち，2薬剤の相乗効果と考えられる。

また，W-3 (PF 1種1号) はふっ化物，ひ素化合物，クロム化合物，フェノール類の4種類の混合薬剤で，世界的に最も多く使われている配合割合である。この2% 処理液で平均吸収量が 7.57 kg/m³ の杭の耐用年数は19年で PF 系防腐剤の処理杭では最も長い耐用年数を示し，しかも杭の頂部は23年の耐用年数を示している。

Table 4. すでに明らかになった PF 系防腐剤処理杭の耐用年数

Service life of the stakes impregnated with Wolman salt at ground line.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solutlon	吸収量 Retention kg/m³	耐用年数 Service life (years)	防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	耐用年数 Service life (years)
W-1 (JIS K 1550) Type 3) 2%	8.6 11.4 12.9	5	W-3 (JIS K 1550) Type 1-1) 0.4%	0.85 1.33 1.60	11
〃 0.4%	0.67 1.72 2.40	5	〃 0.2%	0.61 0.69 0.82	8
W-2 (JIS K 1550 Type 1-2 2%	5.14 7.38 8.46	18	W-4 (JIS K 1550 Type 2) 2%	3.05 5.79 7.71	13
〃 0.4%	1.04 1.42 1.60	11	〃 0.4%	0.60 1.25 1.55	7
W-2 0.4% + Vinylacetate emulsion 1%	1.14 1.56 1.92	10	〃 0.2%	0.60 0.85 1.24	5
W-2 50% diffusion process	7.9 12.5 19.7	13			

Table 5. PF 系防腐剤処理杭の平均被害度

Average grade of damage on each position of the stakes treated with Wolman salts.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years													耐用年数 Service life (years)
			13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
W-2 0.4% + Creosote oil brushing	1.76	T	1.3	1.7	1.7	1.7	2.0	2.0	2.0	2.3	3.5	3.5	—	—	—	20
	2.09	G	1.3	2.1	2.2	2.9	3.9	4.7	4.8	5.0	5.0	5.0	—	—	—	15
	2.47	B	1.1	1.9	2.6	3.6	4.0	4.3	4.7	4.7	5.0	5.0	—	—	—	15
W-3 (JIS K 1550 Type 1-1) 2%	6.57	T	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.5	1.8	1.8	2.0	2.3	2.3	2.7	2.7	23
	7.57	G	1.0	1.0	1.3	1.3	1.9	2.0	2.8	3.3	4.1	4.1	4.5	4.5	5.0	19
	8.44	B	0.8	0.8	0.8	1.1	1.4	1.5	2.8	3.3	3.6	3.6	4.2	4.3	5.0	19

5-1-4. 銅化合物処理杭の平均被害度

各種の銅化合物で処理し前回の報告までに耐用年数が明らかになったものを Table 6 に，それ以降の杭の被害度を Table 7 に示す。前回の報告[2] で，銅化合物の低濃度で処理した杭の共通した性質として，杭の地上部の木口面（T）が地中部（B）に比べて化合物の種類に関係なく防腐効力が低く，耐用年数が 10 年前後のものが多いことを報告した。これまでの調査で地際（G），地中部の木口面（B）の耐用年数は，

Table 6. すでに明らかになった銅化合物処理杭の耐用年数

Service life of the stakes impregnated with copper compounds at ground line.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solutlon	吸収量 Retention kg/m³	耐用年数 Service life (years)	防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	耐用年数 Service life (years)
硫酸銅 $CuSO_4$ 5%	15.4 ~ 18.7 ~ 21.6	17	ぎ酸銅 Copper-formate 0.4%	1.23 ~ 1.35 ~ 1.51	16
〃 0.5%	1.4 ~ 1.8 ~ 2.0	17			

Table 7. 銅化合物処理杭の平均被害度

Average grade of damage on each position of the stakes traeted with copper compounds.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years 14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	耐用年数 Service life (years)
硫酸銅	2.7	T	2.0	2.0	2.0	2.4	3.0	3.5	3.8	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	17
$CuSO_4$	3.3	G	1.0	1.2	1.4	1.8	1.8	4.2	4.7	4.8	4.8	4.8	4.8	4.9	5.0	5.0	18
1%	4.1	B	1.2	1.2	1.2	1.8	2.0	4.2	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	5.0	5.0	5.0	18
ぎ酸銅	5.08	T	1.4	1.5	1.7	1.7	1.7	1.9	1.9	2.0	2.3	2.4	2.6	3.0	3.0	3.5	23
Copper-formate	6.78	G	0.3	0.9	1.2	1.2	1.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.8	3.8	3.9	4.0	4.4	19
2%	7.82	B	0.3	0.9	1.3	1.3	1.9	2.3	2.9	3.2	3.4	3.6	3.7	3.7	3.7	4.1	19
ほうふっ化銅	11	T	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.8	2.8	—	—	—	—	—	21
Copper boronfluoride	13	G	1.4	2.0	3.1	3.1	3.7	4.0	4.4	4.4	4.6	—	—	—	—	—	15
2%	15	B	1.4	2.2	3.0	3.1	3.6	3.7	4.0	4.6	4.7	—	—	—	—	—	15
〃	2.4	T	3.1	3.1	3.2	3.5	3.6	4.3	4.3	4.6	4.6	—	—	—	—	—	11
0.4%	2.8	G	1.6	2.4	3.6	3.9	4.3	4.4	4.6	4.8	5.0	—	—	—	—	—	19
	3.1	B	1.2	2.4	3.4	4.1	4.4	4.6	4.7	4.8	5.0	—	—	—	—	—	15
けいふっ化銅	9	T	1.8	1.8	2.3	2.7	2.7	3.0	3.3	3.3	3.7	—	—	—	—	—	16
Copper silicofluoride	14	G	2.3	3.0	4.0	4.0	4.1	4.1	4.4	4.6	4.7	—	—	—	—	—	14
2%	16	B	2.3	3.0	4.0	4.1	4.1	4.3	4.6	4.7	4.8	—	—	—	—	—	14
〃	2.3	T	4.6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	—	—	—	—	—	—	—	8
0.4%	2.7	G	2.0	2.5	2.9	3.5	4.6	4.8	5.0	—	—	—	—	—	—	—	15
	3.0	B	2.0	2.4	2.9	3.4	4.0	5.0	5.0	—	—	—	—	—	—	—	15

硫酸銅単独の 5.0, 1.0, 0.5% の場合は 17, 18, 17 年, ぎ酸銅 2.0, 0.4% は 19, 16 年で両薬剤はほぼ同じであり, ほうふっ化銅, けいふっ化銅の各濃度は 14~15 年である。

以上の結果から今回用いた銅化合物の地際部 (G) と地中部 (B) における耐用年数は, 使用濃度と他

の濃度の差は少なく，1～4年の差はあるが16年前後の結果をえた。このように銅化合物は土壌に接する環境ではすぐれた効果があることが示された。しかし，前述したように低濃度の効力で特徴的なことは，他の薬剤に比較して，杭の地上部（T）の腐朽が早いことである。一般的に腐朽環境としては土壌に接しない部分は腐朽の進行は遅い。したがって，杭試験の場合も地上部（T）は地際部（G）および地中部（B）より腐朽は遅い。しかし，銅化合物の低濃度の場合は地上部（T）の腐朽が地際部（G），地中部（B）とそれ程の差がなく腐朽が進行しているものがある。これは前報で指摘したように地上部の腐朽型は褐色腐朽が多く，銅化合物が褐色腐朽菌に弱いとの結果[4]と一致している。

5-1-5.　CCA系防腐処理杭の平均被害度

CCA系防腐処理杭で前回の報告までに耐用年数に達したものはTable 8に，達しなかったものの平均被害度をTable 9に示す。

この結果からJIS K 1554「クロム・銅・ひ素化合物系木材防腐剤」の1号の耐用年数は，通常使用している2.0%で処理した杭はまだ未定である。しかし，0.4%の場合は18年で，この耐用年数をPF系単独の同濃度で最長のものであるW-3（PF 1種1号）の11年（Table 4）より7年も長い。これはこの系統の薬剤成分は，W-3（PF 1種1号）のふっ化物とフェノールの代わりに銅化合物を使用したものであることから効力の差は銅化合物の影響，およびその固定化の差によるものと考えられる。また，このことは，前述の銅化合物処理杭の耐用年数が16年前後とほぼ一致していることからもわかる。

タンカスCの組成は，JIS K 1554 1号と同じで成分比が多少異なるのみである。この薬剤の耐用年数は通常の使用濃度である2.0%では未定で，0.4%の場合は15年である。これをCCA 1号と比較してみると，2.0%ではまだ耐用年数は明らかになっていないが腐朽経過はほとんど同じ傾向を示している。これは組成が同じで成分比が多少異なるだけということから考えれば当然のことであろう。

タナリス-CBの組成はCCAの中のひ素化合物の代わりにほう素化合物を使用したものである。この薬剤の耐用年数は2.0%で16年，0.4%で13年（Table 9）であり，CCA 1号，およびタンカスCの同濃度より短い。また，この薬剤の2.0，0.4%の平均吸収量は11.7，2.52 kg/m_3 で約5倍の差があるにもかかわらず耐用年数は前者が3年長いだけである。これは濃度をあげても材中への固定化が良くないため，効果はあまり期待できないことを示しているものと考えられる。

ボリデン塩の旧タイプのS-25とその後開発されたK 33の薬剤の組成は，K 33は現規格JIS K 1544の2号であり，S 25は同規格の組成に亜鉛化合物を加えたものである。この両者の2%液で処理した杭の耐用年数はS 25は25年，K 33は未定であるが，22年経過を比較してみるとほぼ同じと推定される。しかし，S 25とK 33を通常使用している2.0%を1/5，1/10と希釈すると，S 25は16，13年，K 33は13，11年と短くなる。以上のことから効力持続性の高い薬剤でも常時使用している濃度を1/5，1/10と希釈すると効力が急激に低くなることを示している。

5-1-6.　トリブチルスズ化合物処理杭の平均被害度

トリブチルスズ化合物の処理杭で前回の報告までに耐用年数に達したものはTable 10に，達しなかったものをTable 11に示す。

本試験で使用したこの系統の薬剤は，TBTOはトリブチルスズオキサイド，TY 101はトリブチルスズスルファメイト，TBT-Teはトリブチルスズテレフタレイトでいずれの化合物も骨格は似ているものである。

Table 8. すでに明らかになったCCA系防腐剤処理杭の耐用年数

Service life of the stakes impregnated with CCA at ground line.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m^3	耐用年数 Service life (years)	防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m^3	耐用年数 Service life (years)
タナリス-CB Tanalith-CB 0.4%	1.38 | 2.52 | 3.32	13	ボリデンS25 Boliden salts S 25 0.2%	0.56 | 0.75 | 0.95	13
ボリデンS25 Boliden salt S 25 0.4%	1.36 | 1.44 | 1.54	16	ボリデンK33 Boliden salt K33 (JIS K 1554 Type 2) 0.2%	0.70 | 1.04 | 1.30	11

Table 9. CCA 系防腐剤処理杭の平均被害度

Average grade of damage on each position of the stakes treated with CCA.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m^3	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years 14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	耐用年数 Service life (years)
CCA (JIS K 1554 Type 1) 2%	7.4	T	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	1.1						
	12.0	G	0	0	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2						
	14.1	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2						
〃 0.4%	1.45	T	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.9	2.8	2.8	—	—	—	—	—	—	21
	2.20	G	0.7	0.7	1.2	1.6	2.6	3.0	3.3	3.6	4.0	—	—	—	—	—	—	18
	2.40	B	0.2	0.2	0.7	0.8	1.7	1.8	2.3	2.9	3.0	—	—	—	—	—	—	20
タンカスC TancasC 2%	8.7	T	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.9						
	11.9	G	0.3	0.3	0.4	0.4	0.9	1.0	1.1	1.1	1.3	1.6						
	14.7	B	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.7	0.7						
〃 0.4%	1.68	T	1.1	1.1	1.3	2.0	2.3	2.5	3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	19
	2.49	G	1.7	2.6	3.7	4.8	4.9	5.0	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	15
	3.13	B	1.3	2.2	3.7	4.4	4.8	5.0	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	15
タナリスCB Tanalith-CB 2.0%	7.1	T	1.1	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	1.7	3.6	3.6	—	—	—	—	—	—	20
	11.7	G	0.6	0.6	2.3	3.3	3.9	4.3	4.8	4.8	4.8	—	—	—	—	—	—	16
	13.0	B	0.6	0.6	1.3	2.2	2.9	3.3	3.3	3.9	4.0	—	—	—	—	—	—	17
ボリデンS25 Boliden salt S 25 2%	6.01	T	0.8	0.8	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.8	1.8	2.3	2.4	
	7.35	G	0.3	0.4	0.7	0.7	0.8	1.1	1.2	2.0	2.3	2.3	2.3	2.6	2.6	3.1	3.3	25
	8.15	B	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	1.0	1.1	1.4	1.6	1.8	2.4	2.6	27
ボリデンK33 Boliden salt K33 (JIS K1554 Type 2) 2%	6.7	T	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.4	1.5	1.7							
	10.9	G	0.3	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.6	2.2							
	13.5	B	0	0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8							
〃 0.4%	1.3	T	1.4	1.4	1.5	1.7	1.7	1.7	1.7	5.0	—	—	—	—	—	—	—	20
	1.8	G	3.2	3.9	4.3	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	—	—	—	—	—	—	—	13
	2.5	B	3.1	3.5	3.7	4.3	5.0	5.0	5.0	5.0	—	—	—	—	—	—	—	13

Table 10. すでに明らかになったトリブチルスズ化合物処理杭の耐用年数
Service life of the stake impregnated with tributyltin componunds at ground line.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m^3	耐用年数 Service life (years)	防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m^3	耐用年数 Service life (years)
Tributyltin oxide (TBTO) 1%	3.1 ~ 3.9 ~ 5.4	15	TY 101 1.0%	2.06 ~ 3.20 ~ 3.57	12
〃 0.2%	0.63 ~ 0.75 ~ 0.81	10	〃 0.2%	0.52 ~ 0.58 ~ 0.66	9
〃 0.04%	0.10 ~ 0.15 ~ 0.23	9	TBT-Te 0.2%	0.40 ~ 0.57 ~ 0.64	8

Note) TY 101 : Tributyltin-sulphamate
TBT-Te…Tributyltin-terephthalate

Table 11. トリブチルスズ化合物処理杭の平均被害度
Average grade of damage on each position of the stakes treated with tributyltin compounds.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solutlon	吸収量 Retention kg/m^3	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years									耐用年数 Service life (years)
			14	15	16	17	18	19	20	21	22	
TBT-Te 1%	2.36 ~	T	1.3	1.3	1.3	1.5	3.0	3.0	3.5	3.5	5.0	17
	3.07 ~	G	2.1	3.8	4.6	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	14
	3.50	B	1.8	3.3	4.2	4.6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	14

Note) TY 101 : Tributyltin-sulphamate
TBT-Te…Tributyltin-terephthalate

今回報告する TBT-Te の 1.0% のみで，耐用年数は 14 年である。

この 3 種類の効力持続性は大差はないが，同濃度の効力の順位は TBTO, TBT-Te, TY 101 の順である。

5-1-7. フェノール化合物処理杭の平均被害度

フェノール化合物処理杭で前回の報告までに耐用年数に達したものは Table 12 に，達しなかったものの平均被害度を Table 13 に示す。

本試験で使用したフェノール系としては，ペンタクロロフェノール系 (PCP) とナトリウムオルトーフェニールフェノール (Na-OPP) などである。これらの薬剤で処理した杭の耐用年数はほとんどが前回の報告[2]までに判明しており，今回報告するのは PCP 2.0% のみである。しかし，PCP 2.0% の被害度も 18 年経過までは低かったが 19 年以降になると被害の進行が早く，とくに地際部 (G) と地中部 (B) の被害が顕著であり耐用年数は 18 年である。

Table 12. すでに明らかになったフェノール加合物処理杭の耐用年数
Service life of the stakes impregnated with phenol compounds at ground line.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	耐用年数 Service life (years)	防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	耐用年数 Service life (years)
Pentachlorophenol (PCP) 0.4% in kerosene	0.78 ｜ 1.02 ｜ 1.30	8	Sodium-pentachlorophenate (Na-PCP) 0.2%	0.59 ｜ 0.75 ｜ 1.11	7
〃 0.2%	0.19 ｜ 0 23 ｜ 0.61	7	ACP* (JIS K 1553)	108 ｜ 180 ｜ 255	17
Sodium-pentachlorophenate (Na-PCP) 2%	6.37 ｜ 6.56 ｜ 8.11	15	Sodium-o-phenylphenate 2%	6.36 ｜ 7.62 ｜ 8.20	4
〃 0.4%	1.20 ｜ 1.41 ｜ 1.62	7	Sodium-o-phenylphenate 0.4%	1.25 ｜ 1.39 ｜ 1.52	4

Note) ACP : Copper-pentachlorophenate in ammonium solution

Table 13. フェノール化合物処理杭の平均被害度
Average grade of damage on each position of the stakes treated with phenol compounds.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years 19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	耐用年数 Service life (years)
Pentachlorophenol (PCP) 2% in kerosene	5.32 ｜ 6.07 ｜ 7.37	T	1.9	1.9	2.0	2.0	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.8	27
		G	2.9	3.0	3.6	3.9	3.9	4.6	4.6	4.7	4.9	4.9	18
		B	3.1	3.5	4.3	4.4	4.4	4.5	4.6	4.6	4.8	5.0	18

この系統の薬剤の効力持続性の優劣の順は PCP, ACP, Na-PCP, Na-OPP で，同じフェノール系であっても塩素化されていないと効力的には非常に低くなることが示された。また，部位的な被害度では地際，地中部に比べて地上部が低く，PF 系と類似している。

このフェノール系の防腐剤は使用濃度では効力持続も良く，したがって，耐用年数も長いが PCP は現在は環境汚染との関係でほとんど使用されず，誘導体のものが少し使用されているのみである。

5-1-8. フェノール樹脂処理杭の平均被害度

水溶性のフェノール樹脂のみとこれに Na-PCP を添加して処理された杭で前回の報告までに耐用年数が明らかになったものを Table 14 に，明らかにならなかったものを Table 15 に示す。

フェノール樹脂の濃度すなわちレジン率を 30, 20, 10% と変えた場合の耐用年数は 19, 16, 15 年であ

Table 14. すでに明らかになったフェノール樹脂処理杭の耐用年数
Service life of the stakes inpregnated with phenol resin at ground line.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	耐用年数 Service life (years)
フェノール樹脂 Phenol resin 10%	36–49–71	15
フェノール樹脂 Phenol resin 5% + Na-PCP 0.2%	Ph. 16–27–33 / P. 0.6–1.1–1.3	16
フェノール樹脂 Phenol resin 1% + Na-PCP 0.4%	Ph. 4.3–7.1–9.0 / P. 1.7–2.8–3.6	14

Note) Ph. : Phenol resin. P. : Na-PCP

Table 15. フェノール樹脂処理杭の平均被害度
Average grade of damage on each position of the stakes treated with phenol resins.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years 17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	耐用年数 Service life (years)
フェノール樹脂 Phenol resin 30%	102–144–173	T	0.7	0.7	1.0	1.5	1.6	2.0	2.0	3.0	3.2	—	23
		G	1.3	2.1	2.4	2.4	3.0	3.4	4.3	4.3	4.4	—	20
		B	0.9	1.6	2.3	2.7	2.7	3.2	3.3	4.2	4.2	—	19
〃 20%	51–77–123	T	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1.5	2.7	—	25
		G	2.8	3.4	3.6	3.6	4.0	4.3	5.0	5.0	5.0	—	17
		B	3.0	3.4	3.6	3.7	4.0	4.2	4.7	5.0	5.0	—	16
フェノール樹脂 Phenol resin 10% + Na-PCP 0.4%	Ph. 26–49–72 / P. 1.0–1.8–2.9	T	1.1	1.1	1.6	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	3.2	—	23
		G	1.8	2.1	2.6	3.1	3.2	3.8	4.0	4.1	4.1	—	19
		B	1.8	1.9	2.6	2.9	3.0	3.5	3.9	4.1	4.1	—	19
フェノール樹脂 Phenol resin 5% + Na-PCP 0.4%	Ph. 22–31–39 / P. 1.8–2.5–3.1	T	1.3	1.3	1.5	1.7	2.0	2.0	2.4	3.4	3.7	—	23
		G	2.0	2.3	2.9	3.0	3.7	4.2	4.2	4.2	4.7	—	18
		B	1.9	2.1	3.9	3.9	3.9	4.2	4.3	4.4	4.9	—	18
フェノール樹脂 Phenol resin 5% + Na-PCP 2%	Ph. 19–38–53 / P. 7.6–15.2–21.2	T	1.0	1.1	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.9	2.0	2.3	
		G	0.8	1.2	1.7	1.7	1.7	2.1	2.1	2.4	2.4	2.4	
		B	0.8	1.2	1.3	1.6	1.6	2.1	2.2	2.2	2.3	2.9	25

Note) Ph. : Phenol resin. P. : Na-PCP

る。このようにレジン率が高くなると効力が向上する傾向にあり，レジン単独でも長期の効力が期待できる。

次にレジン率を低くし，Na-PCP を併用したものについての耐用年数をみると，レジン率5% に Na-PCP 2.0% を添加したものは，25年である。またレジン率10% および5% に 0.4% の Na-PCP を添加したものの耐用年数は 19，18年でレジン率の差はほとんどみられない，しかし，フェノール樹脂単独でレジン率10% の 15年（Table 14）と比較すると両者とも長く，Na-PCP の効果が認められる。

このようにフェノール樹脂に Na-PCP の濃度が 0.2，0.4% という低いものを添加した場合には，耐用年数はわずかに延びるのみであるが，レジン率5% に使用濃度の2% を添加した場合は25年であり，Na-PCP 単独で同濃度のものは18年（Table 13），あるいはフェノール樹脂単独でレジン率10% の15年（Table 14）のものより大幅に延びている。これはフェノール樹脂が添加薬剤の流出を防ぎ，相乗効果が現れているものと思われる。しかし，現在 Na-PCP も環境汚染の問題から使用されず，その誘導体がわずかに使用されているのみであるため，これに代わるものを開発し，合成樹脂と併用することにより，効果的な新しい防腐剤の開発も可能になると考えられる。

Table 16. すでに明らかになったほう素化合物，ZMA，CZC 処理杭の耐用年数
Service life of the stakes impregnated with boron compound, zinc-meta-arsenate and chromated zinc chloride at ground line.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solutlon	吸収量 Reten-tion kg/m³	耐用年数 Service life (years)	防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Reten-tion kg/m³	耐用年数 Service life (years)
ほう素化合物 Boron compound 2%	5.51 ~ 7.07 ~ 7.97	4	Zinc-meta-arsenate (ZMA) 0.4%	1.27 ~ 2.23 ~ 2.64	12
〃 0.4%	1.74 ~ 2.52 ~ 3.25	4	Chromated zinc chloride (CZC) 0.4%	0.90 ~ 1.43 ~ 1.62	14
Zinc-meta-arsenate (ZMA) 2%	6.46 ~ 7.17 ~ 7.99	15			

Table 17. CZC 処理杭の平均被害度
Average grade of damage on each position of the stakes treated with chromated zinc chloride.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solutlon	吸収量 Retention kg/m³	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years 19	20	21	22	23	24	25	26	27	耐用年数 Service life (years)
Chromated zinc chloride (CZC) 2%	6.95 ~ 7.68 ~ 8.38	T	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	10
		G	1.5	2.4	3.3	4.1	4.3	4.3	4.5	4.7	5.0	20
		B	1.0	2.4	3.3	4.0	4.2	4.2	4.2	4.5	5.0	20

5-1-9. ほう素化合物，ZMA，CZC 処理杭の平均被害度

ほう素化合物はほう酸とほう砂の混合物，ZMA は酸化亜鉛と五酸化ひ素との混合物，CZC は塩化亜鉛と重クロム酸カリウムの混合物で，ほう素化合物は防虫剤として，他は防腐剤として使用されているものである。これらの薬剤で処理された杭のうちで，前回の報告までに耐用年数が明らかになったものは Table 16 に，明らかにならなかったものを Table 17 に示す。

これらの化合物の耐用年数を Table 16 でみるとほう素化合物は耐水性が低く 2.0% でもスギ心材と同じ4年（Table 22）であり，ZMA は 2.0% が 15 年，0.4% が 12 年で濃度の高低による差は少なく，CZC の 0.4%（14 年）とほぼ同様である。また，Table 17 に CZC 2% の耐用年数を示しているがこれを見ると地際（G），地中部（B）における効力持続性はよいが，地上部（T）は著しく低い。これは銅化合物の低濃度と同じ傾向であり，亜鉛化合物も銅化合物と同様に腐朽型によって効力が変化するものと考えられる。

5-1-10. 防火剤処理杭の平均被害度

防火剤で処理し，前回の報告[2] までに耐用年数が明らかになったものは Table 18 に，明らかでないものの被害度を Table 19 に示す。

Table 18. すでに明らかになった防火剤処理杭の耐用年数
Service life of the stakes impregnated with fire retardant at ground line.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solutlon	吸収量 Retention kg/m³	耐用年数 Service life (years)	防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solutlon	吸収量 Retention kg/m³	耐用年数 Service life (years)
防火薬剤R Fire retardant R 15%	45 ~ 87 ~ 110	4	防火薬剤M Fire retardant M 3%	16 ~ 20 ~ 21	5
〃 3%	10 ~ 18 ~ 21	6	防火薬剤P Fire retardant P 3%	14 ~ 21 ~ 25	12
防火薬剤M Fire retardant M 15%	93 ~ 108 ~ 123	5			

Table 19. 防火剤処理杭の平均被害度
Average grade of damage on each position of the stakes treated with fire retardants.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years							耐用年数 Service life (years)
			14	15	16	17	18	19	20	
防火薬剤P Fire retardant P 15%	46 ~ 94 ~ 129	T	1.4	1.4	2.1	3.0	3.0	3.0	3.0	16
		G	1.2	1.9	2.6	3.8	4.4	4.8	5.0	16
		B	1.2	1.9	2.1	3.0	4.0	4.9	5.0	16

Table 20. すでに明らかになった塗布用薬剤処理杭の耐用年数

Service life of the stakes treated with the preservatives for brushing at ground line.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solutlon	吸収量 Reten-tion kg/m^3	耐用年数 Service life (years)	防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Reten-tion kg/m^3	耐用年数 Service life (years)
PCP 2% in kerosene	34 47 85	7	サトコート* Satocoat (TBTO)	10 17 26	6

Note* : 商品名 Commercial name

Table 21. 塗布用薬剤処理杭の平均被害度

Average grade of damage on each position of the stakes treated with the preservatives for brushing.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solutlon	吸収量 Reten-tion kg/m^3	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years										耐用年数 Service life (years)
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
アリアンチ* Arianti (PCP)	31	T	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	2.8	3.3	3.3	—	14
	47	G	1.5	2.5	2.6	2.6	3.4	3.7	4.2	4.8	4.9	—	9
	55	B	0.9	2.4	2.4	2.5	3.0	3.4	4.0	4.4	4.7	—	11
アリノン* Arinone (PCP)	24	T	0.8	1.1	1.4	1.4	3.0	3.3	4.0	4.6	5.0	—	12
	33	G	1.8	2.3	3.2	4.2	4.3	4.6	4.6	4.9	5.0	—	9
	38	B	1.6	2.3	3.3	4.0	4.3	4.4	4.5	4.8	5.0	—	9
アリサニタ* Arisanita (TBTO)	22	T	0.8	0.9	0.9	0.9	2.0	2.6	3.4	4.2	4.5	—	13
	41	G	0.3	0.4	2.0	3.4	3.5	4.5	4.7	4.7	4.9	—	10
	67	B	0	0	0.3	1.3	2.6	3.1	3.8	3.9	4.7	—	12
PCP 2% in camellia oil (50%) and kerosene (50%)	26	T	1.0	1.0	1.1	1.2	1.6	2.0	2.6	4.4	4.6	—	14
	32	G	1.4	2.6	3.3	4.0	4.7	4.7	4.7	5.0	5.0	—	9
	42	B	1.6	2.8	3.0	3.9	4.6	4.7	4.7	5.0	5.0	—	9
ウッドエースN* Wood-ace (PCP)	31	T	1.1	1.3	1.5	1.7	1.7	2.1	2.1	3.7	4.1	—	14
	55	G	1.6	1.8	2.5	3.5	4.1	4.6	4.8	4.9	4.9	—	10
	72	B	1.1	1.3	1.5	2.0	2.9	3.6	4.1	4.6	4.7	—	12
キシラモン BN* Xylamon (PCP chloro-naphthalene)	21	T	0.9	1.0	2.0	2.0	3.0	3.5	—	—	—	—	11
	30	G	2.6	2.8	4.1	4.5	5.0	5.0	—	—	—	—	8
	51	B	2.1	2.7	4.2	4.3	5.0	5.0	—	—	—	—	9
キシラモン TR* Xylamon (PCP chloro-naphthalene)	24	T	0.4	0.4	0.4	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	
	35	G	0	0.1	0.1	0.6	0.6	0.6	1.6	2.0	2.7	2.7	16
	49	B	0	0	0	0.2	0.4	0.6	0.9	1.4	2.1	2.4	
クレオソート油 Creosote oil	27	T	0.7	0.7	0.7	1.2	1.3	1.4	1.7	1.9	2.4		
	33	G	0.2	0.4	1.0	1.8	2.6	3.0	3.4	3.5	4.1		12
	38	B	0.2	0.3	0.6	0.9	1.0	1.5	2.2	2.4	3.6		15

Note) * : 商品名 Commercial name

Table 22.　スギ無処理辺心材の耐用年数
Service life of the stakes untreated heartwood and sapwood of SUGI.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solutlon	吸収量 Reten-tion kg/m³	耐用年数 Service life (years)	防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Reten-tion kg/m³	耐用年数 Service life (years)
スギ心材 SUGI heartwood (untreated)	—	4	スギ辺材 SUGI sapwood (untreated)	—	3

防火剤 P の成分中には塩化亜鉛と重クロム酸ナトリウムが含まれているため前述の CZC の配合に近く，かなりの防腐効果を示し，濃度 15% の耐用年数が 16 年である。

5-2.　**塗布用薬剤処理杭の平均被害度**

各種塗布用薬剤で処理し，前回の報告[2] までに耐用年数が明らかになったものは Table 20 に，明らかにならなかったものは Table 21 に示す。

PCP を主成分とした薬剤で処理した杭の耐用年数はキシラモン TR は未定であるがその他は 8～10 年である。また，キシラモン BN と TR の主成分がほぼ同じであるのに TR の耐用年数は 16 年と長くなっている。これは，5-1-2 で述べた理由と同じことから TR の溶媒が黒褐色系で高沸点のものを使用しているためと考えられる。TBTOを主成分としたアリサニタはかなり高い防腐効果を示し，その耐用年数は TBTO 単独の 0.2% 加圧処理杭（Table 10）と同じ 10 年である。

塗布用薬剤で処理した杭の被害傾向として各部位とも薬剤濃度が効力限界に達すると腐朽が急速に進行する。これは，塗布という処理方法なので腐朽処理層が薄いためであろう。

ここで特に注目すべきことは，塗布処理を行う前の杭を十分に乾燥して，薬液を塗布したことである。そのようにすれば，暴露中に新たに発生する干割れはほとんどなく，塗布処理という薄い防腐層であっても，新たに無処理面が暴露されることがないため，予想外の耐用年数を示したことである。それ故にたとえ加圧処理であっても処理前の乾燥を十分に行わなければ，効果はあまり期待できないということになる。

6.　筑波ばくろ試験場で追加試験した各種薬剤による加圧処理杭の調査結果

昭和 53 年 3 月，当場が現在地に移転の際，農林研究団地の 7 号地域内に設けられた当場第 2 樹木園のばくろ試験場に薬剤処理杭を浅川実験林苗畑の杭試験と同じように土に設置し，追加薬剤の効力評価を行っている。試験地の気象状況は Table 23 に示すとおりである。

6-1.　**供試薬剤と処理液濃度**

試験材はスギおよびブナの辺材の 3×3×60 cm で 1 条件 10 本とし，使用した薬剤は次のとおりで銅，クロム，ひ素の化合物単独のもの以外は一般的に使用されている濃度を最高にし，1/5，1/10，1/20 等に希釈した。また，処理方法および設置方法は浅川実験林苗畑に設置したときと杭と杭の間隔が多少異なるだけでそのほかは同じで，設置後 8 年経過した杭の調査結果である。

使用した薬剤と処理液濃度を Table 24 に示す。

Table 23.　第2樹木園ばくろ試験場の地表
および地中の平均温度（1982～1985年）
Average temperature (℃) of ground line and under 30 cm from ground line in TSUKUBA field.

位置 Position ＼ 月 month		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
地表 Ground line	最高 max.	9.4	12.3	14.6	21.9	27.0	28.6	32.8	33.4	30.2	25.1	20.5	13.2
	最低 min.	1.0	1.5	2.3	6.9	14.1	17.0	20.0	24.3	18.9	8.8	6.3	1.6
地中 under 30 cm from ground line	最高 max.	7.9	7.0	8.5	13.5	18.6	20.9	24.3	26.5	24.0	20.2	18.0	12.2
	最低 min.	5.3	5.9	5.8	9.2	13.7	17.5	20.0	24.1	22.0	17.9	13.4	7.9

6-2. 被害調査結果

被害調査結果を Table 25, 26 に示す。この結果から水溶性薬剤の効力をみると，各薬剤の使用濃度以外の濃度では効力が低く，使用濃度でも銅，クロム，ひ素の化合物単独のものをのぞき，スギではヤマニット T 2年，ブナではウォールマニット CB 6年，ベルサイダー 4年，ヤマニット T 1年，オスモタイト 3年で長期の効力持続は期待できない。これは，薬剤が水溶性であるため薬剤の材中における定着性の良否によるものと考えられる。また，銅，クロム，ひ素の化合物単独で処理したスギ，ブナの被害度をみると，三者とも耐用年数は数年であることが明らかになり，あまり効力持続性がよくない。しかし，これらを主成分とした CCA 1号，ボリデン K 33 (CCA 2号）の場合，まだ杭は健全で使用濃度の 2.0% では耐用年数は求められていない。これは，クロムが銅，ひ素の定着剤としての役割を果し，銅はクロム酸銅に，ひ素はひ酸クロムなどの水不溶性化合物を形成するといわれており[7]，流脱が少なくなるからと考えられる。この点については定量分析を実施し検討中である。

油性薬剤で処理したスギの被害を見ると，使用濃度で耐用年数が明らかになっているのは有機塩素系の PCMX の 4年のみで他は未定である。しかし，他の薬剤でも低濃度のものはほとんど耐用年数が明らかになっている。また，ナフテン酸銅とナフテン酸亜鉛を比較してみると後者の腐朽進行が著しく早い。ブナの被害は，クレオソート油の原液，ナフテン酸銅の 1% 以外は全部耐用年数が明らかになっている。

6-3. スギおよびブナ処理材の比較

当研究室では薬剤の効力を評価する場合，処理された材料の効力ではなく薬剤の効力に主眼をおいてスギ辺材に処理しておこなってきた。また，室内試験法である JIS A 9302「木材防腐剤の防腐効力試験方法」においても試験用樹種はスギ辺材を用いている。今回の追加試験にあたり，樹種により薬剤の効力が異なるかどうか確認するために，スギ辺材に加えてブナを用いて行なった。このブナ処理材の結果は Table 25, 26 にみられるようにすべての薬剤，各濃度においてスギ処理材に比較してブナ処理材の腐朽は早く，耐用年数が短かい結果となった。この傾向は既報[1]の室内の防腐効力試験結果においてもみられ，また，当研究室で実施している IRG (International Research Group on Wood Preservation) との共同研究における CCA 処理材の同じような接地試験[8]でもブナ，あるいはヨーロッパカバの処理材は

Table 24. 供試薬剤と処理濃度
List of preservatives and their concentration.

薬剤名 Preservatives	主成分 Principal component	タイプ Type	処理液濃度 (%) Conc. of treating solution
CCA1-A	Cu, Cr, As	W	2.0, 0.4, 0.1
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Cu として as Cu**	〃	0.17
$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$	Cr 〃 as Cr**	〃	1.0, 0.39
H_3AsO_4	As 〃 as As**	〃	0.3, 0.13
ボリデンK 33* Boliden	Cu, Cr, As	〃	2.0, 0.4, 0.1
バシリット C.F.K.* Basilit	Cu, F, Cr	〃	2.0, 0.4, 0.1
オスモース—E1* Osmose	Cu, Zn, F	〃	2.0, 1.0
ウォールマニット CB* Wolmanit	Cu, B	〃	2.0, 0.4, 0.1
オスモタイト* Osmotite	Cu, B, F	〃	4.0
ベルサイダー Na* Vercider	4-bromo-2, 5-dichloro-phenol	〃	2.0, 0.4
ヤマニット T* Yamanit	2・4・6 TCP-Na	W	2.0, 0.4
Na-TBP	Na-Tribromophenol	〃	2.0, 1.0
ペンタキュア M* Pentacua	Mercaptobenzothiazole	〃	2.0
クレオソート油 Creosote oil		O	原液 Stock solution
ナフテン酸銅 Cu-Naphthenate	Cu として as Cu	〃	1.0, 0.2, 0.04, 0.02
ナフテン酸亜鉛 Zn-Naphthenate	Zn として as Zn	〃	1.0, 0.2, 0.04, 0.02
アリノン* Arinon	PCP-laurate	〃	4.0, 0.8, 0.2
パーメスリン Permethrin	Permethrin	〃	0.2, 0.1, 0.05
ブチノックス* Butinox	8-オキシキノリノール銅 Copper 8-oxyquinolilate	〃	1.2, 0.3
PCMX	P-chloro-methaxylenol	〃	4.0, 0.2

Note) **: Cu, Cr, As 化合物の単体処理は CCA 中の構成成分と同一化合物である混合物の溶脱および効果を調査するため，実験に使用した CCA 濃度の構成成分濃度と同一とした

In the case of each treatment of the copper, the chrome or the arsenic compound, the concentration of each compound was prepared the same concentration of each component part of the examined CCA, in the reasons of determining the differences of the leachability.

W：水溶性 water soluble

O：油 性 oil soluble

*：商品名 Commercial name

Table 25.　水溶性薬剤で加圧処理した杭の平均被害度

Sevice life and variation of average of damage in impregnated stakes with water born type preservatives.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Reten-tion kg/m^3	樹種 Species	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years 1	2	3	4	5	6	7	8	耐用年数 Service life (years)
重クロム酸ナトリウム	53	スギ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Cr として1%)	6.6	Sugi	G	0.1	0.9	1.5	2.9	3.3	3.5	4.1	4.4	4
	7.7		B	0.1	0.1	0.4	2.8	3.1	3.5	4.0	4.2	4
〃	2.4		T	0	0.1	0.2	0.8	1.0	1.2	2.2	3.8	7
(〃 0.39%)	2.7	〃	G	0.1	2.2	3.5	4.8	4.8	4.9	5.0	5.0	2
	3.0		B	0.2	2.2	3.9	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	2
〃	5.7	ブナ	T	0	0	0	0	0.3	0.7	2.6	2.9	7
(〃 1.0%)	6.3	Buna	G	0	1.1	2.0	2.9	3.5	3.5	4.0	4.0	4
	6.7		B	0	0.5	1.5	1.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4
〃	2.4		T	0	0	0.5	2.2	3.7	3.7	4.2	5.0	4
(〃 0.39%)	2.5	〃	G	0.6	2.7	3.9	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	2
	2.6		B	0.6	4.1	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
ひ酸	1.8	スギ	T	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	
(As として0.3%)	2.1	Sugi	G	0	2.5	3.6	4.5	4.6	4.6	4.7	4.9	2
	2.2		B	0	2.4	3.9	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0	2
〃	0.7		T	0.1	0.1	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	2.2	
(〃 0.13%)	0.9	〃	G	0.1	3.4	4.6	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	2
	1.0		B	0.2	4.4	4.5	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	1
〃	1.8	ブナ	T	0.3	0.3	0.4	0.8	1.4	1.4	1.7	3.8	7
(〃 0.3%)	1.9	Buna	G	0.9	2.2	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2
	2.0		B	1.7	4.1	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
〃	0.8		T	0	0.6	0.9	2.2	2.2	2.5	2.8	3.3	6
(〃 0.13%)	0.8	〃	G	3.4	4.3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
	0.9		B	3.0	4.6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
硫酸銅	1.1	スギ	T	0	0	0.3	0.3	0.3	0.9	1.3	1.8	
(Cu として0.17%)	1.2	Sugi	G	0	0.3	0.8	0.9	1.1	1.2	2.0	2.4	
	1.2		B	0	0.3	0.5	0.6	0.8	0.8	1.4	2.5	8
〃	1.0	ブナ	T	0	0.4	0.8	0.9	0.9	0.9	1.1	1.5	
(〃 0.17%)	1.0	Buna	G	0.8	0.9	1.1	1.1	1.5	1.6	2.1	2.5	8
	1.1		B	0.2	0.5	0.9	1.3	2.0	2.1	2.8	3.1	7
CCA 1号(JIS	8.2	スギ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
K 1554 Type-1)	12.8	Sugi	G	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.0%	14.9		B	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
〃	2.1		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.4%	2.7	〃	G	0	0	0	1.4	1.8	2.2	2.7	2.9	7
	3.0		B	0	0	0	0.4	0.4	0.9	1.4	1.6	

Table 25 (つづき) (continued)

防腐剤名と処理液濃度 Preservaties and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	樹種 Species	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years 1	2	3	4	5	6	7	8	耐用年数 Service life (years)
〃	0.5		T	0	0	0	0	0.4	0.4	1.3	2.9	8
0.1%	0.6	〃	G	0.2	1.1	2.4	3.8	4.1	4.2	4.5	4.7	3
	0.7		B	0.1	1.1	2.6	4.1	4.2	4.5	4.6	4.9	3
〃	11.8	ブナ	T	0	0	0	0	0	0	0.4	0.4	
2.0%	12.7	Buna	G	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0.3	
	13.7		B	0	0	0	0	0	0	0.9	0.9	
〃	2.3		T	0	0.6	—	—	—	—	—	—	
0.4%	2.5	〃	G	0.5	4.9	—	—	—	—	—	—	1
	2.6		B	0	5.0	—	—	—	—	—	—	1
〃	0.6		T	0.5	0.5	1.0	3.2	3.6	3.8	4.2	4.8	4
0.1%	0.6	〃	G	0.9	2.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2
	0.6		B	0.8	4.3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
バシリット* Basilit C.F.K	12.5	スギ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.0%	14.4	Sugi	G	0	0	0	0	0	0	0	0.1	
	15.6		B	0	0	0	0	0	0	0	0	
〃	2.2		T	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	
0.4%	2.8	〃	G	0	0.5	1.8	2.6	3.0	4.4	4.4	4.4	4
	3.0		B	0	0.3	0.9	1.8	2.8	4.2	4.3	4.3	5
〃	0.6		T	0	0	0	0.1	0.1	0.3	2.0	3.1	7
0.1%	0.7	〃	G	0.1	1.9	3.8	4.2	4.5	4.8	4.8	4.8	2
	0.7		B	0.1	1.6	3.8	4.2	4.7	4.8	4.8	4.8	2
〃	12.1	ブナ	T	0	0.1	0.1	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	
2.0%	12.7	Buna	G	0	0.1	0.4	0.9	1.6	1.7	1.8	2.2	
	13.6		B	0	0	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.5	
〃	2.3		T	0	1.6	2.0	2.4	2.4	2.7	3.8	4.2	5
0.4%	2.5	〃	G	1.1	4.4	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
	2.7		B	1.0	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
〃	0.6		T	0.2	1.0	—	—	—	—	—	—	
0.1%	0.6	〃	G	1.6	5.0	—	—	—	—	—	—	1
	0.7		B	0.8	5.0	—	—	—	—	—	—	
ウォールマニット* Wolmanit C.B	10.5	スギ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.0%	14.7	Sugi	G	0	0	0	0	0	0	0.4	0.4	
	15.9		B	0	0	0	0	0	0	0	0	
〃	2.6		T	0	0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	1.1	
0.4%	2.8	〃	G	0	0	1.2	1.9	2.6	2.8	3.5	3.8	5
	3.0		B	0	0	0.7	1.6	2.8	3.1	3.4	3.6	5
〃	0.6		T	0	0	0.1	0.1	0.9	2.2	2.9	3.8	6
0.1%	0.7	〃	G	0	0.6	0.9	2.1	3.3	3.4	4.1	4.2	4
	0.8		B	0	0.8	1.2	2.3	3.5	3.6	4.2	4.2	4

Table 25. （つづき） (continued)

防腐剤名と処理液濃度 Preservaties and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m³	樹種 Species	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years 1	2	3	4	5	6	7	8	耐用年数 Service life (years)
〃	11.9	ブナ	T	0	0.3	0.9	1.7	1.8	1.9	2.2	2.3	
2.0%	12.6	Buna	G	0	0.6	0.9	1.3	1.4	2.1	2.8	3.3	7
	13.6		B	0	0.9	1.3	1.9	2.0	2.8	3.3	3.7	6
〃	2.4		T	0.1	0.1	0.8	3.2	3.2	3.7	4.1	4.4	4
0.4%	2.5	〃	G	0.4	2.8	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2
	2.7		B	0.1	2.8	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2
〃	0.6		T	0.1	0.8	1.2	3.5	3.8	4.6	4.7	—	4
0.1%	0.6	〃	G	1.5	2.9	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	—	2
	0.7		B	1.7	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	—	1
ベルサイダー* Vercider	8.3	スギ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.0%	11.9	Sugi	G	0	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.6	1.1	
	14.7		B	0	0	0.1	0.7	0.7	1.3	1.3	1.8	
〃	1.4		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.4%	2.2	〃	G	0.1	0.4	0.8	2.0	2.2	3.5	3.5	3.9	5
	2.8		B	0	0.2	0.7	2.2	3.1	4.4	4.5	4.6	4
〃	9.9	ブナ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.0%	12.4	Buna	G	0.2	0.5	1.7	2.8	2.8	2.9	3.5	4.0	4
	13.3		B	0	0.2	1.6	2.9	3.0	3.4	3.6	4.3	4
〃	2.1		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.4%	2.4	〃	G	1.3	3.6	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2
	2.7		B	0.5	3.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2
ヤマニット* Yamanit T	7.1	スギ	T	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	
2.0%	12.3	Sugi	G	0.3	1.3	2.8	3.4	3.7	4.3	4.6	4.7	3
	15.9		B	0.5	1.8	3.7	4.2	4.8	4.9	4.9	4.9	2
〃	11.4	ブナ	T	0	0	0.3	0.7	0.7	0.7	1.8	2.1	
2.0%	12.3	Buna	G	1.3	2.6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2
	13.2		B	1.5	4.4	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
オスモタイト* Osmotite	16.4	スギ	T	0	0	0	0	0	0	0.2	0.6	
4.0%	26.0	Sugi	G	0	0.1	0.3	0.7	1.1	1.7	1.8	2.0	
	30.4		B	0	0.1	0.1	0.5	0.7	1.2	1.2	1.5	
〃	22.7	ブナ	T	0	0.1	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	2.7	8
4.0%	24.1	Buna	G	0.7	1.6	3.2	4.0	4.1	4.2	4.4	4.6	3
	26.2		B	0.2	1.1	2.9	3.6	5.0	5.0	5.0	5.0	3
ボリデン K33 Boliden K33(JIS K 1554)	10.9	スギ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
Type-2)	14.0	Sugi	G	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.0%	15.5		B	0	0	0	0	0	0	0	0	
〃	2.1		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.4%	2.6	〃	G	0	0	0	0.1	0.1	0.4	0.5	1.3	
	3.1		B	0	0	0	0.1	0.2	0.4	0.5	0.7	

Table 25 (つづき) (continued)

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m^3	樹 種 Species	杭の位置 Position of stakes	経 過 年 数 Service years								耐用年数 Service life (years)
				1	2	3	4	5	6	7	8	
〃	0.6	スギ	T	0	0	0	0.2	0.5	0.8	1.1	3.0	8
0.1%	0.7	Sugi	G	0	0	1.1	3.7	4.6	4.6	4.6	4.9	4
	0.7		B	0	0	1.4	3.6	4.6	4.6	4.6	4.7	4
〃	12.2	ブナ	T	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	
2.0%	12.7	Buna	G	0	0	0	0	0	0	0.6	0.6	
	13.6		B	0	0	0	0	0.3	0.7	0.7	0.7	
〃	2.2		T	· 0	0	—	—	—	—	—	—	
0.4%	2.5	〃	G	1.3	4.6	—	—	—	—	—	—	1
	2.7		B	1.0	5.0	—	—	—	—	—	—	1
〃	0.6		T	0	0.1	—	—	—	—	—	—	
0.1%	0.6	〃	G	1.5	5.0	—	—	—	—	—	—	1
	0.8		B	0.2	5.0	—	—	—	—	—	—	1
オスモース* Osmose E1	11.2	スギ	T	0	0	0	0	0	0			
	14.6	Sugi	G	0	0	0.2	0.3	0.3	1.0			
2.0%	16.2		B	0	0	0	0	0.1	0.1			
〃	7.2		T	0	0	0	0	0	0.1			
1.0%	7.6	〃	G	0	0	0	0	0	0.6			
	8.1		B	0	0	0	0	0	0.7			
ペンタキュア* Pentacua M	12.5		T	0	0	0	0	0	0.3			
	14.7	〃	G	0	0	0.1	0.2	0.3	0.4			
2.0%	16.1		B	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6			
Na-T.B.P**	1.4	スギ	T	0	0	0	0.2	0.2	0.5	—	—	
2.0%	11.1	Sugi	G	0	0.2	1.5	2.1	2.6	2.7	—	—	5
	15.6		B	0	0.1	0.5	1.9	2.9	3.1	—	—	5
無 処 理		スギ	T	0.2	0.4	0.7	0.7	2.8	3.5	5.0	5.0	5
sapwood		Sugi	G	0.4	0.9	2.1	3.5	3.8	4.5	4.8	4.9	3
(untreated)			B	0	1.4	2.7	3.7	4.3	4.8	4.9	4.9	3
無 処 理		ブナ	T	0.3	1.1	1.5	2.0	3.0	5.0	—	—	4
sapwood		Buna	G	2.2	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	—	—	1
(untreated)			B	0.4	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	—	—	1

Note) * : 商品名 Commercial name

** : Tribromophenol の Na 塩

Table 26. 油性薬剤で加圧処理した杭の平均被害度
Service life and variation of average of damage in impregnated stakes with oil type preservatives.

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Reten-tion kg/m³	樹種 Species	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years								耐用年数 Service life (years)
				1	2	3	4	5	6	7	8	
ナフテン酸銅 Cu-Naphthenate	2.7	スギ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Cu として 1.0%)	4.5	Sugi	G	0	0	0	0	0	0	0	0	
	5.6		B	0	0	0	0	0	0	0	0	
〃	0.4		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
(〃 0.2%)	0.8	〃	G	0	0	0	0	0	0	0	0.3	
	1.1		B	0	0	0	0	0	0	0	0.1	
〃	0.1		T	0	0	0	0	0	0	0.8	2.0	
(〃 0.04%)	0.2	〃	G	0	0	0.7	2.3	3.7	4.3	4.5	4.7	4
	0.2		B	0	0	0.5	2.3	3.4	4.1	4.4	4.6	4
〃	0.1		T	0	0	0	0	0	0	0.2	0.6	
(〃 0.02%)	0.1	〃	G	0	0.3	2.2	2.9	3.5	4.0	4.0	4.1	3
	0.1		B	0	0.3	2.4	2.7	3.6	4.1	4.3	4.3	3
〃	0.3	ブナ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
(〃 1.0%)	3.5	Buna	G	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
	4.3		B	0	0	0.1	0.4	0.4	1.3	1.3	1.4	
〃	0.7		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
(〃 0.2%)	0.8	〃	G	0	0	0.2	0.9	1.8	2.0	2.7	3.7	7
	0.8		B	0	0	0.3	1.1	2.2	3.8	3.6	3.7	5
〃	0.1		T	0	0	0.3	0.9	0.9	0.9	1.0	4.5	7
(〃 0.04%)	0.2	〃	G	1.1	3.2	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2
	0.2		B	0.9	4.0	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2
〃	0.1		T	0	1.3	1.9	2.5	2.5	2.6	2.9	3.1	4
(〃 0.02%)	0.1	〃	G	2.9	4.1	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
	0.1		B	1.4	3.2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2
ナフテン酸亜鉛 Zn-Naphthenate	4.8	スギ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
(Zn として 1.0%)	5.6	Sugi	G	0	0	0	0	0.1	0.3	0.3	0.5	
	6.0		B	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.4	
〃	0.7		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
(〃 0.2%)	0.9	〃	B	0	0.1	0.6	1.1	1.6	1.8	2.4	2.4	
	1.1		G	0	0.1	0.3	0.9	2.1	2.3	3.3	3.3	6
〃	0.1		T	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.6	
(〃 0.04%)	0.2	〃	B	0.1	0.1	0.7	1.0	1.9	2.2	2.8	2.8	6
	0.2		G	0.1	0.1	0.6	1.2	2.0	2.6	2.7	3.9	6
〃	0.1		T	0	0	0	0	0.2	0.8	0.8	0.9	
(〃 0.02%)	0.1	〃	G	0	0.4	0.6	2.3	3.3	3.4	3.9	4.4	4
	0.1		B	0	0.3	1.0	2.5	3.2	3.4	4.4	4.6	4

Table 26. （つづき） (continued)

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Reten-tion kg/m^3	樹 種 Species	杭の位置 Potition of stakes	経過年数 Service years 1	2	3	4	5	6	7	8	耐用年数 Service life (years)
〃	3.4	ブナ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
(〃 1.0%)	3.9	Buna	G	0	0	0	0.3	0.5	1.0	1.0	1.2	
	4.3		B	0	0	0.7	1.6	2.1	2.2	2.8	3.0	6
〃	0.7		T	0	0	0.2	0.2	0.3	0.7	1.5	1.8	
(〃 0.2%)	0.8	〃	G	0.8	1.5	3.3	4.4	5.0	5.0	5.0	5.0	3
	0.9		B	0.2	2.3	3.4	4.3	5.0	5.0	5.0	5.0	2
〃	0.1		T	0.4	1.6	1.7	1.7	2.0	2.0	2.5	2.5	7
(〃 0.04%)	0.2	〃	G	1.9	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
	0.2		B	0.9	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
〃	0.1		T	0	1.1	—	—	—	—	—	—	
(〃 0.02%)	0.2	〃	G	2.4	5.0	—	—	—	—	—	—	1
	0.1		B	1.0	5.0	—	—	—	—	—	—	1
アリノン* Arinon	8.1	スギ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.0%	12.2	Sugi	G	0	0	0	0	1.2	1.2	1.3	1.3	
	16.4		B	0	0	0	0	0.5	0.6	1.0	1.0	
〃	1.6		T	0	0	0	0	0	0	0	0.4	
0.8%	3.5	〃	G	0	0	0	0.3	0.7	1.2	2.1	2.1	
	4.6		B	0	0	0	0.5	0.6	1.1	2.2	2.2	
〃	0.5		T	0	0	0	0	0	0	0.8	0.9	
0.2%	0.8	〃	G	0	0.2	0.3	0.5	1.8	1.8	2.5	2.7	7
	1.0		B	0	0	0	0.6	1.7	2.0	3.5	3.5	6
〃	14.5	ブナ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.0%	15.7	Buna	G	0	0	0	0.6	1.4	1.4	2.4	2.4	
	17.3		B	0	0	0	0.9	1.7	1.7	2.9	2.9	7
〃	2.7		T	0	0	0	0	0	0.5	2.5	2.5	7
0.8%	3.0	〃	G	0.4	1.9	3.1	4.6	5.0	5.0	5.0	5.0	2
	3.3		B	0	1.2	2.8	4.3	5.0	5.0	5.0	5.0	3
〃	0.7		T	0	0	0	0	1.0	2.0	3.0	3.0	6
0.2%	0.8	〃	G	0.5	4.1	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
	0.9		B	0	3.7	4.6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2
パーメスリン** Permethrin	0.6	スギ	T	0	0	0	0	0	0	0	0.1	
0.2%	0.9	Sugi	G	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1.1		B	0	0	0	0	0	0	0	0	
〃	0.3		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.1%	0.4	〃	G	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.6	
	0.6		B	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	
〃	0.1		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.05%	0.2	〃	G	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	
	0.3		B	0	0	0	0	0	0	0	0	

Table 26. （つづき） (continued)

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Reten-tion kg/m^3	樹 種 Species	杭の位置 Position of stakes	経過年数 Service years 1	2	3	4	5	6	7	8	耐用年数 Service life (years)
〃	0.7	ブ ナ	T	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	
0.2%	0.8	Buna	G	0	0	0	0	0	0	0.6	0.6	
	0.9		B	0	0	0	0.1	0.2	1.4	4.4	4.4	6
〃	0.3		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.1%	0.4	〃	G	0	0	0	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	3
	0.4		B	0	0	0	3.8	4.1	4.1	4.1	4.1	3
〃	0.2		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.05%	0.2	〃	G	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	
	0.2		B	0	0	0	0.9	2.0	2.0	3.7	3.7	6
ブチノックス*	1.9	ス ギ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
Butinox	3.6	Sugi	G	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.2%	5.8		B	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1.1		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.6%	2.3	〃	G	0	0	0	0	0	0	0	0.2	
	3.2		B	0	0	0	0	0	0	0	0.2	
〃	0.8		T	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.3%	1.2	〃	G	0	0	0.2	1.4	2.5	3.1	3.3	3.4	5
	1.7		B	0	0	0.2	1.2	2.2	3.2	3.4	3.6	5
〃	3.9	ブ ナ	T	0	0	0	0	0	0.2	0.7	0.7	
1.2%	4.4	Buna	G	0	0.1	1.0	2.5	3.2	3.3	4.2	4.6	4
	5.0		B	0	0	0.8	1.4	2.8	3.4	4.2	4.3	5
〃	2.1		T	0	0	0	0	1.0	1.0	2.0	2.0	
0.6%	2.4	〃	G	0	1.4	2.6	4.2	5.0	5.0	5.0	5.0	3
	2.5		B	0	0.5	1.8	3.8	5.0	5.0	5.0	5.0	3
〃	1.1		T	0	0.7	1.1	1.1	1.2	1.2	2.6	2.6	7
0.3%	1.2	〃	G	0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
	1.3		B	0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1
PCMX	3.4	ス ギ	T	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.4	2.7	3.7	6
4.0%	6.3	Sugi	G	0	0.4	1.6	2.7	3.5	3.6	4.3	4.3	4
	8.2		B	0.1	0.3	1.8	2.4	3.9	4.0	4.8	4.8	4
〃	3.1		T	0	0	0	0	0.2	1.4	1.9	2.2	
2.0%	6.5	〃	G	0	0	0.6	1.1	2.2	2.3	3.6	3.6	6
	8.9		B	0	0	0.7	1.5	3.1	3.2	4.0	4.0	5
〃	7.1	ブ ナ	T	0	0	0	2.1	3.9	4.1	5.0	—	4
4.0%	7.7	Buna	G	0.5	3.3	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	—	2
	8.9		B	0.6	4.3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	—	1
〃	6.4		T	0	0.4	0.7	2.0	2.7	2.7	5.0	5.0	5
2.0%	7.0	〃	G	1.2	3.9	4.7	4.8	4.9	4.9	4.9	5.0	2
	7.7		B	0.4	3.6	4.6	4.9	4.9	4.9	4.9	5.0	2

Table 26.（つづき）（continued）

防腐剤名と処理液濃度 Preservatives and conc. of treating solution	吸収量 Retention kg/m^3	樹 種 Species	杭の位置 Position of stakes	経 過 年 数 Service years								耐用年数 Service life (years)
				1	2	3	4	5	6	7	8	
クレオソート油 Creosote oil 原 液	326	ス ギ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
	493	Sugi	G	0	0	0	0	0	0	0	0	
	646		B	0	0	0	0	0	0	0	0	
〃	516	ブ ナ	T	0	0	0	0	0	0	0	0	
〃	522	Buna	G	0	0	0	0	0	0	0	0	
	563		B	0	0	0	0	0	0	1.4	1.4	

Note）＊：商品名 Commercial name
＊＊：パーメスリンに対してナフテン酸銅を 10% 添加
included 10% copper naphthenate in permethrin

スギ，アカマツ処理材より腐朽の進行はかなり早いという同じ結果をえている。

これらの結果から同一薬剤で処理してもその樹種によって耐用年数が異なることが明らかである。このことは吸収量の差というよりは，針葉樹，広葉樹との組織構造，および構成要素の差のための薬剤の材内における分布また各構成細胞内における薬剤の存在位置などの違いと菌の種類による菌糸の侵入経路など，多くの因子の総合された影響と考えられ，このことについては今後検討する必要がある。

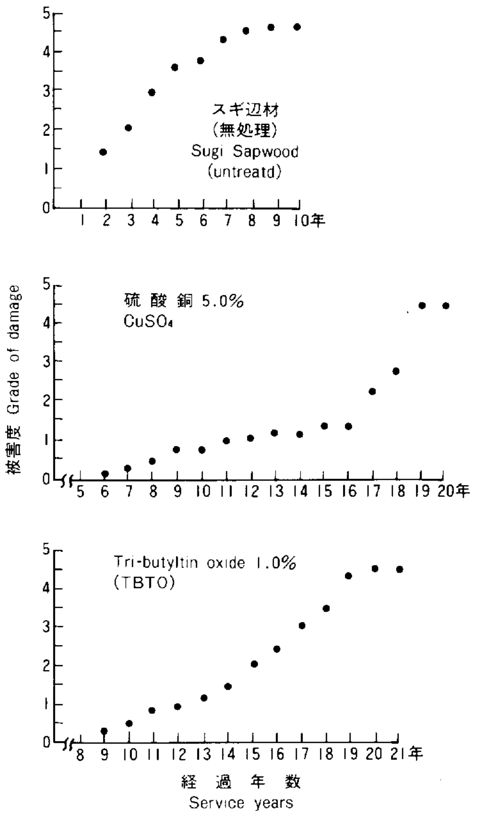

Fig. 1. 経過年数と被害度
Grade of damage during service years

7. 処理杭の腐朽経過

木材の腐朽経過は薬剤で処理しない素材の場合，耐朽性のある樹種ほど設置から腐朽開始までの遅れがあり，腐朽しはじめてからもその速度は遅い傾向にある。今回は薬剤で処理した木材の場合，どのような傾向を示すか検討した。

素材の場合と同様に代表的な処理材の地際部（G）と地中部（B）の経過年数ごとの平均被害度を算出し，プロットしたものを Fig. 1 に示す。

硫酸銅の場合，Fig. 1 にみられるように腐朽初期はじょじょに腐朽が進むが，ある時点で急激に進行する。1.0%，0.4% の低濃度においても急激な腐朽の進行の時点が早まるだけでこの傾向は同じである。これに比較して TBTO

の場合は腐朽開始とともにほぼ同じ早さで腐朽が進行する。この二つの傾向は水溶性薬剤は前者に，油性防腐剤は後者の型に属するものが多くみられた。

以上のように耐用年数は腐朽開始の遅速，および腐朽開始後の腐朽速度によって左右される。そして素材の場合は耐用年数の長い樹種は腐朽開始時期が遅く，その後の腐朽速度も遅いが，処理材の場合は腐朽開始の遅い薬剤でもその後の腐朽速度が遅いとは限らず，薬剤の性質によって異なる。したがって腐朽時期を遅らせるとともにその後の腐朽速度も遅らせるような薬剤が耐用年数をさらに延伸させるために好ましいといえる。

8.　四国支場に設置した防腐処理杭の強度変化

林業試験場四国支場に CCA（JIS K 1554）1号の 4.0% 液，およびクレオソート油原液でスギ，アカマツ，エゾマツの杭（辺材）を2回塗布処理したもの，また，CCA 1号の 2.0% 液を加圧注入（平均注入量約 274 kg/m^3）したベイツガの杭をコンクリート造りの屋上，腐殖土，および砂地に設置し，縦圧縮の強度変化について検討をした。試験地の気象条件は Table 27 のとおりである。

供試材の形状はスギは 3×3×60 cm，他は 5×5×60 cm である。設置方法は腐殖土と砂地の場合は長さの 1/2 を地中に埋没した。屋上の場合は非接地として Fig. 2 のような架台を作り，供試杭の長さ方向の 1/2 のところに直径 10 mm の孔をあけボルトで固定し，下部の木口は「コ」の字形のうけを作り，雨水の水分保持を良くし，厳しい環境になるよう配慮した。

強度試験はアムスラー型材料試験機を使用し，腐朽の進行状態をみて薬剤および樹種ごとにおのおの3本を隔年に抜きとり，それを強度試験に供した。しかし，無処理材の6年経過後のもの（屋上のスギは7年）については各設置条件とも腐朽がひどく，強度試験を中止した。試験片の採取方法は設置前に各杭の両端から1個づつとり，これを室内に放置し，処理杭の強度試験と同時に含水率調整を行いそれを対照材とした。設置杭からの採取はスギは地上（または上部），地中（または下部）からおのおの3個づつ，他

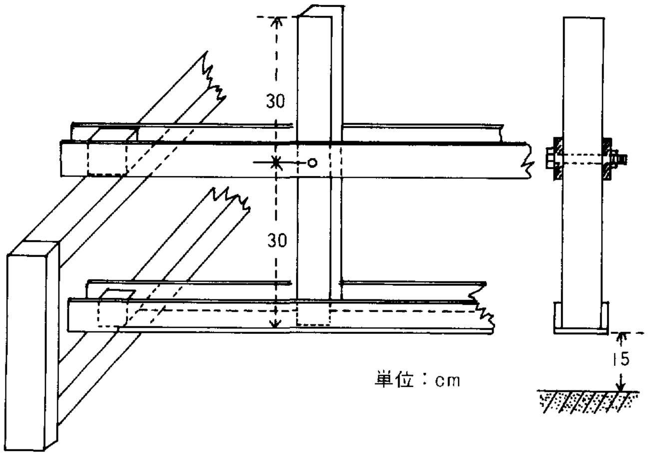

Fig. 2.　非接地におけるばくろ試験架台
Stand for field test without ground contact.

Table 27. 四国支場の気象状況（1969～1973）
The weather at SHIKOKU Branch.

		月 Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
気　温（℃）* Average atmospheric temperature		月平均 Mean	6.7	7.7	8.8	14.4	18.2	21.2	26.1	26.9	24.2	17.8	12.0	6.8
		最　高 Max.	11.8	12.6	13.9	19.1	23.0	24.9	29.6	30.8	28.1	22.6	17.3	12.5
		最　低 Min.	1.6	2.7	3.6	9.7	13.3	17.4	22.5	22.9	20.3	13.0	6.6	1.1
湿　度（%） Relative humidity			65	63	64	70	72	81	82	81	76	72	66	65
全降水量（mm） Total rainfall			108.0	108.0	90.3	238.8	295.0	403.5	268.8	309.2	306.3	164.6	109.6	73.2
地中温度** Temperature under the ground	土壌 Soil	0m	5.0	4.0	7.1	15.3	19.6	22.5	26.5	27.5	24.2	17.3	10.0	5.0
		0.3m	8.1	8.0	9.6	14.7	18.6	21.3	23.7	27.3	24.9	19.6	13.8	9.0
	砂 Sand	0m	5.7	5.4	8.0	16.4	21.4	24.4	29.1	30.5	25.6	18.1	10.8	5.7
		0.3m	8.9	9.5	11.2	17.0	20.8	22.5	27.0	29.6	26.7	20.7	14.3	10.1

Note）＊：日最高および日最低の5年間の月平均
Average value of maximum and minimum temperature on evry of month between 1969～1973.
＊＊：月曜日午前9時に測定した値の5年間の月平均
Mean air temperature of Monday at 9：00 am. between 1969～1973.

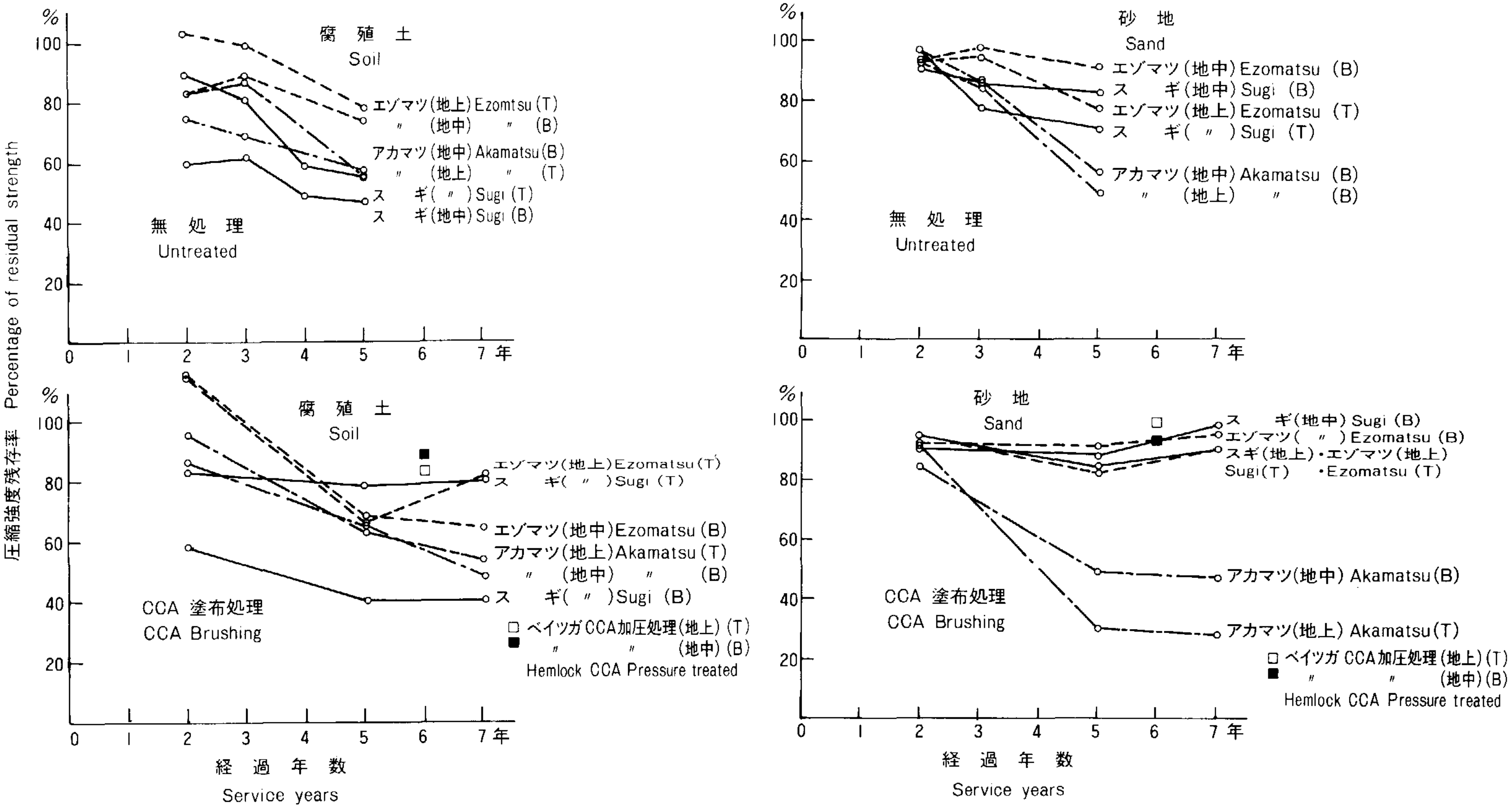

Fig. 3. CCA 塗布処理杭の圧縮強度変化

Change of compression strength on the stakes treated with CCA.

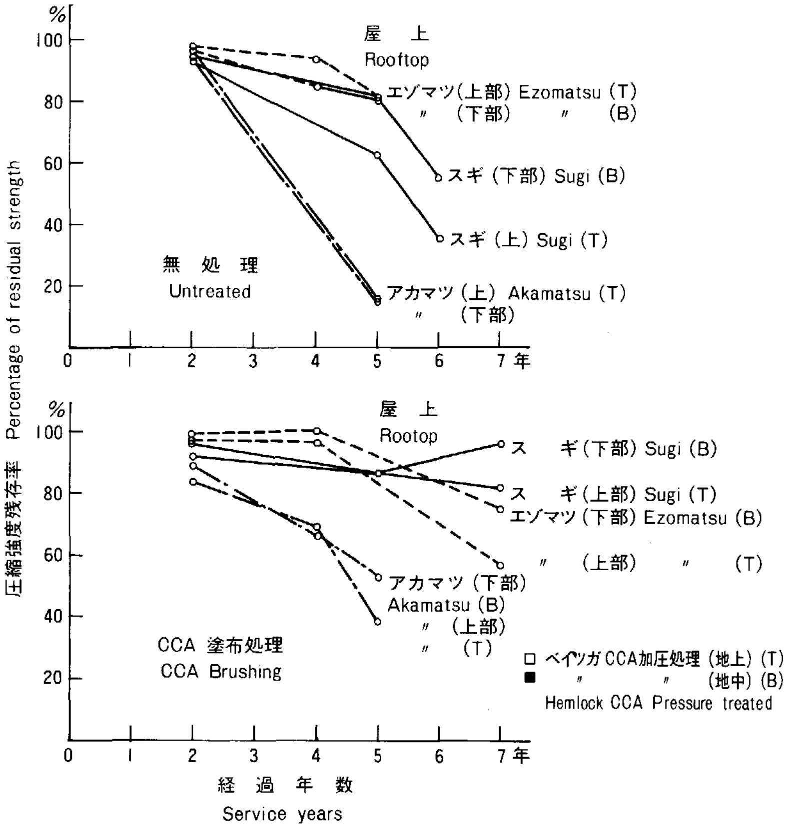

Fig. 3. (つづき) (Continued)

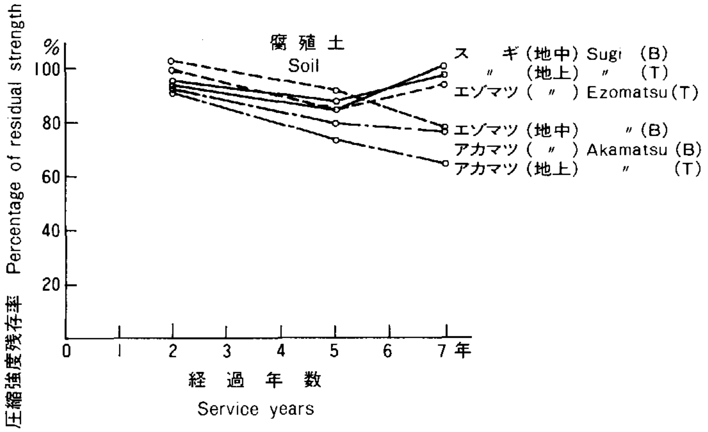

Fig. 4. クレオソート塗布処理杭の圧縮強度変化
Change of compression strength on the stakes treated with creosote oil (brushing).

の樹種は2個づつ採取し，強度残存率は試験時における対照材の断面積を基準にして算出した。結果はFig.3(1)～(3)に示すとおりである。この結果から残存率をみるとFig. 3-1～3-3に示すように6年経過した加圧処理杭は地中（または下部），および地上部（または上部）とも80%以上で薬剤および加圧処理の効果があらわれている。また，Fig. 4のクレオソート油塗布処理杭は7年経過しても60%以上で同じ方法で処理し，腐殖土に接地したCCA塗布処理杭よりも全体的に高く良い結果を示している。これはクレオソート油を塗布処理した場合の耐用年数が12年（Table 21）であり，まだ薬剤の効力限界に達していないためと考えられる。樹種別ではスギ，エゾマツの処理杭は，腐殖土のスギ（地中）を除けば，5年経過までは各設置場所とも大差はないが，屋上の7年経過ではかなりの差がでている。アカマツは砂地と屋上での低下が激しい。設置当初，屋上の場合は腐朽条件としては厳しくなく，残存率は高いと予想されたが結果は砂地よりも低く厳しい結果となっている。とくに各樹種とも下部よりも上部が低い，これについては乾湿の繰り返し，あるいは屋上のためコンクリート面付近の温度上昇等が影響しているものと考えられる。

引　用　文　献

1) 雨宮昭二ほか5名：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，林試研報，230，105～142（1970）

2) 雨宮昭二ほか4名：浅川実験林苗畑の杭試験（6）防腐処理杭の18年間の被害度と耐用年数，林試研報，297，133～155（1977）

3) 雨宮昭二ほか1名：浅川実験林苗畑の杭試験（4）クレオソート油処理杭中の残油量の経年変化，木材工業，**28**，155～158（1973）

4) 雨宮昭二ほか1名：浅川実験林苗畑の杭試験（5）硫酸銅，ウォルマン塩系防腐剤ならびにボリデン塩系防腐剤による処理杭中における金属残存量の10年間の経年変化，林試研報，284，81～107（1976）

5) 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，150，144～156（1963）

6) C.G. Duncan : Soft-rot in wood and Toxicity Studies on Causal Fungi, A.W.P.A. **56**, 27～35

7) 社団法人　日本木材保存協会：木材の知識，75 pp.，(1983)

8) S. Matsuoka *et al.* : Field stake test in TSUKUBA JAPAN, Volantary paper of XVII IUFRO World Congress (1981)

9) 松岡昭四郎ほか5名：浅川実験林苗畑の杭試験（7），日本産および南洋産材の野外に設置した杭の腐朽経過と耐用年数，林試研報，329，73～106（1984）

Stake Test at ASAKAWA Experiment Forest VIII
Inspection data of the treated stakes at ASAKAWA during 28 years and ones at other sites

Mamoru INOUE(1), Shoji AMEMIYA(2), Shoshiro MATSUOKA(3), Kentaro SUZUKI(4) and Koichi YAMAMOTO(5)

Summary

In this paper, we reported on the progress inspection data and service lives of preservative treated stakes in the field during 28 years.

Sapwood of Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Buna (*Fagus crenata*) were used for the stakes. The dimensions of each stake were 3×3×60 cm. The stakes were buried to approximately half of their length, 30 cm in earth. The stakes were inspected once a year. After the inspection, each stake was cautiously reinstalled in the same place and to the same depth as before inspection. The results obtained are indicated in Table 2 to 26, Fig. 1 to 4 and are summarized as follows.

In general, pressure treated stakes were more durable than brushing treated ones. The stakes treated with the original creosote oil, with the creosote oil dilluted by heavy oil and with the creosote oil dilluted by coal tar, are rather sound even after 28 years (Table 3), but the service life of 20% creosote oil dilluted in kerosene is 16 years (Table 2). The stakes treated with CCA (JIS K 1554 Type 1 and Type 2, 2% solution in water) are almost sound even after 23 years (Table 9). Some preservatives were determined their service lives. Service life of Boliden salt S 25 (2% solution in water) was 25 years (Table 9), that of chromated zinc chloride (2% solution in water) was 20 years, that of phenol resin (30% resin content) was 19 years (Table 15), those of copper sulfate and PF Type 1-1 (JIS K 1550) were 19 years, that of PF Type 1-2 (JIS K 1550) was 14 years (Table 5) and that of tributhyltin-terephthalate was 14 years (Table 11). As much as examined preservatives, without exception, treated stakes of Buna were less durable than ones of Sugi (Table 25).

In the case of preservative treated stakes, there are two types of decay curves as the service years. A type : the decay rates of stakes are slowly in almost linear, like most of stakes treated with oil born preservatives. Another type : the decay rates of stakes are slowly at first, but after several years those turn to rather higher speed than before, like most of stakes treated with water born preservatives, for example, with copper sulfate (Fig. 1).

Received December 22, 1986

(1)(2)(3)(4)(5) Wood Utilization Diuision