

# 水溶性木材防腐剤に関する研究 (第11報)

## Wolman 塩水溶液の浸潤性と処理木材の耐久性

教授 芝本 武夫・井上 嘉幸

Takeo SHIBAMOTO and Yoshiyuki INOUE

### Studies on Water-borne Wood Preservatives. (XI).

#### Penetrability of Wolman Type Preservative (Malenit) Solution and Durability of Its Treated Wood.

##### 目 次

I. 緒 言	153	D 温冷浴および加圧注入による吸収量	161
II. 試験結果および考察	154	3. 屋外防腐試験	161
1. Wolman 塩溶液の比重	154	4. Wolman 塩による処理木柱の耐久性	163
2. Wolman 塩溶液の浸潤性	155	III. 摘 要	170
A 塗布による浸潤長	155	文 献	171
B 浸漬による吸収量	155	Résumé	171
C 拡散による浸潤長	159	附表および附図	173

##### I. 緒 言

浸透性<sup>1)</sup>については、綿布への非イオン活性剤水溶液の浸透について<sup>2)</sup>、木材に対する溶液の浸透については、塗布、浸漬、拡散による浸透について<sup>3)</sup>、Poiseuilleの式の適合性について<sup>4)</sup>、溶液の運動について<sup>5)</sup>、浸透速度とくにHawleyの式への適合性について<sup>6)</sup>、吸水機構について<sup>7)8)</sup>、浸透促進剤について<sup>9)</sup>など<sup>10)11)</sup>の多数の報告がある。また、Wolman 塩による処理木柱の耐久年数については、あまり調査が行なわれておらず<sup>12)</sup>、また耐久年数調査方式についてもほとんど研究されていない。

この報告は Wolman 塩とくにマレニット溶液の比重および木材に対する浸潤性を試験し、つぎに Wolman 塩処理木材の耐久性を調べた結果である。水溶性防腐剤溶液の比重は、作業液の濃度を知るために、またその浸潤性は防腐剤の性能の一つとして実用上重要である。また、マレニット処理による防腐木材とくに木柱の耐久年数の調査は、困難な問題であり、少数例から全般を推察することは正確度を欠く場合があり、また調査までには 20 数年の経過を必要とするので、その間における木柱の管理のしかたや、その他の要因たとえば防腐剤の組成、注入条件および材質程度などに変遷がある場合が多いため、精確な結果を得ることが困難である。しかし世間一般には、防腐剤の組成の変遷や注入量および浸潤長などの注入条件の変遷などを十分に考慮す

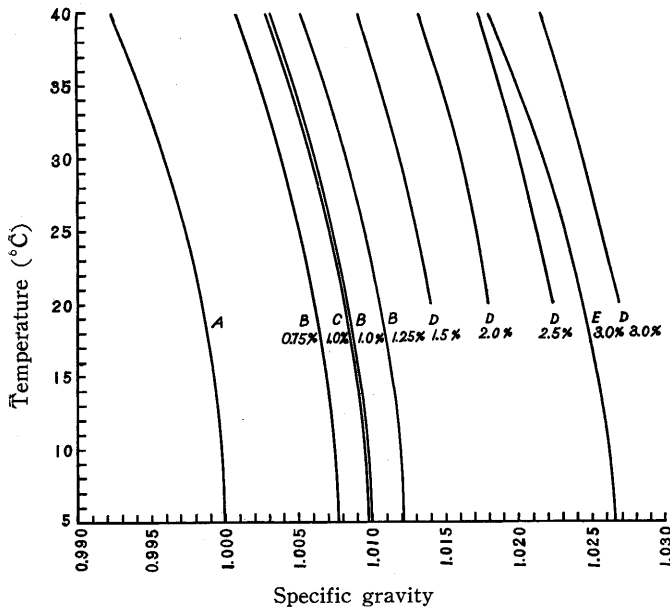
ることなしに求めた木柱の耐久年数について、これを必要以上に重要なものとして評価する傾向がある。木柱の防腐に用いられてきた弗化ナトリウム・ジニトロフェノール・アンチモン複塩を成分とする古い組成のマレニットは、その後の改良により今後木柱に対して使用されなくなるために、過去におけるマレニット処理木柱の耐久年数を検討しておくことは、今後の防腐木柱に対する防腐剤および処理法の改良の上に意義をもつであろう。

耐久年数などの資料をいただいた中部電力、九州電力、日本耐火防腐、日本マレニットの各株式会社に対して厚く謝意を表する。

## II. 試験結果および考察

### 1. Wolman 塩溶液の比重

従来、加圧式木材防腐工場などでは、作業中における防腐剤の濃度を溶液の比重によって測定



A: H<sub>2</sub>O, B: Malenit (NaF 85%, dinitrophenate and dinitrocresylate 10%, NaSbF<sub>4</sub> 3%, NaOH 2%), C: NaF, D: (NaF 27%, Na-4,6-DNOC 15%, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 35%, Na<sub>2</sub>HAsO<sub>4</sub> 22%, NaOH 1%), E: ZnCl<sub>2</sub>

Fig. 1. Relation between specific gravity and temperature of preservative solution.

$$d = 0.99999(1 + 9.8 \cdot 10^{-8} C) \{1 - 5 \cdot 10^{-5}(t - 5) - 3.885 \cdot 10^{-6}(t - 5)^2\}$$

0.99999: 5°C の水の比重

d: マレニット溶液の比重 (0~3%)

している。したがってこの比重は実用上重要視される。2, 3 の防腐剤について、水溶液の濃度、比重および温度の関係を示すと、Fig. 1 に示すとおりである。

一般に、水溶性防腐剤の水溶液の比重は、温度および濃度の函数としてあらわされる。実用濃度の範囲では温度が一定の場合には、比重と濃度との間に直線関係が認められる。比重を  $d$ 、濃度を  $C$  (%), 温度を  $t$  (°C) とすれば、 $d = f(C, t)$  となり、マレニット水溶液の比重は、つぎの式であらわされる。

JIS K 1550 3種Aはつぎの式であらわされる。

$$d=1.014\{1+8.4\cdot 10^{-8}(C-1.5)\}\{1-1.818\cdot 10^{-4}(t-20)-3.226\cdot 10^{-6}(t-20)^2\}$$

1.014: 3種Aの1.5%溶液の20°Cの比重(1.5~3%)

JIS K 1550 4種Aはつぎの式であらわされる。

$$d=1.088\{1+8.1\cdot 10^{-8}(C-1)\}\{1-1.78\cdot 10^{-4}(t-15)-3.95\cdot 10^{-6}(t-15)^2\}$$

1.088: 4種Aの1%溶液の15°Cの比重(1~2.5%)

3種Aの組成は4,6-ジニトロオルトクレゾールナトリウム15%, 弗化ナトリウム27%, 重クロム酸カリウム35%, 硫酸水素二ナトリウム22%および水酸化ナトリウム1%である。

4種Aの組成は, 4,6-ジニトロオルトクレゾールナトリウム14%, 弗化ナトリウム47%, 重クロム酸カリウム37%および水酸化ナトリウム2%である。

塩化亜鉛の比重はつぎの式であらわされる。

$$d=0.99999(1+8.9\cdot 10^{-8}C)\{1-5.425\cdot 10^{-6}(t-5)-4.615\cdot 10^{-8}(t-5)^2\}$$

上記の式から, マレニットおよび塩化亜鉛について求めた比重とその測定値との誤差は $5\cdot 10^{-5}$ より小さく, 3種Aについては $5\cdot 10^{-4}$ より小さいので計算により求めた比重を用いても実用上差支えないと考えられる。

Fig. 1 に示すとおり, JIS K 1550 (1958) の1種Aと3種Aの同一濃度, 同一温度では3種Aの比重が1種Aより大である。単一薬剤の1~5%溶液では温度が14~20°Cの範囲においてつぎの順に比重は小さくなった。重クロム酸カリウム>硫酸水素二ナトリウム>弗化ナトリウム>水酸化ナトリウム

## 2. Wolman 塩溶液の浸潤性

### A. 塗布による浸潤長

マレニット溶液をアカマツ材に塗布してその浸潤長を調べた。材は長さ約2m, 厚さ約3cm, 巾約20cmのものを5枚用い, これを4等分の長さに切断したのち, 50~60°Cの溶液を約280ml/m<sup>2</sup>の割合で全面に塗布し, 室内に放置した。3日間後にジルコニールクロライドとアリザリンスルホン酸ナトリウムによつて, 弗化ナトリウムの浸潤長を測定した。2回塗布の場合には, 1回の塗布後3日間放置したのち2回目を塗布し, さらに3日間放置したのち浸潤長を測定した。その結果はTable 1 に示すとおりである。

Table 1 から, マレニット溶液の濃度と平均浸潤長との関係についてみると, Table 2 に示すとおりであり, また含水率と平均浸潤長との関係はTable 3 に示すとおりである。浸潤長はつぎの順に小さくなった。繊維方向>切線方向>半径方向。Table 1~3 より, マレニットの3%以上の濃度を用い, 含水率40~50%の材に2回塗布した場合には, 良好な結果を示した。

### B. 浸漬による吸収量

マツ角材(9cm×9cm×100cm, 心材をやや含む)を気乾にし, これを常温で4種の濃度に

Table 1. Influence of moisture content of wood sample and concentration of preservative on penetration length of Malenit solution in Japanese pine wood by brushing method.

No.	Moisture content (mean) %	Penetration length mm			Concentration %											
		Classification	Brushing times	mm	2.5			3			4			5		
					max.	min.	mean	max.	min.	mean	max.	min.	mean	max.	min.	mean
1	21.4	1	A	1	5.4	0.2	1.6	6.4	1.4	3.2	4.2	2.2	2.5	7.6	1.4	4.4
			B	2	5.0	1.0	2.8	6.8	2.5	3.4	6.0	2.0	3.0	10.0	1.8	5.5
		2		1	3.0	1.0	1.4	6.8	1.4	4.6	4.6	1.0	2.2	5.5	1.4	3.0
				2	5.0	0.8	3.0	6.0	1.0	4.0	5.0	1.6	3.0	8.0	2.0	3.8
		3		1	1.2	1.2	1.2	3.0	1.8	2.0	1.6	0.4	0.8	1.2	0.8	1.0
				2	2.0	1.5	1.8	6.0	2.0	2.5	3.0	1.8	2.4	1.0	1.0	1.0
2	31.8	1	A	1	4.0	1.6	2.0	6.0	2.0	3.2	8.2	1.8	4.0	8.0	2.0	4.6
			B	2	9.0	1.0	3.0	8.0	2.0	4.0	8.4	3.0	4.5	12.0	4.0	5.0
		2		1	5.0	0.6	1.4	4.7	0.4	1.2	8.4	1.0	3.0	5.0	1.8	3.5
				2	8.0	2.0	2.6	6.8	1.0	3.5	10.0	2.0	3.8	8.0	2.0	4.0
		3		1	1.8	0.8	1.6			1.0	3.8	2.0	2.6	4.0	1.2	2.0
				2	2.4	2.0	2.2	3.8	1.4	2.6	4.6	2.0	3.5	3.0	2.0	2.5
3	41.8	1	A	1	6.0	0.9	2.3	5.0	0.2	3.4	6.0	1.8	3.0	5.0	0.8	2.2
			B	2	9.0	1.0	4.2	7.0	0.4	3.8	16.0	3.0	8.0	9.0	1.8	6.0
		2		1	8.0	1.8	4.0	8.8	2.6	5.4	8.0	2.6	3.8	7.5	2.6	3.8
				2	2.0	3.0	5.5	13.0	3.0	6.0	11.0	4.0	8.0	10.5	3.8	4.2
		3		1	2.0	0.6	1.0	2.9	1.4	1.8	3.0	0.5	2.0	1.2	0.8	1.0
				2	2.8	1.8	2.4	4.0	1.0	3.2	5.0	1.8	3.4	3.0	1.0	2.6
4	48.4	1	A	1	8.0	2.0	4.4	10.0	1.8	3.8	4.8	1.2	2.0	5.0	1.4	3.0
			B	2	8.0	2.0	4.4	10.0	1.8	5.4	8.0	4.0	3.5	10.0	1.8	3.8
		2		1	8.0	0.2	3.0	7.2	1.0	3.8	6.4	0.6	2.6	6.0	1.2	3.2
				2	10.5	1.0	6.0	7.4	1.0	4.0	10.0	0.6	6.8	11.0	2.0	4.0
		3		1	3.0	1.6	2.0	1.8	0.5	1.0	3.5	1.6	2.2	3.8	1.2	2.2
				2	3.0	2.0	2.5	2.0	1.0	1.8	4.5	1.8	3.2	5.0	2.0	3.0
5	57.4	1	A	1			5.0								7.0	
			B	2			10.0									11.0
		2		1	3.0	1.2	2.0	8.0	2.2	4.0	5.8	1.8	2.8	5.4	1.8	2.2
				2	5.0	1.2	2.4	13.0	1.4	5.0	6.0	2.4	4.0	6.0	1.8	3.0
		3		1	4.8	1.2	1.8	6.4	2.0	2.8	5.0	1.4	2.2	5.0	1.6	2.0
				2	6.0	1.6	3.8	6.0	2.0	4.2	6.5	1.4	3.5	8.0	2.0	2.8
5	57.4	1	A	1	1.2	1.0	1.0	3.2	0.8	1.6	2.8	1.4	1.6	2.0	1.0	1.2
			B	2	1.8	1.0	1.5	5.0	2.0	3.2	3.0	0.4	1.8	2.8	1.0	2.0
		2		1			5.0			3.0					5.0	
				2			9.0			5.0					6.0	

1: tangential section

2: radial section

3: cross section

\* precipitated slightly

A: outside surface

B: inside surface

調製したマレニット溶液中に2日間浸漬したのち溶液吸収量を測定した。その結果は Table 4 に示すとおりである。また3日間浸漬した場合にも、溶液吸収量はほとんど増加しない傾向が認められた。

つぎに3種の樹種を3×3×10 cm(長さ)に調整したのち、これを乾燥してほぼ恒量にし、放冷したのち、弗化ナトリウムおよびマレニットのおのおの2%溶液中に浸漬し、13日間にわたって吸収量を測定した。ただし一部の試験体の辺心材の区別は明らかではない。その結果は Fig. 2

Table 2. Relation between average penetration length (mm) and concentration (%).

Concentration %	Classification	Brushing times	Penetration length mm	
			1	2
2.5	1	A	2.5	3.6
		B	2.3	4.2
	2		1.3	2.0
3.0	1	A	3.5	4.3
		B	3.6	4.3
	2		1.5	2.7
4.0	1	A	2.9	4.6
		B	2.8	5.0
	2		1.8	2.8
5.0	1	A	3.3	4.7
		B	3.1	3.8
	2		1.9	2.2

Table 3. Influence of moisture content (%) on average penetration length (mm).

Moisture content %	Classification	Brushing times	Penetration length mm	
			1	2
21.4	1	A	2.9	3.7
		B	2.8	3.5
	2		1.4	1.9
31.8	1	A	3.5	4.1
		B	2.3	3.5
	2		1.8	2.7
41.8	1	A	2.7	5.5
		B	4.2	5.9
	2		1.7	2.9
48.4	1	A	3.3	4.3
		B	3.2	5.2
	2		1.9	2.6
54.7	1	A	2.8	3.6
		B	2.2	3.6
	2		1.4	2.1

のとおりである。Fig. 2 によれば、いずれの樹種においても浸漬後 3 日間の吸収速度が大きく、マレニット溶液の場合には、3 日間で 51~76% の溶液吸収率に達した。つぎに同一形状の気乾

にした試験体を、常温で3日間浸漬したのち吸収量を求めた。その結果は Table 5 のとおりである。Table 5 によれば、3種の防腐剤溶液の吸収量の間には、著しい相違が認められない。マレニット溶液の場合に、とくに問題になる点はジニ

トロフェノール類の浸潤長を大きくするのが必要なことである。よつて界面活性剤としてポリオキシエチレングリコールラウリン酸エステル、ポリオキシエチレンノニルフエニルエーテル、

Table 4. Absorbed amount of Malenit in Japanese pine by steeping at room temperature for 2 days.

Concentration %	Weight of sample kg	Absorbed solution %	Retention kg/m <sup>3</sup>
1.5	4.58	36.68	3.11
2.0	4.20	48.10	4.99
2.5	4.39	43.51	5.90
3.0	4.72	38.35	6.70

Table 5. Absorbed solution of 2% of sodium fluoride, Triolith and Malenit solutions by steeping method after 3 days.

Species of wood	2% NaF		2% Triolith		2% Malenit	
	Weight of sample g	Absorbed solution %	Weight of sample g	Absorbed solution %	Weight of sample g	Absorbed solution %
<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don.	29.84	51.64	37.11	29.36	34.71	35.48
<i>Chamaecyparis obtusa</i> Sieb. et Zucc.	29.66	23.56	30.62	39.66	32.31	17.31
<i>Fagus crenata</i> Blume	44.08	45.49	44.59	34.39	43.11	26.77
<i>Pseudotsuga taxifolia</i> Britt.	33.43	34.62	32.77	15.19	33.28	47.38
<i>Larix Kaempferi</i> Sarg.	43.97	26.33	43.21	12.15	44.51	13.37
<i>Quercus crispula</i> Blume	49.38	35.92	48.85	37.20	51.03	43.04

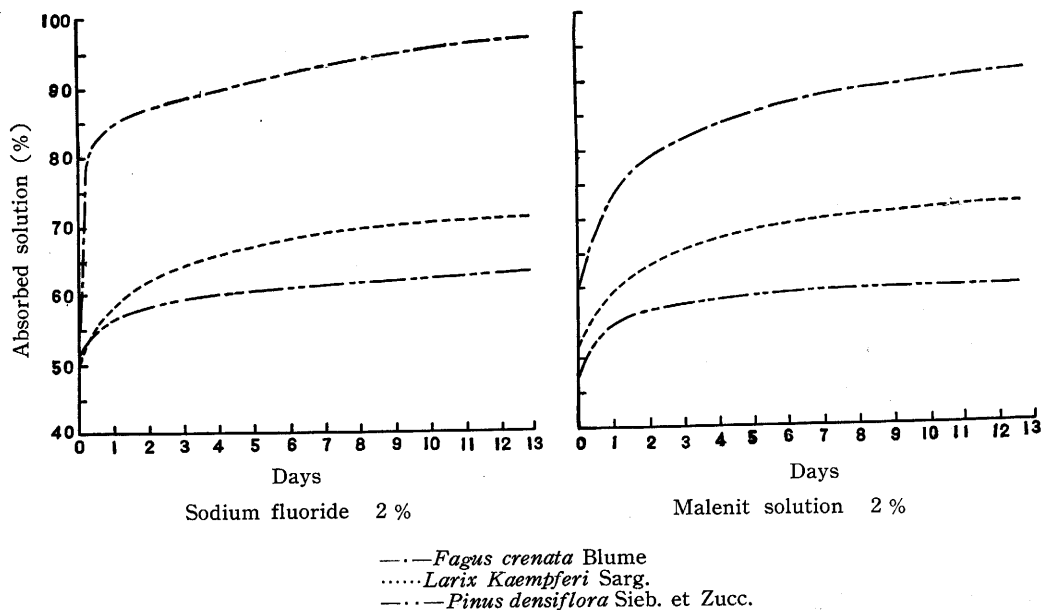
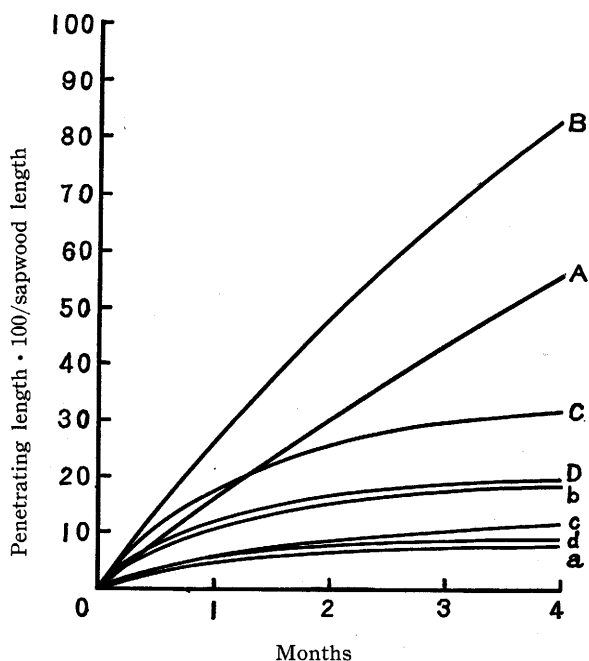


Fig. 2. Absorbed amount of 2% of sodium fluoride and Malenit solution by steeping method for 13 days.

トリメチルドデシルアンモニウムクロライド, ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム, ラウリルスルホネートなどをそれぞれマレニット水溶液に 0.1~0.5% 添加したのち, スギ試験体を浸漬してジニトロフェノール類の浸潤長を調べてみたが, その結果は著しい浸潤長の増加を認めることができなかつた。

### C. 拡散による浸潤長<sup>18)</sup>

C. Schmittutz の報告以来, 生材または水中に浸漬して含水率を多くした材の処理方法として拡散法が用いられており, とくに木柱などの地際部の腐朽や蟻害に有効な処理法とされている。ペースト材料(展着剤)としては, 澱粉, アラビヤゴム, カゼイン, ゼラチン, CMC, コールタールなどがあり, これに界面活性剤などを配合して製品としている。拡散法に用いた薬剤は JIS K 1550 (1958) 2種Aを 17.4%, 澱粉 13%; 水 69.6%の割合でペースト状にした。材はスギ丸太で, 長さ 120 cm, 直径約 15 cm のものを用い, 元口より 10~60 cm の表面に 600 g の薬剤を塗布し, ビニールで覆つたのち, 元口より 60 cm が土中に入るように埋設し, 4 カ月間放置してその浸潤率(浸潤長/辺材長×100)を求めた。その結果は Fig. 3 に示すとおりである。



A, a : measured at 25 cm distance from butt end  
 B, b : measured at 40 cm distance from butt end  
 C, c : measured at 55 cm distance from butt end  
 D, d : measured at 70 cm distance from butt end  
 A~D : sodium fluoride  
 a~b : sodium 4, 6-dinitro-*o*-cresylate

Fig. 3. Penetration ratio by diffusion process.

Fig. 3 によれば, 地際から 20 cm 下の部分の弗化ナトリウムの浸潤率が最も大きい。また, 弗化ナトリウムと 4, 6-ジニトロオルトクレゾールナトリウムとの拡散は, 4 カ月間後にほぼ 3~4 : 1 になった。

つぎに, 埼玉県飯能市高句麗神社の一の鳥居を拡散法を用いて処理(林業試験場木材部雨宮昭二技官と共同)した。スギ材の産地は埼玉県飯能市大字直竹で, 1957年1月21日に伐採し, 1月26日に皮を除去したもので, 1月31日に処理を行なつた。薬剤を塗布したのち, ビニールで覆いビニールの周囲に土をかぶせ, 3 カ月間放置したのち, 浸潤長を測定した, Fig. 4 に鳥居を示す。

用いた防腐剤はパラニトロフェノール(精製) 15.4%, 弗化ナトリウム

61.5%, 硫酸亜鉛(無水物) 15.3% および酒石酸 7.8%の組成のものである。この防腐剤を水

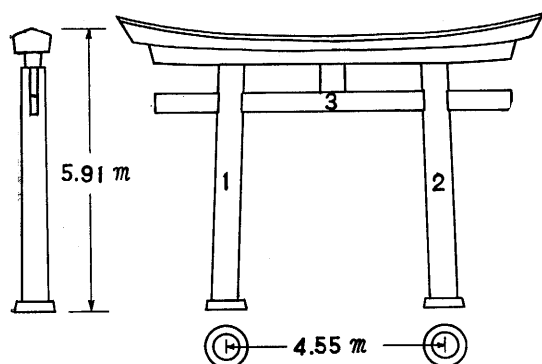


Fig. 4. Shrine-entrance treated with preservative by diffusion process.

に 1:1 の割合に混合したのち、丸太 1 本につき約 2 kg (粉末薬剤として) を刷毛で塗布した。スギ丸太の形状は Table 6 のとおりである。

処理前に、元口から 90 cm および末口から 45 cm の部分から 3 カ所ずつ生長錐で 14 コのボーリング試料を採取して、含水率を測定した。処理後 3 カ月間放置したのち生長錐を用いて、さきに試料を採取した位置の附近から 25 コのボーリング試料

を採取し、弗化ナトリウムの浸潤長を測定した。その結果は、Table 7 に示すとおりである。

Table 6. Dimension of Japanese cedar log used as shrine-entrance.

Sample No.	1	2	3
Length (cm)	864	830	865
Butt end diameter (cm)	70~81	66~67	69~70
Sapwood length of butt end (cm)	6.5~7.5	5.7~6.2	—
Top end diameter (cm)	41	39~40	42~47
Sapwood length of top end (cm)	6.3~7.5	5.0~5.5	5.0
Annual rings (number)	58~59	57~58	57~58
Annual rings in sapwood (number)	23~24	21~23	18~20

Table 7. Penetration length of sodium fluoride by diffusion process.

Sample No.	1		2		3	
	Butt	Top	Butt	Top	Butt	Top
Initial moisture content of boring sample from surface of wood to 3 cm depth (%)	207.6	212.1	241.4	242.2	233.3	200.0
Initial moisture content of boring sample from 3 cm distance to heartwood (%)	175.0	180.1	167.9	143.3	—	—
Initial moisture content of heartwood (%)	238.1 ~ 239.3	204.4 ~ 212.0	168.5 ~ 174.2	151.3 ~ 154.3	189.9 ~ 209.0	160.4
Sapwood length (cm)	8.5	7.9	7.2	5.8	7.5	5.4
Penetration length of NaF (cm)	3.4	3.0	3.9	2.4	4.1	2.5
Penetration ratio of NaF (%)	40	37.97	54.17	41.78	54.68	46.30



Table 7 によれば、含水率は 150% 以上で、平均浸潤率は 46% であった。

#### D. 温冷浴および加圧注入<sup>14)</sup>による吸収量

マレニット溶液による温冷浴法は坑木(1936年の夕張炭鉱)などに対して以外には、あまり用いられていない。マレニット溶液は 60~70°C に加熱すると、沈澱を生成し易くなる。JIS A 9302 に規定された 2×2×1 cm のスギ辺材を、液温約 50°C の 1.25% マレニット溶液中に 5 時間浸漬し、これを取り出したのち常温の溶液中に 10 時間放置した場合の溶液吸収量は約 150% である。加圧注入法は、スギ、カラマツ、ベイマツの木柱、小柱、柵、腕木、板材などに対して一般に広く実用されている。スギ木柱の場合にはジニトロフェノール類の浸潤長は弗化ナトリウムの浸潤長の約 60~80% である。ケヤキの腕木(長さ 270 cm, 辺材率 100%) を 3 等分したのち、1.25% のマレニット溶液を加圧注入した場合の注入量は、Table 8 のとおりである。

Table 8. Result of treatment of *Zelkova serrata* Makino crossarms sapwood by pressure process.

Dimension length×radial×tangential cm	Moisture content %	Weight before treatment kg/m <sup>3</sup>	Treating process	Preliminary vacuum	Pressure period	Temperature of solution °C	Absorbed solution kg/m <sup>3</sup>
90×9×9	42	873	Bethell	600 mm Hg for 60 minutes	14kg/cm <sup>2</sup> for 1 hour	22~25	233
90×9×9	43	878	"	"	"	"	219

### 3. 屋外防腐試験<sup>15)16)</sup>

ブナおよびスギを用いて屋外防腐試験を行なった。防腐剤はつぎの 2 種を用いた。濃度は防腐剤 A は 2% および 3% を用い、防腐剤 B はパラニトロフェノールとして 0.5% および 1% を用いた。試験期間は 1956 年 10 月より 1957 年 10 月迄の 1 年間で、屋外に放置した。試験期間が

Table 9. Composition of preservatives.

A		B		
Composition	%	Composition	%	
NaF	71	p-Nitrophenol	0.5*	1*
Na-4, 6-DNOC	15	CuSO <sub>4</sub>	0.25	0.5
ZnSO <sub>4</sub>	7	NH <sub>4</sub> OH (28%)	2	2
SbF <sub>3</sub> ·(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7	Water	97.25	96.5

\*: 0.5% B,    \*\*: 1% B.

終つたのち、材表面の腐朽状態を調べた。また両木口と材長の 1/4 ずつの部分から 5 コの試験片(厚さ 14 mm) を採取し、プラニメーターで腐朽部の面積を測定したのち、腐朽率(腐朽面積/断面積×100) を求めた。外観を観察して

腐朽状態を調べた結果は、Table 10 に示すとおりであり、切断して腐朽率を求めた結果は、Table 11 に示すとおりである。

ブナ材の場合には、A は B より防腐効力が大きい、スギの場合には、無処理材の腐朽が少なく、薬剤処理による相違が明らかでなかつた。また、ブナ材の腐朽は材の全部におよび、とくに薬剤処理したものについては材の内部に比較して木口の腐朽が著しかつた。A による処理材の

Table 10. Result of observation of decayed condition.

Preservative	Concentration %	Sample number	Dimension cm	Weight after seasoning kg	Weight of preservative g	Decay condition number					
						A	B	C	D	E	Total
A	2	8*	0.75×0.75×9.1	4.147	1.125	0	1	6	1	0	8
		11**	0.55×0.55×9.1	1.140	0.80	2	8	1	0	0	11
	3	8*	0.75×0.75×9.1	4.395	1.310	0	6	2	0	0	8
		12**	0.55×0.55×9.1	1.051	1.22	3	8	1	0	0	12
B	0.5	6*	0.75×0.75×9.1	4.243	0.283	0	2	4	0	0	6
		10**	0.55×0.55×9.1	1.186	0.155	4	5	1	0	0	10
	1	6*	0.75×0.75×9.1	3.782	0.30	0	3	2	0	1	6
		10**	0.55×0.55×9.1	1.160	0.30	5	4	1	0	0	10
Untreated		10*	0.75×0.75×9.1	4.045	—	0	0	2	0	8	10
		10**	0.55×0.55×9.1	1.145	—	1	5	4	0	0	10

\*: *Fagus crenata* Blume    \*\*: *Cryptomeria japonica* D. Don.

A: no decay    B: partly slight decay    C: slight decay at several portions  
D: partly severe decay    E: severe decay at several portions

Table 11. Degree of decay.

Preservative	Concentration %	Species of wood	Degree of decay at several positions					Degree of decay total
			1	2	3	4	5	
A	2	F	13.5	4.7	4.7	6.3	15.8	9.0
		C	0.7	0.2	0.1	0.1	0.5	0.3
	3	F	11.2	0.5	1.4	2.6	5.3	4.2
		C	0	0	0	0	0	0
B	0.5	F	40.0	15.2	18.3	17.7	32.9	24.8
		C	0.5	0.9	0.3	2.1	0.3	0.8
	1	F	33.7	21.3	24.6	26.3	48.6	30.0
		C	0	2.4	0	1.0	0	0.6
Untreated		F	38.8	34.7	40.9	21.6	32.1	33.7
		C	0.2	0	0.4	0	0.4	0.2

F: *Fagus crenata* Blume    C: *Cryptomeria japonica* D. Don.    1 and 5 : cross section  
3: center    2 and 4 : positions at one fourth distance of length from cross section

4,6-ジニトロオルトクレゾールナトリウムによる着色は、試験の初期に退色するが、1カ年経過したのちに材を切断すると、着色が認められ、無処理材に比較して約2/5の腐朽率を示した。Bによる処理材では、材表から4~5mmまでの間には腐朽が認められないが、内部に腐朽が認め

られた。これは、B処理材の定着作用が強いことを示すが、割れなどで材の内部に菌が侵入すると、水分の蒸散が妨げられるために、かえって内部の腐朽を促進するためと考えられる。この現象は、タールやペンキの塗布と同じように水分の蒸散が妨げられて腐朽するためで、このような薬剤では内部を保護する浸透のよい薬剤を添加することが必要であろう。Bのような薬剤では、外観の観察にもとづく腐朽程度と材の内部の腐朽とは著しく相違することがある。

#### 4. Wolman 塩による処理木柱の耐久性<sup>12)</sup>

マレニット処理木材の耐久性については、坑木、腕木などについて調査した報告は極めて少なく、木柱についての結果がわずか知られているにすぎない。坑木には通直材が要求され、その寸法は炭坑の習慣等により種類が多く、樹種はクロマツ、カラマツ、エゾマツ、トドマツなどが用いられてきたが、現在では針葉樹 70%、広葉樹 30%位の割合である。成木は4尺×3寸、柱脚は8尺×6寸程度が多く、とくに排気坑道に防腐坑木が使用されている。無処理坑木の耐久年数は約2年であり、5~8年の耐久年数があれば実用上差支えない。マレニットによる坑木処理の例には、1936年夕張炭坑における温冷浴法によるもの、1949年に平山、三井田川、三井山野、杵島、伊王島などの各炭坑におけ加圧注入によるものなどがある。処理条件は7~10 kg/cm<sup>2</sup>で30~60分間加圧し、注入量は200~300 kg/m<sup>3</sup>であり、その耐久力は無処理坑木の2~3倍と推定される。腕木の形状は各種があり(農林省告示第100号)、長さは60~270 cm、横断面は6×6~9 cm×9 cmなどである。一般に長さ150×75 cm程度のものが多い。マレニット処理木柱については、交換率からその耐久年数が約17年であると世間でいわれているが明確な根拠はみあたらない。また、注入量が少ないものでは約13年経過した頃から腐朽が著しくなる場合がある。壊敗による木柱直径の減少から計算した強度が、50%に低下した場合を耐久年数と考えれば、マレニット木柱の耐久年数は極めて短いものである<sup>12)</sup>。一般に、マレニット木柱はクレオソート木柱よりも、耐久年数のバラッキが大であると考えられる。この報告では実際の交換率から耐久年数を求めた。

はじめにマレニット注入杭柱の調査結果について示す。杭柱は長さ約1 m、直径15~20 cmのスギ丸太で、1.25%マレニット溶液を加圧注入し、1937年に東京都江東区の貯木場に杭柱として使用し、調査は1957年に行なつた。

杭柱は114本のなかから任意に選定した15本について調べた。すなわち、ボーリングした試料について、弗化ナトリウムの呈色反応を行ない、また材の腐朽および虫害について調査した。その結果をTable 12に示す。虫孔は10~20 mm程度のものが多いことが認められた。設置場所と壊敗状態をAppendix Fig. 1に示す。

つぎにマレニット木柱における弗化ナトリウムの溶脱量はつぎのとおりである。すなわち、マレニット処理(1.25%溶液、270 kg/m<sup>3</sup>)による既設木柱の地際部の1 m上の部分から、生長錐によつて約1 cm<sup>3</sup>のボーリング試料を採取し、この中に含まれている弗化ナトリウムを硝酸ト

Table 12. Result of field test against decay and insect of preserved pile in a canal.

Pile No.	Diameter of pile	5 cm under distant from the water-level on the high tide			5 cm above distant from the water-level on the high tide			Condition of test pile	Remark
		Sapwood length mm	Colour reaction of fluoride mm	Decreased strenght from surface of wood mm	Sapwood length mm	Colour reaction of fluoride mm	Decreased strenght from surfade of wood mm		
1	15	39	no	7	45	yes	4	A	insects holes
2	14	21	"	15	27	yes	10	B	
3	12.5	15	"	10	20	no	—	A	
4	12.5	29	"	—	36	"	8	A	good
5	16	31	"	13	34	"	—	B	insects
6	15	30	"	—	28	"	—	C	insects, decay
7	17	44	"	19	—	"	—	C	destroyed
8	15	37	"	11	22	"	11	B	
9	13	35	"	10	45	yes	10	A	insects, decay
10	—	40	"	15	33	no	—	B	
11	16	38	"	13	31	yes	—	B	
12	17	18	"	30	21	no	9	C	destroyed
13	14	28	"	10	25	yes	10	A	{good, but partly decay
14	—	12	"	20	17	no	11	B	
15	17	25	"	20	35	"	6	B	

The length of pile was 1 m long and water-level became about 75 cm from bottom of canal (about 100 cm depth) at the high tide.

A: decreased strength 0~10 mm from surface of wood    B: 10~20 mm  
C: over 20 mm.

リウム法で分析した結果は、つぎの関係が認められた。建植後 10~20 年以上経過した木柱の場合には弗化ナトリウムの含有量は約  $0.1 \text{ mg/cm}^3$  でほぼ一定値を示した。注入時の弗化ナトリウムの含有量は  $1.5 \text{ mg/cm}^3$  ( $1.5 \text{ mg/cm}^3 \sim 2 \text{ mg/cm}^3$ ) と推定された。

$$P_t = P_0 e^{-At} + B, \quad V_t = P_0 - P_t \{1 - (e^{-At} + B)\}$$

$P_t$ : t 年後の残存弗化ナトリウム量 (mg)

$P_0$ : 注入時の弗化ナトリウム量 (mg)

$V_t$ : t 年後に溶脱した弗化ナトリウム量 (mg)

として計算すると、 $P_t = 1.4e^{-0.58t} + 0.1$  となり、6 年間経過すると弗化ナトリウムの大部分が失なわれることになる。

木柱の更替率については、1929 年に、当時の大阪通信局内の硫酸銅、クレオソート油、クームヒン、アクゾール、バシリット、塩化亜鉛の各処理木柱についての調査結果が知られている<sup>17)</sup>。また、参考として 1937 年に木材保存会が調査した耐久性は、Table 13 のとおりである。

さらに、1957 年にはマレニット処理木柱 (10 m 柱 9 本、1.25% 溶液、289 kg/m<sup>3</sup> 注入) について、18~19 年間経過した際に 33% の更替率であり、更替率 50% を耐久年数とすると 18~19

Table 13. Service life of wood poles treated with some preservatives.

Preservative	Years elapsed	Number of poles installed	Number of poles decayed	
			Number	Percent
Creosote oil	8	2422	17	0.70
Copper sulfate	8	2359	30	1.27
Basilit	8	6750	120	1.78
Malenit	7	15791	210	1.33

年以上<sup>18)</sup>であることが報告されている。

実際の更替率について、群馬県に 1943 に建植したマレニット処理木柱について 1953 年に調査された結果はつぎのとおりである。木柱は長さ 10m のスギ材で、1.25% 溶液を約 270 kg/m<sup>3</sup> 注入した。建植した附近は畑地が多く、水はけは良好である。土壌は酸性（1% 溶液は pH

4.2) で、日当たりや通風も良好である。木柱は地際上 30~60 cm, 地際下 60 cm にクレオソート油を塗布したのち建植したものである。

Table 14. Durability of telephone poles treated with Malenit solution (270 kg/m<sup>3</sup> at 1.25% solution).

Year installed	No. of poles installed	Years elapsed	Treatment	Retention kg/m <sup>3</sup>	No. of poles exchanged			Percentage of exchanged %
					Decayed	Broken*	Total	
1943	406	10	Bethell process	3.4	4	2	6	1.48

Service test ground was in Gunma prefecture

Period of observation, Feb. 1953

\* Poles broken by strong wind

腐朽材および折損した材を用いて弗化ナトリウムの呈色を調べた結果は Table 15 のとおりである。

つぎに建植されている木柱から地際の直径を求め、壊敗による地際直径の減少率を測定した。その結果は Table 16 に示すとおりである。

Table 15 に示す木柱のうちから健全なものを 6 本、腐朽の進行したものを（地際の直径の減少率 3.1~2.7%）3 本、腐朽初期のもの 2 本の合計 11 本から生長錐を用いて試料を採取し、弗化ナトリウムの呈色反応を調べた。その結果は Table 17 に示すとおりである。

一般に腐朽の認められた個所は、地際下の 1~10 cm の部分で、とくに 2 cm 附近が腐朽しやすいことが認められた。建植されている木柱の状態を Appendix Fig. 2 に示す。また Appendix Fig. 3 に示すとおり笠金の下 10 cm の部分には、10 年間経過した場合でも弗化ナトリウムの呈色がほぼ辺材全部に認められた。

マレニット処理木柱の腐朽は、一般に 12~14 年目より始まると推定されるので、この調査では経過年数が少なく、そのため耐久年数を求めることはできなかった。

つぎに 1929 年~1940 年間にけるマレニット処理木柱について九州地区の実用成績は、Appendix table 1 のとおりである。

Table 15. Colour reaction of sodium fluoride against samples of broken and decayed poles taken up by increment borer.

Sampling position	Exchanged	Sapwood length mm	Colour reaction mm	Condition of specimen
30 cm distance under ground line	broken	44	24	discoloration
30 cm distance above ground line	broken	45 35	24 23	discoloration
	decayed	37	0	decay and attacked by insect
Center of pole	broken	44 30	22 17	good
	decayed	35	15	good
100 cm distance from top end	broken	47 32	25 32	good
	decayed	40	18	good

Table 16. Decreased diameter caused by attack of decay and insects.

No. of poles observed	Good		Attacked (decreased diameter)			
	Number	Percent	Appr. 3.1% ~2.7%		Appr. 2.7% below	
			Number	Percent	Number	Percent
45	37	82.2	6	13.6	2	4.4

Table 17. Result of Penetration test for sodium fluoride by colour reaction.

Penetrating length of sodium fluoride							
30 cm distance above groundline				60 cm distance above groundline			
Sap-wood length mm	Clearly visible by colour reaction mm	Weak visible by colour reaction mm	Penetration length(mm) $\times 100$ / sapwood length(mm)	Sap-wood length mm	Clearly visible by colour reaction mm	Weak visible by colour reaction mm	Penetration length(mm) $\times 100$ / sapwood length(mm)
47	15	14	61.7	36	7	10	47.3
36	6	26	89.0	35	0	22	63.0
41	0	11	26.8	47	0	6	12.7
46	32	14	100.0	47	0	44	93.7
36	6	16	61.2	39	0	16	41.0
41	5	7	29.3	48	0	13	27.0
44	0	13	29.6	38	0	8	21.0
38	16	15	81.7	38	0	25	66.0
45	36	9	100.0	46	0	43	93.5
Mean 41.5	14.2	14.2		Mean 41.5	0.77	21.5	

The depth of penetration of sodium fluoride was tested by colour reaction of sodium alizarine sulfonate-zirconyl chloride mixture solution.

Table 14 および Appendix table 1 によれば、10~12 年間におけるマレニット処理木柱の更換率は 1.5~1.8% である。

木柱の耐久年数算定法はつぎの 2 つの方法がある。(A): 同一年度に建植した木柱の経過年数と建替率の分布を調べる方法は、同一集団がほぼ全部建替えられている場合に用いることができる。(B): 一定年度に調査したいいくつかの経過年数を異にする集団の残存率から求める方法は、全部が建替えられずに調査を打ちきっているために、耐久年数と建替率との分布型の偏りについて考慮する必要がある。偏りをもつ分布型について考えると、いま経過年数が 30 年で建替率が 100% になった場合の平均耐久年数  $m$  と、建替率が 50% の場合の耐久年数  $X_{50}$  は、Table 18 および Fig. 5 のとおりである。したがって分布型の相違による  $m$  または  $X_{50}$  の相違は大きいのが、同一分布型では  $m$  と  $X_{50}$  との相違は小さい。(A) の場合の耐久年数算定法はつぎのとおりである。

$S$ : Total number of poles installed

$n$ : Years elapsed

$R_1$ : Number of poles renewed from installed year up to date

$R_2$ : Number of poles must be renewed

$P$ : Percent of poles renewed

$m$ : Mean durable life (years)

$$P = \frac{R_1 + R_2}{S}$$

$n$  と  $P$  との関係曲線をえがき、この累年建替率曲線から、各年度における建替率 ( $A_n$ ) を求める  $A_n = P_n - P_{n-1}$

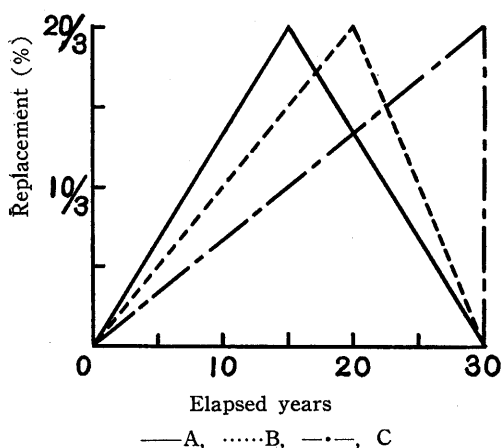


Table 18. Relation between distribution and life (years)

Distribution	$m$	$X_{50}$
A	15	15
B	16.7	17.3
C	20	21.3

Fig. 5. Type of distribution of poles (elapsed years-percent of replacement).

Years elapsed (a)	Percent of poles renewaled %	Number of poles renewaled (b)	(a) × (b)
0	0	0	0
1	$P_1$	$SP_1 \cdot 10^{-2}$	$SP_1 \cdot 10^{-2}$
2	$P_2$	$SP_2 \cdot 10^{-2}$	$S2P_2 \cdot 10^{-2}$
⋮	⋮	⋮	⋮
n	$P_n$	$SP_n \cdot 10^{-2}$	$SnP_n \cdot 10^{-2}$
		$S \sum P_n \cdot 10^{-2}$	$S \sum nP_n \cdot 10^{-2}$

$$\sum P_n = 100$$

$$m = \frac{S \sum nP_n \cdot 10^{-2}}{S \sum P_n \cdot 10^{-2}} = \sum nP_n \cdot 10^{-2}$$

1957年に九州電力株式会社が調査した結果<sup>19)</sup>を Appendix table 2 に示す。Appendix table 2 より建植場所別に経過年数と累年建替率との関係をグラフにえがき、これを修正した修正曲線を作成した結果は Fig. 6 のとおりである。Fig. 6 は直線とはならない。X<sub>50</sub> は水田では 23.2 年、畑では 20.3 年、山林では 20.9 年、原野では 19.1 年となり、19~23 年の耐久年数である。水田などのように湿潤地に建植された木柱の耐久年数は長くなる。

つぎに (B) の場合の耐久年数について Appendix table 3 に、それより求めた耐久年数を Fig. 7 に示す。Fig. 7 によれば X<sub>50</sub> は 21~24 年と推定することができる。なお、この場合の更替すべき木柱の判定は九州電力株式会社の供用木柱の交換判定規準によつたものである。マレニット処理木柱の耐久年数は従来考えられていた年数よりも相当に長い結果が得られた。耐久年数の算出には、連続的に調査した多数の調査地域の記録が必要であり、ここで求めた耐久年数は、なお検討する余地があろう。つぎに、中部電力株式会社において既設木柱で供用されているものから、生長錐で地際部から試料を採取し、腐朽長を求めた結果を Appendix table 4 および Appendix Fig. 4~5 に示す<sup>20)</sup>。Appendix Fig. 4 によれば、無処理木柱の場合には経過年数が約 14 年まで直線と考えることができ、Appendix Fig. 5 によればマレニット処理木柱の場合には約 20 年まで直線と考えることができる。いま、かりに経過年数が 13 年までの無処理木柱の腐朽速度を 3.31 mm/年とし、マレニット処理木柱の腐朽速度を 1.04 mm/年として耐久年数を求めると、Table 19 のとおりである。しかし、腐朽長と経過年数から耐久年数を求める方法は、なお検討の余地が多く明確な結論は得難いと考えられる。また、木柱の耐久性は、腐朽または虫害による壊敗程度の判定規準、たとえば腐朽長、あるいは残存強度から更替の可否を判定することのほかに、壊敗以外の種々な更替の要因があり、しかもこれらの要因が耐久年数に著しく影響をおよぼすことが考えられる。ここでは、現実に更替された数字から検討したものである。



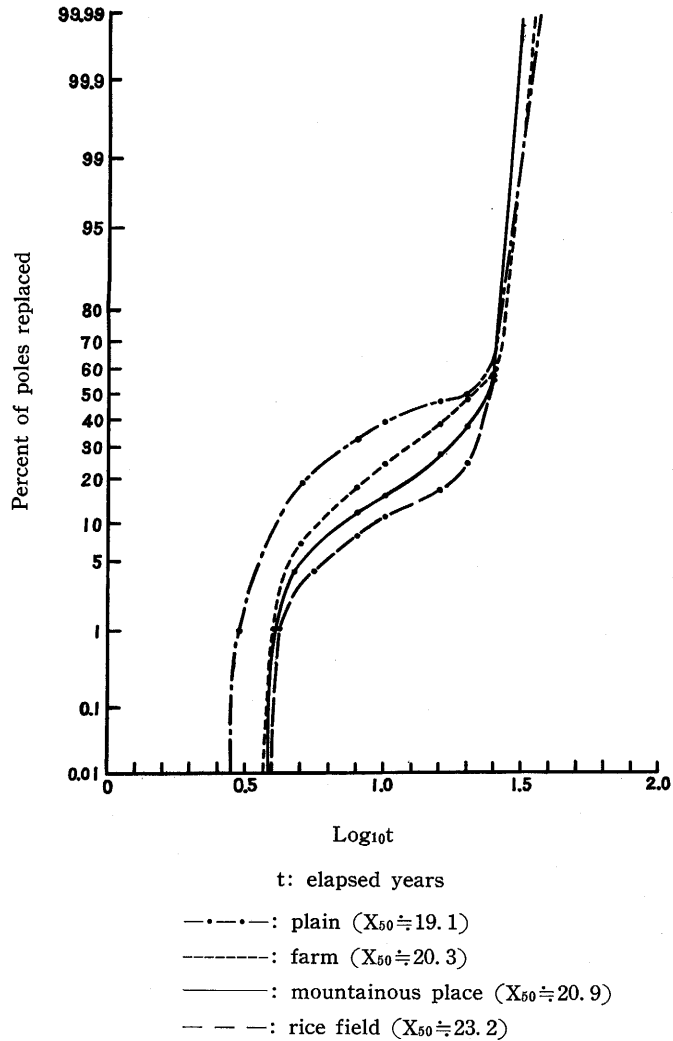


Fig.6. Relation between replacement (%) and service years of telephone poles treated with Malenit solution.

Table 19. Approximate average life of poles based on the decreasing diameter at ground line.

Sapwood length (mm)	25	30	35	40
Untreated pole (years)	7.6	9.1	10.6	11.1
Malenit treated pole (years)	15.9	19.1	22.3	25.5

本研究に当り，種々便宜を供与された日本マレニット株式会社の職員各位に対して衷心より謝意を表する。

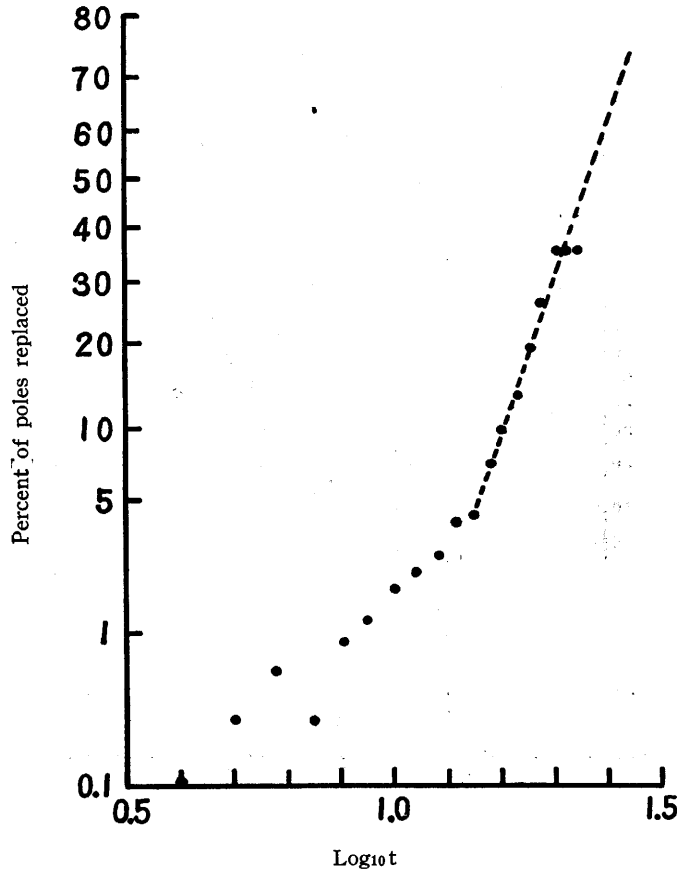


Fig. 7. Relation between replacement (%) and service years of telephone poles treated with Malenit solution.

### III. 摘 要

1) 水溶性防錆剤溶液の比重 ( $d$ ) はつぎの式であらわすことができる。マレニット溶液の場合には、 $d=0.99999(1+9.8 \cdot 10^{-3}C)\{1-5 \cdot 10^{-5}(t-5)-3.885 \cdot 10^{-6}(t-5)^2\}$  であらわされ、塩化亜鉛溶液の場合には、 $d=0.99999(1+8.9 \cdot 10^{-3}C)\{1-5.425 \cdot 10^{-5}(t-5)-4.615 \cdot 10^{-6}(t-5)^2\}$  であらわされる。ただし  $C$  は濃度 (%),  $t$  は温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) とする。

2) 塗布によるマレニットの浸潤長を弗化ナトリウムについて測定した結果は、マレニットの 3% 以上の濃度を用いて、含水率 40~50% の材に 2 回塗布した場合に良好な結果が認められた。

3) マツ角材 (約  $9 \times 9 \times 10 \text{ cm}$ ) をマレニット溶液に浸漬させた結果は、3 日間迄の溶液吸収速度が大である。

4) 拡散法による弗化ナトリウムと 4,6-ジニトロオルトクレゾールナトリウムとの拡散面積の比率は 4 カ月間後にほぼ 3~4 : 1 である。

5) 屋外防腐試験の結果について、ブナの場合に Wolman 塩は、無処理材の 2/5 の腐朽率を示した。パラニトロフェノールの銅アンモニヤ溶液は材表面の防菌効力は強いが、割れなどにもとづいて内部が腐朽するという結果が得られた。

6) マレニット処理木柱について、弗化ナトリウムの溶脱量は、ほぼつぎの式であらわされる。  

$$V_t = P_0 - P_t \{1 - (e^{-At} + B)\}, \quad P_t = P_0 e^{-At} + B$$

ただし  $P_0 = 1.5 \sim 2.0$      $B = 0.1$      $A = 0.53$

$V_t$ :  $t$  年後の弗化ナトリウムの溶脱量 (mg),  $P_0$ : 注入直後の弗化ナトリウムの含有量 (mg)

$P_t$ :  $t$  年後の残存弗化ナトリウム (mg),  $A, B$ : 定数

7) マレニット処理木柱の耐久年数はほぼつぎのとおりである。すなわち、水田では約 23 年で耐久年数が最も大きく、畑では約 21 年であり、原野では約 19 年である。また経過年数と腐朽長より耐久年数を推定すると辺材長が 30~35 mm の木柱では約 19~22 年である。

## 文 献

- 1) R. Lucas: Kolloid Z., **23**, 15 (1918).
- 2) 根本嘉郎: 工化., **61**, 984 (1958).
- 3) B. Schulze and G. Theden: Holzforshung **12**, 79 (1949).
- 4) D. N. Smith and E. L. Lee: For Prod. Res., Special Rept. No. 13, 1 (1958).
- 5) W. Gillwald: Holzindustrie **9**, 232 (1956).
- 6) 横田徳郎: 第 3 回日本木材学会発表要旨 75 (1956).
- 7) 伊藤清一: 応物 **25**, 399, 480 (1956). **27**, 450, 455 (1958).
- 8) 伊藤清一: 木材誌 **4**, 219 (1958).
- 9) 千手諒一・好士崎宰雄: 第 64 回日本林学会講演集 417 (1955).
- 10) A. J. Stamm: I. E. C. Ind. Ed., **32**, 809 (1940).
- 11) G. Theden and B. Schulze: Holz als Roh-u. Werkstoff **5**, 239 (1942). **6**, 17 (1943).
- 12) 坂巻菊治: オーム **3**, 44 (1957). 防腐木材研究資料第 3 輯 (1957).
- 13) 雨宮昭二: 林試報, No. 71, 137 (1954). No. 82, 49 (1955).
- 14) 黒鳥四朗: 第 64 回日本林学会講演集, 415 (1955).
- 15) 金平洋一・小谷大紀: 木材工業 **13**, 9 (1958).
- 16) 慶野金市: 木材工業 **13**, 16 (1958).
- 17) 加藤寅次郎: 電信電話学会雑誌 No. 99, 704 (1931).
- 18) 山名成雄・懸川栄男: 第 5 回日本木材学会発表要旨 81 (1957).
- 19) 九州電気通信局: DFP 注入電柱耐用年限調査報告 (1957).
- 20) 中部電力株式会社営業部試験所: 木柱腐食調査に関する中間報告 (1957).

## Résumé

In Japan, wood preservative Malenit have been widely employed for poles, mine timbers, crossarms and lumbers and timbers used in building where conditions are favorable for attack by decay or insects. The composition of Malenit has changed somewhat with the lapse of time and now it is quite different from old type Ma-

lenit has not so great resistance to leaching by water. Old type Malenit is not employed for treating poles in 1959 though it was used for treating poles since 1928. The composition of old type Malenit was as follows; NaF 85%, sodium dinitrocre-sylate and sodium dinitrophenate mixtures 10%, NaSbF<sub>4</sub> 3% and NaOH 2%. This mixed preservative was used with 1.25% aqueous solution and the standard retention was 3.4 kg/m<sup>3</sup> for the telephone poles of Japanese cedar by the Bethell process under the temperature at 40~50°C.

We studied already as regarded to the Wolman type preservative: the effectiveness against decay, corrosive action to iron nails, leaching out by weathering procedure, hygroscopicity, penetrability and effect on strength of treated wood.

This paper deals with the specific gravity of aqueous solution of Wolman preservatives, absorption of its solution by brushing, steeping or diffusion process, preliminary preservation and the durability of wood treated with Malenit solution.

The results obtained and discussions are summerized as follows;

- 1) The specific gravity of some preservatives applies in the following formula;  
 Malenit:  $d=0.99999(1+9.8 \cdot 10^{-3}C)\{1-5 \cdot 10^{-5}(t-5)-3.885 \cdot 10^{-6}(t-5)^2\}$   
 Zinc chloride:  $d=0.99999(1+8.9 \cdot 10^{-3}C)\{1-5.425 \cdot 10^{-5}(t-5)-4.615 \cdot 10^{-6}(t-5)^2\}$
- 2) The penetration of Malenit was detected by sodium fluoride, a constituent of preservative, after treated by brushing method. Good result was obtained under following conditions; concentration of Malenit solution over 3%, moisture content of wood 40~50%, two times brushing.
- 3) The absorbed velocity of Malenit solution into pine wood by steeping method was greater up to 3 days.
- 4) Diffusion rate of NaF and Na-4,6-DNOC was in the ratio of 3~4 : 1 after 4 months.
- 5) The degree of decayed area of Beech wood treated preliminarily with Wolman salt by brushing method was about 2/5 as compared with untreated.
- 6) Ammoniacal solution of sodium *p*-nitrophenate and potassium dichromate showed a strong fungicidal effect at the surface of wood, but less effect in the inner part of wood.
- 7) Leaching amount of sodium fluoride from actual telephone poles treated with Malenit may be presented with next formula;

$$V_t = P_0 - P_t \{1 - (e^{-At} + B)\}$$

Where  $V_t$ : Leaching amount after  $t$  years (mg)

$P_0$ : Initial amount of sodium fluoride (mg), ordinarily 1.5~2 mg/cm<sup>3</sup> at 1 m above from ground line.

$A$ : 0.53     $B$ : 0.1

- 7) The durable life of telephone poles treated with Malenit were estimated roughly as follows: about 23 years in rice field, about 21 years in farm and about 19 years in plain. Durable life estimated from decayed length at the ground line of poles having 30~35 mm length of sapwood were 19~22 years.

Appendix table 1. Service record and durability of telephone poles at Kyushu district treated with 1.25% Malenit solution.  
(retention about 3.4 kg/m<sup>3</sup>).

year installed	No. of poles installed	Years elapsed												No. of poles decayed and attacked by termite	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	No.	%
1929	3903	0	0	0	0	2	1	1	4	6	21	22	14	71	1.82
1930	6301	0	0	0	0	0	0	0	2	20	33	14		69	1.10
1931	6534	0	0	0	0	1	1	1	19	26	16			64	0.98
1932	7365	0	0	0	0	0	1	10	25	7				43	0.58
1933	8943	0	0	0	0	0	7	7	1					15	—
1934	11639	0	0	0	1	5	0	0						6	—
1935	11553	0	0	0	0	2	2							4	—
1936	14537	0	0	1	1	0								2	—
1937	11694	0	0	0	0									0	—
1938	11015	0	0	0										0	—
1939	10100	0	0											0	—
1940	3053	0												0	—
Total	110615	0	0	1	2	10	12	19	51	59	70	36	14	274	—

(courtesy of Kyushu Electric Co., Ltd.)

Appendix table 2. Influence of land and years in service for replacement of poles treated with Malenit

Site	Years in service		27	19	17	14	9	7	5
	A	B							
Rice field	A		25	145	47	241	90	30	89
	B		72	20	9	19	8	7	2
Farm	A		38	49	1	33	45	23	28
	B		66	39	0	85*	38	13	7
Mountainous place	A		94	116	—	—	42	132	16
	B		80	33	—	—	17	7	44*
Plain	A		14	125	2	35	35	—	9
	B		72	43	0	51	37	—	22
Residential land	A		4	9	1	5	2	5	4
	B		50	55	0	40	0	20	25
Road	A		—	8	—	5	3	3	3
	B			38	—	40	33	0	33

A: number of poles investigated by kyushu electric Co., Ltd.

B: percent poles renewed

\* These poles seems to be decayed fast owing to the sandy soil.

Appendix table 4. Average decreased

Preserva- tive	Untreated pole																	
	Site		1		2		3		4		5		6		7		total	
	Years in service	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
0				139	10.69	215	11.99	74	16.76	82	12.06	77	11.18	36	11.17	623	12.1	
1	12	4.17	342	11.70	548	13.80	192	18.21	265	10.56	160	9.37	63	6.67	1582	12.5		
2	25	4.52	610	13.11	881	13.64	326	13.63	497	9.68	215	16.78	108	10.79	2662	12.8		
3	26	4.46	696	24.63	861	22.31	345	24.33	573	13.38	233	19.88	114	19.65	2848	20.8		
4	30	20.77	797	31.72	1008	31.9	419	31.92	44	18.07	268	28.29	186	29.90	3352	28.7		
5	38	33.76	915	41.00	1131	44.1	470	42.71	734	26.19	268	33.19	160	38.68	3716	38.4		
6	31	44.0	647	48.12	890	52.7	357	49.06	596	34.35	186	48.84	105	46.47	2812	46.6		
7	19	31.68	500	53.10	713	60.90	318	59.34	495	41.22	195	52.38	96	47.50	2336	53.5		
8	21	47.29	446	59.92	705	59.63	260	73.40	448	44.92	166	54.67	91	53.16	2137	57.2		
9	8	26.75	261	65.81	387	68.73	154	72.92	269	46.50	106	61.46	45	59.73	1230	62.6		
10	6	42.50	360	70.36	735	66.29	1256	74.54	485	55.80	134	64.61	87	73.17	2063	64.5		
11	5	56.40	145	87.71	242	90.27	97	95.57	181	67.15	42	72.31	33	65.39	745	82.5		
12	6	97.17	197	78.60	390	96.00	162	100.04	247	69.85	82	69.50	48	65.0	1132	84.4		
13	8	94.63	143	100.25	295	97.52	114	109.08	192	73.09	53	87.83	31	78.74	836	29.7		
14	5	50.00	89	83.61	202	108.35	89	118.89	111	77.55	38	72.42	27	71.19	561	95.2		
15	11	63.27	171	96.81	368	89.53	153	103.29	215	76.08	66	67.06	62	59.38	1016	87.3		
16	1	5.0	64	107.23	154	111.80	67	107.51	54	106.07	12	69.75	11	90.64	363	110.3		
17	2	23.5	51	104.65	92	106.41	64	119.80	56	63.46	22	149.68	13	75.46	300	102.2		
18	3	72.0	67	99.25	105	106.73	63	114.00	75	65.47	15	82.80	11	80.09	339	95.3		
19	2	103.0	28	99.07	57	100.18	22	93.18	38	94.2	7	57.57	5	42.20	159	86.8		
20	2	79.0	77	91.34	136	93.71	60	98.43	83	66.43	31	111.23	17	50.35	406	87.9		
21	2	54.2	17	103.88	21	114.24	13	88.69	20	66.65			3	69.33	76	91.7		
22	4	66.0	22	93.41	24	85.33	11	126.91	28	74.21	8	125.63	3	73.67	100	90.7		
23	2	1.9	6	191.0	77	90.94	6	103.83	9	68.89	4	100.0	3	54.67	47	95.5		
24	5	45.8	5	108.8	11	103.55	7	65.71	9	88.67	1	98.0		38	81.0			
25			16	136.31	26	99.3	13	96.23	35	52.57	6	66.50	2	160.50	98	84.0		
26	1	82.0	2	86.0	4	122.50	1	73.0	5	38.4			1	20.0	14	93.5		
27			5	102.8	6	75.0	7	69.14	6	22.17			3	95.67	27	69.2		
28			6	30.5	5	66.20			5	59.40			2	42.0	18	49.8		
29					7	75.0	3	98.67	1	40.0	2	59.5	1	9.0	14	70.7		
30	2	52.5	3	36.67	9	84.67	2	17.5	10	46.5	4	29.25	1	24.0	31	52.2		
31					1	54.0			1	85.0	1	125.0			3	88.0		
32					4	127.5	1	27.0	2	95.0					7	104.0		
33	1	10.0			1	111.0									2	60.5		
34					2	94.0			2	105.0	1	130.0			5	105.6		
35					3	98.67	2	25.0	1	8.0					6	59.0		
36			1	10.0	2	35.5	2	64.50					2	81.5	7	53.3		
37			1	88.0											1	88.0		
38									1	12.0					1	12.0		
39			5	60.8					1	65.0	1	51.0			7	60.0		
40			1	73.0			2	13.0	3	1.67					6	17.7		
41																		
42					1	60.0									1	60.0		
43																		

A: number of poles (boring sample was taken out by increment borer).

B: mean decreased length at ground line (mm)

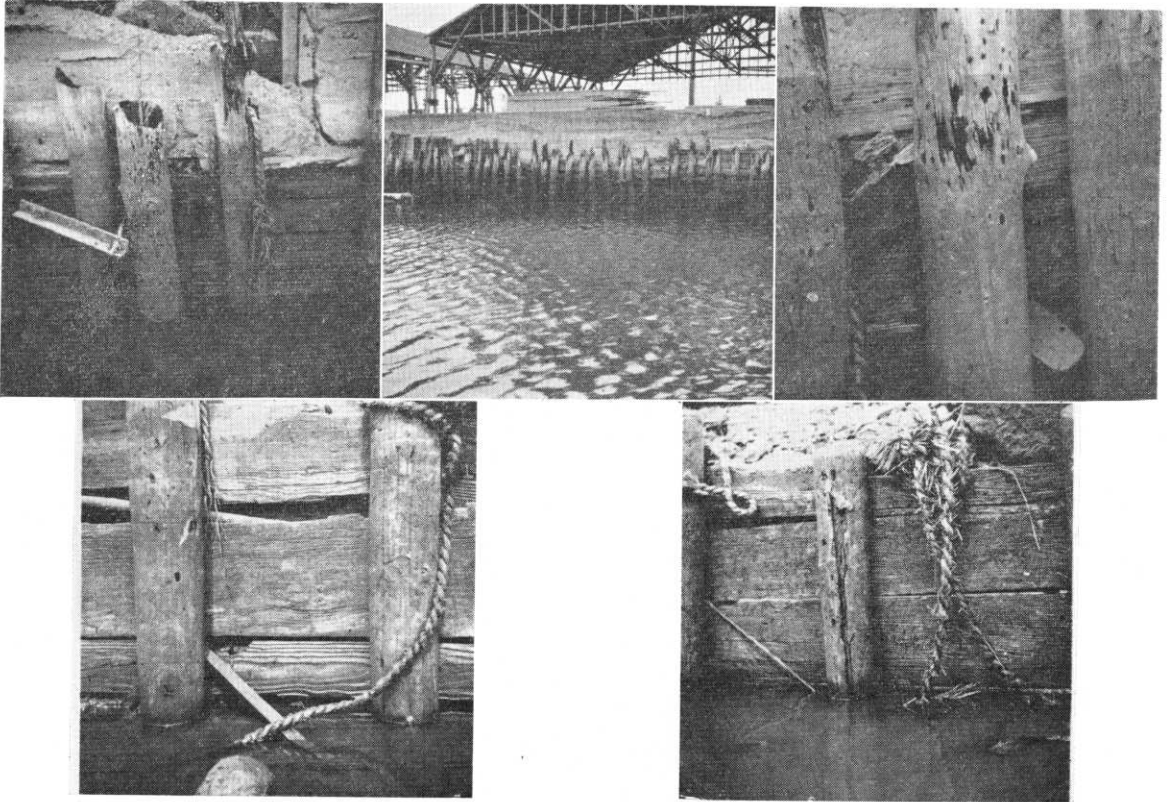


Appendix Table3 . Durability of telephone poles treated with Malenit solution  
(270 kg/m<sup>3</sup> at 1.25% aqueous solution).

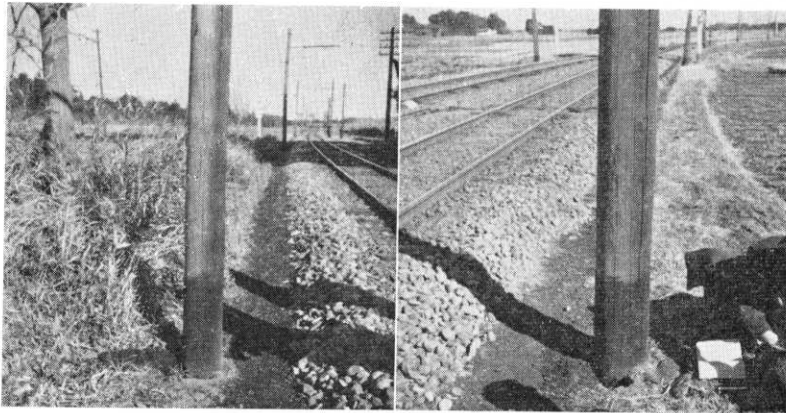
Year installed	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941
Years in service	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
Number of poles installed	3,453	4,684	5,808	7,432	8,248	13,846	15,286	16,979	14,249	11,220	12,046	9,472
Number of poles* replaced (%)	35.1	34.7	34.8	25.8	19.1	12.9	9.6	6.8	4.2	3.9	2.7	2.3
Year installed	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	
Years in service	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Number of poles installed	8,248	6,859	4,722	5,126	5,985	8,714	13,293	23,483	38,280	54,704	17,183	
Number of poles* replaced (%)	1.8	1.2	0.9	0.3	0.6	0.2	0.1	0	0	0	0	

Observed at March 1952 \* Amended by Kyushu electric Co., Ltd.  
Service test was carried out at Kyushu district

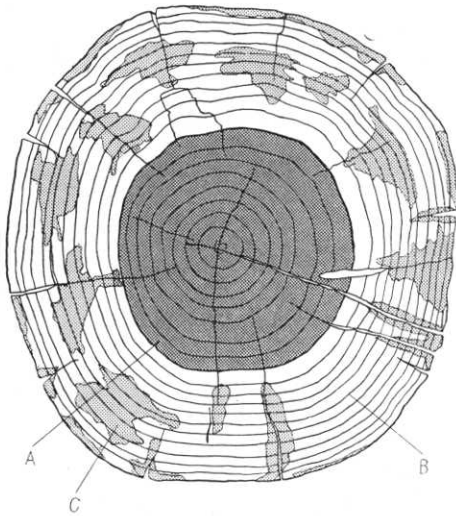




Appendix Fig. 1. Piles destroyed by insects and decay for 10 years service.  
(courtesy of Nippon Malenit Co., Ltd.)

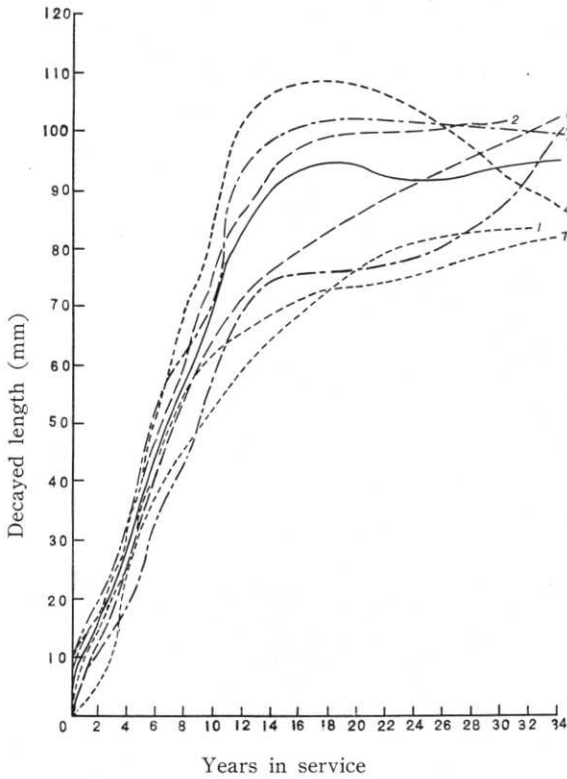


Appendix Fig. 2. Condition of poles treated with Malenit in 10 years service.

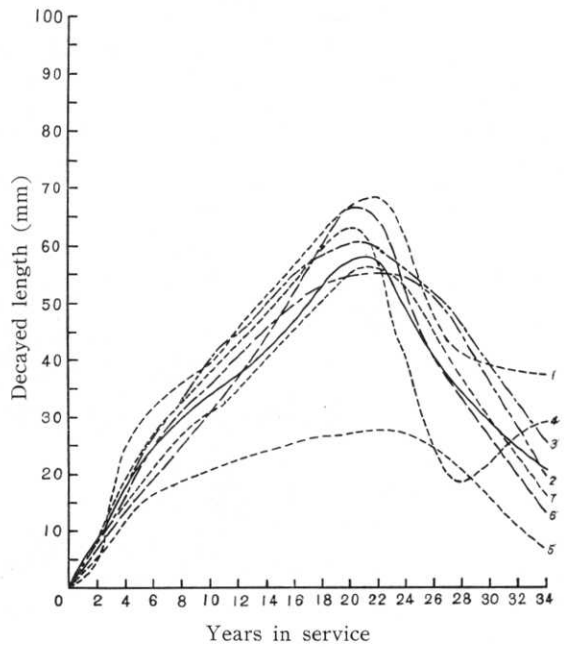


A: heartwood B: observed area of sodium fluoride  
 C: not observed area of sodium fluoride

Appendix Fig. 3. Colour reaction of sodium fluoride at 10 cm from the top of pole, covered with metal coverings, treated with Malenit solution after 10 years.



Appendix Fig. 4. Relation between decayed length at ground line and years service of untreated poles (Chubu electric Co., Ltd.).



Appendix Fig. 5. Relation between decayed length and years service of telephone poles treated with Malenit solution (Chubu electric Co., Ltd.).