

落差式木柱防腐処理に関する研究 (第 I 報)

—ペンタクロル・フェノール・ナトリウムによる研究—

教授 芝 本 武 夫
庄 司 龍 史

Takeo SHIBAMOTO and Ryuji SHOJI :
Studies on the Head Pressure Process (so-called Boucherie Process)
for Wood Poles Preservation by Water Born Preservatives. (I)
—On the Sodium Pentachlorophenolate—

目 次

I 緒 言	31	IV 参考文献	33
II 実験の部	32	Résumé	38
III 結 論	37		

I 緒 言

1838 年仏人 BOUCHERIE 氏によつて創案された塩化亜鉛や硫酸銅による木柱，とくに電柱の落差式防腐処理法はブーシェリー法または丹攀注入法などとも呼ばれ，装置が簡単で操作も容易であるため欧州の各地で広く採用された。わが国では明治 12 年に当時の通信省がこの方法によつて 3 本の電柱を処理した。これはわが国における木材防腐の最初である。

その後硫酸銅の需給関係や，クレオソート油などによる加圧注入に関する研究が進むにつれて本法は漸次衰退するようになった。

昭和 28 年度の防腐処理木材量はおよそつぎのとおりである。

Table 1. Preserved woods in 1953 (m³)

Poles				Ties		Micellaneous
Non treatment	CuSO ₄	F. D	Creosote	Non treatment	Creosote	Creosote
125,000	80,000	66,000	155,000	300,000	230,000	3,000

一般に木材を加圧注入処理すると，樹種や処理条件などによつて異なるが，材の各面から溶液が浸潤するために，材の内部では当然圧力が平衡状態となつて，溶液の浸潤しない部分ができる。これに反して落差式防腐処理では一方の木口（末口）が開放されているので辺材部のほとんど全部にわたつて十分に防腐剤を浸潤させることができる。また木材中のいろいろな水溶性成分は操作のはじめに押し出されるので，腐朽菌の栄養源が減少することになり，この意味においても耐朽性が大きくなることが考えられる。

落差式防腐処理に用いられる防腐剤は，従来ほとんど硫酸銅に限定されているが，他のすべて

の水溶性防腐剤も同じように使用することができる。筆者らはこれらのうち、市販されている 2, 3 のものについて実験を行なつたのでここに報告する。もしそれが実用化されるものであれば、硫酸銅は農薬など他の重要な用途にふり向けることがより有益であろう。

実験は東京大学農学部附属千葉県演習林清澄作業所で行なつた。この実験に終始御指導と御協力をいただいた演習林長高原末基氏・川名明氏・三井化学・保土谷化学・旭電化・旭ガラスの各社、ならびに実験器具を貸与された京都木材防腐株式会社・日本木材防腐協会に対して深甚なる謝意を表す。

II 実験の部

水溶性ペンタクロル・フェノール塩類、とくにそのナトリウム塩 (Na-PCP) を木材防腐剤として使用するために、近年各方面で多大の努力が払われ、幾多の業績が出されているが、なお満足すべき適切な処理方法が確立されるに至っていない。これは Na-PCP が加圧または浸漬処理などによつては十分に木材組織に浸潤し難いことが原因である。

筆者らはさきに Na-PCP および $\text{NH}_4\text{-PCP}$ は落差式処理法によつて十分にスギ・ヒノキ木材の辺材部に浸潤させることができることを明らかにしたが、その後さらに処理条件と Na-PCP の浸潤度について実験を行ない、実用的な処理条件を定めようと試みた。

このような実験結果は供試材個々の性状の相違によつて大きな影響をうけるであろうことは当然予想されるが、実際には同一条件のものを選ぶことは不可能である。小柱材の場合には一組の実験に用いるものはできるだけ同一の丸太から調製するようにつとめたが、長柱材ではそのように選択することができなかつた。

1. 小柱材による実験

つぎの実験は若干の基礎的数値を求めめるために行なつたが、実験室的に、いろいろな条件を厳密に一定とすることはできなかつた。

実験は 30~90 cm の小柱材数本を一組として、その元口部にガラス・キャップをはめ、ゴムベルトで緊密におさえて、上部の液槽からゴム管で溶液を導入した (写真 1 参照)。末口には硝酸銅溶液を入れたビーカーをおき、末口全面に Na-PCP が検出されるまでに要した時間を浸潤速度とした。のち、さらに 5 分間処理して、供試材を縦に 2 分し、内部の浸潤状態を観察した。供試材はいずれも小径木で、心材部はほとんどみられなかつた。

(1) 溶液濃度と Na-PCP の浸潤速度

pH・落差高および供試材の長さを一定にして行ない、第 2 表のような結果を得た。

(2) 溶液の pH と Na-PCP の浸潤速度

溶液濃度・落差高および供試材の長さを一定にして行ない、第 3 表のような結果を得た。

Table 2. Penetration velocity related to concentration of Na-PCP

Sample No.	Length (cm)	Middle dia. (cm)	Height of head pressure (m)	Conc. (%)	pH	Time needed for detection of Na-PCP at top end(min.)
24	60	6.0	3.5	0.1	8.0	210
25	"	5.6	"	0.5	"	115
26	"	6.0	"	1.0	"	93
7	"	5.7	"	2.0	"	72

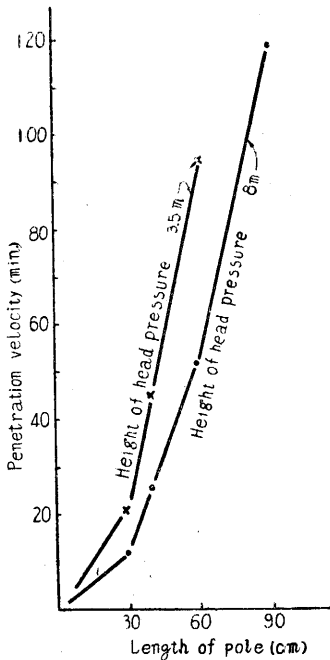
Table 3. Penetration velocity related to pH of Na-PCP solution

Sample No.	Length (cm)	Middle dia. (cm)	Height of head pressure (m)	Conc. (%)	pH	Time needed for detection of Na-PCP at top end(min.)
39	30	5.7	6.0	1.0	7.5	13
40	"	6.0	"	"	8.0	"
41	"	5.8	"	"	8.5	"
42	"	5.6	"	"	9.5	"
43	"	5.5	"	"	10.5	15
1	40	5.7	"	"	7.5	28
2	"	5.5	"	"	8.0	26
3	"	5.2	"	"	8.5	27
4	"	5.7	"	"	9.0	24
5	"	—	"	"	9.5	—
6	"	5.6	"	"	7.5	26
7	"	6.1	"	"	8.0	24
8	"	5.0	"	"	8.5	26
9	"	6.3	"	"	9.0	25
10	"	5.6	"	"	9.5	26

Table 4. Penetration velocity related to length of poles and height of head pressure

Sample No.	Length (cm)	Middle dia. (cm)	Height of head pressure (m)	Conc. (%)	pH	Time needed for detection of Na-PCP at top end(min.)
48	30	5.3	3.5	1.0	8.0	21
49	"	5.2	"	"	"	"
50	"	5.8	"	"	"	20
51	"	5.2	"	"	"	19
52	"	6.1	"	"	"	20
53	"	5.6	"	"	"	"
54	"	5.1	"	"	"	21
55	"	6.3	"	"	"	"
56	40	5.8	"	"	"	45
26	60	6.0	"	"	"	93
57	"	5.4	"	"	"	98
58	"	5.7	"	"	"	100
39-43	30	—	6.0	"	"	13
2	40	5.5	"	"	"	26
1-10	"	—	"	"	"	2
59	60	5.7	"	"	"	52
65	90	"	"	"	"	123
61	"	5.3	"	"	"	111
62	60	5.4	8.0	"	"	42
63	90	5.9	"	"	"	98
64	"	5.1	"	"	"	95

以上の実験結果を材の長さが等しい場合と、落差高が等しい場合とにわけて図示すると、第I図のようになる。



(1) related to length of poles

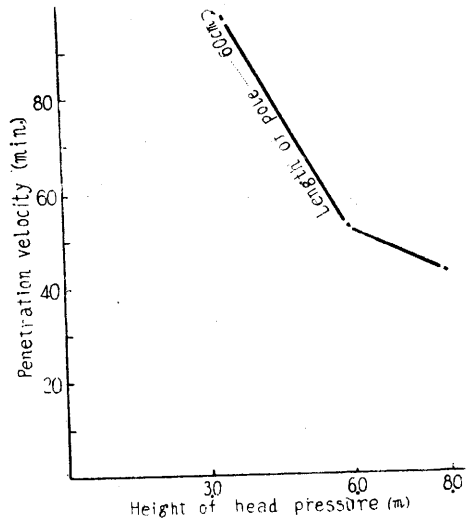


Fig. 1 Penetration velocity of Na-PCP (2) related to height of head pressure

(4) 界面活性剤の影響

アニオン系活性剤 (anion active surfactants)・カチオン系活性剤 (cation active surfactants) および非イオン系活性剤 (non-ionic surfactants) 数種を溶液に対して 0.05~0.5% 添加したが、その効果は認められなかった。

(5) 考 察

供試材の個体差が大きく、実験回数が少ないので、結論を求めることは困難であるが、実験範囲ではつぎのことが明らかである。

(イ) いずれの場合も Na-PCP は供試材中に十分に浸潤している。pH 7.5~9.5 の間では浸潤速度に差がなく、10.5 になると低下する。このことは加圧注入処理を行なう場合の最適 pH が、10.4~10.6 であることと一致しない。落差法で処理する木材はまだ生活機能をなくしていないから、PCP として遊離の沈澱を生じない範囲で、pH は低い方がよいのではないかと考えられる。

(ロ) 溶液濃度が高いほど、Na-PCP の浸潤速度が大きく、材内部によく浸潤している。

(ハ) 第1図は近似的につぎの式で表わすことができる。

$$L^{2.3}t = l^{2.3}T \text{ (落差高が一定のとき)} \dots\dots\dots (1)$$

但し L, l …… 木柱の長さ

t …… 材長 l の浸潤に要した時間

T ……材長 L の浸潤に要した時間

$$HT=ht \text{ (材の長さが一定のとき) } \dots\dots\dots(2)$$

但し H, h , ……落差高

t ……落差高 h のときの浸潤時間

T ……落差高 H のときの浸潤時間

2. 長柱材による実験

小柱材の実験結果にもとづいて、3~3 m の長柱材を半かば工業的に処理した（写真2参照）。

(1) 実験の経過および結果

供試材の末口面に Na-PCP を検出するまでに要した時間を測定し、そのときの末口円盤について浸潤薬剂量を定量した。その経過および結果はつぎのとおりである。なお前報で述べたように、木材1立方「メートル」当り 1 kg 内外の Na-PCP が浸潤していれば、十分な防腐効力を示すので、腐朽実験は行なわなかつた。一部既報告のものも掲載して比較対照することにした。

Table 5. Wood samples

Sample No.	Length (m)	Volume (m ³)	Diameter (cm)			Sap wood(area %)		Yearing density (per cm)
			Butt	Middle	Top	Butt	Top	
A	4.8	0.112	24.6	18.0	17.0	60.9	65.4	3.8
B	6.1	0.117	20.0	15.6	13.0	57.8	63.0	5.0
C	4.9	0.118	20.6	17.5	11.5	60.9	73.3	4.2
D	5.0	0.096	18.0	15.6	13.5	55.6	55.6	4.4
E	4.7	0.109	21.0	17.2	16.5	65.3	66.9	4.2
F	5.2	0.103	18.5	16.0	14.5	61.4	69.6	4.4
J	5.1	0.104	19.0	"	13.7	60.1	70.0	"
11	3.0	0.075	"	17.8	16.0	85.7	82.1	4.2
12	"	0.079	20.5	18.3	15.3	47.9	52.7	5.6
13	5.0	0.139	20.8	18.8	16.0	56.2	65.2	4.8
14	"	0.113	20.0	17.0	14.5	57.6	73.3	4.2
15	"	0.124	20.8	17.8	17.0	51.5	64.4	5.0
16	8.0	0.213	22.9	18.4	15.0	57.0	72.9	3.8

Notice: No. A—J were reported in previous paper.

Table 6. Treatment conditions

Sample No.	Preservatives	Conc. (%)	pH	Height of head pressure (m)	Treatment time (hrs.)	Consumed solution (L)	Temp. (C°)
A	Na-PCP	1.0	8.1	8.0	86	108	19—22
B	"	"	"	"	96	—	"
C	"	0.5	"	"	97	150	"
D	"	0.3	"	"	"	65	"
F	"	0.1	"	"	89	73	"
F	NH ₄ -PCP	0.3	"	"	"	64	"
J	CuSO ₄	1.5	—	"	43	100	"
11	Na-PCP	1.0	8.0	5.0	65	60	19—20
12	NaF+	{ 0.5	9.5	7.5	"	"	"
	Na-PCP	{ 1.0	8.0	5.0	120	150	21—23
13	Na-PCP	1.0	8.0	5.0	120	150	21—24
14	"	"	"	7.5	88	130	"
15	"	2.0	"	"	120	120	21—24
16	"	1.0	"	9.0	220	150	17—20

以上の実験結果から処理条件と Na-PCP の浸潤速度を求めたものはつぎのとおりである。

Table 7 Results
(1) Penetration velocity of Na-PCP related to concentration

Sample No.	Conc. (%)	Consumed Na-PCP (kg/m ³)	Time needed for detection of Na-PCP at top end (hrs.)	Penetrated Na-PCP (kg/m ³)		
				Butt	Middle	Top
E	0.1	0.688	Non detect	1.32	0.10	—
D	0.3	2.031	//	2.70	2.13	0.13
F	//	1.864	//	4.36	0.57	0.22
C	0.5	5.508	//	5.07	3.11	0.16
A	1.0	9.643	86	10.04	5.06	2.20
14	//	11.504	67	—	—	1.17
15	2.0	19.355	111	—	—	2.34

Notice : Length of poles...4.7~5.0m • Height of head pressure...7.5m~8.0m

Table 7. Results
(2) Penetration velocity of Na-PCP related to length of poles and height of head pressure

Sample No.	Length (m)	Height of head pressure (m)	Consumed Na-PCP (kg/m ³)	Time needed for detection of Na-PCP at top end (hrs.)	Penetrated Na-PCP (kg/m ³)		
					Butt	Middle	Top
11	3.0	5.0	8.000	39	—	—	1.82
13	5.0	//	9.353	non	—	—	0.24
12	//	7.5	7.595	47	—	—	1.32
A	4.8	8.0	9.643	86	10.04	5.06	2.20
14	5.0	7.5	11.504	67	—	—	1.17
B	6.0	8.0	—	non	10.99	5.91	0.39
16	8.0	9.0	7.042	215	—	—	1.05

Notice : Concentration...1.0% • pH...8.0~8.1

実験開始後 5~20 分で末口から樹液が滴下しはじめるが、その量は第2図に示したように時間の経過にともなつて減少する。これは Na-PCP 溶液の浸潤と関係があるものと考えられる。処理材の元口面には黒褐色泥状の物質が沈積し、溶液濃度が高くなり、または処理時間が長くなると、その量は増加する。このために溶液の浸潤は阻害され、その部分を切り捨てると、末口滴下液量は増加する。沈積物の生成は実験に用いた水質に起因するものと思われるが、確認してはいない。

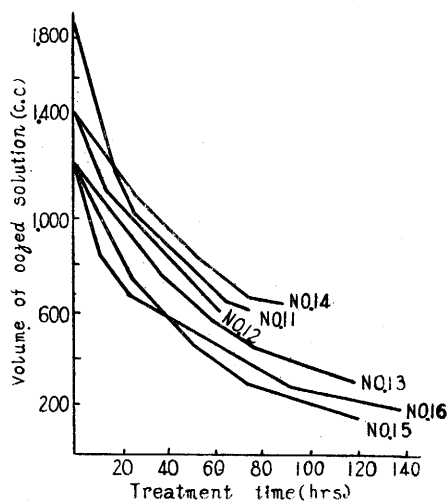


Fig. 2 Volume of oozed solution per hour

(2) 考 察

(1) 溶液の濃度と Na-PCP の浸潤速度

小柱材の場合と同じように、濃度が高くなると浸潤速度が大きくなる。2%溶液で処理した

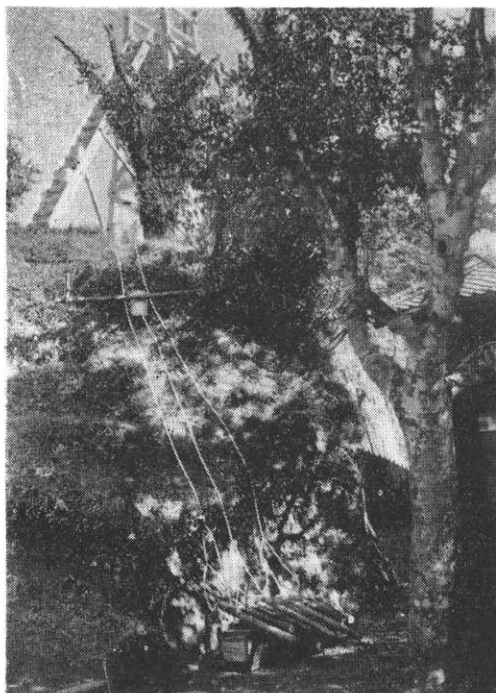


Plate 1. Treatment of short poles.

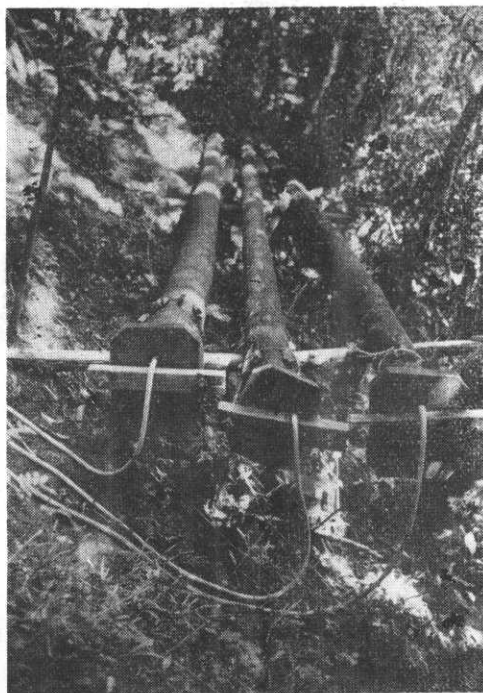


Plate 2. Treatment of long poles.

No. 15 は逆に減退しているが、これは元口部の沈積物が多量であつたためであろう。

(ロ) 材の長さおよび落差高と、Na-PCP の浸潤速度

材長 3 m, 落差高 5 m で処理したときの Na-PCP の浸潤時間 39 時間 (No. 11) を基礎として、前項 (1) および (2) 式によつて、材長 5 m・落差高 8 m および材長 8 m・落差高 9 m のときの浸潤時間を計算すると、前者は約 80 時間 (実験値は No. A: 86 時間, No. 14: 67 時間), 後者は約 206 時間 (実験値 No. 16: 215 時間) となり、実験値に近似している。

(ハ) NaF を混合した場合の Na-PCP の浸潤速度

Na-PCP 単独溶液に比して浸潤速度が小さい。これは由利氏³⁾が、濾紙や経木を用いて行なつた毛管上昇試験の結果と同一傾向を示している。NaF の浸潤速度は極めて大きい。

(ニ) 辺材部にはいわゆる白線帯部を除きよく浸潤しているが、その量は部分的に不均一で、元口部に近くなるほど多い。

(ホ) 1 kg/m³ 以上の Na-PCP が浸潤していれば防腐効力は充分であるから、No. A および No. 11~No. 16 はいずれも十分な効力が期待できる。

III 結 論

1. Na-PCP は落差式処理法によつてスギ・ヒノキなどの木柱によく浸潤するが、その速度は硫酸銅に比較してかなり小さい。

2. 実用的な処理条件はつぎのように推定される。

(イ) Na-PCP 水溶液は濃度 1.0 %, pH 7.5~9.0 とする。

(ロ) 使用溶液量は木材 1 立方「メートル」当り 600~900 立とし、末口面の辺材部に 3~5 %の硝酸銅 (または硫酸銅) 溶液を吹霧して紫褐色を呈したときをもつて終点とする。また落差高を材長と同一にした場合は、材長を「メートル」で表わした数値に 1.5 を乗じた日数内外だけ処理する。

(ハ) Na-PCP に NaF その他の無機防腐剤を混合し、処理時間を短縮することは有効であると考えられるが、これについては別に研究しなければならない。

(ニ) Na-PCP で処理した木柱は、地際以下を「コール・タール」などで被覆し、地下水の毛管作用による薬剤の上昇を防止する必要がある。

IV 参 考 文 献

- 1) 芝本武夫, 庄司龍史: 東京大学農学部附属演習林報告 No. 44. p. 187 (1953).
- 2) 古沢 清: 林業試験場研究報告 No. 67. p. 153 (1954).
- 3) 東洋木材防腐株式会社: PCP 研究聚報 (その 1) (1953)

Résumé

In the previous paper, authors reported on the experimental results of the head pressure process (so-called Boucherie process) for preservation of wood poles by Na- and NH₄-PCP. Afterward, we studied on the practical treatment conditions by Na-PCP. Their results are summarized as the following:

1. From pH 7.5 to 9.0, there are no effective influence.
2. High concentration are more effective than the low.
3. Penetration velocity related to length of pole and height of head pressure are shown by following formula, resembly.

$$L^{2.3}t = l^{2.3}T$$

in the above formula, L and llength of pole.

t penetration velocity (time) for l

T " L

$$HT = ht$$

in the above formula, Hhheight of head pressure

tpenetration velocity (time) for h

T " H

4. Practical treatment conditions are summarized as follows;

(1) Na-PCP solution: 1.0 %, pH 7.5~9.0.

(2) Volume of solution: 600~900 liters per cubic meter of wood.

If the height of head pressure is same as length of pole, the treatment time is necessary for $L \times 1.5$ days, but L is the length value of pole represented by meter.