

丸太に散布した薬剤の行動 (3)

野外における生丸太木口からの防菌剤の 浸潤とその深さの経時変化および その防菌効力について

慶 野 金 市¹⁾
富 樫 郁 子²⁾

1. ま え が き

林業における最終産物である生丸太を、防菌防虫剤で処理してその鮮度を維持し、これを 100% 利用可能な原材料として、次の加工行程ないし加工産業に受け渡すことの必要性は、経済的な観点からも資源愛護の立場からもすでに常識となっている。このために薬剤散布処理法が開発され⁶⁾、ひかげで湿潤な場所ならばブナで3か月以上、アカマツで4～6か月はその鮮度を保つことができるが、しかし、これにはまだ幾多の問題を内蔵しており、たとえば処理材の取扱いの面でも、薬剤の改良の面でもさらに一段の飛躍が望ましい。それには、そのバックボーンになる基礎研究がいっそう深く行なわれなければならない。

このような考えのもとにわれわれは、丸太に散布した薬剤の行動について実験的に研究をつづけ、すでに2つの報告³⁾⁴⁾を公けにしてきたのであるが、またこれとならんで野外における動態もかなり精密に追及し得たので、ここに第3報として報告するしだいである。

2. 実 験 の 方 法

この研究は、昭和 30, 31, 32 年の3か年にわたって行なわれたもので、試験材は伐倒直後に薬剤で処理し、これをひなたとひかげに、直接地上に1本ならべとして放置しておき、一定期間ごとに一定数を抽出して薬剤の浸潤の深さ、菌の侵入程度、その他を調査したものである。

1. 供試木材

試験に供した木材は、東京都産アカマツ、35～40年生、胸高直径 25 cm 前後のものから造材された、長さ 1 m、末口最小径 10 cm 以上の丸太で、皮付と皮はぎとである。

2. 薬剤の散布

伐倒玉切り直後の生丸太の全面に、表面積 1 m² あたり平均 400 cc および 200 cc の割合で、性能のよい小型手動噴霧器で入念に散布した。

3. 供試薬剤

主として PCP およびその塩類と BHC を混合したものをを用い、石油溶液、乳剤、乳液（前者の乳剤が、本格的な乳剤原液から水による希釈でつくられたのに反して、これは、BHC の乳剤原液を Na-

1) 林産化学部林産化学第三科林業薬剤研究室長
2) 元保護部樹病科菌類研究室

PCP の水溶液で、両者が所定の濃度になるように希釈混合したもので、これを前者と区別するためにこう呼ぶことにした)、水溶液の4つの状態で散布された。

4. 薬剤の検出法

PCP または BHC あるいは両者の混合物を検出することになるので、銅板による塩素化合物の炎色反応を用いることにした。これは Beilstein 反応を SANDERMANN が木材組織中の PCP 検出に適用させた方法⁶⁾である。

5. 浸潤の深さの測り方

前項の検出法により、第1報⁹⁾において述べたとほとんど同じようにして、次に述べる変色腐朽の状況を調査した円盤につき、木口より軸方向に Beilstein 反応をみ、その有と無の境界までを mm で測定して浸潤の深さとした。

6. 変色および腐朽の調査

薬剤処理後1.5～3か月ごとに3～4本の丸太を抽出して、両木口から5cmの厚さの円盤を切りとり、その面に現われた菌害を、腐朽(強度が明らかに落ちたと思われるもの)、初期腐朽(変色を起こした程度のもの)、青変(乾燥後も明らかに青変材として残るほどの濃い変色をしたもの)、淡い青変(乾燥後はほとんどわからなくなるくらいの変色をしたもの)および健全の5段階に肉眼鑑定で区別し、その面積を測定して、全体に対する比率を出し、この比率を効果判定の資料にした。この円盤は、後に前項の薬剤の浸潤の深さの測定に用いられた。

7. 処理丸太の置き場所

薬剤散布処理の終わった丸太は、浅川実験林内のひなたとひかげに置いたのであるが、そのおのおのは次のような所であった。

(イ) ひかげ

約20年生ぐらゐのヒノキの見本林内で、北東面の傾斜地。南にやや高い尾根を持つ台地の大きい傾斜面の下方の断層の直下で、周囲が林でかこまれ、日光がわずかにさす程度の比較的湿潤なところであった。

(ロ) ひなた

ひかげの東につづく断層の上の東面の傾斜地で裸地。傾斜面の上方に30年生ぐらゐのヒノキ林があり、夏では朝から午後2～3時ころまで陽が照り、比較的乾燥していた。

8. 処理丸太の取扱い方

処理丸太は直接地上に1本ならべとしたのであるが、最初に上下の位置を明示しておき、抽出によって間が抜けると、そのまま上下の位置を動かさずに、間をつめてまとめるようにした。

3. 実験とその結果および論議

1. 昭和30年度の試験

(イ) 使用薬剤と処理法

最初に用いた薬剤は次の3種である。

i) PCP 2%・BHC 1% 乳剤(4月散布)

ブナ材に対して用いた PCP 6%・BHC 3% の原液を3倍に希釈したもの。

ii) PCP 5% (PCP 2%+Na-PCP 3%)・BHC 1%乳剤(4月散布)

上記 i) の乳剤原液を用い、これを希釈する水のかわりに Na-PCP の水溶液を用いて原液を 3 倍に希釈し、PCP が 5% になるように PCP の補給を行なったもの。

iii) PCP 2%・BHC 1% 石油 (白灯油) 溶液 (5 月散布)

これらの薬剤はいずれも 400 cc/m² を全面散布した。

(a) 処理丸太と置き場所

皮付丸太のみを用い、処理したものの置き場所はひかげのみとした。

(b) 薬剤の浸透状況

これらの丸太を 11 月下旬まで野外に放置し、最終の変色腐朽の調査後実験室に持ち帰り、木口からの薬剤の浸潤の深さを測定して第 1 表を得た。

これにより、まず一般的に丸太の元口と末口における浸潤の深さを比較してみると、それらのあいだには差がないといえるから、これらの数字は全部一緒にして取り扱っていいことがわかる。次に、乳剤と石油溶液とを比較してみると、その 2 つの使用状態のあいだには格段の相違があり、また同じような乳剤でも調剤や使用濃度の相違する i) と ii) とのあいだにも多少の差が認められる。すなわち、PCP 2%・BHC 1% の本来の乳剤では最低 9 mm から最高 20 mm までの幅をもち、平均 13.9 mm を示し、これに Na-PCP を加えて PCP 5%・BHC 1% の乳剤としたものでは、最低 6 mm から最高 15 mm の幅をもち、平均 10.5 mm を示したのに対して、PHC 2%・BHC 1% の石油溶液では 50~71 mm の幅を持ち、平均 62.3 mm を示していた。しかし、防菌効果では後に述べるように、石油溶液より乳剤の方がよく、石油溶液では PCP の検出されたところにも青変の起こっているものがあつた。これはプレート 1 の A および B にみるように、実験室的な観察の結果も同じであつた。

(c) 防菌効果

上述の薬剤の浸潤に対応する防菌効果は第 2 表に示すとおりで、すでに述べたように浸潤の深さのいばん大きい石油溶液処理よりも、はるかに浅い浸潤しか示さなかつた乳剤処理の方がずっとよい結果を示

第 1 表 皮付薬剤処理丸太辺材の木口からの薬剤の浸潤の深さ

処理および時期	位置	丸太 No.	検 出 位 置							平 均 mm
			I mm	II mm	III mm	IV mm	V mm	VI mm	VII mm	
PCP 5%・BHC 1% 乳剤 4 月処理	元口	A	13	11	12	11	12	13	12	11.1
		B	11	10	10	9	11	9	11	
	末口	A	13	11	9	15	11	12	12	10.0
		B	7	6	6	7	12	7	12	
PCP 2%・BHC 1% 乳剤 4 月処理	元口	C	13	16	14	15	17	16	13	13.4
		D	11	10	10	9	12	14	9	
	末口	C	14	13	11	12	13	12	13	14.4
		D	17	17	12	16	20	14	17	
PCP 2%・BHC 1% 石油溶液 5 月処理	元口	E	55	70	60	61	58	68	67	62.3
		F	50	54	69	71	68	69	52	

(注) 昭 30. 4~5 月処理、同年 11 月下旬まで野外のひかげに放置、のち室内に取り込み、翌昭 31. 2 月調査。

第2表 皮付丸太の円盤に現われた変色および腐朽の状況

(イ) 4月設置 (ひかげ)

試験期間	処 理 薬 剤	両 木 口 平 均 %				
		健 全	淡い青変	青 変	初期腐朽	腐 朽
76日	無 処 理	92.0	8.0	0	0	0
	PCP 5%・BHC 1%乳剤	100.0	0	0	0	0
	PCP 2%・BHC 1%乳剤	100.0	0	0	0	0
152日	無 処 理	14.0	33.4	10.5	42.1	0
	PCP 5%・BHC 1%乳剤	100.0	0	0	0	0
	PCP 2%・BHC 1%乳剤	82.1	17.9	0	0	0
219日	無 処 理	0	39.9	0.8	59.3	0
	PCP 5%・BHC 1%乳剤	100.0	0	0	0	0
	PCP 2%・BHC 1%乳剤	78.6	21.4	0	0	0

(ロ) 5月設置 (ひかげ)

40日	無 処 理	79.8	20.2	0	0	0
	PCP 2%・BHC 1%石油溶液	100.0	0	0	0	0
115日	無 処 理	0.7	22.6	12.4	37.1	27.2
	PCP 2%・BHC 1%石油溶液	64.9	22.9	12.2	0	0
172日	無 処 理	0	0	6.3	21.2	72.5
	PCP 2%・BHC 1%石油溶液	42.5	56.5	1.0	0	0

していた。

ところで、散布薬剤の浸潤の深さは、その防菌効力との関連において重要視されなければならないが、防菌効力にはさらに濃度条件がはいってくるので、必ずしも浸潤の深さが大きければよいというものでもない。その一例が上述の石油溶液の示した結果ということになるのかもしれない。しかし、この石油溶液の場合は、このほかに乳剤の場合とちがって、木口処理をしたときそこに浸出していた松脂を完全に溶解して、溶液とともに材中にしみ込ませてしまっているの、散布後の木口は、浸出した松脂がそのままになっている乳剤処理の場合よりはるかに清潔であったにもかかわらず、かえってそのことが木口にヒワレなどを生じやすくしたということもあって、防菌上不利な条件をつくっていたかもしれない。だからこのことについては、なお繰り返し試験して検討する必要があるだろう。

2. 昭和31年度の試験

(イ) 使用薬剤と処理法

今年は調剤の方法を変えて薬剤の種類を増し、次の6種とした。

i) PCP 5%・BHC 0.5%乳剤 (4月設置)

PCP 15%, BHC 1.5%を含む乳剤原液を3倍に希釈したもの。

ii) Na-PCP 2%・BHC 1%乳剤 (4月設置)

市販の BHC 10%乳剤原液を、水の代わりに Na-PCP の水溶液を用い、おのおの所定の濃度になるように調製したもの。

iii) PCP 2%・BHC 1%乳剤 (4月設置)

前年度の i) に同じもの。

iv) PCP 2%・BHC 1%石油 (白灯油) 溶液 (4月設置)

前年度 iii) に同じもの。

v) PCP 2%・BHC 1.6%被膜性乳剤 (4月設置)

とくにロジンアミンを加えて、散布面に被膜ができるよう期待したもので、原液から3倍に希釈してこの濃度にしたもの。

vi) Na-PCP 5%水溶液 (2月設置)

これらの薬剤は、いずれも前年の半分の散布量、すなわち 200 cc/m² として全面に散布した。

(ロ) 処理丸太および置き場所

皮付と皮はぎの2種類の丸太を用い、処理したものは、大部分はひかげに置いたが、一部のものはひかげとひなたに置いた。

(ハ) 薬剤の浸透状況および効果との関係

これらの丸太は、12月上旬まで2～3か月おきに3回にわたって木口からの薬剤の浸潤の深さを測定した。これは同時に変色腐朽についても調査して、両者の関係が検討できるようにした。

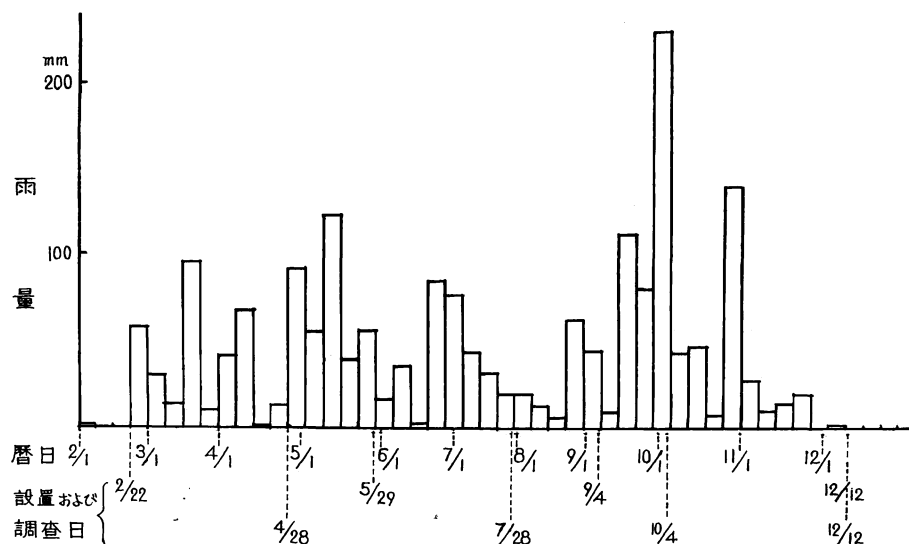
まず、ひかげに置いた場合の皮付処理材の木口からの薬剤の浸潤の深さと、その消長について概観すると第3表のようである。

これによって一般的にいうならば、散布処理をしてからの比較的乾燥した8月をあいだにはさんで、第1図に示すように、6, 7, 9, 10月と雨の多い季節を通り抜けるあいだに、あるものはただ流亡のみでだんだん短くなったものもあったが、全般的には流亡ばかりではなしに湿潤の気候とともに逆に深い方に伸び、最後は乾燥の季節に向かって、材の乾燥とともにふたたび短くなってきている。

そのときの浸潤の深さの伸び方、縮み方をみると、たとえば、普通の乳剤は約2倍に伸びてもとにもどり、石油溶液では約30%伸びて少しもどり、Na-PCP の場合は、2%で流亡しながら伸縮し、5%では約2倍から2.5倍に伸びてちょっともどりというように、薬剤ごとの特徴も指摘できるのであるが、しかし、それにもまして印象的なのは、その使用状態が乳剤であると水溶液であると石油溶液であるとを問わ

第3表 ひかげに置いた皮付散布処理丸太辺材の木口からの浸潤の深さとその消長
(2月および4月設置)

処 理 薬 剤	処理および管理条件	処 理 後 の 経 過 日 数					
		直 後	92日	160日	196日	224日	290日
PCP 5%・BHC 0.5% 乳 剤	皮付, 全面散布, ひかげ	mm 5.8	mm 7.8	mm 10.9	mm —	mm 5.3	mm —
Na-PCP 2%・BHC 1% 乳 剤	〃	8.6	4.9	6.1	—	4.0	—
PCP 2%・BHC 1% 乳 剤	〃	8.5	11.9	14.6	—	8.2	—
PCP 2%・BHC 1% 石 油 溶 液	〃	21.8	23.3	28.4	—	26.9	—
Na-PCP 5% 水溶液	皮付, 木口だけ, ひかげ	11.7	26.7	—	29.3	—	25.9



第1図 昭和31年度浅川実験林における雨量

備考：1. 暦日を2月1日から1週間ごとに区切り、その間の合計雨量を示したグラフである。

2. 設置および調査日は上段下段とも最初が設置、後の3回が調査日である。

ず、処理材中に浸潤した薬剤には多かれ少なかれ必ず水とともに動く部分があるということの実証とみられる、それぞれの薬剤が持つ特徴ある浸潤の深さの数字に同じ傾向の変化、すなわち気象条件にともなう季節的な変化が与えられていることである。このような浸潤の深さの経時変化を、浸潤した薬剤の深さの“季節的変遷”と呼ぶことにする。

このことは、1種類の薬剤について、皮付と皮はぎと、ひなたとひかげとで比べてみると、第4表に示すように、それらのあいだに現われる特徴的な変化よりも、むしろ薬剤の持つ特性に由来する変化に季節的な影響の大きく加わった変化が、支配的に現われていることで一層はっきりしてくる。

このような薬剤の浸潤の深さの変化は、薬剤処理の効果に直接関連があると思われるので、これを本年の資料について検討してみると第5表および第6表に示したようなことになる。まず第5表についてみると、これはPCPまたはその塩類を2%と、BHCを1または1.6%含むものについて示したものである。ここで乳液とはすでに述べたようにBHCの乳剤原液をNa-PCPの水溶液で希釈してつくったもので、乳状ではあるが次に述べる乳剤とは乳化剤や溶剤の組成がかなり異なるもので、特に乳液という呼び名を用いて普通の乳剤と区別したものである。乳剤とは本格的な乳剤原液によってつくった乳剤であり、石

第4表 管理条件と辺材における木口からの薬剤の浸潤の深さの消長との関係（4月設置）

処 理 薬 剤	処理および管理条件		処理後の経過日数			
			直 後	92日	160日	224日
PCP 5%・BHC 0.5% 乳剤	皮 付	全面散布, ひかげ	mm 5.8	7.8 ^{mm}	10.9 ^{mm}	5.3 ^{mm}
		〃 ひなた		6.1	6.0	4.9
	皮はぎ	〃 ひかげ		7.1	10.2	6.8
		〃 ひなた		6.8	9.0	6.9

第5表 処理薬剤の浸潤の深さと効果との関係 (4月設置)

処 理 薬 剤	処 理 お よ び 管理条件	試験期間 日	薬剤の浸 潤の深さ mm	丸太木口の変色腐朽の状況				
				健全 %	淡い青変 %	青変 %	初期腐朽 %	腐朽 %
Na-PCP 2%・BHC 1%乳液	皮 付 全面散布 ひ か げ	散布直後	8.6					
		92	4.9	96.7	0	0	3.3	0
		160	6.1	93.0	0	0	7.0	0
		224	4.0	81.2	0	0	13.8	5.1
PCP2%・BHC1% 乳剤	"	散布直後	8.5					
		92	11.9	100.0	0	0	0	0
		160	14.6	97.4	0	0	2.6	0
		224	8.2	61.3	0	0	29.6	9.1
PCP 2%・BHC 1%石油溶液	"	散布直後	21.8					
		92	23.3	100.0	0	0	0	0
		160	28.4	94.0	0	0	6.0	0
		224	26.9	79.8	0	0	12.5	7.7
PCP 2%・BHC 1.6% 被膜性乳剤	"	散布直後	6.7					
		92	3.1	100.0	0	0	0	0
		160	5.9	96.6	0	0	3.4	0
		224	1.3	70.1	1.6	0	16.4	11.8

油溶液はそのまま単なる白灯油の溶液である。最後の被膜性乳剤とは、ロジンアミンを混合して被膜をつくろうとしたもので、溶剤や乳化剤は他の乳剤と大同小異のものである。

さて、この表によると、この4つの液剤についての浸潤の深さの季節的な変化には、おのおのはっきりした特徴、すなわち型が現われている。すなわち、Na-PCP 2%を含む乳液では、もちまへの水溶性のためか梅雨期の雨でかなり流亡が目立ち、梅雨後は多少の伸びをみせていたが、乾燥期にはいって木口の乾燥とともにふたたび縮少の傾向となった。これは相対的には縮少しながら伸縮する型である。乳剤および石油溶液は梅雨期にもほとんど流亡が目立たず、夏期の高温多湿時に少し伸び、後はほとんどその状態で乾燥期にはいっている。これは頭初の深さ付近か、あるいはさらに伸びながら伸縮する型である。最後の被膜性のもものでは、膜ができるために木口面付近に濃厚に集まっているためか、梅雨期の流亡がNa-PCPの場合と同じように特に目立ち、夏期若干の伸びをみせたが、乾燥期にはいってついにこん跡を残すのみとなってしまった。これは前の型である。

このような特徴を示している薬剤処理の効果ははたしてどうかというと、一見してわかるように大局的な数字のうえにはその差がほとんど現われていない。しかし、やはり最後の被膜性乳剤が、10月上旬の約6mmから12月中旬の約1mm（部分的にはゼロのところはかなりあった）にまで急降下しているのに、それでよかったのだろうかということが問題になってくるように思う。

そこで、さらにくわしくこのことについて検討してみると、各薬剤の性質のちがいが、おのおのの浸潤の深さおよびその変化に特徴となって現われてきており、これに用いた最初の薬量がほとんど同じなのだから、その長さがちがえば、またその浸潤層の濃度分布とか、あるいは濃度傾斜にも自ら特徴がある⁸⁾はずであるが（この定量的な数値は全般的には持っていない）、そのようないっさいの特徴を含めて、少なくとも10月上旬に至るまでのあいだ、この程度の浸潤層を保つことのできる薬剤ならば、この地方のこ

のような環境においては、11月以降の浸潤層の変化がどうであろうと、それはほとんど効果のうえには影響しないものであるということができそうである。

これは、“薬剤処理を受けたマツ生丸太木口の薬剤浸潤層の防菌機能が、生丸太のもつ特性⁵⁾のために、以後菌の侵入を絶対的に阻止しようというところまでには高められず、むしろ菌の侵入を抑制しようの能力として与えられる”というわれわれの現段階での一般的な概念にもとづいて、第5表から推論したものである。

すなわち第5表によると、処理後約3か月目の7月下旬まではいずれもほとんど健全とみえたものが、約5か月目の10月上旬になると、いずれも同じ程度に菌の侵入が検出されるに至っていることから、薬剤処理によって与えられた防菌機能は漸次劣下してきて、その調査のときまでにはいずれもすでにその能力が著しく低下してしまったと断定することができるからである。

このように、ひとたび菌が薬剤の浸潤層をとおり抜けて材中に侵入してしまえば、あとは主として材自体の条件だけが問題になり、それが同じならば、材中での菌の発展は同じようであるべきものと考えられるから、この場合の10月以降の問題は、薬剤の浸潤層の問題から離れて、むしろ材自体の問題（たとえば水分含有量など）に集約できる性質のものとなってくるように考えられる。とすると、材自体には各区間にとくに異なる変化が現われていなかったようであるから、このような結果のもてくるのもまた至極当然のこととなるわけである。

しかし、これで全くこの問題が解決したわけではない。すくなくともこのような極端な流亡がおこるところに、まだ問題が残っている。すなわち、この流亡は幸いにして割合おそくおこっているのだから、他の薬剤に比べて、菌の抑制能力の差が出なかったのであるが、もっと早期におこると、この抑制能力に何らかの影響なしにはすまされないだろうからである。

さて、次の第6表は薬剤の浸潤の変化が材自体の変化によって異常になった（というよりもむしろ材自体の状態がちがっていたために薬剤の浸潤の変化が型破りになったのではないかと考えられる場合なのであるが）場合に、効果との関係はどうかということを検討したものである。

この表は、設置後約7.5か月目の12月中旬の調査であるが、ここで問題になるのは、薬剤の浸潤の深さの欄でゴジックで書かれているものである。ここに書かれている数字は、1つの円盤について8か所測定し、それを算術平均して出した数字であるが、その数値の大きいものも、小さいものも、同一円盤の平均値を出すまえの8つの数値についてはあまり大きい開きはなかったから、おのおのの丸太についての数値は、少数の特別な数値によって支配されているようなことがない。したがって、ここで大きい数字は、この丸太全体の数字がかくのごとく大きいものであると理解していいものである。

さて、このゴジックの数値についてであるが、今まで行なった、直後、3か月目および5か月目までの3回の調査では、ときにこの数値に近い数字がでたこともあったが、そのときは全体がまたそのような傾向にあったもので、同一調査時でこのようにはっきりとかけ離れた数値の出たことはなかった。だから、この数値は異常ではないかということになる。

ところで、このような異常な数値がどうして出てきたのだろうか、ということで、この丸太についてのいろいろな条件を調べてみた。つまり、この浸潤の深さに影響をおよぼすと思われる今までに問題になった事項、すなわち、年輪幅、含水量等をみると、前者についてはとくに他のものとの差を見いだすことができなかったが、含水量は異常に多いことがわかった。このように水分の多いことは、前にも述べたよう

第6表 処理材中の薬剤の浸潤の深さと水分含量および薬剤効果との関係 (4月設置)

—設置後224日目の測定値—

処理薬剤 および 処理法	丸太の 条 件	管理条件	丸 太 No.	薬剤の浸 潤の深さ 平均 mm	水分含量 平均 %	丸太木口の変色腐朽の状況				
						健 全 %	淡い青変 %	青 変 %	初期腐朽 %	腐 朽 %
PCP 5%・ BHC 0.5% 乳剤, 全面 散布	皮 付	ひかげ	I	16.6	176.3	52.6	0	0	47.5	0
			J	6.6	126.6	62.1	0	0	37.9	0
			Q	3.7	—	20.2	0	1.7	68.3	9.5
			R	5.7	—	38.8	0	4.1	41.7	15.4
		ひなた	K	4.9	115.6	67.6	0	0	26.1	6.3
			L	13.2	174.4	37.6	0	1.1	59.7	1.6
			S	5.4	—	11.2	3.5	4.4	80.9	0
			T	4.3	—	0	2.5	0	61.5	36.1
	皮はぎ	ひかげ	M	9.3	130.4	92.7	7.3	0	0	0
			N	5.9	127.7	81.7	0	0	18.3	0
			U	19.8	—	64.1	5.2	0	30.7	0
			V	5.1	—	89.8	7.7	2.5	0	0
		ひなた	O	17.8	122.4	0	0	15.6	0	84.4
			P	5.9	68.9	0	4.7	16.5	78.8	0
			W	8.3	—	0	0	29.2	70.8	0
			X	6.6	—	4.3	4.5	22.1	36.7	32.4

に、浸潤した薬剤の可動部分の移動を助けて浸潤の深さを大きくする1つの条件になりうると考えられる。それでは、このような水分の異常は何によっていつごろからおこってきたのだろうか。これには、1つは、この丸太の置かれていた位置が特に湿潤で始終この状態にあったのではないか、すなわち、初めからこの状態に近かったのではないかという考え方と、他の1つは、腐朽菌の侵入によって材質の分解が行なわれつつあると異常に水分の多い状態のときを通る場合があるが、それがこの時期ではなかったか、すなわち菌がはいってきってから後になってこの状態になったのではないかという考え方との2つの場合が考えられる。

そこで、この場合はそのいずれに当たるかを検討するために、第6表に示すようにその丸太木口の変色腐朽状況、薬剤の浸潤の深さ、水分含量とを対比させてみた。すると、丸太の鮮度は特によい方でもないしまた悪い方でもなく、とくに丸太 No. Oを除けば、あとは初期腐朽程度のものが多いので、腐朽菌がこの異常水分量に大きく関係しているとは考えられない。となるとあとは環境の問題になるが、この場合の丸太は、各区ごとに表に示したと同じ丸太 No. の順序にならべてあったので、この位置だけがとくにこのような環境になっていたとは考えられない。すなわち第7表によると、このときの丸太は No. O と P すなわち剝皮・ひなたを除けば、置かれた位置での上下の部分の水分含量は、多ければ多いなりに、少なければ少ないなりに差がほとんどなく、ひかげもひなたも丸太全体がこのような含水量を示しているので、この異常水分に関する原因は、少なくとも現段階では今持っている丸太の個性によるものであろうという以外、その本質は全くわからない。したがって、異常な浸潤の深さもいつごろからこのようになったものか推論しがたいが、この異常水分も異常浸潤も、今までに経験した頭初の数値からはかなり大きくなっていることから、湿潤の気候のときに丸太の水分が増したままになり、それによって浸潤の深さが伸びたと

第7表 試験材中の水分含有量（4月設置、設置後224日目）

理 処 薬 剤	丸太の状態	置き場所	丸太 No.	上下の位置	水 分 含 有 量	
					上 下 別 %	平 均 %
PCP 5%・BHC 0.5% 乳 剤	皮 付	ひ か げ	I	上 下	170.1 182.0	176.3 (112.4)
			J	上 下	121.0 132.1	126.6 (80.4)
		ひ な た	K	上 下	106.2 125.1	115.5 (73.7)
			L	上 下	170.1 178.1	174.4 (111.2)
	皮 剥	ひ か げ	M	上 下	128.3 132.5	130.4 (83.2)
			N	上 下	120.1 135.2	127.7 (81.4)
		ひ な た	O	上 下	73.1 171.1	122.4 (78.1)
			P	上 下	28.2 109.6	68.9 (43.9)

（注）括弧内の数字は伐倒直後の含水率に対する％。

判断する以外に道はない。

さて、論議が少し長すぎたように思われるが、これをあえてしたのは、薬剤の浸潤の深さは深い方がいいと普通にいわれており、今までわれわれもまたそのように考え、深く浸潤するもの、深く浸潤する条件を探し求めてきたので、この浸潤の深さと薬剤処理の効果との関係をできるだけ多くの場合ではっきりさせておきたいと考えたからにはほかならない。だから、このことについてはさらに検討をつけなければならないが、ここに現われた浸潤の深さの数字は今までの論議からみてわかるように丸太の性質、薬剤の性質、およびこれに対する環境の影響との関連において得られたものであると考えられるから、本年のこの結果からは、ひかげに置くアカマツ生丸太に対して、この程度の薬剤の濃度と散布量で、この表に示す程度の浸潤の深さの範囲ならば、いつからこの数値を示していたかということに関係なく、とくに深い方がいいという結論は必ずしも引き出し得ないのではないかと思われる。すなわち、薬剤が散布直後にある程度の深さにまで浸透することは必要なことではあるが、その後の保管中における移動があまりにはなはだしいものは、たとえそれが深い方へ進むものであろうとも、必ずしも好ましい結果をもたらすことにはならないであろうということである。

3. 昭和32年度の試験

(i) 使用薬剤とその検出法

i) Na-PCP 2%・BHC 0.5% 乳液

前年度の ii) に準じてつくったもの。

ii) PCP 2%・BHC 0.5% 乳剤

PCP 6%・BHC 1.5% 乳剤原液を 3 倍に希釈したもの。

iii) Na-PCP 5%・BHC 0.5% 乳液

前記の i) に準じて、Na-PCP の濃度を高くしてつくったもの。

iv) Na-PCP 5% 水溶液

v) PCP 2%・BHC 1% 乳剤

3 か年間標準薬剤として使用してきたもので、前年の iii) 前々年の i) に同じもの。

ここまですべて従来どおりの PCP を主剤としたものであるが、これにさらに有機水銀剤とクレオソート油を主剤としたものをあわせて 1 つずつ加えた。

vi) 有機水銀剤 (TMTSA) 0.1%・BHC 0.5% 乳剤

有機水銀剤の 1% 乳剤原液を 5 倍に希釈したものと、市販の BHC 10% 乳剤原液を 10 倍に希釈したものを等量混合してつくったもの。

vii) クレオソート油 17%・PCP 1%・BHC 0.5% 乳剤

クレオソート油 50%・PCP 3%・BHC 1.5% 乳剤原液を 3 倍に希釈したもの。

これらの薬剤によって処理した丸太からの薬剤の検出は、従来どおり vi) も vii) も Beilstein 反応でみることにしたので、この両者については正確な薬剤全体の浸潤の深さを示し得ないが、少なくともその数字の動きは、その薬剤系の動きを示唆しているものと解して取り扱うことにした。

(ロ) 丸太の処理法と処理後の管理

これらの薬剤は、いずれも前年と同じく 200cc/m² 全面散布として、皮付丸太だけを用い、処理後はひなたとひかげの 2 つの環境下に保管した。

(ハ) 薬剤の浸潤の状況とその変化、および効果との関係

これらの丸太は 5 月の中旬に設置し、11 月中旬まで約 1.5 か月の間隔で 4 回にわたって木口からの薬剤の浸潤の深さを測定し、同時に変色腐朽の状況、水分含有量等も測定し、これらのあいだの関係が検討できるようにした。

まず最初に、ひかげに置いた場合の木口からの薬剤の浸潤とその消長についてみると第 8 表のようである。従来は辺材だけについて測定し、心材は類推していたものであるが、本年は辺材心材とも測定した。元来木口の保護は、ブナのときに触れたように⁵⁾、木口全面にいきわたらないと効力を発揮しないことがあるので、心材での薬剤の浸潤も決してなおざりにはできないものである。

さて、第 8 表で出発の数字、すなわち散布処理直後の数値をみると、有機水銀剤処理の辺材と Na-PCP 処理の辺材とでは異常に小さいのに気づく。このうち前者は、BHC 0.5% 乳剤だけのものとして出ているのであるから当然のことといえよう。しかし後者は、全体からみても最も濃いものの 1 つであり、前年度の第 3 表と比較してみても小さすぎるし、同じ心材に比べてもその絶対値がすでに小さいので、これは正常のものとは考えられない。これはおそらく、本年度の試験丸太における木口の辺材が、浸出した松脂でうすくコートされていた（材の伐採が 5 月なのですでに松脂の分泌が盛んになっていた）ので、油性の溶剤を少しも含んでいないこの薬剤が、その松脂によって浸潤を妨害されたのではないかと考えられる。これを裏づけるものとしては、同表を通覧すると同系統の薬剤で BHC 乳剤が混合されたり、はじめから乳剤としてつくられたものは、従来とほぼ同じような数値から出発して、著しい流亡も見られずに季節的

第8表 処理丸太の木口からの薬剤の浸潤の深さとその消長（5月設置）

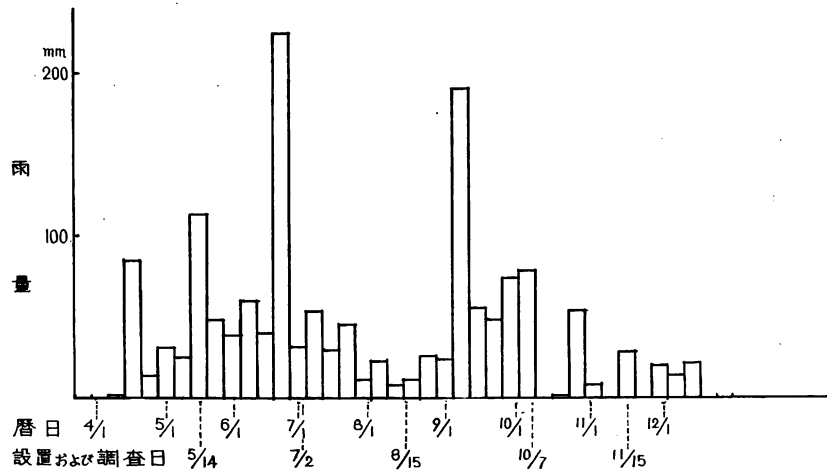
処 理 薬 剤	処理および 管理条件	辺心材別	経 過 日 数				
			直 後	50日	94日	147日	191日
Na-PCP 2%・BHC 0.5%乳液	皮 付 全面散布 ひかけ	辺 材 心 材	3.6 mm 3.3	3.9 mm 2.4	3.9 mm 3.5	2.5 mm 2.0	3.2 mm 1.0
PCP 2%・BHC 0.5%乳剤	" " "	辺 材 心 材	4.1 2.9	6.0 2.8	4.3 3.3	5.0 3.3	3.6 3.6
Na-PCP 5%・BHC 0.5%乳液	" " "	辺 材 心 材	9.3 4.4	7.5 4.5	6.3 7.8	8.9 5.5	10.1 6.7
Na-PCP 5% 水溶液	皮 付 木口散布だけ ひかけ	辺 材 心 材	3.4 4.0	3.4 1.4	2.6 2.7	2.0 1.0	1.8 1.5
PCP 2%・BHC 1% 乳剤	皮 付 全面散布 ひかけ	辺 材 心 材	6.2 4.8	5.7 5.4	8.7 6.4	10.4 9.2	9.4 10.7
有機水銀剤 0.1%・BHC 0.5% 乳剤	" " "	辺 材 心 材	3.7 2.4	1.6 0.7	2.9 1.4	1.4 0.3	1.8 0.1
クレオソート油 17%・PCP 1% ・BHC 0.5% 乳剤	" " "	辺 材 心 材	4.1 2.7	1.5 1.2	2.1 0.8	1.4 0.9	1.3 0.3

な伸縮が行なわれているのに反して、この場合は、直後を最高として時間とともに減少し、流亡の一途をたどっていることである。

以上の2つは異常の数値として除外すると、辺材での他の5種の薬剤については、前述の松脂の影響が現われて従来のものよりすこし小さいようであるが、大体従来どおりとみることができであろう。そして時間の経過とともに昨年のように季節的な変化も現われており、これも環境因子の1つである第2図に示した雨量、およびこれと関連するであろう第9表に示した丸太の含水量の変化にほぼマッチしていて、従来どおりの傾向といえることができる。

ここで特に注目したいことは、直後における Na-PCP 5% 水溶液 と、 NaPCP 5%・BHC 0.5% 乳液および Na-PCP 2%・BHC 0.5% 乳液のあいだの関係である。その1つはすでに述べたとおり、Na-PCP 5%水溶液だけでは木口の松脂層のために浸潤がかなり妨害されているらしいのに、これに20倍に希釈されたBHCの乳剤が加えられると浸潤の長さが伸びることは、油性の溶媒と乳化剤が加わっているかないかで、松脂層をとおして浸潤する能力にかなりの差ができるということである。これはまた別の報告で述べた乳剤の希釈倍率と浸潤する深さとの関係³⁾にも関連してくるので、このようなものに用いる場合の薬剤のフォーミュレーションに1つの問題を提示したものといえよう。もう1つは、20倍に希釈されたBHCの乳剤が同じ量だけ加えられていても、Na-PCPの濃度が低くなれば、すでに報告してあるように³⁾、浸潤の深さもまた小さくなるということで、これと効果との関係もまた第10表に示したように後者の方が低く現われているので、応用上見のがしてはならないことであろう。

なお、クレオソート油 17%・PCP 1%・BHC 0.5% は比較的流亡しやすく、50日目ですでに3分の1近くまで減少して、その後わずかに季節的な伸縮をみせているが、絶対値はいずれも小さい。しかし効果の点では第10表に示したように、とくに悪化してはいない。これはやはり前年にもあったことで、ひ



第2図 昭和32年度浅川実験林における雨量

備考：1および2とも第1図に同じ。

第9表 皮付試験丸太材の含水量の変化 (5月設置)

辺心材別	管理条件	測定位置	設置直後 %	50日目		94日目		147日目		191日目	
				上下別 %	平均 %	上下別 %	平均 %	上下別 %	平均 %	上下別 %	平均 %
辺材	ひかげ	上	121.5 (100.0)	147.0	144.6 (119.0)	134.2	142.3 (117.1)	120.2	119.9 (98.7)	132.7	136.0 (111.9)
		下		142.1		150.3		119.5		139.3	
	ひなた	上		158.1	156.9 (129.1)	111.8	118.2 (97.3)	108.5	112.9 (92.9)	86.9	95.6 (78.7)
		下		155.6		124.6		117.3		104.2	
心材	ひかげ	上	50.0 (100.0)	54.4	53.6 (107.2)	52.5	53.8 (107.6)	56.5	57.6 (115.2)	55.4	55.8 (111.6)
		下		52.8		55.0		58.8		56.2	
	ひなた	上		54.9	56.1 (112.2)	48.4	49.8 (99.6)	54.5	54.5 (109.0)	56.7	53.9 (107.8)
		下		57.3		51.2		54.4		51.1	

(注) 括弧内の数字は設置直後を100とした場合の含水率の%。

かげにおける浸潤の深さの必要な最低限界はそれほど大きいものではないことを示すものようであるが、これは主力をなすクレオソート油が見のがされているからであろう。したがって、一方においては、これより浸潤の深さが大きく出ている場合でも効果の劣るものが現われているので、この表で現わした薬剤の効果には、この浸潤の深さのほかに、当然検出されていない有機水銀やクレオソート油の浸潤の深さ、浸潤の濃度および濃度傾斜が大きいファクターとして関係していることが考えられるのであるが、この試験では、このことについての数字を持つことができなかった。

以上は辺材についてであるが、心材についてみると、ここではもちろん松脂の影響は考えられない。したがって、ここに出てくる数値をみても、薬剤の性質がとくに強調されているように見える。そして、こ

第10表 円盤に現われた皮付処理材のひかけでの変色腐朽の状況（5月設置）

試験期間	処 理 薬 剤	木 口 の 変 色 腐 朽 状 況				
		健 全 %	淡い青変 %	青 変 %	初期腐朽 %	腐 朽 %
94日	Na-PCP 2%・BHC 0.5%乳液	97.1	0	0	2.9	0
	PCP 2%・BHC 0.5% 乳剤	100	0	0	0	0
	Na-PCP 5%・BHC 0.5% 乳液	97.6	0	0	2.4	0
	PCP 2%・BHC 1% 乳剤	99.8	0.2	0	0	0
	有機水銀剤 0.1%・BHC 0.5% 乳剤	97.1	0	0	2.9	0
	クレオソート油17%・PCP1%・BHC0.5% 乳剤	89.5	0.2	0.4	9.9	0
147日	Na-PCP 2%・BHC 0.5% 乳液	87.5	0	1.8	10.8	0
	PCP 2%・BHC 0.5% 乳剤	97.7	0.8	0	1.4	0
	Na-PCP 5%・BHC 0.5% 乳液	90.0	0.1	1.2	8.3	1.5
	PCP 2%・BHC 1% 乳剤	99.7	0	0.3	0	0
	有機水銀剤 0.1%・BHC 0.5% 乳剤	94.3	0.7	2.4	2.5	0
	クレオソート油17%・PCP1%・BHC0.5% 乳剤	86.7	0.5	0.4	9.8	2.6
191日	Na-PCP 2%・BHC 0.5% 乳液	59.1	0	0	28.4	12.5
	PCP 2%・BHC 0.5% 乳剤	92.9	1.1	0	4.8	1.3
	Na-PCP 5%・BHC 0.5% 乳液	92.0	0.5	0.7	6.8	0
	PCP 2%・BHC 1% 乳剤	86.4	0	0.8	12.8	0
	有機水銀剤 0.1%・BHC 0.5% 乳剤	86.6	0	0	13.4	0
	クレオソート油17%・PCP1%・BHC0.5% 乳剤	81.4	0	0	13.3	5.4

こでも辺材と同じように、流亡をともないながら季節的に伸縮していることがわかる。しかも、これも辺材と同じように油性の溶媒の加わった方が、浸潤の条件、とくに耐流亡性の点ですぐれているように思われる。

次に、同一薬剤でひかけとひなたについて比較してみると第11表のようで、かつて第4表に示したと同じように、ひかけ、ひなた、辺材、心材を通じて薬剤の性質プラス環境に由来すると思われる変化、すなわち Na-PCP では流亡しながら季節的な変化がみられ、PCP では流亡があまり目立たずに季節的な変化がみられるぐらいのことがいえるだけで、とくにひかけとかひなたに、あるいは辺材とか心材に特徴的に現われる変化らしいものは見あたらなかった。

最後に、前々年度のところでも一部ふれているが、丸太の元口、末口、木口での位置すなわち土の上に置いた状態での上面、下面、側面および年輪幅等の浸潤の深さに特徴をもたらしそうな条件について検討してみると第12～14表のようである。この数字は、散布直後から年間4回調査したものを全部集めて、これを項目ごとに分類して集計したもので、とくにそのような意図のもとに試料をそろえなかったので、自信ある結論を導くことはできなかった。

これによると、木口の元口末口の関係では各薬剤ともほとんど差がなく、散布時に置かれた状態での上面、下面、側面等の位置的な関係でも、乳剤での下面がやや深く見えるだけで、他はほとんど差がないといえる。

年輪幅との関係では、毛細管の組成等から当然差がでそうに見えるが、測定点数の不ぞろいのために、辺・心材ともどこかにピークがありそうだということだけで、決定的なことは何もいえなかった。

第11表 皮付処理丸太の木口からの薬剤の浸潤と管理条件による消長の比較 (5月設置)

処 理 薬 剤	管理条件	処 理 条 件	辺心材別	経 過 日 数				
				直 後	50日	94日	147日	191日
Na-PCP 2%・ BHC 0.5% 乳液	ひかけ	皮付, 全面散布	辺 材 心 材	3.6 mm 3.3	3.6 mm 2.4	3.9 mm 3.5	2.5 mm 2.0	3.2 mm 1.0
	ひなた	" "	辺 材 心 材	3.6 3.3	4.0 3.8	2.8 5.0	3.7 4.0	2.9 2.2
PCP 2%・ BHC 0.5% 乳剤	ひかけ	" "	辺 材 心 材	4.1 2.9	6.0 2.8	4.3 3.3	5.0 3.3	3.6 3.6
	ひなた	" "	辺 材 心 材	4.1 2.9	5.5 1.9	2.7 4.2	4.3 4.9	3.6 3.6

第12表 丸太の元口および末口辺材における薬剤の浸潤の深さ (5月設置)

薬 剤	元 口		末 口	
	測 定 点 数	浸潤の深さ mm	測 定 点 数	浸潤の深さ mm
PCP 2%・BHC 1% 乳剤	80	7.9	80	8.3
Na-PCP 5% 水溶液	80	2.6	80	2.7
Na-PCP 5%・BHC 0.5% 乳液	64	7.1	56	7.9
PCP 2%・BHC 0.5% 乳剤	72	4.6	72	4.1
Na-PCP 2%・BHC 0.5% 乳液	48	3.4	80	3.4

第13表 丸太辺材の部位と薬剤の浸潤の深さ (5月設置)

薬 剤	上 面		側 面		下 面	
	調査点数	浸潤の深さ mm	調査点数	浸潤の深さ mm	調査点数	浸潤の深さ mm
Na-PCP 2%・BHC 0.5% 乳液	64	2.7	160	3.5	64	3.9
PCP 2%・BHC 0.5% 乳剤	64	4.0	160	3.8	64	4.4
PCP 2%・BHC 1% 乳剤	32	7.7	96	8.1	158	8.0

4. 3か年の試験から得られた問題点

以上では、3か年間の試験における各年ごとの結果について、もっとも特徴的なことを中心に論議を進めてきたのであるが、以下では3か年間の試験において、薬剤の使用状態が効果に及ぼした影響を例にとって、最も本質的な問題である薬剤の浸潤状態と効果との関係を追及してみようと思う。

さて、ここでいう使用状態というのは、液剤とか粉剤とかいういわゆる使用形態のことではなくて、前にも触れているように乳剤や乳液、水溶液や油溶液のことである。

すでに述べたように、石油溶液処理は、その効果を薬剤の浸潤の深さと対比して他の乳剤や乳液処理と比較してみると、乳剤や乳液処理をしたものよりもはるかに深い浸潤を示していながら、それだけのいい成績を現わしていないことがあった (初年度)。このことは、一方では同一薬量による処理であるから、浸潤する深さが深くなればなるほど浸潤領域が大きくなる代わりに、その領域における平均分布濃度は小

第14表 年輪幅と浸潤の

年輪幅 mm	辺心材別 薬 剤	辺 材					
		Na-PCP 2%・BHC 0.5% 乳 液		PCP 2%・BHC 0.5% 乳 剤		PCP 2%・BHC 1% 乳 剤	
		測定点数	浸潤の深さ mm	測定点数	浸潤の深さ mm	測定点数	浸潤の深さ mm
1.1 ~ 2.0		32	2.9	42	3.4	75	7.6
2.1 ~ 3.0		74	3.4	82	4.1	157	7.4
3.1 ~ 4.0		36	3.5	32	4.8	49	9.5
4.1 ~ 5.0		16	4.2	1	4.0	4	9.6
5.1 ~ 6.0		2	9.3	3	4.1	1	5.5
6.1 ~ 7.0							
7.1 ~ 8.0							
8.1 ~ 9.0							

さくなるものであると考えれば、化学的には検出されながらも有効濃度以下の部分が多かったのではなかろうかとの推測も成り立つのであるが、他方では、薬剤の状態によって浸潤の仕方や場所が異なるということもあるので、単なる浸潤領域とその濃度との関係だけではなしに、むしろ浸潤の領域における浸潤の完全さに重大な原因があったのではなかろうかとも考えられる。そこで、このことについて少し論議を進めてみようと思うわけである。

SCHULZE および THEDEN (1950)⁷⁾によれば、木材に対する液剤の浸透は木材の方向によって異なり、木材に完全に注入されるとは限らないし、また木材を完全にぬらすとも限らない。たとえば、四方柱のマツ辺材でつくった試験片の上面に油性の塗布用防腐剤を塗ると、油は年輪に直角の方向すなわち放射組織の方向に浸透するので、放射組織を含むように年輪に直角に切断してみると、材中の油の分布は均一になっている。しかしこの場合、夏材にだけ注入されていて、春材には注入されていない。

多くの油性の薬剤は、大体このような仕方ではマツ材に浸透し、夏材の仮道管や放射組織がその通路になっている。しかし、夏材でも細胞の内部空間だけで、細胞壁は油をとおさず、浸透には関与していない。なお、同じ仮道管でも春材の場合はあまりよく浸透しない。これは比較的乾燥した材の場合であるが、水分含有量が多くなると、細胞内腔にまで水がたまってくるので、非常に浸透しにくくなる。

このような油性の薬剤とは反対に、硫酸銅のような水溶性の薬剤の場合には、大体は油剤と同じような浸透の仕方をするけれども、さらに春材にもよくはいり、細胞壁にも浸透する。材の水分含有量が大きくなるとやはり浸透は妨げられるが、しかし油性ほどではない。しかもこの場合は油性とはちがって、木材中の遊離水分のなかへの拡散現象がおこって、段々と深い層へ浸透の進むのがみられる、ということである。

また、Buro および Buro (1959)¹¹⁾は、薬剤を木材へ注入する場合の薬剤の侵入路をマツ材について研究し、辺材の仮道管および放射仮道管は、春材および夏材の別なく注入薬剤の侵入路となっており、水溶液も油溶液もともに同じようにこの侵入路をとることを明らかにした。ところが、最終的な分布の形は、春材仮道管はほとんど空になり、ときに有縁膜孔にわずかの残液をみる程度で、そのほとんどが夏材仮道管の中に集まってしまうことを観察した。このことは、水溶液も油溶液も、量的には多少の相違はあるが、傾向は全く等しい。これは、春材仮道管よりも細い夏材仮道管のより大きい毛細管吸引力によるも

深 さ (5月設置)

心		材			
Na-PCP 2%・BHC 0.5% 乳 液		PCP 2%・BHC 0.5% 乳 剤		PCP 2%・BHC 1% 乳 剤	
測 定 点 数	浸潤の深さ mm	測 定 点 数	浸潤の深さ mm	測 定 点 数	浸潤の深さ mm
		11	1.8	2	7.0
9	1.8	20	3.0	17	7.6
23	1.9	16	3.3	27	7.0
21	2.2	23	3.4	27	7.0
16	3.0	5	5.0	5	11.4
11	5.6	5	4.7	2	12.0

ので、薬剤の最終的な分布を決定するものはこの毛細管吸引力である、としている。この試験のなかで油溶液の注入後、その注入状態が変化するのを防ぐために水の中につけて置いたところが、これが予想に反して、木材中の油はきわめて不安定で、油はエマルジョンになり、これがため貯蔵中かえって油を広く材中に分散させる結果になったそうである。

さらに、SCHULZE は D'ANS とともに (1956)²⁾、水溶性塩 (ZnSiF_6 および HgCl_2 など) についてのマツの辺材における浸透分布を電子顕微鏡的に研究して、前と同じような知見をうると同時に、細胞壁中における HgCl_2 の分布がすき間だらけの沈着に終わっていて、これが菌の侵入を許す原因になっているらしい、といっている。

これと同じようなことが、WALTERS および COTE (1960)⁹⁾ によっても、PCP を用いて電子顕微鏡的に研究された。それによると、アメリカシナノキに対する油性溶液の場合は、PCP は細胞内腔の壁および膜孔膜上に付着して存在し、Na-PCP の水溶液では、さらに細胞壁内および膜孔膜の中に埋没しているものも発見された。このように、薬剤はその使用される状態によって木材中における行動が制約されるから、そのためにまたおのずから特徴ある分布状態を示すこととなり、場合によってはきわめて手薄な場所も出てくるものであることが示された。

これらの4つの報告によれば、薬液の侵入路または通路についての観察結果に若干の相違はあるが、最終的な分布の状態および大局的な薬液の行動については、いずれも全く同じ意見である。したがって、油溶液の浸透は、細胞壁を透過せずに、細胞内腔を通して進み、そこにとどまっている、というのが大体の共通している見解である。そして、最終的な分布の状態は、春材よりも夏材に集まっている。これを薬剤の定量的な表現ですと、その濃度分布は春材よりも夏材の方で高くなる可能性が大きい。

これらの研究では、いずれも水溶液と油または油溶液を用いているが、乳剤については行なわれていないので、われわれの場合の油溶液と乳剤、または乳液との比較を行なうのに直接関係ある資料は得られない。

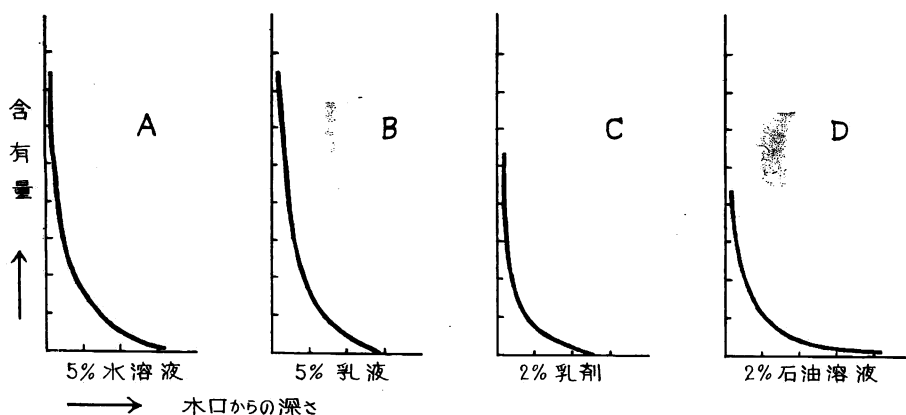
しかし、われわれの用いた乳剤は、3倍希釈という、およそ乳剤の一般常識とはかけ離れたものなので、これが浸透後に乳化状態がこわれて油溶液を分離することになると、約3分の1の油溶液を生成することになるので、いわゆる油溶液とかなり近似のものになると思われるが、これには多量の乳化剤が含ま

れているので、これが薬剤の浸透分布のうえに影響をおよぼして、石油溶液とどの程度ちがったものになるかが問題である。ところが、一方において、浸透後安定したと思われる時期に、なお水分が薬剤の分布領域を変えるように作用することが、油だけだった Buro¹⁾ の実験でも、そしてすでに述べたように、われわれの実験でも発見されており、それが Buro の場合にはエマルジョン化されたためであるといっているから、この2つの溶液は、ここまでくるとかなり近似の性質を持つようになると考えられるが、やはり多少ちがった行動をとっているのではないだろうか。そこで今まで掲げた薬剤の浸潤の表の第1, 3, 8でこれを検討してみると、水溶液、油溶液および乳剤は、おのおの独自の個性を持っていることを示しているもののようである。

ところで、生丸太の薬剤処理の時期は、原則として玉切り直後でなければならないから、われわれは通常 12~24 時間後くらいまでの間に行なっているのであるが、木口はかなり乾燥したようにみえ、乳剤や乳液の場合も、石油溶液の場合も、散布した薬剤はいずれも木口から非常によく吸い込まれていくのを経験している。だからそこには、非常に容易な薬剤の侵入路があることになるが、Buro によれば、辺材の軸方向には春材も夏材も同様によく浸透するというから、木口の辺材全部がそうであるとみていいと思う。ところが、すでに述べたように、安定した最後の薬剤の分布状態は、乳剤は浅く、石油溶液は深い。そうして、Buro のいうように、それらは毛細管吸引力の大きい夏材の方に集まりやすく、春材には一応侵入するが空になることが多い。これはまたわれわれも、乳剤についても、石油溶液についても顕微鏡下でしばしば見たことであるが、この空になった細胞内腔には薬剤が全然なくなっているのかというと、そうではなくて、内壁に薄膜となつて残っている場合が多いという²⁾。そうしてみると、浸透の不完全さがないこともないであろうが、両者はいずれも同様の侵入路からはいり、同様に毛管力によって移動し、最終的にもほとんど同様の遍在の形をとることになるので、両者の不完全さは大同小異であるとみると、残るのは浸透の深さのちがいでだけである。とすると、より深く浸透するところの、つまりより薄層で広がる石油溶液の方が、ミクロにみた場合の防菌剤による被覆層が薄弱なために、さらに言葉を変えていえば、濃度分布が防菌の限界濃度の以下になっている部分が多いので、木口からみた全体の防菌能力が劣るということになるのではなからうか。つまり、張りめぐらした防菌層の1つ1つの壁の弱さが、それを重ねた壁の数が物をいう前に現われたということになりはしないだろうか。それは、頭初に述べた最も常識的な一般論と一致することになる。とすると、同じ石油溶液でも、浸潤の深いものと浅いものとのあいだには多少の効力の差が現われなければならないだろう。そこで、第1表と第3表に示された浸潤の深さと、これに対応する薬剤処理丸太の変色腐朽の状況を示した第2表と第5表の数字とを比較してみると、浸潤の深さの深い方より浅い方が、同期の乳剤を基準にして比較した状態では、相対的にはよいように見える。

以上で、この試験における論議の全部を終わるわけであるが、ここまでは薬剤の浸潤の深さという、定量的というよりはむしろ定性的なものだけで論議を行なってきたわけである。ところがすでにしばしば述べているように、もう1つ効力との関連において重要な条件である濃度という定量的な要素が加わらなければならないのであるが、この試験ではこれに関する数字を持つことができなかったの、これを加えて論議することができず、すべての論議が中途半端に終わっていて、隔靴搔痒の感が深い。そこで、多分に想像の域を脱しないけれども、ここに濃度の観念を導入して、今まで論議のまよになったものを今一度見なおしてみようと思う。

さて、著者の1人富樫は、かつて PCP および Na-PCP について、アカマツ丸太の木口および樹皮



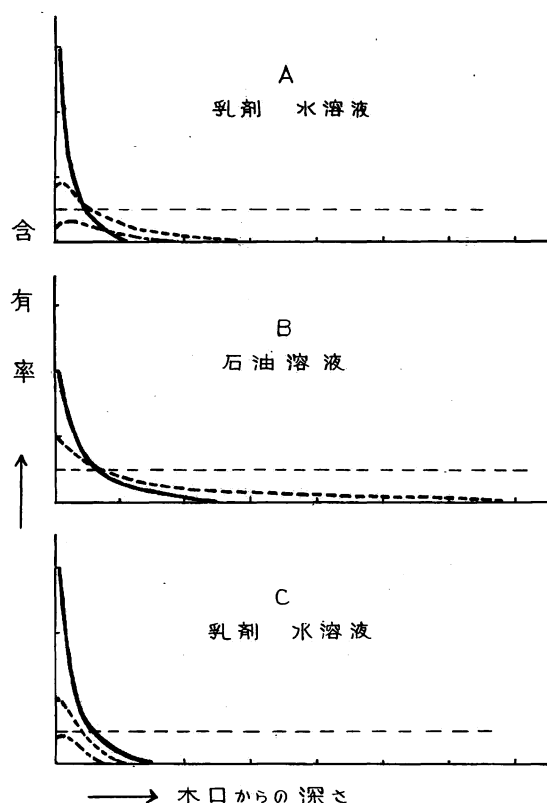
第3図 マツ生丸太の木口から浸透した PCP および Na-PCP の濃度分布のパターン

面からの濃度分布を調査して報告したが²⁸⁾、これによると、一般に木口面で著しく高く、軸方向に進むにつれて2次曲線的に急激に低下する。そのパターンは第3図に模写したようで、曲線の勾配は水溶液が最も急であるが、乳液、乳剤、石油溶液と少しずつゆるやかになってきている。こうした散布直後の濃度分布の形から出発して、すでに述べたように、各薬剤の特性に季節的な影響が加わって流亡しながらその深さが伸縮しているわけであるが、それとこの濃度分布とを関連づけてみると、原則的には木口の濃度が漸次低くなり、最高の山が木口から軸方向の内部に向かって移動し、その高さもその位置の最初の分布濃度よりしだいに低くなるものと考えられる。それを模式的に示すと第4図のようになろう。このうちCは流亡が著しく大きいファクターとしてはいつてきている場合であるが、Aは内部への移動のはげしい場合で、その程度の大きいもののほどこの傾向は大きくなり、木口からの流亡とともに最高濃度の山が内方に移動し、かつ著しく低くなると考えられる。これと同じことが、石油溶液のように最初の深さの差が大きいものでも考えられ、そのなかで特に深いものと深くないものとの傾向を示すと第4図Bのようになるものと思われ、AとBとのちがいは木口における流亡の有無であるが、この場合も日時の経過とともに多少の流亡・揮散がおこるだろうから、経時的には類似の形になってくるのではなかろうか。

そこで、ここに認められる程度の防菌力をうるための木材中の濃度レベルの観念を導入すると、上のA、B、Cの場合に共通な濃度の条件がはいってきて、効力と浸潤の深さおよび濃度との関係がかなりはっきりしてくる。したがって、A、Bの場合は浸潤が深くなるために低下する濃度を何らかの方法で補うようにしてやれば（たとえば散布溶液の濃度を高くするとか、あるいは散布量を増すとかして）、それは同時に防菌力を補強することになりはしないだろうか。

以上いろいろと論議しながらここまでできると、生丸太保護における薬剤の効力は、ある程度の浸潤の深ささえあればあとはすべて濃度で解決してしまいそうであるが、しかし、実際には決してそれだけではなくて、注入の濃度と注入される状態や場所および流亡揮散によるこれらの変化に対する菌の侵入の仕方と、侵入後の菌の侵害の様式や場所との相対的な関係で決まってくるものであろうから、こんな程度の解析では、まだとてもこの問題解決の足がかりを得たというところまでには至っていないであろう。だから今後は、これらの関係が一層深く、一層密に実証されねばならない。

ともあれ、薬剤の浸潤の状態と防菌効力との関係を究めることは、生丸太の場合きわめて重大な問題で



第4図 マツ生丸太の木口から浸透した PCP および Na-PCP の濃度分布とその経時的変化の想定図

の3か年にわたって行なわれた。

- i) 使用樹種 アカマツ、35～40年生、東京都産。
- ii) 使用薬剤 PCP およびその塩類を主とし、これに加えて有機水銀剤、クレオソート油等を防菌剤とし、これに防虫剤としてBHCを加えた石油溶液、乳剤、乳液および防菌剤の水溶液等。
- iii) 処理法 手動噴霧器による 200 または 400cc/m² 全面散布。
- iv) 丸太の置き場所 ひなたおよび林内のひかげの土の上にじかに1本ならべ。
- v) 薬剤の検出 SANDERMANN 氏法による Beilstein 反応。
- vi) 菌害の調査 1.5～3.0 か月おきに3～4本抽出して、木口から5cmの位置で菌の侵入状況を青変と腐朽にわけ、5段階に区分。

II. 実験の結果

その結果は次のようである。

1. 木口からの薬剤の浸潤の深さとその経時的変化

(A) 浸潤の深さ

- イ) 乳剤、乳液はほとんど近似の数値で、5～10 mm 前後。
- ロ) 石油溶液は最も大きい部に属し、20～70 mm 前後。

あるのだが、まだこの点についての研究は内外ともにほとんどなされていない。したがって、処理の方法や薬剤処理の効果を根本的に解明する段階で低迷し、大きい飛躍的な発展へのチャンスをいまだに把握できずにいるというのが、生丸太保護に関する研究面での現状であるといえよう。だからわれわれも、この点については速やかに強力な研究を展開しなければならない。

4. 摘要

林業の最終産物である生丸太を虫菌害からまもり、新鮮な原材料としての価値を高く保つために開発された薬剤散布処理法は、まだ幾多の問題を内蔵している。そこで、それらの問題解決のための基礎研究を行ない、すでに2つの報告を公けにしてきたが、さらに野外における動態を追及し、これと効力との関係も一部ではあるが把握できたので、これについて報告する。

I. 実験の方法

この研究の野外試験は、昭和30、31、32年

ハ) 水溶液は 4~10 mm 前後で、木口の状態とくに松脂が浸出しているか、いないかが大きく影響し、松脂層があると浸透が妨げられて浅くなるような傾向にあった。

(B) 浸潤の深さの経時的变化

乳剤でも、乳液や水溶液でも、また油溶液でも野外においては当然流亡揮散がおこるはずであるが、浸潤の深さの上にはこの流亡揮散が目だつことは案外少なく、むしろ日時の経過とともに乾燥する木口付近に降水等による水分含量の変化がおこり、この水分によって動かされるいくつかの薬剤があって、このために浸潤の深さが変わる方が目だっている。つまり、薬剤の個性に由来する変化、とくに流亡揮散に、水分とともに移動する季節的な変化が加わったものとしての消長が現われている。このような経時変化を浸潤した薬剤の深さの“季節的変遷”と呼ぶことにした。すなわち、流亡性の大きいものでも流亡しながら、つまり全体として最初の深さより浅くなりながら伸縮し、流亡の目だたない大部分のものは最初の深さ付近か、あるいは深い方に移動しながら伸縮している。

一般的には、乳剤、乳液、水溶液、油溶液とも後者にはいるが、具体的には、木口に松脂が浸出して辺材全部をコートしてしまったような場合の水溶液や、木口面に膜をつくっているような乳剤は前者にはいつてくる。このうち水溶液の変化は著しく特徴があり、木口が浸透しにくい状態にあるとどんどん流亡するが、浸透しやすい状態にあると逆に深い方へも著しく伸びる。

その伸びの割合は、観察した最も長期の 300 日くらいまでのあいだでは、水溶液の約 2.5 倍が最高で、乳剤、乳液、石油溶液等では最高で約 2 倍、通常 1.3~1.5 倍どまりである。縮み方は、石油溶液では伸びた付近にとどまり、乳剤、乳液では一般に大体最初の状態にもどる程度であるが、被膜性の乳剤や条件の悪い水溶液ではときにほとんどゼロにまでなってしまう。

2. 木口からの浸潤の深さと効力

2~5 月ころに伐採玉切りしたアカマツ生丸太に対して、石油溶液で 20~30 mm、乳剤・乳液で 5~10 mm の浸潤があるならば、ひかげで湿潤な場所に置いた場合約 4~6 か月は菌の侵入抑制効果が顕著であるが、石油溶液ではこの約 2 倍の 50~70 mm になると少し劣るようである。水溶液では条件がよいと約 2.5 倍にも伸びていわゆる後期浸潤の姿勢をとるが、このようなときでも効果は向上しない。つまり、浸潤があまり深過ぎるもの、後から伸びて著しく深くなるもの等は必ずしも好結果はもたらさない。

これを濃度分布から考えてみれば、散布直後は木口面が最高で深くなるほど急に低くなるが、時間とともに木口付近から流亡揮散して、最高濃度の位置がしだいに木口から奥の方に移り、その高さ自体もその位置の最初の高さ付近になるであろうし、さらに奥へ伸びる場合には、それよりも低くなることになるから、あまり深く浸潤するもの、後になって浸潤の深さが著しく伸びるもの等、ともに効果があまり期待できなくなるのではなかろうか。

文 献

- 1) Buro, A. and E-A. Buro: Beitrag zur Kenntnis der Eindringwege für Flüssigkeiten in Kiefernholz, Holzforschung, 13, pp. 71~7, (1959)
- 2) D'Ans, A. M. und B. Schulze: Elektronenmikroskopische Untersuchungen an imprägnierten Hölzern, Holz als Roh- und Werkstoff, 14, pp. 252~6, (1956)
- 3) 慶野金市・富樫郁子: 丸太に散布した薬剤の行動 (1) 丸太木口よりの P C P およびその塩類の浸潤について, 林試研報, 100, pp. 83~93, (1957)

- 4) 慶野金市・富樫郁子：丸太に散布した薬剤の行動 (2) 樹皮面からのPCPおよびその塩類の浸潤について, 林試研報, 161, pp. 113~121, (1963)
- 5) 丸太保護研究班：ブナ丸太の防虫防菌に関する研究, 林試研報, 120, pp. 1~109, (1960)
- 6) SANDERMANN, W. und G-Z. JONAS: Über den Nachweis und die Bestimmung der Eindringtiefe von PCP, Holz als Roh- und Werkstoff, 9, pp. 298~300, (1951).
- 7) SCHULZE, B. und G. THEDEN: Das Eindringen von Holzschutzmitteln, Holzforschung, 4, pp. 79~107, (1950)
- 8) 富樫郁子：丸太に散布した薬剤の行動(3) 処理面からのPCPおよびNa-PCPの濃度分布について, 第71回日林大会講演集, pp. 275~7, (1961)
- 9) WALTERS, C. S. and W. A. COTE: The Distribution of Pentachlorophenol in the Microstructure of Basswood, Holzforschung, 14, pp. 183~9, (1960)

図 版 説 明

Plate 1. PCPで(木口)を処理したマツ材に対する青変菌の侵入状況。

A. 乳剤, B. 石油溶液とも図の上方(木口)から処理して浸透の深さを測定して(中央淡黒着色部分に浸透, それにつづく黒色の部分以下は浸透せず)放置し, 反対側から青変菌を自然感染させたものである。木口の白色部分が青変なしで, それにつづく黒色部分が青変した部分である。Aでは浸潤層のところで青変がとまって明確な一線を画しているが, Bでは浸潤層にも少し侵入したように見え, かつ明確な線を出していない。

Studies on the Behaviour of Chemicals Sprayed on the Log. (III)

On the permeation depth, its seasonal transition and effectiveness of wood preservative chemicals in the cut end of green log under natural conditions.

Kin-ichi KEINO and Ikuko TOGASHI

(Résumé)

In the chemical spraying treatment system which was developed for the prevention of attack by fungi and insects on green log, the relationship between the effectiveness of chemical treatment and the permeation depth, the permeated locality, and the distribution's transition of treating chemicals together make a most important problem, yet it still remains unsolved. In order to arrive at a solution, we are studying the behaviour of chemicals sprayed on green log. Already we have published two papers on the permeation of chemicals into the tissue from cut end and through the bark of green log.

Now, the green log of Japanese pine wood is easily and rapidly attacked by bark beetles, wood borers, blue stain fungi and wood rotting fungi etc. And frequently, the fungus attack is greatly accelerated simultaneously with insect attack, the reason being that the injury of bark by insect significantly provides a convenient entrance for attacking fungus. Therefore, in order to prevent the green log of Japanese pine wood from attack by fungi, it must be protected from attack by insects at the same time.

The present paper is a study on the protection of Japanese pine wood green log with chemical spraying treatment based on the theory of indivisibility of prevention against attack by both

fungi and insects, especially, on the relation between the effectiveness of chemical treatment, the permeation depth of the chemicals and their transition under the natural condition.

Methods and Materials

Green log used: Japanese red pine (*Pinus densiflora*), ca. 35.....40 years old; 1 m long and over 10 cm in diameter at cut end; barked and unbarked logs.

Spraying chemicals used: Respectively combined with fungicides, Pentachlorophenol (PCP) and its Na-salt, mercurial organic compounds and coaltar creosote oil, with insecticide, Benzenhexachloride (BHC) gammer isomer. The forms of chemicals were used in emulsion, kerosene solution and water solution.

Treatment of logs: Fungicides were sprayed on the whole surface of log immediately after cutting. Spraying quantity was 200.....400 cc per square meter of bark surface; then the treated logs were arranged in a row on the forest floor in sunlight or shaded by trees.

Investigation of log: On 3.....4 sampling logs, the fungus attack and insect attack were repeatedly investigated 3.....4 times every 45.....90 days. The fungus attack was studied especially in area ratio with appearance of blue stain and decay on each cut end.

Detection of chemicals: The Permeation depth of chemicals from cut end was investigated by SANDERMANN's method with Beilstein's reaction. Finally the relation between the form of chemicals and the type of transition of the permeated chemicals in cut end of the log exposed under the natural condition was determined.

Results

1. The permeation depth and its seasonal transition of chemicals in the cut end of green logs.
 - i) The permeation depth of chemicals into the tissue from cut end of green logs immediately after treatment:

- a) In the case of emulsion, it was ca. 5.....10 mm.
 - b) In the case of kerosene solution, it was ca. 20.....70 mm.
 - c) In the case of water solution, it was ca. 4.....10 mm. When the cut end was coated with pine resin, the permeation depth was less than the ordinary condition.

- ii) The seasonal transition of the permeation depth of chemicals:

The permeation depth changed on every occasion of investigation; for example, it was considerably longer on first investigation than the initial depth, and on the next occasion was shorter than the previous one. This fact may be due to the following reason.

"The first distribution of chemicals should finish soon after spraying treatment as a result of permeation and diffusion. In reality, the distributed chemicals do not always fix in all wood tissue, and more often than not have an unfixed part which is able to move with moving water in the wood tissue for all types of chemicals during experiment period.

Now, the water content in the cut end of green logs under the natural condition being so variable due to weather changes, it causes the flowing movement of water in that area; hence the moveable part in the distributed chemicals moves with this moving water. Consequently, a later distribution of chemical changes, and this brings a change in the detectable permeation depth of chemicals.

This phenomenon was named the seasonal transition of permeation depth of chemicals by the authors.

This transition has an individuality with the form of chemicals; for example, emulsion, kerosene solution and water solution types etc. The transition types are classified into two groups. In the first group, the permeation depth increases and decreases while relatively increasing, and in the second group, while relatively decreasing. As a general tendency, all types of chemicals are ranked in the first group. But in a special case, for instance, when the water solution was sprayed to the cut end which was coated with pine resin, and when the sprayed chemicals formed a coagulated layer at the cut end, they become members in the latter rank. And the loss of permeated chemicals is not always proved on the former in appearance, while on the latter the loss is obviously proved by means of permeation depth transition.

In an investigation term of 50……300 days after treating, the increasing rate of the permeation depth was relatively max. 2.5 times the initial depth on the water solution, and on the emulsion and kerosene solution was max. 2 times, usually 1.3……1.5 times. The decreased depth was almost equal to or a little over the increased depth on the emulsion, while on the kerosene solution it was nearly zero, namely, stayed at about the increased depth. And on the water solution under the unfavorable condition above mentioned, the absolute depth decreased to nearly zero finally. Concrete instances are illustrated in Figure 1.

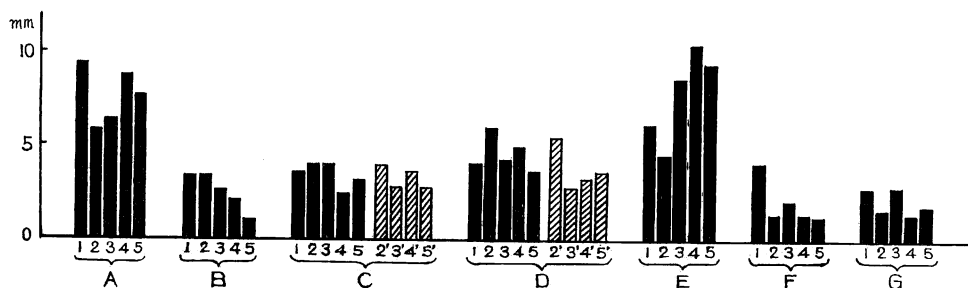


Fig. 1 The permeation depth of chemicals from cut end of Japanese pine green logs and its transition by days (unbarked log).

1. Immediately after at treatment, 2. After 50 days, in shady area, 2'. After 50 days, in sunny area, 3. After 94 days, in shady area, 3'. After 94 days, in sunny area, 4. After 147 days, in shady area, 4'. After 147 days, in sunny area, 5. After 191 days, in shady area, 5'. After 191 days, in sunny area.

A. Emulsion of Na-PCP 5% · γ -BHC 0.5%, B. Water solution of Na-PCP 5%, C. Emulsion of Na-PCP 2% · γ -BHC 0.5%, D. Emulsion of PCP 2% · γ -BHC 0.5%, E. Emulsion of PCP 2% · γ -BHC 1%, F. Emulsion of coaltar creosote oil 17%, PCP 1% · γ -BHC 0.5%, G. Emulsion of mercurial organic compound (TMTSA) 0.1% · γ -BHC 0.5%.

2. The relationship between the permeation depth of chemicals in the cut end of logs and the preservative effect of the permeated chemicals.

On the green log of Japanese red pine which was logged in February to May, the preservative effect was striking in 20……30 mm of the permeation depth with kerosene solution and in 5……10 mm with emulsion, keeping the freshness about 4 to 6 months if the treated logs lay under the shady and humid condition. But in the case of 50……70 mm with

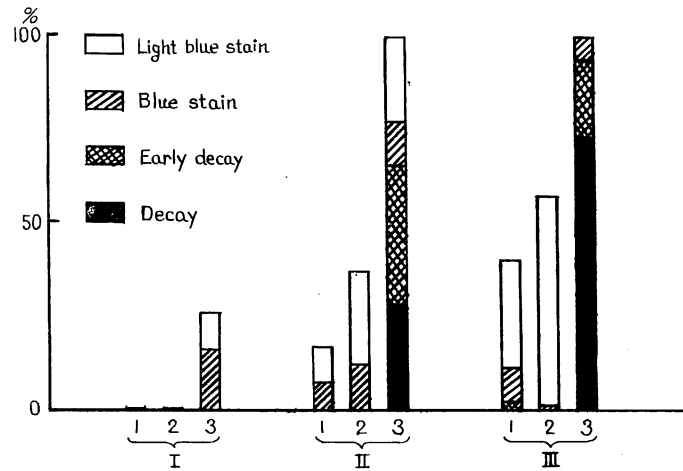


Fig. 2 The blue stain and decay on the cut end (unbarbed log, in shady area).

1. Emulsion of PCP 2% · γ -BHC 1%, 2. Kerosene solution of PCP 2% · γ -BHC 1%, 3. Untreated.
- I. First investigation, after 40 days, II. Second investigation, after 115 days, III. Third investigation, after 172 days.

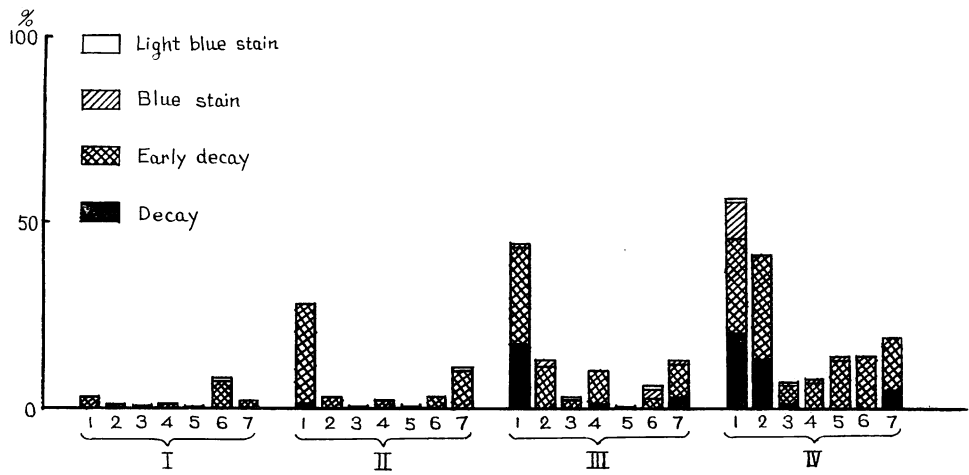


Fig. 3 The blue stain and decay on the cut end (unbarbed log, in shady area).

1. Untreated, 2. Emulsion of Na-PCP 2% · γ -BHC 0.5%, 3. Emulsion of PCP 2% · γ -BHC 0.5%, 4. Emulsion of Na-PCP 5% · γ -BHC 0.5%, 5. Emulsion of PCP 2% · γ -BHC 1%, 6. Emulsion of mercurial organic compound (TMTSA) 0.1% · γ -BHC 0.5%, 7. Emulsion of coal tar creosote oil 17%, PCP 1% · γ -BHC 0.5%.
- I. First investigation, after 50 days, II. Second investigation, after 94 days, III. Third investigation, after 147 days, IV. Fourth investigation, after 191 days.

kerosene solution, the effect appears to fall a little by an over expanse of the distributed chemical extent. And in the case of the water solution sprayed under the favorable condition, though the permeation depth was remarkably increased on some logs in the latter term of experiment period, the effect of chemicals was never improved as in others in which the increase was small. Accordingly, they proved themselves that the enhanced effectiveness by striking intensification of permeability of chemicals is impossible.

3. The effectual chemicals and forms.

From the results of this experiment, the very effectual chemicals selected are as follows:

- i) Emulsion containing PCP 2% and BHC gammer isomer 0.5% to 1%.
- ii) Kerosene solution containing PCP 2% and BHC gammer isomer 1%.
- iii) Emulsion containing Na-PCP 5% and BHC gammer isomer 0.5%.
- iv) Emulsion containing coal tar creosote oil 17%, PCP 1% and BHC gammer isomer 0.5%.
- v) Emulsion containing TMTSA (N-tolylmercuri-p-toluenesulphonanilide) 0.1% and BCH gammer isomer 0.5%.

These concentrations of chemicals are given respectively with the applied composition. Emulsion i) and iv) were diluted to 3 times from emulsive concentrate with water, and v) was diluted to 10 times. In the case of iii), especially, 10% BHC emulsive concentrate was diluted with the calculated water solution of Na-PCP. In the last, the concrete instances of their preservative effect are given in Figures 2 and 3.

