



Title	釘保持力による木材腐朽度測定法
Author(s)	福山, 伍郎; FUKUYAMA, Goro; 川瀬, 清 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 17(1), 179-216
Issue Date	1954-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20710
Type	departmental bulletin paper
File Information	17(1)_P179-216.pdf



釘保持力による木材腐朽度測定法

教 授 福 山 伍 郎
助 手 川 瀬 清

A METHOD FOR DETERMINING THE DEGREE OF WOOD DECAY BY NAIL-HOLDING POWER

By

Goro FUKUYAMA, *Professor* and Kiyoshi KAWASE, *Assistant*

目 次

緒 言	179
I. 釘保持力測定器とその使用法	181
II. 釘保持力とアルカリ消費量との関係	182
A. 試 料	182
B. 実験の方法および結果	182
C. 実験結果の考察	200
a. 釘保持力とアルカリ消費量	201
b. 釘保持力と容積重	202
c. 水 分	205
d. 組成と他の性質との関係	205
III. 森林鐵道枕木の腐朽と防腐	206
A. 古防腐枕木の腐朽調査	206
a. 秋田營林局	206
b. 熊本營林局	203
B. 防腐工場調査報告	209
a. 熊本營林局	209
b. 札幌營林局	211
IV. 摘 要	214
V. 参考文献	215
VI. Summary	216

緒 言

木材の腐朽度を判定するには化學的方法と物理的方法の2つが考えられることは前⁷⁾にも述べた。化學的方法としては分析によつてそれぞれの成分の含有率とその性質を明ら

かにするのがその1つの方法であり、これがもつとも確かであるが筆者等はアルカリの消費量によつてもかなりの信用度で腐朽度の判定をなしうることを明らかにした。他方、物理的に腐朽度を判定する方法のうち、重量減少率と強度による方法は多くの人によつて試みられている。近年 Trendelenburg⁴⁾ は腐朽菌の強度にたいする影響は動荷重が静荷重よりもはやく、かつ目立つてあらわれることを明らかにした。さらに Pechman⁵⁾ は9種の菌によつて腐朽させた木片について、同じ方法で試験を行つている。この結果によると、腐朽の初期における重量減少や化学的性質の變化は強度の減少にくらべて、ほとんどあらわれていない。したがつて、腐朽の初期においては今まで行われていた分析などによる化学的判定は役立ちえないといえる。最近、わが國においては摩擦抵抗による腐朽度の判定が行われはじめているが、釘の保持力による測定方法は十代田三郎によつてかなりの進歩がみられ、實用の段階にいたつていられるといわれている。氏の考案になる S.S. 式木材強度測定器 (腐朽診断器) はすでに發賣されている。氏はこの腐朽診断器によつて測定した釘引拔耐力度から次の實驗式によつて壓縮強度に換算した。

$$F = 17R + 20 \quad F = \text{壓縮強度 (Kg/cm}^2\text{)}$$

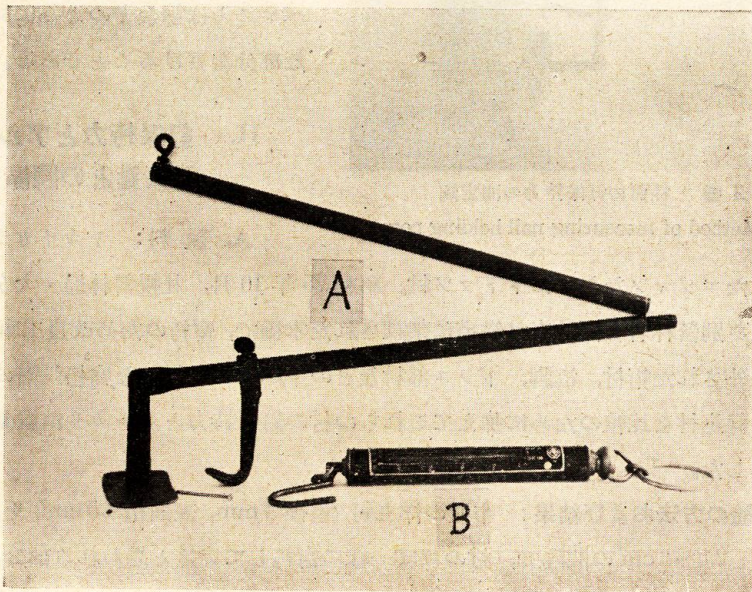
$$R = \text{釘引拔耐力度 (Kg/cm}^2\text{)}$$

これによつて住宅ならびに坑木の耐用年限を求めた報告²²⁾ が出されている。釘保持力による木材表面の腐朽度測定はいたつて簡単に、しかも部材を傷つけること少なくして容易になしうる利點があるけれども、一般強度との關係については釘保持力に關する研究がまだ緒についたばかりの現状では、さらに多くの實驗によつて確かめられねばならない。ところが釘保持力による腐朽度の判定が、そのままで重要な意味をもつ場合がある。それは枕木の腐朽度判定であつて、この場合、釘保持力は枕木の良否を決定する上にも、まず第一に考えなければならない性質の一つである。これに關しては中村忠雄^{18,19)} の研究がある。釘の保持力は實際に現場で用いられている大きさ、形のものによつて測定すれば理想的であるけれども、野外において多數の枕木にこれをそのまま適用することは不可能である。筆者等は森林鐵道の防腐枕木の腐朽調査にあたり、外觀による判定のみでは誤りが多く、かつ具体的な表現が困難であるので、釘の保持力によつてその腐朽度を判定した。ここにのべる測定器はその目的で考案したものであり、これをさらに一般の腐朽木材の腐朽度測定にも應用をこころみながら、その結果をも合せて報告する。

なお釘保持力測定器の作成にあつては北大工學部半澤宏助教授と、當教室駒崎久雄教官の御援助があつた。また野外における實驗、調査、材料の提供などに御援助下さつた札幌・秋田・熊本3營林局に對しても深甚の謝意を表す。費用の一部は文部省科學研究費によつた。

I. 釘保持力測定器とその使用法

筆者等の考案した釘保持力測定器は第1圖に示すごとく、いたつて簡単なものでありしたがつて製作費もわずかですむ。この測定器は釘拔器(A)とゼンマイ秤(B)とからなっており、釘拔器は $\frac{1}{2}$ インチのガス管を用いて作り全長1m、両端がそれぞれ支點と力點になり重點は移動でき、その位置は釘の大きさ、材の軟硬などによつて適當に調節できるようになつている。自重2Kg。また、釘は市販の洋丸釘の中から一定の太さのものをえらび、打込まれる面に銹や傷のないものの、先端から一定の長さのところに印をつけ、金槌を用いてその印まで打込み、これを釘拔器を装置して引抜き(第2圖)、これに要した力をゼンマイ秤で測定するものである。なお、柱面の釘保持力を測定する場合は引拔器の自重はゼ



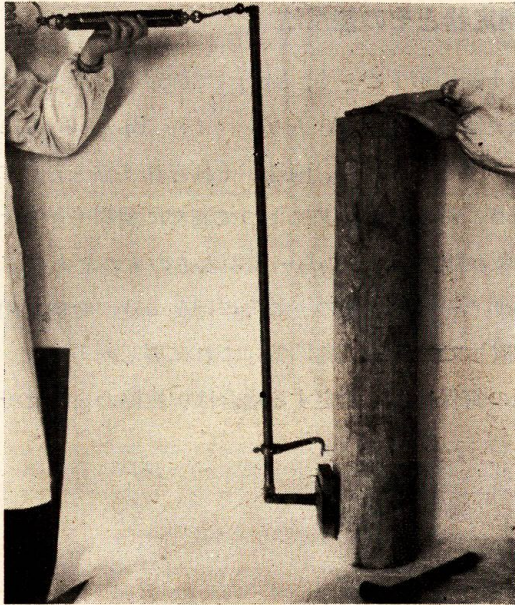
第1圖 釘保持力測定器

Fig. 1. Measuring apparatus of nail-holding power.

A: 釘拔器 Nail-puller B: ゼンマイ秤 Spring balance

ンマイ秤の讀みに影響しないが、枕木のように水平面の測定にさいしては、ゼンマイ秤の讀みは釘保持力と自重の一部との和となるわけであるから、自重を考慮してこの讀みから差引いたものが眞の釘保持力となる。

次に保持力に影響する因子としては、(1)木材の水分含有率、(2)釘の打込み速度または打撃回数、(3)引抜速度、(4)釘の打込み方向などが考えられる。實際の測定にあつて、筆者等は多くの場合水分含有率を測定したけれども、これによつて具体的に測定値の補正をすることはしなかつた。



第 2 圖 柱面の釘保持力の測定圖

Fig. 2. Method of measuring nail holding power

A. 試料：キカイガラタケによつて腐朽したエゾマツならびにトドマツ材。昭和 25 年 10 月、札幌營林局・大夕張營林署ならびに上芦別營林署管内の森林鐵道に架設された木橋で、腐朽のため改良工事が行われ、そのさい取外された桁材、橋脚、トラス部材などの中からいろいろな腐朽段階の材をえらび、さらに健全材を比較のために加えてこれらの材の釘保持力とアルカリ消費量との關係を明らかにした。

B. 實驗の方法および結果：市販の洋丸釘(直徑 3 mm, 表面積 4.5 cm²)を、第 3~12 圖のごとく、2.5~3 cm の間隔で、材のほぼ一様に腐朽していると思われる部分に 5 cm の深さに打込み、これの保持力を第 2 圖に示すごとき要領で測定した。さらに 4 本の釘で圍む最小の四角形の中心部を、生長錐を用いて表面から 5 cm の深さまで拔取り、拔取られた圓筒形の材の重量、水分およびアルカリ消費量を測定した(第 3 圖備考参照)。すなわち、この圓筒形の材片をかみそりの刃で薄い圓板狀に刻み、絶乾重量の 0.1 g に 15 cc の割合で 0.1 N NaOH を加え、湯浴上で加熱の條件を一定に調節しながら 1 時間加熱して冷却、濾過し、濾液中の殘存アルカリの量をウラニンを指示薬として滴定し、これから 0.1 g の木材の消費したアルカリの量を 0.1 N NaOH の cc 數であらわした結果は 第 1~12 表および第 3~12 圖のようであつた。

また釘の打込みの力は、できるだけ一定にし、引抜きのさいも急激に力を加えることはさけた。釘の打込み方向はつねに纖維に直角方向で、圓柱材ではつねに半徑方向であるが、角材の場合には半徑と切線の兩方向、すなわち板目面に打込む場合と柁目面に打込む場合とがあるけれども、これらの相異はすべて考慮しなかつた。なお、釘の打込みにあつて、もつとも注意すべきことは節などのように材質の特殊な部分をさけることである。

II. 釘保持力とアルカリ消費量との關係

A. 試料：キカイガラタケによ

第 1 表 釘保持力とアルカリ消費量との関係

Table 1. Relation between nail-holding power and volume of consumed alkaline solution

釘 保 持 力 Nail-holding power		アルカリ消費量 Consumed alkaline solution 0.1N NaOH cc/g	水 分 Moisture %	容 積 重 Volume weight
4 點の讀みの平均 Average of values observed in 4 points (Degree of spring balance) kg	單位面積當り kg/cm ²			
2.9	6	3.50	12.04	0.20
3.0	7	2.99	11.70	0.21
3.8	8	3.05	13.35	0.27
3.8	8	3.24	12.65	0.34
4.3	9	4.15	12.79	0.24
4.8	11	3.43	13.02	0.28
4.8	11	3.34	12.87	0.22
5.0	11	3.07	13.22	0.28
5.3	12	2.83	13.30	0.27
5.3	12	2.86	12.84	0.28
5.4	12	3.34	12.91	0.19
5.6	13	2.86	12.74	0.27
6.1	14	3.30	13.13	0.25
6.3	14	4.82	12.34	0.30
6.8	15	2.33	12.84	0.30
7.0	15	3.23	13.22	0.28
7.4	16	2.60	12.24	0.26
8.0	18	3.18	13.01	0.28
8.0	18	2.32	12.96	0.27
8.3	18	1.63	12.90	0.32
8.3	18	3.23	12.63	0.28
8.4	18	2.00	13.00	0.30
8.5	19	1.63	13.11	0.28
8.9	20	2.77	13.11	0.31
平 均 Average	6.1	3.01	12.81	0.27

* 最小の四角形を作る 4 本の釘

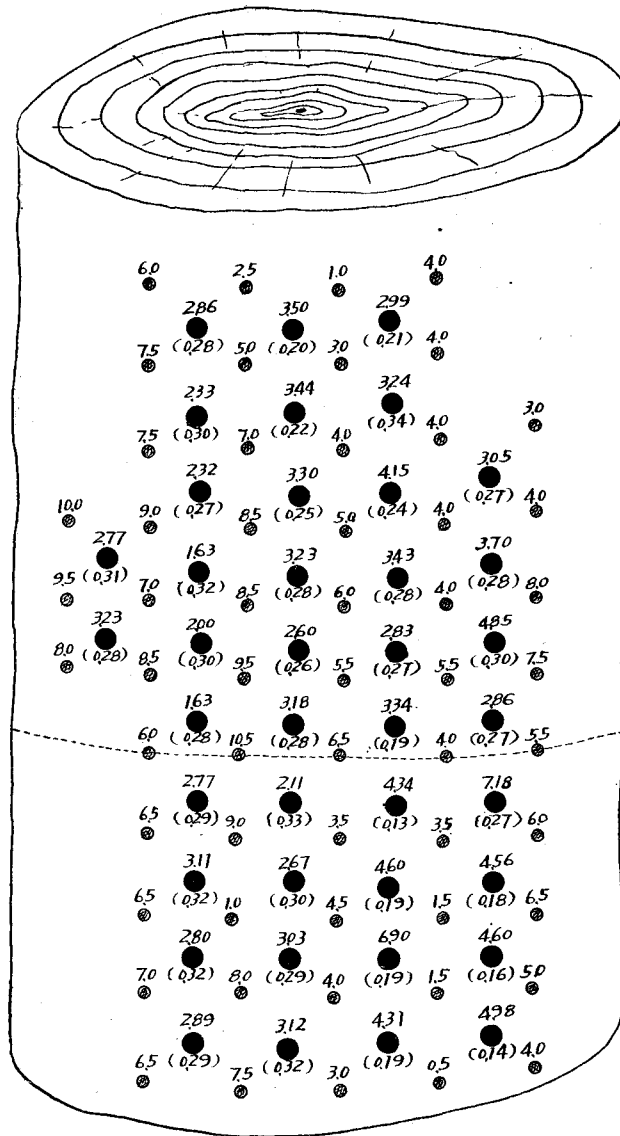
Picea jezoensis CARR. *Lenzites sepiaria* FR.

第 2 表 釘保持力とアルカリ消費量との關係

Table 2. Relation between nail-holding power and volume of consumed alkaline solution

釘 保 持 力 Nail holding power		アルカリ消費量 Consumed alkaline solution 0.1N NaOH cc/g	水 分 Moisture %	容 積 重 Volume weight	
4 點* の讀みの平均 Average of values observed in 4 points (Degree of spring balance) kg	單位面積當り kg/cm ²				
2.3	5	4.31	12.93	0.19	
2.8	6	4.98	12.82	0.14	
2.9	6	6.90	13.07	0.19	
3.3	7	4.60	13.22	0.19	
3.6	8	4.60	12.98	0.16	
4.4	10	3.03	12.74	0.29	
4.4	10	4.34	12.86	0.31	
4.4	10	4.56	13.09	0.18	
4.5	10	2.67	13.33	0.30	
4.8	11	7.18	13.23	0.27	
5.6	12	2.80	12.88	0.32	
5.6	12	3.12	13.15	0.32	
5.8	13	3.11	13.29	0.32	
7.3	15	2.89	12.52	0.29	
7.4	16	2.11	13.18	0.33	
8.0	18	2.17	13.07	0.29	
平 均 Average	4.8	11	4.00	13.03	0.25

Picea jezoensis CARR. *Lenzites sepiaria* FR.



第3圖 第1~2表附圖

Fig. 3. Original figure of Table 1 and Table 2

〔備考：Note〕 黒大圓は生長錐で抜いた位置，
 その上の數字はアルカリ消費量 cc，下の() 内は容
 積重。斜線入り小圓は釘保持力測定位置， その上
 の數字は保持力 kg (ペンマイ秤の読み) を示す。

釘保持力
 Nail-
 holding power kg

釘保持力
 Nail-
 holding power kg

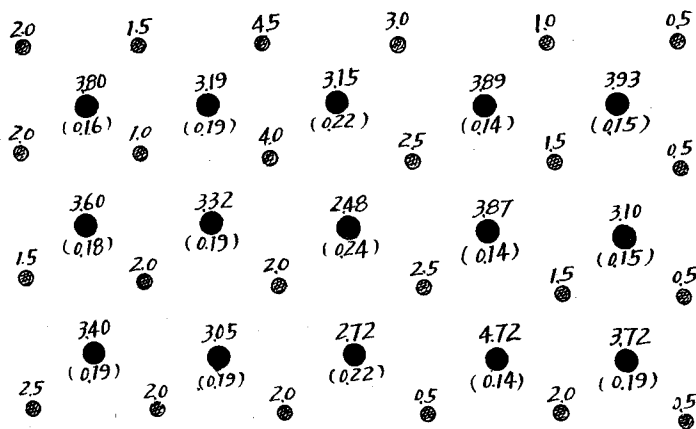
アルカリ消費量
 0.1N NaOH cc/0.1g

(容 積 重)
 (Volume weight)

第3表 釘保持力とアルカリ消費量との關係

Table 3. Relation between nail-holding power and volume of consumed alkaline solution

釘 保 持 力 Nail holding power		アルカリ消費量 Consumed alkali- line solution 0.1N NaOH cc/0.1g	水 分 Moisture %	容 積 重 Volume weight	
4 點の讀みの平均 Average of values observed in 4 points (Degree of spring balance) kg	單位面積當り kg/cm ²				
0.9	2	3.93	15.87	0.15	
1.0	2	3.10	17.93	0.15	
1.1	3	3.72	19.00	0.19	
1.6	4	4.72	22.72	0.14	
1.6	4	3.80	29.10	0.16	
1.6	4	3.60	35.87	0.18	
1.8	4	2.72	35.67	0.22	
2.0	4	3.89	23.96	0.14	
2.0	4	3.87	22.53	0.14	
2.0	4	3.05	42.73	0.19	
2.0	4	3.40	37.30	0.19	
2.3	5	3.32	41.98	0.19	
2.8	6	2.48	36.76	0.24	
2.8	6	3.19	44.04	0.19	
3.5	8	3.15	35.38	0.22	
平均 Average	1.9	4	3.46	30.72	0.18

Picea jezoensis CARR. *Lenzites sepiaria* FR.

第4圖 第3表附圖

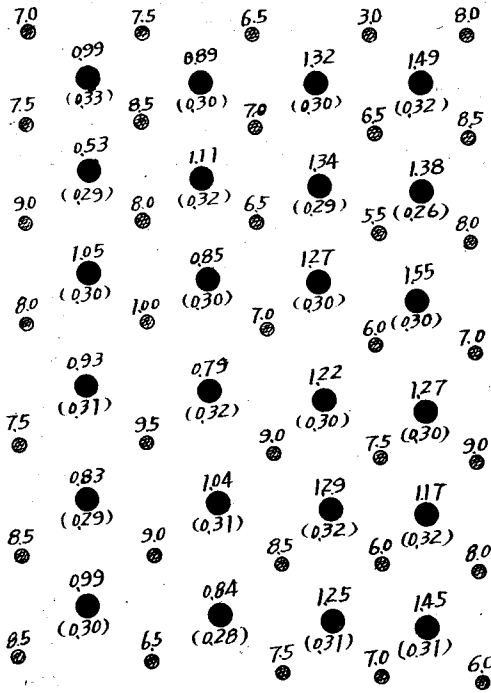
Fig. 4. Original figure of Table 3

第4表 釘保持力とアルカリ消費量との関係

Table 4. Relation between nail-holding power and volume of consumed alkaline solution

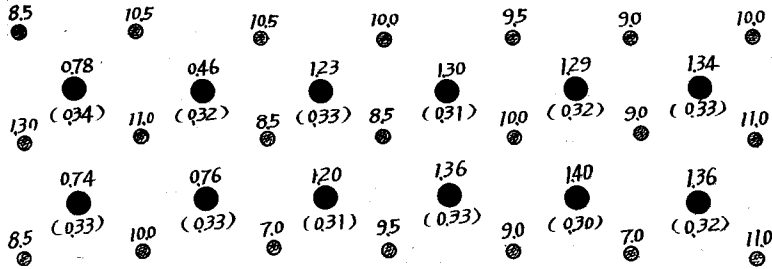
釘 保 持 力 Nail holding power		アルカリ消費量 Consumed alkali line solution 0.1N NaOH cc/0.1g	水 分 Moisture %	容 積 重 Volume weight
4 点の讀みの平均 Average of values observed in 4 points (Degree of spring balance) kg	單位面積當り kg/cm ²			
5.8	13	1.32	12.97	0.30
6.3	14	1.27	14.05	0.30
6.4	14	1.34	12.93	0.29
6.5	14	1.49	13.13	0.32
6.6	15	1.55	14.20	0.30
6.8	15	1.45	14.65	0.31
7.1	16	1.38	14.14	0.26
7.1	16	1.25	14.02	0.31
7.4	16	1.27	13.94	0.30
7.4	16	1.22	14.03	0.30
7.4	16	0.89	13.20	0.30
7.5	17	1.11	13.63	0.32
7.6	17	1.17	14.50	0.32
7.6	17	0.99	10.25	0.33
7.8	17	1.29	14.10	0.32
7.9	17	0.85	13.64	0.30
7.9	17	0.84	15.04	0.28
8.1	18	0.99	14.28	0.30
8.3	18	0.53	13.36	0.29
8.6	19	0.83	10.76	0.29
8.8	19	0.53	13.36	0.29
8.8	19	0.93	10.63	0.31
8.9	20	0.79	14.13	0.32
9.0	20	1.04	14.53	0.31
平 均 Average	7.5 17	1.12	13.48	0.30

Picea jezoensis CARR. *Lenzites sepiaria* FR.



第 5 圖 第 4 表附圖

Fig. 5. Original figure of Table 4



第 6 圖 第 5 表附圖

Fig. 6. Original figure of Table 5

第5表 釘保持力とアルカリ消費量との関係

Table 5. Relation between nail-holding power and volume of consumed alkaline solution

釘 保 持 力 Nail holding power		アルカリ消費量 Consumed alkali line solution 0.1N NaOH cc/0.1g	水 分 Moisture %	容 積 重 Volume weight
4 點の讀みの平均 Average of values observed in 4 points (Degree of spring balance) kg	單位面積當り kg/cm ²			
8.4	18	1.20	13.53	0.31
8.8	19	1.40	13.70	0.30
9.1	20	0.76	13.21	0.33
9.3	20	1.36	10.45	0.33
9.4	21	1.29	13.37	0.32
9.4	21	1.23	13.22	0.33
9.5	21	1.39	15.57	0.32
9.5	21	1.30	13.50	0.31
9.8	22	1.34	13.62	0.33
10.1	22	0.46	12.79	0.32
10.6	23	0.74	13.36	0.33
10.8	24	0.78	12.77	0.34
平 均 Average 9.5	21	1.10	13.25	0.32

Picea jezoensis CARR. Sound.

第6表 釘保持力とアルカリ消費量との関係

Table 6. Relation between nail-holding power and volume of consumed alkaline solution

釘 保 持 力 Nail holding power		アルカリ消費量 Consumed alkali line solution 0.1N NaOH cc/0.1g	水 分 Moisture %	容 積 重 Volume weight
4 点の讀みの平均 Average of volume observed in 4 points (Degree of spring balance) kg	單位面積當り kg/cm ²			
2.3	5	2.36	15.74	0.18
2.5	6	2.16	15.55	0.15
2.6	6	2.65	15.49	0.19
2.6	6	2.25	16.06	0.17
2.8	6	2.52	16.88	0.20
3.0	7	2.88	16.76	0.17
3.3	7	2.99	16.17	0.20
3.6	8	2.65	14.85	0.20
4.1	9	2.38	16.88	0.24
4.3	9	2.10	15.03	0.21
4.3	9	2.06	16.09	0.22
4.3	9	2.83	16.93	0.20
4.6	10	2.42	16.37	0.19
4.8	11	2.07	15.14	0.22
4.9	11	2.28	16.78	0.20
5.0	11	2.33	14.71	0.20
5.3	12	2.06	15.50	0.21
5.4	12	2.50	16.25	0.19
5.5	12	1.85	16.96	0.21
5.8	13	2.18	15.52	0.20
平均 Average	4.0	2.33	15.98	0.20

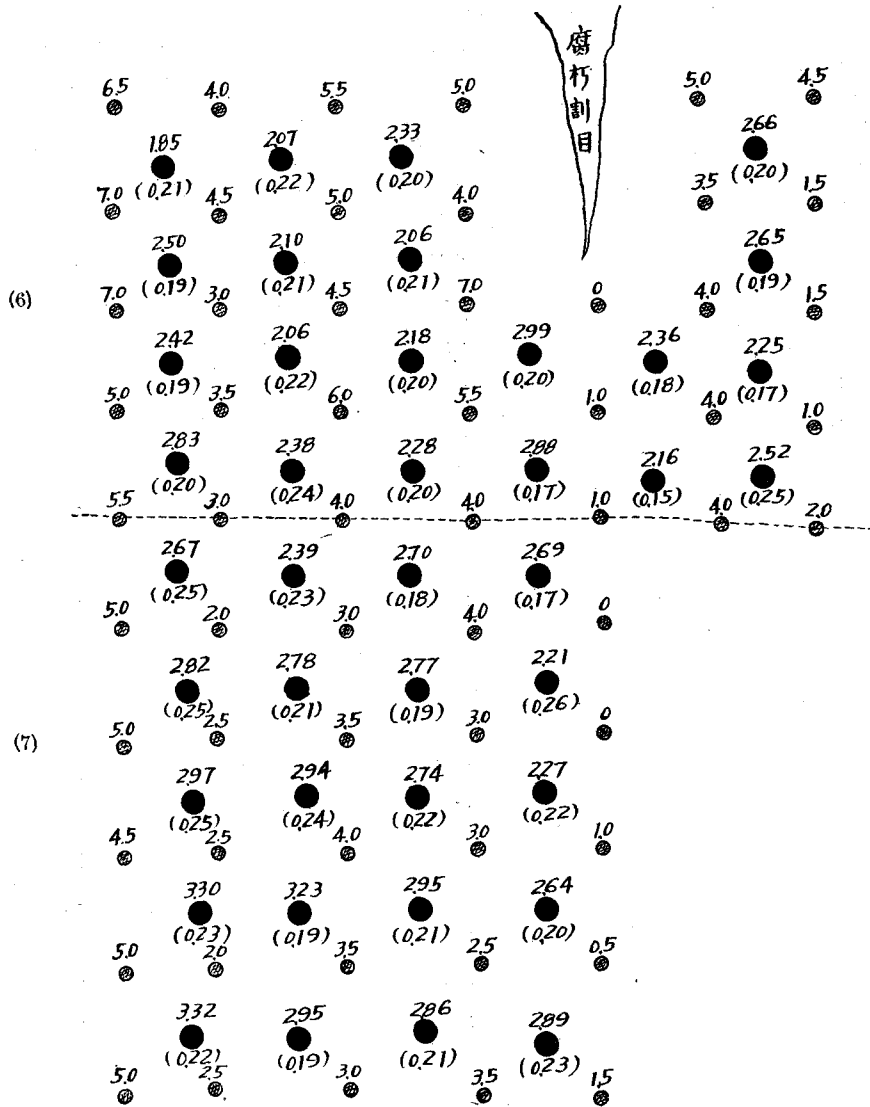
Picea jezoensis CARR. *Lenzites sepiaria* FR.

第7表 釘保持力とアルカリ消費量との関係

Table 7. Relation between nail-holding power and volume of consumed alkaline solution

釘 保 持 力 Nail holding power		アルカリ消費量 Consumed alkali- line solution 0.1N NaOH cc/0.1g	水 分 Moisture %	容 積 重 Volume weight	
4 點の讀みの平均 Average of values observed in 4 points (Degree of spring balance) kg	單位面積當り kg/cm ²				
1.8	4	2.64	15.43	0.20	
1.8	4	2.27	15.95	0.22	
1.8	4	2.21	16.34	0.26	
2.0	4	2.89	15.02	0.23	
2.3	5	2.69	16.98	0.17	
2.8	6	2.95	15.13	0.19	
2.8	6	2.74	17.41	0.21	
3.0	7	3.23	15.77	0.19	
3.0	7	2.39	17.08	0.23	
3.1	7	2.98	17.09	0.24	
3.1	7	2.86	15.22	0.21	
3.3	7	2.95	15.37	0.21	
3.4	7	2.74	16.08	0.22	
3.4	7	2.77	16.37	0.19	
3.5	8	3.38	16.16	0.23	
3.6	8	3.32	14.89	0.22	
3.6	8	2.97	16.61	0.25	
3.6	8	2.82	18.28	0.25	
3.9	9	2.67	17.41	0.25	
3.9	9	2.70	16.58	0.18	
平 均 Average	3.0	7	2.81	16.26	0.22

Picea jezoensis CARR. *Lenzites sepiaria* FR.



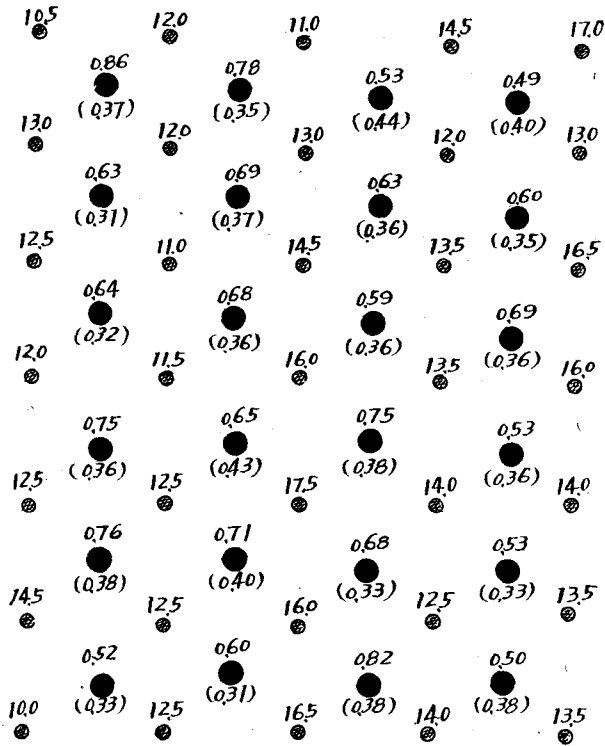
第7圖 第6~7表附圖
Fig. 7. Original figure of Table 6 and Table 7

第 8 表 釘保持力とアルカリ消費量との關係

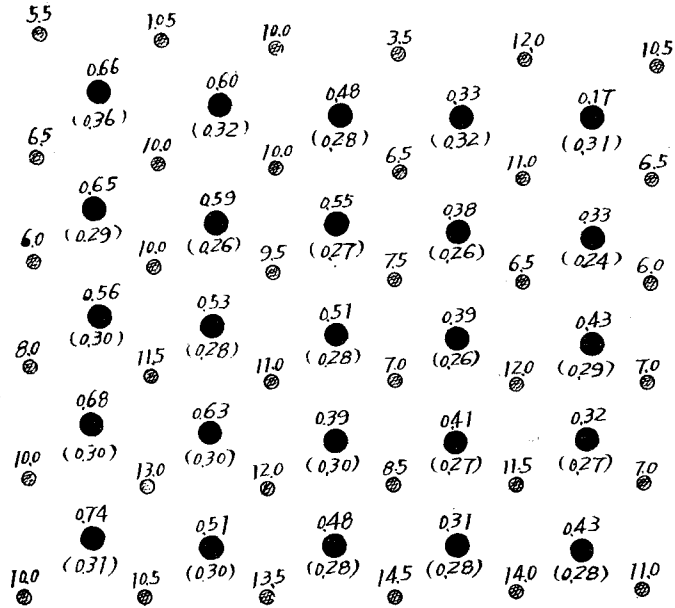
Table 8. Relation between nail-holding power and volume of consumed alkaline solution

釘 保 持 力 Nail holding power		アルカリ消費量 Consumed alkaline solution 0.1N NaOH cc/0.1g	水 分 Moisture %	容 積 重 Volume weight	
4 點の讀みの平均 Average of value observed in 4 points (Degree of spring balance) kg	單位面積當り kg/cm ²				
11.8	26	0.64	—	0.32	
11.9	26	0.86	—	0.37	
12.0	26	0.78	—	0.35	
12.1	27	0.63	—	0.31	
12.1	27	0.75	—	0.36	
12.4	28	0.52	13.65	0.33	
12.5	28	0.69	—	0.37	
12.6	28	0.53	—	0.44	
13.3	29	0.63	—	0.36	
13.3	29	0.68	—	0.36	
13.4	29	0.50	—	0.38	
13.5	30	0.53	—	0.33	
13.6	30	0.76	—	0.38	
13.8	30	0.60	—	0.35	
14.1	32	0.49	14.20	0.40	
14.3	32	0.65	—	0.43	
14.4	32	0.53	—	0.36	
14.4	32	0.59	14.10	0.36	
14.4	32	0.60	—	0.31	
14.6	32	0.71	—	0.40	
平 均 Average	13.5	29	0.65	13.98	0.36

Picea Glehnii MAST. Sound.



第 8 圖 第 8 表附圖
Fig. 8. Original figure of Table 8



第 9 圖 第 9 表附圖
Fig. 9. Original figure of Table 9

第9表 釘保持力とアルカリ消費量との関係

Table 9. Relation between nail-holding power and volume of consumed alkaline solution

釘 保 持 力 Nail holding power		アルカリ消費量 Consumed alkali- line solution	水 分 Moisture	容 積 重 Volume weight	
4 点の讀みの平均 Average of values observed in 4 points (Degree of spring balance) kg	單位面積當り kg/cm ²				
7.4	16	0.33	11.41	0.24	
7.5	17	0.48	—	0.28	
7.8	17	0.51	—	0.28	
7.9	17	0.43	17.46	0.29	
7.9	17	0.38	—	0.26	
8.1	18	0.61	—	0.36	
8.3	18	0.33	—	0.32	
8.3	18	0.39	—	0.26	
8.4	18	0.55	—	0.27	
8.6	19	0.65	—	0.29	
8.9	20	0.56	—	0.30	
9.4	21	0.32	—	0.27	
9.6	21	0.39	—	0.30	
9.8	22	0.41	17.06	0.27	
10.0	22	0.17	16.24	0.31	
10.1	22	0.60	15.49	0.32	
10.4	23	0.59	—	0.26	
10.5	23	0.53	—	0.28	
10.6	23	0.68	—	0.30	
10.9	24	0.43	—	0.28	
10.9	24	0.74	—	0.31	
11.9	26	0.63	—	0.30	
12.1	27	0.48	17.12	0.28	
12.4	27	0.51	16.90	0.30	
平 均 Average	9.2	20	0.48	15.95	0.29

Abies Mayriana M. et K. Almost sound

第10表 釘保持力とアルカリ消費量との関係

Table 10. Relation between nail-holding power and volume of consumed alkaline solution

釘 保 持 力 Nail holding power		アルカリ消費量 Consumed alkaline solution 0.1N NaOH cc/0.1g	水 分 Moisture %	容 積 重 Volume weight	
4 点の讀みの平均 Average of values observed in 4 points (Degree of spring balance) kg	單位面積當り kg/cm ²				
0.8	2	3.17	14.96	0.12	
0.8	2	3.06	—	0.09	
1.3	3	2.20	—	0.13	
1.3	3	2.13	—	0.11	
1.4	3	3.01	—	0.11	
1.5	3	1.93	—	0.10	
1.6	4	1.98	—	0.14	
1.8	4	2.51	—	0.11	
1.9	4	2.06	—	0.08	
2.1	5	2.46	—	0.10	
2.3	5	2.05	—	0.11	
2.4	5	1.77	18.06	0.14	
2.5	6	2.91	—	0.12	
2.5	6	1.43	—	0.14	
2.9	6	1.29	13.24	0.19	
平 均 Average	1.8	4	2.26	15.42	0.12

Abies Mayriana M. et K. *Lenzites septaria* FR.

第11表 釘保持力とアルカリ消費量との關係

Table 11. Relation between nail-holding power and volume of consumed alkaline solution

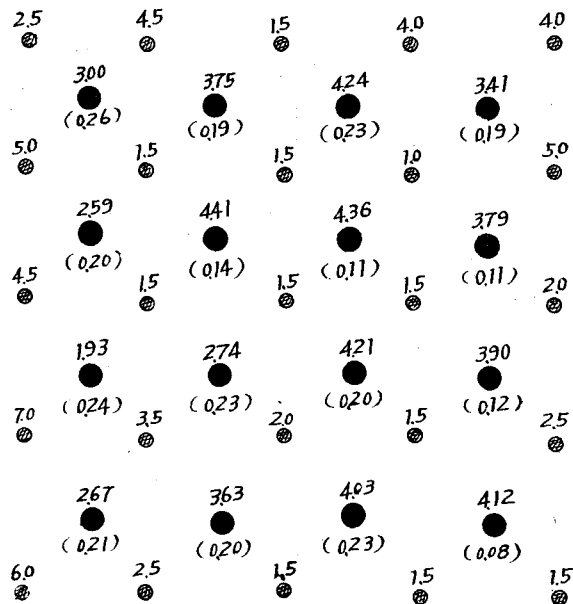
釘 保 持 力 Nail holding power		アルカリ消費量 Consumed alkali- line solution	水 分 Moisture	容 積 重 Volume weight
4 點の讀みの平均 Average of valuses observed in 4 points (Degree of spring balance) kg	單位面積當り kg/cm ²			
		0.1N NaOH cc/0.1g	%	
0	0	3.66	—	0.08
0.1	0	3.54	—	0.09
0.4	1	3.94	—	0.08
0.5	1	3.42	—	0.08
1.0	2	3.83	—	0.12
1.0	2	2.42	—	0.10
1.0	2	2.82	36.43	0.06
1.3	3	3.88	51.71	0.11
1.4	3	3.65	—	0.14
1.5	3	3.39	—	0.14
1.6	4	3.19	19.26	0.10
1.9	4	2.65	—	0.14
2.1	5	2.97	—	0.12
2.6	6	2.05	—	0.17
2.6	6	2.89	—	0.15
平均 Average	1.3	3.22	35.80	0.11

Abies Mayriana M. et K. *Lenzites sepiaria* FR.

第12表 釘保持力とアルカリ消費量との関係
 Table 12. Relation between nail-holding power and volume of consumed alkaline solution

釘 保 持 力 Nail holding power		アルカリ消費量 Consumed alkaline solution 0.1N NaOH cc/0.1g	水 分 Moisture %	容 積 重 Volume weight	
4 點の讀みの平均 Average of values observed in 4 points (Degree of spring balance) kg	單位面積當り kg/cm ²				
1.4	3	4.36	12.93	0.11	
1.5	3	4.24	—	0.23	
1.5	3	4.41	—	0.14	
1.6	4	4.21	—	0.20	
1.6	4	4.03	—	0.23	
1.8	4	4.12	—	0.08	
2.1	5	2.74	13.69	0.23	
2.3	5	3.75	—	0.19	
2.4	5	3.79	—	0.11	
2.4	5	3.90	—	0.12	
2.4	5	3.63	—	0.20	
3.0	7	3.41	12.55	0.19	
3.1	7	2.59	—	0.24	
3.4	7	3.00	—	0.26	
4.1	9	1.93	—	0.21	
平均 Average	2.5	5	3.55	13.17	0.17

Abies Mayriana M. et K. *Lenzites sepiaria* FR.



第12圖 第12表附圖
 Fig. 12. Original figure of Table 12

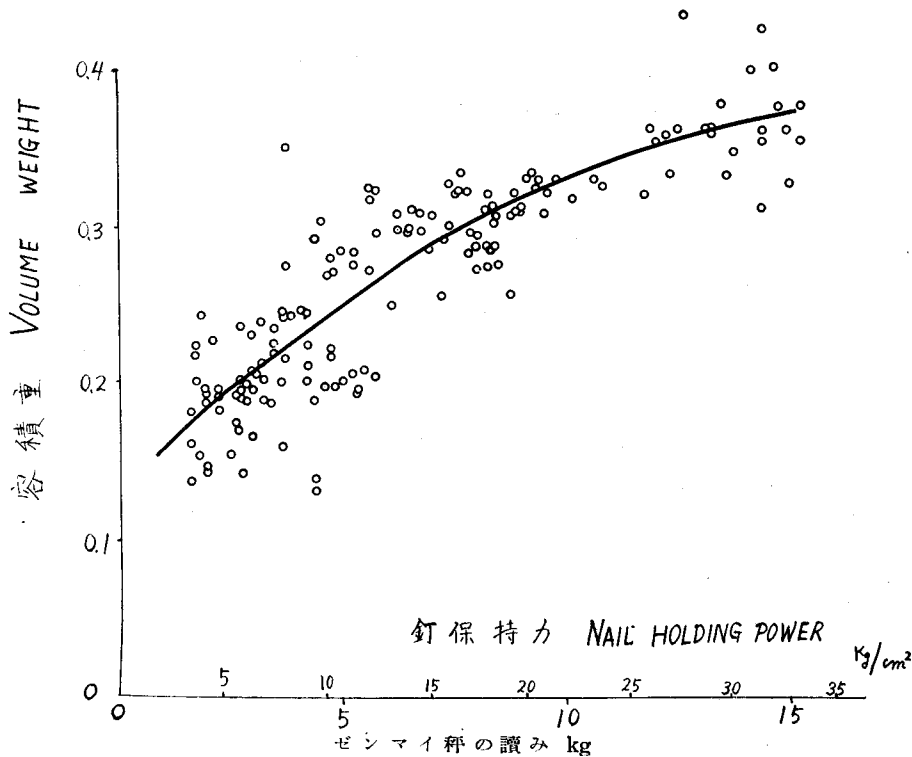
C. 実験結果の考察：第1~12表は釘保持力を小さいものから順にならべ、これとアルカリ消費量、水分、容積重との関係を示したものであるが、それぞれの表は腐朽程度のほぼ均一な部分を測定した結果であるから、数値の差異は小さく、したがってそれぞれの性質の間の関係を明確に知ることは困難である。しかし釘保持力の小さなものほどアルカリ消費量の大きなことはこれによつても知ることができる。筆者等はこれらの測定値をエゾマツ・トドマツ別にして釘保持力の小さなものから順にならべ、順次10個ずつをとつて平均した値を第13表に示し、おのおのの性質の間の関係を検討した。また釘保持力と容積重および釘保持力とアルカリ消費量との関係を第13~16圖に示したが、これによると

第13表 釘保持力とアルカリ消費量、水分および容積重との関係
Table 13. Relation among nail-holding power, volume of consumed 0.1N NaOH solution, moisture and volume weight

釘 保 持 力 Nail-holding power		アルカリ消費量 Consumed alkali solution 0.1N NaOH cc/0.1g	水 分 Moisture %	容 積 重 Volume weight
秤の読み4點の平均 Average of values observed in 4 points kg	單位面積當り kg/cm ²			
エゾマツ <i>Yezomatsu spruce</i>				
1.5	3	3.27	22.39	0.21
2.2	5	3.24	24.47	0.20
2.8	6	3.37	19.98	0.21
3.1	7	3.06	15.44	0.23
3.6	8	3.16	17.15	0.26
4.2	9	3.08	15.04	0.24
4.8	11	3.23	14.20	0.27
5.5	12	2.58	13.91	0.29
6.4	14	2.30	13.60	0.31
7.4	16	1.69	13.54	0.33
8.0	18	1.62	13.26	0.33
8.6	19	1.56	12.74	0.33
9.5	21	1.04	13.44	0.35
12.6	28	0.67	13.21	0.39
13.9	31	0.61	14.15	0.40
14.9	33	0.73	—	0.41
トドマツ <i>Todomatsu fir</i>				
0.7	2	3.37	34.37	0.10
1.6	4	3.45	16.09	0.16
1.9	4	3.17	13.69	0.15
2.5	6	2.56	15.65	0.17
5.7	13	1.57	11.23	0.27
8.9	20	0.44	16.65	0.34
11.2	25	0.55	16.50	0.32

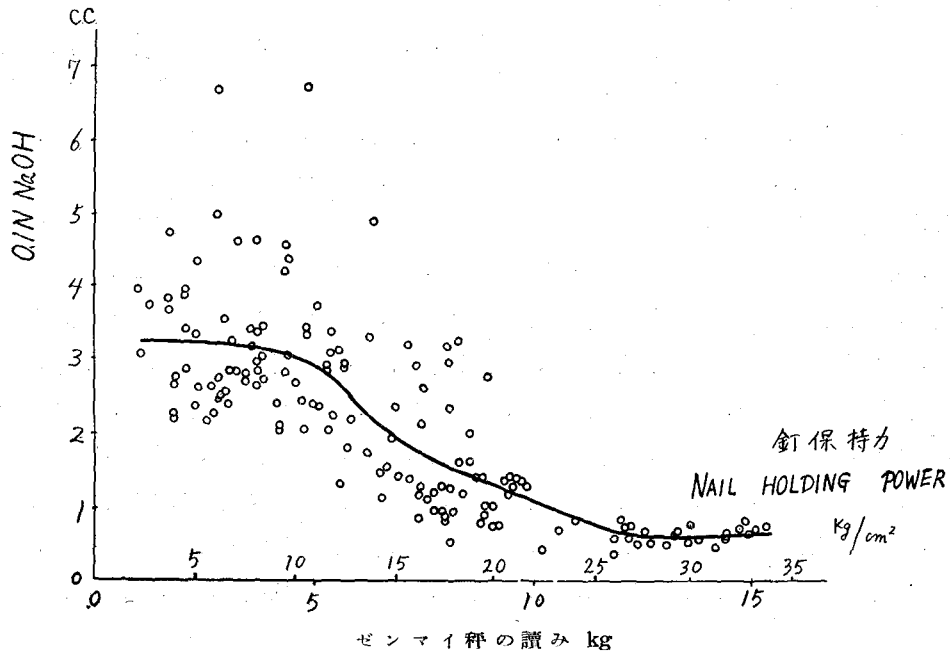
a. 釘保持力とアルカリ消費量

腐朽が進むにつれてアルカリ消費量の増加することはすでに述べたが、釘保持力は同一材であつても部分によつて相當の偏差がみとめられるし、また個体別になればさらに著しいことは容易に理解することができる。しかし健全材のアルカリ消費量は1cc以下の場合が多い。健全材の場合は個体が異なつてもほぼ同一の値を示して材の物理的性質に影響されることが少なく、釘保持力の大小にかかわらず一定である。釘保持力とアルカリ消費量との関係は第14圖と第16圖のごとくである。エゾマツでは釘保持力10Kgのあたりから腐朽の兆候がみられ、すなわち保持力が減少し始めると反対にアルカリ消費量は増加してくる。増加の傾向は10Kgから5Kgの間が著しく、5Kgに達するとほぼ一定の値に達し、腐朽はすでに末期の段階にいたつてることが分析の結果から明らかである。トドマツの場合も、これとほぼ同様の傾向を示しているが、2~3Kgに達してはじめてアルカリ消費量が一定になる。これはトドマツがエゾマツよりも耐久性に富むことを示し、トドマツの釘保持力がエゾマツよりも小さいのは主として年輪が粗なためであろう。曲線の形は樹種、菌種などによつてそれぞれ特徴のあるものか、あるいは共通のものであるかは多



第13圖 エゾマツ材の釘保持力と容積重との關係

Fig. 13. Relation between nail-holding power and volume weight (*Picea jezoensis* CARR.)



第14圖 エゾマツ材の釘保持力とアルカリ消費との関係

Fig. 14. Relation between nail-holding power and volume of consumed 0.1N NaOH solution (*Picea jezoensis* CARR.)

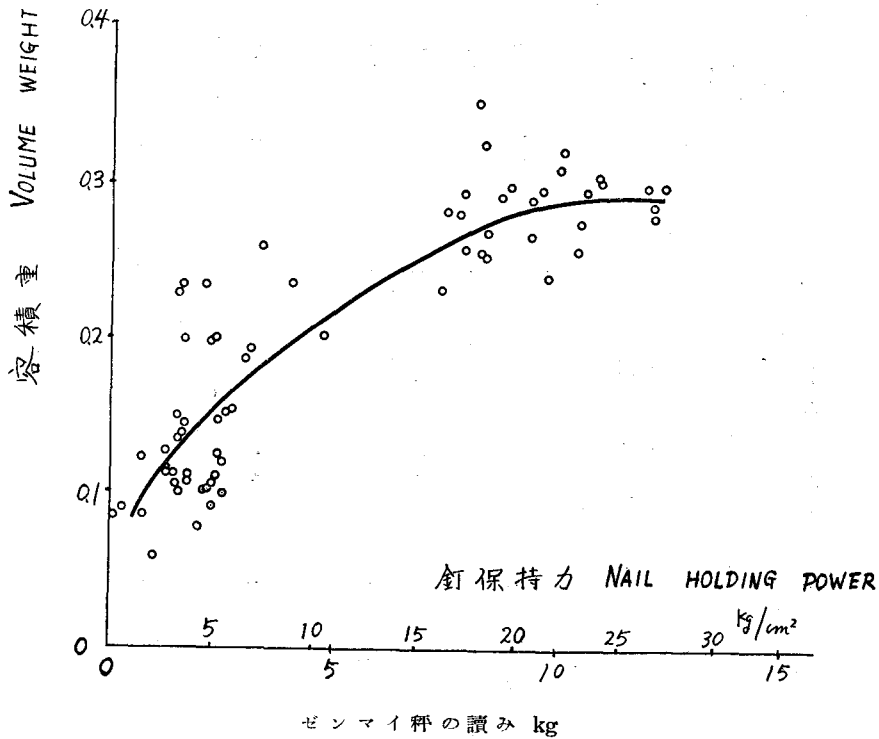
数の測定によらなければ決定できないが、これを究明すれば釘保持力から一般強度の換算ばかりでなく、腐朽の段階をも明らかにすることができると思われる。

b. 釘保持力と容積重

釘保持力の大きいものほど容積重も大きいことは想像されるが、実験の結果もエゾマツ・トドマツ双方とも釘保持力の増加するにしたがつて、容積重もゆるやかなカーブをえがいて上昇する。これを第13圖と第15圖に示す。したがって腐朽によつて容積重が減少すれば、これとは反対にアルカリ消費量は増加し、この3者の間にはそれぞれ一定の関係を示している。

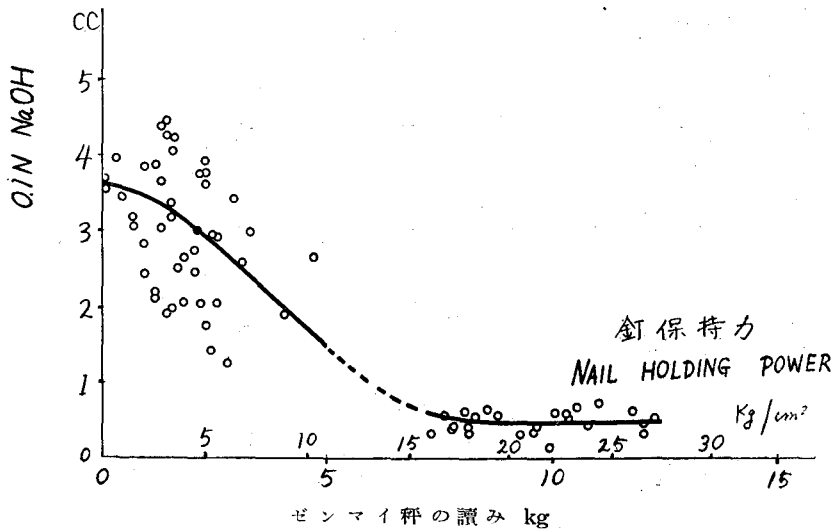
c. 水分

腐朽木材中の水分の分布は腐朽の進んでいるものほど含有率の大きいことが報告⁶⁾されているが、この実験によつてもその傾向があらわれている。また腐朽木材が吸水しやすいこと⁷⁾は古くから知られているが、長時間空気中にあつて水分の平衡を保つている材においてもなお腐朽部の水分含有率の大きいことは、この性質を裏書きしているものと思われる。



第15圖 トドマツ材の釘保持力と容積重との関係

Fig. 15. Relation between nail-holding power and volume weight (*Abies Mayriana* M. et K.)



第16圖 トドマツ材の釘保持力とアルカリ消費との関係

Fig. 16. Relation between nail holding power and volume of consumed 0.1N NaOH solution (*Abies Mayriana* M. et K.)

第14表 組成と諸性質との関係

Table 14. Relation between chemical composition and other properties of decayed wood

試料 Sample	水分 Moisture %	釘保持力 Nail- holding power kg/cm ²	容積重 Volume weight	アルカリ 消費量 Volume of consumed 0.1 N NaOH cc/0.1g	容積重 Volume weight	成 分 (%) Chemical composition				アルカリ消費量 Volume of consumed 0.1N NaOH ⁽¹⁾ (cc)		
						炭素 Carbon	リグニン Lignin	セル ロース Cellulose	1% NaOH Soluble	加熱時間 Heating period (hr.)		
										0.5	1	2
エゾマツ <i>Yezomatsu</i>												
健全 Sound (Table 5)	13.25	21	0.32	1.10	0.35	49.54	26.65	58.15	18.11	0.47	0.65	0.99
H ₁ (Table 3)	30.72	4	0.18	3.46	0.20	49.64	33.94	39.35	51.82	2.54	3.18	3.41
H ₂ (Table 2)	13.03	11	0.25	4.00	0.26	49.61	32.61	38.76	45.42	2.25	3.08	3.20
H ₃ (Table 7)	16.26	7	0.22	2.81	0.24	48.26	32.11	33.01	40.77	2.22	2.41	2.77
トドマツ <i>Todomatsu</i>												
H ₄ (Table 9)	15.95	20	0.29	0.48	0.31	48.67	28.59	56.20	11.75	0.31	0.42	0.49

d. 組成と他の性質との関係

釘保持力とアルカリ消費量を測定した材の中、腐朽の程度のことなりかつ腐朽の均一な部分5種類を表面から5cmの厚さにとり容積重を測定後、粉碎して一般分析を行い、さらに前報⁷⁾で述べた方法でアルカリ消費量を測定した結果は第14表のごとくである。表中太線の右の容積重、成分、アルカリ消費量は分析試料について測定したものである。試料H₁は外観的にも完全に腐朽したエゾマツの角材であるが水分含有率30.72%と、とくに高い値を示している。また釘保持力、アルカリ消費量、容積重などすべて完全腐朽木材であることを示している。試料H₂、H₃も腐朽の程度は進んだものであることがわかる。

以上腐朽木材の釘保持力による腐朽度判定を述べたが、この方法をいろいろな樹種、菌種について行うことにより、その腐朽木材の物理的性質ばかりでなく化学的性質をも推定することができると思われる。

III. 森林鐵道枕木の腐朽と防腐

枕木は半ば地中は埋れた形で用いられる木材であるから、適当な水分がつねに與えられ、腐朽にはもつとも好条件の木材である。日本における防腐事業は、その大部分が枕木のクレオソート注入処理であつて、かつて森林鐵道枕木も一部防腐処理を施されて用いられたこともあつた。最近再びこの問題がとりあげられ、各營林局管内に小規模の防腐工場が設置されて、さかんに枕木の防腐が行われようとする形勢にあることはよろこばしい。

枕木の交換原因は天野・榊原⁵⁾によると腐朽によるものが35.6%、犬釘による破壊および腐朽によるもの30.1%、さらにチョックによる破壊および腐朽によるもの4.9%であつて、直接ないし間接に腐朽が原因となつているものは70%をこえることになる。さらに樹種別の交換原因をみると、ブナ材のごときは腐朽46.9%、犬釘による破壊および腐朽30.6%であり、チョックによる破壊および腐朽によるもの5.8%を加えると、實に83%の多きにのぼつている。これらの數字からも枕木の防腐の必要性は充分理解することができるが、國鐵の枕木よりもさらに腐朽し易い条件におかれている森林鐵道の枕木では、腐朽による交換の割合は一層大きいものと思われる。枕木の防腐処理が經濟的にも有利であることは、同氏らの説明によつても明らかとなつているが、森林鐵道の枕木におけるものは正確な調査の上に立脚した發表は見當らないようである。筆者川瀬は、昭和25年9月秋田營林局管内、同年10月および26年7月札幌營林局管内、さらに26年11月熊本營林局管内において、防腐枕木の腐朽状態ならびにクレオソートによる處理状況を調査したが、いずれの營林局においても過去の事業成績の資料に乏しく、耐用年數などに對する結論をうることができなかつた。しかし、かつて防腐處理された枕木の残存の状況を釘保持力によつて調査し、參考資料をうることもできたのでここに報告し、さらに現在行われている防腐處理の

状況をも合わせ報告して、森林鐵道防腐枕木の今後の参考に供したいと考えている。

A. 古防腐枕木の腐朽調査

a. 秋田營林局

秋田營林局管内においては昭和5~14年の間に、開槽法によつてクレオソート防腐處理を施した枕木が、かなりの數殘存している。處理法の一例を示すと、枕木を100~120°Cのクレオソート油中で約4時間處理後、これを冷クレオソート油中に移して約5時間沈漬しクレオソート油を吸入させたものである。したがつて1回の處理に9時間も長時間を要しているためか殘存するものについてみると、吸入は内部まで比較的よく行われているものが多い。

さて前にも述べたように枕木の腐朽度を測定するのに、もつともよい方法は實際に用いられている犬釘の保持力を測定することであろう。この方法は直ちに現場に應用することはできないので、第2圖に示した釘保持力測定器によつて洋丸釘の保持力を測定し、これからその腐朽度を判定した。すなわち枕木の軌條敷設部から5~10 cm離れたところで、節など特殊な條件の部分の部分をさけて両端に2本ずつ、合計4本の釘(直徑2.6 mm, 表面積2.45 cm²)を3 cm打ち込み、保持力測定器を用いてこれを抜くのに要する力を測定した。

普通10 k軌條用の犬釘を枕木に打込んだ場合は、打込まれた部分が木材と接觸する面積は表面から3 cmの深さのところまでにその1/3強があるに過ぎない。したがつて表面から3 cmの深さにおける釘保持力を測定して犬釘の保持力を推定するには、その深さは浅すぎるきらいはある。しかし測定前に打撃するなどして表面のみが健全に保存されているような材は除き、比較的均一な材質をもっていると考えられるものについて試験を行つているから、充分参考とすべき數値が得られているものと思う。この場合さらに釘を深く打込むことは望ましいが、ブナ材などのごとき硬材の乾燥したものではこれ以上釘を深く打込むことは困難であり、かつ保持力も筆者等の測定器によつては測定困難となる。

さてこのような測定器を用いて扇田・早口・荷上場・米内澤各營林署管内の森林鐵道に殘存する防腐枕木の中、1箇所比較的かたまつて存在するものをえらび、外界の條件を考慮しながら調査を行つた。また釘保持力測定にあつては、電源を電池に切り換えたKETT水分測定器を併用したが、信頼すべき値がえられなかつたので、含水率についての記述は省略した。その結果を第15表に示す。

これを總合すると、わずかでも腐朽のみとめられたもの21本、また局部的にはあるが犬釘の全くなりかなくなつた部分のみとめられたもの11本、計32本があり、調査本數200本の中168本はまだ完全に使用に耐えるものであつた。200本の平均釘保持力は6.8 kgで、比較のために測定した健全ブナ枕木の釘保持力が、心材12.9 kg(水分38.17%)、邊材12.8

第15表 秋田營林局管内防腐枕木腐朽調査一覽表

Table 15. Nail-holding power of sleepers which preserved with creosote oil in Akita

營林署名 Name of forest office	敷設年度 昭和 Year of laying Showa	年度 西曆 A.D.	測定本數 Number of examined sleepers	釘保持力 Nail holding power			備考 Note
				秤の讀みの平均 Average of observed values kg	單位面積當り kg/cm ²	最大~最小 Max.~Min. kg	
扇田	5	1930	5	7.5	31	10.0~6.5	水田中平地
"	6	1931	2	6.0	25	6.5~5.0	同上
"	6	1931	3	7.0	29	7.5~5.5	北面が山
"	6	1931	10	7.5	31	11.0~5.5	濕地 ●-1
"	6	1931	13	7.5	31	10.5~5.0	盛土一方山, 一方川
"	6	1931	8	7.5	31	9.0~4.0	水田中平地 ●-1
"	6	1931	11	8.0	33	5.0~10.5	水田中平地
"	6	1931	4	9.0	37	11.0~6.5	片崩し
早目	5	1930	11	9.0	37	11.5~5.5	岩石乾燥地 ●-1
"	9	1934	10	7.5	31	9.0~6.0	林内濕地
"	10	1935	10	7.0	29	10.5~4.5	砂利乾燥地 ●-1
"	12	1937	10	5.5	22	9.0~4.0	堀割内, カーブ ●-2 ×-1
"	12	1937	14	7.0	29	9.5~4.0	比較的乾燥地 ●-2
"	13	1938	10	10.0	41	11.5~7.5	小林内, 砂利乾燥地 ●-1 子實体の出ているもの2本
荷上場	13	1938	4	4.5	18	6.0~3.0	土中に埋れた形 ●-2 ×-2
"	13	1938	9	6.5	27	9.5~1.5	片崩し, 測溝に水あり ●-1 ×-2
"	13	1938	15	6.5	27	9.0~4.5	比較的乾燥地 ●-1 ×-1
"	13	1938	14	6.5	27	9.0~5.0	半ば土中埋れた形 ●-1
"	13	1938	5	7.0	29	10.5~5.5	乾燥地 ●-1
米内澤	14	1939	9	6.0	25	8.5~5.5	岩石砂利 ●-1 (かつて土中に) 埋っていた ×-2
"	14	1939	10	7.0	29	9.5~4.5	水田中, 平地 ●-3
"	14	1939	12	7.5	31	10.0~4.0	片崩し ●-2 ×-2
平均 Average	—	—	計 Total 200	6.8	28	—	—

〔備考〕 ●印は測定點4個の中, 1つでも釘保持力5kg以下の點の存在した枕木, ×印は完全に腐朽して釘保持力を失つた枕木。

kg (水分 36.09%) であるから、保持力の減少は 40% となる。ちなみに昭和 26 年夏、函館本線厚別驛附近で交換された國鐵のブナ注入枕木 (昭和 12~17 年敷設) 15 本の釘保持力を調査した結果は、外觀に腐朽のみとめられたもの 1 本、調査後局部的に腐朽のみとめられたもの 4 本で、10 本は充分使用に耐える状態 (森林鐵道の枕木を標準に考えて) であり、平均釘保持力は 9.0 kg で保持力減少率 30% となつている。國鐵枕木の交換の必要が生ずる腐朽限度は、森林鐵道のそれよりも早いことがうかがわれ、國鐵の防腐枕木を標準にすればすでに使用に耐えない程度であるが、この地方で好んで用いられているヒバ枕木の釘保持力が、5.3 kg であることから考えると、充分考慮に値するものである。このように、クレオソート油の吸入がよく行われたものは、高い耐朽性を示している。しかしこれによつてのみではブナ防腐枕木の平均耐用年数を明らかにすることはできない。ただ、米内澤營林署では昭和 14 年に敷設した 7000~8000 本が現在約 1000 本残つており、荷上場では 2617 本残つているから (敷設数は明らかでない) その概略を想像することはできる。

b. 熊本營林局

加久藤營林署・飯野林道の防腐枕木を調査したが、ここに用いられている枕木は現在小林營林署にある注入罐を用いて注入処理を行つたものであつて、処理の條件は後に述べ

第 16 表 加久藤營林署の飯野林道における防腐材調査一覽表

Table 16. Nail-holding power of sleepers which preserved with creosote oil in Kumamoto

樹種 Wood	敷設年度 昭和 西曆 Year of laying		測定本數 Number of examined sleepers	釘 保 持 力 Nail-holding power		
	昭和 Showa	西曆 A. D.		評の讀みの 平均 Average of observed values kg	單位面積 當り kg/cm ²	最大~最小 Max.~Min. kg
シキミ	17	1942	78	13.2	54	18.5~ 6.5
〃	14	1939	17	12.3	50	16.5~ 6.5
〃	12	1937	5	11.1	45	12.5~ 9.0
カゴノキ	17	1942	8	13.9	57	19.0~ 9.0
イ ス	17	1942	3	11.7	48	12.5~10.5
〃	14	1939	3	11.9	49	13.0~11.0
〃	12	1937	5	9.0	37	12.5~ 4.5
モ ミ	17	1942	6	10.0	41	14.0~ 7.4
〃	14	1939	8	6.5	27	10.0~ 2.8
ツ ガ	17	1942	13	9.2	37	14.0~ 5.0
〃	14	1939	8	8.0	33	11.0~ 5.0
平均 Average	—	—	計 Total 154	11.9	49	19.0~ 2.8

る小林營林署での調査の結果から推察できる。なお、調査方法は秋田營林局の場合と同じであるが、その結果を樹種別に、また年代別にして表示すると、第16表のごとくである。

さらに、比較のためクレオソート油注入直後の健全枕木について釘保持力測定の結果は第17表である。

第17表 健全防腐枕木の釘保持力一覽表

Table 17. Nail-holding power of sound sleeper which preserved with creosote oil

樹種 Wood	測定本数 Number of examined sleepers	釘保持力 Nail-holding power		
		秤の讀みの平均 Average of observed value kg	單位面積當り kg/cm ²	最大~最小 Max.~Min. kg
シキミ	5	21	86	21.5~18.0
モミザ	2	19	79	19.5~19.5
カシ	5	18	74	21.0~15.5
シイ	5	16	65	21.0~13.0
セシ	5	10	42	11.0~10.0
マツ	4	8	34	9.5~7.0

第17表は、小林營林署の防腐工場で測定した値であつて、飯野林道で調査した枕木と同一樹種ではないけれども参考にはなると思う。いまシキミについてみると、健全時21.0 kgの釘保持力をもつたものが、敷設後10年を経て37%減少して13.2 kgとなり、その後の5年間にさらに10%減少して11.1 kgとなつている。この減少率は秋田營林局管内で調査したブナの減少率40%に似ている。

以上の調査の對象となつた防腐枕木は、比較的防腐状態のよかつたものであると考えられるから、これが直ちに一般の森林鐵道防腐枕木に適用できるものとは思われぬが、處理いかんによつては相當な耐用年数のえられることがわかる。このような研究は防腐處理から始まつて交換まで一貫してなされなければ、その性格は明らかにならないが、過去の資料保存が不充分であるために、いかんともし難いものとなつている。

防腐事業發展のためにも、一貫する調査資料をうるに力めることが極めて必要なので今後の調査の参考上、防腐處理法の現況調査の概要を附記する。

B. 防腐工場調査報告

a. 熊本營林局の小林營林署

i. 設備

注 入 罐：直径1 m, 長さ3 m, 横型

加 熱 タ ン ク：1.2×1.2×1.5 m(高さ)

コンプレッサー：最大 120 lb/in², モーター 5 馬力

スタッカー：7.5 馬力 (ドラム罐を持ち上げてクレオソート油を加熱タンクに入れるのに用いる。)

ii. 処理条件

前 排 気	500 mm	10 分
加 圧	120 lb/in ²	40 分
後 排 気	500 mm	10 分
クレオソート油の温度	60°C	

iii. 注 入 量

1 回の処理数は 75 本 (3 寸×5 寸×5 尺の材), 注入処理前後の重量を測定してその差を注入量とした。

その結果を第 18 表に示す。

第 18 表 樹種別 (健全, 腐朽別) クレオソート油注入量一覽表

Table 18. Weight of injected creosote oil in each kind of wood (and difference between sound and decayed)

樹 種 Wood	測 定 本 數 Number of examined sleepers		1 本 當 り の 注 入 量 Weight of injected oil (kg/one sleeper)		注 入 量 の 最 大 お よ び 最 小 Weight of injected oil (kg)	
	健 全 Sound	腐 朽 Decay	健 全 Sound	腐 朽 Decayed	健 全 Sound Min. ~ Max.	腐 朽 Decayed Min. ~ Max.
シ イ	112	9	1.19	1.84	0.2~3.3	0.7~4.1
カ シ	35	1	0.94	1.10	0.2~2.9	—
ユ ズ リ ハ	23	2	3.10	0.85	1.1~5.4	0.5~1.2
タ ブ	21	0	0.74	—	0.3~1.6	—
ネ ム ノ キ	10	3	0.50	2.13	0.2~0.8	0.7~4.5
マ ツ	13	0	2.81	—	0.9~5.4	—
セ ン	12	0	1.00	—	0.4~2.6	—
ホ ホ	12	0	1.72	—	0.6~3.1	—
モ ミ ヌ	7	0	3.54	—	2.3~5.0	—
シ デ	4	2	2.45	3.65	2.3~2.6	2.5~4.8
サ ク ラ	3	0	0.60	—	0.4~0.8	—
(ト ガ)	0	2	—	0.65	—	0.3~1.0
ヒ ノ キ	1	0	6.00	—	—	—
合 計 Total (平均 Average)	253	19	(1.46)	(1.81)	0.2~5.4	0.3~4.8

測定總數は 272 本で, その 1 本當り平均注入量 1.49 kg 石當り約 2.5 kg であつたが樹種その他より最少 0.2 kg から最大 5.4 kg と甚だ大きな差異があることが注目に値する。またその中で材に多少にかかわらず腐朽部のみとめられるものが 19 本で全体の約 7% に當

り、その平均注入量は1.81 kgでと健全枕木の1.46 kgにくらべて大きい値を示している。これは枕木が木材腐朽菌におかされたため材の組織が多孔性となり、その部分に油が浸入するためであろう。つぎに素材の水分含有率と注入量との関係を見ると、第19表のごとくである。

第19表 素材枕木の水分含有率とクレオソート油注入量との関係

Table 19. Relation between moisture of sleeper before treatment and amount of injected creosote oil

樹種 Wood	水分含有率 Moisture %	クレオソート油注入量 Weight of injected creosote oil kg
シ イ	74.97	0.8
ク	60.96	0.9
ク	60.46	0.6
ク	59.88	1.5
ク	51.55	1.3
ク	48.17	1.6
ク	33.57	3.3
カ シ	57.59	1.2
ユ ズ リ ハ	32.91	2.0
ホ ホ	23.98	1.6
セ シ	41.48	0.7
ネ ム ノ キ	49.40	0.5
平均 Average	49.55	1.33

これによると、素材の乾燥は悪く全くの生材である。注入量は水分含有率の高いものほど少ない傾向を示している。さらに、森林鐵道の枕木は小徑木から採材されて、完全な角材でないことが多い。この缺除部分の大小すなわち、枕木の樹皮面部分の大小によりこれを無（正角）、小・中・大に分けて注入量を測定したが、その結果をシイについてみると

	調査本数	1本當りの注入量(kg)
無（正角）および小の群	76	1.13
中および大の群	36	1.33

となり樹皮面の多いものの方が注入量が大である。この樹皮面の多い材は少ない材よりも材積は小さいが邊材の割合は大きいので、この結果は心材よりも邊材の方がクレオソート油が注入されやすいことを示しているものと思われる。

b. 札幌營林局の恵庭營林署

i. 設備（日林式B型）

注 入 罐： 直徑 0.91 m, 深さ 1.8 m, 縦型

加 熱 タ ン ク： 1.65×0.9×0.9 m (高さ)

コ ン プ レ ッ サ ー： 最 高 150 lb/in², モ ー タ ー 3 馬 力

小 型 ボ イ ラ ー：

ii. 處 理 條 件

前 排 氣 650 mm 17 分

加 壓 100 lb/in² 1 時 間

後 排 氣 650 mm 12 分

ク レ オ ソ ー ト 油 の 溫 度 70°C

iii. 注 入 量

1 回 の 處 理 數 22 本 (4 寸 × 5 寸 × 5 尺), 處 理 前 後 の 重 量 差 を 注 入 量 と し た 結 果 は, 345 本 について第 20 表 の ごと く で, そ の 1 本 當 り 平 均 注 入 量 は 1.65 kg (石 當 り 約 16.5 kg) で あ っ た。そ の うち 健 全 枕 木 の 平 均 注 入 量 1.52 kg に 對 し, 腐 朽 枕 木 の 平 均 注 入 量 は 5.70 kg で あ っ て, 明 ら か に 腐 朽 木 の 注 入 量 が 多 く, 熊 本 の 場 合 と も 一 致 し て い る。腐 朽 素 材 を 用

第 20 表 樹 種 別 ク レ オ ソ ー ト 油 注 入 量 一 覽 表

Table 20. Amount of injected creosote oil in each kind of wood

樹 種 Wood	健 全 枕 木 Sound sleepers		腐 朽 枕 木 Decayed sleepers	
	本 數 Number	平 均 注 入 量 Average of weight of injected creosote oil kg	本 數 Number	平 均 注 入 量 Average of weight of injected creosote oil kg
ナ ラ	180	1.61	8	5.29
セ ン	101	0.83	0	—
イ タ ヤ	11	3.73	0	—
カ ツ ラ	10	2.28	1	11.20
サ ク ラ	6	1.33	1	0.30
シ ウ リ	5	2.54	0	—
ア サ ダ	5	2.18	0	—
ホ ホ	4	2.14	0	—
シ ナ	3	1.40	0	—
ヤ チ ダ モ	2	3.55	0	—
ニ レ	3	3.53	1	8.95
シ コ ロ	2	0.90	0	—
ア オ ダ モ	1	2.75	0	—
ミ ズ キ	1	3.70	0	—
合 計 Total (平 均 Average)	334	(1.52)	11	(5.70)

いることは、注入枕木としての価値が低いにもかかわらずクレオソート油はかえつて多量に消費されるから、注意して除かなければならない。また樹皮部の大小によつて分けた288本について注入量を比較すると

	測定本数	1本當り平均注入量 (kg)
樹皮率大の群	137	1.62
樹皮率小の群	151	1.54

となつており、熊本營林局の場合と同じ傾向をあらわしている。また調査枕木の水分は、材の一部分をとり105°Cで乾燥測定した結果、ナラ・セン・イタヤなど10種、19本について平均36.74% (20.48~58.16%)であつて、ほとんど未乾燥であることを示していた。さらに恵庭營林署における使用樹種の割合は次のごとくであり、

樹種	ナラ	セン	イタヤ	カベ	ニレ	アサダ	カツラ	その他	計
本数(本)	3377	2984	1082	619	289	254	189	204	9006
割合(%)	37.5	33.1	12.0	6.9	3.2	2.8	2.2	2.3	100

その平均注入量は1.87 kg (1.74 l)であつた。

昭和26年12月までに同署で処理した枕木の總数は13259本で、使用クレオソート油130罐(200 l入り)であり、クレオソート1罐當り枕木処理本数は約100本で、これから計算した平均注入量は1.96 l (2.12 kg)となる。

恵庭工場における注入条件が小林工場のそれよりも強大なものにもかかわらず、石當り注入量の少ないのは樹種、邊材率などの影響のほか、石當り表面積の小さいためと思われ

第21表 各種クレオソート油の性質
Table 21. Properties of some creosote oil

JIS (1號油)	恵庭營林署 ホクト	上野別 營林署 ホクト	山陽木材 室蘭 防腐工場	小林營林署 大牟田市 三井化學	國鐵 用品試驗場 八幡製鋼	
比重 S.G.	1.01 以上	1.078	1.082	1.052	1.082	1.048
水分 moisture (%)	3 以下	2.65	0.15	0.10	0.10	0.10
エンゲラ比粘度	2.0 以下	1.49	1.50	1.48	1.56	1.50
分溜試験						
235°C までの溜出量(%)	25 以下	3.87	11.87	15.14	23.61	21.71
235~315°C (%)	40 以上	47.93	51.07	49.20	45.00	49.38
315°C までの (%)	55 以上	56.80	62.94	64.34	68.61	71.09
ベニゾール不溶物	0.5 以下	0.06	0.19	0.00	0.00	—
結晶体試験	合格	合格	合格	合格	合格	合格
酸性油分	1 以上	0.88	1.2	2.7	2.54	2.72

備考 結晶体試験および酸性油分試験についてはそのいずれかが合格すればたりるものとする。

第22表 各種クレオソート油の分溜

Table 22. Fractional distillation of some creosote oils

	瀧川製 第1號	瀧川製 第2號	富士鐵 第1號	ホクト	山陽木材 室蘭 防腐工場	國鐵用品 試驗場 八幡製鋼	北大 利用學 教室
比重 S.G.	0.881	0.901	1.081	1.078	1.049	1.098	0.998
エン格拉比粘度 Engler number	1.70	2.78	—	—	1.45	1.50	—
溜分 Fraction							
(a) ~205°C(%)	9.8	8.6	8.0	8.5	5.3	6.9	4.9
(b) 205~250°C(%)	18.3	7.6	18.5	15.8	23.2	25.4	14.0
(c) 250~295°C(%)	34.1	25.0	22.5	25.0	32.1	26.0	22.0
(d) 295~320°C(%)	11.9	26.8	15.1	18.9	10.1	15.2	23.9
(e) 320°C~ (%)	21.5	30.0	35.8	31.7	28.9	26.1	34.8
損失 Loss	4.4	2.0	0.1	0.1	0.4	0.9	0.9

る。

最後に各方面から集めたクレオソート油を JIS の規格にしたがつて分析した結果は第 21 表のごとくで、さらに防腐効力を判定する上の参考として、Fomes annosus に對する試験法に準じて分溜を行つた結果を第 22 表に示した。

比重 (d_{20}^{20}) はピクノメーターにより正確に測定した。エン格拉比粘度はレッドウッドの粘度計によつて測定して換算した。分溜試験の數値は重量パーセントによる。

なお溜分の防腐効力は b, a, c, d, e の順といわれている¹⁵⁾。

以上が各營林局において調査した結果の概要であるが、今後森林鐵道枕木の防腐は重要な意義をもつものであつて、これらの基礎資料が今後の防腐事業の發展に幾分でも役立てば幸いである。

IV. 摘 要

1. 木材の腐朽度を測定する一方法として、簡単な釘保持力測定器 (第 1 圖および第 2 圖) を案出し、これを用いて腐朽木材の釘保持力を測定して腐朽度を判定することを試みた。すなわち一定の太さの洋丸釘を同じ深さだけ打込み、これを引抜くに要する力を測定し、腐朽度との關係を攻究した。

2. 釘保持力は腐朽の進んだものほど小さく、したがつてアルカリ消費量や容積重と密接な關係をもち、釘保持力の小さいものほどアルカリ消費量は増大し、容積重は減少する。また水分は釘保持力の小さいものほど多い傾向にある。

3. 釘保持力の測定を應用して秋田・熊本兩營林局管内の防腐枕木の腐朽状態を調査した結果ならびに札幌營林局 (惠庭營林署)・熊本營林局 (小林營林署) の防腐枕木工場の現況について調査した結果を報告した。

V. 参考文献

- 1) COLLEY, R. H.: The effect of incipient decay on the mechanical properties of air plane timber. *Phytopathology*, **11**, 45 (1921).
- 2) LIESE, J. & STAMER, J.: Vergleichende Versuche über die Zerstörungsintensität einiger wichtiger holzerstörender Pilze und die hierdurch verursachte Festigkeitminderung des Holzes. *Angew. Bot.* **16**, 363 (1934).
- 3) PECHMANN, O. & SCHOILE, O.: Über die Änderung der dynamische Festigkeit und der chemischen Zusammensetzung des Holzes durch den Angriff holzerstörender Pilze. *Forstwissenschaftl. Centralblatt*, **69**, 441 (1950).
- 4) TRENDELENBURG, R.: Über die Abkürzung der Zeitdauer von Pilzversuchen an Holz mit Hilfe der Schlagbiegeprüfung. *Holz als Roh und Werkstoff*, 3 Jahrg. Heft, 12. 397 (1940)
- 5) 天野登一郎・榑原武重 (AMANO, T. & SAKAKIBARA, T.): 防腐枕木調査報告 業務研究資材, Vol. 25, No. 27 (昭和12年, 1937).
- 6) 福山伍郎・半澤道郎・川瀬清: 天然腐朽木材の化学的組成. 北海道大學農學部演習林研究報告, 第16卷, 第2號, 248頁, 昭和28年.
FUKUYAMA, G. HANZAWA, M. & KAWASE, K.: Chemical composition of wood decayed under natural condition. *Research Bull. of the College Exp. Forests, Hokkaido Univ.* Vol. 16, No. 2, p. 243 (1953).
- 7) 福山伍郎・川瀬清: 稀アルカリの消費量による木材の簡易腐朽度測定法. 北海道大學農學部演習林研究報告, 第17卷, 第1號, 151頁, 昭和29年.
FUKUYAMA, G., & KAWASE, K.: A Simpler method determining the degree of wood decay with dilute alkaline solution. *Research Bull. of the College Exp. Forests, Hokkaido Univ.* Vol. 17, No. 1, p. 151 (1954).
- 8) 堀 高夫: 木材の摩擦抵抗に及ぼす水分の影響. *日本林學會誌*, **33**, 147 (1951).
HORI, T.: The effect of water content on the frictional resistance of wooden surface.
- 9) 逸見武雄・赤井重恭 (HENMI, T. & AKAI, S.): 木材腐朽菌學. (昭和20年; 1945).
- 10) 金平洋一 (KANEHIRA, Y.): マツ枕木の防腐剤注入について. 業務研究資料, Vol. 27, No. 23 (昭和14年; 1939).
- 11) 笠井幹夫・田村隆 (KASAI, M. & TAMURA, T.): 木材の耐久 (昭和19年; 1944).
- 12) 北原覺一・繼田視朋: 硬質纖維板の釘保持力について. 東京大學農學部演習林報告, 第39號, 235頁, 昭和26年.
KITAHARA, K., & MAMADA, S.: On the Nail-Holding Power of Hardened Fiber-Board. *Bulletin of the Tokyo Univ. Forests*, **39**, 235 (1951).
- 13) 北島君三 (KITAJIMA, K.): 本邦産木材耐朽比較試験. *林業試験報告*, **38**, 53 (昭和17年; 1942).
- 14) 小原二郎: 木材の老化に関する研究 (第II報). 清水寺ケヤキ古材の強度. 第61回日本林學會大會講演集, 212 (昭和27年; 1952).
KOHARA, J.: Studies on the durability of wood (II). *Mechanical properties of old timber* (1952).
- 15) 三浦伊八郎 (MIURA, I.): 木材防腐保存法. 上, 下卷 (昭和2年; 1927).
- 16) 村田房之助・杉原彦一・梶田茂: 釘保持力に関する一實驗 (保持力と打込の深さについて). 第61回日林講演集, 216 (昭和27年; 1952).
MURATA, F. SUGIHARA, H. & KAJITA, S.: An experimental result of nail holding power (Length driven in and holding power).

- 17) 中村忠雄 (NAKAMURA, T.): 注薬枕木の薬液浸潤度調査報告. 業務研究資料, Vol. 29, No. 15, (昭和16年; 1941).
- 18) 中村忠雄: 木材の角型釘保持力について. 日本林學會誌, 34, 12 (昭和27年; 1952).
NAKAMURA, T.: On the square nailholding power of wood.
- 19) 中村忠雄: 枕木の犬釘保持力減衰について. 日本林學會誌, 34, 211 (昭和27年; 1952).
NAKAMURA, T.: Spike killing of railway ties.
- 20) 十代田三郎 (SOSHIRODA, S.): 建築用木材の腐朽度と耐久度. 御料林, 137, 122 (昭和14年; 1939).
- 21) 十代田三郎 (SOSHIRODA, S.): 法隆寺古材の耐久性に関する實驗的研究. 木材工業, 5, 57 (昭和25年; 1950).
- 22) 十代田三郎 (SOSHIRODA, S.): 木材建造物の耐用年限判定に関する研究. 日本建築學會研究報告, 第18號, 3頁 (昭和27年; 1952).
- 23) 十代田三郎 (SOSHIRODA, S.): 木材の耐朽性 (昭和27年; 1952).
- 24) 島園平雄: 木材腐朽菌の生化学: 蓚酸集積. 日本林學會誌, 33, 393 (昭和26年; 1951).
SHIMAZONO, H.: The Biochemistry of wood: The accumulation of oxalic acid.
- 25) 杉原彦一: 釘保持力に関する二, 三の考察. 木材工業, 7, 350 (昭和27年; 1952).
SUGIHARA, H.: Some considerations on nail holding power.
- 26) 杉原彦一・梶田茂: 釘保持力に関する一考察 (保持力と打込深さについて). 第61回日本林學大會講演集, 215 (昭和27年; 1952).
KAJITA, S. & SUGIHARA, H.: A study on nail holding power (Length driven in and holding power).
- 27) 渡邊治人 (WATANABE, H.) 紹介: 釘着力の實驗. 林學會雜誌, 16, 360 (昭和9年; 1934).
- 28) 矢澤龜吉 (YAZAWA, K.): エゾマツ腐朽材の機械的性質について. 林學會雜誌, 23, 333 (昭和16年; 1941).
- 29) 矢澤龜吉: トドマツ, エゾマツ枯損木の腐朽及び該材の機械的性質に関する研究. 樺太廳中央試験所報告, 第二類, 第14號 (昭和18年; 1943).
YAZAWA, K.: Untersuchungen über die Zerstörung durch Pilze und die mechanischen Eigenschaften abgestorbener Tannen-und Fichtenhölzer.
- 30) MALKE-TROSCHER: Handbuch der Holzkonservierung (1928)
- 31) WALLIS-TAYLER A. J.: The preservation of wood (1925)

VI. Summary

1. As one simpler method for determining the degree of wood decay, nail-holding power was measured with a testing apparatus designed by authors (Fig. 1-2).
2. Results were as follows;
 - a) Volume of alkaline solution consumed and moisture are inversely proportional to nail-holding power as shown in Fig. 13-16
 - b) But volume weight is directly proportional to it.
3. Degree of decay of old sleepers treated with creosote oil was measured practically by nailholding power. Two small wood-preserving plants were studied.