

木材の2、3の物理的性質に及ぼす熱処理の効果

教授 大 草 克 己

The Effect of Heat-Treatment on Some Physical Properties of wood.

Professor of Forestry

K. Okusa

熱気乾燥或は蒸煮等の加熱処理に依る材質の変化を検討する為、主としてスギ材に就て二、三の実験を行い、その結果に対して若干の考察を試みた。

此の報告について校閲を賜つた九州大学農学部教授渡辺治人先生に深く感謝する。

I 強 弱 性

伐採後室内に放置して気乾状態となつたスギ幹材より $2 \times 30 \times 300$ cmの柁板をとり、これを更に $2 \times 2 \times 30$ cmの試片に作製した。採材部位に依る性質の変動が予想されたのでラテン方格法(10×10、幹軸の方向を列、半径の方向を行)に依り実験を計画した。第1表に示す各処理後試片を室内に放置し、(約50日)再び気乾状態に到つて後、アムスラー型木材強弱試験機に依りスパン24cmで曲げ試験を行い曲げ強さ(σ_b)、曲げ弾性係数(E_b)及び曲げ破壊仕事量(w) (靱性の数値的表現として用いられる⁽¹⁾)を計算した。第2表はその結果を示す。処理別各平均値間の差の有意性を分散分析法に依り検定した。*及び**は夫々危険率5%及び1%以下の水準で有意であることを示す。

(第1表)

記 号	処 理 別	試 片 数
A	無 処 理	10
B	12 時 間 熱 気 処 理	〃
C	24 〃 〃	〃
D	48 〃 〃	〃
E	96 〃 〃	〃
F	12 〃 熱 水 処 理	〃
G	24 〃 〃	〃
H	48 〃 〃	〃
I	96 〃 〃	〃
J	無 処 理	〃

熱気処理は定温乾燥器に依り所要時間100°Cに保持した。

熱水処理は鉄製亜鉛引の容器を用い所要時間沸騰を持続せしめた。

(第2表)

	A	J	B	C	D	E	F	G	H	I	n ₁	n ₂	F ₀
σ_b kg/cm ²	932	936	989	921	978	993	874	875	877	892	9	72	6.55 ^{※※}
E_b 10 ³ kg/cm ²	816	792	869	866	846	860	775	756	764	761	9	72	2.21 [※]
W kg-cm/cm ²	25.5	25.2	28.8	24.7	24.5	22.4	23.3	26.5	24.7	23.9	9	72	1.31

σ_b 及 E_b に関しては更に無処理(a)、熱気処理(b)及び熱水処理(c)の群に分け、各群内及群間の差の有意性を検定し第3表を得た。

(第3表)

	n ₁	n ₂	F ₀	
			σ_b	E_b
a ~ 内	1	72	0.02	0.29
b ~ 内	3	72	3.10 [※]	0.33
c ~ 内	3	72	0.22	0.20
a, b, c 間	2	72	24.47 ^{※※}	9.56 ^{※※}

以上の結果に依ると、熱気処理に依り木材の曲げ強さ及び曲げ弾性係数は高められ、熱水処理に依つては減少することが認められる。併し靱性に関しては、之等の処理に依る有意な差を認めることが出来なかつた。又処理時間に依る差も曲げ強さに対する熱気処理の場合を除いて(24時間処理が他に比較して著しく低い値を示しているが此に関しては更に追試を要する)何

れも認め得なかつた。

(2)
M. Y. Pillow は white ash に就て 1 ~ 8 日間加熱処理を行い、温度 100°C の場合圧縮強さは増加し、更に高温 (130°C) では処理時間が 48 時間を越える時減少することを認めた。衝撃応力は 100°C に於ても著しく減少し (8 日間処理のものは約 30% 減少) 130°C の場合は更に著しいことを報告している。加熱の影響が木材の靱性に対して最も強く表われて之を減少せしめることは Mac Lean (3) も亦全様な結果を得ているが、筆者の実験結果では級内変動が極めて大きくその差を有意と断定することが出来なかつた。Pillow は又 100°C に於ても 24 時間以上加熱する時は材色が暗色 ~ 暗褐色に変化することを報告しているが、筆者のスギ材についての実験ではその温度が 100°C 前後の場合には 10 日間加熱を続けるも尚何等肉眼的に変色を認め得ず、重量の変化を追跡した結果も 2 × 2 × 2 cm の小試片の場合、最初 24 時間までは漸次水分の蒸発に依り減量するが、全乾状態に到つて後は全く変化しなかつた。要するに此の様な時間範囲に於て而も木材の温度が 100°C を超えない様な熱気処理はその強弱性に対して本質的な変化を与えるものではなく、曲げ強さ及び弾性係数が無処理材に比しより大きい値を示したのは、処理材の含水率 (10.6%) が無処理材のそれ (13.9%) (何れも室内平衡含水率) より低いことに起因するであろう。繊維飽和点以下に於て、含水率の低下と共に木材の強度が増加することは、広く認められている事実である。

熱水処理の影響に関しては森三郎⁽⁴⁾がシラカシ、アカガシ、イチイカシに就て殆ど差は認め得ないと述べているが、R.F.Luxford⁽⁵⁾の抽出物質と強度との関係に関する研究は、圧縮強さ及び曲げ強さに対して此等は正の効果を有し、靱性に対してはこれを減ずる傾向を認めている。熱水処理に依る抽出率は1.2~3.4%であることが計算されたが、此の可溶性物質の溶出は、試験時の含水率(14.5%)が無処理材に比し僅少ではあるが高位にあつたことと相まつて熱水処理に依る強度の減少を説明するであろう。

II 吸 濕 性

I と全じスギ材より断面2×2cmの二面桁角材をとり此を更に厚さ約0.5cmの小試片に作製した。第4表に示す各処理の後に試片を関係湿度50%及100%の恒湿器中におき室温(約10°C)に於ける夫々の平衡含水率を測定して第5表の値を得た。F₀及びF₀'は夫々A、B、C、D間及びB、C、D間に就て等平均値の仮設の下に計算された分散比を示す。

(第4表)

(第5表)

記号	処 理 別	試片数
A	無 処 理	10
B	24時間 熱気処理 (100°C)	〃
C	48〃	〃
D	96〃	〃

	r,h.50%	n ₁	n ₂	F ₀	n ₁	n ₂	F ₀ '	r-h.100%	F ₀	F ₀ '
A	9.64							29.65		
B	7.83	3	36	※※ 127	2	27	※ 3.51	28.00	※※ 7.06	0.19
C	7.77							28.15		
D	7.64							27.90		

更にスギ、ヒノキ、アカマツより全様な試片を各15個作製し、夫々5個宛(a)無処理、(b)濃硫酸に依り含水率約1~2%まで常温乾燥及び(c)48時間熱気(100°C)処理を行い、処理後順次、関係湿度50、65、80及び95%の恒湿器中におき室温に於ける夫々の平衡含水率(吸湿平衡値)を測定し第6表を得た。

(第6表)

		r,h 50%	65	80	95
スギ	a	10.00%	12.80	17.58	26.18
	b	8.52	11.62	17.12	25.78
	c	7.52	10.78	16.56	25.03
ヒノキ	a	10.38	12.82	17.20	26.74
	b	8.72	11.80	17.52	26.56
	c	7.70	10.86	16.76	26.14
アカマツ	a	11.20	13.96	17.98	27.40
	b	9.12	12.50	17.98	26.78
	c	8.16	11.42	17.32	26.24

各平均経過間の差の有意性検定をスギa、b間及b、c間について行いF₀ = 18.2及96 (n₁ = 4、n₂ = 5)を得て極めて有意であり、ヒノキ、アカマツについても略々全様な値を得ることが認められたので以下の計算は省略した。

吸湿平衡値を得た後、各試片を冷水(6°C)中に3日間浸漬し再び関係湿度50%の平衡含水率(脱湿平衡値)(I)

此によると熱水処理に依り木材の吸濕性は僅少ではあるが增加する事を示している。井上、⁽⁸⁾杉浦、森は針、潤I6種の材に就て30分蒸煮及び45分間煮沸処理を行い、夫々最大吸濕率を無処理材と比較し、それ等の間に差を認め得なかつたと報告している。筆者の実験結果に於ても関係湿度100%に対する平衡値間には一定の有意の差を認め得なかつたが、元来木材の湿度平衡⁽⁹⁾曲線は関係湿度100%の近くで du/dh (u:含水率、h:関係湿度)が極めて大きく、従つてその平衡値を精密に定め得ないことも理由の一つと考えられる。梶田、中戸はヒノキ及びブナに就⁽¹⁰⁾て冷水及び熱水抽出を行い、極く僅か吸濕性が低下する結果を得ており、抽出物質の存在は木材の吸濕性を高めるものであると推論した。併し又、岡田が述べている様に、纖維素物質が水の存在の下に加熱される時、分子の熱運動が盛となり、常態では不可逆に固定している活性水酸基を新生しその為に吸濕性を増加する筈である。此の二つの相反する傾向のために、熱水処理の影響は、その条件により正或は負に現われるであろうが、併し何れにしるその効果は顯著ではない。

III 收縮、膨潤性

IIに於けるスギ、ヒノキ、アカマツの(a)、(b)、(c)各処理試片及びスギに就てのA'、B'、C'、D'試片を種々含水率を変えて、夫々の場合の切線方向試片長をマイクロメーターに依り1/100mmまで測定した。含水率0~25%の範囲に於ては次式が成立するとして、平均膨潤(收縮)係数 α を計算し第10及び第11表の結果を得た。第11表に於ける F_0 及 F_0' はA'、B'、C'、D'間及B'、C'、D'間について計算した値である。

$$l = l_0 + ku$$

l: 含水率u (小数を以て表わす) に於ける長さ

l_0 : 全乾時の長さ

k: 常 数

$$\alpha = k/l_0$$

(第10表)

	スギ	n_1	n_2	F_0	ヒノキ	F_0	アカマツ	F_0
a	0.250				0.272		0.318	
b	0.262	2	12	0.29	0.291	1.30	0.312	0.56
c	0.252				0.292		0.316	

(第11表)

	α	n_1	n_2	F_0	n_1	n_2	F_0'
A'	0.249						
B'	0.257	3	36	※※	2	27	※
C'	0.276						
D'	0.278						

熱気処理或いは常温乾燥処理は膨潤(收縮)係数に対して何等変化を及ぼさないが、熱水処

理に依つては明らかに高められ、処理時間と共にその効果は大きくなる。Greenhill⁽¹²⁾も濠洲産材の収縮試験を行い、水浸材の収縮率が1~2%大きくなる事を報告しているが、細胞膜組織中の可溶性物質が溶出することに依り収縮、膨潤が容易になることがその原因であろう。

要 約

木材の2、3の物理的性質に及ぼす熱気及び、熱水処理（温度：100°C、処理時間：0.5~4日）の影響を検討した。結果は次の様である。

- (1) 曲げ弾性係数 (E_b) 及び曲げ強さ (σ_b) は熱気処理に依り増加するが、それは本質的な変化ではない。
- (2) 熱水処理に依り E_b 及び σ_b は減少する。此れは可溶性物質の溶出に起因すると考えられる。
- (3) 破壊仕事量 (W) は熱処理に依つて強く減少するといわれるが、筆者は有意な影響を認め得なかつた。
- (4) 熱気処理に依つて木材は吸湿活性面の一部を消失するものと考えられる。従つて吸湿性を減少するが、その後充分永く水中に浸漬すれば復原する。
- (5) 熱水処理に依つて吸湿性は極めて僅か増加する。
- (6) 膨潤（収縮）係数 (α) は、熱気処理に依つては変化しないが、熱水処理に依つては明らかに増大する。

引 用 文 献

- 1、西 力 造：鹿農専学術報告 No.15 (1949).
- 2、M. Y. Pellow：(Hardwood Record, Jun. 1930) 日林誌 13 : 7 (1931).
- 3、J. D. MacLean：U. S. D. A. F. P. L. Report No. R 1471 (1945).
- 4、森 三 郎：日本木材工藝 No.3 (1933).
- 5、R. F. Luxford：J. Agr. Res. 42 : 12 (1931).
- 6、松 本 文 三：日本木材工藝 No.1 (1933).
- 7、梶田茂、田中莞二：日林誌 31 : 10.11.12 (1949).
- 8、井上重則、杉浦庸一、森三郎：林業試験場報告 No.17 (1918), No.23 (1923), No.25 (1925).
- 9、F. Kollmann：Technologie des Holzes (1936) s.59.
- 10、梶田茂、中戸莞二：木材研究 No.2 (1949).
- 11、岡 田 元：基礎纖維素化学 (1946) p.280.
- 12、G. L. Greenhill：日林誌 19 : 7 (1937).

Summary

The writer has studied the effects of hot-air- and hot-water- treatment (temperature: 100°C , heating period: 0,5~4days) on some physical properties of wood, and obtained the following results:

(1) Modulus of elasticity (E_b) and bending strength (σ_b) increased by the hot-air-treatment, but it was not substantial.

(2) E_b and σ_b decreased by the hot-water-treatment and it seemed that this was the result of the extraction of soluble substances.

(3) Some other students had reported a marked decrease of work-to-maximum-load (W) by heating, whereas the writer could not recognize any significant influence.

(4) By the hot-air-treatment, a part of the hygroscopic active surface might have disappeared, and hence hygroscopicity decreased. However, having soaked in water adequately for a long period, the heated wood could have its original hygroscopicity restored.

(5) The hygroscopicity increased slightly by the hot-water-treatment.

(6) The coefficient of swelling (α) was not affected by the hot-air-treatment, but it was increased apparently by the hot-water-treatment.