

熱壓處理 木材의 理學的 性質에 關한 研究*¹

朴 英 圭*² · 鄭 大 教*²

A Study on the Physical and Mechanical Properties of Hot-Compressed Wood*¹

Park Young Kyu*² · Chung Dae Kyo*²

Abstract

This study was carried out to improve the physical and mechanical properties of *Populus alba* × *glandulosa* treated by the heat and compression.

The results obtained were as follows.

1. The specific gravity of the wood was conspicuously increased by the increasing of pressing level.
2. The shrinkage of the wood was increased by the increasing of pressing level. The radial shrinkage was 6.41–8.81%, the tangential shrinkage was 8.98–19.81%, and the longitudinal shrinkage was 1.46–1.91%. Comparing to the untreated stock, the rate of increase was 48.7–104.4% in radial direction, 1.7–124.4% in tangential direction and 60.4–109.9% in longitudinal direction, respectively.
3. The rate absorption of 30% compressed stock was similar to that of untreated stock, but the rate of absorption of 40% or more compressed stock was increased highly.
4. The thickness swelling of the wood was not changed in radial direction at pressing level, but was conspicuously increased in tangential direction under the pressing level of 40% and 50%.
5. The heat and compression treatment affected on the mechanical properties of the wood. The longitudinal compressive strength was increased under the pressing level of up to 40%, but was decreased under the pressing level of 50%. The bending strength was not changed under the compression percentage of up to 30%, but was decreased under the pressing level of 30% or more. And, the absorbed energy in impact bending was increased to 128% under the pressing level of up to 30%, but was decreased under the pressing level of 30% or more.

Conclusionly, the mechanical properties of the wood was improved by the heat and compression treatment, but the strength of the wood was decreased under the pressing level of a certain level or more(in this study, pressing level of 30% or more). This was because of the wood deterioration due to the deformation(shrinkage, crack, failure) of wood tissues induced by the heat and compression treatment, the heat analysis of wood components induced by the heating, and the drop of the degree of polymerization.

*1. 接受 10月 20日 Received October 20, 1987.

*2. 建國大學校 農科大學 College of Agriculture, Kon-Kuk University, Seoul, Korea.

1. 緒 言

木材는 樹種, 個體, 樹齡, 部位 等에 따라 物理 및 機械的 性質이 달라지는 特性을 가지는 바, 이와같은 木材의 理學的 性質을 改善하고 使用中에 일어날 수 있는 여러가지 短點을 防止할 目的으로 乾燥 및 材質改良 處理가 이루어지고 있다. 우리나라는 木材資源이 不足하여 每年 國內 需要의 80% 以上の 木材를 外國으로 부터 導入 充當하고 있는 實情이다. 더우기 國內 林產資源은 大部分 幼令林으로 構成되어 있어 不足한 木材資源의 早速한 造成과 今後의 莫大한 木材 需要量을 充當하기 爲하여 速成 短伐期 樹種의 大量 增植 및 그 利用은 물론 現在까지 低利用 또는 未利用 狀態의 木材資源活用に 積極的으로 推進되어야 할 것이다. 이와같은 實情으로 인하여 國家에서는 1960年代 부터 短伐期 速成樹의 育種 및 造林이 대대적으로 이루어졌으며 포푸라類가 主要 造林樹種의 하나로서 널리 植栽되어 오늘날 우리나라의 主要 木材資源의 하나로서 登場하기에 이르렀다. 그러나 이들 短伐의 速成樹種은 大部分 未熟材(Juvenile wood)로 構成되어 있기 때문에 比重이 낮고 強度가 弱하며 乾燥시키면 收縮으로 인한 異方性이 크기 때문에 乾燥 缺陷이 많이 일어나 用途上 制約을 받고 있어 이들 木材의 材質改良에 依한 새로운 用途開發이 要請되고 있으며 특히 大徑 良質의 木材供給이 當分간 어려운 現時點에서 이들 小徑·低質材 및 未熟材의 乾燥缺點을 防止하고 乾燥促進과 Warping의 防止 및 材質改良이 時急히 研究되어야 할 것으로 생각된다. 木材를 加熱 處理하여 製造하는 加熱處理 木材(staywood)는 셀룰로오스의 熱化學的 變化에 依해 吸濕性이 減少되어 含水率이 커지고 또한 加熱 壓縮處理 木材(staypak)는 含水率, 比重, 機械的 性質 등이 改善됨이 알려져 있다. 또한 木材를 原料로 하여 合板, 集成材, 파티클보드 等の 板狀 製品은 그 製造過程에서 熱處理 및 加壓處理를 받게 되는데 이와같이 加熱과 壓縮이 同時에 木材에 作用하게 되면 加熱處理에 의한 材質變化에 比하여 그 處理效果가 크게 달라질 것으로 판단된다. 따라서 本 研究에서는 우리나라의 代表的인 造林樹種의 하나인 현사시나무(*Populus alba* × *glandulosa*)의 材質을 改良할 目的으로 木材를 加熱·壓縮處理하였으며, 이러한

處理가 木材의 比重, 收縮率, 吸水率, 機械的 性質에 미치는 影響을 調査하고 木材 組織의 變化를 電子顯微鏡으로 觀察하여 材質改良을 爲한 基礎資料를 얻기 爲하여 實驗을 實施하였다.

2. 研究 史

短伐期 造林樹種의 하나인 포푸라類는 木材需要量의 激增과 木材需給의 不均衡을 打開하기 爲하여 政府가 1962年度부터 全國的으로 널리 植栽하여 왔으며 이들 새로운 木材資源의 利用 加工을 爲한 技術開發이 時急히 要請되고 있다. 포푸라類는 18世紀 後半부터 栽培한 記錄¹⁾이 있으나 그 利用에 對한 歷史는 매우 짧아 1946년까지만 해도 극히 미미한 程度였으며 그 以後 歐美 先進國에서 포푸라材의 材質 및 利用에 關한 研究가 比較的 활발히 推進되기에 이르렀다. Betts²⁾는 포푸라의 分布, 生長, 供給量 및 材質과 用途 等を 調査·報告하였으며, Kaiser³⁾, Wilcox⁴⁾ 등은 포푸라類의 纖維長 變異를 調査하였고, Paul⁵⁾과 Sacre⁶⁾는 포푸라材의 生長에 따른 比重의 變化를 研究하였다. Griffisen⁷⁾은 荷蘭產 포푸라材의 生長率과 比重 變異를 調査 報告한 바 있고, Sigeo⁸⁾ 등은 日本 北海島產 포푸라類 3樹種의 解剖學的, 物理的, 機械的, 加工의 性質 等を 研究하였다.

우리나라의 境遇 1938年 Yamabayashi가 황철나무外 7樹種의 解剖學的 性質을 調査하였고, Lee¹⁰⁾는 은백양外 7樹種의 解剖學的 性質을 報告하였다. Son과 Chung¹¹⁾은 育種을 目的으로 하여 雜種 포푸라類의 纖維長과 比重을 調査하였고, Shin¹²⁾과 Chun¹³⁾은 펄프製造 試驗과 關聯하여 포푸라類의 物理的, 機械的 性質에 關해 研究하였으며, Jung¹⁶⁾은 포푸라類의 纖維長을 위시한 基礎的 材質 等を 報告하였다. 또한 Jo¹⁷⁾ 등은 포푸라材의 材質試驗을 綜合的으로 實施하여 그 結果를 發表하였고, Park¹⁸⁾도 은수인 사시나무의 基礎材質을 調査한 바 있다. 이외에도 포푸라材를 利用한 單板 製造特性¹⁹⁾, 合板²⁰⁾, 集成材²¹⁾ 및 乾燥 特性 等に 關聯한 많은 研究가 이루어 졌다. 加熱處理가 木材의 材質에 미치는 影響에 關한 研究에 있어서는 1867年 Allen과 Campbell이 木材의 乾燥에

高溫蒸氣를 利用한 美國 特許 64,398을 획득하면 서 시작되었는바, 日本의 Kadita²⁸⁾ 등은 木材를 150°C 및 200°C의 高溫에서 長時間 加熱하면 木材 成分의 熱分解가 일어나 重量減少와 함께 機械的 性質이 低下하는 結果를 얻었고 Kitahara²⁹⁾ 등도 木材의 機械的 性質에 미치는 熱處理의 影響을 檢討하였다. Sano³⁰⁾ 등은 縱壓縮強度에 있어서 加熱 溫度가 增加함에 따라 彈性係數가 直線的으로 減少됨을 밝혔으며 Arima³¹⁾ 또한 溫度의 增加가 creep와 變形增加를 야기시킨다는 研究結果를 얻었고, Salamon³²⁾과 Thompson 등도 衝擊強度가 溫度의 影響을 特히 받는다고 報告하였다. Schaffer^{35,36)} 는 加熱溫度와 強度와의 關係에서 引張強度의 境遇 175°C까지는 서서히 減少하다가 175°C以上에서 急激히 減少됨을 發見하였다. Troughton³⁷⁾은 熱處理함으로써 木材의 加水分解와 酸化分解가 同時에 일어나 強度가 減少됨을 밝혔으며 Gerhards^{38,39)} 등은 木材의 高溫乾燥時 日 常的 乾燥에 비해 引張強度 18%, MOE 10% 低下됨을 報告하였고, Panshin⁴⁰⁾ 등은 溫度에 依해 縱壓縮強度, 剪斷強度, MOE, 引張強度의 順으로 影響받는다고 하였다. 木材의 熱處理時 일어나는 內部構造의 變化는 結晶領域의 增加⁴¹⁾, 헤미셀룰로오스의 熱化學的 變化⁴²⁾ 木材成分의 熱分解⁴³⁾, ⁴⁴⁾ 등으로서 그 結果 吸濕性^{45,46,47,48)}, 收縮, 膨脹^{46,47,49)}, 機械的 性質에 變化가 일어나게 된다.

또한 이들의 製造過程에서 熱壓縮을 받게 되는데 이러한 壓縮 變形을 同伴한 熱處理가 木材의 性質에 미치는 影響에 關聯된 研究는 있으나 치수안정^{56,57,58)}에 치우쳐 있다. 合板, 集成材, 파티클 보드 등의 木質材料는 製造 工程에서 여러가지의 熱壓處理를 받게 되며 이때 일어난 壓縮變形이 이以後의 2次 加工工程에서 影響을 주게 되며 特히 製品의 치수안정성에 주는 影響은 매우 크다. 本 研究에서는 速成 短伐期 樹種이 가지는 材質上의 問題點을 改良할 目的으로 加熱 壓縮處理를 行하여 이와같은 處理가 木材의 理學的 性質에 미치는 影響을 檢討함으로써 速成 포푸라類의 材質改良을 爲한 基礎資料를 얻기 爲하여 實驗을 遂行하였다.

3. 材料 및 方法

3.1 供試 原木

本 實驗에서 供試原木으로 사용한 樹種은 林業 試驗場 中部支場의 人工植栽 林分에서 伐採한 胸高直徑 22cm의 15年生 현사시로서 肉眼으로 보아 굽음이 없이 通直한 部位를 實驗用으로 하였다. 伐採된 供試原木의 概要는 Table 1과 같다.

Table 1. Sample tree

Species	Height m	D.B.H cm	Age yr
<i>Populus alba</i> × <i>glandulosa</i>	16	22	15

伐採供試原木의 胸高部位로 부터 두께 3cm의 原板을 採取하여 解剖學的 性質 調查用으로 使用하였고 이 原板을 中心으로 하여 上下部位에서 1m의 길이로 切斷하여 熱壓處理用 供試原木으로 사용하였다.

3.2 供試木의 製作

길이 1m로 切斷된 供試原木을 Fig. 1과 같이 가로 6cm, 세로 6cm 길이 50cm로 製材하여 加熱 壓縮에 使用하였다.

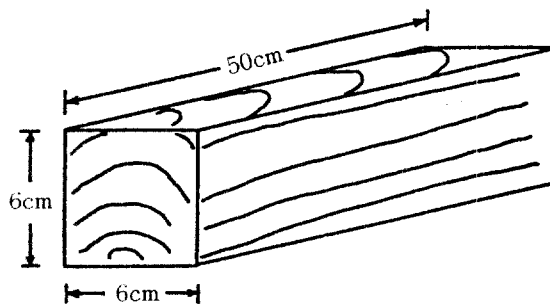


Fig. 1. Test Specimen.

3.3 實驗方法

3.3.1 解剖學的 性質

解剖學的인 性質 가운데 年輪幅과 邊材幅은 解剖學的 性質 調查用 原板을 使用하여 調查하였으며 또한 纖維의 길이와 幅은 성냥개비 크기의 縮木을 採取하여 Schurz Solution으로 纖維를 解離한 다음 Safranin으로 染色하여 Projector(日本

olympus社製)를 사용, Chalk 및 Chattaway의 방법으로 調査하였다.

3.3.2 加熱 壓縮處理

加熱 壓縮處理에 使用한 生材 供試木은 含水率 이 98%인 것으로서 木理가 平行하고 용이가 없는 無缺點材를 選定하여 Table 2와 같은 條件으로 加熱 壓縮하였다.

Table 2. Conditions of hot pressing

Pressing level (%)	Temperature (°C)	Pressure (kg/cm ²)	Pressing time (min)
0	-	-	
10	170	30	70
20	170	30	70
30	170	30	70
40	170	30	70
50	170	30	70

熱壓器는 日本 KITAKAWA社製로서 加熱板 크 기 40cm×40cm 總壓力 110kg/cm²의 容量을 가진 것으로 試驗을 行하였으며 熱壓時 木材內 壓縮空氣의 爆發을 막기 爲하여 壓力을 加하기 시작하여 수초만에 最大壓力에 이르도록 하였으며 最大壓力에서 5분동안 유지한 後 解壓하여 5분이 경과한 후 다시 熱壓하여 같은 方法으로 3~4回 壓力을 解除해 가면서 熱壓을 遂行하였다. 또한 熱壓이 끝난 試片은 Spring back을 막기 爲하여 Cold Press에 30kg/cm²의 壓力으로 24時間 동안 冷壓하였으며 이때 熱壓方向은 Fig. 2와 같다.

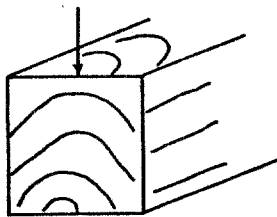


Fig. 2. Cross-section of specimen showing pressing direction.

3.3.3 物理的 性質

比重은 韓國 木材工業 規格 KS F2202 木材의 比重 測定方法에 依해 含水率은 全乾法에 依據 測定하였다. 收縮率 試驗은 供試片의 初期含水率이 相異하였기 때문에 3×3×0.5cm로 製作한 試驗片

을 48時間 물에 沈漬시킨 後 拭수를 測定하고 24時間 동안 105±3°C로 調節된 恒溫 乾燥器에서 乾燥시켜 KS F 2203 木材의 收縮率 試驗方法에 依하여 收縮率을 測定하였다.

$$\text{收縮率}(\%) = \frac{l_g - l_0}{l_g} \times 100$$

l_g : 乾燥前 拭수(mm)

l_0 : 乾燥後 拭수(mm)

吸收率 試驗도 供試片의 初期含水率을 調節하기 爲하여 거의 同一한 含水率이 되도록 氣乾시킨 後 常溫에서 24時間 물에 沈漬하여 吸水率, 吸水量 및 拭수 變化를 다음 式에 依하여 測定였다.

$$\text{吸水率}(\%) = \frac{W_g - W_0}{W_0} \times 100$$

W_g : 吸水後 무게

W_0 : 乾燥後 무게

$$\text{吸水量}(\text{g/cm}^2) = \frac{W_g - W_0}{A}$$

A : 試片總面積

$$\text{膨潤率}(\%) = \frac{t_g - t_0}{t_0} \times 100$$

t_g : 吸水後 拭수

t_0 : 乾燥後 拭수

3.3.4 機械的 性質

各 供試片의 含水率은 恒溫恒濕室(溫度 20°C, 關係濕度 60%)에서 平衡 含水率 約 12%가 되도록 調濕處理하였으며, 機械的 性質은 다음에서 記述하는 바와 같이 韓國 工業規格에 依據 萬能材料 試驗器 日本 Shimadzu社製 Autograph IS-10T를 使用하여 測定하였다.

(1) 縱壓縮強度 : KS F 2206의 木材의 壓縮強度 試驗方法에 依據測定하였는 바 2×2×4cm의 試驗片에 分當 100kg/cm²의 荷重 速度로 荷重을 加하고 最大荷重을 測定하여 다음 式에 依해 縱壓縮強度를 求하였다.

$$\text{縱壓縮強度}(\text{kg/cm}^2) = \frac{P}{A}$$

P : 最大荷重(kg)

A : 斷面積(cm²)

(2) 靱強度 : KS F 2208의 木材의 靱強度 試驗

方法에 따라 測定하였는 바, 2×2×32cm의 試驗片 中央에 分當 150kg/cm²의 荷重速度로 集中荷重을 加하고 다음 式에 依하여 靱強度를 測定하였 다.

$$\text{靱強度 (kg/cm}^2\text{)} = \frac{3pl}{2bh^2}$$

- p : 最大荷重(kg)
- l : Span의 길이(cm)
- b : 試驗片의 幅(cm)
- h : 試驗片의 두께(cm)

(3) 衝擊 靱 吸收에너지 : KS F 2201의 方法에 依據 測定하였는 바 2×2×30cm의 試驗片을 使用, Span을 24cm로 하고 10kg·m의 衝擊에너지 를 가진 衝擊 槌머로 Span中央에 衝擊을 주어 다 음 式에 依하여 求하였다.

$$\text{衝擊 靱 吸收에너지(kg} \cdot \text{m/cm}^2\text{)} = \frac{P}{A}$$

- P : 衝擊에너지量(kg·m)
- A : 斷面積(cm²)

3.3.5 木材組織의 電子顯微鏡 觀察 :

加熱 壓縮處理 前後의 組織의 形態의 變化를 살 피기 爲하여 各 試驗片에 對한 電子顯微鏡 觀察를 遂行하였는 바, 먼저 試片을 脫水處理하고 乾燥器 에서 充分히 말린 다음 眞空데시케이터에 넣어 하 루박을 乾燥시켰다. 充分히 乾燥된 試料를 Sass의 方法⁵⁹⁾으로 sectioning을 行하고 알미늄 試料臺에 兩面 接着테이프를 使用하여 固定시키고 眞空 增着器(Ion Coater, Eico社製 IB-5)를 使用하여 200A° 두께로 白金增着을 하여 走査電子顯微鏡 (日本 Akaishi社製 Model SS-130)으로 觀察하 였다.

Table 3. Anatomical properties of *Populus alba* × *glandulosa*

Mean width of annual ring mm	Width of sapwood mm	Percent of sapwood %	Fiber length mm	Fiber width μ	Ratio of fiber length and width
10.4	7.2	91.0	1.16	28	41

4. 結果 및 考察

4.1 供試材의 解剖學的 性質

Table 3은 供試材의 解剖學的 性質을 나타낸 것 으로서 대체적으로 보아 다른 포푸라類¹⁷⁾와 大同 小異한 結果를 보여 주었다. 多小差異가 나는 點 을 指摘한다면 邊材幅이 7.2mm(다른 포푸라類의 邊材幅 3.9~4.5mm)로서 매우 넓고 邊材率 또한 91.0%(다른 포푸라類 58~65%)로서 높았다. 그 러나 平均 年輪幅은 10.4mm로서 이태리포푸라의 生長에 거의 비슷한 수준이었다.

4.2 加熱 壓縮이 木材의 物理的 性質에 미치는 影響

4.2.1 比 重

加熱 壓縮의 程度에 따라 生材, 氣乾 및 全乾比 重의 變化를 Table 4 및 Fig. 3에 나타냈다. 이 表 와 그림에서 보는 바와같이 壓縮率이 높아짐에 따

Table 4. Secific gravity

Pressing level %	Specific gravity		
	Green	Air-dried	Oven-dried
0	0.66	0.46	0.42
10	0.81	0.64	0.50
20	0.82	0.65	0.53
30	0.91	0.67	0.55
40	0.92	0.68	0.62
50	0.94	0.70	0.66

라 顯著한 比重의 增加를 보여 주었으며 生材의 全乾比重에 있어서 30%의 壓縮率까지는 比重 增加率이 거의 一致하였으나 壓縮率 40% 以上에서는 全乾比重의 增加率이 훨씬 높았다.

氣乾比重에 있어서는 10% 壓縮時 다른 比重에 比하여 매우 높은 39.1%의 增加率을 나타냈으며 그 以後는 거의 完만한 增加率을 보여 주었다. 그리고 全乾比重의 境遇 낮은 壓縮率에서는 增加率이 다른 比重의 增加率보다 낮거나 거의 同一하였으나 40% 以上の 壓縮率에서는 生材 및 氣乾比重을 능가하였다. 이와같은 比重 增加의 原因은 高溫加熱로 因한 木材의 塑性遊動의 增加와 이에 이어지는 壓縮으로 因하여 木材組織의 變形이 일어나 치밀하게 되었기 때문이며 이 事實은 電子顯微鏡 觀察에 依해서도 確認되었다. Photo 1은 無處理 素材의 橫斷面寫眞으로서 導管을 비롯한 모든 組織要素들이 原形 그대로 잘 保存되어 있는데 比하여 Photo 2(壓縮率 10%) Photo 3(壓縮率 20%), Photo 4(壓縮率 30%), Photo 5(壓縮率 40%), Photo 6(壓縮率 50%)에서 보는 바와같이 壓縮率이 增加할수록 導管 等の 組織이 찌그러짐을 明白하게 볼 수 있다.

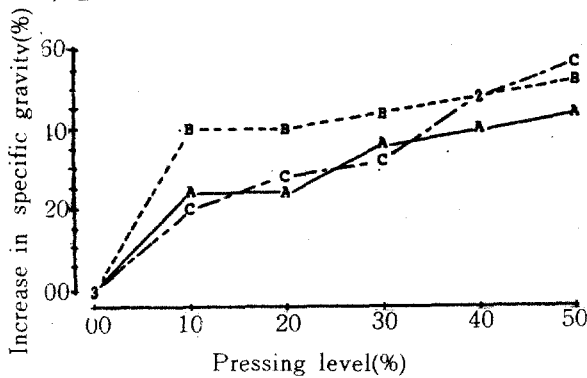


Fig. 3. Effect of pressing level on specific gravity.

- A: Green specific gravity
- B: Air-dried specific gravity
- C: Oven-dried specific gravity

특히 壓縮率 50%의 境遇 導管과 木纖維 等 모든 組織이 收縮되어 細胞內腔이 거의 消失되었다. 이와같은 木材纖維의 收縮은 木材構成成分의 熱軟化와 깊은 關係가 있으며 高含水率 狀態에서의 리그닌의 熱軟化 溫度는 70~116°C이고 헤미셀룰로오스는 20~56°C로 알려져 있는 바 木材가 加熱되면 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 및 리그닌의 mat-

rix가 glass狀態로 부터 고무狀態로 變하게 되며 이와같은 狀態에 있는 木材에 外力이 加해지면 microfibril이 탄성적으로 變形하게 되며 fibril간을 메우고 있던 리그닌 및 헤미셀룰로오스의 分子間에 水素結合이 形成되어 microfibril은 탄성변형인 狀態로 固定되는 것으로 생각된다.

4.2.2 收縮率

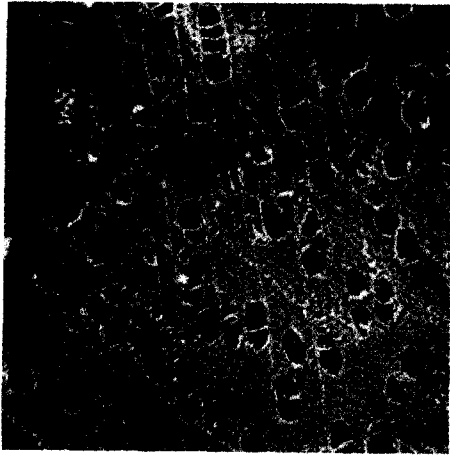
Table 5는 加熱 壓縮處理에 따른 收縮率의 變化를 보여주는 것으로서 壓縮에 依해 收縮率이 徑斷方向의 境遇 6.41~8.81%, 觸斷方向에서는 8.98~19.81%, 纖維方向에서는 1.46~1.91%로서 素材에 比해 徑斷方向 48.7~104.4%, 觸斷方向 1.7~124.4%, 纖維方向 60.4~109.9%의 높은 增加率을 보여 주었다. 收縮率은 一般的으로 比重이 크면 커지는 바, 加熱 壓縮處理한 木材의 境遇도 同一한 傾向을 보여 주었으며 壓縮率이 높은 境遇의 높은 收縮率은 比重에 依한 因子 以外에 組織의 무리한 變形, 收縮, 파괴로 因한 모든 變化因子들이 複合적으로 作用하여 일어난 것으로 생각된다.

Table 5. Shrinkage from green to oven dry of hot-compressed specimens

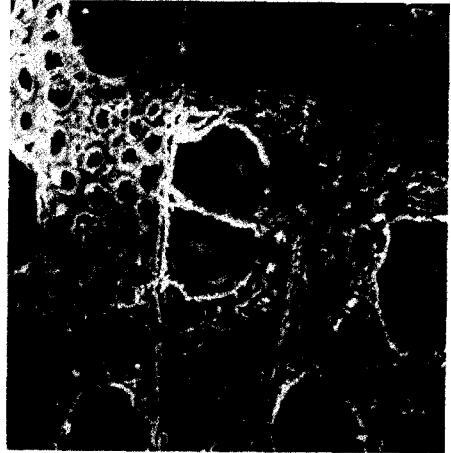
Pressing level %	Shrinkage(%)		
	Radial	Tangential	Longitudinal
0	4.31	8.83	0.91
10	6.41	8.98	1.46
20	6.85	8.03	1.55
30	7.32	9.18	1.70
40	8.46	12.05	1.79
50	8.81	19.81	1.91

4.2.3 吸水率

供試片을 氣乾시켜 含水率을 거의 同一하게 調節한 後 24時間 물에 沈漬한 다음 吸水率을 調査한 結果는 Table 6과 같다. Fig. 4에서 보는 바와같이 壓縮率 30%까지는 比重이 增加하더라도 含水量에 큰 變化가 없었으나, 壓縮率이 30% 지나면서 吸水率이 增加하기 시작하여 40%의 境遇 43.3%, 50%의 境遇는 48.2%로서 顯著的한 增加를 보여 주었다. 壓縮率 30%以下에서의 吸水率은 素材의 그것보다 多少 낮거나 큰 變化가 없는 理由는 比重의 增加 原因에서도 考察한 바와같이 加熱로 因해 木



A



B

Photo 1. Scanning electron micrographs of cross section of untreated wood.

A: 50X

B: 200X



A

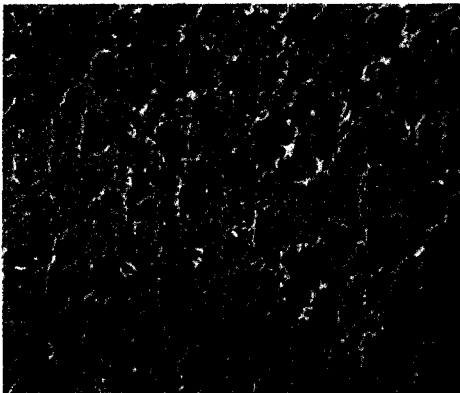


B

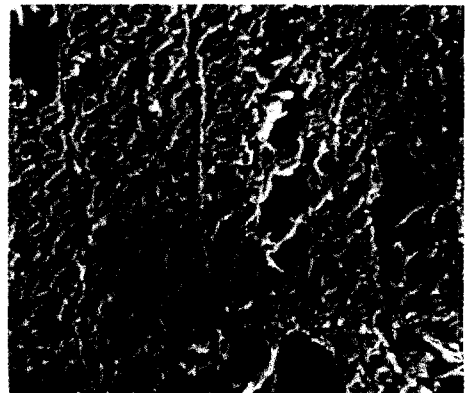
Photo 2. S.E.M. of cross section of 10% compressed wood

A: 50X

B: 200X



A

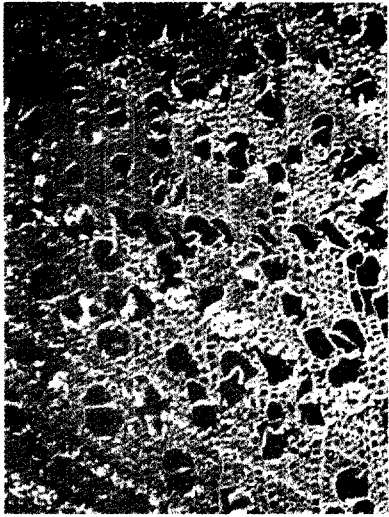


B

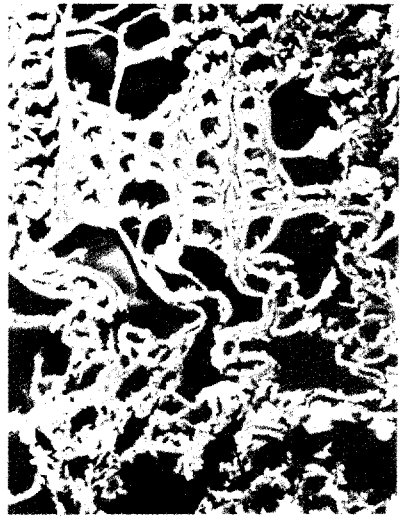
Photo 3. S.E.M. of cross section of 20% compressed wood.

A: 50X

B: 200X



A

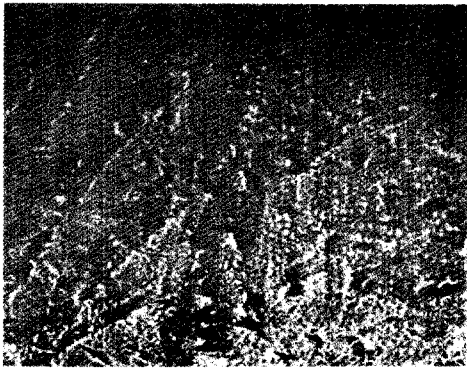


B

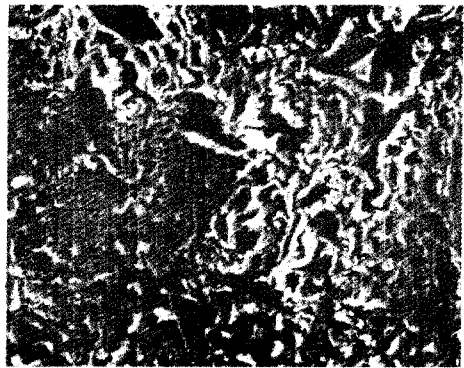
Photo 4. S.E.M. of cross section of 30% compressed wood.

A: 50X

B: 200X



A

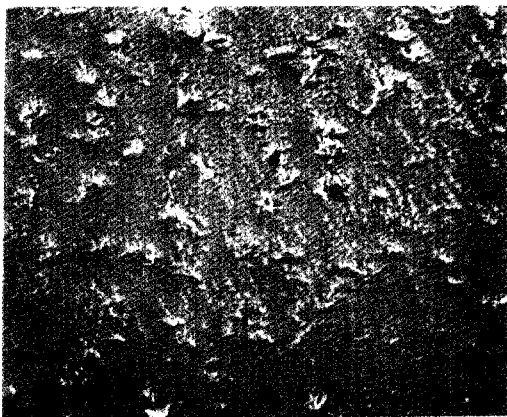


B

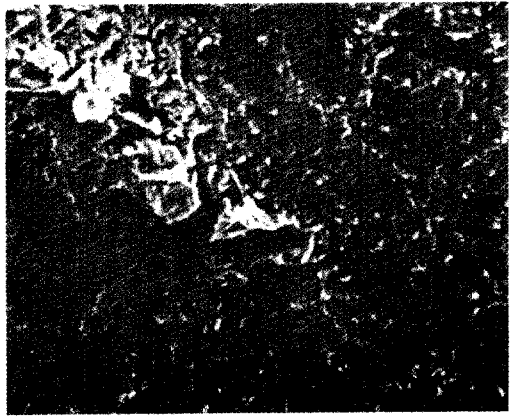
Photo 5. S.E.M. of cross section of 40% compressed wood.

A: 50X

B: 200X



A



B

Photo 6. S.E.M. of cross section of 50% compressed wood.

A: 50X

B: 200X

Table 6. Results of water absorption of hot-compressed specimens

Pressing level %	Absorption rate %	Absorption g/cm ²
0	38.2	0.091
10	36.9	0.085
20	37.6	0.087
30	38.2	0.097
40	43.3	0.101
50	48.2	0.179

Table 7. Dimensional changes in different pressing conditions of hot-compressed specimens

Pressing level %	Swelling(%)	
	Radial	Tangential
0	4.26	8.44
10	6.78	8.81
20	7.47	8.79
30	7.94	10.11
40	9.25	14.57
50	9.67	23.45

材의 塑性遊動이 增大된 狀態에서 壓縮이 作用하여 組織이 찌그러져 치밀하게 되어 細胞內腔의 容積이 減少하였기 때문에 그만큼 물이 들어갈 內部空間이 줄어들었기 때문이며 化學的으로는 高溫에 依하여 塑水和가 일어났을 것으로도 생각된다. 또한 壓縮率이 30%를 지나 壓縮의 程度가 높아지

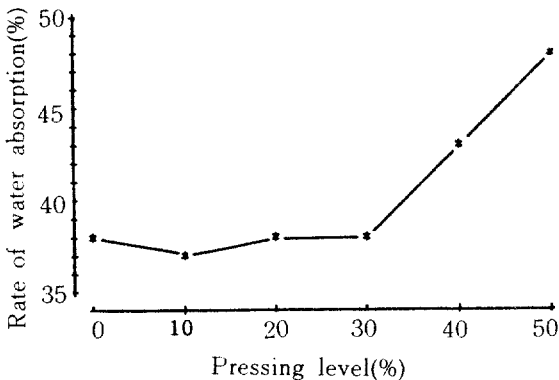


Fig. 4. Effect of pressing levels on water absorption.

면 組織의 치밀화로 比重이 增加하였다고 하더라도 塑性變形이 파괴限界를 지나게 됨에 따라 組織의 파괴가 일어나게 된다. Photo 5 및 Photo 6에서 構成要素들의 收縮된 모습을 Photo 1과 比較하였을 때 分明하게 觀察할 수 있다. 특히 Photo 6의 境遇 導管이나 木纖維 細胞의 內腔이 보이지 않을 程度로 組織이 찌그러져 있으며 어떤 部分에서는 組織의 파괴 및 균열이 觀察되고 있다. 이러한 現象들이 木材의 吸水率을 增加시킨 것으로 생각된다. Fig. 5 및 Table 7은 加熱 壓縮이 두께 膨潤率에 미치는 影響을 나타내는 것으로서 徑斷面의 境遇 素材에 比하여 加熱 壓縮으로 膨潤率이 小幅으로 增加하였고 壓縮率의 增加에 따른 膨潤率에 큰 差異가 없이 거의 一定(6.78~9.67%)하였다. 이에 對하여 觸斷面의 境遇는 壓縮率 20%까지는 素材나 거의 同一한 값을 보였으나 30%가 지나면서 膨潤率의 增加를 보여 주었다. 이와같은 結果는 Fig. 4의 吸水量과의 比較에서도 알 수 있는 바와 같이 壓縮率이 增加하여 30%以上의 水準이 되면 電子顯微鏡 寫眞으로 觀察할 수 있는 바와같이 組織의 收縮이 일어나 外觀上으로 치밀하게 보이나 組織의 內部에서는 塑性變形이 파괴限界 以上으로 增大되어 木材組織에 결합이 일어나 高유의 構成要素가 가지는 空間에 吸收되는 물의 含量보다 결합 部位에 吸收되는 물이 많아져 結果적으로 組織의 膨潤率이 增加되는 것으로 생각된다.

Photo 7과 Photo 8은 0%(素材), 壓縮率 30%, 50%, 各各의 徑斷面 및 觸斷面을 나타낸 寫眞으로서 徑斷方向의 境遇 素材(Photo 7. A)서의 組織들이 原形 그대로 觀察되는데 比하여 壓縮率 30%(Photo 7. B) 및 壓縮率 50%(Photo 7. C)의 境遇

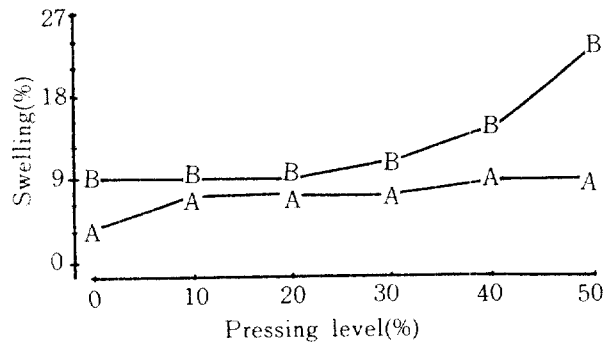


Fig. 5. Dimensional changes in different pressing levels.

A : Radial
B : Tangential

는 壓縮率이 높아감에 따라 導管, 木纖維의 內徑이 점차 減少됨을 觀察할 수 있었다. 觸斷方向의 境遇는 徑斷方向에서 볼 수 있었던 特徵과는 좀 달리 木材 組織의 壓縮이 徑斷方向으로 이루어 졌기 때문에 壓縮率이 增加함에 따라 構成要素들의 內徑이 점차 커지는 傾向을 보여 주고 있으며 特히 30% 收縮率(Photo 8. B)에서는 導管의 內徑이 素材(Photo 8.A)에 비해 約2倍 程度 늘어났음을 볼 수 있고 壓縮率 50%(Photo 8. C)에서는 細胞들이 찌그러져 內徑이 크게 늘어났을 뿐만 아니라 組織들도 많이 파괴되었음을 잘 觀察할 수 있다. 이러한 電子顯微鏡 觀察은 木材組織이 어떤 限界 以上에서의 無理한 壓縮에 依해 파괴가 일어났다는 直接的인 證據이며 이와같은 現象은 觸斷方向에서 더욱 分明하게 나타났는데 이것은 前述한 바와 같이 木材의 壓縮을 徑斷方向으로 하였기 때문에 髓線 柔細胞 및 年輪界에 存在하는 春·秋材 部位의 파괴가 잘 觀察되었기 때문으로 생각된다.

影響을 보여주는 것으로서 縱壓縮強度의 境遇 40% 壓縮率까지는 強度가 增加하여 40%에서 最大값을 보여 주었고 50% 壓縮率에서는 오히려 減少하였다. 靱強度에 있어서는 壓縮率 30%까지 거의 비슷하였으며 30%以後부터 強度는 減少하였다. 衝擊 靱 吸收에너지의 境遇 또한 壓縮率 30%까지 顯著的 強度增加를 보여 30%에서 素材強度의 128%에 達하였다.

한편 壓縮率 50%에 있어서 縱壓縮強度는 素材보다 높았으나 靱強度 및 衝擊 靱 吸收에너지에 있어서는 素材의 強度보다 낮은 結果를 주었으며 後者の 強度減少가 뚜렷하였다. Fig. 7은 加熱 壓縮에 따른 比重과 機械的 性質이 增加한다는 一般的인 原則과 같이 比重이 0.67에 이르기까지는 比重이 增加함에 따라 모든 強度가 向上되었으나 이 比重의 範圍를 지나면서 急激한 強度의 減少를 나타냈다. 特히 靱強度와 衝擊 靱 吸收에너지의 減少가 顯著하였다.

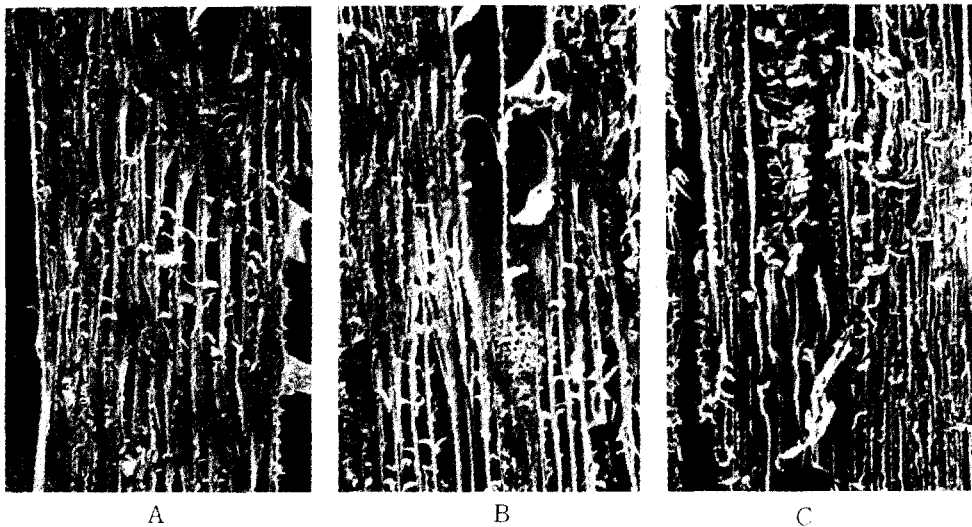


Photo 7. S.E.M.(100X) of radial faces.

A: Untreated

B: 30% Compressed

C: 50% Compressed

4.3 加熱 壓縮이 機械的 性質에 미치는 影響

木材를 加熱 혹은 熱板乾燥하였을 때 機械的 性質이 變化한다는 事實에 對해서는 많은 研究^{26,27,29,30,31,32,33,35,36,37,38,39})가 있으나 加熱 壓縮이 同時에 行해졌을 境遇의 機械的 性質의 變化에 對해서는 그다지 많은 研究가 없다. Table 8 및 Fig. 6은 壓縮率이 木材의 機械的 性質에 미치는

이와같은 比重이 增加하였는데도 強度가 減少하는 原因은 加熱 壓縮으로 因하여 생긴 壓縮set가 木材組織의 탄성限界를 지나 無理한 變形을 招來하여 組織의 파괴가 일어났기 때문인 것으로 생각되며 이러한 組織의 內部的 缺陷이 壓縮強度보다는 靱強度와 衝擊 靱 吸收에너지에서 더욱 예민하게 나타났다. 熱處理와 機械的 性質과 關聯하여 例를 들면 靱強度, 靱탄성계수⁶⁴⁾, 衝擊 靱 吸收에너지

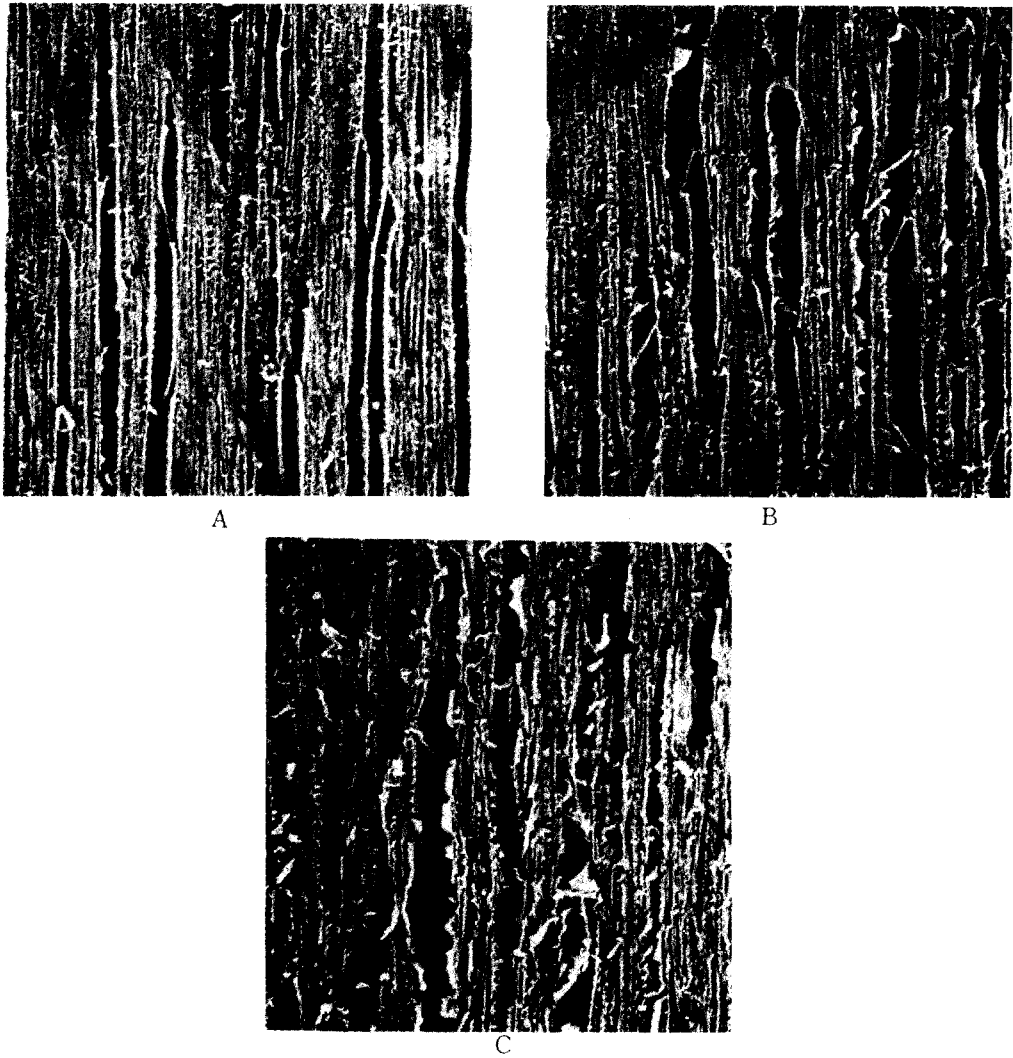


Photo 8. S.E.M. (50X) of tangential faces.

A: Untreated B: 30% Compressed C: 50% Compressed

Table 8. Mechanical properties of hot-compressed specimens

Pressing level %	Compressive strength kg/cm^2	Bending strength kg/cm^2	Impact Bending absorbed energy $\text{kg}\cdot\text{m/cm}^2$
0	353	657	1.159
10	532	678	1.289
20	571	684	1.437
30	618	718	1.491
40	636	653	1.355
50	547	571	1.086

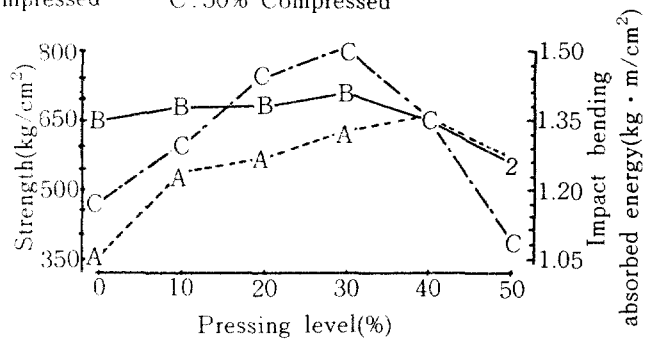


Fig. 6. Relation between pressing level and mechanical properties.

A: Compressive strength
 B: Bending strength
 C: Absorbed energy in impact bending

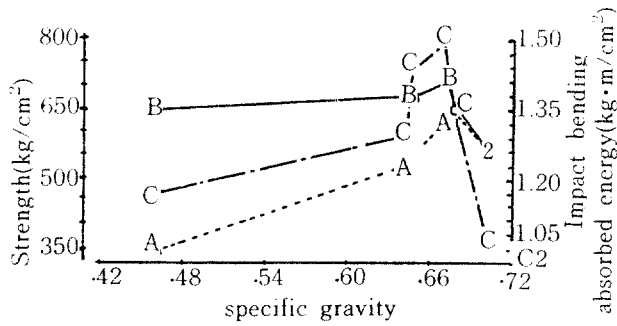


Fig. 7. Relation between specific gravity and mechanical properties.

A: Compressive strength

B: Bending strength

C: Absorbed energy in impact bending

²⁹⁾, 힉과괴계수^{29, 56, 65)} 등에 관한 연구가 있는 바, 열처리 받은木材의機械的性質은減少되는 것으로報告된 바 있다. 本研究의境遇壓縮率 30%까지는 모든機械的性質의顯著한增加를 나타내어材質改良 효과를 보여 주고 있으며 이水準以上으로壓縮하면 실사比重이 높아진다 하더라도機械的性質이 낮아진다. Suematsu⁵³⁾ 등은熱壓縮木材의動的粘彈性에 관한 연구에서動的彈性率이比重의增加와 함께直線的으로增加하다가一定한 값에達한後減少하는結果를 얻었으며壓縮時의溫度가主要한因子로서關與함을報告하였다. 本研究의結果도 이들과比較하여 보았을 때同一한 경향을 보여 주었다. 強度가減少되는 또 하나의理由は Kitahara²⁹⁾ 등이報告한 바와같이長時間高溫處理로因하여木材成分의熱分解 및重合度の低下가 일어나기 때문으로 생각되고 있다. 熱分解에關해서는 Kollmann⁴³⁾ 등에依하면 헤미셀룰로오스가 100°C 部近에서重合度が 낮아지기 시작하고 170°C에서急激히分解가 일어난다고 하였으며 셀룰로오스의境遇도 150°C로 부터分解가 시작된다고 하였다. 이와같은化學的, 物理的變化가木材内部에서 일어나 이러한變化가木材自體의熱화를 일으키는 것으로 생각된다.

5. 摘 要

우리나라의 代表的인 造林樹種의 하나인 현사나무(*Populus alba* × *glandulosa*) 를 供試材로 하여 加熱, 加壓處理가 木材의 物理的·機械的性質에 미치는 影響을 調査하여 材質改良을 爲한 基礎資料로 活用코자 實驗을 遂行하였는 바 다음과 같은

結論을 얻었다.

- 1) 比重은 壓縮率이 增加함에 따라 顯著히 增加하였다.
- 2) 收縮率은 壓縮率이 增加함에 따라 顯著히 增加하여 素材와 比較하여 徑斷方向은 約 1.5~2 倍, 觸斷方向은 約 1~2.2 倍, 纖維方向은 約 1.6~2.1 倍 이었다.
- 3) 吸收率은 壓縮率 30%까지는 別로 增加하지 않았으나 壓縮率 40%以上에서는 素材에 比해 높은 增加率을 나타내었다.
- 4) 두께 膨潤率은 壓縮率이 增加함에 따라 徑斷面에서는 큰 差異가 없었으나 觸斷面의 境遇에는 顯著하게 增加하였다(特히 壓縮率 40%, 50%).
- 5) 縱壓縮強度는 壓縮率 40%까지는 增加하였으나 壓縮率 50%에서는 오히려 減少하였고 휨強度는 壓縮率 30%까지는 素材에 比해 큰 變化가 없었으나 그 以上の 壓縮率에서 減少하였으며 衝擊 휨 吸收에너지는 壓縮率 30%까지는 增加하여 素材의 128%에 達하였으나 壓縮率 30% 以上에서는 다시 減少하였다. 結論的으로 加熱·壓縮處理가 木材의 機械的性質을 向上시키지만 어느 一定 壓縮水準(本實驗의 境遇 壓縮率 30%)을 지나면 오히려 強度가 減少된다. 이와같은 現象은 加熱·壓縮으로 因한 木材組織의 變形(收縮, 균열 및 파괴) 加熱에 依한 木材成分의 熱分解, 重合度の 低下 등이 木材의 熱화를 招來한 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

- 1) Anon, 1958, FAO Forest and Forestry Products Studies. No. 12, Rome
- 2) Betts, H.S., 1945, Aspen. American Woods. 664, 391-45, 664, 185-45, 669979-46
- 3) Kaeiser, M., 1956, U.S. For. Prod. Lab. Rept. No. 2047:6
- 4) Wilcox, J.R., and R. E. Farmer, 1968, Tappi 51(12):575
- 5) Paul, B.H. 1956, U.S. For. Prod. Lab. Rept. No. 2060:17 Paul, B.H. 1963, U.S. For. Prod. Lab., For. Service, Tech. Bull. 1288:97
- 6) Sacra E., 1963, Relation between Physical

- and mechanical Properties and annual ring thickness of polpar wood. Proceedings of IUFRO meeting, Sec. 41, Madison, U.S.A.
- 7) Griffisen, K., 1958. *Holzforschung* 11:200-201
 - 8) Sigeo, O., Hirokazu, and K. Nobutaka, 1965, *Japan Hokkaido For. Res. Ins.* 14, 160
 - 9) Yamabayshi, No., 1938, Identification of Korean woods *Korean For. Exper. Sta. Res. Rept. No. 27*, 206 Yamabayshi, No., 1957, *The anatomy of Wood*. Japan Morikita Publ. Co.
 - 10) Lee, P.W., 1961, A study on the anatomical properties of *Populus* woods grown in Korea.
 - 11) Son, D.S., and S.B. Chung, 1970, Institute of Forest Genetics, Res. Rept. No. 8 Son, D.S., and S.B. Chung, 1972, *Inst. For. Gen. No. 9*
 - 12) Shin, D.S., W.Y. Ahn, B.M. Jo, and C.S. Shin. Res. Rept. of Ministry of Science and Technology 71-98.
 - 13) Chun, P.C., M.C. Lee. and B.M. Jo, 1972, Study on the pulp manufacturing form Italian polpar wood. Rept. Nat. I. Academy of Sci. Vol X1.
 - 14) 조 재명 등, 1972, 임업시험장 연구보고서 19 : 91-106.
 - 15) 조 재명 등, 1974, 목재공학 1(2) : 25-31.
 - 16) Jung, H.S., H.Y. Park, J.M. Jo, and C.S. Shim, 1972, *For. Res. Inst. Res. Rept.* 19
 - 17) Jo, J.M., S.K. Kang, Y.D. Lee, H.S. Jung, J.M. Ahn, and C.S. Shim, 1974, *Res. Rept. of For. Res. Inst.* 21 : 187-206.
 - 18) Park, S.J., and J.M. Jo, 1977, *Res. Rept. of For. Res. Inst.* 24 : 607-626
 - 19) Jung, D.J., C.T. Lee, Y.D. Lee, and J.M. Jo, 1985. *Res. Rept. of For. Res. Inst.* 32
 - 20) Lee, P.W., 1978, *J. For. Prod. Techn.* 2: 24:32
 - 21) Kim, S.C., 1978, *J. Wood Sci.* 2(1):47-53
 - 22) 이 필우, 1977, 한국 임학회지 36 : 26-32.
 - 23) 정 희석, 1978, 서울대 연습림 보고서 14 : 48-55.
 - 24) 정 희석, 1978, *임산가공* 2 : 18-23.
 - 25) 정 희석, 1978, *한국 임학회지* 37 : 75-82
 - 26) 소 원택, 정 희석, 1980, *목재공학* 8(1) : 13-21
 - 27) 장 상식, 1983, 열기, 열판, 자비 및 증기 처리가 목재의 기계적 성질에 미치는 영향, 서울대학교 석사학위 논문
 - 28) Kadita, S., and K. NaKado, 1949. *J. Japan For. Soc.* 30(10):251.
 - 29) Kitahara, K., and M. Chuganji. 1951. *Ibid.* 33:414-419.
 - 30) Sano, M., 1961, *Mokuzai gakkaiishi* 7(4):147-150
 - 31) Arima, H., 1967, *Mokuzai gakkaiishi* 13(2):37-40
 - 32) Salamon, M., 1969. *For. Prod. J.* 15(3):27-34
 - 33) Thompson, W.S., 1969. *For. Prod. J.* 19(1):21-28
 - 34) _____, 1969, *For. Prod. J.* 19(2):37-43
 - 35) Schaffer, E.L., 1973, *J. of Testing and Eva.* 1(4):319-329
 - 36) _____, 1978, Temperature-time dependency of longitudinal mechanical behavior of drying Douglas-fir. pp. 324-335 in *General Constitutive Relations for wood and Wood-based materials*, Syracuse Univ., U.S.A
 - 37) Troughton, G.E., and L. R. Lozon, 1974, *Wood Science* 7(2):116-121
 - 38) Gerhards, C.C., 1968, *For. Prod. J.* 18(11):27-35
 - 39) _____, 1979, *For. Prod. J.* 29(3):55-57
 - 40) Panshin, A.J., and C.d. Zeeuw, 1980, *Textbook of Wood Technology*, 4th ed. Mc Graw-Hill Book Co., N.Y., U.S.A.
 - 41) Clark, G.L., and J.A. Howsmon, 1946, *I.E.C.* 38, 1259
 - 42) Sado, T., 1959, *Res. Rept. of Kyoto Furitsu Univ.* No. 11, 114
 - 43) Kollmann, F., 1960, *Holz als Roh-u, Werkstoff.* 18:193
 - 44) 越智正市, 山崎潤三, 角容仙之助, 1937, *工化* 40 : 455
 - 45) 渡邊治人, 1939, *日本林學會誌* 21 : 38

- 46) 梶田茂, 中戸莞二, 1949, 日本林學會誌 31 : 249
- 47) Seborg, S.M., H. Tarkow, and A. J. Stamm, 1953, J. For Prod. Res. Soc., 3:59
- 48) Kollmann, F., and A. Schneider, 1963, Holz als Roh-u. Werkstoff., 21:77
- 49) Saito, F., 1973, Mokuzai gakkaiishi 19(5):221-226
- 50) Kadita, S., T. Yamada, M. Suzuki, and K. Komatsu, 1961, Mokuzai gakkaiishi 7(1):34-38
- 51) Suzuki, M., and K. Nakato, 1963, Mokuzai gakkaiishi 9(6):211-216
- 52) Fujitani, M., 1968, Mokuzai gakkaiishi 14(4):208-213
- 53) Suematsu, A., N. Hirai, and F. Saito, 1980, Mokuzai gakkaiishi 26(9):581-586
- 54) _____, 1982, Properties of hot pressed wood. Part II. Proceedings of the 32nd Annual Meeting of Japan Wood Res. Soc., pp. 172, Fukuoka, Japan
- 55) Kohara, J. and H. Okamoto, 1955, Mokuzai gakkaiishi 2:80-84
- 56) Stamm, A.J., H.K. Burr, and A.A. Kline, 1946, I.E.C. 38:630
- 57) Stamm, A.J., and L.A. Hansen, 1937, I.E.C. 29:831
- 58) Turkia, K., and J. Hygreen, 1968, For, Prod. J. 18(6):43
- 59) Sass, J.E., 1958, Botanical microtechnique. 3rd ed. pp. 288, The Iowa State Univ., Iowa, U.S.A
- 60) Goring, D.A.I., 1963, Pulp Paper Mag. Can. 64, T517-527
- 61) Takamura, N., 1968, Mokuzai gakkaiishi 14:75-79
- 62) Abe, F., 1968, Mokuzai gakkaiishi 14(2):98-104
- 63) Mataka, Y., and M. Ota, Mokuzai gakkaiishi, 13(7):331-335(1967), 14(2):80-85(1968), 14(2):86-90
- 64) 福山方次郎, 梶田茂, 1956, 日本林學會 學術講演集
- 65) Stamm, A.J., 1956, I.E.C. 48-1:413