

소나무屬의 材質에 關한 試驗

趙在明 · 姜善求 · 安正模 · 李瓚鎬 · 趙南奭 · 沈鍾燮 · 鄭希錫

[林業試驗場 研究報告 第 22 号 ; 71 ~ 84, 1975]

On the Wood Properties of Genus *Pinus* Grown in Korea

Jae Myoeng Jo · Sun Goo Kaug · Jung Mo Ahn · Chan Ho Lee
Nam Suk Jo · Chong Supp Shim · Hee Suk Jung

[Res. Rep. For. Res. Inst., Korea, No. 22 ; 71 ~ 84, 1975]

Abstract

Pinus is one of the most important species supplying domestic industrial timbers such as constitutional lumber, pulpwood, and mine props. It occupies nearly 50 percent of the total forest resources in Korea. With above conception, to develop this forest resources and to obtain the basic data on the reasonable and effective utilization of *Pinus*, this study was carried out. Five species (*P. koraiensis* S. et Z., *P. densiflora* S. et Z., *P. thunbergii* Parlat, *P. densiflora* for *erecta*, *P. rigida* Miller) grown in Kwangnoong experimental forest stand, Chungcheongnam-Do, and Gangwon-Do regions were selected as sample trees. Anatomical, physical, mechanical and chemical properties of them were investigated.

1. 緒 言

우리나라의 年間木材需要量은 約 600 萬 m^3 이나 國內材 供給量은 約 100 萬 m^3 에 不遇하다.

國內 木材生産 增大와 木材利用의 合理化에 依한 木材의 消費節約은 우리林業의 가장 큰 課題이다.

木材利用의 合理化를 爲한 適正加工 處理 및 材質 改良等은 木材가 가지는 材料的 特性을 올바르게 把握함에 있다.

그리하여 우리나라 用材樹種中 가장 많고 重要한 소나무屬의 材料的 特性 即 解剖學的, 物理學的, 機械的 및 化學的 性質을 體系의 으로 調查하였기 이에 報告 하고저 한다.

2. 研究 史

Markwardt 와 Wilson(1935)⁸⁾은 美國産 리기다

소나무外 38 樹種의 靑強度, 壓縮強度, 硬度, 剪斷強度, 引張強度를 調查報告 하였다.

Yamabayashi (1938)¹²⁾는 韓國産 木材 49 料 303 種에 對하여 木材의 解剖學的 性質을 調查報告하고 이 에 依한 木材識別 檢索表를 作成 報告하였다.

Horioka (1954)²⁾는 日本産 소나무外 35 樹種의 壓縮強度, 靑強度, 引張強度, 衝擊靑吸收에너지, 剪斷強度 等 機械的 性質과 假導管의 길이와 幅等 解剖學的 性質을 調查報告하였다.

Nakamura (1956)⁹⁾ 등은 日本産 소나무外 8 樹種에 對한 木質의 抵抗을 調查報告하였다. Benson (1957)¹⁾은 美國産 red pine의 比重에 對하여 調查報告하였다.

權 (1959)^{13) 14)} 등은 光陵試驗林의 소나무外 19 種에 對한 機械的 性質을 調查報告하였다.

Jakson (1959)³⁾은 美國의 loblolly pine 에 있어서 假導管長과 生長輪 및 樹高와의 關係를 研究發表 하였다.

鄭 (1965)^{19) 20)} 은 韓國產 針葉樹材 8科 16屬 26種, 闊葉樹材 29科 63種에 對하여 木材의 呈色反應에 依한 化學的 識別法을 調查報告하였다.

李 (1965)¹⁵⁾ 는 韓國產 소나무의 吸濕과 膨脹에 關하여 調查報告하였다.

李 (1967)¹⁶⁾ 는 韓國產 소나무類의 木材解剖學的 特性과 識別에 關하여 研究報告하였다.

李 (1968)¹⁷⁾ 는 소나무外 12樹種의 春材와 秋材 假導管의 길이와 幅을 調查하여 假導管長과 假導管幅의 關係를 調查報告하였다.

Kaburagi (1968)^{4) 5)} 등은 日本의 東北部 中部 및 四國地方의 소나무外 18科 23樹種의 吸濕時間, 吸水量, 平衡含水率, 平均膨脹率에 對하여 調查報告하였다.

李 (1972)¹⁸⁾ 는 리기다소나무의 年輪, 樹脂等 放射假導管, 膜孔 등의 肉眼的, 顯微鏡의 特性을 材部(梢頭木, 枝條, 根) 別로 收縮率等 物理的 性質과 壓縮強度, 剪斷強度, 靱強度, 割裂強度, 硬度에 對한 機械的 性質을 研究發表하였다.

Koch (1972)⁶⁾ 는 리기다소나무를 包含한 southern pine 類의 樹令, 樹種에 따른 比重과 生材含水

Table 1. Stand and qualities of tree sampled

Species	Locality	D. B. H. (cm)	Tree height (m)	Clear length (m)	Tree age (year)	Remarks
<i>Pinus koraiensis</i>	Kyeong-gi	20	18.4 17.0 - 19.0	11.0 8.0 - 12.7	50	Man-made Forest
		26	18.9 18.5 - 20.0	11.1 10.0 - 13.0		
		32	19.9 19.0 - 20.5	11.1 9.0 - 14.0		
<i>Pinus densiflora</i>	Kyeong-gi	20	16.8 14.9 - 21.0	10.7 9.0 - 12.9	40 10 - 50	Natural Forest
		30	18.7 17.6 - 21.0	10.7 8.9 - 12.9		
		40	20.6 18.5 - 24.0	11.3 8.0 - 14.0		
<i>Pinus thunbergii</i>	Chung-nam	20	16.6 14.3 - 19.9	8.0 4.2 - 11.9	40 15 - 50	Natural Forest
		26	17.0 14.8 - 19.0	8.4 6.9 - 10.3		
		32	18.6 15.1 - 20.7	9.1 4.6 - 11.8		
<i>Pinus densiflora for. erecta</i>	Kang-won	20	14.8 13.4 - 16.3	8.7 7.3 - 9.8	35 10 - 55	Natural Forest
		26	15.7 14.3 - 17.9	8.5 6.5 - 10.8		
		32	16.8 15.3 - 21.2	7.1 6.2 - 9.4		
<i>Pinus rigida</i>	Kyeong-gi	20	20.0 18.8 - 22.0	12.7 11.0 - 16.0	40	Man-made Forest
		24	20.4 18.2 - 22.0	12.8 10.1 - 13.0		
		28	20.8 19.3 - 22.0	13.1 9.5 - 91.0		

率의 變異와 含水率과 強度, 比重과 強度와의 關係를 調査發表하였다.

Saucier (1972)¹⁰⁾은 美國産 소나무外 10 樹種의 比重을 調査發表하였다.

3. 材料 및 方法

3.1. 供試林分과 林木

供試樹種別 供試林分은 잣나무와 리기다소나무는 人工林에서 소나무, 곰솔 및 강송은 天然林에서 各 1 個 所씩 選定된 各 供試林分에서 40×40m의 標準地를 選定하고 胸高지름 20cm 以上の 樹幹이 通直하고 健全한 林木中에서 胸高지름의 크기를 3階層으로 나누어 1階層에서 各 各 10本씩 都合 30本을 供試林木으로 選定하였다.

選定된 樹種別 供試林分 및 林木의 概況은 Table 1과 같다.

3.2. 供試木 調材

供試木의 調材는 Fig. 1과 같이 生長狀況, 心辺材率, 假導管長測定 等の 解剖用圓板과 物理 및 強度供試用 原本으로 區分하여 調材하였다.

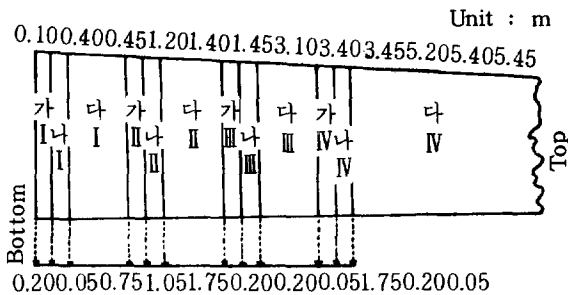


Fig. 1. Sampling methods of log and disk for fundamental property.

- Disks for anatomy
- Disks for green moisture content
- Log for physics and mechanics.

3.3. 測定方法

가. 解剖學的性質

解剖學的性質中에서 年輪幅과 辺材幅은 解剖用 圓板을 採取하여 이 圓板에서 測定하였다.

假導管長과 假導管幅은 胸高部位 圓板의 平均直径 生長部位에서 髓心으로부터 樹皮로 向해 年輪間隔으로 軸木을 採取하여 Schurz solution 으로 纖維를

解離한 다음 safranin 으로 染色하였다.

測定方法은 供試片 採取部位別로 各 各 100 個씩 projector 에 依하였으며 Chalk와 Chattaway의 全長測定法으로 하였다.

나. 物理的性質

物理的性質 試驗中에서 比重은 韓國木材工業規格 KS F 2202 木材의 比重測定方法에 依해 直径生長 部位別로 生材比重, 氣乾比重, 全乾比重을 測定하였다.

生材含水率은 伐採即時 End-Coating 하여 水分이 마르지 않도록하여 供試片을 採取生材의 무게를 秤量한後 全乾法에 依해서 直径生長과 樹高生長의 各部位別로 測定하였다.

收縮率은 KS F 2203 木材의 收縮率 試驗方法에 依하여 全收縮率과 氣乾까지의 收縮率을 測定하고 平均收縮率을 算出하였다.

吸濕性은 JIS 2105 木材의 吸濕性 試驗方法에 依하여 纖維方向, 徑斷方向 및 軸斷方向別로 測定하였다.

이 試驗에서 氣乾試驗片의 含水率은 恒溫恒濕室에서 平衡含水率 12% (溫度 20℃ 關係溫度 65%)를 基準으로 하여 調濕處理 되었다.

다. 機械的性質

機械的性質中에서 壓縮強度는 KS F 2206 木材의 壓縮試驗方法, 引張強度는 KS F 2207 木材의 引張試驗方法, 그리고 靱強度는 KS F 2208 木材의 靱試驗方法, 剪斷強度는 KS F 2209 木材의 剪斷試驗方法, 割裂強度는 KS F 2210 木材의 잘라짐試驗方法, 衝擊靱吸收에너지는 KS F 2211 衝擊靱試驗方法, 硬度는 KS F 2212 木材의 硬度試驗方法, 못뽑기 抵抗은 KS F 2214 못뽑기 抵抗試驗方法에 依하여 各 各 測定하였고 이때 供試體의 含水率은 恒溫恒濕室에서 平衡含水率 12% 基準 (溫度 20℃ 關係濕度 65%)으로 調濕處理되었다.

라. 木材의 組成分 分析

地上으로부터 樹高 1/3 部位에서 採取된 圓板에서 Tappi standard T₁₁M ~ 59에 따라 40~60 mesh의 試料를 調製하여 Tappi standard T₁M ~ 59, T₄M ~ 59, T₆M ~ 59, T₉M ~ 54, T₆M ~ 54 T₁₅M ~ 58, T₁₉M ~ 50에 依하여 木材의 組成分을 分析하였다.

4. 試驗結果 및 考察

4.1. 解剖學的性質

가. 年輪幅

供試된 잣나무外 4 樹種의 樹高部位에 따른 年輪幅은 Fig. 2와 같다.

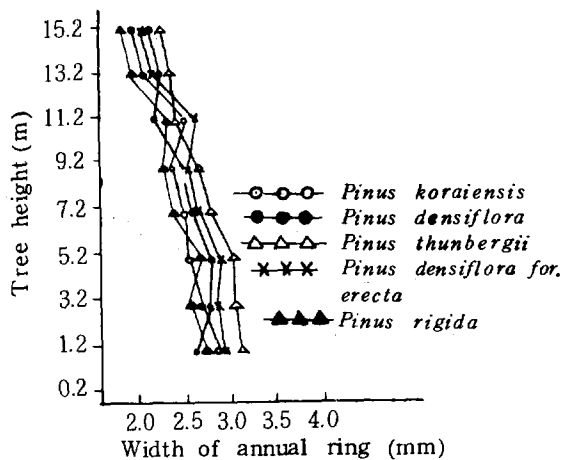


Fig. 2. Annual ring width with tree height.

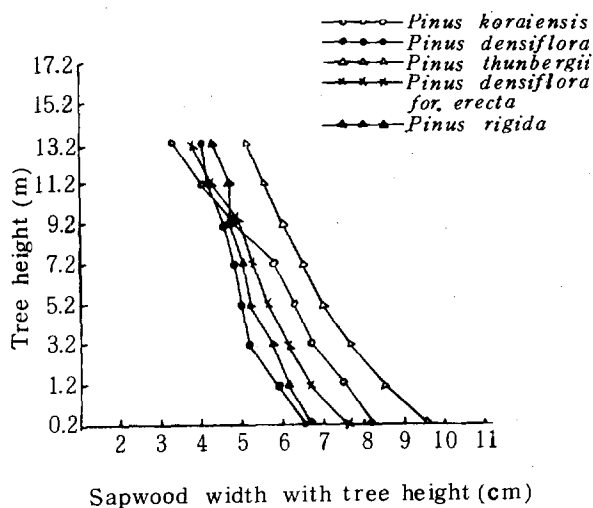


Fig. 3. Sapwood width with tree height.

樹種別 平均年輪幅과 標準偏差는 잣나무 3.0 ± 0.3 mm, 소나무 2.6 ± 0.6 mm, 곰솔 2.8 ± 0.8 mm, 강송 2.7 ± 0.2 mm, 리기다소나무 2.9 ± 0.7 mm 로서 樹種間에 年輪幅의 差異는 크지 않았다. 또한 樹高部位別에 따른 年輪幅은 一般的으로 樹高가 높아짐에 따라 漸次 減少하는 傾向을 나타내고 있다.

나. 辺材幅

잣나무外 4 樹種의 樹高部位에 따른 辺材幅은 Fig. 3 과 같다.

辺材幅은 一般的으로 樹高部位가 높아짐에 따라 漸次 減少하는 傾向을 보이며 地上에서 頂部까지 거의 均一한 減少曲線을 나타내고 있다.

樹種別 辺材幅과 辺材率은 Table 2 와 같다.

Table 2. Sapwood width and sapwood proportion

Species	Sapwood width (cm)	Sapwood proportion (%)
<i>Pinus koraiensis</i>	2.3 ± 0.2	28.1 ± 17.2
<i>Pinus densiflora</i>	4.8 ± 0.7	53.4 ± 9.4
<i>Pinus thunbergii</i>	5.9 ± 1.8	72.2 ± 7.9
<i>Pinus densiflora for. erecta</i>	7.3 ± 1.4	64.0 ± 6.1
<i>Pinus rigida</i>	5.0 ± 1.0	66.2 ± 5.8

Note : Mean \pm S.D.

다. 假導管長과 假導管幅
 잣나무外 4 樹種의 胸高部位의 直徑生長에 따른 假導管長의 變異는 Fig. 4 와 같다.

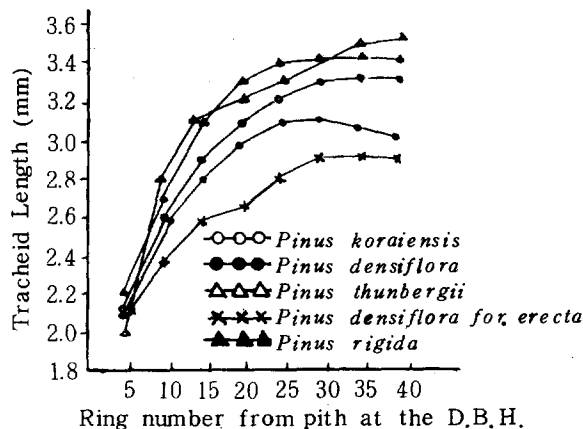


Fig. 4. Variation of tracheid of tracheid length with radial position at D.B.H.

假導管長은 髓心에서 樹皮로 向해 一定한 樹齡까지는 急激히 增大하다가 固定되거나 減減하는 傾向을 나타냈다.

樹種別 平均假導管長과 標準偏差는 잣나무 2.81 ± 0.34 mm, 소나무 2.65 ± 0.09 mm, 곰솔 2.97 ± 0.25 mm, 강송 2.52 ± 0.31 mm, 리기다소나무 2.90 ± 0.40 mm 로 樹種間의 差異는 크지 않았다.

Yamabayashi²⁰⁾ 에 依하면 소나무의 假導管長은 1.6 ~ 1.7 mm였고 잣나무는 1.60 ~ 2.70 mm라고 報告하였으며 李³⁾ 에 依하면 소나무의 假導管長은 春材가 1.45 ~ 3.95 mm 로서 平均 2.85 mm 이고 秋材는 2.36 ~

6.37 mm로서 平均 4.37 mm, 리기다소나무의 春材가 1.14 ~ 4.77 mm로서 平均 32.6 mm이고 秋材는 1.36 ~ 4.32 mm로서 平均 3.26 mm로 報告하였으며 이를 本試驗과 比較하면 李¹³⁾가 報告한 數値보다는 過少值를 보였으나 Yamabayashi²⁰⁾가 報告한 結果와 거의 一致하고 있다.

잣나무外 4 樹種의 胸高部位直径 生長部位別에 따른 假導管幅의 變異는 Fig. 5 와 같다.

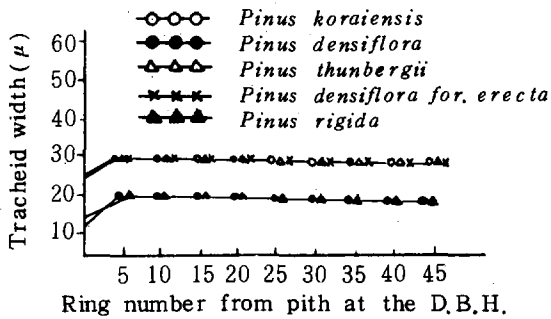


Fig. 5. Variation of tracheid width with radial position at D.B.H.

樹種別 平均假導管幅과 標準偏差는 잣나무 30 ± 8 μ, 소나무 20 ± 2 μ, 곰솔 30 ± 8 μ, 강송 30 ± 4 μ, 리기다소나무 20 ± 3 μ이었다.

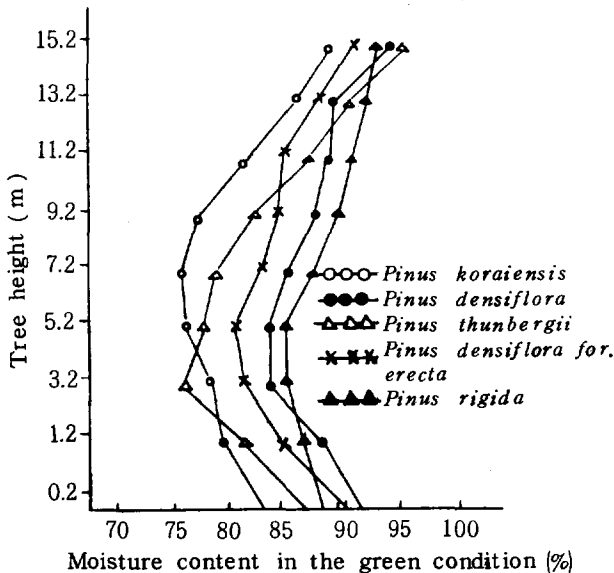


Fig. 6. Variation of green moisture content with tree height.

4.2. 物理的性質

가. 生材含水率

잣나무外 4 樹種의 樹高部位別에 따른 生材含水率의 變異는 Fig. 6 과 같다.

樹種別 平均生材含水率과 標準偏差는 잣나무 84 ± 8%, 소나무 94 ± 20%, 곰솔 91 ± 10%, 강송 91 ± 8%, 리기다소나무 99 ± 15%로서 잣나무를 除外하고는 樹種間에 生材含水率의 差異가 甚하지 않았다.

나. 比重

잣나무外 4 樹種의 生材比重, 氣乾比重, 全乾比重은 Table 3 과 같이 生材比重은 0.68 ~ 0.76 範圍에 屬하고 곰솔이 0.76 으로 가장 크고 잣나무가 0.68로서 가장 적었으며 樹種別로 差異가 컸다.

氣乾比重은 0.45 ~ 0.54 範圍에 屬하고 곰솔이 0.54로서 가장 크고 잣나무가 0.45로서 가장 적었으며 樹種間의 差異는 大端히 컸다.

全乾比重은 0.43 ~ 0.49 範圍에 屬하고 리기다소나무와 곰솔이 0.49로서 가장 크고 잣나무가 0.43으로 가장 적었다.

李¹⁴⁾에 依하면 리기다소나무의 氣乾比重이 心材가 0.40 ~ 0.54로서 平均 0.47이고 辺材가 0.41 ~ 0.63로서 平均 0.51이며 全乾比重은 心材가 0.40 ~ 0.55로서 平均 0.47이고 辺材가 0.43 ~ 0.67로서 平均 0.54가 되어 本試驗의 結果와 비슷하다.

Table 3. Specific gravity

Species	Specific gravity in green	Specific gravity in air dry	Specific gravity in oven dry
<i>Pinus koraiensis</i>	0.68 ± 0.03	0.45 ± 0.02	0.43 ± 0.01
<i>Pinus densiflora</i>	0.67 ± 0.03	0.47 ± 0.03	0.44 ± 0.06
<i>Pinus thunbergii</i>	0.76 ± 0.03	0.54 ± 0.02	0.49 ± 0.03
<i>Pinus densiflora for. erecta</i>	0.73 ± 0.03	0.48 ± 0.03	0.45 ± 0.01
<i>Pinus rigida</i>	0.71 ± 0.04	0.53 ± 0.04	0.49 ± 0.03

Note : Mean ± S. D.

다. 收縮率

잣나무外 4 樹種의 纖維方向, 徑斷方向, 軸斷方向의 全收縮率, 氣乾收縮率, 平均收縮率 및 軸斷方向과 徑斷方向의 收縮比率는 Table 4 와 같다.

全收縮率은 軸斷方向에서 7.41 ~ 9.11% 範圍에 속

Table 4. Shrinkage

Species	Shrinkage from green to oven dry (%)			Ratio of tangential to radial	Shrinkage from green to air dry (%)			Unit shrinkage (%)		
	Radial	Tangential	Longitudinal		Radial	Tangential	Longitudinal	Radial	Tangential	Longitudinal
<i>Pinus koraiensis</i>	2.82 ± 0.30	7.41 ± 0.63	0.38 ± 0.06	2.63	1.80 ± 0.16	4.34 ± 0.38	0.01 ± 0.03	0.09 ± 0.01	0.27 ± 0.03	0.02 ± 0.01
<i>Pinus densiflora</i>	4.88 ± 0.54	9.11 ± 0.64	0.31 ± 0.09	1.87	2.97 ± 0.69	5.40 ± 0.40	0.16 ± 0.03	0.17 ± 0.02	0.34 ± 0.02	0.02 ± 0.01
<i>Pinus thunbergii</i>	4.39 ± 1.18	8.33 ± 0.55	0.38 ± 0.107	2.01	2.39 ± 0.456	4.90 ± 0.26	0.22 ± 0.068	0.15 ± 0.041	0.30 ± 0.025	0.01 ± 0.007
<i>Pinus densiflora for erecta</i>	4.57 ± 0.73	8.39 ± 0.22	0.36 ± 0.055	1.91	2.63 ± 0.38	5.06 ± 0.146	0.22 ± 0.025	0.17 ± 0.036	0.29 ± 0.021	0.01 ± 0.007
<i>Pinus rigida</i>	5.77 ± 0.81	8.53 ± 1.21	0.34 ± 0.12	1.48	3.19 ± 0.87	5.21 ± 1.33	0.12 ± 0.05	0.24 ± 0.03	0.33 ± 0.01	0.02 ± 0.01

Note : Mean ± S. D.

하고 있으며 잣나무는 7.41%로 가장 적고 소나무는 9.11%로 가장 크다.

徑斷方向에서는 2.82 ~ 5.77% 範圍에 있고 잣나무가 2.82%로서 가장 적고 리기다소나무는 5.77%로서 가장 크다.

縱斷方向에서는 0.31 ~ 0.38% 範圍에 있고 소나무가 0.31%로서 가장 적고 잣나무와 곰솔이 0.38%로서 가장 컸다.

氣乾收縮率은 觸斷方向에서 4.34 ~ 5.40% 範圍이고 徑斷方向에서는 1.80 ~ 3.19% 範圍에 있고 縱斷方向에서는 0.01 ~ 0.22% 範圍였다.

平均收縮率의 範圍는 觸斷方向에서 0.27 ~ 0.34% 徑斷方向에서 0.09 ~ 0.24%, 縱斷方向에서는 0.01 ~ 0.02% 範圍였다.

觸斷과 徑斷과의 收縮率의 比는 1.48 ~ 2.63 範圍에 있고 잣나무가 2.63으로서 가장 크고 徑斷方向은 縱斷方向보다 컸다.

李¹⁴⁾에 依하면 리기다소나무의 全收縮率은 觸斷方向이 5.09 ~ 8.87%로서 平均 7.34%, 徑斷方向이 3.68 ~ 6.10%로서 平均 5.06%, 縱斷方向이 0.26%였고 氣乾收縮率은 觸斷方向이 2.90 ~ 5.93%로 平均 4.43%, 徑斷方向이 0.09 ~ 4.69%로 平均 2.92%, 縱斷方向이 0.05%로 報告하여 本試驗值보다 多少 낮은 數值를 보이는데 이는 試驗에 使用한 供試體 比重의 差異 때문인 것으로 推測된다.

라. 吸濕性

잣나무外 4 樹種의 徑斷面, 觸斷面, 橫斷面의 吸濕性은 Table 5 와 같다.

Table 5. Absorption

Species	Absorption 24 hr. (g/cm ²)		
	Radial section	Tangential section	Cross section
<i>Pinus koraiensis</i>	0.009 ± 0.001	0.010 ± 0.002	0.032 ± 0.006
<i>Pinus densiflora</i>	0.009 ± 0.01	0.009 ± 0.002	0.026 ± 0.002
<i>Pinus thunbergii</i>	0.010 ± 0.001	0.012 ± 0.002	0.030 ± 0.003
<i>Pinus densiflora for erecta</i>	0.009 ± 0.001	0.009 ± 0.002	0.030 ± 0.002
<i>Pinus rigida</i>	0.008 ± 0.002	0.009 ± 0.003	0.026 ± 0.004

Note : Mean ± S. D.

Table 6. Compressive strength

Species	Endwise compression			Sidewise compression			Partial compression					
	Width of annual ring(mm)	Specific gravity	Fiber strength at proportional limit (kg/cm ²)	Strength (kg/cm ²)	Width of annual ring(mm)	Specific gravity	Fiber strength at proportional limit (kg/cm ²)	Strength (kg/cm ²)	Width of annual ring(mm)	Specific gravity	Fiber strength at proportional limit (kg/cm ²)	Strength (kg/cm ²)
<i>Pinus koraiensis</i>	3.5±1.4	0.45±0.02	352±31	425±30	3.7±1.7	0.44±0.03	25±5	33±5	3.9±2.6	0.45±0.06	49±7	67±8
<i>Pinus densiflora</i>	3.2±1.6	0.50±0.005	357±52	430±55	3.3±1.1	0.53±0.06	26±6	37±9	3.2±1.6	0.49±0.05	56±10	75±14
<i>Pinus thunbergii</i>	2.1±0.5	0.56±0.04	465±52	571±59	2.7±0.4	0.56±0.04	38±3	46±3	2.3±0.8	0.56±0.03	67±2	91±2
<i>Pinus densiflora for. erecta</i>	2.5±0.8	0.56±0.03	485±45	640±50	2.8±0.6	0.56±0.06	38±2	47±1	2.5±0.5	0.56±0.03	70±6	92±5
<i>Pinus rigida</i>	2.6±1.8	0.55±0.55	379±51	470±80	2.6±0.5	0.53±0.04	33±4	42±5	3.0±0.6	0.53±0.05	61±10	82±15

Note : Mean ± S.D.

方向別 吸濕性은 徑断面에서는 0.008~0.010g/cm³ 範圍에 속하고 리기다소나무가 0.008g/cm³로서 가장 적고 곰솔이 0.010g/cm³로 가장 컸다.

軸断面의 吸濕性은 0.009~0.012g/cm³ 範圍에 있고 리기다소나무, 소나무, 강송이 0.009g/cm³로서 가장 적고 곰솔이 0.012g/cm³로서 가장 컸다.

橫断面의 吸濕性은 0.026~0.032g/cm³ 範圍이고 리기다소나무, 소나무가 0.026g/cm³로 가장 적고 잣나무가 0.032g/cm³로 가장 컸다.

方向別 吸濕性은 橫断面이 가장 크고 徑断面이 가장 적었다.

4.3. 機械的性質

가. 壓縮強度

잣나무外 4樹種의 縱壓縮 橫壓縮 部分壓縮強度와 比例限度는 Table 6과 같다.

縱壓縮強度는 425~604kg/cm² 範圍에 있고 樹種間의 強度差異는 大端히 컸다.

잣나무는 425kg/cm²로서 가장 적으며 강송은 604kg/cm²로서 가장 크다.

縱壓縮強度는 比重이 클수록 增加하는 傾向이 뚜렷하였으나 年輪幅의 크기와는 一定한 關係를 發見할 수 없었다.

Sigeo(1965)¹¹⁾와 Kennedy(1965)¹¹⁾가 調査한 比重과 壓縮強度와의 關係에서 氣乾比重이 클수록 壓縮強度는 增加한다는 試驗結果와 一致하고 있다.

權¹³⁾이 報告한 바에 依하면 소나무의 縱壓縮強度 365kg/cm², 잣나무 469kg/cm²로 報告하여 本試驗의 結果와 다르나 이는 供試體의 含水率 差異에 基因된 것으로 生覺되며 李(1972)¹⁸⁾가 報告한 리기다소나무의 縱壓縮強度는 359kg/cm²로 本試驗值 보다 낮은 數值를 나타내고 있는데 이는 試驗에 使用된 供試體의 比重이 낮은데 基因된 것으로 생각된다.

樹種別로는 강송, 곰솔, 리기다소나무, 소나무, 잣나무 順이었다.

橫壓縮強度는 33~47kg/cm² 範圍였고 部分壓縮強度는 67~97kg/cm² 範圍로 樹種別 橫壓縮強度와 部分壓縮強度는 縱壓縮強度와 마찬가지로 강송, 곰솔, 리기다소나무, 소나무, 잣나무 順이었다.

나. 靱強度

잣나무外 4樹種의 靱比例限度, 靱強度, 靱係數는 Table 7과 같다.

靱強度는 747~994kg/cm²의 範圍에 있고 樹種別로 差異가 甚하며 一般의 比重이 큰 樹種일수록 靱強度는 크다.

이는 Giordano가 報告한 氣乾比重과 靱強度와의

Table 7. Bending strength

Species	Width of annual ring (mm)	Specific gravity	Fiber stress at proportional limit (kg/cm ²)	Rupture modulus (kg/cm ²)	Young's modulus (10 ³ kg/cm ²)
<i>Pinus koraiensis</i>	3.5 ± 1.2	0.45 ± 0.03	458 ± 68	772 ± 87	99 ± 19
<i>Pinus densiflora</i>	3.1 ± 0.4	0.46 ± 0.03	435 ± 39	747 ± 69	92 ± 15
<i>Pinus thunbergii</i>	2.3 ± 0.4	0.54 ± 0.03	587 ± 13	994 ± 59	127 ± 15
<i>Pinus densiflora for. erecta</i>	2.4 ± 0.3	0.53 ± 0.03	610 ± 106	975 ± 131	130 ± 20
<i>Pinus rigida</i>	2.5 ± 0.07	0.54 ± 0.02	533 ± 84	910 ± 133	108 ± 21

Note : Mean ± S.D.

關係에서 比重이 클수록 휨強度는 增加한다는 報告와 一致하고 있다. 소나무는 747 kg/cm²로서 가장 적었으며 곰솔은 994 kg/cm²로서 가장 크다.

樹種別로는 곰솔, 강송, 리기다소나무, 잣나무, 소나무의 順이었고 比例限度와 영係數에 있어서도 같은 傾

向을 보였다.

다. 剪斷強度

잣나무外 4 樹種의 觸斷方向과 徑斷方向의 剪斷強度는 Table 8 과 같다.

Table 8. Shear strength

Species	Tangential			Radial		
	Width of annual ring (mm)	Specific gravity	Strength (kg/cm ²)	Width of annual ring (mm)	Specific gravity	Strength (kg/cm ²)
<i>Pinus koraiensis</i>	3.8 ± 0.4	0.45 ± 0.03	94 ± 17	3.5 ± 0.9	0.45 ± 0.04	96 ± 12
<i>Pinus densiflora</i>	3.0 ± 1.7	0.46 ± 0.05	97 ± 13	3.3 ± 1.7	0.45 ± 0.01	104 ± 11
<i>Pinus thunbergii</i>	2.2 ± 0.4	0.54 ± 0.36	132 ± 3	2.1 ± 0.4	0.53 ± 0.04	137 ± 4
<i>Pinus densiflora for. erecta</i>	2.4 ± 0.3	0.52 ± 0.04	125 ± 17	2.5 ± 0.4	0.25 ± 0.04	139 ± 16
<i>Pinus rigida</i>	2.4 ± 0.5	0.52 ± 0.04	101 ± 15	2.4 ± 0.5	0.52 ± 0.15	109 ± 13

Note : Mean ± S.D.

徑斷方向의 剪斷強度는 96 ~ 139 kg/cm² 範圍에 있고 잣나무가 96 kg/cm²로서 가장 적고 강송이 139 kg/cm²로서 가장 크다.

觸斷方向의 剪斷強度는 94 ~ 132 kg/cm² 範圍에 있고 잣나무가 94 kg/cm²로서 가장 적고 곰솔이 132 kg/cm²로서 가장 크다.

剪斷強度는 一般적으로 比重이 큰 樹種일수록 增加하였으며 徑斷方向의 剪斷強度는 觸斷方向의 觸斷強度보다 컸다.

라. 割裂強度

잣나무外 4 樹種의 觸斷方向과 徑斷方向의 割裂強度는 Table 9와 같다.

徑斷方向의 割裂強度는 18 ~ 29 kg/cm² 範圍에 있고 잣나무가 18 kg/cm²로 가장 적고 곰솔과 강송이 29 kg/cm²로 가장 크다.

觸斷方向의 割裂強度는 18 ~ 28 kg/cm² 範圍에 있고 소나무는 18 kg/cm²로 가장 적고 곰솔이 28 kg/cm²로서 가장 크다.

Table 9. Cleavage strength

Species	Tangential			Radial		
	Width of annual ring (mm)	Specific gravity	Cleavage (kg/cm)	Width of annual ring (mm)	Specific gravity	Cleavage (kg/cm)
<i>Pinus koraiensis</i>	3.4 ± 0.87	0.45 ± 0.03	20 ± 4	3.7 ± 1.2	0.45 ± 0.02	18 ± 3
<i>Pinus densiflora</i>	3.2 ± 2.14	0.46 ± 0.04	18 ± 1	3.0 ± 2.6	0.46 ± 0.04	21 ± 4
<i>Pinus thunbergii</i>	2.1 ± 0.20	0.53 ± 0.03	28 ± 3	2.1 ± 0.3	0.54 ± 0.03	29 ± 3
<i>Pinus densiflora for. erecta</i>	2.6 ± 0.67	0.53 ± 0.03	24 ± 3	2.4 ± 0.4	0.52 ± 0.02	29 ± 3
<i>Pinus rigida</i>	2.4 ± 0.50	0.52 ± 0.05	19 ± 2	2.3 ± 0.5	0.53 ± 0.06	23 ± 4

Note : Mean ± S.D.

方向別 割裂強度는 잣나무를 除外한 모든 樹種에서 徑斷方向의 割裂強度가 觸斷方向의 割裂強度보다 컸다. 割裂強度와 比重과는 相關關係가 成立되지 않고 있다.

다. 引張強度는 잣나무外 4 樹種의 縱引張強度와 橫引張強度는 Table 10 과 같다.

Table 10. Tensile strength

Species	Tension paralleled to grain			Tension perpendicular to grain		
	Width of annual ring (mm)	Specific gravity	Strength (kg/cm ²)	Width of annual ring (mm)	Specific gravity	Strength (kg/cm ²)
<i>Pinus koraiensis</i>	3.59 ± 1.32	0.45 ± 0.03	788 ± 126	3.5 ± 1.1	0.45 ± 0.03	31.3 ± 6.6
<i>Pinus densiflora</i>	2.74 ± 0.93	0.46 ± 0.04	885 ± 176	3.2 ± 1.5	0.51 ± 0.05	45.3 ± 11.7
<i>Pinus thunbergii</i>	2.46 ± 0.91	0.53 ± 0.03	1139 ± 116	2.5 ± 0.4	0.56 ± 0.02	44.1 ± 2.3
<i>Pinus densiflora for. erecta</i>	2.15 ± 0.44	0.53 ± 0.03	926 ± 20	2.2 ± 0.2	0.57 ± 0.05	46.6 ± 1.2
<i>Pinus rigida</i>	2.71 ± 0.82	0.52 ± 0.04	1062 ± 190	3.0 ± 1.3	0.54 ± 0.06	38.9 ± 8.3

Note : Mean ± S.D.

縱引張強度는 778 ~ 1139 kg/cm² 範圍에 있고 樹種間의 差異는 大端히 컸다.

잣나무가 778 kg/cm² 로 가장 적고 곰솔이 1139 kg/cm² 로서 가장 컸다.

樹種別 縱引張強度는 比重이 클수록 增加하였다.

權^{13) 14)} 등은 잣나무의 縱引張強度를 951 kg/cm², 소나무의 縱引張強度를 937 kg/cm² 로 報告하여 本 試驗值보다 높은 數値를 보이는데 이는 比重의 差異에서 基因된 것이라고 생각된다.

橫引張強度는 31.3 ~ 46.6 kg/cm² 의 範圍에 있고 잣

나무가 31.3 kg/cm² 로 가장 적고 강송이 46.6 kg/cm² 로 가장 컸다.

바. 衝擊翽吸收에너지

잣나무外 4 樹種의 衝擊翽吸收에너지는 Table 11 과 같다.

衝擊翽吸收에너지는 0.37 ~ 0.68 kg·m/cm² 範圍에 있고 잣나무가 0.37 kg·m/cm² 로 가장 적고 리기다소나무가 0.68 kg·m/cm² 로서 가장 컸다.

樹種間의 衝擊翽吸收에너지의 差異는 大端히 컸으며 比重이 큰 樹種일수록 큰값을 나타내는 傾向이있

다.

사. 못뽑기 抵抗

잣나무外 4 樹種의 徑断面, 触断面, 横断面의 못뽑기 抵抗은 Table 12 와 같다.

徑断面의 못뽑기 抵抗은 11.0 ~ 13.8 kg/cm 範圍에 있으며 잣나무가 11.0 kg/cm 로 가장 적고 리기다소나무가 13.8 kg/cm 로서 가장 컸다.

触断面의 못뽑기 抵抗은 12.9 ~ 16.2 kg/cm 範圍에 있으며 잣나무가 12.9 kg/cm 로 가장 적고 리기다소나무가 16.2 kg/cm 로 가장 컸다.

横断面의 못뽑기 抵抗은 9.3 ~ 10.8 kg/cm 範圍에 있으며 잣나무와 소나무가 9.3 kg/cm 로 가장 적고 곰솔이 10.8 kg/cm 로 가장 컸으나 樹種間에는 큰 差異를 나타내지 않고 있다.

一般的으로 比重이 큰 樹種일수록 못뽑기 抵抗은 컸으며 断面別 못뽑기 抵抗은 触断面이 가장 크고 徑断

Table 11. Impact bending absorbed energy

Species	Width of annual ring (mm)	Specific gravity	Absorbed energy (kg·m/cm ²)
<i>Pinus koraiensis</i>	3.3 ± 1.6	0.44 ± 0.22	0.37 ± 0.14
<i>Pinus densiflora</i>	2.5 ± 1.4	0.48 ± 0.22	0.52 ± 0.22
<i>Pinus thunbergii</i>	2.2 ± 0.5	0.55 ± 0.04	0.54 ± 0.12
<i>Pinus densiflora for. erecta</i>	2.5 ± 0.5	0.54 ± 0.02	0.62 ± 0.04
<i>Pinus rigida</i>	1.7 ± 0.4	0.53 ± 0.05	0.68 ± 0.15

Note : Mean ± S.D.

Table 12. Nail withdrawal resistance

Species	Width of annual ring (mm)	Specific gravity	Nail withdrawal resistance (kg/cm)		
			Radial	Tangential	Cross
<i>Pinus koraiensis</i>	3.05 ± 0.76	0.45 ± 0.10	11.0 ± 2.3	12.9 ± 3.0	9.3 ± 2.8
<i>Pinus densiflora</i>	3.05 ± 1.50	0.46 ± 0.10	11.4 ± 2.4	13.6 ± 4.4	9.3 ± 2.6
<i>Pinus thunbergii</i>	2.68 ± 0.75	0.55 ± 0.03	13.1 ± 0.1	15.0 ± 0.3	10.8 ± 0.4
<i>Pinus densiflora for. erecta</i>	2.85 ± 0.63	0.53 ± 0.03	12.1 ± 0.2	14.2 ± 0.1	10.6 ± 0.4
<i>Pinus rigida</i>	2.39 ± 0.34	0.50 ± 0.04	13.8 ± 3.8	16.2 ± 5.6	10.7 ± 3.5

Note : Mean ± S.D.

面은 横断面보다 크다.

4.4. 木材組成分

잣나무外 4 樹種의 木材組成分은 Table 13 과 같다.

Table 13. Chemical components

Species	Ash	Cold-water extractives	Hot-water extractives	1% NaOH extractives	Alcohol - benzene extractives	Holo-cellulose	Lignin	unit : %
								Pentosan
<i>Pinus koraiensis</i>	0.22	4.20	5.10	20.28	5.94	78.5	27.85	13.53
<i>Pinus densiflora</i>	0.44	0.41	1.64	14.69	4.67	77.3	29.32	12.29
<i>Pinus thunbergii</i>	0.29	1.52	2.86	14.49	2.97	72.6	28.39	19.44
<i>Pinus densiflora for. erecta</i>	0.33	1.71	2.63	13.36	3.19	75.0	27.74	19.65
<i>Pinus rigida</i>	0.28	0.94	1.94	14.45	4.97	73.7	28.64	13.91

灰分은 소나무가 0.44%로 가장 많은 함량을 나타내고 강송, 곰솔, 리기다소나무, 잣나무의 順이었다.

冷水抽出物은 잣나무가 4.20%로 가장 많고 소나무가 0.41%로 가장 적었다.

温水抽出物은 冷水抽出物보다 抽出量이 많았으며 잣나무가 5.10%로 가장 많고 리기다소나무와 소나무 곰솔과 강송사이에는 큰 差가 없었다.

塩基抽出物은 잣나무가 20.28%로 가장 많고 소나무, 곰솔, 리기다소나무, 강송 順이었다.

有機溶劑抽出物은 잣나무가 5.94%로 가장 많고 곰솔이 2.97%로 가장 적은 것으로 나타났다.

홀로셀룰로오스는 樹種間에 큰 差가 없었으며 리그닌은 木材內에 존재하는 非纖維素로서 소나무가 29.32%로 가장 많고 강송이 27.74%로 가장 적었다.

펜토산은 木材內의 非纖維炭水化合物로 이의 含量은 강송 곰솔 리기다소나무 잣나무 소나무 順이었다.

摘 要

우리나라産 소나무屬인 잣나무, 소나무, 곰솔, 강송, 리기다소나무 등 5 樹種의 소나무屬材에 對한 解剖學的 性質, 物理的 性質, 機械的 性質 및 化學的 性質을 調査하였다.

1. 供試된 소나무屬材의 平均年輪幅은 2.6 ~ 3.0 mm 範圍였다.

2. 소나무屬材의 辺材幅은 2.3 ~ 7.3 cm 辺材率은 28 ~ 72 % 範圍에 있으며 樹種別로 辺材幅, 辺材率은 各各 相異하고 樹高部位別에 따른 辺材幅의 變異는 樹高가 높아짐에 따라 漸次 減少하는 傾向을 나타내고 있으며 試驗結果는 Table 2와 같다.

3. 소나무屬材의 假導管長은 2.52 ~ 2.97 mm 假導管幅은 20 ~ 30 μ 範圍에 있고 假導管長은 樹種別로 各各 相異하였으며 胸高部位別 假導管長의 變異는 髓心에서부터 樹皮로 向해 急激히 增大하였으나 25 ~ 30年以後 부터는 比較的 安定되는 추세를 보였다.

假導管幅은 리기다소나무와 소나무는 잣나무, 곰솔, 강송 보다 작았다.

試驗結果는 Fig. 4와 같다.

4. 소나무屬材의 生材含水率은 84 ~ 99 % 範圍에 있고 잣나무가 가장 적었으며 리기다소나무가 가장 크게 나타났으며 試驗結果는 Fig. 6과 같다.

5. 소나무屬材의 生材比重은 0.68 ~ 0.76, 氣乾比重은 0.45 ~ 0.54, 全乾比重은 0.43 ~ 0.49 範圍에 있고 樹種別로 各各 相異하며 試驗結果는 Table 3과 같다.

6. 소나무屬材의 全收縮率은 觸斷方向에서 7.41 ~ 9.11 %, 徑斷方向에서 2.82 ~ 5.77 %, 纖維方向에서 0.33 ~ 0.38 %이었고 氣乾收縮率은 觸斷方向에서 4.34 ~ 5.40 %, 徑斷方向에서 1.80 ~ 3.19 %, 纖維方向에서 0.10 ~ 0.22 %이었고 平均收縮率은 觸斷方向에서 0.27 ~ 0.34 %, 徑斷方向에서 0.09 ~ 0.24 %, 纖維方向에서 0.01 ~ 0.02 %였으며 試驗結果는 Table 4와 같다.

7. 소나무屬材의 吸濕性은 徑斷面이 0.008 ~ 0.010 g/cm², 觸斷面이 0.009 ~ 0.012 g/cm², 橫斷面이 0.026 ~ 0.032 g/cm²로 方向別로는 橫斷面, 觸斷面, 徑斷面の 順이고 樹種別 試驗結果는 Table 5와 같다.

8. 소나무屬材의 縱壓縮強度는 425 ~ 604 kg/cm², 橫壓縮強度는 33 ~ 47 kg/cm², 部分壓縮強度는 67 ~ 92 kg/cm²로 樹種別로 差異가 있으며 比重이 큰 樹種일수록 增加하는 結果를 나타냈으며 試驗結果는 Table 6과 같다.

9. 소나무屬材의 靱強度는 747 ~ 994 kg/cm²의 範圍에 있으며 樹種別 差異가 있었으며 一般的으로 比重이 큰 樹種일수록 強度는 컸다. 試驗結果는 Table 7과 같다.

10. 소나무屬材의 剪斷強度는 徑斷方向이 96 ~ 139 kg/cm², 觸斷方向이 94 ~ 132 kg/cm² 範圍에 있고 一般的으로 比重이 큰 樹種일수록 增加하였으며 徑斷方向이 觸斷方向보다 컸다.

試驗結果는 Table 8과 같다.

11. 소나무屬材의 割裂強度는 徑斷方向이 18 ~ 29 kg/cm², 觸斷方向이 18 ~ 28 kg/cm²의 範圍에 있고 樹種別로 差異가 있었으며 方向別로는 잣나무를 除外하고 徑斷方向이 觸斷方向보다 컸다.

試驗結果는 Table 9와 같다.

12. 소나무屬材의 縱引張強度는 788 ~ 1139 kg/cm²로 樹種間 差異가 컸으며 比重이 클수록 縱引張強度가 增加하며 橫引張強度는 31 ~ 47 kg/cm² 範圍에 있고 試驗結果는 Table 10과 같다.

13. 소나무屬材의 衝擊靱吸收에너지는 0.37 ~ 0.68 kg·m/cm²의 範圍에 있고 樹種間에 衝擊靱吸收에너지의 差異는 大端히 컸고 比重이 큰 樹種일수록 컸으며 試驗結果는 Table 11과 같다.

14. 소나무屬材의 못뽑기抵抗은 徑斷方向이 11 ~ 14 kg/cm 觸斷方向이 13 ~ 16 kg/cm 橫斷方向이 9 ~ 11 kg/cm로 樹種間에 큰 差가 없었으며 斷面別로는 觸斷方向이 가장 크고 徑斷面, 橫斷面の 順이며 一般的으로 比重이 큰 樹種일수록 못뽑기抵抗은 컸다.

試驗結果는 Table 12와 같다.

15. 소나무屬材의 木材組成成分은 灰分이 0.22 ~ 0.44

%, 冷水抽出物이 0.41 ~ 4.20%, 温水抽出物이 1.64 ~ 5.10%, 塩基抽出物 13.36 ~ 20.28%, 有機溶劑抽出物이 2.97 ~ 5.94%, ホルモ셀룰로오스가 72.6 ~ 78.5%, 리그닌이 27.74 ~ 29.32%, 페트산이 12.29 ~ 19.65% 範圍에 있고 試驗結果는 Table 13 과 같다.

Summary

This study was carried out to obtain the data on anatomical, physical, mechanical and chemical properties of *Pinus* 5 species for reasonable utilization. From the results of these tests, several conclusions can be drawn as follows

1. The average width of annual ring range is from about 2.6 to 3.0mm. The variation of annual ring width with height in a tree decrease slightly from the bottom level of the trunk to top level. These results are given in the Figure 2.
2. The width of sapwood ranges from about 2.3 to 7.3cm sapwood proportion range from about 28 to 72%. As general rule, the variation of sapwood width height in a tree decrease gradually from the bottom level of the trunk to the top level. These results are given in the Table 2.
3. Tracheid length ranges from about 2.52 to 2.97mm. Tracheid width ranges from about 20 to 30 micron. Radial variation of tracheid length and of tracheid width in wood at one level in the trunk increase considerably from pith to outer. Variation of tracheid length with height in a tree decreases from the bottom level of the trunk to the top level. These results are given in the Figure from 4 to 5.
4. Moisture content in the freshly cut condition range from 84 to 99%. Variations of moisture content with height in a tree decrease from the bottom level of the trunk to the top level. These results are given in the Figure 6.
5. Specific gravities in the green condition range from 0.68 to 0.76, specific gravities in the air dry condition range from 0.45 to 0.49, specific gravities in oven dry condition range from 0.43 to 0.49. These results are given in the Table 3.
6. Tangential shrinkages from the green to the oven dry condition show from 7.41 to 9.11%. Radial shrinkages from the green to the oven dry conditions range from 0.31 to 0.33%. Unit shrinkages range from 0.27 to 0.34% in the radial direction and 0.01 to 0.02% in the longitudinal direction. The ratio of tangential shrinkage to radial shrinkage appear from 1.48 to 2.63. In general, the degree of shrinkage is proportional to the specific gravity of wood. These result are given in the Table 4.
7. Absorption of vapour range from 0.008 to 0.010 g/cm² in the radial face and range from 0.009 to 0.012g/cm² in the tangential face and range from 0.026 to 0.332 g/cm² in the cross face. These results are given in the Table 5.
8. Compressive strengths paralleled to the grain range from 425 to 504kg/cm², compressive strength perpendicular to the grain range from 33 to 47kg/cm², partial compressive strengths range from 67 to 92kg/cm². In general, the greater the specific gravity of pinus, the greater its strength. These results are given in the Table 6
9. Bending strength ranges from 747 to 994kg/cm². These results are given in the table 7.
10. Shear strengths range from 96 to 139kg/cm² in the radial face, and range from 94 to 132kg/cm² in the tangential face. These results are given in the Table 8.
11. Cleavages range from 18 to 29kg/cm² in the radial direction and range from 18 to 28kg/cm² in the tangential direction. These results are given in the Table 9.
12. Tensile strength paralleled to the grain range from 788 to 1139kg/cm², tensile strengths perpendicular to the grain range from 31 to 47. These results are given in the Table 10.
13. Impact bending absorbed energy ranges from 0.37 to 0.68kg. m/cm². These results are given in the Table 11.
14. Nail withdrawal range from 11 to 14kg/cm in the radial face and range from 13 to 16kg/cm in the tangential face and range from 9 to 11kg/cm in the longitudinal face. These results are given in the Table 12.
15. In the chemical compositions of Genus pinus, ash

contents are ranged from 0.22 to 0.44%, cold-water extractives 0.41 to 4.20%, hot-water extractives 1.64 to 5.10%, 1%-NaOH extractives 13.36 to 20.28% alcohol-benzene extractives 2.97 to 5.94%. Contents of holocellulose are 72.6 to 78.5%, lignin 27.74 to 29.32% & pentosan 12.29 to 19.65%. These results are given in the Table 13.

參 考 文 獻

1. Benson, H.P. 1957. Growth and Specific Gravity Responses in a Thinned Red Pine Plantation. *J. Forestry* 55 (7) 152
2. Horioka, A. 1954. Research for the Improvement of Wood (1st Report); Study on Properties of Wood with Special Reference to its Improvement. *Bull. Gov. For. Exp. Sta. No. 68* : 15-66
3. Jackson, L.W.R. 1959. Loblolly Pine Tracheid Length in Relation to Position in Tree. *J. Forestry* 57 (5) 366-367
4. Kaburagi, J., T. Haishi and T. Nakano. 1968. The Properties of the Important Japanese Woods Physical Properties (I). *Bull. Gov. For. Exp. Sta. No. 260* : 1-47
5. Kaburagi, J., T. Haishi and T. Nakano. 1968. The Properties of the Important Japanese Woods, Physical Properties (II). *Bull. Gov. For. Exp. Sta. No. 216*: 47-73
6. P. Koch. 1972. Utilization of the Southern Pines. *USDA. For. Serv. Agri. Handbook No. 420. Vol. 1*: 235-390
7. Kennedy, E.I. 1965. Strength and Related Properties of Wood Grown in Canada. *Can. Dep. For. Rural Develop. Pub. 51. Ottawa*
8. Mark Wardt, L. J. and T.R.C. Willson. 1935. *Strength and Related Properties of Wood. USDA. Tech. Bull. 479, Table I. (Waangard, E. F. 1950. The Mechanical Properties of Wood. John Wiley & Sons. Inc. New York, Chopman & Hall, Ltd. London; 377)*
9. Nakamura, G., T. Aoyama and M. Saito. 1956. Research Material Some Experiments on Nail Withdrawal Resistance in Wood. *Bull. Gov. For. Exp. Sta. No. 90*: 237-279
10. Saucier, J.R. 1972. Wood Specific Gravity of Eleven Species of Pine. *For. Prod J.* 22 (3) 32-33
11. Sigeo, I., H. Hirokazu and K. Nobutaka. 1965. Physical and Mechanical of Poplar. *Hokkaido For. Prod. Research Institute. 14 No. 160*
12. Yamabayashi, N. 1937. Identification of Korean Wood. *For. Exp. Report No. 7*: 443
13. 權寧大, 權純模 1959; 木材試驗에 관한 研究(I). 林業試驗場 研究報告 第7號 : 1~24.
14. 權寧大, 權純模 1959; 木材試驗에 관한 研究(II). 林業試驗場 研究報告 第8號 : 28~62.
15. 李弼宇 1965; 赤松材의 吸濕과 膨脹性에 關하여. 林學, 第5號
16. 李弼宇 1967; 韓國産 소나무類의 木材解剖學的 性質과 其 識別에 關한 研究. *Bull. Seoul National University Forests* : 1~11.
17. 李弼宇 1968; 韓國産 針葉樹種의 假導管長의 變異에 關하여. *서울대학교 農科大學 演習林報告 第5號* : 73~82.
18. 李弼宇 1972; 리기다소나무의 木材解剖學的 및 物理的 性質에 關한 研究. *韓國林學會誌. No. 16* : 33~62.
19. 鄭大成 1965; 韓國産 重要木材의 識別(I). *忠北林學會誌* : 11~26.
20. 鄭大成 1966; 韓國産 重要木材의 識別(II). *忠北林學會誌* : 21~36. ■