

잣나무의材質에 關한 研究(第Ⅲ報)*¹

— 一年輪幅과 秋材率 —

李 元 用*²

Studies on Wood Quality of *Pinus koraiensis*

Sieb. et Zucc. (III)*¹

— On Annual Ring Width and Summer Wood Percentage —

Won Yong Lee*²

In the present paper I described the results of the observations made on the visual characteristics such as the annual ring width and summerwood percentage of *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. grown at our university forest. The results of the study are as follows:

Characteristics of annual ring width and summerwood percentage

1. The range of dispersion of annual ring width and summerwood percentage are respectively 0.5-6.5mm and 5--50% on the normal wood and its arithmetic mean values are each 3.0mm and 24% on all sample trees.
2. The values of annual ring width of heart wood are larger than that of sapwood but on the contrary the values of summerwood percentage of heartwood are smaller than that of sapwood. On the other hand variations of these values are distinguished on the heartwood.
3. The values of annual ring width due to the parts of stem with crown, with clear length and at bottom showed that the largest values are given at the parts of stem with crown. But on the contrary the summerwood percentage values are largest at the parts of stem at bottom on all sample trees.
4. The values of annual ring width and summerwood percentage depending on the stand sides are not obvious.

Horizontal and vertical variations of annual ring width and summerwood percentage

5. It was recognized that horizontal (radial direction) variations of annual ring width and summerwood percentage indicated two different patterns (the region of large fluctuation and that of small fluctuation) in a tree stem. These boundaries are seemed to appear at the parts of 12-15 annual rings from pith.
6. According to the increase of height in tree the values of annual ring width increase but the values of summerwood percentage gradually decrease.

*¹ Received for publication in December 1, 1974. Report(II): See this Journal No. 17. 1973.

*² 江原大學, 春川 Kang Won National University, Chunchon

7. But vertical variations of annual ring width and summerwood percentage on the sapwood are divided into two different parts (region of increased or decreased upwards and that of remained constant in successive height) in a tree stem and these limits are seemed to appear at the 7 m of height in trees.

Relations between annual ring width and summerwood percentage

8. The modes of summerwood percentage related with annual ring width are seemed to appear almost in the definite range (10-25 %).
9. The relations between annual ring width and summerwood percentage show a highly negative correlation on all sample trees.

갓나무造林木의 年輪構成(年輪幅과 秋材率)에 關하여 調査한바 年輪幅은 邊材部에서 좁고 心材部에서 넓으나 秋材率은 그 分布가 反對이며 또한 年輪幅의 크기는 樹幹中에서 樹冠部>枝下部>地際部の 傾向을 보이고 있는데 反하여 秋材率은 地際部>枝下部>樹冠部の 關係를 가지고 있고 또한 年輪幅과 秋材率은 깊은 階級에서는 그 變異가 심하여 材質이 比較的 不安定하나 髓心으로부터 約 12-15年輪以後의 材部에서는 그 變異가 적어 材質이 安定되어 있다. 한편 邊材部에서의 年輪幅과 秋材率은 地上高의 增加에 따라 거의 一定不變한 安定된 領域과 增減되는 두 領域으로 區分되며 그 限界가 되는 地上高는 約 7m이다. 年輪幅과 秋材率사이에는 負의 相關이 있다.

緒 言

우리들이 木材를 使用할때 材質이 좋든가 또는 나쁘든가라는 말을 흔히 쓰게 된다. 이때 材質이라고 하는 말은 그 意味하는 範圍가 대단히 넓다. 例를 들면 構築用材等에 있어서는 그 材木의 強度의 性質이나 耐久性等이 主로 문제가 될 것이며 工作材로 使用될 때는 그 加工性이나 乾燥에 依한 割裂性 등이 문제가 되며 또한 pulp 用材로 使用될 때는 纖維의 길이나 特性이 문제가 될 것이다. 따라서 各各의 用途에 對하여 性能이 優秀한것이 그 用途에 가장 適合한것이므로 材質이라고 하는 말은 各各의 用途에 對한 材料의 實用的性能을 意味하게 된다. 따라서 材質이라고 하는 말이 意味하는 內容은 대단히 넓다.

이와같이 材質이 木材의 用途에 對한 實用的인 性能을 表示하는 것이라면 그 材質을 나타내는 指標로서는 여러 種類를 들 수 있다. 即 樹幹의 形態나 構造의 性質, 節枝性, 年輪幅, 秋材率, 比重, 容積密度數, 收縮率, 纖維傾斜度, 纖維長, 또는 그 外에 強度의 性質等을 들 수 있으며 또한 材料以前의 問題로서는 木材의 產地에 對한 品質上의 特徵을 들 수 있다. 따라서 어떤 用途에 對한 材料를 實用性能上의 意味에서 볼 때 어떠한 材質指標이 依하여 材質을 表示할 것인가 檢討할 必要가 있다.

이와같은 材質指標에 關하여는 過去에 많은 研究가

集積되어 있으나 아직 系統的으로 確立되어 있지는 않으며 특히 우리나라產의 材質에 對한 研究는 別로 없는 것 같다. 筆者는 前報에서 우리나라의 固有樹種이고 經濟的樹種인 갓나무造林木에 對하여 樹幹의 外形의 特徵과¹⁵⁾ 構造의 特徵¹⁶⁾을 調査하였으나 앞으로 갓나무造林木의 材質의 變動과 이것을 支配하고있는 立木의 成長條件間의 法則性을 把握하고 그 結果를 利用하여 材質分類와 品質表示를 하기爲한 方法을 體系化하며 나아가 樹幹內에서의 材質指標值의 變動方法에 依하여 成熟材와 未成熟材等을 區分하고자 本研究에서는 主로 年輪構成(年輪幅과 秋材率)에 關하여 調査檢討하였다.

앞으로 이와같은 木材材料에 關한 研究가 進行되어 材質指標值에 依하여 木材의 性能이 充分히 表示되어야 할 것으로 생각된다.

調 查 方 法

1. 林地의 概況

本研究를 實施하기 爲하여 採取된 供試木의 林地는 本大學演習林 6林班(江原道 洪川郡 北方面 北方里)의 人工造林에 依하여 生育한 樹齡 37-40年生의 갓나무造林地이다. 本林地의 蓄積은 ha當 約 200m³以上이며 間伐을 通하여 適當한 울폐도를 가지고 있고 또한 種子採取로 因하여 立木의 梢頭部가 切斷된 곳이 많은 林分이다. 基岩은 大概 花崗片麻岩系에 屬하며 風化에 依하여 良好한 林地가 形成되어 있고 比較的 排水가 良好

하여 森林造成에 適合한 林地이다.

調査地의 地形은 約 30°의 傾斜를 이루고 있는 東南向으로서 伐採當時의 ha當의 立木本數는 約 1,400本程度였다. 이 林分은 標高가 約 380m程度로서 週期的으로 撫育間伐을 實施하고있고 보통 ha當 3,000本程度 植栽된 林分이다.

II. 供試木

위와같은 잣나무 造林木의 單純同齡林內에서 林木生長이 優秀한 優勢木 10本 準優勢木 10本 그리고 生長

이 比較的 不良한 劣勢木 8本 計 28本을 選定伐採하였다. 伐採된 供試木은 樹幹의 外形의 特徵을 調査한 다음 地上高 0.2m 1.2m 3.2m……以下 2m 間격으로 鋸斷하고 各部位에서 樹幹의 아래쪽으로 두께 3cm 윗쪽으로 두께 2cm의 圓板을 採取하였다. 두께 3cm의 圓板은 年輪幅과 秋材幅을 測定하는데 使用하였고 (2cm의 圓板은 앞으로 物理的性質을 測定하는데 使用함) 各供試木마다 樹幹析解를 實施하였다. 이 供試木의 概要는 Table 1과 같다.

Table 1. Sample trees

Sample trees	D. B. H. (cm)	Height in tree (m)	Clear length (m)	Percentage of clear length (%)	Degree of full body	Number of sample trees
Dominant tree	20.4—28.5	15.0—17.9	6.5—8.9	43.3—55.6	57—82	10
Mean	24.9	16.2	8.0	49.0	66	
Intermediate tree	16.6—19.4	11.5—15.4	5.6—10.2	43.3—65.8	63—93	10
Mean	18.6	14.1	7.5	52.6	76	
Codominant tree	12.8—16.8	10.9—14.2	4.5—9.4	22.9—72.2	68—96	8
Mean	15.6	12.7	6.7	53.0	82	

III. 年輪幅과 秋材率의 測定

1. 年輪幅

供試木의 各地上高에서 採取된 圓板을 깨끗하게 鉋削하고 樹幹의 東西南北의 4개의 半徑方向(立木이 生育하고있는 傾斜面의 산윗쪽方向을 R₁方向 산아랫쪽方向을 R₂方向 그리고 산윗쪽方向에對한 오른쪽方向을 R₃方向 왼쪽方向을 R₄方向으로 定함)으로 測定基準線을 設定하고 Comparator(讀取顯微鏡: 精度 1/100mm)를 使用하여 各年輪의 境界와 春秋材와의 境界를 連續的으로 測定하였다. 1年輪內에서 春材와 秋材와의 境界를 識別하는 여러方法이 있으나^{2,3,11)} 本研究에서는 이들의 定義를 따르지않고 色相의 差異에따라 主觀的으로 定하였으며 methylen blue와 malacheite green의 알콜混合液으로 供試片을 染色하여 그色相의 變化를 보다 明確하게 하였다.

2. 秋材率

秋材率의 測定은 1年輪內에서의 年輪幅과 秋材幅과의 比에 依하지않고 1年輪上에서의 年輪面積에對한 秋材面積과의 比에 依하여 算定하였다. 即 지금 圓板의 外側에서 n번째年輪의 外側境界까지의 半徑을 r_n, 그 年輪內의 春秋材境界까지의 半徑을 r_{n'}라하면 그 年輪의

秋材面積은 $\pi(r_n^2 - r_{n'}^2)$ 이며 또한 그안쪽 年輪(外側에서 n+1번째)의 外境까지의 半徑을 r_{n+1}이라하면 n번째의 年輪面積은 $\pi(r_n^2 - r_{n+1}^2)$ 이다. 따라서 그 年輪中에 있어서의 秋材率 S는 다음式으로 計算하였다.

$$S(\%) = \frac{r_n^2 - r_{n'}^2}{r_n^2 - r_{n+1}^2} \times 100$$

調査結果 및 考察

I. 年輪幅의 變異

1. 年輪幅의 出現狀態

各供試木의 圓板에서 測定된 年輪幅의 測定値에 對하여 0.5mm範圍로 集計하여 各供試木에 나타나는 年輪幅의 出現數를 求하고 統計的 여러數値를 計算한 結果는 Table 2와 같다. 이 結果에 依하면 全供試木의 平均年輪幅은 約 3.0mm程度를 나타내고있으며 生長이 良好한 優勢木은 3.8mm로서 比較的 넓고 生長不良한 劣勢木에서는 그 幅이 좁게 出現되고있다. 그러나 이 程度의 平均年輪幅을 나타내는것은 잣나무造林木이 建築用構造材나 木造船用材로 使用되는데도 適當하다고 생각된다.

다음 全供試木에 對하여 年輪幅의 出現度數分布曲線

Table 2. Statistical values of annual-ring width

Sample trees	Number of measurements	Mean (mm)	Max. (mm)	Min. (mm)	Standard deviation (mm)	Mode (mm)	Coefficient of variation
Dominant tree	7148	3.780±0.039	12.8	0.4	1.631	2.75	0.4315
Intermediate tree	6980	2.804±0.028	10.5	0.3	1.171	2.25	0.4176
Codominant tree	5776	2.431±0.014	9.8	0.1	1.299	1.75	0.5343
Total	19904	3.043±0.037	12.8	0.1	1.754	2.25	0.5764

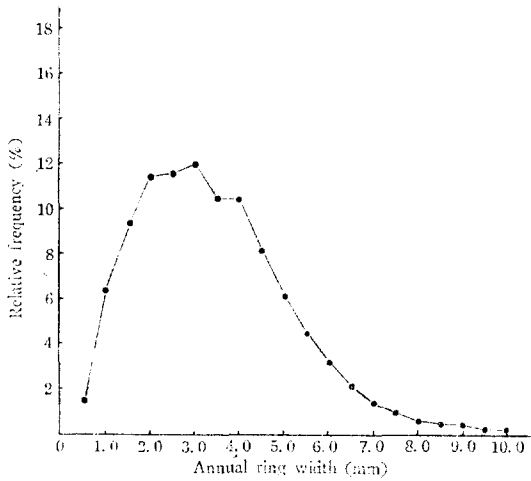


Fig. 1. Frequency diagram of annual ring width on all sample trees

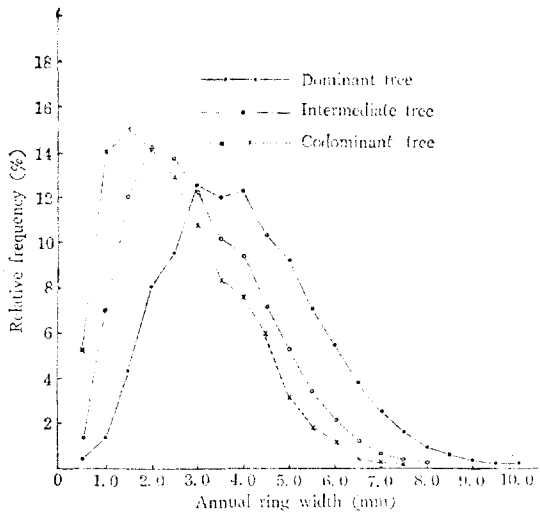


Fig. 2. Difference of frequency diagram of annual ring width on dominant, intermediate and codominant trees

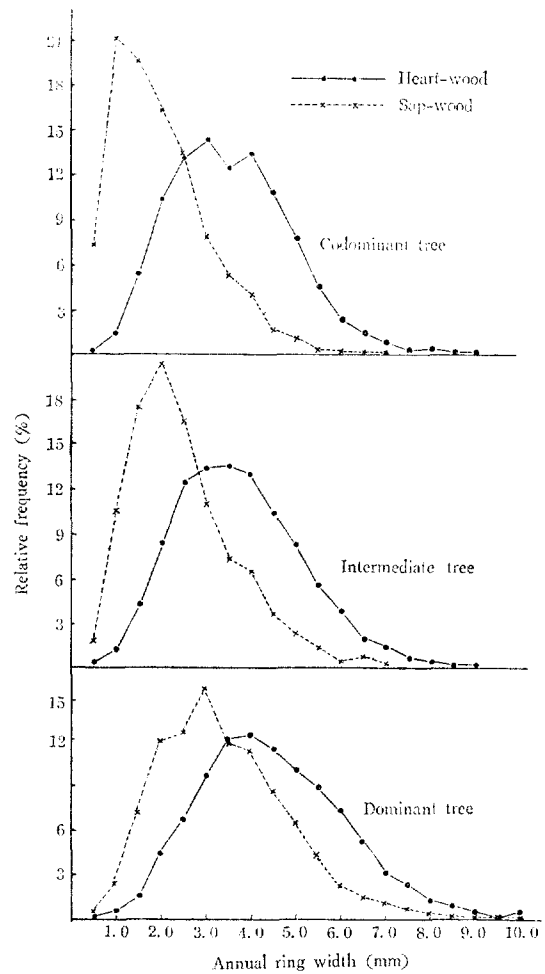


Fig. 3. Difference of frequency diagram of annual ring width between sap and heart wood

Table 3. Average values of annual ring width at sap- and heartwood

Sample trees	Sap- or heartwood	Number of measurements	Mean (mm)	Standard deviation (mm)	Coefficient of variation
Dominant tree	Sap-wood	3164	3.180±0.050	1.435	0.4513
	Heartwood	3984	4.244±0.049	1.596	0.3760
Intermediate tree	Sap-wood	3638	2.230±0.045	1.274	0.5713
	Heart-wood	3342	3.431±0.047	1.394	0.4062
Codominant tree	Sap-wood	3246	1.746±0.037	1.079	0.6181
	Heart-wood	2530	3.304±0.051	1.318	0.3989

Table 4. Comparative values of average annual ring width of sap- and heartwood

Sample trees	Sapwood	Heartwood
Dominant tree	100	134
Intermediate tree	100	159
Codominant tree	100	189

을 整理한 結果는 Fig. 1과 같다. 이 結果에 依하면 年輪幅의 全分散域은 0.5—11.0mm의 넓은 範圍에 達하고 있으나 年輪幅 6.5mm 以上の것은 總測定值의 約 10%以下에 不過하며 더욱이 이 範圍의것은 偏心生長이나 缺點이 있을 때 測定된 것이 많음으로 正常狀態에서의 年輪幅의 分散은 0.5—6.5mm로* 생각되고 있다.

그러나 年輪幅의 出現度數分布曲線을 立木의 生長別로 區分하여 整理하면 Fig. 2와 같다. 이 結果를 관찰하면 優勢木의 年輪幅의 mode는 3.0—4.0mm의 範圍이며 거의 正規分布를 나타내고있고 그 分散域도 比較的 넓게 分布되고있으나 年輪幅 1.0—8.0mm의 範圍가 全體出現數의 95%以上을 찾아하고 있다. 이에 反하여 準優勢木에서는 약간 左偏되어있고 그 mode는 2.0mm 程度이며 劣勢木에서는 그 出現度數分布曲線이 더욱 左偏되어있다.

한편 樹幹의 生長過程에 있어서 그 生理的機能을 달리하는 邊材部分과 心材部分으로 區分하여 正常材에 있어서의 平均年輪幅의 統計的數值를 나타낸 結果는 Table 3 및 Table 4와 같다. Table 3에 依하면 어느 供試木에서나 心材部의 年輪幅이 邊材部의 年輪幅보다 一般적으로 넓다. 또한 各供試木에서의 邊材部의 標準偏差는 모두 心材部의 그것보다 적은 點으로보아 邊材部의 年輪幅은 比較的 狹小하지만 大體적으로 均一하며 安定狀態를 이루고있으나 心材部의 年輪幅은 그 變異가 심하여 材質이 매우 不安定한것으로 생각되고 있

다. 또한 Table 4에 依하면 兩材部에서의 年輪幅의 差異는 대단히 크며 生長이 不良한 劣勢木일수록 그 差異는 더욱 顯著하게 나타나고 있다.

다음 年輪幅의 度數分布曲線을 心邊材別로 區分하여 綜合하면 Fig. 3과 같이 어느 供試木에서나 心材部의 度數分布曲線은 正規分布에 가깝지만 邊材部는 立木生長이 不良한 劣勢木일수록 左偏되는 傾向을 보여주고 있다. 한편 本研究과 同一한 林分에서 生育한 낙엽송材의 年輪幅에서도 一般적으로 心材部>邊材部의 關係를 찾아고있으나 그 差異는 樹高가 增加함에 따라 減少되는 傾向을 보여주고 있었다.¹⁴⁾

樹幹內에서의 地上高의 變化에 依한 年輪幅의 變動을 觀察하기 爲하여 그 樹幹의 外形의 形態에 依해 地際의 部分(地上高 0—1m)과 枝下의 部分(2—7m) 및 樹冠의 部分(8—13m)의 3개의 材部로 區分(편의상 地際材 枝下材 및 樹冠材라 한다) 하여 그 統計的數值를 綜合한 結果는 Table 5와 같다. 이 結果에 依하면 樹幹의 地上高가 낮은 地際部分의 年輪幅이 比較的 좁고 地上高가 增加함에 따라 넓어지는 傾向 即 어느 供試木에서나 樹冠材>枝下材>地際材의 關係를 보이고있다. 또한 이 3部分의 材部別年輪幅의 比較度數分布曲線은 Fig. 4와 같이 어느 供試木에서나 大體적으로 樹冠材는 正規分布에 가깝고 枝下材와 地際材는 左偏되는 傾向을 보이고있으나 劣勢木에 있어서는 枝下材와 地際材와의 比較度數分布는 매우 接近되고있다.

Table 5. Statistical values of annual ring width at parts of stem on sample trees

Sample trees	parts of stem	Number of measurements	Mean (mm)	Mode (mm)	Standard Deviation (mm)	Coefficient of variation
Dominant tree	At bottom	2528	3.523±0.065	3.0	1.654	0.4693
	With clear length	2888	3.707±0.061	3.5	1.661	0.4485
	With crown	1732	4.249±0.070	4.0	1.486	0.3495
Intermediate tree	At bottom	2744	2.586±0.052	2.0	1.382	0.5343
	With clear length	3004	2.810±0.052	2.5	1.465	0.5214
	With crown	1232	3.332±0.076	3.0	1.343	0.4036
Codominant tree	At bottom	2400	2.279±0.060	1.5	1.501	0.6585
	With clear length	2560	2.414±0.054	2.0	1.406	0.5826
	With crown	816	2.851±0.080	3.0	1.116	0.4182

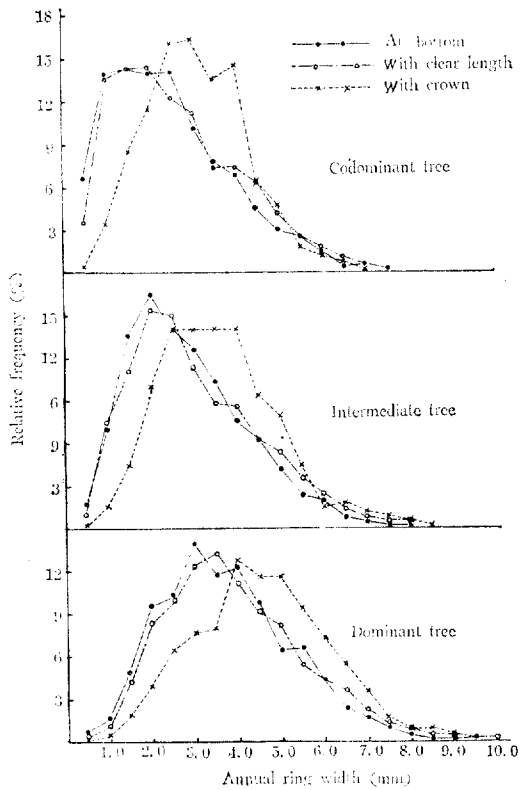


Fig. 4. Difference of frequency diagram of annual ring width on parts of stem with crown, with clear length and at bottom

다음 立木이 生育하고 있는 樹幹의 4개의 半徑方向 (R_1, R_2, R_3, R_4 方向)에 따르는 年輪幅의 出現狀況을

調査整理한 結果는 Table 6 및 Fig. 5와 같다. 이 結果에 依하면 R_2 方向의 平均年輪幅이 약간 넓고 其他의

Table 6. Statistical values of annual ring width at stand side on sample trees

Stand side	Number of measurements	Mode (mm)	Mean (mm)	Standard deviation (mm)	Coefficient of variation
R ₁	4976	2.5	2.92±0.048	1.62	0.5547
R ₂	4976	2.5	3.28±0.043	1.46	0.4451
R ₃	4976	3.0	2.96±0.048	1.64	0.5540
R ₄	4976	2.5	2.99±0.048	1.62	0.5418

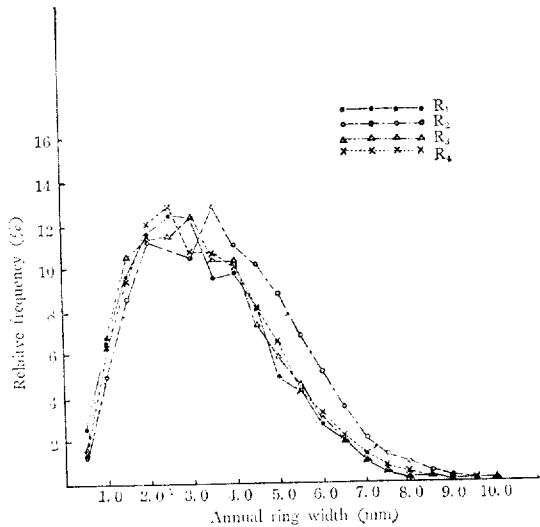


Fig. 5. Difference of frequency diagram of annual ring width among standsides

方向에서는 거의 同一年輪幅을 나타내고있는데 이것은 前報¹⁶⁾의 잣나무樹幹의 偏心率는 地上高가 낮은 部分에서는 多少 R₂方向으로 偏倚된 結果와 一致되고 있다. 또한 樹幹方位別 比較度數分布는 Fig. 5와 같이 거의 接近되고있어 樹幹方位別 差異를 찾아볼수 없다.

2. 年輪幅의 水平方向의 變動

年輪幅이 樹幹의 水平方向에 따라 變化하는 모양을 考察하기爲하여 各供試木에 對해 令階別(髓心에서 樹皮方向)로 各測定值를 綜合한 結果는 Fig. 6과 같다. 이 調査結果에 依하면 年輪幅은 髓心に 가까운 젊은 令階에서는 그 測定值가 比較的 크며 髓心으로부터의 年輪數 5—7年일때 最高에 達하고 12—15年輪까지는 점차 減少되다가 그以後부터는 比較的 一定한 값을 維持하고있다. 다시말하면 年輪幅의 變動이 比較的 顯著한 不安定한 領域과 그 變動이 거의없는 安定된 領域으로 區分되는데 그 限界가 되는곳은 約 髓心으로부터 12—15年輪되는 部分이다. 이와같은 結果는 前述한바와 같

이 心材部의 年輪幅은 比較的 넓지만 不安定한데 反하여 邊材部의 年輪幅은 一般的으로 狹小하나 均一하고 安定된 狀態를 이루고있는 結果와 一致되고있다. 또한 年輪幅과 秋材幅은 測定할때 젊은 令階(髓心으로부터 15—20年輪까지)에서는 僞年輪이나 compression wood와 같은 異狀組織의 出現이 빈번한데 反하여 樹皮에 가까운 外周部에서는 그들의 出現이 매우 적게 나타나고 있다.

그러나 地上高가 增加함에 따라 安定된 部分의 年輪幅과 不安定한 部分의 年輪幅의 境界가되는 部分은 地上高 5.2m까지는 比較的 뚜렷이 나타나고있지만 그 以上の 地上高에서는 그 限界를 거의 찾아볼 수 없으며 모두 不安定한 狀態를 이루고있다.

다음에 年輪幅의 水平方向의 變動을 樹幹의 方位別로 區分하여 整理한 結果는 Fig. 7과 같다. 이 結果에 依하면 前述한바와 같이 髓心に 가까운 젊은 令階에서의 年輪幅은 比較的 넓으나 髓心으로부터의 年輪數가 어느 限度에 達하면 年輪幅은 거의 一定하게된다. 다시 말하면 髓心에서 樹皮方向으로 進行됨에 따라 年輪幅은 어느 限度에서 最高에 達하며 그後 점차 減少하다가 約 15年輪頃부터는 變動이 거의 一定하게되어 安定된 狀態를 이루고있다. 그러나 樹幹의 方位에 依한 差異는 찾아볼수없이 接近되고있다. 또한 地上高가 增加함에 따라 그 限界가되는 年輪數는 不明하게되며 地上高 約 7.0m부터는 거의 모두 不安定한 狀態를 이루고 있다.

3. 年輪幅의 垂直方向의 變動

年輪幅이 樹幹內에서 地上高의 變化에 따라 어떻게 變하는가를 考察하기爲하여 0.5 mm範圍로 各供試木에 對하여 立木生長別로 綜合한 結果는 Fig. 8과 같다. 이 結果에 依하면 各供試木 모두가 地上高가 增加함에 따라 平均年輪幅도 增加되는 比例의인 關係를 나타내고 있다. 그러나 이와같은 傾向은 地上高가 낮은 部分에서 보다 地上高가 높은 곳에서 더욱 뚜렷한 傾向을 보이고 있는것 같다. 한편 YAZAWA等¹⁾에 依하면 人工植栽한

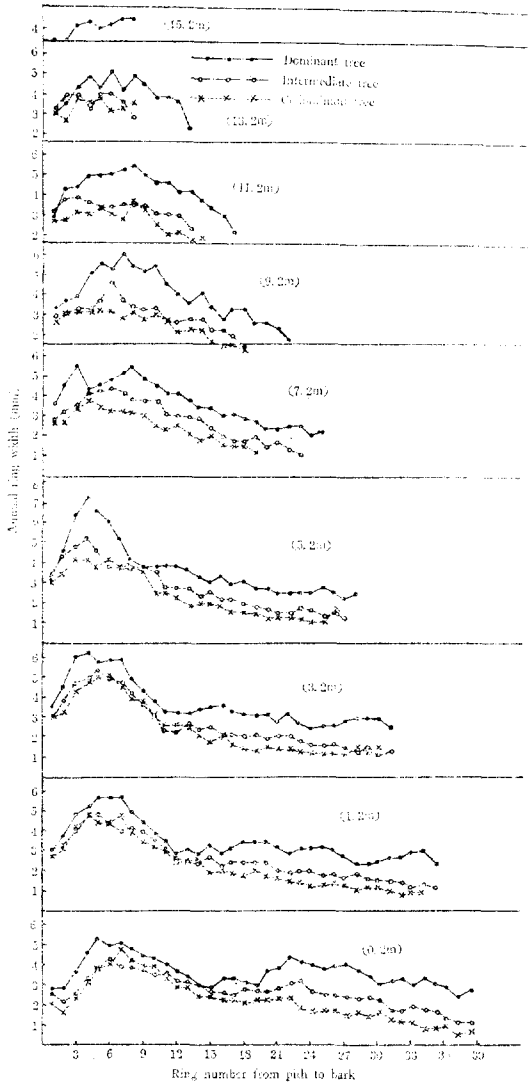


Fig. 6. Pattern of variation of annual ring width on radial direction classified by dominant, intermediate and codominant trees. The lengths in () are height of sample from ground

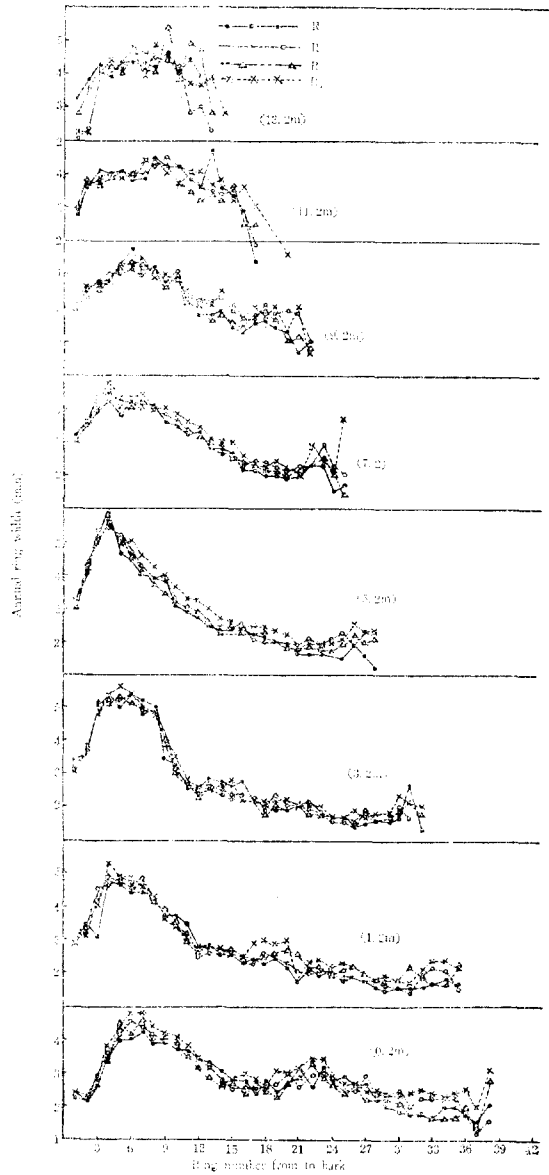


Fig. 7. Pattern of variation of annual ring width on radial direction classified by stand sides. The length in () are height of sample from ground

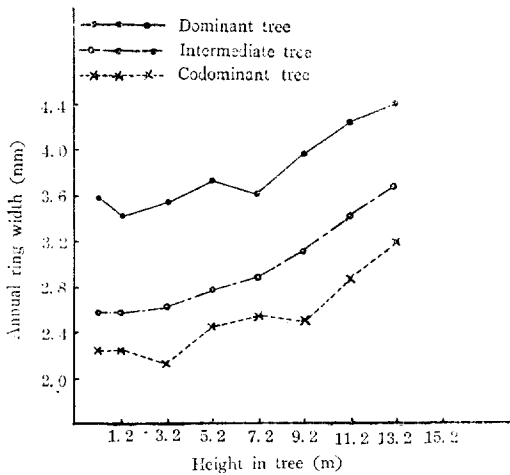


Fig. 8. Relation between annual ring width and height in tree classified by dominant, intermediate and codominant trees

삼나무에 對해 調査한結果 年輪幅은 地上高의 增加에 따라 增加하는 경우와 減少되는 경우가 있는데 이것은 立木의 生育의 良否와는 關係가 없는것 같다고 報告하고 있다. 筆者도 낙엽송材의 年輪幅에 對해 調査한바에 依하면¹⁴⁾ 地上高의 增加에 따라 年輪幅은 점차 減少되

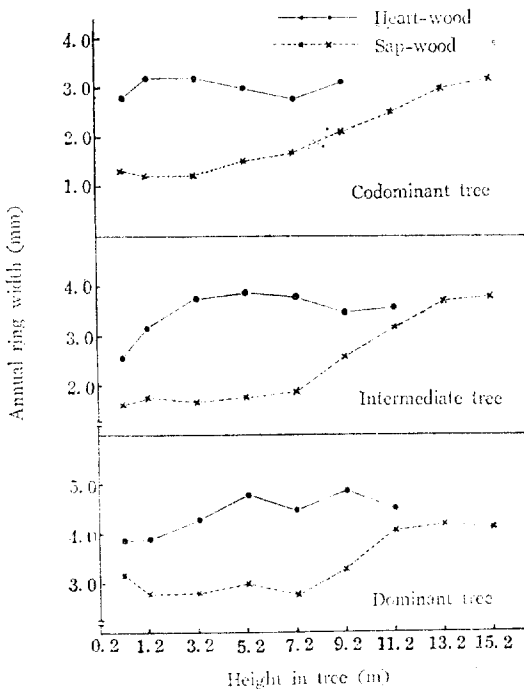


Fig. 9. Relation between annual ring width and height in tree classified by sap- and heartwood

는 傾向이 있었다. 그러나 本研究의 供試木에 있어서는 前述한바와 같이 正의 相關이 認定되어 그 相關係數를 求하여 본 結果는 다음과 같다.

優勢木 $r=0.937$ (總測定數: 7148)

準優勢木 $r=0.937$ (總測定數: 6980)

劣勢木 $r=0.910$ (總測定數: 5776)

다음 年輪幅의 垂直變動을 心邊材別로 區分하여 整理한 結果는 Fig. 9와 같다. 이것에 依하면 一般的으로 邊材部에서는 地上高의 增加에도 不拘하고 一定한 地上高(約 7.0m)까지는 年輪幅은 增加되지않고 거의 一定한 傾向을 維持하고 있으며 그 以上에서부터는 地上高의 增加에 따라 年輪幅은 顯著하게 增加되고 있다. 다시 말하면 邊材部의 年輪幅은 地上高의 增加에 따라 變化가 거의 없는 一定한 安定된 領域과 增加되는 領域으로 區分할수있으며 그 限界가 되는 地上高는 約 7.0m程度이다. 그러나 心材部에서도 地上高의 增加에 따라 年輪幅은 多少 增加되고 있으나 邊材部에서와 같은 傾向은 뚜렷하지 못하다. 또한 모든 供試木에 있어 地上高가 增加할수록 邊材部와 心材部와의 年輪幅의 差異가 減少되어 거의 接近되고 있다. 그러나 大體의 으로는 地上高와 年輪幅 사이에 相關이 認定되어 그 相關係數를 計算한 結果는 다음과 같다.

邊材部 $r=0.823$ (總測定數: 10029)

心材部 $r=0.912$ (總測定數: 9868)

다시 이關係를 더 詳細히 檢討하기 爲하여 各供試木마다 樹幹의 外側으로부터 5年輪級(以下 年輪階라 한다) 區分하여 年輪幅의 垂直方向의 變動을 調査한것은 Fig. 10과 같다. 이것을 考察하면 역시 地上高의 增加에 따라 年輪幅의 變化가 거의 없는 安定된 一定한 領域과 增加되는 領域으로 區分할수 있는데 그 限界가 되는 地上高는 樹幹의 가장 外側部分인 1-5年輪階에서는 約 9m, 6-10年輪階와 11-15年輪階에서는 約 7m, 16-20年輪階에서는 5m로 나타나고 있으며 그 以上の 年輪階에서는 확실하지가 않다.

또한 年輪幅의 垂直的變動을 樹幹의 方位別로 整理하면 Fig. 11과 같이 樹幹의 모든 方位에서 地上高가 增加하면 年輪幅은 거의 一定하게 增加되고 있으며 樹幹方位別 年輪幅의 差異는 거의 찾아볼 수 없다. 또한 相關係數를 計算한 結果는 다음과 같다.

R_1 方向 $r=0.982$ (總測定數: 4974)

R_2 方向 $r=0.932$ (總測定數: 4974)

R_3 方向 $r=0.925$ (總測定數: 4974)

R_4 方向 $r=0.924$ (總測定數: 4974)

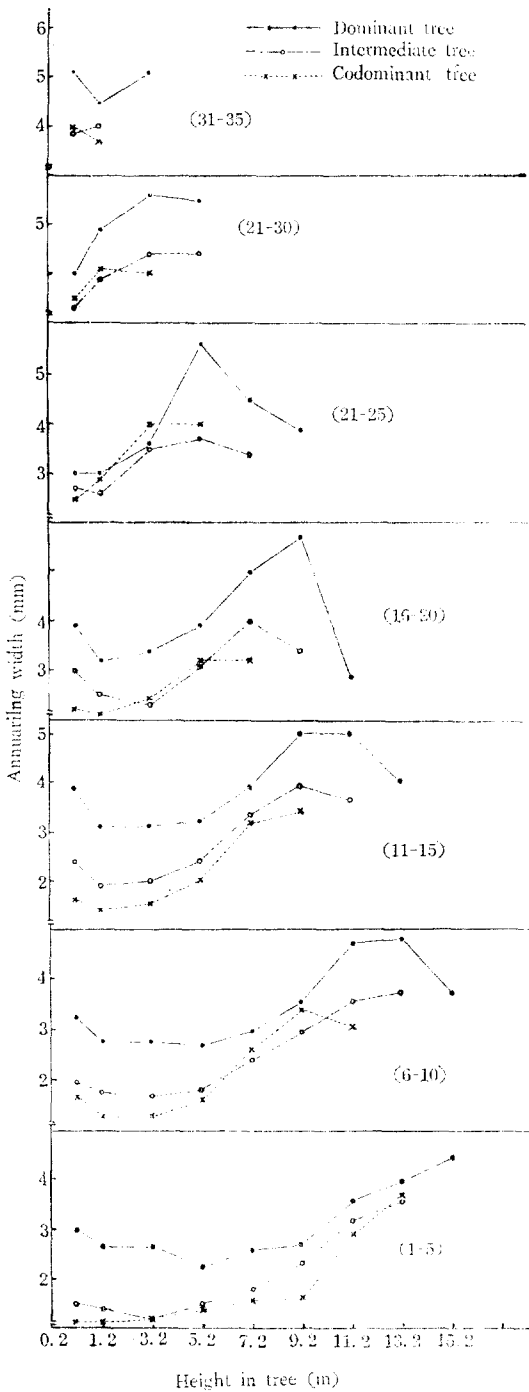


Fig. 10. Relation between annual ring width and height in tree classified by ring number from bark. Numbers in () indicate the ring number from bark

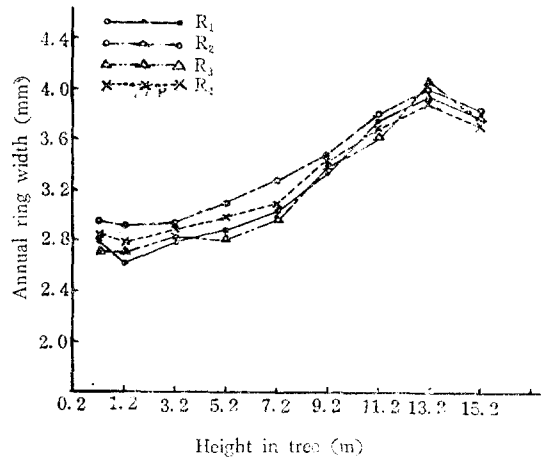


Fig. 11. Relation between annual ring width and height in tree classified by stand side

II. 秋材率의 變異

1. 秋材率의 出現狀態

各圓板에서 測定된 秋材率을 5%範圍로 集計하여 그 出現數를 求하고 統計的 數值를 計算한것은 Table 7과 같다. 이結果에 依하면 平均秋材率은 優勢木 22% 準優勢木 24% 劣勢木 26%로서 平均 26%이며 立木成長이 劣勢한 것일수록 그 測定値는 크다. 이結果를 本研究와 同一한 林分에서 生育한 낙엽송材의 秋材率 32%와 比較하면¹⁴⁾ 잣나무造林木의 秋材率은 比較的 적은 편이다.

이와같은 秋材率의 값은 針葉樹材의 年輪幅이 좁은 範圍에서는 秋材率이 커지며 年輪幅이 넓은 範圍에서는 秋材率의 出現은 적어지는 傾向이 있는것으로 해석되고 있다.

다음 全供試木에 對한 秋材率의 出現度數分布曲線은 Fig. 12와 같이 그 全分散域은 5-85%에 達하고있으나 秋材率 55%以上의것은 總測定値의 10%以下에 不過하다. 더욱이 이範圍의것은 偏生長이나 缺點이 있을때 測定된것이 많음으로 正常狀態에서의 秋材率의 分散은 5-50%程度로 생각되고 있다.

그러나 秋材率의 出現度數分布曲線을 立木成長別로 區分하여 整理한 結果는 Fig. 13과 같이 大概의경우 年輪幅이 좁은 劣勢木에서는 秋材率의 出現度數分布曲線이 正規分布에 接近되고있으나 年輪幅이 넓은 優勢木에 있어서는 그 出現度數分布曲線이 약간 左偏되는 傾向이 있음을 보여주고있다.

Table 7. Statistical values of summerwood percentage

Sample trees	Number of measurements	Mean (%)	Max. (%)	Min. (%)	Standard deviation (%)	Mode (%)	Coefficient of variation
Dominant tree	7148	22.17±0.298	85	6	11.33	15	0.5110
Intermediate tree	6980	24.37±0.361	87	5	12.94	20	0.5309
Codominant tree	5776	26.14±0.643	90	4	13.35	25	0.5107
Total	19904	24.09±0.420	90	4	12.47	20	0.5176

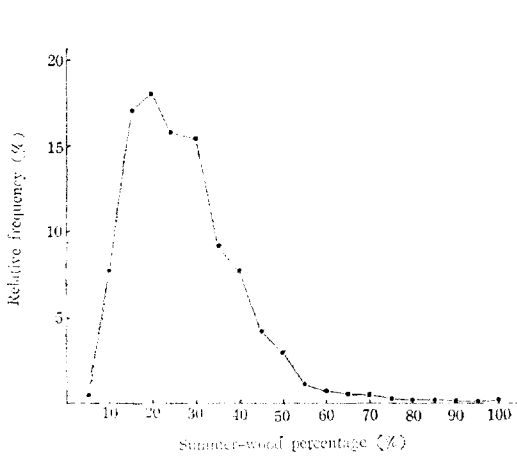


Fig. 12 Frequency diagram of summerwood percentage on all sample trees

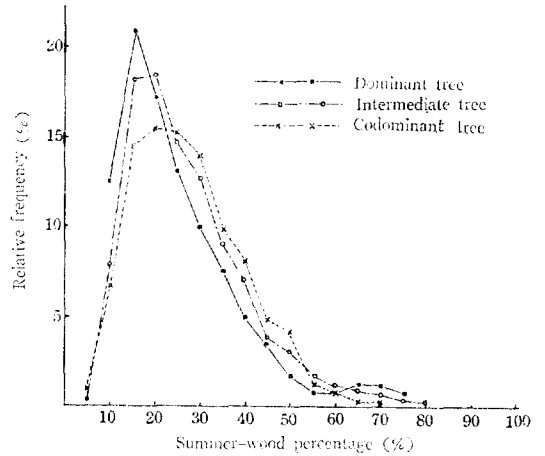


Fig. 13. Difference of frequency diagram of summerwood percentage on dominant, intermediate and codominant trees

Table 8. Average values of summerwood percentage at sapwood and heartwood

Sample trees	Sap-wood or Heart wood	Number of measurements	Mean (%)	Standard deviation (%)	Coefficient of variation
Dominant tree	Sap-wood	3164	27.02±0.387	11.11	0.4111
	Heart-wood	3984	18.33±0.312	10.03	0.5471
Intermediate tree	Sap-wood	3638	29.29±0.361	11.13	0.3799
	Heart-wood	3342	19.01±0.317	9.34	0.4913
Codominant tree	Sap-wood	3246	30.65±0.433	12.56	0.4097
	Heart-wood	2530	20.36±0.384	9.86	0.4842

Table 9. Comparative values of average summerwood percentage of sapwood and heartwood

Sample tree	Heartwood	Sapwood
Dominant tree	100	147
Intermediate tree	100	154
Codominant tree	100	151

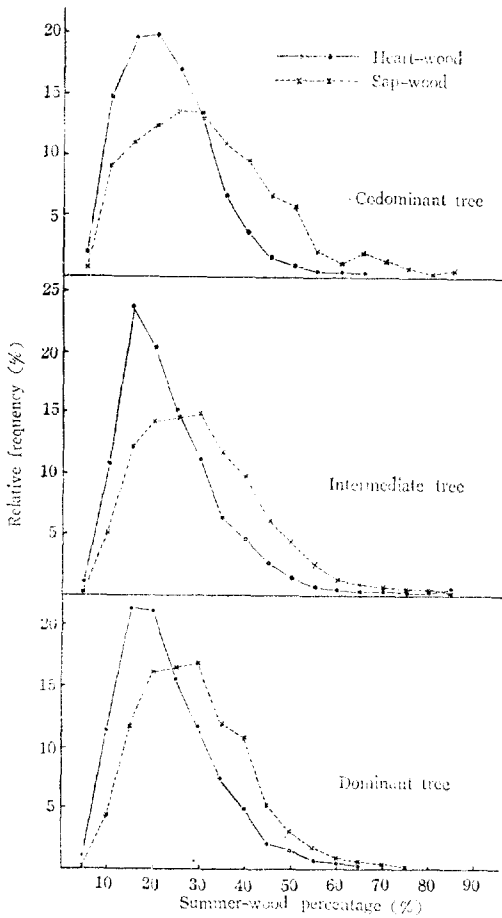


Fig. 14. Difference of frequency diagram of summer wood percentage between sap and heart wood.

樹幹內에서의 生長機能이 다른 邊材部와 心材部로 區分하여 整理한 秋材率의 여러統計的數値는 Table 8 및 Table 9와 같이 어느 供試木에서나 邊材部가 心材部보다 秋材率이 큰 邊材部>心材部의 關係를 找이고 있으며 그러한 傾向은 立木의 生育이 良好한 優勢木에서보다도 劣勢木일수록 더욱 顯著하게 나타나고 있다. 筆者가 調査한 낙엽송材¹⁴⁾에서도 이것과 거의 同一한 傾向이 認定되었다.

또한 邊材材別 秋材率의 出現度數分布曲線은 Fig. 14와 같이 어느 供試木에서나 邊材部는 거의 正規分布를 나타내고 있으나 心材部는 多少 左偏되는 傾向을 보이고 있다.

이와같은 邊材材別 秋材率의 差異는 前報에서¹⁴⁾ 觀察한 낙엽송材에서도 認定할수가 있었는데 이러한 事

實은 心材 또는 邊材 그自體로서의 屬性으로서의 要因과 成長圓의 曲率도 包含하여 樹體의 生長過程에서 變動할수있는 年輪構成要因等이 混在되어 나타나는 것으로 해석되고있다.

한편 樹幹內에서 秋材率의 出現狀態를 地上高에 依한 3개의 材部로 區分하여 綜合한 統計的數値는 Table 10과 같이 一般의으로 地面에 가까운 地際材部分의 秋材率은 크고 樹冠材에서는 적게 나타나고 있다. 即 어느 供試木에서나 年輪幅의 경우와는 달리 地際材>枝下材>樹冠材의 關係를 나타내고 있다. 또한 3部分의 材部別로 整理한 秋材率의 比較度數分布曲線은 Fig. 15

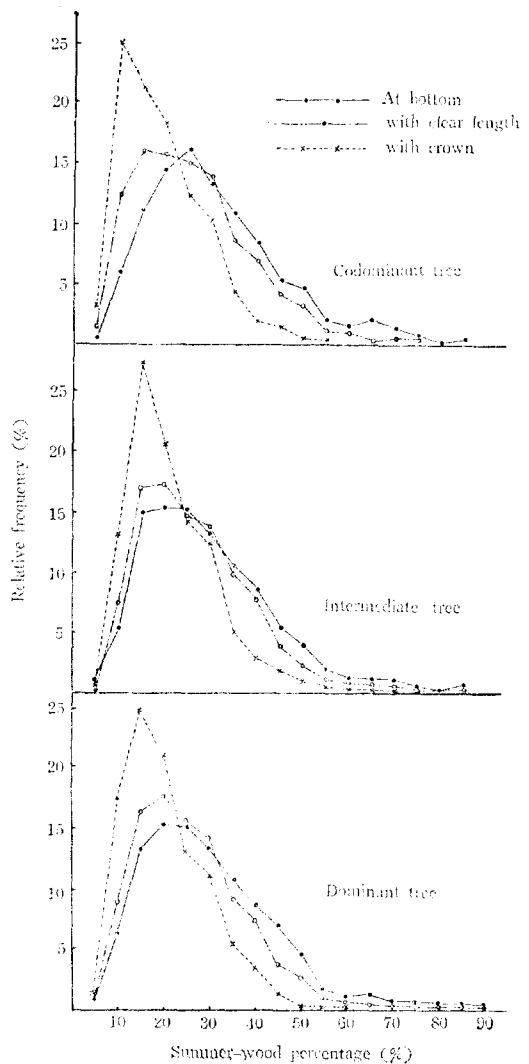


Fig. 15. Difference of frequency diagram of summer-wood percentage on parts of stem with crown, with clear length and at bottom

Table 10. Statistical values of summerwood percentage at parts of stem on sample trees

Sample trees	Parts of stem	Number of measurements	Mean (%)	Standard deviation (%)	Mode (%)	Coefficient of variation
Dominant tree	At bottom	2528	22.76±0.416	12.05	20	0.5249
	With clear length	2888	23.72±0.380	10.41	20	0.4389
	With crown	1732	18.74±0.411	8.72	15	0.4656
Intermediate tree	At bottom	2744	26.84±0.513	13.72	20	0.5112
	With clear length	3004	24.39±0.416	11.61	20	0.4761
	With crown	1232	18.86±0.552	9.89	15	0.5244
Codominant tree	At bottom	2400	29.50±0.553	13.80	25	0.4677
	With clear length	2560	26.34±0.493	12.75	20	0.4840
	With crown	816	18.75±0.657	9.56	15	0.5098

와 같이 一般의 地際材는 正規分布를 하고 있으나 地上高가 높은 樹冠材일수록 左偏되는 傾向을 보여주고 있다. 그러나 그와같은 關係는 劣勢木에서 더욱 確實히 나타나는것 같다.

以上과 같이 年輪幅이나 秋材率의 測定值가 樹幹의 材部(地際材 枝下材 樹冠材)에 따라 差異가 생기는 것은 立木의 生育過程이 다르기 때문이라고 생각되고 있다. 即 一般의 地際材는 異狀材를 많이 含有하고 있고 材質의 不規則한 傾向을 나타내며 枝下材에 해당하는 部分은 樹木의 生長過程에있어 樹冠을 形成하는 枝條가 枯死한 部分을 境界로하여 恒常 樹冠의 아래에서 生産된 部分이며 樹冠材는 언제나 樹冠中에서 生産堆積된 部分으로서 樹木의 生理的인 面으로 보아 合理的인 部分으로 생각된다. 이와 같이 樹木의 生産過程이 다르기때문에 材部에 따라 年輪幅이나 秋材率이 變動하는 것으로 생각되고있다.

다음에 樹幹의 方位別 秋材率의 平均値를 綜合한 것은 Table 11과 같이 方位에 따르는 秋材率의 變異가 거의 없으며 또한 樹幹의 方位別 出現度數分布曲線은

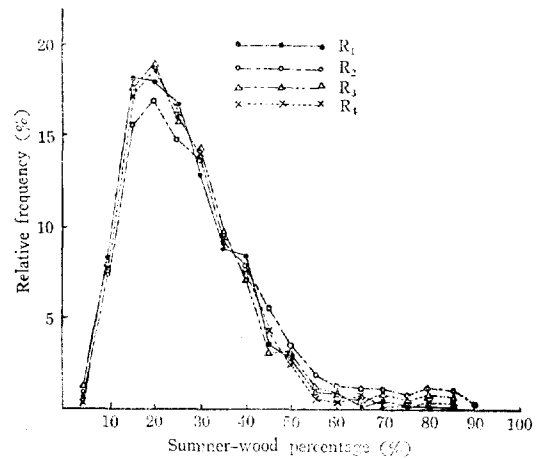


Fig. 16. Difference of frequency diagram of summer wood percentage among stand sides

Table 11. Statistical values of summerwood percentage at stand side on all sample trees

Stand side	Number of measurements	Mode (%)	Mean (%)	Standard deviation (%)	Coefficient of variation
R ₁	4976	20	24.88±0.391	11.91	0.4787
R ₂	4976	20	23.32±0.383	11.82	0.5064
R ₃	4976	20	23.82±0.405	12.32	0.5181
R ₄	4976	20	24.34±0.478	12.16	0.4996

Fig. 16과 같이 거의一致되고 있는것은 年輪幅의 경우와 같다.

2. 秋材率의 水平方向의 變動

秋材率의 水平方向의 變動을 觀察하기 爲하여 各供試木의 測定值를 綜合한 結果는 Fig. 17과 같다. 이 結果에 依하면 一般적으로 젊은 令階(髓心에 가까운 材部)에서는 秋材率의 測定值는 적고 髓心으로부터 12—15年輪까지는 年輪數의 增加에 따라 秋材率도 점차 增加되고 있으나 그 以後부터는 거의 一定한 傾向을 나타내고 있다. 다시 말하면 秋材率의 變動이 比較的 顯著한 不安定한 領域과 秋材率의 變動이 거의 없는 安定된 領域으로 區分할 수가 있는데 그 限界가 되는 곳은 大體로 髓心으로부터 12—15年輪되는 部分이다. 그러나 이와 같은 傾向은 地上高가 7m까지이며 그 以上の 地上高에서는 거의 모두 不安定하여 一定하지가 않다.

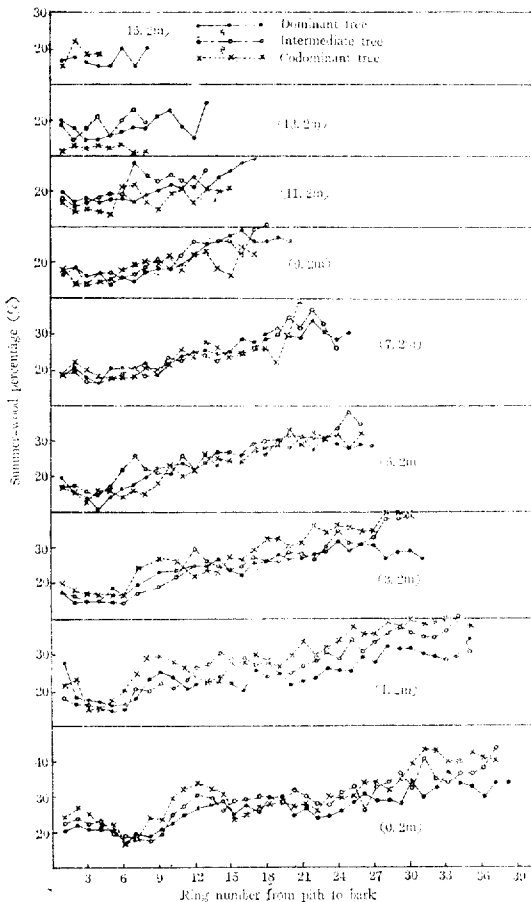


Fig. 17. Pattern of variation of summerwood percentage on radial direction classified by dominant, intermediate and codominant trees

또한 秋材率의 水平方向의 變動을 樹幹의 方位別로 區分하여 보면 Fig. 18과 같이 髓心에 가까운 젊은 令階에서는 秋材率은 比較的 적고 髓心에서 樹皮方向으로 進行함에 따라 어느 限度의 年輪까지는 점차 增加되는 傾向을 보이고 있으나 그 以後의 年輪부터는 거의 一定하여지는 것 같다. 그 限界가 되는 部分은 前述한 것 처럼 髓心으로부터 12—15年輪되는 部分이다. 그러나 樹幹의 方位에 依한 秋材率은 거의 모두 接近되고 있어 그 差異를 찾아보기 어렵다.

以上の 試驗結果와 같이 年輪幅이나 秋材率이 髓心에 가까운 젊은 令階에서는 그 變異가 심하며 12—15年輪以後의 材部에서는 그 變異가 적고 材質指標值가 安定

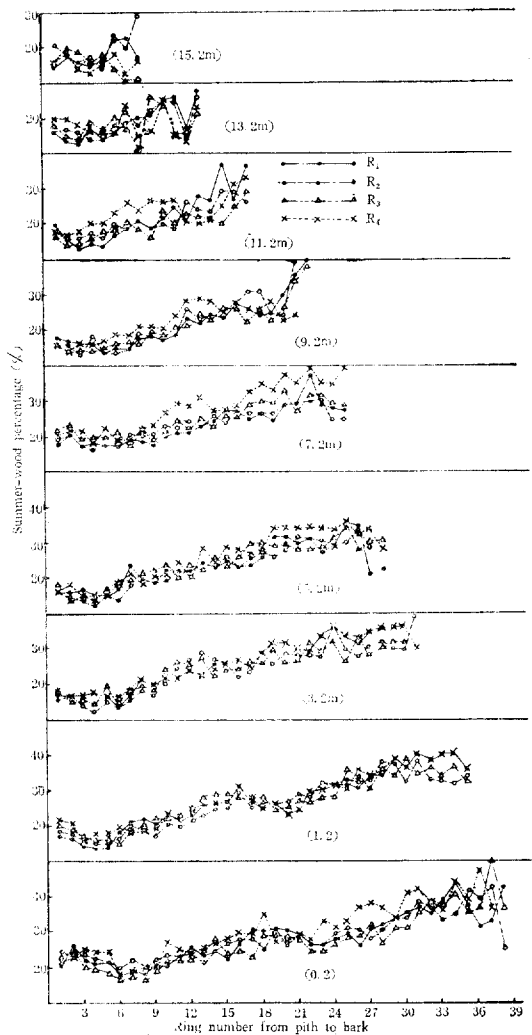


Fig. 18. Pattern of variation of summerwood percentage on radial direction classified by stand sides

되어있는것은 樹木의 生長過程이 다르기때문이라 생각 된다. 即 普通 針葉樹의 造林地에서는 下枝部分에 陽光이 不足하여 枯死하기 시작하는 때는 枝條가 發生하여 10-15年 以後이므로 이때 形成된 材部는 地上高에 있어서의 年輪數가 約 10-15年以內의 材部에 해당 된다. 또한 이때는 形成層의 젊은 始原細胞에서 分裂하는 細胞는 普通의 細胞構造와 比較하여 대단히 다르기 때문이다. 따라서 이때의 材部를 未成熟材라 부르고 12-15年輪以後의 安定된 材部를 成熟材라 부르기도 한다.

3. 秋材率의 垂直方向의 變動

秋材率의 垂直方向의 變動(地上高에 依한 秋材率의 變動)을 立木生長別로 區分하여 綜合한 結果는 Fig. 19와 같이 거의 모든 供試木에서 地上高가 增加함에 따라 平均秋材率은 점진적으로 減少되고있다. 筆者가 낙

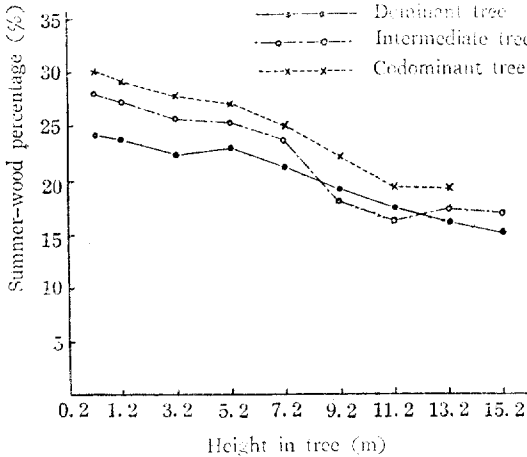


Fig. 19. Relation between summerwood percentage and height in tree classified by dominant, intermediate and codominant trees

엽송材의 秋材率을 調査할바에 依하면¹⁴⁾ 地上高의 增加에 따라 秋材率은 減少되고 있었으며 YAZAWA에 依하면¹⁾ 年輪幅이나 秋材率은 地上高의 增加에 依하여 增大되는 立木과 減少되는 立木이 있다. 한편 FUKAZAWA에 依하면⁵⁾ 地上高에 依한 秋材率의 變動은 供試木에 依하여 增減의 傾向이 一定하지는 않다. 그러나 本研究의 갯나무造林木에 對하여는 反比例의인 關係가 있으며 그 相關係數는 計算하여본 結果 다음의 負의 相關이 있었다.

優勢木 $r = -0.916$ (總測定數 : 7148)

準優勢木 $r = -0.934$ (總測定數 : 6980)

劣勢木 $r = -0.973$ (總測定數 : 5776)

또한 秋材率의 垂直方向의 變動을 心邊材別로 區分

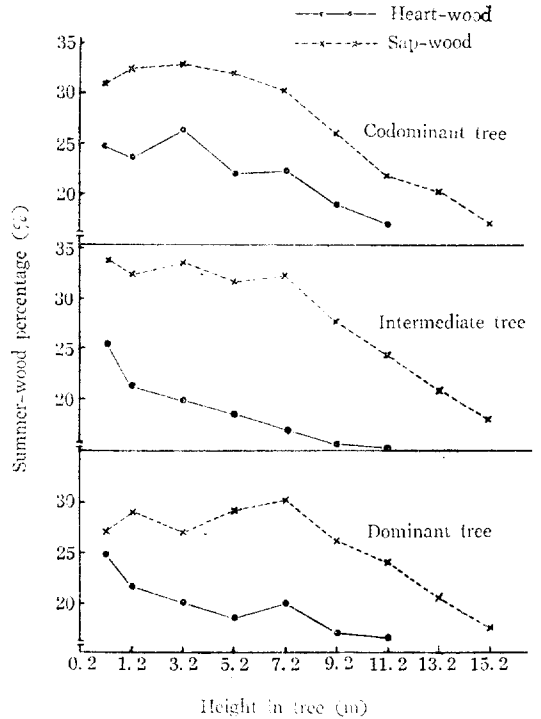


Fig. 20. Relation between summerwood percentage and height in tree classified by sap- and heart-wood

하여 보면 Fig. 20과 같이 心材部와 邊材部에서 모두 地上高가 增加하면 秋材率은 점차 減少되고있다. 그러나 邊材部에서는 地上高 約 7m까지는 地上高의 增加에도 不拘하고 거의 變化없이 安定狀態를 이루고있으나 그 以上の 地上高부터는 減少되는 傾向이 뚜렷하다. 다시말하면 年輪幅의 경우와같이 邊材部의 秋材率의 變動은 安定되어 있는 領域과 減少되는 領域으로 區分할수 있으며 그 限界가 되는 地上高는 約 7m程度이다. 그러나 心材部에서는 이러한 傾向은 찾아볼수가 없고 그대로 漸進적으로 減少되고있다. 또한 地上高가 增加하면 兩材部에서의 秋材率의 差異는 減少되고 있다. 한편 地上高와 秋材率과의 相關係數는 다음과 같다.

心材 $r = -0.940$ (總測定數 : 9868)

邊材 $r = -0.815$ (總測定數 : 10039)

다시 이 關係를 더 詳細히 檢討하기 爲하여 樹幹의 外側으로부터 5年輪씩 區分하여 集計한 秋材率의 垂直的 變動曲線은 Fig. 21과 같다. 이 結果에 依하면 地上高의 增加에 따라 秋材率은 漸次 減少되는 領域과 거의 一定不變한 領域으로 區分할수 있는데 그 限界가 되는 地上高는 樹幹의 外側으로부터 1-5年輪階 및 6-10年의

輪階에서는 約 7m, 11--15年輪階와 16--20年輪階에서는 約 5m로 나타나고있으며 그 이상의 年輪階에서는 確實하지 못하다. 即 樹皮部에서 髓心으로 向함에따라 그 限界가되는 地上高는 減少되고있다. 이러한 傾向은 年輪幅의 變動에서도 認定할 수가 있었는데 모두 樹幹

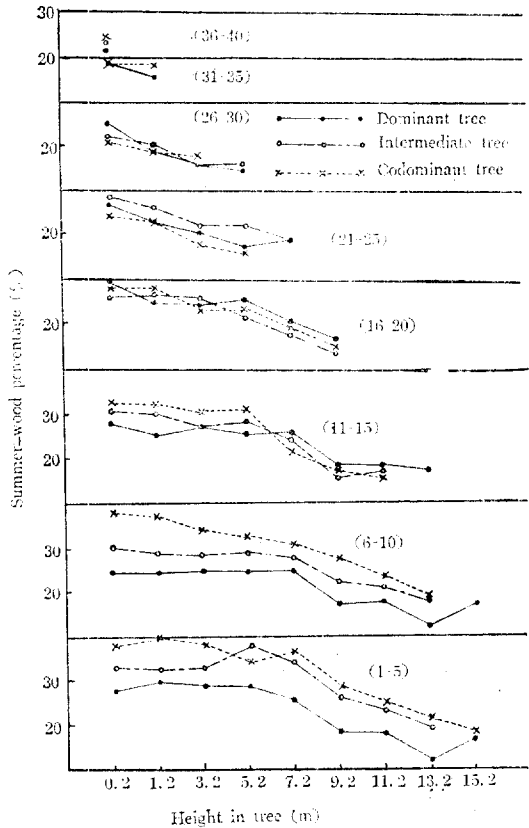


Fig. 21. Relation between summerwood percentage and height in tree classified by ring number from bark. () : Ring number from bark

生長過程의 差異에서 基因되는 것으로 생각되고 있다.

樹幹의 方位에 依한 秋材率의 垂直方向의 變動을 集計하여보면 Fig. 22와 같이 地上高가 增加하면 秋材率은 모두 減少되고 있으며 樹幹의 方位에 依한 差異는 매우 적으며 거의 一致되고 있다. 相關係數는 다음과 같다.

R_1 方向 $r = -0.978$ (總測定數 : 4974)

R_2 方向 $r = -0.884$ (總測定數 : 4974)

R_3 方向 $r = -0.969$ (總測定數 : 4974)

R_4 方向 $r = -0.848$ (總測定數 : 4974)

Ⅲ. 年輪幅과 秋材率과의 關係

年輪幅과 秋材率의 測定値에 對하여 年輪幅은 0.

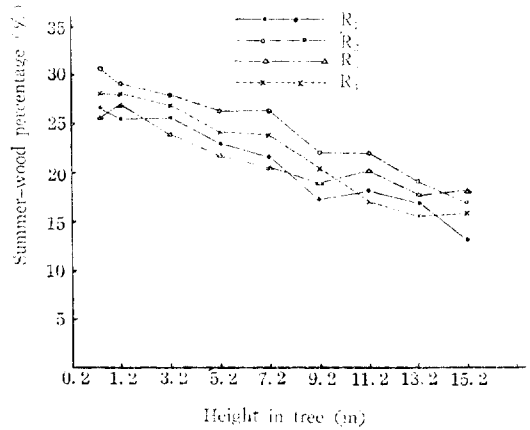


Fig. 22. Relation between summer wood percentage and height in tree classified by stand side

5mm, 秋材率은 5%의 간격으로 그測定値를 整理하여 各年輪幅의 測定値에 對한 秋材率의 度數分布를 集計한 結果는 Table 12와 같다. 이 結果에 依하면 大部分의 年輪幅에서의 秋材率의 mode는 10~25%의 範圍에서 出現되고 있으며 測定된 全年輪幅에 對하여 集計하면 秋材率 10-25%의 mode數는 約 53%에 達하고 있다. 또한 各年輪幅에 對하여 觀察하면 年輪幅 0.0-2.5mm의 範圍에서 秋材率의 mode數는 年輪幅의 增加에 따라 점차 減少되는 傾向을 보이고있다. KANO¹⁰⁾의 日本産 분비나무에 對하여 調査한 結果는 本研究과 잘 一致되고있으며 筆者가 調査한¹⁴⁾ 우리나라産의 낙엽송材의 경우는 秋材率 20-30%의 範圍에서 가장 많이 出現하고 있었다.

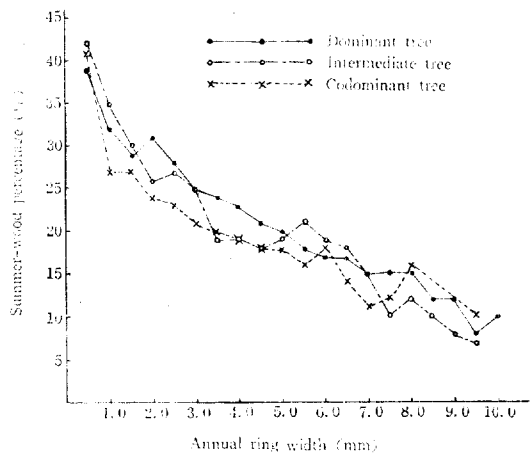


Fig. 23. Relation between annual ring width and summer wood percentage in every sample tree groups.

Table 12. Frequencies on annual ring width and summerwood percentage

Summerwood percentage (%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
Annual ring width (mm)																	
0.5		3	7	27	28	28	61	64	57	53	35	10	6	15	11	18	2
1.0	1	14	37	105	112	97	82	112	78	47	35	11	15	10	5		
1.5	2	13	114	111	142	116	128	128	60	40	12	7	3	8	2		1
2.0	1	66	134	202	190	251	166	142	69	34	20	8	6	4	1	3	5
2.5	2	54	79	165	225	246	138	90	45	17	11	6	2	2	1		3
3.0		78	218	275	241	233	79	80	43	18	8	5	1	6	3	2	2
3.5	1	70	188	234	189	133	80	32	18	18	4	1	1	3	2	1	
4.0	5	92	216	293	211	145	65	32	20	7	6	3	2	4			2
4.5	2	67	200	205	117	73	34	20	6	6	5	3	2	1	2		3
5.0	4	68	218	142	119	59	25	17	12	6	2	1			1		4
5.5		56	136	87	59	34	15	10	7	3	1	1	1	3			
6.0	1	64	121	75	45	15	11	4	3	2	1			1	4		
6.5	2	48	74	46	14	11	9	1	2	3	1						
7.0	2	36	55	32	8	9	5		1	1							
7.5		24	21	20	2	3		1	1								
8.0		11	25	7	4	1											
8.5	1	8	7	4	2												
9.0		5	7	1													
9.5		6	5	1													
10.0		7	4														
10.5																	
Ratio to total annual ring width (%)	0.2	7.4	17.5	19.3	16.1	13.7	8.5	6.9	4.0	2.7	1.4	0.7	0.3	0.6	0.4	0.3	0.3

다음 年輪幅의 一定範圍(0.5mm)에 있어서의 秋材率의 測定値를 平均하여 年輪幅에 對한 平均秋材率의 關係를 立木生長別로 區分하여 集計한 結果는 Fig. 23과 같다. 이 結果에 依하면 各供試木마다 年輪幅이 增大함에 따라 秋材率은 低減하는 反比例의인 關係가 認定되고 있으며 特히 年輪幅이 0.5—1.5mm의 範圍에서는 秋材率의 減少가 좀 顯著한것 같다. 이와 같이 年輪幅과 秋材率 사이에는 一般의으로 反比例의인 關係가 있으며^{4), 12), 13)} 筆者가 낙엽송材에 對해 調査한 結果도¹⁴⁾ 이것과 同一한 傾向이 있었다. 다음 各供試木別로 相關係數를 計算하면 다음과 같다.

- 優勢木 $r = -0.976$ (總測定數: 4031)
- 準優勢木 $r = -0.874$ (總測定數: 3511)
- 劣勢木 $r = -0.865$ (總測定數: 3194)

한편 年輪幅과 秋材率과의 關係를 邊材部와 心材部

로 區分하여 綜合한 結果는 Fig. 24와 같이 同一年輪幅에 對한 平均秋材率은 心材部에 比하여 邊材部가 크다. 그러나 兩材部の 秋材率은 共히 年輪幅이 增大됨에 따라 減少되고 있으며 그 相關係數는 다음과 같다.

- 邊材部 $r = -0.888$ (總測定數: 4600)
- 心材部 $r = -0.936$ (總測定數: 6086)

또한 이 關係를 樹幹의 材部別(地際部 枝下部 樹冠部)로 區分하여보면 Fig. 25와 같이 各材部마다 反比例의인 關係는 明確하다. 그러나 材部間의 差異는 地上高가 增加하면 뚜렷하지 못하다. 다음에 相關係數를 計算한다.

- 地際材 $r = -0.958$ (總測定數: 4079)
- 枝下材 $r = -0.957$ (總測定數: 5523)
- 樹冠材 $r = -0.929$ (總測定數: 1134)

또한 이것을 樹幹의 方位別로 區分하여보면 Fig. 26

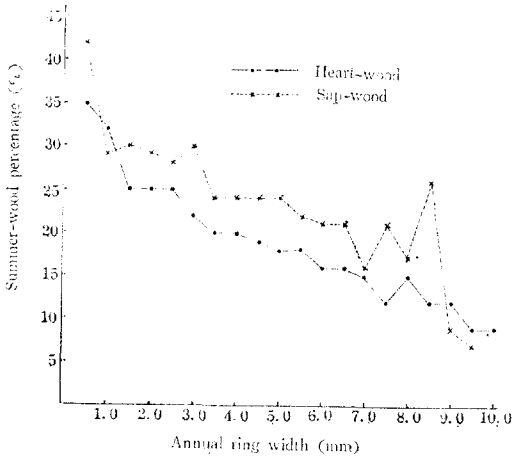


Fig. 24. Relation between annual ring width and summer wood percentage on sap-and heart-wood

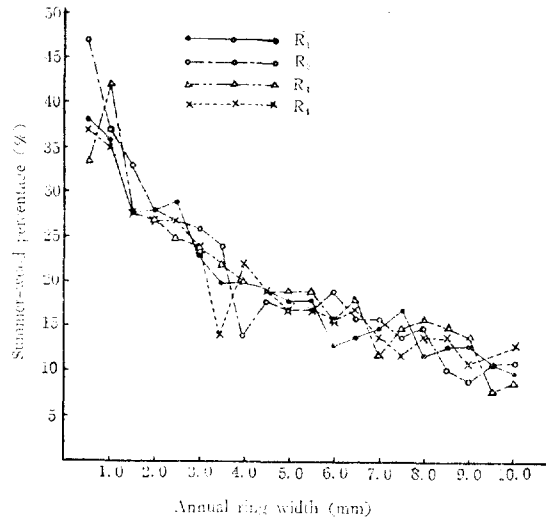


Fig. 26. Relation between annual ring width and summerwood percentage among stand sides

과 같이 樹幹의 方位에 依한 差異는 매우 接近되어 뚜렷하지 않고 年輪幅과 秋材率사이에는 反比例의 인關係가 있다. 相關係數는 다음과 같다.

R_1 方向 $r = -0.928$ (總測定數 : 2686)

R_2 方向 $r = -0.816$ (總測定數 : 2694)

R_3 方向 $r = -0.819$ (總測定數 : 2618)

R_4 方向 $r = -0.845$ (總測定數 : 2765)

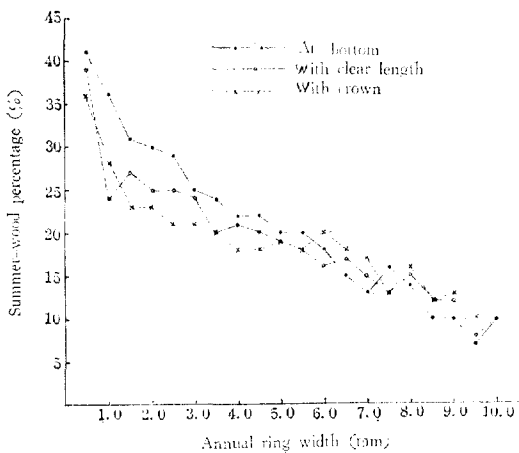


Fig. 25. Relation between annual ring width and summerwood percentage at the parts of stem with crown, with clear length and at bottom

結 論

우리나라의 主要한 造林樹種이고 經濟的樹種의 하나인 잣나무造林木에 對하여 材質을 分類하고 樹幹內에서의 材質指標值의 變動과 그 方法에 依하여 成熟材와 未成熟材等を 區分하기 爲하여 本大學演習林에서 生育한 잣나무造林木을 伐採하여 主로 年輪構成(年輪幅과 秋材率)에 關하여 調査하였으며 그것을 要約하면 다음과 같다.

I. 年輪幅과 秋材率의 出現狀態

1. 正常狀態에서의 年輪幅과 秋材率의 分散은 各各 0.5—6.5mm, 5—50% 程度이며 그 平均年輪幅과 平均秋材率은 各各 3.0mm와 24%이다.

2. 年輪幅은 邊材部에서는 좁고 心材部에서는 넓게 出現되고 있으나 秋材率은 反對로 邊材部에서는 크고 心材部에서는 작게 出現되고있다. 그러나 그 出現狀態는 邊材部에서는 變異가 比較的 적은나 心材部에서는 매우 크다.

3. 年輪幅의 크기는 一般的으로 어느 供試木에서나 樹冠材 > 枝下材 > 地際材의 傾向을 나타내고 있으나 秋材率은 反對로 地際材 > 枝下材 > 樹冠材의 傾向을 보이고 있다.

4. 年輪幅과 秋材率은 樹幹의 方向에 依한 差異는 거의 確實하지가 않다.

II. 年輪幅과 秋材率의 水平方向 및 垂直方向의 變動

5. 年輪幅과 秋材率은 髓心에 가까운 젊은 令階에서는 그 變異가 매우 顯著하여 材質이 比較的 不安定하나 髓心으로부터 約 12—15年輪以後의 材部에서는 그 變異가 매우 적고 材質이 安定되어 있다.

6. 年輪幅은 一般的으로 地上高가 增加함에 따라 增加되고 있으나 秋材率은 점차 減少되고 있다.

7. 그러나 邊材部에서의 年輪幅과 秋材率은 地上高의 增加에 따라 거의 一定不變한 安定된 領域과 增減되는 두 領域으로 區分되며 그 限界가 되는 地上高는 樹皮部에서 髓心에 向함에 따라 점차 減少되고 있으나 約 7.0m程度이다.

III. 年輪幅과 秋材率과의 關係

8. 大部分의 年輪幅에서의 秋材率의 mode는 대개 10 ~ 25%의 範圍에서 出現되고 있다.

9. 一般的으로 年輪幅이 增大되면 秋材率은 점차 減少되는 反比例의인 關係가 있다.

引 用 文 獻

1. Drow J.T. 1957. Relationship of locality and rate of growth to density and strength of Douglas-fir. U.S. Forest Serv., For. Prod. Lab. Rpt. 2078 1-56.
2. Hiroshi Saiki: 1963. Studies on the annual ring structure of coniferous wood. II. Demarcation between earlywood and latewood (1). J. Japan Wood Res. Soc. 9(6): 231-236.
3. Hiroshi Saiki. 1963. Studies on the annual ring structure of coniferous wood. III. Demarcation between earlywood and latewood (2). Jour. Japan Wood Res. Soc. 9(6):237-243.
4. Kamekichi Yazawa, Kazumi Fukazawa and Sadao Umemura. 1957. Studies on the relation between physical properties and growth condition for planted SUGI (*Cryptomeria japonica* D. Don) in central district of Japan. IV. On the width of annual rings and percentage of summerwood. Jour. Japan Wood Res. Soc. 3(3): 91-96.
5. Kazumi Fukazawa. 1967. The variation of wood quality within a tree of *Cryptomeria japonica* D. Don. Characteristics of juvenile and adult wood resulting from various growth condition and genetic factors. Res. Bull. of the Faculty of Agri. GIFU Univ., No. 25. 48-128.
6. Larson P.R.: 1957. Effect of environment on the percentage of summerwood and specific gravity of slash pine. Yale Univ. School For. Bull. 63.
7. Paul B.H.: 1959. The effect of environmental factors on wood quality. U.S. For. Prod. Lab. Report No. 2170.
8. Paul B.H.: 1963. The application of siculture in controlling the specific gravity of wood. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tech. Bull. No. 1288 1-97.
9. Shinji Hirai: 1962. On the growth of forest trees from the view point of wood quality. Jour. Japan Wood Res. Soc. 8(1):1-6.
10. Takeshi Kano: 1953. Forest-biological studies on the wood quality. (Report 5). On the width of annual rings and summer-wood percents of Todo-fir grown at Atsuta district in Hokkaido. Bull. of the Govern. For. Exp. Station. Tokyo, Japan. No. 61: 1-40.
11. Takeshi Kano: 1954. Forest-biological studies on the wood quality. (Report 9). On the construction of the annual rings of Todo-fir (*Abies* SP.) grown at Atsuta district in Hokkaido. Bull. Govern. For. Exp. Station. No. 71: 15-27.
12. Takeshi Kano: 1960. On the wood quality of Sugi (Report 1). Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) grown at Kammabuchi district. Bull. Govern. For. Exp. Station. No. 125: 95-119.
13. Takeshi Kano: 1961. On the wood quality of Sugi. (Report 2). Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) grown at Nishikawa district. Bull. For. Exp. Station. No. 134: 115-139.
14. Lee, Won Yong. 1969. Studies on wood quality of *Larix kaempferi* Sargent. On the width of annual rings and percentage of summer wood. Res. Bull. Chunchon Agr. College. Vol. III. 37-44.
15. Lee, Won Yong. 1970. Studies on wood quality of *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. (Report I). On the external shape and nature of stem. Res. Bull. of Kangwon National Univ. No. 4: 53-57.
16. Lee, Won Yong. 1973. Studies on wood quality of

Pinus koraiensis Sieb. et Zucc. (Report II). On the gross structural features of stem. Jour. Korean For. Soc. No. 17: 17-22.

17. Yandle D.O.: 1956. Statistical evaluation of the effect of age on specific gravity in loblolly pine. U.S. Forest Serv., For. Prod. Lab. Rpt. 2049, 4pp