

針葉樹材의 放射組織에 關한 研究*¹

—放射組織指標値의 相互關連性—

李 元 用*²

Studies on the Wood Rays in Coniferous Woods*¹

— Mutual Relation on the Indicators of Wood Rays in Coniferous Woods —

Weon Yong Lee*²

Abstract

In the present paper I described the relations of wood ray indicators such as ray height, ray width, number of rays per 0.25mm², ray spacing and fusiform ray height on the stem of *Pinus koraiensis* and *Larix leptolepis* grown at the Experiment Forest of Kangweon National University.

The results may be summarized as follows.

1. The number of rays and ray spacing were generally decreased with the increase of ray height on the sample woods.
2. According to the tree species the patterns of variation of ray width with the increase of ray height were different, namely the relation between ray width and ray height showed some positive correlation on *Pinus koraiensis* and negative on *Larix leptolepis*.
3. It was recognized that the variation of fusiform ray height due to the increase of ray height indicated two patterns (the increasing and constant regions) in sample woods. This boundary seemed to appear at six cells of ray height on *Pinus koraiensis* and nine cells on *Larix leptolepis*.
4. The relation between fusiform ray height and number of rays had a negative correlation on *Pinus koraiensis*, but this tendency was not obvious on *Larix leptolepis*. And ray spacing and ray width due to the increase of fusiform ray height were generally decreased.
5. On the whole the values of ray spacing and ray width became gradually larger in proportion to the increase of number of rays.
6. According to the increase of ray spacing the values of ray width also increased gradually. But this tendency was more clear on *Pinus koraiensis* than *larix leptolepis*.

1. 緒 論

針葉樹材의 放射組織은 形成層에 존재하는 放射

組織始原細胞에서 分裂되어 形成된 組織으로서 樹幹內에서 水平方向으로 配列되어 있어 樹木의 放射方向으로 水分 또는 養分을 移動시키거나 貯藏

*1. 接受, 4月7日 Received April 7, 1987.

이 논문은 1986년도 강원대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

*2. 江原大學校 林科大學, College of Forestry, Kangweon National University, Chuncheon, Kangweon Do, Korea.

하는 機能을 가지고 있는 細胞이다. 이러한 針葉樹材의 放射組織은 그 構成比率이 樹種에 따라 많은 差異가 있으나 보통 4~7% 정도이며 木材의 物理的性質과 機械的性質에 많은 영향을 미치고 있다.

이와같이 木材의 放射組織은 放射方向으로 配列되어 있기 때문에 木材의 異方性收縮을 야기시키는 하나의 要因으로도 생각되고 있다. 即, 木材의 放射方向收縮의 放射組織에 의한 制約이 橫斷面에 있어서의 異方性收縮의 主要한 原因이라고 하는 소위 放射組織의 制約作用說과 放射組織의 존재에 의하여 接線方向의 細胞壁의 두께가 增大되어 그 결과 接線方向의 收縮이 增大되어 橫斷面에 있어서의 收縮異方度가 커진다는 見解가 있다.

그래서 中戶는¹⁰⁾ 삼나무, 전나무, 낙엽송의 木口切片을 사용한 實證的檢討를 실시하여 다음과 같이 記述하고 있다.

즉, 纖維組織의 放射方向收縮에 대한 放射組織의 制約作用은 一般的으로 針葉樹材와 같이 放射組織의 構成比率이 10% 이하인 材에서는 放射方向의 收縮에 대한 放射組織의 有意的인 制約은 거의 인정되지 않고 있다. 또한 10~30%의 많은 構成比率을 가지고 있는 闊葉樹材에 있어서도 廣放射組織에는 纖維狀組織과 직접 接續되지 않고 있는 많은 細胞를 含有하고 있기 때문에 放射組織의 構成比率이 크어도 불구하고 그 構成比率과 放射方向의 收縮率 사이에는 有意的인 關係가 인정되지 않고 있다.

이와같이 放射組織의 制約作用은 實存하는 放射組織의 構成比率과는 否定的이지만 放射組織의 존재에 의하여 木材의 接線方向에 있어서의 細胞壁의 두께가 增大되기 때문에 그 결과 接線方向의 收縮이 커져 橫斷面에 있어서의 異方性收縮을 어느 정도 增大시키는 要因이 된다고 생각되고 있다.

또한 放射組織은 外力의 作用에 의하여 應力集中을 받아서 分離面이 形成되어 組織破壞의 要因이 되기도 하며 특히 割裂 剪斷 또는 橫引張應力이 이 영향을 받기 쉬운 것으로 생각되고 있다.

이상과 같이 木材의 放射組織은 木材의 物理的性質이나 機械的性質에 많은 영향을 미치게 하고 있다. 따라서 金⁷⁾은 木材의 合理的인 利用을 도모하기 위하여 우리나라產 主要 針葉樹材인 잣나무와 낙엽송材에 대하여 放射組織의 出現狀態와 樹幹內에서의 水平方向과 垂直方向의 變異, 一年輪內에서의 變異 및 橫斷面에서 放射組織의 밀도와 幅의 變異 등에 대하여 研究調査한 바 있다.

따라서 本研究에서는 위의 研究와 관련하여 우리나라의 主要한 經濟的 造林樹種인 잣나무(*Pinus koraiensis*)와 낙엽송(*Larix leptolepis*) 材에 대하여 材質을 평가하기 위한 基礎資料를 얻기 위하여 本大學 演習林內에서 生育한 造林木을 別채하여 接線斷面에서의 放射組織의 높이와 數 그리고 紡錘狀放射組織의 높이를 測定하고 또한 橫斷面에서의 放射組織의 密度와 幅을 測定하여 이들 放射組織 指標值의 相互間의 關連性을 調査檢討 하였다.

2. 材料 및 方法

2.1 供試木

本研究를 實施하기 위하여 採取된 供試木은 本大學 演習林의 잣나무와 낙엽송의 人工造林地에서 採取하였다. 採取된 供試木은 樹幹의 外形의 特徵을 조사한 다음 地上高 0.2m, 1.2m 그 이후는 2m 간격으로 각 部位에서 5cm 정도의 圓盤을 採取하였다. 供試木의 概要는 Table 1과 같다.

Table 1. Sample trees

Species	Height in tree (m)	D.B.H. (cm)	Tree age (year)	Number of sample trees
<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	16.2	28.5	45	1
<i>Larix leptolepis</i> Gordon	21.2	35.0	52	1

2.2 供試片 및 切片

採取된 圓盤을 깨끗하게 鉋削하고 放射方向으로 1.5cm 정도의 Block을 採取하여 橫斷面에서 관찰하는 放射組織의 密度, 幅의 測定用試片과 接線斷面에서 관찰하는 放射組織의 높이, 數등의 測定用試片을 각각 製作하였다.

製作된 供試片을 물과 glycerine의 混合液으로 煮沸하여 軟化處理한 다음 sliding microtom과 rotary microtom을 사용하여 切片을 만들고 常法에 의하여 檢鏡하였다.

2.3 測定方法

① 放射組織의 높이: 放射組織의 높이는 接線斷面에서 放射組織의 數를 纖維方向으로 算定하여 細胞高로 나타내는 方法과 micrometer로 실제의 높이를 測定하여 나타내는 方法이 있다. 그런데 本研究에서는 接線斷面에서 放射組織柔細胞의 數로 細胞高를 測定하여 放射組織의 높이로 나타내었다.

② 放射組織의 數: 接線斷面에서 檢鏡하면서 0.25mm² 內에 含有되는 放射組織의 數를 算定하였다.

③ 紡錘狀放射組織의 높이: 放射組織의 높이를 測定한 同一의 切片에서 다시 위와 똑같은 方法으로 算定하였다.

④ 放射組織의 密度: 橫斷面에서 年輪方向으로 1mm內에 含有되는 放射組織의 分布數를 放射組織의 密度로 간주하였다.

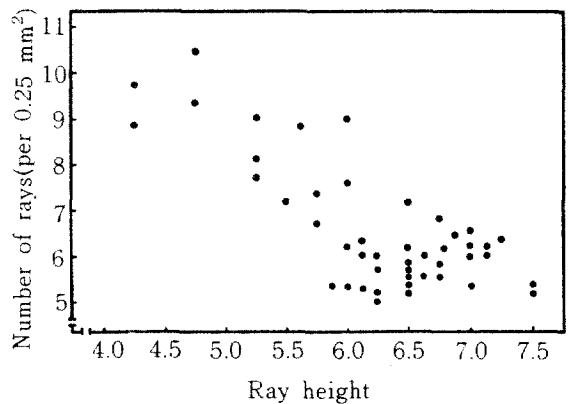
⑤ 放射組織의 幅: 放射組織의 幅은 보통은 接線斷面上에서 측정하고 있으나 本研究에서는 橫斷面上에서의 幅을 측정하였다. 보다 正確性을 도모하기 위하여 早晚材別로 똑같이 年輪界에서 약 3번재의 假導管細胞와 인접하고 있는 放射組織의 幅을 측정하였다.

3. 結果 및 考察

위와 같은 方法으로 잣나무와 낙엽송材의 放射組織의 각종 指標値를 측정하여 그 出現狀態와 放射組織指標値의 相互間의 關連性을 정리한 결과는 다음과 같다.

3.1 放射組織의 높이와 數

放射組織의 높이와 一定範圍에 있어서의 單位面積(0.25mm²)의 放射組織의 數를 平均하여 放射組織 높이에 대한 放射組織 數와의 關係를 集計한 結果는 Fig. 1 및 2와 같다. 이 結果에 의하면 供試木마다 放射組織의 높이가 높아짐에 따라 그 數는 低減되는 傾向이 있으며 특히 放射組織의 높이가 비교적 낮은 範圍에서는 放射組織의 數의 감소가 多少 현저한 傾向을 보이고 있다. 또한 잣나무와 낙엽송材의 樹種間의 變異를 비교하여 보면 잣나무의 경우는 비교적 그 減少가 완만하지만 낙엽송에 있어서는 약간 急進的인 減少의 傾向을 보여주고 있다.



못하였다. (그림 생략).

一般的으로는 放射組織의 높이가 높을수록 單位面積當의 數도 많을것으로 생각되고 있으나 실제의 測定結果는 서로 相反되는 傾向을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이와같은 事實은 放射組織의 높이가 높은 곳의 領域에서는 그 周圍에 높이가 낮은 放射組織이 별로 존재하지 않고 있음을 意味하는 것으로 생각되고 있다.

이와같이 放射組織의 높이와 數사이에는 서로 相反되는 傾向이 있으며 각 供試木別로 相關係數를 求한 結果는 다음과 같다.

잣나무 $r = -0.56$

낙엽송 $r = -0.41$

3.2 放射組織의 높이와 密度

一般的으로 橫斷面에서 接線方向으로 1mm內에 含有되는 放射組織의 數를 放射組織의 分布數 또 密度(ray spacing)라 하는데 放射組織의 높이와 밀도와의 關係를 整理한 結果는 Fig. 3 및 4와 같다. 이 結果에 의하면 供試樹種인 잣나무와 낙엽

송에 있어 모두 放射組織의 높이가 증가함에 따라 放射組織의 分布數인 密度도 점차 減少되는 傾向을 나타내고 있다. 그러나 잣나무의 경우에는 放射組織의 높이가 약 6.0細胞高에 達할때까지는 그 밀도가 漸減되고 있으나 그 以上の 높이에서 부터는 거의 一定한 값을 유지하고 있다. 낙엽송 材에 있어서는 그 分散도가 크며 잣나무 만큼 뚜렷한 傾向을 나타내지 않고 있다.

한편 이러한 關係를 早晚材別로 區分하여 조사하여 보면 잣나무에 있어서는 早材部가 晚材部의 경우보다 放射組織의 높이의 증가에 의한 密도의 減少가 비교적 뚜렷하였으며 낙엽송에 있어서는 早晚材別의 變異의 차이가 없었다.

放射組織의 密도의 出現狀態는 낙엽송材가 잣나무보다 더 치밀하였다.

放射組織의 높이와 밀도와의 關係에 대한 相關係數를 계산한 結果는 다음과 같다.

잣나무 $r = -0.59$

낙엽송 $r = -0.47$

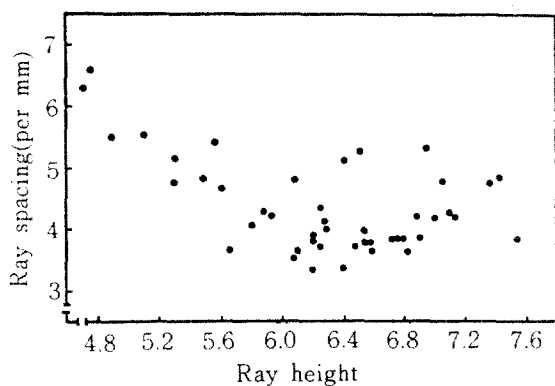


Fig. 3. Relation between ray spacing and ray height on *Pinus koraiensis*.

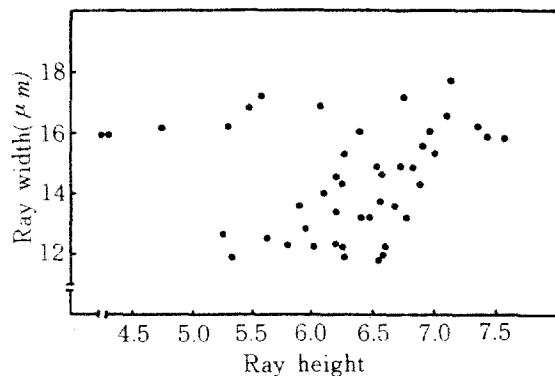


Fig. 5. Relation between ray width and ray height on *Pinus koraiensis*.

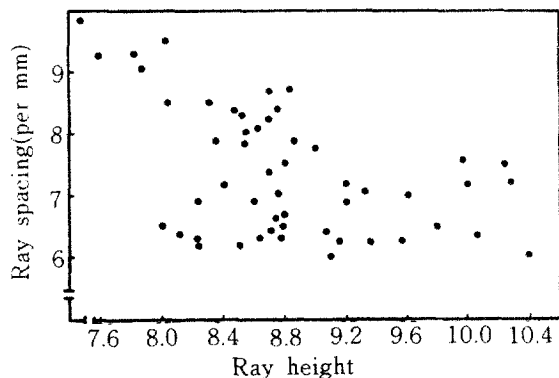


Fig. 4. Relation between ray spacing and ray height on *Larix leptolepis*.

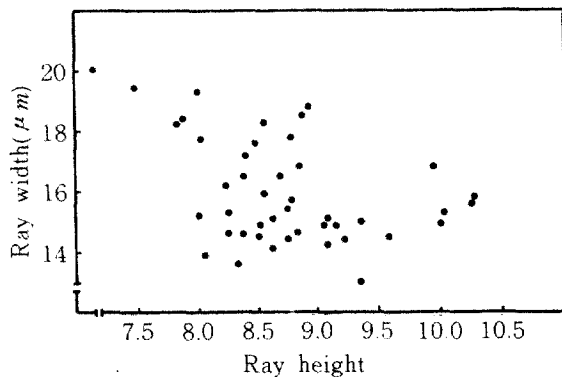


Fig. 6. Relation between ray width and ray height on *Larix leptolepis*.

3.3 放射組織의 높이와 幅

放射組織의 높이에 대한 幅의 관계를 정리한 결과는 Fig. 5 및 6과 같이 잣나무에서는 그 分散度가 현저하므로 一定한 뚜렷한 관계를 찾아보기 어렵다. 그러나 낙엽송재의 있어서는 放射組織의 높이의 증가에 따라 그 幅은 점진적으로 減少되는 傾向을 보이고 있다.

이 兩者의 관계에 대한 相關係數의 결과는 다음과 같다.

잣나무 $r = 0.09$

낙엽송 $r = -0.38$

3.4 放射組織의 높이와 紡錘狀放射組織의 높이

一般的으로 水平樹脂道를 含有하고 있는 放射組織을 紡錘狀放射組織이라 하는데 放射組織(單列)의 높이와 紡錘狀放射組織의 높이와의 관계를 分析한 結果는 Fig. 7 및 8과 같다.

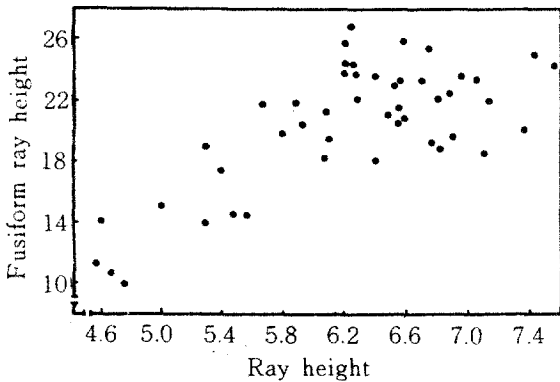


Fig. 7. Relation between fusiform ray and ray height on *Pinus koraiensis*.

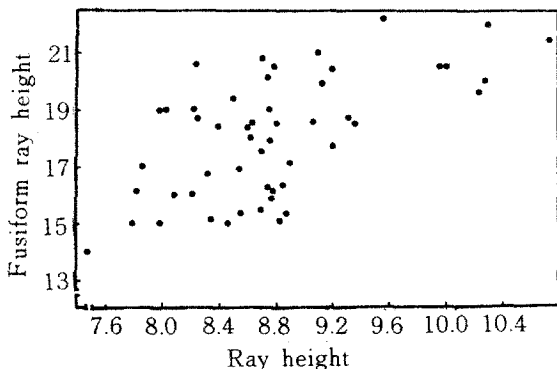


Fig. 8. Relation between fusiform ray and ray height on *Larix leptolepis*.

이 結果를 考察하여보면 放射組織의 細胞高가 높아짐에 따라 紡錘狀放射組織의 높이도 大體의으로 增加되고 있는 比例的인 관계가 인정되고 있다. 그러나 이 關係를 상세히 考察하여 보면 放射組織의 높이가 낮은 範圍에서는 相互 比例的인 관계가 있으나 어느 限度 이상에서는 그 높이의 增加에도 不拘하고 紡錘狀放射組織의 높이는 더 增加되지 않고 一定한 값을 유지하고 있다. 다시말하면 그 放射組織의 높이가 增加되는 領域과 거의 變化가 없는 一定한 領域으로 區分되는데 그 限界가 되는 放射組織의 높이는 잣나무에 있어서는 6細胞高 정도이며 낙엽송재에 있어서는 9 細胞高 정도로 생각되고 있다.

한편 이러한 관계를 立木의 生育過程이 다른 木材部와 晩材部로 나누어 考察하여보면 잣나무의 晩材部에 있어서는 Fig. 9와 같이 放射組織의 높이가 약 5.6細胞高까지는 그 높이가 增加함에 따라 紡錘狀放射組織의 높이도 增加되고 있으나 그 이상에서 부터는 거의 安定되어 있다. 낙엽송재의 경우에는 晩材部에서 보다 早材部의 경우가 放射組織의 높이의 增加에 따르는 紡錘狀放射組織의 높이의 增加가 뚜렷하였다.

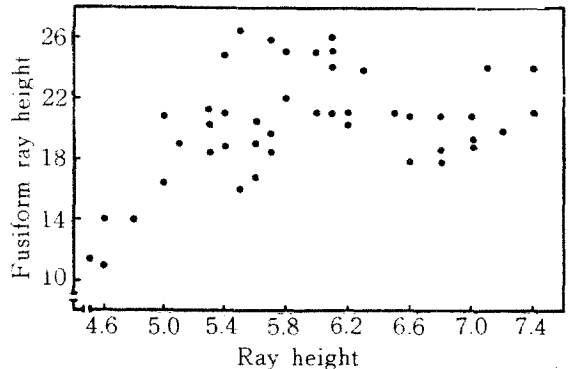


Fig. 9. Relation between fusiform ray and ray height on late wood of *Pinus koraiensis*.

또한 이 兩者의 關係의 相關係數를 樹種別로 생각하여 보면 잣나무에 있어서는 兩者의 관계가 비교적 밀접한 것으로 생각되고 있으나 낙엽송에 있어서는 그 分散의 範圍가 비교적 넓은 것을 알 수 있다. 이 兩者에 대한 相關係數를 求한 結果는 다음과 같다.

잣나무 $r = 0.73$

낙엽송 $r = 0.53$

3.5 紡錘狀放射組織의 높이와 放射組織의 數

接線斷面上에서의 紡錘狀放射組織의 높이와 單位面積內(0.25mm²)에 함유되어 있는 放射組織과 의 關係를 측정한 資料에서 정리한 結果는 Fig. 10 및 11과 같다. 이 결과에 의하면 잣나무의 경우에는 紡錘狀放射組織의 細胞高가 높아짐에 따라 單位面積當의 放射組織의 數는 점차 減少되고 있으나 낙엽송의 경우에는 그 分散度가 대단히 크며 一定한 傾向을 나타내지 않고 있다.

또한 이러한 兩者의 關係를 早材와 晩材로 區分하여 보면 잣나무의 早材部에서는 多少 急進的으로 減少되고 있으나 晩材部에서는 점진적인 傾向이 있었으며 낙엽송의 경우에는 早晚材 모두 一定한 傾向을 찾아볼 수 없었다.

兩者의 關係에 대한 相關係數를 求한 結果는 다음과 같다.

- 잣나무 $r = -0.81$
- 낙엽송 $r = -0.16$

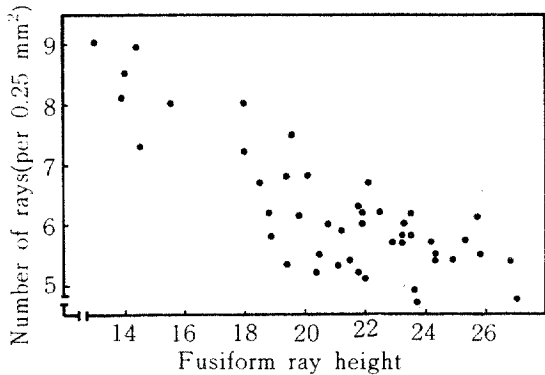


Fig. 10. Relation between number of rays and fusiform ray height on *Pinus koraiensis*.

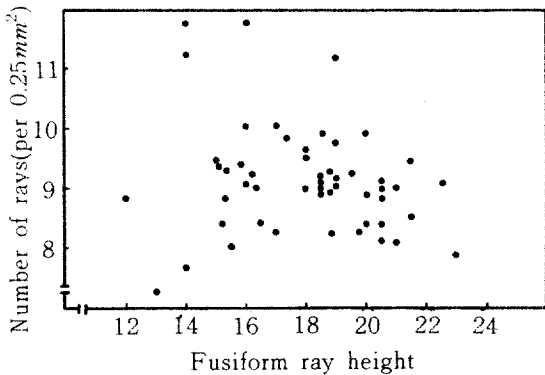


Fig. 11. Relation between number of rays and fusiform ray height on *Larix leptolepis*.

紡錘狀放射組織의 높이와 放射組織의 密度와 의 關係에 대한 資料를 綜合하여 보면 Fig. 12 및 13과 같이 紡錘狀放射組織의 높이가 증가함에 따라 방사조직의 밀도는 점차 減少되는 傾向을 보여 주고 있다. 樹種別로 考察하여 보면 잣나무에서는 비교적 점진적으로, 낙엽송에 있어서는 약간 급진적으로 減少되는 傾向을 보여주고 있다.

相關係數를 求한 結果는 다음과 같다.

- 잣나무 $r = -0.69$
- 낙엽송 $r = -0.67$

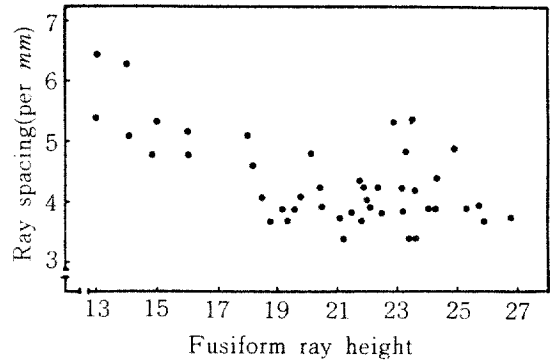


Fig. 12. Relation between ray spacing and fusiform ray height on *Pinus koraiensis*.

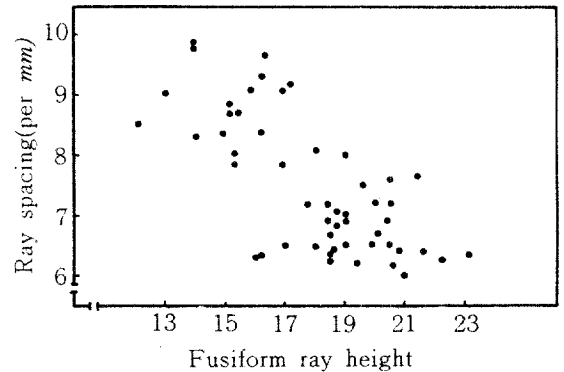


Fig. 13. Relation between ray spacing and fusiform ray height on *Larix leptolepis*.

다음 紡錘狀放射組織의 높이와 幅과의 關係는 Fig. 14 및 15와 같이 兩供試樹種 모두가 紡錘狀放射組織의 높이가 높아짐에 따라 放射組織의 幅은 점차 減少되고 있다. 그러나 잣나무에 있어서는 그 分散의 폭이 비교적 넓고 점진적으로 減少되고 있으나 낙엽송에 있어서는 多少 급진적인 減少를 보여주고 있다.

이 兩者의 相關關係를 計算한 結果는 다음과 같다.

3.6 紡錘狀放射組織의 높이와 放射組織의 密度 및 幅

잣나무 $r = -0.40$
 낙엽송 $r = -0.34$

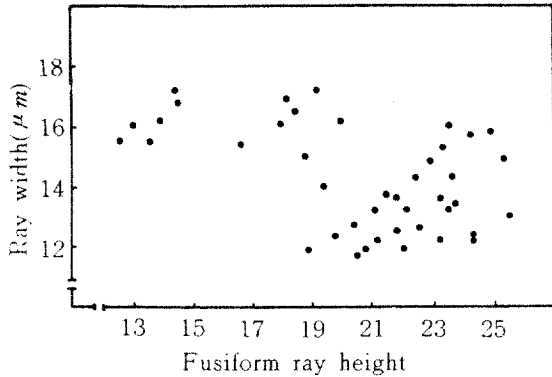


Fig. 14. Relation between ray width and fusiform ray height on *Pinus koraiensis*.

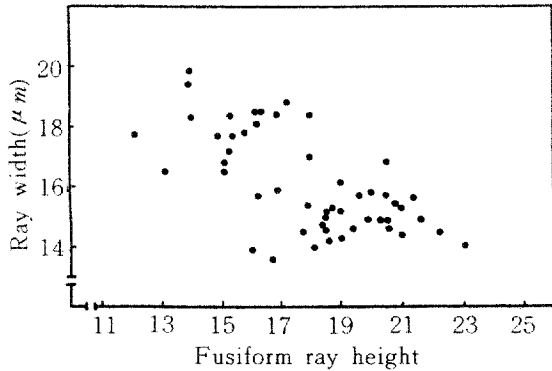


Fig. 15. Relation between ray width and fusiform ray height on *Larix leptolepis*.

3.7 放射組織의 數와 密度 및 幅

單位面積當의 放射組織의 數와 밀도와의 關係는 Fig. 16 및 17과 같이 一般的으로는 放射組織의 數가 增加함에 따라 밀도는 점차 증가되는 비례적인 關係를 보여주고 있다. 그러나 잣나무의 경우에는 그 分散의 範圍도 넓지 않으며 兩者의 關係는 거의 直線의 增加되고 있고 句配도 약간 완만하지만 낙엽송에 있어서는 비교적 급진적으로 증가되고 있으며 특히 放射組織의 數가 一定한 값에 도달한 후에는 밀도의 증가도 安定되어 一定한 값을 유지하고 있다.

放射組織의 數와 밀도와의 關係에 대한 상관계수를 계산한 결과는 다음과 같다.

잣나무 $r = 0.69$
 낙엽송 $r = 0.52$

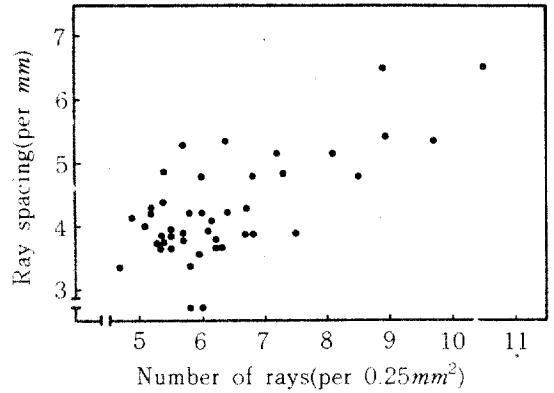


Fig. 16. Relation between ray spacing and number of rays on *Pinus koraiensis*.

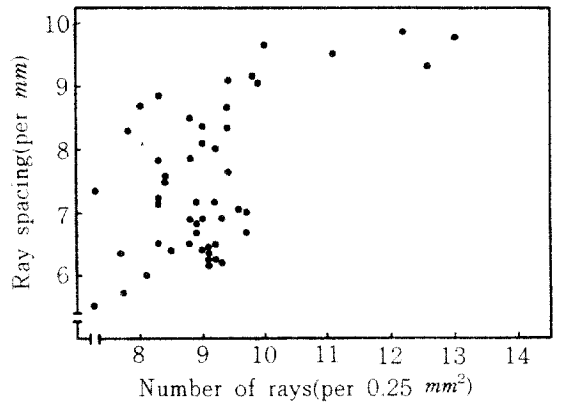


Fig. 17. Relation between ray spacing and number of rays on *Larix leptolepis*.

다음 放射組織의 數의 增加에 따르는 幅의 변화는 Fig. 18 및 19와 같다. 이 결과에 의하면 一般的으로 放射組織의 數가 적은 範圍內에서는 放射組織의 幅도 적으며 放射組織의 數의 增加에 따라 그 幅도 점차 증가되고 있는데 어느 一定值에 도달하면 그 이후부터는 거의 변동이 없는 安定된 傾向

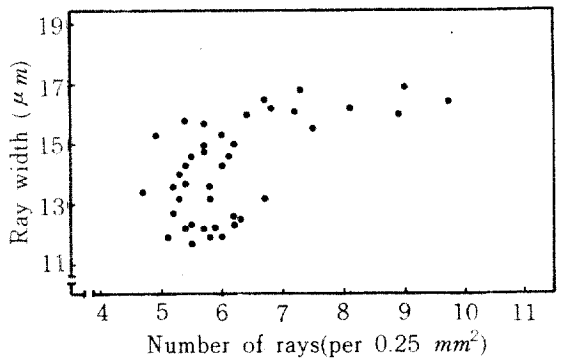


Fig. 18. Relation between ray width and number of rays on *Pinus koraiensis*.

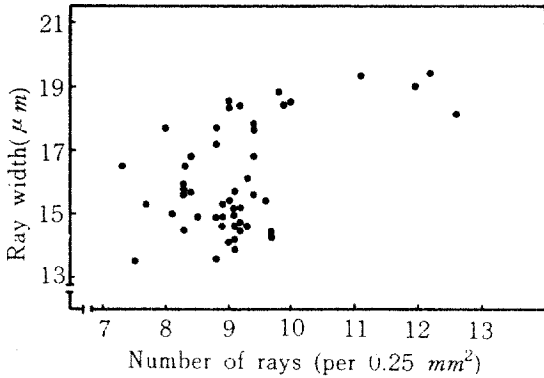


Fig. 19. Relation between ray width and number of rays on *Larix leptolepis*.

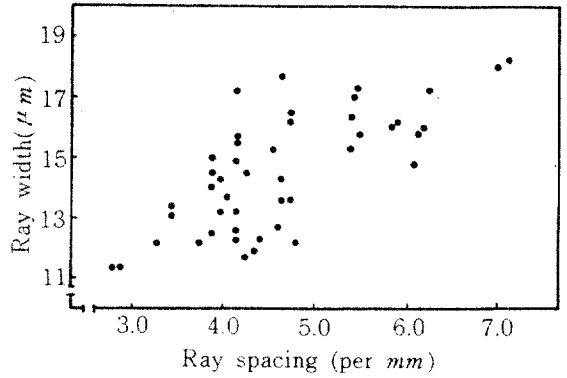


Fig. 20. Relation between ray width and ray spacing on *Pinus koraiensis*.

을 보여주고 있다. 다시 말하면 放射組織의 數에 의한 幅의 變化는 增加되는 領域과 變動이 거의 없는 安定된 領域으로 區分할 수 있는데 그 限界가 되는 곳은 잣나무에서는 放射組織의 數가 7 정도 될 때이며 낙엽송에 있어서는 10 정도로 생각되고 있다.

兩者의 關係에 대한 상관계수를 계산한 결과는 다음과 같다.

잣나무 $r=0.48$

낙엽송 $r=0.44$

3.8 放射組織의 密度와 幅

橫斷面에서 放射組織의 分布數인 放射組織의 密度와 幅과의 關係에 대한 測定值을 綜合分析한 結果는 Fig. 20 및 21과 같다. 이 結果를 考察하여 보면 放射組織의 密度가 커짐에 따라 放射組織의 幅도 增加되는 比例의인 關係가 成立되고 있다. 그러나 잣나무에서는 그 分散의 범위가 비교적 크지만 낙엽송에 있어서는 兩者의 關係가 매우 밀접하여 거의 直線的인 關係가 成立되고 있다.

한편 이러한 關係를 早材部와 晚材部로 區分하여 考察하여 보면 잣나무의 경우에는 早材部보다 晚材部가 더욱 뚜렷한 關係를 나타내고 있으며 낙엽송에 있어서는 早材部의 경우 放射組織의 密度에 따르는 幅의 증가는 비교적 점진적으로, 晚材部에서는 약간 급진적으로 變化되고 있다.

이 兩者의 關係에 대한 相關關係의 값은 다음과 같다.

잣나무 $r=0.64$

낙엽송 $r=0.78$

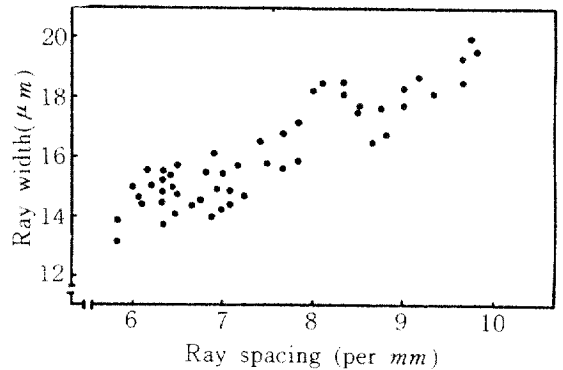


Fig. 21. Relation between ray width and ray spacing on *Larix leptolepis*.

4. 摘 要

우리나라의 主要한 經濟的樹種이고 造林樹種인 잣나무(*Pinus koraiensis*)와 낙엽송 (*Larix leptolepis*) 材에 대하여 合理的인 利用을 도모하고 材質을 평가하기 위한 基礎資料를 얻기 위하여 本大學 演習林에서 生育한 造林木을 代採하여 接線斷面에서의 放射組織의 높이와 數 및 紡錘狀放射組織의 높이를 測定하고 또한 橫斷面에서의 放射組織의 分布數인 密度와 幅을 測定하여 이들 放射組織指標值의 相互間의 關連性을 조사검토했던 結果를 요약하면 다음과 같다.

① 一般적으로 放射組織의 높이가 增加함에 따라 單位面積當 放射組織의 數와 密度는 점차 감소되는 傾向이 있다.

② 放射組織의 높이의 增加에 따라 放射組織의 幅의 變化는 樹種에 따라 다르며 잣나무에서는 比例의인 傾向이 있으나 낙엽송에 있어서는 反比例

的인 관계가 있다.

③ 放射組織의 높이의 증가에 따라 紡錘狀放射組織의 높이는 어느 限度까지는 점차 增加되고 있으며 그 以後는 거의 一定한데 그 限度가 되는 放射組織의 높이는 잣나무에서는 6細胞高, 낙엽송에 있어서는 9細胞高 정도이다.

④ 紡錘狀放射組織의 높이와 放射組織의 數와 的 關係는 잣나무에서는 大體의으로 兩者가 서로 反比例하고 있으며 낙엽송에 있어서는 一定한 關係를 나타내지 않고 있다. 또한 紡錘狀放射組織의 높이가 增加함에 따라 放射組織의 密度와 幅은 兩樹種 모두 점차 감소되는 傾向을 나타내고 있다.

⑤ 放射組織의 單位面積當의 數가 많아짐에 따라 放射組織 密度는 점차 增加되는 比例的인 關係가 있으며 또한 放射組織의 數의 增加에 따라 그 幅도 점차 증가되고 있으나 어느 一定值에 達하면 그 이후부터는 거의 變動이 없는 安定된 傾向을 나타내고 있다.

⑥ 一般的으로 放射組織의 密度가 커짐에 따라 放射組織의 幅도 점차 증가되고 있다. 그러나 그 兩者의 關係는 잣나무에서보다도 낙엽송의 경우가 더욱 밀접한 關係를 나타내고 있다.

參 考 文 獻

1. Chalk L. 1955. Tropical Woods, 101:1-10.
2. Esaw K. 1977. Anatomy of Seed Plants, John Wiley & Sons, 2nd Ed. 134-135.
3. Giraud B. 1977. IAWA Bulletin 1977/4 p. 71-75.
4. Gray R.L. 1973. IAWA Bulletin 1973/1 p. 7-8.
5. Kucera L and Bosshard H.H. 1975. IAWA Bulletin 1975/4 p. 51-56.
6. Shinji Hirai 1962. Bulletin of the Tokyo University Forests, No. 56, 399-413.
7. 金南勳, 1986. 主要針葉樹材의 放射組織의 變異에 關한 研究, 碩士學位論文.
8. 金在慶 1985. 韓國產闊葉樹材의 放射組織에 關한 研究, 博士學位論文
9. 李元用·李潤秀 1982, 主要針葉樹材의 構成比率, 木材科學 No. 5, 3-7.
10. 中戶莞二 1961, 木材工學(梶田茂編) 養賢堂 p. 136.