

잣나무 Fibril 傾斜角의 變異에 관한 研究*¹

李元用*² · 權震憲*³

Trends of Fibril Angle Variation in *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.

Won Young Lee*² · Jin Heon Kweon*³

The purpose of this study was carried out to examine the systematic trends in fibril angle which existed within the trunk of *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.

In 1937 I. W. Bailey reported that crystalline aggregates of iodine may be induced to form within the elongated interstices of the cellulose matrix of the secondary wall, and that these elongated crystals are oriented parallel to the long axis of the fibrils of cellulose.

The authors tried a simple method (Yaichi Kobayashi method) of demonstrating the fibrillar orientation in lignified walls in which Schulze's reagent was used.

The results were summarized as follows.

1. Fibril angles were greater for earlywood (avg. 23.38°) than for latewood (avg. 17.85°).
2. The average fibril angles of consecutive rings decreased consistently and markedly from pith to bark.
3. Differences of the fibril angle between in springwood and in summerwood were greater in corewood than in middle or outerwood.

이 研究의 目的은 우리나라의 主要한 樹種인 잣나무에 對하여 fibril 傾斜角의 變異을 알아 보기 위한 것이다.

1937년에 I. W. Bailey 氏는 沃度의 針狀結晶을 통하여 假導管二次膜中層의 fibril 傾角測定의 可能性을 發表하였다.

그래서 筆者는 日本의 小林彌一氏의 簡便法을 利用하여 이 研究를 試圖하였는데 要約하면 다음과 같다.

*¹ Received for publication on April 26, 1980.

*² 江原大學校 農科大學 College of Agriculture, Kangweon National University, Chuncheon, Korea

*³ 서울大學校 大學院生 Graduate Student, Graduate School, Seoul National University, Suweon, Korea

1. Fibril 角度는 秋材보다는 春材에서 더 크게 나타나 있다.
2. Fibril 傾角은 樹皮쪽 보다는 髓쪽이 더 크게 나타나 있다.
3. 髓에서 樹皮쪽으로 移行함에 따라 春·秋材의 差異는 髓에 가까운 쪽에서 가장 크게 나타나 있다.

緒 言

大部分의 木材를 輸入에 依存하고 있는 우리나라로서는 앞으로 國內產 樹種의 効率的인 開發과 利用이 要求되고 있다. 이를 위해서는 各 樹種 마다의 物理, 化學的 性質 및 이들 性質과 密接한 關係가 있는 解剖學的 性質을 알아야 한다. 이러한 時點에서, 筆者는 外國에서는 여러 樹種이 研究되어 發表되었지만 우리나라 樹種으로는 아직 發表되어 있지 않은 木材性質의 主要한 資料가 될 fibril 傾角의 變異를 研究하였다.

最近 電子顯微鏡의 急速한 發達에 따라 光學顯微鏡의 限界를 넘은 未知의 事象이 점점 더 확실히 되어가고 있어 木材의 micell 構造研究에 加一層의 進歩發展이 約束되고 있고 木材細胞의 fibril 傾角 測定 등에도 利用되고 있다는 것은 周知의 事實이다. 그러나 電子顯微鏡은 아직 一般化가 되어 있지 못하여 木材에 있어서도 顯微鏡 製作上의 困難性 내지 不便 等 여러가지 問題點이 있어 光學顯微鏡의 도움을 필요로 하지 않을 수 없다. 그러므로 筆者는 光學顯微鏡을 통한 顯微鏡寫眞을 撮影하여 本 研究를 試圖하였다. 筆者가 使用한 잣나무 (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)는 우리나라 中部以北과 南部의 高山지대에 生長하며 시베리아에서 만주를 거쳐 日本의 北部山脈에까지 퍼져있는 極東地域의 特殊樹種이며 150여종에 達하는 소나무류 중에서 比較的 病虫害에 強하고 材質이 優秀하며 또한 經濟的 價値가 높은 樹種이다.

研究史

1937년에 I. W. Bailey 氏가 fibril 角度의 測定方法과 結果를 發表한 이후 1939년에 M. Y. Pillow 氏는 纖維模의 S₂層에서 纖維素의 角度가 木材의 強度의 特性에 關係가 있음을 報告 한 바 있다. 또한 M. Y. Pillow 氏는 過濕土에서 生長한 양물푸레나무 (ash tree)는 比較的 fibril 角度가 크다는 것을 알았

으며 양물푸레나무에서 樹幹의 上部쪽보다는 下部쪽 즉, 地面에 가까운 쪽의 fibril 傾角이 더 크다는 것을 報告한 바 있다. 1949년에 A. B. Wardrop 도 fibril 角度의 測定方法과 測定結果를 發表하였다. 1943년에 R. A. Cockrell은 fibril의 角度가 Ponderosa Pine Wood의 縱收縮에 미치는 影響을 發表하였는데 春材는 秋材보다도 fibril 傾角이 더 크며 또한 縱收縮도 더 큰 것으로 報告한 바 있다. 또한 美國의 C. H. Hiller 氏는 1964년에 Slash Pine과 Loblolly Pine 秋材假導管의 細胞膜 두께와 fibril 角과의 相互關係를 發表한 바 있고 1960年代 末에는 White Ash에서 fibril 角 變異의 傾向을 報告한 바 있다. 最近에는 C. W. McMillin 氏가 比重生長率, 髓로부터의 距離에 따르는 fibril 角度의 變化를 發表한 바 있다.

日本에서는 原田活, 貴島恒夫, 梶田茂 등이 針葉樹 假導管 二次膜의 fibril 配列을 調査 研究하였으며 日本 農林省 林業試驗場에서 勤務하는 小林彌 (Yaichi Kobayashi)도 木材細胞膜의 fibril 傾角 測定用 試料製作上의 簡便法을 發表한 바 있다.

이와 같이 外國에서는 1930년대부터 이 分野의 研究論文이 發表되기 시작하였으며 가까운 日本만 하더라도 이 分野에 對한 論文이 여러차례에 걸쳐 發表되었으나 아직 우리나라에서는 國內產 樹種을 對象으로 한 研究論文은 發表되고 있지 않다.

材料 및 方法

I. 供試材料

本 研究를 實施하기 爲하여 採取된 供試木의 林地는 江原大學校 演習林 六林班(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 잣나무 造林地이다.

이와같은 잣나무 造林地의 單純同齡林內에서 林木生長이 比較的 優秀한 Table 1과 같은 木材를 選定하여 地上으로부터 1.2m 되는 곳을 切斷하여 圓板을 만든 다음 Sample 로 使用하였다.

表 1. 供試材

Tab. 1. Sample tree

Tree species	Height in tree (m)	D. B. H (cm)	Tree age (year)	Number of sample tree
<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	15.0	245	39	1

II. 測定方法

假導管二次膜中層의 fibril 傾角에 對해서는 두께 10-30 μ 의 接線斷面의 切片을 microtome 으로 만들고 Schulze 液으로 가볍게 처리한 다음 Alcohol 로 脫水시키고 다음에 Praparats 을 만든 다음 여기에 沃度加理溶液을 使用하여 細胞膜內의 fibril 間隙에 沃度の 針狀結晶을 析出시켜 이것을 檢鏡하면서 顯微鏡 寫眞으로 撮影하고 fibril 의 走向과 假導管軸과의 이루는 角度를 測定하여 이것을 fibril 傾斜角으로 하였다.

(1) 地上高 1.2m 에서 採取한 圓板 sample 에서 任意의 直徑에 따라 幅 1.2cm, 두께 1.5cm 程度의 Block 을 만든 다음 各年輪마다 1年輪內의 材를 갖도록 길이 2cm 程度로 切斷한 供試材를 採取하고 約 10日間 煮沸軟化하였다.

(2) 1年輪內의 傾斜角 變異를 調査하기 위해 心材部, 變材部 各各의 春材部에서 秋材部로 向하여 두께 約 30 μ 의 接線斷面의 切片을 連續하여 microtome 으로 採取하고 各切片의 fibril 傾角을 測定하였다.

(3) 各年輪마다 內境에 接하고 있는 春材試片을 만들고 外境에 接한 秋材試片을 取하여 材全體의 fibril 傾斜角의 變化를 調査하였다.

結果 및 考察

I. 春材와 秋材 fibril 傾角의 變化

上記와 같은 方法으로 實施한 假導管二次膜中層

의 fibril 傾角測定에서 年輪番號 8 과 33의 春材에서 秋材에로의 變化는 Table 2, 3 및 Fig. 1, 2 와 같다.

이 結果에 依하면 fibril 傾角이 一定하게 變化하지는 않으나 大體로 春材에서 秋材로 移行함에 따라 心材部, 變材部 다 같이 그 角度는 적어지는 傾向을 나타내고 있다. 1943년에 R. A. Cockrell은 fibril 의 角度가 Ponderosa Pine Wood 의 縱收縮에 미치는 影響을 研究하였는데 그 結果를 보면 春材는 一般的으로 秋材보다도 縱方向의 收縮이 더 크게 되는 것으로 나타나 있다. 換言하면, 春材는 秋材보다도 傾斜角이 크게 接하고 있다는 것을 알 수 있다. 그러므로 筆者가 測定한 fibril 角度와 R. A. Cockrell이 測定한 fibril 角度의 數値는 同一하지는 않지만 그 變化추세는 비슷하게 나타나 있다. 그러므로 잣나무 역시 縱方向의 收縮은 春材가 더 크며 一般的으로 秋材部分은 春材部分보다도 木材가 더 緻密하며 長纖維素를 가지고 있다고 생각할 수 있다. 그런데, fibril 의 角度가 春材에서 秋材로 移行됨에 따라 그 測定傾斜角이 絕對적으로 적어지고 縱方向의 收縮 또한 그렇다고 斷言할 수는 없지만 一般的으로 대개는 그렇다고 생각해야 할 것이다. 年輪中の 春材는 生長이 旺盛할 때 생긴 것으로 細胞膜이 얇고 細胞의 形態가 크며 組織은 多孔性이고 密度가 낮은데 반해 秋材는 生長의 休止期 내지 生長의 末期에 생긴 것이기 때문에 細胞膜이 두껍고 小形의 細胞로 이루어져 있으며 組織이 緻密한 것으로도 우리는 짐작할 수가 있다.



Photo 1. Annual ring number : 33
 Radial wall of earlywood tracheids, showing crystalline aggregates of iodine in the secondary wall(x800)



Photo 2. Annual ring number : 33
 Radial wall of latewood tracheids, showing crystalline aggregates of iodine in the secondary wall(x800)



Photo 3. Annual ring number : 8
 Radial wall of earlywood tracheids, showing crystalline aggregates of iodine in the secondary wall(x800)

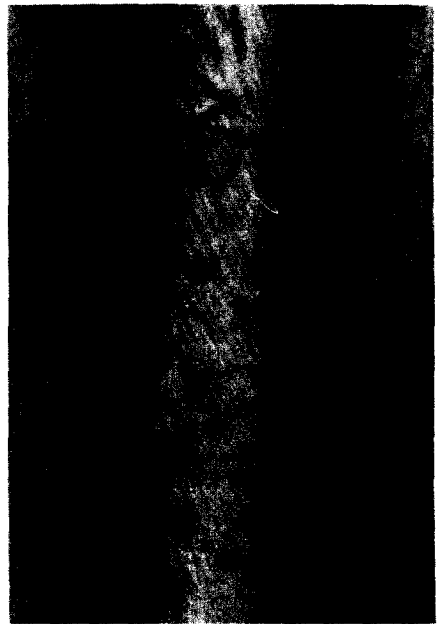


Photo 4. Annual ring number : 8
 Radial wall latewood tracheids, showing crystalline aggregates of iodine in the secondary wall(x800)

表 2. 1 年輪內的 Fibril 傾角變化(年輪番號 - 33)

Tab. 2. The variation of the fibril angle within 33th annual ring

Replication Section	1	2	3	4	Average
Springwood	17.5	18	20	17	18.1
	19	16.5	19.5	18	18.2
	18.5	15.5	19	15	17
	20.5	20	20.5	12	18.2
	17	23.5	17	12	17.4
	19	23	15.5	19	19.1
	16	15	18	17	16.5
	20	21.5	22.5	20	21
	25	19	17	8	17
	22	20	21	19	20.5
Summerwood	12	16	19	16	15.7
	15.5	15	16	11	14.4
	12.5	17.5	18	17	16.2
	13.5	15	15	16.5	15
	14.5	13	13	17	14.4
	12	9.5	13.5	12	11.2
	10	12	9.5	12	10.9
	9	10	10.5	4	8.4
	17	9.5	9	9.5	11.2
	9	10	9	10	9.7
13	14	17	18	15.5	

表 3. 1 年輪內的 Fibril 傾角變化(年輪番號 - 26)

Tab. 3. The variation of the fibril angle within 8th annual ring

Replication Section	1	2	3	4	Average
Springwood	21	24.5	22	25	23.1
	22	23.5	26.5	23	24
	25	25	28	25	26
	28	27.5	25	28	27.1
	24.5	24.5	23.5	25	24.4
	27	24.5	23.5	26	25
	30	28	19	18	24
	26.5	24	24.5	23	24.5
	24	28.5	22.5	22	24.5
	27	21.5	26.5	17	23
Summerwood	23.5	16.5	20	20.5	20
	28	26.5	26	26	26.6
	22	17	22.5	21	20.6
	24	22.5	22	20	22.1
	17	26.5	14	14	17.9
	27	25.5	24	24	25.1
	20	20.5	22.5	24	21.7
	18.5	15.5	16.5	20.5	18
	19.5	23	11	15.5	17.2
	27	24	29	21.5	25.4
20.5	21.5	17.5	26.5	21.5	
21.5	24.5	22	21	22	



Fig. 1 The variation of the fibril angle within 33th annual ring



Fig. 2 The variation of the fibril angle within 8th annual ring

II. 各 年輪別에 따른 fibril 傾角의 變化

假導管 二次膜中層의 fibril 傾角 測定에서 髓心에서 樹皮쪽으로 감에 따라 fibril의 角度가 어떻게 變化 하는지는 表4 및 Fig. 3, 4에 具體的으로 나타나 있다. 이 結果에 依하면 春材와 秋材 多같이 髓心에서 樹皮쪽으로 감에 따라서 그 角度가 低下되고 있는 것을 明白하게 알 수 있다.

1973년에 C. W. McMillin은 Loblolly Pine Wood의 Fibril 傾角을 比重, 生長率, 髓로부터의 距離에 따라 測定하였는데 그 結果 Loblolly pine wood의 fibril 傾角은 middle wood나 outer wood보다는 core wood가 더 큰 것으로 報告한 바 있다. 따라서 筆者가 測定한 結果와는 약간 다른 추세를 나타내고 있다. 즉, C. W. McMillin이 測定한 結果를 보면 fibril 傾角의 春材平均이 33.4° 이고 秋材平均이 26.9° 인데 대하여 筆者가 測定한 것을 Table 4 에서 보면, 春材平均이 23.38° , 秋材平均이 17.85° , 全体平均이 20.88° 로 比較的 그 角度가 적게 나타나고 있다. 美國의 林產物 研究所에서 勤務하는 研究技師인 C. H. Hiller氏는 white ash에서 fibril 變化的 傾向을 調

査하였는데 그 結果는 다음과 같다. 髓心에서 樹皮까지의 fibril 傾角의 變化는 일정치 않다. 그러나 比較될 수 있는 生長輪의 平均 fibril의 傾角은 樹高에 따른 變化라고 하였다. 具體的으로 말하면 林木의 밑부분이 林木의 上部보다도 fibril 傾角이 더 큰 것으로 나타났는데 그것은 一般的으로 纖維膜의 두께와 關係가 있는 것으로 생각된다고 하였다. 여기에서 髓心에서 樹皮까지의 fibril 傾角의 變化는 일정하지않다라고 하는 것은 筆者가 測定한 結果와는 다소 差異가 있음을 보여주고 있다. 따라서 이러한 差異는 樹種이나 林木의 生育條件 등의 差異에 起인되는 것으로 推測된다. 그렇지만 日本에서 소나무류, 졸참나무류, 삼나무 등의 測定結果를 보면 대체로 筆者의 結果와 비슷한 傾向을 나타내고 있으나 그 角度의 變化幅은 다른 것으로 나타나 있다.

筆者가 測定한 傾斜角의 크기가 髓心쪽에 작게 나타난 것은 林木이 어릴 때에 生長이 不安定하기 때문인 것으로 여겨지며 樹皮쪽으로 移行됨에 따라 角度가 커지는 것은 나무가 成熟함에 따라 生長이 安定하게 되어 木材가 緻密하게 되는 것으로 생각된다.



Photo 5. Heartwood: Orientation of *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. springwood fibrils revealed by iodine crystals (x800)



Photo 6. Heartwood: Orientation of *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. summerwood fibrils revealed by iodine crystals (x800)



Photo 7. Sapwood : Orientation of *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. springwood fibrils revealed by iodine crystals(x800)

Photo 8. Sapwood : Orientation of *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. summerwood fibrils revealed by iodine crystals(x800)

表 4. 年輪別 Fibril 傾角의 變異

Tab. 4. The variation of the fibril angle according to annual ring

Annual ring number	Spring-wood	Summer-wood	Differen- ce	Average	Annual ring number	Spring-wood	Summer-wood	Differen- ce	Average
5	28.4	20.7	7.3	24.55	22	26.6	19	7.6	24.3
6	34.4	19.7	14.7	27.05	23	19.9	12	6.9	15.95
7	30.2	19.4	10.8	24.8	24	19.9	15.6	4.3	17.75
8	28.8	21.8	7	25.3	25	17.2	19	1.8	18.1
9		21			26	25.1	17.6	7.5	21.35
12	32.1	20.2	11.9	26.15	27	19	12.6	6.4	15.8
13	28.7	19	9.7	23.85	28	13.9	20.5	6.6	17.2
14	25.3	20	5.3	22.65	39	24.7	8	16.7	16.35
15	30	20.9	9.1	25.45	30	11.3			
16	27.8	21.4	6.4	29.6	31	16.9	9.6	7.3	13.25
17	23.3	19.7	4.6	21.5	32	19.2	12.3	6.9	15.75
18		24.4			33	18.1	18.6	0.5	18.35
19	26.1	21.1	5	23.6	34	18.4	15.8	2.6	17.1
20		19.7			35	23.1	15.6	7.5	19.35
21	19.7	14.6	5.1	17.15	Total Average	23.38	17.85	7.8	20.88

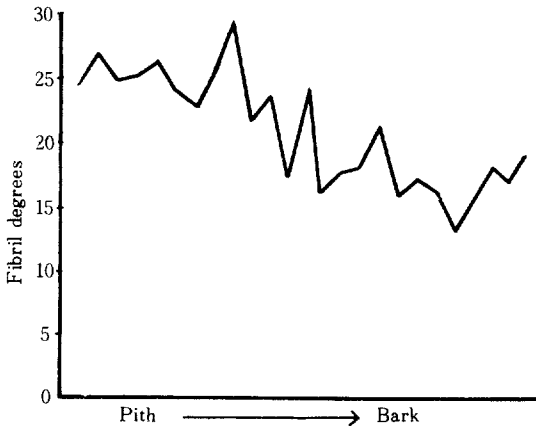


Fig. 3 The variation of the average fibril angle in spring wood and summerwood according to annual ring.

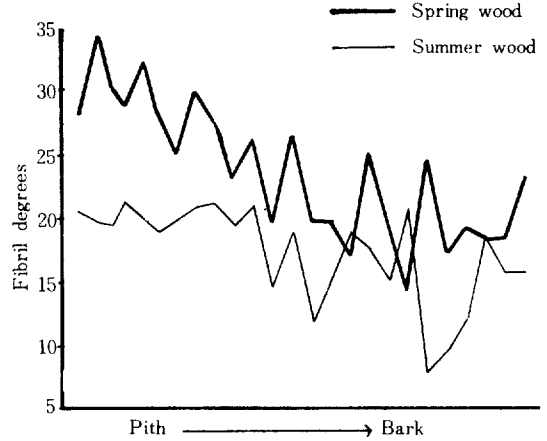


Fig. 4 The variation of the fibril angle according to annual ring (Spring wood and summer wood)

Ⅲ. 各 年輪別에 따른 春·秋材 Fibril 傾角의 差異

各 年輪別에 따른 春·秋材 fibril 傾角의 差異는 表 4 및 Fig. 5와 같다. 이 結果를 보면 髓心 쪽에서는 그 差異가 Fig 5에서 나타나고 있는 바와 같이 크게 나타나 있으나 中間部分에서부터 樹皮까지는 점차로 그 差異가 安定되어 있다. 一般적으로 13~15年輪 以前까지가 未成熟材部이고 그 以後는 成熟材部인데 여기서도 역시 13年輪 以後 부터는 比

較的 安定되어 있으므로 成熟材와 未成熟材의 特性이 나타나고 있다. 즉 生長初期에는 生長狀態가 未熟하여 그 狀態가 不安定하며 材質 또한 不安定하게 되나 이것이 어느정도 成熟하게 되면 安定하게 된다.

結 論

우리나라의 主要한 造林樹種이고 固有樹種인 잣나무에 對하여 fibril 傾斜角의 變異를 알아보기 위해서 江原大學校 演習林產 잣나무를 選定하여 外周에서 부터 髓心을 向하여 sample을 取한 다음 그 變異를 調査한 바 그 結果는 다음과 같다.

1. 春材에서는 fibril의 角度가 髓心에 크게 接하고 秋材에서는 작게 接함이 分明하게 나타나고 있다. 즉 Table 4. 에서 볼 수 있는 바와 같이 春材의 平均 fibril의 角度는 23.38°이며 秋材의 平均 fibril의 角度는 17.85°이다.
2. 髓에서 樹皮쪽으로 向하여 fibril 傾角의 傾向은 減少하고 있음이 그래프상에서 明白하게 드러나고 있다.
3. 髓에서 樹皮쪽으로 移行함에 따라 春·秋材의 差異는 髓에 가까운 쪽에서 가장크게 나타나고 있다.

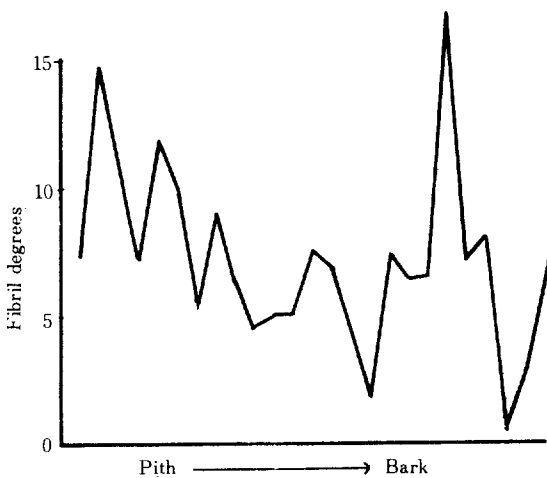


Fig. 5 The difference of the fibril angle in spring wood and summer wood according to annual ring

LITERATURE CITED

1. Cockrell, R. A. 1946. Influence of Fibril Angle on Longitudinal Shrinkage of Ponderosa Pine Wood. *Jour. For.* 44(11) : 876-878.
2. Hilder, C. H. 1954. Variation in Fibril Angles in Slash Pine. U. S. Forest Products Lab. Rpt. No. 2003 : 15.
3. ————. 1964. Correlation of Fibril Angle with Wall Thickness of Tracheids in Summerwood of Slash and Loblolly Pine. *Tappi* 47(2) : 125-128.
4. 原田浩, 貴島恒夫, 梶田茂. 1951. 針葉樹假導管
第二次膜のシセル排列(基のニ). *木材研究* 6 : 34-40
5. McMillin, C. W. 1973. Fibril Angel of Loblolly Pine Wood as Related to Specific Gravity, Growth Rate, and Distance from Pith. *Wood Science and Technology* 7 : 251-255.
6. Peter, K. 1972. Utilization of Southern Pines. Vol. 1 : 151-162.
7. Pillow, M. Y., B. Z. Terrell and C. H. Hiller. 1953. Patterns of Variation in Fibril Angles in Loblolly Pine. U. S. Forest Products Lab. No. 1935 : 32