

소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.) 樹幹內에 兩分形成된 壓縮異常材와 그 사이에 存在하는 間材의 解剖學的 特性*1

李 弼 宇*2 · 鄭 然 楫*2

Anatomical Characteristics of Bisected Compression Woods and Their Intervened Wood in a Stem of *Pinus densiflora* S. et Z. *1

Phil Woo Lee*2 · Youn Jib Chung*2

Summary

Anatomical characteristics on abnormal type of bisected compression woods and light colored wood intervened between these dark colored compression woods on under part and their respective opposite woods on upper parts of cross section in *Pinus densiflora* S. et Z. stem were compared through optical microscopic investigation, and the obtained results were summarized as follows:

1. Tracheid length increased linearly as the number of rings from the pith increases in all investigated parts, but increasing tendency in tracheid length was similar within bisected two compression woods and their opposite woods.
2. Tracheids were the shortest in bisected two compression woods and tracheid length in intervened wood between these two compression woods was longer than in compression woods but shorter than in the opposite woods.
3. Bisected two compression woods and intervened wood between these two compression woods revealed similar features in tracheid transition from springwood to summerwood, intercellular space, tracheid entanglement, and cross sectional view of tracheid, but spiral check was observed only in these two compression woods, therefore the intervened wood between these two compression woods disclosed anatomical characteristics similar to, not typical of, compression woods.

1. 緒 論

壓縮異常材(Compression wood)는 針葉樹의 기울어진 樹幹이나 가지 등에 나타나는 異常組織으로 보통 짙은색을 띠는 偏心生長에 의한 異常組織을 形成하고 있으며 秋材部가 비정상적으로 넓

은 것이 特徵으로 되어있다. 이러한 壓縮異常材에 관한 解剖學的 特性은 1860年 독일학자 Sanio가 처음으로 보고(Timell, 1980)¹⁾한 이래 여러 學者에 의해 많은 研究가 進行되어 왔다.

이들 중에서 主要한 몇가지 研究를 간단히 살펴

*1. 接受 1988年 2月11日 Received February 11, 1988.

*2. 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 440-744, Korea.

보면 Core, Côté 및 Day(1961)³⁾는 美國產 土着 針葉樹의 壓縮異常材를 形成하고 있는 假導管을 觀察 調査하여 나선채짐(spiral check)이 存在함을 보고 하였고 Côté, Kutsch와 Timell(1968)⁴⁾은 발삼젓나무(*Abies balsamea* (L.) Mill)의 압축 이상재를 형성하는 가도관의 內腔形成에 관한 研究를 하였는데 細胞內腔에 螺旋腔(helical cavity)이 存在함을 밝혀냈다. 또 Shelbourne과 Ritchie(1968)⁷⁾는 테다소나무(*Pinus taeda* L.)의 壓縮異常材에 있어서 比重은 정상재와 같고 假導管長은 압축이상재가 정상재보다 짧은 特性을 갖고 있다고 보고하였으며 McGinnes와 Phelps(1971)⁵⁾는 美國產 연필향나무(*Redcedar*; *Juniperus virginiana* L.)의 세포간극에 대해 조사하여 border가 이들 세포간극에 存在함을 보고하였는데 이러한 사실은 李와 嚴(1984)¹⁷⁾에 의해서도 확인되었다.

한편, 李(1972)¹⁶⁾는 韓國產 리기다소나무(*Pinus rigida* Miller)의 幹, 枝, 根材 및 稍頭材의 木材解剖學的 및 物理學的 性質에 관한 研究에서 가도관의 길이, 폭, 두께 등 각각의 변이를 比較分析하였다. Timell(1973, 1978, 1983)⁸⁾⁹⁾¹¹⁾은 타마락(*Larix laricina*), 적가문비나무(*Picea rubens*), 그리고 美國赤松(*Pinus resinosa*)의 대응재 橫斷面에서 秋材가도관이 찌그러진 형태를 나타내었고 은행나무(*Ginkgo biloba*)의 壓縮異常材 部位에서는 세포간극과 나선채짐이 存在한다고 報告하였다. 朴(1983, 1984)¹³⁾¹⁴⁾은 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)에서 대응재의 연륜폭, 추재율, 가도관직경, 가도관장, 膜厚 등의 변이에 관해 調査 報告하였으며 嚴과 李(1985)¹⁵⁾는 韓國產 리기다소나무(*Pinus rigida* Miller) 枝材의 壓縮異常材, 對應材 및 側面材에 관한 特性研究에서 橫斷面과 放射斷面上的의 解剖學的 特性을 상세히 보고한 바 있다.

따라서 本 研究는 위와 같은 壓縮異常材의 解剖學的 特性을 기초로 하여 樹幹의 橫斷面 下部에 양쪽으로 형성되어 있는 비정상적 형태의 壓縮異常材와 이들 壓縮異常材의 사이에 存在하는 열은색 부분의 間材가 어떤 特徵을 나타내고 있는지를 究明하기 위하여 解剖學的 特性을 調査 比較하였다.

2. 材料 및 方法

2.1. 供試材料

供試用 소나무 (*Pinus densiflora* S. et Z.)의 壓縮異常材는 江原道 溟州郡 玉溪面 川南里의 소나무 林分중 生育이 양호한 곳에서 壓縮異常材가 잘 形成되어 있는 胸高部位 直徑이 20cm이고 비교적 큰게 生長한 立木으로부터 1986年 3月20日 採取하여 使用하였다.

2.2. 試驗方法

2.2.1. 假導管長의 測定

그림 1과 같이 압축이상재부위 및 압축이상재 사이의 부위와 그 대응재인 6개 부위로 나누어 시료를 採取하고 다시 각 연륜별로 분리하여 슐츠용액(Schultze's Solution)으로 해리하였다. 해리된 가도관을 random 方法으로 각 부위별의 연륜별에 따른 假導管長을 optical bench comparator (Leitz Co.)를 利用하여 50개씩 測定하였으며, 髓에서 樹皮部까지의 연륜증가에 따른 假導管長 변이는 回歸分析으로 調査하였다. 또한 각 부위별 假導管長 증가경향을 分析 比較하기 위해서는 회귀직선간의 차이유무를 t 檢定으로 調査하였으며 壓縮異常材部位와 對應材部位사이의 假導管長 차이유무는 각부위의 假導管長을 총합하여 그 평균치의 최소유의차 檢定(LSD, 5%)으로 比較 分析하였다.

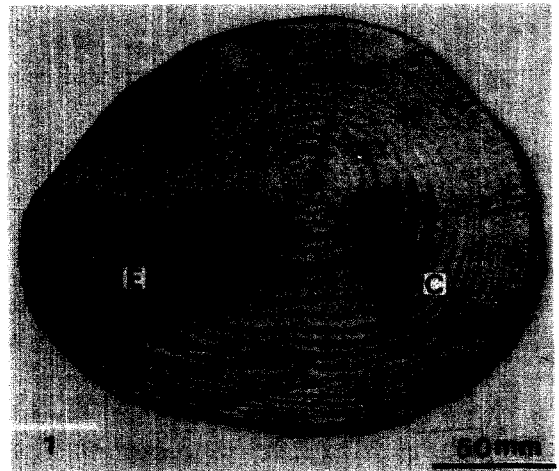


Fig. 1. Cross surface of compression wood(C, E part) and intervened wood(D part) and their opposite wood(A, B, F part) which formed in the stem of *Pinus densiflora* S. et Z.

2.2.2. 組織特性 調査

압축이상재부위를 포함한 6개 부위에서 3斷面이 明確하게 나타나도록 1cm정도 크기의 試驗片을 採取하고 軟化하여 물, 알콜, 글리세린등량액에 保存하였다 (Berlyn and Miksch, 1976)²⁾

光學顯微鏡的 觀察를 위하여 sliding microtome으로 20 μ m 두께의 切片을 橫斷面, 放射斷面, 接線斷面別로 採取한 후 Safranin 液으로 염색하고 단계별로 완전히 脫水한 후 Canada balsam으로 封入하여 永久프레파라트를 만들었다 (日本木材學會, 1985)¹⁹⁾.

광학현미경에 의한 觀察과 寫眞撮影은 Olympus Model K 현미경과 여기에 Canon AE-1 Camera를 Canon photomicro Unit F 로써 연결한 것을 利用하였다(李와 嚴, 1987)¹⁸⁾.

3. 結果 및 考察

3.1. 各 部位別 年輪증가에 따른 假導管長의 變異

압축이상재를 포함한 各 部位의 年輪증가에 따른 假導管長의 關係를 調査하기 위하여 假導管長

의 測定值를 利用하여 산출한 일차직선회귀식은 $A:Y = 2.01105 + 0.07805X^{**}$, $B:Y = 1.75877 + 0.10596X^{**}$, $C:Y = 1.65912 + 0.08367X^{**}$, $D:Y = 1.56772 + 0.0981X^{**}$, $E:Y = 1.56404 + 0.8675X^{**}$, $F:Y = 1.65561 + 0.10402X^{**}$ 이었으며 이들 회귀식은 모두 高度의 有意性이 認定되어 年輪의 증가에 따라 假導管長이 증가함을 뚜렷하게 나타내었는데 이는 Anderson(1951)⁶⁾, Voorhies等(1969)¹²⁾, Seth(1981)¹³⁾ 등의 結果와 一致하였다. 이들의 關係를 各 年輪에 대해 平均치로 나타내면 그림 2와 같다.

또한 各 部位 사이에 있어서 年輪증가에 따른 假導管長의 증가경향을 t檢定에 의하여 회귀계수간의 차이유무로써 分析한 결과 BF間, CE間만 각각 $t = 0.084^{**}$, $t = 1.16^{**}$ 으로써 유의성이 인정되어 압축이상재부위는 압축이상재부위끼리(C,E), 그 반대쪽 대용재부위는 대용재부위끼리(B,F), 각각 年輪의 증가에 따른 假導管長의 증가경향이 같음을 알 수 있었다.

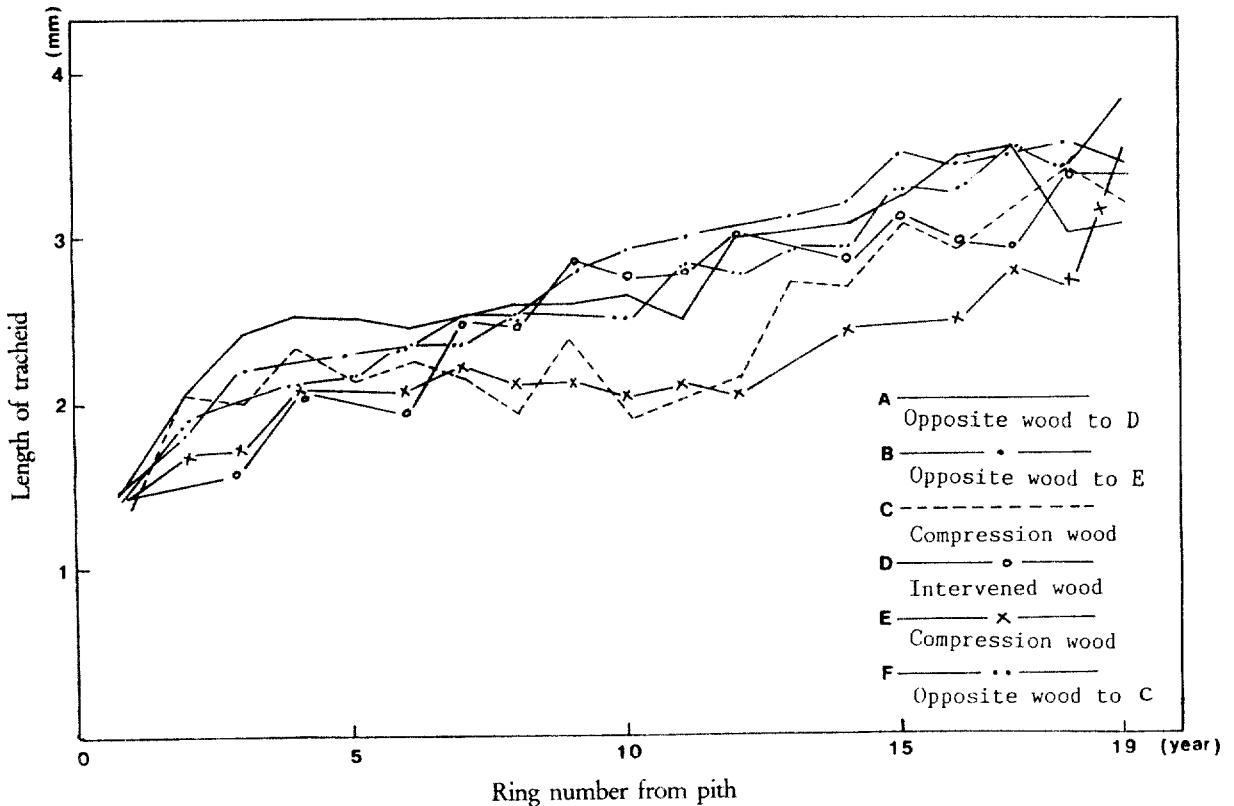


Fig. 2. Variation pattern of tracheid length on radial direction in respective parts tested.

3.2. 壓縮異常材와 그 이외 部位간의 假導管長 比較

압축이상재를 포함한 각 부위별 假導管長 平均치를 비교해보면 표 1과 같다.

Table 1. The average length of tracheid in tested parts.

Part	(mm)					
	E	C	D	F	A	B
Length	2.27	2.48	2.65	2.80	2.84	2.88

LSD(5%) = 0.31

즉 압축이상재 (C,E) 간에는 假導管長이 서로 유사하였으나 다른 부위보다 짧다는 사실을 알 수 있었으며 이는 Shelbourne 等(1968)⁷⁾의 결과와 같았다. 또한 압축이상재부위 사이에 위치한 間材(D 부위)는 다른 A,B,F 부위보다 상대적으로 假導管長이 짧음을 나타내었다. 그러므로 間材는 대응재와 압축이상재의 중간적인 特性을 나타낸다고 생각된다.

3.3. 各 部位別 組織學的 特性

그림 3, 4, 5에서 나타난 바와 같이 春材에서 秋材로의 假導管移行은 A, B, F 部位에서 急을 나타냈으나 C, D, E 部位에서는 漸進적이었으며 특히 E 部位에서는 매우 漸進적이었다. 이는 압축이상재에 있어서 春材로부터 秋材로의 假導管移行이 極漸이라고 한 嚴과 李(1984, 1985)^{15),17)}의 報告와 一致하였으며 압축이상재부위의 사이에 存在하는 間材(D 부위)가 漸進의이라는 것이 특이한 것으로써 압축이상재의 特性을 나타내는 것으로 여겨진다.

세포간극도 위와 비슷한 결과를 나타내어 C, D, E 부위 春材에는 가끔 存在하고 C, E의 秋材에서는 비교적 많이 存在하였으나(그림 6, 7) D 부위의 秋材에서는 가끔 관찰되었다. 이러한 사실은 압축이상재부위에 세포간극이 存在한다고 한 Timell(1978)⁹⁾의 결과와 일치하였으며 D 부위에서도 세포간극이 존재함은 이 부위가 압축이상재의 特性을 어느정도 나타내는 것으로 생각된다.

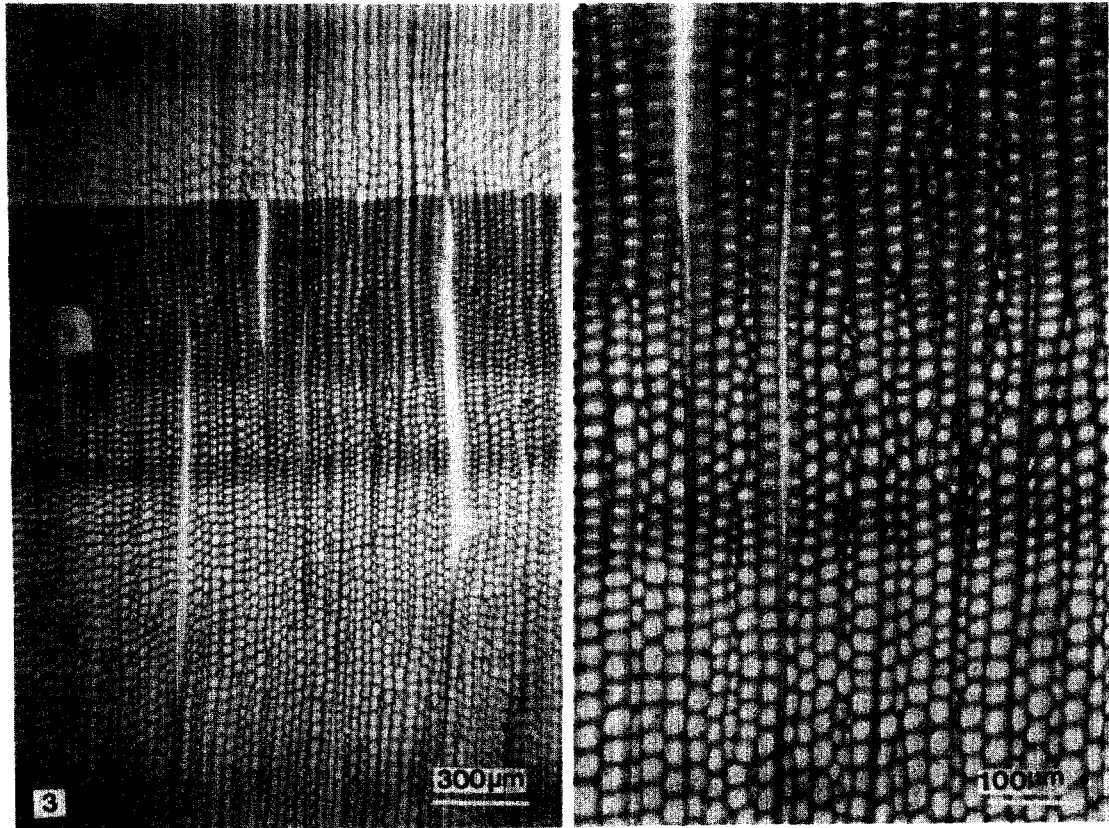


Fig. 3. Cross surface of opposite wood (B part) showing abrupt tracheid transition from springwood to summerwood.

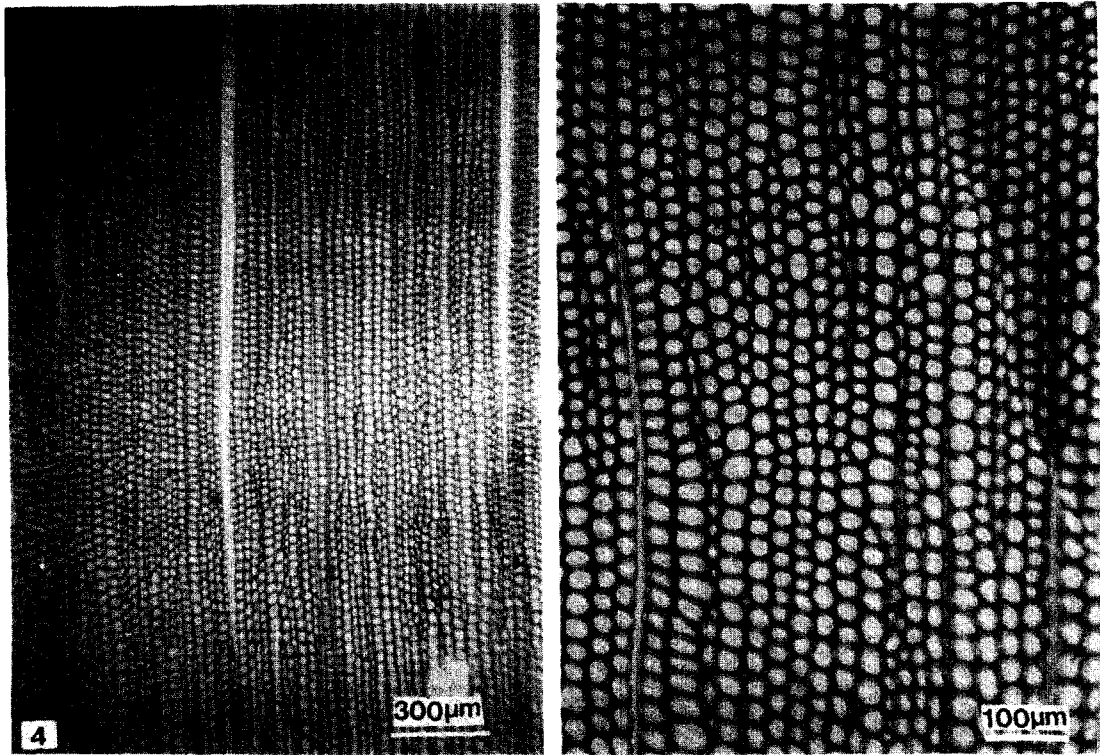


Fig. 4. Cross surface of intervened wood (D part) showing gradual tracheid transition from springwood to summerwood.

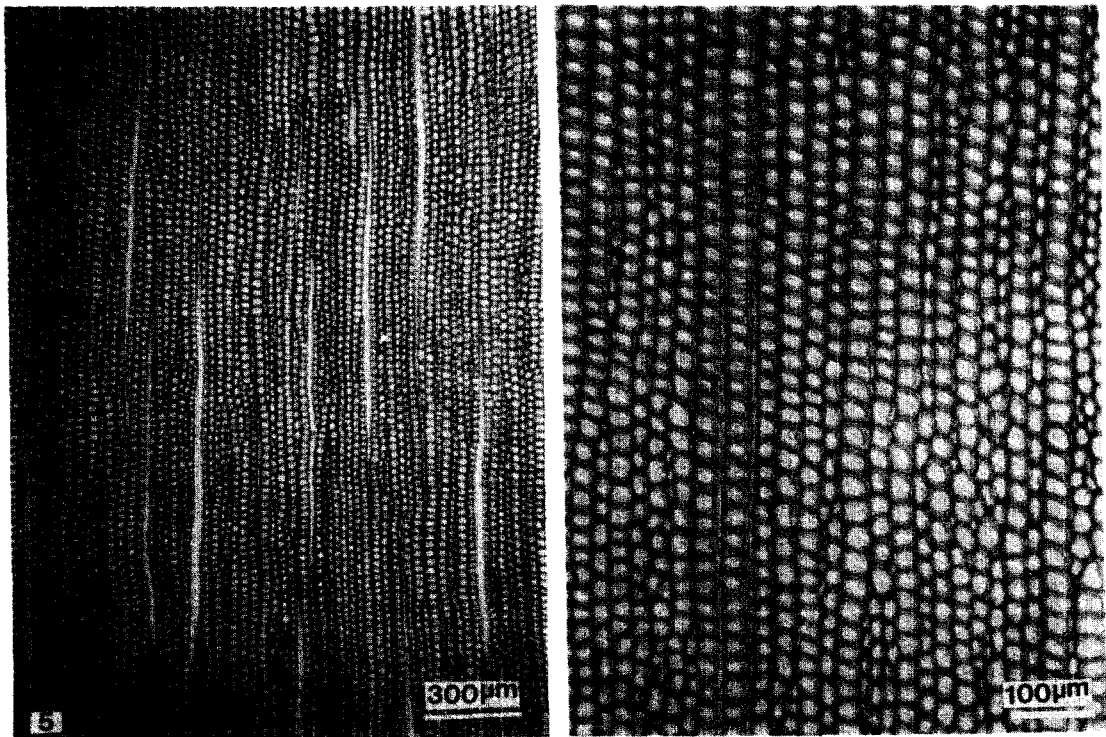


Fig. 5. Cross surface of compression wood (E part) showing very gradual tracheid transition from springwood to summerwood.

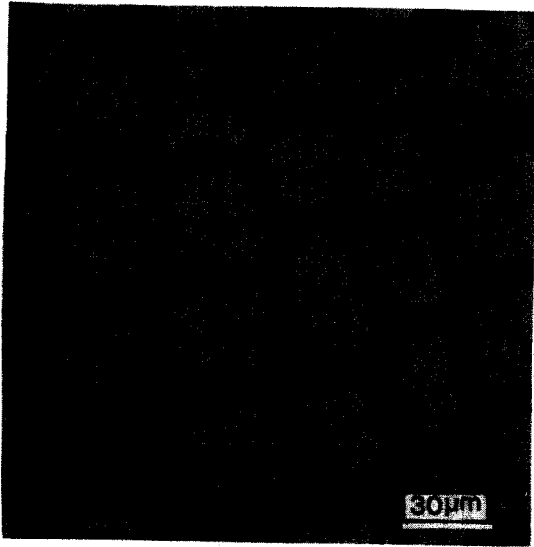


Fig. 6. Cross surface of compression wood(C part) showing rare intercellular space(▲) in springwood

또한 橫斷面上 가도관의 모양을 보면 春材에서는 E 부위만 약간 둥근형태를 나타내었으나 秋材에서는 C, D, E 모두가 둥근형태를 나타내어(그림 7) 압축이상재의 횡단면상 가도관모양이 둥근 형태라는 Core 等(1961)³⁾의 結果를 근거로 하여 볼때 압축이상재사이에 존재하는 間材(D 부위)는 압축이상재의 특징을 지닌다고 여겨진다.

放射斷面上 가도관의 뒤엎힘에 있어서도 春材에서는 部位에 관계없이 모두 뒤엎혀 있었고 특히, C, D, E 부위는 현저하게 뒤엎혀 있었으며, 秋材에서는 C, D, E 부위만 가끔 이러한 특징을 나타내었으나 A, B, F는 전혀 나타내지 않았다. 그러므로 압축이상재부위 사이에 存在하는 間材(D 부위)는 가도관의 뒤엎힘면에서 볼때 압축이상재와 유사한 結果를 나타내는 것으로 생각되었다(그림 8, 9).

나선채짐은 C와 E 부위 즉, 압축이상재부위 秋材에서만 관찰되었고 이들 압축이상재부위 사이에 存在하는 間材(D 부위)에서는 관찰되지 않았다(그림 10, 11). 이는 압축이상재에 나선채짐이 존재한다고 한 Core 等(1961)³⁾의 報告를 근거로 할때 間材(D 부위)는 압축이상재의 특징을 나타내지 않은 것으로 여겨진다.

위와같은 사실을 근거로 하여볼때 짙은색을 띠

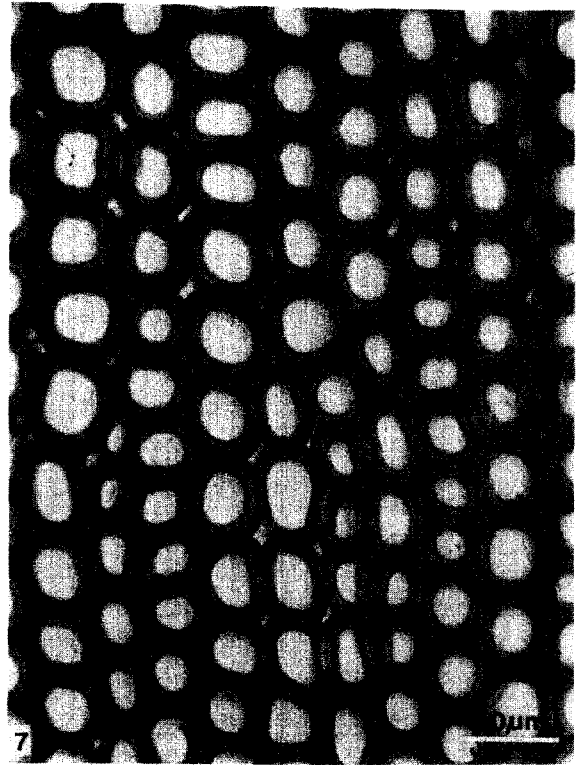


Fig. 7. Cross surface of compression wood(C part) showing frequent intercellular space and rounded tracheid in summerwood

는 전형적인 압축이상재部位와 이들 사이에 위치하는 열은색부분의 間材는 組織學的 特性으로 볼때 春材에서 秋材로의 假導管移行, 세포간극 및 가도관뒤엎힘에 있어 서로 유사한 경향을 나타내었고 나선채짐에 있어서는 서로 차이를 나타내었으므로 間材는 전형적인 壓縮異常材의 특징을 나타내지 못하였으나 壓縮異常材에 가까운 조직임을 확인할 수 있었다.

結 論

소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.) 樹幹의 橫斷面 下部에 兩分形成된 壓縮異常材와 그 사이에 存在하는 열은색부분의 間材 및 그 對應材들간의 解剖學的 特性에 關係 調査 比較함으로써 얻은 結果를 간단히 요약하면 다음과 같다.

1. 部位에 관계없이 假導管長은 年輪이 증가함

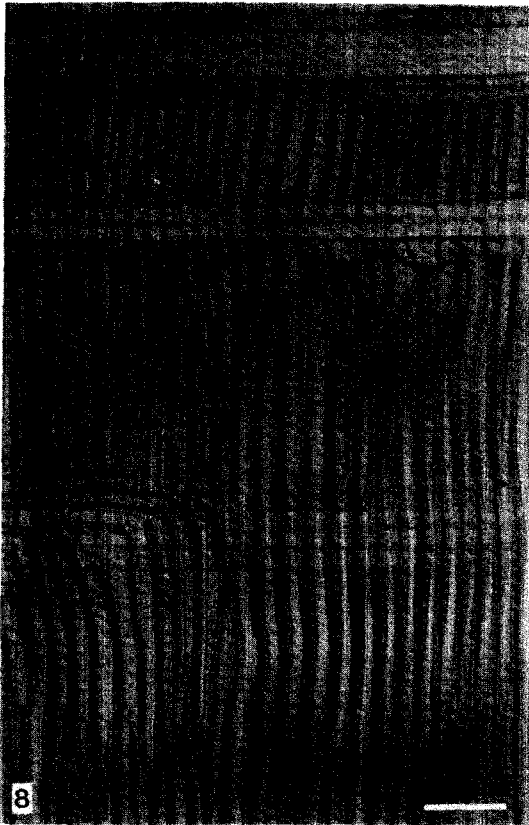


Fig. 8. Radial surface of intervened wood(D part) showing tracheid entanglement in summerwood

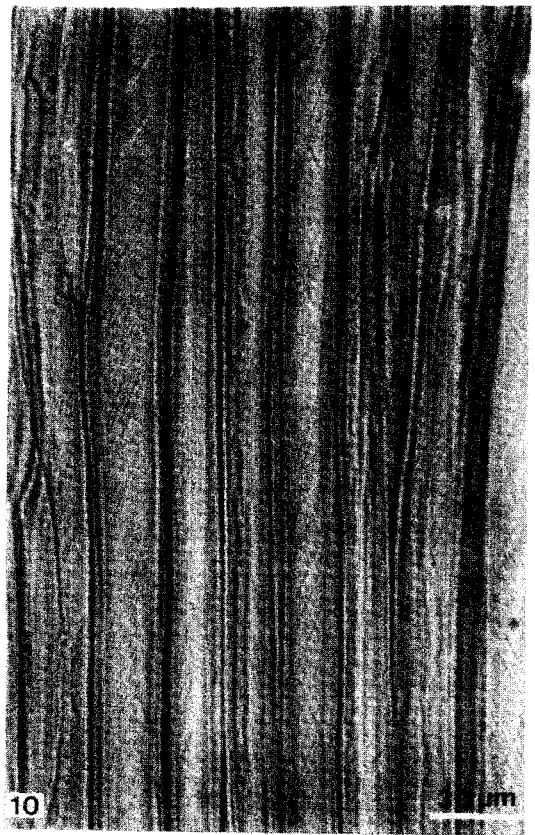


Fig. 10. Radial surface of compression wood(E part) showing spiral check only in summerwood

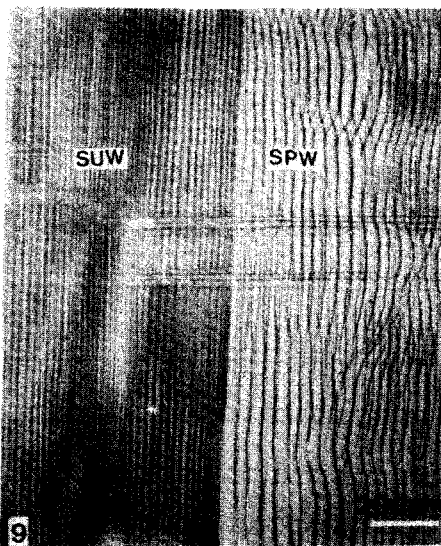


Fig. 9. Radial surface of opposite wood(A part) showing tracheid entanglement in springwood only

에 따라 直線的으로 증가하며 壓縮異常材部位는 壓縮異常材部位끼리, 壓縮異常材의 對應材部位는 對應材部位끼리 각각 그 증가경향이 같았다.

2. 假導管長은 壓縮異常材에서 가장 짧게 나타났으며 間材의 假導管長은 壓縮異常材보다는 길었으나 이들의 對應材보다는 짧은 特性을 나타내었다.

3. 樹幹內 兩分形成된 壓縮異常材와 그 사이에 存在하는 間材는 組織學的 特性으로 볼때, 春材에서 秋材로의 假導管移行, 세포간극, 假導管뒤 얽힘 및 횡단면상 가도관의 형태면에 있어 서로 유사한 경향을 나타내었으나 나선제짐은 壓縮異常材에서만 관찰되었고 間材에서는 관찰되지 않았으므로 間材는 전형적인 壓縮異常材의 특징을 나타내지 못하였으나 壓縮異常材에 가까운 特性을 나타내었다.

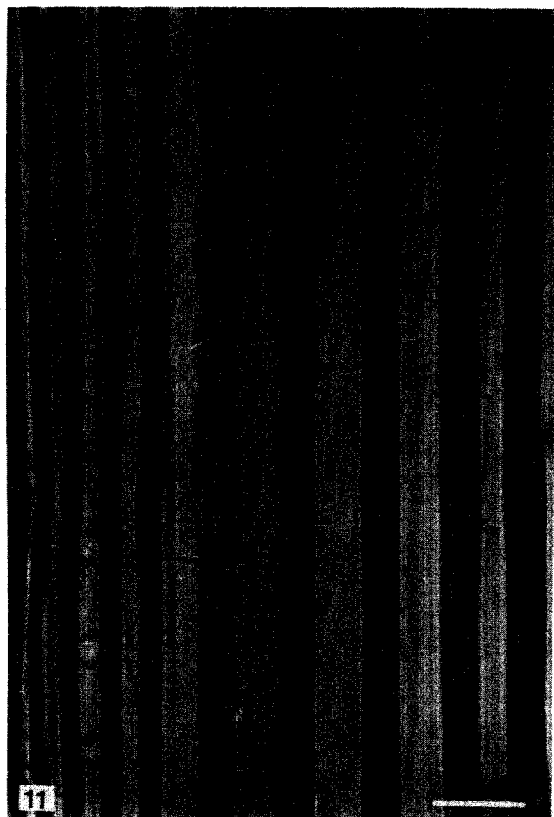


Fig. 11. Radial surface of intervened wood(D part) showing no spiral check in springwood and summerwood

Literature Cited

1. Anderson, E.A. 1951. Tracheid length variation in conifers as related to distance from pith. *Jour. of Forestry*, 38-42pp.
2. Berlyn, G.P. and J.P. Miksche. 1976. *Botanical microtechnique and cytochemistry*. 1st ed., The Iowa State Univ. Press.
3. Core, H.A., W.A. Côté, and A.C. Day. 1961. Characteristics of compression wood in some native conifers. *F.P. Journal.*, 11: 356-362.
4. Côté, W.A. Jr., N.P. Kutscha, and T.E. Timell. 1968. Studies on compression wood, VIII: Formation of cavities in compression wood tracheid of *Abies balsames* (L.) Mill. *Holz-forschung*, 22: 138-144.
5. McGinnes, E.A., and J.E. Phelps. 1972. In-tercellular spaces in eastern red cedar (*Juniperus virginiana* L.). *Wood Sci.*, 4: 225-229.
6. Seth, M.K. 1981. Variation in tracheid length in blue pine (*Pinus wallichiana* A.B. Jackson). *Wood Sci. Technol.* 15: 275-286.
7. Shelbourne, C.J.A., and K.S. Ritchie. 1968. Relationships between degree of compression wood development and specific gravity and tracheid characteristics in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Holzforschung*, 22: 185-190.
8. Timell, T.E. 1973. Studies on opposite wood in conifers. II: Histology and ultrastructure. *Wood Sci. and Tech.*, 7: 79-91.
9. Timell, T.E. 1978. Ultrastructure of compression wood in *Ginkgo biloba*. *Wood Sci. and Tech.*, 12: 89-103.
10. Timell, T.E. 1980. Karl Gustav Sanio and the first scientific description of compression wood. *IAWA Bull.*, 1(4): 147-153.
11. Timell, T.E. 1983. Origin and evolution of compression wood. *Holzforschung* 37: 1-10.
12. Voorhies, G. and D.A. Jameson. 1969. Fiber length insouthwestern young - growth ponderosa pine. *F.P. Journal* vol. 19, No. 5, 52-55.
13. 朴相珍. 1983. Opposite 材의 構造(第1報). *木材學會誌*, Vol. 29, No. 4, 295-301
14. 朴相珍. 1984. Opposite 材의 構造(第3報). *木材學會誌*, Vol. 30, No. 6, 435-439
15. 嚴永根, 李弼宇. 1985. 리기다소나무 (*Pinus rigida* Miller) 枝材의 壓縮異常材, 對應材 및 側面材 特性에 관한 走査電子顯微鏡的인 研究. *목재공학* 13(1) : 3-18
16. 李弼宇. 1972. 리기다소나무 (*Pinus rigida* Miller) 의 木材解剖學的 및 物理學的性質에 관한 研究. *韓國林學會誌* 제16호.
17. 李弼宇, 嚴永根. 1984. 연필향나무 枝材에 形成된 壓縮異常材 및 對應材에 관한 走査電子顯微鏡的 研究. *목재공학* 12(4) : 47-52
18. 李弼宇, 嚴永根. 1987. 韓國產 單板樹種의 木材識別(II). *목재공학* 15(1) : 22- 55
19. 日本木材學會. 1985. *木材科學實驗書. I. 物理·工學編* 346 pp.