

環孔材 主要構成要素의 放射方向變動

朴 相 珍*

Radial Variations of Elements in the Ring-porous Wood

Sang-Jin Park*

ABSTRACT

This study examined the radial variations in element dimensions of mongolian oak (*Quercus mongolica*), elm (*Ulmus japonica*), maackia (*Maackia amurensis*), castor aralia (*Kalopanax pictus*) from pith outwards. Disks were cut from the d.b.h. (above 1.2m) of each species and specimen for tangential pore diameters, fiber length, ray height and width were taken from 1-3rd, 5th, 10th, 15th.....40th ring number from pith.

The tangential pore diameters in the earlywood increased rapidly near the pith and then maintained almost constant or very gradually increased diameters in about 20th-30th ring number from pith. In the latewood, tangential pore diameters gradually increased from pith to outwards though the increment is smaller than in early wood. Radial variations of ray height and width maintained almost constant, gradually increased or rapidly increased diameters and then maintained almost constant from pith to outwards.

Patterns of radial variations in the fiber length were almost coincident with patterns of earlywood pore diameters, and of ray height or width in *Ulmus japonica* and *Maackia amurensis*.

1. 서 언

목재를 구성하는 세포는 수종 고유의 유전인자, 생활 환경 등에 따라 구성 요소의 종류, 크기, 형태, 배열 등이 다양하게 변화한다. 특히 활엽수는 침엽수에 비하여 구성요소가 더욱 복잡하고 변이가 심한 것은 많은 연구자들^{7, 9, 11, 12)}에 의하여 잘 알려져 있다. 활엽수의 구성요소중 도관의 크기 목섬유 길이, 방사조직의 높이와 폭 등은 목재의 성질을 파악하는 기본인자로서 대단히 중요하다. 이들은 유전적 혹은 임지적인 인자를 고려하지 않더라도 동일수종의 동일 부위에서도 연륜이 증가함에 따라 변동한다.⁶⁾ 이와같은 변동을 우리는 방사방향변동(Radial variation or Vertical variation)이라 하며 목재를 이용하는데 간과할 수 없는 중요한 특징이다.

구성요소의 방사방향변동은 지금까지 주로 섬유장¹¹⁾을 중심으로 연구되어 왔고 他 요소는 비교적 Data가 드문 실정이다. 그러나 도관은 비중, 재의 강도 등과, 방사조직은 건조특성 등에 영향을 미치는 인자이며 Sannio 등에 의하여 알려진 목섬유의 방사방향 변동 Pattern과의 관련성도 검토해 볼 필요성이 있다. 본 연구는 활엽수의 대부분을 차지하는 환공재와 산공재중 우선 환공재에 대하여 우리나라에 비교적 분포 범위가 넓은 참나무屬, 느릅나무屬, 콩과의 다릅나무屬, 음나무屬에서 각 1수종씩 모두 4수종의 주요 구성요소의 방사방향 변동을 조사한 것이다. 구성요소의 방사방향변동은 수간내의 위치에 따라서도 변동하는 것으로 알려져 있으나⁶⁾ 대표치로서 흉고부위를 주로 사용하므로¹⁾ 본 연구에서는 地上 1.2m 부위만을 대상으로 하였다. 끝으로 공식목은 임업시험장 趙武衍 研究官의 배려로 분양 받았으며 Data의 정리를 도와준 姜旭, 崔永根君께 감사

* 全南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju

이 감사한다. 아울러 목섬유 길이는 임업시험장 이용부의 기기를 사용하여 측정하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

재료는 태백산 지구에 성장하고 있는 신갈나무, 느릅나무, 다릅나무, 옴나무를 1978년 6월 및 10월에 벌채하여 흉고 부위에서 두께 5cm의 원판을 채취하였으며 이들의 특징은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of sample trees.

species	age (years)	height (m)	d. b. h (cm)
<i>Quercus mongolica</i>	45	12.5	17.6
<i>Ulmus japonica</i>	50	13.5	17.0
<i>Maackia amurensis</i>	50	12.6	15.7
<i>Kalopanax pictus</i>	55	13.2	18.2

2.2 실험방법

흉고부위의 원판을 인장이상재가 포함되지 않도록 연륜목이 비교적 균일한 부위에서 수에서 수피쪽을 향하여 1~3, 5, 10, 15, 20...40 연륜마다 1개의 연륜이 전부 포함되도록 장방형의 Block를 만들고 2~3시간 가압연화 하였다. 다음 Sliding microtom으로 두께 15~20 μ m의 3단면 切片을 제작하여 Safranin으로 염색, 알콜계열 탈수하고 캐나다발삼 封入하여 영구 Preparaat를 만들었다.

프레파라트의 횡단면을 150~160배 확대하고 현미경 micro meter로 접선방향 춘재관공 및 추재관공의 직경을 각각 50개씩 측정하였다. 춘추재의 구분을 大形 관공이 분포하는 孔圈(Pore zone)을 春材, 孔圈 외의 小形 관공이 분포하는 부위를 추재로 하였다.

한편 방사조직은 프레파라트의 접선단면에서 관공의 직경과 마찬가지로 높이와 폭을 측정하였다. 단 신갈나무는 他 수종에서 볼 수 없는 광방사조직(Broad ray)이 분포하나 他요소와의 방사방향 변동을 비교하는데 적합하지 않으므로 본 연구에서는 제외하였다. 목섬유 길이는 각 조사 연륜의 전 연륜이 포함되도록 軸木을 만들고 Schultze氏液으로 分離하여 1% Bismarck brown液으로 염색한 다음 만능 투영기(Micro proje-

ctor)로 50배 확대하여 50개씩 측정하였다. 본 연구에서는 진정목섬유와 섬유상 가도관을 목섬유(Wood fiber)로, 다릅나무의 도관상 가도관을 추재도관에 각각 포함하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 도관 직경

Fig 1, 2, 3, 4는 수에서 수피쪽으로 춘추재별 관공직경 변동을 나타내었다.

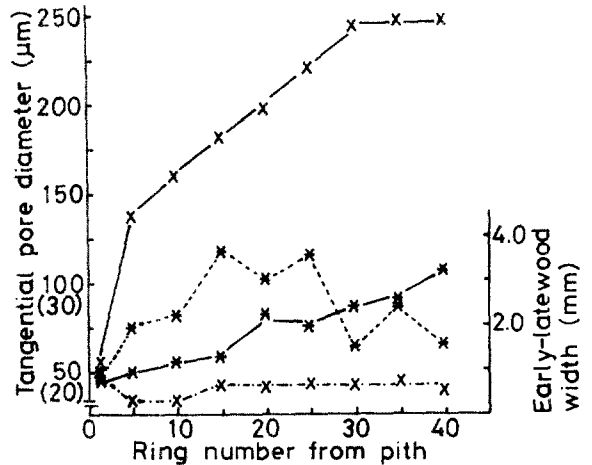


Fig. 1. Variations in tangential pore diameter and early-latewood width of *Quercus mongolica* from the pith outwards.
 × — × : pore diameter of earlywood
 × — × : pore diameter of latewood
 × ··· × : earlywood width
 × ··· × : latewood width

Fig. 1에서 보면 신갈나무의 춘재관공은 수피쪽으로 향하여 급격히 증가하고 2연륜의 약 440%로 직경이 증대된 다음 30연륜 이후는 거의 안정된다. 추재관공은 수피쪽으로 향하여 증가를 하나 춘재관공에 비하여 증가율이 훨씬 낮고 2연륜에서 40연륜까지 170%에 불과하다. 또한 40연륜 이내에 추재관공 직경이 안정되지 않는다.

Fig. 2에서 보면 느릅나무의 춘재관공은 10연륜까지 급속히 증가하여 증가율은 290%에 달하고 그후는 증가 속도가 떨어지나 계속 증가한다. 추재관공은 춘재관공에 비하여 증가율은 훨씬 낮으나 증가가 계속되며 40연륜까지의 증가율은 200%이다.

Fig. 3에서 보면 다릅나무의 춘재관공은 15연륜까지 증가율이 300%에 달하고 급속한 증가를 한다. 그후는 증가율이 대단히 낮고 15~40년까지의 증가율은

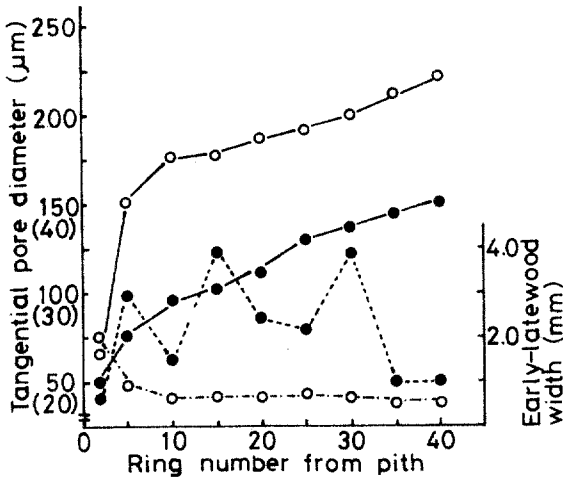


Fig. 2. Variations in tangential pore diameter and early-latewood width of *Ulmus japonica* from the pith outwards.
 ○ — ○ : pore diameter of earlywood
 ● — ● : pore diameter of latewood
 ○ - - ○ : earlywood width
 ● - - ● : latewood width

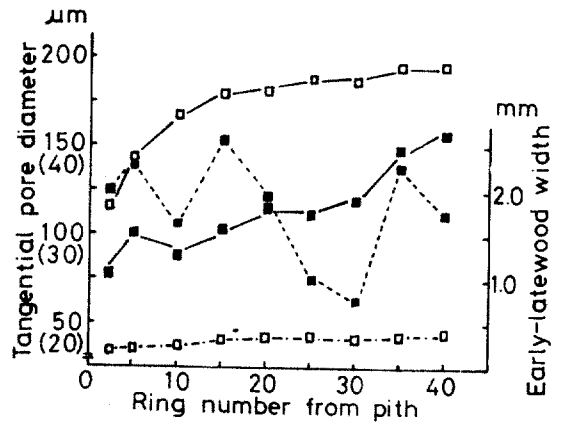


Fig. 4. Variations in tangential pore diameter and early-latewood width of *Kalopanax pictus* from the pith outwards.
 □ — □ : pore diameter of earlywood
 ■ — ■ : pore diameter of latewood
 □ - - □ : earlywood width
 ■ - - ■ : latewood width

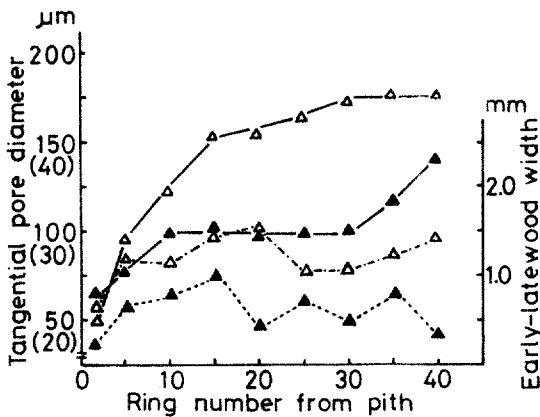


Fig. 3. Variations in tangential pore diameter and early-latewood width of *Maackia amurensis*, from the pith outwards.
 △ — △ : pore diameter of earlywood
 ▲ — ▲ : pore diameter of latewood
 △ - - △ : earlywood width
 ▲ - - ▲ : latewood width

120%에 불과하며 30연륜 이후는 거의 안정된다. 추재관공은 2~10연륜까지는 증가를 하나 10~30연륜에서 거의 안정된 상태였었고 30연륜 이후에 다시 증가가 계속된다.

Fig 4에서 보면 음나무의 추재관공은 2연륜에서 120μm 정도로서 신갈나무, 음나무, 다릅나무의 2연륜 추재관공 직경보다 약 2배정도 크고 15연륜까지 약 160%의 증가를 한다. 그후 증가속도는 대단히 늦으며 35~40연륜에서는 거의 안정된다. 추재관공의 증가는 약간 불규칙하나 완만한 증가가 계속된다. 추재관공은 수에서 연륜수가 증가함에 따라 수종별 약간의 차이는 있으나 어느 연륜을 기준으로 하여 급속한 증가를 하는 기간 → 매우 완만한 증가를 하는 기간 → 안정되는 기간 혹은 느릅나무에서 볼 수 있는 것처럼 계속적인 완만한 증가를 하는 기간으로 구분할 수 있으며 이것은 지금까지의 많은 연구자^{5, 9, 11)}들에 의하여 밝혀진 목섬유질의 증가 Pattern과 대단히 유사하다.

한편 추재관공은 추재관공에 비하여 증가속도는 늦으나 4수종 모두 조사된 40연륜 내에서는 증가가 계속된다. 형성층 시원세포의 치수는 연령이 증가함에 따라 어느 시기에는 반드시 안정되므로⁹⁾ 추재관공의 직경도 안정이 될 것이나 40연륜 이내에서는 거의 안정이 되지 않는다. 따라서 20~30연륜사이에 추재관공의 직경이 안정되는 수종들에 있어서 추재관공의 직경은 40연륜이후, 즉 추재관공보다는 더 늦은 연륜에서 안정될 것으로 추정된다.

다음에 추재목과 추재목의 방사방향변동을 보면 추재

목은 수에 가까운 5~10연륜에서 춘재관공 직경과 正의 상관관계 혹은 負의 상관관계(느릅나무)를 가지나 신갈나무, 느릅나무, 음나무에 있어서 10~15연륜이후는 연륜폭(춘재폭+추재폭)에 관계없이 거의 일정하다. 그러나 다릅나무는 10연륜 이후에도 춘재폭은 변동이 심하며 추재폭과는 고도의 상관관계를 나타낸다. 즉 연륜폭에 영향을 받는 것으로 추정된다. 환공재의 춘재폭은 연륜폭에 관계없이 거의 일정한 것으로 보고되어 있으나^{6,7,9} 다릅나무가 Fig. 3과 같이 춘재폭의 변동을, 변동을 볼 수 있는 것은 공편관공의 층수가 他3수종의 1~2층에 비하여 4~5층에 달하는 탓으로 따라서 공편의 층수가 4~5층 이상의 수종은 공편폭과 연륜폭의 관계를 더욱 검토해 볼 필요가 있을 것이다.

한편 추재관공은 춘재관공과 마찬가지로 수에 가까운 5~15연륜에서 추재폭과 正의 상관관계를 가지나 그 이후는 추재관공과 추재폭 사이에는 일정한 관계를 인정할 수 없다. 그러나 추재관공의 직경과 추재폭과의 관계는 본 연구의 Data만으로는 충분한 결론을 얻을 수 없었다. 춘재폭 및 추재폭은 수간의 肥大生長의 지표가 되므로 이상의 결과에서 보면 추재관공직경의 방사방향 변동은 생장의 良否에 거의 관계없이 수에서 연륜수에 따라 변동하는 것으로 생각된다.

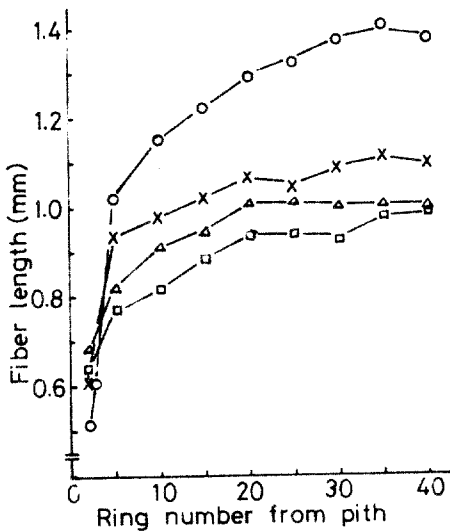


Fig. 5. Variations in fiber length from the pith outwards.

- × — × : *Quercus mongolica*
- o — o : *Ulmus japonica*
- △ — △ : *Maackia amurensis*.
- — □ : *Kalopanax pictus*.

3.2 목섬유 길이

공고부위에서 방사방향의 목섬유 길이는 변동은 Fig. 5와 같다. 조사된 4수종 모두 수에서 연륜이 증가함에 따라 5~10연륜사이 급격한 증가를 하고 그 이후는 수종에 따라 약간의 차이는 볼 수 있으나 20~30년사이에 증가가 매우 둔화되며 그 이후는 거의 안정된다. 수종별로는 신갈나무, 느릅나무가 30年輪 이후, 다릅나무가 20연륜이후, 음나무가 35연륜이후에 목섬유 길이가 거의 안정되는 것으로 추정된다. 한편 수에 가까운 연륜의 최소 목섬유 길이와 수피쪽의 최대 목섬유 길이의 比 즉 伸張率은 신갈나무가 190%, 느릅나무가 280%, 다릅나무가 150%, 음나무가 160%로서 춘재관공 직경의 신장율에 비하면 훨씬 낮다.

Sanio를 비롯한 수많은 연구자^{6,9,11}들에 의하면 목섬유의 길이는 수에 가까운 연륜에서 급속히 증가하여 차츰 증가속도가 떨어지고 어느 연륜에서 거의 일정하게 된다고 한다. 본 연구에서 조사된 수종도 비록 여러 가지 요인에 의하여 섬유장이 안정되는 시기에는 변동이 있으나 전체적인 Pattern은 他연구자들의 결과와 잘 일치한다.

방사조직의 직경과 목의 방사방향 변동은 Fig. 6, 7, 8, 9와 같다. 이들은 수에서 연륜수가 증가함에 따라 다양한 변동을 나타내는 것으로 보고⁹되고 있으며 본 연구에서 조사된 수종도 상이한 Pattern을 볼 수 있다.

신갈나무의 방사조직 높이는 10~15연륜에서 약간 증가하나 방사조직의 높이의 변동은 거의 없다. 방사조직의 폭도 거의 일정하였다.

느릅나무의 방사조직 높이와 목은 연륜수가 증가함에 따라 비교적 급속히 증가된 후 25~30연륜에서 거의

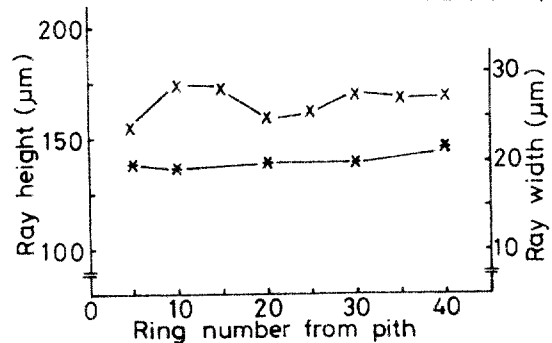


Fig. 6. Variations in ray height and width of *Quercus mongolica* from the pith outwards.

- × — × : ray height
- × — × : ray width

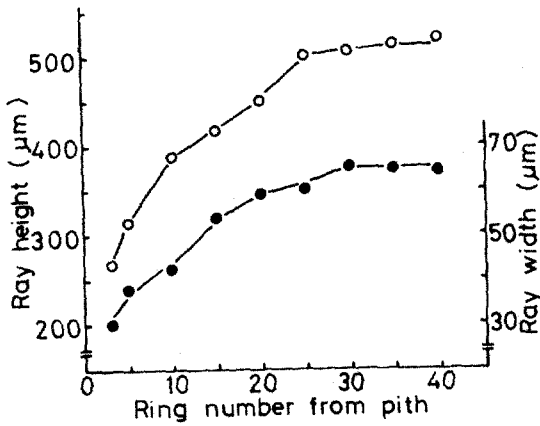


Fig. 7. Variations in ray height and width of *Ulmus japonica* from the pith outwards.
 ○ — ○ : ray height
 ● — ● : ray width

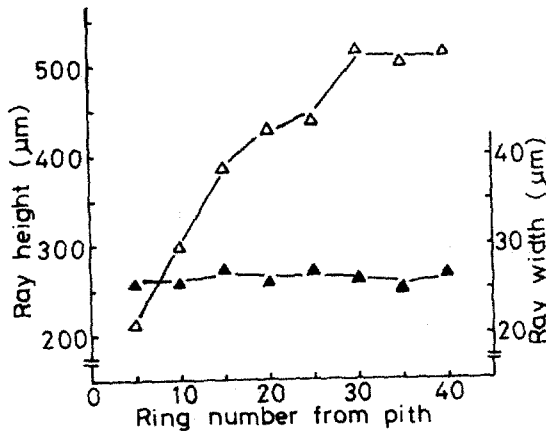


Fig. 8. Variations in ray height and width of *Maackia amurensis* from the pith outwards.
 △ — △ : ray height
 ▲ — ▲ : ray width

안정되고 있으며 이와 같은 Pattern은 동일수종의 목섬유의 증가 Pattern과 잘 일치하고 있다. 다릅나무의 방사조직 높이는 30연륜까지 급속히 증가하여 그 후에 안정되고 있으며 이것은 안정되는 연륜수에 차이는 있으나 전체적인 Pattern은 동일수종의 춘재관공 및 목섬유의 증가 패턴에 일치하고 있다. 반면 방사조직의 폭은 거의 변동이 없다.

읍나무는 방사조직의 높이는 거의 변동이 없으나 폭은 완만하게 증가하여 증가율은 180%에 달한다. Shimaji⁹⁾의 보고에 의하면 Fagaceae의 광방사조직은 수에서 연륜수가 증가됨에 따라 挿入生長(Intrusive gro-

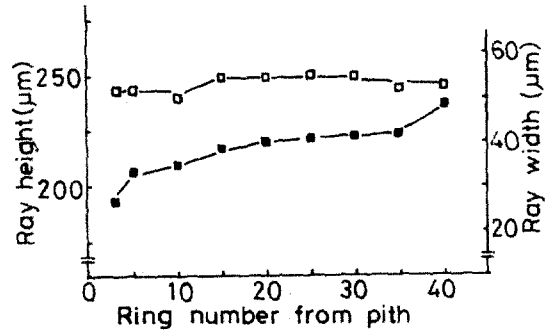


Fig. 9. Variations in ray height and width of *Kalopanax pictus*, from the pith outwards.
 □ — □ : ray height
 ■ — ■ : ray width

wth)으로 인하여 길이는 오히려 짧아지고 폭은 증가한다고 보고하고 있으나 본 조사에서는 신갈나무의 광방사조직을 제외하였으므로 이와같은 경향은 조사된 신갈나무의 단열방사조직에서는 볼 수 없었다. 또 방사조직의 폭은 생장이 양호할수록 넓어지는 것으로 알려져 있으나⁶⁾ 조사된 4수종에서는 상관관계를 인정할 수 없다.(Fig. 1, 2, 3, 4 참조)

환공재를 구성하는 요소중 지금까지 그 변동 Pattern이 잘 알려진 목섬유 길이의 변동 Pattern과 他 구성요소를 비교해 보면 춘재도관요소의 횡단면 직경변동은 안정되는 시기에 약간의 차이가 있고 느릅나무와 같이 40연륜 이내에 안정되지 않은 수종도 있으나 대체로 목섬유 길이의 변동 Pattern과 춘재관공직경의 변동 Pattern은 대단히 유사하다. 춘재도관요소는 40연륜이내에서는 4수종 모두 직경의 안정을 볼 수 없고 다릅나무를 제외하면 거의 직선적인 증가를 하므로서 목섬유 길이의 변동 pattern과는 다른 pattern을 나타낸다. 방사조직의 높이와 폭 및 다릅나무의 방사조직 높이는 목섬유 길이의 변동 pattern과 일치되나 他수종은 일치되지 않는다. 목재의 재질이 안정되는 시기를 섬유장이 안정되는 시기를 기준으로 하여 미성숙재와 성숙재로 구분하는 것이 일반적이다¹¹⁾ 이상의 결과에서 처

럼 목섬유 길이의 변동 pattern이 他子성요소와 반드시 일치하는 것은 아니므로 이들 요소가 재질에 미치는 영향을 고려해 보면 성숙재와 미성숙재의 구분 인자로서 목섬유 길이만을 대상으로 할 수는 없을 것 같다.

4. 결 론

환공재의 성질에 중요한 영향을 미치는 도관직경, 목섬유 길이, 방사조직의 높이와 폭은 수에서 연륜수가 증가함에 따라 다음과 같이 변동하였다.

1. 춘재 관공의 접선방향직경은 급속히 증가하여 20~30 연륜사이에 거의 안정되거나 혹은 완만한 증가를 한다.

2. 추재 관공의 접선방향직경은 차츰 증가하며 동일수종의 춘재 관공에 비하여 증가율이 낮고 40 연륜 내에서는 안정되지 않는다.

3. 방사조직 높이의 변동은 수종에 따라 다르며 거의 변동이 없거나(신갈나무, 음나무) 급속히 증가하여 안정된다.(느릅나무, 다릅나무)

4. 방사조직의 폭은 수종에 따라 다르며 거의 변동이 없거나(신갈나무, 다릅나무) 완만한 증가를 하거나(음나무) 급속히 증가된 후 안정된다.(느릅나무)

5. 춘재도관직경 및 방사조직의 높이와 폭중 급속한 증가를 하여 안정되는 pattern은 목섬유 길이의 증가 pattern과 잘 일치한다.

引用 文 獻

1. Forest biology subcommittee. 1968. New methods of measuring wood and fiber properties in small samples. Tappi. vol. 51.(No. 1) 75A-80A
2. 深沢和三, 大谷 諄, 1972. ミズナラ材密度の 樹幹内

に及ぼす年令効果, 北大農演報, Vol. 29 (No. 2), 171-188

3. Kobayashi, Y. 1952. Identification of the Japanese alder woods - (I) The properties of wood rays -. Bull of Japanese Government Forest station. No. 2. 181-193
4. Kobayashi, Y., 1957. A card sorting system for the identification of softwood in Japan. Bull. of Government Forest Station, No. 98, 1-84.
5. Kollman, F.F.P. and W. A., Cote, Jr. 1968. Principles of Wood Science and Technology. Springer Verlag. Vol. 1. 1-54.
6. Panshin, A. J. and C. D., Zeeuw, 1970. Text-book of Wood Technology, McGraw-Hill Book Co., Vol. 1. 3rd ed.
7. 朴相珍, 李元榮, 李弼宇, 1981. 木材組織의 圖解, 正民社
8. Shimaji, K., 1952. Anatomical studies on the wood of Fagus species. Bull of Tokyo Uni Forest. No. 42, 181-193.
9. 島地謙, 須藤彰可, 原田浩, 1976. 木材の組織, 森北出版.
10. Sudo, S., 1959. Identification of Japanese hard woods, Bull of Government Forest Station, No. 118, 1-138.
11. 須川豊伸, 1979. 日本産主要樹種の性質 - 主要広葉樹材の纖維長 -. 日本林試研報. No. 306. 135-167.
12. Vurdu, H. and D. W. Bensend. 1980. properties and types of cell in stems, Branches and roots of European Black Alder (Alnus glutinosa L. Gaertn) Wood Science. Vol. 7. 276-282.