

# 闊葉樹 Opposite材의 構造 ( I )<sup>\*1</sup> - 傾斜 生長한 成熟材 樹幹의 Opposite材 構造 -

朴相珍<sup>\*2</sup> · 朴秉守<sup>\*2</sup> · 蘇元澤<sup>\*3</sup>

## Structure of Opposite Wood in Angiosperms( I )<sup>\*1</sup> - Structure of Opposite Woods in the Inclined Stem of Mature Woods -

Sang Jin Park<sup>\*2</sup> · Byung Soo Park<sup>\*2</sup> · Won Taek Soh<sup>\*3</sup>

### SUMMARY

To study the structure of opposite wood in the angiosperms, samples were cut from stems and branches of 10 species growing in Korea.

The opposite side was defined as being along a line passing from the most wide annual ring of the tension wood on the upper side to the pith and extrapolated through the opposite side, lateral sides being on the right and left of this line.

The stem woods growing almost horizontally were surveyed the structural features of the well-developed opposite wood for the tension wood. In the annual-ring of the well-developed opposite woods, an investigation was made on how the dimension of elements, microfibril angles, and cell wall layers change from tension side to opposite side.

The structural characteristics of opposite wood in hardwoods realized in this study are as follows:

1. The vessel diameters increased continuously to ward the opposite side in which the values were maximum. The vessel length also increased toward opposite side, but the rates of increase were smaller than those in the vessel diameters.
2. The wood fiber length were decreased from tension toward opposite side, but the rates of decrement were fluctuated within the sampled species.
3. The microfibril angles had the minimum values on the tension side, then increased steeply toward the opposite side in which the values maximum.
4. In the percentage of elements the vessel elements increased continously at a relative rate from the tension to opposite side, whereas the values of the wood fibers were lower in the

---

\*1 接受 1989年2月23日, Received February 23, 1989.

본 연구는 한국과학재단 학술연구비에 의하여 수행 되었음.

\*2. 慶北大學校 農科大學 College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea.

\*3. 全南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chonnam National University Kwangju 500-070, Korea

opposite than the tension side, but the variation patterns of rays were not seem distinctly.

5. The component layers of the wood fiber in the opposite woods were very similar to the lateral woods.

## 1. 序 言

우리나라는 연간 총목재 소요량의 85% 이상을 수입에 의존하고 있는 목재자원 빈국으로서 국산재의 이용신장을 위한 대책이 시급히 요망되고 있다. 지금까지 국산재의 효과적 이용을 위한 다각적인 대책이 시도되어 왔으나 목재의 기초적 성질을 구명하는 材質연구가 매우 미흡한 실정에 있으며, 국산재의 특징은 전체적으로 생장이 나쁜 소경재이고 특히 활엽수재의 경우는 정상적인 通直材보다 만곡재가 많이 포함된 저급재가 대부분을 이루고 있다. 따라서 목재자원의 해외의존도를 낮추고 산지의 자원화를 위하여는 저급재의 이용을 촉진시킬 수 있는 기초재질연구가 시급히 요구되고 있다.

본인은 1975년부터 침엽수재에 대하여 수행하여 왔던, 비정상적으로 만곡성장한 목재의 성질을 구명하는 연구의 일환으로 본 연구에서는 활엽수재가 중력방향에 이탈하여 생육할 때 발생하는 인장응력재의 반대측인 opposite재의 성질을 구명하는데 목적을 두고 있다.

침·활엽수재 모두 만곡성장 하면 應力材(reaction wood)가 형성되고, 이들은 정상재에 비하여 여러가지 결점을 가지고 있다는 사실은 1950년대에 이미 Wardrop(1964), Onaka(1949) 등에 의하여 밝혀졌고 최근에는 전자현미경의 발달과 함께 더욱 상세히 밝혀지고 있다. 그러나 침·활엽수재 모두 opposite재에 대한 연구는 미흡하다.

침엽수응력재(壓縮應力材, compression wood)의 반대측에 형성되는 침엽수 opposite재에 대하여는 Hartig(1901)에 의하여 처음 구조적 특징이 보고된 이후, Timell(1973 a)이 이화학적

성질을 구명한바 있고, 저자(1986 e)에 의하여 비로소 침엽수 opposite재의 성질을 종합 보고하고 있을 따름이다.

활엽수응력재(引張應力材, tension wood)의 반대측에 형성되는 활엽수 opposite재에 대하여는 구체적으로 연구 보고된 바가 거의 없다. 그 이유로서는 opposite재의 성질이 수간의 경사경도와 밀접한 상관관계를 가지고 있으며 응력재에서 側方材(lateral wood), opposite재로 漸變하는 특징이 있으므로 정상재의 범주에 포함시켜서 취급하는 경우가 대부분이었기 때문이다.

그러나 활엽수의 opposite재도 정상재로는 취급될수가 없고 침엽수재에 비하여는 구성요소가 복잡하므로 활엽수 opposite재의 성질은 더욱 변동의 정도가 클것으로 추측된다. 따라서 응력재, 특히 인장응력재가 포함된 활엽수재의 재질 특성을 구명하기 위하여는 동일 연륜내에서의 opposite재, 인장응력재, 측방재의 성질을 木材組織學(wood anatomy)적 측면에서 더욱 상세한 검토의 필요성이 있다.

## 2. 供試樹種

본 실험에 사용한 供試材는 인장응력재의 구조가 비교적 잘 알려져 있고 우리나라에 광범위하게 분포하는 수종중 20년생 이상의 수령을 가진 수목에서 선정하였으며 공시재의 특성은 표1과 같다(Table. 1).

## 3. 實驗方法

자연상태로 중력방향에 대하여 45-90 정도로 만곡성장하고 있는 조사대상 수종에서 공시재로

Table 1. List of species investigated.

Species	*1 Diameters (cm)	*2 Ages (years)	*3 Height (cm)	*4 Angles (°)	Accentricity proportion
<i>Betula davurica</i>	20	36	275	75	9.6
<i>Alnus japonica</i>	21	28	100	60	12.4
<i>Quercus serrata</i>	26	40	290	75	11.0
<i>Prunus sargentii</i>	25	35	187	55	12.4
<i>Acer palmatum</i>	22	34	155	60	15.5

\*1: Diameters of the measured disks.

\*2: Years of the measured disks.

\*3: The height of measured disks from the ground level.

\*4: The angles for gravity direction.

적합한 개체를 3-5본 선정하여 傾斜樹幹部에서 두께 5-10cm 정도의 원판을 채취하였다.

조사원판에 대하여는 그림1과 같이 opposite재(opposite wood), 側方材(lateral wood), 引張應力材(tension wood)로 구분하였다. 즉 수피쪽의 최근 성장한 2-3년륜의 연륜폭이 가장 넓은쪽을 인장응력재(상대위치 12, 1, 2)로 하고 이 부분과 수(pith)를 연결하는 직선의 정반대측 주위를 opposite재(상대위치 6, 7, 8), 인장응력재와 opposite재의 중간 부분을 측방재(상대위치 3, 4, 5 및 9, 10, 11)로 하였다. 인장응력재가 가장 발달하는 최대연륜폭의 부분을 각 年輪全周에 대한 相對位置 1로 하고 정반대측의 opposite재를 상대위치 7로 하여 12등분 하였으며 4와7의 상대위치는 서로 대칭적인 측방재로서 동일하게 취급하였다.

12등분한 상대위치에서는 7×7×10mm의 장방형 블록(block)를 채취하여 두께 20um의 횡단면 절편을 만들어서 사프라닌및 FCF에 의한 2중 염색과 알콜계열탈수후 영구프레파라트를 제작하였다. 이 처리에 의하여 未木化된 전형적인

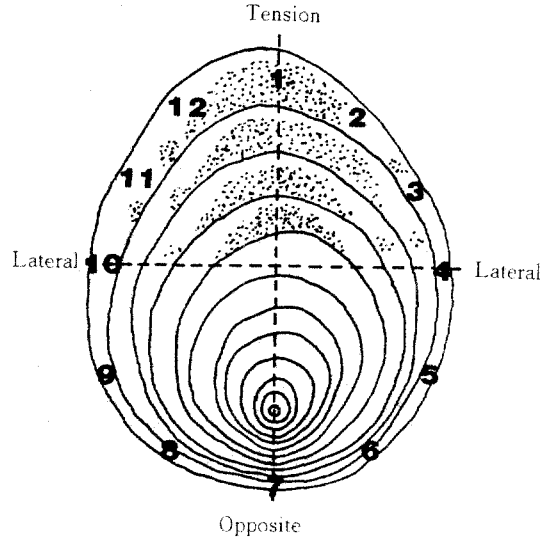


Fig 1. Relative positions within measured disk.

인장응력재의 세포벽은 청록색으로, 木化(lignification)된 세포벽은 적갈색으로 염색 되므로 이에 따라 인장응력재의 분포비율을 조사하였다(그림 1).

횡단면 프레파라트에서는 현미경 마이크로메

타(micrometer)를 이용하여 관공의 접선방향직경을 조사부위별로 30-50개씩 측정하였다. 또 구성요소의 점유비율은 Ishida(1963)등의 방법을 약간 변형하여, 측정연륜을 600배로 확대하고 方眼 마이크로메타를 이동시키면서 마이크로메타의 十字交点直下の 세포종류를 기록하여 전체 교점에 대한 각 세포의 백분율로서 구성비율을 계산하였다.

절편을 제작한 나머지 블럭에서는 사방 1-2mm, 길이 1cm 정도의 작은 축목을 채취하여 질산 1:물1의 용액 100ml에 염소산칼륨(KClO3) 4-6g을 녹인 술츠(Schulz)액을 만들었다. 축목을 침지하여 구성세포를 鮮離시킨후 1% Bismarck brown으로 염색하여 일시 프레파라이트로하고 40-60배 확대하여 현미경마이크로메타로 목섬유와 도관의 길이를 50개씩 측정하였다.

microfibril 경사각은 두께 20-30um의 방사단면 절편을 만들고 Kobayashi(1951) 및 Senft(1985) 법에 따라 S2층의 microfibril 간격에 요소(12)의 針狀結晶을 형성시킨후 300-400배의 현미경사진을 촬영하였다. 사진상에서 요소결정의 배열방향과 목섬유의 축이 나타내는 각도를 S2층의 microfibril 경사각으로 하고, 연륜의 중앙부에서 평균적 크기의 목섬유 15-20개를 선택하여 벽공이 많은 곳을 피하고 측정하였다.

벽층구성은 사방 1mm, 길이 0.5cm의 시편을 만들어 탈수후 EPON 812로 包埋하고, 편광현미경 관찰을 위하여는 두께 2um의 薄切片을 제작하고 十字니콜선 하에서 관찰하였다. 또 전자현미경 관찰용으로는 diamond knife로 두께 0.1um의 超薄切片을 만들어 脫包埋하지 않고 Pt-Pb shadowing하여 일본교오토대학 농학부 소재 J100C 透過電子顯微鏡(TEM)으로 관찰하였다.

## 4. 結果 및 考察

### 4.1 導管 및 木纖維의 치수

導管(vessel) 및 木纖維(wood fiber)는 각각 활엽수재의 20-30%, 50-70%를 차지하고 있는 요소로서 수종, 성장조건, 수체내의 부위에 따라 치수의 변이가 심하다. 본 실험에서는 치수(dimension)의 변이성을 최소화하기 위하여 동일 연륜전주내에서 조사위치를 연륜의 중앙부분으로 일정하게 하여 측정하였다.

그림2는 관공의 접선방향직경이 연륜전주내 변동을 상대위치별로 측정한 결과이다(그림2.3).

인장응력재측에서 최소치를 나타내며 opposite재측으로 향하면서 차츰 증가하여 상대위치 6,7,8의 opposite재측에서 최대치가 되는 경향이 명확하다. 증가의 정도는 졸참나무가 가장크며, 특히 측방재에서 opposite재측으로의 증가가 타 조사수종에 비하여 급격하다. 기타 조사수종들에서는 opposite재측으로 향한 증가가 졸참나무에 비하여는 완만하고 비교적 관공의 직

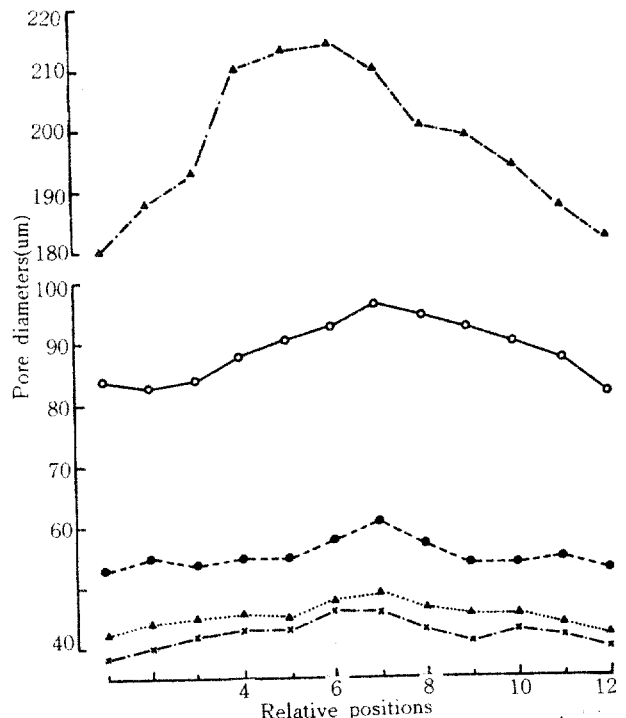


Fig 2. Peripheral variations of pore diameters in the stem woods

Note: ○—○ *Betula costata*    △—△ *Quercus serrate*  
 ●—● *Alnus japonica*    ▲—▲ *Prunus sargentii*  
 ×—× *Acer palmatum*

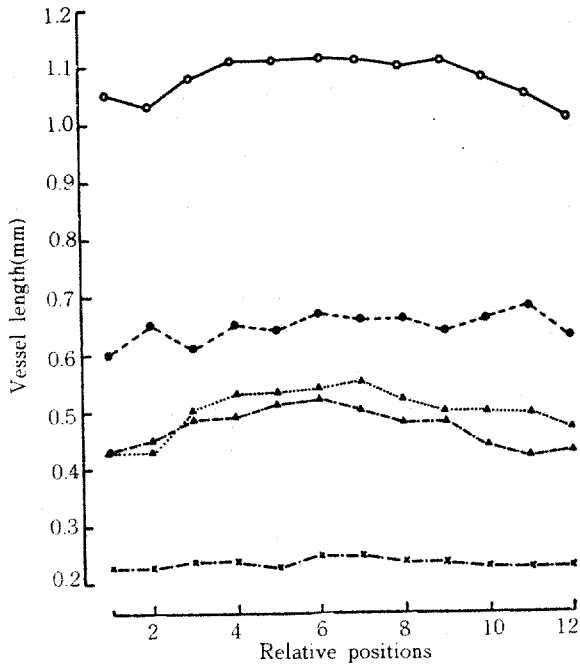


Fig 3. Peripheral variations of vessel length in the stem woods Note: Symbols are the same as in fig 2.

경이 소경인 산벚나무와 단풍나무는 인장응력재측에서 opposite재측으로 향하는 직경의 증가가 더욱 완만하다.

그림3은 도관요소길이의 연륜전주내 변동을 상대위치별로 측정 한 결과이다. 물박달나무, 졸참나무, 산벚나무에서는 인장응력재측에서 opposite재측으로 향하여 증가가 인정되고 있으나 그 증가의 정도는 완만하고, 오리나무와 단풍나무에서는 변동경향이 나타나지 않는다.

Onaka(1949), Yoshimura(1973, 1976, 1979) 등은 일부 수종에서만 관공의 직경과 도관요소 길이가 인장응력재측에서 감소한다고 하였으며 opposite재와 인장응력재간에 차이가 없는 수종이 대부분이라고 하였다. 그러나 본연구의 결과에서 보면 졸참나무와 물박달나무는 전자의 경우에 해당하고 기타 수종은 후자의 경우에 해당된다. 또 동일 수종에서도 간재와 지재의 부위에 따라 변동경향이 반드시 일치하지 않으므로 수종의 특성은 물론 인장응력재의 발달정도와의 깊은 상관성이 있지 않나 주찰해 볼수 있다.

그림4는 목섬유 길이의 연륜전주내 상대위치에 따른 변동을 나타내었다. 물박달나무와 오리나무가 인장응력재측에서 opposite재측으로의 감소가 비교적 크고 타 조사수종에서는 감소의 정도는 크지않으나 감소의 경향은 인정된다. 목섬유길이의 이와같은 경향은 그림4에서 본 도관요소길이의 연륜전주내 변동경향과는 역의 상관관계를 갖고 있다(그림 4)

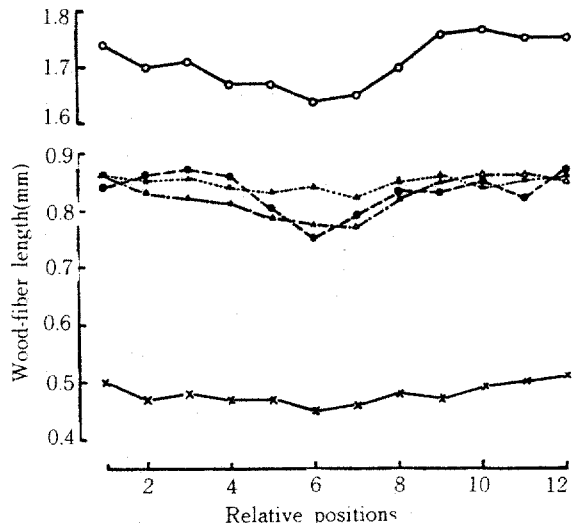


Fig 4. Peripheral variations of wood-fiber length in the stem woods Note: Symbols are the same as in fig 2.

표2는 관공의 직경과 도관요소의 길이를 opposite재, 인장응력재, 측방재별로 평균값을 조사한 결과이다.

관공의 직경은 opposite재가 항상 가장 크고 측방재, 응력재의 순으로 작아진다. opposite재의 관공의 평균직경은 측방재와 인장응력재보다 훨씬 크다. 그러나 측방재와 인장응력재는 물박달나무와 졸참나무에서는 상호간에 관공평균직경의 차이가 명확하나 기타 조사수종에서는 그 차이가 극히 적다. 간재의 도관요소길이는 인장응력재가 opposite재나 측방재에 비하여 약간 짧으나 opposite재와 측방재간의 차이는 거의 없다.

표3은 목섬유의 직경과 길이를 opposite재, 인장응력재, 측방재별로 그 평균값을 조사한 결

과이다.

목섬유의 직경은 opposite재가 크고 측방재, 인장응력재의 순으로 근소하게 감소한다. 각재간의 차이는 2-5% 범위에 불과하여 목섬유 직경의 상대위치에 따른 변동은 극히 적다. 목섬유길이는 직경과는 달리 opposite재가 짧고 측방재, 인장응력재의 순으로 길어진다. 그러나 각재간의 차이는 적고, 특히 측방재와 인장응력재간의 차이는 극히 적다 (Table 2.3).

Ollinmaa(1959)등은 opposite재측에서의 목섬유길이는 짧아진다고 하였으며 Wardrop(1964)등은 인장응력재와 opposite재간에 목섬유길이의 변동은 거의 없다고 보고하고 있다. 본 연구의 결과는 전자의 보고와 일치하고 있으며 일반적으로 목섬유직경과 길이는 역상관관계에 있으므로 직경이 opposite재측으로 증가함에 따라 길이는 opposite재측으로 감소한 것으로 생각된다.

opposite재의 세포치수의 이와같은 경향은 인장응력재의 반대측이라는 위치효과와 편심생장에 의한 연륜폭의 감소로 생기는 starved wood (加納 1973, Saiki 1980) 현상에 복합적으로 영향받는 것으로 생각된다. 침엽수재의 경우는 위치효과와 연륜폭의 감소가 상승적으로 작용하는 경향이 있었으며, 응력재의 발달과 연륜폭의 감소는 대체로 정의 상관관계를 갖고 있었으나 opposite재는 연륜폭의 감소에 더 크게 영향을 받고 있었다 (Timell 1973a, b, Park 1986c).

활엽수재는 인장응력재의 발달과 연륜폭의 증감과는 관련성이 적고, 이것은 활엽수의 인장응력재는 발생원인 및 분포형태가 극히 불규칙한 데 기인하는 것으로 생각된다 (Isebrands 1972, Kaeiser 1955, 1965, Koch 1968). 따라서 활엽수재의 세포치수의 변동에 있어서 간재는 위치효과에 크게 영향을 받는 것으로 볼수있고 지재는 休止位 (Onaka 1949, Sinnott 1952)라는 생리적인 특성이 있으므로 변동경향이 불규칙한 경우가 많았다.

#### 4.2 microfibril 傾斜角

그림5는 각 조사 수종별 간재의 연륜전주내에서 microfibril 경사각의 변동을 나타내었다.

어느 수종에 있어서나 microfibril 경사각은 인장응력재에서 최소치를 나타내고 opposite재측을 향하여 비교적 균일하고 급격하게 증가한다. opposite재측의 최고치가 나타내는 변곡점은 상대위치 6, 7, 8 중의 opposite재의 한 위치로서 비교적 명확하다. 표4에서 microfibril 경사각의 opposite재, 인장응력재, 측방재별로 평균값을 보면 opposite재, 측방재, 인장응력재의 순으로 감소하며 각 재간의 차이는 명확하다. (그림5) 활엽수재의 microfibril 경사각을 조사한 보고는 극히 드물어 타 연구자의 결과와 비교는 어려우나, Arganbright(1968), Cano-Capri(1974), Cote(1969)등에 의하면 인장응력재의 G층은 리그닌의 함량이 적고 대체로 셀룰로오스의 배향성이 거의 평행에 가까우므로 인장응력재의 microfibril 경사각은 예각에 가까우리라는 것은 추측할수 있다. 한편 opposite재측에서 급격한 최고치의 변곡점이 나타나는 것은 microfibril 경사각이 위치효과의 영향을 크게 받지않나 생각된다. 이와같은 경향은 침엽수재의 경우, Park(1984, 1985, 1986c)의 microfibril 경사각의 연륜전주내 변동조사에서 명확히 관찰되었으나 활엽수의 opposite재에 대하여는 타 연구자의 조사결과는 잘 알려져있지 않다.

microfibril 경사각의 이와같은 경향은 침엽수재의 변동패턴과는 반대되는 경향이였으며 (Park 1985, 1986c), opposite재의 연륜폭이 좁은 연륜에서 더욱 현저하였으나, 활엽수재는 어느 수종에서나 인장응력재의 분포비율과 연륜폭의 감소정도에 관계없이 감소경향이 비교적 명확하였다. 이것은 활엽수재에서는 opposite재의 microfibril 경사각이 연륜폭의 감소보다는 위치효과에 가장 크게 영향을 받지않나 생각된다 (Table 4).

Table 2. The average value of the pore diameter and vessel length in measured disks.

Species	Unit : Dia (diameter, $\mu\text{m}$ ), VI (vessel length, mm)					
	Opposite wood		Tension wood		Lateral wood	
	Dia	VI	Dia	VI	Dia	VI
<i>Betula davurica</i>	94.7	1.10	83.0	1.03	89.0	1.10
<i>Alnus japonica</i>	58.7	0.66	53.7	0.61	54.5	0.65
<i>Quercus serrata</i>	206.3	0.50	183.3	0.44	199.3	0.48
<i>Prunus sargentii</i>	48.0	0.54	43.0	0.44	45.3	0.52
<i>Acer palmatum</i>	45.0	0.25	39.3	0.23	42.4	0.24

Table 3. The average values of the wood-fiber diameters and length in the measured disks.

Species	Unit : Dia (diameter, $\mu\text{m}$ ), VI (vessel length, mm)					
	Opposite wood		Tension wood		Lateral wood	
	Dia	Wfl	Dia	Wfl	Dia	Wfl
<i>Betula davurica</i>	24.0	1.68	22.3	1.73	23.4	1.73
<i>Alnus japonica</i>	29.0	0.79	25.6	0.86	27.2	0.83
<i>Quercus serrata</i>	22.0	0.80	21.0	0.85	20.5	0.84
<i>Prunus sargentii</i>	22.7	0.83	21.7	0.86	22.5	0.85
<i>Acer palmatum</i>	18.0	0.46	16.7	0.47	17.5	0.48

### 4.3 構成要素의 分布比率

활엽수재의 주요 구성요소인 도관, 목섬유, 방사조직은 목재의 성질에 크게 영향을 미치며 이들 세포의 구성비율은 수종에 따라 변동하고, 또 목재내의 부위차에 의하여도 변동한다. 전술한 세포치수, microfibril 경사각과 마찬가지로 연륜전주내의 변동 및 평균값을 측정한 결과는 다음과 같다.

그림6은 각각 간재의 도관요소의 분포 비율을

조사한 결과이다.

인장응력재측에서 opposite 재측으로 증가하여 상대위치 6, 7, 8의 opposite재에서 최대치에 달한다. 오리나무가 가장 급격히 증가하며 인장응력재측의 최소치는 14%인데 반하여 opposite 재측의 최대치는 34%에 달한다. 기타 조사수종에서는 오리나무보다 증가의 정도는 둔하나 전체적으로 opposite재를 향한 증가는 인정되고 인장응력재에 비하여 5-15% 정도 opposite재의 도관요소의 분포비율이 높다 (그림6, Table5)

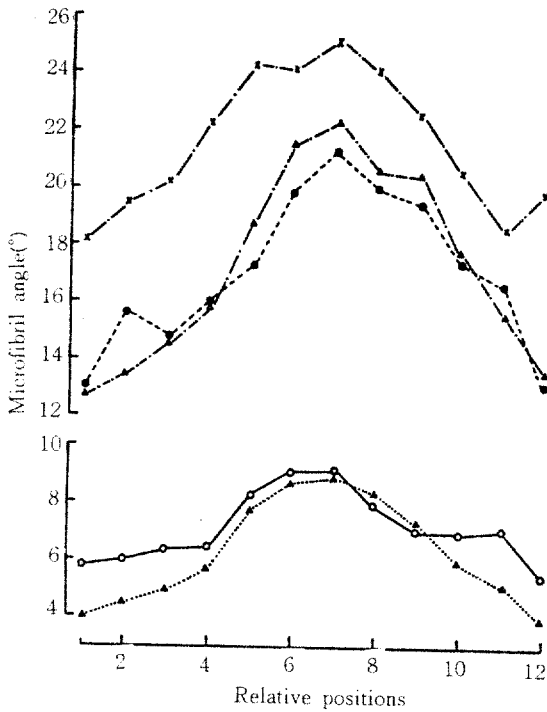


Fig 5. Peripheral variations of the microfibril angles  
Note: Symbols are the same as in fig 2

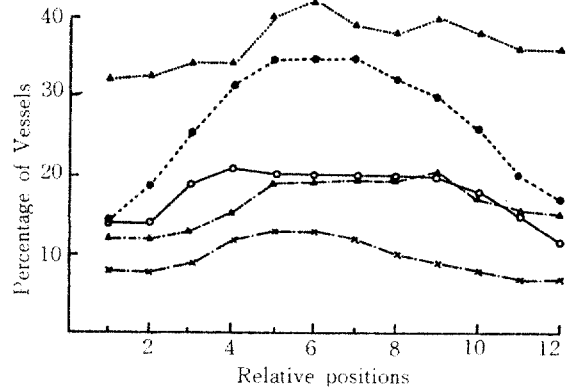


Fig 6. Peripheral variations of vessel percentage in the stem woods Note: Symbols are the same as in fig 2

재는 측방재및 opposite재 간에 고도의 유의성이 인정되며 측방재와 opposite재 간에는 오리나무를 제외하면 거의 인정되지 않는다.

한편 그림6에서 본것처럼 opposite재측으로 향하는 도관요소 분포비율의 증가는 예외적인 경우를 제외하면 모두 인정되고 있었다. 표4의 결과와 종합하여 검토해 보면 opposite재와 측방재는 평균값의 차이는 거의 인정되지 않으나

Table 4. The average values of the microfibril angle in the measured disks. unit

	<i>Betula davurica</i>	<i>Alnus japonica</i>	<i>Quercus serrata</i>	<i>Prunus sargentii</i>	<i>Acer palmatum</i>
Opposite wood	8.8	20.4	21.6	8.6	24.6
Tension wood	5.8	13.9	13.2	4.1	19.2
Lateral wood	7.1	17.0	17.3	6.2	21.5

표5는 도관요소, 방사조직 및 목섬유의 분포비율을 opposite재, 인장응력재, 측방재별로 그 평균값을 나타낸 것이다.

도관요소의 분포비율은 인장응력재에서 가장 낮고 측방재, opposite재의 순이다. 그러나 측방재와 opposite재는 그 평균값의 차가 적고, 산벚나무 지재는 측방재에서의 분포비율이 opposite재보다 오히려 큰 경우가 있었다. 인장응력

대부분의 조사수종의 간재와 지재에서는 상대위치 6,7,8의 opposite재측의 어느 한 위치에 최대치가 있었다.

Chow(1946)는 너도밤나무속의 수종에서 인장응력재의 도관요소 분포비율이 21.8%, 정상재가 32.9%라고 하며 opposite재가 정상재에 비하여 상당히 낮음을 보고하고 있고, 측방재는 정상재의 범주에 포함시킬수 있으므로 본연구의



Table 5. The average values of the vessel, the ray and wood fiber percentage in the measured disks.

Species	Opposite wood			Tension wood			Lateral wood		
	V	R	F	V	R	F	V	R	F
<i>Betula davurica</i>	19.0	14.7	66.3	13.3	13.0	73.7	18.9	15.5	65.6
<i>Alnus japonica</i>	33.3	14.7	52.0	16.7	14.3	69.0	27.8	16.2	56.0
<i>Quercus serrata</i>	19.0	8.3	72.7	13.0	9.7	77.3	16.0	10.5	73.5
<i>Prunus sargentii</i>	39.7	18.0	42.3	33.7	15.3	51.0	37.0	17.3	45.7
<i>Acer palmatum</i>	11.7	17.3	71.0	7.3	18.4	74.3	9.3	17.9	72.8

Note: V: Vessel, R: Ray, F: Wood fiber

결과와는 대체로 일치한다.

이상의 결과에서 도관요소 분포비율은 인장응력재에서 최소치를 나타내며 차츰 증가하여 opposite재측의 어느 상대위치에서 최대치를 나타내고 측방재가 그 중간이었다.

그림7은 각각 간재및 지재의 방사조직의 분포비율을 상대위치별로 측정한 결과이다. 간재와 지재 모두 인장응력재에서 측방재및 opposite재로 향하여, 수종에 따라 증가 혹은 감소하고 있으나 지극히 불규칙적이다. 또 최소치와 최대치와의 차이도 2-5%에 불과하다(그림 7).

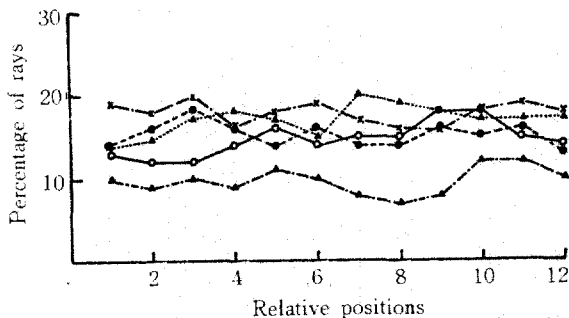


Fig 7. Peripheral variations of ray percentage in the stem woods Note: Symbols are the same as in fig 2.

한편 opposite재, 인장응력재, 측방재에 대한 방사조직 분포비율의 평균값을 표5에서 보면, 각 재간에 평균값의 차이가 불명하고 일정한 경

향이 없다.

방사조직의 분포비율은 연구자에 따라 다른 결과를 보이고 있는데, 예를들면 Ollinma(1959)와 Koch등(1968)은 인장응력재에서 감소한다고 보고한데 반하여, Wardrop(1964)는 특히 감소하지 않는다고 보고하고 있고 본연구의 결과는 후자와 일치한다.

그림8은 목섬유 분포비율을 상대위치별로 조사한 결과이다. 인장응력재측에서 opposite재측으로 향하여 차츰 감소하며 상대위치 5,6,7의 opposite재측에서 최소치를 나타내고 있다. 이와같은 경향은 도관요소 분포비율과는 逆相關關係에 있다(그림 8).

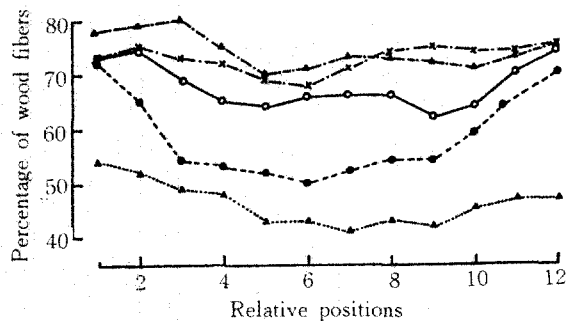


Fig 8. Peripheral variations of wood-fibers percentage in the stem woods Note: Symbols are the same as in fig 3.

오리나무가 가장 급격히 감소하며 인장응력재의 최대치가 72%인데 반하여 opposite재의 최소치는 50%에 불과하다. 기타 조사수종은 오리나무보다 감소의 정도는 둔하나 전체적으로 opposite재로 향한 감소의 정도는 명확하고 인장응력재에 비하여 8-14%정도 opposite재의 목섬유 분포비율이 낮다.

또 표5에서 목섬유 분포비율의 opposite재, 인장응력재, 측방재별 평균값을 보면, 어느 수종에서도 opposite재의 목섬유 분포비율이 가장 낮고 측방재, 인장응력재의 순으로 높아지나 측방재와 opposite재는 차이가 명확하지 않다.

이상의 측정결과에서 목섬유의 분포비율은 인장응력재에서 최대치를 나타내며 차츰 증가하여 opposite재측에서 최소치를 나타내고 측방재가 그 중간이다.

#### 4.4 木纖維의 壁層構成

활엽수재 opposite재의 벽층구성을 조사하기 위하여, 조사대상 수종중 인장응력재 및 opposite재의 발달이 대표적이라고 생각되는 단풍나무에 대하여 편광현미경의 十字 니콜線 아래서 관찰한 결과는 그림9와 같다.

그림에서 보는 것처럼 인장응력재에서 목섬유에 발달하는 G층은 약한 복굴절을 나타내고 전체적으로 세포벽이 약간 두껍게 보이고 있으나 정상재의 목섬유 2차벽에서 볼수있는 S3층은 관찰되지 않는다. 따라서 이 수종은 Wardrop(1964)가 구분한 인장응력재에 G층이 발달하는 형태중 S1+S2+G층의 형 입을 알수있다. 측방재와 opposite재는 벽층구성의 차이는 인정되지 않고 2차벽이 전형적인 S1, S2, S3층의 구조이었으며, 초박절편(超薄切片)에 의한 투과전자현미경 관찰에서도 S1층이 10-15%, S2층이 70-85%, S3층이 1-3%의 범위에 있었다. 이와같은 경향은 타 조사수종에서도 거의 동일한 결과를 얻을수 있었다. 벽층구성에 있어서 활엽수재의 측방재와 opposite재는 상호간에 차이가 인정되지 않았으며, 또 정상재의 조사결과와도 형태적인 차이는 볼수없다. Park(1986b, 1986c), Timell(1973b)에 따르면 침엽수재의 경우는 opposite재의 벽층구성이 측방재나 정상재와는 다르고, S3층의 두께는 거의 2배에 달한다고 한다. 그러나 활엽수재의 opposite재는 침엽수재와 같이 2차벽의 S3층이 특히 두꺼워지는 경향은 없었다(그림9).

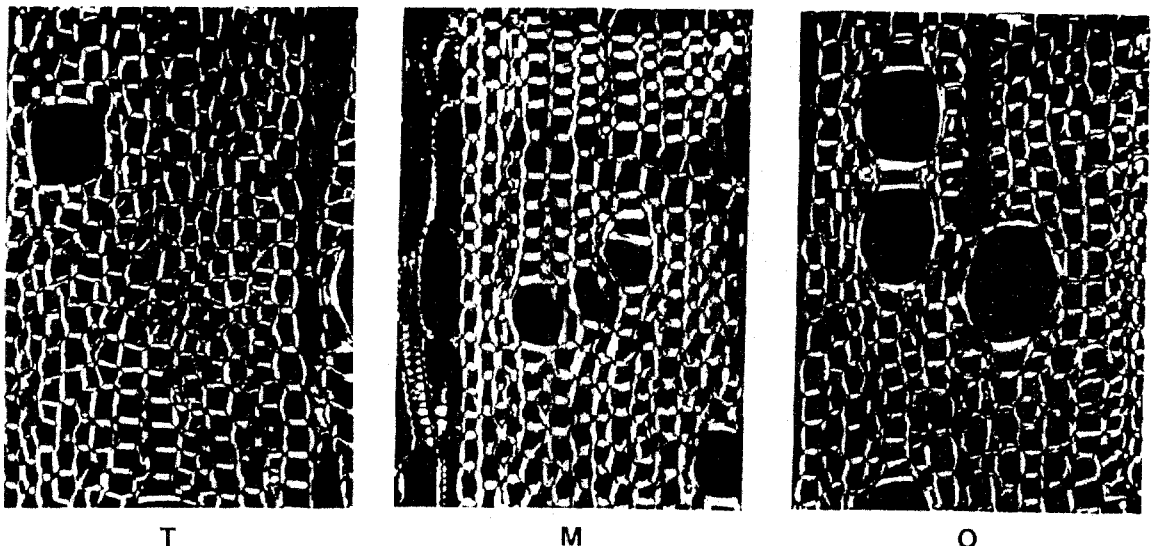


Fig 9. Transverse section of tension(T), Lateral(M) and opposite woods(O) photographed by crossed nicols in *Acer palmatum*

### 5. 結 論

본 연구는 국산 주요활엽수재의 기초재질을 조사하기 위한 연구의 일환으로 활엽수 opposite재의 구조를 밝히고자 하였다.

opposite재의 구분은, 인장응력재가 발달하는 최대연륜폭의 상측부와髓를 연결한 직선의 반대측을 opposite재, 좌우측을 측방재로 구분하고, 12부위의 상대위치에서 年輪全周內 변동을 조사하였다.

조사대상 수종은 국산 주요활엽수재 5종에 대하여, 우선 자연상태의 경사생장목의 간재와 지재에서 opposite재의 발달 특성을 구명하고, 전형적인 opposite재가 발달하는 부위에서는 구성세포의 치수, microfibril 경사각, 세포벽층 구성의 변동을 조사하였다.

얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 도관직경은 인장응력재에서 opposite재측으로 향하여 증가하였으며, 도관요소 길이도 opposite재측을 향하여 증가하나 그 증가 정도는 극히 완만하다.
2. 목섬유길이는 opposite재측에서 감소하며 감소 정도는 수종에 따라 다양하다.
3. microfibril 경사각은 인장응력재에서 opposite재측을 향하여 급격히 증가한다.
4. 구성요소의 분포비율은 opposite재에서는 도관의 분포비율이 증가하고, 목섬유는 감소하며, 방사조직은 불규칙하다.
5. opposite재의 목섬유의 벽층구성은 측방재와 거의 동일하다.

### 參 考 文 獻

1. Arganbright, D.G. and Bensed, D.W. 1968. Relationship of gelatinous fiber development to tree lean in soft maple. Wood Science. 1(1):37-40.
2. Cano-Capri, J. and Burkart, L.F. 1974.

Distribution of gelatinous fibers as related to lean in southern red oak. Wood Science. 7(3):135-136.

3. Chow, K.Y. 1964. Forestry 20:62.
4. Cote, JR. W.A.; Day, a.c.and Timell, T.E. 1969. A contribution to the ultrastructure of tension wood fibers. Wood Science and Technology. 3:257-271.
5. Dadwell, H.E. and Wardrop, A.B. 1955. The structure and properties of tension wood. Holzforschung. 4:97-104.
6. Hamilton, J.R.; Thomas, C.K.and Carvel, K.L. 1985. Tension wood formation following release of upland oak advance reproduction. Wood and Fiber. 17(3):382-390.
7. Hartig, R. 1901. Holzuntersuchungen. Atlas und Neues. Julius Springer, Berlin.
8. Hughes, F.E. 1965. Tension wood-A review of literature. Forestry abstracts. 26:1-9, 179-186.
9. Isebrands, J.G. and Bensed, D.W. 1972. Incidence and structure of gelatinous fibers within rapid-growing eastern cottonwood. Wood and Fiber. 4(2):61-71.
10. Ishid, S Horkawa N. and Mitani. 1963. A study on volumetric composition of branch wood. Fagus crenata, grown in Hokkido. Reserach Bull of college Exp. Forests Hokkaido Uni. 23:31-44.
11. 加納孟, 1973. 林木の材質. 日本林業技術協會.
12. Kobayasi, Y. 1952. A sample method for the preparation of samples for measurement of inclination of micelle in the wood cell wall. Journal of Japanese Forest Society. 34(12). 392-393.
13. Koch, C.B; Li, T.F. and Hamilton, J.R. 1968. The nature of tension wood in

- black cherry. West Virginia Uni. Agr. Exp. Station Bull. 561:3-14.
14. Manwiller, F.G. 1967. Tension wood anatomy of silver maple. *Forest Products Journal*, 17(1):43-48.
  15. Onaka, F. 1949. Research of reaction wood. *Mokuzai Kenkyu*, 1:1-88.
  16. Ollinmaa, P.J. 1959. *Acta Forest. Fennica* 72:5.
  17. Panshin, A.J. and Zeeuw, C.D. 1980. *Textbook of wood technology*. McGraw-Hill Book Co., Vol.1.4th ed. pp.300-320.
  18. Park, S.J. 1984. Structure of opposite wood 3-Variability of the microfibril angle and length of the tracheids in peripheral positions within each annualring including the opposite wood. *Mokuzai Gakkaishi*, 30(6):435-439.
  19. Park, S.J. 1985. Structure of opposite wood 4-Structure of opposite wood at the ground level disk within a stem of AKAMATSU. *Mokuzai Gakkaishi*, 31(3):139-144.
  20. Park, S.J. 1986a. Structure of opposite wood 5-Structure of opposite wood in an inclined stem of AKAMATSU. *Mokuzai Gakkaishi*, 32(1)-5.
  21. Park, S.J. 1986b. Structure of opposite wood 8-Component layers in tracheid walls of opposite wood. *Mokuzai Gakkaishi*, 32(8):644-648.
  22. Park, S.J. 1986c. Studies on the structure of opposite wood in conifers. Kyoto Univ Thesis of Dr. 1-104.
  23. 朴相珍, 李元用, 李華珩, 1987. 木材組織斗識別. 郷文社.
  24. Saiki, H. and Kawake, M. 1980. Structure of starved wood in AKAMATSU. *Mokuzai Gakkaishi*, 26(8):707-713.
  25. Scurfield, G. 1973. Reaction wood-Its Structure and function. *Science*, 179:647-655.
  26. Senft, J.F. and Bendsten, B.A. 1985. Measuring microfibrillar angles using light microscopy. *Wood Fibers*, 17(4):564-567.
  27. Sinnott, E.W. 1952. Reaction wood and regulation of tree form. *American J. Botany*, 39:69-78.
  28. Timell, T.E. 1969. The chemical composition of tension wood. *Svensk Papperstidning* 6:173-181.
  29. Timell, T.E. 1973a. Studies on opposite wood in conifers. Part I. Chemical composition. *Wood Science and Technology*, 7(1):1-5.
  30. Timell, T.E. 1973b. Studies on opposite wood in conifers. Part 2. Histology and ultrastructure. *Wood Science and Technology*, 7(2):79-91.
  31. Wardrop, A.B. 1964. The formation of wood in forest trees. Academic Press. (Zimmerman, M.H., ed) pp.405-456.
  32. Yoshimura, 1973.R. Anatomical structure of wood in a leaning stem of YASHIDAMO. 1-Morphology of vessels and their distribution. *Agr. Hokkaido Uni.* 30(1):164-182.
  33. Yoshimura, 1976. R. Anatomical structure of wood in a leaning stem of YACHIDAMO. 2-Fiber length variation within the annual formed after artificial bending. *J. Fac. Agr. Hokkaido Uni.* 33(2):437-450.