

闊葉樹 Opposite材의 構造(Ⅱ)^{*1} —水平生長시킨 幼令木樹幹의 Opposite材 構造—

朴相珍^{*2}·朴秉守^{*2}

Structure of Opposite Wood in Angiosperms(II)^{*1} — Structure of Opposite Woods in the Horizontal-growing Stems of Immature Woods —

Sang Jin Park^{*2}·Byung Soo Park^{*2}

SUMMARY

This experiment was made to find the peripheral variations of annualring widths, the cell dimensions, microfibril angles and bulk densities within each annual-ring of horizontal-growing young tree of beech(*Betula platyphylla* var. *japonica*) and Oak(*Quercus variabilis*) from the tension to the opposite side.

Also a comparison between the features of the obnormal annual ring for horizontal-growing year and normal annual ring for the straight-growing years was made.

The dimension of propotion of the element, the microfibril angles and the bulk density decreased or increased continuously toward opposite side which showed minimum or maximum value. The dimension of elements, the microfibril angles and the bulk density decreased or increased continuously towards opposite side which showed minimum or maximum value. The dimension of elements, the microfibril angles and the bulk density in the normal annual rings were similar to those in the lateral woods, whereas were significantly more different in the tension wood than in the opposite wood. The features of typical opposite wood in the hardwoods were influenced by the locations within the inclined stems than effects of the decrease in the annual ring width.

The oppostie woods in hardwoods did not conform to the tension wood and lateral wood. The abnormal annual ring included the opposite wood, lateral wood similar to normal wood and tension wood having specialized structure even in the same annual ring.

1. 緒 言

前報(Park, 1989)에서는 경사생장한 成熟木의 수피쪽의 최근 2-3년륜을 대상으로 引張應力材

•1. 接受 1989年 4月 28日 Received April 28, 1989

본 연구는 한국과학재단 학술연구비에 의하여 수행되었음.

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

側方材—opposite材로의 목재구조의 변이성을 조사하였다. 그러나 opposite재의 발달위치는 인장응력재가 발달하는 최대 연륜폭의 반대측을 기준으로 하였으므로 수목을 강제 고정시켜서 眞下의 위치가 최소 연륜폭의 opposite재 발달 위치이고, 眞下의 위치가 최대연륜폭의 인장응력재 발달위치 인지를 확인할 필요성이 있다.

따라서 본 실험에서는 樹幹의 경사각도에 대한 인장응력재의 발달이 비교적 민감하고 散孔材인 자작나무와 環孔材인 굴참나무의 2수종 10-15년생 幼令木을 대상으로 하여 1년간 수평 고정 생육시켜서 그 특성을 前報와 동일한 방법으로 조사 하였다. 또 수평생장 시켰을때 형성된 非正常年輪에서의 opposite재와 인접한 前年度의 직립생장한 正常年輪과 비교하므로써 opposite재의 특성을 더욱 명확히 하고자한다.

2. 供試樹種

사용한 공시수종은 전라남도 장성군 소재 전남대학교 농과대학 부속 연습림에 인공식재 된

Table 1. peripheral variation of annual-ring width in relative positions.

Species	Unit : mm												AVE	S.D	C.V(%)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
<i>Betula</i>																	
<i>platyphylla</i>	1.76	1.66	1.59	0.86	0.27	0.12	0.13	0.18	0.17	0.12	0.23	0.25	0.694	0.682	98		
<i>var. japonica</i>																	
<i>Quercus</i>	0.16	0.14	0.14	0.14	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.13	0.14	0.15	0.137	0.012	8		
<i>variabilis</i>																	

Table 2. The tension wood percentage in horizontal-growing stem woods.

Species	Unit : %		
	Opposite wood	Tension wood	Lateral wood
<i>Betula platyphylla</i>	0	85	24
<i>var. japonica</i>			
<i>Quercus</i>	0	42	17
<i>variabilis</i>			

12-13년생 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica*)와 自生하는 10-15년생 굴참나무(*Quercus variabilis*)를 대상으로 하였다.

3. 實驗方法

자작나무와 굴참나무 林分에서 현재 거의 완전한 直立이고 생육상태가 양호한 個體를 15본씩 선정하였다. 1986년 10월에 樹高의 대체로 4/5되는 위치를 굵은 철사로 묶어, 수간이 地上部和 수평이 되게 잡아 당겨서 다른 수목에 고정하여 거의 수평에 가깝게 성장시킨 다음, 1987년도 생장이 끝난 12월과 1988년 5월에 수평상태가 완벽한 3개체를 선정하여 水平生長部에서 두께 5-10cm의 원판을 채취하였다. 기타 측정방법은 前報(Park, 1989)와 동일하다.

4. 結果 및 考察

4.1 年輪幅의 變動과 引張應力材의 分布比率

자작나무와 굴참나무의 相對位置에 따른 연륜

폭의 변동은 표 1과 같다. 자작나무는 인장응력재에서 opposite재로의 연륜폭의 감소가 극히 현저하며, 반면에 굴참나무는 거의 90°에 가까운 수평생장을 시켰음에도 불구하고 연륜폭의 감소가 아주 적었다. 이와같은 현상은 침엽수재에서는 볼수없는 현상(Park 1986a, c)으로서 활엽수재의 경우 前報에서 본것 처럼 증력방향에 대한 경사각도의 연륜폭에 대한 영향이 적고,

따라서 인장응력재의 분포비율도 경사각도와는 상관성이 인정되지 않았다.

水平生長시켜서 형성된 非正常年輪에서의 자작나무와 굴참나무의 인장응력재의 分布比率은 표2와 같다.

opposite재에서 인장응력재가 분포하는 경우는 없었으며 인장응력재측의 연륜폭이 아주 넓은 자작나무에서 역시 인장응력재의 분포비율이 높다. 그러나 opposite재와 인장응력재 간에 연륜폭의 감소가 거의 인정 되지않은 굴참나무에서도 인장응력재는 42%나 분포하고 있다.

이와같은 경향은, 침엽수재가 경사각도와 압축응력재의 발달 및 연륜폭의 증가가 높은 상관관계를 가지는 것에 비하여(Park, 1986a) 활엽수재는 位置效果에 의하여, 비록 인장응력재측에 연륜폭의 증가가 크지않더라도 인장응력재는 발달한다고 볼수있다. 따라서 연륜폭의 연륜전주내 상대위치에 따른 增減에 의한 영향보다 位置效果에 의하여 opposite재는 발달한다고 생각되며, 만곡성장하는 비정상연륜에서는 인장응력재를 중심으로 opposite재 및 측방재를 구분할수 있다.

4.2 導管 및 木纖維의 치수

그림 1은 非正常年輪에 있어서 管孔의 接線方向直徑과 도관길이의 年輪全周內 변동을 상대위치별로 측정된 결과이다.

관공의 접선방향직경은 자작나무의 경우, 인장응력재측에서 最大値를 나타내고 opposite재측을 향하여 서서히 감소하고 있으나 상대위치 6,7,8의 opposite재에서는 측방재와의 차이는 거의 없다. 굴참나무의 경우는 인장응력재에서 opposite재를 향하여 급격히 증가하며 opposite재측에서 최대직경이 되는 경향이 명확하다.

도관길이의 변동경향은 직경의 변동경향과 거의 동일하다. 또 前報에서 본것처럼 傾斜幹材에서 관공의 접선방향직경 및 도관길이의 변동경향과도 거의 동일한 경향을 가지고 있다.

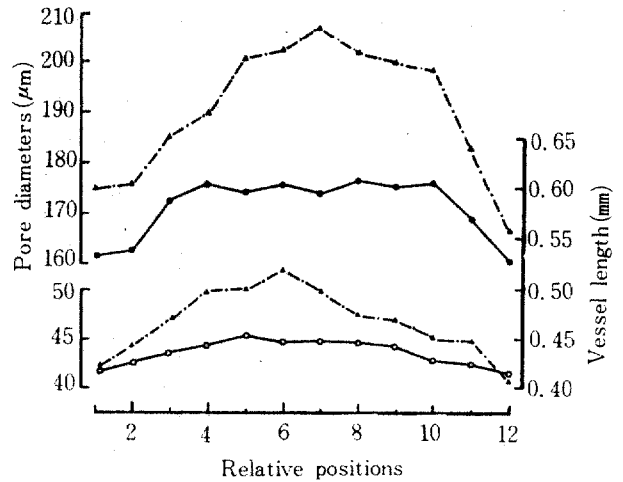


Fig. 1. Peripheral variations of pore diameter and vessel length horizontal-growing stem woods.

Note: ○—○ Pore diameters in *Betula platyphylla* var. *japonica*
 ●—● Vessel length in *Betula platyphylla* var. *japonica*
 △—△ Pore diameters in *Quercus variabilis*
 ▲—▲ Vessel length in *Quercus variabilis*

그림 2는 수평성장목의 木纖維길이의 연륜전주내 변동을 상대위치별로 측정된 결과이다.

목섬유길이는 자작나무의 경우 인장응력재에서 측방재측으로 거의 변동이 없거나 극히 서서히 감소하지만 측방재측에서 opposite재측으로의 감소는 비료적 명확하다. 굴참나무는 인장응력재에서 측방재, opposite재측으로 계속적으로 급격해 감소하며 감소정도는 자작나무에 비하여 훨씬 크다.

한편 傾斜幹材에서 목섬유길이의 변동을 前報의 결과와 비교해 보면, 동일 屬(genus)의 물박달나무와 졸참나무에서는 정도의 차이는 있으나 전체적인 변동경향은 거의 일치하고 있다.

4.3 microfibril 傾斜角

非正常年輪에 대한 microfibril경사각 변동을 그림 3에서 보면 자작나무와 굴참나무 모두 인장응력재에서 opposite재측을 향하여 급격하게

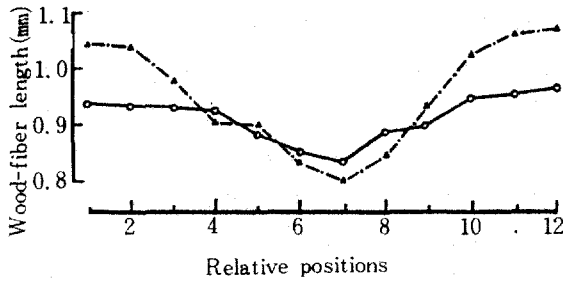


Fig. 2. Peripheral variations of wood-fiber length in horizontal-growing stem woods.

Note: ○—○ *Betula platyphylla* var. *japonica*
 △—△ *Quercus variabilis*

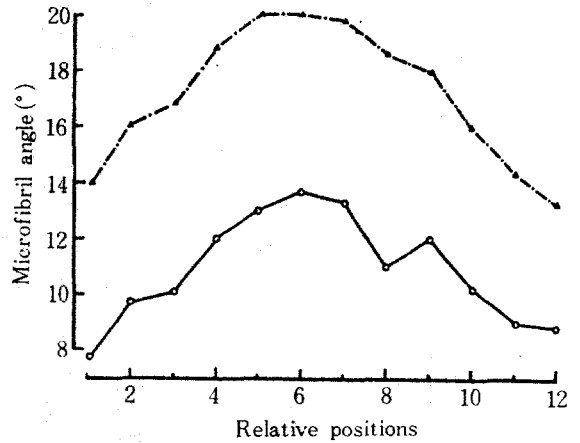


Fig. 3. Peripheral variations of microfibril angle in horizontal-growing stem woods.

Note: ○—○ *Betula platyphylla* var. *japonica*
 △—△ *Quercus variabilis*

증가하며 상대위치 6, 7, 8의 opposite재의 어느 한 위치에 최대치가 있다. 이와같은 경향은 前報에서 본 傾斜幹材의 microfibril 경사각 변동 패턴과 동일하고 opposite재측에서의 연륜폭이 인장응력재측과 비교하여 거의 차이가 없는 굴참나무에서는 microfibril 경사각의 감소가 명확한 것은 세포치수에 비하여 microfibril 경사각이 위치효과의 영향을 가장 크게 받는 것으로 생각 된다. Park(1984, 1986c)에 의하면 침엽수재의 경우는 microfibril 경사각이 반대로 압축응력재에 비하여는 감소하였다.

4.4 構成要素의 分布比率

편심되고 인장응력재가 형성된 1987년의 非正常年輪의 구성요소 분포비율은 각 상대위치별로 強制曲木을 만들기 전의 直立狀態일때 형성된 인접연륜의 1986년의 正常年輪과 비교하기 위하여 변동 패턴이 비교적 명확한 자작나무에 대하여 그림 4, 5, 6에 나타내었다.

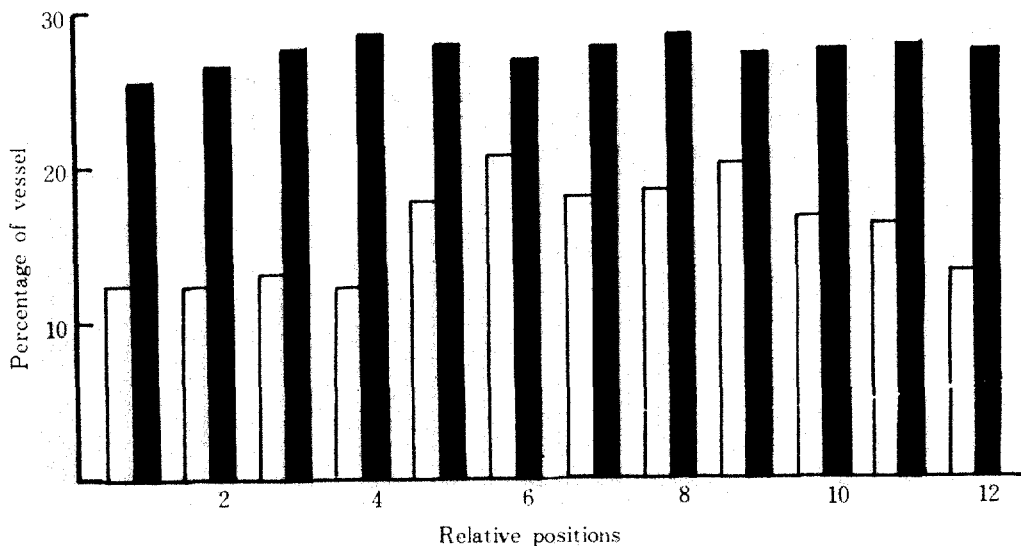


Fig. 4 Peripheral variations of vessel percentage in the normal woods (□) and horizontal-growing stem woods (■).

그림4에서 보면 導管要素의 분포비율은 인장 응력재측에 최소치를 나타내고 opposite측에서 최대치에 달하는 경향이 있다. 정상연륜과 비교해보면 비정상연륜은 어느 상대위치에서나 정상연륜보다 도관요소 분포비율이 낮고, 또 정상연륜은 도관요소 분포비율의 차이가 거의 인정되지 않는다. 이와같은 경향은 경사간재의 도관요

소 분포비율을 조사한 前報의 결과와 비교해 보면 거의 동일한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

그림 5는 放射組織의 분포비율을 측정된 결과인데, 비정상연륜은 인장응력재에서 측방재 및 opposite재측으로 향하여 감소 혹은 증가의 명확한 경향을 찾을수 없고 불규칙하다. 정상연륜

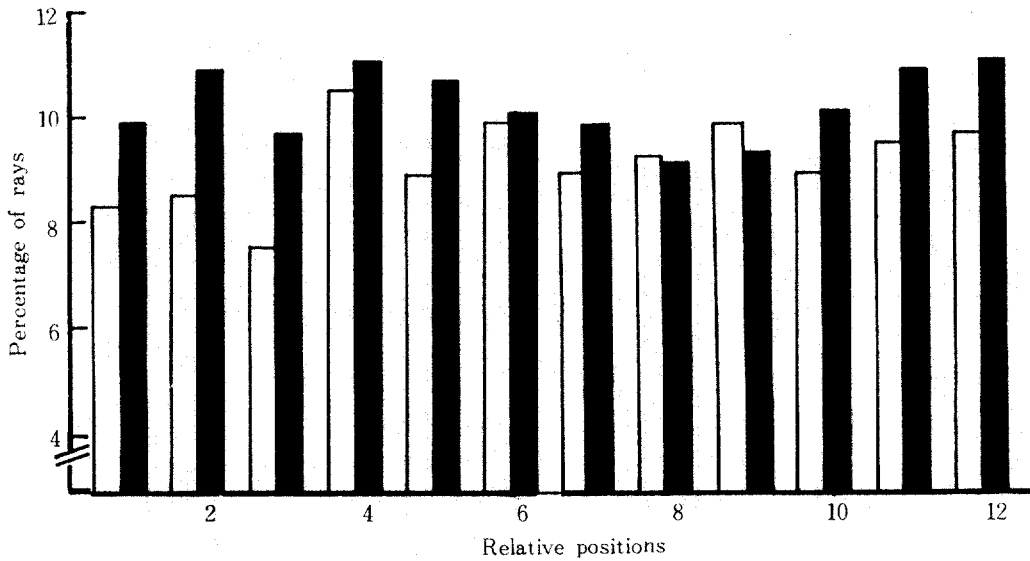


Fig. 5. Peripheral variations of ray percentage in the normal woods (□) and horizontal-growing stem woods (■).

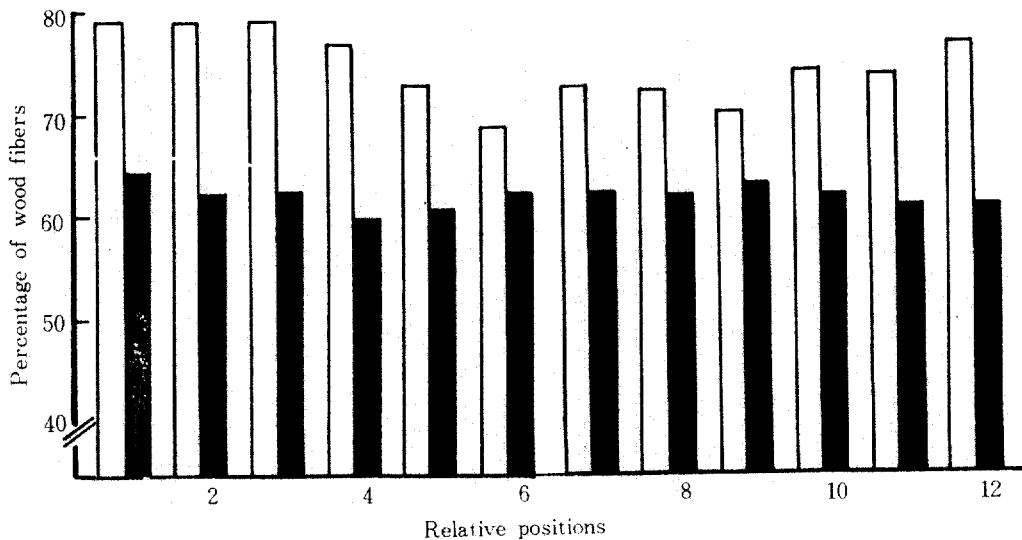


Fig. 6. Peripheral variations of wood-fiber percentage in the normal woods (□) and horizontal-growing stem woods (■).

에서는 도관요소나 後述하는 목섬유와는 달리 일정한 변동경향을 나타내지 않고 상대위치에 따라 불규칙하게 변동하며 그 차이도 크다.

그림 6은 木纖維의 분포비율을 상대위치별로 조사한 결과이다. 인장응력재측에서 opposite재 측으로 향하여, 정상연륜은 상대위치에 따른 차이가 거의 없는데 반하여 비정상연륜은 약간의 불규칙성은 있으나 감소하는 경향은 명확히 인정된다. 이와같은 경향은 그림4에서 본 도관의 분포비율과는 逆相關關係에 있고, 또 경사간재의 목섬유 분포비율의 변동경향과는 동일하다.

4.5 容積密度數

비정상연륜의 용적밀도수의 변동은 그림 7과 같이 자작나무와 굴참나무 모두 인장응력재측에서 opposite재 측으로 향하여 서서히 감소하며 상대위치 6, 7, 8의 opposite재측에서 최소치를 나타낸다. 그러나 인장응력재의 최대치와 opposite재측의 최소치의 차이는 크지 않으며 인장응력재와 측방재와의 차이도 매우 적다.

4.6 正常年輪과 非正常年輪의 比較

표 3은 세포치수, microfibril 傾斜角, 構成要素의 分布比率 및 容積密度數를 정상연륜(1986

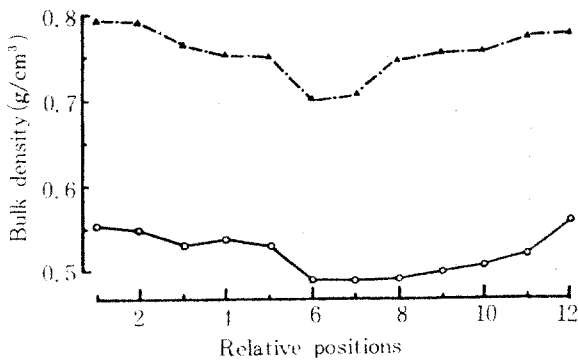


Fig. 7. Peripheral variations of bulk density in horizontal-growing stem woods.

Note: ○—○ *Betula platyphylla* var. *japonica*
 △—△ *Quercus variabilis*

년의 연륜)과 비정상연륜(수평생장시킨 1987년의 연륜)으로 구분하여 各材別로 그 평균값을 측정된 결과 이다.

먼저 정상연륜과 비정상연륜의 평균값에서 보면 관공직경, 도관길이, 목섬유길이를 비롯한 세포치수와 microfibril 경사각 및 용적밀도수는 정상연륜과 비정상연륜의 측방재간에는 거의 차이가 없다. 다만 구성요소율의 차이는 비정상연륜의 各材에서 모두 크며 그 중에서도 도관과 목섬유 구성요소율의 차이가 특히 현저하다. 각 재별로 보면 인장응력재가 정상연륜의 측정값과 차이가 가장 크며, 다음이 opposite재의 순서이고, 측방재는 구성요소의 분포비율 이외에는 정상연륜과 거의 동일한 값을 나타내고 있다. 구성요소의 분포비율은 opposite재, 인장응력재, 측방재의 어느재에 있어서도 정상연륜과는 큰 차이를 나타낸다.

이상에서 활엽수재가 수평생장하여 인장응력재를 포함하는 비정상연륜이 형성되었을 경우, 구성요소의 분포비율이 가장크게 변화하며, 특히 도관 혹은 목섬유 구성요소율을 정상재와 비교하여 불때 일정하게 증가 혹은 감소하는 것은 아니고, 여러가지 요인—예를들면 연륜폭, 인장응력재의 발달정도에 따라 구성요소율은 불규칙하게 변동하는 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합해 보면 자작나무에서도 거의 동일한 결과를 볼수 있으나, 특히 굴참나무는 opposite재와 인장응력재간의 차이가 거의 없었음에도 불구하고 前報의 變動傾向과 거의 일치하고 있었다. 따라서 opposite재에 나타나는 여러가지 특징은 활엽수재의 경우, 연륜폭의 감소보다는 引張應力材의 反對側이라는 位置效果가 더욱 크게 작용한 것을 알수있었다. 또 正常年輪에서 측정된 값은 구성요소의 분포비율을 제외하면, 측방재와 거의 동일한 반면 opposite재, 인장응력재의 순으로 그 차이는 커지고 있었다. 이는 지금까지의 他 研究者의 結果

Table 3. The average values of the cell dimensions, percentage of elements, microfibril angles and bulk density in the measured disks.

Items	Species	Opposite wood	Normal wood	Tension wood	Normal wood	Lateral wood	Normal wood	Average	
Pore diameters (μm)	B	45.0	(43.8)	42.3	(43.2)	44.1	(42.9)	43.8	(43.3)
	Q	204.7	(200.1)	172.7	(202.4)	192.8	(200.6)	190.1	(201.0)
Vessel length (mm)	B	0.60	(0.55)	0.53	(0.51)	0.59	(0.58)	0.57	(0.55)
	Q	0.50	(0.50)	0.43	(0.48)	0.47	(0.50)	0.47	(0.49)
Wood-fiber length (mm)	B	0.86	(0.88)	0.95	(0.90)	0.92	(0.91)	0.91	(0.90)
	Q	0.83	(0.98)	1.05	(0.90)	0.96	(0.89)	0.95	(0.92)
Microfibril angles ($^{\circ}$)	B	12.7	(10.6)	8.8	(10.1)	11.0	(9.8)	10.8	(10.2)
	Q	19.5	(17.2)	14.4	(18.1)	17.3	(16.5)	17.1	(17.3)
Vessel percentage (%)	B	19.5	(28.05)	13.0	(28.0)	16.2	(28.1)	16.2	(27.7)
	Q	45.6	(23.1)	42.3	(21.2)	44.2	(21.4)	44.0	(21.9)
Ray percentage (%)	B	9.5	(10.3)	8.9	(10.7)	9.3	(10.6)	9.2	(10.5)
	Q	10.4	(13.4)	11.2	(14.2)	12.3	(12.8)	11.3	(13.5)
Wood-fiber percentage (%)	B	71.0	(61.7)	77.3	(62.3)	74.0	(61.3)	74.1	(63.4)
	Q	44.0	(63.5)	46.5	(64.6)	43.5	(65.8)	44.7	(64.6)
Bulk density (g/cm^3)	B	0.48	(0.50)	0.55	(0.53)	0.52	(0.55)	0.52	(0.53)
	Q	0.72	(0.72)	0.79	(0.68)	0.76	(0.71)	0.75	(0.70)

B: *Betula platyphylla* var. *japonica*. Q: *Quercus variabilis*

(Dadwell 1955, Koch 1968, Scurfield 1973)에서 측방재는 물론 opposite재도 정상재로 취급하는 결론에는 동의 할수없었다. 즉, opposite재는 正常年輪 및 측방재와는 다른 별개의 재료 구분해야 할것으로 생각된다.

5. 結 論

前報의 경사성장한 成熟木樹幹의 opposite재의 구조에 이어서, 본 실험은 幼令木을 수평방향으로 고정하여 생육시키고 연륜폭, 세포치수, microfibril 傾斜角 및 容積密度數의 年輪全周內 변동을 조사하였다. 아울러 水平固定하기 전에 형성된 正常年輪과 수평고정후 형성된 非正常年輪을 상호비교하여 opposite재의 특성을 조사하였다.

非正常年輪의 年輪全周內에서 세포의 치수, 분포비율, microfibril경사각 및 용적밀도수는 opposite재에서 감소 혹은 증가하였다. 정상년

륜의 세포치수, microfibril 경사각 및 용적밀도수는 측방재와 비슷하였다. 활엽수 opposite재의 발달은 연륜폭이 감소하는 효과보다 引張應力材의 反對側이라는 位置效果가 더 크게 영향을 받는다.

이상의 결과에서 opposite재는 인장응력재 및 측방재와는 다른 별개의 특징을 가진 材이었으며, 非正常年輪에서는 동일 연륜내에서도 서로 異質인 引張應力材, 正常材에 유사한 側方材, 특징적인 opposite材가 포함되어 있었다.

參 考 文 獻

1. Dadwell, H. E. and Wardrop, A. B. 1955. The structure and properties of tension wood. *Holzforschung*, 4:97-104.
2. Hughes, F. E. 1965. Tension wood-A review of literature. *Forestry abstracts*, 26:1-9, 179-186.

3. 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.
4. 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. Mokuzaigakkaishi. 30(6): 435-439.
5. Park, S. J. 1986c. Structure of opposite wood 7- Structure of opposite wood formed in wide portion of annual rings. Mokuzaigakkaishi. 32(5):293-298.
6. Park, S. J. 1986b. Structure of opposite wood 8- Component layers in tracheid walls of opposite wood. Mokuzaigakkaishi. 32(8):644-648
7. Park, S. J. 1986c. Studies on the structure of opposite wood in conifers. Kyoto Uni. Thesis of Dr. 1-104.
8. Park, S. J. 1989. Structure of opposite wood in angiosperms 1-structure of opposite woods in the inclined stem of mature woods. Mogjae Gonghak 17(1):1-10
9. Scurfield, G. 1973. Reaction wood-Its Structure and function. Science. 179:647-655
10. Timell, T. E. 1973a. Studies on opposite wood in conifers. Part 1. Chemical composition. Wood Science and Technology. 7(1): 1-5
11. Timell, T. E. 1973b. Studies on opposite wood in conifers. Part 2. Histology and ultrastructure. Wood Science and Technology. 7(2):79-91.
12. Wardrop, A. B. 1964. The formation of wood in forest trees. Academic Press. (Zimmerman, M. H., ed.)pp. 405-456