

양버즘나무의 用途開發을 爲한 基礎材質試驗*1

林奇杓*2 · 蘇元澤*2

Study on the Basic Properties of *Platanus occidentalis* L. for Its End-use Development*1

Kie Pyo Lim*2 · Won Tek So*2

SUMMARY

This study was carried out to investigate the wood qualities for the end-use development of sycamore (*Platanus occidentalis* L.) grown in Korea. The results obtained were as follows:

1. The average length of wood fibers was 1.56mm and the average width of annual rings was 9.5mm. It had very fast growth rate.
2. The specific gravity in air-dry was 0.66. The shrinkage and water absorption were relatively large. The shear and impact strengthes were very strong, while the compressive, tensile, and bending strengthes were weak in comparison to it's specific gravity.
3. The contents of ash, holocellulose, lignin were relatively high 0.74%, 83.08%, 28.79%, but that of pentosan was low 18.53%.
4. The expected uses of sycamore wood are plywood, fancy veneer, small furniture, musical instrument, door and window frame, tool handels, boxes, etc.

1. 緒 論

1979년 油類波動 이래 海外林産資源國의 資源民族主義化 경향에 따라 원목상태의 수출을 금지하는 국제적인 趨勢로 인하여 1980년을 기점으로 제재합판을 중심으로한 국내목재업계는 수출산업에서 活路를 찾기위해 家具 및 樂器 등 綜合加工産業分野로 轉換하게 되었다. 그 결과 목제품의 高級化와 品質向上이 요구되고 수출신장과 함께 국내목재수요도 꾸준히 증가하고 있으며 현재 유

럽지역 家具業界에서는 소비자에게 보다 경쟁력 있는 가격으로 제품을 공급하기 위해 노력하고 있으나 闊葉樹材의 가격이 너무 비싸 素材를 다른 재료로 代替하는 한편 값싼 수종을 세계 모든 지역에서 수입하고 있으며 태평양 연안 국가들의 미국산 闊葉樹材의 수입물량 또한 계속 증가하여 미국산 闊葉樹 총수출 물량의 약 23%를 차지하고 있는 實情이다.¹⁶⁾

山林廳은 1989년도 총목재수요량 910만m³중 85%에 해당하는 772만m³을 수입외재에 의존할 계

*1. 接受 1990年 2月 26日 Received February 26, 1990

이 論文은 1989年度 文教部 學術研究費에 의해 研究되었음.

*2. 全南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

획이었고 여기에 9억달러의 막대한 外貨를 支給할 예정이었는데 이러한 현상은 국내산림자원의 부족때문에 招來된 것으로서 山林廳에서는 1960년대부터 1, 2차 治山綠化 10개년 計劃등을 실시하여 범국민적인 植樹運動을 전개하고 주로 이태리포플러, 현사시나무, 리기다소나무 및 낙엽송 등 速成樹爲主로 造林하여 國土綠化는 달성하였으나 이들 수종의 用途가 극히 제한되어 있어 근래에는 經濟樹種으로 점차 更新하고 있으며 실제 목재산업에 적합한 大徑材를 생산하는 데는 50년 이상의 긴 成長期間이 필요하므로 이들 목재를 用材로 이용하기에는 여전히 많은 育林期間이 소요될 展望이다.

따라서 최근에 들어 速成造林樹種의 用途開發과 輸入外材에 대한 既存國產材의 代替利用에 관한 연구가 活性化 되고 있는데 國產材의 이용을 위한 體系의인 연구로는 1972년 포플러류의 연구^{16, 17)}를 기점으로 주로 林業研究院에서 현재까지 국내 전수종에 걸쳐서 類似屬別로 계속적인 집중연구⁵⁻¹⁰⁾가 진행되고 있으며 그 중 양버즘나무에 관한 연구로는 초산비닐수지接着劑를 사용하여 板材接着性を 연구한 蘇(1983)³⁾의 연구, 합판제조특성 및 로타리 단판 적층재로서의 휨강도성질을 연구한 李等(1975, 1983)^{11, 12)}의 연구, 集成材의 휨성질을 연구한 吳等(1986)⁴⁾의 연구 및 林業研究院(1989)¹⁰⁾의 有用闊葉樹材의 성질연구 등이 發表된 정도이다.

본 연구에서는 오래전부터 成長이 빨라 가로수, 공원수 및 學校敷地 등에 植栽되어 이미 상당한 大徑材로 成長하였으나 지금까지 觀賞樹用으로만 이용되고 있을 뿐 가공재료로는 전혀 度外視되어

온 양버즘나무를 대상으로 금후 목재산업에 사용될 수 있도록 필요한 基礎材質特性을 조사하고 豫想되는 適正用途를 究明하고자 하였다.

2. 材料 및 方法

2.1. 供試木

본 연구에서 사용한 供試木은 전남대학교내에 산재하고 있는 양버즘나무를 供試樹種으로하여 樹幹이 通直하고 生長이 건전한 樹齡 32년생의 長齡林木을 선정하였으며 供試木의 性狀은 Table 1과 같다.

供試木의 연륜은 肉眼識別이 가능하나 심·변재의 경계가 다소 불분명하고 심재는 암황갈색, 변재는 담황백색으로 교차목리를 가지고 있으며 넓고 풍부한 放射組織에 의하여 특히 放射面의 무늬가 독특하였다.

2.2. 試片의 準備

胸高部位와 樹高 3.2m부위에서 두께 5cm의 圓板을 채취하여 纖維長, 生長速度 및 화학적 성질 측정용 시료로 사용하고 원목은 2.5-3.5cm 두께로 板木製材한 후 4개월 이상 天然乾燥시킨 다음 물리·기계적 성질 측정용 시료로 사용하였다.

2.3. 實驗方法

2.3.1. 成長速度

胸高部位 圓板으로부터 장·단경방향을 포함한 8方位의 年輪幅을 年輪境界가 비교적 명확한 최근

Table 1. Characteristics of sample tree

Species	Log No.	Diameter(cm)		Length (cm)	Sapwood (%)	Wood color	
		Butt	Top			Sapwood	Heartwood
<i>Platanus occidentalis</i> L.	1	62	47	135	16	Light	Dark
		60-64	43-50			yellowish	yellowish
	2	47	43	180	12	white	brown
		43-50	41-45				

24년간을 기준하여 측정하고 年間 生長程度를 조사하였다.

2.3.2. 纖維長

胸高部位에서 채취된 圓板의 변재, 심재 및 髓心부위로부터 1연륜간격으로 3개연륜 이상의 軸木을 채취하고 Schürz 溶液으로 解離한 후 현미경으로 40배 확대하여 1개 軸木에서 100개씩 측정하였다.

2.3.3. 物理的 性質

물리적 성질로서 比重은 浸漬法을 이용하여 한국공업규격 KS F 2202에 따라 심·변재별로 생재, 기건 및 전건비중을 측정하였고 收縮率은 전수축률, 기건수축률 및 함수율 1%에 대한 평균수축률을 측정하였으며 吸水量은 KS F 2204에 따라 횡단면, 방사면 및 접선면의 흡수량을 측정하였다.

2.3.4. 機械的 性質

기계적 성질로는 壓縮強度(세로, 가로압축), 引張強度(세로, 가로인장, 放射方向), 靱強度, 剪斷強度(放射, 接線面) 및 衝擊靱吸收에너지를 각각 KS F 2206-2211에 따라 변재부위에서 각 10개의

시편을 채취하여 측정하였다.

2.3.5. 化學的 性質

樹高 3.2m 부위에서 채취된 圓板을 사용하여 Tappi Standard T 257에 따라 시료를 調劑한 후 40-60mesh체에 殘留한 시료를 氣乾시킨 다음 Tappi Standard에 따라 灰分, 알콜-벤젠 抽出物, 1% NaOH 抽出物, 리그닌 및 펜토산을 측정하였다.

3. 結果 및 考察

3.1. 生長速度

양버즘나무의 生長速度는 胸高部位 圓板上에서 장 단경방향을 포함한 8方位의 年輪幅을 樹皮部位로부터 髓心方向으로 24년간을 대상으로 측정하여 年間生長程度를 조사하였는 바 Table 2와 같이 나타났다.

양버즘나무의 최근 24년간의 8方位 平均年輪幅 生長은 9.5mm이며 최저 7.1mm에서 최대 19.0mm의 生長速度를 나타냈는 데 이는 참오동나무의 平均年輪幅 13.5mm⁹⁾에는 미치지 못하나 速成樹의 대명사로 불리우고 있는 포플러류 및 개량포플러류의 平均年輪幅 8.1-12.6mm^{7,17)}에 가깝고 포플러류

Table 2. Growing rate on the disc of breast height

No. of annual rings	Year	Width of* annual rings (mm)	No. of annual rings	Year	Width of* annual rings (mm)
1	1988	8.2	13	1976	8.5
2	1987	7.1	14	1975	8.4
3	1986	8.0	15	1974	7.9
4	1985	7.8	16	1973	7.0
5	1984	8.2	17	1972	7.2
6	1983	7.6	18	1971	7.8
7	1982	7.2	19	1970	10.3
8	1981	8.4	20	1969	15.9
9	1980	8.2	21	1968	19.0
10	1979	7.8	22	1967	16.8
11	1978	10.0	23	1966	14.5
12	1977	9.8	24	1965	7.2
				AVG	9.5

Note: *average of 8-directions

중에서도 황철나무, 사시나무 등보다 매우 우수한 生長速度를 나타냈다.

美洲 闊葉樹 中에서도 cottonwood, soft maple 및 black willow 다음으로 生長이 빠른 樹種이며 오래전부터 상당량의 製材木이 생산되고 있다.²⁰⁾

3.2. 纖維長

양버즘나무의 심·변재 및 髓心부위별 纖維長은 Table 3과 같이 髓心부위가 1.34mm로서 가장 짧고 변재부위가 1.56mm로서 심재부위의 1.51mm보다 다소 길게 나타났다.

Table 3. Wood fiber length

Region(annual ring)	Fiber length
Pith (23th to 25th from surface)	1.34 mm
Heartwood (13th to 17th from surface)	1.51 mm
Sapwood (1st to 3rd from surface)	1.56 mm

변재의 纖維長은 樹齡 30년생 이상의 成熟材로서 안정된 纖維形態를 갖춘 길이로 볼 수 있으며 변재의 纖維長 1.56mm는 IAWA에서 분류한 전수종의 纖維長 등급중 IV등급(0.9-1.6mm)인 보통길이의 樹種群에 포함되고 있으나 纖維長이 긴 등급인 V등급(1.6-2.2mm)에 매우 가까운 길이를 보이고 있다.¹⁾

Table 4. Green moisture content and specific gravity

Region	Green moisture content(%)*	Specific gravity			Bulk density (kg/m ³)
		Green	Air-dry(M. C. %)	Oven-dry	
Sapwood	64.8	0.89	0.70 (12.5)	0.67	558
Heartwood	80.5	0.90	0.62 (12.6)	0.56	468
Pith	123.1				

Note : *measured immediately after felling

Table 5. Shrinkage

Region	Shrinkage from green to oven-dry (%)			Shrinkage per unit M. C. (%)			T/R ratio	Volumetric shrinkage (%)
	R.	T.	L.	R.	T.	L.		
Sapwood	4.06	11.48	0.484	0.158	0.286	0.015	2.83	15.56
Heartwood	3.91	11.15	0.381	0.155	0.286	0.014	2.89	15.01

Note: R.:radial direction, T.:tangential direction, L.:longitudinal direction

주요 國産材의 木纖維長이 0.62-1.35mm 범위 에 속하고¹⁾ 또한 주요 日本産材의 平均纖維長이 0.8-1.5mm¹³⁾인 것으로 볼 때 溫帶産 수종으로는 纖維長이 가장 긴 그룹에 해당된다고 할 수 있으며 林業研究院¹⁰⁾에서 측정한 충북산 양버즘나무의 纖維長 역시 1.7mm로서 纖維長이 매우 긴 解剖學的 特性이 있음을 알 수 있었다.

3.3. 物理的 性質

3.3.1. 生材含水率 및 比重

양버즘나무의 심·변재별 生材含水率과 比重은 Table 4와 같았다.

伐採直後の 生材含水率 分布는 髓心이 123.1%로서 가장 높고 심재 80.5% 변재 64.8%의 순으로서 심재의 含水率이 변재보다 높은 樹種에 해당되며 이는 충북산 양버즘나무¹⁰⁾와도 같은 傾向을 나타냈다.

氣乾比重은 변재 0.70, 심재 0.62로서 심변재의 比重差異가 顯著하며 Richardson의 全乾密度 크기에 의한 分類¹⁴⁾에 따르면 0.50g/cm³ 이상의 高密度材에 포함된다고 할 수 있다.

3.3.2. 收縮率

양버즘나무의 심·변재별 線收縮率, T/R率 및 體積收縮率은 Table 5와 같았다.

Table 6. Water absorption

Species	Water absorption (gr/24hrs.cm ²)			C/R	C/T	R/T
	Cross	Radial	Tangential			
<i>Platanus</i>	1.031	0.206	0.124	5.0	8.3	1.7
<i>occidentalis</i>	±0.118	±0.055	±0.020			

Note: C:cross section, R:radial section, T:tangential section

比重이 큰 변재의 收縮率이 전반적으로 심재보다 컸으나 거의 차이가 없으며 심·변재간 比重差異가 顯著함에도 불구하고 收縮率 差異는 극히 작게 나타났다.

放射方向의 收縮率은 4% 내외로서 오리나무류²⁾와 類似한 정도이며 比重에 비해 매우 작은 收縮率을 보인 반면에 接線方向 收縮率은 11% 이상으로 참나무류²⁾에 해당되는 높은 收縮率을 보였는데, 放射·接線方向의 收縮率 比較指數인 T/R 率이 2.8 이상인 것으로 보아도 양버즘나무의 橫斷面 木理方向間 收縮性 差異가 顯著함을 알 수 있었다.

3.3.3. 吸水量

양버즘나무의 木口面, 放射面, 接線面 等 斷面別 吸水量 程度는 Table 6과 같이 나타났다.

木口面の 吸水量은 1.031gr/cm²로서 오리나무류²⁾ 0.716-1.416gr/cm²와 類似하며 比重이 작은 포플러류¹⁾의 0.280-0.0643gr/cm²보다도 한층 큰 吸水性을 나타냈다. 縱斷面の 吸水性도 마찬가지로 높게 측정되었으며 放射面の 吸水性이 接線面보다

1.7배의 빠른 吸水速度를 보이고 縱斷面에 대한 木口面の 吸水性은 5.0-8.3배 높게 나타났다.

3.4. 機械的 性質

양버즘나무의 壓縮強度, 引張強度, 靱強度, 剪斷強度, 衝擊靱吸水에너지 等 機械的 性質은 Table 7과 같았다.

양버즘나무의 세로 壓縮強度는 358kg/cm²로서 主要 國產 針葉樹類²⁾의 410-530kg/cm²보다도 작고 闊葉樹中 比重이 매우 작은 포플러류¹⁾의 298-490 kg/cm²에 해당되는 정도의 比重에 비해 극히 약한 壓縮抵抗을 나타냈으며 가로 壓縮比例限度는 101 kg/cm²로서 세로 壓縮의 28% 水準을 보였다.

세로 引張強度는 981kg/cm²로서 오리나무류²⁾의 901-1192kg/cm²에 속하나 역시 比重에 비해 낮은 引張抵抗을 가지고 있으며 標準偏差 273kg/cm²은 측정치의 28%에 해당하는 비교적 높은 偏差를 나타내고 있는데 다른 기계적 성질 시험편과는 달리 引張試驗片은 破壞部分의 치수를 정확하고

Table 7. Mechanical properties

Compressive strength (kg/cm ²)			Tensile strength (kg/cm ²)			Static bending	
grain	⊥	grain	// grain	⊥	grain	MOR(kg/cm ²)	MOE(x10 ³ kg/cm ²)
358		101	981		128	748	109
±15		±15	±273		±22	±67	±18

Shear strength (kg/cm ²)		Impact bending absorbed energy (kg · m/cm ²)
Radial	Tangential	
165	117	1.38
±8	±5	±0.41

Note:// grain:parallel to the grain

⊥ grain:perpendicular to the grain(proportional limit)

균일하게 製作하기 어려운 데서 오는 試驗片 製作上의 誤差가 다소 포함되었다고 豫想된다. 가로引張強度는 128kg/cm로서 세로引張強度의 13%에 해당하는 性質을 나타냈는데 이는 세로引張強度와 가로引張強度의 最大比率이 40:1까지 이르며²¹⁾ 일반적으로 15-20배 정도의 범위에 포함되는 것으로 볼 때 매우 높은 가로引張抵抗을 의미하며 세로 引張強度에 비해 가로引張強度가 작은 것은 마이크로 휘브릴에 거의 직각방향으로 荷重이 작용하므로 破壞抵抗이 주로 副結合과 관계되기 때문인 것으로 알려져 있다.¹⁴⁾

휨強度(MOR)는 748kg/cm²로서 자작나무²²⁾의 760kg/cm²나 벚나무류⁶⁾의 704-794kg/cm²에 類似하고 충분산 양버즘나무¹⁰⁾의 739kg/cm²와는 거의 동일한 強度를 나타냈으며 휨영係數(MOE)는 109×10³kg/cm²로서 비교적 높은 變形抵抗을 보였다.

剪斷強度는 放射面 165kg/cm², 接線面 117kg/cm²로서 放射面이 1.4배의 높은 強度를 나타냈는데 충분산 양버즘나무¹⁰⁾에서도 放射面 143kg/cm², 接線面 112kg/cm²로서 같은 경향을 보였으며 主要國產 針葉樹類²⁾의 65-135kg/cm²보다 높고 闊葉樹中에서도 참나무류²⁾의 109-154kg/cm²에 해당되는 매우 우수한 剪斷強度를 나타냈다.

衝擊휨吸水에너지는 1.38kg·m/cm²로서 물푸레나무⁹⁾의 1.40kg·m/cm²와 同一水準의 극히 높은 衝擊抵抗을 보였으며 미국산 양버즘나무¹⁹⁾ 역시 衝擊에 강하다고 報告된 바 있다.

3.5. 化學的 性質

양버즘나무의 灰分, 抽出物, 全纖維素, 리그닌, 펜토산 등의 化學的 組成成分은 Table 8과 같이 측정되었다.

灰分含量은 0.74%로서 일반적인 溫帶產 闊葉樹材의 灰分含量이 0.4-0.7% 범위에 포함되는

것으로 볼 때 높은 灰分含量을 가지고 있으며 알콜·벤젠 抽出物은 2.70%, 1%NaOH 抽出物은 19.99%로서 서어나무류⁶⁾와 類似하였다.

全纖維素는 83.08%로서 대표적인 國產 闊葉樹材^{2, 15)}의 全纖維素 含量이 70-85%인 데 비해 상당히 많은 含量을 가지고 있고 리그닌의 28.79% 또한 國產材중 가장 높은 含量에 해당되며 펜토산含量은 18.53%로서 針葉樹材에 가까운 매우 낮은 含量을 나타냈다. 이러한 현상은 灰分含量이 높은 데서 起因된 것으로 생각되나 목재의 物理的 利用上 影響을 줄만한 化學組成差異는 없는 것으로 判斷된다.

3.6. 工業材料로서의 材質評價

양버즘나무의 최근 24년간의 8方位 平均年輪幅은 9.5mm이며 最大年輪幅이 19mm로서 대단히 빠른 生長速度를 나타내고 있다. 이는 참오동나무의 平均年輪幅 13.5mm⁹⁾, 이태리포플러¹⁷⁾의 平均年輪幅 12.0-12.6mm에는 미치지 못하나 速成樹로 알려진 일반 포플러류 및 개량포플러류의 平均年輪幅 3.5-11.1mm^{7, 17)} 보다 양호한 生長速度로서 國產 闊葉樹材中 대표적인 速成樹로 충분히 認定될 수 있으며 따라서 목재생산의 중요한 原料樹種으로 評價되어야 한다고 생각된다.

물리적 성질중 氣乾比重은 심·변재 평균 0.66으로서 高比重材에 해당되며 體積收縮率 또한 15.01-15.56%의 높은 收縮率을 보이고 있으나 乾燥缺陷이 적고 乾燥時間도 짧아서 양호한 乾燥性을 보인다는 연구결과¹⁰⁾를 볼 때 높은 收縮性으로 인한 利用上의 문제는 提起되지 않고 있다.

기계적 성질중 壓縮, 引張 및 휨強度는 각각 358kg/cm², 981kg/cm² 및 748kg/cm²로서 比重에 비해 작은 強度值를 보이고 있으나 剪斷強度와 衝擊휨吸水에너지는 각각 117-165kg/cm², 1.38kg·m/cm²로서

Table 8. Chemical properties Unit: %

Ash	Extractives		Holo-cellulose	Lignin	Pentosan
	Alcoholbenzene	1%NaOH			
0.74	2.70	19.99	83.08	28.79	18.53
±0.02	±0.03	±0.45	±0.93	±0.52	±0.61

比重에 비해 매우 우수한 強度值를 나타냈으며 교차목리를 가지고 있기 때문에 평못 또는 나사못에 대한 높은 割裂抵抗을 가지고 있다.²⁰⁾

화학적 성질중 全纖維素함량이 83.08%로 높고 펜토산 함량은 18.53%로 매우 낮은 데 이는 높은 灰分함량의 영향으로 推定되며 전반적인 化學組成은 一般 闊葉樹材와 類似한 것으로 나타났다. 溫帶產 闊葉樹로서는 全纖維素含量이 매우 높은 水準에 해당되며 纖維長 또한 1.56mm로서 대단히 긴 構造的 特性을 지니고 있는 것으로 보아 종이, 纖維板, 削片板 등의 木纖維 利用分野에도 重要 纖維源으로서 研究開發할 필요성이 認定되며, 펄프利用面에서는 收率 및 白色度에서는 양호한 반면에 종이強度가 약한 문제점이 指摘되고 있으나¹⁰⁾ 木質生長이 빠르기 때문에 다른 闊葉樹材와의 混合펄프製造方式을 이용하는 것이 매우 效果적이라고 期待된다.²⁰⁾

지금까지 목재업계에서 양버즘나무를 忌避하고 있는 주된 원인은 構造的으로 교차목리^{19, 22)}를 가지고 있기 때문에 製材切削時 動力消耗가 많고 톱니摩耗가 빠르기 때문인 것으로 알려져 있으나 실제 製材面이나 大패加工面의 品質은 매우 良好하였으며,¹⁰⁾ 양버즘나무는 거의 造景面에서 이용하였기 때문에 그동안 用材生産을 목적으로 伐木 製材하는 경우가 거의 없었고 특히 南洋材中 아피통과 같은 高比重材나 근래 수입되고 있는 中·小徑木의 高比重 파푸아 뉴기니아재 등은 양버즘나무보다 比重이 높고 단단하여 제재하기가 훨씬 어려움에도 불구하고 충분히 사용되고 있는 것으로 볼 때, 輸入原木의 高價와 國產材의 代替利用이라는 측면에서 速成樹이면서도 比重이 높아 用途開發可能性이 豊富한 양버즘나무를 이용할 수 있도록 지속적인 集中研究와 製材톱니의 強化 및 톱管理改善 등의 技術的 研究가 必要하다고 생각된다.

4. 結 論

오래전부터 가로수, 공원수 및 학교부지등에 造景樹로 널리 植栽되어 있는 양버즘나무(*Plata-*

nus occidentalis L.)의 利用性 評價를 위해 基礎材 質特性을 조사하였으며 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

(1) 纖維長은 1.56mm로서 매우 길고 平均年輪幅은 9.5mm로서 生長速度가 매우 빠른 速成樹에 該當한다.

(2) 氣乾比重은 0.66으로 高比重材에 속하고 收縮性과 吸水性도 比較的 크며, 壓縮強度, 引張強度 및 靱強度가 약한 반면에 剪斷強度와 衝擊強度는 매우 강하다.

(3) 灰分, 全纖維素 및 리그닌의 含量은 각각 0.74%, 83.08% 및 28.79%로서 높은 편이고 펜토산含量은 18.53%로서 낮은 편이다.

(4) 豫想되는 用途로서 合板, 化粧單板, 小家具, 樂器部材, 窓戶材, 道具손잡이 및 包裝材 등이 期待된다.

參 考 文 獻

1. 朴相珍, 李元用, 李華珩. 1987. 木材組織과 識別. 郷文社:136-141.
2. 山林廳. 1981. 林業技術(育林, 經營, 利用). 山林廳:768-771.
3. 蘇元澤. 1983. 醋酸비닐樹指 에밀接着劑를 使用한 푸라타나스의 板材接着性. 목재공학. 11 (5):23-31.
4. 吳世昌, 李弼宇. 1986. 引張 및 壓縮部材와 積層數가 플라타너스 集成材의 靱性質에 미치는 影響. 목재공학 14(2):3-12
5. 有用闊葉樹 材質研究班. 1984. 有用闊葉樹材의 性質(I) - 자작나무屬 4樹種의 性質 -. 林研年報 31:64-85.
6. 有用闊葉樹 材質研究班. 1985. 有用闊葉樹材의 性質(II) - 서어나무屬 3樹種의 性質 -. 林研年報 32:88-110.
7. 有用闊葉樹 材質研究班. 1986. 有用闊葉樹材의 性質(III) - 오리나무屬 改良포플러類 等 7樹種의 性質 -. 林研年報 33:67-91.
8. 有用闊葉樹 材質研究班. 1987. 有用闊葉樹材의

- 性質(Ⅳ)－단풍나무屬 벗나무屬 等 5樹種의 性質－. 林研年報 34:93-109.
9. 有用闊葉樹 材質研究班. 1988. 有用闊葉樹材의 性質(Ⅴ)－가래나무外 9樹種의 性質－. 林研年報 36:79-103.
10. 有用闊葉樹 材質研究班. 1989. 有用闊葉樹材의 性質(Ⅵ)－밤나무外 4樹種의 性質－. 林研年報 39:1-23.
11. 李弼宇, 尹用元. 1983. 포플러와 플라타누스 로타리 切削單板을 利用한 單板積層材의 靱 性質. 목재공학. 11(6):27-36
12. 李弼宇, 李華珩. 1975. 푸라타누스와 羅王單板을 構成한 合板의 性質에 關한 豫備研究. 林産加工 No. 1:4-11
13. 林業試驗場. 1973. 木材工業 핸드ブック 丸善株式會社:150-181.
14. 鄭希錫, 1986. 木材理學. 서울大學校 出版部:62, 328-345.
15. 趙成希 外 2人. 1973. 韓國産 有用木材의 組成 分에 關한 研究(第 1 報)－韓國産 포플러屬의 組成分－. 林研年報 20:115-118.
16. 趙在明 外 3人. 1972. 포플러와 일본잎갈나무의 集成材 製造에 關한 研究. 林研年報 19:91-106.
17. 趙在明 外 5人. 1974. 포푸라材의 材質에 關한 試驗. 林研年報 21: 187-206.
18. 許南周, 朴在淳. 1988. 美國産 闊葉樹材의 需 要와 그 展望. 목재공학. 16(3): 65-71.
19. Forest Products Laboratory. 1987. Wood hand-book: Wood as an engineering material. USDA Forest Service, Agriculture HB 72:1-11.
20. Forest Service. 1973. American sycamore...an American wood. USDA Forest Service, FS-267: 3-7.
21. Wangaard, F. F. 1950. The mechanical properties of wood. John Wiley & Sons, Inc., New York:9-27.
22. Panshin, A. J., and Zeeuw, Carl de. 1980. Text-book of wood technology. McGraw -Hill Book Company, New York:170-288.