

# 한국산 물푸레나무屬 주요 수종의 물리 및 역학적 특성\*1

황 원 중\*2 · 권 구 중\*2 · 김 남 훈\*2†

## Physical and Mechanical Properties of Major Korean Ash Species\*1

Won-Joong Hwang\*2 · Goo-Joong Kwon\*2 · Nam-Hun Kim\*2†

### 요 약

물푸레나무속 주요 수종의 합리적 이용을 위한 기초 자료를 얻기 위해, 물리 및 역학적 특성을 조사하였다. 물푸레나무와 쇠물푸레의 생재함수율은 변·심재간 차이가 없었으나, 들메나무 심재부의 생재함수율은 변재부보다 다소 높았다. 들메나무의 생재밀도와 전건밀도는 다른 두 수종에 비해 낮게 나타났고, 쇠물푸레 변재부의 수축·팽윤율은 물푸레나무보다 다소 높은 값을 보여주었다. 쇠물푸레의 종압축강도와 종압축탄성계수는 다른 두 수종보다 다소 낮았으며, 쇠물푸레 방사·접선단면의 전단강도는 다른 두 수종보다 높게 나타났고, 세 수종 모두 방사단면 전단강도가 접선단면보다 높았다. 세 수종 모두 우수한 휨 특성을 나타냈다. 물푸레나무와 들메나무간에 있어서 충격휨흡수에너지는 유의적인 차이가 없었다.

### ABSTRACT

Physical and mechanical properties of major Korean ash species were examined. For *Fraxinus rhynchophylla* and *Fraxinus sieboldiana*, green moisture content of sapwood was almost the same value as heartwood. Heartwood of *Fraxinus mandsburica*, however, had slightly higher moisture content than sapwood. Green and oven dry densities of *F. mandsburica* were lower than those of *F. rhynchophylla* and *F. sieboldiana*. Swelling and shrinkage of sapwood in *F. sieboldiana* showed somewhat higher value than those of *F. rhynchophylla*. Longitudinal compressive strength and modulus of elasticity in *F. sieboldiana* were lower values than those in the other species. Shearing strength in radial section was higher than that in tangential section of all samples. It could be noted that shearing

\*1 접수 2001년 12월 14일, 채택 2002년 2월 26일

본 연구는 1998년도 농림부 현장애로기술개발 과제에 의한 연구결과의 일부임.

\*2 강원대학교 산림과학대학 College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.

† 주저자(corresponding author) : Nam-Hun Kim (e-mail: kimnh@kangwon.ac.kr)

strength of *F. sieboldiana* demonstrated higher value than that of the other species. Three species had excellent bending properties in MOR and MOE. Impact bending absorbed energy for *F. rhynchophylla* and *F. mandshurica* did not show any significant differences.

**Keywords:** *Fraxinus rhynchophylla*, *Fraxinus mandshurica*, *Fraxinus sieboldiana*, MOR, MOE, shearing strength, bending properties, impact bending absorbed energy, sapwood, heartwood.

## 1. 서 론

물푸레나무과 수종은 예로부터 재질이 단단하고 견고하여 높은 강도를 요하는 소규모 농기구의 부품과 건축재, 가구재, 기구재, 운동용품재 등으로 널리 사용되어 왔다(宮島, 1979). 현재 우리 나라에서도 활엽수종 물푸레나무과 수종은 특수활잡목 등급으로 분류되어 고급목제품의 재료로서 비교적 고가로 유통되고 있다.

물푸레나무는 국내·외의 연구자들에 의해 지속적으로 연구되고 있다. Panshin & Zeeuw(1980)는 물푸레나무를 비롯해 각 수종에 대한 해부학적 설명과 물리적 성질을 간략히 소개하였고, 宮島(1979), 森林總合研究所(1982)와 中井 & 山井(1982)는 일본산 물푸레나무의 생장과 기초 재질에 관하여 조사하였다. 朴 등(1990)은 물푸레나무속에 대해 간단히 소개하였고, 李(1994)와 李(1997)는 광학현미경과 주사전자현미경을 이용하여 한국산 물푸레나무재의 해부학적 특성에 관하여 연구하였다. 또한, 임업연구원(1994)은 물푸레나무재의 물리·역학적 성질에 대해 조사하였고, Gustafsson(1999)은 *F. excelsior*에 대한 강도적 성질을 보고하였다. 그러나, 현재까지 물푸레나무속에 대한 연구는 수종에 따라 단편적으로 이루어져 있어 광범위하고 전반적인 연구의 필요성이 제기되고 있다.

따라서 본 실험에서는 한국산 물푸레나무속 수종을 보다 합리적으로 이용하기 위한 기초 자료를 얻고자, 전보(황 등, 2002)의 물푸레나무속의 해부학적 특성에 관한 연구에 이어 물리·역학적 특성을 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 재료

본 연구에서는 2000년 5월 강원대학교 연습림 8임반 나소반에서 채취한 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla* HANCE)와 1998년 11월 경남 함양군 마천면 삼정리 자연휴양림에서 채취한 들메나무(*Fraxinus mandshurica* RUPR.) 및 쇠물푸레(*Fraxinus sieboldiana* BLUME) 1본씩을 재료로 사용하였다. 공시목의 개요는 Table 1과 같다.

Table 1. Sample trees.

Species	Tree age (year)	D. B. H (cm)	Locality
<i>F. rhynchophylla</i>	45	20.0	Kangwon Chunchon
<i>F. mandshurica</i>	29	18.0	Kyungnam Hamyang
<i>F. sieboldiana</i>	23	9.5	Kyungnam Hamyang

### 2.2. 실험방법

#### 2.2.1. 생재 함수율 및 밀도 측정

공시목의 흉고부위에서 두께 10 cm의 원편을 채취하여 KS F 2201(한국산업규격, 1994)에 따라 변·심재부의 시료를 제작하였다. 생재함수율, 생재밀도( $Wg/Vg$ ), 전건밀도( $W0/V0$ ) 및 기본밀도( $W0/Vg$ )는 생재상태와 전건상태의 무게 및 치수를 측정 후 KS F 2202(한국산업규격, 1994)에 따라 계산하였다.

측정에는 디지털식 버어니어 캘리퍼스(1/100 mm)와 디지털식 전자저울(1/100 g)을 사용하였고, 치수 측정은 각 방향별로 3지점으로 나누어 1지점당 3회

반복 측정 후 평균을 사용하였다.

### 2.2.2. 수축 및 팽윤율 측정

수축·팽윤율은 KS F 2203(한국산업규격, 1994)을 참고하여 섬유방향 시료( $R \times T \times L = 5 \times 20 \times 40$  mm)와 접선·방사방향용 시료( $R \times T \times L = 20 \times 20 \times 5$  mm)를 제작하여 측정하였다. 시료는 수종당 각 방향별로 5개씩 제작하였으며, 측정은 디지털식 버어니어 캘리퍼스(1/100 mm)와 Measuring microscope(Nikon, MM40)를 사용하였고, 측정방식은 함수율 및 밀도시료와 같다.

### 2.2.3. 역학적 성질 측정

압축강도, 휨강도, 전단강도, 충격휨흡수에너지는 KS F 2201, 2202에 따라 시험편을 제작한 후 2206, 2208, 2209, 2211(한국산업규격, 1994)에 따라 측정하였다. 또한, 측정값의 비교를 위해 SPSS win 10.0을 이용하여 t-검정과 분산분석으로 유의성을 검정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 물리학적 특성

#### 3.1.1. 생재 함수율 및 밀도

물푸레나무속 주요 세 수종에 대한 생재함수율과 밀도를 측정한 결과는 Table 2와 같다. 물푸레나무와

쇠물푸레의 생재함수율은 변·심재부 사이에 차이가 없었으나, 들메나무는 변재부가 심재부보다 다소 낮게 나타났다. 본 실험결과 공시수종의 생재함수율은 약 37~48%로서 宮島(1979)가 보고한 *F. lanuginosa* 재 변재부 44.7%, 심재부 48%와 비슷하지만, 이 등(1989)이 보고한 들메나무 변재부 53%, 심재부 71.6%, 宮島(1979)가 보고한 들메나무 39%, 80.8%와는 다소 차이가 있었다.

들메나무의 생재밀도와 전건밀도는 변·심재부간 차이가 없었으며 다른 수종에 비해 다소 낮았다. 물푸레나무와 쇠물푸레의 밀도는 변재부가 심재부보다 다소 낮았으며, 두 수종간에는 비슷한 값을 나타냈다. 생재밀도에 관하여 임업연구원(1994)의 결과와는 물푸레나무 1.08 g/cm<sup>3</sup>, 들메나무 1.10 g/cm<sup>3</sup>로 거의 차이가 없었으나, 전건밀도는 물푸레나무 0.69 g/cm<sup>3</sup>, 들메나무 0.69 g/cm<sup>3</sup>로서 물푸레나무에서 다소 차이가 있었다. 또한, Tsoumis(1991)는 전건밀도를 조·만재부로 구분하여 Ash재의 조재부 0.38~0.51 g/cm<sup>3</sup>, 만재부 0.72~0.80 g/cm<sup>3</sup>로 보고하였다.

기본밀도는 물푸레나무 0.66 g/cm<sup>3</sup>, 들메나무 0.57 g/cm<sup>3</sup>, 쇠물푸레 0.67 g/cm<sup>3</sup>로 들메나무가 다른 두 수종보다 다소 작게 나타났다. 기본밀도에 관하여 Panshin & Zeeuw(1980)는 *F. americana*재 0.55 g/cm<sup>3</sup>, *F. nigra*재 0.45 g/cm<sup>3</sup>, 宮島(1979)는 들메나무 0.54 g/cm<sup>3</sup>, *F. lanuginosa*재 0.61 g/cm<sup>3</sup>로서 본 실험의 결과보다 작거나 비슷한 값을 보고하였다.

#### 3.1.2. 수축 및 팽윤율

물푸레나무와 쇠물푸레의 수축·팽윤율을 측정한

Table 2. Green moisture contents and density.

Species		Green moisture contents (%)	Green density (Wg/Vg g/cm <sup>3</sup> )	Oven-dry density (Wo/Vo g/cm <sup>3</sup> )	Basic density (Wo/Vg g/cm <sup>3</sup> )
<i>F. rhynchophylla</i>	Sapwood	46.2±6.0	0.94±0.02	0.75±0.02	0.64±0.02
	Heartwood	47.7±3.3	1.00±0.01	0.81±0.03	0.68±0.02
<i>F. mandshurica</i>	Sapwood	36.6±0.7	0.80±0.02	0.68±0.02	0.59±0.01
	Heartwood	44.6±3.3	0.80±0.02	0.65±0.04	0.55±0.01
<i>F. sieboldiana</i>	Sapwood	42.7±1.2	0.91±0.03	0.72±0.02	0.71±0.02
	Heartwood	40.7±0.9	1.00±0.02	0.81±0.02	0.63±0.01

**Table 3.** Shrinkage and swelling.

Species		Shrinkage (%)			Swelling (%)		
		T	R	L	T	R	L
<i>F. rhynchophylla</i>	Sapwood	9.75±0.31	4.66±0.34*	2.05±0.99*	10.80±0.38	4.89±0.38*	2.11±1.03*
	Heartwood	10.37±0.73	5.60±0.61*	0.71±0.31*	11.58±0.91	5.93±0.68*	0.72±0.31*
<i>F. sieboldiana</i>	Sapwood	11.71±1.29	5.50±0.48*	2.91±0.10**	13.28±1.69	5.82±0.54*	3.00±0.64**
	Heartwood	10.48±2.38	6.41±0.34*	0.85±0.27**	11.77±2.93	6.85±0.39*	1.22±0.39**

T : Tangential direction R : Radial direction L : Longitudinal direction

\* : significant effect at 0.05 level \*\* : significant effect at 0.01 level

결과는 Table 3과 같다. 수축·팽윤율은 두 수종 모두 일반적인 경향과 마찬가지로 접선방향이 가장 크고 방사방향, 섬유방향순이었다. 한편, t-검정 결과 쇠물푸레와 물푸레나무의 섬유방향 및 방사방향 수축·팽윤율은 각각 1%와 5% 유의수준에서 유의성이 인정되므로 수종내에서 섬유방향은 변재부가 방사방향은 심재부가 높은 특징을 보여주었다.

본 실험의 수축률은 Panshin & Zeeuw(1980), Tsoumis(1991)가 보고한 *F. americana*재의 접선방향 7.8%, 방사방향 4.8%, 입업연구원(1994)의 물푸레나무 접선방향 8.91%, 방사방향 4.3%, 섬유방향 0.47%, 森林總合研究所(1982)가 보고한 쇠물푸레 7.54%, 3.63%, 0.73%와 宮島(1979)가 보고한 *F. lanuginisa*재 9.1%, 4.2%, 0.44%의 결과보다도 다소 높게 나타났다. 한편, 입업연구원(1994)의 들메나무 11.83%, 4.88%, 0.51%, 森林總合研究所(1982)가 보고한 들메나무 11.70%, 4.53%, 0.39%와 宮島(1979)가 보고한 들메나무 12.7%, 6.0%, 0.18%와는 비슷한

수축률을 보여주었다.

### 3.2. 역학적 특성

#### 3.2.1. 종압축 특성

공시수종의 종압축 특성의 측정결과는 Table 4에 나타내었다. 세 수종의 종압축강도(MOR)와 종압축탄성계수(MOE)는 1% 유의수준에서 유의성이 인정되어 수종간 차이가 있었다. 즉, 변재부에서는 들메나무가, 심재부에서는 물푸레나무가 다른 수종보다 다소 높은 종압축 특성을 보여주었다. 쇠물푸레의 종압축강도는 심재부가 변재부보다 다소 높았으나, 물푸레나무와 들메나무의 종압축강도와 종압축탄성계수, 쇠물푸레의 종압축탄성계수는 t-검정 결과 변·심재부간의 차이가 없었다.

본 실험의 종압축강도는 입업연구원(1994)에서 발표한 물푸레나무 581 kgf/cm<sup>2</sup>, 들메나무 508 kgf/cm<sup>2</sup>,

**Table 4.** Axial compressive properties.

Species		Moisture contents(%)	Air-dry density (g/cm <sup>3</sup> )	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	Proportional limit (kgf/cm <sup>2</sup> )	MOE (kgf/cm <sup>2</sup> )
<i>F. rhynchophylla</i>	Sapwood	9.0±0.1	0.78±0.01	650±40**	460±70	49600±900**
	Heartwood	9.0±0.1	0.86±0.02	700±30**	480±50	50100±500**
<i>F. mandshurica</i>	Sapwood	9.0±0.2	0.68±0.01	670±20**	500±3	51800±2700**
	Heartwood	8.7±0.2	0.69±0.02	590±30**	460±70	44600±5800**
<i>F. sieboldiana</i>	Sapwood	8.7±0.4	0.74±0.03	510±20**	350±30	24100±6100**
	Heartwood	9.3±0.7	0.86±0.03	600±30**	490±40	32300±9700**

\*\* : significant effect at 0.01 level

中井와 山井(1982)가 보고한 들메나무 488 kgf/cm<sup>2</sup>, 쇠물푸레 423 kgf/cm<sup>2</sup>, 日本木材學會(1985)의 들메나무 440 kgf/cm<sup>2</sup>보다 다소 높았으나, Gustafsson(1999)의 *F. excelsior*재 80.5 MPa(820 kgf/cm<sup>2</sup>)와 Tsoumis(1991)가 보고한 *F. americana*재 520 kgf/cm<sup>2</sup>보다는 다소 작거나 비슷한 값을 보여주었다. 종압축탄성계수는 中井와 山井(1982)의 들메나무 148×10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>, 쇠물푸레 125×10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>, Tsoumis(1991)가 보고한 *F. americana*재 122×10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>와 Gustafsson(1999)의 *F. excelsior*재 13.3 GPa(136×10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>)보다 다소 작은 값을 나타내었다.

### 3.2.2. 전단강도

공시수종의 전단강도 측정 결과는 Table 5에 보여 주었다. 방사·접선방향 전단강도는 1%, 5% 유의수준에서 유의성이 인정되어 수종간 차이가 있었으나, 수종내 변·심재부 사이의 유의성은 없었다. 쇠물푸레의 방사·접선단면의 전단강도는 다른 두 수종보다 다소 높았으며, 전체적으로 방사단면이 접선단면보다 다소 높은 값을 보여주었다.

본 실험의 결과중 물푸레나무와 들메나무의 값은 임업연구원(1994)이 보고한 물푸레나무 R : 195 kgf/cm<sup>2</sup>, T : 188 kgf/cm<sup>2</sup>과 들메나무 R : 189 kgf/cm<sup>2</sup>, T : 187 kgf/cm<sup>2</sup>보다 다소 낮게 나타났으나, 中

井와 山井(1982)가 보고한 들메나무 R : 135 kgf/cm<sup>2</sup>, T : 144 kgf/cm<sup>2</sup>와는 비슷한 값을 보여주었다. 본 실험의 쇠물푸레는 中井와 山井(1982)가 보고한 들메나무와 쇠물푸레 R : 155 kgf/cm<sup>2</sup>, T : 162 kgf/cm<sup>2</sup>보다 높은 전단강도를 나타냈다. 또한, 세 수종의 전단강도는 Tsoumis(1991)가 보고한 *F. americana*재 136.6 kgf/cm<sup>2</sup>과 Ash재 127.5 kgf/cm<sup>2</sup>보다 높은 값을 보여주었다.

### 3.2.3. 휨 특성

공시수종의 휨 특성을 측정된 결과는 Table 6에 나타냈다. 휨파괴계수(MOR)는 공시수종 모두 1% 유의수준에서 유의성이 인정되어 수종간 차이가 있었다. 휨탄성계수(MOE)는 90~140×10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>의 범위인데 쇠물푸레 변재부가 다른 수종의 변·심재부보다 다소 낮았으며, 세 수종의 심재부에서는 차이가 인정되지 않았다. 물푸레나무와 들메나무는 변·심재부의 휨파괴계수와 휨탄성계수 차이가 없었으나 쇠물푸레는 심재가 변재부보다 다소 높게 나타났다. 쇠물푸레 변재부의 휨강도 특성이 다소 낮게 나타난 이유는 다른 시료에 비해 원목의 직경이 상당히 작았고, 연륜폭이 좁아 연륜폭내 공극부의 비율이 높았기 때문으로 생각된다.

Table 5. Shearing strength.

Species	Shear plane	Moisture contents (%)	Shearing strength (kgf/cm <sup>2</sup> )
<i>F. rhynchophylla</i>	Sapwood	LR	144±23.9*
		LT	144±17.7**
	Heartwood	LR	165±37.6*
		LT	136±23.5*
<i>F. mandshurica</i>	Sapwood	LR	140±12.4*
		LT	131±14.2**
	Heartwood	LR	153±11.6*
		LT	151±13.5*
<i>F. sieboldiana</i>	Sapwood	LR	173±20.3*
		LT	165± 9.4**
	Heartwood	LR	198±13.5*
		LT	169±23.4*

\* : significant effect at 0.05 level \*\* : significant effect at 0.01 level

**Table 6.** Bending properties.

Species		Moisture contents (%)	Air-dry density (g/cm <sup>3</sup> )	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	Proportional limit (kgf/cm <sup>2</sup> )	MOE (kgf/cm <sup>2</sup> )
<i>F. rhynchophylla</i>	Sapwood	12.5±1.0	0.75±0.04	1110±70**	530±18	140200±12500**
	Heartwood	14.1±0.7	0.80±0.03	1030±30**	500±61	139300±4000 <sup>NS</sup>
<i>F. mandshurica</i>	Sapwood	8.5±0.2	0.70±0.02	1350±100**	730±149	137600±36400**
	Heartwood	9.6±0.4	0.70±0.01	1190±30**	460±55	126700±12400 <sup>NS</sup>
<i>F. sieboldiana</i>	Sapwood	9.4±0.1	0.79±0.01	1130±70**	490±45	99200±9100**
	Heartwood	9.2±0.2	0.83±0.05	1380±160**	590±54	138400±12200 <sup>NS</sup>

\*\* : significant effect at 0.01 level NS : No significant effect

본 실험의 휨과괴계수는 임업연구원(1994)에서 보고한 물푸레나무 1,192 kgf/cm<sup>2</sup>, 들메나무 1,139 kgf/cm<sup>2</sup>, 中井와 山井(1982)가 보고한 들메나무 1,109 kgf/cm<sup>2</sup>, Tsoumis(1991)가 보고한 Ash재 1,203 kgf/cm<sup>2</sup>와 거의 비슷하였고, 中井와 山井(1982)가 보고한 쇠물푸레 816 kgf/cm<sup>2</sup>, Tsoumis(1991)가 보고한 *F. americana*재 1,081 kgf/cm<sup>2</sup>보다는 다소 높았다. 또한 휨탄성계수는 日本木材學會(1985)의 들메나무 95×10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>와 中井와 山井(1982)의 쇠물푸레 86×10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>보다 다소 높았으며, 中井와 山井(1982)의 들메나무 129×10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>, Tsoumis(1991)가 보고한 *F. americana*재 122×10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>, Ash재 134×10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>, Gustafsson(1999)이 보고한 *F. excelsior*재 13,000 MPa(133×10<sup>3</sup> kgf/cm<sup>2</sup>)과도 비슷하거나 다소 크게 나타났다.

3.2.4. 충격휨흡수에너지

Table 7은 물푸레나무와 들메나무의 충격휨흡수에

너지를 측정된 결과이다. 충격휨흡수에너지는 들메나무 심재부가 0.85 kg·m/cm<sup>2</sup>이고 그 외는 1.2~1.3 정도였으나 유의성 검정 결과 수종간과 변·심재부간 차이는 인정되지 않았다. 또한 海老原 등(1985)은 들메나무의 함수율이 충격휨흡수에너지와의 관련성이 거의 보여지지 않음을 보고한 바 있어, 본 실험의 물푸레나무와 들메나무 충격휨흡수에너지는 차이가 거의 없는 것으로 생각된다.

中井와 山井(1982)는 들메나무 0.94 kg·m/cm<sup>2</sup>, 쇠물푸레 1.11 kg·m/cm<sup>2</sup>로 보고하였고, 日本木材學會(1985)는 들메나무 0.90 kg·m/cm<sup>2</sup>로 보고하여 본 실험의 충격휨흡수에너지와 거의 비슷하였다.

4. 결 론

물푸레나무속 주요 수종의 합리적 이용을 위한 기초 자료를 얻고자 물푸레나무, 들메나무 및 쇠물푸레의 물리 및 역학적 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

**Table 7.** Impact bending absorbed energy.

Species		Moisture contents (%)	Air-dry density (g/cm <sup>3</sup> )	Impact bending absorbed energy (kg·m/cm <sup>2</sup> )
<i>F. rhynchophylla</i>	Sapwood	13.0±2.1	0.75±0.04	1.24±0.24 <sup>NS</sup>
	Heartwood	14.2±0.5	0.80±0.02	1.22±0.38 <sup>NS</sup>
<i>F. mandshurica</i>	Sapwood	8.5±0.2	0.69±0.02	1.29±0.35 <sup>NS</sup>
	Heartwood	9.6±0.4	0.70±0.03	0.85±0.29 <sup>NS</sup>

NS : No significant effect

1) 생재함수율은 세 수종간에 큰 차이가 없었고, 36~48% 범위였다.

2) 밀도는 물푸레나무와 쇠물푸레간에 비슷한 값을 보여주었으며 들메나무보다 다소 높게 나타났다.

3) 각 방향의 수축·팽윤율은 T:R:L에서 약 10:5:1.5였으며, 물푸레나무와 쇠물푸레의 섬유방향 수축·팽윤율은 변재부가, 방사방향은 심재부가 높은 특성을 보여주었다.

4) 쇠물푸레 변·심재부의 종압축강도와 종압축탄성계수는 다른 두 수종에 비해 다소 낮았고, 물푸레나무와 들메나무는 비슷한 값을 보여 주었다.

5) 쇠물푸레의 전단강도는 방사·접선단면에서 다른 두 수종보다 높았으며, 공시수종 모두 방사단면 전단강도는 접선단면의 것보다 다소 높았다.

6) 휨과괴계수는 수종간에 차이가 있었으며, 휨탄성계수는 쇠물푸레 변재부가 다소 낮았다.

7) 충격휨흡수에너지는 물푸레나무와 들메나무 사이에 비슷한 값을 보여주었다.

결론적으로 물푸레나무속 세 수종은 국내의 타 수종들과 비교하여(임원연구원, 1994), 물리적·역학적 성질이 우수하여 새로운 용도개발이 기대된다.

## 참 고 문 헌

1. Gustafsson, S. I. 1999. Solid mechanics for ash wood. Holz als Roh- und Werkstoff 57: 373~377.
2. Panshin, A. J. and C. de Zeeuw. 1980. Textbook of Wood Technology. McGraw-Hill, Inc. United

- States of America. pp. 641~643.
3. Tsoumis, G. T. 1991. Science and Technology of Wood. Structure, Properties, Utilization. Van Nostrand Reinhold. New York. pp. 111~127, 160~193.
4. 宮島寬. 1979. 日本産アオダモ材の生長と基礎材質. 北海道大學農學部演習林研究報告. 第36卷 第2號: 421~450.
5. 森林總合研究所 木材利用部. 1982. 木材の性質一覽表. Bull. For. & For. Prod. Res. Inst. 319: 85~126.
6. 日本木材學會·物理·工學編輯委員會. 1985. 木材科學實驗書 I. 物理·工學編. 中外産業. pp. 343~345.
7. 中井孝, 山井良三郎. 1982. 日本産主要35樹種の強度的性質. Bull. For. & For. Prod. Res. Inst. 319: 13~46.
8. 海老原徹, 鷺見博史, 中野達夫. 1985. アオダモ、ヤチダモ材の衝撃曲げ性能に及ぼす人工乾燥および含水率の影響. 木材學會誌, 31(12): 1040~1046.
9. 朴相珍, 李元用, 李華珩. 1990. 木材組織과 識別. 鄉文社. pp. 216~228.
10. 李元用. 1997. 韓國産木材의 組織構造. 鄉文社. pp. 216~219.
11. 李弼宇. 1994. 韓國産 木材의 構造-顯微鏡的 構造-. 正民社. pp. 275~277.
12. 이화영, 위 흡, 이원용, 홍병화, 박상진. 1989. 木材物理 및 力學. 鄉文社. pp. 49~51.
13. 林業研究院. 1994. 韓國産 主要木材의 性質과 用途. 林業研究院 研究資料 第95號. pp. 240~241.
14. 한국산업규격. 1994. 한국표준협회. KS F 2201, 2202, 2203, 2206, 2208, 2209, 2211.
15. 황원중, 권구중, 배영수, 김남훈. 2002 인쇄중. 한국산 물푸레나무속 주요 수종의 해부학적 특성. 목재공학.