

# 잎갈나무와 일본잎갈나무의 해부학적, 물리·역학적 특성 비교<sup>1</sup>

한연중<sup>2</sup>·김민지<sup>2</sup>·이현미<sup>2</sup>·강진택<sup>3</sup>·엄창득<sup>2,†</sup>

## Comparison of Cellular Anatomical, Physical and Mechanical Properties Between Dahurian Larch and Japanese Larch<sup>1</sup>

Yeonjung Han<sup>2</sup> · Min-Ji Kim<sup>2</sup> · Hyun-Mi Lee<sup>2</sup> · Jin-Taek Kang<sup>3</sup> · Chang-Deuk Eom<sup>2,†</sup>

### 요약

잎갈나무와 일본잎갈나무의 종 구분을 위하여 해부학적 특성을 관찰하고, 재질의 특성을 밝히기 위하여 연륜폭, 가도관 길이, 밀도, 강도 등을 비교분석하였다. 수간해석과 시험편 채취를 위하여 강원도 정선군 정선읍 지역에서 생장한 잎갈나무와 일본잎갈나무를 경급별(대·중·소)로 1본씩 선발하여 별채하였다. 잎갈나무와 일본잎갈나무의 평균 수령은 각각 74년, 51년, 평균 흉고지름은 각각 442 mm, 352 mm, 평균 수고는 각각 26.1 m, 20.8 m이었다. 두 수종의 수목해부학적 차이는 나선비후가 잎갈나무에 존재하지 않지만, 일본잎갈나무의 방사가도관에 드물게 존재한다는 점이다. 하지만 본 연구에서는 일본잎갈나무의 방사단면에서 나선비후가 발견되지 않았다. 수고 1.2 m의 원판에서 측정된 잎갈나무와 일본잎갈나무의 연평균 직경생장은 각각 5.167 mm, 5.954 mm로 일본잎갈나무의 생장이 잎갈나무에 비하여 우수하였다. 강도측정을 위한 시험편의 물리적 특성에서 연평균 직경생장이 작은 잎갈나무가 일본잎갈나무에 비하여 만재율과 전건밀도가 크게 측정되었다. 역학적 특성은 잎갈나무가 일본잎갈나무에 비하여 2-7% 크게 측정되었다. 본 연구를 통하여 측정된 자료는 향후 수행될 DNA 분석을 통한 잎갈나무와 일본잎갈나무 종 구분의 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

### ABSTRACT

The study aims to observe the cellular anatomical properties of Dahurian larch and Japanese larch for the species identification. In addition, other factors - the ring width, tracheid length, density, and strength - were compared and analyzed to clarify their physical and mechanical properties. To the end, three Dahurian larch trees and three Japanese larch trees by each diameter class were collected as specimens from Jeongseon-eup, Jeongseon-gun, Gangwon-do, to

<sup>1</sup> Date Received July 12, 2017, Date Accepted July 31, 2017

이 연구의 일부는 2017년도 목재공학회 학술발표대회(pp. 19)에 이미 발표되었음

<sup>2</sup> 국립산림과학원 임산공학부. Department of Forest Products, National Institute of Forest Science, 57 Heogiro, Dondaemun-gu, Seoul 02455, Republic of Korea

<sup>3</sup> 국립산림과학원 산림정책연구부. Department of Forest Policy and Economics, National Institute of Forest Science, 57 Heogiro, Dondaemun-gu, Seoul 02455, Republic of Korea

<sup>†</sup> 교신저자(Corresponding author): 엄창득(email: willyeom@korea.kr)

conduct a stem analysis. It was found that the average stand age, average diameter at breast height, and average tree height of three Dahurian larch trees and Japanese larch trees were 74 years and 51 years, 442 mm and 352 mm, and 26.1 m and 20.8 m, respectively. The cellular anatomical difference between Dahurian larch and Japanese larch can be usually found by spiral thickening, considering that it doesn't occur in Dahurian larch at all, while rarely does in the ray tracheids of Japanese larch. However, in this study, spiral thickening was not observed in the radial section of Japanese larch. The average annual growth diameters measured at 1.2 m-height of Dahurian larch and Japanese larch were 5.167 mm and 5.954 mm, respectively. Meanwhile, arboreal growth of Japanese larch was observed to be higher than that of Dahurian larch. In the physical properties test, it was measured that the latewood proportion and oven-dry density of Dahurian larch with low annual diameter growth were higher than those of Japanese larch, while the mechanical properties of Dahurian larch wood were measured 2-7% higher than those of Japanese larch wood. The data obtained from this study are expected to be used as the basic reference for species identification between Dahurian larch and Japanese larch by DNA analysis.

**Keywords :** Dahurian larch, Japanese larch, species identification, ven-dry density, compressive strength, bending strength, shear strength

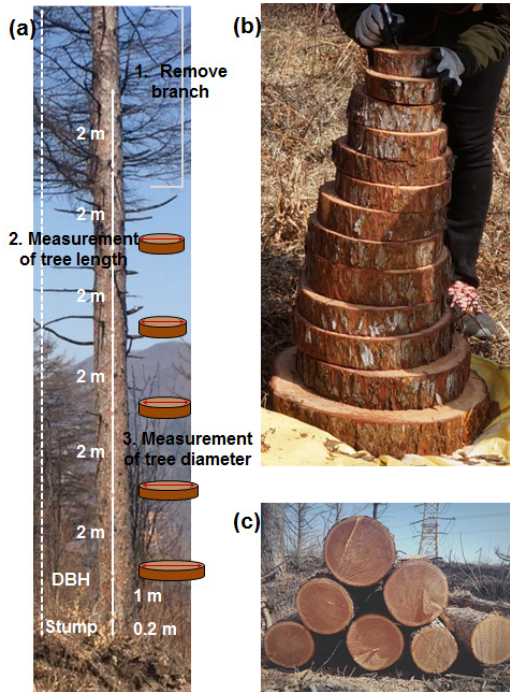
## 1. 서 론

잎갈나무(Dahurian larch; *Larix gmelini* (Rupr.) Kuzen.)는 주로 북한지역에 자생하는 우리나라 고유 수종으로 소나무과에 속하며 낙엽송으로도 명칭되는 일본잎갈나무(*Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière)와 근연종이다(Jo 등, 1988). 낙엽성 교목의 침엽수로 매우 견고하고 끈은결의 재질을 갖는 잎갈나무는 북한의 고산대에 분포하는 침엽수 중에서 약 17.2%를 차지하고 있으며, 임목 축적량은 전체의 약 20%를 차지한다(Kong, 2006). 반면에 우리나라에서 잎갈나무는 인공림의 조성을 위해 다량의 초목이 식재되지 않았으며, 강원대학교 산림환경과대학 연습림, 광릉수목원, 오대산 월정사, 가리왕산 등지의 소규모 임지에 분포하고 있다(Hwang과 Park, 2007). 일본에서 해발고도가 높고 서늘한 지역에 주로 분포하는 일본잎갈나무는(Takahashi 등, 2015) 1910년대에 도입된 우리나라 주요 조림수종의 하나로 주로 강원도, 충청북도, 경상북도 지역에서 약 272,800 ha의 면적에 분포하며, 전체 산림면적의 6.2%를 차지하고 있다(Yim, 1985; Kang 등, 2016; Korea Forest Service, 2016).

일본잎갈나무는 목재제품, 건축용 재료의 원료 등으로 다양하게 활용되고 있으며, 이에 따라 수에서 수피까지 방사방향의 물리·역학적 특성 변화(Zhu 등,

1998; Fujimoto와 Koga, 2010; Ishikura 등, 2012), 제재목과 공학목재의 역학적 특성(Takeda와 Hashizume, 2000; Lee 등, 2003; Kim과 Hong, 2008), 펠릿 등 연료재의 특성(Kim 등, 2015; Kim 등, 2015), 보존처리 특성(Kim 등, 2001; Choi 등, 2011) 등의 연구가 국내·외에서 활발히 수행되어왔다. 잎갈나무에 대한 연구는 우리나라에서 약 80년간 부재로 이용되었던 원주재의 연륜구조, 3단면의 조직 특성, 비중, 강도에 관한 연구(Hwang과 Park, 2007)와 중국 지역에서 생장한 잎갈나무(*Larix olegensis*)의 조직·물리·역학적 특성에 관한 연구(Bao 등, 2001) 등이 수행되었다.

우리나라 자생 수종인 잎갈나무와 일본에서 도입된 수종인 일본잎갈나무는 우리나라에서 생장하는 잎갈나무속 수종들로 잎갈나무에서 나선비후와 다른 종류의 비후가 없는 반면에 일본잎갈나무에서 나선비후가 방사가도관 내 드물게 존재하여(Eom, 2015), 조직적으로 두 수종을 구분하기 어렵다(Hwang과 Park, 2007). 본 연구는 우리나라 고유 수종인 잎갈나무와 일본에서 도입된 일본잎갈나무의 종 구분을 위한 기초자료 확보를 목표로 강원도 정선군 지역에서 생장한 잎갈나무와 일본잎갈나무의 직경 생장과 조직·물리·역학적 특성을 비교한 것이다. 본 연구를 통하여 축적된 자료는 향후 수행될 DNA 분석을 통한 종 구분의 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.



**Fig. 1.** Stem analysis and preparation of test specimens. (a) Method of stem analysis; (b) Disks for measurement of tree diameter; (c) Dahurian larch and Japanese larch logs obtained from stem analysis.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

공시수종은 강원도 정선군 정선읍 회동리에서 생산한 잎갈나무와 일본잎갈나무이다. 두 수종을 경급별(대·중·소)로 구분하여 각각 3본씩 별채하여 수간해석과 물성 측정용 시료를 채취하였다. 잎갈나무의 경급별 흉고지름은 각각 469 mm, 399 mm, 354 mm, 경급별 수령은 각각 71년, 76년, 76년, 경급별 수고는 각각 25.4 m, 27.3 m, 25.6 m이었다. 일본잎갈나무의 경급별 흉고지름은 419 mm, 296 mm, 206 mm, 경급별 수령은 각각 53년, 53년, 47년, 경급별 수고는 각각 24.5 m, 17.5 m, 20.4 m이었다.

수간해석(Stem analysis)는 수목의 과거 성장률을 알기 위하여 여러 수고부위에서 원판을 채취하여 연

륜측정 등을 수행하는 수간의 분석으로(Jung, 2005), 지면에서 흉고지름을 측정하는 1.2 m 높이에서 원판을 채취하고, 이후 2 m의 간격으로 원판을 채취하였다(Fig. 1(a), (b)). 물리·역학적 측정을 위한 시험편은 수간해석을 위해 채취된 원판과 원판의 사이에서 얻어진 재장 1.8 m의 원목을 이용하여 제작하였다(Fig. 1(c)).

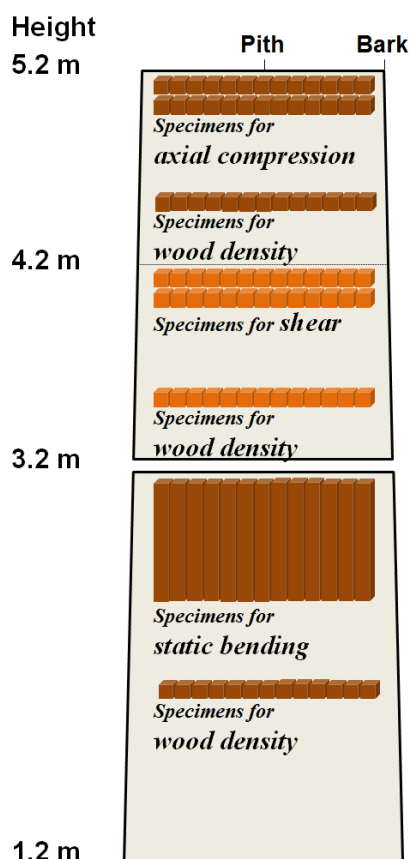
### 2.2. 목재조직학적 관찰

잎갈나무와 일본잎갈나무의 목재조직학적 관찰을 위하여 각 수종의 변재와 심재에서 소시험편(15 mm × 15 mm × 15 mm)을 제작한 후, 마이크로 톱(microtome; Swiss Federal Institute, Swiss)을 이용하여 3단면 박편(15 - 20 μm)을 제작하였다. 준비된 박편은 사프라닌(safranin) 1% 용액을 이용해 염색하고 알코올로 탈수한 후 프레파라트로 제작되었다. 광학현미경(Carl Zeiss, Germany)을 이용하여 각 수종의 조직적 특성을 비교하였다.

### 2.3. 수에서 수피까지의 연륜폭과 가도관 길이 측정

잎갈나무와 일본잎갈나무의 원판에서 수에서 수피까지 방사방향으로 폭 20 mm, 두께 30 mm의 스트립(strip)을 절단한 후 스캐너(Scanner; Epson, Japan)를 이용하여 횡단면의 이미지를 획득하였다. 연륜폭은 획득된 이미지로부터 WinDENDRO™ (Régent Instrument Inc. Canada) 프로그램을 이용하여 측정하였다.

원판에서 절단된 스트립(20 mm width × 30 mm thickness)을 두께 20 mm와 10 mm로 구분하여 각각 2개의 얇은 스트립으로 제작하였다. 두께 20 mm와 10 mm의 스트립은 각각 밀도측정과 가도관 길이 측정에 이용되었다. 가도관의 길이는 수에서 수피까지 3연륜의 간격으로 재단하여 술츠(Schurz)용액에 48시간 동안 침지시켜 가도관을 해리한 후 증류수로 세척하고 메틸렌블루(Methylene blue)용액으로 염색하여 현미경 화상분석 프로그램(DeltaFix, Netherlands)을



**Fig. 2.** Diagram for obtaining wood specimens for tests of density (25 mm (L) × 25 mm (R) × 25 mm (T)), axial compression (35 mm (L) × 25 mm (R) × 25 mm (T)), shear (35 mm (L) × 25 mm (R) × 25 mm (T)), and static bending (300 mm (L) × 25 mm (R) × 25 mm (T)) from wood planks.

이용하여 측정하였다(Seo 등, 2014).

## 2.4. 소형시험편의 물리·역학적 특성 측정

### 2.4.1. 시험편 제작

Fig. 1(c)에 제시된 길이 1.8 m의 원목을 두께 30 mm의 플리치(flitch; 등근모를 포함한 판재) 형태로 제재한 후 T10-C4S의 열기건조스케줄에 따라 건조를 수행하였다(Boone 등, 1988). 열기건조 종료 후,

Fig. 2에 제시된 것과 같이 수고 5.2 m에서 4.2 m의 플리치에서 압축강도 측정용 시험편, 수고 4.2 m에서 3.2 m의 플리치에서 전단강도 측정용 시험편, 수고 3.2 m에서 1.2 m의 플리치에서 휨강도 측정용 시험편을 각각 제작하였다. 각각의 부위에서 전건밀도를 측정하기 위하여 정육면체 형태의 시험편을 제작하였다.

### 2.4.2. 강도측정을 위한 시험편의 물리적 특성 측정

Fig. 2와 같이 각각의 플리치에서 전건밀도를 측정하기 위하여 채취된 시험편의 횡단면에서 연륜수와 연륜폭을 WinDENDRO™ 프로그램을 이용하여 측정하고, 105 ± 5℃의 건조장치에서 전건시킨 후 전건상태의 무게를 측정하고, 침지법(Smith, 1955)을 이용하여 부피를 측정하여 전건밀도를 산출하였다.

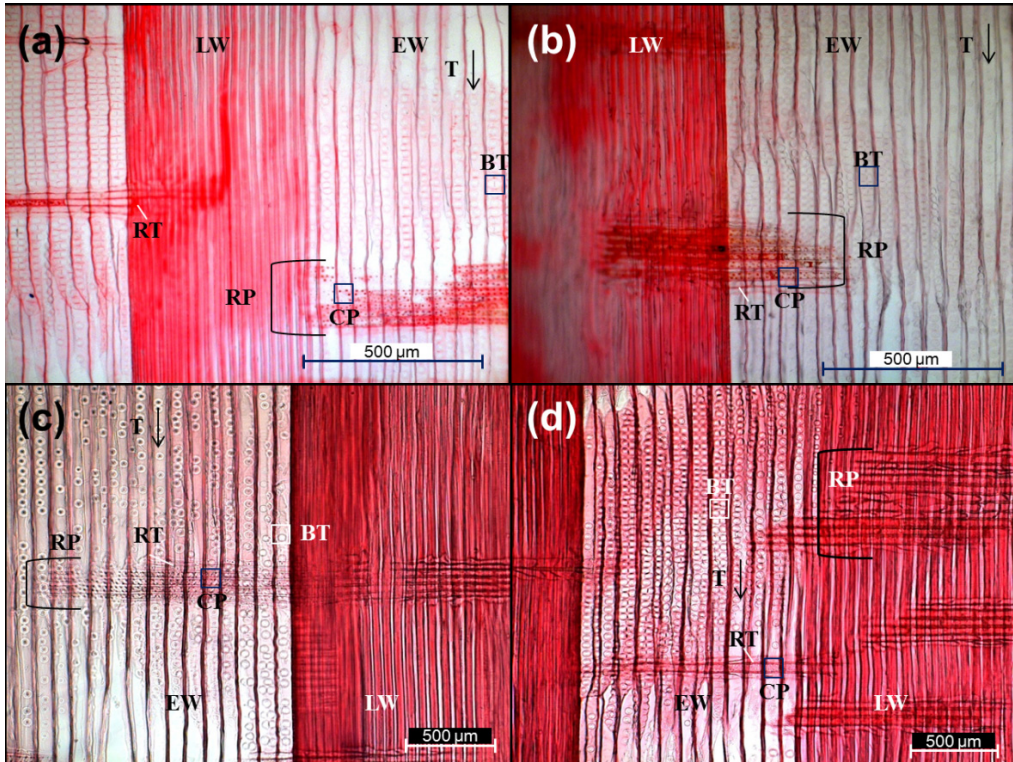
### 2.4.3. 압축강도, 휨강도, 전단강도 측정

앞갈나무와 일본앞갈나무의 압축·휨·전단강도는 각각 한국산업규격 ‘목재의 압축 시험방법’(Korea Standards Association (KSA), 2004; KS F 2206), ‘목재의 휨 시험방법’(KSA, 2004; KS F 2208), ‘목재의 전단 시험방법’(KSA, 2004; KS F 2209)에 따라 만능재료시험기(Universal testing machin; Instron, USA)를 이용하여 실험을 수행하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 목재조직학적 특성 및 가도관 길이와 연륜폭 비교

앞갈나무와 일본앞갈나무는 생장륜계, 심·변재의 구분, 조·만재의 이행, 축방향 유조직, 방사조직, 벽공, 수지구 등 목재조직적 특성이 유사하다(Eom, 2015). 두 종류의 목재조직학적 차이는 앞갈나무에는 나선비후가 없으나 일본앞갈나무에는 방사가도관 내에 드물게 존재한다는 점이다(Eom, 2015). 두 수종을 목재조직학적으로 구분이 어렵다는 선행연구의 결과와 같이(Hwang과 Park, 2007), 본 연구에서도 Fig. 3처럼 일본앞갈나무의 방사단면에서 나선비후



**Fig. 3.** Radial sections of Dahurian larch and Japanese larch. (a) sapwood in Dahurian larch; (b) heartwood in Dahurian larch; (c) sapwood in Japanese larch; (d) heartwood in Japanese larch; T: tracheid, EW: earlywood, LW: latewood, BP: bordered pit, CP: cross-field pitting, RP: ray parenchyma cell, RT: ray tracheid.

를 발견하지 못하였다.

보다 명확한 수종식별을 위해서 유전자본체 (Deoxyribonucleic acid; DNA) 분석이 요구된다. 잎갈나무 고유의 다형적 DNA 유전변이를 이용한 DNA 마커(marker)의 개발이 필요하다. 잎갈나무와 일본잎갈나무의 새잎 시료를 채취한 후, 잎갈나무의 DNA 마커와 비교한다면 명확한 수종식별이 가능할 것으로 판단된다.

3연륜의 간격으로 측정된 가도관 길이는 잎갈나무에서 2.76 mm ( $\pm$  0.660), 일본잎갈나무에서 2.82 mm ( $\pm$  0.467)로 측정되었다. 잎갈나무의 가도관 길이가 일본잎갈나무에 비하여 작게 측정된 결과는 선행연구(Eom, 2015)의 잎갈나무(2.95 mm  $\pm$  0.721)와 일본잎갈나무(2.58 mm  $\pm$  0.712)의 결과와 차이를 보였다. 가도관의 길이가 안정화되는 기간을 기준으로

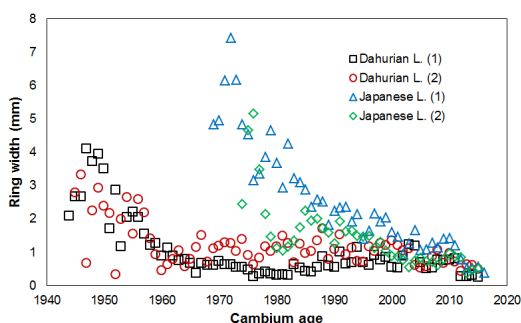
성숙재와 미성숙재를 구분할 수 있다(Seo 등, 2014). 잎갈나무와 일본잎갈나무의 가도관 길이를 3연륜씩 측정한 결과, 18연륜 또는 21연륜에서 가도관 길이가 안정화되는 경향을 나타냈다. 21연륜을 기준으로 미성숙재와 성숙재를 구분하여 각각 가도관 길이를 측정한 결과, 잎갈나무의 미성숙재와 성숙재의 가도관 길이는 각각 2.29 mm ( $\pm$  0.452), 2.89 mm ( $\pm$  0.342)이고, 일본잎갈나무는 각각 2.57 mm ( $\pm$  0.480), 3.08 mm ( $\pm$  0.263)이었다.

잎갈나무의 경급별(대·중·소) 평균 연륜폭은 각각 3.20 mm, 1.19 mm, 1.02 mm, 평균 만재율은 각각 35.4%, 38.3%, 40.3%이고, 일본잎갈나무의 경급별 평균 연륜폭은 각각 2.53 mm, 2.09 mm, 1.45 mm, 평균 만재율은 각각 31.9%, 31.9%, 30.7%이다. 3본의 잎갈나무 중 1본을 제외하고, 잎갈나무의 연륜폭

**Table 1.** Annual diameter growth of Dahurian larch and Japanese larch at 1.2 m height

Species	Diameter class	Stand age (year)	DBH <sup>1</sup> (mm)	Tree height (m)	Annual diameter growth (mm)	(Based on 50 years) Average annual diameter growth (mm)
Dahurian larch	large	71	469	25.4	6.60	6.16
	medium	76	399	27.3	4.32	
	small	76	354	25.6	4.66	
Japanese larch	large	53	419	24.5	7.91	6.75
	medium	53	296	17.5	5.59	
	small	47	206	20.4	4.37	

<sup>1</sup> Diameter at breast height



**Fig. 4.** Inter-annual ring width variations of Dahurian larch and Japanese larch.

이 일본잎갈나무에 비하여 작았으며, 만재율은 잎갈나무가 일본잎갈나무에 비하여 약 5 - 10% 높게 측정되었다.

Fig. 4에 잎갈나무와 일본잎갈나무의 연륜폭을 연륜 생성년도에 따라 제시하였다. 일반적으로 침엽수의 연륜폭은 수에서 수피까지 방사방향으로 음의 상관관계를 나타낸다(Zhang, 1998; Koga와 Zhang, 2004; Jyske 등, 2008). 성장초기 5 - 10 연륜까지 급격하게 성장하다가 그 후 점차 감소하는 경향(Han 등, 2016)은 동일하였다.

### 3.2. 성장특성 비교

Fig. 1(a)에 제시된 것과 같이, 잎갈나무와 일본잎갈나무에서 높이 1.2 m의 원판을 채취하여 연간 직경생장과 50년을 기준으로 한 연간 직경생장을 분석하였다(Table 1). 평균 수령이 각각 74와 51인 잎갈

나무와 일본잎갈나무의 연평균 직경생장은 4.32 - 6.60 mm, 4.37 - 7.91 mm의 범위로 측정되었다. 일본잎갈나무에서 연평균 직경생장은 경급이 증가함에 따라 증가하는 양의 상관관계를 갖는 반면에 잎갈나무는 경급 중(medium)의 연평균 직경생장(4.32 mm)이 경급 소(small; 4.66 mm)에 비하여 작았다. 연평균 직경생장을 50년 기준으로 환산하면 잎갈나무와 일본잎갈나무의 연평균 직경생장은 각각 6.16 mm, 6.75 mm로 일본잎갈나무의 생장이 잎갈나무에 비하여 약 9% 우수하였다. 두 수종 모두 수령이 50년 이상되어도 직경생장은 증가하였다.

### 3.3. 물리·역학적 특성 비교

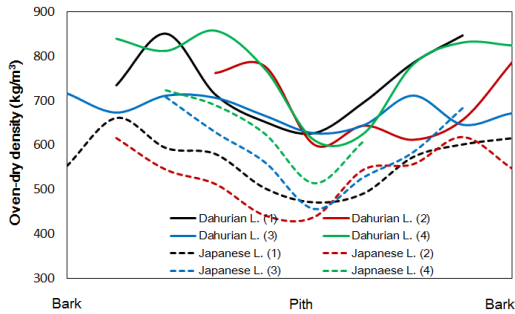
#### 3.3.1. 물리적 특성

Fig. 2에 제시된 압축·휨·전단 강도측정을 위한 시험편의 연륜폭, 횡단면 내 연륜수, 만재율, 전건밀도를 Table 2에 제시하였다. 연간 직경생장량이 작은 잎갈나무가 일본잎갈나무에 비하여 연륜폭은 작고, 횡단면 내 연륜수, 만재율, 전건밀도는 크게 측정되었다. Table 2에 제시된 잎갈나무와 일본잎갈나무의 전건밀도는 713 - 722 kg/m<sup>3</sup>, 571 - 601 kg/m<sup>3</sup>의 범위로 중국지역에서 생장한 임령 71 - 155년생 잎갈나무(*Larix olegensis*) 성숙재의 전건밀도 588 kg/m<sup>3</sup>와 임령 46년생 일본잎갈나무(*Larix kaempferi*) 성숙재의 전건밀도 518 kg/m<sup>3</sup>과 비교하여 각각 17%, 10% 정도 크다. 강원도 정선군 지역에서 생장한 잎갈나무와 일본잎갈나무의 재질은 상대적으로 우수하다고 판단

**Table 2.** Annual ring width, latewood proportion, and oven-dry density of specimens for strength test

Species			Compressive	Bending	Shear
Dahurian larch	Ring width (mm)	Average	2.66 (1.6 SD <sup>1</sup> )	2.69 (1.6 SD)	2.70 (1.3 SD)
		Mature wood	2.37 (1.4 SD)	2.39 (1.1 SD)	2.53 (1.2 SD)
	Number of annual ring	Average	12.3 (6.7 SD)	12.2 (6.0 SD)	12.4 (5.4 SD)
		Mature wood	13.8 (6.9 SD)	13.7 (5.7 SD)	13.2 (5.3 SD)
	Latewood proportion (%)		37.0 (10.4 SD)	32.1 (10.2 SD)	36.5 (9.4 SD)
Oven-dry density (kg/m <sup>3</sup> )		722 (87 SD)	713 (78 SD)	715 (78 SD)	
Japanese larch	Ring width (mm)	Average	3.36 (1.6 SD)	3.28 (1.5 SD)	3.43 (1.4 SD)
		Mature wood	2.97 (1.2 SD)	2.90 (1.2 SD)	3.12 (1.1 SD)
	Number of annual ring	Average	9.4 (4.2 SD)	9.5 (4.2 SD)	9.3 (4.0 SD)
		Mature wood	10.8 (4.1 SD)	10.9 (4.2 SD)	10.1 (4.1 SD)
	Latewood proportion (%)		25.6 (11.1 SD)	28.1 (10.9 SD)	23.8 (9.8 SD)
Oven-dry density (kg/m <sup>3</sup> )		601 (82 SD)	588 (87 SD)	571 (73 SD)	

<sup>1</sup> Standard deviation



**Fig. 5.** Oven-dry density variation in radial direction of dahurian larch and Japanese larch.

된다.

Fig. 5에 잎갈나무와 일본잎갈나무의 수에서 수피까지 방사방향으로의 전건밀도 변화를 제시하였다. 침엽수의 전건밀도는 연륜폭과 만재율에 각각 음과 양의 상관관계를 나타내므로(Wimmer와 Downes, 2003; Jyske 등, 2008; Han 등, 2016), 연륜폭이 넓고, 만재율이 낮은 수 부위에서 작게 측정되었으며 반대로 연륜폭이 좁고, 만재율이 높은 수피 부위에서 크게 측정되었다. 강도측정용 시험편을 제작하기 위한 판재는 미성숙재에서 잎갈나무의 연륜폭이 더 넓고, 성숙재에서 잎갈나무의 연륜폭이 더 좁아서 방사방향으로의 전건밀도 차이가 잎갈나무에서 더 클 것



**Fig. 6.** Wood planks for manufacturing specimens of axial compressive, static bending and shear test. (a) Japanese larch wood plank, (b) Dahurian larch wood plank.

으로 예상되었다(Fig. 6). 그러나 방사방향으로 측정된 전건밀도 최대값과 최소값의 차이는 잎갈나무에서 평균 184 kg/m<sup>3</sup> (± 72), 일본잎갈나무에서 평균 205 kg/m<sup>3</sup> (± 48)로 일본잎갈나무에서 더 크게 측정되었다.

### 3.3.2. 역학적 특성

강도 측정에 이용된 시험편의 평균함수율은 잎갈나무와 일본잎갈나무에서 각각 12.0% (± 1.1), 12.8% (± 1.8)이었다. Table 3에 잎갈나무와 일본잎갈나무의 압축강도, 휨강도, 휨탄성계수, 전단강도를 제

**Table 3.** Axial compression, static bending, and shear strength of Dahurian larch and Japanese larch

	Axial compression (MPa)	Static bending		Shear (MPa)
		Modulus of rupture (MPa)	Modulus of elasticity (GPa)	
Dahurian larch	Average (3.8 SD)	44.1	87.5	24.0
	Maximum	53.0	101.7	32.6
	Minimum	31.1	69.1	9.8
Japanese larch	Average (6.6 SD)	43.0	84.1	22.4
	Maximum	56.8	106.4	29.9
	Minimum	25.2	60.7	12.0

시하였다. 이 값은 전건비중 0.52의 웨스턴 라치(western larch; *Larix occidentalis*)의 압축강도(52.5 MPa), 휨강도(90 MPa), 휨탄성계수(12.9 GPa)와 (Kretschmann, 2010), 연륜폭 2.25 - 2.86 mm와 기건 밀도 620 - 650 kg/m<sup>3</sup>의 범위를 갖는 일본잎갈나무의 압축강도(45.1 - 51.9 MPa), 휨강도(95.3 - 107.4 MPa), 휨탄성계수(9.3 - 10.7 GPa)에(Chong 등, 2014) 비하여 약 10% 작은 값으로 측정되었다. 두 수종을 비교하면, 전반적으로 잎갈나무가 일본잎갈나무에 비하여 압축강도, 휨강도, 전단강도 등 대부분의 역학적 특성이 우수하였다. 잎갈나무를 기준으로 잎갈나무가 일본잎갈나무에 비하여 압축강도, 휨강도, 휨탄성계수, 전단강도가 각각 2%, 4%, 6%, 7% 크게 측정되었다. 그러나 이러한 오차는 표준편차 내의 차이이고, 상대적으로 연륜폭, 만재율, 전건밀도 등 물리적 특성에 비하여 큰 차이가 없었다.

#### 4. 결 론

강원도 정선군 정선읍 지역에서 성장한 잎갈나무와 일본잎갈나무를 등급별로 3분씩 별채하여 조직적 특성을 관찰하고, 성장특성과 물리·역학적 특성을 비교분석하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 나선비후는 잎갈나무에는 존재하지 않으며, 일본잎갈나무의 방사가도관에 드물게 존재하는 것으로 보고되어있으나, 본 연구에서 일본잎갈

나무의 방사단면에서 나선비후를 발견하지 못하였다. 보다 명확한 수종 구별을 위하여 유전자본체 분석이 요구되는 상황이다.

2. 수고 1.2 m의 원판에서 분석된 임령 50년 기준의 연평균 직경생장은 잎갈나무에서 6.16 mm, 일본잎갈나무에서 6.75 mm로 측정되어 일본잎갈나무의 직경생장이 잎갈나무에 비해 우수하였다.
3. 잎갈나무와 일본잎갈나무의 전건밀도는 각각 713 - 722 kg/m<sup>3</sup>, 571 - 601 kg/m<sup>3</sup>의 범위로 직경생장이 작은 잎갈나무의 물리적 특성이 일본잎갈나무에 비하여 높게 측정되었다. 또한 압축강도, 휨강도, 휨탄성계수, 전단강도 등의 역학적 특성은 잎갈나무에서 일본잎갈나무에 비하여 높게 측정되었으나, 표준편차 내의 값으로 차이가 크지 않았다.

#### 사 사

본 연구는 2017년도 국립산림과학원 석·박사연구원의 지원에 의해 이루어진 것임.

#### REFERENCES

Bao, F.C., Jiang, Z.H., Jiang, X.M., Lu, X.X., Luo, X.Q., Zhang, S.Y. 2001. Differences in wood properties between juvenile wood and mature



- wood in 10 species grown in China. Wood Science and Technology 35(4): 363-375.
- Boone, R.S., Kozlik, C.J., Bios, P.J., Wengert, E.M. 1988. Dry Kiln Schedules for Commercial Woods-Temperate and Tropical (Gen Tech Rep FPL-STR-57). Forest Products Laboratory, Madison, USA.
- Choi, Y.-S., Oh, S.-M., Kim, G.-H. 2011. Evaluation of pretreatment moisture content and fixation characteristics of treated wood for pressure treatment of Japanese red pine and Japanese larch skin timber with ACQ, CUAZ and CuHDO. Journal of The Korean Wood Science and Technology 39(6): 481-489.
- Chong, S.-H., Won, K.-R., Hong, N.-E., Park, B.-S., Lee, K.-J., Byeon, H.-S. 2014. Bending and compressive strength properties of *Larix kaempferi* according to thinning intensity. Journal of The Korean Wood Science and Technology 42(4): 385-392.
- Eom, Y.G. 2015. Wood Anatomy of Korean Species. Media Wood., Ltd., Seoul, Korea.
- Fujimoto, T., Koga, S. 2010. An application of mixed-effects model to evaluate the effects of initial spacing on radial variation in wood density in Japanese larch (*Larix kaempferi*). Journal of Wood Science 56(1): 7-14.
- Han, Y., Lee, H.M., Eom, C.D. 2016. Physical and mechanical properties of Korean red pine wood from different growth sites and correlations between them. Journal of The Korean Wood Science and Technology 44(5): 695-704.
- Hwang, K., Park, B.-S. 2007. Strength properties of old Korean larch pile. Journal of The Korean Wood Science and Technology 35(6): 23-30.
- Ishikura, Y., Matsumoto, K., Ohashi, Y. 2012. Radial variation in partial compression properties perpendicular to the grain of Japanese larch (*Larix kaempferi*). Journal of Wood Science 58(5): 399-407.
- Jo, J.M., Kang, S.K., Huh, N.J., Park, S.J. 1988. Illustrated World Wood. Seonjimmunhwa Press, Seoul, Korea.
- Jung, H.S. 2005. Terminology of Wood. Seoul National University Press, Seoul, Korea.
- Jyske, T., Mäkinen, H., Saranpää, P. 2008. Wood density within Norway spruce stems. Silva Fennica 42(3): 439-455.
- Kang, J.T., Son, Y.M., Yim, J.S., Jeon, J.H. 2016. Estimation of carbon stock and uptake for *Larix kaempferi* Lamb.. Journal of Climate Change Research 7(4): 499-506.
- Kim, G.-H., Kim, H.-J., Kim, J.-J. 2001. Fixation characteristics of CCA and CCFZ in Japanese red pine, Japanese larch, and ezo spruce sapwood. Journal of The Korean Wood Science and Technology 29(1): 52-59.
- Kim, K.-H., Hong, S.-I. 2008. Bearing properties of domestic larch glulam. Journal of The Korean Wood Science and Technology 36(4): 93-101.
- Kim, S.-H., Yang, I., Han, G.-S. 2015. Effect of sawdust moisture content and particle size on the fuel characteristics of wood pellet fabricated with *Quercus mongolica*, *Pinus densiflora*, and *Larix kaempferi* sawdust. Journal of The Korean Wood Science and Technology 43(6): 757-767.
- Kim, S.T., Lee, J.-J., Park, D.-H., Yang, I., Han, G.-S., Ahn, B.J. 2015. Effect of torrefaction condition on the chemical composition and fuel characteristics of larch wood. Journal of The Korean Wood Science and Technology 43(1): 122-134.
- Koga, S., Zhang, S.Y. 2004. Inter-tree and intra-tree variations in ring width and wood density components in balsam fir (*Abies balsamea*). Wood Science and Technology 38(2): 149-162.
- Kong, W.S. 2006. Natural Ecosystem of North Korea. Jipmoondang, Seoul, Korea.

- Korea Forest Service. 2016. Statistical yearbook of forestry. Korea Forest Service, Daejeon, Korea.
- Korea Standard Association. 2004. Method of compression test for wood. KS F 2206.
- Korea Standard Association. 2004. Method of bending test for wood. KS F 2208.
- Korea Standard Association. 2004. Method of shear test for wood. KS F 2209.
- Kretschmann, D.E. 2010. Mechanical Properties of Wood. In: (Centennial Eds) Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. Forest Products Laboratory, Madison, USA.
- Lee, J.J., Kim, G.C., Kim, K.M., Oh, J.K. 2003. Distribution characteristic of bending properties for visual graded lumber of Japanese larch. Journal of The Korean Wood Science and Technology 31(5): 72-79.
- Seo, J.-W., Eom, C.-D., Park, S.-Y. 2014. Study on the variation of inter-annual tracheid length for Korean red pine from Sokwang-ri in Uljin. Journal of The Korean Wood Science and Technology 42(6): 646-652.
- Smith, D.M. 1955. A comparison of two methods for determining the specific gravity of small samples of second growth Douglas-fir (Rep No. 2033). Forest Products Laboratory, Madison, USA.
- Takahashi, M., Hosoda, K., Nishizono, T., Takao, G., Saito, H., Ishibashi, S., Furuya, N., Kodani, E., 2015. Resources and growth Japanese Larch (*Larix kaempferi*) in Japan. Chiayi city, Taiwan, Proc. of The 2015 International Symposium of Sustainable Forest Ecosystem Management in Rapidly Changing World (SFEM 2015).
- Takeda, T., Hashizume, T. 2000. Effective sampling method for estimating bending strength distribution of Japanese larch square-sawn timber. Journal of Wood Science 46(5): 350-356.
- Wimmer, R., Downes, G.M. 2003. Temporal variation of the ring width-wood density relationship in Norway spruce grown under two levels of anthropogenic disturbance. IAWA Journal 24(1): 53-61.
- Yim, K.B. 1985. Silviculture theory. Hyangmun Press, Seoul, Korea.
- Zhang, S.Y. 1998. Effect of age on the variation, correlations and inheritance of selected wood characteristics in black spruce (*Picea mariana*). Wood Science and Technology 32(3): 197-204.
- Zhu, J., Nakano, T., Hirakawa, Y. 1998. Effect of growth on wood properties for Japanese larch (*Larix kaempferi*): Differences of annual ring structure between corewood and outerwood. Journal of Wood Science 44(5): 392-396.