

노거수 수령 추정을 위한 지역별 연륜연대기 구축 및 활용¹

오 정 애² · 서 정 욱³ · 김 병 로^{3,†}

Establishing Local Master Ring-Width Chronologies and Their Utilization for Estimating The Age of Big Old Trees¹

Jung-ae Oh² · Jeong-Wook Seo³ · Byung-Ro Kim^{3,†}

요 약

본 연구는 연륜연대학적 방법을 이용하여 노거수 수령의 정확한 추정을 위해 수행되었다. 연구지역은 충청북도 괴산군(CBGS), 전라남도 구례군(JNGR), 경상북도 울진군(GBUJ)이며, 수종은 각 지역의 보호수로 지정된 느티나무와 소나무로 하였다. CBGS, JNGR, GBUJ에서 채취한 느티나무는 각각 12, 8, 6본이며, 소나무는 각각 10, 3, 9본이다. 시료(생장편)는 성장추(직경 5.2 mm)를 이용하여 채취하였다. 정확한 연륜측정을 위해 느티나무는 활주식 마이크로톱으로 횡단면을 절삭하였으며, 소나무는 사포를 이용하여 횡단면을 연마하였다. 연륜폭은 이용하여 0.01 mm 정확도로 측정하였다. 느티나무의 경우 CBGS와 GBUJ에서 203 (1813~2015)년의 연륜연대기가 작성되었으며, JNGR에서는 175 (1841~2015)년의 연륜연대기가 성공적으로 작성되었다. 소나무의 경우 CBGS, JNGR, GBUJ에서 각각 154 (1862~2015)년, 175 (1841~2015)년, 250 (1776~2015)년의 연륜연대기가 성공적으로 작성되었다. 느티나무와 소나무의 지역별 대표연륜연대기를 상호 비교한 결과 대부분 낮은 t 값과 Glk 값을 보여 대표연륜연대기 상호간 일치도가 낮은 것으로 확인되었다. 최근 50년 평균 기온과 강수량 분포도를 지역별 대표연륜연대기와 비교한 결과, 지역별 대표연륜연대기 패턴은 온도보다 강수량에 의해 결정되는 것이 확인되었다. 따라서 향후 연륜연대학적 방법을 이용한 정확한 수령추정을 위해선 강수량이 고려된 지역별 대표연륜연대기가 준비되어야 할 것이다.

ABSTRACT

This study aimed at more precisely estimating the age of big old trees using dendrochronological method. Gesan-gun in Chungbuk (CBGS), Gurye-gun in Jeonnam (JNGR) and Uljin-gun in Gyeongbuk (GBUJ) were study areas and *Zelkova serrata* (ZS) and *Pinus densiflora* (PD) selected as protected trees therein were used as experimental tree species. The increment cores were extracted from 12, 8, and 6 ZSs and 10, 3, and 9 PDs in CBGS, JNGR, and GBUJ, respectively, using an increment borer (\varnothing 5.2 mm). In order to clearly distinguish tree-ring boundary, the surface in the transverse section was cut for ZS using a sliding microtome and sanded for PD using a sand paper. Ring widths

¹ Date Received September 28, 2016, Date Accepted December 30, 2016

² 한국임업진흥원 목재산업본부 시험평가실. Test & Evaluation Division, Korea Forestry Promotion Institute, Seoul, 07570, Republic of Korea

³ 충북대학교 농업생명환경대학 목재·종이과학과. Department of Wood and Paper Science, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Republic of Korea

[†] 교신저자(Corresponding author): 김병로(e-mail: brkim@cbnu.ac.kr)

were measured in the resolution of 0.01 mm. Based on the measurement values, 203-year long (1813-2015) ZS local master tree-ring chronologies were successfully established and 175-year long (1841-2015) ZS local master tree-ring chronology for JNGR was also successfully established. In the case of PD, 154-, 175-, and 250-year long local master tree-ring chronologies for CBGS, JNGR, and GBUJ were successfully established, respectively. In the comparisons between local master tree-ring chronologies, they showed low t-values and GIs. According to the comparisons of the local master tree-ring chronologies with 50-year (1950~2000) average temperature and precipitation distribution maps, the annual variations of local master tree-ring chronologies seem to be determined by not temperature but precipitation. For such cross-dating therefore more local master tree-ring chronologies have to be established at the least based on the distribution map for precipitation.

Keywords : big old tree, tree age, tree-ring chronology, *Zelkova serrata*, *Pinus densiflora*, crossdating

1. 서 론

노거수는 수령이 오래된 거목으로 예로부터 우리의 삶을 함께해 온 역사적 가치가 높은 수목이다. 이러한 이유로 국가 또는 지방자치단체에서는 역사적 가치가 높은 노거수를 천연기념물이나 보호수로 지정하여 관리하고 있다. 보호수는 「산림보호법」 제13조(보호수의 지정·관리, 2015.7.20)에 의거하여 시·도지사 또는 지방산림청장이 지정할 수 있으며, 각 지자체에서는 보호수 지정을 위한 조례와 규칙을 정하고 있다. 2015년 현재 등록된 보호수는 13,671본이다(Korea forest service, 2016). 보호수는 100년 이상 된 수목을 의미하며, 수령, 수형 등은 보호수 지정을 위한 중요한 요소로 작용한다.

수목의 수령을 추정하는 방법에는 연륜관찰법, 지절관찰법, 직경측정법(Son *et al.*, 2007) 등이 있다. 연륜관찰법은 모든 방법들 중에 가장 정확한 방법으로, 성장추를 이용하여 추출된 성장편으로부터 연륜을 관찰하여 수령을 확인하는 방법이다. 하지만, 대부분의 노거수처럼 수간 내부가 부후되어 있을 경우에는 연륜관찰이 어려워 정확한 수령 추정이 불가능하다. 지절관찰법은 수목의 수간에 남아 있는 지절을 이용하여 소나무, 잣나무, 가문비 등과 같이 고정생장을 하는 수종의 수령을 추정하는 방법이다. 고정생장을 하는 소나무, 잣나무, 전나무 등은 일 년에 하나의 마디를 생성하기 때문에 줄기에 남아있는 마디 숫자를 세어 수목의 나이를 추정하는 것이다(Lee, 2014). 하지만 고정생장을 하는 수종이라도 수령이

증가하면 수간 아래쪽에 남아있는 지절의 흔적을 확인하기 어려워 정확한 수령을 추정을 하는데 한계가 있다(Son *et al.*, 2007). 반면, 직경측정법은 수령과 흉고직경과의 관계를 기반으로 개발된 추정식으로 수령을 추정하는 방법이다(Son *et al.*, 2007). 이 방법은 분석이 매우 빠르고, 간단하지만 동일 수종이라도 국지적 입지조건에 의해 직경이 달라지거나 수간 갈라짐 또는 울폐도에 따른 수간의 직경 차이를 고려할 수 없어 정확한 수령추정이 어렵다.

수령을 추정하는 방법 중 가장 정확한 방법이 연륜관찰법으로 알려져 있으나 본 방법이 수령 추정에 활용된 사례는 드물다. 천연기념물 제4호인 통의동 백송이 태풍으로 부러져 천연기념물에서 지정 해제되면서 실시한 연륜관찰법에 따르면 통의동 백송의 수령은 300년으로 밝혀져 기존에 알려진 수령(630년 정도)이 과하게 추정되었음이 확인되었다(Kim, 2003). 또 다른 사례는 창덕궁 내 식재된 주요 노거수의 수령 추정으로, 본 연구에서 돈화문 주변에 생육하고 있는 회화나무와 느티나무 수령은 200~300여 년으로 추정되었으며, 신선원전에 생육하고 있는 느티나무 최대 수령은 603년으로 추정되어 창덕궁 내에서 가장 오래된 수목임이 확인되었다(Yee and Bae, 2005). 노거수의 경우 미세연륜(narrow ring), 위연륜(false ring), 실연륜(missing ring), 불연속륜(discontinues ring)의 발생 가능성이 증가하여 정확한 수령추정이 어렵다(Schweingruber, 1988). 이상의 연륜을 찾기 위해서는 연륜연대학에서 사용하는 크로스데이팅 방법이 적용되어야 하나 위의 두 연구에

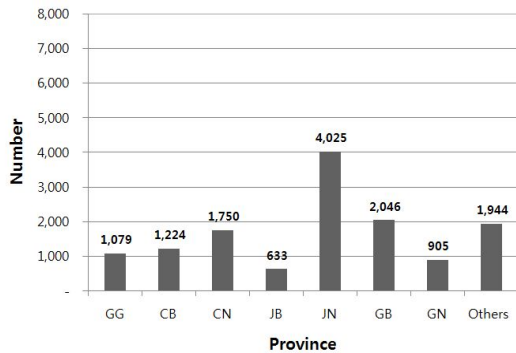


Fig. 1. The number of protected trees in each province (Korea forest service, 2016). (GG: Gyeonggido, CB: Chungcheongbukdo, CN: Chungcheongnamdo, JB: Jeollabukdo, JN: Jeollanamdo, GB: Gyeongsangbukdo, GN: Gyeongsangnamdo).

서는 수행되지 않았다.

수목의 수령이 증가하면 각종 피해요소에 쉽게 노출되고, 병균에 감염되면 그 피해가 지속적으로 누적되어 부후균에 대한 피해가 증가하게 된다(Jung, 2008). 다수의 노거수는 심재 부후가 진행되고 있거나, 심한 경우에는 동공이 형성되어 정확한 수령 추정이 곤란한 경우가 많다(Yee and Bae, 2005). 또한 느티나무와 같은 환공재는 연륜이 공권부와 공권외로 구성되어 있으나 피압 또는 불량한 생육환경이 발생하게 되면 공권부만 형성되어 정확한 연륜 경계 확인이 어렵다(James, 2010). 뿐만 아니라 수목이 생육하는 동안에 물리적 피해(화재 또는 해충)를 받게 되면 수간의 중간이 부후되는 경우가 발생한다(Gutsell and Johnson, 1996; James, 2010). 갑작스런 생육 변화(기상변화, 경쟁)로 수목생장이 불량하게 될 경우 발생하는 미세연륜(narrow ring), 위연륜(false ring), 실연륜(missing ring), 불연속륜(discontinues ring) 등을 찾아내야 하는 어려움이 존재한다(Schweingruber, 1988).

본 연구는 노거수의 정확한 수령 추정에 있어 제한요소가 되는 부후, 미세연륜, 위연륜, 실연륜, 불연속륜들을 해결하기 위해 연륜연대학에서 활용되는 크로스데이팅(crossdating) 방법을 적용 및 활용하고자 우리나라 대표 보호수인 느티나무와 소나무의 지역

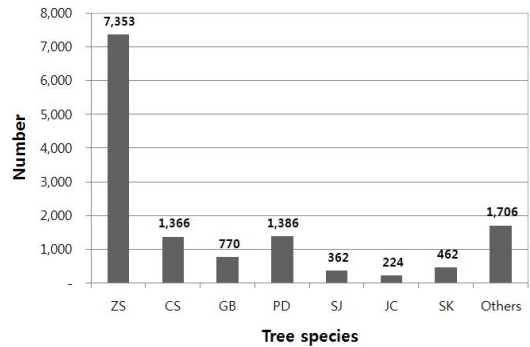


Fig. 2. The number of protected trees based on the tree species (Korea forest service, 2016). (ZS: *Zelkova serrata*, CS: *Celtis sinensis*, GB: *Ginkgo biloba*, PD: *Pinus densiflora*, SJ: *Sophora japonica*, JC: *Juniperus chinensis*, SK: *Salix koreensis*).

별 대표연륜연대기를 작성하기 위하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 보호수 현황

임업통계연보(Korea forest service, 2016)에 따르면 국내에서 보호수 지정이 가장 많은 지역은 전라남도(4,025본)이며, 그 다음으로 경상북도(2,046본), 충청남도(1,750본), 충청북도(1,224본), 경기도(1,079본)의 순이었다(Fig. 1). 보호수 지정 수종들 중 가장 높은 비율을 차지하는 수종은 느티나무로 54.0% (7,353본)이었으며, 침엽수 중에는 소나무가 10.2% (1,386본)로 비율이 가장 높았다(Fig. 2).

2.2. 수종 및 연구지역

지역별 대표연륜연대기 작성을 위해 보호수 중 비율이 높은 느티나무와 소나무(Fig. 2)를 연구 대상으로 선정하였다. 연구지역은 지리적 위치와 보호수 지정 건수를 고려하여 충청북도, 전라남도, 경상북도를 선정하였으며, 시료채취는 괴산군(충청북도), 구례군(전라남도), 울진군(경상북도)에서 실시하였다(Fig. 3).

Table 1. Information of experimental tree species, *Zelkova serrata*

Province (Gun)	Site	ID	Diameter (cm)	Sampling height from the ground (m)
Chungcheongbuk-do (Goesan-gun)	Mureung-ri	CBGSZS01	148	2.9
		CBGSZS02	111	1.4
		CBGSZS03	110	2.5
		CBGSZS04	70	1.2
	Yulji-ri	CBGSZS05	63	3.1
		CBGSZS06	127	1.6
		CBGSZS07	149	0.7
		CBGSZS08	76	1.4
		CBGSZS09	88	0.7
	Cheongcheon-ri	CBGSZS11	170	1.1
		CBGSZS12	92	4.3
		CBGSZS13	116	1.2
		CBGSZS14	98	1.4
Jeollanam-do (Gurye-gun)	Banggwang-ri	JNGRZS01	95	0.9
		JNGRZS02	82	1.5
	Gyecheok-ri	JNGRZS51	140	2.0
		JNGRZS52	170	1.0
	Hyeoncheon-ri	JNGRZS53	108	1.0
	Sinwol-ri	JNGRZS54	73	3.0
	Bongseo-ri	JNGRZS55	81	1.9
	Gusan-ri	JNGRZS57	81	2.5
Gyeongsangbuk-do (Uljin-gun)	Banggwang-ri	GBUJZS01	95	0.9
		GBUJZS02	82	1.5
	Gyecheok-ri	GBUJZS51	140	2.0
		GBUJZS52	170	1.0
	Hyeoncheon-ri	GBUJZS53	108	1.0
	Sinwol-ri	GBUJZS54	73	3.0

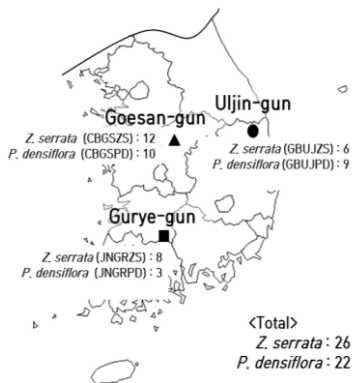


Fig. 3. The locations of study sites and the number of experimental tree species.

2.3. 분석방법

2.3.1. 연륜채취 및 측정

직경 5.2 mm 성장추를 이용하여 수목 당 2개 이상의 성장편(increment core)을 채취하였다. 연륜채취 시에는 가능한 수(pith)를 포함하도록 하였으며, 수간에 부후가 관찰될 경우에는 가능한 건전한 부위에서 시료를 채취하였다. 느티나무와 소나무 시료채취 부위의 평균 높이는 1.73 (\pm 0.89) m와 1.08 (\pm 0.24) m이다(Table 1과 2). 느티나무의 부후 정도가 소나무에 비해 심하여 시료 채취 높이가 높고, 표준편차

Table 2. Information of experimental tree species, *Pinus densiflora*

Province (Gun)	Site	ID	Diameter (cm)	Sampling height from the ground (m)
Chungcheongbuk-do (Goesan-gun)	Jujin-ri	CBGSPD01	62	1.0
		CBGSPD02	68	1.6
		CBGSPD03	64	1.3
		CBGSPD04	66	0.6
		CBGSPD05	70	1.0
		CBGSPD06	65	0.7
		CBGSPD07	102	1.0
		CBGSPD08	110	1.0
		CBGSPD09	65	1.0
		CBGSPD10	79	1.1
Jeollanam-do (Gurye-gun)	Wondong-ri	JNGRPD01	73	1.6
		JNGRPD02	78	1.0
		JNGRPD03	48	0.8
Gyeongsangbuk-do (Uljin-gun)	Howol-ri	GBUJPD01	90	1.0
	Onyang-ri	GBUJPD02	94	1.4
	Sotae2-ri	GBUJPD03	67	1.2
	Noeum-ri	GBUJPD04	103	1.1
	Sugok-ri	GBUJPD05	-	1.0
		GBUJPD06	-	1.0
	Oeseonmi-ri	GBUJPD07	130	1.2
		GBUJPD08	73	1.0

도 컸다. 충청북도 괴산군에서 선발한 느티나무(CBGZS)와 소나무(CBGSPD)는 13본과 10본이며, 평균 흉고직경은 75.1 (± 16.2) cm와 109.1 (± 31.4) cm이다. 전라남도 구례군에서 선발된 느티나무(JNGRZS)와 소나무(JNGRPD)는 8본과 3본, 평균 흉고직경은 103.8 (± 32.1) cm와 66.3 (± 13.1) cm이며, 경상북도 울진군에서 선발된 느티나무(GSUJZS)와 소나무(GSUJPD)는 6본과 8본, 그리고 평균 흉고직경은 111.3 (± 33.9) cm와 92.8 (± 20.6) cm이다.

연륜측정을 위해 채취된 모든 생장편은 ‘U’자형 시료 고정막대에 고정하였으며, 연륜 경계가 잘 보이도록 생장편의 횡단면을 절삭(느티나무) 또는 연마(소나무)하였다. 느티나무와 같은 환공재는 칼날을 이용한 절삭방법이 연륜경계 관찰에 유리하며, 소나무의 같은 침엽수는 사포를 이용한 연마 방법이 연륜경계 관찰에 더 유리하여 수종에 적합한 방법

을 구분하여 적용하였다. 칼날을 이용한 절삭은 생장편용으로 특수 제작된 활주식 마이크로톰으로 실시하였다. 표면처리가 완료된 시료는 연륜폭측정기(LINTAB)를 이용하여 0.01 mm까지 연륜폭을 측정하였다.

2.3.2. 크로스데이팅(Crossdating)

각 연륜에 정확한 생성 연도를 부여하기 위하여 연륜의 연간 변동패턴을 비교하여 일치도를 확인하는 크로스데이팅(crossdating)을 실시하였다(Fritts and Swetnam, 1989; Park and Seo, 2000). 크로스데이팅은 연륜연대학에서 일반적으로 사용되는 통계값인 t 값(식 (1))과 Glk 값(식 (2))(Ecstein and Bauch, 1969)을 활용하여 실시하였으며, 최종 결정은 연륜연대기 그래프 비교를 활용한 육안관찰법으로 실시하였다.

Table 3. Local master ring-width chronologies for experimental tree species

Province (Gun)	Species (ID)	Period (year)	Length (years)
Chungcheongbuk-do (Goesangun)	<i>Z. serrata</i> (CBGSZS)	1813~2015	203
	<i>P. densiflora</i> (CBGSPD)	1862~2015	154
Jeollanam-do (Gurye-gun)	<i>Z. serrata</i> (JNGRZS)	1815~2015	201
	<i>P. densiflora</i> (JNGRPD)	1841~2015	175
Gyeongsangbuk-do (Uljin-gun)	<i>Z. serrata</i> (GBUJZS)	1813~2015	203
	<i>P. densiflora</i> (GBUJPD)	1766~2015	250

t 값은 표본(S: sample)과 기준샘플(R: reference) 간의 단순상관계수(r)를 이용하여 아래 식으로 계산하였다.

$$r = \frac{\sum (Si - S) \times (Ri - R)}{\sqrt{\sum (Si - S)^2 \times \sum (Ri - R)^2}}$$

$$\Rightarrow t = \frac{r \times \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \dots\dots\dots (1)$$

- 여기서, Si: 표본연대기의 i번째 연륜폭
- S: 표본연대기의 평균연륜폭
- Ri: 비교연륜연대기의 i번째 연륜폭
- R: 비교연륜연대기의 평균연륜폭
- t: 상관계수 r로부터 변환된 t값
- n: 비교에서 중첩되는 연륜 수

Glk 값(gleichläufigkeit)은 연륜연대기 상호간 패턴 일치를 확인하는 부호일치도(sign test)이다.

$$Glk_{(x,y)} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} |G_{ix} + G_{iy}| \dots\dots\dots (2)$$

- 여기서, $(x_{i+1} - x) > 0$ 이면 $G_{ix} = +1/2$,
- $(x_{i+1} - x) = 0$ 이면 $G_{ix} = 0$,
- $(x_{i+1} - x) < 0$ 이면 $G_{ix} = -1/2$

연륜연대학에서 100년 이상의 연륜연대기를 상호 비교할 때, t 값은 4.0 이상, Glk 값은 65% 이상의 값을 가질 때 통계적으로 유의성 있는 결과로 간주된다(Park et al., 2014).

3. 결과 및 고찰

3.1. 연륜연대기 작성

각 지역을 대표하는 느티나무와 소나무 연륜연대기를 작성한 결과, 느티나무 연륜연대기 중에서 가장 긴 것은 충청북도 괴산군과 경상북도 울진군으로 203 (1813~2015)년이었으며, 전라남도 구례군이 201 (1815~2015)년으로 2년이 짧았다(Table 3). 소나무 연륜연대기는 경상북도 울진군이 250 (1766~2015)년으로 가장 길었으며, 다음으로 전라남도 구례군과 충청북도 괴산군이 175 (1841~2015)년과 154 (1862~2015)년이였다.

조사된 보호수 대부분의 수령은 250~400년 사이로 보고되어 있으나, 부후 정도와 수간 직경을 고려하더라도 본 연구를 통해 작성된 수종별 지역대표연대기와 큰 차이를 나타냈다. 통의동 백송(Kim, 2003)과 창덕궁 내 노거수 수령분석(Yee and Bae, 2005)에서 이미 밝혀진 것과 같이 조사된 보호수 기록과 실제 연륜분석과 큰 차이가 존재하는 이유는 보호수의 수령이 과학적 방법이 아닌 구전자료에 근거하여 결정되었기 때문이라 판단된다.

3.2. 지역별 대표연륜연대기 상호간 비교

지역 간 동일 수종의 연륜생장 패턴의 일치도를 확인하였다. t 값의 경우 지역별 느티나무의 대표연륜연대기 상호간 값은 0.7~1.0으로 매우 낮았다(Table 4). 반면, 소나무는 CBGSPD와 JNGRPD가

Table 4. t-value matrix between local master tree-ring chronologies (left: *Zelkova serrata*, right: *Pinus densiflora*)

	CBGSZS	JNGRZS	GBUJZS		CBGSPD	JNGRPD	GBUJPD
CBGSZS				CBGSPD			
JNGRZS	0.8 (201 [*])			JNGRPD	12.0 (175 [*])		
GBUJZS	1.0 (154 [*])	0.7 (201 [*])		GBUJPD	0.6 (154 [*])	2.1 (175 [*])	

* overlap period

Table 5. Glk matrix between local master tree-ring chronologies (left: *Zelkova serrata*, right: *Pinus densiflora*)

	CBGSZS	JNGRZS	GBUJZS		CBGSPD	JNGRPD	GBUJPD
CBGSZS				CBGSPD			
JNGRZS	64.0%			JNGRPD	58.5%		
GBUJZS	59.2%	61.3%		GBUJPD	66.7%	61.2%	

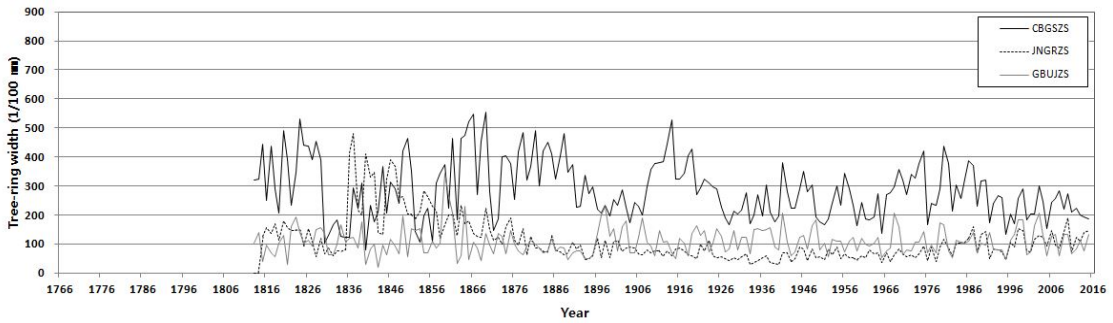


Fig. 4. Local master tree-ring chronologies for *Zelkova serrata*.

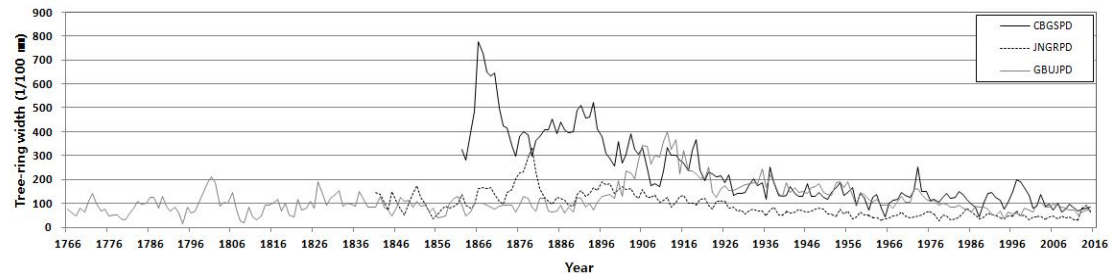


Fig. 5. Local master tree-ring chronologies for *Pinus densiflora*.

12.0으로 매우 높았으며, GBUJPD와 CBGSPD는 0.6, JNGRPD와는 2.1로 낮았다. t 값과는 달리 Glk 값은 느티나무와 소나무는 지역별 비교에서 61.5 (59.2~64.0)%와 62.1 (58.5~66.7)%로 큰 차이가 없었다(Table 5).

연륜연대학에서 100년 이상의 연륜연대기를 상호 비교할 때, t 값이 4.0 이상이면 통계적으로 1% 수준에서 유의성 있는 결과로 간주한다(Park *et al.*, 2014). 하지만, t 값만 사용할 경우 수목이 갖는 생물학적 생육경향이 전체 결과에 포함되기 때문에 일

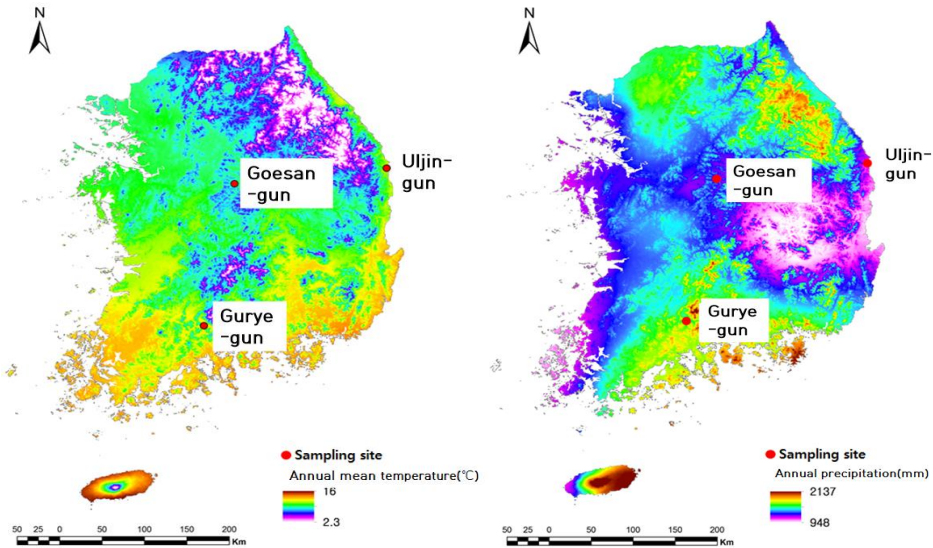


Fig. 6. Geological distribution based on annual mean temperature (left) and precipitation (right) between 1950 and 2000 (WorldClim).

년 단위로 변하는 연륜생장 패턴의 일치성을 기초로 확인하는 크로스데이팅 결과가 과평가되는 단점이 있다(Grissino-Mayer *et al.*, 2010). 이것을 보완하기 위해 여러 모델이 개발되었으며, 그중 하나가 GIk 값이다(Eckstein and Bauch, 1969). CBGSPD와 JNGRPD가 높은 t 값을 보임에도 불구하고 다른 지역의 대표연륜연대기들과 상대적으로 낮은 GIk 값을 보이는 이유는 연륜패턴 일치도가 낮기 때문이다. 따라서, CBGSPD와 JNGRPD를 동일한 연륜생장 패턴을 갖는 연륜연대기로 간주하기에는 많은 주의가 요구된다. GIk 값의 경우 100년 이상의 연륜연대기를 상호 비교할 때 65% 이상이면 통계적으로 1% 유의성으로 활용이 가능한데(Park *et al.*, 2014), 본 연구에서 작성된 모든 지역별 대표연륜연대기의 상호간 비교에서 65%를 만족하는 값을 획득할 수 없었다. 또한, 연륜연대기 그래프 비교를 활용한 육안관찰법에 의해서도 유사한 패턴을 확인하는데 한계가 있었다.

지역별 대표연륜연대기 상호간 차이가 나는 이유를 찾기 위해 WorldClim에서 제공한 지난 50년간의 우리나라 평균 기온과 강수량 분포도를 작성한 결과,

지역별 대표연륜연대기 상호간 차이는 온도가 아닌 강수량에 의해 구분되는 것으로 확인되었다(Fig. 6). 따라서 해당 지역에 생육하는 수목의 수령을 추정하기 위해서는 반드시 지역별 대표연륜연대기가 활용되어야 하며, 강수량 분포도를 근거로 한 지역별 대표연륜연대기가 추가적으로 작성되어야 할 것이다.

3.3. 연륜연대기 활용

3.3.1. 위연륜(false ring)

수령 추정 시 제한요소 중 하나인 위연륜(Fig. 7A)을 제거하고 작성한 연륜연대기(Fig. 7B)와 위연륜을 연륜으로 간주하고 작성한 연륜연대기(Fig. 7C)를 해당 지역 대표연륜연대기(CBGSPD)와 비교하였다. 그 결과, t 값의 경우 9.8에서 7.6으로 감소하였으며, GIk 값은 76%에서 64%로 감소하였다. 그래프를 이용한 육안관찰에서는 위연륜 생성연도인 1928년 이전이 지역 대표연륜연대기와 낮은 일치도를 보였다. 이상의 결과를 바탕으로 해당 연륜이 위연륜임을 확인할 수 있었다.

위연륜은 한해의 생육기간 중 갑작스런 환경

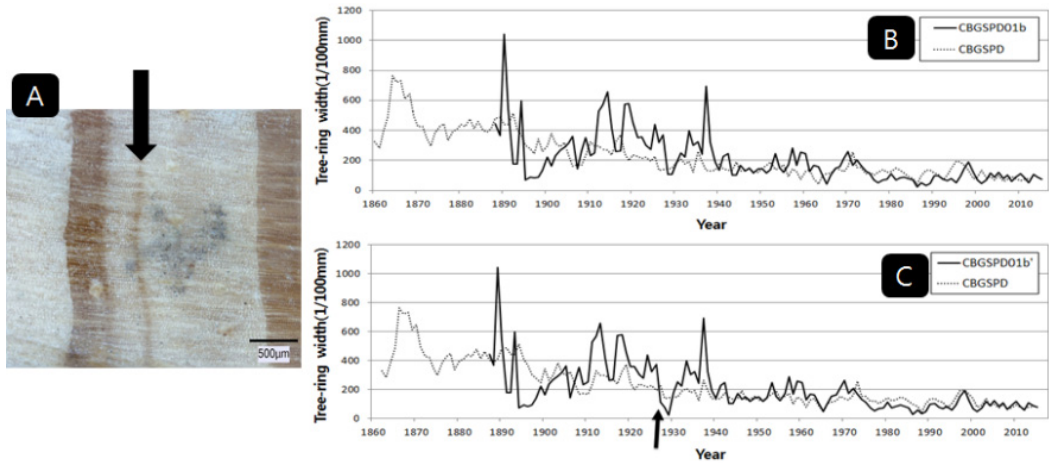


Fig. 7. False ring formed in 1928 (A) and the comparisons of the tree-ring chronology without (B) and with (C) the false ring (↑) with the local master tree-ring chronology (CBPD).

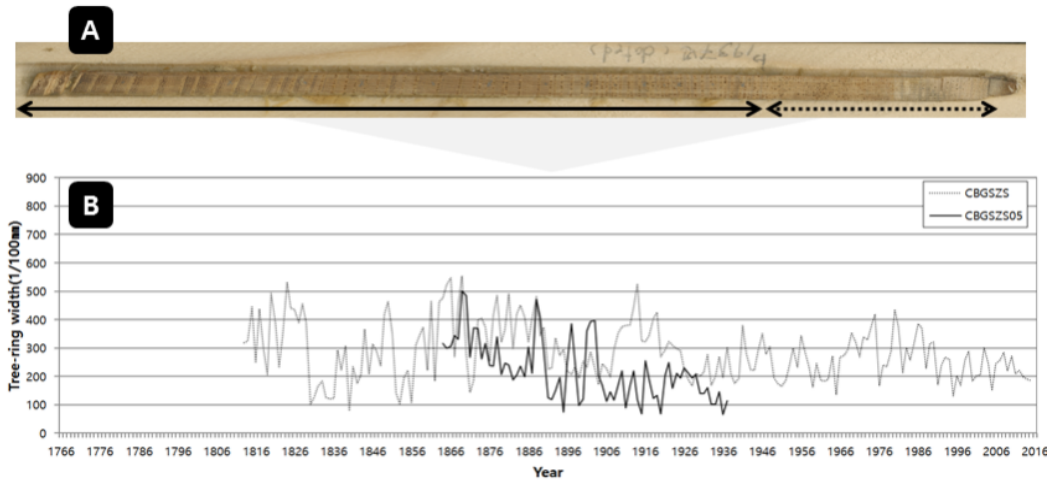


Fig. 8. An increment core with visible (solid line) and invisible (dotted line) tree rings (A) and cross-dating between the floating chronology (CBGSZS05) made by the measurement values of visible tree rings and the local master tree-ring chronology (CBGSZS) (B).

변화로 생장이 일시적으로 정지함으로써 발생된다 (James, 2010). 이러한 위연륜을 연륜으로 간주할 경우 실제 수목의 수령은 과평가될 수 있다. 따라서 위연륜을 확인하는 것은 수령 추정에서 매우 중요한 과정이며, 본 연구에서 작성된 대표연륜연대기를 이용하여 위연륜을 판단할 수 있음이 확인되었다.

3.3.2. 부후(decay), 미세연륜(narrow ring), 실연륜(missing ring), 불연속륜(discontinuous ring)
부후, 미세연륜, 실연륜, 불연속륜이 발생하면 현재 성장면에서 관찰되는 연륜에 정확한 생육연도를 부여하는 것이 불가능하여 정확한 수령 추정이 어렵게 된다. 따라서 Fig. 8과 같이 확인 가능한 연륜(Fig. 8A)의 연륜폭을 측정하여 연륜연대기(CBGSZS05)를

작성한 후 지역 대표연륜연대기(CBGSZS)와 크로스데이팅을 실시하였다. 그 결과, CBGSZS05의 최근 연륜이 1937년에 되었을 때 CBGSZSM과 통계적으로 가장 높은 결과를 보여주었다(t 값: 3.3, Glk 값: 58%). 작성된 연륜연대기(CBGSZS05)의 길이가 74년인 것을 고려할 때 획득된 t 값과 Glk 값은 신뢰할 만한 결과이며, 그래프를 이용한 육안관찰에서도 일치도가 높음이 확인되었다.

수령 추정에서 연륜에 정확한 생육연도를 부여하는 것은 매우 중요하다. Fig. 8과 같이 미세연륜이 많이 관찰 또는 측정이 불가능하고 부후, 실연륜, 불연속륜 등으로 각 연륜에 정확한 생육연도 부여가 불가능한 경우에는 해당 지역 대표연륜연대기와 크로스데이팅함으로써 각 연륜에 정확한 생육연도 부여가 가능함이 확인되었다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 우리나라 대표 보호수인 느티나무와 소나무에 대한 지역별 대표연륜연대기(CBGS, JNGR, GBUJ)를 성공적으로 작성하였다. CBGS, JNGR, GBUJ에서 작성된 느티나무 대표연륜연대기 길이는 각각 203 (1813~2015)년, 201 (1815~2015)년 및 203 (1813~2015)년이었으며, 소나무 대표연륜연대기는 각각 154 (1862~2015)년, 175 (1841~2015)년 및 250 (1766~2015)년이였다.

수령 추정을 위해서는 각 연륜에 정확한 생육연도를 부여하는 것이 중요하다. 작성된 지역별 대표연륜연대기와 크로스데이팅함으로써 측정 또는 관찰이 어려운 연륜에 정확한 생육연도 부여가 가능하여 수령 추정의 신뢰성을 향상시켰다.

작성된 지역별 대표연륜연대기 상호간 일치도는 매우 낮았으며, 그 차이는 지역별 강수량 조건에 의한 것으로 판단되었다.

노거수에 대한 정확한 수령 추정을 위해서는 연륜을 이용한 조사가 수행되어야 할 것이며, 연륜관찰에 많은 제한요소가 존재하는 노거수의 경우 크로스데이팅 방법 활용을 위한 지역별 대표연륜연대기가 추가적으로 작성되어야 할 것이다.

REFERENCES

- Eckstein, D., Bauch, J. 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. Forstwissenschaftliches Centralblatt 88(1): 230-250.
- Fritts, H.C., Swetnam, T.W. 1989. Dendroecology: a tool for evaluating variations in past and present forest environments. *Advances in Ecological Research* 19: 111-188.
- Grissino-Mayer, H.D., Sheppard, P.R., Cleaveland, M.K., Cherubini, P., Ratcliff, P., Topham, J. 2010. Adverse implications of misdating in dendrochronology: addressing the re-dating of the "Messiah" violin. *Dendrochronologia* 28: 149-159.
- Gutsell, S.L., Johnson, E.A. 1996. How fire scars are formed: Coupling a disturbance process to its ecological effect. *Canadian Journal of Forest Research* 26: 166-174.
- James H.S. 2010. *Fundamentals of Tree-ring Research*. The University of Arizona Press Tucson.
- Jung, J.S. 2008. A study on the surgery condition and conservation management measures in old trees. Sangmyung university doctoral dissertation.
- Kim, E.-S. 2003. Age and radial growth patterns of a lace-bark pine (*Pinus bungeana*), the Natural Monument No. 4 of Korea. *Journal of Ecology and Environment* 26(1): 34-38.
- Korea forest service. 2016. *Statistical yearbook of forestry 2016*. Korea forest service. pp. 202-203.
- Lee, K.J. 2014. *An introduction to forest science*. Hyangmunsa Press, Seoul, Korea.
- Park, W.-K., Seo, J.-W. 2000. Reconstruction of May-June precipitation (253 years: A.D. 1746-1998) in east-coastal region (Yungdong) of Korea from tree rings of *Pinus densiflora* S. et

- Z. The Korean Journal of Quaternary Research 14(2): 87-99.
- Park, W.-K., Kim, Y., Han, S.H. 2014. Dendrochronological dating for the Gwanghanru Pavilion, Namwon, Korea. *Munhwajae, Korean Journal of Cultural Heritage Studies* 47(1): 152-163.
- Schweingruber, F.H. 1988. *Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publishers. pp. 276.
- Son, Y.M. 2004. *Forest tree resources analytics*. Korea Forest Research Institute.
- Son, Y.M., Lee, K.H., Kim, R.H., Bae, S.W., Park, B.S. 2007. *Age Measurement of Tree*. Korea Forest Research Institute.
- Yee, S., Bae, S.W. 2005. Study on age measurement and growth condition of old and large trees in changdeokgung. *Journal of korean institute of traditional landscape architecture* 23(2): 19-35.