

## 설악산 서부 소나무의 연륜을 이용한 317년 (A.D. 1682~1998)간의 5월 강수량 복원<sup>1)</sup>

서 정 옥\* · 박 원 규\*\*

\*독일 함브르크대 목재생물연구소, \*\*충북대학교 산림과학부

### Reconstruction of May Precipitation (317 Years: A.D. 1682~1998) using Tree Rings of *Pinus densiflora* S. et. Z. in Western Sorak Mt.

Jeong-Wook Seo\* and Won-Kyu Park\*\*

\*Institute of Holzbiologie, Hamburg University, Hamburg 21031, Germany

\*\* School of Forest Resources, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

#### 요 약

설악산 서사면에 자라는 소나무 24본을 이용하여 317년(A.D. 1682~A.D. 1998)간의 5월 강수량을 복원하였다. 과거 317년 중 1690~1710년, 1745~1755년, 1847~1853년 기간이 5월 강수량이 적었던 것으로 나타났으며, 1715~1733년, 1835~1845년 기간은 다우기로 나타났다. 이중 1835~1845년 기간은 중부 내륙 연륜기후 복원자료에서도 다우기로 나타났던 기간으로 이 기간의 다우현상은 우리나라에서 광범위하게 발생되었음을 알 수 있었다. 100년 단위별 강수량 비교에서 20세기 5월 강수량이 18세기, 19세기와 차이가 없었다. 전 기간에 걸친 5월 강수량 주기는 2~4년으로 장주기보다 단주기 변화가 잘 나타났다.

#### ABSTRACT

May rainfall (317 years: A.D. 1682~A.D. 1998) of western region of Sorak Mt. was reconstructed using a tree-ring chronology of *Pinus densiflora* S. et Z. The reconstruction indicated that the 1690~1710년, 1745~1755 and 1847~1853 periods were the least May rainfalls, whereas 1715~1733 and 1835~1845 the greatest ones. The wet period of 1835~1845 was agreed with that found in Songni Mt., central Korea. This wet epoch seems to be widely spreaded in Korea. There were found no significant differences among the means of the 18th, 19th and 20th century's May rainfalls. The major periodicity of May rainfalls was 2~4 years.

#### 서 론

미래에 닥칠 지구환경변화에 대처하기 위해서는 과거 장기간의 기후정보가 필요하게 된다. 하지만 온도나 강수량 등 기후요소에 대한 관측 자

<sup>1)</sup> 이 연구는 한국과학재단의 국제공동연구(과제번호 985-0400-002-2 & 995-0400-009-2)의 지원으로 수행되었음.

료는 지역별로 차이가 있지만 신뢰성 있는 기록은 최근 50~100년 동안에 국한되어 있고 관측 지역도 대도시 지역에 편중되어 있어 기후변화를 정량적으로 규명하기에는 불충분하다.

우리나라 강수량 자료는 삼국사기, 고려사, 조선왕조실록, 증보문헌비고, 승정원일기 등의 역사적 기록을 통해 다른 나라에서는 볼 수 없는 장기간(1771년이래 200년 이상)의 관측치를 갖고 있어 관측이전시대의 기후를 알 수 있는 주요한 자료로 사용될 수 있다(김연옥, 1985, 1990). 그런데 그 기록이 서울 지역에 국한되어 있다 (和田雄治, 1917; 김연옥, 1985, 1987).

국내에서 연륜을 이용한 고기후 연구로는 이명순(1988)의 서울지역 온난지수 복원 연구가 최초인데, 체계적인 시료채취 없이 한 두 개의 수목에 대한 연구이기 때문에 신뢰성이 없다. 조석희(1989)는 전남 승주군 지역 소나무 연륜으로부터 1899년까지의 봄철 기온을 복원한 바 있다. 체계적인 연륜기후학 연구가 시작된 것은 박원규(1993)와 최중남 등(1992, 1994)이 설악산과 소백산 고산 수종(주목과 잣나무)을 대상으로 4~5월, 7~8월 기온을 A.D. 1650년대까지 복원한 때부터다. 연륜을 이용하여 강수를 복원한 것으로는 박원규 등(1998)이 속리산 소나무를 이용하여 우리나라 중부 내륙지역의 5월 강수량을 A.D. 1733년까지 복원한 것과 설악산 지역의 5~6월 강수량을 A. D. 1746년까지 복원한 연구(박원규·서정옥 2000)가 있다.

소나무의 수령이 300년이 넘는 것이 드물어 지금까지 17세기의 강수를 복원한 경우는 없었다. 17세기는 우리나라에서 소빙기가 절정을 이룬 기간으로 알려져 있어, 18세기 이전의 강수량 복원은 소빙기 연구를 위해 중요하다(박용안 등 2001). 본 연구에서는 우리나라 소나무 임분 중 노

령목이 많은 설악산 서사면 소나무로부터 강수량을 17세기까지 복원하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 연구지역과 수종

위치적으로 북위 38°00'06"~38°12'12", 동경 128°15'56"~128°35'53"에 달하는 총면적 373 m<sup>2</sup>인 설악산국립공원 중 연구지역으로 선정된 한계령 서사면 지역은 주변 대부분이 가파른 경사와 토심이 얇은 암석지대로 구성되어 있으며 주 우점종인 소나무의 생장이 수분에 민감한 곳이다(박원규·서정옥, 2000). 연륜기후학을 위해서는 연구지 선정이 매우 중요한데, 이는 밀생목인 경우 수목간의 경쟁으로 기후의 영향이 감소되며, 국지적 환경 차이에도 민감하기 때문이다(Schweingruber, 1988).

소나무(*Pinus densiflora*)는 수평적으로 볼 때 우리나라는 물론, 일본과 만주의 우수리강 유역까지 분포하고 있으며, 수직적으로는 따뜻한 곳을 좋아하는 생태적 특성 때문에 남부의 경우 해발고 1,150m 이하, 중부는 1,000m 이하, 북부는 900m 이하에 분포하고(이영로, 1986; 김진수, 1993; 임경빈, 1995), 임분 대부분은 토심이 얇고, 암석이 많은 능선부에 위치하여 건조지역에 대한 경쟁력이 강한 수종으로 알려져 있다.

설악산 한계령 서사면에 위치한 장수대 코스중 대승폭포(해발고 700m)지역에서 토심이 얇은 능선부위의 바위가 노출된 곳에서 수관이 밀폐되지 않은 우세목 중 수령이 최소한 100여년 이상인 것을 선택하여 시료 채취를 실시하였다. 표 1은 본 연구에 사용된 연구지와 수종, 그리고 시험목 본수를 나타낸 것이다.

Table 1. Site, elevation, and number of sampled trees

Site	Elevation (m)	Number of trees (cores)	Site ID
Daeseung	700	26 (51)	DSM

### 연륜채취 및 측정

공시목으로 선정된 수목을 대상으로 지상 약 0.5m~1.2m 높이에서 가능한 髓(나무 중심)에 접근하도록 2개의 연륜시료(직경 0.4cm의 성장편)를 임의의 방향에서 마주보는 쪽으로 성장추를 이용하여 채취하였다. 이때, 공시목이 경사지에 위치할 경우에는 압축이상재를 피하기 위하여 경사방향의 수직인 위치에서 시료채취를 실시하였다. 채취된 성장편은 채취직후 음료수용 종이빨대에 삽입하여 1~2일간 기건한 후 U자형 홈이 파인 나무막대에 접착제를 이용하여 접착시켰다. 이때, 목재세포(섬유)가 상하로 주형하게 성장편을 접착시킴으로써, 표면 연마 후에 연륜경계가 선명하도록 하였다.

연륜폭 측정은 Velmex 연륜측정장치로 0.01 mm까지 측정하였으며, 실제현미경으로 나이테 경계를 확인하면서 실시하였다. 각 성장편(코어)의 연륜폭 곡선을 그래프로 나타내어 상호 비교하여 크로스데이팅하였다. 자세한 크로스데이팅 방법은 박원규·서정욱 (2000)에 설명되어 있다.

### 연륜의 통계분석

#### 1) 표준화

정확히 크로스데이팅된 각 연륜 시료에 내재되어 있는 수령에 따른 임목 고유의 생물학적 생육 추세와 오랜 기간에 걸친 경쟁과 교란에 따른 결과로 발생하는 추세(Fritts, 1976; Schweingruber, 1988)를 제거하기 위하여 표준화하여야 한다. 일반적인 임목의 직경생장은 유령기에는 생육이 빨라 연륜폭이 넓고 연도별 변이의 폭이 크며, 유령기가 지나면 상대적으로 균일해지는 경향을 보이는데, 이는 줄기의 직경생장을 위해 필요로 되는 광합성물이 상대적으로 일정한 수관으로 인해 충분히 생산해 내지 못하기 때문이다(Fritts, 1976)

따라서 만일 연륜폭 측정치를 그냥 서로 합하여 평균을 낼 경우 각 연륜계열의 유령기 동안의 연륜폭들에 의해 평균치들이 크게 좌우되기 때문에 시대별로 균일한 연대기를 얻을 수 없다(Fritts와

Swetnam, 1986). 표준화는 생물학적 생육추세를 추정하여 예측된 연륜폭과 실제 연륜폭의 비례인 지수(index)로 계산하여 각 연륜계열별로 지수연대기(index chronology)를 얻는 것을 말한다. 본 연구에서는 spline (50% 반응주기: 180년)으로 표준화하였다.

$$I_t = \frac{W_t}{Y_t}$$

$Y_t$  : 표준화 곡선에 의해 예측되는 연륜폭 값

$W_t$  : 실제 측정된 연륜폭 값

$I_t$  : 각 연도에 대한 지수 값

$t$  : 각 연도

#### 2) 연대기의 통계학적 성질

평균민감도(mean sensitivity)는 연대계열에서 연속된 두 연륜폭간의 변이 크기, 즉 고주파 변동을 측정하기 위한 통계인자로 아래 식으로 표시된다(Fritts, 1976).

$$MS_X = \frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^{N-1} \left| \frac{2(X_{t+1} - X_t)}{X_{t+1} + X_t} \right|$$

$X_t$  = t년도의 연륜폭 지수

$X_{t+1}$  = t+1년도의 연륜폭 지수

자기상관(autocorrelation)은 한 시계열, 즉 한 연륜연대기 내의 지속성(persistence)을 측정하는 통계인자로 한 해의 임목생장이 생육 당년의 환경뿐만 아니라 생육 전년도들에 만들어진 영양물질, 호르몬, 잎 등의 영양, 즉 전이(carry-over) 물질의 영향을 말한다(Fritts, 1976).

#### 3) 상호상관분석

인접한 장소에서 생육하는 임목 성장간에도 유전적 및 미소환경 차이에 기인하여 개체간 연륜시리즈가 어느 정도 차이가 있으며, 동일 임목내에서도 채취방향에 따라서 다소 차이가 있다. 동일 임목내 성장편간 상관계수 그리고 임목간 연륜폭 시리즈의 상호상관계수, 신호대잡음비(SNR), 모

수설명신호(expressed population signal: EPS)를 Briffa와 Jones(1990)의 식을 이용하여 구하였다.

## 기후 복원

### 1) 복원할 기후인자의 선정

반응함수는 기후인자와 연륜생장과의 관계를 계산하기 위해 H.C. Fritts 교수에 의해 개발되었다. 반응함수의 신뢰성을 부가하기 위하여 부스트랩(bootstrap)방법이 적용된 반응함수프로그램인 PRECON을 사용하였다(Guiot, 1991). 부스트랩은 반응함수에서 나오는 다중회귀계수에 대한 표준오차를 측정하여 정확한 유의성 검사를 하는 것으로, 회귀에 모든 관측치들을 이용하지 않고 일부 관측치들을 제외시킨 나머지 관측치로 무작위로 추출한 다음 회귀계수값을 계산하는 과정을 무수히 반복하여(보통 50회) 회귀계수값들이 일정한 값에 수렴하였을 때 가장 안정적인 추정치를 갖게 된다는 원리를 이용한 것이다. 이렇게 선택된 값이 올바른 지를 검증하기 위해 무작위 선택시 남아있는 자료들이 사용된다.

본 연구에서는 반응함수 뿐만 아니라 단순상관계수도 구하여 복원할 기후인자를 선정하는데 참고하였다. 사용된 기상자료는 서울, 청주, 보은, 대전, 추풍령, 전주 측후소 자료를 평균한 것으로 우리나라 중부지역을 대표할 수 있는 자료가 사용되었다. 개별 측후소 데이터보다 지역평균값이 신뢰성이 높아 연륜기후학에서 보통 쓰인다.

### 2) 기후인자의 복원

전이함수는 반응함수와는 반대의 개념으로 예측변수를  $t$ 년의 연륜폭지표로 하여 기후요소를 추정하는 회귀방정식을 만드는 것이다. 이때 한 지역의 기후요소 추정을 위하여 그 지역의 모든 수종의 연대기를 모두 예측변수로 하는 다변량 회귀식을 이용하고자 하였다. 또한 자기상관을 고려하여  $t$ 년도의 기후인자 예측으로  $t-2$ ,  $t-1$ ,  $t$ ,  $t+1$ ,  $t+2$ 년의 연륜폭지표를 모두 시도하였다.

본 연구에 사용된 중부지역 기후 자료의 관측개시 연도가 1909~1995(1950~1953년은 결측)임을 고려하여, 1909~1949년 기간을 TF 기간으로 이용하고, 1953~1995년 기간은 TF로 추정된 기후들과 실제 관측치와 비교하여 TF가 타당한지를 검사하는 verification(타당성조사: VF) 기간으로 설정하였다. VF 방법으로는 관측치와 예측치간 상관관계분석, 부호검정(sign test), 오차감소도검정(reduction of error), 편차곱평균검정(products means) 등을 이용하였다(Fritts, 1976).

## 결과 및 고찰

### 연륜연대기의 통계적 성질

크로스데이팅 후 선별된 시료들의 통계적 성질을 분석하였다. 그 결과 평균민감도는 0.230으로 분석되었으며, 임목내 상관계수와 임목간 상관계수는 각각 0.628과 0.439로 나타나 임목간 비교적 높은 생장일치도를 보여주었다. SNR 역시 14.09로 높게 나타났으며, EPS는 0.93으로 조사되어 본 연구지에 위치한 소나무들이 기후인자를 많이 반영하고 있음을 간접적으로 알 수 있었다. 또한 제1주성분에 의해 설명된 변동률이 47.59%로 분석되어 이 연대기는 연륜기후학적 연구에 이용될 수

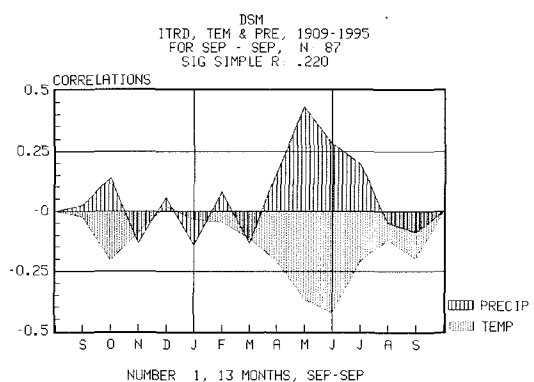


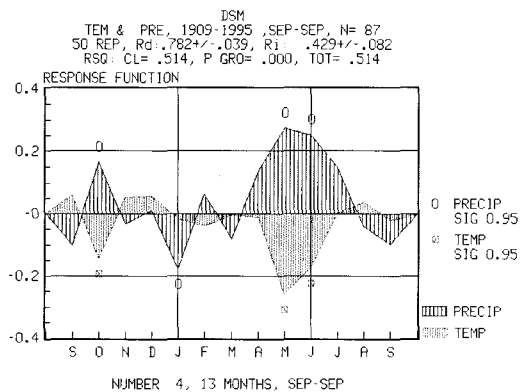
Fig. 1. Coefficients of correlation between tree growth and monthly climate variables (mean temperature and total precipitation).

**Table 2.** Chronology(residual) statistics of *Pinus densiflora* in Sorak mountain

	DSM
Number of trees (cores)	24 (47)
Period (years)	1682~1998 (317)
Mean sensitivity	.230
Standard deviation	.202
Mean correlation	
Period (years)	1900~1998 (99)
Among all radii	.445
Between trees	.439
Within trees	.628
SNR*	14.092
EPS*	.934
Variance explained by first eigenvector	47.59%

\* SNR: signal-to-noise ratio

\* EPS: expressed population signal



**Fig. 2.** Response functions of *Pinus densiflora* from DSM at Sorak mountain.

있음이 제시되었다.

**복원할 기후인자 선정**

복원할 기후인자와 연구지역 선정을 위하여 먼저 각 연구지역별 단순상관 분석을 실시하였다

(Fig. 1). 그 결과 DSM은 5월과 6월의 강수량에 대하여 신뢰성 있는 상관관계를 보여주었다. 특히, 5월은 상관계수가 0.424로 6월의 0.280보다 매우 높게 분석되어 강수량 복원에 매우 적합한 인자로 선정되었다.

반응함수 분석(Fig. 2)에서도 단순상관분석에서와 같이 DSM은 5월과 6월에 대하여 신뢰성 있는 정의 관계를 보여주었다. 그리고 5월과 6월의 기온에 대해서도 신뢰성 있는 부의 관계를 보여주고 있어, 이 기간 동안의 기온 상승은 증발산량을 증가시킴으로써 연구지역 내에 있는 임목들에게 수분스트레스를 가중하고 있음을 알 수 있다. 특히, 5월의 기온 상승이 가장 많은 수분스트레스의 원인이 됨을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 5월 강수를 복원인자로 선정하였다.

**기후복원**

설악산 연대기 중에서 5월의 강수에 대하여 신뢰성 있는 정의 상관을 나타낸 DSM이 전이함수에 사용이 되었다. 전이함수의 종속변수는 1953년~1995년까지의 5월 강수량이며, 독립변수는 t-1년, t년, 그리고 t+2년이 사용되었다.

$$Y = 125.20 \times DSM(t) - 102.86 \times DSM(t+2) - 70.87 \times DSM(t-1) + 137.32$$

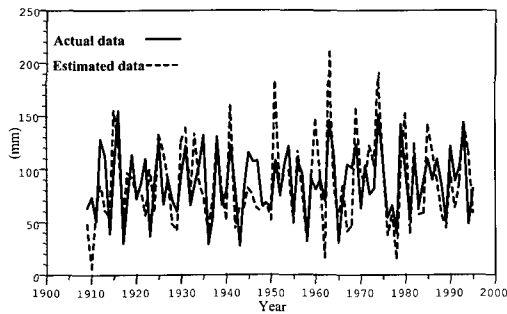
전이함수(1953~1995)는 총변동량의 46%를 설명할 수 있었다(Table 3). 이 보정함수를 1909년~1949년까지의 기간을 이용하여 타당성검사를 실시한 결과 부호검정에서는 43년 중에서 12년이 불일치로 분석되었으며, 상관계수는 0.51, RE는 0.134, PM은 3.379로 나타나 통계적으로 모두 관측치와 복원치들간 합치도가 인정되었다.

Fig. 3은 1909년부터 1995년까지 관측된 자료와 DSM 지역의 연륜을 이용하여 예측된 5월 강수량을 비교한 결과 상호일치하였다. 이상의 결과를 토대로 연륜자료가 축적되어 있는 317년간(A.D. 1682~A.D. 1998)의 5월 강수를 복원하였다.

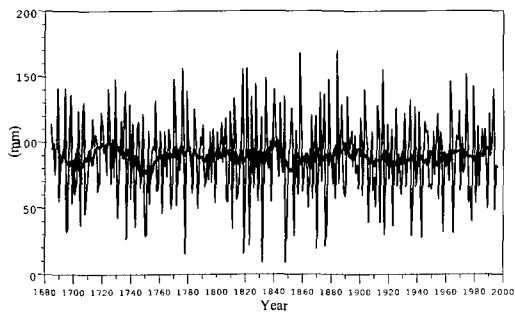
**Table 3.** Calibration and verification statistics for two sub-periods. The sub-period 1909~1949 calibration model was used for reconstruction

Calibration		Verification				
Period	R <sup>2</sup>	Period	r	RE	Sign	PMT
1953~1995	0.46	1909~1949	0.51*	0.134*	43/12*	3,379*

R<sup>2</sup> is the square of the correlation coefficient calculated between actual and estimated data; r is the actual/estimated correlation over the verification period; RE is the reduction of error; Sign-test is the sign of paired observed and estimated departures from the mean on the basis of the number of agreements/disagreements; PMT is the t value derived from the product mean test (Fritts, 1976). (\*: p<0.05)



**Fig. 3.** Actual and estimated(reconstructed) May precipitation.

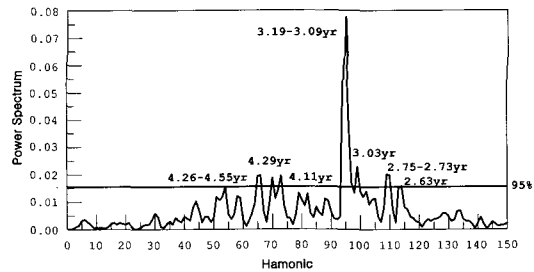


**Fig. 4.** Variation of the reconstructed May precipitation(smoothed curved: 10-year moving average).

5월의 강수량을 복원한 결과 가장 두드러진 異常기간은 1690~1710년, 1745~1755년, 1847~1853년의 건조기와 1715~1733년, 1835~1845년의 습윤기다. 이 결과 중에서 1847~1853년의 건조기와 1835~1843년의 습윤기는 속리산 소나무 연륜을 이용하여 5월의 강수량을 복원한 결과(박

원규·Yadav, 1998)와 일치하였다. 1830년대와 1840년대의 습윤기간은 서울의 측우기관측기록(1771~1907)에서 확인되었다. 연륜을 이용한 춘계기간 기온복원 연구에서는 이 기간이 추운 기간으로 복원되었는데(최종남 등, 1993; Park 등, 1999, 2001), 이는 다우에 기인한 기온하강과 관련이 있는 것으로 생각된다. 또한 한국과 일본의 기록역사에서도 이 기간이 홍수가 빈번하였던 기간임을 알 수 있다(김연옥, 1990; Mikami, 1992).

317년간의 긴 복원 자료를 이용하여 18세기, 19세기, 20세기의 5월 강수량을 비교한 결과 18세기에는 평균 88.5mm, 19세기는 평균 89.1mm, 그리고 20세기는 평균 88.2mm인 것으로 분석되어 18~19세기 평균 5월 강수량이 20세기와 큰 차이가 없었다. 이는 20세기 강수량이 18~19세기 강수량보다 적다는 5~6월의 총강수량 복원연구 결과(박원규와 서정옥, 2000)와 상반되는 결과이다. 5월 강수 변동의 주기성을 분석한 결과에서는 장주기보다 단주기가 뚜렷하게 나타났다. 주기는 2~4년으로 분석되었다(Fig. 5).



**Fig. 5.** Power spectrum analysis.

## 결 론

5월 강수량을 복원하기 위하여 설악산 서부지역에서 토심이 얇은 암석지대에 위치한 소나무를 대상으로 시료채취를 한 결과 317년(1682~1998년) 간의 연대기를 작성할 수 있었다. 복원된 317년간의 강수량 중에서 1690~1710년, 1745~1755년, 1847~1853년은 건조기로 관찰되었으며, 1715~1733년과 1835~1845년은 습윤기로 관찰되었다. 1830년대와 1840년대의 습윤기간은 서울의 측우기관측기록(1771~1907)에서 확인됨으로써 (Lim과 Jung, 1992), 이 기간 동안의 봄철 습윤기는 우리나라에서 광범위하게 발생되었음을 알 수 있었다. 복원된 5월 강수량 100년 단위의 비교에서 20세기의 강수량 변동이 18~19세기와 차이가 없었다.

본 연구를 통하여 연륜을 이용한 한국의 소빙기(Little Ice Age: 1550~1850) 前期에 대한 정보를 얻기에는 부족하였으나, 현재까지 우리나라에서 연륜을 이용하여 강수량을 복원한 자료 중에서 가장 긴 기간(317년)의 복원을 이룩한 것은 본 연구의 성과이다. 향후 임지에서 많은 나이테가 관찰되는 고사목에 대한 조사와 고건축에 쓰여진 고목재에 대한 연구가 이루어진다면, 현재의 연륜연대기를 보다 과거로 확장할 수 있어 한국의 소빙기 기후역사를 밝힐 수 있을 것이라 생각된다.

## 참고문헌

- 和田雄治. 1917. 조선고대관측기록보고, 조선총독부관측소, 인천. 200 pp.
- 김연옥. 1985. 한국의 기후와 문화. 이대출판부. 549 pp.
- 김연옥. 1987. 개정 기후학개론. 정익당, 서울. 541 pp.
- 김연옥. 1990. 고일기에 의한 고기후 연구. 이대 한국문화연구원논총 58: 351-370.
- 김진수. 1993. 지구상의 소나무 속 수종의 발달과 분포. 숲과 문화 연구회(편) "소나무와 우리문화"에서, 두솔기획, 서울. pp. 9-12.
- 박용안, 공우석 외. 2001. 한국의 제4기 환경. 서울대출판부 564 pp.
- 박원규. 1993. 대기중 이산화탄소 증가와 한국산 아고산 침엽수류의 성장동향-연륜연대학적 분석-. 한국임학회지 82(1): 17-25.
- 박원규, Yadav, R. R. 1998. 소나무 연륜을 이용한 한국 중서부의 5월 강수량(A.D. 1731-1995) 복원. 한국기상학회지 34(3): 460-465.
- 박원규, 서정옥. 2000. 소나무 연륜연대기를 이용한 영동지방의 5-6월 강수량 (253년간: A.D. 1746-1998) 복원. 제4기학회지 14(2): 87-99.
- 이명순. 1988. 수목의 비대생장을 통한 서울 고기후의 복원. 중앙대 석사논문.
- 이영로. 1986. 한국의 송백류. 이화여자대학교 출판부, 서울. 241 pp.
- 임경빈. 1995. 소나무. 대원사, 서울. 143 pp.
- 조석희. 1990. 소나무의 연륜과 기후요소의 상관성. 전남대 교육대학원 석사학위논문, 27pp.
- 최중남, 류근배, 박원규. 1992. 아한대 침엽수류 연륜연대기를 이용한 중부산간지역의 고기후복원. 제4기학회지 6(1): 21-32.
- Choi, J. N., Yu, K. B. and Park, W.-K. 1994. Central Korea temperature changes reconstructed from tree rings of subalpine conifers. *Dendrochronologia* 12: 33-43.
- Briffa, K. R. and Jones, P. D. 1990. Basic chronology statistics and assessment. In *Method of Dendrochronology*, eds. E.R. Cook and L. A. Kairiukstis, Kluwer Acad. Pub., Dordrecht. pp. 137-152.
- Fritts, H. C. 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press Inc. (London) Ltd. pp. 567.
- Fritts, H. C. and Swetnam, T. W. 1986. *Dendroecology: A tool for evaluating variations in past and present forest environments*. Tree-Ring Lab., U. of Arizona, Tucson, Arizona, USA.
- Guiot, J. 1991. The bootstrapped response

- function: research report. *Tree-Ring Bulletin* 51: 39-41.
- Lim, G. H. and Jung, H. S. 1992. Interannual variation of the annual precipitations at Seoul, 1771-1990. *J. Korean Meteor. Soc.* 28(2): 125-132.
- Mikami, T. 1992. Climate variations in Japan during the Little Ice Age. In: T. Mikami (ed.) *Proceedings of the International Symposium on the Little Ice Age Climate*, Tokyo Metropolitan University. pp. 176-181.
- Park, W.-K., Choi, J. N. and Yu, K. B. 1999. No global warming trend in Korea?: An argument by temperature reconstruction for last 350 years from tree rings of Korean subalpine conifers. *Proceedings of the first International symposium on the Geoenvironmental Changes and Biodiversity in the Northeast Asia*, Seoul, Korea, November 16-19, 1998. pp. 159-163.
- Park, W.-K., Seo, J.-W., Kim, Y. and Oh, J.-H. 2001. July-August temperature of central Korea since 1700 AD: reconstruction from tree-rings of Korean pine (*Pinus koraiensis*). *Palaeobotanist* 50: 107-111.
- Schweingruber, F. H. 1988. *Tree Rings: Basic and Applications of Dendrochronology*. D. Reidel Pub. Co., Dordrecht, Holland. 276 pp.

(Accepted: 2002. 6. 23)