

直徑生長패턴에 따른 江原道 소나무의 生長圈域 區分<sup>1\*</sup>  
송철철<sup>2</sup> · 변우혁<sup>3</sup> · 이우균<sup>3</sup>

**Districting the Growth Zone by Diameter Growth  
Pattern for *Pinus densiflora* in Kangwon Province<sup>1\*</sup>**

Chul Chul Song<sup>2</sup>, Woo Hyuk Byun<sup>3</sup> and Woo Kyun Lee<sup>3</sup>

要 約

본 연구는 강원도에 분포하는 소나무를 대상으로 地理的 要因에 의한 소나무 生長圈域을 구분하는데 목적이 있다.

기초자료로는 성장추로 채취한 공시목편의 직경 連年生長量의 실측치를 이용하였다. 실측된 연년생장량내의 개체간 변이를 標準化 과정을 통해 제거하였고 표준화된 값으로 지역별 平均年代期를 산출하였다. 지역별 평균연대기들을 集落分析하여 직경의 연년생장 패턴에 따라 성장지역을 구분하였다.

분석결과 영동과 영서지방 소나무의 연년생장 패턴이 지리적 분포와 유사한 경향을 보였다. 또한 영서내륙지방은 지리적 요인에 따른 성장패턴의 변이가 큰 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study on *Pinus densiflora* in Kangwon Province has been performed for the purpose of classifying its growth area by geographical factors.

To classify its growth area, the basic data which had were the measured values for annual ring width from cores were used. Individual variations in the measured values were removed through the standardization. Regional mean chronologies were estimated from the standardized values. The growth area was classified by the cluster analysis on the basis of the regional mean standardized indices.

The results of this study shown that annual growth patterns to be clustered similar to geographical distribution in Kangwon Province. And the regional variations of annual growth patterns in the western part of Kangwon province were greater than those in the eastern part of Kangwon province.

*Key words* : annual ring width, standardization, standardized value, mean chronology, mean standardized indices.

<sup>1</sup> 接受 1994年 12月 13日 Received on December 13, 1994

<sup>2</sup> 高麗大學校 山林資源學科 大學院卒

<sup>3</sup> 高麗大學校 自然資源大學 山林資源學科

\* 이 論文은 1991年度 韓國科學財團의 研究支援에 의해 修行되었음.

### 緒 論

林木生長은 外的環境要因과 內的要因의 상호작용의 결과로 이루어지는 生理的 過程으로서 次要

인들의 차이에 따라 다양한 林木生長을 초래한다.

따라서 임목생장은 外部環境의 지역간 분포의 차이에 따라, 그리고 외부환경의 連年變化에 따라 그 변동패턴이 지역간에, 年度別로 다양하다.

**Table 1.** Environmental conditions of Plots

Administrative location		Plot Code	Altitude (m)	Aspect	Slope (°)
Myeongju-gun	Seongsan-myeon	SO07	150	S	17
		SO08	150	S	17
		SO09	650	E	10
		SO10	350	S	7
		SO11	350	S	18
	Wangsan-myeon	S019	750	W	20
		SO20	750	W	20
		SO21	690	W	23
		SO22	690	W	23
		SO23	720	W	18
SO24		720	W	23	
Samcheok-gun		Nogok-myeon	SO25	450	W
	SO26		450	N	18
	SO27		300	N	30
	SO28		370	W	27
	SO29		370	N	28
Goseong-gun	Ganseong-myeon	P044	120	E	39
	Toseong-myeon	P051	480	E	38
Yangyang-gun	Ganghyun-myeon	SO01	30	E	11
		SO02	2	Sky	0
	Su-myeon	SO03	100	S	15
		SO04	100	W	10
	Hyeonbuk-myeon	SO05	200	S	25
		SO06	200	S	18
Jungseon-gun	Imgye-myeon	SO13	750	E	25
		SO14	750	S	25
		SO15	500	W	20
		SO16	500	W	20
		SO17	630	S	16
		SO18	630	W	16
		Pyeongchang-gun	Bongpyeong-myeon	SO31	600
SO32	600			S	8
Hoengseong-gun	Anhung-myeon	C006	550	N	6
	Dunnae-myeon	C100	530	W	15
		C101	530	W	11
Inje-gun	Inje-ub	C069	680	S	21
	Kirin-myeon	C072	360	Sky	0
	Sangnam-myeon	C076	420	S	11
	Seohung-myeon	P037	280	S	18
	Buk-myeon	P040	280	E	17
		P041	380	Sky	0
Youngwol-gun	Suju-myeon	C085	500	S	10
		C086	450	E	5

이러한 외부환경요인의 지리적 차이와 연도별 차이에 따른 임목생장의 분포를 구명하기 위하여 임목생장 가운데 직경생장의 連年變動을 이용한 年輪年代期를 작성하여 외부환경요인과의 관계를 구명하는 것이 일반적이다.

本 研究는 江原道 지방의 소나무 集團生育地域에서 지역별로 生長圈域을 구분하는데 가장 기초가 되는 소나무의 지역별 標準生長量을 산출하여 地域別로 소나무의 生長패턴 차이를 究明하는데 그 目的을 둔다.

### 材料 및 方法

본 연구는 標準地選定 및 供試木片의 採取, 供試木片의 測定, 標準生長量 산출, 標準生長量을 이용한 cluster 분석의 4단계로 進行되었다.

#### 1. 標準地 選定 및 供試木片의 採取

標準地 선정은 표준지의 立地別 분포가 강원도 全域에 걸쳐 고르게 이루어지도록 하는 것을 원칙으로 하였고, 연구기간 및 經濟的 制約을 고려하여 태백산맥에 연한 9개郡에 한하여 표준지를 선정하였다. 각 郡內에서 비교적 소나무가 集團生育하는 지역을 대상으로 任意抽出法에 의해 標準地를 선정, 供試木片을 채취하였으나 소나무의 生育分佈가 지역적으로 차이를 보이고 해당지역의 입지조건상 접근성이 불량한 林地는 부득이 제외하였다.

Table 1은 강원도 지역에서 선정한 표준지들

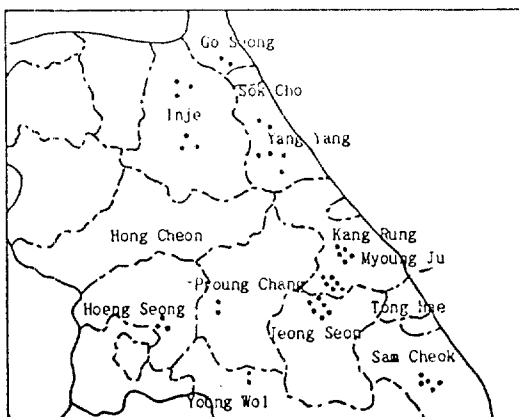


Fig. 1. Regional distribution of Plots

의 위치와 제반 조사자료를 정리한 것이다. 표준지(plot)는 行政區域상 9개郡, 18개面에 걸쳐 총 43개를 선정하였으며, 표준지별로 각각 5개씩을 기본으로 하여 供試木片을 채취하였으나 파손 등으로 측정이 곤란한 것들을 제외하고 총 199개의 木片을 이용하였다.

Fig. 1에는 표준지들의 위치를 점으로 나타내었다. 이들 표준지들을 행정구역상 郡별로 묶어 하나의 지역에 포함시켰다.

#### 2. 供試木片의 測定

供試木片의 측정은 고려대학교 산림자원학과 測樹學 실험실에 설치된 연륜측정 System(변우혁 등, 1990)을 이용하여 供試木片의 連年直徑生長量을 1/100mm단위로 實測하였다.

#### 3. 標準生長量의 算出

##### (1) 標準化(Standardization)

Fig. 2는 개체목들의 표준화 과정을 설명하기 위해 예시하였다. Fig. 2의 (a)는 하나의 표준지에서 채취한 두개의 개체목들이 지난 직경 연년 生長量의 實測值를 나타낸 것이다. 生長기간 전반에 걸친 두 개체간에 연도별 生長패턴은 유사한데 비하여 특정한 구간, 예를 들어, 1940~50년에 걸쳐 生長의 절대량에 있어서는 큰 차이를 보인다. 이때, 두 개체간의 실측된 연년 生長量을 평균하면 실측치가 큰 개체목의 연년 生長量쪽으로 평균의 편의(Bias)가 발생한다.

이러한 실측된 연년 生長量이 지닌 변이는 개체목간의 평균 또는 비교에 어려움을 주게 되므로 개체간의 변이를 제거해야 한다.

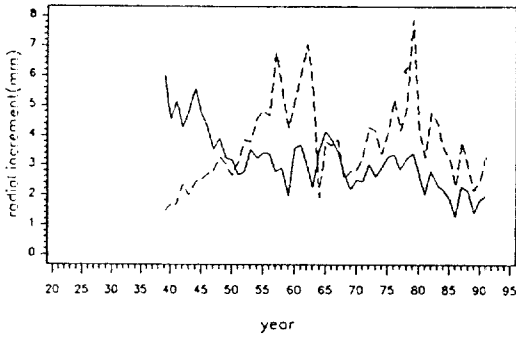
연년 生長量의 실측치에서 개체간 변이를 제거하고자 할때 사용하는 것이 標準化(Standardization)이다. 1940년 Lyon에 의해 체계화된 標準化(Norton, 1990)의 공식은 다음과 같다. (Fritts, 1976 ; Schweingruber, 1987)

$$I_t = \frac{X_t}{X_t^e} \dots\dots\dots (1)$$

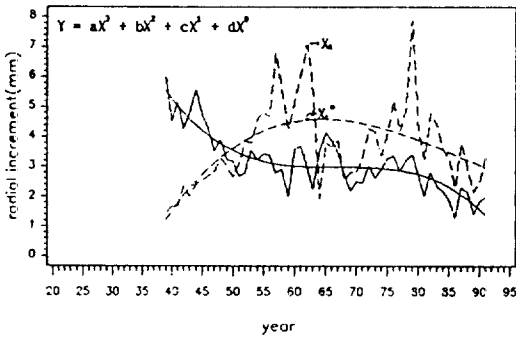
$X_t$  : t시점에서의 직경연년 生長量 실측치 (Measured value)

$X_t^e$  : t시점에서의 직경연년 生長量 기대치 (Expected value)

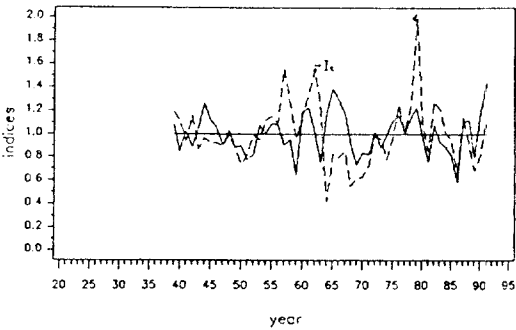
$I_t$  : t시점에서의 標準化된 값 (Standardized value) 또는 指數化된 값 (Indexed value)



(a) Measured Values of Annual Growth



(b) Measured Values and Trend Curves by polynomial function



(c) Indexed or standardized Annual Growth

Fig. 2. Process of Standardization

여기서 기대값은 실측치의 適合(Fitting)에 의하 얻어진다. 적합과정에는 指數函數(Exponential function), 多項函數(Polynomial function), 移動平均(Moving average)(Fritts, 1976; Schweingruber, 1987) 등이 이용되고 있는데, 본 연구에서는 Fig. 2의 (b)에서 보는 바와 같이 多項函數에 의해 적합과정을 시행하였다.

적합함수는 時系列分析에서의 시계열 구성요소 중 趨勢要因 또는 長期趨勢(Secular trend)에 해당한다.(김연형, 1992; 최병선, 1992; Shumway, 1988)

추세요인이 지닌 연륜연대학적인 의미와 표준화의 의미를 살펴보기로 하자. Cook(1990)은 추세요인을 樹齡에 따른 생육추세의 감소와 임목의 부피생장에 따른 幾何學的 직경생장의 상대적인 감소 등의 체계적 분산으로 규정하였으며, 표준화를 통해 年輪幅 年代期(Ring-width chronology)로부터 추세요인을 제거함으로써 연륜 연대기를 안정적인 年輪幅 指數年代期(Ring-width indices chronology)로 바꾸어야 한다고 하였다.(Cook 등, 1990)

Schweingruber(1987)에 따르면 추세요인의 연륜연대학적 의미를 樹齡이나 입지(Microsite) 등의 차이같은 生物的-生態的 要因(Bio-ecological factors)에 의해서 야기되는 긴 기간 동안의 변이들로 규정하고 표준화는 이 변이들을 제거시킴으로써 다른 표본집단간의 비교를 가능하게 해주는 방법이라고 언급하였다.(Schweingruber, 1987)

앞서 실측한 연년생장량의 변이에는 지리적 요인이외에 다른 요인에 의한 변이까지도 포함되어 있다. 본 연구에서는 지리적 요인이외의 변이 부분은 개체간 변이로 간주하였다. 이러한 표준화의 과정을 거쳐 산출한 표준화된 값이 Fig. 2의 (c)에 나타나 있다.

표준화를 통해 얻어진 연년생장량을 나타내는 용어로는 표준화된 값(Standardized value), 標準指數(Standardized index), 年輪幅 指數年代期(Ring-width indices chronology), 指數年代期(Indexed chronology)(Fritts, 1976) 등이 있다.

본 연구에서는 표준화된 連年生長量이라는 의미에서 標準生長量(Standardized growth)이라고 표기하였다.

(2) 地域別 標準生長量の 產出

이상의 방법으로 구한 개체목별 표준생장량들을 한 표준지내의 것들끼리 동일한 연도의 구간에서 산술평균하여 표준지를 대표하는 平均年代期(Mean chronology, Mean standardized index)를 작성하였다.

표준지별로 구한 표준생장량들을 행정구역에 근거하여 9개의 지역으로 구분하고 각 지역에 속하는 표준지별 표준생장량들을 산술평균하여 지역을 대표하는 표준생장량으로 삼았다.

4. Cluster分析

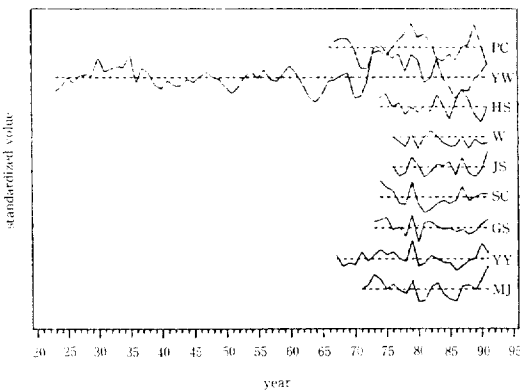
지역별 標準生長量간의 生長패턴 比較에서는 比較하는 時間 전반에 걸친 연륜증감패턴의 變動이 地域別로 증감패턴의 유사성, 근접성을 파악하기 위하여 그 가운데 최소 樹齡인 16년 (1976-1991년) 동안에 걸쳐 지역별 표준생장량 자료를 集落分析(Cluster Analysis) 하였다. 즉, 16개의 지수화된 連年직경생장량을 변량으로 하여 16次元(Dimension)의 超立體(Hyper-volume) 내에서의 공간적인 근접성을 토대로 9개 지역을 16년 동안의 연륜생장 증감패턴에 따라 集落化하고자 하였다.

結果 및 考察

1. 地域別 標準生長量의 算出結果

Fig. 3은 지역별로 산출된 표준생장량을 도면화한 것이다. 지역별로 채취한 樹齡이 달라서 生長開始 年度가 상이하므로, 표준화를 통해 趨勢要因이 제거되어 수령 등의 영향을 배제하고 지역별 연륜연대기간의 상호비교가 가능하다.

또한 지역별로 연년생장패턴이 다양하게 나타나 있다. 이 가운데 '79년을 前後한 연도의 구간에서 지역간 生長패턴의 일치가 두드러진다. 이와같이 다른 지역간에 환경의 공간적인 변화의



※MJ : Myoungju-gun      YY : Yangyang-gun  
 GS : Goseong-gun      IJ : Inje-gun  
 SC : Samcheok-gun     JS : Jeongseon-gun  
 HS : Hoengseong gun   YW : Youngwol-gun  
 PC : Pyoungchang-gun

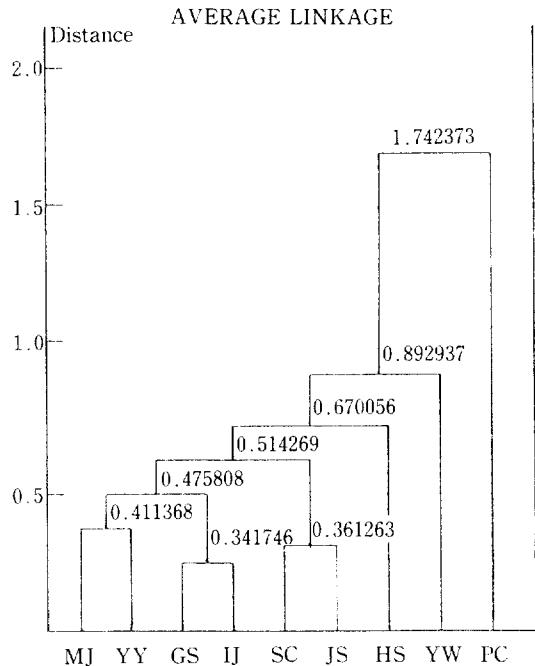
Fig. 3. Regional Standardized Growth Curves

범위와 시기를 파악할 수 있는 年度를 指示年(pointer year)이라 하고 古氣候 복원 등에 유용하게 이용된다.

2. Cluster 분석결과

9개 地域의 1976년부터 1991년까지의 표준생장량 자료를 입력한 후 cluster分析을 실시하여 전체 16년 동안에 걸친 生長증감패턴의 變化를 기준으로 지역간의 近接性을 파악하였다. Fig. 4는 cluster분석의 결과를 tree diagram으로 나타낸 것이다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 명주, 양양, 고성, 심척, 정선의 嶺東지방과 횡성, 영월, 평창의 嶺西내륙지방은 連年生長패턴에 있어서 상대적으로 구분됨을 알 수 있다. 다만, 이 가운데 영서지방에 속하는 인제지역은 영동지방의 고성지역과 연년생장패턴이 유사한 것으로 나타났는데 이것은



※MJ : Myoungju-gun      YY : Yangyang-gun  
 GS : Goseong-gun      IJ : Inje-gun  
 SC : Samcheok-gun     JS : Jeongseon-gun  
 HS : Hoengseong-gun   YW : Youngwol-gun  
 PC : Pyoungchang-gun

Fig. 4. Cluster tree diagram of 10 regions by Average Linkage Method

고성과 인제의 두 지역이 인접한 때문으로 생각되며 地理·地形과 연계된 추후의 연구로 보다 확실히 밝힐 수 있으리라 생각된다. 지역간 변이를 살펴보면, 嶺東지방(명주, 양양, 고성, 삼척, 정선)에 속하는 지역들은 嶺西내륙지방(횡성, 영월, 평창)에 비하여 連年生長패턴의 지역간 변이의 폭이 작게 나타났으며, 또한 영동지방의 경우 지리적으로 인접한 지역일 수록 連年生長패턴이 유사한 것으로 나타났다.

### 結 論

임목의 連年生長패턴에 따른 地理的의 구분을 위하여 강원도 지방의 소나무林內에서 標本을 채취하여 직경 連年生長량을 측정하였다. 이를 標準化 과정을 거쳐 표준화하고 각 個體木別 標準生長량을 산출하였다. 다시 이들을 각각 지역별로 산술 평균하여 표준지방, 지역별 표준성장량(平均年代期)을 산출하였다. 이들 자료를 cluster 분석하여 강원도 지방을 소나무의 連年직경생장의 증감패턴에 의해 구분하였다.

지역별 표준성장량간에 cluster분석 결과 임목의 連年生長패턴은 嶺東과 嶺西內陸地方이 상대적인 차이가 있으며, 특히 영서내륙지방에 속한 지역들은 영동지방에 비해 連年生長패턴의 지역간 변이가 큰 것으로 나타났다. 또한 영동지방은 지리적 인접성과 連年生長패턴간에 관련이 있어 지리적으로 인접한 지역일 수록 지역간 連年生長패턴이 유사하다는 경향을 확인하였다.

본 연구에서 이용한 표준성장량은 기상, 기후 변동량과의 비교, 古氣候 복원(Paleoclimate recor-

struction), 산업공해의 영향 등의 연구에 이용되고 있으며, 산림관리나 지역계획의 도구로서 이용되고 있다.

### 引用 文 獻

1. 김연형. 1992. 시계열 분석과 예측. 자유아카데미. pp.3-6.
2. 변우혁·이우균·윤광배. 1990. 수간석해 전산 프로그램 개발 및 성장량 계산방법의 비교에 관한 연구. 한국임학회지. 79(1) : pp. 1-15.
3. 최병선. 1992. 단변량시계열분석 1. 세경사. pp.151-154, pp.157-177.
4. Cook, E., S. Shiyatov and V. Mazepa. 1990. Estimation of the mean chronology in methods of Dendrochronology : Applications in the environmental Sciences(Cook, E.R, et al(ed). Kluwer Academic Publishers). pp.123-132.
5. Fritts, H.C. 1976. Tree Rings and Climate. ACADEMIC PRESS. p.25, pp.261-268.
6. Norton, D.A. et al. 1990. Some Historical Background on Dendrochronology, in Methods of Dendrochronology : Applications in the Environmental Sciences(Cook, E.R., et al(ed.), Kluwer Academic Publishers). pp.1-21.
7. Schweingruber, F.H. 1987. Tree Rings. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. pp. 85-87.
8. Shumway, R.H. 1988. Applied statistical time series analysis. Prentice-Hall. pp.176-178.