

## 소나무林과 신갈나무林의 胸高直徑級 分析과 遷移에 關한 研究<sup>1\*</sup>

宋鎬京<sup>2</sup> · 張圭寬<sup>3</sup>

### Study on the DBH Analysis and Forest Succession of *Pinus densiflora* and *Quercus mongolica* Forests<sup>1\*</sup>

Ho Kyung Song<sup>2</sup> and Kyu Kwan Jang<sup>3</sup>

#### 要 約

본 연구는 강원도와 경상북도 지역에 분포하고 있는 소나무 군락과 신갈나무 군락을 대상으로, 1991년부터 1994년 사이에 Mueller-Dombois & Ellenberg의 방법에 의하여 162개의 방형구를 설치하여 조사하였으며, CCA ordination과 흉고직경급을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 흉고직경급 분석에서 소나무 군락은 신갈나무 군락 또는 굴참나무 군락으로 천이가 될 것으로 추정된다. 그리고 신갈나무 군락은 전체적으로 신갈나무 우점림으로 지속될 것으로 예상되고, 신갈나무-생강나무 군락은 신갈나무, 물푸레나무, 피나무가 교목층에 공존하는 삼림으로 유지될 것으로 추정되며, 신갈나무-분비나무 군락은 낙엽활엽수인 신갈나무와 상록침엽수인 잣나무와 분비나무 등이 교목층에 혼재되어 균형을 이룰 것으로 추정된다.
2. 주요 수종과 환경과의 상관관계를 보면, 소나무 군락에서 신갈나무는 해발고가 보통이고 전질소, 유기물함량, C.E.C. 등의 양료가 보통인 곳에 분포하며, 소나무, 졸참나무, 굴참나무 등은 해발고가 낮고 전질소, 유기물함량, C.E.C. 등의 양료가 적은 곳에 분포하고 있었다.
3. 신갈나무 군락에서는 신갈나무, 당단풍 등이  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , C.E.C 등의 양료가 중간인 사면부에 분포하고, 분비나무, 주목, 잣나무 등이 해발고가 높고  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , C.E.C 등이 적은 능선부에 분포하며, 서어나무, 젓나무 등이 해발고가 중간이고  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , C.E.C 등의 양료가 중간인 곳에 분포하고 있었다. 또한 읍나무, 까치박달나무, 만주고로쇠 등이 습하고  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , C.E.C 등의 양료가 많은 계곡부에는 분포하고, 소나무, 물푸레나무 등이 건조하고 해발고가 낮은 능선부에는 분포하고 있었다.

#### ABSTRACT

One hundred Sixty two quadrats were sampled from natural forests, in Kangwon-do and Kyungsangbuk-do. On the basis of Mueller-Dombois & Ellenberg method, field survey, which accounts for the characters of the species structure of *Pinus densiflora* community and *Quercus mongolica* community, was carried out between 1991 and 1994. To analyze the data, CCA ordination and D.B.H. analysis were used.

1. DBH analysis showed that *Pinus densiflora* community is likely replacing *Quercus mongolica* or *Quercus variabilis* community. DBH analysis also showed that *Quercus mongolica* - *Lindera obtusiloba* community balances among the *Quercus mongolica*, *Fraxinus rhynchophylla*, and *Tilia amurensis* in the canopy, and that *Quercus mongolica* - *Abies nephrolepis* community, mixed forest balances

<sup>1</sup> 接受 1997年 3月 13日 Received on March 13, 1997.

<sup>2</sup> 충남대학교 농과대학 College of Agriculture, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea.

<sup>3</sup> 원광대학교 농과대학 College of Agriculture, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea.

\* 이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 지방대육성과제 연구비에 의하여 연구된 내용의 일부임.

- among the *Quercus mongolica*, *Pinus koraiensis*, and *Abies nephrolepis* in the canopy. In general, *Quercus mongolica* seems to remain as a dominant species.
2. A certain correlation seems to exist between nutrients types and *Pinus densiflora* community. *Quercus mongolica* preferred to grow in the medium elevation area that has medium level of total nitrogen, organic matter, and C.E.C. *Pinus densiflora*, *Quercus serrata* and *Quercus variabilis* were found in the low elevation area that has low level of total nitrogen, organic matter, and C.E.C.
  3. There seemed to be a certain correlation between nutrients types and *Quercus mongolica* community. *Quercus mongolica* and *Acer pseudosieboldianum* was distributed in the slope area that has medium level of  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , and C.E.C., while *Abies nephrolepis*, *Taxus cuspidata* and *Pinus koraiensis* in the high elevation and ridge area that has low level of  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , and C.E.C. *Carpinus laxiflora* and *Abies holophylla* were found in the medium elevation area that has medium level of  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , and C.E.C., while *Kalopanax pictus*, *Carpinus cordata* and *Acer truncatum* in the moderately moist and valley area that has high level of  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , and C.E.C. *Pinus densiflora* and *Fraxinus rhynchophylla* seemed to prefer the slightly dry, low elevation and ridge area.

**Key words :** *Pinus densiflora* community, *Quercus mongolica* community, CCA ordination, D.B.H. analysis.

## 서론

소나무는 우리나라에 분포하고 있는 삼림 수종 중 가장 넓은 면적을 차지하고 있으며, 수직적으로는 해발 10m에서 최고 1300m까지 분포하고 있으며(정태현과 이우철, 1965), 내음성이 매우 약한 생리적 특성을 가지고 있는 양수성의 수종으로, 대부분이 이차 천이 또는 식재의 결과 형성된 것으로서 일시적인 우점림으로 추정된다. 이러한 천이 도중 상의 소나무림은 자체의 갱신은 어려운 것으로 사료되며, 계속적인 관리를 하지 않을 경우에는 소나무의 자생 임지, 즉 산 능선의 건조지나 화강암 등의 모암이 노출되어 있는 바위산 등을 제외하고는 대부분이 참나무류 및 서어나무류가 우점하는 낙엽 활엽수림으로 천이가 진행될 것으로 추정된다.

현재 산 능선 부나 모암이 노출되어 있는 임지와 같이 낙엽 활엽수의 정착이 어려운 건조한 임지에 발달되어 있는 소나무림은 대표적인 토지 극상(edaphic climax) 상태의 극상림으로 알려져 있다(김성덕과 송호경, 1995).

신갈나무는 우리 나라 냉온대 지역(cool-temperate deciduous forest zone)의 대표적인 극상 수종으로, 건조한 산악 상부에서는 기후적 극상림으로 발달한다고 보고되고 있다(장윤석과 임양재, 1985).

지금까지 소나무림과 신갈나무림에 관한 생태

학적 연구는 군락의 분류와 기재 및 신갈나무림과 무기 환경과의 상관관계에 관한 연구가 주로 수행되었다(임양재, 1985; 송호경, 1990; 송호경 등, 1995; 이경재 등, 1991).

한편 극상림은 그것을 구성하고 있는 개체의 수명이나 물리적인 교란에 의하여 고사되면 새로운 개체로 교대되는 유지 기작을 가지고 있으므로 전체로서는 현재에 있는 삼림과 거의 비슷하게 유지되어 가는 특징을 가지고 있다. 이와 같은 극상림이 어떻게 발달되고 어떻게 유지되는가에 관한 재생 과정의 연구는 1980년 이후에 세계 각지의 열대림 및 온대림에서 많이 이루어져 왔으나 우리나라의 삼림에 관해서는 Suh(1993)와 김성덕과 김운동(1995)이 신갈나무림에 관하여, 그리고 김성덕과 송호경(1995)이 소나무림에 관하여 보고한 것 이외에는 별로 없는 실정이다.

본 연구는 경상북도 울진군 불영계곡과 강원도 인제군 한계령, 평창군 오대산 월정사 부근, 대관령, 중왕산, 동해시 청옥산 등에 발달되어 있는 소나무림과, 오대산, 점봉산, 중왕산 일대에 발달되어 있는 신갈나무림을 대상으로 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지의 개황

조사 지역의 소나무림은 강원도 인제군 한계령, 평창군 오대산 월정사 부근, 대관령, 중왕산, 동해시 청옥산과 경상북도 울진군 서면 일대

등이며, 신갈나무림은 오대산, 점봉산, 중왕산 일대 지역으로 이 지역의 기후는 중앙 기상대의 기상 자료에 의하면 인제가 연평균 기온 10.5°C, 연평균 강수량 1,021mm, 양양이 연평균 기온 12.3°C, 연평균 강수량 1,132mm, 대관령이 연평균 기온은 6.2°C, 연평균 강수량은 1,639mm, 강릉이 연평균 기온 12.1°C, 연평균 강수량 1,282mm, 속초가 연평균 기온 17.6°C 연평균 강수량 1,330.1mm, 평창이 연평균 기온은 10.3°C, 연평균 강수량은 1,082mm, 삼척이 연평균 기온 12.6°C, 연평균 강수량 1,103mm, 영주가 연평균 기온 11.6°C, 연평균 강수량 994mm, 울진이 연평균 기온 12.8°C, 연평균 강수량 975mm로 climate diagram을 보면 냉온대 낙엽 광엽수림대의 기후적 특성을 나타내고 있다(Yim과 Kim, 1983).

## 2. 식생 및 토양 환경 조사

소나무림에 대한 조사는 1992년 6월부터 8월 사이에 quadrat method에 의하여 인제군 한계령에서 8개소, 평창군 오대산에서 8개소, 대관령에서 6개소, 중왕산에서 9개소, 동해시 청옥산에서 5개소, 울진군 서면 일대에서 26개소 등 62개소를 선정하여 식생 조사를 실시하였으며, 신갈나무림에 대한 조사는 1991년 4월부터 1994년 9월 사이에 인위적 피해가 적은 자연 군락을 대상으로 오대산에서 32개소, 점봉산에서 44개소, 중왕산에서 24개소 등 100개소를 선정하여 식생 조사를 실시하였다.

방형구는 15m×15m의 크기로 설치하고, 흉고 직경 3cm 이상의 수목을 대상으로 매목 조사를 실시하였다.

토양 환경 요인으로는 조사지의 방위, 경사, 지형 조건, 해발고를 측정하였다. 방위는 나침반을 사용하여 8개 방위로 구분하였고, 경사도는 Blume-Leiss의 경사 측정기를 이용하여 측정하였고, 지형 조건은 계곡부, 사면부, 능선부로 구분하였다. 그리고 토양 시료는 각 방형구에서 1개소씩 A층에서 2kg의 시료를 채취하였다.

## 3. 토양 분석

토양 산도는 토양 시료와 증류수를 1:5의 비율로 섞어 측정하였다. 모든 화학 분석은 Allen 등 (1986)의 방법에 의하여 전질소는 micro-Kjeldahl

법, 유기물 함량은 Tyurin법, 유효 인산은 Lancaster법으로 정량하였으며, 치환성  $Ca^{++}$ 와  $Mg^{++}$ 는 원자흡광분광 분석법을,  $K^{+}$ 는 염광분광 분석법을 사용하였고, C.E.C.는 Brown법을 사용하였다.

## 4. Ordination 분석

식생 조사 자료로부터 각 종의 합성치  $X_{ij}$ 를 다음과 같이 구하였다.

$$X_{ij} = (d_{ij} + D_{ij})/2$$

$X_{ij}$ 는 j 조사구에서 종 i의 합성치이며,  $d_{ij}$ 는 상대밀도,  $D_{ij}$ 는 상대피도를 나타낸다.

합성치  $X_{ij}$ 를 가지고 각 조사구에 따른 종조성을 나타내는 식생 자료 matrix를 작성하였으며, 또한 야외 조사와 실험실 분석 결과 얻어진 환경 요인들을 이용하여 환경 자료 matrix를 작성하였다.

Ordination은 CCA를 사용하였으며(Hill, 1979; Hill and Gauch, 1980) Ter Braak(1987)의 CANOCO program을 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 흉고직경급 분석

#### 1) 소나무 군락

소나무가 우점하고 있는 지역에서 소나무, 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등 4종의 흉고직경급별 분포도를 작성하였다(Fig. 1). 상기 4종의 중요 수종 중 소나무는 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체의 밀도가 높아 정규 분포형의 밀도를 나타내고 있는 것으로 보아 앞으로 당분간은 소나무 군락으로 유지될 것으로 보이지만 흉고직경 20cm 이하에서 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등의 개체 밀도가 높은 역 J자형을 나타내고 있어 장차 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등의 중요치가 증가할 것으로 생각되는데, 이는 온도 분포에 따라 신갈나무는 강원도 등 해발고가 비교적 높은 곳에서, 굴참나무는 토양이 건조한 곳에 활발한 생육을 하고 있기 때문인 것으로 사료된다. 이와 관련하여 김성덕과 송호경(1995)도 불영계곡 소나무림의 갱신 과정에 대한 연구에서 소나무림은 상층의 임관이 트여져 gap이 형성되면 그 밑에 소나무의 어린 개체들

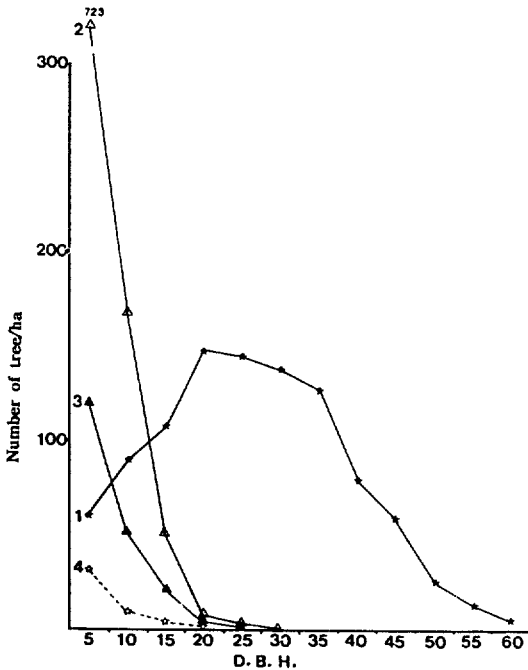


Fig. 1. DBH distribution of major tree species in *Pinus densiflora* community.  
 1: *Pinus densiflora*;  
 2: *Quercus mongolica*;  
 3: *Quercus variabilis*;  
 4: *Quercus serrata*.

이 집중적으로 발생하여 이들이 성장하게 됨에 따라 자기 수음 과정에 의하여 전체적으로 랜덤에 가까운 분포를 나타내게 되며, 이들 중 몇 개체가 상층을 이룬다고 추정할 바 있다.

또한 소나무 군락을 TWINSpan에 의하여 구분하면(송호경 등, 1995), 소나무-신갈나무 군락, 소나무-신갈나무-굴참나무 군락, 소나무-굴참나무 군락으로 나누어지며, 이들의 흉고직경급의 분포도를 보면(Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4), 소나무는 일반적으로 정규 분포형의 밀도를 나타내고 있고 소나무-신갈나무 군락에서 신갈나무는 어린 개체 수의 밀도가 상층, 중층 및 하층으로 갈수록 개체 수가 증가하는 상향식 곡선형의 분포도를 나타내고 있어 장차 하층에서 밀도가 높은 신갈나무로 천이될 것으로 추정된다. 그리고 소나무-신갈나무-굴참나무 군락에서 신갈나무와 굴참나무는 어린 개체 수의 밀도가 상층, 중층 및 하층으로 갈수록 개체 수가 증가하는 상향식 곡선형의 분포도를 나타내고 있어 장차 하층에서

밀도가 높은 신갈나무나 굴참나무로 천이될 것으로 추정되며, 소나무-굴참나무 군락에서 굴참나무는 어린 개체 수의 밀도가 상층, 중층 및 하층으로 갈수록 개체 수가 증가하는 상향식 곡선형의 분포도를 나타내고 있어 장차 하층에서 밀도가 높은 굴참나무로 천이될 것으로 추정된다.

2) 신갈나무 군락

신갈나무가 우점하고 있는 지역에서 신갈나무, 당단풍, 피나무, 만주교로쇠, 까치박달나무 및 음나무 등 6종의 흉고직경급별 분포도를 작성하였다(Fig. 5). 상기 6종의 중요 수종 중 신갈나무는 어린 개체와 큰 개체의 밀도가 낮고, 중간 개체의 밀도가 높아 정규 분포형의 밀도를 나타내고 있는 것으로 보아 장래 신갈나무 군락으로 유지될 것으로 보인다. 이와 관련하여 김성덕과 김윤동(1995)도 점봉산 신갈나무림의 갱신 과정

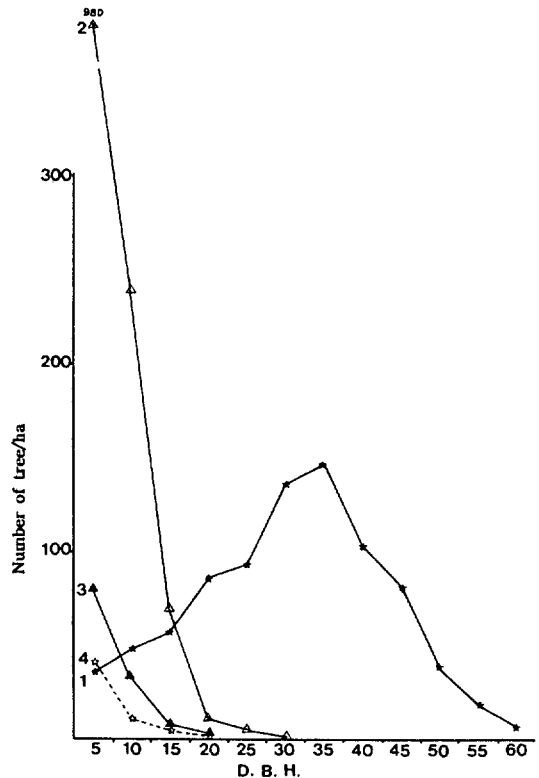


Fig. 2. DBH distribution of major tree species in *Pinus densiflora-Quercus mongolica* community.  
 1: *Pinus densiflora*; 2: *Quercus mongolica*;  
 3: *Quercus variabilis*; 4: *Quercus serrata*.

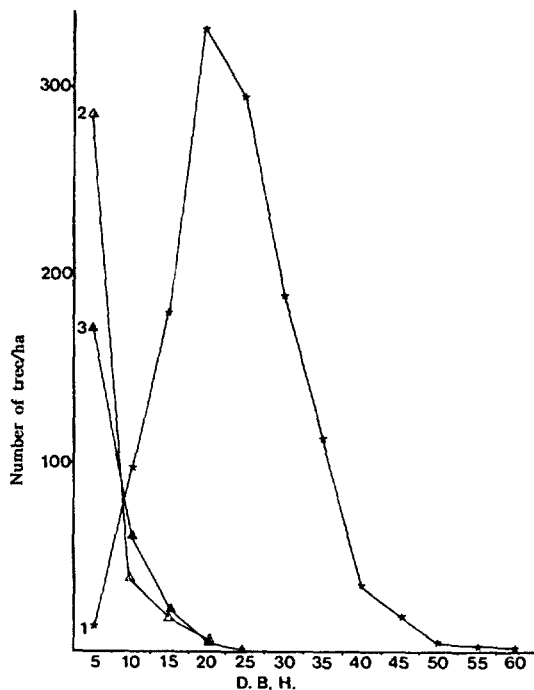


Fig. 3. DBH distribution of major tree species in *Pinus densiflora* - *Quercus mongolica* - *Quercus variabilis* community. 1: *Pinus densiflora*; 2: *Quercus mongolica*; 3: *Quercus variabilis*.

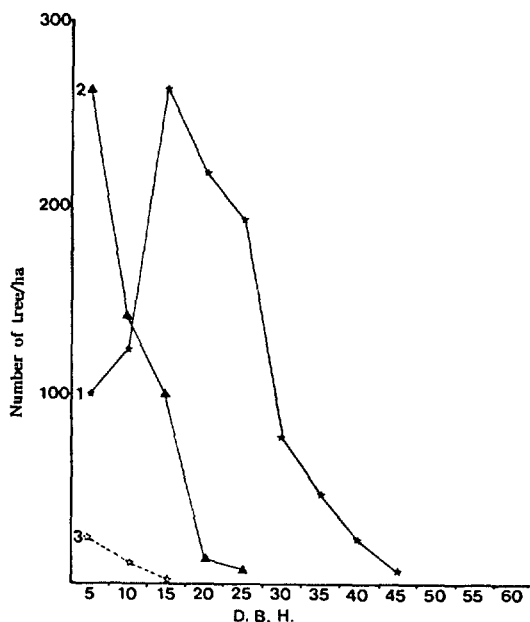


Fig. 4. DBH distribution of major tree species in *Pinus densiflora* - *Quercus variabilis* community. 1: *Pinus densiflora*; 2: *Quercus variabilis*; 3: *Quercus serrata*.

에 대한 연구에서 신갈나무림은 상층의 임관이 트여져 gap이 형성되면 그 밑에 신갈나무의 어린 개체들이 집중적으로 발생하여 이들이 성장하게 됨에 따라 자기 속음 과정에 의하여 전체적으로 랜덤에 가까운 분포를 나타내게 되며, 이들 중 몇 개체가 상층을 이룬다고 추정할 바 있다.

그리고, 당단풍, 피나무, 만주고로쇠, 까치박달나무 등은 어린 개체 수의 밀도가 높고 상층, 중층 및 하층으로 갈수록 개체 수가 증가하는 상향식 곡선형의 분포도를 나타내고 있어 장차 하층에서 밀도가 높은 당단풍, 피나무, 만주고로쇠, 까치박달나무 등의 중요치가 증가할 것으로 생각되는데, 이는 분포 구조에 따라 신갈나무가 피나무, 만주고로쇠와 함께 습한 곳에서 활발한 생육을 하고 있기 때문으로 생각되고, 흉고직경 분포도를 볼 때 신갈나무 군락에서 피나무 군락으로, 신갈나무 군락에서 만주고로쇠 군락으로, 신갈나무 군락에서 까치박달나무 군락으로 진행되는 도중 상이 아닐까 라고 추정이 될 수도 있으나, 점봉산 일대 신갈나무림의 천연림 집단에서 흉고직경급이 정규 분포일지라도 수령 분포는 쌍봉형의 분포를 이루고 있다는 보고(김성덕과 김윤동, 1995)로 미루어 볼 때, 만주고로쇠, 까치박달나무, 피나무 등은 임지의 환경 구배에 따

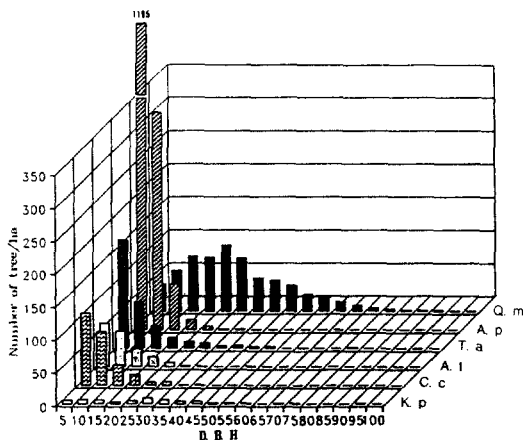


Fig. 5. DBH distribution of major tree species in *Quercus mongolica* community. Q. m=*Quercus mongolica*; A. p=*Acer pseudosieboldianum*; T. a=*Tilia amurensis*; A. t=*Acer truncatum*; C. c=*Carpinus cordata*; K. p=*Kalopanax pictus*.

라 중요치의 값이 증가될 수 있을 것이라고 추정되며, 추이대 지역의 신갈나무-분비나무 군락을 제외하고는 전체적으로는 신갈나무림으로 유지될 것으로 사료된다.

그리고 신갈나무 군락을 TWINSpan에 의하여 구분하면(장규관 등, 1997), 신갈나무-복장나무 군락, 신갈나무-까치박달나무 군락, 신갈나무-당단풍 군락, 신갈나무-생강나무 군락, 신갈나무-분비나무 군락으로 나누어지며, 이들의 흉고 직경급의 분포도를 보면 Fig. 6에서 Fig. 10과 같다.

가. 신갈나무-복장나무 군락

수종별 흉고직경급의 분포도는 그들의 정착 시기, 즉 연륜에 대한 중요한 정보를 제공해 주는 것으로 신갈나무-복장나무 군락에서의 신갈나무, 당단풍, 만주고로쇠, 팔배나무, 거제수나무 및 음나무 등의 직경 급에 따른 분포도를 Fig. 6과 같이 작성하였다. 신갈나무-복장나무 군락에서 만주고로쇠는 상층에서 중층, 하층으로 내려 갈수록 밀도가 증가하는 상향식 곡선형을 나타내고 있어 장차 중요치가 점차 증가될 것으로 생각되는 반면, 거제수나무, 음나무 등은 상층에서 중층, 하층으로 내려 갈수록 밀도가 감소하는 하향식 곡선형을 나타내고 있어 중요치의 감소가 예

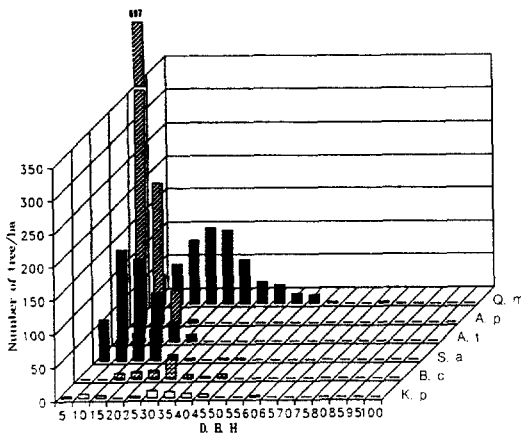


Fig. 6. DBH distribution of major tree species in *Quercus mongolica* - *Acer mandshuricum* community.

- Q. m = *Quercus mongolica*
- A. p = *Acer pseudosieboldianum*
- A. t = *Acer truncatum*
- S. a = *Sorbus alnifolia*
- B. c = *Betula costata*
- K. p = *Kalopanax pictus*

상된다. 하층에서 개체 수의 밀도가 월등하게 높은 만주고로쇠는 본 조사 지역과 같이 토심이 깊은 습한 계곡부에서는 임관 층에서 중요치가 증가될 것으로 추정되나 지하 수위가 높고 토심이 얇은 계곡부 전석지 주변부에서와 마찬가지로 만주고로쇠림으로 천이는 이루어지지 않을 것으로 사료된다.

나. 신갈나무-까치박달나무 군락

신갈나무-까치박달나무 군락에서의 신갈나무, 당단풍, 까치박달나무, 피나무, 음나무 및 젓나무 등의 직경 급에 따른 분포도를 Fig. 7과 같이 작성하였다. 까치박달나무, 피나무 및 젓나무 등은 상층에서 중층, 하층으로 내려 갈수록 밀도가 증가하는 상향식 곡선형의 분포를 나타내고 있어 까치박달나무, 피나무는 습한 곳이 생태적 적지로서 앞으로 세력 확장을 통한 중요치가 증가할 것으로 생각되며, 신갈나무, 까치박달나무 군락이 우점하고 있는 지역이 습윤형의 피나무, 만주고로쇠 등의 생태적인 적지라 보고한 김원호 등(1990), 송호경(1990)의 연구 결과를 미루어 볼 때, 음나무는 상층에서 중층, 하층으로 내려 갈수록 밀도가 감소하는 하향식 곡선형의 분포를 나타내고 세력이 쇠퇴하는 등 중요치가 감소할

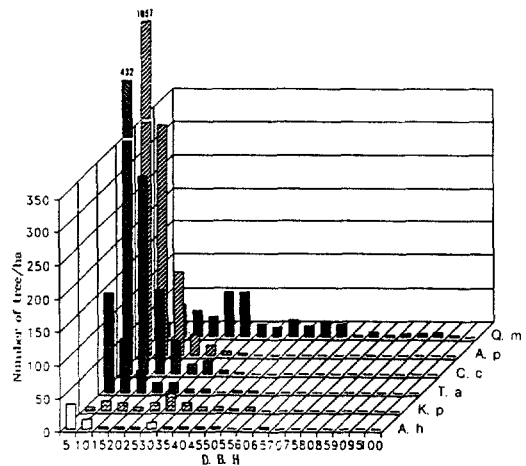


Fig. 7. DBH distribution of major tree species in *Quercus mongolica*-*Carpinus cordata* community.

- Q. m = *Quercus mongolica*
- A. p = *Acer pseudosieboldianum*
- C. c = *Carpinus cordata*
- T. a = *Tilia amurensis*
- K. p = *Kalopanax pictus*
- A. h = *Abies holophylla*

것으로 생각된다.

또한 신갈나무-까치박달나무의 군락에서 까치박달나무의 하층 개체 수 밀도가 높아 안정된 집단으로 유지 기작이 지속적으로 진행될 수 있는 집단 유형을 나타내고 있어 까치박달나무의 생태적인 지위가 대두되는 곳이지만, 까치박달나무는 당단풍과 같은 유형의 아교목성 수종임을 고려한다면, 전체적으로 볼 때 교목 층에 신갈나무, 아교목 층에 당단풍과 까치박달나무의 중요치가 높은 상태로 유지될 것으로 추정된다.

다. 신갈나무-당단풍 군락

신갈나무-당단풍 군락에서의 신갈나무, 당단풍, 철쭉꽃, 피나무, 읍나무 및 젓나무 등의 직경 급에 따른 분포도를 Fig. 8과 같이 작성하였다. 당단풍과 철쭉꽃은 포기 구조를 이루면서 하층에서 우점하고 있어 하층에서의 밀도가 높았고, 피나무는 상층에서 중층, 하층으로 갈수록 밀도 수가 증가하는 상향식 곡선형의 분포도를 나타내고 있어 중요치가 증가하는 경향이 있다. 읍나무와 젓나무는 상층에서 중층, 하층으로 내려갈수록 밀도 수가 감소하는 하향식 곡선형의 분포도를 나타내고 있어 세력의 감소가 예상되며, 중요치도 감소될 것으로 생각된다. 하층의 밀도

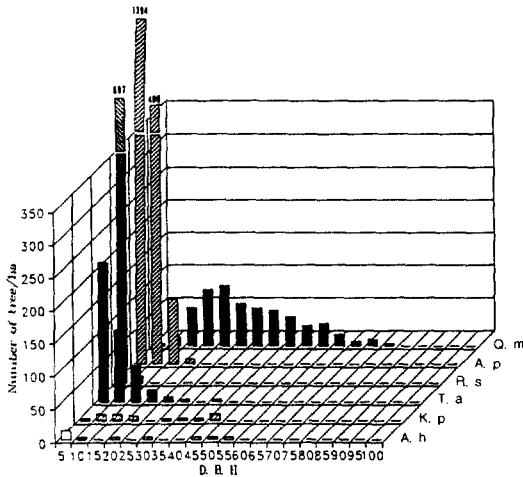


Fig. 8. DBH distribution of major tree species in *Quercus mongolica*-*Acer pseudosieboldianum* community.

- Q. m = *Quercus mongolica*
- A. p = *Acer pseudosieboldianum*
- R. s = *Rhododendron schlippenbachii*
- T. a = *Tilia amurensis*
- K. p = *Kalopanax pictus*
- A. h = *Abies holophylla*

분포로 보아 신갈나무림에서 피나무림으로 천이가 진행되는 도중 상이 아닌가 추정되지만, 한반도 삼림대에서 피나무의 우점림이 조사 보고되거나 관찰되지 않는다는 점과, 식물사회학적으로 보고된 신갈나무 군락 내에 있어서 피나무가 교목 층에서 피도 등급이 +~2(5%-25%) 사이에 있는 점으로 미루어 볼 때 피나무는 산지 계곡 및 사면부에 적응 장소에 따라 일부 어린 개체들이 무작위적으로 분포하는 양상을 보이며 적은 수의 피나무만이 대경목으로 성장되어 임관 층의 구성 수종이 될 것으로 사료된다.

라. 신갈나무-생강나무 군락

신갈나무-생강나무 군락에서의 신갈나무, 당단풍, 물푸레나무, 만주고로쇠, 피나무 및 철쭉꽃 등의 직경 급에 따른 분포도를 Fig. 9와 같이 작성하였다. 물푸레나무, 피나무, 만주고로쇠 등이 상층에서 중층, 하층으로 내려 갈수록 밀도 수가 증가하는 상향식 곡선형의 분포 양상을 나타내고 있어 신갈나무-생강나무 군락에서 이들의 중요치가 증가할 것으로 생각된다. 이곳에서도 하층 개체 수의 밀도가 높은 피나무의 세력이 확대되는 것으로 보아 당분간은 신갈나무, 물푸레나무, 피나무가 교목 층에 공존하는 삼림으로 유지될 것으로 생각된다.

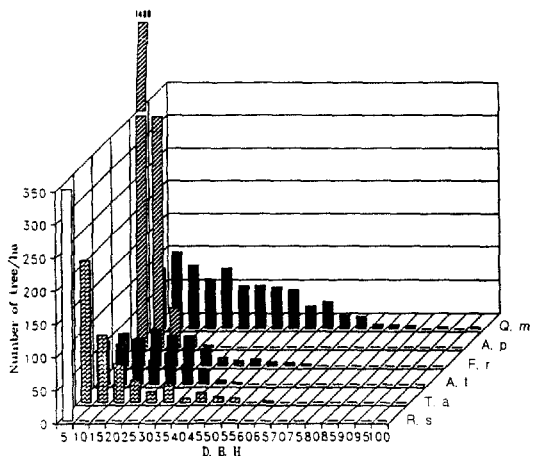


Fig. 9. DBH distribution of major tree species in *Quercus mongolica*-*Lindera obtusiloba* community.

- Q. m = *Quercus mongolica*
- A. p = *Acer pseudosieboldianum*
- F. r = *Fraxinus rhynchophylla*
- A. t = *Acer truncatum*
- T. a = *Tilia amurensis*
- R. s = *Rhododendron schlippenbachii*

마. 신갈나무-분비나무 군락

신갈나무-분비나무의 군락 내에서의 신갈나무, 당단풍, 잣나무, 분비나무, 피나무 및 철쭉꽃 등의 직경 급에 따른 분포도를 Fig. 10과 같이 작성하였다. 잣나무, 분비나무의 직경 급 분포는 상층과 하층의 밀도 수가 적고 중층의 밀도 수가 많은 정규 분포형을 나타내고 있으며, 피나무, 철쭉꽃 등은 상층에서 중층, 하층으로 갈수록 밀도 수가 증가하는 상향식 곡선형의 분포를 보이고 있어 중요치가 증가될 것으로 생각되며, 음나무는 상층과 하층의 밀도가 비슷하여 해발고가 높은 지역에서는 세력의 감퇴가 예상된다. 이 군락의 분포는 계곡 최상부의 사면이나 비교적 토심이 얇은 북사면 하부를 중심으로 발달되어 있고, 냉온대 낙엽 활엽수림대와 아고산대 상록 침엽수림대, 즉 추이대 지역에 발달되어 있는 군락으로 판단되며, 앞으로는 낙엽 활엽수인 신갈나무와 상록 침엽수인 잣나무와 분비나무 등이 교목 층에 혼재되어 균형을 이룰 것으로 추정된다.

전반적으로 볼 때 신갈나무 군락의 천이는 신갈나무 우점림으로 유지될 것으로 예상되나 신갈나무-생강나무 군락에서 신갈나무, 물푸레나무,

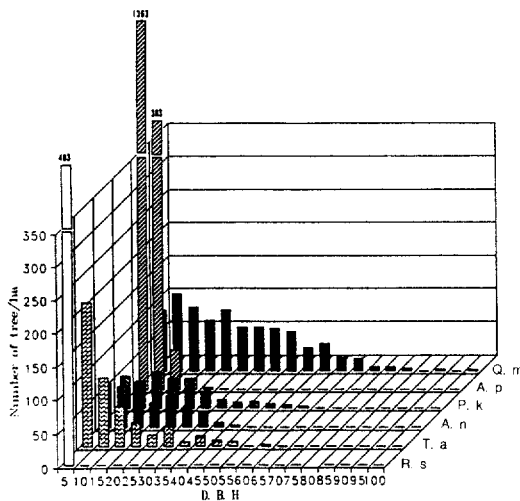


Fig. 10. DBH distribution of major tree species in *Quercus mongolica-Abies nephrolepis* community.

- Q. m = *Quercus mongolica*
- A. p = *Acer pseudosieboldianum*
- P. k = *Pinus koraiensis*
- A. n = *Abies nephrolepis*
- T. a = *Tilia amurensis*
- R. s = *Rhododendron schlippenbachii*

피나무가 교목 층에 공존하는 삼림으로 유지될 것으로 추정되며, 신갈나무-분비나무 군락에서 낙엽 활엽수인 신갈나무와 상록 침엽수인 잣나무와 분비나무 등이 교목 층에 혼재되어 균형을 이룰 것으로 추정된다.

3. Ordination 분석

1) 소나무 군락

Fig. 11은 소나무 군락에 출현하는 주요 수종과 11개의 환경 요인들을 CCA ordination한 결과를 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타낸 것이다.

주요 수종과 환경과의 상관관계를 보면 물푸레나무, 음나무 등은 해발고가 높고 전질소, 유기물 함량, C.E.C. 등의 양료가 많은 곳에 분포하고, 신갈나무, 생강나무 등은 해발고가 보통이

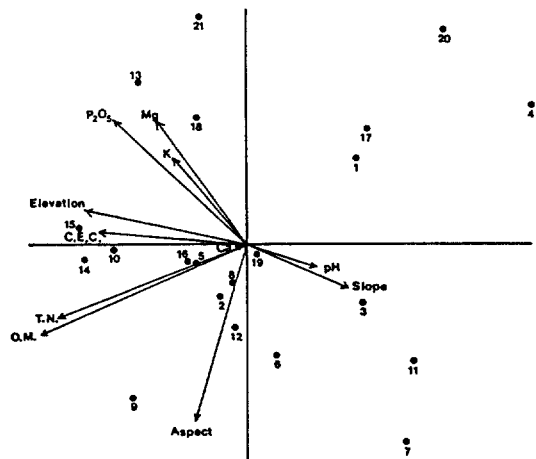


Fig. 11. *Pinus densiflora* community vegetation data : CCA(canonical correspondence analysis) ordination diagram with tree species (number) and environmental variables (arrow). The number are;

- 1. *Pinus densiflora*, 2. *Quercus mongolica*, 3. *Quercus serrata*, 4. *Quercus variabilis*, 5. *Quercus dentata*, 6. *Rhus trichocarpa*, 7. *Styrax obassia*, 8. *Lindera obtusiloba*, 9. *Acer pseudosieboldianum*, 10. *Fraxinus rhynchophylla*, 11. *Fraxinus sieboldiana*, 12. *Prunus sargentii*, 13. *Actinidia arguta*, 14. *Kalopanax pictus*, 15. *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, 16. *Betula costata*, 17. *Betula schmidtii*, 18. *Rhododendron mucronulatum* var. *ciliatum*, 19. *Rhododendron schlippenbachii*, 20. *Lespedeza bicolor*, 21. *Pyrus ussuriensis*.



고 전질소, 유기물 함량, C.E.C. 등의 양료가 보통인 곳에 분포하며, 소나무, 졸참나무, 굴참나무, 쪽동백 등은 해발고가 낮고 전질소, 유기물 함량, C.E.C. 등의 양료가 적은 곳에 분포하고 있었다.

2) 신갈나무 군락

Fig. 12는 신갈나무 군락에 출현하는 주요 수종과 14개의 환경 요인들을 CCA ordination 한 결과 최초 1, 2축에 의한 I/II 평면상에 나타낸 것이다.

주요 수종과 환경과의 상관관계를 보면  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , C.E.C 등의 양료가 중간인 사면부에 신갈나무, 당단풍 등이 분포하고, 해발고가 높고  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , C.E.C 등이 적은 능선부에 분비나무, 주목, 잣나무 등이 분포하고, 해발고가 중간이고  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , C.E.C 등의 양료가 중간인 곳에 서어나무, 잣나무 등이 분포하고 있었다. 또한 습하고  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , C.E.C 등의 양료가 많은 계곡부에는 음나무, 까치박달나무, 만주горо쇠, 들메나무 등이 분포하고, 건조하고 해발고가 낮은 능선부에는 소나무, 생강나무, 물푸레나무, 노린재나무 등이 분포하고 있었다.

결론

본 연구는 소나무 군락과 신갈나무 군락을 대상으로 1991년부터 1994년에 걸쳐 식생 조사를 통하여 흉고직경급 분석과 CCA ordination을 이용하여 분석한 결과는 다음과 같다.

흉고직경급 분석에서 소나무 군락은 신갈나무 군락 또는 굴참나무 군락으로 친이될 것으로 추정되고, 신갈나무 군락은 전체적으로 신갈나무 우점림으로 유지될 것으로 예상되나, 신갈나무-생강나무 군락은 신갈나무, 물푸레나무, 피나무가 교목 층에 공존하는 삼림으로 유지될 것으로 추정되며, 신갈나무-분비나무 군락에서는 낙엽 활엽수인 신갈나무와 상록 침엽수인 잣나무와 분비나무 등이 교목 층에 혼재되어 균형을 이룰 것으로 추정된다

소나무 군락에서 주요 수종과 환경과의 상관관계를 보면 신갈나무는 해발고가 보통이고 전질소, 유기물 함량, C.E.C. 등의 양료가 보통인 곳에 분포하며, 소나무, 졸참나무, 굴참나무 등은 해발고가 낮고 전질소, 유기물 함량, C.E.C.

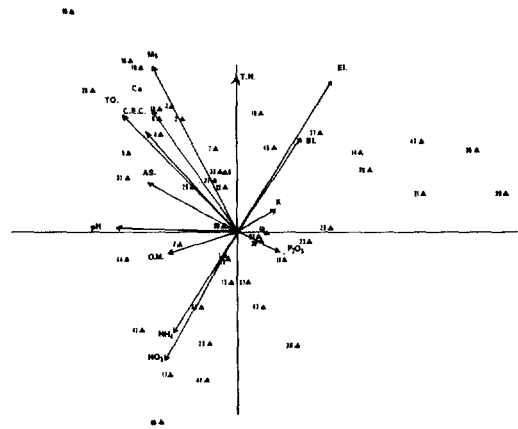


Fig. 12. *Quercus mongolica* community vegetation data : CCA(canonical correspondence analysis) ordination diagram with tree species (number) and environmental variables (arrow). The number are;

1. *Quercus mongolica*, 2. *Betula costata*, 3. *Cornus controversa*, 4. *Ulmus laciniata*, 5. *Fraxinus mandshurica*, 6. *Acer truncatum*, 7. *Kalopanax pictus*, 8. *Carpinus cordata*, 9. *Maackia amurensis*, 10. *Sorbus alnifolia*, 11. *Tilia amurensis*, 12. *Acer pseudosieboldianum*, 13. *Magnolia sieboldii*, 14. *Acer tschonoskii* var. *rubripes*, 15. *Acer tegmentosum*, 16. *Acer mandshuricum*, 17. *Fraxinus rhynchophylla*, 18. *Prunus padus*, 19. *Sorbus commixta*, 20. *Abies holophylla*, 21. *Pinus koraiensis*, 22. *Euonymus macroptera*, 23. *Rhododendron schlippenbachii*, 24. *Corylus sieboldiana*, 25. *Philadelphus schrenckii*, 26. *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, 27. *Syringa reticulata* var. *mandshurica*, 28. *Salix maximowiczii*, 29. *Rhododendron mucronulatum*, 30. *Actinidia arguta* 31. *Tripterygium regelii*, 32. *Ulmus davidiana*, 33. *Acer barbinerve*, 34. *Styrax obassia*, 35. *Abies nephrolepis*, 36. *Betula schmidtii*, 37. *Pyrus ussuriensis*, 38. *Phellodendron amurense*, 39. *Prunus maximowiczii*, 40. *Carpinus laxiflora*, 41. *Lindera obtusiloba*, 42. *Taxus cuspidata*, 43. *Prunus sargentii*, 44. *Juglans mandshurica*, 45. *Prunus maackii*, 46. *Pinus densiflora*, 47. *Actinidia polygama*.

등의 양료가 적은 곳에 분포하고 있었다.

신갈나무 군락에서 주요 수종과 환경과의 상관관계를 보면 신갈나무, 당단풍 등이  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , C.E.C 등의 양료가 중간인 사면부에 분포하고, 분비나무, 주목, 잣나무 등이 해발고가

높고  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , C.E.C 등의 양료가 적은 능선부에 분포하며, 서어나무, 잣나무 등이 해발고가 중간이고  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , C.E.C 등의 양료가 중간인 곳에 분포하고 있었다. 또한 음나무, 까치박달나무, 만주고로쇠 등이 습하고  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , C.E.C 등의 양료가 많은 계곡 부에는 분포하고, 소나무, 물푸레나무 등이 건조하고 해발고가 낮은 능선 부에는 분포하고 있었다.

### 인 용 문 헌

1. 강상준. 1984. 지리산 아고산대 침엽수림의 갱신. 한국생태학회지 7(4) : 185-193.
2. 김성덕·김운동. 1995. 점봉산 신갈나무림의 갱신 과정에 관한 연구. 한국임학회지 84(4) : 447-455.
3. 김성덕·송호경. 1995. 경북 불영계곡 소나무林의 再生 과정에 관한 연구. 한국임학회지 84(2) : 258-265.
4. 김원호·배관호·조현제·홍성천. 1990. 가산 일대의 삼림식생 식물상(식물사회학적 분석). 한국임학회지 79(1) : 42-52.
5. 송중석·송승달·박재홍·서봉보·정화숙·노광수·김인선. 1995. 서열법과 분류법에 의한 소백산의 신갈나무림에 대한 식물 사회적 연구. 한국생태학회지 18(1) : 63-87.
6. 송호경. 1990. DCCA에 의한 신갈나무 군집과 환경의 상관관계 분석. 충남대학교 환경연구소 연구보고 8 : 1-5.
7. 송호경·김성덕·장규관. 1995. TWINSpan과 DCCA에 의한 금강소나무 및 春陽木소나무 군집과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지 84(2) : 266-274.
8. 송호경·장규관·김성덕. 1995. TWINSpan과 DCCA에 의한 신갈나무 군집과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지 84(3) : 299-305.
9. 이경재·류창희·최송현. 1991. 지리산 아고산대 신갈나무-분비나무림 식물 군집 구조 분석. 응용생태연구 5(1) : 32-41.
10. 이우철·백원기·김문기. 1994. 설악산 신갈나무림의 식물사회학적 연구. 한국생태학회지 17(3) : 319-331.
11. 이호준·이재석·변두원. 1994. 명지산 신갈나무림의 군락 분류와 식생 패턴. 한국생태학회지 17(2) : 185-201.
12. 임양재. 1985. 설악산의 식생. 중앙대학교출판국. 199pp.
13. 장규관·송호경·김성덕. 1997. 식물사회학적 방법과 TWINSpan에 의한 강원도 신갈나무림의 분류에 관한 연구. 한국임학회지 86(2) : 214-222.
14. 장현석·임양재. 1985. 지리산 피아골의 식생형과 그 구조. 한국식물학회지 28(2) : 168-175.
15. 정태현·이우철. 1965. 한국 삼림 식물대 및 적지 적수론. 성균관대학교 논문집 10 : 329-435.
16. Allen, S.E., H.M. Grimshaw and A.P. Rowland. 1986. Chemical analysis. Pages 285-344 in Moore, P.D. and S.B. Chapman, ed. Methods in plant ecology. 2nd ed. Blackwell Scientific Pub. Oxford.
17. Hill, M.O. 1979. TWINSpan-A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Order Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press. 50pp.
18. Hill, M.O. and H.G. Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis an Improved Ordination Technique. Vegetatio 42 : 47-58.
19. Kim, Seong Deog. 1988. Forest vegetation and regeneration process in montane zone of Korea. Tokyo Metropolitan Univ. Ph.D. thesis. 171pp.
20. Suh, Minhwan. 1993. Stand Structure and Regeneration Pattern of *Quercus mongolica* Forests. Seoul National University. Ph. D. thesis. 94pp.
21. Ter Braak, C.J.F. 1987. CANOCO-A FORTRAN Program for Canonical Community Ordination by [Partical] [Detrended] [Canonical] Correspondence Analysis, Principal Components Analysis and Redundancy Analysis (Version 2.1) TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands.
22. Yim, Y.J. and S.D. Kim. 1983. Climate-diagram map of Korea. Korean J. Ecology 6 : 261-272.