

최    중  
연구보고서

강송림(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)의  
생태종 개발에 관한 연구

Studies on the development of ecospecies  
in *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki forest

연 구 기 관  
경 북 대 학 교

농   림   부

## 최 종 보 고 서

1997년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한 강송림(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)의 생태종 개발에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

첨부 : 1. 최종보고서 10부

2. 최종보고서 디스켓 1매

2000 년 10 월 27 일

주관연구기관 : 경북대학교

총괄연구책임자 : 홍 성 천 (인)

주관연구기관장 :

[ 직 인 ]

농 립 부 장 관 귀 하

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “강송림(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)의 생태종 개발에 관한 연구에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000 년 10 월 27 일

주관연구기관명 : 경북대학교  
총괄연구책임자 : 홍 성 천  
세부연구책임자 : 손 두 식  
세부연구책임자 : 주 성 현  
세부연구책임자 : 엄 태 진  
연 구 원 : 이 동 섭  
연 구 원 : 이 재 영  
연 구 원 : 이 원 희  
연 구 원 : 박 재 홍  
연 구 원 : 이 윤 원  
연 구 원 : 배 관 호  
연 구 원 : 이 영 진  
연 구 원 : 윤 충 원  
연 구 원 : 오 승 환  
연 구 원 : 장 약 명  
연 구 원 : 김 정 성

# 요 약 문

## I. 제 목

강송림(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)의 생태종 개발에 관한 연구에 관한 연구

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

植木秀幹(1928)은 조선산 赤松의 연구에서 한반도에 분포하고 있는 소나무를 樹型에 따라 동부형, 중부남부의 평지형, 중부남부의 고지형, 위봉형, 안강형 및 금강형 등 6개의 형으로 구분한 바 있다. 또한 植木은 금강형 소나무를 강원도 금강산줄기의 계곡과 산복에서 태백산맥을 따라 경상북도 울진, 봉화, 문경 일대에까지 분포한다. 그리고 수간이 곧고 재질이 뚜어나며 수관이 좁고 곁가지는 가늘고 짧다. 지하고는 길고 수피색깔은 아래쪽이 회갈색이고 위쪽은 황적색이다. 연륜폭이 균등하고 좁으며, 木理가 곧다고 하여 이 지역의 소나무를 지역품종 즉 *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki 라고 명명하였다.

오늘날 강송 또는 금강소나무라고 부르고 있는 소나무가 바로 植木이 명명한 금강형 소나무이다. 문제는 금강소나무 별채, 가공과 유통관계자 그리고 산주들은 금강소나무를 베어보면 2가지형 즉 변재에 비교하여 심재가 많으면서 목재의 색깔이 누런색을 띄는 것과 심재에 비하여 변재가 많으면서 목재색깔이 흰빛을 띄는 것이었다고 한다.

금강소나무, 별채, 가공, 유통관계자와 산주들은 전자를 적송(赤松), 후자를 백송(白松) 또는 반적(半赤)으로 구분하여 목재를 거래하고 있다. 그 이유는 적송이 백송에 비교하여 목재 값이 몇 배 이상 고가로 거래되기 때문이다. 그런데 한편에서는 赤松, 白松간 차이가 유전적 차이 때문이다라고 주장하고 있으며, 다른 한편에서는 유전적인 차이가 아니라 입지의 차이 때문에 생긴 결과라고 주장하고 있다. 그래서 본 연

구는 금강소나무림 내에 적송과 백송이 존재하는 이유와 금강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)와 일반소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)가 구분되는 이유를 구명하기로 하였다.

본 실험이 성공적으로 수행됨으로서 금강소나무 산주들, 유통, 가공, 관계자들의 궁금증을 해소시킬 수 있을 뿐만 아니라 조림수종 선정 및 조림구역결정에 필수적인 지침으로 활용될 수 있을 것이다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 금강소나무림 내에 존재하는 것으로 알려진 赤松과 白松간에는 어떠한 형태적 특성이 있는가 그리고 반경생장, 수고생장 및 수간석해 상으로는 어떤 차이점이 있는가를 구명한다.

2. 赤松과 白松간의 목재물리 화학적 차이점은 무엇인가. 그리고 赤松, 白松간에는 유전적 차이가 있는가를 분석한다.

3. 赤松과 白松, 그리고 금강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)와 일반소나무간에 차이점이 나는 이유를 구명하기 위하여 식생, 지질, 토양, 기후를 분석비교한다.

4. 이상의 자료를 토대로 금강소나무림 내에 존재하는 赤松과 白松이 생태종인지 입지종인지를 구명함과 동시에 조림구역을 설정한다.

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

##### 1. 연구개발 결과

- 1) 금강소나무중 목재유통 및 가공현장에서 赤松으로 불리워지고 있는 임목과 白松에 비교하여 연륜생장폭에 균일하고 변재에 비해 심재가 많았다. 그리고 적송은 수피가 거북등 모양으로 발달하는 경향이였다.
- 2) 금강소나무중 목재유통과 가공현장에서 赤松으로 불리워지고 있는 임목은 白松에 비교하여 입지에 따라 큰 차이가 있었으나 일반적으로 적송은 생장초기부터 말기까지 균일한 연륜폭 생장을 나타내고 있으나, 백송은 초기연륜생장폭은 큰 편이었으나 생장중기부터 급격히 감소하는 경향이였다.
- 3) 수고생장특성을 분석한 결과 임령이 100년 이하이며 지위가 좋고 생장이 빠른 사면하부 및 계곡부의 위치(Site 1)에서는 Logistic식, Gompertz식, Weibull식, Levakovic III식, Chapman-Richards식, Hossfeld식 순으로 적합성이 높게 나타났다. 반면에, 임령이 200년 이상되는 노령의 금강소나무 천연임분의 위치(Site 2)에서는 Levakovic III식, Hossfeld식, Korf식, Sloboda식, Chapman-Richards식 순으로 나타났다. 앞으로 이들 생장함수식들을 적용함으로써 강송림의 수고생장 추정에 유용한 정보를 제공할 것으로 사료된다.
- 4) 수간석해를 한 결과 백송이 많이 나타나고 있는 계곡부의 임분은 적송이 발견되는 사면중부의 임목에 비하여 수령 60년 내외까지는 재적생장, 수고생장, 직경생장이 빨랐으며, 계곡부 시료목의 수령이 약 100년 이하로 한정되어 있어 그 이상은 비교할 수 없었다.
- 5) 목재의 물리적 특성을 분석한 결과 금강소나무중 적송과 백송의 차이가 없었다. 적송은 심재화가 백송에 비해 많이 이루어져 있고, 밀도가 매우 높았다. 이것은

좁은 연륜폭 때문에 만재율의 증가가 밀도의 증가를 가져온 것으로 생각된다.

- 6) 목재의 화학적 특성을 분석한 결과 심재가 변재보다 추출성분이 많았으며, 심재의 추출물은 변재의 추출물에 비해 산화물을 많이 함유하고 있었다. 추출성분의 구성은 매우 복잡하고 크게 심재 4종류, 변재 3종류로 구분되는 화합물로 구성되어 있으나 개체간 특이한 차이점은 보이지 않았다.
- 7) RADP를 이용한 유전적 다양성을 분석한 결과 소광리 산의 사면중부에서 채집된 시료목개체들과 계곡부에서 채집된 시료목 개체들 간에는 유전적 변이가 관찰되지 않았다.
- 8) Isozyme 분석은 GOT, ACP, ADH, GDH, 6PDH, IDH, LAP, MDH, PGI에 의해 연구하였던 바 GOT, 6PDH, IDH, MDH와 PGI에 의한 개체간 큰 변이가 없는 것으로 나타났고, ACP, ADH, GDH와 LAP에 의한 개체간 변이가 있는 것으로 나타났다.
- 9) 식물사회학적 방법으로 군락을 분류하였던 바 금강소나무 임분은 5개 군락, 10개 군, 7개 소군 등 총 16개의 식생단위로 구분되었다. 이들 식생단위중 산앵도나무군락과 꼬리진달래군락은 금강소나무의 분포범위와 조림구역을 결정하는데 지표로 사용할 수 있는 군락으로 판단되었다. 그리고 금강소나무림은 산지림과 평지림으로 구분할 수 있었다.
- 10) 식물사회학적 분석에 의해 분류된 식생단위를 일치법으로 검정한 결과 떡갈나무군락이 해발이 가장 낮은 100m 이하에 분포하고 있으며, 산앵도나무군락, 꼬리진달래군락, 당단풍군락, 전형군락은 해발 350m 이상에 주로 분포하고 있었다. 산앵도나무군락과 꼬리진달래군락은 사면중부이상, 떡갈나무군락은 사면하부에서 사면상부까지, 당단풍군락은 주로 계곡부와 사면하부, 전형군락은 주로 사면상부에 각각 분포하고 있었다. 또한 모든 군락이 전방위에 출현하고 있으나 북

사면보다는 남사면에 더 많이 출현하는 경향이였다. 이와 같은 결과는 금강소나무 유적임분이 북쪽사면보다는 남쪽사면에 더 많이 잔존하고 있기 때문으로 판단된다.

- 11) CCA ordination결과 1축상에서는 지형, 점토, 유효인산, 칼슘, 마그네슘, 2축상에서는 해발, 탄소, C/N율, 3축상에서는 지형과 마그네슘 등의 환경요인들이 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 식생단위와 환경요인들과의 관계를 보면 꼬리진달래군락은 해발과 지형이 높을 수록 많이 분포하였으며, 마그네슘과 칼슘이온의 농도가 낮은 반면 C/N율이 높은 입지에 분포하는 경향이였다. 산앵도나무군락은 칼슘, 마그네슘의 이온농도가 높은 입지에 분포하는 경향이였고, 사면중상부와 능선부로 갈수록 많이 분포하는 경향이였다.
- 12) 중요치의 분석결과 임분 모두 아교목층, 관목 1층, 관목 2층에 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등의 참나무류가 중요치가 높게 나타나는 것으로 미루어 금강소나무의 유적임분이 이들 참나무류와 심한 식생경쟁이 예측되였다. 식생단위별 종다양도 지수도 대체로 0.7 내외로 나타났으나, 당단풍군락의 함박꽃나무군과 서어나무군, 전형군에서는 종다양도지수가 0.8이상으로 높게 나타났으며, 중간결합의 분석결과 크게 두 개의 그룹으로 나뉘어 졌다.
- 13) 지질분석결과 울진 지역은 분천화강편마암이 많은 지역을 차지하고 있었다. 화강편마암은 화강암보다 쉽게 풍화되는 속성을 가지고 있다. 따라서 울진 지역의 모암은 다른 지역에 비교하여 풍화가 많이 진척된 특징을 갖고 있었다.
- 14) 금강소나무림 지역의 토성은 대부분 사질양토로 조사되었고, 소나무림 지역은 사질양토와 양질사토로 조사되였다. 금강소나무림 지역의 모래, 점토, 미사가 각각 72%, 13%, 15%로, 소나무림은 모래, 점토, 미사가 각각 74%, 16%, 10%로 조사되였다. 금강소나무림의 토양산도는 pH 4.60정도로 나타났으나, 소나무림의 경우, pH 4.50~4.91로 지역마다 다소 차이를 보이고 있었다. 금강소나무림 토양

은 유효인산·치환성 칼슘·치환성 마그네슘의 함량은 사면부위보다 계곡부위에  
서 높게 나타났고, 탄소·전질소 함량과 염기치환용량은 계곡부위보다 사면부위  
에서 높게 나타났다. 유효인산·탄소·전질소 함량, 탄질물, 염기치환용량의  
경우 금강소나무림 지역이 소나무림 지역보다 높게 나타났고, 치환성  $Ca^{++}$ 과  
 $Mg^{++}$ 은 비슷하게 나타났다.

15) 금강소나무림 분포지역의 기후분석 결과 연평균 기온이 다소 낮은 것으로 나타  
났으며, 연평균 강수량 중 동절기 강수량과 강수일수가 상대적으로 많은 것으로  
나타났다.

이상의 실험을 통하여 금강소나무 벌채관계자, 목재가공 및 유통관계자, 산주들이  
심재와 변재의 비율, 균일한 연륜생장폭, 목재의 색깔 등으로 구분하고 있는 赤松과  
白松과의 차이와 금강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)와 소나무(*Pinus*  
*densiflora* S. et Z.)의 형태적 차이는 유전적 차이에 기인하기보다는 입지 환경에 기  
인하는 것으로 판단되었다. 따라서 금강소나무림 내에 존재하는 赤松형과 白松형은  
유전적으로 고착된 생태형이라기 보다는 입지형이라고 할 수 있다. 이러한 점을 감  
안하여 적송형의 목재를 얻기 위해서는 금강소나무 분포지 내에서 비교적 척박한 산  
지의 사면 중부 이상에 조림하여야 할 것이고 白松형의 목재를 얻기 위해서는 비교적  
적운 비옥한 산기슭이나 계곡부에 조림하여야 할 것이다.

## 2. 활용에 대한 건의

본 연구를 통하여 임학계와 임업현장의 오랜 과제였던 금강소나무와 소나무의 형  
태적 차이, 금강소나무림 내에 존재하는 적송과 백송간의 차이가 유전적인 차이라기  
보다는 입지환경에 기인한다는 결과를 밝힐 수 있었다.

따라서 조림구역도 구분할 수 있게 되었다.

본 연구자료를 학회지 또는 각종 임업 홍보물을 통하여 산림행정관계자와 산주들,

일반시민들에게 홍보하여야 할 것이다.

연구진들은 본 연구의 후속 조치로 2001년 10월 경북 울진에서 산림행정, 임업연구, 산주 및 주민들로 하여금 금강소나무의 우수성과 금강소나무림 내의 赤松과 白松의 구분은 유전적이라기 보다는 입지환경에 기인함을 알릴 수 있는 심포지엄을 개최 할 것이다.

또한 연구진들은 금강소나무림 내에 존재하는 赤松과 白松의 묘목을 경북대학교 연습림에 심을 것이며, 한편으로는 안강형 소나무 묘목과 팔공산 소나무 묘목을 경북 울진 국유림 관내 산림에 심어 장구한 기간 산지시험을 실시할 것이다. 아울러 금강소나무의 천연갱신과 인공조림에 대한 연구도 병행할 것이다.

## SUMMARY

### I. TITLE

Studies on the development of ecospecies in *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki forest

### II. OBJECTIVES AND CONSEQUENCE

According to the Uyeki(1928)'s research paper regarding on the study of Korea pine trees, he classified Jeuksong into six ecotypes based on the pine tree forms distributed in the Peninsula of Korea. The six ecotypes of Korea pine trees were named as Northeastern type, Middle-southern flat type, Middle-southern upland type, Wibong type, Ankang type, and Geumgang type. Especially, he stated that the Geumgang type was mainly distributed at the Taebaek Mountains such as the Mt. Geumgang in Gangwondo and Uljin, Bonghwa, Munkyoung in Kyungpook. And the characteristics of Geumgang type showed the following factors such as straight forms of stem, narrowed crown, fine short branches, and higher crown height, turtle back shapes of barks. The bark color of Geumgang type was ash-brown color on the lower parts of stem and yellow-red color on the upper parts of stem. The annual ring widths of Geumgang type were evened and narrowed. Therefore, Uyeki(1928) named Geumgang type as '*Pinus densiflora* for. *erecta*'.

*Pinus densiflora* for. *erecta* named by Uyeki in 1928 is usually called 'Gangsong' or 'Geumgang song' or 'Geumgang pine tree'. But, logger, timber manufacturers, timber traders and forest land owners classified Geumgangsog

into two timber types such as Jeoksong and Baeksong. The Jeoksong showed yellow color of wood cross section and had more heartwood than sapwood, the Baeksong showed white color of wood cross section and had more sapwood than heartwood. The price of the Jeoksong timber was higher than Baeksong timber.

Among many researchers studied on *Pinus densiflora* forest, some researchers insisted that the difference between Jeoksong and Baeksong was genetic condition, but the others insisted that the difference between Jeoksong and Baeksong was site condition.

Therefore, this research was carried out to study regarding on the existence of Jeoksong and Baeksong, and the major differences of Jeoksong and Baeksong among the *Pinus densiflora* for. *erecta* forest, and the difference between *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki and *Pinus densiflora* S. et Z..

If this research is accomplished, the overall questions on *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki will be clearly solved. Additionally, the results of this research will be used as the guideline of the selection of reforestation species and the determination of reforestation regions.

### III. RESEARCH CONTENTS AND SCOPE

1. We investigated the differences between Jeoksong and Baeksong in *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki forest by morphological analysis and stem analysis.
2. We investigated the differences between Jeoksong and Baeksong in *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki forest by physical analysis and chemical analysis. And we carried out genetic analysis.

3. We investigated the differences between Jeoksong and Baeksong in *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki forest and the differences between *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki and *Pinus densiflora* S. et. Z. by vegetation analysis, geological analysis, soil analysis, and climate analysis.
4. After considering of the above results, we will find out that Jeoksong and Baeksong in *Pinus densiflora* for. *erecta* forest is either ecospecies or site species. At the same time, we can decide their reforestation regions.

#### IV. RESULTS AND PROPOSALS

##### 1. RESULTS

- 1) The timber called Jeoksong on timber trading and manufacturing indicated more evenness than Baeksong in terms of an annual growth ring widths. When we compared with heartwood width and sapwood width, Jeoksong had more heartwood width than Baeksong. And the bark of Jeoksong indicated a shape of the back of a turtle.
- 2) Jeoksong and Baeksong were originally called by timber traders and manufacturers, Jeoksong generally tends to show even annual growth ring widths. In the case of Baeksong, the annual growth ring widths of beginning periods were wide, but the annual growth ring widths of middle and last periods were suddenly decreased.
- 3) After investigation of observed height growth patterns, all data sets were divided into site I (valley and lower sites) and site II (ridge and upper middle

sites) in this region.

The results were summarized as follows. According to the model statistics, Logistic, Gompertz, Weibull, Levakovic III, Chapman-Richards, and Hossfeld functions can be recommended for site I areas (valley and lower sites).

While, Levakovic III, Hossfeld, Korf, Sloboda and Chapman-Richards functions can be recommended for use over 200-year-old natural stands in Sokwangri.

The results of this research regarding height-age growth function will provide useful information for long-term growth and yield prediction studies.

- 4) According to the stem analysis, Baeksong mainly distributed in the valley areas tends to grow fast in terms of volume, height, and diameter growth rather than Jeoksong largely distributed above middle slope areas. We could not directly compare Baeksong with Jeoksong because the distribution of age class was entirely different.
- 5) According to the results of physical properties between Baeksong and Jeoksong, we could not find any physical differences. Jeoksong had many heartwood and its density was high rather than sapwood. It was considered that the increase of density was due to the narrowed annual ring widths.
- 6) According to the results of chemical properties, heartwood contained more oxide chemical components than sapwood. The components of abstracted chemicals were very complicated. Heartwood consisted of four components and sapwood consisted of three components. But we could not find any chemical differences between Jeoksong and Baeksong.
- 7) By the RADP analysis, there was no genetic variations between the sample collected at middle slope and the sample collected at valley in Sokwang-Ri.

- 8) Isozyme analysis was carried out by using of GOT, ACP, ADH, GDH, 6PDH, IDH, LAP, MDH, PGI. According to the application of GOT, 6PDH, IDH, MDH and PGI, there was not intra-individual variation, and According to the application of ACP, ADH, GDH and LAP, there was intra-individual variation.
- 9) By phytosociological analysis (the method of ZM schools), *P. densiflora* for. *erecta* stands were classified into 5 communities, 10 groups, 7subgroups, and divided into total of 16 vegetation units. Out of 16 vegetation units, *Vaccinium koreanum* community and *Rhododendron micranthum* community were judged to be useful indicator units in determining the range of afforestation and natural distribution of *P. densiflora* for. *erecta* stands. And also *P. densiflora* for. *erecta* stands were classified into mountain type forest and flat type forest.
- 10) By using of coincidence method, *Quercus dentata* community distributed mainly below 100 meter at the sea level, while other communities distributed above 350 meter at the sea level. And *Vaccinium koreanum* and *Rhododendron micranthum* communities distributed mainly above middle slope areas, *Quercus dentata* community distributed mainly from lower slope to upper slope areas, *Acer pseudosieboldianum* community distributed mainly from valley to lower slope areas, and Typical community distributed mainly above upper slope areas. And most of the communities tended to be more distributed at southern aspects than at northern aspects, which meant that the relic stands of *Pinus densiflora* for. *erecta* remained largely as patch phase status at the southern aspects.

- 11) According to canonical correspondence analysis(CCA), variables such as topography, clay, available  $P_2O_5$ ,  $Ca^{2+}$ , and  $Mg^{2+}$ , were highly correlated on first axis, variables including altitude, C, C/N ratio were highly correlated on second axis, and topography and  $Mg^{2+}$  were highly correlated on third axis. Based on the correlations between vegetation units and environmental factors, *Rhododendron micranthum* community tended to be more distributed in the following areas such as high altitude, upper topography, high C/N ratio, low level of  $Mg^{2+}$  and  $Ca^{2+}$ . *Vaccinium koreanum* community tended to be more distributed in the following areas such as high altitude, upper topography, high level of  $Ca^{2+}$  and  $Ma^{2+}$ .
- 12) According to the results of importance value analysis, the IV of *Quercus* spp.(*Q. mongolica*, *Q. variabilis* and *Q. serrata* and so on) highly showed in the subtree layer, shrub 1 layer and shrub 2 layer. The results indicated that the relic stands of *P. densiflora* for. *erecta* were predicted to compete extremely with *Quercus* spp. for an occupation of the studied areas. The species diversity of vegetation units showed about 0.7, but some units showed above 0.8. As the result of the analysis of interspecific association, it was divided into 2 groups.
- 13) By the result of geological analysis, the most parts of Uljin areas were covered with Buncheon granite gneiss. And the parent rock of Uljin area has greatly been weathered than one of the other regions, because granite gneiss is generally more easily weathered than granite.
- 14) The soil texture of the region distributed *P. densiflora* for. *erecta* stands was showed nearly as sandy loam, that is, sand, clay and silt was consisted of 72%, 13% and 15%, respectively. Whereas the soil texture of the region

distributed *P. densiflora* stands was appeared as sandy loam or loamy sand, that is, sand, clay and silt was consisted of 74%, 16%, and 10%, respectively. The area of the former showed about pH 4.60 of soil acidity, and the area of the latter showed from pH 4.5 to pH 4.91 of soil acidity, but there was some differences among the regions. Soil of the former showed that the contents of available phosphate, exchangeable calcium and exchangeable magnesium were more abundant in the valley area than in the slope area. The contents of available phosphate, carbon, total nitrogen, carbon-nitrogen rate, base-exchange capacity were more abundant in the area of the former than in the area of the latter.

- 15) According to the climate analysis, annual mean air temperature was lower in the region distributed *Pinus densiflora* for. *erecta* stands than in the other regions. Mean annual precipitation and number of daily precipitation in winter season showed higher in the region of *Pinus densiflora* for. *erecta* stands than in the region of *Pinus densiflora* stands.

Based on the above results, we could judge that morphological differences between *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki and *Pinus densiflora* S. et Z. and the differences between Jeoksong and Baeksong were originated from site environment difference rather than genetical difference. Therefore, Jeoksong type and Baeksong type existing in Gumgangsog(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyek) were judged not to be genetically fixed as ecotype species. After considering these facts, we could recommend that afforestation to obtain of Jeoksong types of wood require plantations above middle slope area, while afforestation to obtain of Baeksong types of wood require plantations of valley area.

## 2. PROPOSALS FOR PRACTICAL USE

Morphological and genetical differences between *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki and *Pinus densiflora* S. et Z. and between Jeoksong and Baeksong have been considered as one of important problems to be solved by forest science, forest organization and forest field. We could figure out those differences by conducting of this ambitious project. Therefore, we will apply our research results to classify plantation region specifically.

Our research results must be advertised to everywhere in the world by publication of journals or pamphlet.

We have plan to held symposium on August, 2001 year in Uljin, in order to inform our research results to the forest land owners, forest administrator, forest researchers.

We will also plant seedlings or saplings of Jeoksong type and Baeksong type existing in Gumgangsong(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki) in experimental forest of Kyungpook national university, and we will plant those of Angang type and Mt. Palgong in national forest of Uljin in order to provenance test for the long term period research. Also, we will conduct research regarding natural regeneration and plantations of *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki.

## CONTENTS

Chapter 1. Introduction .....	23
Section 1. Objectives .....	23
Section 2. Research Scope .....	25
Section 3. Proposals for Practical Use .....	26
Chapter 2. Morphological and Growth Characteristics of <i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i> Uyeki .....	28
Section 1. Morphological Characteristics .....	28
Section 2. Radial Growth Characteristics .....	37
Section 3. Height Growth Characteristics .....	72
Section 4. Stem Analysis .....	82
Chapter 3. Physiochemical Properties and Genetic Analysis of <i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i> Uyeki .....	106
Section 1. Physical Properties .....	106
Section 2. Chemical Properties .....	115
Section 3. Genetic Diversity Analysis by RAPD .....	146
Section 4. Isozyme Analysis .....	159
Chapter 4. Vegetation Analysis of <i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i> Uyeki forest ..	173
Section 1. Qualitative Analysis .....	173
Section 2. Quantitative Analysis .....	197
Chapter 5. The Geology, Soil, Climate in Distribution of <i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i> Uyeki forest .....	217
Section 1. Geological Analysis .....	217
Section 2. Physiochemical Soil Properties .....	240
Section 3. Climate Analysis .....	275

# 목 차

제 1 장 서론 .....	23
제 1 절 연구 개발의 목적 .....	23
제 2 절 연구 개발의 범위 .....	25
제 3 절 기대 효과 및 활용방안 .....	26
제 2 장 금강소나무의 형태적 특성과 생장특성 .....	28
제 1 절 형태적 특성 .....	28
제 2 절 반경생장 특성 .....	37
제 3 절 수고생장 특성 .....	72
제 4 절 수간석해 .....	82
제 3 장 금강소나무의 이화학적 특성과 유전분석 .....	106
제 1 절 금강소나무의 물리적 성질 .....	106
제 2 절 금강소나무의 화학적 조성분 비교 .....	115
제 3 절 RAPD를 이용한 금강소나무의 유전적 다양성분석 .....	146
제 4 절 Isozyme 분석 .....	159
제 4 장 금강소나무림의 식생분석 .....	173
제 1 절 정성적 분석 .....	173
제 2 절 정량적 분석 .....	197
제 5 장 금강소나무림 분포지의 지질, 토양, 기후 .....	217
제 1 절 금강소나무림 분포지대의 지질분석 .....	217
제 2 절 금강소나무림 지역과 소나무림 지역에 있어서 토양의 이화학적 성질 .....	240
제 3 절 금강소나무림 분포지대의 기후분석 .....	275

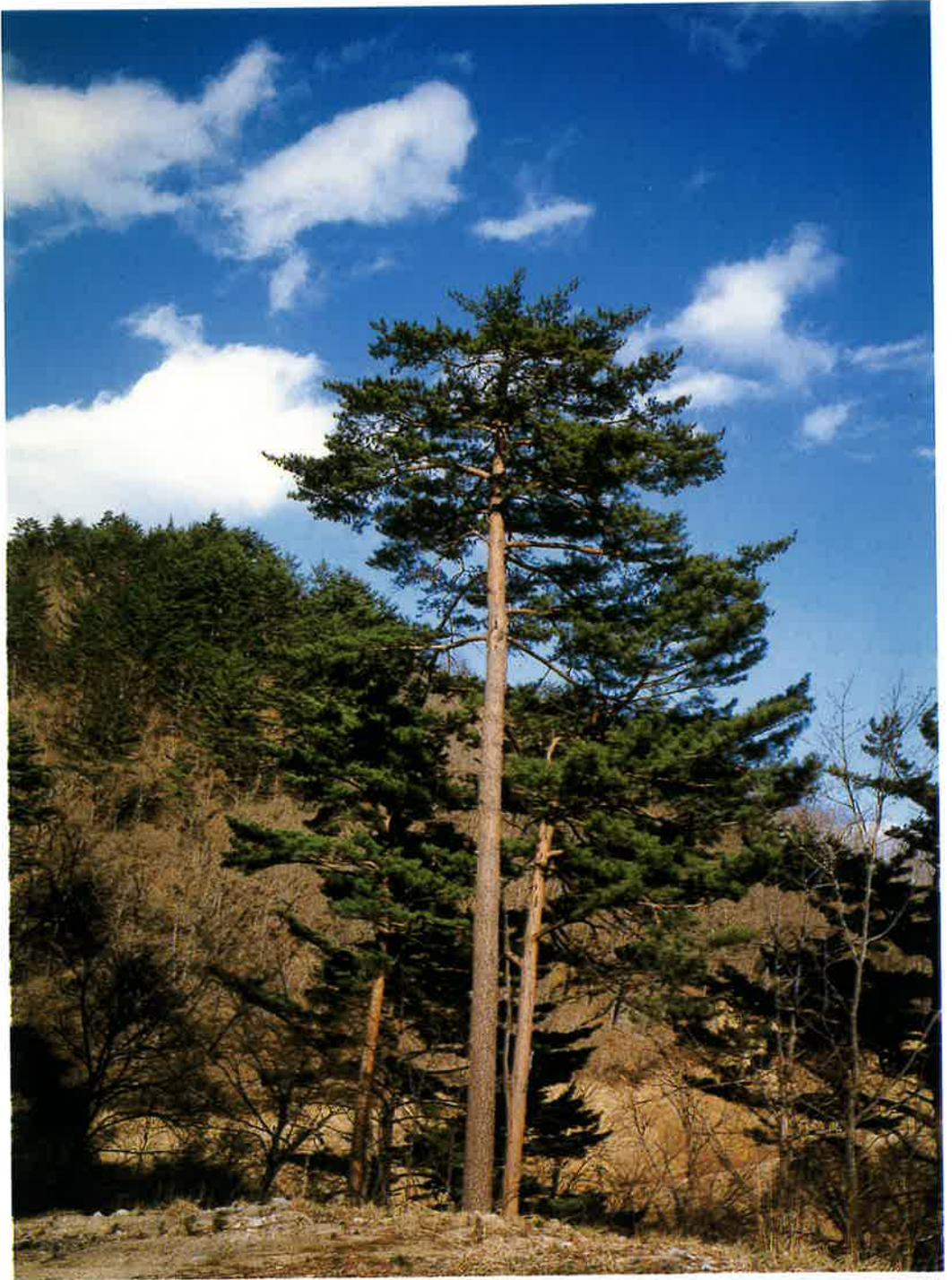


사진 1. 금강소나무 단목.

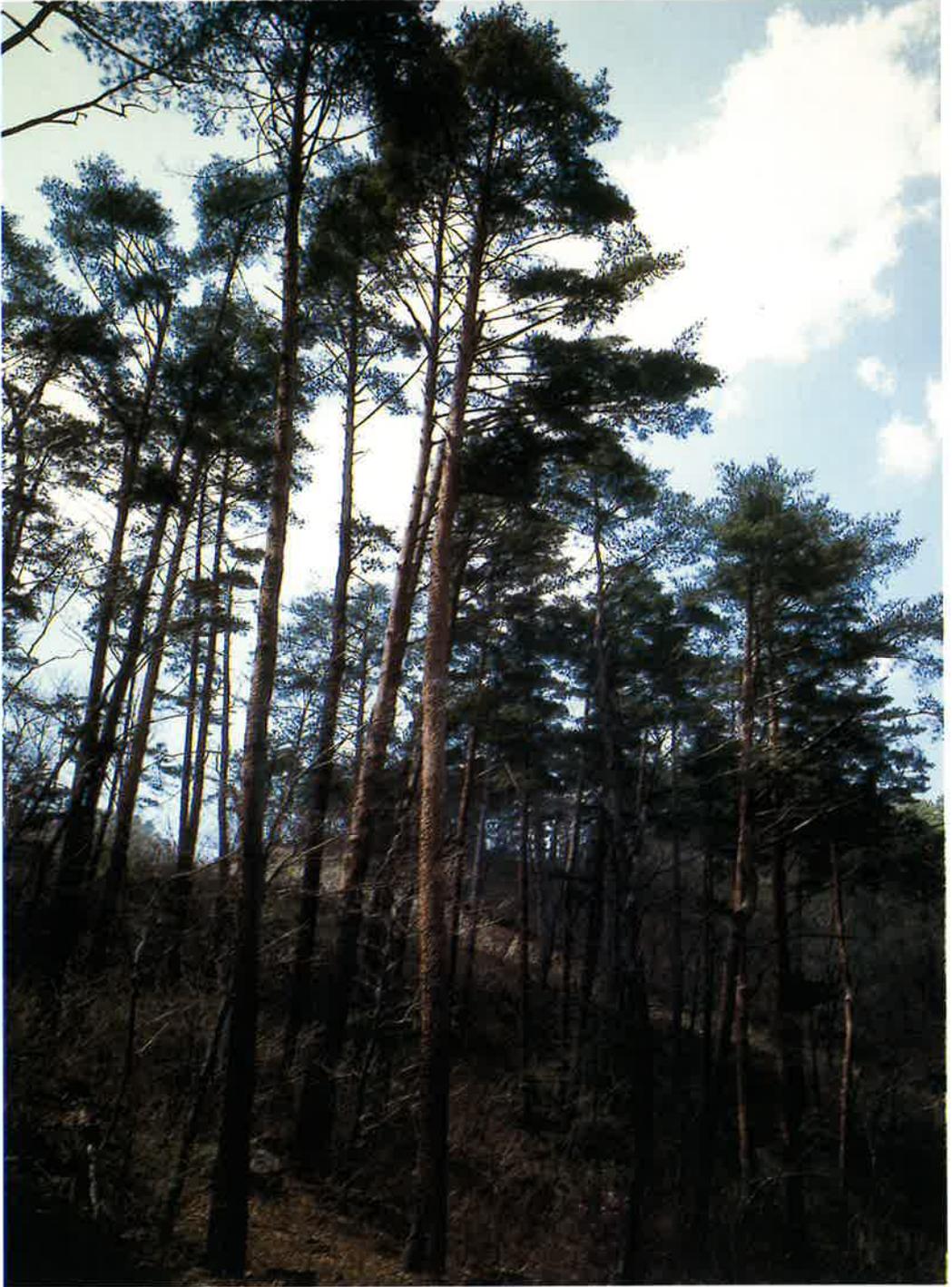


사진 2. 금강소나무 중 백송 임분.



사진 3. 금강소나무 중 적송 임분.



사진 4. 금강소나무 중 백송(좌)와 적송(우)의 목재 단면.



사진 5. 금강소나무 중 백송의 수피.



사진 6. 금강소나무 중 적송의 수피.

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구 개발의 목적

조선시대 法典인 續大典(1746년, 영조 22년), 행정편람이라고 할 수 있는 萬機要覽(1808년, 순조 8년) 및 김정호가 기록한 大東地志(1864)의 내용 중 황장봉산(黃腸封山), 황장산(黃腸山) 및 황장목(黃腸木)에 대한 기록과 현장조사에서 알 수 있듯이 경상북도의 영덕, 봉화, 영양, 문경 및 울진 일대와 강원도의 원주, 평창, 고성 및 정선 일대에 목재의 심재부분이 누런색을 띠고 재질이 단단하고 우량하여, 주로 황실에서 재궁(梓宮)용으로 쓰이던 황장목이 자라고 있었음을 알 수 있다(박봉우, 1996, 1993).

1928년 植木秀幹은 朝鮮産 赤松의 연구에서 한반도에 분포하고 있는 소나무(赤松)를 樹型에 따라 동북형, 중부남부의 평지형, 중부남부의 고지형, 위봉형, 안강형 및 금강형(金剛型)의 6개형으로 구분하고 있으며, 이 중에서 금강형 소나무는 강원도 금강산 줄기의 계곡과 산복에서 태백산맥을 따라 경북의 울진, 봉화, 문경새재 일대에 분포하며, 수간이 곧고 재질이 뛰어나며 수관(樹冠)이 좁고 겹가지는 가늘고 짧다. 지하고는 길고 수피 색깔은 아래쪽이 회갈색이고 위쪽은 황적색이다. 연륜폭이 균등하고 좁으며, 목리(木理)가 곧다고 하여 이 지역의 소나무를 地域品種 즉, *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki라고 명명하였다(植木秀幹, 1928).

오늘날 조림수종으로 추천하고 있는 금강소나무의 이름은 바로 이 금강송에서 유래된 것임을 알 수 있다. 이들 문헌에서 나타난 황장목과 금강송에 대한 내용을 종합해 보면 황장목과 금강송의 분포지역이 거의 일치함을 알 수 있다.

그러나 材質특성에 관한 내용을 고찰해 보면 황장목은 심재부의 크기와 색깔에 비중을 두었고, 금강소나무는 통직한 수형에 비중을 두고 있는 점을 미루어 황장목과 금강소나무가 같은 품종으로 보기는 어렵다. 그러나 한가지 명백한 사실은 경북 북부지역과 강원도 일대에 일반 소나무(*Pinus densiflora*)와는 형태 및 材質적으로 차이가 있는 형질 우량한 소나무가 분포하고 있음은 분명하다.

그런데 남부산림관리청의 도움으로(1996) 경북 북부지역을 방문하여 일제 때부터 벌목에 참여한 주민들, 임산업 종사자 및 산림공무원들의 증언과 현장조사를 통하여 얻어진 자료에 의하면 금강소나무의 분포지역 내에 2종류의 소나무가 자라고 있음을 알 수 있었다. 이들 소나무는 수형이 통직하고 수피가 붉은 색깔을 띠고 있지만 배어보면 한 종류는 변재에 비해 심재가 많고, 재질이 누런색을 띠고 있으며, 한 종류는 전자에 비해 심재율이 낮고 목재 색깔이 거의 흰빛을 띠고 있었다. 전자를 경북 북부지역에서는 황장목, 춘양목 또는 적송(赤松)으로 부르고 있었으며, 후자를 반적송, 백송 등으로 부르고 있다. 길이 12자, 말구직경 1자의 경우 이 지역에서 춘양목(적송, 황장목)은 일반 금강소나무보다 10배 이상의 가격차이를 보이고 있으며, 문화재 보수용재, 관재, 가구재 등 특수용재로 쓰이고 있으나 자원부족으로 공급이 거의 중단된 상태에 있는 실정이다.

이러한 산림현장의 실태를 감안해 보면 금강소나무림 자생지에는 외부 형태적 특성은 비슷하게 보이지만 木材의 材質的 측면에서는 차이가 뚜렷한 2가지 종류의 금강소나무가 자라고 있는 것은 분명하다. 그러나 지금까지의 금강소나무림 연구에서는 금강소나무림 중에서도 목재의 형질이 우량한 생태종의 유무에 대한 검증 없이 단지 금강소나무림 전체를 일반 소나무(*Pinus densiflora*)에 비해 형질이 우량한 하나의 품종으로서 인정하여 실험을 한 탓으로 생태종의 인정여부에 대한 실험은 거의 이루어지지 않고 있다.

경상북도 울진, 봉화지역의 금강소나무림 지대에서 임산물을 판매할 경우 심재가 많고 누런색을 띠는 목재와 심재가 보통이고 흰빛을 띠는 목재로 구분하여 판매하고 있다. 길이 12자, 말구직경 1자의 경우 전자의 목재는 후자에 비교하여 10~15배 비싸게 팔리고 있다.

그러나 전자의 목재는 전체 벌채량의 10~20%에 머물고 있다. 전자의 경우가 생태종으로 인정되어 조립하거나 천연갱신 한다면 금강소나무림 지역의 경제적 효과는 엄청날 것으로 생각된다.

또한 우리 나라 조립수종에서 예시된 금강소나무 대신 생태종의 이름이 쓰여지게 될 것이며, 열대림의 Teak류, 일본의 편백, 삼나무, 미국 서북부의 Douglas fir, 러시아의 유럽소나무처럼 금강소나무의 생태종 목재가 세계 목재시장에 진출할 수 있을

것이며, 또한 고급 건축재, 가구재, 관재 등 특수용재로서 국내 공급을 충당하는데 기여할 것이다.

금강소나무림 중에서도 형질이 우량한 생태종이 존재하고 있다는 사실이 밝혀짐으로써 국민은 물론 이 지역의 산주들로 하여금 조림과 육림에 관심을 높일 수 있을 것이다. 또한 임학의 발전이 어디쯤 와 있는지를 실증적으로 보여주는 계기가 될 것이며 우리 나라에도 이토록 뛰어난 재질의 나무가 있다는 것을 알게되면 큰 긍지를 갖게 될 것이다. 생태종이 개발되어 금강소나무림 자생지 일대가 형질 우량한 생태종으로 꼭 차게 하였을 때, 국민, 지역주민은 물론 외국인에게까지 자연관광 숲으로써의 기능은 물론 우리 나라 금강소나무림 중 생태종의 우수성을 세계 목재시장에 소개할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 금강소나무림 내에 적송(赤松, 황장목 또는 춘양목)으로 구분할 수 있는 생태종의 존재 여부에 대해서 형태적 특성으로 검증하며, 생태종이 존재한다면 일반 금강소나무에 비교하여 유전적, 목재 물리·화학적 차이점이 무엇이며, 왜 생태종이 존재하게 되었는지를 식생, 토양, 지질, 기후적 측면에서 분석한다. 이상의 자료를 토대로 생태종의 조림구역을 구명한다.

## 제 2 절 연구 개발의 범위

금강소나무림 내에 존재하는 것으로 알려진 赤松과 白松간에는 어떠한 형태적 특성이 있는가 그리고 반경생장, 수고생장 및 수간석해 상으로는 어떤 차이점이 있는가를 구명한다.

赤松과 白松간의 목재물리 화학적 차이점은 무엇인가. 그리고 赤松, 白松간에는 유전적 차이가 있는가를 분석한다. 또한, 赤松과 白松, 그리고 금강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)와 일반 소나무(*Pinus densiflora*)간에 차이점이 나는 이유를 구명하기 위하여 식생, 지질, 토양, 기후를 분석비교 한다.

이상의 자료를 토대로 금강소나무림 내에 존재하는 赤松과 白松이 생태종인지 입지종인지를 구명함과 동시에 조림구역을 설정한다.

### 제 3 절 기대 효과 및 활용방안

금강소나무림 자생지역 내에 목재형질에 차이가 나는 생태종이 있는지를 형태학적, 목재 물리·화학적, 유전학적, 식생학적, 지질, 기후 및 토양학적 측면에서 검증함으로써 학계, 산주, 임업현장에서 의문점으로 남아있는 금강소나무림 내의 생태종 구명은 물론 현재의 조림수종인 금강소나무 대신에 형질 우량한 금강소나무의 생태종이 조림수종으로 추천될 수 있다. 본 연구가 수행됨으로써 형질 우량한 생태종을 구명하는데 있어 새로운 연구접근방법을 실증적으로 제시하게 된다.

경북 울진, 봉화지역의 금강소나무림 지대에서 금강소나무 목재를 판매할 경우 심재율이 높고 누린색을 때는 목재와 변재율이 높고 흰빛을 띠는 목재로 구분하여 판매하고 있다. 길이 12자 말구직경 1자의 경우 목재가격이 전자는 후자에 비교하여 10이상의 가격으로 거래되고 있다. 그러나 전자의 목재는 전체 벌채량의 10~20%를 차지하고 있었다. 전자의 경우가 생태종(유전적으로 고정된 지역품종)으로 인정되어 이 생태종을 조림하거나 육림 한다면 현재의 금강소나무림 자생지에 미치는 경제적 효과는 10배 이상의 경제적 효과가 있을 것으로 기대된다.

열대림의 Teak류, 일본의 편백, 삼나무, 미국 서북부의 Douglas fir, 러시아의 유럽소나무처럼 국내의 고급 건축재, 관재, 가구재를 위한 특수 목재의 공급뿐만 아니라 세계목재시장에도 진출할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구를 통하여 임학계와 임업현장의 오랜 과제였던 금강소나무와 소나무의 형태적 차이, 금강소나무림 내에 존재하는 적송과 백송간의 차이가 유전적인 차이라기 보다는 입지환경에 기인한다는 결과를 밝힐 수 있었다. 따라서 조림구역도 구분할 수 있게 되었다.

본 연구자료를 학회지 또는 각종 임업 홍보물을 통하여 산림행정관계자와 산주들, 일반시민들에게 홍보하여야 할 것이다.

연구진들은 본 연구의 후속 조치로 2001년 10월 경북 울진에서 산림행정, 임업연구, 산주 및 주민들로 하여금 금강소나무의 우수성과 금강소나무림 내의 赤松과 白松의 구분은 유전적이라기 보다는 입지환경에 기인함을 알릴 수 있는 심포지엄을 개최 할 것이다.

또한 연구진들은 금강소나무림 내에 존재하는 赤松과 白松의 묘목을 경북대학교 연습림에 심을 것이며, 한편으로는 안강형 소나무 묘목과 팔공산 소나무 묘목을 경북 울진 국유림 관내 산림에 심어 장구한 기간 산지시험을 실시할 것이다. 아울러 금강소나무의 천연갱신과 인공조림에 대한 연구도 병행할 것이다.

## 제 2 장 금강소나무의 형태적 특성과 성장특성

### 제 1 절 형태적 특성

#### 1. 실험목적

금강소나무 임분에서 임목별채에 종사하고 있는 분들, 금강소나무 목재가공관계자 유통관계자 및 산주들은 금강소나무 생산임지라 하더라도 별채하여보면 크게 구분하여 2가지형의 목재가 있다고 한다. 한가지는 변재에 비하여 심재가 많고, 다른 한가지는 심재에 비하여 변재가 많다고 한다. 그리고 이들 두 종류의 임목은 별채하지 않더라도 수피의 모양과 수관의 모양만 보아도 구별할 수 있다고 한다.

금강소나무 목재생산지에서는 변재에 비해 심재가 많이 차지하고 있는 임목을 적송(赤松), 심재에 비해 변재가 많은 임목을 白松, 그 중간의 것을 半赤이라고 한다. 赤松의 임목가는 白松의 임목가보다 10배 이상 높게 거래되고 있다. 그래서 본 실험에서는 금강소나무 분포지내에 赤松과 白松의 비율이 어느정도 분포하고 있으며 두 종류간의 형태적 특성과 성장특성에 어떠한 차이가 있는지를 규명하기로 하였다.

#### 2. 실험방법

그림 2-1의 금강소나무 분포지에서 나타낸 바와 같이 금강소나무가 분포하는 경상북도의 영덕, 영양, 봉화, 울진, 문경지역과 강원도 일대의 원주, 평창, 고성, 정선, 인제, 영월, 홍천 등(3개 지역에서 지위별로 3 구분(상, 중, 하)하여 각 지위별로 각각 20개체씩 시료목을 선정할 계획이었으나 표 1의 금강소나무 분포의 현황에서 나타낸 바와 같이 울진의 소광리와 금마산 일대를 제외하고는 수령 100년 이상의 시료목을 찾기 어려웠다. 그리하여 부득이 본 실험목적을 달성시킬 수 있는 입지여건과 수령 100년 이상의 노목이 분포하고 있는 울진 소광리 지역과 검마산 지역에 집중하여 시



Fig. 2-1. Distribution of *Pinus densiflora* for. *erecta* in south korea.

료목을 선정하였다. 울진 소광리 금강소나무 임분에서 야외에서 275개체, 검마산에서 31개체를 선정하여 수피의 길이, 수피의 폭, 수피의 두께, 수고, 수관높이, 수관폭, 가지의 수, 흉고직경을 측정하였고, 아울러 연륜심을 채취하였다. 연륜의 폭, 심재와 변재의 폭 등을 실험실에서 측정하였다. 연륜폭은 정밀연륜측정기로 0.01mm까지 측정하였다.

### 3 결과 및 고찰

표 2-1, 표 2-2, 표 2-3은 소광리지역의 사면중부이상에서 자라고 있는 223개체에 대하여 수피조각의 가로와 세로의 길이, 수피의 두께, 수고, 지하고, 수관폭, 가지수, 흉고직경, 수령, 연년연륜생장폭, 심재의 반경, 변재의 반경 및 연륜심을 측정한 자료를 토대로 각 연륜의 성장양식 즉 초기, 중기, 말기의 연륜생장폭이 비슷한 형(가칭 R-Type), 초기와 중기의 연륜생장폭은 넓으나 말기의 연륜생장폭이 좁은 형(가칭 SR-Type), 초기, 중기, 말기의 연륜생장폭이 R-Type에 거의 2배에 해당하는 형(W-Type)으로 3대별한 표로서 R-Type이 58개체, SR-Type이 87개체, W-Type이 78개체로 나타났다. 3 Type 모두 평균 연륜심의 길이는 20cm 내외로서 유사하였다. 그러나 평균수령은 R-Type이 191년, SR-Type이 160년, W-Type이 100년으로 R-Type이 가장 높았다. 연평균 연륜생장량은 R-Type이 0.11cm, SR-Type이 0.13cm, W-Type이 0.24cm로서 R-Type이 가장 작았다. 가지수는 R-Type이 14개, SR-Type이 20개, W-Type이 38개로서 R-Type이 가장 적었다. 심재율은 R-Type

Table 2-1. The characteristics of individuals of *Pinus densiflora* for. *erecta* for R-Type in Sokwang-Ri

No.	Variables	No.	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
58	Altitude (m)	56	734,82	144,52	450,00	1010,00
	Slope (°)	55	32,27	13,36	0,00	50,00
	Organic layer (cm)	49	3,37	2,19	0,50	10,00
	Bark row (cm)	58	9,04	2,40	2,20	13,50
	Bark column (cm)	58	18,90	4,89	8,30	30,00
	Bark thick (cm)	58	1,17	0,44	0,50	2,80
	Height (m)	58	18,12	4,34	6,00	32,00
	Crown Height (m)	58	11,97	4,02	3,00	24,00
	Crown width (m)	58	6,84	1,95	3,00	14,00
	No. of branch	58	13,97	4,50	2,00	24,00
	DBH (cm)	58	42,14	9,79	16,00	68,00
	Age (year)	58	191,12	42,83	118,00	284,00
	Annual ring width (cm)	58	0,11	0,03	0,04	0,22
	Heart wood length (cm)	50	15,12	4,81	4,82	29,01
	Sap wood length (cm)	50	4,74	2,50	1,66	16,24
	Core length (cm)	58	19,54	5,06	6,70	32,90

Table 2-2. The characteristics of individuals of *Pinus densiflora* for. *erecta* for SR-Type in Sokwang-Ri

No.	Variables	No.	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
87	Altitude (m)	79	620,63	149,75	350,00	960,00
	Slope (°)	79	31,33	13,05	5,00	50,00
	Organic layer (cm)	71	1,95	1,31	0,50	6,00
	Bark row (cm)	87	8,20	1,92	4,00	12,50
	Bark column (cm)	87	18,21	4,68	7,50	31,00
	Bark thick (cm)	87	1,21	0,47	0,40	2,50
	Height (m)	87	19,46	4,12	12,00	30,00
	Crown Height (m)	87	11,94	2,96	6,00	18,00
	Crown width (m)	87	7,33	2,04	3,00	12,00
	No. of branch	87	19,55	6,30	5,00	42,00
	DBH (cm)	87	45,03	9,62	20,00	64,00
	Age (year)	87	159,74	31,26	77,00	267,00
	Annual ring width (cm)	87	0,13	0,04	0,06	0,28
	Heart wood length (cm)	69	14,76	4,01	3,00	23,40
	Sap wood length (cm)	69	6,37	2,94	2,10	19,10
	Core length (cm)	87	20,81	4,77	9,10	30,90

Table 2-3. The characteristics of individuals of *Pinus densiflora* for. *erecta* for W-Type in Sokwang-Ri

No.	Variables	No.	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
78	Altitude (m)	73	628.29	191.41	340.00	1010.00
	Slope (°)	73	26.58	9.50	0.00	40.00
	Organic layer (cm)	55	3.10	1.28	1.00	6.00
	Bark row (cm)	78	5.28	1.80	2.00	9.50
	Bark column (cm)	78	18.44	5.60	5.80	32.00
	Bark thick (cm)	78	1.68	0.98	0.50	7.30
	Height (m)	78	21.17	5.48	11.00	34.00
	Crown Height (m)	78	9.11	3.61	2.00	18.00
	Crown width (m)	78	9.28	2.94	2.00	16.00
	No. of branch	78	37.94	17.40	7.00	92.00
	DBH (cm)	78	44.72	11.79	13.00	70.00
	Age (year)	78	99.53	46.51	28.00	202.00
	Annual ring width (cm)	78	0.24	0.11	0.03	0.58
	Heart wood length (cm)	63	11.71	4.60	3.28	23.89
	Sap wood length (cm)	63	8.38	3.69	1.92	18.85
	Core length (cm)	78	20.17	5.93	5.20	32.30

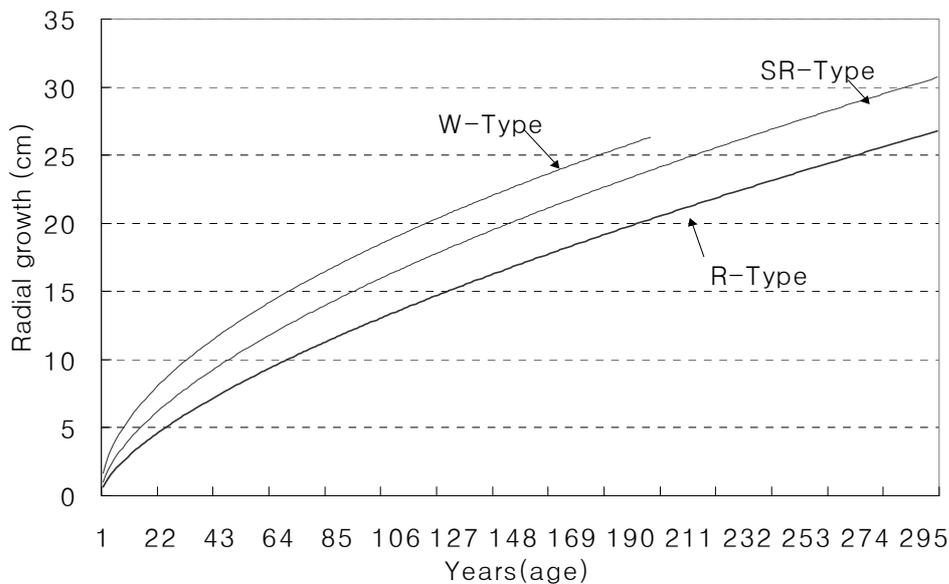


Fig. 2-2. Radial growth of individuals of *Pinus densiflora* for. *erecta* divided by 3 Types in Sokwang-Ri.

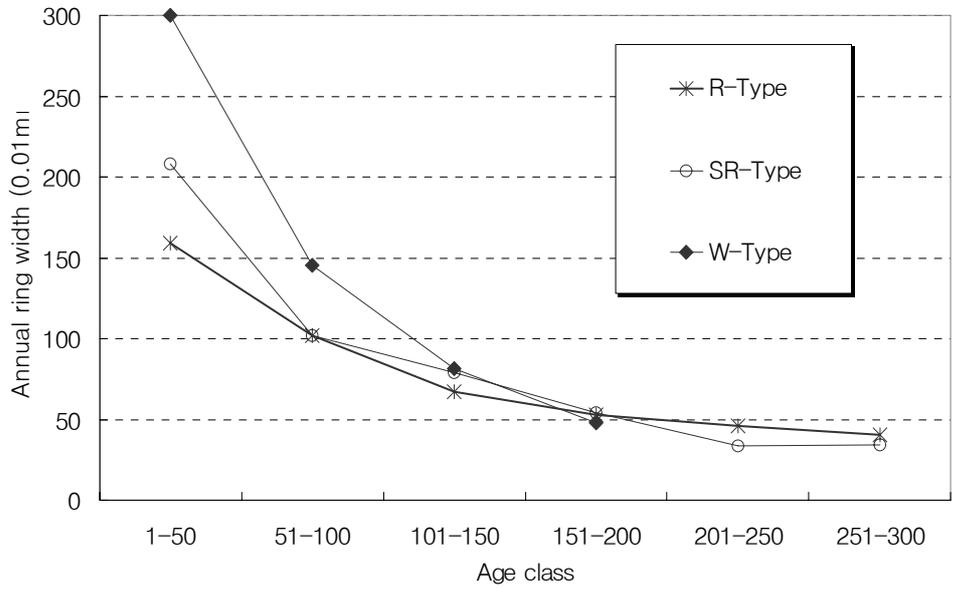


Fig. 2-3. Average ring width for each 50 years in individuals of *Pinus densiflora* for. *erecta* divided by 3 Types in Sokwang-Ri.

Table 2-4. The characteristics of individuals of *Pinus densiflora* for. *erecta* in Mt. Kumma

No.	Variables	No.	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
28	Altitude (m)	28	559.29	25.08	530.00	620.00
	Slope (°)	28	27.50	7.64	5.00	35.00
	Organic layer (cm)	19	2.95	0.85	1.00	4.00
	Bark row (cm)	19	7.26	2.00	3.50	10.20
	Bark column (cm)	19	23.10	7.09	9.50	35.00
	Bark thick (cm)	19	1.86	0.72	0.40	3.20
	Height (m)	19	11.79	2.18	8.00	16.00
	Crown Height (m)	19	4.35	2.30	1.00	8.00
	Crown width (m)	19	9.61	1.77	6.00	12.00
	No. of branch	19	36.84	8.39	25.00	55.00
	DBH (cm)	19	42.26	6.20	28.00	53.00
	Age (year)	28	101.57	21.89	64.00	133.00
	Annual ring width (cm)	28	0.19	0.06	0.09	0.35
	Heart wood length (cm)	22	11.48	3.40	5.13	16.96
	Sap wood length (cm)	22	7.02	1.75	3.92	10.55
	Core length (cm)	28	18.44	3.38	9.72	23.80

Table 2-5. The characteristics of individuals of *Pinus densiflora* in Mt. Kaya

No.	Variables	No.	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
20	Altitude (m)	20	637,00	38,68	560,00	670,00
	Slope (°)	20	34,25	3,35	20,00	35,00
	Organic layer (cm)	20	1,35	0,59	1,00	3,00
	Bark row (cm)	20	6,23	1,47	4,00	9,50
	Bark column (cm)	20	17,05	4,74	8,30	28,20
	Bark thick (cm)	20	1,57	0,52	0,80	2,60
	Height (m)	20	12,75	1,89	10,00	16,00
	Crown Height (m)	20	7,30	1,03	6,00	10,00
	Crown width (m)	20	8,90	2,17	5,00	13,00
	No. of branch	20	21,45	5,03	13,00	32,00
	DBH (cm)	20	31,85	5,79	24,00	44,00
	Age (year)	20	113,45	8,46	99,00	133,00
	Annual ring width (cm)	20	0,12	0,03	0,09	0,18
	Heart wood length (cm)	16	9,33	3,01	4,27	14,99
	Sap wood length (cm)	16	4,80	1,63	2,07	8,68
	Core length (cm)	20	13,86	2,91	9,50	19,50

Table 2-6. The characteristics of individuals of *Pinus densiflora* for. *erecta* in Sokwang-Ri

No.	Variables	No.	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
223	Altitude (m)	208	654,06	170,79	340,00	1010,00
	Slope (°)	207	29,90	12,21	0,00	50,00
	Organic layer (cm)	175	2,71	1,71	0,50	10,00
	Bark row (cm)	223	7,40	2,56	2,00	13,50
	Bark column (cm)	223	18,47	5,06	5,80	32,00
	Bark thick (cm)	223	1,36	0,72	0,40	7,30
	Height (m)	223	19,71	4,82	6,00	34,00
	Crown Height (m)	223	10,96	3,73	2,00	24,00
	Crown width (m)	223	7,89	2,58	2,00	16,00
	No. of branch	223	24,53	15,09	2,00	92,00
	DBH (cm)	223	44,17	10,49	13,00	70,00
	Age (year)	223	146,84	54,44	28,00	284,00
	Annual ring width (cm)	223	0,17	0,09	0,03	0,58
	Heart wood length (cm)	182	13,81	4,68	3,00	29,01
	Sap wood length (cm)	182	6,62	3,42	1,66	19,10
	Core length (cm)	223	20,26	5,27	5,20	32,90

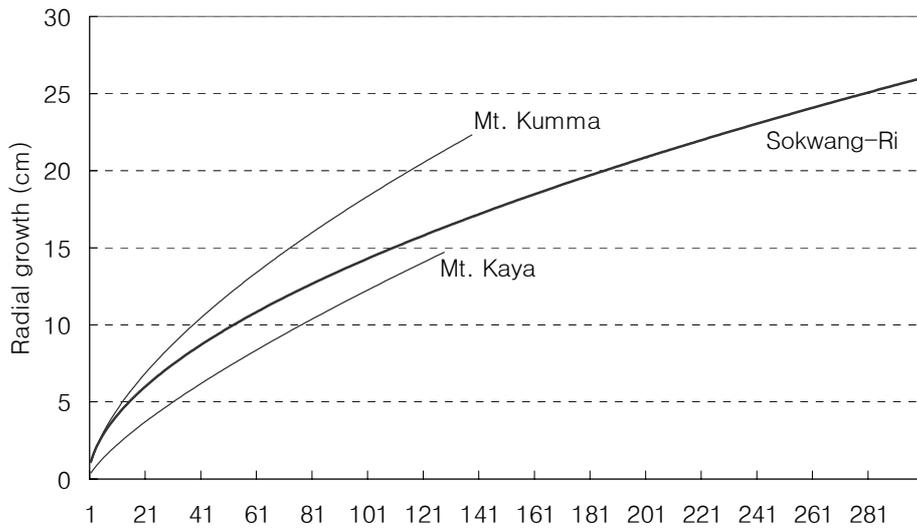


Fig. 2-4. Radial growth patterns of individuals of *Pinus densiflora* spp. studied in Middle Slope, Upper Slope and Ridge at 3 study sites.

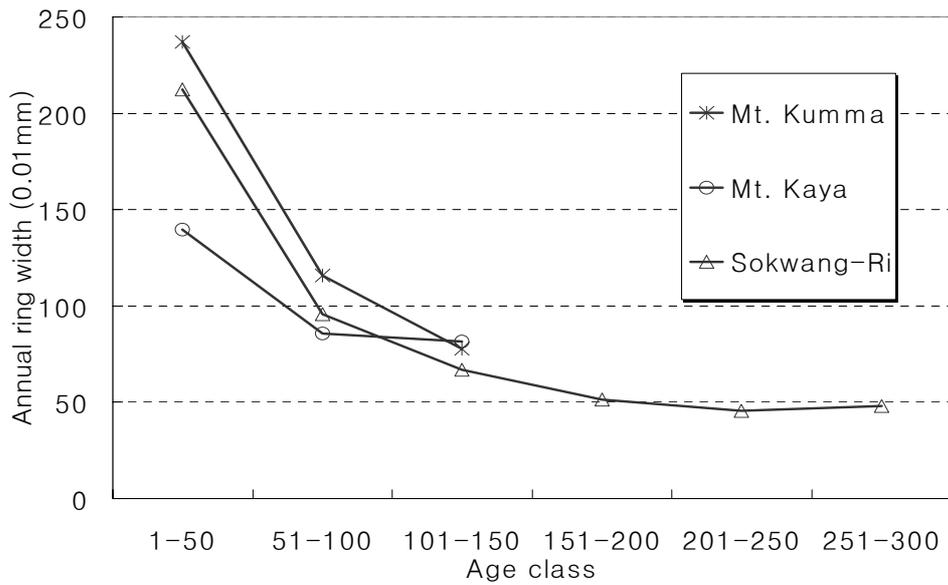


Fig. 2-5. Average ring width for each 50 years for individuals of *Pinus densiflora* spp. studied in Middle Slope, Upper Slope and Ridge at 3 study sites.

이 15/20, SR-Type이 15/21, W-Type이 12/20으로서 R-Type이 가장 높았다.

이상의 몇 가지 형태적 특성들을 요약해 보면 산림현장과 유통관계자들이 R-Type은 목재를 매매할 때 적송(赤松)이라 부르고 있는 목재와 유사하였고, SR-Type은 반적(半赤) 그리고 W-Type은 백송(白松)이라 부르고 있는 목재와 비슷하였다. 이러한 결과로서 소광리 사면중부이상에서 자라고 있는 개체목들이 적송, 반적, 백송으로 구분되는 이유는 유전적인 차이라기 보다는 환경인자와 수령 및 생육기간동안의 개체간 경쟁상태에 따라 결정되어지는 것으로 판단되었다.

그림 2-2는 소광리 사면중부이상에서 자라고 있는 3가지 Types의 개체목들에 대한 회귀성장곡선을 나타낸 것으로 R-Type의 성장식은  $\ln Y = 6.4465 + 0.6572 \ln X (R^2 = 0.7599)$ , SR-Type의 성장식은  $\ln Y = 6.9177 + 0.5987 \ln X (R^2 = 0.7607)$ , W-Type의 성장식은  $\ln Y = 7.1009 + 0.5815 \ln X (R^2 = 0.5169)$  이었다.

그림 2-3은 3 Types의 평균 반경성장량을 50년 단위로 비교해 본 것으로 R-Type은 점진적으로 감소하는 경향이었으며, W-Type은 수령 100년까지는 급격히 생장이 감소하는 경향이였다.

표 2-4, 표 2-5, 표 2-6과 그림 2-4, 그림 2-5에서는 소광리, 가야산, 검마산 3개 지역에 있어서 생리적 수명을 다하여 고사한 것으로 추측되는 개체들이 많이 발견되었던 사면중부 이상의 지형에서 이들 지역간 개체목들의 몇 가지 형태적 특성과 반경성장곡선 및 50년 단위의 성장량을 비교한 것이다.

소광리 지역의 개체들은 수령이 300년에 가까우나 가야산이나 검마산은 130년 내외이므로 성장패턴을 비교한다는 것이 의미가 없을 지도 모르지만 본 조사기간동안 소광리 지역을 제외하고는 두 지역이 가장 노령의 임분이었고, 주위에 고사목이 많았던 점으로 미루어 생리생태적인 수명을 다한 것으로 생각되어 비교대상지역으로 선정하였으며, 선정된 개체목의 수는 소광리 223개체, 검마산 28개체, 가야산 23개체로 총 274개체이었다. 그 결과 평균수고는 검마산 12m, 가야산 13m에 비해 소광리 지역은 20m로 큰 차이를 보였다. 소광리지역의 사면중상부 및 능선부에 자라고 있는 금강소나무와 검마산에 자라고 있는 금강소나무의 초기성장패턴은 유사한 경향이었고, 가야산의 동지형상에 위치하는 소나무의 초기생장은 느린 경향으로 나타났다.

#### 4. 참고문헌

- 김진수, 이석우, 황재우, 권기원, 1993, 금강소나무-유전적으로 별개의 품종으로 인정될 수 있는가? -동위효소분석 결과에 의한 고찰-, 한국임학회지 82(2):166-175.
- 류장발, 홍성호, 정현관, 1985, 침엽의 수지구 위치에 의한 우리나라 소나무의 이입교잡현상 연구, 한국임학회지 69:19-27.
- 박봉우, 1993, 황장목과 황장봉산, 전영우편, 소나무와 우리문화, 숲과 문화연구회, pp. 116-122.
- 박봉우, 1996, 황장금표에 관한 고찰, 한국임학회지 85(3):426-438
- 배관호, 홍성천, 1996, 가야산 소나무군락의 구조 및 동태, 한국임학회지 85(2):260~270.

## 제 2 절 반경생장 특성

### 1. 실험목적

금강소나무 임분 중 적송(赤松)과 백송(白松)간의 반경생장특성과 임분내 개체간 경쟁상태에 따른 반경생장특성을 분석할 목적으로 본 실험을 수행하였다.

### 2. 실험방법

반경생장은 입지와 임분내 개체목의 경쟁상태 및 그 유지기작 등에 따라 차이가 날 것으로 예상됨으로 본 실험에서는 그림 2-6에 나타낸 바와 같이 소광리 일대 6개 조사지를 선정하였고, 각 조사지에 대해서는 개체들의 공간분포 즉, 수관투영도와 임분단면도를 도화하였고, 교목성 수종의 주요 개체목에 대한 경년변화도 및 개체목간의 생장비교를 위한 생장곡선 그리고 교목층을 이루는 금강소나무 개체들을 중심으로 생장회귀식을 산출하였다.

### 3. 결과 및 고찰

조사지 1은 소광천에서 갈라지는 좌측임도를 따라 백병산 쪽으로 올라 가다가 3.65km 지점의 임도 우측계곡부에 설치하였는데, 본 조사지는 전형적인 계곡부로서, 해발 590m, 방위 S10E, 경사 15. , 노암율 20%로 나타났으며, 교목층의 우점종은 금강소나무로 수고와 식피율은 각각 약 32m와 70%이었고, 아교목층의 우점종은 신갈나무로 수고와 식피율은 각각 약 12m와 40%이었으며, 관목층의 주 우점종은 생강나무로 수고와 식피율은 각각 3m와 30%, 초본층의 주 우점종은 대사초로 식피율은 20%이었다. 교목층의 지하고보다 훨씬 아래에 아교목층을 형성하고 있는 수종으로

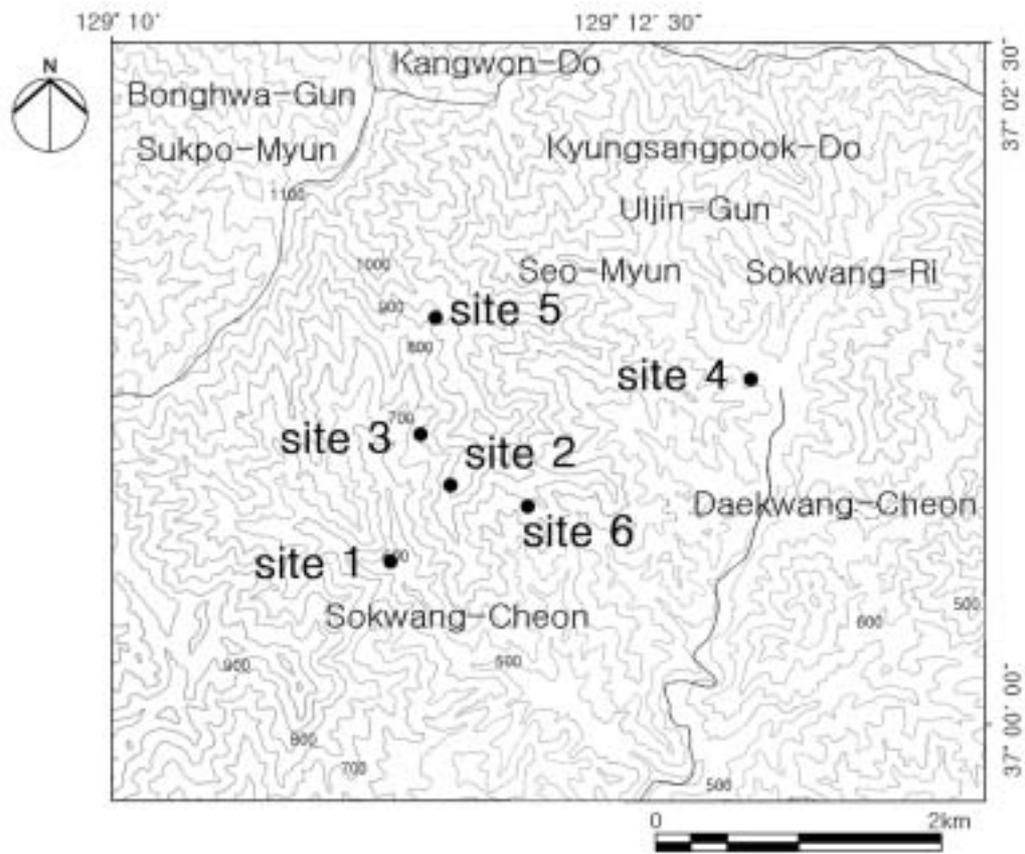
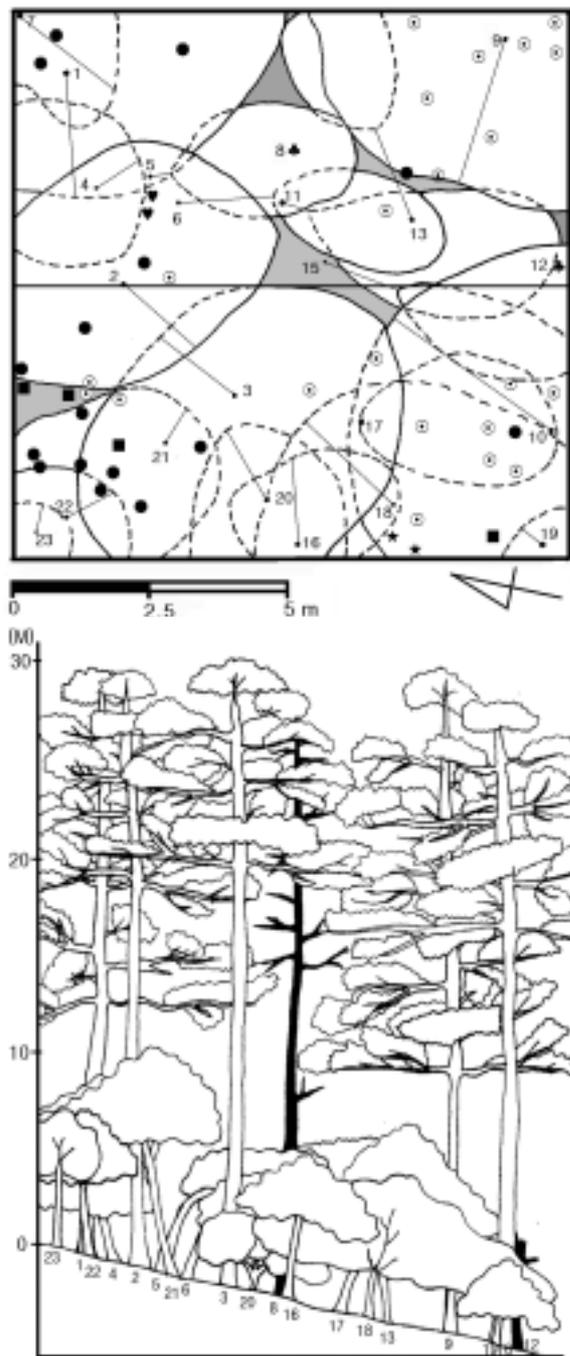


Fig. 2-6. Location of 6 study sites in Sokwang-Ri.



No.	Species	Height (m)	DBH (cm)	Crown Height (m)
1	<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>	30	50	14
2	<i>P. densiflora</i> f. <i>erecta</i>	30	36	20
3	<i>P. densiflora</i> f. <i>erecta</i>	32	53	22
4	<i>Quercus mongolica</i>	9	12	2
5	<i>Q. mongolica</i>	7	7	4
6	<i>Q. mongolica</i>	6	6	3
7	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	7	8	1
8	dead <i>P. d. f. erecta</i>	29+10	40	5
9	<i>P. densiflora</i> f. <i>erecta</i>	32	58	13
10	<i>P. densiflora</i> f. <i>erecta</i>	32	52	20
11	<i>Q. mongolica</i>	6	6	4
12	dead <i>P. d. f. erecta</i>	5	-	-
13	<i>Quercus variabilis</i>	8	13	5
15	<i>Q. variabilis</i>	5	8	3
16	<i>Q. mongolica</i>	8	9	5
17	<i>Q. mongolica</i>	10	13	6
18	<i>Styrax obassia</i>	8	10	2
19	<i>Q. mongolica</i>	5	5	2
20	<i>A. pseudosieboldianum</i>	4	5+3+2	1.5
21	<i>Q. mongolica</i>	12	14	6
22	<i>Q. mongolica</i>	6	5	4
23	<i>A. pseudosieboldianum</i>	6	6	4
■ : seedling and sapling of <i>Q. mongolica</i> : 4 individuals				
● : seedling and sapling of <i>A. pseudosieboldianum</i> : 22 individuals				
● : seedling and sapling of <i>Styrax obassia</i> : 16 individuals				
★ : seedling and sapling of <i>Acer mono</i> : 2 individuals				
♥ : seedling and sapling of <i>Carpinus laxiflora</i> : 2 individuals				
♣ : dead <i>P. densiflora</i> f. <i>erecta</i> : 2 individuals				

Fig. 2-7. Diagrams show the spatial distribution of individual trees and crown projection(left above), stand profile(left below) and legends of individual trees(right table) at Site 1.

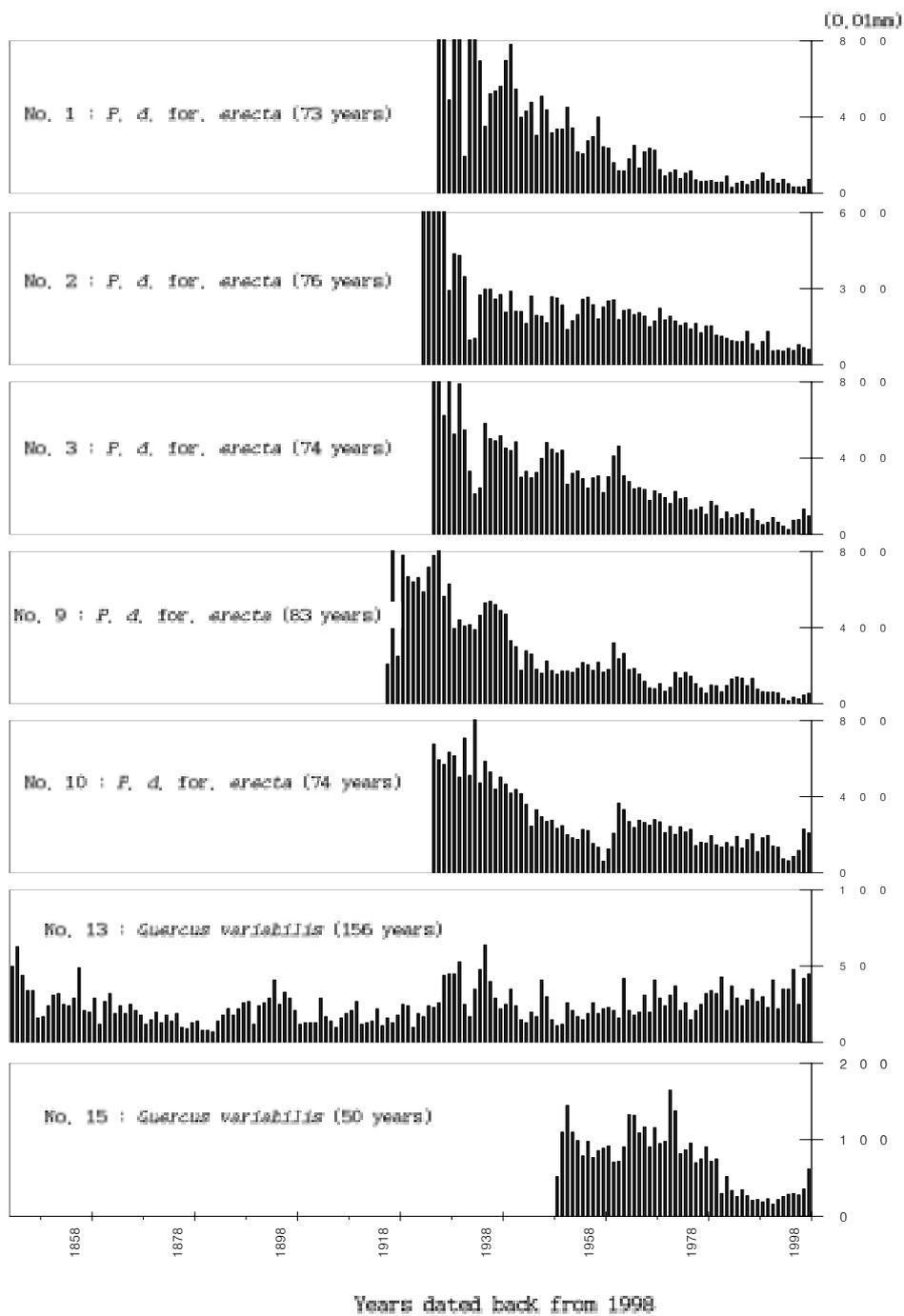


Fig. 2-8. Radial growth patterns and ages of major trees at Site 1.

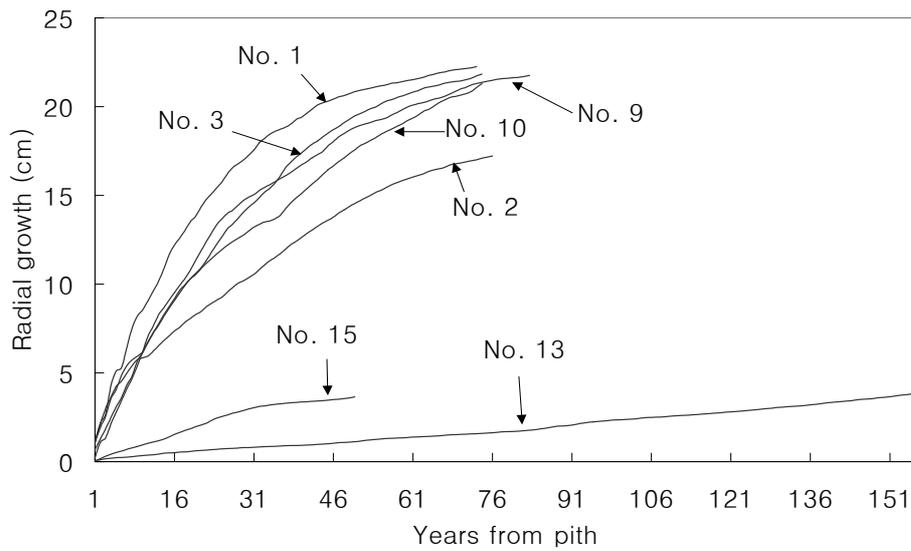


Fig. 2-9. Growth curves(line) of major individuals in competition relationships between each others show the early growth patterns by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1998 at Site 1.

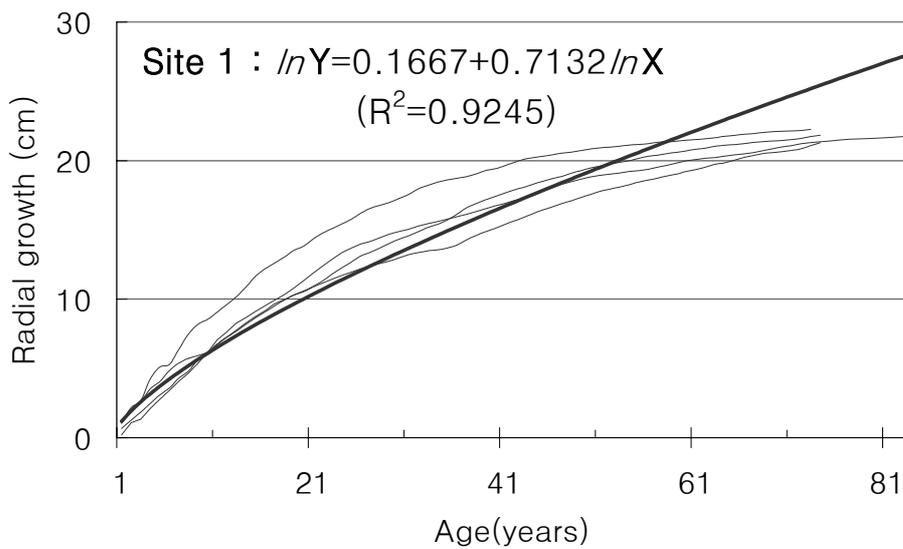


Fig. 2-10. Growth curves(line) and regression lines(solid line) obtained from the width of annual ring. Growth curves were made by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1998 for major individuals of tree layer at Site 1.

는 신갈나무가 우점도와 군도가 3.3으로 가장 높았으며, 쪽동백나무, 굴참나무, 서어나무 등이 우점도와 군도가 1.1로 나타났으며, 관목층을 구성하는 종으로는 생강나무 3.3, 당단풍 2.2, 쇠물푸레 3.3, 조록싸리 3.3, 신갈나무 1.1, 철쭉꽃 1.1, 참회나무 1.1, 기타 광대싸리, 머루 등의 우점도 및 군도순으로 출현하고 있었으며, 초본층에서는 대사초가 2.2로 우점도가 높았으며, 그밖에 맑은대쭉, 비비추, 둥굴레 등의 종들이 출현하였다.

조사지 1에 대한 금강소나무림의 반경생장특성을 밝히기 위하여, 그림 2-7은 조사된 개체들의 공간분포 즉, 수관투영도와 임분단면도를 나타내었고, 그림 2-8은 교목성 수종의 주요 개체목에 대한 경년변화를 나타낸 것이다. 그림 2-9와 그림 2-10에서는 개체목간의 성장비교를 위한 성장곡선과, 교목층을 이루는 금강소나무 개체들을 중심으로 성장회귀식을 산출하여 성장곡선을 나타내었다.

그림 2-7은 계곡부의 금강소나무림에 대한 수관투영도와 임분단면도로서 개체목 1, 2, 3, 9, 10번의 금강소나무가 상층임관의 대부분을 메우고 있었고, 중하층에는 신갈나무, 굴참나무, 쪽동백나무, 당단풍 등이 생육하고 있었다. 고사목은 8번과 12번으로 고사목 주위로 gap이 많이 생겼으나 6번과 11번 신갈나무와 15번 굴참나무가 수관을 gap 내로 확장하고 있었으며, 치묘치수의 발생은 gap 주위보다는 오히려 상층임관이 폐쇄된 곳에 굴참나무 4개체, 당단풍나무 22개체, 쪽동백나무 16개체, 고로쇠나무 2개체, 서어나무 2개체의 치묘치수들이 분포하고 있었다. 수목의 연륜은 개체목 혹은 임분단위에서 수목이 어떠한 환경하에 생육하였는가를 나타내는 중요한 생물지표이다. Nakashizuka(1984)는 gap 형성시에 실생의 연륜폭이 증가하므로 연륜해석에 의해 삼림의 성립연대와 성립과정의 해석이 가능하다고 하였고, 수목의 생육환경(임목의 경쟁관계, 기후요소, 병충해피해 등)은 고립목이나 거목의 연륜폭의 광협패턴의 변화로서 기록되고 있는 것은 널리 알려져 있으며(Fritts, 1976, ; 波田善夫, 1987), 品田(1984)은 赤城山の 연륜해석에서 적송연륜폭의 시계열변동은 적송군락의 구조가 관계하는 것, 적송의 내적 형질이 관계하는 것, 외적환경요인이 관계하는 것이 있다고 하였다. 그림 2-7은 조사지 1의 금강소나무림에 있어서 개체목 1, 2, 3, 9, 10번의 금강소나무와 개체목 13, 15번의 굴참나무에 대한 경년변화를 나타낸 것인데, 1번 금강소나무 개체는 수령이 73년으로 1930년경에 생장의 둔화가 나타났

으며, 그 이후 약 5년 주기로 광협의 성장폭을 보이며 생장이 감소하다가, 1968년 이후엔 거의 연륜생장이 급격히 감소하고 있다. 2번 금강소나무의 개체는 76년생으로 1번 개체와 마찬가지로 1930년경에 생장이 급격히 둔화된 후 바로 회복되어 1968년까지 약 5년 정도의 주기로 광협적 성장폭을 나타내며 점차 느린 성장추세이다가, 1968년도 이후엔 광협의 연륜폭은 크게 나타나지 않지만 3년간 성장량은 급격히 감소하여 1968년의 1/2에 달하였다. 3번 개체는 74년생의 금강소나무개체로 2번 개체와 비슷한 성장을 보이고 있으나 1993년 이후에 점차 성장속도가 증가하였다. 9번 개체는 83년생의 금강소나무개체로 생장이 10년 이상의 주기로 급격한 변화의 폭을 보이며 전체적으로 감소하는 추세로 나타났으나 4~5년 전부터 생장이 증가하고 있었다. 10번 개체는 74년생의 금강소나무로 1958년까지 점차 감소하다가 1958년부터 다시 급격히 증가하였다가 점차 감소추세이었는데 1993년 이후엔 다시 증가추세이다. 13번 개체는 수령이 156년의 굴참나무 개체로 본 조사지에서 가장 수령이 오래 되었으며, 1880년까지 감소추세이었으나 그 이후에 약 6년 정도의 주기로 광협적 성장패턴을 나타내고 있고, 1930년경 급격한 생장의 둔화시기가 있었고, 1945년 이후에 점차 증가추세이었다. 15번 개체는 수령 50년의 굴참나무 개체로 1978년까지는 생장이 13번 개체보다 훨씬 좋았으나 1978년 이후에 성장폭이 반으로 줄었으며 그 이후 점차 증가추세에 있다.

1930년경에 7개 개체목 모두 생장이 둔화하는 것으로 나타났고, 다른 조사지에서도 1930년경에 생장이 어느정도 둔화하는 경향을 보였으므로, 이는 조사지 1번의 국소적 미기후의 환경요인이라기 보다는 어떤 대교란요인들(산불, 가뭄, 한파, 병해충, 폭설) 중 어떤 한 요인이 발생하여 성장제한요인으로 작용하였기 때문으로 생각된다. 기타 경년변화가 모두 일치하는 연도는 확인 할 수 없었으나 1995년경부터 13번과 15번의 중하층의 굴참나무와 상층목 10번 금강소나무 개체가 생장이 동시에 증가하였는데 이는 12번의 금강소나무가 1995년경에 limefall 유형으로 부러져 고사되었음을 반영한다.

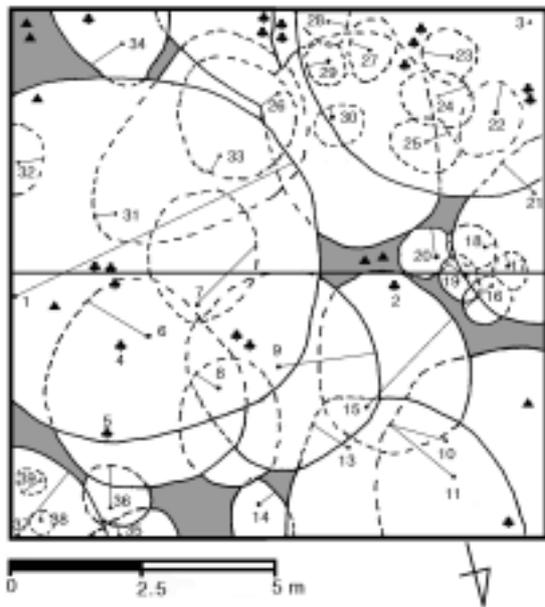
그림 2-9의 주요 개체목의 성장곡선에서 상층을 구성하는 1, 2, 3, 9, 10번의 금강소나무 개체는 유령기부터 생장이 왕성하였고 대신 중하층을 구성하는 13,15번의 굴참나무 개체는 각각 156년생, 50년생이지만 성장량이 금강소나무 성장량에 비해

1/10 정도밖에 되지 않았다. 생장이 좋은 1, 3, 9, 10번의 금강소나무 개체들의 생장에 대한 회귀식을 구한 결과 그림 2-10에서와 같이  $\ln Y = 0.1667 + 0.7132 \ln X$ 로 나타났다.

조사지 2는 소광천에서 갈라지는 좌측임도를 따라 백병산 쪽으로 올라 가다가 임도우측계곡을 지나 사면에 설치하였다. 본 조사지는 전형적인 사면중부로서, 해발 790m, 방위 N80W, 경사 40°, 노암율 10%로 나타났으며, 교목층의 우점종은 금강소나무로 수고와 식피율은 각각 약 20m와 50%이었고, 아교목층의 우점종도 금강소나무로 수고와 식피율은 각각 약 12m와 65%이었으며, 관목층의 주우점종은 진달래로 수고와 식피율은 각각 2m와 40%, 초본층의 주우점종은 기름새로 식피율은 20%이었다. 교목층을 구성하는 수종은 금강소나무뿐이고, 아교목층을 형성하고 있는 수종으로는 금강소나무가 우점도와 군도가 4.4로 높게 나타났고, 신갈나무 2.2, 박달나무 1.1로 나타났으며, 관목층을 구성하는 종으로는 진달래와 쇠물푸레나무가 우점도와 군도가 3.3으로 가장 높았고, 철죽 2.2, 금강소나무 1.1, 싸리 +의 순으로 나타났으며, 초본층은 기름새가 우점도와 군도가 2.2로 가장 높았고, 그밖에 산거울, 삽주 등이 다소 출현하고 있었다.

조사지 2에 대한 금강소나무림의 반경생장특성을 밝히기 위하여 그림 2-11은 사면중부의 금강소나무림에 대한 수관투영도와 임분단면도를 나타낸 것으로서 개체목 1, 3번 금강소나무가 상층임관의 약 50%를 점유하고 있었으며, 신갈나무는 중층에 7개체가 생육하고 있으며, 하층에는 대부분이 금강소나무 개체이었다.

금강소나무 유령 개체들은 gap 주위에 집단적으로 많이 분포하고 있으며, 또한 gap이 없는 지역, 즉 상층임관이 밀폐된 곳에도 집단적으로 분포하고 있었으나 이중에 19개체가 Nakashizuka(1984)와 조도순(1992)의 고사유형중 standing dead 형으로 고사되어 있었다. 치묘치수는 7개체로 대부분 gap 내 또는 gap 주위에 산생하였다. 임분단면도에서 알 수 있듯이 본 조사지는 층위별 종조성이 확연히 달랐다.



No.	Species	Height (m)	DBH (cm)	Crown Height (m)
1	<i>P. d. for. erecta</i>	20	50	12
2	dead <i>P. d. f. erecta</i>	9	46	-
3	<i>P. d. f. erecta</i>	20	58	10
4	dead <i>P. d. f. erecta</i>	1.5	50	-
5	dead <i>P. d. f. erecta</i>	2	50	-
6	<i>P. d. f. erecta</i>	12	18	5
7	<i>P. d. f. erecta</i>	7	8	2
8	<i>P. d. f. erecta</i>	7	8	4
9	<i>P. d. f. erecta</i>	11	16	3
10	<i>Quercus mongolica</i>	7	12	4
11	<i>Q. mongolica</i>	6	11	4
13	<i>P. d. f. erecta</i>	11	16	7
14	<i>P. d. f. erecta</i>	3	2	2
15	<i>Betula schmidtii</i>	8	11	3
16	<i>P. d. f. erecta</i>	5	6	4
17	<i>P. d. f. erecta</i>	4	5	3
18	<i>P. d. f. erecta</i>	4	4	3
19	<i>P. d. f. erecta</i>	4	4	3
20	<i>P. d. f. erecta</i>	3	3	2.5
21	<i>P. d. f. erecta</i>	10	12	5
22	<i>P. d. f. erecta</i>	7	8	4
23	<i>P. d. f. erecta</i>	4	5	3
24	<i>P. d. f. erecta</i>	4	4	3
25	<i>P. d. f. erecta</i>	4	5	3.5
26	<i>Q. mongolica</i>	6	14+9	3
27	<i>P. d. f. erecta</i>	5	5	4
28	<i>P. d. f. erecta</i>	3	2	2
29	<i>P. d. f. erecta</i>	3	2	2
30	<i>P. d. f. erecta</i>	4	3	3
31	<i>Q. mongolica</i>	6	8	2
32	<i>P. d. f. erecta</i>	4	4	3
33	<i>Q. mongolica</i>	3	6+4	1
34	<i>Q. mongolica</i>	5	7	3
35	<i>P. d. f. erecta</i>	4	3	2
36	<i>P. d. f. erecta</i>	4	5	2
37	<i>Q. mongolica</i>	7	5	4
38	<i>P. d. f. erecta</i>	4	2	3
39	<i>P. d. f. erecta</i>	3	2	2
♣ dead <i>P. d. f. erecta</i> : 19 individuals				
▲ seedling and sapling of <i>P. d. f. erecta</i> : 7 individuals				

Fig. 2-11. Diagrams show the spatial distribution of individual trees and crown projection(left above), stand profile(left below) and legends of individual trees(right table) at Site 2.

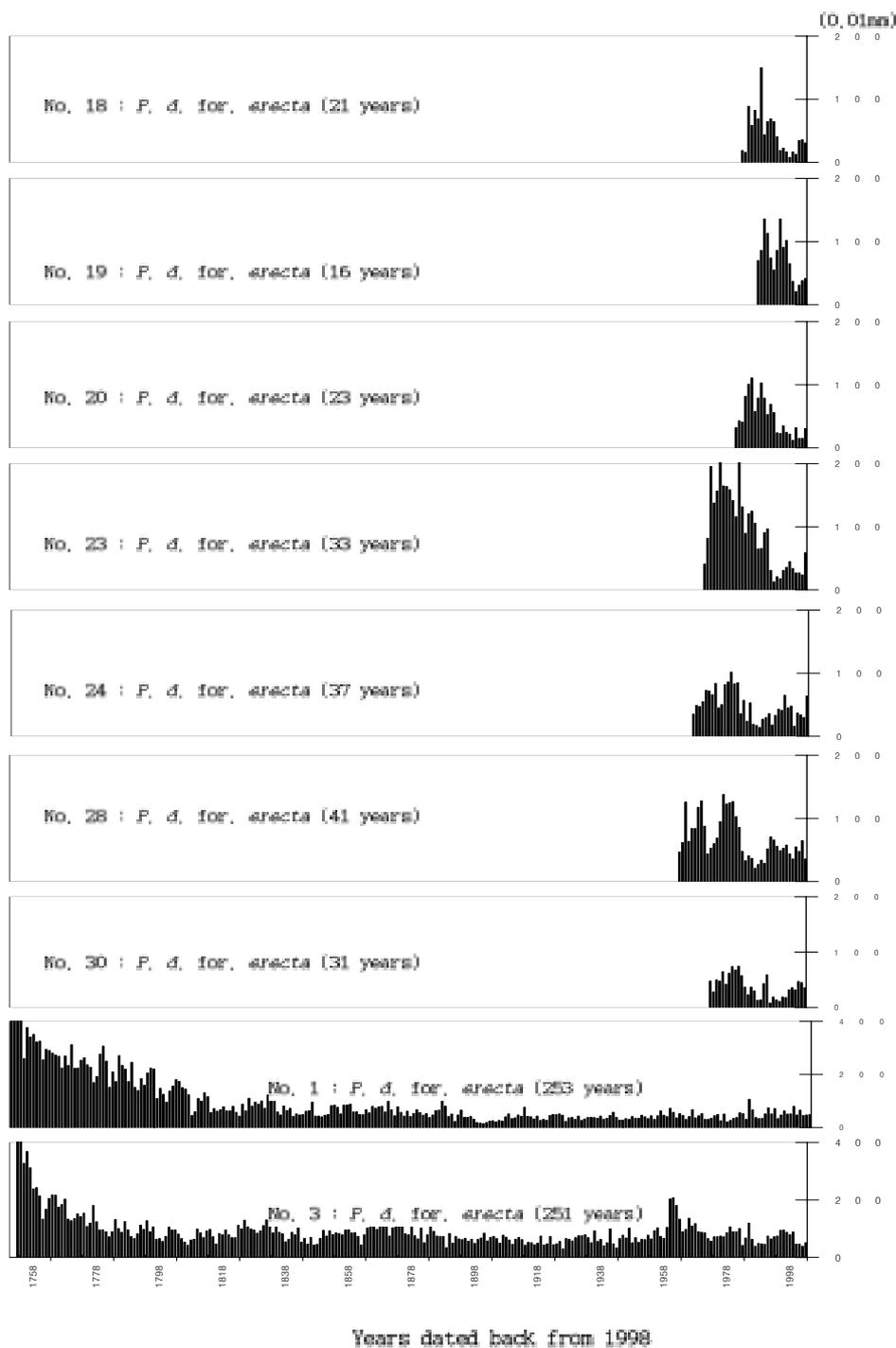


Fig. 2-12. Radial growth patterns and ages of major trees at Site 2.

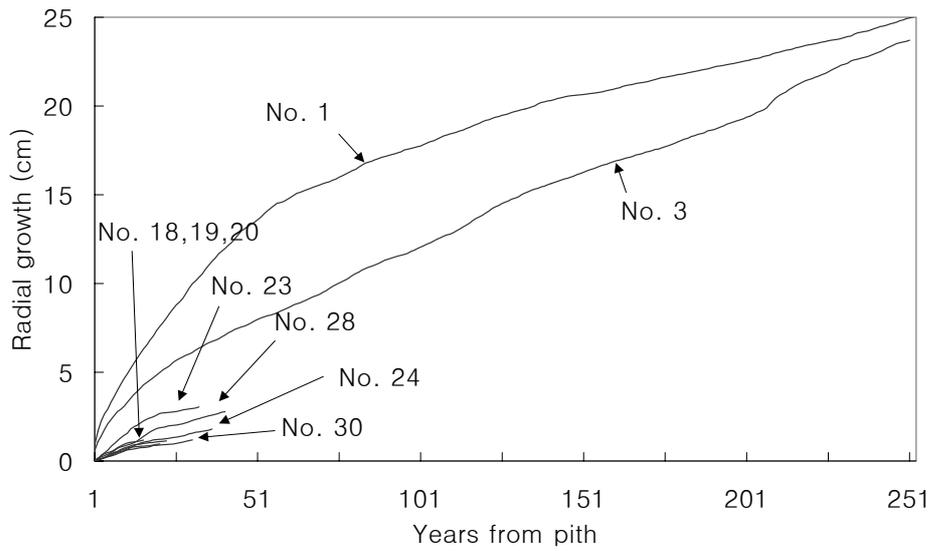


Fig. 2-13. Growth curves(line) of major individuals in competition relationships between each others show the early growth patterns by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1998 at Site 2.

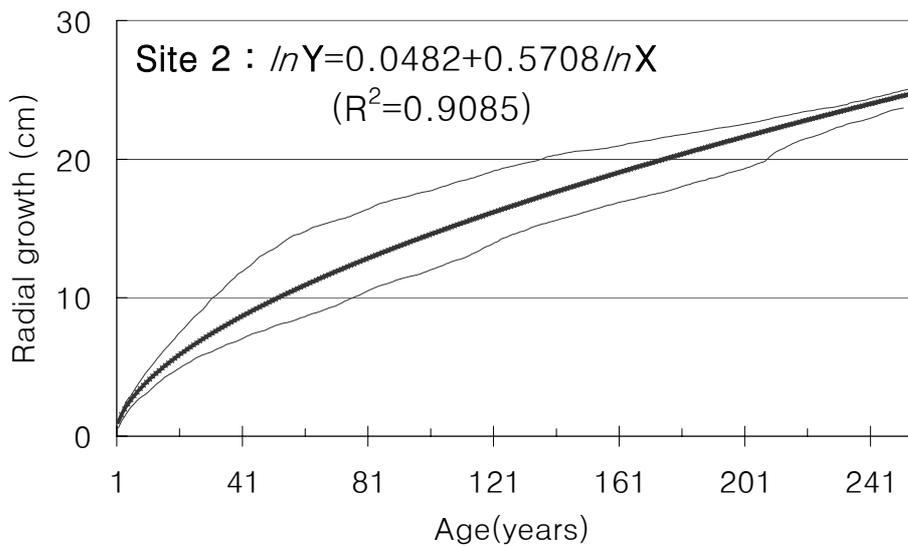


Fig. 2-14. Growth curves(line) and regression lines(solid line) obtained from the width of annual ring. Growth curves were made by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1998 for major individuals of tree layer at Site 2.

조사지 2의 개체들이 어떠한 환경 하에서 생육하였는가를 파악하고, 삼림의 성립 연대와 생육환경(임목의 경쟁관계) 등을 해석함과 동시에 앞으로의 천이방향을 밝히 고자(Nakashizuka, 1983 ; Fritts, 1976 ; 品田, 1984), 주요 개체목들(18, 19, 20, 23, 24, 28, 30, 1, 3)의 경년변화를 그림 2-12에 나타내었다.

18번 금강소나무 개체는 수령이 21년으로 초기 5년간 생장이 증가하다가 1994년경 까지 감소추세이었으며, 1994년 이후에 다시 증가하기 시작하였다. 19번 금강소나무 개체는 수령 16년으로 초기 3년은 증가하였으며, 그 이후 3~4년 주기로 광협적 생장패턴을 보이고 있었는데, 1994년부터 약간 증가추세에 있었다. 20번 금강소나무 개체는 수령 23년으로 처음 4~5년엔 증가폭을 보이다가 광협폭을 보이며 감소추세를 나타내었고, 1987년부터는 거의 생장이 멈춰진 상태로 유지되었다. 23번 금강소나무 개체는 수령 33년으로 20번 개체와 비슷한 광협패턴이었으나 광협폭이 컸으며, 1987년 이후엔 생장이 상당히 둔화되었다. 24번 금강소나무 개체는 수령 37년으로 처음 7~8년간은 생장폭이 증가하다가 감소하였으며 다시 5년간 증가하다가 점차 감소하는 추세이었다. 28번 금강소나무 개체는 수령 41년으로 광협패턴이 다른 개체 목과 유사하지만 1960년 전후로 생장이 급격히 감소되었으며, 또한 1980년 전후로 7~8년간 생장의 둔화기간이 나타났다. 30번 금강소나무 개체는 수령 31년으로 생장이 가장 나뻣으며 1980년 전후에 생장이 감소되었다. 1번 금강소나무 개체는 수령 253년으로 가장 오래된 개체이며, 약 5년정도의 광협패턴으로 50년간 1800년까지 감소추세를 보이다가 거의 아주 일정하게 느린 생장폭으로 유지되어 왔다. 3번 금강소나무 개체는 수령 251년으로 1번 개체보다 2년 정도 수령이 적으나 1번보다 훨씬 큰 광협폭을 나타내고, 1953년엔 급격한 연륜폭의 증가가 보였다. 1번 개체와 3번 개체의 공통점은 수령이 250년 이상되면서 2년밖에 차이가 나지 않는다는 점으로 유사한 환경에서 치묘치수가 발생하였음을 의미한다.

그림 2-13의 주요 개체목의 생장곡선에서 상층을 구성하는 1, 3번의 금강소나무 개체는 유령기부터 생장이 왕성하였고 1번 개체는 50년까지 생장이 좋았고, 3번 개체는 거의 직선형으로 생장이 지속되고 있다. 하층을 구성하는 23, 24, 28, 30번 등의 금강소나무 개체는 1번과 3번의 개체목과는 유령생장의 차이가 크므로 초기단계의 생육조건이 다름을 반영한다. 즉 현재의 피압하에서 생육하는 전생치수로 존재

하고 있는 하층개체목들보다 상층을 점유하는 1, 3번 개체목의 초기 비대생장속도가 훨씬 높으므로 생육조건(경쟁, 토양, 광)이 좋았을 것으로 사료되었다. 이는 김성덕 등(1995)의 경북 불영계곡 금강소나무림의 재생과정에서 상층목과 하층목의 초기단계 즉 유령단계에 생장조건이 달랐다는 연구결과와 일치하였다.

생장이 좋은 1,3번 금강소나무 개체들의 생장에 대한 회귀식을 구한 결과 그림 2-14와 같이  $\ln Y = 0.0482 + 0.5708 \ln X$ 로 나타났다. 이는 조사지 1의 계곡부보다 훨씬 생장이 느린 것으로 나타났다.

조사지 3은 소광천에서 백병산 쪽으로 향하는 임도따라 올라가다가 조사지 2의 다음 능선에 설치하였다. 본 조사지는 전형적인 능선부로서, 해발 750m, 방위 S70W, 경사 20°, 노암율 0%로 나타났으며, 교목층의 우점종은 금강소나무로 수고와 식피율은 각각 약 20m와 80%이었고, 아교목층의 우점종도 금강소나무로 수고와 식피율은 각각 약 8m와 30%이었으며, 관목층의 주우점종도 금강소나무로 수고와 식피율은 각각 3m와 20%, 초본층의 주우점종은 구절초로 식피율은 20%이었다. 교목층을 구성하는 수종은 금강소나무뿐이고, 아교목층을 형성하고 있는 수종으로는 금강소나무가 우점도와 군도가 3.3으로 높게 나타났고, 신갈나무는 1.1로 출현하고 있었으며, 관목층을 구성하는 종으로는 금강소나무 2.2, 꼬리진달래 1.1, 철쭉꽃 1.1, 쇠물푸레나무 1.1, 싸리 + 순으로 출현하였으며, 초본층은 구절초 2.2, 기름새 1.1, 산겨울 1.1, 꽃머느리밥풀 +, 그밖에 맑은대쭉 삽주 등이 출현하고 있었다.

조사지 3에 대한 금강소나무림의 반경생장특성을 밝히기 위하여, 조사된 개체들의 공간분포 즉, 수관투영도와 임분단면도를 그림 2-15에 나타내었고, 그림 2-16에 교목성 수종의 주요 개체목에 대한 경년변화를 나타내었으며, 그림 2-17과 그림 2-18에서는 개체목간의 생장비교를 위한 생장곡선과, 교목층을 이루는 금강소나무 개체들을 중심으로 생장회귀식을 산출하여 생장곡선을 나타내었다.

그림 2-15는 능선부의 금강소나무림에 대한 수관투영도와 임분단면도로서 개체목 1, 6, 7, 17, 44번 등의 금강소나무 개체가 상층임관을 점유하고 있었으며, 신갈나무는 중하층에 2개체가 생육하고 있으며, 하층에는 대부분 금강소나무 개체이었다.

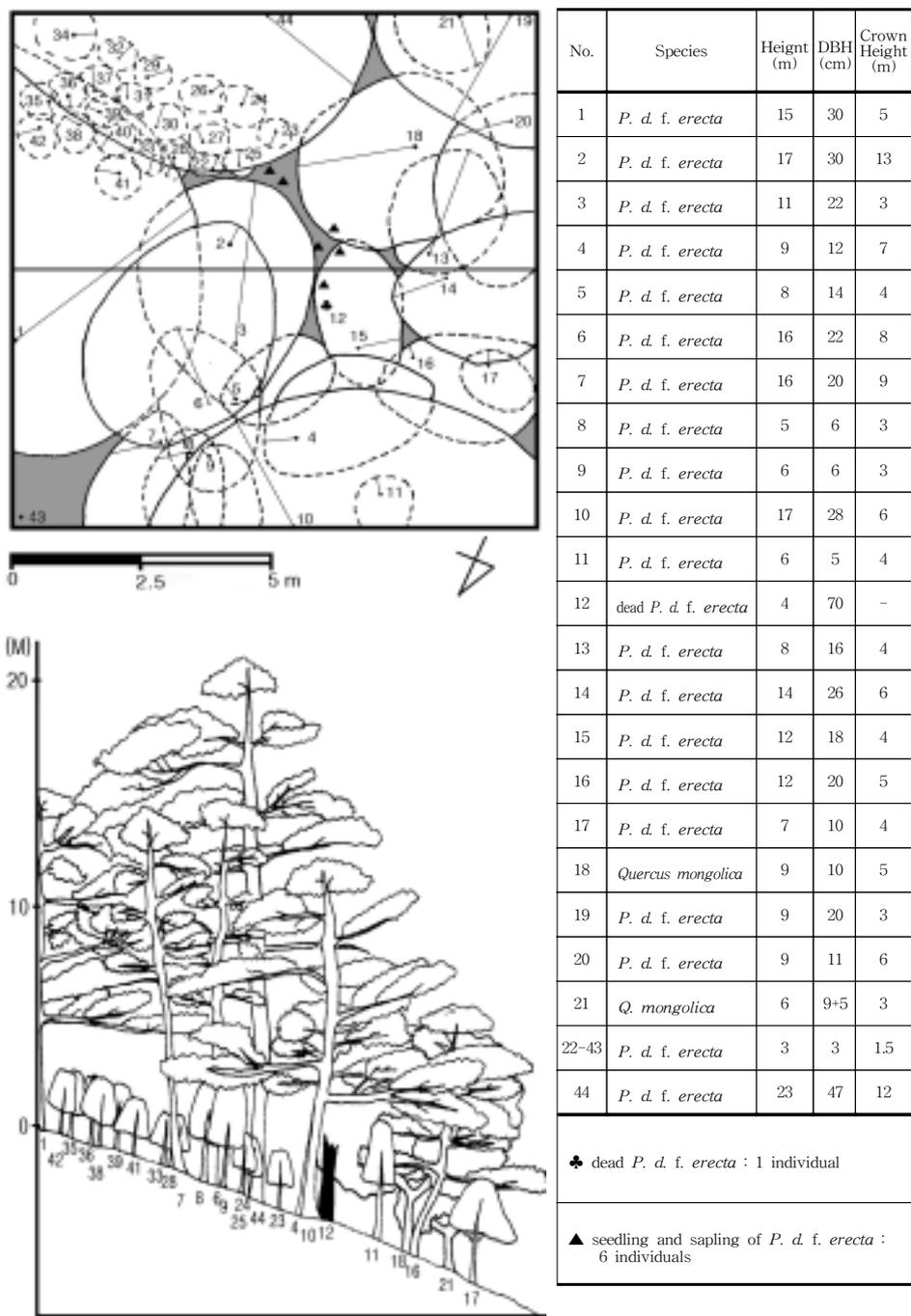


Fig. 2-15. Diagrams show the spatial distribution of individual trees and crown projection(left above), stand profile(left below) and legends of individual trees(right table) at Site 3.

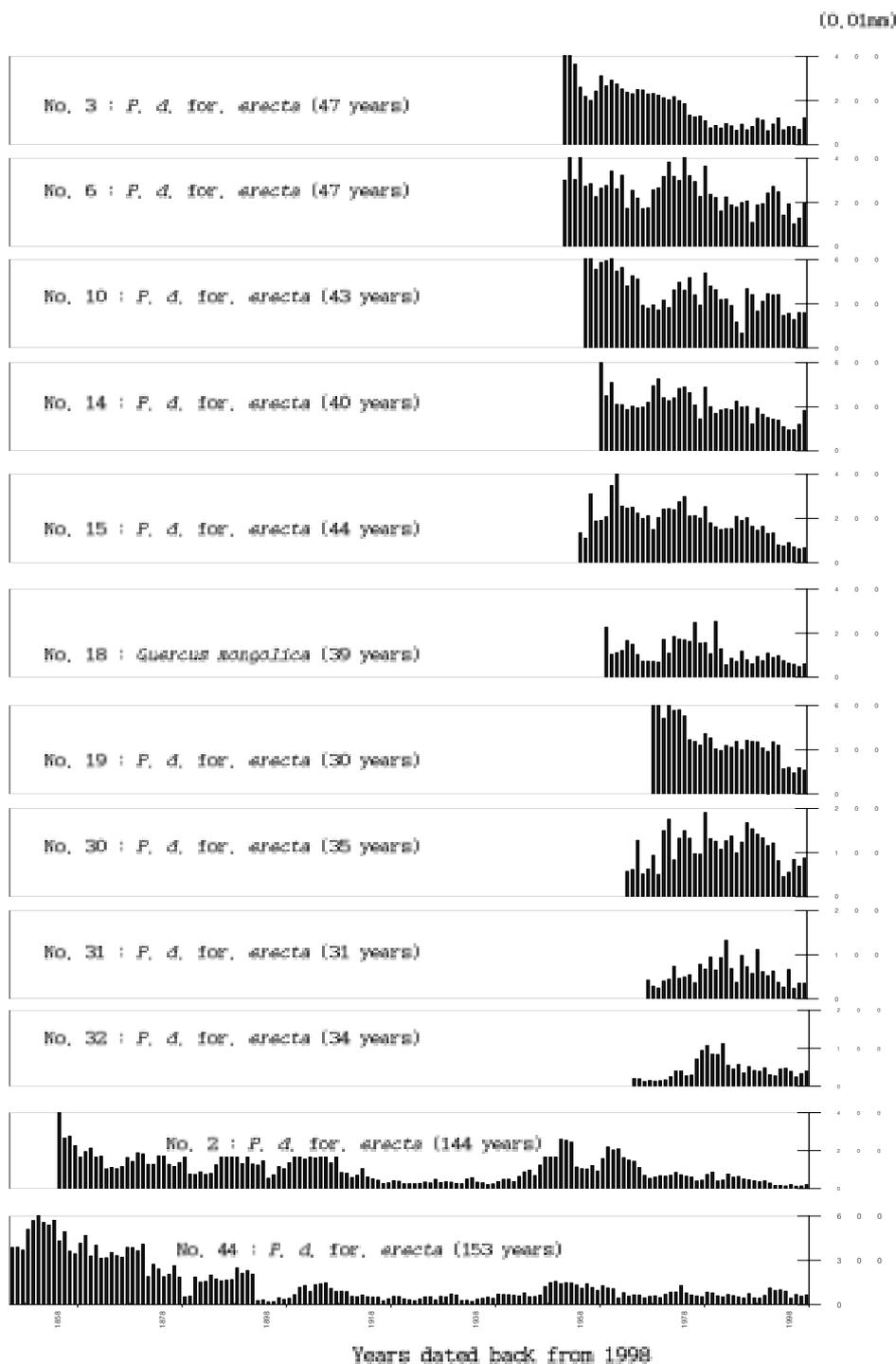


Fig. 2-16. Radial growth patterns and ages of major trees at Site 3

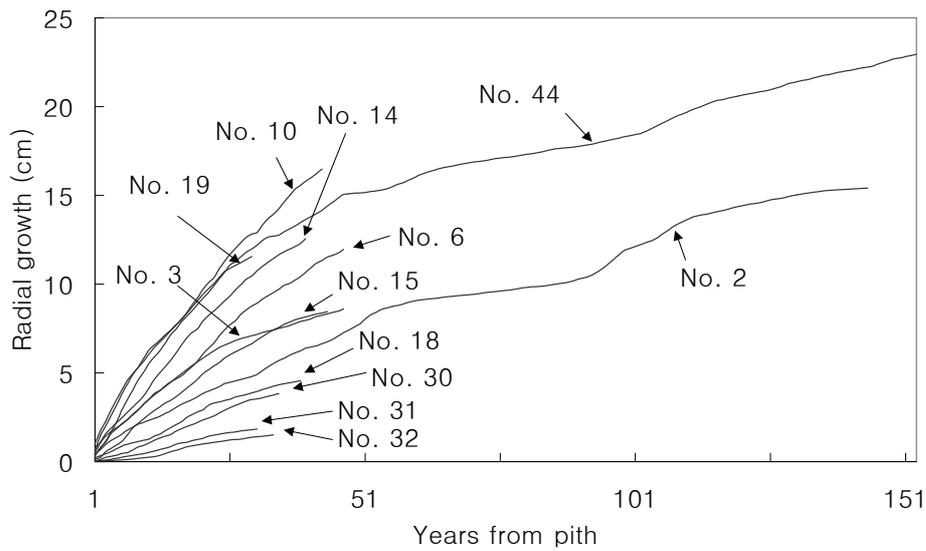


Fig. 2-17. Growth curves(line) of major individuals in competition relationships between each others show the early growth patterns by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1998 at Site 3.

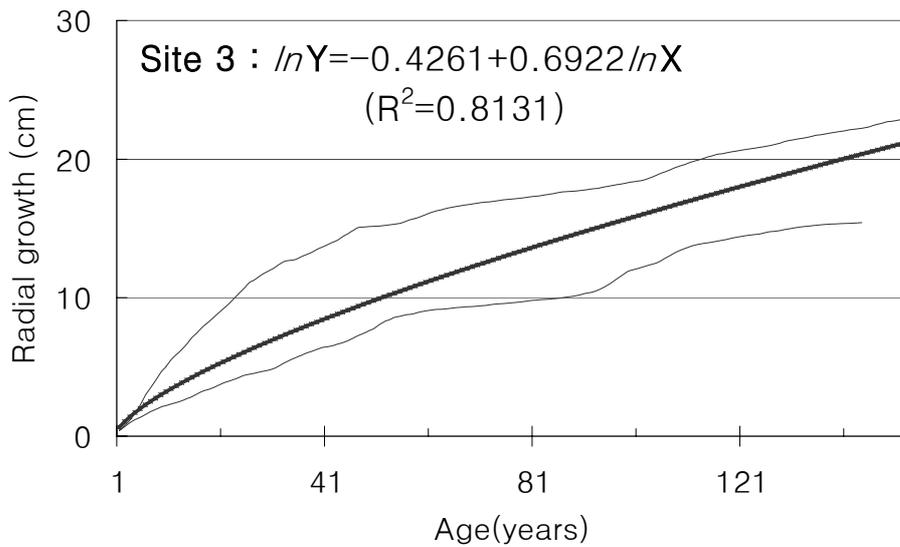


Fig. 2-18. Growth curves(line) and regression lines(solid line) obtained from the width of annual ring. Growth curves were made by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1998 for major individuals of tree layer at Site 3.

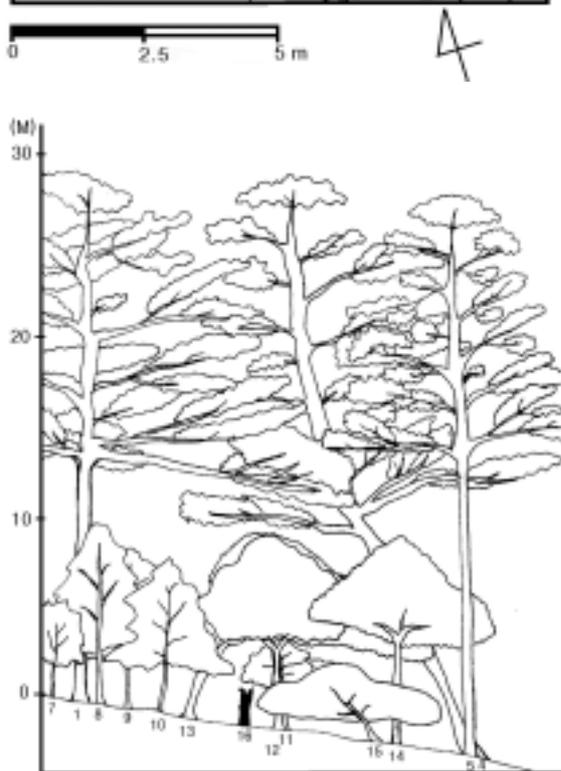
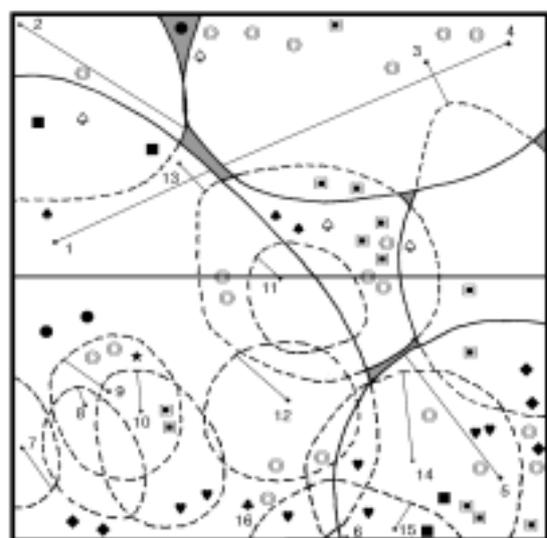
조사지 3의 개체들이 어떠한 환경하에 생육하였는가를 파악하고, 삼림의 성립연대와 생육환경(임목의 경쟁관계) 등을 해석함과 동시에 앞으로의 천이방향을 밝히고자 (Nakashizuka, 1983 ; Fritts, 1976 ; 品田, 1984), 주요 개체목들(3, 6, 10, 14, 15, 18, 19, 30, 31, 32, 2, 44)의 경년변화를 그림 2-16에 나타내었다. 3번 금강소나무 개체는 수령이 47년으로 2번의 상층수관하에서 생육하며 gap 쪽으로 수관폭을 확장하고 있었다. 경년변화는 처음 5년간 감소하다가 다시 3년간 증가한 후 점차 감소추세이었다. 6번 금강소나무 개체도 수령 47년으로 2번과 10번의 상층수관 사이에 위치하였는데, 3번 개체목보다 심한 광협패턴을 보이며 생장이 양호하였다. 10번 금강소나무 개체목은 수고가 17m로 높고 수관폭도 넓었지만, 수령은 43년에 불과하고 주위 개체목들과의 경쟁에서 우위를 차지하는 것으로 판단되었다. 10번 개체목은 2회 이상의 성장제한요인의 작용을 받은 것으로 나타났다. 그러나 14번 금강소나무 개체는 수령 40년으로 생장이 점차 감소되었다. 15번 금강소나무 개체는 수령 44년으로 처음에 약간의 광협패턴을 보이다가 점차 감소추세이었다. 18번 개체는 신갈나무로 수령이 39년이었으며, 수령은 주위 금강소나무와 비슷하지만 생장은 상당히 느린 편이었다. 19번 금강소나무 개체는 수령 30년으로 처음에 호생장을 하였으나 광협적인 성장패턴이 없이 급격히 생장이 감소하였다. 30, 31, 32번 개체목은 모두 금강소나무 개체로 수령이 각각 35년, 31년 34년이었고, 현재 상층이 소개된 곳에서 멀어질수록 즉 30번에서 32번쪽으로 향할수록 생장이 감소하였고, 또한 처음에는 점차 증가추세이었으며, 1980년경부터 감소추세로 전환되었으며, 단지 gap 근처에 위치하고 있는 30번은 광협패턴이 뚜렷하였으며, 1994년부터는 약간 증가추세로 나타났다. 2번 금강소나무 개체는 수령 144년으로 1878년, 1892년경에 생장이 둔화되었고, 1914년에서 1946년까지 거의 생장이 정지하고 있었으며, 1954년에서 1959년까지도 생장의 둔화시기가 있었으며, 1968년부터 점차 생장이 느려져 현재 거의 생장을 멈추고 있었다. 44번 금강소나무 개체는 수령 153년으로 2번보다 호생장을 보였으나 비슷한 경년변화가 나타났다. 즉, 1879년, 1893년 전후와, 1914년에서 1946년까지 성장제한요인의 작용으로 생장이 둔화 내지 거의 멈춘 상태이었다. 그 이후엔 약간의 광협패턴을 보이며 성장하고 있었다. 1번과 44번 개체목 사이에 출현한 많은 하층 금강소나무의 수령이 중상층을 점유하고 있는 대각선 방향의 많은 금강소나무들과 큰

수령차이가 나지 않는 점으로 미루어 12번 고사목이 차지하던 상층 임관이 소개되었기 때문인 것으로 판단되었다. 그리고 1914년에서 1946까지 생장이 거의 멈춘 사실은 명확히 설명할 수 없었으나, 1914년경에 산불 등과 같은 교란이 발생한 것은 분명하였다.

그림 2-17은 조사지 3을 구성하는 주요 개체목의 생장곡선으로, 상층을 구성하는 2, 44번의 금강소나무 개체의 초기생장과 유사한 초기생장을 하는 하층의 개체들이 많았다. 이러한 사실은 불영계곡의 금강소나무림이 상층과 하층의 유년기 생장이 달랐다고 밝힌 김성덕 등(1995)의 결과와는 상반되는 것이었다. 본 연구에서는 12번 고사목 주위의 개체목들은 노령의 상층목과 유사한 초기생장패턴을 나타내었지만, 수관이 밀폐된 곳에서 피압하에 집단적으로 분포하고 있는 개체목들은 생장속도가 상당히 느린 편이었다. 따라서 상층을 이루고 있는 개체목의 초기생장은 현재와 유사한 환경이었을 것으로 판단되었다.

생장이 좋은 2번과 44번 금강소나무 개체의 생장에 대한 회귀식을 구하여 곡선으로 나타낸 결과 그림 2-18과 같이  $\ln Y = 0.4261 + 0.6922 \ln X$ 로 나타났다. 이는 조사지 1의 계곡부와 조사지 2의 사면중부를 비교하면 중간 정도의 값으로 나타났다. 이러한 차이는 지위의 차이 때문으로 생각된다.

조사지 4는 대광천 보호수로 지정된 곳에서 임도를 따라 약 1km 정도 올라가다가 좌측 계곡부에 설치하였는데, 본 조사지는 전형적인 계곡부의 금강소나무림으로, 해발 520m, 방위 S70E, 경사 10.°, 노암율 10%로 나타났으며, 교목층의 우점종은 금강소나무로 수고와 식피율은 각각 약 30m와 80%이었고, 아교목층의 우점종은 졸참나무로 수고와 식피율은 각각 약 12m와 30%이었으며, 관목층의 주우점종은 조록싸리로 식피율은 각각 2m와 40%, 초본층은 우점종이 없이 산생하고 있었다. 교목층을 구성하는 수종은 금강소나무뿐이고, 아교목층을 형성하고 있는 수종으로는 졸참나무와 서어나무가 우점도와 군도가 2.2로 높게 나타났고, 물푸레나무와 신갈나무는 1.1로 출현하고 있었으며, 관목층을 구성하는 종으로는 조록싸리 3.3, 쇠물푸레 2.2, 팔배나무 1.1, 서어나무 1.1, 당단풍 1.1 등 많은 종들이 출현하고 있었으며, 초본층은 김의털, 기름새, 노루발, 양지꽃, 까치수영, 참취, 족도리 등이 우점도와 군도가 낮게



No.	Species	Height (m)	DBH (cm)	Crown Height (m)
1	<i>P. d. f. erecta</i>	28	55	14
2	<i>P. d. f. erecta</i>	18	31	10
3	<i>P. d. f. erecta</i>	24	30	12
4	<i>P. d. f. erecta</i>	30	58	14
5	<i>P. d. f. erecta</i>	30	43	18
6	<i>P. d. f. erecta</i>	26	56	12
7	<i>Carpinus laxiflora</i>	6	5	2
8	<i>C. laxiflora</i>	10	7	3
9	<i>C. laxiflora</i>	8	7	3
10	<i>C. laxiflora</i>	8	6	3
11	<i>C. laxiflora</i>	4	3	2
12	<i>Quercus mongolica</i>	11	8	5
13	<i>Quercus. serrata</i>	12	11	7
14	<i>Q. serrata</i>	13	12	7
15	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	3	4	1
16	dead <i>P. d. f. erecta</i>	1.5	60	-
■ seedling and sapling of <i>Q. mongolica</i> : 4 individuals				
◎ seedling and sapling of <i>Sorbus alnifolia</i> : 21 individuals				
◊ seedling and sapling of <i>Maackia amurensis</i> : 4 individuals				
▣ seedling and sapling of <i>A. pseudosieboldianum</i> : 13 individuals				
◆ seedling and sapling of <i>Q. serrata</i> : 5 individuals				
♥ seedling and sapling of <i>C. laxiflora</i> : 7 individuals				
● seedling and sapling of <i>S. obassia</i> : 6 individuals				
♠ seedling and sapling of <i>Kalopanax pictus</i> : 3 individuals				
★ seedling and sapling of <i>A. mono</i> : 1 individual				

Fig. 2-19. Diagrams show the spatial distribution of individual trees and crown projection(left above), stand profile(left below) and legends of individual trees(right table) at Site 4.

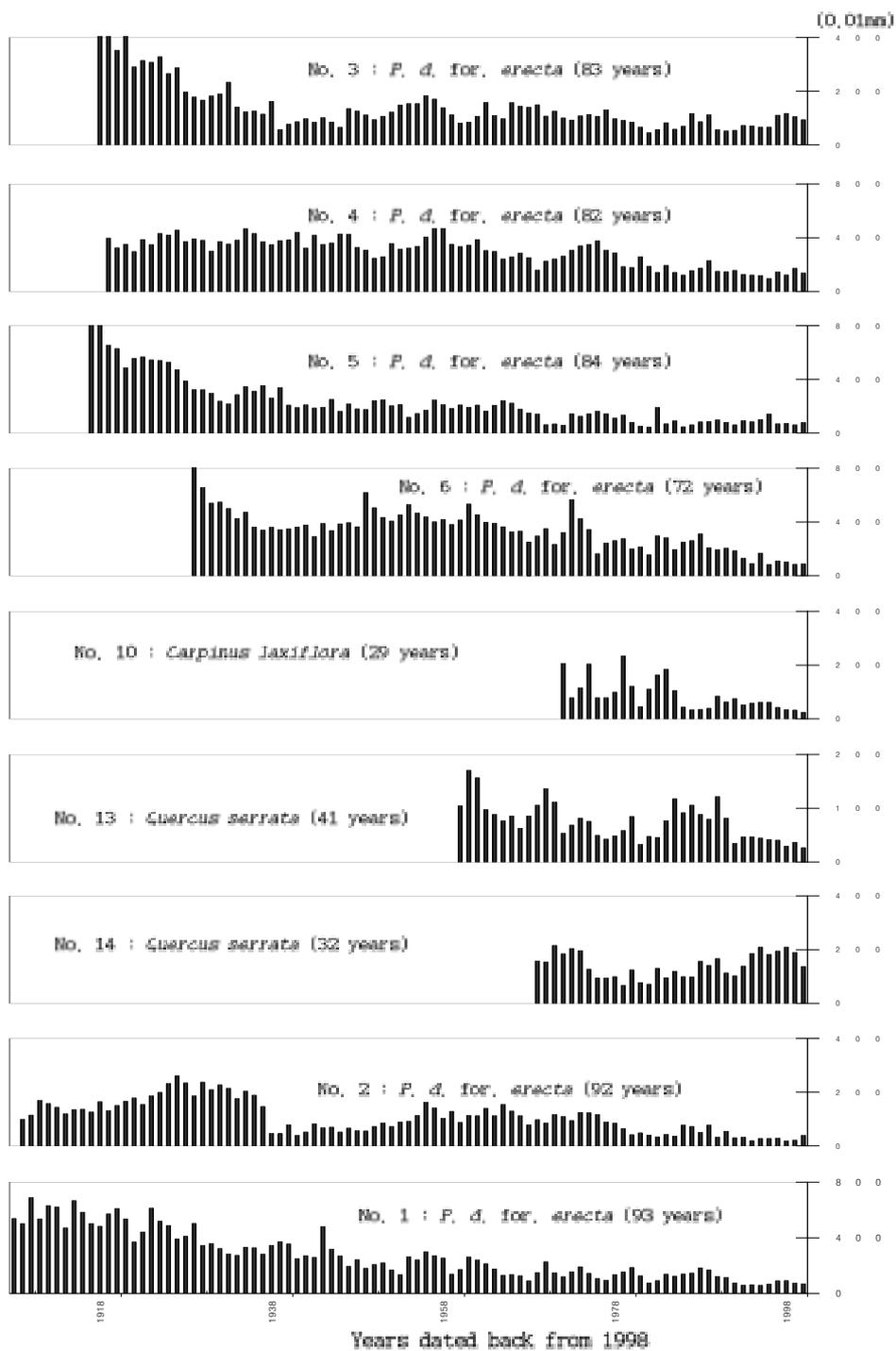


Fig. 2-20. Radial growth patterns and ages of major trees at Site 4.

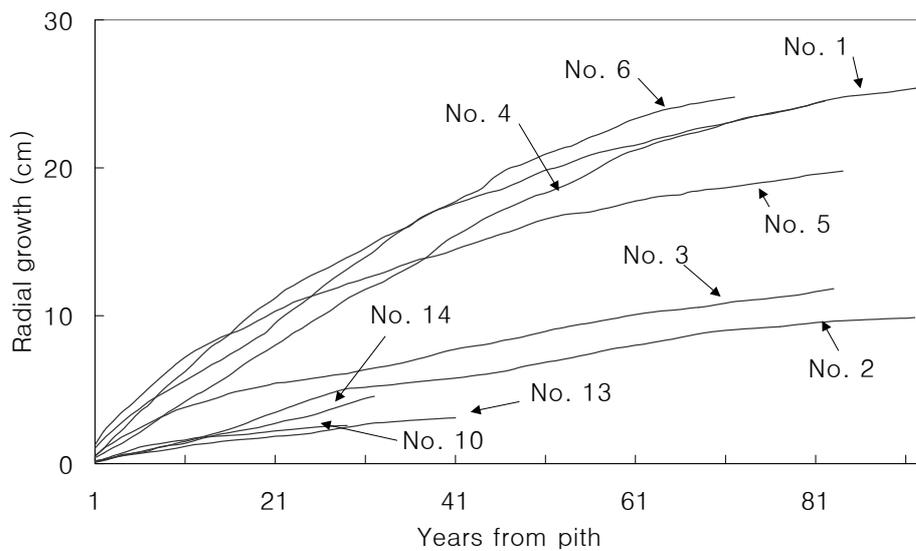


Fig. 2-21. Growth curves(line) of major individuals in competition relationships between each others show the early growth patterns by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1998 at Site 4.

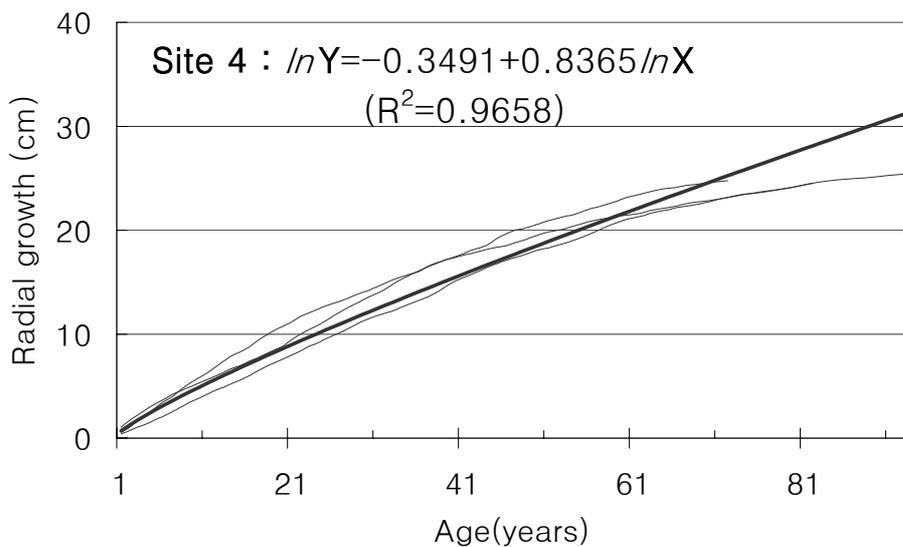


Fig. 2-22. Growth curves(line) and regression lines(solid line) obtained from the width of annual ring. Growth curves were made by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1998 for major individuals of tree layer at Site 4.

출현하고 있었다.

조사지 4에 대한 금강소나무림의 반경생장특성을 밝히기 위하여, 조사된 개체들의 공간분포, 즉 수관투영도와 임분단면도를 그림 2-19에 나타내었고, 그림 2-20에 교목성 수준의 주요 개체목에 대한 경년변화를 나타내었으며, 그림 2-21과 그림 2-22에서는 개체목간의 생장비교를 위한 생장곡선과, 교목층을 이루는 금강소나무 개체들을 중심으로 생장회귀식을 산출하여 생장곡선을 나타내었다.

그림 2-19는 계곡부의 금강소나무림에 대한 수관투영도와 임분단면도로서 개체목 1, 2, 3, 4, 5, 6번 금강소나무 개체가 상층임관을 점유하고 있었으며, 신갈나무, 서어나무, 졸참나무, 당단풍은 중하층을 높은 밀도로 점유하였다. 하층과 치묘치수에 금강소나무 개체는 전혀 출현하지 않았다. 치묘치수로는 신갈나무 4개체, 팔배나무 21개체, 다릅나무 4개체, 당단풍 13개체, 졸참나무 5개체, 서어나무 7개체, 쪽동백나무 6개체, 음나무 3개체, 고로쇠나무 1개체로 나타났다.

조사지 4의 개체들이 어떠한 환경하에 생육하였는가를 파악하고, 삼림의 성립연대와 생육환경(임목의 경쟁관계) 등을 해석함과 동시에 앞으로의 천이방향을 밝히고자 (Nakashizuka, 1983 ; Fritts, 1976 ; 品田, 1984), 주요 개체목들(3, 4, 5, 6, 10, 13, 14, 2, 1)의 경년변화를 그림 2-20에 나타내었다. 3번 금강소나무 개체는 수령이 83년으로 4번의 상층수관 하에서 생육하며 gap 쪽으로 기우러져 수관폭을 확장하고 있었다. 경년변화는 광협패턴을 보이나 급격한 생장의 변화는 보이지 않았으며 전반적으로 생장이 감소추세이었다. 4번 금강소나무 개체는 수령 82년으로 3번과의 수고 및 수관경쟁에서 우위를 차지하였고, 때문에 전반적 호생장을 하였으며, 급격한 광협패턴은 없었다. 5번 금강소나무 개체는 84년생으로 3, 4번 개체목과 비슷한 시기에 정착하였고, 고사된 16번과의 경쟁을 벌였던 것으로 생각된다. 때문에 초기엔 호생장을 하였으나 점차 생장이 둔화되었다. 6번 금강소나무 개체는 수령 72년으로 호생장을 유지하다가 약 5년 전부터 급격히 감소하였다. 10번 개체는 서어나무로 수령 29년이며, 1번 금강소나무 수관하에 생육하고 있다. 15년간 격심한 광협패턴을 보였으며, 그 이후로는 거의 생장이 멈추었다. 13번 졸참나무 개체는 수령 41년으로 1990년까지 격심한 광협패턴을 보였으며, 그 이후 갑자기 생장이 둔화되었다. 14번 졸참나무 개체는 수령 32년으로 상층의 5번 금강소나무 개체목 하에서 생육공간을

점유하고 있었으며 13번 개체목보다 낮은 광협패턴으로 호생장을 보였다. 2번 금강소나무 개체는 수령 92년으로 1934년까지 생장이 증가하였으나 그 이후로 갑자기 성장속도가 둔화되었으며, 1990년부터는 성장속도가 더욱 느리게 진행되었다. 1번 금강소나무 개체는 수령 93년으로 2번 개체와 비슷한 시기에 정착하였으나 공간경쟁에서 우위를 차지할 수 있었으므로 좀 더 나은 성장폭을 나타내었으며, 약 5년 주기로 큰 광협성장패턴을 1960년까지 나타내었으며, 그 이후로는 점차 다소 감소경향이 있었다. 1번, 2번, 5번 개체는 상층목이지만 경년변화에서 나타났듯이 최근 10년 전부터 생장이 상당히 둔화되었는데, 그 원인은 명확히 알 수 없었다.

그림 2-21은 조사지 4의 주요 개체목들에 대한 성장곡선을 나타낸 것으로 공간경쟁에서 밀려난 개체목, 즉 2번과 3번 개체는 느린 성장곡선을 나타내고 있었으며, 높은 성장곡선을 나타낸 1번 4번 등의 개체는 공간경쟁에서 우위를 차지하는 개체들이었다. 초기 10년간의 성장속도는 5번 개체가 가장 높았지만 50년 이후엔 6번, 1번, 4번, 5번 순으로 바뀌었는데, 이는 동일한 거시적 생육환경하에서도 개체목 상호간 공간점유의 경쟁 때문에 성장속도가 상당한 차이가 남을 반영하였다. 그리고 하층의 낙엽활엽수들은 우점도가 높게 출현하고 있지만 상당히 아래쪽에 위치한 곡선을 나타내었으므로, 비록 낙엽활엽수가 계곡부의 지형하에서 아무리 경쟁력이 강하다고 하더라도 중하층을 점유하고 있었으므로 성장량이 극히 제한되었다.

조사지 4에서 생장이 좋은 1, 4, 6번 금강소나무 개체의 성장에 대한 회귀식을 구하여 곡선으로 나타낸 결과 그림 2-22와 같이  $\ln Y = 0.3491 + 0.8365 \ln X$ 로 나타났다. 이는 소광리의 6개 조사지 중에서 가장 높은 값으로 나타났다.

조사지 5는 백명산과 응봉산을 잇는 주맥에서 임도를 타고 대광천 쪽으로 약 0.5km 정도 내려오다가 우측 소광리로 연결되어 있는 가장 큰 능선의 우측사면지역을 조사지점으로 설정하였으며, 본 조사지는 전형적인 사면상부의 금강소나무림으로, 해발 880m, 방위 S60W, 경사 25°, 노암율 30%로 나타났으며, 교목층의 우점종은 금강소나무로 수고와 식피율은 각각 약 17m와 70%이었고, 아교목층의 우점종은 금강소나무로 수고와 식피율은 각각 약 6m와 20%이었으며, 관목층의 주우점종은 쇠물푸레로 식피율은 각각 2m와 60%, 초본층은 꽃머느리밥풀이 우점하고 있었다. 교목

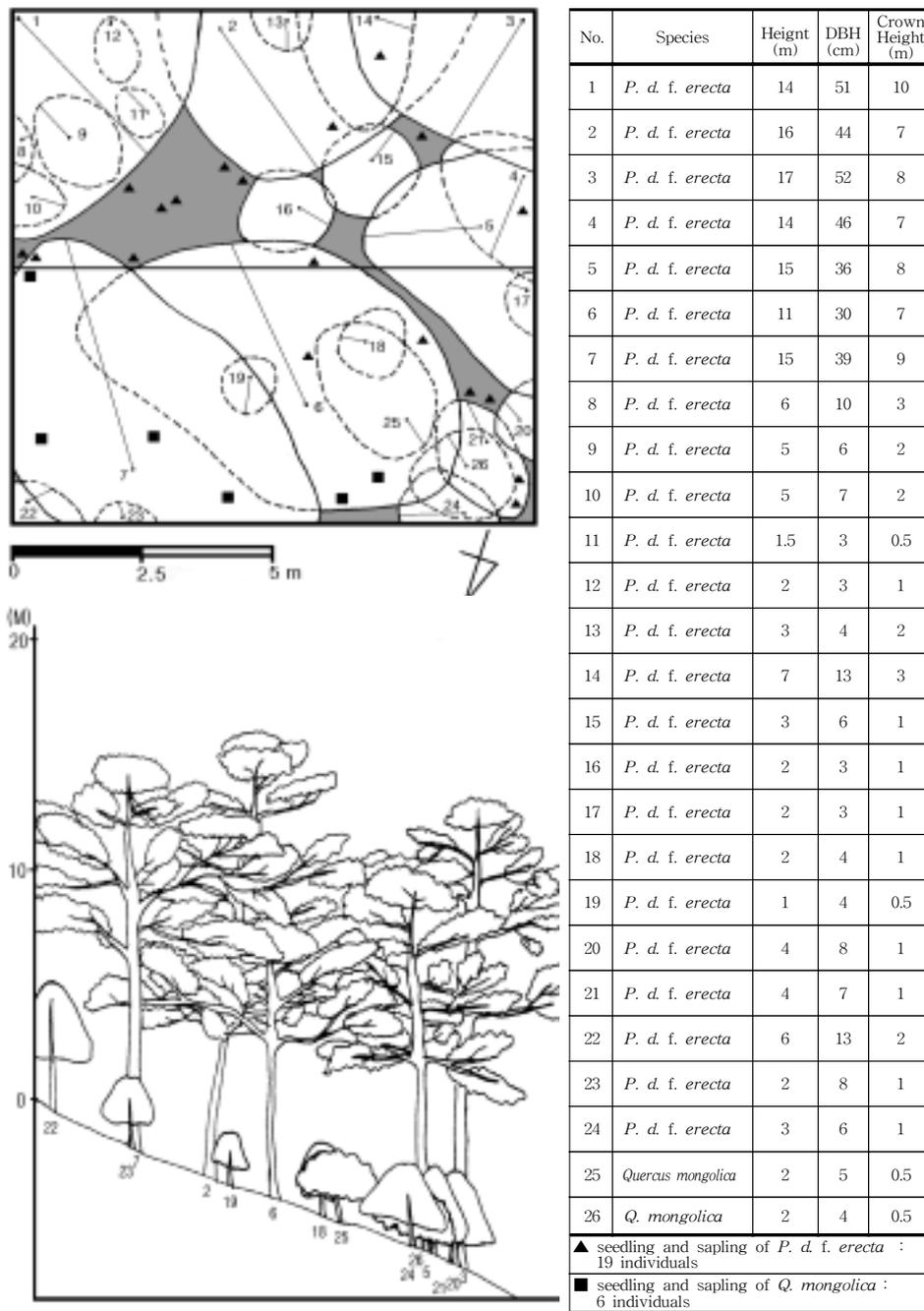


Fig. 2-23. Diagrams show the spatial distribution of individual trees and crown projection(left above), stand profile(left below) and legends of individual trees(right table) at Site 5.

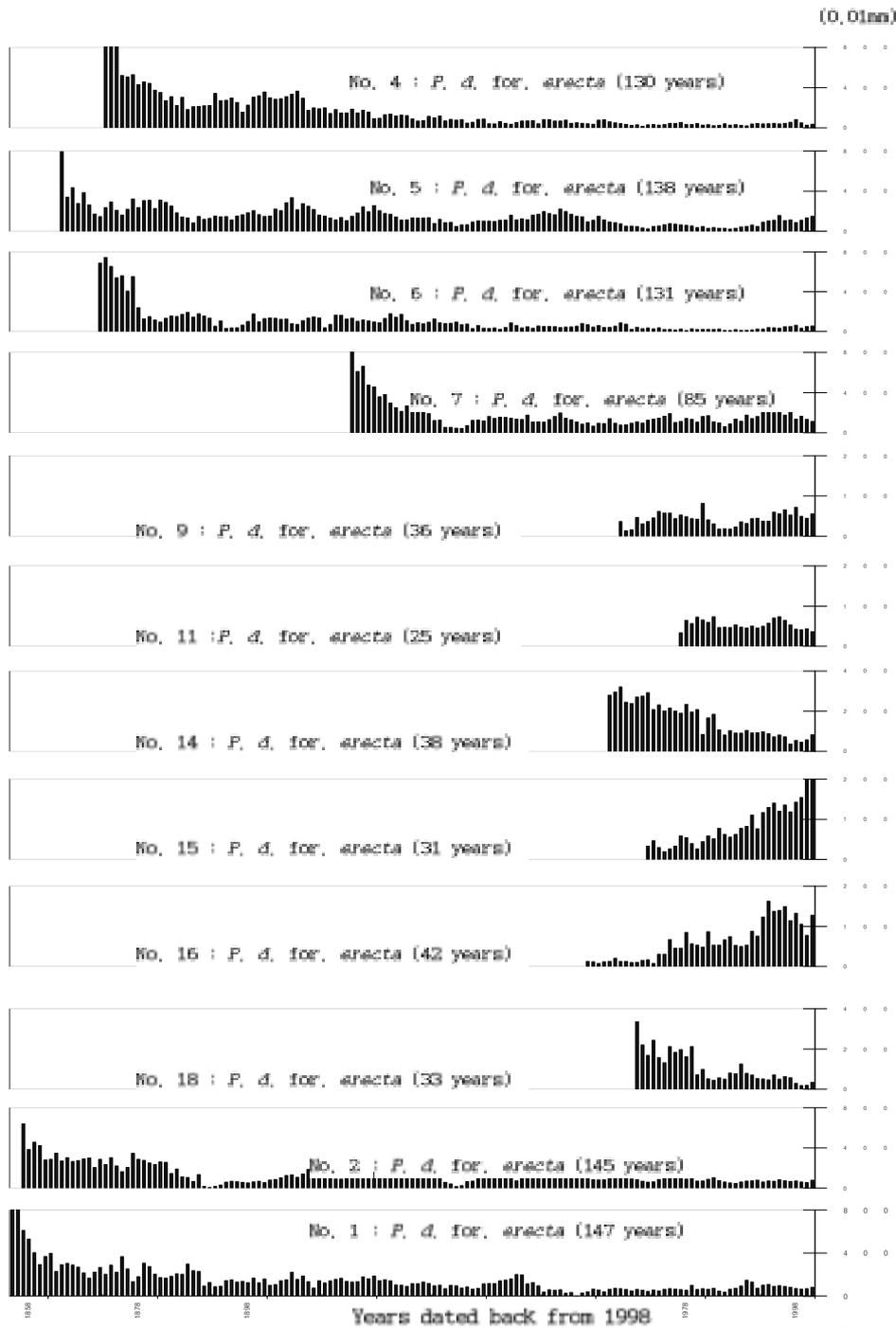


Fig. 2-24. Radial growth patterns and ages of major trees at Site 5.

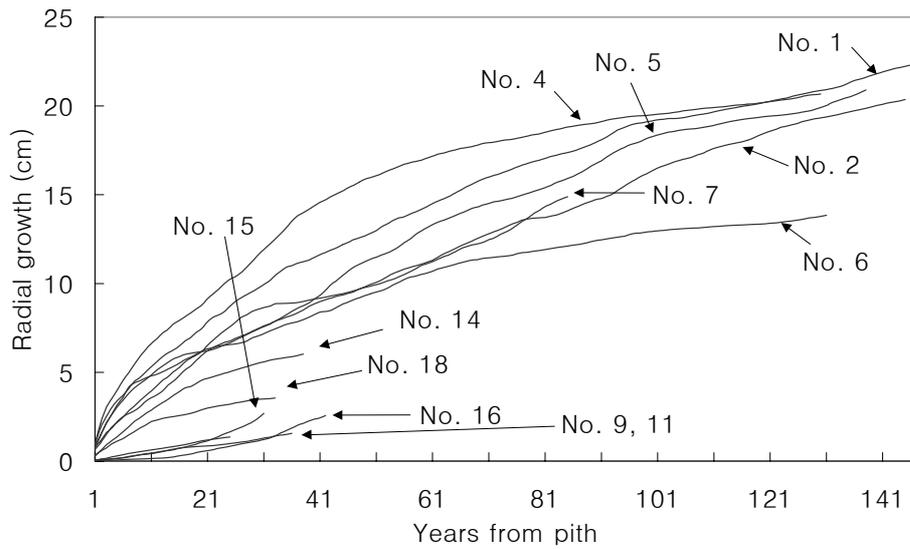


Fig. 2-25. Growth curves(line) of major individuals in competition relationships between each others show the early growth patterns by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1998 at Site 5.

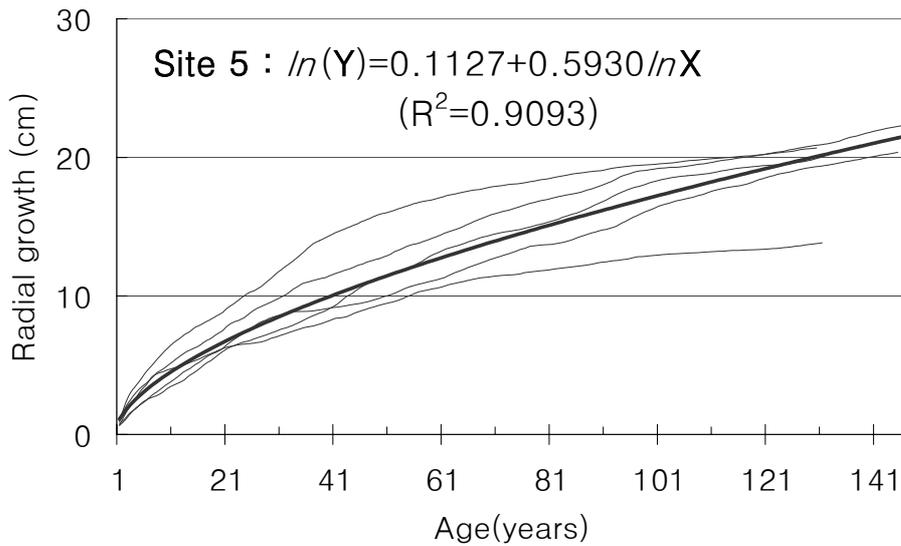


Fig. 2-26. Growth curves(line) and regression lines(solid line) obtained from the width of annual ring. Growth curves were made by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1998 for major individuals of tree layer at Site 5.

층과 아교목층을 구성하는 수종은 금강소나무뿐이고, 교목층에서는 4.4, 아교목층에서는 2.2의 우점도와 군도로 나타났고, 관목층을 구성하는 종으로는 쇠물푸레 4.4, 싸리 3.3, 금강소나무 2.2, 꼬리진달래 1.1, 신갈나무 1.1, 진달래 1.1의 순으로 우점도와 군도가 나타났으며, 초본층은 꽃머느리밥풀, 산거울, 기름새 등이 우점도와 군도가 1.1로 높게 나타났고, 그밖에 노랑제비꽃, 구절초, 맑은대쭉 등이 산생하고 있었다.

조사지 5에 대한 금강소나무림의 반경생장특성을 밝히기 위하여, 조사된 개체들의 공간분포, 즉 수관투영도와 임분단면도를 그림 2-23에 나타내었고, 그림 2-24에 교목성 수종의 주요 개체목에 대한 경년변화를 나타내었으며, 그림 2-25와 그림 2-26에서는 개체목간의 생장비교를 위한 생장곡선과, 교목층을 이루는 금강소나무 개체들을 중심으로 생장회귀식을 산출하여 생장곡선을 나타내었다.

그림 2-23은 조사지 5의 사면상부 금강소나무림에 대한 수관투영도와 임분단면도로서 상층, 중층, 하층 모두 금강소나무가 우점하고 있었으며, 하층에 신갈나무가 2개체 출현하였고, 금강소나무의 치묘치수는 19개체, 신갈나무는 6개체로 나타났다. 수관이 개방되어 있는 곳에 주로 금강소나무의 치묘치수가 공급되고 있었으며, 신갈나무의 치묘치수는 수관 가장자리나 소개된 지역이 아닌 곳에 공급되고 있었다. 본 사면상부의 조사지 내는 임상이나 개체목 자체에 산불이 발생하였던 흔적을 찾아볼 수 없었다. 또한 고사목도 발견되지 않았다.

조사지 5에 나타나는 개체목들이 어떠한 환경하에 생육하였는가를 파악하고, 삼림의 성립연대와 생육환경(경쟁관계) 등을 해석함과 동시에 앞으로의 천이방향을 밝히 고자(Nakashizuka, 1983 ; Fritts, 1976 ; 品田, 1984), 주요 개체목들(4, 5, 6, 7, 9, 11, 14, 15, 16, 18, 2, 1)의 경년변화를 그림 2-24에 나타내었다. 4번 금강소나무 개체는 수령이 130년으로 3번이 구성하는 상층임관 아래에서 생육하고 있었으며 동시에 8년 정도 미리 정착한 5번과 심한 공간점유의 경합을 벌이고 있었다. 따라서 초기에는 5번보다 생장이 빨랐으나 점차 감소하기 시작하여 1930년경부터는 거의 생장이 멈춘 상태로 있었다. 반대로 5번 금강소나무 개체목은 수령 138년으로 약 20년의 넓은 주기로 광협패턴을 보이면서 자라다가 1960년대 초반부터 1980년도 초반까지 약 20년간 생장이 거의 정지되었다가 1980년대 중반부터 다시 점차 생장속도가 증가하였다. 6번 금강소나무 개체목은 131년으로 4번 개체와 비슷한 시기에 정착하였으며

처음 6년간은 양호한 성장을 하였으나 급격히 생장이 둔화되어 소폭의 광협패턴을 보이면서 점차 감소하였으며, 최근 6~7년 전부터는 약간의 성장회복이 보이고 있었다. 7번 금강소나무 개체는 수령 85년으로 역시 8mm의 호생장을 시작으로 1935년경까지 감소추세를 나타내었으며, 1935년경 이후엔 전반적으로 소폭의 광협패턴을 보이며 일정한 속도의 성장을 유지하고 있었다. 조사지 5의 타개체와는 달리 생장폭이 꾸준히 유지되어 온 이유가 경쟁 개체목이 없기 때문인 것으로 생각된다. 9번과 11번 금강소나무 개체는 각각 수령이 36년, 25년생으로 9번 개체는 점차 증가패턴이었고, 11번 개체는 연륜폭의 변화가 없었다. 14번 금강소나무 개체는 38년생으로 2번과 3번 개체의 상층수관하에 자라고 있었고, 처음부터 끝까지 감소추세로 나타났다. 14번의 성장패턴과는 반대로 15번 금강소나무 개체는 31년생이었고, 현재 상층수관이 소개된 지역에 나타났으며, 정착년도부터 1998년 끝까지 연륜폭의 점진적인 증가를 보였다. 16번 금강소나무 개체는 42년생으로 15번과 동일성장패턴을 나타내었고, 18번 금강소나무 개체는 33년생으로 14번 개체와 동일한 성장패턴으로 나타났다. 따라서 상층임관이 소개된 곳과 소개되지 않은 곳에서 하층식생의 성장패턴이 서로 상반됨을 확인하였다. 2번 금강소나무 개체는 수령 145년으로 1886년경, 1935년경에 급격한 생장의 둔화가 나타났으며 약 55년의 주기로 광협패턴이 나타났고, 최근에는 거의 일정하게 느린 생장이 계속되었다. 1번 금강소나무 개체는 수령 147년으로 조사지 5내에서는 가장 오래된 개체이었다. 1886년경까지는 잦은 광협패턴으로 자라다가 1886년 이후에 다소 느린 성장상태의 소폭 광협패턴이 1948년경까지 유지되었으며, 그 이후에 다시 더욱 느린 성장상태를 유지해왔다. 1886년에 1번과 2번의 개체가 동일한 경년변화를 나타내는 점으로 미루어 교란이 발생하였을 것으로 생각된다.

그림 2-25는 조사지 5의 주요 개체목들에 대한 성장곡선을 나타낸 것이다. 노령의 상층목 개체들은 초기성장속도가 모두 일치하지는 않았으나 거의 유사하였으며, 전반적으로 중하층목을 구성하는 유령목들은 노령목보다 초기의 비대성장속도가 낮은 것으로 나타났다. 그러나 7번 개체와 14번 개체는 거의 노령의 상층목들과 유사한 초기 비대성장속도를 나타내었다.

조사지 5에서 생장이 좋은 1, 2, 4, 5, 6번 금강소나무 개체의 성장에 대한 회귀식

을 구하여 곡선으로 나타낸 결과 그림 2-26과 같았고, 그 식은  $\ln Y = 0.1127 + 0.5930 \ln X$ 로 나타났다. 이는 소광리의 다른 조사지와 비교하면 대체로 성장속도가 낮은 것으로 나타났다.

조사지 6은 소광천 임도가 갈라지는 곳에서부터 약 1.5km 정도 백병산쪽으로 향하는 임도를 따라 올라가다가 우측으로 가장 큰 산줄기를 이루는 능선쪽을 향해 사면부에 설치하였는데, 본 조사지는 전형적인 사면중부의 금강소나무림을 구성하고 있었으며, 다른 조사지보다 가장 고사목이 많이 나타나는 지역이었다. 환경인자로는 해발 700m, 방위 S60W, 경사 30°, 노암율 0%로 나타났으며, 교목층의 우점종은 금강소나무로 수고와 식피율은 각각 약 25m와 70%이었고, 아교목층의 우점종은 금강소나무로 수고와 식피율은 각각 약 12m와 10%이었으며, 관목층의 주우점종은 쇠물푸레로 식피율은 각각 3m와 50%, 초본층은 기름새가 우점하고 있었다. 교목층을 구성하는 금강소나무는 우점도와 군도가 4.4, 아교목층을 구성하는 금강소나무는 1.1, 관목층은 쇠물푸레 3.3, 금강소나무와 싸리 2.2, 신갈나무 1.1 철쭉꽃 1.1 등의 순으로 나타났고, 초본층은 기름새 2.2, 꽃머느리밥풀 2.2, 구절초와 산거울 1.1, 기타 기름나물, 삽주, 맑은대쭉이 우점도와 군도가 낮게 출현하고 있었다.

조사지 6에 대한 금강소나무림의 반경성장특성을 밝히기 위하여, 조사된 개체들의 공간분포, 즉 수관투영도와 임분단면도를 그림 2-27에 나타내었고, 그림 2-28에 교목성 수종의 주요 개체목에 대한 경년변화를 나타내었으며, 그림 2-29와 그림 2-30에서는 개체목간의 성장비교를 위한 성장곡선과, 교목층을 이루는 금강소나무 개체들을 중심으로 생장회귀식을 산출하여 성장곡선을 나타내었다.

그림 2-27은 사면중부의 금강소나무림에 대한 수관투영도와 임분단면도로서 1, 2, 3, 4, 6번의 금강소나무 개체가 상층임관을 덮고 있었고, 5번은 중층, 5개체의 금강소나무와 3개체의 신갈나무가 하층을 점유하였다.

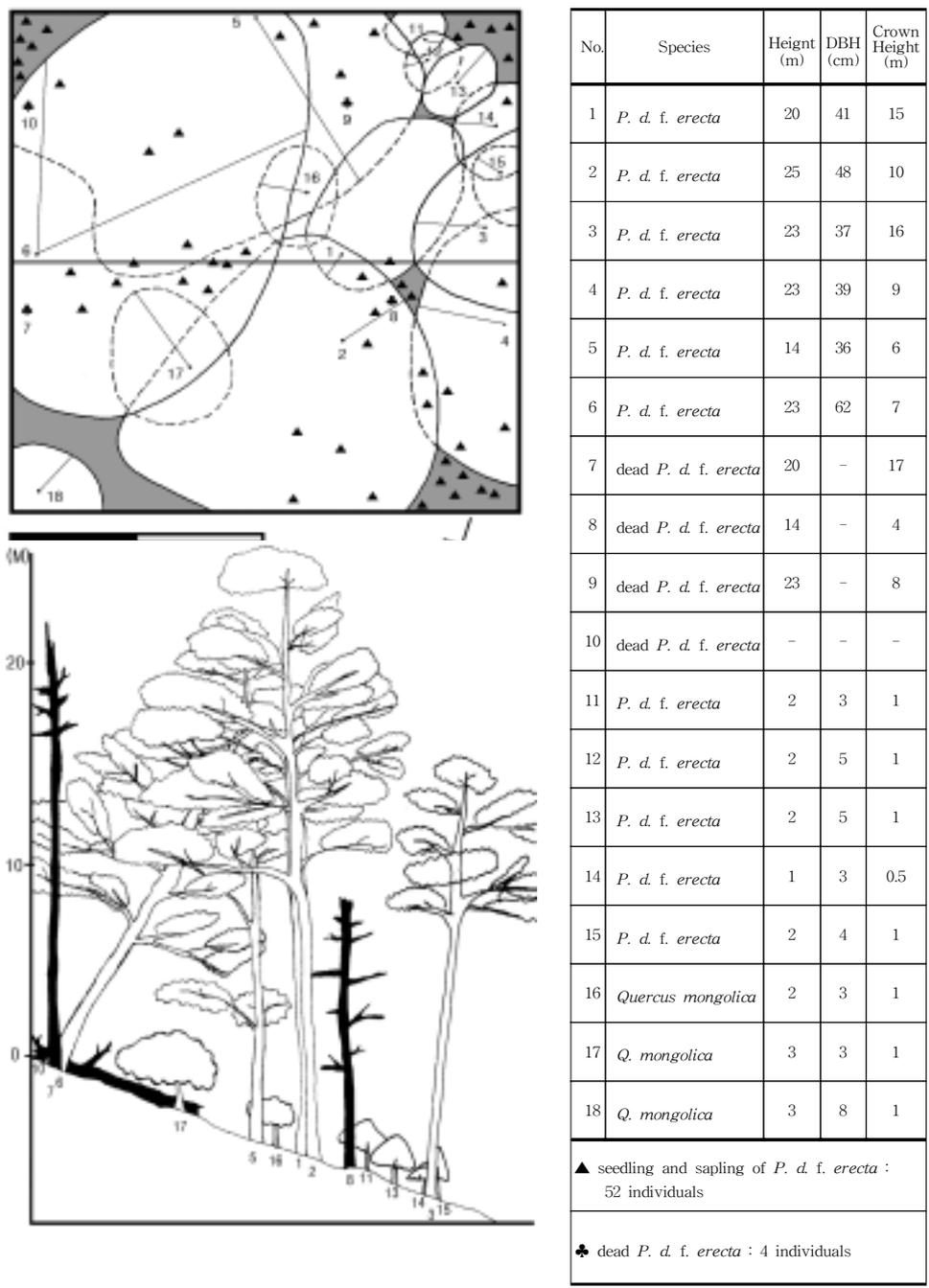


Fig. 2-27. Diagrams show the spatial distribution of individual trees and crown projection(left above), stand profile(left below) and legends of individual trees(right table) at Site 6.

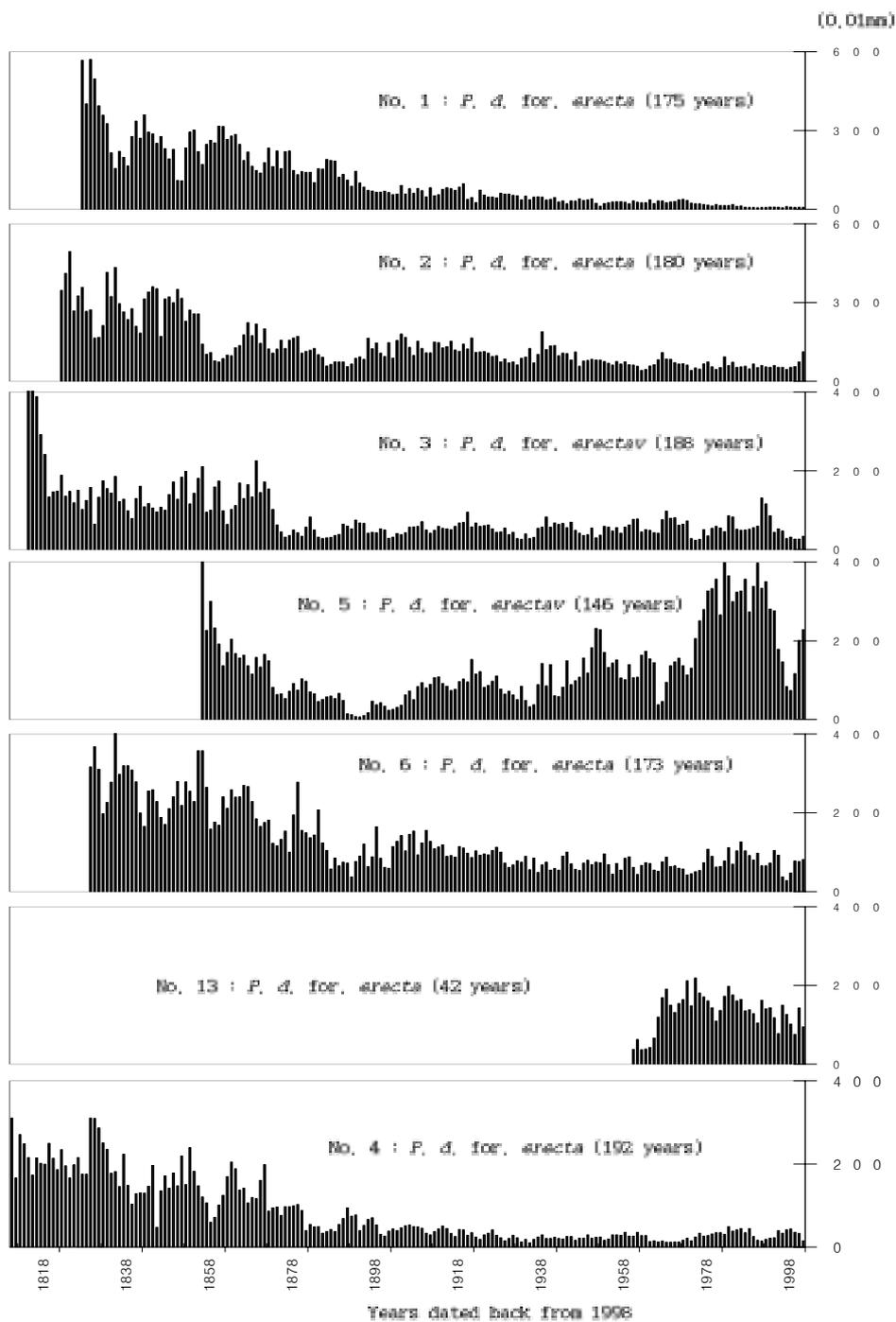


Fig. 2-28. Radial growth patterns and ages of major trees at Site 6.

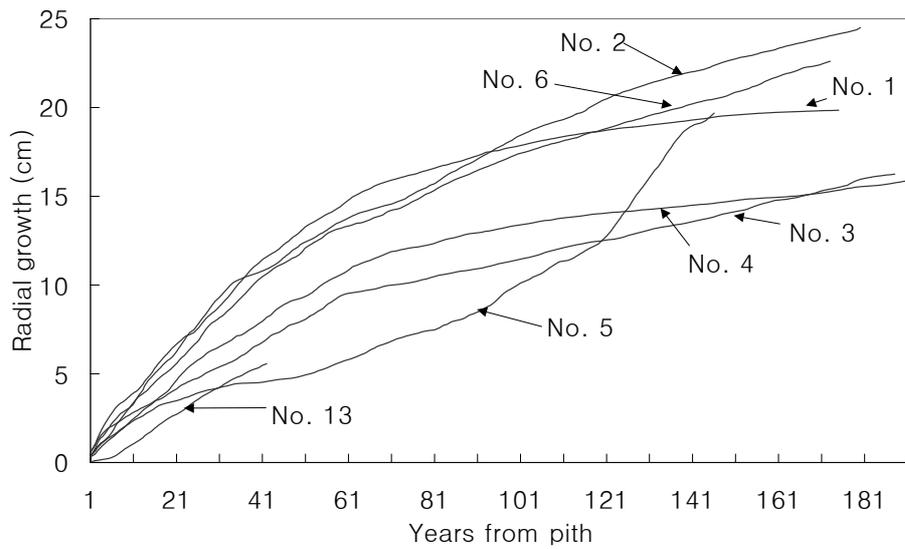


Fig. 2-29. Growth curves(line) of major individuals in competition relationships between each others show the early growth patterns by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1998 at Site 6.

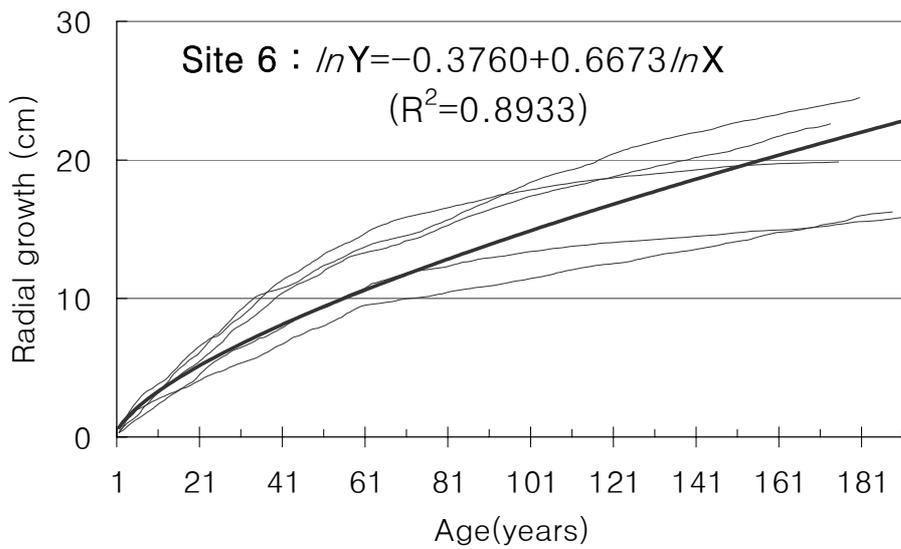


Fig. 2-30. Growth curves(line) and regression lines(solid line) obtained from the width of annual ring. Growth curves were made by accumulating the width of annual rings from pith to annual ring of 1998 for major individuals of tree layer at Site 6.

그림 2-28은 조사지 6의 금강소나무림에 있어서 개체목 1, 2, 3, 5, 6, 13, 4번의 금강소나무에 대한 경년변화를 나타낸 것인데, 1번 금강소나무 개체는 수령 175년으로 초기 7년에서 11년까지 성장제한요인의 작용으로 느린 생장기가 있었으며, 23, 24년에 또 한번의 느린 생장기가 있었으며, 다시 회복되었다가 약간의 광협패턴을 보이면서 점차 생장폭이 감소하기 시작하여 최근 50년 전부터는 거의 성장정지상태에 있었다. 2번 금강소나무 개체는 수령 180년으로 수관투영도에 나타났듯이 1번 개체보다는 수관폭이 2배 이상되었고, 따라서 1번 개체의 생장에 비해 훨씬 나은 생장을 보였다. 격심한 광협패턴을 나타내었으며 그 주기는 10년 정도 되었다. 3번 금강소나무 개체는 수령 188년으로 경년변화를 보면 역시 격심한 광협패턴을 보이고 있었다. 1873년경에 갑자기 비대성장속도가 둔화되었으며, 그 이후로 약간의 광협적 생장패턴은 나타나지만 전체적으로 일정한 속도로 성장하였다. 1, 2, 3번 개체 모두 정착한 후 60~70년까지는 격심한 광협적 생장을 하였으나 그 이후엔 다소 일정한 생장을 하는 경향이였다. 이러한 점은 하층에서 상층으로 진입해 갈 때 60~70년의 기간동안 수 차례에 걸친 경쟁의 상처를 연륜정보에 남겼음을 반영한다. 5번 개체는 수령 146년으로 초기 정착 후 성장속도가 점차 감소하였고, 17년째인 1888년에는 거의 멈춘 상태로 진행되었고, 1893년경에 다시 회복되기 시작하여 양호한 생장을 하였으며, 1963년에 또다시 급격한 성장둔화가 있었지만 곧바로 최고의 성장량을 보이며 양호한 생장을 하였다. 1993년경에 다시 경년변화의 광협적 패턴이 낮게 떨어졌다가 점차 회복세를 보였다. 5번 개체가 이렇게 급격한 광협적 패턴을 나타낸 원인은 고사목이 많았던 점으로 미루어 경쟁관계의 복잡성에 기인하는 것으로 사료되었다. 6번 금강소나무 개체는 수령 173년으로 정착 후 초기 60~70년까지 약 5년의 주기로 심한 연륜폭의 변화가 지속되었고, 그 이후에도 약 5년의 주기로 약간의 광협적 연륜폭을 보이며 좋은 생장을 하였다. 13번 개체는 수령 42년생의 금강소나무로 점차 성장속도가 증가하였는데 이는 정착당시 피압되어 있다가 8, 9번 개체의 고사가 진행됨과 동시에 13번 개체의 수광량 증가를 반영한다. 4번 금강소나무 개체는 수령 192년으로 1841년, 1854년, 1877년, 1933년경에 생장이 둔화되었고, 점차 감소추세이었으나 1968년에 다시 성장속도가 증가하는 경향이였다. 그림 2-29의 주요 개체목의 생장곡선에서 노령의 상층을 구성하는 1, 2, 3, 4, 5, 6번의 금강소나무 개

체들은 유령기부터 생장이 왕성하였고, 유령의 하층을 구성하는 13번의 금강소나무 개체도 거의 유사한 초기의 비대생장곡선을 나타내었다. 생장이 좋은 1, 2, 3, 4, 6 번의 금강소나무 개체들의 생장에 대한 회귀식을 구한 결과 그림 2-30과 같이  $\ln Y = 0.3760 + 0.6673 \ln X$ 로 나타났다. 이는 계곡부의 생장곡선보다 훨씬 낮은 값으로 나타났다.

#### 4. 참고문헌

- Clements, F. E., 1916, Plant succession : an analysis of the development of vegetation, Carnegie Institute of Washington Publ., p. 512.
- Kimmins, J. P., 1987, Forest Ecology, Macumillan Publishing Company, p. 25. pp. 339-448.
- Krebs, C. J., 1985, Ecology, 3rd edition, Haber & Row, Publishers, Inc., pp. 3-14.
- Müller-Dombois, D. and H. Ellenberg, 1974, Aims and Methods of Vegetation Ecology, Wiley, New York, p. 547.
- Nakashizuka, T., 1984, Regeneration process of climax beech forest IV. Gap formation, J. Ecol. 34 : 75-85.
- Oliver, C. D. and B. C. Larson, 1990, Forest stand dynamics, McGraw-Hill, New York, pp. 1-139.
- Whittaker, R. H., 1962, Classification of natural communities, Bot. Rev. 28:1-239.
- Whittaker, R. H., 1967, Gradient analysis of vegetation, Biol. Rev. 49 : 207-264.
- Whittaker, R. H., 1975, Communities and Ecosystems, 2nd ed., the Macmillan Company, pp. 99-120.
- 김성덕, 송호경, 1995, 경북 불영계곡 소나무(Pinus densiflora)림의 재생과정에 관한 연구, 한국임학회지 84(3):40-51.
- 박봉우, 1993, 황장목과 황장봉산, 전영우편, 소나무와 우리문화, 숲과 문화연구회, pp. 116-122.

- 박봉우, 1996, 황장금표에 관한 고찰, 한국임학회지 85(3):426-438
- 배관호, 홍성천, 1996, 가야산 소나무(*Pinus densiflora*)군락의 구조 및 동태, 한국임학회지 85(2) : 260-270.
- 沼田眞, 1981, 生態學讀本, 東洋經濟新報社, pp. 2-27.
- 손두식, 홍성천, 여진기, 1989, 경북지방 소나무 및 곰솔집단의 동위효소에 의한 유전변이, 한국임학회지 78(4):345-359.
- 송호경, 김성덕, 장규관, 1995, TWINSPAN과 DCCA에 의한 금강소나무 및 춘양목 소나무 군집과 환경의 상관관계 분석, 한국임학회지 84(2) : 266-274.
- 植木秀幹, 1933, 朝鮮森林植物帶 植物分類 및 地理 2(1) : 73-85.
- 鈴木兵二, 伊藤秀三, 豊原源太郎, 1985, 植生調査法 II - 植物社會學的研究法, 共立出版株式會社, p. 190.
- 이병천, 이경제, 이창석, 신준환, 1992, 점봉산 천연림지역의 식생 군락분류 및 임분구조, 임업연구보고 44 : 1-14.
- 이창석, 조현제, 1993, 가야산 구상나무 군락의 구조 및 동태, 한국생태학회지 16(1) : 75-91.
- 임경빈, 1995, 소나무, 대원사, p. 143.
- 田川日出夫, 沖野外輝夫, 1979, 生態遷移研究法, 共立出版株式會社, p. 177.
- 조도순, 1992, 광릉 자연림에서의 교란체제와 수목의 재생, 한국생태학회지 15(4) : 395-410.
- 조재창, 1994, 울진군 소광리지역 소나무의 임분구조 및 성장양상과 산불과의 관계, 서울대학교 대학원 박사학위논문.

## 제 3 절 수고생장특성

### 1. 실험목적

수고 성장곡선을 정확하게 추정하기 위한 적절한 성장함수식은 조림작업 뿐만이 아니라 산림경영의 중요한 기초적 자료가 되고 있다. 그리고 임목의 성장, 재적, 지위의 예측 및 임분의 특성과 발달과정의 예측은 주로 정확한 임목의 수고 성장식에 의존하고 있다. 지금까지 수고 성장함수의 추정에 대한 연구에 의하면 노령림의 자료를 이용한 연구가 거의 미흡한 실정이었다. 따라서 본 연구의 목적은 우리 나라에서 가장 오래된 노령의 금강소나무 천연 임분이 분포하는 경북 울진군 소광리 지역을 조사하여 비선형적인 임목의 성장과정에 대한 고찰의 일환으로 수고 성장을 설명할수 있는 비선형 수고 성장함수식들의 추정과 이 성장함수식들의 통계적인 적합성을 비교하고자 하였다.

### 2. 실험방법

#### 가. 조사지 및 자료개요

본 연구지역은 노령의 금강소나무림이 가장 잘 보존되어 있는 경북 울진군 소광리 천연보호림 지역을 조사하였으며, 조사지역의 위치는 북위  $36^{\circ}59'00'' \sim 37^{\circ}03'00''$ , 동경  $129^{\circ}9'30'' \sim 129^{\circ}14'30''$ 이다. 개체목의 수고는 표준목을 선정하여 측고기를 이용하여 측정하였으며, 임령은 흉고직경 부위에서 성장추에 의하여 목편을 추출하여 정밀연륜측정기 (LINTAB & TSAP)를 이용하여 측정하였다. 그리고 초기의 성장 자료는 표준목 9본을 선정하여 실시한 수간석해의 자료를 이용하였다. 임분의 지위를 고려하여 지위가 좋고 생장이 빠른 사면하부 및 계곡부의 자료(site I) 와 사면중부 이상의 자료 (site II)로 나누어서 분석하였다.

#### 나. 비선형 수고 성장 추정식

임령과 수고의 성장관계를 분석하기 위해서 약 100개 이상의 수리적 성장 함수식들이 사용되어 왔으나(Elfving 과 Kiviste, 1997), 본 연구에서는 수확표 조제시 사용 하였던 곡선식을 포함한 18개의 비선형성장식들을 적용하였다(표 2-7).

Table 2-7. Nonlinear growth functions selected for comparison

Name	Growth function
Functions of two parameters	
Schumacher	$Y = a \exp(-b/t)$
Strand	$Y = a/(1+b/t)^3$
Functions of three parameters	
Yield table	$Y = at^b \exp(-c/t)$
Hossfeld	$Y = a/(1+b/t+c/t^2)$
Hossfeld II	$Y = a/(1+b/t^c)$
Hossfeld IV	$Y = t^{b3}/(b2+t^{b3}/b1)$
Levakovic I	$Y = a/(1+b/t^c)^c$
Korf	$Y = a(\exp(-b/t^c))$
Logistic	$Y = a/(1+b \exp(-ct))$
Gompertz	$Y = a \exp(-b \exp(-ct))$
Bertalanffy	$Y = a(1 - \exp(-bt))^3$
Chapman-Richards	$Y = a(1 - \exp(-bt))^c$
Weibull	$Y = a(1 - \exp(-bt^c))$
Exponential type	$Y = a \exp(-b/(t+c))$
Levakovic III	$Y = a(t^2/(h+t^2))^c$
Functions of four parameters	
Levakovic II	$Y = a/(1+b/t^c)^d$
Todorovic	$Y = a(1 - \exp(-bt^c))^d$
Sloboda	$Y = a \exp(-h) \exp(-ct^d)$

Note: Y=total tree height (m), t=age (yrs.), a, b, c, d=parameters to be estimated, exp=base of the natural logarithm.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 수고생장특성

그림 2-31, 그림 2-32, 그림 2-33은 울진군 남면 소광리 일대에 자라고 있는 소나무들의 수령과 수고를 알아보기 위하여 계곡부에서 173개체, 산복부 이상에서 474개체 총 647개체에 대하여 연륜심을 채취하여 분석한 자료를 토대로 하여 작도한 것이다. 그림 2-31과 그림 2-32는 계곡부와 산복부 이상에서 자라고 있는 소나무의 수령과 수고를 나타낸 것이고 그림 2-33은 이들 자료를 통합한 것이다. 그림 2-33에서 나타낸 바와 같이 울진 소나무의 경우 계곡부 습윤 비옥한 입지에서 자라는 소나무는 수령 60년 정도 이상이 되면 수고가 35m에 이르게 됨을 알 수 있다. 우리나라 소나무 유적종 중 비교적 잘 보전되어 있는 충남 서해안에 있는 안면도, 대관령, 삼척의 연경소나무, 해인사 계곡부의 소나무에 비교하면 수고가 5m이상 높은 경향이있다.

우세목의 평균수고는 지위를 나타내는 지표로 사용되어 왔듯이 울진지역 소나무의 수고가 다른지역의 소나무에 비해 높다는 것은 울진 계곡부의 입지 즉 토양, 기후환경 등이 소나무의 생육에 적합하였던 것으로 생각된다. 또한 울진군 소광리의 사면 중부 이상에는 200년 이상 자란 소나무 군락이 유적종으로 분포하고 있다. 안면도, 해인사의 소나무와 삼척 연경소나무, 대관령, 인제, 홍천, 평창의 소나무들이 수령 100년 내외인데 비교하여 이 지역에 수령 200년 이상인 노송들이 자라고 있는 이유는 벌채를 비롯한 인위적 재해와 산불, 병충해, 바람 등의 자연재해를 피할 수 있었음을 물론 소나무 생육에 적합한 입지조건을 갖추고 있었기 때문으로 생각된다.

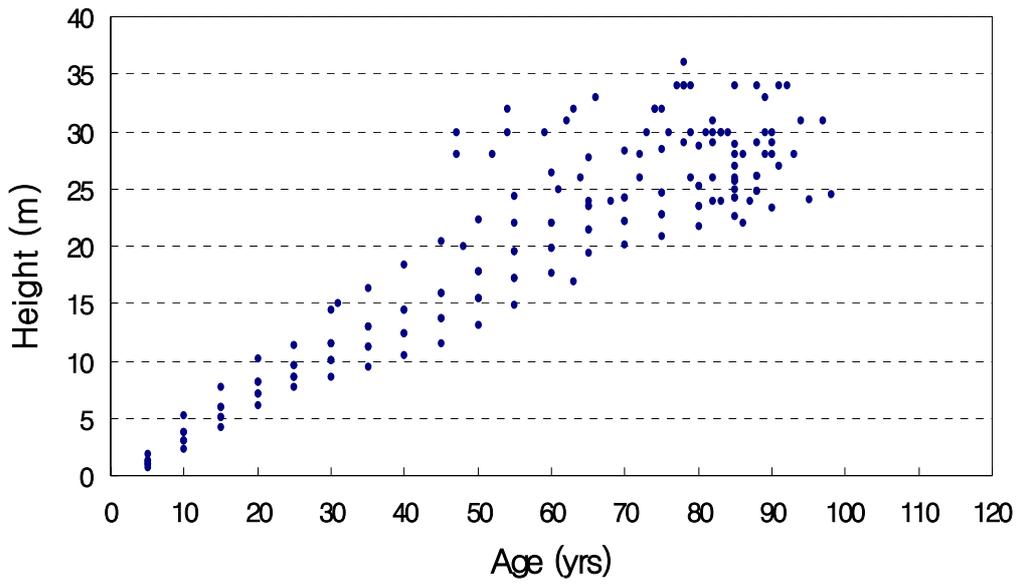


Fig. 2-31. Plotting of tree height against age using site I (lower area) data sets.

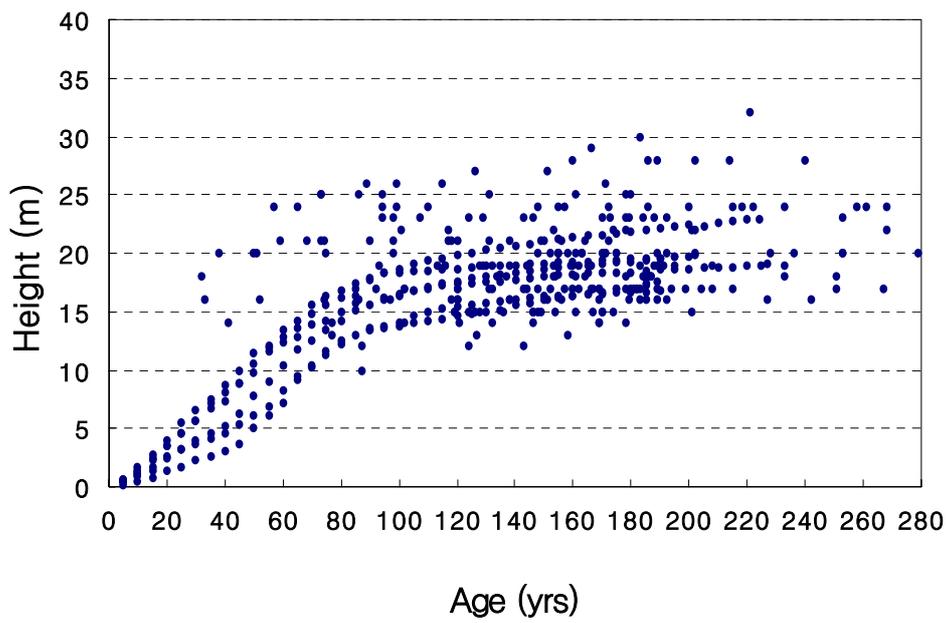


Fig. 2-32. Plotting of tree height against using site II (above middle) data sets.

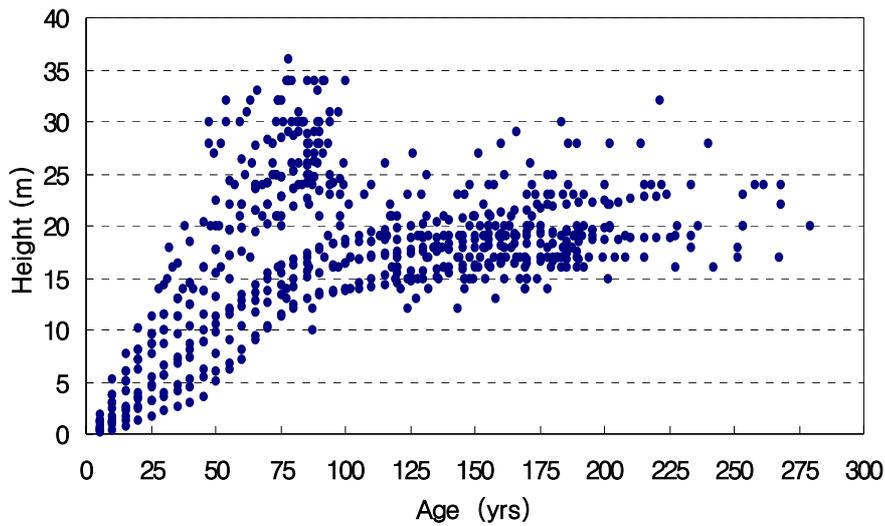


Fig. 2-33. Plotting of tree height against age using all combined data sets.

그림 2-34, 그림 2-35는 계곡부와 산복부에서 자라고 있는 98년된 소나무, 224년 된 소나무의 수고 성장 경향을 나타낸 것이다.

계곡부 98년 생의 경우, 연년성장량은 연도에 따라 차이가 있으나 70년 이후부터 급격히 감소하는 경향이었고, 평균성장량은 30cm 내외로서 98년까지 지속적으로 자라고 있었다.

반면에 사면 중부 이상에서 자라고 있는 224년 된 소나무는 연년수고생장이 56년 전후에서 최고치에 도달할 후 급격히 감소하다가 110년 전후에서는 거의 자라지 못하고 있었다. 평균수고성장률의 최대치는 65년 전후에서 도달하였으며, 이후 완만하게 감소하는 추세였다. 연년수고성장곡선과 평균수고성장곡선이 만나는 지점은 약 65년 정도였다.

이와 같은 자료는 수확별기령을 결정하는데 정보로 활용할 수 있을 것이다.

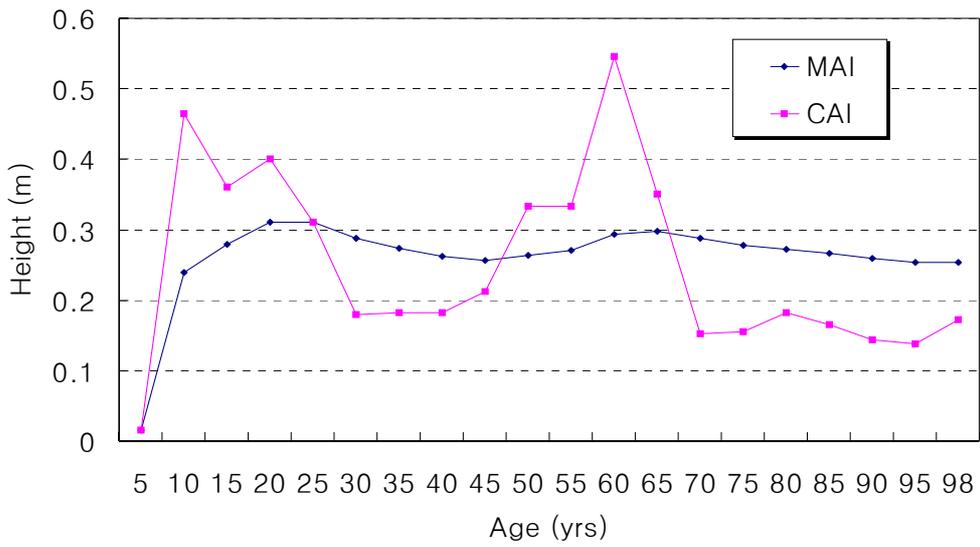


Fig. 2-34. Observed height growth pattern of 98 years old pine tree Resulting from stem analysis.

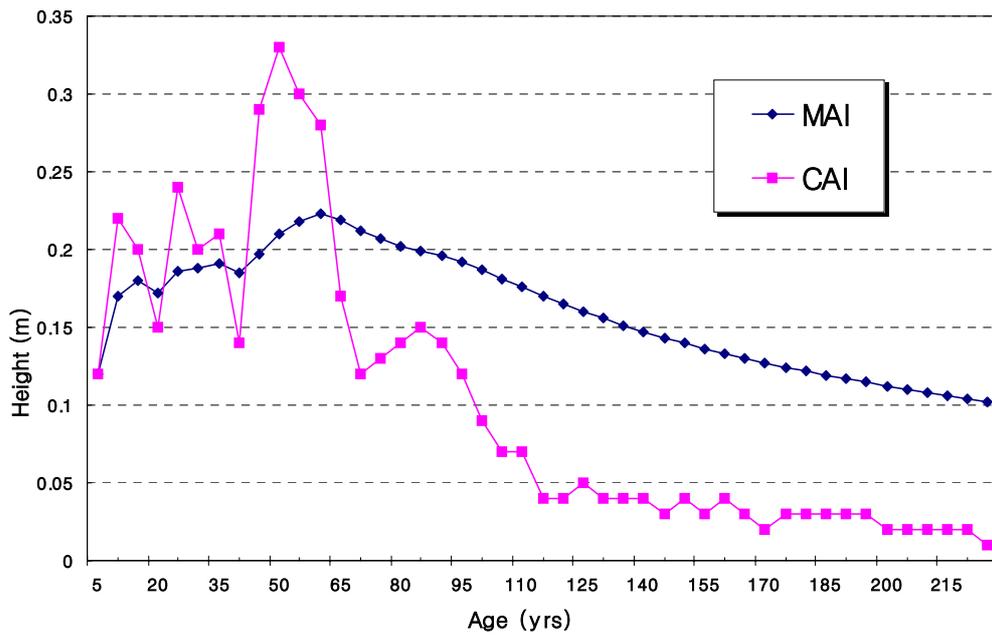


Fig. 2-35. Observed height growth pattern of 224 years old pine tree resulting from stem analysis.

나. 수고생장함수의 추정

1) 사면하부의 계곡부 지역에서의 수고생장함수 추정

사면하부의 계곡부에서 채취한 173개체의 자료를 이용하여 성장함수의 모수 추정과 적합성을 분석한 결과는 표 2-8과 같다.

Table 2-8. Parameter estimates and fit statistics for growth functions fitted to the stands of *Pinus Densiflora* at site I (Valley and Lower area).

Eq.	Estimated parameters				RMSE	R <sup>2</sup>
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>		
Shumacher	44.46090	39.55393			3.88814	0.82605
Strand	50.88213	18.57212			3.83248	0.83099
Yield table	9.21084	0.31363	23.44747		3.87537	0.82820
Hossfeld I	42.60829	24.93600	1621.63248		3.82988	0.83221
Hossfeld II	39.86746	705.52177	1.67225		3.81968	0.83310
HossfeldIV	39.86862	17.69767	1.67224		3.81968	0.83310
Korf	74.87860	13.77418	0.59556		3.85748	0.82978
Logistic	29.33386	12.16380	0.06454		3.77157	0.83728
Gompertz	31.45883	3.37723	0.03974		3.78266	0.83632
Bertalanffy	30.46554	0.04135			3.86217	0.82836
Richard-Chp	34.04556	0.02690	1.79984		3.81191	0.83378
Weibull	31.19789	0.00246	1.53792		3.79573	0.83518
Exponential	52.96746	60.26960	10.55621		3.83436	0.83181
Levakovic III	37.73227	3645.79530	0.72116		3.80960	0.83398

2) 사면중부 이상 지역에서의 수고생장 함수 추정

사면 중부 이상의 지역에서 채취한 474개체의 자료를 이용하여 성장함수의 모수 추정과 적합성을 분석한 결과는 표 2-9와 같다.

Table 2-9. Parameter estimates and fit statistics for growth functions fitted to the stands of *Pinus Densiflora* at site II (Middle) area.

Eq.	Estimated parameters				RMSE	R <sup>2</sup>
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>		
Shumacher	24.48864	38.57445			3.48437	0.66432
Strand	25.42942	15.57671			3.51085	0.65920
Yield table	54.46216	-0.14168	51.16855		3.47423	0.66698
Hossfeld I	20.72052	-2.12834	2285.58822		3.46821	0.66813
Hossfeld II	20.66643	3461.93868	2.11950		3.46729	0.66831
Hossfeld IV	20.66813	166.92931	2.11862		3.46729	0.66831
Korf	22.05023	131.33012	1.35238		3.47150	0.66750
Logistic	19.19328	12.01202	0.05247		3.51473	0.65917
Gompertz	19.47406	3.64684	0.03602		3.48898	0.66415
Bertalanffy	19.46030	0.03452			3.48594	0.66402
Richard-Chap.	19.73112	0.02872	2.19353		3.48144	0.66560
Weibull	19.53136	0.00245	1.48035		3.49335	0.66331
Exponential	23.66982	32.36286	-4.99900		3.47865	0.66613
Levakovic III	20.80231	1719.03527	1.19831		3.46697	0.66837
Levakovic II	20.31421	47.57044	2.13232	53.16120	3.5290	0.65712
Todorovic	24.07226	1.19618	0.27250	25.17397	3.52576	0.65776
Sloboda	20.91784	176.61902	2.02363	0.26238	3.47398	0.66774

경북 울진군 소광리지역 천연림내에 있는 금강송림의 노령임분에서 수고 성장함수식을 추정된 결과에 의하면, 다음과 같이 요약할 수 있다.

임령이 100년 이하이며 지위가 좋고 생장이 빠른 사면하부 및 계곡부의 위치(site I)에서는 Logistic식, Gompertz식, Weibull식, Levakovic III식, Chapman-Richards식, Hossfeld식 순으로 적합성이 높게 나타났다. 반면에, 임령이 200년이상 되는 노령의 금강소나무 천연 임분 위치(site II)에서는 Levakovic III식, Hossfeld식, Korf식, Sloboda식, Chapman-Richards식 순서로 나타났다. 앞으로 이들 성장함수식들을 적용함으로써 강송림의 수고성장 추정에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 4. 참고문헌

- 김규식 · 한영창. 1997. 8개 시험지에서 소나무 산지별 성장특성 변이. 한국임학회지 86(2): 119-127.
- 박명숙 · 정영관. 1999. 곰솔임분의 직경 및 수고성장 추정에 관한 연구. 한국임학회지 88(1): 47-54.
- 서옥하. 1992. 직접탐색법을 이용한 이론적 성장함수의 적용. 강원대 산림과학연보 8: 35-49.
- 신만용. 1996. 낙엽송의 흉고형수와 정형수 추정에 관한 연구. 국민대학 산림과학 8:61-77.
- 손영모 · 이경학 · 정영교. 1997. 비선형 성장함수를 이용한 임분성장 추정. 한국임학회지 86(2):135-145.
- 이경학. 1991. 낙엽송의 임분구조 및 수확예측모델. 서울대 박사학위 논문 . 87pp.
- 정영교. 1994. 중부지방 잣나무 임분의 지위지수 추정에 관한 연구. 건국대학교 박사학위.논문.
- Bertalanffy, L. Von. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. Quart. Rev. Biol. 32:217-231.
- Clutter, J. L., Fortson, J.C., Pienaar, L.V., Brister,G.H., and R.L. Bailey. 1883. Timber management-a quantitative approach. John Wiley & Sons, NY.
- Curtis, R.O. 1967. Height-diameter and height-diameter-age equations for second-growth Douglas-fir. For. Sci. 13: 365-375.
- Elfving B. and A. Kiviste 1997. Construction of site index equations for *Pinus sylvestris* L. using permanent plot data in Sweden. For. Ecol. and manage 98:125-134.
- Gompertz, B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. Phil. Transac. Roy. Soci. London 115 : 513-585.
- Huang, S., Titus, S.J., and Wiens, D.P. 1992. Comparison of nonlinear

- height-diameter functions for major Albert tree species. *Can. J. For. Res.*
- Huang, S.. 1992. Nonlinear simultaneous diameter and height growth models for major Alberta tree species. Ph.D. dissertataion, Univ. of Alberta. pp.202.
- Jerome, K.V. 1995. Growth models for tropical forest : A synthesis of models and methods. *For. Sci.* 41(1): 7-42.
- Pienaar, L.V. and K.J. Turnbull. 1973. The Chapman-Richards generalization of Von Bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even-aged stands. *For. Sci.* 19:2-22.
- Yang, Y.C. and F.H. Kung. 1987. Comparison of linear and nonlinear regressions for analysis of volume growth of *Cryptomeria* trees. *J. Jpn. For. Soc.* 60(8):315-320.
- Zeide, B. 1993. Analysis of growth equations. *For. Sci.* 39(3) : 594-618.
- Zeide, B. 1989. Accuracy of equations descrbing diameter growth. *Can. J. For. Res.* 19:1283-1286.

## 제 4 절 수간석해

### 1. 실험목적

금강소나무 임분 중 적송과 백송간의 재적생장, 수고생장 및 직경생장의 패턴을 구명하고 본 실험을 실시하였다.

### 2. 실험방법

금강소나무 임분 중 적송과 백송으로 구분 할 수 있고, 금강소나무 유적임분은 울진 소광리 금강소나무 숲뿐이다. 그래서 울진 소광리 금강소나무 임분 중에서 백송의 특징을 갖고 있는 임분 중에서 4개체, 적송의 특징을 갖고 있는 임분 중에서 5개체를 시료목으로 별채하였다.

이들 시료목 외에 충남 서해안의 안면도 소나무, 인제, 강릉, 홍천 등지에서 6개체를 시료목으로 선정하였다.

Huber식으로 정밀 수간석해를 실시하였으며 이들 조사지 시료목이 자라고 있던 곳의 입지특성과 기초자료는 표 2-10과 같다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 재적생장

표 2-11은 지역별 소나무류의 재적생장량을 나타낸 것으로 울진 소광리의 시료목 중 계곡부에 자라는 즉 백송에 가까운 시료목과 사면에 자라는 즉 적송에 비교하여 수령 45년까지는 계곡부 시료목의 재적생장이 양호한 경향이다. 그 이후 95년까지는 계곡부의 시료목의 생장율이 급격히 감소하는 반면 사면부의 시료목은 꾸준히 증가하는 추세였다. 계곡부에는 95년 이상 된 시료목이 없어 비교가 불가능하였다.

수령 70년의 경우 각 지역간 재적생장량을 비교해 보면 울진에 비교하여 안면도,

홍천 시료목의 재적성장량이 높은 경향이나 이 차이는 시료목이 자라고 이 차이는 시료목이 자라고있는 입지의 차이 때문으로 생각된다.

그림 2-36은 지역별 소나무류의 총재적성장곡선, 평균재적성장곡선, 연년재적성장곡선을 나타낸 것으로 울진 소광리의 계곡부에서 자라는 금강소나무와 사면부에서 자라는 금강소나무 간에는 뚜렷한 차이가 있었다. 그 이유는 입지의 차이에 기인하는 것으로 사료된다.

Table 2-10. Description of stem analysis trees

No. of individual	Region	Slope degree (°)	Aspect	DBH (cm)	Height (m)	Age (years)	Stem Volume (m <sup>3</sup> )	Alitude (m)
1	Uljin Sokwangri (Valley)	20	S	37.20	27.5	100	1.0876	630
2	Uljin Sokwangri (V)	20	S	45.41	29.0	95	2.0021	640
3	Uljin Sokwangri (V)	20	S	46.11	24.5	98	1.6463	650
4	Uljin Sokwangri (V)	25	S40W	50.88	29.0	88	2.3448	55
5	Uljin Sokwangri (Slope)	40	S70W	40.77	17.2	189	1.1080	870
6	Uljin Sokwangri (S)	45	N80W	25.76	19.0	227	0.5627	790
7	Uljin Sokwangri (S)	40	S70W	26.28	17.0	194	0.6155	830
8	Uljin Sokwangri (S)	45	N80W	35.62	19.9	202	0.9116	790
9	Uljin Sokwangri (S)	45	N60W	48.40	22.9	224	1.7335	830
10	Anmyeon do	10	N30W	53.31	20.9	71	1.9745	100
11	Anmyeon do	5	N10W	34.92	22	83	0.9315	95
12	Injae-Gun Seoho-myeon	35	N10W	43.07	17.3	54	1.1974	630
13	Kangnung- City Sengsam-Meon	30	N60W	38.41	18.5	72	1.1281	550
14	Hongcheon-Gun Unduryeong	30	S20W	44.41	27	72	2.1104	780
15	Hongcheon-Gun Unduryeong	35	S10W	43.36	26	88	1.7727	610

Table 2-11. Volume growth of *Pinus densiflora* by regions(Unit : m<sup>3</sup>)

Age	Region	Uljin Sokwangri (Slope)	Uljin Sokwangri (Valley)	Anmyeon do	Daekwaneong	Hongcheon
5		-	0.001	-	0.0004	0.0011
10		-	0.0015	0.0027	0.0043	0.0104
15		0.0006	0.0078	0.0298	0.02	0.0313
20		0.0021	0.0222	0.0956	0.0656	0.0741
25		0.0055	0.0496	0.1796	0.1297	0.139
30		0.0105	0.0944	0.2785	0.2115	0.234
35		0.0175	0.1529	0.4105	0.3056	0.38
40		0.0239	0.2199	0.541	0.4001	0.5201
45		0.0312	0.3149	0.6905	0.509	0.6963
50		0.0421	0.4063	0.8605	0.6117	0.9138
55		0.0569	0.5329	1.1008	0.7233	1.1253
60		0.0745	0.5438	1.3448	0.8382	1.3676
65		0.0882	0.7824	1.6054	0.9709	1.6334
70		0.1026	0.931	1.8383	1.0383	1.8783
75		0.1181	1.0788	-	-	-
80		0.1351	1.2081	-	-	-
85		0.148	1.3218	-	-	-
90		0.1597	1.4268	-	-	-
95		0.1785	1.5008	-	-	-
100		0.1967	-	-	-	-
105		0.2136	-	-	-	-
110		0.2287	-	-	-	-
115		0.2409	-	-	-	-
120		0.2532	-	-	-	-
125		0.2639	-	-	-	-
130		0.2732	-	-	-	-
135		0.2831	-	-	-	-
140		0.2925	-	-	-	-
145		0.301	-	-	-	-
150		0.313	-	-	-	-
155		0.3258	-	-	-	-
160		0.3398	-	-	-	-
165		0.3573	-	-	-	-
170		0.3761	-	-	-	-
175		0.3881	-	-	-	-
180		0.4018	-	-	-	-
185		0.4169	-	-	-	-
190		0.4314	-	-	-	-
195		0.444	-	-	-	-
200		0.4557	-	-	-	-
205		0.4704	-	-	-	-
210		0.4849	-	-	-	-
215		0.4975	-	-	-	-
220		0.5102	-	-	-	-
225		0.5208	-	-	-	-

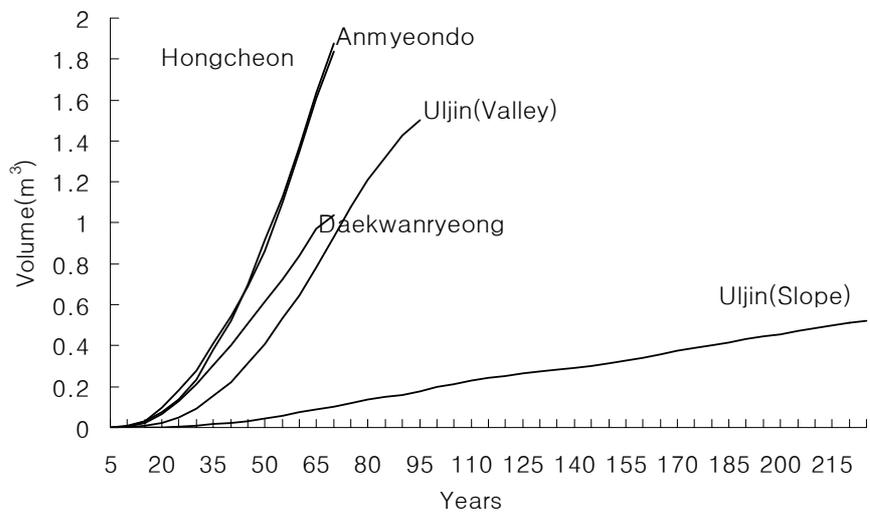


Fig. 2-36. Total volume growth curves of *Pinus densiflora* by regions.

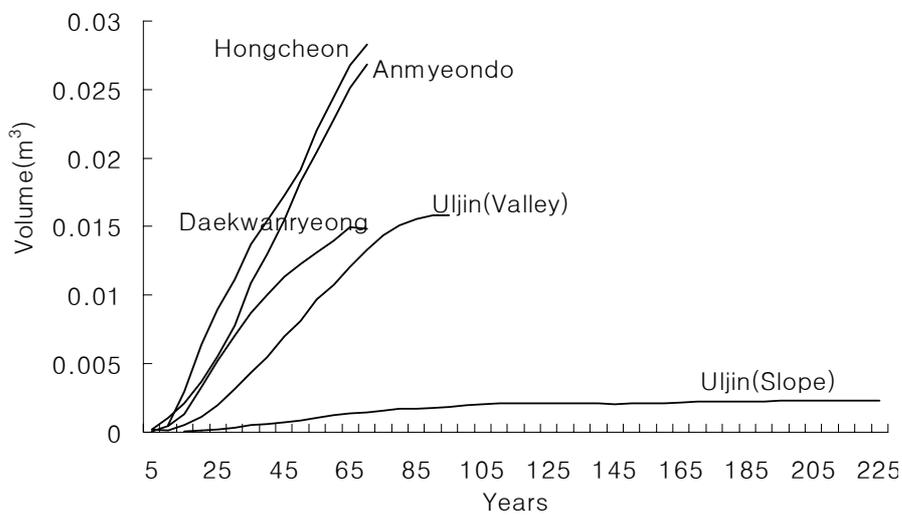


Fig. 2-37. Mean volume growth curves of *Pinus densiflora* by regions.

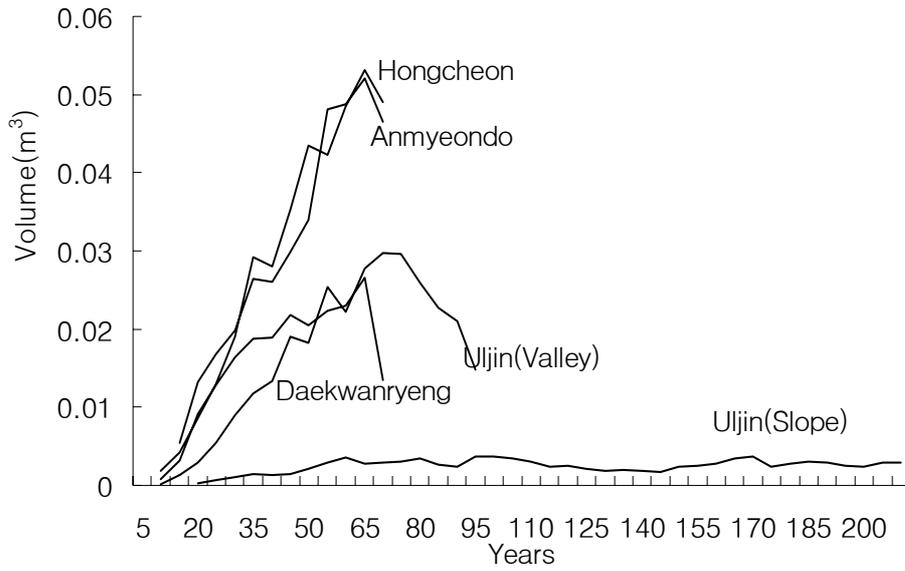


Fig. 2-38. Annual volume growth curves of *Pinus densiflora* by regions.

#### 나. 수고생장

표 2-12와 그림 2-37은 지역별 소나무의 연령에 따른 수고생장량과 수고생장곡선을 나타낸 것이다.

울진 소광리의 계곡부에서 자라는 소나무가 수고생장량이 높게 나타났다. 그리고 각 지역간에는 연령에 따라 차이가 나타나는 것은 입지에 기인한 것으로 사료된다.

Table 2-12. Height growth of *Pinus densiflora* by regions

(Unit : m)

region Years	Uljin Sokwangri (Slope)	Uljin Sokwangri (Valley)	Anmyeon do	Daekwaneong	Hongcheon
5	0.6	1.87	0.8	0.8	0.8
10	1.4	5.2	2.4	2.7	4.4
15	2.5	7.7	6.4	5.2	6.4
20	3.95	10.2	10.4	9.2	10.4
25	5.55	11.4	11.8	12.2	12.4
30	6.55	14.4	12.8	13.8	16.4
35	7.45	16.4	14.4	14.8	18.4
40	8.05	18.4	15.8	15.6	20.4
45	8.8	20.4	16.8	16.3	23.8
50	9.75	22.4	18.4	16.9	24.8
55	11.6	24.4	19.8	17.5	25.5
60	12.85	26.4	20.3	18	26
65	13.55	27.8	20.6	18.3	26.4
70	13.85	28.31	20.85	18.4	26.8
75	14.25	28.5	-	-	-
80	14.9	28.7	-	-	-
85	15.1	28.89	-	-	-
90	15.65	-	-	-	-
95	16.15	-	-	-	-
100	16.45	-	-	-	-
105	16.8	-	-	-	-
110	17	-	-	-	-
115	17.25	-	-	-	-
120	17.35	-	-	-	-
125	17.45	-	-	-	-
130	17.55	-	-	-	-
135	17.6	-	-	-	-
140	17.75	-	-	-	-
145	17.9	-	-	-	-
150	18	-	-	-	-
155	18.1	-	-	-	-
160	18.2	-	-	-	-
165	18.25	-	-	-	-
170	18.3	-	-	-	-
175	18.35	-	-	-	-
180	18.35	-	-	-	-
185	18.45	-	-	-	-
190	18.55	-	-	-	-
195	18.6	-	-	-	-
200	18.6	-	-	-	-
205	18.75	-	-	-	-
210	18.8	-	-	-	-
215	18.85	-	-	-	-
220	18.9	-	-	-	-
225	18.95	-	-	-	-

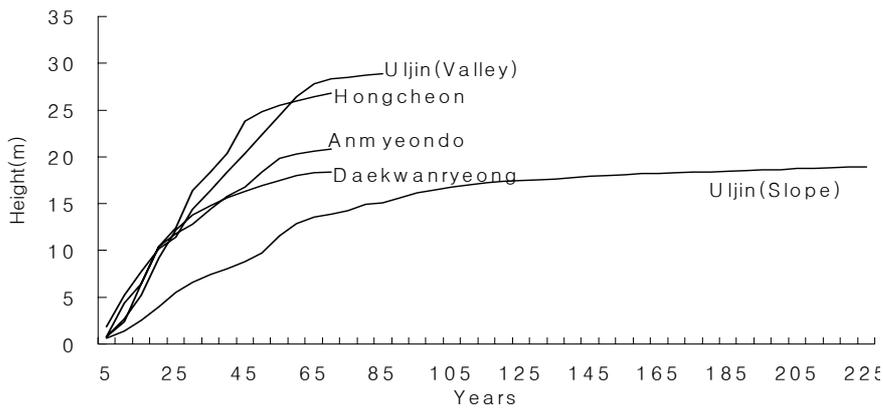


Fig. 2-39. Height growth curves of *Pinus densiflora* by regions.

#### 다. 직경생장

표 2-13과 그림 2-38은 지역별 소나무류의 직경생장량과 직경생장곡선을 나타낸 것으로 수령 50년의 경우 홍천의 금강소나무와 안면도의 소나무가 73.9, 75.4cm로 유사하였고 울진소광리의 사면부와 계곡부 소나무는 각 10.1, 20.2cm정도 로서 가장 낮았다. 이와 같은 결과는 시료목이 자라고 있는 그곳의 입지적 차이 때문으로 생각된다.

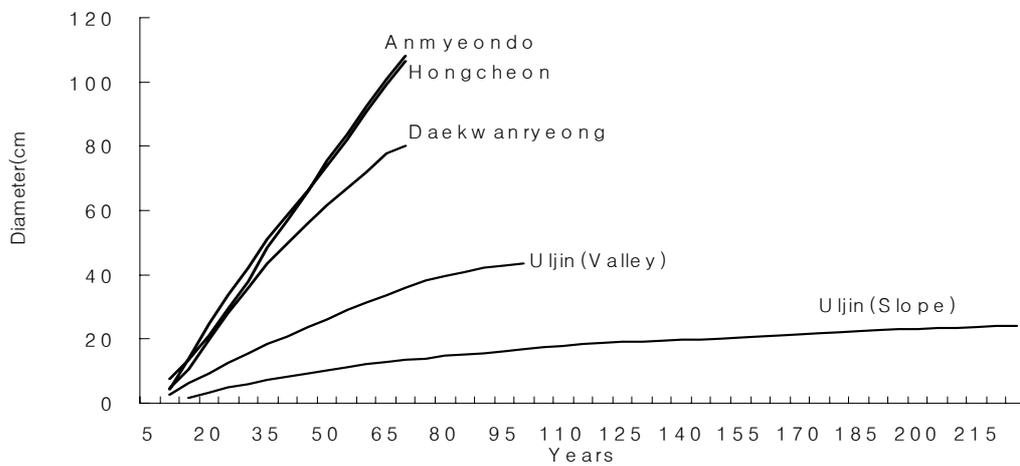


Fig.. 2-40. Diameter growth curves of *Pinus densiflora* by regions.

Table 2-13. Diameter growth of *Pinus densiflora* by regions

(Unit : cm)

Age	Region	Uljin Sokwangri (Slope)	Uljin Sokwangri (Valley)	Anmyeon do	Daekwaneong	Hongcheon
5						
10			2.764654	4.223079	4.653606	7.65498
15	1.596174	6.181954	13.73081	10.58782	13.59093	
20	3.192348	9.375398	24.62457	19.808	21.23571	
25	4.788521	12.61886	33.69023	28.14883	29.25835	
30	6.078049	15.43427	42.03426	35.97593	38.07468	
35	7.401153	18.30388	51.05261	43.42062	48.58508	
40	8.370406	20.68878	58.52758	49.69974	56.91652	
45	9.238524	23.64816	66.21717	56.20708	65.85063	
50	10.15799	26.20352	73.94265	61.61313	75.46881	
55	11.23008	28.95197	81.92742	66.97276	83.71928	
60	12.20838	31.25812	90.69442	71.99611	92.27486	
65	12.76939	33.50064	99.23273	77.64036	100.9067	
70	13.40216	36.01132	106.3284	80.2385	108.1459	
75	13.96082	38.15824	-	-	-	
80	14.716	39.71234	-	-	-	
85	15.18464	41.00645	-	-	-	
90	15.59846	42.06455	-	-	-	
95	16.23867	42.7107	-	-	-	
100	16.85457	43.40595	-	-	-	
105	17.4122	-	-	-	-	
110	17.95252	-	-	-	-	
115	18.33864	-	-	-	-	
120	18.7508	-	-	-	-	
125	19.05406	-	-	-	-	
130	19.25359	-	-	-	-	
135	19.48378	-	-	-	-	
140	19.71129	-	-	-	-	
145	19.8722	-	-	-	-	
150	20.12699	-	-	-	-	
155	20.40981	-	-	-	-	
160	20.65797	-	-	-	-	
165	21.0247	-	-	-	-	
170	21.47432	-	-	-	-	
175	21.79815	-	-	-	-	
180	22.05956	-	-	-	-	
185	22.37492	-	-	-	-	
190	22.68589	-	-	-	-	
195	22.93719	-	-	-	-	
200	23.13076	-	-	-	-	
205	23.35001	-	-	-	-	
210	23.56722	-	-	-	-	
215	23.75566	-	-	-	-	
220	23.94261	-	-	-	-	
225	24.07525	-	-	-	-	

# 88Years Height 29.0m

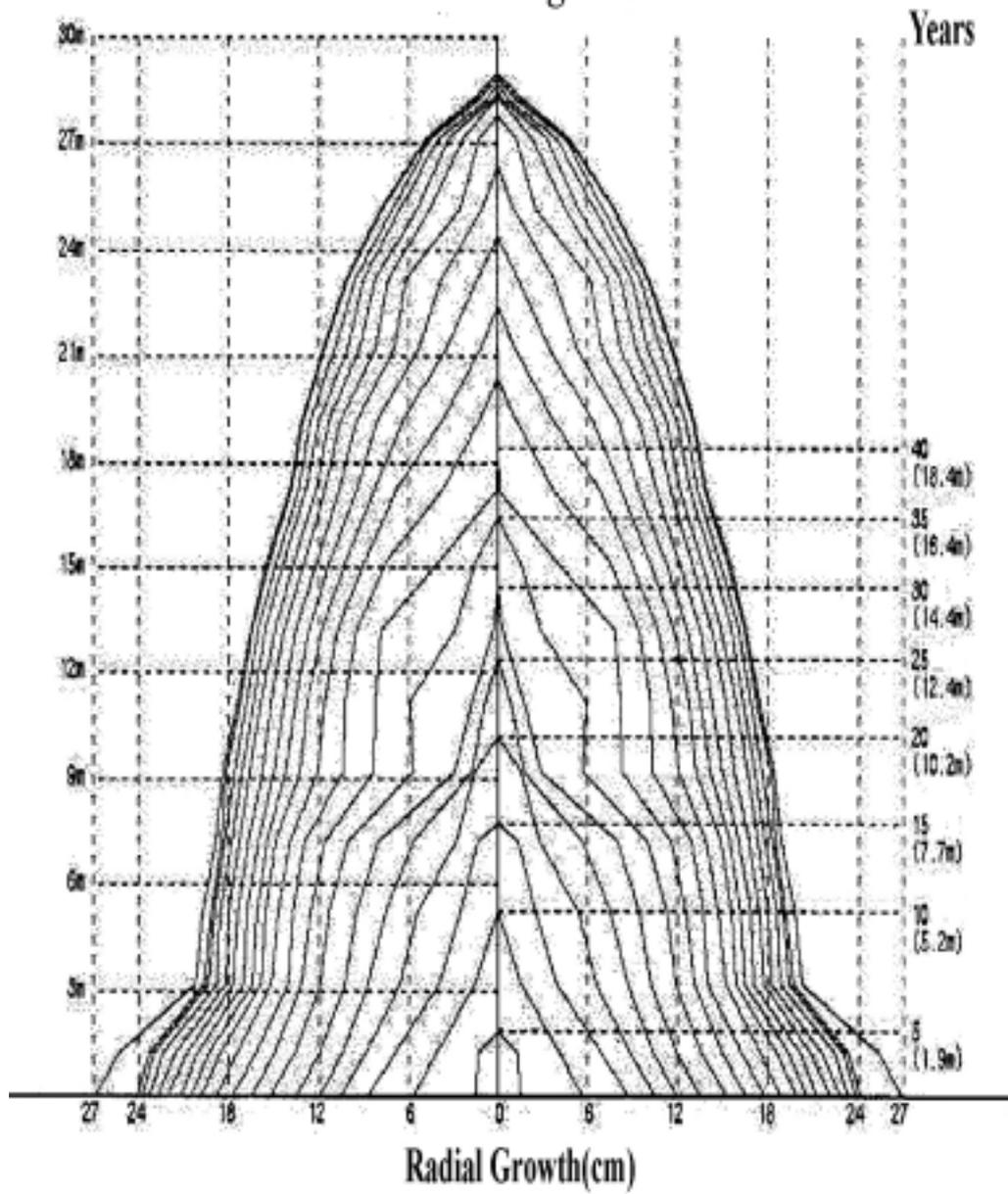


Fig. 2-41-1. Stem analysis of Individual 1.

# 98Years Height 24.5m

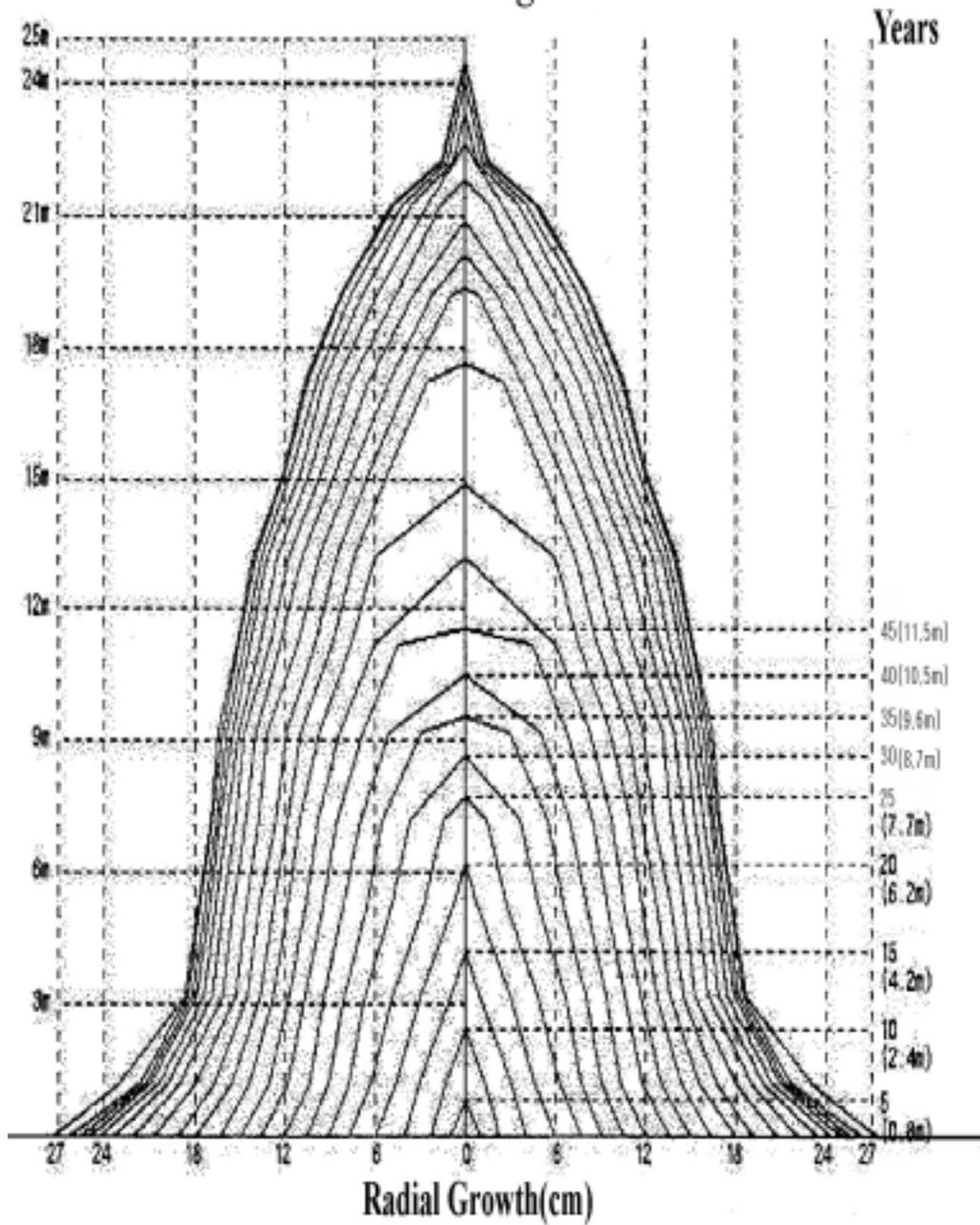


Fig. 2-41-2. Stem analysis of Individual 2.

# 95Years Height 29.0m

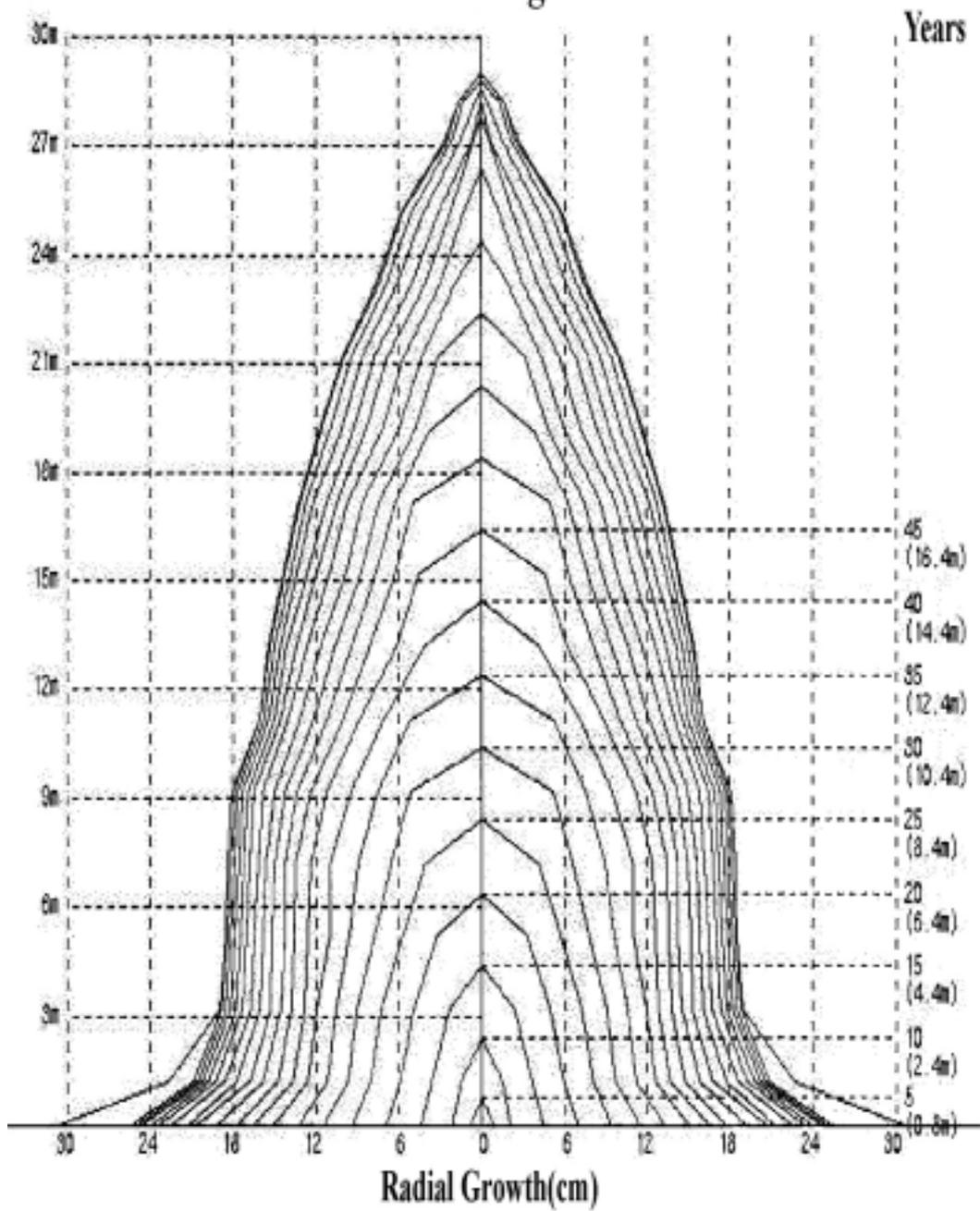


Fig. 2-41-3. Stem analysis of Individual 3.

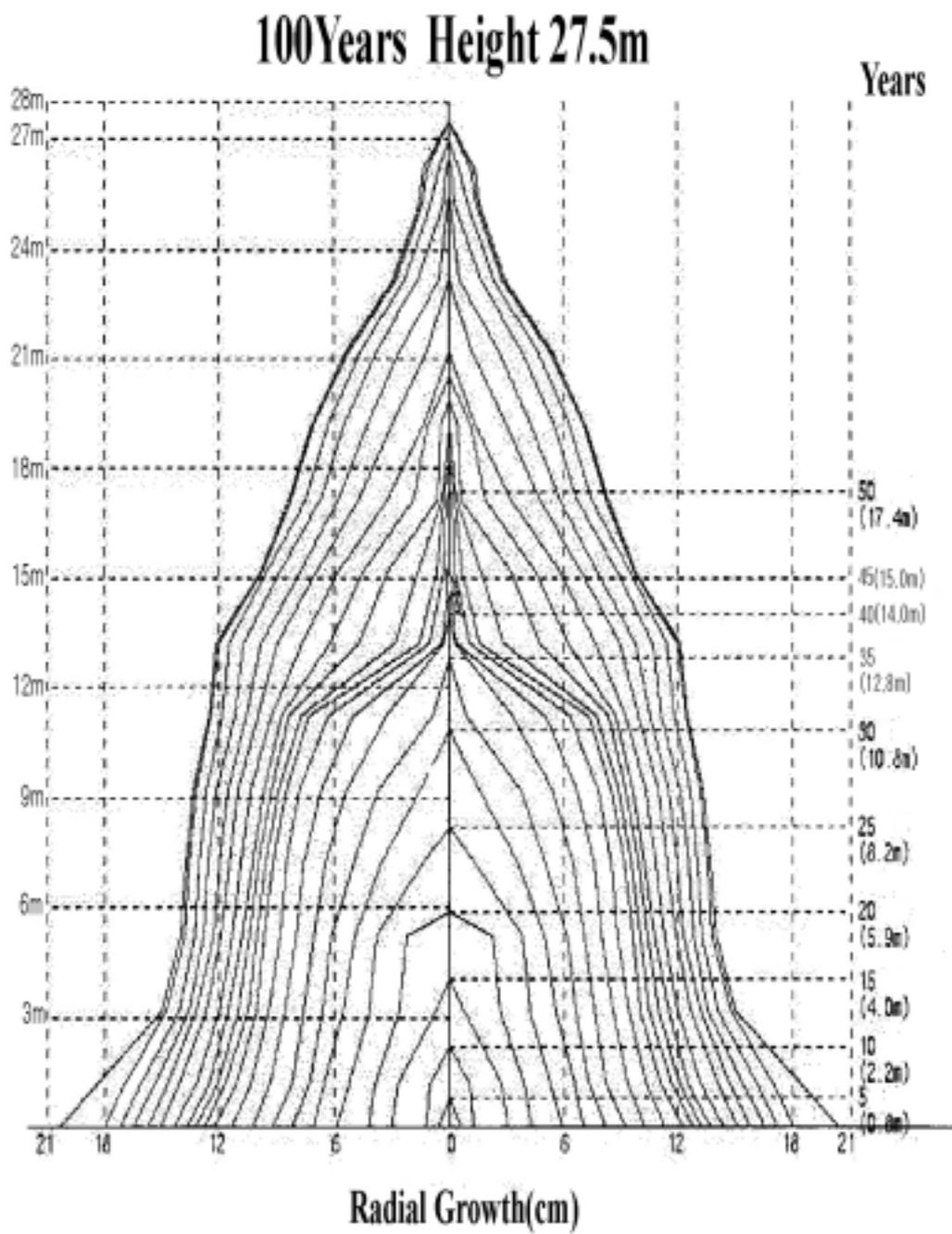


Fig. 2-41-4. Stem analysis of Individual 4.

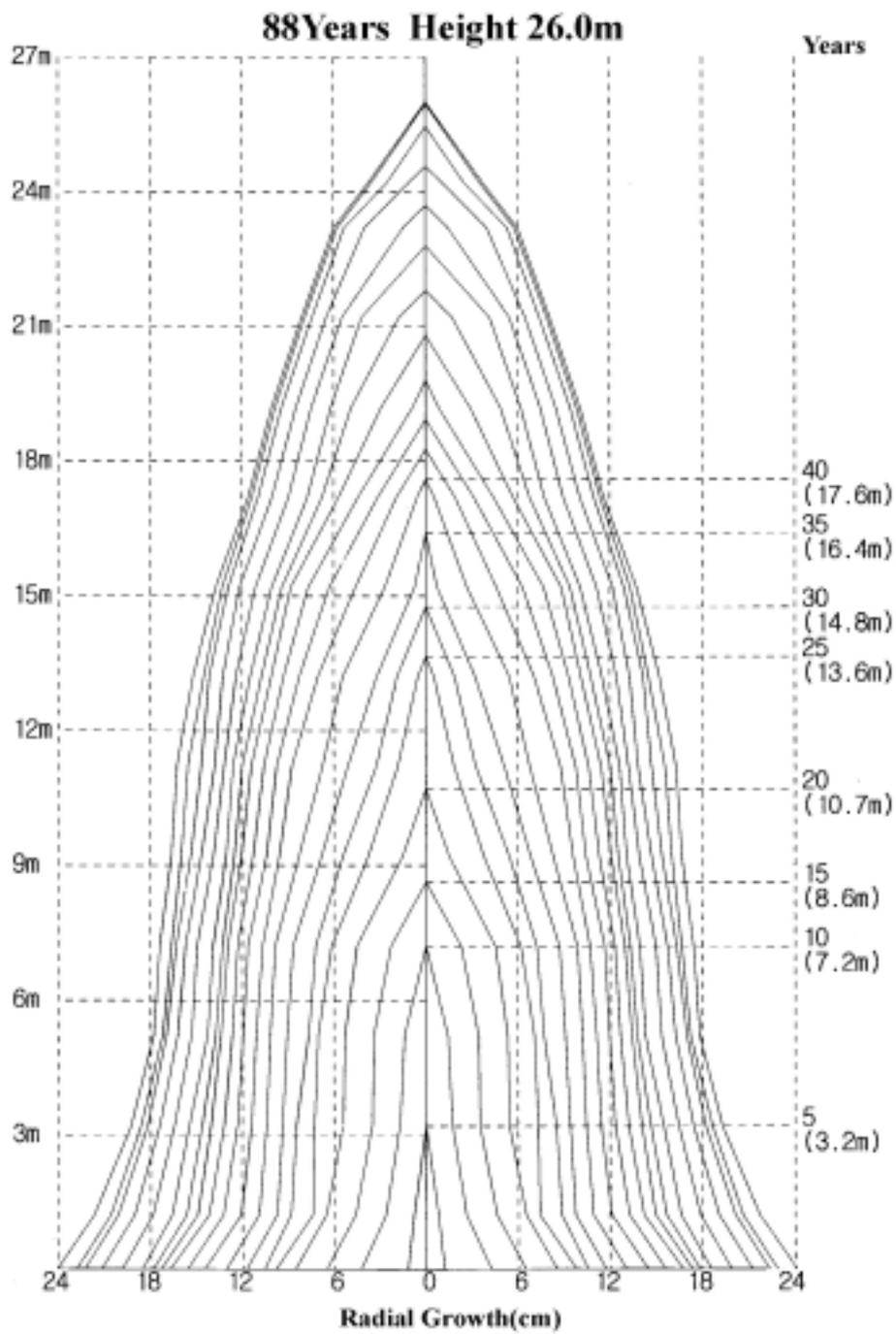


Fig. 2-41-5. Stem analysis of Individual 5.

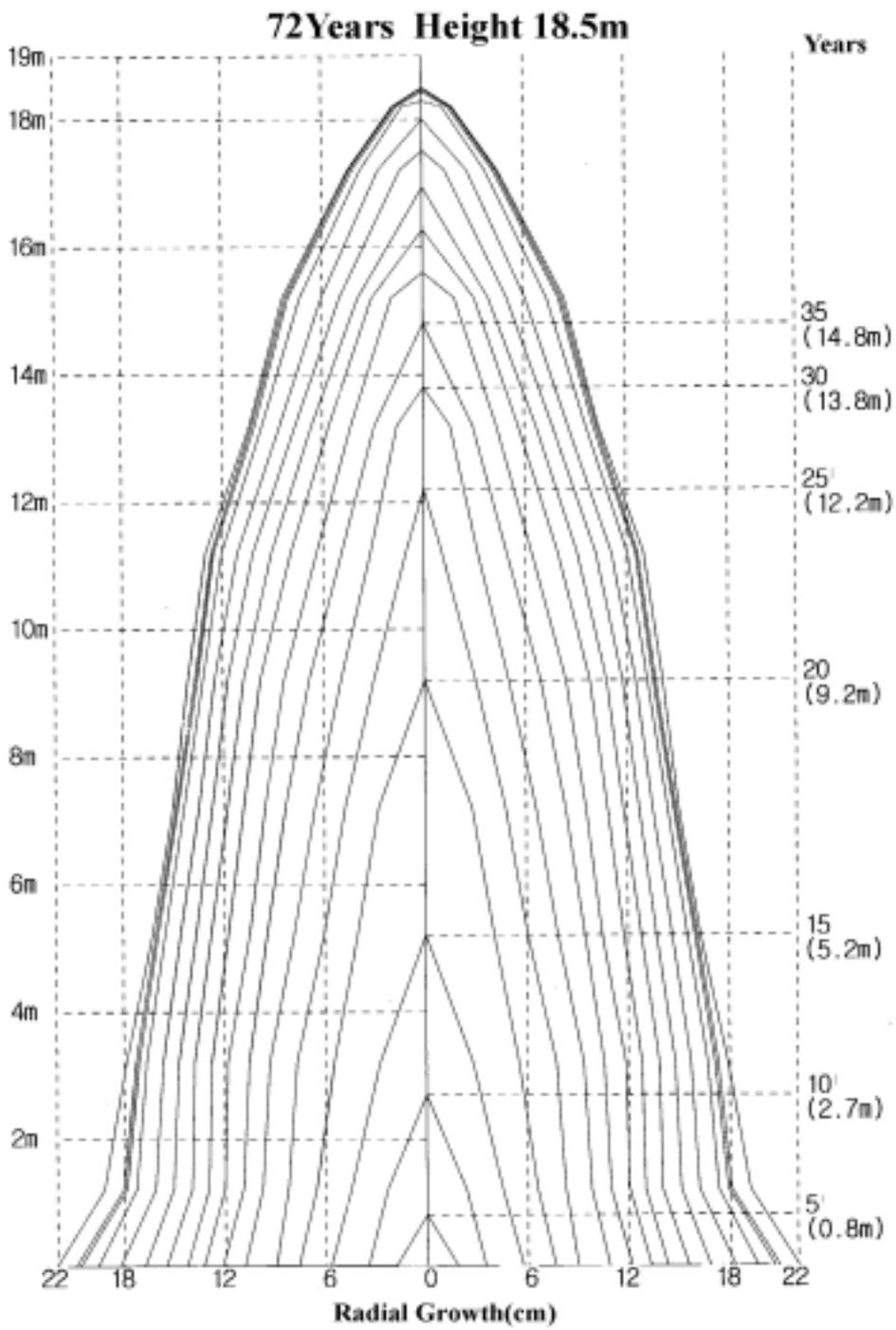


Fig. 2-41-6. Stem analysis of Individual 6.

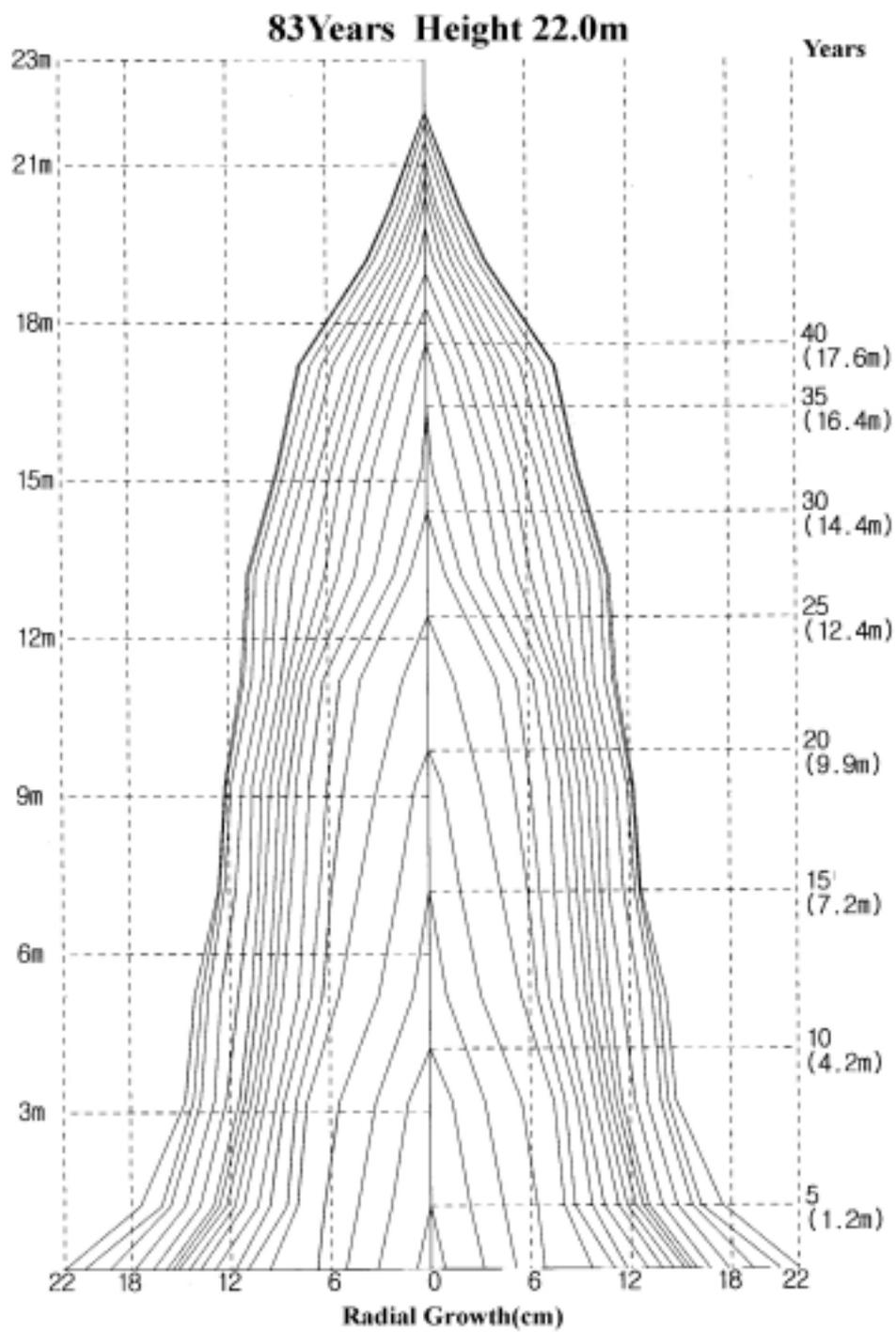


Fig. 2-41-7. Stem analysis of Individual 7.

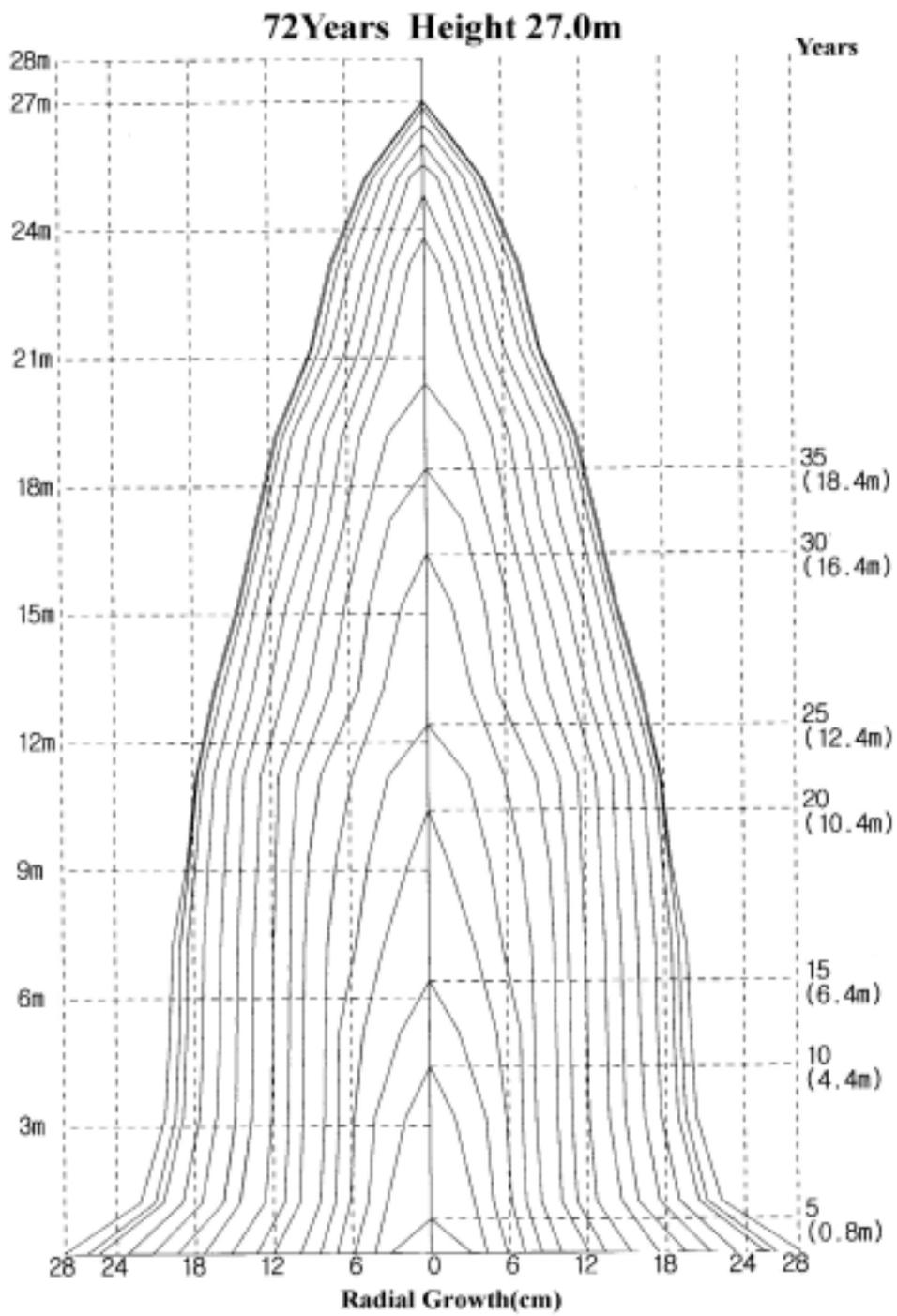


Fig. 2-41-8. Stem analysis of Individual 8.

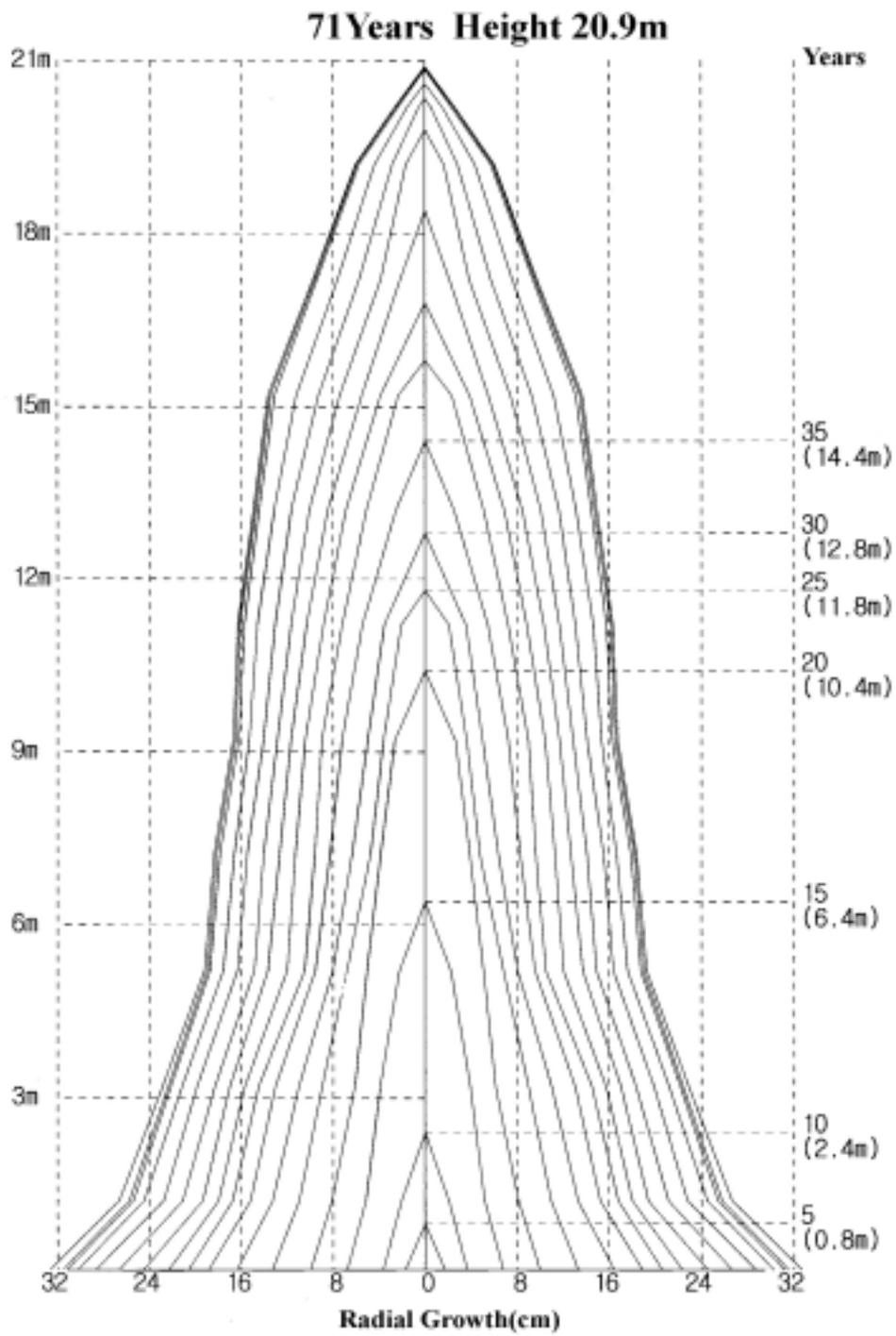


Fig. 2-41-9. Stem analysis of Individual 9.

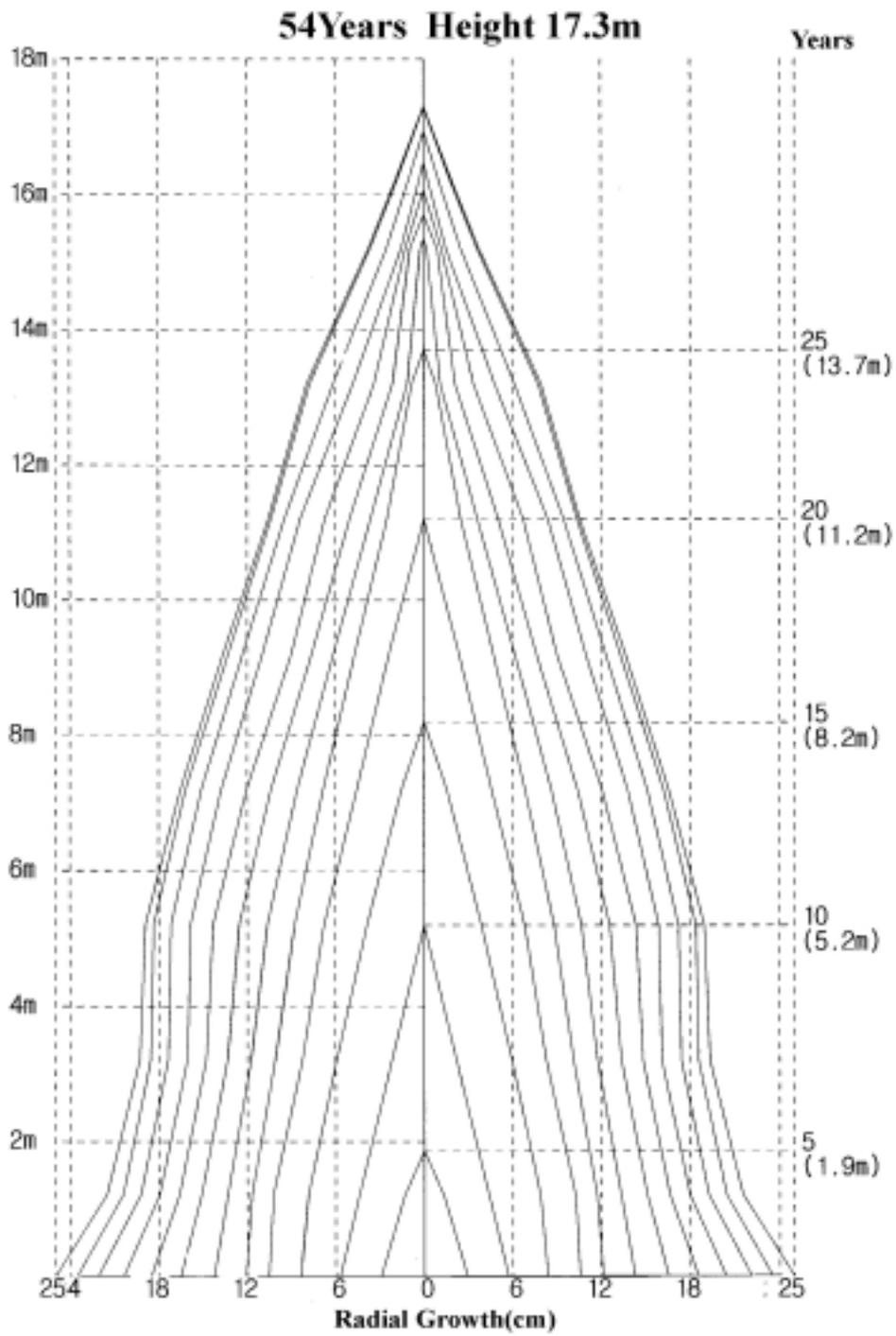


Fig. 2-41-10. Stem analysis of Individual 10.

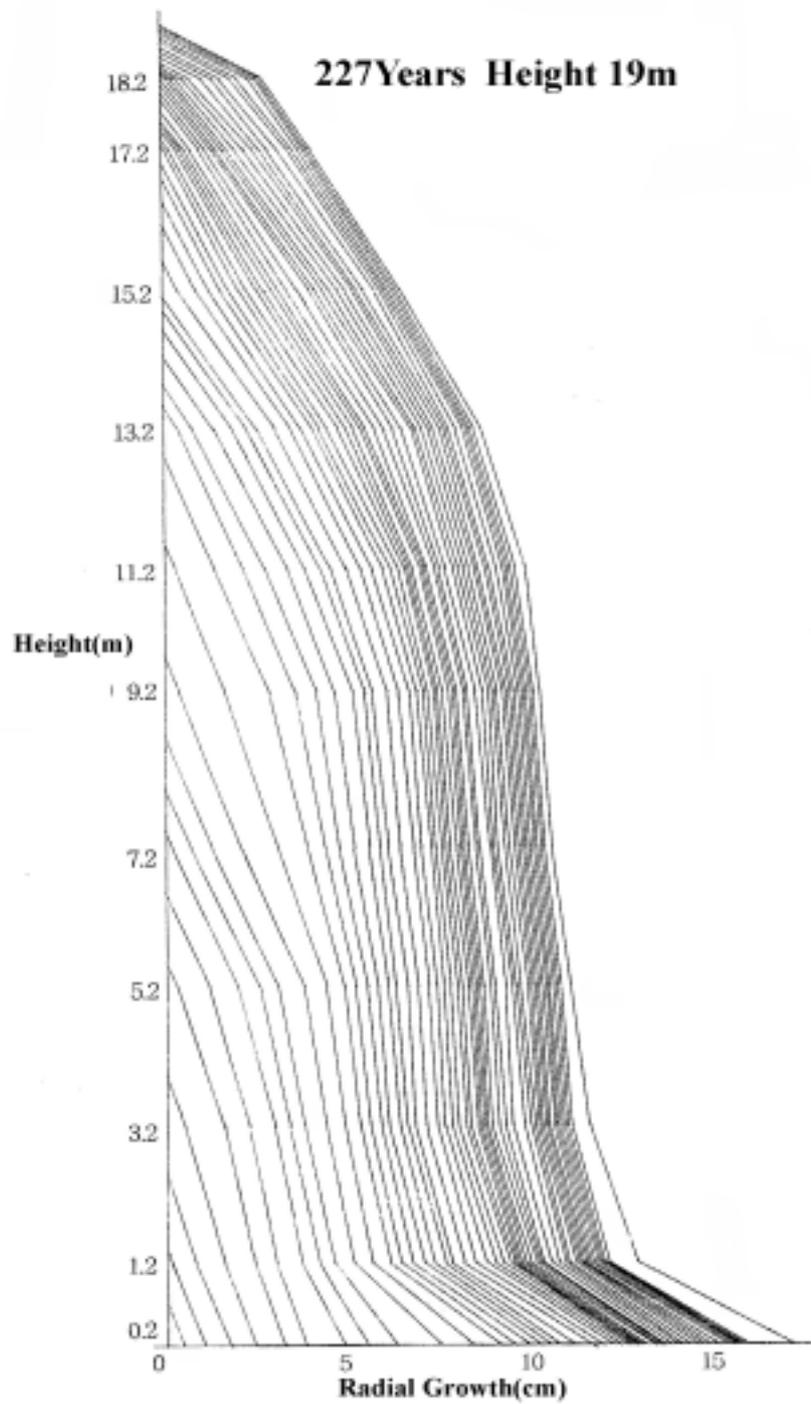


Fig. 2-41-11. Stem analysis of Individual 11.

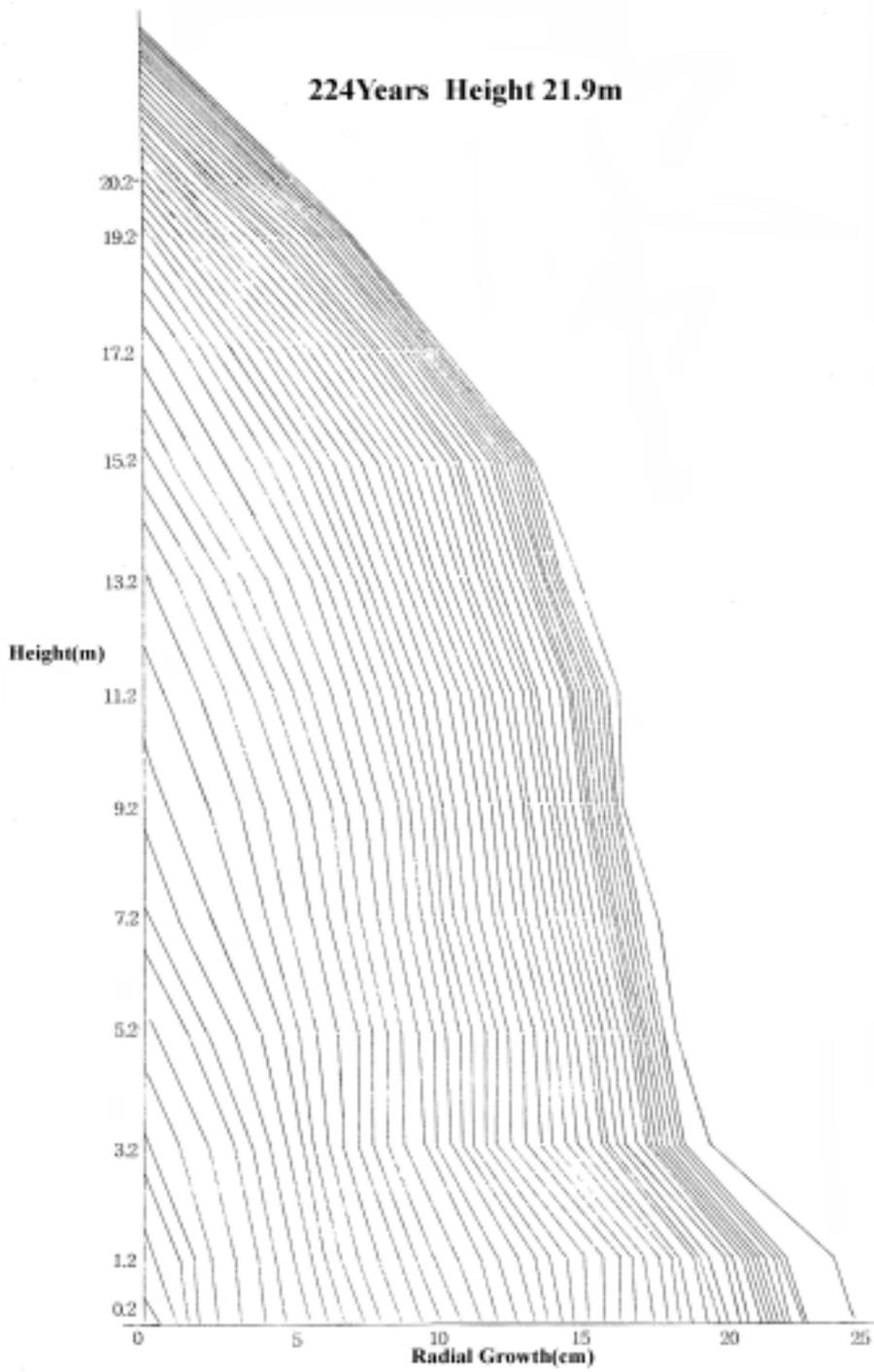


Fig. 2-41-12. Stem analysis of Individual 12.

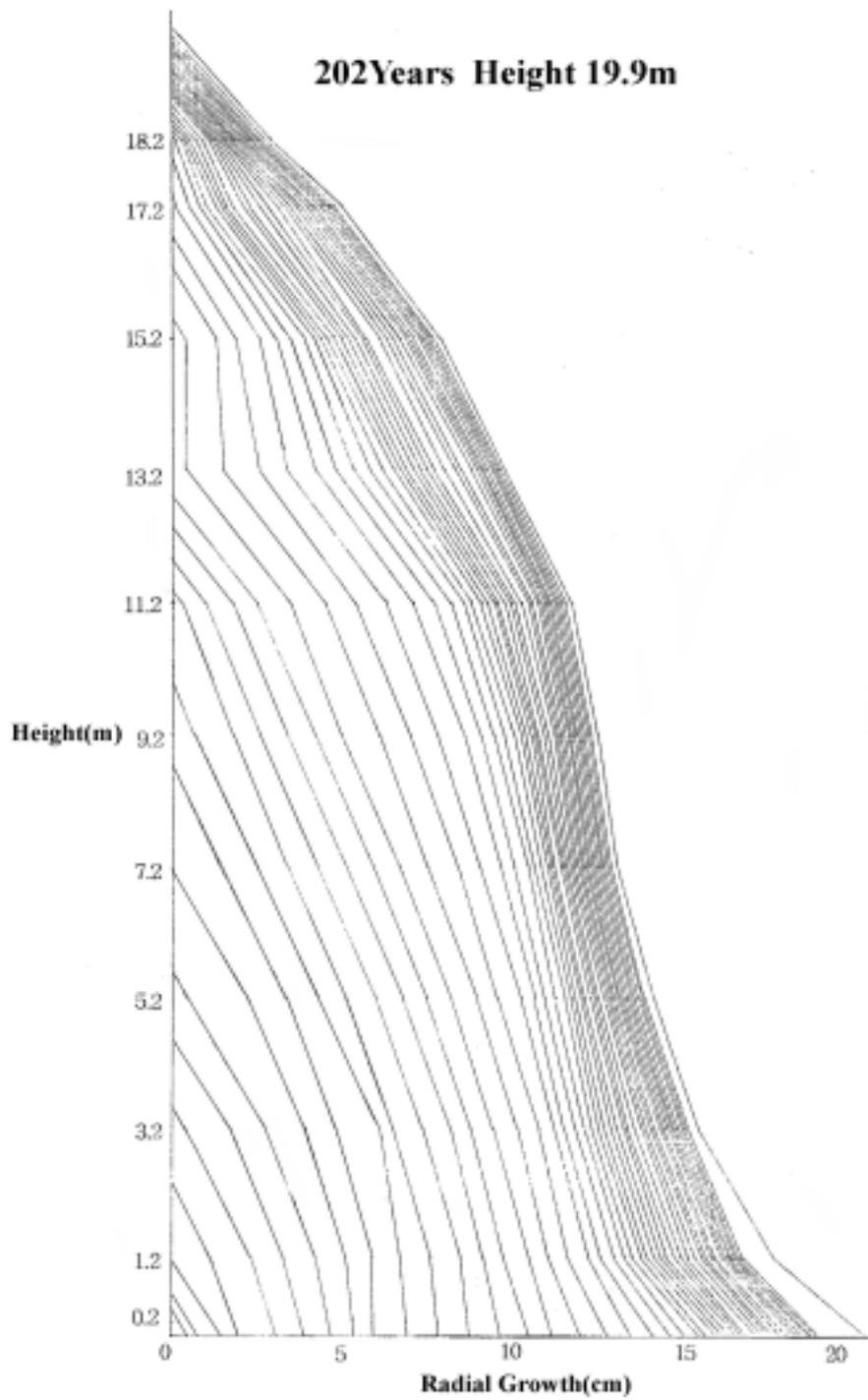


Fig. 2-41-13. Stem analysis of Individual 13.

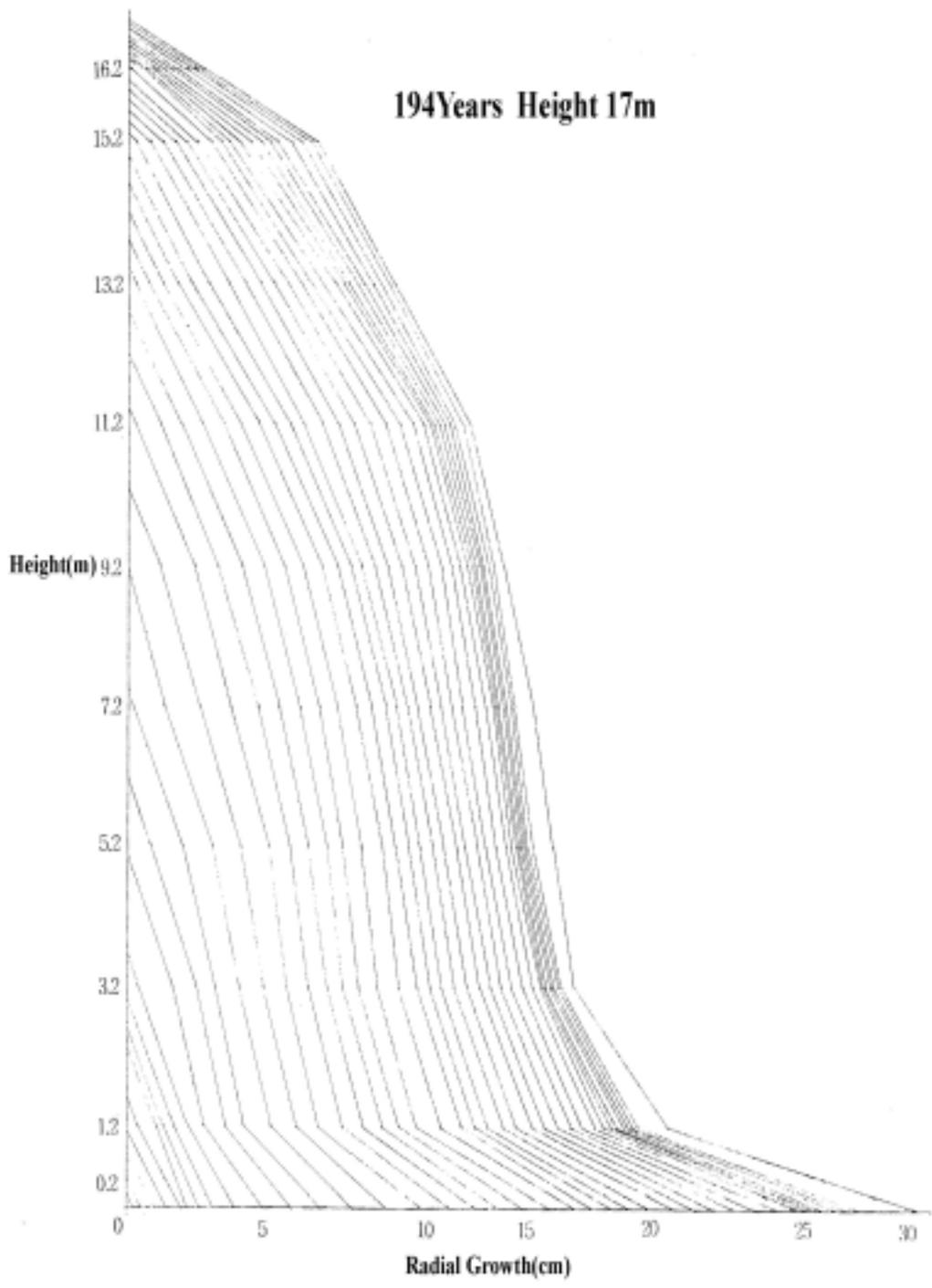


Fig. 2-41-14. Stem analysis of Individual 14.

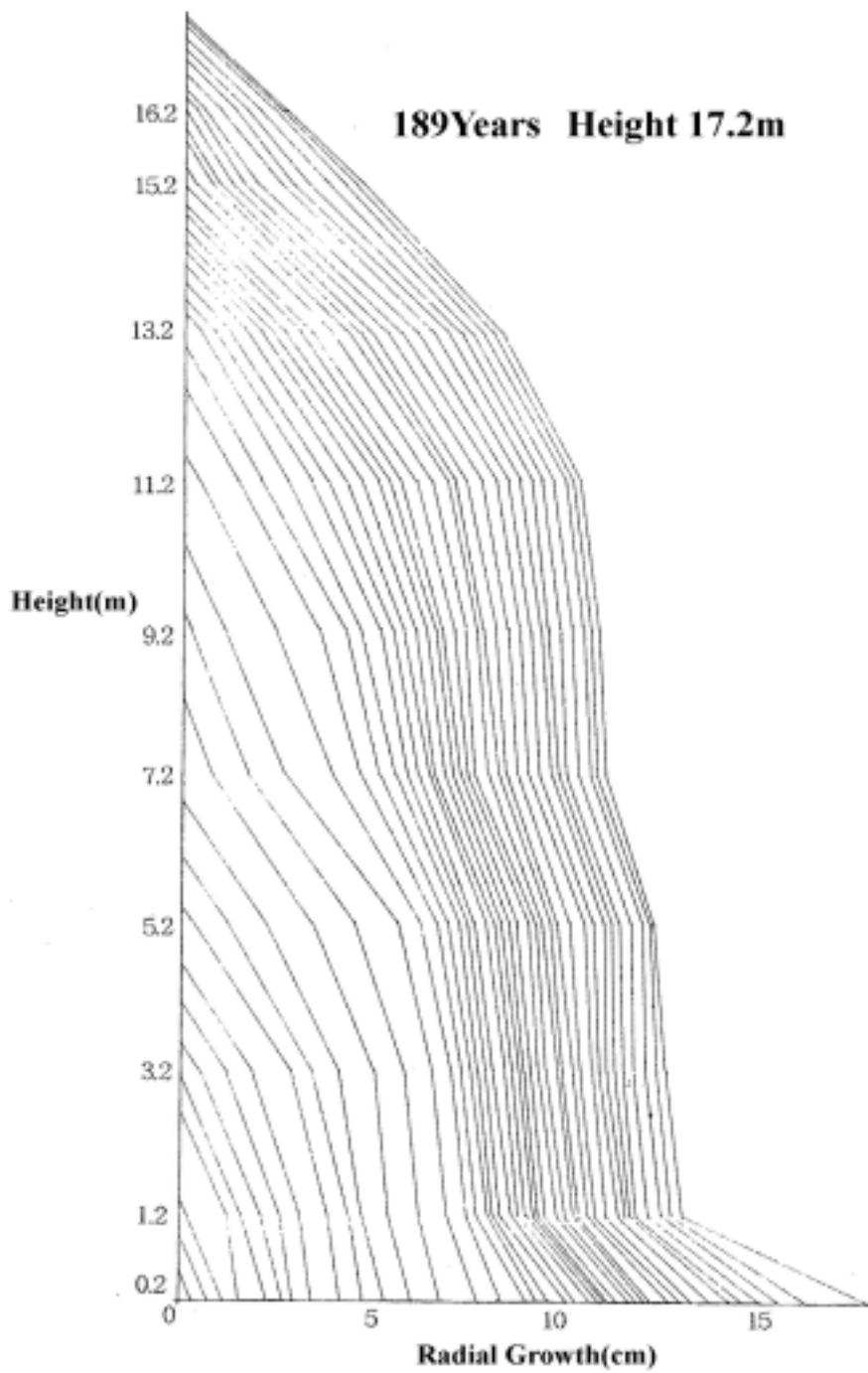


Fig. 2-41-15. Stem analysis of Individual 15.

#### 4. 참고문헌

이여하, 1995, 측수학, 기전연구소, pp. 367.

김갑덕, 1998, 삼림측정학, 향문사, pp. 282.

## 제 3 장 금강소나무의 이화학적 특성과 유전분석

### 제 1 절 금강소나무의 물리적 성질

#### 1. 실험 목적

금강소나무 중 적송(赤松)으로 불리고 있는 개체와 백송(白松)으로 불리고 있는 목재간의 물리적 성질, 즉 연륜 구조와 심재율, 기건밀도의 분포, 종압축강도의 차이점을 밝히기 위하여 본 실험을 실시하였다.

#### 2. 재료 및 실험방법

울진군 소광리에서 생육하고 있는 소나무 12본(赤松에 가까운 8개체와 白松에 가까운 4개체)을 채취하여 이를 대상으로 기초적 물성실험을 행하였다. 먼저 흉고높이로부터 5cm전후의 원판을 잘라내고, 소나무의 생육지가 경사지인 관계로 응력재의 영향이 있을 것으로 판단되어 산과 계곡방향 및 그 직각인 좌우방향으로 폭 2cm 정도의 각재를 채취하였다. 우선 각 공시재료의 연륜구조와 심변재율을 조사하였으며, 방사방향으로 2cm로 연속적으로 절단하여 만능강도기를 사용하여 종압축실험을 행하였다. 이와는 별도로 일련의 판목판재 시험편을 X선 회절용 시험편으로 제작하여 결정화도와 마이크로피브릴 경사각을 소광리산 금강소나무와 일반 생육지(경북대학교 청송연습림산) 소나무 각 3본에 대하여 그 결과를 비교, 검토하였다. 시험편은 수심에서 목표방향으로 미성숙재로 판단되는 20연륜까지는 5연륜마다 측정하였으며, 그 후는 연륜폭이 지나치게 좁은 관계로 4cm간격으로 연륜의 만재부만을 채취하여 X선 실험용으로 제공하였다. 실험조건은 Rigaku제 투과형 X선 회절기를 사용하였으며, slit폭은 1mm, 시료축에 수직으로 Cu, K $\alpha$ X선을 50kV, 100mA로 투사하여 촬영하였으며, 시료당 노출시간은 30분~60분간으로 측정조건을 정하였으며, 총 약 50여 개의 시료를 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 연륜구조와 심재율

그림 3-1에 소광리산 소나무의 연륜구조를 조사한 결과를 나타내었다. 횡축은 금강소나무 시료목 번호로서 8번까지는 赤松에 가까운 개체이고, 9~12번 개체는 白松에 가까운 것이다. 좌변의 종축은 심재율과 변재율을, 우변의 종축은 평균연륜폭을 나타내었다. 먼저 심재율을 보면 赤松으로 구분되는 8본의 시료목은 약 70%이상의 심재율을 보였으며, 일부는 90% 가까운 심재율을 나타내었다. 또 이 그림에는 포함시키지 못했지만 경북대학교 청송연습림산 소나무의 경우를 비교해 보면 심재율은 약 50%정도로 이들 소광리산보다는 매우 낮은 수치를 보임으로써, 재질측면에서 赤松이 우수한 사실을 추정할 수 있었다.

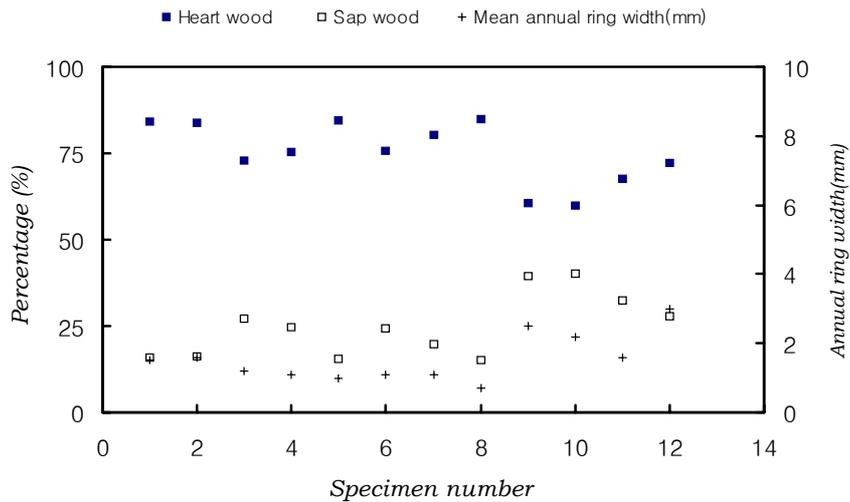


Fig. 3-1. Relationships between the heartwood & sapwood percentage and average annual ring width in *Pinus*.

평균연륜폭을 보게 되면, 赤松은 2mm내외의 극히 좁은 값을 나타내고 있었으며, 白松의 평균연륜폭은 赤松에 비하여 매우 넓은 분포를 가지고 있음을 확인할 수 있

었다. 침엽수에 있어서는 연륜폭의 증감은 강도의 감증으로 이어지는 경향이 있지만 소광리산과 같이 지나치게 좁은 연륜에 대해서는 오히려 강도값이 떨어지는 경향이 있을 것으로 예상된다. 왜냐하면, 침엽수는 활엽수재와는 달리 연륜의 경사가 매우 급하며, 특히 소나무와 같은 수종은 조재부에서 만재부로 세포의 이행이 급하여 연륜폭이 극단적으로 좁아지게 되면, 인성이 강한 조재부 보다는 인성이 약한 만재부만이 대량으로 존재하는 관계로 외력에 대한 저항력이 크게 뒤떨어지기 때문이다. 우리 나라에서 일반 소나무재의 재질은 다른 국산 침엽수재와 비교하여 매우 우수한 것으로 알려져 있고, 이 경우 보통 평균연륜폭은 약 5mm전후이며, 심재율이 높지 못한 관계로 목재재료로 사용할 경우에는 건조재를 이용하거나 방부처리 등을 행한 후에 사용함이 바람직한 것으로 알려져 있다. 이와 관련하여 소광리산 赤松材는 심재화가 일반 소나무재에 비하여 매우 많이 진행된 관계로 심재부분을 사용하게 될 경우는 일반건조나 방부처리를 하지 않고서도 일상적으로 사용해도 큰 문제가 없을 것으로 판단된다. 왜냐하면, 심재화가 진행된 부분에는 수분의 침투가 극히 어려우며, 일반 균의 침입도 그만큼 어렵고, 소나무의 수지성분이 이들 인자를 보강하기 때문이다.

#### 나. 기건밀도의 분포

시료목의 각 원관으로부터 산곡부 방향으로 2cm의 일정간격으로 직방체를 제조하여, 항온항습실에서 2개월간 방치한 후 평형상태에서 밀도를 측정하여 그림 3-2에 그 결과를 나타내었다. 개체당 약 20여개의 시편을 조사하였는데, 수심부는 그림의 횡축상 약 9번 또는 10번째가 되는데, 전체적으로 밀도분포는 수심부를 중심으로 상호 대칭관계가 되는 것으로 추정된다. 밀도는 수심부에서 수피부를 향하여 증가하는 형태를 보이다가, 변재부분에 이르러서는 서서히 감소하는 형태를 나타내고 있다. 밀도는 재료의 특이성을 총체적으로 나타내는 물성치인만큼 그 의미가 매우 크다고 할 수 있는데, 본 실험결과 미성숙재부 및 변재부를 제외한 부분의 밀도는 0.5~0.8의 범위를 나타내었다. 일반 소나무재의 밀도가 약 0.5 전후인 점을 비교해 볼 때 赤松材과 白松材의 밀도값이 상당히 높았으며 白松 보다는 赤松의 밀도가 높은 경향이있

다. 이것은 좁은 연륜폭 때문에 만재율의 증가가 밀도의 증가를 가져온 것으로 추정할 수 있다. 또한 그림으로부터 밀도분포의 편차가 큰 것은 같은 생육지일지라도 입지나 지위에 따른 재질의 차이가 크게 나타나는 것으로 판단되었다.

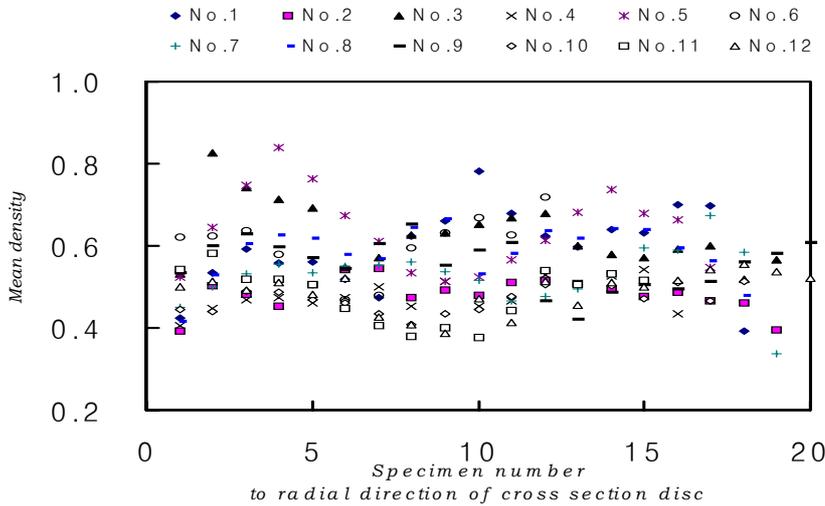


Fig. 3-2. Relationships between specimen numbers and mean densities of *Pinus densiflora* to radial direction of cross section wood disc. Pith is located about nine number.

#### 다. 종압축강도

그림 3-3에는 소나무재의 기건밀도와 종압축강도(파괴계수, MOR)와의 관계를 나타내었다. 그림으로부터 밀도와 강도와의 관계는 1차상관직선을 나타내고 있으며, 진술한 바와 같이 밀도는 강도값과 직접적인 상관관계를 나타내고 있음을 잘 알 수 있다. 따라서 일반 소나무재보다도 소광리산 소나무재의 밀도가 매우 큰 관계로 강도면에 있어서도 매우 큰 값이 얻어질 것으로 예상되었으며, 그 결과도 역시 큰 값으로 나타났다. 특히 종압축강도는 목재성분중 리그닌의 함량에 의해 크게 좌우되는데, 소광리산 소나무재는 만재부가 크고 심재화가 많이 진행된 관계로 일반산 소나무재보다도 종압축강도는 특히 크게 나타나는 것으로 판단되어진다.

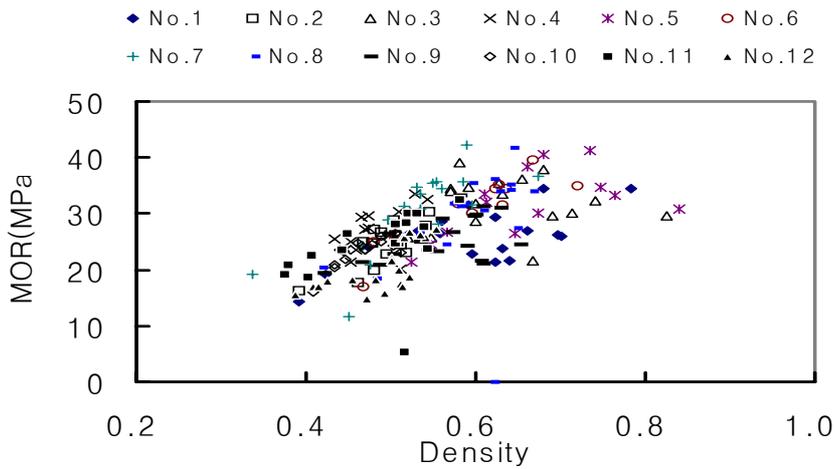


Fig. 3-3 Relationship between density in air dry and modulus of rupture of *Pinus*.

그림 3-4에는 종압축 탄성계수와 종압축강도와의 상관성을 나타내었다. 탄성계수는 외력이 재료에 가해질 때, 외력에 저항하는 값으로서 그 값이 클수록 강성이 크게 된다. 따라서 강성이 큰 재료를 건축재의 기둥으로 이용하게 될 경우 압축응력에 대하여 그 기능을 충분히 발휘할 수 있으며, 심재용 등의 기초물성치와 더불어 건축재료로 사용하기에는 매우 우수한 재목이 됨을 잘 알 수 있겠다.

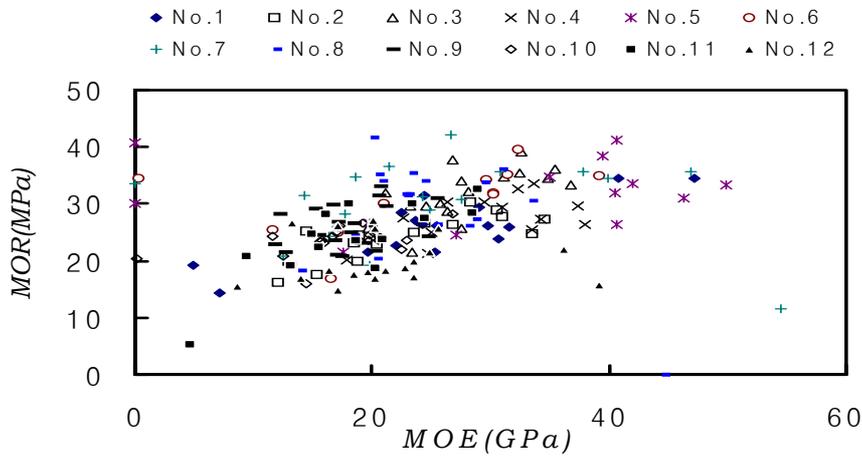


Fig. 3-4. Relationship between the MOE and MOR of *Pinus*.

그림 3-4로부터 탄성계수(MOE)의 증가는 압축강도의 증가로 정비례관계를 나타내고 있으며, 탄성계수와 강도치 모두 赤松材가 白松材에 비교하여 큰 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 만약 강도는 큰데 탄성계수가 작다는 것은 응력과 변형을 선도에 있어서 기울기는 작으면서 변형율이 크게 되기까지 파괴되지 않고 늘어난다는 의미가 되는데, 목재는 탄성재료로서 이에 해당되지 않는다고 할 수 있다.

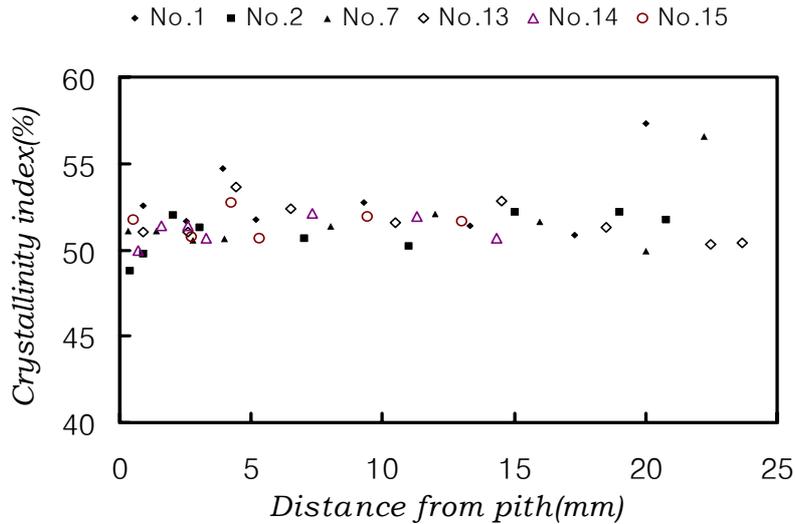


Fig. 3-5. Variations of relative crystallinity as a function of distance from pith.  
Legend : No.13-15 is *Pinus densiflora*.

라. 상대결정화도와 마이크로피브릴 경사각

X선 회절도를 스캔하여 얻어진 곡선부를 360°적분하여 배경값을 제외시킨후, 회절 강도곡선으로부터  $2\theta=5\sim 32^\circ$ 범위에 한정하여 결정피크면적과 비결정면적의 상대적인 화상의 pixel비율에 의해서 화상해석법으로 상대결정화도를 처리하였다. 국내산 침엽수재와 활엽수재의 상대결정화도는 강원대학교 김남훈교수에 의하여 상세하게 보고되고 있는데, Segal법에 의한 침엽수재의 상대결정화도는 45%에서 62%(평균 53%)의 값을 보이고 있으며, 활엽수재는 50%에서 64%(평균 54%)의 값을 나타내는

것으로 알려져 있다. 그림 3-5를 보게 되면, 소광리산 소나무(No.1,2,7)와 청송 연습림산 소나무(No.13,14,15)의 상대결정화는 횡단면상의 반경방향에 있어서 큰 차이가 없음을 나타내고 있다. 두 그룹의 소나무재 모두 수심부근의 10년생까지에서는 약간 작은 값을 나타내고 있으나, 그 이후에 있어서는 결정화도가 약 50~55%의 일정한 값을 보임으로써, 국내산 일반 침엽수재와 큰 차이가 없음을 나타냄을 잘 알 수 있었다.

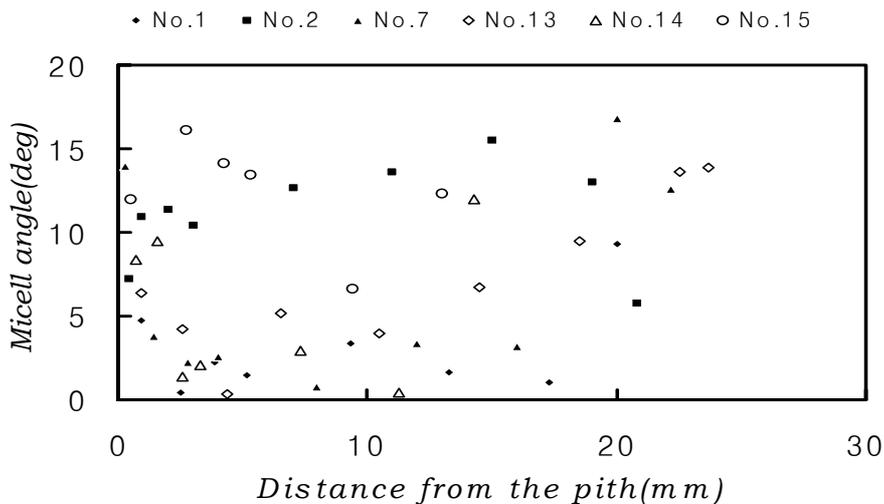


Fig. 3-6. Distribution of the mean micell angle to radial direction in the *Pinus* as a function of the distance from pith. Legend : No.13-15 is *Pinus densiflora*.

그림 3-6에는 소광리산 소나무재와 청송산 소나무재의 평균미셀경각에 대하여 수심부에서 수피부를 향하여 그 경향치를 나타내었다. 일반적으로 목재세포벽상에서 결정영역, 이른바 미셀은 섬유축에 대해서 어느 각도를 가지지만, 이 미셀경각은 결코 일정치를 가지는 것은 아니며, 수종간에서의 차이는 물론, 동일수종에서도 생육조건 등의 차이에 따라서 다른 값을 나타낼 것으로 생각된다. 특히 동일 개체내에서도 세포의 형성시기, 형성부위의 차이로 미셀경각이 다르게 나타날 것으로 예상된다. 미셀경각은 섬유축방향과 평행일 때 0°를 나타내며, 이때 가오적인 측면에서 가장 큰

값을 나타내기 때문에, 미셀경각의 크기는 목재의 물리적 및 역학적 성질에 있어서 매우 중요한 지표라고 할 수 있다. Okano에 의하면, 소나무재의 2차벽 중층에 있어서 피브릴경각은 조재부보다 만재부쪽이 크다고 하는 보고가 있으며, 1연륜내에서 조사한 결과는 미셀경각은 조재부에서 만재부를 향하여 증가하는 경향을 나타낸다고 보고하고 있다. 따라서 수체내에서 미셀경각을 구할 경우는 조재부보다 만재부에서의 값이 적당한 것으로 판단하고 있다. 따라서 본 실험에서도 만재부의 관목관재를 취한 것도 이때문인데, 소광리산 소나무재에서는 수피부근을 제외한 부분에서는 미셀경각이 수심에서 수피방향을 향하여 증가하는 경향을 보이고 있다. 청송산 소나무재는 No.15에서는 일정한 값을 보이나, No.13에서는 수피부를 향하여 단조증가하는 경향을 보이고 있다. 따라서 미셀경각의 변이는 결정화도와 마찬가지로 소광리산과 청송산에서는 각각의 값에서 편차는 크게 나타나는 것으로 보이지만, 양자간에는 큰 차이가 없는 것으로 판단되어진다. 일반적으로 소나무재는 통직목리로서 섬유배열이 매우 고른 것으로 잘 알려져 있다. 이외에도 문헌에 의한 소나무재의 미셀경각은, 동일지상고에서는 수심에 가까운 부분을 제외하면 일정 지상고까지 각각의 지상고에서 비교적 안정된 일정한 값을 취한다. 지상고에 대해서 살펴보면, 비교적 수피에 가까운 부위에서는 어느 지상고까지 다소 감소하고, 그 이상의 지상고에서는 증대한다고 알려져 있다. 또 비교적 수피로부터 떨어진 부위에서는 어느 지상고까지 거의 일정한 값을 가지며, 그 이상의 지상고에서는 증대하며, 미셀경각과 만재율사이의 상관관계는 없으며, X선 회절강도곡선의 반가폭과 평균미셀경각사이에는 직선관계가 있는 것으로 알려져 있다.

한마디로 요약한다면, 금강소나무 중 赤松과 白松의 차이점은 물리적 성질에서는 큰 차이가 없었다. 赤松은 심재화가 白松에 비해 많이 이루어져있고, 밀도가 매우 높았다. 이것은 좁은 연륜폭 때문에 만재율의 증가가 밀도의 증가를 가져온 것으로 생각된다.

赤松材의 상대결정화도 및 미셀경각의 크기는 白松材와 큰 차이가 없었다. 또 赤松의 압축강도가 白松의 압축강도보다 더 크게 나타나는 것으로 보아서 재질이 더 강함을 알 수 있었다.

오직 차이점이 있다고 한다면 赤松材에 아주 좁은 연륜폭과 심재율만이 크게 다르게 나타났다. 따라서 심재율이 높다는 것은 외부의 균의 침입에 대한 저항능력이 뛰어나기 때문에 장기간의 재목이용에 있어서 매우 유리하게 작용하고 있는 것으로 판단되었다.

따라서 赤松의 물리적 특징은 白松에 비하여 심재화가 매우 많이 진행된 점과 연륜폭이 극히 좁은 것이라고 할 수 있으며, 이 특성이 우수한 재질발현의 직접적인 원인으로 판단되었다.

#### 4. 참고문헌

- 岡野 健 外2人. 1969. アカマツ, カラマツ樹体内の平均ミセル傾角分布に関する研究. 日本木材學會誌 15(2):62-66.
- 岡野 健. 1970. X線による木材の相對結晶化度の測定. 日本木材學會誌 16(6):257-261.
- 박봉우. 1993. 황장목과 황장봉산. 전영우편. 소나무와 우리문화. 숲과 문화연구회. 116-122.
- 박봉우. 1996. 황장금표에 관한 고찰. 한국임학회지 85(3): 426-438.
- 李元用, 金南勳. 1992. X線 回折法에 의한 주요 침·활엽수재의 微細構造. 목재공학 20(1): 28-37.
- 李元熙, 金炳魯. 1993. 인장재료의 기초적 재질에 관한 연구. 한국가구학회지 4(2): 1-10.
- 이원희, 김현정, 양재경, 박소윤. 1994. 인장재료의 기초적 재질에 관한 연구(제2보). 한국가구학회지 5(2): 23-30.
- J.C.F. Walker and B.G. Butterfield. 1995 November. The importance of microfibril angle for the processing industries. N.Z.FORESTRY 34-40.

## 제 2 절 금강소나무의 화학적 조성분 비교

### 1. 실험 목적

금강 소나무 목재의 심재·변재 간에 있어 화학적 조성분을 비교 분석하는데 있다. 금강소나무의 개체간 화학적 조성분의 분석 비교를 위하여 동일부위에서 채취된 시료로부터 각종 추출성분, lignin의 함량을 분석하였고, 특히 개체간 생화학적 대사 산물의 차이를 조사하기 위해 유기용제추출성분의 조성차이를 IR-Spectrum분석 및 T.L.C에 의한 전개 패턴의 상이점 등을 분석하여 비교하였다.

### 2. 재료 및 실험 방법

#### 가. 공시재료의 제조

강송의 심재와 변재부분을 chip으로 만든 다음 willey's mill로 분쇄하여, 이것을 sieve에 의해 20-80mesh크기의 통과분을 선별하여 기건 시킨 후 분석시료로 하였다.

#### 나. 화학조성 실험

##### 1) 함수율 측정

칭량병을 건조기 안에서 4시간 건조 후 시료 2g을 칭량 정칭하여 항량이 도달한 칭량병에 넣고 건조기 안에서 16시간 건조하고 desiccator 안에서 20분간 방냉 후 측정하였다.

$$\text{함수율} = \frac{\text{기건시료중량} - \text{전건시료중량}}{\text{전건시료중량}} \times 100$$

##### 2) 냉수 추출

시료 2g에 증류수 300ml를 가한후 가끔씩 교반하면서 48시간 방치후 미리 칭량해둔 1G4 glassfilter로 여과하여 이를 전건시킨 후 추출물양을 계산하였다.

### 3) 온수 추출

시료 2g에 증류수 100ml를 가한후 Hot Plate에서 3시간 동안 끓인 후 미리 칭량해 둔 1G4 glassfilter로 여과하여 열수로 세정하고 전건시킨 후 추출물양을 계산하였다.

### 4) 알칼리 추출

시료 2g에 1%NaOH수용액 100ml를 가한 후 Hot Plate에서 1시간 정도 끓인 후 미리 칭량해 둔 1G4 glassfilter로 여과해서 열수와 10%초산 수용액으로 순차세정하고 전건시킨 후 추출물양을 계산하였다.

### 5) 유기 용제 추출

시료 3g에 알·벤 용액(1:2v/v)200ml를 가한 후 가끔 교반해 주면서 5일간 처리한 후 미리 칭량해둔 1G4 glassfilter로 여과하여 알·벤 용액으로 세정하고 전건시킨 후 추출물양을 계산하였다.

### 6) 리그닌 정량

시료 0.5g에 72%황산 10ml를 가하여 20℃에서 4시간 정도 교반한 후 증류수 382.5 ml를 가한 후 오토클래브에서 2시간 정도 끓인 후 방냉하여 미리 칭량한 1G4 glassfilter로 여과하여 열수로 세정 한 후 전건시킨 후 리그닌을 정량하였다.

### 7) 회분

시료 2g을 미리 칭량한 도가니에 넣은 후 회화로에서 6시간 정도 태운 후 하루정도 방냉시킨 후 무게를 측정한다.

### 8) 유기용제 추출물의 IR-Spectrum측정

각 시료의 알콜·벤젠추출물을 FT-IR (Mattson Instruments Inc. Galaxy 7020A)을 이용하여 용제법으로 그 spectra를 얻어 각 시료간의 상호간의 추출성분을 비교하였다.

### 9) 유기용제 추출물의 TLC 분석

각 시료의 알콜·벤젠 추출물을 일정크기의 TLC plate(Merck, Silicagel 60 F254)에 spot 한 후 극성 및 비극성 혼합용매에 전개시킨 후 UV광선 254nm를 조사하여 spot을 확인하여 그 개체간의 추출성분의 분리 패턴을 조사하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 금강소나무의 심재와 변재의 화학적 조성분 비교 분석

금강소나무의 12개체의 화학적 조성분 분석 결과를 표 3-1에 종합적으로 나타내었다. 목재를 구성하는 화학적 조성은 수목 고유의 생합성 경로에 의해 생합성되는 유기화합물로서 매우 복잡하지만, 일반적으로는 탄소, 수소, 산소로 구성되어 소량의 질소와 회분을 함유하고 있다.

이러한 조성분은 수종간, 개체간, 부위별로 변이가 심하기 때문에 일괄적으로 다루기 어려운 점이 있다. 따라서 분석방법에 따라 세포벽 물질과 추출성분으로 구분하여 세포벽물질을 주성분, 추출성분을 부성분이라고 한다. 주성분을 크게 cellulose, hemicellulose, lignin으로 구성되며 수종간 차이가 크지 않으며, 침엽수의 경우 cellulose 40 ~ 45%, hemicellulose 11 ~ 20%, lignin 20 ~ 30%로 구성된다. 한편 hexane, benzene, ether, acetone, alcohol, 물 등의 용매에 의해 목재로부터 추출되는 성분인 추출성분은 양적으로 질적으로나 수종간의 변이가 심하고 수종 고유의 물질을 함유하는 경우가 많고 같은 수종에서도 수령, 입지, 영양상태 등의 조건과 병충해의 유무 및 벌채시기에 따라서도 다르다. 특히 심재부에서 얻어지는 추출성분은 변재와는 질적으로 다른 경우가 많으며 이러한 성분이 재의 내구성이나 가공성, 색조 등에는 많은 영향을 끼치고 있으며 특히, 금강소나무의 경우 심재부의 비율과 함께 심재 성분의 붉은색을 중심으로 하여 적송과 백송으로 구분되고 있을 정도이다.

Table 3-1. Chemical composition of *Pinus densiflora* for. *erecta*

	Moisture content (%)	Cold-water extractive (%)	Hot-water extractive (%)	Alkali extractive (%)	Solvent extractive (%)	Lignin content (%)	Ash content (%)
No.1 HW	7.1	4.7	5.7	27.4	13.0	25.5	0.43
SW	7.8	0.2	1.6	20.7	9.5	23.9	0.39
No.2 HW	7.2	4.0	4.4	23.6	13.7	22.3	0.40
SW	6.8	0.4	1.5	16.3	9.2	20.0	0.35
No.3 HW	6.9	1.1	3.9	23.5	13.0	24.6	0.46
SW	7.9	0.1	0.4	18.4	4.1	22.0	0.36
No.4 HW	6.7	2.3	3.9	24.6	13.0	26.0	0.48
SW	6.6	1.9	3.1	23.6	6.0	24.2	0.40
No.5 HW	7.3	4.7	6.2	21.1	11.5	26.2	0.45
SW	6.8	0.01	0.1	17.4	9.5	24.3	0.38
No.6 HW	7.6	1.2	3.0	16.7	6.0	22.4	0.39
SW	7.9	0.3	2.0	15.9	3.2	16.7	0.30
No.7 HW	7.8	1.2	2.5	22.3	12.6	28.0	0.45
SW	8.0	0.3	1.3	16.5	5.1	21.0	0.32
No.8 HW	7.6	2.7	2.9	22.0	8.3	25.0	0.44
SW	7.0	1.2	3.2	20.0	6.4	20.6	0.36
No.9 HW	7.6	1.1	3.0	25.7	11.0	25.0	0.42
SW	7.2	0.5	2.9	17.2	3.0	18.0	0.36
No.10 HW	6.8	0.1	3.5	20.2	9.5	24.0	0.40
SW	6.9	0.9	3.8	19.1	5.7	22.0	0.39
No.11 HW	5.7	2.3	5.6	18.5	6.0	26.0	0.41
SW	5.7	1.2	4.9	12.4	4.0	21.7	0.36
No.12 HW	7.6	0.3	2.6	23.6	9.8	22.0	0.41
SW	8.1	0.1	2.2	17.0	3.4	19.3	0.31

\* HW : Heartwood , SW : Sapwood

12개체에 있어서 심재부의 lignin 함량이 2 ~ 7% 높고, 알카리 등 각종 추출성분 함량이 변재부보다 높게 나타났다. 이는 12개체의 심재부에 보다 많은 양의 세포벽 구성성분 이외의 phenol성 착색물질을 중심으로 한 추출성분을 많이 함유하고 있음을 의미하고, 회분 역시 근소한 차이지만 심재부에 보다 많은 양이 포함되어 있다.

표 3-2에서는 금강소나무 개체간 심재 조성을 비교하여 나타내고 있으며 sample No. 1, 2, 3, 4가 특히 많은 양의 유기용제 추출물을 함유하고 있으며 sample No. 6, 8, 10, 11은 상대적으로 낮은 양을 보이고 있다. 이는 sample No 1, 2, 3, 4의 경우 심재의 조직이 보다 치밀하여 심재 성분의 밀도가 높은 것을 의미하고 있다고 할 수 있으며 한편으로는 동일한 조직 밀도(연륜의 치밀도)라면 sample No. 1, 2, 3, 4의 심재색이 보다 붉게 보일 수 있음을 시사하는 결과이다.

특히 sample No. 1과 sample No. 6을 비교하여 고찰해보면 No. 1은 추출성분의 함량이 매우 높고 심재 밀도가 치밀하다고 할 수 있으며, 상대적으로 No. 6은 조직 밀도가 치밀하지 않고 추출성분 함량이 낮아 심재의 색상에서도 차이가 있을 것으로 추측할 수 있다.

Table 3-2. Chemical composition of heartwood in *Pinus densiflora* for. *erecta*

%	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
Cold-water extractive	4.7	4.0	1.1	2.3	4.7	1.2	1.2	2.7	1.1	0.1	2.3	0.3
Hot-water extractive	5.7	4.4	3.9	3.9	6.2	3.0	2.5	2.9	3.0	3.5	5.6	2.6
Alkali extractive	27.4	23.6	23.5	24.6	21.1	16.7	22.3	22.0	25.7	20.2	18.5	23.6
Solvent extractive	13.0	13.7	13.0	13.0	11.5	6.0	12.6	8.3	11.0	9.5	6.0	9.8
Lignin content	25.5	22.3	24.6	26.0	26.2	22.4	28.0	25.0	25.0	24.0	26.0	22.0
Ash content	0.43	0.40	0.46	0.48	0.45	0.39	0.45	0.44	0.42	0.40	0.41	0.41

심재에 있어서의 추출물 함량에 따른 개체간의 경향은 변재에서도 유사한 결과를 보이고 있는데 심재부에는 주로 방향족 화합물과 같은 심재 성분이 많으나 변재는 탄수화합물을 중심으로 하는 성분이 많이 추출되는 것으로서 질적인 성분에는 차이가 있지만 양적인 면에서는 심재와 유사한 결과를 보이고 있으며 기타 개체간 추출 성분을 중심으로 화학적 조성분에 주목할 만한 특이점을 보이지 않았다.

Table 3-3. Chemical composition of sapwood in *Pinus densiflora* for. *erecta*

%	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
Cold-water extractive	0.2	0.4	0.1	1.9	0.01	0.3	0.3	1.2	0.5	0.9	1.2	0.1
Hot-water extractive	1.6	1.5	0.4	3.1	0.1	2.0	1.3	3.2	2.9	3.8	4.9	2.2
Alkali extractive	20.7	16.3	18.4	23.6	17.4	15.9	16.5	20.0	17.2	19.1	12.4	17.0
Solvent extractive	9.5	9.2	4.1	6.0	9.5	3.2	5.1	6.4	3.0	5.7	4.0	3.4
Lignin content	23.9	20.0	22.0	24.2	24.3	16.7	21.0	20.6	18.0	22.0	21.7	19.3
Ash content	0.39	0.35	0.36	0.40	0.38	0.30	0.32	0.36	0.36	0.39	0.36	0.31

추출성분의 화학조성물의 특징을 가장 잘 대변할 수 있는 유기용제 추출물의 조성 특성을 분석하기 위하여 유기용제 추출물의 심·변재로 구분하여 IR-spectrum을 측정한 결과를 그림 3-7 ~ 3-18에 나타내었다.

수중간 특이점은 관찰되지 않았으며, 심·변재간에는 12개체 공히 심재에 있어서 1750cm<sup>-1</sup> 전후의 카르보닐기 (C=O)에 유래하는 흡수곡선이 변재에 비해 강하게 나타나고 변재에 있어서는 2,800cm<sup>-1</sup> 전후의 메틸렌기의 흡수가 상대적으로 강하게 나타났다. 이는 심재 추출물이 변재에 비하여 보다 많은 산화물 즉, 카르보닐이나 카르복실기를 갖는 화합물이 많으며 변재에는 탄수화합물 관련 물질이 많이 포함되어 있음을 시사하고 있으며, 그 이외의 심변재간 특이점은 관찰되지 않았다.

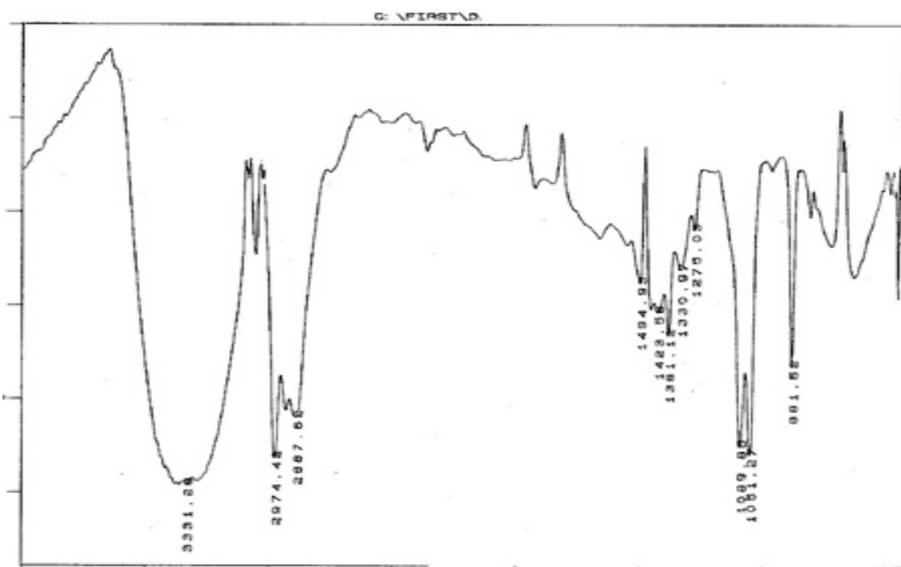
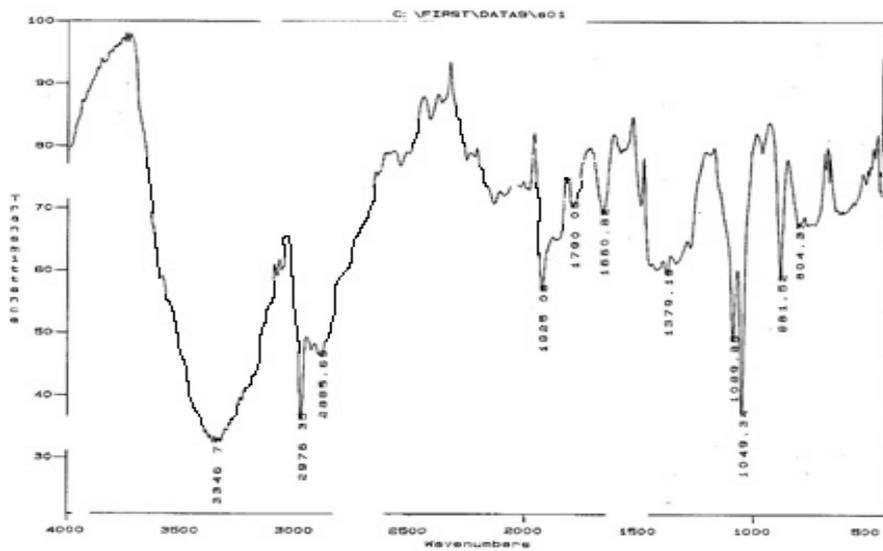


Fig. 3-7. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 1.  
 (Above; Heartwood, Below; Sapwood)

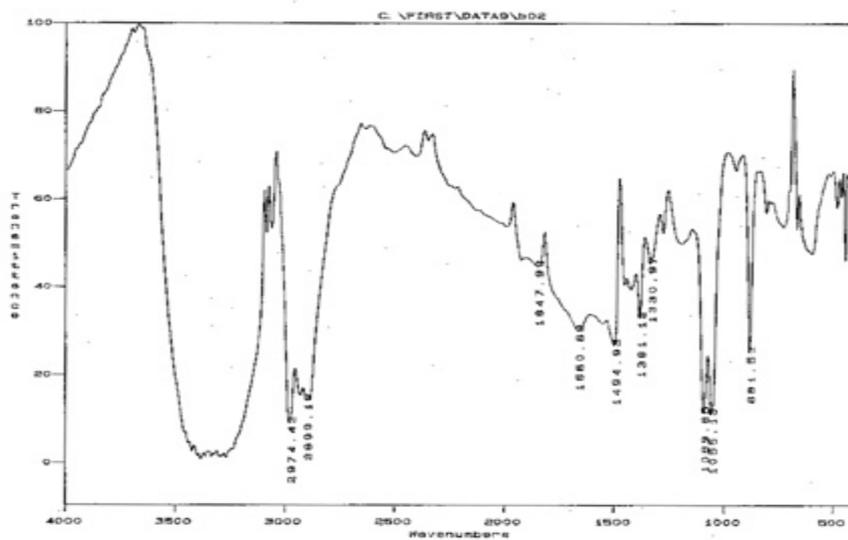
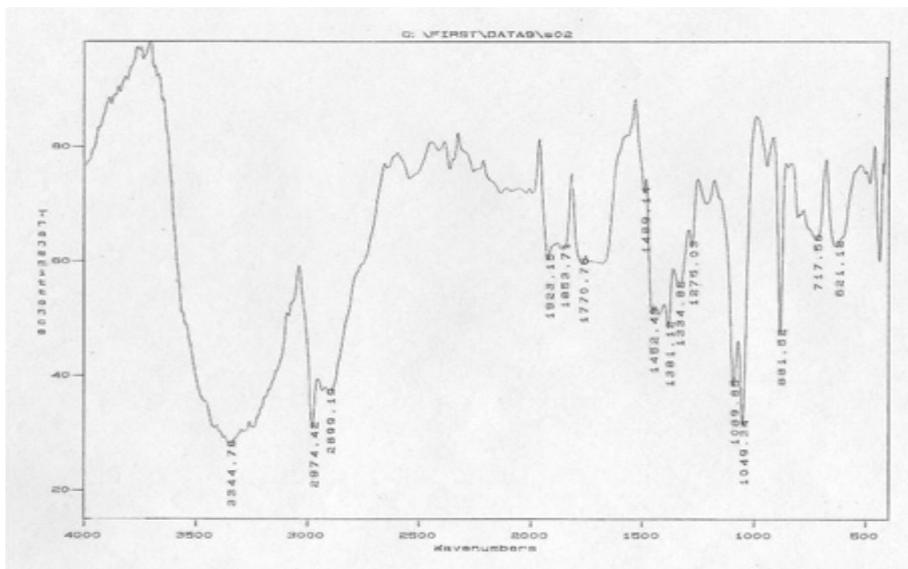


Fig. 3-8. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 2.  
(Above; Heartwood, Below; Sapwood)

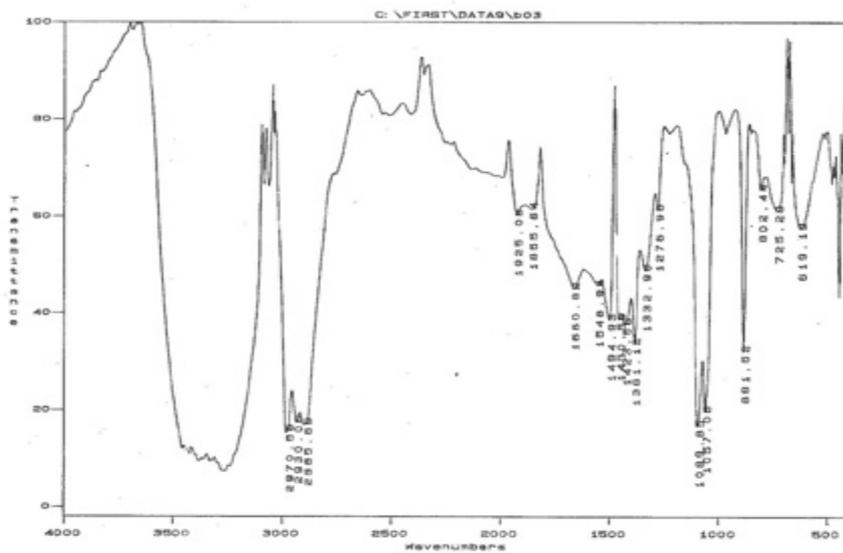
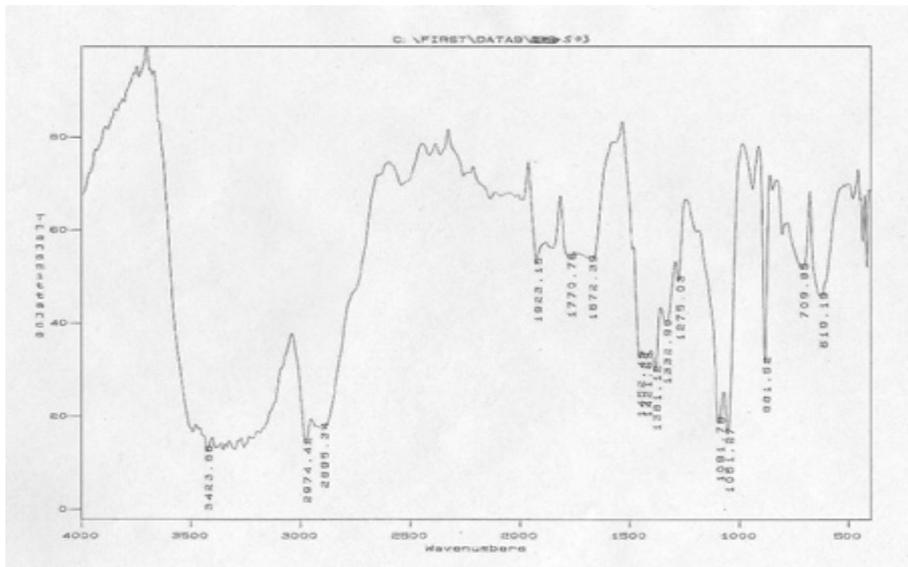


Fig. 3-9. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 3.  
(Above; Heartwood, Below; Sapwood)

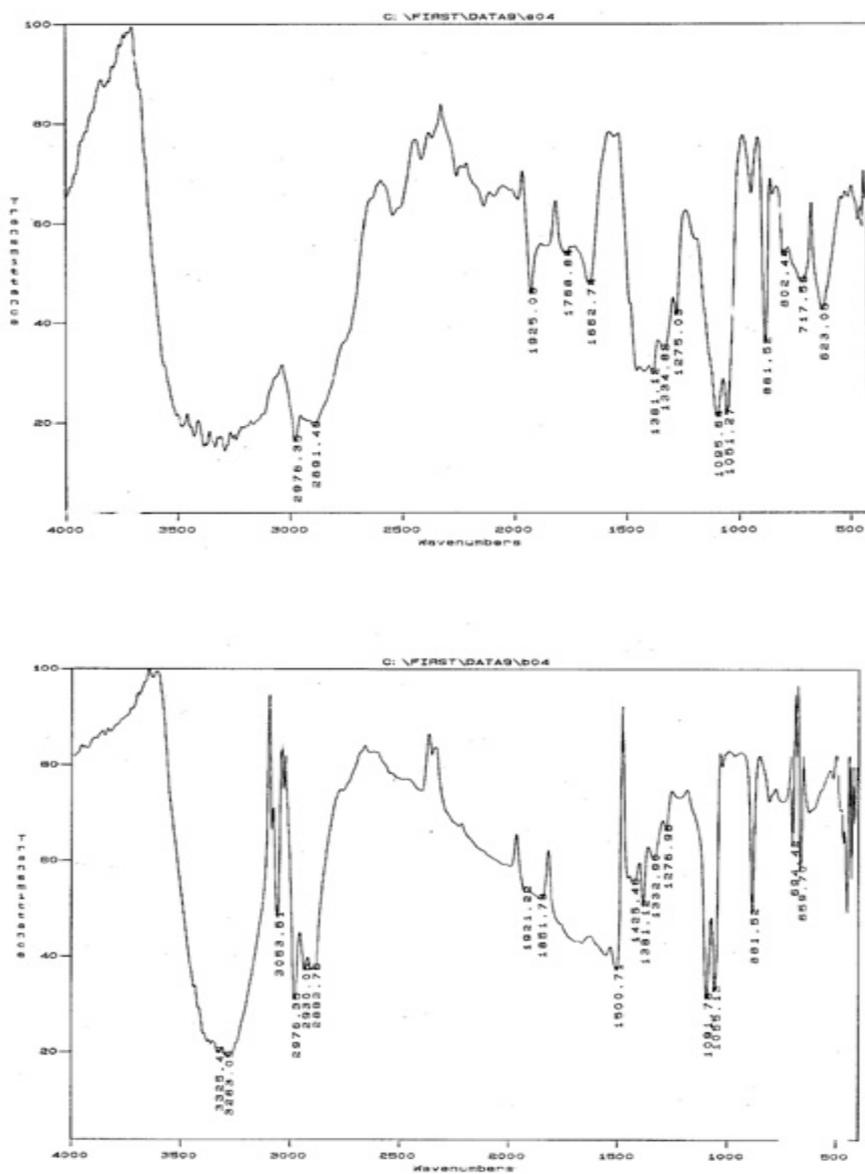


Fig. 3-10. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 4.  
 (Above; Heartwood, Below; Sapwood)

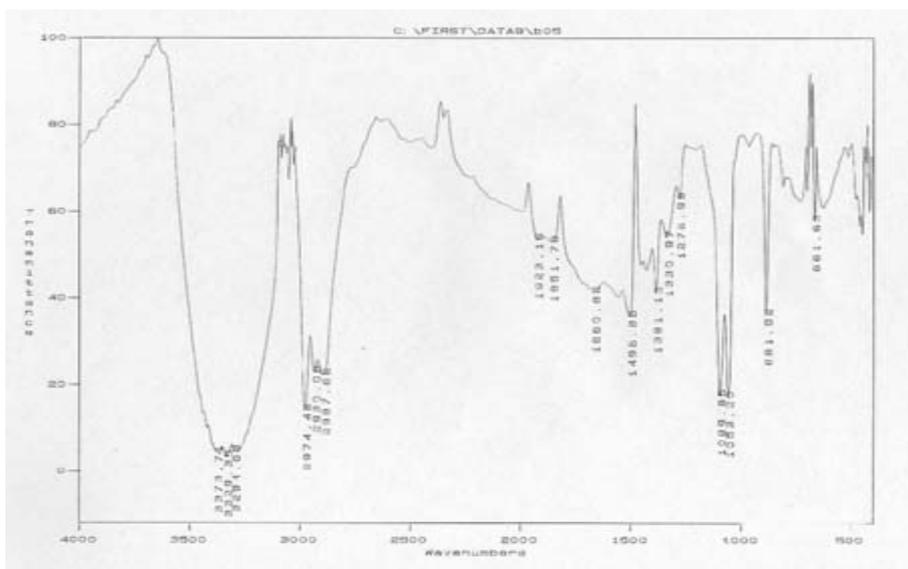
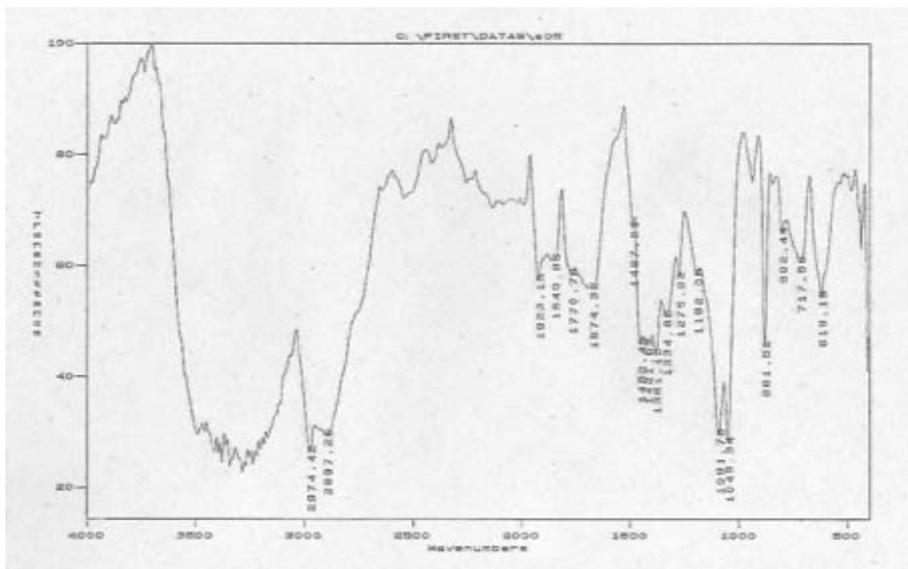


Fig. 3-11. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 5.  
 (Above; Heartwood, Below; Sapwood)

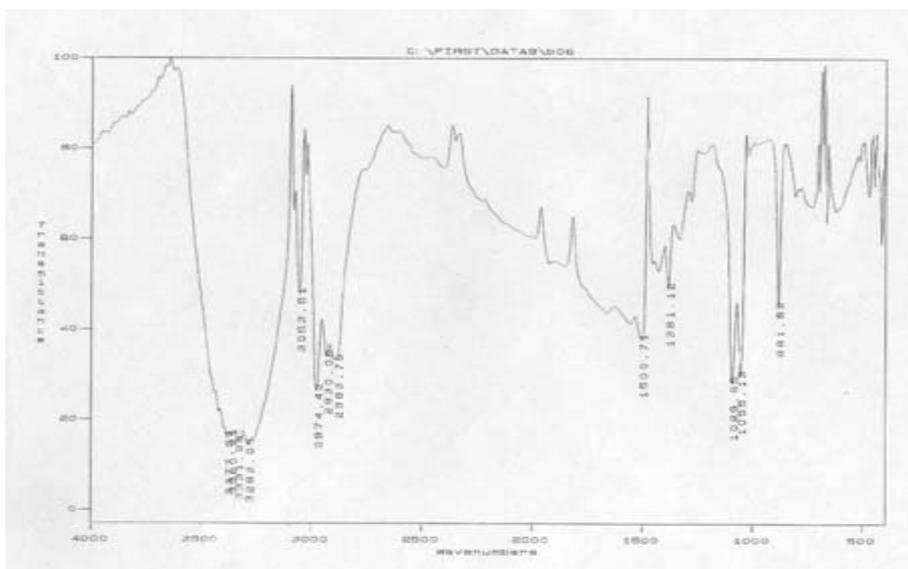
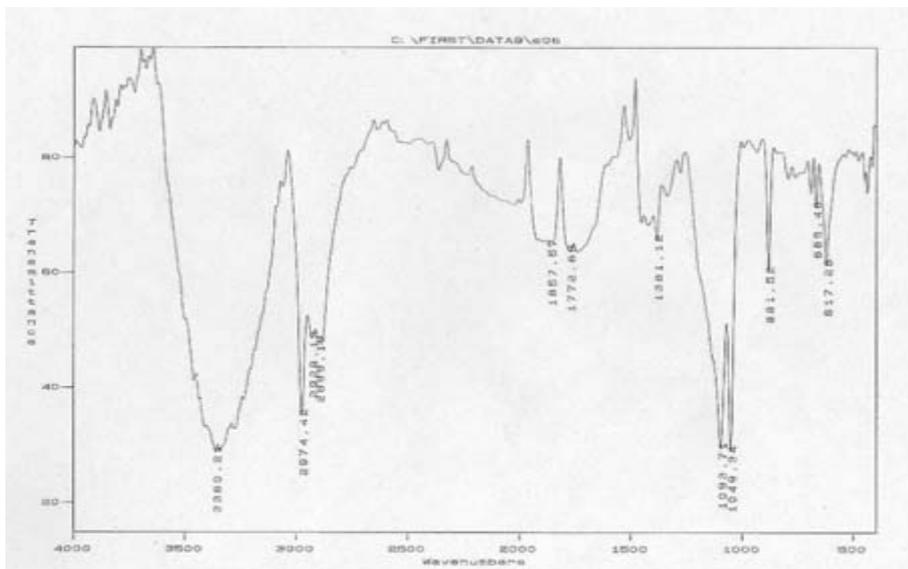


Fig. 3-12. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 6.  
(Above; Heartwood, Below; Sapwood)

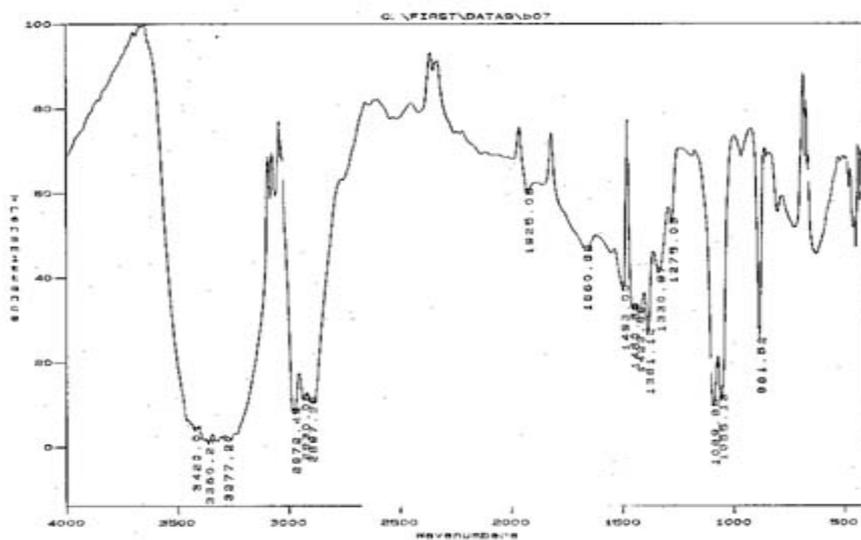
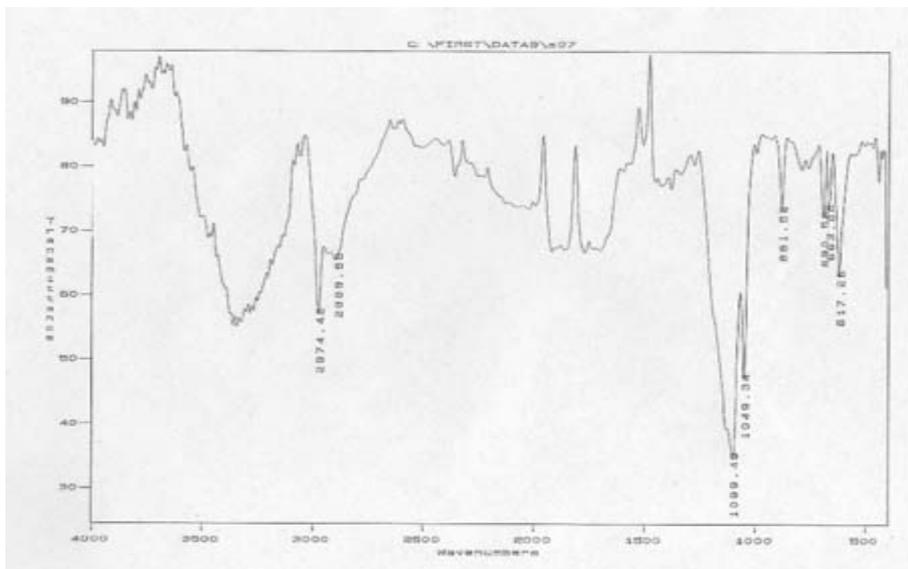


Fig. 3-13. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 7.  
(Above; Heartwood, Below; Sapwood)

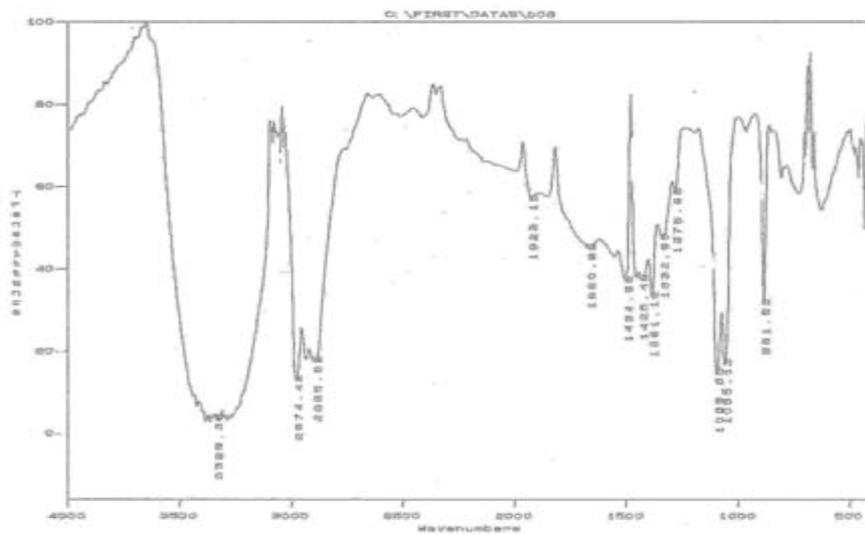
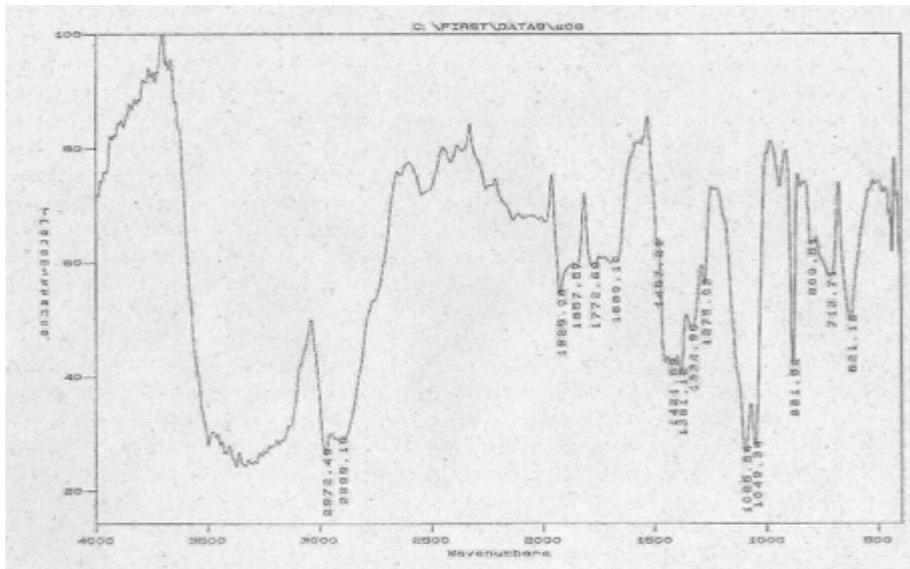


Fig. 3-14. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 8.  
(Above; Heartwood, Below; Sapwood)

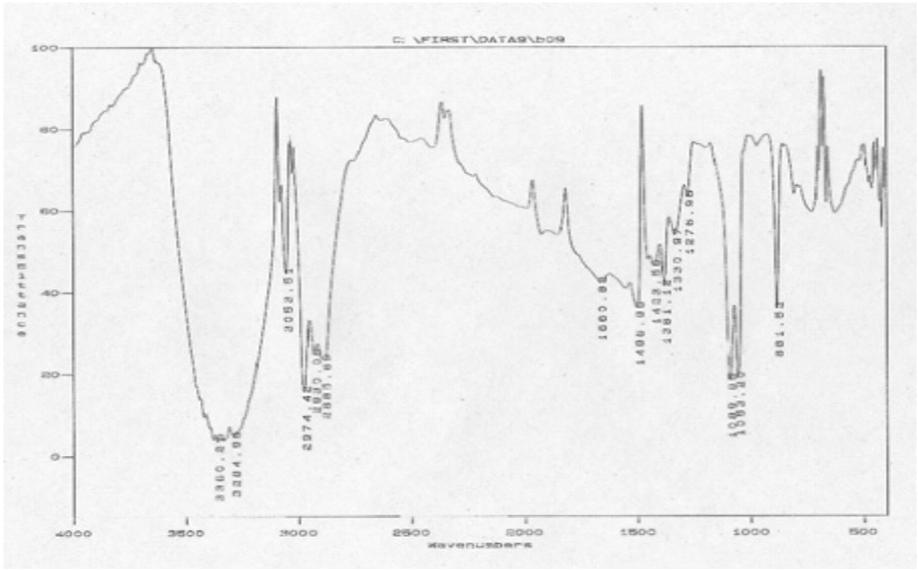
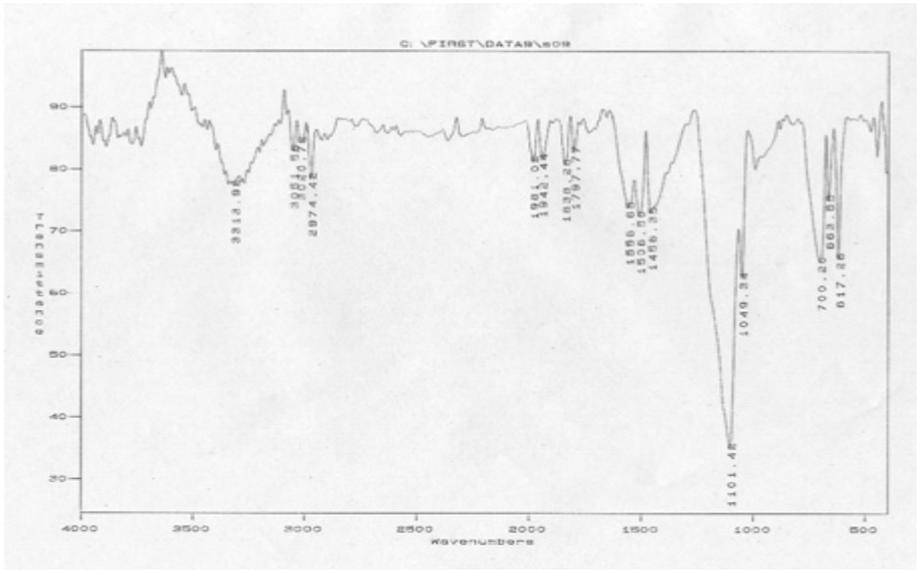


Fig. 3-15. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 9.  
 (Above; Heartwood, Below; Sapwood)

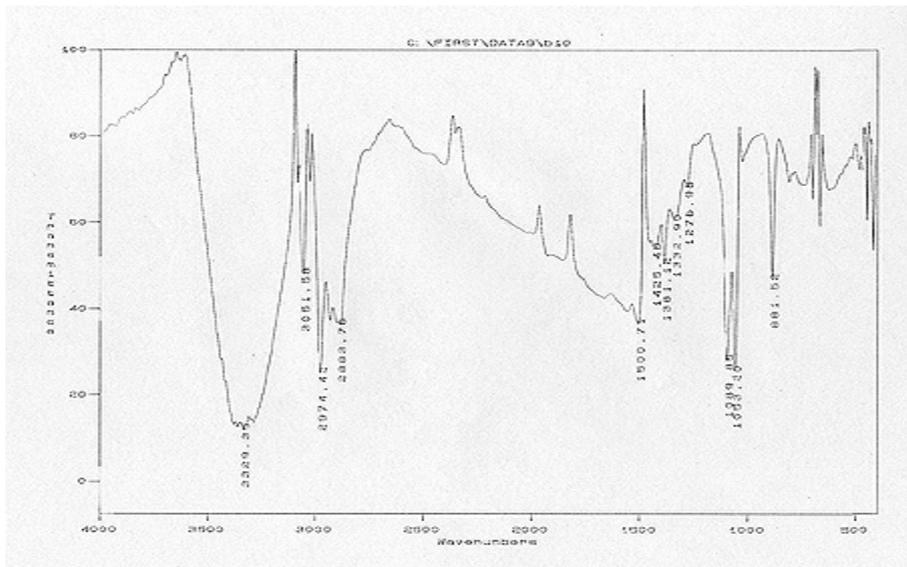
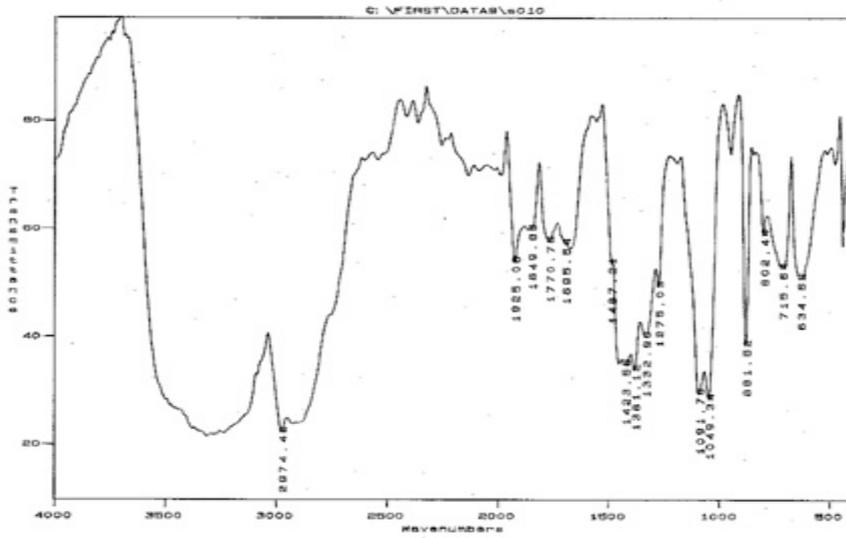


Fig. 3-16. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 10.  
(Above; Heartwood, Below; Sapwood)

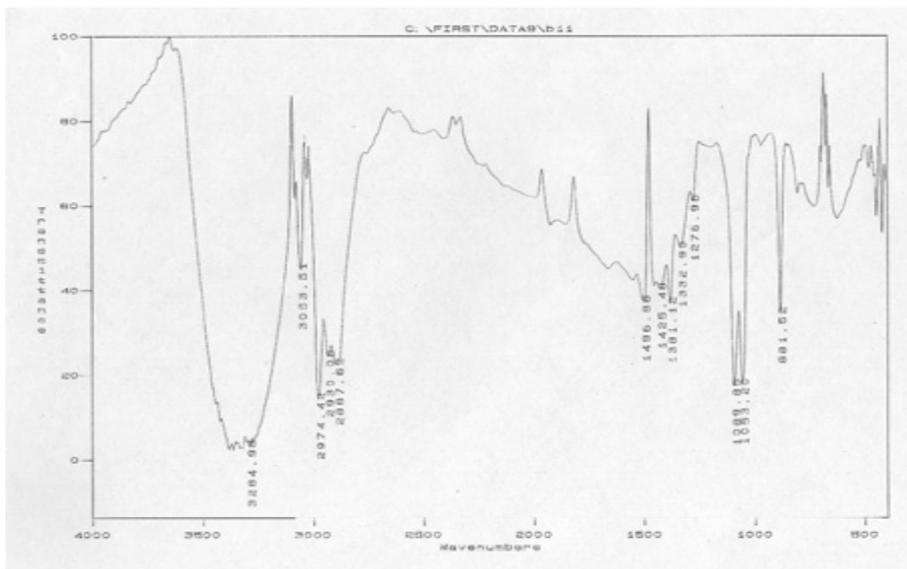
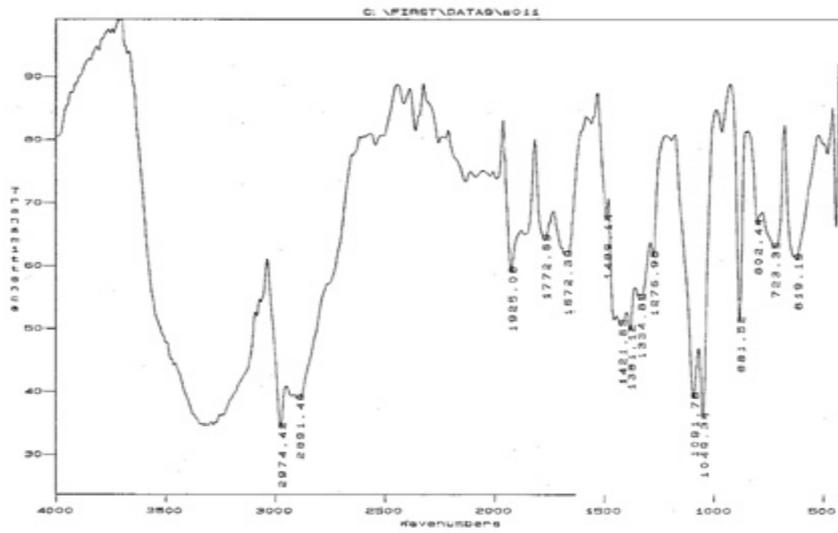


Fig. 3-17. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 11.

(Above; Heartwood, Below; Sapwood)

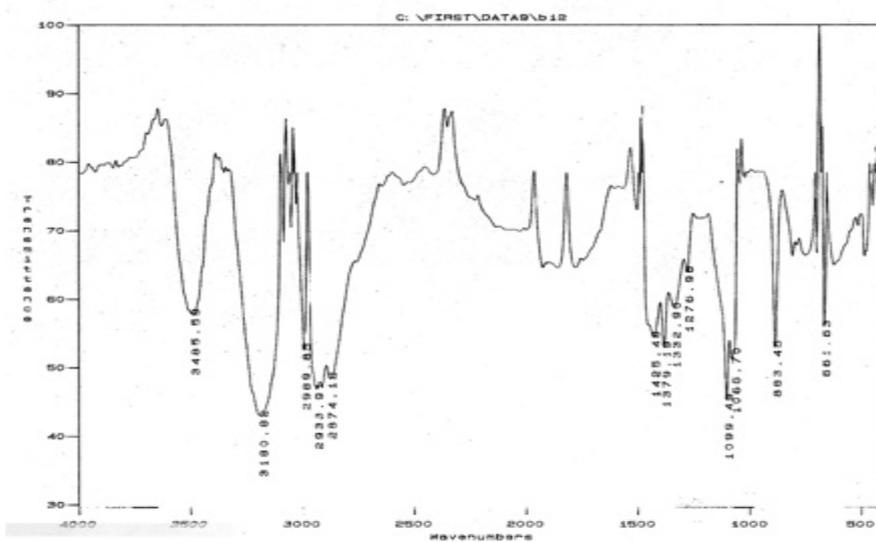
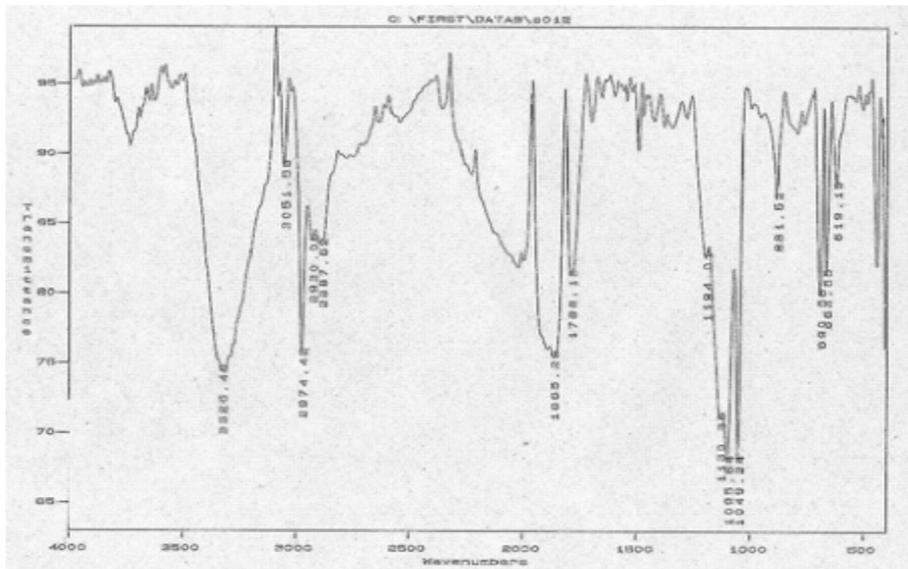


Fig. 3-18. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 12.  
(Above; Heartwood, Below; Sapwood)

유기용제 추출물을 여러종류의 용제를 이용하여 박층 크로마토 그래피(T.L.C)를 행한 결과를 그림 3-19와 3-20에 나타내었다.

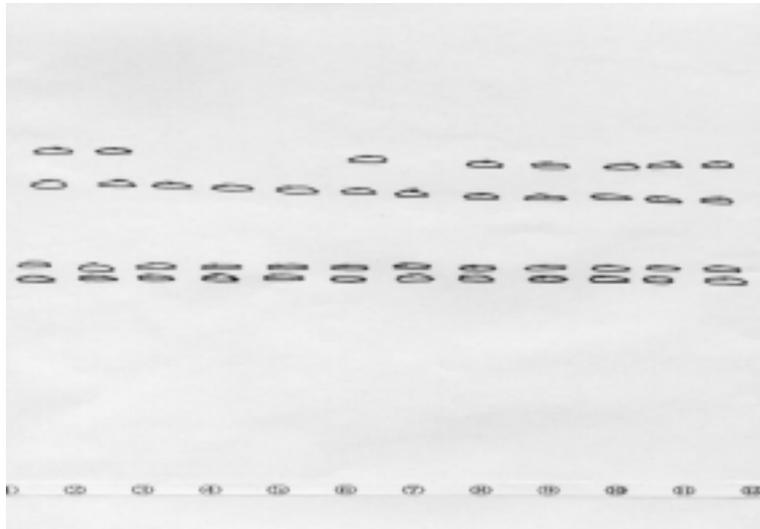


Fig. 3-19. Thin Layer chromatogram of heartwood.  
Mobile phase : Methanol/Benzene(2:8, v/v)

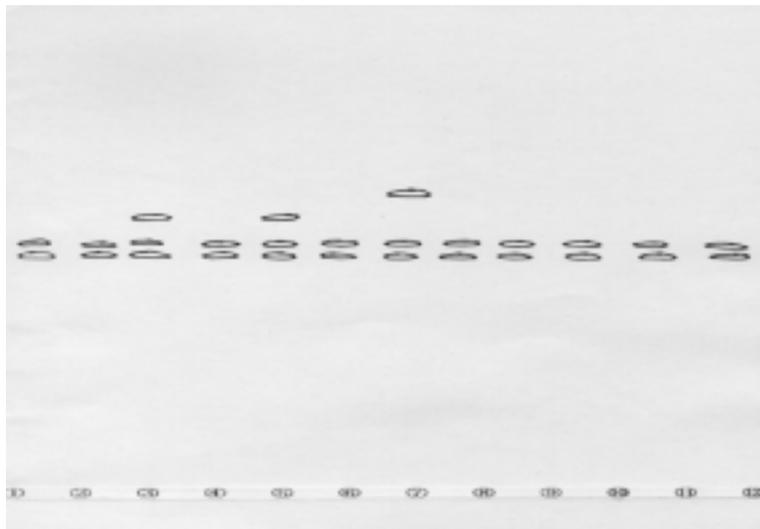


Fig. 3-20. Thin Layer chromatogram of sapwood.  
Mobile phase : Methanol/Benzene(2:8, v/v)

전개 용매 Methanol : CHCl<sub>3</sub> 혼합물, Methanol : ether 혼합물, Methanol : ethylacetate 를 사용해서는 성분의 분리가 힘들 정도로 구성물질간 극성이 차이가 적은 것을 보이고 있으며, Methanol : Benzene 혼합용매에 의해 전개 시켰을 때 변재의 경우 모든 개체에서 Rf치 0.58과 0.63의 화합물 bend를 갖고 개체번호 3과 5에서는 Rf치 0.70의 화합물과 개체번호 7에서의 Rf치 0.75의 화합물 bend를 나타내고 있으며, 심재의 경우는 모든 개체에서 Rf치 0.51과 0.55의 화합물 bend와 개체번호 3, 4, 5, 7을 제외하고는 Rf치 0.78과 0.71 화합물 bend를 보이고 있다. 심·변재간 T.L.C 전개 화합물의 Rf치가 다른 것은 추출성분 중의 화합물 조성이 다른 것을 의미하고 있으며 이것은 일반적인 목재의 심·변재간의 조성차이와 일치하는 것으로 심·변재간에는 T.L.C 전개양식에 의한 특이점은 보이지 않는다.

심재 추출성분의 구성물질은 매우 복잡하고 다양한 것이 일반적이지만, 본 실험에서는 크게 4종류의 전개 밴드를 나타내어, 크게 4종류로 구분할 수 있는 복합적인 화합물로 구성된 것으로 추측할 수 있다.

한편, 개체간에는 T.L.C 전개 양식에 있어서 약간의 차이를 보이고 있으나 이것이 수종의 생화학적 특성을 나타내는 것으로 볼 수 없다.

나. 안면도, 홍천, 인제, 대관령 지역 소나무의 심재와 변재의 화학적 조성분 비교 분석

안면도 지역의 2개체(Sample NO. 1,2)와 홍천지역의 2개체(Sample NO. 3,4) 및 인제(Sample NO. 5)와 대관령지역(Sample NO. 6)에서 채취된 강송 6개체의 화학적 조성분 분석 결과를 표 3-4에 종합적으로 나타내었다.

금강소나무의 분석결과와 마찬가지로 화학적 조성분의 지역적 차이는 거의 없었으며 6개체에 있어서 심재부의 lignin 함량이 2~3% 높고, 알카리 등 각종 추출성분 함량이 변재부 보다 높게 나타났다. 이는 6개체의 심재부에 보다 많은 양의 세포벽 구성성분 이외의 phenolic 착색물질을 중심으로 한 추출성분을 많이 함유하고 있음을 의미하고, 회분 역시 근소한 차이지만 심재부에 보다 많은 양이 포함되어 있다.

Table 3-4. Chemical composition of *Pinus densiflora* for. *erecta*

	Moisture content (%)	Cold-water extractive (%)	Hot-water extractive (%)	Alkali extractive (%)	Solvent extractive (%)	Lignin content (%)	Ash content (%)
No.1 HW	10.4	2.3	2.9	18.0	9.0	25.4	0.40
SW	10.9	0.8	1.7	13.6	5.1	22.1	0.38
No.2 HW	11.3	2.3	2.8	16.7	10.1	21.9	0.40
SW	10.8	0.6	1.1	13.9	7.2	20.8	0.32
No.3 HW	9.5	2.9	4.8	20.2	10.8	23.5	0.41
SW	9.3	0.7	1.3	15.7	8.0	21.1	0.34
No.4 HW	11.4	2.1	2.7	16.3	9.8	22.8	0.42
SW	11.3	0.7	1.0	12.8	7.4	21.5	0.38
No.5 HW	11.4	4.1	6.2	20.0	13.5	26.1	0.45
SW	8.4	0.9	4.9	18.1	9.5	24.8	0.38
No.6 HW	11.0	3.8	6.2	20.6	14.1	25.3	0.49
SW	10.7	0.8	4.9	15.9	8.9	22.3	0.35

\* HW : Heartwood , SW : Sapwood

표 3-5에서는 시료목간 심재 조성분을 비교하여 나타내고 있으며 sample No. 5와 6에서 비교적 높은 유기용제 추출물을 함유하고 있으며 특히 온수추출물의 함량이 높은 것으로 나타났다. 이에 반하여 sample No. 1, 2, 3 및 4는 상대적으로 낮은 양을 보이고 있다. 이는 sample No 5, 6의 경우 심재의 조직이 보다 치밀하여 심재 성분의 밀도가 높은 것을 의미하고 있다고 할 수 있으며 한편으로는 동일한 조직 밀도(연륜의 치밀도)라면 sample No. 5, 6의 심재색이 보다 붉게 보일 수 있음을 시사하는 결과이다.

특히 sample No. 1과 sample No. 6을 비교하여 고찰해보면 No. 6은 추출성분의 함량이 매우 높고 심재 밀도가 치밀하다고 할 수 있으며, 상대적으로 No. 1은 조직 밀도가 치밀하지 않고 추출성분 함량이 낮아 심재의 색상에서도 차이가 있을 것으로 추측할 수 있다.

이러한 결과는 재의 내구성에 상당히 많은 영향을 미칠 것으로 예상되며 또한 가공성의 용이성에도 많은 영향을 미칠 것으로 생각되어진다.

Table 3-5. Chemical composition of heartwood in *Pinus densiflora* for. *erecta*

%	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Cold-water extractive	2.3	2.3	2.9	2.1	4.1	3.8
Hot-water extractive	2.9	2.8	4.8	2.7	6.2	6.2
Alkali extractive	18.0	16.7	20.2	16.3	20.0	20.6
Solvent extractive	9.0	10.1	10.8	9.8	13.5	14.1
Lignin content	25.4	21.9	23.5	22.8	26.1	25.3
Ash content	0.40	0.40	0.41	0.42	0.45	0.49

심재에 있어서의 추출물 함량에 따른 개체간의 경향은 변재에서도 유사한 결과를 보이고 있는데 심재부에는 주로 방향족 화합물과 같은 성분이 많으나 변재는 탄수화물 중심의 성분이 많이 추출되는 것으로서 질적인 성분에는 차이가 있지만 양적인 면에서는 심재와 유사한 결과를 보이고 있으며 기타 개체간 추출성분을 중심으로 화학적 조성분에 주목할 만한 특이점을 보이지 않았다.

심재의 높은 추출물 함량은 목재의 재질 및 색조에 중요한 영향을 끼치는 인자로서 만약, 벌채 직전에 변재의 심재화를 인위적으로 조절할 수 있다면 목재의 상품가치 및 경제성은 비약적으로 증대 될 수 있을 것이다.

Table 3-6. Chemical composition of sapwood in *Pinus densiflora* for. *erecta*

%	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Cold-water extractive	0.8	0.6	0.7	0.7	0.9	0.8
Hot-water extractive	1.7	1.1	1.3	1.0	4.9	4.9
Alkali extractive	13.6	13.9	15.7	12.8	18.1	15.9
Solvent extractive	5.1	7.2	8.0	7.4	9.5	8.9
Lignin content	22.1	20.8	21.1	21.5	24.8	22.3
Ash content	0.38	0.32	0.34	0.38	0.38	0.35

추출성분의 화학조성물의 특징을 가장 잘 대변할 수 있는 유기용제 추출물의 조성 특성을 분석하기 위하여 유기용제 추출물의 심·변재로 구분하여 IR-spectrum을 측정한 결과를 Fig. 3-22 ~ 27에 나타내었다.

수종간 특이점은 관찰되지 않았으며, 심·변재간에는 6개체 공히 심재에 있어서 1750cm<sup>-1</sup> 전후의 카르보닐기 (C=O)에 유래하는 흡수곡선이 변재에 비해 강하게 나타나고 변재에 있어서는 2,800cm<sup>-1</sup> 전후의 메틸렌기의 흡수가 상대적으로 강하게 나타났다. 이는 심재 추출물이 변재에 비하여 보다 많은 산화물 즉, 카르보닐이나 카르복실기를 갖는 화합물이 많으며 변재에는 탄수화합물 관련 물질이 많이 포함되어 있음을 시사하고 있으며, 그 이외의 심변재간 특이점은 관찰되지 않았다.

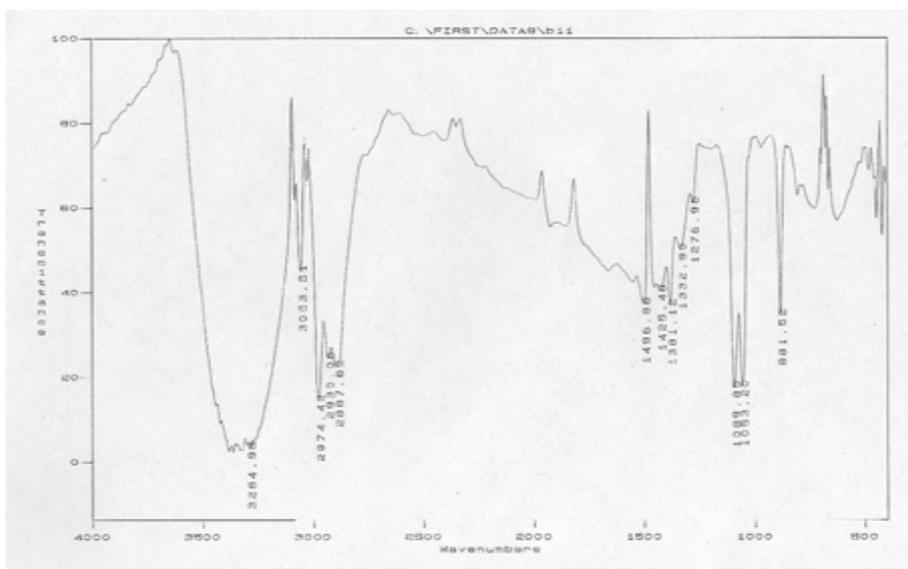
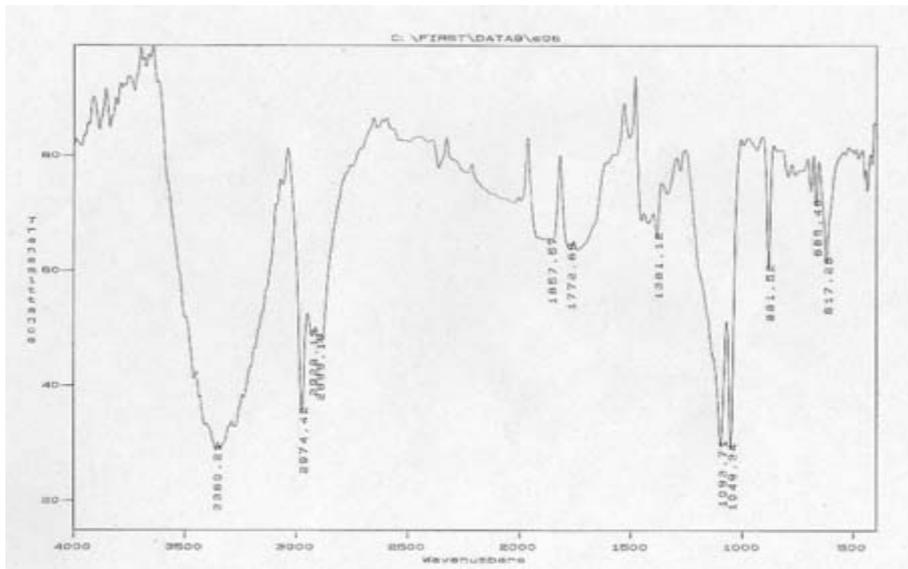


Fig. 3-22. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 1.  
(Above; Heartwood, Below; Sapwood)

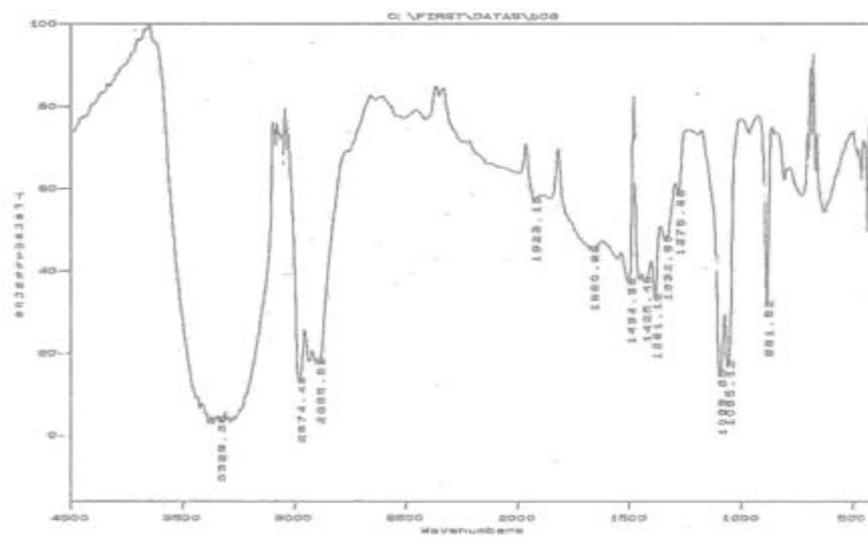
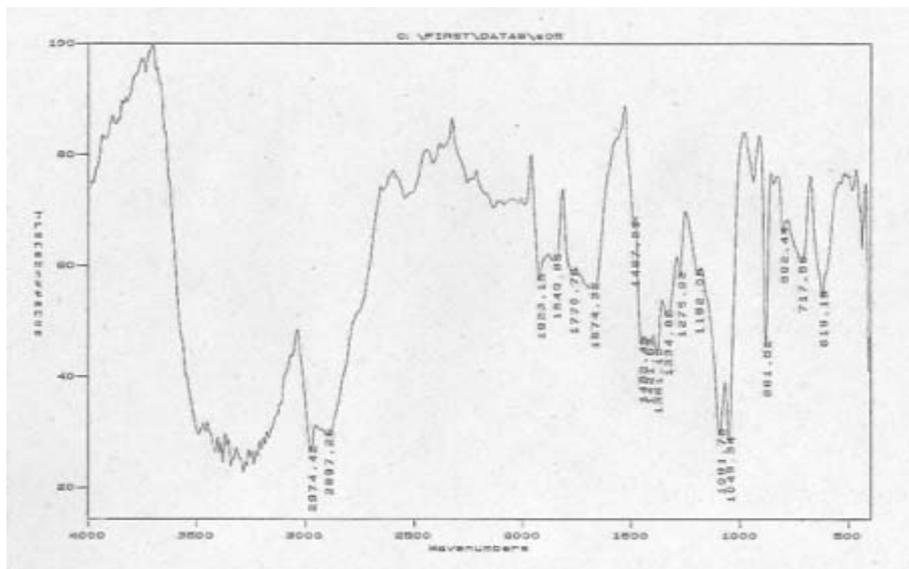


Fig. 3-23. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 2.  
 (Above; Heartwood, Below; Sapwood)

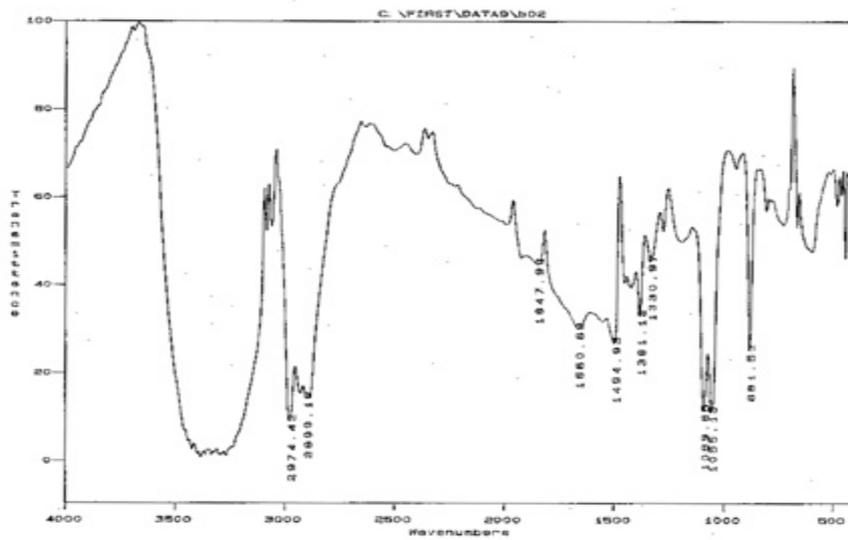
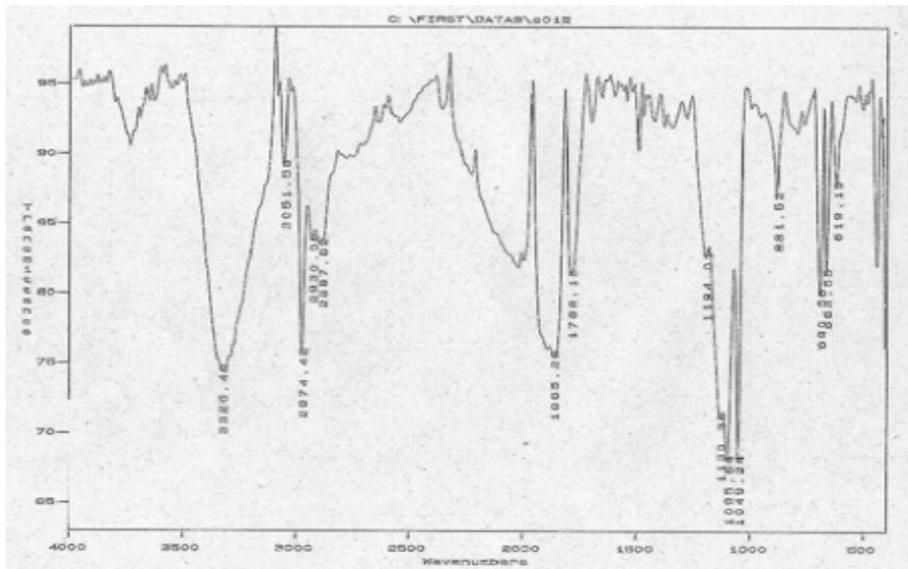


Fig. 3-24. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 3.  
 (Above; Heartwood, Below; Sapwood)

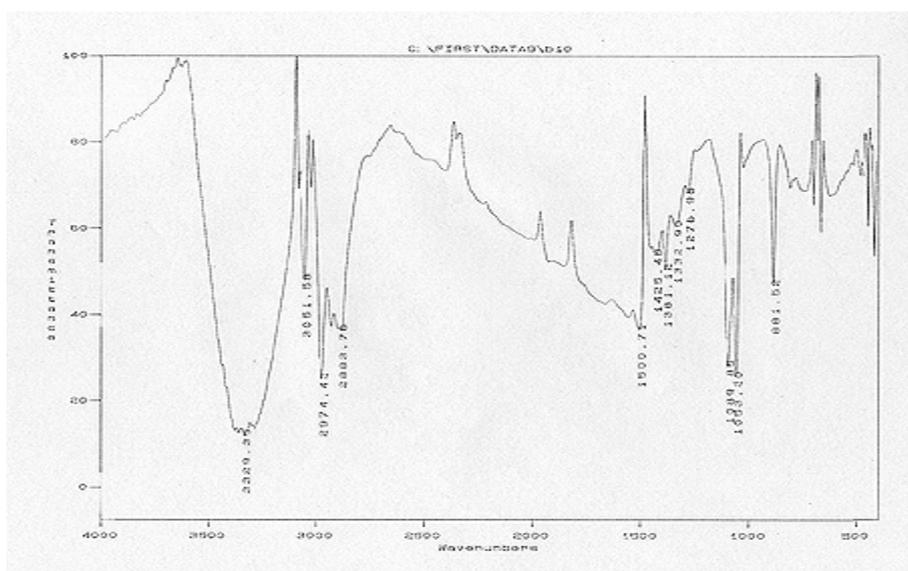
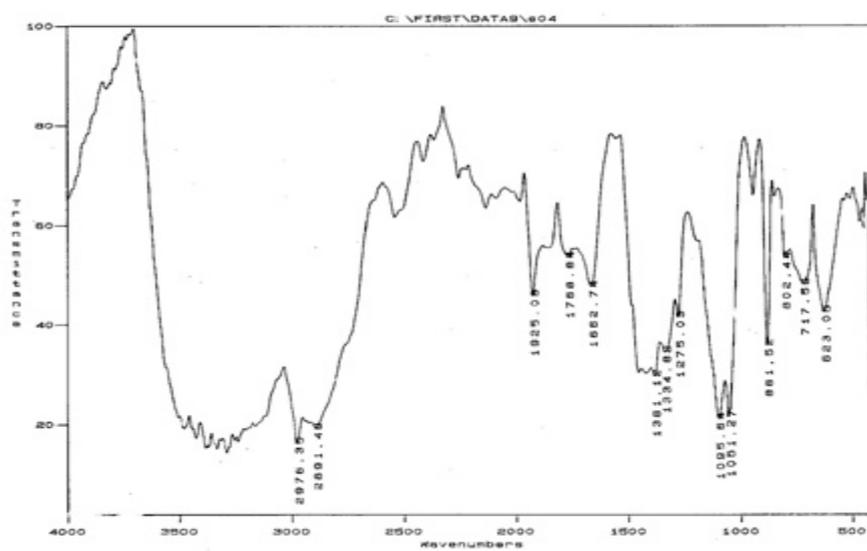


Fig. 3-25. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 4.  
(Above; Heartwood, Below; Sapwood)

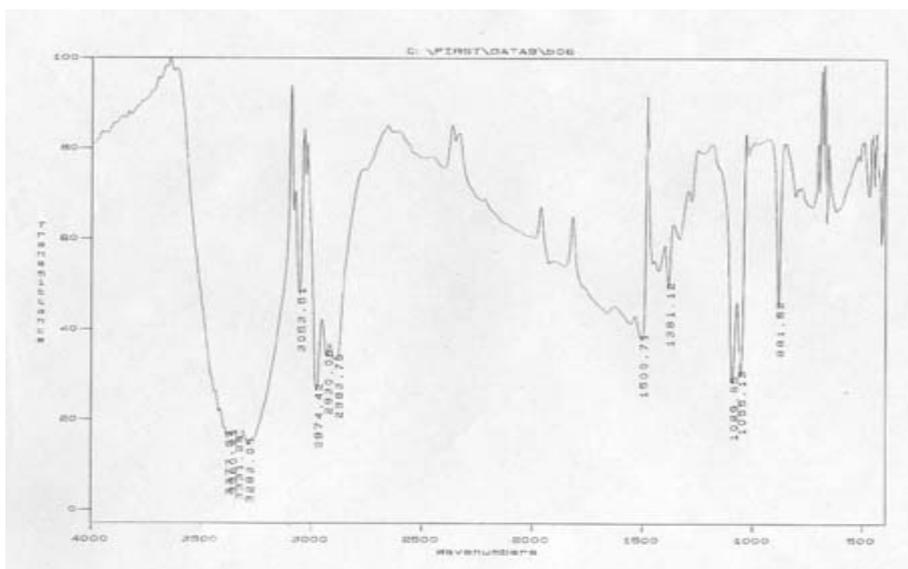
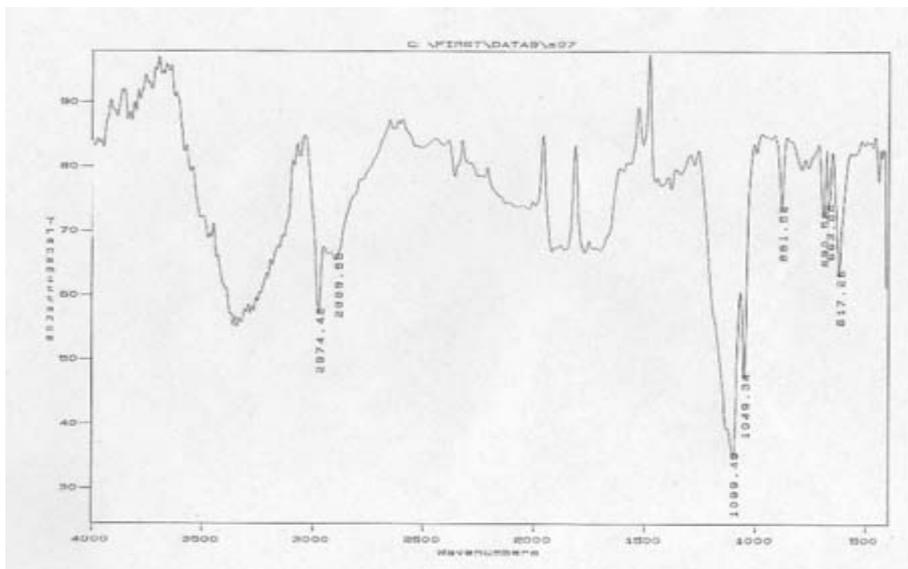


Fig. 3-26. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 5.  
(Above; Heartwood, Below; Sapwood)

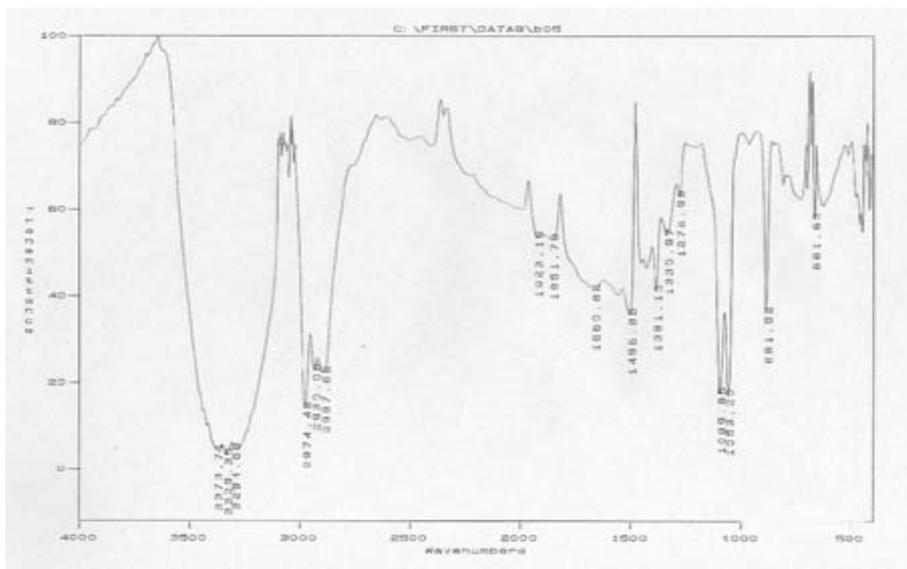
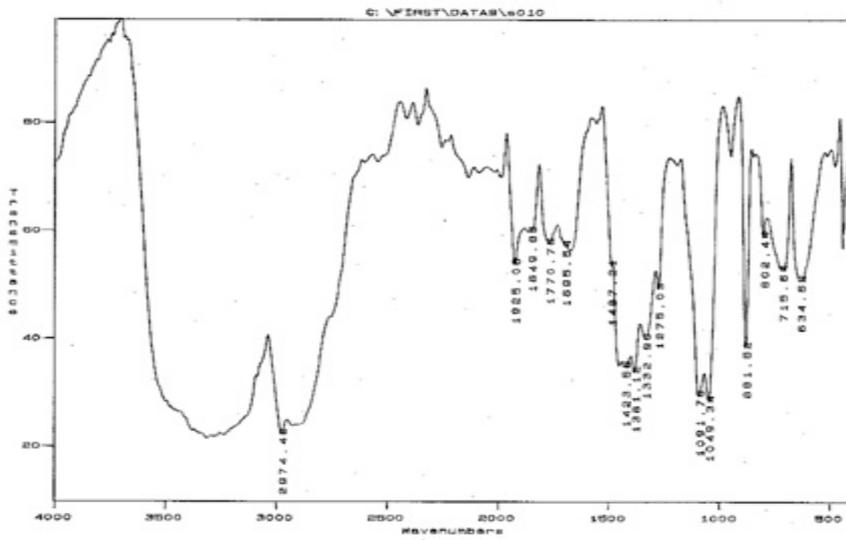


Fig. 3-27. IR-spectra of alcohol-benzene extracts of Sample No. 6.  
(Above; Heartwood, Below; Sapwood)

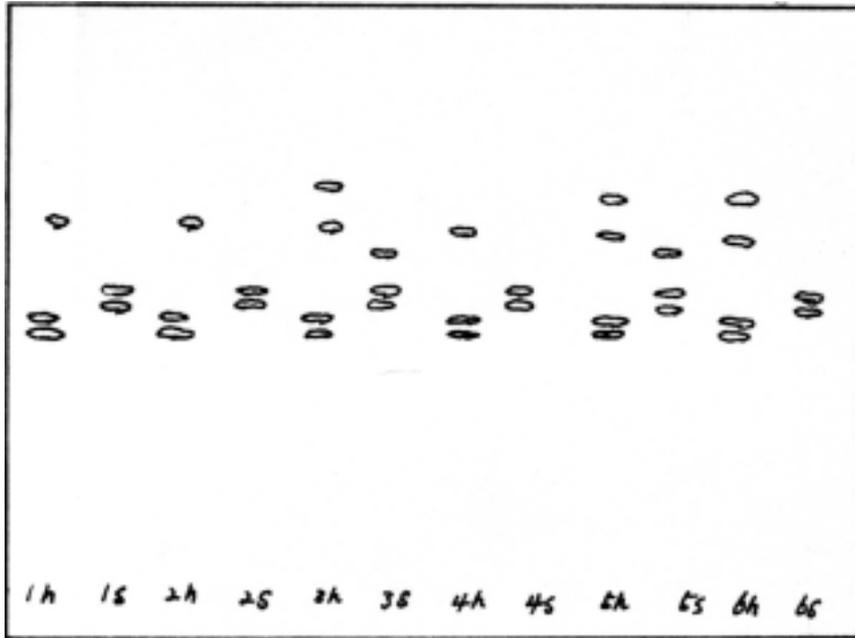


Fig. 3-28. Thin Layer chromatogram of *Pinus densiflora* for. erecta.  
Mobile phase : Methanol/Benzene(2:8, v/v)

유기용제 추출물을 여러종류의 용제를 이용하여 박층 크로마토 그래피(T.L.C)를 행한 결과를 그림 3-28에 나타내었다.

전개 용매 Methanol :  $\text{CHCl}_3$  혼합물, Methanol : ether 혼합물, Methanol : ethylacetate 를 사용해서는 성분의 분리가 힘들 정도로 구성물질간 극성이 차이가 적은 것을 보이고 있으며, Methanol : Benzene(2:8, v/v) 혼합용매에 의해 전개 시켰을 때 심재의 경우는 모든 개체에서 Rf치 0.52와 0.55의 화합물 bend와 Rf치 0.71의 화합물 bend가 나타났으나, 개체번호 3, 5, 6에서만 Rf치 0.78의 화합물 bend를 나타내었다. 변재의 경우 모든 개체에서 Rf치 0.57과 0.61의 화합물 bend를 갖고 개체번호 3과 5에서는 Rf치 0.70의 화합물 bend를 보이고 있다. 심·변재간 T.L.C 전개 화합물의 Rf치가 다른 것은 추출성분 중의 화합물 조성이 다른 것을 의미하고 있으며 이것은 일반적인 목재의 심·변재간의 조성차이와 일치하는 것으로 심·변재간에는 T.L.C 전개양식에 의한 특이점은 보이지 않는다.

심재 추출성분의 구성물질은 매우 복잡하고 다양한 것이 일반적이지만, 본 실험에서는 크게 4종류의 전개 밴드를 나타내어, 크게 4종류로 구분할 수 있는 복합적인 화합물로 구성된 것으로 추측할 수 있다. 한편, 개체간에는 T.L.C 전개 양식에 있어서 약간의 차이를 보이고 있으나 이것이 수종의 생화학적 특성을 나타내는 것으로 볼 수 없다.

이상의 실험 결과를 통하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다. 첫째, 심재가 변재보다 많은 추출성분을 포함하고 있었으며, 둘째, 심재 추출물은 변재의 그것에 비해 산화물을 많이 함유하고 있었고, 셋째, 추출성분의 구성은 매우 복잡하고 크게 심재 4종류, 변재 3종류로 구분되는 화합물로 구성되어 있으나 개체간 특이한 차이점은 보이지 않았다.

#### 4. 참고문헌

- 蕪木自輔 外, 1966, 林試研報, No.185, pp. 57~197.  
蕪木自輔 外, 1968, 林試研報, No.216, pp. 1~47.  
蕪木自輔 外, 1969, 林試研報, No.220, pp. 199~230.  
蕪木自輔 外, 1973, 林試研報, No.256, pp. 23~84.  
蕪木自輔 外, 1977, 林試研報, No.291, pp. 117~167.  
선진출판사, 1995, 목재화학실험서

### 제 3 절 RAPD(Random Amplified Polymorphic DNAs)를 이용한 금강소나무의 유전적 다양성 분석

#### 1. 실험목적

울진 지역에 자생하는 금강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)는 다른 지역의 소나무들에 비해 수간이 통직하고 수피가 붉으며 밀도가 높고 수피가 얇은 등의 특징을 가지고 있어 다른 지역의 소나무와 구별하여 금강소나무라 불리어 왔으나 현재까지 일반 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)와의 유연관계는 물론 금강소나무내의 赤松과 白松간의 유연관계도 명확히 밝혀지지 않는 상태이다. 금강소나무들이 다른 지역의 소나무들과 형태적 특징이 다르게 보이는 것이 단지 생태적인 영향에 기인하는지 유전적 차이에 기인하는지를 밝히고 금강소나무와 다른 소나무들의 계통적 관계를 규명하기 위해 피자식물의 종내 변이 분석에 널리 사용되는 RAPD(Random Amplified Polymorphic DNA)방법(Williams et al., 1990; Welsh and McClelland, 1990)을 사용하였고, 결과로 UPGMA(unweighted pair-group method with arithmetic average) 수지도를 작성하였다. 이 수지도를 분석하여 금강소나무와 일반 소나무들간의 유전적 차이와 금강소나무 내의 적송과 백송간의 유전적 차이를 비교 분석하였다.

#### 2. 재료 및 방법

##### 가. DNA 추출

분석에 사용된 total DNA는 표 3-7에 나타낸 바와 같이 울진 지역의 금강소나무 7개체와 다른 지역의 소나무 2개체(Table1)를 사용하였으며 신선한 잎을 채집하여 개체 당 3g의 잎을 채취하여 액체질소와 Sea sand를 사용하여 분쇄하였다. 2× CTAB method를 변형하여 멸균수 25 ml에 분쇄한 시료를 넣고 3,500 rpm으로 10분간 원심분리하여 수세한 후 수지 성분을 제거하기 위해 1% PVP(Polyvinyl

Pyrrolidone)-40T를 처리하였고, 지질성분을 제거하기 위하여 Peg-NaCl(20% Polyethyleneglycol : 2M NaCl) 3 ml를 각각 처리한 후 10분간 수냉하여 3,500 rpm으로 10분간 원심분리하였다. 상층액을 제거한 후 65 °C의 2× CTAB 1 ml를 넣어 같은 온도에서 30분간 반응시킨 후 3,500 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액을 회수하였다. 회수한 상층액에 Chloroform : Isoamylalcohol (24 : 1)혼합용액을 넣고 10분간 교반 시킨 후 고속미량원심분리기를 사용하여 0 °C에서 15,000 rpm으로 10분간 원심분리 하였다. 원심분리한 상층액에 glass wool과 Isopropanol을 처리하여 DNA를 흡착시킨 후 75% EtOH로 세척한 후 각 tube 당 2  $\mu$ l의 RNase처리한 멸균수로 용해 시켰다. 분리한 DNA용액에 Chloroform : Isoamylalcohol (24 : 1)혼합용액을 처리하여 0 °C, 15,000 rpm에서 10분간 원심분리 한 후, 100 % EtOH를 첨가하여 -20 °C에서 overnight 시켰다.

침전물을 0 °C, 15,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 DNA만을 분리하였고 건조시킨 후 1× TE buffer에 녹여 보관하였고 2 % agarose gel에서 전기영동하여 Maker와 비교하여 농도를 측정하였다.

Table 3-7. Taxa included in this study

DNA Code	sample name	채집지	채집일자
P1	소광리 계곡I-a	울진군 소광리 대광천 보호수(계곡부)	99. 2. 27
P2	소광리 계곡I-b	울진군 소광리 대광천 (계곡부)	99. 2. 27
P5	소광리 사면중부-a	울진군 소광리 870m S70W 사면중부	99. 2. 27
P6	소광리 사면중부-b	울진군 소광리 880m S70W 사면중부	99. 2. 27
P8	소광리 계곡II-a	울진군 소광리 계곡부	99. 2. 28
P11	소광리 계곡II-b	울진군 소광리 계곡부	99. 2. 28
P15	반송(춘양묘포장)	춘양 묘포장(반송)	
Pa	대관령	대관령	99. 12. 6
Pb	홍천	홍천	99. 12. 6

#### 나. RAPD

Operon사의 10-mer primer Kit A, C, I의 60종을 선택하여 1차 PCR반응을 수행한 후 반응이 일어난 44개의 Primer 중 pattern이 분석에 사용할 수 있는 14종의 Primer(표2)를 각각 사용하여 Sample DNA의 PCR반응을 수행하였다. PCR은 template DNA 10 ng, *Ex Taq* polymerase(TAKARA) 0.2  $\mu$ l, 1 $\times$  PCR buffer 2.5  $\mu$ l, 2.5 mM dNTP, primer 10 pmol을 혼합하여 GeneAmp PCR System 2400을 사용하였으며, 반응조건은 94  $^{\circ}$ C에서 5분간 pre-denaturation 한 후 94  $^{\circ}$ C에서 1분간 denaturation, 36  $^{\circ}$ C에서 1분간 annealing, 72  $^{\circ}$ C에서 2분간 extension하는 과정을 45회 반복한 후 72  $^{\circ}$ C에서 5분간 extension하였다.

증폭한 Sample들을 NuSieve GTG: SeaTem GTG를 3 : 1로 혼합하여 만든 2% Agarose gel에서 전기영동 한 후 각각의 Sample DNA마다 random하게 나타난 band의 pattern을 조사하였다(그림 3-29).

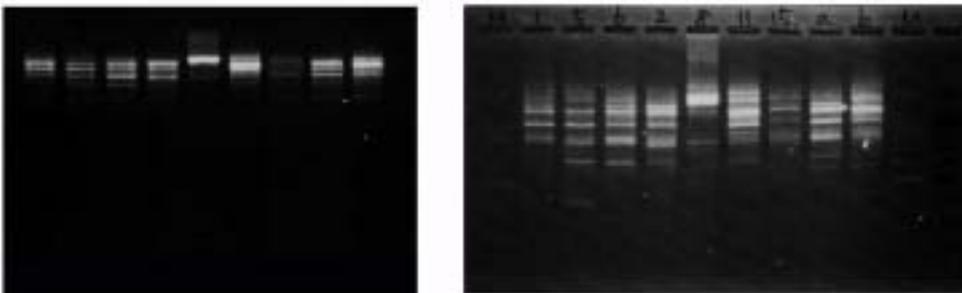


Fig 3-29. Patterns of DNA fragments synthesized by OPA1 primer.

#### 다. 분석

분석에 사용된 14개 각각의 primer에 대한 전기영동의 결과는 같은 크기의 band

의 출현여부를 조사하여 동일 크기의 band의 유무를 band의 출현은 1, 비출현은 0으로 표시하여 행렬을(Table 3) 작성한 후 IBM PC Pentium III를 사용 PAUP 4.0b4a version으로 UPGMA(unweighted pair-group method with arithmetic average) 수지도(그림 3-30)를 얻었다.

Table 3-8. List of 14 decamer primers used for RAPD analysis

Operon primer kit number	sequence(5' to 3')	Operon primer kit number	sequence(5' to 3')
OPA 1	CAGGCCCTTC	OPC 6	GAACGGACTC
OPA 4	AATCGGGCTG	OPC 13	AAGCCTCGTC
OPA 8	GTGACGTAGG	OPC 16	CACACTCCAG
OPA 9	GGGTAACGCC	OPC 20	ACTTCGCCAC
OPA 12	TCGGCGATAG	OPI 7	GTCCCGACGA
OPA 18	AGGTGACCGT	OPI 8	TTTGCCCGGT
OPA 19	CAAACGTCGG	OPI 15	TCATCCGAGG

### 3. 결과 및 고찰

7종의 Primer를 사용한 RAPD에서 분석 가능한 사진(그림 3-29)을 얻어 자료행렬을 작성하고(표 3-9), PAUP 4.0b4a version으로 UPGMA분석을 실시하여 그림 3-30의 결과를 얻었다.

Table 3-9. RAPD data matrix for 9 accessions from *pinus*

Operon Primer	P1	P5	P6	P2	P8	P11	P15	a	b
OPA1-1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
OPA1-2	0	1	0	0	0	1	1	1	0
OPA1-3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPA1-4	1	0	1	1	0	0	1	1	0
OPA1-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPA1-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPA1-7	0	0	1	0	0	1	0	0	0
OPA1-8	1	1	1	1	0	1	1	1	1
OPA1-9	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPA1-10	1	1	1	1	0	1	1	1	1
OPA1-11	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPA1-12	0	0	0	1	0	0	0	0	0
OPA1-13	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPA1-14	0	1	1	1	0	1	0	1	1
OPA1-15	0	0	0	0	1	0	1	0	0
OPA1-16	0	1	1	1	0	1	0	1	1
OPA1-17	0	0	0	0	1	0	1	0	0
OPA1-18	0	1	0	0	0	0	0	0	1
OPA4-1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
OPA4-2	0	0	0	0	1	1	0	1	0
OPA4-3	0	0	0	0	0	0	0	1	1
OPA4-4	0	0	0	0	0	0	0	1	1
OPA4-5	0	0	0	0	0	0	0	1	1
OPA4-6	0	0	0	0	0	0	0	1	1
OPA4-7	0	0	0	0	0	0	0	1	1
OPA4-8	0	0	0	0	1	0	0	1	0
OPA4-9	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPA4-10	1	1	1	1	1	0	0	0	0
OPA4-11	0	0	0	0	0	0	0	1	0
OPA4-12	1	1	1	1	1	1	1	0	0
OPA4-13	1	1	1	1	1	1	1	0	0
OPA4-14	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OPA12-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPA12-2	0	0	1	0	1	0	0	1	1
OPA12-3	0	0	0	0	0	1	0	1	0
OPA12-4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OPA12-5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OPA12-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPA12-7	0	0	1	0	0	0	0	0	0
OPA12-8	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OPA12-9	0	0	0	0	0	0	1	0	0
OPA12-10	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Table 3-9. Continued

Operon Primer	P1	P5	P6	P2	P8	P11	P15	a	b
OPC16-1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
OPC16-2	0	0	0	0	0	1	1	0	0
OPC16-3	0	0	0	0	1	1	0	1	1
OPC16-4	0	0	1	1	0	0	0	0	0
OPC16-5	1	1	1	1	0	1	0	0	0
OPC16-6	1	1	1	1	1	1	0	0	0
OPC16-7	1	1	1	1	0	1	1	0	0
OPC16-8	1	1	1	1	0	1	1	1	1
OPC16-9	1	1	1	1	0	1	0	0	0
OPC16-10	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPI15-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPI15-2	0	0	0	0	0	1	0	0	0
OPI15-3	0	0	0	0	1	0	1	0	1
OPI15-4	0	0	0	0	0	0	1	1	0
OPI15-5	1	1	1	1	1	1	1	0	1
OPI15-6	1	0	1	1	1	1	1	1	1
OPI15-7	1	1	0	1	0	0	0	0	1
OPI15-8	0	0	1	0	0	0	0	1	0
OPI15-9	1	1	0	1	0	0	0	0	1
OPI15-10	0	0	1	0	0	0	0	0	0
OPI15-11	0	0	0	0	0	1	0	1	0
OPI15-12	1	1	1	1	0	1	1	1	0
OPI15-13	0	0	0	0	0	0	0	1	0
OPI15-14	0	1	1	0	0	1	1	1	1
OPI15-15	0	1	0	0	0	1	1	0	1
OPI15-16	1	1	0	1	0	1	1	0	0

Table 3-9. Continued

Operon Primer	P1	P5	P6	P2	P8	P11	P15	a	b
OPA9-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPA9-2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPA9-3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPA9-4	0	0	1	0	0	0	0	0	0
OPA9-5	0	0	0	1	0	1	0	0	0
OPA9-6	1	1	1	0	1	0	1	0	1
OPA9-7	1	1	1	0	0	0	1	0	1
OPA9-8	1	0	0	1	0	1	0	1	0
OPA9-9	0	0	1	0	0	0	0	0	0
OPA9-10	0	0	1	1	0	1	1	1	0
OPA9-11	0	0	0	0	1	0	0	0	1
OPA9-12	1	1	0	0	0	0	0	0	0
OPA9-13	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPA9-14	0	0	0	1	0	0	1	1	0
OPA9-15	0	0	1	0	0	0	0	0	0
OPA9-16	1	0	1	1	0	0	1	0	1
OPC6-1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
OPC6-2	0	1	0	0	0	1	0	0	0
OPC6-3	1	1	0	0	0	0	1	0	0
OPC6-4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPC6-5	0	0	0	0	0	0	1	0	1
OPC6-6	0	0	1	0	1	0	0	0	1
OPC6-7	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OPC6-8	1	1	1	1	0	0	1	0	1
OPC6-9	0	0	0	0	0	0	1	0	1
OPC6-10	1	1	1	1	0	1	1	0	0
OPC6-11	0	1	0	0	0	0	1	0	1

Table 3-9. Continued

Operon Primer	P1	P5	P6	P2	P8	P11	P15	a	b
OPC13-1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
OPC13-2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
OPC13-3	0	1	1	1	0	0	0	1	1
OPC13-4	0	0	0	0	1	1	1	0	0
OPC13-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPC13-6	1	1	1	1	0	1	1	0	0
OPC13-7	0	1	1	0	0	1	1	0	0
OPC13-8	0	1	1	1	0	1	1	0	0
OPC13-9	0	1	1	1	0	1	1	0	0
OPC13-10	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPC13-11	0	0	0	0	0	0	1	0	0
OPC13-12	0	1	1	1	0	1	1	1	1
OPC20-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPC20-2	0	0	0	0	1	1	0	0	1
OPC20-3	1	0	1	0	0	1	0	0	0
OPC20-4	1	0	1	0	1	1	1	1	1
OPC20-5	0	0	1	0	0	0	0	0	0
OPC20-6	0	0	0	0	0	0	1	1	1
OPC20-7	0	0	1	0	0	0	0	0	0
OPC20-8	0	0	0	0	0	1	0	1	0
OPC20-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPC20-10	0	0	0	0	0	1	0	1	1
OPC20-11	0	0	0	0	0	1	1	0	1
OPC20-12	1	0	1	0	0	0	0	0	0
OPC20-13	0	0	1	0	1	0	0	0	0

Table 3-9. Continue

Operon Primer	P1	P5	P6	P2	P8	P11	P15	a	b
OPI7-1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
OPI7-2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPI7-3	1	0	1	1	1	1	1	1	1
OPI7-4	1	0	1	1	1	1	1	1	1
OPI7-5	1	0	1	1	1	1	1	1	1
OPI7-6	1	0	1	1	1	1	1	1	1
OPI7-7	1	0	1	1	1	1	1	1	1
OPI7-8	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPI7-9	1	0	1	1	0	1	1	1	1
OPI7-10	0	0	0	1	1	1	1	1	1
OPI7-11	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OPI7-12	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPA8-1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
OPA8-2	0	0	1	1	1	0	0	1	1
OPA8-3	1	0	1	1	1	1	0	1	0
OPA8-4	1	0	0	0	0	1	1	1	0
OPA8-5	0	1	0	0	0	0	0	0	1
OPA8-6	1	1	1	1	0	1	1	1	1
OPA18-1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
OPA18-2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPA18-3	0	1	0	1	1	1	0	1	1
OPA18-4	0	0	0	1	0	0	1	1	0
OPA18-5	1	0	0	0	0	1	1	1	1
OPA18-6	1	1	0	0	0	1	1	1	0
OPA18-7	0	0	1	1	0	0	1	1	0
OPA18-8	1	0	1	1	1	0	0	1	1
OPA18-9	1	1	1	1	0	0	1	1	0
OPA18-10	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPA18-11	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPA18-12	0	0	1	0	0	0	0	0	1
OPA18-13	1	1	1	1	0	0	1	1	0
OPA18-14	0	0	1	0	1	1	1	0	0
OPA18-15	0	0	0	0	0	0	0	1	0
OPA18-16	0	1	0	0	0	0	0	0	0
OPA18-17	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 3-9. Continued

Operon Primer	P1	P5	P6	P2	P8	P11	P15	a	b
OPA19-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
OPA19-2	1	0	0	0	1	0	0	0	1
OPA19-3	1	1	1	0	1	1	0	0	1
OPA19-4	0	0	1	1	0	1	1	0	1
OPA19-5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
OPA19-6	1	1	0	0	0	0	0	0	0
OPA19-7	1	1	1	1	1	0	0	1	0
OPA19-8	1	0	0	1	0	1	0	0	1
OPA19-9	0	1	0	0	0	0	0	0	0
OPA19-10	1	0	0	1	1	1	1	1	1
OPA19-11	0	0	1	0	0	0	1	0	0
OPA19-12	0	0	0	1	0	0	1	1	0
OPA19-13	0	0	0	0	1	0	1	0	1
OPA19-14	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OPA19-15	0	1	0	1	0	0	0	0	0
OPA19-16	0	0	1	0	0	0	0	0	0
OPA19-17	1	1	1	1	0	0	1	0	1

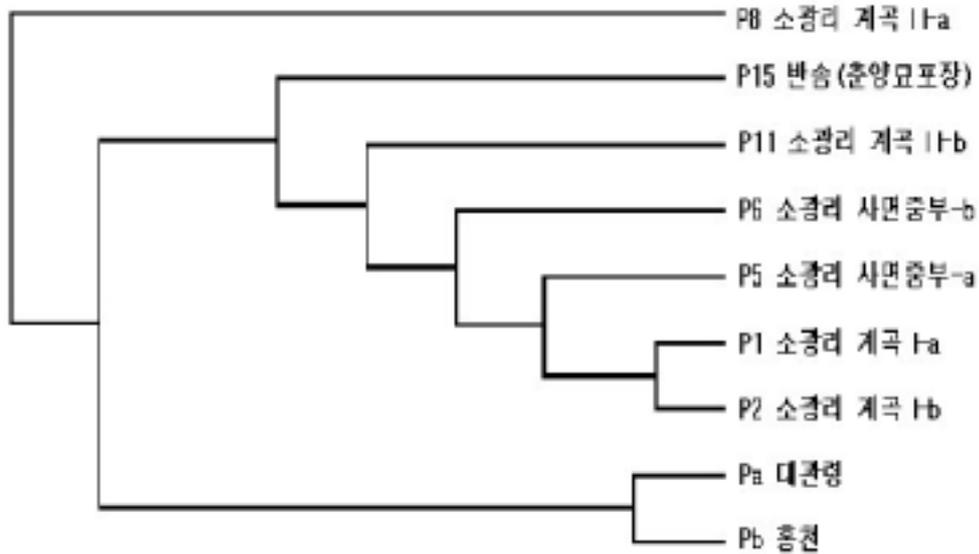


Fig. 3-30. UPGMA tree of 9 samples of *Pinus* based on RAPD data.

Table 3-10. Pairwise distances between samples

Sample code	P1	P5	P6	P2	P8	P11	P15	Pa	Pb
<b>P1</b>	-	0.24490	0.28488	0.20755	0.39535	0.29651	0.31395	0.38372	0.40116
<b>P5</b>	36	-	0.28571	0.25850	0.48980	0.29252	0.33333	0.44898	0.40136
<b>P6</b>	49	42	-	0.22013	0.43605	0.33721	0.35465	0.41279	0.44186
<b>P2</b>	33	38	35	-	0.44025	0.25786	0.29560	0.30189	0.38994
<b>P8</b>	68	72	75	70	-	0.40116	0.46512	0.44186	0.42442
<b>P11</b>	51	43	58	41	69	-	0.29651	0.31977	0.40698
<b>P15</b>	54	49	61	47	80	51	-	0.34884	0.36628
<b>Pa</b>	66	66	71	48	76	55	60	-	0.33140
<b>Pb</b>	69	59	76	62	73	70	63	57	-

채집지가 다른 9개체의 소나무 DNA로 RAPD실험을 한 결과로 UPGMA 수지도를 만들어 분석한 결과 P8을 제외하면 P15, P11, P6, P5, P1, P2가 하나의 그룹으로 유집되었고 대관령과 홍천에서 채집된 Pa, Pb가 다른 하나의 그룹으로 유집되었다. 반송인 P15는 금강송의 기저부에 위치하며 Pa, Pb그룹과는 분리되어 유전적으로 금강송에 가깝게 나타났다.

한편 근접지역에서 채집된 P1과 P2의 pairwise distance가 0.20755로 가장 가깝고 P1, P2에서 좀더 멀리 떨어진 지점에서 채집된 P5, P6의 pairwise distance는 채집지간의 거리와 비례해서 커지는 양상을 보였다. 소광리 산의 사면중부에서 채집된 P5, P6는 계곡부에서 채집된 P1, P2그룹과 P8, P11그룹의 중간위치에서 유집되어 서식처와 관련된 유전적 변이는 관찰되지 않았고, Pa, Pb는 소광리에서 채집된 소나무들과 pairwise distance가 0.30189~0.44898로 평균거리인 0.3535775보다 비교적 거리가 크게 나타났으나 지리적으로 근접한 지점에서 채집한 금강소나무인 P8과 P15가 0.46512로 상대적으로 크게 나타나는 등 금강소나무 간에도 pairwise distance값의 변이가 커 분류학적, 지리적, 서식처에 대해서 분리되지 않았다.

#### 4. 참고문헌

- G. Bucci, G. G. Vendramin, L. Lelli, F. Vicario. 1997. Assessing the genetic divergence of *Pinus leucodermis* Ant. endangered populations: use of molecular markers for conservation purposes. *Theor Appl Genet* 95: 1138-1146
- M. E. Devey, T. A. Fiddler, B.-H. Liu, S. J. Knapp, D. B. Neale. 1994. An RFLP Linkage map for loblolly pine based on a three-generation outbred pedigree. *Theor Appl Genet* 88: 273-278
- D. B. Wagner, G. R. Furnier, M. A. Saghai-Maroo, S. M. Williams, B. P. Dancik, R. W. Allard. 1987. Chloroplast DNA polymorphisms in lodgepole and jack pines and their hybrids. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* Vol. 84: 2097-2100
- S. A. Cato, T. E. Richardson. 1996. Inter- and intraspecific polymorphism at

- chloroplast SSR loci and the inheritance of plastids in *Pinus radiata* D. Don. Theor Appl Genet 93: 587-592
- E. E. White. 1990. Chloroplast DNA in *Pinus monticola*. Theor Appl Genet 93: 587-592
- Kim, Young-Dong and Sung-Hee Kim. 2000. Interspecific relationship of *Weigela* based on RAPD analysis. Kor. J. Plant Tax Vol. 30, No 1, 17-33

## 제 4 절 Isozyme 분석

### 1. 實驗目的

우리 나라 소나무 중 材質이 優秀한 春陽木의 遺傳的 變異를 同位酵素 의해 調查하였다. 尉珍 奉化 地方에 自生하는 春陽木과 太白山脈을 중심으로 강원도 仁濟, 大靑陵, 安東, 大邱八公山에 自生하는 소나무와 比較하였다. 木材 斷面의 材色이 黃赤色인 赤松, 半이 黃赤色인 半赤松, 색깔이 없는 백송으로 구분하여 종자에 의한 同位酵素를 調查하였다.

### 2. 材料 및 方法

#### 가. 供試材料

- 1) 안면도: 6 개체 ( A )
- 2) 인 제: 3 개체 ( I )
- 3) 대광령: 3 개체 ( D )
- 4) 팔공산: 7 개체 ( P )
- 5) 안 동: 1 개체 ( Ad)
- 6) 적 송: 15 개체 ( H )
- 7) 백 송: 13 개체 ( B )

#### 나. 試驗 方法

慶北의 尉珍, 奉化에 自生하는 春陽木中 心材部分이 많은 赤松과 邊材部分이 많은 白松에 대하여 遺傳變異를 調查하기 爲해서 同位酵素에 의한 變異를 調查하였다. 지역 별로 총 48 개체 各 個體別로 5개의 種子로 胚를 除去하고 胚乳를 粉碎시키고 吸收紙 whatman紙에 吸收시켜 starch gel에 의한 電氣泳動法으로 分析比較하였다. 分析한 同位酵素는 다음과 같다.

Glutamate oxalacetate transaminase ( GOT );

Acid phosphatase ( ACP );

Alcohol dehydrogenase ( ADH );

Glutamate dehydrogenase ( GDH );

Isocitrate dehydrogenase ( IDH );

Leucine-amino peptidase ( LAP );

Malate dehydrogenase ( MDH );

6-Phosphogluconate dehydrogenase ( 6PDH );

Phosphoglucose isomerase ( PGI ).

各 酵素에 대한 Electrode buffer와 gel buffer는 表 3-11과 같이 하였고 gel의 濃度는 10%로 하였다. 電氣泳動은 電壓 100V에서 150V까지 점진적으로 올려 6-8時間 電氣泳動을 시켜 各酵素에 맞는 發色試藥으로 染色하였고 染色은 室溫 혹은 37℃의 incubator에서 發色될 때까지 두었고 나타난 band의 變異를 分析比較하였다.

Table 3-11. Electrode and gel buffer system

Enzyme	Electrode	Gel
GOT	Boric acid : 18.5g NaOH : 2.4g H <sub>2</sub> O : 1000ml pH : 8.0 - 8.2	Tris : 4.6g Citric acid : 0.6g H <sub>2</sub> O : 500ml pH : 8.45
ACP	Boric acid : 18.55g NaOH : 2.0g H <sub>2</sub> O : 1000ml pH 8.0 with 4N NaOH	Tris : 12.11g H <sub>2</sub> O : 1000ml pH : 8.8 with 0.2M Citric acid
ADH	Tris : 15.1375g H <sub>2</sub> O : 1000ml pH 7.0 with 1M citric acid	DL-Histidine : 1.048g EDTA : 52mg H <sub>2</sub> O : 1000ml pH 7.4 with 1M tris
6PDH IDH	Tris : 0.125M pH 7.0 with 1M citric acid	DL-Histidine : 0.05M EDTA : 1.40mM pH 7.0 with 1M tris
MDH	Tris : 0.125M pH 7.0 with 1M citric acid	DL-Histidine : 0.05M EDTA : 1.40mM pH 7.0 with 1M tris
GDH LAP PGI	Lithium hydroxide : 0.06M Boric acid : 0.3M pH : 8.1	Tris : 0.03M Citric acid : 0.005M(anhydrous) 1% electrode buffer pH : 8.5 ( 10 X concentrate solution )

### 3. 結果 및 考察

同位酵素중 GOT에 의한 遺傳變異를 調査한 바 그림 3-31과 같이 GOT에 의한 遺傳變異는 각 지역 소나무간에는 差異가 없는 것으로 나타나고 있다.

그림 3-31과 같이 P1과 같은 type은 안면도 6개체에서 100%를 차지하였고, 대관령 3개체에서는 93%를 차지하였고, 그리고 팔공산 2개체에서는 90%, 안동 한 개체에서 100%, 인제 3개체에서는 86%로 나타나고 있다.

P2와 같은 type은 대관령 개체에서는 7%, 인제 개체에서는 7%로 나타나고 있었고, P3과 같은 type은 팔공산 개체에서는 10%로 나타나고, D와 같은 type은 인제 개체에서는 7%로 나타나고 있으므로 同位酵素GOT에 의한 지역별 개체간에 큰 差異가 없을 것으로 나타나고 있다.

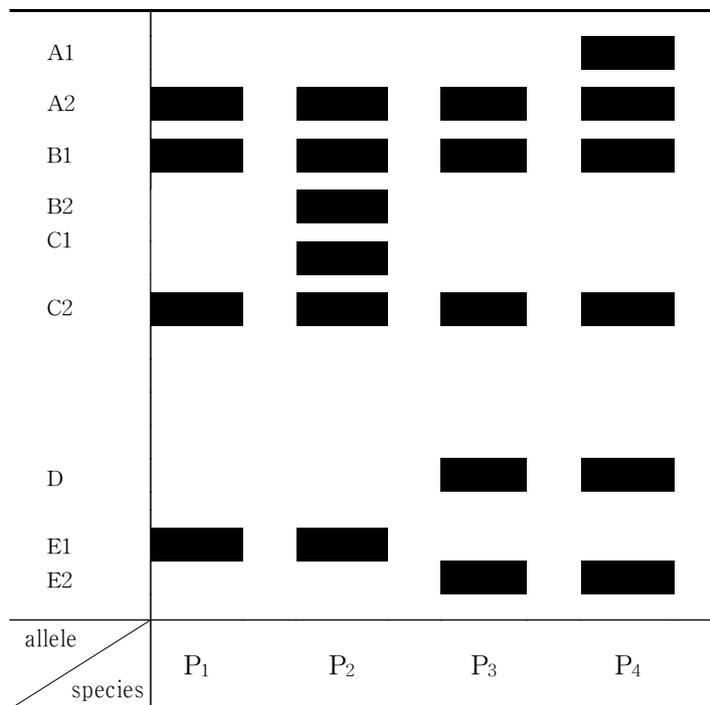


Fig. 3-31. Allelic variation of GOT.

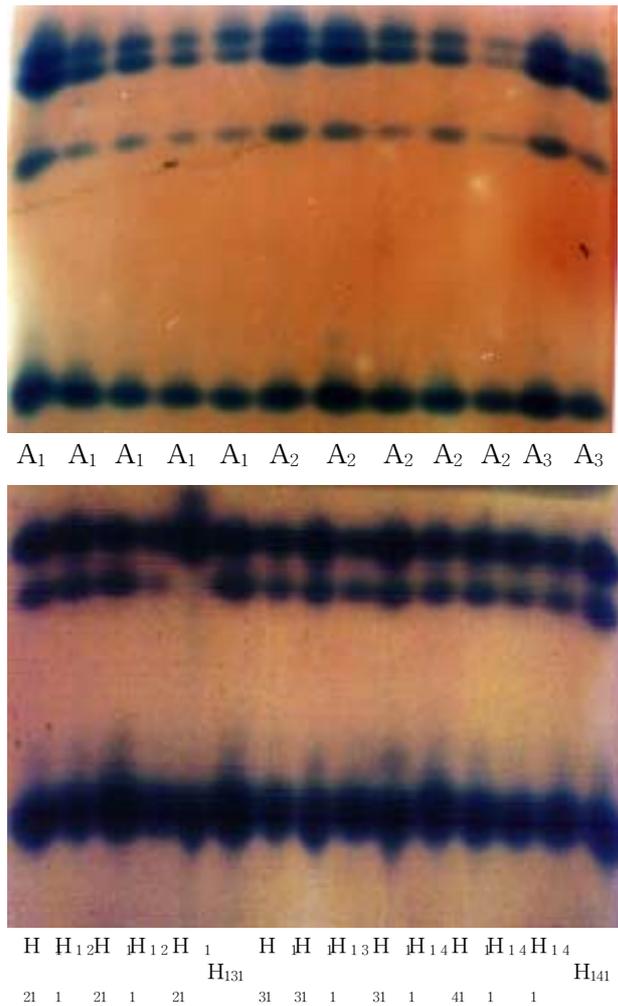


Photo. 1. Allelic variation of GOT.

同位酵素 ACP에 의한 變異는 그림 3-32와 같이 P1과 같은 type은 안면도 6개체에서 93.3%를 차지하였고, 대관령 3개체에서는 80%를 차지하였고, 그리고 팔공산 2개체에서는 80%, 안동 한 개체에서 100%, 인레 3개체에서는 80%로 나타나고 있다.

P2와 같은 type은 안면도 6개체에서 3.3%를 차지하였고, 대관령 개체에서는 20%, 인레 개체에서는 6.7%로 나타나고 있었고, P3과 같은 type은 안면도 6개체에서 3.3%를 차지하였고, 팔공산 개체에서는 20%로 나타나고, 인제 개체에서는 13.3%로 나타나고 있었다.

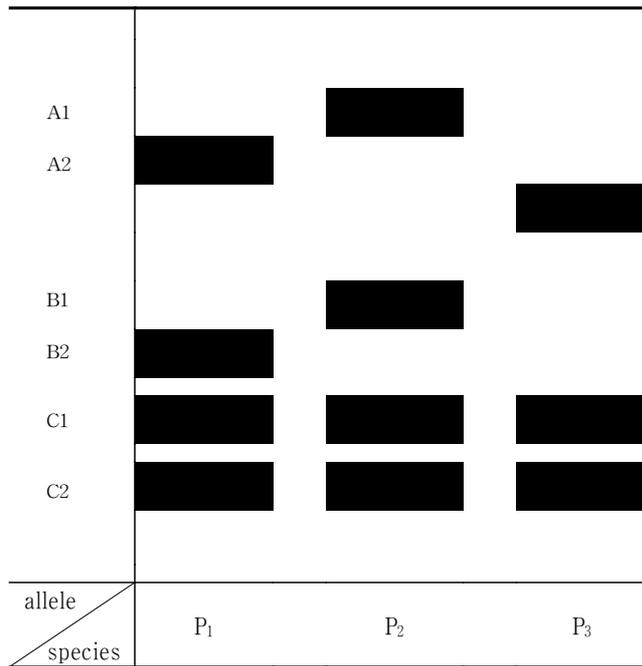


Fig. 3-32. Allelic variation of ACP.



A<sub>1</sub> A<sub>1</sub> A<sub>1</sub> A<sub>1</sub> A<sub>1</sub> I<sub>1</sub> I<sub>1</sub> I<sub>1</sub> I<sub>1</sub> I<sub>1</sub> I<sub>2</sub> I<sub>2</sub> I<sub>2</sub> I<sub>2</sub> I<sub>2</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> D<sub>1</sub> D<sub>1</sub> D<sub>1</sub> D<sub>1</sub> D<sub>1</sub>

Photo. 2. Allelic variation of ACP.

同位酵素 IDH에 의한 變異는 그림 3-33과 같이 P1과 같은 type은 안면도 6개체에서 93.3%를 차지하였고, 대관령 3개체에서는 66.7%를 차지하였고, 그리고 팔공산 2개체에서는 90%, 안동 한 개체에서 100%, 인제 3개체에서는 86.7%로 나타나고 있다. P2와 같은 type은 안면도 6개체에서 3.3%를 차지하였고, 대관령 개체에서는 33.3%, 인제 개체에서는 13.3%로 나타나고 있었고, P3과 같은 type은 안면도 6개체에서 3.3%로 나타나고 있었다.

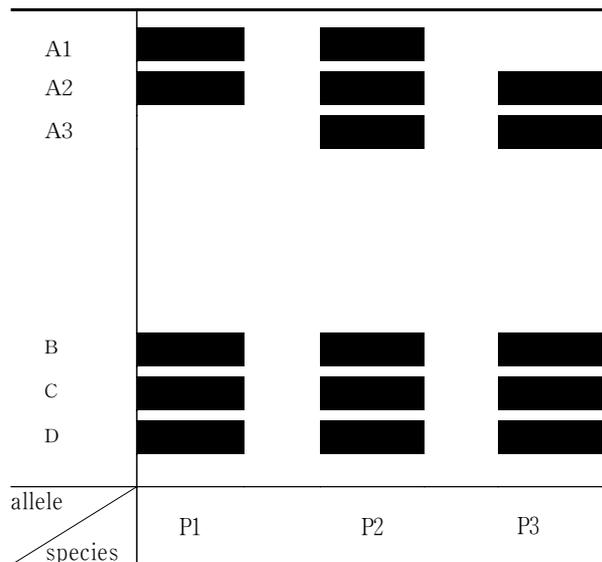


Fig. 3-33. Allelic variation of IDH.

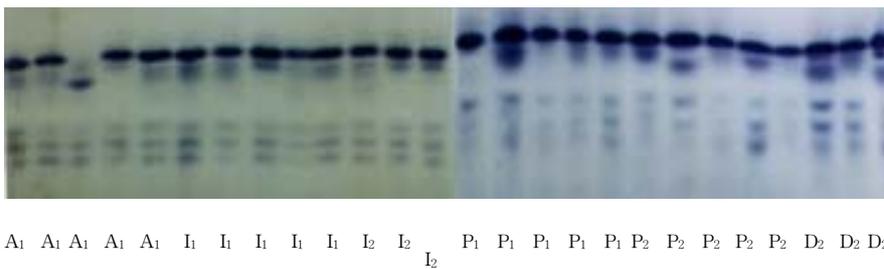


Photo. 3. Allelic variation of IDH.

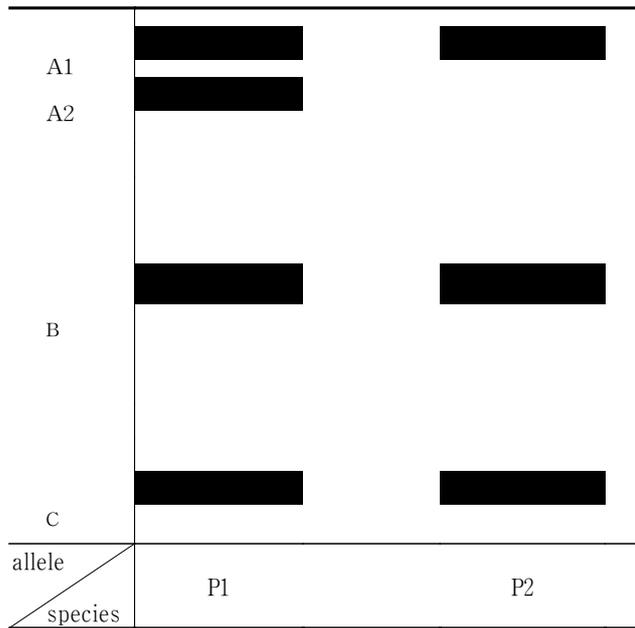
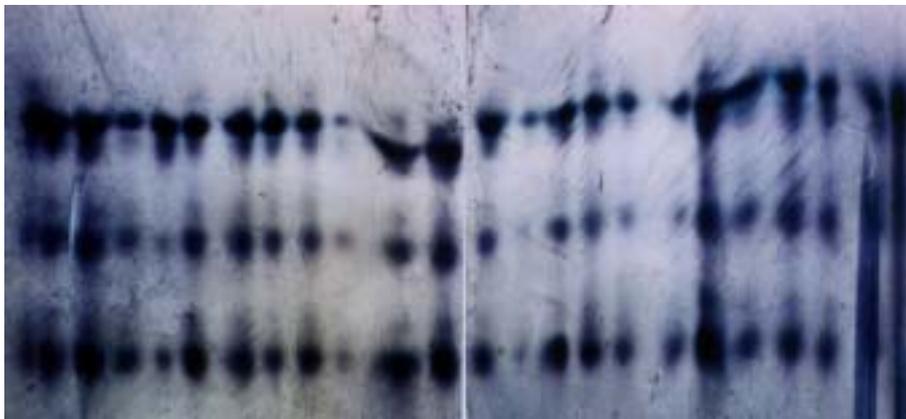


Fig. 3-34. Allelic variation of MDH.



A<sub>6</sub> A<sub>6</sub> A<sub>6</sub> A<sub>6</sub> I<sub>1</sub> I<sub>1</sub> I<sub>1</sub> I<sub>1</sub> I<sub>2</sub> I<sub>2</sub> I<sub>2</sub> I<sub>2</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> D<sub>1</sub> D<sub>1</sub> D<sub>1</sub> D<sub>1</sub>

Photo. 4. Allelic variation of MDH.

同位酵素 MDH에 의한 變異는 그림 3-34와 같이 P1과 같은 type은 안면도 6개체에서 90%를 차지하였고, 대관령 3개체에서는 80%를 차지하였고, 그리고 팔공산 2개체에서는 80%, 안동 한 개체에서 100%, 인제 3개체에서는 86.7%로 나타나고 있었다. P2와 같은 type은 안면도 6개체에서 10%를 차지하였고, 대관령 개체에서는 20%, 팔공산 2개체에서는 20%, 인제 개체에서는 13.3%로 나타나고 있었다.

同位酵素 PGI에 의한 變異는 그림 3-35와 같이 P1과 같은 type은 안면도 개체에서 86.7%를 차지하였고, 대관령 3개체에서는 60%를 차지하였고, 그리고 팔공산 2개체에서는 90%, 안동 한 개체에서 100%, 인제 3개체에서는 73.3%로 나타나고 있었다. P2와 같은 type은 안면도 6개체에서 13.3%를 차지하였고, 대관령 개체에서는 40%, 팔공산 2개체에서는 10%, 인제 개체에서는 26.6%로 나타나고 있었다.

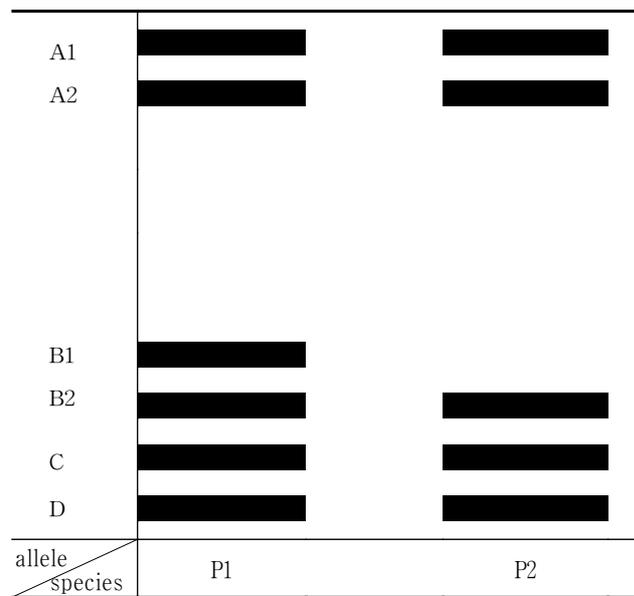
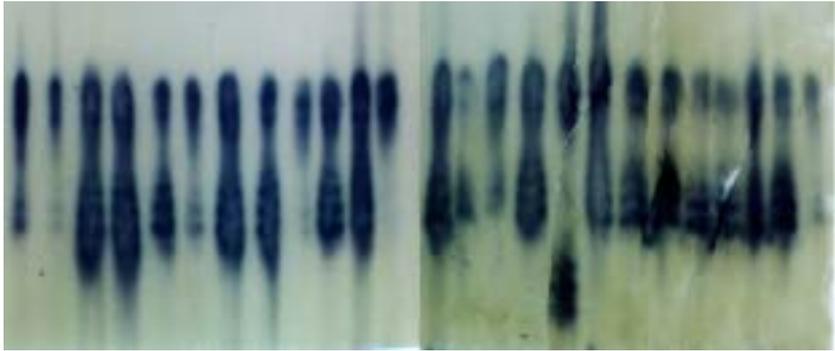


Fig. 3-35. Allelic variation of PGI.



I<sub>2</sub> I<sub>2</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> I<sub>3</sub> D<sub>1</sub> D<sub>1</sub> D<sub>1</sub> D<sub>1</sub> D<sub>1</sub> A<sub>6</sub> A<sub>6</sub> A<sub>6</sub> A<sub>6</sub> A<sub>6</sub> A<sub>6</sub> I<sub>1</sub> I<sub>1</sub> I<sub>1</sub> I<sub>1</sub> I<sub>1</sub> I<sub>2</sub> I<sub>2</sub> I<sub>2</sub>

Photo. 5. Allelic variation of PGI.

LAP에 의한 變異는 그림 3-36과 같이 P1과 같은 type은 赤松에서 38%, 八公山 소나무에서 100%, 白松에서는 27%로 나타나고 있고 P2와 같은 type은 赤松에서 62%, 白松에서 73%로 나타나고 있다.

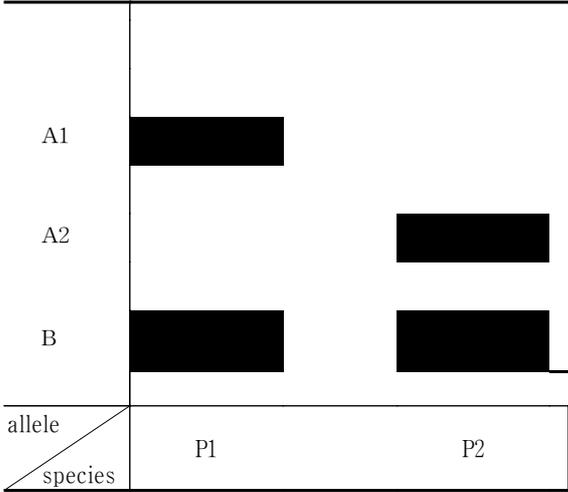


Fig. 3-36. Allelic variation of LAP.



同位酵素 ADH에 의한 變異는 그림 3-38과 같이 P1과 같은 type은 赤松에서 4%, 白松에서는 10%이며 P2와 같은 type은 각각 22%과 40%로 나타나는데 八公山の 소나무에서는 나타나지 않다. P3과 같은 type은 赤松에서 7%, 八公山 소나무에서도 7%로 나타나고 있고 白松에서는 나타나지 않다. P4와 같은 type은 赤松에서 67%, 八公山 소나무에서 93%, 白松에서는 50%로 差異가 있는 것으로 나타나고 있다.

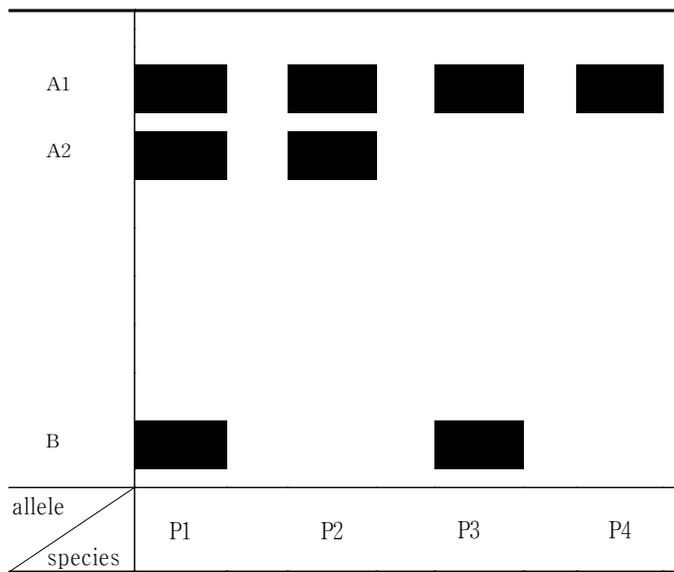


Fig. 3-38. Allelic variation of ADH

同位酵素 GDH에 의한 變異는 그림 3-39와 같이 P1, P2와 같은 type은 赤松에서만 각각 22%, 20%로 나타나고 있고 P3과 같은 type은 赤松에서 45%, 八公山 소나무에서 60%, 白松에서는 34%이며 P4와 같은 type은 赤松에서 13%, 白松에서 23%로 나타나고 있고 P5와 같은 type은 八公山 소나무에서 40%, 白松에서는 30%로 나타나고 있다. 同位酵素 GDH에 의한 변이가 다양하게 나타나고 있으므로 개체간 差異가 있는 것으로 생각 된다.

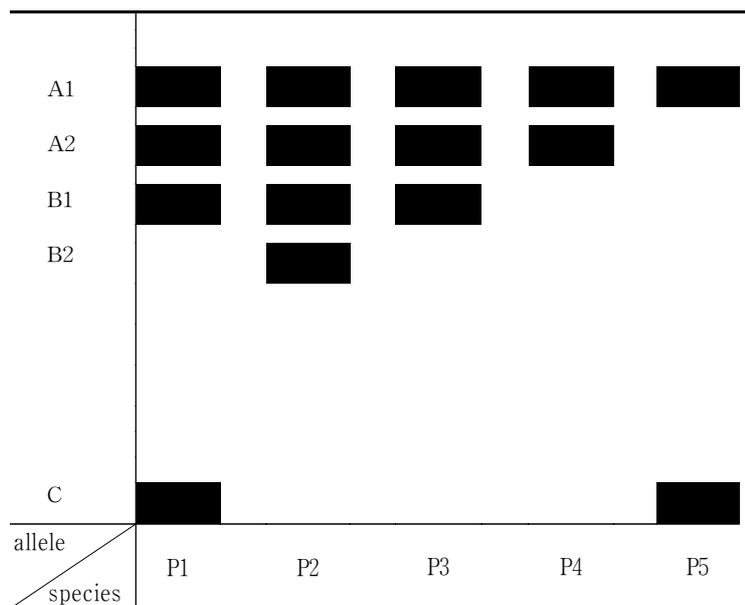


Fig. 3-39. Allelic variation of GDH.

9 중의 同位酵素 GOT, ACP, ADH, GDH, 6PDH, IDH, LAP, MDH, PGI에 의한 赤松, 白松과 八公山 소나무의 遺傳變異를 조사한 바, GOT, 6PDH, IDH, MDH와 PGI에 의한 변이는 개체간 큰 差異가 없을 것으로 나타나고 있고 ACP, ADH, GDH와 LAP에 의한 변이는 개체간 差異가 있는 것으로 나타나고 있다. 그래서 春陽木中 心材部分이 많은 적송과 邊材部分이 많은 白松에 대하여 遺傳變異가 있는 것으로 결론을 낼 수 있을 것이라고 생각된다.

#### 4. 참고문헌

- 김진수, 홍용균, 1982, 소나무의 몇가지 다형적 동위효소 유전분석(1)-GOT와 LAP의 유전과 동위효소 유전자좌간의 연관관계, 한국임학회지, 58:1~7.
- 김진수, 홍용균, 1982, 소나무의 몇가지 다형적 동위효소 유전분석(2)-GOT와 LAP의 유전과 동위효소 유전자좌간의 연관관계, 한국임학회지, 68:32~36.
- 손두식, 박상준, 황재우, 1990, 소나무 및 곰솔의 수지구지수에 따른 침엽구과 및 종자의 형태적 특성과 동위효소의 변이, 한국임학회지, 79(4):424~430.
- 손두식, 최칠용, 박상준, 1990, 곰솔과 소나무의 자연잡종으로 추정되는 잡종소나무의 특성, 한국임학회지, 79(2):127~137.
- 손두식, 홍성천, 여진기, 류장발, 1989, 경북지방 소나무 및 곰솔에 대한 동위효소의 유전, 한국임학회지, 78(2):242~247.
- 손두식, 홍성천, 여진기, 류장발, 1989, 경북지방 소나무 및 곰솔 집단의 동위효소에 의한 유전변이, 한국임학회지, 78(4):345~359.

## 제 4 장 금강소나무림의 식생분석

### 제 1 절 정성적 분석

#### 1. 실험목적

금강소나무 임분의 지표군락을 찾음과 동시에 금강소나무의 조림구역, 금강소나무 중에서 赤松과 白松의 조림구역 및 금강소나무의 유지기작의 해석에 필수적인 자료를 얻기 위하여 본 실험을 실시하였다.

#### 2. 실험방법

##### 가. 야외조사

1996년 10월부터 1998년 12월까지 약 26개월에 걸쳐 야외조사를 실시하였다. 먼저 울진 국유림관리소의 도움을 받아 산림청이 보호관리하고 있는 천연보호림 지역에 대해 임도를 따라 소광천에서 산능선부를 지나 대광천으로 내려오면서 예비답사를 실시하였다. 이곳의 임도는 산능선에서부터 소광천, 대광천, 전곡(원곡), 쌍전, 석포 등 여러 지역을 연결하는 망을 구축하고 있었으므로 예비답사 및 야외조사의 실시에 많은 도움이 되었다. 예비답사의 결과 약 200년 이상 노령의 유적종립으로 많이 남아있는 임분을 발견할 수 있었는데, 그 지역은 소광천 및 대광천 일대였다.

식생분석자료를 얻기 위해 ZM학파의 식물사회학적 방법(Ellenberg, 1956 ; Braun-Blanquet, 1964)에 따라 지형, 생태적 밀도, 해발 등의 입지환경 등을 고려하고, 이질적인 군락의 요소가 들어와 혼잡하게 되지 않도록 하기 위하여 10m×10m의 조사구를 5개 조사지역, 즉 소광리, 응봉산, 청옥산, 울진일대, 검마산 지역에 설치하였다. 비교분석자료를 얻기 위하여 소광리 지역에 80개소의 방형구를 설치하였으며, 동서남북으로 약 25km 떨어진 청옥산에 40개소, 강원도 응봉산에 40개소, 울진일대

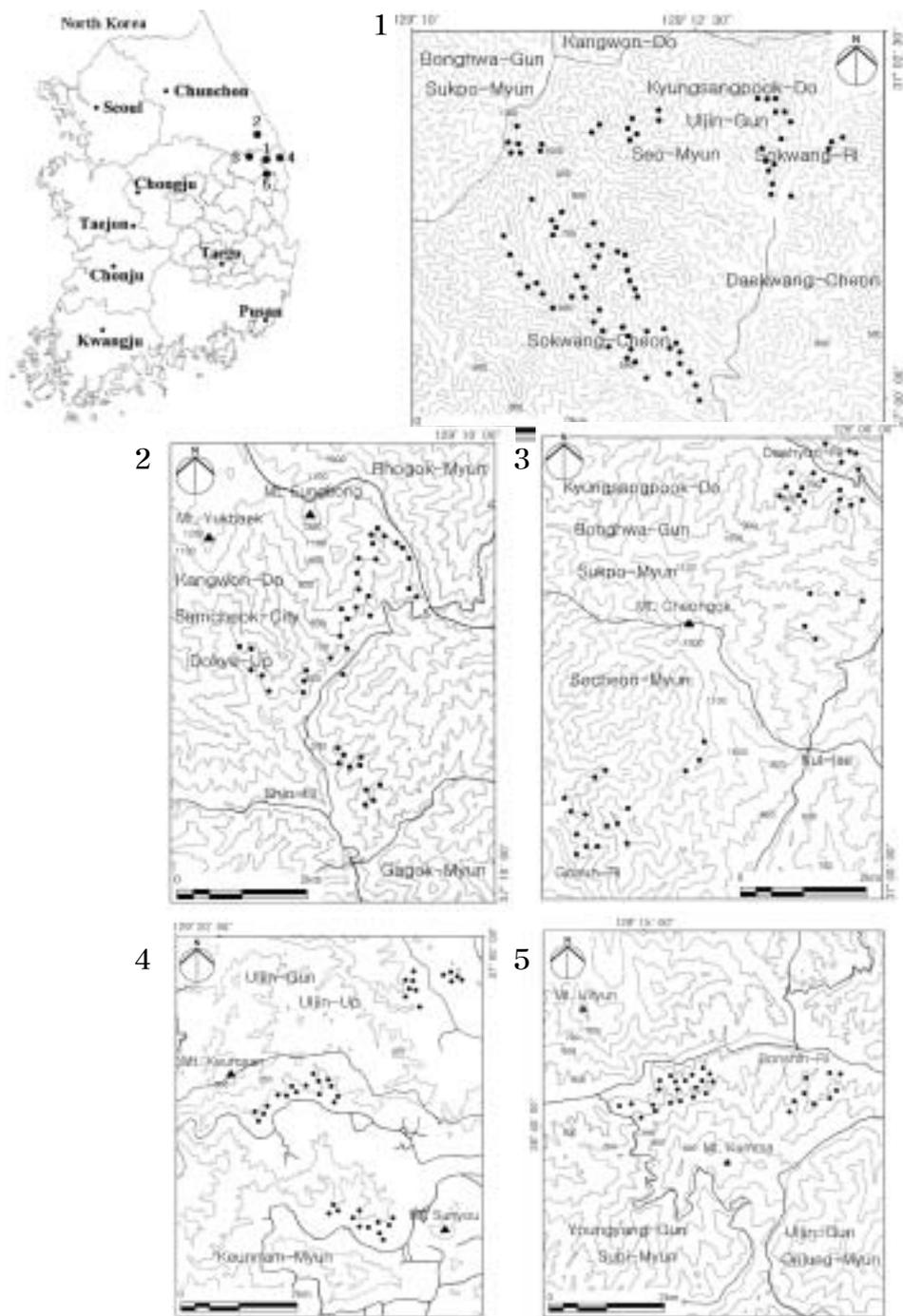


Fig. 4-1. Map showing the sampled 230 plots in the 5 study sites.  
 (1:Sokwang-Ri ; 2:Mt. Eungbong ; 3:Mt. Chungok ; 4:Uljin ; 5:Mt. Kumma)

에 40개소, 검마산에 30개소의 조사지를 선정하였으며, 선정된 총 조사구는 230개소 이었다(그림 4-1). 설치된 조사구의 조사방법은 식생조사법에 따라 조사구내에 출현하는 모든 종의 양과 생육상태에 대한 측정을 실시하였는데,량은 출현하는 각 종의 被度(coverage)와 개체수를 조합시킨 優占度(dominance) 계급(Braun-Blanquet, 1964)을 판정하여 기록하였고, 생육상태는 종 개체의 集畵 혹은 離散의 정도에 따른 群度(sociability) 계급 등을 측정하였다.

#### 나. 실내분석

식생분류는 소광리의 금강소나무 임분과 청옥산, 응봉산, 울진일대, 검마산지역의 금강소나무 임분에서 얻어진 230개의 식생자료를 가지고 엑셀프로그램을 이용하여 입력한 후 Ellenberg(1956)의 표조작법(tabulation method)에 의하여 소표(raw table), 여러 단계의 부분표(partial table), 상재도표(constancy table), 군락식별표(differential table)를 거쳐 최종결과인 종조성표를 작성하였다(Kuchler, 1967 ; Shimwell, 1971 ; Müller-Dombois and Ellenberg, 1974 ; Toyohara, 1977). 종조성표상의 각 식생단위(vegetation units)는 일치법(coincidence method)에 의거 지형, 해발, 조사지역 및 방위와의 상관관계를 검토하였다.

### 3. 결과 및 고찰

표 4-1은 소광리 지역 80개소, 청옥산 40개소, 강원도 응봉산 40개소, 울진일대 40개소, 검마산 30개소 등 총 230개소의 식생야장을 가지고 Ellenberg(1956)의 식물사회학적 분석방법에 의해 군락을 분류한 결과를 나타낸 표이다.

금강소나무림은 금강소나무, 신갈나무, 기름새, 싸리, 쇠물푸레, 진달래, 산거울, 철쭉꽃을 표징종(character species)으로 하고 있었으며, 산앵도나무(*Vaccinium koreanum*)군락, 꼬리진달래(*Rhododendron micranthum*)군락, 떡갈나무(*Quercus dentata*)군락, 당단풍(*Acer pseudo-sieboldianum*)군락, 전형(Typical)군락 등 총 5개 군락(community)으로 분류되었으며, 떡갈나무군락은 김의털(*Festuca ovina*)군, 아까

Table 4-1. Floristic composition table of *Pinus densiflora* for. *erecta* forest in the 5 study areas

- I,  *Vaccinium kerriense* community
- II,  *Monocarpus microcarpa* community
- III,  *Quercus serrata* community
  - III-A,  *Sclerolaena chinensis* group
  - III-B,  *Sclerolaena pinnatifida* group
  - III-C, Typical group
- IV,  *Acer pennsylvanicum* community
  - IV-A,  *Acanthopanax serratum* for.  *acuminatum* group
    - IV-A-1,  *Carum ciliatum*- *sauriginatum* subgroup
    - IV-A-2,  *Acer glabrum* subgroup
    - IV-A-3, Typical subgroup
  - IV-B,  *Dioporus anilacteus* group
  - IV-C,  *Siganella sieboldii* group
  - IV-D,  *Carpinus laxiflora* group
  - IV-E, Typical group
- V, Typical community
  - V-A,  *Malaxopus chinensis* group
    - V-A-1, Typical subgroup
    - V-A-2,  *Quercus variabilis* subgroup
  - V-B, Typical group
    - V-B-1,  *Quercus variabilis* subgroup
    - V-B-2, Typical subgroup

Vegetation units	I			II			III			IV			V		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Topography	1-7	1-7	1-1	1-1	1-1	1	1	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1
Mean altitude(m)	752	824	73	24	72	428	42	42	729	789	567	244	743	482	457
Mean slope degree(°)	28	28	25	21	24	13	6	15	24	12	16	21	21	24.8	25
Mean bare rock(m)	2	23	5	1	13	8	46	28	3	4	18	12	9	4.3	25
Mean height of tree stratum(m)	13	18	18	13	9	16	13	14	18	24	25	19	21	17.3	12
Mean diameter of the biggest tree(cm)	42	45	28	28	24	42	25	27	28	28	32	42	32	45.8	28
Number of species	19	13	21	27	19	24	47	25	28	26	28	28	15	18.3	19
Number of relevés	32	25	18	15	6	4	5	3	6	5	9	21	26	24	13

1, <i> Pinus densiflora</i> for. <i> erecta</i>	[ V3-3	V3-3	V3	V4-3	V4-3	45	V4-3	34-3	V4-3	V3-3	V3-3	V-3	V3-3	V3-3	V4-3	V4-3	송림식구
<i> Quercus mongolica</i>	[ V-3	V-3	V-3	V-1	V-1	4-3	V-2	3	V2-3	V2-3	V-3	V-3	V1-4	V-3	V-3	V1-3	송림식구
<i> Siganella sieboldii</i>	[ V-2	V-3	V-2	V-2	V-1	3-1	1+	2+	V-3	V-1	V-1	V-3	V-3	V-2	V-2	V-1	지렁이
<i> Carpinus laxiflora</i>	[ V-3	V-2	V-2	V-2	V-2	3-1	V-	1+	V-2	V1-2	11	V-1	V-2	V-3	V-2	V-2	4대
<i> Acanthopanax serratum</i>	[ V-2	V-4	V-1	V-3	V-1	1+	-	12	V-1	11	V-3	V-3	V1-3	V-3	V-2	V-3	3대식구
<i> Monocarpus microcarpa</i>	[ V-4	V-3	V-3	V-3	V-1	2+	-	1+	V-1	-	V-3	V1-4	V-3	V-3	V-2	V-3	지렁이
<i> Carum ciliatum</i>	[ V-3	V-3	V-2	V-2	V-2	-	-	21	1+	V+	V-1	V-3	V-3	V-3	V-2	V-1	송림식구
<i> Monocarpus aculeopetalus</i>	[ V-3	V-3	V-3	V-2	V1	-	1+	-	V-	-	V-2	V1-3	V1-2	V-3	V-1	V-2	지렁이
2, <i> Vaccinium kerriense</i>	[ V-4	1-1	-	-	-	-	-	-	-	-	1+	-	V+	V+	-	1+	송림식구
3, <i> Monocarpus microcarpa</i>	1+	[ V1-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V+	-	고지산양재
4, <i> Quercus serrata</i>	-	-	[ V-2	V-2	V-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	지렁이
<i> Sclerolaena chinensis</i>	V+	-	[ V-1	V-2	V-	-	-	-	1+	-	-	-	-	-	-	-	지렁이
5, <i> Sclerolaena chinensis</i>	V1	-	[ V-3	1+	V-	1+	-	-	-	-	-	1+	-	-	-	-	지렁이
<i> Sclerolaena chinensis</i>	V-1	1-1	[ V-2	V-1	-	-	-	1+	V-1	-	-	1+	1+	1+	V-	V-	4대
6, <i> Sclerolaena pinnatifida</i>	-	-	11	[ V-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4대식구
7, <i> Acer pennsylvanicum</i>	V-2	-	-	-	-	[ 4-2	V1-2	3-2	V1-3	V-1	V1-3	V-3	-	1+	1-1	-	지렁이
<i> Siganella sieboldii</i>	V-3	-	V-2	V-1	-	[ 2+	V-	3-2	V-3	V-4	V-4	V-3	-	1-1	V-1	V1	고지산양재
<i> Acanthopanax serratum</i>	1+	-	-	-	-	[ 3-1	V-2	21	V-2	V-2	V-1	V-1	1+	1-1	1+	-	지렁이
<i> Carpinus laxiflora</i>	-	-	1+	V-3	11	[ 4-1	V1-2	3-1	V-1	V-3	11	V-1	-	-	V-1	12	지렁이
<i> Acanthopanax serratum</i>	V+	1+	1+	-	-	[ 1+	V-	21	1+	V-1	V-	1-1	-	-	V-1	-	지렁이
<i> Siganella sieboldii</i>	V+	1-1	-	-	-	[ 3-1	V-1	-	V2-3	13	V-2	V-3	1+	1+	V-	-	지렁이
<i> Carum ciliatum</i>	-	-	-	-	-	[ 3-1	V1-2	3-2	11	11	V-2	V-1	-	-	1-1	11	고지산양재
<i> Quercus serrata</i>	-	-	-	-	-	-	V1-2	-	V-2	V-2	1+	V1-2	-	-	-	-	지렁이

Vegetation unit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
8. <i>Astragalus serrata</i> var. <i>acuminata</i>	*	*	*	*	*	[2-1]	[II+1]	1+		*	1+	12	r+	*	*	*	1+	신주곡
<i>Aster acuminata</i>	*	*	*	*	*	[2+	[II+	2+		1r	*	*	*	*	*	*	*	중앙재비굴
<i>Carex lasiocarpa</i>	*	*	*	*	*	[2-	[II+1]	2-		*	*	*	*	*	*	*	*	상정재
<i>Aquilegia japonica</i>	*	*	*	*	*	1+	[II+	2-		*	*	1r	r+	*	*	*	*	공군기
<i>Aquilegia japonica</i>	*	*	*	[1+	*	[2-	[II+	2-		*	*	*	1+	*	*	*	*	정신사굴
<i>Adiantum album</i>	*	*	*	*	*	[2-	[II+	1+		1r	*	*	1r	*	*	*	*	북두사리
9. <i>Alpinia malaccensis</i>	[II+1]	1r+	*	*	*	2-1	*	*	[VI+2]	*	[II+1]	1r+	1r+	[II+]	*	[II+1]	*	여지사리
10. <i>Aquilegia sibirica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	[VI+2]	[II+1]	*	*	*	*	*	*	*	양재골나무
11. <i>Carex lasiocarpa</i>	r+	*	*	*	*	*	*	*	[I]	[VI+2]	*	*	*	*	*	*	*	북두사리
12. <i>Carex villosa-singulata</i>	[I+1]	*	*	*	*	[II-2]	[II+2]	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	월대사리
<i>Aster sinensis</i> var. <i>oblongifolius</i>	*	*	*	*	*	1+	1r	[II+	[II+	1+	[II+	1+	*	*	1+	*	*	남산재비굴
<i>Carex lasiocarpa</i>	*	*	*	*	*	[II-2]	1+	*	*	*	*	1+	*	*	*	*	*	남대원계림나무
<i>Aster villosus</i>	*	*	*	*	*	[II]		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	북두사리
<i>Aquilegia sinensis</i>	*	*	*	*	*	1+		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	여지사리
<i>Serratula coronata</i> var. <i>sinensis</i>	r+	*	*	*	*	[2+		*	*	*	*	rr	*	*	*	*	*	신계장미
<i>Anemone japonica</i>	*	*	*	1+	*	[2-1]	[II+]	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	고비
<i>Asplenium adnigrum</i>	*	*	[1r	*	*	[2+		*	[II+]	*	rr	*	*	*	*	*	[II+]	신대산초
<i>Anemone nemorosa</i>	*	*	1+	1+	*	[2-		*	1+	*	*	*	*	*	*	*	*	고비
13. <i>Aster japonicus</i>	*	*	*	*	*	[II]	[VI+1]	*	*	*	r+	*	*	*	*	*	*	신나무
<i>Anemone pulsatilla</i>	*	*	*	*	*	1+	[III+1]	*	*	1+	1+	1+	*	*	[I]	[I]	*	중앙재
<i>Aster decussatus</i>	*	*	*	*	*	2-1	[III+2]	*	*	*	*	1+	*	*	*	*	*	여정나무
<i>Asplenium adnigrum</i>	*	*	[1+	*	*	1+	[III+1]	*	*	*	*	r+	*	*	*	*	*	정신사리굴
<i>Anemone nemorosa</i>	*	*	*	*	*	1+	[III+1]	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	양재골계림
<i>Adiantum album</i>	*	*	*	*	*	*	[III+1]	*	*	*	*	r+	*	*	*	*	*	고비
<i>Anemone pulsatilla</i>	*	*	*	*	*		[III+1]	*	*	*	*	*	*	*	1+	*	*	정
14. <i>Scorriopsis malaccensis</i>	*	*	*	*	*	[II-1]	[II+1]	1+	*	1+	[II+	1+	*	*	*	*	*	중앙재
<i>Anemone pulsatilla</i> var. <i>oblongifolia</i>	*	*	*	*	*	[II-1]	[VI+2]	*	*	*	*	1+	2+	*	*	*	*	정신나무
<i>Asplenium adnigrum</i>	[1+	*	*	*	*	2+	[II+	*	[II+1]	1r	[I]	1r+	*	*	*	*	*	부선사리
<i>Aquilegia sinensis</i>	*	*	*	*	*	[II-1]	[II+	*	*	1r	1r+	*	*	*	*	*	*	노루귀
<i>Anemone nemorosa</i> var. <i>japonica</i>	*	*	*	*	*	2-1	[VI+2]	*	*	*	12	*	*	*	[I]	[II+1]	*	정신나무
<i>Aster sinensis</i>	*	*	*	*	*	2-	[VI+	*	*	*	*	[II+]	*	*	*	*	*	남대원
<i>Carex coronata</i>	*	*	*	*	*	[II]	[II+2]	*	*	*	*	1+	*	*	[I]	*	*	북두사리
15. <i>Asplenium adnigrum</i>	*	*	*	*	*	1+	[VI]	[II-2]	[I]	1+	*	1+	*	*	1+	*	*	고비나무
<i>Anemone pulsatilla</i>	*	*	*	*	*	*	[VI+1]	2-	*	[I]	[II+1]	[II+1]	*	*	1+	*	*	정신사리
16. <i>Asplenium adnigrum</i>	[II+2]	[VI+2]	[II+2]	*	[II+	*	*	*	*	1r	*	1+	[VI+4]	[II+4]	1+	[II+	*	중앙재비굴
<i>Anemone pulsatilla</i>	[II+]	[II+]	[II+1]	[II+]	[II+	1+	1+	*	[II+]	*	[II+]	[II+]	[VI+]	[VI+]	1r	*	*	신주
17. <i>Anemone pulsatilla</i>	[II+2]	1+2	[II+1]	[II+1]	[II+1]	*	[II+	2-1	[II]	*	[II]	[II+2]	1+	[VI+2]	[VI+2]	*	*	중앙재비굴
<i>Anemone pulsatilla</i>	[II+1]	[II+2]	1+1	[II+	*	2-	[II+	1+	[II+1]	[II+1]	[VI+2]	[II+1]	1+	[II+]	[VI+2]	[II+]	*	중앙재비굴
18. <i>Anemone pulsatilla</i>	[II+]	[II+]	[II+1]	[II+]	[VI+	1+	[II+	2-2	[II+1]	[II+]	[II+]	[II+1]	[II+1]	[VI+]	[II+	[II+]	[II+1]	신대산초
<i>Asplenium adnigrum</i> var. <i>oblongifolia</i>	[II+2]	[II+2]	[II+]	[II+1]	[II+	2-1	*	1+1	[VI+1]	*	[II+]	[II+	[VI+2]	[II+1]	[II+1]	1+	*	구름초

Vegetation units	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
<i>Isar scaber</i>	III+	1r	III+	III+	II-	3-	II-	-	Vr-1	1r+	III+	III+	III+	1r+	II-	III+	장대
<i>Juncus tenuis</i>	III+	1r+	1+	III+	II-	3+	-	1+1	Vr+	-	1r	III-1	1r	III+	III+	1+	서양참이슬
<i>Mn. trichocarpa</i>	III-1	III-2	III-1	III-1	III-2	6-	III-1	-	II	II-	Vr-1	III-1	r+	1+1	II-	III-1	죽물나무
<i>Polypodium macrotar, phillyense</i>	III+	III+	-	-	-	1+	II-	-	III+	-	IIr	III+	III+	-	II-	-	동굴새
<i>Quercus serrata</i>	1+	II	III-2	Vr-2	III-1	3-	Vr-1	-	II	II	III-3	III-3	-	III-2	II	-	물참나무
<i>Sericotus apollinar var. latissimus</i>	III-1	1r	III-2	-	II-	3-1	1+	-	Vr-1	III+	1r	1+	III-2	III+	-	1+	고사리
<i>Carex lasiocarpa</i>	III-1	II	-	1+	-	3-1	V1	-	II-	II	Vr-2	III-3	r r	1+1	1+	III+	대사초
<i>Carex lasiocarpa</i>	III-2	r1	1+1	III-2	1+	3-1	-	-	III-1	II-	-	1+1	1+1	1+	III-2	III-1	그늘사초
<i>Artemisia arbuscula</i>	III-1	1r	1+	1+	-	-	-	-	1r	-	-	-	III+	III+	II-	-	가뭄나물
<i>Salix nigricarpa var. asiatica</i>	1+	r+	III-	III-	III-	1+	III+	-	1r	1+	III+	r r	-	1r	1r	1r	떡갈나무
<i>Salix repens</i>	1r+	r1	III-2	1+1	II-	-	1+	II	III+	-	-	1+	-	1+	-	III+	새싹물
<i>Lychnis japonica</i>	III+	III+	III+	III+	-	3-	-	-	III-	-	III-	III+	r r	r r	-	III+	노루말
<i>Juncus tenuis</i>	r+	-	III-1	III-	1+	6-	III-1	1+	-	-	-	1+1	-	-	1+	1+	참나무
<i>Viola arvensis</i>	III+	1+	-	1+	1+	-	-	-	III-	-	1r	1+	III-	III+	-	-	노랑재피꽃
<i>Juncus tenuis</i>	1+	-	-	1+	-	3-	II-	-	III-2	II-	-	III+	-	-	III-	1+	산딸기
<i>Viola arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	II-	3-	II-	III-1	III-	III-1	-	-	III-1	-	대리
<i>Salix repens</i>	1r+	-	II	1r+	-	6-	1+	-	II-	II-	III-	III-1	r r	-	-	1+	참나무
<i>Viola arvensis</i>	1+	-	-	-	-	3-	1+	-	III+	III-	1+	III+	-	-	III-	1+	노루말
<i>Lychnis japonica</i>	1+	-	III+	III+	II-	-	III+	-	III-	III+	1r	III+	-	-	1+	-	참나무
<i>Viola japonica</i>	1+	-	-	-	-	1+	-	-	1r	III+	III+	r r	III+	-	1+	1+	떡갈나무
<i>Viola arvensis</i>	1r+	-	-	-	-	6-1	III-1	-	1r	1r	1r	III+	r r	-	-	1r	노랑재피꽃
<i>Polypodium macrotar</i>	r+	-	1+	III+	II-	-	-	3-	-	-	-	-	-	r+	III-	-	산딸기
<i>Juncus tenuis</i>	-	-	1+	1+	II-	3-	1r	3+	II-	1+	-	III+	-	1r	1+	1+	산딸기
<i>Viola arvensis</i>	-	-	-	II-	-	-	1+	-	II-	II-	III-	III-1	-	-	1+	-	죽물나무
<i>Juncus tenuis</i>	-	r r	III-1	II-	1+	-	-	1+	1r	-	-	1+	-	1r+	-	-	고사리
<i>Viola arvensis</i>	1r+	-	-	-	-	3+	-	-	III+	1+	III+	1+1	1r	-	-	1+	단풍
<i>Polypodium repens</i>	r+	-	III-1	III-1	II-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	노루말
<i>Viola arvensis</i>	r+	1r+	II-	-	-	-	-	-	-	-	-	1r	1r	1r	1r	-	떡갈
<i>Juncus tenuis</i>	r+	-	-	1+	-	II	III-1	-	II	-	II	1+1	-	r1	II	-	죽물나무
<i>Polypodium macrotar</i>	-	-	III-	III-2	1+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	구름초
<i>Samolus repens</i>	1r+	-	1r+	1+	1r	3-	-	-	-	-	-	1r+	-	r+	-	-	장대
<i>Mn. trichocarpa</i>	-	-	II	1+2	-	-	III-	1+	-	II-	-	1+1	-	-	1+	-	참나무
<i>Viola arvensis</i>	-	-	-	-	-	3-	II+	3-	II-	-	-	r+	-	-	III+	-	그늘물
<i>Salix repens</i>	-	-	-	1+1	1+	-	3-	1+	-	III-	1+2	-	-	-	-	-	죽물나무
<i>Polypodium repens</i>	1+	r+	-	-	-	-	-	-	II	1+	-	1+	r+	-	III-1	III-1	떡갈나무
<i>Viola arvensis</i>	1+	-	-	-	-	-	-	-	III-1	II	1+	III-2	-	-	-	III-2	물참나무
<i>Mn. trichocarpa</i>	-	r1	III-1	III-2	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	물참나무
<i>Viola arvensis</i>	r+	-	-	-	-	3-	II+	-	1r	-	-	1r+	1r+	-	-	1+	참나무
<i>Polypodium repens</i>	-	-	-	-	-	3-	II	-	II	-	II	III-1	-	-	1+	-	고사리
<i>Polypodium repens</i>	-	-	1+	-	-	3-	-	-	II	II	-	III-1	-	-	-	II	노랑재피꽃
<i>Viola arvensis</i>	-	r r	-	1r	-	3-	1+	1+	III+	1r	1+	1r+	-	-	1r	-	고사리
<i>Viola arvensis</i>	1+	-	1r-1	1+2	-	-	-	II	-	II-	-	1+	-	r+	-	-	떡갈
<i>Viola arvensis</i>	-	r1	-	-	-	-	-	-	II	III-2	II	III-2	1+	1+	II	-	떡갈나무
<i>Viola arvensis</i>	-	-	-	-	-	1+	III+	-	-	1+	1+	III-	-	-	1+	-	떡갈나무
<i>Viola arvensis</i>	-	-	1+	III-	1+	-	-	-	-	1r	-	-	-	-	-	-	장대
<i>Viola arvensis</i>	-	III-2	-	1+	-	3-1	-	-	II	III-1	1+1	-	-	-	-	-	떡갈나무
<i>Viola arvensis</i>	-	r+	III+	1+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	떡갈
<i>Viola arvensis</i>	-	1+	III-1	-	1+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	물
<i>Viola arvensis</i>	-	r+	III-1	-	III-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	구름초
<i>Viola japonica</i>	-	-	1+	III-2	III-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	떡갈나무
<i>Viola arvensis</i>	r r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III-	-	-	-	떡갈
<i>Viola arvensis</i>	r+	-	-	-	1+	-	-	1+	1r	-	1r	-	-	-	III+	-	산딸기
<i>Viola arvensis</i>	r+	-	1+	III-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	떡갈
<i>Viola arvensis</i>	-	-	1+	-	-	-	3-	-	-	-	-	1+1	-	-	1+	-	떡갈
<i>Viola arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	III-	1+	III+	r+	-	-	-	1r	장대
<i>Viola arvensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	II	1+	III-1	II	1+1	-	-	-	떡갈나무
<i>Viola arvensis</i>	-	-	-	1+	-	-	-	-	-	-	-	1+1	-	-	III-2	-	떡갈
<i>Viola arvensis</i>	-	-	-	1+	-	-	1+	3-	-	1r	-	r+	-	-	1+	-	산
<i>Viola arvensis</i>	1r+	-	-	-	-	1+	-	-	1r	-	-	1r+	-	-	-	1+	떡갈
<i>Viola arvensis</i>	-	-	-	-	-	1+	III-	-	-	-	-	1+	-	-	1+	-	떡갈
<i>Viola arvensis</i>	-	-	-	II	II	-	III-	-	-	-	-	-	-	-	1+	-	떡갈





Vegetation unit	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	
<i>Araliacae canadensis</i>	*	*	*	*	*	*	*	I+	*	*	*	*	*	*	*	*	등골
<i>Asarilla chinensis</i>	*	*	*	I+	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	백지골
<i>Camellia chinensis</i> var. <i>corata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	I+	*	*	*	*	*	백향나무
<i>Carpinus laxiflora</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Ir	*	*	*	*	*	*	백나무
<i>Disporum smilacinum</i> var. <i>acuminatum</i>	r r	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	백두산
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	II	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	I+	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	백두산
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	Ir	*	Ir	*	*	*	*	*	백두산
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	Ir	*	*	*	*	*	*	*	*	백두산
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	I+	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	백두산
<i>Disporum smilacinum</i>	*	r I	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	I+	*	*	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	I+	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	I+	*	*	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	Ir	*	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	Ir	*	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	I+	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	II	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	I+	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	Ir	*	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	Ir	*	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	*	I+	*	*	*	*	*	*	*	*	*	백지
<i>Disporum smilacinum</i>	*	*	*	*	*	I+	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	백지

※ Topography

T : top ; R : ridge ; US : upper slope ; MS : middle slope ; LS : lower slope ; V : valley

※ Constancy class

V : 81-100(%) ; IV : 61-80(%) ; III : 41-60(%) ; II : 21-40(%) ; I : 5-20(%) ; r : < 5(%)

시나무(*Robinia pseudoacacia*)군, 전형(Typical)군 등 3개 군(group)으로 세분되었고, 당단풍군락은 산수국(*Hydrangea serrata* for. *acuminata*)군, 애기나리(*Disporum smilacinum*)군, 함박꽃나무(*Magnolia sieboldii*)군, 서어나무(*Carpinus laxiflora*)군, 전형(Typical)군 등 5개 군(group)으로 세분되었으며, 전형군락은 꽃머느리밥풀(*Melampyrum roseum*)군, 전형(Typical)군의 2개 군(group)으로 세분되었다. 또한 산수국군은 3개의 소군(subgroup)으로, 꽃머느리밥풀군과 전형군은 각각 2개의 소군(subgroup)으로 각각 세분되었다. 따라서 조사지역내의 금강소나무림은 총 5개 군락과 10개 군 및 7개 소군의 분류체계를 가졌으며, 총 16개의 식생단위로 구분되었다.

### I. 산앵도나무군락(*Vaccinium koreanum* community)

본 군락은 종군 2의 산앵도나무가 다른 식생단위에 비해 상재도와 우점도가 높아 산앵도나무군락으로 분류되었으며, 본 식별종군과 표징종군 1의 구성종을 제외하고 상재도 III이상의 종으로는 애기나리, 꽃머느리밥풀, 삼주, 맑은대쭉, 구절초, 참취, 등굴래 등이었다.

이 군락에 포함된 총 조사구 수는 32개소로 소광리 4개소, 응봉산 9개소, 청옥산 9개소, 검마산 10개소로 나타났다. 해발은 420~1,100m(평균 752m), 지형은 사면중부에서 산정상부까지였으며, 경사 10~35°(평균 20°), 노암율은 0~20%(평균 2%), 교목층 수고 9~24m(평균 13m), 최대목 흉고직경 22~72cm(평균 42cm), 출현종수는 10~28종(평균 19종)으로 나타났다.

### II. 꼬리진달래군락(*Rhododendron micranthum* community)

본 군락은 종군 3의 식별종인 꼬리진달래가 상재도와 우점도가 높아 하나의 군락 단위로 분류되었으며, 본 식별종군과 표징종인 종군 1의 구성종을 제외한 종들 중에 상재도 III이상의 종으로는 꽃머느리밥풀, 삼주, 구절초 등이었다. 이 군락에 포함된 총 조사구 수는 35개소로 소광리 23개소, 울진일대 2개소, 청옥산 10개소로 소광리와 청옥산에 거의 대부분이 나타났다. 본 군락의 해발은 30~1,100m(평균 654m), 지형은 사면중부에서 산정상부까지로 나타났으며, 경사 5-50°(평균 30°), 노암율은 0~90%(평균 33%), 교목층수고 4~34m(평균 18m), 최대목 흉고직경 15~88cm(평균 45cm), 출현종수는 7~20종(평균 13종)으로 나타났다. 우리 나라에서 꼬리진달래는 그 분포영역이 植木(1928)에 의한 금강소나무림의 분포영역과 유사하므로 꼬리진달래군락은 우리 나라 전체 소나무림의 식생분류에서 아마 금강소나무림만의 특별한 식생단위로 분류되어야 할 것으로 생각되었다.

### III. 떡갈나무군락(*Quercus dentata* community)

본 군락은 떡갈나무와 청미래덩굴을 식별종으로 하는 종군 4의 높은 상재도와 우점도 때문에 구분된 군락으로 김의털과 새를 식별종으로 하는 종군 5와 아까시나무를 식별종으로 하는 종군 6에 의해 김의털군, 아까시나무군, 전형군의 3개 하급식생

단위로 구분되었다.

### Ⅲ-A. 김의털군(*Festuca ovina* group)

본 군은 상위 떡갈나무군락에서 김의털과 새를 식별종으로 하는 종군 5가 상재도와 우점도가 높게 출현하므로 구분된 군으로, 본 김의털군에 포함된 조사지역은 울진일대 17개소와 응봉산 1개소로 대부분 울진일대로 나타났다. 본 식별종군과 종군 1의 구성종을 제외하고 상재도가 Ⅲ이상인 종으로는 굴참나무, 맑은대쭉, 구절초, 참취, 줄참나무, 고사리, 미역취, 실새풀, 노간주나무 등이었다. 본 군의 해발은 20~420m(평균 73m), 지형은 사면하부에서 사면상부로 나타났으며, 경사 15~40°(평균 29°), 노암율은 0~20%(평균 5%), 교목층수고 4~19m(평균 10m), 최대목 흉고직경 18~40cm(평균 30cm), 출현종수는 15~32종(평균 21종)으로 나타났다.

### Ⅲ-B. 아까시나무군(*Robinia pseudoacacia* group)

본 군은 상위계급 떡갈나무군락에서 아까시나무를 식별종으로 하는 종군 6이 상재도와 우점도가 높게 출현하고 종군 5가 거의 출현하지 않으므로 구분된 군으로, 본 아까시나무군 포함된 조사지역은 울진일대의 15개소로 나타났다. 본 식별종군과 종군 1의 종을 제외하고 상재도가 Ⅲ이상인 종으로는 삼주, 굴참나무, 맑은대쭉, 구절초, 참취, 세잎양지꽃, 개웃나무, 줄참나무, 미역취, 주름조개풀, 산국 등이었다. 종다양도는 교란의 정도에 따라, 즉 교란정도가 크거나 아주 미약할 때에 종다양도가 낮고 교란이 중정도일 때 종다양도가 높은 것이 일반적인 경향인데, 본 아까시나무군은 떡갈나무군락에서 인위적 간섭 등 교란의 기회가 많아졌기 때문에 다른 군에 비해 출현종수가 많았던 것으로 생각된다. 본 군의 해발은 30~80m(평균 51m), 지형은 사면하부에서 사면상부로 나타났으며, 경사 10~30°(평균 21°), 노암율은 0~20%(평균 1%), 교목층수고 10~16m(평균 13m), 최대목 흉고직경 20~42cm(평균 28cm), 출현종수는 18~36종(평균 27종)으로 나타났다.

### Ⅲ-C. 전형군(Typical group)

본 군은 상위계급 떡갈나무군락에서 김의털과 새를 식별종으로 하는 종군 5와 아

까시나무를 식별종으로 하는 종군 6이 거의 출현하지 않는 군으로, 본 전형군에 포함된 조사지역은 울진일대의 6개소로 나타났다. 본 전형군내에 출현하는 상재도 III 이상의 종으로는 종군 1의 구성종과 삼주, 굴참나무, 맑은대쭉, 구절초, 참취, 세잎양지꽃, 개웃나무, 졸참나무, 미역취, 구와꼬리풀, 때죽나무 등이었다. 본 군의 해발은 45~80m(평균 72m), 지형은 사면중부에서 사면상부로 나타났으며, 경사 20~40°(평균 34°), 노암율은 0~30%(평균 13%), 교목층수고 6~16m(평균 9m), 최대목 흉고직경 18~32cm(평균 24cm), 출현종수는 13~25종(평균 19종)으로 나타났다.

#### IV. 당단풍군락(*Acer pseudo-sieboldianum* community)

본 군락은 당단풍, 조록싸리, 물푸레나무, 국수나무, 병꽃나무, 쪽동백나무, 고로쇠나무, 층층나무를 식별종으로 하는 종군 7에 의해 금강소나무림에서 분류된 군락으로 산수국, 졸방제비꽃, 신감채, 궁궁이, 짚신나물, 꼭두서니를 식별종으로 하는 종군 8에 의해 산수국군, 애기나리를 식별종으로 하는 종군 9의 애기나리군, 함박꽃나무를 식별종으로 하는 종군 10에 의해 함박꽃나무군, 서어나무를 식별종으로 하는 종군 11에 의해 서어나무군, 전형군의 5개 하급단위로 각각 구분되었다.

#### IV-A. 산수국군(*Hydrangea serrata* for. *acuminata* group)

본 군은 상위단위 당단풍군락에서 산수국, 졸방제비꽃, 신감채, 궁궁이, 짚신나물, 꼭두서니를 식별종으로 하는 종군 8에 의해 구분된 군으로, 산수국군은 다시 털대사초소군, 신나무소군, 전형소군으로 구분되었다.

#### IV-A-1. 털대사초소군(*Carex ciliato-marginata* subgroup)

본 소군은 당단풍군락의 산수국군에서 털대사초, 남산제비꽃, 난티잎개암나무, 복자기, 바디나물, 산비장이, 고비, 은대난초, 으아리를 식별종으로 하는 종군 12에 의해 구분되었으며, 종군 1, 7, 8, 12, 14의 종들이 함께 출현하였다. 본 소군에 포함된 조사지역은 검마산 4개소로 나타났다. 본 소군의 해발은 390~450m(평균 417.5m), 지형은 사면하부로 나타났으며, 경사 10~15°(평균 12.5°), 노암율은 0%(평균 0%), 교목층수고 15~17m(평균 16m), 최대목 흉고직경 35~52cm(평균 42cm), 출현종수는

51~58종(평균 54종)으로 나타났다. 식생단위 6이 검마산 사면하부의 4개 조사지로 평균출현종이 54종으로 나타났는데, 이는 16개 식생단위중에 가장 종수가 많았다.

#### IV-A-2. 신나무소군(*Acer ginnala* subgroup)

본 소군은 당단풍군락의 산수국군에서 신나무, 물참대, 야광나무, 청가시덩굴, 덩굴꽃마리, 으름, 칩을 식별종으로 하는 종군 13의 출현에 의해 구분되었으며, 종군 1, 7, 8, 13, 14, 15의 종들이 함께 출현하였다. 본 소군에 포함된 조사지역은 검마산 5개소로 나타났다. 식별종군을 제외하고 상재가가 III 이상이 되는 종으로는 개웃나무, 줄참나무, 대사초, 산초나무, 개벗나무, 줄딸기 등이었다. 본 소군의 해발은 390~425m(평균 412m), 지형은 모두 계곡부로 나타났으며, 경사 5~10°(평균 6°), 노암율은 30~60%(평균 44%), 교목층수고 12~14m(평균 13m), 최대목 흉고직경 28~42cm(평균 35cm), 출현종수는 44~49종(평균 47종)으로 나타났다. 식생단위 7이 검마산 계곡부의 5개 조사지이고, 평균출현종이 47종으로 16개 식생단위중에 식생단위 6번 다음으로 종수가 많았다.

#### IV-A-3. 전형소군(Typical subgroup)

본 소군은 당단풍군락의 산수국군에서 식별종군 12와 13의 종들이 출현하지 않으므로 구분된 소군으로 종군 1, 7, 8, 16의 종들이 함께 출현하였고, 본 소군에 포함된 조사지역은 응봉산 3개 조사지로 나타났다. 그외 상재도가 높게 나타난 종으로는 굴참나무, 맑은대쭉, 산국, 산박하, 그늘쭉, 작살나무, 더위지기 등이었다. 본 소군의 해발은 165~490m(평균 482m), 지형은 계곡부에서 사면하부로 나타났으며, 경사 5~30°(평균 15°), 노암율은 0~50%(평균 30%), 교목층수고 14~15m(평균 14m), 최대목 흉고직경 30~46cm(평균 37cm), 출현종수는 30~40종(평균 35종)으로 나타났다.

#### IV-B. 애기나리군(*Disporum smilacinum* group)

본 군은 당단풍군락에서 종군 8의 식별종인 신나무, 물참대, 야광나무, 청가시덩굴, 덩굴꽃마리, 으름, 칩이 거의 출현하지 않고, 또한 종군 10과 종군 11의 함박꽃나무와 서어나무가 출현하지 않으며, 종군 9의 애기나리가 식별종으로 출현하여 구분된

군이다. 종군 1, 7, 9의 종들이 상재도가 높게 출현하였고 기타 상재도가 III이상으로 높은 종으로는 남산제비꽃, 꽃머느리밥풀, 굴참나무, 생강나무, 맑은대쭉, 구절초, 참취, 세잎양지꽃, 둥굴레, 단풍취 등이었다. 본 군에 포함된 조사지역은 소광리 2개소, 응봉산 3개소, 청옥산 1개소로 나타났다. 본 군의 해발은 530~890m(평균 728m), 지형은 계곡부에서 능선까지로 나타났으며, 경사 15~30°(평균 24°), 노암율은 0~10%(평균 3%), 교목층수고 8~28m(평균 18m), 최대목 흉고직경 28~52cm(평균 39cm), 출현종수는 27~34종(평균 30종)으로 나타났다.

#### IV-C. 함박꽃나무군(*Magnolia sieboldii* group)

본 군은 당단풍군락에서 종군 8, 종군 9와 종군 11의 구성종들이 출현하지 않고, 함박꽃나무를 식별종으로 하는 종군 10의 출현으로 당단풍군락의 하급식생단위로 구분되었으며, 종군 1, 7, 10의 종들이 함께 출현하였고, 기타 상재도가 III이상으로 높은 종으로는 생강나무, 다래, 두릅나무, 뱀고사리 등이었다. 본 군에 포함된 조사지역은 소광리 1개소, 청옥산 4개소로 나타났고, 본 군의 해발은 500~950m(평균 798m), 지형은 계곡부에서 사면하부까지로 나타났으며, 경사 10~20°(평균 12°), 노암율은 0~20%(평균 4%), 교목층수고 20~30m(평균 24m), 최대목 흉고직경 30~48cm(평균 39cm), 출현종수는 20~33종(평균 26종)으로 나타났다.

#### IV-D. 서어나무군(*Carpinus laxiflora* group)

본 군은 당단풍군락에서 종군 8, 종군 9와 종군 10의 구성종들이 거의 출현하지 않고, 서어나무를 식별종으로 하는 종군 11의 출현으로 당단풍군락의 하급식생단위로 구분되었으며, 종군 1, 7, 11의 종들이 함께 출현하였고, 기타 상재도가 III이상인 종으로는 삼주, 생강나무, 맑은대쭉, 개웃나무, 노루발, 다래, 비비추, 팔배나무 등이었다. 본 군에 포함된 조사지역은 소광리 9개소로 나타났다. 본 군의 해발은 500~690m(평균 547m), 지형은 계곡부에서 사면하부까지로 나타났으며, 경사 5~30°(평균 16°), 노암율은 0~40%(평균 18%), 교목층수고 24~34m(평균 28m), 최대목 흉고직경 42~58cm(평균 52cm), 출현종수는 13~32종(평균 26종)으로 나타났다. 식생단위 6, 7번의 검마산 계곡부 와 사면하부와 본 식생단위 11번 소광리 9개소를 비교하면, 두

곳 모두 계곡부와 사면하부의 지형적 공통점을 지니고 있는데 반해 소광리지역이 해발이 약 100m 정도 높았고, 수고와 흉고직경의 크기도 10m와 10cm정도 각각 높게 나타났으며, 출현종수는 약 25종정도 소광리지역이 적게 출현하는 점이 특징이었다.

#### IV-E. 전형군(Typical group)

본 군은 당단풍군락에서 종군 8, 종군 9, 종군 10, 종군 11의 구성종들이 거의 출현하지 않으므로 해서 구분된 하급식생단위로 종군 1, 7의 종들이 함께 출현하였고, 기타 상재도가 III이상인 종으로는 생강나무, 맑은대쭉, 참취, 대사초, 줄참나무, 개웃나무, 세잎양지꽃 등이었다. 본 군에 포함된 조사지역은 소광리 8개소, 응봉산 8개소, 청옥산 4개소, 검마산 1개소로 나타났다. 본 군의 해발은 340~900m(평균 564m), 지형은 계곡부에서 사면중부까지로 나타났으며, 경사 5~45°(평균 21°), 노암율은 0~40%(평균 12%), 교목층수고 11~32m(평균 19m), 최대목 흉고직경 22~64cm(평균 42cm), 출현종수는 9~43종(평균 28종)으로 나타났다.

#### V. 전형군락(Typical community)

본 군락은 금강소나무림에서 산앵도나무군락, 꼬리진달래군락, 떡갈나무군락, 당단풍군락의 식별종군 2,3,4,7군이 출현하지 않으므로 구분된 군락으로 꽃머느리밥풀과 삼주를 식별종으로 하는 꽃머느리밥풀군과 꽃머느리밥풀군이 출현하지 않는 전형군의 2개군으로 하위구분되었으며, 꽃머느리밥풀군과 전형군은 다시 종군 17에 의해 각각 2개의 소군으로 세분되었다.

#### V-A. 꽃머느리밥풀군(*Melampyrum roseum* group)

본 군은 금강소나무림의 전형군락에서 꽃머느리밥풀과 삼주를 식별종으로 하는 종군 16에 의해 꽃머느리밥풀군으로 구분되었고, 굴참나무와 생강나무를 식별종으로 하는 종군 17에 의해 다시 전형소군과 굴참나무소군으로 구분되었다.

#### V-A-1. 전형소군(Typical subgroup)

본 소군은 전형군락에서 굴참나무와 생강나무의 식별종이 거의 출현하지 않으므로

구분된 식생단위로 종군 1, 16의 종들이 함께 출현하였고, 기타 상재도가 III이상인 종으로는 맑은대쭉, 구절초, 참취, 기름나물 등이었다. 본 소군에 포함된 조사지역은 총 26개소로 소광리 23개소, 청옥산 3개소 나타났다. 본 소군의 해발은 530~1,000m(평균 650m), 지형은 사면중부에서 능선부까지로 나타났으며, 경사 10~50°(평균 31°), 노암율은 0~80%(평균 9%), 교목층수고 13~30m(평균 21m), 최대목 흉고직경 34~80cm(평균 52cm), 출현종수는 10~24종(평균 15종)으로 나타났다.

#### V-A-2. 굴참나무소군(*Quercus variabilis* subgroup)

본 소군은 전형군락에서 굴참나무와 생강나무를 식별종으로 하는 종군 17에 의해 구분된 하급단위로 종군 1, 16, 17의 종들이 함께 출현하였고, 기타 상재도가 III이상인 종으로는 맑은대쭉, 구절초, 세잎양지꽃, 둥글레 등이었다. 본 군에 포함된 조사지역은 총 24개소로 소광리 9개소, 응봉산 2개소, 청옥산 3개소, 검마산 10개소로 나타났다. 본 군의 해발은 410~870m(평균 602m), 지형은 사면중부에서 능선부까지로 나타났으며, 경사 10~40°(평균 28°), 노암율은 0~40%(평균 4%), 교목층수고 12~26m(평균 17m), 최대목 흉고직경 32~72cm(평균 45cm), 출현종수는 10~27종(평균 16종)으로 나타났다.

#### V-B. 전형군(Typical group)

본 군은 금강소나무림의 전형군락에서 꽃머느리밥풀과 삼주를 식별종으로 하는 꽃머느리밥풀군이 출현하지 않음으로 해서 구분되었고, 굴참나무와 생강나무를 식별종으로 하는 종군 17에 의해 다시 굴참나무소군과 전형소군으로 세분되었다.

#### V-B-1. 굴참나무소군(*Quercus variabilis* subgroup)

본 소군은 금강소나무림의 전형군락에서 구분된 전형군에서 굴참나무와 생강나무를 식별종으로 하는 종군 17에 의해 굴참나무소군으로 구분되었고, 종군 1과 7, 그리고 종군 18의 맑은대쭉, 구절초, 참취와 기타 산딸기 등이 상재도 III 이상을 나타내었다. 본 소군에 포함된 조사지는 응봉산 13개 조사지로 나타났다. 본 소군의 해발은 410~780m(평균 657m), 지형은 사면 하부에서 사면 중부까지로 나타났으며, 경사

10~45°(평균 25°), 노암율은 0~40%(25%), 교목층 수고 9~15m(12m), 최대목 흉고 직경 20~56cm(평균 30cm), 출현종수는 9~27종(평균 8종)으로 나타났다.

#### V-B-2. 전형소군(Typical subgroup)

본 소군은 금강소나무림의 전형군락에서 구분된 전형군에서 종군 17의 구성종들이 거의 출현하지 않으므로 해서 구분된 하급식생단위로 종군 1의 종들이 함께 출현하였고, 기타 상재도가 III이상인 종으로는 종군 16의 꽃머느리밥풀, 종군 18의 맑은대쭉이었고 이들 외의 종들은 모두 상재도 II 이하로 나타났다. 본 소군에 포함된 조사지역은 소광리 1개소, 응봉산 1개소, 청옥산 6개소이며, 본 소군의 해발은 650~900m(783m), 지형은 사면하부에서 사면상부까지로 나타났으며, 경사 10~40°(평균 30°), 노암율은 0~50%(평균 9%), 교목층수고 9~32m(평균 19m), 최대목 흉고직경 22~58cm(평균 39cm), 출현종수는 9~28종(평균 16종)으로 나타났다.

이상의 식생유형과 구조에 대한 식물사회학적 분류결과를 종합해보면 금강소나무림은 금강소나무, 신갈나무, 기름새, 싸리, 쇠물푸레, 진달래, 산겨울, 철쭉꽃을 표징종(character species)으로 하고 있었으며, 산앵도나무(*Vaccinium koreanum*)군락, 꼬리진달래(*Rhododendron micranthum*)군락, 떡갈나무(*Quercus dentata*)군락, 당단풍(*Acer pseudo-sieboldianum*)군락, 전형(Typical)군락의 총 5개 군락(community)으로 분류되었다. 조현제(1990)는 팔공산 삼림식생의 군락생태학적 연구에서 소나무림에 대한 군락분류를 실시한 결과 신갈나무군락과 담쟁이덩굴군락으로 분류하였고, 배관호(1994)는 가야산 삼림군락분류와 주요군락의 동태에 관한 연구에서 소나무림에 대한 군락분류를 실시한 결과 당단풍군락, 김의털군락, 서어나무군락으로 분류하였으며, 윤충원(1994)의 금정산일대의 삼림식생분석에서 소나무군락은 사스레피나무군과 전형군으로 분류하였다. 이들의 연구결과와 비교해보면 본 연구결과는 산앵도나무군락과 꼬리진달래군락이 특징적인 군락이었다.

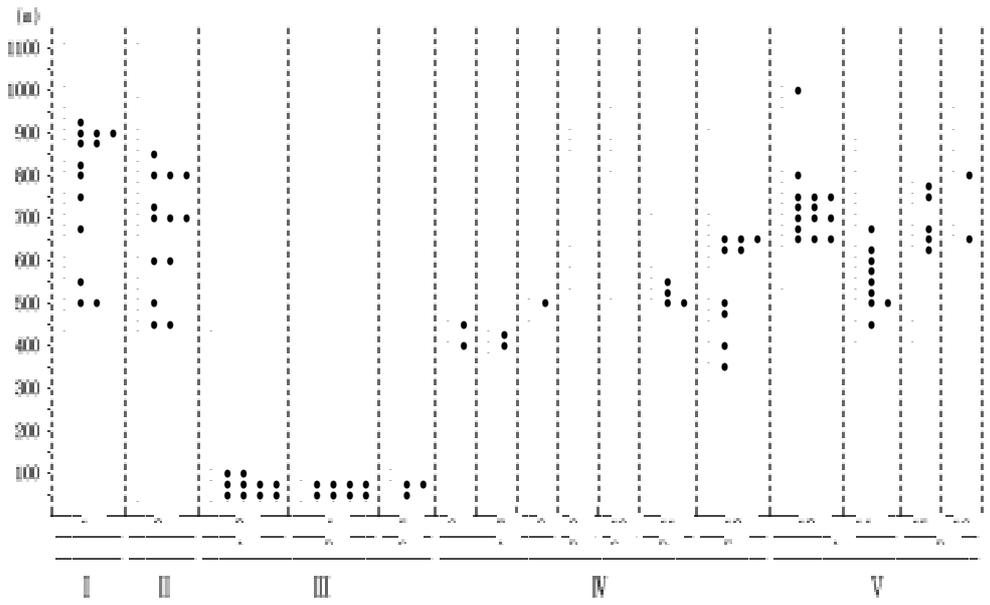
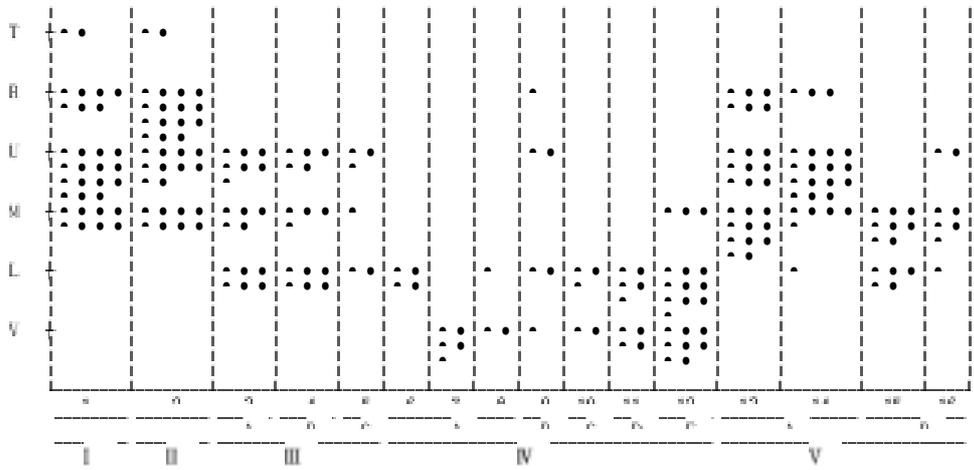
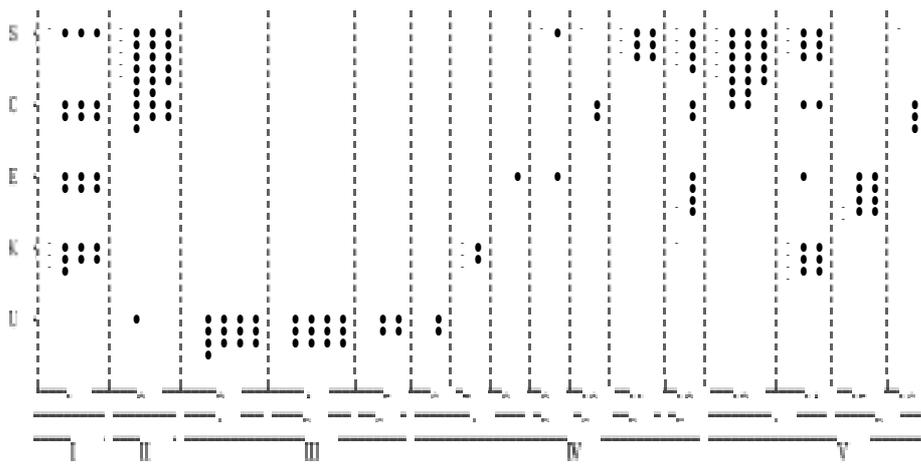


Fig. 4-2. Relationships between altitude and vegetation units.



( T : top, R : ridge, U : upper slope, M : middle slope, L : lower slope, V : valley )

Fig. 4-3. Relationships between topography and vegetation units.



(S : Sokwang-Ri, C : Mt. Chungok, E : Mt. Eungbong, K : Mt. Kumba, U : Uljin)

Fig. 4-4. Relationships between survey area and vegetation units.

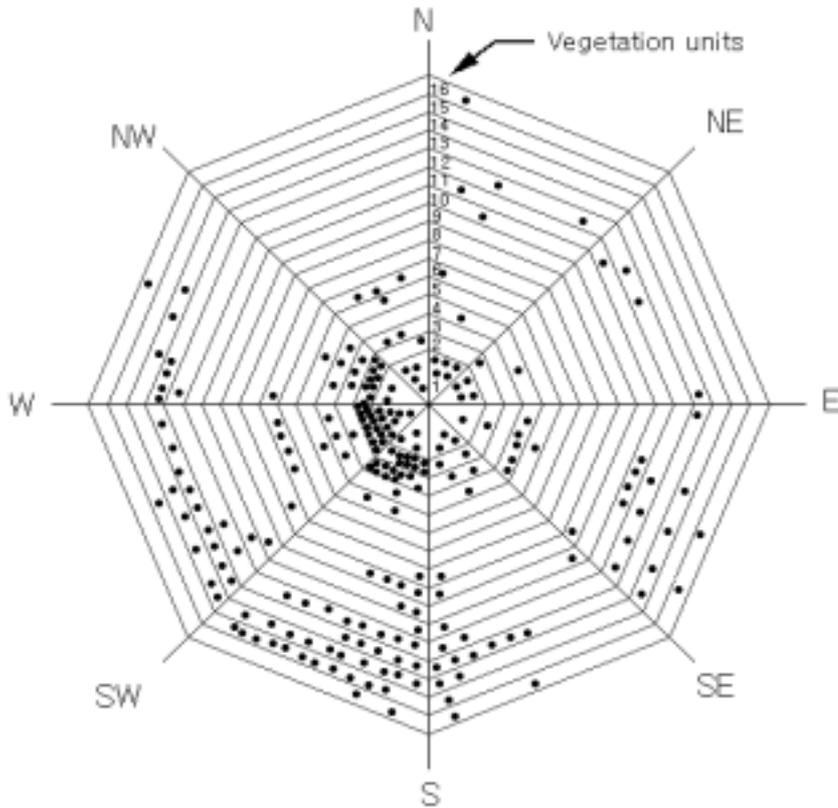


Fig. 4-5. Relationships between aspects and vegetation units.

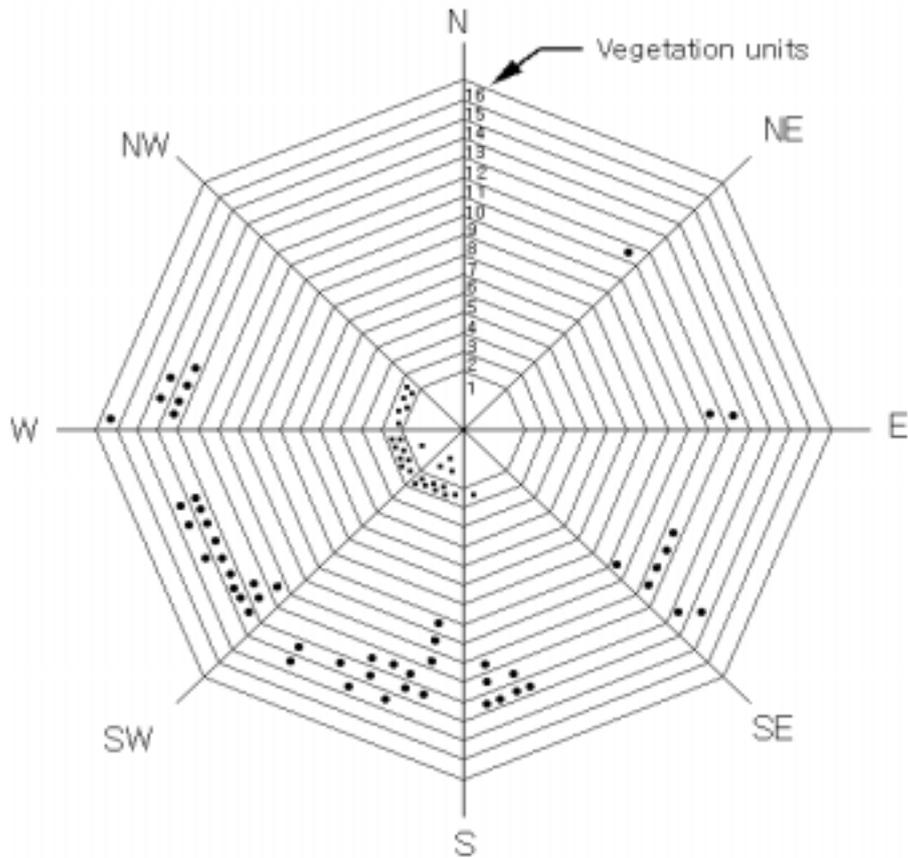


Fig. 4-6. Relationships between aspects and vegetation units at Sokwang-Ri.

그림 4-2는 해발과 식생단위간의 상관관계를 나타낸 것으로 떡갈나무군락(Ⅲ)의 식생단위 3, 4, 5 즉, 김의털군(Ⅲ-A), 아까시나무군(Ⅲ-B), 전형군(Ⅲ-C)은 해발 200m 이하에 각각 분포하고 있었으며, 기타 식생단위는 대부분 해발 300m 이상에 분포하는 경향이였다. 해발 500m의 경계로는 식생단위 1의 산앵도나무군락과 식생단위 2의 꼬리진달래군락이 500m 이상에 분포하는 경향이였으며, 식생단위 6의 당단풍군락에서 구분된 산수국군의 하급단위인 털대사초소군은 500m 이하에 분포하였고,

식생단위 13과 16의 전형군락에서 구분된 꽃머느리밥풀군의 하급단위인 전형소군과 전형군락의 전형군은 각각 500m 이상에 분포하였다. 따라서 해발은 식생단위의 구분에 많이 관계하고 있는 경향으로 나타났다.

그림 4-3은 지형과 식생단위간의 상관관계를 나타낸 것으로 사면중부를 경계로 하여 식생단위 1의 산앵도나무군락, 식생단위 2의 꼬리진달래군락, 그리고 식생단위 13과 14의 전형군락에서 구분된 꽃머느리밥풀군의 하급단위인 전형소군과 굴참나무소군은 사면중부이상에 분포하는 경향이었으며, 식생단위 6, 7, 8의 당단풍군락에서 구분된 산수국군의 하급단위인 털대사초소군, 신나무소군, 전형소군과 식생단위 10, 11, 12의 당단풍군락에서 구분된 함박꽃나무군, 서어나무군, 전형군, 그리고 식생단위 15, 16의 전형군락에서 구분된 전형군의 굴참나무소군과 전형소군은 사면중부에 분포하는 경향이였다. 따라서 지형은 식생단위 구분에 있어서 해발보다 더 높은 상관관계를 가지고 있는 것으로 사료되었다.

그림 4-4는 5개 조사지역과 식생단위간의 상관관계를 나타낸 것으로 식생단위 1의 산앵도나무군락은 지역에 관계없이 분포하였고, 식생단위 2의 꼬리진달래군락은 대부분 소광리지역이었으며 일부 청옥산과 울진지역으로 나타났고, 식생단위 3, 4, 5는 떡갈나무군락의 하급식생단위인 김의털군, 아까시나무군, 전형군으로 거의 대부분 울진지역이었다. 당단풍군락에서 구분된 산수국군의 하급단위인 식생단위 7의 신나무소군은 검마산지역, 식생단위 8의 전형소군은 응봉산, 그리고 식생단위 11의 서어나무군은 소광리 지역에 분포하였다.

전형군락에서 식생단위 13인 꽃머느리밥풀군의 전형소군은 대부분 소광리지역이었으며, 식생단위 15의 전형군의 굴참나무소군은 응봉산지역이었다. 소광리지역의 특징적인 식생단위 또는 군락으로는 꼬리진달래군락(식생단위 2), 당단풍군락에서 구분된 서어나무군(식생단위 11), 그리고 전형군락에서 구분된 꽃머느리밥풀군의 하급단위인 전형소군(식생단위 13)이었다. 이와 같이 조사지역은 식생단위와 깊은 상관관계가 있는 것으로 사료되었다.

그림 4-5와 그림 4-6은 전체 조사지역과 소광리지역만의 조사구에 대해서 각각 방위와 식생단위간의 상관관계를 나타낸 그림이다. 방위는 해발, 지형 등과 같이 낮은 수치에서 높은 수치로의 일련의 연속적인 값을 가지는 것이 아니라 0°에서 출발

하여 360°가 되면 다시 0°의 값으로 돌아오는 순환관계를 보이므로 현재까지의 X축과 Y축으로 각각 비교대상을 배열하여 식생단위와 환경인자와의 상관관계를 검토하는 방법은 모순이라고 생각되어 그림 4-5와 그림 4-6에서와 같이 원으로 나타내어 검증하고자 하였다. 즉, 어떤 경계를 기준으로 상하 또는 좌우의 분명한 경계가 나타나지 않은 것이 방위이므로 원으로 나타내어 방위와 식생단위간의 상관관계를 설명하고 또한 검증하고자 한 것이다. 그림 4-5에서 총 230개의 방형구의 분포는 동서축을 경계로 북쪽 사면방향보다는 남쪽 사면방향에 더 많이 분포하는 것으로 나타났다. 식생단위 2의 꼬리진달래군락은 남향과 북서향을 기준으로 서향쪽으로 내각 안에 거의 대부분 분포하였고, 식생단위 6의 당단풍군락에서 구분된 산수국군의 하급단위인 털대사초군은 북향과 북서향을 기준으로 그 내각 안에 거의 대부분 분포하였다. 나머지는 전반적으로 남향에 많이 분포하는 경향으로 나타났고, 명확한 경계를 이루고 있지는 않았다. 그림 4-6는 소광리지역만의 방위별 조사구분포를 나타낸 것으로 대부분 남서향으로 치우쳐 있었다. 그림 4-4의 조사지역과 식생단위와의 상관관계에서 식생단위 2의 꼬리진달래군락, 식생단위 11의 당단풍군락의 서어나무군, 식생단위 13의 전형군락에서 구분된 꽃머느리밥풀군의 하급단위인 전형소군이 모두 소광리지역 조사구가 대부분을 구성하는 식생단위로 구분되었는데, 꼬리진달래군은 그림 4-6에서 조사구가 남향과 북서향을 경계로 서향의 내각 안에 모여 있었다. 또한 식생단위 11의 당단풍군락의 서어나무군은 전 방위에 걸쳐 분포하였으며, 식생단위 13의 전형군락에서 구분된 꽃머느리밥풀군의 하급단위인 전형소군은 남동향과 북서향을 기준으로 남서향으로 거의 대부분 분포하는 것으로 나타났다.

#### 4. 참고문헌

- 국립지질조사소. 1963, 1965, 1967, 한국지질도.
- 김성덕·송호경. 1995. 경북 불영계곡 소나무(*Pinus densiflora*)림의 재생과정에 관한 연구. 한국임학회지 84(3) : 40-51.
- 김준민. 1980. 한국의 환경변천과 농경의 기원. 한국생태학회지 3 : 40-51.
- 박봉우. 1993. 황장목과 황장봉산. 전영우편. 소나무와 우리문화. 숲과 문화연구회. 116-122pp.
- 박봉우. 1996. 황장금표에 관한 고찰. 한국임학회지 85(3) : 426-438.
- 배관호. 1994. 가야산 삼림군락분류와 주요 군락의 동태에 관한 연구. 경북대학교 박사학위논문. 135pp.
- 송호경·김성덕·장규관. 1995. TWINSpan과 DCCA에 의한 금강소나무 및 춘양목 소나무 군집과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지 84(2) : 266-274.
- 植木秀幹. 1928. 朝鮮産赤松, 樹相及ヒ是カ改良ニ關スル造林上處理ニ就イテ. 水原高農學術報告 第3號.
- 윤충원. 1995. 금정산일대의 삼림식생분석. 경북대학교 석사학위논문. 47pp.
- 이영로. 1986. 한국의 송백류. 이화여자대학교 출판부. 241pp.
- 이우철·이철환. 1989. 한국산 소나무림의 식물사회학적인 연구. 한국생태학회지 12(4) : 257-284.
- 임경빈. 1995. 소나무. 대원사. 143pp.
- 鄭万鈞 外. 1983. 中國樹木志. 中國林業出版社. 929pp.
- 조현제. 1990. 팔공산 산림식생의 군락생태학적 연구. 경북대학교 박사학위논문. 142pp.
- 조재창. 1994. 울진군 소광리지역 소나무의 임분구조 및 성장양상과 산불과의 관계. 서울대학교 박사학위논문. 101pp.
- 정태현·이우철. 1965. 한국삼림식물대 및 적지적수론. 성대논문집 10편. 329-433pp.
- 조화룡. 1987. 한국의 충적평야. 교학연구사. 219pp.

- 환경부. 1997. 금강소나무 분포 정밀조사결과보고서(경북내륙지역 중심으로). 91pp.
- Braun-Blanquet, J.. 1964. Pflanzensoziologie Grundzuge der Vegetationskunde 3. Auf. Springer-Verlag. Wien, N. Y.. 865pp.
- Ellenberg, H.. 1956. Grundlagen der Vegetationsgliederung. I. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In : Walter, H.(Hrsg.) Einfuhrung in die Phytologie IV. 136pp. Stuttgart.
- Müller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. Wiley. New York. 547pp.
- Toyohara, G.. 1977. The Vegetation and its mapping of the Hiba mountains. southwestern Honshu. Japan. Hikobia. Vol 8. Nos. 1.2. 151-164pp.

## 제 2 절 정량적 분석

### 1. 실험목적

금강소나무 임분의 지표군락을 찾음과 동시에 금강소나무의 조림구역, 금강소나무 중에서 赤松과 白松의 조림구역 및 금강소나무의 유지기작 등에 관한 정량적인 정보의 제공을 목적으로 본 실험을 실시하였다.

### 2. 실험방법

1996년 10월부터 1998년 12월까지 약 26개월에 걸쳐 야외조사를 실시하였다. 식생조사는 식물사회학적 방법(Ellenberg, 1956 ; Braun-Blanquet, 1964)에 따라 지형, 생태적 밀도, 해발 등의 입지환경 등을 고려하여 소광리 지역에 80개소의 방형구를 설치하였으며, 그 외 청옥산에 40개소, 강원도 응봉산에 40개소, 울진 일대에 40개소, 검마산에 30개소의 방형구를 설치하여 조사하였다(그림 4-1).

토양시료는 5개 지역 총 230개 조사구에 대하여 각각의 조사구내에서 5개 지점에서 유기물층을 제거한 후 0~20cm의 깊이에서 토양시료를 채취하여 혼합시료 약 1kg을 만들어 실험실로 옮겨 먼저 풍건시킨 후 2mm와 0.02mm의 체를 통과시켜 분석용 시료로 사용하였다. 토성은 비중계법으로 측정하였으며, 토양산도는 풍건세토 10g과 순수증류수 50ml로 混濁液(1:5)을 만든 후 1시간 방치 후 pH-meter(Philips pw 9418)를 사용하여 측정하였다. 유효인산은 Lancaster법을 사용하여 分光分析機(Shimadzu UV-120-02)를 사용하여 측정하였다. 탄소와 전질소는 풍건 토양을 이용하여 자동성분분석기(NCS 2500, Fisons Instruments S.P.A, Italy)로 분석하였다. 양이온 치환용량(CEC)은 Brown's Method로 측정하였고, 치환성 양이온 중  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ 은 E.D.T.A 적정법으로 측정하였다.

Ordination 기법을 적용하여 식물사회학적 분석방법으로 분류된 표 1의 16개의 식생단위에 대해 좀 더 구체적으로 식생유형과 환경요인과의 상관관계를 검토하기 위하여 PCORD 프로그램상의 CCA(canonical correspondence analysis) 방법을 이용

하였는데, CCA 분석용 데이터는 군락의 종조성을 main matrix로 하였고, 환경요인을 second matrix로 입력하여 분석하였다.

각 조사지역별, 층위별 종의 점유정도를 파악하기 위하여 식생조사에서 얻은 자료를 토대로 Curtis와 McIntosh(1951)의 방법을 응용하여 중요치(I.V. : Importance Value)를 산출하였다. 즉, Curtis와 McIntosh(1951)는 전체종에 대한 각 종의 상대밀도, 상대빈도 및 상대피도를 합한 중요치를 산출하여 구성종의 생태적 중요도를 표현하는 객관적인 방법을 고안하였지만, 중요치를 산출하는 측도가 반드시 세 가지일 필요는 없고 두 가지의 상대측도를 합하여 표시할 경우도 있으므로(Bray and Curtis, 1957), 식물사회학적 방법으로 조사된 우점도계급을 우점도범위의 중앙치로 환산하여 상대우점도를 계산하였고(田川 등, 1979 ; Dierssen, 1990), 또한 상대빈도를 계산하여 층위별 구성종의 점유정도에 대한 정량적 분석을 실시하였다.

지역별, 지형별 각 군락에 대한 다양성, 우점도, 경쟁 등을 분석하기 위하여 종다양도지수(Shannon, 1949), 최대종다양도, 균재도, 우점도, 종간경쟁지수와 종내경쟁지수(Herlbert, 1971)를 분석하였다(Brower and Zar, 1977).

- 종다양도( $H'$ )= $-\sum P_i \cdot \log P_i = -\sum (n_i/N) \cdot \log (n_i/N)$

$P_i$  : 한 조사구내의 특정 종의 개체수와 총개체수와의 비

$n_i$  : 한 조사구내의 특정 종의 개체수

$N$  : 총개체수

- 최대종다양도( $H'_{max}$ )= $\log S$

$S$  : 구성종수

- 균재도( $J'$ :evenness)= $H'/H'_{max}=H'/\log S$

- 우점도( $D$ )= $1-J'=1-H'/H'_{max}=1-H'/\log S$

- 종간경쟁( $\Delta_1$ )= $\sum \{n_i/N \cdot (N-n_i)/(N-1)\}$

- 종내경쟁( $1-\Delta_1$ )= $1-\sum \{n_i/N \cdot (N-n_i)/(N-1)\}$

지역간의 군락유사도를 분석하기 위하여 Sørensen의 유사계수(CC<sub>s</sub>)를 이용하였다(Brower and Zar, 1977).

- 유사계수(CC<sub>s</sub>)=2C/(S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub>)

S<sub>1</sub>,S<sub>2</sub> : 군락1,2에 나타난 종수

C : 두 군락에 공통으로 나타나는 종수

또한 개체군에 있어서 환경요인과 관계없이 종 상호간에 친소관계, 즉 양성결합(positive association), 음성결합(negative association), 기회결합(random association)의 관계를 가질 수 있으므로, 중요치가 높게 나타난 종과 식물사회학적 분류에서 표정종 및 식별종을 중심으로 24종을 선정하여, 2×2 분할표에 의한 Chi-square(X<sup>2</sup>) test로 각 수종 상호간의 상관관계값을 계산하여 Chi-square(X<sup>2</sup>) 행렬표를 작성하고, 양의관계가 있는 종을 연결시킨 성좌표를 1%수준과 5%수준으로 구분하여 종간결합(interspecific association)을 분석하였다(김 등, 1997 ; Agnew, 1961 ; Ludwig and Reynolds, 1988).

### 3. 결과 및 고찰

가 CCA(canonical correspondence analysis) ordination

Greig-Smith(1983)와 Ter Braak(1986, 1987)는 ordination의 목적이 군집의 구조를 밝히고 군집에서 식생과 환경과의 상호작용에 대한 가정을 유출해 내는 것이라고 하였으며, 삼림식생은 환경요인에 따라 그 구조가 달라지며, 따라서 ordination은 식생들을 한 개 또는 그 이상의 생태학적 구배에 배열하는 과정으로 다변량 data set에서 유형을 찾는 분석방법이라고 말할 수 있다(송호경, 1992, Goodall, 1963). CCA는 종과 환경과의 상관관계를 밝히고 환경변이에 따른 종의 반응에 대한 특별한 문제들을 조사하기 위하여 사용되어 왔다(송호경, 1992, 1995 ; Allen, 1988).

그림 4-7과 표 4-2는 CCA 方法으로 16개의 植生單位와 15개의 環境因子(해발, 지형, 경사, 노암, 모래, 미사, 점토, pH, 유효인산, 탄소, 질소, C/N율, 치환성 양이온량, 칼슘, 마그네슘)간의 相關關係를 比較分析하기 위하여, 식물사회학적 방법에서 분류

된 16개의 식생단위별로 구분하여 186개 plots의 種組成을 main matrix, 15개의 環境要因을 second matrix로 하였고, Biplot cutoff  $R^2$ 는 0.12, Vector scaling을 200%로 하여 분석한 결과이다.

그 결과 주로 1축상에서는 지형, 점토, 유효인산, 칼슘, 마그네슘, 2축상에서는 해발, 탄소, C/N율, 3축상에서는 지형, 마그네슘 등의 環境要因들이 높은 상관관계를 보여주고 있었다. 주요 식생단위와 環境要因들과의 관계를 보면 꼬리진달래군락(식생단위 2)은 해발이 높고 지형이 사면상부나 능선부쪽으로 갈수록 많이 분포하는 경향이었으며, 마그네슘과 칼슘이온의 농도도 낮게 나타나는 입지에 분포하는 경향이 있었다.

산앵도나무군락(식생단위 1)은 꼬리진달래군락에 비해 칼슘, 마그네슘의 이온농도가 높은 입지에 분포하는 경향이었고, 사면중상부와 능선부로 갈수록 많이 분포하는 경향이 있었다.

꼬리진달래군락은 대부분 소광리 지역과 일부 청옥산 및 울진일대의 조사지였으므로 소광리지역 금강소나무 임분의 주된 특징이라고 할 수 있다. 또한 1축, 2축, 3축에 지형과 해발 등이 식생의 분포에 영향을 미치는 중요한 環境要因이었는데 이러한 결과는 송호경 등(1992)의 결과와 일치하였다.

Table 4-2. Correlation with second matrix(environmental variables) by Pearson and Kendall Correlations with Ordination Axes

Variables	Axis 1			Axis 2			Axis 3		
	r	r-sq	tau	r	r-sq	tau	r	r-sq	tau
Topography	-.816	.666	-.682	-.318	.101	-.365	.400	.160	.321
Altitude	.005	.000	-.029	-.902	.814	-.671	.248	.061	.157
Slope	-.313	.098	-.193	-.012	.000	-.025	-.141	.020	-.194
Bare-rock	.182	.033	.206	-.135	.018	-.119	-.363	.132	-.296
Sand	.188	.035	.106	.010	.000	.041	-.141	.020	-.105
Silt	-.043	.002	-.018	.026	.001	.004	.125	.016	.107
Clay	-.363	.132	-.237	-.061	.004	-.104	.133	.018	.071
pH	.210	.044	.048	.091	.008	.039	.236	.056	.179
A. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.455	.207	.356	-.302	.091	-.175	.219	.048	.151
Carbon	.324	.105	.188	-.416	.173	-.279	.161	.026	.130
Nitrogen	.391	.153	.235	-.289	.083	-.206	.243	.059	.179
C/N	.046	.002	.036	-.650	.422	-.423	-.006	.000	-.022
CEC	.134	.018	.082	.116	.014	.092	.071	.006	.051
Calcium	.559	.313	.353	.113	.013	.115	.616	.379	.434
Magnesium	.393	.154	.309	.332	.110	.184	.557	.311	.405

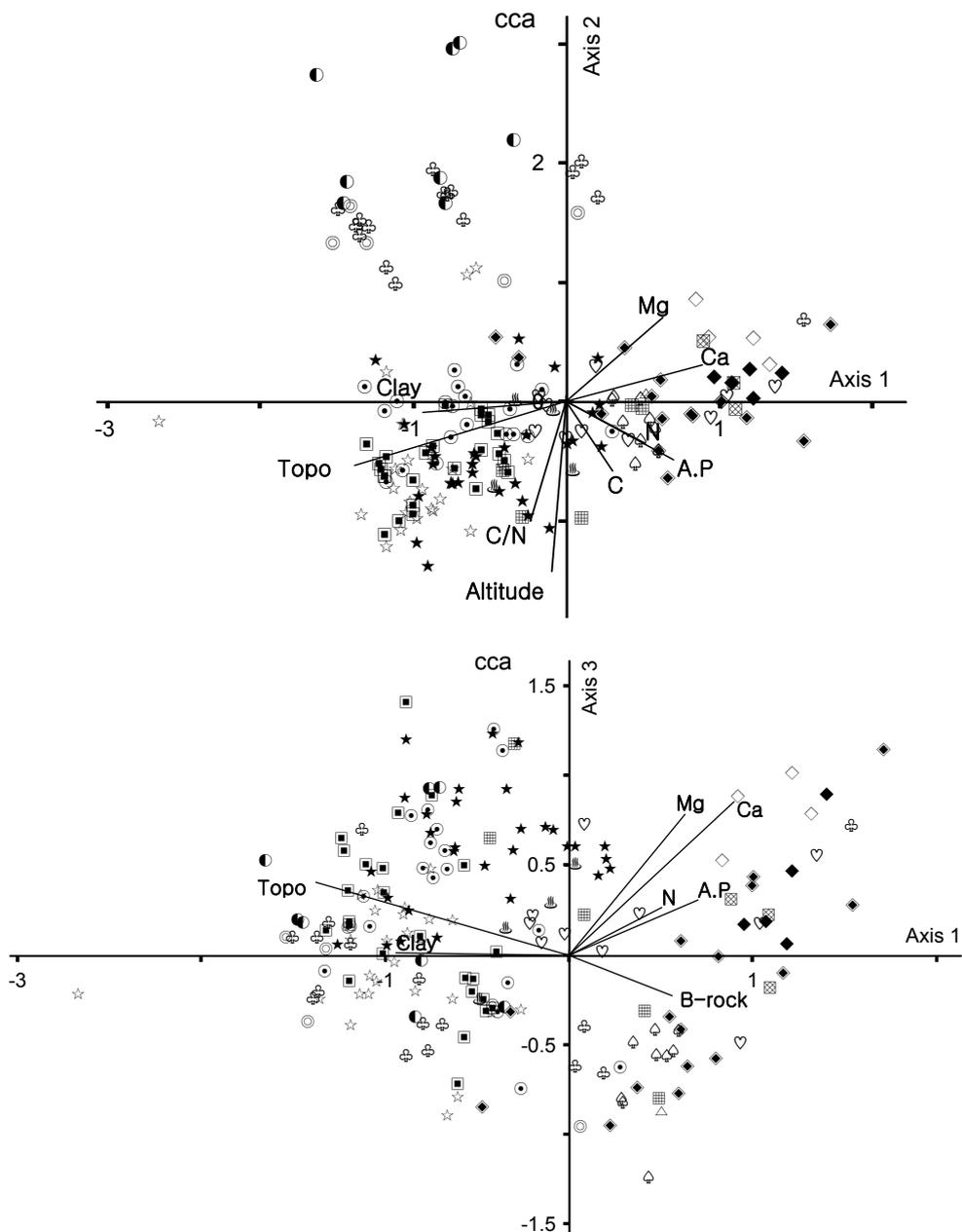


Fig. 4-7. Canonical correspondence analysis(CCA) ordination diagram showing vegetation units and major environmental variables(arrows) against the axis 1 and axis 2(above) and against the axis 1 and axis 3 (below) (Cutoff  $R^2$  value : 0.12 ; Vector scaling : 200% ; Vegetation unit 1:★ ; 2:☆ ; 3:⊕ ; 4:● ; 5:⊙ ; 6:◇ ; 7:◆ ; 8:⊠ ; 9:⊞ ; 10:△ ; 11:⬆ ; 12:⬇ ; 13:■ ; 14:⊖ ; 15:♥ ; 16:☞).

Table 4-3. Importance value of major species at Sokwang-Ri

Species		Layer					Total
Scientific name	Common name	Tree	Subtree	Shrub1	Shrub2	Herb	
<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>	금강소나무	95.20	31.03	6.13	15.42	-	147.77
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	2.18	37.01	6.55	8.04	-	53.79
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	0.63	6.66	1.33	2.28	-	10.90
<i>Populus davidiana</i>	사시나무	1.99	0.98	-	-	-	2.97
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레	-	0.68	17.03	10.04	-	27.75
<i>Styrax obassia</i>	쪽동백나무	-	2.05	4.04	6.31	-	12.41
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	-	5.16	1.22	4.09	-	10.47
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	당단풍	-	0.68	3.42	3.89	-	7.98
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	물푸레나무	-	1.02	1.16	3.96	-	6.14
<i>Carpinus laxiflora</i>	서어나무	-	3.32	1.29	1.07	-	5.68
<i>Betula schmidtii</i>	박달나무	-	3.16	-	-	-	3.16
<i>Cornus controversa</i>	층층나무	-	1.17	-	0.67	-	1.83
<i>Acer mono</i>	고로쇠나무	-	1.10	0.21	0.40	-	1.72
<i>Sorbus alnifolia</i>	팔배나무	-	0.34	0.43	0.67	-	1.43
<i>Tilia amurensis</i>	피나무	-	0.68	0.61	-	-	1.28
<i>Betula davurica</i>	물박달나무	-	0.95	0.17	-	-	1.12
<i>Fraxinus mandshurica</i>	들메나무	-	0.61	-	-	-	0.61
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	-	-	13.10	4.03	-	17.13
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉꽃	-	-	9.13	5.56	-	14.69
<i>Rhododendron micranthum</i>	꼬리진달래	-	-	6.62	6.95	-	13.57
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	-	-	7.14	2.76	-	9.90
<i>Clematis heracleifolia</i>	병조희풀	-	-	0.34	7.23	-	7.58
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	조록싸리	-	-	4.48	2.41	-	6.90
<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무	-	-	3.30	2.62	-	5.92
<i>Callicarpa japonica</i>	작살나무	-	-	0.70	3.48	-	4.18
<i>Rhus trichocarpa</i>	개웃나무	-	-	1.58	1.62	-	3.20
<i>Maackia amurensis</i>	다릅나무	-	-	0.38	1.55	-	1.93
<i>Vaccinium koreanum</i>	산앵도나무	-	-	1.26	0.40	-	1.66
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	기름새	-	-	-	-	20.37	20.37
<i>Melampyrum roseum</i>	꽃머느리밥풀	-	-	-	-	16.64	16.64
<i>Carex humilis</i>	산거울	-	-	-	-	13.70	13.70
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	구절초	-	-	-	-	7.75	7.75
<i>Atractylodes japonica</i>	삼주	-	-	-	-	4.66	4.66
<i>Carex siderosticta</i>	대사초	-	-	-	-	4.48	4.48
<i>Artemisia keiskeana</i>	맑은대쑥	-	-	-	-	3.57	3.57
<i>Carex lanceolata</i>	그늘사초	-	-	-	-	1.86	1.86
<i>Hosta longipes</i>	비비추	-	-	-	-	1.14	1.14
<i>Arundinella hirta</i>	새	-	-	-	-	1.09	1.09
<i>Ainsliaea acerifolia</i>	단풍취	-	-	-	-	0.92	0.92
<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>	밀나물	-	-	-	-	0.84	0.84
<i>Pyrola japonica</i>	노루발	-	-	-	-	0.82	0.82
<i>Patrinia villosa</i>	뚝갈	-	-	-	-	0.67	0.67
<i>Cimicifuga heracleifolia</i>	승마	-	-	-	-	0.46	0.46
<i>Asarum sieboldii</i>	족도리	-	-	-	-	0.46	0.46
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	미역취	-	-	-	-	0.38	0.38
<i>Carex okamotoi</i>	지리대사초	-	-	-	-	0.37	0.37
Others		-	3.4	8.38	4.55	19.82	36.15
Total		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	500.00

Table 4-4. Importance value of major species at Mt. Eungbong

Species		Layer					Total
Scientific name	Common name	Tree	Subtree	Shrub1	Shrub2	Herb	
<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>	금강소나무	92.76	47.04	4.86	6.82	-	151.48
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	1.18	24.09	11.79	8.88	-	45.94
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	2.35	9.62	3.96	3.54	-	19.47
<i>Salix hallaisanensis</i>	떡버들	1.37	2.55	0.66	0.66	-	5.24
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	느릅나무	1.18	-	0.21	0.33	-	1.72
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	당단풍	-	5.69	4.35	2.84	-	12.89
<i>Acer mono</i>	고로쇠나무	-	2.50	1.08	0.97	-	4.55
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	물푸레나무	-	2.06	1.11	0.62	-	3.79
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	-	1.37	1.27	-	-	2.65
<i>Prunus leveilleana</i>	개벚나무	-	1.37	-	-	-	1.37
<i>Betula costata</i>	거제수나무	-	0.49	0.11	0.33	-	0.94
<i>Sorbus alniifolia</i>	팔배나무	-	0.69	0.22	-	-	0.91
<i>Malus baccata</i>	아광나무	-	0.69	0.11	-	-	0.80
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	-	-	8.70	15.86	-	24.56
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	-	-	9.06	8.48	-	17.54
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	조록싸리	-	-	7.38	8.79	-	16.18
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레	-	-	7.78	5.38	-	13.16
<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무	-	-	4.52	8.17	-	12.69
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉꽃	-	-	4.82	5.15	-	9.97
<i>Vaccinium koreanum</i>	산앵도나무	-	-	4.04	4.08	-	8.12
<i>Stephanandra incisa</i>	국수나무	-	-	2.26	0.66	-	2.92
<i>Staphylea bumalda</i>	고추나무	-	-	1.82	0.64	-	2.46
<i>Tripterygium regelii</i>	미역줄나무	-	-	1.08	1.32	-	2.40
<i>Styrax obassia</i>	쪽동백나무	-	-	1.08	0.62	-	1.70
<i>Rhus trichocarpa</i>	개웃나무	-	-	0.79	0.62	-	1.41
<i>Clematis heracleifolia</i>	병조희풀	-	-	0.79	0.33	-	1.12
<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stellipila</i>	개쉬땅나무	-	-	0.67	0.33	-	1.01
<i>Salix purpurea</i> var. <i>japonica</i>	키버들	-	-	0.11	0.31	-	0.42
<i>Carpinus cordata</i>	까치박달	-	-	0.21	-	-	0.21
<i>Aralia elata</i>	두릅나무	-	-	0.11	-	-	0.11
<i>Kalopanax pictus</i>	음나무	-	-	0.11	-	-	0.11
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	기름새	-	-	-	-	19.23	19.23
<i>Carex lanceolata</i>	그늘사초	-	-	-	-	11.31	11.31
<i>Carex humilis</i>	산거울	-	-	-	-	10.17	10.17
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	구절초	-	-	-	-	5.48	5.48
<i>Artemisia keiskeana</i>	맑은대쭉	-	-	-	-	4.16	4.16
<i>Aster scaber</i>	참취	-	-	-	-	3.41	3.41
<i>Disporum smilacinum</i>	애기나리	-	-	-	-	3.24	3.24
<i>Arundinella hirta</i>	새	-	-	-	-	2.87	2.87
<i>Carex siderosticta</i>	대사초	-	-	-	-	2.81	2.81
<i>Potentilla freyniana</i>	세잎양지꽃	-	-	-	-	2.73	2.73
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	고사리	-	-	-	-	2.42	2.42
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	실새풀	-	-	-	-	2.35	2.35
<i>Peucedanum terebinthaceum</i>	기름나물	-	-	-	-	1.85	1.85
<i>Atractylodes japonica</i>	삼주	-	-	-	-	1.52	1.52
Others		1.16	1.84	14.94	14.27	26.45	58.61
Total		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	500.00

Table 4-5. Importance value of major species at Mt. Chungok

Species		Layer					Total
Scientific name	Common name	Tree	Subtree	Shrub1	Shrub2	Herb	
<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>	금강소나무	92.40	41.01	2.33	0.79	-	136.52
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	2.53	31.88	10.93	3.72	-	49.06
<i>Betula davurica</i>	물박달나무	3.89	0.90	1.04	0.34	-	6.18
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레	-	2.30	10.04	5.09	-	17.43
<i>Rhus trichocarpa</i>	개웃나무	-	2.30	2.84	3.19	-	8.33
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	물푸레나무	-	4.60	1.23	0.95	-	6.78
<i>Magnolia sieboldii</i>	함박꽃나무	-	3.20	1.25	0.87	-	5.32
<i>Cornus controversa</i>	층층나무	-	2.81	0.84	0.95	-	4.59
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	당단풍	-	0.90	2.18	1.29	-	4.37
<i>Sorbus alniifolia</i>	팔배나무	-	2.30	0.14	0.26	-	2.71
<i>Betula costata</i>	거제수나무	-	1.40	0.82	0.34	-	2.57
<i>Acer mono</i>	고로쇠나무	-	1.80	0.24	0.34	-	2.38
<i>Styrax obassia</i>	쪽동백나무	-	0.90	0.43	0.52	-	1.85
<i>Betula schmidtii</i>	박달나무	-	0.90	0.14	-	-	1.04
<i>Rhododendron micranthum</i>	꼬리진달래	-	-	7.22	12.57	-	19.80
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	조록싸리	-	-	4.57	14.69	-	19.26
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	-	-	11.92	5.48	-	17.40
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉꽃	-	-	8.52	5.74	-	14.26
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	-	-	6.32	6.77	-	13.09
<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무	-	-	2.96	2.34	-	5.30
<i>Vaccinium koreanum</i>	산앵도나무	-	-	2.77	0.61	-	3.38
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	-	-	1.74	0.52	-	2.26
<i>Sasa borealis</i>	조릿대	-	-	1.80	0.34	-	2.15
<i>Acer ukurunduense</i>	부계꽃나무	-	-	0.48	0.69	-	1.16
<i>Kalopanax pictus</i>	읍나무	-	-	0.43	0.34	-	0.77
<i>Carex humilis</i>	산거울	-	-	-	-	14.51	14.51
<i>Melampyrum roseum</i>	꽃머느리밥풀	-	-	-	-	14.22	14.22
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	기름새	-	-	-	-	11.44	11.44
<i>Carex siderosticta</i>	대사초	-	-	-	-	6.27	6.27
<i>Disporum smilacinum</i>	애기나리	-	-	-	-	4.51	4.51
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	고사리	-	-	-	-	3.99	3.99
<i>Artemisia keiskeana</i>	맑은대쭉	-	-	-	-	3.63	3.63
<i>Carex lanceolata</i>	그늘사초	-	-	-	-	2.56	2.56
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	동굴레	-	-	-	-	2.34	2.34
<i>Aster scaber</i>	참취	-	-	-	-	1.64	1.64
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	실새풀	-	-	-	-	1.59	1.59
<i>Pyrola japonica</i>	노루발	-	-	-	-	1.41	1.41
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>dauidii</i>	노루오줌	-	-	-	-	1.01	1.01
<i>Peucedanum terebinthaceum</i>	기름나무	-	-	-	-	0.99	0.99
<i>Carex ciliato-marginata</i>	털대사초	-	-	-	-	0.68	0.68
<i>Ainsliaea acerifolia</i>	단풍취	-	-	-	-	0.67	0.67
<i>Filipendula glaberrima</i>	터리풀	-	-	-	-	0.60	0.60
<i>Heloniopsis orientalis</i>	치녀치마	-	-	-	-	0.50	0.50
<i>Polystichum tripterum</i>	십자고사리	-	-	-	-	0.31	0.31
<i>Aruncus dioicus</i> var. <i>kamtschaticus</i>	눈개승마	-	-	-	-	0.17	0.17
<i>Cardamine leucantha</i>	미나리냉이	-	-	-	-	0.16	0.16
<i>Phyteuma japonicum</i>	영아자	-	-	-	-	0.16	0.16
Others		1.18	2.8	16.82	31.26	26.64	78.68
Total		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	500.00

Table 4-6. Importance value of major species at Uljin

Species		Layer					Total
Scientific name	Common name	Tree	Subtree	Shrub1	Shrub2	Herb	
<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>	금강소나무	96.27	63.79	5.92	2.55	-	168.53
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	1.24	3.89	3.77	2.58	-	11.48
<i>Pinus thunbergii</i>	해송	2.49	-	-	-	-	2.49
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	아까시나무	-	11.89	7.54	1.48	-	20.91
<i>Quercus dentata</i>	떡갈나무	-	2.60	4.52	9.90	-	17.01
<i>Alnus hirsuta</i>	물오리나무	-	13.93	1.24	-	-	15.18
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	-	1.30	4.37	1.89	-	7.56
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	-	1.30	0.67	0.38	-	2.35
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉꽃	-	-	11.34	8.45	-	19.79
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	-	-	11.69	7.35	-	19.04
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	-	-	5.67	9.35	-	15.03
<i>Smilax china</i>	청미래덩굴	-	-	5.34	8.99	-	14.33
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	-	-	7.76	5.20	-	12.96
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	조록싸리	-	-	2.43	5.23	-	7.66
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레	-	-	3.83	2.76	-	6.59
<i>Rhus trichocarpa</i>	개웃나무	-	-	3.20	3.19	-	6.39
<i>Styrax japonica</i>	매죽나무	-	-	2.50	3.60	-	6.10
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	-	-	1.69	3.80	-	5.49
<i>Juniperus rigida</i>	노간주나무	-	-	2.68	0.69	-	3.37
<i>Rhus chinensis</i>	붉나무	-	-	0.90	1.60	-	2.50
<i>Rosa wichuraiana</i>	돌가시나무	-	-	0.26	0.72	-	0.98
<i>Rhododendron micranthum</i>	꼬리진달래	-	-	0.93	-	-	0.93
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	취퐁나무	-	-	0.26	0.38	-	0.63
<i>Lindera glauca</i>	백동백	-	-	0.26	0.35	-	0.60
<i>Alnus firma</i>	사방오리	-	-	0.13	-	-	0.13
<i>Smilax sieboldii</i>	청가시덩굴	-	-	0.13	-	-	0.13
<i>Sorbus alnifolia</i>	팔배나무	-	-	0.13	-	-	0.13
<i>Carex humilis</i>	산거울	-	-	-	-	14.51	14.51
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	기름새	-	-	-	-	12.97	12.97
<i>Festuca ovina</i>	김의털	-	-	-	-	11.31	11.31
<i>Arundinella hirta</i>	새	-	-	-	-	7.18	7.18
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	실새풀	-	-	-	-	3.89	3.89
<i>Artemisia keiskeana</i>	말은대쭉	-	-	-	-	3.49	3.49
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	주름조개풀	-	-	-	-	3.37	3.37
<i>Carex lanceolata</i>	그늘사초	-	-	-	-	3.28	3.28
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	미역취	-	-	-	-	2.89	2.89
<i>Melampyrum roseum</i>	꽃머느리밥풀	-	-	-	-	2.65	2.65
<i>Aster scaber</i>	참취	-	-	-	-	2.62	2.62
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새	-	-	-	-	1.92	1.92
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i>	솔새	-	-	-	-	1.59	1.59
<i>Chrysanthemum boreale</i>	산국	-	-	-	-	1.55	1.55
<i>Veronica dahurica</i>	구와꼬리풀	-	-	-	-	1.33	1.33
<i>Asplenium incisum</i>	꼬리고사리	-	-	-	-	0.12	0.12
Others		-	1.3	10.84	19.56	25.33	57.04
Total		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	500.00

Table 4-7. Importance value of major species at Mt. Kumma

Species		Layer					Total
Scientific name	Common name	Tree	Subtree	Shrub1	Shrub2	Herb	
<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>	금강소나무	96.66	11.09	0.92	1.28	-	109.95
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	1.67	5.20	2.30	2.57	-	11.73
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	-	30.98	11.39	7.93	-	50.30
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레	-	1.16	7.57	6.43	-	15.17
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	당단풍	-	6.31	3.27	1.65	-	11.23
<i>Cornus controversa</i>	층층나무	-	5.42	0.61	0.36	-	6.40
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	물푸레나무	-	4.38	1.07	0.72	-	6.16
<i>Carpinus cordata</i>	까치박달	-	5.66	0.15	-	-	5.81
<i>Rhus trichocarpa</i>	개웃나무	-	0.64	2.31	2.53	-	5.48
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	-	2.98	1.38	1.11	-	5.47
<i>Acer mono</i>	고로쇠나무	-	3.74	0.93	0.55	-	5.22
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	느릅나무	-	4.38	0.30	0.36	-	5.05
<i>Malus baccata</i>	야광나무	-	4.15	0.15	0.19	-	4.49
<i>Prunus leveilleana</i>	개벚나무	-	3.21	0.61	0.54	-	4.36
<i>Styrax obassia</i>	쪽동백나무	-	1.93	1.22	1.08	-	4.23
<i>Acer triflorum</i>	복자기	-	2.57	0.61	0.55	-	3.74
<i>Acer ginnala</i>	신나무	-	1.93	1.08	0.55	-	3.56
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	-	0.64	1.37	1.07	-	3.08
<i>Tilia mandshurica</i>	찰피나무	-	1.29	-	-	-	1.29
<i>Lespedeza bicolor</i>	싸리	-	-	11.93	16.55	-	28.48
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	-	-	13.13	13.20	-	26.33
<i>Vaccinium koreanum</i>	산앵도나무	-	-	5.41	7.45	-	12.86
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	철쭉꽃	-	-	3.88	3.86	-	7.74
<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무	-	-	2.14	2.19	-	4.33
<i>Corylus heterophylla</i>	난티잎개암나무	-	-	1.08	3.17	-	4.25
<i>Staphylea bumalda</i>	고추나무	-	-	1.71	1.79	-	3.51
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	조록싸리	-	-	1.84	1.64	-	3.48
<i>Securinega suffruticosa</i>	광대싸리	-	-	1.53	0.91	-	2.44
<i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i>	산수국	-	-	1.23	1.10	-	2.33
<i>Acanthopanax sessiliflorus</i>	오갈피나무	-	-	0.30	0.36	-	0.67
<i>Melampyrum roseum</i>	꽃머느리밥풀	-	-	-	-	16.24	16.24
<i>Carex humilis</i>	산거울	-	-	-	-	10.18	10.18
<i>Carex ciliato-marginata</i>	털대사초	-	-	-	-	9.41	9.41
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	기름새	-	-	-	-	8.55	8.55
<i>Carex siderosticta</i>	대사초	-	-	-	-	4.65	4.65
<i>Atractylodes japonica</i>	삼주	-	-	-	-	2.99	2.99
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	구절초	-	-	-	-	2.89	2.89
<i>Disporum smilacinum</i>	애기나리	-	-	-	-	1.83	1.83
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	등굴레	-	-	-	-	1.72	1.72
<i>Aster scaber</i>	참취	-	-	-	-	1.72	1.72
<i>Hepatica asiatica</i>	노루귀	-	-	-	-	1.49	1.49
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>davidii</i>	노루오줌	-	-	-	-	1.29	1.29
<i>Syneilesis palmata</i>	우산나물	-	-	-	-	1.28	1.28
<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>	밀나물	-	-	-	-	1.27	1.27
<i>Ostercicum grosseserrata</i>	신감채	-	-	-	-	1.20	1.20
<i>Festuca ovina</i>	김의털	-	-	-	-	0.63	0.63
Others		1.67	2.34	18.58	18.31	32.66	73.52
Total		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	500.00

## 나 중요치

5개 조사지역(소광리, 응봉산, 청옥산, 울진, 검마산 지역)간의 층위별 종조성 측면에서 어떤 차이가 있는지를 파악하기 위하여 식생조사에서 얻은 자료를 토대로 Curtis와 McIntosh(1951)에 의한 중요치(I.V. : Importance Value) 산출방법을 응용하여 구하였다(Tables 3,4,5,6,7). 즉, 식물사회학에서 식생조사시 판정한 우점도계급을 우점도범위의 중앙치(5 : 87.5 ; 4 : 62.5 ; 3 : 37.5 ; 2 : 17.5 ; 1 : 5.5 ; + : 0.2 ; r : 0.01)로 환산하여(田川日出夫 등, 1979 ; Dierssen, 1990) 종의 점유정도에 대한 정량적 분석을 실시하였다.

소광리 지역의 교목층을 구성하는 주요 종으로는 금강소나무(95.20%), 신갈나무(2.2%), 졸참나무(0.63%) 등으로 나타났으며, 아교목층은 금강소나무(31.03%), 신갈나무(37.01%), 졸참나무(6.66%), 굴참나무(5.16%), 서어나무(3.32%) 등으로 나타났으며, 관목1층은 금강소나무(6.13%), 쇠물푸레(17.03%), 진달래(13.10%), 꼬리진달래(6.62%) 등이 출현하였고, 관목2층은 금강소나무(15.42%), 쇠물푸레(10.03%), 꼬리진달래(6.95%) 등이었으며, 초본층은 기름새(20.37%), 꽃머느리밥풀(16.64%), 산거울(13.70%) 등으로 나타났다(표 4-3).

응봉산 지역은 금강소나무(92.76%), 신갈나무(1.18%), 굴참나무(2.35%) 등이 교목층을 구성하였고, 아교목층의 구성종은 금강소나무(47.04%), 신갈나무(24.09%), 굴참나무(9.62%), 고로쇠나무(5.69%) 등으로 나타났고, 관목1층은 신갈나무(11.79%), 금강소나무(4.86%), 굴참나무(3.96%), 싸리(8.70%), 진달래(9.06%), 산앵도나무(4.04%) 등이었으며, 관목2층은 금강소나무(6.82%), 신갈나무(8.88%), 굴참나무(3.54%), 싸리(15.86%) 등으로 나타났다. 초본층은 기름새(19.23%), 산거울(10.17%) 등으로 나타났다(표 4-4).

청옥산 지역은 금강소나무(92.40%), 신갈나무(2.53%) 등이 교목층을 구성하였고, 아교목층의 구성종은 금강소나무(41.01%), 신갈나무(31.88%), 물푸레나무(4.60%), 거제수나무(1.40%) 등으로 나타났고, 관목1층은 신갈나무(10.93%), 금강소나무(2.33%), 쇠물푸레(10.04%), 철쭉꽃(11.92%), 꼬리진달래(7.22%), 산앵도나무(2.77%) 등이었으며, 관목2층은 금강소나무(0.79%), 신갈나무(3.72%) 등이었고, 초본층은 산거울

(14.51%), 꽃머느리밥풀(14.22%), 기름새(11.44%) 등으로 나타났다(표 4-5).

울진 지역은 금강소나무(96.27%), 해송(2.49%) 등이 교목층을 구성하였고, 아교목층의 구성종은 금강소나무(63.79%), 물오리나무(13.93%), 굴참나무(3.89%), 아까시나무(11.89%), 떡갈나무(2.60%) 등으로 나타났고, 관목1층은 금강소나무(5.92%), 철쭉꽃(11.34%), 꼬리진달래(0.93%), 산앵도나무(2.77%) 등이었으며, 관목2층은 금강소나무(2.55%), 굴참나무(2.58%) 등이었고, 초본층은 산거울(14.51%), 기름새(12.97%), 김의털(11.31%) 등으로 나타났다(표 4-6).

검마산 지역은 금강소나무(96.66%)와 굴참나무(1.67%) 등이 교목층을 구성하였고, 아교목층의 구성종은 금강소나무(11.09%), 신갈나무(30.98%), 굴참나무(5.20%), 당단풍(6.31%), 층층나무(5.42%) 등으로 나타났고, 관목1층은 신갈나무(11.39%), 금강소나무(0.92%), 싸리(11.93%), 진달래(13.13%), 산앵도나무(5.41%) 등이었으며, 관목2층은 금강소나무(1.28%), 신갈나무(7.93%), 싸리(16.55%) 등으로 나타났다. 초본층은 꽃머느리밥풀(16.24%), 산거울(10.18%), 털대사초(9.41%), 기름새(8.55%) 등으로 나타났다(표 4-7).

이상의 지역간에 층위별 종조성 결과 소광리 지역은 다른 지역과는 달리 관목2층에서 금강소나무의 중요치가 높게 나타났는데, 이러한 점은 소광리지역이 다른 조사지역에 비해 금강소나무의 치묘와 치수의 공급이 계속되고 있음을 반영함과 동시에 5개 조사지역 중에서는 가장 안정된 금강소나무임분을 유지하고 있음을 반영한다고 할 수 있다.

#### 다 종다양도

표 4-8과 표 4-9는 각각 조사지역과 식물사회학적 분류에 의해 구분된 식생단위에 있어서 군락의 성숙도와 안정도 등의 간접적인 군락의 속성을 파악하기 위하여, 각각의 조사지소에서 Shannon's diversity( $H'$ ), 최대종다양도( $H'_{max.}$ ), 균재도( $J'$ ), 우점도( $1-J'$ ), 종간경쟁( $\Delta_1$ ), 종내경쟁( $1-\Delta_1$ )을 분석하여 평균치를 구한 결과이다. 종다양성과 성숙도는 정비례하는 경향으로 생각되어 왔고(Loucks, 1970), 생육환경이 이질적이고 복잡하거나 국소적 교란이 발생하게 되면 종다양도는 높아지게 된다

(Krebs, 1985 ; Barbour 등 1987). 종다양도지수는 우점도와 반비례의 관계를 가지며 우점도가 높은 소수의 종들보다 우점도가 낮은 다수의 종들에 의하여 결정되며 (Ellenberg, 1956), Whittaker(1965)는 우점도가 0.9이상일때에 1종, 0.3~0.7일 때 2~3종, 0.3이하일 때 다수의 종이 우점종을 이룬다고 하였다. 본 조사지역별 종다양도지수를 보면 울진이 0.6622로 가장 낮았고, 기타지역은 대부분 0.7내외로 나타났으며, 식생단위별 종다양도 지수도 대체로 0.7 내외로 나타났으나, 당단풍군락의 함박꽃나무군(식생단위 10)과 서어나무군(식생단위 11), 전형군(식생단위 12)에서는 종다양도지수가 0.8이상으로 높게 나타났는데, 이는 계곡부 조사지소의 안정적인 군락 특성을 가지고 있기 때문인 것으로 생각되었다. 우점도는 0.5내외로 2~3종이 우점하고 있었다. 조사지역과 식생단위에 있어서 각각의 종간경쟁은 0.3내외로 나타났는데, 이러한 결과는 이운원(1995)의 구상나무림에 대한 종간경쟁지수가 0.7이상으로 나타났는 것에 비해 상당히 낮은 값이었다. 따라서 구상나무림과는 달리 본 조사지역과 식생단위에 있어서는 종간경쟁보다는 종내경쟁이 치열한 것으로 사료되었다.

Table 4-8. Values of species diversity indices in study sites

Site	H'	H' <sub>max.</sub>	J'	1-J'	$\Delta_1$	1- $\Delta_1$
Mt. Kumma	0.7853	1.3607	0.4205	0.5795	0.2724	0.7276
Sokwang-Ri	0.7014	1.1968	0.4110	0.5890	0.2669	0.7331
Uljin	0.6622	1.3602	0.5175	0.4825	0.3698	0.6302
Mt. Eungbong	0.7357	1.3265	0.4442	0.5558	0.3094	0.6906
Mt. Chungok	0.6840	1.2279	0.4419	0.5581	0.3000	0.7000

Table 4-9. Values of species diversity indices in each vegetation unit

Vegetation Unit	H'	H' <sub>max</sub>	J'	1-J'	$\Delta_1$	1- $\Delta_1$
1	0.7396	1.2553	0.4142	0.5858	0.2765	0.7300
2	0.6776	1.1015	0.3842	0.6158	0.2904	0.7096
3	0.6727	1.2314	0.4507	0.5493	0.3386	0.6614
4	0.6864	1.3606	0.4978	0.5022	0.3486	0.6514
5	0.6633	1.3562	0.5148	0.4852	0.3682	0.6318
6	0.6906	1.4166	0.5182	0.4818	0.3595	0.6405
7	0.7298	1.4595	0.5084	0.4916	0.3385	0.6615
8	0.7532	1.4811	0.5006	0.4994	0.3274	0.6726
9	0.7868	1.4967	0.4829	0.5171	0.3056	0.6944
10	0.8312	1.5069	0.4531	0.5469	0.2686	0.7314
11	0.8826	1.4842	0.4053	0.5947	0.2111	0.7889
12	0.8317	1.4229	0.4143	0.5857	0.2332	0.7668
13	0.7047	1.2120	0.4125	0.5875	0.2644	0.7356
14	0.6621	1.2057	0.4518	0.5482	0.3116	0.6884
15	0.6931	1.2390	0.4405	0.5595	0.3135	0.6865
16	0.6874	1.2405	0.4461	0.5539	0.3177	0.6823

라 군락유사도

표 4-10에서는 소광리 지역과 4개 조사지역의 소나무군락에서 출현하는 모든 식생의 종을 이용하여 지역간 유사성을 측정하기 위해서 Sørensen의 유사계수(CC<sub>s</sub>)를 나타내었다. Buell 등(1966)은 천이과정중 극상에 도달하게 되면 종구성상태가 단순화되므로 군락간의 유사도지수가 20%이하이거나 80%이상일 때, Cox(1972)에 의하면 20% 이하일 때는 이질적인 군락이고 80%이상이면 동일군락이라 하였으며, 1이면 두 군락이 완전히 같음을 의미하고, 0이면 완전히 다름을 의미하며, 보통 0.5이상

이면 통계적으로 차이가 없는 군락으로 보았다. 소광리지역은 울진과는 군락유사도의 차이가 낮게 나타났으며, 김마산, 응봉산 및 청옥산과는 군락유사도가 0.6이상으로 높게 나타나 큰 차이가 없는 군락으로 판단되었다.

Table 4-10. Community coefficient of similarity in the study areas

	Mt. Kumma	Sokwang-Ri	Uljin	Mt. Eungbong	Mt. Chungok
Mt. Kumma					
Sokwang-Ri	0.6308				
Uljin	0.4609	0.4629			
Mt. Eungbong	0.6245	0.6510	0.4790		
Mt. Chungok	0.5843	0.6324	0.3898	0.5344	

#### 마 종간결합(interspecies association)

개체군에 있어서 각 종들은 환경요인과 관계없이 종 상호간에 친소관계 즉, 친숙하여 서로 가까이 존재하는 양성결합(positive association), 다른 개체군을 배척하여 멀리 존재하는 음성결합(negative association), 그리고 다른 개체군과 아무 관계가 없이 존재하는 기회결합(random association)의 3가지 유형의 결합관계를 가질 수 있는데 이러한 결합을 종간결합 또는 종간 상관관계라고 한다(Pielou, 1977 ; Greig-Smith, 1983 ; Schluter, 1984 ; Ludwig and Reynolds, 1988). ++와 +는 양성결합을, --와 -는 음성결합을 나타낸 것이며 ++와 --는 99%의 확률수준에서, +와 -는 95%의 확률수준에서 두 수종간의 유의한 상관관계가 있음을 표시한 것이다(Agnew, 1961). 두 수종간의 양의 상관관계가 인정된다는 사실은 우연성을 초월하여 서식처를 공유하며 어울려 생육할 수 있는 가능성을 내포한 것이다. 그러나 이러한 현상은 한 수종의 존재 여부가 상대수종의 출현 여부의 원인이 된다는 것을 의미하지는 않으며, 두 수종이 미세환경 요소들의 복합적인 양상에 비슷한 분포반응을

보인다고 해석할 수 있다. 수종구성상태가 대단히 복잡한 군집에서는 이러한 양의 상관관계를 근거로 하여 수종의 집단과 미세환경과의 관계를 분석함으로써 그 수종 자체가 하나의 독립된 군총(Association)으로 취급될 수 있고, 각 집단의 수종구성상태를 파악함으로써 국부적인 산림지의 생태적 천이단계를 추정할 수 있다(Welch, 1960 ; 김지홍 등, 1993).

본 조사지에 있어서 종간결합(interspecific association)의 분석은 식물사회학적 방법에 의해 분류된 표징종과 식별종 그리고 중요치가 높게 나온 종들 중 대표적인 24개의 종을 대상으로 이들 종상호간의 관계를 파악하기 위해 분석하였으며, 그 결과는 Fig. 11과 Fig. 12 와 같았다.

그림 4-8과 그림 4-9에서 종 상호간 결합관계에 대한 Chi-square matrix와 성좌표를 각각 나타낸 결과 크게 두 개의 그룹으로 나뉘어 졌는데, 즉 신갈나무, 기름새, 싸리, 쇠물푸레, 진달래, 산겨울 등 우측 그룹에 속하는 종들은 대부분 식물사회학적 분석에서의 표징종군과 일치하였고, 국수나무, 병꽃나무, 쪽동백나무, 고로쇠나무, 층층나무, 당단풍, 서어나무, 함박꽃나무, 물푸레나무 등 좌측 그룹에 속하는 종들은 대부분 식물사회학적 분석의 식별종과 일치하였으며, 또한 우측 그룹에 속하는 철쭉꽃은 좌측그룹에 속하는 산앵도나무 및 꼬리진달래와 1% 수준에서 양성결합의 관계가 있는 것으로 나타났고, 꽃머느리밥풀은 꼬리진달래와 1%수준에서 양성결합의 관계가 있는 것으로 나타났다.



#### 4. 참고문헌

- 김준호 등. 1997. 현대생태학실험서. 교문사. 여천생태연구회. 286 p.
- 김지홍 등. 1993. 참나무 천연림의 임분구조에 대한 해석. 한국임학회지 82(3) : 235-245.
- 송호경, 권기원, 이돈구, 장규관, 우인식. 1992. TWINSpan과 DCCA에 의한 중왕산의 삼림군집과 환경의 상관관계분석. 한국임학회지 81(3) 247-254.
- 송호경, 김성덕, 장규관. 1995. TWINSpan과 DCCA에 의한 금강소나무 및 춘양목 소나무 군집과 환경의 상관관계 분석. 한국임학회지 84(2) : 266-274.
- 이병천, 이경재, 이창석, 신준환. 1992. 점봉산 천연림지역의 식생 군락분류 및 임분구조. 임업연구보고 44 : 1-14.
- 이윤원. 1995. 구상나무림의 군락분류와 임분구조에 관한 연구. 경북대학교 대학원 박사학위논문. 137 p.
- 장규관, 송호경, 김성덕. 1997. 식물사회학적 방법과 TWINSpan에 의한 강원도 신갈나무림의 분류에 관한 연구. 한국임학회지 86(2) : 214-222.
- 조재창. 1994. 울진군 소광리지역 소나무의 임분구조 및 성장양상과 산불과의 관계. 서울대학교 대학원 박사학위논문. 101 p.
- 田川日出夫 沖野外輝夫. 1979. 生態遷移研究法. 共立出版株式會社. 177 p.
- Agnew, A.D.Q.. 1961. The ecology of *Juncus effusus* L. in North Wales, J. Ecol. 49 : 83-102.
- Allen, R. 1988. Latitudinal variation in southern Rocky Mountain forests. Ph. D thesis. The Uni. of north Carolina.
- Barbour, M.G., J.H. Burk and W.D. Pitts. 1987. Terrestrial plant ecology. 2nd ed.. The Benjamin/Cummings Publishing Co.. Menlo Park. pp. 155-229.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie Grundzuge der Vegetation der Vegetation 3. Auf. Springer-Verlag. Wien. N. Y. 865 p.
- Bray, J. R. and J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest community of southern Wisconsin. Ecology Monger. 27 : 325-349.

- Brower, J.E. and J.H. Zar. 1977. Field and laboratory method for general ecology. Wm. C. Brown Co. Publ. Iowa. 184 p.
- Buell, M.F., A.N. Langford, D.W. Davidson and L.F. Ohmann. 1966. The upland forest continuum in northern New Jersey. *Ecol.* 47 : 416-432.
- Cox, G.W. 1972. Laboratory manual of general ecology. Wm. C. Brown Co. Publ. Iowa. 232 p.
- Curtis and McIntosh R.P. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32:476-496.
- Dierssen, K. 1990. Einführung Pflanzensoziologie. Akademie-Verlag Berlin. 241 p.
- Ellenberg, H. 1956. Grundlagen der vegetationsgliederung. I. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In : Walter, H.(Hrsg.) Einführung in die Phytologie IV. 136 p. Stuttgart.
- Gauch, H.G. 1977. ORDIFLEX - a flexible computer program for four ordination tec. : Weighted averages. polar ordination. principal components analysis and reciprocal averaging. Release B. Cornell Uni. N.Y. 185 p.
- Goodall, D.W. 1963. The continuum and the individualistic association. *Vegetatio* 11 : 297-316.
- Greig-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology. 3rd ed.. Blackwell. Oxford. 256 p.
- Hurlbert, S. H. 1971. The nonconcept of species diversity : a critique and alternative parameters. *Ecology* 52 : 577-586.
- Krebs, C.J. 1985. Ecology. 3rd edition. Haber & Row. Publishers. Inc. pp. 3-14.
- Loucks, O.C. 1970. Evolution of diversity efficiency and community stability. *American Zoologist* 10 : 17-25.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. John Wiley. New York. 337 p.
- Schluter, D. 1984. A variance test for detecting species associations. with some example applications. *Ecology* 65 : 998-1005.

- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press. Urbana.
- Ter Braak, C.J. F. 1986. Canonical correspondence analysis : a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecol.* 67 : 1167-1179.
- Ter Braak, C.J.F. 1987. CANOCO-a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis. principal components TNO Institute of Applied Computer Science. Statistics Department. Wageningen. The Netherlands.
- Whittaker, R.H. 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.* 49 : 207-264.

## 제 5 장 금강소나무림 분포지의 지질, 토양, 기후

### 제 1 절 금강소나무림 분포지대의 지질 분석

#### 1. 실험 목적

금강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)와 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)의 지역간 그리고 금강소나무림 내의 적송(赤松)과 백송(白松)이 자라고 있는 지역의 지질적인 차이가 있는가를 구명하기 위하여 본 실험을 실시하였다.

#### 2. 재료 및 실험방법



Fig. 5-1. Studied site.

1 : Mt. Eungbong, 2 : Sokwang-Ri,  
3 : Mt. Kumma, 4 : Mt. Kaya,  
5 : Mt. Minbong

울진 지역 소나무를 포함한 금강소나무림 지대와 소나무림 지대의 지질을 비교하고자 본 보고서는 1997년 10월부터 1999년 8월 사이에 걸쳐 문헌조사와 야외답사 및 실내실험을 통하여 수집된 자료를 분석, 검토하고 종합적으로 정리한 것이다. 地形은 1/50,000 지형도(국립지리원)를 활용하고, 地質은 1/50,000 한국지질도(동력자원연구소)와 지질도가 없는 지역은 지질학계통의 학회지와 연구문헌을 활용하였으며 부족한 것은 현지답사와 실내작업을 통하여 보완하였다.

그림 5-1은 조사지의 위치를 나타낸 것이다.

가. 지형 : 국립지리원 1/50,000 지형도

나. 지질

- 1) 文獻調査 : 한국지질도 (자원개발연구소): 장성도폭, 도계동도폭, 구산동도폭, 구정도폭 및 학회지와 연구논문 등의 각종 자료를 수집하여 기 조사 연구된 내용을 분석, 검토하였다.
- 2) 現地踏査 : 현지에서 야외지질조사를 실시하여 지질도폭상의 절리와 층면의 주향과 경사, 단층선등 각종 지질학적 중요사항을 확인하였다.
- 3) 薄片製作 : 현지답사를 통하여 채취한 암석을 적당한 크기와 두께로 절단하여 슬라이드유리에 부착하고 연마하여 박편을 제작하였다.
- 4) 顯微鏡 觀察 : 박편을 편광현미경하에서 관찰하여 암석의 광물조성과 조직 등을 조사하여 지질학적 해석과 고찰에 필요한 자료를 수집하였다.
- 5) 圖表 作成 : 지질도의 작성과 해석에 필요한 도표를 작성하였다.
- 6) 地質圖 作成 : 상기 실내외작업을 통하여 수집된 각종 지질학적 기초자료를 종합, 검토하여 지질도를 작성하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 울진군 서면 소광리 지역

1) 지형

본 지역은 묘봉(1167m), 샷갓재(1119m), 응봉산(998.5m)를 잇는 분수령에 의하여 북쪽의 강원도와 남쪽의 경상북도로 크게 경계 지어진다. 또 샷갓재와 그 남서쪽에 있는 백병산(1159m)을 잇는 능선으로 서쪽의 봉화군과 동쪽의 울진군으로 구분된다. 그리고 울진군은 응봉산의 남쪽 능선과 샷갓재의 동쪽 능선이 교차하는 지점으로부터 십이령(410m)을 잇는 능선에 의하여 서면, 북면, 울진읍으로 구분된다. 상기 능선들도 소규모의 분수령 역할을 하며 하천 및 계곡천은 이들 분수령과 능선을 끼고 여

러 방향으로 발달하는데 본 지역 서부에서는 석포리천이 서류하고 북부에서는 계곡천이 북류하며 남부에서는 계곡천이 남류한다.

## 2) 지질

본 지역(경북 울진군 서면 소재)의 지질은 장성도폭(윤석규, 1967)에 의하면 지질도면(그림 5-2)의 남서쪽 절반 이상을 점하는 선캠브리아기의 분천화강편마암과 도면의 북서단쪽에서 본 암을 부정합으로 덮고 있는 캄브로오도비스기의 조선계 대석회암층 및 양 암석 사이를 관입접촉하는 시대미상의 홍제사화강암으로 주로 구성되어 있으며 분천화강암내에는 이에 의하여 관입된 원남층 및 각석질암이 북동-남서 방향으로 길게 분포한다. 조선계는 캄브리아기의 묘봉층, 풍촌석회암층, 세송층, 화절층과 오드비스기의 동점규암층, 두무동층, 막동석회암층으로 구성되어 있다. 본 지역의 상기 주암인 분천화강편마암과 홍제사화강암내에는 백악기에 관입한 산성 및 염기성 암맥이 다수 분포한다. 제4기의 하성층은 분천화강편마암과 홍제사화강암내에 소규모로 분포한다. 조선계 대석회암통에는 북동-북서 방향의 단층이 발달한다. 본 지역 북서단의 홍제사화강암내에는 함금석영맥 (금수광산)이 배태한다.

### 가) 원남층

본 층은 조사지역내 중남부를 북동방향으로 대상분포하며 본 층을 관입접촉하는 분천화강편마암내에 대체로 그의 엽리방향으로 포획되어 있다. 양 암사이에는 각섬질암이 수반된다. 본 층의 일반 주향과 경사는 N40oE, 35o-45oNW이며 주로 사질 내지 니질 변성퇴적암으로 구성되어 있다. 이들은 호층을 이루고 화강암질 물질의 혼입으로 혼성암화되어 있다. 본 층에는 석회암, 규암 및 석영견운모편암이 협재한다.

### 나) 각섬질암

본 암은 원남층에 연하여 분포하며 큰 것은 층후가 수 10m에 달한다. 암질은 현정질이며 암녹색을 띤다. 본 암은 경하관찰에 의하면 주로 담녹색 반자형 각섬석과 사장석으로 구성되어 있으며 소량의 석영입을 포함한다. 사장석은 열수용액에 의하여

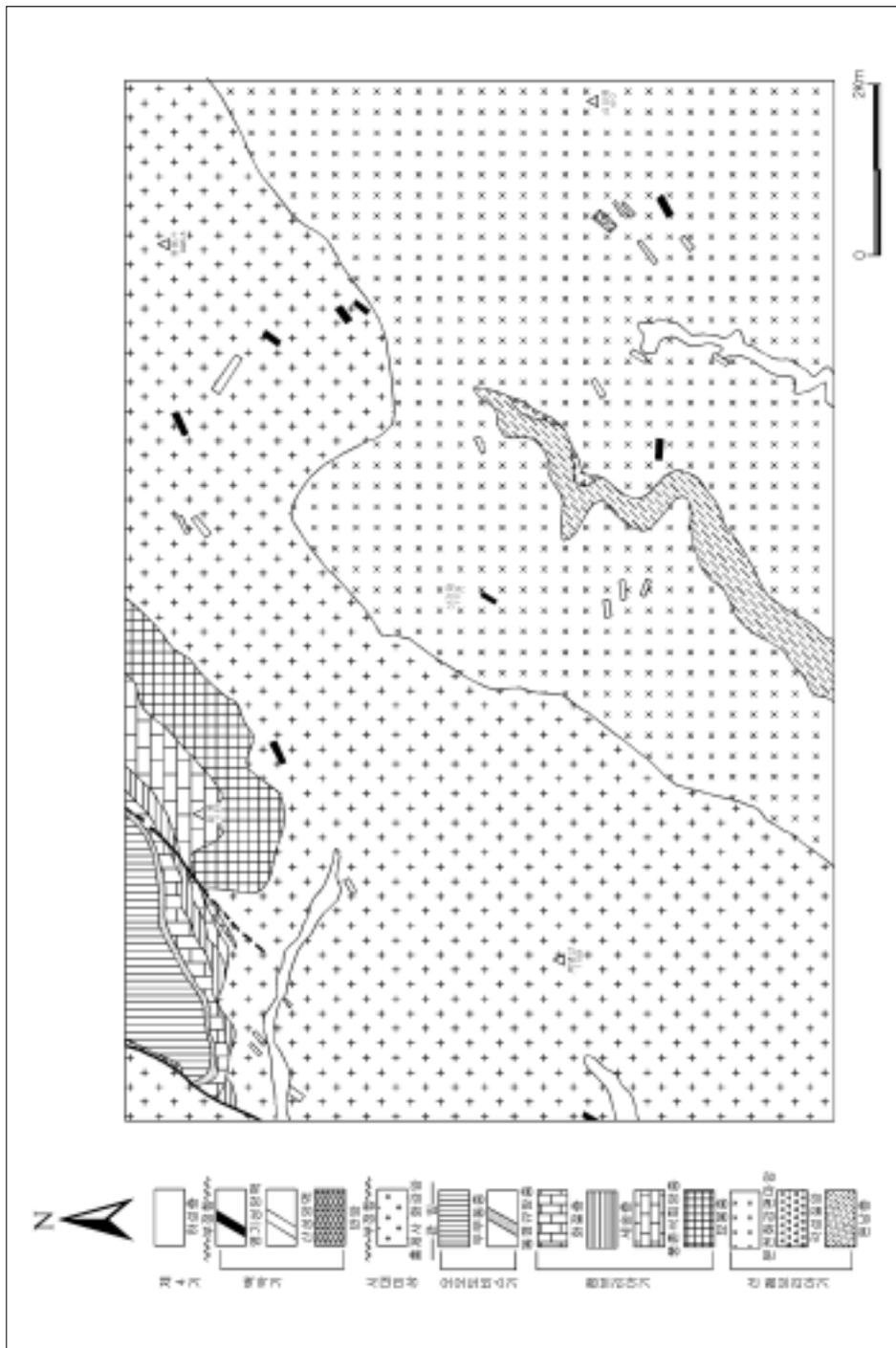


Fig. 5-2. The geologic map of Sokwang-Ri.

심히 열변질되어 소슈어라이트(saussurite, 녹렴석, 클리노조이사이트, 조이사이트, 알바이트의 미세한 결정집합체)화되어 있으며 석영내에는 각섬석의 미정이 불규칙하게 산재하는 구조(poikilitic texture)를 보인다.

지질시대	계 및 층군	암 층	암 질
	제 4계	하 성 층	사, 력, 점토
~ 부정합 ~			
백악기		산성 암맥 염기성 암맥 반암	석영반암, 규장암, 유문암 황반암, 휘록암 화강반암, 섬록반암
~ 부정합 ~			
	시대미상	홍제사화강암	복운모회색장석(미사장석)화강암, 복운모화강암, 거정화강암질 암맥
- 관 입 -			
오오도비스- 캠브리아기	대석 회암 층군	두무동층 동점규암층 화절층 세송층 풍촌석회암층 묘봉층	충식석회암, 녹회색 사질세일, 니회암, 백색괴상석회암 담갈색, 흑색 규암 회색, 담갈색 충식석회암 암회색, 회록색 사암, 사질세일 유백색, 회백색, 회색 괴상석회암 회록색, 암회색 슬레이트
- 관계미상 -			
선캠브리아기	선 캠 브 리 아 계	분천화강편마암 - 관 입 - 각섬질암 ~ 부정합~ 원남층	흑운모 화강편마암 (안구상, 호상 및 반상변정질구조)  각섬암, 각섬편암, 화성원 각섬암  사질변성퇴적암: 석영장석흑운모편마암 니질변성퇴적암: 운모, 각섬석/석영/견운모편암, 석회암박층, 백색규암

#### 다) 분천화강편마암

본 암은 엽편상구조가 잘 발달해 있으며 원남층의 편리구조에 평행한 엽리를 보인다. 본 암은 조립질 변성반상석리와 세립질 등립상석리를 가지는 두 종류로 구분되는데 산립지의 화강편마암은 조립질 변성반상석리가 우세하고 안상구조 및 호상구조도 보인다. 본 암의 주향과 경사는 N45o-60oW, 60o-80oNE이다. 경하관찰에 의하면 세립질 화강편마암은 정장석, 사장석, 미사장석, 석영, 흑운모, 백운모 등으로 구성되어 있다. 정장석과 사장석은 오염되어 있으나 미사장석은 신선한 편이다. 흑운모는 대체로 청색을 띠나 부분적으로 탈색 내지 갈색화되어 있다. 석영은 일부 입상화 내지 편두상으로 연장되어 있다.

#### 라) 묘봉층

본 층은 조선누층군의 최하부층으로 그 기저는 홍제사화강암에 의하여 관입접촉되어 있다. 층리의 발달이 양호하고 주향은 NEE~NE, 경사는 25~30°NW이다. 암석은 회녹색, 암회색, 회흑색의 슬레이트로 되어 있고 화강암의 관입을 받은 곳은 녹색 또는 적갈색으로 변화되어 있다. 경하관찰에 의하면 쇠설성 석영과 흑운모, 녹렴석, 녹니석으로 구성되어 있으며 녹렴석과 녹니석은 석영입사이를 채우고 있다.

#### 마) 풍촌석회암층

본 층은 묘봉층위에 정합으로 덮고 있으며 층리의 발달이 거의 없거나 대단히 미약하다. 암석은 유백색, 회백색, 청회색 괴상석회암으로 되어 있으며 대체로 결정질이다. 경하관찰에 의하면 미정질인 석회암바탕에 부분적으로 방해석이 발달되어 있다. 본 층의 분포지에는 특징적인 카르스트지형이 형성되어 있다.

#### 바) 세송층

본 층은 풍촌석회암을 정합으로 덮고 있으며 주로 암회색, 회녹색 사암 및 사질세일로 되어 있으나 암질은 석회질이며 일부는 층식상 구조를 보인다. 대체로 층리가 잘 발달해 있으며 상부의 화절층과는 점이적이어서 경계가 명확치는 않다. 그러나 본 층은 화절층에 비하여 사질 내지 니질이다.

#### 사) 화절층

본 층은 회색 석회암과 회색 석회질세일의 호층으로 된 층식석회암으로 층리가 잘 발달되어 있다.

#### 아) 동점규암층

본 층은 박층이나 화절층과 두무동층 사이에서 연속성을 가지고 노출된다. 담홍색 규암을 주로하나 상하반에 흑색 사질암을 수반하는 일이 많고 흔히 다공성이다.

자) 두무동층

본 층은 동점규암층을 정합으로 덮고 있고 충식석회암, 녹회색 사질세일, 니회암 및 백색 괴상 석회암으로 되어 있으며 대체로 층리가 잘 발달되어 있다.

차) 홍계사화강암

본 암은 북동-남서 방향으로 본 역의 서부와 북동부에 광범하게 분포하며 다량 포함된 청회색 내지 암회색 장석 (미사장석)으로 전체적으로 청회색을 띤다. 장석에는 백색 내지 담황색 (정장석)도 있고 운모는 흑운모가 우세하다. 일반적으로 조립질이며 부분적으로 엽리가 발달되며 원남층을 관입 접촉한 곳에서는 주입편마암화되어 있다. 현미경 관찰에 의하면 미사장석은 비교적 신선하나 정장석은 심히 분해되어 녹니석, 견운모화되어 있다.

카) 반암 및 염기성 암맥

극히 소규모로 분포해 있으므로 기술은 삭제한다.

타) 하성층

본 층은 분천화강편마암 내에 남북방향으로 소규모로 분포해 있으며 모래, 력, 점토로 구성되어 있다.

나. 합천 지역

1) 지형

본 지역은 두리봉(1133m), 가야산(1430m) (이상 본 역 밖 북쪽)과 가산(690.2m), 북두산(682.9m), 문수봉(467m), 미송산(751m)을 잇는 분수령에 의하여 서편의 경상남도 합천군과 동편의 경상북도 고령군이 경계 지어지고 합천군은 다시 북두산에서 시루봉(593m), 남산봉(321m), 자경산 (503.3m)으로 이어지는 능선으로 가야면과 야로면이 경계지어 진다. 고령군도 문수봉과 미송산에서 각각 동쪽으로 벌어있는 소능선으

로 덕곡면, 고령읍, 쌍림면으로 구분된다. 하천 및 계곡천은 이들 분수령과 능선을 끼고 발달해 있는데 고령군 지역에서는 대체로 동류하고 합천군 지역에서는 상기 분수령과 본 역 밖 서쪽에 위치하는 두리봉(1133m)에서 남산(1113m), 이상봉(1046m), 비계산(1126m)으로 연결되는 분수령(합천군과 고령군의 군계가 됨)을 안고 대체로 남동류한다.

2) 지질

본 지역(경북 고령군 고령면-덕곡면 및 협천군 야로면-가야면 소재)은 구정도폭(최승오·권영일, 1963)의 서부 중앙부에 해당한다. 본 지역의 지질은 지질도(그림 5-3)에서 보는 바와 같이 선캠브리아기의 반상변정편마암이 본 역의 중앙부를 북동-남서방향으로 넓게 대상분포를 하고 이를 시대미상의 화강암류가 관입하고 있는데 해인사 화강암과 우백화강암은 각각 본 역의 북서부와 남동부에 분포하며 고령화강암은 반상변정편마암과 같은 방향으로 중앙부를 길게 관입하고 있다. 해인사 화강암의 연변부에는 소규모의 회장암이 대상으로 분포한다. 낙동층은 본 역 동남부에 분포하며 고령화강암을 부정합으로 덮고 있다. 하성층은 주로 반상변정편마암내에 발달한다. 암류별로 도폭설명서의 내용을 분석 요약하면 다음과 같다.

지질시대	계 및 층군	암 석	암 질
제4기	제 4계	충 적 층	모래, 자갈, 점토
~ 부정합 ~			
쥬라기	신동층군	낙 동 층	역암, 사암, 알코스 사암, 세일의 호층
~ 부정합 ~			
시대미상	고령화강암 우백화강암 해인사화강암 회장암		불국사 화강암에 유사 흑운모, 석영이 엽상배열 조립 내지 중립질 흑운모각섬석 화강암,
- 관 입 -			
선캠브리아기	선캠브리아계	반상변정편마암	편마암, 조립질 화강편마암(변정 산재) 안구상 편마암

가) 반상변정편마암

본 암은 최하위층으로 본 역 남서부에서 중앙부를 지나 북동부 방향으로 넓게 대상분포를 하고 있으며 시대미상의 화강암류에 의하여 관입접촉되어 있다. 대체로 일



Fig. 5-3. The geologic map of Hapcheon.

반 편마암과 같은 암상을 하고 있으나 국부적으로 안구상 구조도 관찰되고 곳에 따라 기원퇴적암의 잔유물인 규질암을 협재한다. 편리는 현저하지 않으나 대체로 N50oE 방향을 가지며 구정도폭의 주향과 일치한다. 본 암의 특징은 조립질 화강암질 편마암에는 2~3cm정도의 장석의 장방향 변정이 산재한다.

#### 나) 회장암

본 암은 본 역 북서단에 분포하는 해인사화강암의 연변부에 연하여 대상 및 맥상으로 분포하며 반상변정편마암을 관입하고 있다. 주로 장석으로 구성되어 있으며 유색광물은 적고 장석은 사장석이 우세하다. 풍화에 약하여 신선한 노두가 드물고 경계선을 설정하기 힘들다. 노두면은 백색 내지 회백색을 띤다.

#### 다) 해인사화강암

본 암은 본 역 북서단에 소규모로 분포하며 반상변정편마암을 관입접촉해 있다. 회장암과 우백편상화강암과의 관계는 미상이다. 지역에 따라 약간의 상이한 양상을 보이나 대체로 조립 또는 증립질의 화강암이며 때로는 편마구조를 보이기도 한다. 현미경 관찰에 의하면 본 암은 석영 (45.0%) 함량은 높고 사장석 (20.5%)은 비교적 적으며 K-장석 (30.4%)은 타암체와 비슷하다. 흑운모, 각섬석은 적고 인회석, 저어콘도 극소량 포함된다.

#### 라) 우백편상화강암

본 암은 반상변정편마암 내에 대체로 북북동-남북 방향으로 관입 분포해 있으며 렌즈상의 반상변정편마암을 포획하기도 한다. 해인사화강암과 고령화강암과는 관계 미상이다. 풍화에 약하여 낮은 지형을 이루며 풍화노두는 황색 내지 홍색을 띤다. 주로 장석으로 구성되어 있고 석영 함량은 낮으며 엽리의 방향은 N30o~40oE, 50oNW이다. 현미경 관찰에 의하면 사장석 (43.9%)함량이 많고 석영 (24.0%)과 K-장석 (23.7%)은 낮은 편이다. 흑운모, 각섬석은 소량 들어 있고 인회석, 저어콘도 관찰된다.

#### 마) 고령화강암

본 암은 본 역 동부에 넓게 분포하며 반상변정편마암을 관입하고 낙동층에 의하여 부정합으로 피복되어 있다. 우백화강암과는 관계미상이다. 본 암은 시대미상이나 선캠브리아기의 반상변정편마암을 관입하고 있으면서 경상계 낙동층에 의하여 부정합으로 피복되어 있으므로 본 암은 선경상계의 주라기 화강암으로 인지되고 있다. 현미경 관찰에 의하면 사장석 (38.8%), K-장석 (29.5%), 석영 (23.4%)외에 소량의 흑운모, 각섬석, 백운모를 포함한다.

#### 바) 낙동층

본 층은 본 역 남동단에 분포하며 고령화강암을 부정합으로 피복한다. 본 암의 주향과 경사는 N20o~40oE, 10o~35oSE 이고 층후는 50~700m이며 역암, 사암, 알코스사암, 세일로 구성되어 있다. 기저부는 역암 및 역질사암으로 되어 있고 역은 원형 내지 타원형으로 회색의 규암, 세일, 혼펠스, 석영맥, 화강암질암, 처트이다. 분급도가 낮고 횡적 변화가 심하다.

### 다. 청송 민봉산 지역

#### 1) 지형

본 지역은 꼭두방재(415m), 배틀봉(930m), 면봉산(1913m), 보현산(1124m) (본 역 밖 남서쪽)을 잇는 분수령에 의하여 서편의 청송군 현서면-현동면과 동편의 영일군 죽장면이 경계 지어진다. 그리고 현서면과 현동면은 면봉산에서 북쪽 능남재(664m)를 잇는 낮은 능선으로 경계 지어진다. 상기 능선도 소규모의 분수령 역할을 하며 하천 및 계곡천은 이들 분수령과 능선을 끼고 발달하며 본 역에서는 주로 북류하고 있다.

#### 2) 지질

본 지역(경북 청송군 현서면-현동면 및 영일군 죽장면 소재)은 구산동도폭 (장기

홍등, 1977)의 남동부와 도평도폭(권영일, 이인기, 1973)에 해당한다. 본 역의 지질은 지질도에서 보는 바와 같이 유천층군의 안산암질암과 산성화산암류가 본 역의 대부분을 점하며 이들에 의하여 관입된 하양층군은 본 역의 북동부와 남서부에는 춘산층 그리고 서변 중앙부에는 신양동층이 분포한다. 흑운모 화강암은 본 역 남동부에서 안산암질암을 관입하고 있으며 석영문조니암, 화강섬록암 등으로 구성된 화강암류는 본 역 서부에서 춘양층과 안산암질암 및 산성화산암류 모두를 관입하고 있다. 산성암맥은 춘산층에서 수개 관찰된다. 제4기의 하성층은 소규모로 주로 산성화산암류와 춘산층내에 남북방향으로 분포한다. 본 역의 동변의 춘산층과 유천층군에는 산성암맥과 방향이 평행하는 북서-남동 방향의 소규모의 단층이 발달한다. 암류별로 도폭 설명서의 내용을 분석 요약하면 다음과 같다.

가) 춘산층

본 층은 하양층군의 상부층에 해당하나 본 역에서는 최하부층이 된다. 주요 분포지는 본 역의 북동부 및 남서부이며 안산암질암, 산성화산암류 및 화강암류에 의하여 차례로 관입 접촉되어 있으며 북동부에서는 산성화산암류에 포획된 형태로도 관찰된다. 본 층의 암색은 대체로 하부는 암색을 띠고 상부는 저색이 우세한데 상부층에는 저색층이 많이 협재되고 하부층에는 중회색 내지 암회색의 미사질 세일과 사암층이 2-3매 협재된다. 기저부는 유문석영안산암질 응회암으로 되어 있고 간혹 저색층이 협재한다.

지질시대	계 및 층군	암 층	암 질	
제4기	제 4계	층 적 층	모래, 자갈, 점토	
~ 부정합 ~				
백악기	경상계	불 국 사 관입암군	산성 암맥 화강암류 흑운모 화강암	석영문조니암, 화강섬록암, 화강섬록반암 흑운모, 정장석, 사장석, 석영; 전체적으로 균질, 간혹 반상조직 보임
		- 관 입 -		
		유 천 화 산 암층군	산성화성암류 - 분출 및 관입 - 안산암질암	유문암, 유문석영안산암, 산성화산암  암회색 안산암, 각력안산암; 반정은 사장석, 휘석, 각섬석 석기는 미정질 사장석
	하양층군	신양동층 춘산층	흑색 세일 및 사암 사암, 세일, 응회암 및 역암 (합쳐트역)	



Fig. 5-4. The geologic map of Mt. Minbong in Chungsong.

#### 나) 신양동층

본 층은 춘산층의 상부으로 하양층군의 최상부층에 해당한다. 주요 분포지는 본 역의 서변 중앙부이고 산성화산암류에 의하여 관입 접촉되어 있다. 본 층은 주로 흑색 내지 암회색의 세일로 되어 있는데 최상부는 암회색 세일과 저색 세일의 호층으로 되어 있고 하부는 암회색 세일로 되어 있다. 중부의 세일은 미사질 및 점토로 구성되어 있고 중회색 내지 암회색의 세립사암과 니회암이 협재한다. 본 층은 하위층인 춘산층과는 저색으로 구분이 잘 된다.

#### 다) 안산암질암

본 암은 유천화산암층군의 하부층인 중성 및 염기성 화산암 (구산동도폭)에 해당되며 하위에 현무암질암, 상위에 유문암질 응회암과 유문암질암이 있다. 주요 분포지는 본 역의 남부이며 본 암의 서단에서는 춘산층을 관입 접촉하고 북변은 산성화산암류에 의하여 길게 관입 접촉되고 있다. 본 암의 중앙부와 서부는 흑운모화강암과 화강암류로 관입하고 있다. 본 암은 안산암, 각력안산암으로 구성되고 암회색을 띠며 반정이 관찰된다. 반정은 누대구조를 한 사장석, 휘석, 각섬석으로 되어 있고 석기는 미정질 사장석이다.

#### 라) 산성화산암

본 암류는 유천화산암류 중 최상위암으로 본 역을 동서방향으로 넓게 분포한다. 본 암의 남단에서는 하위암인 안산암을 관입해 길게 접촉하고 있으며 북서단에서는 화강암질암류에 의하여 관입되어 있다. 본 암은 주로 유문암류로 구성되고 곳에 따라 유문석영안산암도 산출된다. 암색은 담색 내지 담갈색을 띠며 유문구조가 잘 발달되어 있고 동질암의 각력도 관찰된다. 본 암에 포획되어 있는 춘산층 주위는 방해석으로 충전되어 있는 경우가 많고 암편에는 백운모, 흑운모 및 녹립석 등의 열변성 광물이 관찰되고 석영은 재결정되어 있다. 현미경관찰에 의하며 반정은 사장석, 카리장석, 석영으로 되어 있고 석기는 미정질 정장석, 석영, 카리-규장질유리로 되어 있다.

마) 흑운모화강암

본 암은 불국사관입암군에 속하며 본 역 동남부에서 안산암질암을 관입해 있다. 등립질리며 석영, 사장석, K-장석, 흑운모가 주구성광물이다. 사장석은 조장석질이다. 흑운모는 간혹 녹니석화되어 있다.

바) 화강암질암

본 암은 불국사관입암군에 속하며 춘산층, 안산암질암 및 산성화산암을 관입하는 한편 피관입암을 많이 포획하고 있다. 주요 분포지는 본 역의 북서부 및 남서부이다. 아다멜라이트 내지 함석영 문지니암에 해당되며 중간성분의 암질이 가장 우세하다. 입도는 전체적으로 균일하다. 현미경관찰에 의하면 반정은 사장석, 소량의 흑운모, 각섬석으로 되어 있고 석기는 석영, 정장석으로 되어 있다. 각섬석은 대부분 그리고 흑운모는 일부 녹니석화되어 있다.

라. 삼척군 응봉산-사금산 지역

1) 지형

본 지역은 육백산(1244m), 응봉산(1267m), 사금산(1092m)을 잇는 분수령과 사금산-노루목이(역외 남서쪽)를 잇는 능선에 의하여 서쪽의 강원도 삼척군 도계읍과 동쪽의 노곡면-원덕읍으로 경계지어진다. 이 분수령에 의해 소계곡천이 남류 및 북류하며, 남류한 소계곡천은 가곡천(역외 남동쪽)으로 유입된다. 능선이 대체로 평하여 계곡을 따라 지방도가 능선을 가로질러 나있다. 응봉산과 사금산을 비교했을 때, 사금산이 산세가 조금 험하다.

2) 지질

본 지역(강원도 삼척군 도계읍 소재)은 고사리도폭(태백산지구지하자원조사, 1962)의 남동부에 해당한다. 본 지역의 지질은 여러번 반복적인 변성작용을 겪은 것으로 보이는 선캠브리아기 미그마타이트 편마암이 도면의 중심부에서 그 대부분을 차지하

고 있으며, 도면의 북서쪽에서 본 암을 부정합으로 덮고 있는 조선계 대석회암층군으로 구성되어 있다. 본 역의 북동-남서 방향과 동서방향으로 단층이 발달한다. 조선계 대석회암층군은 캠브리아기의 장산규암층, 묘봉층, 풍촌석회암, 화절층으로 구성되어 있다.

지질시대	계 및 층군	암 층	암 질
캠브리아기	대석회암층군	화절층 풍촌석회암층 묘봉층 장산규암층	층식석회암, 이회암, 사질세일회색, 백색석회암 암녹색 슬레이트, 세일, 유백색석회암 유백색규암
~부정합~			
선캠브리아기	선캠브리아계	미그마타이트편마암 (화강편마암함유)	미그마타이트 편마암

#### 가) 미그마타이트 편마암

본 지역의 대부분을 차지하고 있는 암석이다. 석영, 장석 같은 규장질 성분으로 구성된 화강암질 부분과 편마암질, 편암질 부분을 가지는 것이 특징적이다. 주구성광물은 석영, 사장석, 미사장석, 정장석, 흑운모이며, 규선석과 석류석도 보인다. 편마암에서 주로 나타나는 호상구조뿐만 아니라 화강암의 구조도 보인다.

#### 나) 장산규암층

본 지역의 북서쪽에 분포한 본 층은 이지역 조선계 대석회암층군의 최하부층으로 선캠브리아기의 미그마타이트 편마암을 부정합으로 덮고 있다. 조립질의 유백색, 회색의 규암으로 구성되며, 5~10cm의 규암 역이 층내에 드물게 나타난다.

#### 다) 묘봉층

본 층은 암녹색 슬레이트로 되어있고 층리의 발달이 양호하여 일부에서는 광화작용을 받아 녹색 또는 적갈색으로 변화되어 있다. 경하관찰에서는 쇠철성석영과 흑운모, 녹니석, 녹염석 등으로 구성되어 있는데 녹염석과 녹니석은 서로 밀접히 수반되면서 석영입 사이를 채운다. 본 암의 주향과 경사는 NNE~NE 25o~30oNW이다.

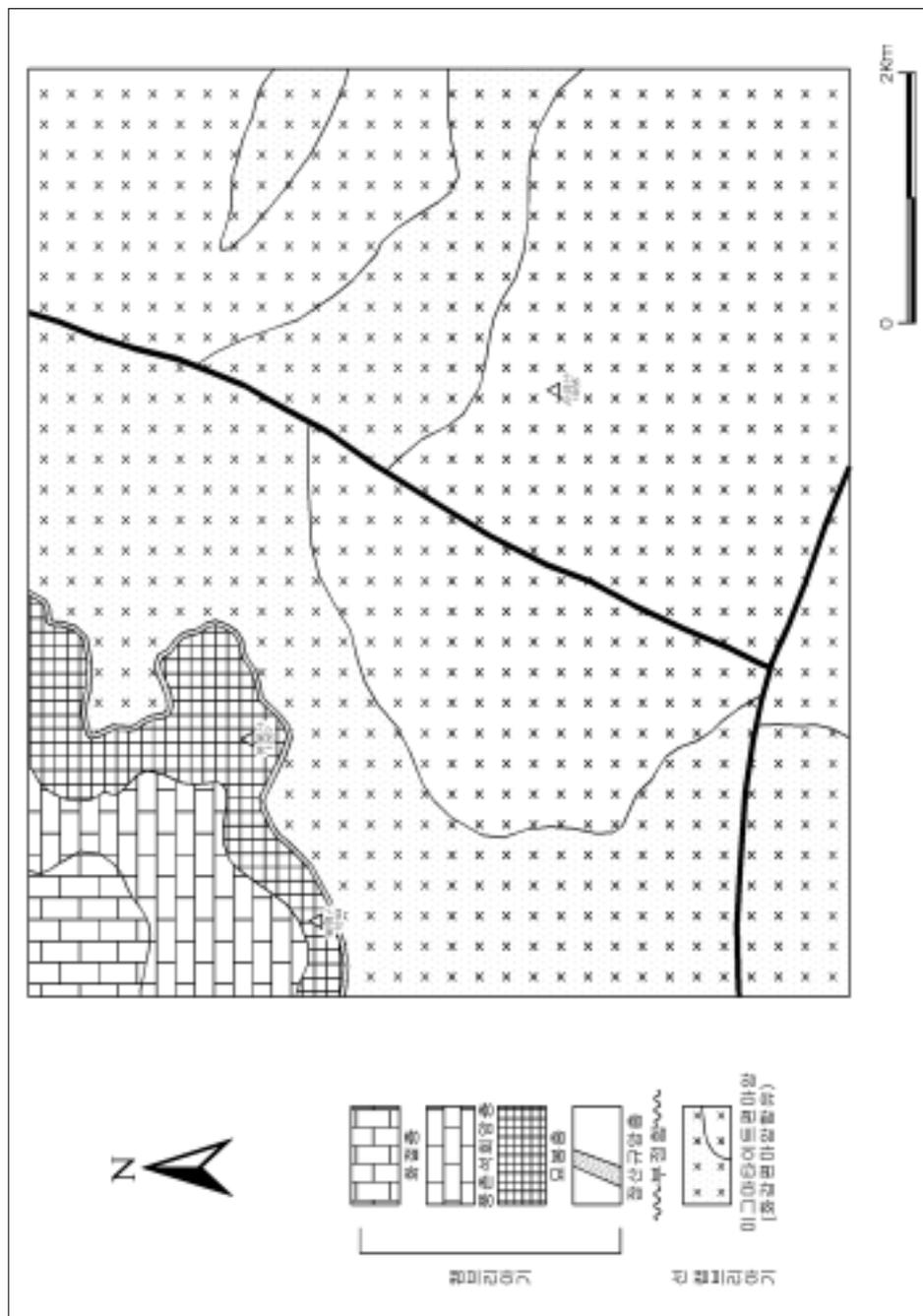


Fig. 5-5. The geologic map of Mt. Eungbong and Mt. Sakuem in Samchuk.

라) 풍촌석회암층

본 층은 묘봉층 위에 정합으로 덮이는 회색, 백색석회암으로서 대체로 결정질이고 층리의 발달이 거의 없거나 대단히 미약하다. 경하관찰에서는 미정질인 석회암 바탕에 부분적으로 방해석맥이 발달되어 있다. 층후는 200m~300m이다.

마) 화절층

본 층은 회색 석회암과 회색 석회질 세일의 호층으로 된 층식석회암으로 층리가 잘 발달한다. 층후는 250m~300m이다.

마. 김마산 지역

1) 지형

본 지역은 금장산 (848.7m)과 백암산 (1003.7m) (본 역 밖 남동쪽)을 잇는 분수령에 의하여 서편의 경상북도 영양군 수비면과 동편의 울진군 온정면-원남면이 경계지어진다. 그리고 금장산과 백암산은 각각 서쪽의 울연산 (939m)과 오십봉 (827m) (본 역 밖 남서쪽)으로 산능선이 벌어 있다. 하천 및 계곡천은 이들 분수령과 능선을 끼고 서류 및 동류하며 두 산능선사이에는 능선에 평해하여 동서 방향으로 지방도가 지나고 있다.

2) 지질

본 지역(경북 영양군 수비면 및 울진군 온정면-원남면 소재)은 도계동도폭(김옥준 등, 1963) 동부와 평해도폭(김옥준 등, 1963) 서부의 중앙부에 해당한다. 본 지역의 지질은 지질도에서 보는 바와 같이 하양층군의 울연산층, 동화지층, 가송동층이 본 역의 대부분 지역을 점하고 선캠브리아기의 평해층군, 기성층, 우백질 화강편마암은 본 역의 북동단과 서변에 소규모로 분포한다. 백악기 화강반암은 울연산층과 가송동층을 그리고 유문암은 가송동층을 소규모로 관입한다. 하성층은 소규모로 주로 울연산층과 평해층군내에 발달한다. 본 역 북서부에는 북동-남서 방향의 소규모의 단층이

발달한다. 암류별로 도폭설명서의 내용을 분석 요약하면 다음과 같다.

지질시대	계 및 층군	암 층	암 질
제4기	제 4계	충 적 층	모래, 자갈, 점토
~ 부정합 ~			
백악기	경상계	불국사 관입암군 (?)	유문암질암맥 화강반암
		- 관 입 -	
		하양층군	가송동층 ~비정합~ 동화지층 울연산층
~ 부정합 ~			
선캠브리아기		하다우백질화강편마암	화강편마암, 거정화강편마암, 반화강암질편마암
		- 관 입 -	
		기성층(변질화산암류)	변질화산집괴암, 변질화산각력암 변질응회질암, 변질유문암
		~ 부정합 ~	
평해층군	사질원변질퇴적암 니질원변질퇴적암	세립질편마암, 백색규암, 석영견운모편암 안구상편마암, 호상편마암, 운모편암, 운모규선석편암	

#### 가) 평해층군

본 층군은 본 역의 최하부층으로 북동부에 소규모로 분포하며 기성변질화산암에 의하여 부정합으로 피복되어 있다. 본 층군은 변성니암층과 변성사질암층의 호층으로 되어 있으며 이들의 편리를 따라 혼입된 화강암질암으로 융합암상을 보인다. 변성니암층은 안구상 편마암, 호상편마암, 운모편암 및 운모-규선석 편암으로 구성되어 있으며 변성사질암은 세립 석영-장석-흑운모 편마암, 규암, 석영-견운모 편암, 세립 결정질 석회암 및 각섬암으로 구성되어 있다.

#### 나) 기성변질화산암

본 암은 변질화산암으로 본 역의 북동부에 소규모로 분포하며 평해층군을 부정합으로 피복하고 우백화강편마암에 의하여 관입되어 있다. 본 층은 변질된 화산집괴암, 화산각력암, 응회암질암 및 유문암으로 구성되어 있으며 변질 퇴적암류도 간혹 협재되어 있다. 구성 암류중 응회암질암이 가장 우세한데 흑색, 암회색, 회색 담회색, 담

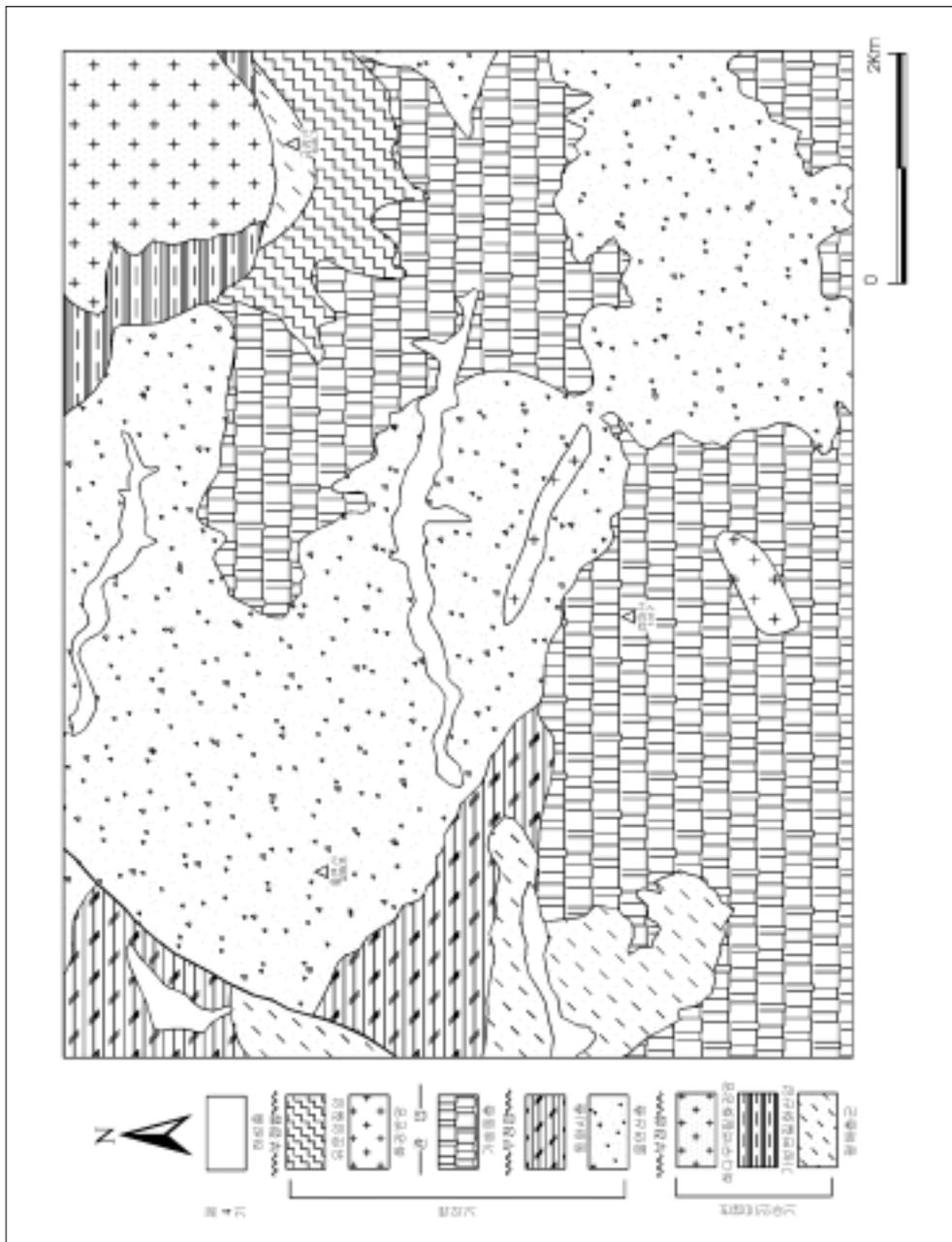


Fig. 5-6. The geologic map of Mt. Keumma.

녹회색, 녹색 등의 환원환경의 흑-회-녹의 색상을 보이며 주로 석영, 견운모, 변질 장석으로 구성되어 있다.

다) 하다우백질화강편마암

본 암은 본 역 북동부에 소규모로 분포하며 평해층군과 기성층을 관입하여 암상으로 산출된다. 본 암은 우백질거정화강편마암, 우백질화강편마암, 반화강암질편마암으로 구성되어 있으며 모두 엽리가 잘 발달되어 있고 평해층군의 편리 방향과 대체로 일치한다. 주구성광물은 석영, 정장석, 미사장석, 조장석, 회조장석, 백운모인데 암질에 따라 약간의 차이가 있다. 예로 우백질화강편마암은 상기 주구성광물외에 중성장석, 회장석, 흑운모가 있고 석류석도 산재한다.

라) 울연산층

본 층은 본 역 하양층군의 최하위층으로 대체로 북서-남동 방향으로 넓게 분포하며 선캠브리아지층을 부정합으로 덮고 있다. 기저역암의 부정합면은 매우 불규칙하고 700를 넘는 곳도 있다. 본 층은 성층면의 발달이 불량하고 하위에서는 주로 역암(평균 20cm, 범위 2cm-2m)으로 구성되나 상위로 갈수록 역의 크기는 작아지고 알코스사암 혹은 니암과 호층을 이루며 알코스사암은 녹회색 내지 암회색을 띠나 본 층의 암색은 갈색이 우세하다. 바로 이 갈색에 의하여 회백색을 띠는 동화치층과 구분이 쉽게 된다. 역은 선캠브리아기의 여러 변성암류로 되어 있고 기질은 알코즈질로 되어 있다.

마) 동화지층

본 층은 본 역 북서부의 울연산층 남쪽 및 서쪽에 소규모로 분포하며 서쪽에서는 북동-남서 방향의 단층에 의하여 양층이 접한다. 울연산층과는 정합적 관계를 가지고 점이적 암상변화를 보이며 층리의 발달이 양호하다. 본 층은 하부에서는 알코스사암 및 역암층이 주로 하는 저색셰일 미 니암층과 호층을 이루나 상위로 갈수록 저색셰일 및 니회암이 우세하여 지면 점이적으로 니회암을 주로하는 가송동층으로 전이한다. 본 층은 장석과편이 많고 알코스 사암은 회백 내지 백색을 띠고 암회색 및

갈색니회암이 협재한다.

#### 바) 가송동층

본 층은 울연산층 남부와 동부에 넓게 분포하며 동화치층을 비정합으로 덮고 있다. 본 층은 니회암을 주로하며 셰일, 알코스 사암 및 박층의 석회암으로 구성되어 있다. 암저색 셰일과 쳐트질 셰일에는 스카른 광물이 산출된다.

본 층의 하부는 저색 내지 암저색 셰일 및 니암이 우세한 박층의 알코스 사암층이 역암층 (역의 크기 평균 <3cm)과 호층을 이루며 중부는 녹회색 니회암이 저색 및 암저색 니암 및 셰일과 호층을 이룬다. 상부는 저색 및 암저색 셰일 및 니회암이 우세하다.

#### 사) 화강반암 및 유문암질암맥

화강반암은 울연산층과 가송동층을 맥상으로 관입하고 있으며 유문암질암은 본 역 북동부에서 가송동층을 불규칙한 접촉면을 가지고 소규모로 관입하고 있다.

이상 5지역의 지질을 비교하였던 바 5조사구 지역 모두 화강암이 공통으로 존재하고 있다. 그러나 울진 지역은 분천화강편마암이 많은 지역을 차지하고 있다. 화강편마암은 화강암보다 쉽게 풍화되는 속성을 가지고 있다. 따라서 울진 지역의 모암은 다른 5 지역에 비교하여 풍화가 많이 진척된 특징을 갖고 있었다.

#### 4. 참고문헌

Lee Dai-sung, 1987, Geology of Korea, p41~55, Kyohak-sa

권영일, 이인기, 1973, 도평도폭 지질보고서(1:50,000), 국립지질 광물연구소

김옥준, 홍만섭, 원종관, 박희인, 박양대, 김기태, 1963, 도계동도폭 지질보고서 (1:50,000), 국립지질조사소

김옥준, 홍만섭, 원종관, 박희인, 박양대, 김기태, 1963, 평해도폭 지질보고서

(1:50,000), 국립지질조사소

대한지질학회 태백산지구지하자원조사단, 1962, 고사리도폭 지질보고서(1:50,000), 국  
립지질조사소

윤석규, 1967, 장성도폭 지질보고서(1:50,000), 국립지질조사소

장기홍, 고인석, 이재영, 김상욱, 1977, 구산동도폭 지질보고서(1:50,000), 자원개발연  
구소

최승오, 권영일, 1970, 구정도폭 지질보고서(1:50,000), 국립지질조사소

## 제 2 절 금강소나무림 지역과 소나무림 지역에 있어서 토양의 이화학적 성질

### 1. 실험 목적

금강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki)와 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)의 지역간 그리고 금강소나무림 내의 적송(赤松)과 백송(白松)이 자라고 있는 지역의 토양의 이화학적 성분의 차이가 있는가를 구명하기 위하여 본 실험을 실시하였다.

### 2. 재료 및 실험방법

#### 가. 표준지 설정 및 시료 채취 및 조제

금강소나무의 원형이 가장 잘 보존되어 있는 경북 울진군 서면 소광리 지역, 소광리에 인접한 지역(울진군 일대, 응봉산, 청옥산, 검마산, 통고산, 남해룡 지역)과 대관령, 홍천지역에 표준지를 설정하여 총 410점의 토양을 채취하였다. 특히, 소광리의 금강소나무림의 경우는 능선부위, 사면상부, 사면중부, 사면하부, 계곡부위로 세분하여 시료를 채취하였다.

소나무림(비금강소나무림)의 표준지는 팔공산(대구), 가야산(경남 합천), 민봉산(경북 청송)의 3개 지역에서 70점의 토양을 채취하였다.

토양의 이화학적 성질을 조사하기 위하여 각 표준지 내 5개 지점에서 토양(1kg)을 채취하였다. 채취한 시료는 실험실에서 풍건시킨 후 2mm와 0.02mm의 체를 통과시켜 분석용 시료로 사용하였다.

#### 나. 토양 분석

토성은 비중계법으로 측정하였으며, 토양 pH는 2mm체를 통과한 토양 5g과 증류수 25ml를 가하고 혼탁액을 만들어 1시간 방치 후 pH-meter(Philips pw 9418)를 사용하여 측정하였다. 유효인산(Available Phosphate :  $P_2O_5$ )은 2mm체를 통과한 시료

를 Lancaster법으로 전처리하여 분광분석기(Shimadzu UV-120-02)로 측정하였다. 탄소(Organic Carbon)와 전질소(Total Nitrogen)는 0.02mm 체를 통과한 토양을 자동성분분석기(NCS 2500, Fisons Instruments)로 분석하였다. 양이온 치환용량(CEC)은 Brown's Method로 측정하였고, 치환성양이온  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ (Exchangeable cation  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ )는 1-N  $CH_3COONH_4$ (pH 7.0)법으로 전처리하여 EDTA 적정법으로 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

표 5-1과 표 5-2는 금강소나무림의 토양 이화학적 성질을 나타낸 것이다. 그 중 표 5-1은 금강소나무림의 능선부위, 사면상부, 사면중부, 사면하부, 계곡부위의 토양에 대한 이화학적 성분의 평균치를 나타낸 것이고, 표 5-2는 소광리에 인접한 지역의 금강소나무림 (울진군 일대, 응봉산, 청옥산, 검마산, 통고산, 남해룡 지역, 대관령 지역, 흥천 지역)의 토양에 대한 이화학적 성분의 평균치를 나타낸 것이다. 표 5-3은 소나무림 (팔공산, 가야산, 민봉산)의 토양에 대한 이화학적 성분의 평균치를 나타낸 것이다. 표 5-4~15는 전체 조사지(금강소나무림 410개, 소나무림 70개)의 토양에 대한 이화학적 성분의 분석치를 나타낸 것이다.

Table 5-1. Total average content of physicochemical properties at Sokwang-Ri

Sites	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
										Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Ridge	74.3	11.3	14.4	4.61	16.31	4.38	0.32	13.54	10.12	1.30	0.56
Upper Slope	73.0	12.5	14.5	4.60	10.56	4.11	0.28	14.30	9.78	1.43	0.58
Middle Slope	71.2	13.6	15.2	4.70	8.78	3.13	0.23	13.21	11.59	1.56	0.69
Lower Slope	73.2	12.6	14.1	4.63	10.20	4.50	0.31	14.23	10.27	1.62	0.59
Valley	79.0	8.9	12.1	4.58	12.40	3.77	0.26	13.84	9.52	1.79	0.78

Table 5-2. Total average content of physicochemical properties at each sites.  
(*Pinus densiflora* for. *erecta*)

Sites	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
										Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Ulgin	71.9	13.1	15.0	4.66	4.57	1.61	0.18	8.89	11.02	2.30	1.00
Mt. Eungbong	70.7	15.1	14.2	4.77	26.76	6.09	0.46	12.57	15.55	4.91	1.45
Mt. Chungok	68.2	15.8	16.0	4.71	13.98	6.16	0.50	12.86	10.91	3.71	0.93
Mt. Kumma	73.0	14.6	12.4	4.74	24.18	3.81	0.31	13.32	11.41	5.04	1.87
Mt. Tonggo	69.0	15.4	15.6	4.62	17.23	5.34	0.40	13.36	11.11	4.26	0.99
Namhaeryong	76.2	11.5	12.4	4.88	9.56	3.45	0.26	13.67	11.45	2.43	0.75
Daegwanryong	79.4	12.1	8.5	4.50	8.62	2.06	0.16	12.56	8.70	2.01	0.60
Hongcheon	80.7	7.9	11.4	4.75	8.19	2.86	0.24	11.83	10.08	2.06	0.49

Table 5-3. Total average content of physicochemical properties at each sites.  
(*Pinus densiflora*)

Sites	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
										Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Mt. Palgong	80.9	10.3	8.8	4.56	14.37	2.54	0.24	9.58	13.85	2.46	0.92
Mt. Gaya	61.8	22.3	16.0	4.71	5.54	1.71	0.17	9.80	12.43	1.61	0.36
Mt. Minbong	65.1	27.1	7.9	4.91	20.28	3.78	0.32	12.05	10.42	3.01	0.69

Table 5-4. Total content of soil physicochemical properties at Sokwang-Ri.(Ridge, Upper)

Sites	Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P205 (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
											Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Ridge	SCL	73.8	10.1	16.1	4.44	25.30	4.74	0.41	11.6	23.10	1.90	2.00
	SL	68.9	16.2	14.9	4.70	11.79	6.38	0.54	11.8	22.88	0.90	0.20
	SCL	72.1	12.8	15.1	4.55	19.23	4.57	0.30	15.3	13.64	2.10	0.60
	SL	79.0	7.8	13.2	4.64	5.17	3.33	0.27	12.2	3.30	0.90	0.10
	SL	85.1	5.0	9.9	4.63	20.34	6.88	0.39	17.7	5.06	0.80	0.30
	SL	77.4	9.7	12.9	4.88	9.86	2.20	0.18	12.2	6.82	2.00	0.80
	SCL	60.9	16.8	22.3	4.50	2.96	6.29	0.51	12.4	7.04	0.80	0.30
	SCL	63.3	19.9	16.8	4.65	1.31	2.75	0.24	11.4	7.48	1.00	0.50
	SCL	67.1	16.7	16.2	4.60	11.24	4.23	0.30	14.2	5.06	1.10	0.10
	SCL	67.5	15.7	16.8	4.82	6.82	3.71	0.32	11.7	9.46	1.50	0.50
	SCL	75.7	5.8	18.5	4.73	16.48	9.48	0.74	12.8	5.28	1.70	0.60
	SL	77.9	8.8	13.3	4.73	12.06	5.66	0.34	16.6	11.88	1.30	0.70
	SL	78.0	9.8	12.2	4.26	33.57	4.66	0.28	16.3	12.54	0.80	0.90
	SL	78.1	9.1	12.8	4.32	13.17	4.54	0.26	17.2	5.28	1.00	0.20
	SL	80.0	7.4	12.6	4.31	15.92	4.36	0.23	19.0	3.30	1.60	0.30
	SL	78.4	12.5	9.1	4.64	12.46	4.15	0.32	13.0	3.20	1.90	0.45
	SL	76.0	9.8	14.2	4.88	0.76	0.90	0.13	6.7	11.88	1.00	0.60
	SL	75.1	11.0	13.9	4.54	58.94	2.75	0.23	11.9	18.04	1.20	0.70
	SL	79.9	8.2	11.9	4.52	43.50	3.99	0.31	12.9	16.50	1.10	0.40
	SCL	71.3	13.2	15.5	4.84	5.37	2.10	0.15	14.0	10.73	1.40	0.85
Upper Slope	SCL	60.5	20.0	19.5	4.56	7.65	2.64	0.21	12.7	15.84	0.50	0.40
	CL	57.2	24.0	18.8	4.58	2.69	3.23	0.29	11.3	14.33	0.90	0.30
	SCL	68.9	15.5	15.6	4.80	12.34	2.62	0.23	11.4	11.88	3.50	0.70
	SL	76.5	10.0	13.5	4.70	5.72	2.96	0.23	12.7	5.06	1.60	0.20
	SL	76.0	11.1	12.9	4.57	18.96	2.28	0.18	13.0	5.72	1.00	0.30
	SCL	68.8	15.0	16.2	4.68	5.17	1.86	0.17	10.9	6.82	0.80	1.00
	SL	55.8	25.3	18.9	4.44	3.24	4.39	0.22	19.7	6.82	1.30	0.70
	SCL	66.0	15.4	18.6	4.31	10.68	6.70	0.39	17.1	12.76	1.80	0.40
	SL	78.3	9.8	11.9	4.70	17.03	8.37	0.45	18.4	3.52	1.30	1.10
	SL	83.0	5.7	11.3	5.19	0.48	2.74	0.24	11.3	7.48	0.70	0.40
	SL	81.8	7.4	10.8	5.11	9.31	2.53	0.23	11.0	0.44	2.00	1.60
	LS	85.0	4.2	10.8	4.95	2.69	6.61	0.45	14.5	3.30	0.50	0.40
	SL	77.2	11.0	11.8	4.57	25.57	4.25	0.26	16.1	15.84	1.90	0.50
	SL	77.8	10.1	12.1	4.50	19.23	8.82	0.52	17.1	13.64	1.10	0.20
	SL	75.5	11.3	13.2	4.71	4.07	6.42	0.42	15.4	11.00	0.80	0.40
	SL	76.9	9.8	13.3	4.56	3.79	3.73	0.24	15.6	8.36	2.50	0.60
	SL	76.2	10.4	13.4	4.48	8.20	2.28	0.20	11.3	12.54	1.30	0.70
	SL	77.8	8.8	13.4	4.26	17.58	3.42	0.25	13.6	10.78	1.30	0.20
	SCL	68.1	15.0	16.9	4.63	3.52	3.40	0.25	13.4	14.74	0.90	0.70
	SCL	69.2	14.3	16.5	4.43	11.79	3.31	0.23	14.4	12.98	1.70	0.30
SL	79.5	8.7	11.8	4.40	8.75	6.01	0.36	16.7	8.36	1.50	0.70	
SL	75.7	11.4	12.9	4.70	15.37	3.67	0.26	14.3	11.22	1.70	0.80	
SCL	64.9	15.5	19.6	4.11	15.10	3.22	0.22	14.5	11.22	2.40	0.60	
SCL	70.0	14.7	15.3	4.37	14.82	2.70	0.18	15.1	16.06	1.50	1.30	
SL	78.2	9.1	12.7	4.60	20.34	4.67	0.29	15.9	3.74	1.30	0.10	

Table 5-5. Total content of soil physicochemical properties at Sokwang-Ri.(Middle, Lower)

Sites	Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
											Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Middle Slope	SCL	63.8	18.6	17.6	4.53	11.51	3.74	0.26	14.2	13.64	1.30	0.20
	CL	58.0	23.4	18.6	4.48	7.93	2.58	0.22	11.7	19.58	0.60	0.30
	SCL	67.9	14.9	17.2	4.52	15.37	1.85	0.19	9.8	16.28	1.80	1.20
	SCL	66.0	16.9	17.1	4.46	9.03	2.59	0.22	11.6	14.08	1.90	0.40
	SCL	62.2	19.3	18.5	4.48	19.78	3.26	0.24	13.8	16.72	1.20	0.90
	SCL	64.5	17.8	17.7	4.81	6.82	3.40	0.24	14.4	16.50	2.00	0.80
	SCL	69.5	13.9	16.6	4.36	2.69	5.28	0.26	20.0	14.96	1.30	0.60
	SL	75.8	10.1	14.1	4.75	2.96	6.08	0.33	18.4	9.46	0.90	0.30
	SCL	64.5	17.2	18.3	4.53	9.31	3.27	0.23	14.5	9.90	1.00	0.40
	SCL	71.0	13.5	15.5	5.00	5.17	2.13	0.18	11.5	10.78	2.80	0.40
	SL	79.2	7.9	12.9	5.39	3.24	1.94	0.17	11.6	1.54	1.50	0.70
	SL	76.0	10.8	13.2	5.00	6.00	3.29	0.21	16.0	4.40	2.50	0.70
	SCL	68.5	13.6	17.9	4.93	2.96	3.83	0.23	16.8	10.34	1.40	0.30
	SL	72.3	14.0	13.7	4.83	7.10	2.30	0.15	15.8	7.26	2.40	0.90
	SL	73.0	12.5	14.5	5.14	3.52	3.44	0.30	11.6	6.82	3.00	2.30
	SL	73.9	12.3	13.8	4.30	20.61	6.17	0.43	14.2	10.34	0.80	0.60
	SL	80.5	9.2	10.3	4.40	26.95	6.76	0.42	16.1	13.20	1.20	0.20
	SL	81.1	8.2	10.7	4.40	29.26	1.94	0.19	10.2	10.12	1.10	0.40
	SCL	71.1	13.1	15.8	4.64	0.48	1.80	0.17	10.7	14.30	1.00	0.60
	SCL	68.8	14.3	16.9	4.87	0.76	1.73	0.15	11.2	14.30	1.50	0.30
SCL	71.9	12.8	15.3	4.86	0.76	1.72	0.17	10.0	10.34	1.60	0.80	
SCL	71.8	12.4	15.8	4.66	3.52	2.03	0.19	10.6	12.10	1.30	0.90	
SL	74.0	11.1	14.9	4.53	2.41	2.93	0.24	12.3	9.02	1.40	1.20	
SL	78.3	12.1	9.6	4.93	3.73	1.98	0.17	11.6	11.47	1.55	1.15	
SL	76.2	9.8	14.0	4.78	7.58	2.20	0.19	11.6	12.19	1.95	0.80	
Lower Slope	SL	74.2	11.5	14.3	4.60	6.55	4.46	0.31	14.4	15.84	1.20	0.50
	SCL	71.0	13.1	15.9	4.73	12.06	4.19	0.26	16.3	17.82	2.40	0.30
	SL	68.0	15.9	16.1	4.66	20.34	3.82	0.27	14.4	22.00	2.80	0.80
	SL	75.1	12.0	12.9	4.28	10.68	6.13	0.41	14.9	14.52	1.00	0.40
	SL	78.9	8.7	12.4	4.97	3.24	6.40	0.39	16.3	2.20	1.50	0.80
	SCL	79.9	3.3	16.8	4.73	5.45	6.33	0.46	13.8	6.60	0.60	0.70
	SL	81.0	8.6	10.4	4.85	6.82	4.66	0.32	14.4	5.72	1.60	0.40
	SL	81.8	7.0	11.2	4.39	7.65	1.80	0.20	9.1	2.64	1.10	0.40
	SL	82.4	6.8	10.8	4.66	11.51	2.26	0.19	12.5	5.06	0.50	0.30
	SL	72.4	13.1	14.5	4.47	23.92	3.91	0.24	16.2	4.62	1.10	0.50
	LS	85.0	2.2	12.8	4.35	18.96	3.75	0.26	14.3	4.18	1.40	0.70
	SL	71.0	16.9	12.1	4.27	15.10	4.71	0.32	14.7	11.44	1.20	1.00
	CL	59.0	24.7	16.3	4.74	8.48	5.44	0.32	16.9	14.74	2.40	0.30
	SCL	69.0	15.7	15.3	4.54	20.89	5.11	0.30	17.2	16.50	1.60	0.30
	CL	59.0	23.6	17.4	4.98	6.00	5.01	0.34	14.8	11.88	3.20	1.50
	SCL	68.0	15.6	16.4	4.28	3.79	4.92	0.35	14.2	14.74	1.10	0.30
	SL	76.0	11.1	12.9	4.63	20.06	6.81	0.44	15.7	11.66	1.70	0.10
	SL	71.8	14.4	13.8	4.92	3.52	7.67	0.50	15.3	8.14	2.40	0.90
	SL	71.7	13.8	14.5	4.78	1.03	1.90	0.18	10.3	9.46	1.30	0.10
	SCL	67.0	16.5	16.5	4.80	0.76	1.66	0.16	10.2	4.84	1.70	0.30
SL	76.0	11.0	13.0	4.54	7.38	3.47	0.27	13.1	11.00	2.20	1.70	

Table 5-6. Total content of soil physicochemical properties at Sokwang-Ri.(Valley)

Sites	Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
											Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
	SL	80.8	8.3	10.9	4.23	12.06	5.58	0.31	18.1	13.64	1.30	0.20
	SL	81.9	7.2	10.9	4.21	7.38	4.90	0.28	17.3	9.90	3.00	1.20
	SL	83.8	6.1	10.1	4.41	9.31	4.14	0.28	15.0	4.18	2.40	1.20
	SL	81.2	9.0	9.8	4.57	4.89	7.35	0.46	16.0	7.92	2.30	1.20
	SL	85.0	4.5	10.5	4.99	4.34	4.57	0.28	16.6	3.30	2.30	0.80
	SL	77.3	9.8	12.9	4.57	14.27	3.11	0.24	13.2	8.58	1.60	0.20
	SCL	69.0	14.5	16.5	4.52	15.10	2.84	0.21	13.2	7.48	1.40	0.50
	SL	80.0	9.3	10.7	4.61	24.20	6.35	0.44	14.5	9.46	1.20	0.40
	SL	80.9	8.3	10.8	4.67	7.10	4.85	0.35	14.0	6.16	1.00	0.40
Valley	SL	76.0	10.1	11.9	4.96	13.44	3.45	0.24	14.7	5.94	2.50	1.20
	SL	76.5	10.3	13.2	4.93	9.86	2.88	0.23	12.7	6.16	2.00	0.50
	SL	80.5	6.1	13.4	4.03	30.26	3.18	0.24	13.3	2.42	1.20	0.30
	LS	85.5	4.4	10.1	4.47	37.98	3.74	0.27	13.8	13.42	3.30	2.20
	SCL	72.5	12.4	15.1	4.74	0.48	1.49	0.14	10.6	15.40	1.00	0.50
	SL	74.8	11.7	13.5	4.65	1.59	1.98	0.18	11.3	14.96	1.30	1.10
	SL	79.2	9.0	11.8	4.92	9.03	2.58	0.22	11.7	13.64	1.60	0.90
	SL	76.1	10.7	13.2	4.54	1.59	2.99	0.24	12.6	12.10	1.60	0.40
	SL	80.0	8.5	11.5	4.44	28.33	4.24	0.33	12.9	12.98	1.40	0.90
	SL	77.2	8.9	13.9	4.57	4.37	1.40	0.12	11.7	13.29	1.60	0.80

Table 5-7. Total content of soil physicochemical properties at Uljin.

Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
										Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
SL	72.9	14.1	13.0	5.14	5.49	1.81	0.20	9.2	15.40	8.00	3.60
SL	69.0	17.2	13.8	5.36	7.79	2.20	0.20	10.9	18.48	8.00	4.20
SCL	69.8	14.2	16.0	4.87	9.04	1.45	0.16	8.9	17.16	4.30	1.90
CL	59.2	22.8	18.0	4.44	6.49	1.69	0.19	8.9	14.96	2.60	1.10
CL	60.0	20.1	19.9	4.75	9.48	1.38	0.14	9.6	10.23	2.30	1.20
SL	78.7	7.8	13.5	4.71	6.49	1.63	0.17	9.7	8.36	2.60	1.30
SL	71.3	14.3	14.4	4.70	7.48	6.45	0.51	12.7	8.58	1.90	1.00
SL	76.3	12.4	11.3	4.83	3.29	2.01	0.19	10.4	7.68	2.20	1.10
SL	77.3	11.9	10.8	4.94	3.28	1.93	0.20	9.8	10.23	1.90	0.90
SCL	68.5	14.7	16.8	4.39	2.99	1.59	0.19	8.3	14.08	2.00	1.30
CL	56.8	21.8	21.4	4.19	3.48	1.31	0.17	7.6	8.36	2.30	0.60
SCL	63.5	19.9	16.6	4.78	5.39	1.20	0.13	9.2	6.47	2.60	0.70
SCL	65.7	14.4	19.9	4.59	3.29	0.85	0.15	5.9	11.88	2.20	1.20
SL	76.5	11.4	12.1	4.95	4.93	1.06	0.17	6.3	6.16	1.70	0.40
SL	78.8	10.3	10.9	4.78	4.62	1.98	0.17	11.8	5.54	2.20	0.90
SL	78.9	10.2	10.9	4.92	3.46	1.79	0.18	9.7	6.57	2.40	1.30
SL	81.2	8.9	9.9	4.88	3.59	1.46	0.14	10.8	7.45	3.00	1.10
SL	80.3	9.2	10.5	4.94	3.58	1.22	0.13	9.1	6.78	2.70	0.60
SL	79.8	8.6	11.6	4.86	4.38	1.66	0.20	8.4	12.32	2.60	1.00
SL	81.5	6.2	12.3	5.00	2.34	1.31	0.18	7.1	9.68	3.50	1.10
SL	83.2	6.4	10.4	4.84	5.39	2.01	0.18	10.9	13.42	3.00	0.50
SL	78.4	7.4	14.2	4.67	4.38	2.83	0.23	12.3	10.45	2.30	1.00
SL	72.5	12.6	14.9	4.06	2.94	1.88	0.19	10.1	14.96	1.90	0.70
SL	74.0	12.1	13.9	4.40	3.24	1.30	0.17	7.8	16.50	1.70	0.80
SL	78.8	9.4	11.8	5.16	5.38	1.33	0.16	8.3	7.70	2.70	0.20
SL	73.7	13.7	12.6	4.61	3.24	0.96	0.16	6.1	16.72	2.10	0.70
SL	72.9	14.0	13.1	4.88	2.84	1.20	0.17	7.0	9.46	2.60	1.50
SL	70.2	17.2	12.6	4.84	3.85	1.24	0.17	7.5	14.52	1.50	0.80
SL	73.3	13.5	13.2	4.85	4.38	1.99	0.18	11.4	16.50	2.70	1.20
SCL	65.1	18.2	16.7	4.64	3.19	1.88	0.15	12.9	11.44	1.70	1.00
SL	75.5	11.6	12.9	4.61	5.74	1.16	0.15	7.5	7.92	2.20	1.60
SL	81.9	7.2	10.9	4.48	3.59	1.77	0.16	11.2	6.54	2.90	0.70
SL	80.2	8.1	11.7	4.98	4.67	1.95	0.14	14.4	7.45	2.60	1.20
SL	82.1	7.4	10.5	4.67	13.72	1.31	0.16	8.0	11.66	1.50	0.50
SL	80.2	8.6	11.2	5.21	3.48	0.86	0.16	5.4	10.34	2.60	1.40
SL	81.7	6.9	11.4	4.29	4.75	1.88	0.20	9.6	11.00	1.40	0.50
S1C	52.0	21.4	26.6	4.63	2.93	0.38	0.13	3.0	11.44	1.60	1.30
HC	29.9	23.6	46.5	4.52	3.54	0.79	0.15	5.2	13.64	1.60	0.70
SCL	69.9	13.6	16.5	4.40	5.48	0.67	0.13	5.3	9.46	0.90	0.40
SCL	63.8	16.7	19.5	4.60	2.38	1.56	0.18	8.5	11.44	1.40	1.10
CL	57.5	21.3	21.2	4.02	4.38	0.93	0.13	7.3	10.78	0.80	0.30
CL	58.0	22.7	22.3	4.54	3.19	1.11	0.16	6.9	13.64	1.10	0.50
CL	61.5	20.4	18.1	4.27	3.94	0.98	0.13	7.4	11.66	1.30	0.20
SCL	64.8	17.8	17.4	4.38	3.45	1.33	0.15	8.6	12.76	1.80	0.80
SL	80.7	7.9	11.4	4.41	5.48	3.02	0.28	10.7	9.68	1.60	0.20
SL	83.3	5.9	10.8	4.81	4.39	2.17	0.21	10.3	8.80	1.80	0.60
SL	77.8	8.1	14.1	4.63	2.75	1.29	0.17	7.6	11.00	1.00	0.60
SL	75.0	10.4	14.6	4.50	3.53	1.43	0.18	7.9	11.44	1.10	0.10
SL	75.5	11.7	12.8	4.13	4.37	1.58	0.16	9.9	11.00	1.20	0.80
SL	78.5	8.1	13.4	4.18	3.28	1.77	0.16	11.4	11.22	1.30	1.60

Table 5-7. Total content of soil physicochemical properties at Mt. Eungbong

Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
										Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
SL	76.0	11.5	12.5	4.65	23.92	9.23	0.71	13.0	11.22	4.50	0.10
SCL	65.0	19.8	15.2	4.93	21.44	8.65	0.62	13.9	23.32	5.10	0.90
SCL	65.0	19.3	15.7	4.67	16.20	8.36	0.58	14.5	21.12	4.70	2.10
SCL	65.0	18.2	16.8	4.83	20.89	6.90	0.49	14.2	18.70	6.20	0.70
SL	72.2	14.5	13.3	4.96	18.41	7.52	0.51	14.8	17.60	5.70	0.10
SL	70.9	16.5	12.6	5.01	17.03	8.23	0.62	13.2	22.22	5.40	2.40
SL	69.0	16.5	14.5	4.63	19.51	7.40	0.49	15.2	17.82	3.70	1.10
SCL	68.9	15.0	16.1	4.71	44.60	8.62	0.54	15.9	16.50	5.70	1.50
SCL	61.9	18.3	19.8	4.27	25.02	8.21	0.48	17.1	21.12	3.60	1.40
SL	71.0	14.4	14.6	4.88	26.68	8.64	0.58	15.0	19.36	5.00	1.40
SCL	74.0	9.0	17.0	4.89	9.58	3.97	0.32	12.3	17.38	4.60	1.30
SCL	72.0	10.3	17.7	4.83	13.45	4.22	0.39	10.7	18.45	4.30	1.80
SCL	70.2	11.2	18.6	4.96	18.56	3.87	0.34	11.4	17.98	4.70	1.70
SCL	65.0	18.8	16.2	4.94	20.89	5.90	0.41	14.4	17.16	4.40	1.80
CL	57.9	21.7	20.4	4.83	14.82	5.73	0.40	14.3	0.00	5.70	3.30
CL	56.0	23.5	20.5	4.88	17.85	4.91	0.37	13.3	15.18	4.40	1.40
SL	80.0	7.6	12.4	4.75	16.75	1.78	0.20	9.1	9.90	3.90	0.90
SL	79.1	8.1	12.8	4.67	18.68	1.93	0.21	9.4	9.24	3.70	1.50
SL	76.8	9.6	13.6	4.79	9.86	0.51	0.13	3.9	9.68	6.60	0.60
SL	77.7	10.3	12.0	5.25	18.68	2.23	0.26	8.7	9.02	5.70	2.30
SL	77.6	9.3	13.1	4.81	21.99	0.95	0.17	5.6	6.82	4.00	0.70
SL	79.9	8.3	11.8	4.68	21.16	1.31	0.16	8.1	8.58	4.10	1.10
SL	82.2	7.9	9.9	5.05	55.35	13.52	0.94	14.3	21.34	8.40	3.80
SL	74.5	15.5	10.0	4.21	30.81	14.02	1.07	13.1	23.98	4.30	1.40
SL	76.8	10.7	12.5	4.30	94.79	13.25	0.68	15.1	22.22	4.50	1.60
SCL	68.4	15.8	15.8	4.50	55.63	10.15	0.64	15.8	20.02	3.60	1.30
SL	78.1	10.0	11.9	4.54	70.52	11.23	0.77	14.6	23.54	4.80	1.50
SL	67.4	18.4	14.2	4.52	35.50	8.42	0.56	15.0	20.24	4.30	0.80
SCL	68.8	16.9	14.3	4.58	33.34	7.57	0.65	11.6	19.34	4.30	1.50
SCL	66.9	16.3	16.8	4.67	30.81	6.50	0.44	14.9	18.26	4.00	1.40
CL	59.8	20.1	20.1	4.70	30.26	5.49	0.37	14.8	18.04	5.00	1.70
CL	60.9	24.0	15.1	4.54	29.16	6.06	0.46	13.3	13.86	3.90	1.30
L	61.5	29.3	9.2	5.02	23.92	3.83	0.34	11.4	10.12	6.70	1.80
L	60.8	26.8	12.4	4.98	22.76	4.02	0.39	10.4	11.67	5.80	1.40
L	63.5	24.5	12.0	4.87	20.03	3.98	0.34	11.6	10.53	4.90	1.80
SL	78.5	10.0	11.5	5.14	19.34	4.23	0.40	10.6	13.56	5.20	1.50
SL	75.4	12.6	12.0	4.80	25.30	5.19	0.39	13.3	15.45	5.00	1.20
SL	69.5	16.3	14.2	4.76	23.37	3.96	0.37	10.8	14.96	5.40	1.30
SL	74.8	14.1	11.1	5.02	22.27	10.90	0.84	13.0	20.46	4.60	1.20
SL	75.6	13.2	11.2	4.97	16.48	5.57	0.44	12.7	15.65	4.70	1.30
SL	76.4	12.0	11.6	4.62	19.51	6.76	0.48	14.0	15.84	6.80	1.60
SL	77.8	11.5	10.7	4.79	15.97	5.24	0.43	12.2	14.35	5.30	2.00
SL	75.8	13.8	10.4	4.76	18.49	3.59	0.33	10.9	13.56	4.50	2.30
SL	69.8	15.9	14.3	4.68	26.40	5.55	0.37	14.9	14.52	5.90	1.70
SCL	72.0	13.9	14.1	4.58	21.03	4.75	0.45	10.5	14.87	4.40	1.40
SCL	70.1	14.1	15.8	4.66	33.30	6.15	0.38	16.0	12.32	4.50	0.40
SCL	74.2	13.7	12.1	4.98	28.85	5.13	0.46	11.2	13.56	4.10	1.20
SL	71.7	14.0	14.3	4.76	30.26	2.95	0.25	11.8	11.44	5.00	1.40
SCL	67.0	16.4	16.6	4.76	38.80	3.58	0.29	12.2	11.66	5.00	1.00
SCL	66.5	15.3	18.2	4.86	29.67	4.10	0.38	10.7	13.65	4.70	1.40

Table 5-9. Total content of soil physicochemical properties at Mt. Chungok.

Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
										Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
SL	76.0	11.6	12.4	4.75	16.20	7.07	0.60	11.8	14.30	4.30	0.30
SL	79.9	8.4	11.7	4.74	15.37	9.22	0.67	13.7	8.80	5.50	1.40
SCL	67.6	16.1	16.3	4.55	16.75	4.76	0.38	12.4	7.92	3.70	1.00
SL	76.0	10.9	13.1	4.56	10.48	5.19	0.40	12.9	10.34	4.00	0.60
SCL	61.0	18.3	20.7	4.66	33.85	7.04	0.43	16.4	11.44	4.80	0.80
CL	51.8	21.7	26.5	4.48	13.52	6.51	0.34	19.1	14.08	4.10	0.90
SL	77.2	11.1	11.7	4.51	15.65	6.04	0.37	16.4	9.07	4.90	0.70
SCL	69.9	14.7	15.4	4.57	19.23	4.62	0.31	14.9	14.30	4.40	0.50
SCL	62.0	15.7	22.3	4.69	10.14	5.27	0.31	17.0	9.24	4.90	0.60
SCL	63.0	15.0	22.0	4.61	13.09	5.35	0.30	17.6	10.34	4.50	1.30
SCL	64.0	16.5	19.5	4.42	12.41	6.93	0.40	17.2	14.08	3.50	0.90
SCL	57.9	19.3	22.8	4.46	17.38	4.20	0.26	16.1	21.56	3.70	1.20
SCL	58.2	16.3	25.5	4.68	14.82	4.07	0.32	12.7	6.60	3.50	0.60
SCL	63.9	15.3	20.8	4.64	10.57	5.30	0.36	14.7	9.90	3.80	0.40
SCL	62.9	15.8	21.3	4.74	12.65	5.13	0.33	15.6	8.90	3.40	0.90
SCL	61.0	16.7	22.3	4.54	13.14	4.98	0.32	15.6	10.19	3.60	1.20
SCL	63.5	15.8	20.7	4.65	12.10	5.12	0.35	14.6	11.25	4.30	1.10
SCL	62.5	17.2	20.3	4.52	12.64	6.12	0.42	14.6	10.58	3.80	1.30
SL	78.5	17.2	4.3	4.45	11.66	6.21	0.63	9.9	11.26	3.50	0.90
SL	77.6	18.3	4.1	5.18	10.94	4.81	0.59	8.2	12.58	4.10	0.20
SL	77.2	12.4	10.4	4.95	12.78	6.38	0.58	11.0	12.20	3.70	0.90
SL	78.5	9.1	12.4	4.98	12.24	8.34	0.70	11.9	7.49	4.00	1.20
SCL	63.2	16.3	20.5	4.77	11.39	7.57	0.69	11.0	8.48	3.40	1.10
SCL	64.9	17.3	17.8	4.67	12.48	6.94	0.64	10.8	9.49	2.90	1.40
SCL	65.0	17.4	17.6	4.87	14.38	5.49	0.53	10.4	8.49	2.80	1.00
SL	77.4	13.5	9.1	4.96	11.48	6.40	0.62	10.3	10.39	3.30	0.90
SCL	61.7	17.9	20.4	4.82	19.94	8.59	0.54	15.9	10.35	3.10	1.10
CL	52.6	22.4	25.0	4.81	14.68	5.49	0.52	10.6	12.56	3.50	0.80
SL	79.5	12.7	7.8	4.84	13.29	6.04	0.57	10.6	9.93	3.80	0.85
SL	76.3	14.6	9.1	4.48	15.49	5.95	0.59	10.1	11.38	4.00	0.60
SL	76.4	15.8	7.8	4.54	12.48	6.45	0.62	10.4	12.48	3.10	1.10
SL	76.1	15.8	8.1	4.76	13.68	5.94	0.53	11.2	13.49	3.20	1.30
SCL	59.9	17.2	22.9	4.93	11.84	5.69	0.56	10.2	8.53	2.90	1.35
SCL	64.8	16.9	18.3	4.77	13.86	6.50	0.64	10.2	8.48	3.00	1.20
SCL	64.3	16.1	19.6	4.93	14.92	6.49	0.61	10.6	9.53	2.38	0.80
SL	75.7	15.9	8.4	4.65	11.74	5.69	0.57	10.0	9.63	3.60	1.10
SCL	62.7	16.8	20.5	4.73	13.63	6.54	0.59	11.1	10.39	3.48	1.35
SCL	64.3	18.4	17.3	4.88	11.72	7.49	0.63	11.9	11.48	2.94	0.80
SL	77.7	15.9	6.4	4.84	10.81	8.46	0.69	12.3	12.86	3.19	0.85
SL	76.9	16.8	6.3	4.94	13.91	5.94	0.46	12.9	11.69	3.92	0.75

Table 5-10. Total content of soil physichemical properties at Mt. Kumma.

Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
										Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
SCL	70.0	14.0	16.0	4.27	34.95	3.48	0.29	12.0	6.18	4.60	1.00
SL	74.0	12.5	13.5	4.18	45.15	4.51	0.34	13.3	13.42	5.60	1.70
SL	79.2	8.8	12.0	4.64	79.90	9.28	0.61	15.3	16.94	5.90	3.30
CL	62.4	21.0	16.6	4.68	44.05	4.08	0.32	12.6	16.28	6.00	2.50
SL	68.0	17.6	14.4	4.12	26.13	2.92	0.22	13.4	15.84	3.80	1.20
SL	68.0	18.2	13.8	4.21	26.68	3.32	0.23	14.6	14.52	3.80	1.20
SL	84.0	7.1	8.9	5.64	30.81	3.79	0.34	11.2	11.88	9.40	4.10
SL	83.8	7.2	9.0	5.37	15.92	4.09	0.37	10.9	16.06	11.80	3.10
SL	84.9	6.3	8.8	6.09	28.88	2.19	0.26	8.5	6.16	6.70	2.20
LS	88.0	3.6	8.4	6.35	15.65	1.11	0.18	6.3	4.62	7.20	1.60
SL	75.5	13.6	10.9	4.19	36.60	4.72	0.41	11.4	13.20	4.20	2.30
SL	78.4	11.5	10.1	4.59	29.16	4.01	0.34	11.8	9.02	5.30	1.90
SL	78.6	10.8	10.6	4.90	28.06	6.56	0.54	12.1	13.42	7.80	3.20
SL	75.0	13.7	11.3	4.68	18.13	6.62	0.54	12.3	17.38	6.20	3.20
SL	79.4	11.2	9.4	5.23	15.92	5.24	0.45	11.8	9.46	7.70	1.90
SL	80.0	11.1	8.9	5.11	17.03	4.95	0.44	11.1	7.26	6.70	3.90
SL	71.1	16.8	12.1	4.58	14.55	3.62	0.29	12.6	6.38	5.10	1.90
SL	69.0	17.2	13.8	4.90	12.89	3.51	0.28	12.3	16.06	4.40	2.80
SL	70.5	18.6	10.9	5.09	1.86	4.29	0.32	13.5	8.58	6.30	5.20
SL	71.5	17.2	11.3	5.24	6.00	2.96	0.27	10.9	13.64	6.80	2.40
CL	54.0	27.3	18.7	4.46	39.36	2.76	0.21	13.1	15.84	4.40	1.80
CL	57.8	21.3	20.9	4.32	23.37	3.26	0.18	17.9	9.90	4.10	1.20
SCL	65.2	19.7	15.1	3.73	62.52	4.16	0.25	16.8	15.84	4.10	0.90
CL	59.0	21.2	19.8	4.37	44.88	5.28	0.36	14.8	15.62	3.90	1.00
SCL	65.9	16.7	17.4	4.28	34.69	2.62	0.21	12.2	9.90	4.10	0.90
SCL	64.9	17.9	17.2	4.44	23.57	1.85	0.17	10.7	12.10	4.20	0.60
SCL	69.2	15.0	15.8	4.29	15.36	1.98	0.19	10.4	11.66	4.90	0.80
SCL	65.0	18.5	16.5	4.14	16.75	2.61	0.22	11.9	14.52	4.10	0.70
SL	74.8	10.6	14.6	4.48	14.27	3.17	0.16	19.6	10.34	3.80	1.00
SCL	66.9	17.9	15.2	4.29	13.72	1.45	0.18	8.1	11.44	3.80	0.80
SL	76.4	12.6	11.0	4.83	18.35	3.90	0.35	11.1	11.10	3.60	1.20
SL	77.3	13.2	9.5	4.79	15.63	3.80	0.27	14.1	9.20	3.40	0.90
SL	79.2	12.4	8.4	4.85	19.37	4.35	0.37	11.8	10.40	4.30	1.29
SL	77.3	12.7	10.0	4.95	17.83	3.68	0.43	8.6	10.10	3.60	1.50
SL	78.2	13.5	8.3	4.85	15.82	4.39	0.32	13.7	9.40	3.20	1.80
SL	79.4	11.6	9.0	5.05	13.58	3.58	0.31	11.5	8.40	3.10	1.90
SL	74.8	15.2	10.0	4.74	16.73	4.52	0.39	11.6	7.36	2.90	1.50
SL	74.9	15.7	9.4	4.89	12.94	3.57	0.25	14.3	10.25	3.40	1.40
SL	73.6	16.2	10.2	5.01	10.27	3.20	0.31	10.3	9.48	3.60	1.80
SL	74.2	15.9	9.9	4.96	9.87	3.01	0.24	12.5	7.38	3.50	1.20

Table 5-11. Total content of soil physichemical properties at Mt. Tonggo.

Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
										Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
CL	54.7	21.8	23.5	4.31	3.24	4.32	0.30	14.6	10.12	4.10	0.20
SCL	64.8	16.8	18.4	4.22	14.27	6.24	0.42	15.0	14.74	3.70	1.40
SL	77.0	8.8	14.2	4.49	17.30	5.72	0.41	13.8	5.94	4.60	1.00
SL	76.0	10.4	13.6	4.59	9.31	5.59	0.40	14.1	14.74	5.20	1.50
SL	72.0	13.7	14.3	4.29	25.30	4.26	0.33	12.8	11.66	4.40	0.90
SCL	71.5	13.4	15.1	4.55	50.67	4.92	0.38	13.0	13.86	3.80	1.20
SCL	58.8	19.0	22.2	4.48	27.23	6.34	0.42	15.1	17.16	5.40	0.80
SCL	65.7	17.2	17.1	4.74	10.68	7.63	0.43	17.6	17.60	6.40	2.40
CL	54.5	23.1	22.4	4.54	72.18	4.75	0.25	18.9	13.42	4.80	1.30
SCL	63.0	17.9	19.1	4.51	40.19	5.11	0.32	15.8	9.90	6.10	0.40
SCL	66.5	15.3	18.2	4.45	19.23	7.15	0.44	16.4	10.34	5.30	1.00
SCL	67.0	15.6	17.4	4.36	19.78	8.43	0.50	16.9	11.44	4.70	0.70
SCL	64.8	16.6	18.6	4.63	47.63	6.03	0.37	16.3	14.30	5.70	0.70
SCL	67.9	15.3	16.8	4.63	32.19	6.33	0.37	17.1	15.40	6.20	0.40
SL	71.5	14.3	14.2	4.49	1.59	6.17	0.43	14.5	12.54	4.80	0.90
SCL	71.9	13.1	15.0	4.45	1.59	6.28	0.44	14.2	5.72	4.20	0.50
SL	75.1	13.7	11.2	4.47	1.31	6.48	0.45	14.3	8.14	3.80	1.00
SL	73.7	12.1	14.2	4.37	1.86	6.57	0.44	14.9	8.14	3.90	0.50
SCL	65.4	18.3	16.3	4.68	6.37	5.37	0.39	13.8	7.25	4.10	1.50
SCL	63.8	19.3	16.9	4.63	9.36	5.10	0.41	12.4	7.49	3.63	0.90
SL	75.9	16.8	7.3	4.78	15.38	4.09	0.38	10.8	12.34	4.00	0.50
SL	75.9	12.4	11.7	4.69	10.12	3.29	0.33	10.0	11.23	4.25	1.20
SL	78.0	10.6	11.4	4.45	14.38	4.38	0.35	12.5	10.94	4.10	1.10
SCL	70.5	12.4	17.1	4.54	24.32	4.20	0.39	10.8	11.28	3.85	1.15
SL	74.3	15.3	10.4	4.73	7.49	5.37	0.44	12.2	12.38	3.40	0.95
SCL	70.1	12.3	17.6	4.67	8.39	5.64	0.47	12.0	9.49	3.85	0.70
SCL	68.3	17.3	14.4	4.78	10.23	4.83	0.39	12.4	11.29	2.95	0.90
SL	78.2	10.2	11.6	4.98	11.28	3.67	0.33	11.1	12.28	4.30	1.15
SCL	62.4	17.3	20.3	4.90	13.29	4.66	0.38	12.3	13.84	3.35	0.95
SCL	64.9	16.2	18.9	5.11	12.19	4.63	0.37	12.5	11.73	3.40	1.95
SL	76.0	15.9	8.1	5.01	30.39	3.94	0.34	11.6	10.02	5.00	1.90
SCL	64.8	15.3	19.9	4.54	22.29	4.88	0.32	15.3	12.63	5.20	0.75
SL	76.3	14.3	9.4	4.64	7.48	5.70	0.46	12.4	9.37	2.90	0.65
SCL	65.0	17.3	17.7	4.77	5.49	4.86	0.49	9.9	8.48	3.70	0.80
SCL	66.4	18.2	15.4	4.53	13.29	5.72	0.51	11.2	6.37	3.20	1.05
SCL	65.9	16.8	17.3	4.56	15.56	6.29	0.53	11.9	9.38	4.50	0.80
SCL	67.9	16.6	15.5	4.88	20.10	4.86	0.44	11.0	10.37	3.20	0.95
SCL	68.1	15.2	16.7	4.69	18.28	3.84	0.31	12.4	11.26	4.20	0.70
SL	76.3	12.8	10.9	4.79	8.85	5.39	0.49	11.0	9.38	3.10	0.90
SCL	69.1	17.2	13.7	4.89	9.18	4.38	0.47	9.3	10.38	2.90	1.15

Table 5-12. Total content of soil physichemical properties at Namhaeryong(I).

Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
										Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
SL	74.7	13.2	12.1	5.22	4.07	3.35	0.20	17.17	20.24	5.90	1.00
SL	76.8	12.1	11.1	5.39	6.97	4.71	0.43	11.01	16.50	5.70	0.90
SL	82.8	7.0	10.2	5.17	8.49	4.59	0.30	15.30	12.32	2.00	1.60
LS	88.5	1.6	9.9	5.42	9.40	3.29	0.34	9.68	7.92	2.90	1.20
CL	61.5	21.4	17.1	4.72	11.23	3.01	0.28	10.58	18.48	2.30	0.60
SCL	67.0	17.8	15.2	4.87	12.68	2.95	0.27	10.82	16.06	2.90	0.90
SL	68.0	17.6	14.4	4.70	13.58	3.22	0.31	10.41	17.60	5.30	2.10
SL	69.2	17.5	13.3	4.92	11.20	6.56	0.45	14.51	19.58	2.90	1.10
SL	67.7	19.6	12.7	5.11	9.05	3.02	0.28	10.66	25.74	8.50	1.00
SL	68.5	18.4	13.1	4.89	12.39	3.54	0.23	15.09	24.64	7.30	4.30
SL	82.8	5.4	11.8	4.60	19.51	4.08	0.30	13.44	9.68	1.10	0.30
SL	80.4	7.6	12.0	4.61	12.38	4.49	0.37	12.14	16.28	0.90	0.10
SCL	72.8	11.2	16.0	4.65	14.39	3.64	0.24	15.16	16.72	1.10	0.20
SCL	76.0	9.0	15.0	4.65	14.67	3.68	0.26	14.14	17.16	1.30	0.50
SL	82.1	6.8	11.1	4.73	11.28	4.41	0.34	12.82	14.30	1.00	0.30
SL	83.0	5.8	11.2	4.63	10.28	4.21	0.33	12.88	14.52	0.90	0.20
SL	74.5	11.5	14.0	4.82	11.29	3.76	0.32	11.91	13.64	2.30	0.50
SL	74.2	12.0	13.8	4.81	13.59	3.54	0.23	15.53	15.40	2.00	0.20
SL	82.1	6.3	11.6	5.01	11.02	4.95	0.37	13.38	10.48	2.55	1.05
SL	80.1	7.3	12.6	4.83	9.46	2.34	0.16	14.63	9.29	2.10	0.95
LS	89.2	4.2	6.6	5.39	6.39	4.39	0.11	39.91	7.49	3.10	1.10
SL	73.6	17.3	9.1	4.58	7.44	2.49	0.21	11.86	12.48	3.40	1.05
SL	69.3	16.3	14.4	4.68	8.56	2.38	0.20	11.90	14.39	4.45	2.20
SL	73.2	12.3	14.5	4.69	4.95	2.29	0.18	12.72	12.85	2.10	1.20
SCL	67.3	17.3	15.4	4.68	5.28	2.39	0.22	10.66	10.48	1.15	0.90
SCL	66.3	16.4	17.3	4.37	7.46	3.01	0.22	13.68	13.48	3.10	0.75
SL	72.1	13.0	14.9	5.03	5.49	2.19	0.23	9.52	19.48	2.55	1.10
SL	77.3	13.7	9.0	5.05	6.49	3.29	0.31	10.61	12.47	3.35	0.70
SL	73.2	16.3	10.5	4.99	9.57	4.39	0.31	14.16	11.39	3.20	0.80
SL	70.3	15.3	14.4	4.87	7.55	3.29	0.29	11.34	15.49	2.20	0.90
SL	76.1	11.3	12.6	4.75	15.37	2.25	0.20	11.24	8.58	1.00	0.70
SL	74.0	11.9	14.1	4.70	14.82	5.93	0.54	10.98	5.72	0.80	1.00
SL	78.0	10.8	11.2	5.08	12.34	2.69	0.23	11.90	8.14	4.30	1.30
SL	77.8	9.8	12.4	5.16	13.72	2.82	0.21	13.14	7.48	2.50	0.50
SL	76.7	9.5	13.8	4.86	14.55	2.40	0.16	14.76	5.50	1.40	0.40
SL	75.9	10.0	14.1	4.80	5.39	3.20	0.29	11.03	4.80	1.50	0.10
SL	81.8	6.0	12.2	4.80	5.17	4.39	0.42	10.45	7.70	2.20	0.30
SL	80.9	6.8	12.3	4.74	4.58	3.29	0.20	16.45	7.26	1.80	0.60
SL	82.0	5.5	12.5	5.15	6.83	2.39	0.29	8.24	5.94	1.90	0.30
SL	81.5	6.2	12.3	5.17	11.51	3.45	0.18	19.09	7.26	2.00	0.50
LS	85.8	4.1	10.1	4.62	13.17	4.39	0.28	15.68	3.74	1.10	0.40
SL	83.2	6.5	10.3	4.70	5.56	2.19	0.20	11.11	7.48	1.60	0.60
CL	61.0	22.2	16.8	4.73	6.69	2.39	0.19	12.48	11.66	1.20	0.90
CL	62.7	22.0	15.3	4.70	8.69	3.29	0.31	10.61	11.66	1.60	0.70
SL	77.3	12.4	10.3	4.87	7.39	2.20	0.20	11.00	10.39	1.90	0.60

Table 5-12. Total content of soil physicochemical properties at Namhaeryong(II).

Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
										Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
SL	79.4	8.9	11.7	4.65	5.49	3.40	0.19	17.89	9.30	1.85	0.50
SL	80.3	8.3	11.4	4.97	10.93	4.30	0.38	11.32	9.59	2.20	0.50
SL	78.3	10.2	11.5	4.77	9.39	4.39	0.22	19.95	7.49	1.60	0.20
SL	77.9	12.1	10.0	4.68	8.38	2.39	0.17	14.06	6.93	1.75	0.30
SL	80.2	10.3	9.5	5.21	10.29	4.39	0.25	17.56	8.39	1.95	0.45
LS	86.3	4.8	8.9	5.30	11.28	4.83	0.41	11.78	7.44	2.00	0.25
SL	81.2	7.3	11.5	4.89	8.94	2.01	0.19	10.58	8.49	1.90	0.35
SL	82.6	7.7	9.7	5.04	7.48	4.39	0.18	24.39	7.49	2.25	0.50
SL	82.1	7.3	10.6	4.83	6.94	5.01	0.39	12.85	8.30	2.10	0.45
SL	83.8	7.9	8.3	4.85	9.39	4.39	0.28	15.68	7.20	1.85	0.35
CL	63.7	20.2	16.1	5.01	6.59	3.79	0.19	19.95	10.29	1.35	0.50
SL	78.3	13.2	8.5	4.94	10.48	2.01	0.17	11.82	8.39	1.20	0.50
SL	76.4	12.4	11.2	4.68	13.29	2.38	0.19	12.53	9.30	3.30	0.45
SL	76.9	10.2	12.9	4.89	8.48	2.58	0.21	12.29	8.20	2.20	0.55
CL	63.3	20.5	16.2	4.90	4.39	2.22	0.19	11.68	10.39	2.10	0.60
SL	76.1	11.3	12.6	4.75	15.37	2.25	0.20	11.24	8.58	1.00	0.70
SL	74.0	11.9	14.1	4.70	14.82	2.15	0.19	11.31	5.72	0.80	1.00
SL	78.0	10.8	11.2	5.08	12.34	2.69	0.23	11.90	8.14	4.30	1.30
SL	77.8	9.8	12.4	5.16	13.72	2.82	0.21	13.14	7.48	2.50	0.50
SL	76.7	9.5	13.8	4.86	14.55	1.26	0.16	7.77	5.50	1.40	0.40
SL	75.9	10.0	14.1	4.80	1.59	1.13	0.17	6.68	4.80	1.50	0.10
SL	81.8	6.0	12.2	4.80	5.17	1.61	0.19	8.45	7.70	2.20	0.30
SL	80.9	6.8	12.3	4.74	2.41	1.56	0.17	9.01	7.26	1.80	0.60
SL	82.0	5.5	12.5	5.15	3.24	1.23	0.17	7.27	5.94	1.90	0.30
SL	81.5	6.2	12.3	5.17	11.51	1.45	0.18	8.04	7.26	2.00	0.50
LS	86.8	4.1	10.1	4.62	13.17	2.02	0.18	11.46	3.74	1.10	0.40
SL	83.2	6.5	10.3	4.70	3.57	2.19	0.20	11.11	7.48	1.60	0.60
CL	61.0	22.2	16.8	4.73	0.21	1.75	0.19	9.14	11.66	1.20	0.90
CL	62.7	22.0	15.3	4.70	1.31	1.91	0.20	9.41	11.66	1.60	0.70
SL	77.3	12.4	10.3	4.87	7.39	2.20	0.20	11.00	10.39	1.90	0.60
SL	79.4	8.9	11.7	4.65	5.49	1.84	0.19	9.68	9.30	1.85	0.50
SL	80.3	8.3	11.4	4.97	10.93	1.90	0.18	10.56	9.59	2.20	0.50
SL	78.3	10.2	11.5	4.77	9.39	2.10	0.22	9.55	7.49	1.60	0.20
SL	77.9	12.1	10.0	4.68	8.38	2.39	0.17	14.06	6.93	1.75	0.30
SL	80.2	10.3	9.5	5.21	10.29	1.92	0.16	12.00	8.39	1.95	0.45
LS	86.3	4.8	8.9	5.30	11.28	1.89	0.13	14.54	7.44	2.00	0.25
SL	81.2	7.3	11.5	4.89	8.94	2.01	0.19	10.58	8.49	1.90	0.35
SL	82.6	7.7	9.7	5.04	7.48	1.83	0.18	10.17	7.49	2.25	0.50
SL	82.1	7.3	10.6	4.83	6.94	1.72	0.12	14.33	8.30	2.10	0.45
SL	83.8	7.9	8.3	4.85	9.39	1.59	0.14	11.36	7.20	1.85	0.35
CL	63.7	20.2	16.1	5.01	3.29	1.56	0.13	12.00	10.29	1.35	0.50
SL	78.3	13.2	8.5	4.94	10.48	2.01	0.17	11.82	8.39	1.20	0.50
SL	76.4	12.4	11.2	4.68	13.29	2.38	0.19	12.53	9.30	3.30	0.45
SL	76.9	10.2	12.9	4.89	8.48	2.58	0.21	12.29	8.20	2.20	0.55
CL	63.3	20.5	16.2	4.90	4.39	2.22	0.19	11.68	10.39	2.10	0.60

Table 5-13. Total content of soil physicochemical properties at Daegwanryong and Hongcheon

Sites	Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
											Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Daegwan-ryong	SL	81.3	10.5	8.2	4.48	7.98	2.01	0.16	12.56	7.54	3.25	0.45
	SL	76.4	15.3	8.3	4.27	6.84	1.84	0.15	12.27	7.94	2.30	0.45
	SL	77.4	11.7	10.9	4.39	5.94	1.48	0.14	10.57	8.49	1.90	0.70
	SL	79.4	10.2	10.4	4.97	6.94	2.18	0.18	12.11	6.49	1.95	1.00
	SL	74.3	16.4	7.3	4.54	7.74	3.02	0.18	16.78	9.38	1.25	0.35
	LS	87.3	5.9	6.8	4.56	5.48	2.10	0.15	14.00	8.94	1.55	0.85
	LS	86.3	6.4	7.3	4.33	19.48	1.85	0.17	10.88	10.27	1.95	0.35
	SL	70.2	19.3	10.5	4.29	11.27	2.39	0.21	11.38	9.35	2.00	0.65
	SL	75.3	16.4	8.3	4.33	5.92	1.29	0.11	11.73	8.69	1.90	0.55
	LS	86.3	6.8	6.9	4.87	8.56	2.39	0.18	13.28	9.95	2.00	0.65
Hongcheon	SL	78.3	10.1	11.6	4.95	5.84	2.38	0.21	11.33	10.20	1.45	0.20
	SL	78.2	8.3	13.5	4.73	4.39	3.85	0.31	12.42	9.48	1.10	0.65
	SL	75.8	11.3	12.9	4.90	4.74	2.18	0.20	10.90	8.89	2.20	0.75
	LS	86.4	4.3	9.3	4.29	5.84	3.48	0.33	10.55	6.49	3.00	0.35
	SL	82.1	7.5	10.4	4.57	6.38	2.95	0.23	12.83	7.95	2.50	0.20
	SL	78.3	8.5	13.2	4.75	8.63	3.02	0.27	11.19	6.94	2.70	0.70
	SL	76.4	12.4	11.2	4.93	9.59	2.56	0.19	13.47	12.27	1.50	0.30
	SL	75.8	7.8	16.4	5.03	6.48	2.85	0.22	12.95	16.38	2.05	0.60
	LS	88.3	4.9	6.8	4.68	19.23	3.01	0.28	10.75	11.29	1.95	0.80
	LS	87.4	3.9	8.7	4.65	10.75	2.27	0.19	11.95	10.95	2.10	0.30

Table 5-14. Total content of soil physichemical properties at Mt. Palgong.

Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
										Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
SL	77.8	10.2	12.0	4.26	20.06	8.16	0.55	14.71	22.66	1.00	0.04
SL	79.0	7.5	13.5	4.12	46.53	8.59	0.51	16.99	19.36	0.90	0.06
SL	77.9	8.1	14.0	4.64	61.42	12.23	0.73	16.65	19.36	1.00	0.02
SCL	73.0	11.7	15.3	4.55	67.76	6.59	0.39	17.06	20.90	0.80	0.03
SCL	72.0	11.1	16.9	4.73	55.08	8.51	0.48	17.69	22.00	0.80	0.02
SCL	73.6	11.2	15.2	4.73	76.59	3.71	0.28	13.16	22.44	0.80	0.01
LS	85.0	4.0	11.0	5.29	6.86	2.91	0.23	12.65	18.60	0.27	0.05
SL	82.7	7.9	9.4	5.25	12.04	3.24	0.24	13.50	17.56	0.23	0.02
SL	85.0	5.7	9.3	5.00	4.06	1.56	0.31	5.03	16.36	0.27	0.06
SL	81.0	8.0	11.0	4.86	4.80	3.18	0.25	12.72	18.56	0.30	0.08
LS	85.3	4.7	10.0	4.47	6.69	2.25	0.28	8.04	19.65	0.25	0.05
SL	81.1	9.5	9.4	4.91	4.52	1.35	0.24	5.63	18.75	0.28	0.03
SL	84.0	6.7	9.3	4.68	5.60	1.14	0.31	3.68	17.56	0.26	0.03
LS	86.0	4.6	9.4	4.76	5.79	2.55	0.28	9.11	17.32	0.69	0.40
SL	80.0	9.0	11.0	4.36	4.59	1.41	0.28	5.04	18.85	0.22	0.03
SL	81.0	6.4	12.6	5.03	3.42	3.33	0.31	10.74	14.26	0.29	0.08
SL	77.5	14.8	7.7	4.55	3.35	0.81	0.28	2.89	6.82	3.59	1.50
SL	68.7	23.6	7.7	4.60	3.78	1.08	0.28	3.86	7.26	3.57	1.70
SL	84.3	8.0	7.7	4.81	3.35	0.89	0.25	3.56	7.26	4.22	1.48
LS	86.9	5.4	7.7	4.56	10.72	2.19	0.34	6.44	8.80	6.94	0.36
LS	87.8	1.5	10.7	4.66	10.29	1.50	0.15	10.00	18.04	3.63	2.37
LS	86.0	3.3	10.7	4.62	9.85	1.99	0.18	11.06	18.48	3.42	4.08
LS	91.0	1.3	7.7	4.36	50.64	1.97	0.17	11.59	17.38	2.24	0.46
LS	91.0	1.3	7.7	4.26	13.76	1.41	0.13	10.85	18.04	2.25	1.05
LS	90.9	1.4	7.7	4.41	5.95	1.05	0.11	9.55	18.26	1.97	0.23
SL	77.5	14.8	7.7	4.55	3.35	0.81	0.10	8.10	6.82	3.59	2.11
SL	68.7	23.6	7.7	4.56	3.78	1.08	0.12	9.00	7.26	3.57	1.73
SL	84.3	8.0	7.7	4.81	3.35	0.89	0.11	8.09	7.26	4.22	1.48
SL	79.6	11.0	9.4	4.27	2.48	0.42	0.08	5.25	5.28	2.04	1.06
LS	86.9	5.4	7.7	4.56	10.72	2.19	0.20	10.95	8.80	6.94	0.36
LS	86.9	5.4	7.7	4.58	9.85	0.64	0.11	5.82	5.72	4.93	0.27
LS	89.0	3.3	7.7	4.12	22.44	0.86	0.11	7.82	5.72	3.44	1.56
SL	69.1	23.2	7.7	4.59	7.68	1.05	0.16	6.56	6.82	2.44	0.92
SL	80.5	11.8	7.7	4.39	11.16	1.19	0.12	9.92	8.14	1.87	0.93
SL	81.1	12.1	6.8	4.18	7.68	2.37	0.21	11.29	8.80	1.15	0.05
SL	83.1	10.1	6.8	4.48	4.21	1.78	0.18	9.89	7.48	2.74	0.36
SL	75.2	19.7	5.1	4.27	3.78	1.03	0.14	7.36	7.70	2.82	2.38
SL	67.2	26.4	6.4	4.39	5.95	0.97	0.14	6.93	7.70	2.12	1.48
SL	82.9	12.0	5.1	4.97	7.68	1.08	0.15	7.20	7.92	3.73	2.67
SL	69.1	25.8	5.1	4.54	5.75	1.89	0.17	11.12	10.56	1.15	0.45
SL	70.5	24.4	5.1	4.56	1.18	1.47	0.17	8.65	10.12	0.83	0.44
LS	88.7	6.2	5.1	4.33	43.26	7.27	0.64	11.36	15.84	1.25	0.35
SL	67.4	24.3	8.3	4.29	15.06	3.53	0.28	12.61	13.20	1.08	0.72
SL	72.2	19.5	8.3	4.33	8.12	1.64	0.17	9.65	11.66	1.62	0.08
LS	85.1	9.8	5.1	4.87	9.42	3.06	0.25	12.24	10.78	2.73	1.07
SL	82.0	7.3	10.7	4.13	1.61	1.42	0.16	8.88	19.58	1.29	0.42
LS	85.2	9.7	5.1	4.28	7.68	1.64	0.17	9.65	19.14	1.95	2.95
SL	84.8	10.1	5.1	4.49	13.76	1.13	0.12	9.42	18.04	2.78	3.42
LS	90.9	1.4	7.7	4.35	3.35	1.64	0.17	9.65	18.70	9.16	4.24
LS	91.0	1.3	7.7	4.69	7.68	2.58	0.28	9.21	19.14	13.25	0.25

Table 5-15 Total content of soil physichemical properties at Mt. Gaya, Mt. Minbong, Daegwanryong and Hongcheon.

Sites	Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (HzO)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
											Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Mt. Gaya	CL	58.0	27.0	15.0	4.47	0.76	1.27	0.16	7.83	9.92	1.50	0.09
	SCL	64.5	17.0	18.5	4.27	1.59	1.05	0.18	5.95	14.08	0.90	0.04
	CL	44.7	38.2	17.1	4.55	12.06	2.18	0.21	10.18	15.40	1.00	0.60
	L	62.9	22.5	14.6	4.68	5.39	2.15	0.20	10.75	13.24	1.95	0.80
	CL	62.2	20.5	17.3	4.78	6.39	2.04	0.19	10.74	12.42	2.00	0.40
	SL	68.9	18.4	12.7	4.92	7.48	1.96	0.17	11.53	16.36	1.80	0.25
	SCL	65.9	17.3	16.8	5.01	8.39	2.30	0.19	12.11	10.36	1.30	0.35
	CL	58.1	22.5	19.4	4.87	2.50	1.20	0.13	9.23	11.63	2.20	0.40
	L	64.9	20.4	14.7	4.59	4.38	1.50	0.15	10.00	10.36	1.85	0.35
	SL	67.5	18.7	13.8	4.93	6.49	1.45	0.15	9.67	10.52	1.60	0.35
Mt. Minbong	SL	74.9	16.9	8.2	4.69	30.24	2.45	0.29	8.45	10.02	3.45	0.96
	SL	70.2	19.2	10.6	4.73	27.64	2.04	0.27	7.56	9.67	2.35	0.93
	SL	63.9	25.3	10.8	4.55	7.32	6.56	0.57	11.51	10.74	3.14	1.01
	SL	67.3	21.0	11.7	4.76	10.35	5.15	0.45	11.44	11.45	2.85	0.80
	L	50.3	37.9	11.8	4.69	24.00	4.82	0.36	13.39	10.73	2.40	0.80
	L	49.5	45.2	5.3	5.08	24.89	2.58	0.17	15.18	9.68	3.10	0.16
	SL	65.7	29.2	5.1	4.96	25.34	3.16	0.28	11.29	9.38	3.40	0.12
	SL	66.6	28.3	5.1	5.18	10.33	3.67	0.25	14.68	10.45	2.90	0.15
	SL	70.4	24.5	5.1	5.16	22.64	3.84	0.29	13.24	10.63	3.50	0.90
	SL	71.7	23.3	5.0	5.30	20.06	3.57	0.26	13.73	11.47	3.00	1.10

## 가. 토성

소광리의 금강소나무림의 능선부위·사면상부·사면하부의 토성은 사질양토와 사질식양토로, 사면중부는 사질식양토와 사질양토로, 계곡부위는 사질양토로 나타났다.

모래의 함량은 계곡부위(79.0%)가 가장 높았으며, 사면중부에서 낮게 나타났다. 미사의 함량은 그와 반대로 계곡부위(8.9%)에서 가장 낮게 나타났다. 점토의 함량은 소광리 전 지역에서 비슷하게 나타났다.(그림 5-7)

소광리에 인접한 지역의 금강소나무림의 경우, 응봉산, 청옥산, 통고산은 대부분 사질양토, 사질식양토였고, 검마산과 남해룡 지역은 대부분 사질양토였다. 대관령과 흥천 지역은 사질양토, 양질사토로 나타났다.

모래의 함량은 흥천 지역(80.7%)이 가장 높았고, 청옥산(68.2%)이 가장 낮았다. 미사는 흥천지역(7.9%)을 제외하고는 12-15%내외였다. 대관령(8.5%)을 제외하고는 12-14%내외로 비슷하게 나타났다.(그림 5-8)

소나무림 지역인 팔공산은 사질양토와 양질사토였고, 민봉산은 사질양토였다.

모래의 함량은 팔공산이 80.9%였고, 민봉산과 가야산은 65% 내외였다. 미사는 민봉산(27.1%)이 가장 높게 나타났고, 팔공산(10.3%)이 가장 낮게 나타났다. 점토는 가야산(16.0%)이 높았고, 나머지 조사지는 9%내외로 나타났다.(그림 5-9)

소나무림의 모래 함량의 범위가 60%-80%로 넓게 분포한 반면, 금강소나무림에서는 70%내외로 나타났다. 미사나 점토의 경우도 금강소나무 지역에서는 13-14%내외로 비슷하게 나타났다.

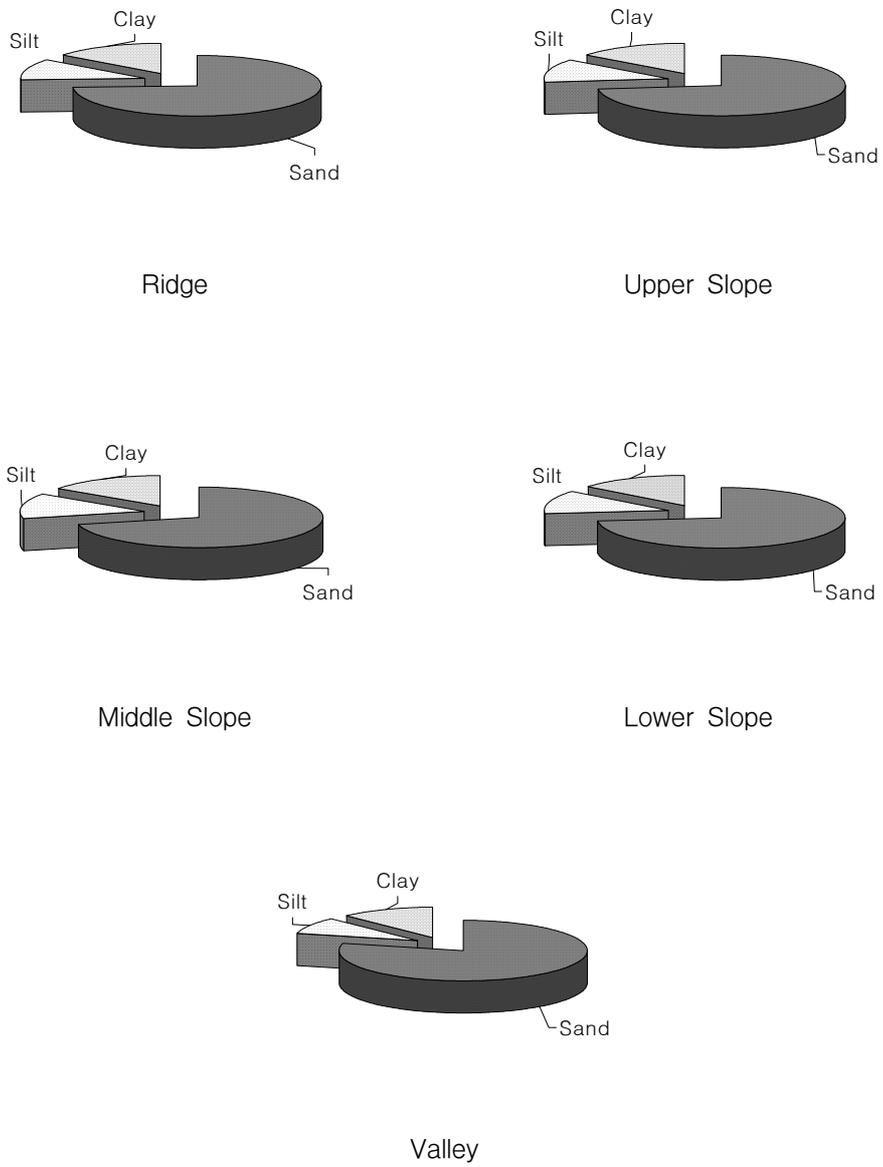
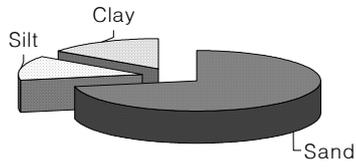
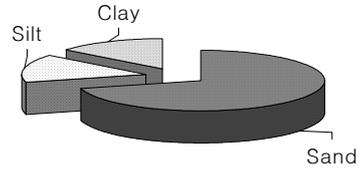


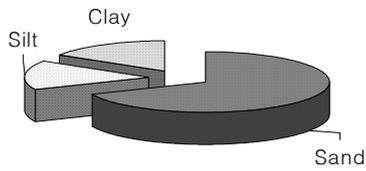
Fig 5-7 Particle size distribution in soil at Sokwang-Ri. (*Pinus densiflora* for. *erecta*)



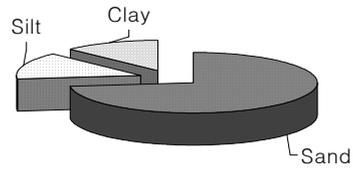
Ulgin



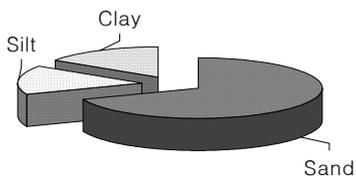
Mt. Eungbong



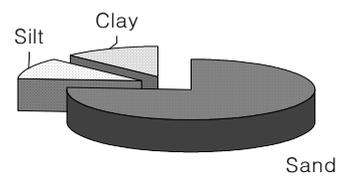
Mt. Chungok



Mt. Kumma



Mt. Tonggo



Namhaeryong

Fig 5-8. Particle size distribution in soil at each sites. (*Pinus densiflora* for. *erecta*)

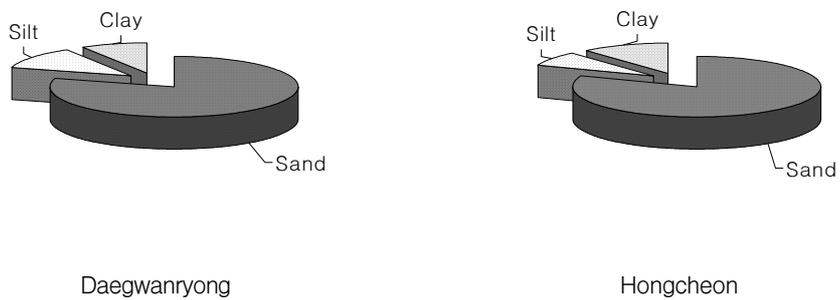


Fig 5-8. Particle size distribution in soil at each sites. (*Pinus densiflora* for. *erecta*)

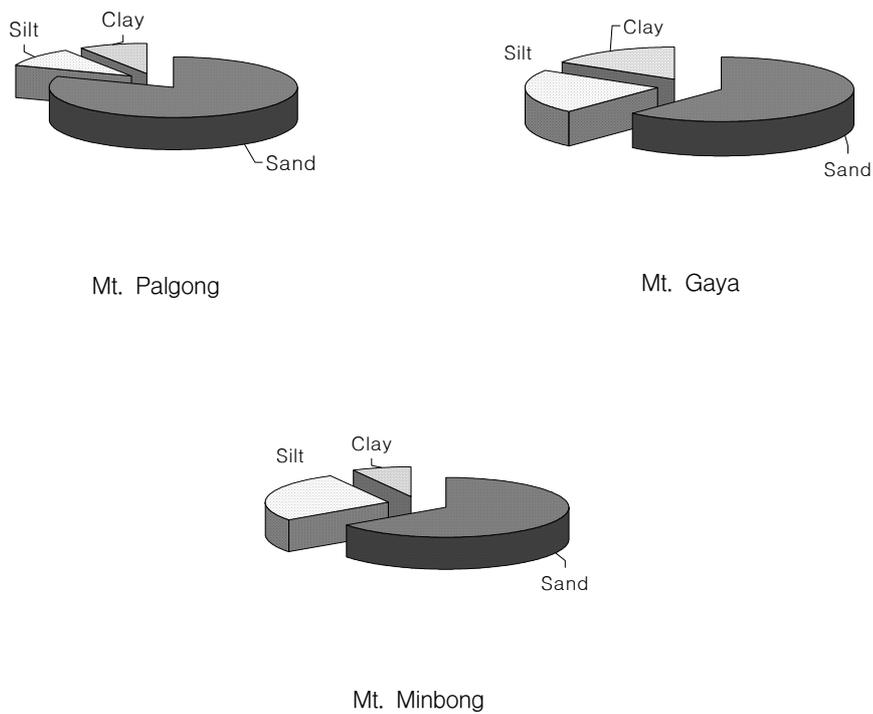


Fig 5-9. Particle size distribution in soil at each sites. (*Pinus densiflora*)

#### 나. 토양 pH

소광리의 금강소나무림의 토양산도는 pH 4.70 전후로 산성인 것으로 나타났다. 계곡부위와 사면별로 큰 차이를 보이지 않았다.(그림 5-10) 소광리에 인접한 지역의 금강소나무림의 경우, 남해룡 지역(pH 4.88)에서 토양산도가 높았으며, 대관령지역(pH 4.50)에서 비교적 낮았다.(그림 5-11)

소나무림의 토양산도는 민봉산(pH 4.91)에서 높게 나타났고, 팔공산(pH 4.56)에서 낮게 나타났다.(그림 5-12) 소나무림의 경우, pH 4.56-4.91로 지역마다 다소 차이를 보이고 있었다. 그러나, 금강소나무림의 경우, 화강편마암지대로 소광리를 비롯한 인접한 지역의 토양산도가 거의 pH 4.70으로 차이가 없었다.

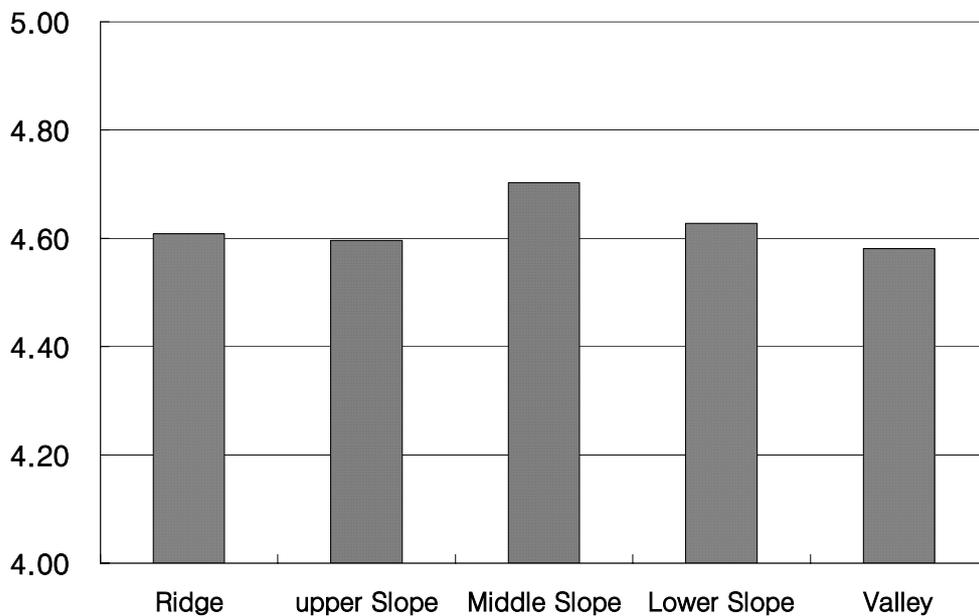


Fig 5-10. pH in soil of Sokwang-Ri. (*Pinus densiflora* for. *erecta*)

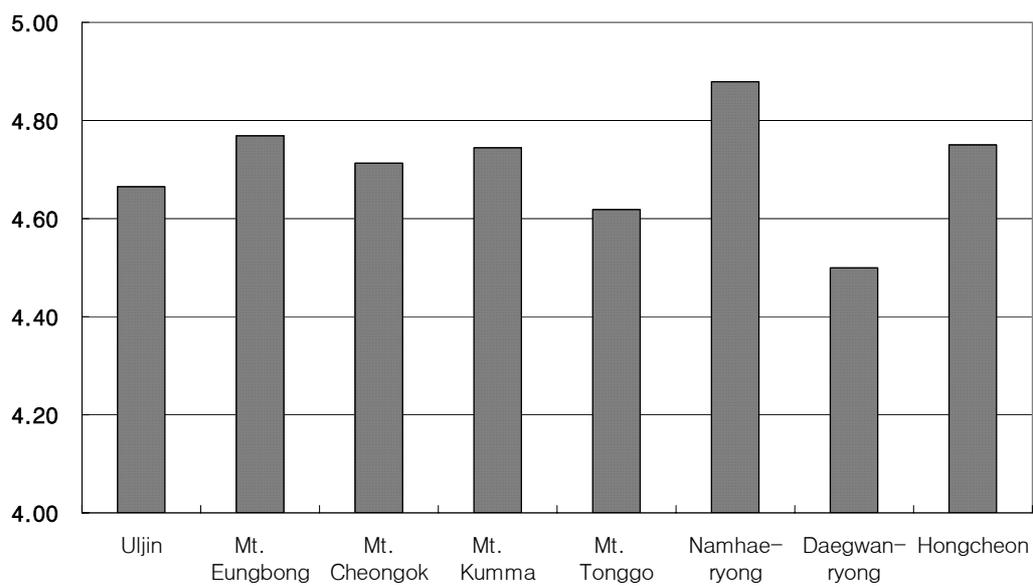


Fig 5-11. pH in soil of each Sites. (*Pinus densiflora* for. *erecta*)

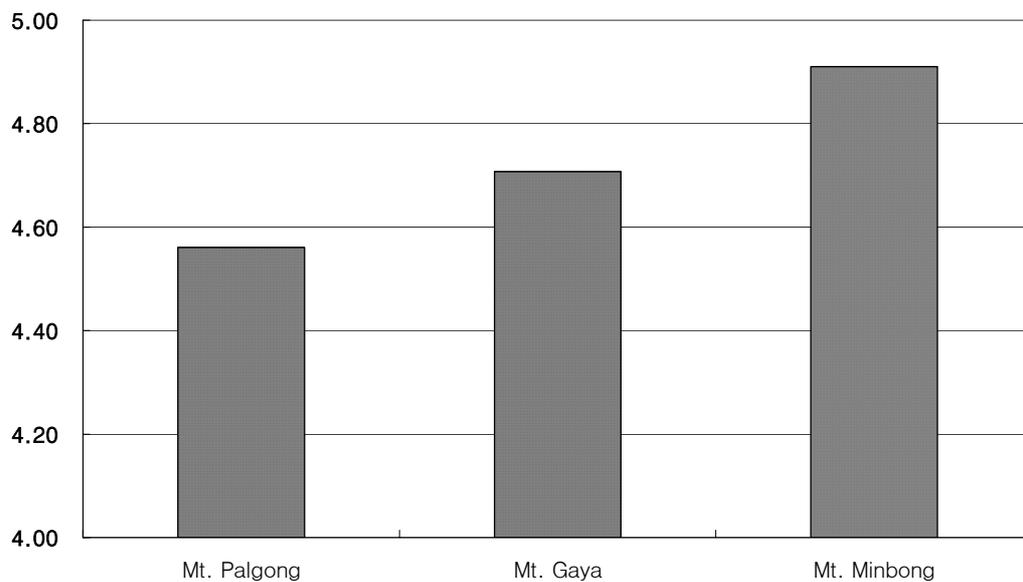


Fig 5-12. pH in soil of each Sites. (*Pinus densiflora*)

다. 유효인산

소광리의 금강소나무림의 경우, 평균 유효인산의 함량이 14.14ppm이고, 능선부위(16.31ppm)에서 유효인산의 함량이 가장 많은 것으로 나타났고, 계곡부위(12.40ppm), 사면상부(10.56ppm), 사면하부(10.20ppm)의 순으로 나타났으며, 사면중부에서 적게 나타났다.(그림 5-13)

소광리에 인접한 금강소나무림의 경우, 응봉산(26.76ppm)과 검마산(24.18ppm)이 높게 나타났으며, 울진군 일대(4.57ppm)가 가장 낮게 나타났다.(그림 5-14)

소나무림의 경우, 민봉산(20.28ppm)이 높게 나타났으며, 가야산(5.54ppm)이 낮게 나타났다.(그림 5-15)

울진군 일대를 제외하면, 금강소나무림 지역의 유효인산 함량(8.19-26.76ppm)이 소나무림 지역(5.54 - 20.28ppm)보다 유효인산의 함량이 다소 높게 나타났다.

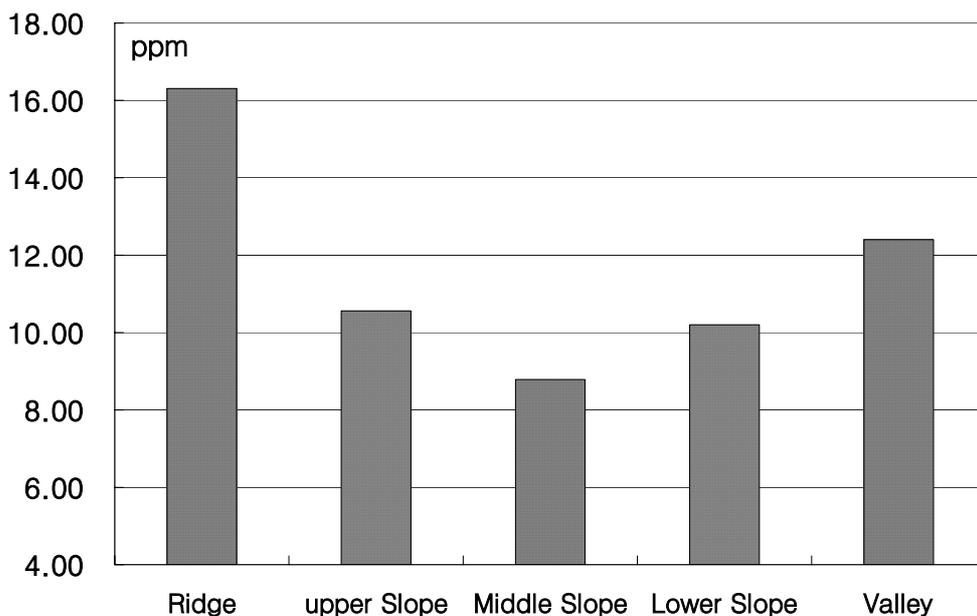


Fig 5-13. Available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in soil of Sokwang-Ri.(*Pinus densiflora* for. *erecta*)

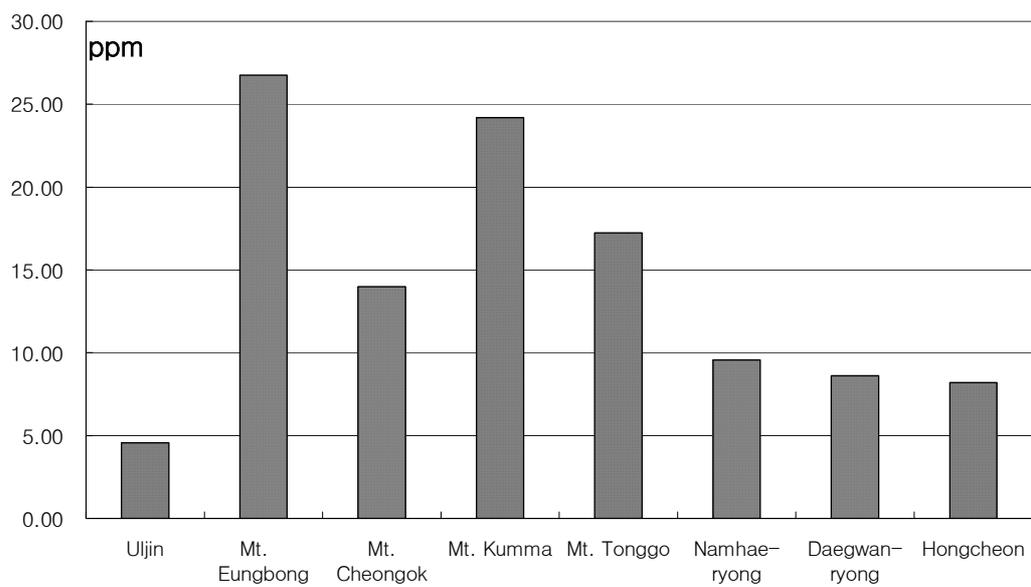


Fig 5-14. Available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in soil of each sites. (*Pinus densiflora* for. *erecta*)

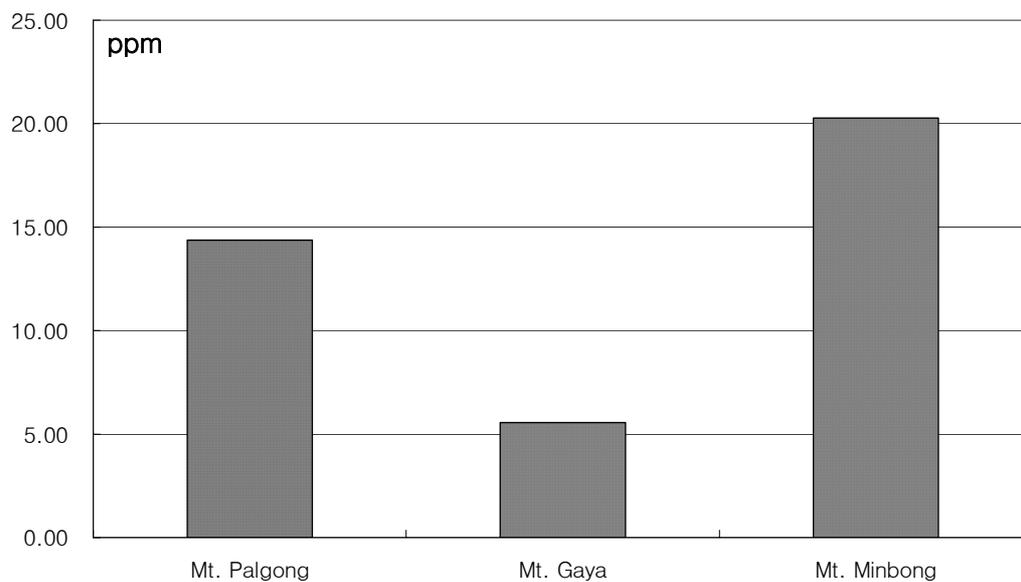


Fig 5-15. Available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in soil of each sites. (*Pinus densiflora*)

라. 탄소

소광리의 금강소나무림의 경우, 탄소의 평균 함량이 3.92%이고, 사면중부(3.13%)에서 가장 적게 나타났으며, 반면 사면하부(4.50%)에서 가장 높게 나타났다.(Fig 5-16) 소광리에 인접한 지역의 금강소나무림의 탄소의 함량은 청옥산(6.16%), 응봉산(6.09%)이 높게 나타났으며, 울진군 일대(1.61%)가 낮게 나타났다.

소나무림 지역에서는 민봉산(3.78%)이 높게 나타났으며, 가야산(1.71%)이 낮게 나타났다. 우리 나라 갈색삼림토양의 탄소함량은 0.95-4.57%정도인데, 이것과 비교해보면 금강소나무림 지역은 다소 높은 편으로 나타났다. 금강소나무 지역(3.98-6.16%)이 소나무림 지역(1.71-3.78%)보다 탄소 함량이 높게 나타난 것은 금강소나무림 지역이 소나무림 지역보다 유기물 집적이 높기 때문인 것으로 생각된다.

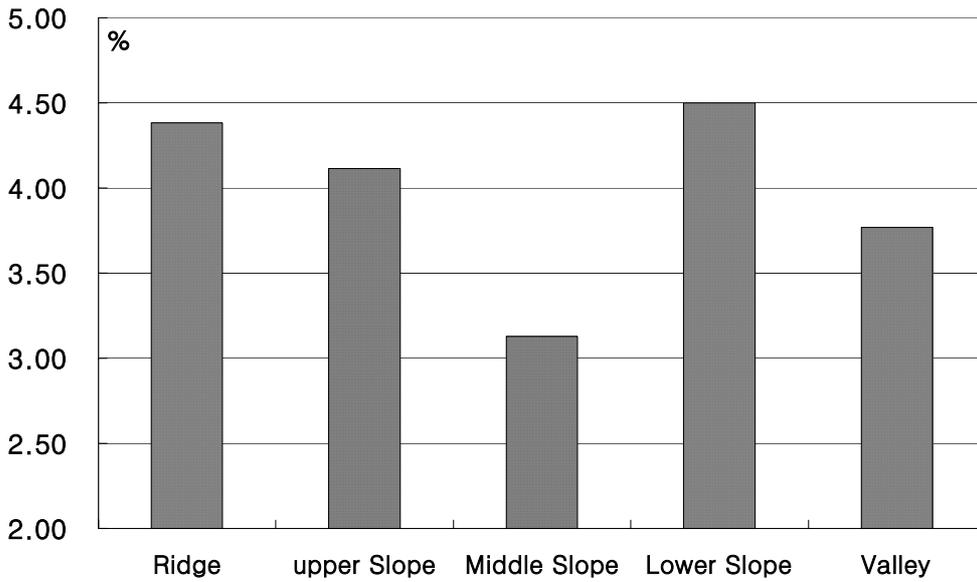


Fig 5-16. Carbon in soil of Sokwang-Ri.(*Pinus densiflora* for. *erecta*)

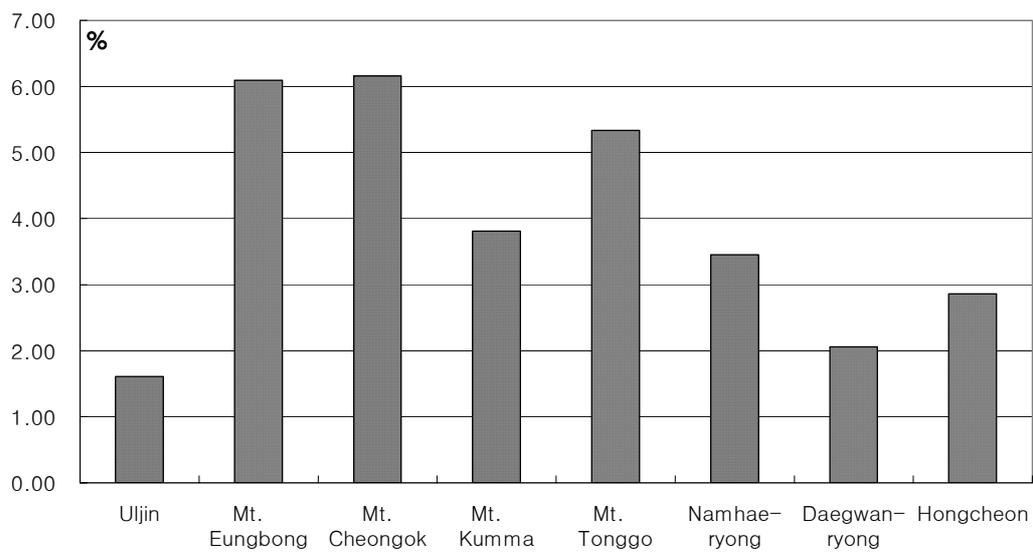


Fig 5-17. Carbon in soil of each Sites.(*Pinus densiflora* for. *erecta*)

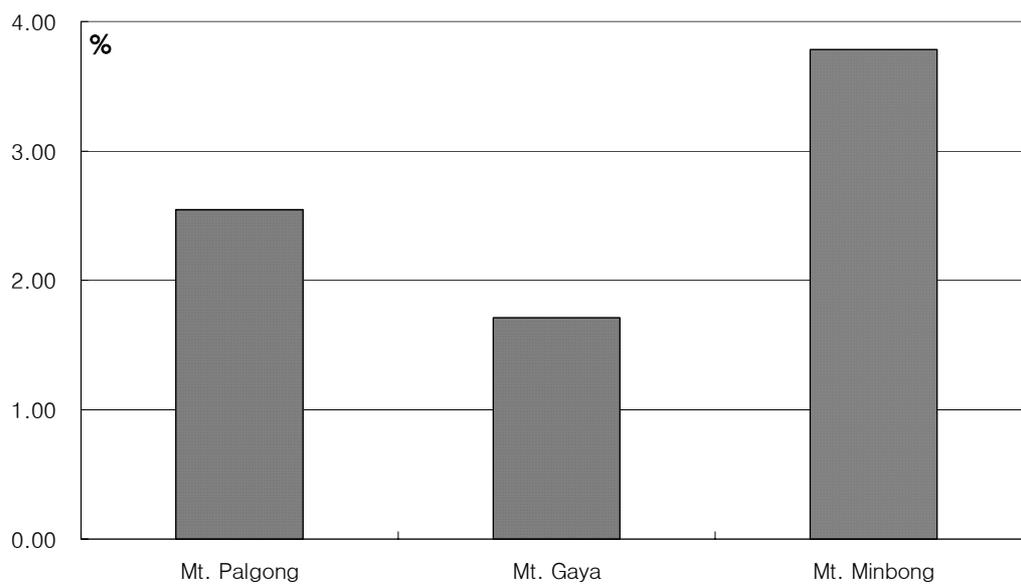


Fig 5-18. Carbon in soil of each sites.(*Pinus densiflora*)

마. 전질소

소광리의 금강소나무림의 경우 전질소의 평균 함량이 0.28%이고, 능선부위(0.32%)와 사면하부(0.31%)에서 전질소 함량이 높게 나타났고, 사면중부(0.23%)에서 다소 낮게 나타났다.(그림 5-19.)

소광리에 인접한 지역의 금강소나무림에서는 청옥산(0.50%)이 가장 높게 나타났으며, 대관령 지역(0.16%)이 가장 낮게 나타났다.(그림 5-20.)

소나무림에서는 민봉산(0.32%)이 높게 나타났으며, 그 외 지역에서는 0.17- 0.24% 정도로 다소 낮게 나타났다.(그림 5-21.)

금강소나무림의 전질소 함량이 소나무림보다 다소 높은 수치를 나타내고 있었다.

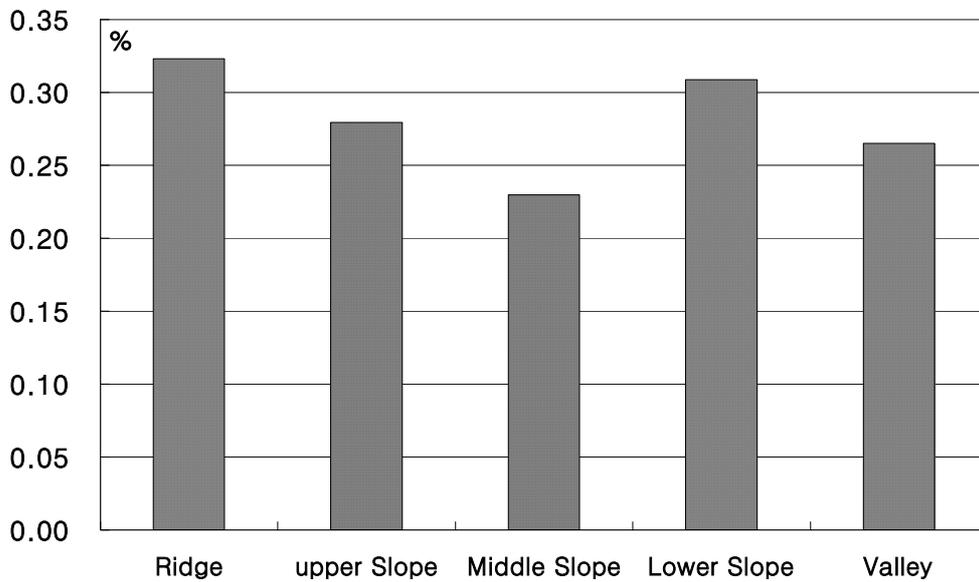


Fig 5-19. Total Nitrogen in soil of Sokwang-Ri(*Pinus densiflora* for. *erecta*)

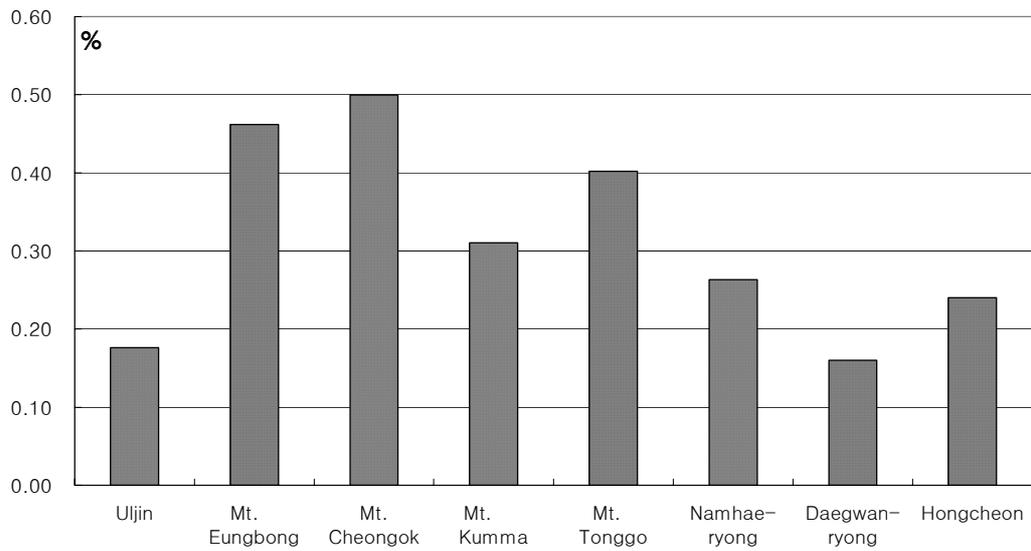


Fig 5-20. Total Nitrogen in soil of each site. (*Pinus densiflora* for. *erecta*)

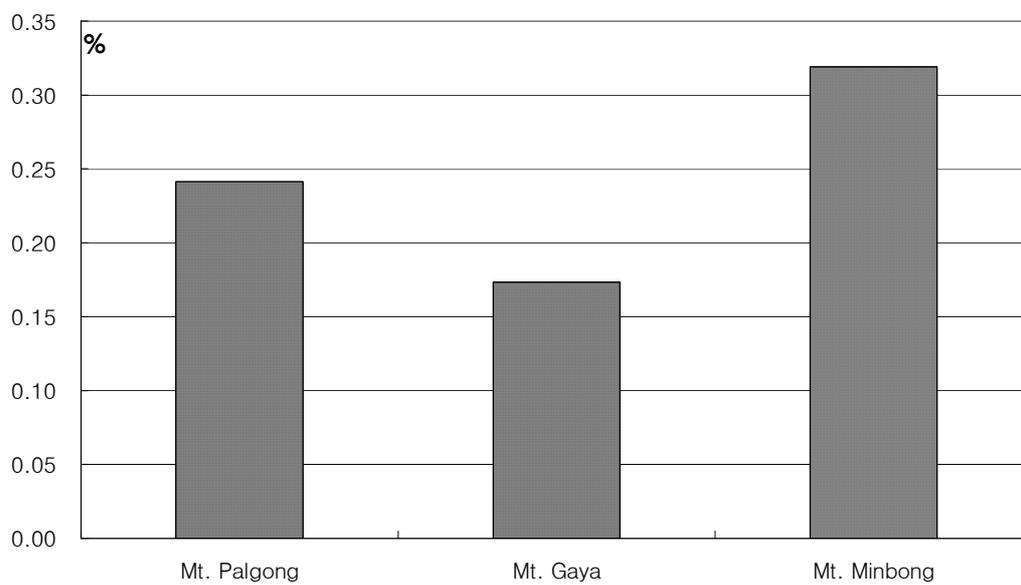


Fig 5-21. Total Nitrogen in soil of each site. (*Pinus densiflora*)

바. 탄질률

소광리의 금강소나무림의 경우 평균 탄질률이 13.8로 나타났으며, 사면부위와 계곡부위 대부분 13-14 정도로 나타났다.(그림 5-21) 소광리에 인접한 지역의 금강소나무림의 탄질률은 울진군 일대(8.89)를 제외하고는 탄질률이 12-13 정도로 나타났다.(그림 5-22.)

소나무림의 경우, 팔공산(9.58)과 가야산(9.80)이 낮게 나타났으며, 그 외 지역에서는 탄질률이 12 정도로 나타났다.(그림 5-23.)

탄질률은 일반적으로 유기물이 미생물에 의하여 분해되는 난이도나 분해의 진행 정도를 나타내는 지표로서 토양의 비옥도를 판정하기 위한 중요한 자료이다.(삼림토양학, 1994)

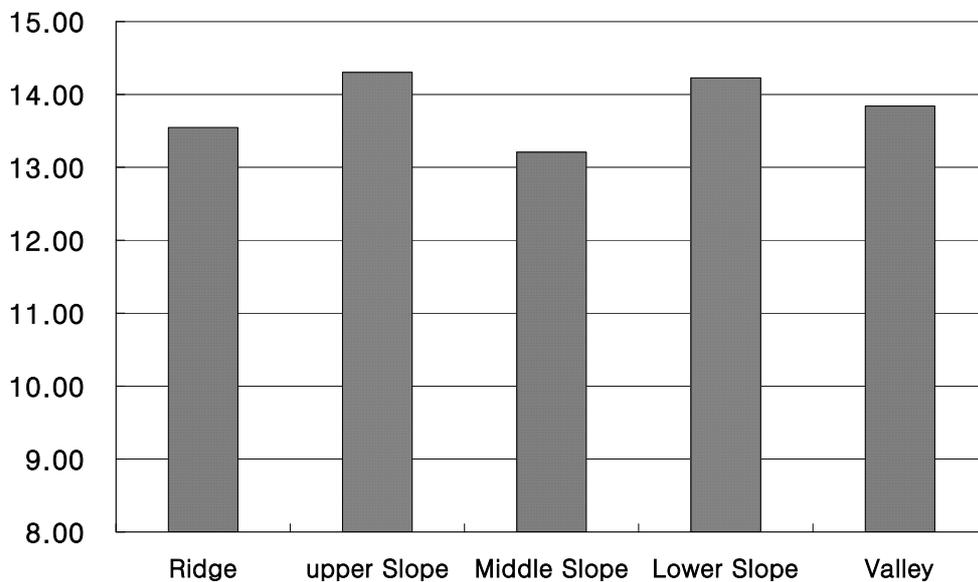


Fig 5-22. CN Ratio in soil of Sokwang-Ri. (*Pinus densiflora* for. *erecta*)

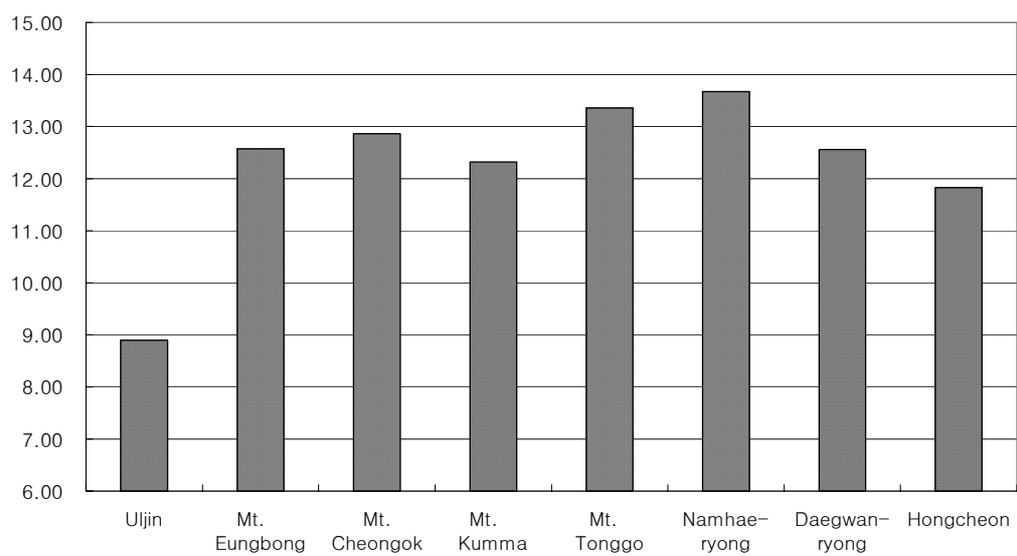


Fig 5-23. CN Ratio in soil of each sites. (*Pinus densiflora* for. *erecta*)

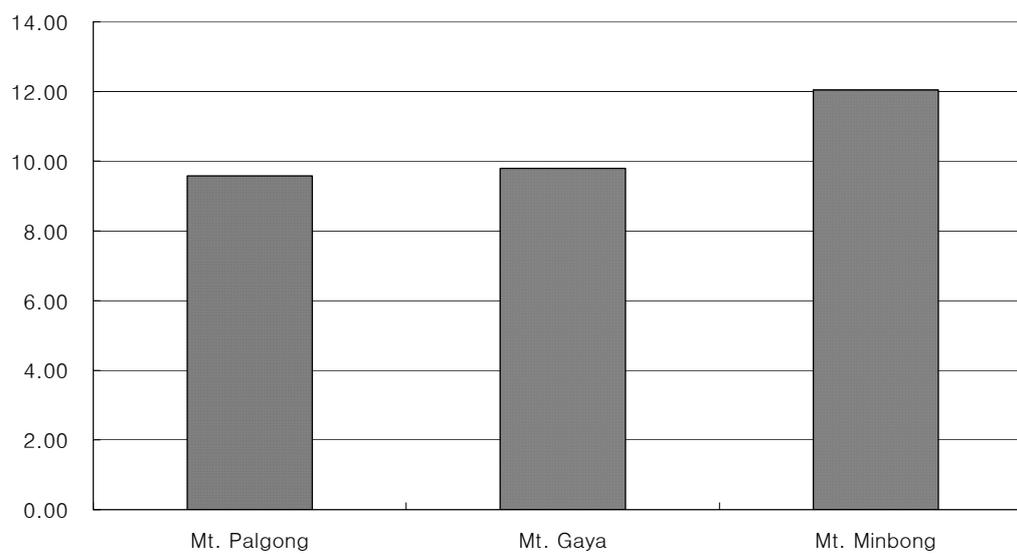


Fig 5-24. CN Ratio in soil of each sites. (*Pinus densiflora*)

사. 염기치환용량(CEC)

소광리의 금강소나무림의 경우, 평균 염기치환용량은 10.26me/100g이고, 사면중부(11.59me/100g)가 가장 높게 나타났고, 사면하부(10.27me/100g), 능선부위(10.12me/100g), 사면상부(9.78me/100g), 계곡부위(9.52me/100g) 순으로 나타났다.(그림 5-25)

소광리에 인접한 지역의 금강소나무림의 경우, 응봉산(15.55me/100g)이 높게 나타났고, 대관령지역(8.7011me/100g)이 낮게 나타났다.(그림 5-26)

소나무림에서는 10-13me/100g 정도로 나타났다.(그림 5-27.)

금강소나무림의 염기치환용량의 평균 함량이 12.38me/100g으로 우리 나라 소나무림의 평균 염기치환용량 9.2me/100g보다 다소 높은 것으로 나타났다.

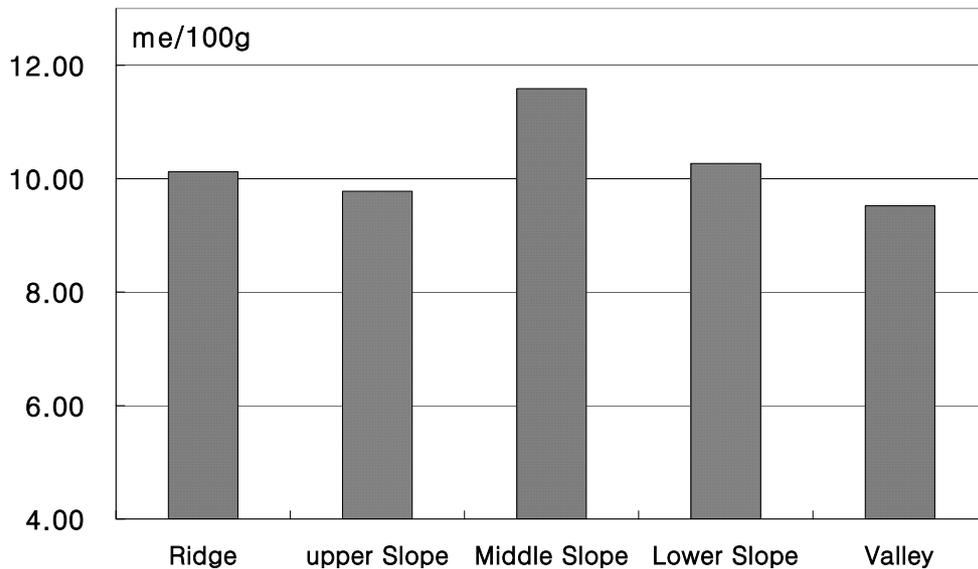


Fig 5-25. CEC in soil of Sokwang-Ri.(*Pinus densiflora* for. *erecta*)

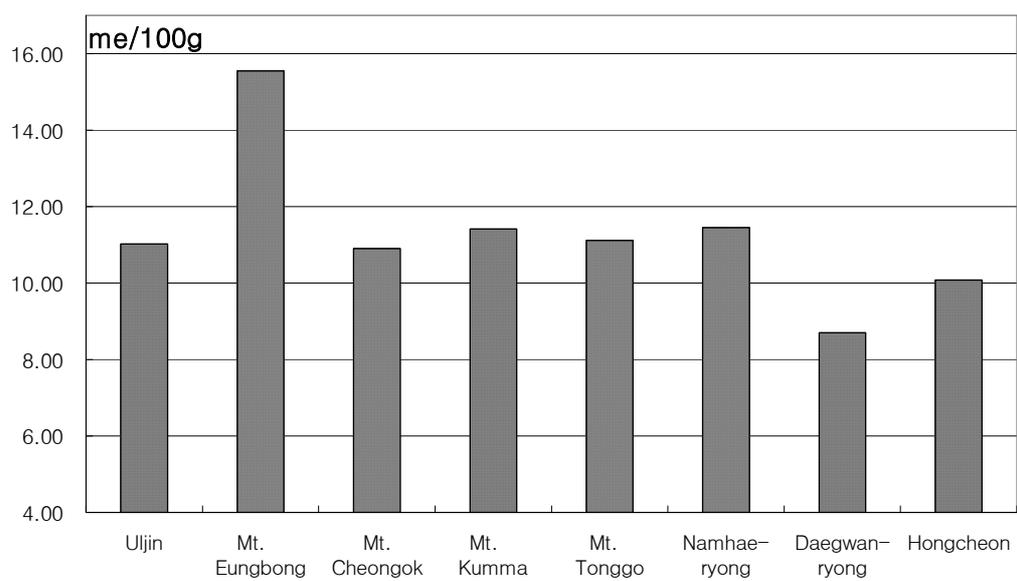


Fig 5-26. CEC in soil of each sites. (*Pinus densiflora* for. *erecta*)

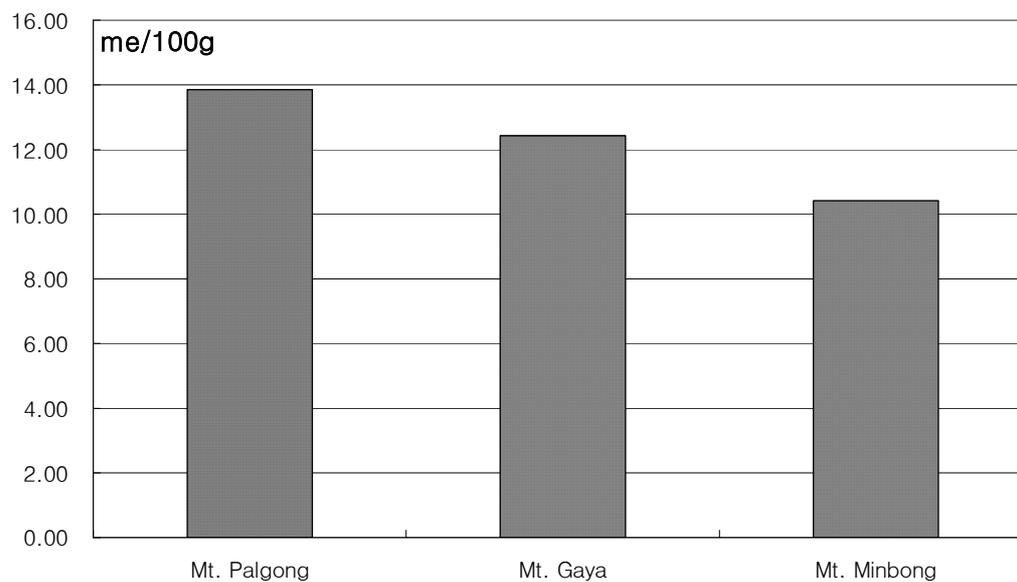


Fig 5-27. CEC in soil of each sites. (*Pinus densiflora*)

아. 치환성양이온( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ )

소광리의 금강소나무림의 경우, 치환성  $\text{Ca}^{++}$ 의 함량은 능선부위(1.30me/100g)에서부터 계곡부위(1.79me/100g)쪽으로 갈수록 증가하였고, 치환성  $\text{Mg}^{++}$ 은 능선부위(0.56me/100g)에서 계곡부위(0.78me/100g)로 증가하였다.(그림 5-28.)

소광리에 인접한 지역의 금강소나무림의 경우, 치환성  $\text{Ca}^{++}$ 은 검마산(5.04me/100g)에서 높았으며, 대관령 지역(2.01me/100g)과 홍천 지역(2.06me/100g)에서 낮게 나타났고, 치환성  $\text{Mg}^{++}$ 는 대부분 지역에서 1.0me/100g 전후로 나타났다.

소나무림에서의 치환성  $\text{Ca}^{++}$ 은 2.0me/100g 전후로 나타났으며, 치환성  $\text{Mg}^{++}$ 는 0.6me/100g 정도로 나타났다.

금강소나무림의 경우 소광리 지역, 대관령지역, 홍천지역을 제외하고는 소나무림보다 대부분 치환성  $\text{Ca}^{++}$ 과 치환성  $\text{Mg}^{++}$ 이 높게 나타났다.

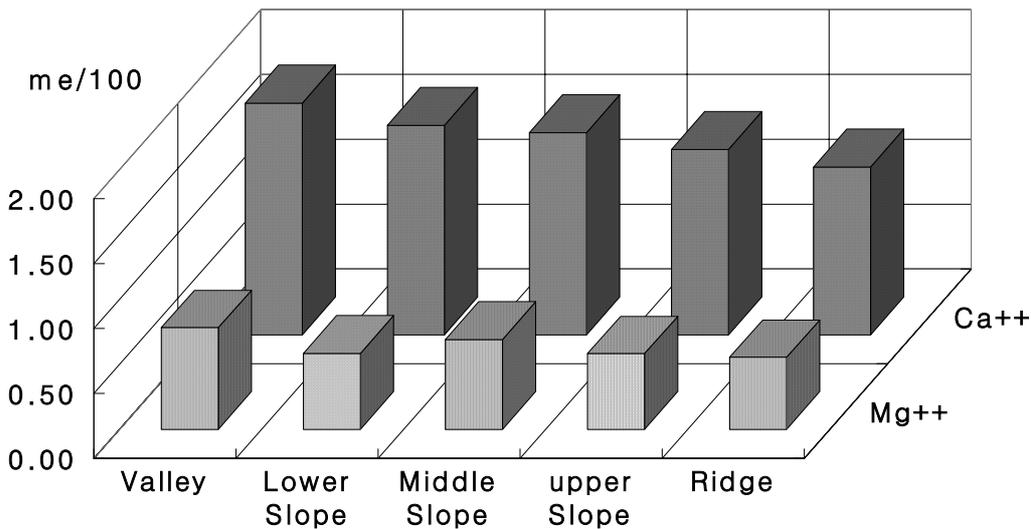


Fig 5-28. Exchangeable cation( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) in soil of Sokwang-Ri  
(*Pinus densiflora* for. *erecta*)

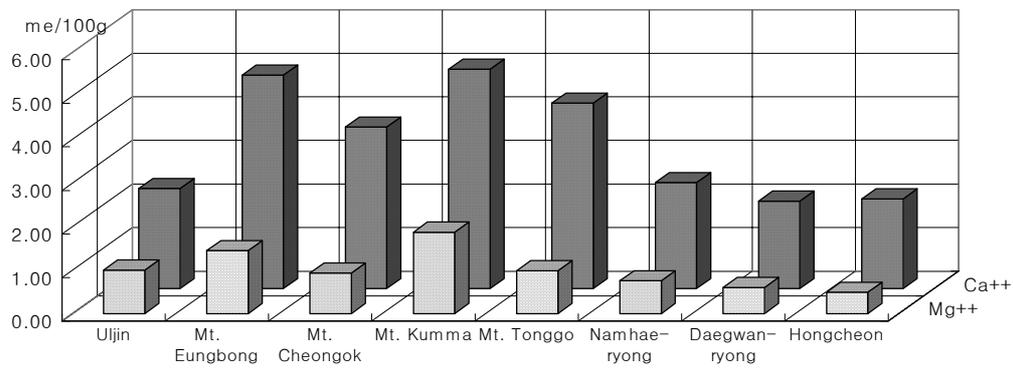


Fig 5-29. Exchangeable cation(Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>) in soil of each sites.

(*Pinus densiflora* for. *erecta*)

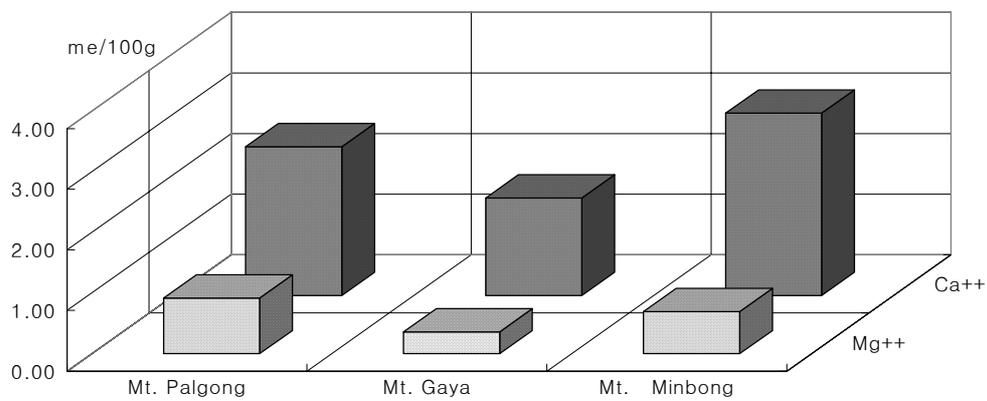


Fig 5-30. Exchangeable cation(Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>) in soil of each sites.(*Pinus densiflora*)

이상과 같이 금강소나무림 지역의 토양과 소나무림 지역의 토양 이화학적 성질을 분석한 바 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

금강소나무림 지역의 토성은 대부분 사질양토로 조사되었고, 소나무림 지역은 사질양토와 양질사토로 조사되었다. 금강소나무림 지역의 모래, 점토, 미사가 각각 72%, 13%, 15%로, 소나무림은 모래, 점토, 미사가 각각 74%, 16%, 10%로 조사되었다. 토성은 그 지역의 모암과 자연 환경에 따라 크게 차이가 나타나는 바, 본 연구에서도 소광리와 소광리에 인접한 지역의 금강소나무림의 토성은 비슷하게 나타났으나, 소나무림의 토성의 경우 조사 지역이 다른 관계로 다소 차이가 있었다.

금강소나무림의 토양산도는 pH 4.60정도로 나타났으나, 소나무림의 경우, pH 4.50-4.91로 지역마다 다소 차이를 보이고 있었다. 이는 토양산도가 모암에 따라 차이를 보이는 것으로 생각된다. 금강소나무림의 경우, 유효인산·치환성 칼슘·치환성 마그네슘의 함량은 사면부위보다 계곡부위에서 높게 나타났고, 탄소·전질소 함량과 염기치환용량은 계곡부위보다 사면부위에서 높게 나타났다. 유효인산·탄소·전질소 함량, 탄질률, 염기치환용량의 경우 금강소나무림 지역이 소나무림 지역보다 높게 나타났고, 치환성  $Ca^{++}$ 과  $Mg^{++}$ 은 비슷하게 나타났다.

#### 4. 참고문헌

- William L. Pritchett & Richard F. Fisher, 1987, Properties and Management of Forest soils, 2nd., JOHN WILEY & SONS. N.Y. pp.1~160.
- 김동수. 1988, 토양화학분석법. 농촌진흥청. 농업기술연구소. 450pp.
- 李天龍. 1992. 山林環境土壤學. 普成文化社.
- 임업연구원. 1989. 산림토양단면도집, 서울, 서광문화사. 55pp.
- 팔공산 자연공원 생태계 조사보고서. 1994. 대구직할시. pp.37-73.
- 허태철. 1994. 팔공산 삼림토양의 이·화학적특성. 경북대학교 석사학위논문집.
- 현정오 외 4인. 1994. 삼림토양학. 향문사. 325pp.

## 제 3 절 금강소나무림 분포지대의 기후 분석

### 1. 실험 목적

우리 나라에 분포하는 소나무(*Pinus densiflora*) 중 형질이 우량한 금강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta*)는 경북의 영덕, 봉화, 영양, 문경 및 울진 일대와 강원도의 원주, 평창, 고성 및 정선 일대에 분포하였던 것으로 알려진다. 그러나 자연적 교란과 인위적 교란 등에 의해 그 분포 지역이 현저히 감소하였고, 현재 천연보호림으로 지정되어 있는 경상북도 울진군 소광리 일대에 최노령 임분이 남아 있다.

일반적으로 수종의 분포 및 식생은 기후 인자에 지배되며, 일정한 지역 내에서 부분적인 식생의 변화는 토지적 인자에 기인하는 것으로 알려져 왔다. 특히, 기후 인자 중에서 온도는 수종의 분포 및 식생의 형성에 결정적인 영향을 주며, 다음에 수분인자에 의하여 지배된다.

따라서 금강소나무가 분포하고 있는 지역과 분포하고 있지 않은 지역을 대상으로 기온, 강우량을 중심으로 기후 환경의 차이점을 분석하기로 하였다.

### 2. 재료 및 실험 방법

금강소나무림의 기후에 대해서는 별도로 조사된 자료가 없기 때문에 금강소나무의 분포지역으로 알려진 울진, 춘양, 태백, 영주, 강릉, 대관령, 동해, 원주 지역과 소나무가 분포하고 있는 안동, 영덕, 의성, 영천, 대구, 경주, 합천, 서산을 대상으로 총 17개 지역에 대해서 기후 분석을 실행하였다.

기상청 발간의 기상연보(1978년~1998년)를 기초자료로 하여 한국기후표, 한국기상연감, 한국농림수산정보센터의 농업기상정보 등을 참고하였다.

먼저, 금강소나무림 분포지와 소나무 분포지의 기후 환경을 비교하였고, 수간이 통직한 것으로 알려진 안면도 소나무림이 분포하는 지역인 서산 지역과 소나무 노령 임분이 잔존하고 있는 가야산 일대의 합천 지역도 함께 분석하였다.

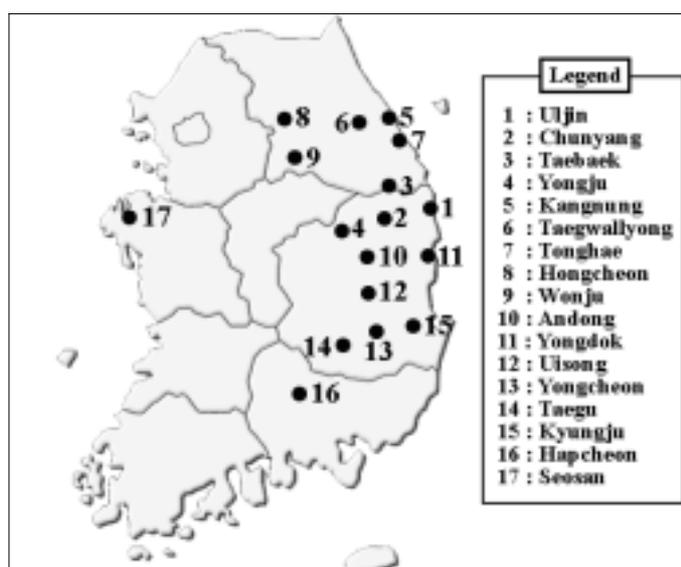


Fig. 5-31. the location of 17 studied station

Table 5-16. List of the 17 studied surface synoptic station

Station	Lat.(N)	Long.(E)	H(m)	Hb(m)	ht(m)	ha(m)	hr(m)
Uljin	36°59′	129°25′	49.5	50.6	1.5	13.6	0.2
Chunyang	36°57′	128°58′	305.0	306.0	1.5	10.0	1.6
Taebaek	37°10′	128°59′	710.0	710.9	1.5	13.0	0.6
Yongju	36°52′	128°31′	208.0	209.5	1.5	10.0	0.6
Kangnung	37°45′	128°54′	26.0	27.0	1.5	9.8	0.3
Taegwallyong	37°41′	128°45′	842.0	843.4	1.5	10.0	1.6
Tonghae	37°30′	129°07′	34.5	31.5	1.5	10.0	0.5
Hongcheon	37°41′	127°53′	141.0	142.4	1.5	10.0	0.5
Wonju	37°20′	127°57′	149.8	150.3	1.5	10.0	1.7
Andong	36°33′	128°43′	139.3	142.2	1.5	15.5	1.7
Yongdok	36°32′	129°25′	40.5	14.7	1.5	10.0	0.5
Uisong	36°21′	128°41′	73.0	74.1	1.5	10.0	0.6
Yongcheon	35°58′	128°57′	91.3	92.3	1.5	10.0	0.5
Taegu	35°53′	128°37′	57.8	60.9	1.4	23.6	0.2
Kyungju	35°49′	129°12′	38.0	-	-	-	-
Hapcheon	35°34′	128°10′	32.4	33.6	1.5	10.5	0.6
Seosan	36°46′	126°28′	19.7	20.9	1.4	11.8	0.4

Lat.(N) : North latitude, Long.(E) : East Longitude, H : Height of observation field above mean sea level, Hb : Height of mercurial barometer above mean sea level, ht : Height of thermometer above the ground, ha : height of anemometer above the ground, hr : Height of rain gauge above the ground

그림 5-31은 분석 대상지의 위치를 도면으로 나타낸 것이며, 표 5-16은 17개 분석 지역의 기상청 또는 기상대가 위치하고 있는 위도, 경도, 노장의 해발높이(H), 수은 기압계의 해발높이(Hb), 온도계의 지상높이(ht), 풍속계의 지상높이(ha), 우량계의 지상높이(hr)를 나타낸 것이다. 경주 지역의 경우 기상대가 설치되어 있지 않고, 자동 기상관측기를 이용하고 있어 수은 기압계의 해발높이, 온도계의 지상높이, 풍속계의 지상높이, 우량계의 지상높이가 생략되었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 기온

우리 나라의 연평균 기온은 지역에 따라 차가 큰 편이며, 산악지대를 제외하면 대체로 평균 10~16℃ 정도이다.

표 5-17는 17개 조사지역에 대한 연평균 기온과 최고기온 평균 및 최저기온 평균을 나타내고 있다. 각 지역별 연평균 기온은 울진 12.4℃, 춘양 10.1℃, 태백 8.4℃, 영주 11.2℃, 강릉 13.2℃, 대관령 6.5℃, 동해 12.5℃, 홍천 10.1℃, 원주 11.3℃, 안동 12.1℃, 영덕 12.8℃, 의성 11.0℃, 영천 12.2℃, 대구 14.0℃, 경주 12.8℃, 함천 12.8℃, 서산 12.0℃로 나타났다. 지역별로 연평균 기온은 유사하게 나타나고 있으나 산악지대에 속하는 태백과 대관령이 다른 지역들과 비교하여 상당히 낮은 분포를 나타내고 있다.

금강소나무림 분포지에 속하는 울진, 춘양, 태백, 영주, 강릉, 대관령, 동해, 홍천, 원주의 경우 대부분 11℃ 이하의 기온 분포를 나타내고 있으나, 동해안에 접해져 있는 울진, 강릉, 동해의 기온이 각각 울진 12.4℃, 강릉 13.2℃, 동해 12.5℃로 다른 지역에 비교하여 다소 높게 나타났다. 소나무림 분포지에 속하는 안동, 영덕, 의성, 영천, 대구, 경주의 연평균 기온은 대부분 12℃ 이상으로 분포하였다. 함천과 서산의 경우도 비슷한 경향을 나타내고 있으나, 대구의 연평균 기온이 내륙 분지형 기후의 영향으로 다소 높은 14℃로 나타났다.

Table 5-17. Mean temperature of each studied station.

Element		Temperature(°C)												Mean
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Uljin	Mean Temp.	0.8	1.7	6.0	11.8	16.1	18.9	22.8	23.9	19.8	14.8	9.2	3.6	<b>12.4</b>
	Mean Highest	12.8	14.9	19.1	26.8	30.3	30.8	34.2	33.5	29.5	25.6	21.5	16.6	<b>24.6</b>
	Mean Lowest	-10.4	-9.1	-3.6	0.7	5.7	10.8	15.4	16.7	10.7	3.0	-2.9	-7.7	<b>2.4</b>
Chunyang	Mean Temp.	-3.6	-1.6	3.5	10.3	15.2	19.5	22.8	23.1	17.8	10.8	4.3	-1.4	<b>10.1</b>
	Mean Highest	10.3	14.1	19.4	27.3	30.1	32.0	33.4	33.7	30.8	26.0	19.7	13.7	<b>24.2</b>
	Mean Lowest	-18.5	-16.1	-9.7	-5.1	1.2	7.1	11.9	12.7	4.4	-4.0	-9.8	-16.3	<b>-3.5</b>
Taebaek	Mean Temp.	-5.1	-3.6	1.1	8.6	13.4	17.4	20.7	20.7	15.6	9.5	3.8	-1.9	<b>8.4</b>
	Mean Highest	8.4	11.1	15.3	23.5	26.6	28.6	30.7	30.5	27.4	23.0	17.4	12.0	<b>21.2</b>
	Mean Lowest	-17.9	-17.0	-12.3	-4.5	0.4	6.2	10.2	11.5	4.1	-3.7	-10.4	-15.8	<b>-4.1</b>
Yongju	Mean Temp.	-3.1	-0.7	4.6	11.7	16.8	21.0	24.0	24.3	18.9	12.4	5.5	-0.5	<b>11.2</b>
	Mean Highest	9.2	13.6	19.6	26.8	30.4	32.1	34.0	34.4	30.6	25.8	19.4	12.8	<b>24.0</b>
	Mean Lowest	-16.6	-14.1	-7.6	-2.8	3.5	9.8	14.8	14.8	9.2	-2.1	-8.3	-13.8	<b>-1.1</b>
Kangnung	Mean Temp.	0.9	2.3	6.4	13.2	17.5	20.5	24.1	24.5	20.4	15.4	9.5	4.0	<b>13.2</b>
	Mean Highest	12.2	15.7	19.8	28.1	31.5	32.5	35.3	34.0	31.9	27.5	21.9	16.5	<b>25.6</b>
	Mean Lowest	-10.3	-7.9	-3.4	1.8	6.8	12.0	16.0	16.8	11.9	4.4	-3.0	-7.8	<b>3.1</b>
Taegwallyong	Mean Temp.	-7.1	-5.0	-0.7	6.5	11.5	14.9	18.6	18.9	13.9	8.2	2.0	-4.1	<b>6.5</b>
	Mean Highest	4.8	8.9	12.8	21.7	24.2	26.0	28.0	27.9	25.3	20.7	15.8	8.8	<b>18.7</b>
	Mean Lowest	-20.4	-18.3	-14.3	-5.8	-0.4	5.2	9.3	11.0	2.9	-4.6	-12.4	-17.8	<b>-5.5</b>
Tonghae	Mean Temp.	0.6	2.3	6.1	12.2	16.1	18.4	22.9	23.8	19.7	14.9	9.2	3.7	<b>12.5</b>
	Mean Highest	12.7	15.9	18.7	26.1	28.5	29.5	33.5	32.9	30.6	25.2	21.6	14.7	<b>24.2</b>
	Mean Lowest	-10.0	-7.3	-3.5	0.5	5.8	10.4	15.8	15.9	10.3	3.5	-3.0	-7.7	<b>2.6</b>
Hongcheon	Mean Temp.	-4.8	-2.1	3.6	10.6	15.9	20.5	23.7	23.9	18.3	11.1	4.1	-3.4	<b>10.1</b>
	Mean Highest	7.8	13.6	19.6	27.6	30.2	32.6	34.4	34.6	31.3	24.8	19.2	11.6	<b>23.9</b>
	Mean Lowest	-19.5	-16.7	-9.3	-3.8	2.7	9.5	14.1	14.1	7.1	-2.6	-10.3	-16.8	<b>-2.6</b>
Wonju	Mean Temp.	-3.6	-1.0	4.6	11.7	17.0	21.4	24.6	24.8	19.3	12.3	5.3	-1.0	<b>11.3</b>
	Mean Highest	8.8	13.9	19.1	26.6	29.7	31.9	33.8	34.3	31.9	25.1	18.9	12.8	<b>23.9</b>
	Mean Lowest	-16.8	-13.7	-7.6	-2.1	5.0	11.2	15.6	15.6	7.6	-1.3	-8.6	-14.2	<b>-0.8</b>
Andong	Mean Temp.	-2.5	-0.2	9.2	12.2	17.2	21.2	24.4	25.1	19.7	13.0	6.1	0.1	<b>12.1</b>
	Mean Highest	10.3	14.2	20.1	27.7	48.4	32.6	34.2	34.9	31.2	25.8	19.8	13.6	<b>26.1</b>
	Mean Lowest	-14.9	-12.4	-6.8	-2.0	4.8	10.5	15.8	16.1	8.3	-0.7	-7.2	-13.1	<b>-0.1</b>
Yongdok	Mean Temp.	0.5	1.9	6.1	12.3	16.7	19.9	23.9	24.7	20.0	14.7	8.7	3.6	<b>12.8</b>
	Mean Highest	13.0	15.9	20.4	27.8	31.0	32.8	35.5	34.7	31.5	42.7	22.1	16.7	<b>27.0</b>
	Mean Lowest	-10.6	-9.0	-4.1	-0.2	4.5	9.8	15.6	16.4	9.6	2.3	-3.5	-7.9	<b>1.9</b>
Uisong	Mean Temp.	-4.1	-1.3	4.4	11.6	16.7	21.1	24.5	24.8	19.2	11.9	4.9	-1.2	<b>11.0</b>
	Mean Highest	11.1	15.8	21.2	28.3	31.1	33.3	35.1	35.0	32.1	26.8	21.3	15.3	<b>25.5</b>
	Mean Lowest	-17.4	-14.8	-9.6	-4.6	1.9	8.2	14.6	14.2	5.9	-3.1	-9.7	-14.8	<b>-2.4</b>
Yongcheon	Mean Temp.	-1.5	0.7	5.7	12.4	17.2	21.1	24.7	25.2	19.8	13.4	6.8	0.9	<b>12.2</b>
	Mean Highest	11.5	16.5	20.9	27.9	30.9	32.8	35.4	34.8	32.0	27.2	21.5	15.9	<b>25.6</b>
	Mean Lowest	-13.3	-8.4	-6.3	-2.3	2.9	10.3	15.7	15.9	7.7	-0.7	-6.7	-10.7	<b>0.3</b>
Taegu	Mean Temp.	-0.0	3.4	10.3	13.8	18.7	22.5	25.5	26.1	21.3	15.5	8.6	2.6	<b>14.0</b>
	Mean Highest	11.7	16.4	21.4	28.0	31.9	33.9	36.0	36.0	32.3	27.6	21.7	15.9	<b>26.1</b>
	Mean Lowest	-9.4	-7.1	-2.7	1.6	7.9	12.9	18.1	18.4	11.2	3.6	-3.0	-7.5	<b>3.7</b>
Kyungju	Mean Temp.	-0.2	2.0	6.1	12.6	17.0	20.4	25.2	25.6	20.2	14.7	8.6	2.0	<b>12.8</b>
	Mean Highest	13.9	18.7	22.2	29.7	31.0	33.4	36.3	36.6	31.1	28.4	23.5	16.3	<b>26.7</b>
	Mean Lowest	-10.9	-8.9	-4.9	-1.4	4.1	10.3	16.1	16.6	8.3	2.3	-5.2	-9.2	<b>1.4</b>
Hapcheon	Mean Temp.	-0.2	1.9	6.5	12.8	17.4	21.4	25.1	25.1	20.3	13.8	7.5	1.8	<b>12.8</b>
	Mean Highest	12.4	17.5	21.4	28.3	31.2	33.0	35.3	35.2	32.5	27.7	22.0	17.0	<b>26.1</b>
	Mean Lowest	-12.2	-10.6	-6.4	-1.8	5.0	10.4	16.1	16.1	8.5	0.9	-5.6	-10.1	<b>0.8</b>
Seosan	Mean Temp.	-1.4	0.1	4.7	11.0	16.4	20.9	24.6	25.1	20.3	13.7	7.2	1.3	<b>12.0</b>
	Mean Highest	10.0	13.0	17.9	25.2	29.4	31.0	33.5	34.3	31.2	25.8	20.0	14.0	<b>23.8</b>
	Mean Lowest	-12.8	-11.1	-6.5	-1.5	5.1	11.9	16.6	17.1	9.2	1.7	-4.7	-9.6	<b>1.3</b>

금강소나무림 분포지에 속하는 지역들의 평균 최고기온을 살펴보면 강릉이 25.6℃로 가장 높았고, 대관령이 18.7℃로 가장 낮게 나타났으며, 평균 최저기온의 경우, 대관령이 -5.5℃로 가장 낮았으며, 울진과 동해의 평균 최저기온이 2.4℃, 2.6℃로 영상의 기온을 나타내었다.

소나무림 분포지에 속하는 지역들의 평균 최고기온에서는 영덕이 27.0℃로 가장 높았고, 서산이 23.8℃로 가장 낮게 나타났다. 평균 최저기온의 경우, 안동과 의성이 각각 -0.8℃와 -2.4℃로 영하의 기온을 나타낸 반면, 나머지 지역은 영상의 기온 분포를 나타내고 있었다.

#### 나. 강수량

우리 나라의 연강수량은 남부지방이 1,500mm, 중부지방이 1,300mm 정도가 된다. 계절적으로 연 강수량의 50~60%가 여름에 내리고, 5~10%가 겨울에 내린다. 또한 우리 나라는 유라시아대륙의 동안에서 태평양을 연하고 있는 반도적 성질 때문에, 시베리아, 몽고 등과 같은 대륙성 기후와 일본의 부근 도서들과 같은 해양성 기후의 점이적 성격을 띠고 있어서 여름은 덥고 겨울은 추우면서도 대륙에 비하여 강수량이 많다. 장마와 태풍기의 우기가 있고, 겨울에는 대설이 내리기도 하는데 장마에 의한 비는 주로 내륙에, 그리고 눈은 주로 영동과 호남지역에 많이 내린다. 각 지역에 거의 고르게 여름부터 겨울까지의 우기가 있어서 연강수량은 세계적으로 볼 때 비교적 습윤한 지역에 속한다.

각 지역별 연평균 강수량을 살펴보면, 금강소나무림 분포지에 속하는 울진(1,033.5mm), 춘양(1,141.0mm), 태백(1,257.6mm), 영주(1,222.5mm), 강릉(1,468.1mm), 대관령(2,000.0mm), 동해(957.4mm), 홍천(1,372.8mm), 원주(1,247.0mm)의 연평균 강수량이 소나무림 분포지에 속하는 안동(1,020.3mm), 영덕(1,156.9mm), 의성(950.8mm), 영천(1,005.6mm), 대구(1,023.0mm), 경주(884.5mm), 합천(1,160.4mm), 서산(1,200.3mm)의 연평균 강수량보다 다소 많은 것으로 나타났다. 특히, 겨울철에 속하는 11월에서 익년 2월까지의 강수량이 금강소나무림 분포지가 소나무 분포지 보다 월등히 많은 것으로 나타났다.

Table 5-18. Mean precipitation of each studied station

Station	Precipitation(mm)												Annual
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Uljin	46.1	46.9	64.0	62.5	60.1	113.4	155.3	162.0	155.6	74.6	51.8	41.3	<b>1033.5</b>
Chunyang	23.1	30.5	52.6	67.9	102.4	154.0	287.1	203.8	119.5	35.0	46.8	18.3	<b>1141.0</b>
Taebaek	32.4	36.6	64.6	62.3	86.3	136.1	276.3	263.7	169.5	56.4	49.6	23.7	<b>1257.5</b>
Yongju	17.1	27.1	56.1	74.9	100.5	179.2	270.9	257.5	128.9	46.6	43.9	19.9	<b>1222.5</b>
Kangnung	83.6	66.3	81.1	57.6	86.3	144.9	232.8	258.4	206.5	106.5	87.2	56.9	<b>1468.1</b>
Taegwallyong	101.8	65.4	100.8	83.1	126.5	264.8	375.5	373.1	262.9	108.1	102.5	35.6	<b>2000.0</b>
Tonghae	41.7	41.6	33.5	44.1	63.4	97.9	173.8	190.3	91.7	86.7	67.4	25.6	<b>957.4</b>
Hongcheon	20.0	29.6	47.9	58.5	107.0	171.7	365.6	311.4	149.9	42.9	47.0	21.3	<b>1372.8</b>
Wonju	23.2	30.2	43.8	57.4	87.4	147.0	326.7	262.6	151.7	44.2	45.9	26.7	<b>1247.0</b>
Andong	18.4	27.2	46.8	67.3	89.8	139.8	229.5	183.2	121.6	40.8	37.8	18.2	<b>1020.3</b>
Yongdok	39.1	47.2	59.3	58.7	112.6	221.6	168.0	194.7	127.8	57.7	41.2	29.0	<b>1156.9</b>
Uisong	18.0	24.0	42.7	64.7	69.9	128.1	220.4	198.3	100.2	31.4	37.1	16.0	<b>950.8</b>
Yongcheon	24.0	26.6	53.1	63.9	76.4	137.2	201.7	222.0	122.0	25.8	37.5	15.3	<b>1005.6</b>
Taegu	19.8	29.0	50.1	77.1	71.1	146.1	209.6	206.8	116.7	41.9	37.9	17.0	<b>1023.0</b>
Kyungju	31.3	30.1	44.3	49.7	86.6	139.5	132.0	170.2	93.3	42.5	47.4	17.8	<b>884.5</b>
Hapcheon	28.8	38.3	61.1	74.9	89.3	175.9	232.2	244.4	126.1	33.9	38.1	17.4	<b>1160.4</b>
Seosan	26.5	32.4	54.6	65.2	99.0	167.5	209.7	276.8	122.8	44.9	67.1	33.7	<b>1200.3</b>

다. 강수일수

표 5-19는 각 지역의 평균 강수일수를 나타낸 것으로 울진 102.7일, 춘양 99.7일, 태백 119.5일, 영주 93.1일, 강릉 116.9일, 대관령 149.8일, 동해 101.9일, 홍천 96.8일, 원주 110.7일, 안동 98.6일, 영덕 86.1일, 의성 85.2일, 영천 85.7일, 대구 96.5일, 경주 75.6일, 합천 81.8일, 서산 108.6일로 나타났다. 강수일수의 경우도 강수량과 마찬가지로 금강소나무림 분포지에 속하는 지역들이 소나무림 분포지에 비하여 다소 많은 것으로 나타났다. 그러나 소나무림 분포지 중에서 서산의 경우 소나무림 분포지 중에서는 다소 많은 강수일수를 나타내었다.

Table 5-19. Mean number of daily precipitation of each studied station

Station	Number of daily precipitation												Annual
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Uljin	5.6	7.2	8.8	7.4	7.7	10.4	13.9	13.0	11.0	6.8	6.1	4.8	<b>102.7</b>
Chunyang	7.0	6.7	7.5	7.2	8.5	11.0	14.8	12.5	8.0	4.6	6.4	5.5	<b>99.7</b>
Taebaek	8.3	9.0	11.1	6.9	9.6	11.7	16.4	14.3	10.4	6.5	7.9	7.4	<b>119.5</b>
Yongju	5.2	6.0	7.1	7.1	7.4	10.3	13.7	12.8	7.5	4.5	6.9	4.6	<b>93.1</b>
Kangnung	7.1	7.8	9.5	7.4	9.8	11.5	16.8	15.6	10.5	7.2	8.3	5.4	<b>116.9</b>
Taegwallyong	11.6	12.0	12.9	9.8	11.4	13.8	19.1	17.6	12.7	8.1	11.0	9.8	<b>149.8</b>
Tonghae	5.3	6.7	8.0	6.7	7.3	12.0	13.2	14.3	9.2	6.5	8.7	4.0	<b>101.9</b>
Hongcheon	6.6	6.5	7.2	6.4	8.8	9.3	14.5	12.6	6.5	5.0	7.3	6.1	<b>96.8</b>
Wonju	8.5	7.5	8.5	7.5	9.9	10.6	16.4	12.9	7.9	5.5	8.2	7.3	<b>110.7</b>
Andong	5.8	6.3	7.0	8.1	8.6	10.5	13.7	11.9	8.5	5.7	6.7	5.8	<b>98.6</b>
Yongdok	4.6	5.9	7.4	6.7	7.0	9.6	11.4	10.4	8.7	5.3	5.5	3.6	<b>86.1</b>
Uisong	5.4	5.1	6.7	6.6	7.9	9.1	12.6	11.5	6.6	3.7	5.3	4.7	<b>85.2</b>
Yongcheon	5.0	4.9	7.2	7.0	8.4	9.5	12.2	12.0	7.7	3.0	5.2	3.6	<b>85.7</b>
Taegu	5.6	5.5	7.5	8.3	9.4	10.4	13.6	12.6	8.7	4.6	6.1	4.2	<b>96.5</b>
Kyungju	3.3	3.8	6.0	5.5	8.7	8.8	10.8	11.3	5.8	3.8	5.0	2.8	<b>75.6</b>
Hapcheon	4.3	4.4	6.5	7.0	8.5	9.7	11.1	12.1	6.8	3.6	4.6	3.2	<b>81.8</b>
Seosan	9.9	7.2	6.5	6.9	8.3	9.4	14.5	12.2	7.1	5.8	9.5	11.3	<b>108.6</b>

라. 습도

우리 나라의 습도는 7월이 가장 높아 전국적으로 80~90%의 분포를 보이고, 가장 낮은 달은 1월과 4월로 30~50% 정도이며, 9월과 10월은 75% 내외로 쾌적한 상태이다.

각 조사지별 평균 습도를 살펴보면, 울진 69.0%, 춘양 71.9%, 태백 69.5%, 영주 67.6%, 강릉 64.0%, 대관령 73.0%, 동해 67.9%, 홍천 70.5%, 원주 66.1%, 안동 69.6%, 영덕 67.5%, 의성 71.4%, 영천 65.9%, 대구 64.3%, 합천 65.8%, 서산 73.0%로 나타났다. 각 지역별 평균 습도에서는 금강소나무림 분포지와 소나무림 분포지 간에 큰 차이가 없었다.

Table 5-20. Mean relative humidity of each studied station

Station	Mean relative humidity												Mean
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Uljin	53.4	59.4	64.9	65.2	69.9	80.9	83.5	83.6	79.4	70.2	62.4	55.4	<b>69.0</b>
Chunyang	69.2	68.6	67.7	62.0	67.6	74.3	79.8	79.3	77.9	73.9	72.2	70.8	<b>71.9</b>
Taebaek	64.2	64.5	67.4	55.7	62.8	74.5	80.3	80.9	79.2	71.5	67.0	65.6	<b>69.5</b>
Yongju	62.8	60.8	61.1	56.7	63.1	70.7	78.1	78.3	75.6	70.2	67.8	66.0	<b>67.6</b>
Kangnung	52.6	57.3	60.9	55.4	62.9	74.4	78.5	79.7	74.5	63.4	56.4	51.7	<b>64.0</b>
Taegwallyong	66.4	67.2	68.3	59.6	66.3	80.4	85.5	86.5	83.7	74.2	70.3	67.5	<b>73.0</b>
Tonghae	54.2	59.5	61.8	61.0	69.7	83.7	83.5	83.7	77.8	67.7	61.3	51.5	<b>67.9</b>
Hongcheon	71.3	69.1	65.6	58.9	64.1	70.5	78.3	77.5	76.1	72.0	70.9	71.7	<b>70.5</b>
Wonju	64.2	62.1	58.7	56.6	61.2	68.2	74.4	72.7	70.9	68.9	68.4	67.1	<b>66.1</b>
Andong	63.5	63.2	63.1	59.1	64.7	73.9	80.9	79.2	78.6	73.3	69.7	65.8	<b>69.6</b>
Yongdok	55.2	60.1	64.9	62.9	65.1	75.8	79.7	80.4	77.9	69.6	62.4	56.6	<b>67.5</b>
Uisong	71.7	69.4	67.8	60.6	64.9	70.4	77.2	78.4	77.4	73.7	73.4	71.7	<b>71.4</b>
Yongcheon	60.3	60.8	60.8	57.2	62.5	70.9	76.2	75.3	72.1	65.8	65.5	63.2	<b>65.9</b>
Taegu	57.5	57.6	58.4	56.9	60.1	68.0	74.6	73.5	71.9	66.4	63.8	62.5	<b>64.3</b>
Kyungju	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hapcheon	63.6	61.7	61.0	57.8	61.8	68.2	72.6	72.3	72.1	68.2	66.4	63.5	<b>65.8</b>
Seosan	69.5	67.9	68.2	66.5	70.0	75.4	82.0	80.4	76.9	73.2	73.3	72.3	<b>73.0</b>

마. 일조율

각 조사지별 일조율을 살펴보면, 울진 56.1%, 춘양 48.3%, 태백 48.8%, 영주 58.4%, 강릉 48.8%, 대관령 49.0%, 동해 49.0%, 홍천 47.7%, 원주 45.9%, 안동 50.8%, 영덕 60.8%, 의성 50.7%, 영천 51.0%, 대구 56.6%, 합천 51.6%, 서산 50.6%으로 나타났다. 조사지 중 경주 지역은 자동관측시스템을 사용하므로 일조율이 관측되지 않았다.

각 지역별 일조율에서는 금강소나무림 분포지와 소나무림 분포지간에 뚜렷한 차이점이 없었다. 그러나 산간지방에 속하는 춘양, 태백, 강릉, 대관령, 동해, 홍천, 원주의 일조량이 50% 이하로 다른 지역에 비하여 낮은 일조량을 나타내고 있었다.

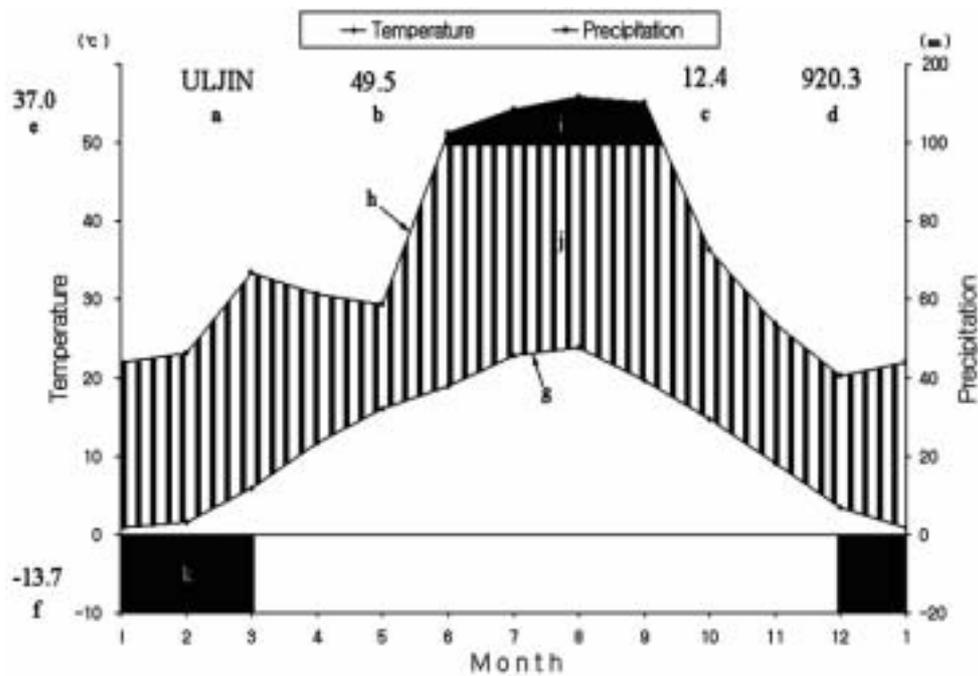
Table 5-21. Mean Percentage of Sunshine of each studied station

Station	Percentage of Sunshine (%)												Mean
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Uljin	67.4	62.2	56.2	60.3	57.5	43.3	39.3	46.1	49.7	61.6	61.5	67.7	<b>56.1</b>
Chunyang	58.0	55.7	50.3	55.5	46.8	37.7	28.8	37.1	42.7	56.3	54.1	57.1	<b>48.3</b>
Taebaek	54.1	54.0	46.8	54.6	47.2	37.2	29.0	32.6	37.5	53.4	87.1	52.4	<b>48.8</b>
Yongju	65.0	65.9	61.9	63.0	60.4	51.4	42.5	48.9	53.6	65.3	60.7	62.5	<b>58.4</b>
Kangnung	58.8	53.7	48.0	52.9	49.7	36.0	31.3	37.6	45.5	56.0	56.0	60.7	<b>48.8</b>
Taegwallyong	60.6	57.6	51.7	56.8	51.6	36.5	28.6	30.6	39.4	56.6	54.8	63.1	<b>49.0</b>
Tonghae	57.7	57.2	52.2	54.9	46.3	30.0	35.0	39.3	50.6	54.2	50.7	60.0	<b>49.0</b>
Hongcheon	47.9	54.0	51.0	55.9	50.2	43.3	35.7	43.8	47.5	52.3	45.8	45.1	<b>47.7</b>
Wonju	46.3	50.7	46.3	53.6	48.4	39.7	31.6	40.3	47.3	54.2	48.0	44.8	<b>45.9</b>
Andong	57.6	58.5	53.5	57.2	53.1	43.0	36.7	43.5	42.8	54.0	53.4	55.8	<b>50.8</b>
Yongdok	71.3	66.1	61.2	65.0	60.7	48.5	47.6	53.5	54.2	66.3	65.0	69.9	<b>60.8</b>
Uisong	53.3	56.8	52.0	58.8	51.8	42.8	38.3	43.9	45.7	57.8	53.7	53.2	<b>50.7</b>
Yongcheon	54.7	56.1	52.4	57.5	50.5	41.3	38.5	45.0	45.9	60.3	55.7	54.2	<b>51.0</b>
Taegu	58.2	57.1	52.7	57.7	52.2	41.0	38.1	41.8	45.8	60.7	113.2	60.2	<b>56.6</b>
Kyungju	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hapcheon	57.3	58.1	52.5	56.0	50.0	40.9	38.7	44.4	47.2	59.6	56.7	58.3	<b>51.6</b>
Seosan	47.5	55.1	53.2	57.1	54.1	42.9	34.7	48.9	55.8	61.5	49.4	46.8	<b>50.6</b>

바. Climate diagram

앞서 조사된 총 17개 지역 중에서 현재 금강소나무림이 자생하고 있는 경상북도 울진군 서면 소광리의 천연보호림의 기후 환경을 알아 보기 위하여, 울진 기상관측소의 21년간(1978~1998년)자료, 태백 기상관측소의 13년간(1986~1998년)자료, 춘양 기상관측소의 11년간(1988~1998년)자료를 이용하여 각각 Climate diagram을 작성하였다.

이들 세지역간에는 뚜렷한 기후 차이가 없는 것으로 보이나 단지, 울진의 경우 기상 관측소가 내륙지방이 아닌 동해안에 인접해 있어, 산간지방 특성을 나타내는 춘양과 태백 지역에 비하여 평균기온이 다소 높은 것으로 나타나며, 강수량이 약간 부족함 것으로 나타났다.



- a : station
- b : Height above sea level(m)
- c : Mean annual temperature(°C)
- d : Mean annual precipitation(mm)
- e : Highest temperature recorded(°C)
- f : Lowest temperature recorded(°C)
- g : Curve of mean monthly temperature
- h : Curve of mean monthly precipitation
- i : Mean monthly rain >100mm(black scale)
- j : Relative humid season
- k : Months with mean daily minimum temperature < 0°C (black) and late or early frosts occur

Fig. 5-32. Climate diagram of Uljin.

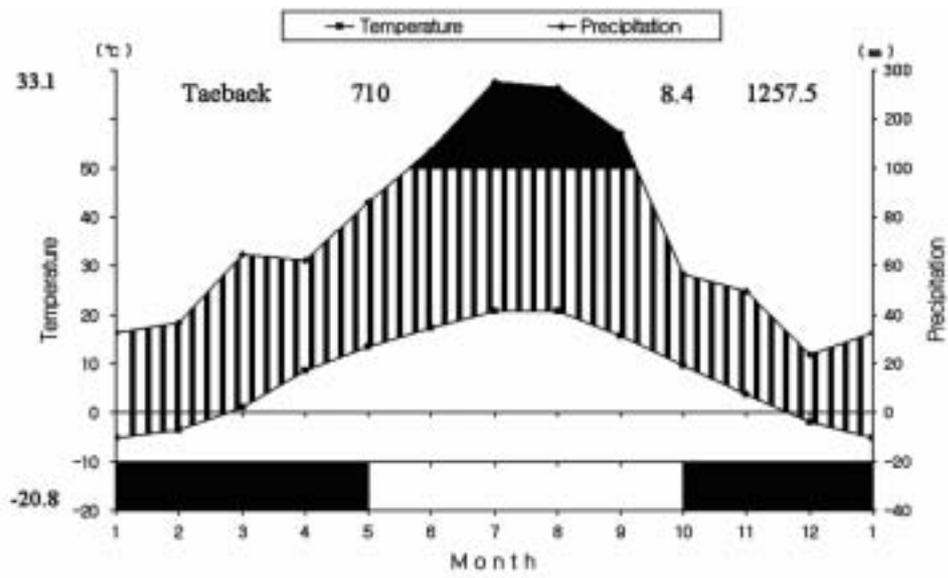


Fig. 5-33. Climate diagram of Taebaek.

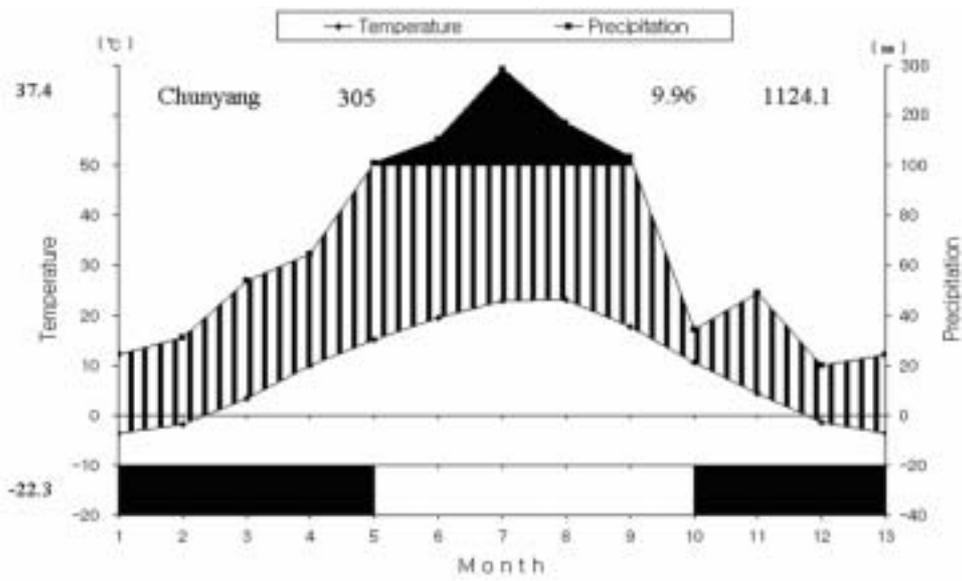


Fig. 5-34. Climate diagram of Chunyang.

이상 17개 지역(울진, 춘양, 태백, 영주, 강릉, 대관령, 동해, 홍천, 원주, 안동, 영덕, 의성, 영천, 대구, 경주, 함천, 서산)을 대상으로 금강소나무림 분포지와 소나무림 분포지로 구분하여 기후 환경을 분석하였다.

그 결과 금강소나무림 분포지역에서 연평균 기온이 다소 낮은 것으로 나타났으며, 연평균 강수량 중 동절기 강수량과 강수일수가 상대적으로 많은 것으로 나타났다.

기후와 산림 식생의 관계를 연구한 植木秀幹(1933)의 '조선삼림식물대'와 임양재 등(1975)의 '한반도의 산림 식생 분포와 기후'를 살펴보면, 먼저 '조선삼림식물대'에서는 우리 나라를 한대, 온대북부동부, 온대북부서부, 온대중부, 온대남부, 난대 지역으로 구분하고 있다. 이 구분에 의하면 금강소나무 분포지는 온대중부림에 속한다. 한편 임양재 등(1975)은 우리 나라 식물대를 난대림, 남부온대림, 중부온대림, 북부온대림, 아한대림으로 구분하고 있으며, 금강소나무 분포지는 북부온대림에 속한다.

#### 4. 참고문헌

Yang-Jai Yim and Tatu Kira, 1975, Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula, Japanese journal of ecology 25(2) : 77-87.

기상청, 1978~1998, 기상연보, 기상청.

김광식 외, 1982, 한국의 기후, 일지사, p. 54.

植木秀幹, 1933, 朝鮮森林植物帶, 植物分類 및 地理 2(1) : 75-85.

윤충원, 1999, 금강소나무의 식생구조와 개체군동태 및 형태적 특성, 경북대학교 대학원 박사학위 논문, pp. 147.