

설악산 아고산대 식생과 경관의 지생태*

공 우 석**

Geocology on the Subalpine Vegetation and Landscape of Mt. Sorak*

Woo-Seok Kong**

요약 : 설악산의 교목한계선, 왜성변형수, 편형수, 포복형 나무 등 기형 수목 형태는 아고산대의 생태적 접이대에 나타나는 식생 경관으로 지생태학적으로 중요한 자연유산이다. 아고산대의 기형 수목 형태는 주로 저온, 강풍, 건조 그리고 적설 등 겨울 기후와 관련되지만 다른 계절과도 관계된다. 설악산의 눈잣나무는 세계적 분포 남한계선으로 생물지리적으로 가치가 높으며, 아고산 환경에 적응한 독특한 외관형을 나타낸다.

설악산 아고산대의 식생과 경관은 과거의 자연환경 변천사를 복원하고, 현재의 환경을 이해하고, 미래의 환경 변화의 영향을 파악하는 지표로서도 중요한 자원이다. 차후 환경 변화에 따른 설악산 아고산대의 식생과 경관의 변화에 대한 중장기적인 모니터링이 요구된다.

주요어 : 아고산, 식생, 경관, 생태적 접이대, 교목한계선, 기형수목형태, 지생태학, 눈잣나무

Abstract : Subalpine vegetation and landscape at the ecotone of Mt. Sorak, such as tree-line, krummholz, wind-shaped tree and creeping form, are invaluable natural heritages. It is also geocologically important sources to understand the environmental conditions and to reconstruct the natural history of Mt. Sorak. Krummholz type of the subalpine trees may mainly due to freezing cold, high wind, desiccation and snow accumulation during the winter. *Pinus pumila* on Mt Sorak, which lies at the southernmost limit of its global range, represents a typical subalpine physiognomy.

Only a small additional rise in temperature and excessive human trampling damage may be sufficient to render subalpine vegetation and landscape of Mt. Sorak no longer viable in this locality. For the better understanding of the dynamics of subalpine vegetation and landscape the geocological long-term monitoring is required.

Key Words : subalpine, vegetation, landscape, ecotone, tree-line, krummholz, geocology, *Pinus pumila*

1. 서론

1) 연구 목적과 방법

국토의 약 65%가 산지인 우리나라에서는 산악의 자연경관과 환경에 대한 체계적인 관심이 부족했다. 특히 고산대와 아고산대는 면적이 좁고, 접근이 어렵고, 효용성이 낮다는 이유로 그 중요성을 인정받지 못하였다. 그러나 현재 아고산의 자연생태계와 경관은 지구 온난화, 산성비, 과도한 이용 등으로 위기에 처해 있다.

본 연구는 설악산(1,708m; 해발고도로 이하에서는 생략) 아고산대의 식생과 경관을 지생태적으로 접근한 것으로 연구 목적은 다음과 같다. 첫째, 아고산 식생의 수직적 분포도를 작성하여 중요 목본식물의 분포역을 파악하였다. 둘째, 아고산대의 교목한계선과 기형 수목 형태인 왜성변형수, 편형수, 포복형 수목의 경관과 자연환경과의 관계를 분석하였다. 셋째, 눈잣나무의 분포, 생활형, 현재 환경과의 동태적 관계를 분석하고, 이에 기초하여 설악산 일대의 고환경 복원을 시도하였다.

이 연구는 눈잣나무 하한계선인 약 1,500m 이상

* 본 연구의 일부는 1999년도 국립공원관리공단 연구조사사업으로 진행되었음.

** 경희대학교 지리학과 부교수(Associate Professor, Department of Geography, Kyung Hee University)

의 설악산 아고산 식생과 경관의 분포, 구조와 동태, 그들의 형성과정 및 과거와 현재 환경과의 관계 및 기작을 시공간적 관점에서 지생태학적으로 분석했다. 식생과 경관 조사는 눈잣나무가 출현하는 대청봉(1,708m)에서 중청봉(1,676m)을 거쳐 소청봉(1,550m)에 이르는 구간의 양사면에서 1997년부터 1999년까지 계절별로 총 4회 실시되었다.

2) 아고산대의 정의

고산대와 아고산대의 범위는 사용하는 기준에 따라 달라지며, 같은 위도에서도 고도가 높아지면 서 기온이 낮아져 식생 경관은 변화한다. 중위도 지역 산지에서는 고도에 따라 상록활엽수대 - 낙엽활엽수림대 - 침엽수림대 - 관목림대 - 초본대 - 지의식물대 - 만년설 순으로 식생대가 나타난다(리더스다이제스트, 1990; 한국생물과학협회, 1998).

아고산대와 고산대를 구분하는데 식생의 차이는 중요한 지표이며, 그 경계로 용재한계선이나 교목한계선을 기준으로 할 수 있다. 용재한계선(用材限界線: timber line)은 교목이 삼림 상태로 분포하는 한계로 상업적인 목재의 생산이 가능한 선이며, 용재한계선 보다 높은 곳에는 교목한계선이 나타난다. 교목한계선(喬木限界線: tree-line)은 수고 4~5m 이상의 교목이 나타나지 않는 선으로, 나무의 키가 낮아지거나 기형으로 변하며, 강풍에 의한 편형수(扁形樹: wind-shaped tree)나 깃발형의 나무(flag-shaped tree)가 많이 나타난다.

용재한계선에서 교목한계선 사이가 아고산대이며, 고도가 높아지면서 환경이 열악해져 지면에 붙어 자라거나, 나무가 기형적으로 자라는 왜성변형수(矮性變形樹: krummholz)와 수목섬(수목섬: tree island)이 나타나는 생태적 점이대(ecotone)가 나타난다. 이러한 깃발형 나무, 왜성변형수, 수목섬은 북한의 고산대뿐만 아니라 한라산, 설악산 등 남한의 일부 산정에서도 관찰된다(Kong, 1998; 공우석, 1998). 본 연구에서 아고산대는 용재한계선에서 교목한계선에 이르는 생태적 점이대로 관목이나 작은 교목이 주로 자라며, 깃발형 나무, 왜성변형수와 수목섬이 나타나는 곳을 의미한다.

2. 아고산대의 식생 경관과 환경

1) 아고산대의 식생

설악산의 식물상에 대한 연구는 1937년 中井猛之進이 시작했으며(정영호 외, 1986), 최근에 국립공원관리공단(1997)은 총 1,234종의 식물을 보고하였다. 설악산에서 아고산대가 나타나는 한대를 박만규와 홍원식(1959)은 1,100m로, 정태현과 이일구(1959)는 아고목대(1,200~1,500m)로 보았다. 본 조사 결과에 따르면 아고산대에 분포하는 목본식물의 수직적 분포역은 크게 4그룹으로 분류되었다(그림 1).

1그룹은 주로 1,500~1,708m 일대에 국한하여 나타나는 것으로 눈잣나무(*Pinus pumila*), 눈주목(*Taxus caespitosa*) 등 상록침엽수와 세잎종덩굴(*Clamatis koreana*), 땃덩이나무(*Lonicera caerulea* var. *edulis*), 떡버들(*Salix hallaisanensis*), 흰인가목(*Rosa koreana*), 땃두릅나무(*Oplopanax elatum*) 등 낙엽활엽수가 포함된다.

2그룹에는 주로 1,000~1,708m 사이에 분포하는 주목(*Taxus cuspidata*) 등 상록침엽수와 노랑만병초(*Rhododendron aureum*) 등 상록활엽수 그리고 덩굴불오리나무(*Alnus fruticosa* var. *mandshurica*), 홍피불나무(*Lonicera sachalensis*) 등 낙엽활엽수가 있다.

3그룹은 주로 500~1,708m 사이에서 자라는 짙방나무(*Thuja koraiensis*), 분비나무(*Abies nephrolepis*) 등 상록침엽수와 거제수나무(*Betula costata*), 사스래나무(*Betula ermanii*), 이스라지나무(*Prunus nakaii* var. *typica*), 산앵두나무(*Vaccinium koreana*), 털진달래(*Rhododendron mucronulatum* var. *ciliatum*) 등 낙엽활엽수로 구성된다.

4그룹은 200~1,708m 사이에서 자라는 미역순나무(*Tripterygium regelii*), 마가목(*Sorbus commixta*), 철쭉나무(*Rhododendron schlippenbachii*), 신갈나무(*Quercus mongolica*), 시닥나무(*Acer tschonoskii* var. *rubripes*) 등 낙엽활엽수를 포함한다.

2) 교목한계선

온대 산지에서 교목한계선을 결정하는 요인에 대하여 여름철의 최저온도, 열의 부족, 겨울철 건

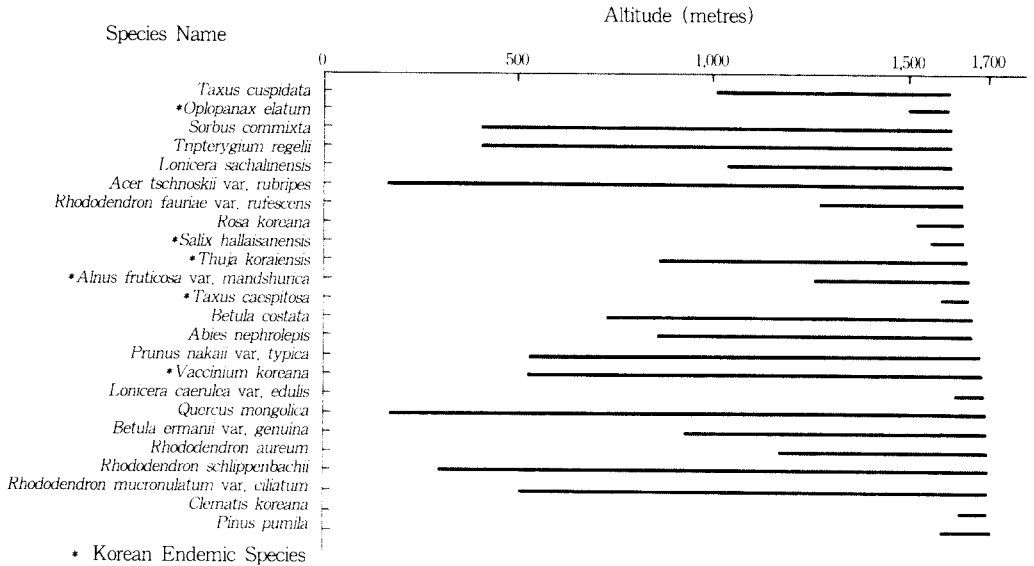


그림 1. 설악산 아고산대 식물의 수직적 분포역

조의 피해, 적설, 바람, 토양, 인위적 간섭, 산불 등이론이 다양하다(Kong and Watts, 1993). 본 연구는 대청봉과 소청봉에 이르는 능선을 중심으로 자라는 눈잣나무, 분비나무, 사스래나무 등을 주 대상으로 교목한계선을 조사 분석하였다. 대청봉에서 소청봉에 이르는 아고산대에서의 교목한계선 분포와 편형수 및 왜성변형수에 기초한 바람 분포 등 경관 특성은 그림 2와 같다. 바람은 물리적인 또는 생리적인 측면에서 나무의 편형에 가장 중요하다고 알려졌다(이장열, 1986, 1988; 이승호, 1987, 1996; Wilson, 1959; Yoshino, 1964, 1975).

대청봉 남서사면 1,650m 일대는 바람받이로 산악 기후의 영향을 받아 수고 3~5m인 분비나무의 기후적 교목한계선(climatic tree-line)이 나타난다. 특히 대청봉과 중청봉 사이의 안부(鞍部)는 산 아래에서 불어오는 국지풍이 정상을 넘어 동북쪽으로 이동하는 바람통로이다. 따라서 1,550m 일대의 안부에는 수고 1m 미만의 신갈나무, 짝방나무, 눈주목 등이 왜성변형수가 나타나고 털진달래 등 관목이 공존하는 국지적 교목한계선(local tree-line)이 나타난다.

대청봉 서사면과 남서사면 1,550에서 1,650m에는 주로 분비나무가 교목한계선을 이루며, 작은 키의 사스래나무, 신갈나무가 같이 자란다. 하층에

는 곳에 따라 포복형 눈잣나무가 우점하고, 부분적으로 관목형의 털진달래, 짝방나무 등이 섞여 자란다. 대청봉과 중청봉 일대 남서사면에 나타나는 교목한계선은 겨울과 이른 봄철 강한 바람과 낮은 적설심도 그리고 저온에 따른 기계적인 마찰 피해와 생리적인 건조 피해에 의한 것으로 판단된다.

대청봉과 중청봉 사이의 교목한계선이 1,550m 일대에 나타나는 것은 강풍에 의한 국지적인 산정효과(summit effect 혹은 top phenomenon)와 관계 있는 것으로 본다. 즉 산정에서는 잦은 강풍으로 적설심도가 알려져 추위와 건조에 의하여 기계적 및 생리적인 피해가 가속화되어 교목한계선이 국지적으로 낮아진 것으로 볼 수 있다.

바람의지에 속하는 대청봉과 중청봉의 북동사면은 수고 5~10m의 분비나무와 함께 교목형의 사스래나무, 마가목 등의 낙엽활엽수 그리고 눈잣나무와 같은 포복형 상록침엽수가 정상과 능선까지 자라며 교목한계선과 왜성변형수는 거의 발견되지 않는다. 바람의지 쪽인 북동사면에 교목한계선이 나타나지 않는 것은 이곳이 한랭 건조한 북서계절풍으로부터 보호되고, 바람의지에 쌓인 눈이 겨울에는 강추위를 막아주고, 봄철 건조기에 수목에 수분을 안정적으로 공급하기 때문이다. 그

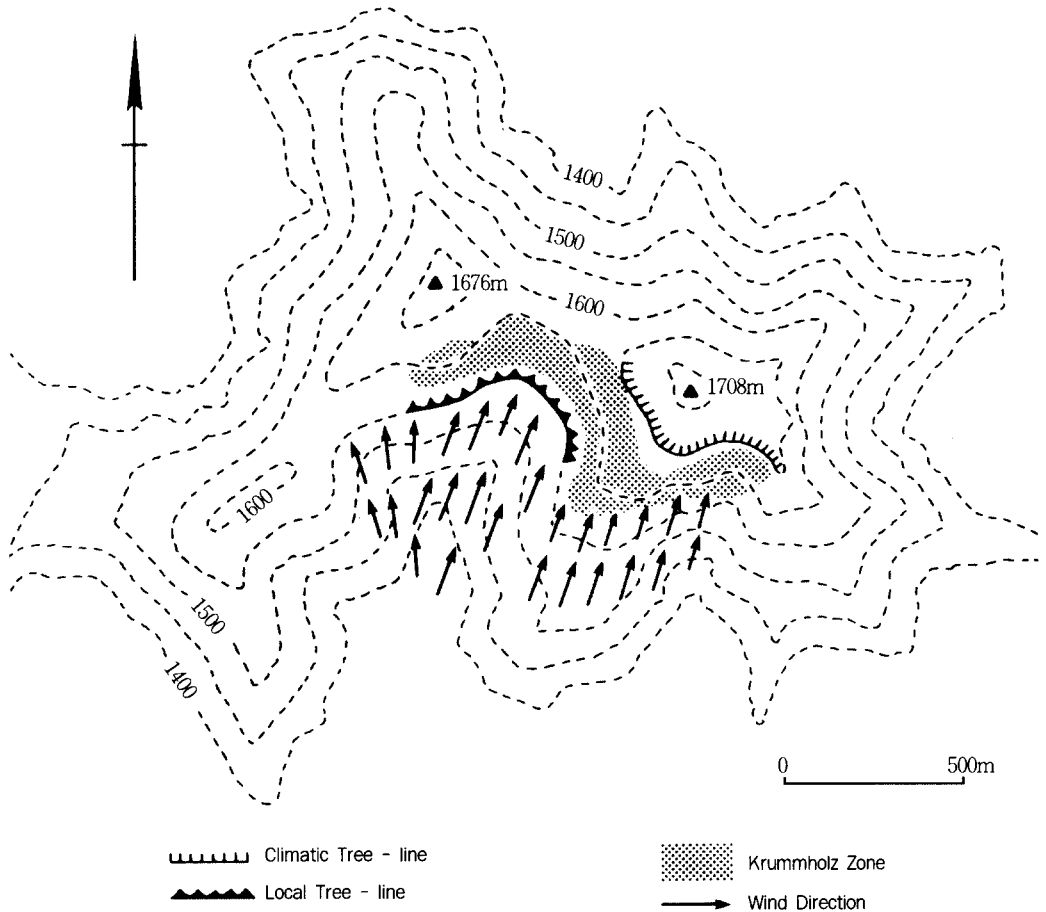


그림 2. 설악산 아고산대의 경관 특성

러나 많은 적설이 오래 지속되면 균류에 의한 병해가 커지고, 생육기간이 짧아지고, 지하경의 발달을 저해하며, 눈에 의한 압력에 의해 줄기 아래 부분이 휘어지는 등 기형적인 수형을 만드는 등의 부작용이 나타난다.

3) 왜성변성수

왜성변성수는 교목한계선 부근에서 나무들이 비정상적으로 작고, 뒤틀리고, 변형되어 자라는 것을 말한다. 설악산 약 1,550m 이상의 교목한계선 상부에서는 분비나무, 눈잣나무, 사스래나무, 신갈나무 등이 3가지 유형의 왜성변성수를 형성한다. 첫째, 눈잣나무, 짙방나무 등은 지면에 붙어 자라

는 포복형 왜성변성수를, 둘째, 분비나무 등은 생장기에 부는 국지적인 탁월풍 때문에 바람 부는 반대 방향으로 기울어져 자라는 편형수형 왜성변성수를, 셋째, 사스래나무, 신갈나무 등은 겨울철 적설면 위에 노출된 정도에 따라 아교목형 왜성변성수의 모습을 나타낸다.

눈잣나무는 전형적인 포복형 왜성변성수로 대청봉 일대와 중청봉을 거쳐 소청봉에 이르는 능선에 주로 자란다. 눈잣나무는 국지적인 강풍에 직접적으로 노출된 산정이나 능선에 발달하며 주로 동북방향을 향하고 있어, 이 지역의 탁월풍이 남서풍임을 알 수 있다. 눈잣나무에 관해서는 후반부에서 자세히 논의하기로 한다.

대청봉 서쪽 사면과 중청봉을 거쳐 소청봉에

이르는 1,550에서 1,650m 일대 바람받이 쪽 산정이나 능선의 분비나무는 전형적인 편형수형 왜성 변형수로 주로 동북방향을 향하고 있어, 이 지역의 탁월한 국지풍이 남서풍임을 나타낸다. 반면에 교목한계선 아래나 바람의지 쪽의 분비나무는 수고 5~10m 정도로 크다. 편형수형 왜성 변형수는 지형에 따른 기후 차이로 생긴 것으로 수관의 끝이 기울어진 방향, 제일 긴 가지들이 향하고 있는 방향 그리고 한 쪽으로만 가지들이 뻗어 있는 방향 등을 근거로 풍향 등을 알 수 있다.

사스래나무, 신갈나무 등은 아교목형 왜성 변형수로 겨울철 적설면 위에 노출된 정도에 따라 편형된 정도가 달라진다. 강풍에 직접 노출된 서사면이나 남서사면에서는 높이 50cm 내외로 자란다. 높이 1.5m 내외의 사스래나무 순군락이 대청봉 남사면에 일부 발달하지만, 사스래나무와 신갈나무 왜성 변형수는 주로 바람에 직접 노출된 분비나무의 하층식생이나 눈잣나무 주변 식생으로 나타난다.

이장열(1983, 1985, 1986)에 의하면 영동지방은 겨울에 북서풍이 탁월하며, 여름철에 고온 다습한 남풍이 많이 불고, 강풍은 서북서-서-남서풍의 서풍계 바람이 탁월하며, 강풍은 여름에는 출현빈도가 낮고 겨울에 높다. 대청봉 동쪽의 속초에서는 봄, 여름, 가을의 72%가 서풍으로 탁월하고, 풍속은 봄 4.5m/sec., 여름 2.0m/sec., 가을 1.9m/sec., 겨울 2.3m/sec.를 보인다. 따라서 대청봉-소청봉에서 동쪽으로 기운 편형수는 대부분 서풍계 바람과 관련된 것으로 볼 수 있다.

설악산 아고산대 바람받이인 서사면과 남서사면의 겨울철과 봄철 강풍은 얼음조각과 모래에 의해 눈 위에 노출된 나무 줄기나 가지에 기계적인 마찰 피해를 가하고, 가지가 부러지거나 휘어지고, 잎이 떨어지게 하는 등의 물리적인 피해를 일으켜 왜성 변형수를 만든다. 특히 강풍은 겨울에는 저온 피해를, 이른 봄철에는 생장을 시작하는 식물에게 수분부족 등의 생리적인 피해를 가져오는데, 풍속이 증가할수록 저온과 건조 피해는 커진다.

4) 분비나무의 편형수

설악산의 전형적인 편형수형 왜성 변형수인 분비나무(*Abies nephrolepis*)는 상록침엽교목으로 높

이 25m, 지름 75cm까지 자라며, 러시아의 우수리 일대, 몽골, 중국 동북부에 분포한다. 한반도에서는 비래봉(700~1,400m), 피난덕산(1,000~1,250m), 승적산(700~1,600m), 금패령(1,400m~), 후치령(700m~), 사수산(900~1,740m), 하람산(1,000~1,400m), 묘향산(700m~), 추애산(900~1,450m), 금강산(780m~), 설악산(700~1,550m), 오대산(800~1,500m), 태백산(1,100~1,500m), 치악산(1,000~1,300m), 함백산(1,500m~), 화악산(1,100m~), 용문산(800~1,100m), 덕유산(1,050m), 지리산(1,200m~) 등지의 해발고도 700~2,540m에 주로 분포한다(정태현·이우철, 1965). 본 조사에 따르면 설악산에서 분비나무가 자라는 고도는 주로 700~1,650m 범위이다.

설악산 아고산대 분비나무의 왜성 변형수는 크게 3가지 유형으로 구분된다(그림 3). 첫째, 봄철형 왜성 변형수는 봄철 생장기의 탁월한 국지풍에 의해 바람의지 쪽으로 주된 줄기와 가지가 심하게 기울어진 것으로 바람에 직접적으로 노출된 설악산 남서사면이나 능선에 주로 발달한다. 둘째, 여름형 왜성 변형수는 여름에 가끔 부는 태풍과 강풍에 의하여 주 줄기가 부러져 생긴 것으로, 설악산 지역에서 널리 관찰된다. 셋째, 겨울형 왜성 변형수는 늦가을과 겨울철에 적설면 위에 노출된 줄기나 가지가 한랭 건조한 기후와 함께 얼음 알갱이나 눈 그리고 모래 등의 기계적인 마찰 등에 의하여 생긴 것으로 바람이 심한 대청봉, 중청봉, 소청봉 등의 산정과 주능선에서 주로 관찰된다. 대청봉에서 소청봉 사이의 능선은 겨울에 강풍과 낮은 기온에 의하여 눈이 쌓이지 못하고 날아가므로, 이곳의 식물은 심한 추위와 건조에 노출되며 이른 봄철까지 생리적인 스트레스가 지속된다.

Oka(1972)는 편형수를 지면 가까이 자라는 C형, 바람받이 쪽의 가지가 거의 없는 F형, 바람받이 쪽의 가지가 약간 없는 S형 그리고 S와 F가 같이 나타나는 SF형으로 분류했다. 이 기준에 따른 C형 편형수는 대청봉에서 소청봉 일대에 자라는 눈잣나무가 해당한다. S형 편형수는 편형 정도가 심하지 않은 형으로 소청봉, 중청봉 일대 사면의 분비나무가 이에 속한다. F형 편형수는 수간의 중심으로 한 쪽에는 가지가 거의 없어 깃발과 비슷한 형태로 대청봉, 중청봉, 소청봉 부근과 공룡능

선에 분포하는 분비나무가 이에 해당한다.

사스래나무와 신갈나무는 본래 낙엽활엽성 교목이지만 아고산대에서 가끔 아교목형 왜성변형수 형태를 나타낸다. 이들은 생장기에는 정상적으로 생육할 수 있지만, 늦가을부터 이른봄에 바람에 의하여 눈이 날려가 적설심도가 얇은 곳에서는 강풍에 의한 얼음과 모래에 의한 기계적인 마찰과 한랭 건조한 강풍에 노출된 부위가 피해를 받아 형성된 것으로 보인다.

전체적으로 설악산 교목한계선 주위와 정상 일대에서 분비나무의 왜성변형수가 나타나는 것은 산정의 강한 바람에 의한 모래나 눈에 의한 기계적인 마찰과 함께 건조와 한랭 피해 그리고 쌓인 눈에 의한 압력 등 생리적인 스트레스 등이 복합적으로 작용한 결과이다.

3. 아고산대의 눈잣나무

1) 눈잣나무와 식생

설악산 아고산대의 주된 목본 식물은 눈잣나무, 분비나무, 사스래나무, 신갈나무, 짝방나무 등이다.

연구대상 종인 눈잣나무는 대표적인 아고산대 식물로 짝방나무, 털진달래, 신갈나무, 사스래나무, 분비나무, 눈주목, 시닥나무, 철쭉, 노랑만병초, 마가목, 덩굴오리나무, 산앵두나무, 미역순나무, 거제수나무, 땃두릅나무, 대댕이나무 등과 같이 출현한다.

눈잣나무가 우점하는 지역은 대청봉-소청봉 남서사면의 바람받이 쪽으로 털진달래, 신갈나무, 분비나무가 섞여 자란다. 반면 바람의지인 대청봉-소청봉 북동사면에는 바람에 불려온 눈 때문에 적설심도가 깊고, 안개가 자주 발생하여 사스래나무, 눈잣나무, 짝방나무, 시닥나무, 마가목 등이 나타난다. 일본에서의 연구(Kawano, 1971; Numata et al., 1972)에 의하면 사스래나무는 동북아시아 아고산대에 널리 분포하는 종으로 경사가 급하고 토심이 얇고 수분이 적은 곳에서 침엽수보다 경쟁력을 갖는 아고산대의 지표종으로 알려져 있다. 대청봉 남사면의 사스래나무 순군락도 남사면의 일사량이 많기 때문에 상대적으로 건조하여 사스래나무가 다른 침엽수보다 유리하게 적응한 것으로 볼 수 있다.

이처럼 대청봉에서 중청봉을 거쳐 소청봉에 이르는 능선을 중심으로 남서사면과 동북사면의 식생 구성이 다른 것은 바람에 노출된 정도 차이에

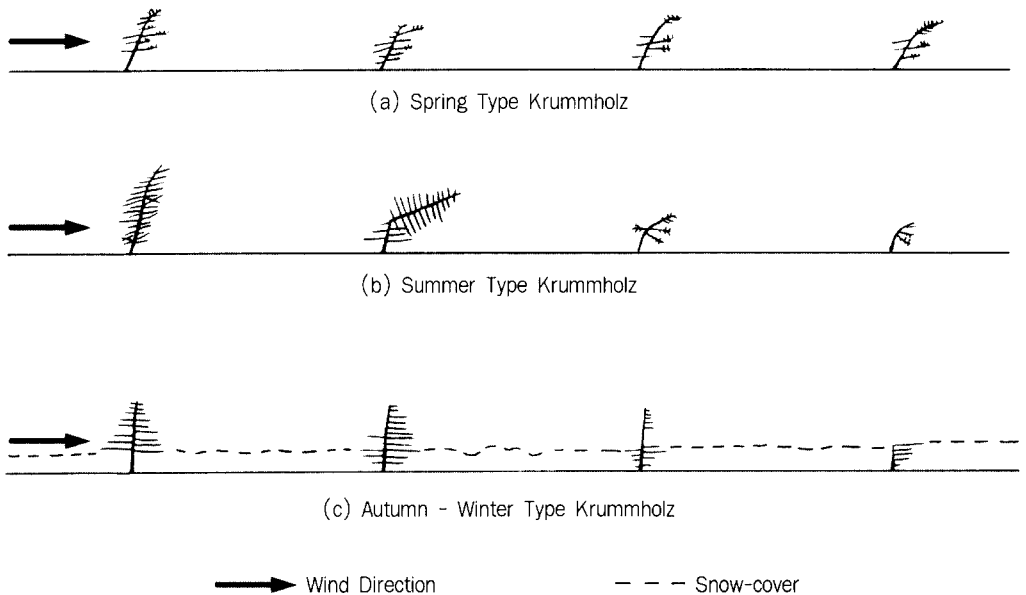


그림 3. 분비나무의 왜성변형수 유형

따른 기온, 적설심도, 적설의 지속기간, 토양 수분과 유기물 함량의 차이 등에 기인하는 것으로 볼 수 있으나, 그 원인에 대해서는 향후 집중적인 조사가 필요하다.

2) 눈잣나무의 분포와 환경

눈잣나무는 현재 동북아시아에 자라는데, 수평적으로 동쪽으로 러시아의 축치반도와 캄차카부터, 서쪽으로 몽골의 서쪽까지, 남쪽으로 한반도와 일본열도까지, 그리고 북으로는 북극해와 시베리아까지 분포한다. 눈잣나무는 지역에 따라 해안으로부터 고도 3,200m까지 자라 넓은 수직적 분포를 보이는데, 설악산은 일본의 혼슈 중부와 함께 눈잣나무의 분포상 남북한계선의 하나이다.

한반도에서 눈잣나무는 북위 41도에서 38도 사이의 장백산(1,600~2,540m), 관모봉, 북포대산, 남포대산, 만탑산, 로봉, 북소백산, 부전고원, 맹부산, 사수산, 묘향산, 보현산, 비래봉, 송적산, 낭림산, 하랍산, 금강산(900~1,680m), 설악산(1,500~1,700m) 등에서 자라며 우리나라에서 눈잣나무가 자라는 고도는 900~2,500m이다(박만규, 1942; 정태현, 1944; 정태현·이우철, 1965; 이영로, 1986). 이들 자료를 기초로 필자는 눈잣나무의 지

리적 분포를 점분포도로, 수직적 분포역은 막대 그래프로 고도를 표시하여 그림 5에 제시하였다.

설악산에는 14개의 눈잣나무 아집단이 분포하며 평균 면적은 491m²이고, 최대 5,640m²이다(김선희 외, 1997). 오장근 등(1998)에 의하면 눈잣나무는 연구지역 밖 설악산 북쪽에서는 850~1,400m에서도 보고되었다. 일반적으로 눈잣나무가 분포하는 환경은 바람이 심한 능선(박만규·홍원식, 1959), 연간 5~6개월 간 눈이 쌓이는 곳(김장수 외, 1992)으로 강풍과 미지형적 환경을 동반한 산정현상(summit phenomena)이 나타나는 산정 일대로 알려져 있다(Song and Nakanishi, 1985).

연구지역 내 눈잣나무는 해발고도 1,500~1,700m 사이의 대청봉 북사면과 남사면, 중청봉과 대청봉사이의 안부, 중청봉 근처 북사면 그리고 소청봉에서 중청봉 사이 능선에 주로 분포한다. 특히 겨울철에 내린 눈이 강풍에 의하여 날려가 쌓이지 못하고 추위와 건조에 직접 노출되는 대청봉 일대의 산정부와 대청봉에서 중청봉을 거쳐 소청봉에 이르는 능선에 눈잣나무가 우점한다. 산정부와 능선은 겨울철 적설심도가 얇아 계곡에 비하여 해빙이 일찍 시작되므로 상록침엽수인 눈잣나무가 생육을 일찍 시작하여 서식지를 차지할 수 있게 된 것으로 본다. 눈잣나무는 강풍에 일사

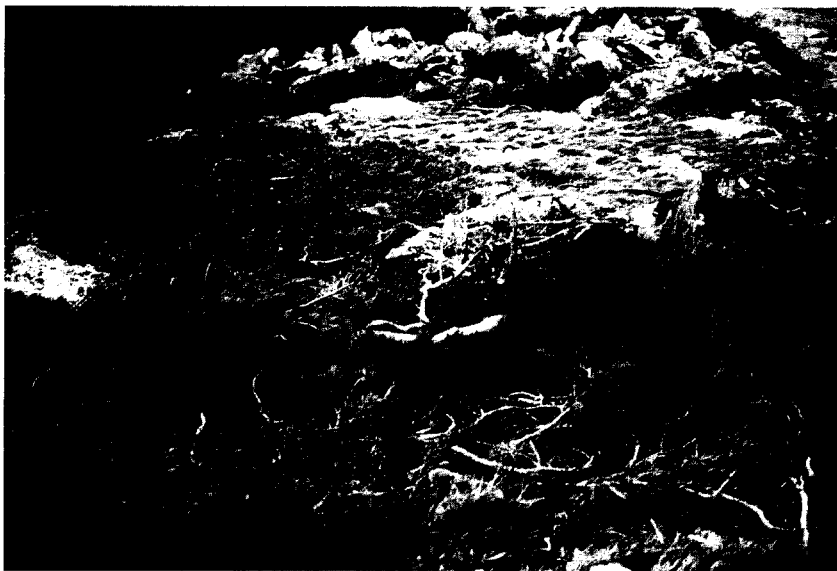


그림 4. 아고산의 눈잣나무

량이 많고, 기온이 낮고 그리고 상대적으로 건조한 대청봉-중청봉-소청봉 일대의 산정부와 능선 등지에서 경쟁력을 가지고 우점한다.

설악산 인근의 속초와 인제 측후소에서 관측한 기온자료를 고도 100m 당 0.6°C의 기온체감율을 적용한 결과 조사 지역 내 눈잣나무 분포의 하한계선인 1,500m에서의 1월 평균 최저기온은 -16.4°C, 8월 평균 최고기온은 21.5°C로 추정된다. 특히 눈잣나무가 분포하는 1,500부터 1,700m 사이의 8월 평균 최고기온은 18.2부터 19.1°C로서, 한반도 전체의 8월 평균 최고기온 16.9부터 23.4°C 범위(Kong and Watts, 1993)에 포함된다. 산정 부근의 한대성 고산과 아고산식물과 여름 고온과의 관련성은 한라산(공우석, 1998, 1999)에서도 보고된 바 있다.

3) 눈잣나무의 외관형

눈잣나무는 고산이나 아고산대의 강풍과 저온에 잘 적응한 전형적인 식물로 서식처에 따라 다양한 생육형 혹은 외관형을 보인다(그림 6). 대청봉 일대의 산정부나 대청봉에서 소청봉에 이르는 능선의 서사면과 남서사면의 바람맞이의 눈잣나무는 강풍과 추위에 직접 노출되어 있기 때문에 5~10cm 높이로 지면을 기면서 자라는 포복형 외관형을 보인다. 눈잣나무는 강풍과 저온 그리고 척박한 토양에서 경쟁력을 갖기 때문에 바람맞이 쪽에서 지면에 밀착하여 우점하며, 곳에 따라 털진달래, 신갈나무, 짙방나무, 분비나무 등이 같이 나타난다.

대청봉-중청봉 일대의 눈잣나무가 북쪽을 향하

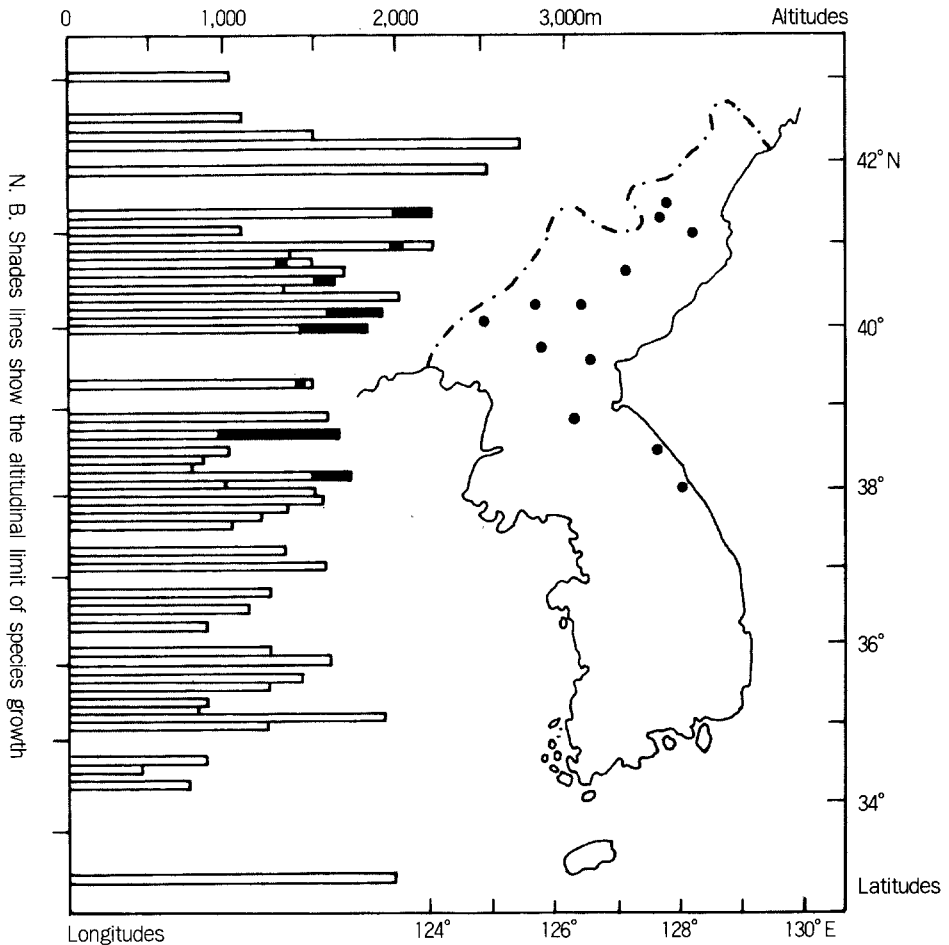


그림 5. 눈잣나무의 수평 및 수직 분포도

고 있는 것은 생장기인 5~7월의 탁월한 국지풍의 영향이다. 바람받이에서도 바위 등에 의해 직접적인 바람으로부터 보호되는 곳의 눈잣나무는 미소 환경에 적응한 외관형을 나타낸다.

반면에 강풍으로부터 보호되고 바람에 불려온 눈이 쌓여 적설심도가 깊은 바람의지 쪽의 눈잣나무는 지면으로부터 2~3m 정도 떨어져 자라며, 가지 끝 부분이 치켜 올라가 있다. 이는 바람의지에서 깊은 적설에 의한 부패 등의 피해를 막고 눈속에서 광합성을 원활히 하기 위한 것으로 판단된다. 바람의지에는 눈잣나무의 순군락이 발달하기보다는 사스래나무, 짝방나무, 마가목, 노랑만병초 등이 같이 자라며, 눈잣나무의 전체적인 생육 상태도 동북사면이 바람받이인 남서사면에 비하여 양호한 편이다.

Ito and Nishikawa(1976)는 눈잣나무 군락 발달 단계로 나지 형성의 1단계, 선구종인 지의류 정착의 2단계, 식생 형성의 3단계, 눈잣나무가 우점하는 4단계, 눈잣나무의 쇠퇴기인 5단계, 그리고 눈잣나무 소멸의 6단계의 발달과정을 주장했다. 현재 설악산의 눈잣나무는 발달 단계상 4단계에서 5단계로 진행되는 중으로 볼 수 있으며, 등산로 주변에서는 6단계도 관찰할 수 있다.

4) 눈잣나무의 자연사

눈잣나무는 신생대 제3기말부터 동북아시아 온대지역에서 출현하였고 제4기 최후빙기 동안에는 시베리아의 툰드라와 타이가 지역 사이에 발달하였다(Tikhomorov, 1946; Mirov, 1967; Powers, 1973; Buks, 1984). 따라서 현재 한반도 북부의 고산대에서 중부의 아고산대까지 격리 분포하고 있는 눈잣나무는 현재보다도 기온이 훨씬 낮았을 빙기 동안에는 낮은 고도까지 연속적으로 분포했다는 것을 의미한다. 즉 한라산에서 실측된 기온 체감율 $-0.58^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (공우석, 1999)을 설악산에 적용하여 현재 설악산 눈잣나무 분포상 하한계선인 1,500m에 환산하면 제4기 플라이스토세의 빙기 중에 중부지방의 기온은 현재보다 8°C 까지 낮았을 것으로 추정된다.

플라이스토세 빙기에 기온이 하강함에 따라 이전에 고산과 아고산대에 분포하던 눈잣나무와 같

은 북방계식물들도 추위를 피해 피난처인 산 아래와 남쪽으로 이동하여 설악산보다 남쪽까지 진출했던 것으로 본다. 그 후 홀로세에 기온이 상승하면서 빙기 동안에 연속적으로 자라던 눈잣나무 분포지가 온대성 식물들에 의하여 점령되면서, 눈잣나무는 북쪽과 산정으로 후퇴하여, 지금은 주로 산정부에 격리되어 분포하게 된 것으로 보인다.

현재 설악산에서 눈잣나무는 대청봉(1,708m), 중청봉(1,676m), 소청봉(1,550m)에서 연속적으로 분포하고 있다. 그러나 끝청(1,604m), 귀메기청봉(1,577m), 황철봉(1,381m), 마등령(1,326m) 등 대청봉 반경 8km 북쪽의 주로 1,300m 이상의 고도에는 격리되어 불연속적으로 분포하고 있다. 따라서 플라이스토세 빙기 중에는 설악산 내에서도 눈잣나무가 연속적으로 분포했던 것으로 볼 수 있다.

현재 대청봉에 이르는 주 등산로 주변의 능선은 계절적인 강풍과 함께 표토의 동결과 용해가 반복되면서 지표층이 침식되어 토양이 척박해져 식생 발달에 불리하다. 또한 과도한 등산객에 의한 답압(trampling)으로 인하여 식생이 파괴되고 표토가 유실되고 기반암까지 노출되어 눈잣나무 등의 아고산 식생에 피해가 나타나므로 피해 방지와 보전 대책이 요구된다.

4. 결론

설악산은 고산식물에서 난온대성 식물까지 다양한 식물이 자라며, 중부지방 생물종 다양성의 핵심지이고, 백두대간을 통하여 남북으로 생물이 이동하는 통로(corridor)이며, 피난처(refugia)이고, 유전자의 보고(gene pool)로서 식물지리적 요충지이다.

설악산 아고산대는 용재한계선에서 교목한계선에 이르는 생태적 점이대로 관목이나 작은 교목이 주로 자라며, 기형 수목 형태(교목한계선, 왜성 변형수, 편형수, 포복형 나무 등)이 나타난다. 이곳은 고유한 식생과 경관을 가지며, 눈잣나무 등 북방계 식물의 세계적 분포상 남방한계선이며, 짝방나무 등 특산식물의 산실이다.

설악산 아고산대 수종에서 나타나는 기형 수목 형태는 주로 기온과 바람 그리고 적설 등 겨울철

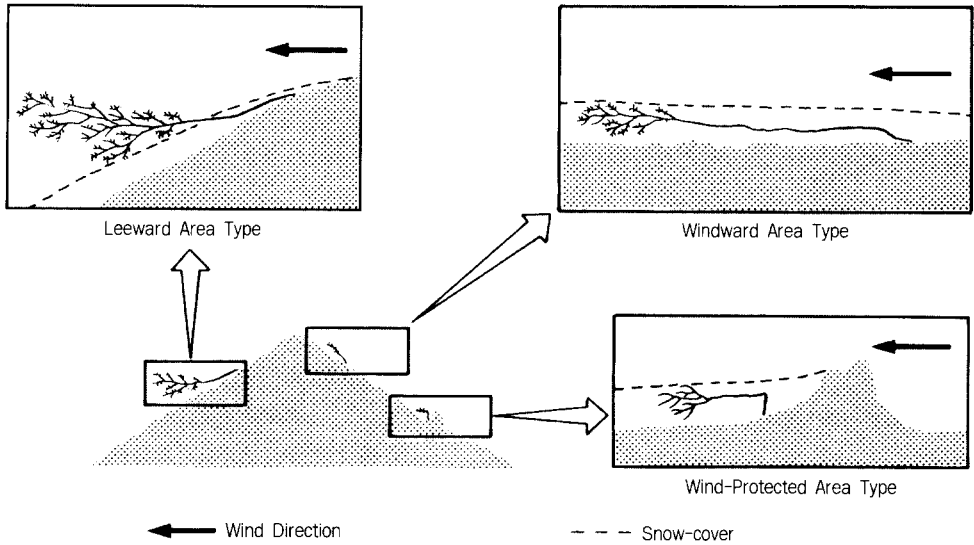


그림 6. 눈잣나무의 외관형

환경에 지배되지만 다른 계절의 기후와도 관계가 있는 것으로 파악되었다. 다양한 형태의 왜성변형수는 늦가을부터 이른봄에 이르는 강풍에 의한 모래, 얼음 알갱이, 눈에 의한 기계적인 마찰과 함께 건조와 한랭 피해 그리고 쌓인 눈에 의한 압력 등 생리적인 스트레스 등이 복합적으로 작용하여 형성되었다.

대청봉과 중청봉 사이의 안부에서 교목한계선이 국지적으로 낮아지는 것은 잦은 강풍으로 적설심도가 얇아져 추위와 건조에 의하여 기계적 및 생리적인 피해가 가속화되어 교목한계선이 낮은 산정효과의 결과로 볼 수 있다. 산지에서 풍속이 증가할수록 저온과 건조 피해는 커져 왜성 변형수가 흔해지고 교목한계선의 고도는 낮아지는 것으로 판단된다.

연구지역의 눈잣나무는 상대적으로 낮은 여름 기온을 갖는 1,500m 이상의 아고산대에서 연속 분포하며, 강풍과 저온에 적응하여 바람받이에서 다양한 외관형을 나타내며 우점한다. 아고산대 식물은 과거 빙기 동안의 자연사를 복원하는 지표종 일뿐만 아니라, 현재 환경을 이해하고, 장차 당면할 기온온난화와 환경 변화를 모니터링할 수 있는 지표종으로 사용할 수 있다. 따라서 아고산대의 식생과 경관 보전을 위하여 체계적인 연구가

필요하며, 이들이 분포하는 아고산대의 적극적인 보전 대책이 필요하다.

설악산에서 수집된 식생과 경관에 대한 공간적, 시간적 그리고 환경적 정보는 우리나라의 아고산 식생과 경관의 분포와 구조를 파악하여 과거의 환경을 복원하고, 현재의 환경을 이해하고, 미래의 환경을 예측하는데 유용할 것으로 판단된다.

사사

현지조사에 협조를 아끼지 않은 설악산국립공원관리사무소 여러분과, 현지에서 지형환경에 대한 논의를 해주신 제주대 김태호교수께 감사드립니다. 본 논문에 건설적인 조언을 아끼지 않은 익명의 심사자들에게 사의를 표한다.

文獻

- 공우석, 1998, "한라산 고산식물의 분포 특성", 대한지리학회지, 33(2), 1-18.
 _____, 1999, "한라산의 기온 분포와 고산식물의 온도적 범위," 대한지리학회지, 34(4),

- 385-393.
- 국립공원관리공단, 1997. 설악산국립공원 자연생태계 보전계획, 국립공원관리공단 설악산관리사무소.
- 김선희 · 김휘 · 강우창 · 전승훈, 1997. "설악산 고산지역의 식물상." 한국생물상연구지, 2, 1-17.
- 김장수 외, 1992. 국립공원자연자원조사 -설악산국립공원-. 내무부.
- 리더스다이제스트, 1990. 경이로운 대자연, 동아출판사.
- 박만규, 1942. "조선고산식물목록." 조선박물학회잡지, 9(33), 1-12.
- 박만규 · 홍원식, 1959. "설악산의 식물군락 연구." 식물학회지, 2(2), 1-21.
- 오장근 · 곽애경 · 박연우, 1998. "백두대간의 식생, 백두대간 환경대탐사보고서," 267-362, 녹색연합.
- 이승호, 1987. "제주도 해안지역의 겨울철 바람에 관한 연구." 제주도연구, 4, 219-259.
- _____, 1996. "제주도에 분포하는 편형수에 의한 탁월풍의 추정." 지리환경교육, 4(1), 121-133.
- 이영로, 1986. 한국의 송백류, 이화여대출판부.
- 이장렬, 1983. "영동지방의 강풍에 관한 고찰." 관동대 논문집, 11, 191-201.
- _____, 1985. "관동지방의 기후." 관동대 논문집, 13, 63-76.
- _____, 1986. "설악산의 편형수에 관한 고찰." 관동지리, 1, 1-19.
- _____, 1988. "편형수로부터 추정된 바람의 특성." 관동대 논문집, 16, 47-55.
- 정영호 등, 1986. 한국식물분류학사개설, 아카데미서적.
- 정태현, 1944. 조선삼림식물도설, 조선박물연구회.
- 정태현 · 이일구, 1959. "설악산 식물상(제1보)." 경희대논문집, 2, 289-353.
- 정태현 · 이우철, 1965. "한국삼림대 및 적지적수론." 성대논문집, 10, 329-435.
- 한국생물과학협회, 1998. 생물학사전, 아카데미서적.
- Buks, I. I., 1984. The problem of the Beringia phratry of formations of boreal-type vegetation, In : Kontrimavichus, V. L.(ed.), *Beringia in the Cenozoic Era*, 235-243, Oxonian Press PVT Ltd., New Delhi.
- Ito, K. and Nishikawa, T., 1974. Alpine communities of the northern Taisetsu Mountain Ranges(I), *Rep. Taisetsuzan Inst. Sci.* 11, 1-18.
- Kawano, S., 1971. Studies on the alpine flora of Hokkaido, Japan, *J. Lib. Arts & Sci., Toyama Univ.*, 4, 13-96.
- Kong, W. S., 1998. The Alpine and Subalpine Geocology of the Korean Peninsula, *Kor. Jour. of Ecol.*, 21(4), 383-387.
- Kong, W. S. and Watts, D., 1993. *The Plant Geography of Korea*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Mirov, N. T., 1967. *The Genus Pinus*, Ronald Press, New York.
- Numata, M., Miyawaki, A. and Itow, 1972. Natural and semi-natural vegetation in Japan, *Blumea*, 10, 435-496.
- Oka, S., 1972. Deformation of trees on Mt. Fuji, *Geogr. Rep. Tokyo Metropolitan Univ.*, No. 6/7, 17-19.
- Powers, W. R., 1973. Palaeolithic man in northeast Asia, *Arctic Anthropology*, 10, 1-106.
- Song, J. S. and Nakanishi, S., 1985. On the *Pinus pumila* scrub of Mt. Sorak, Korea, *Jap. J. Ecol.*, 35, 537-541.
- Tikhomirov, B. A., 1946. The dwarf pine associations, *Nat. His. Flora & Vegetation USSR*, 2, 491-537.
- Wilson, J. W., 1959. Notes on wind and its effects in Arctic-Alpine vegetation, *J. Ecol.*, 47, 415-427.
- Yoshino, M. M., 1964. Some local characteristics of the winds as revealed by wind-shaped trees in the Rhone Valley in the Switzerland, *Erdkunde*, Bd. 18(5), 28-39.
- _____, 1975. *Climate in a Small Area*, Univ. of Tokyo Press, Tokyo.