

답압이 설악산 아고산대의 식생에 미치는 영향

이규승[†] · 최오길 · 김석철

강릉대학교 생물학과

적 요: 등산객에 의한 많은 간섭을 받아온 설악산 대청봉의 아고산생태계에서 훼손된 식생의 복원에 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 인간에 의한 답압에 따른 입지인자와 식생의 변화를 파악하였다. 본 조사지역에서 인간에 의한 간섭은 경사도 10° 미만의 완만한 남사면 지역에서 두드러졌다. 인간의 간섭은 식생의 키, 식피율 및 종다양성을 감소시켰고, 식생의 종조성의 변화를 통하여 식생구조의 변화를 유발하였다. 또한 인간의 간섭은 파괴된 식생으로 인한 낙엽생산이 감소하고, 고산지대 특유의 바람에 의한 낙엽의 이동으로 인하여 낙엽층과 유기물층의 발달이 저해되었다. 이는 토양수분함량을 감소시키고, 토양침식작용이 활발해져 토심이 얕아지고 표토층이 유실되면서 자갈이 지표면에 노출된 입지환경으로 변화시켰다.

검색어: 교란, 답압, 대청봉, 보전, 복원, 설악산, 아고산대, 종다양성, 토양침식

서 론

고산대나 산정부는 환경이 극단성을 띠고 있고, 사소한 지형의 높낮이에 따라 식물의 생사가 결정되고, 미소한 환경의 차이로 인하여 식생이 모자이크상으로 발달하기 때문에 고산 특유의 다채로운 경관이 형성된다(국립공원관리공단 1999). 설악산 대청봉지역은 연평균기온이 2.0°C로 기후학적으로 아고산대로 분류되지만 산정부위 특유의 독특한 지형과 미기상에 따라 매우 다채로운 모자이크상의 식생경관을 형성하고 있다(최 2001). 또한 대청봉 정상부는 설악산을 찾는 등산객 344만명의 6~17% 정도가 방문할 정도로 인간의 이용강도가 높은 지역으로 많은 인간의 간섭을 받아 식생경관의 훼손이 매우 심한 지역이므로(국립공원관리공단 1997, 1999, 오 등 1998, 이 등 1998), 주요 설악산 등산로의 훼손 실태와 그 주변부 식생의 변화에 대한 연구가 이루어진 바 있다(이 등 1997, 권 등 1998, 조와 이 1996, 국립공원관리공단 1997).

일반적으로 잘 발달하고 보존이 양호한 생태계에서도 지형과 환경요인의 공간적 이질성은 매우 복잡하게 분포하고, 또한 그러한 공간적 이질성이 식물군집의 구성과 각 식물의 분포에 크게 영향을 미친다(이와 조 2000a, 2000b, Lee and Cho 1999, Robertson *et al.* 1988, Koch and Mazner 1993). 생태계내에서 공간적 이질성을 일으키는 원인과 그것의 생태적 의미를 파악하는 것은 대단히 중요하다(Armesto *et al.* 1991). 온대낙엽수림에서 빈번하게 관찰되는 교란에 의한 미환경의 차이는 특히 상층부의 목본식생보다는 임상식물군집에 보다 많은 영향을 끼친다고 알려져 있다(김 1996). 이와 조(2000a, 2000b)는 설악산 생물권 보전지역내에 들어 있는 점봉산 일대의 온대낙엽수림에서 지형과 바람 요인에 의한 낙엽의 불균등한 분포가 임상식물군

집의 공간적 이질성을 야기시키는 주요한 원인이라고 밝힌 바 있다. 공간적 이질성의 생태적 의미에 대하여 Harper (1977)와 Harper 등 (1965)은 환경요인의 공간적 이질성이 종자의 발아, 유식물의 발아 및 정착에, Regehr와 Bazzaz (1979)와 Solbrig 등 (1980)은 유식물이 정착된 이후의 사망에, Hedrick 등 (1976), Spieth (1979) 및 Hartgerink와 Bazzaz (1984)는 개체군내 유전적 다양성 유지에 그리고 Whittaker와 Levin (1977)과 Menge (1979)는 군집내 종다양성의 유지에 공간적 이질성이 크게 영향을 미친다는 것을 밝혔다. 생태계내에서 공간적 이질성은 자연적인 교란에 의해서 발생하는 경우가 많지만 인위적인 간섭과 교란도 특정 생태계의 공간적 이질성을 일으키는 주요한 요인이 될 수 있다. 생태계내의 여러 가지 생물학적 요인들과 인간에 의한 지속적인 간섭은 다양한 과정을 거쳐 미소 생육지의 이질적인 공간패턴을 증폭시키거나 변형시킬 수 있다(Labrel *et al.* 1994, 이와 조 2000a). 특히 우리나라와 같이 좁은 국토에 높은 인구밀도를 가진 산림생태계는 인간의 간섭이 가해지기 쉽고, 그러한 간섭이 군집구성과 경관의 형성에 큰 영향을 미칠 수 있다.

고산이나 아고산생태계는 열악한 기후 조건과 낮은 생산성으로 인하여 일단 식생의 간섭과 파괴가 진행되면 그 진행속도가 빠르게 진행된다. 일단 파괴된 식생은 아고산생태계 특유의 느린 회복력 때문에 원래 상태로의 회복이나 복원은 거의 불가능하거나 매우 긴 시간을 필요로 한다(국립공원관리공단 1999). 설악산의 중청봉에서 대청봉에 이르는 아고산생태계는 많은 등산객들의 방문으로 인하여 식생경관의 훼손이 매우 심하다. 대청봉일대의 아고산생태계의 경관은 답압으로 인한 훼손이 극심하여 노출된 나지와 등산로, 출입을 통제하고 있는 가드레일 주변의 약한 간섭을 받거나 과거의 답압으로부터 회복하고 있는 초지나 반관목식생, 인간의 간섭을 거의 받지 않지만 미소지형과 미기후의 차이에 의해 사면과 미소 입지조건에 따라 형성된

[†] Author for correspondence; Phone: 82-33-640-2311, e-mail: leeks84@kangnung.ac.kr

잣나무군락, 털진달래-분비나무군락 및 사스래나무군락 등이 모자이크상으로 분포하고 있다(국립공원관리공단 1997, 1999). 따라서 이 지역의 생태계는 보다 체계적이고 적극적인 보전과 복원대책이 시급한 실정이다.

일반적으로 식생이 훼손된 지역을 복원하기 위해서는 훼손되는 과정과 그에 대한 정확한 진단 그리고 복원 사업을 통하여 달성하고자 하는 식생의 구조와 그 상태에 도달하기까지의 천이과정에 대한 정보가 필요하다. 따라서 실제적인 복원 사업 이전에 기준으로 삼을 수 있는 훼손되기 이전의 원식생에 대한 정확한 자료 조사가 전제되어야 한다(Palik *et al.* 2000).

최근에는 각종 훼손된 생태계를 친환경적으로 복원하려는 시도가 행해지고 있지만, 현재까지 진행하고 있는 대부분의 훼손된 생태계에 대한 복원 사업은 복원 대상지의 훼손 메카니즘과 원식생의 유형과 천이과정에 대한 체계적인 분석없이 진행되어 온 것이 현실이다. 대표적인 예로 1997년과 1998년에 행해진 대청봉 정상부 지역에 대한 식생복원사업은 미소 입지별로 복원하고자 하는 원식생과 보존하고자 하는 식물들이 필요로 하는 입지조건에 대한 정밀한 진단없이 토양침식방지에만 초점을 맞춰 진행하였기 때문에 나름대로의 성과는 있었지만 많은 시행착오를 겪고 있다. 또한 대청봉 일대에는 많은 희귀식물과 한국 특산식물이 자라고 있고, 각각의 식물은 각 종별로 독특한 미소생육지를 요구하고 있다(최 2001, 김 등 1997). 대청봉일대 아고산생태계를 복원하기 위해서는 군집으로서의 식생과 더불어 멸종가능성이 높은 희귀식물을 먼저 선택하여 각 종들이 필요로 하는 입지조건을 복원 창출할 필요가 있다. 따라서 생태적으로 중요한 장소의 복원사업에는 먼저 복원시켜야 할 원식생의 특징과 보존이 필요한 식물들의 미소입지조건을 미리 철저히 파악한 다음 사업을 시행하여야만 시행 착오를 줄일 수 있다.

본 연구에서는 대청봉 일대의 훼손된 식생의 복원과 희귀식물의 보전 및 생물종다양성의 유지에 필요한 기초자료를 제공하기 위한 연구의 일환으로서 등산객에 의해 많은 간섭을 받아 온 설악산 대청봉의 아고산생태계에서 인간의 간섭(답압)에 따른 입지인자의 변화과정과 그에 따른 식생요인의 변화에 대해 살펴보고자 한다.

조사지 개황

설악산 국립공원은 1970년에 국립공원 제5호로 지정되었고, 국립공원으로 지정되기 전인 1965년 천연기념물(천연보호구역, 163.4 km²) 제 171호로 지정되었으며, 1982년에 UNESCO의 인간과 생물권계획에 따라 우리나라 유일의 생물권보전지구로 지정되었다. 설악산의 주봉인 대청봉은 인제군 북면과 양양군의 강현면 및 서면의 경계선의 교차점으로 북위 38°7', 동경 128°28'에 위치하고 있다. 대청봉과 그 인근 지역은 주로 선펠브리아기에 형성된 화강암질 편마암과 반상변정편마암으로 구성되어 있다(강원도 1984).

외설악에 속하는 대청봉 일대는 기후적으로 아한대에 속하

고, 기후는 해안형에 가까우며 연평균기온 2.0°C, 1월 평균 최저기온 -14.7°C, 8월 평균 최고기온이 17.1°C로 연간기온의 차이가 매우 심하다(국립공원관리공단 1999, 최 2001). 겨울철에 최저기온과 최고기온의 차이는 25~30°C에 이르고, 여름철의 그것은 13°C 내외이다. 연평균강수량은 1,100mm 이상이고 상대습도가 70% 이상으로 높고 연간 쾌청일수가 60~70일로 연중운무가 많다. 따라서 식물의 생육에 지장을 줄만한 수분부족은 없는 것으로 여겨지지만 인간의 간섭을 받는 지역과 미소지형적으로 암반노출지역에서는 수분부족이 부분적으로 일어날 것으로 여겨진다. 6~8개월의 3개월을 제외하고는 연중 눈이 내리고, 일년중 5~6개월은 눈으로 덮여 있다(국립공원설악산관리사무소 대청기상일지-내부자료, 1994-1996, 국립공원 관리공단 1999). 대청봉일대에서 주된 바람의 방향은 남서풍으로써 이러한 바람의 영향으로 편형수가 나타나고, 또한 대청봉 정상부의 남사면 부위에서는 겨울과 이른 봄철의 강한 바람, 낮은 적설심도 그리고 낮은 기온에 따른 기계적인 피해와 생리적인 건조피해의 결과로 1,550~1,650m 사이에 교목한계선이 나타난다(국립공원관리공단 1999). 이에 반해 대청봉과 중청봉의 북사면과 동사면은 수고 2~4m의 사스래나무가 우점하는 울창한 식생이 형성되어 교목한계선이 발견되지 않는다(국립공원관리공단 1999).

본 연구가 행해진 설악산의 중청봉에서 대청봉에 이르는 아고산 생태계는 연간 50만명 이상이 방문하는 곳으로 답압에 의한 토양침식과 식생의 훼손이 매우 심하다(국립공원관리공단 1997, Fig. 1). 1998년과 1999년도에 행해진 훼손지 복원공사는 대청봉 정상부와 대청봉에서 화채봉으로 가는 등산로의 남사면 지역의 과거에 텐트를 쳤던 지역에서 이루어졌다.

연구의 조사지는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 중청휴게소로부터 대청봉 정상부를 지나 대청봉에서 화채봉으로 연결되는 등산로변의 인간의 간섭을 많이 받았던 지역이나 현재에도 간섭을 받고 있는 지역을 중심으로 지정되었다.

연구방법

조사 시기

본 연구를 위한 현장 조사는 식생이 안정되어 있는 시기인 1999년 8월 4일부터 8월 14일까지 11일간 실시하였다. 환경요인과 식생요인의 분석은 대청봉에서 중청봉 사이의 능선을 중심으로 총 26개의 긴 라인(50~150m)을 설치하고, 각각의 라인을 따라 여러 식생유형이 포함되도록 일정 간격(약 5m)으로 총 412 지점의 1 m²의 방형구를 설치하여 분석하였다(Fig. 1). 총 412개의 방형구 중 지표면 전체가 암석으로 덮인 지소는 인간에 의한 답압이 식생의 훼손에는 반영되지만 토양경도 및 기타 입지환경요인의 측정이 불가능했기 때문에 자료분석에서 제외시켰으므로 자료분석에 사용한 방형구는 총 340개이었다.

환경요인의 분석

토양시료의 표집은 각 방형구내에서 최소 3군데를 선정하여

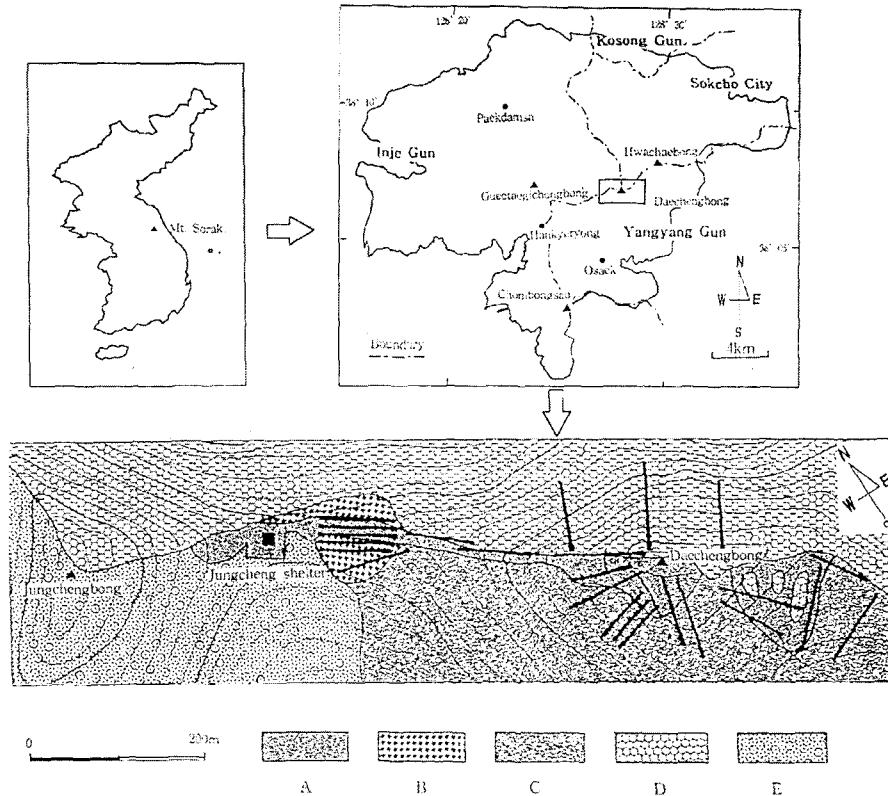


Fig. 1. Map showing the study sites. Thick lines in the lower map represent the investigated line transects. Actual vegetation map (A: Denuded land or semi-destroyed grassland, B: *Pinus pumila* community, C: *Rhododendron mucronulatum* var. *ciliatum* community, D: *Betula ermani* community, E: *Quercus mongolica* community).

낙엽층과 부식층을 제거한다음 다시 표토 1cm를 제거하고 5cm 이내 깊이에서 채취하였다. 채취한 토양은 실험실로 운반하여 토양수분함량을 측정한다음 2주간 음건시키고, 이를 체눈 2mm 체로 쳐서 유기물함량을 측정하였다.

지형요인은 야외조사시 고도계, 나침반 및 경사계를 이용하여 기록하였다. 토양경도는 토양경도계(Model Unconfined comp. strength, ELE)를 이용하여 kgf/cm²의 단위로 측정하였다. 암석노출과 자갈노출은 1 m² 방형구내에서 노출된 바위와 자갈의 비율을 측정하였고, 토심은 철봉을 이용하여 최소 4군데 이상의 깊이를 측정하여 평균값을 이용하였다. 낙엽층두께는 현장에서 막대자를 이용하여 측정하였다. 상대광도는 대청봉 정상부가 안개가 끼는 날이 많아 광도계로 측정하는 것이 불가능하였으므로 지상부로부터 10cm 위에서 식생에 의하여 덮이지 않은 노출 파도로 측정하였다. 토양수분함량은 습토의 무게와 105°C에서 2일간 건조시킨 토양의 무게를 비교하여 그 차이의 비율을 건조 기준의 백분율로 구하였고, 유기물함량은 토양 시료를 600°C에서 태운 후 태우기 전후의 잔여물량으로 구하였다.

식생 조사

각 방형구내에서 전체 식피율, 목본층 및 초본층의 키와 식피

율을 측정한다음, 방형구내 출현하는 모든 종에 대하여 목본층과 초본층으로 구분하여 식피율을 구하였다. 이러한 조사표에 근거하여 각 방형구별로 총종밀도, 목본 종밀도 및 초본 종밀도를 구하였다.

통계분석

본 연구에서 사용된 모든 통계자료는 Excel program(MS-office 1997)과 Systat 7.0(SPSS 1997)을 이용하여 분석하였다. 방위를 제외한 모든 자료는 데이터의 변환없이 원자료를 통계분석 자료로 이용하였다.

결과 및 논의

대청봉 정상부의 입지환경요인

본 연구를 위하여 설치된 412 지점에서 조사된 입지환경요인은 해발고도 1,610~1,700m(평균 1,659.9m), 경사도 0~90°(평균 13.9°), 표토층의 두께 0~79cm(평균 18.7cm), 낙엽층 두께 0~33cm(평균 4.0cm), 암석노출 0~100%(평균 17.3%), 자갈노출 0~100%(평균 17.5%), 초본층의 상대광도 0~100%(평균 68.5%), 토양경도 0.3~5.2kgf/cm²(평균 1.6kgf/cm²), 평균 유기물함량

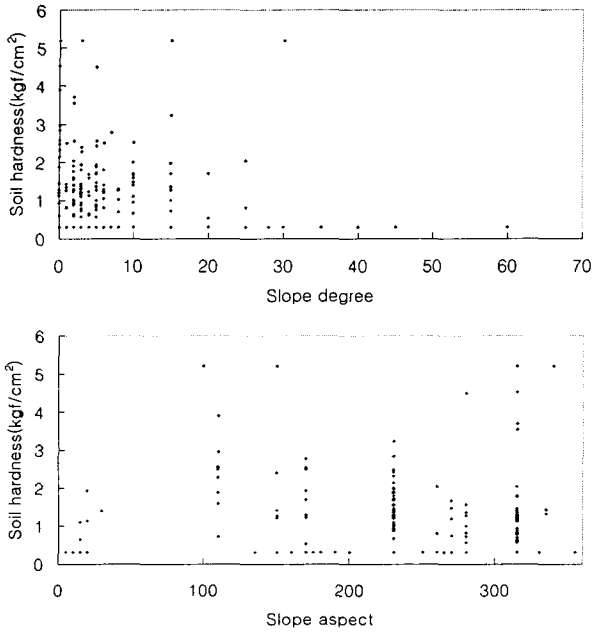


Fig. 2. Relationships between soil hardness and slope degree(upper) and between soil hardness and slope aspect(lower) at the subalpine zone in Mt. Sorak.

23.9%, 평균 토양수분함량 59.8%, 평균 식생의 키 0.67m, 평균 식피율 75%, 조사구당 평균 목본종수는 2.75종/m² 그리고 평균 초본종수는 8.45종/m²을 나타내었다(최 2001). 1997년부터 행해지고 있는 대청봉 정상부 식생에 대한 모니터링 자료에 의하면 대청봉 정상부에 분포하는 지역의 토양 pH는 반계손초지에서 4.74~5.60의 범위를, 털진달래 군락에서 4.31~4.71의 범위를, 눈잣나무군락에서 4.13~4.71의 범위를 그리고 사스래나무군락에서 4.07~5.31의 범위를 나타내어 대체적으로 인간의 간섭을 많이 받는 지역의 pH가 높게 나타나고 있다(국립공원관리공단 1997, 1999). 대청봉 정상부 부근에 분포하는 식물군락내 토양 인의 함량은 0.88~26.6 ppm의 범위로, K의 함량은 35.2~79.9 ppm의 범위로, Ca은 65.4~1533.9 ppm의 범위로 그리고 마그네슘은 10.2~59.7 ppm의 범위로 나타났는데, 대체적으로 인간의 간섭을 많이 받은 지역일수록 토양내 영양염류함량이 낮았다(국립공원관리공단 1997). 이로 미루어 보아 대청봉 정상부의 입지환경요인은 미소서형, 식생유형 및 인간의 간섭정도에 따라 매우 다양한 입지 환경요인들이 모자이크상으로 분포하고 있다고 할 수 있다.

인간에 의한 담압 간섭의 강도는 보통 토양의 딱딱함을 나타내는 토양경도로서 측정할 수 있다. Fig. 2는 설악산의 대청봉일대에서 인간에 의한 담압 간섭이 어떤 지형 조건에서 심하게 일

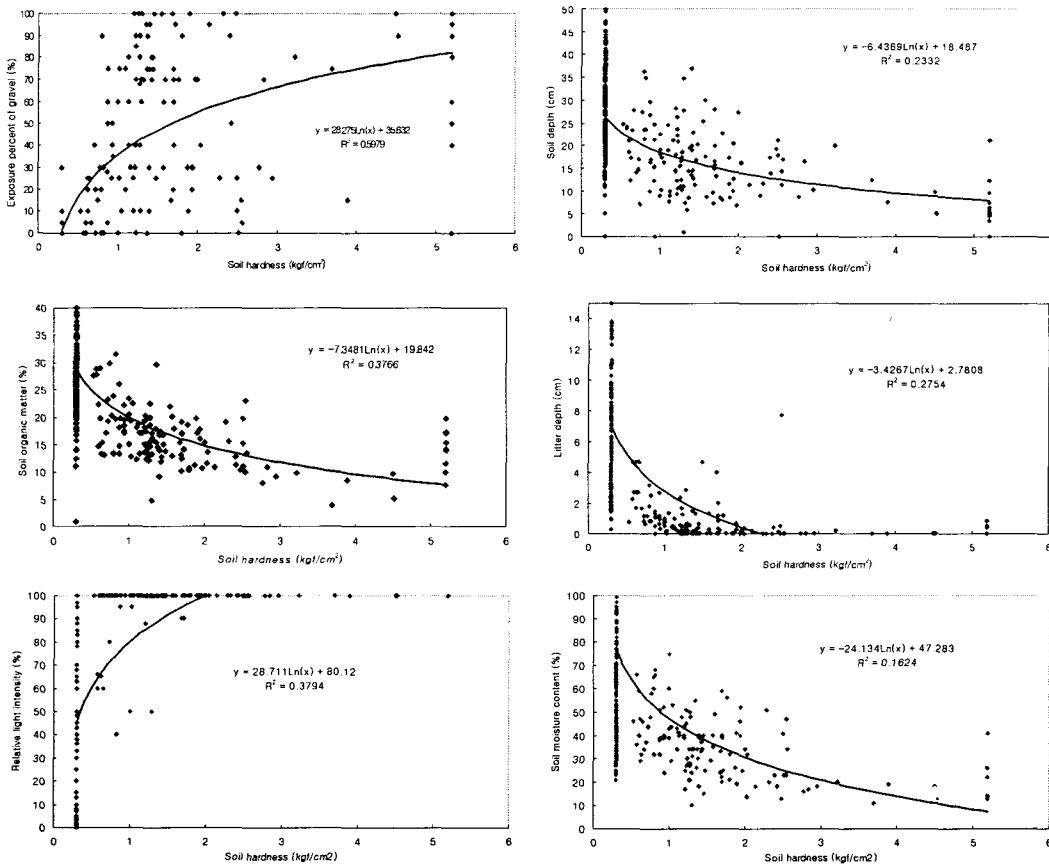


Fig. 3. Relationships between soil hardness and several abiotic environmental factors at the subalpine Zone in Mt. Sorak.

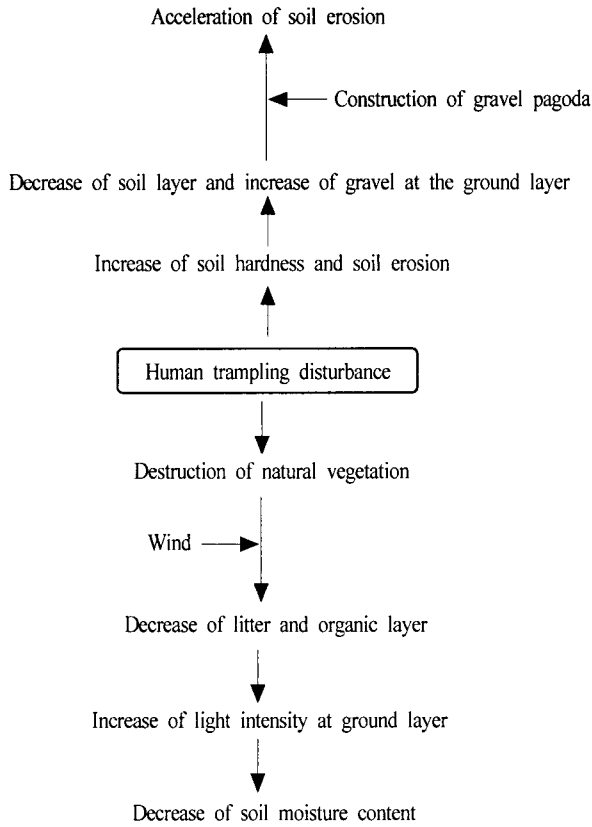


Fig. 4. A diagram shows changing process of site factors by human trampling disturbance at the subalpine zone in Mt. Sorak.

어나고 있는지를 파악하기 위하여 토양경도와 경사도와와의 관계 그리고 토양경도와 사면방위와의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 설악산 대청봉지역에서는 경사가 급한 지형일수록 인간에 의한 답압의 영향이 적고, 경사가 완만한 지형일수록 답압에 의해 훼손된 지역이 많았다. 특히 경사도 10° 이내의 지역에서 두드러진 인간의 간섭이 많았다. 또한 경사가 급한 북사면부에서는 인간의 간섭이 적었고, 대청봉의 동남방향과 남사면부위에서 인간의 간섭이 많은 경향을 나타내고 있다. 이것은 과거에 인간의 간섭이 집중되었던 지역을 간접적으로 나타내주는 결과로서 중청휴게소 부근의 평탄한 능선부, 대청봉-중청휴게소의 등산로변 및 대청봉에서 동남방향으로 연결된 환경사지에 집중적으로 텐트를 쳤던 흔적과 거미줄같은 이동 등산로가 집중적으로 분포하는 현장에서의 관찰과 일치한다. 특히 대청봉 남사면부의 경사가 완만한 지형에 많은 눈이 쌓이면 등산로를 찾을 수 없으므로 식생위로 눈쌓인 지역들을 등산하다 식생이 훼손되는 경우가 많은 것도 이들 지역의 훼손이 가중된 원인중의 하나이다.

답압으로 인한 입지 환경의 변화

Fig. 3은 설악산 대청봉 일대에서 토양경도에 따른 입지 환경요인들의 변화를 나타낸 것으로서 대부분의 입지 환경요인들이 인간의 간섭에 의하여 뚜렷한 변화를 나타내었다. 토양의 깊이는 인간의 간섭이 심한 지역일수록 토양 침식에 의하여 얕아지는 경향이 뚜렷하였다. 대체적으로 교란의 강도가 약하거나 교란이 없는 지역의 토심은 20~40cm를 나타내는 지역이 많았고 교란의 강도가 강한 지역 (토양경도 2kg/cm² 이상지역)은 20cm

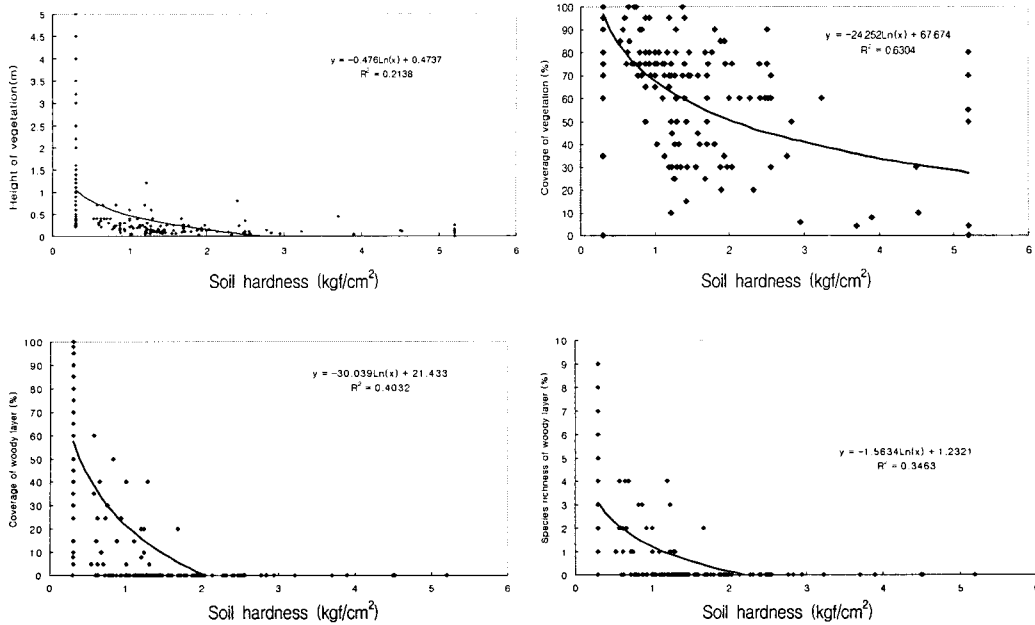


Fig. 5. Relationships between soil hardness and several vegetation factors of woody plants at the subalpine zone in Mt. Sorak.

이내를 나타내는 곳이 많았다(Fig. 3). 토심과는 정반대로 지표면에 노출된 자갈의 비율은 인간의 간섭이 심한 지역일수록 많아지는 경향이 뚜렷하였다. 대체적으로 대청봉 지역의 조사지에서 관찰되는 자갈의 크기는 3~10cm의 직경을 갖는 것들이 많았다. 지표면의 높은 자갈 노출은 토양침식이 심하게 일어난다는 것을 의미한다. 특히 토양경도 1~2kgf/cm² 이상지역에서의 자갈 노출 비율이 급격히 많아지는 경향이 있었다.

인간의 간섭이 심한 지역일수록 낙엽층두께는 뚜렷하게 얇아지는 경향을 나타내었다. 대체적으로 토양경도 2 kgf/cm² 이상의 인간의 간섭이 매우 큰 지역은 낙엽층 두께가 1cm이내이었고, 토양경도 0.5~2.0 kgf/cm²의 지역은 1~4cm의 낙엽층 두께를 나타냈으며, 0.3 kgf/cm² 이하의 지역은 초본군락보다 목본군락에서 현저히 낙엽층이 두꺼웠다(Fig. 3). 이러한 낙엽층두께의 분포는 바람이 매우 심한 고산지대의 특성과 인간의 간섭이 상호작용한 결과이다(이와 조 2000). 즉, 바람이 심한 대청봉 일대에서는 인간의 간섭 정도에 따른 초본과 목본의 식피율에 따라 낙엽층의 재배치가 일어나고 있다고 할 수 있다.

토양의 유기물함량도 낙엽층의 두께와 마찬가지로 인간의 간섭에 의하여 뚜렷하게 감소하여 토양경도 2.5 kgf/cm² 이상의 간섭이 심한 지역의 유기물함량은 10%이하로 분포하는 경우가 많았다(Fig. 3). 토양 수분함량도 인간의 간섭에 의하여 지표면의 노출로 인하여 뚜렷한 감소경향을 나타내었다. 초본층의 상대광도는 토양경도에 따라 식생이 파괴되어 증가하는 경향이 있었는데, 특히 2.0 kgf/cm² 이상으로 심한 인간의 간섭을 받은 지역은 상대광도 100%로 완전한 노출을 나타내고 있다(Fig. 3).

결론적으로 설악산 대청봉 지역에서 답압으로 인한 인간의 간섭은 원식생을 파괴하고, 파괴된 식생으로 인하여 만들어지는 낙엽의 양도 적고 만들어진 낙엽조차 고산지대의 강한 바람으로 인하여 쉽게 날아가게 만든다. 이것은 낙엽층과 유기물층의 발달을 저해시킨다. 지피 식생의 부족으로 강한 햇빛에 노출된 지표면에서는 토양수분함량이 감소하게 된다. 노출된 지표면에서는 토양침식작용에 의하여 토양층이 점점 얇아지고 표토층의 유실로 인하여 자갈이 노출된 입지환경을 형성한다고 할 수 있다. 또한 대청봉일대의 곳곳에는 지표면에 노출된 자갈을 모아

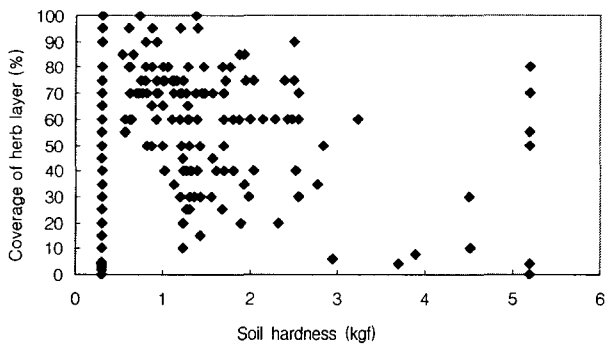


Fig. 6. Relationship between soil hardness and plant coverage of herb layer at the subalpine zone in Mt. Sorak.

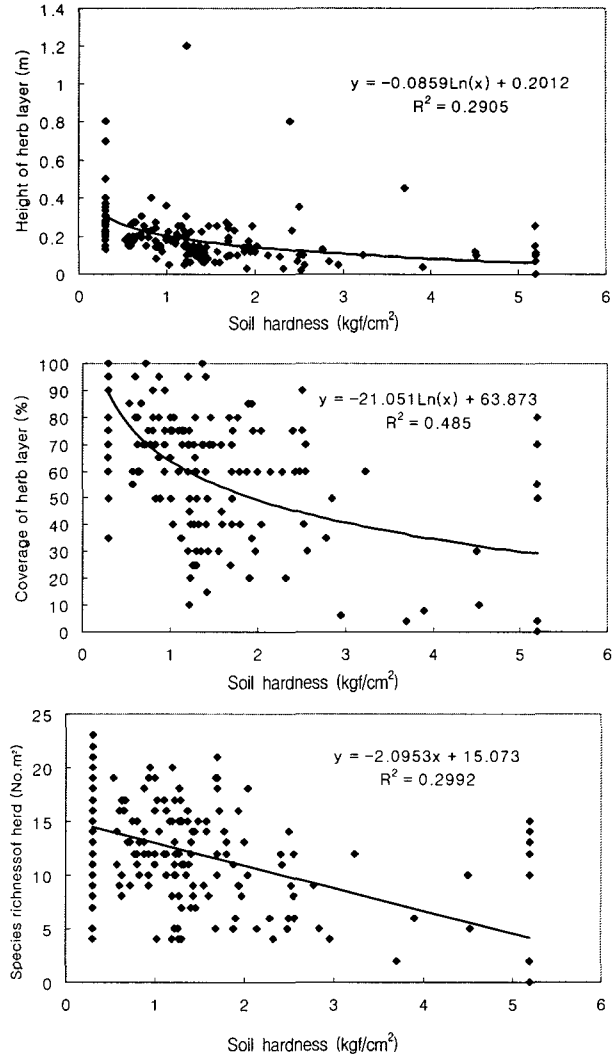


Fig. 7. Relationships between soil hardness and species richness (lower), coverage(middle) and height(upper) of herb layer at the subalpine zone in Mt. Sorak, Korea. These data were collected from only herbaceous vegetation types except for the shrub dominant communities (coverage of woody layer < 30%).

돌탑을 쌓는 것을 볼 수 있는데, 이러한 행위는 지표면에서의 토양침식을 가속화시킬 수 있다(Fig 4).

답압으로 인한 식생구조의 변화

Fig. 5~7은 답압 교란 구배에 따른 식생구조의 변화를 나타낸 것이다. 인간의 간섭에 의하여 식생의 키, 전체 식생의 식피율, 목본층의 식피율과 종풍부도는 뚜렷한 감소 경향을 나타내었는데, 특히 목본층의 피도가 30% 이상을 덮는 관목성의 군집은 토양경도 1.5 kgf/cm² 이하의 지역에만 분포되어 있었다(Fig. 5). 그러나 초본층의 식피율은 관목 30% 이상을 덮고 있는 지역

을 제외한 초지군락에서만 뚜렷한 감소 경향을 나타내고 있고, 답압 교란이 없는 관목 우점 군락에서도 현저히 낮은 값을 나타내었다(Fig. 6과 7). 그러한 이유는 초본층의 정착은 인간의 간섭에 의해서도 영향을 받고 있지만 한편으로는 목본층의 발달에 따른 피음에 의해서도 초본의 생육이 저해를 받고 있기 때문이다. 특히 대청봉 지역에서 교란을 받지 않는 관목군집은 고산지대의 바람에 의하여 저층의 매우 밀집된 구조를 이루고 있기 때문에 초본층으로 투과되는 빛의 양이 적어서 초본층의 발달이 매우 미약하다. 따라서 조사지점중 관목층의 식피율이 30%미만인 초지만을 대상으로 토양경도에 따른 초본의 키, 식피율 및 종풍부도의 변화를 Fig. 7에 나타내었다. 초본군락의 경우 인간의 답압구배에 따라 초본층의 식피율과 종수가 뚜렷하게 감소하는 경향이 나타났다(Fig. 7).

이상의 결과는 인간에 의한 지나친 교란은 목본층과 초본층 모두를 심하게 파괴하지만, 사소한 교란이나 심각한 교란 이후에 재생하고 있는 식물군락의 경우에는 초본의 분포역을 확대함으로써 대청봉 일대에 분포하는 희귀 초본의 개체군 유지에 도움을 줄 수도 있음을 시사한다(최 2001). 대청봉 일대에는 보전을 요하는 많은 희귀 초본 식물이 있고, 이들 중 특정종은 일정부분 교란을 받아 토양이 다소 딱딱하고 다른 식물과의 경쟁이 심하지 않은 지소에서 가장 높은 활력을 나타내기도 한다(최 2001). 따라서 대청봉일대에서 희귀종의 보전을 위한 복원공사를 할 경우에는 각각의 보전을 목표로 하는 종이 필요로 하는 입지조건에 대한 정확한 정보에 근거하여 실시해야 할 것이다.

감사의 글

야의 현장 조사를 도와준 강릉대학교 생태학 연구실의 우병선, 김태근, 김진석군에게 감사드리고, 본 연구가 원활하게 진행될 수 있도록 협조를 해 준 국립공원관리공단 설악산관리사무소 관계자 분들, 특히 중청휴게소 직원 여러분에게 깊은 감사를 드립니다.

인용문헌

강원도. 1984. 설악산. 설악산 학술조사보고서. 455p.
국립공원관리공단. 1997. 설악산, 북한산 국립공원 자연휴식년제 구간 기초생태조사. 175p.
국립공원관리공단. 1999. 설악산 아고산대 식생 및 지형지질 정밀조사. 187p.
권태호, 오규균, 김보현. 1998. 설악산국립공원 내설악지구 등산로의 훼손 및 주연부식생. 환경생태학회지 11:523-534.
김선희, 김휘, 강우창, 전승훈. 1997. 설악산 고산지역의 식물상. 한국생물상연구지 2:1-17.
김시연. 1996. 점봉산에서 숲틈과 비숲틈사이의 환경요인과 초본식물반응에 대한 비교. 가톨릭대학교 이학석사학위논문. 88p.

오규균, 임윤희, 속초환경운동연합. 1998. 설악산국립공원의 탐방 패턴. 환경생태학회지 11:480-485.
이경재, 김갑태, 조우. 1998. 설악산국립공원의 현황과 관리개선 방안. 환경생태학회지 11:535-557.
이규송, 조도순. 2000a. 점봉산 생물권 보전지역내 온대낙엽수림에서 미소환경요인과 식생요인의 공간분포와 상관분석. 한국생태학회지 23:241-253.
이규송, 조도순. 2000b. 온대낙엽수림에서 미소환경요인의 공간이질성이 임상초본식물의 공간분포에 미치는 영향. 한국생태학회지 23:255-266.
이준우, 오규균, 권태호. 1997. 설악산 국립공원의 등산로 훼손 및 주연부식생. 환경생태학회지 10:191-204.
조도순, 이규송. 1996. 설악산국립공원 및 생물권보전지역의 자연휴식년제 실시에 따른 시정회복에 관한 연구. 설악산 생물권보전지역 생태계 모니터링 3차년도 보고서. pp. 1-29. 유네스코 한국위원회.
최오길. 2001. 등산객에 의한 답압이 설악산 아고산대에 자생하는 식물의 분포에 미치는 영향. 강릉대학교 교육대학원 교육학석사학위논문. 69p.
Armesto, J. A., S.T.A. Pickett and M. J. McDonnell. 1991. Spatial heterogeneity during succession: A cyclic model of invasion and exclusion. In, Kolasa and S.T.A. Pickett (eds.), Ecological Heterogeneity. Springer-Verlag, New York. pp. 256-269.
Harper, J. L. 1977. Population biology of plants. academic Press, London, England.
Harper, J. L., J. T. Williams and G. R. Sagar. 1965. The heterogeneity of soil surfaces and its role in determining establishment of plants from seed. J. Ecol. 53: 273-286.
Hartgerink, A. P. and F. A. Bazzaz. 1984. Seedling-scale environmental heterogeneity influences individual fitness and population structure. Ecology 65: 198-206.
Hedrick, P. W., M. E. Ginevan and E. P. Ewing. 1976. Genetic polymorphism in heterogeneous environments. Ann. Rev. Ecol. Syst. 7: 1-32.
Koch, A. S. and E. Matzner. 1993. Heterogeneity of soil and soil solution chemistry under Norway spruce (*Picea abies* Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) as influenced by distance from the stem basis. Plant and Soil 151: 227-237.
Lavorel, S., R. V. O'Neill and R. H. Gardner. 1994. Spatio-temporal dispersal strategies and annual plant species coexistence in a structured landscape. OIKOS 71: 75-88.
Lee, K. S. and D. S. Cho. 1999. Spatial distribution of herbal vegetation along microtopographic gradients formed by disturbance in a temperate deciduous hardwood forest. Korean J. Ecol. 22: 211-217.
Menge, B. A. 1979. Coexistence between the seastars *Asterias vulgaris* and *A. forbesi* in a heterogeneous environment: a non-

- equilibrium explanation. *Oecologia* 41: 245-272.
- Palik, B. J., P. C. Goebel, L. K. Kirkman and L. West. 2000. Using landscape hierarchies to guide restoration of disturbed ecosystems. *Ecological Applications* 10: 189-202.
- Regehr, D. L. and F. A. Bazzaz. 1979. On the population dynamics of *Erigeron canadensis*, a successional winter annual. *J. Ecol.* 67: 923-934.
- Robertson, G. P., M. A. Huston, F. C. Evans and J. M. Tiedje. 1988. Spatial variability in a successional plant community: Patterns of nitrogen availability. *Ecology* 69: 1517-1524.
- Solbrig, O. T., S. J. Newell and D. T. Kincaid. 1980. The population biology of the genus *Viola*. I. The demography of *Viola sororia*. *J. Ecol.* 68: 521-546.
- Spith, P. T. 1979. Environmental heterogeneity: a problem of contradictory selection pressures, gene flow and local polymorphism. *Amer. Natur.* 113: 247-260.
- SPSS. 1997. *Systat 7.0*.
- Whittaker, R. H. and S. A. Levin. 1977. The role of mosaic phenomena in natural communities. *Theoretical Population Biology* 12: 117-139.

(2002년 8월 28일 접수 ; 2002년 10월 14일 채택)

Effects of Human Trampling Disturbance on the Vegetation at the Subalpine Zone near the Peak of Mt. Sorak, Korea

Lee, Kyu Song[†], Oh-Kil Choi and Seok-chul Kim

Department of Biology, Kangnung National University, Gangreung, Kangwon-Do, 210-702, Korea

ABSTRACT : In order to provide the basic information for restoration of vegetation, conservation of rare species and maintenance of biodiversity, changes of site factors and vegetation by human trampling disturbance were investigated at the subalpine zone near the peak of Mt. Sorak in Korea. The destructed vegetation was found mainly in the southern parts with gentle slope in this study area. Height and coverage of vegetation and the species diversity decreased, and the community structure depended on trampling strength. Soil moisture, organic matter contents and litter thickness in the site with destructed vegetation by human trampling showed lower values than in the undisturbed site. Soil depth decreased, and gravel exposure on the ground surface increased by soil erosion responded to trampling strength.

Key words : Conservation, Daecheongbong, Disturbance, Mt. Sorak, Restoration, Soil erosion, Subalpine zone, Trampling
