

백록담 화구저의 유상구조토

김 태 호

제주대학교 사범대학 지리교육전공

1. 머리말

비분급 다각구조토 또는 비분급 환상구조토의 일종인 유상구조토(earth hummock)는 직경과 높이가 각각 1~2m 및 50cm까지 달하는 반구상의 미지형으로서, 보통 표면은 매트와 같이 초본류 식물로 두텁게 덮여 있다(Washburn, 1980). 형성 가능한 범위가 가장 넓은 주빙하지형으로서, 극지방의 영구동토지역(Mackay and Mackay, 1976; Tarnocai and Zoltai, 1978; Van Vliet-Lanoë, 1988)으로부터 계절적 동토지역(小疇, 1965; Costin and Wimbush, 1973; 佐佐木, 1979; 澤口, 1988)에 이르기까지 광범위하게 출현하고 있다. 따라서 유상구조토의 기후학적인 한계는 약 3°C의 역질(礫質) 구조토보다도 높은 4~6°C의 등온선으로 간주하고 있다(小疇 등, 1974; Washburn, 1980). 국내에서는 한라산(김도정, 1970)과 지리산(장호, 1984)에 유상구조토가 분포하고 있다. 그러나 유상구조토의 특성이나 형성과정에 관한 구체적인 조사가 이루어져 있지 않다.

본 연구에서는 주빙하환경의 지표로서 유상구조토의 의의를 밝히기 위한 첫 번째 작업으로서 백록담 화구저의 유상구조토를 대상으로 지형 및 토양특성을 조사하였다.

2. 조사지역

한라산은 순상화산의 정상에 용암원정구가 놓여 있는 복합화산체이다. 제주도형성사에 의하면 제3분출기에는 분화양식이 제주도 전역의 틈분화(fissure eruption)로부터 중앙부에서의 중심분화로 바뀐다. 따라서 중앙화구를 중심으로 용암류가 누적되면서 화산체의 고도가 높아져 비고 1,700m의 순상화산이 형성되었다. 제3분출기의 말기인 16만년 전에 조면암질 용암이 분출하여 정상부에 용암원정구가 형성되었으며, 2.5만년 전에 다시 분화활동이 일어나면서 한라산 정상에 동서 길이 500m, 남북 길이 400m, 둘레 1.7km, 최대깊이 110m의 백록담분화구가 출현하였다(이문원, 1994). 분화구 내측 사면의 개석과 더불어 화구저의 남서~서쪽에는 소규모의 층적추가 형성되었으며, 유상구조토는 층적추의 사면 위에 분포하고 있다.

제주기상청 어리목관측소(970m)에서 측정한 연평균기온은 10.3°C이며, 한라산 정상(1,925m)에서 관측한 자료(1996.9~1997.6)에 의하면 동계 5개월(11~3월)의 평균기온은 -4.6°C이다. 11월 초순까지 유상구조토 분포지의 토층은 미동결상태를 보인다. 그러나 2, 3월에는 콘크리트상태로 동결하며, 4월 하순에도 심층부에는 동결상태가 지속되고 있다.

3. 조사결과 및 고찰

유상구조토의 형태는 타원형의 마운드가 많지만, 다각형에 가까운 불규칙한 형태도

자주 출현한다. 또한 사면의 경사방향과 유상구조토의 장축이 일치하지 않는 경우도 많이 나타난다. 계측을 위해 설정한 5m×5m의 방형 안에는 17개의 유상구조토가 20~40cm의 간격으로 분포한다. 유상구조토 70개를 대상으로 계측한 결과에 의하면 장경은 40~200cm, 높이는 10~30cm로서 유상구조토의 크기는 다양한 편이다.

미동결기 유상구조토의 단면을 보면 한라부추나 사초, 김의털의 근계(根系)가 두께 1~5cm의 매트상태로 최상부를 차지하고 있다. 유상구조토의 내부는 상부의 암갈색(10YR 3/3) 토층과 하부의 담갈색(10YR 4/4) 토층으로 크게 구분된다. 토층의 단면에는 교란의 양상이 나타나는데, 암갈색 토층에 담갈색 토층이 포획되어 있는 부분도 관찰된다.

유상구조토의 토양은 점토와 실트의 세립질이 31.2~65.5%, 모래가 21.4~37.1%를 차지하는데, 특히 암갈색 토층은 세립질이 61.8%, 모래가 29.2%로서 동상(frost heave)이 발생하기 쉬운 입도조성을 보인다(서홍석, 1999). 건조밀도는 0.761~1.01, 간극율은 58.7~67.6%로서, 하부의 담갈색 토층으로 내려갈수록 치밀해진다. 또한 함수비는 24.2~68.8%이며, 담갈색 토층에서 낮아져 건조해지는 경향을 보인다.

동결기에 유상구조토는 대부분 콘크리트 상태로 동결되는데, 최대 동결심은 구조토의 정부(頂部)로부터 45cm이다. 이 시기 토양단면의 특징은 암갈색 토층의 상부에 출현하는 빙층으로서, 하부로 갈수록 빙층은 불연속적인 모습을 보인다. 그러나 동상의 주요 원인이 되는 아이스렌즈(ice lens)의 석출(Williams and Smith, 1989)은 미약하며, 오히려 단면에는 입상(粒狀)의 빙정이 도처에 산재한다. 3월 중순에 일부 구조토의 정부는 융해되지만, 측면부는 동결상태가 지속된다.

동결기에 유상구조토의 함수비는 전반적으로 증가하는데, 동결상태를 보이는 구조토의 암갈색 토층과 담갈색 토층의 함수비는 각각 73.9~118.0% 및 49.9~82.8%이다. 4월 하순에 암갈색 토층은 대부분 융해되지만, 함수비는 62.3~111.7%로서 여전히 높은 값을 보인다. 조사지역 유상구조토 토양의 컨시스턴시(consistency)는 함수비 72.5%가 액성한계에 해당하므로, 융해기에 특히 암갈색 토층은 높은 유동성을 지니며 교란을 입기 쉽다(Crampton, 1977; 宮田, 1988).

일부 구조토는 정부의 식피가 벗겨져 나지 상태를 보이는 frost scar를 이루고 있다(Billing and Mooney, 1959). frost scar는 유상구조토의 전면이 식물로 덮여 가는 과정에 출현하는 지형으로 해석된다(小崎, 1965). 그러나 조사지역의 유상구조토에 출현하는 나지에는 대부분 고사한 관목이 관찰된다. 구조토의 식피에 관목이 활착하면 경합에서 열세인 초본은 사라지게 된다. 관목은 초본에 비하여 세립질 토양의 포획력이 떨어지므로 토층의 교란이나 풍식을 입어 세립질 토양이 점차 제거되면서 나지가 확대되는 것으로 생각된다.

4. 맺음말

유상구조토의 형성은 복합적인(polygenetic) 것으로 생각되고 있다(Schunke and Zoltai, 1988). 유력한 성인으로 간주되어 온 동결압(cryostatic pressure)이론(Washburn, 1980)에 대하여 최근에는 평형모델(Mackay, 1980)이나 불균등 동상(Van Vliet-Lanoë) 또는 식생(澤口, 1988)의 역할이 강조되고 있다. 금후 기온 및 지온의 관측과 더불어 동상량에 관한 야외실험을 통하여 유상구조토의 형성프로세스를 규명할 필요가 있다. 이

러한 형성프로세스에 근거함으로써 비로소 한랭기후의 지표로서 유상구조토의 의의를 언급할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 김도정, 1970, “한라산의 구조토 고찰”, 낙산지리, 1, 3-10.
- 서홍석(역), 1999, 토질역학원론, 일광.
- 이문원, 1994, “제주도의 형성사와 지질구조”, 대한지하수환경학회(편) 제주도 지하수자의 환경학적 보전과 개발이용, 54-74.
- 장 호, 1983, “지리산지 주능선 동부(세석-제석봉)의 주빙하지형”, 지리학, 27, 31-50.
- 宮田雄一郎, 1988, “密度逆轉成層による周氷河インボリューションの形成”, 第四紀研究, 26, 373-391.
- 小崎尚, 1965, “大雪火山群の構造土”, 地理學評論, 38, 179-199.
- 小崎尚·野上道男·岩田修二, 1974, “ひがし北海道の化石周氷河現象とその古氣候學的意義”, 第四紀研究, 12, 177-191.
- 佐佐木清一, 1979, “北海道北部におけるEarth Hummockについて”, 第四紀研究, 18, 31-37.
- 澤口晉一, 1988, “北上山地中部一杯森のアースハンモック”, 駿台史學, 74, 111-133.
- Billing W. D. and Mooney, H. A., 1959, An apparent frost hummock-sorted polygon cycle in the alpine tundra of Wyoming, Ecology, 40, 16-20.
- Costin, A. B. and Wimbush, D. J., 1973, Frost cracks and earth hummocks at Kosciusko, Snowy Mountains, Australia, Arctic and Alpine Research, 2, 111-120.
- Crampton, C. B., 1977, A study of the dynamics of hummocky microrelief in the Canadian north, Canadian Journal of Earth Science, 14, 639-649.
- Mackay, J. R., 1980, The origin of hummocks, western Arctic coast, Canada, Canadian Journal of Earth Science, 17, 996-1006.
- Mackay, J. R. and Mackay, D. K., 1976, Cryostatic pressures in nonsorted circles(mud hummocks), Inuvik, Northwest Territories, Canadian Journal of Earth Science, 13, 889-897.
- Schunke, E. and Zoltai, S. C., 1988, Earth hummocks(thufur), Clark, M. J.(ed.) Advances in Periglacial Geomorphology, John Wiley, Chichester, 231-245.
- Tarnocai, T. and Zoltai S. C., 1978, Earth hummocks of the Canadian Arctic and Subarctic, Arctic and Alpine Research, 10, 581-594.
- Van Vliet-Lanoë, B., 1988, The significance of cryoturbation phenomena in environmental reconstruction, Journal of Quaternary Science, 3, 85-96.
- Washburn, A. L., 1980, Geocryology: a survey of periglacial processes and environments, John Wiley, New York.
- Williams, P. J. and Smith, M. W., 1989, The Frozen Earth: fundamentals of geocryology, Cambridge University Press, Cambridge.