

강원도 흘리(屹里)의 설식지형 고찰

權 純 植*

〈차 례〉

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1. 서 론 | 4. 설식지형의 관찰과 특성 |
| 2. 설식지형과 주빙하현상 | 5. 설식지형의 발달 |
| 3. 조사지역의 개요 | 6. 결론 |

主要語 : 설식, 주빙하현상, 흘리

1. 서 론

강원도 고성군 간성읍 흘리¹⁾에서 주목 관찰되는 것은 고도 600m의 화강암 심층 풍화로 이루어진 저산성구릉지를 중심으로 하여 특징적인 지형으로 발달된 설식(nivation)²⁾이다.

눈더미(snow patches)를 잘 보호하고 있는 북향 또는 북동사면에는 종종 4월 중순까지 잔설(late-lying snow)이 지속된다. 이러한 눈더미와 관련된 설식사면 또는 설식에 의한 계단지형 그리고 미약한 설식와지(nivation hollows)지형이 구릉지와 풍화된 완사면에서 관찰되는데 아직껏 이에

대한 연구가 전혀 없는 실정이다.³⁾ 필자의 조사로는 현재 이 지역에서 구체적인 연구수행은 없다. 강설량이 비교적 적은 편에 속하는 남한에서는 설식의 지형적 의미는 과소평가되고 있으나, 제4기 지형으로서 또는 Litter Ice Age에 걸쳐 전세계적으로 강설량이 많았던 점으로 미루어 한반도에도 눈에 의한 변형된 유물지형이 보다 많았으리라 사료된다. 따라서, 설식의 지형작용이나 이들의 형태, 분포와 기원 및 발달에 대한 조직적인 연구수행이 요구된다.

본 논문은 동계 다설지역인 영동지방의 흘리지역에서 관찰되는 설식의 개략적인 것만 취급하여 그 결과를 보고하고자 한다.

* 청주대학교 지리교육과 교수.

1) 흘리의 명칭은 흐리고 눈이 많이 내린다는 데서 유래된다.
2) Henderson(1956)의 nivation의 정의는 아래와 같다.

‘Nivation is the accelerated erosion that taken place on slopes beneath and alongside snowpatches through the refreezing, of thaw water and subsequent removal of the comminuted by rills of melt water and solifluction.’

Henderson, E. P., 1956, “Large nivation hollows near Knob lake, Quebec,” *Journal of Geology*, 64, pp.607-16.

3) 이 용법의 대관령일대에 대한 설식와지의 연구에서 항공사진을 이용한 설식와지의 패턴과 동결토양층의 이동에 대한 성과가 기대된다.

이 용법, 1992, 대관령일대의 설식와지의 형태특색에 관한 연구, 한국교원대학교 석사학위논문.

2. 설식지형과 주빙하현상

설식은 동근 언덕에서 기복이 있는 저지나 폐쇄된 凹地에 축적된 눈(snow patches)의 지형적 작용을 뜻하는 용어로 일찌기 소개되어 사용된 바 있다.⁴⁾ 눈의 지형적 의미는 두가지로 설명되는데, 첫째, 解雪시 지표유수로서의 작용과, 둘째, 눈덩어리인 고체상태에서의 포행과 눈사태현상으로 고려된다. Matthes는 용설수의 이동시 활발한 침식 프로세스에 관심을 둔 것으로 보이며, 실제로 적설의 효과는 두가지가 본질적으로 결합하여 동일한 효과를 유발시킨다.⁵⁾ 용설수의 이동은 주빙하 솔리플렉션과 관련되고, 눈사태는 빙하빙(glacial ice)이동의 전 단계로 이해하는 것이 일반적이다. 설식지형은 축적된 눈에서 기인하는 솔리플렉션과 습설에 의한 동결풍화, 사면우수 등과 함께 복합적으로 발생하는 것으로 본질적으로 주빙하지형으로 파악된다. 설식지형의 단순한 형태로는 완사면상 또는 구릉성평탄지 중심의 지형형성과 소규모의 분지 그리고峪의 형성이다. 지하수면이 높거나 습원이 있는 경우-없더라도-, 눈과 더불어 지표면에 동결과 융해현상이 활발하면 사면각 7°-10° 내외의 직선상의 좁고 동근 바닥의峪低가 만들어진다. 이것을 주빙곡(periglacial dells), 또는 풍극(wind gap)으로 유럽에서는 잘 알려져 있다.⁶⁾

3. 조사지역의 개요

홀리는 강원도 고성군 간성읍(홀리 출장소)에

속하며, 미시령(825.7m)과 진부령(460m) 사이의 서북쪽 국도 46번을 따라 입지한 산지촌락으로 홀리 3리와 진부령 알프스 스키장 일대의 홀리 1리, 그리고 홀리 2리로 구성되는데, 대부분 중생대에 관입한 불국사 화강암 심층풍화의 구릉성 산지에 해당한다.(그림 1) 서쪽에는 고위평탄면에 속하는 표고 1230m의 향로봉이 자리잡고 있으며, 동쪽은 표고 1040m의 마산봉(馬山峯)이 위치하고, 이 지역은 동서교통의 요충지가 되는 산간 내륙지역이다.

이곳의 겨울 강설량은 평균 32cm이고 강설일수는 11월 3일, 12월 8일, 1월 9일, 2월 8일, 3월 5일, 4월 3일이며, 4월중에 내리는 강설은 상승기류에 의한 지형성 강설이다.⁷⁾ 대륙성고기압은 대체로 동해북부로 이동하고, 동해안 지방이 한냉다습한 상승기류로 접근하여 국지적 강설이 많다. 동계강수가 기압곡이나 전선 등 저기압계와 더불어 계절풍에 의한 강설이 나타나는 점과, 한반도에서는 대륙에서 불어오는 한냉건조한 기류가 상대적으로 온난습윤한 해상을 취주할 때 수분공급을 받아 번질되고 지형에 의하여 강제 상승하게 되면 대설을 가져온다. 이때 지상의 기압배치는 북고남저형의 북동기류형이다. 동아시아는 동계계절풍이 겨울에 강하고, 아울러 동해라는 좋은 수분공급원이 있어서 그 주변에는 다설지역이 형성된다.⁸⁾

홀리지역도 동해에 근접해 있어서 대설이 많이 나타나는 영동지역에 속한다.⁹⁾ 이 강설은 겨울계절풍에 의해 풍하측에 위치하고 지형적 조건에 따라 결정된다. 결빙기간은 10월부터 시작하여 4월까지이며, 이 지방 초설일 기록은 11월 9일이다. 연간풍속은 3.2m/sec로 인천과 더불어 내륙에서는 가장 바람이 많은 지역이다.¹⁰⁾

4) Matthes, F. E., 1900, "Glacial sculpture of the Bighorn Mountains, Wyoming, Rep. U.S.," *Geological Survey part 2*, pp.179-85.

5) Rapp, A., 1984, "Nivation hollows and glacial cirques in Soderasen, Scania, South Sweden," *Geografiska Annler.*, 66A, pp.11-28.

6) French, H. M., 1976, *The Periglacial Environment*, Longman, London.

7) 李長烈, 1986, "설악산의 편형수에 관한 연구," *관동지리* 제 1호, pp.1-19.

8) 崔珍植, 1985, 동해와 그 연해안 대설의 기후학적 연구, 서울대학교 석사학위논문.

9) 李長烈, 1986, op. cit.

10) 『고성군지(1986)』에 의하면, 1월 풍속은 3.8m/sec, 2월에는 3.6m/sec를 기록하고 있다.

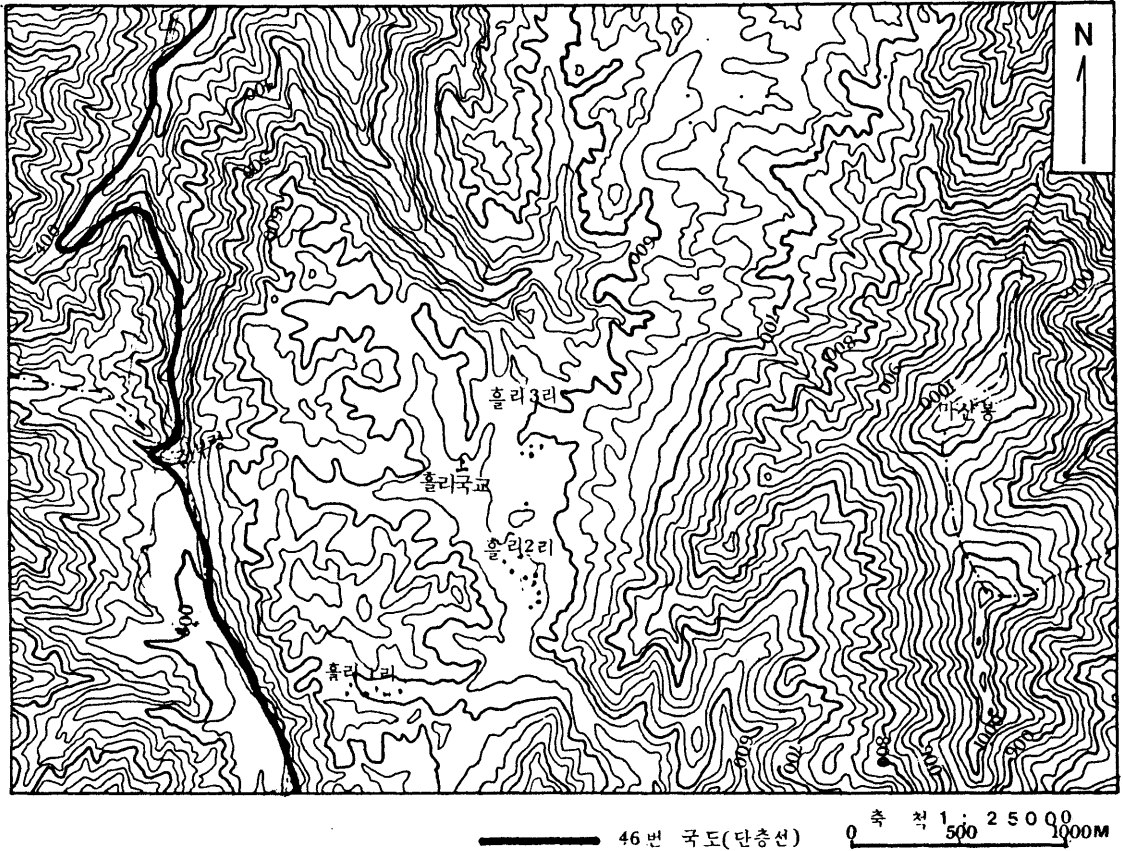


그림 1. 조사지역도

기반암층은 흑운모화강암으로서 심층풍화를 받았고, 북서쪽으로 진부령으로 이어지는 국도 46번을 단층선으로 하여 경기편마암복합체와 접해있다. 이들의 지질은 고생대 변성암지역에 해당하며, 험준한 지형을 나타내는 화강암지역과는 상이한 대조를 이루고 있다. 홀리의 능선은 하천유수와 설식에 의한 구릉성 완경사 사면으로 이루어져 있다. 저평한 충적지는 개간되었는데 기온이 연중 서늘하여 고냉지 채소재배지역으로 이용되고 있다. 구릉은 벌목하여 초지로 조성되고 목장이 들어서 있다(홀리 2리). 홀리 1리 지역은 본격적인 스키장개발로 인하여 본 조사지역에서는 고려하지 않았다.

4. 설식지형의 관찰과 특성

1) 설식지형은 홀리 2리의 표고 600m 상에 있는

파랑상의 저기복 지형에서 관찰된다. 충적지에서 비고 20-30m의 고도를 유지하고 있으며, 개석지로 이루어진 곳으로 구릉들의 배면은 고도가 동일하다(즉, summit concordance). 설식사면은 북향이며, 지금은 초지로 피복되어 있다. 여기서 주목되는 것은 북향사면의 깊숙이 패여진 와지들이다. 눈이 사라진 후의 모습은 두부침식으로 확장된 gully의 형태를 갖는다.(그림 2) gully의 바닥은 윗쪽이 넓으며 거리가 짧다. 충적지에서 비고가 4-5m 정도로 약간 높으며, 3개의 설식으로 인한 개석지가 하나의 gully로 연결되어 충적지로 이어진다. 구릉사면에는 피복물이 없으며, 심히 파괴되는 과정에 있다. 토양은 적황색 또는 갈색토층이 발달하고 있으며 구릉사면의 경사는 20° 내외이다.

2) 홀리 2리의 표고 602m 상에 구릉사면이 북동쪽으로 발달하고 있다. 소규모 하천이 남동쪽으로 향하여 흐르는 곳으로 넓은 충적지가 분포하고

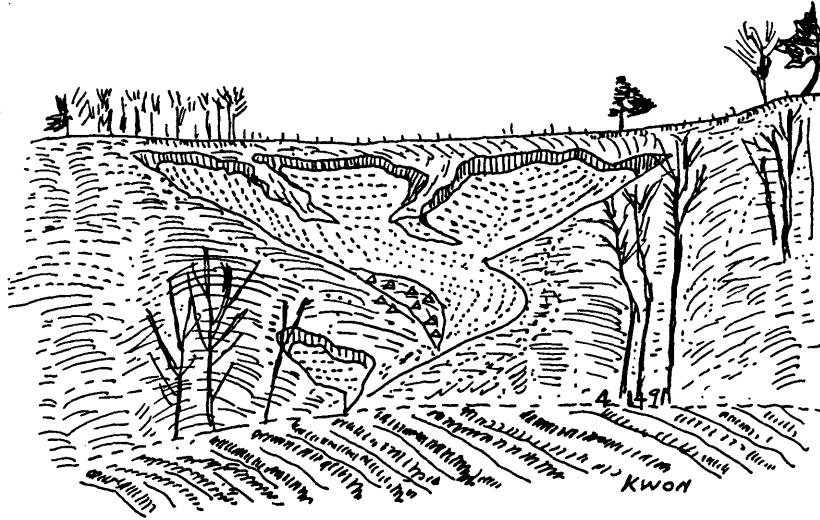


그림 2. 흘리의 설식 급사면의 발달(고도 600m, 북위 38° 16')

사면은 북동향이고 사면상부의 복합설식와지와 하나의 gully가 결합된 개석곡이다.

있다. 저구릉들은 하천 비고 20m 정도로 동서방향으로 일직선상에 놓여 있다. 사면경사는 급하며 -사면각 25° 이상-, 구릉의 배면을 있는 고도는 동일하다. 기반암은 풍화되어 있으며, 적황색 또는 갈색토층이다. 설식에 의한 사면붕괴(slope failure)가 현저하고 -즉, 사면후퇴, gully는 발달되지 않는다.(그림 3) 설식과 관련된 6-7개의 개석지는 평균깊이 1m이고, 장축은 8m, 작은 것은 둘

레가 3m내외의 것이 많다. 내부는 습윤하며 암설은 없다. 하부사면일수록 凹地의 경사도는 급하다. 토양이 이완된 곳은 식생의 부착상태가 약하다.

3) 표고 580m의 흘리 3리 입구에서 관찰되는 것은 두께 25cm정도의 사면 횡단면형 눈더미로서 규모가 크다.(사진 1) 사면은 미약한 경사를 나타내며 초지로 피복되어 있다. 또한 snow bank와 rill wash에 따른 사면유수와 더불어 凹형의 ni-



그림 3. 흘리의 설식작용에 따른 구릉사면의 붕괴(북위 38° 17')

설식으로 시작된 사면붕괴현상으로 gully의 발달이 없는 경우이다. 붕락된 물질은 계류에 의해 운반된다. 사면은 북동향으로 펼쳐져 있다.

vation hollows 모습을 보인다. 적설층 가장자리는 살얼음으로 동결되어 있으며, 다량의 유수가 살얼음이 녹는 데서 번지고 있다. 배후지는 gully로 개석되고 사면은 북동향으로 발달하고 있고, 잡초는 사면하방으로 기울어져 있다. 눈포행(snow creep)과 용설, 용빙수가 다량으로 유출되어 토양포행이 가속화된다. 경사가 완만한 지점은 암설의 이동이

촉진되어 cobble 크기의 각력물질이 덮인다.¹¹⁾ - (즉 protalus rampart). 현재의 적설은 축소되어 잔설화(late-lying snow)된다(1990년 4월 20일). 기반암은 풍화되었으며 암질은 흑운모화강암이다. 토양은 삼림 갈색토로서 지표로부터 두께 40cm에 이르는 것으로 관찰된다.(그림 4 참조)

4) 표고 601 m에 있는 홀리 2리의 완사면상에서



사진 1. 사면횡단면상의 적설층(홀리 3리, 고도 580 m)

북동향사면에서 관찰되고 rill wash에 따른 사면 유수와 결합되는데 평소에는 풍극(wind gap)으로 남는다. 설원의 말단에 설식지형이 발달되어 있다. 용설수가 운반할 수 있는 물질은 silt 크기 이하의 미립질이다.

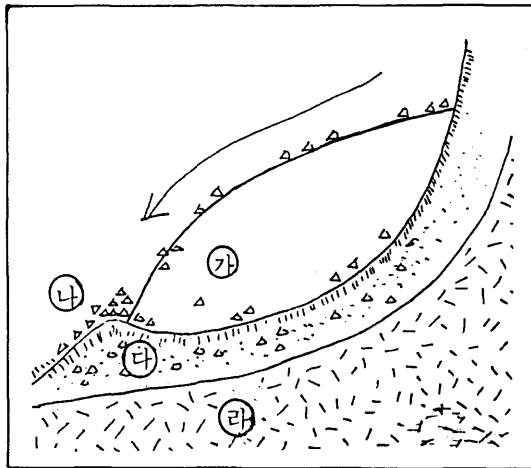


그림 4. 적설층의 개략적인 단면도(필자)

- (가) 눈더미(Snow patch)
- (나) 눈 퇴적물(Protalus rampart)
- (다) 풍화층(Weathered regolith)
- (라) 기반암(Bedrock, Granite)
- △ debris

관찰된 snow patches로서 적설의 두께는 최대가 25cm이고 주변부는 부분적으로 얼어 있다. 적설층 표면은 조금씩 용해되고 있다. 적설층 주변은 용빙수에 의하여 습지화되어 있다. 적설은 수차에 걸쳐 축적된다. 주변의 적설은 대부분 解雪되었고, 현재는 殘雪化되었다(1991년 4월 중순). 상단의 (가)와 하단의 (나)로 구분되어 미약한 계단상의 미지형을 보여준다. 타원형에 가까운 nivation hollows의 모습을 보인다.(사진 2) 횡단면과 종단면은 concave를 이루며, 와지의 크기는 단경 3m, 장경이 7-8m에 달하며, 기반암은 풍화되어 있다. 젖소의 사육이 행해지고 별목이 이루어져 초지화된 후 凹형은 가속화되는 것으로 판단된다.

설원지대(snow field)에서 현저한 지형으로 나타나는 설식 凹지(nivation hollows, nivation de-

11) 호상구조토의 전 단계로 볼 수 있으며 설식 모레인을 형성한다.

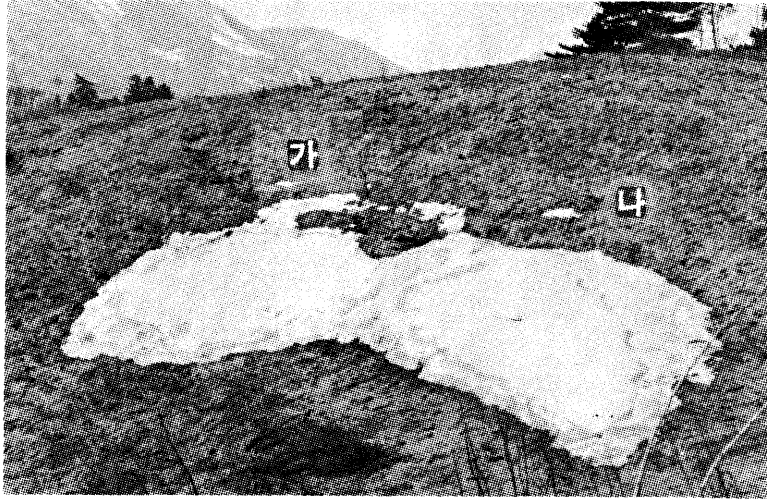


사진 2. 단순한 형태의 타원형 잔설(홀리 2리)

타원형의 설식와지와 미약한 계단상 미지형이 발달한다. 적설층 주변부는 용해되어 미립물질을 제거한다. (가)와 (나)는 계절적 주기로 생성되는 계단지형이다.

pression, niche de nivation, 雪窪)의 형성에 관하여는 잘 밝혀져 있지 않다. 설식은 지구상 여러 곳의, 기후지형학적으로 주빙하환경에서 주로 보고되고 있다.¹²⁾ 설식와지의 형태는 종단면에 있어서 그 상부가 다소 급한 것이 일반적이다. 하부는 완만한 concave 형태를 보이고 있다. 전체적으로는 평면형이면서 타원형을 보이고 등고선방향으로 와지의 장축이 놓인 것과 경사방향으로 장축이 놓여 있는 형태로서 주변의 지표여하에 따라 결정되며 어떤 규칙성은 없다. 홀리에서 나타난 것은, 후술하겠지만, 배후 구릉지에서 사면아래쪽으로 직선형이 많다는 것이다. 적설에 의한 프로세스는 적설의 이동이나 머물러 있는 기간에 좌우된다.¹³⁾

적설의 이동, 즉 눈포행이나 눈사태에 의한 지형보다는 겨울철에 쌓인 눈의 동결, 용해 또는 토양층의 얼음렌즈(ice lens)와 봄철의 다량의 융설수에 의한 경우가 두드러진 것이라고 보고 있다.

¹⁴⁾ Washburn은 적설이 장기간 머물러 있으면서 진행되는 침식지형을 지적하고 있다. 여기에는 동결작용이 탁월하여 토양층과 풍화층이 교란되고 융설된 수분이 재동결되어 기반암을 쪼개거나 이완시켜 풍화산물을 만드는 과정이 진행되지만 작용은 미약하다고 보았다.

눈은 효율적인 절연체이므로 적설층 바로 밑보다는 가장자리에서 용해되고, 눈더미가 축소되면서 노출되는 젖은 토양층과 여기에서의 빈번한 동결·용해는 입단의 토양물질을 영성하게(loosened)하면서 입단을 깨뜨린다. 토양쇄설물질은 늦봄이나 여름에 다량의 수분에 의하여 서서히 제거된다. snow creep은 토양입자를 교란시키고 눈더미의 규모가 축소되기 시작하는 융설계절에는 상당한 설식이 이루어진다. 융설수는 - 거의 0°C에 가까운 -CO₂와 산소를 효과적으로 흡수하여 석회암기반이나 화강암풍화층에 대한 설식효과는 크

12) Garner, J. S., 1969. "Snow patches: their influence on mountain wall temperatures and the geomorphic implication," *Geografiska Annaler*, 51A, pp.114-20.

13) Washburn, A. L., 1979, *Geocryology*, Edward Arnold, London.

14) French, H. M., 1976, op. cit.

Rapp, A., 1984, op. cit.

Thorn, C. E., 1988, "Nivation: A geomorphic chimera," in Clark, M. J.(ed.), *Advance in Periglacial Environment*, pp.3-31.

다. 고원산간지방의 암석들은 탄산이 많은 용설수에 의해 용해를 받아 매끄러운 면이 보이기도 한다. 이러한 용설수는 또 풍화기반암에 대한 기계적 풍화도 진전시켜 다량의 암석을 생산한다. 적설층 주변에 돌출한 기반암(tor 또는 chicot)이 있는 경우에는 결빙파쇄된 자갈들이 적설표면에 낙하된 후 미끄러져 운반되고 주변의 기반암은 사라지게 되고 단구형태(nivation terrace)로 대체된다. 이러한 방식으로 적설층은 지표에 효율적으로 와지를 형성하고 확장시킨다.

눈더미의 느린 이동은 암석을 이동시키거나 적설층표면에 암석을 미끄러지게 한다.(그림 4) 눈이 완전히 녹은 후 자갈들은 사면아래로 이동하거나 적당한 위치에 쌓인다(nivation ridges). 이른바 미지형 雪堆(protalus rampart)인데, 홀리에서도 미약하게 형성되지만 여름이 되면 집중강우와 사람들에 의하여 곧 파괴된다. 용설수에 의한 완만한 개석이 이루어지는 낮은 곳은 미립물질로 덮이고 윗쪽은 자갈들이 산발적으로 흩어지는데 이들은 동결토주(pipkrake, needle ice)에 의하여 크립작용을 받아 결국 아랫쪽 어느 위치에서 bank, 즉 발둑(snow bank)처럼 나타난다.

아극지역과 고산지의 periglacial현상은 풍화기반암에 대한 기계적 쇄파를 진전시켜 많은 양의 암석을 생산한다(congelifraction). 이러한 방식으로 적설층은 지표에 효율적으로 그리고 불규칙하게 다수의 와지를 형성시키고 확장시켜 마치 석회암지역의 돌리네 군을 연상시키고 있다. 그 후에는 더욱 많은 양의 눈이 축적되며, 이를 오랫동안 유지시켜 침식량이 커질 수 있다. 식생은 생육이 어려워지고, 습지에 따른 peat가 형성되며 초여름부터 해설되어 강풍에 영향을 받는다. 일찌기

Lewis는 아이슬란드에서 용설수가 적설층 밑 젖은 곳에서 다량 방출함을 관찰하였다.¹⁵⁾ 이 수분층은 야간에 동결하여 적설층전체가 주빙하 프로세스에 놓이게 됨을 주목하였다. 그는 동결작용에 의해 생성된 물질을 솔리플록션에 의한 사면이동이 효과적으로 제거시킨다고 설명하였다. 또 그는 박층(thin sheet)으로 된 액상의 물질들인 하층토가 동결된 상층토를 이동시켰음을 관찰하였으며, 세립질과 자갈들은 용설, 용빙수 흐름에 따라 운반되고 쌓인 물질은 여름강수로 인하여 급속히 제거되었음을 강조한 바 있다. 아이슬란드의 경우, 설식은 연암층(soft bedrock)과 tuff기반에서 발생하였다. 암질에 따라서 설식지형은 다양하게 나타나기도 하며¹⁶⁾ cryoplanation의 전 단계로서 중요하다¹⁷⁾.

5. 설식지형의 발달

홀리의 설식지형의 경우는 아수직의 곡두벽(headwall, backwall) 기저부에서 발생하는 굴식(sapping)과 서릿발에 의하여 확정된다. 따라서 이곳에 축적되는 신 적설량은 더욱 증가하고 소기복의 凹지에서 설식권곡(nivation cirque)으로 발전한다는 것이다. 홀리의 많은 강설량과 낮은 기온 그리고 여름의 집중강우는 이러한 조건에 부합되는 점이 많다. 그러나 여기에서 화강암 풍화층은 Lewis의 아이슬란드처럼 점토질의 soft 기반암층은 아니며, 다량의 silt와 sand 등 광물질이 우세하여 수분이 원활히 빠지지 못한다. 아울러, 벌목이전에 삼림이 발달하였으므로 효율적인 솔리플렉션현상과 지표배수(snowmelt run off)로 인한 개석 및 설식와지는 쉽게 유발되지 않았다고 판단

15) Lewis, W. V., 1939, Snow patch erosion in Iceland," *Geographical Journal*, 94, pp.153-61.

16) 편마암에서의 연구는 Rapp의 연구에서 찾아 볼 수 있다.

Rapp, A., 1984, op. cit.

17) Cryoplanation(또는 altiplanation) 지형형성에는 적설이 장기간 머물러 있을 때 기초적으로 발생하는 것으로 간주한다. 비대칭사면의 형태 역시 곡사면에 고르지 않는 강설과 관련된다.

St-onge, D., 1969, "Nivation Landform : Canada," *Geological Survey Paper* 69. 1939, op. cit.

Demek, J., 1969, "Cryoplanation terraces, their geographical distribution, genesis and development," *Ceskoslovenske Akademieved Rozpravy, Rada matematikych a prirodnich, ved* 79(4), 80.

된다. 그러나 매년의 집중강설의 축적은 상당한 무게와 함께 홀리지역의 점진적인 지표변화에 중요한 프로세스로 진행되어 왔다고 생각된다.

Lewis는 아이슬란드 적설층의 형태연구에서 장축이 횡적으로 된 transverse형과 사면 아래쪽으로 장축방향인 longitudinal형(linear valley), 이들 양자의 중간적인 circular적설층을 분류하고, 가장 보편적으로 나타나는 것은 지질구조의 영향을 받는 횡단형-즉, 등고선과 평행한 형태-적설층이라고 지적하였다.¹⁸⁾ 여기서 그는 동결·융해작용을 지나치게 강조한 것으로 보인다. 홀리에서 야외답사한 필자의 견해로는 지표경사에 기인하는 longitudinal한 적설층이 탁월하다고 보이는데, 이러한 현상은 gully 또는 rill류 등에 의한 중력방향으로 개석된 결과이다. 이러한 현상은 유수성 발달과 관련되고 절리구조, 또는 풍화층의 약한 부분을 따라 진전된 유수성 계곡과 밀접하다고 생각된다.

유수침식과 설식효과의 구분이 문제로 나타나는 데 설식은 gully를 확장시키고 경사를 보다 크게 하며 -雪溪谷의 형성-, 곡두의 바닥을 넓게 그리고 둥글게 만든다는 것은 확실하다.(그림 2) 단, 선상의 유수개석은 사면 말단까지 이어져야 하는데 비해 설식작용에는 upslope에서 집중적으로 개석하는 반면, downslope에서는 개석이 없는 점이 특징이다. 와지주변에 분해된 풍화기반층의 것으로 보이는 물질들은 솔리플러션으로 이동되적시킨 것으로 잔설층의 수분에 의한 것이다. 필자의 대

관령연구¹⁹⁾에서 보듯이 솔리플러션 물질이동과, 역시 같은 대관령고원평단지역에서 철주괘를 설치하여 frost creep 실험과정에서 확인된 것²⁰⁾으로 보아 활발한 주빙하현상이 오늘날 山頂에서 진행되고 있다.

사진 2는 야외 관찰에서 드물게 나타나는 현상으로 Lewis의 원형(circular)으로 발달하는 적설층에 가까운 것으로 보인다. 이는 지질구조에 지배되는 횡단형이나 유수침식에 따른 종단형 특징과는 근본적으로 다른 것이다. 두께 50cm 적설층 밑에서는 봄철에 어느 정도 깊이까지 녹는다. 풍화가 기반암층은 동결되어 있으므로 수분은 빠지지 못한다. 또한 눈표면은 절연체로서 고려되고 지표상층은 융설수, 융빙수의 압력을 받는다. 동결이 반복됨에 따라 서릿발 작용이 활발해지며, 융설수는 방사상으로 퍼지고 재동결된다. 잔설이 사라지고 난 다음 쌓였던 눈바닥은 미세한 파쇄암설이나 모래질, silt로 덮힌다. 이들 물질이 지표유출과 바람, 빗방울로 제거되면 타원형의 와지가 나타난다.²¹⁾ 이러한 얇은 와지가 연장되면 dell곡이나 요람형곡(cradle-like valley)으로 변한다.

원형에 가까운 설식와지는 설식권곡으로 발전되며 탁월풍으로부터 보호되어 적설에 보다 유리하게 된다. 와지의 크기에 따라 두부침식에 의한 backwall은 점차 성장하며 침식력은 더욱 커진다. 이때까지 얼었던 토양이 있으면 지표수는 침투되지 않는다. 설식이 이루어지고 있는 화강암풍화층은 동토면의 역할을 수행하므로써 토양수분을 보

18) Lewis, W. V., 1939, op. cit.

19) 權 純植, 1987, 한반도 화강암풍화층에 발달된 제 4기 후반의 주빙하결빙구에 관한 연구, 지리학논총 별호 3호.

20) 이 용법에 의하면 대관령에서 설치한 철주괘가 frost creep에 의하여 연간 10°-13° 각도로 기울어졌음을 알려 줌.

이 용법, 1992, 앞의 논문.

21) Henderson은 복합설식와지(compound nivation hollows)로 구분했고, 일본에서는 雪窪, 雪蝕圈谷으로 사용하고 있다.

Henderson, E. P., 1956, op. cit.

Soons, J. M., 1962, "A survey of periglacial features in New Zealand," in Mccaskill, Murray (ed.), *Land and livelihood, christchurch, New Zealand geographical society*, 280 .

小林 詢, 1966, "上越平標山頂附近における殘雪の分布と凹地形の關係", 地理學評論, 第 39卷, 第 2號, pp. 75-83.

유하게 되어 목초지재배에 유리한 점이 있다. 이들 풍화층의 불규칙한 동결은 미약한 계단상의 지형을 생성한다.(사진 2) 계단상의 미지형은 봄철 늦게까지 잔설이 남아있는 곳에 나타나는데 와이벽에 계단상의 주름이 잡혀있다. 이는 적설의 하중과 매스무브먼트의 시차적 작용에서 기인한다. 그 지역에서 부는 탁월풍과 사면의 방향은 설식에 영향을 미치는 중요한 조건이 된다. 강설에 의한 피복은 지표에 고르게 이루어지지만, 탁월풍에 따라 강설은 차별피복됨으로써 차별적 설식작용이 이루어지게 된다.

홀리 2, 3리의 경우, 설식사면은 북동사면에 집중된다. 이들 사면은 탁월풍인 북서 겨울계절풍에 대하여 그늘진 풍하측(lee side)이며, 초겨울에 이미 적설이 유발되는가 하면 봄늦게까지 잔설로 남아 있기 때문에 북향, 북동향사면은 설식에 의한 지형이 형성되고 쌓인 눈은 gully와 연결되어 새로운 설식급사면으로 변한다. 능선 상부의 바닥이 넓은 타원형의 설식와지는 사면의 동결융해로 쉽게 붕괴되어 원래의 설식凹지는 급사면으로 변환한다. 서향과 서북향의 풍상측(leeward side)은 적설이 적고, 남향은 일사량이 많아 이른 봄부터 융설이 빠르게 시작되며, 또한 지면에 쌓인 눈이 吹雪(snow storm)에 의하여 날려서 풍화사면의 적당한 곳에 축적되게 된다. 한반도의 설선고도를 2000m로 가정한다면²²⁾ 본 조사지역인 홀리지역과 대관령산지는 빙기 또는 소빙기환경에서 강력한

periglacial region에 해당되었을 것이며 그 뿐 아니라 증발산이 낮아 수분공급은 계속되어 설식지역발달에 상당한 영향이 있었으리라 사료된다. 설식지형은 과거의 설선의 지표로 설정되고 주빙하프로세스의 기준으로 삼을 수 있다. 이는 현재 다설지역인 일본의 고산지의 경우와 유사하다. 일본은 본 지역과 비교해 볼 때 산지고도가 높으며 주로 고위도 지방에서 연구조사된 바 있다.²³⁾

6. 결 론

1. 홀리일대에서 설식지형은 고도 600m 내외의 화강암 구릉성산지에서 발달하고 있으며 북향과 북동향사면에서 잘 관찰된다. 형성과정에 따라 횡단형, 종단형, 그리고 타원형 등의 형태가 있으며 그 중 종단면형태가 많다.
2. 홀리일대는 설식작용에 의하여 주도되는 지형이 많으며, 두부침식을 돕고 사면을 급속히 후퇴시킨다.
3. 빙기 또는 소빙기환경에서 홀리일대는 기온변화가 심하여 왕성한 주빙하프로세스에 의해 좌우되었고 이 과정은 설식지형발달에도 큰 영향을 주었을 것이다.
4. 홀리지역의 설식지형연구는 토지이용, 식생환경, 사면보호(구릉산지) 등 자연환경보전에 필요한 기초자료로서 유용하다.

22) Troll, C., 1947, "Die Formen der Solifluktion und die Periglaziale Boden Abtragung," *Erdkunde* 1, pp. 162-75.

23) 小林 詢, 1966, 앞의 논문.

Nivation Morphology at Heul-Ri in Kangwon Province, Korea

Summary

Kwon, Soon -shik*

Nivation is the term given to the combined action of frost shattering, solifluction, and slope wash processes, which operate in the vicinity of snow patches. It is an erosive process involving localized and intense physical weathering, resulting from abundant moisture supply. Water percolates into the rock or regolith beneath and around the snow patches. Nivation processes result in shallow hollows or cirque basins which are formed on gentle slopes and upland surfaces. Debris is removed from the hollows by sheetwash, rillwash and solifluction. Nivation processes are widespread in periglacial areas. The uniqueness of the ter-

m, Nivation, is due to its intensity.

Gentle slopes of erosion, which are composed of granite regolith, are characteristically developed at Heul-Ri. The slopes are considered as the products of the nivation process. The shallow depressions are found on the erosive slope. The most common type of nivation hollows in the area is longitudinal; they seem to be related to gully development in summer.

The initial growth of nivation hollows is poorly understood. There is lack of quantitative data available to clarify their nature.

Keywords : nivation, periglacial effects.

Journal of Geography, Vol. 19, February 1992, pp. 1~10

* Professor, Department of Geography Education, Chongju University.