

A-1 강원도 정선군 운치리 얼음골의 여름철 결빙현상에 관한 고찰

전병일, 박재림
신라대학교 환경학과

1. 서론

우리 나라의 몇몇 계곡에는 더운 여름일수록 얼음이 더 많이 어는 신비한 현상이 나타난다. 반대로 겨울이면 얼음이 녹아버린다. 우리 나라의 인근인 일본에도 후지산(富士山)의 산사면에 풍혈(風穴)이라 불리는 동혈(洞穴)이 있으나, 여름철뿐만 아니라 겨울에도 얼어 있는 것이 특징이다(Ohata *et al.*, 1994a, b). 30℃인 외기에 노출된 사면중턱에 얼음이 노출되어 있고 외기 온도가 높으면 높을수록 얼음은 성장하고, 반대로 장마 등으로 흐린 날이 계속되면 얼음은 작아지거나 녹아버리는 믿을 수 없는 현상이 나타난다. 그리고 이러한 얼음도 가을부터 겨울에 걸쳐 소멸해 버린다.

우리 나라에서 여름철에 얼음이 얼거나 차가운 공기가 나오는 곳으로는 경남 밀양 얼음골, 경북 의성군 빙계계곡, 충북 제천 금수산 얼음골, 전북 전안군의 풍혈·냉천, 경기 연천군 풍혈, 충남 보령 냉풍욕장, 경북 청송 얼음골, 경북 영덕 옥계계곡과 본 연구지역인 강원 정선군 운치리 얼음골 등이 있다. 이외에도 발견되지는 않았지만 곳곳에 많이 있을 것이라고 추측된다.

2. 강원도 정선군 운치리 얼음골

운치리 얼음골은 기암절벽과 맑은 물로 알려진 동강을 끼고 있는 작은 계곡에 있고 아쉽게 영월댐 건설로 인해 수몰될 위기에 처하였으나, 댐건설이 백지화됨에 따라 계속하여 얼음골을 볼 수 있게 되었다. 이곳은 워낙 오지이기 때문에 지금도 아는 사람들만 찾는 곳이며, 운치리는 앞뒤가 모두 험한 산으로 에워싸여 있다. 앞은 폭이 30~40m가 넘는 강이 흐른다. 얼음골이 위치한 곳은 운치리 돈니치로서, 이곳은 부드럽고 찰진 진흙땅이라는 뜻이다. 돈니치 돌담을 지나 계속 오르면 얼음골이 나온다. 북더위에 언 얼음을 토종꿀에 재었다가 빈속에 먹으면 속병이 낫는다고 하는 이야기 전해진다. 얼음골은 크고 작은 암석들로 이루어진 너들의 맨 끝에 있고, 너들의 방향은 남서향으로 되어 있으며 여름철에 햇빛이 얼음이 얼어 있는 입구 가까이 까지 들어오는 것이 특징이다.

3. 여름철 결빙 이론

먼저 공기팽창(空氣膨脹)에 의한 냉각설(冷却說)로서 압축된 공기가 지표로 올라오면서 온도가 내려간다는 이론으로 김성삼(1968)에 의해 제기되었으며, 바위의 틈을 따라 공기가 강하게 불어나올 때 단열팽창에 의한 단열냉각에 의해 바위를 차게 하고 0℃이하로 공기를 냉각한다는 것이다. 둘째로 바위틈 아래쪽의 기화설(氣化說)로서 일사량이 극

히 적고 단열효과가 뛰어난 얼음골의 지형특성상 겨울철에 형성된 찬공기가 여름까지 계속 주위에 머무는 상태에서 암반 밑의 지하수가 지표 안팎의 급격한 습도차에 의해 증발되면서 주변의 열을 빼앗아 얼음이 얼게 된다는 이론이다(문승의와 황수진, 1977). 즉 습도가 높은 공기가 나오면서 기화한다는 설이다. 셋째로 자연대류설(自然對流說)로서 겨울부터 바위틈에 쌓인 영하의 찬 공기가 여름에 서서히 축적되면서 하부부터 얼음이 얼게 된다. 겨울이 되면 공기의 온도는 영하인 반면 너덜을 이루고 있는 돌들은 여름과 겨울을 지내면서 데워졌기 때문에 상온을 유지하고 있다. 그런데 공기의 부력때문에 차가운 공기가 너덜의 하류부로 유입된다. 차가운 공기는 돌로부터 열을 빼앗아 데워지면서 너덜의 상부로 올라가고 돌은 너덜아래부터 점차로 차가워진다. 그래서 겨울이 끝날 때쯤이면 너덜의 온도를 외부의 온도와 같게 만든다. 그러다 계절이 바뀌어 초여름이 되면 겨울과는 반대의 조건이 된다. 즉 너덜 안의 공기는 차갑고 밖의 공기는 따뜻한 것이다. 이제 겨울과는 반대로 차갑기 때문에 밀도가 높은 너덜 안의 공기가 너덜 밖으로 흘러나가고 너덜 상류부에서는 따뜻한 공기가 흘러 들어온다. 따뜻한 공기는 차가운 돌과 열교환을 하면서 점점 식기 때문에 공기가 얼음골로 계속 나오게 되지만 초가을이 되면 너덜이 따뜻한 공기로 모두 데워졌기 때문에 더 이상은 시원한 공기가 나오지 않는다. 초여름에는 얼음까지 어는 얼음골에서 언제까지 시원한 바람이 나오느냐는 지나 겨울이 어떠했느냐에 따라 영향을 많이 받는다. 이런 현상을 자연대류에 의해 겨울철의 냉열이 돌에 저장되어 있다가 방출되는 재생기 효과(regenerator effect)라고 설명한다(Song, 1994). 즉 온도의 변화에 취약한 화산암들이 다공성 축열조를 이루면서 겨울에는 냉기를 저장하고 여름에는 온기를 저장해 여름에는 겨울의 냉열을 내뿜고 겨울에는 온기를 뿜어내는 사이클을 반복하고 있는 것이다. 마지막으로 냉기체류설(冷氣滯留說)과 대류빙결설(對流水結說)로 겨울철에 약 -10°C 의 냉기가 대류로 바위의 내부까지 중력류에 의해 자유롭게 흘러들어가고 바위를 냉각시켜 저온상태로 보존된다. 그것에 대해 여름철에는 상부의 바위들이 단열층의 역할을 하여 일사를 차단하고 성층상태가 매우 안정하기 때문에 난기가 바위의 속까지 들어가기 어렵다. 따라서 여름이 되어도 온도는 올라가지 않고 지하수면 위쪽의 불포화층에서는 연평균 온도가 0°C 이하로 내려가고 국소적으로 영구 동토가 형성될 수 있다((藤原, 1985, Bae and Kayane, 1986). 겨울에 얼음이 보이지 않는 것은 건조한 대기에 노출되어 있는 얼음이 승화되어 녹아버리기 때문으로 판단된다.

4. 고찰

바위틈에 얼음이 얼고 오랫동안 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 의 찬바람이 나오는 현상은 단순히 돌발 속 바위의 온도가 바깥쪽의 온도보다 낮은 것만으로 일어날 수 없다. 따라서 너덜속 깊숙이 비열이 큰 거대한 냉원을 담은 공간이 존재하거나 또한, 겨울동안 차가워진 바위 외에도 중력에 의해 바위틈으로 유입된 얼음이 냉원역할을 하고 있을 것으로도 추정된다. 겨울동안 차가울대로 차가워진 이 냉원과 바위틈으로 유입된 눈과 얼음이 여름에 차가운 냉기를 내쫓고 있다는 것이다. 만약 얼음이 없이 바위만 쌓여 있다면 -10°C 인 바위가 30m두께로 쌓여 있다 하더라도 한여름의 바깥온도 때문에 단 하루만에 3°C 정도로 데워질 것이라는 계산이 나오기 때문이다. 따라서 겨울에 날씨가 추울수록 돌발 속에 쌓이는 얼음의

양도 늘어날 것이고 이듬해 여름에 얼음이 어는 기간도 길어 질 것이라는 것이다.

지금까지 알려진 얼음골이 되기 위한 조건으로는 다음과 같다. ① 너덜을 이루는 돌의 크기는 20~30cm가 적당하다. 돌이 너무 작으면 공기의 저항이 크고, 돌이 너무 크면 공기와 돌이 접하는 면적이 적어 열전달이 충분히 되지 않기 때문이다. 돌의 재질은 계절적 온도변화에 따른 열응력에 의해 쉽게 쪼개지는 화산암이 좋다. ② 거기에 어느 정도의 너덜의 깊이와 길이가 확보돼야 한다. 즉 공기와 충분한 열전달이 가능한 체적이 있어야 한다. 얼음이 얼기 위해서는 너덜의 길이가 적어도 500m정도는 되어야 한다. ③ 너덜의 경사도 중요하다. 너덜의 체적이 작다하더라도 경사가 작으면 공기가 흘러가는 속도가 느리기 때문에 열전달이 충분히 이뤄져 얼음골이 될 수 있지만 경사가 너무 급하면 공기가 흘러가는 속도가 너무 빨라 얼음골이 되기 어렵다.

참고문헌

과학동아, 1996년 7월호.

김성삼, 1968, 얼음골(밀양군)의 하계결빙현상에 관하여, 한국기상학회지, 4(1), 13-18.

문승의, 황수진, 1977, 밀양 얼음골의 하계결빙현상에 관한 연구, 부산대학교 사대논문집, 4, 47-57.

Bae, S. K. and I. Kayane, 1986, Hydrological study of Ice Valley, Korea, Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, 12, 15-20.

Ohata, T., Furukawa, T. and K. Higuchi, 1994a, Glacioclimatological study of perennial ice in the Fuji Ice Cave, Japan, Part 1. Seasonal variation and mechanism of maintenance, Arctic and Alpine Research, 26, 227-237.

Ohata, T., Furukawa, T. and K. Higuchi, 1994b, Glacioclimatological study of perennial ice in the Fuji Ice Cave, Japan, Part 2. Interannual variation and relation to climate, Arctic and Alpine Research, 26, 238-244.

Song, T. H., 1994, Numerical simulation of seasonal convection in an inclined talus, Proceedings of the 10th International Transfer Conference, Vol. 2, Brighton, 455-460.

田中 博, 1997, 韓國ウールロセコルにおける夏季氷結現象の數値實驗, 地理學評論, 70A-1, 1-14.