

온달동굴의 수문환경

문 순 배*

Hydrologic Environment of Ondal Cave

Soon-Bae, Moon

1. 서론

동굴수는 보통 지하세계를 흐르기 때문에 깨끗한 물로 인식되어 왔다. 따라서 옛부터 우리 선조들은 동굴수를 이용하여 버섯재배수, 식수, 양어장 용수 등으로 사용하였다. 그러나 최근에 산중에 공장이 입지하고, 별장, 러브호텔 등이 들어서면서부터 지표수가 오염되고, 이것이 2차적으로 지하수를 오염시켜 외국에서는 큰 사회적인 문제로 진전되기도 하였다.

미개방된 동굴수는 아직까지도 처녀수 상태를 유지하여 환경오염이 안되었지만, 관광동굴 및 지구과학 학습장, 버섯재배지로 개방된 동굴수는 인간들의 유출입이 시작되면서 일부 오염 현상이 나타나고 있는 것이 사실이다.

온달동굴에 대한 일반세균, 수소이온농도, 탁도, 황산이온, 페놀 등 식수기준 44개 항목에 대한 분석결과 놀랍게도 43개 항목에 대해서는 기준치 이하로 나와서 아주 깨끗한 물로 판명되었으나 물 1ml에 포함된 세균수를 나타내는 일반세균이 기준치보다 약28배나 높게 나타나 식수로 부적격하게 나타났다.

이것은 아마도 관광객들의 동굴내 출입시 운동화, 구두 등에 묻혀 들어간 세균들이 상판에

붙어 있다가, 동굴내를 흐르는 지하수로 유입된 것 같다. 따라서 앞으로는 동굴입구에 발판 등을 깔아서 동굴내부로 들어가기 전에 운동화나 구두 바닥을 닦고 들어가는 대책을 세워야 할 것이다.

2. 분석결과

중요항목별로 수질분석결과를 고찰해 보면 아래와 같다.

수소이온농도는 대략 8정도로 나왔는데, 이것은 중성에 속하는 것으로, 상수도 원수 기준에 의하면 1급수에 해당되는 것이다. 즉 온달동굴수는 산성수도 아니고 알카리수도 아닌 중성수임을 알 수 있다.

온달동굴수의 경도는 약 150정도로 나타났다. 이것은 약한 센물과 센물의 중간에 해당되는 것으로 석회암 동굴수치고는 그리 높은 편이 아니다. 보통 단물은 경도가 0~75, 약한 센물은 75~150, 센물은 150~300, 대단히 센물은 300이상이다.

경도가 높은 물은 비누거품이 일어나지 않고, 목욕해도 뽀뽀하며, 난방 설비에 스케링(Scaling), 즉 물때를 일으킨다. 경도가 높으면

* 학회 이사

구토, 위장장애, 담석 등의 원인이 될 수 있다. 철은 온달동굴의 경우 검출이 안되었다. 철은 인체에 필요한 미량원소로 1일 100mg이 필요하다. 철은 인체내에서 혈액의 중요성분이 되며, 생리 작용을 통해서 혈액을 몸의 구석구석까지 운반하여 산소를 공급한다. 또한 세포가 질식하지 않도록 건강하게 활동하도록 한다. 질산성 질소가 3미만으로 기준치 이하로 나타난 것으로 보아 동굴주위에 대규모 산업폐수나 생활오수의 유입원은 없는 것으로 사료된다. 동의 함량이 없는 것으로 보아 인근 주위에 금속광산이나 공장폐수의 유입이 없는 것으로 나타났다. 건강한 성인의 경우에는 알루미늄도 전혀 검출되지 않았다. 정상인의 인체에는 12~20mg의 망간이 함유되어 있다. Ca는 50ppm내외로 정도로 구성하는 중요요소인데, 석회암 지대에 다량으로 존재한다. Ca가 많으면 경도가 높아 경수가 된다. 할로겐 원소로서 독소에 속하는 불소, 비소 등은 전혀 검출이 안되었다. 특히 지하수에 악취를 가져다 주는 페놀도 검출이 안되었다.

용해된 원소중 수질의 물맛을 좋게 하는 성분은 칼슘, 칼륨, 규산 등이고, 물맛을 나쁘게 하는 요소는 마그네슘, 황산이온, 염소 등을 들 수 있다.

염소 이온은 보통 암석 성분의 영향을 받는데, 물 중에 녹아있는 염화물 중의 염소를 말하는데, 온달동굴에서는 기준치보다 훨씬 적은 17로 나타났다.

과망간산칼륨 소비량은 물속의 유기물질, 제일철염, 아질산염, 유화물 등과 같이 산화되기 쉬운 물질에 위해서 소비되는 $KMnO_4$ 의 양을 뜻하는 것으로 주위 지역에 하수, 공장폐수, 분뇨 등의 유입처가 있으면 높아진다. 온달동굴의 경우 1미만으로 기준치에 비해서 극히 적게 나타났다. 대장균은 온달동굴내에서 검출되지 않

았다.

대장균은 보통 가축의 장속에 많이 생존되어 있는데, 이것으로 보아 온달동굴은 주위로부터 인축의 분뇨들이 유입되어 오염되고 있지 않음을 알 수 있다.

수은은 인체에 축적되는 것으로 사람에게 위험한 독성을 가지고 있어 환경 공해병을 일으키는 원인이 된다. 최대 섭취허용량을 넘어서 섭취하면 기형아 출산, 손발이 마비되고, 눈의 시력이 떨어진다. 온달동굴수에서는 수은의 검출이 전혀 안되었다.

시안은 독소로 점화하면 보라빛의 불꽃을 내며 타서 탄산가스와 질소로 유리된다. 온달동굴에서는 시안이 전혀 검출되지 않았다.

불소는 독소로 미량의 경우 충치예방에 효과가 있다고 알려져 있으나, 이것 역시 과다한 경우 뼈에 이상을 초래한다. 온달동굴의 경우 불소는 검출되지 않았다.

크롬의 경우 일부국가에서는 총크롬으로 또는 3가 크롬과 6가 크롬을 분리하여 기준을 정하고 있으나, 실제로 3가 크롬은 거의 흡수가 되지 않기 때문에 독성이 문제가 되지 않고 6가 크롬만 문제가 된다. 온달동굴의 경우 6가 크롬도 전혀 검출이 안되었다.

비소는 주로 하수도, 공장폐수에 의해서 유입되며 자연수에는 거의 포함되어 있지 않다. 온달동굴에서는 전혀 검출이 안된 것으로 나타났다.

세제는 ABS제를 말한 것으로 온달동굴내에서는 검출되지 않았다. 물의 냄새는 오수의 혼입, 플랑크톤의 번식, 염소처리, 지질 등에 기인하는 것으로 대개 저온에서는 없지만, 온도가 높아지면 보통 냄새가 난다. 온달동굴에서는 적당한 것으로 나타났다.

물의 맛도 역시 하수, 공장폐수, 암석종류 등

에 따라 다르게 나타난다. 온달동굴의 경우 물의 맛도 적당한 것으로 나타났다.

탁도란 물의 탁한 정도를 나타내는 것으로, 부유물질의 혼합, 토사유입이 없으면 탁도는 낮게 나온다. 온달동굴의 경우 0.3내외로 물이 맑은 것으로 나타났다.

색도란 물의 색을 말하는 것으로 주로 토양이나 암석의 성분에 따라 오는 Humin질이 원인이 되는데 공장폐수, 하수 등이 유입되면 탁도가 높아진다. 온달 동굴의 경우 0.3NTU로 기준치 이하로 낮게 나타났다.

증발잔류물이란 물을 증발 건조 시켰을 때 남은 물건을 뜻하며, 용해성 물질의 양을 파악하는데 의미가 있다.

온달동굴의 경우 274로 기준치 이하로 나왔다.

동굴입구에서 막장까지의 기온, 습도, 풍속을 여름철에 조사한 결과에 의하면 기온은 동굴입구의 대기 온도가 동굴안 50m~60m정도를 넘어서면 기온의 안정상태가 동굴의 막장까지 계속되는 것으로 나타났다. 따라서 동굴의 입구부분은 동굴내부보다도 석회암의 풍화작용이 활발하게 일어나고 있으나, 상대적인 풍화도는 극히 미약하다. 특히 온달동굴이 입구부분과 중간부분만 약간 휘어지고, 막장부분만 직각으로 구부러진 것을 제외하면 전체적으로 직선에 가까운 동굴인데도 불구하고 기온변화가 거의 없는 것을 보면, 동굴내부의 기온 안정상태는 거의 일반적인 법칙임을 알 수 있다.

2000년 3월 18일 오후 2시에 측정한 자료에 의하면 동굴입구에서 막장까지 거리에 따라 6.7℃→7.7℃→9.3℃→10.6℃→11.1℃→11.5℃→12.3℃→12.4℃→13.7℃→13.0℃→13.3℃→13.4℃→13.8℃의 순서로 미세하나마 기온이 증가함을 알 수 있다.

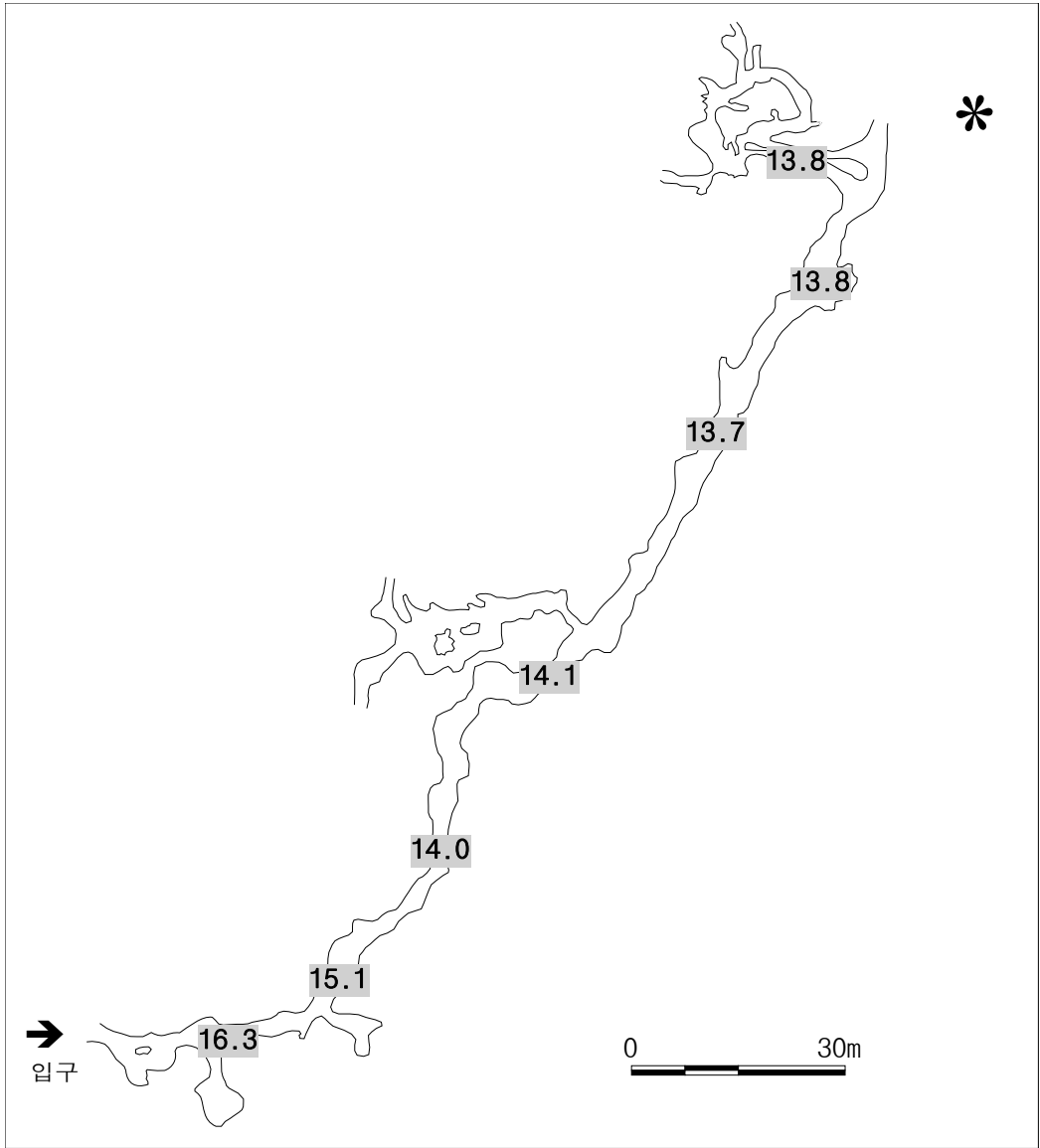
동굴내 습도변화상태를 살펴보면, 동굴입구는 외부 열에너지의 영향을 받아서 40~60%정도를 유지하는데, 동굴내부로 들어가면서 점차 증가하다가, 역시 100~150m을 지나면서는 다소 변화상태를 보이거나 큰 변화는 없고 안정된 습도를 유지하고 있다. 동굴내의 하상에 사시사철 지하수가 다량 상시 유수로 흐르고 있어, 내부의 습도는 항상 80%이상을 유지하고 있어 높게 나타났다으며, 동굴밖 지표면의 건·우기에 따른 동굴내부 습도의 연변화는 10%정도 거의 일정하게 유지되고 있다. 2000년 3월 18일에 조사한 습도변화 상태를 동굴입구에서 내부쪽으로 가면서 살펴보면, 45%→70%→80%→83%→94%→94%→95%→96% 등의 순서로 나타났다. 역시 3월29일에 조사한 자료에 보면 60%→70%→80%→81%→89%→90%→92%→91%→93%→95% 등으로 나타났다.

동굴내부에서의 풍속(m/s)은 동굴입구는 외부의 기류의 영향을 받아 약간 높지만, 동굴내부 100m지점부터는 4~5m/s로 거의 일정한 값을 유지한다.

동굴내부의 수온은 지역에 따라 약간의 차이를 나타내지만, 대체로 12~16℃이다. 계절별로는 여름이 겨울보다 2~3℃ 높게 나타났으며, 입구에서 멀리 떨어질수록 수온의 계절변화는 적게 나타났다. 석회암동굴은 석순, 석주 등 제2차 생성물이 곳곳에 많이 분포하여 미로형의 복잡한 통로구조를 이루기에 외부의 기류가 차단되어 단순한 구조의 용암동굴보다 수온이 약간 높다.

3. 결론

온달동굴의 수온이 다른 석회암 동굴보다 약 1~2℃ 높게 나타났는데, 이것은 동굴내를 흐르



단위: ℃

그림 1. 지구별 수온

는 지하수가 온달동굴의 온달산성 정상에서 석회암 절리를 타고 내려오는 것보다, 백자리 쪽에서 내려오는 중리천이 지하수에 스며들어, 온달 동굴내를 흐르다가 다시 동굴입구에서 나와서

남한강에 유입되는 하천수가 더 많은 것을 의미한다.

동굴 막장부를 뚫어서 외부로 출구를 다시 내는 것은 기류의 이동을 빠르게 하여 동굴내부를

건조화시킬 수 있을 것이다. 따라서 가급적 현 상태를 유지하는 것이 바람직하며 동굴내 지하수의 오염을 예방하기 위해서 백자리쪽에서 내려오는 중리천의 지표수가 오염되지 않도록 관리할 필요가 있다.

즉, 상가 및 축사, 농가의 하수처리 시설을 강화하여야 할 것이다. 또 온달동굴 주위의 식생을 지속적으로 관리 보존하여 지하수 함양조건을 만들어 주어서 지하수가 충분히 함양되어 천천히 장기간에 걸쳐서 동굴내부에서 흘러가야 할 것이다. 그렇게 하여 항상 동굴이 살아날 수 있는 좋은 조건을 만들어 주어야 한다.

참고문헌

- 김병우, 1990, 동굴의 생물상, 고수동굴의 환경 및 안전진단 조사연구보고서, 28-33, (주)원천.
- 김병우, 1994, 고씨동굴의 환경보전 및 안전진단 학술조사보고서, 47-60, 영월군.
- 김병우, 1995, 화암동굴의 동굴생물에 관한 연구, 동굴, 42, 27-40.
- 김영기, 1995, 수리지질학사전, 엔지니어즈.
- 남궁준, 1986, 한국의 주요 동굴동물의 모식산지의 보전문제, 동굴, 13, 49-67.
- 남궁준, 1987, 강원도의 자연동굴과 동물상, 강원도의 희귀자원 조사보고서, 4, 1-156.
- 단양군, 1993, 온달동굴 개발타당성 및 개발계획 학술보고서.
- 문화재관리국, 1970, 한국의 동굴.