

석회동굴의 형성발전과 환경과의 상관성연구

홍시환*

I. 서론

우리 남한지역에는 약 1,000여개의 석회동굴이 있다. 이들 석회동굴들은 그 모두가 한반도 육지부에 있다. 물론 북한지역에 있는 석회동굴도 무려 1,000여개가 추정된다고 하니까 남북한 모두 합친다면 2,000여개의 석회동굴이 분포되고 있는 셈이다.

본 연구는 이들 석회동굴들의 형성과 발달이 어떠한 환경에서 이루어지고 있으며 이들이 자연 또는 인간의 개발이용에 의하여 어떻게 환경이 변하고 있으며 나아가서는 이들 동굴들이 환경보전을 어떻게 하여야 하겠느냐에 대한 소견을 피력하고자 하는 바이다.

사실상 여태까지 동굴의 개발 그리고 환경보전에 대한 문화재 관리국과 내무부 자연보호과의 시책과 노력이 계속되어 왔다고는 할 수 있으나 아직 일반 동굴은 방치상태에 있는 것이 사실이고 문화재급인 천연기념물과 지방기념물 동굴도 많은 동굴보존적인 면에서의 시책을 설정되었다고는 하나 실지로는 그 관리, 확인면에서 미흡한 것이 사실이다.

따라서 본 연구에서는 부분적이거나 이들 기념물동굴 또는 관광공개되고 있는 동굴에 대한 전반적인 형성과정과 개발이용 나아가서는 이들 동굴들의 환경보전에 관한 의견을 제시하고자 하는 바이다.

II. 석회동굴의 형성환경

* 학회 명예회장

1. 동굴의 형성과정

석회동굴은 석회암지역에서 형성된다. 즉 석회암으로 형성되고 있는 산지나 구릉지역의 지하에서 형성된다. 이와같은 형성절차는 석회암지역에 계속적인 비가 내릴 때 이 빗물이 지층을 침식 투수작용을 거듭하면서 땅 속에서 지하수류를 흐르게 하고 이른바 지하수동굴이 형성된다. 이것이 1차적인 생성물이다.

한편 계속적인 석회암의 용해수적은 계속 땅속으로 침투하여 지하수동굴 천정이나 벽면으로 흘러내리면서 이른바 종유관, 종유석, 석순, 석주, 유석(종유벽)등의 생성물이 성장한다. 따라서 먼저 지하수동굴이 생긴 후에 성장하므로 이들은 2차생성물이라 한다.

따라서 석회동굴의 규모 성장 그리고 2차생성물의 경관등은 그 지표면의 대기 기후상태와 그 지층을 형성하고 있는 성분에 좌우된다고 본다.

즉 석회암 또는 돌로마이드 등으로 되는 탄산염암이나 석고 즉 유산 염암들이 널리 분포하고 있는 지역에서 많은 그리고 대규모의 석회동굴이 형성되는 것이다.

그리고 동굴 지표면에 비가 많이 내리거나 집중 강우인 경우에는 그 땅속에는 대규모 동굴이 형성되기도 하며 또한 동굴내에 폭포가 발달하게 되기도 하다.

2. 동굴과 동굴생성물의 상관성

한편 학계에서는 증류수에 석회암을 넣었을 때 이 석회암에는 사암, 화성암보다도 그 용해도가 낮게 나타나게 되며 그러나 일반 물 즉 빗물 중에는 탄산가스(CO_2)의 농도가 높아져 PH가 낮아지며 칼슘의 용해도는 급속도로 높아지는 것으로 실험 결과가 보고 되고 있다. 또한 CO_2 의 분압과 PH의 값이 비슷할 때에는 물의 온도가 높을수록 칼슘의 용해도가 낮아진다고 발표되고 있다.

요컨대 자연계에 있어서 물의 용식작용으로 형성된 지층의 틈바구니는 석회암층의 절리면에 따라 또는 다른 암석층과의 접촉부나 단층선에 따라 형성되는 것이다. 따라서 동굴의 규모도 그 형

태도 그 지층의 구조, 물의 상태에 따라 각양 각색으로 형성되게 마련이다.

3. 공동의 형성 환경

이제 물의 화학적, 물리적인 용식 작용으로 형성된 틈바구니(공극)가 생겨져 있어서 석회암과 물의 접촉 면적이 넓을 경우를 세분된다.

실제로 공동의 형성되는 지층의 상태와 이 틈바구니를 침투해 온 물의 성분, 상태 등에 의하여 공동은 그 규모, 공동 형성기간 등이 좌우되는 것이다.

예를 들어 물의 농도, 성분, 양 등이 석회암의 성분과 관계되어 동굴의 규모 형성은 물론, 2차적인 동굴 생성물 즉, 종유관, 종유석, 석순, 석주등의 생성물들의 성장속도, 형태, 석질의 순도 등에 관계되는 것이다.

III. 석회동굴의 발달 단계와 환경

석회동굴이 발달단계는 물론 형성시기 동안의 지구환경 그리고 지층내부의 상태와 직결된다. 이제 일본의 시노하라 여사의 학설에 따라 논하고자 한다. 이 발달 단계를 크게 나누어 보면 대략 세가지 경우로 나뉜다.

1. 석회동굴의 형성 초기

단계와 환경 석회동굴의 형성 초기 시기에는 빗물이 지표면의 석회암의 노출된 암면을 용해시킨다. 식물이나 작은 동물에서 공급되는 유기물들이 섞여진 통과지층을 침투 통과한 물이 토양에 덮여있는 석회암 표면에 접촉마찰되었을 때 이때 용식작용은 진행되는 것이다.

이와같은 단계에서는 석회암층의 침투수는 작은 암층의 틈바구니를 따라 스며들어 점차 용식작용으로 침투수는 작은 암층의 틈바구니를 따라 스며들어 점차 용식작용으로 넓어지고 커지게 되나 그러나 지표면의 공기와 암극 틈 사이에서의 공기의 유통은 매우 미미한 상태인 것이다. 따라

서 이 틈 사이에서는 CO₂ 의 상태는 매우 높은 상태를 나타내고 있을 것이다.

더구나 토양층에 스며든 물은 유기물의 분해에 의하여 생긴 CO₂ 와 식물의 뿌리의 호흡작용으로 이들 CO₂ 가 섞여져서 이산화탄소가 높아지게 된다. 이때 특수한 경우를 제외하고는 침투수는 산성이므로 빗물보다도 더욱 심한 석회암의 용해작용이 일어나게 되는 것이다.

따라서 석회암 층의 틈 바구니 따라 땅속 깊게까지 스며든 침투수는 높은 CO₂ 를 유지하고 있으므로 석회암에서의 칼슘 용해가 활발한 지층 틈바구니를 더욱더 넓게 발달하여 점차 크다란 석회동굴의 줄기가 생기게 된다. 또한 물이 가득 찬 포화수대 속의 동굴들은 CO₂ 를 내포한 물의 작용으로 동굴의 성장 발달이 촉진되게 된다. 이때에 동굴은 지하수면에 따라 거의 수평으로 성장하게 되는데 이와같은 동굴의 벽면은 매우 원활하고 횡단면이 둥글미를 지니는 이른바 포아 팻세이지(침식 통로 줄기)가 형성된다.

2. 석회동굴의 발달

왕성시기와 환경 한편 석회암 지역의 땅 속에서 석회동굴의 형성이 시작되게 되면 이 지역의 지표면 지역에서도 지표면의 변화가 일어나게 된다.

즉 석회암 지역의 지표면에서는 돌리네 그리고 우발라 같은 오목한 침식지점이 형성되면서 점차 복합된 카르스트 지형이 발달하게 된다. 더구나 그 돌리네 우발라 지역의 바닥에는 빗물이 스며들어 가는 물골 구멍을 싱크 홀이라고 한다. 이 싱크 홀이 넓어질수록 지하의 석회 동굴은 확대되어가는데 이는 지표의 대기 기류와 물이 동굴내에 유입되면서 석회암 중에서 형성된 동굴내의 CO₂ 는 외기와의 교환 접촉으로 급격하게 낮아지게 된다. 대체로 외부대기의 CO₂ 는 약 350ppm인데, 토양층 중에서는 약 1000ppm인데 비하여 외기와 접촉한 이후의 동굴내의 CO₂ 의 농도는 약 700ppm 정도로 측정되고 있다. 다만 동굴 관찰객이 많은 경우에는 한 때 그 농도가 높아지기도 한다. 이 때문에 CO₂ 의 농도가 낮아진 공동에서는 천정에서 떨어지는 물방울의 탄산칼슘분이 고드름같이 매달려서 스트로 곡석같은 지형지물이 생성되는데 이것이 점차 활발해지면서 종유석, 석순 등의 2차생성물들을 성장시킨다.

즉 침투수의 수질량과 동굴내부의 환경에 따라 동굴중에서는 탄산칼슘, 마그네사이트 등이 결

정된 다양한 생성물들이 성장하게 되는 것이다.

또한 석회암 지역을 흘러내린 물이 석회암층에서 오랜동안 체류하게 되면 많은 양의 탄산수소 칼슘을 용조시키고 있기 때문에 이들의 지하수 흐름이 석회암의 암반을 세척하면서 흘러내릴 때 지하수류의 상태에 따라 지하수 바닥의 하상을 연마하거나 용해시키는 상태가 달라지게 되며 이와같은 환경상태가 스카랴, 그밖에 림푸울, 림스톤 등을 이루게 하여 이른바 석회화단구 지형 등을 성장시키기도 한다.

오래동안 석회석동굴의 활발한 성장기에는 동굴 공간의 확장은 물론 각종의 2차생성물들이 그 당시의 환경에 따라 성장시키게 되므로 화려한 지하 궁전도 이때에 형성되는 것이다.

3. 석회동굴의 붕괴기와 환경

오래동안의 동굴의 성장기 속에서 동굴속의 2차생성물들은 계속 자라게 되는데 그 생성물들의 성장이 지나치게 편협적으로 성장했을 때 그리고 지표면의 대기 및 수문 환경 또는 동굴의 규모가 확대되었을때에는 지층구조 환경에 따라 낙반의 현상도 일어나게 되기도 한다. 즉 2차생성물의 성장은 마감되는 것이다. 물론 지진같은 진동 또는 자연의 중력에 따라 동굴은 쇠퇴하게 된다.

더구나 지표면의 우발라 폴리에 지형들이 점차 확대되게 되면 이른바 함몰돌리네 현상이 일어나기도 한다. 이렇게 되는 경우 동굴 천정이 붕락되는 경우가 있다. 뿐만아니라 크게 붕락된 돌리네,우발타 지형의 바닥에 다시 지하수류가 나타나는 경우도 있는데 이 모두가 지표면의 지질구조 환경지형의 발달환경 그리고 동굴 내부의 지형 지물들의 형태 등의 상태가 크게 관계된다.

IV. 결론

환경은 자연환경이든 인문사회환경이든 간에 그 지역의 경관, 현상을 달리 나타나게 한다 뿐만 아니라 환경이란 항상 고정된 것이 아니기 때문에 시기에 따라 장소에 따라 계속 변화를 거듭하고 있을 것이다. 동굴도 지표지역의 대기상태 지표면의 지질 및 지형 상태 등의 환경에 의하여 형성되기도하고 그 규모도 성장도 좌우되는 것이다.

참고문헌

- 홍시환, 1987, 한국의 자연동굴, 금화사.
- 홍시환, 1990, 한국동굴대관, 삼주출판사.
- 하마다세이끼치, 1956, 아끼요시다이카르스트, 가와히데서방.
- 시키 마사히데, 1984, 석회암과 지형, 고금서원.
- 동굴단연구료, 1971, 동굴의 지학, 지학단체연구회.
- 고오노미찌히로, 1980, 석회동굴의 과학, 고오노티임 기념집.