

# 석회동굴의 형성과정연구

권 동 회\*

## 논문요약

석회동굴은 석회암지역에서 형성된다. 이들 석회동굴은 석회암의 화학성분이 용해되어 지하에 스며들어 석회동굴을 형성한다. 석회암지대의 지표면에는 돌리네, 우발라와 같은 각종 지형이 나타나는데 이들을 카르스트지형이라 부르고 이들이 계속 변질 환산되어 가는 과정을 카르스트유희라고 한다.

카르스트유희과정에서 지표수가 지하에 스며들어 지하수통로인 지하수동 즉 석회동굴이 형성되는데 이 지하수 통로가 바로 동굴인 것이다. 이렇게 형성된 동굴의 천정에는 계속적으로 땅속으로 지표면에서 물방울이 스며들게 되는데 이들 석회암의 용해물방울이 땅속지하수동의 천정, 벽면에 침적되어 이른바 동굴의 2차 생성물이 형성되는 것이다.

## 1. 서론

본연구는 석회동굴이 배태되고 있는 석회암지역, 그리고 이 지대를 이루고 있는 석회암의 특성에 대한 연구이다.

석회동굴의 모체인 석회암층의 석회암, 그리고 석회암지층의 지표에서 나타나는 각종 카르스트지형의 발달과정과 원인 등을 연구한 것이다. 나아가서는 석회동굴의 분류형태에 대하여 서술하였고 이 동굴의 발생과 성장과정에 대하여도 언급하였다.

---

\* 동국대학교 지리교육과 교수

## II. 석회지대와 종유굴의 특성

### 1. 석회암의 특성

석회암의 지질시대에 관하여 말하자면 세계의 석회암의 대부분은 고생대의 것이고, 그것의 거의 대부분은 2첩기 석회암에 배태하고 있다고 할 수 있다. 그러므로 종유굴의 대부분은 고생대말기의 2첩기 석회암에 배태하고 있다고 할 수 있는 것이다. 그러나 후기 석탄기의 석회암이나 중생기의 쥐라기내지 백악기의 석회암에 종유굴이 생겨 있을 경우도 있으므로 그때마다 지질도를 참조하지 않으면 안된다. 게다가 대리석층에 동굴이 생기는 경우도 있어 이럴 경우에는 지질시대를 확정하기란 매우 어려워 진다.

석회암의 화학적성분을 비교해 보면 일반적으로 고생대의 석회암은 90% 이상이 탄산칼슘인데 대하여, 중생대의 석회암에는 불순물이 많이 포함되어 있고 탄산칼슘의 함유량이 매우 적어진다. 캐석장이 있는 석회암의 대부분은 2첩기의 것인 것도 그 증거일 것이다. 탄산칼슘의 함유량의 차이가 말하자면 불순물의 포함량의 차가 동굴의 발달이나 생성물의 발육에 어떤 결과를 가져 오는가를 조사해 보는 것도 흥미 있는 일이다.

### 2. 석회암 지대의 지형 특성

석회암이 많은 지역을 석회암지대라 부르고 있는데 석회암이기 때문에 다른 암상의 곳과는 다른 점이 몇가지 있다. 우수에 용해되기 쉽기 때문에 여기에는 종유굴이 생기든지 카르스트 지형이라고 불리우는 특이한 지표 형태를 나타내기도 하며 동시에 그 잔류물은 적색토를 만든다. 이러한 기반위에서 석회암에 특유한 식물군락이 생기기도 한다.

일반적으로 카르스트지형이 성립되는 조건으로서는

- (1) 지질이 석회암일 것
- (2) 석회암층이 침식 기준면보다 고위에 있을 것
- (3) 상당한 면적에 걸쳐 석회암이 노출되어 있을 것
- (4) 용식작용을 촉진시킬 수 있는 기후일 것 등을 들 수 있다.

우리나라에서도 카르스트지형의 연구가 크게 진행되고 있다. 그리고 석회암의 분포는 굴의 발달과 밀접한 관계가 있으므로 특유한 지형요소에 관하여 간단히 설명한다.

카렌은 석회암대지에서 지표로 돌출한 석회암이 용식을 계속하여 받아온 결과, 전치상 또는 묘석상을 나타나게 되었기 때문에 그렇게 불리 우나 라피에라고 한다. 카렌의 표면에는 폭2 - 10쯤의 평행하는 용식구가 조각되어 있다. 카렌은 괴상 석회암에 나타나고 보통은 각추상이지만 특히 결정질의 석회암의 경우는 원정형의 용식구가 적은 카렌이 발달한다. 한번 유수가 요지로 흐르기 시작하면 그곳은 더욱 용식작용을 받아 우물상의 라피에를 생기게 한다. 라피에는 틈바구니의 영향이나 석회암의 층리의 영향을 받아 그 연장 방향은 틈바구니나 층리의 방향과 일치하는 경우가 많다. 라피에가 발달한 석회암 대지를 카렌필드라고 부른다.

돌리네는 카르스트 지형을 특징짓는 미지형이고 석회암대지 위에 생긴 요지형이다. 그리고 때때로 돌리네의 밑이나 포노르로부터 수직굴 또는 경사굴인 종유굴로 통한다. 대체로 돌리네의 배열은 지질구조를 반영하고 있는 경우가 많다.

석회암대지의 침식이 진전하면 몇개의 돌리네가 합체하여 도랑모양의 요지형이나 분지를 이룩한다. 우발레와 폴리에라고 불리우는 지형이다. 폴리에에는 카르스트 성의 구조분지이고 침식지형이 어느정도 발달된 곳이 아니면 볼 수 없다. 우리나라 강원도의 곳곳에서도 커다란 석회암대지 몇곳에 한정되어 있다.

이와 같이 카르스트 지형의 형성에는 물의 작용이 크게 영향을 주고 있지만 지표류의 수계는 석회암대지 상에는 거의 없다고 할 정도로 볼 수 있으며 가령 있다 해도 곧 포노르에서 지하로 들어가 버린다. 그러나 현재의 산수계도를 참고하여 표류수의 집적범위를 어느정도 파악할 수가 있다. 카르스트 지역에서는 하천의 쟁탈포노르에 의한 잠입으로 지형개석의 중단이라는 현상을 흔히 볼 수가 있으므로 지형발달의 고찰에도 지사적으로 보는 것이 중요하다.

### 3. 석회동굴의 특성

현재 우리나라에는 종유굴만해도 약 1000개에 달할 것으로 개측되고 있다. 물

른 그것들은 사람이 들어갈 수 있는 굴을 대상으로 한 것이므로 새로운 동굴의 발견과 함께 그 수도 늘어날 것이다.

규모를 말하자면 일반적으로 커다란 종유굴은 석회암지대에 배태하고 있는 것이다.

그와 반대로 석회암 덩어리가 작으면 그 크기에 따르는 규모의 굴 밖에 생기지 않는다. 그러나 석회암층의 층리와 동굴의 뻗는 방향과의 관계에도 따른다. 즉 암체는 작지만 경사가 수직에 가깝고 또한 지하수면이 같을 경우에는 30m가 넘는 수직굴을 형성하는 경우도 있다. 석회암층이 수평에 가까운 작은 규모의 경우에는 수십 m의 평면굴 밖에 이루지 못하는 것이다.

우리나라에서 결정된 기준은 없으나 동굴은 그 규모에 따라 다음과 같이 구분된다. 즉 평면굴인 경우 총연장이 100m미만을 소(小), 100-1000m를 중(中), 1000m이상을 대(大)라고 한다. 이러한 크기에 관해서는 사람의 통행이 가능한 굴만을 대상으로 한 것은 두말할 것도 없다.

우리나라의 종유굴로 최대의 것은 강원도 초당굴이고 현재 알려진 바로는 총연장 6Km이다.

수직굴의 경우 세계에서 가장 깊은 것은 프랑스의 구르노블 가까이 벨자굴인데 굴 속에서 6박하고 1130m까지 하강한 기록이 있다. 이러한 수직굴은 굴뚝모양으로 1000m나 벌려 있을리는 없는 것이고 50-100m마다 크거나 작은 발붙일 수 있는 테라스나 때로는 평면굴의 발판이 있고 차례차례로 하강되어 있는 것이다. 일본에서도 동굴연구클럽이 쿠마이시동굴을 130m하강하면서 굴속에서 3박했다고 한다. 1978년 8월 우리나라 영월에서 전국대학 탐험대 팀에 의해 발견된 능암덕굴은 수직 181m의 동굴인데 30명의 탐험대가 2박하면서 조사하였다.

이와 같이 종유굴의 규모는 대소 여러가지가 있는데 석회암체 중에서의 분포를 볼 것 같으면 결코 한결 같지는 않다. 종유굴은 암체의 주변에 많다고 하는데 이것은 사실이다. 지형적으로도 암체의 주위에서 동굴이 발견되기 쉬운 이치도 있지만 그것만은 아닌 것 같다. 그리고 하나의 암체 속에서도 종유굴의 발달이 쉬운 부분과 그렇지 않은 부분을 볼 수가 있다.

종유굴의 분포가 편재하여 한 곳에 집중되어 있는 현상을 동굴지대라고 한다.

이러한 것은 대부분이 석회암지대에서 볼 수 있는 현상이다. 지금까지의 조사로서는 동굴지대의 위치는 단층이다. 절리의 발달이 집중되어 있는 장소에 해당하는 것으로 보여진다. 이점에 관해서는 물리 조사의 자료나 수계의 발달을 고려하면서 차후 검토를 더해야 한다.

그리고 종유굴의 명칭에 대하여 부연코자한다. 외국의 예로 보면 케이브와 케이브 시스템이란 말이 나온다. 전자는 사람이 통행할 수 있는 보통의 공동부를 말하는 것으로 상식적인 의미에서의 종유굴이란 것이다. 이에 대하여 후자는 사람의 통행이 곤란한 부분까지도 합쳐 서로 연결되어 있는 공동굴계통 전체를 말하는 것이다. 이 점에서 우리나라의 용어는 엄밀을 기하지 못하고 있는데 일련의 종유굴의 발달을 논할 때는 종유굴계라든지 동굴계라고 하는 것이 적합할 것이다. 몇개의 종유굴이 상호의 연관성이 없는 것끼리 여러개가 묶여서 분포하고 있을 경우는 종유굴 지대라고 하면 될 것이다. 이것은 지칭의 차이뿐만 아니라 동굴의 발달계통 문제와도 관련되는 것이므로 기술하는데 있어서 유의해야 할 일이다.

### Ⅲ. 석회동굴의 형성과정

종유굴은 석회암층과 관련이 있는 것으로 이 종유굴도 여러형태로 분류된다. 즉, 석회암층 자체가 수평인 종유굴에 있어서는 동굴의 통로가 수평이라는 것은 충분히 납득이 갈 것이다. 그리고 석회암층이 습곡되어 있다든지 급경사를 이루고 있는것 같은 곳에서조차 동굴의 통로는 수평인 것이다. 통로는 정확하게는 층리에 평행하는 것이 아니고 거의 수평한 면에 지배되고 있는 것이다.

이 증거에서 보면 현대의 많은 연구자들은 미국의 지질학자 W.B.데이비스와 같은 의견이다. 즉, 그는 거의 대부분의 종유굴은 지하수면 밑의 비교적 폭이 좁은 수평면속에 형성되었다라고 설명하고 있다.

우리들은 동굴의 통로가 지하수면 바로 밑에서 형성되었다는 이유를 다음의 두가지 요인에 의한 것으로 생각하고 있다.

- (1) 이 부분의 이산화탄소의 함유량은 비교적 높다.
- (2) 지하수면보다 상방의 하강하는 물과는 달리 지하수면하의 물은 탄산칼슘으로 충분히 포화할 때까지 오랫동안 석회암과 접촉해 있다.

토양대를 지나 온 아산화탄소를 지니물은, 급속히 하강하기 때문에 시간만 충분히 있으면 용해할 수 있는 석회암의 양에 대하여 극히 근소한 분량밖에 녹일 수 없는 것이다. 이 물이 지하수면하에 있어서 포화대중의 지하수 본체로 쏟아질 때, 거기에서 아직 사용치 못한 탄산이 포함되어 있다. 물 속에 있어서의 이산화탄소 과잉으로 인하여, 지하수면 위의 조그만 틈바구니에서는 이산화탄소의 함유량이 높고, 또한 한결같다. 이산화탄소는 그러한 틈바구니에 침투하여 물의 상층부 속으로 확산한다. 그리하여 지하수면에서부터 깊은 곳의 물보다는 훨씬 커다란 용해 능력을 포화대 상층부의 물에, 거의 일정한 용해 능력을 준다.

그러므로 주류의 통로는 지하수면 바로 밑의 근소한 수평 부분에 형성되기 쉬운 것이다. 주류 통로가 크게 됨에 따라 지하수면 밑의 거의 모든 물의 운동은 이 부분에서 일어난다. 용해하고 있는 탄산칼슘은 포화대 정면의 완만한 구배에 따라 때로는 수 마일까지도 골짜기 계류를 따라 유출구쪽으로 운반되는 것이다.

동굴의 개구는 언제나 동굴 형성 과정의 종말을 나타낸다. 동굴의 입이 열리므로서 환기가 행하여지므로 이산화탄소의 높은 기압은 지하수면보다 위의 동굴에 있어서 이미 유지될 수가 없는 것이다. 과잉된 이산화탄소가 방산되고 물은 급격히 방해석으로 포화 또는 과포화의 상태가 되어, 결국은 용해의 과정이 끝난다. 사실 이상의 변화는 언제나 역의 과정, 즉 종유석 그밖의 다른 특징적인 구성물을 형성하는 방해석 침적의 시작을 나타내는 것이다.

## IV. 결 론

요컨대 석회동굴은 석회암지대의 카르스트유희과정을 거치면서 지하에 스며든 지하수의 통로가 1차적인 형성으로 된다. 그리고 계속 지표면에서 스며든 지하투수 물방울들의 석회질 성분이 동굴 즉 지하수 통로 천정이나 벽면에 침적되어 이른바 2차생성물의 형성과정을 맞게 된다.

실상, 석회동굴은 지표지층에 석회암이 많이 존재하고 있고 또한 지표면에서의 용해수공급이 계속될 때 이 석회 동굴은 계속 성장 발전하는 동굴이 되는 것이고 동굴내의 생성물도 계속자라고 있기 때문에 석회동굴은 살아 있는 동굴이라 말한다.