한국동굴학회지, 2005, 67, 21~34

# 점말동굴 지역의 지형과 지질

김 주 환*

# A Geological and Geomorphological Study on Jeomal Cave

Joo Whan Kim*

**요약** : 점말동굴은 대부분이 퇴적기원인 석회암 동굴이다. 토양은 산악지역, 구릉지, 산록지 등에 다양한 종류의 토양이 분포한다. 동굴의 기본 골격은 주변을 통과하는 단층곡의 일부에 형성되었다. 동굴내의 소규모 수로는 절리의 방향이나 규모에 의해 유도된다. 동굴의 형태와 미지형은 그 지역의 지질구조 및 지하수의 유동과 밀접한 관련이 있다. 동굴내의 점토는 지표로부터 유입되었을 가능성이 크다. 동굴의 성인은 구조적으로 접근하는 것이 필요하다.

**주요어** : 석회암동굴, 토양, 단층곡, 절리, 지질구조, 지하수, 점토

**Abstract** : Jeomal Cave consists of limestone. Soil distribution is very different from mountain area to piedmont area. The Cave developed in a part of the fault valley. The joints controls the low level stream arders in the cave. In this area the geological structure is close relate to the underground water flow. It is certain that the distribution of the clay came from the surface.

key word : limestone, soil, fault valley, joint, geological structure, underground water, clay

## Ⅰ. 서 론

### 1. 지리적 위치

점말동굴은 행정구역상 충청북도 제천시 송학면 포전리 점말에 위치한다. 송학면은 북으로는 영월군 주천면, 동으로 단성면, 남으로 제천읍, 서쪽으로는 봉양면으로 둘러싸여 있는 곳이다. 이 동굴은 충청북도 제천군 송학면 포전리 점말에 있다. 해발 600m나 되는 곳에 있으나 점말 마을 앞으로 흐르는 물 줄기가 남쪽으로 휘어진 갈래를 따라 올라 가면 물줄기가 시작되는 곳에 20m 정도 높이의 바위 낭떠러지가 우뚝 솟아 있다. 이 바위 벽 밑에 굴이 뚫려 있고 산줄기가 병풍처럼 감싸고 있다. 이 굴은 용두산(龍頭山 873m)에서 흘러내린 산줄기의 석회암벽에 생겨난 석회암 동굴이다.

북위(N.L.) 37°13'40'', 동경(E.L.) 128°13'40''의 지점에 놓여 있고, 이 굴에서 동쪽을 바라보면 아래로 점말의 골짜기가 내려다 보이고 멀리 동남쪽으로 무등산(無騰山 614m)과 동으로 송학산(松鶴山연 819m)이 보인다. 지대로 보아 천연의 요새라고도 할 수 있을 정도로 아늑한 곳이다. 구지역 외각의 서북쪽에는 용두산(810m)이 있고 점말동굴은 그 산의 남서 산록에 발달되어 있다.(그림 1)

* 동국대학교 교수

그림 1. 점말 동굴 지역의 지형도

## 2. 지형 및 지질 개관

### 1) 지형의 형성과 작용

지형형성 작용은 지표에 기복의 변동을 가져와 지형을 형성해 나가는 원동력을 말한다.

이러한 작용은 내적인 작용과 외적인 작용으로 구분할 수가 있다. 내적인 작용에 의하여 형성된 지형을 구조지형, 외적인 작용에 의하여 형성된 지형을 기후지형이라고 한다.

내적인 작용은 지각변동을 일으키는 지구 내부의 힘을 말하며 지형 변화의 근본적인 요인이다. 이러한 작용은 융기와 침강·단층과 습곡·화산활동 등을 일으켜 지표면에 기복을 만듦으로서 대륙, 해양, 산맥 등의 대지형을 형성하여 지표면의 1차적 모습을 만든다. 수직적인 힘에 의한 조륙운동으로 융기 또는 침강이 일어나며, 수평적인 횡압력의 작용으로 조산운동이 일어나면서 습곡과 단층이 발달한다.

외적인 작용은 풍화작용과 하천, 바람, 빙하, 해수 및 지하수에 의한 침식·운반·퇴적작용을 일으키는 요인이다. 이러한 외적 작용은 지구 외부

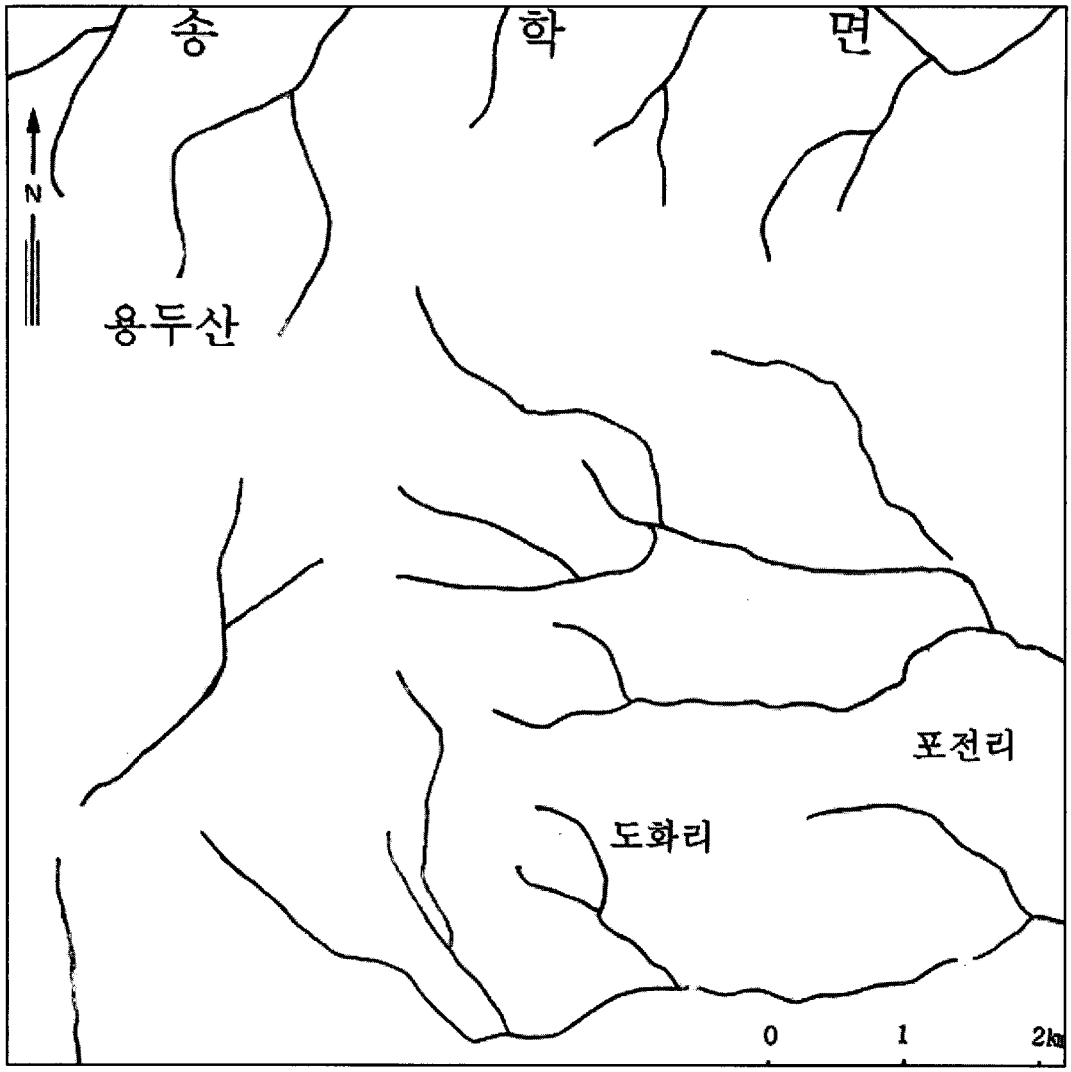



그림 2. 점말동굴 지역의 하계망도

에너지인 태양 에너지에 의하여 나타나는 것으로 다양한 소지형을 형성하며, 구조선·암상 및 기후 환경에 따라 다르게 진행된다. 지반의 융기 속도가 빠르면 하방침식이 활발하여 좁고 깊은 하곡과 기복이 심한 산지지형이 발달하나, 반대로 융기 속도가 느리면 하방침식은 완만해지고 측방침식이 활발하여 평탄한 지형이 형성된다. 기후 변화에 따라 암석의 풍화, 하천의 유량과 유속 및 빙하 등의 작용은 다르게 나타난다.

우리나라는 계절에 따른 강수량의 변동이 심하여 하천의 변화가 크다. 신생대 제4기에는 빙기와 간빙기가 반복되면서 해수면의 변동이 있었다. 최종빙기(뷔름빙기)에는 해수면이 현재보다 약 130m 정도 낮았으나 약 10,000년 전부터 빙기가 끝나고 후빙기에 들어서면서부터 기온의 상승으로 빙하가 녹아 침식기준면인 해수면이 현재 위치로 높아졌고 이에 따라 지형도 변화를 가져왔다. 최후 빙기가 끝난 후 현재까지 적도 부근에서는 약 2℃, 중위도 부근에서는 약 6℃, 고위도 부근에서는 약 10℃가 상승한 것으로 측

표 1. 연구지역의 하천에 관한 자료

| 차수 | 갯수 | 분기율 | 하천길이(km) | 지류의 평균길이(km) |
|---|---|---|---|---|
| 1차수 | 24 | | 16.6 | 0.69 |
| | | 3 | | |
| 2차수 | 9 | | 7.8 | 0.87 |
| | | 4.5 | | |
| 3차수 | 2 | | 2.55 | 1.28 |
| | | 2 | | |
| 4차수 | 1 | | 1.9 | 1.9 |

정된다. 대륙지형은 대기에 쌓여 있기 때문에 기후의 영향을 많이 받는다. 기후를 한랭기후, 습윤기후, 건조기후, 열대기후의 네 기후대로 나눌 경우 우리나라의 지형은 습윤기후에서 형성된 지형의 특징을 갖는다.

2) 지형개관

이 지역은 경위도상 동경 128°10'~128°15', 북위 37°10'~37°15'의 범위를 가지며 행정구역상 충청북도 제천시 송학면의 포전리에 있다.

포전리 일대에 발달하는 동굴지대는 용두산의 남동사면에 위치한다. 그런 까닭에 본 지역의 하천들은 북에서 발원하여 남류한다. 조선계누층군과 대동계의 지질을 갖고 있는 이 지역에 흐르는 하천들은 용식작용으로 이 지역의 전체적인 지형적 특징은 약 300~1000m 고도의 산지가 분포하고 지형도를 살펴보면 용두산이 있는 북동쪽이 1000m 정도 되는 산지를 보이고 있다.

용두산은 산정이 대체로 평탄하면서 주변 지역이 급경사를 이루며 능선의 발달이 매우 단순한 산채의 모양을 유지하고 있다.

포전리굴은 대체로 사골천으로 유입하는 지류변에 위치한다. 이 굴은 점말로 흐르는 세류(1차 수류)에서 시작하여 지장골에서 사골천으로 유입한다.

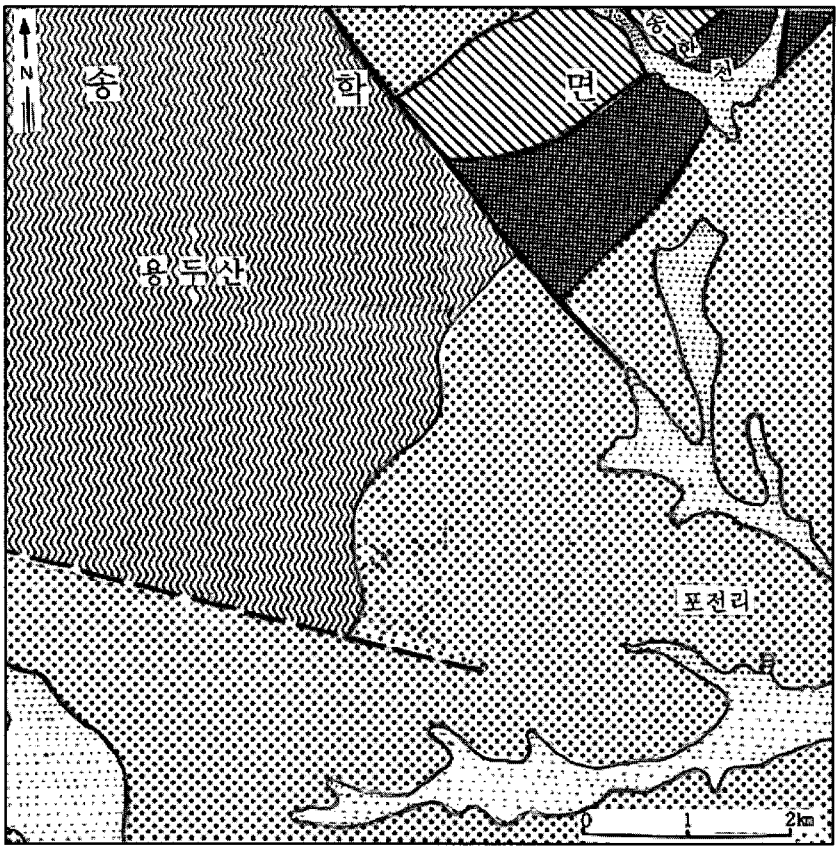
용두산은 해발 994.4m로서 단양군 단성면 남서부에 위치한 산으로 연구지역 중에서 가장 높은 봉우리를 이루고 있다. 용두산 중심으로 사면의 경사는 대체로 일정하나 동남향의 사면이 비교적 경사가 급하고, 상대적으로 북서향의 사면이 다소 완만한 편이다. 하천의 발달을 보면 용두산을 중심으로 각 방향으로 1차 및 2차 수류가 흘러 내려가고 있지만, 이들이 유입하는 3차 수류 및 그 이상의 고차 수류는 용두산의 등 쪽에 발달하면서 단양천이 되어 북류한다. 이 포전리굴은 용두산의 남동사면에 위치하고 있다.

본 연구 지역의 수계 분석을 하계망도를 작성하여 침식과의 관계를 알아보았다. [그림 연구지역의 하계망도 분석한 내용으로는 하천의 차수, 하천의 수, 하천의 분기율 등의 자료를 산출하였다. 본 연구 지역을 흐르는 가장 큰 하천은 송한천으로 4차 하천이다. 2개의 3차 하천과 9개의 2차 수류, 24개의 1차 수류를 갖고 있다.

그 분기율은 각각 2, 4.5, 3으로 나타나고 있어 일반적인 하천수의 법칙에 충실하다고 볼 수 있다. 그러나, 평균 분기율이 일반적인 경우보다는 다소 수치가 낮게 나타난다. 그 이유는 고차수의 개수가 타 하천보다 부족하며, 아울러 유역면적이 작기 때문이라고 할 수 있다. 그러므로 이 연구지역의 수계는 타 지역에 비하여 하천 발달에 유리한 조건이라고 보기는 다소 어렵다고 할 수 있다.

3) 지질개관

조사지역인 충청북도의 제천시 송학면 일대는 옥천지향사의 일부분을 이루는 지역으로, 대부분 지역이 선캄브리아기에 형성된 퇴적원변성




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | PEmpn | 백운모편마암 | | Jigr | 제천화성암 |
| | Qa | 충적층 | | Osa | 삼치산층 |
| | Os | 삼방산층 | | — | 단층 |
| --- | | 가상단층 | | | |

그림 3. 점말동굴 지역의 지질도

암류인 백운모편마암과 쥬라기에 형성된 대보화강암류인 제천화강암으로 구성된다.

백운모편마암은 조사지역의 북서쪽에 대부분 분포하며 다량의 백운모를 포함하고 있고 제천화강암은 남동-남서 지역에 분포하며, 백운모편마암 및 편암과 조선계 지층들과 관입접촉 관계를 보여준다. 북동쪽 송한리 부근에는 조선계의 삼방산층과 삼태산층이 나란히 대상으로 분포해 있다.

(1) 백운모 편마암

백운모 편마암류는 원암이 흑운모 편마암 보다 사인질 퇴적암들이 광역변성작용을 받은 후 미그마타이트화작용과 화강암화 작용에 의하여 형성된 것이라고도 할 수 있으나 본암의 분포 지역내에 수많은 석영맥들이 주입되어 있는 것으로 보아 백운모의 생장이 석영맥 주입에 의한 이차적인 변성작용에 의한 것으로 사료되기도 한다. 따라서 본 암류는 흑운모 대신 다량의 백운모를 함유하고 있는 것이 특징이다.

본 암류는 흑운모 편마암류에서와 동일한 요소들에 의하여 호상판마암, 미그마타이트질편마암, 화강암질 편마암등으로 구분되나 야외에서

그 각각을 지질도상에 표시하기 곤란하여 하나로 묶어 도시하였다. 본 편마암류중에는 호상편마암이 가장 우세하게 분포하고 있어 미그마타이트화작용과 화강암작용의 정도가 흑운모 편마암류에 비해 낮은 것으로 사료된다.

호상편마암은 가장 많은 분포를 하고 있으며, 호상구조를 이루는 paleosome은 주로 백운모로 되어 있어 우백질인 metatic한 부분과 선명한 호상무늬를 이루지 못한다.

흑운모 호상편마암과는 구조와 조직에 있어서는 거의 유사하나 광물조성에 있어서 paleosome의 흑운모 대신 백운모편이 많이 함유되어 있는 것이 다르다. 백운모편의 주변은 흔히 실리머니아트로 교대되어 침상의 실리머나이트의 집합체들이 백운모편 사이에서 대상으로 발달하기도 한다.

미그마타이트질편마암은 암체의 서북부 특히 반상변정 질편마암과의 명암리 부근의 흑운모 화강암질 편마암의 접촉부에 발달한다. 흑운모, 미그마타이트질 편마암에서와 같이 화성물질이 포상구조에 사교하여 주입되는 현상은 미약하나 반상변정질 편마암과의 접촉부에서는 화성물질이 엽리에 나란하게 주입되어 반상변정구조를 이루면서 호상구조를 파괴하기도 한다.

(2) 삼태산층

본층은 송한리 부근에서 N45°E, 50°NW의 주향과 경사를 가지며 대상으로 부포한다. 그의 동북쪽에서는 영월 도폭지역으로 계속 연속성을 가지나 서남쪽에서는 당골단층에 의하여 첨멸된다. 본 층은 그의 상부에 약간의 돌로마이트질 석회암을 협재하기도 하나 대부분이 회색 석회암이다. 본층은 그의 동남측에서 제천 흑운모화강암에 의하여 관입되어 그의 층후를 알 수 없으나 120m 이상에 달하는 것으로 사료된다.

(3) 삼방산층

본층은 송한리부근에서 상기한 삼태산층과 나란하게 대상분포를 이루며 영월 도폭지역으로 계속 발달한다.

서북측에서는 제천 화강암류가 성층면에 나란하게 관입되었다. 따라서 그의 층후는 200m이상이라는 것만을 알 수 있을 뿐 모든 층후에 대해선 미지이다.

본층은 녹회색 내지 암회색 세일, 백색 내지 담갈색 규질사암과 곳에 따라 연속성이 없는 얇은 이질석회암으로 구성되어 있다.

삼태산층과 함께 제천 화강암류에 의하여 다른 조선계 지층들과 분리되어 분포하고 있으므로 그들의 상호연계에 대해선 알 수 없다.

(4) 제천 화성암류

백운모편마암 및 편암과 조선계 지층들과 관입접촉 관계를 보여주며, 조선계 지층과의 관입접촉면은 jagged contact를 이루어 복잡한 접촉면을 나타낸다. 본 암류는 흑운모 화강암과 섬록암으로 분류되는데 흑운모 화강암은 본 지역의 동남쪽과 제천 및 영월 도폭 지역으로 넓게 분포하는 저반의 일부이며, 풍화와 침식에 대한 저항력이 약해 본 암의 분포지역에 따라서 제천 분지를 형성하고 있다. 주성분 광물은 석영, 사장석, 정장석, 미사장석과 흑운모이다. 섬록암은 본 지역의 중남부에 암주상의 분포를 이룬다. 이것은 원래의 화강암질 마그마가 조선계의 석회암질을 동화하여 성분을 달리한 것으로 생각된다. 주성분 광물은 사장석, 각섬석과 흑운모이다.

## 3. 토양개관

점말 동굴 일대의 토양은 산악지역의 충적토, 회색토에서 시작하여 구릉지 및 산악지에는 암쇄토 및 적황색토, 퇴적토가 발달하였으며, 저구

표 2. 지형에 따른 토양의 종류와 특징

| 위치 | 지형 | 토양명 | 모재 | 토양배수 | 토지이용 |
|---|---|---|---|---|---|
| 송학면 포전리 점말 | 산악곡간지 | 충적토 및 회색토 | 사양토·양토 | 약간 양호·약간 불량 | 논 |
| | 구릉지 및 산악지 | 암쇄토 | 사양토·사토 | 양호 | 임야 |
| | 저구릉지 및 산록지 | 퇴적토 및 적황색토 | 양토·사토 | 양호 | 밭 일부 임야 |
| | | 암쇄토 | 사질·신성암 모질물 | 양호 | 임야 일부 황무지 |
| | | 회색토 및 충적토 | 사질식 양토 사질 양토 양토 양질 사토 | 불량 약간 양호 | 논 |

릉지 산록지에는 주로 암쇄토 및 퇴적토 혹은 회색토가 분포하고 있다.

1) 산악 곡간지에 분포된 토양

점말 지역의 북서쪽에 위치한 산악지는 주로 충적토이며 회색토가 일부 포함되어 있다. 토양배수가 약간 양호하거나 약간 불량한 자갈이 있는 사양질의 토양이다.

2) 구릉지 및 산악지에 분포하는 토양

산악지에서 구릉지로 이어지는 점말 일대의 토양은 주로 암쇄토이다. 토양의 배수가 매우 양호한 사양질 내지 식양질로 이루어 졌으며, 산성암의 구릉지나 산악지에 분포하는 특징이 있다.

3) 저구릉지 및 산록지에 분포된 토양

점말 동굴이 위치한 저구릉지는 인쇄토로 배수가 매우 양호한 식양질 내지 사양질이다. 이 일대 주변 저구릉지의 토양도 이와 비슷하나 돌 및 자갈이 있는 식양질 및 사양질이라는 점에 차이가 있으며, 이와는 다르게 충적에 의해 형성된 퇴적토 및 회색토양도 있다.

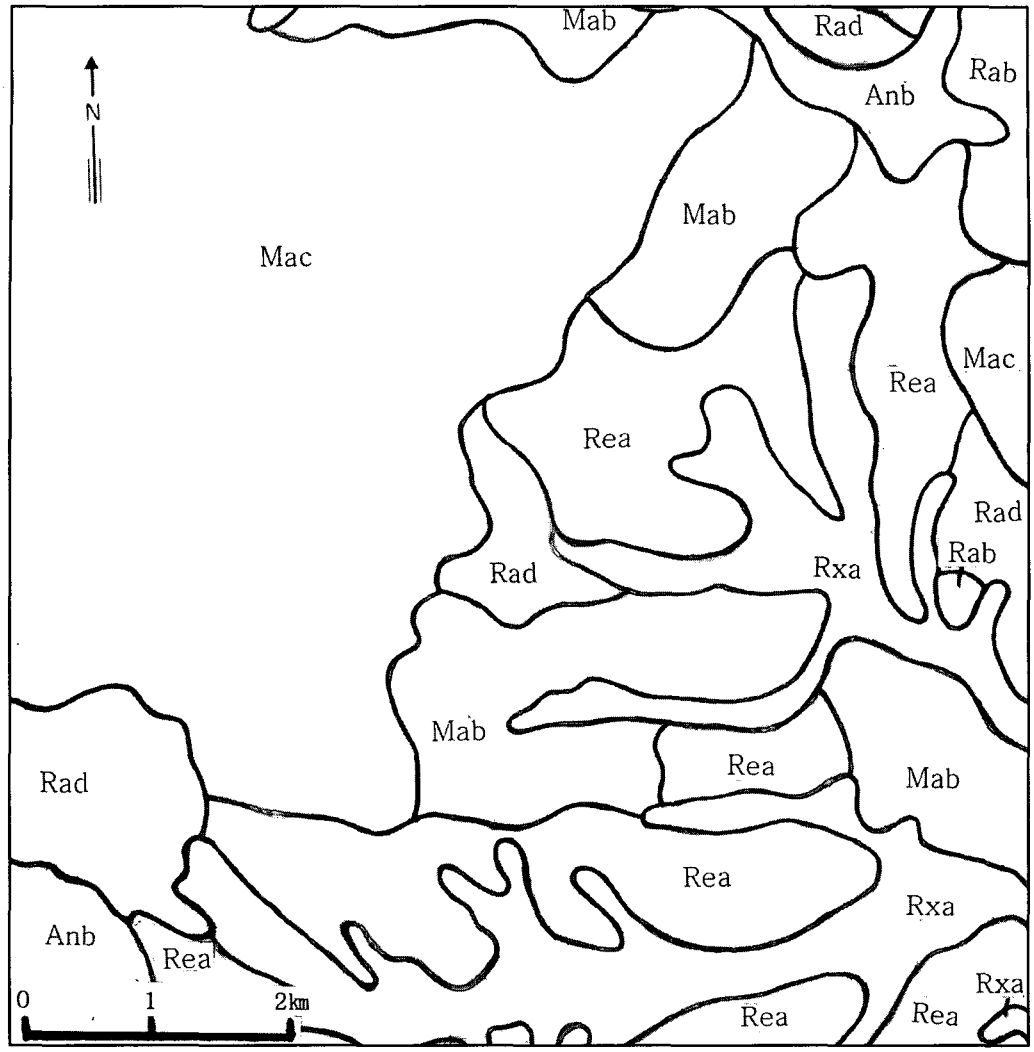
# Ⅱ. 동굴의 형성과 구조

## 1. 동굴의 형성

점말동굴은 그 규모와 형태가 복잡·다양할 뿐만 아니라 형성과정에 있어서는 용식, 붕락, 침식, 퇴적 및 침전작용과 같은 복합적인 과정을 통해 생성·발달되었다. 일반적으로 대부분의 큰 동굴지형은 주로 용식과 침식과정을 거쳐 형성되고 있으며, 석회동굴 내의 용식지형과 침식지형의 발달내용 및 그 구성비율에 따라 특정 동굴이 형성된다고 할 수 있다.

## 2. 동굴의 구조

점말동굴과 같은 석회동굴내에는 규모와 형태를 달리하는 특징적인 단위지형과 미지형 및 2차생성물이 적절하게 조합·배열됨으로서 복합적인 동굴지형계를 형성한다. 단위지형은 동로와 동방, 계류와 동굴 폭포, 동굴소, 동굴호 등이며 이들은 동굴의 형태를 지배하는 기본적인 요소들이다. 동굴지형을 다양하게 하는 또 다른 형태는 미지형으로서 단위 지형보다 규모는 작으나 장식적 특징을 보여주고 있다. 또한, 점말동




[주요 토양의 분포] Anb 충적토 및 회색토, 배수약간양호 내지 약간불량, 자갈이 있는 사양질, Rab 적황색토 및 암쇄토, 저구릉, 산성암, 배수양호, 식양질 내지 사양질, Rad 퇴적토 및 적황색토, 산록, 산성암, 배수양호, 돌 및 자갈이 있는 식양질 내지 돌 및 자갈이 있는 사양질, Rea 암쇄토, 저구릉, 산성암, 배수매우양호, 식양질 내지 사질, 침식, Rxa 회색토 및 충적토, 저구릉 곡간, 배수불량 내지 약간양호, 식양질 내지 식질, Mab 암쇄토, 구릉, 산성암, 배수매우양호, 사양질 내지 식양질, Mac 암쇄토, 산악, 산성암, 배수매우양호, 사양질 내지 식양질

그림 4. 점말동굴 지역의 토양도

굴내의 미지형은 석회동굴의 형성과정을 통하여 작용한 영력과 내용을 잘 반영하고 있다.

석회동굴의 종단면 형태는 동구와 막장을 연결하는 주굴 축의 구배 정도에 따라 수직굴, 경사굴, 수평굴로 대분할 수 있으나, 점말동굴은 경사가 다양한 복합굴의 형태를 이룬다.

동굴 형태를 구성하고 있는 기본 요소는 동굴 천장, 동벽의 횡단면 및 동상의 평면 형태이며 이들 요소에 의하여 단위 지형의 기하학적 특성이 변한다. 동굴 천장과 동벽 횡단면의 형태는 판상, 렌즈상, 고딕상, 아치상, 돔상으로 대분할 수 있으나 용식과 침전, 침식과 붕괴로 인하여

기본적인 형태는 변한다.

석회동굴의 형성은 일차적으로 동굴주변지역의 지형·지질과 수문학적 제 요인에 의하여 규제를 받는다. 즉, 석회동굴은 거시적으로 볼 때 탄산염암이 지하수에 의한 용식 또는 마식작용을 받아 형성된 지하공동지형으로 카르스트 지형의 특색을 보여주고 있다.

석회동굴의 형태와 미지형의 다양성은 단위지형의 특성에 지배되므로 동굴의 형성과정을 밝히는 연구 방법은 성인별로 단위 미지형의 특성을 분석하고 고찰하는데 있다. 즉,

① 대상동굴의 지형계를 구성하고 있는 단위지형의 형태나 규모를 기하학적인 관점에서 관찰 세분하고 ② 세분된 각 단위지형이나 형태로부터 그들의 형성과정을 지배하는 요소와 제작용을 분석하며, ③ 동굴 주변의 지형 지질과 수문학적 조건등을 감안하여 동굴 모암의 암상과 지질구조에 지배되는 제 요인을 규명하여야 한다.

따라서 점말동굴 조사에서는 미지형 및 형태를 분류체계에 맞추어 기하학적 및 형성과정에 따라 구분하여 분석 고찰하였다. 형태 및 미지형을 만들고 발달시키는 지형 및 지질학적 영력 중에서 지하수 영력은 석회동굴에서는 일반적이고 공통되는 것이므로 그에 대한 기술은 생략하기로 하고 지질구조와 관련된 동굴의 형태 및 미지형의 특성과 형성과정을 설명하였다.

카르스트 지대에 발달하는 석회동굴의 형태와 미지형은 그 지역의 지질구조 및 지하수의 유동과 밀접한 관계가 있다. 동굴의 형태를 지배하는 지질구조는 절리, 단층, 층리, 습곡 구조 등이며 표면에 생성되는 동굴 생성물의 규모와 분포 그리고 그 종류도 그와 밀접한 관계를 갖는다. 점말동굴은 주변의 습곡과 단층작용에 의해서 기본적인 골격이 형성되고 작은 규모의 절리들이 발달하면서 동굴내부의 수로를 유도하고 있다. 종유석, 석순, 석주들과 같은 2차 생성물들은 계속해서 형성과정이 진행 중에 있으며 그 특징들이 두드러지게 나타나지 않는다.

# Ⅲ 동굴 구조의 해석과 접근

## 1. 구조 해석

점말동굴과 같은 동굴의 생성을 지배하는 지질구조 중에서도 단층이나 절리와 같은 균열구조는 석회동굴의 발달 방향이나 공간적인 형태에 주도적인 영향을 준다.

절리 내에 지하수가 포화된 초기 단계에는 주요 절리를 따라 복잡한 그물 모양의 동굴망이 형성된다. 동굴의 모든 통로는 극히 느리게 흐르는 지하수에 의하여 생성된 것이기 때문에 크기가 비슷하다.

일반적으로 석회동굴의 형태는 동굴류의 수원과도 밀접한 관계가 있다. 동굴류가 외부 지표의 하천으로부터 물을 공급받는 경우에는 단일 동로의 석회동굴이 발달하는 것이 보통이다. 그러나 지표에서 침투하는 빗물이 동굴류를 발달시키는 경우에는 지굴이 많이 발달한다.

## 2. 구조적 접근

동굴의 구조는 접근방법여하에 따라서 달라진다. 종전에는 동굴내부의 2차 생성물을 중심으로 그 구조를 설명하는 쪽에 관심을 많이 기울였으나 최근에는 동굴 성인을 밝히기 위해서 구조지형학적 접근의 필요성이 강조되고 있다. 이러한 입장에서 점말동굴 형성의 구조적 접근은 의미가 있으리라고 생각한다. 따라서 동굴 형성의 구조 지형학적인 접근방법에서 가장 먼저 정리하여야 할 부분은 동굴 형성과 단층과의 관계이며 그 다음이 동굴 형성과 절리와의 관계이다.

점말동굴의 형태와 규모는 석회암의 종류와

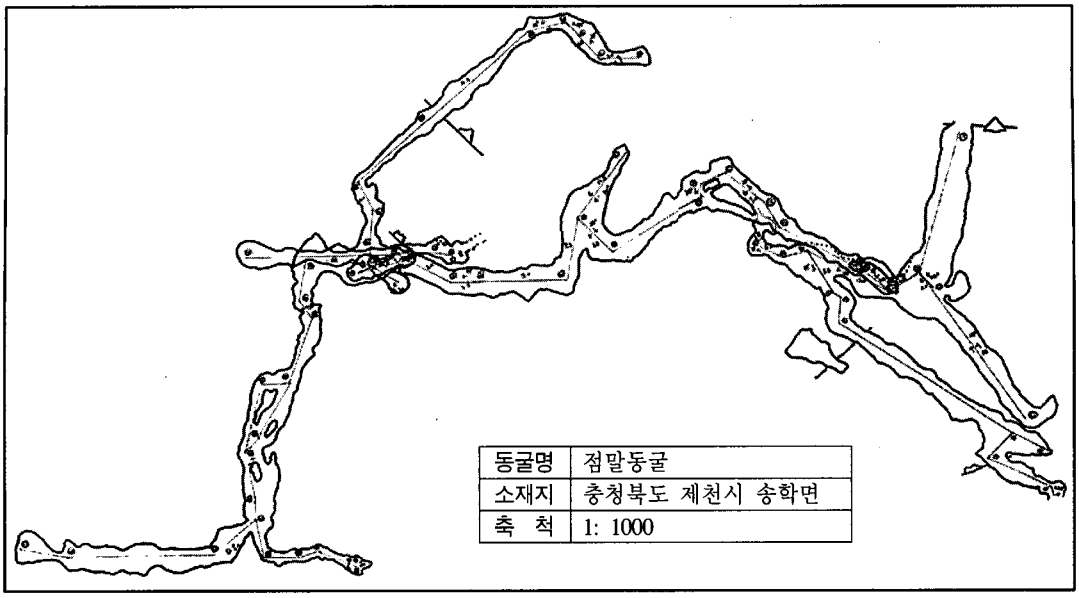



그림 5. 점말동굴의 전체 평면도

암체의 크기, 지질구조, 기후조건, 지표상의 토양층과 식생의 발달, 그리고 지하수 영력 등과 밀접한 관계가 있다.

특히 점말동굴의 형태를 지배하는 지질구조는 층리·단층·절리·습곡 등이며, 이러한 구조는 그 지역의 지하수 또는 동굴류의 속도 및 유량과도 밀접한 관계를 갖는다. 또한 이 동굴에서 동굴의 생성을 지배하는 지질구조 중에서도 단층이나 절리와 같은 균열구조는 동굴의 발달방향이나 공간적인 형태에 주도적인 영향을 미친다. 그뿐 아니라 이 석회동굴 내부에 발달하는 동굴 생성물의 분포 또한 이들 지질구조와 밀접한 관계를 갖는다.

점말동굴의 경우 절리 내에 지하수가 포화된 초기단계에서는 주요 절리를 따라 복잡한 그물모양의 동굴망이 형성된 것으로 생각된다.

또한 점말동굴의 형성에서는 단층의 영향을 무시할 수가 없다. 일반적으로 서로 어긋난 지층은 최대한의 안정성을 찾게 되고, 안정성을 찾아가는 과정에서 단층의 하단부에는 평행하지 않고 불규칙한 공간이 생긴다. 이렇게하여 만들어진 불규칙한 공간이 점말동굴의 기본 골격을 형성하였으며, 그 뒤에 2차적인 동굴 형성작용(용식 등)이 가미되어 2차 생성물이 만들어지고 동굴은 처음보다 복잡하고 미세한 지형으로 발달하였다. 지층의 절리나 crack, fissure 등은 이러한 현상을 가중시켜 동굴 내부를 복잡하게 하기도 한다.

점말동굴에는 단층구조 뿐만 아니라 절리의 영향도 무시할 수가 없다. 절리가 지형형성에 미치는 영향은 매우 다양하며 각종 지형형성에 직·간접적으로 작용한다. 예를 들면 절리는 기반암의 풍화나 각종 침식 영력에 작용할 뿐 아니라 동굴 형성에도 크게 관여한다. 기반암에서 절리의 밀도가 크면 그 부근이 투수성이 커진다. 그리고 그 부근에서 가장 큰 용식이 이루어진다. 이곳을 통과한 물은 절리면을 따라 지하로 스며들어 계속적인 용식작용을 가속화 할 것이다. 따라서 동굴 내부를 개발하고 유지 보수하는데는 이러한 구조적인 점검이 매우 필요하다고 본다. 점말동굴의 경우도 예외가 아니다. 즉 점말 동굴 주변이나 동굴내에 생긴 절리들이 교차되거나

집중되는 곳에서는 동굴의 형성이 쉽게 이루어지고 그 내부가 매우 복잡해진다.

절말굴에서 어떤 부분은 붕락에 의한 것으로 보여지며, 아치형은 부분적으로 용식을 받은 것으로 판단된다. 대체로 지굴들은 절리면을 따라 용식이 진행되는 경우가 많고 따라서 천장이 좁고 협소한 편이다.

이러한 현상은 동굴이 형성되는 초기단계에 다양한 방향으로 발달한 절리면, 단층면 또는 층리면을 따라 포화대 환경 아래서 지하수의 용식작용에 의해 통로를 확장해 나갔을 것이라고 생각된다. 점말동굴의 형성에서 구조현상의 의미는 매우 크다.

점말동굴의 성인을 본격적으로 구명하려면 단층이나 절리와 같은 구조적인 성격을 일차적으로 밝여야 한다. 또한 점말동굴의 공동지형은 용식공동을 충전하고 있는 지하수의 유출로 인해 생성되었다고 볼 수 있고, 이렇게 생성된 공동지형은 공동내에 새롭게 형성된 자유면 지하수의 완만한 용식작용과 동벽의 붕락작용으로 확대가 계속되면서 인접한 공동들이 서로 연결되어 복잡한 동굴지형계를 형성한다. 따라서 이러한 현상은 동굴이 형성되는 초기단계에 다양한 방향으로 발달한 절리면, 단층면 또는 층리면을 따라 포화대 환경 아래서 지하수의 용식작용에 의해 통로를 확장해 나갔을 것이라고 생각된다.

## Ⅳ. 결 론

1. 점말동굴은 용두산 줄기의 석회암벽에 생긴 석회암 동굴이다.

2. 조사지역은 옥천지향사의 일부이며, 대부분의 지역이 선캄브리아기에 형성된 퇴적기원의 암석들로 이루어졌다.

3. 점말동굴일대의 토양은 산악지역의 충적토, 회색토에서 시작하여 구릉지 및 산악지에는 암쇄토 및 적황색토, 퇴적토가 발달하였으며, 저구릉지 산록지에서는 주로 암쇄토 및 퇴적토 혹은 회색토가 분포하였다.

4. 점말동굴의 기본골격은 주변을 통과하는 단층곡의 일부에 형성된 것이다.

5. 동굴내에 부분적으로 나타나는 소규모의 수로는 절리에 의해서 그 방향이나 규모가 유도된 것이다.

6. 카르스트 지대에 발달하는 석회동굴의 형태와 미지형은 그 지역의 지질구조 및 지하수의 유동과 밀접한 관계가 있다.

7. 동굴내부의 점토는 지표로부터 스며들었을 가능성이 매우 크다.

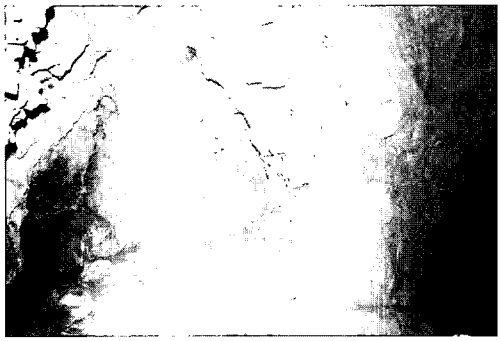
8. 동굴의 성인을 구조지형학이나 구조지질학적인 입장에서 접근한다면 동굴의 성인을 밝히는데 큰 도움이 될 것이고, 개발·유지·보수에서도 도움이 되리라고 생각한다. 그러나 구조적인 내용을 무시한다면 예상치 못한 위험이 발생할 수도 있을 것이다.

9. 점말동굴에서는 다른 동굴보다 특이한 점이 없으며 지형적인 입장에서 보존가치도 그리 크다고 볼 수는 없다. 그러나 옛날에 인간의 거주 흔적이 있다는 보고가 있어 주목할 만하다. 등급으로 따지면 상·중·하로 볼 때 중간정도의 중요성을 갖는 동굴이라고 하겠다.

〈사진1〉 점말동굴 입구

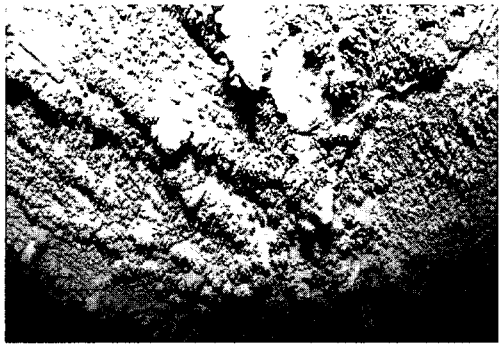
〈사진2〉 불규칙한 동굴내부

〈사진 3〉 일부 용식의 흔적이 있는 동굴벽



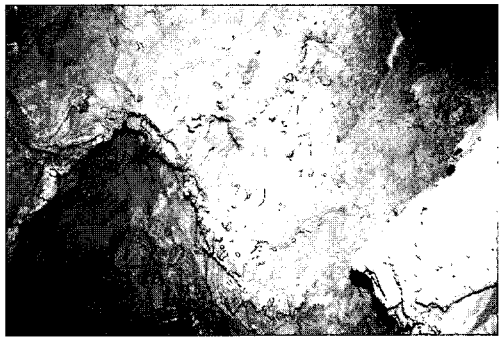
〈사진 4〉 절리면을 따라 발달한 용식흔적

〈사진 5〉 일부 용식의 흔적이 있는 동굴벽

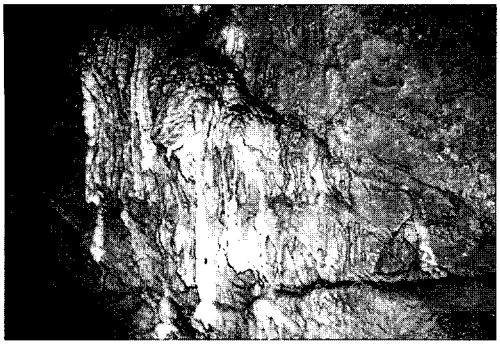


〈사진 6〉 동굴산호

〈사진 7〉 불규칙한 동굴 벽면



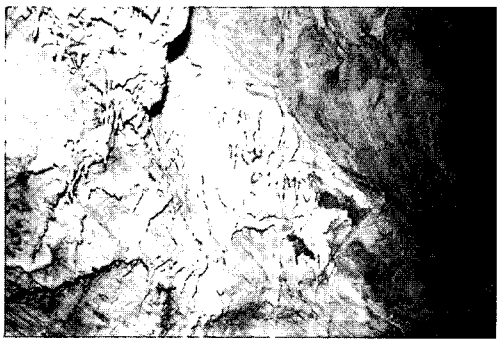
〈사진 8〉 절리면을 따라 붕괴된 천정



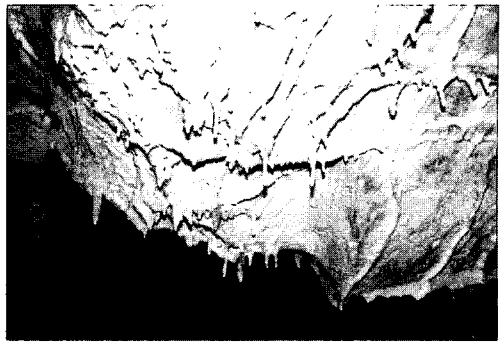
〈사진 9〉 베이컨 시트

〈사진 10〉 베이컨 시트

〈사진 11〉 파괴된 종유석 무리



〈사진 12〉 종유석

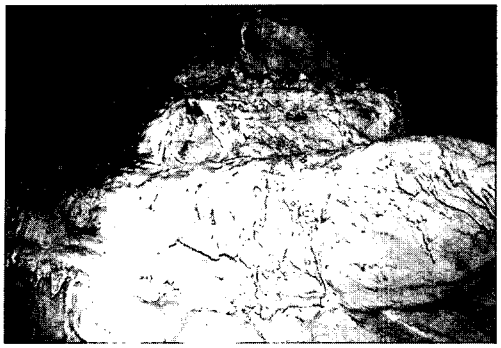


〈사진 13〉 종유석

〈사진 14〉 베이컨 시트

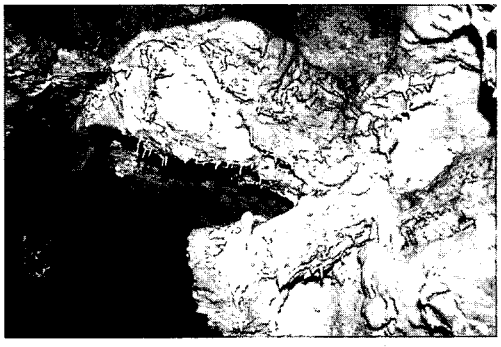
〈사진 15〉 동굴 천정

〈사진 16〉 절리면을 따라 발달하는 용식



〈사진 17〉 베이컨 시트

〈사진 18〉 절리를 따라 갈라지는 동굴 벽면



〈사진 19〉 종유석

## 文 獻

김주환, 2002, 地形學, 동국대학교 출판부

남궁준, 1979, 우리나라 동굴자원의 보존과 관리, 자연보존 28:26-30

단양군, 한국동굴학회, 2002, 비지정 천연동굴(양당리굴, 북상리굴) 학술조사 보고서

단양군, 1993, 온달동굴 개발타당성 및 개발계획 학술보고서.

삼척시, 2000, 초당굴 종합학술조사보고서, 202p.

홍시환 외, 1991, 협재동굴지대 학술조사보고서, 제주도.

홍현철·김병우, 1992, 옥동굴의 특성에 관한 연구, 한국동굴학회지, 29:21-38