

# 우로굴 생성물 미발달 특성에 관한 연구

오종우\* · 오승훈\*\* · 김원진\*\*\* · 오승우\*\*\*\* · 변태근\*\*\*\*\*

## A Study on Underdevelopment Characteristics of the Wooro Cave Speleothem in Korea

Oh, Jong-Woo\* · Oh, Sung-Hoon\*\* · Kim, Won-Jin\*\*\* · Oh, Sung-Woo\*\*\*\* · Byun, Tae-Gun\*\*\*\*\*

**Abstract:** The Wooro cave speleothem displays comparatively very less developed characteristics due to its unactive fluviation, less soluble carbonate rocks, and disconnected short voids. The Wooro cave consists of stalactite, stalagmite, flowstone, rimstone, and moonmilk, however, it is not exhibit soda straw, cave pearl, pisolites, curtain, drapery, cave flower, anthodite, cave coral, helictite, heligmite, boxwork, pendent and, cemented shield. The main cause of the underdevelopment speleothem of the Wooro cave probably less penetrated waters or less calcite composition of the carbonate rocks.

### I. 서론

동굴은 인류가 최초로 지구상에서 생활하면서 가장 요긴하게 사용하였던 거주공간의 하나이다. 이러한 고대 인류의 동굴생활을 통한 거주공간 그 자체를 혈거(穴居)생활이라고 하며, 유사이전의 기록들이 그림 형태로 남겨져 그 시대의 생활상과 제반 환경을 규명할 수 있는 중요한 자료를 제공하고 있다. 이렇게 동굴의 이용은 인류뿐만 아니라 동물들의 안식공간이기도 하며, 근대에 이르러 동굴은 생산, 가공, 저장에서 군사, 교육, 휴식 등의 공간으로서 일반목적에서 특수목적으로 다양하게 사용되고 있다. 또한 동굴은 지하수의 작용으로 지하세계에 남겨 놓은 지하최고의 걸작품이라 할 수 있으리 만큼 그 형상과 조형은 빼어나기 때문에, 지구과학적인

학습의 장으로서 널리 이용되고 있을 뿐만 아니라 관광적인 차원에서도 중요한 역할을 한다.

이와 같이 동굴의 활용이 다양한 것은 동굴이 지하내부에 형성된 동공(洞空)이라는 단순한 공간개념 차원의 대상으로 인간들에게 인식되어지고 있지만, 동굴이 가지는 특수한 형태의 동굴내부의 지형을 가지고 있다는 것 그 자체가 더욱 신기한 대상으로 각인되어지고 있기 때문이다. 왜냐하면 그 속에는 고드름 같이 생긴 종류석이 있는가 하면 이것들이 아래로 떨어져서 자라난 석순이 있고 이들이 서로 만나서 기둥과 같은 석주가 생겨나거나 이들과 비슷한 형태의 천태만상이 공존하고 있는 곳이 바로 동굴인 것이다. 이러한 동굴의 내부에 형성된 자연현상의 형성 과정을 구명하여 보다 구체적인 현상을 이해할 수 있는 그 자체가 본 연구의 중요성으로 되어

\* 오종우(남서울대학교 교수)  
\*\* 오승훈(한중대학교 교수)  
\*\*\* 김원진(건국대학교 강사)  
\*\*\*\* 오승우(동아계전 대표)  
\*\*\*\*\* 변태근(한국동굴학회 부회장)

있다.

캐나다의 동굴학자인 Ford(1989)는 이러한 동굴의 형성과정에서 유발되는 자연적인 현상은 동굴내부에 형성되어 있는 동굴생성물질(Speleothem)인 종류성과 석준, 석주 등의 발달과정(Karst geomorphic process)이 일정한 규칙의 발달과정을 거치면서 형성되는 동굴수문학적(Speleo-hydrology)인 속성을 가지고 있다고 하였다. 동굴생성물은 주로 기반암으로부터 침식되는 용해물질에 의하여 다양한 생성물을 제공하거나 외부 하천의 유입에 따른 외래 산 퇴적물질 등이 상호 교차되어 집적되어있다.

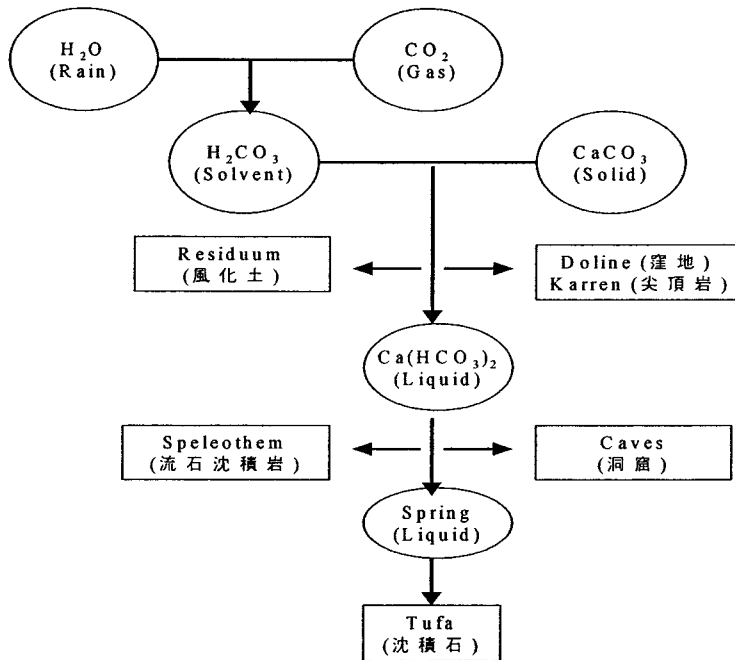
동굴내부에 퇴적된 동굴생성물질의 이화적인 특성을 분석하여 여타 동굴의 경우와 비교하여 우로굴 특유의 지질적이고 지형적인 성인과 수문학적인 영향에 의한 생성물의 발달기원과 발달과정을 통한 인자를 규명할 수 있는 기회를

제공하게 된다. 또한 이러한 생성물들은 동굴역사의 침식기록을 보충해주며, 절대적 연대표의 의미와 지역적인 환경변화의 지시자의 역할을 해 주기도 한다.

아래의 그림에서 카르스트의 발달과정은 4 단계로 분류되어 대기권과 토양권 그리고 암석권과 수역권 등으로 형성되는 일련의 과정은 다음과 같이 분류 설명될 수 있다.

**-1단계 기권(Atmosphere):** 빗방울(H<sub>2</sub>O) 이 대기 중에서 CO<sub>2</sub>의 혼합으로 산성비(H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)가 되어 석회암(CaCO<sub>3</sub>)에 떨어져서 최초의 용식작용이 시작된다.

**-2단계 토양권(Pedosphere):** 산성비와 석회암 성분이 합쳐 형성된 가용성 화합물(Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)은 植生腐植에 의한 토양(Humic acidic soils)에 의해 기반암의 용식이 촉진되어 지표에는 Karren과 석문(石門; Natural bridge), 와지



출처: 오종우, 1994

그림 1. Karst의 발달과정

(Dolines, Sinkholes) 지형을 형성시키고, 암석의 분순물은 지표에 남겨져서 결국 적색풍화토 (Residuam, Residual reddish soils)를 만든다.

**-3단계 암석권(Lithosphere):** 용식작용에 의해 지상에서 지하로 확대되어진 모암의 균열을 타고, 지하의 공간이 지하수의 유입과 유출에 의해 점차 확대되어 동공형의 Conduits; Voids; Shaft 이라는 동굴지형을 형성시키고, 동굴의 천정으로부터 나온  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  는 탄산염의 지속적인 분해 공급에 의해 동굴내에는 종유석, 석순, 유착석(Speleothem)등의 새로운 동굴지형(Speleoscope)을 조성하게 된다.

**-4단계 수권(Hydrosphere):** 동굴의 형성 작용을 거친 물은 동굴지하수로 잔여 Calcite를 함유한 채로 유출(Spring) 된다. 동굴을 떠난 잔여 방해석(Calcite)은 또다시 동굴입구나 하천유역에 침전시켜서 유착석 형태이거나 석회화 단구형의 집적지형(Tufa formation: Tufa dam, Tufa flowstone)을 최종적으로 형성하는 과정을 거치면서 카르스트 지형의 발달에 따른 순환의 과정을 마치게 된다.

## II. 동굴내 2차생성물(Speleothem)의

### 분포 및 특성

동굴생성물의 분류과정에서 볼 때 석회동굴 내에는 다양한 동굴생성물이 발견되며 각 생성물의 이름은 생성물의 성장형태에 따라 다르다. 동굴생성물의 분류는 생성물이 동굴내에서 존재하는 위치(천장, 벽, 바닥으로 구분)와 생성작용에 따라 다음과 같이 분류된다.

가) 천장으로부터 떨어지는 물에 의하여 형성되는 것(dripstone); 종유관(鐘乳管; soda straw), 종유석(鍾乳石; stalactite), 석순(石筍; stalagmite), 석주(石柱; column), 동굴진주(cave pearl 혹은

pisolites), 베이컨시트(bacon sheet 혹은 curtain).

나) 벽면 혹은 경사면을 흐르는 물에 의하여 형성되는 것; 유석(流石; flowstone).

다) 동굴바닥이나 편평한 경사면에 흐르는 물에 의하여 형성되는 것; 휴석(畦石; rimstone).

라) 모암이나 기저로부터 스며 나오는 물에 의해 형성되는 것; 곡석(曲石; helictite 혹은 heligmite), 동굴산호(cave coral 혹은 cave popcorn), 석화(石花; cave flower), 봉암(朋岩, shelfstone), 동굴방패(cave shield)

마) 동굴바닥의 정체된 물 속에서 형성되는 것; 동굴산호(cave coral 혹은 cave popcorn).

바) 동굴바닥의 정체된 물위에서 형성되는 것; 부유방해석(crystal raft or cave bubble).

사) 기타성인에 의한 것; 동굴판(cave sheet), 석화(石花; cave flower), 월유(月乳; moonmilk), 선반(旋盤; pendent: cemented shield).

이러한 조건들이 복합적으로 작용하면 몇 가지의 동굴생성물이 함께 생성되기도 한다. 우로굴의 생성물은 전체적으로 볼 때 군집형(Clustered)으로 한꺼번에 여러 형식의 생성물들이 묶여져 여러 군데 분포되어져 있는 것이 특징이다. 즉 동굴의 천장부분에 모암의 균열면이 많이 발달된 곳 중심으로 집중적인 용해물질이 흘러나와 2차생성물로 형성되어있다. 규모나 형상이 미세한 소규모 종유관 등의 노출된 것로부터 대형 종유석이나 석순 그리고 유석암(Flowstone) 등으로 벽면을 뒤덮은 밀집생성물지형으로 특징 지워지고 있다.

석회암의 많은 광물들은 화학적 침전물로서 동굴 안에 퇴적되는데 동굴생성물(Speleothem)들은 다양한 형태를 이루고 있다. 특히 우로굴 내에는 점토성분의 암석인 이암 등이 석회암과 혼재되어 넓게 분포되어 용해물이 이들 중심으로

형성되고 있으며, 이들 선을 따라 길게 커텐형이나 베이컨형으로 생성되어져 있다. 특히 몇 군데에 불과하지만 소규모의 종유석과 석순의 형상과 분포는 한국동굴의 생성물중 가장 하위급의 형성이라고 할 수 있다.

우로군 많은 광물들을 포함한 소규모 종류의 유석이 있는데 그 색깔은 순수한 방해석의 흰색과 투명한 색으로부터 시작된다. 또한 그것들은 단순 종류석이나 벽면으로 흘러내리는 유석침적암의 모양에 외부 지표의 산화된 적색토양이나 내부 혈암속에 형성된 점토성암의 풍화물질이나 석회암 자체의 불순물들의 코팅으로 동굴내부 형성물들의 표면 색깔은 다양한 형태를 보인다.

### 1. 동굴생성물의 발달과정

동굴생성물은 공기와 물 그리고 암석이라는 3원소의 조화에 의하여 형성되는 특수한 지질적인 현상이다. 이러한 동굴생성물의 발달과정에서 형성된 구성물질들은 다음과 같다.

(가) 鍾乳石(Stalactite): 동국여지승람의 기록에 의하면 종류석이 옛날에는 石鐘乳라 하여 진상품의 일종으로 취급되었을 정도로 종유석은 특이한 형상을 가지고 있다. 이는 동굴내부의 균열면을 따라 탄산칼슘이 침전수의 응집으로 주로 천정에서부터 형성된 고드름과 같은 형상으로서 짙 모양으로부터 큰 기둥 같은 것 등의 규모가 다양하다. 동굴환경에 따라 종유석 성장속도의 차이는 있지만 Moore(1962)에 의하면 대개 1년에 0.2 mm 정도로 매우 느리게 성장하는 것으로 알려져 있다.

방해석은 물방울이 천정으로부터 떨어지기 전에 형성되는데 벽을 따라 흘러서 유석(flowstone)이 되며, 천정에서 스며 나온 자리에서 형성된 것이 종유석을 이룬다. 대롱모양의 종유석을 가진 물방울은 원형모양으로 침전되는데

이는 직경 5mm 정도의 구멍 난 관을 형성한다. 침전물중 대부분을 이루고 있는 방해석은 매우 중요한 광물이며 그것은 물로부터 CO<sub>2</sub>의 확산에 의해 침전된다. 우로굴의 종유석 형성은 동굴의 내부 전체적인 형태에 비하여 매우 협소한 소규모의 형상만이 그것도 몇 군데에서만 소량으로 형성되고 있으므로 특이한 형상이나 모양 등을 갖추지 못하고 있는 것이 대부분이다. 그 규모는 최대 40cm 내외이며 대부분이 그 이하로서 매우 형상이 협소한 편이다.

(나) 종유관(Soda straw): 동굴의 천장에서 형성된 아주 가늘고 긴 형태의 생성물을 종유관이라고 한다. 종유관의 형성은 암석으로부터 형성된 용해물질이 방해석의 함량이 물의 비중보다 적을 때 형성된다. 본 우로굴에는 소량의 종류관이 군집형으로 동굴의 깊은 내부 천정에 그 형상이 미미하게 구성되어져 있다.

(다) 石筍(Stalagmite): 석순은 종류석의 반대현상으로서 천정에서 탄산칼슘이 응키고 난 이후, 殘存 칼슘함량의 물방울이 동굴바닥에 떨어져 위로 성장하는 형상으로서, 우로굴의 경우 석순은 소규모로 모두 30cm 이하로 적은 규모이나 사진 4-2의 경우(1m)는 바닥이 매우 넓으며 위로 갈수록 뾰족하여 그 형상이 막대형 석주와는 완전히 다른 형상이다. 이는 탄산칼슘을 함유한 침출수의 함량이 미량일 때 이러한 사례가 나타난다.

(라) 流石(Flowstone): 유석은 탄산칼슘을 함유한 물방울이 균열면으로 나와 벽면을 따라서 흘러 침적된 현상을 말한다. 우선적으로 2차적 삼투작용에 해당되는 단층면, 습곡면, 층리면, 균열면 등이 동굴내부에 형성된 상태에서 얼마나 많은 함량의 탄산칼슘이 유입되어 나오느냐에 따라서 유석의 형상이 단순할 수도 있고 반대로 매우 다양한 온갖 형상을 창출해낼 수도 있다.

그 종류로는 유석에서 연결된 형상으로서 커텐과 같은 'Drapery' 혹은 'Bacon' 형상 등이 있다. 그러나 우로굴에서는 벽면에는 소규모이고 바닥면에 다소 그 흔적이 환경사면에 나타나 있다. 우로굴 유석의 경우 침전물의 고화가 상당한 길이가 되어 홍수처럼 바깥으로 흘러가기 전에 원형의 결정을 퇴적시키며 내부적으로 차단되며 원추형의 형태를 이루고 있는 경우도 있다.

(마) 石花(Cave flower; Helectite): 석화는 동굴의 천정이나 벽 또는 바닥에서 형성된 각종 모양으로서 주로 꽃 모양이 많으며, 나선형의 형상도 벽 등지에서 그리고 水晶화된 삼각형상 등이 천정에 혹은 바닥에 출현되는 등 매우 다양하게 나타난다. 이는 주로 동굴이 탄산칼슘을 포함한 기체나 액체가 기권이나 수권의 유동 상태에서 형성된 것이다. 석화는 부드러운 표면에 형성되며 중력에 상관없이 성장이 계속된다. 다시 말해 그것들은 모세관으로부터 물의 분출에서 기인된 물의 압력의 결과라고 생각될 수 있다. 모난 석화는 그것의 격자모양 결정의 방향에 있어 뜻밖의 변화를 보인다. 곡선과 원주모양의 형태는 결정축의 방향이 점차로 변하는 것에 기인하며 아마도 격자모양을 변형시키고 썩기모양 형태의 원인은 불순물 때문일 것이다. 본 우로굴에서는 유감스럽게도 그 형상이 나타나지 않고 있다.

(바) 洞窟鑛珠(Cave Pearl): 동굴진주는 세 가지 종류로 구분된다. 개별형상의 구경이 2mm 이하 일 때 이를 卵石(Oolites)이라 하고, 2mm 이상 일 때를 漸岩(Pisolites)이라 하며, 동굴진주는 2mm 이상이며 대체로 8-15cm에 약 1kg인 경우의 규모로 분류된다. 형성과정은 박쥐의 배 같은 미량의 有機物 조각이나 모래와 같은 無機物 등(핵)이 주변에서 移入되는 탄산칼슘수가 조금씩 겹쳐져서 점차 커지는 단계에서 그 형상이나 규

모가 구성된다. 본 동굴에서는 그 형상이 바닥의 침적암으로 덮혀져 있으므로 매몰되거나 하여 흔적을 찾기가 쉽지 않은 편이다.

(사) 旋盤(Canopies): 선반은 동굴의 벽면에 선반 같은 형상으로 붙어있는 古堆積物의 잔형지형이다. 이는 굴하천에 의한 퇴적작용 이후 Vadose 활성화에 의한 下刻작용으로 동굴바닥(舊河床)의 일부가 벽면에 남겨진 지형으로서 동굴의 초기발달과정을 추정하는데 매우 중요한 자료를 제공한다. 우로굴에는 벽면에 돌출형 선반은 미미하나 벽면 주변이나 고하천 바닥면 등지에는 다수 그 형상이 남겨져 있다.

특히 동굴의 형성이후에 발생되었던 기후변동에 의한 수문환경과 하천작용에 의한 지형현상 그리고 동굴지형에 의한 동굴환경 등을 유추할 수 있는 종합적인 자료를 제공한다. 우로굴의 경우 퇴적물의 구성물질이 동굴외부에서 유입된 다른 종류의 암석 등으로 구성되어 있으며, 퇴적물 중에서 자갈(礫)의 圓形度(Roundness)가 아각력에서 아원력 등으로 하천수의 유입흔적이 확인되었다.

(아) 流石(Speleothem): 우로굴의 유석은 동굴 내부에서 탄산칼슘에 의한 집적현상으로서 다양한 형상을 가진다. 이것은 지하동공의 발달이 활성화될 때 보다 일단 동공이 확장된 후에 유석 침적암 지형이 다량 형성되며, 굴하천에 의한 하각작용이 재활동 과정 중에서도 또한 그 후에 형성된 것으로 볼 수 있다. 특히 그 발달은 동공이 沈水상태(Phreatic zone) 보다 移水상태(Vadose zone)에서 주로 형성되며, 다량의 침적이 동공내에 이루어지면 결과적으로 동공은 오히려 매립되어 축소되어 동굴확장의 역작용이 나타나기도 한다. 우로굴의 유석형상은 종류석과 석순의형상보다 다소 우세하지만 그리 다양한편은 아니다.

## 2. 쇄설성 퇴적물(Clastic Sediments)

우로굴의 쇄설성 침전물은 크기와 모양, 구조에 있어 다양하다. 이것은 동굴침전물이 각력질의 파편형태로 전체범위로 나타도 동굴의 내부적 분쇄에 기인한 것과 동굴의 형성당시 동굴의 부에서 하천의 유입시 자갈 등이 동굴내부로 이동되어 형성된 외부적 요인에 의해 기인되었다. 동굴은 활발하게 형성될 당시 외부의 하천작용에 의하여 침식 운반 퇴적과정에서 일어나고 있는 다양한 과정이 똑 같이 동굴내부의 하천에서도 일어나기 때문에 측방침식과 하각작용 퇴적작용이 그대로 남겨져 있으므로 이러한 쇄설물의 잔존물들이 동굴의 발달과정과 지사적인 형상을 규명하는데 귀중한 자료로 제공되어진다.

우로굴의 각력암은 점토층에서 거대한 기반암위에 혼합된 형태로 퇴적되어 있다. 쇄설물들은 침식과 홍수에 의한 대량이동(Mass movement)에 의한 기반암 쇄설물, 잔해물, 토양, 2차적인 강수와 동물의 잔해물을 서로 모여 습기를 포함한 내부적인 결속작용(Cementation)으로 굳어져 있다. 때때로 쇄설물(clastics)은 모난 각력암(debris)이 상당히 아래로 형성된 균열의 형태로 가까워지기 때문에 하부 토양용해에 의해 둘러싸여 있다.

우로굴의 선반형태는 그의 찾기 어렵지만 동굴의 하천작용에 의한 퇴적물의 흔적은 바닥면에 다수 남아 있으므로 동굴의 형성 당시 상당한 외부의 유입하천의 량이 과대하여 측방침식이나 사행천의 흔적이 뚜렷하게 남겨져 있다. 쇄설성 퇴적물(Clastic sediments)의 규모는 2-5cm이며, 그 위에 2차 생성물인 침적유착석이나 석순 등이 형성되어 있다. 암석의 구성물질로 볼 때 각력이나 아각력들이 대부분으로서 외부유입물보다 내부 집적형에 의한 매우 굵은 쇄설물로 구성되어 있다.

우로굴 입구 좌측 경사면에 형성된 석회암 풍화토(Residuum, Reddish soil, Residual soil)로서 동굴내부에 형성된 점토성 토양이 동굴의 벽면, 종류석과 석순, 유석, 휴석 등에 상당량 코팅되어 동굴의 생성물이 채색되어 있다. 그 원인중의 하나로서 동굴상부 지표면에 형성된 풍화토로 암석의 균열면이나 절리면 등으로 침출수와 함께 스며들어 동굴내에 축적된 것이라 볼 수 있으며, 동굴의 벽면이나 바닥에 10-20cm 두께의 점토층이 피복되어 있으므로 내부 이동에 막대한 지장을 초래하고 있다.

## 3. 동굴 퇴적물의 광물조성과 성분 (Mineral contents of the cave formation)

동굴내부에 형성된 2차생성물인 종유석, 석순에 대한 시료를 채취하여 광물조성을 확인하기 위하여 4개의 샘플을 정성적인 분석을 하였다. 석회동굴의 2차생성물(Speleothem) 샘플은 상단 동굴에서 한 표본 그리고 하단동굴에서 두 번째 표본을 선정하였으며, 그리고 석순은 하단동굴에서 형성된 샘플을 선정하여 상호 비교의 대상으로 삼았다. 이상의 샘플은 본 동굴의 성인상상단과 하단으로 형성된 암석간의 2차생성물의 차이를 파악하기 위하여 종유석과 석순의 광물조성 차이를 파악하기 위하여 비교분석 자료를 대상으로 하였다.

광물조성 분석 결과 구성광물의 양적인 차이가 있을 뿐 대부분 거의 동일한 구성광물의 분포를 나타내고 있다. 일반적인 구성광물은 방해석(Calcite), 돌로마이트(Dolomite), 석영(Quartz), 장석류(K장석: K-Feldspar, 사장석: Plagioclasc), 점토광물(Illite, Kaolinite)로 구성되어 있다. 공통적으로 돌로마이트(Dolomite), 석영(Quartz), 장석류(K장석: K-Feldspar, 사장석: Plagioclasc), 점토

광물(Illite, Kaolinite)의 함량이 매우 적었다. 결과적으로 우로굴 내부의 2차생성물의 광물조성 분석에 의한 비교분석의 결과는 상대적인 차이가 없는 것으로 나타났기 때문에 모암의 구성비가 비교적 동일한 성분으로 구성된 분포에 의한 영향으로 암시된다.

### III. 결론

우로굴은 浸水河成(Penetrated fluviation)작용에 의한 동굴로서 발달과정은 빠른 지하수의 확장작용에 의한 定形化된 동공의 형상인 프리에틱 동굴(Phreatic Caves) 보다 지하수면(Water table)의 상하작용으로 동굴의 河床(Channel bed)이나 벽면에 주로 침식흔적이 나타나는 현상인 베이도스 동굴(Vadose caves)에 가까운 동굴이다. 일반적인 형태로서 동공의 기저부가 밑으로 길게 열쇠고리 같이 하각작용에 의한 지형과 측방침식의 작용인 굴 하천의 蛇行(Meandering)에 의한 벽면의 양안이나 한 쪽 면만이 움푹 팬 형상 등이 있다.

우로굴의 경우 다단동굴<多段 洞空 (Multi-level passages)>의 발달과정이 2단 이상의 수직과 수평으로 연장된 지류를 가지는 지형상에 2차생성물이 발달되어있다. 동굴의 형성과정에서 지하수면의 昇降작용(Water table fluctuation)에 따른 현상과 석회암 층리의 硬岩과 軟巖간의 차별침식(Differential erosion) 결과로서 지하동공의 복잡한 支窟(Brench caves)의 발달과정을 유추할 수 있다. 하단동공의 형성과정은 巖床단구(Rock terrace)지형의 형성에서 나타나는 침식기준면의 하락이라는 인자와 밀접한 관련이 있다. 이러한 수평적인 다단계 동굴지형은 습곡작용을 받지 않은 미국 중부지방의 캔터키, 인디애나, 위스콘신주 등지에서 흔한 현상이다. 그러

나 습곡에 의한 한국의 동굴에 속하는 우로굴은 암석의 주향을 따라 동굴이 급사면적인 복잡한 형태를 이루고 있다.

결론적으로 우로굴의 미소한 2차 생성물의 발달 원인은 동굴내부로 유입되는 침출수의 량이 적거나, 기반암인 석회암이 가지는 방해석의 함량이 부족하여 형성된 원인일 수 있다고 볼 수 있다. 동굴생성물의 분류에 의한 우로굴의 동굴생성물 항목 중 종유석(Stalactite), 석순(Stalagmite), 유석(Flowstone), 휴석(Rimstone), 월유(moonmilk) 등의 형상은 존재하지만 종유관(Soda straw), 동굴진주(Cave pearl, Pisolites), 커튼(Curtain, drapery), 석화(Cave flower, anthodite), 동굴산호(Cave coral), 곡석(Helictite, Heligmite), 동굴방패, 부유방해석, 박스웁(boxwork), 선반(旋盤; pendent: cemented shield) 등의 형상은 나타나지 않은 동굴생성물이 매우 단순한 동굴이다.

본 연구는 국립환경연구원에서 지원한 2003년도 전국자연환경기초조사(전국자연동굴조사)에서 제작된 결과물임을 밝혀둠.

### 文 獻

서무송, 1969, 한국의 karst 지형, -삼척일대의 지형 발달을 중심으로-, 경희대학교 석사학위논문

서무송, 1977, 한국의 석회암 동굴산 Pisolite에 관한 연구, 지리학, 16

오종우, 1989, Wisconsin 남서부 Karst의 Loess 토양 및 퇴적토, 지역개발 논문집, 15, 29-43

Oh Jongwoo, 1990, Sinkhole Sediment Sequences in the Southwestern Wisconsin Karst, 1990년도 세계한민족과학기술자 종합학술대회 논문집 -지구과학분과, 한국과학기술단체총연합회, 199

오종우 외, 1991, Potential Sources of the Sinkhole Sediments in the Wisconsin Driftless Area,

지리학총, 19, 31-58

오종우, 1993, Karstic Sinkhole Sediments of Dolostone in the Upper Midwest's Driftless Area USA, 동굴, 35, 78-104

Oh, J., Day, M. and Gladfelter, B., 1993, Geomorphic Environmental Reconstruction of the Holocene Sinkhole Sediments in the Wisconsin Driftless Area, 1993년도 세계한민족과학기술자 종합학술대회 논문집 -지구과학분과, 한국과학기술단체총연합회, 390-397.

오종우, 1993, 지역개발에 수반되는 동굴지역의 지형조사, 동굴, 36, 32-36

오종우, 1993, 북한지역의 Karst 지형, In, 북한지역의 지형연구, 한국과학기술단체총연합회, 107p

오종우, 1994, Karst 지형과 동굴지형, 동굴, 38, 89-96

오종우, 1994, Soils and Landforms on the Loess Mantled Karst Uplands in Southwestern Wisconsin, USA, 동굴, 37, 103-113

오종우 외, 1994, 고수동굴의 환경보전 및 안전진단 학술조사 연구보고서, (주)유신, 169p

오종우, 1994, 고수동굴의 내부지형에 관한 특성과 형성과정에 관한 연구, 동굴, 39, 14-33

오종우, 1994, 지리정보체계(GIS)를 이용한 Karst 연구의 가능성, 동굴, 40, 13-29

오종우 외, 1994, 태백시 용연동굴 지대의 지리환경, 동굴, 37, 81-102

오종우, 1994, 카르스트(KARST)의 지표지형과 동굴지형, 동굴, 38, 89-96

홍시환, 1981, 제주도 만장동굴계 학술조사보고, 동굴, 6, 7

홍시환, 1996, 석회암과 석회동굴의 상관성 연구, 동굴, 48, 9-16

Cvijic, J., 1918, Hydrographie souterraine et evolution morphologique de karst, Rec. trav. Inst. Geog. Alpine, 6, 375-426

Ford, D., 1987, Effects of Glaciations and Permafrost upon the Development of Karst in Canada, Earth Surface Resources and Landforms, 12, 507-521

Ford, D. and Williams, P., 1989, Karst Geomorphology and Hydrology, Unwin and Hyman, 601p

Jennings, J., 1978, Karst Geomorphology, Blackwell, 293p

Moore, G., 1962, The Growth of Stalactite, Bull. Nat. Spel. Soc., 24, 95-106

Oh, J., Day, M. and Reeder, P., 1989, Dolostone Karst in Southwestern Wisconsin. The Wisconsin Geographer, 5, 29-40

Oh, Jongwoo, 1990, Alpine Karst in Korea, A Brown Bag Lecture in Geog. Dep. Univ. of Wisconsin-Milwaukee

Oh, Jongwoo, 1990, Alpine Karst in South Korea, Wisconsin Geographical Soc. Annual Meeting Abs., 6

Oh, J. and Day, M., 1991, Sediments of the Seneca Sinkhole in the Southwestern Wisconsin, The Wisconsin Geographer, 7, 25-39

Oh, Jongwoo, 1992, Sinkhole Sediments in the Wisconsin Driftless Area Karst, University of Wisconsin Ph. D. Dissertation, 201p

Oh, Jongwoo, 1994, Alpine Karst in East-central Korea, Journal of the Speleological Society of Korea, 41(Eng. ed. 1), 15-25

Oh, Jongwoo, 1995, Arctic and Subarctic Karst Landforms on North America, Journal of the Speleological Society of Korea, 43(Eng. ed. 2), 7-16.

Oh, Jongwoo, 1996, Karst Geomorphology in South Korea, Journal of the Speleological Society of Korea, 46(Eng. ed. 3), 11-42.

Oh, Jongwoo, 1996, Karrens and their Morphologies of the Alpine Karst in South Korea, In, KARREN LANDFORMS, Fornos, Joan J. and Gines, Angel(Ed.), Universitat de les Illes Galcers, Palma de Mallorca, 363-378.