

# 우리나라 자연동굴의 지리적 분포와 그 특성에 관한 연구

홍 시 환\*

## A Study on the Geographical Distribution and its Characteristics of Korean Natural Cave

Shi Hwan Hong\*

### I. 서론

최근 우리나라는 물론 세계 각국에서는 동굴의 관광적인 개발, 희귀한 동굴생물의 생태 관찰, 그리고 선사주거지로서의 유적에 관한 조사 등으로 지하동굴이 새로운 학술조사의 대상으로 등장하기 시작하였다.

더욱이 동굴은, 그 자연관찰과 조사의 실험장으로서만 아니라, 나아가서는 새로운 작전기지나 특수자원의 저장고로서의 이용 또는 양송이 같은 특수작물의 재배지로서도 중요성을 지니게 되었으므로 오늘날 세계 여러 나라에서는 지하동굴에 대한 다각적인 연구 분석에 전력을 기울이기 시작한 것이다.

여기에 필자는 우리 나라에 산재하고 있는 자연동굴 특히 석회동굴에 중점을 둔 자연동굴들의 일반적인 지질 및 지형학적 특성을 분석하고, 이들의 지리적 분포를 조사 파악하며, 그들을 유형별로 분류하면 우리 나라 자연동굴의 개황을 집대성하려고 시도하였다.

아울러 자연동굴 개개의 전반적인 특성을 파악함으로써 해당 동굴을 보전할 것인가 또는 개발할 것인가의 판단자료를 작성하는데 기여코자 연구하였다.

사실상 지금까지 발표된 동굴에 관한 논문은 그 전부가 어느 선정된 동굴에 대한 동작상과 환경요인에 국한된 것들뿐이었으며, 우리나라 전반적인 자연동굴의 통합적 분석에 주력한 논문이나 조사보고는 아직 발표되지 못하고 있는 실정이다. 다만 1970년에 한국동굴보존협회에서 조사 발표한 보고를 수록한 책으로 제주도의 용암동굴을 집성한 “한국의 동굴(1)”이 간행되었을 뿐이다.

그러나, 외국에 있어서는 수많은 학자들에 의하여 동굴의 여러 분야에 관한 책자가 출판되어 각종 동굴에 대한 조사보고와 연구논문이 발표되고 있을 뿐만 아니라, 동굴에 관한 연구기관들이 설립되어 있을 정도로 동굴은 새로운 종합 과학분야로 각광을 받고 있는 것이다.

본 연구조사는 남한 전 지역에 있는 자연동굴 중 가장 특성을 지니고 있는 것만을 대상으로 하였으며 사람이 출입할 수 있는 규모의 자연동굴에 국한시켰고 이들 자연동굴의 공통적인 특성과 개황을 파악하는데 중점 두었다.

그리고 그 동굴들의 성인을 종합하고 그 지질 및 지형의 특성을 분석 연명하였으며 성인별로 구분된 동굴들의 개성을 분석하였고 이들의 지리적 분석양상은 물론 개발과 보전문제까지도

\* 전 동굴학회장, 전 건국대 지리과 교수 겸 이과대학장

취급하였다.

그뿐만 아니라, 본 조사연구의 기본이 되는 자연동굴의 위치를 파악하기 위하여 전국 5만분의 1 지형도를 판독하고 지질도와 지형도의 대조판독으로 동굴의 성인, 규모를 예측하였고, 그 중의 대표적인 동굴 40개소를 선택하여 이들의 현지조사로 그 공통적인 특성을 종합하였다.

그 밖의 동굴에 대하여서는 행정관청으로 배포하여 집계된 현황자료보고에 의하여 판단분석하였으며, 그 밖의 문헌자료도 참고로 하였다.

한편, 동굴의 현지조사에는 한국동굴학회 학술조사단이 참여하여 협력했으며, 기재기구는 모두 건국대학 동굴탐험대의 소유장비를 이용하였다.

또한, 한국동굴보존협회의 조사보고서와 외국간행의 관계도서문헌을 참고로 하였음을 부기해둔다.

## II. 우리나라 동굴의 역사적 고찰

### 1. 동굴조사의 역사

그 옛날 동굴이 우리 선조들의 주거지로 되어 왔다는 사실은, 오늘날 충북 미원의 청석다리굴<sup>1)</sup>, 충북 단양의 고수굴<sup>2)</sup>, 충북 제천의 점말동굴<sup>3)</sup> 등지에서 이미 그 근거가 들어나고 있다.

사실상, 동굴에 대한 학술적인 조사연구는 극히 최근인 50년 이내의 일이며, 특히 석회동굴의 발달과 깊은 관계가 있는 Karst지형에 대한 연구의 시초는, 19세기 중엽, Cjecoslovakia의 Kavel Absolon 교수가 발표한 Moravia 반도의 Karst 지역연구이다.

그 이후, 이 Karst지형에 관한 연구는 계속되었는데, A.Penk, J. Cvijic, De. E. Martone등을 비롯하여 A.Grund의 Karst윤회설, J.Danes의 열대 Karst, C.Ratjens의 Karst지형에 대한 지사학적 설

명, 그밖에도 G.Lasserve, J.Cobel, R.Ratjens, H.Lehmann 등 많은 학자들이 Karst지형연구에의 공헌하였다.<sup>4)</sup>

특히 동굴에 관한 조사연구는 F.Folsom의 “Exploring American Caves”, H.Trimmel의 “Hohlenkunde”, Routledge의 “British Caving”과 “Manual of Caving Technigues”, Mohr의 “The Life of the Cave”, 그리고 산내호의 “동혈탐험”, 길정량삼의 “洞穴とはじめ”와 “洞穴から生物學へ”, Moore의 “Speleologe : The Study of Caves”등이 있어 좋은 동굴학에 관한 연구서적으로 출간되고 있다.

한편 우리나라에 있어서의 처음 연구는 지형과 지질분야에 있어 중촌 신태량, 소립정일, 길촌일량, 길천호옹 등 일인학자들이 있으나 본격적인 연구는 서무송, 정장호 등 우리나라 교수들이 연구발표로 비롯되었다.

우리나라에 있어서의 동굴에 대한 최초의 관심은, 1929년 평안북도 영변땅에서 동룡굴이 발견됨으로써 시작되었는데, 해방 후로는 1958년 3월, 경북사대 지리학과팀의 경북 울진땅의 성류굴에 대한 조사가 그 첫 번째가 되는 것이다.

그 후, 1960년부터 김영기 탐사대장 팀에 이어 배석규 조사대장, 최기철 단장 등이 이끄는 동굴에 대한 학술조사가 활발하게 진행되기 시작하였다. 이리하여 마침내 1965년에 이르러서부터는 한국동굴보존협회와 중앙일보사가 공동으로 배석규, 김기문대장 그리고 강영선, 김봉균, 최기철 교수팀을 주축으로 주요동굴에 대한 탐사에 착수하였으며, 이에 따라 제주도의 김녕굴, 울진의 성류굴, 익산의 천곤동굴, 삼척의 관음굴, 환선굴을 비롯한 대이리 동굴지대, 그밖에 영월의 고씨굴 등이 천연기념물로 지정되었다.

그리고 1970년대부터 한국동굴협회의 김봉균, 배석규, 강영선, 최기철 교수팀과 일본 상야교수

팀의 혼성으로 된 한일합동동굴조사가 실시되어 23개의 동굴조사와<sup>5)</sup> 편의 논문이 발표되었다.<sup>6)</sup> 또 1970년대부터 건국대학동굴조사단은 영월의 고씨굴 개발에 따르는 제반 학술조사에 참여하였고 1973년 7월에는 한국동굴학회가 창립되어 박노식, 홍시환, 서무송, 임문순 교수팀들이 동굴조사를 전국적으로 확대하기에 이르렀다.

그 중에서 주요한 것만을 든다면, 1973년 전남해일신문사 후원으로 조영제, 최병연 팀과 홍시환, 서무송, 임문순 교수팀이 전남 화순의 영제굴을 비롯한 10여개의 동굴을 답사했고, 1973년 10월에 홍시환, 원종관, 임문순 교수팀이 충남 미산굴과 충북 옥천굴 등을 답사했고, 또 이듬해 1974년 1월에는 박노식, 이배함, 홍시환, 김기웅, 강대현 교수팀이 충북 단양의 고수굴을 답사하고, 뒤이어 단양의 원절굴을 홍시환, 최계명 대장 팀이 답사했다.

아울러 특기할만한 것은, 같은 해 3월 홍시환, 황용근, 김유혁 교수팀에 의하여 충북 미원 청석다리굴에서 선사시대의 유적이 발견된 것이다. 또 1974년 6월에 홍시환, 최무장 교수팀에 의하여 답양 영천 땅에서 곰굴이 발견되었고, 1975년 1월에 홍시환, 서무송, 임문순 팀에 의하여 단양 영춘 남굴의 본격적인 개발조사가 실시된 것이다.

이 밖에도 같은 해 7월, 홍시환, 원종관 교수팀이 영월의 공기못굴의 첫 탐사에 성공하였다.

한편, 연세대 손보기 교수팀은 1974년 10월, 충북 제천땅의 점말 동굴에서 선사시대의 주거 유적을 발굴한 바 있다.

극히 최근인 1975년 11월에는 한국측의 홍시환, 서무송 교수팀과 일본측의 황전량개, 좌좌목청문 팀으로 편성된 한일합동조사대가 단양의 고수굴에 대하여 공동조사를 실시한 바 있는 것이다.

이와 같이 우리나라 동굴에 대한 학계의 관심은 급속히 고조되었고, 동굴의 개발의욕과 보전에 대한 사회적 여론도 나날이 비등하고 있는 실정이다.

## 2. 동굴과 유적

1974년 1월 필자가 인솔한 학술조사단이 단양군하의 고수리부락 뒤쪽 거리지점에 있는 고수동굴 입구에서 제단, 또는 성소로 보이는 장소가 시선을 끌게 되었다. 마침내 이것이 자연구혈을 이용한 선각화가 아니냐? 하는 의문을 갖게 되어 여기에 김기웅 교수와 서무송 교수 등, 두 교수의 학술적 쟁점이 대립되었던 사실이 있다. 더구나 입구에서 50m도 채 못 들어간 퇴적사면 지하 30cm 지점에서 수렵용 타제석기가 발견되었고, 또 동굴입구 외부주변 경지에서 농경용 타제석기도 발견되었던 것이다.

그리고 2년 후인 1975년 11월 하순 제 2차 학술조사에 있어 입구로부터 150m 내부로 들어간 동상에서 마제도끼를 발견하게 되어, 이 동굴의 선사주거지로서의 심층이 굳어지게 되었다.

그 동굴의 지리적 위치가 선사주거지로서 많이 이용되었던 한강 상류에 있으며 일광을 받아 들이는 데 편리한 남향 방향, 그리고 하곡지역에서 비고가 40m밖에 되지 않는, 낮은 구릉에 있다는 점 등으로도 가하 선사시대로부터 이 동굴이 우리 조상들에게 주거지로 이용되어 왔음이 확신케 된 것이다.

이와 같은 예는 우리나라 도처에서 찾아볼 수 있으며, 더구나 이들 동굴들은 전란이나 위급시에 피신하여 숨어있는 피난장소로도 사용되어 왔음은 누구나가 다 잘 아는 사실이 되고 있다.

사실상, 동굴을 주거지로서 이용한 것은 우리나라 보다는 유럽쪽이 본거지로 되어 왔으며 구석기 시대의 주거지의 유적들이 많이 나타나고 있다.

한편 인류의 먼 선조의 화석들이 대부분 Africa의 동굴 속에도 나타났는데 200만년전 생존하였다고 추측되는 Australopithosk Africanus의 뼈는 Vechuanalans의 Towngs에 가까운 채석장의 석회동굴 속에서 처음으로 발견되었다. 이는 완전한 인간이라고는 생각되지 않지만, 간단한 골기와 악기를 사용하고 있었다는 증거가 있다. 그 밖에도는 Australopithecus Robustus인의 화석이 Transverl의 Macapan 석회석 작업장에 가까운 동굴에서 발견되어 우리 인간과 동굴과의 깊은 유대를 말해주고 있다.

또한 우리들의 조상들은 이 동굴 속에 화려하고도 사실적인 생존의 기록을 남겨 놓고 있다.

즉, Cremanyon인의 유적이 남겨져 있는 영국 South Wales의 Papilans 동굴을 비롯하여, Europe 대륙에서만도 수많은 동굴벽화들이 남아 있다.7)

그들은 동굴속 암벽에 몇 천이나 되는 동물의 모습을 사실적으로 그려 놓고 있는 것이다.

요컨대 우리 나라에서는 전술한 담양의 고수동굴 이외에도 임진왜란 때 피난굴로 이용되었던 영월의 고씨굴, 울진의 성류굴, 정선의 화암굴 등에서 인골화석이며 토기들의 유편을 찾아보게 된다. 사실, 동굴은 예나 지금이나 우리 인간과는 가장 밀접하게 관련되고 있다. 심지어 최근에는 작전기지나 물자의 저장고, 수도장, 성소 등, 그리고 마침내는 버섯의 재배지로 그밖에도 각종 실험실습실로도 이용되고 있는 것이다.

### Ⅲ. 우리 나라 동굴의 성인과 형성과정

#### 1. 석회동굴의 일반적 성인

20세기 초기까지 석회동굴은 지하수면보다도 높은 위치, 즉 풍화대 중에서 지표로부터 투수된 지하수의 작용에 의하여 이루어지며, 용해작

용보다도 물의 기계적인 침식작용이 보다 주요한 역할을 하고 있다고 생각하였었다.

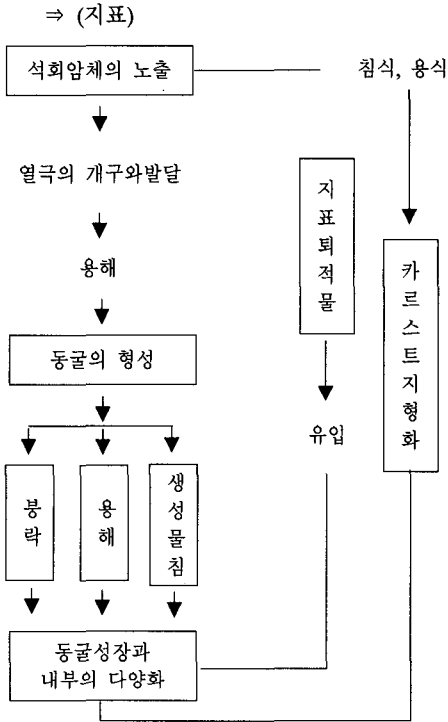
그러나, 지형윤회설의 제창자인 미국의 W.M.Davis는 ‘석회동굴의 성인’(1930)에서 이윤회설이라는 석회동굴 성인론을 제창했다. 즉 동굴의 대부분은 지하수면보다도 아래쪽에서 지하수에 의한 용해작용으로 생긴다고 하였다. 이것이 그의 일차윤회이다. 다음에 지하수면이 어떤 다른 이유로서 저하하면 지금까지 동굴 속에 있던 지하수는 아래쪽으로 빠지고 동굴 속에는 대신 공기가 채워지며, 동굴 내 수분은 지표에서 스며든 빗물만으로 된다. 이것이 그의 이차윤회로서 이 시기에 석회분의 침전이 이루어진다고 보았다.8) 사실, Davis가 이 학설을 발표하기 전인 1903년에 유럽인인 Grund가 같은 의견을 제시하였다고 하나 그 논문이 사람들의 눈에 띄지 못하여 애석하게도 Davis에게 명성을 빼앗기게 된 것이다.

한편 Bretz(1953)는 미국의 Ozarks의 석회동굴을 연구하여 다음과 같이 요약하고 있다.

- ① 동굴의 대부분은 지하수면 이하에서 생긴다.
- ② 그 형성되는 시기는 Ozark돔이 준평원화되는 것보다 이전인 장년기 시대이다.
- ③ 지형이 노년기로 되면 동굴은 형성되지 못한다.
- ④ 다음에는 그 지역이 융기하여 계곡이 생기며 동굴은 지하수면보다도 위쪽으로 나타난다.
- ⑤ 동굴은 우선 지하수면 이하부터 생기기 시작하나, 이것이 점차 넓혀지는 것은 대개 지하수면보다도 위쪽 부분이다.

동굴연구가의 일파에서는 동굴 중에서도 지표의 하천과 같은 작용을 하는 물의 흐름이 있다고 주장하는 사람들도 있다. Davis와 그 일파에서는 일반적으로 동굴 내에서 물의 흐름에 의한 기계적인 침식 작용을 부정하고 있으나, 동

[표 1] 중유굴의 일생



굴 내에 진흙이나 모래, 자갈 등이 있으며 소규모의 사행을 이루는 경우도 있어 이것을 전혀 인정하지 않는 것도 아니다.

동굴형성에 용해가 주역인지 기계적 침식이 주역인지는 각기 동굴마다 다를 것이다. 후자의 경우는 지표의 강물이 빨아들이는 구멍으로 많은 양의 물이 땅 속으로 흘러들어 갔을 때 생길 것이다. 우리 나라에서는 아직 이의 좋은 예가 없으나 미국의 문헌에 의하면 그 사례가 있다.

그것은 미국 Indiana주의 Lost River로서 그 이름이 말해 주는 것과 같이 이 강의 중부에서 8마일 사이나 강물이 빨아드리는 구멍으로 땅 속으로 들어가 사라졌다가 하류에서 다시 솟아나 강을 이루고 있는 것이다. 이 때 8마일에 걸친 땅속의 강은 거의 직선상으로 흐르고 있는데, 그 위의 지표에서는 22마일에 걸쳐 평상시에는 강물이 없는 사행을 한 하도가 있다.

지질상의 입장에서 보아 가장 흥미있는 것은 각각의 석회동굴이 생기게 된 시기이다. Lost River는 후기 제 3기 이후 경신세 초기부터 시작하여 오늘날까지도 아직 넓혀져 가고 있는 중이라는 사실이다. 이것은 Lost River가 용기된 침식평탄면에 그 자국이 새겨져 있는데, 이 침식면은 후기제3기에 형성된 것이라는 것을 알고 있기 때문이다.

Sweeting(1950)이 영국의 Ingeborough 지방에서 실시한 기초연구에 의하면 석회동굴은 높이 1,200~1,300피트, 900~1,000피트, 700~900피트의 셋으로 구분되며, 이 고도에 집중되어 있다고 한다. 이들 고도는 각기의 침식기준면으로서 지하수면의 위치에도 해당되며 또한 지표에는 이들 높이에 상당하는 평탄면이 분포하고 있다는 것을 뜻한다.

이들 동굴은 Wisconsin기의 빙하퇴적물이 있는 것으로 보아 동굴형성은 Wisconsin기 이후의 것이며, 그 중에서 가장 높은 1,300피트 급의 것은 아마 선신세에 형성되었으며 그 아래 것은 선신세 내지 Wisconsin기에 생겼을 것이라고 말하고 있다.

아팔라치아산맥에서는 원래의 지하수면을 나타내는 석회동굴의 밑바닥 높이와 하안단구의 높이가 서로 대비할 수 있다고 한다.

이와 같이 지하수면이 저하하면 이전의 지하수면 높이에 동굴을 남기고, 또한 새로운 지하수면에서는 새로운 동굴이 만들어진다는 것은 이상으로서 명확해졌다.

그렇다면 지하수면의 저하는 어떻게 하여 일어나는 것일까? 해수면의 저하인가, 지반의 용기인가? 어떻든 침식의 기준면이 저하되면 하천의 침식력이 왕성해져서 골짜기에 깊게 새겨지며 이것과 함께 지하수면도 저하하게 된다.

## 2. 우리 나라 자연동굴의 성인

### 1) 우리 나라 석회동굴의 성인

우리 나라에서 보는 대부분의 석회동굴은 상술한 바와 같이 북한지역인 평안남도, 황해도, 강원도북도, 그리고 남한 지역인 강원도 북부와 경상북도 북부, 그리고 충청북도 동부지역에만 분포하고 있다.

이들의 동굴은 크기나 길이에 있어서도 세계적인 면에서 볼 때 작다고는 할 수 없으며, 특히 북한의 동룡굴이나 남한 삼척의 초당굴, 울진의 성류굴, 영월의 고씨굴 등은 규모면에서 볼 때에 손색이 없다고 할 수 있다.

뿐만 아니라 그 규모가 작은 수많은 동굴들 가운데에는 그 특성면에서 가치있는 동굴도 적지 않다.

대체로 이들 동굴들의 형성된 성인을 볼 것 같으면, 어느 동굴이건 그 지질시대가 달리 나타나 있다고 하더라도, 그 성인과정과 내용은 대부분 유사한 것이다.

물론 동굴을 피복하고 있는 토층의 성인과 그 지역의 투수량, 석회암의 질들이 크게 작용한다고 하겠으며, 특히 그 지역의 지각운동에도 크게 관계되고 있는 것이다. 더우기 동굴의 길이와 크기는 이 지질구조와 직접관계가 있으며 대체로 우리 나라 동굴에는 Garoll 즉, 공동이라고 하는 공동이 크게 발달한 것이 많다.

유명한 것으로는 강원도 정선에 있는 화암굴은 광장의 직경이 100m가 넘고, 높이는 30m 이상이고 또 삼척에 있는 초당굴의 공동도 매우 넓다. 이들 공동의 형성에는 침식작용도 크게 기여하고 있으나 자체중량으로 인한 낙반에 의하여 보다 넓은 공동이 형성된 것이다.

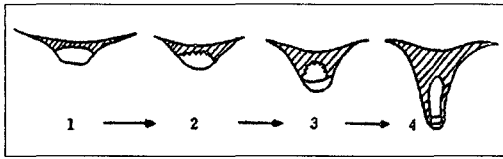
또한 우리 나라 동굴들 중에는 굴속 길이 1km가 넘는 영월의 고씨동굴도 있다. 그리고 보면 충분한 시간만 부여한다면 지하를 뚫른다는

점에 있어서, 자연의 힘은 어떠한 것이라도 해낼 수 있다는 것을 알 수가 있는 것이다.

인간은 tunnel을 뚫른다는가 갱도를 파 나갈 경우, 고성능 폭약의 힘을 빌리고, 고막을 찌는 듯한 기계의 굉음 속에서 가능한 한 빠른 속도로 작업을 진행시킨다. 그러나 자연은 전혀 정적인 가운데, 천천히 움직이는 약산성의 물 이외에는 별다른 도구도 사용하지 않고 종유굴을 뚫어 버리고 만다. 그런데 자연은 이 세상의 모든 시간을 가지고 있다고도 할 수 있다. 아마 큰 동굴은 거의 적어도 백만년의 세월을 경과했을 것이다. 자연은 인간과는 달리, 그 방법이 완전한 탓으로, 그와 같이 오랜 시간이 필요했을 것은 당연하다.

우리 나라의 석회암이나 조립의 결정질 석회암인 대리석은 방해석( $\text{CaCO}_3$ )으로 되어 있다. 오늘날 동굴을 배태하고 있는 석회암과 대리석은 해수로부터 탄산칼슘을 끌어내는 해루의 동·식물에 의하여 몇 백만년 이전에 바다 속에서 형성된 것이다. 이러한 유기체의 골격 조각으로 되어 있는 모래는, 미생물에 의하여 만들어진 미립자와 함께 압축되고, 압착되어 탄탄한 암석으로 된다. 그러므로 종류가 확실한 화석이 보통 몇 개의 층으로 나누어지게 되는데 최후로 산을 형성하는 자연의 힘이, 이러한 퇴적암을 바다에서 옮기시키고, 그리하여 지하수의 용해력 밑에 놓이게 되는 것이다.

우리나라의 동굴은 그 대부분이 Cambro-Ordovician System에 해당되는 조선계의 대석회암층에 속한다고 하겠으나 다른 시대의 여러 석회암층 속에도 형성되고 있다. 우리 나라 지질학자들은 오랫동안 다른 퇴적암과 마찬가지로 화석에 의하여 석회암층의 상대연대를 결정해 왔다. 지금은 암석의 절대연대를 수천년~수만년의 범위에서 계산할 수도 있게 되었다. 즉,



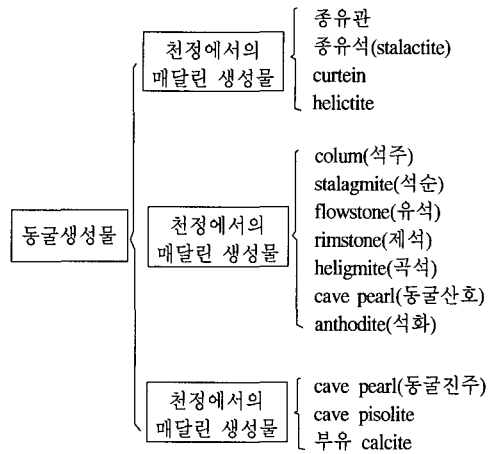
(그림 1) 종유관의 성장

uranium의 방사성 붕괴에 의하여 축적되어 온 납의 양에서 uranium광을 지닌 화석층의 시대를 산정하고 있는 것이다. 그리하여 uranium광은 지니고 있지 않지만 같은 화석이 포함되어 있는 암석은 동일연령이라고 추론하고 있다. 이 방법에 의하여, 예컨대 동룡굴, 고씨동굴을 형성하고 있는 석회암층은 약 4억 내지 5억년전, 황해도 신막의 지령굴은 Pre Cambrian의 원생대 상원계에 속하는 석회암층으로 약 6억 내지 7억년전으로 추산하고 있다. 우리나라 동굴은 물론 모든 동굴의 형성연령은 그것을 배태하고 있는 암석의 연대와는 거의 관계가 없다. 대부분의 동굴은 그것을 배태한 암석보다는 상당히 젊은 것이다. 사실, 수억년전에 퇴적된 암석 중에 배태하고 있는 우리나라의 주된 종유굴은 십만년보다도 훨씬 젊은 것들이다.<sup>9)</sup>

동굴이 생기는 과정에서 소멸되어 가는 석회암은 물 속에서 간단히 녹질 않는다. 실제 석회암은 순수 속에 있어서는 사람의 주요광물인 석영보다 거의 약간 녹기 쉬울 뿐이고, 또 화강암이든가 현무암처럼 용해굴을 만들지 않는 암석에 포함되는 많은 광물보다도 녹기 힘들다. 다지형동굴이 지각변동의 결과로 생긴 것처럼 용식동굴은 용해작용의 산물인 것이다.

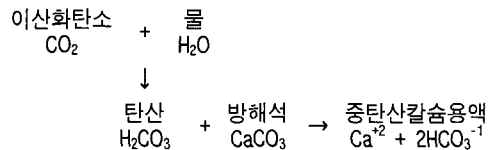
즉, 종유굴은 산이 방해석을 용해시킴으로써 형성되는 것이다. 지하수와 같이 매우 약한 산일지라도, 충분한 시간만 있다면, 동굴을 만들 수가 있는 것이다. 우리들이 연구실에서 약한 산을 넣은 글라스컵에 석회암이나 대리석 조각을 떨어뜨려, 산과 방해석과의 사이의 반응을

(표 2) 동굴의 생성물



보면 다음과 같다. 즉, 그 조각은 세차게 흔들리며, 움직이고, 발포한다. 그리고 강한 산이라면 이 방해석은 드디어는 소멸되고 만다.

석회암을 용해시키기 위하여 주로 작용하는 것은 탄산(H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)이다. 그것은 자연계의 광물이 부식하거나, 동물이 호흡하거나 할 때에 생기는 이산화탄소가 물과 결합하여 생긴 것이다. 탄산은 최대 농축시킨 것이라도 약산이다. 외기는 0.03%의 이산화탄소를 포함하고 있는데, 이것에서 만들어지는 탄산은 동굴형성에 효력을 나타내기에는 희박하다. 종유굴을 보다 더 용식하기 위하여 필요한 이산화탄소의 대부분은 토양에서 얻어지는 것인데, 거기서는 부식토의 분해가 다량의 이산화탄소를 만들어 내고 있는 것이다.



이산화탄소와 물과는 다음의 이중반응에 의하여 석회암을 녹인다. 이산화탄소는 물과 결합하여 탄산을 만들고, 다음 탄산은 방해석에 작용하여, 그것을 용해성 이온으로 분리시킨다. 석회암과 이산화탄소 10%를 포함한 공기에 접하

게 하는 물 1ft<sup>3</sup>는 반응이 끝날 때까지에 약 4분의 1온스의 석회석을 용해시킨다.

2) 우리 나라 용암동굴의 성인

우리 나라의 용암동굴은 주로 화산지역인 제주도에 분포한다.

이 화산지역에서는, 화산이 분출할 때에 유동성 있는 현무암 용암에 의하여 이른바, lava tunnel이 형성되는 것이다. 즉, 지하에 깊이 잠겨 있던 magma(암장)가 그 분출의 위력에 부수되어 화구에서 지표로 밀려나오는 용식된 것을 용암 또는 lava라 한다.

이 용암이 굳을 때에는 화구에서 넘쳐 흘러 산지사면을 따라 정상에서 산 밑으로 흘러 내리기 전에 냉각되어 이른바 용암류지대를 이루게 된다. 이와 반대로 굳지 않고 매우 부드러운 용암이 화구에서 산 밑으로 흘러내릴 때에는 이 용암은 멀리 산 밑까지 흘러 내려가 이른바 aspite 식 화산을 형성하게 되는 것이다. 우리나라 제주도의 한라산은 세계에서 모식적인 aspite 식 화산으로 알려져 있는 좋은 보기이다.

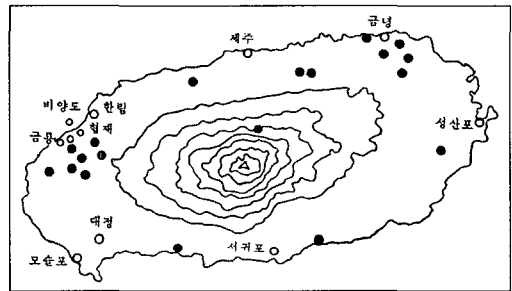
이와 같이 용암이 지표면에 흘러내릴 때, 그 용암 속에 용암구 즉, 도랑을 만들게 되는데 이것이 이른 바 lava tunnel이라고 부르게 된다.

대체로 magma의 지표분출 때의 온도는 900~1,200℃의 고열상태이나 이 표면은 외기에 접하자 점차 냉각되고 말지만, 내부에서는 외부와 같이 냉각하지 않고 계속 고열을 유지한 채로 계속 산 밑으로 산사면을 따라 흘러 내려가는 관계로 이 용암의 지층내부는 텅 비어버린 용암구가 형성되게 된다. 따라서 마치 사람의 양자내부와 같은 이른바 lava tunnel이 이루게 것이다.

이 화산활동은 대체로 유동성이 많은 용암일 수록 화구에서 분출된 산정부근에 퇴적되지 않고 산록으로 흘러 내려가게 되는데, 제주도의

경우는 서북과 동북사면 지역의 연안지역에 까지 흘러내린 용암류에 의하여 여기에 lava tunnel이 형성된 것이다.

즉, 한라산정의 급경사지에서는 지각중에서 분출구를 통하여 화구로 배출된 magma가 급경사면을 흘러 내렸기 때문에 이 산정부에는 하등의 용암퇴적을 남기지 않고 있는데, 이 용암류가 연안저지까지 흘러 내려 임해지역에 퇴적시킨 관계로 이 연안, 즉, 서북산록지인 협재, 금룡한림지역과 동북산록지인 김녕지역에 있어서는 두터운 용암지대로 되어, 이곳 지층저면에 오늘날의 수많은 lava tunnel의 발달을 보게 되었다.



(그림 2) 제주의 용암굴 분포

이들 용암굴 중에서 오늘날 널리 알려져 있는 것으로는 1974년에 크게 보도되었던 애월면의 빌레못 동굴을 비롯하여 김녕의 만장굴, 그밖에 와홀굴, 협재굴, 김녕사굴, 구린굴, 소천굴, 미천굴 등 수많은 용암동굴들이 다 같은 성인과정을 거쳐 형성되었다.

이들의 제주도 용암굴들은 그 천정의 높이가 통상 3~5m에 달하고 있으며 그 폭도 6~10m의 대규모적인 넓이를 이룰 뿐만 아니라 길이도 실로 수 10m 수 km에 달하고 있다. 오늘날 세계적으로 인정을 받고 있는 만장굴은 그 길이가 6.8km로 세계제일의 용암동굴로 기록되고 있는데, 그 내부형성이 전반적으로 단조로우나 중간에는 몇 개의 함몰구가 있다. 이것은 흔히 용암



굴에서 볼 수 있는 특징의 하나인 것이다.

물론 종합적으로 lava tunnel을 다시 생성요인으로 분류한다면 gas tunnel과 lava tube, lava tunnel 등의 셋으로 구분된다.

즉, 입구가 천연적인 그대로이고 함몰된 것이 아닌, 끝이 막힌 동굴인 경우를 gas tunnel이라고 하는데, 용암중에 함유되고 있는 gas가 폭발하면서 뚫고 나간 구멍이다.

lava tunnel 즉, 용암굴은 입구와 끝이 땅 표면에 나타나 있는 것을 말하는데, 용암이 분출된 이후에 그 속의 유동성 용암이 지표에 빠져나가 버리고 공동을 이루고 있다가 지각변동에 의하여 함몰되어 입구가 생기는 경우를 말한다.

그리고 용암관 즉, lava tube는 입구가 함몰되거나 또는 천연 그대로 있거나에 관계없이 용암의 뚫고 나간 통로가 좁고 길다란 경우를 말한다.

제주도의 용암굴들은 그 대부분이 lava tunnel의 경우이고 산지북사면의 몇 개만이 lava tube가 있을 뿐인데 gas tunnel과 흡사한 것이 군산 정상에서 볼 수 있었다고 원종관 교수는 발표하고 있다.<sup>10)</sup>

### 3) 우리 나라 해식동굴의 성인

우리나라의 제주도 남안과 동해안지역에는 이른바 해식동굴이 많다.

해식동굴이란 바다에서 일어나는 파도의 침식에 의해서 만들어지는 동굴이다. 파도가 해식굴을 만들 때에 절벽의 일부에 단층이나 구열면 등의 약한 부분이 있으면, 물은 심하게 그 부분을 삭마한다. 일단 삭마되면 파도는 그곳에 집중적으로 침식을 심하게 가하여 깊은 동굴을 만들게 되는 것이다.<sup>11)</sup> 우리 나라 여수의 오동동굴, 제주도의 산방굴, 정방굴 등은 그 대표적인 예이다.

바다의 침식작용은 주로 파도에 의해서 일어나는 물리적인 것도 있으나, 일부에서는 화학적인 용식작용이나 그밖에 침식작용도 들 수 있다.

해식굴의 기부에 형성된 해식동굴은 파도와 이에 자갈이나 모래가 함께 섞여서 깎아 내리는 것과, 해수가 넓은 해면에서 좁은 구열로 밀려들어 갈 때의 압력, 그리고 해수가 빠질 때, 암석을 깎는 영력으로 생기는 것이다.

이들의 작용은 태풍, 계절풍, 무역풍이든가 지방풍랑에 의해서 더욱 증대된다.

해식동굴의 형성은 암석의 종류에는 관계없이 이루어지는데, 그 가운데 많은 것은 단층, 절리, 지층면, 편리면 도는 이들이 혼성된 암석의 약한 부분에서 이루어지고 있다.

해식동굴이 형성되는 수직적인 범위는 일반적으로 거센 파도가 도달할 수 있는 상한지점에서 해면밑 수m의 하한지점까지로 생각되는데, 절리가 잘 발달된 암석 등에서는 붕괴 등에 의한 침식으로 상측침식까지도 일어나게 되므로 간단하게 이것을 정할 수는 없다.

해면밑에 있어서 침식작용의 한계로는 강원도 동해안에서 1~2m의 수직을 나타내고 있다.

우리 나라 해식동굴의 형태에 대한 특징은 동굴의 폭에 비해 동굴의 천정이 높다는 것을 들 수 있다. 해안선에 대해서 직각방향으로 형성되므로 거의 평행으로 형성되는 것 등 여러 가지가 있으며, 파도의 전파작용과 해안지형 및 암석 등의 조건에 관계된다고 생각된다.

우리 나라 해식동굴의 또다른 특징으로서는 석회동굴로 인정되는 것 같은 2차생성물의 발달을 거의 볼 수 없다는 점이다. 그러나 여기에는 예외도 있다고는 하나 극히 드문 현상이다.

한편, 우리 나라 동해안과 같이 해안이 용기하면 해식동굴의 물이 빠지고 이수해식동굴로 되는 경우가 있다. 그 예로서는 북 Vietnam,

Halong만의 경우, 평균 해수면보다 25m 위에 위치하는 Lehman동굴이 있는데, 우리 나라 여수의 오동도의 해식동굴은 해발 4m위에 있다.

그리고 해안이 침강하여 해식동굴의 일부가 침수되면 해식동굴의 밑바닥 부분은 해면하로 가라앉아 해식동굴의 하물지점보다 낮은 깊이를 한 해식동굴로 된다. Italy Capri섬의 Azure동굴은 그 표식적인 실례로 알려져 있다. 우리 나라의 경우에는 전남의 여러 섬들에 있는 소규모적 동굴에서 볼 수 있는데 입구의 수심이 2~3m로 침수해식동굴이라고 할 수 있겠다. 그리고 제주도 남해안 곳곳에 산재하고 있는 해식동굴도 이와 비슷한 경우인데, 동굴의 깊이가 얕은 것이 특징이다.

이렇게 보면, 해식동굴의 위치는 지각운동 즉, 육지의 융기나 침강이라는 특별한 지형적인 증거가 있는 경우를 제외하고는 상대적으로 해수면의 수위와 일치한다고 할 수 있다. 또한 해식동굴이 완전 침수하면 해중동굴이 된다. 해중동굴에는 다른 성인으로 이루어진 동굴도 포함되는데 해식동굴의 경우에는 석회동굴과는 달리 2차 생성물이 적고 또 해식대나 해저파식으로 된 구멍의 존재 등으로 식별이 가능한 것이다.

해중동굴로는 Yugoslavia의 Adriatic해의 것이 유명하다. 이것은 점신세에서 경신세 이전의 Karst 지형이 빙하시대의 종말과 함께 해수면이 상승하여 그 해저에 가라앉은 것으로서 바닷속에서는 해수염수와 염수용천을 볼 수 있다고 한다.

한편, 석회암분포지역의 해안에서는, 염수의 용출이 인정되는 경우도 있는데 Yugoslavia나 미국의 Florida반도 등지에서 볼 수 있는 것이다. 그 구조는 담수의 지하수로가 바다속으로 입을 벌리고 있으며, 그 중간에서 양자의 혼합수가 육상에서의 용출로로 연속되어 해수와 담수의 비

중에서 오는 차이와 각기 유입구와 용출구의 높이의 차이에서 생겨난다고 생각되고 있다. 이런 것은 해중동굴과 지하동굴의 연속으로 인한 재미있는 현상이라 하겠다.

해식동굴이 맞닿리어 양쪽에 입구를 가진 것을 해식동 동굴 또는 해식 tunnel이라고 부르며 그 길이가 짧은 것을 해식동굴문이라고 부른다.

### 3. 우리 나라 석회동굴의 형성과정

#### 1) 우리 나라 동굴의 지하수 작용

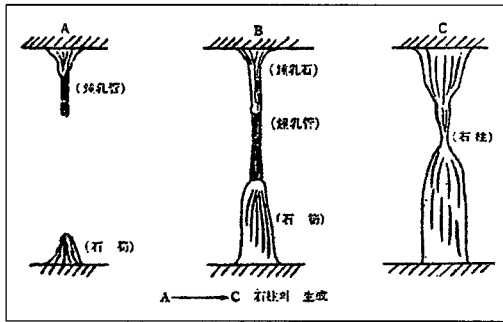
동굴이란 일정한 물의 흐름에 따라 움직이는 지하수의 용해작용에 의하여 생기는 것이다. 따라서 장년기 까지 발달한 석회암의 대수층은 지하수의 유동에 대하여 저항을 주는 일은 극히 드물고 또한 낙차도 적다. Karst지방의 지하수면은 매우 평탄하여 그 구배도 보통 1km마다 10피트 정도이다. 그리하여 동굴이 생기는 위치와 지하수면과의 관계에 대해서 미국에서는 많은 이론이 있었다.

장년기에 발달한 Karst의 대수층에서 지하수는 해방된 수로나 또는 밀폐된 수로나 어떤 것이든 어느 일정한 수로를 따라 움직이고 있다. 어떤 경우도 난류로서 d'Arcy의 법칙은 적용되지 않는다. d'Arcy의 법칙에서는 흐름의 정도는 낙차에 따라서 선상으로 변화한다. 따라서 유로 또는 밀폐된 유로를 흐를 경우에는 유속 즉, 유량은 낙차의 평방근에 따라서 변화한다. 이와 같이 석회암중의 해방된 유로를 물이 흐를 경우에는 지표를 흐르는 강물의 흐름과 비슷하며, 석회암 중의 밀폐된 유로의 흐름은 파이프 속을 흐르는 흐름과 매우 비슷하다.

대수층 속에 물이 침입하는 유형으로 두 가지 형이 있다. 그 하나는 강물을 빨아드리는 구멍으로부터 대수층 속으로 들어가는 경우와 다른 하나는 석회암지방의 빗물이 Doline나 바위의

틈 사이로 스며드는 경우이다. 그리고 석회암의 대수층에서 물이 새어 나올 때에는 큰 샘물이 되어 집중적으로 유출되는데, 때로는 확산적으로 새어 나올 때도 있을 것이다.

그리하여 중간정도나 또는 낮은 기복이 있는 지역에서 지하수는 그 지역의 바로 기준면이나 또는 바로 그 아래쪽을 흐르게 된다. 그리하여 구배가 심하지 않거나 또는 거의 평탄한 지하수면의 동굴의 통로가 생기는 것이다. 따라서 이 흐름은 가장 높은 물의 침입구로부터 가장 낮은 물의 유출구를 향하여 지표의 작은 골짜기나 분수령을 무시하고 흐르게 된다.



(그림 3) 동굴생성물이 이행

그러나 기복이 심한 지역에서 유입수량이 많은 경우에는, 지하수는 기준면에 접근해서 흐르지 않으므로 동굴군은 기복이 심하게 되는 것이다. 따라서 어떠한 경우에도 흐름의 계절에 의한 변화는 중요한 영향을 미치는 것이다.

그리고 습곡지대에서는 자분정의 조건을 갖추고 있는 경우가 있다. 이 때, 동굴은 그 조건에 따른 물의 흐르는 길에 잇닿아서 만들어진 다. 이 때 동굴은 그 지역의 기준면보다도 훨씬 아래쪽에 생긴다. 우리 나라에서는 아직 발견되지 않고 있으나, 그 좋은 예가 South-Dacoda Black-Hill의 동굴군이다.

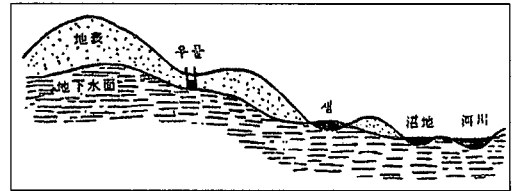
그러나 석회암의 용해속도, 동굴발달의 속도,

동굴의 년대에 관한 정확한 것은 아직 충분한 것을 잘 모르고 있다.

다만 실내에서의 실험과 석회암의 샘플에 포함된 석회분의 양으로 미루어 동굴의 형성은 예상외로 빨리 이루어지는 것 같다.<sup>12)</sup>

## 2) 우리 나라 Karst지형과 지하수

석회동굴은 원래가 지표하의 지하수가 석회암층의 지층 속에 스며들어가 이른바 화학작용과 생물적인 작용을 거듭하면서 지하에 자연동굴을 형성하게 되는 것이다.



(그림 4) 지형과 지하수면과의 관계

석회층을 용해하면서 지중에 지하수류를 형성한 이 지하수는 마침내 동굴의 통로를 이룩하고 계속 확대시킨다. 이들 동굴의 통로는 대량적인 유수량이 있을 때에는 길게 확대 연장되면서 길어지나, 보통의 경우에는 망상으로 통로가 형성된다. 우리 나라 삼척의 초당굴은 이 중·삼중으로 교합되는 동굴로 되어 있고, 중간에 커다란 대공동이 있는데, 이들은 낙반에 의하여 보다 큰 공동을 이루게 한 것이다.

이밖에도 강원도 정선의 비룡굴 그리고 화암굴도 이와 같은 유형에 속한다.

한편 Karst지역은 반드시 살기 좋은 옥토도 아니고 항상 물의 부족 때문에 부심하여야 하는 지역이다.

2,3일간 계속 내린 비가 흘러내리지 않는다. 땅 속에 스며들고 마는 것이다. 이와 같은 현상은 강원도 어느 곳이나 산지오지이면 모두가 겪

는 일이다.

지표면에 내린 비가 계류로 흘러내리지도 않고, 하루동안에 그대로 지하에 투수해 버려 그렇게 기대했던 밭 경지에의 관개수 인용 계획도 헛되고 만다는 이야기는 doline나 Uvale지역에서는 그 어디서나 듣는 이야기이다.

즉, 이 Karst지표면에 내린 비는 doline의 깔대기 요지형 바닥에 몰려 그대로 지중에 스며들고 마는 것이다.

투수된 물은 암석의 균열과 절리면을 따라 스며들어 지하의 공동(garoll)을 통하여, 이 지면보다 훨씬 아래쪽의 지하로 유출되고 마는 것이다.

이와 같은 Karst지형은 강원도와 충북 도처에서 찾아 볼 수 있다.

한편, 이 암석의 균열을 타서 흘러 나오는 열투수나 garoll에 고여 있는 공간수들은 그 수량에 따라 지하수자원으로 이용이 가능하게 된다.

우리 나라에 있어 삼척의 관음굴, 초당굴, 활기굴, 영월의 공기못굴과 대야굴, 온달굴 등은 지하수의 저수량이 많다.

더구나 그 부근지역에서는 지표수의 부족으로 주택생활에 지장을 주고 있으므로, 예를 들어 삼척의 초당굴 아래쪽에는 커다란 저수지가 시설되고 있는 것이다. 따라서 Karst 대지지역에서는 동굴속 지하수의 이용방도가 강구되어야 하겠다.

## IV. 우리 나라 동굴의 유형 구분

### 1. 동굴의 일반적 분류기준

동굴을 분류하는데는 그 기준이 다양하다. 예를 든다면, 성인상으로 구분할 수도 있고 형태상으로 그리고 규모별, 지질영역별, 고도별, 지리적 위치별 등등으로 구분할 수 있겠다.

[표 3] 동굴의 성인상분류

	동굴의 예
석회동굴	고씨굴, 고수굴, 용담굴, 화암굴, 비룡굴, 관음굴, 환선굴, 활기굴, 초당굴, 연지굴, 근덕굴, 원절굴, 염천굴, 조담굴(남굴), 공이동굴, 보덕암굴, 옥실굴, 여천굴, 태나무굴, 광천선굴, 대야굴, 늘골굴, 장암굴, 말내굴, 금하굴, 저산굴, 천곤굴, 영계굴, 남굴(온달굴), 동북굴, 백아굴,
용암굴	빌레못굴, 만장굴, 김녕사굴, 협재굴, 황금굴, 쌍룡굴, 미천굴, 소천굴, 서향굴, 신창성굴, 와홀굴, 한들구녕굴, 구린굴,
해식굴	오동도굴, 금산굴, 정방굴, 산방굴, 용굴, 가사굴, 쌍룡굴, 백령굴, 기타 남해안, 동해안의 수많은 동굴들
기타 절리굴	청석다리굴, 오수자굴, 화암굴, 무명굴, 박쥐굴

먼저 성인상으로는 석회동굴, 용암굴, 침식굴, 절리굴, 인공동굴 등으로 대별되는데 그 중 침식굴은 해식굴과 하식굴로 다시 세분된다.

즉, 석회동굴은 협의로는 종유굴이라고도 하는데 이른바 이차생성물인 speleothem인 종유석이 형성되어 있는 동굴을 가리킨다.

다음 용암동굴은 전술한 바와 같이 협의의 lava tunnel, gas tunnel, lava tube 등등의 셋으로 세분되며 화산지형에 발달되어 단조롭고 종유석이 형성되지 아니한다. 다만 제주도 협재굴 같이 지표에 피복된 퇴적물의 용해로 인한 종유석이 형성되었을 때 이것은 석회동굴은 아니지만 종유굴에는 포함될 수 있다.

그리고 침식굴은 바다의 파도일 때에는 해식동굴, 하천수의 침식작용에 의하여 형성될 경우에는 하식굴로 구분한다.

그러나, 하식동굴은 그 규모가 보잘 것 없으므로 대부분이 해식동굴이 이를 대표하고 있다.

다음 절리굴인데 해수와 하천수의 침식작용에 의하여 형성된 동굴이므로 침식굴과 흡사하

나 암석질에 관계없이 절리면에 따라 길게 발달되므로 이를 절리굴이라고 구분한다.

둘째, 형태상으로는 수평굴, 수직굴, 평면굴, 망상굴, 수지형굴 등으로 세분할 수 있으나 대체로 수평굴과 수직굴로 이대별한다.

수평굴은 굴의 통로가 길게 수평으로 계속되는 동굴이고 수직굴은 완전수직이 아닐지라도 수직에 가까운 급경사 동굴을 말하고 평면굴은 짧고 넓은 수평굴을 가리킨다.

물론 형태상의 분류를 시도한 학자들은 많이 있으나 그 중에서도 일본의 산내 호 교수는 동굴을 주굴의 경사에 의하여 종굴(수직굴)과 횡굴(수평굴)로 구분하고 동굴의 단면형에 의하여 편평형과 열하형, 반월형으로 삼분하고 동굴축의 방향에 의하여 직선형, 평행형, 수지형, 나선형으로 사분하기도 하고 외부와의 연락지굴이 많은가 적은가에 따라 개방형, 관통형, 폐쇄형으로 삼분하여 다시 지굴의 수와 분포상태에 따라 평면형, 입체형, 단층형, 중층형, 단독형, 집합형, 미궁형으로 칠분하고 또는 지하수류의 방향에 따라 흡수형과 토출형으로 양분하여야 한다고 분류체계를 세우고 있다.<sup>13)</sup>

이밖에 동굴을 지질영역면에서 분류하면 구조동굴, 화산동굴, 침식동굴, 용식동굴 등으로 나눌 수 있는데 만일 화강암중에 해식작용에 의한 단층구조의 동굴이 있을 경우에는 해식동굴, 화강암굴, 다층동굴로 구분하기도 한다.

그리고 규모별로 구분할 때에는 주굴의 길이 300m를 기준으로 하고 고도별은 위치가 해발 200m이상의 고지와 이하의 저지에 있는가에 따라 나누는 방법이다.

## 2. 우리 나라 동굴의 형태상 분류

동굴의 형태를 구태여 둘로 크게 나눈다면 수평과 수직으로 된 두 기본적인 형태의 통로로

나눌 수 있을 것이다. 그런데 급경사를 한 통로는 Alps의 동굴 이외에는 극히 드물다.

통로의 폭과 높이를 보면, 100피트 또는 그 이상의 것으로부터 작은 것은 겨우 관통하고 있을 정도의 것까지 있다. 함몰에 의하여 형태가 변하지 않았다면 통로의 단면은 일정한 흐름을 따라 원형 또는 장방형으로 된다. 그렇지 않은 경우는 단면은 불규칙하게 된다. 통로가 계속해서 연속되는 경우는 드물고 함몰에 의하여 통로가 절단되는 경우가 보통이다. 이와 같이 현재 남아있는 통로는 원래는 유로의 일부라고 생각하면 될 것이다.

우리 나라 동굴은 대부분이 이에 속한다. 즉 영월의 고씨굴, 울진의 성류굴, 단양의 고수동굴, 익산의 천근동굴, 단양 영춘의 남굴등 대개가 이에 해당되고 있다.

이들의 동굴통로는 전술한 바와 같이 지하수류의 유로였던 통로로 거의가 같은 높이의 수평통로를 이루고 있으나 고씨굴만은 고저차 40m가 되고 있어 몇 단계의 통로가 이어지고 있음을 말해준다.

그리고 수직으로 된 입구는 석회암 중의 대수층에 지하수가 들어가는 지점이다.

석회암 위를 비투수성의 암석이 덮혀 있을 때에는 그 위에 덮혀 있는 암석의 가장자리에 수직굴 즉, 종굴이 분포되어 있다. 종굴은 대개 원통형의 구멍으로 되어 있으며 그 벽은 매끄러우며, 높이가 수백 피트에 이르는 것이 있다. 그런데 지층의 경사나 절리의 방향과는 관계없이 종굴은 거의 완전하게 수직으로 된 것이 큰 특징이라 하겠다. 그러나 이와 같은 수직굴도 우리 나라에 있어서는 완전수직은 별로 없다.

유명한 영월의 용담굴, 삼척의 초당굴, 단양의 원줄굴, 영월의 골기못굴들은 필자가 조사한 동굴중에서 대표적인 것들이다.

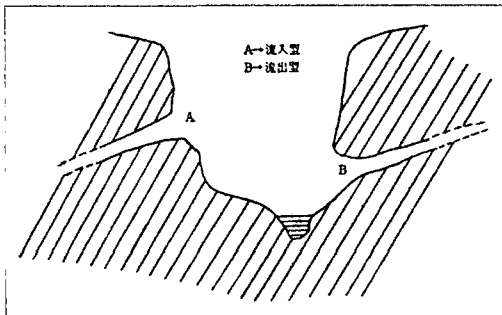
[표 4] 동굴의 형태별 분류

수평굴	경사굴
고 씨 굴(강원,영월)	환 선 굴(강원,삼척)
대 야 굴(강원,영월)	관 음 굴(강원,삼척)
비 룡 굴(강원,정선)	초 당 굴(강원,삼척)
장 암 굴(강원,평창)	활 기 굴(강원,삼척)
황천선굴(강원,평창)	공 기 굴(강원,영월)
근 덕 굴(강원,삼척)	옥 계 굴(강원,명주)
고 수 굴(충북,단양)	동 태 굴(강원,명주)
온 달 굴(충북,단양)	서 태 굴(강원,명주)
여 천 굴(충북,단양)	원 절 굴(충북,단양)
공 이 굴(충북,단양)	옥 천 굴(충북,온천)
태나무굴(충북,단양)	옥 실 굴(충북,증원)
늘 골 굴(충북,단양)	영천곰굴(충북,단양)
성 류 굴(경북,울진)	심 부 굴(충북,괴산)
관 산 굴(경북,문경)	일 광 굴(충북,단양)
금 하 굴(경북,문경)	도 담 굴(충북,단양)
영 재 굴(전남,화순)	저 산 굴(충북,문경)
천 곤 굴(전북,익산)	박 취 굴(경기,파주)
미 산 굴(충남,보령)	

[표 5] 규모적 동굴의 분류(용암굴 예외)

대규모형	중규모형	소규모형	예외(용암굴)
길이 300m 이상	100-300m	100m 이하	
고 씨 굴 용담굴 화암굴 성류굴 천곤굴 고수굴 영제굴 원절굴 초당굴 관음굴 환선굴 온달굴 쌍용굴 광천선굴 옥계석화굴 비룡굴	파주박취굴 청석다리굴 관산굴 백명굴 여천굴 장암굴 심부굴 발내굴	옥실굴 활기굴 연지굴 쌍룡굴 가사굴 굴룡굴 일광굴 도담굴 보덕암굴 공이굴 저산굴 화암굴 마고할미굴	만장굴 김녕굴 협재굴 미천굴 소천굴 한들구녕굴 와홀굴 구린굴

수직굴	평면굴	기타
용담굴(강원,영월) 백이굴(전남,화순) 동북굴(전남,화순) 화순굴(전남,화순)	박 취 굴(강원,박취) 화 암 굴(강원,정선) 연 지 굴(강원,삼척) 용 굴(경북,감포) 오동도굴(전남,여수) 가 사 굴(경남,남해) 쌍룡문굴(경남,남해) 음 성 굴(경남,남해) 백 명 굴(경남,남해) 금 산 굴(경남,남해) 화 암 굴(전북,진안) 오수자굴(전북,무주) 마고할미굴(경기,이천)	



[그림 5] 중유동굴의 형태

한편 상술한 수평굴과 수직굴 이외에 평면굴이라고 할 수 있는 동굴이 있다. 이는 굴입구에서 길이가 50m 내의가 안되는 짧은 수평굴을 말한다. 이를테면 강원도 정선의 화암굴이 이에 속한다.

물론 이 평면굴은 하나의 커다란 공동 즉 garoll로 되어 있다고는 하나 좁은 지굴들이 옆으로 반드시 발달하고 있다. 이것은 지하수류의 빠져나간 유로인 것이다.

한편 동굴의 통로가 사방으로 뻗어 나간 것을 망상동굴이라 한다. 또한 수지형 동굴은 나뭇가지가 뻗어 나간 나뭇가지 모양을 한 것을 말하며, 각상동굴은 하나의 주된 통로가 있어 이것과 꼬부라져 이어졌거나, 기복 있게 이어진 좁은 통로를 가진 것을 말한다. 이상과 같은 형태는 통로 하나를 가지고 말하는 것으로 대형의 동굴에서는 많은 통로가 있어 그것들은 각기 독자적인 형태를 나타내는 것이 보통이다.

이와 같은 형태 외에 동굴은 용해에 의하여

여러 가지 모양의 깎여진 형태가 남아 있어 주의해서 이것들을 조사해보면, 유로계통의 역사를 추정하는 데 도움이 될 때가 있다.

요컨대 우리 나라의 동굴은 수평굴과 수직굴로 대별되며 망상이나 수지형 동굴이 있기는 하나 그 규모가 작아 무시할 수 있을 정도이다.<sup>14)</sup>

## V. 우리 나라 자연동굴의 지리적 분포

### 1. 자연동굴의 세계적 분포

석회동굴은 karst지형의 분포와 가장 직결된다. Yugoslavia의 Istria에서 Kotor에 이르는 Adria 해식지방은 1893년 J. Cvijic(1865~1927)에 의하여 karst지방이 최초로 과학적인 방법으로 연구 보고된 곳이다.

세계적인 주요 분포지역은 Yugoslavia의 karst 지방 남부, France의 Causs 지방, Espania의 Andalusia 지방, 그밖에 Greece와 북부 Yucatan 반도, 중앙 America의 Jamaica와 Puerto Rico와 Cuba의 북부지역 그리고 북부 Great Australian Bight 부근의 해식평야, 미국의 Florida반도의 중부와 Great Valley, Indiana 남부 Kentucky의 각지와 Tennessee 중서부, 그리고 영국의 중앙북부인 백악지방, 중국의 화남지방, Thailand, Vietnam, Burma, Celebes 남부, Java, 일본의 추길태지방과 평미태 지역 등이다.<sup>15)</sup>

물론 상술한 지역들은 Karst지형을 이루고 있는 관계로 석회동굴이 분포되고 있는데 이 밖에 용암굴은 화산 지역에 널리 분포한다.

이제 세계에서 유명한 석회동굴을 들면 미국의 Kentucky 주의, Manmoth cave, New Mexico주의 Carlsbad Cave, Switzerland의 Hölloch Cave, France의 Grouffre Grotte Berger, Yugoslavia의 Postojna Cave, 일본의 추방동굴과 안가동굴 등이다.

[표 6] 세계의 주요 동굴

동굴명	국명과 소재지	동굴연장
Holloch Cave	Muotatal, Switzerland	85.2km
Flint Ridge System	Kentucky, U.S.A	81.4
Manmoth Cave System	Kentucky, U.S.A	71.2
Eisiersenwelt Cave	Salzburg, Australia	42.0
Blue Spring Cave	Indiana, U.S.A	32.2
Greenbrier Caverns	West Verginia, U.S.A	24.3
Dominica Cave	Hungary-Yugoslavia	22.0
Jewel Cave	South-Dakota, U.S.A	21.0
Anvil Cave	Alabama, U.S.A	19.2
Sullivan Cave System	Indiana, U.S.A	18.5
Dentde Crolles System	Isere, France	18.0
Tantalhohle Cave	Salzburg, Australia	16.0

(영정호삼 조사(1970) JAPAN CAVING)

이밖에 세계에 알려진 제일가는 용암동굴은 우리 나라의 만장굴이다.

Europe에서 특히 Germany, Austria의 Alps 산지지역은 대체로 퇴적암으로 되고 있으며 두텁고 양질의 석회암이 널리 분포한다. 스키로 이름난 Tirol 산들과 암벽으로 알려진 Keizer-Gebinge는 석회암 Alps라고 불리울만큼 대규모의 석회암이 노출되고 있다. 물론 이와 같은 곳에 수많은 석회동굴이 발달되고 있음은 당연하다.

유명한 Balkan반도의 Yugosiavia 서해안인 Adria해 연안의 산지지역은 광대한 석회암지역으로 지형의 용식윤회가 잘 발달되고 있으며 이 지방 이름인 “Karst”를 따서 Karst윤회, Karst지형이라고 이름지어 부르고 있다.

지중해안선에도 동굴이 많은데 북부 France, 중부 Germany의 Hartz Brucken지방 그리고 Rumany, Hungary, 소련의 Krim반도와 남부 Ural 지방등지도 많은 지역으로 손꼽히고 있다.<sup>16)</sup>

그리고 Asia에 있어서는 중국본토의 사천성과 운남성 그리고 하북성에 많다. 하북 땅의 주구점 동굴퇴적층에서 “북경원인”이 발굴되었음은 너무도 유명하다.

그리고 Malaysia, Thailand, Indonesia의 Java, Cambodia 등지에도 많은 동굴이 분포하고 있는데 Malaysia의 수도인 Qualarum -poor의 교외에 있는 석회암의 구릉지에는 종교적인 영지로 이름난 대중유골인 바투우 동굴이 있다.<sup>17)</sup>

이밖에 Himalaya 산지에 있는 Nepal에도 석회 동굴이 분포하며 다른 Himalaya 산지에도 곳곳에 소규모적이거나 산재하고 있다.

한편, 일본에도 현재 1,000여개의 중유골과 용암굴들이 파악되고 있는데 그 중 관광동굴로 개발되고 있는 것은 실로 50여개소에 달하고 있다. 전국에 고루고루 분포되고 있으며 산구현의 추길대에 있는 추방동굴과 기부현의 비탄대중유동, 동경부의 일원중유동 그리고 압수현의 용천동과 안가동사국의 룡하동, 강산의 정창동 만기동들이 이름나 있다.<sup>18)</sup>

그리고 미국에서는 비교적 동굴이 편재적으로 분포하고 있다. Appalachia산지의 Kentucky에서 Tennessee에 걸친 Appalachia고원에는 비교적 대규모의 동굴이 있는데, 미국에서 가장 중요한 동굴지역으로 되고 있는 곳은 Missouri나 Acansas의 Ozark 산맥지대이다. 이 부근만도 약 1,100개의 동굴이 등록되고 있는데 이밖에 Colorado나 Wioming의 Rocky산맥이나 Utah의 Woresch산맥일대가 이른바 Alps식 동굴지대가 되고 있다. Utah에 있는 Neff Canyon Cave는 1,186피트 깊어 되는 미국 제일가는 동굴이고 프랑스 피레네산 중에는 깊이 11,311m의 동굴이 있다.<sup>19)</sup>

요컨대 세계의 동굴은 온대나 열대에서는 대체로 대형화되고 세계에서 가장 길다란 동굴들은 Alps지방에서 많이 보게 된다.

## 2. 지질지형면에 본 우리 나라 동굴

### 1) Karst지형과 동굴분포

전술한 바와 같이 석회동굴은 Karst지형에 분포한다. 석회암이 널리 분포되고 있는 지역에서는 용식지형이 발달되어 이른바, doline, uvale와 같은 Karst지형이 발달한다.

우리나라에는 남한보다도 북한의 관서지방남부에 널리 석회암지역이 전개되고 있어 이곳에 갖가지의 지형이 발달한다.

이제 우리 나라의 주요 지형의 분포지역을 소개한다면 황해도의 서흥, 신막, 수안, 곡산, 물개지역과 평안남도의 덕천, 성천, 강동지방, 그리고 강원도의 삼척, 영월, 평창, 정선, 명주지방, 충청북도의 단양, 제천, 괴산지역 그밖에 평안북도의 울진 지역들이 이에 속한다.<sup>20)</sup>

이 남한에서 가장 Karst지형이 잘 발달하고 있는 곳은 태백산맥의 남쪽끝머리 지역인 강원도, 충청북도, 경상북도의 접촉지역이며 이들 지역에서는 널리 doline와 같은 Karst지형이 도처에 전개되고 있다.

특히 강원도 삼척 땅의 여삼 polije 지역은 우리 나라 남부에서는 가장 널따란 compound doline지역으로 되고 있다.

이밖에도 충북 단양의 가곡지구에서는 가장 모식적인 compound doline가 발달되고 있으며 삼척군 하장면의 고위평탄면에는 우리나라에서는 대표적인 고산 Karst 지형이 분포하는 지역으로 알려져 있다.<sup>21)</sup>

이와 같은 Karst지형이 넓게 전개되고 있는 지역에서는 지하에 석회동굴이 발달되고 있는데 삼척지구가 그 대표적인 예라고 할 수 있겠다.

이 지역들은 대체로 Cambro-Ordovician Period의 조선계 양덕통과 대석회암통에 속하고 있는데 전라북도의 익산군 천곤동굴지역은 고생대의 옥천계지층으로 되며 경기도 파주군의 박취



[표 7] 석회암태지와 지형과의 상관

구분	침식지형	퇴적물, 침적물	물의 활동
대지상의 지형	lapiez (karren) doline uvala polije cockpit ponor	terra rossa 화산회 산자갈	강우 용천 → 표류수 침투수 ↓ 열약수 ↓ 동굴류 ↓ 용천
지하 지형	동내 lapiez 동내 notch 책 동내 pot-hole “노출지하하천”	종굴 ↓ 사굴 ↓ 형굴	중유석 석주 석순 석회화단구
협곡 지형	natural bridge 동문 pot-hole notch 협곡 단구	현곡  고갈곡	폭포굴 (고위시) 용천 하단천 부정고갈수 간혈천

굴 부근은 연천계지층으로 넓게 전개되고 있는 결정질 석회암이 분포되고 있다.

그리고 충청북도의 영동지구, 전남의 장성지구와 화순은 결정편암계에 석회암이 박층으로 소재하고 있어 그 동굴의 규모는 소규모이고 따라서 speleothem의 경관도 보잘 것 없는 것이 보통이다.

대체로 상술한 바와 같이 우리 나라의 석회암은 그 지질시대가 오랜 지층으로 되고 있으므로 석회암의 화학성분은 CaO 45%이상이고 MgO는 3%이하의 품위를 지니고 있어 좋은 석회질로 평가받고 있다.

따라서 이들 지층에 해당되는 강원도의 태백지구 동쪽 부분의 석회동굴들은 그 대개가 대규모적이고 speleothem들의 경관도 매우 훌륭한 양상을 나타내고 있다.

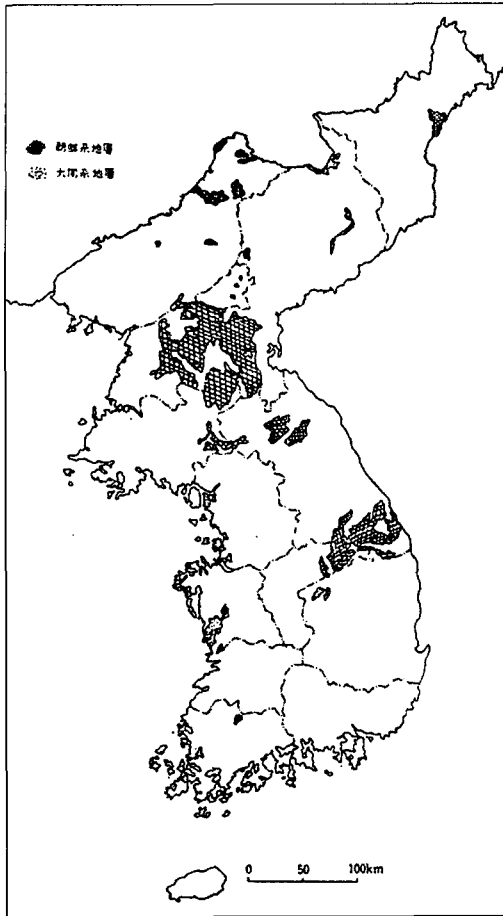
## 2) 석회암분포와 동굴과의 상관성

석회암은 다른 암석에 비하여 가장 용식작용이 현저하므로 이 석회암지역에 Karst지형이 가장 발달한다. 대체로 우리나라 석회암의 지리적 분포를 본다면 네 개의 광대지역과 그밖에 수많은 석회암의 산재지역으로 나뉜다.

즉 가장 넓게 석회암이 분포되고 있는 지역은 이른바 평안남도 동반지역과 함경남도의 남부 서경지역 그리고 황해도 서남부 그리고 강원도 남부지역 그리고 추가령지만대의 일부들이 이에 속한다.

특히 남한의 석회암 분포지역을 상술한다면 문경-단양-제천-영월-평창-정선-삼척-강릉에 걸친 지역들이다.

이 지역들의 지질연대는 전술한 바와 같이 Gembro-Ordovician Perioddml 조선계의 대석회암통이 속하는데 이 조선계 지층의 분포면적은 남



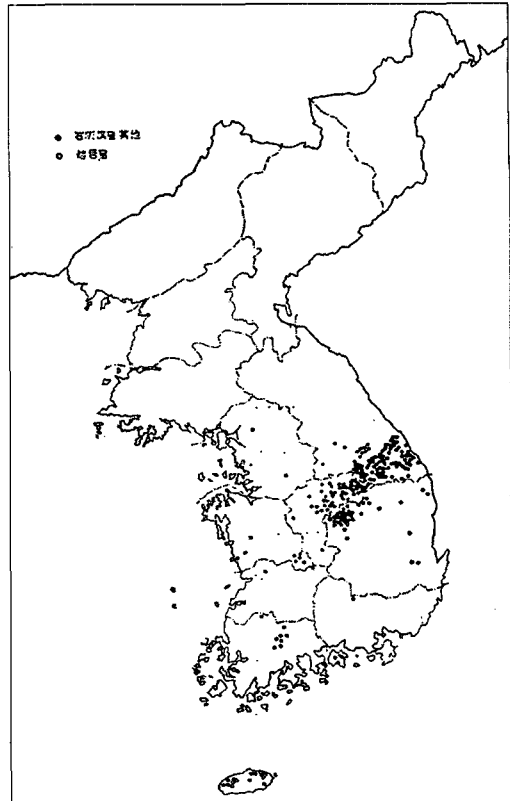
(그림 6) 석회암의 분포도

한 총면적의 8.5%에 달하는 18,622km<sup>2</sup>에 달한다.<sup>22)</sup>

이와 같이 광대하게 분포되고 있는 석회암중에는 사암, 규암, Shale, 점판암등이 발달되고 있는데 이 석회암중에는 불순물이 비교적 많은 이질석회암, dolomite 질 석회암들이 소재되고 있어 동굴발달에 박차를 가하고 있는 실정이다.

따라서, 우리 나라의 대석회암동굴은 그 대부분이 조선계 대석회암통의 모동 석회암지층에 분포되고 있다.

이밖에도 그 지질시대가 아직 확인되지 않고 있는 옥천계 창리층내의 석회암층에도 석회동굴이 발달하고 있는데 이의 좋은 예는 강원도 울진의 성류굴이다.<sup>23)</sup>



(그림 7) 남한의 동굴분포

영월의 고씨굴과 용담굴, 단양의 영춘남굴과 고수굴, 원주굴, 냉천곰굴, 정선의 화암굴과 비룡굴, 평창의 대화광천굴, 문경의 관산굴, 삼척의 관음굴, 환선굴, 초당굴, 울진의 성류굴 등이 이 대석회암통지층의 대표적 석회동굴이다.

### 3. 우리 나라 동굴의 지역적 분포

우리나라의 자연동굴은 그 종류에 따라 지역적 분포가 달리되고 있다.

즉 석회동굴은 내륙과 반조부에 분포되고 있으며 해식동굴은 동해안과 남해안에 그리고 용식동굴은 제주도에 분포한다.

전 동굴의 90% 이상을 차지하고 있는 이 석회동굴은 그 규모가 큰 것이 강원도에 집중분포한다.

강원도남부와 인접되고 있는 충북, 그리고 경북북부지역은 그 모두가 Cambro-Ordovician 시대의 대석회암통에 속하는 지질지층으로 되고 있어 그 동굴의 규모도 크고 경관도 다양하다.

유명한 고씨굴, 성류굴, 환선굴, 관음굴, 초당굴 등이 모두 이 지역에 편재하고 있다.

최근까지 군당국에 파악되고 있는 동굴수는 아직 200개소에도 미달하나 그중 강원도에만도 80개로 전국등록수의 40%를 독점 편재되고 있고 충북이 45개, 경상북도가 25개 그밖에 지역에 나머지가 분산 분포한다.

한편 용암굴은 현재까지 20개소가 비교적 큰 것으로 알려지고 있는데 모두가 제주도의 서북과 동북지역에 분포하고 있는 실정이다.

이제 도별로 주요동굴의 분포표를 소개하면 다음과 같다.

[표 8] 군별 동굴 분포 ①

굴 이름	군면리	굴 이름	군면리
옥계굴	명주군 옥계면 산계리	연기굴	〃 근덕면 호당리
문바우굴	〃 〃 〃	찰기굴	삼척군 근덕면 호당리
범바우굴	〃 〃 〃	삼척굴	〃 〃 〃
남산골굴	〃 〃 〃	호당굴	〃 〃 〃
비선굴	〃 〃 〃	초당굴	〃 〃 초당리
동대굴	〃 〃 〃	신령굴	〃 장성읍 백산리
무명수직굴	〃 〃 〃	용연굴	〃 〃 화정리
마귀할미굴	〃 〃 악풍리	혈리굴	〃 〃 혈리
암자골굴	〃 강동면 입곡리	조비굴	〃 삼척읍 조비리
참새바기굴	〃 〃 〃	선굴	〃 〃 〃
제공굴	〃 〃 〃	삼화 사범굴	〃 북평읍 삼화리
생굴굴	〃 〃 〃	철밭재굴	〃 미로면 삼거리리
환선굴	삼척군 도계읍 대이리	피난석함굴	정선군 상동면 연상리
관음굴	〃 〃 〃	연못굴	〃 〃 〃
사다리바위 바림굴	〃 〃 〃	수로굴	〃 〃 〃
양터목세굴	〃 〃 〃	수정굴	〃 〃 〃
덕발세굴	〃 〃 〃	안개굴	〃 〃 〃
용소굴	〃 도계읍 무전리	사송굴	〃 〃 〃
큰개울굴	〃 〃 〃	바림굴	〃 〃 〃
	〃 〃 마차리	증문굴	연 화 굴

[표 9] 군별 동굴 분포 ②

굴 이름	군면리	굴 이름	군면리
비룡굴	정선군 정선면 용탄리	굴머지굴	영월군 북면골마차리
큰곰굴	〃 〃 〃	박쥐굴	〃 〃 〃
작은곰굴	〃 〃 〃	학전굴	〃 〃 마차리
경검굴	〃 〃 〃	병창굴	〃 〃 문곡리
생탄굴	〃 〃 〃	금용암굴	〃 영월읍 장능리
남평굴	〃 〃 남평리	임자굴	〃 〃 영흥리
화암굴	〃 동면 화암리	삼옥굴	〃 〃 삼옥리
돌굴굴	〃 〃 석곡	연상굴	〃 상동면 연상리
직전굴	〃 〃 진전리	고양어굴	〃 서면 용정리
용담굴	영월군 하동면 진별리	광산굴	〃 〃
대아굴	〃 〃 〃	광천굴	〃 〃 화정리
굴굴굴	〃 〃 예말리	늘굴굴	〃 〃 화정리
김씨굴	〃 〃 〃	음암관굴	〃 〃 화정리
철담수직굴	〃 〃 〃	음암토굴	〃 〃 화정리
대아굴	〃 〃 대야리	전의동굴	〃 〃 화정리
무명굴	〃 〃 예말리	수로굴	〃 〃 화정리
석굴	〃 북면 공기리	박쥐굴	〃 〃 화정리
뒷굴	〃 〃 〃	잠바위굴	〃 〃 화정리
못굴	〃 〃 〃	금대굴	〃 〃 화정리
피난굴	〃 〃 〃	고씨굴	〃 〃 화정리

[표 10] 군별 동굴 분포 ③

〈충청남도 동굴〉		〈전라남도〉	
굴 이름	군·면·리	굴 이름	군·면·리
제원 1굴	금산군 계원면 천내리	영제굴 영제2굴	화순군 동북면 화순군 동북면
제원 2굴	금산군 계원면 신안리		
추부 1굴	금산군 부추면 마전리		
추부 2굴	금산군 부추면 서대리		
물골굴	금산군 남이리 성곡리		
〈전라북도〉		〈경기도〉	
천호신바림굴	익산군 여산면 호산리	파주굴	파주군 주내면 연풍리

[표 11] 군별 동굴 분포 ④

제주도 동부	제주도 서부	해식 동굴
만장굴 (북제주군)	황금굴 (북제주군)	산방굴 (남제주군) 정방굴 (남제주군)
김녕사굴 (북제주군)	쌍룡굴 (북제주군)	
폐네기굴 (북제주군)	협재굴 (북제주군)	
돛재폭나무굴 (북제주군)	빌레돛굴 (북제주군)	
계우세굴 (북제주군)	초깃굴 (북제주군)	
옥띠기굴 (북제주군)	소천굴 (북제주군)	
구린굴 (북제주군)	한들구렁굴 (북제주군)	
	신창성굴 (북제주군)	
	미천굴 (남제주군)	

(표 12) 군별 동굴 분포 ㉔

굴이름	군면리	굴이름	군면리
배실암굴	단양군 매포면 별곡리	히늘굴	〃 방바위굴(수적)
덤벙개굴	〃 〃 〃	곰굴	〃 매 포 영천리
하괴굴	〃 〃 하괴리	석복굴	괴산군 연풍면 금대리
고슴굴	〃 대곡면 고수리	이강굴	〃 〃 상풍리
두읍굴	〃 〃 두읍리	수어굴	〃 〃 유상리
남굴	〃 영춘면 하리	부흥리굴	〃 청안면 부흥리
말굴	〃 〃 상 리	공이동굴	중원군살미면공이동굴
침총중혈굴	〃 청풍면 북진리	토련박쥐굴	〃 상모면 미륵리
수혈굴	〃 〃 〃	종녀굴	〃 상천면 원곡리
원출굴	〃 대강노동리 원현동	옥실굴	〃 상 면
(대)폐망굴	〃 〃 폐망동	대추면	충주시 단월동
뒷들굴	〃 단양면 북하리	박쥐굴	〃 〃
어의곡굴	〃 가곡면 의의곡리	보덕암굴	〃 월악산
일광굴	〃 단상면 임현리	수리산박쥐굴	음성군 생주읍 차형리
도덕암굴	〃 한수면 북행리	기암용암굴	괴산군 연풍면 울전리
뒷계굴	제천군 수산면 늑실	정유수굴	〃 〃 음치리
학교뒷굴	〃 〃 수산국교뒷산	희양제천굴	〃 청천면 희양동
A박쥐굴	〃 금성면 포전리	황장군굴	〃 연풍면 원풍리
B박쥐굴	〃 〃 〃	금대굴	〃 〃 금대리
용암굴	〃 송학면용덕리(광산)	원효약수굴	〃 칠성면 칠성리
여우굴	〃 〃 모도리2구	어래산굴	〃 봉정면
영주굴	〃 두학리방바위굴학교	갈선굴	〃 소수면 길손리
석곳굴	〃 〃 방바위굴		

(표 13) 군별 동굴 분포 ㉕

굴이름	군면리	굴이름	군면리
궁굴	문경군 문경면 관음리	석봉굴	〃 산북면 석봉리
지곡굴	〃 〃 지곡리	거산굴	문경군 산북면 거산리
우무실굴	〃 〃 하 리	공평굴	〃 점촌면 공평리
관산굴	〃 가은면 성저리	조수굴	〃 마석면
호계굴	〃 호계면 호계리	응담굴	〃 문경면 미원리
굴이비위굴	예천군 김천면 별방리	용서리굴	〃 문경읍 용서리
평천군굴	봉화군 소천면 대현리	의양산성굴	〃 가은면 원북리
성류굴	울진군 근남면 노읍리	건원산성굴	상주군 화북면 장암리
영치굴	〃 평해면 화곡리	중봉굴	문경군 입암면 화산리
성주굴	문경군 호계면 호계리	화산굴	〃 〃 〃
우로굴	〃 〃 우로리	불정	〃 점촌읍 불정리
가도굴	〃 〃 가도리	금하굴	〃 가리면 갈전리
부곡굴	〃 〃 부곡리		

## VI. 우리 나라 자연동굴의 특성 분석

### 1. 우리 나라 동굴의 일반적 특성

우리 나라의 석회동굴은 대개의 경우 다음과 같은 특성을 지니고 있다고 하겠다.

첫째 대부분의 중유굴이 고생대 대석회암통에 속하는 지층에 발달한다.

둘째, 동굴을 형성하고 있는 석회암은 그 대부분이 암회색 석회암으로 된다.

셋째, 일부 규질이나 이질인 지역도 많다. 대표적인 곳은 전남 화순의 영계굴이고 이밖에 충북 수안보 부근의 옥실굴도 이의 좋은 예이다.

넷째, 동굴의 방향성과 그 지질과는 밀접한 관련성을 갖는다. 때로는 아닌 경우도 있으나 대개는 단청선과 일치한다.

다섯째, 동굴은 특히 평면굴인 경우 지층의 층리면에 따라 이루어지고 있다.

정선의 화암굴, 익산의 천곤동굴들이 이에 해당된다.

여섯째, 동굴은 때로는 단층과 절리에 따라 형성되는 경우도 있다.

대부분의 해식동굴이 이에 속하며 영월 고씨굴에서도 부분적으로 볼 수 있다.

일곱째, 그 지질구조가 층면에 따라 동굴이 많이 발달되고 있는 이유로는 석회암이 불균등 질이고 이질인 부분과 규질인 부분이 서로 교호되고 있는 호층을 이루는 불순석회암이기 때문이다. 이 때문에 층면에 따라서의 침식, 용해작용이 괴상의 균등질석회암보다도 강하게 작용하기 때문이라고 본다.

### 2. 우리나라 석회동굴의 특성

#### 1) 동굴 지형면에서 본 특성

먼저 지질 지형구조면에서 그 특성을 본다면

첫째, 수직동굴이 형성되는 것은 석회암의 지층 경사가 수직 또는 급하게 이루어지고 있을 때 형성되는 것이다.

물론 낙반으로 굴 입구가 함몰되어 이루어지기도 하나 지층의 수직이 중요인자로 되고 있다. 영월의 용담굴이 이의 좋은 예이다.

둘째, 낙반은 동굴의 성장과정에 있어서 필연적인 것이며 특히 광대한 동굴일수록 낙반이 많이 생긴다. 정선의 화암굴이 이의 예이라 하겠다.

셋째, 낙반의 상면에 stalagmite가 소규모로 발달되거나 없을 때 이것은 낙반현상이 일어난 지 얼마 안되었다는 증거임을 말해준다.

넷째, 낙반은 그 동굴의 천장이 박리작용을 일으켜 이루어진 것이 많으므로 지표층의 암질과 비슷한 경우가 많다. 강원도 정선의 화암굴이 역시 이의 좋은 예이다.

다섯째, 때로는 낙반된 암반 위에 stalactite가 부착되고 있거나 flowstone으로 덮혀 있는 것이 있는 것도 있으며, 이는 동굴 내에서도 일부 지점에서는 발견되고 있다. 충북 단양의 여동굴에서 볼 수 있는 것이다.

다음 지하수와의 상관면에서 보면

첫째, 지하수류가 유로를 형성하고 있는 경우는 많지 않으나 이들에 의하여 운반된 석회암층에 점하고 있는 규암이나 saile 또는 석회암의 불순물로 이루어진 유력과 사력을 퇴적시키고 있는 것을 많이 보게 된다.<sup>24)</sup>

둘째 동굴 내 지하수의 운적작용으로 이루어진 유력 중에는 이차생성물인 중유석의 파편을 포함하고 있는 것이 발견되는 경우가 있다. 강원도 삼척의 초당굴의 유출구 내측에서 볼 수가 있다.

셋째, 대부분의 동굴에서는 점토가 지하수의 작용에 의하여 많이 퇴적되고 있음을 본다. 대개의 경우 요지면에 많다.

넷째, 지하수류가 일상적으로 많아서 계속 흘러내리고 있는 동굴에서는 점토퇴적물이 적게 나타난다. 다만 이때에는 지하수면보다 매우 높은 천정면에 가까운 지점에서 보게 된다. 강원도 영월의 고씨굴의 최종단 상부에서만 점토를 보게 되며, 단양의 고수동굴에서도 이 점토는 제이, 제삼, 상단부에서만 보게 된다.

다섯째 지표에 가까운 동굴에서는 동굴면은 많은 점토로 덮여있는 경우가 많다.

여섯째, 계절에 따라 일시적으로 동굴류에 수몰되는 지점에서는 그 동벽이나 천정에서까지도 점토가 덮여 있게 된다.

일곱째, 동굴오지에는 상면이 수평을 이루는 일시적인 얇은 pool을 이루는 곳이 발달되는데, 우계에는 맑은 물이 고이고, 건계에는 수중에 용해된 탄산칼슘이 재결정되었다고 여겨지는 Calcite 결정이 반사하며 빛나게 보이는 곳이 있다. 영월의 고씨굴, 단양의 여동굴, 그리고 단양 영춘의 온달굴 속에서 나타나고 있다.

여덟째, 대체로 중유동굴을 형성한 지하수는 석회암층 중의 틈바귀 사이를 따라 점차 하층으로 옮겨지며, 상층에 오래된 시대의 유로를 남겨 놓는다. 따라서 중유석은 상층의 동굴 내에서는 잘 발달되며, 하층의 동굴 내에 있어서는 그 발달상태가 양호하지 못하다.

아홉째, 현재 지하수류가 있는 곳에서는 이른바 Stalagmite는 발달하지 않는다. 즉, dripstone 보다도 flowstone쪽이 성장하기 쉬우며, 그 속도도 매우 빠르고 크다. 그리고 통풍이 좋은 동굴 보다도 통풍이 좋지 않은 밀폐형의 동굴 쪽이 화려한 중유석을 볼 수 있다.

이의 예외로는 단양의 영춘남굴인데 지표지층이 불순물이 많아 flowstone도 잘 발달되고 있지 않다. 그러나 이의 좋은 예로는 정선의 화암굴에서는 우리나라 제일가는 flowstone 경관을

볼 수 있는데 이것은 지하수류와는 무관하나 밀폐형 동굴이므로 볼 수 있게 된 것으로 본다.

2) 동굴 기상면에서 본 특성

첫째, 동굴내부의 수온 기온은 외기의 영향을 받지 않는 내부지점에 있어서는 동계하계의 구별없이 그 차가 적다. 대체로 여름에는 기온이 16~18℃, 수온이 12~14℃인데 대하여 겨울의 기온은 14~16℃, 수온은 9~12℃를 나타낸다.<sup>25)</sup>

둘째, 하계절의 동굴내 기온의 차는, 높은 위치에 있는 동굴의 기온이 낮은 위치에 있는 동굴보다 그 기온이 높게 나타난다. 8월달의 고씨굴은 16℃ 기온으로 나타났는데, 같은 날 용담굴의 기온은 17℃로 나타났다.

셋째, 외기의 온도가 상승하면 도리어 기류는 동굴내부 끝에서 동굴 밖으로 흐르며, 급격한 온도 상승을 억제하며 비교적 낮은 온도를 유지하게 된다.

넷째, 동굴내 기온과 수온은 동굴 소재지의 위도, 표고, 지표에서의 깊이, 계절 외기의 온도, 동굴내의 기류의 방향 등에 따라 차이가 생긴다. 특히 태양에서의 복사열이 지표표면에 끼치는 영향이 가장 크다고 할 수 있다. 따라서 동굴속 끝머리 수직굴의 밑바닥과 같이 지표에서 가장 멀리 떨어져 있는 지점이나 깊은 곳으로부터 내솟는 샘, 기류의 변화가 적은 장소 등은 계절에 관계없이 기온의 차가 적은 것이다.

다섯째, 동굴입구에서 깊은 내부의 대기온도는 굴벽의 온도와 거의 비슷하게 된다. 즉, 그 지층의 구조암석인 석회암의 온도에 지배되며, 이 온도는 거의 지표의 연간 평균온도와 비슷하다.

여섯째, 지표 온도의 일변화나 월변화는 열이 암석을 통하여 지하동굴에 전도되므로 점차 온도는 감소된다. 즉, 지하 3피트 밀의 일변화는 1°F 이내로 감소된다. 보통동굴은 지하에 깊은

곳에 있을수록 온도의 교차는 거의 없게 된다.

일곱째, 동굴의 온도는 지표의 기온에 영향을 전혀 받지 않는 것은 아니나 대체로 위도와 해발고도에 관계되고 있다.

여덟째, 동굴 내의 기온은 지하수가 있는 경우에는, 그 동굴류의 수온과 관계가 깊다.

아홉째, 수직동굴인 경우 특히 동굴의 형태가 꽃병 모양으로 되어 있을 때, 이 동굴은 빙혈로 나타나는 경우가 많다. 해발고도가 높은 동굴인 경우에 거의 빙혈이 나타난다.

열째 빙혈은 석회동굴보다 거의 용암굴과 같이 공기의 유통이 잘 되지 않는 동굴에서 많이 보게 된다.

열한째, 동굴 속의 상대습도는 대체로 95~100% 이다. 동굴 속의 대기는 수증기로 포화되고 있는데, 이것은 천장이나 벽에서 스며나오는 물에 관계된다.

열두째, 동굴 입구 부근의 상대습도는 90~95%로 낮아지고 있는데 이는 즉, 외기인 지표가 건조하기 때문에 낮아진 것이다.

열세째, 고도차가 있는 2개의 굴입구를 가지는 동굴에 있어서는 한 쪽 동굴구에서 다른 동굴구 쪽으로 강한 바람이 불어 나온다. 이것을 풍혈이라고 하는데, 우리나라 충북 소백산맥 주변동굴에서 볼 수 있다. 즉, 여름에는 낮은 쪽의 굴입구에서 바람이 불어 나오고, 겨울에는 상방에서 불어 나온다.<sup>26)</sup>

3) 지하수 동물상의 특성

첫째, 동굴은 그 깊이의 규모가 크면 클수록 진동굴성 동물의 종류가 비교적 많다. 전남 화순의 영계굴보다 영월의 고씨굴에서는 3배에 달하는 종류의 동물상을 볼 수 있었다.

둘째, 동굴 내의 지하수류가 지표수와 일상적이거나 계절적이라도 서로 연결이 되는 동굴에

서는 외래성 동물이 많이 나타나고 있다. 단양 영춘의 온달굴에서는 남한강이 범람하여 그 한강수가 굴 내에 투수하여 이 동굴 내에 지표수의 담수어족이 서식하고 있음을 보게 된다.

셋째, 특수화된 이른바 진화가 이루어진 진동굴성의 종류는 동굴 내에서는 주로 따로 독립된 동굴호소 중에서 많이 발견되고 있다. 영월 고씨굴의 내부 오지에서 갈로아 곤충이라는 화석 곤충을 발견한 바 있다.<sup>27)</sup>

넷째, 진동굴성 종류는 특히 동굴 내에 일년 중 계속 물이 고여 있는 독립호소에서 많이 나타나고 있다. 영월의 공기못굴에서 진동굴성 생물이 발견되었다.

다섯째, 동굴 속 깊이 들어가 외기와와의 관계가 전혀 없는 곳에 진동굴성의 생물을 보게 된다. 외래성인 박쥐는 아주 깊은 내부에까지 들어가지 않는다.

여섯째, 작은 갑각류나 편형동물은 지표에서는 웅덩이나 시냇물에만 살고 있지만 이 굴내에서는 습기가 많아서 아무 곳에서나 섭식하고 있다.

일곱째, 외기의 영향을 많이 받고 있는 개방적인 동굴에서는 동굴입구 부근에서, 그리고 폐쇄적인 외부와 관계가 적은 동굴에서는 내부 오지에 동물상이 풍부하다.

여덟째, 동굴 역사가 길고 동굴생물의 섭식환경이 양호한 동굴에는 동물상이 풍부하고, 역사가 새롭거나 환경이 나쁜 동굴에는 동물상이 빈약하다.

아홉째, 남해도나 제주도의 해식동굴에는 동굴생물상이 빈약하다. 그리고 그 동물 중에서는 호동굴성 동물이 많다.

열째, 진동굴성인 갈로아곤충과 장님딱총벌레 등은 폐쇄적인 동굴 내에서 나타나고 있으나 그 종류는 많지 않으며 또한 이 진동굴성은 석회동굴에서만 볼 수 있다.

열 한째, 강원도지역의 석회암지역에 널리 분포되고 있는 동굴 중에는 진동굴성 생물들이 거의 동일하게 분포되고 있다.

### 3. 우리 나라 용암동굴의 특성

우리나라 용암동굴의 분포는 제주도에 국한되고 있다. 제주도는 이른바 *aspite*식 화산으로 느린 산지사면을 흘러내린 용암류들은 이 *aspite*식 산지지형에 도움받아 많은 용암동굴의 발달을 보게 하였다고 하겠다.

즉 *toloide*나 *homate* 같은 화산산형보다는 산지경사면이 매우 느리게 뺏은 지면에서 용암동굴은 발달되기 용이하므로 제주도에서도 산정부와 같은 고산지역에서는 발견되지 않고 있다.

즉, 연안저지대의 느린 곳에 그것도 서북연안과 동북연안지역에 집중 분포하고 있는 것이다. 그리고 제주도의 용암동굴들은 동굴의 입구들이 모두 그 천정이 함몰되어 이루어져 함몰구가 출입구로 되고 있는 것이 특징으로 되고 있다.<sup>28)</sup>

통상 *lava tunnel*에 있어서는 그 출입구가 가스 폭발로 인하여 구멍이 뚫려져 동굴입구가 생기는 것인데 우리나라의 것들은 이와 같은 원인이 아니고 풍화작용으로 인한 천정함몰인 것이다.

그리고 제주도 동굴의 통상적인 특징의 또 하나는 그 동물상중에서 가장 많은 것이 “작은 거미”들이다. 동굴생물학자인 남궁 준 교수는 이것을 “제주도 꼬마거미류”로 이름 짓고 있는데 반도부의 곱뚱이, 노래기 등의 동물상의 특성에 반하여 이질성을 나타내고 있는 것이다.

그리고 진동굴성이나 호동굴성의 종류보다도 아직 외래성이 많은 것은 역시 제주도의 용암동굴들의 역사가 아직 새롭다는 것을 말해주고 있는 것이다.

[표 14] 제주도 lava tunnel의 동물상(남궁준 조사)

종류별	종류수	생태적 분류	
		동굴성	외래성
박쥐류 (Chiroptera)	3	3	
다슬기류 (Gastropoda)	6	4	2
새우류 (Amphipoda)	1	1	-
취머누리류 (Isopoda)	3	3	2
거미류 (Araneida)	29	10	19
얇은뱀이류 (Pseudoscorpionida)	2	1	1
장님거미류 (Opilionida)	3	-	3
진디기류 (Acarina)	3	1	2
지네류 (Chiloboda)	3	1	2
노래기류 (Diplopoda)	3	1	2
좀류 (Thysnura)	1	-	1
톡토기류 (Collembola)	3	1	2
매뚜기류 (Orthoptera)	1	1	3
딱정벌레류 (Coleoptera)	4	1	4
파리류 (Diptera)	4	-	-
기타	3	2	-
총계	72	28	44

## VII. 동굴의 보호와 관리

### 1. 관광개발과 보전

동굴은 그 자연경관이 아름다워 많은 사람들이 관광을 목적으로 찾아 들기도 하고 또한 한 약재로 사용되는 물질을 채취하기 위하여 파괴하기 때문에 적지 않은 물의가 일기도 한다.

더구나 최근에는 중유석이나 석순들이 일부 몰지각한 사람들에 의하여 수석이나 정원석으로 진열하려는 욕심에서 채석되기도 하여 수십만년의 오랜 세월을 거쳐 겨우 자라난 speleothem들이 유감스럽게도 점차 파손되고 있는 실정은 통탄하지 않을 수가 없는 일이다.

참으로 우리들과 같은 동굴애호가나 탐험가들에게만이 아니라 이 동굴자원은 지역사회의 소득증대를 위한 관광자원이 되고 있으며 또한 학술조사와 연구실험장으로 중요한 것이 되어 있고 또 그 밖에도 많은 현대적인 이용에 중요

한 몫을 차지하게 될 것에 틀림이 없어 이것이 인정받게 되었다.

따라서, 오늘날 세계의 모든 동굴가족들은 이들 동굴자원의 보전관리에 힘쓰고 있다.

이와 같은 경향은 먼저 미국에서 나타났는데 이미 미국의 N.S.S 에서는 학회내에 동굴보호의 전문위원회가 있어, 국내에서 일어나는 각종 보호문제에 동굴연구자들이 발언할 수 있게끔 체제를 마련하고 있다.

미국뿐만 아니라, Australia의 A.S.S에서도 회지마다 동굴의 보호문제가 제기되고 있다.<sup>29)</sup>

우리나라에서는 수년 전, 문공부 문화재관리국에 천연기념물로 지정된 동굴에 대한 보호관리를 주관하는 천연기념물계가 직제상 마련되어 자원의 보전관리의 일을 담당하고 있다. 그리고 자연보호위원회가 있으며 그 밖에도 여러 종류의 학회와 단체들이 자연자연자원의 완전한 보호관리에 주력하고 있는 실정이다.

그런데 거의 전부라고 할 수 있을 정도로 동굴은 석회암지역에 배태하고 있기 때문에 석회암체굴의 위협을 받고 있는 것이다.

즉, 석회암 광산을 채굴하다가 훌륭한 석회동굴을 발굴하게 되기도 하지만 반면에 석회암을 채석하려고 석회동굴을 파괴해 버리는 경우도 생기게 된다.

남 Africa의 Congo Cave 에서는 최근에 석회암 채굴에 따르는 동굴 파괴로 커다란 사회문제가 야기 되고 있으며 일본에서도 안가동의 개발을 둘러싼 많은 문제가 일어나고 있는 현실이다.

한편, 동굴이 천연기념물로 지정되었을 경우, 대부분이 그 경관의 아름다움 때문에 자연히 동굴은 개발하게 되는 경우가 많다. 그러나 아무리 법률에 의하여 그 동굴의 환경보전이 보장받게 되어 있다 하더라도 동굴의 자원적인 가치가 점차 퇴색되어서는 큰일이라고 아니 할 수가 없



는 것이다.

많은 관광객이 드나드는 영월의 고씨굴의 경우만 보더라도 동굴에 들어가는 관광객들이 반입한 먼지, 쓰레기, 찌꺼기, 휴지들이 점점 화석 곤충을 비롯한 진귀한 수많은 동굴생물들을 절멸의 궁지로 몰아 놓고 있다는 이야기다.

더구나 외래성 동물 즉, 예를 든다면 들쥐 같은 것들이 동굴 속에 잠입하는 것이 커다란 문제가 되고 있기도 한다.

동굴내의 들쥐들은 많은 배설물을 남길 뿐만 아니라 굴내의 경관의 파괴에 커다란 역할을 하고 있는 것이다. 그리고 많은 사람들이 지참하는 강한 전등불과, 동굴내의 밝은 조명시설 등은 이 동굴내에 이른바 보색식물이라는 특수생태계를 조성하고 있다는 보고도 있는 것이다.

이밖에 이끼, 곰팡이들이 생긴다는 사실은 이미 서울대 최기철 박사와 건국대의 이배함박사, 임문준 교수들에 의하여 확인되고 있다.

또한 동굴 속은 학술적인 수많은 가치도 지니고 있는 것이다. 그 자연적 조화의 극치를 이루고 있는 speleothem 들의 경관은 지표의 유수작용과 영력의 현저학습장이 될 수 있으며 적나라하게 배열된 채 그대로 지층의 양상을 낱낱이 보여 주는 동굴내의 지질구조 또한 좋은 자연실험실이 되고 있는 것이다. 더구나 지표에서는 옛 지질시대이나 찾아볼 수 있었던 생물들이 아직도 동굴속에 꿈틀거리고 있으므로 이들 동굴생물들에 대한 연구조사는 참으로 학술적인 면에서 매우 중요한 것이다.

그리고 우리 선조들의 옛 주거지로서 많은 유적들이 남아 있기도 하는데, 이와 같은 선사고고학적 자료는 영구히 보존되어 우리들의 실험연구실로 이용되어야 하겠다.

그밖에 동굴내는 일정한 온도가 연중 계속되는 관계로 진귀물자나 원료등등의 보관저장고

로도 이용될 수 있기도 하는 것이다.

그리고 관광동굴의 경우, 많은 관광객들이 출입하게 되는 관계로 동굴내에 인공적인 통로를 만들고 아울러 조명등이 가설되면 그 열기가 동굴내를 건조시키게 된다. 따라서 동굴 내의 건조는 실지로 동굴 내의 파괴작용에 중요한 역할을 하게 되는 것이다. 그러므로 생물에게 변질적 영향을 적게 주기 위하여 수은등, 백열등, 형광등, 그밖에 칼테일 광선등의 조명으로 동굴의 자연보존에 적극 주력을 해야하며 좋은 통기 조정장치의 시설로 동굴환경의 보존에도 만전을 기하여야 하겠다.

우리나라 울진의 성류굴과 영월의 고씨굴들은 모두 시급히 보호대책이 강구되어야 할 당면적인 문제를 안고 있는 동굴인 것이다.<sup>30)</sup>

## 2. 동굴류의 이용

종유굴은 원래 지하수에 의하여 이루어졌다. 따라서 종유굴은 물과 불가분의 관계에 있다. 석회암이 발달하는 Karst 대지에서는 빗물이 땅위로 흐르지 않고 doline나 polije의 밑바닥부터 땅 밑으로 흘러 들어가 지하수로 된다. 따라서 넓은 평지가 물이 부족하여 이용되지 못하고 남아 있는 곳도 많다. 그곳에 사는 사람들에게는 물이야말로 '생명수'로서 물을 찾아 헤메는 고투의 역사가 숨겨져 있는 것이다. 강원도 삼척 땅에 있는 관음동굴은 일종의 수혈인데 동굴내에는 높이 20m에 달하는 폭포가 있다. 이 지하수는 매분에 3.6m<sup>3</sup>으로 연간 약 200만m<sup>3</sup>에 이른다. 이와 같은 많은 양의 물이 어떻게 어디에서 모인 것일까? 이것은 이 동굴의 배후에 있는 석회암지역의 물이 모인 것이라고 생각된다. 이와 비슷한 예로는 역시 강원도 삼척의 초당굴, 활기굴 등 그 밖의 많은 석회동굴에서도 찾아볼 수 있다. 이와 반대로 부근에 계곡, 하천은 있으

나 골짜기가 고갈되어 그 유수량이 적은 곳도 있다. 이와 같은 경우, 이것은 빗물이 모두 지하수로 땅 속으로 스며들기 때문이다. 이 때에 그곳에 있던 어떤 동굴 doline 밑의 빨아들이는 구멍 즉, ponoi로부터 연결되는 지하수계가 계속 흘러 땅 속에서 이 석회동굴과 연속되고 있는 경우가 있다. 이리하여 현재 이 대지의 농가에서는 doline의 밑에 펌프를 파 생활용수로 쓰고 있는 경우도 있는 것이다.<sup>31)</sup>

한편 영월의 고씨굴이나 초당굴, 관음굴, 활기굴 등지에서는 아무리 가물어도 물이 고갈되는 일이 없으며 일년을 통하여 섭씨 14~16°C 내외의 물이 솟아 오르고 있다. 더구나 초당굴의 동굴 지하수는 50,000㎡에 달하고 있어 계곡 밑에 있는 초당 저수지에 많은 수원을 확보해 주고 있다. 이 지하수는 부근일대에 좋은 관개용수가 되고 있고 평창군이나 단양군의 동굴지역 부근에서는 인근 현지주민들의 상수도 수원으로 이용되고 있기도 하다.

특히 단양 영춘에서는 온달굴에서 나오는 지하수를 이용하여 물방아를 돌리고 있었던 흔적을 아직도 볼 수 있다.

우리나라에서도 각 지역의 종유굴에서 막대한 양의 지하수가 나와 직접간접으로 생활에 이용되고 있지만 아직 활용되고 있는 양은 수자원도 상당히 많을 것이라고 예측된다. 따라서 종유동굴의 형태나 발달과정이 명백히 되면 동굴 지하수의 이용을 위한 기초자료로서 크게 이바지 할 것이다.

### 3. 동굴의 평화적 이용

동굴이 옛부터 우리 선조들에게 갖가지 방면에서 이용되어 왔음은 재론을 요하지 않는다. 더구나 전시에는 동굴이 작전기지도 이용되었고 대피소로서도 이용되었었다.

이제 이 동굴의 평화적인 이용으로 보다 연구가 기울어져야 하겠다. 필자는 전술한 바와 같이 동굴이 지니고 있는 지하수의 이용이 기대할 수 있음을 강조하였다.

그밖에도 동굴은 그 속에 배태하고 있는 수많은 자원을 우리는 무시하여서는 안 될 것을 제론하고 싶다. 그 동굴 속의 광물자원은 물론이고 동굴자유의 이용면에 보다 깊은 관심이 기울어져야 하겠다.

원래, 동굴은 암흑의 세계이고 항시 등은, 등습이고 고요한 적막의 세계일 뿐 아니라 견고한 석회암의 장벽으로 되고 있으므로 천연적인 요새이기도 하다.

따라서 동굴은 천연적 냉장고이며, 암실이고, 지하댐인 것이다. 한편, 동굴은 천연의 창고이며, 공동이고, 동시에 자연의 실험실이다. 즉, 항온, 항습, 암흑이라는 성질을 이용해서 버섯재배가 이루어지고 있으며, 풍부한 지하수를 이용해서 양어장으로 연구되기도 한다.

한편 통풍성, 견고성, 적막성을 이용하여 태평양제도의 섬들에서는 사자를 모시는 동굴장의 습관도 남아있다.

그리고, 동굴은 냉방장치가 없었던 시대에는 농작물이나 누에꼬치의 알을 간 종지를 저장하기 위하여 각지의 풍혈이나 동굴이 이용되었었다. 참으로 이 동굴은 식량의 저장이나 보존, 생물의 사육과 재배에는 가장 알맞는 장소가 될 것이다.

이와 같이 동굴이 발달한 지방에서는 동굴은 생활에 밀착하여 이용되어 왔다. 이것은, 현재 우리들이 예상하고 있는 이상으로 선조의 인간들은 동굴과 깊은 관계를 맺고 있었던 것이다.<sup>32)</sup>

또한 동굴은 '자연의 통조림'과 같은 것으로서 옛날의 자연이 그대로 숨겨져 있으며 보존

되어 있으므로 과학자들이 동굴을 조사·연구함으로써 자연계의 수수께끼를 풀 수 있게 될 것이다.

그 결과는 어떠한 형태로든 인간생활의 행복을 위하여 기여하지 않으면 안 된다.

### VIII. 결 론

이상에서 필자는 우리나라에 분포하고 있는 자연동굴의 성인과 그 형성과정을 설명하고 이들을 그 유형별로 분류하였으며 나아가서는 그들의 지리적인 분포를 비교분석하였다. 그리고 그들 동굴의 지니고 있는 특성을 구명하고 앞으로 이들 자연동굴의 개발에 따르는 보호문제와 보전의 필요성을 살펴보고 동굴의 평화적인 이용방안에까지도 언급하였다.

사실상 동굴은 지하의 자연공간이다. 이 지하에 배태하고 있는 신비롭고 무궁무진한 각종 자원의 개발이용은 참으로 향토 지역사회 개발에 가장 필수적인 근본이 된다고 할 수 있다.

그것은 오늘날 벌써 인구의 증가에 따라 과학적 지식의 계발로 지표공간의 각종자원은 거의 개발되어가고 있는 터이므로 앞으로 새로운 터전에서의 새 자원의 등장이 요구되고 있다.

때문에 지하동굴은 새로이 등장한 토지자원으로 지역사회개발에 도움이 될 뿐만 아니라 인류학이나 고고학 그리고 지형변천의 자연적 법칙성을 알 수 있는 지형학과 지질학적 지리학등의 연구대상으로 그밖에 생물의 진화를 연구하는데 가장 필요한 대상지역으로 중요한 존재가 되고 있다.

이제 우리나라의 석회동굴의 성인을 본다면 Cambro-Ordovician 기의 대석회암통에 속하는 지층에 해당되고 있는 석회암층이 광대하게 분포되고 있어 지하수의 용식작용이 활발하여 대

규모적인 동굴형성을 이루게 하였다.

그리고 제주도의 용암동굴은 세계적인 aspite 식 느린 사면의 화산지형에 발달되었으므로 세계 제일가는 7km의 만장굴의 발달을 보게 될만큼 장대한 lava tunnel의 형성이 이루어졌으며 그것도 외국과는 달리 출입구는 천정이 함몰되어 이루어진 것이 특색으로 된다.

또한 우리나라의 자연동굴은 그 유형이 크게 세 가지로 대별되어 석회동굴, 용암굴, 그리고 해식동굴로 구분되고 있는데 이들의 지역적 분포는 거의가 내륙지, 제주도, 해안지역의 지리지역으로 분류되고 있다.

뿐만 아니라 석회암의 분포지역인 평안남도 남부와 황해도 북부 그리고 강원도 남부와 충청북도 동남부 및 경상북도 북부지역에는 석회동굴이 집중분포하고 이 지표일대에는 많은 doline 와 uvale, polije들이 발달되고 있다.

우리나라의 강원도에 있는 동굴들은 낙반현상이 많은데 그들의 대부분은 지층의 수직과 급경사에서 나타난 현상이 많다고 할 수 있다.

그리고 우리나라의 동굴 속 기온은 대체로 연간 14~18℃를 오르내리고 있으며 수온은 12℃~14℃를 승강한다.

또한 동굴의 위치라 지하로 깊게 존재하는 경우 동굴 바닥의 기온과 수온의 변화는 비교적 적게 나타난다.

공기의 유통이 잘 되지 않는 동굴 특히 수직 동굴에 있어 이른바 빙혈현상이 나타나며 동굴 입구가 두 개가 있어 그 입구들이 서로 고도차가 있을 경우에 이 동굴은 풍혈로 된다.

동굴내외의 지하수와 지표수의 유통이 잘 되고 있으면 이 동굴 속에는 외래성 동물상이 많이 나타나고 동굴속의 오지에 있는 고립 호소 속에는 진동굴성 생물이 많이 나타난다. 그리고 오래된 동굴이나 다습한 동굴속의 동물상은 풍

부하다.

이상은 우리나라 동굴의 일반적 특성이라 할 수 있는데 이들의 동굴의 특성은 그 지역과 환경에 따라 달리 나타나는 것이 사실이나 대국적 견지에서는 대동소이한 형상을 나타낸다.

요컨대, 우리나라는 전국에 대소 여개의 지하 동굴이 산재하고 있는 것으로 추정되고 있다. 이들 중 그 대부분은 아직도 인적미답의 심산유곡이나 산간벽지에 분포하며 어떤 것은 가파른 절벽이나 높은 산정에 위치하고 있다. 따라서 이 자연동굴은 앞서 논술한 바와 같이 훌륭한 자원이요 심오한 학술연구의 대상지인 자연실험실로 될 수 있었으나 이들의 지리적 위치가치 때문에 아직 미발견, 미개발상태에서 방치되어 왔던 것이다.

더구나 이 지하의 대자연 공간인 동굴에 대한 종합적 자연과학적 연구 의욕은 오늘날 날로 고조되어 가고 있는바 이제 이와 같이 방치되어 있던 자연동굴의 소재와 규모 그리고 그 특성의 파악은 우리들 자연의 진리를 탐구하는 학도들의 마땅히 전력을 보다 기울여야 할 연구대상이라 할 수 있는 것이다.

참으로 우리의 향토사회를 보다 향상된 문화 지역으로 이끌어 올리기 위한 새로운 방도는 미지의 세계요 그 무한한 새 자원의 보고인 지하 궁전의 학술적인 연구조사로 개발과 보전의 항구대책이 마련되어야 한다고 보는 것이 타당하다고 보겠다.

註

- 1) 1974년 3월, 황용훈, 홍시환팀이 성철, 노지발견
- 2) 1974년 1월, 김기웅, 홍시환팀이 타계석기발견
- 3) 1974년 10월, 손보기팀이 동물화석과 토기, 석기 발굴

- 4) 서무송(1966) “한국의 Karst 지형” 지산논문집, p.69
- 5) 1974년 3월, 황용훈, 홍시환팀이 성철, 노지발견
- 6) 임문순(1975), “고수굴과 여천굴의 환경과 동물상” 한국동굴학회지, p.17
- 7) G.W.Moore (1964) “Speleology : The Study of caves”
- 8) G. W. Moore(1964) “Speleology : The study of caves”, pp. 18~19
- 9) 원종관(1975) “동굴연구상의 지질학적 문제점” 한국동굴학회지, p.26
- 10) 원종관(1975) “동굴연구상의 지질학적 문제점” 한국동굴학회지, p.24
- 11) 홍시환 “우리나라 동굴의 유형과 특색” 한국동굴학회지(1975), p.6
- 12) 동굴단연(1971) “동굴의과학” 지학단연, p.23~p.36
- 13) 녹도애연(1971), 동굴지질학입문, JAPAN CAVING No.7 p.21
- 14) 동굴단연(1971) “동굴의 과학” 지학연구, p.37~p.41
- 15) 정장호(1975) “카르스트 지형” 지리학회보, 13호, p.5
- 16) 길정양삼(1975) “洞穴から生物學へ” NHブックス p.71~79
- 17) 길정양삼(1974) “洞穴ことはじめ” 암파서점, p.194~196
- 18) 대구보아홍(1973) “洞穴の科學”, 축지서관, p.134~139
- 19) 권혁재(1974) “지형학원론”, 법문사, p.140
- 20) 정장호(1975) “카르스트 지형”, 지리학보 13호, p.1
- 21) 서무송(1966) 한국의 Karst 지형, 지산논문집, p.71
- 22) 한국광진(1970) “한국의 석회암분포”(한국의 광상③) p.135-140
- 23) 원종관(1976) “동굴연구상의 문제점”(한국동굴학회지 p.24
- 24) 대구보아홍(1972) 洞穴の科學 p.23~28
- 25) 대구보아홍(1973) 洞穴の科學, pp.30~32
- 26) 대구보아홍(1973) 洞穴の科學, pp.36~40
- 27) 길정양삼(1975) 洞穴かう生物學, pp.94~98
- 28) 한국동굴협회(1970), 한국의 동굴(백영사) p.34
- 29) 고본정(1975) “洞穴保護て關する2,3の問題” JAPAN CAVING p.44
- 30) 한국동굴협회(1970) “한국의동굴”(백영사), p.30
- 31) 박노식(1972) “신지형학학” 일심사, p.34
- 32) 박노식(1975) “우리나라 동굴학의 오늘과 장래”(한국동굴) Vol. p.1-2