

제주도의 동굴개관(洞窟概觀)

1. 서론

학회장 홍시환

제주도는 세계에서 이름난 화산동굴(火山洞窟)의 보고(寶庫)라고 불리운다.

그 동굴의 길이 뿐만 아니라 그 규모(規模)그리고 그들 동굴속에 간직하고 있는 갖가지 동굴의 지형지물(地形地物)등 하나하나가 모두 세계제1 또는 세계적인 것들에 많이 집중분포하고 있기 때문이다.

한편 환산동굴은 용암동굴 핏트동굴 리프트동굴등으로 다시 세분하기도 하는데 핏트동굴은 리프트 동굴과 같이 매우 희귀한 것으로 화산활동때에 분출된 화산탄(火山彈)이나 화산력(火山礫)그밖에 화산재(火山灰)등으로 되는 화도(火道)가 그대로 남아서 수직구멍을 이루고 있는 것을 가리킨다. 그리고 리프트동굴이란 마그마가 화도속에 가득차 있는 상태이면서도 수직동굴(垂直洞窟)이 남아 있는 경우를 말한다.

사실상 제주도에 있는 화산동굴에는 세계제1의 것이 헤아릴 수 없을 만큼 많이 있다. 그 길이에 있어서 세계최대인 빌레못동굴을 비롯하여 제4위인 만장굴, 11위인 수산굴과 17위인 소천굴(昭天窟) 등이 있고, 이밖에 길이가 1000m이상 되는 것으로는 화흘굴과 한들굴 등이 있다.

한편 석회동굴(石灰洞窟)과 달라서 화산동굴의 경우에는 종유석이나 석순 등의 발달이 매우 미약할 뿐만 아니라 일단 동굴이 형성된 이후에는 그 성장이 종식되므로 동굴속의 지형지물들의 존재는 매우 희귀한 것으로 되고 있다. 그런데 제주도의 동굴속에서는 세계 제1의 용암석주(7.6m)가 만장굴속에 있고 역시 세계 제1인 용암구(熔岩球)와 규산주(珪酸柱)등이 빌레못동굴속에서 발견되고 있다. 또한 소천굴에서도 세계제1의 「튜브 인 튜브」즉 미니동굴이 최근에 발견되어 세계의 이목을 끈 바 있었다.

2. 화산동굴의 형성과정(形成過程)

석회동굴이 계속적으로 자라고 있는 동굴입에 반해 화산동굴은 생성 당시에 일단 형성된 이후에는 훼손되거나 오손되면 영원히 재생되지 못하는 것이 특징이다. 즉 석회 동굴은 맨 먼저 지하수(地下水)가 흘러 스며들면서 지하수류가 흘러나간 자리가 동굴이 되고 그후 동굴의 천정에서 계속적으로 스며내리는 석회질의 용해수 때문에 이 동굴천정에 종유석과 종유관(鍾乳管)등이 발달하는 살아있는 동굴이 되고 있는 것이다.

그러나 화산동굴은 화산활동때에 흘러내린 용암류(熔岩流)속에 동굴이 발달된 다음 일단 냉각되면 그대로 굳어지고 말기 때문에 더 이상 동굴속의 종유석이나 석순 등은 자랄 수가 없는 것이다. 다시 화산활동(火山活動)이 계속되지 않는 한 영원히 동굴퇴적물들은 그대로 썩맷고 마는 것으로 오손되면 재생이 불가능한 것이다.

즉 화산이 분출할 때에 유동성이 커다란 용암이 지표면에 흘러내리게 되면 이때 이 용암류속에서 동굴이 형성되게 된다. 이때의 용암의 온도는 섭씨 1천2백도 이상이 되며 화구(火口)에서 흘러내릴때 지표면의 공기에 마찰되어 냉각되는 용암류의 윗부분은 냉각되어 굳어지므로 꺾뎠기름 이루고, 그 속을 계속 흘러나오는 용암은 연속적으로 낮은 지표면을 따라 흘러가게 된다.

따라서 원래의 지표면이 느린 경사면을 이루고 있을 때에는 이 유동성이 큰 용암류속에서는 장대한 화산동굴이 발달되게 마련이다. 유동

성(流動性)이 큰 흘거운 용암일수록 분출된 분화구의 산정 부근에 남아있지 않고 산기슭 밑으로 흘러내려가게 되는데 제주도의 경우에는 서북쪽과 동북쪽사면으로 흘러내려 멀리 해안지역 까지 동굴이 계속되고 있다.

즉 마그마가 화도(火道)를 따라 올라와 용암이 되어 나올때 용암의 점성(粘性)이 크면 개스의 압력이 높아지게 되므로 폭발적인 화산분출이 있게 마련이다. 그러나 동굴속에서 흘러내려가는 용암은 점점 그 점성이 작아지기 때문에 이때에는 커다란 폭발은 없게 된다. 그때문에 용암속의 수증기는 무더운 열기를 품고 있으면서 동굴속 천정부근에 상승집합하여 점점 낮고 편평(扁平)한 개스의 공동(空洞)을 이루게 된다.

한편 동굴속 바닥면의 두텁고 무거운 용암은 계속 높은 온도를 지니면서 낮은 바닥을 찾아 흘러내려가게 된다. 이때 납작한 개스공동이 연속되어 동굴속 용암의 흐름에 따라 생기게 되나 이들의 계속되면 동굴은 계속된다. 즉 이와 같은 개스공동이 연결, 화산동굴이 연속되게 되는데 만장굴은 약 51개의 공동이 연속되고 있는 것으로 예측되고 있다.

3. 대표적인 동굴들

(1) 빌레못동굴

길이 1만 1천7백49m에 달하는 이 동굴은 단일화산동굴로는 세계최장의 동굴이다. 제주도 서북쪽 사면에 있는 이 동굴은 주굴(主窟)보다도 가지굴(支窟)이 많아서 미로형동굴(迷路型洞窟)로 유명하다.

즉 주굴은 직선형을 이루면서도 망상(網狀)을 이루는 동굴형태로 세계최장의 동굴답게 동굴지형도 세계적인 것들이 많이 부존하고 있다. 이 동굴속에서는 대륙산(大陸産) 황곰뻘의 화석이 발견되어 과거 빙하기(氷河期)에 제주도가 대륙에 연결돼 있었음을 말해주고 있다.

한편 특수한 동굴지형이 발달되고 있는데 그중에서도 분출종류(噴出鍾乳), 로피라바(새끼모양용암류), 규산화(珪酸華) 등이 이색적 존재이나 이밖에도 돌창(石槍)과 용암수형(熔岩樹型)이 동굴속 깊숙한 곳에서 발견되었다.

(2) 만장굴(萬丈窟)

만장굴은 그 길이가 8천9백 24m로 세계4위의 단일화산동굴이다. 그러나 동굴속 지형의 규모나, 지물(地物)의 특수성 등은 참으로 세계적인 화산동굴이라 하겠다. 즉 20m가 훨씬 넘는 천정높이, 폭이 10m에 달하는 동굴속, 그밖에도 용암주나 용암구 그리고 3단의 용암교 등

화산동굴의 전시장이나 다름없다.

밑에 있는 김녕(金寧)의 사굴(蛇窟)을 비롯하여 윗쪽의 덕천굴(德泉窟), 발굴, 절굴, 개우셋굴 등등이 하나의 동굴시스템(洞窟系)을 이루고 있다. 이 만장굴동굴계의 길이는 최근까지 1만3천2백68m로 세계 제 1의 화산동굴계로 군림하고 있었으나 지금은 1만5천7백98m로 새롭게 밝혀졌으며 협재동굴계 다음 가는 지위를 차지하고 있다.

(3) 김녕사굴(金寧蛇窟)

만장굴동굴계에 속하고 있는 동굴로 그 통로가 커서 세계적인 규모로 알려있는 동굴이다. 원래 만장굴에 계속되고 있었으나 동굴이 생성된 이후에 지진에 의하여 만장굴과는 따로 떨어진 별개의 동굴로 되어 있다. 그 옛날 이 굴에서 행패가 심하였던 구렁이를 판관(判官)으로 부임한 서린(徐隣)이 퇴치하여 송덕비가 세워진 전설이 남아 있다.

(4) 수산굴(水山窟)

한라산 동쪽사면에 위치하고 있는 이 동굴은 총 길이 4천6백75m로 세계 10위를 자랑하는 화산동굴이다. 주굴의 모양이 U자형으로 된 이 동굴은 동굴내에 용암석순이 많기로 이름났다. 그리고 길이 1백 40m에 달하는 용암교가 그대로 남아 있는 학술적 가치가 큰 동굴이다.

(5) 협재굴(挾才窟)

이색적인 동굴로 알려진 이 동굴은 동굴속에 석회질의 종유석과 석순이 자라고 있어서 유명하다.

제주도 서북해안에 입지하고 있기 때문에 탁월한 북서계절풍에 의하여 운반된 패사(貝砂)가 용해된 석회질의 용액이 동굴의 천정에서 종유석을 성장시키고 또한 바닥에 석순을 자라게 한 특수한 동굴이다.

최근에는 그 부근의 재암천굴(財岩泉窟) 쌍용굴 황금굴 초깃굴 소천굴 등이 하나의 화산동굴계임이 학술적으로 확인되었다. 그리고 그 총길이는 1만 7천 1백 75m로 세계 제1의 화산동굴계로 인정받게 되었다.

(6) 쌍용굴(雙龍窟)

협재굴의 바로 옆에 계속되고 있는 동굴로 총길이 3백 93m밖에 되지 않으나 세가닥으로 되는 수평동굴로 역시 석회질의 종유석과 석순이 발달하고 있는 특수동굴로 커다란 암주(岩柱)인 지(智)의 석주(石柱)가 이 름났다.

(7) 황금굴(黃金窟)

협재굴화산동굴계에 속하는 동굴로 총연장 1백 40m밖에 되지 않으나 그 동굴내부경관이 석회질의 2차생성물로 장식되고 있어 황금빛 나는 찬란한 모습이라고 하여 이름지어진 동굴이다. 최근이야 그 내부모습이

사진으로 공개되었으나 동굴은 아직도 비공개로 되어 있다. 석회질의 중유석과 석순은 물론 특히 중유관의 무리가 내려 뻗고 있고 70cm가 넘는 용암중유를 비롯하여 화산동굴지형의 종합전시장으로 평가된다.

(8) 소천굴(昭天窟)

총길이는 2천9백80m에 달하는 이 동굴은 우리나라 화산동굴중에서 빌레못굴, 만장굴, 수산굴, 다음가는 제4위의 화산동굴이다. 개스분출구가 출입구로 되는 이 동굴입구에는 양치류(羊齒類)가 무성하여 천연기념물로 지정받고 있는데 동굴내부경관은 물론 지형지물 또한 희귀한 것들이 많이 알려져 있다.

그중에서도 세계적으로 희귀한 코핀(Coffin)과 튜브인 튜브 즉, 미니동굴이 특수지형으로 되는데 미니동굴의 총길이는 7백20m에 달해 세계에서 가장 길며 그 튜브의 천정이 갈라져 나타난 코핀지형은 세계에서 몇군데 밖에 없는 특수지형이다.

(9) 한들굴

한라산 북서사면에 위치하는 이 동굴은 총길이 1천4백m로 동굴의 입구가 서로 동쪽과 서쪽의 두개로 나누어져 그 막장부근이 서로 연결되어 있는 원형의 동굴이다.

뚜렷한 용암선반지형을 비롯하여 규산화 규산중유 등의 경관이 아름답고 곳곳에 새끼모양의 로피용암이 동굴바닥을 장식하고 있다.

(10) 미천굴(美千窟)

길이 1천6백95m에 달하는 화산동굴로 한라산 동쪽사면에 자리잡고 있다. 수평동굴(水平洞窟)로 되는 이 동굴은 그 길이에 있어 우리나라 제6위의 화산동굴이다. 동굴의 입구는 개스분기공(噴氣孔)으로 되고 있으며 일반적인 동굴지형을 그대로 볼 수 있는 평범한 동굴이다.

(11) 와흘굴(臥屹窟)

한라산 북사면에 위치하는 동굴로 길이가 2천 66m로 우리나라 제5위의 화산동굴이다. 동굴속은 낙반(落磐)이 심하나 이들은 다른 동굴이나 마찬가지로 지진활동 때에 나타난 현상으로 볼 수 있다. 동굴내부에는 용암석순의 무리가 많고 용암주, 고사리형 용암종유, 그밖에 규산화현상도 볼 수 있는 동굴이다.

(12) 구린굴

한라산 북쪽 중턱인 해발 7백 60m지점에 있는 가장 높은곳에 있는 화산 동굴로 총연장 8백 80m길이의 동굴이다. 동굴내부에는 작전기지로 사용되었던 흔적이 남아 있는 동굴이다.

4. 동굴(洞窟)의 특수지형(特殊地形)

제주도(濟州道)의 화산동굴(火山洞窟)은 그 규모(規模)나 분포(分布), 밀도(密度), 그 밖의 지형(地形), 지물(地物)의 특징에 있어서 학술적인 가치, 관광자원적인 측면에서 매우 진귀하고 소중한 것임이 여섯 차례의 한·일합동 동굴 조사(韓·日合同 洞窟 調査)에 의해서 밝혀졌다.

현재까지 조사 보고된 기록 중에서 한림(翰林) 땅의 빌레못동굴은 총연장이 11,749m로서 단일 화산동굴(單一 火山洞窟)로는 세계 최장(最長)임이 확인되었고, 동쪽에 있는 금녕리(金寧里)의 만장굴(萬丈窟)도 8,928m로서 단일 화산동굴로는 세계 제4위의 동굴임이 지난 1981년 1월 제2차 한·일합동 동굴 조사단에 의해서 확인되었다. 그 밖에도 남제주의 수산굴(水山窟), 북제주의 소천굴(昭天窟), 와흘굴(臥屹窟) 등은 그 규모에 있어서나 미지형(微地形)의 학술적인 가치에서 볼 때 매우 고귀한 것임이 확인 조사되었다. 또한 지금까지는 한라산(漢拏山) 북동사면의 만장굴을 비롯한 그 줄기의 화산동굴계(Lava Cave system)는 길이 13,268m로서 세계 제1로 알려져 있었으나, 1985년 8월 실시되었던 제5차 한·일 합동 제주도(濟州島) 동굴조사에서는 한라산 북서사면의 협재 화산동굴계(挾才Lava Cave system)가 화산동굴계(Lava Cave system)로서는 세계 최장인 17,174m임이 확인 되었다.

이와 같이 동굴이 전장이 규모면에서 세계적인 가치가 있음은 물론, 그 동굴내에 분포하고 있는 특수한 지형, 지물들은 더욱 가치있는 것들인데, 여기에 그 특수(地形地物)을 소개하면 다음과 같다.

(1) 용암주(熔岩柱)

용암주는 1차로 동굴이 형성된 후에 다시 그 상층에 2차로 용암류(熔岩流)가 흘러 내릴 때, 1차에 형성된 동굴의 천정을 뚫고 흘러 내려온 용암류가 바닥에 흘러 내리면서 그대로 냉각 고결되어 형성된다. 대표적인 것으로는 만장굴 있는 용암주(熔岩柱) 1차로 동굴이 형성된 후에 다시 그 상층에 2차로 용암류(熔岩流)가 흘러 내릴 때, 1차에 형성된 동굴의 천정을 뚫고 흘러 내려온 용암류가 바닥에 흘러 내리면서 그대로 냉각 고결되어 형성된다. 대표적인 것으로는 만장굴 있는 용암주(熔岩柱)를 들 수 있는데, 그 높이가 7.6m로서 세계 최장(最長)으로 알려져 있으며, 이의 성인은 천정부에서 흘러 내려온 2차의 용암류(熔岩流)가 천정부의 약한 부분을 뚫고 잔류용암이 밑으로 흘렀는데 이때에 하층 바다의 용암위로 덮혀 있는 점과 퇴적으로 높아짐에 따라 상·하류 두 방향으로 흘렀으며 그 보다 더 고결되고 거친 용암공급량이 줄어 들면서 서서히 쌓여감에 따라 탑모양의 용암주가 형성되었다고 생각된다.

(2) 용암구(熔岩球 Lava Ball)

용암구란 용암의 유동(流動)이 계속되고 있을 때에 천정부에서 떨어진 용암괴(熔岩塊)나 측벽부(側壁部)에 부착되었던 용암선반이 유동하는 용암류(熔岩流) 위에 떨어져 흘러가다가 용암량이 줄거나 속도가 느려져서 그대로 냉각 고결된 것이다.

대표적인 예로서는 현재 관광객(觀光客)에 공개된 일명 거북바위(萬丈窟)라는 것이 있으며, 이것 외에도 만장굴에는 21개의 용암구가 분포

되어 있다. 가장 거대한 것으로는 빌레못동굴 내에 있는 것으로 높이 2.5m, 장경 7.2m, 단경 5.2m에 달한다. 이외에도 수산굴(水山窟), 와 흘굴 등에도 다수의 용암구가 분포되어 있다.

(3) 용암교(熔岩橋)(Lava Bridge)

용암이 유동될 때 그 바닥을 이루고 있던 바닥면이 그대로 남겨져 있는데 다시 용암바닥이 침하(沈下)되어 상하층의 여러층을 이룰 때中间的 생각된 윗바닥을 용암교(熔岩橋)라고 한다. 만장굴(萬丈窟)에는 대소 15개의 용암교가 분포되어 동굴의 형성과정을 말해주는 좋은 자료가 되고 있는데 수산굴 속에서는 길이 140m, 폭이 5m되는 세계 제1가는 용암교가 발견되었다. 그리고 현재까지 만장굴 속에서는 삼층구조의 용암교가 발견되어 이목을 끌었다.

(4) 용암석순(熔岩石筍)(Lava stalagmite)

용암(熔岩)이 흘러내려 동굴이 형성되고 있을 때 동굴천정이나 동벽부(洞壁部)에서 그 용암의 용액(溶液)이나 점적되어 동굴바닥면인 바밭위에 쌓여져 석순같이 자란 것을 말한다. 빌레못동굴의 지굴(支窟)인 미로굴속에는 길이 77cm의 대형 용암석순이 발견되어 세계 제1을 자랑하게 되었으며, 그 밖에는 대체로 10cm이하이다.

(5) 용암종유(熔岩鍾乳)(Lava stalactites)

용암이 동굴을 형성하면서 아직도 고온(高溫)이 계속되고 있을 때, 천정부나 측벽부에서는 생각되지 않은 용융체(熔融體)인 용암이 고드름

처럼 흘러 내리다가 냉각 고결되는데, 이것은 용암중유라고 하며, 그 형태가 고사리형인 경우와 포도상인 경우 그 밖에 형상에 따라 각각의 명칭이 다르다. 빌레못동굴의 미로굴에서는 20cm정도로 자란 것도 관찰된다.

(6) 미니동굴(Tube in Tube)

동굴이 형성된 후 동굴 바닥에 다시 2차의 용암이 유입하여 그 표면이 냉각하고, 그 속에 Gas 공동(空洞)이나 유동공동(流動空洞)을 형성하게 되는데 이와 같은 소형동굴을 '동굴 속의 동굴'이라하여 미니동굴 튜브 인 튜브(Tube in Tube)라고 한다.

만장굴에는 내부의 곳곳에서 볼 수 있는데 빌레못동굴에서도 발견된다. 매우 희귀한 미지형(微地形)으로서 그 학술적 가치가 높은 지형이다. 협재동굴계에 속하는 소천굴(昭天窟) 내부에서 길이 240m에 달하는 세계제일가는 미니동굴이 발견되었다.

(7) 규산주(珪酸柱)

규산중유(珪酸鍾乳)가 계속 발달하여 동굴의 바닥까지 연결되어 기둥을 이루었을 때를 말하는데, 세계적으로 매우 희귀한 지형이다.

빌레못동굴에서 발견되었는데 28cm의 화려하고도 훌륭한 규산주(珪酸柱)이다. 현재까지 이와 같은 규모의 규산주는 세계적으로 보고된 바 없다.

(8) 규산화(珪酸華)

규산화는 개스중에 용융(熔融)되어 있었던 규산(珪酸)이 동굴이 측벽에 부착되어 이루어진 것으로 생각된다. 이러한 것들의 예로는 만장굴(萬丈窟)의 제3입구부근과 빌레못동굴의 미로굴과 지굴에서 버섯형, 꽃잎형, 삼림형, 산호형등의 발달을 볼 수 있다.

(9) 개스볼(噴氣球) (Gas ball)

만장굴의 하층 막장 부근에서는 크고 작은 개스볼이 부착되어 있는데 이것은 용암(熔岩)이 유동에 따라 개스가 농축되어 연한 용암 입자(粒子)를 붙여내어 측벽부와 천정에 매달려 있으며, 밑바닥에 형성된 개스볼은 용암속에 들어 있는 개스체가 밖으로 나오다 남은 일부가 표면이 냉각되어 부풀어 오른 것이다. 개스볼은 표면에 스며 있는 개스의 양과 온도(溫度), 암질(岩質), 압력(壓力) 등에 따라 그 형태와 크기가 달라진다. 동굴내의 통로가 낮은 부분에는 개스의 작용이 활발하여 각종 형태의 개스볼을 형성한다.

(10) 로피라바(Ropy lava)

용암(熔岩)의 유동(流動)이 멎고 동굴이 형성된 무렵에 바닥면의 중앙부가 유동이 약하여지고 온도가 낮아짐에 따라 상대적으로 점착성(粘着性)이 높아져서 냉각 고결될 무렵, 바닥에 흐르고있던 용암(熔岩)이 새끼모양으로 포물선을 이루면서 냉각고결되는데 이를 로피라바(Ropy lava)라고 한다.

(11) 용암선반(熔岩旋盤棚)

용암선반은 용암(熔岩)이 유동(流動)하면서 그 바닥이 냉각되었을 때 바닥면의 일부가 그대로 동굴 벽에 남아서 부착되어 있는 선반을 가리킨다. 모든 동굴에서 볼 수 있다.

5. 제주도동굴의 생물상(生物相)

(1) 동굴의 특성

제주도(濟州道)의 동굴이 분포하고 있는 지역은 대부분이 해안과 중산간지대에 걸쳐 널리 발달하고 있는 표선리현무암층(表善里玄武岩層)이며, 대규모의 용암류(熔岩流)의 유동이 있었던 곳에 동굴이 형성되어 있다.

또한 고도별로는 상술한 바와 같이 구린굴이 782m로 가장 높고, 용진굴, 머시멀굴 등이 산간지대에 분포하며, 송당굴(松堂窟), 빌레못굴, 소천굴(昭天窟), 등이 중산간지대에 있으며, 나머지의 대부분은 모두 100m이하의 저지대(低地帶)에 있으며, 그러한 동굴들은 대부분 해침(海浸)을 받은 흔적이 있다.

동굴의 생성시기는 제주도(濟州道) 형성시기와 비슷한 제 3~4기초로 추정되며 동굴동물의 정착 환경으로서는 동굴의 형성시기가 시대적으로 큰 차이가 없을 것으로 보아 지질적영향보다는 기상, 영양원 등의 영향이 더 큰 작용을 하고 있는 것으로 보인다. 이들의 분포지역의 지형적 위치나 기타 분포상을 고려하여 南宮煥은 4개 분포구로 구분하고 있다.

(2) 動物相群集의 特性

지금까지 조사된 동굴은 30여개이나 그 중 동물상이 조사된 것은 28개 동굴로서 그 서식 동물은 별도 목록과 같이 19목 87종이다.

중요 포식동물인 거미류가 곤충 기타를 훨씬 앞서 전체 종수의 약 40%를 차지하고 있음은 주목되는 사실이다. 한편 동굴에의 영양성, 동굴화의 정도에 따라 생태적인 분류를 해보면 동굴성인 것이 30종과 37%이고, 외래성종(外來性種)은 51종과 63%로 되어 본토 석회동굴(石灰洞窟)에 비해 동굴화가 현저히 뒤떨어지며, 특히 진동굴성은 곤봉털떠노래기(Eqanerchobusclavisetus) 단 1종 뿐이며 수동물도 단 3종으로 극히 최소한 존재이었다. 이러한 사실들은 모두가 제주도동굴의 역사가 짧음에서 오는 현상일 것이다.