

제주도의 화산동굴 소고

홍 시 환*

A Study on the volcanic caves in Jeju

Shi Hwan Hong*

I. 서론

화산동굴이란 화산작용으로 이루어진 동굴로 이른바 용암이 흐르는 중에 형성되어 있다 하여 용암굴이라고도 한다. 즉 석회동인 중유굴의 성인과는 달리 화산지역에서만 발달한다.

우리나라에서는 제주도가 화산섬이니 만큼 화산동굴은 제주도에서 볼 수 있다.

이제 과거 수차에 걸친 한일합동동굴조사로 일약 세계최장의 동굴로 등장하여 각광을 받게 된 몇 개의 화산동굴을 중심으로 이미 조사된 자료에 의하여 이들 화산동굴의 생성과 형성과정, 그리고 나아가서는 그 동굴의 특성을 밝히고자 한다.

II. 제주도의 형성과 화산동굴

1. 제주도의 지형형성

제주도는 신생대 제3기말에서 제4기초에 이르는 동안 화산활동에 의하여 이루어진 화산섬이다. 초기에는 해저에서 그 지반이 형성되었을 것이나 지반의 용기, 화산의 분출로 제주도가 형성되었다. 대체로 화산작용은 5회의 분출유희로 구분되며 대소 79회의 용암분출과 화산

쇄설물의 분출로써 제주도의 기반은 형성되고 용암대지가, 다시 썰드화산이, 그리고 기생화산이 형성되었으며 용기와 차지형에로의 지표변화를 이루게 된 것이다.

이와같은 지형의 형성과정은 367개의 분석구와 용암구를 산재시키는 낮고 느린 아스피테형 화산도를 발달시켰다. 따라서 용암의 유출은 느린 산록사면으로 빨게 되었고 더구나 점성이 적고 유동성이 많은 용암들은 장대한 용암동굴 즉, 화산동굴의 형성을 보게 한 것이다.

2. 제주도동굴의 성인과 분포

제주도는 용암동굴 즉 화산동굴의 세계적인 밀집지대를 이루고 있다. 전술한 바와 같이 제주도에서는 수많은 화산활동이 있었으므로 이때마다 많은 용암이 유출되었고 화산동굴이 형성되었다. 즉 지하속의 암장이 화구로 분출되어 산지사면을 흘러내릴 때 이를 용암이라고 하는데 이 용암류 속에 이른바 용암구(도랑)를 만들기도 하고 한편 증기로 찬 개스공동을 이루기도 한다. 사실상 이 용암류의 온도는 900~1200°C의 고온을 이루고 있어 지표의 외기와 접촉되는 부분은 빨리 냉각되지만 용암내부의 흐름속에서는 계속된 공간이 용암류의 바닥이 내려가면서

* 전 동굴학회장, 전 건국대 지리과 교수 겸 이과대학장

형성된다. 물론 유동성이 많고 점성이 적은 용암일수록 분출된 화구 부근에 퇴적 냉각되지 않고 산록으로 흘러내려가게 되는데 이때에 그 용암류 속에서 생긴 공동이 결합되거나 길다란 공간이 그대로 용암굴 즉 화산동굴로 된다.

제주도의 경우 수많은 횡수의 용암분출이 있었으나 특히 표선리현무암층이 분출되었을 때 이때의 용암은 매우 점성이 적고 유동성이 컸기 때문에 여기에 장대하고 대규모의 동굴의 형성을 보게 된 것이다. 빌레못 동굴은 물론 만장굴, 수산굴, 그밖의 대부분의 화산동굴들은 이 표선리 현무암층의 분포지역에서 분포되고 있다.

현재 제주도의 서북사면에는 빌레못굴을 비롯한 소천굴, 협재굴, 쌍룡굴, 황금굴, 한들굴, 와홀굴 등 20개소가 넘는 밀집지대를 이루고 있으며 동북사면에는 만장굴, 사굴, 덕천굴, 송당굴 등의 20개소에 달하는 밀집지대를 이루고 있어 2대조밀지대를 이루고 있다.

III. 제주도 동굴의 특성

1. 지형학적 특성

제주도의 동굴뿐만 아니라 모든 화산동굴에서는 그 지형학적인 특성이 다른 종류굴(석회동굴)이나 파식굴(해식굴과 사식굴)들과는 다르다. 그리고 지리적 위치, 지질구조 이외에도 기반지형에 의하여서도 지형적 특성이 달리된다.

예를 든다면 빌레못동굴의 지형적 특성은 그 동굴줄기가 매우 다양하고 복잡성을 지니고 있는 이른바 미로형의 동굴지형을 지닌다. 이에 비하여 만장굴동굴계는 단조롭고 대형을 이루고 있으며 대규모의 지형지물로 발달시키고 있다. 이와같이 대조적인 지형양상을 나타내고 있는 것은 빌레못동굴의 경우는 용암류가 흘러내려오기 전에는 그 지표의 양상이 매우 복잡한

지형을 이루고 있었기 때문이며 만장굴의 단조성은 느린 산록의 사면을 따라 계속 흘러내렸기 때문이다. 이밖에도 그 용암이 빌레못동굴의 경우에는 매우 점성이 적은 용암이었을 것이고 만장굴의 경우에는 그 점성이 높은 용암이었을 것임에 틀림없다.

그리고 미지형과 지형지물이 다양하게 많이 생성하는 것도 그 용암의 점성이 적기 때문에 곳곳에 미지형지물이 발달되는 것이다. 빌레못동굴의 경우에는 미로형지굴에 있어서 분출종유는 물론 많은 용암종유와 용암석순이 발달되고 있는 것도 이와 관련되고 있는 것이 사실이다.

사실상 화산동굴이 형성되는 용암이란 이산화규소(SiO_2)의 함유량이 적은 현무암질 용암인데 특히 이 현무암질 용암은 점성이 적고 대체로 분출시의 온도가 높기 때문에 유동성이 많아 잘 유동하고 더구나 내부에 포함되는 가스의 양도 많아 화산동굴이 생성하기에 좋은 조건이 된다. 제주도의 많은 현무암층에서 표선리현무암층은 유동성이 크기 때문에 이 지역에서는 많은 화산동굴이 분포되고 있는 것이다.

한편 화산동굴에 있어서 생성되고 있는 지형지물들은 그 모두가 일차생성물이지 석회동굴에서와 같이 이차생성물이라고 할 수 없다. 즉 석회동굴은 지하수에 의하여 먼저 동굴이 생성하고 이차적으로 종유석이나 석순이 자라고 있고 또 계속 성장하지만 화산동굴의 경우는 그렇지 못하다. 용암이 흘러내리면서 생성될 때 같이 용암종유나 용암석순 등은 거의 동시에 생성되고 이 용암이 냉각되면서 모든 동굴의 성장이나 생성물의 발달은 그치고 만다. 따라서 화산동굴의 지형지물은 한번 오손되거나 파괴됨으로써 영영 재생이나 성장은 보지 못하게 된다.

이와같이 화산동굴의 지형지물들은 석회동굴의 그것보다 보다 중요하고 귀중하다.

또한 화산동굴의 출입구는 그 대개가 개스의 분출공이 된다. 물론 때로는 엷은 지각을 이루는 화산동굴이 외적요인이나 내적요인에 의하여 그 지표의 지각일부가 함몰되어 함몰구가 생기는 경우도 있으나 대부분의 경우는 분출공이 동구 또는 개구부로 되고 있다. 즉, 화구에서 분출된 용암류는 지표면과 저면이 냉각고결되어 암석의 각을 이루게 되는데 이때 암석은 열의 전도율이 나빠서 석각에 쌓여진 용암류의 내부에서 매우 고온 상태가 계속된다. 그래서 용암은 계속 유동하게 되는데 점차 온도는 저하되기 마련이다. 이때 온도가 저하됨에 따라 용암중의 개스의 양과 압력이 증가하게 되는데 마침내는 암각을 뚫고 지표면에 분출배기하게 된다. 이것이 분출공이라고 한다.

이에 반하여 석회동굴인 경우는 지표수가 유입되는 흡인구나 또는 지하수가 모여 배출되는 배기구가 개구부로 되는 것이다.

2. 생물학적 특성

화산동굴의 생물상은 석회동굴의 생물상에 비하여 매우 빈약하다. 이것은 석회동굴은 계속 지하투수의 공급이 계속되며 지표면 뿐만 아니라 지하수의 집수로 동굴내부는 화산동굴에 비해 매우 다습하기 때문에 동굴생물에 유리한 서식환경을 이루고 있는 것이다. 이에 반하여 화산동굴은 그 지층이 모두 화산암질이므로 지하수는 투수되고 항상 건조한 동내환경을 이루고 있어 그 생물상이 빈곤하다.

물론 화산동굴중에서도 동굴생물의 서식에 유리한 다습환경을 이루고 있는 동굴이 없지 않으나 대개의 경우는 건조한 환경을 이룬다.

지금까지 남궁 준선생에 의해 조사된 제주도의 동산생물은 현재까지 19목 87종이다. 그 중 거미류와 곤충류가 대부분인데 특히 제주굴아

기거미는 전지역의 동굴속에 분포하고 있으며 한편 외래성이 많고 진동굴성으로는 곤봉털피 노래기의 일종이라고 보고되고 있다.

IV. 제주도동굴의 우위성

제주도의 화산동굴은 그 규모나 분포밀도 그리고 그 지형지물의 특성에 있어서 참으로 학술적 가치를 높이 평가받을 수 있는 진귀하고 소중한 것이다.

여태까지 조사 보고된 기록중에서 빌레못동굴은 총연장 11,749m로 단일 화산동굴로 세계 최장임이 드러났고 다시 만장굴은 8,928m로 단일 화산동굴로는 세계 제4위, 그리고 이번 제4차 한일합동조사에서 수산굴은 세계 7위를 차지하는 대형동굴임이 밝혀졌다. 실로 세계 7대 화산동굴중 3개가 우리 제주도에 분포하고 있다.

뿐만 아니라 만장굴은 그 바로 밑에 잇는 금영사굴과는 한줄기 동굴이었던 것이 나중에 그 중간지점이 함몰되어 분리된 것이 학술적으로 판명되고 다시 해안선까지 연장되고 있음이 조사되어 여기에 화산동굴계(케이브 시스템)로서도 세계제일가는 전장 13,269m임이 밝혀졌다.

이와 같은 전장 길이로서의 세계적 위치에 있음이 중요한 것 이외에도 제주도의 많은 동굴중에서 그 개체인 지형지물들이 세계 제일가는 귀중한 것을 많이 지니고 있는 것이다. 이제 그 특수지형지물을 소개하면 다음과 같다.

1. 용암석주

만장굴 내부에 있는 용암주(석주)는 높이 7.6m의 위용을 자랑한다.

이 용암주는 일차동굴이 형성된 후에 다시 상층동굴에서 2차적으로 용암이 흘러내려 하층동굴 바닥에 흘러 내리면서 그대로 냉각고결된 것

인데 참으로 특수지형중 가장 특이한 존재이다.

2. 용암구

용암구란 용암의 유동이 아직 계속되고 있을 때 천정에서 낙반된 암괴가 유동하고 있는 바닥에서 얼마간 이동 유하된 채 그대로 냉각된 것인데 만장굴의 거북바위는 이의 좋은 예이다.

이 용암구의 가장 거대한 것으로는 빌레못동굴 속에 있는 것으로 높이 2.5m, 장경 7.2m, 단경 5.2m에 달하는 대형 용암구이다.

한편 만장굴에는 이와 같은 용암구가 무려 21개가 분포되고 있는데 그 규모뿐만 아니라 밀도 보유수에 있어서도 단연 세계제일인 것이다.

3. 용암교

용암이 유동될 때 그 바닥을 이루고 있던 상면이 그대로 냉각되어 남게 되는데 다시 용암면이 침하되어 상하층의 여러층을 이룰 때中间的 냉각된 상면을 용암교라고 한다.

만장굴에는 대소 15개의 용암교가 분포되어 동굴의 형성과정을 말해주는 좋은 자료가 되고 있는데 수산굴 속에서는 길이 140m, 폭이 5m되는 세계제일가는 용암교가 발견되었다. 그리고 현재까지 만장굴 속에서는 삼층구조의 용암교가 발견되어 이목을 끌었다.

4. 용암석순

용암을 유동하여 동굴이 형성되고 있을 때 동굴천정이나 동벽부에서 그 용암의 용액이 점적되어 동굴상면인 바닥에 쌓여져 석순같이 자란 것을 말한다. 빌레못동굴의 지굴인 미로굴 속에는 길이 77cm의 대형용암석순이 발견되어 세계제일을 자랑하게 되었는데 대체로 10cm이하밖에 되지 않으며 빌레못동굴, 수산굴의 내부에서 많이 볼 수 있다.

5. 용암종유

용암이 동굴을 형성하면서 아직도 고온이 계속되고 있을 때 천정부나 동벽부에는 아직도 냉각되지 않은 용융체인 용암의 고드름이 생긴다.

이것이 용암종유인데 그 고드름의 형태가 고사리형인 경우와 포도상인 경우 그밖에 형상에 따라 각기 그 명칭이 다르다.

한편 천정이나 동굴벽의 용암에서 개스가 분출되면서 종유석모양으로 길게 또는 굵게 자랄 때 이를 분출종유라고 하는데 이는 빌레못동굴만이 보게 되고 그밖의 일본동굴에서 아직 발견되지 않은 특이한 용암종유이다.

6. 미니동굴(튜브 인 튜브)

동굴이 형성된 동굴바닥 위에 다시 그 차용암이 유입하여 그 표면이 냉각하고 그속에 개스공동이나 유동공동을 이루게 되는 소형동굴로 「동굴속의 동굴」이라 하여 미니튜브, 미니동굴, 또는 튜브 인 튜브라고 한다. 만장굴에는 내부의 곳곳에서 볼 수 있는데 빌레못동굴속에서도 발견되고 있다. 매우 희귀한 미지형으로 그 학술적 가치가 높은 지형이라 하겠다.

7. 규산석주

규산종유가 계속 자라서 동굴바닥까지 연결되어 돌기등을 이루었을 때를 말하며 세계적으로 매우 귀한 지물이다.

빌레못동굴 속에서 발견되었는데 28cm의 화려하고도 훌륭한 규산석주이다. 아직 이와 같은 규모의 규산석주는 세계에서 보고된 바 없다.

8. 규산화

용암의 냉각기에 그 용암중의 규산이 삼출되어 개스층의 유평개스에 의하여 융합되어 수증기의 압력으로 고결된 것인데 매우 보기드문 지

물이다.

9. 용암봉(용암선반)

용암봉은 용암이 유동하면서 그 바닥이 냉각 되었을 때 이때의 바닥면의 일부가 그대로 동굴 벽에 남아서 부착되고 있음을 보게 되는데 이것을 용암봉이라고 한다.

이때 벽면과 바닥에서 남아있는 선반의 형으로 A, B, C, D, B'형으로 구분되는데 우리나라에는 각종의 용암봉의 형을 그래도 볼 수 있는 정도 특이한 것이다.

10. 파배기 용암류

새끼로 꼬은 모양의 용암의 유동상태를 그대로 나타내고 있는 용암류로 제주도의 모든 동굴에서 흔히 볼 수 있는 형이다. 특히 용암바닥이 파배기 모양으로 곱게 단장한 모습은 만장굴의 여러 곳에서 볼 수 있는데 동굴바닥의 조각은 무어라 형용할 수 없게 아름답다.

V. 결론 - 개발의 방향

전술한 바와 같이 제주도의 동굴은 그 모두가 세계적으로 귀중한 학술자원이며 또한 관광자원이다.

더구나 이들 화산동굴은 일단 생성되었을 뿐

계속 성장하지 못하는 것이므로 이 동굴의 생성물들은 그대로 소중하게 다루어야 하겠다.

바야흐로 국제적인 관광지로 발돋움하고 있는 이 제주도이니만큼 이와같은 세계최장의 화산동굴들은 널리 개방하여 많은 학자와 연구자들의 유치가 바람직하다. 그리고 동굴을 중심으로 한 부근일대는 건전한 국민휴양단지로 개발하여 학생들과 일반인들의 현지학습장으로 이용해야겠다. 동굴뿐만 아니라 그 주변에는 암석원, 식물원 곤충관, 동물원외에 향토의 전통과 민속을 소개하는 향토자료관 그리고 각종 위락시설을 마련하고 학생이나 일반인들이 자연관찰과 집단 휴양을 즐길 수 있는 숙박시설도 마련되어야 하겠다.

그리고 동굴의 특수지형지물들에는 학술적인 간략한 설명을 붙이고 이에 일문, 영문의 부기도 요구된다.

물론 동굴의 개발은 그 지역의 안배가 필요하다. 무조건적 개발이 아니고 오손되기 쉬운 지역은 길이 보전책을 세워야 하며 개발과 보전의 균형을 기해야 하겠다.

석회동굴보다 화산동굴의 경우는 생성물들이 보다 연약하고 희귀하고 또 오손되면 재생이 불가능하므로 여기에 가장 철저한 보전대책이 요구된다.

(자연문화재에서 전제)