

# 제주도 화산동굴의 특수성 연구

홍철화\* · 변대준\*\*

## I. 서론

본 연구는 화산동굴전반에 걸친 특수성에 대한 연구이다. 원래 동굴은 그 지역의 원래의 기반지표의 기복상태, 그리고 화산활동당시의 마그마의 성분과 온도 그리고 화산분출물의 성분구조와 분량 그밖에도 용암의 농도, 외부대기의 상태(기온과 습도, 바람 등)에 따라 화산동굴의 특수성이 달리 나타나게 되는 것이 당연한 일이다.

동굴 개체에 대한 특성들을 다룬 연구는 있었으나 이들의 종합적인 특수성 도출에 주력하였다. 그리고 동굴의 형성과정과 이 동굴속에 생성되고 있는 동굴속 지형지물에 대하여도 간략하게 언급하였다.

## II. 화산동굴의 보고인 제주도

세계에는 약 1,000여개소의 환산동굴이 있는 것으로 추정되고 있다. 그 중 절반에 해당하는 50%이상이 미국의 서부지역과 하와이에 분포되고 있고 그 밖에 유럽 이탈리아의 에트나 화산지역에 약 170개소, 일본의 후지산지역에 약 100개소 그리고 우리 나라 제주도에도 약 80개소의 크고 작은 화산동굴이 있어 세계적인 화산동굴 밀집분포지역의 하나가 되고 있고,

---

\* 학회 회장

\* 학회 사무국장

동굴 56호

더구나 제주도의 화산동굴들은 제주도의 서북사면과 동북사면과 해안연안지역에 집중 분포한다.

[표 1] 제주도의 주요 동굴

번호	동굴명	길이	높이	소재지	암석층
1	빌레못굴	11,749m	255m	북제주군 애월읍 어음리	표선리층 현무암
2	만장굴	8,928m	125m	북제주군 구좌읍 동금녕리	"
3	수산굴	4,674m	140m	남제주군 성산읍 수산리	"
4	소천굴	2,980m	130m	북제주군 한림읍 협재리	"
5	와홀굴	2,066m	130m	북제주군 조천읍 와홀리	"
6	미천굴	1,695m	100m	남제주군 성산읍 삼달리	"
7	한들굴	1,400m	30m	북제주군 한림읍 금릉리	"
8	초기와굴	1,289m	50m	북제주군 한경면 월명리	"
9	신창굴	850m	20m	북제주군 한경면 신창리	"
10	송당굴	850m	265m	북제주군 구좌읍 송당리	"
11	육티기굴	800m	70m	북제주군 조천읍 신촌리	"
12	금녕사굴	705m	60m	북제주군 구좌읍 금녕리	"
13	계우샛굴	88.5m	10m	북제주군 구좌읍 동금녕리	"
14	쌍용굴	392.3m	30m	북제주군 한림읍 협재리	"
15	옥산굴	391m	140m	북제주군 한림읍 월림리	"
16	구린굴	380m	760m	제주시 오등동	한라산 현무암
17	이모루굴	350m	70m	북제주군 조천읍 신촌리	시흥리층 현무암
18	덕천굴	232m	155m	북제주군 구좌읍 송당리	표선리층 현무암
19	케내기굴	200m	30m	북제주군 구좌읍 동금녕리	"
20	개이빔굴	170m	10m	북제주군 구좌읍 동복리	"
21	황금굴	140m	35m	북제주군 한림읍 협재리	"
22	송당굴2	138m	255m	북제주군 구좌읍 송당리	"
23	재암천굴	114m	10m	북제주군 한림읍 협재리	"
24	수산굴2	100m	150m	남제주군 성산읍 수산리	"
25	폭나무밑굴	100m	150m	북제주군 구좌읍 동금녕리	"
26	당오름굴	90.6m	434m	남제주군 안덕면 동광리	시흥리층 현무암
27	협재굴	98.84m	20m	북제주군 한림읍 협재리	표선리층 현무암
28	송림굴	367.4m	30m	북제주군 한림읍 금릉리	제주 현무암
29	관음굴	80m	280m	서귀포시 토평동	"
30	돛내곶난굴	80m	30m	북제주군 구좌읍 동금녕리	표선리층 현무암
31	당오름굴2	57.7m	370m	남제주군 안덕면 동광리	시흥리층 현무암
32	초롱굴	50m	30m	북제주군 한림읍 금릉리	표선리층 현무암

주) 높이는 굴입구의 해발고도임.

[표 2] 제주도의 주요 화산동굴

번호	동굴명	길이	높이	소재지	암석층
1	빌레못굴	11,749m	255m	북제주군 애월읍	표선리층
2	만장굴	8,928m	125m	북제주군 구좌읍	"
3	수산굴	4,674m	140m	남제주군 성산읍	"
4	소천굴	2,980m	130m	북제주군 한림읍	"
5	와홀굴	2,066m	130m	북제주군 조천읍	"
6	미천굴	1,695m	100m	남제주군 성산읍	"
7	한들굴	1,400m	30m	북제주군 한림읍	"
8	초기와굴	1,289m	50m	북제주군 한경면	"
9	신창굴	850m	20m	북제주군 한경면	"
10	금녕사굴	705m	60m	북제주군 구좌읍	"
11	개우샛굴	88.5m	10m	북제주군 구좌읍	"
12	쌍용굴	392.3m	30m	북제주군 한림읍	"
13	구린굴	380m	760m	제주시 오등동	한라산층
14	덕천굴	232m	155m	북제주군 구좌읍	표선리층
15	꼭나무밀굴	100m	150m	북제주군 구좌읍	"
16	협재굴	98.84m	20m	북제주군 한림읍	"
17	초롱굴	50m	30m	북제주군 한림읍	"
18	금녕굴		10m	"	"
19	금녕발굴		10m	북제주군 구좌면	"
20	여우굴		50m	서귀포시 토평동	하효리
21	머시밀굴		310m	"	한라산층
22	명월굴	350m	180m		표선리층

주) 높이는 굴입구의 해발고도임.

### III . 세계적 규모의 제주도동굴

제주도와 일본의 후지산, 미국의 하와이 등지에는 현무암질 용암지대가 많으나 특히 제주도의 동북사면과 서북사면지역은 알칼리성현무암이기 때문에 유동성이 크고 후지산의 현무암은 알미늄질이 많은 현무암이므로 그 유동성이 크지 못해 대규모동굴의 형성이 안되는 것이다. 따라서 제주도의 현무암지역은 유동성이 커다란 용암류 때문에 세계적인 동굴의 발달을 보게 된 것이다. 현재(1998년말)까지 공인된 세계화산동굴의 길이는 다음 표와 같다.

[표 3] 세계의 주요 화산동굴

순 위	이 름	소 속	총 길 이
1	Kazumura Cave	U. S. Hawaii	61.420km
2	Cueva del Viento	Spain 카나리섬	17.032km
3	빌레못굴	한국, 제주도	11.749km
4	Leviathan Cave	Kenya	10.500km
5	Huehue Cave	Hawaii	10.280km
6	만장굴	한국, 제주도	8.928km
7	Keala Cave	Hawaii	8.600km
12	수산굴	한국, 제주도	4.675km
20	소천굴	"	3.074km
34	와홀굴	"	2.103km

주 : 1998. 6. 1 현재

참고 : 세계동굴연맹 화산동굴분과 발표

#### IV . 화산동굴의 형성

화산활동은 약 75만년전부터 현재까지 분출이 계속되었다. 점성이 낮은 즉 유동성이 큰 용암이 흘러서 동굴을 형성하고 있다. 최초에 기반암이 형성되고 서귀포층이 퇴적된 다음에 용암대지를 형성하고 그후 한라산인 순상화산이 형성되었으며 계속해서 기생화산이 분출하였다. 그리고 최후에 용기현상이 있었다고 하겠다.

이들 화산동굴은 규산의 함유량이 적은 용암류 속에 이루어지는데 용암류의 두께가 20km 이상이 아니고는 발달하기가 힘들다. 그리고 규산 함유량이 적은 것이 승상용암(로피라바)을 형성하며 유동성이 크고 고온을 유지한다.

동굴의 형성과정은 그 용암이 흘렀을 때 그때의 냉각, 고결되는 상황에 따라 여러 가지 종류의 동굴 형태가 형성된다. 가스가 차있는 동굴, 용암이 흘러간 자리의 동굴, 위 양자의 복

합동굴, 수목이 용암을 감싸고 타버린 다음의 동굴 형태등이 있다. 대표적인 동굴의 분포는 100개 정도로 알려지고 있으나 그중 주요한 것은 80개 정도이다.

표선리 현무암층에 39개, 제주 현무암층에 7개, 시흥리 현무암층에 4개, 한라 현무암층에 7개, 하효리 현무암층에 3개 등이 분포하고 주로 표선리 현무암층이 최대 두께가 200m이고 최하가 90-70m이고 온도가 고온이고 점성이 적은 용암인 관계상 제주도 용암동굴의 80%가 이 표선리 현무암층에 분포하고 있다.

## V . 화산동굴의 지형지물들

제주도의 화산동굴은 그 규모나 분포 밀도 그밖의 지형, 지물의 특징에 있어서 학술적인 가치, 관광자원의 측면에서 매우 진귀하고 소중한 것이 여러차례의 한일합동동굴조사에 의해서 밝혀졌다.

현재까지 조사보고된 기록중에서 한림땅의 빌레못동굴은 총연장이 11,749m로서 단일 화산동굴로는 한때 세계 최장임이 확인되었었고 동쪽에 있는 금녕리의 만장굴도 8,928m로서 단일 화산동굴로는 세계 제4위의 동굴임이 지난 1981년 1월 제2차 한일합동동굴조사단에 의해서 확인되었었다.

그밖에도 남제주의 수산굴, 북제주의 소천굴, 와흘굴 등은 그 규모에 있어서나 미지형의 학술적인 가치면에서 볼 때 매우 고귀한 것이 확인 조사되었다. 또한 지금까지는 한라산 북동사면의 만장굴을 비롯한 그 줄기의 화산동굴계는 길이 13,268m로서 세계 제1위로 알려져 있었으나 1985년 8월에 실시되었던 제5차 한일합동제주도 동굴조사에서는 한라산 북서사면의 협재 화산동굴계가 화산동굴계로서는 세계 최장인 17,174m임이 확인되었다.

이와같이 동굴이 전장이 규모면에서 세계적인 가치가 있음은 물론 그 동굴내에 분포하고 있는 특수한 지형, 지물들은 더욱 가치있는 것들인데 여기에 그 특수지형지물을 소개하면 다음과 같다.

## 1) 용암주(Lava Column)

용암동굴에서 볼 수 있는 석주는 석회동굴에서 볼 수 있는 것과는 그 성인면에서 다르다. 즉, 석회동굴에서는 대체로 1차로 동굴이 형성된 후에 시간을 두고 지하수에 용식된 방해석 성분이 퇴적되어서 형성되지만, 용암주는 1차로 동굴이 형성된 후에 동굴의 천정을 뚫고 흘러 내려온 것으로는 만장굴 제2 입구에서 제3 입구로 가는 도중 1,000m 지점에 있는 용암주를 볼 수 있는데, 그 높이가 7.6m로서 세계 최장으로 알려져 있으며, 현재는 관광객들에게도 공개되어 관광자원으로서도 커다란 역할을 차지하고 있다.

이의 성인은 천정부에서 흘러 내려온 2차의 용암류가 천정부의 약한 부분을 뚫고 잔류용암이 밑으로 흘렀는데, 이 때에 하층 바닥의 용암 위로 떨어지면서 퇴적되어 높아짐에 따라 쌓여짐으로써 탑모양의 용암주가 형성되었다고 생각된다.

## 2) 용암구(Lava Ball)

‘용암구’란 용암의 유동이 계속되고 있을 때에 천정부에서 떨어진 용암괴나 측벽부에 부착되었던 용암선반이 유동하는 용암류 위에 떨어져 흘러가다가 용암량이 줄거나 속도가 느려져서 그대로 냉각 고결된 것이다.

대표적인 예로서는 현재 관광객에게 공개된 만장굴의 거북바위를 들 수 있으며, 이것 이외에도 만장굴에는 21개의 용암구가 산재하고 있다. 가장 거대한 것으로는 빌레못동굴 내에 있는 것으로 높이 2.5m, 직경 7.2m, 단경 5.2m에 달한다. 이외에도 수산굴, 와홀굴 등에도 다수의 용암구가 분포되고 있다.

### 3) 용암교(Lava Br idge)

용암이 유동될 때 그 바닥을 이루고 있던 바닥면이 그대로 냉각되어 남게 되는데 다시 용암 바닥이 침하되어 상하층의 여러 층을 이룰 때中间的의 냉각된 바닥면을 ‘용암교’라고 한다. 만장굴에는 대소 15개의 용암교가 분포되어 동굴의 형성과정을 말해 주는 좋은 자료가 되고 있으며, 수산굴 속에서는 길이 140m, 폭 5m 되는 세계에서 제1 가는 용암교가 발견되었다. 그리고 현재까지 만장굴 속에서는 삼층구조의 용암교가 발견되어 이목을 끌었다.

### 4) 용암석순(Lava Sta lagmite)

용암이 흘러 내려 동굴이 형성되고 있을 때 동굴 천정이나 동굴 벽에는 그 용암의 용액이 침적되어 동굴 바닥 위에 쌓여져 석순같이 자란 것을 말한다. 빌레못동굴의 지굴인 미로굴 속에는 길이 77cm의 대형 용암석순이 발견되어 한때 세계 제일을 자랑하였는데, 그 대부분이 11cm 이하이기 때문이다. 만장굴의 제1 입구와 제2 입구 사이, 빌레못동굴의 미로굴 부근, 수산굴, 와흘굴 등의 측벽 바닥에서 많이 볼 수 있다.

### 5) 용암종유(Lava Sta lagt ites)

용암이 동굴을 형성하면서 아직도 고온이 계속되고 있을 때 천정부나 측벽부에는 냉각되지 않은 용융체인 용암이 고드름처럼 흘러 내리다가 냉각 고결되는데 이것을 ‘용암종유’라고 하며, 석회동굴에서 볼 수 있는 것보다 그 규모가 작다. 그 형태가 고사리형인 경우와 포도상인 경우, 그 밖의 형상에 따라 각각의 명칭이 다르다. 용암종유의 분포는 대체로 용암석순의 분포와 일치하고 있으며, 그 규모는 제주도 내 동굴의 경우는 10cm 내외이나 황금굴의 상층면에서는 70cm 정도로 길게 자란 것도 관찰된다.

## 6) 미니동굴(Tube in Tube)

동굴이 형성된 후 동굴 바닥에 다시 2차의 용암이 유입하여 그 표면이 냉각되고 그 속에 개스공동이나 유동공동을 형성하게 되는데 이와 같은 소형굴을 “동굴 속의 동굴”이라 하여 ‘미니튜브 혹은 미니동굴’이라 한다. 만장굴에는 내부의 곳곳에서 볼 수 있는데 빌레못동굴에서도 발견된다. 매우 희귀한 미지형으로서 그 학술적 가치가 높은 지형이다.

특히 최근에는 한·일 합동동굴조사단에 의하여 협재동굴계에 속하는 소천굴 내부에서 길이 240m에 달하는 세계에서 제일 가는 미니동굴이 발견되었다. 더구나 이 미니동굴의 형태가 뚜렷하여 학술적 가치가 크게 기대되고 있다.

## 7) 규산주(Silica Column)

규산중유가 계속 발달하여 동굴의 바닥까지 연결되어 기둥을 이루었을 때 이 기둥을 말하는데, 세계적으로 매우 희귀한 지물이다. 제주도의 동굴 중에서 빌레못동굴에서 발견되었는데 28cm의 화려하고도 훌륭한 규산주이다. 현재까지 이와 같은 규모의 규산주는 세계적으로 보고된 바 없다.

## 8) 규산화(Silication)

‘규산화’는 개스 중에 용융되어 있던 규산이 동굴의 측벽에 부착되어 이루어진 것이다. 이러한 것들의 예로는 만장굴의 제3 입구 부근과 빌레못동굴의 미로굴과 지굴에서 버섯형, 꽃잎형, 삼림형, 산호형 등의 발달을 볼 수 있다.

## 9) 개스볼(분출종유, Gas Ball)

만장굴의 하층 막장 부근에서는 크고 작은 개스볼이 부착되어 있는데 분출종유라고도 한다. 이것은 용암이 유동에 따라 가스가 농축되어 연한 용암 입자를 붙어내어 측벽부와 천정에 매달려 있다. 이 개스볼은 용암 속에 들어있는 가스체가 밖으로 나오다 남은 일부가 표면이 냉각되어 갈 때 부풀어 오른 것이다.

개스볼은 표면에 스며있는 개스의 양과 온도, 압질, 압력에 따라 그 형태와 크기가 달라진다. 동굴 내의 통로가 낮은 부분에는 개스의 작용이 활발하여 각종 형태의 개스볼을 형성한다. 포도상 용암종유나 유방상, 종상, 침상, 창상, 수지형의 종유가 개스볼과 비슷하게 천정이나 측벽에 매달려 있다.

이 때에 종유가 거의 일정 방향으로 비스듬하게 기울어진 것은 동굴 내의 개스의 이동 방향을 뜻하며, 이러한 것은 빌레못동굴의 입구에서 약 150m 지점에 잘 발달하고 있다.

## 10) 로피라바(승상용암, Ropy Lava)

용암의 유동이 멎고 동굴이 형성된 무렵에 바닥면의 중앙부가 유동이 약해지고 온도가 낮아짐에 따라 상대적으로 점착성이 높아져서 냉각 고결될 무렵에 생긴다. 새끼를 꼬아놓은 모양으로 동굴 바닥에 포물선 모양을 나타내며 냉각된 용암 바닥을 가리킨다. 이를 '로피라바'라고 한다.

만장굴의 제2 입구에서 제1 입구로 향한 지점에서 잘 관찰할 수 있고 마치 새끼를 꼬아놓은 형태의 암회색 또는 적갈색의 용암으로 서로 엉켜 붙어 있으며 어떤 것은 마치 나무줄기를 서로 엉켜 놓은 형상을 한 것도 있는데 밟으면 쉽게 부서진다.

## 11) 용암선반(Lava Ledge)

용암선반은 용암이 유동하면서 그 박이 냉각되었을 때 바닥면의 일부가 그대로 동굴 벽에 남아서 부착되어 있음을 볼 수 있는데 이것을 ‘용암선반’이라 한다.

이 제주도의 화산동굴에서 각종 용암선반의 형태를 그대로 볼 수 있다.

## VI . 결 론

이상에서는 전반적인 화산동굴의 특수성에 대하여 그 대표적인 사례를 열거하여 분석하였다. 물론 우리나라 제주도의 화산동굴들이 세계적인 규모특수성들을 지니고 있기 때문에 이들에 대한 체계적인 서술로 전반적인 화산동굴의 특수성을 검토하였다.

사실상, 화산동굴은 석회동굴과는 달리 생성되었을 때부터 파괴로 붕괴 그리고 환경에 따른 생태변화로 인한 훼손의 과정을 밟기 때문에 동굴은 파괴단계를 거듭하게 되므로 그 특수성도 점차 달리 변화하게 되는 것이다.

따라서 이 특수성에 대한 지속적인 관찰검토가 요구된다고 본다.

**\* 참고문헌**

- 남영승(1981) 제주도 봉암동구군의 동굴상과 그 환경, 동굴7, p.25.  
문화공보부(1971) 한국의 동굴, p.58.  
박병수(1981), 제주도 용암동굴의 성인과 특성, 동굴 7, p.16.  
소현효덕(1981), 만장굴조사보고, 동굴 7, p.40.  
원종관(1981) 제주도의 형성사, 동굴 7, p.3.  
이수진(1918) 제주도 기생화산의 형성과 분포에 관한 연구, 동굴 7, p.9.  
홍시환(1979) 한국의 자연동굴, 금화출판사 p. 126.