제주도의 동굴자원 연구

제주도 화산지질연구소장 배 두안

Ⅰ. 서 론

한라산을 중심한 제주도에는 수많은 용암류가 흘러 제주도를 형성하고 있다.

한라산 정상 화구에서 혹은 수많은 기생화산 화구에서 용암이 흘러 내려 이 용암지역에 수많은 용암동굴이 형성되고 있다.

세계에는 용암동굴이 1,000개소가 있고 그 중 50%가 미국의 서부에, 이탈리아에 186개, 후지산에 100개, 제주도에는 70개 정도가 알려지고 있다.

제주도 동,서 사면에는 광대한 용암대지가 있다.

점성이 작고 유동성이 강한 표선 현무암층이 분포한 관계로 세계적인 용암동굴 지대를 형성하고 있다.

Ⅱ.동굴의 지형적 특성

용암은 화산에서 유출하여 표면이 먼저 냉각되어 굳으며 내부는 고온이 유지되어 유동성을 가지고 있기 때문에 10년~100년 정도로 완성되고 용암류의 방향에 따라 한라산의 북측 사면에 발달하고 있다.

용암류의 속도는 용암양이나 경사에 따라 차이가 있으나 하와이 마우나로와

화산인 경우 매시 10~20㎞ 정도로 흐르고 한라산인 경우는 고도가 낮기 때문에 이 보다 더 느린 것으로 추정된다.

동굴의 형태도 직선적이 아니고 곡류형을 나타내고 있다.

용암류의 온도는 일반적으로 1,000℃ 내외이나 일본의 미야케산인 경우는 995~1,048℃, 아소산인 경우는 1,172~1,190℃이고, 이탈리아의 베수비오스 화산인 경우는 1,060℃ 내외를 기록하고 하와이 킬로웨아 화산인 경우는 950~1,180℃인 것으로 보아 한라산의 용암온도도 대략 900~1,200℃ 사이인 것으로 보인다.

제주도의 용암동굴도 그 형성기간이 수 십년에 걸쳐 냉각되면서 용암동굴 및 동굴내에 여러 가지 형태의 지형이 형성된 것으로 보인다. 그 중에서 규모가 큰 것으로는 빌레못 동굴과 만장굴, 협제굴등이 있다.

지역적으로는 주로 한림지역과 김녕지역을 중심으로 한 표선리층으로 서부지역과 동부지역 이다. 동굴 내에서 발달하는 주요 지형으로는 용암으로 형성된 지형으로 용암 종류석은 용암류가 얼음 모양의 돌고름 처름 흘러 내려 고드름을 형성한 것을 말한다. 빌레못 동굴, 황금굴에 발달하고 있다. 용암주는 지하동굴이 형성되고 상류부에서 흐르던 용암류가 천정에서 폭포처럼 떨어져 내려 냉각 고결된 용암기둥을 말한다.

만장굴의 용암주는 7.6m로 장대한 경관을 보여주고 있다. 용암 석순은 용암류가 천정에서 떨어져 탑모양의 형태를 이룬 것을 말한다.

빌레못 동굴에는 7.7m의 대형 석순이 발달하고 있다. 용암구는 용암괴나 용암 선반의 용암류에 의하여 절단되어 흘러 가다가 용암류의 감소로 정지 고결된 원형의 암석체이다. 만장굴에 있는 거북바위가 유명하고 그 외에 빌레못

굴, 수산굴, 와흘굴 등지에도 발달하고 있다.

용암교는 상층부가 냉각되고 하층부가 흐르게 되면 다리처럼 용암교가 형성된다.

만장굴, 수산굴 등지에 발달하고 특히 수산굴에는 폭5, 길이 140m의 천연교가 있고, 만장굴에는 삼층구조의 용암교가 있다.

용암선반은 용암수위가 낮아질 때 상류부가 냉각 고결되어 용암류가 벽면에 붙어 선반을 이룬 것을 말한다.

2중 동굴은 동굴이 형성된 후 2차의 용암이 유입하여 그 표면이 냉각으로 동굴속에 소형의 동굴을 형성한다.

소천굴 내부에는 길이 240m의 소형굴이 발달하고 있다. 새끼용암은 용암의 유동형태로 새끼모양 혹은 파도모양의 흐름이 형태이다.

소천굴에서 대 장관을 이룬다. 규산주는 규산종류가 발달하여 기둥을 이루는 것으로 빌레못동굴에는 28m의 규산주가 발달하고 있다. 규산화는 가스중에 용해되고 있던 규산이 부착된 것이라고 알려지고 있으나, 그 형성 과정에 대해서는 불확실한 점이 많다. 만장굴, 빌레못동굴에 발달하고 있다.

규산은 석영질이 주이다. 그외 석회암으로 된 종류석, 석순등이 협제굴에 발달하고 있다. 최근에 발견된 월정리 남지미 동굴도 이에 속한다.

Ⅲ. 동굴의 형성과 동굴자원

화산활동은 약 75만년전 부터 28년간 까지 분출이 계속되었다. 점성이 낮은 즉 유동성이 큰 용암이 흘러서 동굴을 형성하고 있다. 최초에 기반암이 형성되고 서귀포층이 퇴적된 다음에 용암대지를 형성하고 그 후 한라산인 순상화산이 형성되었으며 계속해서 기생화산이 분출하였다. 최후에 융기현상이 있었다.

용암동굴은 규산의 함유량이 적은 용암류 속에 이루어지는데 용암류의 두께가 20㎞ 이상이 아니고는 발달하기가 힘들다. 그리고 규산 함류량이 적은 것이 새끼용암을 형성하며 유동성이 크고 고온을 유지한다.

동굴의 형성과정은 그 용암이 흘렀을 때 그때의 냉각, 고결되는 상황에 따라 여러 가지 종류의 동굴 형태가 형성된다. 가스가 차 있는 동굴, 용암이 흘러간 다음의 동굴, 위 양자의 복합동굴, 수목이 용암을 감싸고 타버린 다음의 동굴 형태등이 있다.

대표적인 동굴의 분포는 100개 정도로 알려지고 있으나 그중 주요한 것은 60개 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 90m~70m이고, 온도가 고온이고 점성이 적은 용암인 관계상 제주도 용암동굴의 80%가 이 지층에 분포하고 있다.

이와같이 동굴이 형성된 다음에도 그 내부에 여러 가지 지형이 형성되는데 주요 동굴자원과 특징은 다음과 같다.

1) 빌레못 동굴

1984년 천연기념물 342호로 지정되고 길이 11,749m에 달하는 이 동굴은 주굴 보다도 지굴이 서로 얼켜 있어서 동굴형태를 이루고 있다. 분출 종류석, 새끼용암, 규산화, 용암구, 규산주, 용암수형이 발견되고 있다. 이층, 삼층 구조를 이루며 주굴의 연장은 2,917, 지굴의 연장은 8,832m이다.

2) 만장굴

길이가 8,928m로 제주도에서는 두 번째 길이가 긴 동굴로 동굴내부에는 용암석주가 유명하며 그 길이는 7.6m이다. 높이 20m, 폭 10m 내외의 장대한 동굴로 용암주, 용암구, 삼단의 용암교등이 있다.

하부쪽에 사굴, 상부에는 덕천굴, 발굴, 절굴, 개우샛굴이 있어 하나의 동굴그룹을 형성하고 있다. 동굴그룹의 총체의 길이는 15,798m로 알려지고 있다.

사굴은 만장굴 지굴의 일부에 속한다.

3) 수산굴은 4,675m로 동굴내에 용암석순이 있고 140의 용암교가 있다.

4) 협제굴 계통에 속하는 소천굴은 천연기념물 236호로 길이 2,980m이다. 동굴 내부에 소형의 동굴이 신비스럽게 발달하고 있다. 그 외에 용암석주, 용암석순 등이 발달하고 있다.

5) 와흘굴은 2,066m로 용암석순, 용암주, 용암종류석, 규산화 현상이 있다.

6) 미천굴은 1,695m로 가스 분기공이 입구가 되고 있다.

7) 한들굴은 길이 1,400m로 원형의 동굴로 용암선반, 규산화, 규산종류석, 새끼용암 등이 발달하고 있다.

8) 초기와굴은 협제계통의 굴로 큰 초기와굴은 길이 1,289m이고 용암선반이 발달하고 있으며, 작은 초기와굴은 길이 1.3㎞ 용암석순이 발달하고 있다.

9) 협제굴은 1971년 천연기념물 265호로 지정되었고 길이는 99m로 석회질이 종유석과 석순이 성장하고 있다. 상류부 측에는 제암천굴, 쌍용굴, 황금굴, 초기굴, 소천굴 등이 하나의 동굴그룹을 형성하고 있다. 그 총체계의 길이는 17,175m이다.

10) 쌍용굴은 협제계통굴로 길이는 393m, 세갈래의 동굴로 석회질이 종유석, 석순이 발달하고 있다.

11) 황금굴은 길이 140m로 석회질이 종유석과 석순, 용암종유석과 용암석순이 발달하고 있다.

Ⅳ. 결론 및 요약

1) 제주도의 동굴 형성시기는 한라산 현무암의 분출시기와 동일하다.

2) 동굴의 형성은 용암의 유동 방향과 일치하여 제주도의 서북사면과 동북사면에 분포하는 표선리 현무암층이 다른 현무암에 비하여 동굴 형성에 유리한 조건을 가진 화산암이다

3) 유동성이 크고 용암 공급이 많아 빌레못굴, 만장굴, 협제굴등 세계적인 규모의 동굴들이 분포하고 있다.

4) 동굴수는 현재 발견된 것만 해도 100개 이상을 헤아리고 있고, 규모가 다양할 뿐만 아니라 동굴내부의 지형적 특성도 다양하다.

5) 현무암의 지질 연대는 신생대 플라이 토세 중엽, 약 60만년전 혹은 75만년전에 시작하여 28만5천년 전까지 용암이 분출된 것으로 추정되고 있다.

6) 동굴의 상부에 해안사구가 3m이상이나 형성되어 석회질로 동굴내부의 종유석과 석순을 형성하고 있다.

7) 동굴이 분포하고 있는 지층은 주로 표선리 현무암층으로 빌레못 동굴, 만장굴, 협제굴, 수산굴, 와흘굴 등이 주요 동굴 대부분을 차지하고 하요리 현무암, 한라산 현무암층에는 거의 없고 제주 현무암층에는 20~30의 소규모의 동굴만이 존재한다.

〈참 고 문 헌〉

1. 홍시환 : 제주도 협제굴의 지형적 특징. 동굴 22권 23호 1990년 9월호.
2. 정창희 : 협제굴지대의 지질관찰 동굴 1991년 6월호.
3. 동굴특집 : 제주도의 화산동굴. 동굴 13권 14호 1990년 9월호.
4. 동굴학회 : 제주도 용암동굴 조사 보고서 1977년.
5. 강승삼 : 제주도 용암동굴에 관한 연구 동굴 3권 3호. 1978년 5월호.
6. 원종관 : 제주도 형성사. 동굴 6권 7호 1981년.
7. 소천효덕 : 제주도의 용암동굴 동굴 10권 11호. 1985년.
8. 동굴학회 : 제주도 동굴조사 보고서. 동굴 20권 21호 1989년.
9. 동굴학회 : 제주도의 화산동굴. 13권 14호 1986년.

전남대학 교수 강 승 삼(이학박사)

남지미 동굴

구좌읍 월정리에 있는 동굴은 일차로 용암동굴이 형성된 후 표면 석회질 물질(조개류) 용해로 동굴 내에 스며들어 종유석, 석순, 석주를 형성하고 있다.