

우리나라 동굴의 형성원인에 대한 연구

변 대 준*

1. 우리나라 동굴의 성인과 분포 및 특성

1.1. 우리 나라 자연동굴의 성인

(1) 우리 나라 석회동굴의 성인

우리나라에서 보는 대부분의 석회동굴은 상술한 바와 같이 북한지역인 평안남도, 황해도, 강원도북부, 그리고 남한 지역인 강원도 남부와 경상북도 북부, 그리고 충청북도 동부지역에만 분포하고 있다.

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.

우리나라의 석회암이나 조립의 결정질 석회암인 대리석은 방해석(CaCO_3)으로 되어 있다. 오늘날 동굴을 배태하고 있는 석회암과 대리석은 해수로부터 탄산칼슘을 끌어내는 해서의 동·식물에 의하여 몇 백만년 이전에 바다 속에서 형성된 것이다. 이러한 유기체의 골격 조각으로 되어 우리나라 동굴은 그 대부분이 Cambro-Ordovician System에 해당되는 조선계의 대석회암통에 속한다고 하겠으나

* 생활환경연구소 실장

다른 시대의 여러 석회암층 속에도 형성되고 있다. 사실, 수억년전에 퇴적된 암석 중에 배태하고 있는 우리 나라의 주된 종유굴은 십만년보다도 훨씬 젊은 것들이다.

동굴이 생기는 과정에서 소멸되어 가는 석회암은 물 속에서 간단히 녹질 않는다. 실제 석회암은 순수한 물 속에 있어서는 사암의 주요광물인 석영보다 거의 약간 녹기 쉬울 뿐이고, 또 화강암이든가 현무암처럼 용암굴을 만들지 않는 암석에 포함되는 많은 광물보다도 녹기 힘들다. 다지형 동굴이 지각변동의 결과로 생긴 것처럼 용융동굴은 용융작용의 산물인 것이다.

즉, 종유굴은 산이 방해석을 용해시킴으로써 형성되는 것이다. 지하수와 같이 매우 약한 산일지라도, 충분한 시간만 있다면, 동굴을 만들 수가 있는 것이다.

석회암을 용해시키기 위하여 주로 작용하는 것은 탄산(H_2CO_3)이다. 그것은 자연계의 식물이 부식하거나, 동물이 호흡하거나 할 때에 생기는 이산화탄소가 물과 결합하여 생긴 것이다. 탄산은 최대한로 농축시킨 것이라도 약산이다.

(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 magma가 그 분출의 위력에 부수되어 화산에서 지표로 밀려 나오는 용융된 것을 용암 또는 lava라고 한다.

이 용암이 굳을 때에는 화구에서 넘쳐 흘러 산지사면을 따라 정상에서 산 밑으로 흘러 내리기 전에 냉각되어 이른바 용암유지대를 이루게 된다.

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

대체로 magma의 지표분출 때의 온도는 900~1,200°C의 고온상태이나 이 표면은 외기에 접하자 점차 냉각되고 말지만, 내부에서는 외부와 같이 냉각하지 않고 계

속 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 tunnel을 이루게 된다.

이 화산활동은 대체로 유동성이 많은 용암일수록 화구에서 분출된 산정부근에 퇴적되지 않고 산록으로 흘러 내려가게 되는데, 제주도의 경우는 서북과 동북 사면지역의 연안지역에까지 흘러 내린 용암류에 의하여 여기에 lava tunnel이 형성된 것이다.

(3) 우리 나라 해식동굴의 성인

우리 나라의 제주도 남반과 동해안지역에는 이른바 해식동굴이 많다.

해식동굴이란 바다에서 일어나는 파수의 침식에 의해서 만들어지는 동굴이다. 파수가 해식동굴을 만들 때에 절벽의 일부에 단층이나 열면 등의 약한 부분이 있으면, 물은 하게 그 부분을 소 한다. 일단 소 되면 파수는 그곳에 집중적으로 침식을 기하게 가하여 깊은 동굴을 만들게 되는 것이다. 우리 나라 여수의 오동도굴, 제주도의 산방굴, 정방굴 등은 그 대표적인 예이다.

1.2. 우리 나라 동굴의 유형

(1) 동굴의 일반적 분류기준

동굴을 분류하는 데는 그 기준이 다양하다. 예를 든다면, 성인상으로 구분할 수도 있고 형태상으로그리고 규모별, 지질영력별, 고도별, 지리적 위치별 등등으로 구분 할 수 있겠다.

먼저 성인상으로는 선탄동굴, 용암굴, 침식굴, 절리굴, 인공동굴 등으로 대별되는데 그중 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 등의 셋으로 세분되며 화산지형에 발달되어 단조롭고 종유석이 형성되지 아니한다. 다만 제주도 협재굴같이 지표에 피복된 퇴적물이 용해로 인한 종유석이 형성되었을 때 이것은 석회동굴은 아니지만 종유굴에는 포함될 수 있다.

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

1.3. 우리 나라 자연동굴의 지리적 분포

(1) 자연동굴의 세계적 분포

석회동굴은 Karst 지형의 분포와 가장 직결된다. Yugoslavia의 Istria에서 Kotor에 이르는 Adria 해안지방은 1893년 J. Cvijic (1865~1927)에 의하여 Karst 지방이 최초로 과학적인 방법으로 연구보고된 것이다.

세계적인 주요 분포지역은 Yugoslavia의 Karst 지방 남부, France의 Causse 지방, Espania의 Andalusia 지방, 그밖에 Greece와 북부 Yucatan반도, 중앙 America의 Jamaica와 Puerto Rico와 Cuba의 북부지역 그리고 북부 Great Australian Bight 부근의 해안평야, 미국의 Florida반도의 중부와 Great Valley, Indiana 남부 Kentucky의 각지와 Tennessee 중서부, 그리고 영국의 중앙북부인 백아지방, 중국의 화남지방, Thailand, Vietnam, Burma, Celebes 남부, Java, 일본의 秋吉台지방과 平尾台지역 등이다.

(2) 석회암분포와 동굴과의 상관성

석회암은 다른 암석에 비하여 가장 용식작용이 현저하므로 이 석회암지역에 Karst 지형이 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 함

경남도의 남부서경지역 그리고 황해도 서남부 그리고 강원도 남부지역 그리고 추가령지구대의 일부들이 이에 속한다.

(3) 우리나라 동굴의 지역적 분포

우리나라의 자연동굴은 그 종류에 따라 지역적 분포가 달리되고 있다. 즉 석회동굴은 내륙과 반도부에 분포되고 있으며 해식동굴은 동해안과 남해안에 그리고 용암동굴은 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-Oldovician 시대의 대석회암층에 속하는 지질지층으로 되고 있어 그 동굴의 규모도 크고 경관도 다양하다.

1.4. 우리나라 자연동굴의 특성

(1) 우리나라 동굴의 일반적 특성

우리나라의 석회동굴은 대개의 경우는 다름과 같은 특성을 지니고 있다고 하겠다.

첫째, 대부분의 종유굴이 고생대 대석회암층에 속하는 지층에 발달한다.

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

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

넷째, 동굴의 방향성과 그 지질과는 밀접한 관련성을 갖는다. 때로는 아닌 경우도 있으나 대부분의 경우가 이에 속한다.

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

정선의 화암굴, 익산의 천호동굴들이 이에 해당된다.

여섯째, 동굴은 때로는 단층과 절리에 따라 형성되는 경우도 있다.

(2) 우리나라 석회동굴의 특성

먼저 지질 지형구조면에서 그 특성을 본다면

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

물론 낙반으로 굴입구가 형성되어 이루어 지기도 하나 지층의 수직이 중요한자로 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 일어난지 얼마 안되었다는 증거임을 말해준다.

넷째, 낙반은 그 동굴의 천정이 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 노동굴에서 볼 수 있는 것이다.

제주도는 이른바 aspite식 화산으로 느린 산지사면을 흘러내린 용암류들은 이 aspite식 산지지형에 도움받아 많은 용암동굴의 발달을 보게 하였다고 하겠다.

즉 toloide나 homate같은 화산지형보다는 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 되어 있는 것이 특징으로 되고 있다.