

우리나라 洞窟의 一般的 特性

建國大學校 洪 始 煥

1. 概 要

洞窟은 그가 位置하는 周圍環境에 따라 그 特性이 달리 나타난다. 石灰岩地域에서 石灰洞窟이 形成되고 火山地域에서 熔岩洞窟이 形成되듯이 달리 나타난다.

더구나 石灰洞窟은 地質構造와 밀접하게 關係되고 있는데 地質構造線에 따라 洞窟은 발달한다.

특히 우리나라의 石灰洞窟은 대개의 경우 4억내지 5억년 내외의 地質年代를 이루고있는 古生代의 大石灰岩統에 屬하는 地層에 널리 分布되고 있다. 그리고 周知하는 바와 같이 洞窟이 뻗고 있는 방향은 대체로 地質의 斷層線과 일치하고 있으며, 그 중에서도 平面窟인 경우에는 地層의 層理面에 關係되고 있다.

한편, 熔岩洞窟은 알칼리玄武岩이 表善里 玄武岩層에서 形成된 것이 많으며 그 대개가 風化로 因한 天井의 陷沒로 出入口가 이루어진 것이 특징이다.

그리고 洞窟의 分布의 特性을 본다면 石灰洞窟은 妙香山脈, 滅惡山脈, 그리고 太白山脈 山地의 石灰岩地域에 集中分布되고 있고 熔岩洞窟은 火山島인 濟州島에 局限 分布되고 있다.

2. 石灰洞窟의 特性

1) 地形的 特性

이제, 地質構造面에서 그 特性을 보면 다음과 같다. 즉, 垂直洞窟이 形成되는 것은 石灰岩地層이 垂直 또는 急傾斜를 이루고 있을 때 形成된다. 물론 落盤으로 窟入口가 陷沒되어 이루어지기도 하나 地層의 垂直이 重要因子로 되고 있다. 寧越의 龍潭窟과 恭基窟이 이의 좋은 예이다.

둘째, 落盤은 洞窟의 成長過程에 있어서 필연적인 것이며, 특히 광대한 洞窟일수록 落盤이 많이 생긴다. 旌善의 華岩窟이 이의 예라 하겠다.

셋째, 落盤의 上面에 石筍이 小規模로 발달되거나 없을 때 이것은 落盤현상이 일어난지 얼마 안 되었다는 증거임을 말해준다.

네째, 落盤은 그 洞窟의 天井이 박리작용을 일으켜 이루어진 것이 많으므로 地表層의 岩質과 비슷한 경우가 많다. 江原道 旌善의 華岩窟이 역시 좋은 예이다.

다섯째, 때로는 落盤된 岩盤위에 石筍이 附着되고 있거나 流石으로 덮여 있는 것도 있으며, 이는 洞窟內에서도 일부 지점에서 발견되고 있다. 忠北 丹陽의 蘆洞窟에서 볼 수 있다.

다음, 地下水와의 相關面에서 살펴 보자.

첫째, 地下水流가 流路를 형성하고 있는 경우는 많지는 않으나 이들에 의하여 운반된 石灰岩層에 접하고 있는 珪岩이나 세일 또는 石灰岩의 불순물로 이루어진 流礫과 砂礫을 堆積시키고 있는 것을 많이 보게 된다.

둘째, 洞窟內 地下水의 運積작용으로 이루어진 砂礫중에는 2次 생성물인 鐘乳石의 破片을 포함하고 있는 것이 발견되는 경우가 있다. 江原道 三陟의 草堂窟의 流出口의 내측에서 볼 수가 있다.

세째, 대부분의 동굴에서는 粘土가 地下水의 작용에 의하여 많이 堆積되고 있음을 본다. 대개의 경우 凹地面에 많다.

네째, 地下水流가 일상적으로 많아서 계속 흘러 내리고 있는 洞窟에서는 粘土 堆積物이 적게 나타난다. 다만, 이때에는 地下水面보다 매우 높은 天井面에 가까운 지점에서 보게 된다. 江原道 寧越 高氏窟의 最終端 上部에서만 粘土를 보게되며, 丹陽의 古藪洞窟에서도 이 粘土는 제 2·제 3 상단부에서만 보게 된다.

다섯째, 地下水가 없거나 地表에 가까운 洞窟에서는 洞窟面은 많은 粘土로 덮여 있는 경우가 많다.

여섯째, 季節에 따라 일시적으로 洞窟流에 水沒되는 지점에서는 그 洞窟벽이나 天井까지도 粘土가 덮여 있게 된다.

일곱째, 洞窟奧地에는 上面이 水平을 이루는 일시적인 얇은 水面을 이루는 곳이 발달되는데, 雨季 에는 맑은 물이 피고 乾季에는 水中에 溶解된 탄산칼슘이 再結晶 되었다고 여겨지는 칼사이트 結晶이 反射하여 빛나게 보이는 곳이 있다. 寧越의 高氏窟, 丹陽의 노동굴, 그리고 丹陽 永春의 溫達窟 속에서 나타나고 있다.

여덟째, 대체로 鐘乳洞窟을 형성한 地下水는 石灰岩層중의 틈바구니 사이를 따라 점차 下層으로 옮겨지며 上層에 오래된 시대의 流路를 남겨 놓는다. 따라서, 鐘乳石은 上層의 洞窟內에서는 잘 발달되며 下層의 洞窟內에서는 그 발달 상태가 나쁘다. 丹陽의 蘆洞窟이 좋은 예이다.

아홉째, 현재 地下水流가 있는 곳에서는 이른바 石筍은 발달하지 않는다. 즉, 鐘乳石보다는 流石 등이 성장하기 쉬우며 그 속도도 매우 빠르고 크다. 그리고 通風이 좋은 洞窟보다도 통풍이 좋지 않은 密閉型的 洞窟쪽에서 화려한 鐘乳石을 볼 수 있다.

이의 예외로는 丹陽의 永春南窟인데 地表地層의 불순물이 많아 流石도 잘 발달되고 있지 않다.

그러나 이의 좋은 예로 旌善의 華岩窟에서는 우리나라 제일가는 流石 경관을 볼 수 있는데, 이것은 地下水流와는 무관하나 密閉型 洞窟이므로 볼 수 있게 된 것으로 본다.

3. 洞窟氣象의 特性

洞窟속에 溫度는 年中 거의 일정한 것이 특징이다. 그리고, 빛이 없는 캄캄한 暗黑의 세계라는 점도 특색의 하나이다. 대체로 洞窟속의 大氣는 그 氣流의 움직임이 매우 느린 관계로 洞窟入口 부근에서는 大氣溫도와 洞窟벽의 溫度가 크게 달리 나타나지만 數10m 안으로 들어가면서 洞窟내의 大氣溫도는 洞窟벽의 溫度와는 거의 비슷하게 나타난다.

이 때문에 鐘乳窟 속 깊은 지점의 溫度는 石灰岩의 溫度와 관계되고 있으며, 그 溫度는 대체로 地表의 年間 平均氣溫과 비슷하다는 조사결과를 얻었다. 地表溫도의 日較差의 年變化는 그 열이 石灰層에 傳導되어 밑에 있는 地下의 洞窟에 이르면서 점차 그 溫度가 감소되는 경향이 있다. 晝夜의 溫度變化가 50°F 인 경우, 地表 밑에 1m 깊은 곳에서는 그 변동이 거의 1°F 밖에 안된다. 이와 같은 洞窟속 溫度를 좌우하는 地表溫도는 주로 洞窟이 있는 위도와 海拔高度에 의하여 결정된다. 濟州島의 洞窟조사에서 測定된바에 의하면 해안低地帶에 分布하는 狹才窟, 金寧蛇窟보다도 漢拏山 山地 중턱에 있는 海拔700m 지점의 구린窟속 溫度는 2~3°C의 차이 정도로 낮다는 것이 판명되었다. 季節에 따라서도 洞窟속의 氣溫은 差異를 나타내고 있으나, 대체로 江原道 지역의 洞窟群에서의 氣溫과 全羅北道의 益山 天壺洞窟의 경우를 비교한다면 약 2°C의 氣溫의 差異를 나타내고 있다.

이것은 高度에 따른 기온의 差異라고 보아야 할 것이다. 한편, 緯도에 따른 氣溫의 差異를 美國의 예로 본다면 北部 境界지점 洞窟內 氣溫은 平均 40°F를 이루고 있는데, 南部 滿州의 洞窟內 氣溫들은 대체로 70°F를 이룬다고 발표하고 있다.

高度 및 緯度 이외에도 洞窟內의 氣溫을 좌우하는 要因이 있는데 그것은 洞窟流, 즉 地下水의 有無, 그리고 洞窟入口가 여럿 있을 경우 등이다. 물은 공기보다도 열을 잘 전달하기 때문에 地下水流에 의한 溫度영향은 氣流의 溫度영향보다도 洞窟속 깊은 곳까지도 미치고 있다. 寧越에 있는 恭基못굴의 경우는 地下60m 밑에 있는 垂直窟이기도 하지만, 그 속에 널따랗고 깊은 湖水가 있으므로 이웃의 高氏窟보다도 洞窟內 氣溫이 6°C가 낮게 나타나고 있다. 외국에서의 경우이지만 커다란 山地에서는 그 산지의 햇빛이 쬐는 陽地 斜面과 햇빛이 안 쬐는 陰地 斜面에 있는 洞窟內 氣溫들이 각기 1~2°C 정도의 偏差를 나타낸다고 조사되어 있다.

石灰岩 중에서 깊이에 따라 낮아지는 溫度變化의 比率은 山地斜面의 洞窟高度가 높아짐에 따라 洞窟內 氣溫이 낮아지는 比率과 같다. 이제 洞窟內 氣溫에 관한 文獻에 의하면

가장 오랜 氣候的 사건으로는 洪積世 氷期の 最終 寒冷期일 것이다. 그 週期의 하나가 3 萬年前에 시작되었다고 하며, 그 때의 平均 最低氣溫이 현재보다도 90°F 낮았다고 한정했을 때 地表溫度 變化係數에 의하면 이 最終 寒冷期の 溫度영향은 깊이 4,700m 지점에서야 지금의 10°F 에 비등하다는 것을 나타낸다. 그리고, 高緯度 지방에는 氷穴이라는 것이 있다. 우리나라에서는 忠北 丹陽地區에 그와 같은 氷穴과 風穴을 볼 수 있다.

그러나, 우리나라에서 볼 수 있는 氷穴은 그 얼음이 여름에는 녹아버리고 가을에서 이듬해 봄까지만 洞窟入口에, 그것도 얼마 굳지 않게 결정되는 것이다. 바로 京畿道 連川郡 風穴이 그러나 洞窟이다. 風穴에는 洞窟入口가 두개 이상있고 그들 洞窟入口의 위치의 높이가 서로 크게 差異가 있을 때 한쪽 洞窟入口로부터 세찬바람이 나오게 되는데, 이와같은 風穴은 우리나라에서도 가끔 볼 수가 있다.

이러한 風穴이 겨울철에 있어서 바람이 불어나오는 洞窟入口에 얼음이 얼어 붙었을 경우에는 氷穴로 보일 수도 있는 것이다. 氷穴은 鐘乳窟에서는 매우 드물게 나타나며 그 대개는 密閉된 熔岩 洞窟에서 보게된다. 일본 富士山에 있는 熔岩 洞窟群 속에는 氷穴이나 風穴들이 많이 있다. 그것은 海拔高度가 높다는 점과 앞에서 든 이유등으로 많이 분포하는 것이다.

그런데 최근 日本에서는 氷穴을 觀光 對象으로 삼아 개발했던바 관광객이 많이 드나들게 됨에 따라 洞窟속의 氣溫이 높아져 얼음이 녹아버리게 되자 궁여지책으로 人工 얼음을 가져다 놓고있다는 웃지 못할 년센스도 벌어지고 있다.

이제 우리나라 洞窟중 조사된 몇개의 窟內氣溫과 水温을 요약하면 대체로 다음과 같다.

첫째, 江原道와 忠淸北道の 洞窟內 氣溫은 여름에는 대체로 16°C 내외, 겨울에는 14°C 내외이다.

둘째, 太白山地의 洞窟은 그 위치와 높기와 깊이에도 관계가 있겠지만 洞窟內 地下水流의 水温은 年中 12°C 내외로 측정되었다.

다음에는 우리나라의 洞窟氣象面에서 본 특성을 요약해 보기로 한다.

첫째, 洞窟內部的 水温은 外氣의 영향을 받지 않는 내부지점에 있어서는 冬季, 夏季의 구별없이 그 差가 적다. 대체로 여름에는 氣溫 16~18°C, 水温이 12~14°C 인데 대하여 겨울의 氣溫은 14~16°C, 水温은 9~12°C를 나타내고 있다.

둘째, 夏季節의 洞窟內 氣溫의 差는 높은 위치에 있는 洞窟의 氣溫이 낮은 위치에 있는 洞窟보다 그 氣溫이 높게 나타난다. 8월의 高氏窟의 氣溫이 16°C로 나타났는데, 같은 날 龍潭窟의 氣溫은 17°C로 나타났다.

셋째, 外氣의 溫度가 上昇하면 도리어 氣流는 洞窟內部 끝에서 洞窟밖으로 흐르며, 급격한 溫度上昇을 억제하고 비교적 낮은 溫度를 유지하게 된다.

넷째, 洞窟內 氣溫과 水温은 洞窟所在地의 緯度, 標高, 地表에서의 깊이 季節, 外氣의

溫度, 洞窟內的 氣流의 方向등에 따라 差異가 생긴다. 특히, 太陽에서의 複射熱이 各表面에 끼치는 影響이 가장 크다고 할 수 있다. 따라서, 洞窟속 끝머리 垂直窟의 밑바닥과 같이 地表에서 가장 멀리 떨어져 있는 지점이나 깊은 곳으로 부터 내쫓는 爽, 氣流의 變化가 적은 장소 등은 季節에 關係없이 氣溫의 差가 적다.

다섯째, 洞窟入口에서 깊은 내부의 大氣 溫度는 窟벽의 溫度와 거의 비슷하게 된다. 즉, 그 地層의 構造岩石인 石灰岩의 溫度에 지배되며 이 溫度는 거의 地表의 年間平均溫度와 비슷하다.

여섯째, 地表 溫度의 日變化나 月變化는 熱이 岩石을 통하여 地下洞窟에 傳導되므로 점차 溫度는 감소된다. 즉, 地下 3피트에서의 日變化는 1°F 이내로 감소된다. 보통 洞窟은 地下 깊은곳에 있을수록 氣溫의 交差는 거의 없게 된다.

일곱째, 洞窟의 氣溫은 地表의 氣溫에 影響을 전혀 받지 않는 것은 아니나, 대체로 緯度와 海拔 高度에 關係되고 있다.

여덟째, 洞窟內的 氣溫은 地下水가 있는 경우에는 그 地下水, 즉, 洞窟流의 水溫과 關係가 깊다.

아홉째, 垂直洞窟인 경우, 특히 洞窟의 형태가 罅形모양으로 되어 있을때 이 洞窟은 水穴로 나타나는 경우가 많다. 海拔高度가 높은 洞窟인 경우에 거의 水穴이 나타난다.

열째, 水穴은 石灰洞窟보다 熔岩窟과 거의 空氣의 유통이 잘 되지 않는 洞窟에서 많이 보게 된다.

열한째, 洞窟속에 相對濕度는 대체로 95~100%이다. 洞窟속에 大氣는 水증기로 포화되어 있는데 이것은 天井이나 벽에서 스며나오는 물에 關係된다.

열두째, 洞窟入口 부근의 相對濕度는 90~95%로 낮아지고 있는데, 이는 즉 外氣인 地表가 건조하기 때문에 낮아진 것이다.

열세째, 高度差가 있는 2개의 窟入口를 가지는 洞窟에 있어서는 한쪽 洞窟口에는 다른 洞窟口 쪽으로 강한 바람이 불어온다. 이것을 風穴이라고 하는데, 우리나라 忠北小白山脈 주변 洞窟에서 볼 수 있다. 즉, 여름에는 낮은 쪽의 窟入口에서 바람이 불어나오고 겨울에는 上方에서 불어 온다.

4. 熔岩洞窟의 特性

우리나라 熔岩洞窟의 分布는 濟州島에 국한되고 있다. 濟州島는 이른바 亞스피테식 火山으로 느린 山地斜面을 흘러내린 熔岩類들은 이 亞스페테스식 山地地形에 도움받아 많은 熔岩洞窟의 발달을 보게 되었다고 하겠다.

즉, 틀로이테나 호마테와 같은 火山山形보다는 山地, 傾斜面이 매우 느리게 깎은 地面에서 熔岩洞窟은 발달되기 용이하므로 濟州島에서도 山頂部와 같은 高山地域에서는 발견되지 않고 있다.

즉, 沿岸低地帶의 느린곳에, 그것도 西北沿岸과 東北沿岸 地域에 集中 分布하고 있는 것이다.

그리고 濟州島의 熔岩洞窟들은 洞窟의 入口들이 모두 그 天井이 陷沒되어 이루어져 出入口로 되어있는 것이 특징이다.

통상 熔岩洞窟에 있어서는 그 出入口가 가스폭발로 인하여 구멍이 뚫려져 洞窟 入口가 생기는 것인데, 우리나라의 것들은 이와같은 원인이 아니고 風化作用으로 인한 天井陷沒인 것이다.

그리고, 濟州島 洞窟의 공통적인 특징의 또 하나는 그 生物相 중에서 가장 많은 것이 “작은 거미”들이다. 洞窟生物學者의 南宮峻教授는 이것을 “제주도 꼬마 거미류”로 이름 짓고 있는데, 半島부의 꼽등이 노래기 등의 生物相의 特性에 반하여 異質性을 나타내고 있는 것이다.

그리고 眞洞窟性이나 호동굴성의 종류보다도 外来性이 많은 것은 역시 濟州島의 熔岩洞窟들의 역사가 아직 새롭다는 것을 말해주고 있는 것이다.

5. 結 論

以上에는 주로 鍾乳窟인 石灰洞窟과 熔岩窟의 두가지에만 置重한 一般의인 特性을 論한 것으로 이들을 다시 細分하면 그 特性을 보다 상세하게 들을 수 있다. 또한 이와같은 洞窟의 特性은 그 洞窟의 地理的位置 洞口的 規模, 洞窟의 形態 등에 따라서도 크게 特性이 달리 나타난다.

前述하였거니와 洞窟은 그 洞窟이 開放型인가 또는 閉鎖型인가에 따라 그 特性 특히 洞窟의 生物生態들이 크게 달라진다. 최근에 調査한 寧越郡北面의 恭基窟의 경우를 例로 든다면 이 洞窟은 거의 密閉된 形態의 洞窟이다. 그 内部에 우리나라 第一가는 넓이 33m × 23m, 最深이 9m에 달하는 大湖水가 있어 特有한 稀有生物이 있을 것이 期待되어 史上初有의 潜水技術者들과의 合同調査로 實施하였으나 榮養이 없고 自然陷沒의 垂直窟이므로 生物相이 貧弱한 狀態였음을 보게 되었다.

要컨데 洞窟의 特性을 잘 理解하여 올바른 洞窟의 保全과 利用의 合理的인 方案이 模索되어야 하겠다.