

우리나라 熔岩洞窟의 保全과 利用을 위한 地形構造分析

建國大學校 教授 洪 始 煥

目 次

I. 序 論

1. 調査의 目的과 動機
2. 調査研究의 動向
3. 調査의 範圍과 研究方法
4. 參考資料와 協助機關

II. 自然洞窟로서의 熔岩洞窟

1. 自然洞窟의 種類
2. 熔岩洞窟의 區分과 特性

III. 熔岩洞窟의 形成과 地理의 分布

1. 熔岩洞窟의 成因
2. 地理의 分布와 特性

IV. 熔岩洞窟의 構造의 特性

1. 熔岩洞窟의 形態構造
2. 熔岩洞窟의 微地形構造

V. 萬丈窟洞窟系의 形態規模分析

1. 萬丈窟의 規模
2. 萬丈窟의 地質 및 地形構造分析
3. 萬丈窟内部의 特殊地形
4. 萬丈窟의 微地形分析

VI. 熔岩洞窟의 利用과 保全

1. 熔岩洞窟의 科學的實用化
2. 熔岩洞窟의 保全

VII. 結 論

I. 序 論

1. 調査의 目的과 動機

우리나라에는 世界에서 제일가는 단일 熔岩洞窟인 빌레못洞窟과 熔岩洞窟系(시스템)로 世界 제일가는 萬丈窟洞窟系 그리고 그 길이 世界 7위에 달하는 水山洞窟등 실로 世界에 자랑할 수 있는 거대한 熔岩洞窟들을 지니고 있다.

이와같은 世界적인 洞窟資源들을 우리는 그 길이나 規模에 있어서 世界 으뜸가는 것을 자랑하는데 그치지 말고 이들의 地形과 그 構造를 分析하여 이의 利用保全對策을 세울 수 있는 資料를 綜合化 하는 것이 시급하나 특히 오늘날 自然地形과 地物들의 合理的인 利用과 保全을 위하여 모든 努力을 다하여야 할 때이므로 여기에 萬丈窟을 중심으로 이들 熔岩洞窟이 지니는 學術적 가치와 資源적 의의를 分析 究明하고 이들의 향구적인 개발과 保全을 병행시킬 수 있는 對策을 마련코자 이 論文을 쓰기에 이르렀다.

2. 調査研究의 動向

最近까지 石灰洞窟에 關한 研究는 國內外를 莫論하고 많은 研究가 試圖되고 있었으나 熔岩洞窟에 關한 研究는 거의가 研究되고 있지 아니하였다. 사실 여태까지의 熔岩洞窟 關係의 冊字로서는 겨우 2권에 불과한 만큼 매우 희소한 형편이여 研究調査 결과도 아직 15편을 넘지 못하고 있는 實情이다.

3. 調査의 範圍와 研究方法

本 調査는 熔岩洞窟의 規模와 形態의 分析과 全般的인 構造分析을 試圖하고 특히 世界第一의 萬丈窟系의 地形 및 構造分析의 테두리 안에서 研究調査를 실시하였다. 그리고 現地 測量調査方法에 의하여 이들의 微地形의 개체를 分析함으로써 그 地形的 價値性을 評價分析하는 研究調査方法을 취하였다.

4. 參考資料와 協助機關

本 調査에 있어서는 文公部發行 “한국의 동굴” 拙著인 “한국의 자연동굴”과 韓國洞窟學會發行的 學會誌인 동굴지, 이밖에 日本洞窟協會에서 發行된 “케이빙”, “동인” 등을 참고하였다.

그리고 특히 現地調査에 있어서는 濟州道 당국, 北濟州郡 그밖에 萬丈窟과 挾才窟의 관리사무소 그리고 韓國洞窟學會와 建國大學校 地理調査班의 조력으로 洞窟調査의 성과를 기할 수 있었다.

II. 自然洞窟로서의 熔岩洞窟

1. 自然洞窟의 種類

自然洞窟의 分類에는 여러가지 方法이 있는데 주로 그 成因에 의한 石灰洞窟, 熔岩洞窟, 波蝕洞窟, 節理窟 등으로 구분⁽¹⁾ 되는 것이 보통이다. 우리나라의 自然洞窟은 대개가 石灰洞窟인 溶蝕窟(鍾乳窟) 그리고 侵蝕窟인 海蝕窟과 河蝕窟 이밖에 火山洞窟인 熔岩洞窟등의 세 가지로 크게 대별된다.

2. 熔岩洞窟의 區分과 特性

發達過程으로 보면 1차洞窟이라고 할 수 있는 이 熔岩洞窟은 그 洞窟이 形成한 作用으로 보아 火山洞窟이라고 한다. 이 熔岩洞窟에는 火山作用으로 이루어진 火山洞窟⁽²⁾이라고 하나 이를 세분하면 다시 熔岩洞窟과 噴火口 熔岩樹型등 셋으로 細分되기도 한다. 그러나 대부분의 경우 熔岩洞窟이란 火山噴出로 말미암아 熔岩流속에서 形成된 熔岩洞窟이 대표적이며 噴火口나 熔岩樹型등은 그 규모나 형태가 미소하므로 대체로 무시되는 바가 많다. 그리고 熔岩洞窟은 火山地形에 국한되고 있는데 이 洞窟의 分布는 반드시 火山作用을 입고 있는 火山岩 또는 火成岩 지역에서 分布되고 있으며 母岩과 洞窟의 生成年齡이 같고 天井이 봉락하는 경우를 제외하면 일단 熔岩洞窟이란 洞窟이 生成하자마자 바로 老化段階로 들어서는 것이 特徵이다.

Ⅲ. 熔岩洞窟의 形成과 地理的 分布

1. 熔岩洞窟의 成因

이 火山地域에서는 火山이 噴出할 때에 流動性있는 玄武岩熔岩에 의하여 이른바 熔岩洞窟(lava tunnel)이 形成되는 것이다. 즉, 地下에 깊이 잠겨 있던 마그마(岩漿)가 그 噴出의 威力에 附隨되어 火口에서 地表로 밀려나온 것을 熔岩 또는 라바라고 한다.

이 熔岩이 굳을 때에는 火口에서 넘쳐 흘러 山地斜面을 따라 頂上에서 山 밑으로 흘러 내리기 전에 冷却되어 이른바 熔岩地帶를 이루게 된다. 이와 반대로 粘性이 낮은 熔岩이 火口에서 山 밑으로 흘러 내릴 때에는 이 熔岩을 밀더 山 밑까지 흘러 내려가 이른바 아스피테式 火山을 形成하게 되는 것이다. 우리나라 濟州島의 漢拏山은 世界에서도 모식적인 아스피테式 火山⁽³⁾으로 알려져 있는 좋은 보기이다.

이와같이 熔岩이 地表面에 흘러 내릴 때 그 熔岩속에 熔岩溝, 즉 도랑을 만들게 되는데 이것을 이른바 熔岩洞窟이라고 부르게 된다.

대체로 마그마가 地表로 噴出할 때 溫度는 900~1200°C의 高熱 상태이나 그 表面이 外氣에 접하면 점차 冷却되고 말지만, 内部에서는 外部와 같이 冷却되지 않고 高熱을 維持한 채로 계속 山 밑으로 山斜面을 따라 흘러 내려가는 관계로 이 熔岩의 地層内部는 텅 비어버린 熔岩溝가 形成되게 된다. 따라서 마치 사람의 창자 내부와 같은 熔岩洞窟을 이루게 된다.

이 火山活動은 대체로 流動性이 많은 熔岩일수록 噴出된 火口の 山頂부근에 堆積되지 않고 山麓으로 흘러 내려가게 되는데, 濟州島의 경우는 西北과 東北 斜面地域의 沿岸地帶에까지 흘러내린 熔岩流에 의하여 여기에 熔岩洞窟이 形成된 것이다.

2. 地理的 分布와 特性

濟州島內에 分布하는 熔岩洞窟은 粘着性이 弱하고 流動性이 높은 알카리性 玄武岩層內에 發達한다. 本島內의 熔岩洞窟은 現在 發見된것만도 約 50餘個에 達한다.⁽⁴⁾ 이들의 分布를 보면 다음과 같다. 濟州玄武岩層에 濟州市에 있는 발窟을 비롯 3個와 下孝里 玄武岩層에 3個 各各 全洞窟의 7.5%씩 해당한데 비해, 萬丈窟, 빌레못窟等 85%에 해당하는 35個의 熔岩洞窟이 大部分 表善里層玄武岩에 密集되었음을 보여주고 있다.

우리나라 熔岩洞窟의 分布는 濟州島에 局限되고 있다.

濟州島는 이른바 아스피테式 火山으로 느린 山地斜面을 흘러내린 熔岩流들은 이 아스피테式 山地地形에 도움받아 많은 熔岩洞窟의 發達을 보게 되었다고 하겠다.

즉, 툴로이데나 호마테와 같은 火山山形보다는 山地傾斜面이 매우 느리게 떨어진 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 느린 곳에 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 陷沒口가 出入口로 되어 있는 것이 특징이다.⁽⁵⁾

통상 熔岩洞窟에 있어서는 그 出入口가 가스 爆發로 인하여 구멍이 뚫어져 洞窟入口가

생기는 것인데 우리나라의 것들은 이와 같은 원인이 아니고 風化作用으로 인한 天井陷沒인 것이다.

그리고, 濟州島 洞窟의 共通의인 특징의 또 하나는 그 生物上 중에서 가장 많은 것이 “작은 거미”들이다. 洞窟生物學者인 南宮 煥은 이것을 “濟州島 꼬마 거미류”로 이름짓고 있는데 半島部의 꿈둥이, 노래기 등의 生物上의 특성에 반하여 異質性을 나타내고 있는 것이다.

그리고 眞洞窟性이나 好洞窟性의 種類보다도 外來性이 많은 것은 역시 濟州島의 熔岩洞窟들의 역사가 아직 새롭다는 것을 말해 주고 있는 것이다.⁽⁶⁾

IV. 熔岩洞窟의 構造的 特性

1. 熔岩洞窟의 形態構造

熔岩洞窟의 形態는 대체로 單調롭다. 이들 熔岩洞窟은 그 熔岩의 流出, 固結 및 供給과 密接하게 관계되고 있는데 대체로 圓筒狀을 이루며 單一型에 下流部에 가면서 支洞이 形成되는 경우가 많다. 그리고 洞窟의 底面傾斜도 평탄한 地表上을 흐르는 河川流路의 河床에서와 같이 완만하다.

물론 때로는 2段이상의 形態構造를 이루는 곳도 있는데 이는 그 熔岩의 流出時期가 각각 다르기 때문에 이루어진 現象이다.

한편 熔岩터널의 경우, 熔岩流의 흐르는 方向에 따라 形成되므로 地表面의 傾斜勾配와 크게 관계된다. 그리고 그 熔岩의 두께가 두터울수록 大規模의 洞窟이 形成되기도 한다. 萬丈窟과 挾才窟, 金寧蛇窟과 같이 大型洞窟들은 그 대부분이 單調롭고 直線的인 洞窟로 나타나고 있는데 大規模의 熔岩流의 경우에 形成된다.

2. 熔岩洞窟의 微地形構造

(1) 微地形의 生成原因

地殼內部에서 岩漿(마그마)이 地表를 흘러나와 熔岩이 되었을 때 이 熔岩流는 噴火口로부터 서서히 山麓을 향하여 흘러내리게 된다. 이때 이 熔岩流는 地表의 傾斜勾配가 느리면 느릴수록 流動하는 速度도 느리게 되고 反面 地表의 傾斜勾配가 급하면 급할수록 地表를 流動하는 熔岩流는 빠른 速度로 流出된다. 물론 이때에 그 熔岩流가 묽은가 또는 된 狀態인가에 따라도 流動速度는 달리 나타난다.

그리고 이들이 地表로 流動할 때 大氣와 地表面의 地溫關係로 熔岩流가 冷却하며 固結하게 되는데 바로 이때에 洞窟은 물론 각종 微地形이 形成되는 것이다.

특히 熔岩流出時에 地表面에 凹地가 있을 경우에는 이 위를 덮게 되므로 熔岩層은 두껍게 나타나며 熔岩의 濃度가 짙거나 流出熔岩이 流動性이 느릴 때에도 熔岩層은 두껍게 된다.

(2) 熔岩洞窟의 特殊微地形

이와같은 경우 天井에서 또는 側壁에서 熔岩이 흘러내리면서 그대로 식어버려 굳어졌을 경우 熔岩鍾乳라고 하는데 여태까지 記錄에는 40~50cm 길이가 最長으로 되었는데 우리나라의 水山窟에는 77cm가 報告되고 있다.

또한 側溝나 熔岩棚(선반) 위에 위의 天井部나 側壁에서 熔岩이 흘러 떨어져 그 밑에

쌓여져 있을 경우 이것을 熔岩石筍이라 하며 여태까지는 10cm 内外가 報告되고 있다.

물론 熔岩鐘乳와 石筍이 연결되어 기둥을 이루고 있을 경우가 熔岩石柱인데 萬丈窟의 熔岩石柱는 7.6m로 단연 世界第一의 熔岩石柱임이 밝혀졌다.

V. 萬丈窟洞窟系の 形態規模 分析

1. 萬丈窟의 規模

萬丈窟洞窟시스템은 世界最長의 熔岩窟系임이 확인되었다. 즉 總延長은 13,269 m로 지금까지 國際公認된 最長의 洞窟記錄인 美國의 싱글·라바 시스템의 11,344 m 보다도 1,925 m나 더 長大한 熔岩洞窟系임이 확인된 것이다.

1977년 제 1차 濟州島 韓日合同洞窟調査 當時에 100,068 m로 측량되었던 萬丈窟은 이제 새로이 발견된 主窟의 延長部分과 上層部 및 支窟 등으로 인해 이제는 世界의 耳目을 끌게 됐다.

萬丈窟시스템 13,269 m의 길이를 細分한다면 다음과 같다.

萬丈窟 本窟의 全長은 8,928 m로 확정되었고, 主窟의 계속부분인 金寧蛇窟의 全長이 中間陷沒部까지를 加算하여 705 m, 萬丈窟과 金寧蛇窟과의 中間連結距離가 180 m, 그리고 개우새窟의 全長 414 m, 이밖에 金寧結窟, 金寧발窟, 사기알窟, 패내기窟과 이들 洞窟의 海岸沿岸으로 뻗어내린 세출기의 陷沒部까지를 합해 2,042 m가 된다.

萬丈窟 本窟의 길이만은 8,928 m로 이것만 가지고도 單一洞窟로서의 世界 第4位가 된다. 現在까지의 記錄으로 世界 第一은 아프리카 케냐에 있는 리비아산窟(Africa Kenya의 Leviathan窟)의 11,122 m이고, 第二位는 美國 하와이에 있는 카즈무라窟(U.S.A의 Kazumura窟)의 9,994 m이다.

그리고 萬丈窟 本窟의 길이가 第一次 韓日合同濟州島洞窟調査 當時 확인됐던 6,900 m보다 2,028 m가 늘어난 이유는 다음과 같다.

지금까지는 萬丈窟의 上層部가 1層과 2層의 2개層으로만 알려져 있었으나, 이번 조사로 3層, 4層, 5層까지에 달하는 多層構造임이 밝혀져 이들의 길이가 加算됐고 또 支窟(가지窟)이 새로이 발견되어 길이가 늘어났고, 洞窟 끝머리에서 다시 延長部分이 들어나 이것도 加算된 것이다.

그리고 1層 主窟의 길이는 韓國洞窟協會가 이미 측량하여 文公부에 報告한 5,127 m를, 다시 확인하려고 簡易測量法으로 측량하였던 바, 그 길이에 틀림이 없었으므로 그대로 계산했다.

그리고 이번에 새로이 발견된 支窟이나 主窟의 延長部分의 測量圖를 作成하여 이것을 考證하는데 使用하려고 보관하고 있다.

지금까지 알려진 대부분의 熔岩洞窟은 2層으로 되어 있는 것이 보통이었는데 이번에 萬丈窟이 5層에까지 이르는 多層構造임이 發見되어 異例의인 것이 됨과 동시에 길이에 있어서도 世界第一로 浮上된 것도 자랑할만 하다.

2. 萬丈窟의 地質 및 地形構造分析

④ 地質構造의 特性

萬丈窟은 新生代 第3期末에서 第4期初(150~250萬年前)에 걸쳐 있었던 火山活動

의 噴出로 形成되었다. 특히 이 萬丈窟地域은 第4期初의 2期噴出時에 本島 全域에 널리 噴出 分布한 表善里玄武岩層이다.⁷⁾ 이 表善里玄武岩層에는 火成碎層岩層을 挾在시키고 있는데,⁸⁾ 이 岩層의 두께로 보아 元鍾寬교수는 16回 以上の 熔岩噴出이 있었다고 보고 있다. 어떤 火成碎層岩層은 11m 두께의 岩層도 있어서, 과연 大規模洞窟形成을 가 능케 하고 있음을 나타내고 있다.

⑤ 地形構造 및 特性

漢擊山 東北斜面을 느리게 떨어내린 山麓地域에 이 萬丈窟이 있으므로 萬丈窟은 大規模的인 熔岩洞窟이 발달할 수 있는 有利的地形의 바탕에서 태어난 것이다. 그리고 海岸의 沿岸低地帶에는 熔岩流가 四方으로 放流되었으므로, 수 많은 群小熔岩洞窟들이 곳곳에 分散 발달되고 있다. 그리고 熔岩流가 末端部, 즉 沿岸低地에 이르러서는 얇은 層을 이루었기 때문에 곳곳에 陷沒部가 形成되어 있다. 東金寧里一帶에 있는 金寧蛇窟系에 해당되는 수많은 陷沒部는 모두 이와 같은 얇은 熔岩層이 陷沒된 것이라고 보여진다.

噴火口에서 噴出된 熔岩流가 緩傾斜의 低地帶를 緩流하면서 이루어진 萬丈窟洞窟系는 下部에 있어서는 自由蛇行하는 크고 작은 S型의 洞窟을 형성하고 있다.

그리고 沿岸一帶에는 海風에 貝砂가 실려오므로써 地表面에 土砂層이 被覆되어, 萬丈窟熔岩洞窟은 이 土砂層만을 伏流하고 있는 셈이다.

萬丈窟熔岩洞窟系는 大小 50개의 개스空洞의 結合으로 이와같은 長大한 洞窟이 형성되었는데, 第1入口에서 끝머리까지 8個所, 第2入口에서 第1入口까지 4個所, 第2入口에서 밑으로 上層部에 9個所, 第3入口에서 第2入口의 通路중에서 下層部에 25個所, 上層部에 4個所, 모두 29個所의 空洞 흔적을 볼 수 있고, 전부 합해 50個所의 개스空洞의 結合으로 된 것으로 보는 것이다.

앞에서 말한 碎層岩層에 의하여 推測되듯이, 이 地域은 大規模의 熔岩流出로 超巨大級의 熔岩洞窟인 萬丈窟熔岩洞窟系가 形成된 것이다.

그리고 이 萬丈窟이 多層構造의 洞窟을 形成하고 있는 것은 熔岩의 流出이 여러 차례에 걸쳐서 있었다는 것을 나타내고 있다고 보아야 하겠다.

게다가 洞窟이 超巨大級이기 때문에 大規模的인 特殊地形이 발달할 수가 있었다. 앞에서 말한 바와 같은 世界的인 特殊地形이며 世界唯一의 熔岩石柱 같은 것이 存在하는 것도 그 때문이다.

이밖에 各種 熔岩洞窟地形들이 存在하는데, 예를 들면 珪酸鍾乳, 熔岩鍾乳 등이다.

3. 萬丈窟内部의 特殊地形

④ 이번 調査로 世界第一로 밝혀진 것을 들자면 먼저 크기가 7.6m에 달하는 巨大한 熔岩石柱가 世界 第一임을 자랑하고 있고, 둘째로는 大型熔岩球가 密集分布되어 있는데 이것 역시 世界的인 規模이다. 즉 세계 어느 熔岩窟에도 3個 以上の 熔岩球를 갖고 있는 곳이 없는데 이 萬丈窟에는 總數 21個에 달하는 大型熔岩球가 있는 것이다. 세계로는 熔岩橋의 規模와 密集數에 있어서도 놀랄만한 것으로, 뚜렷한 熔岩橋의 數효는 15個所나 되고 上層部에 11個所 下層部에 4個所로 나누어져 分布돼 있다.

⑤ 이밖에 이번 調査에서 世界的인 水準에 속하는 特殊地形으로 밝혀진 것을 든다면 다음과 같다. 첫째로 이 萬丈窟 안에는 A, B, B', C, D型등 갖가지 熔岩棚(선반)이 존재하고 있는데, 특히 A型의 熔岩선반은 世界에서도 매우 보기드문 것이다. 그리고 여기의 B'型의 熔岩선반은 그 규모가 세계적인 것으로 나타나 있다. 둘째로 크고 작은

형의 Tube in tube(一名 minni tube) 2개 地點에서 發見되었는데 이것 역시 세계적으로 稀貴한 것으로 오늘날까지 알려져 있기로는 美國에 1개, 日本에 2개 그리고 昭天窟에 1개로 도합 6개밖에 없는 것이었다. 그러므로 이번 調査로 萬丈窟에서 2개가 추가되어 世界의 Tube in tube의 수는 8개로 늘어나는데, 그중의 3개가 우리 濟州島에 있는 것이다. 세째로 天井의 높이가 單層만 하여도 18.1 m이고, 上層까지의 延長 높이는 실로 25 m에 달하고 있어, 이 熔岩洞窟의 大規模인 形成과 狀態를 如實히 말해 주고 있다. 네째로 5層이나 되는 多層構造의 熔岩洞窟이라는 점도 特殊한 것으로 世界的으로 보기 드문 現象이다. 3, 4, 5層이 비록 小規模의이긴 하지만 그래도 洞窟構造上的 두렷한 特性을 나타내고 있다.

㉔ 種類 未詳의 洞窟鑛物을 採集하였다. 그것은 白色粉狀의 粘土로 보여지지만 자세한 것을 알 수 없으므로 成分分析을 依賴하고 있다.

4. 萬丈窟의 微地形分析

이제 申裕泳의 論文中에서 重要地形 地物에 關한 內容을 紹介하면 다음과 같다.

즉 熔岩洞窟의 形成過程을 判斷하는 資料는 熔岩柱, 熔岩棚과 熔岩橋, 熔岩鍾乳의 形狀과 그의 熔岩球(Lava Ball)과 gas Boll, 熔岩管(Lava strow) 등과 天井部, 側壁部 및 洞窟床面과의 關聯에서 綜合的으로 觀察에 依해서 얻을 수 있다. 그러면 萬丈窟 内部에 나타난 特殊地의 微地形을 考察해 본다.

① 熔岩石柱

萬丈窟 第2 입구에서 第3 입구로 No. 21 地點에 世界唯一의 兩立된 높이 7.6 m의 熔岩石柱가 있다. 이것은 天井部에서 흘러내려온 2次 熔岩流⁹⁾가 洞窟의 天井部가 거의 固結될 무렵 부드러우면서 된 熔岩流가 天空部에 殘留熔岩이 天井部의 弱한 部分을 뚫고 밀로 흘렀는데 이때 하층 바닥의 熔岩위로 덮혀 있는 점과 堆積으로 높아짐에 따라 上·下流 두 方向으로 흘렀으며 그보다 더 固結되고 거칠 거칠한 熔岩量이 줄어들면서 서서히 쌓여감에 따라 이뤄진 塔狀의 熔岩柱가 되었다고 본다.

② 熔岩橋

熔岩橋는 洞窟形成과 그 發達過程을 잘 밝혀주는 貴한 資料가 되겠다. 萬丈窟에는 크고 작은 熔岩橋(Lava bridge)가 15個가 있고 各種形態의 熔岩棚(선반) 上下層 어느 곳이든 볼 수 있는 痕跡이다. 熔岩棚은 1次 熔岩流에 의한 것인지 2次 熔岩에 依해 形成되었는지는 그 形態와 色彩를 留心히 觀察해 보면 1次 熔岩流는 대체로 黑靑色 또는 暗褐色에 매끈한 면을 하고 있는 반면에 2次 熔岩은 赤褐色 또는 검붉은 색으로 꺼칠 꺼칠한 점을 찾아볼 수 있다.

熔岩의 洞窟內 1次以後의 流入은 下層窟로만 流入하여 流動한다고는 할 수 없을 것이다. 또한 洞窟內 가득히 2次 熔岩이 가득히 채워 流動한 부분은 天井部에 2次 熔岩에서 觀察된다.

③ 熔岩棚

熔岩棚은 床面流動 熔岩의 滯留時間이 길면 表面은 空洞內의 水蒸氣와 가스의 影響으로 床面이 固結되는데, 側壁部가 먼저 冷却되어 側壁에 들출부분을 남긴다. 이것이 熔岩棚이며 이때 더욱 長時間이 經過時 表面이 固結되어 熔岩橋(Lava brige)를 形成케 되며 이 같이 流動熔岩이 滯留時間에 따라 側壁部에 附着한 熔岩의 두께나 床面의 熔岩橋의 두께를 決定지우며 따라서 多層洞窟인 萬丈窟의 形成過程을 말해 준다.

熔岩棚의 發達過程과 形態도 多樣하다.

流動熔岩이 床面 滯留時間이 길어 一時的으로 熔岩橋가 이뤄졌다가 나중에 落下하여 熔岩流에 흘러간 곳의 形態와 熔岩流의 흐름이 灣曲되는 지점의 바깥쪽은 急流에 依해 높이 그리고 급히 휘어진 條痕이 發見되며 이런 곳의 안쪽 堆積斜面에 여러개의 접시를 포개어 뒤엎어는 거북모양인 形態를 萬丈窟에 3入口 부근과 2層窟 № 21 ~ № 24 지점에서 2개소에서 發見되었다. 이것은 建設斜面에 堆積된 熔岩이 굳어 冷却하면서 熔岩量 減少에 따라 밀려온 熔岩이 휘감들며 스쳐간 圓形의 條痕이 6段階로 나타난 것과 皮殼에 직경 3mm ~ 6mm의 작은 gas Ball 을 볼 수 있었다. 이것은 의측보다 冷却이 먼저 이뤄졌다고 본다.

④ 熔岩球

熔岩球(Lava Ball)⁽¹⁰⁾은 天井部에서 落下한 熔岩塊가 流動하는 熔岩流 위에 떨어져 흘러가다가 熔岩量의 流速이 줄거나 작아지거나 하여 그 자리에 殘留한 岩石의 流動時 熔岩의 附着 또는 一部 熔融으로 작은 規模는 매끈한 거북이 남지만 규모가 큰 것은 일부만 매끈해진다. 이 熔岩球 上面에 각기 다른 빛깔과 附着物이 다른 것은 熔岩球의 流動時 다른 位置에서 天井部의 熔岩이 熔融 落下된 것이 附着된 것이다. 이러한 熔岩球들은 모두가 洞窟內 中央部分에 머물러 있다. 萬丈窟에서 21個의 Lava Ball 중 거북바위(龜岩)에서 精巧롭게 느껴진다.

⑤ 개스 블과 熔岩鍾乳

萬丈窟의 下段막장부근에는 크고 작은 gas Ball 이 附着되어 있는데 이것은 熔岩이 流動에 따라 gas 가 濃縮되어 軟한 熔岩의 粒子가 붙어내어 側壁部와 天井 및 表面에 gas Ball 이 나타나는데 表面에 스며든 gas 의 量의 程度와 팽창에 따라 크고 작은 gas Ball 을 形成하는데 이러한 gas Ball 이 鍾乳石에 달라붙어 마치 포도모양의 葡萄狀熔岩鍾乳를 形成하기도 한다. 이때 鍾乳가 거의 한쪽으로 비스듬히 기울어진 것은 洞內 gas 의 流動方向을 뜻한다.

⑥ 繩狀熔岩流

萬丈窟의 2입구에서 1입구로 향한 上層窟에서 № 3, № 4 지점에서 繩狀熔岩을 發見할 수 있을 것이다. 마치 새끼를 끈 形態의 熔岩으로 暗灰色 또는 赤褐色으로 이뤄진 것이 있는데 暗灰色의 繩狀熔岩은 직경 5cm 내외의 杖출을 서로 엉겨 놓은 모습을 보이고 있는데 밟으면 부서질 可能性이 크다. 이것은 그림에서 보여 주듯 熔岩流動이 멎은 후 側壁에 비해 中央部가 작게 流動할때 側壁部에 附着했던 熔岩이 重力에 依하여 밀로 내려옴에 따라 일면 또는 兩面에서 橫壓力을 받아 파도가 일듯 同心圓狀의 주름을 만들게 된 것이다.

⑦ 튜브인 튜브(미니 튜브)

2次 熔岩流 流入後 表面은 固結되었지만 内部의 熔融狀態의 流動熔岩이 흘러버린 곳은 작은 규모의 洞窟을 形成하고 있다. 바로 이 Tube in Tube 의 成因이 大規模 洞窟의 成因을 밝혀주는 것이라 보겠다. 萬丈窟 № 51 地點에 두 곳이 發見되었다.

⑧ 珪酸華

萬丈窟에도 3입구 부근 № 87, № 91에서 側壁部에서 찾아볼 수 있는데 이것은 熔岩中에 珪酸의 火山 가스層에 硫化, gas 에 依하여 融合되어 水蒸氣 壓力으로 불려 附着되어 이뤄진 것으로 본다.

VI. 熔岩洞窟의 利用과 保全

1. 熔岩洞窟의 科學的 實用化

먼저 1812년에는 英美戰爭 때에 火藥用 硝石의 採鑛 때문에 많은 洞窟이 發掘되었다. 그리고 Arizona 州의 Badd 洞窟에서는 肥料用 Guano의 採掘이 아직까지도 계속되고 있다.

한편 濟州島의 熔岩洞窟에서 過去에는 양송이 栽培地로 使用되기도 하였으며, 研究 結果로는 치즈의 成熟을 위한 備蓄場所로도 그 밖에 高層建物の 空氣調節을 위하여서도 洞窟內의 一定한 空氣가 利用된 事實이 있다.

무엇보다도 洞窟의 利用은 住民所得을 올리기 위한 觀光資源으로서의 利用이다.

참으로 洞窟은 日光이 스며들지 못하고 溫度가 事實上 年中 거의가 一定하여 各種 研究所로서 適合한 곳이다.

그리고 蠶種은 물론이고 各種 植物의 栽培實驗 各種 菌類의 貯藏 또는 培養實驗 이밖에도 各種 物資의 保管 등을 위한 洞窟의 利用이 期待할 수 있는 方途의 하나인 것이다.

참으로 江原道 地域에서는 감자의 貯藏越冬 濟州島에서의 고구마, 양파의 저장 그 밖에 都市近郊에서의 早期作物이나 農作物의 貯藏으로 適期에 需要地에 供給할 수 있어 所得을 올릴 수 있게 할 수 있는 것이다.

2. 熔岩洞窟의 保全

洞窟의 保全은 地形構造의 現狀維持는 물론 自然景觀을 汚損시키지 않고 環境이 保全되어 洞窟生物의 自然保護가 주로 된다. 물론 이밖에도 各分野에 걸친 自然保全의 意義가 있다고 하겠으나 洞窟이 지니고 있는 特殊環境 때문에 造成되는 二次 生成物과 그속에 棲息하고 있는 洞窟生物들의 保全이 가장 主任務가 되고 있다.

특히 熔岩洞窟은 石灰洞窟과는 달리 二次 生成物이 거의 없다고 할 수 있다. 즉, 石灰洞窟에서와 같은 鍾乳石과 石筍, 그리고 石柱, 流石, 그밖에 많은 微地形과 地物들이 熔岩洞窟 속에서는 보기 드물다. 예를 든다면 熔岩鍾乳의 경우를 보더라도 世界에서 가장 긴 77cm의 熔岩鍾乳가 이번에 萬丈窟에서 發見되었는데 一般的으로는 10~15cm에 불과하며 그 수효도 매우 적다. 그리고 熔岩石筍의 경우에도 10cm內外에 제한되고 있는 形便이므로 熔岩洞窟속의 二次生成物의 稀貴性은 再言을 要하지 않는다.

따라서 이 적고 작은 二次生成物의 自然保全은 가장 緊要한 일이라 할 수 있다.

다음 洞窟生物의 경우에 있어서도 石灰洞窟의 경우에는 地下水洞이 一次的인 生成이므로 곳곳에 많은 地下水가 洞窟內部에 있어 生物棲息에 좋은 環境을 이루고 있는데 反하여 熔岩洞窟의 경우에는 玄武岩層인 關係로 洞窟內部에서 地下水는 보기 드물다. 따라서 眞洞 性生物들이 적은 상태이다.

事實上 洞窟環境이란 그 規模와 形態에 크게 關係된다. 오늘날 世界에는 30m 以上の 熔岩洞窟이 全體로 約 550 個所가 있다고 報告되고 있는데 우리나라에서 이 基準으로 따지면 우리나라에서만도 100 個所 以上이 될 것이다. 여태까지 國際洞窟學聯合會議에 報告된 우리나라의 熔岩洞窟은 大體로 100m 以上인 23 個所만 登錄되고 있는데 앞으로 많은 數字가 늘어날 것이 豫想된다.

이와 같이 우리나라는 大型熔岩洞窟의 分布地로 알려져 있는데 이와 같은 大型洞窟에서의 環境保全은 比較的 容易한 일이라 하겠다.

물론 大型洞窟이라 할지라도 洞窟環境의 保全을 위하여서는 萬丈窟에서와 같이 一部

地域만의 觀光開發이 必要한 것이다.

그리고 保全地域을 設定하여 이 地域에의 一般人的 出入을 삼가게 하여 洞窟環境의 保全을 期하여야만이 自然景觀의 保護는 물론 生物環境도 그대로 維持되는 것이다.

또한 構造物의 設置資材에도 外國에서는 크게 關心을 두고 있다. 되도록이면 竹材 같은 것을 使用하거나 플라스틱資材를 利用하여 生物的 棲息環境에 留意하고 있음을 본다.

한편 溫度와 濕度調節에도 많은 關心이 기울여져야 한다. 外國에서는 外氣의 浸透를 防止하기 위하여 二重門을 設備한 곳도 있다. 또한 박쥐의 出入을 위하여 鐵網으로 閉鎖 設備한 점도 重要的 일이다. 그 밖에도 氷 같은 곳에서는 觀光客의 出入 때문에 洞窟 内部의 結氷된 氷柱가 녹아버리므로 人造水을 搬入하여 洞窟內의 環境調和에 對處하고 있음을 본다.

結果的으로 熔岩洞窟은 生成과 同時에 즉시 老化의 過程을 밟는 것이 特徵이다. 그러므로 이상과 같은 稀貴한 二次生成物과 洞窟 生物의 自然保全은 우리들에 賦與된 當面課題라 하겠다.

VI. 結 論

以上에서는 熔岩洞窟이 어떤 것이며 이들의 生成原因과 그 分布를 調查하였다.

특히 熔岩洞窟의 一般的인 構造形態를 分析 究明하고 이 構造속에서 生成된 微地形의 構造를 分析하였다.

그리고 금번 調查에서 世界에서 最長으로 確定公認 받게 된 萬丈窟의 形態와 規模는 물론, 그 規模, 地質 및 地形, 特殊地形 地物들에 대한 綿密한 分析을 試圖하였다.

더구나 洞窟의 現代的인 利用과 科學的인 實用化를 위한 對策樹立과 開發利用에 併存되어야 할 自然保全을 위한 對策의 樹立을 위하여 이들의 微地形, 特殊地形의 構造 分析과 分布에 注力함으로써 一般熔岩洞窟의 開發과 保全對策樹立에 資料가 되도록 研究 調查하였다.

要컨대 本調查에서는 地形構造를 明示하는 萬丈窟의 測量圖를 作成 收錄하였고 微地形과 特殊地形의 分布圖까지도 作成하는데 成功하였다.

또한 이번 調查研究에서 熔岩洞窟의 分布圖는 完成되었으며 이와같은 資料를 바탕으로 洞窟의 保全管理를 위한 對策을 樹立할 수 있게 하는데 努力하였다.

參 考 文 獻

- 註 (1) 홍시환(1979) 한국의 자연동굴, 금화출판사 p.p. 126.
- (2) 上野鹿島() 洞窟學入門, 講談社.
- (3) 朴炳守(1981), 濟州島 熔岩洞窟의 成因과 特性, 洞窟 7, pp.16.
- (4) 小川孝憲(1981) 萬丈窟調查報告, 洞窟 7, pp.40.
- (5) 文化公報部(1971) 한국의 동굴, pp.58.
- (6) 南宮 竣(1981) 濟州島 熔岩洞窟群의 動物相과 그 環境, 洞窟 7, pp.25.
- (7) 元鍾寬(1981) 濟州島의 形成史, 洞窟 7, pp.3.
- (8) 李洙珍(1981) 濟州島 寄生火山의 形成과 分布에 關한 研究, 洞窟 7, pp.9.
- (9) 申裕泳(1981) 萬丈窟의 微地形考, 洞窟 7, pp.55.
- (10) 홍시환(1982) 韓國의 熔岩洞窟, 韓國洞窟學會 pp.71.