

韓日合同 濟州島 熔岩洞窟 調查 報告

# 熔岩洞窟의 生成過程의 地學的 研究

小川考德 · 渡辺吉己

洪始煥 · 元鍾寬 · 李文遠

寫眞攝影 鈴木一年 · 小川孝德 · 渡辺吉己

## 序 言

1977年 7月 25日부터 8月 1日까지 韓國合同濟州島地區洞窟調查를 實施했다.

짧은 동안에 될 수 있는 한 많은 熔岩洞窟을 調查했기 때문에, 每洞窟마다 完全한 調査는 못 하고 끝냈다. 그러나 主要한 點은 살렸다고 본다.

이번 調査에 있어서, 多大한 協力을 해 주신 濟州自然保護會와 濟州道庁의 여러분께 깊은 感謝의 뜻을 표한다.

앞으로 熔岩洞窟의 研究를 더욱 進展시켜, 東洋에는 韓國과 日本 밖에는 存在하지 않는 熔岩洞窟을 世界의 學界에 알리도록 努力할 것을 다짐한다.

熔岩洞窟研究는 近年에 이르러 世界의 으로 번창하여 Volcanospeleology이라는 用語까지 使用되기 시작했다. 熔岩洞窟이 存在하는 곳으로는 東洋에서는 韓國의 濟州島, 鬱陵島에 조그마한 것이 하나 있고, 日本의 富士山, 長崎縣의 福江島와 黃島, 島根縣의 大根島, 東京部의 大島 밖에 存在하지 않는다.

美國의 太平洋側의 諸州, 멕시코, 에쿠아도르의 領土인 갈라파가스(Islas Gilapagos) 諸島, 캐나다, 아라스카, 오스트레일리아, 뉴지일랜드, 이태리의 시실리(Sicilia)島, 스페인領 카나리아(Islas Canariar) 諸島, 아이슬랜드, 아프리카의 케냐(Kenya)와 우간다(Uganda), 카메룬(Cameroun), 그리고 美國의 하와이諸島에 不過하다. 數도 30m以上의 것이 約500도 되지 않을 것으로 생각된다. 鍾乳窟처럼 數도 많지 않고, Mammoth Cave처럼 232km라는 長大한 것도 없다.

熔岩洞窟의 경우 長大하기 때문에 學術的 價値가 높다는 것이 아니라, 貴重한 現象의 存在가 많으나 적으니까 따라 評價되어야 한다.

## 總 論

熔岩洞窟은  $SiO_2$ (珪酸)의 含有量이 적은 玄武

岩熔岩流인데, 熔岩層의 두께가 20m以上이 아니고서는 存在하지 않는다. 玄武岩熔岩은, 地表의 狀態에 따라 濟州島나 하와이島와 같은 Pahoe hoe 熔岩과 富士山 青本方原熔岩流와 같은 AaAa 熔岩으로 區別되지만, 形狀的인 區別이라서 그 다지 重要한 意味는 없다. 그러나  $SiO_2$ 의 含有量의 多少에 따라, 적은 것이 Pahoehoe 熔岩으로, 많은 것이 AaAa熔岩으로 되는 것 같다. 그러므로  $SiO_2$ 의 含有量이 많은 安山岩의 熔岩은 AaAa狀으로 되어, 크다란 岩塊의 流動狀이 되기 때문에 熔岩中에 가스가 滯留하여 空洞部를 形成하는 일은 없다.

濟州島, 하와이, 富士山, 그리고 달의 玄武岩의 分析表를 보면 濟州島의 玄武岩은 부드러웠고 高溫이었던 것을 알 수 있다.

濟州島의 알칼리玄武岩에 대하여, 富士山의 玄武岩은 高알루미나 玄武岩이다.

그러나 玄武岩中에 熔岩洞窟이 반드시 形成된다는 법은 없다. 富士山의 경우, 200以上의 玄武岩熔岩流가 알려져 있지만, 中 熔岩洞窟이 있는 것은 11개의 熔岩流에 不過하다.

熔岩洞窟은, 流動하는 熔岩流内部의 氣體가 集合하여 우선 扁平한 空洞을 만들고, 나아가 空洞床面下의 熔岩의 流動에 따라서 床面은 沈下하고, 各己 短小한 空洞이 結合되어 長大한 洞窟로 生長되어 가는 것이다. 昭天窟은 末端部分까지 踏査해 보지는 않았으나, 20以上의 空洞이 結合하여 한 개의 洞窟이 되었다고 생각된다. 이것은 日本의 富士山의 熔岩洞窟의 경우도 같은 過程을 거쳐 長大化하고 있다.

熔岩洞窟의 이 結合을 判斷하는 資料는 熔岩棚, 熔岩橋, 鍾乳의 形狀, 洞內의 天井部의 變化와 熔岩棚과의 關聯 등의 觀察에 의하여 얻어진다.

熔岩棚에 關해서는, 床面熔岩의 滯留時間이 길면 길수록 表面은 固結되고, 側面에 비죽 나와서 棚狀으로 남고, 더욱 長時間의 경우에는, 熔岩橋를 남긴다. 그러나, 一般的으로는 固結床面下의 熔岩이 流動하는 경우에는, 床面의 固結된

熔岩에 龜裂이 생기고, 流動하는 熔岩의 흐름에 휩쓸려 떠내려 가는 것이다.

이 事實을 證明하는 것으로서의 하나가 龜岩이고, 熔岩棚이다.

富士山の 洞窟에서는 側壁部가 剝離되어, 床面に 落下한 크다란 熔岩塊가 床面の 流動에 의하여 8m가량 떠내려 가 있는 예가 남아 있는 것으로서 床面の 流動을 알아 냈다. (圖 1)

双龍窟(写真 1) (圖 2)이나 万大窟(写真 2)에 있어서는 富士山の 경우와 마찬가지로, 熔岩棚이 落下하거나 落下될려고 하고 있는 것을 볼 수 있었고, 熔岩橋(写真 3) (圖 3)가 陷沒된 例를 볼 수 있었다.

이것 들은 어느 것이나 床面の 流動이 멎고 나서 생긴 것이기 때문에 熔岩의 流動에 의하여 떠내려 가버리지는 않았다.

또, 側壁部 表面이 벗겨져 내려가 버린 現象을 나타내는 線狀의 擦過痕을 볼 수 있었다. 이 예는 富士山の 西湖 高우모리(박취)窟(写真 3)과, 美國의 워싱턴州의 Falls Creek Cave(写真 4)에서 볼 수 있는 貴重한 例이다.

以上과 같이, 熔岩洞窟의 生成課程의 研究는 細部의 觀察에 의하여 비로소 究明되는 것이다.

表善里熔岩流는 最初로 噴出한 熔岩流인 만큼

틀림 없이 다른 熔岩보다 高温이고 부드러웠던 것이 推定되고, 그 噴出量도 많고, 熔岩層의 두께는 다른 것에 비해 가장 두텁다. 따라서 이와 같은 條件이 表善里熔岩流中에 가장 많은 熔岩洞窟의 存在를 可能케 했다.

그리고 그 所在場所가 熔岩流의 末端部에 많은 것은, 熔岩의 滯留에 依한 것이 아닌가 생각되는데, 나아가 內陸部의 調査를 進展시키면 傾斜地에도 發見될 可能性이 있을 것이다.

濟州島熔岩洞窟 全般에 대하여 말할 수 있는 것은 平面圖를 보아서도 알 수 있듯이, 單純한 形態의 것이 殆半이고, 複雜한 것이라 해도 금초기窟과 벌레못窟 程度의 것이인 모양이다. 벌레못窟은 3階層으로 되어 있어 複雜하다고 하지만, 日本의 가장 複雜한 “이누스즈미(犬涼々)窟 No. 5”은 5階層으로, 어느 것이 幹洞이고 어느 것이 支洞인지의 區別을 할 수 없을 정도이다.

Mt. Hamilton Cave(Australia)나 Labyrinth Cave System(美國) 등도 그 例이다.

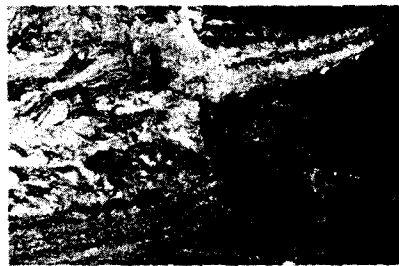
그러나 熔岩床의 沈下流動에 의하여, 大規模의 인 洞窟로 成長한 万丈窟처럼 巨大한 熔岩洞窟은 世界에서도 그다지 例가 없는 모양이다.

熔岩棚의 區別은 다음과 같다.

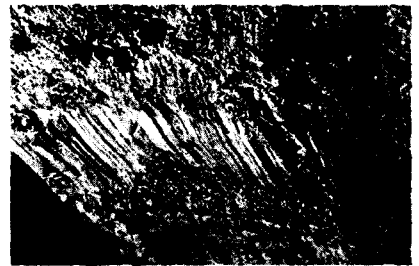
空洞이 가스의 集束으로 생기고, 床下의 熔岩이 流動沈下하여 空洞의 床面은 沈下한다. 거기



(写真 1) 双龍窟 熔岩棚落下例



(写真 2) ② 熔岩棚이 落下하려 하고 있다



(写真 3) 富士山 西湖 ③ 고우모리窟 側壁의 밀려내림 USA Falls Creek Cave



(写真 4) ④ 熔岩의 밀려내림 例 Photo by Charlie Larson from "Guidebook of the 1972 NSS Convention"



(写真 5) Shyoji No. 4 Cave 精進第 4 洞窟



(写真 6) B Type 熔岩棚 富士山, 姿々窟

에 第2次熔岩이 流入하여, 洞内に 充滿할 경위도 있지만, 一定 level의 경우에 A Type와 B Type의 熔岩棚을 남긴다.

A Type(写真7)

流入된 熔岩流가 側壁 床面に 痕跡을 남기고 沈下 流出된다. 그리고 側壁에 얇게 附着한 熔岩이 剝剝되어 뭉쳐진 것이 A Type 熔岩棚인데, 傾斜가 없는 平地의 洞内に 볼 수 있다. 日本에서는 수량이 남겨져 있는데 写真5는 精進 No.4 洞窟(Shyoji No.4 Cave), 一 濟州島에서는 蛇窟에서 代表的인 것이 보인다.

B Type(写真6, 7, 8)

A Type의 경우와 마찬가지로, 洞内に 第2次 熔岩流가 流入하여, 熔岩流가 滯留하면서 側壁部에 7cm 정도는 빨리 굳어지지만 中央部는 床面下의 熔岩의 流動에 의하여 흘러 나간 것이다. (写真6)은 日本의 婆々窟(Banba-Ana) 이고, (写真7)은 美國Wildcat Cave이다. 또 (写真8)은 濟州島 한들窟이다.

B' Type(写真9)

이것은 B Type와 成因이 흡사하다. 그러나, 이 경우의 便이 床面の 滯留時間이 길어 熔岩棚을 一時期 形成하지만, 나중에 落下하여 熔岩의

흐름에 의하여 빠져 나간 경우의 것으로서 棚의 側面을 자세히 보면 B Type와 區別할 수가 있고, 床面의 流動이 없을 경우에는 橋가 落下하여 남아 있을 경우도 있다. (이것은 日本에서도 背負子(세오이꼬)No.2 洞窟 뿐만의 珍貴한 例証이다) (写真9). 濟州島에서는 萬丈窟의 支洞의 熔岩橋에 이어지는 部分에서 밖에 볼 수가 없다.

C Type(写真10)

이것은 濟州島에서는 별로 볼 수가 없었다. 熔岩流의 흐름이 急速하여 彎曲部의(커브의) 바깥쪽에 熔岩이 밀려 올라가 괴여 있던 痕跡을 남긴 것으로서 日本의 鶉窟(우즈라 아나)에서 밖에 볼 수가 없다.

D Type(写真11)

濟州島의 洞窟 속에서 흔히 볼 수 있는 것으로서, 훌륭한 것은 萬丈窟에서 보게 된다. 이 橫線은 熔岩層이 아니라 熔岩床의 沈下痕跡인 것이다. (圖11)와 같이 이 熔岩棚에서 注意해야 할 點은 側壁面을 熔岩이 늘어뜨려지는 경우, 垂直으로 떨어지는 것이 常識이지만, 斜線狀으로 垂下해 있는 部分이 있다. 이것은 日本에서도 볼 수 있다. (写真11A는 神座No.1 Cave). 美國의 Crystal Cave에서도 볼 수 있는데, 이 部分의 床面沈下時에 洞内가스체의 流動이 發生



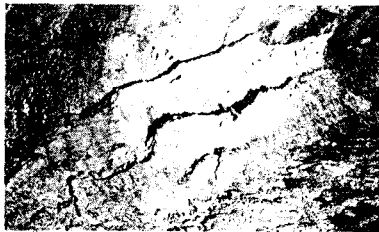
(写真7) B Type 熔岩棚 Wildcat Cave (U.S.A) Photo by Charlie Larson from "Guidebook of the 1972 NSS Convention"



(写真8) B Type 熔岩棚 Handul kul



(写真9) B Type 熔岩棚 背負子 No. 2 洞窟 Shyoiko No. 2 Cave.



(写真10) C Type 熔岩棚 鶉穴 Uzura-ana Cave



(写真11A) 日本의 神座 洞窟 No. 1 Zinza No. 1 Fuketsu Cave.



(写真11B) D Type 熔岩棚 萬丈窟



(写真12) "The Church lava tube" at myratn, north Iceland 이것을 보면 가스에 接한 面이 白기 附屬한 것을 알 수 있다



(写真13) 日本 婆々窟의 珪酸鍾乳 Banba-ana Cave

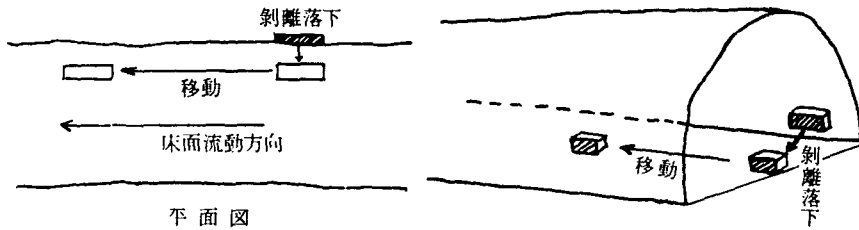
하고, 그 移動方向을 제시하는 痕跡인 것이다.

熔岩洞窟의 가스와의 接觸 內面이 상당히 빨리 溫度差 때문에 固結하는 것을 나타내는 것이 (寫眞12)이다. 이 事實은 洞內에서의 觀察로도 이 現象을 證明할 수가 있는 것이다.

珪酸鍾乳는 한들窟과 万丈窟, 水山窟에서 볼

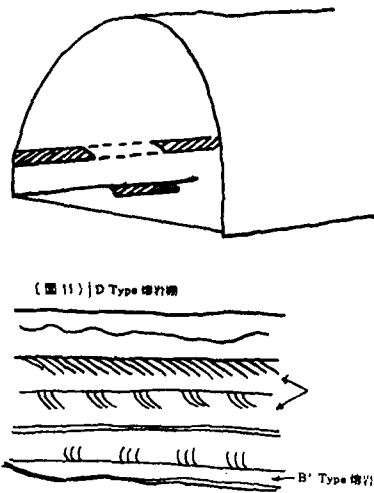
수 있었는데, 日本의 것처럼 長大한 (10~30cm) 것은 없었다. 珪酸華는 万丈窟, 한들窟, 昭天窟, 蛇窟에 存在하고 있다.

(寫眞13)은 日本의 婆口窟의 珪酸鍾乳이다 (길이10cm).

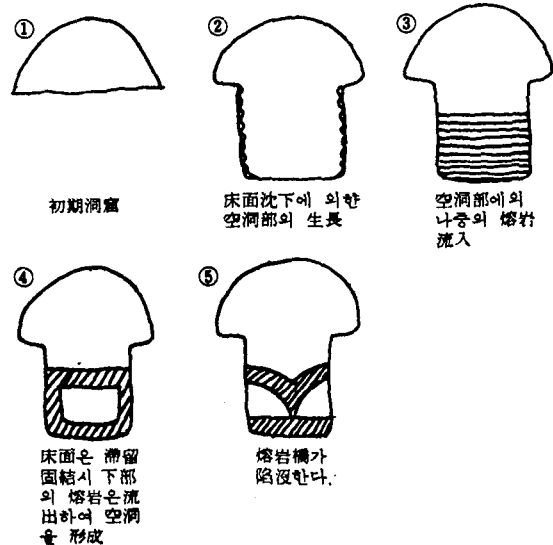


〔圖 1〕 神靈洞窟의 例

〔圖 2〕 (寫眞 1)의 雙龍窟熔岩棚落下例 說明圖



〔圖 3〕 (寫眞 2)의 万丈窟支洞說明圖



### 結 論

熔岩噴出時, Maga中에 包含된 CO, H<sub>2</sub>, S 등의 揮發性物質 (Volatile substance)의 燃燒에 의하여 地表에 噴出된 熔岩이 一時的으로 뜨거워진다는 學說을 취하는 사람도 있다. 그러나 熔岩洞窟의 內部를 보면 燃燒에 의한 것으로 생각되는 再熔融의 部分도 있지만, 그렇게 생각할 수 없는 証拠 便이 많이 남아 있기 때문에 否定하지 않을 수가 없다.

即, 可燃性가스의 量은 少量이고, 그것들의 燃燒에 의하여 생긴 熱量보다도 熔岩의 冷却에 의하여 잃어 버리는 熱量 쪽이 더 크다.

熔岩洞窟의 研究는, 地表面에서는 알 수 없는

熔岩流內部の 모양을 推定하는데 도움이 되면 熔岩流出前의 地表의 地形을 推定하는 資料가 되고 또 各地点의 熔岩의 流動方向도 알 수 있다.

鍾乳洞이 地下水流의 方向을 알기 위한 資料가 되는 것과 同一하다.

濟州島의 熔岩洞窟은 世界的인 巨大한 洞窟이고, 熔岩流의 量이 (특히 表善里 熔岩流의 경우는) 얼마나 大量이었던가를 나타내고 있다.

앞으로 더욱 調査研究를 進展시키는 것에 의하여, 새로운 事起도 發見되겠지만, 이번 調査한 熔岩洞窟과 內部的 狀況이 다름 것이라고 생각되는 빌레못窟을 살필 수 없었던 것은 遺憾千萬이다. 當局의 理解가 있기를 바라는 바이다.