

# 二次元の 偽鐘乳洞에 關한 洞窟微地形學的 研究

- 天然記念物 236號로 指定된 黃金窟을 中心으로 -

## A Study on the Binary Appearance in Pseudo Limestone Cavern

**Abstract** : This paper is a study on the duality of speleothem that appeared in "Hyeob Jae Cave" which is designated as the natural monumen. No.236. It is located at Hyeob Jae Ri, Hanrim Eub, Bug Je-ju Gun, Je-judo.

The findings are as follows.

1. The distribution range of the shelly sand which has maximum thickness of  $10m \pm$  and average of  $3m \pm$  was  $3.2km^2$ .
2. The desert hollow acted to promote the speleothem deposits in the lava tunnel with lava mound formed by lavapilz and artificial breaksand wall.
3. The main component of the pseudo limestone cavern was carbonate Calcium from shelly sand. And the deposition of speleothem in the Cave was accelerated after the volcanic eruption of Biyang Island in 1002. A.D.
4. The secondary depositions of Calcite recognized as speleothem up to now it can be used for the pseudo karst in general.
5. It seems that the variety of the cave deposits is decided depending upon the geology, land form, climate, vegetations and the structural environmental factors.
6. It seems that the wondering development of accretionary deposits caused by encrusting has a close relation with intermittent seepage of ground water.
7. Finally, we can acknowledge the coexistent duality of speleothem by shelly sand along with the joint and the lava stalactites formed at the same time with the lava tunnel on the ceiling where there was no seepage.

### I. 序 論

韓國의 最南端에 위치한 大火山島 濟州道 翰林邑 挾才里의 挾才 偽鐘乳洞洞窟群에 대하여는 1969년 5월 大韓地理學會에서, 1977년에는 滄巖 李敏載博士 華甲記念論文集에서 見解의 일부를 밝힌 바 있다.

오늘날까지 알려진 世界的 奇異洞窟에는 그 첫째가 Yugoslavia의 Dalmatia 沿岸에 있는 褶曲된 石灰岩山地의 沈降으로 생긴 海底鐘乳洞이 있고, 다음이 韓國의 熔岩洞窟을 母體로 한 二次元性貝殼砂起源의 偽鐘乳洞이다.

이 洞窟이 世上에 널리 알려지게 된 것은

1956년 7월 弘益大學 地理學科 申東昱, 吳俊泳 두 教授가 引率한 약 20명으로 구성된 夏季定期 野外踏査에서 비롯된다.

이 調査隊는 翰林邑 挾才里에 이르러 二次元의 偽鐘乳洞을 보고 濟州道에 鐘乳窟이란 題下에 鐘乳窟發見報道를 함으로써 地理學者 李泳澤氏와의 사이에 激烈한 論爭이 masscom을 타고 1957년 봄까지 7개월간 繼續되었다.

이 論爭으로 말미암아 世人은 Karst 地形, 나아가서는 洞窟에 대한 關心과 아울러 地理學에 대한 理解를 돕게 하였으니 勝者도 敗者도 없는 論爭이 功獻한 바 되었다.

問題의 偽鐘乳洞은 朝鮮 제9대왕 成宗朝

(1469~1494)에 편찬된 東國輿地勝覽에 財巖이라고 하여 “在明月浦西五里其形如屋穹窿其上鋪白沙其下有穴人以炬入其中寬廣可八十步許產石鐘乳其西北又有二巖名小挾財俱產石鐘乳其中寬廣亦五十步許”라 記錄되어 있어 僞鐘乳洞의 石鐘乳에 대한 간단한 記錄을 文獻上 가지고 있다.8)

最近에 洞窟의 特異性이 인정되어 政府에서는 天然記念物 제 236호로 指定 保護하고 있는 매우 다행스러운 일이라 하겠다.

## II. 僞鐘乳洞의 成因考察

### 1. 位置

僞鐘乳洞의 開口部는 33°23' 02" N 126°14' 40" E의 交線이며 行政的으로는 濟州道 北濟州郡 翰林邑 挾才里 2610番地이다.

相對的 比較的 位置로서는 서울에서 제주까지 空路 1시간 20분, 水路로는 목포에서 제주까지 157km에 7시간, 부산에서 제주까지는 300km에 12시간이 所要된다.

### 2. 地形과 地質

濟州道는 韓國의 代表的 火山島이다. K. Schneider의 火山形態 分類學上으로 볼 때 Aspitholoide에 속한다. Aspite 部分에는 거대한 山麓緩斜面이 발달되고 Tholoide 部分은 放射狀의 幼年谷地를 발달시키고 있다.

廣域噴出에 의한 流動性이 강한 鹽基性熔岩이 山麓緩斜面이나 裂罅面을 따라 유동할 때 地表에 접한 部分은 熱放散으로 冷脚固化되어 熔岩殼을 이루었고 未固結狀態의 熔岩은 內部에서 重力的으로 流動을 繼續함으로써 熔岩殼의 약한 部分을 破裂, 未固結의 熔岩을 固化된 熔岩殼 밖으로 유출시킴으로서 생긴 空洞 즉 lava

tunnel을 生成하였다.

重力的 돌과구를 찾지 못한 未固結의 熔岩은 높은 열로 인한 gas와 水蒸氣壓力 때문에 lava pilz 作用으로 冷脚固結한 表皮를 깨고 內部의 熔岩이 地表面으로 밀려 올려져 地表의 自然傾斜를 따라 擴散되거나 때로는 圓筒狀의 pitfall 또는 不規則한 울퉁불퉁한 熔岩塚을 만들거나 裂罅를 따라 線上으로 유동함으로써 挾才窟 一帶와 같이 복잡한 地形과 熔岩洞窟郡을 만든 것이다.

元鍾寬 教授는 濟州道の 形成過程과 火山活動에 관한 研究9)에서 火山活動과 熔岩의 噴出時期를 5個의 噴出輪廻로 區別 說明하였다. 그에 따르면 最初의 噴出은 第三紀末의 鮮新世에 現存 濟州道の 基底部를 형성한 基底玄武巖을, 第2期에는 流動性이 강한 熔岩의 裂罅噴出이 넓은 범위에서 이루어져 Pedionite를 만들었는데 이것이 濟州道の 東西底地帶에 噴出된 表善里玄武巖이다. 第3期은 Aspite를 形成한 濟州玄武巖과 下孝里玄武巖을 噴出하였고 第4期에는 Thooide를 만든 漢拏山玄武巖과 粗面巖質玄武巖을 噴出하였고 火山活動의 終末期인 洪積世末과 沖積世에까지 이르러 cinder cone을 形成하였다고 說明하고 있다.

이 논리에 따르면 第2期の 廣域噴出로 濟州道の 東西底地帶에 分布한 表善里玄武巖에 Lava tunnel의 大部分이 形成되었다는 結論에 到達하게 된다.

元教授는 現地調査에서 총 79회 以上에 달하는 熔岩噴出이 觀察되었다고 그의 論文 p.7에 記錄하고 있으며 p.35에는 98회 以上에 달하는 熔岩의 流出과 그 사이에 挾在된 碎屑物로 構成되었다고 주장하고는 있으나 그가 描寫한 地質圖 Fig. 1에는 第2期噴出의 表善里玄武巖으로 挾才洞窟群 一帶가 表示되어 있다.

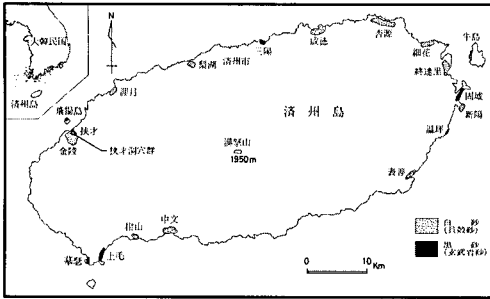


그림 1. 貝殼砂, 玄武巖砂 分布圖

이 부분에 대하여 原口九萬은 飛揚島馬羅島線(元教授의 高別線)의 火山들은 비교적 새로운 시기에 생성된 火山으로10) 飛揚島, 正月岳, 楮旨岳釜岳, 鳥巢岳, 加時岳, 慕瑟峯 등이 있으며 熔岩遂道로서 財岩窟과 晩早窟을 들으로써 意見を 달리하고 있다(原口 p.30). 한편 金相昊 教授는 漢拏山을 中心으로 反復噴出된 것이 아니라 各 構造線을 따라 噴出口를 달리하고 있다고 서술하고 있을 뿐만 아니라 玄武巖의 噴出은 대부분이 洪積世末期 내지 沖積世以來의 분출이 아닌가 생각된다고 하였다.11)

필자 또한 挾才里 一帶의 地形이나 岩相으로 볼 때 濟州道火山活動의 終末期인 洪積世末의 熔岩噴出로 挾才洞窟群이 생성된 것으로 推定하고 싶다.

더욱이 貝殼砂起源의 二次元的 偽鐘乳洞은 형성시기가 매우 짧으며 단기일내에 旺盛한 二次生成物의 沈積이 이루어졌다고 보여진다. 그 이유로서는 濟州道 全域에 걸친 貝殼砂의 分布인데 이들 貝殼砂層의 발달규모를 그 크기의 順序대로 열거하면 翰林邑 挾才里와 金陵里 一帶의 3.2km<sup>2</sup> 地域, 漢浦에서 杏源에 이르는 金寧~月汀 地域, 細花에서 下道, 終達里에 이르는 地域과 涯月, 內都, 威德 等 北濟州郡 管內hk 南濟州郡의 溫坪, 表善, 中文, 柑山 等 海岸에 분포된다. 이들 貝殼砂는 海岸地形, 水深, 潮流와 沿岸流 및 그 지역의 卓越風과 밀접히 관련되어 있음을

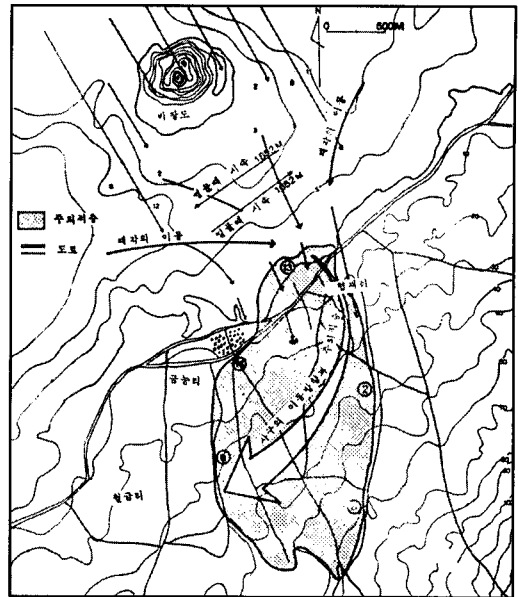


그림 2. 挾才窟 一帶의 貝殼砂 移動 概念 및 砂丘地域 標本採取 位置圖

알 수 있다(그림 1).

研究對象地域인 挾才里 一帶의 砂丘地帶와 貝殼砂의 移動徑路를 살펴보면 <그림 2>와 같다.

挾才里의 砂丘層은 西紀 1002년에 海底火山作用으로 불과 五晝夜에 海底에서 114m의 높이로 밀어 올려진 cinder cone, 즉 飛揚島의 영향을 받고 있다.

朝鮮九代王 成宗朝에 盧思慎이 기록한 地理書 東國輿地勝覽에 의하면 “高麗穆宗 五年六月有山湧海中山開四孔赤水湧出五日而止其水皆成瓦石十年瑞山湧出海中遺大學博士田拱之往視之人言山之始出也雲霧晦冥地動如雷凡七晝夜始開霽山高可百餘丈周圍可四十餘里無草木煙氣幕其上望之如石硫黃人恐懼不敢近拱之躬至山下圖其形以進今屬大靜縣”이란 記述에 대하여 中村新太郎은 穆宗五年의 噴火를 飛揚島의 것으로 보고 穆宗十年의 噴火는 大靜縣 동쪽의 軍山이라고 하였다.12) 이에 대하여 耽羅事實新增에 飛揚島의 이름이 다음과 같이 기록되어 있어(有山湧出于耽羅海中者即此島而飛揚之名蓋取諸此歟)

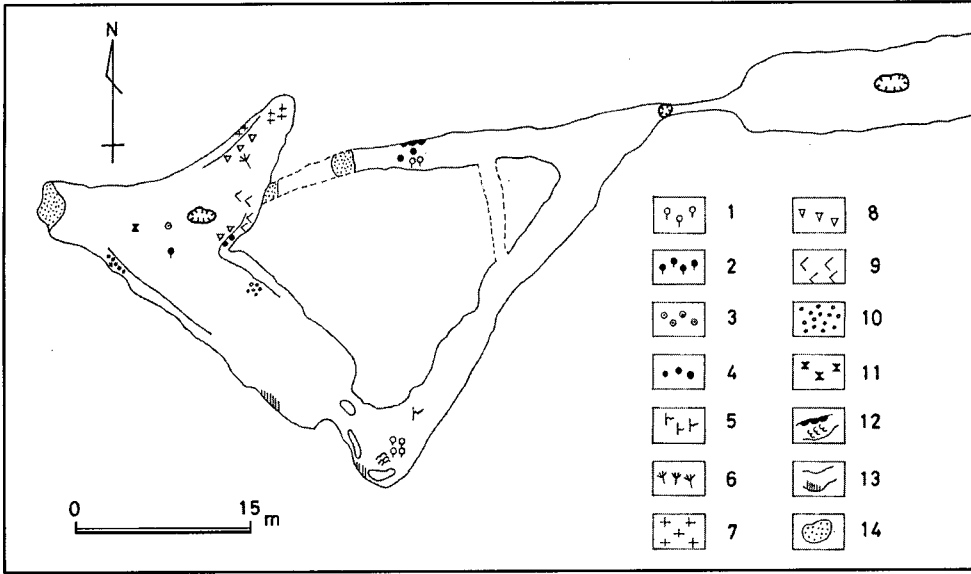


그림 3. 黃金窟內의 學術的 가치가 있는 이차생성물 위치도

飛揚島의 湧出을 뒷받침하고 있으나 後者인 軍山에 대한 기록이 없으므로 中村新太郎의 주장이 애매한 것으로 判斷된다. (飛揚島와 軍山間에는 구조적인 聯關性이 없으며 飛揚島에서 직선거리로 21km 南東方에 있다.)

僞鐘乳洞의 기원도 이 火山活動과 직접적으로 관련된 熔岩洞窟을 母體로 하고 있음을 알 수 있다.

### 3. 貝殼砂의 成因과 砂丘의 移動

濟州道와 같이 砂源巖石이 없는 火山島에서는 玄武巖起源의 黑色의 圓磨度가 높은 玄武巖砂와 白色의 貝殼砂가 分布하고 있을 뿐이다. 이 중 貝殼砂의 분포는 전술한 바 海岸을 따라 分布되는데 그 분포범위가 넓어 砂漠을 형성하고 있는 곳이 바로 陵才海岸에서 內陸의 正月岳에 이르는 3.2km 地內이다. 이 해안사막의 형성은 西紀 1002년에 海에서 噴出된 飛揚島와 밀접히 관련되어 있다.

飛揚島는 金陵里와 挾才里沿岸에서 불과 1,500m 北西쪽에 위치하며 섬의 동서 길이가

850m, 높이가 114m의 Tholoide狀 噴石丘이다. 飛揚海峽의 평균수심은 5m 內外로서 바람과 波浪의 그늘 역할을 잘하며 더욱이 시속 1knot의 속도로 潮流가 干滿에 따라 매일 流向을 달리하고 있다(그림 2).

特記할 바는 飛揚島生成 당시 海溢로 金陵里와 挾才里 및 歸德地方인 砂漠地帶가 완전히 廢墟化하였으며 그 당시 생존하던 海棲動物이 육지로 밀어올려져 熔岩洞窟의 開口部를 통하여 人畜과 함께 家藏什物이 堆積되어 1000년의 세월이 흐른 오늘날에도 그 遺跡層이 才陵國民學校 부근과 熔岩洞窟內에서 발견되고 있다.

이번 調査에서 확인된 이와 같은 사실은 翰林邑誌에 다음과 같이 기록되어 있어 多幸스럽게도 우연의 一致가 되고 있다. 『현재에 挾才金陵 및 歸德地方인 砂漠地帶속에는 遺物 및 遺蹟의 發見을 證言삼고 白砂 및 黑土를 발견하면 耕作하던 밭과 같은 고랑을 볼 수 있고 遺骨 등을 볼 수 있다』 이와 같은 火山事變으로 인한 海溢이 지나간 후 “貝砂層의 移動으로 荒蕪地化되었다는데 李朝中葉에 이르러 비로소 새로운

住民이 定着하기에 이르렀다.”<sup>13)</sup>

調査範圍인 100만평 地域內의 貝砂層의 試料를 <그림 2>와 같이 16개 地點에서 採取하여 그 粒度를 분석검토한 결과 砂丘의 주된 移動軸은 挾才里에서 金陵里로 西進하고 있음을 알 수 있었다(그림 2의 화살표 방향).

金陵리에 居住하는 李道新翁은 자신이 서당에 다니던 1930년대초에는 現在의 飛砂地 서쪽 境界에서 동쪽으로 300m 지점까지 黑色의 玄武巖 分解土가 있어 營農을 하였는데 飛砂의 피해가 극심하여 日人들이 防災林으로 海松을 심은 것이 현재와 같은 훌륭한 成林地가 되었다고 證言하고 있다(사진 1).

이상의 證言을 기초로 하여 砂丘의 移動 速度를 推計하여 보면 年평균 6m란 놀라운 速度로 防災林이란 障礙物을 뛰어넘어 砂丘가 移動한 結果가 된다. 따라서 調査地域內의 lava tunnel의 開口部는 lavapilz 作用으로 인한 pitfall과 함께 貝殼砂로 堆積되어 일관된 cave system을 유지할 수 없게 되었다. 뿐만 아니라 砂丘의 移動으로 砂漠固有의 砂漠窪地(desert hollow) 地形을 나타내고 있다. 이와 같은 波浪狀의 丘陵地帶는 貝砂層의 層厚와 밀접히 관련되어 玄武巖의 節理面을 따라 熔岩洞窟內에 衆炭酸칼슘 溶液  $Ca(HCO_3)_2$ 을 滲透시킴으로써 세계적으로 奇異한 偽鐘乳洞을 形成하기에 이른 것이다.<sup>14)</sup>

### Ⅲ. 偽鐘乳洞에 발달한 二次生成物

전술한 바와 같이 貝殼砂는 3.2km 砂漠地帶의 形成에 따라 層厚를 달리하고 있으나 平均層厚는 3m±로 推定된다.

貝殼砂의 주성분은 石灰岩에 있어서와 마찬가지로 炭酸칼슘( $CaCO_3$ )이다. 이와 같은 칼슘 성분은 弱酸性을 띤 雨水에 溶解되어 중탄산칼

슘 溶液, 즉 乳水狀態( $Ca(HCO_3)_2$ )로 溶岩洞窟內에 滲透되어 天井과 洞床에 二次生成物을 沈積하였다.

그러나 石灰岩洞窟과 比較하여 볼 때 石灰岩洞窟의 擴大는 地下水準面 이하에서 이루어지며 地下水準面 위에서는 洞窟流가 없는 한 洞窟空間을 희생시키는 二次生成物의 沈積을 擴大해 나가는데 반해 二次元の 偽鐘乳洞은 일방적으로 既成의 lava tunnel의 空間을 축소시키고 있다. 특히 濟州道는 年平均氣溫이 높고 우리나라의 多雨地라는 점과 充分한 炭酸칼슘원인인 貝殼砂의 두터운 被覆層지고 있음에도 불구하고 二次生成物의 沈積이 顯著하지 못한 것은 飛揚島 火山事變 이후 砂漠化가 急進展되었다는 것을 實證의으로 보여준다고 할 수 있겠다.

#### 1. 點滴石(Dropstone)

熔岩洞窟天井에서 水滴이 落下할 때 地表의 貝殼砂로부터 溶脫된 이온 狀態의 中탄산칼슘 溶液( $Ca(HCO_3)_2$ )에서 二次生成物인 管狀鐘乳石과 鐘乳石, 洞床에서는 石筍이 對稱的으로 성장하여 石柱로 進化되어가고 있다.

##### 1) 管狀鐘乳石(Tubular Stalactites)

二次生成物의 基本形으로 洞窟天井에서 落下하려는 水滴은 表面張力으로 落下하는 순간 그 水滴의 基部에 水滴의 直徑과 같은 環狀의 二次生成物을 만드는데 그 속이 밀짚과 같이 비어 있어 soda straw의 異名이 있다.

石灰岩洞窟에 비해 成長速度는 매우 빠르며 密度도 매우 높다. 1970년 11월 文化財 管理局이 調査한 黃金窟最長管狀鐘乳石의 길이는 1m로 나타나 12년동안 年평균 3cm의 성장속도를 기록하고 있는 결과가 된다.<sup>15)</sup> 이는 石灰岩洞窟에 있어서의 성장속도와 비교도 되지 않는

급성장을 하는데 그 이유로서는 地表面에 가까우며 樹根을 基礎로 신장되기 때문이다(사진 19).

### 2) 鐘乳石(Stalactites)

일반적으로 二次生成物의 代名詞와 같이 사용되고 있는 洞窟堆積物이다. 管狀鐘乳石의 中央導管이 閉塞됨으로써 管狀鐘乳石의 側面에서 滲出을 일으켜 鐘乳石으로 발달한다.

한편 石灰岩洞窟과 같이 地下深部에서 지속적 滲透水에 의해 鐘乳石이 生成되는 것과는 달리 地下淺部에서 乾期에는 滲透水가 거의 없기 때문에 鐘乳石은 間歇적으로 성장하는 점이 石灰岩洞窟과 다를 뿐 그 形態나 生成機構面에서는 石灰岩洞窟과 동일하다.

특기할 바는 熔岩洞窟 生成當時의 熔岩鐘乳石과 칼싸이트 起源의 二次生成鐘乳石이 共存하고 있는 점이라 하겠다.

### 3) 石筍(Stalomite)

點滴水가 洞床에 낙하할 때  $CO_2$ 는 氣化하고  $H_2O$ 는 蒸發하며  $CaCO_3$ 가 晶出된다. 일반적으로 僞鐘乳洞의 石筍發達は 石灰岩洞窟에 비해 그 발달상태 및 성장속도가 顯著히 빠르다. 그 이유로서는 石灰岩洞窟에 비해 降雨에 따른 點滴의 頻도가 급격히 증가하기 때문이다.

Allison은 石筍成長條件으로 通風이 좋고 溫度가 높으며 水滴의 濃도가 높고 點滴의 頻도가 클 때 石筍成長은 신속하게 이루어진다고 하였다. 16) 따라서 濟州道의 氣候環境은 前記諸條件과 일치하는 결과가 된다.

### 4) 石柱(Columns)

鐘乳石과 石筍은 중탄산칼슘 溶液의 點滴에 의한 産物임으로 반드시 대칭적인 발달을 가져

온다. 물론 점적의 頻도에 따라 鐘乳石이거나 石筍 그 어느 한 쪽의 탁월한 발달을 가져오겠지만 언젠가는 必然적으로 結合되어 石柱를 만듦으로써 點滴石의 範疇에서 除外된다.

僞鐘乳洞의 石柱發達は 극히 微弱한데 그 이유로서는 熔岩洞窟의 廣大한 공간에 비해 貝殼砂起源의 二次生成物의 발달이 서기 1002년의 飛揚島火山事變 이후에 급진전되었기 때문이다. 따라서 僞鐘乳洞의 石柱發達は 熔岩棚의 낮은 空間이나 기어들어갈 수 없는 좁은 trap을 따라 微弱한 發達을 하고 있다(사진 20).

## 2. 流石(Flowstone)

傾斜진 洞床이나 壁面을 따라 二次生成物이 流紋構造를 나타내는 엷은 布狀의 被覆物, 즉 流石은 滲出하는 地下水의 通路가 되는 地質環境에 따라 純白, 赤褐, 黃色 등 여러 가지 色調를 나타낸다. 이들 중 酸化鐵에 의한 赤褐色과 黃色系의 色調가 짙어 黃金窟의 이름이 있다.

### 1) 鐘乳塗裝(Lime Lamination)

벽면의 節理面을 따라 滲透한 地下水에 不純物이 적고 純粹한 貝殼砂의 Calcite만 溶脫된 곳에서는 純白의 流石을, 玄武巖으로부터 鐵分을 얻은 것은 赤褐色을 나타내며 박귀뚱은 朱黃色, 石膏質은 石灰岩洞窟에 비해 流石의 발달은 매우 미약하다. 그 이유로서는 進술한 바 飛揚島火山事變 이후에 加速化된 僞鐘乳洞窟化 때문인 것으로 판단된다.

### 2) 小波狀構造(Tier)

熔岩선반위 또는 洞床, 때로는 壁面을 따라 과도한 地下水의 滲出이 있는 곳에서는 Tier가 비교적 잘 발달되어 있다. 특히 平頂石筍 주변에 그 발달이 顯著한 것은 進술한 石筍發達の

경우와 같으며 石灰岩洞窟과 비교해 볼 때 짧은 시간내에 훌륭한 발달을 보이고 있다.

### 3) 懸垂鐘乳石(Bacon-like Sheet)

過度한 滲透水가 경사진 天井이나 壁面을 따라 流出하는 곳에서는 鐘乳石이 연합되어 末端部에 bacon이 발달된다. 그러나 石灰岩洞窟에는 비교도 되지 않으리만큼 미약하다(사진 21).

### 4) 懸垂鐘乳石末端的 鋸齒構造(Draperies)

Lace 狀으로 Bacon 末端部를 裝飾한 二次生成物이다. 黃金窟의 경우 熔岩선반상에 발달하며 그 모양이 매우 精巧하다(사진 20).

## 3. 添加增殖物(Accretionary deposits)

大規模로 발달된 石灰岩洞窟의 普遍的 堆積物 중에는 炭酸 Calcium 溶液속의 溶存 Calcite가 岩石片이나 生物體의 甲殼을 핵으로 하여 添加增殖되어 同心圓의 구조를 나타내는 圓型的 微少堆積物<sup>17)</sup>이 있는데 그 크기에 따라 直徑이 2mm 이내의 것은 Oolite(魚卵石), 그 이상은 Pisolite, Cave ball 등으로 분류된다. 기타 變種으로서 Axioilite(棒狀體)와 圓盤과 같은 Tabular(板狀體)가 있는데 偽鐘乳洞인 挾才洞窟群의 添加增殖作用은 활발하여 石灰岩洞窟에서는 보기도 문 優秀한 발달을 보이고 있다. 그 이유로서는 降雨와 관련된 간헐적인 流出이 添加增殖體의 變位를 용이하게 하는 것으로 판단된다.

### 1) 魚卵石(Oolite)

豆石을 분류하여 2mm 이내의 것에 대하여 붙여진 이름이다. 黃金窟의 것은 石灰岩洞窟에서 그 類例를 찾아볼 수 없는 완전한 同心圓의 球狀體를 보여준다. 微細한 洞窟生物과 岩石片 심지어는 진흙을 中心核으로 한 것이 많은데 그

중에서도 다슬기, 빨조개와 섬계의 針骨과 같은 海陸棲의 生物殼을 핵으로 한 棒狀體가 탁월하다(사진 7, 9).

### 2) 豆石(Pisolite)

黃金窟의 Pisolite는 매우 다양한 形態와 產出狀態를 나타내고 있다.

필자가 1977년 分類한 ① 圓型(Prismatic) ② 橢圓型(Elliptical) ③ 角型(Prismatic) ④ 棒狀體(Axioilite) ⑤ 板狀體(Tabular) ⑥ 不規則型(Irregular) ⑦ 複合型(Composites) 등 7가지 類型을 完璧하게 具存하고 있다. 뿐만 아니라 產出狀態도 매우 여러 가지로 나타난다.<sup>18)</sup>

Tier나 Nest Cup, Splash Cup, Travertine Terrace의 Rim Pool, 심지어는 熔岩선반 위까지 發達하고 있어 일견 Pisolite의 展示場같은 느낌을 준다.

특기할 바는 板狀體의 모양인데 그 直徑은 3~15mm에 그 두께는 한결같이 2~3mm로 石灰岩洞窟에서는 볼 수 없는 薄版狀을 이루고 있다(사진 4, 8, 13).

### 3) 棒狀體(Axioilite)

黃金窟의 棒狀體는 表面이 매우 不規則하며 最長 4.5cm까지 발견된다. 이것은 管狀鐘乳石의 破片이나 다슬기나 빨조개와 같은 가늘고 긴 洞窟生物을 핵으로(사진 7, 10, 12) 降雨의 강도에 따라 變位轉動하면서 添加增殖된 것으로 보여진다.

특기할 바는 Axioilite와 Tabular의 複合型的 발견이며 매우 흥미로운 洞窟堆積物로 생각된다.

### 4) 板狀體(Tabular)

필자가 板狀體를 처음 발견한 것은 1975년 古藪洞窟에서 비롯되며 1976년에는 寧越郡 근처

의 水晶窟에서 1977년에는 古藪洞窟 附近의 泉洞窟에서 1983년의 僞鐘乳窟 등 4개의 洞窟에서 발견되었는데 필자가 調査한 國內외의 130여개 洞窟에 견주어 볼 때 실로 30여개 洞窟中 1개 洞窟에 불과한 分布를 보이고 있어 그 稀貴性を 짐작할 수 있겠다.

生成構造를 살펴보면 重炭酸 Calcium 溶液 속의 造核物質을 基礎로 한 添加增殖에 따른 계절적 環境變化에서 오는 添加轉換(accretionary diversion)의 결과인 것으로 판단된다(사진 8, 9, 15).

#### 5) 洞窟眞珠(Cave Pearls)

조사한 僞鐘乳洞에는 Pisolite와 함께 많은 洞窟眞珠가 産出되고 있다. Notch나 Nest Cup에서도 간혹 보여지지만 Splash Cup 속에 양호한 발달을 하며 圓磨度가 높을 뿐만 아니라 高光澤을 나타내고 있는 점은 Limestone Cavern과 동일하였다(사진 14, 17).

### 4. 微細洞窟堆積物(Micro Speleothem)

微細洞窟堆積物中에는 石花類(Helictites)의 일종인 Cave tulip과 나무뿌리의 毛細根을 따라 형성된 Helictites 등이 代表的이며 點滴水에 의해 만들어진 Conulite 등이 있어 石灰岩洞窟의 微細堆積物과 비교된다.

#### 1) Cave tulip

Helictites의 變種으로도 취급되며 Anthodites의 일종인 Cave tulip은 1977년 忠北 丹陽郡 大崗面 泉洞窟에서 최초로 발견된 이래 江原道 冥州郡 玉溪面 西大窟에서와 本調査洞窟에서 세 번째의 발견이라 하겠다.

精巧한 tulip 모양을 한 Anthodites로 그 生成機構를 보면 Helictites와 같이 밀폐된 洞窟空間에서 생성되는 共通性을 가지고 있다. 本調査洞

窟의 Cave tulip은 樹木의 毛細根을 基礎로 발달하고 있는 것이 特色이라 하겠다.

#### 2) 石花(Anthodites)

石灰岩洞窟內의 微細하고도 精巧한 堆積物들은 꽃 모양으로 생긴 石花이다.<sup>19)</sup> 이와 같은 石花는 Calcite나 Aragonite, gypsum, Selenite, Cave Silt 등 여러 가지 성분을 가진 것들이 있는데 黃金窟의 것은 硫酸鹽鑛物인 石膏堆積物이었다(사진 23).

#### 3) 曲石(Helictites)

空氣의 유통이 잘 안되는 密閉된 洞窟空間에서는 먼지나 거미줄과 같은 物質을 핵으로 꾸부러지고 비틀어진 微細洞窟堆積物을 生成한다.

調査된 僞鐘乳洞의 Helictites는 樹木의 毛細根을 기초로 曲石을 형성하고 있어 曲石成因論에 毛細根起源說을 追加하여야 될 것으로 생각된다(사진 21).

#### 4) 石杯(Conulite)

石灰岩洞窟에 있어서는 洞床의 진흙위에 생기는 것이 일반적이거나 本調査地域에서는 熔岩洞窟의 開口部로 吸入된 洞床의 貝殼砂 위에 Conulite를 形成하여 石灰岩洞窟과는 異質的이며 어디에서나 쉽게 발견되는 보편적 堆積物이었다.

### 5. 僞鐘乳洞에서 발견된 二次生成鑛物

僞鐘乳洞에서 발견된 二次生成物에는 貝殼砂起源의 炭酸鹽鑛物인 Calcite와 이들 Calcite에서 분화된 Hydromagnesite 및 박쥐똥과 관련된 磷酸鹽鑛物인 Hydro-Apatite와 硫酸鹽鑛物인 gypsum 등이 발견되어 石灰岩洞窟과 공통성을 지니고 있다.<sup>20)</sup> 그것은 Calcite 堆積物이 石灰岩



起源이건 貝殼砂起源이건 동일한  $CaCO_3$ 를 主性分으로 하고 있기 때문이다(사진 19, 20, 23, 24).

#### IV. 結 論

濟州道 北齊州郡 翰林邑 挾才里에 발달한 僞鐘乳洞, 天然記念物 236호로 지정된 挾才洞窟群을 조사하여 다음과 같은 몇가지 結論을 얻었다

- 1) 貝殼砂의 分布範圍는 3.2km이며 最大層厚는 10m±, 平均層厚는 3m±였다.
- 2) Desert Hollow 地形은 火山性噴出物과 人爲的인 防砂壁構築이 함께 작용하여 Lava tunnel 內的 二次生成物의 沈積을 도왔다.
- 3) 僞鐘乳洞形成의 主因子는 貝殼砂起源의 炭酸

Calcium이며 砂丘地形形成과 洞窟內的 二次生成物의 沈積은 서기 1002년의 飛揚島火山事變 이후에 가속화되었다.

- 4) Speleothem은 石灰岩洞窟의 專有物만은 아니며 Pseudo Karst에서도 널리 사용될 수 있는 일반적 用語이다.
- 5) Pseudo Karst에 있어 洞窟堆積物의 다양성은 주어진 環境要因에 支配되고 있었다.
- 6) 添加增殖物의 경이적 발달은 洞窟內的 溫度와 간헐적인 地下流出과 밀접한 관계가 있다.
- 7) 地下水의 滲出이 없는 洞窟天井에는 熔岩天井에는 熔岩洞窟生成當時의 熔岩鐘乳石과 節理面을 따른 貝殼砂起源의 二次生成物이 共存하는 二元性을 나타내고 있다.



사진 1. 砂漠의 西쪽 境界地帶 : 金陵里에서 飛揚島를 바라본다. 貝殼砂는 등에서 서로 최근 50년간 勿齋 300m를 이동하였다.

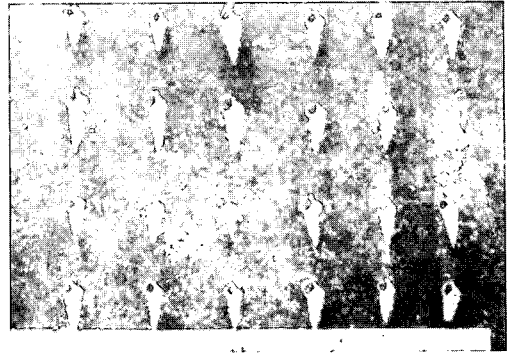


사진 4. 文化財管理局 發行의 韓國의 洞窟(응암동굴편) 기록된 40%의 底樓性 有孔虫의 遺骸로 된 貝殼砂란 바로 이 갯다슬기의 破片을 가리키는 것 같다.

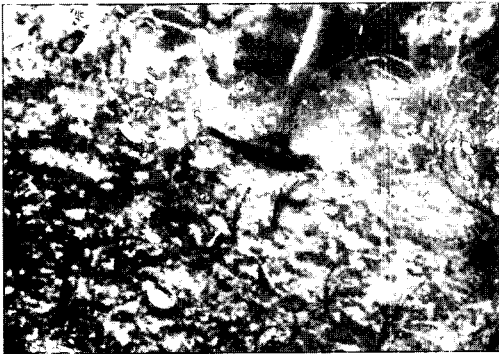


사진 2. 전복을 비롯하여 각종 淺海性 貝類가 하나의 化石層을 이루고 있다. 이것은 서기 1002년의 海溢과 直接的으로 관련된 地層이다.



사진 5. 擴大倍率 23, Sample 16w점의 貝殼砂. 粒子는 작고 風磨度는 낮으며 火山性 碎屑物과 其他 異質物의 비중이 매우 높다.

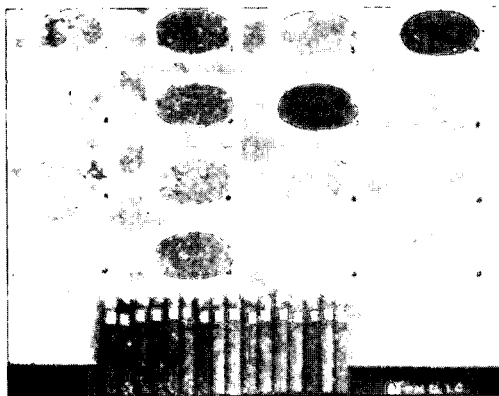


사진 3. 100만평에 달하는 調査 地域內에서 採集된 16개 지점의 試料는 顯微鏡寫眞에 의해 그 粒子와 風磨度를 檢討하였다.



사진 6. 擴大倍率 23, Sample 13지점의 貝殼砂. 갯다슬기와 섬게의 針骨 등 淺海性 貝類의 殘骸들이 보인다.

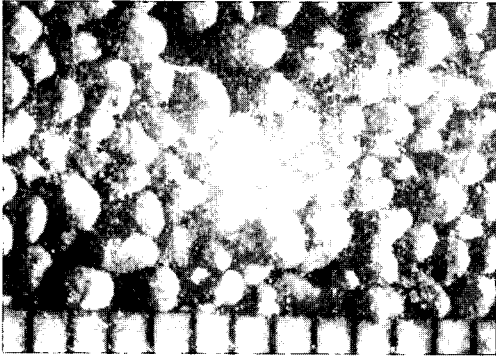


사진 7. 直徑 2mm 이하의 Oolite, 上左부에 달팽이 핵의 것 과 右下部에 섬계의 針骨로 된 Axiolite가 보인다.

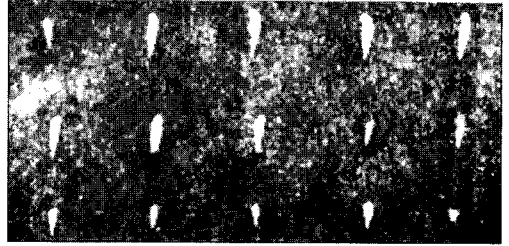


사진 10. 淡水産 다슬기로 黃金窟에서 採集되었다. 微細한 것은 Oolite나 Pisolite의 핵으로 성장한 것은 Axiolite의 핵을 이루고 있다.

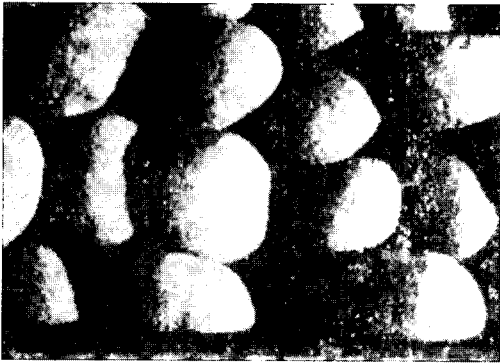


사진 8. 直徑 2mm~3mm의 Oolite와 Pisolite. 9X



사진 11. Oolite의 핵 : 달팽이를 핵으로 한 Oolite의 Encrusting. 23X

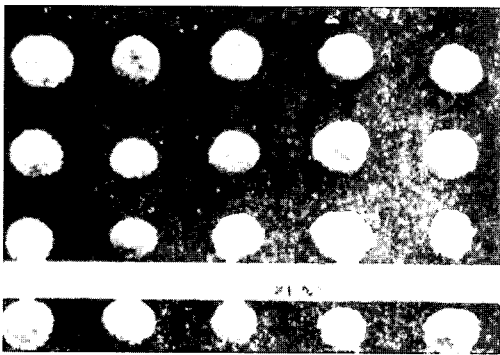


사진 9. Tabular : 直徑 10~15mm, 두께 2~3mm의 圓盤狀添加增殖物 斷面은 精確한 同心圓을 이루고 있다.



사진 12. Axiolite의 핵 : 다슬기의 一種인 微細한 洞窟生物을 핵으로 棒狀體를 表面皮膜增殖하는 過程. 9X



사진 13. 直徑 3mm의 Pisolite 斷面. Oolite는 斷面構造가 어려워 破碎面으로 검토한 결과 突出的 同心圓 構造를 나타내고 있었다. 23X



사진 16. 表面이 거칠은 房狀 Pisolite 斷面. 直徑은 15mm. 中心을 핵으로 同心圓의 구조를 이루며 周邊部에 Sponge 狀의 空洞이 발달하였다.



사진 14. 직경 15mm의 洞窟眞珠斷面. 貝殼의 破片을 中心核으로 한 突出的 同心圓構造. 9X

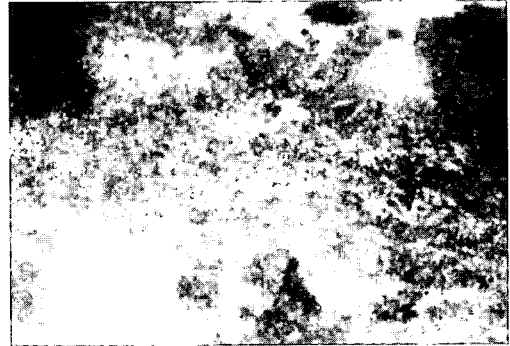


사진 17. Nest Cup 上에 발달한 Pisolite. 그 直徑에 따라 Oolite, Pisolite, Cave ball 등으로 분류되며, 形態에 따라 Axiolite와 Tabular로 分類된다.

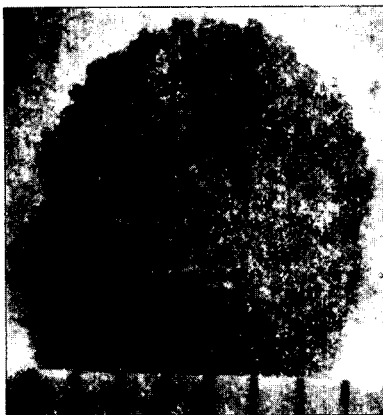


사진 15. 圓盤狀의 Tabular, 直徑은 7mm. 表面은 거칠며 斷面構造에는 空洞이 많다. 點滴水의 낙하로 인한 接地 破碎性 水分子에 의한 添加增殖體로 검토되었다. 9X



사진 18. 熔岩선반상에 발달한 Tabular, 마치 地質時代의 Nummulites와 같이 圓盤狀을 나타내고 있으나 그 斷面構造는 역시 同心圓이었다.



사진 19. 管狀鐘乳石 : 鐘乳石의 기본형이다. 물방울의 직경과 같이 4mm±의 直徑을 나타내며 속은 비어 있다. 이 통로가 막히면 滲透水는 管狀鐘乳石 밖으로 밀려나와 鐘乳石으로 탈바꿈을 하게 된다.

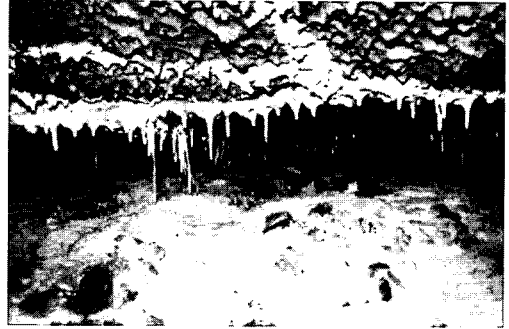


사진 22. 二次元성을 나타내는 熔岩鐘乳石과 Calcite 鐘乳石, 洞床에는 Tier가 模式的으로 발달되어 있다.

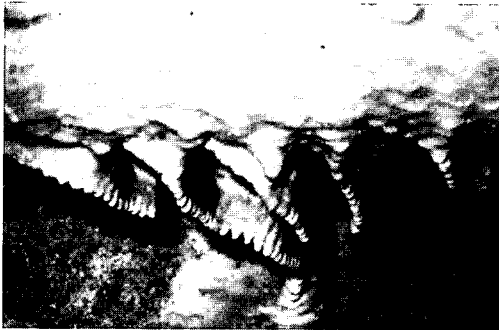


사진 20. 懸垂狀鐘乳石末端的 Lacy와 같이 아름다운 鋸齒構造를 Draperies라고 한다. 黃金窟의 발달은 가장 模式的인 예가 된다.

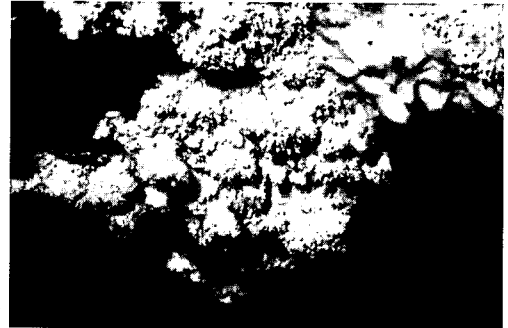


사진 23. 石膏(CaSO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O)로 된 花型 Gypsum Flower이다. 가장 보편적으로 보여지는 洞窟內的 硫酸鹽鑛物이다.



사진 21. 熔岩이 흘러나간 流紋構造를 나타내는 黑褐色部分과 地震에 의한 破碎面을 따른 貝殼砂 起源의 二次生成鐘乳石을 동시에 보여주는 二次元성을 나타낸다.



사진 24. 平頂石筍과 선반석의 발달로 退化되어 가는 Rim Pool, 地下排水가 不良한 곳에서는 일시적인 水溜가 생겨 Pool 내에서는 添加增殖作用, 水面上에서는 선반석의 성장으로 Pool은 縮小되어가고 있다.