

韓國의 石灰岩洞窟産 Pisolite에 관한 研究

A Study on the Pisolites of Limestone Caverns in Korea

I. 序 論

韓國에 있어서의 limestone cavern産 pisolite에 대해서는 現今까지도 研究 發表된 바 없다.

limestone cavern産 pisolite의 語源을 살펴보면 encrusting(表面皮膜 增殖作用)으로 생긴 accretionary lapilli(火山豆石)에서 導入되었으며, 같은 構造를 가지고 있는데서 同一한 用語를 使用한다.

accretionary lapilli는 volcanic ash가 雨滴에 捕捉되어 固結落下되었거나 volcanic ash 위에 落下된 雨滴의 轉動으로 생긴 同心圓의 層狀構造를 가진 球狀粒子로 그 直徑이 통상 1cm 內外의 것을 말하며, limestone cavern産 pisolite는 洞窟內의 地下水와 滲透水에 溶存한 CaCO₃의 沈積에 따른 洞窟堆積物(Speleothem)이라는 데서 確然히 그 形成機構가 다르다.

原來 pisolite의 語彙는 Greece語의 “pisos” 원두콩에서 온 말로 1932년 C.K. Wentworth에 의해 pisolite로 提唱되었으며 單純히 火山性 pisolite에 適用하였으나, 最近에 이르러 洞窟學의 急進의 發達로 Limestone Cavern産 豆狀粒子인 同心圓狀의 堆積物에 대해서도, 그 最初의 使用年代는 確實치 않으나, 文獻상으로 Baker and Frostick(1947), Black(1951), Moore and Nocholas(1964), Hill(1976) 등 많은 學者들이 Limestone Cavern産 Pisolite라고 칭하기에 이르렀다.

以上에서 概觀한 volcanic area에 있어서의

pisolite와 limestone cavern에 있어서의 pisolite는 그 形成機構上으로 確然히 다르나 形態學的, 構造的 類似點이 많은 同名異物로 그 크기에 따라 直徑이 2mm 以下の 것은 oolite(魚卵石), 5cm 以上の 것은 cave ball로 불리어지고 있다(사진 1).

특히 pisolite 表面이 nest cup이나 tier cup에서 잘 磨耗되어 圓磨度와 光澤을 가지는 것을 洞窟眞珠(cave pearl)라고 부르는데(사진 2), 일반적으로 適當한 洞窟流가 있거나 滲透率이 높은 travertine terrace 上端의 적은 pool이나 splash cup 또는 nest cup에서 calcite의 結晶片이나, 小動物의 屍體, 박쥐똥, 달팽이집(사진 5)과 같은 物質을 핵으로 同心圓狀의 등근 원두콩과 같은 石灰質의 球狀粒子로 堆積되고 있다.

II. Pisolite의 堆積環境과 生成條件

pisolite의 堆積環境을 觀察하여 보면 일반적으로 通氣帶의 trap을 cat walk하지 않으면 採集하기 어려운 環境이 많으며 滲透率이 큰 皿狀凹形地나 travertine terrace 上端의 小規模 rimpool에서 季節的인 水位變化에 따른 渦動과 轉動에 의한 水磨作用으로 洞窟眞珠化한 것과(사진 2), rimpool의 靜穩한 水面에 落下한 點滴水의 衝擊으로 생긴 靜水面의 搖動으로 水中에 溶存된 calcite가 前述한 핵을 中心으로 同心圓狀의 accretion을 하는데(사진 3), 일반적으로 그 直徑이 1cm 內外이나 筆者가 採集한 韓國産 最大直徑은 觀音窟의 6cm였다.

한편 C.A. Hill(1976)의 研究에 의하면 Carlsbad Cavern에서 直徑 15cm의 것이 發表되었는데¹⁾, 이와 같은 同心圓의 獨立된 堆積物은 季節의으로 滲透水量에 變化가 커서 渦動과 轉動이 容易하거나 例外的으로 鍾乳石의 末端이 rimpool의 平均水面에 이르러 季節의인 水位變動이 있을 때에는 dripstone인 鍾乳石末端에 accretion에 의한 穗狀體를 만드는데, 이와 같은 accretion部分이 重力의으로 不安定하여 切斷되었다고 假定할 때 前述한 C.A. Hill에 의해 發表된 直徑 15cm 以上の accretinary deposits가 가능한 것으로 생각된다.

한편 古藪洞窟에서 採集된 試料中에는 麥酒瓶破片과 같은 거의 平坦하고 變位할 수 없는(사진 15) 物體를 核으로 堆積하는 것을 볼 때 accretinary diversion(添加轉換) 내지 shooting flow란 特別한 側面까지도 考慮하지 않을 수 없다.

Ⅲ. 洞窟別 Pisolite의 形態學的 特徵과 分類

韓國의 limestone cavern產 pisolite의 分布와 形態學的 特徵을 살펴보면, limestone cavern이 一定한 規模와 堆積景觀을 가지는 正常的인 發達을 보여주고 있는 곳에서는 거의 例外없이 pisolite를 堆積하며, 그 堆積環境에 敏感하여 pisolite만 보아도 그 洞窟環境을 짐작하며, 어느 洞窟產이라는 것을 어림할 수 있는 程度이다.

主要洞窟에서 採集된 pisolite를 蔽見하여 보면 忠北 丹陽郡 大崗面 古藪洞窟產은 pisolite의 標準型을 이루는 calcite가 同心圓狀의 堆積을 하는데(사진 8) 反해 同郡 永春面 南窟(溫達窟)의 것은 진흙을 核으로 한 calcite와 silt의 互層으로 된 同心圓의 pisolite로 特徵지어지며(사진 7, 11) 江原道 寧越郡 寧越邑 德浦里 所在의 이

洞窟에서 採集된 pisolite는 紅色의 圓盤構造를 나타내며(사진 14), 그 斷面構造는 어김없이 terra rossa 起源의 붉은 silt 核을 가지고 있을 뿐 아니라 Calcite와 silt의 互層을 이루는 同心圓의 層狀構造를 보여주고 있는 것이 特色이다.

한편 Baker와 Frostick(1947)은 pisolite 形態學 特徵에 따라 ① bisque ② papillated ③ rough ④ smooth ⑤ polished ⑥ buffed 등 6개로 區分하였고²⁾, C.A. Hill(1976)은 ① spherical ② cylindrical ③ irregular의 三鍾으로, Kashima(1969)는 ① concentric ② buncy ③ composite의 三鍾³⁾으로, 本 論文에서는 ① spherical ② elliptical ③ prismatic ④ axiolite ⑤ tabular ⑥ irregular ⑦ composite의 7鍾으로 分類한다.

Ⅳ. Axiolite Pisolite와 Tabular Pisolite

pisolite에는 變種인 圓筒狀의 axiolite pisolite(사진 4)와 板狀의 tabular pisolite(사진 15)가 있는데, D.M. Black (1951)은 New Mexico Carlsbad Cavern의 accretion 研究에서 stalactite core와 prismatic core에 대해 言及하고 accretion을 그 形態學的 特徵에 따라 ① spherical accretion ② prismatic accretion ③ irregular accretion 등 3가지 類型으로 分類하였고⁴⁾, 筆者는 stalactite core(straw pipe core)로 된 圓筒狀의 accretion에 대해 axiolite pisolite라 命名하였다. 이 axiolite pisolite는 soda straw의 破片이나 박쥐뿔 또는 木片, 木炭 등을 核으로 棒狀의 encrusting으로 인한 層狀構造를 나타내고 있다(사진 4). 이 中에서도 鍾乳管을 核으로 한 境遇는 正常狀態의 pisolite보다 encrusting이 더욱 容易한 것으로 判斷된다. 筆者가 1977년에 發表한 Cave Jewel⁵⁾은 바로 이와 같은 soda straw 核의 axiolite pisolite

가 rimpool이나 tier cup에서 渦動과 轉動에 의한 大自然의 carborndum grinder에 의해 아름답게 寶石처럼 研磨된 것이라고 생각한다.

한편 tabular pisolite는 古藪洞窟과 江原道平昌郡 美灘面 馬河里의 白龍窟에서 發見되는데 前者에 있어서는 麥酒瓶破片에(사진 15). 後者에 있어서는 floating crystal을 核으로 그 表面이 兩者 공히 魚卵狀皮膜增殖을 하고 있어 더욱 興味롭다. 이 중 floating crystal로 된 tabular pisolite보다 麥酒瓶破片으로 된 tabular pisolite는 우리들에게 測定可能한 數値를 提供하는 點에서 더욱 研究價値를 높여주고 있다. 推定컨대 近代化 물결을 타고 20世紀初葉인 1915年代를 前後한 韓國全域에 걸친 1 : 50,000 地形圖作成을 위한 地形測量時 古藪里에 이른 測量技師들이 洞民의 案内로 現在의 主窟을 觀光할 때 搬入한 麥酒를 飲用後 travertine terrace의 trap을 향해 投擲한 것을 約 60年後인 오늘에 그 破片을 回收한 것이다. 이 期間동안 Calcite의 encrusting을 받아 그 表面이 1~1.5mm accretion 된 것을 볼 때 encrusting의 速度는 매우 빠른 것으로 1世紀에 2mm±로 成長하였다는 것을 推算할 수 있다. 따라서 oolite(사진 1)의 生成은 世紀的 所産이며 우리들이 注意깊게 觀察한다면 우리들의 一生을 통하여 必要한 數値를 얻을 것으로 確信한 나머지 古藪洞窟內의 洞窟堆積物研究室에 botryoide 沈積實驗과함께 容器內에 여러 가지 造核物質을 投入하여 點滴水로 인한 衝擊波를 利用한 encrusting 過程을 觀察코자 試圖하였다.

약 50年後 encrusting 實驗에서 有益한 測定値가 얻어지리 것을 期待한다.

V. 結 論

以上에서 韓國의 limestone cavern産 pisolite에 대해 觀察과 試料分析을 土台로 다음과 같이 그 結果를 要約한다.

① limestone cavern産 pisolite로 普遍的인 洞窟堆積物이다.

② limestone cavern産 pisolite의 主成分은 calcite이며, 附近을 흐르는 河川의 運搬物質 중 quartz와 illite가 많이 있을 때는 이 pisolite에는 quartz와 illite 성분도 포함되어 있다.

③ encrusting의 mechanism은 複雜하나 주된 營力은 accretion이었다.

④ 從來의 形態學的 分類에 axiolite pisolite와 tabular pisolite를 追加하며 accretion의 速度는 대체로 1世紀에 2mm±로 推定하였다.

Summary ;

1. The pisolite of the limestone caverns in Korea is one of the varieties of speleothems.
2. The main component of the pisolite is calcite, but pisolite often contains quartz and illite too.
3. The mechanism of encrusting is complicated, but the main process is the accretion which is supposed to take place as fast as 2mm per century.

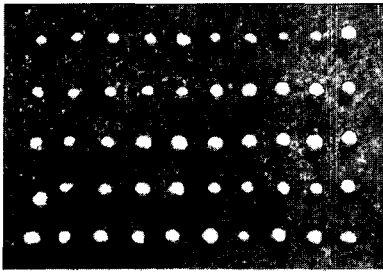


사진 1. Oolites which are initial forms of pisolites (D: 2~3mm, Gosugul cave)

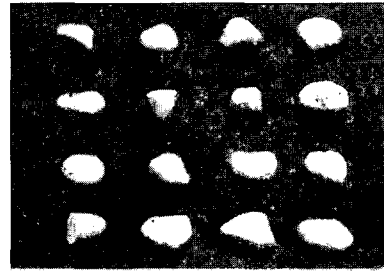


사진 2. Cave pearls which are highly corroded and gloss(Sujeonggul cave and Chodanggul cave)

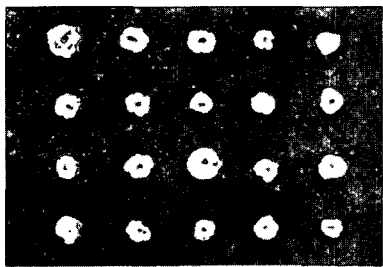


사진 3. The cross sections of typical pisolites (Gosugul cave)

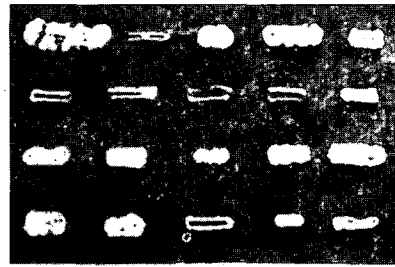


사진 4. Axiolite pisolites encrusted with cores of straws, bat horns and charcoals

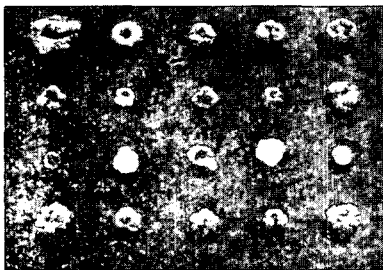


사진 5. Pisolites encrusted on snail-shells (Gosugul cave)

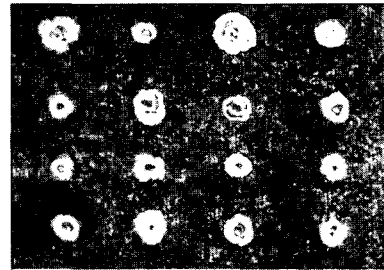


사진 6. Comparison between concentric pisolites and composite pisolites (Gosugul cave)

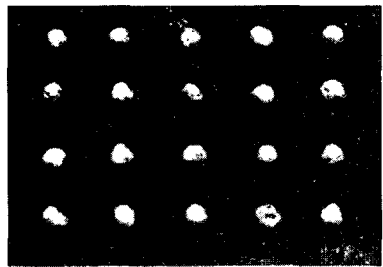


사진 7. Mud pisolites : calcites and the pink mud derived from terra rossa are alternatively accumulated (Ondalgul cave)

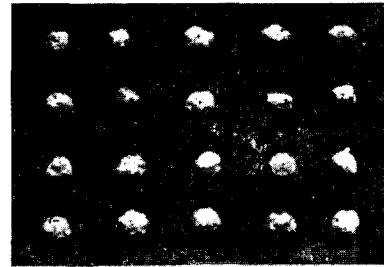


사진 8. Typical pisolites (D: about 1cm, Gosugul cave)

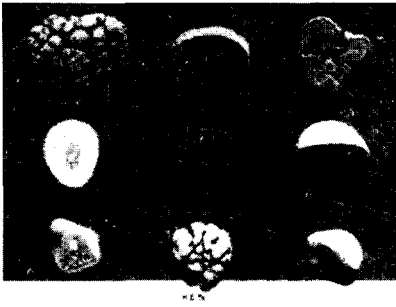


사진 9. Huge pisolites (Gosugul, Gossigul etc.)

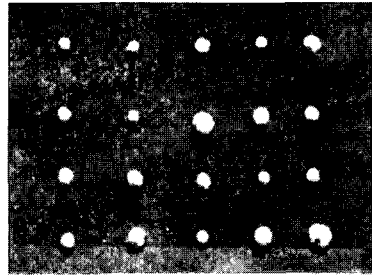


사진 10. general pisolites collicitancy encrusted

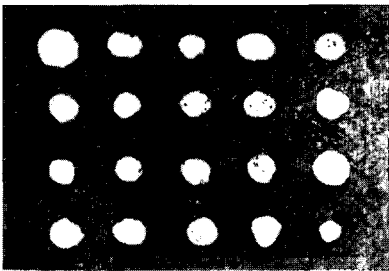


사진 11. Cross-sections of mud pisolites (Ondaigul cave)

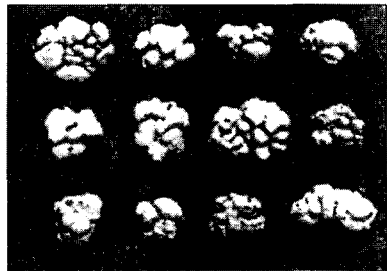


사진 12. Nut-shape pisolites (Gossigul cave)



사진 13. Pisolites derived from botryoide (Chodanggul cave)

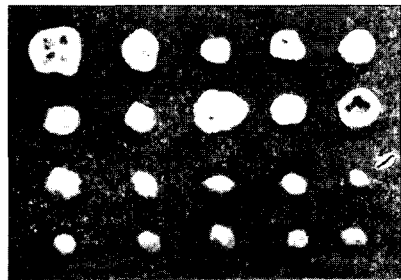


사진 14. Pisolites in pink formed by alternate accumulations of cave silt and calcite (Sujeonggul cave)



사진 15. Tabular pisolites encrusted with calcites

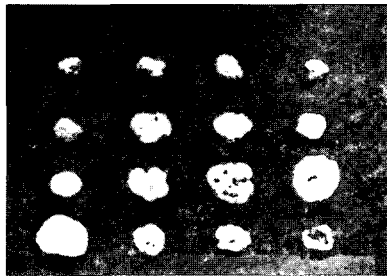


사진 16. Pisolites encrusted comparatively slowly on tier cups. The shape is rounded by corrasion.