

# 古藪洞窟의 汚損汚染對策調查

建國大 朴冕用 洪始煥

盧鏞泰 李浩俊

## 1. 環境汚損과 汚染

### (1) 洞窟속의 微生物

대체로 동굴속에서는 太陽의 光線이 비추이는 동굴의 입구 부근에서만 자라는 것으로 알려지고 있다.

그러나 동굴이 개발되고 있는 내부 동굴에서는 照明등이 비추이는 부근에 이끼류나 羊齒類같은 下等植物이 자라게 되는 경우가 있다.

이것은 照明등의 빛과 溫度에 관계되는데 이들 下等植物들이 자라게 되므로써 洞窟生物의 生態系에 커다란 變化가 생긴다.

洞窟生物을 해치는 甲蟲類가 생기거나 鐘乳石이나 流石(플로우스톤)表面을 파괴시킨다.

洞窟내는 본래 캄캄한 暗黑世界이므로 독자적인 營養體系를 갖는 消化細菌이나 硫黃細菌을 제외하고는 洞窟生物 生態系統은 제 1차의 생산층이 없는 특수한 生態構造를 갖는다.

즉 從屬營養의 체계를 이루는 많은 土壤動物類나 거미류 水生甲殼類가 실제로 동굴내에 서식하는 것은 동굴 밖에서의 즉 洞窟生態系統 아닌 밖으로 부터의 에너지(有機物)의 搬入이 있기 때문이다.

이 有機物の 洞內搬入은 동물에 의한 搬入과 植物 起源의 것 등으로 대별되는데 前者는 밤에 활동하는 박쥐류의 糞(구아노) 또는 垂直窟에 빠진 動物 등에 의해서인 경우이고 後者는 植物의 잎, 가래기들이 틈바구니로 들어오거나 흘러들어 온 것이라고 하겠다.

## (2) 박쥐와 구아노

박쥐는 超音波의 소리를 내면서 그것을 레이더로 空中을 날고 있으며 낮에는 洞窟속에서 쉬고 밤에는 밖으로 나가 활동한다. 昆蟲을 먹이로 하고 박쥐의 排泄物은 구아노라고 하여 洞窟微生物의 먹이가 된다.

박쥐는 洞窟의 王者라고 불리운다. 박쥐는 겨울에는 마치 죽은듯이 天井에 매달려 깊은 잠에 들어간다. 가을철에 저장했던 榮養分으로 이듬해 봄철이 다가올 때까지 冬眠하는 것이다. 만일에 잠든 박쥐를 깨게 하면 에너지가 소모되므로 봄까지 못살고 그대로 굶어 죽게된다. 따라서 박쥐는 지나치게 춥거나 더운곳에서는 잠들지 않고 적당한 溫度와 濕度를 찾아 그곳에서 冬眠에 들어가므로 해마다 冬眠場所는 一定한 곳이다. 물론 겨울동안에 한두번은 水分을 섭취하기 위하여 깊은 잠에 깨어나기도 한다. 그리고 박쥐의 排泄物을 구아노라고 하는데 洞窟속에는 곳곳에 이 구아노의 堆積層이 있다. 이 구아노에는 水分 石灰分이외에 窒素·磷酸·카리등이 포함되어 있는데 洞窟内の 磷酸鹽礦物등은 이 구아노의 磷酸과 洞窟内の 物質의 化合으로 생성된 것이다. 이 구아노에는 有機物이 많아 많은 微生物들이 서식하게 되는데 박쥐가 많이 서식하는 洞窟은 살아있다고 할 수 있을 만큼 洞窟生物이 多樣하고 풍부한 洞窟이라고 할 수 있다.

## (3) 洞窟堆積物の 汚損

古藪洞窟속의 二次生成物들은 그 景觀이나 形態面에서 우리나라에서는 물론 東洋에서도 보기드문 훌륭한 景觀을 이루고 있다. 더구나 洞窟이 開發되기 이전에는 지금보다도 보다 華麗한 鐘乳石과 石筍·石柱들이 많

았으나 처음의 探險때는 물론 그後的 開發當時에 일부의 環境汚損을 어찌할 수 없었던 것이다.

이제 鍾乳石과 石筍등의 二次生成物들이 破損되어가는 汚損要因을 본다면 다음과 같다.

즉 鍾乳石은 一次로 開發하거나 施設을 設備할 때 破損되었고 二次로는 觀光客에 의하여 汚損되고 다시 三次로는 鍾乳石의 成長에 따라 重力에 의하여 天井의 地盤이 弱화되거나 또는 上層地盤의 岩石이 板狀을 이루거나 層狀으로 되어 있어 洞窟바닥위로 落盤되어 破損된다.

더구나 最近에는 觀光開發된 以後에도 社會生活의 安定에 따라 怪石이나 水石 그리고 裝飾品으로도 鍾乳石이 환영받고 있으므로 洞窟속의 鍾乳石이나 石筍은 남몰래 破壞되어가고 있는 것이다.

## 2. 洞窟堆積物の 化學分析

### (1) 分析方法

#### ① 強熱減量

粉末試料를 一定量 取하여 1000°C에서 1時間 強熱시킨 후 desicator에서 식혀 定量하였다.

#### ② 珪酸定量

粉末試料를 過鹽素酸으로 分解하고 거른후 그 重量을 測定하였다. 다시 黃酸(1:1)과 HF를 첨가한 다음 加熱하여 珪素分을 發散시킨 다음 그 重量을 測定하여 發散시킨 量으로 珪素分을 定量하였다.

#### ③ 칼슘定量

粉末試料를 녹혀 pH 13이 되게 조절한 다음 EDTA 標準溶液으로 滴定하여 定量하였다.

#### ④ 마그네슘定量

粉末試料를 녹여 pH 10이 되게 조절하고 EDTA 標準溶液으로 滴定하여 Ca과 Mg을 함께 定量한 다음 ③에서 定量한 Ca量을 除하여 Mg을 定量하였다.

#### ⑤ 微量成分의 分析

微量成分으로 試料 中에 存在하는 化學的 成分을 原子吸光分光器, UV/VIS分光光度計 등을 사용하여 定量分析하였다.

### (2) 洞窟内外部の 試料分析

鍾乳石의 成長과 水質 및 岩石과의 關係를 규명하기 위하여 洞窟 内部와 周邊에 흐르는 냇물을 分析한 結果는 다음 表와 같다.

그리고 構造岩石을 分析한 結果도 다음 表와 같고 洞窟内部의 二次生成物을 分析한 結果도 다음 表와 같다.

이러한 試料의 分析結果는 日本, 美國 및 國內의 여러 洞窟에서 얻은 資料와 큰 差異를 보이지 아니하였다.

표 IV - 1. 고수동굴의 水質分析 (1982.7.30)

(試料)

번호-장 소	OC	습도(%)	pH	경 도 CaCO <sub>3</sub> (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)
1 동굴앞개천	24.3	-	7.75	16.7	2.0	0.62	0.42
2 동굴내고인물	16.8	95	7.92	82.5	2.8	0.25	1.02
3 동굴내적하수	16.0	92	8.21	152.5	1.8	0.33	0.61

Ca (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	알칼리度 HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	l (ppm)	SO <sub>4</sub> (ppm)	PO <sub>4</sub> (ppm)	SiO <sub>2</sub> (ppm)
4.6	0.01	0.05	14.2	1.6	3.2	0.01	12.5
40.5	0.03	0.03	126	2.2	3.0	0.00	18.2
58.8	0.04	0.01	162	2.7	4.8	0.00	8.2

표 고수동굴 외부의 석회석 분석

시료No	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Sr	Mr	Ba	Na	K
	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	52.32	1.25	0.09	0.05	3.27	0.022	220	98	-	70	42
2	53.25	1.10	0.87	0.12	1.09	0.125	-	31	7	28	9
3	55.72	0.25	0.04	0.08	0.15	0.012	582	12	-	32	25
4	54.04	0.17	0.57	0.09	0.16	0.015	-	-	-	42	32
5	53.12	0.44	1.44	0.03	0.58	0.042	305	-	-	22	7

표 동굴내부의 2차 생성물 분석

시료No	CaO	MgO	Fe	Al	SiO <sub>2</sub>	Mn	Sr	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ℓ	H <sub>2</sub> O
	%	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	%
석순	54.51	-	352	520	0.52	-	8.01	0.012	252	1.08
석주	53.52	-	242	720	0.22	12	-	0.102	358	1.88
종유석	54.27	-	825	450	0.05	-	0.52	0.027	416	2.02
종유관	54.19	-	543	582	0.12	-	1.58	0.011	125	1.82

### (3) 汚損 및 汚染防止對策

이제 鍾乳石이나 石筍 등의 二次生成物들의 汚損을 防止하기 위하여 다음의 몇가지 對策을 들고자 한다.

첫째, 鍾乳石이 오랜 年月을 거쳐 자라왔음을 모든 觀光客에 인식시켜야 하겠다.

前述한바 있지만 鍾乳石의 成長은 ① 地下水 물방울의 크기 ② 洞窟內 蒸發의 정도, 通風상태, 그리고 溫度와 濕度 ③ 물방울의 滴下를 조해하는 條件, ④ 表面漲力 ⑤ 毛管現象 ⑥ 重力등에 관계된다고 하나 古藪窟의 경우에는 年間 0.5mm의 成長率로 되고 있음을 보아 몇 萬年 걸린 造物主의 作品을 강조하여 自然保護心을 일깨워줘야 하겠다.

둘째로는 入洞觀光客들에게 物品器材를 갖고 들어가지 못하게 하는 보다 철저한 制度가 要求된다. 現在까지도 잘 實施되고 있지만 洞窟内部의 物品搬入은 무조건 環境汚染과 汚損의 原因이 되기 때문이다.

셋째, 觀光客에게 通路를 벗어나지 못하게 強要하여야겠다. 寫眞撮影때문이라는 口實로 通路를 벗어나고 있는데 이는 즉 二次生成物의 汚損의 原因이 된다.

넷째 保護網의 施設이 아쉽다. 되도록이면 지나치게 굵지않은 鉄網으로 잘 景觀이 透視되게끔 架設되어야 하겠다.

다섯째 所重한 鍾乳石이나 石筍·石柱에는 說明文이 부착되어 自然物의 理解와 保護에 대한 關心을 갖게 해야 하겠다.

여섯째 落盤의 우려가 있는 地物부근에 近接 못하게 案内文을 揭示하여야 하겠다.

일곱째 二次生成物과 洞壁의 表面을 保護하기 위하여 週期的인로 撤水 作業으로 洞窟內의 濕度維持에 힘써야 하겠다. 特히 觀光開場이 끝난 後의 撤水作業 또는 곳곳에 人工瀑布施設이 바람직하다

여덟째 이미 汚損된 鍾乳石 中 通路부근의 약 100個地點은 人工的인 復元方法에 의하여 復元시킴이 좋겠다.

#### (4). 汚損鍾乳石의 復元

多孔性의 化學物質로써 比重이 0.15 ~ 0.18 정도되는 가벼운 物質을 利用하여 이것을 鍾乳石에 가까운 모양으로 彫刻한 다음, S-MIN과 P-Yong 化學物을 接着劑로 사용하여 이의 模造品을 汚損된 鍾乳石 部分에 接着시킨다. 그리고 染料로 彩色한다.

이때에 이 模造品은 自然生成의 鍾乳石과 同一하게 보일뿐만 아니라 水分이나 溫度變化에도 耐性을 지닌다. 그리고 S-Song을 防腐劑로 使用하면 (1~0.5%) 微生物의 寄生을 防止할 수 있다.

#### (5). 洞壁剝離現象의 復元

洞窟內의 壁面에 自生하는 微生物은 첫째로 酸이나 鹽基性物質을 使用하는 方法이 있으나 이 方法은 洞窟內의 生物에 커다란 影響을 주기 때문에 使用해서는 아니된다.

둘째로 鋼鉄畚이나 기타의 物質로 닦아내는 方法은 公害가 없는 좋은 方法이기는 하나 그 洞窟 壁面(表面)에 凹凸이 많아서 實地로 實用性이 적다. 또한 닦아내는 過程에서 壁面을 汚損시키기도 하는 欠點이 있다. 다만 鍾乳瀑布와 같이 줄기가 커다란 壁面일 때에는 이 方法의 利用이 可能하다.



세척 方法으로는 Sand-Brush로 닦아내는 方法이다. 이 方法으로 洞窟의 壁面을 닦아낸 다음 물로 씻어내면 公害도 없고 鍾乳石도 파손되지 않는 가장 좋은 方法이다.

이 方法으로 復元한 다음에 紫外線 螢光燈이나 S-Song을 洞窟 内部에 撒布하면 微生物의 繁殖을 防止할 수 있다.

#### (6). 洞窟堆積物의 生成年齡測定

化學的으로 洞窟生成의 메카니즘을 살펴보면 第一次로 地下나 大氣中에 存在하는 CO<sub>2</sub>가 H<sub>2</sub>O分子와 反應하여 다음과 같은 化合物을 生成한다.



실제로 大氣中에 노출된 蒸溜水는 빠른 CO<sub>2</sub>의 吸收 때문에 pH 5.8 정도까지 變한다. 이와같은 酸性의 地下水가 地層에 分布하고 있는 石灰岩層을 透水하게 되면 대단히 微量의 CaCO<sub>3</sub>가 地下水 中에 飽和되어 흐르게 되고 어떤 場所에서 水分이 증발되면 CaCO<sub>3</sub>만 남아서 鍾乳石으로서 結晶成長을 거듭하게 된다.

鍾乳石의 生成 成長에 미치는 原因은 ① 流水中의 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 CaCO<sub>3</sub>의 濃度 ② 流量 ③ 水分의 蒸發速度에 영향주는 溫度·濕度·壓力등이고 이러한 要因들은 各洞窟마다 그리고 같은 洞窟이라도 各 位置마다 또한 時間에 따라서도 각각 다른 現象으로 나타나기 때문에 이 成長速度의 學說과 定說은 거의 一致하지 않고 있는 것이다.

따라서 요사히 1년에 0.01 ~ 0.03mm 成長의 定說은 그 地點, 位置, 그 고장의 氣候環境 그리고 地質條件, 石灰岩의 構成成分 등 여러가지 與

件이 다르기 때문에 이와같은 數値로 一括的으로 算定한다는 것은 不當한 일이다.

그러므로 가장 正確한 年代測定方法으로 同位元素測定을 하여야 하며 그중에서도  $^{14}\text{C}$ 와  $\text{H}^3$ 를 利用하여야 하는데 現在 原子力研究所에서  $^{14}\text{C}$ 로 年代를 測定하는 方法은 5萬年 以內이어야 正確度를 期待할 수 있으며  $^3\text{H}$ 測定方法은 實行하지 않고 있다.

古藪窟에서 이미 破損되어 있는 鍾乳石을 試料로 10개를  $^{14}\text{C}$ 의 同位元素測定方法으로 成長年代測定한 結果는 平均値가 約 1年間に  $0.3\text{mm}$  이었다. 그러나 이 10개의 試料中. 最低는  $0.01\text{mm}/\text{年}$ 이고 最高는  $1.2\text{mm}/\text{年}$ 이었다.

#### [퇴적물의 연령측정]

이제 古藪洞窟의 洞窟堆積物층에서 中萬物相의 大石筍을 成長年令을 計測하였는데 대체로 5萬年내외의 成長年令을 算出케 되었다.

즉, 生成條件의 要素로 되는 떨어지는 물방울의 크기, 洞窟내의 蒸發의 정도와 通風 그리고 溫度와 濕度, 表面張力과 毛管現象, 그밖에 重力 등을 參照하여 測定하였다.

이 測定調査에서 石筍은 작은 滴下 물방울이나 빠른 蒸發條件 밑에서는 말 자라지 못하는 反面에 速度가 빠른 滴下와 緩慢한 蒸發條件 등에서 매우 굵고 커다란 石筍의 成長을 이루게 하였음을 확인하였다.

石筍의 垂直的인 成長은 通氣가 매우 잘되고 溫度가 높으며 그 濕度가 높은 때에 이루어지는 점도 확인되었다.

$$\text{석순의 수직성장} = \frac{A(\text{통기}) \times T(\text{온도}) \times C(\text{농도}) [12 \times \log D(\text{물방울})]}{H(\text{상대습도})}$$

### 3. 大氣 및 水質의 汚染對策

古藪窟은 해마다 많은 觀光客이 出入하고 그 洞窟內의 空間面積이 單調하고 또 狹小하기 때문에 계속적으로 環境汚染이 深化되어가고 있다.

이와같은 環境의 汚染防止方案으로 다음과 같은 對策이 要求된다.

첫째 大氣汚染의 가장 큰 要因은 觀光客이 同時에 많이 出入하기 때문이다. 많은 出入人員이 좁은 洞窟속의 空間을 往來할 때 二酸化炭素의 含量은 增加되어 마침내 洞窟內 溫度가 上昇하고 環境은 汚染되기 때문에 同時出入人員의 制限이 必要하다. 따라서 時差制를 두어 出入人員을 分散시켜 入洞시키고 洞窟內의 滞在人員의 最大限 人員까지를 定하여 出入을 統制시켜야 한다. 가급적이면 階段施設을 없애고 通路는 平坦하게 하므로써 觀光客의 通行을 便利케 하여 洞窟內 滞在時間을 단축시켜야 한다. 물론 出口를 따로 施設하여 一方通行施設을 하게 되면 大氣汚染의 程度는 一層緩和 될것이다.

둘째 照明施設을 되도록 어렵게 하고 照明은 通路와 特殊地形地物에 만 비춰이게 하여야 할 것이다. 더구나 照明燈은 高熱燈을 피하고 그 照明時間도 時差制를 두어 교대로 照明하거나 하여 지속적인 長時間 照明을 말아야 하겠다.

셋째, 새로운 出口의 設定이 적당하다. 새 通路의 開發로 出口를 만들어 通風 換氣口로 利用되면 洞窟內 大氣와 水質의 汚染이 緩和된다.

洞窟은 두 洞口가 있을 때 氣流의 移動이 생기고 洞內大氣가 流動하게 되므로 換氣에 좋으나 두 洞口의 位置 특히 高度位置가 다르면 高度差가 심할수록 氣流速度는 커지므로 洞口位置設定에 注意를 要한다. 이

때에는 되도록 洞口를 좁게 하거나 二重門으로 通風을 調節하되 밖쪽의 出入에 支障없는 施設이 好다.

네째, 洞窟內에 있는 常設溫度計에 의한 계속적이고 週期的인 計測으로 洞窟內의 溫度와 濕度유지에 注力하여야 하겠다. 洞窟은 常溫狀態가 유지 되므로써 環境變化가 적기 때문이다. 물론 觀光客의 過多出入에 의한 洞窟內溫度의 上昇과 溫度의 低下에 對한 對策으로는 揚水噴霧器에 의한 撒水作業으로 이를 調整하면 된다. 聖留窟은 第1~4 洞房까지에서는 溫度와 濕度對策은 必要없다고 본다.

다섯째 夏季節의 多雨期에는 王避川의 汚染된 流水가 地盤으로 浸透하여 洞窟內의 水質汚染은 물론 大氣汚染에도 영향을 미치고 있다. 地質探査에 의한 調査로 王避川水流의 流入을 制御하는 施設工事が 好다.

다섯째 施設資材의 腐蝕과 酸化에 의한 汚染對策도 要求된다. 段階적으로 酸化되기 쉬운 施設資材는 되도록 플라스틱材의 代用으로 防止할 수 있으며 더구나 되도록이면 洞窟內에 施設을 하지 않고 自然의 通路를 安全하게 通行할 수 있는 程度로 하는 施設이 好다. 또한 各種 地上 施設은 앞으로는 地下에 埋設시킴이 좋겠다.

여섯째 觀光客의 出入時에 物品의 搬入을 抑制하여 洞內에서의 廢棄物이 없도록 하여야 한다. 이는 즉 腐弊 또는 汚染의 根源이 되기 때문이다. 물론 곳곳에 쓰레기箱子의 設備로 對備할 수도 있다.

## 4. 洞窟内の 生態保全對策

### I. 緒 論

植物은 生活을 維持해 나가기 위해서 光을 必要로 하고 있다. 그러나 菌類나 박테리아와 같은 下等植物은 그들이 生活해 나가는 데 있어서 光을 必要로하지 않는다. 그렇기 때문에 暗黒의 洞窟內에서는 菌類나 박테리아와 같이 光을 必要로 하지 않는 下等植物을 除外하고는 綠色植物은 生活할 수 없다. 特히 近者에 우리나라의 洞窟은 觀光地化 되어 가면서 人間의 出入은 勿論 不純物의 搬入이 增加되었으며, 이에 따라 洞窟內의 環境은 時間이 經過할수록 汚染되어 가고 있는 實情이다.

古藪洞窟의 境遇도 例外는 아니어서 一般에게 公開된지 6年쯤 밖에는 안되나 洞窟內의 到處에서 검무른 菌類로 汚染되어 있는 것을 볼 수 있다.

또한 洞窟內의 人工照明燈 設置로 因하여 이끼類가 發生되고 있음을 볼 수 있다.

이러한 觀點에서 볼 때 洞窟環境保存은 時急한 問題로 생각되어진다.

本 調査는 洞窟의 綠色公害, 즉 觀光客의 出入은 勿論 洞窟內에 搬入된 木材, 紙, 食物, 落葉 등으로 因해 洞窟 外部로부터 搬入된 菌類나 細菌 등으로 부터의 汚染은 勿論 人工照明燈 設置로 因한 양치類나 이끼類로부터의 汚染實態를 調査함으로써 이 防止對策을 樹立하기 위해 實施한 것이다.

## (2). 調 査 方 法

本 調 査 에 있 어 서 는 空 氣 中 에 分 布 하 는 菌 類 의 調 査 는 除 外 하 였 으 며 洞 窟 內 에 서 檢 무 르 게 汚 染 된 곳 의 土 壤 만 을 採 取 하 여 稀 釋 平 板 法 (dilution plate method) 을 利 用 하 여 30 °C ~ 32 °C 의 incubator 內 에 서 培 養 하 여 分 類, 同 定 하 였 으 며, 人 工 照 明 이 가 설 된 附 近 의 下 等 植 物 ( 양 치 類 및 이 끼 類 ) 을 採 集 하 여 同 定 하 였 고, 洞 窟 內 의 下 等 植 物 의 生 長 에 重 要 한 影 響 을 미 치 는 氣 溫, 濕 度 도 調 査 分 析 하 였 다.

### (3). 下等植物의 棲息環境

洞窟 内部의 環境原因의 重要한 特徵으로는 恒暗, 恒溫, 恒濕이면서 洞窟生産物 棲息에 有利한 多濕環境을 이루고 있을 뿐만 아니라, 氣溫의 變化도 人間의 出入의 多少에 따라 變할수는 있었으나 低溫이면서 地表面의 溫度 變化에 비해 溫度 變化의 幅이 적으며 石灰洞窟의 境遇, 높은 CO<sub>2</sub>의 含量을 들수 있겠다. 이와같은 모든 環境要因이 洞窟植物과 微生物의 棲息에 影響을 미칠 것으로 생각된다.

古藪洞窟內의 月平均 氣溫의 變化는 洞窟內의 여러 地點에 따라 다르기는 하겠으나 여러 사람의 調查報告와 本人의 調查報告를 土臺로 하여 보면 地表面에서 植物의 生長이 가장 活潑한 7~9月の 洞窟內의 溫度는 15.7 °C ~ 18.1 °C로 地表面의 溫度에 비해 낮기는 하나 下等植物과 微生物의 生長에 크게 影響을 미치지 않는 것으로 생각되며, 10月~12月까지의 溫度는 11.3 °C ~ 16.9 °C, 1月~3月까지의 溫度는 8.8 °C ~ 12.6 °C로 洞窟內 冬季의 溫度는 地表面의 溫度에 비해 높은 數値를 보여 下等植物의 生長에 역시 影響을 미치지 않는 것으로 생각된다.

또한 濕度의 變化도 洞窟內의 地點에 따라 약간의 差異는 있었으나 81% ~ 19%로 洞窟內 下等植物과 微生物의 生存에 絶對的인 影響을 미칠 것으로 생각된다.

#### (4). 綠色公害의 汚染實態

洞窟内部의 검무르게 汚染된 土壤을 採取하여 分類, 同定한 結果 Table 1 과 같이 21 種의 菌類가 나타났으며 대부분 菌類의 Colong 는 검은색 혹은 靑綠色, 暗綠色을 띠고 있었다.

또한 人工照明이 가설된 附近에서는 아직까지 양치類의 分布는 찾아 볼 수 없었으나 *Ptychomitrium* sp., *Pinnatella* sp., *Plagiochasma* sp. 等の 이끼類(蘇類나 苔類)가 分布되어 있는 것을 볼 수 있었다. 또한 人工照明이 設置된 곳의 地下水의 一部에 藻類(algan)가 發見되고 있었다.

표 1. 고수동굴내에서 발견된 균류

균 명	색
<i>Aspergillus sulphureus</i>	코로니 - 흰색, 회색
<i>Curvularia Clavata</i> Jain	코로니 - 갈색
<i>Dendrographium</i> sp.	균사 - 검은색
<i>Deightoniella jabalpurensis</i> Agarwal & Hasija	코로니 - 검은색
<i>Helminthosporium velutinum</i> L.	코로니 - 검은색
<i>Mucor griseo-vosus</i> Linnemann	균사 - 회색, 흰색
<i>Nigrospora cryzae</i>	균사 - 회색
<i>Nakataea state of Leptosphaeria salvinii</i> Cattaneo	코로니 - 검은색



균

명

색

Penicillium chrysoginum	청록색 (무성포자 발생시)
Penicillium janthinellum Biourge	코니디아 - 회색
Penicillium oxalioum Currie & Thom	청록색 (무성포자 발생시)
Penicillium thomii Maire	청록색 - 암갈색
Penicillium notatum Westling	포자가 발생시 청록색
Penicillium cyclopium Westling	코로니 - 청록색
Penicillium herquei Bainier and Sartory	포자 - 녹색
Paecilomyces javananicus	코로나 - 흰색 성장후에 블루 - 그레이
Rhizootonia sp.	균사가 갈색
Sporocybe sp.	코로니 - 검정색
Trichurus sp.	코로니 - 검은색
Trichocladium pyriforme Dixon	코로니 - 검은색
Trichoderma viride	코로니 - 흰색, 성숙한 후 에 녹색

## (5). 考 察

1969年 松本浩一은 暗所에 生育하는 菌類(Fungi)로서는 粘菌(Myxomycetes), 藻類(Phycomycetes), 子囊菌(Ascomycetes), 擔子菌(Basidiomycetes) 등에 屬하는 것이 많다고 指摘하였으며 特히 暗所인 洞窟의 境遇, 外部로부터 搬入된 木材, 紙, 食物, 落葉 等이나 屍體, 排泄物 等の 有機物이 存在하는 더러운 곳에서 비롯하여 洞窟性 動物에 寄生하는 種이 많다고 指摘하였으며 이와 같은 것들을 除外하고는 洞窟 内에서만 發見되는 菌類는 報告된 바 없다고 하였다.

本 調査에서도 Table 1에서 보는 바와 같이 人間의 生活과 關係가 깊은 *Penicillium* 屬이 7種 分離, 同定되었고 박쥐糞과 關係가 있는 *Mucor*도 1種이 分離, 同定되었다. 이와같은 現狀은 松本浩一이 指摘한 바와같이 洞窟内에서만 發見되는 菌類가 아니라 洞窟 外部로부터 搬入된 것으로 推測되며, 本 調査에서 나타난 菌類의 Colony의 色이 검은色, 靑綠色, 暗綠色을 띠고 있는 것으로 보아 洞窟内の 검푸른 綠色公害의 一部는 오래前부터 洞窟을 出入하는 박쥐와 같은 動物과, 洞窟이 觀光地化되면서 數 많은 人間의 出入으로부터 由來된 菌類로 생각되며, 洞窟内部의 여러가지 環境條件(높은 濕度, 恒溫條件)이 洞窟内部로 搬入된 菌類의 포자가 繁殖하기에 알맞는 條件을 提供해 줌으로 인해 發生하는 現狀으로 생각된다.

또한 緒論에서도 指摘한 바와같이 觀光地化로 因하여 人工照明이 洞窟内에 設置되고 이들 照明下에 지금까지 전혀 보이지 않던 양치류나 이끼류가 發生되어 洞窟内の 美觀에 重大한 影響을

미친 것으로 생각된다.

本 古藪洞窟의 境遇, 아직까지 양치類는 發見되지 않았으나 100 Lux 以上の 人工照明이 照射되는 곳에서는 3種의 이끼類가 發生되어 綠色을 나타내고 있는 것을 볼 수 있었다.

또한 本 調査에서 重要하게 나타난 것은, 우리나라 洞窟에서 지금까지 調査報告된 바 없는 藻類(algae)의 一種(種은 同定하지 못하였음)이 洞窟内の 人工照明 下の 地下水에서 調査된 點이다.

이와 같은 現狀은 아직까지 심하게 나타나지는 않았으나, 이와 같은 點으로 미루어 보아 地下水가 이미 여러가지 有機物로 汚染되어 있음을 짐작케 하고 있다.

또한 洞窟内部의 環境條件으로 보아 自營養細菌으로서 硝化細菌(Nitrobacteria), 硫黃細菌(Thiobacteria), 鐵細菌(Ferrobacteria)에 屬하는 박테리아도 나타날 것으로 推測되어 이들로부터의 汚染現狀도 調査되어야 할 것으로 생각된다.

## (6) 汚 染 防 止 策

洞窟内の 綠色公害, 즉 下等植物이나 微生物의 汚染現狀은 觀光地化되어 있는 洞窟에서는 어디서나 볼 수 있는 現狀으로 汚染防止 對策을 소홀히 하고 있음을 볼 수 있다.

本 調査를 土臺로 몇가지 防止對策을 樹立한다면 다음과 같은 것들을 들 수 있으리라 生覺된다.

1) 검무른 곰팡이類를 除去키 위해 안식향산(0.05% ~ 0.08%), Dehydroacetic acid(0.03~0.06%), Sorbic acid(0.15%~0.3%)와 같은 藥劑撤布를 함이 좋은듯하다.

2) 人工照明의 밝기를 水銀燈을 使用하여 70 Lux 以下로 調節하여 양치類나 이끼類의 發生을 抑制해야 할 것으로 生覺된다.

3) 人工照明燈이 照射되는 部位를 集中的으로 同一 部位에 長時間 照射토록 하는 것 보다는 照射되는 角度의 方向을 수시로 바꾸는 것이 좋을 것 같다.

4) 殺菌燈을 設置하여 間接적인 照射를 하는 것도 考慮해볼 수 있으나 洞窟内の 動物에 害를 끼칠 憂慮가 있으므로 注意를 요한다.

5) 地下水의 汚染을 防止하여 藻類의 發生을 抑制해야 한다. (勿論 이때도 人工照明은 2), 3)항에 따라야 한다.)

6) 觀光客으로부터 汚染의 根原이 되는 物質投入이 되지 않도록 留意한다.

## 5. 洞窟의 動物相 保全調查

### (1) 緒論

古藪洞窟은 1976年 9月 天然記念物 第256號로서 景觀이 秀麗하여 觀光洞窟로 指目되고 있을 뿐만 아니라 效率的인 保全이 이루어진다면 洞窟生物學 研究場所로 利用에도 가치가 있는 洞窟이기도 하다.

이러한 점에서 本洞窟의 動物相 및 動物相의 變化를 周圍環境과 함께 檢討 및 試圖하였다.

### (2) 研究方法

지금까지의 文獻을 通한 洞窟内外環境 및 洞窟内部의 動物相을 1982年 本調查 結果와 比較 檢討하고 特히 本調查에서는 外部環境과의 關係도 調查·檢討하였다.

### (3) 調查結果

#### ① 氣溫

南宮(1980)은 最下  $4.6^{\circ}\text{C}$ 에서 最高  $17.4^{\circ}\text{C}$ 이며 全體 平均氣溫은  $16.7^{\circ}\text{C}\sim 11.3^{\circ}\text{C}$ 로 較差  $5.4^{\circ}\text{C}$ 로 보고한 바와 같이 本調查에서도 거의 一致하였다.

#### ② 水溫

一貫된 水流로서 水溫의 季節別 變化는  $13.5^{\circ}\text{C}\sim 14.1^{\circ}\text{C}$ 이며 水溫의 變化는  $0.6^{\circ}\text{C}$  内外였다.

#### ③ 濕度

相對濕度 78%~90%로서 全體的인 變化는 12%였다.

#### ④ pH

44色濃度에 依한 測定으로  $6.7\sim 6.8$  이었다.

⑤ 動物相

文獻上的 最初の 報告는 南宮(1974)에 依하여 귀뚜라미부치目 Gryll-oblattoidea에서 一新種을 고수갈르와 벌레 Galloisiana Rosuensis 로 命名하여 報告하였으며 그후 韓國洞窟保存協會(1975)에 依하여 16目 24種을 報告한바 있다.

또한 南宮은 1978, 1980年에 16目 25種을 報告하였는바 지금까지의 報告 및 採集된 動物을 綜合하면 다음과 같다.

앞은뱅이目 Pseudoscorpionida

㉠ Allochthonius sp.

거미目 Araneida

㉠ 산유형거미 Pholcus crypticolens Boes

㉡ 민자가게거미 Coelotes songminjae Paik and Yaginuma

㉢ 한국갈매기거미 Coras vulgaris Paik

취메누리目 Isopoda

㉠ 취메누리 Koreoniscus racovitzai (Arcangell)

지네目 Chilopoda

㉠ 집그리마 Thereuonema hilgendorfi Verhoeff

노래기目 Diplopoda

㉠ 김떠노래기 Epanerchodus kimi Murakami and Paik

㉡ 불떠노래기 Epanerchodus bifidus Takahuwa

㉢ 등줄굴노래기 Antrokoreana gracilipes Verhoeff

㉣ 긴넓적다리노래기 Skleroprotopus laticoxalis longus Murakami and Paik

톡토기목 Collembola

㉞ Tomocerus sp

줄미 Thisanura

㉞ 돌줄 Lepismachilis sp

메뚜기목 Orthoptera

㉞ Diestrammena sp

귀뚜라미부치목

㉞ 고수갈르와벌레 Galloisiana kosuensis Namkung

나비목 Lepidoptera

㉞ 나방 1종 Noctuidae sp

딱정벌레목 Coleoptera

㉞ 고수장님딱정벌레 Coleoblumus sp

㉞ Agonum sp

㉞ Staphilinidae sp

새우목 Amphipoda

㉞ 장님굴새우 Pseudocrangonyx asiatiws Ueno

㉞ 옆새우 1종 Gammarus sp

가재목 Decapoda

㉞ 참가재 Cambaroides similis Koelbel

장님거미목 Opilionida

㉞ 방패소경거미 Kaolinonychus coreanus (Suzuki)

박쥐목 Chiroptera

㉞ 관박쥐 Rhinolophus ferrumequinum korai Kuroda

㉔ Myotis sp

쥐目 Rodentia

㉕ 촌뽕적다리붉은쥐 *Apodemus splcious peninsulae* Thomas

⑥ 生物學的 먹이연쇄

먹이연쇄에 관한 調査가 어느 지역 生物學的 現存量과 生産性的 變化相을 究明하는 것이 가장 중요하겠으나 우선 外部에서의 營養源搬入面에서 보면 隣近에 飲食店을 비롯한 接客業所의 開發로 外來洞窟性 齧齒類가 십사리 먹이와 營所가 해결됨으로 偶發的인 洞窟出入 以外에 기대할 수 없으며, 蛋間에 은거하는 박쥐의 먹이인 甲虫類를 비롯한 昆虫類의 棲息處가 洞窟周圍에는 貧弱하다.

⑦ 洞窟内部 人爲的 施設物

本 洞窟은 主長 424 m, 總延長 710 m 規模의 原形洞窟이었으나 觀光洞窟로의 開發로 말미암아 電燈 및 鉄冊架設로 自然環境 및 生物學的 파피가 始作되었다고 보아야겠다.

施設物中 가장 甚한 파피를 주는 것이 高熱의 白熱燈을 설치한 점이라고 하겠다.

白熱燈의 長時間 照射는 주위를 乾燥시킬 뿐만 아니라 生態系를 變化시키는 生態學的 主要因으로 등장하고 있다.

(4) 考察

① 氣溫

調査結果 最下 4.6°C에서 最高 17.4°C이며 全體 平均氣溫은 16.7°C~11.3°C로 較差 5.4°C로 나타났으나 生態學的 氣象圖에서 生物에 게는 溫度가 大端히 높거나 또는 極端으로 낮거나 하면 적당한 濕度일 때 비해서 氣溫은 엄밀한 制限要因으로서 作用하게 되며 氣溫이 極端일



때는 濕度가 엄밀한 制限要因으로 作用하게 되므로 (Towmey, 1936), 本 調査에서 較差  $5.4^{\circ}\text{C}$ 와 平均氣溫  $16.7^{\circ}\text{C}\sim 11.3^{\circ}\text{C}$ 는 動物이 棲息하는 데에 制限要因으로 作用하지 않는 程度로 思料된다.

## ② 水温

水温의 年中 變化는  $13.5^{\circ}\text{C}\sim 14.1^{\circ}\text{C}$ 이며 水温의 差는  $0.6^{\circ}\text{C}$  였는데 生物의 溫度馴化 範圍는  $0\sim 45^{\circ}\text{C}$  (Jucobs, 1919., Davenport, 1950) 이어서 本調査結果로는 充分히 一定한 生物이 馴化될 수 있는 水温의 變化幅이라 思料된다.

## ③ 濕度

溫度가 극단일 때는 濕度가 엄밀한 制限要因으로 作用 (Twomey, 1936) 하게 되는데 本洞窟은 相對濕度가 78%~90%이고, 平均氣溫이  $16.7^{\circ}\text{C}\sim 11.3^{\circ}\text{C}$ 이므로 制限要因으로 作用하지 않는다고 본다.

## ④ pH

pH는 呼吸과 酵素系의 調整에 重要な 역할을 하는데 環形동물중 지렁이는 pH 6.0~7.0의 범위에서 生活이 可能하며 어류중 청어는 pH 6.0~7.9에서 가능할뿐 아니라 pH에 따라 그 안에서 살고 있는 生物相이 각각 다르게 結定지어지는데 (Powars, 1918) 本洞窟은 pH 6.7~6.8이었음으로 지렁이를 비롯한 그 環境의 生物相을 구축할 수 있는 環境이라고 思料된다.

## ⑤ 動物相 및 먹이연쇄

박쥐류, 거미류 및 톱토기류를 비롯하여 個體數가 顯著하게 감소하고 있으나 감소의 原因을 生態學的으로 檢討하여야겠고 生態系의 構成要素로는 非生物的 物質, 即 물·토양·공기·칼슘·인산염 등과 같은 생태계에서 生物을 除外한 非生物的 要素와 生産者, 消費者, 分解者이나 이들은

恒常 變化하고 있다고 볼 수 있어서 長久한 時間을 단계적으로 檢討하여 이들의 상황에 대처하는 棲息處를 차지하게 하고 그 生物이 담당하는 역할 卽 生態的 地位를 마련토록 하여야 한다(Elton, Charles, 1927).

이러한 점으로 볼 때 洞窟밖의 甲虫類를 비롯한 昆蟲을 捕食하고 蛋間에 洞窟속에서 隱棲하는 이들의 排泄物은 生態系內 物質순환으로는 가장 중요한 탄소순환, 질소순환의 요인이 될 수 있고 洞窟生態系 유지에 대단히 중요한 일이다.

그러므로 洞窟 近處에 옥수수·수수等 재배하여 蛹덩이를 비롯한 昆蟲을 多數 發生케 하여 박쥐의 棲息環境을 改選하여, 줌으로서 洞窟內 營 養源 搬入을 높여 줌이 마땅하다고 認定된다.

#### ⑥ 洞窟內部 人爲的 施設物

白熱燈을 長時間 照明하므로써 人爲的으로 濕氣를 除去하고 高熱로 周圍를 乾燥시키는 現實이어서 이는 第一次 生産者인 蘇苔臺類·地衣類 등의 植生에 變化를 주고 있다고 思料됨으로 自然燈을 螢光燈으로 대처하는 것이 타당하다고 본다.

#### (5) 保存策 및 提議

① 洞窟內部에 營養源을 搬入하는 박쥐의 棲息環境을 改善하여주기 위한 方法으로 洞窟 近處에 옥수수·수수等を 재배하여 蛹덩이를 비롯한 昆蟲의 增殖을 戒할 것.

② 生態學的, 物理學的 光學的要因이 되고 있는 白熱燈을 除去하고 螢光燈으로 대처할 것.

以上の 方法으로 第1次 保存策을 갈구하고 第二·三次의 단계적인 調查研究로 萬全을 기함이 타당할 것이다.