

洞窟의 環境保全 對策에 관한 研究

韓國綜合技術開發公社

理事(技術士)李金洙

I . 洞窟環境 보전의 필요성

洞窟의 濕度는 年中 거의가 일정한 것이 특징이다. 그리고 캄캄한 암
흑의 세계라는 점도 특색의 하나이다. 대체로 洞窟의 大氣는 그 氣流의
움직임이 매우 느린 관계로 洞口부근에는 大氣溫도와 洞壁의 溫도가 크
게 달리 나타나지만 차차 거의가 비슷하게 나타난다. 이 때문에 鍾乳石속
깊은 지점의 溫도는 石灰岩의 溫도와 관계되고 있으며 그 溫도는 대체로
地表의 年間 平均氣溫과 비슷하다.

이와같은 洞窟의 環境은 마침내 洞窟生態系와 環境을 특수하게 만들었
으며 이른바 地下世界の 環境을 이루게 하였다. 즉 특이한 洞窟生物의 生
態系를 이루게 하여 異質的인 地下水生物을 나타나게 하였다.

그리고 地表에서의 空間變化를 나타나게 하는 風化作用이 거의 없으며
반면 地下水流에 의한 水蝕地形이 나타나는 特殊環境을 나타나게 하고 있
다.

自然環境의 保全이란 현재 잔존하고 있는 自然環境을 앞으로의 汚染과
破壞에서 보호할 뿐 아니라 이미 破損된 것이라 하더라도 과거의 原形대
로 復舊시키는 努力이 包含되고 있는 것이다.

다시 말해서 經濟開發이나 生産開發에 의하여 여태까지의 自然環境이 점
차 破壞 또는 汚染되어 가고 있음이 사실이나 이들은 곳에 따라 그 정

도에 차이가 있는 것이다. 어떻게 말하면 급속적인 地域開發에 의하여 自然이 汚染 또는 破壞되어 가고 있는 것이 현실이라 하겠다.

그러나 이것은 보다 나은 人間生活의 現象을 위하여 自然을 개조하거나 극복한다고 할 수 있으므로 이로 인한 環境破壞때문에 地域開發을 기피하여서는 아니될 일인 것이다.

예를 든다면 洞窟의 觀光開發을 위하여서는 鍾乳窟내부에 있어 통로의 擴張 우회로 개설 등을 위하여 洞窟내부의 原形이 改造 또는 변형될 수도 있으며 그 觀光客들의 休養을 위한 洞窟周邊에서의 自然環境 破壞 즉 변형이 있을 수 있는 것이다.

休養園地 즉, 숙박시설과 오락·위안시설 뿐만 아니라 科學館 등의 施設을 위한 環境變形은 있을 수 있기 때문이다.

그러나 이와같은 自然環境의 汚染과 破壞가 무제한 있어서는 안될 것이다. 비록 住民의 所得增大를 위한 개발일지라도 이 洞窟이 기리 保全되면서 영구히 利用될 수 있는 方案이 마련되어야 할 것이다.

즉, 최소한의 破壞와 汚染으로 최대의 開發效果를 기하는 것도 自然保全의 일면이라 할 수 있기 때문이다.

이와같은 것은 開發로 인한 所得으로 自然環境의 保全對策을 위한 長期對策이 樹立될 수도 있기 때문이다.

II . 洞窟環境의 特性

이제 洞窟들이 지니고 있는 一般的인 特性을 보면 대략 다음과 같다.

첫째 洞窟이 開發되면 洞窟내의 眞洞窟性動物들은 점차 滅種되어갈 운명에 있다.

둘째 外來性動物의 種類와 數는 洞窟내의 氣溫과 濕度 또는 外氣의 氣象과도 밀접한 관계를 지닌다.

셋째 水質은 그 洞窟의 位置나 深度에 상관없이 없으며 流水量이 많을수록 칼슘함량이 적어진다.

넷째 洞窟내의 氣象은 洞窟入口와 內深部와의 차이가 많으며 濕度は 내부로 갈수록 높아진다.

다섯째 洞窟入口 부근에서는 濕도가 낮아 二次生成物의 성장이 중지되고 있는데 통상 90% 이상의 濕도가 있어야 이들은 성장될 수 있다.

여섯째 洞窟내부에서는 氣溫이 거의 비슷하게 나타나며 年中變差도 심하지 않다.

Ⅲ . 洞窟環境의 保全對策

1 . 概 要

洞窟의 環境을 그대로 保存하기 위하여는 원형대로의 保存도 중요하나 環境의 汚染과 破壞를 防止 또는 減縮시키기 위하여 다음과 같은 유의가 필요하다고 본다.

첫째 洞窟은 되도록이면 觀光開發이나 出入을 삼가하고 洞窟내의 自然環境이 그대로 保存되어야 하겠다.

둘째 觀光開發하여야 할 경우에는 原形의 保存을 위하여 出入口를 작게 하여 外氣가 스며들지 못하도록 한다.

셋째 光觀洞窟인 경우 觀光客에 不必要物品을 搬入하여 버리지 말게 할 것이고 자연이 破損되지 않도록 通路를 좁게 照明을 어둡게 할 것이다.

네째 降雨季節에 지나친 地表水의 流入을 방지하며 과다하게 透水된 量은 적당하게 배출토록 人工施設을 한다.

다섯째 自然保護를 위한 精神教育과 철저한 制度化를 기한다.

2 . 洞窟堆積物의 保全對策

洞窟의 觀光은 신비로운 地下世界에 대한 호기심과 그리고 그 窟속에서 볼 수 있는 伏魔 같은 二次生性物에 의한 地下宮 景觀 등의 觀察 또는 鑑賞에 있다고 하겠다.

따라서 洞窟속에서의 地形地物의 景觀樣相이 그 洞窟의 觀光的, 學術的인

價値와 직결되고 있는 것이다.

더구나 鍾乳石과 石筍 등의 洞窟 堆積物들은 계속 자라고 있는 들이라고는 하나 그 成長速度는 매우 느려서 가장 빨리 자라는 鍾乳管이나 鍾乳石의 成長만해도 우리나라에서 추정 한 평균치를 본다면 직경 5mm 크기에 길이 1cm 자라는데 要하는 時日은 약 15年의 세월이 소요되는 것으로 되고 있다.

물론 그 洞窟의 上層地質構造, 洞窟 地表面의 氣候條件, 洞窟내의 環境條件 등에 따라 크게 달리 된다고는 하나 실제 오랜 時日에 걸쳐 성장하는 것이므로 洞窟堆積物의 汚損은 절대로 안된다고 하겠다.

물지각한 사람들에 의한 毀損, 開發工事時의 破壞 등등으로 洞窟의 景觀은 점차로 破壞 또는 汚損되어 가고 있는 것이다.

이제 이와같은 景觀과 堆積物의 汚損 低減方案을 제시하면 다음과 같다.

가. 洞窟내의 環境維持는 물론이고 二次生成物의 계속적인 成長, 즉 洞窟의 성장을 위하여 洞窟 地表面에 주기적인 人工撒水作業으로 洞窟 堆積物의 성장을 촉진시키고 洞窟環境의 保全管理를 기하도록 한다.

나. 公開를 위한 開發作業에 있어서는 洞窟環境의 原形維持에 주력하여 通路 및 觀光 便益施設의 과잉공사로 주변 環境이나 동굴내 環境의 파괴를 초래하지 않도록 하여야 하겠다.

다. 地表面의 生態의 保護管理를 위하여 石灰質岩石 土壤의 土壤保全을 기하여야 하겠다. 즉 地表面의 植生 및 地形保護 등으로 石灰質 土層을 확보 유지하고 정상적인 地形 論廻를 期하도록 하여야 하겠다.

즉 地表面의 植生 및 地形保護 등으로 石灰質 土層을 확보 유지하고 정상적인 地形 論廻를 期하도록 한다.

라. 觀光 出入客에 사전에 洞窟 堆積物의 중요성을 강조 또는 이해시키는 교육을 할 것이며 이를 위한 제한 案内文이나 설명문을 배포한다.

마. 觀光客으로 하여금 洞窟內의 汚損이나 汚染에 영향을 줄 물건을 갖고 들어가지 못하게끔 物品管理所를 마련하도록 한다.

특히 지팡이, 우산 등등의 물건은 洞窟 堆積物을 汚損시킬 수 있는 기재가 되기 때문이다.

바. 洞窟내의 地形地物중 土地崩落이나 落盤이 일어날 수 있는 지점에는 반드시 이를 防止할 수 있는 施設 對策이 필요하다.

특히 地面이 진동할 경우에 위험이 있을 것으로 판단되는 것은 事前에 除去하는 것이 바람직스럽다.

3 . 洞窟環境의 保全對策

洞窟의 堆積物을 그대로 保存하고 生態現象을 그대로 保全하기 위한 洞窟環境의 安全保全은 매우 중요하다.

즉 洞窟의 環境은 주로 溫度和 濕度の 變化에 의하여 달리 변하게 된다. 더구나 지나친 氣溫上昇, 乾化現象 등은 環境變化에 직결된다.

따라서 生態系에 변화를 보게되고 綠色公害나 白色公害, 黑色公害와 같은 公害現象이 나타난다.

綠色公害란 전술한 바와 같이 岩石 바닥에 이끼類가 나타나는 것이며 白色公害란 堆積物 表面에 剝離公害는 乾濕化 環境의 異常 急變에서 일

어나는 現象이고 이밖에 異色公害란 炭質黑鉛質 溶液으로 코오팅된 것이 많다.

따라서 環境의 特色인 恒溫, 恒濕의 環境 維持가 그대로 洞窟의 汚染을 방지하거나 저감시키는 결과를 나타내는 것이다.

이와같은 對策으로서는 다음과 같은 方案을 提示할 수 있다.

- (1) 洞窟내의 계속적인 변화없는 溫도와 濕도의 維持를 위하여 洞窟내 人工瀑布 透水作業이 요구된다.
- (2) 洞窟내의 諸般施設 즉 通路施設이나 附帶施設을 되도록 酸化되기 쉬운 鐵製物을 사용하지 않고 腐蝕되지 않는 物品 資材를 사용한다.
- (3) 洞窟내에 汚染 收去設備을 두어서 汚物을 버리지 않도록 하여야 한다. 전지약 그리고 殘飯찌꺼기 등의 汚物들이 洞窟내에 버려지게 되면 水質의 汚物은 물론이고 나아가서는 環境 全般을 어지럽히게 마련이다.
- (4) 汚染公害의 除去處理는 하이클론 같은 藥物洗劑를 사용하거나 洞窟 地下水의 물을 이용하는 것이 바람직하다.
- (5) 剝離된 堆積物 表皮는 石灰質 粉末 溶液과 시멘트 등의 接着劑를 혼합하여 이를 코오팅, 또는 부착시키는 것도 한 방안이다.
- (6) 地下水系의 직접 또는 間接侵入을 막아 外部로부터의 水流侵入 때문에 洞窟內 湖水나 洞窟沼澤(연못) 洞窟類의 水質을 汚濁시키거나 汚染되지 않도록 하여야 하겠다.
- (7) 되도록 洞窟내의 使用資料, 試藥器材 등은 無公害藥品, 無公害의 플라스틱 資料를 쓰도록 하여 環境汚染을 초래하지 않도록 한다.
- (8) 洞窟物의 保護를 위하여 溫, 濕度の 계속적 維持는 물론 防音振動 公

해를 없애도록 하고 一定한 곳에 保護區域을 정해둔다.

(9) 氣流의 流動을 조정하여 風化, 乾化 등의 異狀變化가 나타나지 않게끔 施設 設備한다.

(10) 出入人員의 통제로 洞窟내 環境의 變化를 低減시켜야 하겠다.

洞窟내의 적절한 滯洞最大人員을 계측하여 동시에 과도한 觀光客이 洞窟속에 오랫동안 체동하지 않도록 조절하여야 한다. 따라서 人員의 制限, 觀光 開放時間의 制限統制 入洞料金の 引上 등과 같은 對策이 필요하다.

(11) 觀光 公開區間을 季節別로 구분 실시 하거나 通路의 交代變動 등으로 洞窟環境의 保全 還元을 강구하여야 하겠다.

一定期間의 密閉 維持管理는 洞窟 環境의 原狀復元에 도움될 것이다.

(12) 出入口를 좁게 하여 外氣의 大氣가 洞窟내에 影響을 덜 주도록 나타나고 있으나 恒溫, 恒濕 狀態가 維持될 수 있도록 洞窟入口가 좁거나 작아져야 하겠다.

(13) 洞窟 出入口가 원래부터 크거나 넓을 경우에는 洞窟내 入口안쪽 部分의 좁은 通路를 이용한 二重門의 設置로 바깥 空氣의 차단을 꾀할 수도 있다.

(14) 觀光에 지장을 주지 아니할 정도의 照明(밝기)을 維持하여 지나친 照明施設로 인한 洞窟내의 氣溫上昇에 따른 環境變化가 나타나지 않도록 하여야 하겠다.

(15) 洞窟내 照明施設은 가능한 通路와 特殊 地形物을 위주로 70 Lx로 照明하되 自然燈은 水銀燈이나 나트륨燈, 또는 메탈하라이드燈과 같은

發熱量이 적은 燈으로 대체하는 것이 바람직스럽다.

- (16) 洞窟의 出入口는 가능한 작아야 하나 박쥐가 드나들 수 있을 정도의 出入口 空間은 確保되어 있어야 한다. 박쥐는 好洞窟性動物로 洞窟속에 棲息하면서 드나들고 있는데 이의 放糞은 구아노로 불리우는 微生物의 棲息 條件에 중요한 要素로 되고 있다.
- (17) 照明燈용 防水케이블의 접속을 되도록이면 現在 使用되고 있는 고무 테이프이나 P.V.C테이프들은 나중에 濕度가 차면 漏電되기 쉬우므로 실리콘테이프로 대체하고 분기 장소에 사용된 分電盤內의 스위치는 기존휴즈를 사용한 카바나이프 스위치보다 차단 성능이 좋은 漏電遮斷器로 대체 이용하는 것이 바람직스럽다.
- (18) 照明의 角度, 方向도 수시로 변동시켜 그 輝度에 의한 照明地點에의 이끼類나 선태類 같은 綠色公害가 나타나지 않도록 조치하는 것이 좋겠다.

IV . 結 論

洞窟의 環境保全은 洞窟의 生態 保存을 위한 洞窟 環境의 維持 管理이다.

洞窟은 暗黑世界이고 恒溫, 恒濕의 環境을 지녀 왔으므로 이에 적용된 地形地物의 生成, 地下水生物의 棲息등이 이루어져 오늘에 이르렀다고 할 수 있다.

사실상 洞窟속의 二次生成物들은 洞窟 상층부의 岩石構造와 그 成分, 地下水의 透水量과 水質成分, 透水狀態 그리고 地層의 배열과 洞窟내의 氣流 溫度, 濕度 등과 밀접하게 관계되고 있는 것이다.

예를 든다면 洞窟堆積物의 크기, 成長速度 등은 반드시 위와같은 洞窟속 環境과 직결되는 것이므로 이와같은 洞窟現象의 維持 保全을 위한 方案은 위와같은 洞窟環境의 環境을 維持시켜 주기 위한 각종 대책이 마련되어야 하는 것이다.