

# 洞窟의 環境과 保全

학회명예회장 洪 始 煥

## 1. 概 要

洞窟이 公開되면 반드시 出入하는 觀光客이나 그밖에 便益施設등에 의한 洞窟의 破壞는 있을 수 밖에 없는 것이다. 다만 어떻게하면 이와같은 오손, 오염을 未然에 防止할 수 있으며 低減시킬 수 있는가가 問題이다.

사실상 洞窟속의 鍾乳石과 석순같은 二次生成物 즉 洞窟 堆積物등은 오랜 時日에 걸쳐 生成되어온 것으로 어떤것은 1~2萬年에 걸쳐 成長한 것도 있으므로 이들이 일단 오손되거나 파괴되었을때는 참으로 영원히 복구되지 못할 것이다. 일단 파괴되면 그만이므로 이들에 대한 항구적인 保全 對策이 요구되는 것이다.

오늘날 先進國家에서는 이와같은 실정을 참작하여 오랜전부터 洞窟環境의 保全과 오염방지를 위한 꾸준한 研究實驗이 實施되어 오고 있는 터이다.

이제 分野別로 이와같은 오손오염에 대한 低減方案과 環境의 保全方案을 들어보면 다음과 같다.

## 2. 洞窟環境의 保全對策

洞窟의 環境保全은 洞窟의 生態 保存을 위한 洞窟 環境의 유지관리이다. 洞窟은 暗黑世界이고 恒溫, 恒濕의 環境을 지녀 왔으므로 이에 적응된 地形地物의 生成, 地下水生物의 서식등이 이루어져 오늘에 이르렀다고 할 수 있다.

사실상 洞窟속의 二次生成物들은 洞窟上層剖의 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 洞窟內의 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 洞窟現狀의 유지 보전을 위한 方案은 위와같은 洞窟環境을 유지시켜 주기위한 각종 對策이 마련되어야 하는 것이다.

즉 洞窟環境의 유지를 위하여 入洞客에 의한 洞窟內 溫度의 上昇, 濕度의 低下를 調節하기 위한 洞窟內 氣象觀測設備가 필요하다.

이에 의하여 洞窟內의 環境變化를 파악하고 이에 대한 對策을 세울 수 있기 때문이다.

(1) 洞窟內에 人工瀑布, 撤收作業 등으로 溫度의 低減, 一定 溫度의 유지 등에 유의하여야 한다.

(2) 出入人員의 統制로 洞窟內 環境의 變化를 低減시켜야 하겠다. 洞窟內의 적절한 체등 最大人員을 계측하여 同時に 過多한 觀光客이 洞窟속에 오랜동안 체계하지 않도록 調節하여야 한다. 따라서 人員의 制限, 觀光 開放時間의 制限統制등과 같은 對策이 필요하다.

(3) 觀光 公開區間을 季節別로 區分實施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 밀폐 유지권리는 洞窟 環境의 原狀復元에 도움될 것이다.

(4) 出入口를 좁게하여 外氣의 大氣가 洞窟內에 影響을 덜 주도록 하여야 한다. 洞窟內의 濕度는 그 位置, 高度에 따라 다르게 나타나고 있으나 恒溫, 恒濕 狀態가 유지될 수 있도록 洞窟人口가 좁거나 작아져야 하겠다.

(5) 洞窟 出入口가 원래부터 크거나 넓을 경우에는 洞窟內 入口안쪽 部分의 좁은 通路를 이용한 二重門의 설치로 바깥 공기의 차단을 꾀할 수도 있다.

(6) 觀光에 지장을 주지 아니할 정도의 照明(밝기)을 유지하여 지나친 照明施設로 인한 洞窟內의 氣溫上昇에 따른 環境變化가 나타나지 않도록 하여야 하겠다.

(7) 洞窟內 照明施設은 가능한 通路와 특수 지형지물을 위주로 70Lux 內外로 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 대체하는것이 바람직스럽다.

(8) 洞窟의 出入口는 가능한 작아야 하나 박쥐가 드나들 수 있을 定度의 出入口 空間은 確保되어야 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 서식조건에 중요한 要素로 되고 있다.

(9) 照明燈용 防水케이블의 접속을 되도록이면 現在 使用되고 있는 고무테이프나 P.V.C 테이프들은 나중에 濕度가 차면 누전되기 쉬우므로 실리콘테이프를 대체하고 케이블 분기 장소에 사용된 分電盤內의 스위치는 기존 퓨즈를 使用한 카바나이프 스위치보다 차단능력이 좋은 것으로 대체 이용하는 것이 바람직스럽다.

(10) 照明의 角度, 方向도 수시로 變動시켜 그 輝度에 의한 照明地點에의 이끼類나 소태類같은 綠色公害가 나타나지 않도록 조치하는것이 좋겠다.

### 3. 堆積物의 오염방지 및 저감방안

洞窟觀光은 神秘로운 地下世界에 대한 호기심과 그리고 그 洞窟속에서 볼 수 있는 특마전 같은 二次生成物에 의한 地下宮殿 景觀등의 觀察 또는 감상에 있다고 하겠다. 따라서 洞窟속에서의 地形地物의 景觀양상이 그 洞窟의 觀光的, 學術的인 價値와 直結되고 있는 것이다.

더구나 鍾乳石과 석순 등의 洞窟 堆積物들은 계속 자라고 있는 돌이라고는 하나 그 成長速度는 매우 느려서 가장 빨리 자라는 鍾乳管이나 鍾乳石의 成長만 해도 우리나라에서 추정된 平均値를 본다면 直徑 5mm 크기에 1cm 자라는데 要하는 時日은 약15年の 歲月이 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, 洞窟內의 環境條件등에 따라 크게 달라진다고는 하나 실제 오랜 時日에 걸쳐 成長하는 것이므로 洞窟堆積物의 오손은 절대로 안된다고 하겠다.

물지각한 사람들에 의한 훼손, 開發工事時의 파괴 등으로 洞窟의 景觀은 점차로 파괴 또는 오손되어 가고 있는 것이다.

이제 이와같은 景觀과 堆積物 오손방안을 제시하면 다음과 같다.

(1) 洞窟內의 環境 유지는 물론이고 二次生成物의 계속적인 成長, 즉 洞窟속의 成長을 위하여 洞窟 地表面에 週期的인 人工撤水作業으로 洞窟 堆積物을 促進시키고 洞窟環境의 保全管理를 기하도록 한다.

(2) 公開를 위한 開發作業에 있어서는 洞窟環境의 원형유지에 주력하여 通路 및 觀光 便益施設의 과잉工事로 周邊 環境이나 洞窟內 環境의 파괴를 초래하지 않도록 하여야 하겠다.

(3) 地表面의 生態의 保護管理를 위하여 石灰質岩石 토양의 토양보전을 기하여야 하겠다. 즉 地表面의 植生 및 地形保護 등으로 石灰質 土層을 확보 유지하고 정상적인 地形輪廻를 기하도록 한다.

(4) 觀光 出入客에 事전에 洞窟 堆積物의 重要性을 강조 또는 이해시키는 敎育을 할 것이며 이를 위한 제안 案內文이나 說明文을 배포한다.

(5) 出入客으로 하여금 洞窟內的 오손이나 오염에 영향을 줄 물건을 갖고 들어가지 못하게끔 物品管理所를 마련하도록 한다. 특히 지팡이, 우산 등의 물건은 洞窟 堆積物을 오손시킬 수 있는 기재가 되기 때문이다.

(6) 洞窟內的 地形地物중 土地붕락이나 落盤이 일어날 수 있는 地點에는 반드시 이를 防止할 수 있는 施設對策이 필요하다. 특히 地面이 振動할 경우에 위험이 있을 것으로 판단되는 것은 事前에 除去하는것이 바람직스럽다.

#### 4. 環境의 오염방지및 저감방안

洞窟의 環境은 주로 溫도와 濕度の 變化에 의하여 달리 變하게 된다. 더구나 지나친 氣溫上昇, 乾化現象등은 環境變化에 直結된다. 따라서 生態系에 變化를 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 前述한 바와같이 岩石바닥에 이끼類가 나타나는 것이며 白色公害란 堆積物 表面에 박리公害로 乾濕化 環境의 異常 습도에서 일어나는 現象이고 이밖에 黑色公害란 炭質黑鉛質 응액으로 코오팅되는 것을 가리킨다. 따라서 環境의 特色인 恒溫, 恒濕의 環境維持가 그대로 洞窟의 汗深을 防止하거나 低減시키는 結果를 나타내는 것이다.

이와같은 對策으로서 다음과 같은 方案을 제시할 수 있다.

(1) 洞窟內的 계속적인 變化없는 溫도와 濕度の 유지를 위하여 洞窟內 人工瀑布 撤水作業이 요구된다.

(2) 洞窟內的 諸般施設 즉 通路施設이나 附帶施設을 되도록 산화되기 쉬운 鐵製物을 사용하지 않고 부식되지 않는 物品資材를 사용한다.

(3) 洞窟內에 오염수거시설을 두어서 오물을 버리지 않도록 하여야 한다. 전지약 그리고 음식찌꺼기 등의 오물들이 굴내에 버려지게 되면 水質의 오염은 물론이고 나아가서는 등굴내 環境의 全般을 어지럽히게 마련이다.

(4) 오염공해의 除去處理는 하이클론 같은 藥物洗劑를 사용하거나 洞窟地下水의 물을 이용하는것이 바람직하다.

(5) 박리된 堆積物 表皮는 石灰質 粉末, 溶液과 시멘트등의 接着劑를 混合하여 이를 코오팅, 또는 附着시키는 것도 한 방안이다.

(6) 地下水系の 直接 또는 間接侵入을 막아 外部로부터의 水流 侵入때문에 洞窟內 湖水나 洞窟沿澤(연못) 洞窟類의 水質을 오염되지 않도록 하여야 하겠다.

(7) 되도록 洞窟內의 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의 계속적 유지는 물론 騒音振動 公害를 없애도록 하고 一定한 곳에 保護區域을 定해둔다.

(9) 氣流의 流動을 調整하여 風化, 乾化등의 異狀 變化가 나타나지 않게 攄 施設 設備한다.