

자연동굴의 보존·관리 방안 : 보존과학적 접근

김 수 진

서울대학교 지구환경과학부

1. 서 론

국내 관광개방 동굴들은 대부분 천연기념물로 지정되어 있어서 보존·관리 면에서 당국의 행정적 지도를 받고 있지만 자연적 환경변화와 인위적 요인 및 과학적 보존관리 지식의 결여로 인하여 흑색으로 크게 오염되고 있어서 천연기념물로서의 가치가 크게 저하되고 있을 뿐만 아니라 관광차원에서도 문제가 되고 있다.

동굴 등 천연기념물을 포함하여 석조문화재의 보존에 대한 소리가 높아지고 있으나 이들을 어떻게 보존·관리하는 것이 올바른 방법인지에 대하여 뚜렷한 견해와 방안이 제시되고 있지 않는 것이 우리의 현실이다. 그 동안 국내 자연동굴의 생성과 형태 및 그 중요성에 대하여 지질학, 생물학, 고고학 등 여러 분야에서 연구해 오고 있으나 불행하게도 동굴의 오염 원인과 그 방지 방안에 대한 연구는 별로 찾아 볼 수 없다. 석회동굴이 크게 오염되고 있다는 것은 이미 오래 전부터 알려져 있었으나 개방된 지 오래된 동굴들은 단시간 내에는 거의 복구불능의 정도로 오염되어 버렸으며 개방된 지 오래되지 않은 동굴도 오염되기 시작하고 있다.

국가지정 문화재로 등록되어 있는 천연기념물 동굴들을 이렇게 오염된 상태로 방치하고 있다는 것은 국가의 수치이며 천연기념물을 아끼는 사람들 중의 한 사람으로서 그리고 또 석조문화재 보존과학을 연구하고 있는 사람으로서

자존심상 허락하지 않아서, 본인이 석회동굴의 흑색오염 현상의 정체와 그 원인을 밝혀 이를 방지 제거하는 방안 뿐 아니라 이미 크게 오염된 석회동굴을 어떻게 복원·보존할 것인가에 대하여 연구하게 되었다. 이 연구를 중심으로 하여 우리나라의 자연동굴의 바람직한 보존·관리 방안에 대하여 견해를 피력하고자 한다.

2. 관광개방 동굴의 현황과 문제점

우리나라 관광개방 동굴들의 경영 현황을 살펴보면, 동굴 경영측이 수지타산에 열중한 나머지 관광객을 무제한 받아 들이고 있으며 이로 인하여 동굴이 크게 오염되고 있고 재정적으로 여유가 있음에도 불구하고 오염된 동굴의 복원·보존에 대한 투자가 없는 것이 현실이다. 또한 동굴환경시스템에 대한 이해가 대단히 부족하여 동굴 관람객의 증가로 인한 동굴환경변화에 대한 학술적 연구나 환경 모니터링의 필요성을 느끼지 못하고 있다. 또한 동굴 내부가 흑색으로 크게 오염되었음에도 불구하고 이에 대한 아무런 대책을 세우지 못하고 있으며 이는 동굴오염을 막아야겠다는 의지 부족과 함께 동굴 환경 보존에 대한 지식 결여로 손을 놓고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 학계의 지원을 요청하기도, 또 학계에서도 연구 노력을 하지 않고 있는 것이 현실이다.

동굴의 환경관리는 동굴의 생명이나 다름없는 과제이다. 그러나 동굴의 오염이 각종 동굴환경의 악화에 기인함에도 불구하고 동굴 오염의 원인에 대한 연구가 지금까지 거의 이루어지지 못하고 있으며 따라서 동굴환경의 이해에 바탕을 둔 동굴환경관리는 전무한 상태이다. 이러하다 보니 간혹 동굴 대기 유통시스템에 대한 잘못된 계획에 의하여 동굴환경이 악화되는 예도 있다.

동굴의 보존관리가 제대로 이루어지지 않을 경우 이를 지도, 자문할 수 있는 정부 또는 연구기관이 있어야 한다. 그러나 정부 산하기관에는 이와 같은 자문 담당 부서나 담당자가 없다. 따라서 행정적으로는 문화재청의 감독을 받게 되어 있으나 상황이 이러하다 보니 문화재청에서는 행정적 감독과 지시만 할 뿐, 기술적 측면에서의 감독기능은 미비하다. 올바른 동굴보존관리 문제를 자문해 줄 수 있는 전문연구기관과 인적자원이 없는 것이 현실이며, 학계에서도 동굴오염 방지 및 제거 방안에 대한 연구가 거의 없는 것이 우리나라의 현실이다.

3. 동굴을 오염으로부터 막을 수는 없는가?

위에서 설명한 바와 같이 우리나라 관광개방 동굴들은 여러가지 환경적 요인에 의하여 크게 오염되었으며 개발이 오래되지 않은 동굴도 오염되기 시작하고 있다. 그러면 동굴들을 오염되지 않은 아름다운 동굴로 보존하는 방법은 없는 것일까?

오염된 석회동굴의 경우 현상태를 그대로 유지관리만 한다고 한다면 그것은 올바른 보존대책이라고 할 수 없다. 동굴을 오염되지 않은 원래의 상태로 복원하여 보존하는 것이 올바른 보존대책이라고 할 수 있다. 석회동굴의 올바른 보존대책이란 어떻게 하는 것이 되어야겠는가를 찾아내기 위하여 흑색 오염물에 대하여 다음과 같은 공부와 연구를 단계적으로 실시하였다.

- (1) 흑색 오염물의 정체 연구
- (2) 흑색 오염물의 방지 방안 연구
- (3) 흑색 오염물의 제거 방안 연구
- (4) 흑색 오염물이 심한 동굴의 복원·보존 방안 연구

4. 동굴 흑색 오염물의 정체

동굴 흑색 오염물의 정체를 밝히기 위하여 각종 최신 연구기기를 사용하여 연구되었으며 그 결과 밝혀진 흑색 오염물의 오염원과 그 오염물의 종류는 다음과 같다.

(1) 동굴 서식생물

박쥐 배설물, 시아노 박테리아, 조류, 균류

(2) 대기 분진

토양기원 광물분진, 비회, 검댕, 섬유, 화분, 미생물

(3) 관람객이 직접 운반한 물질

섬유, 인간피부, 광물분진

(4) 관람시설 설치와 관련된 물질

금속구(철, 납), 산화철

(5) 암석기원 물질

산화망간 광물, 산화철 광물

(6) 지하수기원 물질

유기질 물질, 무기질 물질

(7) 램펜플로라

5. 흑색 오염물의 방지 방안

동굴 내부를 흑색으로 오염시키는 오염물들이 동굴 내로 유입되지 못하게 하거나, 또는 발생하지 못하도록 하는 것이 방지 방안이 될 것이다. 각 오염원의 방지방안에 대하여 검토하였다.

(1) 동굴 서식 생물에 의한 오염방지

CO₂ 조절, 조명 개선

(2) 대기 분진 유입 방지

대기 유입 차단

(3) 관람객이 직접 운반한 물질의 차단

통로 환경 개선, 관광객 청결(가운 착용, 신발 세척)

(4) 관람시설 설치시의 생성물질 방지

(5) 암석기원 물질의 방지

(6) 램펜플로라의 방지

저에너지 조명, 조명 등의 위치 조정, 칼슘 하이포 클로라이트 처리

6. 흑색 오염물 제거 방안

(1) 저압 물세척법

(2) 세제 및 솔 사용 세척법

(3) 증기 세척법

(4) 고압 물세척법

(5) 물세척-진공 청소법

(6) 기타 방법

7. 심하게 오염된 석회동굴의 복원·보존 방안

약하게 오염된 동굴의 경우에는 이를 더 이상 오염되지 않게 하기 위하여 정기적으로 고압물세척 등의 방법을 사용하면 효과가 있을 것이다. 그러나 우리나라 일부 동굴에서와 같이 심하게 흑색으로 오염되어 있는 경우에는 오염물의 두께가 너무 두껍기 때문에 이를 화학적 또는 물리적 방법으로 제거하게

되면 동굴생물 및 동굴 경관을 크게 훼손하는 결과를 초래하게 되게 때문에 이러한 방법을 사용할 수 없다.

심하게 오염된 석회동굴을 복원하기 위해서는 석회동굴 생성 시스템에 대한 이해를 통한 새로운 개념의 접근이 필요하다. 즉, 석회동굴은 지하수에 의한 석회암의 용해와 방해석의 침전이 계속되고 있는 살아있는 석조문화재라는 인식이 필요하다. 석회동굴의 생성과 관련된 각종 환경시스템이 활발하게 가동되도록 환경을 개선함으로써 계속 살아 숨쉬는 아름다운 새로운 동굴을 재생시킨다는 보존과학적 복원 대책을 세우는 것이 심하게 오염된 석회동굴을 복원하는 유일한 길이다. 이를 위해서는 보존과학적 관점에서 다음과 같은 종합적 환경관리와 연구가 필요하다.

- (1) 동굴지역 대기환경 모니터링
- (2) 동굴지역 지표 지형 관리
- (3) 동굴지역 지표 식생 관리
- (4) 동굴지역 지표 토양층 보호관리
- (5) 지하수 유동시스템 유지 관리
- (6) 동굴의 미기상 컨트롤
- (7) 오염물의 동굴유입 차단
- (8) 특수 조명등 사용
- (9) 동굴 표면 세척
- (10) 동굴환경 모니터링
- (11) 동굴관리 전문요원의 양성
- (12) 관람객에 대한 전문요원의 교육 및 안내

8. 동굴 환경 관리의 기본 방향

기존 개방동굴은 물론이고 새로 개방되는 동굴에 있어서 동굴환경의 올바른 관리는 동굴의 생명이라고 할 수 있다. 동굴을 오염되지 않을 뿐만 아니라 새로운 동굴 생성물들의 생성이 일어나고 있는 살아있는 아름다운 동굴로 유지하기 위해서는 다음과 같은 환경관리가 필수적이며 이 중의 하나라도 제대로 하지 않을 경우 동굴의 아름다움이 훼손된다.

- (1) 낙하 지하수 유입 유지
- (2) 동굴 습도 유지
- (3) 동굴 온도 유지
- (4) 동굴 대기 오염 방지
- (5) 인위적 통풍구조 개설 요주의

9. 결론 및 제언

동굴에 관한 연구는 크게 기초과학적 연구와 보존과학적 연구 및 관리학적 연구로 나눌 수 있다. 동굴의 생성환경, 동굴생성물의 형태와 생성 기작, 동굴 생물 등에 대한 연구는 동굴의 신비를 벗기고 동굴의 학술적 가치를 파악하는데 있어서 중요한 연구이다. 한편 보존과학적 연구는 동굴시스템에 대한 총체적 이해를 통하여 동굴의 오염원인을 밝혀 더 이상 오염되지 않도록 오염원을 제거하는 조치를 하는 연구이다. 물론 기초과학적 연구는 보존과학적 연구의 기초가 되는 말할 나위가 없다. 한편 관리학적 연구는 동굴의 보존과 밀접히 연관되어 있는 것으로서 보존과학적 연구결과에 근거하여 이루어져야 한다.

위에서 오염된 동굴의 오염물의 정체와 그리고 이들을 어떻게 제거하고 또 더 이상 오염되지 않게 하는 방안에 대하여 간단히 설명하였다. 그러나 이 내용은 오염되지 않은 아름다운 동굴을 그대로 보존하고, 또 오염된 동굴을 아름다운 동굴로 복원하기 위해서는 어떻게 해야 할 것인가에 대한 방향제시일 뿐 대책의 끝은 아니다. 지금부터 위에 제시한 방안에 대하여 구체적으로 연구하면 우리나라의 흑색오염 석회동굴도 언젠가는 오염되지 않는 살아있는 아름다운 동굴로 복원될 수 있을 것이다. 이렇게 하는 것이 오늘을 살아가는 우리들의 사명이 아니겠는가?