

개방동굴의 환경오염 사례연구

신 동 원* · 정 규 환** · 조 용 호**

A Case Study on the Environmental Pollution in Caves

Dong-Won, Shin · Kyu-Whan, Jung · Yong-Ho, Cho

Abstract : A cave starts to be destructed and damaged as soon as it's open to the public. Due to many convenience facilities for tour visitors, it's gradually polluted. For example, lamplight causes green and black mold while temperature rise caused by many tourists and lamplight brings vating and exfoliation. In addition, visitors'reckless behavior have caused water pollution and destructed cave creatures' habitat.

국문요약 : 동굴은 주요 관광자원으로 각광을 받으면서 개발되고, 일반인에게 개방되기에 이르렀다. 이러한 동굴들은 개방과 더불어 갖가지 환경오염 사례가 지적되고 있다. 본 연구는 이러한 동굴의 환경오염 사례를 밝히는데 목적을 두었으며, 그 결과는 다음과 같다. 동굴은 개발과 동시에 통로 개설에 따른 파손이 많이 이루어지고 있으며, 관람을 위한 각종 시설물에 의해 점차 오염되고 있다. 조명등과 같은 시설물은 빛을 제공해 줌으로써 녹색곰팡이와 흑색 곰팡이를 조성시키며, 관광객의 출입과 조명시설에 의한 동굴내부의 온도 상승은 건화현상과 박리 현상을 초래한다. 또한 관광객의 무질서한 행위에 의해 동굴내의 수질은 오염되고 동굴생물들의 설자리가 좁아지고 있는 실정이다.

주요어 : 동굴의 환경오염, 지형지물의 파손, 녹색곰팡이, 흑색곰팡이, 건화현상, 박리현상, 수질오염.

1. 서론

동굴은 하나의 관광자원으로서 그 가치를 충분히 평가 받고 있으며, 이러한 동굴자원은 동굴의 신비성과 특수성 등의 관광요소와 결합되어 많은 관광객을 유치하고 있다. 더욱이 동굴 관광지를 찾는 관광객이 지속적으로 증가하고 있는 실정이며, 단양군, 영월군, 삼척시 등에서는 이러한 동굴관광자원의 가치를 높게 평가함과 동시에 지역경제에 도움을 주며 관광의 활력을 불러일으키는 요소로 인식하고 있다.

이와 같이 동굴자원은 그 지역의 주요 관광자원으로서 그 자원의 중요성이 높아지고는 있으나, 한계성을 가진 동굴은 시간의 경과함에 따

라 점차 환경피해사례가 늘어나고 있다. 따라서 최근 외국에서는 환경적 측면에서 동굴에 관한 논문이 적극적으로 발표 되고 있다. 환경피해의 사례연구를 비롯하여, 환경피해를 줄일 수 있는 방법의 모색 등 이 동굴자원의 관광자원의 효과를 지속할 수 있는 방법이 모색되고 있다.

현재 우리나라에는 15개의 동굴이 개방되고 있고, 이러한 동굴에 대한 학술조사가 진행되고는 있으나, 아직까지 피해사례 및 피해 현상을 파악하거나 미래의 동굴환경의 변화에 대한 연구나 대책이 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 고수동굴을 사례로 환경오염 실태를 파악하고자 한다.

동굴의 환경이라고 한다면 동굴의 기온, 수

* 건국대학교 대학원 석사과정

** 건국대학교 지리학과 4학년

온, 습도, pH, 조도뿐만 아니라 동굴 내부의 구조와 중유석, 석순, 석주, 립스톤과 같은 동굴지형, 그리고 동굴내부의 생물들이 모두 포함된다. 이러한 동굴 환경이 오염 된다는 것은 앞에서 말한 동굴의 기온, 수온 등의 조건들이 변하고 내부의 지형지물이 파손 된다는 것을 의미한다.

오염되기 전의 동굴의 환경 즉 동굴의 가장 큰 특징은, 빛이 없어 항상 어둡다는 점이다. 또, 동굴 입구 부근을 제외하고는 내부와 외부의 공기 순환이 잘 일어나지 않는다. 따라서 항상 동굴내부는 연중 일정하게 서늘한 기온, 높은 습도가 유지된다.

이렇게 항상 일정하게 유지되는 동굴의 환경이 변하게 되는 것은 관광지로 일반인들에게 개방하기 위해 동굴을 개발하기 때문이다. 아름다운 천연자원인 동굴을 관광지로 개발하기 시작하면서 동굴의 환경오염은 시작된다고 할 수 있다.

2. 동굴개방과 통로 개설에

관련된 환경파괴 사례

개발로 인한 환경오염으로는 가장 먼저 관광객을 위한 동굴의 통로개설을 생각 할 수 있다. 통로를 개설하면서 동굴 내부의 지형지물의 훼손이 일어나게 된다. 천연 상태의 동굴은 구조가 매우 복잡해서 관광객이 안전하게 내부를 둘러볼 수 있도록, 또는 동굴을 관람하는 관광객의 안전성을 확보하기위하여 통로나 계단을 설치 가 필수적이라고 하겠다.

하지만 관람객의 이동을 위한 통로와 계단을 설치하는 과정에서 어쩔 수 없이 주변 지형지물을 많이 훼손시키게 된다. 주로 통로 바닥의 지

형지물 즉 석순과 동굴산호와 같이 동굴의 바닥이나 낮은 벽면에 형성되는 지형지물은 많은 피해를 입게 된다. 또한 통로에 가까운 지형지물들은, 개방 이후 관람객들이 지형지물을 직접 접촉함에 따라 대부분 표면색이 검게 변화(오손)되어 있다.



사진 1. 동굴내부 이동통로

3. 기온분포와 관련된

환경오염 사례

동굴 내부구조 상에서 수직과 수평 동굴의 복합적인 구조를 가진 고수 동굴에서는 2층 지역과 출구지역 등에서 상대적으로 높은 기온 분포를 나타낸다. 이는 여러 가지 요인에 의해 온도가 높아진 공기는 입구(고도가 낮음)에서 출구(고도가 높음)로 이동하거나 2층 지구나 출구 지역으로 이동하게 되기 때문이다. 고수 동굴의

경우 출구 부분이 동굴 내에서 가장 높은 지역이므로 대체적으로 가장 높은 기온분포를 보이고 있다.

기온분포는 국지적으로도 매우 다른 차이를 보이는데 지형지물과 조명등의 위치가 가깝거나, 조명이 여러개 밀집되어 있거나 너무 밝은 조도를 나타내는 조명등 주변지역에서도 온도가 높게 나타남을 알 수 있다.

이러한 동굴내부의 온도 상승에 직접적인 영향을 주는 요인으로는 관광객, 조명등을 들 수 있다. 관광객이 출입하면, 체온과 입김으로 인한 기온상승 현상이 두드러진다. 관광객은 이동에 따라 인체에서 내뿜는 열기를 발산하며, 이는 동굴내부의 온도 상승의 주요 원인이 된다. 실제적으로 관광객의 출입 인원이 많을 때와 그렇지 않을 때의 같은 지역에서도 온도는 1-2도 차이가 나타난다.



사진 2. 고수동굴 내의 녹색곰팡이



사진 3. 고수동굴 내의 흑색곰팡이(커터튼종류, 만물상)

한편 어두웠던 동굴의 내부를 관광객들이 안전하게 이동하기 위한 통로의 조명과 관광객이 지형지물을 잘 볼 수 있도록 지형지물을 비추는 서치라이트형 조명시설의 설치가 필수적인데, 그것 역시 동굴 내부의 기온분포에 막대한 영향을 준다. 조명등 차체는 높은 열기를 발산하고 있기 때문이다.

4. 동굴 내의 수질오염에

관련된 환경오염 사례

동굴의 통로와, 계단은 모두 철계 구조물로 이루어져 있기 때문에 이러한 구조물들은 동굴 내부의 높은 습도로 인해서 쉽게 산화되어 동굴 내부에 있는 물의 PH에도 영향을 끼치게 된다. 특히 물속에 지지대를 가진 통로부근에서는 그

산화정도가 더욱 심하여 낮은 PH를 나타낸다.

또 다른 원인은 동굴을 방문하는 관광객이라고 할 수 있다. 동굴에 출입하는 관광객이 동굴 환경오염에 큰 역할을 하고 있다. 동굴내부를 둘러보면 물속에 들어있던 수많은 동전들을 발견할 수 있으며, 동전들 말고도 생수병과 같은 쓰레기, 음식물 찌꺼기 등이 떠있는 것을 볼 수 있다. 관광객들의 이러한 부주의함으로 인해 동굴 내부 수질이 오염된다고 할 수 있다.



사진 4. 부식된 구조물



사진 5. 쓰레기 방치

4. 결론

이와 같이 동굴이 개방되고 관광객이 출입되면서 동굴내부의 환경변화는 어쩌면 필연적이라고도 할 수 있다. 지형지물의 손상 및 변화, 건화 박리 현상, 녹색곰팡이와 흑색 곰팡이의

확대, 수질환경의 변화에 따른 동굴 생물의 감소 등 많은 환경문제를 가지고 있다.

본 연구는 동굴내의 환경오염 사례를 고찰하는 것에 두었는데 결과는 관광객출입을 위한 통로 개설에 따른 지형지물의 파손 및 회손, 조명 등에 의한 온도와 빛의 제공으로 인한 녹색곰팡이의 형성, 빛의 차단으로 인한 흑색곰팡이의 번질, 온도 상승과 같은 변화에 따른 건화현상과 박리 현상, 관광객의 부주의로 나타나는 쓰레기, 동전 문제에 의한 수질변화 등이 고찰되었다.

동굴환경에 영향을 끼치는 여러 요인들을 통로개설, 온도와 PH, 관광객, 이들 세가지 원인이 각각 따로 영향을 끼치는 것이 아니라, 복합적으로 상호작용을 통해 동굴 내부 환경에 영향을 끼치게 된다는 사실을 알 수 있다.

이렇게 계속 동굴 내부의 수질이 오염되고 기온, 습도 등이 변하게 되면 동굴 내부 환경이 식생물, 지형지물의 환경에도 큰 영향을 준다. 동굴내부에는 많은 종류의 동굴 생물들이 있는데, 이런 오염으로 인해 이 생물들이 설 자리를 잃어 가게 된다.

동굴 생물에도 문제가 되지만 관광지로서의 천연의 아름다움을 잃어간다면 그 매력도가 낮아질 뿐만 아니라, 동굴의 안정성에도 문제가 있겠다. 이에 대한 적절한 동굴 환경 보호적 관심과 노력이 필요하다.

참고문헌

경만호·변태근·임병기, 1993, 노동굴의 환경변화와 보전에 관한 연구, 한국동굴학회지, 36, 72-126.
 단양군, 2000, 온달동굴내의 일부지구 환경과 개보수 타당성조사 연구보고서.
 동해시, 1996, 동해시 천곡동굴의 환경보존 및 안전진단 연구보고서.

- 신중성, 1978, “우리나라 관광개발과 자연보전에 관한 연구,” 한국동굴학회지, 3, 12-21.
- 유신, 1995, 고수동굴의 환경 및 안전진단조사 연구보고서.
- 정선균, 1995, 정선 화암동굴의 환경보전 및 안전진단 학술조사 연구보고서.
- 천동동굴, 1990, 천동동굴 환경 및 안전진단조사 연구보고서.
- 천동동굴, 1990, 천동동굴 환경실태조사 연구보고서.
- 홍현철 · 김병우, 1990, 노동굴의 환경실태에 관한 연구, 동굴, 22, 73-106.
- 홍현철 · 유영준 · 홍충렬, 1996, 관광개발에 따른 고수동굴의 환경변화, 동굴, 44, 49-67.