

천곡동굴 개발에 따른 환경보전

The Environmental Conservation according to the Development of Cheongok - cave

유영준* · 이영화**

국문초록

동굴은 미지의 세계이고, 암흑의 신비로운 지하세계이기 때문에 우리 인간에게는 매우 흥미로운 공간이라고 할 수 있다. 그러므로 이러한 공간을 관광자원으로 활용하여 지역주민이 소득을 올리고, 청소년에게 탐험의 세계, 모험의 세계는 물론 자연학습의 현장으로 활용할 수 있게 하는 바람직한 경우도 있다.

그러나 이러한 경우 동굴이 개발되면 전자와 같은 긍정적인 면이 있는 반면에 동굴의 파괴, 오손 및 오염과 같은 악영향을 가져오게 되므로 동굴을 개발할 당시부터 악영향을 최소화하기 위해서는 환경보전과 환경보호에 커다란 관심을 가져야 한다.

따라서 본 연구에서는 이제 동굴 개장이 2개월밖에 되지 않은 천곡동굴이 관광지로 개방됨으로써 나타나게 될 환경변화를 미리 살펴보고 그에 대한 대책을 마련하려고 하였다. 그 결과는 다음과 같다:

첫째, 천곡동굴의 경우 동굴 공간이 넓고 관광통로가 왕복통로로 되어 있어 체동인구가 2배가 되므로 많은 관광객의 출입시 동굴 내부의 기온이 상승하기 때문에 동시에 관람할 수 있는 적정 관람객 수를 조절해야 한다.

둘째, 천곡동굴은 개장 시일이 오래 경과하지 않았기 때문에 퇴적물의 파손이 전무하다고 할 수 있다. 따라서 이 상태를 계속 유지하기 위해서 동굴 내부에 관리인을 상주시킨다거나, 입동객의 소지품을 보관할 수 있는 장소를 마련하여 동굴퇴적물을 훼손할 수 있는 물건의 반입을 애초에 방지하는 방안도 필요하다고 본다.

마지막으로, 동굴 개발 당시 조명을 너무 가깝게 설치한 때문에 개방 후 얼마 되지 않았음에도 불구하고 몇 군데에서 녹색균류가 관측되고 있으므로 조명시설의 원거리 조정이나 간접조명 대책을 강구해야 한다.

* 건국대학교 강사

** 건국대학교 대학원 박사과정

1. 서론

동굴은 미지의 세계이고, 암흑의 신비로운 지하세계이기 때문에 우리 인간에게는 매우 흥미로운 공간이라고 할 수 있다. 그러므로 이러한 공간을 관광자원으로 활용하여 지역주민이 소득을 올리고, 청소년에게 탐험의 세계, 모험의 세계는 물론 자연학습의 현장으로 활용할 수 있게 하는 바람직한 경우도 있다.

그러나 이러한 경우 동굴이 개발되면 전자와 같은 긍정적인 면이 있는 반면에 동굴의 파괴, 오손 및 오염과 같은 악영향을 가져오게 되므로 동굴을 개발할 당시부터 악영향을 최소화하기 위해서는 환경보전과 환경보호에 커다란 관심을 가져야 한다. 관람객의 과다, 동굴시설물의 과잉시설, 그리고 밝은 조명등에 의하여 동굴의 환경은 변화하고 나아가서는 오염과 파괴를 가져오게 되므로, 이에 대한 적절한 대책이 요구되는 실정이다.

본 연구의 대상지인 천곡동굴의 경우에는 발굴된지 아직 시일이 많이 경과되지 아니하였으므로 천연동굴의 환경을 그대로 보존하고 있다고 하겠다. 다만 다른 천연동굴에 비해 동굴수류에 의한 동굴지형지물들이 죽탕물 등의 감탕흑색으로 코오팅되고 있음을 특히 많이 볼 수 있다. 따라서 화려한 지하궁전의 모습과 경관을 보기 힘들다고 하겠으나 그런 대로 붉은 색의 지하궁전의 동굴 모습을 볼 수 있다.

앞으로 공개될 관광동굴이기에 외부공기의 유입, 많은 관람객의 출입과 기타 지나친 조명시설에 의한 녹색공해와 흑색공해, 그 밖에도 출입객들과 이들 및 관광지 개발에 의해 시설물이 오손·오탁되는 환경파괴 때문에 반드시 동굴의 생태환경은 변화될 것이 예측된다.

그 동안의 동굴에 관한 연구들은 동굴의 자연지리적 특성(정창희 외, 1994; 홍시환, 1993a, b; 정창희, 1993; 서무송, 1975; 임덕순,

1975)이나 동굴환경(홍시환·홍충렬, 1995; 홍시환外, 1994; 경만호外, 1993; 변대준, 1993; 홍충렬, 1993; 남궁준·김승태, 1992; 변대준, 1992; 홍시환, 1991; 홍시환外, 1990; 홍현철·김병우, 1990) 및 그에 따른 개발논리를 연구(권동희·홍충렬, 1995; 홍충렬·변대준, 1995; 홍시환·변대준, 1994; 홍충렬, 1994; 홍시환, 1992, 1990; 홍철화, 1989)하거나 동굴 내부에 미친 생태변화에 국한된 연구(김추윤, 1993; 남궁준, 1993; 김병우, 1991; 이호준, 1991)가 대부분이었다. 따라서 본 연구는 가장 최근인 1996년 5월에 개장된 강원도 동해시 천곡동에 소재한 천곡동굴이 관광지로서 개발됨으로써 앞으로 나타나게 될 환경 변화를 살펴보고 이에 대한 대책을 수립하는데 연구목적이 있다.

2. 천곡동굴의 학술적 가치

천곡동굴의 지표면 지대에는 뚜렷한 돌리네, 우발라 지형이 산재하고 있다. 천곡동굴은 그 구조상 완만한 경사로 이루어진 수평동굴이다. 지형지물은 주로 주굴을 따라 형성되어 있고 지형지물의 분포 특성과 연속성 등을 도려하여 편의상 4개 지구로 구분하였다. 따라서 동굴 입구에서 막장부에 이르는 순서로 A, B, C, D 지구로 구분한다(그림 1 참조).

천곡동굴의 내부 경관은 홍점토에 의해 코오팅된 붉은 빛의 흙색을 이루고 있는 것이 특색이다. 천곡동굴의 내부에는 곳곳에 천정에서 점적되어 성장한 석순과 동굴바닥에 넓게 깔려 성장하고 있는 석순을 보게 되는데, 이는 천정으로부터의 투수점적 현상이 활발하기 때문에 나타나는 현상이다.

천곡동굴은 상층지면에는 동굴퇴적물이 많이 발달 분포되어 있고, 동굴바닥 부근의 상층지면에서는 지하수류에 의한 침식지형이 잘 나타나고 있는 것이 특징이다. 따라서 천곡동굴은 보다 면밀한 학술조

사로 기념물 지정을 받을 수 있는 동굴로 사료된다.

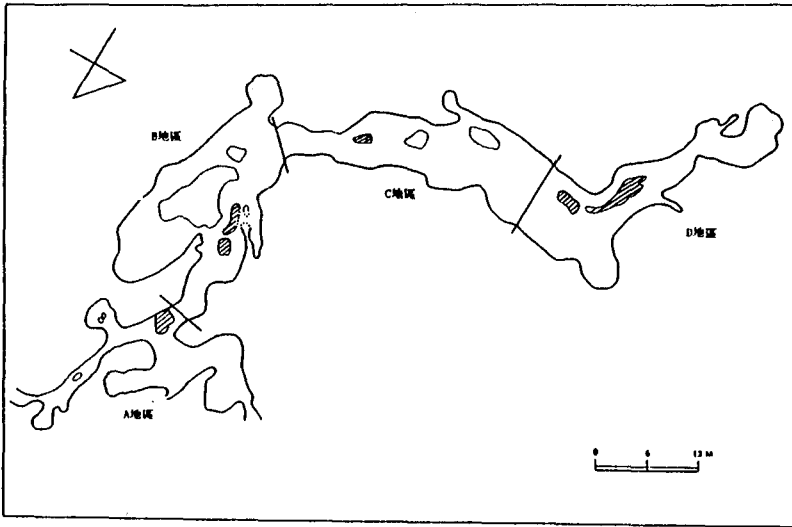


그림 1 동굴 내부의 지구 구분도

3. 동굴환경보전의 필요성

동굴의 환경은 지표의 다른 지역과는 다른 특수한 환경이기 때문에 이로 인해 동굴생물이 특이하게 존재하며 이에 적합한 동굴 생태계가 유지되고 있는 것이다. 지표의 경우 공간변화를 일으키는 풍화작용은 거의 나타나고 있지 않지만 동굴내부의 경우에는 지하수류에 의해서 밀폐되고 한정된 공간이 변화하는 특수한 환경을 가지고 있는 것이다.

즉, 동굴의 온도와 습도는 연중 거의 일정한 것이 특징이다. 동굴의 대기는 그 기류의 움직임이 매우 느리기 때문에 입구 부근에서는 대기의 온도와 동벽의 온도차가 많이 나지만, 입구에서 멀어질수록 기온 차는 비슷하게 나타난다. 따라서 동굴 속 깊은 곳의 기온은 석회암의 온도와 관계되고 있다고 볼 수 있다.

자연환경의 보전이란 현재 잔존하고 있는 자연환경을 앞으로 발생

할지 모르는 오염과 파괴에서 보호할 뿐만 아니라 이미 훼손된 것이라도 과거의 원형에 가장 근접한 상태로 복원시키는 노력까지도 포함하고 있는 것이다.

다시 말해서 경제개발이나 산업활동에 의하여 자연환경에 점차 파괴 또는 오염되어가고 있음이 사실이며, 지역에 따라 정도의 차이만 있을 뿐이다. 급속적인 산업화와 정보화사회 속에서 자연이 오염 또는 파괴되어 가는 것이 현실이라고 하더라도 보다 나은 인간생활을 위하여 지역개발을 기피할 수는 없는 것이다. 다만 철저한 사전준비와 최소한의 시설, 지속적인 보호대책을 통하여 얼마든지 환경을 보호하고 보존할 수 있는 것이다.

4. 동굴환경의 파괴

오늘날 고도로 발달된 산업화와 정보화사회 속에서 우리 인간들은 자신들의 여가활용을 자연 속에서 보내려고 하는 경향이 많이 나타나고 있다. 이들 중에는 자연관찰학습의 현장인 동굴을 찾는 탐사객이 날로 늘어가고 있다. 따라서 관람객이 많을수록 동굴환경의 파괴에 많은 신경을 써야 한다. 이로 인하여 이미 공개되고 있는 모든 관광동굴은 한결같이 환경파괴에 신경을 곤두세우고 있는 실정이다.

동굴은 항상 어둡고, 항온·항습의 특수한 환경을 오랜 세월을 거쳐 지녀왔으므로 이에 적응된 지형지물이나 지하수, 생물들이 동굴의 개발로 인해 파괴되어 멸종되는 위험에 처하게 된다. 예를 들어, 석회동굴의 경우 동굴에 존재하는 기암괴석을 학술적인 연구자료나 표본으로서가 아니라 장식품과 기호품으로 반출하는 경우도 많은 것을 우리는 알고 있다.

동굴의 경우 동굴 속의 이차생성물들은 동굴 상층부의 암층구조와 성분, 침하수의 침투량, 수질성분, 침투상태, 지층의 배열과 동굴 내부의 온도, 습도, 기류 등 수많은 물리·화학적 작용에 의하여 생성

되는 것이므로 동굴을 하나의 자연학습의 현장으로만 이해하여서는 안되고 오랜 세월을 거쳐 형성된 지구과학의 학습장으로서 그 가치가 매우 소중하다는 것을 인식하여야 한다. 그러므로 함부로 훼손해서는 안되며, 부득이한 개발의 경우에도 원래의 환경을 유지할 수 있도록 대책을 강구해야 한다.

5. 동굴 내부의 환경 파괴

동굴이 관광자원으로 개발되어 개방하게 되면 그림 1에서 보는 바와 같이 관람객의 출입에 의한 대기환경의 변화와 동굴퇴적물의 오손 및 동굴 내부 생태환경의 변화가 나타나게 된다. 이런 현상들은 동굴 내부의 환경을 파괴하는 결과를 초래하기 때문에, 이런 현상들이 나타나게 되는 요인과 이에 대한 대책을 살펴보도록 한다.

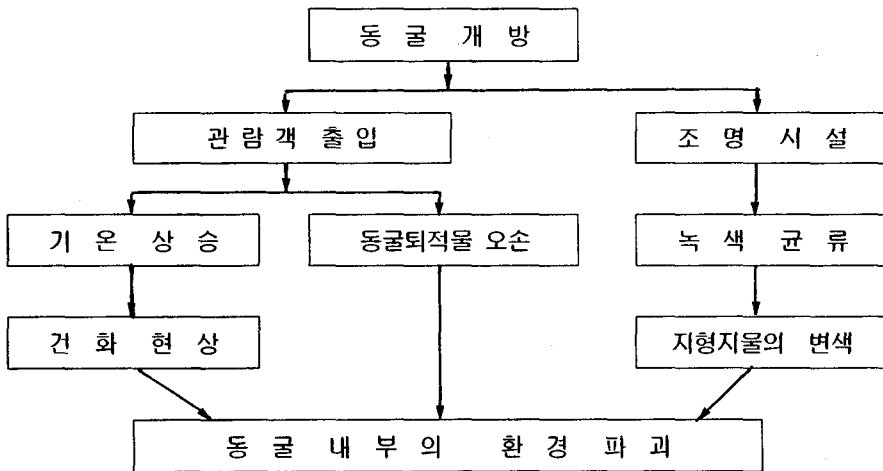


그림 2 동굴 내부의 환경 파괴

1) 대기환경의 변화

대기오염의 원인은 일차적인 것과 이차적인 것이 있는데, 일차적인 것은 인간이 내뿜는 이산화탄소와 동굴 속에서 자연적으로 발생하는 아류산 가스와 같이 일차적으로 방출되는 것을 말하며, 이차적인 것

은 이들의 복잡한 성분들이 서로 화학작용을 일으켜 공해물질들을 방출하는 것을 의미한다.

이와 같은 대기환경의 변화, 즉 대기오염은 동굴의 기류와 매우 밀접한 관계를 갖고 있는데, 예를 들면 동굴 속의 기류의 이동은 매우 느린 편인데 소규모의 동굴 속에 동시에 많은 관광객이 入洞하면 동굴 내부의 대기가 신선대사가 이루어지지 못하여 관광객들이 가벼운 두통이나 현기증을 느끼는 경우도 생기는 것과 같은 것이다.

천곡동굴의 경우는 동굴공간이 넓고, 또한 이 동굴은 관광통로가 왕복통로로 되어 있어 많은 관광객이 동시에 출입할 경우 滯洞 인구가 2배가 되므로 동굴 내의 기온이 상승될 것으로 예상된다. 이로 인해 앞에서 지적한 문제가 발생할 가능성이 있으므로 동시에 관람할 수 있는 적정 관람객 수를 조절할 필요가 있다.

동굴의 대기는 외부의 영향을 다소 받게 되는데 지표의 대기는 주야의 기온 차이에 의하여 주기적으로 변한다. 주간은 태양열에 의하여 기온은 높아지고 밀도와 기압은 낮아져서 상대적으로 기압이 높은 동굴 안으로 기류의 이동이 일어나고, 야간에는 반대로 지표의 공기는 냉각되어 기온은 내려가고 밀도와 기압이 높아지므로 상대적으로 기압이 낮은 동굴에서 입구 쪽으로 기류가 이동하는 것이다. 이와 같은 현상은 모든 동굴에서 일어나고 있는데, 천곡동굴의 경우도 마찬가지로 주간에는 외부에서 동굴로 기류의 이동이 일어나고 야간에는 반대로 동굴 내에서 외부로의 기류의 이동이 일어나고 있다.

그리고 동굴의 내부는 습도가 높고 일정하게 나타나는데 동굴 입구 주변에서는 그 변화가 심하나 내부로 들어갈수록 습도가 일정하게 나타난다. 특히 기온이 낮으면 습도는 상승하고, 기온이 높으면 습도가 하강한다. 이것은 습도가 기온의 영향을 많이 받기 때문이다. 그러나 사실상 천곡동굴의 경우는 앞에서 설명한 바와 같이 동굴의

광장부분이 넓고 동굴의 입구 또한 넓기 때문에 외부 대기의 영향을 광장 부근까지 받고 있다고 하겠다. 이 때문에 습도에도 큰 영향을 주고 있어 개발된 최근에 동굴 내부가 건화현상을 나타내고 있음을 보게 된다.

2) 동굴퇴적물의 오손

동굴은 개발되면 그 안에 존재하는 이차 생성물들이 오손·오염되어 가는데, 이것은 입동객, 동굴내 시설작업의 영향을 받는다.

여기서 동굴내 석순·종유석 등과 같은 이차 생성물이 파괴되어 가는 오손 요인들을 살펴보면 다음과 같다.

이차생성물은 첫째 자연적인 중력이나 그 밖에 지체 하중, 낙반현상 등에 의하여 파손되고, 둘째 동굴이 개발되기 이전에 지역주민이나 수집가들에 의하여 인위적인 파괴가 있으며, 셋째 동굴을 개발하면서 통로나 시설을 설비할 때 파괴되고, 넷째 관광동굴로 개발된 이후 관리미비로 인하여 관광객들에 의해 파손될 수가 있다.

한편 천곡동굴은 개발이 된지 시일이 오래 경과하지 않아 네 번째에 의한 퇴적물의 파손은 전무하다고 본다. 그러나 이런 퇴적물 오손을 방지하기 위해서 동굴생성물은 오랜 시일에 걸쳐 생성된 것으로 한 번 오손되면 복구가 매우 어렵다는 것을 설명하는 안내판을 설치하고, 동굴 내에 관리인을 교대로 상주하게 하는 방안도 모색되어야 한다. 또한 입동객의 소지품을 보관할 수 있는 장소를 마련하여 동굴퇴적물을 훼손시킬 수 있는 물건들을 동굴 내로 반입하는 것을 방지해야 한다.

3) 동굴의 생태변화

미공개동굴의 경우에는 동굴생태계에 가장 큰 영향을 주는 것은 일반적으로 영양분과 습도이다. 그리고 개방된 동굴의 경우에는 습도와 조명의 밝기, 기온, 영양분 등을 중요한 생태변화인자로 볼 수

있다.

동굴의 생태환경조건 중 습도의 유지는 매우 중요한데 미공개동굴의 경우 습도가 70% 내외로 항습을 유지한다. 그러나 동굴이 개방되면 조명등에서 발생하는 열, 관광객의 호흡과 같은 인위적인 영향에 의하여 동굴의 습도에 변화가 나타난다.

그리고 공개동굴에서 생태계에 중요한 영향을 미치는 것은 조명의 밝기와 각도 등인데, 특히 조명이 특정 부분을 집중적으로 지속 조명하게 되면 그 부분에서는 열과 밝기, 적당한 온도, 습도로 인해 녹색균류가 발생하게 된다. 이 균류가 계속 성장하게 되면 하등식물로 되어 동굴생태계에 큰 영향을 주게 되는데, 이러한 현상을 ‘녹색공해’라 한다.

천곡동굴은 개방한지 2개월밖에 되지 않았지만 조명이 너무 가깝게 설치하고 있어 몇 군데에서는 벌써 미세한 균류가 나타나고 있는 것을 볼 수 있어 이에 대한 대책이 필요하다고 본다.

또한 동굴생물들은 동굴 입구와 입구에서 다소 떨어진 곳까지 서식한다. 물론 진동굴성은 동굴에만 서식하기 때문에 다른 동굴생물에 비하여 다소 깊은 곳에서 서식하는데, 천곡동굴에서는 이런 진동굴생물은 발견하지 못했다. 이는 동굴이 개발되면 조명과 시설, 관광객에 의하여 동굴생물들은 변형된 동굴환경에 적응하지 못하여 멸종되거나 보다 안정된 환경을 찾아 동굴 깊숙한 내부로 들어갔기 때문으로 판단된다.

6. 결론

자연환경의 보전이란 현재 잔존하고 있는 자연환경을 앞으로 발생할지 모르는 오염과 파괴로부터 보호할 뿐만 아니라 이미 훼손된 것이라도 과거의 원형에 가장 근접한 상태로 복원시키는 노력까지도 포함한다. 즉 급속한 산업화 정보화사회 속에서도 자연이 오염 또는

파괴되어 가는 것이 현실이라 하더라도 철저한 사전준비와 최소한의 시설, 지속적인 보호대책을 통해 얼마든지 환경을 보호하고 보전할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 이제 동굴 개장이 2개월밖에 되지 않은 천곡동굴이 관광지로 개방됨으로써 나타나게 될 환경변화를 미리 살펴보고 그에 대한 대책을 마련하려고 하였다. 그 결과는 다음과 같다:

첫째, 천곡동굴의 경우 동굴 공간이 넓고 관광통로가 왕복통로로 되어 있어 체동인구가 2배가 되므로 많은 관광객의 출입시 동굴 내부의 기온이 상승하기 때문에 동시에 관람할 수 있는 적정 관람객 수를 조절해야 한다.

둘째, 천곡동굴은 개장 시일이 오래 경과하지 않았기 때문에 퇴적물의 파손이 전무하다고 할 수 있다. 따라서 이 상태를 계속 유지하기 위해서 동굴 내부에 관리인을 상주시킨다거나, 입동객의 소지품을 보관할 수 있는 장소를 마련하여 동굴퇴적물을 훼손할 수 있는 물건의 반입을 애초에 방지하는 방안도 필요하다고 본다.

마지막으로, 동굴 개발 당시 조명을 너무 가깝게 설치한 때문에 개방 후 얼마 되지 않았음에도 불구하고 몇 군데에서 녹색균류가 관측되고 있으므로 조명시설의 원거리 조정이나 간접조명 대책을 강구해야 한다.

참고문헌

강원도 동해시, 1996, “동해시 천곡동굴의 환경보존 및 안전진단 연구보고서”.

김병문, 1995, 관광지리학, 서울 : 형설출판사.

김병우, 1996, “천곡동굴의 생태계 조사 보고,” 「동굴」 제 44권 제 45호,

- pp. 13~28.
- 김병우, 1991, “천곡동굴의 식물상 소고,” 「동굴」 제 27권 제 28호, pp. 40~50.
- 정창희, 1991, “천곡동굴 부근의 지질 개관,” 「동굴」 제 27권 제 28호, pp. 13~26.
- 홍시환, 1993, “고수동굴의 이차 생성물에 관한 지형학적 분석,” 「동굴」 제 32권 제 33호, pp. 13~43.
- 홍시환, 1990, 한국동굴대관, 서울 : 삼주출판사.
- 홍현철, 1996, “천곡동굴의 성인과 형성과정 연구,” 「동굴」 제 44권 제 45호, pp. 65~71.
- 홍현철, 1991, “천곡동굴의 동굴퇴적물 조사·보고,” 「동굴」 제 27권 제 28호, pp. 27~39.