

1999년도

동굴의 환경보전 세미나

(발표요지문)

기간 : 1999. 6. 11(목)~14일(일)

장소 : 강원도 삼척시 환선굴

사단법인 한국과학기술단체총연합회
한 국 동 굴 학 회

동굴 환경보전 세미나를 개최하면서

학회장 홍 철 화

우리 나라의 동굴학회가 발족된 지 벌써 26년의 세월이 흘러갔습니다.

물론 그 이전에도 동굴에 대한 사회의 관심은 많았습니다. 즉, 한국동굴보존협회가 바로 우리 나라 동굴 단체의 첫 출발 모임이었고, 대학가에서는 동국대학교에서 동굴 탐험대가 제일 먼저 활동하였던 것입니다. 그리고 이 보다 앞서 경북대학교에서도 울진 성류굴의 탐사를 실시하기도 하였습니다.

우리 한국동굴학회는 창설 때 경희대학교 부총장이셨던 박노식 박사님을 모시고 건국대학교의 홍시환 박사, 임문순 교수, 서무송 교수 등의 동굴 삼총사가 1970년부터 학술적인 조사에 주력한 학회 활동이 건국대학교를 거점으로 시작되었던 것입니다.

실제로 동굴은 탐험도 하여야 하고 그리고 학술적인 조사도 하여야 하고 또한 이들 동굴들의 개발과 이용에도 중요한 대상이 되는 지형임은 그 누구도 알고 있는 사실입니다.

우리 학회는 이와 같은 학회의 설립 취지와 활동 목적으로 각 분야에 걸친 학자, 탐험가, 그리고 사업가 등을 상대로 한 학회 조직을 이루고 있고 뒤이어 동굴이란 특수한 생태환경을 길러 보존하기 위한 기술자 분야들까지 규합한 종합적인 과학단체로 탈바꿈한 것입니다.

1973년 3월에 비로소 과학기술처 산하의 사단법인 한국과학기술단체의 산하단체로 입회가 허락되어 오늘날까지 26년간에 걸쳐 회원단체 중에서는 우수한 단체의 하나로 인정받게 된 것입니다.

현재까지 26년 동안에 우리 학회는 57호의 국문판 학회지 「동굴」 책자와 영문판 학회지 9호를 발간하였으며, 총 23회에 달하는 동굴 관계자 대동의 해

외연수, 그리고 한일 합동 동굴 조사 8회, 아시아 동굴대회 10회, 세계동굴심포지움(삼척)의 1회에 달하는 동굴의 국제 문화 교류에 이바지해 왔음은 모두 우리 학회 회원 여러분들의 적극적인 협력과 문화재 관리국을 비롯한 정부관계기관, 그리고 한국과총 연합회의 지도 편달에 의한 성과라고 하겠습니다.

그밖에도 균일적인 방침 밑에 새로운 동굴 개발계획 수립과 공개동굴의 동굴환경보전을 위해 현재까지 당국에 협력하고 있는 터입니다.

동굴이 문화재이던 아니던 간에 우리 나라의 동굴들은 그 모두가 4~5억년 전에 생성된 지층 속에서 10만 년의 기나긴 세월을 거치는 동안 동굴의 모습을 지니게 되었고, 더구나 제주도의 화산동굴들은 그 규모나 특성 그밖에도 학술적인 가치 면에서 단연 세계 으뜸 가는 존재임은 이미 일본, 미국, 뉴질랜드, 중국, 대만 학자들에 의하여 확인된 바 있음도 우리가 알고 있는 사실입니다.

앞으로 우리 학회는 개성있고 균형성 있는 자연학습 관찰 현장으로서의 개발 이용은 물론, 이들의 환경보전을 위한 지속적인 주시와 노력을 경주해야 하겠습니다.

본 학회가 주관하는 이 “동굴의 개발과 환경 보전 세미나”에 참가해 주신 여러분께 모든 일이 잘 성사되시고 건강하시도록 기원하면서 회장 인사로 대신하겠습니다.

그러나 우리나라의 입장에 있어서는 그 생태환경에 영향주는 자연환경 즉 그 절대적지리위치, 지질구조와 지표지형의 차이가 있는 다른 지역의 생태환경들이 어떻게 보전관리되고 있는가를 비교분석함으로써 보다 나은 동굴의 생태환경의 보전관리방안을 비교분석할 수 있도록 노력을 계속해야 한다.

이와같은 실정을 감안하여 금년도의 우리나라 동굴환경의 보전의 세미나를 개최하여 보다 나은 보존관리대책을 찾고자 이와같은 보전세미나를 개최하게 된 것이다.

- 1999년 동굴 환경 보전 세미나 일정 -

일 자	장 소	행 사	비 고
6 / 11 (목)	강원도 환선굴	13:00~15:00 등록 15:00~17:00 상견례 18:00~20:00 환영회	등 록
6 / 12 (금)	"	9:00~12:00 1차발표회 14:00~17:00 2차발표회	발 표
6 / 13 (토)	"	9:00~12:00 환선굴답사 14:00~17:00 소견발표회 18:00~20:00 환송회	현지답사
6 / 14 (일)	"	9:00~12:00 환선굴, 관음굴답사 무릉계곡 관광	자유시간

- 발표 순서 -

1. 자연동굴의 환경과 보전방안 (홍철화)
2. 동굴학과 지구과학의 상관성 (홍시환)
3. 동굴생물의 생태적 특성 (김병우)
4. 카르스트 지형의 기초정보 (오종우)
5. 동굴의 학술자원적 가치성 (강승삼)
6. 석회동굴의 환경변화와 훼손 (홍현철)
7. 관광고수동굴의 환경보전 (윤병문)
8. 제주도 화산동굴의 생성과정과 특수성 (신유영)
9. 한국의 자연동굴과 지질 (박무범)
10. 외국동굴의 환경보전 (홍충렬)
11. 우리나라 관광동굴의 개발과 보전 (유영준)
12. 제주도 동굴의 지형 특성 (배두안)
13. 동굴의 생태환경대책방안 (신대봉)
14. 화산동굴과 동굴지형지물 (변대준)
15. 동굴환경의 관리대책 (김원진)

자연동굴의 환경과 보전방안

홍철화*

1. 서론

동굴이 공개되면 반드시 출입하는 관광객이나 그밖에 편의시설 등에 의한 동굴의 파괴는 없을 수 없는 것이다. 다만 어떻게 하면 이와같은 오손, 오염을 미연에 방지할 수 있으며 저감시킬 수 있는가 하는 문제이다.

즉 동굴속의 종유석과 석순과 같은 2차생성물 즉 동굴 퇴적물등은 오랜 시일에 걸쳐 생성되어온 것으로 어떤 것은 1~2만년에 걸쳐 성장한 것도 있으므로 이들이 이단 오손되거나 파괴되었을 때는 참으로 영원히 복구는 되지 못할 것이다. 일단 파괴되면 그만이므로 이들에 대한 항구적인 보전 대책이 요구되는 것이다.

선진국가에서는 오래전부터 동굴환경의 보전과 오염방지를 위한 꾸준한 연구실험이 실시되어 오고 있는 터이다. 한때 단양의 고수동굴에서는 녹색공해나 박리공해에 대한 방지방안을 실험 중에 있기는 하나 아직도 뚜렷한 성과를 보지 못하고 있는 실정이다.

이제 분야별로 이와같은 오손오염에 대한 저감방안과 환경의 보전 방안을 들어보면 다음과 같다.

2. 동굴환경보전이 왜 필요한가?

동굴의 환경보전은 동굴의 생태 보전을 위한 동굴 환경의 유지관리 그리고 동굴의 2차생성물의 계속적인 성장환경을 유지하는데 있다.

* 학회장, 정일학원장

즉 동굴의 암흑세계이고 항온, 항습의 환경을 지녀왔으므로 이에 따른 2차적 지형지물의 생성, 지하수 생물의 서식 등이 이루어져 오늘에 이르렀다고 할 수 있다.

사실상 동굴속의 2차생성물들은 동굴상층부의 암석구조와 그 성분, 지하수의 투수량과 수질성분, 투수상태 그리고 지층의 배열과 동굴내의 기류, 습도, 온도 등과 밀접하게 관계되고 있는 것이다.

예를 든다면 동굴 퇴적물의 크기, 성장속도 등은 반드시 동굴속의 환경에 따라 달리되는 것이므로 이와같은 동굴환경의 유지 보전을 위한 방안은 계속 유지시켜 주기 위한 각종 대책이 마련되어야 하는 것이다.

즉, 동굴 환경의 유지를 위하여 입동객에 의한 동굴내부의 온도 상승, 습도의 저하를 조절하기 위한 기본 자료를 수집하기 위해서 공개 동굴에 있어서는 반드시 기상 관측 설비가 필요하다고 본다. 이 기상 관측에 의하여 수집된 기본 자료를 통하여 동굴내의 환경 변화를 파악하고 이에 대한 대책을 세울 수 있기 때문이다.

3. 동굴환경의 보전방안은 어떻게?

이제 이와같이 오랜 세월을 걸쳐 형성된 동굴자원과 동굴환경의 환경보전을 위한 대책방안을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 동굴 내에 인공폭포, 살수작용 등으로 온도의 저감, 일정 습도의 유지 등에 유의하여야 한다.

(2) 출입 인원의 통제로 동굴 내부 환경의 변화를 저감시켜야 하겠다.

동굴내의 적절한 체동 최대 인원을 계측하여 동시에 과도한 관광객이 동굴속에 오랫동안 체제하지 않도록 조절하여야 한다. 따라서 인원의 제한, 관광 개방시기에 제한 통제 등과 같은 대책이 필요하다.

(3) 관광 공개 구간을 계절별로 구분하여 공개하거나 통로의 교대 변동 등으로 동굴 환경의 보전 환원을 강구하여야 하겠다. 일정 기간의 밀폐 유지 관

리는 동굴 환경의 원상 복원에 도움이 될 것이다.

(4) 출입구를 좁게 하여 외부의 대기가 동굴 내부에 영향을 덜 주도록 하여야 한다.

한편, 동굴 내부의 습도는 그 위치, 고도에 따라 다르게 나타나고 있으므로 항상, 항상 상태가 유지될 수 있도록 동굴 입구가 좁거나 작아져야 하겠다.

(5) 동굴 출입구가 원래부터 크거나 넓을 경우에는 동굴내부의 입구 안쪽 부분의 좁은 통로를 이용한 이중문의 설치로 바깥 공기의 차단을 꾀할 수도 있는 것이다.

(6) 관광에 지장을 주지 아니할 정도의 조명(밝기)을 유지하여 지나친 조명 시설로 인한 동굴 내부의 기온 상승에 따른 환경 변화가 나타나지 않도록 하여야 하겠다.

(7) 동굴내 조명 시설은 가능한 관광 통로와 특수 지형지물을 위주로 70lux 내외로 조명하되 자연 등은 수은등이나 나트륨등 과 같은 발열량이 적은 등으로 시설하거나 대체하는 것이 바람직하다고 본다.

(8) 동굴의 출입구는 가능한 작아야 하지만 박쥐가 드나들 수 있을 정도의 출입구 공간은 확보되어야 한다. 이런 이유는 박쥐가 호동굴성 동물로 동굴 속에 서식하면서 동굴을 드나들고 있는데 이 박쥐의 방뇨는 “구아노”라고 불리우며 미생물의 서식 조건에 매우 중요한 요소로 되고 있다.

(9) 조명등용 방수 케이블의 접속을 되도록 현재 사용되고 있는 고무테이프 나 P. V. C테이프들은 나중에 습도가 차면 누전 되기 쉬우므로 실리콘테이프 로 대체하고 케이블이나 분기 장소에 사용되는 분전반내의 스위치는 기존 퓨즈를 사용한 커버나이프 스위치 보다 차단 성능이 좋은 것으로 대체 이용하는 것이 바람직하다고 본다.

(10) 조명의 각도와 방향도 수시로 변동시켜 조명에 의한 이끼류나 소태류 와 같은 녹색공해가 나타나지 않도록 조치하는 것이 바람직하다.

4. 결론 - 오염과 보전대책은?

동굴 관광은 신비로운 지하세계에 대한 호기심과 그리고 그 동굴 속에서 볼 수 있는 복마전과 같은 2차생성물에 의한 지하궁전 경관 등의 관찰 또는 감상에 있다고 하겠다. 따라서 동굴 속 지형지물의 경관양상이 그 동굴의 관광적, 학술적인 가치와 직결되고 있는 것이다.

더구나 종유석과 석순 등의 동굴 퇴적물들은 계속 자라고 있는 돌이라고는 하나 그 성장속도는 매우 느려서 가장 빨리 자라는 종유관이나 종유석의 성장이라고 하여도 우리 나라에서 추정된 평균치를 본다면 직경 5mm 크기에 1cm 자라는데 요하는 시일은 약 15년의 세월이 소요되는 것으로 되어 있다.

물론 이러한 추정치는 그 동굴의 상층지질구조, 동굴 지표면의 기후 조건, 동굴 내부 환경 조건 등에 따라 크게 달라진다고는 하나 실제로는 매우 오랜 시일에 걸쳐 성장하는 것이므로 동굴 퇴적물의 오손은 어떠한 경우에도 안된다고 하겠다.

물지각한 사람들에 의한 훼손, 처음 개발 공사 당시의 파괴 등으로 동굴의 경관은 점차로 파괴 또는 오손 되어 가고 있는 것이다.

이제 이와 같은 경관과 퇴적물 오손 방지 방안을 제시하면 다음과 같다.

(1) 동굴 내부의 환경 유지는 물론이고 이차생성물의 지속적인 성장 즉, 동굴 속의 성장을 위하여 동굴 지표면에 주기적인 인공 살수작업으로 동굴 퇴적물을 촉진시키고 동굴 환경의 보전 관리를 기하도록 한다.

(2) 공개를 위한 개발 작업에 있어서는 동굴 환경의 원형 유지에 주력하여 통로 및 관광 편의 시설의 과잉 공사로 주변 환경이나 동굴 내부의 환경 파괴를 초래하지 않도록 하여야 하겠다.

(3) 지표면의 생태 보호 관리를 위하여 석회질 암석 토양의 토양 보전을 기하여야 하겠다. 즉, 지표면의 식생 및 지형 보호 등으로 석회질 토층을 확보 유지하고 정상적인 지형 윤회를 기하도록 한다.

(4) 관광 출입객에게 사전에 동굴 퇴적물의 중요성을 강조 또는 이해시키는 교육을 할 것이며 이를 위한 제반 안내문이나 설명문을 배포한다.

(5) 출입객으로 하여금 동굴 내부의 오손이나 오염에 영향을 줄 수 있는 물건은반입하지 못하도록 하며 이를 위하여 물품관리소를 따로 마련하도록 한다. 특히 지팡이, 우산 등의 물건은 동굴 퇴적물을 오손 시킬 수 있는 기재가 되기 때문이다.

(6) 동굴 내부의 지형 지물 중 토지 붕락이나 낙반이 일어날 수 있는 지점에는 반드시 이를 방지할 수 있는 시설 대책이 필요하다. 특히 지면이 진동할 경우에 위험이 있을 것으로 판단되는 것은 사전에 제거하는 것이 바람직하다.

동굴학과 지구과학의 상관성

홍시환*

1. 서론

동굴에는 석회동굴 그밖에 용암굴과 파식굴 등으로 구별되는데 그 대부분은 석회동굴이다.

석회동굴인 경우 이의 생성과정과 그 특성을 보면 다음과 같다.

지표면에 내린 빗물은 땅속에 스며들어가 지하수류를 이루어 투수층을 따라 흘러 빠져 들어간다. 이때 이 공동이 동굴이 되는데 공동의 천정면에서 떨어지는 물방울이 그 위 지층에서 석회암층을 스며 내릴 때에는 석회질이 용해된 물방울이 공동천정에서 고드름 모양으로 종유석을 발달시키거나 또는 공동바닥에 떨어져 석순을 성장시킨다. 이것이 석회동굴이다.

이와 같이 생성과정으로 볼 때에 지질과 지형학 분야가 이에 관련된다.

그리고 석회암의 용해작용은 화학과 밀접하게 관련되고 있으며 지하수류의 침식작용은 물리학과목과 관계된다.

이 밖에도 동굴생물은 암흑의 지하에서 살아오기 때문에 눈이 퇴화되고 더듬이인 촉각이 성장한다. 그리고 색깔은 퇴색되어 흰색이나 회색으로 되는데 이와 같은 지하수생물은 특수한 생물학분야로 등장하게 된다.

그리고 동굴 속은 항상 온도와 습도가 거의 같고 변화가 심하지 않기 때문에 이것 또한 기상학적인 측면에서도 많은 연구가 기대되고 있으며 이밖에도 선사시대 주거지로 이용되어 왔던 면에서 보아 고고학과 인류학적인 측면에서도 중요하다고 하겠다.

그리고 최근과 같이 동굴이 관광면으로의 개발이용, 저장고, 양송이 등의 재배지로 이용되고 있는 이때 동굴 경제의 측면도 무시할 수 없는 중요한 분야

* 학회 명예회장, 안산공과대학 이사장

로 등장하고 있다고 할 수 있다.

2. 과학으로서의 동굴학

동굴학이 종합과학이라는 학술적 정의는 이미 1900년대 프랑스에서 “마텔”(E.A.Martel)의 “스펠레올로지 또는 동굴의 과학”이라는 논문에서 제창되었고, 그후 독일에서는 1906년에 쿠네벨(W.Knebel)이 동조하였으며, 같은해 오스트리아의 키롤레(G.Kyrle)가 비이너대학에서 “동굴학”이란 강좌를 개설하였다. 그리고 계속하여 1908년에는 스펠레올로지(동굴)연구소를 설치하기에 이르렀다.

또한 1923년 간행된 키롤레(G.Kyrle)의 저작인 “이론적 동굴학의 개요”에서는 동굴학은 일반적으로 자연동굴의 이론이며 특히 자연동굴에 관한 현상 및 형태와 이의 영향의 방법론적 파악이라고 하였고 보글리(A.Bogli)는 동굴학은 “동굴경관의 기재”를 중심한 지형학이라고 논하고 있다.

위에서 말한 바와 같이 동굴은 지형학, 지질학, 생물학, 기상학 그리고 화학, 물리학 분야에 이르기까지 관련되고 있는 분야이므로 이들의 종합적인 상호관련에서 나타난 환경과 특성들의 연구는 종합과학으로서의 동굴학의 제창을 뒷받침해줄 수 있다고 하겠다. 그리고 동굴학을 다시 세분하여 분류는 이미 1923년에 키롤레(G.Kyrle)가 다음과 같이 시도하였다.

- 이론적동굴학(과학적동굴학=동굴생성학, 문화사적동굴학)
- 응용적동굴학(동굴연구=연구조사기술동굴보존)
- 동굴경제학(동굴개발이용)

한편 1953년에는 트리멜(Trimmel.H)은 다시 세분하였는데 다음과 같다.

- 지적동굴학→카르스트, 동굴현상의 생성조건, 상태, 분포등

- 생적동굴학→동식물의 생활공간
- 인문적동굴학→과거, 현재에 있어서의 인간과의 관계
- 응용적동굴학→과거, 현재에 있어서의 인간과의 관계
- 역사적동굴학→동굴의 이용, 역사적 발달
- 기술적동굴학→동굴탐험, 조사기술

3. 결 론

요컨대 동굴학분야는 지구과학분야에 포함된다고 하겠다.

문제는 동굴이 탐사, 관광의 터전으로만 생각치 말고 될 수 있으면 그 학술적가치를 부각시켜 자연관찰을 각 분야에 걸쳐 할 수 있는 내고장의 자연학습의 현장으로 보아야 하겠다.

따라서 동굴과학 동굴학은 종합적인 지구과학의 분야이라 하겠다.

내고장에 동굴이 있다면 동굴학 즉 지구과학(고등학교), 과학(중학교), 자연(국민학교)등의 자연관찰의 현장으로 개발 이용하고 나아가서는 내고장의 자랑일 뿐만 아니라 이에 대한 긍지를 갖게 하여 애항심을 키우는 도장으로 이용할 수 있다고 하겠다.

동굴생물의 생태적 특성

김 병 우*

1. 생태적 특성

동굴생물은 식물과 동물, 미생물로 크게 구분되지만 태양광선이 완전히 차단된 동굴내 환경에서는 동물들이 주종을 이루고 있다.

동굴내의 동물에 관한 연구는 1966년 고씨동굴, 용담굴을 시작으로 고수굴, 천동굴, 노동굴, 백룡굴, 대이굴, 환선굴 등 강원도내에 분포하는 동굴 중 약 30%정도는 동물을 포함한 생물상이 조사되었다.

동굴생물에 관한 연구는 육상생태계와 격리된 환경에서 생리, 생태적 적응을 통한 종의 분화나 유전, 진화문제를 추구하고 지하생태계와 육상생태계의 생물적인 유연관계 규명에 중요한 분알 인정되며 아울러 독특한 특성을 지닌 동굴생물의 보존을 위한 방안과 노력이 일부동굴의 개방 및 개발에 앞서 더욱 구체적으로 모색되고 증대되어야 한다.

동굴내에는 환경에 적응하는 종들만이 서식할 수 있고 이들을 생태적 특성에 따라 세가지로 구분할 수 있다. 환경적인 요인으로는 광도, 습도, 온도 영양공급원과 섭식장소, 수중생물의 경우는 특히 수온, 수량 영양원등이다.

2. 분포 특성

진동굴성 생물의 분포는 용암동굴보다 석회동굴이 월등하며 동굴의 길이와 규모가 클수록, 외계와 차단되어 환경변화가 적을수록 많은 종이 서식하고 있다.

* 학회 수석부회장, 상지대학교 이과대학장

동굴내에 지하수류가 외부와 연결된 동굴에서 외래성 동물이 많이 서식하며 개방동굴의 입구 부근에서 생물상이 풍부하다.

외래성 생물의 동굴내 분포는 동굴주변 생태계의 구성인자의 다양성과 밀도에 영향을 받아 동굴내로 유입되거나 침투되어 동굴내의 생태적 먹이사슬에 영향을 주며 특히 용암굴에서의 식물뿌리의 침투는 동굴환경의 안전성에 큰 영향을 준다.

동굴내의 물이 고이는 곳에 장넝굴새우와 같은 수서생물이 서식하며 배각강 노래기목의 종들이 서식하는 벽면이나 바닥에는 구아노나 유기물과 함께 수분이 충족한 상태이며 건조되면 이들 생물들도 이동하거나 건조되어 사멸된다.

카르스트 지형의 기초정보

오종우*

1. 카르스트의 정의

카르스트는 특이한 수문학적 용식지형이며, 암석의 높은 용식성으로 인해 발달된 암석의 공극(1차적 삼투)과 암석의 구조적 변형인 절리면, 균열면, 단층면, 층리면 등(2차적 삼투)의 확장으로 인하여 발생되어진 경관을 총칭한 것이다.

암석의 용식성만으로 카르스트가 형성된다는 것을 설명하기는 쉽지 않다. 왜냐하면 암석의 구조적인 특성이 중요한 인자이기 때문이다.

카르스트를 대변하는 대표적인 현상으로서 카르스트의 특이한 지하수문학적 발달을 들 수 있으며, 지하수문학적인 순환에 의해 자연적인 카르스트의 형성을 이루게 되는 수도 있다.

지표위와 지하에 구혈이나 동공을 지닌 특이한 경관은 결국 용식작용에 의해 형성된 통로구조의 확장에서 기인된 것이다.

카르스트에 관련된 수문학적이며, 화학적인 형성과정을 통하여 카르스트 시스템을 이해하는 것이 좋은 방법이 된다. 왜냐하면 카르스트는 용식성 암석에 영향을 미치는 지표수나 지하수의 수문학적인 영향이 결국 화학적인 작용에 의하여 변형되기 때문이다.

카르스트 경관은 이러한 상하부 시스템으로 연계된 용식지형의 형성과정 상에서 각종 인자의 상호작용에 의한 산물인 것이다.

* 학회 부회장, 효성데이터시스템 소장

2. 한국의 카르스트

한국의 석회암동굴은 대부분이 산지지역에 형성되어 있는 일명 산악 카르스트(Alpine karst)이다. 동굴은 주로 태백산맥과 소백산맥의 산지 사면부에 위치하고 있으며, 도별로 보면 강원도, 충청북도, 경상북도, 전라북도에 분포하고 있다.

산지의 형상은 데이비스의 침식윤회설에 의하면 침식에 의한 산지의 개석이 진전되고 계곡이 깊고 경사사 비교적 급준한 만장년기 지형에 속한다.

동굴 주변부에는 해안단구형의 평면지형이 있는데 이 주변 지역에서 와지(원형이 함몰 형성)지형이 형성되어 있다. 이는 동굴의 해면 고도와 밀접한 지형발달사적인 연관성이 내포한 것이다.

동굴의 학술자원적 가치성

강 승 삼*

1. 서 론

동굴은 우리 지표면 밑 땅속에 형성된 자연적인 구멍이다. 이는 지표면의 환경과는 달리 그 옛날부터 지층이 형성되어온 채 그대로 땅밑에 존재하기 때문에 이 동굴 속에서 관찰할 수 있는 지질의 구조, 배열 상태 등을 그대로 볼 수 있는 현장이다.

2. 자연학습의 현장인 동굴

즉 지표면에서는 대기를 비롯한 자연 및 인위적인 작용 때문에 계속 변화를 거듭하고 있으나 땅속의 동굴에서는 항상 암흑상태이고 기온 습도도 커다란 변화가 없고 더구나 인간의 환경파괴도 없기 때문에 지층이 형성된 그 옛날의 모습을 그대로 간직해오고 있다고 볼 수 있다. 물론 동굴이 땅속에 있다고 할 지라도 그 지역이 지진활동이나 지각운동이 있을 경우에는 동굴내부의 환경훼손, 파괴는 있을 수 있는 것이다. 이는 즉 물리적인 경우도 있고 화학적인 경우에서도 동굴내부의 환경변화가 있을 수 있다는 것이다.

그러나, 위와 같은 획기적인 지각변동이 없는 한 동굴내에서는 그 옛날 생성된 지질구조나 지형의 모습을 그대로 관찰할 수 있는 소중한 장소이라 할 수 있다. 그리고 항상 어둡고 같은 기온, 습도로 오늘에까지 이르렀기 때문에 동굴 속의 지질, 지형 환경의 변화는 거의 볼 수 없다고 하겠으나 다만 지층 구조에 따른 지층을 형성하고 있는 암반의 낙반 등에 의한 지층의 함몰 낙하

* 전남대학교 교수, 한국지리교육학회장

는 이 동굴의 규모를 더욱 더 넓게 확장시켜 이른바 광장동굴을 형성할 수도 있다고 하겠다. 따라서 동굴속에서는 그 옛날에 바닥면에서 다져진 지층의 배열, 퇴적상태 그리고 그 지층의 암질과 성분뿐만 아니라 이들에 의한 갖가지 지형지물, 미지형의 상태를 그대로 관찰할 수 있게 된다.

뿐만 아니라 동굴을 형성한 지하침투수의 지하수류가 지층의 층서면에 따라 흘러 나아가면서 하각침식이나 측방침식작용인 물리적 힘의 영력으로 갖가지 동굴의 미지형을 만들고 한편 그 암층의 암질의 성분과 함께 화학적 작용으로 동굴생성물을 성장시키기도 한다.

그리고 더욱 더 학술적인 가치를 부각시키는 것은 동굴속의 생물의 생태 즉 지하수 생물의 생태가 옛 그대로 관찰할 수 있다는 점이다. 즉 동굴속은 항온, 항습 그리고 항압의 지하세계이고 지표면의 영향을 받지 않고 있기 때문에 지하수생물의 특성인 더듬이가 길어지고 눈이 없고 몸통이 작은 지하수 생물들을 보게 되며 더구나 수천만년 전에는 땅 표면에서나 볼 수 있던 곤충벌레들이 이 동굴속에서는 아직도 꿈틀거리며 살고 있는 사례(갈로와곤충)들을 보게 된다. 이는 즉 땅속의 환경이 생물의 진화를 느리게 한 탓이라고 할 수 있다.

이밖에도 동굴 속 벽면에서는 동굴벽화, 바닥에서는 노지나 동굴뼈화석들이 생생하게 발견, 발굴되고 있어 우리 조상들의 주거지였던 것임을 볼 때, 모든 자연과학 분야는 물론 선사시대 고고학적인 면 등 학술적인 자연관찰의 현장이 되고 있는 것이다.

3. 동굴의 관광문화적 가치

한편 동굴은 무시무시한 캄캄하고 신비로운 지하세계이고 보니 스릴을 느끼게 하는 지하복마전일 뿐만 아니라 동굴속에 화려한 2차 생성물인 종유관, 종유석, 석순, 석주들을 성장시켜 이른바, 지하궁전의 모습을 보여주기도 한다. 따라서 이 동굴은 지표면에서의 복잡한 사회환경을 벗어나서 고요하고 음침하며 또한 화려한 지하의 참모습을 볼 수 있는 관광자원으로 이용되기도 한다.

또한 동굴은 예술의 전당이다. 어떻게 보면 지나친 과장이라고 할지도 모르지만 실지로 동굴속에는 갖가지 예술품이 담겨 있는 종합예술의 전시장이라고 할 수 있다. 동굴하면 어둡고 캄캄하고 무시무시한 미지의 세계요, 억겁의 신비를 고이 간직하고 있는 지하세계라고는 하지만 우리 조상들은 옛날부터 줄곧 이 동굴과는 밀접한 관계를 맺어왔다고 하겠다.

선사시대의 주거지, 그 이후의 피난처, 수도장, 저장고, 작전기지 등으로의 이용이 바로 이곳이다. 즉 그 옛날 우리조상들은 지표면의 추위를 모면하기 위하여 동굴 입구 부근에서 살아왔다. 오늘날 수많은 동굴속 벽면에 남겨진 벽화(동굴벽의 그림)가 바로 이를 증명하고 있으며 동굴속 입구 부근에서 발견된 석기류와 동굴뼈 화석들은 이를 뒷받침하는 사례들이다. 그들이 살고 있던 동굴의 벽면에는 많은 짐승의 그림이 그려져 있는데 이 벽화는 지금까지도 화려하게 남아있다. 매우 사실적인 색채그림인 것이다.

우리나라에는 남한강 중상류 연안에 있는 동굴중에서는 동굴뼈의 화석무리가 발견되는 등 선사시대의 주거지로 이용되었을 가능성을 단정할 수 있는 학술적 근거가 나타나고 있기는 하나 아직 동굴벽화는 발견되지 못하고 있고 다만 충청북도 청원군의 미원 청석다리 동굴에서는 “성혈”의 암각 흔적이 발견되었고 동굴바닥 1m 밑에서 검은색 잿가루의 “노지”가 발견되었다. 또한 단양고수 동굴속 입구 부근에서 타제석기가 발견되기도 하였다.

이와 같이 세계의 도처에서 동물의 그림인 벽화가 많이 발견되고 있기는 하나 아직 사람을 그린 초상화 같은 벽화가 발견되지 않고 있음은 어떤 “미신”에서 사람의 그림이 그려지지 않은 것으로 판단된다.

석회동굴의 환경변화와 훼손

홍 현 철*

1. 서론

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

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

동굴이 개발되면 당시부터 동굴의 파괴, 오손 및 오염은 시작된다. 그러나 이러한 피해를 최소한으로 하고 좋은 환경을 지속적으로 보전하기 위해서는 많은 노력을 하여야 한다.

입동객들의 과다, 동굴시설물의 유무, 상태 및 조명 등에 의해서 동굴의 환경은 변화하고 나아가서는 파괴를 보게 되므로 이에 대한 적절한 대책이 지속적으로 요구되는 실정이다.

2. 동굴의 생태환경변화

동굴의 환경은 항상 암흑의 세계이고 외부로부터 대기의 영향을 받지 않고

* 학술이사, 건국대학교 교수

있기 때문에 항상 비슷한 기온을 유지하고 있다. 그리고 비교적 다습한 환경을 지니고 있기도 하다. 이는 동굴의 표면의 지표수가 땅속으로 스며들어가 땅속에서 지하수류를 이루어 형성된 공간이 바로 동굴이기 때문에 동굴속에서는 항상 습도가 높게 나타나고 있는 것이 사실이다.

따라서 이상과 같은 항암, 항온, 항습의 동굴환경이 외부와는 색다른 환경을 이루고 있기 때문에 이 동굴속에는 특수한 생태환경이 조성되고 있어 동굴생물을 비롯하여 동굴속 미지형지물 등의 2차생성물들이 특이한 존재로 형성 또는 서식되고 있다. 그러므로 이 동굴의 특수한 환경은 잘 보전 유지되어야만 동굴의 특수한 생태도 영원히 보존될 것이다.

물론 동굴이 개발되어 관광객의 출입이 많은 동굴에서는 개발 이전의 동굴 환경이 그대로 보존되고 있을리 만무하다. 동굴 내부의 기온은 올라가고 습기는 건조화 되어가는 한편 통로나 지형지물의 조명시설로 인해 동굴 내부가 밝아지고 특히 지나친 조명은 전등빛으로 인한 녹색공해를 유발시키기도 한다. 또한 동굴내부의 기온이 오르게 되면 동굴내부에서는 건화현상이 일어나 2차생성물인 종유석, 석순, 석주 등에 이른바 백색공해라는 껍질이 벗겨지는 등의 공해가 나타나게 된다.

요컨대 동굴의 환경은 원래의 동굴 내부의 환경을 그대로 유지하지 않는 경우에는 자연동굴내의 2차생성물이나 동굴생물에 직접적인 영향과 변화를 일으키게 되므로 동굴의 환경은 잘 보존되어야 한다.

3. 동굴생태환경의 파괴

동굴의 환경파괴는 환경의 변화에서 오는 경우와 동굴 개발에 따른 인위적인 파괴 등에 의한 것이라고 하겠다. 물론 지진 또는 지각운동에 의한 동굴파괴 또는 동굴환경의 변화도 있겠지만 많은 관광객의 출입에 의한 동굴기온의 상승, 동굴 수질의 변질을 초래할 수 있는 인위적인 폐기물 등에 의한 환경변화도 있을 수 있다. 동굴의 환경변화와 환경파괴는 곧 동굴의 원칙적인 생태

환경을 변화시킬시킴으로써 되므로 동굴생물을 비롯한 동굴의 2차생성물들의 성장이 멈추게 된다.

동굴의 경우 동굴속의 2차생성물들은 동굴 상층부의 암층구조와 성분, 침하수의 침투량, 수질성분, 침투상태, 지층의 배열과 동굴내의 온도, 습도, 기류 등 수많은 물리 화학적 작용에 의하여 생성되는 것이므로 동굴을 하나의 자연 학습의 현장으로만 이해하여서는 안되고 오랜세월을 거쳐 형성된 지구과학의 학습장으로서 그 가치가 매우 소중한다는 것을 인식하여야 한다. 그러므로 합부로 훼손해서는 안되며 부득이한 개발의 경우 원래의 환경을 유지할 수 있도록 강구하여야 한다.

특히 동굴생물들은 캄캄한 암흑세계의 환경에서 생활하고 있기 때문에 더듬이가 길어지고 눈이 퇴화된 동굴생물이 서식하게 되므로 동굴환경의 파괴와 변화는 동굴특수생물의 특수성을 잃게 하는 결과를 초래할 것이다.

4. 동굴생태환경의 변화

대기오염의 원인은 일차적인 것과 이차적인 것이 있는데 일차적인 것은 인간이 내뿜는 이산화탄소와 동굴속에서 자연적으로 발생하는 아류산 개스와 같이 일차적으로 방출되는 것을 말하며, 이차적인 것은 이들의 복잡한 성분들이 서로 화학작용을 일으켜 공해물질들을 방출하는 것을 의미한다.

동굴의 대기는 외부의 영향을 다소 받게 되는데 지표의 대기는 주야의 기온차에 의하여 주기적으로 변한다. 주간은 공기는 태양열에 의하여 기온은 높아지고 밀도와 기압은 낮아지게 되어 상대적으로 기압이 높은 동굴안으로 기류가 이동이 일어나고, 야간에는 반대로 지표의 공기는 냉각되어 기온은 내려가고 밀도와 기압이 높아지므로 상대적으로 기압이 낮은 동굴에서 입구쪽으로 기류가 이동하는 것이다.

그리고 동굴의 내부는 습도가 높고 일정하게 나타나는데 동굴입구 주변에서는 그 변화가 심하나 내부로 들어갈수록 습도가 하강한다. 이것은 습도가 기

온의 영향을 많이 받고 있기 때문이다. 그러나 사실상 화암동굴의 경우는 앞에서 설명한 바와같이 동굴의 광장부분이 매우 넓으며 동굴의 입구는 좁고 길다란 형태를 유지하고 있어 대기의 영향을 광장부분에서는 거의 받지 않으며 이 때문에 습도에도 큰 영향을 많이 받고 있기 때문이다.

동굴은 개발되면 그 안에 존재하는 2차생성물들은 오손, 오염되어 가는 데 이는 입동객, 동굴내의 시설에도 크게 관계되고 있다.

여기서 동굴내 석순, 종유석 등과 같은 2차생성물들이 파괴되어 가는 오손 요인들을 살펴보면 다음과 같다.

2차생성물들은 첫째, 자연적인 중력이나 그밖에 자체하중, 낙반현상 등에 의하여 파손되며 둘째, 동굴이 개발되기 이전에 지역주민이나 수집가들에 의하여 인위적인 파괴가 있으며 셋째, 동굴을 개발하면서 통로나 시설을 설비할 때 파괴되며 넷째, 관광동굴로 개발된 이후 관리미비로 인하여 관광객들에 의한 파손이 있을 수 있는 것이다.

동굴생태계에 가장 큰 영향을 주는 것은 일반적으로 영양분과 습도이다.

그러나 이는 미공개동굴의 경우에 한하며 개방된 동굴의 경우에는 습도와 조명의 밝기, 기온, 영양분 등을 중요한 생태변화 인자로 볼 수 있다.

동굴의 생태환경 조건중 습도의 유지는 매우 중요한데 미공개동굴의 경우 습도가 70%내외로 항습을 유지한다. 그러나 동굴이 개발되면 조명등에서 발생하는 열, 관광객의 호흡과 같은 인위적인 영향에 의하여 동굴의 습도는 변화가 되는데 항습의 조건을 유지하기 위하여 스프링쿨러를 이용하는 경우도 있다.

또한 개방동굴에 있어서 생태계에 중요한 영향을 미치는 것은 조명의 밝기와 각도 등인데 특히 조명이 특정부분을 집중적으로 지속적으로 하게 되면 그 부분에서는 열과 밝기, 적당한 온도, 습도에 의해서 녹색의 균류가 발생하게 되는데 이 균류가 계속 성장하게 되면 하등식물로 되어 동굴생태계에 큰 영향을 주는데 이러한 현상을 녹색공해라고 한다.

그러나 동굴이 개발되면 조명과 시설, 관광객에 의하여 동굴생물들은 변형된 동굴환경에 적응하지 못하여 멸종하거나 보다 안정된 환경을 찾아 동굴 깊

속한 내부로 들어가 버리는 경우가 있다.

그리고 관광동굴로 개방된 이후 찾아드는 관광객들로 이를 매개체로 하여 동굴내로 들어오는 각종 세균, 신발에서 묻어 들어오는 각종 미생물 등은 동굴생태계를 변화시켰다고 할 수 있다.

관광고수동굴의 환경보전

윤 병 문*

1. 동굴의 개발과 환경파괴

고수동굴은 1976년 9월 2일자로 우리 나라 천연기념물 제 256호로 지정받았으며, 학교법인 유신학운 박창원 이사장에 의하여 관광동굴로 개발되어 일반인에게 공개되기 시작했다.

이 동굴의 환경 변화는 동굴이 생성되면서부터 시작되는 것으로 자연적인 동굴의 성장과정에서 겪어야 하는 자연환경이 변화 때문에 동굴의 형성되기 시작한 초부터 변화되고 생태도 달라지기 때문에 동굴 환경이 파괴되기도 하고 변화하기도 한다. 그러나 근본적인 환경변화는 동굴이 개발되어 공개된 이후부터 급격하게 일어나게 되는데, 특히 동굴의 파괴와 훼손현상은 동굴의 생태 변화를 촉진시키게 되는 것이다.

2. 동굴 환경보전의 필요성

동굴은 오랜 지질시대를 거처온 지각지층 속에서 그 지역이 지질구조, 지형 또는 자연환경 조건에 따라 이루어지게 된다. 이와 같이 매우 희귀하고도 가치 있는 동굴의 환경이 변화된다면 생태 환경이 달라지면서 훼손 또는 파괴된다. 따라서 동굴의 환경은 그대로 유지되어야 한다.

특히 고수동굴은 우리 나라 관광동굴로는 으뜸 가는 공개동굴로 그 동안 많은 절차와 제도를 거쳐 가면서 개발에 따른 환경파괴에 대한 대책에 부심하여 온 대표적 동굴이다.

* 학회자문위원, (주)유신 대표

따라서 당국의 해마다 요구되고 있는 안전진단은 물론이고 당사자의 자체적인 환경보전에 대한 제반 대책이 시행되어 좋은 성과를 거두고 있다.

그러나 고도로 발전한 경제사회 발전과 산업화의 사회발전에 따라 동굴의 자연신비를 찾는 관람객의 수요는 나날이 증가되고 있어 모든 공개동굴들이 한결같이 환경파괴의 고민에 신경을 곤두세우고 있는 실정이다.

제주도 화산동굴의 생성과정과 특수성

신 유 영*

1. 화산동굴의 형성과정

화산동굴 즉 용암굴은 땅속의 마그마가 땅표면에 흘러나와 가스공동들이 이어져 용암굴을 이룬 것인데 마그마가 지표면에 유출되었을 때 이를 용암이라고 한다.

이때 용암은 1,200-1,500°C가 넘으나 지표면에서는 점차 냉각되어 용암으로 고결되어 암석이 되는데 이산화규소의 함유량이 적은 암석순로 들면 현무암질 용암, 안산암질 용암, 석영안산암질 용암 그리고 유문암질 용암 등으로 된다.

이들중 현무암질 용암은 유동성이 크고 대체로 분출때의 온도가 높기 때문에 지표면의 경사를 따라 흘러 내려가게 되는데 이때에 온도가 높은 용암류속에는 개스량이 많아 가스공동이 생겨 이들이 연결되어 이른바 용암굴이 형성되는 것이다.

즉 화산동굴은 유동하는 용암류는 낮은 경사지면을 따라 흘러 내려가기 때문에 용암류의 바닥이 점차 낮아지면서 침하하게 되므로 동굴내부의 벽면에는 용암선반이란 지형을 남기게 된다.

즉 화산동굴의 생성과정은 이와같은 용암선반 뿐만이 아니고 용암교, 용암종유의 모양, 용암구의 낙하지점, 그 밖에 동굴벽면에서 보는 찰흔, 즉 가스의 유동방향을 말해주는 지형지물 등의 관찰이 세밀하여야 한다.

* 학회부회장, 제주동굴애호회장, 남원중학교장

2. 화산동굴의 특수성

제주도의 화산동굴은 그 형성과정은 일반적인 화산동굴의 과정과 같다고 하겠으나 다만 유동성이 커다란 용암류가 대량적으로 느린 경사지면으로 분출되었기 때문에 이 용암류 속에서 대규모 동굴이 형성될 수 있었다고 하겠다.

또한 대규모 용암류였기 때문에 이 동굴 속에서 형성된 동굴퇴적물이나 생성물 그리고 지형지물들도 매우 대규모형의 생성물들이 발달되고 있는 것이다.

다만 화산동굴은 석회동굴의 경우와는 달리 화산활동 때에만 형성되다가 일단 이 용암류가 냉각되고 만다면 동굴속의 용암중유도 용암석순 그밖에 많은 지형지물들이 그 성장이 끝을 맺게 되고 이때부터는 동굴은 붕괴시기에 들어서기 때문에 일단 동굴퇴적물이 훼손된다면 영원히 복원이 불가능한 것이므로 동굴의 환경보전이 더욱더 절실하게 요구된다고 하겠다.

한국의 자연동굴과 지질

박 무 범*

1. 석회동굴

석회동굴은 카르스트지형 지역에서 지하 형성물로 나타나는 공동지역으로 이 공동화된 공간에 2차적으로 석순, 석주, 종유석 등이 침전되어 생긴 동굴이다.

남한에서 가장 잘 발달된 카르스트지형은 태백산맥의 남쪽 끝머리 지역인 강원도, 충청북도, 경상북도의 접속지역이며 이들 지역에서는 돌리네, 우발레와 같은 카르스트지형이 도처에 전개한다.

우리나라 석회암의 지리적 분포를 개관해 보면 네 개의 광대지역과 그밖에 수많은 석회암의 산재지역으로 나뉘며 대부분이 조선계 대석회암통의 막동 석회암지층에 분포되고 있다.

이밖에도 지질시대가 아직 확인되지 않고 있는 옥천계 창리층내의 석회암층에도 석회동굴이 발달하고 있는데 이의 좋은 예는 강원도 울진의 성류굴이다.

영월의 고씨굴과 용담굴, 단양의 영춘남굴과 고수굴, 노동굴, 천동굴, 정선 화암굴과 비룡굴, 평창의 대화광천선굴, 문경의 관산굴, 삼척의 관음굴, 유선굴, 초당굴, 평창의 백룡굴 등이 이 대석회암통지층의 대표적 석회동굴이다.

2. 화산동굴

한국의 화산동굴은 제주도 화산지대에만 분포하는데 주로 점착성이 약하고 유동성이 높은 알칼리성 현무암에서 발달한다.

* 학회 기술이사, 태광지질대표

제주 현무암층에는 제주시에 있는 발굴을 비롯한 3개, 하효리 현무암층에는 5개로 전 동굴의 10%를 점하고 있는데 비해서 만장굴, 빌레못굴 등 80%에 해당하는 56개의 화산동굴이 대부분 표선리층현무암에 밀집되었음을 보여주고 있다.

표선리현무암은 본도의 동서해안 저지대에서 넓은 분포를 이루고 서귀포를 중심으로 한 해안 저지대의 남쪽에는 지표상 또는 지하에서도 본암석이 분포하지 않는다.

사실상 화산동굴은 용암이 흘러내리면서 형성되는 것이기 때문에 반드시 용암의 유출량이 많을 뿐만 아니라 계속적으로 분출되어야 하고 그 흘러 내려가는 지면의 지형이 느린 경사를 이루어야 느린 속도로 흘러서 표면이 냉가되고 그 용암속의 그 용암속이 계속 아랫쪽으로 유출되어 가기 때문에 길고 커다란 동굴이 이루어지게 되는 것이다.

외국동굴의 환경보전

홍 충 렬*

1. 서 론

동굴이 오랜 동안의 세월을 걸치면서 그 지역의 지질 구조나 지형, 그리고 지표면의 기상 조건과 식생 환경들에 의하여 동굴 나름대로의 특성을 지니고 있음은 우리가 잘 알고 있는 바이다.

이번 발표에서는 일반적으로 여태까지 개발 이용되어 온 동굴의 환경 변화를 언급하면서 이와 같은 공개된 동굴들이 외국에서는 어떻게 이용되어 왔는가, 그리고 이 동굴들은 어떻게 환경보전 대책을 세우고 있는가 등에 대한 몇 개소의 사례를 들어 설명하고자 한다.

뿐만 아니라 동굴들에 대한 보다 많은 관심을 갖고 특수한 동굴의 생태환경을 보전 이용하여야 하겠는가를 밝히고자 하는 바이다. 그리고 우리들이 주로 찾고 있는 일본의 동굴을 비롯하여 몇 개 나라들의 동굴보전 대책도 소개하고자 한다.

2. 동굴의 개발 이용 사례

1) 선사시대의 주거지로의 이용

동굴은 외적 방어와 비바람을 피할 수 있을 뿐만 아니라 동굴 내부의 온도가 연중 비슷하기 때문에 옛 조상들의 주거지로서 이용되어 온 것은 이미 우리가 알고 있다. 물론 동굴 입구 부근에 국한된 일이고 깊숙한 동굴 내부는 어둡고 습기가 많아서 주거지는 동굴 입구가 이용되었다.

* 학회 학술이사, 경북전문대학 겸임교수

2) 물자의 저장 및 재배지로서의 이용

유럽에서는 야채, 포도주, 치즈 등의 저장지로 이용되고 있고 현재 세계 각처에서 동굴은 중요한 저장시설로 이용되고 있다.

3) 작전기지, 피선처로의 이용

한국전쟁 때의 태백산 지역의 많은 동굴이 작전기지로 이용되었고 사이판, 괌 등 태평양 섬들도 2차세계대전 당시 이러한 군사시설로 이용되었다.

4) 생활 편의장소로의 이용

심신의 수련장과 수도장소, 신앙이나 미신의 성소, 도박장뿐만 아니라 때로는 집회장소, 고려장터, 매장지, 폐기물 등으로 이용되어 왔다.

5) 동굴 퇴적물의 이용

세계각지에서 동굴생성물을 장식품으로 이용하고 있으며 중국에서는 돌약재로 근육이나 골수를 보양하는 약재로 이용하고 있다.

6) 관광지로의 이용

자연의 신비로움과 지하궁전의 화려한 모습, 그리고 지하복마전과 같은 동굴 내 분위기를 이용하여 관광동굴 등이 개발되고 있는데 20세기 초부터 세계는 관광동굴의 개발에 박차를 가하고 있다.

7) 자연관찰의 학습 현장으로의 개발

근래에는 역겹의 신비를 간직하고 있는 동굴들이 자연관찰의 학습 현장으로 개발이용되고 있다. 선사시대의주거지였기에 인류고고학적으로 풍화나 침식을 덜 받은 지질, 지형의 관찰장소로 그리고 암흑세계와 항온, 항습의 특수환경 때문에 지하생물의 서식처로서 학술적 가치가 매우 크다.

8) 동굴환경의 이용

내부환경에 따라 다르나 생수 즉 탄산수, 온천수 등의 이용은 물론 수력발전용, 농업관개용수, 양식수원, 도시상수원으로서의 동굴 지하수의 이용 개발도 활기를 띄고 있다.

3. 동굴의 환경보전대책

동굴환경의 변화는 그 지역의 지역성, 생태환경 등에 따라 각각 달리 나타나고 있으나 우리는 이 훌륭한 동굴 문화재의 후세에 인계를 위하여 만반의 대책을 강구할 것이 요구된다.

현실 문제만 알려주지 말고 향토문화재의 영원한 보존 관리를 위한 제반대책이 절실하게 요구되고 있는 것이다.

우리나라 관광동굴의 개발과 보전

유영준*

1. 동굴의 관광개발

우리나라 동굴은 그 대부분이 연변이나 저위 산간 지역에 발달하고 있어, 교통이 용이하고 동굴 주위의 경관이 좋기 때문에 지역개발 및 통합적인 관광개발이 진행되고 있다. 즉, 영월의 고씨굴의 경우를 보면, 동굴내부의 신비로운 경관뿐만 아니라, 그 밑을 흐르는 남한강 상류의 절벽과 유유했던 흐름의 수려한 자연 풍치는 이 동굴의 관광적 가치를 더욱더 높여 주고 있다.

뿐만 아니라, 영월은 옛 사적이 풍부한 고장이므로 이와 같은 관광 자원이 풍부한 곳에 있는 동굴들은 대부분이 개발되어 가고 있는 실정이다.

현재 우리나라에는 경상북도 울진의 성류굴을 처음으로 영월의 고씨굴, 단양의 고수굴과 천동굴 등의 석회암굴과 제주도의 금영사굴과 만장굴 등이 공인된 관광동굴로 인정되어 있고, 이밖에도 지방에 따라 비공개로 관광객을 받아들이고 있는 곳들이 있는데, 대부분이 앞서 말한 바와 같이 지리적으로 국립공원 및 사적지들과 연속된 낮은 지역에 있는 동굴들이 개발이용되고 있다.

2. 관광자원으로서의 동굴

대부분의 학자들은 동굴을 자연관광자원 중 지형자원으로 구분하고 있으나, 이것은 동굴의 성격 중 가장 대표적인 지형적인 면만을 관찰하여 나타난 결과라고 할 수 있다.

동굴은 앞에서 언급한 지형·지질작용과 관계가 깊은 자원이지만 지하의 신

* 학회 학술이사, 경주대학교 초빙교수

비적 경관이 관광자원으로 활용되고, 그 구조의 특성에 따라 산업적·군사적 또는 학술적 연구의 이용에 크게 기여하는 등 다기능적 복합성을 띠고 있기 때문에 본 연구에서는 동굴을 ‘복합 관광자원’으로 구분하였다.

동굴의 관광자원으로서의 가치는 단순한 지하경관의 ‘예술성’만이 아니고, 원시인들의 생활양식이나 종교의식과 관련된 ‘종교성’, 전쟁시의 피난처, 식량의 저장 창고, 양송이 재배지, 동굴 탐험의 스포츠로서의 ‘유용성’, ‘학문적인 연구’ 이용 등 매우 방대한 복합성을 지니고 있다. 또한 최근 들어 원자력 발전소의 건설로 인해 나타난 핵폐기물 처리장으로도 활용될 수 있다는 점도 빼놓을 수 없다.

지형적으로 본다 하더라도 해식동굴일 경우는 해안기암과 해식에, 해안선과 파도, 수목과 결합하여 복합성을 형성하고, 석회동굴과 화산동굴의 경우에도 산악, 하천, 계곡, 수목 등 뿐만 아니라 동굴 주위에서 바라보는 주변 경관이 나 취락경관, 향토경관 등도 동굴자원의 복합성 속에 포함된다.

따라서 동굴은 자연 관광자원으로서의 특징과 인문 관광자원으로서의 특징을 모두 갖춘 복합적 경관이기 때문에 관광자원 중에서 복합 관광자원으로서의 가치를 지니고 있다.

3. 요약 및 결론

현대인은 주말을 가족과 함께 보내는 시간이 늘어나면서, 여가와 관광에 대한 개념을 바꿔 놓았다. 또한, 가족 단위의 나들이 또는 가족 동반 여행이 증가하면서, 관광자원에 대한 인지도도 많은 변화가 생겼다.

동굴은 그 성인에 따라 화산작용에 의해 형성된 화산동굴과 석회석과 지하수의 용해로 형성된 석회동굴, 파도의 침식에 의해 형성된 해식동굴, 그리고 철도나 도로의 흐름을 원활히 시키기 위한 인공동굴로 구분할 수 있다.

이런 동굴들은 단순히 신비한 지하경관이 갖는 ‘예술성’ 뿐만 아니라 원시종교와 초자연적인 신비성을 갖춘 ‘종교성’, 레저 스포츠로서 당당하게 자리를

갖춘 동굴 탐험 및 핵폐기물 처리장으로서 이용될 수 있는 ‘유용성’, 지구과학 및 동굴학의 현장학습장으로 활용할 수 있는 ‘학문성’ 등을 고루 갖춘 복합성을 형성하고 있다.

따라서 동굴은 자연 관광자원으로서의 특징(동굴의 지형지물·동굴 생물의 특수성·동굴 기상)과 인문 관광자원으로서의 특징(종교성·유용성 등)을 모두 갖춘 복합적 경관을 갖고 있기 때문에, 결론적으로 관광자원 중에서 복합 관광자원으로서의 가치를 지니고 있다.

제주도 동굴의 지형 특성

배 두 안*

1. 서론

한라산을 중심한 제주도에는 수많은 용암류가 흘러 제주도를 형성하고 있다.

한라산 정상 화구에서 혹은 수많은 기생화산 화구에서 용암이 흘러 내려 이 용암지역에 수많은 용암동굴이 형성되고 있다.

제주도 동서사면에는 광대한 용암대지가 있는데 점성이 작고 유동성이 강한 표선 현무암층이 분포한 관계로 세계적인 용암동굴지대를 형성하고 있다.

2. 동굴의 지형적 특성

제주도 용암동굴은 그 형성기간이 수십년에 걸쳐 냉각되면서 용암동굴 및 동굴내에 여러 가지 형태의 지형이 형성된 것으로 보인다. 그중에서 규모가 큰것으로는 빌레못동굴과 만장굴, 협재굴 등이 있다.

만장굴의 용암주는 7.6m로 장대한 경관을 보여주고 있다. 용암석순은 용암류가 천장에서 떨어져 탑모양의 형태를 이룬 것을 말한다.

빌레못동굴에는 7.7m의 대형 석순이 발달하고 있다. 만장굴, 수산굴 등지에는 특히 용암교가 발달하고 있으며 수산굴에는 폭 5m, 길이 140m의 천연교가 있다.

2중 동굴은 동굴이 형성된 후 2차의 용암이 유입하여 그 표면이 냉각으로 동굴속에 소형의 동굴을 형성한다.

* 학회 학술이사, 화산지물연구소장

소천굴 내부에는 길이 240m의 소형굴이 발달하고 있다. 새끼용암은 용암의 유동형태로 새끼모양 혹은 파도모양의 흐름의 형태이다.

소천굴에서 대장관을 이룬다. 규산주는 규산종류가 발달하여 기둥을 이루는 것으로 빌레못동굴에는 28m의 규산주가 발달하고 있다. 규산화는 가스중에 용해되고 있던 규산이 부착된 것으로 알려지고 있으나 그 형성과정에 대해서는 불확실한 점이 많다. 만장굴, 빌레못동굴에 발달하고 있다.

규산은 석영질이 주이다. 그외 석회암으로 된 종유석, 석순등이 협재굴에 발달하고 있다. 최근에 발견된 월정리 남지미 동굴도 이에 속한다.

동굴의 생태환경대책방안

신 대 봉*

1. 서 론

최근 계속적인 관광개발과 산업개발에 따른 자연환경의 파괴, 그 밖에 농약에 의한 희귀생물과 미생물의 빈사상태의 야기 등은 커다란 우려를 던져주고 있다.

예를 든다면 최근 일본에서는 석회암대지 상의 전전지에서 살충을 위하여 살포한 농약이 지표수에 유출되어 지하로 침투하여 지하동굴류에 혼입되어 동굴 내의 생물을 멸종시켰을 뿐만 아니라 다시 이 지하동굴류가 곡지에 유출되어 이 동굴류로 양어하고 있던 송어 양식장에서 많은 치어를 죽여버린 사실이 발생하였었다.

그 밖에도 들리네와 흡인구를 통하여 홍수기회의 많은 수량이 동굴 속에 스며들어 동굴 내에 일대 범람을 일으키는 경우도 있었는데, 이와 같은 예는 우리 나라에서도 평창의 고마루지역과 단양 영춘의 남굴 등에서 가끔 겪는 일이다. 즉, 이 때에 많은 동굴생물들이 피해를 받게 되는 것이다.

한편 인위적인 파손의 경우도 많다. 즉, 석회동굴의 형성은 자연현상에 의하나 인간사회의 생산활동에 때로는 이들 석회암 지역에서의 채석장 때문에 파괴되기도 한다. 물론 어떤 때는 채석하다가 동굴이 발견되는 수도 있다. 전북 익산의 천일 동굴도 정선의 화암굴도 이렇게 발견된 것이다. 그리고 이들이 관광동굴로 개발되면서 동굴은 파괴되며 생성물은 오손 되어 간다. 많은 관광객의 출입은 동굴의 기상을 변질시키며 폐기물은 생물에 해독을 끼친다.

이상과 같은 사례를 미루어 보아 우리는 이들 자연환경의 정상적인 보전이 필요하게 되었다.

* 학회 부회장

2. 관리 운영면의 보전대책

먼저, 동굴은 그 특성, 형태, 학술 문화적 가치 등에 의하여 분류하여 각급 부문으로 구분 지정하여야 한다. 그 학술 문화적 가치에 따른 관리운영 책임자를 지정하여 관리 운영토록 한다.

둘째, 동굴의 문화재 기타의 구분에 따라 지표지역의 현황을 고려한 보호구역의 설정이 요구된다.

셋째, 동굴 내부에 입동객은 되도록 그 동굴의 규모, 특성에 의하여 적정 입동객의 수효로 제한한다. 이는 체동 인원을 말하며, 연 입동객 수가 아니다.

넷째, 관광객의 수용 계절, 날씨에 따라 조정되어야 하며, 이는 동굴 환경에 악영향을 주지 않은 시기를 입동시간으로 조정하여야 한다.

다섯째, 입동객은 물론 동굴 내부의 관리인에게도 동굴 보호에 관한 교육이 시행되어야 한다.

여섯째, 동굴의 특수 생태환경 유지를 위한 동굴 내 온도 조절, 조명 제한, 그리고 습도 유지 관리제도가 요구된다.

3. 동굴 보호시설면의 제반대책

첫째, 동굴 내부의 통로시설은 가급적 좁고 안전하게 시설한다. 관광 대상물인 지형지물들이 잘 보일 수 있게 통로를 개설하되 손으로 훼손시키지 못하게 코스를 설정한다.

둘째, 통로 상에 지형지물이 근접되고 있을 때에는 보호망으로 훼손되지 않도록 시설한다.

셋째, 동굴 내부의 생태 보호를 위하여 다습한 환경 유지를 위하여 배수시설을 한다.

넷째, 동굴관광 공개시간이 끝나면 산수작업으로 동굴 내의 청소, 습도 유지에 도움을 줄 수 있는 산수 송수관 시설이 보이지 않도록 시설한다.

다섯째, 조명시설은 가급적 시설이 노출되지 않게 바닥이나 난간에 설비하고 필요한 지형지물만 볼 수 있게 한다.

여섯째, 조도는 가급적 어둡게 하여 지형지물만 보이도록 하고 통로 바닥을 주로 밝히도록 한다.

일곱째, 지형지물이나 통로의 조명시설은 점멸 조명으로 동굴의 캄캄한 환경을 유지토록 시설한다.

여덟째, 동굴 지표면에 식생 보호는 물론 동굴 지층을 투수작용이 계속 되도록 산수시설(spring cooler) 같은 것을 설치하여 동굴 생성물 진행 작업이 계속되도록 시설한다.

마지막으로, 동굴 내부의 필요한 곳에 적당한 경고판, 안내판 시설을 한다.

화산동굴과 동굴지형지물

변 대 준*

1. 서론

제주도는 동아시아 한반도의 서남해상에 위치하는 화산섬이다. Aspite화산형을 이루는 한라산체를 주체로 하는 동서로 길다란 타원형의 화산섬이다.

이 제주도에는 대소 370개소에 달하는 분석구(기생화산)이 전지역에 산재하고 있을 뿐만아니라 대소 80개소에 달하는 화산동굴이 분포되고 있어 세계화산학자들의 학술연구대상지가 되고 있는 섬이다.

특히 이 섬에는 단일화산동굴로 한때 세계 제일이었던 빌레못동굴을 비롯하여 거대 대형동굴인 만장굴, 수산굴, 미천굴 그밖에 소천굴들이 있을 뿐만아니라 이들 동굴속에는 세계적인 수많은 갖가지 화산동굴의 지형지물들이 산재하고 있어 1960년 이후 본격적인 국제적인 학술조사가 시행되어 왔는데 참으로 제주도야 말로 세계화산동굴의 보고이라고 할 수 있는 화산동굴지형지물의 종합전시장이 되고 있다.

2. 화산동굴의 성인과 분포특성

원래 화산동굴의 성인이나 형태 및 분포는 지질구조와 밀접하게 관계된다. 즉 동굴의 형태는 용암류의 질과 유출상태 등과 직접 상관되는 것이다. 더구나 지반지형의 경사, 구배조건과 관계된다. 또한 용암류 양의 과다, 용암질의 경연, 용유상태, 유출의 속도, 지상대기의 환경조건에도 밀접한 관계를 지니고 있는 것이다.

* 학회 사무국장

한편 용암류의 외각이 냉각고결되어 동굴의 천정과 동굴벽면을 이루게 되는데 내부의 용암류는 계속 지표면의 지반경사면을 따라 흘러내려가면서 동굴이 형성되는 것이다. 바로 이때에 동굴내부의 형태, 지형, 지물 등이 형성되는 것이다.

요컨대 화산동굴의 지형지물들은 1차적으로 용암류가 유출되면서 냉각고결될 때 그 내부에 응결된 수증기 개스 등이 결합되어 이른바 개스공동이 이루어지는데 바로 이때에 용암종유나 용암석순, 찰흔, 분출종유등도 같이 형성된다.

즉 화산동굴의 경우에는 석회동굴의 경우와는 달리 1차적으로 동굴이 형성될 때 그 지형지물도 같이 형성되면서 그때부터 곧바로 동굴은 붕괴되는 쇠퇴기에 들어서게 된 것이다.

대체로 제주도의 화산동굴들은 그 대부분이 서북사면과 동북사면에 극한 분포되고 있다. 제주도의 지형구조에 따라 화산동굴이 분포되고 있는데 이들은 대부분이 표선리 현무암층지역에 극한 분포되고 있다.

즉 점착성이 약하고 유동성이 높은 알칼리성 현무암인 표선리현무암층에 동굴이 밀집분포하고 있는 것이다.

한편 제주도의 한라산체는 느린 아스피테형 지형을 이루고 있는바 이와같은 느린경사는 유동성이 큰 용암이 계속 유출되었기 때문이며 이 때문에 제주도의 해안선에 가까운 산 기슭지대에서 많은 동굴이 분포되고 있음을 보게된다.

3. 세계적인 화산동굴 지형지물

제주도의 화산동굴속에 산재하고 있는 갖가지 동굴지형지물들은 이때까지 알려진 바에 의하면 세계적인 동굴지형지물들이 존재하고 있음을 확인 할 수 있다.

이와같은 사실은 제주도의 화산동굴들의 그 대부분이 세계적인 동굴이라고 할 수 있는 대규모동굴들이고 뿐만아니라 이들 동굴을 형성한 용암류의 질과

유동상태 그리고 동굴의 수평적인 형성 등의 환경조건 때문에 이와같은 세계적인 지형지물들이 형성되었다고 하겠다.

현재까지 알려져 있는 세계적인 화산동굴의 지형지물들 중에는 만장굴속에 있는 용암주, 용암교, 용암구, 빌레못 동굴속의 규산주, 용암석순, 용암수형 등이 알려져 있는 지형지물들이다.

4. 결 론

이상에서는 세계적인 화산동굴의 전시장이라고 할 수 있는 제주도 화산동굴속에서 발견된 대표적인 동굴지형지물들을 열거하였다.

실제로 화산동굴은 석회동굴과는 달리 일단 동굴의 형성이 된 직후부터 붕괴작용이 일어나 이른바 동굴쇠퇴기에 접어들어가기 때문에 이 동굴속에 냉각고결될 때에 생성된 동굴미지형과 지물들은 더구나 훼손되기 쉬운 존재인 것이다. 세계적으로 이미 알려진 이들 동굴과 동굴속의 지형지물들이 일단 훼손된다면 앞으로는 종전과 같은 원형을 찾아 볼 수 없게 되는 것이다.

따라서 우리는 이들의 생태환경보전을 위한 보다 더한 관심과 노력이 경주되어야 하겠다.

동굴환경의 관리대책

김 원 진*

1. 서 론

동굴은 여러 가지로 구분되는데 자연적으로 이루어진 자연동굴과 인공적으로 굴착한 인공동굴이 있다. 물론 여기에서 논하고자 하는 동굴은 자연동굴에 관한 특성과 보전, 관리에 대한 견해를 논하고자 한다.

사실상, 자연동굴에도 크게 나누어 보더라도 석회동굴인 종유굴, 화산지대의 화산동굴, 그밖에도 바닷가나 강가절벽에서 형성된 파식굴, 이밖에도 많은 종류로 세분할 수 있다.

2. 석회동굴의 특성과 환경

석회동굴, 즉 종유굴들은 석회암지역에서 형성된다. 주지하는바와 같이 석회암지역의 지표면에 발달된 돌리네나 우발레 지형으로 스며든 지표수가 땅속에 스며들면서 석회암을 용식하며 그 용해수가 땅속에서 지하수류를 형성한 지하수동의 공간을 석회동굴이라고 한다.

따라서 이 지하수류가 흘러 나아가는 공간은 점차 길어지기도 하며 넓어지기도 한다. 뿐만아니라 때로는 천정이 낙반되거나 벽면이 무너지는 등 이 동굴의 공간은 계속 확장되어간다.

한편 동굴의 천정면이나 벽면에서는 석회질의 용해수적(물방울)이 맺어서 이른바 종유관, 종유석을 성장시키고 이들이 계속 성장했을때 동굴바닥에 떨어진 석회질용해 물방울로 성장하는 석순과 연결될 때 석주(돌기둥)를 형성하

* 학회 총무, 건국대학교 강사

게 된다. 또한 이와같은 침적 또는 퇴적작용은 지표수가 땅속에 스며드는 한 그리고 석회암의 용해작용이 계속되는 한 동굴속의 이들 생성물들은 계속 성장하게 된다.

사실상 석회동굴은 중유석이나 석순같은 2차생성물들이 동굴속에서 계속 자라고 있기 때문에 이른바 지하궁전을 이루고 있다고 하겠다. 따라서 이들 석회동굴의 내부는 인위적인 훼손이나 파괴행위가 없고 또한 지반의 진동같은 충격이 없는 한 이 동굴생성물들의 환경파괴는 없게 되므로 동굴의 환경보전은 계속 이루어질 수 있다고 하겠다. 다만 동굴속에는 2차생성물 이외에도 동굴내부에서 서식하는 동굴생물이 특수하기 때문에 이들 지하수생물의 생태환경보전문제가 매우 중요한 것이다. 화산동굴이나 다른 동굴의 경우와도 같지만 동굴생물은 지표에서 동굴속으로 들어가 생물의 종류에 따라서는 특이하고도 신비로운 특수생물로 생태가 변한 생물들이 많다. 장님옆새우, 특히 갈로와 곤충같은 것은 매우 중요한 동굴생물들이다.

이와같은 동굴생물들이 서식할 수 있는 환경의 보전이 절대적인 것도 당면한 중요과제로 제기되고 있는 것이다. 우리나라의 경우 한반도 등뼈를 이루고 있는 강원도, 충청북도, 경상북도 지역 그리고 평안도 내륙지역들에 많은 석회동굴이 발달되고 있는 것은 이들지역에 석회암지층이 널리 분포되고 있기 때문이다.

3. 화산동굴의 특성과 환경

화산동굴은 화산지대에서 보는 동굴들에 대한 일반적인 총칭이다. 즉 화산활동에 의하여 이루어진 동굴로 용암굴, 화구굴, 용암수형 등이 있으나 이들 중에서도 가장 대표적인 것이 용암굴이므로 때로는 화산동굴의 명칭을 용암굴로도 불리어 왔던 것이다.

실제로 용암동굴은 화산이 분출작용을 이루고 있을 때 땅밖을 흘러 나온 용암이 지표면에서 냉각되면서 용암층속에서 형성시키는 동굴이다. 일단 지표면

에 용암이 흘러내리면 땅표면의 차거운 공기 때문에 용암흐름의 표면은 냉각되면서 오늘의 지각(지표면)을 이루게 되나 이 용암층이 매우 다량의 유출이 계속될 때 용암층 속에서는 개스의 공동이 형성되어 이 개스공동들이 연결되어 이른바 용암동굴이 형성되는 것이다. 지표면의 용암이 냉각되어 굳어지고 밑바닥속의 용암은 계속 경사지면을 따라 흘러내려가기 때문에 이 때에 용암의 질(농도)에 따라 용암굴들이 형성되는 것이다. 이때에 용암층속의 개스공동들은 서로 연결되고 용암동굴의 길이는 연장되게 된다. 다만 화구에서 분출될 때의 용암의 높은 온도(통상 1,500℃이상)는 지표면에서 차거운 공기 때문에 지표면의 지층부터 냉각되므로 일단 용암층이 냉각되고 나면 모든 용암동굴내부의 환경은 그 상태로 정지되고 만다.

따라서 용암층내부의 개스공동들이 연결되고 있던 작용도 또한 이미 형성된 용암굴의 천정이나 바닥 또는 벽면에서 나타나고 있던 용암종유나 용암석순등도 성장이 멈추게 되고 만다. 즉 용암동굴은 석회동굴과는 달리 일단 용암동굴내부의 기온이 내려가서 동굴이 고결되면 이때부터는 모든 성장, 형성작용이 그치게 되고 이와반대로 붕괴작용이 시작되는 것이다. 물론 동굴내부의 영향보다 동굴지표면의 외부환경의 영향을 받게 되어 이때부터 동굴내부환경의 훼손, 파괴가 시작되는 것이다.

제주도의 용암동굴들의 경우는 그 대부분이 용암동굴지표면에서의 도로개척공사로 인한 진동작용으로 동굴내부가 훼손되거나 동굴이 파괴된 사례가 많음을 보게된다.

한편 동굴생물환경의 경우는 석회동굴의 경우와 같아서 동굴생물의 생태가 지표생물보다 다르게 나타나고 있다.

4. 동굴의 환경파괴와 보전

전술한바와 같이 석회동굴은 석회질 투수작용이 계속되는 한 동굴내부의 종유석, 석순 등의 2차생성물들이 계속 성장할 수 있지만 용암동굴 즉 화산동굴

의 경우에는 그 일단 용암동굴이 형성되고 나면 그 때부터는 붕괴시기로 들어가게 되고 만다.

따라서 석회동굴의 경우는 인위적인 환경훼손환원작업이 가능하다고 하겠으나 용암동굴의 경우에는 환경환원이 불가능한 것이 사실이다. 이에 석회동굴의 경우에는 석회동굴내부의 온도, 습도, 조명 등의 생태환경을 그대로 유지시키면서 동굴지표면을 덮고 있는 석회암 지층의 확보와 석회질 용해수의 동굴 내부에의 침투작용이 계속된다면 석회동굴의 내부환경은 그대로 유지될 뿐만 아니라 보다 성장하는 이른바 “계속 자라고 있는 석회동굴”이 필수 있다.

한편 용암동굴의 경우는 동굴지표면에 충격을 주지 않게 하는 것이 가장 중요한 일이다. 즉 도로개설로 인한 지반의 진동으로 용암동굴이 훼손되게 되므로 심각한 대책이 요구된다. 그리고 동굴생물의 생태환경은 항상 캄캄하고 다습(70~80%)하며 일정한 온도(14~18℃)가 유지되도록 하여야 하겠다.

V. 결론(개발과 보전관리)

오늘날 우리나라에서는 도처에서 동굴의 개발로 지역소득을 올리는 목적하에 이들의 관광개발을 서두르고 있는 것이 사실이다. 실제로는 동굴은 어둡고 캄캄한 땅속에 도사리고 있기 때문에 매우 신비스러운 존재로 알려져 있다. 더구나 복잡하고 어수선한 도시생활에 지친 도시인들에게는 때로는 이와같은 신비로운 지하동굴을 찾는 호기심을 갖는 것이 당연하다. 때문에 지하동굴은 호기심으로 찾는 관광자원으로 이용개발하려는 경향이 짙어가고 있는 것이 사실이다.

아시다시피 동굴속에는 원래의 지형지질의 모습을 그대로 관찰할 수 있는 자연관찰의 생생한 현장일 뿐만 아니라 이 동굴속에서 서식하고 있는 동굴생물들은 특이한 지하수 생물들이기 때문에 이들의 학술적 가치는 매우 크다고 하겠다. 따라서 점차로 무제한 개발이 아니고 지역마다 한두곳에서만 개발이용하고 그 밖의 가치있는 동굴들은 환경보전을 위한 대책과 학술연구대상으로

보존하여야 할 것이다.

즉 현재 고수동굴에서는 동굴내의 생태환경유지를 위한 동굴내의 습도유지를 위한 급수시설이 마련되고 있음을 개발에 따른 환경보전을 위한 대책의 좋은 예라고 하겠다.