

# 관광지 개발에 따른 고수동굴의 환경변화

The Environmental Change according to the Development of Tourist Resort in Gosu - cave

홍현철\* · 유영준\*\* · 홍충렬\*\*\*

## ABSTRACT

After the opening of Gosu - cave, as tourist has increased, the inner parts and outer regions of cave is changed. This paper focuses on the environmental changes according to development of tourist resort in Gosu-cave.

The result of this study can be found in the following facts:

- (1) As cave is opened, lighting equipments set up for the purpose of helping inspection and coming in and out.
- (2) As the temperature rises in the coming in and out of tourist, this is caused to dry and peel off the topographes in cave.
- (3) The quality of water in cave is contaminated by the wastes, garbages and coins by tourists.
- (4) As Chungju - Dam has constructed, the linkages of the other tourist resort of Gosu - cave is improved. It is raised on the accessibility of Gosu - cave.
- (5) As people has access to Gosu - cave, tourists increased more than the former times. Thus this phenomenon is contributed to the increasements of regional incomes and opportunity of regional employment.

## 1. 서론

오늘날 산업 발달, 국민소득의 증대, 교통의 발달, 여가시간의 증대 등 사회·경제적 변화에 따라 관광수요는 증가하고 있다. 또한 지방자치제의 실시는 그 지역의 소득 증대를 위한 산업 육성책으로 관광자원의 개발에 박차를 가하고 있는 실정이다. 따라서 각 지방자치단체에서는 관광자원으로 활용될 수 있는 자연경관을 찾아 분주하게

---

\* 건국대학교 지리학과 교수

\*\* 건국대학교 강사

\*\*\* 김천전문대학 관광경영과 교수

움직이고 있다.

그런 자연경관 중에서 동굴은 지하에 분포하고 있기 때문에 관광 자원 중에서도 특이하여 일반 관광자원보다 사람들에게 관심 높고 또 견인력이 큰 관광자원이기도 하다. 또 이것은 개발 여하에 따라 앞으로 많은 관광객의 흥미를 유발시킬 수 있는 가능성을 충분히 갖고 있다. 그러나 동굴 개발 이후 개발 논리가 환경보전 논리보다 앞서는 경우에는 반드시 동굴의 내부와 외부에는 악영향이 미치게 되지만 이러한 악영향은 적절한 대책과 보호를 통해 어느 정도 방지할 수 있다.

특히 고수동굴의 경우는 천연기념물로 지정받게 됨과 동시에 일반 대중에게 공개되어 현재는 대표적인 석회동굴 관광자원으로서 각광을 받고 있다. 그런데 그 동안의 고수동굴 및 국내에 분포한 동굴에 관한 연구들은 동굴의 자연지리적 특성(정창희 외, 1994; 홍시환, 1993a, b; 정창희, 1993; 서무송, 1975; 임덕순, 1975)이나 동굴환경(홍시환·홍충렬, 1995; 홍시환외, 1994; 경만호 외, 1993; 변대준, 1993; 홍충렬, 1993; 남궁준·김승태, 1992; 변대준, 1992; 홍시환, 1991; 홍시환외, 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(김추운, 1993; 남궁준, 1993; 김병우, 1991; 이호준, 1991)가 대부분이었다. 따라서 본 연구는 고수동굴이 관광지로서 개발되어 공개된 이후에 나타난 동굴 내부의 자연환경 변화와 외부의 인문환경 변화를 고찰하는데 그 목적이 있다.

## 2. 고수동굴 내부의 환경변화

동굴이 개방된 이후에는 관람객이 출입하게 되고 이들 관람객을 위한 조명시설의 설치는 당연한 것이다. 이러한 조명 시설은 주로

지형 지물의 표면에 녹색 곰팡이를 형성시키고, 이 녹색곰팡이는 흑색곰팡이로 변하게 되어 지형지물의 표면의 색을 변화시키게 된다. 한편 조명시설 자체에서 발산되는 열은 동굴 내부의 기온을 상승시키며, 관람객의 출입도 동굴 내부의 기온을 상승시키는 결과를 초래하는데 주로 관람객의 입김과 체온의 의해 동굴내부의 기온이 상승된다. 이러한 기온 상승은 동굴 내부 지형지물의 건화 작용을 일으키고 나아가서는 지형지물의 표면이 벗겨지는 박리 작용으로 진행된다. 또, 관람객이 버리는 동전, 쓰레기와 오물들은 수질을 오염시키기도 한다. 현재 고수동굴의 내부에서는 이러한 환경변화가 진행되고 있다(그림 1, 2-1, 2 참조).

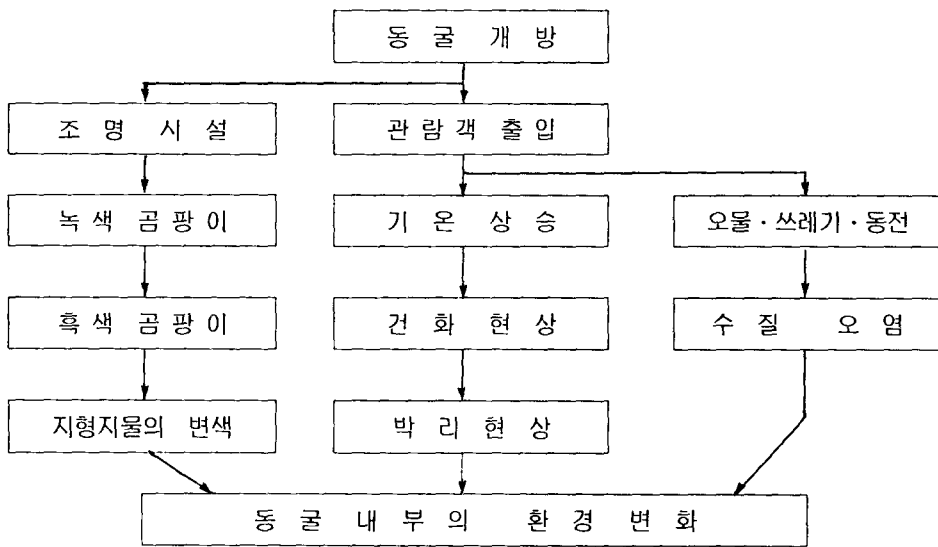


그림 5 동굴내부의 환경변화

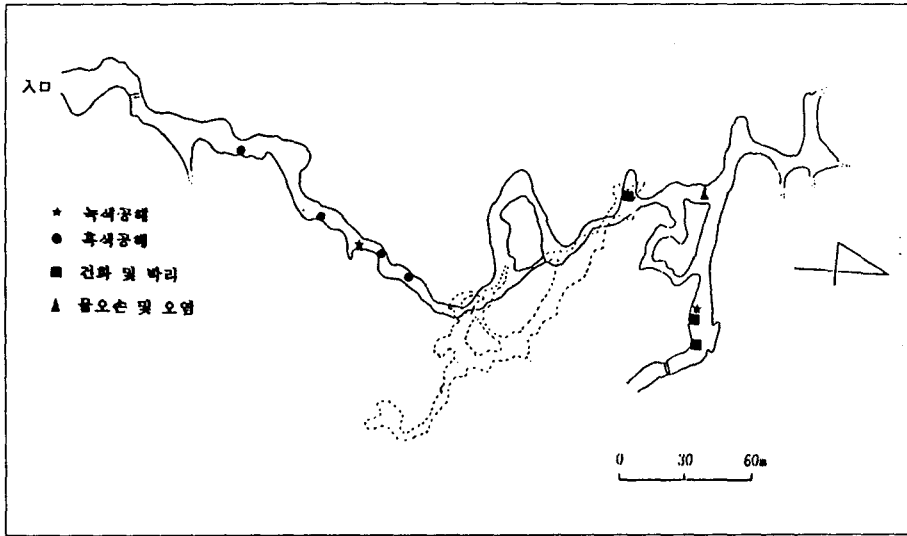


그림 2-1 동굴 내부의 환경변화 분포도(1층)

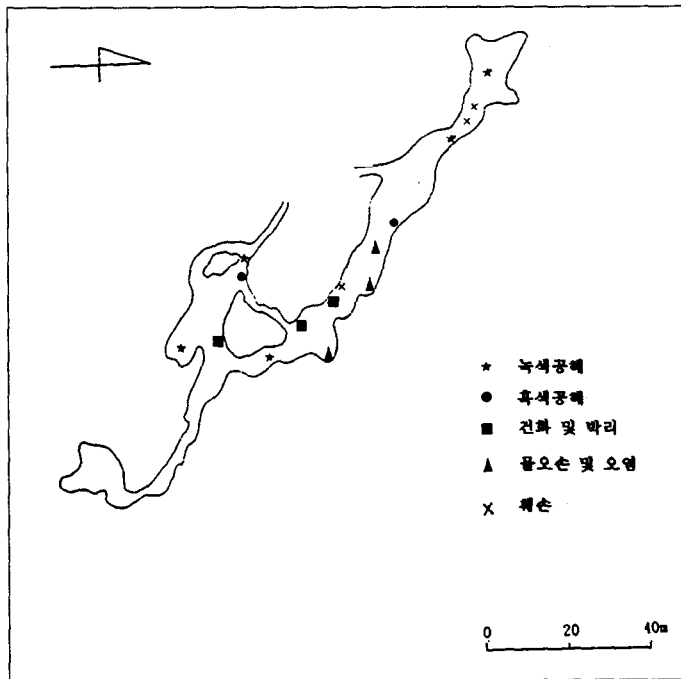


그림 2-2 동굴 내부의 환경변화 분포도(2층)

## 1) 동굴 내부 지형지물의 변화

### (1) 지형지물의 파손 및 오손

고수동굴 내부 대부분의 지형지물은 규모가 크고 견고한 석회암질로 되어 있어 파손의 우려성은 적은 편이다. 현재 지형지물의 파손 현상은 그림 3에서 보는 바와 같이 2층지구의 몇 곳에서 발견되고 있지만, 이들 지형지물의 파손에 대해서는 개발 당시의 지형지물의 분포도와 비교하였을 때 큰 차이를 볼 수 없다. 따라서 파손 문제에 관한 동굴의 관리가 철저하게 이루어지고 있음을 알 수 있다.

한편, 고수동굴 개방 이후 관람객이 출입하게 되고, 관람객들이 지형지물을 접촉함에 따라 통로에서 가까운 지형지물들은 대부분 표면색이 검게 변화(오손)되어 있다. 그러나 이러한 오손은 통로 주위의 지형지물에 국한된 것이므로 관람객들에게 사전교육과 홍보를 통해 방지할 수 있다.

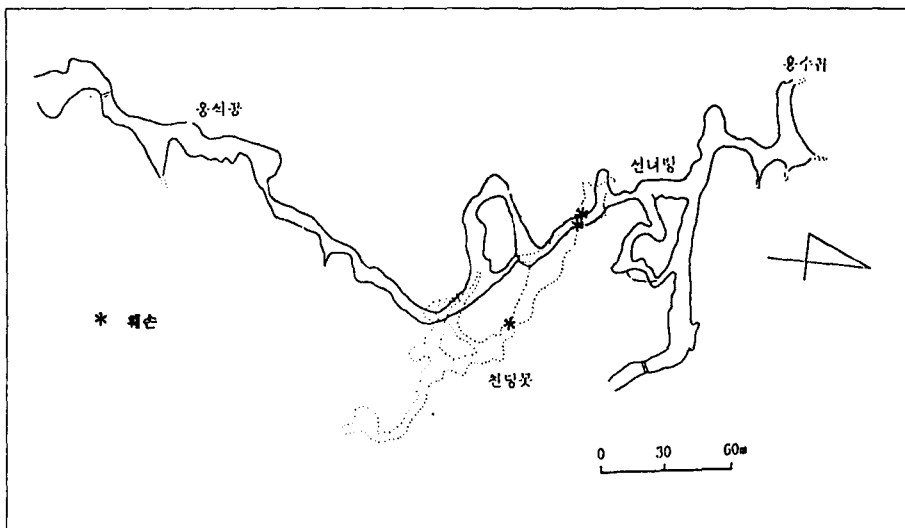


그림 3 지형지물의 훼손 분포

## (2) 녹색 및 흑색곰팡이의 확대

곰팡이의 발생은 온도·습도·빛의 정도에 따라 형성된다. 이미 동굴 내부는 15 ~ 17℃라는 적당한 온도가 유지되고 있고, 습도도 60% 이상으로 유지되고 있다. 또한 관람객의 이동을 위해 곳곳에 조명기구가 설치되어 있다. 이러한 동굴의 내부 조건은 곰팡이가 발생하기 쉬운 환경을 만들어 주고 있는데, 미공개 동굴의 경우 온도와 습도는 유지되고 있어도 빛이 차단되어 환경 내에서는 곰팡이의 서식이 거의 불가능한 상태이다. 따라서 공개동굴의 경우 조명기구의 관리는 곰팡이의 서식과 직접적인 관련을 갖고 있다고 할 수 있다.

고수동굴 내부에는 두 가지 종류의 조명기구를 사용하고 있는데, 한 가지는 전등형이고 다른 한 가지는 서치라이트형 조명기구로 되어 있다. 전등형은 주로 관람객의 이동을 목적으로 하고 있지만, 서치라이트형 조명시설은 주로 지형지물을 관람하기 위한 목적으로 사용되고 있다.

전등형의 경우 대부분 전등갓이 썩어져 있고 그 방향이 아래쪽을 향해 있으며, 그 밝기도 관람객의 이동에 지장을 주지 않는 범위에서 이루어지고 있어 조도 측정결과 지형지물에 커다란 영향을 주지 않고 있는 것으로 판명되었다. 그러나 지형지물을 관람하기 위한 목적으로 사용되는 서치라이트형 조명기구는 그 밝기도 전등형보다는 밝아 지형지물 표면에 녹색곰팡이를 형성시키고 있다.

특히, 밝기가 기준 이상으로 높은 조명기구가 있는 곳이나 조명기구와 지형지물의 거리가 가까운 곳에서는 녹색곰팡이가 발생하고 있다(그림 4-1, 2 참조). 예를 들어 상층부 하만물상 아래의 조명기구는 지형지물과의 거리가 50cm여서 지형지물에서 조명을 측정한 결과 820 lux에 달했고, 그것으로 인해 지형지물에는 녹색곰팡이가 생겨났다. 이 밖에도 1층부의 창현궁 부근과 주굴과 신동이 이어져 출

구로 연결되는 지역에서 녹색곰팡이가 새로이 번식하는 것이 발견되었다.

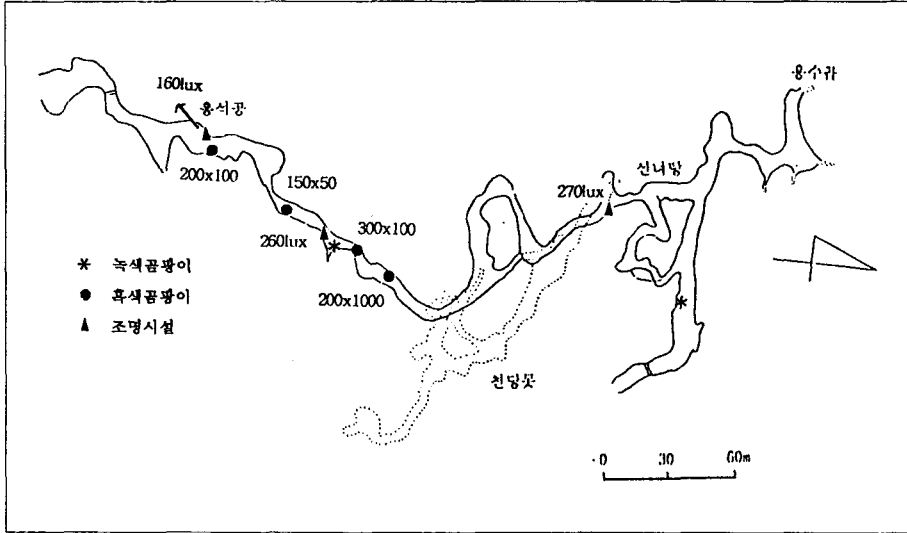


그림 4-1 동굴 내부의 곰팡이 분포도(1층)

한편 흑색곰팡이의 경우 대부분이 한번 형성된 녹색 곰팡이의 환경 변화에 따라 나타난다. 이러한 사실은 동굴 관리상 원초적인 녹색곰팡이의 서식을 방지하면 흑색곰팡이의 피해는 자연스럽게 막을 수 있다는 것을 의미한다.

지형지물을 따라 흘러 내리는 물은 서식된 곰팡이류의 이동 번식을 도와 주고 있다. 흑색곰팡이의 경우도 지형지물의 표면을 따라 그 면적을 확대해 나가고 있으며, 습기의 변화에 따라 일차적으로 형성된 녹색곰팡이가 흑색곰팡이로 변하는 사례도 많다. 이것은 후술하는 고수동굴내의 기온 변화와도 관계가 깊다.

곰팡이는 관람객이 이동하는 경로를 따라 많이 분포하는 현상을 볼 수 있다. 즉 동굴 입구에서 상층부로 올라가는 지점까지와 상층부의 대부분의 지역, 동굴 출구지역에서 곰팡이의 분포가 눈에 띈다. 반면에 사람의 발길이 뜸한 1층지구의 개선문 지역, 신동지역, 용수

골 지역 등은 아직까지 곰팡이의 피해가 적은 지역이다.

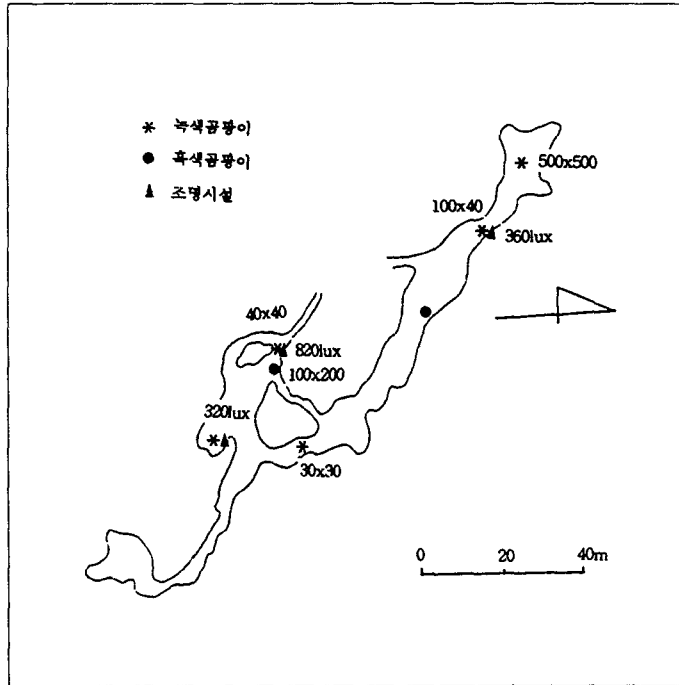


그림 4-2 동굴 내부의 곰팡이 분포도(2층)

### (3) 건화 박리 현상

동굴내의 건화 현상 혹은 박리현상은 관광객 출입으로 인한 내부 기온의 상승에 의해 진행되어 진다. 관람객이 입장하게 되면 체온과 입장객의 입김으로 인한 기온 상승이 두드러진다. 또한 일단 온도가 높아진 공기는 입구(고도가 낮음)에서 출구(고도가 높음)로 이동하거나 2층 지구로 이동하게 된다. 따라서 건화와 박리 현상은 동굴내의 고도가 높은 지역, 즉 기온이 높게 유지되는 지역에서 흔히 볼 수 있다(그림 5-1, 2 참조).

최근 2층 지구의 대부분에서 건화 현상이 진행되고 있는 것을 발견할 수 있고, 황금주에서 출구지역에서는 건화 현상과 아울러 박리 현상이 급속히 진행되고 있다. 신동 지역도 기온 상승효과로 인해 건화 현상이 진행될 것으로 예상 된다. 특히 그 지역은 점토질을 많



이 함유하고 있어 건화 박리 현상이 쉽게 진행될 것이다.

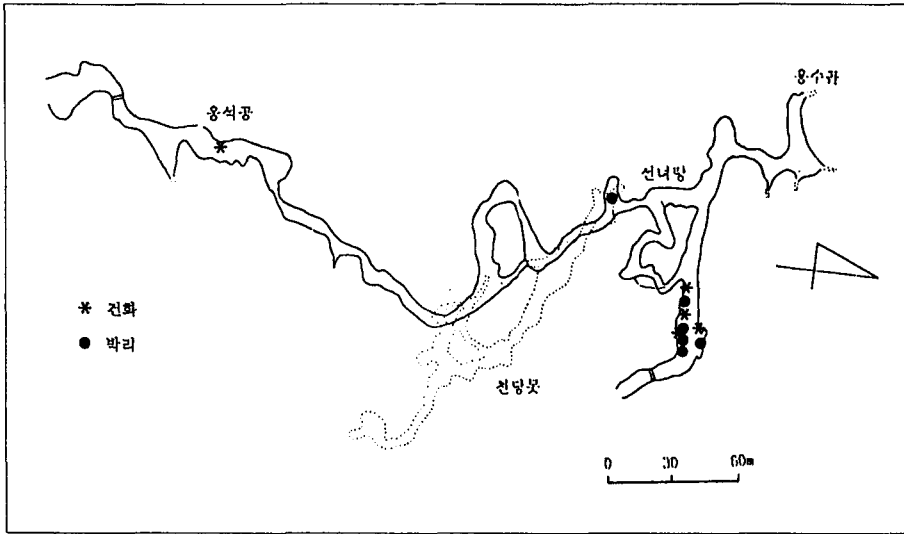


그림 5-1 동굴 내부의 건화 및 박리현상의 분포도(1층)

## 2) 고수동굴의 기후 및 수질환경의 변화

### (1) 기후환경의 변화

고수동굴 내부에서 공기의 흐름은 동굴입구에서 출구 방향으로 흐르는데, 이는 내부의 기온차에 의한 흐름으로 분석된다. 개발 이전 동굴의 기온은 계절에 따라 달랐지만, 대체로 13 ~ 15℃의 기온을 유지하는데 비하여, 최근 고수 동굴에서는 16 ~ 18℃의 기온이 측정되고 있다.

2층지구, 출구, 신동 상층부 등에서는 다른 지역보다 3 ~ 4℃ 높은 기온 분포를 나타내고 있는데, 개장 직후의 온도도 높게 나타나고 있다. 이것은 대부분 전날의 기온 상승 효과가 계속되고 있음을 의미한다. 특히 고수동굴의 출구는 완전폐쇄형 철문으로 되어 있어서, 폐장 후 철문을 닫고 나면 동굴 내의 기류의 흐름이 차단되어 출구와 2층 지구에 상승된 기류가 계속 머물게 된다. 이것은 건화현상

을 촉진시키는 역할을 하고 있다.

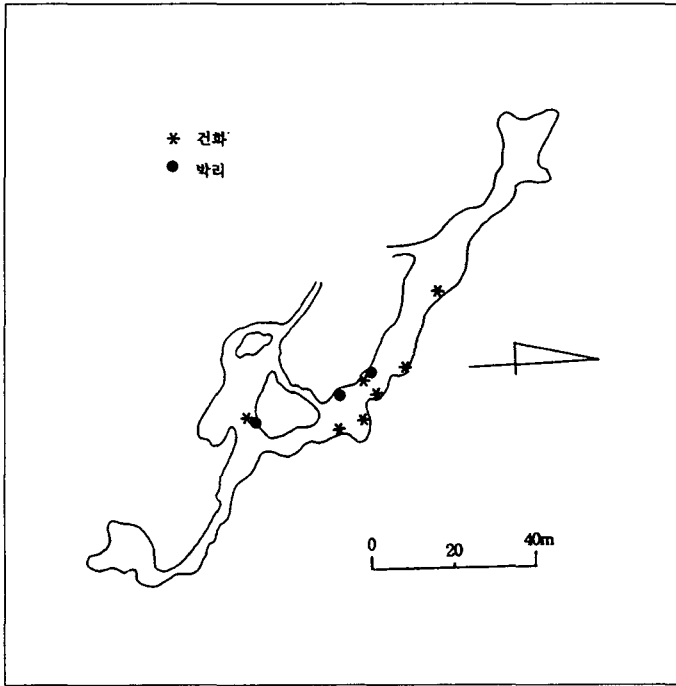


그림 6-2 동굴 내부의 건화 및 박리현상의 분포도(2층)

특히 관람객 입장전에 비하여 관람객이 가장 많은 오후에는 지역에 따른 기온차가 심하게 나타나고 있다.

표 6 동굴 내부 기온 분포 및 변화

단위 : °C

구 분		09 시	12 시	15 시	18 시
1층 지구	동굴 입구 밖	3.1	8.2	11.4	8.8
	혈거 생활터	8.8	8.9	10.3	9.4
	개 선 문	13.2	12.7	12.6	12.6
	사 자 바 위	13.4	12.9	13.1	12.9
신동 지구	신 동	15.5	15.7	16.4	15.6
1층 출구 지구	황 금 주	14.4	14.4	14.6	14.9
	출 구	15.8	15.7	16.4	15.2
	동굴 출구 밖	14.6	14.7	16.3	16.0
2층 지구	중 만 물 상	16.4	16.6	17.1	17.0
	배 학 당	16.7	17.1	17.4	17.4

1층 사자바위, 개선문 등에서는 0.5℃ 내외의 변화에 불과하나 동굴 내부 상층부에서는 1℃ 이상의 기온 차이를 보이고 있다(표 1 참조).

## (2) 수질환경의 변화

그림 7-1, 2에서 살펴보는 바와 같이 2층지구의 천당못에서 pH 8.36으로 측정되어 다른 지점에 비해 낮은 알카리성을 보이며, 수온도 16.3℃로 높게 나타나고 있다. 천당못이 다른 지역에 비해 pH가 낮은 것은 관람객이 버린 물 속의 동전이 산화되어가는 과정에서 나타나는 현상이다. 물 속의 동전은 가능한한 빨리 제거하는 것이 수질의 변화를 막는 것으로 판단된다. 이 지역의 수온이 가장 높은 이유는 2층 지구가 기온이 높은 때문으로 분석된다.

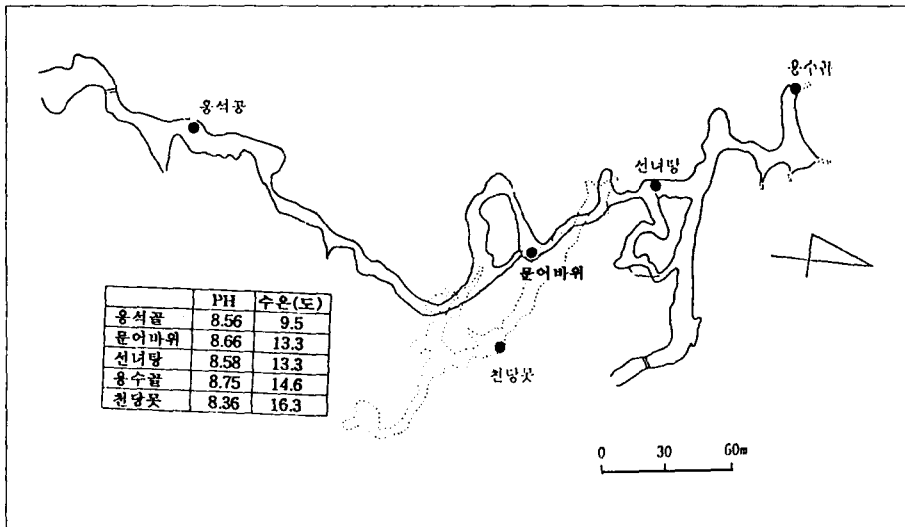


그림 7-1 동굴 내부의 수질 및 수온 측정지점

이 밖에도 관람객이 버리고 가는 음식물 찌꺼기와 쓰레기 등은 물 속의 전혀 다른 생물의 번식과 수질오염을 가중시키고 있다.

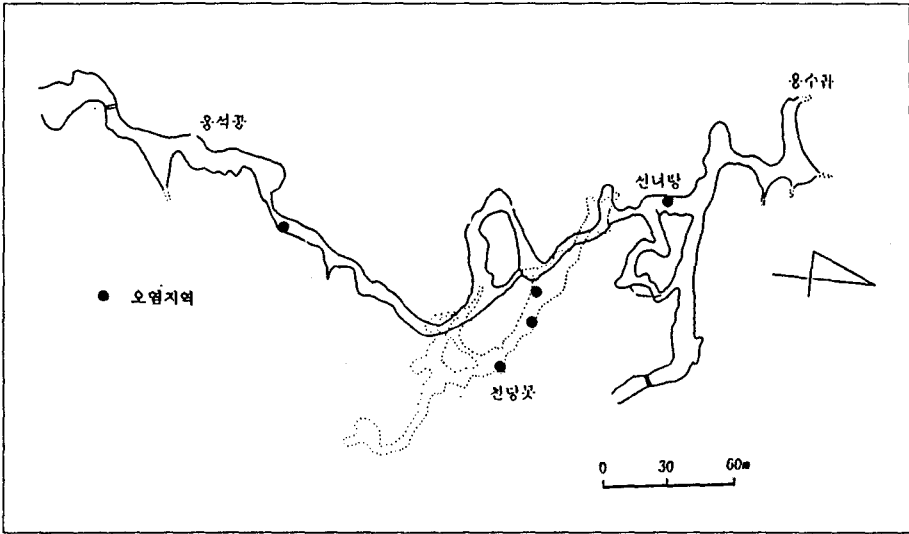


그림 8-2 오물에 의한 수질오염지역의 분포

### 3. 인문환경의 변화

#### 1) 주변지역의 인문적 배경

##### (1) 충주댐의 건설과 단양읍의 이전

1985년 댐 완공이후 구단양읍이 수몰되고, 단양읍은 현 지역으로 이전되어 신단양으로 불리고 있다. 댐의 건설에 따라 충주호 주변지역은 관광환경이 좋아졌다. 특히 고수동굴은 단양 8경과 함께 충주호권의 주요 관광지로 각광을 받고 있다. 단양군의 인구는 1969년을 피크로 감소 경향을 보인다. 그러나 단양읍은 군 전체 인구 감소에도 불구하고 인구가 증가하고 있는 실정이다.

한편 고수동굴의 관람객은 계속 증가하고 있으며, 군 관람객 수의 27% 정도를 차지하고 있다. 고수동굴의 주변 지역에는 동굴의 개장과 함께 음식점 및 토산품 판매를 중심으로 하는 상가가 발달하고 있다. 이러한 상가 발달은 지역주민의 고용기회 확대와 지역소득의 증가에 크게 기여하고 있다.

## (2) 동굴 주변 상업지역의 변화

고수동굴 주변지역에는 개장과함께 음식점 및 토산품 판매점을 중심으로 하여 23개의 상점이 개장하고 있다. 이들 상점들은 동굴이 개장된 1970년대에는 2개소뿐이었으나, 80년대에 10개소, 90년대 들어서면서 11개소가 추가로 개점하여 현재에 이르고 있는데, 90년대 들어서면서 상점의 개점이 늘어나는 점으로 보아 고수동굴의 관광지로서의 위상이 점점 커지고 있다고 볼 수 있다.

한편 이들 상점 중 업종을 변환한 경우는 10개소이지만, 13개 점포는 업종 전환을 하지 않고 지금까지 유지되고 있다. 23개 상점을 업종별로 살펴보면, 식당과 기념품점이 각각 6개소로 가장 많고, 주점이 4개소, 수석점과 오락장이 각각 3개소씩, 동굴매점이 1개소가 운영되고 있다.

상점의 매장면적을 살펴보면, 30평 이상의 대규모 상점은 3개소뿐이고, 대부분(19개소)이 10평 이하의 소규모 상점이다. 또한 4명 이상의 종업원을 보유한 상점은 3개 업소뿐이고, 대부분의 상점에서는 3명 이하의 종업원이 종사하고 있다. 또한 이들 상점의 직주 분리는 매우 잘 이루어져 23개 업소 중 19개의 점포가 직장과 주거가 분리되고 있다.

따라서 고수동굴 주변의 상업지역은 1990년대 들어서면서 교통환경이 개선됨에 따라 주변지역의 다른 관광지에 비해 접근성이 높아져 상점의 수가 증가하고 있고, 이는 고용기회를 확대하여 지역소득의 증대에 영향을 줄 것으로 기대된다(그림 8).

## 2) 교통환경의 변화

### (1) 대도시로부터의 시간거리 단축

중앙 고속도로의 원주 ~ 제천간의 개통에 따른 서울 ~ 단양간의 연결과 영동고속도로의 이천 ~ 원주간 4차선 확장에 따라 서울 ~

고수 동굴 간의 시간거리가 단축되었다. 서울과 고수 동굴 간의 시간 거리는 이용 교통 수단이나 이용 루트에 따라 다르게 나타난다.

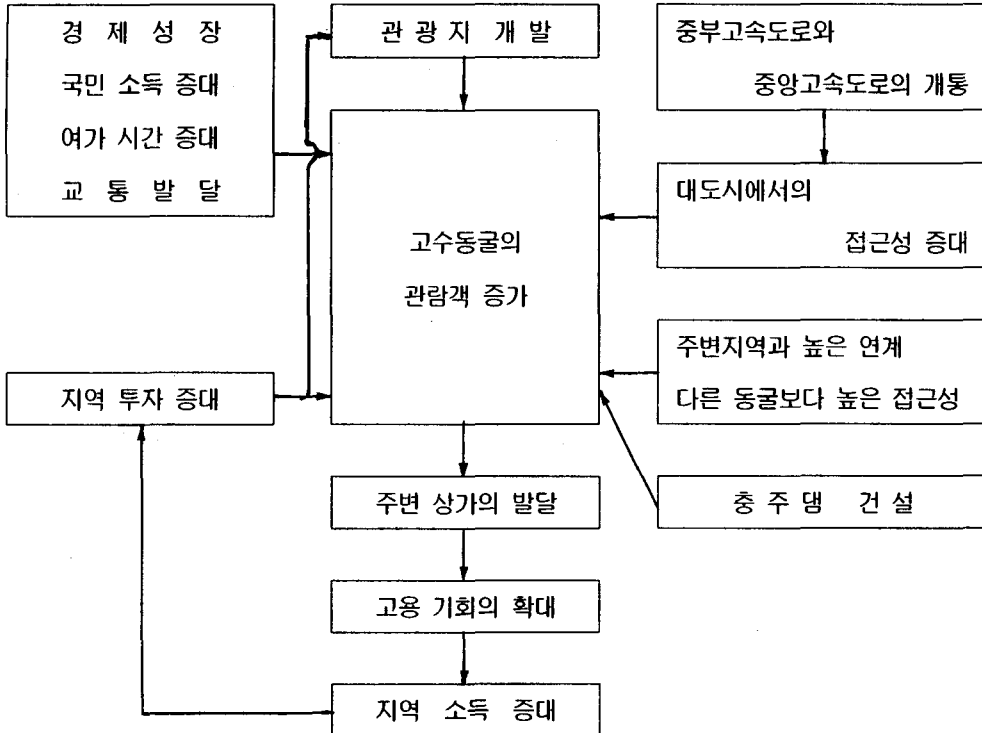


그림 8 동굴의 개방과 지역발전과의 관계

대부분의 관광객이 자가용 승용차나 관광버스를 이용한다는 점을 미루어 볼 때, 고속도로나 국도 등 이용 루트를 중점적으로 고찰할 필요가 있다. 그 경우는 다음과 같은 3가지 경우에 한한다.

먼저 이천까지 고속도로를 이용하고 국도를 따라 장호원과 제천을 거쳐 고수 동굴에 이르는 서울 - 이천 - 장호원 - 제천 - 단양 고수 동굴 루트는 약 3시간 30분 정도의 소요시간을 요하고 있다. 한편, 고속도로를 이용하는 경우는 주로 중부 고속도로를 이용하여 충주를 경유하는 루트와 중부 고속도로와 영동 고속도로를 이용하는 두가지 경우가 있다. 전자의 경우는 서울 - 중부고속도로 - 충주 - 단양 고수 동굴에 이르는 코스로 소요시간이 약 2시간40분정도이며, 후자는 서

울 - 중부 고속도로 - 영동 고속도로 - 중앙 고속도로 - 제천 - 단양 고수 동굴에 이르는 코스로 약 2시간 정도로 가장 빠른 접근 방법이라고 할 수 있다. 그러나 이 경우 고속도로의 비용이 추가 되는 단점은 있으나 시간 거리 상으로는 가장 빠르다.

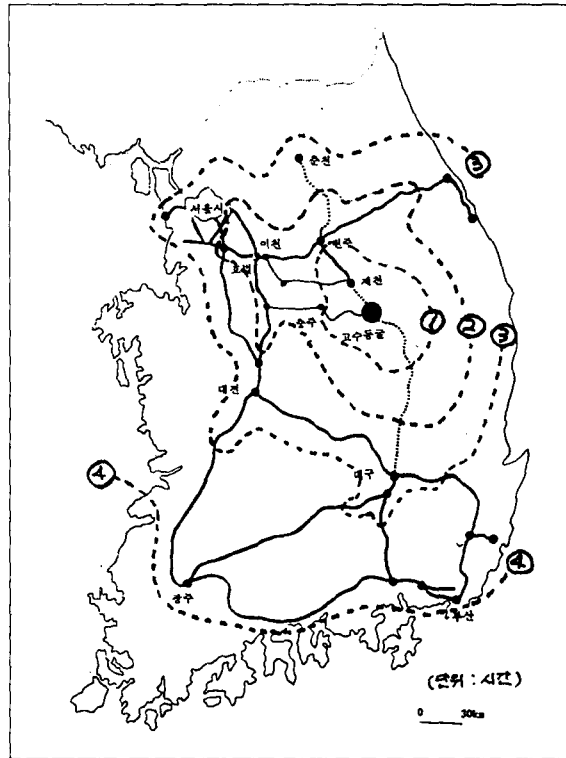


그림 9 고수동굴에서의 시간거리

그림 9는 고수동굴에서 각 도시들 까지의 최단 시간 이용통로를 경유하였을 때에 소요되는 시간 거리를 나타낸 것이다. 이 때 중부 고속도로는 최고 제한속도인 110km/h, 영동고속도로는 100km/h, 중앙고속도로는 80km/h, 국도는 60km/h로 계산하였다.

고수 동굴에서 국도를 이용하면 제천을 경유하여 원주까지 1시간을 조금 넘는 소요 시간을 갖고, 동서울 인터체인지까지는 2시간이 소요된다. 한편 대구까지는 중앙 고속도로가 공사 중이므로 국도를

경유하게 되어 3시간이 소요된다. 그러나 고수 동굴을 중심으로 서울, 인천, 대전, 대구 등 우리나라의 6대 도시 중에서 4개의 대도시가 3시간 이내의 도달범위에 있다. 따라서 고수동굴은 대도시를 관광 배후지로 하며 당일 관광이 가능한 좋은 입지를 갖고 있다고 하지 않을 수 없다. 특히 중앙 고속도로 완공 후에는 대구 지역의 도달시간도 2시간 이내로 단축이 가능하며, 전국의 대부분 지역이 고수동굴까지 4시간 이내에 도달 가능하게 될 것으로 예상된다.

## (2) 충주호권 내의 관광시간 접근성

충주호 주변에 위치한 관광지들은 비교적 가까운 거리 내에 위치하고 있어 1일 관광권 내에 속하고 있다는 점을 고려해 보면, 고수동굴에 대한 접근성의 측면에서는 전국적 위치관계보다는 충주호 주변에 분포하고 있는 관광지와의 연계관계를 고찰하는 것이 더욱 중요할 수도 있다.

따라서 충주호 주변의 도로망 및 유람선의 연결에 대한 관광루트 상태를 위상적 그래프로 이념화시켜 분석한 결과는 그림 10과 같다. 여기서 위상적 그래프란 결절점(node)과 연쇄선(linkage)이라고 하는 두 개의 요소로 구성되어 있는 추상적인 구조이므로 이 이론의 현실 세계를 그대로 나타내 주지 않는다. 그러나 경험적 분석에 있어서 그 잠재적 용요성이 높은 것으로 판단되고 있다(奥野隆史·高森寛, 1976). 결절점은 두 개 이상의 도로가 교차하는 지점과 관광지가 주요 결절점으로 선정되었고, 연쇄선은 두 결절점을 잇는 도로의 연결 유무 또는 유람선 운행오선의 유무에 의해 선으로 보고 이것을 위상적으로 네트워크화 하였다.





#### 4. 결론

고수동굴은 1973년의 종합학술조사 결과 선사시대 주거지로 밝혀지면서 관광동굴로 각광받게 되었다. 동굴의 개장 이후 관람객이 증가하여 1일 평균 2,000명 정도가 찾고 있어 제주도의 만장굴과 함께 동굴관광자원으로서 최대의 평가받고 있는 곳이다. 그런데 동굴의 개방 이후에 관람객들이 증가하면서 동굴 내부와 주변지역의 인문환경에도 변화가 일고 있다. 따라서 본 연구에서는 고수동굴의 관광지 개발에 따른 환경변화를 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 동굴이 개방되면서 관람객의 관람과 출입에 도움을 줄 목적으로 설치된 조명기구가 녹색곰팡이와 흑색곰팡이를 번식시키는 원인이 되고 있다.

둘째, 관람객의 출입으로 인해 동굴 내부의 기온이 상승하여 동굴의 지형지물이 건화되고 박리되는 원인이 되고 있다.

셋째, 관람객이 버리는 쓰레기·오물 및 동전으로 인해 동굴 내부의 수질이 오염되고 있다.

넷째, 고수동굴이 공개된 이후 충주댐이 건설되면서 주변 관광지와 의 교통연계체계가 좋아짐에 따라 고수동굴에 대한 접근성이 향상되었다.

마지막으로, 이런 접근성의 향상에 따라 관람객이 증가하면서 1990년대 들어 주변 상업지역에 점포 수가 늘어나면서 고용기회를 증가시켜 지역소득의 증대에 기여할 것으로 기대된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 동굴이 개발됨에 따라 주변지역의 발전에 기여할 것으로 예상되지만, 동굴 내부는 관람객의 증가로 인해 지형·기온·수질 등에 악영향을 미치고 있으므로 이에 대한 대책 마련이 시급하다. 따라서 하루 출입 관람객 수를 적정 수로 제한하여 관광수입도 유지하면서 후손에게 물려줄 관광자원의 보존에도 힘

써야 하겠다.

## 참고문헌

- 김병문, 1995, *관광지리학*, 서울 : 형설출판사.
- 신승철 · 윤길진, 1990, “고수동굴 신동지구의 재정비 방안,” 「동굴」 제 21권 제 22호, pp. 58~73.
- 정창희, 1993, “고수동굴의 지질에 관한 연구,” 「동굴」 제 32권 제 33호, pp. 63~76.
- 홍시환, 1993, “고수동굴의 이차 생성물에 관한 지형학적 분석,” 「동굴」 제 32권 제 33호, pp. 13~43.
- 홍시환, 1991, “고수동굴의 환경보전과 환경파괴,” 「동굴」 제 27권 제 28호, pp. 13~30.
- 홍시환, 1990, *한국동굴대관*, 서울 : 삼주출판사.
- 홍시환 · 김병우 · 유재신, 1991, “고수동굴의 동굴상태에 관한 연구,” 「동굴」 제 23권 제 24호, pp. 33~49.
- 홍현철 · 유영준 · 김일봉, 1993, “고수동굴의 교통 및 관광특성에 관한 연구,” 「동굴」 제 32권 제 33호, pp. 47~62.
- 奥野隆史, 1977, *計量地理學の基礎*, 大明堂.
- Berge, C., 1958, *Theorie des graphes et ses applications*, Dunod : Paris.
- Shimbel, A., 1953, “Structural parameters of communication network,” *Bull. of Math. Biophys.*, 15, pp. 501~507.