

온달동굴 지형지물에 대한 관람 포인트 설정 및 관람루트에 관한 수치분석

서 관 호*·신 동 원**·조 용 호***

The Numerical Analysis of the Viewing Points Establishment and the Features of the Tour Route in Ondal Cave

Kwan-Ho, Seo·Dong-Won, Shin,·Yong-Ho, Jo

Abstract : Due to the designated tour route of Ondal cave, it has a specific shape of a tree. The numerical results of Ondal cave's tour route would be suggested as basic data for a comparative analysis between similar caves or a problem identified within the viewing route.

Key Words : Ondal cave, tour route, viewing points, networking

국문요약 : 온달동굴 내에 분포하는 관람대상 지형지물과 관람객의 이동통로에 설정 가능한 관람 포인트를 구축하고 이에 따른 네트워크구축사례와 네트워크의 특성 분석을 통한 온달굴의 관람포인트의 특성을 고찰하였다. 온달동굴의 관람루트는 정해진 루트를 이동하기 때문에 그래프상의 목(tree)형 형태를 갖는다. 관람포인트와 관람대상물의 관계를 통한 관람루트의 특성을 네트워크 분석기법을 이용하여 분석하였다. 온달동굴의 수치적 결과는 차후 유사한 동굴간의 관람루트를 비교 분석하거나 관람방식에서 생기는 문제점을 파악하는 기초자료로 제공 될 수 있다.

주요어 : 온달굴, 관람루트, 관람 포인트, 네트워크화

1. 서론

동굴관광이란 동굴의 내부 지형지물의 관람을 목적으로 두고 있다. 동굴에 들어가면 외부와는 다른 어두운 공간 속에서 조명등에 의한 한정된 지형지물을 관찰하는 것이 일반적이다. 동굴 전체를 동굴의 외부처럼 모든 지형지물이 보일 수 있도록 조명을 설치하는 것은 전력 낭비이며, 너무 어두운 조명을 쓰면 관람객의 안정성이 문제가 된다. 따라서 통로를 중심으로 관람포인트가 주어지고, 이 관람 포인트를 중심으로 관람대상 지형지물을 집중적으로 조명하는 방법

이 전기도 절약하고 관람의 효과도 증대시키는 방법이라 하겠다.

실제적인 개방 동굴의 경우, 동굴의 개발할 때 적당한 통로개설과 주요 지형지물을 관람할 수 있도록 설계되기 때문에, 이러한 단순한 관계를 고려하지 않고 있다고 하겠다. 따라서 실질적인 전기 소비와 효율적인 관람효과를 기대할 수 없는 실정이라 하겠다. 이러한 문제점에 착목하여, 본 연구의 목적은 온달동굴을 대상 지역으로 하여, 관람루트를 관람 포인트와 지형지물의 관계 속에서 분석하고 관람루트의 문제점을 파악하고자 한다.

* 건국대학교 대학원 지리학과 박사과정, kkoyangi@hanmail.net

** 건국대학교 대학원 지리학과 석사과정, sjuly@hanmail.net

*** 건국대학교 지리학과 4년

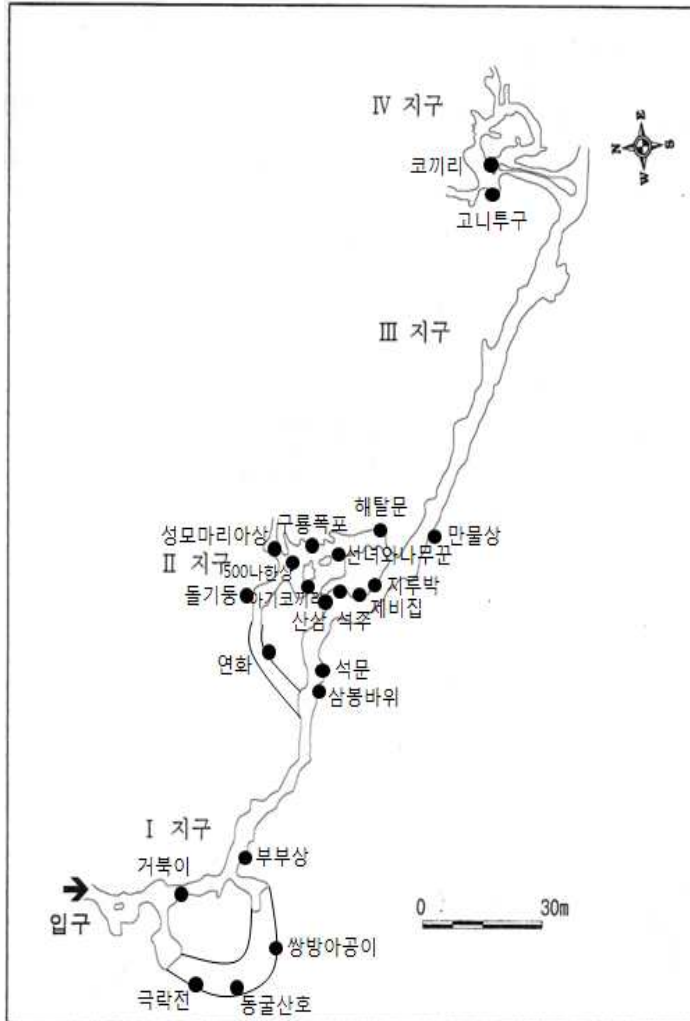


그림 1. 관람 대상 지형지물의 분포

이와 같은 연구 목적을 달성하기 위하여, 연구의 흐름은 다음과 같다. 먼저 온달동굴의 기존 동굴지형지물의 분포와 통로의 개설 실태를 파악한다. 두 번째 지형지물에 대한 통로 상의 관람 포인트를 설정하여 관람 포인트와 관람대상 지형지물의 관계를 네트워크로 구축한다. 마지막으로 구축된 네트워크를 분석하여 관람루트 상 나타나는 문제점을 도출한다.

연구방법 및 자료는 온달동굴 내의 지형지물

에 대한 실제 조사를 통해 지형지물의 분포 상태를 파악하며, 통로의 실제 이동 방향을 고려하여 통로를 통한 관람루트를 배치도를 작성한다. 통로 상에 나타나는 관람 포인트를 지정하고 이를 네트워크의 정점(node)로 간주한다. 마찬가지로 지형지물도 하나의 정점(node)으로, 지형지물의 관람가능 여부는 선(edge)로 간주하여 네트워크를 구성하며, 그래프화 한다. 통로의 관람 포인트와 지형지물의 관계 속에서 형성된 네트워

표 1. 관람대상지형지물의 종류

	부여된 명칭	대상물 특성	주된 지형지물의 종류	지형지물의 유형 분류
1	거북이	단일	펜던트	11
2	극락전	복합	종유석, 석순, 유석 등	22
3	동굴산호	단일	동굴산호	12
4	쌍방아공이	복합	펜던트 + 유석	23
5	부부상	복합	모암 + 유석	23
6	삼봉바위	복합	펜던트 + 유석	23
7	석문	단일	펜던트	11
8	산삼	단일	종유석 또는 현수상종유석	12
9	석주	단일	석주	13
10	제비집	단일	유석 일부	14
11	지루박	단일	모암의 유석	14
12	만물상	단일	유석군	14
13	코끼리	복합	펜던트 + 유석	23
14	고니	단일	유석	14
15	투구	단일	유석	14
16	해탈문	복합	펜던트 + 유석	23
17	선녀와 나무꾼	복합	석주 + 석순	21
18	구룡폭포	단일	유석군	14
19	500나한상	복합	석순군 + 유석 + 종유석	22
20	성모마리아상	단일	모암의 유석	14
21	아기코끼리	단일	모암의 유석	14
22	돌기둥	단일	석순	15
23	연화	단일	석회화단구	16

크는 하나의 그래프로 파악할 수 있다. 이러한 문제점이 도출될 수 있다. 그래프는 네트워크 분석의 각종 기법을 통하여 장점 및 단점이 파악되고, 나아가서 관람루트의

2. 온달동굴 내의 관람 통로 및 주요 지형지물분포

1) 온달동굴의 관람대상 지형지물의 분포 특성 및 통로유형

온달동굴의 지형지물의 분포 및 통로의 배치 관계에 대한 조사는 2008년 8월 실시하였다. 한국동굴학회에서 조사된 지형지물의 분포도를 기준으로 지형지물의 확인조사와 통로 배치도를 완성하였다. 이 조사 결과를 바탕으로 지형지물

과 통로의 네트워크화를 구축하였다. 온달굴의 관람대상지형지물의 분포는 그림 1과 같으며, 모두 23개의 지형지물이 관람대상물이 분포하고 있다. 분포 특성은 입구부, 중앙통로부, 막장부 등 3지역에 비교적 밀집된 분포형태를 가지고 있다.

이곳에 분포하는 지형지물은 비교적 다양한 지형지물의 종류를 나타내며, 대상물의 특성에 따라 단일 지형지물과 복합 지형지물로 분류할 수 있겠다. 단일지형지물이 관람대상이 된 사례는 모두 14개로 유석의 일부분의 규모가 큰 지형지물이거나 동굴산호, 석회화단구 등과 같은

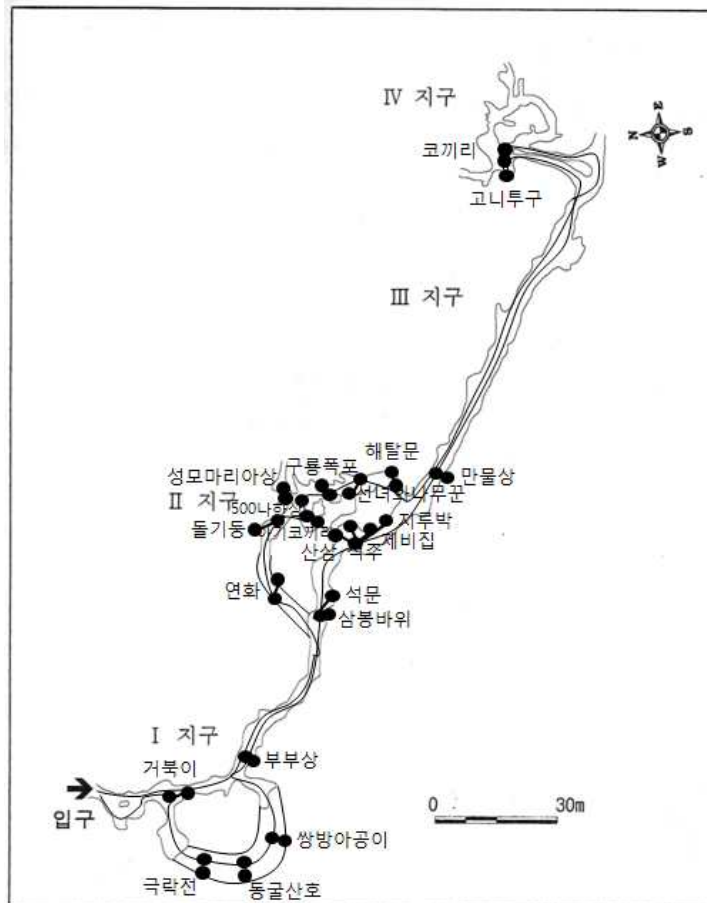


그림 2. 온달동굴의 통로 배치도와 관람루트

지형지물이다.

지형지물의 유형은 다음과 같이 분류 한다. 지형지물의 특성에 따라 단일형의 경우 10이상, 복합형 20이상의 십단위를 부여하고, 지형지물의 종류에 따라 일단위에 다음 사례로 분류 하였다. 1. 펜단트, 2. 동굴산호, 3. 석주, 4. 유석 일부, 5.석순, 6. 석회화단구로 분류한다. 복합형의 지형지물 종류는 비교적 많지 않아 1. 종유석 석순 석주의 조합, 2. 종유석, 석순 석주, 유석의 조합, 3. 모암, 펜단트, 유석의 조합으로 분류하였다. 이를 정리한 것이 표1이다.

2) 온달동굴의 관람루트의 특성

먼저 통로의 배치도는 그림 2와 같다. 입구에서 중앙부를 통과 막장부예를 돌아 나와 다시 중앙부를 거쳐 입구로 다시 나오게 된다. 이와 같이 동일 공간을 진행방향에 따라 반복 이동하게 되는 구조를 가지고 있다.

따라서 관람 포인트를 잡는 절차의 문제점이 발생하고 있으나, 본 연구에서는 이동방향을 기준으로 동굴 측에서 제시해주는 관람대상 지형지물의 분포만을 대상으로 하여 분석하였다. 이동 방향에 따른 관람대상물의 분포와 가능한 관

람 포인트를 지도에 함께 표시하면 복잡하지만 그림 2와 같다.

3. 주요 지형지물에 대한 네트워크와 분석 기법의 이론적 고찰

1) 관람 포인트와 대상 지형지물의 네트워크화

입구와 출구를 하나의 결절점으로 정하고 관람대상물을 하나의 점으로 인식하였다. 통로 상의 결절점들은 관람객 입장에서 이동 통로를 따라 진행 방향을 통과하면서 관람대상물의 위치적관계를 고려하여 결정하였다.

앞서 살펴 본바와 같이 중복되는 통로는 양방향에서 관람할 수 있는 관람대상물도 연결이 가능하지만 본 연구에서는 동굴 측에서 제시해주는 방향성과 지정된 대상물을 기준으로 하였고, 하나의 대상물을 관찰할 때의 최적 위치를 하나의 결절점으로 선정한다는 원칙에 따라 작성하

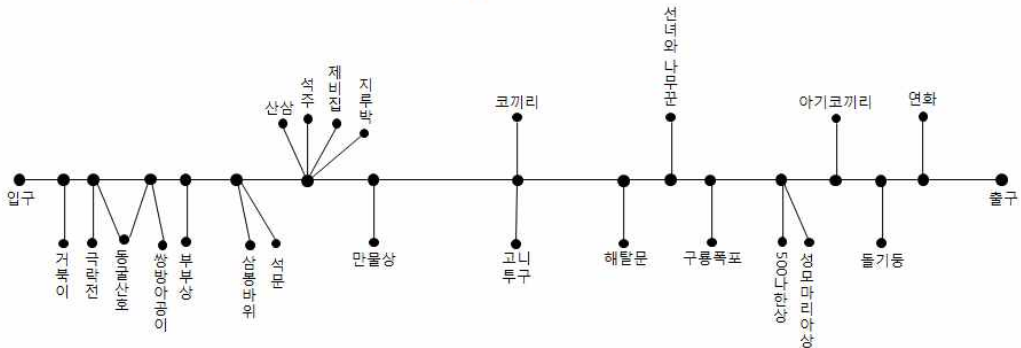


그림 3. 관람 포인트와 주요관람 지형지물의 네트워크

였다.

이와 같은 기준으로 네트워크를 완성한 것이 그림 3이다. 온달동굴의 관람대상물은 23개로 네트워크에 표현된 지형지물에 대한 점도 23개가 되는 것이 원칙이었으나, 고니와 투구의 경우 같은 지형지물 내에 위치하는 대상으로 거리적 차이가 미비하고 한눈에 볼 수 있다는 점을 고려하여 하나의 결절점으로 구성하였다. 따라서 관람대상물의 점의 수는 22개이다. 또한 통로 상의 결절점은 입구에서 출구까지 15개의 통로상의 점과 입구, 출구를 합하여 총 17개의 결절점이 구성된다.

이러한 결절점 간의 이동과 관람이라는 사항을 선으로 표시한 것이다. 이동과 관련된 선의 수는 16개로 구성되며, 관람과 관련된 선의 수는 23개이다. 따라서 네트워크는 총 39개의 점과 39개의 선으로 구성된 네트워크를 완성할 수 있었다. 즉, 네트워크는 $v=39$, $e=39$ 로 구성된다.

2) 네트워크 분석을 위한 이론적 고찰

홍현철(2008)은 네트워크를 통한 동굴과 주변 지역과의 관계성 분석의 유용성을 고찰하였다. 이러한 사실은 동굴 내의 통로 상에 관람 포인트를 하나의 점으로 간주하면, 동일한 점들을 이용한 각종 분석이 가능하다. 그의 연구에서 언급된 각종 지표 중에서 본 연구에 이용 가능한 몇 개의 지표의 특성 및 공식을 정리하면 다음과 같다.

회로계수(cyclomatic number)와 알파지수(alpha index)는 본 연구에서 통로와 관람대상물로 선정된 지형지물간의 연계 상태를 파악하는 유용한 지표가 될 수 있다. 이들 지표를 간략한 특성과 공식을 정리해 보겠다.

회로(circuit)는 여러 연쇄선이 이어져 시작점

과 마지막 결절점이 같을 때 나타나는 유한의 폐쇄경로(closed path)를 말한다. 즉 네트워크내의 중복되지 않는 독립적인 회로(basic cycle, basic circuit)의 개수를 의미한다. 따라서 회로계수 $\mu = e - (v - 1) = e - v + 1$ 로 표기된다. 이러한 회로계수는 네트워크상에서의 회로수의 정도를 나타내므로 이 수치가 크면 클수록 연결성이 좋은 네트워크로 판단 할 수 있다.

알파지수란 네트워크상에서 존재 가능한 회로계수에 대한 실제 네트워크의 회로계수의 수로 표현된다. 알파지수 $\alpha = \frac{e - v + g}{v(v - 1)/2 - (v - 1)}$ 이다. 이때 g 는 그래프의 성분수이다. 알파지수는 비례척도 이므로 수치적 범위가 0~1 사이를 나타낸다. 또한 이러한 회로계수는 점과 선에 대한 회로의 수만이 계산되므로 위상네트워크 상태에서 측정가능하다.

따라서 위에 설명한 회로 계수와 알파지수를 통해 네트워크의 연결 강도를 알아보겠다. 온달동굴의 경우, 거의 목형 그래프 유형을 갖고 있으므로 목형 그래프의 연결성 정도를 자세히 구분 가능한 베타지수(beta index)와 감마지수(gamma index)를 이용하여 분석을 해보았다.

베타지수는 네트워크의 전체 연결 상태에 대한 점과 선의 관계를 파악하는데 자주 사용된다. 지수공식은 $\beta = \frac{e}{v}$ 로 나타낼 수 있으며, 네트워크 전체에 있어서 점에 대한 평균적 선의 수의 의미한다.

감마지수는 $\gamma = \frac{e}{v(v - 1)/2}$ 로 계산되며, 네트워크의 완전연결 상태에서 가능한 최대 선수에 대한 실제 선수의 비율을 의미한다. 값의 범위도 0~1이다.

이와 같이 네트워크의 점에 대한 선의 평균적 연결강도나 네트워크의 선의 비율에 의한 연결

표 2. 네트워크의 발달단계와 지수의 범위

발달단계	α	γ	유형
1	-	$0 \leq \gamma < 1/3$	미발달
2	$\alpha = 0$	$1/3 \leq \gamma \leq 1/2$	spinal
3	$0 < \alpha < 1/2$	$1/2 < \gamma < 2/3$	grid
4	$1/2 \leq \alpha \leq 1$	$2/3 \leq \gamma \leq 1$	delta

강도의 측정을 통한 위상적 네트워크 상태의 분석이 가능하다.

형상판별의 경우는 본 연구에서는 그다지 중요한 분석 결과는 아니나 차후 타 동굴과의 비교 분석을 위한 자료 제공 차원에서 결과를 도출해 본다. 네트워크는 시간이 경과하면서, 선의 연결이 좋아짐에 따라 선의 수가 늘어난다. 이러한 발달과정에 따라 네트워크가 연결상태를 미발달, 목형(tree), 격자형(greed), 델타(delta) 형태로 연결강도가 강해진다. 따라서 형상판별이란 현재의 네트워크상태가 발달과정상의 어디에 해당되는가를 판단하는 방법이다.

이러한 형상 판별을 위해서는 알파지수와 감마지수가 사용되는데, 앞에서 설명한 비평면상태의 네트워크가 아닌 평면상태(planar graph)에서의 판단한다. 따라서 알파지수 $\alpha = \frac{e-v+g}{2n-5}$ 이며, 감마지수 $\gamma = \frac{e}{3(n-2)}$ 를 사용한다. 두지수의 각각의 값의 범위는 다음 표와 같다.

4. 관람루트에 대한

관람요소의 연계특성분석

직경의 값이 16이다. 이는 입구에서 출구까지의 이동 간에 나타나는 관람 포인트대상을 통과하는 경로수를 의미한다. 온달동굴만의 직경값

으로 논의할 것은 미비하나나 차후 타동굴과의 비교분석 자료로서 활용 될 수 있다. 아래 지표인 형상 판별의 결과가 목형으로 판정 된 점과 알파지수의 값이 0.007로 1보다 작다는 점을 고려한다면, 관람 포인트 하나 정도의 적은 수의 관람 대상물과 연계된 특성을 갖고 있다는 것으로 해석 할 수 있다. 이는 일반적 동굴의 관람 형태에서 나올 수 있는 결과라 하겠다.

표 3. 지수분석 결과

직경	16	
회로계수	1	
알파 지수	0.007	
베타 지수	1	
감마 지수	0.05	
형상 판별	알파	0.014
	감마	0.35

회로계수의 값이 1이라는 것은 네트워크상에서 하나의 관람대상물을 2개 이상의 관람 포인트에서 볼 수 있는 기회가 1번뿐이라는 것을 나타내는 것으로, 온달동굴의 통로 및 관람루트의 형태적 특성이 반영한 된 것으로 보인다. 또한 알파지수 0.007, 베타지수 1, 감마지수0.05는 네트워크상의 선의 상태를 파악할 수 있는 지표이다. 두 지표 모두 비교적 작은 수치를 나타낸다. 따라서 관람루트 상의 관람 포인트와 관람대상물간의 연계가 1:1 관계에 가까운 것으로 판단

할 수 있다. 특히 감마지수의 0.05라는 수치는 선의 완전 연결 상태에 대해 겨우 5%정도의 연계가 되어 있다는 상태를 말하는 것으로 동굴의 관람특성이 반영된 결과라고 하겠다.

알파지수에 대한 형상 판결의 결과는 격자형 구조를 갖고 있는 것으로 나타났으나, 그 수치가 0에 가까운 수치를 보이고 있어 격자형 구조로 해석하기는 문제점이 있다. 감마지수를 이용한 형상판별 결과에서 보듯이 온달동굴의 관람루트의 특성은 목형에서 크게 벗어나지 못한 구조를 갖고 있음을 알 수 있겠다. 이상에서 살펴본 바와 같이 온달 동굴의 관람 루트 특성은 매우 다양한 관람대상 지형지물을 보유하고 있으나 관람 구조적 측면에서는 매우 단조로운 루트구조를 갖고 있음이 판명되었다. 이는 동굴관광자원의 일반적 특성이기도하다.

5. 결론

관람대상물의 분포가 일층 구조로 되어 있고 직선적인 통로개설에 의해 거의피스톤 식 관람 구조를 갖고 있어 통로를 따라 좌우측에 관람대상물이 분포하고 있다. 따라서 관람루트는 정해진 루트를 이동하기 때문에 그래프상의 목형 구조를 갖고 있다. 이러한 관람루트와 관람대상물의 관계를 통한 관람루트의 특성을 네트워크 분석기법을 이용하여 수치적 분석하였다. 그 결과 관람루트의 특성은 전체적으로 목형의 관람루트 구조를 갖고 있으며 관람 포인트와 관람대상물의 1:1 대응관계가 강한 특성을 보유하고 있다.

그러나 일방통행적 관람루트를 갖는 동굴관광자원의 보다 활용적으로 이용한다는 측면에서 본다면, 또는 충분한 자원을 효율적으로 이용할 기회를 살리고자 한다면, 관람 포인트의 적극적

활용과 관람시선 방향을 다양하게 바꾸어 주는 노력을 통해 가능하다고 본다.

이상의 결과는 다른 동굴과의 비교 분석이 아니므로 수치적 해석에 한계가 있었으나 차후 유사한 동굴간의 관람루트를 비교 분석하거나 관람방식에서 생기는 문제점을 파악하는 기초자료로 제공 될 수 있다.

참고문헌

- 김동진, 1987, 산호동굴의 개발의 지리적 배경, 한국동굴학회, 16, 72-88.
- 김원진, 1998, "성류굴의 지형구조와 2차생성물 연구," 한국동굴학회지, 55, 51-57.
- 변대준, 1993, 환선굴 주변지역의 인문환경에 관한 연구, 한국동굴학회, 35, 61-66.
- 변대준, 1993, 동정굴 지역의 지리환경에 관한 연구, 한국동굴학회, 36, 54-71.
- 변대준, 1995, 영월 옥동굴 지역의 지리환경에 관한 연구, 한국동굴학회, 42, 69-82.
- 서무송, 1975, "동굴미지형학적으로 본 한국적 특례: Quick Mud와 Cave Jewel의 성인에 관한 연구," 한국동굴학회지, 1, 12-16.
- 서무송, 1978, "백룡굴의 성인과 2차생성물에 관한 동굴지형학적 고찰," 한국동굴학회지, 3, 1-6.
- 서무송, 2005, "한국의 동굴과 그 이차생성물에 관한 연구," 한국동굴학회지, 66, 19-38.
- 서무송, 2005, "이차원의 위중유동에 관한 동굴미지형학적 연구," 한국동굴학회지, 66, 45-57.
- 서무송, 2005, "우리나라의 와지지형에 관한 성인론적 연구," 한국동굴학회지, 66, 59-66.
- 서무송, 2005, "동강 유역의 석회암 동굴에 관한 연구," 한국동굴학회지 66, 95-109.
- 오중우, 1994, "고씨동굴의 내부지형에 관한 특성과 형성과정에 관한 연구," 한국동굴학회

- 지, 39, 14-33.
- 오종우·홍현철, 1994, 단양 온달굴 지대의 인문사회지리 환경, 한국동굴학회, 37, 68-80.
- 유재신, 1979, “영월 쌍용리, 연당리 일대의 Karst 지형에 관한 연구,” 한국동굴학회지, 5, 27-35.
- 조미령·정규환, 2009, “동굴내부 지형지물 안내판에 대한 정보제공 특성; 고수동굴을 사례로,” 한국동굴학회지, 91, 11-20.
- 조 훈, 1989, 마산동굴 개발단지의 환경과 배경에 관한 연구, 한국동굴학회, 20, 90-112.
- 최무송, 1976, “고수동굴의 동굴지형학적 고찰,” 한국동굴학회지, 2, 7-8.
- 홍시환, 1993, 만장굴 지대의 자연환경 소고, 한국동굴학회, 35, 67-77.
- 홍시환, 1993, “고수동굴의 이차생성물에 관한 지형학적 분석,” 한국동굴학회지, 33, 13-43.
- 홍시환, 1979, “중유동의 형성과정에 관한 지형학적 연구,” 한국동굴학회지, 5, 5-13.
- 홍시환, 1995, “온달굴의 동굴생성물에 관한 연구,” 한국동굴학회지, 41, 11-38.
- 홍시환 외, 1990, “온달동굴의 동굴환경에 관한 연구,” 한국동굴학회지, 24, 1-41.
- 홍충렬, 1993, 월둔굴 지역의 지리환경 연구, 한국동굴학회, 36, 43-53.
- 홍현철, 1993, 고수동굴의 교통 및 관광특성에 관한 연구, 한국동굴학회, 33, 47-60.
- 홍현철, 1992, 백룡동굴 주변의 인문 및 사회 환경에 관한 연구, 한국동굴학회, 32, 42-64.
- 홍현철, 2008, 군집분석을 이용한 동굴 유형분류의 유용성에 관한 연구, 한국동굴학회지, 84, 1-9.
- 홍현철, 2008, 동굴관광지의 관계적 입지특성 분석을 위한 그래프이론의 적용(1); 네트워크 분석 기법의 적용을 중심으로, 한국동굴학회지, 86, 8-15.
- 홍현철, 2008, 동굴관광지의 관계적 입지특성 분석을 위한 그래프이론의 적용(2); 네트워크의 지위분석 기법의 적용을 중심으로, 한국동굴학회지, 88, 38-44.
- 홍현철, 2008, “공개동굴 지형지물의 명칭 및 설명문에 대한 문제점 고찰,” 한국동굴학회지, 87, 23-33.
- 홍현철·홍충렬, 1994, 고씨동굴 주변지역의 인문환경, 한국동굴학회, 38, 39-45.