

# 공개동굴의 유형분류에 관한 사례연구

홍 현 철\*

## Case Studies Regarding the Classification of Public Caves

Hyun-Chul, Hong

**Abstract** : This study, which includes case studies that provide information of cave tour resources, considered a variety of selected variables of the internal and external parts of caves with the expanded factors of the academic classification in caves. It uses the cluster analysis, one of the multivariate analysis techniques, and applied the results for review. As a result, public caves can present multiple classification criteria according to the factors of the surrounding area's human environment. The result, classified by the region in public caves, is derived from this study.

**Key Words** : classification of public caves, variables of the internal parts of caves, variables of the external parts of caves, provide information of cave

**국문초록** : 우리나라의 동굴이 조사되고 개발되기 시작했던 1970년대에는 동굴에 대한 유형분류는 학술적 근거를 중심으로 이루어졌고, 그 결과 성인분류, 규모분류, 형태분류에 의한 국한적 동굴분류 방법을 사용하고 있다. 그러나 동굴이 개방되고 관광자원의 하나로서 자리잡고 있는 요즘, 관광객의 수요자 입장에서 동굴의 유형이나 구분을 단지 학술적 근거뿐 만아니라 정보선택 요소로서의 활용이 더 필요하다. 따라서 본 연구에서는 동굴의 학술적 분류 요소를 확대하여, 동굴내부의 다양한 변수 선택과 동굴 외부의 인문적 환경을 고려한 변수를 선택하여, 동굴관광자원의 정보제공차원에서의 유형분류를 사례연구를 통하여 고찰해보고자 하였다. 분석기법은 다변량해석 기법의 하나인 군집분석(cluster analysis)을 적용하고 그 결과를 검토한다. 분석결과, 개방동굴은 동굴을 포함한 주변지역의 인문 환경적 여러 요소에 따라 다양한 분류 기준을 제시할 수 있으며, 본 연구에서는 지역구분에 따른 개방동굴의 유형분류가 결과로 도출되었다.

**주요어** : 공개동굴의 유형분류, 동굴내부환경변수, 동굴주변환경변수, 공개동굴의 정보제공

## 1. 서론

### 1) 동굴의 유형분류의 이론적 고찰 및 연구 동향

이제까지 동굴에 관한 학술적 유형분류는 성인적, 형태적, 규모적 분류에 국한되어있다. 이들 연구는 홍시환(1990)의 동굴학개론서인 한국 동굴대관을 비롯한 동굴관련 개론서 및 동굴 등과 같은 연구 논문에 자주 인용되거나 연구 성

과물로 발표되어져 왔다. 그 결과를 약술하면 다음과 같다.

동굴의 성인적 분류는 용암(화산)동굴, 석회동굴, 절리굴, 해식동굴, 하식동굴 등으로 분류되며, 대부분이 동굴이 형성되어 있는 기반암의 특성, 또는 동굴형성 과정에서 나타나는 요인에 따른 학술적 분류이다. 형태적 분류란 동굴의 내부 형태를 말하며, 수직동굴, 수평동굴, 수직과 수평이 복합적으로 이루어진 복합동굴로 구분할 수 있다. 동굴의 규모적 분류란 동굴의 크기에 의한 분류로 일반적으로 동굴의 주굴과 가지굴

\* 건국대학교 이과대학 지리학과 교수, honghc@konkuk.ac.kr

의 길이를 합한 총연장길이를 기준으로 소규모 동굴과 대규모 동굴로 분류한다. 그 기준은 300m를 사용한다.

이와 같은 학술적인 동굴의 내부특성을 이용하여 동굴을 분류하는 연구동향으로는 홍시환(1990)의 한국동굴대관, 홍시환(1975)의 우리나라 동굴의 유형과 특성에 관한 연구 등의 논문이 있다. 이러한 연구의 한계점은 학술적 근거에 준한 학술적 분류에만 국한되어 있다는 점으로 우리나라 동굴 개발 초기의 학술조사 당시 발표된 것이 대부분이라고 하겠다.

한편, 국민소득이 증대되고 국민 여가 활동시간의 증대와 더불어 국민관광의 시대가 도래되면서 동굴을 찾는 관광객 수효는 점차 증대되고 있는 실정이다. 하나의 관광자원으로서 각광을 받고 있는 동굴 관광자원은 동굴 내부뿐 만 아니라 주변의 여러 인문적 환경을 포함한 관광자원으로서 활용되고 있는 실정이다. 더욱이 동굴을 관광지로 선택하고자 하는 관광객이나 동굴을 포함하는 패키지 관광을 기획하는 여행사 입장을 고려한다면 동굴의 주변 환경에 대한 중요성은 더욱 크다. 따라서 동굴의 주변 환경 정보를 포함한 개방 동굴 유형분류나 사례연구의 필요성이 대두 된다.

그러나 현재 동굴을 대상으로 한 연구의 동향은 매우 미흡하다고 할 수 있다. 개방동굴의 주변 환경을 고려한 유형분류에 관한 연구 동향은 홍현철(2008)이 군집분석을 이용하여 동굴을 유형 분류하기위한 방법론적 유용성을 살펴본 연구가 있으나 방법론적 고찰에 그치고 있고 사례연구가 미흡하다. 이밖에 의도적이지는 않으나 동굴의 환경을 주변 환경 요소와 결합하여 동굴간의 차이점을 언급하면서 자연스럽게 동굴을 분류한 결과를 가져다준 연구는 다소 있다. 김진진(2005)은 동굴을 중심으로 주변 관광자원의 분

포로부터 동굴과 타 관광자원과의 관계성을 분석함으로써 개방 동굴들을 차별화한 결과를 도출하기도 한 예라고 하겠다.

## 2) 연구방법 및 연구목적

동굴을 학술적 연구대상에 국한하지 않고, 일반인 직장인 학생 등의 학습 체험장 및 탐험대상으로 변해가는 추세이다. 따라서 동굴에 관한 정보나 지식의 대상도 변화하기마련이고, 일반인이나 학생을 대상으로 하는 이해하기 쉬운 수준의 동굴지식의 정보제공과 전달이 필요한 때이기도 하다.

따라서 본 연구의 목적은 관광자원의 정보 제공 차원, 즉 관광 주체나 광광 매체의 입장에서 본 우리나라 개방 동굴의 유형분류를 사례연구를 통해 고찰하여보고자 한다. 즉, 군집분석을 사용할 때 선정되어야할 변수의 범주와 변수 선정 시 입력데이터의 이용방법을 체계화하고, 다변량 통계 기법 중, 군집분석(cluster analysis)을 이용한 동굴 유형을 분류하는 기법의 적용을 사례를 통하여 분석하여 보고 그 효율성을 고찰하고자한다.

## 2. 군집분석을 이용한

### 동굴유형분류의 이론적 배경

#### 1) 군집 분석의 개념

군집 분석이란 복수의 지역 또는 단위지구를 복수의 지표를 통하여 지역 간 유사성 또는 등질성을 측정 하는 방법이다. 지리학에서는 지역의 유형 분류나 등질지역 구분을 하기 위한 목적으로 사용된다. 즉, 각 단위지구의 성분 값의

차이를 지역 상호간의 거리로 간주하고, 그 거리가 짧을수록 유사성이 높은 것으로 판단하며, 가장 짧은 거리의 두 지역을 하나의 그룹으로 묶어 나아간다. 이러한 과정의 반복을 통해 복수의 단위지역을 하나의 그룹으로 그룹화해 간다.

## 2) 군집분석의 군집화 과정과 거리 계산 방법

군집분석에서 사용하고 있는 거리계산 방법에는 다양한 방법이 이용되고 있다. 일반적으로 여러 개의 소단위(지구, zone, 샘플 등)를 1개 또는 그 이상의 변수를 지표로 이용하여, 소단위간의 거리를 계산한다. 이때, 가장 가까운 거리를 갖는 소단위 2개를 하나의 그룹으로 묶어 나간다. 이러한 과정을 계속하면 모든 소단위는 1개의 그룹으로 묶인다. 따라서 동굴의 특성을 수치화 하고, 그 수치에 따른 거리계산에 의해 동굴의 유형을 분류할 수 있다.

거리계산의 방법은 차원에 따라 다르지만 선(1차원)상의 두 점간 거리는

$$d_{ij} = |x_i - x_j| \text{ 이고,}$$

평면(2차원)상의 두 점간 거리 계산은

$$d_{ij} = \{(c_{1i} - c_{1j})^2 + (c_{2i} - c_{2j})^2\}^{1/2} \text{ 이다.}$$

p차원상의 두 점간 거리는

$$d_{ij} = \{(c_{1i} - c_{1j})^2 + (c_{2i} - c_{2j})^2 + \dots + (c_{pi} - c_{pj})^2\}^{1/2} \text{로 나타낸다.}$$

이때, 그룹과 한 점 또는 그룹과 그룹간의 거리계산 방법도 여러 방법이 사용되고 있다. 구중 몇가지를 정리해 보면, (1)최단거리법(nearest neighbor method, 단일기준결합법 single linkage)이 있는데 이는 두 그룹간의 가장 가까운 점들간의 거리로 계산하는 방법이다. (2)최장거리법(farthest neighbor method 완전기준결합법

complete linkage)은 두 그룹간의 가장 먼 점들간의 거리로 계산한다. (3)메디안법(median method)은 각 그룹의 중위수를 계산하여 그들간의 거리를 계산한다. (4)중심법(centroid method)는 그룹 내에 분포하는 점들의 중앙값을 계산하고 중앙값간의 거리를 계산하는 방법이다. (5)군평균거리법(group-average method)은 대상 그룹(먼저 형성, f)과 이보다 뒤늦게 형성된 그룹(g)내의 2개의 소그룹(h, l)으로 분리하고, 대상 그룹(f)과 2개 소그룹간의 거리를 합친 값으로 계산한다. 이때 뒤늦게 형성된 그룹 내의 총점의 개수(ng)에 대한 소그룹을 형성하는 점의 개수(nh, nl)를 고려하여 각각의 거리에 비중을 달리한다. 이때 먼저 형성된 소그룹(f)의 점의 개수의 영향을 받지 않는다. 식은 다음과 같다.

$$dfg_2 = (nh/ng) * dfh_2 + (nl/ng) * dfl_2$$

(6)와드법(ward method)은 군평균거리법을 수정한 형태로, 점의 개수 비중을 계산할 때 먼저 만들어진 그룹(f)의 점의 개수(nf) 비중을 중시하였으며, 또한 소그룹 간(h,l)의 거리(dhl)를 고려하여 계산한다. 즉, f그룹의 점의 수가 크면 클수록, 소그룹(h, l)의 거리가 짧으면 짧을수록 와드법에 의한 거리가 군평균거리법에 의한 거리보다 큰 값을 갖게 된다. 공식은 다음과 같다. 이때 f 그룹의 점의 수를 고려하여 계산으로 해 보면 f그룹의 점의 수가 많으면 많을수록 와드법의 값이 커짐을 알 수 있다.

$$dfg_2 = \{(nh+nf)/(ng+nf)\} * dfh_2 + \{(nl+nf)/(ng+nf)\} * dfl_2 - \{nf/(nf+ng)\} * dhl_2$$

이렇게 다양한 거리 계산 방법이 있으나 일반적으로는 그룹 내의 특성을 최대한 반영한다는 의미에서 군평균거리법이나 와드법을 자주 사용한다. 본 연구에서는 점의 개수 비중을 계산할 때 먼저 만들어진 그룹의 점의 개수 비중을 중시하며, 그룹의 점의 수가 크면 클수록, 소그룹

의 거리가 짧으면 짧을수록 큰 값을 갖게 되는 와드법을 사용하였다.

### 3. 동굴의 유형분류를 위한 변수선정

홍현철(2008)은 동굴을 대상으로 할 경우 동굴 내외부의 각종 속성자료를 이용 가능한 자료를 다음과 같이 분류하고 정리하였다. 그 내용을 정리하고 이에 직접 변수 가공 방법을 포함하여 재정리하면 다음과 같다.

군집분석을 이용할 경우 입력 자료는 일반적으로 지리행렬을 이용한다. 지리행렬은 행에 장소, 열에 변수 및 속성자료로 구성되어있다. 동굴의 유형분류를 위한 입력자료는 행에 동굴, 열에 속성변수로 구성하면 된다.

군집분석은 앞에서 살펴보았듯이 다양한 지표를 수치화 할 경우, 다양한 동굴유형의 분류가 가능하다. 여기서는 동굴의 유형을 (1)외형적·규모적인 면에서 동굴내부의 지형지물의 크기나 수량적 대소 관계, 공동의 존재 여부 등을 고려한 분류, (2)동굴외부의 입지에 관련된 지표, 즉 주변상가의 존재 유무, 상가의 종류와 규모, 주차장의 규모, 기타 편의시설을 비롯한 부대시설의 유무 등의 지표를 이용한 분류, (3)동굴의 주변 환경을 고려한 관계적 입지에 의한 분류, 즉 주변지역에 분포하는 타 관광지의 여부, 교통 접근성 관광객을 공급하는 도시부의 관계 등이 복합적인 지표를 포함한 분류로 구분하여 유형분류가 가능한 변수선정의 사례를 고찰해보겠다.

#### 1) 동굴 규모 및 형태에 따른 변수선정

군집분석은 일반적으로 유클리디안 거리를

사용하므로, 명목수는 사용하는 데는 제한성이 있어, 일반적으로 비례수나 서열수로 이루어진 자료를 이용하면 된다. 따라서 동굴의 형태를 나타내는 지표 중에서 이미 비례수로 되어 있는 자료는 모두 가능한 변수로 사용가능하며, 동굴 형태에 관한 자료를 가공을 통해 비례수화 하면 된다.

자료가 명목척도의 경우는 표준화를 통해서 비례수화 가능하다. 예를 들어 동굴의 성인적 분류인 석회동굴과 용암동굴의 경우, 석회동굴에 1이라는 명목수를, 용암 동굴에 2라는 명목수를 부여 해주고 표준화 한다. 표준화한 상태에서는 석회동굴은 유클리디안 공간 축상에서 마이너스 극단에 위치하게 되고, 용암동굴은 플러스 극단에 위치하게 된다. 따라서 서로 다른 특성을 양 극단의 위치를 통해 분석 가능한 상태로 변화시키는 것이다.

홍현철(2008)은 개방동굴을 분류하고자 할 때 가용한 관련 변수를 다음과 같이 정리하였다. 그 내용을 간략히 정리하면 다음과 같다.

#### (1) 가용한 동굴의 형태 및 규모에 관한 자료

(1) 총연장길이; 주굴과 가지굴의 총합, (2) 총면적이나 체적; 평면도에 나타난 2차원적 면적 또는 3차원적 체적,(3) 동굴형태의 복잡성; 단일형(1), 복합정도(2이상, 수평+수직+수평+수직이면 4), (4) 광장유무 및 규모; 광장의 수, 광장 면적, 광장 내 지형지물의 분포상태, (5) 지형지물 총수; 지형지물수, (6) 지형지물의 우수성; 일반 지형지물수, 특수 지형지물수, (7) 성인적 분류의 명목수 부여 및 표준화 등이 이용될 수 있다.

#### (2) 동굴외부의 입지적 특성에 따른 변수

여기서 외부 입지적 특성이란 동굴입구나 출구 가까이 위치하여 동굴 관람에 편익을 제공해

주는 시설물을 대상으로 한다. 관광객이 도보로 접근 가능한 거리 내의 시설물의 분포 특성에 따라 동굴의 특성을 보조하는 역할을 의미한다.

예를 들면, (1) 주차장규모; 주차면수나 주차장 면적, (2) 상가규모; 상가수나 면적, 고용자수, (3) 음식점수; 음식점수나 면적, 고용자수, (4) 숙박업수; 숙박업수나 면적, 방수, 고용자수, (5) 단지내복합관광지수; 관광단지나 광광지내의 타관광자원유무, (6) 공공편의시설규모; 관광안내소, 화장실 등 이 자료로 활용될 수 있다.

관광단지나 광광지내의 타관광자원유무의 경우는 개방동굴 중에 단양의 온달동굴이나 삼척시의 환선굴 등과 같이 동굴하나의 관광지가 아닌 복합적 관광단지를 구성하는 경우에 적용가

능 하다. 이러한 경우 관광객의 입장에서는 동굴 관광과 더불어 타 관광지를 한꺼번에 관람할 수 있어 동굴관광 선택의 주요한 요가가 될 수 있다.

### (3) 동굴의 관계적 주변 입지특성에 따른 변수

여기서 동굴주변의 입지 특성이란, 동굴에서의 도보로 접근하기 어려운 장거리 지역과의 관계적 입지를 의미한다. 따라서 관광객의 수급에 영향을 주거나 관광행위에 있어서 동굴과의 연계관광이 가능하거나, 교통접근성 등을 지표로 한다. 이러한 경우, 동굴주변의 환경을 기초로 한 동굴의 유형분류가 가능하다.

표 1. 입력변수 및 데이터

	길이(m)	관람대상 지형지물수 (개)	성인적 분류 (명목수)	관람 시간 (분)	주차장 면수 (면)	주변(30km) 관광지수 (개)	주변 음식점수 (개)	주변(30km) 읍급이상 도시수(개)
대금굴	1610	8	1	90	300	12	7	7
환선굴	1600	26	1	120	300	12	7	7
고수굴	1700	25	1	60	400	18	11	9
만장굴	8928	19	3	40	135	15	1	2
천곡동굴	1400	35	1	60	150	12	12	6
고씨굴	1800	15	1	60	200	14	17	7
온달굴	800	14	1	40	250	18	1	10
용연동굴	843	18	1	90	200	16	12	7
화암동굴	1803	41	1	30	980	13	8	7
천동굴	470	27	1	30	100	18	9	9
성류굴	472	29	1	30	135	12	1	6
협재굴	200	4	2	30	350	19	6	2
쌍용굴	400	12	2	30	350	19	6	2

예를 들면, (1) 주변관광지와의 연계성(10km), (2) 주변관광지와의 연계성(30km), (3) 주변관광지와의 연계성(60km), (4) 대도시부터의 시간거리, (5) 주변배후도시의 인구규모, (6) 주변배후도시의 숙박규모, (7) 주변관광지와의 접근성(60km) 등이 입력자료로 활용될 수 있다.

주변 관광지의 거리 개념에는 연구자의 목적에 따라 달라질 수 있다. 이는 관광 소요기간의 정도에 따라 연계관광 가능성이 달라지기 때문이다. 일반적으로 당일관광이나 단기간의 단일지역 체제형 관광지의 경우 10km 내외의 거리 안에서 이루어지며, 중장기 관광 형태에 따른 거리적 분류로서 30km, 60km로 분류 한 것이다. 대도시의 예는 서울을 비롯한 광역시가 대상으로 거론할 수 있으며, 배후 도시의 경우는 숙박 가능성을 고려한 주변 중소 도시의 특성을 반영한 것이다.

이상과 같은 자료를 모두 사용할 필요는 없다. 또한 군집분석을 이용할 때, 샘플 수보다 변수의 수를 적게 사용하는 것이 일반적이라 하겠다. 따라서 본 연구의 사례에서는 이들 중 손쉽게 조사 가능한 자료를 선정하고 그 자료만을 입력변수로 사용한다.

## 4. 우리나라 개방 동굴의

### 유형분류의 사례

#### 1) 동굴 내부 환경 및 주변 환경 조건을 고려한 변수 선정

본 연구에서는 현재 공개된 13개의 동굴을 대상으로 하여, 수집 가능한 다음과 같은 동굴 내부 관련변수를 선정하였다. 변수의 선정에 있어서 홍현철(2005)이 제시한 모든 변수의 사용도

가능하다고는 하겠지만, 이번 연구에서는 사례 연구인 관계로 손쉽게 구할 수 있는 8개의 변수만을 이용하였다. 동굴내부의 특성을 반영하는 변수로 총연장거리, 관람대상 지형지물수, 관람시간, 성인분류(명목수)를 이용하였다.

총연장거리의 경우, 보고서나 동굴안내 사이트에 나와 있는 수치를 10m자리 단위로 입력하였다. 관람 대상지형지물은 석회동굴이나 용암동굴의 전면에 분포되어 있기 때문에 정확한 숫자를 구하기는 문제점이 있다. 따라서 관람자에게 정보제공이라는 측면을 고려하여, 대상지형지물에 핏말이 부여된 대상물을 기준으로 입력하였다. 즉 핏말이 부여된 지형지물은 관람대상 지형지물이 된다. 한편 동굴의 길이에 관계없이 관람시간은 다르게 나타난다. 어떤 동굴은 동굴의 일부만을 개방 하고 있기도 하고, 수직 동굴은 오르고 내리는데 많은 기산을 소요한다. 따라서 관람시간은 동굴관광에 주요한 요소로 동굴의 규모의 특성을 일부 갖고 있으며, 개방 동굴의 현재 관람특성을 반영하는 변수이다. 일반적으로 성인적 분류를수치화하는 데는 앞에서 살펴보았듯이 문제점이 있다. 기본적으로 석회동굴을 1이라는 명목수를 부여하였으며 용암동굴은 3을 부여하였다. 동굴의 성인적 특성뿐만 아니라 동굴내부의 경관적 특성을 성인과 관련지어진 특성을 반영하는 수치로 입력데이터를 작성하기 위해서 협재굴과 쌍용굴의 경우는 2라는 명목수를 부여하였다.

동굴 주변 관련변수로는 주차면수, 주변 음식점수, 30km내 관광지수, 읍급이상 도시수를 선정하여 입력데이터를 작성하였다. 주차면수는 동굴의 부대시설의 수준을 나타내주는 대표적인 변수의 하나라고 하겠다. 반면 동굴의 주변에 분포하는 음식점수나 상가수는 동굴관광지의 서비스를 제공하는 편의시설의 하나이다. 30km이내

표 2. 군집화과정 및 손실된 거리계수

단계	결합 군집		계수	처음 나타나는 군집의 단계		다음 단계
	군집 1	군집 2		군집 1	군집 2	
1	12	13	.283	0	0	11
2	6	8	1.716	0	0	5
3	3	10	3.368	0	0	6
4	1	2	5.306	0	0	7
5	5	6	8.497	0	2	7
6	3	7	11.796	3	0	8
7	1	5	17.076	4	5	9
8	3	11	23.342	6	0	9
9	1	3	35.415	7	8	10
10	1	9	49.897	9	0	12
11	4	12	64.737	0	1	12
12	1	4	96.000	10	11	0

의 관광지수는, 최근 단일목적 관광보다는 다목적 관광형태가 빈번하며, 동굴의 경우 2-3시간의 이용으로 그치고 있어 당일 관광 패턴으로는 부족하다. 따라서 하루 이상의 관광패키지 속에 한 곳으로 이용되기 때문에 동굴을 관람하기이전과 이후에 다른 관광지와의 연계가 불가피한 점을 고려하였다. 30km로 한정지은 것은 승차차 및 이동시간을 고려한 1시간 이내에 접근 가능한 거리로 간주하였다. 또한 30km이내의 읍급 이상 도시 수는 일반적 상업서비스 및 숙박 서비스의 능력치를 대신하는 자료이기에 선택하였다. 위에 선정된 8개의 변수 이외에도 다양하고도 수많은 변수들이 가능한 변수로 고려될 수 있다.

이러한 8개의 변수는 변수마다 비례수에서 명목수에 이르기까지 다양하며, 변수마다 단위 및 크기가 다르다. 이러한 변수들을 동일한 비중으로 동시에 처리하기 위하여 표준화를 실시하였다. 각기 다른 분포 모양을 표준정규분포화함으로써 같은 기준의 분석이 가능하게된다.

2) 그룹화과정과 단계별 정보손실량

앞서 설명한 변수를 이용하여 다변량해석 중의 하나인 군집분석을 하였다. 표 2는 군집분석을 하였을 때 각 개방 동굴이 어떻게 군집되어 가는 가를 나타내고 있으며, 각 동굴이 군집될 때 마다 손실된 거리를 계수로 나타내고 있다. 여기서 손실된 계수란 예를 들어 일정한 거리를 둔 두 개의 개방동굴을 하나의 그룹으로 간주할 때, 두 동굴 사이에 존재하던 유클리디안 거리는 소멸되어 두 동굴은 동일한 공간상에 존재하는 것으로 간주된다. 따라서 손실된 거리의 개념이며 동시에 공간상에 존재하는 모든 정보량 중에 소멸되는 정보량과 동일한 것이다.

그룹화 과정은 총 13개의 개방 동굴을 대상으로 하였기 때문에 당연히 12개 단계까지 진행되며, 12단계의 그룹화 과정을 마치면 모든 공개 동굴은 하나의 그룹을 형성하는 것이 당연하다. 이러한 그룹화 과정을 그림으로 알기 쉽게 표현한 것이 그림 1과 같은 덴드로그램이다.

다음은 표2와 그림1을 이용하여 13개의 개방 동굴을 몇 개의 그룹으로 나눌 수 있는가? 즉 표2와 그림 1의 일련의 과정 중 어느 단계에서

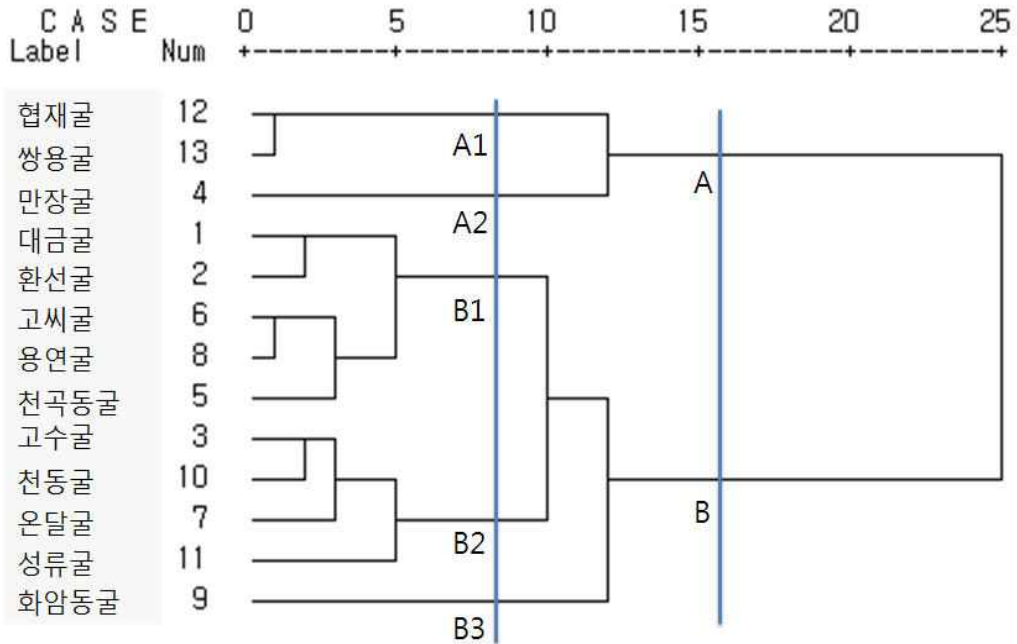


그림 1. 군집화 과정의 덴드로그램

그룹화 과정을 멈추는가 하는 문제이다. 예를 들어 맨 마지막 그룹화 단계인 12단계의 그룹화를 하지 않는다면, 즉 11단계와 12단계사이에서 그룹화를 멈춘다면, 13개의 개방동굴은 2개의 그룹으로 분류되게 된다. 마찬가지로 8단계와 9단계사이에서 그룹화 과정을 멈추게 된다면, 9단계이전까지는 모두 5개의 그룹이 이미 그룹을 형성한 상태로 각각의 그룹이 나눌 수 있다.

이때, 어떤 객관적인 근거를 기준으로 그룹화를 멈추는가에 따라 다양한 결과를 얻어낼 수 있다. 일반적으로 사용되는 방법은 그룹화 과정에서 손실되는 정보량(거리계수)에 주목하고 있다. 즉, 각 단계가 그룹화 될 때, 손실되는 정보량이 크면 클수록 그룹화 이전의 그룹 간의 거리는 먼 것을 하나의 그룹으로 간주한다는 것이기 때문에, 무리한 그룹화를 하였다고 할 수 있다. 따라서 이러한 정보손실량이 크게 나타나는

지점에서 그룹화과정을 멈추게 되는 것이다.

논리는 간단하지만 실제에 있어서는 그룹화 과정이 진행됨에 따라서 손실되는 정보량은 점차 커지게 된다. 본 연구에 있어서도 표1의 거리계수의 값은 단계가 진행될수록 점차 큰 값을 보이고 있다. 따라서 다음 방법은 단계간의 정보손실량의 변화에 주목하여 변곡점을 찾아내는 방법이 통상적으로 사용되고 있다. 본 연구의 결과를 가지고 직접 그룹을 유형분류 해보기로 한다.

앞서 설명한 바와 같이 본 사례연구에서는 거리계수의 변화 즉 그룹화에 의한 정보손실량이 가장 큰 곳은 마지막 그룹화단계인 12단계 때 나타나며 그 수치는 96.0이다. 또한 11-12단계에서 거리계수의 변화량은  $96.0 - 64.7 = 31.3$ 으로 이전의 거리계수의 변화량에 비해 월등히 크다. 따라서 표2의 기준으로 가장 정보손실량이 크면서



표 3. 개방동굴 유형별 변수 평균값

변수 그룹	길이(m)	관람대상 물수(건)	성인값	관람시간 (분)	30km내 관광지수 (개)	음식점 수(개)	주차 면수(개)	읍급 이상도시 수(개)
A	3176	11.6	2.3	33.3	17.6	4.3	278	2
A1	300	8	2	30	19	6	350	2
A2	8928	19	3	40	15	1	135	2
B	1249	23.8	1	61	14.5	8.5	301	7.5
B1	1450	20.4	1	84	13.2	11	230	6.8
B2	860	23.7	1	40	16.5	5.5	221	8.5
B3	1803	41	1	30	13	8	980	7
총	1694	21	1.3	54.6	15.2	7.5	296	6.2

거리계수의 변화량이 큰 곳은 당연히 11-12단계이며, 이곳이 그룹을 나누는 기준이 된다. 이렇게 하면 13개의 개방동굴은 2개의 대 그룹으로 분류 가능하다.

그러나 모든 군집분석의 결과로부터 마지막 단계에서 하나의 그룹이 설정되는 단계와 그 이전의 단계 사이에 변화량이 가장 크게 나타나는 것은 당연한 것이고, 이 기준만을 사용하게 되면 모든 군집분석의 결과는 모두 2개의 그룹화로만 결과가 도출된다.

따라서 본 연구에서는 일단 11단계까지의 그룹화된 결과를 토대로 크게 2개의 그룹(A, B

그룹)으로 나누고 이전 단계 중에서 거리계수의 변화량에 초점을 둔 변곡점이 있는가의 여부에 따라 A, B그룹을 다시 하부그룹으로 분류하는 방법을 선택하였다.

6단계 이전에도 분명 변곡점이 존재하겠으나 그 이전에서 하부 그룹을 설정하면 너무 많은 그룹이 형성될 수 있는 점을 고려하여 7단계 이후의 거리계수의 변화량을 고찰하여 하부그룹을 설정하기로 한다. 7단계에서 11단계까지의 정보 손실량, 즉 거리계수는 17.1, 23.3, 35.4, 49.9, 64.7이다, 이들의 변화량(7-8단계, 8-9단계, 9-10단계, 10-11단계 순)을 계산하여 보면, 6.2, 12.1, 14.5,

14.8 이다. 이 변화량에서 알 수 있듯이 8-9단계의 변화량 12.1은 앞의 변화량 6.2 보다 2배 가량 증가 하였으며, 다음 변화량인 14.5와 큰 차이를 보이지 않는다. 이것은 이곳의 변화가 매우 극심한 것임을 말하는 것으로 이곳이 변곡점이 된다.

따라서 본 연구에서는 A, B 대그룹의 하부 그룹으로서 8단계에서 9단계로의 그룹화 과정이 무리한 그룹화로 보고 9단계 이전까지의 그룹 형태를 하부 그룹으로 결정하였다. 결국 각 그룹을 소그룹(A1, A2, B1, B2, B3)으로 나누었다. 이 과정에 의하여 대그룹과 소그룹은 그룹화는 그림 1과 같다.

### 3) 개방동굴의 유형 및 유형별 특성

앞서 설정된 공개동굴의 그룹특성을 알기 위하여 그룹 내 평균값을 구해보고 그룹 간 비교를 통하여 유형분류의 결과를 고찰해보겠다. 크게는 2그룹으로 분류하고 각각의 그룹을 하부 그룹으로 나누어 고찰한다.

#### (1) A유형 및 하부 유형(A1, A2)의 특성

A유형에 속하는 동굴은 화산섬 제주도에 분포하는 만장굴, 협재굴, 쌍룡굴이다. 이들 동굴은 학술적 분류로 성인적으로는 용암동굴에 속한다. 우리나라에 분포하는 개방된 용암동굴이 모두 하나의 그룹에 속하고 있다. 먼저 이 그룹에 속하는 동굴들의 내부적 특성을 보면, 이 그룹은 동굴의 규모나 관람시간에 비하여 비교적 관람대상지형지물이 적다. 용암동굴 내의 지형지물은 규모가 크지만 경관적으로 다양하지 못하고 있어 이목을 끄는 주요한 관람 대상물의 수는 적다. 따라서 이러한 특성을 지니고 있다고 보겠다.

한편 동굴의 주변 환경은 동굴관광지 주변의 숙박과 서비스를 제공하기위한 음식점 및 도시가 적게 분포하고, 30km 이내에 공개동굴의 평균보다 많은 관광자원이 연계되어 있는 특성을 갖는다. 숙박 및 서비스시설의 부족은, 제주도의 경우 숙박 시설은 호텔이나 숙박 단지 형태를 이루며 대부분 대도시를 중심으로 이러한 서비스가 이루어지고 있는 실정이며, 동굴 주변에 많은 타 관광자원이 분포하고 있으며 그 연계도 좋은 편이다.

A그룹에 속하는 A1그룹(협재굴, 쌍룡굴)과 A2그룹은(만장굴)의 차이점은 다음과 같다. A1 유형은 A2유형에 비해 관람대상물의 수가 매우 적다. 이것은 동굴 규모의 차이라고 하겠다. 또한 A1유형은 성인적으로 용암동굴과 석회동굴의 양면적 성격을 갖고 있다. 성인적으로는 용암동굴이나 동굴내부에서 관찰되는 지형지물은 석회동굴에서나 볼 수 있는 종유석 석순 유석등이 관람대상물로 각광을 받고 있다. 이는 용암동굴 위에 피복된 모래속의 규사로부터 칼사이트 성분이 스며들어 만들어진 경관으로 석회동굴에서의 지형지물의 형성과정과 동일하다. 따라서 경관적으로는 용암동굴의 지형지물경관과 석회동굴의 지형지물의 경관을 동시에 관찰할 수 있는 이색적인 동굴이라 하겠다.

#### (2) B유형 및 하부유형(B1, B2, B3유형)의 특성

B형은 성인적으로 석회동굴에 속하며, 동굴 내부의 관람대상물이 A유형에 비해 많다. 동굴 주변에는 읍급 이상의 도시가 다수 위치하고 있으며 이들 주변도시에서 제공되는 숙박 및 서비스 시설 등이 충분하다고 하겠다. 주변 타 관광지와의 연계 상태는 빈약하다고는 할 수 없으나 A유형에 비해 부족한 편이다.

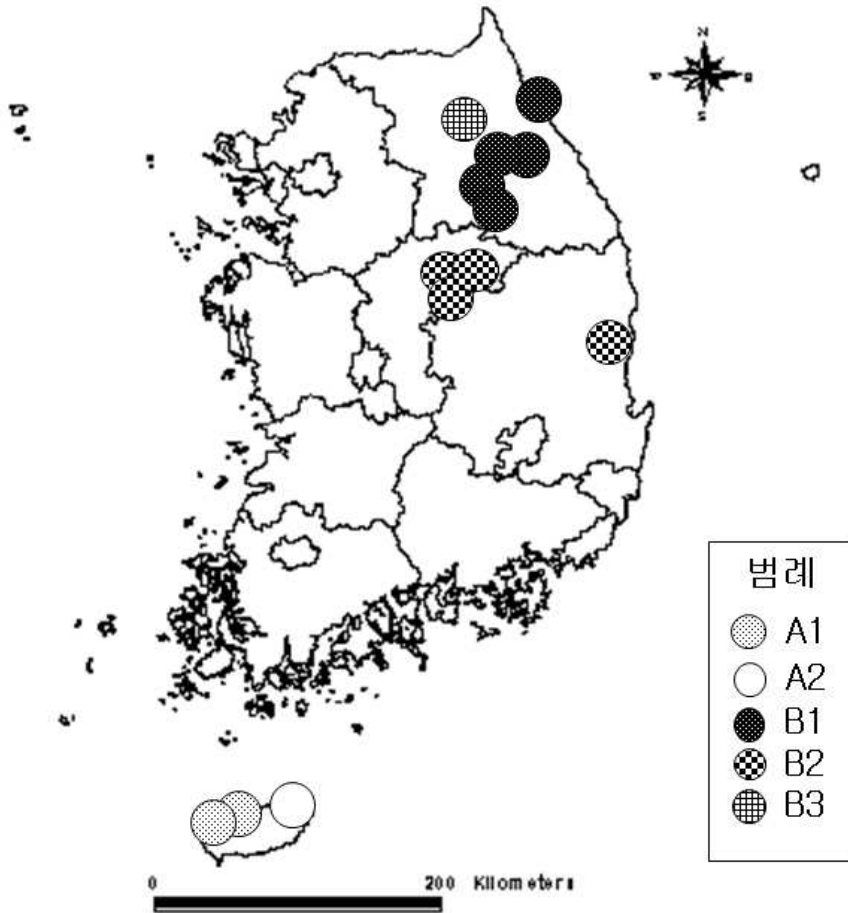


그림 2. 개방동굴의 유형별 분포도

B그룹은 3개의 하부 그룹으로 구성되는데, B1 그룹에는 환선굴, 대금굴, 천곡동굴, 고씨굴, 용연동굴이 속하며, B2그룹에는 고수굴, 온달굴, 천동굴, 성류굴이 속한다. B3그룹에는 단 한 개의 화암동굴이 속한다

먼저 B1그룹은 환선굴, 대금굴을 비롯한 강원도 동굴들로, 배후 도시의 연계는 비교적 부족하나 관람시간이 1시간 30분으로 매우 길고, 특히 동굴 단지 내의 부대시설을 통한 다양항 서비스가 발달되어 있다. B2유형은 고수동굴과 온달동굴을 중심으로 하는 석회동굴로, 관람시간이 40

분 전후이며 주변지역의 관광지와 연계가 비교적 탁월하고, 배후 도시가 많아 숙박 및 서비스시설이 충분하다. 동굴관광뿐 만아니라 주변 지역의 다양한 서비스를 짧은 시간 안에 충족시킬 수 있는 특성을 보유하고 있다 하겠다. B3 그룹에 속하는 화암동굴은 다른 석회동굴에 비해 관람시간은 짧지만 관람대상물의 수가 많다. 이는 커다란 공동 내에서 밀집된 지형지물을 관찰할 수 있는 광장형 동굴의 특징이라 하겠다. 또한 주차 및 음식점등 부대시설이 잘 갖추어져 있다.

## 5. 결론

공개동굴은 하나의 관광자원으로 각광받고 있으며, 관람객들은 동굴에 대한 다양한 정보제공을 요구하고 있어 동굴 선택에 대한 유용한 정보제공이 필요하다. 기존의 동굴 유형분류는 성인적, 형태적, 규모적 분류를 중심으로 연구되어 왔으나 동굴을 유형분류함에 있어서 다변량 기법의 하나인 군집분석을 이용하면 사용하는 변수에 따라 다양한 동굴 유형분류가 가능하다.

군집분석은 이론적 배경이 단순하여 이해하기 쉬우며, 최근 통계패키지의 개발로 기초 학문의 유용한 분석기법으로 자리 잡고 있다. 따라서 군집분석기법을 이용하여 동굴의 유형분류 수단으로서의 유용성 및 사례연구를 통해 그 결과를 고찰하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 기존 동굴의 유형분류는 성인적, 형태적, 규모적 분류 등 학술적 결과에 국한되어 있다. 군집분석의 이론적 배경을 살펴보았을 때, 입력변수 선정에 따른 다양한 변수 선정을 통해 다양한 분류 방법이 가능하여 그 유용성이 매우 높다. 이는 각기 다른 관광객의 동굴관광지 선택 조건에 맞는 유형분류가 가능하여 다양한 결과물을 얻어낼 수 있다.

둘째, 동굴의 내부 환경, 주변 환경 등을 고려한 (1)동굴 규모 및 형태에 따른 수치적 유형분류, (2)동굴외부의 토지이용적 입지특성에 따른 유형분류, (3)동굴의 관계적 주변 입지특성에 따른 유형분류 등이 변수 선택으로 가능하다. 단 본 연구에서는 이들 변수의 선택조건은 언급하지 않고 다음 연구 과제로 남기고 싶다. 좀 더 깊은 연구를 통해 선택 조건의 중요도를 달리한 연구가 필요하기 때문이다.

셋째, 본 연구에서는 가능한 여러 변수 중 동굴의 내부 환경을 대표하는 4개의 변수와 동굴

주변 환경을 대표하는 4개의 변수를 대등하게 선택하였으며, 총연장거리, 관람대상 지형지물 수, 관람시간, 성인분류(명목수), 주차면수, 주변 음식점수, 30km내 관광지수, 읍급 이상의 도시수가 그 입력변수이다. 사례연구 결과, 동굴의 성인적 변수와 동굴의 규모 등이 그룹을 분류하는 동굴 내부변수로 중요성을 갖고 있음이 밝혀졌고, 동굴 주변 환경 변수로는 타관광지와 연계나 주변의 도시 수에 관한 변수가 중요변수임을 알 수 있었다.

넷째, 이러한 다양한 변수를 이용한 그룹의 성격은 일반적인 지리학에서 사용하는 지역 분류와 유사한 결과를 얻었다. 즉 5개의 소그룹은 제주도의 용암동굴 그룹인 A그룹(A1, A2그룹을 포함), 강원도지역의 석회동굴을 중심으로 하는 B1그룹, 또한 단양군의 석회동굴을 중심으로 하는 B2그룹으로 대별되며, B1그룹과 B2그룹은 주변의 관광지와 서비스를 제공해주는 배후지의 특성이 강하게 반영된 것으로 판단된다. 즉, 동굴 외부 환경의 변수가 반영되면 반영될수록, 지리적 지역구분의 성격을 갖는 것이라고 판단하였다.

본 연구에 고찰된 변수이외의 다양한 변수 선정에 의한 동굴유형분류가 가능하다고 본다. 또한 군집 분석의 특성상 입력된 변수의 한정된 틀에서 유형이 분류 되므로 변수 선정시에 세심한 주의가 필요하다고 하겠다.

### 참고문헌

김원진, 2005, “관광동굴 주변 관광자원의 유형별 분포 특성,” 한국동굴학회지, 67.  
 남영우·성은영, 2001, “인자분석과 군집분석에 의한 세계도시의 유형화,” 한국도시지리학회

- 지, 4(1), 1-12.
- 박병우, 1980, “중유동의 형태분류와 지배요인에 관한연구,” 한국동굴학회지, 6, 16-19.
- 손재선, 2006, “주요글로벌 신문으로 본 세계도시의 특성과 유형화,” 한국도시지리학회지, 9(2), 101-111.
- 원종관, 1976, “동굴의 형태를 지배하는 제요인과 구조분석,” 한국동굴학회지, 2, 11-13.
- 최호현 · 김선범, 2006, “요인분석과 군집분석을 이용한 용도지역의 특성과 유형분류,” 한국도시지리학회지, 9(1), 127-136.
- 홍시환, 1975, “우리나라 동굴의 유형과 특성에 관한연구,” 한국동굴학회지, 1, 3-11.
- 홍시환, 1976, “우리나라 동굴의 성인에 관한 연구,” 한국동굴학회지, 2, 2-6.
- 홍시환, 1990, 한국동굴대관, 삼주출판사.
- 홍현철, 1993, “온달굴 형태와 특성에 관한연구,” 한국동굴학회지, 32, 23-29.
- 홍현철, 2008, “군집분석을 이용한 동굴 유형분류의 유용성에 관한 연구,” 한국동굴학회지, 84, 1-9.
- 홍충렬 · 김원진, 2005, “관광동굴 주변 관광자원의 유형별 분포 특성,” 한국동굴학회지, 67, 53-64.