

# 지역개발에 수반되는 동굴지역의 지형조사

(강원도 태백시 용연동굴)

경희대학교 강사 오종우

## I. 서론

지역개발에 있어서 자연자원의 확보에 따른 개발 이용은 지역의 발전적인 측면에서나 국가적인 차원에서 상당한 잠재성을 제공해줄 수 있는 천혜의 조건이 된다. 특히 우리나라와 같이 한정된 토지공간내에서 자연자원의 개발을 통한 관광지화는 과학적인 사회 문화의 성장에서 기본적으로 요구되는 해소의 한 방안이 될 수 있는 여가 공간의 활용 기회를 제공하기 때문에 가능한 활성화가 되어야 할 것이다. 동굴은 자연자원중에서도 가장 실제적이고 확실한 교육적인 지하자원이므로 인간에게 주어진 가장 귀중한 선물일 것이다.

## II. 본론

### 1. 지리적 위치

太白山脈의 가장자리에 위치한 龍淵洞窟은 전형적인 山地 Karst\* (Alpine Karst)의 면모를 갖추고 있다. 龍淵洞窟은 太白市 北西部 禾田洞 龍水골 상부 산사면부 약 980m 상에 서북쪽으로 開口하고 있으며, 龍水골 西北部 정상(1418m)에서 동동남 방향으로 이어지는 능선부 하부 가까이에 위치한다 (사진 1, 2, 3, 4).

능선은 비교적 완만하나 남북사면은 開析의 진전으로 매우 경사도가 심하여 약 40~50도의 급경사 사면지형을 나타낸다. 특히 洞窟의 남사면은 龍水골 湧泉水의 河蝕作用에 의하여 북사면 보다 더욱 경사가 급하다.

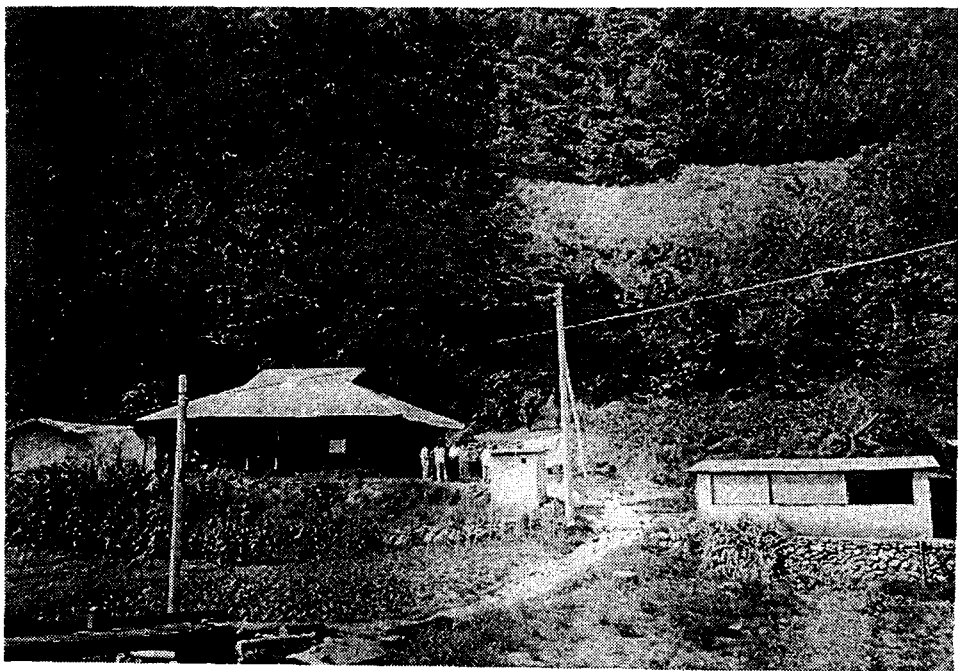


사진 1. 용연굴 남사면의 취락과 토지이용 현황



사진 2. 용연굴로 연결되는 비포장도로와 좌측 용수골의 하곡지형



사진 3. 용연굴 남동사면의 경사, 식생, 그리고 토지이용 현황

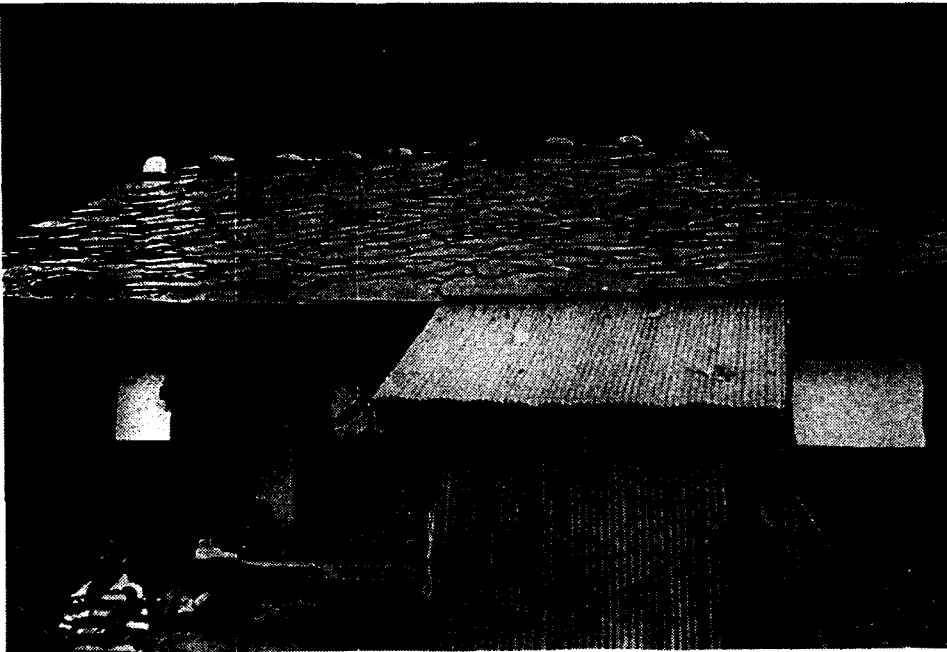


사진 4. 미개발된 주변지역의 전형적인 가옥형상

洞窟 地域은 太白山脈의 心部에 位置하고 있는 고로 晩壯年期의 高傾斜山脈群을 형성하고 있는 周邊 山岳들<동쪽 약 2km에 매봉산(1340m)이, 그리고 남서쪽 약 5.7km에 聖德山(1573m)이, 慶北 奉化郡과 境界인 太白山(1546m)이 남쪽으로 약 13km>에 의해 둘러싸여 있다(그림 1).

洞窟의 비고는 110m로서 太白市 區域의 黃池川 上流사면부(980m)를 기준으로 하였으며, 이는 東海岸으로 부터 서쪽 약 30km에 位置하고 있다. 따라서 龍淵洞窟의 地形的 位置는 開析된 晩壯年期의 산지 하반부 능선 주변부에 位置 하고있으며, 立體地形圖에서와 같이 起伏이 심한 山地 Karst의 양상을 나타내고 있다(그림 2).

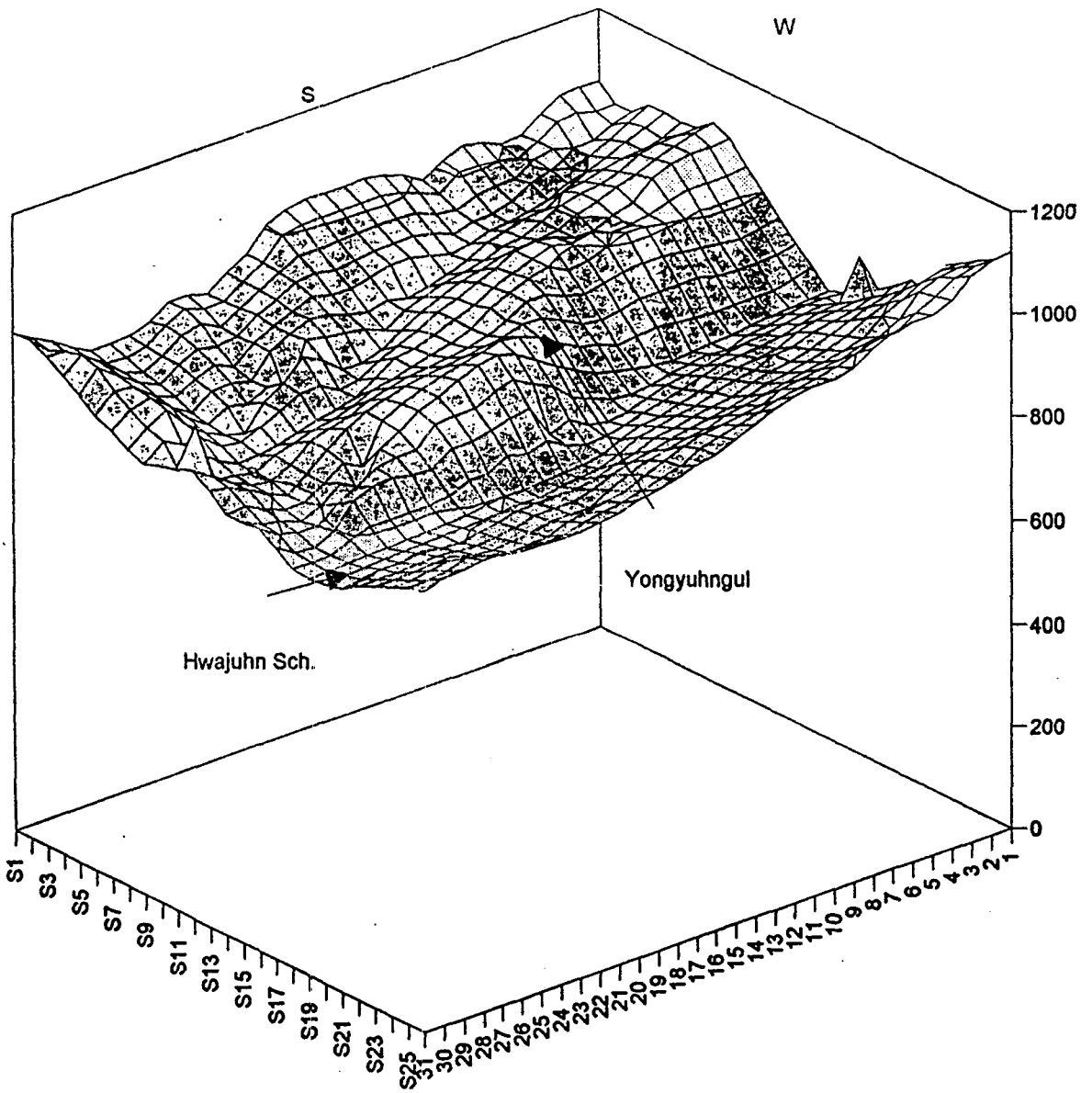
카르스트(KARST)란 석회암지대에서 주로 출현하는 제반 地形을 통칭하는 국제용어로서 地表水나 地下水의 溶蝕作用에 의해 형성된 지표 KARST 지형(窪地 혹은 陷沒地: DOLINE, 尖頂岩帶: KARREN FIELD: Lapie, 湧泉: SPRING)과 地下 KARST 地形(洞窟:CAVE, 탄산염에 의한 洞窟地形- 鍾乳石, 石筍, 石柱, 流着石, 石灰華 段丘 등)으로 구분 된다.

## 2. 地體構造와 地質

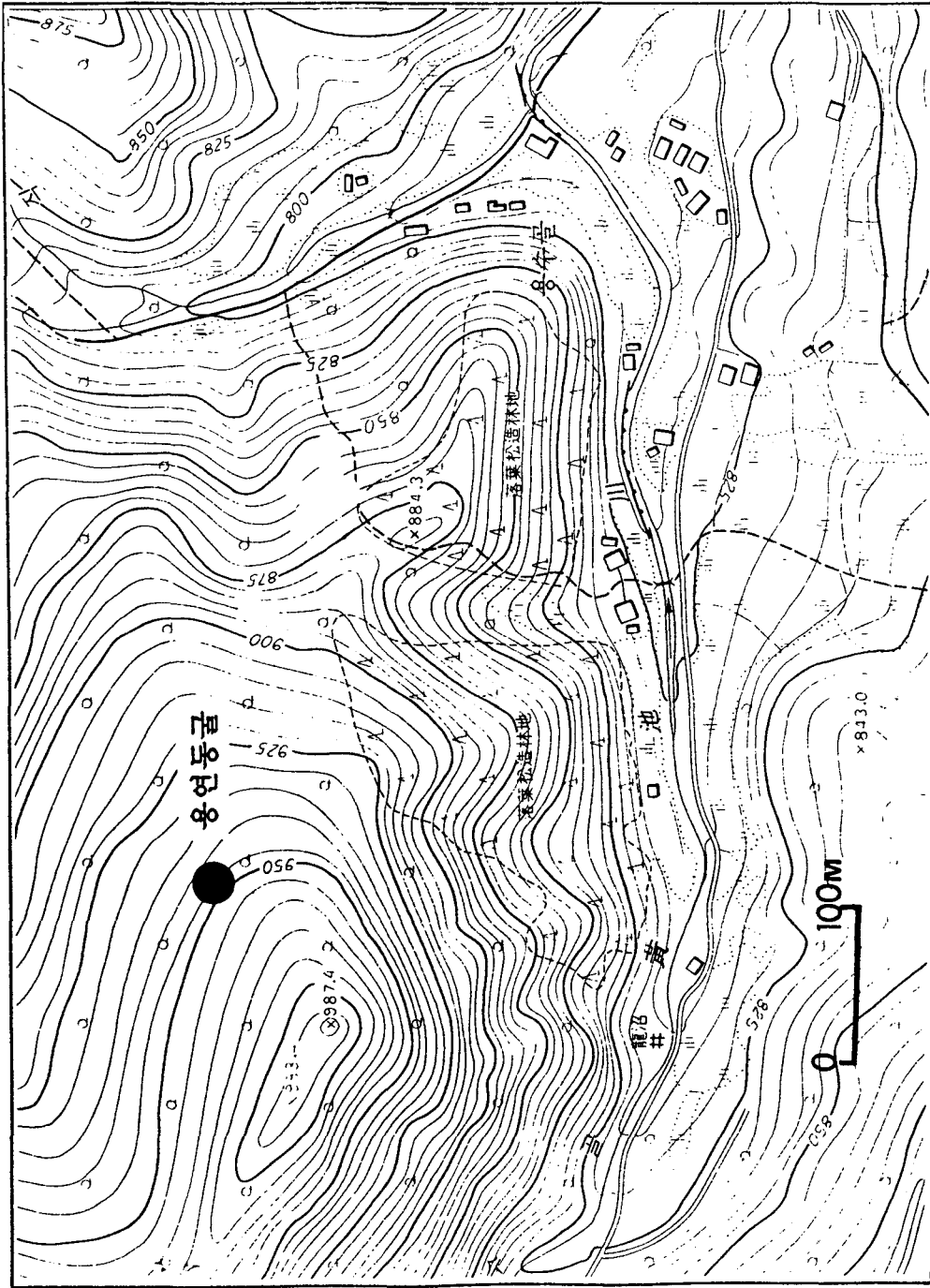
本 地域은 지체구조상 太白山 地向斜帶에 속하기 때문에 습곡과 단층작용에 의한 地構造 형상이 매우 복잡한 양상을 가진다. 洞窟을 胚胎시킨 母岩은 古生代 오도비스(Ordovician)기의 上部大石灰岩群(朝鮮系의 막동석회암류)으로써 막골석회암이며, 회색 白雲質石灰岩(Dolomitic Limestone)으로써 탄산염( $\text{CaCO}_3$ )의 含量이 비교적 높은 것으로 알려져있다.

## 3. KARST의 地形地物

本 研究地域에는 karst地形과 연관된 地形地物 그리고 石灰岩의 溶食작용에 따른 地名이 산재해 있다. 예를 들면 우선 洞窟의 남남서쪽 약 1km에 龍



(그림 1) 용연굴 지역의 3-D 지형



(그림 2) 용연굴의 위치와 주변지형

水골이 禾田分校의 서쪽계곡하부에서 湧泉(Karst Spring)이 있다. 이는 龍淵洞窟과 인접하고 있는 地下洞 계통과 연결된 支窟의 일부를 암시해 주며, 石灰岩 地帶에서 대표적으로 나타나는 地下河川化 과정에 있는 일종의 石灰岩 水文體系(Karst Hydrologic System)를 잘 나타내고 있다.

地形地物로서 우선 窪地(가메: Doline: Sinkhole)地形的 출현을 들 수 있는데, 窪地는 洞窟 入口에서 북서쪽 약 250m의 位置에 고도는 약 980m와 990m 사이에 발달하여서 洞窟의 標高와 거의 동일하다. 형태는 긴타원형이며, 主向은 북동에서 남서 방향으로 발달되어서 洞窟의 방향인 북-남향과 거의 동일성을 나타내고 있다(그림1).

북부지역 사면에 龍淵村, 穴巖, 龍淵里, 乾川里, 莫水 등 溶蝕地形과 관련된 地名이 Karst地形을 잘 반영해주고 있다. 本地域은 karst地形的의 대표적인 洞窟과 窪地 地形이 동시에 出現하고 있는 것이 특징이다.

#### 4. 洞窟의 發達過程

龍淵洞窟의 發達は 洞窟 자체의 高山性 해발고도(860m) 측면에서 볼 때 外因的인 營力인 氣候變動에 의한 해수면의 승강작용과 內因的인 영역인 隆起作用 등의 地球物理學的인 요인 등이 작용되어 형성된 것으로 해석되며, 현시점에는 전혀 그 발달이 진전되지 않는 古karst(Paleokarst) 혹은 化石 karst로 잔존하고 있다.

일반적으로 洞窟의 發達 과정에서 필수적인 두 요인을 든다면 古河川의 作用과 古海水의 영향이며, 이는 洞窟 地形은 물론 窪地 地形의 형성과도 상관성이 높다는 사실이다. 유사한 표고와 근접지역에 窪地 地形이 존재하고 있다는 사실은 다음의 두 가지 사실로서 그 내용의 설명이 보충될 수 있다. 그 하나는 地塊의 傾動化 현상에 따른 隆起作用으로서 古河川 활동의 결과로써 확충된 地下 유로의 현상이 그대로 산중턱에 洞窟 地形으로서 형

성 잔존되어 있다는 것이고, 다른 하나는 해수면의 昇降운동(Sea-level Fluctuation) 혹은 地下水面의 변동(Water Table Changes)작용 때문에 龍淵洞窟과 같은 상위고도에 洞空이 형성된 것으로 해석된다.

龍淵洞窟의 成因은 상기 두 요인과 두가지의 사실에서 열거된 합성적인 作用이 필시 연계되어 현재의 洞窟을 배태시킨 것으로 해석할 수 있다. 왜냐하면 龍淵洞窟의 위치가 東海岸으로 부터 30km에 불과하며 현재도 東海岸은 隆起活動을 계속하고 있으며, 그에 따라 本洞窟은 化石地形으로서 남게 되어 洞窟의 發達은 전혀 없으며, 오히려 石灰岩의 沈澱物인 탄산염 등의 증대에 따른 洞窟 内部의 面積이 축소되고 있는 사실이다. 그러므로 地表水의 滲透作用(Transmissivity 혹은 Permeability)에 의한 용해물들이 洞窟内部에 침전되어, 鍾乳石(Stalactite), 石筍(Stalagmite), 流着石(Flowstone) 등의 再成的인 洞窟 生成物(Speleothem)등이 현재에도 증대되고 있다.

##### 5. 洞窟의 成因的인 背景

龍淵洞窟과 같은 山地 Karst의 典型性은 다음과 같다. 적절한 降水의 공급과 계절적 溫度差에 의한 風化와 용식의 進展度가 비교적 높아서 岩石의 일차적 空隙率(岩石의 水分 含量 能力)의 팽창작용에 의해서 분해도가 상승하여서 지표면에는 풍화토가 증대되고, 기반암의 差別侵蝕化 현상으로써 뾰족한 형태의 岩石群인 尖頂岩帶(karren Field: Lapi)을 형성하게 된다. 또한 이차적 공극률(岩石의 節理面 혹은 龜裂面이나 단층면)의 확장작용에 의해 地下洞窟의 확산을 초래하고, 탄산염의 洞窟內 造形作用에 의해 石灰洞窟이 鍾乳洞窟으로서의 karst地形 일련의 과정을 本地域에서 모두 나타내 주고 있다.



## 6. KARST의 단계별 발달

1단계 : 대기중에서 빗방울이 CO<sub>2</sub>의 용해로 산성비가 되어 石灰岩에 溶地하여 용식작용의 조건을 제공해 준다.

2단계 : 가용성 화합물과 植生腐植에 의한 土壤(Humic Acidic Soil)에 의해서 기반암의 용식이 촉진되며, 풍화토(Residuum)를 생산하고 침정암대(Karren Field)를 남긴다.

3단계 : 용식작용에 의해 지상에는 모암의 균열이 확대되어 窪地를 형성하고, 지하의 공간이 地下水의 流入과 流出에 의해 확대되어 洞窟(Conduites : Voids: Shaft)이 형성된 후 탄산염의 지속적인 분해 공급에 의한 鐘乳石, 石筍, 石柱 등의 새로운 洞窟 地形(Speleoscape)을 조성한다.

4단계 : 洞窟을 통한 地下水는 외부로 잔여 CaCO<sub>3</sub>를 함유한 채로 유출(Spring) 된다.

잔여 CaCO<sub>3</sub>는 하천유역에 침전시켜서 洞窟 외의 石灰華 段丘型의 집적 地形(Tufa Formation)을 최종적으로 형성한다.

## 7. KARST의 風化土壤

Karst 地域에서 나타나는 점토성 적색토양은 풍식과 용식작용에 의해 지표상에 남겨둔 최종적인 부산물이라 할 수 있다. 土壤은 karst地形에서 주로 형성되는 적황색 점토(Residual Clay : Residuum)가 암상을 두껍게 피복하면서 사면에 분포하며, 이들 점토는 기반암인 백운질석회암이 내포하고 있는 불순물이 풍화작용에 의한 地化學分解의 과정에서 산출된 "韓國型의 被覆karst"의 양상을 나타내고 있다.

"韓國型의 被覆karst"는 기반암의 풍화율이 사면의 침식율을 상회하기 때문에 나타나는 일차적인 원인으로 해석되며, 이차적인 원인으로서는 열대 karst와 달리 降水量의 저조와 사계절의 열차이로 인한 기반암의 片理作用

에 의한 풍화속도의 증가를 들 수 있다. 따라서 江原道, 忠清北道, 慶北地域의 karst 피복층은 평균 약 1.5m로서 용식화되어 침예화된 기반암의 노출 현상인 尖頂岩(karren)의 발생을 극히 저지시키고 있는 현상으로 해석된다.

Karst 土壤의 분류와 현지 조사에 의하면, 土壤은 풍화층(Eluvial Horizon)에 해당하는 E층이 결원을 이룬것이 특색이라 할 수 있으며, 토양형이 대개 얇은 A층(유기물 표토층)과 두터운 B층(점토층)으로서 단조로운 토양형을 내포하고 있다.

本地域의 土壤은 비교적 철분 성분이 많아서 대개 적색을 띠며, 점도가 높아서 쉽게 사면부에서 유실되지 않는 것이 특색이며, 얼마간의 풍화된 사질암석과 혼합된 土壤은 水分함량의 능력이 탁월하여 농토에는 최적의 조건을 제공해준다. 따라서 植生の 分布는 太白山脈의 고산성의 영향에 따라 주로 침엽수가 대부분이다. 소나무, 전나무, 향나무류가 우생종이며 밀집도가 매우 높은 편이다.

## 8. 河系網의 現況

水系網 현황에 의하면 바로 南漢江의 發源地가 龍淵洞窟의 북부 약 5km 지점인 下長面(1990년도 이형석/김주환의 측정에 의한 발원지는 金台峯의 계곡: 龍淵洞窟로 부터 북쪽으로 약 2.4km 지점)으로서 상당히 地理적으로 중요한 지역에 속한다. 이는 골지천으로 이어지며 旌善을 관류하여 漢江으로 이어진다.

河川의 형상은 山地에서 형성되는 嵌入曲流河川 현상이 탁월하며, 勾配(Curvature)의 빈도가 매우 높다. 따라서 攻擊사면과 滑走사면(Point Bar)의 경사대비성 地形이 탁월하게 노출되어 있으며, 지괴의 용기 혹은 해수면의 하강에 의한 河岸段丘 현상이 蛇行川의 활주사면부(Meander Spur)상에 출현하고, 대부분의 聚落이 이들 단구상에 형성되어 있다.

### Ⅲ. 결론

지구상에 資源은 人類에 의하여 끊임없이 이용되어져 왔다. 資源과 開發은 地人상관 관계적인 측면에서 매우 밀접하면서도 현실적인 문제이자 가장 미래 지향적인 인류의 보호적인 관심을 상기시키고 있다. 洞窟의 開發에 있어서 자연자원 그 자체가 지역사회에 미치는 부수적인 영향과 장래성은 지형자체를 어떠한 관점에서 이를 다루느냐에 따라서, 자원 그 자체가 인류에 고귀한 영원불멸의 것이 될 수도 있고 또한 재생불가의 것이 될 수 있으므로 정확한 진단과 조정의 차원에서 개발 시행되어야 할 것으로 본다.

#### <참 고 문 헌>

강원도 태백시. 1993, 용연동굴 내부개발 기본구상 및 실시계획.

한국수자원공사. 1992, 백룡동굴 학술조사 보고서.

(주) 유신. 1993, 고수동굴 학술조사 보고서.

(주) 원천. 1898, 고수동굴 신동의 환경상태와 보전에 관한 연구조사.

(주) 노동동굴. 1993, 노동굴의 환경보전대책 조사 보고서.

단양군. 1993, 온달굴 학술조사 보고서.