

## 중국대륙 자연지리 탐구 여행기

### I. 구이린(桂林) 산수의 이름을 가진 석회암

지형광시좡주(廣西壯族) 자치구의 북동부에 자리잡은 구이린시는 2000여년의 오랜 역사를 간직한 문화 도시이다. 시구(市區)의 면적은 565 km<sup>2</sup>에 총인구는 47만 8천명이다.

진시황(秦始皇) 33년 스루(史祿)가 시황제의 명을 받들어 구이린군(桂林郡)을 설치하였고 한(漢)나라의 위안덩(元鼎) 6년인 서기 111년에 구이린은 스안현(始安縣)의 이름으로 중국의 지도에 기재되었다.

송대(宋代)에서 청대(清代)까지의 800년간 구이린(桂林)은 늘 광시성(廣西省)의 정치, 경제, 문화의 중심지였다.

구이린산수는 오늘날 중국은 물론이요 세계에서든 굴지의 관광명소로 뿐만 아니라 열대 카르스트(Tropical karst) 연구의 메카(Mecca)로 그 이름이 널리 알려지기에 이르렀다.

필자는 열대 카르스트의 세계적 모식지인 구이린에 대하여 늘 동경하여 왔다. 1979년 일본 동굴학계의 여러분들이 구이린 카르스트 연구소를 방문하였는데 일행중에는 나의 절친한 친구에히메대학(愛媛大學)의 가시마 나루히코(鹿島愛彦)교수가 동참하게 되었다.

이 때에 만나본 분이 중국의 카르스트 연구가 주쉐원(朱學穩) 교수였다. 가시마 교수의 소개로 중국의 주쉐원 교수에게 내가 편지를 발송하였는데 의외로 짙막한 회신은 일본의 가시마 교수를 통하여 전달되었다.

인민재판이란 공포정치와 홍위병 난동이 휩

쓸고 지나간 중공치하 과학자들의 분위기를 이해할 수 있었다.

이와 같은 어색한 교제에서 1988년 7월 비로소 나의 중공 방문을 실현하기까지에는 많은 어려운 문제들이 있었으나 드디어 구이린 카르스트 연구소를 방문하여 주쉐원 교수와의 극적인 만남을 이루게 된다.

주쉐원 교수를 만나기 위해 1988년 7월 27일 구이린시 신이로(信義路)에 자리잡은 카르스트 연구소(Karst Institute)에 도착한 것은 오전 11시였다.

먼저 수위실을 찾아 주쉐원을 찾았더니 지금은 휴가중으로 없다고 귀찮다는 듯한 표정으로 간단한 대답이었다. 그래도 상관없으니 주교수 연구실 위치라도 알아둔다고 하였더니 들어가라고 하였다.

이사람 저사람에게 물어 주교수 연구실 문 앞에 이르러 문을 노크하여 보았으나 아무런 응답이 없어 망설이고 있는데 웬 사람이 지나가다가 누구를 찾느냐고 묻기에 주쉐원(朱學穩)을 찾는다고 하였다.

지금 회의중이라고 하며 날더러 따라오라고 하기에 따라갔다. 온통 옷통을 벗어버리고 짧은 반바지 차림의 벌거숭이들이 멋대로 떠들며 하며 갑론을박 토론에 열을 올리고 있었다.

어느 사람이 주세원이나고 물었더니 바로 회의를 주재하고 있는 저사람이라고 가르쳐 주기에 대뜸 좀 나오라고 일러달라고 하였다.

잠시후 주교수가 나왔는데 의아한 표정으로 ‘네가 누구냐?’고 묻기에 ‘내가 서무송이다’라고 대답하였다. ‘닌스 전스 쉬마우쑹마? (您是真是

徐茂松麼?) 네가 진짜 서무송이나?’라고 물기에 빙그레 웃으면서 그렇다고 하였더니 두 사람은 동시에 얼싸안고 등을 두들기며 반가워하였으니 이것이 주혜원과의 극적인 첫 만남이었다. 잠시 후 주교수의 연구실로 안내되었다.

## II. 구이린(桂林) 카르스트 지형의 세부고찰

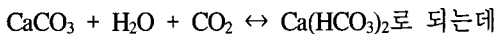
석회암 지대에 나타나는 오목지형(凹地形) 볼록지형(凸地形) 동굴지형(洞窟地形) 등을 총칭하여 일반적으로 카르스트지형(Karst landforms)이라고 지리학에서는 부르고 있다.

이 과정은 고등학교 1학년 지리과 교과서에서 비로소 공부하게 되나 보통 이해를 하지 못하고 지나가는 경우가 많다.

우리들은 흔히 청량음료 사이다(Cider)를 탄산수(炭酸水)라고 하는데 이것은 이산화탄소를 녹여가지고 있는 음료수라는 뜻이 된다.

이와 같은 사이다나 코카콜라(Coca cola)를 대리석 책상이나 은행의 대리석제 카운터(Counter)에 얹지르게 되면 금방 대리석면이 보글보글 끓어오르는 모습을 볼 수 있다.

이것을 걸레로 닦아도 전과같이 뻘쭙거리던 거울면과 같은 모습은 찾아볼 수 없을 뿐만 아니라 잘 연마된 대리석면이 녹아서 거칠어진 것을 보게 되는데 이와 같은 과정을 화학(化學)에서는 용식(溶蝕) 또는 부식(腐蝕)이라고 한다. 이것을 화학식으로 정리하여 보면 다음과 같다.



이 때의  $\text{CaCO}_3$ 는 석회암  $\text{H}_2\text{O}$ 는 순수한 물  $\text{CO}_2$ 는 탄산가스  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 는 탄산가스를 용존한 물이 석회암에 반응하여 녹인 이온 상태의 물로 위의 화학식은 언제라도 석회암으로 되돌아 갈 수 있다는 뜻이 된다.

구이린(桂林) 산수는 이와 같은 용식작용(溶蝕作用)의 결과로 생겨난 특수한 땅 생김이다. 카르스트 지형을 만들 수 있는 석회암(Limestone)은 자그만치 전세계 육지 표면적의 약 15%를 차지하고 있으므로 어디에서나 쉽게 카르스트 지형에 접하고 관찰할 수 있다.

이와 같은 석회암은 인류 문화와도 밀접한 관계가 있다. 고대 인류들은 석회암 즉 횃돌(灰岩)을 소성(燒成 : 구워서)하여 횃가루를 만들었고 분묘나 축성 기타 건축물에 사용하여 온 사실은 누구나 잘 아는 바이다.

현대 도시의 고층건물 호해(湖海)를 이어주는 대규모의 교량과 지하도 및 해저터널과 같은 구조물들은 철근과 시멘트의 결합물로 바야흐로 석회석 문화라고 하여도 지나친 말은 아닐 것 같다.

구이린(桂林) 일대에는 이와 같은 석회암(石灰岩)으로 만들어진 기이하고도 절묘한 지형들이 전개되는데 이곳은 중국 제1의 경승지요 세계적으로도 유명하여 많은 사람들이 구이린 산수의 아름다움을 즐겨 찾고 있다.

우선 구이린에 첫 발을 들여놓게 되면 평탄한 지평면 위에 마치 땅속에서 죽순이 솟아오른 듯 신선이 바위를 깎아 기념비를 세운 듯 기이한 산세에 접하게 되는데 그 대표적 사례가 바로 두슈봉(獨秀峰)이다.

이것을 중국 사람들은 이름하여 구평(孤峰 : 고립된 봉우리)이라 하였으니 설명이 없어도 이해가 잘 되리라. 이와 같은 구평들이 회의를 위하여 천왕상제(天王上帝)의 부름을 받아 운집(雲集)한 듯 군집(群集)한 상태가 바로 쥘평(群峰 : 무리지은 봉우리)이니 이 또한 설명을 필요로 하지 않는다. 이것이 바로 석회암 지형에서 말하는 볼록지형(凸地形)이며 이와 같은 볼록지형 사이에는 오목지형(凹地形)이 있기 마련이니 음양

의 이치가 너무도 확연함에 또한 놀라지 않을 수 없다.

여기에 더하여 공간의 일부분으로 취급되어 온 지하의 동굴이 있으니 그 아름다움 좁은 입으로 다 말할 수 있으랴? 일찍이 우리나라에도 평안북도 구장(球場)의 동용굴(蝸龍窟)에 대하여 지하금강이라고 말하여 왔으니 금강산의 아름다움을 새삼 설명할 필요가 있겠는가?

구이린 산수에 있어서도 루디엔(蘆笛岩) 동굴과 칠성엔(七星岩) 동굴의 아름다움과 그 큰 규모에는 놀라지 않을 수 없으니 구이린산수(桂林山水)는 일찍이 천하의 갑산수(天下之甲山水)라고 하여 널리 알려져 왔다.

### Ⅲ. 구평(孤峰) 친평(群峰) 평림(峰林) 평린평원(峰林平原)

Karst 지형이 모식적으로 발달한 구이린(桂林) 일대의 지질을 살펴보면 고생대의 데본계(Devonian system) 중 상부에 해당하는 탄산염암인 석회암(Limestone)과 백운암질 석회암(Dolomitic limestone)이 넓은 범위에 걸쳐 분포되어 있다. 이밖에도 드물게는 데본계 하부에 해당하는 석회암 및 고생대 최하부인 캄브리아계(Cambrian system)의 석회암과 백운암이 함께 분포되어 있어 이들 지역내에 열대 카르스트(Tropical karst) 현상이 모식적으로 나타난다.

보통 탑 카르스트(Tower karst) 지형은 기온과 습도가 높으며 식생이 좋은 열대기후 지역을 선호함으로써 아열대를 벗어난 온대기후 지역에서는 거의 나타나지 않는 일반성을 지니고 있다. 따라서 구이린 카르스트 지역도 이와 같은 조건들을 잘 충족시켜 주고 있음으로 구이린 카르스트 지형이 세계적으로 널리 알려지기에 이르렀다.

구평(孤峰)은 독립된 암주가 마치 비석처럼

개체가 하늘높이 솟은 상태의 것이며 구이린 산수의 두슈봉(獨秀峰)이 그 대표적 사례가 된다. 넓은 들판 위에 상당한 거리와 간격을 두고 독립된 고봉들이 나타나는 경관 즉 일단의 지형들을 평린평원(峰林平原)이라고 칭한다.

이와 같은 평린평원은 평총(峰叢)이 진화되어 평린이 되고 더욱 지형진화(地形進化)가 이루어지면 평린평원으로 발전한다는 중국 암용연구소(岩溶研究所)의 연구 결과가 있다. 한편 평린평원의 유형에는 탑상(塔狀) 원추상(圓錐狀) 만두상(饅頭狀) 등 3가지 유형이 있는데 이것은 암석의 성질과 지질구조 및 기후조건과 고기후학적 수문조건 등에 지배된다고 연구되어 있다.

열대 카르스트의 대표적 분포 현황을 살펴보면 광시성(廣西省)의 류저우(柳州) 두안(都安) 양티(楊堤) 윈난성의 광난(廣南) 추베이(丘北) 구이저우(貴州)성의 핑탕(平塘) 푸딩(普定) 우당(烏當) 안룽(安龍) 등 모식적 분포지가 있다.

이들 모식지의 지질시대를 살펴보면 고생대의 중기(中期)에서 후기인 석탄계(Carboniferous system)와 페름계(Permian system) 및 중생대 초기인 삼첩계(Triassic system)까지에 걸쳐 있다.

### Ⅳ. 쿤밍-루난스린(路南石林)간의 특별 관광열차

아침 8시 28분 특별히 마련된 쿤밍-스린간 간이역사(簡易驛舍)에서 일금 30元을 지불하고 스린관광 호화특급 연좌(軟座) 왕복권을 구입하였다. 202호열차 2호차 84호 좌석이 지정되었다.

차내의 분위기를 살펴보니 대부분의 관광객은 중국 각지에서 찾아온 중국 인민이며 10년전 스린에 왔을 때와는 전혀 다른 잔치분위기에 들떠 있었다. 의상부터가 달라졌고 돈의 씹씀이가 달라져 있었다.

맞은편에 앉은 아주머니 보고 어디서 오셨느냐고 물어 보았더니 이외에도 라오닝(遼寧)성의 번치(本溪)에서 비행기를 타고 스린(石林) 관광차 왔다고 한다. 오히려 이들이 한사람당 100위안(12\$)짜리 쓰린 티켓을 다섯장이나 사며 날더러 여기서 사두는 것이 편리하다고 조언을 한다.

요란한 의상을 한 이족(彝族) 처녀들이 떼지어 다니며 노래 부르고 춤추며 열차내의 분위기를 이끌어가며 제각기의 관광회사 깃발을 들고 티켓을 팔며 관광단을 모집하고 있었다.

일인당 일금 100위안(12\$)의 내역은 조별 소형버스 승차비와 관광안내비와 점심 식사대까지 포함되었으니 무조건 자기들만 따라다니면 스린 관광은 끝내준다며 권면하니 너무나 없이 모두 100위안(12\$)짜리 관광권을 구입하였다.

우리 부자도 비록 내방목적은 다르지만 티켓 2장을 구입하고 일행과 같이 버스를 타고 내리며 출발시간에 맞추어 이리 뛰고 저리 뛰며 연구대상을 찾아 행동하며 그들에게는 조금도 불편을 주지 않았다.

## V. 루난스린(路南石林)은 석탑원(石塔原 : Karrenfeld)

윈난성(雲南省)의 수도인 쿤밍(昆明)시 남동방 130km 거리에 돌숲(石林)으로 불리어지는 일단의 석회암 용식잔존 지형이 10km<sup>2</sup>의 범위에 걸쳐 모식적(模式的)으로 발달되어 있다.

마치 대나무 숲에서 죽순이 땅을 뚫고 올라온 것처럼 성난 파도가 화석화되고 중생대 공룡의 이빨들이 화석화된 것처럼 석회암이 용식작용(溶蝕作用)으로 만들어진 기괴한 석회암주(石灰岩柱)들이 10~20m 높이의 석주(石柱)를 이루어 군집하고 있다.

옛날부터 스린(石林 : 돌숲)의 이름으로 불리

어 온 수 십만 개의 암주들이 용식호면(溶蝕湖面)이나 저 기복의 구릉지대에 융립한 모습은 참으로 천하의 기괴한 풍경이 아닐 수 없다. 스린은 저명한 관광자원으로 개발되어 특별 관광열차를 운행하는 등 연간 수백만 명의 관광객이 찾아드는 세계적 관광명소(觀光名所)로 널리 알려져 있다.

특히 필자는 석회암 지형을 평생 연구하여 왔음으로 스린의 지형발달 과정(地形發達過程)에 대하여 일찍부터 큰 관심을 가져왔고 따라서 이곳을 2차에 걸쳐 방문하게 되었다.

우선 이곳의 석회암의 생성연대(生成年代)를 지질학적으로 살펴보면 古生代 말기인 석탄기(Carboniferous Period)와 페름기(Permian Period)에 걸쳐 해저에서 화학적으로 침전 퇴적한 석회암(Limestone)과 백운암질 석회암(白雲岩質石灰岩)으로 이루어져 있다.

거금 3억 6천 3백만년 전으로부터 2억 4천 5백만년 사이의 1억 1천 8백만년 동안 해저에서 퇴적된 것이 고생대 말의 범 세계적 지각변동(북미대륙에서는 Appalachian Revolution이라고 한다)으로 융기하여 건육화(乾陸化)된 석회암 지대로 구이린 카르스트 지역보다는 암석의 생성연대가 지질학적으로 약간 전기에 해당한다.

이와 같은 석회암은 산성을 띤 빗물에 약하며 쉽게 녹아서(溶蝕 또는 腐蝕) 석회암괴의 주위가 수직으로 다듬어지고 용식에 따른 석회암의 찌꺼기들이 검붉고 차진(粘性이 강한) 테라로사(Terrarossa)라는 진흙으로 석회암괴의 주변에 殘積하게 된다.

일종의 不透水層을 만들어 물이 고인 소택지로 변하며 석회암괴의 밑뚱을 더욱 부식함으로써 계절적 건우기에 따른 지형의 하향적 발달은 스린을 더욱 날카로운 수직벽을 가진 石柱群으로 진화발달시켰다고 필자는 추리하고 있다.

앞에서 말한 바와 같이 스린은 일종의 石塔原(Karrenfeld)이다. 석탑의 개체들은 용식된 그 表面形態에 따라 다음과 같이 분류된다.

- ① rillen karren : 가는홈카렌 : 溶蝕細流溝
- ② trip karren : 작은단상카렌 : 小型段狀溶蝕溝
- ③ rinnen karren : 상천하심형카렌 : 上淺下深型溶蝕溝
- ④ spitz karren : 정상첨예형카렌 : 頂上尖銳型溶蝕丘
- ⑤ hogback karren : 돈배상카렌 : 豚背狀溶蝕丘
- ⑥ kluft karren : 절리면용식카렌 : 節理面溶蝕溝
- ⑦ runt karren : 원정용식카렌 : 圓頂溶蝕丘
- ⑧ hole karren : 암혈용식카렌 : 岩穴溶蝕丘
- ⑨ decken karren : 피복용식카렌 : 被覆溶蝕溝
- ⑩ limestone pavement : 평면용식카렌 : 石灰岩鋪床
- ⑪ coastal karren : 해안파식카렌 : 石灰岩沿岸波蝕丘

뿐만 아니라 루난스린 일대에는 각종 카르스트 지형들이 모식적으로 나타나는데 이들 지형에 대하여 계통적으로 설명하려고 한다. 우선 스린일대의 석회암은 괴상석회암(塊狀石灰岩)에 가까울 정도의 거후성(巨厚性) 석회암이며 지역은 고온다습하고 암석에 주상절리(柱狀節理)가 잘 발달되어 있어 수직적 열극용식(裂隙溶蝕)에 매우 유리하다.

루난스린(路南石林)과 주변 지역에서는 카르스트 지형을 종합적으로 관찰할 수 있는데 이와 같이 좋은 연구조건을 갖추고 있는 곳도 매우 드물 것으로 생각된다.

### 1. 용식 오목지형(凹地地形 : Concave karst) 카르스트

① Doline(漏斗溶斗) 루난(路南)의 가로 7.3km 세로 3.4km 지역내의 항공 사진에 나타난 Doline

의 숫자는 모두 1,120개로 이는 WD.Thornbury가 인디애나(Indiana)주 오르리안즈(Orleans)의 1평방마일 내의 1,022개와 비교하여도 손색이 없다.

Doline는 Karst 지형의 기본형태로 돌리네가 나타나면 그 일대는 석회암이나 백운암지대라는 것을 실증적으로 보여주는 증거가 됨으로 우리들은 여행 중에도 쉽게 Karst 지형을 관찰할 수 있다.

독자적인 집수역을 가진 돌리네 내부에는 집중 호우에 대비된 배수처리구가 있다. 이것을 보통 썩크 또는 썩크홀(Sink hole)이라고 부르는데 이것은 어디까지나 돌리네의 부속물에 불과하다.

다만 우리 가정에서 사용하는 주방용구인 썩크대의 용어가 카르스트 지형인 썩크에서 도입되었다는 것을 상기하여 주기 바라며 그 기능 또한 동일하다는 것을 생각하면 문제의 이해에 도움이 될 수 있다.

② Uvale(溶窪) Doline의 연합체로 기본적인 용식와지(溶蝕窪地)인 돌리네가 인접된 돌리네 용식와지와 연합하여 거의 같은 수준의 와지바닥을 가진 불규칙한 모양새의 소위 복합 돌리네라고 정의할 수 있다.

그러나 중국에서는 우발레란 용어는 룡와(溶窪)로 이름은 있으나 거의 사용하지 않으며 와지(窪地)로 통합하여 사용하는데 이는 오히려 와지 분류상 큰 혼란만 초래할 수 있게 된다. 다만 용식진전에 따라 규모의 대소만의 분류의 대상으로 되기 때문이다.

③ Polje(溶盆 : 坡立谷) 이것은 용해성 암석 지대에 나타난 대규모적 와지에 대하여 부쳐진 이름으로 그 규모는 유고슬라비아에서 보고된 바에 의하면 300km<sup>2</sup> 이상의 것이 2개소나 있다고 하였다.

따라서 이와 같은 대규모의 와지는 단순한 용식작용으로만 설명될 수 없으므로 반드시 단층

작용이나 소지역 범위의 지각의 보정적 승강은 동 즉 지반운동을 수반한 용식작용의 합성물로 정의하는 것이 타당하다고 생각된다.

④ 기타로도 이상과 같은 와지 즉 오목지형에 연속시킬 수 있는 것은 맹곡(Blind valley)인데 대규모적 폴리에(Polje) 내부에는 골짜기의 길이가 수 킬로미터 내지는 10km를 넘는 것도 흔히 있을 수 있다.

필자가 관찰한 결과에 의하면 통상 폴리에 와지내에는 모든 카르스트 지형이 종합적으로 나타나고 있음으로 단순한 와지지형만을 생각하는 것은 매우 편협한 사고방식이라고 생각한다.

## 2. 용식잔존 볼록지형(凸地地形 : Convex karst) 카르스트

① 험(Hum) 무수한 돌리네가 발달한 카르스트 지역을 답사하게 되면 용식은 암석의 경연차(硬軟差)와 탄산칼슘의 비율에 따라 差別的 選擇의으로 진행되고 있음을 쉽게 관찰할 수 있다.

다시 말하여 굳은 암석부분과 불순물이 많은 부분을 남겨 두고 주변을 돌아가며 용식 돌리네가 생겼다고 가정하면 와지의 한가운데 볼록한 언덕이 생기는데 이것을 가리켜 용식에 저항하여 남은 언덕 즉 험(Hum)이라고 부른다.

이것이 바로 열대지역에 흔히 나타나는 원추 카르스트(Conical karst)이다. 윈난성 쿤밍(昆明) 남부의 루난(路南) 스린(石林) 일대에는 무수한 돌리네와 험(Hum)이 발달되어 있다.

② 코크피트(Cock-pit) 돌리네와 험으로 연속된 루난스린의 카르스트 지역을 답사하면 와지와 와지 사이의 가냘픈 능선의 연속을 볼 수 있는데 마치 서양 사람들의눈에 닭벼슬처럼 보인 데서 코크피트의 이름이 붙여졌다.

카르스트 지역의 통로는 흔히 이 코크피트(Cock pit)를 연결하여 만들어지는데 가장 안전

하고 견고한 통로가 된다. 험(Hum)의 용식진전에 따라 코크피트는 부드러운 원정을 나타내기도 하며 때로는 석회암의 성질에 따라 예리한 능선을 나타내기도 한다.

③ 카런펠트(Karrenfeld) 독일어의 묘석평야라는 뜻이 된다. 통상 1~2m의 높이로부터 10~20m의 높이의 것 등 일정한 크기의 기준은 없으나 그 생성과정은 동일하다.

루난스린의 이름도 돌숲 그 규모의 크기를 짐작케 하듯이 10~20m의 석탑들이 수없이 전개되고 있으니 천하의 기경이 아닐 수 없다. 그 표면의 용식형태는 이미 전술하였다.

## 3. 용식 동굴지형(洞窟地形 : Hole karst) 카르스트

통상 지형학에서는 지하의 동굴을 공간의 일부분으로 취급한다. 앞에서 말한 구이린(桂林) 카르스트 지역에서도 루디엔(蘆笛岩) 동굴과 칠성엔(七星岩) 동굴 등 400여개의 동굴이 있다고 보고되어 있다.

따라서 윈구이(雲貴) 고원에는 구이저우성(貴州省)과 윈난성(雲南省)을 합쳐 전체의 반 이상이 용해성 암석인 석회암과 백운암(Dolomite) 분포지역이며 고원의 평균고도 또한 2,000m 내외임으로 동굴 발달의 조건은 매우 좋다.

지역 내에는 기이하고도 절묘한 동굴들이 존재하는데 구이저우(貴州)성에서 600여개소의 동굴과 윈난성에서 500여개소의 동굴이 보고되어 있다. 이들 중 대표적인 것만 몇 곳 소개하고자 한다.

① 구이저우(貴州)성에는 ㉠ 황귀수(黃果樹)의 수이렌동굴(水簾洞窟) ㉡ 안순(安順)의 룡치동굴(龍旗洞窟) ㉢ 진닝(鎮寧)의 시뉴동굴(犀牛洞窟) ㉣ 관링(關嶺)의 쩌떠우동굴(者斗洞窟) ㉤ 판 셴(盤縣)의 비윈동굴(碧雲洞窟) ㉥ 전위안(鎮

遠)의 청룡동굴(靑龍洞窟) ㉔ 두산(獨山)의 선선동굴(神仙洞窟) 등 7대 동굴이 가장 유명하다.

㉑ 윈난(雲南)성에는 ㉑ 루난(路南)의 쯔윈동굴(紫雲洞窟) ㉒ 쟈수이(建水)의 옌쯔동굴(燕子洞窟) ㉓ 윈산(文山)의 산위안동굴(三元洞窟) 등이 가장 유명하며 이들은 모두 관광 개발되어 그 성가가 매우 높다.

오늘날 동굴학(Speleology)은 장족의 발전을 거듭하여 2차생성물 즉 동굴 퇴적물(Speleothem)에 대한 계통적 연구와 동굴광물 분야 등 눈부신 진보를 거듭하여 왔다. 그 중에서도 중국의 연구 성과가 괄목할만 하다.

중국에 있어서는 특히 동굴 지하수의 물 자원으로서의 활용에 관한 연구는 암하(暗河)와 더불어 용천 현상에까지 이르며 이와 같은 현상이 Dam 건설에 미치는 부정적 영향에 대해서도 깊은 연구가 상당수준 진행되어 있는 것으로 믿어진다.

## VI. 쑤자이거우(九寨溝)에 발달한 석회화단구(Travertine terrace)

쓰촨성(四川省) 난핑현(南坪縣)내의 민산 산맥(岷山山脈) 중에 한가닥 심산곡지가 40여km에 걸쳐 발달하였는데 주변에는 장족(藏族) 마을의 9개 산채(山寨)가 있는데서 쑤자이거우의 이름을 얻었다고 한다.

계곡에는 희귀하고도 특색있는 카르스트지형이 나타나는데 마치 동화의 세계로 들어가듯 사방은 고산준령으로 둘러싸고 그중 10여좌의 높은 봉우리들은 연중 머리에 만년설(萬年雪)을 이고 있다.

곡간을 흐르는 하곡에는 신선의 세계에서 농사를 짓는 천신답(天神畚)인 듯 원시의 밀림속에 전개되는 호박(湖泊) 100여개가 눈앞에 단상

으로 펼쳐지는데 이곳 주민들은 하이쯔(海子)라고 보통 호칭하고 있다.

규모가 작은 것은 수평방미터이나 큰 것은 수백 평방미터에 이르기도 하며 가장 큰 것은 창하이(長海)라는 이름까지 붙여져 있다.

이와 같은 지형에 대해 석회암 지형학에서는 통상 석회화단구(石灰華段丘)라는 학명을 부여하였으며 똑으로 된 부분을 제석(Rim stone) 담수된 부분을 제석소(Rim pool)라고 한다.

이 아름다운 제석소에는 주변의 원시적 녹음과 설산(雪山) 및 산마루에 걸쳐 있는 흰 몽계구름을 티없이 맑은 거울과 같은 호수면에 반영하여 아름다운 경색을 자랑하며 방문자로 하여금 무아지경에 빠지게 한다.

한편 호저에는 각이한 색깔과 모양의 담수조류(淡水藻類)가 번성하여 눈부신 햇빛을 받으면 남(藍) 황(黃) 녹(綠) 등 물 흐름을 따라 흐느적거리는 모양은 찾는 이로 하여금 혼을 빼기에 충분하다.

이제 석회화 단구(Travertine terrace)의 생성원리에 대해 간단한 설명을 하기로 한다.

석회암 지대를 흐르는 하천이나 지하에서 용출되는 샘물 때로는 석회암동굴(limestone cavern)의 동구에서 유출되는 물은 다소 정도의 차이는 있겠지만  $Ca(HCO_3)_2$  즉 중탄산(重碳酸) calcium 용액 상태이다. 따라서 석회화 단구는 동굴내의 가장 보편화된 퇴적물이지만 때때로 동구(洞口) 밖이나 석회암 지대의 계류를 따라 생성되기도 하는데 수류의 자연경사에 따라 수평면을 이룬 수많은 단 상지를 만들고 있다.

그러나 동굴내의 석회화단구보다는 동구(洞口) 밖이나 계류천에 생성된 제석(堤石)의 구성물질은 매우 성긴 것으로 구성된다. 이유로서는 중탄산 칼슘 용액의 농도는 유량이 가장 적은 건기에 증가되기 때문이다.

이때가 얇은 제석을 만드는 적기이며 이후 유량의 증감에 따라 쇄설물의 운반과 정체를 되풀이하며 중탄산 칼슘 용액 상태에서 CO<sub>2</sub>의 탄산가스는 비산되고 순수인 H<sub>2</sub>O는 증발하고 탄산칼슘인 CaCO<sub>3</sub>만이 재침적된다.

이상과 같은 과정을 되풀이하며 제석은 높이를 더하여 가는데 이와 같은 제석을 석회화(tufa 또는 calcareous sinter) 침전물이라고 하여 제석소는 깊이를 더하고 제석은 높이를 더하며 석회화 단구의 건설은 계속하여 진행되어 나아간다.

환언하면 제석(堤石)과 제석소(堤石沼)를 만드는 데는 하상의 경사도와 쇄설물(碎屑物)의 적당한 공급 및 CaCO<sub>3</sub>를 용존한 중탄산칼슘 용액의 공급과 그 농도에 관련됨은 물론 조류(藻類)의 관여가 필수 조건이 된다.

### 文 獻

科學院岩溶研究組編, 中國岩溶研究, 科學出版社, 1979. 北京

盧耀如主編, 中國岩溶, 地質出版社, 1986. 北京

朱學穩著, 桂林岩溶, 科學技術出版社, 1988. 上海

翁金桃著, 桂林岩溶與碳酸鹽岩, 重慶出版社, 1987. 重慶

論文集, 喀斯特地貌與洞穴研究, 科學出版社, 1990. 北京

金德明. 汪朝陽共著, 地下世界, 貴州人民出版社, 1983. 貴州

吳應壽著, 徐霞客遊記 巴蜀書社出版, 1988. 成都

徐茂松外著, 한국의 동굴, 아카데미출판사, 1987. 서울

徐茂松著, 韓國의 石灰岩地形, 세경자료사, 1997. 서울

漆原和子著, カルスト, 大明堂發行, 1988. 東京

鹿島愛彦著, すねぐろの 洞穴行脚, 明星印刷社, 1995. 松山

鹿島愛彦教授退官記念論文集, 記念事業會發行, 明星印刷社, 2000. 松山

J.N. Jennings, Karst, The M.I.T.Press, 1971. Cambridge

J.N. Jennings, Karst Geomorphology, B,B,Ltd, 1985. Oxford

M.M.Sweeting, KarstLandforms, Colum. Univ. Press, 1973. N.Y.

C.Hill & P.Forti, Cave Minerals of the World, Spel. Soc, 1997. Huntsville

M. Herak, Karst Important Karst Regions of the North Hemisphere, Elsevier Publishing Co, 1972. New York

G. W. Moore & B. G. Nicholas, Speleology : The Study of Caves, 1964 by D.C. Heath and Company, Lexington, U.S.A





그림 1. 구이린 암용 지질 연구소내에 세워져 있는 명대의 걸출한 지리학자 쉬 사커(徐霞客: 1587~1641)의 대리석상.

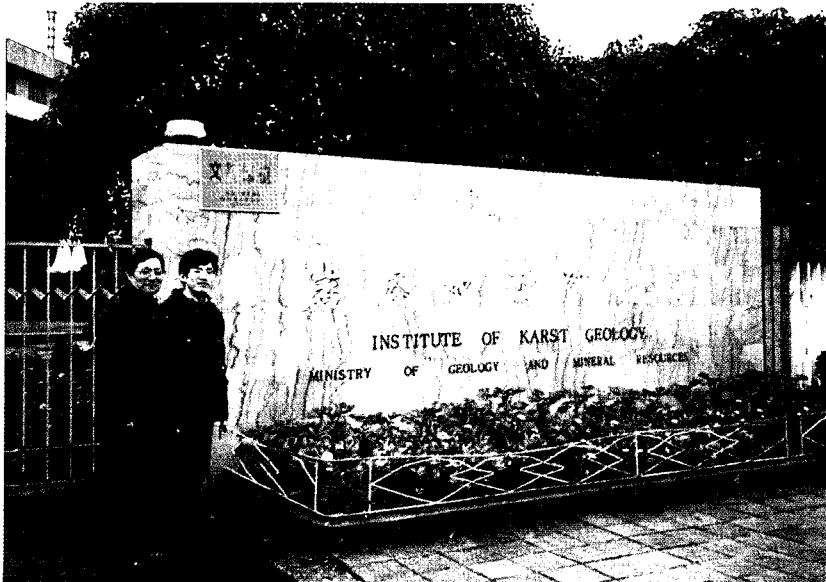


그림 2. 구이린(桂林)에 있는 암용지질연구소(岩溶地質研究所)는 350여 명의 과학자가 모여 카르스트화 과정을 연구하는 세계적 규모의 카르스트 연구소이다.



그림 3. 전형적인 용식 외지 돌리네군. 용식 지형의 기본 형태이다. 테라로사 (Terrarossa)라는 붉은 진흙에 뒤덮인 지역을 특히 '피복 카르스트'라고 한다.



그림 4. 오목 지형을 대표하는 돌리네와 블록 지형의 상징인 카런(Karren)이 발달하고 있다. 이 같이 석회암괴들이 노출된 카르스트 지역을 '나출 카르스트(nackte karst)'라고 한다.



그림 5. 평총(峰叢)과 평린 평원(峰林平原)이 어우러진 멋진 티위 카르스트

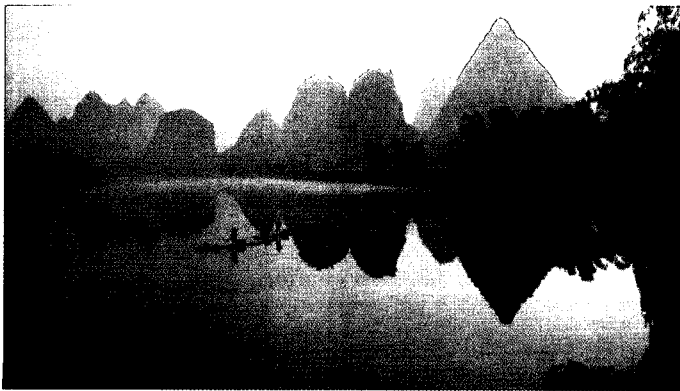


그림 6. 한 폭의 산수화를 연상케하는 리장 강의 황혼 풍경. 강 위에 떠있는 배에서는 가마우지를 이용해 전통적인 방법으로 물고기를 잡는다.



그림 7. 고립된 구봉(孤峰)들이 평원상에 산재된 모습을 평린 평원(峰林平原)이라 부른다.



그림 8. 평린 평원 속의 도상평층으로 설명되고 있는 리장 강 연안의 평층 경관.

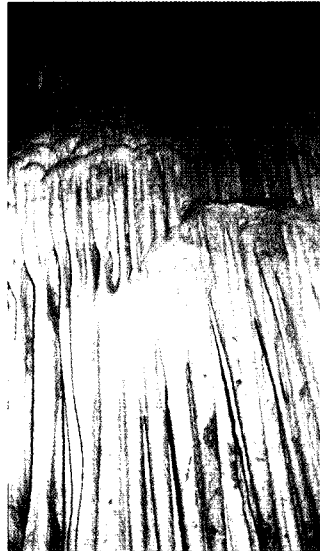


그림 9. 루디엔(蘆笛岩) 동굴 내에 발달한 유석 경관들. 유석은 2차 생성물의 지나친 성장으로 형성되는데 이로 인해 좁은 동굴 공간이 더욱 좁아지게 된다. 다시 말하여 중유석과 석순은 맞붙어 석주가 되고 석주는 맞붙어 온통 벽면을 흘러내리며 동굴내의 공간을 점차 잠식해 나간다.



그림 10. 결정질 석회암 지대에서 흔히 관찰되는 원정 용식구(runt karren). 용식구의 하단부에는 기계적 풍화작용에 의한 석회사(石灰砂)가 수북히 쌓여 있다.



그림 11. 평균 고도 2,000m인 원구이 고원상의 광범위한 석회암 지대에 발달한 카르스트 지형의 특징적 지모(地貌). 석회암의 성층 구조와 건폭(乾瀑)이 보인다.



그림 12. 정상 침여형 용식구(Spitz karren)는 어디에서나 흔히 관찰되는 보편적 카런의 형태이다.



그림 13. 일본의 아끼요시다이(秋吉臺) 카르스트 지역의 동굴 아끼요시도(秋芳洞)에 발달한 석회화 단구. 일본 사람들은 점시를 천장 겹쳐 놓은 것 같다고 하여 센마이시라(千枋皿)라고 한다.



그림 14. 루난스런의 암벽면에 스린(石林)이라는 간판과 여러 가지 역사적 기록들이 새겨져 있다. 뒤로는 스린의 상징인 육각정 전망대가 보인다.



그림 15. 용식호 부근의 구릉지대의 험(hum)은 두터운 테라로사로 덮여 있어 비옥하며, 따라서 농경지나 삼림의 성장에 매우 좋다.



그림 16. 구이저우 성 쉰룽 동굴(九龍洞窟)에 발달한 해파리형 기형 석순. 높이 9m, 둘레 27m에 이르는 거대한 점적석이다. 해파리의 말단주는 일종의 현수상 종유석(bacone like sheet)으로 두드리면 아름다운 소리가 울린다.



그림 17. 정상 첨예형 용식구(spitz karren) 면에 발달한 가는 흘 카런(rillen karren).