한국동굴학회지, 2005, 66, 95~109

동강 유역의 석회암 동굴에 관한 연구

- 백용 석회암 동굴의 2차생성물을 중심으로 -

Researches in Limestone at the basin of the River Dong

- Focused on Speleothem of Baekyong Limestone Cave -

요약 : 동강 유역에는 이미 알려진 석회암 동굴이 30여기 발달되어 있다. 이들중 학술적 가치와 아울러 관광자원으로서의 개발의 가치가 높은 동굴로는 백용동굴, 화암굴, 절골굴 등이 있으나 이들 중 으뜸은 백용동굴이다. 따라서 필자는 수몰 위기에 놓인 천연기념물 제260호로 지정된 백용동굴의 2차생성물(speleothem)과 동굴 계통을 과학적으로 분석하고 체계화 함으로써 사라질지도 모를 백용동굴의 모습을 후세에 영구히 남기고자 여기에 동굴 퇴적물 및 그 경관을 중심으로 한 동굴현상을 상론하기로 한다.
백용동굴의 휘귀경관으로서는 ① 위석순(pseudo stalagmite) ② 석화(anthodites) ③ 기형석순(erratic stalagmites) ④ 동굴방패(cave shield) ⑤ 암하(lost river) ⑥ 규석(cave flint) ⑦ 함정(pit fall) 등 일곱 가지가 있으나 기타로도 일반적이며 부수적인 관련 사항들도 종합하였다.

ABSTRACT : About 30 limestone caves have already been developed at the basin of the River Dong. baekyong Cave, Hwaam Cave, and Jeolgol Cave are of great worth, not noly as a matter of study, but as a matter of the tourist resources they develop. Among them Baekyong Cave is the best.
I'm going to give a full detailed account of cave deposits and cave phenomena focused on its view to preserve the looks of Baekyong Cave by analyzing the speleothem of Baekyong Cave and cave system scientifically and systematizing them. Baekyong Cave, Natural Monument No. 260, is on the verge of being submerged.
Peculiar things in Baekyong Cave are 1) pseudo stalgmite 2) anthodites 3) erratic stalagmites 4) cave shield 5) lost river 6) cave flint 7) pit fall but I have also mentioned general and related matters.

Ⅰ. 서 론

동강유역을 편의상 영월 읍에서 여량까지의 구간으로 설정하고 이 지역내의 Karst 현상 특히 동굴현상을 논하는데 있어 북위 37°16′ 09″ 와 동경 128°34′ 54″ 의 교선 상에 개구한 백용동굴(사진 1)의 동굴현상을 중점적으로 취급하기로 한다.

여기에서 전개할 동굴 현상으로는 가급적 백용동굴로 국한시켰으며 만 부득이한 경우 다른 동굴의 사례를 한 두 가지 첨가하였다.

구간 내는 한국에서 가장 모식적인 감입곡류하도(嵌入曲流河道)가 발달되어 있다. 영월 읍에서 여량까지의 직선거리는 40km인데 반하여 하도(河道) 연장(延長)은 100km에 이르러 무려 2.5배에 달하는 감입곡류를 하고 있다.

한편 지표지질 분포 현황을 살펴보면 영월읍 시가지의 서부지역은 고생대 전기에 해당하는 Ordovician System인 홍월리석회암층이 분포하고 읍의 동부인 영흥리에서 고마루와 한탄, 미탄에서 회동리 서부까지는 지질시대 미상의 영흥리석회암층이 분포한다. 그 동쪽으로 막동석회암층, 정성석회암층이 넓게 분포하는데 이들 지층도 홍월리 석회암층과 마찬가지로 오르도비스

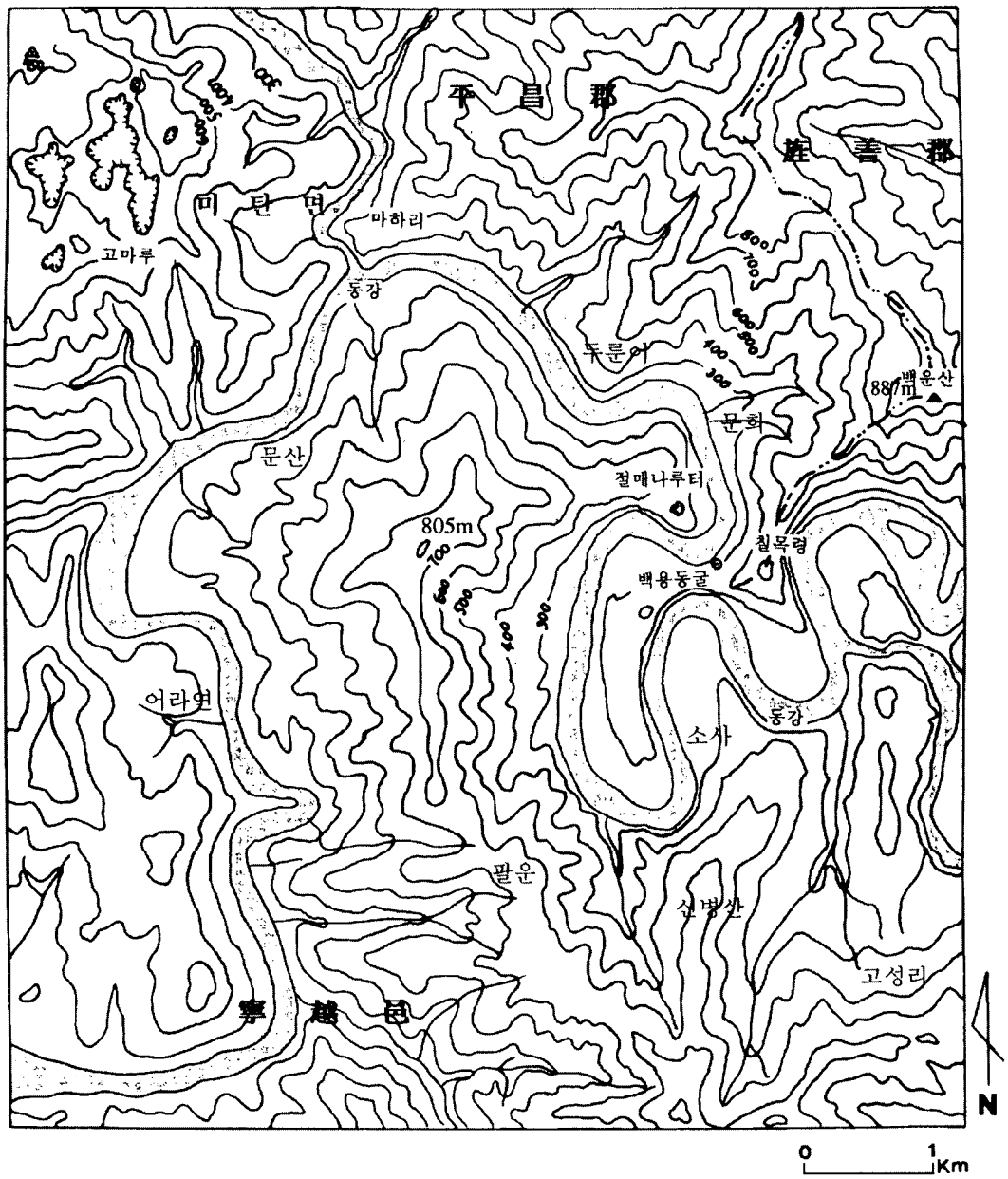

그림 1. 백룡동굴 일대 지형

계(Ordovician System)이며 가탄 부근에서 두무동석회암층이 협재한다.

설정된 동강연안은 전체로 보아 약 90%가 석회암지대에 해당한다. 여타의 비석회암층으로는 중생대 쥬라계(Jurassic system)에 해당되는 경상계의 반송층, 고생대 후기에 해당하는 석탄계(Carboniferous system)에서 중생대 초기에 걸친 백악계(Cretaceous system)에 이르는 평안계의 홍점통(紅店統) 사동통(寺洞統) 고방산통(高坊山統) 녹암통(綠岩統) 등 함탄누층군(含炭累層群)이 분포되어 있는데 동강하곡 연안의 비석회암 분포비율로서는 10% 이내의 비중을 나타낼 뿐

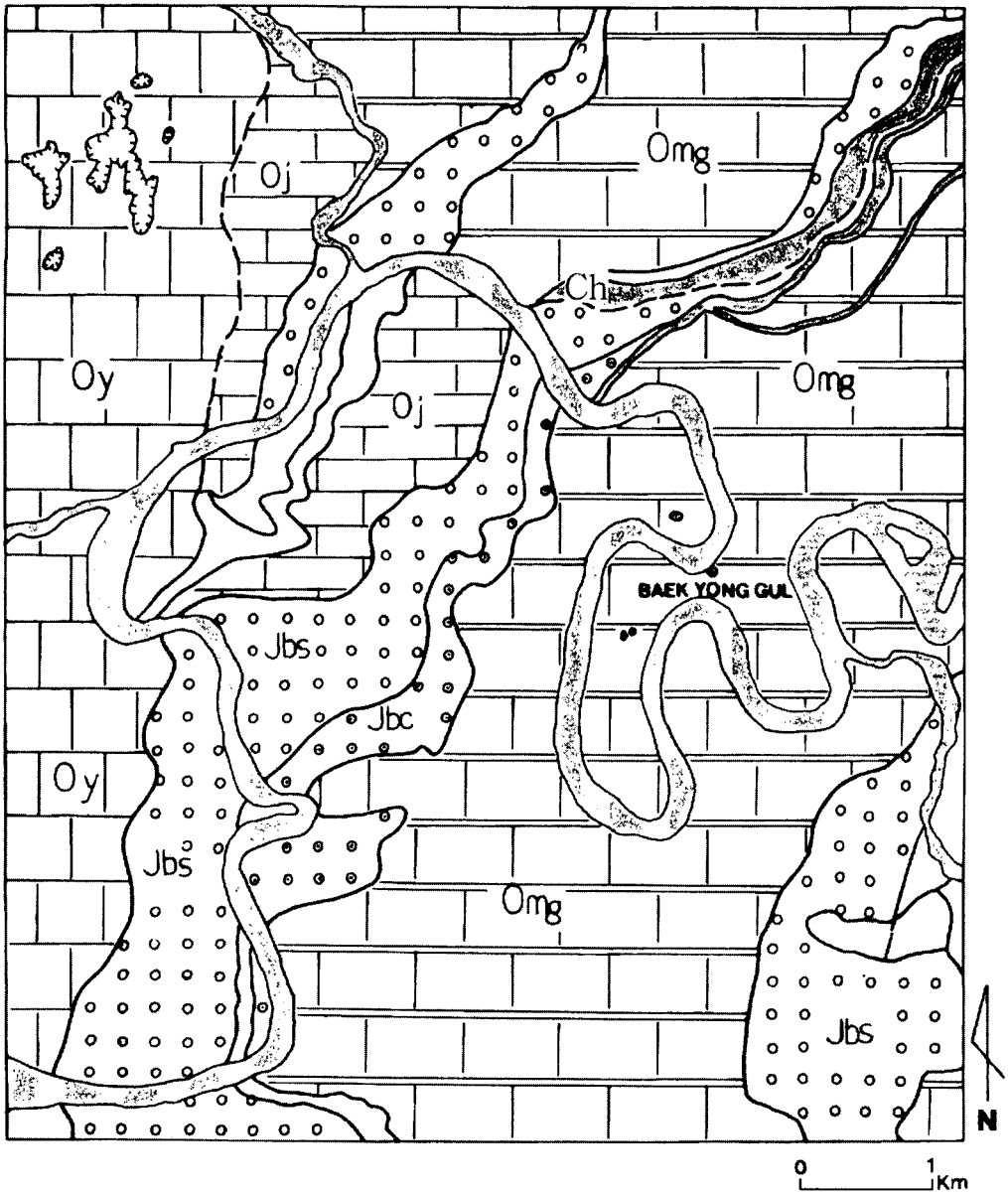

그림 1. 백룡동굴 일대 지형

Oj : 정선석회암
Oy : 영흥석회암층(Age Unknown)
Jbs/Jbc : 경상계의 반송층(Jurassic system)
Omg : 막동석회암층(Ordovician system)
Ch : 평안계의 홍점통(Up Carboniferous)
- - - - : 가상단층

이다. 따라서 동강 하도를 따른 지표 지질은 암석의 물리화학적 특성으로 보아 가용성 암석인 석회암이므로 동굴을 비롯한 지하의 공동과 암혈 등 스폰지와 같이 땅속이 온통 공극 투성이의 상태이므로 Dam과 같은 대형 토목 공사에는 상당한 문제점들이 제기될 수도 있다.

실제 문제에 있어 미국의 T. V. A. 종합개발 지역내의 석회암 지대에 건설된 다목적 댐들은 누수로 인한 보수공사에 수천 만불의 추가비용이 지출되었다는 사례가 보고된 바 있다.

이제 자연의 힘으로 만들어진 지하의 공간 즉 동굴에 대하여 그 성인관계를 살펴보기로 한다. ① 용암의 일류(溢流)로 만들어진 용암수도(Lava Tunnel)와 ② 해안에서 파랑의 침식 작용으로 만들어진 파식동굴(Sea Cave) ③ 석회암의 물리화학적 작용으로 만들어진 용식동굴 즉 석회암동굴(Limestone Cavern) 등이 주류를 이루고 있다/

드물게는 ④ 건조지역에서 바람의 작용으로 만들어진 풍식굴(風蝕窟) 및 ⑤ 암석의 절리면(節理面)을 따라 만들어진 절리굴(節理窟) 등이 있으나, 그 분포의 일반성이나 규모 그리고 경관면(景觀面)에서 아름다워 관광 자원으로 각광을 받고 있는 것이 석회암동굴이므로 여기에서는 Limestone Cavern에 대해서만 논하기로 한다.

주제의 동강 유역에는 넓은 범위에 걸친 Ordovician system 및 지질시대를 알 수 없는 석회암이 분포되어 이 지역 내에는 수많은 석회암동굴들이 발달하고 있다. 이중 필자가 답사한 30여개의 석회암동굴 이외에도 굳이 찾고자 애쓴다면 100개 이상은 더 추가할 수 있겠으나 학술적 가치, 관광가치, 입지조건, 안전도 등을 고려할 때 이 지역 내에서 오래도록 보전할 가치가 있다고 생각되는 동굴은 백용동굴, 화암굴, 절골굴 정도이며 특히, 동강댐 건설로 수몰위기에 놓인 백용동굴(白龍洞窟)은 천연기념물 제260호로 지정보호되고 있어 이 동굴에 대한 학술적 가치를 살펴 후세에 그 모습을 전하려고 한다.

Ⅱ. 동강유역에 발달한 석회암 동굴들

(1) 정선군 동면 동대천변의 화암굴, 절골굴
(2) 정선읍 생탄의 피난굴
(3) 정선읍 용탄의 비룡동굴
(4) 정선군 남면 발구덕 주변의 사갓굴, 문안굴, 굴등굴, 증산석순굴, 무릉굴
(5) 평창군 미탄면 기화 천변의 용수굴, 박쥐굴
(6) 평창군 미탄면 고마루의 하느굴
(7) 영월읍 누운의 오소리굴, 돼중굴
(8) 영월읍 진탄의 사직굴
(9) 영월읍 연하리의 수정굴 등을 들 수 있다.

Ⅲ. 백용동굴에 발달한 2차생성물 (Speleothem)

백용동굴은 첫째로 그 규모가 크며, 둘째로 동굴내에 발달한 차 생성경관이 우수하며 셋째, 그 규모와 유형면에서 다종 다양함을 지니고 있다. 필자가 세부 측량한 도면을 근거로 동굴의 규모와 경관에 대해 약술하면 대략 다음과 같다.

동굴의 총연장은 지굴을 합쳐 1313m에 이르며 넓이 15m 이상의 5개의 동방(Gallery)과, 필자가 명명한 폭풍의 광장은 동서의 넓이 50m에 남북의 넓이 34m의 규모를 가진 화려한 중심 광장과 181m의 제1지굴 및 50m 이내의 막장지굴 3개소가 발달되어 있을 뿐만 아니라 거의 네모꼴의 순환 회랑이 발달하였는데 서부회랑은 그 길이가 68m, 남부회랑은 200m, 동부회랑은 100m, 주굴회랑구간 138m 등 도합 506m에 달하는 회랑을 갖고 있으며 동방과 회랑 및 광장에는 학술적으로 가치있는 2차 생성물들이 즐비하다.

1. Dripstone

중탄산 칼슘용액 즉 Ca(HCO3)2 상태의 점적한 방울 한 방울이 동굴천장에서 떨어질 때 탄산가스와 수증기는 사라지고 Calcite만이 재 침적하여 종유석과 석순을 형성하여 나가며 최종적으로는 종유석과 석순이 결합됨으로서 점적석의 개념은 끝나고 유석(Flowstone) 개념으로 바뀌어지게 된다.

백용동굴 점적석의 특징은 석순(Stalagmites) 및

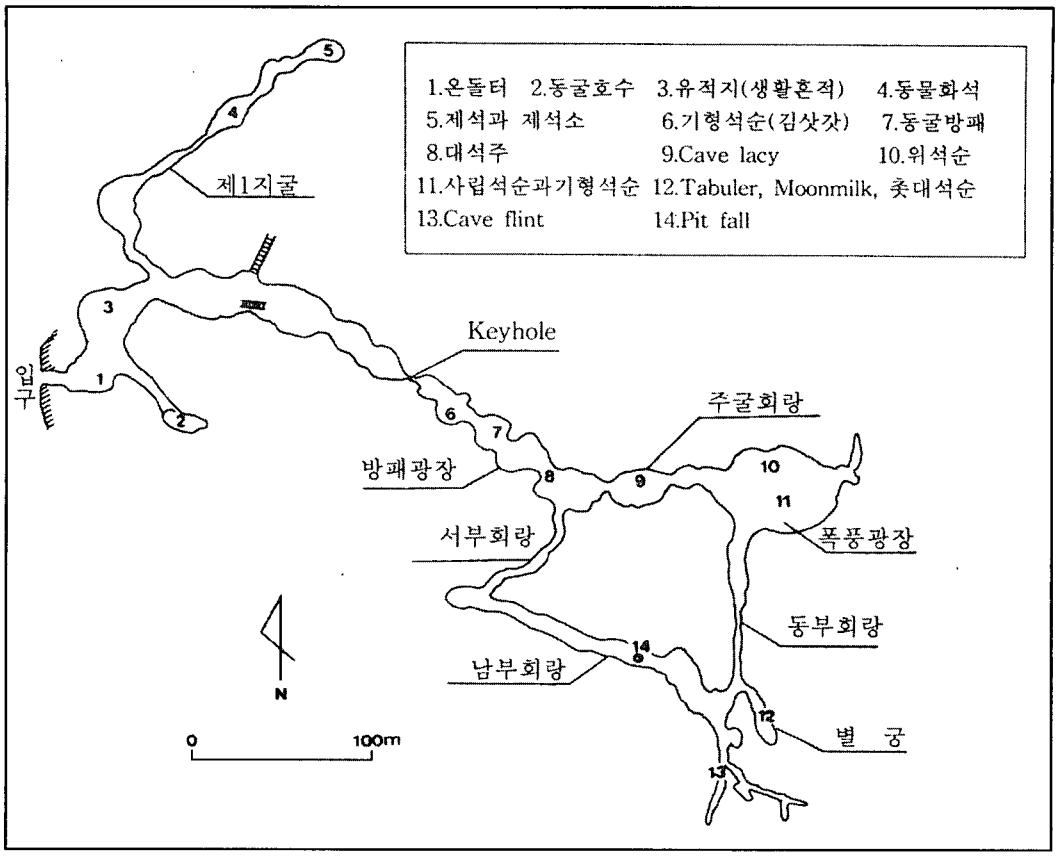

그림 3. 백용동굴 평면도

종유석(Stalactites)과 동굴방패(Cave shield)인데 백용동굴 최대의 동방(Gallery)인 폭풍의 광장에는 규모가 큰 석순들이 무리를 지어 발달하고 있어 장관을 이루고 있다. 이 폭풍의 광장 지하에는 암하(Lost river)가 흐르고 있어, 광장의 일부지역에 지반의 침하현상이 나타나기형석순(Erratic stalagmites)의 발달을 볼 수 있다.(사진 5, 11, 12).

한편 별궁으로 이름 지어진 막장 동방에서는 1m에 가까운 촛대형 석순들이 발달하고 있어 최근의 일 만년 동안에 점적의 초점에 흐트러짐 없는 극히 안정된 상태를 유지하며 오늘에 이르렀다고 추리된다(사진 24).

1) Stalactites & Stalagmites

종유석과 석순은 2차생성물의 대명사인 동시에 점적석의 기본이 된다. 참다운 뜻에서의 점적석은 종유석과 석순뿐이며 종유석과 석순이 결합하여 석주를 만듦으로써 점적석의 이름을 마감하게 된다(사진 14).

2) Cave shield

백용동굴 대표 경관 중의 하나는 동굴방패라고 말할 수 있다. 백용동굴에는 10여기에 달하는 전형적 동굴방패가 발달되어 있는데 이중에서 백용동굴의 상징물로 생각할 수 있는 동굴방패는 백용동굴 제3동방에 자리잡고 있으며 그 아름다움과 정교함에 있어서 타의 비교를 불허한다(사진 4). 이들 동굴방패의 성인을 살펴보면 2차생성물이 경사진 천장에 종유석의 무리를 이루어 발달하게 되는데 석회암 원석면의 경사진 정점에서부

터 석회암이 용탈되어 2차생성물이 천정면에 부착되었던 면이 노출되어 방패와 같은 둥근 면을 들어냄으로서 만들어진 휘귀경관 중의 하나이다. 이 경우 방패면은 언제나 칼로 자른 듯한 평탄면을 나타내는 경우가 많다(사진 5).

3) Erratic stalagmites

기형 석순이란 점적의 양과 빈도의 변화 및 기류의 변화가 심한 동굴 통로나 지반의 침하현상이 있는 곳에서 일반적으로 관찰된다.

여기 소개되는 기형석순은 백용동굴의 수호신으로 일명 방랑시인 '김삿갓'으로 명명된 석순을 말한다(사진 5). 이 석순은 동굴 평면도 6번에 자리잡고 있다. 기타로도 폭풍의 광장에는 45° 기우러진 석순과 꾸부러진 이단의 기형석순들이 많이 발견되고 있다(사진 11, 12).

4) Ranks Columns

석주열은 일반적으로 동굴내의 단층면이나 절리면을 따라 선상으로 점적되는 곳에서 종유석과 석순이 자라 서로 결합되어 석주열을 만드는데 시간이 경과되면 유석 경관으로 변이하게 된다. 이 경우 동방의 넓이와 높이에 따라 그 진화속도가 좌우된다(사진 14).

5) Section of Dripstone

종유석과 석순 단면은 누구든지 관심만 갖고 있으면 쉽게 구별할 수 있다. 그 이유로서는 종유석 단면은 종유관(Tubular or Soda straw)으로 불리어지는 종유석의 수로인 중심도관이 있기 때문이다. 그러나 석순은 동상에 떨어진 점적수로 형성되기 때문에 종유관이 있을 수 없을뿐더러 그 조직이 치밀하며 같은 체적에서 종유석 조직보다 석순 조직이 더 치밀하며 중량도 크다.

동굴 내에는 흔히 동굴류에 의한 2차생성물로 된 자갈들이 있는데 원마된 둥근 자갈도 종유석과 석순을 위와 같은 내용을 토대로 관찰하면 구분하기에 그리 어렵지 않다(사진 17, 18).

2. Flowstone

유석은 동굴내의 가장 보편적인 2차생성물로 어디에서나 쉽게 관찰할 수 있다. 벽면을 따라 흐르면서 그 지질상태나 지형의 변화에 따라 여러 가지 모양과 색조를 나타낸다(사진 10).

백색의 순도 높은 칼싸이트 층을통과하는 삼투수는 백색의 피막을 벽면에 침적시키고, 검붉은 테라로사 층을 통과한 삼투수는 검붉은 유석을 침적하며, 산화철에 의한 것은 통상 적황색을 나타내며 동굴내의 2차생성 유석경관에 다양한 변화를 주어 그 아름다움을 더하여 준다. 경우에 따라서는 박주의 배설물도 2차생성물에 색상과 암질의 변화에 영향을 준다.

1) Bacon like sheet

마치 정육점에 걸려있는 삼겹살과 같다는 뜻에서 붙여진 동굴 퇴적물에 대한 용어이다. 동굴경관이 웬만큼 발달한 동굴에서는 쉽게 관찰되는 일반적인 동굴 퇴적물이기도 하다. 이것을 주의깊게 관찰하여 보면 일종의 변형된 유석 경관이라는 것을 쉽게 알 수 있다.

미국이 자랑하는 Virginia주의 Luray 동굴에서 아름다운 음색으로 파이프 오르간을 연주하여 관광객을 즐겁게 하여 주는 것도 바로 Bacon like sheet를 실로폰처럼 가격하여 나오는 소리를 녹음하여 재생한 것이다. 국내에서는 삼척시 근덕면의 초당동굴에 발달한 것이 가장 아름답고 가격하면 발산되는 음향 또한 Luray 동굴의 것처럼 아름답다. 백용동굴의 현수상 종유석 또한 아름다우며 특색있는 변종들이 많다(사진 20).

2) Canopy

동굴 내에 발달한 천개석(天蓋石)인데 마치 공동을 덮고 있는 듯한 인상을 주는데서 천개석의 이름이 있다. 동방(Gallery) 오부에는 석순들이 발달해 있으나 외벽 천정에는 유석이 발달하고 있을 뿐만 아니라 그 말단부는 훌륭한 종유석이 무리를 이루고 있다(사진 9).

3. Travertine deposites

동굴내의 쇄설물은 성기고 거친 것을 비롯하여 미세한 상태로도 동굴류에의해 운반되기도 하고 때로는 퇴적도 이루어지는데, 이 때에 동굴류에 용존된 Calcite 즉, 중탄산칼슘용액 $Ca(HCO_3)_2$에 의해 쇄설물들을 응집시켜 제석(Rimstone)을 만드는데 경사진 동굴 하상에는 계단식 논과 같은 수십 단의 제석소(Rimpool)가 형성되는데 이것을석회화단구(Travertine Terrace)라고 한다(사진 24).

동굴류의 유량은 부근 일대의 계절별 강수량과 지하수 계통에 크게 영향을 받는데 건습의 되풀이와 이에 따른 유량의 변화에 따라 제석과 제석소 및 석회화단구의 규모와 그 모양새가 달라진다. 이와 같은 석회화단구는삼척시의 초당동굴과 단양군의 고수동굴의 것이 대표적이며 백용동굴은 미약한 편이다. 그 이유로서는 암하(Lost river)의 발달이 동굴류를 원천적으로 봉쇄하는 결과를 가져왔기 때문이라고 볼 수 있다(사진 21). 수류가 지나치게 많은 동굴에서는 동구 밖에서도 잘 발달한 석회화단의 형성을 볼 수 있다. 대이동굴군의 관음굴전과 노곡면 상반천에 발달한 녹반굴 앞에서 이와 같은 현상이 관찰되는데 백용동굴에 있어서는 쇄설물의 공급과 수류의 발달이 미약하여 동구 밖으로는 형성될 수 없으며 소위 동굴막장이라고 일컬어지는 오부에서만이 석회화단구나 제석소를 볼 수 있을 뿐이다.

4. Encrusting

Encrusting이란 표면피막증식작용(表面皮膜增殖作用)을 말함인데 동굴내의 희귀 현상중의 하나이다. 같은 개념으로 사용되는 첨가증식작용(Accretion : 添加增殖作用)이란 표현도 각자의 기호에 따라 사용된다. 대표적인 예로서는 두석(Pisolite)이나 동굴진주(Cave Pearl)가 있으며 쉽게는 나뭇잎처럼 생긴 Cave Leaf나 뭉게구름처럼 물속에서 첨가 증식된 것들이 있는데 두석의 첨가증식은 물속과 대기속이 교대로 뒤바뀌는 환경에서 이루어진다는 점이 특이하다.

한편 동굴진주의 생성인데 동굴진주는 2~3cm의 낮은 낙차가 있는 폭포 아래에서 두석이 전동(轉動)과 와동(渦動)으로 인한 연마작용(硏磨作用)의 결과로 생성되고 있음을 알 수 있다.

백용동굴에서 특기할 첨가증식체는 표면이 성긴 판 상의 두석체인데 필자는 이 특이 물체에 대해 Tabuler(板狀體)로 명명하였다(사진 24). 이와 같은 Tabuler에 대해서는 대한지리학회지인 지리학 제16호(1977) P.80과 서울대학교 사회과학대학 지리학과 논문집인 地理學論叢 제10호(1983) P.297에 설명되어 있다.

1) Encrusting 되는 물질들

백용동굴에서 채집된 첨가증식체는 대부분 달팽이와 숫덩어리(사진 6) 등인데 필자가 수집한 첨가증식작용(Accretion)의 핵 물질로서는 맥주병파편과 기타 유리파편, 철사, 단추, 진흙, 석편, 박쥐뼈, 기타 동물의 뼈 등 닥치는대로 첨가증식됨을 확인하였다. 이중에서도 그 원인을 알 수 없는 것은 진흙핵을 가진 Pisolite인데(사진 8) 이것은 안개 속의 미세 수분자에 용존된 탄산칼슘의 표면피막증식에 의한 것이 아닌가 하는 추측만을 할 뿐이다.

특기할 바는 필자가 개발한 충북 단양군 대강

면 고수동굴에서 채집된 삿뽀로(サッポロ) 맥주병 파편에 첨가 증식된 시료인데 Pisilite의 성장속도를 측정하는 기준으로 삼아 고수동굴산 Pisolite를 측정하였다. 이 내용이 일본국에서 발행된 우에노슌이찌(上野俊一) 가시마나루히꼬(鹿島愛彦) 공저 고단샤(講談社) 출판(1978)의 洞窟學入門이란 책 P.155에 인용 소개된 내용을 옮겨보면 다음과 같다.

"徐茂松は韓國古藪窟で, 一九一五年に洞窟に入った測量技師たちが投げすてたビールビンの破片が中心核となった豆石について, 一九七七年までの六二年間に附着した炭酸カルシュム殻の厚さお測定した. その結果得られた生長速度は, 百年に二ミリであった."

이상과 같이 다양한 첨가증식 작용의 결과로 만들어진 동굴내의 미세 퇴적물로 대표되는 것은 Pisolite인데(사진 8) 보통 직경 2mm 이하의 것은 Oolite라고 하며 2mm 이상의 것은 Pisolite, 직경 3cm 이상의 것은 통상 Cave ball로 불리워지나 매우 희귀하다.

한편 Pisolite의 변종으로서 필자가 발표한 Axiolite와 Tabuler는 백용동굴에서도 발견되어 보고된 바 있다.

5. Helictites

동굴이 비교적 규모있게 발달하고 2차생성 경관이 풍부하며, 기류의 이동이 미약하거나 극히 밀폐된 공간이 많은 곳에서는 어김없이 나타나는 섬세한 퇴적 경관이 있는데 흔히 곡석(曲石)이라고 부른다.

이 곡석은 중력(重力)의 영향에 구애됨이 없이 발달하는 동굴내의 미세 퇴적물로 동굴 연구가들의 사랑을 받고 있다. 그러나 예외적으로 동상에서 역성장하는 경우 즉 동상에서 상향적으로 하늘로 치솟아 구부러지며 뒤틀리거나 꽈배기처럼 자라는 Helictites의 변종이 있으니 이것을 특별히 상향곡서(Heligmites)이라고 한다.

백용동굴 내에서도 주의를 기울여 관찰하면 누구든지 쉽게 발견할 수 있는 미세 2차 생성 경관중의 하나이다.

한편 곡석의 성인 논에 있어서는 진애설, 거미줄설, 기성설, 중심관로설, 충격파설 등이 있는데 통상 이들 두 가지 이상의 합성으로 이루어지는 경우가 많은 것으로 판단된다.

Helictites에 대한 상론은 滄巖 李敏載博士 華甲紀念論文集(1977) 서울대학교 자연과학대학 식물학과내 이민재 박사 기념사업회 간행 P.383을 참고하기 바란다.

6. Anthodites

Anthos란 그리스어의 꽃이란 뜻이며 dites는 즉, 돌이란 듯이 합성된 단어로 동굴내에 생성된 화형물(花形物)에 대한 용어로 널리 동굴학계에서 사용되어 왔다.

석화(石花)의 발달이 많고 특색있는 동굴로서는 단양의 고수동굴, 천동굴, 가곡의 호굴이 있고 이밖에도 영월의 고씨굴, 강릉시 옥계면의 석화굴, 울진의 성류굴, 삼척시 근덕면의 초당굴 등이 있는데 동굴마다 발달 상황이 서로 다르기 때문에 일정한 특징들을 가지고 있다.

이와 같은 사례들과 마찬가지로 백용동굴의 석화도 뚜렷한 특징이 있다. 백용동굴의 Anthodites는 석순 밑뚱에 기생하는 앙증스러운 버섯(Mushroom)처럼 칼싸이트의 화형이 군생하는 것을 볼 수 있는데 그 화형이 매우 정교하다(사진 19).

7. Pseudo stalagmite

백용동굴의 위석순은 그 유례를 찾아볼 수 없는 희귀성이라고 말할 수 있다. 이 위석순의 성

인을 살펴보면 지금으로부터 그리 멀지 않은 홍적세 말기에 큰 지진이 백용동굴 일대에 발생하였다고 추측되는데 이 지진으로 말미암아 동굴내의 불안정한 측벽에 가까운 천정의 낙반으로 2차생성물들이 벽면을 따라 미끄러지면서 역전된 것으로 지난날 천정에 달려있던 종유석이 마치 석순처럼 천정을 향해 거꾸로 놓여져 있는 것이라고 볼 수 있다(사진 13, 15).

필자가 백용동굴 1차조사에서 발견하여 위석순으로 명명하여 오늘에 이르고 있다. 이 위석순은 필자가 저술한 한국의 동굴(아카데미출판사, 1988)과 한국의 동굴 칼라 시리즈(대림출판사, 1978) "백용동굴"에도 소개되어 있다.

8. Cave shield

백용동굴의 특징적인 경관은 동굴방패라고 말할 수 있다. 국내에서 가장 모식적이면서도 화려한 동굴방패 10여기를 내장하고 있어 다른 동굴과는 비교가 되지 않는다(사진 4, 10, 25).

동구에서 227m 지점에 발달한 통상 쥐구멍(Key-hole)으로 불리어지는 곳을 통과하여 83m 지점의 제2, 제3동방에 이르면 이곳에 화려한 동굴방패와 석순과 방금전 연결되어 석주를 만든 것 같은 인상을 주는 아름다운 경관들이 눈앞에 나타나는데 단연코 백용동굴의 대표 경관이며 상징성을 가지는 2차생성물이라고 말할 수 있다(사진 4).

9. Lily pad

진흙의 과도한 삼투로 색상은 별로 좋지 않지만 물속에 용존된 탄산칼슘 용액에 의한 첨가증식 작용의 결과로 만들어진 연엽상(蓮葉狀) 퇴적물이다. Lily pad 하부와 Pool 바닥에는 Cave clouds(뭉게구름을 연상케 하는 수중 첨가증식물)라고 불리어지는 2차생성물이 형성되여 있는데 오랜 세월 동안 Pool 바닥의 건조와 지난날 테라로사(Terrarossa)에 의한 코팅으로 검붉게 변색되어 있다.

10. 기타 분류할 수 없는 동굴현상들

1) 동굴의 개구부(開口部)

백용동굴의 개구부에 접근하려면 절매 나루터를 두 번 건너야 하는 불편이 있다. 바로 이것이 지리적 장애물이 되어 예로부터 가깝게는 6.25 동란에도 피난처로 이용되어 온 흔적들을 쉽게 동굴내에서 찾아볼 수 있다(사진 1).

개구부에서 암흑대의 경계가 되는 부근의 아늑한 곳에는 사람이 기거한 흔적으로서 온돌터가 있을뿐더러 쉽게 동굴내에서 식수를 얻을 수 있으며, 동구 밖으로 나오면 애하(崖下)의 애추(崖錐)에서 화목을 얻을 수 있고 동굴 내에서 낚시로 강물고기도 잡으며 소일할 수 있는 반면, 미로상의 동굴 통로와 Key hole, 그리고 506m에 달하는 네모꼴의 회랑(回廊)은 천혜의 피난처가 되어 왔다. 이러한 접근의 어려움 때문에 동굴내 2차생성물이 잘 보전되었다고 생각한다.

2) Key hole

동구에서 암흑대로 전진하면 227m 지점에, 통상 우리의 관습에 따라 쥐구멍이라고 부르는 난공불락의 험로가 나타나는데 이곳으로는 인간의 머리만이 간신히 빠져 나갈 수 있다. 이것은 백용동굴의 진입을 가로막는 제2의 지리적 장벽으로 피난이나 도피자들의 안전성을 보장하여 주었을 것이다(사진 3).

뿐만 아니라 동굴 퇴적물을 보전케 한 제2의 안전장치 역할을 하여 백용동굴의 아름다운 경관과 학술적 가치를 오늘에 이르게 하였다.

3) Pit fall

이 함정은 순환 회랑상의 동상(洞床)이 크게 함몰하여 생겼을 뿐만 아니라 함몰구를 통하여 암하(暗河)의 강력한 흐름과 그 흐름의 굉음을 들을 수 있어 조사자로 하여금 겁부터 주는 곳이라고 말할 수 있다. 실제에 있어 대단한 위험이 뒤따르므로 세심한 안전대책을 필요로 하는 곳임에는 의심의 여지가 없다. 동굴 탐험가의 활동신조로 필요한 여분의 장비와 식량, 그리고 신중하고도 느린 행동을 요구하는 참뜻을 이해하기에도 충분한 곳이기도 하다(사진 21).

4) Cave flint

동굴내의 규석은 매우 희귀한 것으로 SiO_2를 주성분으로 하는 차돌이 동굴내에 있다는 그 자체가 흥미를 유발하기에 충분하고도 남음이 있다. 백용동굴 내에서 채집된 규석은 백용동굴 최오부인 소위 막장의 무너진 돌무더기 속에서 2차생성물로 반쯤 첨가 증식된 모습으로 발견되었다. 이 Flint의 성인에 대해서는 앞으로 수차에 걸친 현장 검증과 연구를 거듭하여야 할 과제가 남아 있다고 생각한다(사진 23).

5) Hydromagnesite와 Moonmilk(地精)

수능고토석(水菱苦土石)은 분자식 $Mg_4(OH)_2(CO_3)_3{\cdot}3H_2O$로 동굴내의 종유석이나 석순, 때로는 벽면이나 유석면 등, 2차생성물이 백황색의 분말로 분해된 광물질을 말하며, 이 물질이 백색의 점토상 물질로 잘 분해된 것을 지정(Gnome)이라고 한다(사진 24).

통상 Mon Milch로 불리어 왔는데 최근에는 Moonmilk로 편하게 사용하기도 한다. Moonmilk를 약산으로 용해시켜 남은 찌꺼기를 검토한 결과 많은 유기질로 이루어졌음을 알게 되었는데 연구결과 Macromonas bipunctata란 Bacteria로 이루어졌음을 알게 되었다.

이 Bacteria는 방선균류(放線菌類)나 조류(藻類)와 함께 하고 있어 이 미소 식물군이 2차생성물의 분해를 돕고 있다는 사실이 프랑스나 미국의 동굴 연구가들에 의해 밝혀졌다(Spelelogy : The Study of Caves. G. W. Moore B. G. Nicolas. 1964 U.S.A.)

오늘날 이 방선균류가 항생물질의 공급원이라는 것이 알려지면서 16-17세기 유럽의 외과의사들이 외상치료를 위해 Moonmilk를 사용한 선견지명에 대하여 감탄할 뿐이다. 백용동굴에 있어서의 Moonmilk의 생성은여러 곳에서 인식되나 특히 최오부에 집중적으로 발달되어 있다(사진 19).

Ⅳ. 결 론

이상에서 동강의 강안절벽 아래에 발달한 천연기념물 제260호로 지정 보호되고 있는 백용동굴의 동굴현상에 대하여 그 2차생성 경관의 우수성과 구석구석에 산재되어 있는 진귀하며, 학술적 가치가 높은 동굴 퇴적물에 대하여 살펴보았다.

Karst 지형학을 전공한 필자로서는 1313m의 총 연장을 가진 백용동굴이 개발되어 세계적인 관광명소로 우리나라 관광산업 발전에 기여하며 지역 주민의 소득증대 나아가서는 외화 획득에 이바지함은 물론 귀중한 학술자원이 영구히 보전되기를 희망한다.

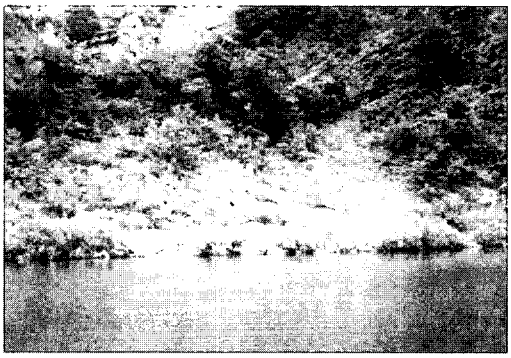

사진 1. 절매 나루를 2번 건너 애추의 정점에 발달한 동구와 부근일대

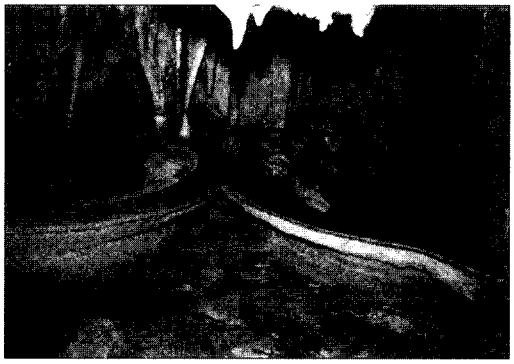

사진 2. 주굴로부터 181m의 연장을 가진 제1지굴의 막장에 발달한 rimstone과 rimpool

사진 3. 동구에서 227m 지점에 발달한 쥐구멍(key hole) 2차생성물을 지켜준 수문장

사진 4. 백용동굴의 상징적 경관 Cave shield

사진 5. 방랑시인 김삿갓으로 불리어지는 erratic stalagmites

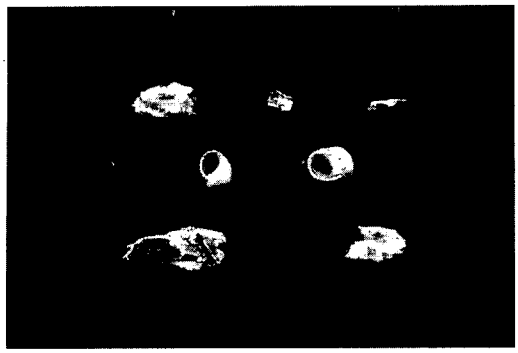

사진 6. 숫덩어리와 달팽이 겁질에 accretion된 초기상태

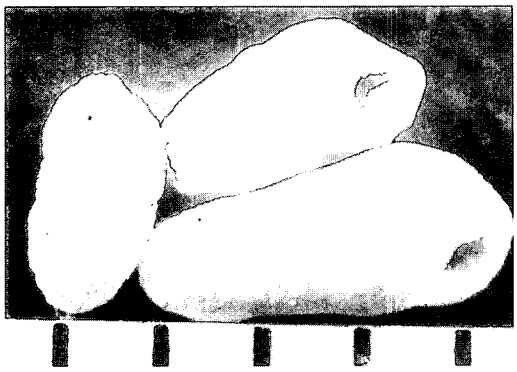

사진 7. 길이 2-3mm의 다슬기에 encrusting 된 axiolite

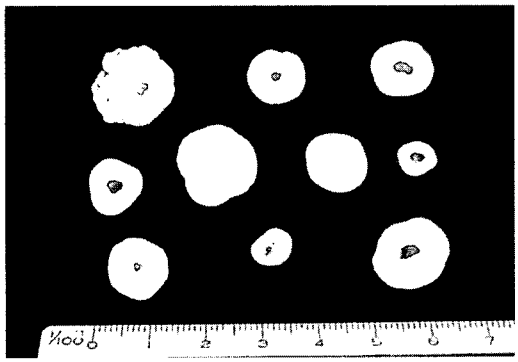

사진 8. 단면을 만드는 과정에서 진흙 핵이 없어진 pisolite

사진 9. 마치 공동 위를 덮은 것 같은 canopy

사진 10. 색상을 달리하는 cave shield와 flowstone

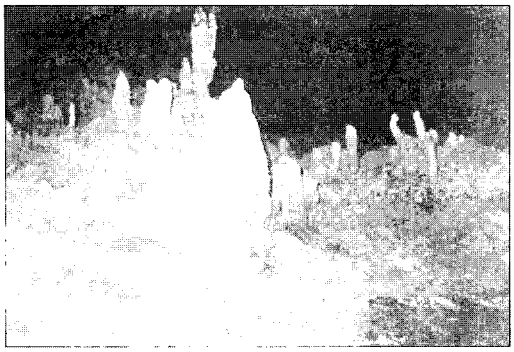

사진 11. 폭풍의 광장에 발달한 기형석순의 무리들

사진 12. lost river의 굴식 작용으로 지반이 함몰하여 생긴 사립석순

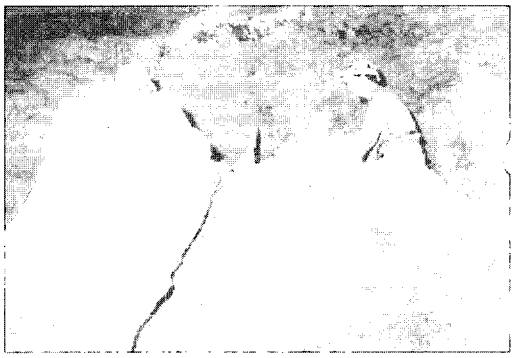

사진 13. 사람을 척도로 한 pseudo stalagmite의 모양

사진 14. 암석의 단층면이나 절리면을 따라 발달한 ranks columns

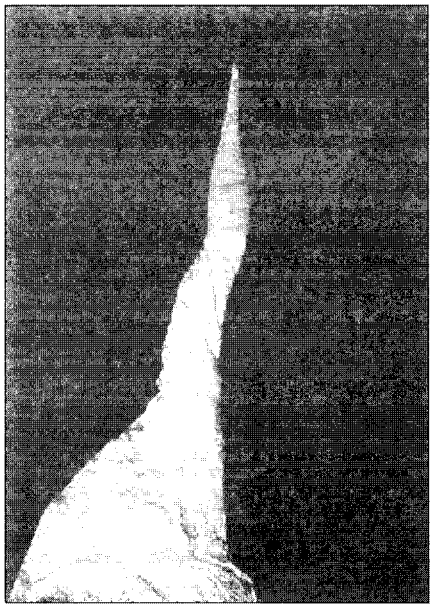

사진 15. 오랜 풍상을 겪은 원래의 종유석은 석순처럼 똑바로 서 있다.

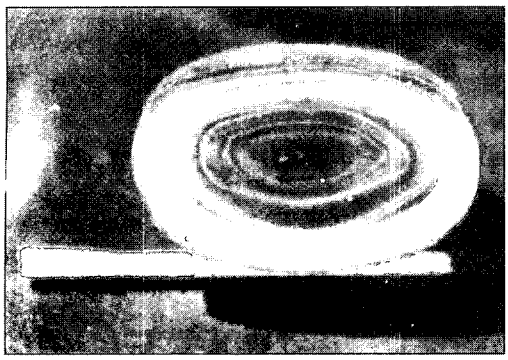

사진 16. pisolite의 첨가증식을 보여주는 단면. 성냥가치와 비교한 사진.

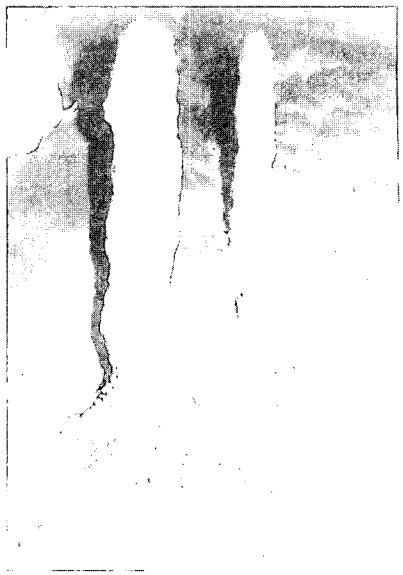

사진 19. 촛대형 석순 밑둥에 기생한 것 같은 anthodites(anemolite)

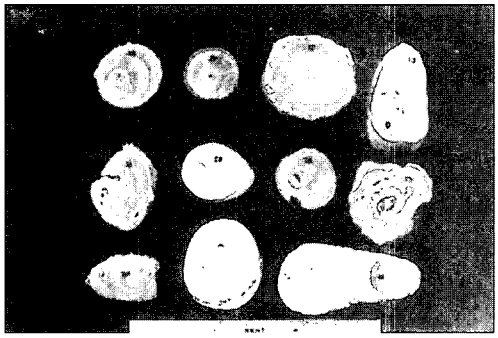

사진 17. 여러 가지 종유석 단면인데 모두 중심도관을 가지고 있다

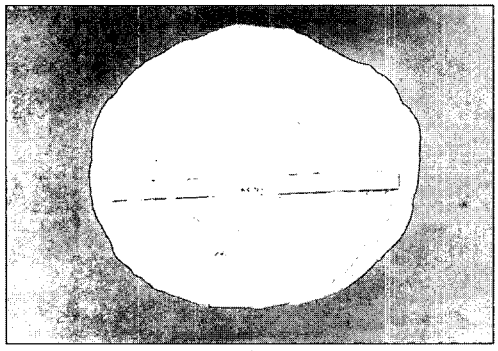

사진 18. 석순 단면인데 그 조직이 치밀함을 보여준다

사진 20. 기형종유석, 기형석순, bacon like sheet와 종유관의 어울림

사진 21. lost river가 만든 pit fall을 통과하는 위험한 장면

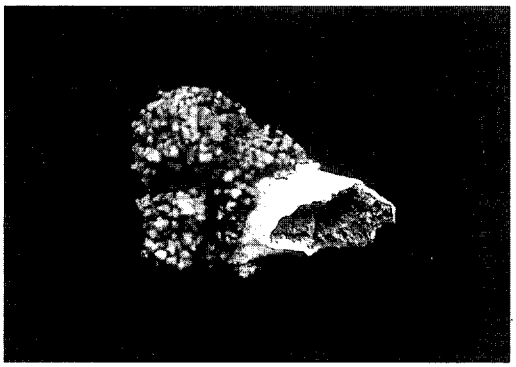

사진 22. 동물의 뼈에 5mm 이상의 두께로 첨가증식된 calcite 피막

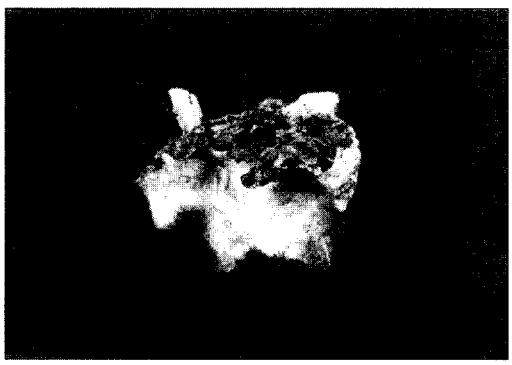

사진 23. 동굴 막장에서 발견된 cave flint

사진 24. travetine terrace 바닥의 tabuler와 moon milk

사진 25. cave shield의 부착면이 원석의 용탈로 점차 분리되어 간다