

협제동굴지대의 동굴지형연구

제주 교육대학 강상배

전국 대학교 홍현철

1. 개 요

이 동굴지대의 지형을 개관하면 한라산(漢拏山)서북사면 기슭의 해안 저평지대(海岸低平地帶)라고 하겠다.

주로 해안사구(海岸砂丘)가 전개되고 있는 솔밭이 많은 지형이다.

우선 분포 지역을 살펴보면 북서 해안의 한림읍(翰林邑) 금릉리 동쪽으로부터 협재리에 이르는 해안인데, 내륙으로 2.7km까지 사구(砂丘)가 발달되어 있고, 애월읍(涯月邑) 광지리 해안에도 약간 분포하고 있다.

이들 해안사구(海岸砂丘) 생성 및 발달과정을 보면 한라산 정상외 바로 북료면이나 남사면에는 분포하지 않고 남·북사면 다같이 동서양안에 분포하고 있는데 이는 본도에 탁월한 계절풍(季節風)으로 인한 것이라 생각된다.

대체로 북사면의 해안사구는 지형의 평탄한 위에 동절의 북서 계절풍이 하절의 동남 계절풍보다 더 강하기 때문에 확대하고 폭넓게 분포하게 된 것이라고 생각된다.

이들 북사면의 사구는 대부분이 잡초로 덮여 있으나 일부지역은 부지로 이용하기 위하여 잡초등을 제거하기 때문에 사구는 결과적으로 유지쪽으로 점점 더 발달하는 현상을 초래하고 있다.

이제 하천의 곡률도(曲率度)를 비교하면 다음과 같다.

1:50,000지형 도상에서 본도의 하천 40개(북사면 18개, 남사면 22개)의 하천을 대상으로 곡률도(曲率度)를 측정한 결과 전부가 1.5이하로

직선상하도에 해당한다. 즉, 계측된 각하천의 곡률도로서 대체로 북사면 비해 남사면 하천의 곡률도가 크다. 전체적으로는 남사면 하천의 곡률도(曲率度)가 북사면하천의 곡률도보다 0.05가 높은 편이고, 또 북사면 하천중 곡률도가 높은 하천은 금성천(錦城川)으로 1.28밖에 안되는 1.3 이상인 하천이 천미 라고 생각한다.

본도는 화산원지형(火山原地形)이 많이 보존되어 있어 차지형(次地形)에 의해 개척되는 침식량을 계측할 수 있다. 수계(水系)의 모양은 한라산을 정점으로 하는 방사상이며 화산암층의 원지형(原地形)의 경로에 따라 유출하는 필종하천(必從河川)이다.

침식량(侵蝕率)의 크기는 북사면에 비해 용기율이 높은 남사면에서 현저하게 나타난다.

각 하천유로에서 원지형상에서의곡(谷)의 깊이는 각 하천의 상대적 침식량을 뜻하는 것이다.

해안사구(海岸砂丘)는 하계의 남동계절풍보다 동계의 북서계절풍이 강하기 때문에 남서면보다 북서면에 더 발달한다. 그리고 남해안에는 해안에 따라 해식애(海蝕崖)가 많이 발달하므로 해안사구(海岸砂丘)형성에 방해가 된다.

곡률도(曲率度)에 있어서는 본도 하천 전부가 1.5이하의 곡률도를 가져 직선의 하도 형성하고 있으나, 남사면 하천의 평균곡률도가 북사면보다 0.05정도 높은 1.2이상의 곡률도를 보여주며, 1.2이상의 곡률도를 가진 하천수에 있어서도 북사면에는 7개하천(38.9%)인데 비하여 남사면에서는 11개하천(50%)으로 차이를 보이고 있다.

하천의 침식량(侵蝕量)에 있어서도 강수량(降水量)·지질분포(地質分布)·용기량(隆起量)의 차 및 생성시기의 차에 의하여 남사면하천이 북사

면하천보다 훨씬 많다는 것이 교량의 높이와 길이의 비교분석을 통하여 확인된다.

하계망(河系網)에 있어서도 남사면하천이 북사면하천보다 평균차수에 있어서 0.44나 많았을 뿐만 아니라 차수가 높은 3차수이상의 하천수에 있어서도 북사면이 8개(44.4%)인데 비하여 북사면에서는 13개(59.1%)로 좋은 대조를 이루고 있다.

2. 용암동굴과 지형

본도 地形의 특색 가운데 하나는 용암동굴의 발달이 현저하다는 점이다. 본도의 용암동굴의 지역적인 분포는 크게 두개의 용암동굴군으로 대분할 수 있는데 그 하나는 만장굴(萬丈窟), 사굴(蛇窟)등을 중심으로한 북동사면일대와 다른 하나는 소천굴(昭天窟), 협재굴(挾才窟)등을 중심으로한 북서사면일대이다. 그밖에도 이들 두지역에 비하여 규모는 뒤떨어지지만 수산굴등을 중심으로한 남동사면일대에도 용암동굴이 다소 분포하고 있다. 본도에 분포하고 있는 용암동굴은 1백여개가 넘는 것으로 추정되고 있으나, 현재까지 확인된 것은 60여개정도이다. 이들 용암동굴의 대부분은 취락(聚落)과 인접한 곳에 분포하고 있어서 옛부터 지역주민들의 생활과 밀접한 관계를 맺어왔으며, 최근 만장굴, 사굴과 협재굴, 쌍룡굴등은 관광지로 개발 활용되고 있다.

이들 용암동굴이 분포하고 있는 지질을 보면 표선리현무암층(表善里玄武岩層)에 약 80%정도 분포하며, 그밖에 제주현무암, 하효리현무암, 한라산현무암층등에 각각 7%정도씩 분포하고 있다. 표선리현무암층과 제주현무암층에 분포하고 있는 동굴은 해발고도 2백m이내의 해안지대에 분포하는데 대하여 하효리현무암층과 한라산현무암층에 분포하는 동굴은

고도가 비교적 높은 중산간 내지 고산지대에 국지적으로 분포하고 있다. 특히 한라산현무암층에 분포하는 것은 해발고도 6백m 이상에 나타나며, 그중 용진굴은 1천4백60m에 분포하고 있다. 동굴의 입구를 기준으로 해발고도별 용암동굴의 분포를 보면 0~50mdp 31.3%로 가장 많이 분포하고 있으며, 50~1백m에는 22.9%, 1백~1백50m에는 8.3%, 1백50m~2백m에는 4.2%, 2백~3백m에는 14.8%, 3백m 이상 지역에는 18.8%가 분포하고 있다.

본도의 동·서사면에는 넓은 용암지대(熔岩地帶)가 발달되어 있고, 점성(粘性)이 작고 유동성(流動性)이 큰 표선리현무암이 분포하는 관계로 세계적인 용암동굴지대를 형성하고 있다. 빌레못동굴은 그 길이가 11,749m로 단일동굴로는 세계제1위이다. 최근 그 길이가 확인된 바 있는 협재용암동굴계는 그 길이가 17,174m로 동굴계길이로는 세계제1위이다. 그리고 만장굴을 중심으로한 김녕일대의 용암동굴계의 길이도 15,678m로 세계제4위로 확인된 바 있다. 이들 용암동굴속에는 수많은 동굴지형이나 지물을 가지고 있는 것도 특징이라 할 수 있다. 용암중유, 용암석순, 규산주, 규산화, 용암교, 용암구, 용암폭포, 용암선반, 분출중유 등 그 종류도 다양한 편이다. 특히 협재굴, 쌍룡굴, 황금굴 등은 원래는 용암동굴인데, 그들 동굴위에 쌓여 있는 폐사가 석회암과 같은 작용을 하여 석회질의 중유석과 석순이 발달하여 중유동과 유사하게 발달되고 있어 좋은 관광자원으로 활용되고 있다.

특히 동굴이 많이 분포되어 있는 협재일대는 주로 acicular feldspar olivine basalt로 구성되어 있으며 이 지역에는 협재, 쌍용, 황금, 재암, 소천, 초기와굴 등이 산재하고 있다.

협재용암동굴계를 이루는 현무암층의 상부에는 50cm 이상의 해양성 모

래(貝砂)로 피복되어 있으므로 지표면에서 공급되는 지하수가 이들 폐각사를 용해하여 협재동굴이나 황금굴의 절리나 암석의 기포를 통해 침투하여 동굴내부에는 석회질 성분의 중유석과 석순이 2차 생성물로 동굴내부에 형성되고 있다. 쌍용굴은 2단으로 형성되어 있는 것이 특징으로 협재동굴과는 동굴계를 이루고 있으며, 굴 내부에는 용암중유석이 발달되어 있다. 소천굴의 동굴형태가 Y자형으로 되어 있는 것은 1차로 용암동굴이 형성된 후에 상부에서 시기적으로 다른 용암류가 흘러 2층굴을 형성하였으며, 이들 동굴들이 형성되기 전에는 이들 동굴계가 하천을 이루고 있었던 것으로 사료된다. 원래가 용암동굴에는 입구가 없는데 중간 중간 함몰된 곳이 현재는 입구로 이용되고 있는 것이다.

3. 화산활동과 동굴지대의 형성

(1) 동굴지대 부근의 화산활동

이 협재동굴(挾才洞窟)지대는 그 동굴형성년대가 확증되고 있지 아니하나 제주도용암류(濟州島熔岩流)가 년대측정의 결과를 인용하면 이 지역의 화산활동(火山活動)은 약 75만년전에 시작하여 약 285천년전까지 계속적으로 계속해 왔다고 계속되고 있다. 즉 이 화산활동시기 한라산과 많은 기생화산들이 형성되었다고 보는데 협재굴(挾才窟)을 비롯한 많은 임해지역의 다른 용암동굴들은 이 화산활동시기의 훨씬 나중시기에 형성되었다고 추정되고 있다. 즉 지금으로부터 수만년밖에 안되는 시기에 형성된 것으로 추측되고 있는 것이다. 또한 신증동국여지승람(新增東國輿地勝覽)제38권(第38卷)의 기록문헌에 의하면 역사시대인 고려

(高麗)·의종의중5年인 기원 1002년과 동 10년인 기원 1007년에 화산 활동이 있었다고 기록되고 있다.

이와같은 점으로 미루어보아 이때를 전후하여 현재동굴지대(挾才洞窟地帶)가 이루어진 것으로 본다. 그리고 그후 1445年과 1570年에 대지진(大地震)이 있었다는 기록으로 보아 협재동굴지대내에 산재하고 있는 많은 낙반과 전석들은 그 모두가 이때의 지진(地震) 때문에 붕락되어 이루어진 것으로 판단되고 있다.

한편 협재굴(挾才窟)과 쌍용굴(雙龍窟) 그리고 황금굴(黃金窟)등은 이 모두가 용암동굴(熔岩洞窟)인 동시에 화산동굴이라고 한다.

원래 화산동굴이란 용암동굴이외에도 리프트동굴, 피트동굴, 그밖에 대규모의 용암수형도 이에 포함되어 있다.

(2) 협재동굴지대의 형성

이 협재동굴지대(挾才洞窟地帶)는 그 지리적 위치가 제주도북서해안에 위치하고 있고 탁월한 북서계절풍(北西季節風)의 영향으로 특이한 이색동굴지대(異色洞窟地帶)를 이루게 되었는데 그 생성과정은 다른 용암동굴과 동일하며 동굴이 생성되고 이들이 연결되면서 용암중유나 용암석순이 성장하게 되는 것이다. 즉 협재굴(挾才窟)은 4개의 공동(空洞)이 연결된 것이다 .

대체로 용암동굴은 마그마가 화도(火道)를 따라 밀려올라올때에 점성(粘性)이 많게 되면 개스의 압력(壓力)이 높아지기 때문에 폭발적인 팽창분화를 보여주게 한다.

그러나 이와반대로 점성도(粘性度)가 낮을때에는 폭발적인 분출력이 없어서 헐거운 용암으로 되어 지표면을 흘러내리게 된다. 이때에 용암류

속에서 용암동굴이 형성되는 것이다.

이 협재동굴계(挾才洞窟系)의 동굴들은 전자인 점성도(粘性度)가 낮은 표선리현무암층(表善里玄武岩層)이 지표면에 넘쳐 흘러내려올때에 형성된 것으로 보다. 즉 분화구에서 흘러나온 용암류는 그속에 많은 수증기를 주체로하는 개스가 잔유하면서 개스의 공동(空洞)을 이루게 하였고 한편 지표면에서 대기(大氣)에 접하는 용암류의 외곽피부분은 냉각고결되나 그 용암류속은 그대로 낮은 지표면을 따라 흘러내려가게 되므로 이때 이 속에 공간 즉 공동(空洞)이 이루어지는 것이다. 이 개스공동은 서로 연결되어 길게 연속되게 되면 개스의 기류이동이 일어나게 된다.

그리고 이 공동(空洞)이 형성될 때의 수증기(水蒸氣)의 임계온도는 374°C이라고 외국에서는 계속발표되고 있는데 이 이상일 때에는 기화상태를 이룬다고 한다.

이 기류의 이동이 따라 기체화된 수증기(水蒸氣)는 상관집결되어 편평한 공동(空洞)을 형성하게 된다. 그리고 이 공동바닥에 깔려있는 용암류는 계속 서서히 낮은 지표면을 따라 흘러내려가게 되는데 이때에도 공동의 형성과 연결작용은 계속되어 장대한 동굴이 성장하게 된다. 이와같은 형성과정을 거쳐 동굴이 형성되면 이동굴이 냉각고결되면서 동굴천정면이나 벽면에선 보다 점성이 낮은 험거운 용암의 액체가 중유석이나 중유석을 이루면서 동굴바닥을 향하여 성장하게 된다. 한편 동굴벽면의 용암류 특히 용암봉(熔岩棚) 즉 용암선반 밑에서는 벽면에서 흘러내린 용암수적이 바닥에 한방울씩 떨어져 용암석순을 이루기도 한다. 그러나 이들의 동굴퇴적물들은 용암동굴이 형성되면서 동시에 이루어 지기 때문에 석회동굴에서의 경우와는 다른 것이다. 즉 석회동굴

은 일차적으로 지하수동이 형성되고 그 이후에 이차적으로 이들 중유관(鍾乳管) 중유석(鍾乳石) 석순(石筍)등이 이루어지는 것이지만 용암동굴의 경우는 이차적이 아니고 동시에 형성되는 것이다. 또한 석회동굴의 경우는 상층부에 석회암층이 덮고 있는한 계속적으로 동굴퇴적물은 성장할 수 있는 것이나 용암동굴은 일단 생성된 이후에는 그 성장이 정지 즉 종지부를 찍는 것이다.

다만 이 협재굴(挾才窟)의 경우만은 이례적으로 패사(貝砂)에 의한 석회질 용해수적의 점적으로 석순과 중유석(鍾乳石)이 자라고 있기는 하나 그 예는 매우 희귀한 것이다.

사실상 이 협재동굴지대(挾才洞窟地帶)의 모든동굴 특히 소천굴(昭天窟)을 제외한 모든동굴들은 용암류(熔岩流)가 산 밑으로 흘러 내려와서 바닷가에 가까운 저지대(低地帶)의 끝머리에 발달되고 있기 때문에 결국 용암의 두께는 얇여지고 거의 수평적으로 뻗고 있는 것이다.

따라서 동굴의 천정은 매우 낮고 굴곡도 심하고 또한 그 용암이 분출된 회수에 따라 2층 또는 3층의 동굴 즉 다층굴(多層窟)을 형성한 것이다.

그리고 이 용암동굴이 이루어진 후에 그동굴의 땅표면을 덮고 있는 패사(貝砂)가 빗물에 의하여 용융되자 그 용해수적(熔解水滴)은 땅속에 스며들면서 이른바 동굴천정으로부터 석회질(石灰質)의 코오팅 작업에 시작된다.

물론 이때 지각(地殼)내부에 이 용해 수적이 동굴내부로 스며내릴때에는 그 지각 암층(岩層)의 절리면(節理面)을 따라 천정에서 떨어지기 때문에 동굴 천정에 줄기를 이루는 석회질 중유관, 또는 석회질 중유석이 성장한다.

때로는 땅 표면의 소나무뿌리인 근모(根毛)가 동굴 속까지 뻗어 내리고 있는데 이때에는 석회질이 이 근모를 코오팅하므로 이것을 중유석으로 오인하는 경우가 많다.

이들중 가장 길다란 것으로 길이 1m 이상되는 것도 있다.

4. 협재동굴지대의 특수지형지물

(1) 특이한 동굴지대의 2차생성물

원래 용암동굴은 1차적인 생성으로 그 형성과 생성이 끝나고 마는 것이다. 즉 화산활동에 의한 용암이 흘러내릴때 그 용암의 흐름에 일단 냉각되면 그대로 동굴생성을 끝내고 마는 것이다.

따라서 이 냉각되는 과정에서 형성된바 중유석이나 석순들은 그대로 성장에 끝을 맺고 말게 된다.

그럼에도 불구하고 협재굴(挾才窟)에는 그 유례를 보기가 힘든 석회질 중유와 석회질석순이 용암동굴 속에서 발달하고 있다.

이는 세계 어느 곳에서도 이와같은 유례를 보지못하기 때문에 그 가치를 높게 인정받고 있다.

이와같은 동굴퇴적물의 발달은 대략 다음과 같은 조건들이 관계되고 있다.

첫째 이 협재굴(挾才窟)은 제주도(濟州島)의 북서해안(北西海岸)에 가까운 곳에 입지하고 있다는 점이다.

둘째 이 북서해안은 동계에 북서계정풍(北西季節風)이 탁월하여 이 때문에 해변의 모래가 육지로 연적되고 있다는 점이다.

셋째 이 북서해안은 지체구조상 연안사주의 발달이 활발하게 넓게

전개되고 있다는 점이다.

넷째 협재동굴굴계들은 유동성 큰 표선리현무암층(表善里玄武岩層)에서 형성되었으므로 그 지각의 두께가 얇아서 동굴천정이 붕락되거나 함몰되기 쉬운 지질구조를 지니고 있다는 점이다.

다섯째 협재굴(挾才窟)에서 해안선(海岸線)까지는 낮은 저지대의 지형을 이루고 있어 북서풍이 그대로 패사(貝砂)를 풍적하기에 유리한 지형을 이루고 있다는 점이다.

이상과 같은 몇가지 지리적 원인때문에 탁월한 북서풍과 더불어 날려온 해사(海砂)와 패사들은 그대로 협재굴의 지표면을 피복하게 되었는데 이 협재굴의 천정간의 지각두께가 얇아서 그대로 석회질의 패사는 용해되어 동굴내로 침투되게 된 것이다. 따라서 동굴의 천정에서는 패사가 용해된 석회질 중유를 성장시켰고 동굴내바닥에 떨어진 용해수적은 이른바 석순을 성장시키게 된 것이다.

용암동굴속에 맺여진 석회질(石灰質)의 동굴퇴적물의 존재와 발달성장은 아직 그 어느나라에서도 발표된 바 없는 희구한 존재이다.

(2) 동굴지대의 특수지형(特殊地物)

협재굴지대는 특수한 동굴의 지형지물(地形地物)이 존재하고 있다. 즉 석회질중유와 석회질석순의 발달과 그밖에 수많은 절리현상과 규산화(珪酸華)와 파랑상흔적등이다. 물론 이 동굴지대에는 용암동굴의 갖가지 지형지물의 대부분이 있으나 세계적인 것으로는 용암중유의 부존이다.

황금굴(黃金窟)의 지굴속에 따로 발달하고 있는데 이 용암중유의 크기는 5cm내외가 보통인 것이다. 이들은 그 대부분이 동굴천정면에서 동굴속으로 뻗어내린 소나무의 근모(根毛)줄기를 따라 성장한 것이 보

통이고 나머지는 균열(均裂)이나 절리면(節理面)을 다라 발달하고 있다.

이협재동굴의 소천굴(昭天窟), 그리고 쌍용굴(雙龍窟)에는 많은 절리(節理)가 나타나고 있는데 이는 지중(地中)의 마그마가 지하 깊은 곳으로부터 지상으로 분출되어 용암이 될때에 이때 용암중의 개스는 고압에서 벗어나 용암중의 기포(氣泡)가 집결되어 공동(空洞)을 형성할때에 동굴의 천정과 벽면에 주상절리형상이 나타나는 것으로 발표되고 있다. 그리고 절리현상이 나타나는 것은 개스가 집결된 공동부의 용암과 수증기의 온도차가 크기 때문에 이와같은 현상이 나타난다고 분석되고 있다.

그리고 쌍용굴과 협재굴벽면에서 약간 나타나는 동굴벽면의 파랑상흔적은 이 공동이 연결되어 기류이동이 일어났을때에 그 기류(氣流)의 방향으로 벽면의 용암체가 냉각고결되기 때문에 나타나는 현상이다. 이 파랑상흔적은 만장굴(萬丈窟)에서 매우 화려하게 나타나 마치 궁전(宮殿)의 벽면(壁面)을 연상케 하는 무늬를 보여주고 있다.

이밖에 협재동굴지중 황금굴(黃金窟)의 지굴속에는 규산화현상을 많이 볼수 있다. 이 현상은 세계적으로 매우 희귀한 것인데 황금굴 이외에도 쌍룡굴에서도 곳곳에 산재하고 있음을 보게 된다. 규산화(珪酸華)는 용암중에서 기화된 수증기를 주체로 하는 개스가 규산을 용해시키고 있는데 이 중에서 수증기만이 증발하고 규산이나 식염이 남게되어 이것이 고체화되어 동굴의 천정면에 황색 또는 백색, 황갈색으로 변색하여 점착하고 있다. 즉 개스가 동굴내에 토출되면서 순식간에 냉각될때 용암의 표면에 규산(珪酸)이 부착되는 것이다.

이때 색조(色調)는 백색 또는 황갈색으로 나타나는 것이 통상인데

비결정질물질이나 이것을 분석하면 알루미늄의 함유량이 많으면 많을수록 이 규산화는 그 고결도 높고 적으면 적을수록 고결성인 낮아 오히려 같은 현상을 이루게 된다. 만장굴(萬丈窟) 상단부에서 발견된 규산화(珪酸華)는 무거운 토상(土狀)을 이루고 있었는데 이 황금굴(黃金窟)의 천정면에서 본 규산화(珪酸華)는 굳게 부착되고 있었다. 즉 용암층사이에 개스가 토출되었을 때에 냉각되어 분말되어 이것이 오랜 세월을 거치는 동안 점차로 천정지층의 균열과 귀열 그리고 절리면을 따라 침투되어 천정면에 부착된 것이다.

(3) 지물(地物)

지물이란 동굴속에서 형성된 고형물체(固形物體)를 가리킨다.

미지형과 구분하기 애매하나 대체로 동굴의 벽면, 천정, 바닥에서 뚜렷하게 따로 생성된 물체를 지물로 규정한다.

이 지물(地物)에는 용암석주(熔岩石柱) 용암주석(熔岩柱石) 용암교(熔岩橋, Lava bridges) 용암구(熔岩球, Lava bridge) 용암종유(熔岩鍾乳, Lava stractites) 용암석순(熔岩石筍, Lava stragmite) 개스볼(Gass ball) 규산화(珪酸華) 분출종유(噴出鍾乳) 규산종유(珪酸鍾乳, Silica) stractites) 규산주(珪酸柱) 용암수형(熔岩樹型, Lava tree mold) 등이 이에 속한다.

그러나 이 동굴지대에서 찾아볼 수 있는 지물로는 용암종유, 용암주, 규산종유, 용암석순, 분출종유, 규산종유등을 볼수 있다. 흘러내려오던 용암류는 점성(粘性)이 높은 것이었던것이 그후 점성이 낮은 용암류가 흘러나오면서 이 용암구를 남겨놓게 된 특수한 지물이다.

용암종유(Lava stractites)

용암종유는 이 협재굴지대에서 뿐만아니라 제주도의 모든 동굴속에서 볼수 있다. 그러나 이 용암종유는 그 동굴의 환경과 용암층이 성분및 상태에 따라서 갖가지 모양으로 나타나고 있다.

이지역의 동굴속에서 볼수있는 일반적인 용암종유는 보통 동굴의 천정면과 동굴의 벽면등지에 생성된 소규모의 종유로 그 길이는 겨우 2cm내외가 보통이다 대체로 용암의 물방울의 점성이 크고 동굴내에 수증기(水蒸氣)가 많을때에 용암종유는 비교적 길게 나타난다. 물론 이와 같은 용암종유는 석회동굴의 종유와는 달리 화산활동(火山活動)으로 용

암이 흘러내리면서 동굴이 형성되어가고 있을때에 마지막단계인 냉각기에 형성될 말이고 그이후에는 자라지 않는 1차적인 생성물이다. 이 동굴지역에서는 끝머리에 규산(珪酸)이 부착발달되는 경우가 많다.

규산중유(珪酸鍾乳, Silica Statactutes)

모든 동굴속에 흔히 볼수있는 것으로 규산중유를 들수있다. 이 규산중유는 주로 벽면보다 동굴의 천정(天井)에서 발달되고 있는데 어떻게 보면 석회질의 2차퇴적물과 혼돈하기 쉽다.

즉 협재굴(挾才窟)이나 황금굴(黃金窟)에서 볼수있는 석회질중유(石灰質鍾乳)는 동굴이 형성된 다음에 나중에 지표면에 깔려있는 조개류의 석회성분이 동굴속에 스며들어 2차적으로 퇴적되어 형성되는것이다. 규산중유는 용암층이 동굴을 형성하고있을때 냉각되면서 분말이되어 생성되는 경우가 원칙이다 따라서 석회질중유보다. 규산중유의 형성시기는 용암층의 냉각시기에 생성되므로 그 생성이 짧고 일단 생성된 이후에는 계속 성장이 용이하지 않는것이 원칙이다. 보통이 규산중유의 크기는 3~5cm내외이나 용암중유끝머리에 부착되고 있다.

규산화(珪酸華)

이 협재동굴 지대의 모든 동굴에서 흔히 볼수있는 현상으로 다른 제주도내의 동굴에서도 많이 나타난다. 규산화는 용암중의 기화(氣化)된 수증기를 주체로 하고있는 개스속에 녹여 내포시키고 있던 규산(珪酸)과 식염(食鹽)들이 고체화(固體化)되어 동굴벽면에 남아있는 것이다.

규산화는 규사질의 고체로된 백색 또는 누렁빛의 분말가루등이 벽면

에 부착되고있어 때로는 동굴의 벽면을 화려하게 무늬를 이루거나 그림을 이루게 하고있는 경우도 있다 이때 벽면위에서 밑으로 폭포가 흘러내리는 모양으로 부착되고 있는 것을 흔히 규산화폭포(珪酸華瀑布)라고 부른다.

이 규산화는 비결정(非結晶)물질로 이성분에는 알미늄이 많이 함유되고 있는데 알미늄의 함유량이 많으면 많을 수록 규산화는 굳게 고착되고 있음을 보게된다.

용암주(熔岩柱)

용암주란 용암종유와 석순이 연결되어 이루어진 석주(石柱)를 가리킨다. 이 용암주는 원래 용암동굴의 측벽(側壁)의 밑부분에서 형성되고 있는데 용암종유의 경우와 같이 용암층(熔岩層)이 동굴을 형성할때 마지막 단계인 냉각기에 형성된다.

이 용암주는 대개의 경우 10cm로 넘지 아니하며 그 수효도 매우 적다. 빌레못동굴속에서는 가지굴에 올라가는 용암선반위에서 몇개소 발견되었을 뿐이다.

한편 세계제1가는 만장굴속에 있는 용암주는 실로 높이가 7.9 m에 달하고있는데 이 용암주는 윗층의 동굴속에 흘러들어온 2차적인 용암류(熔岩流)가 붕괴된 천정부분의 구멍으로 아랫층 동굴로 흘러내린 용암류가 그대로 냉각되어 굳어버려 이른바 용암의 기둥을 이룬것인데 이와같은 경우의 용암주는 매우 귀하다.

용암구(熔岩球, Lava ball)

용암구란 동구의 천정이나 벽면에서 낙반되거나 허물어진 암석(岩石)의 덩어리가 떨어진 그자리에 그대로 쌓여 있는것이 아니고 아직도 흘러내려가고 있는 용암류의 흐름에 의하여 동굴의 아랫쪽으로 흘러내려가다가 멈추어진 상태로 남아있는 암괴(岩塊)를 가리킨다.

사실상 이 용암구의 앞쪽밀에는 그대로 바닥을 밀면서 흘러내려가다가 멈추어진 상태가 남아있는것을 증명해주는 동굴의 바닥상태를 보고 판단한다.

용암석순(熔岩石筍)

용암석순이란 용암중유(熔岩鍾乳)가 동굴천정이나 동굴벽면의 윗쪽에서 밑으로 점적(點滴)되어 그 동굴바닥면에 이루어지는 석순(石筍)과같은 우뚝쑥은 지물로 보통 10~15cm내외라는것이 발견되어지고 있다. 이것은 용암이 냉각되면서 굳어져 석순을 이룩하는것이므로 그 냉각기간이 길지않기 때문에 비교적 크게 자라지 못하는 것이다. 물론 용암의 점성(粘性)과도 크게 관계되고 있다.

소천굴속에는 그 규모는 크지 아니하나 동굴내부 상층동굴에서 볼수 있다.

분출중유(噴出鍾乳)

분출중유란 용암중유의 일종으로 이 빌레못동굴을 비롯하여 다른 몇개의 동굴에서 볼수 있는 지물(地物)이다.

이 분출중유는 동굴의 천정이나 벽면에 매달려 생성된 지물로 개스

불과 비슷한 성분을 지닌다.

검은색을 이루고 있는 이 분출종유는 용암층의 성분이 점성(粘性)의 정도에 따라 그 길이가 달라나타나고 있는데 다른 용암종유들보다는 이색적인 형태와 성분을 지니고 있다. 소천굴내부에서 볼수있다.

(4) 미지형(微地形)

미지형(微地形)이란 동굴내부에서 찾아보는 소규모의 지형(地形)들로 이 동굴들속에서는 세계적인 길이를 자랑하고있는 대규모의 동굴시스템임에도 그속의 미지형은 다양(多樣)하지못한 편이라 하겠다.

미지형에는 다시 일반지형과 특수(特殊)지형으로 세분된다. 일반지형이란 다른 동굴속에서도 흔히 볼수 있고 그 규모도나 형태도 특이하지 못한것을 가리키며 특수지형이란 이색적(異色的)이고 특이(特異)한 형태나 경관(景觀)을 이루고 있는것을 말한다. 또한 그 규모가 큰것도 이에 해당한다.

대체로 미지형은 화산작용(火山作用)에 의하여 용암류(熔岩流)가 지표에서 흘러가며 용암동굴을 형성하고 있을때 그 동굴내부에서 부분적으로 용암이 흘러내리면서 형성된 세부지형으로 일단 용암이 냉각되고 동굴과 그지형지물(地形地物)이 형성되었을때 그대로 모든것은 일단 형성과정이 끝을 맺고만다.

따라서 2차적인 동굴형성때에 같은시기에 동굴속의 지형과 지물도 그 생성과정이 끝나고마는것이 화산동굴(火山洞窟)의 특성인 것이다.

물론 때로는 일단 동굴이 형성된 이후에 지표면이나 그밖에 지각(地殼)내부의 지층(地層)중의 이질적(異質的)인 성분(成分)에 의하거나 화학적인 작용에 의하여 2차적으로 동굴속에서 새로 형성또는 생성되는 지

형지물이 있을수도 있다.

예를들면 규산화(珪酸華)나 규산중유(珪酸鍾乳)같은 지물들은 2차적인 퇴적물 또는 생성물이라 할수있다.

사실상 이 동굴지대의 동굴속에서 볼수있는 미지형및 지물들은 이와 같은 1차생성물과 2차생성물의 두가지로 구별된다.

이제 이 동굴대의 동굴속에서 확인되고 있는 지형지물들의 대표적인 것들을 열거한다면 다음과 같다.

즉 미지형으로 용암선반(熔岩棚, Lava shelf), 수평천정(水平天井—Horizontal ceiling) 용암주석(熔岩柱石, Lava rock supan), 니치(Nitch) 와 노치(Notch)그리고 수직조흔(垂直條痕), 메안다트렌치(Meander trench), 찰흔(擦痕, Scarap) 용암폭포(Lava fall), 승상용암(Ropy Lava), 천정포켓(Ceiling pokets)과 벽면포켓(Wall pokeks)등을 들을수 있다.

대체로 빌레못동굴속에서 볼수있는 이들 미지형들은 용암주석을 제외하고는 그 모두가 소규모적인것이 특징이다. 이는 이 용암류(熔岩流)를 형성하고있는 현무암층(玄武岩層)이 시흥리(始興里)지층에 해당하고 있어 온도(溫度)도 낮고 점성(粘性)이 크기때문에 대규모의 지형이 이루어지지 않았다고 보겠다.

용암선반(Lava shelter)

용마류가 흘러내릴때 동굴의 바닥은 점차 낮아지게 되는데 이는 용암이 흘러내려가고 공급량이 줄게될때 동굴벽면에 남아있는 용암층의 일부이다. 물론 그 용암의 점성(粘性)이 클때에는 용암이 흘러워서 그대로 같이 흘러내려가기 마련이다. 즉 빌레못동굴을 형성한 용암층은 점성이 크기때문에 대규모의 홀퉁하고도 커다란 용암선반이 형성되지

않고 있는 것이다.

승상용암(繩狀熔岩, Ropy Lava)

원래 승상용암은 흔히 새끼모양의 용암류를 가리킨다. 보통 로피라바라 부른다.

이와같은 로피라바는 주로 동굴이 뚫고 있는 지표(地表)에서 나타나고 있는데 이 미지형의 관찰로 밑바닥동굴이 뚫힌 방향을 알수 있는 학술연구자료로 되고 있다.

이와같은 로피라바는 다른 용암류의 경우와같이 그 용암류의 성분, 농도, 점성, 혼합물질의 비중과 성질등에 따라 그 규모가 크게나타나기도 하고 혹은 작게 나타나기도 한다. 즉 커다란 두피이의 로피라바와 섬세한 로피라바의 두가지로 구분형성된다.

또한 보통 용암굴의 동굴시스템을 이루고 있는 경우에 이에속하는 용암굴이 도중에 함몰(陷沒)또는 그밖의 원인으로 절단되거나 차단되었을 경우에 이 지표면의 로피라바의 흘러내려간 방향과 흔적을 더듬어 소위 화산동굴시스템을 확인하게 되는 경우가 많다.

흔히 동굴속의 로피라바는 그 분출되어 흘러오는 용암류의 공급량 점성, 기타의 요인에 의하여 로피라바의 규모가 달라지고 있다.

튜브 인 튜브(Tube in tube)

미니동굴이라고도 부르는 튜브 인 튜브는 길이 270m에 달하는 길다란 미니동굴이 발견되고 있다.

튜브 인 튜브는 동굴속의 동굴바닥에 있는 작은 동굴인데 이는 2차

적으로 흘러내려오던 용암류(熔岩流)속에서 생긴것이다. 물론 계속 흘러 내려오는 용암류층(熔岩流層)이 단계적으로 성분이나 상태가 틀리는 경우 이때에도 튜브 인 튜브나 또는 용암교(熔岩橋)와 같은 동굴의미지형(微地形)을 형성시킨다.

현재까지 알려진바로는 소천굴(昭天窟)에 있는 튜브 인 튜브는 270m 이상되는거승로 추정되어 현재 세계제1가는 미니동굴로 알려지고 있다.

용암주석(熔岩柱石) (일명 용암주)

용암석주가아니고 용암류(熔岩流)가 흐러내려갈때에 그대로 남겨진 교각(橋脚)으로 남고 이 교각주위로 도올의 통로가 뚫려질때 또는 교각을 주석(柱石)이라한다 용암중유(熔岩鍾乳)나 용암석순(熔岩石筍)이 연결되어 이루어진것이 아니므로 용암주(熔岩柱)와 용암주석(熔岩柱石)은 구별된다.

찰흔(擦痕—Scarap)

화산동굴이 형성되고 그 동굴내부가 점차 냉각되어가고 있을때 도굴내에 만연된 수증기(水蒸氣)가 담뿍담긴 개스가 동굴속을 기류(氣流)따라 힘차게 흘러나아갈때 동굴의 벽면은 냉각되면서도 기류의 방향으로 비늘모양의 흔적을 벽면에 남기게 된다. 이와같은 벽면에 남아있는 기류의 이동방향의 스쳐지나간 흔적을 가리킨다.

아와같은 찰흔의 현상은 빌레못동굴속에서도 볼수있는데 다만 미로형(迷路型)의 지굴(支窟)이나 미로굴, 삼선굴에서는거의 희미하게 나타나고 거의가 직선적인 동굴초반과 중반에서 볼수있다.

용암폭포(熔岩瀑布, Lava fall)

이 용암폭포의미지형은 주로 두가지경우로 구분되는데 그 하나는 동굴의 벽면에서 볼수있는 선상과 또 하나는 동굴이 흘러내려가는 통로바닥에서 나타나는 현상이다.

즉 벽면에 나타나는 용암폭포는 주로동굴이 형성되고난다음 동굴의 벽면이 냉각되어가는 마지막단계에 동굴의 천정이나 벽면의 상층부에서 아직 냉각되지아니한 용암점액(熔岩粘液)과 용암수적(熔岩水滴)들이 동굴벽면의 골을따라 흘러내릴때 나타난다.

이때 그 점액과 수적들의 농도(濃度)와 성분(成分) 그리고 혼합물질(混合物質)에 따라 급격하게 흐러내리는경우와 서서히 흘러내리는 경우 등의 두가지경우가있다.

물론 점성(粘性)이 적은 경우에는 이른바 수직조흔의미지형으로 나타나게 되는것이나 점성이 극히 커다란 경우에는 동굴벽면따라 동굴바닥으로 방사선(放射線)모양의 용암폭포를 형성한다.

수직조흔(垂 條痕)

동굴의 벽면에서 볼수있는 현상으로 그 벽면의 뒷쪽에서 동굴바닥으로 곧바로 내려 흘러내린 흔적의 줄기를 가리킨다. 동굴이 형성되고 용암류가 계속 흘러내려서 동굴바닥이 침하하고 있을무렵 아직 냉각되지 아니한 동굴의 벽면에서 개스가 냉각되면서 생기는 수직적으로 흘러내린 자국이다. 소천굴의 가지굴속에서 많이 볼수 있다.

니치(Nitch) or 노치(Notch)

용암류가 흘러내려가면서 동굴의 벽면을 물리적(物理的)으로 패여 들어가는 깊숙한 지형으로 그 침식(侵蝕)깊이가 적을때에는 니치이라하고 1m이상의깊은 골이 패여들어가 있을때에는 노치라 부른다. 이 소천 동굴속에서는 동굴통로가 메안더링하면서 크게 구비치면서 흘러갈때 침식면(侵蝕面)의 동굴벽면에 이와같은 니치지형이 나타나고 있는데 그 규모는 매우 적게 나타난다.

메안다트렌치(Meander trench)

화산동굴속에서 용암류(熔岩流)가 흘러내려가면서 용암동굴의 벽면(壁面)을 깊게 패여들어가는 하방침식(下方侵蝕)의 작용으로 나타난 미지형으로 주로 구비치는 동굴통로(洞窟通路)의 침식벽면에 나타난다. 이 소천동굴에서는 규모는 매우 작게 나타나고 있으며 이것도 부분적으로 산재분포할 뿐이다.

천정포켓(Ceiling pokets)

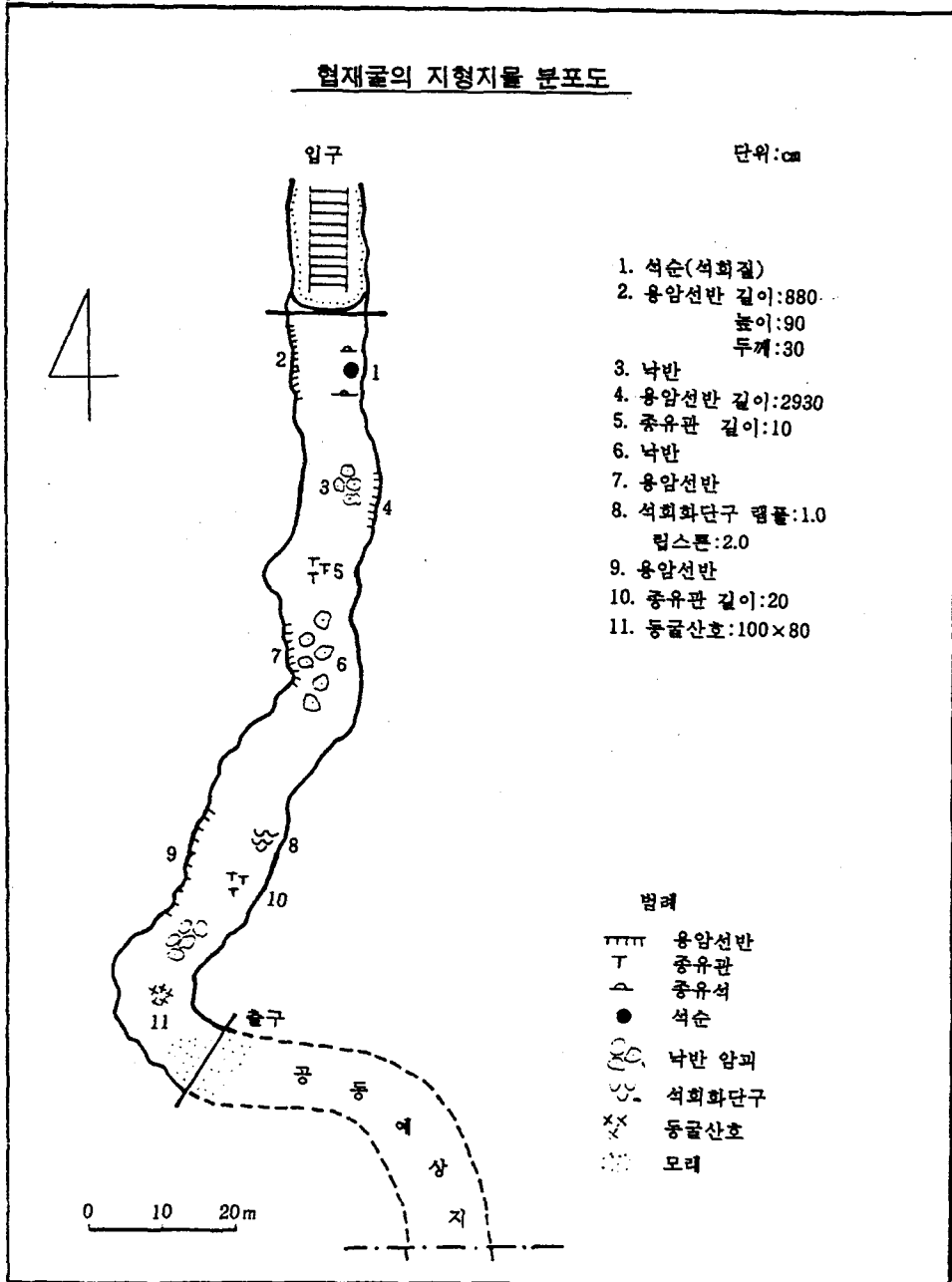
천정포켓이란 동굴의 천정면에 생기는 기포(氣泡)의 구멍으로 포켓 모양의 오목하게 천정속에 패여진 미지형이다.

소천굴속에는 초반지역과 중반지역에서 형성되는 공동(空洞)속의 동굴천정에서 나타난다.

이는 개스가 용암층속에 내포되었다가 동굴환경에 따라 발산되었을때 생기는 기포자리이다.

벽면포켓(Wall pokets)

벽면포켓은 동굴의 벽면에 형성된 기포가 들어있던 흔적으로 전술한 천정포켓이 형성된 원리와 같다. 역시 이지대의 동굴속 곳곳에서 볼수 있는 미지형이다.



5. 동굴별 지형경관(地形景觀)

(1) 협재굴(挾才窟)

가. 개요

북제주군 한림읍(翰林邑) 협재리에 있는 1971년 9월 30일 지정된 천연기념물(天然紀念物) 265호인 화산동굴이다.

이 동굴이 있는 한림일대에는 수 많은 동굴들이 있다.

특히 비양도(飛揚島)를 바라보는 바닷가 부근에 협재굴을 비롯하여 소천굴(昭天窟)· 초깃굴· 황금굴(黃金窟)· 쌍용굴(雙龍窟)· 재암천굴(財岩泉窟) 등의 크고 작은 굴들이 많이 흩어져 있어 이른바 협재리동굴지대를 형성하고 있다.

그중 협재동굴(挾才洞窟)동굴은 가장 잘 알려져 있고 총길이 99m밖에 안되고 있으나 쌍룡굴과 함께 관광 동굴로도 유명하지만 이 부근에서는 보통 중유석굴이라고도 불리어 왔다.

그것은 여기의 다른 동굴에서는 석회질의 중유석을 볼 수가 없는데 천정 곳곳에 석회질의 중유석들이 주렁주렁 매달려 있기 때문이다. 석회암 지대가 아닌 이 화산동굴 즉 용암굴에 석회질 중유석의 무리가 발달한 것은 다음과 같은 원인에 의한것이다. 이부근은 항상 북서 계절풍이 탁월한 지역이므로 바다모래가 날려와 퇴적되고 있는데 이때 많은 조개껍질이 패사(貝砂)가 섞여 그것이 우수(雨水)의 용식을 받아 땅 속 동굴 천정에 중유석의 무리를 발달시키게 하는 것이다.

굴의 길이는 99m, 해발 20m 지점에 있으며 동굴내는 높이 7-10m 넓이 12-13m의 통로가 계속된다.

마치 이 수평굴(水平窟)은 거칠거칠한 암벽을 이루고 있으나 옛날에 해침(海浸)을 받았던 흔적을 곳곳에서 볼수 있는 동굴이다. 굴 바닥은 거치른 암석으로 되어 있으며 천정에 발달되었던 수 많은 석회질 중유석의 무리들은 많은 사람의 눈길을 끌게한다. 굴 속 온도는 15°C로 여름철에는 밖의 영향으로 17°C까지 올라간다. 협재굴은 쌍룡굴의 아랫쪽에 해당하는 부분으로서 바닥면의 침하가 크며 협재굴과 쌍용굴 중간에 있는 제2협재굴도 가로쪽이 넓은데 쌍용굴과는 동굴내 경관이 다르다. 동굴내부에는 석회질(石灰質)의 중유와 석순이 발달하고 있는데 제2차 생성물인 이 퇴적물들은 용암동굴이기에 이색경관이 되고 있다. 물론 지표패사의 용식작용에 의한 것이다.

즉 협재굴(挾才窟)은 잘알려진 관광동굴로 유사 중유동굴(鍾乳洞窟)이라 일컬어질만치 석회질 이 많은 용암동굴이며, 다소 원상파괴가있었지만 아직도 용암동굴 형성체인 용암석순과 용암 중유석의 60%가 왕성한 피막현상(코오팅)을 받아 석회암동굴의 형태를 이루고 있으며, 천정절리(天井節理)를 따라 스며든 긴 석회질중유관의 발달을 보이고 있다.

동굴학적 측면에서 보면 만장굴(萬丈窟)과는 그 경관이 달라 이 동굴은 이차적으로 석회질의 중유관이나 중유석, 석순등이 자라고 있어 그 학술적가치가 매우 크다고 하겠다.

이 협재굴의 동굴방향은 남북방향이다. 그리고 그 밑으로는 즉 아랫쪽 해안(海岸)가로는 역시 남북방향으로 내려뻗고 있으며 재암천굴(財岩泉窟)그리고 무명굴로 이어진다.

이 협재굴의 위치는 비양도(飛揚島)를 바라보는 협재해수욕장에서 남쪽 한라산지로 약 1km 올라간곳이다. 해발 20~30m 높이에 달하는 형지에있는데 동굴의 지표면에는 이른바 로피라바라고 물리우는 새끼모양의 용암흐름이 노출되고 있음을 곳곳에 보게된다.

또한 동굴의 지각(地殼)의 두께가 2m도 못되고있어 곳곳에 동굴천정이 붕락되고 있음을 보게된다.

나. 동굴경관(洞窟景觀)

협재굴의 지형지물(地形地物)형은 대체로 그 발달이 미약하다. 물론 화산동굴 즉 용암동굴이기때문에 협재굴이 생성된 이후 부터는 그 지형(地形)과 지물들이 계속 붕괴되어가고 있는 현실이므로 원래 용암이 흘러내려 냉각되면서 형성되었던 이른바 초기의 용암중유관(熔岩鍾乳管) 용암중유석(熔岩鍾乳石) 그리고 용암석순(熔岩石筍)등은 점차 마모 또는 훼손되어가고 있다고 보아야 하겠다.

그러나 2차적으로 형성된 석회질의 중유관, 중유석 그리고 석순등은 곳곳에서 화려한 경관을 이루고있음을 보게된다.

협재굴의 입구는 단정하게 정리된 계단입구이다. 동굴내에 들어서면서 왼쪽 동굴바닥에는 석회질석순(石灰質石筍)이 발달성장하고있다 그 석순의 규모는 소규모라고 하겠으나 그 석질(石質)은 매우 양호하다. 그리고 소규모적인 것이라고 하겠으나 석회질(石灰質)의 석회화단구(石灰華段丘)현상도 느린 경사면을 따라 발달하고 있다.

물론 이 2차적인 동굴퇴적물들은 겨울동안 북서계절풍때문에 이 바람에 의하여 제주도의 서북해안의 조개껍질의 사토들이 육지부 즉 협재동굴지대에 날아와 지표면을 덮고있던것이 빗물에의하여 용해되어 그 석회질 용해수물방울이 이 동굴천정으로부터 스며들어 형성된 지형지물들인 것이다. 이들중에서 가장 많이 볼수 있는 동굴지형지물로는 용암중유는 물론이고 용암선반, 동굴산호, 석회질중유관, 석회질석순, 그밖에 미세하나마 석회질의 석회화단구지형들을 볼수 있다.

이밖에도 동굴벽면에는 개스가 스쳐지나간 찰흔(擦痕)을 비롯하여 벽면에서

볼수있는 개스분기공(噴氣孔) 석회화폭포(瀑布)등을 많이 보게된다.

실제로 협재굴 규모는겨우 100m밖에 안되는 화산동굴이나 계속되는 쌍룡굴과 함께 훌륭한 관광동굴로 되고있다.

곳곳에 흩어져있는 낙반(落磐)된 암괴(岩塊)들은 과거에 있었던 지진(地震)에 의한것 들인데 아직도 동굴바닥위에 그대로 남아있는 것이다.

(2) 쌍룡굴(雙龍窟)

가. 개요

쌍룡굴(雙龍窟)은 최근에 발견된 세계 제일가는 화산동굴(火山洞窟)시스템인 협재굴동굴계속에 속하는 동굴로 해발 30m 밖에 안되는 낮은 한림읍(翰林邑)의 협재리에 있다. 협재굴과 황금굴(黃金窟)과의 중간에 세갈래의 지굴을 이루면서 흘러내려 이룩된 화산동굴로 형성된 이후에 지표면의 폐사가 동굴속에 용해되면서 석회질 2차생성물을 나타나게 한 이색 동굴이다.

즉 이 쌍룡굴(雙龍窟)은 세가닥의 평행된 수평동굴(水平洞窟)로 이 동굴내에는 갖가지 화산동굴(火山洞窟)의 지형지물(地形地物)을 발달시키고 있다. 이곳도 그 동굴경관의 형성과정은 협재굴과 같으며 석회질의 용암중유는 물론이고 석회질(石灰質)이 발달하고 있다. 더구나 동굴벽면에는 폐사로 인한 석회질(石灰質) 용액으로 코오팅되어 있는 곳도 많고 용암동굴이 형성되어 갈때에 이루어진 용암선반(棚) 그밖에 늘어진 용암중유가 만발한 것을 보게 된다.

쌍룡굴 I(별명 정거덜굴)은 협재굴에서 매물분리된 굴로 약간 복잡한 구조를 나타내며 제1쌍룡굴, 제2쌍룡굴로 분리된다. 역시 폐사 용해에 의한 석회질의 발달과 석회질경관이 현저하며 협재굴에 비해 경관이 적다. 총연장 393m 이고 세가닥의 가지굴중 한줄기는 비공개로하여 자연보호구역으로 하고 있다.

나. 동굴경관

쌍룡굴의 지형적 경관특성은 협재굴에서 보는바와같은 석회질의 제2차생성물 특히 퇴적물들이 적다는 점이다

주로 동굴벽면에서 석회화폭포경관을 이루고있는 모습이 마치 절벽에서 흘러 내리는 폭포(乾瀑)의 경관이 곳곳에 나타나고 있다.

그리고 동굴천정면에 용꼬리, 용뿔통이라고 불리는 용암이 흘러내려가다가 냉각된것이 후세에 지진(地震)과 지동(地動)에의하여 지각층(地殼層)의 일부가 낙반되어 천정면에 지표면(地表面)에서 볼수있는 로피라바등의 일부가 천정에 남아있음이 엿보이기도 한다 세가닥의 가지굴은 그 옛날 용암류가 흘러내려 오고 있을 당시의 이지표면(地表面)의 지형이 복잡하였기때문이다

특히 지하(地下)의 교각(橋脚)으로 불리우고 있는 대암주(大岩柱)는 장관이다.

사실상 협재굴과 쌍룡굴과의 떨어져있는 간격거리는 60m밖에 안된다.

이 통로(通路)는 그 옛날 이 두개의 동굴이 계속이어져 있었던것이 땅표면의 지각(地殼)이 얇아서 이 동굴천정이 함몰되어 버려서 오늘의 동굴로 된것이다.

협재굴을 나와 이와같은 통로를 잠시 지나면 다시 계단을 내려와 쌍룡굴속으로 찾아든다.

이 동굴에 들어서면 석회질과 규산질의 코오팅된 동굴의 벽면의 경관이 나타난다. 물론 그 규모는 작으나 2차적인 석회질고드름이 맺혀있고 이들은 주상절리(柱狀節理)로 천정이 낙반되려는 듯한 경관이 곳곳에 전개된다.

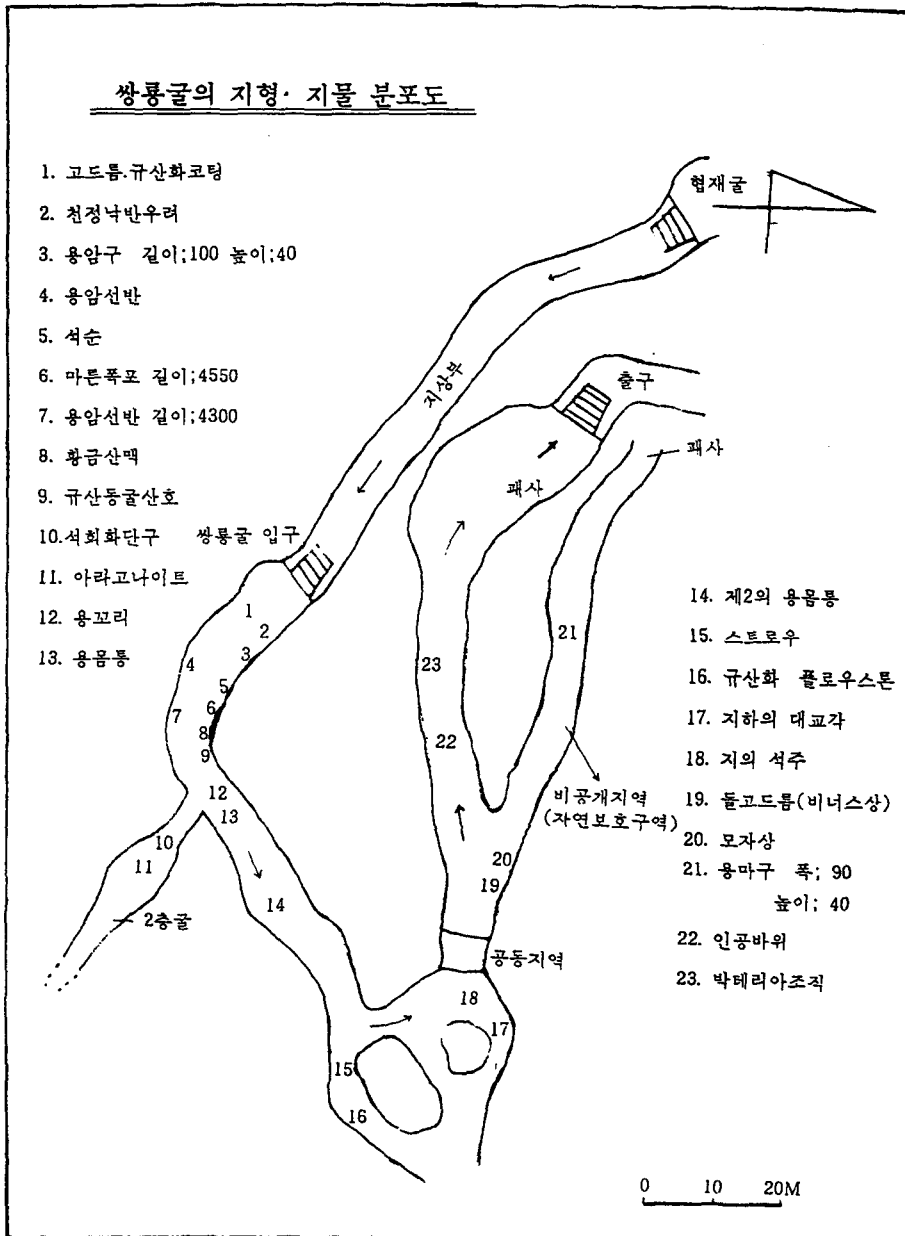
역시 용암이 냉각하면서 굳어져가고 있을때 지표면의 패사(貝砂)의 용해수가 방해석(方解石)성분의 결정이 동굴내부의 천정과 벽면을 장식하고 있다.

사실상 이 쌍룡굴의 지형지물의 분포상태를 보면 다양하다.

용암종유끝머리에 석회질로 코오팅된 현상을 비롯하여 길이 1m, 높이40m의 용암구(熔岩球) 동굴통로 양쪽벽밑에 길게 뻗고있는 용암선반(熔岩棚) 마른폭포등으로 불리는 석회화폭포(石灰華瀑布) 동굴산호등등이 계속 관찰할 수 있다.

이 밖에 2층굴속에서는 그 규모는 작으나 석회화단구면이 동굴벽에 느리게 발달하고 벽면에는 이른바 아라고나이트와 비슷한 작은 규산질서화가 성장하고 있다.

그리고 쌍룡굴의 상징적인 지형지물로 알려진 지하의 대교각(橋脚). 지(智)의 석주(石柱)라고 지칭하고있는 대규모의 암주(岩柱)를 보게된다.



(3) 재암천굴(財岩泉窟)

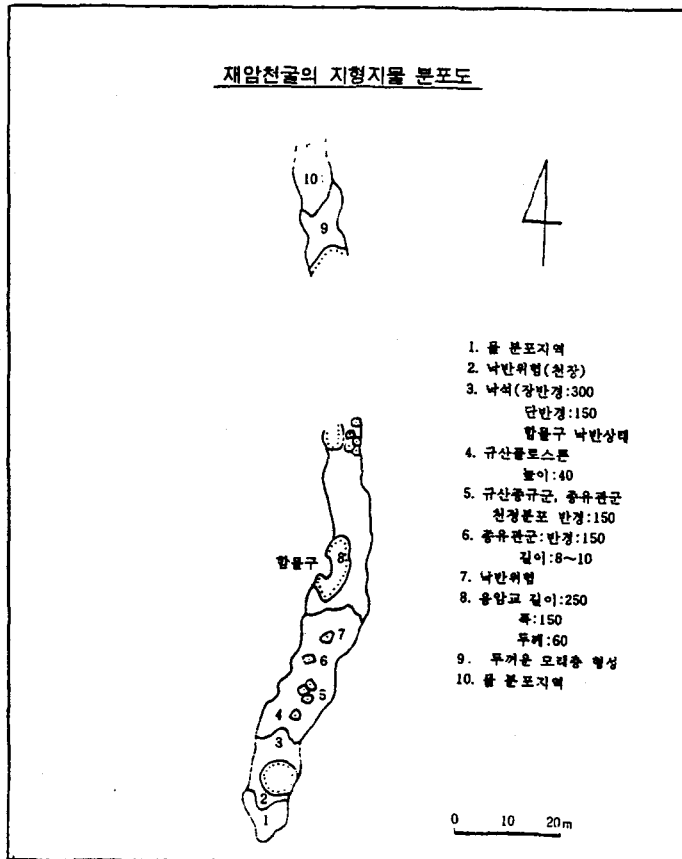
재암천굴은 협재굴을 중심한 한림공원(翰林公園)의 입구에서 동쪽에 있는 동굴이다.

즉 협재동굴 시스템에 속하는 동굴중의 하나로 협재굴의 동쪽밑으로 뻗어내리고 있는 동굴로 40m간격을 두고 있는데 제주도의 해안순환도로에 의하여 남북의 두 동굴로 갈라지고 있는데 남쪽의 동굴인 북굴은 그 길이가 겨우 20m에 불과하며 이것도 부분적으로 매몰되고 있는 현실이다.

이 북굴은 다시 공간지대인 매몰지대가 해안 즉 협재해수욕장(挾才海水浴場)으로 이어지고 있는데 재암천굴의 일부이기는 하나 샘이나 연못은 없는 동굴이다.

한편 재암천굴의 남쪽굴에 해당하는 동굴은 그 길이 96m에 달하는 동굴이나 역시 부분적으로 매몰되어가는 현상이다.

그러나 이 남쪽굴인 윗굴은 동굴속 윗쪽인 남쪽끝부분에 샘물이 솟아오르고 있어 이른바 동굴연못을 이루고 있다. 계절에 따라 깊이도 수면의 면적도 달라 나타나고 있으나 이 연못에는 옛부터 부근주민의 목욕터 또는 빨래터로 이용되어 왔다.



(4) 황금굴(黃金窟)

황금굴(黃金窟)은 협대리동굴지대에 속하는 화산동굴(火山洞窟)로 천연기념물 236호에 속하고 있다. 이 황금굴(黃金窟)은 협지리(挾才里) 남쪽 1km지점의 솔밭 속에 있으며 입구가 조개껍질의 패사(貝砂)로 묻혀 있던 것을 1969년 2월 주민들에 의해 발굴되었다.

해발 35m 지점에 있는 전장 180m, 너비 7-15m의 소규모 동굴로 입구에서 2m 수직으로 내려가면 동굴의 천정 높이 2m, 폭5m내외의 광장이 있고 이와 같은 규모의 동굴은 계속 100m이상이나 깊숙이 들어간다. 이굴의 통로는 다양하며 대개 두 갈래의 지굴(支窟)로 되어있고 그 내부의 보존상태가 좋아 학술적 가치가 크다. 굴속의 온도(溫度)는 16°C (8월)이고 이 굴은 그 위치나 통로의 방향등으로 보아 협재굴(挾才窟)과 쌍용굴(雙龍窟)등과 연결된 것이 확실하다.

천정면에 무수히 달려있는 종유석(鍾乳石)은 옆의 것과 서로 연결되어 흡사 커터틴 모양이며 많이 발달한 곳에서는 1㎡에 100여개나 몰려있고 긴것은 130cm, 작은것은 30-40cm이며, 그 주변에는 아직도 현무암(玄武岩)이 겹겹이 나타나있기도 하다. 천정에서 낙하된 패사(貝砂) 용해수는 바다에서 패사와 함께 건화되어 잉크병 같은 오목 오목한 구멍으로 파여지고 표면이 피복되어 신비감을 더해주고 있다. 또한 안쪽에는 석회화단구같은 미지형, 소규모의 용암석순(熔岩石筍), 동굴진주(洞窟眞珠) 같은 석회질의 형성물체들이 많다. 그 입구가 메물 봉쇄되어 있으므로 내부의 원형보전이 양호하여 세계적인 희귀가치를 지니고 있다.

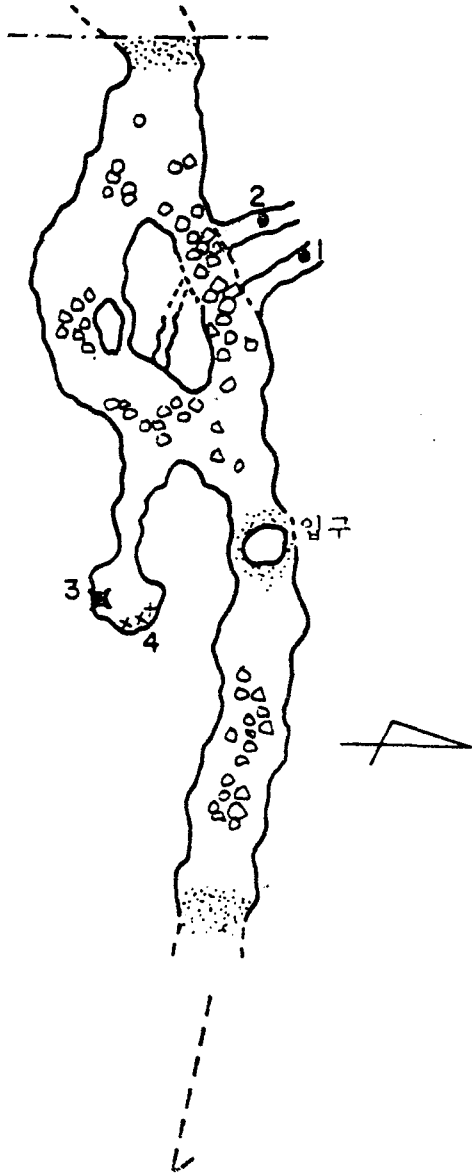
동굴이 형성된 이후에 많은 낙석과 낙반이 있었던 것이 뚜렷하며 동굴내부에는 곳곳에 넓은 海砂의 존재를 수 있음은 몇차례의 해침(海浸)이 있었음을 알 수 있다. 동굴내의 거의 전 지역이 황금색(黃金色)의 석회질(石灰質)의 패사용액으로 코오팅되어 있으며 국수발 같이 내려뻗고 있는 수 많은 석회질의 중유(鍾乳)와 근모(根毛)가 코오팅된 중유석 및 중유관들이 이른바 중유숲을 이루고 있다. 특히 지굴에는 황금색 용암중유가 길이 78cm에 달하여 세계에서 희귀한 특수중유가 발달하고 있는데 각종 중유석, 석순, 석주, 석회화단구, 중유관들이 각양각색으로 발달하고 있어 참으로 화산동굴속에서 석회동굴의 2차생성물을 그대로 볼 수 있는 종합전시장(綜合展示場)이라 하겠다.

그리고 동굴의 생성구조도 세계적으로 보기드문 지하궁전을 이루는 생성과정의 화산동굴이다 그밖에 용암선반(熔岩棚)을 비롯한 화산동굴의 1차생성물과 패사와 이의 용해에 의한 2차생성물이나 퇴적물들의 갖가지 표본 지형지물을 한눈으로 볼 수 있는 동굴이다.

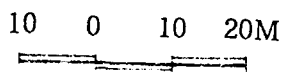
동굴 입구의 봉로 외부와의 유통이 적은 관계로 동물상(動物相)은 매우 빈약하여 3목 4종의 동물이 입구좌측 돌담부근에서 발견되었을 뿐이다.

거의 완벽하리만치 현형보존이 잘 되고 있으나 석회질 용암 중유관(鍾乳管)은 매우 연약하나 세계에서 유례없는 희귀적 존재이므로 학술적 가치가 큰 동굴이다.

황금굴



- 1. 용암중유
- 2. 용암중유
- 3. 전복화석
- 4. 규산화



(5) 한림굴(翰林窟) (새동굴)

이 한림굴은 새로이 이름지어진 동굴이다.

황금굴의 남쪽 즉 윗쪽으로 계속되고 있는 협재용암동굴 시스템에 속하는 동굴의 하나로 여태까지는 그 동굴내부 경관에대한 기록발표가 없었던 새로운 동굴이다.

즉 쓰레기버리는 장소로 동굴의 입구가 사용되어 왔었기때문에 이동굴은 이름조차 없이 방치되어온 동굴이다.

이 동굴의 총연장은 약220m의 동굴로 협재리에서는 한라산쪽인 남쪽으로 올라가는 도로변에 있다. 대체로 옆으로 길다란 □형의 폐쇄형동굴로 이른바 중형동굴에 속한다.

즉 함몰구가 입구로 되어있는데 이 함몰구는 깊이 1.5~ 2m의 웅덩이로 되어있다.

8m내외의 원형광장으로 입구부터가 24 °의 경사면을 내려간다.

동굴초입부터 곳곳에 낙반된 암괴가 산재하고 있으며 대체로 입구로 부터 20m쯤 들어서면 경사면의 각도는 16~18 °로 되는 동굴통로이다.

입구에서 30m쯤 북으로 진입하면 동굴의 통로는 서쪽으로 방향이 바뀌지면서 계속된 낙반암석과 암괴가 통로의 경사는 느려진다.

여러차례의 지진현상이 있었음을 말해주는 낙반형상이 많으며 특히 동굴내부 깊숙히 들어선곳에서는 동굴통로도 6~ 8 °의 경사로 되고있다.

이 동굴속 80m부근일대에는 둘레 6m높이 60m의 커다란 용암구(熔岩球)가 있으며 이 부근 동굴속에는 종암종유의 무리와 종유관들이 곳곳에 분포되고 있다.

한편 동굴속 100m지점부터는 모래사장이 넓게 동굴바닥에 깔려있는데 특히

서쪽 끝머리 지점에는 두군데의 함몰부가 나타나고 있다.

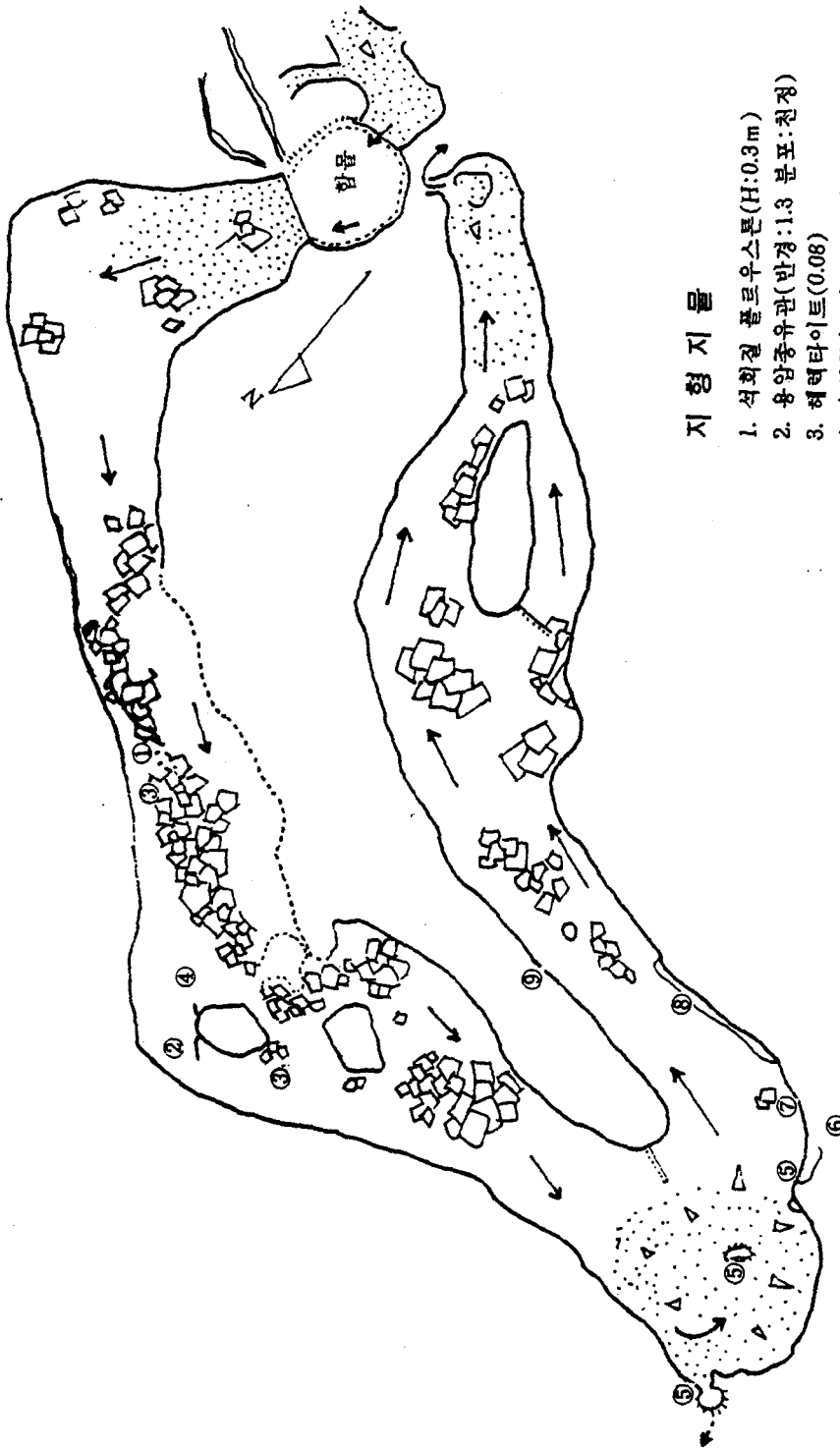
특히 끝머리 함몰구는 사람이 겨우 빠져 나아갈수 있는 직경1m내외의 의 개스 분기공(噴氣孔)이있는데 이곳으로 나아가면 바로 북쪽에 황금골의 들담이 둘러 있다.

그리고 이 끝머리광장 한가운데에 있는 함몰구도 있으나 들담에의하여 확장 함몰을 방지하고있다.

이 끝머리 광장에서 동굴의 통로는 4~ 5 °의 거의 수평면에 가까운 경사를 이루면서 동쪽으로 뻗고 있는데 동굴입구에서 200m가까운 지점에 이르기까지 계속 낙반의 압괴가 산재하고 있다.

이 동굴속은 낙반이 많아 불안감을 주고있는 동굴이며 더구나 계속 낙반의 우려성도 많은 동굴이므로 폐쇄해두는것이 바람직스럽다.

이른바 동굴생물들은 나방이나 특틀이나 곳곳에서 발견되고 있을뿐인데 건조한 동굴환경과 모래바닥 그리고 낙반압괴가 특징지우고 있는 동굴이다.



지형지물

1. 석회질 플르우스톤(H:0.3m)
2. 용암중유관(반경:1.3 분포:친정)
3. 헤리티이트(0.08)
4. 용암구(둘레:6.0 높이 :1.3)
5. 함몰구에 돌담(높이:0.5 넓이:0.6)
6. 용암중유관(평균:0.08 최장:0.15)
7. 낙반위험(친정)
8. 용암선반(길이:12.0)
9. 동굴산호(벽면반경 약 10m)

—9—6—30 3 6 0 m

축척 1 : 300

(6) 초기와굴(큰초기와굴과 작은초기와굴)

이 초기와굴은 초깃굴로도 불리운다. 큰굴과 작은굴로 구분되고 있다.

가. 큰 초기와굴

제주도 북제주군 한경면(翰京面) 월령리(月令里)에 있는 화산동굴로 길이 1,289m 해발고도 50m지점에 있다. 역시 신생대(新生代) 제 4기 분출된 표선리 현무암층에 속하고 있어 가느다란 다공질(多孔質)의 현무암층에 발달하고 있다.

동굴(洞窟)의 입구는 두곳이 있는데 이곳은 개스의 분기공(噴氣孔)이었던곳으로 인공적으로 만든 구멍이 여러개소 있다. 이는 동굴내부에서 양송이 재배하기 위한 것이었다. 동굴내의 기상(氣象)과 생물(生物)에는 다른 동굴에 비하여 변화가 적고 특징이 없는데 역시 外界와의 유통이 잘되고 있기 때문이라 하겠다. 동굴이 입구에서 안쪽으로 들어가면서 洞窟은 점차 미로형으로 되며 곳곳에 많은 암석(岩石)과 암괴(岩塊)를 산재시킨다. 용암석순이나 용암중유는 거의 오손되고 있으나 용암선반이나 그 밖의 용암동굴 지형은 곳곳에 발달되고 있다. 비교적 넓은 동굴통로로 되며 천정의 높이도 3~5m에 달하고 넓이도 5~7m에 달하는 곳이 많다.

동굴의 기온(氣溫)은 16°C(8월), 습도(濕度) 90%(8월)이고 동굴생물(洞窟生物)은 제주관박쥐 이외에 곱등이, 나방, 거미 등등의 외래성 동굴생물이 서식하고 있다.

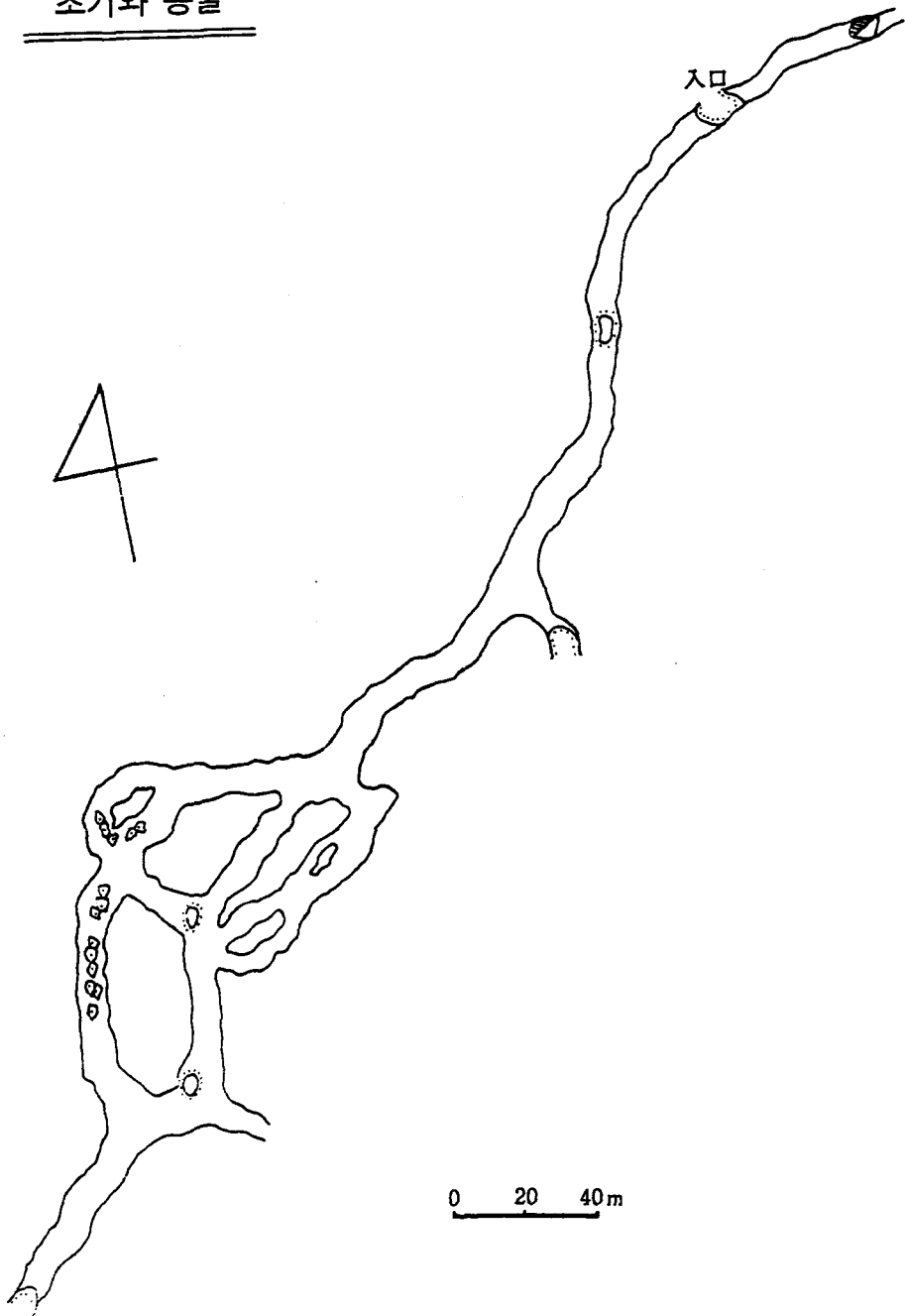
나. 작은초기외굴

북제주군 한림읍 협재리에 위치한 국유지(國有地)에 위치하고 있다. 높이는 3.5m 이고 폭 4m로 전장이 1.3km이며 동굴의 형태는 갈라진 쌍굴로 수평동굴로 미지형의 발달은 미약하고 석순이 있는 정도이다.

한림읍 협재리(翰林邑 挾才里)에서 1.5km에 위치하고 있고 가까운 곳에 쌍용굴이 있다. 주변은 소나무밭과 농경지로 되어 있고 내부바닥은 모래로 덮여 있고 입구에서 100m 이상되는 지점에 지표로 통하는 직경2.5m정도의 천장구멍이 있으며 보존상은 내부는 대체로 원형보존이 잘되어 있고 입구쪽에는 외부와 더불어 양송이(초기) 재배로 인해 약간 훼손되었다.

과거에 동굴내부에 초기(버섯)를 많이 재배하였다고 하나 현재는 재배하지 않고 있으며 타동굴에 비해서 그 구조의 다양함과 형태의 특이성으로 인한 전문적 정밀학술조사에 의한 가치보존이 요구된다.

초기와 동굴



(7) 소천굴(昭天窟)

협재동굴시스템중에서 가장 산지중복에 있는 이 대형 화산동굴은 제주도 북제주군 한림읍 협재리에 있는 천연기념물(天然記念物) 제 236호로 지정되어 있는 용암동굴이다.

한라산 북서면의 해발 150m저점에 위치하고 있는 본 동굴은 총길이 2,980m로서 우리나라의 화산동굴(火山洞窟) 중 제 4위를 기록하고 있다. 지질은 표선리현무암굴(表善里玄武岩窟)에 속한다. 이 굴입구에는 양치류(羊齒類)가 서식하고 있어 학술적 가치가 높이 인정되고 있다. 동굴의 입구는 가스의 분출(噴出)에 의하여 2개의 분출구(噴出口)로 되어 있으며, 제1분출구와, 제2분출구 사이에는 경사면 지층이 개재되어 있는데, 동굴 바닥면 용암의 유동 침하가 심한 곳이다. 측벽부는 다른 동굴보다 매우 변화가 많으며, 이들 동굴 사이에는 7개의 공동(空洞)을 형성하고 있다.

본 동굴은 온도가 높고, 습도가 높아서 박쥐가 많이 서식하고있다. 곳곳에 잔존하고 있는 용암봉에는 규산화가 많이 나타나며, 다섯번째의 공동부에는 새끼줄 모양의 넓은 용암(Ropy Lava) 바닥이 발달하고 있다. 제2분출구보다 더 안쪽은 점차 바닥면의 경사가 줄어들기 때문에 측벽부터의 변화도 단조로워진다.

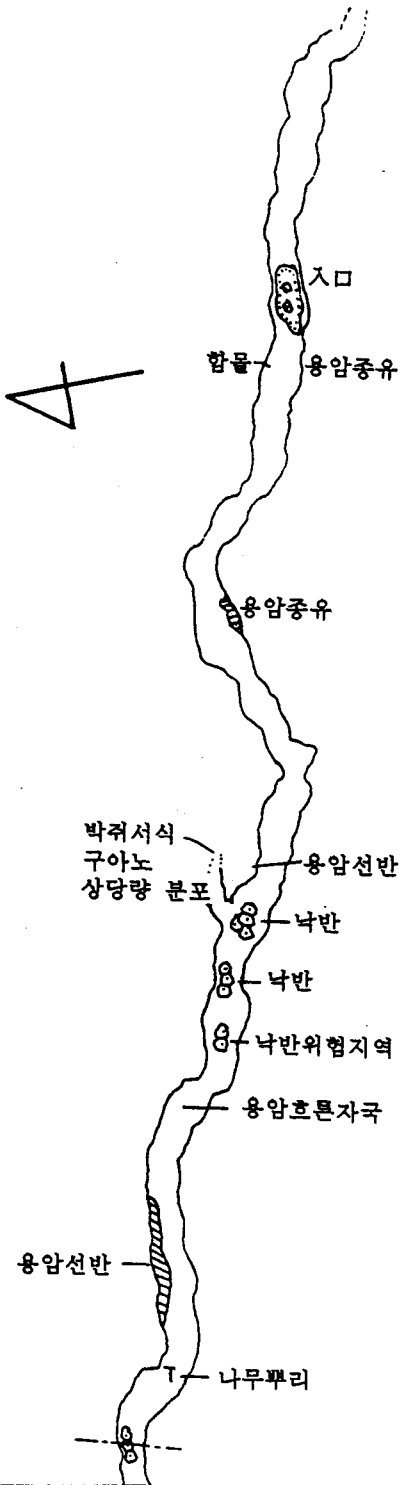
오른쪽 지굴은 위로부터 16개의 양치류(羊齒類)가 부성하고 그 동굴지형이 특수하여 천연기념물로 지정되고 있다. 더구나 제1분출구와 제2분출구 사이에는 용암 가 낙하되어 그 일부가 용암봉(熔岩棚)으로 남아 있다. 이 용암봉은 그 길이가 매우 길며 그 지형도매우 뚜렷하게 남아있어 이름났다. 더구나 이 동굴의 윗 지굴(支窟)에 계속된 길이 240m 이상에 달하는 튜브 인 튜브 즉 미니동굴은 현재까지 알려진 것 중에서는 가장 세계에서 길다란 미니동굴이다.

그리고 이 튜브 인 튜브의 천정부가 갈라져서 이루어진 코핀(Coffin)이라고 하는 지형도 세계에서 보기드문 희귀한 것이다.

즉 이 미니동굴은 전장 720m에 달하는 동굴속의 튜브동굴로 정상부에는 코핀현상을 뚜렷하게 나타나고 있는데 이는 세계최장이고 매우 희귀한 화산동굴 지형이 발견되고 있다. 이 밖에 이 소천굴(昭天窟)에서 규산화지구가 발견되었는데 동굴의 생성과정연구에 도움되는 귀한 자료가 되고 있다. 또한 해발이 높은 소천굴내부 승부지역에서 사토층이 발견되고 있어 해침되었던 과거를 판단케하는 자료가 되고 있는 귀한 동굴이다. 그리고 현재까지 측량된 것 이외에도 많은 지굴이 발견되고 있어 앞으로 그 길이가 더욱 더 연장될 가능성이 있는 동굴이다.

소천굴은 N65 ° E방향의 구조선에 따라 형성되며 3개의 굴로 나누거나 대체로 같은 방향으로 사행(蛇行)된다. 제1굴은 동향의 짙막한 굴로 망오름에 의해 막히고, 제2굴은 약간 서북향으로 기울어 제2함몰구를 향해 뻗으며 길이는 350m정도이고, 동굴 천정면에 생긴 온갖 동굴경관을 보여주고 있다. 제3굴은 양치류식물이 만발하고 있는 제2함몰구부터 서방으로 약 2,500m나 달리는 웅대하고 규모가 큰 주굴(主窟)로 그 막장은 패사(貝砂)로 막히거나 이곳을 계속 조사한다면 상당히 복잡한 굴이 전개될 것으로 추측된다. 본 굴은 총연장 12,930m의 거대한 동굴로 제2의 만장굴(萬丈窟)이라 일컫릴만치 웅장하며 용암봉 용암석주, 용암석순(熔岩棚 熔岩石柱,熔岩石筍)등의 호화로운 발달이 있고, 북측주굴 막장부근 벽면에는 석회질 현상이 있는 등 용암동굴의 온갖 특징을 지니고 있다. 또한 제2함몰구에 만발한 각종고사리(羊齒類植物)등은 천연 식물원(天然植物園)을 조성하고 있으며 내부에서 토기류(土器類), 동물골격(動物骨格)등도 발견되는 점등 본동굴의 학술적면에서의 보존가치가 매우 크다고 하겠다. 동물은은 5목 8종이 알려졌을 뿐이나 자세히 조사한다면 상당한 기대가 될 것으로 본다.

소천굴 지형지물(1)



박쥐서식
구아노
상당량 분포

용암선반

낙반

낙반

낙반위험지역

용암흐름자국

용암선반

나무뿌리

0 25 50

천연기념물
양치류 서식 지역

소천굴 지형지물(2)



용암선반

용암선반

선반 파손

용암중유

낙반

낙반위협지역

용암흐른자국

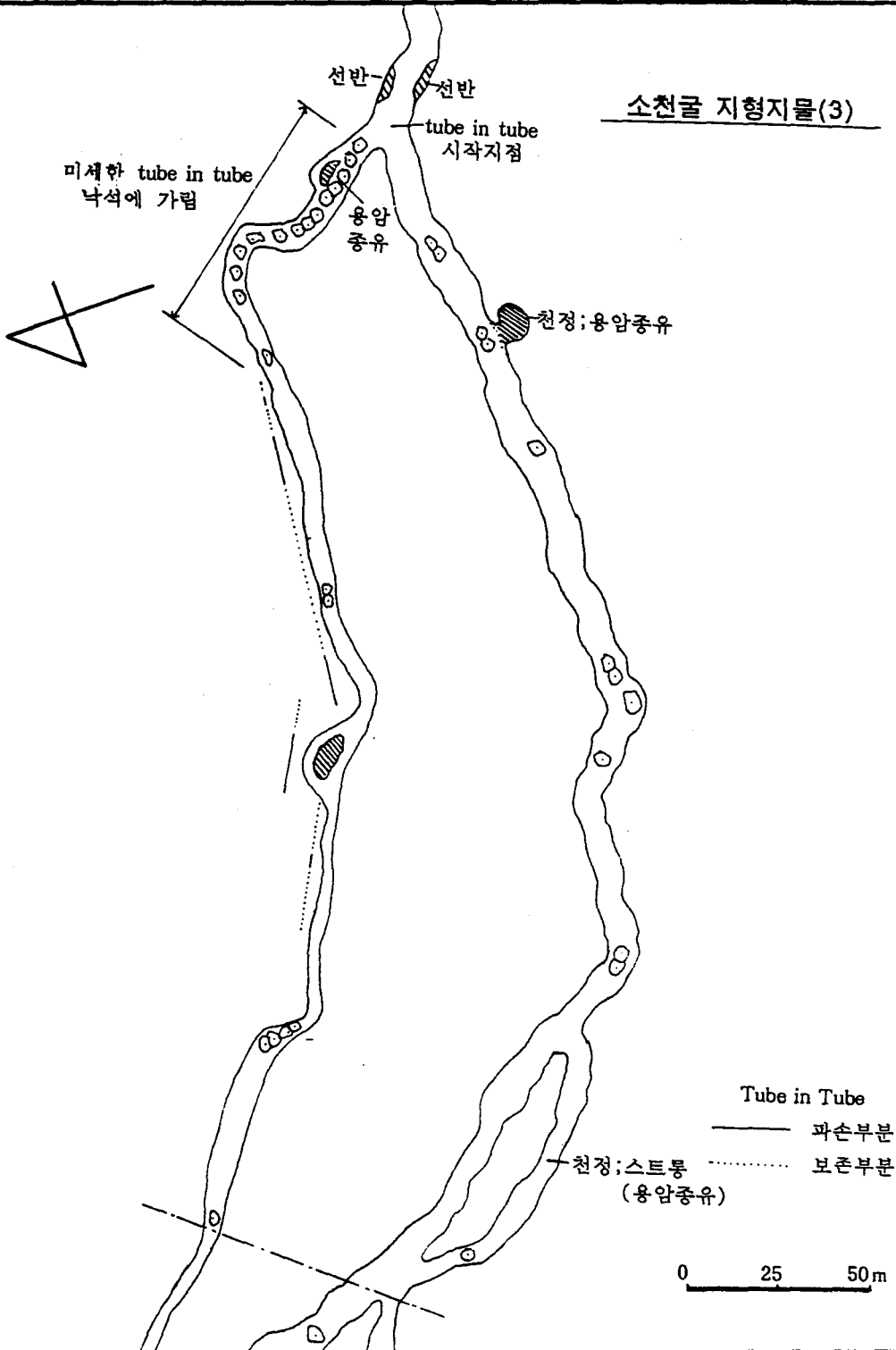
선반

용암중유

Tube in Tube
시작지점

0 25 50m

소천굴 지형지물(3)



소천굴 지형지물(4)



낙석위험

천정; 용암중유

입동불등

선반

선반

낙석 붕괴위험

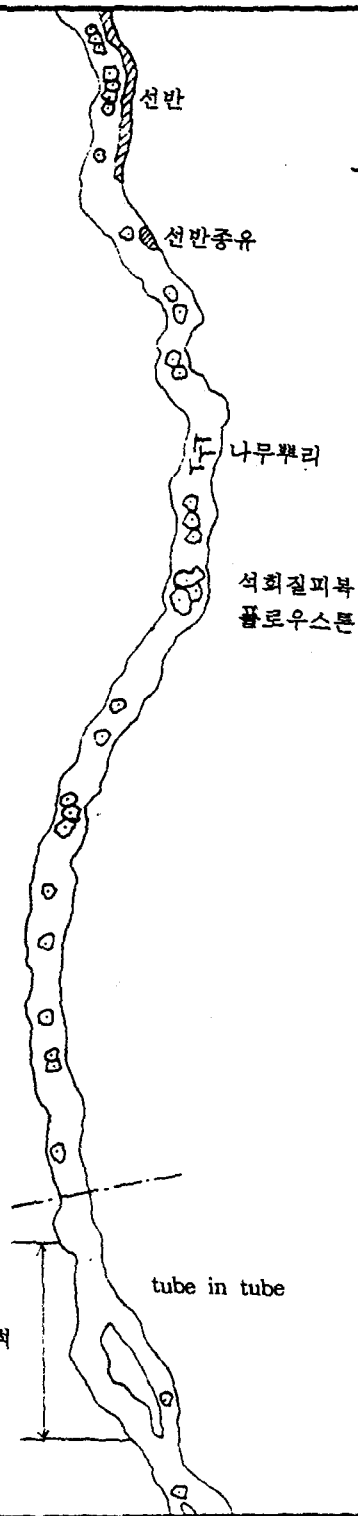
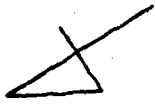
선반

나무뿌리

선반 중유

0 25 50m

소천굴 지형지물(5)

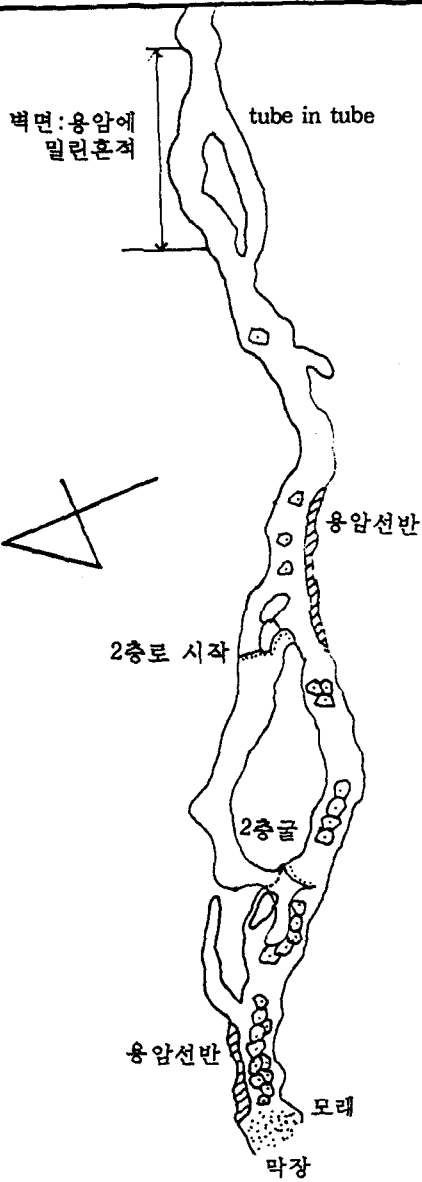


표면; 용암에 밀린 흔적

tube in tube

0 25 50 m

소천굴 지형지물(6)



0 25 50 m

〈참고문헌〉

- 문화공부부(1971) 한국의 동굴 (한글동굴협회)
- 홍시환 (1979) 한국의 자연동굴 (금화사)
- 홍시환 (1982) 한국의 용암동굴 (한국동굴학회)
- 홍시환 (1983) 한국의 석회동굴 (한글동굴학회)
- 홍시환 (1990) 한국동굴대관 (삼주출판사)
- 홍시환 배두안 (1990) 협재동굴지대 (한국동굴학회)
- 원종관 (1975) 제주도의 형성과정과 화산활동에 관한 연구 (건국대 대학원)
- 강상배 (1979) 제주도 남북 사면지형의 비교연구 (건국대대학원)