

동굴 탐험과 안전

강 문 식
한국동굴인협회 간사

1. 서 론

일반적으로 동굴탐험의 출발은 어떤 특수성에 기인한다.

뭔가 남다른 활동을 동굴이라는 신비하고도 이색적인 공간에서 할 수 있다는데 일단 매력을 느끼고 좀더 탐험에 근접해가다보면 그 맹렬한 탐험성에 더욱 큰 매력을 느끼게 된다.

어렵고도 힘든 동굴 지형을 반복적인 훈련을 통해 하나하나 극복해 나가는 과정은 그야말로 자신과의 싸움이요 탐험정신의 발로라 하겠다.

그러나 이러한 탐험성은 뭔가 허전함을 담고 있다. 숙련된 전문탐험가는 미지의 굴을 탐사시 수색과정부터 그 지역의 지질적인 특성을 파악하고 동굴 내부로 접근시 그 동굴의 생성과정을 유추하고 기반암의 구조와 동굴의 개념을 파악해 나간다. 또한 그 수많은 생성물과 그 안에서 발견되는 진귀한 생물들에 관해 해박한 지식을 배워나가게 되는 것이다.

일반적으로 탐험가들 사이에선 아는 만큼 보인다라고 얘기를 한다.

이는 탐험능력이 증가되고 지질과 생물에 관한 어느 정도 지식이 쌓임에 따라 전반적으로 동굴을 이해할 수 있는 능력이 증가됨을 말하는 것이다.

기본적으로 탐험이 되지 않으면 동굴을 갈 수도 없고 탐험이 된다하더라도 동굴학에 대한 전반적인 지식이 없다면 공허함을 느낄 것이다.

동굴은 우리에게 주어진 아름다운 자연이다. 동굴의 아름다운 경관을 관찰하고 연구하며, 동굴을 보전하고 보호하는데 있어서 함께 병행되어야 할 중요한 부분이 동굴탐험이다. 동굴탐험을 통해 동굴의 가치와 중요성을 확인하고 보전과 보호의 필요성을 인식시키고 전달하는 중요한 역할을 할 수 있다. 동굴탐험 방법과 기술을 통해 동굴을 알려고 하는 이들에게 조그만 도움이 되고자 한다.

2. 동굴탐험의 준비 및 안전수칙

탐험계획을 수립 및 탐험에 필요한 장비의 준비하여 동굴지역으로의 이동하여 동굴의 수색 및 동굴내에서의 탐사를 하는 것이며, 탐사후에는 장비를 정리하고 측량도 및 보고서를 작성하는 것까지 동굴탐험을 마무리하는 범주로 볼 수 있다.

이러한 탐험을 하려면 동굴이 험한 지역에 있는 경우가 많으므로 험난한 산악지형과 어둡고 위험한 동굴 내 활동을 수행할 수 있는 체력, 기술, 경험이 뒷받침되어야 하며, 조직적인 체계가 필요하다

그리고 동굴탐험에 있어서 무엇보다 중요한 것은 안전이 보장되어야 한다. 보다 안전한 탐사를 하기 위해서 계획, 준비, 교육 등 많은 사전준비와 유사시를 대비한 구조대가 필수적인 사항이다.

1) 탐험의 단계

- 계획수립
- 장비의 준비 및 점검
- 유사시를 대비한 비상식 및 구급품을 준비
- 교육 훈련 : 산악교육, 동굴탐험교육, 안전교육, 측량교육, 구조교육, 지질 및 생태에 관한 기본학습
- 보고서 작성 : 동굴개요, 측량도 작성, 사진기록
- 구조 준비 : 탐사일정과 입굴 및 탈굴 상황을 구조대에 보고

2) 탐험의 준비 및 안전수칙

- ① 조명장비의 전구와 배터리의 종류에 따른 소모시간과 조사예상시간을 파악해 충분한 양의 배터리를 준비한다.
- ② 예비 조명장비를 휴대하고, 배터리나 예비전구는 충분히 준비한다.
- ③ 팀별로 구급장비와 장비 수선구를 준비한다.
- ④ 단순한 수평굴 조사시에도 수직장비 1 set을 예비로 준비한다.
- ⑤ 발목을 보호할 수 있는 신발을 선택하고 헬멧을 반드시 착용한다.
- ⑥ 조사에 필요한 장비는 기능성보다 내구성을 우선 고려하여 준비한다.
- ⑦ 비상식은 조리가 필요 없고 열량이 높은 것으로 준비한다.
- ⑧ 깨지기 쉬운 물건이나 쓰레기가 될만한 것은 되도록 휴대하지 않는다.
- ⑨ 동굴 내에서의 짐은 가능한한 최소의 부피와 무게를 유지해 체력유지에 힘써

야 한다.

- ⑩ 동굴 내에서 쓰레기나 오염물은 반드시 회수한다.
- ⑪ 동굴 내의 생성물 파손행위나 연구목적이외의 반출행위는 절대 금한다.
- ⑫ 초보자는 입굴 전에 반드시 탐사와 안전에 대한 교육을 받아야 한다.
- ⑬ 신체적 정신적 이상 징후가 발견되는 조사원은 응급처치 후 즉시 탈굴한다.

3. 탐험으로 본 동굴의 유형

1) 난이도에 따른 유형

동굴의 난이도는 동굴탐사 장비를 어느 정도 사용해야하는지 수량(물)이 탐험에 어느 정도 영향을 주는지[사진 1], 동굴이 노후되어 구조물이 약해지거나 낙석, 낙반 등의 위험성이 있는지 등으로 구분할 수 있으며 환선굴과 관음굴이 수로로 이루어진 대표적이 물굴이라고 할 수 있다.

2) 길이에 따른 유형

국내에서는 제주도의 화산동굴이 화산동굴로서는 세계에서 가장 긴 굴로 보고되어 있으나 석회암동굴과는 생성원인부터 다르고 난이도 또한 다르다.

외국의 경우 수십Km 이상의 동굴도 있으나 동굴의 길이로 난이도가 결정되지는 않는다.



[사진 1] 수로로 이루어진 동굴

3) 구조에 따른 유형

수평구조굴 : 일반적으로 장비를 사용하지 않고 탐사 할 수 있는 동굴이다.

수직구조굴 : 수직장비를 사용하여야만 탐사가 가능한 동굴 수평구간이 있기는 하나 매우 짧고 대부분 낙석이 심하다.

복합구조굴 : 수직구간과 수평구간이 같이 있는 경우로 석회암 동굴 중 대부분 규모가 큰 경우 복합구조를 가지고 있으며 기술과 체력이 많이 필요하다.

4. 동굴탐험 장비 및 기술

1) 동굴탐험의 장비

가) 기본개인장비

① 동굴복

- 외피 : 동굴복은 좁은 동굴 속에서 움직이기 쉽게 원피스 형태의 것을 준비하며 날카로운 암각이나 거친 암각으로부터 몸을 보호하기 위해서 튼튼한 재질이어야 하며 가능한 주머니가 적어야 한다. 방수 처리된 것이 보온에는 좋으나 이는 반대로 땀을 배출하지 않기 때문에 양자의 균형을 생각해 선정해야 한다.

- 내피 : 물에 젖어도 보온이 잘되고 발수가 빠른 폴리에스테르 합성원단의 것을 준비한다. 외피와 함께 쓸 수 있도록 원피스형의 것을 준비한다.

② 신발 : 동굴탐험에 사용하는 신발에는 여러 가지가 있다. 조사할 동굴에 적합한 것을 선택할 필요가 있다. 손쉽게 사용할 수 있는 것은 등산화 또는 장화 등이다. 건조한 동굴이고 진흙류가 없다면 일반 등산화로도 가능하지만 신발끈이 암각에 걸려 불편하다는 단점이 있다. 진흙속이나 차가운 물속을 장시간 탐험해야 할 경우에는 외피와 내피로 구성되어 있는 동굴전용 장화를 준비하는 것이 바람직하다.

③ 헬멧 : 헬멧에는 많은 종류가 있으나 동굴용의 합성수지 제품이 동굴에도 적합하다. 끈으로 머리에 단단하게 고정시킬 수 있어야 한다. 동굴의 모암이나 종유석으로부터 보호 또는 낙석으로부터 보호뿐 아니라 추락시 보호도 있기 때문에 강도뿐 아니라 충격흡수성도 고려해야 한다. 헤드랜턴 탈·부착이 가능해야 하며 시야를 가릴 수 있는 모자챙이 있는 것은 피한다.

④ 장갑 : 장갑은 손을 보호하고 진흙으로 인해 더럽혀지는 것을 방지하기 위해 사용하며 값이 싸며 간단히 세탁해 몇 번이고 사용할 수 있는 코팅 면장갑을 사용하는 것이 무난하다.

⑤ 랜턴

- 헤드랜턴 : 헬멧에 단단히 부착할 수 있어야 하며 각도를 조절할 수 있어야 하며 견고성과 조작성이 좋아야 하며 경량의 것을 써야 한다. 주로 가까운 곳을 비

출 때 사용한다.

- 핸드랜턴 : 어깨 끈을 달아 유실을 방지할 수 있도록 하며 주로 먼 곳을 비출 때 쓴다.

- 보조용 랜턴 : 비상시를 대비하여 갖추는 것으로 동굴복 포켓이나 Tackle Bag에 소지하며 가볍고 소형인 것이 좋다.

- 건전지 : 건전지는 일회용건전지와 충전지가 있는데 경제성을 고려하여 두 가지의 비율을 결정하며 휴대하는 랜턴용량에 맞게 크기와 볼트를 고려하여 준비한다. 항상 예비 배터리를 운용한다.

나) 공동장비

① 수직등하강 장비

주자일(main Seil), 보조자일(sub Seil), 설치 장비(자일 보호대, Wire Extender, Jumping Set), Tackle Sack 등.

② 수직등하강 개인장비

안전벨트, 하강기, 등강기, 확보줄, Foot Loop, 비너, 슬링 등.

③ 래더장비

Wire Ladder, 설치 장비(Wire Extender, Wire Belay), sub Seil, 비너 등.

다) 비상식

동굴 내에서 식사는 체력을 회복하고 정신적 긴장을 완화시키고 안정감을 주는데 도움을 준다. 동굴에 반입하는 식량의 질과 양은 동굴 체류 예정시간에 따라 달라진다. 수 시간 정도면 초콜릿, 사탕, 과자 과일류로도 충분하지만 수일간이 되면 반입되는 양이 많아질 것이다.

기온이 낮거나 젖었을 때 우유나 수프 같은 따뜻한 음료가 적합하고 이를 위해 코펠과 버너도 필요하다. 동굴밖의 기상의 급변(폭우로 인해 동굴류가 불어나거나 유입량이 급변하여 탈굴이 어려워질 때), 랜턴의 고장, 굴에서 길을 잃었을 때 등을 대비하여 개인 비상식은 꼭 준비해야 한다. 이러한 일들은 동굴의 규모나 내부의 상태 및 동굴 내 체류 시간에 따라 각각 생각하지 않으면 안된다.

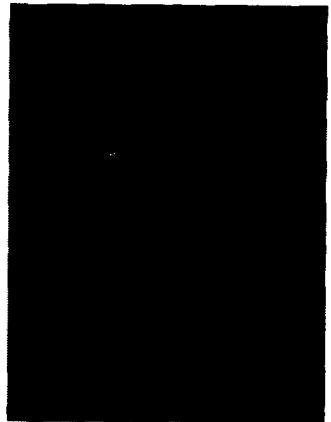
라) 구급용품

동굴에서뿐만 아니라 어떤 장소에 있어서나 만전의 주의를 기울인다 할지라도 불의의 사고가 언제 어디에서 일어날지 알 수 없는 것이다. 구급은 치료는 아니며 어디까지나 응급처치이지만 그 방법을 알고 그것을 확실하게 재빨리 실시할 수 있도록 교육을 받은 후 탐사에 임해야 한다. 동굴에서는 신체의 내부질환보다도 오히려 찰과상 염좌 및 골절 등의 외상이 많으므로 지혈법 붕대 및 삼각건 등의 사용법을 습득해 두어야 한다.

2) 동굴탐험의 기술

가) 등반기술

① 슬랩등반 : 동굴 내에는 경사지가 많이 있다. 경사가 급해 자유등반이 힘든 경우에는 자일을 사용해 등·하강하지만 자유등반이 가능한 경우에는 자일을 사용하지 않고 등·하강한다. 동굴탐사에서 슬랩등반은 가장 기본이 되는 기술이므로 탐사 전에 배워두는 것이 좋다.



[사진 2] 침니

② 침니 : 동굴탐사 중에는 좁은 협곡이나 동공을 등·하강할 때 팔·다리의 마찰력만으로 이동해야할 경우가 많다. 이러한 경우에 사용되는 기술이 침니기술이다 [사진 2].

나) 매듭법

동굴탐사 중에는 자일(Seil)이나 슬링(Sling)을 사용해야할 경우가 많은데, 이때 여러 매듭을 사용하게 된다. 매듭법의 종류에는 수십 가지가 있으나 가장 대표적으로 쓰이고 있는 34가지의 매듭은 초보자라도 알고 익힌 후에 동굴탐사에 임해야 한다.

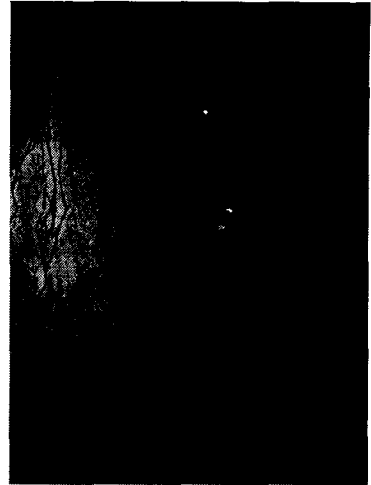
다) 장비사용법

동굴탐사에 사용하는 장비는 수십 가지가 있는데, 이것의 사용법은 동굴탐사 전에 알고 익혀야 동굴탐사가 가능하다.

라) 등하강법

자유등반이 어려운 수직부를 장비를 사용하여 등·하강하는 것을 말한다.

① 래더 등하강법 : 동굴탐사에 주로 사용하는 래더는 Wire Ladder로써 이것의 사용법을 알아야 수직부를 등·하강할 수 있다. 래더 등·하강은 자일 등·하강 보다 힘이 더 드는 단점이 있지만 사용장비가 적고 사용법이 간단한 장점이 있어 길이가 짧은 수직부에서 주로 사용한다[사진 3].

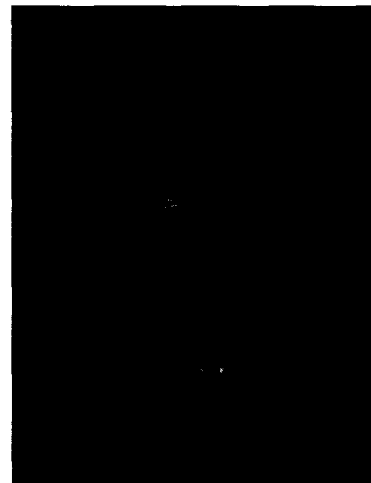


[사진 3] Wire Ladder를 이용한 등강

② 자일 등하강법 : 길이가 긴 수직부를 등·하강할 경우에 사용하는 기술로 동굴탐사의 주요기술이 모두 여기에서 비롯된다고 할 수 있는 어려운 기술이다[사진 4].

5. 동굴 내 주요 사고유형

① 추락 : 동굴에서는 미끄러운 곳이 많으니 경사진 부분이나 낙석지대에서 각별한 주의를 요하고, 단독행동을 하지말고 숙련자의 지시에 따라 움직여야 한다. 그리고 안전지대에서 대기하고 위험지대에서는 항상 확보상태로 있어야 한다. 낙석지대를 이동할 경우에는 미끄러지거나 낙반사고의 위험이 있으므로 조심스럽게 행동해야 한다.



[사진 4] 자일을 이용한 등강

② 낙석 : 항상 헬멧을 착용함으로써 낙석으로 인한 사고를 줄일 수 있으며 장비를 떨어뜨리지 않도록 주의해야한다. 또한 자신이 낙석이나 장비를 떨어뜨려 동료를 위험에 빠뜨리지 않도록 세심한 주의를 하는 것도 중요하다. 그리고 자신은 가능하면 안전지대에 있고 부득이하게 위험에

노출되었을 시에는 오목한 벽면에 바싹 붙어있는 것이 훨씬 안전하다.

③ 저체온증 : 저체온증은 신체가 추위에 노출됨으로서 체온이 떨어지기 때문에 혈관이 수축되어 혈액순환에 장애를 일으켜 일어나는 증상을 말한다. 이러한 열손실은 대류, 전도, 복사 및 증발에 의해 일어나지만 차갑고 건조한 상황에서는 주로 대류에 의해 일어나게 된다. 물은 공기보다 200-250배의 열을 빼앗기 때문에 증발에 의해 엄청난 열을 상실하게되고 옷의 단열효과도 감소되어 전도에 의한 열손실도 뒤따른다. wool 이나 pile은 다른 것에 비해 물을 적게 흡수하고, 젖었을 때에도 절연하는 아주 좋은 절연옷감이다. 특히 머리와 목 부근에는 혈관수축신경이 없고, 열이 가장 많이 발생하기 때문에 복사에 의한 열손실이 가장 큰 부분이다. 그래서 모자와 목도리로 보온을 해주는 것이 좋고, 만약 물에 잠겼을 시에는 머리라도 항상 물 밖에 있어야 한다. 또한 전도에 의한 열손실을 줄이기 위해 바위, 금속, 지면보다는 나무, 옷감, 자일 등에 몸을 접촉시키는 것이 효과적이다.

운동이나 떨림의 열방출을 통해 열손실에 대항할 수 있지만 이는 에너지 소모가 무척 많기에 에너지화가 빨리 되는 탄수화물 함량이 높은 음식(사탕, 초콜릿 등) 들을 비상식으로 준비하는 것이 좋다.

④ 조난 : 초보자는 동굴에서 길을 잃어 당황하기 쉽다. 이는 동굴에 대한 적응력 부족에서 오지만 주의깊은 관찰과 세심한 주의 부족에서 오는 경우가 많다. 물론 숙련자도 극도의 피곤함과 랜턴의 고장 등의 이유로 조난 당하는 경우도 종종 있다.

초보자의 경우 조난을 당했을 경우에는 헤메지 말고 안전한 장소에서 구조를 기다리는 것이 안전하다. 동굴입구시에 눈에 잘 띄는 표식지를 설치해 탈출시에 회수하는 것도 좋은 예방책이다.

⑤ 익사 : 대부분 Cave Diving에서 많이 일어나나 일반동굴에서도 폭우로 인한 갑작스런 물의 범람으로 일어날 수 있다. 이 경우는 보통 동굴에 대한 무경험과 인식의 부족으로 일어난다. 따라서 초보자의 안전구 착용과 숙련자의 세밀한 관찰과 판단으로 사고를 미연에 방지하는 것이 중요하다.

⑥ 기타 : 통로의 붕괴로 인한 낙반사고, 좁은 협곡에서 몸이 끼이는 사고 등이 있다.

6. 동굴탐험의 행동규칙

- ① 사고예방조치는 아무리 강조해도 지나치지 않는다.
- ② 동굴탐험시에는 항상 침착하고 신중하게 행동한다.
- ③ 동굴탐험가는 반드시 개인 안전구를 갖추어야 하고 사전에 장비점검을 한 후에 입굴한다.
- ④ 분야별 단독탐사보다는 가능한 여러 분야의 합동탐사로 동굴조사가 바람직하다.
- ⑤ 동굴 내에서는 동굴탐사 전문가의 지시에 따라 행동해야 한다.
- ⑥ 랜턴의 불빛은 사람의 눈에 직접 비추지 않도록 한다.
- ⑦ 동굴은 폐쇄공간이기에 소리가 크게 들리거나 울리기 때문에 정숙하는 것이 좋다.
- ⑧ 동굴 내에서는 무리하게 움직이거나 개인행동을 삼가한다.
- ⑨ 동굴 내에서는 단독 이동보다는 여럿이 함께 이동하며 대원 상호간의 안전을 항상 확인한다.
- ⑩ 자신의 체력이나 능력을 파악, 탐사능력 범위 내에서 활동한다.
- ⑪ 동굴 입굴 전에 충분한 휴식을 취하고 좋은 컨디션으로 동굴탐사에 임한다.
- ⑫ 유사시를 대비한 구급약품과 비상식을 구비하여야 한다.
- ⑬ 입굴 전에 동굴구조 비상연락망을 숙지한 후 조사에 임한다.
- ⑭ 입굴전에 조사지역, 입굴자 명단, 입굴 및 탈굴 예정시간 등을 구조대에 알린다.
- ⑮ 길을 잃거나 랜턴에 이상이 있을 시에는 이동하지 말고 제자리에서 구조를 기다린다.

7. 동굴 내 사고 발생시 대처요령

- ① 절대 당황하지 말고 환자와 동료들 안심시키며 주위의 위험요소에 대해 점검한다.
- ② 절대 무리하지 않으면서 제거 가능한 주변의 위험요소는 제거하거나 피하도록 한다.
- ③ 환자 주변에 심각한 위험요소가 없는한 절대 이동시키지 않는다.
- ④ 환자가 의식이 없거나 척추손상의 가능성이 있을 경우에는 절대 옮기지 않는다.
- ⑤ 무리해서 환자를 구조하려 하거나 이동시켜서는 결코 안된다.

- ⑥ 환자나 동료의 이차사고가 발생하지 않도록 세심한 주의를 기울인다.
- ⑦ 응급처치자는 사고기전을 파악해서 예상 가능한 손상 부위와 정도를 파악한다.
- ⑧ 환자 곁에는 항상 응급처치자가 붙어있어야 하고 주기적인 환자 재평가를 통해 저체온증이나 속방지에 힘써야 한다.
- ⑨ 동굴구조는 대량재해 구조체제로 운영되어야 하므로 장시간의 구조에 대비한다.
- ⑩ 동굴 내에서는 가능한한 단독을 움직이지 말고 신속히 사고신고를 한다.
- ⑪ 구조요청은 동굴구조 비상연락망을 통해 신고하고, 신고내용에는 동굴의 위치, 동굴개요, 사고지점, 사고시간, 환자 부상기전, 부상정도, 응급조치 현황 등을 밝혀야 한다.
- ⑫ 구조대가 도착하기 전까지 구조활동에 필요한 조치를 취해놓는 것도 좋다.



[사진 5] 동굴인명구조