

탐구수업 지도자료

- 학 년 중학교 2학년
- 단 원 지구의 역사와 지각변동
- 소 단 원 4장 지층 및 화석
- 제 목 배경지식
- 대표 저자 정공수(충남대학교)
- 공동 저자 김찬종(서울대학교)
 정기영(경기 성남서중학교)
 고선영(서울 서연중학교)
 신우진(충남대학교)

이 자료는 서울대학교 과학교육연구소가 교육인적자원부의 과학교육 연구기관으로 지정받아 수행하고 있는 「탐구·실험 중심의 과학교육 활성화를 위한 연구개발 사업」의 일환으로 개발되었습니다.



서울대학교 과학교육연구소

Seoul National University Science Education Research Center



제 4 장

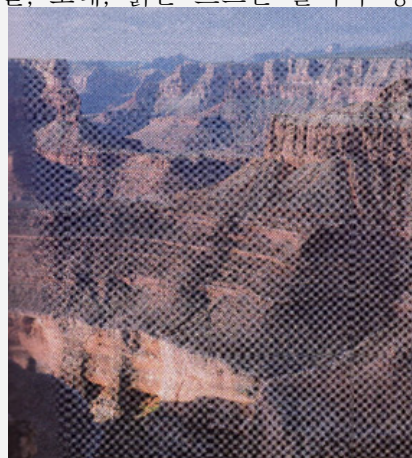
지층 및 화석

배경지식 넓히기

지층은 어떻게 만들어졌을까?

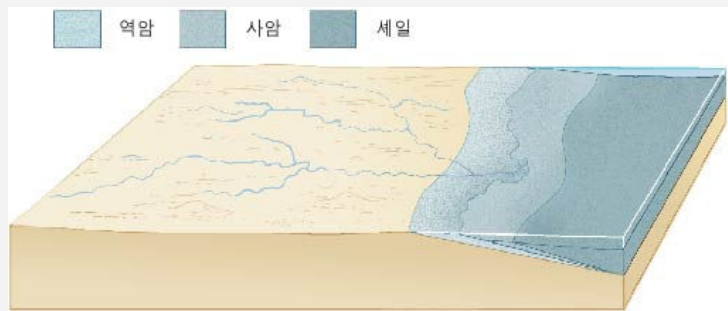
화성암, 변성암, 퇴적암으로부터 풍화 침식된 돌이나 자갈, 모래, 흙은 흐르는 물이나 빙하 바람에 의해 운반되어 퇴적된다. 이 퇴적된 퇴적물이 굳어진 암석이 퇴적암이고 이러한 퇴적물이 층을 이루고 나타나는 것이 퇴적층이다.

미국 그랜드 캐년의 일부
(Marble Canyon, Arizona)



[그림 1]

대부분의 지층은 그림 1과 같이 흐르는 물에 의하여 퇴적이 되었다. 그림 2에서처럼 퇴적물이 물에 의하여 운반될 때 해안 가까이에 가장 무거운 자갈들이 퇴적되어 역암층을 만들고, 그 다음에는 모래들로 이루어진 사암층이 만들어지며, 해안에서 가장 먼 쪽에는 진흙이 퇴적되어 만들어진 세일이 나타난다. 퇴적층이 굳어져서 생성된 암석을 퇴적암이라고 한다.



[그림 2]

1. 퇴적물의 생성 원인에 따른 분류

(1) 물에 의해 운반된 퇴적물

처음부터 퇴적될 때까지 고체로 존재하다가 퇴적된 물질이다. 물에 의해 운반되는 도중에 점차로 마모되고 변형되어 운반 과정 말기에는 최종적인 형태를 가진 크고 작은 입자들로

2 지구의 역사와 지각변동



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

되어버린다. 입자의 크기는 주어진 환경에서 안정한 위치를 택하여 퇴적된다. 입자들의 직경 및 형태는 그들의 퇴적속도와 퇴적장소를 정하여 준다. 입자가 크고 구체에 가까운 것은 빨리 가라앉아서 퇴적되므로 얇은 바닥에 쌓이고, 직경이 작고 납작한 입자는 가라앉는 속도가 느리므로 물에 떠서 먼 곳까지 운반되어 깊은 곳에 퇴적된다.

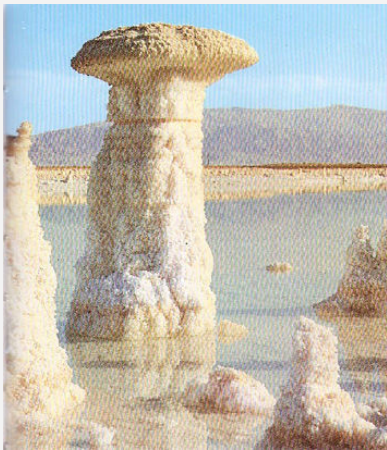
지층은 여러 겹의 층이 아래로부터 위로 감에 따라 순서 있게 쌓여 만들어진다. 따라서, 퇴적물의 모양이나 색이 달라지면 수평으로 평행한 면이 다르게 나타나는데, 이러한 면을 층리면이라고 한다.

바다에서는 퇴적물의 크기에 따라 퇴적되는 장소가 다르므로 퇴적물의 모양을 조사하면 퇴적 당시의 환경을 알 수 있다. 즉, 굵은 알갱이들은 해안에서 가까운 곳에 쌓이고, 가는 알갱이들은 해안에서 멀리 운반되어 쌓인다. 따라서 자갈, 모래, 진흙의 순으로 쌓인다. 더욱 뚜렷한 증거는 지층 속에서 발견되는 화석을 들 수 있는데, 지층 속에서 육상 생물의 화석이 발견되면 이 지층은 호수나 강바닥에서 생성된 육성층이고, 반대로 해양 생물의 화석이 발견되면 바다 밑에서 생성된 해성층으로 생각할 수 있다.



(2) 화학적 퇴적물

암석 또는 암석의 파편으로부터 용해되어 일단 용액으로 되었던 성분이 침전되어 고체로 된 것이다. 용해되었던 성분의 침전은 염분의 추가 및 증발로 물의 염분 농도가 커질 때, 또는 수온이 변할 때에 일어날 수 있다. 이때 생기는 암석을 증발암이라고 부르며 석고나 암염 등이 있다. 사해의 암염은 일반 해수의 7-10배 정도의 염도를 가진 물이 증발하여 생긴 퇴적물이다.



사해의 암염



사해에서는 염분의 농도가 높아 수영을 못해도 물위에 떠서 책을 읽을 수 있다.



- **암염** : 폐쇄적인 바다나 호수에서 증발이 심하게 일어나는 건조한 기후에서 생성된다.

(3) 유기적 퇴적물



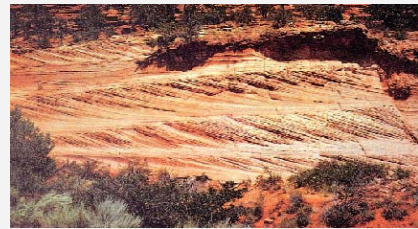
생물의 유해가 쌓여서 만들어진 퇴적물이다. 동물은 주로 그 껍질이나 뼈를 퇴적물로 공급하는데 그 성분은 물에 용해되어 있던 무기물로서 이들은 생화학적인 퇴적물이라고 할 수 있다. 식물은 CO₂로부터 취한 탄소를 포함한 유해를 퇴적시켜 탄소를 주성분으로 하는 퇴적암, 즉 석탄을 만드는 경우가 있다.

2. 퇴적층의 종류

물 밑에서 지층이 퇴적될 때 퇴적물의 알갱이의 크기나 무게, 그리고 물의 흐른 방향 등에 의해 생기는 독특한 퇴적 구조는 지층의 상하판단에 유용하게 이용된다.

(1) 사층리

모래가 쌓인 지층에는 그림과 같이 평행하지 않은 구조가 발견되는 일이 많다. 이런 복잡한 층리를 사층리라고 한다. 이는 바람이나 물이 한 방향으로 유동하는 곳에 쌓인 지층임을 잘 가리켜 준다.



(2) 연흔 (물결자국)

잔물결이나 유동하는 물의 작용이 갓 쌓인 퇴적물의 표면에 미치면 파상의 물결자국이 새겨진다. 이것이 퇴적작용이 계속되는 동안에도 파괴되지 않고 보존되어 있으면 성층면에 따라 쪼개진 면에 나타난다.



(3) 건열

얇은 수저에 쌓인 점토 같은 퇴적물이 한때 수면위에 노출되어 건조하게 되면 수분의 증발로 퇴적물이 수축하여 틈이 생긴다. 이런 틈을 건열이라고 한다.

(4) 점이층리

굵고 무거운 알갱이부터 퇴적되어 위로 갈수록 작고 가벼운 입자가 퇴적된 구조로 삼각주나 대륙 사면에서 발달한다.

3. 퇴적암과 퇴적환경

지층은 퇴적환경에 따라 각각 특징이 있는 암질을 나타낸다. 따라서, 어떤 지층을 조사해 보면 그 지층이 생성될 당시의 환경을 알 수 있다.

- **역 암** : 얇은 물 밑에서 생긴 퇴적암이며, 선상지, 또는 하천이나 바닷가에 퇴적된다.
- **석회암** : 주로 열대나 아열대의 대륙붕에서 생성된 퇴적암이다.
- **암염** : 폐쇄적인 바다나 호수에서 증발이 심하게 일어나는 건조한 기후에서 생성된다.
- **응회암** : 부근의 활화산이 있어 분화되면서 생성된 것
- **빙퇴석** : 한랭한 기후에서 빙하가 발달하는 곳에 생긴 퇴적물이다.
- **처트** : 심해저 퇴적물이다.

4 지구의 역사와 지각변동



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

4. 화석

암석 속에 남아 있는 기록만으로는 생물이 지구상에 어떻게 출현하였는지 알 수가 없다. 그러나 지층 속에 보존되어 있는 생물의 유해나 흔적을 통해서 지구상에 어떤 생물이 최초로 출현하였으며, 이들이 어떤 경로로 현재의 생물로 진화, 발전하여 왔는가를 알 수 있으며, 이 같은 문제들은 고생물 연구를 통해서 밝혀진다.

화석(fossil) : 라틴어 fossils에서 유래한 말로 ‘땅 속에서 파낸 기묘한 물건’이라는 뜻이다. 지질 시대에 살았던 생물의 유해 및 흔적이 암석 내에 보존된 것으로 생물의 유해는 그 내부 구조나 조직이 남아 있어야 한다. 화석은 지금까지 약 25만 종이 알려져 있는데, 이는 약 450 만 현생종의 5% 정도에 불과하다.

(1) 화석의 생성 조건

가. 적당한 장소

- 육상보다는 퇴적 작용이 계속 일어나고, 유해가 빨리 퇴적물 내에 매몰되어 부패되지 않는 물속이 적합하다.
- 극지방이나 한대 지방보다는 생물의 수와 종류가 풍부하여 그 유해들이 퇴적물로 묻히는 기회가 많은 열대나 온대 지방이 적합하다.

나. 화석화되기 쉬운 부분

연약한 육질부는 빨리 분해되며, 매우 특수한 환경을 제외하고는 화석으로 되기 어렵기 때문에 생물체가 골격이나 목질부 등과 같이 단단한 부분을 가지고 있어야 한다.

다. 화석화 작용

화석 중에는 생물체의 굳은 부분이 그대로 남은 것도 많지만, 대부분의 화석은 묻힌 후에 화석화 작용을 받는데, 이에 는 충전 작용, 치환 작용 및 탄화 작용이 있다.

- 충전 작용
생물의 유해가 퇴적물 내에 매몰되어 지하수에 녹아 있는 탄산칼슘(CaCO_3)이나 산화규소(SiO_2)가 생물 조직의 빈틈을 채우는 것으로, 규화목은 목질부의 공극이 규산으로 충전된 좋은 예이다.
- 치환 작용
부족류와 두족류의 껍데기는 황철석이나 갈철석 등으로 치환되어 산출된다.
- 탄화 작용
식물 화석이 지하에서 압력 또는 열을 받아 식물의 원물질이 수분을 잃고 탄화되어 보존되는 작용으로, 나뭇잎이나 나무줄기 또는 척추동물의 껍질 등의 일부 화석은 탄화된 좋은 예이다.
- 화석을 포함하는 암석
화석은 주로 퇴적암 중에서 나타나는데, 퇴적암 중에서도 층리가 잘 발달된 셰일 석회암 등이 가장 많은 화석을 포함하고 있다. 사암이나 역암도 화석을 함유하기는 하



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

지만 그 암질이 다공질이어서 지하수의 용해 작용에 의하여 용해되어 없어지는 경우가 많으며, 또 암질이 조립이므로 매몰된 생물체의 섬세한 부분까지 보존되는 경우는 드물다.

5. 공룡

공룡의 발견

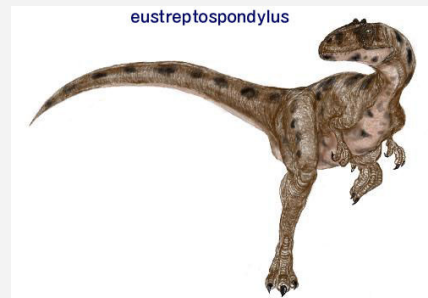
사람들은 수천 년 동안 공룡화석을 발견해 왔다. 거대한 멸종 파충류의 화석으로서 최초로 밝혀진 것은 메갈로사우루스(큰 도마뱀)의 톱니 모양의 이빨이 있는 턱뼈의 화석이었다. 공룡이란 뜻의 영어 '다이너소어'(dinosaur: 무서운 도마뱀)란 말은 영국의 과학자 리처드 오웬이 1842년에 처음 사용했다.



공룡은 파충류로 척추와 네다리, 물에 젖지 않는 비늘 피부를 가진 동물이다. 대부분의 파충류처럼 공룡도 알을 낳았다. 해부학을 자세히 연구해 보면 공룡은 현재 살아 있는 동물 중 악어와 새에 가장 가깝다.

중생대 - 트라이아스기, 쥐라기, 백악기로 나뉜다.

- 트라이아스기는 중생대가 시작된 시기로, 2억5000만 년 전부터 2억 1300만 년 전까지를 말한다. 트라이아스기에는 모든 대륙이 하나로 둘러싸인 판게아를 이루고 있었으며 기후는 비교적 따뜻하고 건조했으며, 사막이 많았다.
- 쥐라기는 2억 1300만 년 전부터 백악기가 시작되는 1억 4400만 년 전까지의 시기를 말한다. 이 기간에 기후는 오늘날보다 더 더웠지만, 훨씬 습했다. 습기가 많아짐에 따라 식물들은 사막 지역에까지 퍼져 뿌리를 내렸고 거대한 나무와 고사리, 키 작은 식물들이 사막을 숲으로 바꾸게 되었다. 쥐라기가 시작되면서 판게아는 서서히 쪼개지기 시작했다.
- 백악기에는 공룡의 수가 최대로 늘어났다. 기온은 백악기가 시작될 때 가장 높았지만, 시간이 지남에 따라 점차 추워졌다. 백악기가 끝나는 6500만 년 전, 공룡들은 다른 수많은 동식물과 함께 사라졌다. 그 원인에 대해서는 아직도 열띤 논쟁이 계속되고 있다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

6 지구의 역사와 지각변동

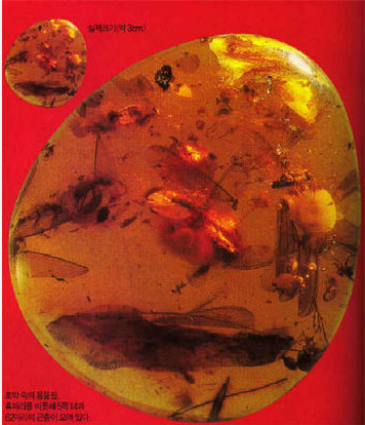


서울대학교
과학교육연구소



○ 호박속의 바구미 (과거생물의DNA를 ‘옛 DNA’라고 부른다.)

놀라운 멸종생물의 DNA는 호박(琥珀)을 연구하는 고곤충학자들로부터 발표되었다. 호박은 주로 소나무나 전나무 같은 침엽수 껍질에서 나온 끈끈한 수지가 굳어서 된 화석이다. 1백50만년 된 것부터 3억 년 전의 것까지 다양하다. 그 중에서 도미니카공화국의 호박이 가장 과학적 가치가 있다. 1백 개 중 한 개꼴로 각종 생물의 유해가 들어있기 때문이다. 나뭇잎이나 깃털은 물론이고 나방, 사마귀, 장수말벌 같은 곤충에서부터 지네, 개구리, 전갈, 도마뱀에 이르기까지 각종 생물이 갇혀 있다.



호박내부는 물과 산소로부터 격리되어 있으므로 DNA의 완벽한 보존에 안정맞춤이다. 말하자면 잃어버린 세계를 보여주는 황금창문이다. 고곤충학자들이 호박 속의 곤충연구에 몰두하는 이유이다.

1992년 9월 미국의 데이빗 그리말디는 도미니카 호박에 보존된 3천 만 년 전의 흰개미로부터 DNA를 추출하여 매스컴의 각광을 받았다. 호박연구의 권위자인 미국의 조지 포이너는 역시 도미니카 화석에서 4천만년 별로부터 옛 DNA를 발견했다. 또한 포이너교수는

1993년 6월 1억3천5백 만년 된 레바논의 호박에서 멸종된 초식곤충인 바구미의 DNA를 채취하여 가장 오래된 DNA를 발견한 행운의 주인공이 되었다. 이 바구미는 딱정벌레의 일종으로 공룡과 같은 시기에 살았다.



시베리아에서 발견된 새끼 맘모스화석 1977년

때마침 영화 '쥬라기 공원'이 화제를 일으키고 있던 터라 포이너의 발견은 세인의 호기심을 자극했다. 공룡의 피를 빨아먹은 호박속의 모기에서 공룡의 DNA를 뽑아내서 공룡을 복원해낸다는 영화의 줄거리가 더욱 그럴 법했기 때문이다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

○ 멸종생물의 옛 DNA

옛 DNA는 사람뿐만 아니라 멸종된 동물로부터 속속 발견되었다. 과거를 비롯해서 사일러사인, 공조(恐鳥), 매머드의 유해로부터 의미있는 유전정보를 얻게 된 것이다.

사일러사인은 80만 년 전에 사멸된 태즈메이니아(뉴질랜드)섬의 주머니늑대이다. 타조 비슷한 새로서 날지 못하는 공조는 뉴질랜드에 살았으며 4천3백 년 전에 멸종되었다. 매머드는 시베리아의 영구 동결대에서 냉동된 사체로 발견되었다. 4만 년 전에 지구상에서 사라진 털 많은 거상이다. 이와 같이 오래된 타임캡슐이 나타나게 되면서 옛 DNA를 따라 소급할 수 있는 과거의 시점이 관심사가 되었다.

DNA는 물과 산소에 의하여 쉽게 파괴된다. 물이 DNA로부터 염기를 씻어내는 데는 5만년이 채 안 걸린다. 산소 또한 DNA파괴에 기여한다. 설령 물과 산소가 없는 상태일지라도 자연방사선이 모든 유전정보를 말소시킨다. 그럼에도 불구하고 최근 몇 년 사이에 진기한 옛DNA가 발견되었다.

사람의 경우 가장 오래된 DNA는 7천5백 년 전 인디언의 것이었으나 이 기록이 이미 깨지고 있다.

알라모스 국립연구소에서 네안데르탈인의 척추뼈로 DNA 복원을 시도하고 있다. 이라크에서 발견된 이 뼈조각은 5만 년 전의 것으로 추정된다. 멸종 생물 역시 기록이 갱신되고 있다. 이미 1990년에 1천7백 만 년 전의 화석 앞에서 DNA가 추출되었다. 미국 아이다호주에 있는 호수 밑바닥의 찰흙 안에 퇴적된 목련잎으로서 아직도 초록빛을 간직하고 있다.

○ 이브 이론 검증될 듯

옛 DNA로 유기체를 되살리는 일은 과학적으로 불가능에 가깝다. 설령 수많은 DNA분자를 복원할 수 있다손 치더라도 이를 꿰맞추어 기능을 발현시킬 방법을 아직 모르고 있기 때문이다. 멸종된 생물의 부활은 아마도 인간의 능력을 넘는 일인 것 같다. 한번 사라진 생물은 영원히 소멸될 수밖에 없는 것이다.

분자고고학의 진정한 목적은 옛 DNA를 통하여 인류진화 과정의 수수께끼, 이를테면 초기인류의 기원이나 생활양식, 그들은 괴롭힌 유전병에 얽힌 궁금증을 푸는 데 있다. 이런 맥락에서 1987년 앨런 윌슨이 제안한 이브(Eve)이론이 검증될 것으로 기대된다.

윌슨에 따르면, 현생 인류의 어머니는 대략 20만 년 전에 아프리카에 살았던 이브라는 여인이다. 이브의 후손이 세계 도처로 퍼져나가서 그 당시 구세계에 살고 있던 호모 에렉투스의 후예, 예컨대 네안데르탈인이나 북경원인을 대체했다는 이론이다. 호모 에렉투스가 다양한 지역에서 제각기 오늘날의 인류로 진화되었다는 다지역진화론과 완전히 상반되는 가설이다. 윌슨은 화석 대신에 세포의 미토콘드리아 DNA를 분석하여 이브이론을 내놓았기 때문에 옛 DNA연구에 의하여 그 타당성이 판가름 날 것으로 보인다. 네안데르탈인의 뼈에 보존도 DNA분석결과에 관심이 쏠리는 이유 중의 하나이다.

옛 DNA는 오래 전에 사라진 세계의 소식을 전해주는 우편배달부이다. 미지의 과거 속으로 타임캡슐을 찾아나선 분자고고학자들의 또 다른 낭보가 기다려진다.



화석 관련 사이트

1. 이동해의 공룡이야기 <http://home.megapass.co.kr/~muhan2/>
2. 공룡의 세계 <http://home.hanmir.com/~heobc/start.html>
3. burgess-shale 화석 사이트-캐나다 지구과학 교육 프로그램
<http://www.burgess-shale.bc.ca/foundation/learning2.htm>
4. 가상 화석 박물관
http://ruby.kisti.re.kr/~museumfs/korea_backmul/fossil
5. 정식이의 공룡나라 http://dino.x-y.net/sub_main.htm



서울대학교
과학교육연구소

탐구 활동을 위한 안내

1. 탐구 활동 목록

	제 목	분 류 [성격/ 수준/ 장소]	기 타
활동1	지층 만들기	탐구/ 일반/ 실험실	교과서 탐구
활동2	화석 모형 만들기	탐구/ 일반/ 실험실	교과서 탐구
활동3	공룡 화석 연구하기	탐구/ 심화/ 멀티미디어실	새탐구

2. 선정 이유

- 활동 1.** 지층의 생성과정을 실험하며 지층의 단면을 비교해 본다.
- 활동 2.** 화석 모형을 만들어 보면서 화석이 생성되는 과정을 직접 체험하고 자연에서의 과정과 비교할 수 있다.
- 활동 3.** 토론 학습과 ICT 활용수업을 통해 학생들이 과학자들처럼 공룡 화석을 연구하는 탐구 학습을 체험한다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소