



지구의 옛 기후는 어떻게 알아낼까?

[대기와 해양]

()년 ()월 ()일 ()학년 ()반 ()번 이름 ()



옛날 지구의 기후를 알아내는 방법에는 여러 가지를 들 수 있다. 그 중 대기와 해양의 영향을 받는 빙하 속 얼음을 통해 옛날 지구의 기후 환경을 이해해보자.

1 목표

- 옛 지구의 기후는 정성적인 방법과 정량적인 방법이 있음을 안다.
- 고기후를 알아내는 방법 중 빙하를 이용하는 방법과 지층 속 화석을 이해하는 방법을 알아본다.
- 한반도에서 빙하의 흔적이 있었는지의 여부를 어떻게 알 수 있는지 알아본다.

준비물

인터넷 사용이 가능한 컴퓨터

2 탐구과정

탐구활동상 유의점

1. 각 모듈별 검색 활동을 위해서는 모듈별 컴퓨터가 구비되어 있으면 더욱 좋다.
2. 참고 사이트를 활용해 도전주제에 답한다.
3. ice-core는 남극 뿐 아니라 빙하가 있는 히말라야 산맥 등에도 있고, 이를 통해 고기후 및 당시의 퇴적 환경을 유추할 수 있음을 안다.

- 1) 본 탐구는 고기후를 알아내는 방법 중 빙하를 이용하는 방법을 이해하는 것이다.
- 2) 제시문의 도전 과제에 맞춰 옛 지구의 기후 환경을 알아본다.
- 3) 신생대 이후 한반도에서도 빙하기가 있었는지 알아보는 방법을 찾아본다.
- 4) 기후의 급격한 변화가 지구의 지층과 빙하에 어떤 정보를 남겼는지 알아본다.
- 5) 기후변화의 패턴을 이해하여 현 지구 지구환경의 변화를 알아본다.

3 도전 과제

- 1) 철수는 세상에서 가장 아름다운 음을 내는 피아노를 만들어보는 것이 소원이었다. 세월이 흘러 철수는 그 꿈을 실현시켜 보고자 지구상에서 가장 희귀하고 아름답게 생긴 아마존 밀림 속의 나무를 찾았다. 철수는 이 나무를 베어다가 피아노 내부의 울림판으로 사용했다.



첼수는 과연 정말 아름다운 음을 내는 피아노를 만들 수 있을지를 모듬원과 토의한 후 그 이유를 나무의 나이테와 울림판의 진동-공명과의 관계 측면에서 논해 밝혀보자.

- 2) 우리는 과거의 지구 기온 변화의 흔적을 암석이나 해저 퇴적물 이외에도 빙하에서 찾는 경우가 있다. 이를 흔히 Ice-Core를 연구하는 것이다. 다음은 극지방에서 시추한 빙하의 얼음이고, 이는 과거에 내려서 쌓인 눈이 눌러서 만들어진 얼음이기 때문에 층의 두께는 눈의 양을 의미한다.



추가 문제 제기

ice core에 대한 다양한 자료 사이트
<http://www-bprc.mps.ohio-state.edu/Icecore/Abstracts/Publications.html>



- ① 과거에 내려서 쌓인 눈이 눌러서 만들어진 얼음의 형태는 시간이 지남에 따라 어떤 형태를 이루는지 알아보자.

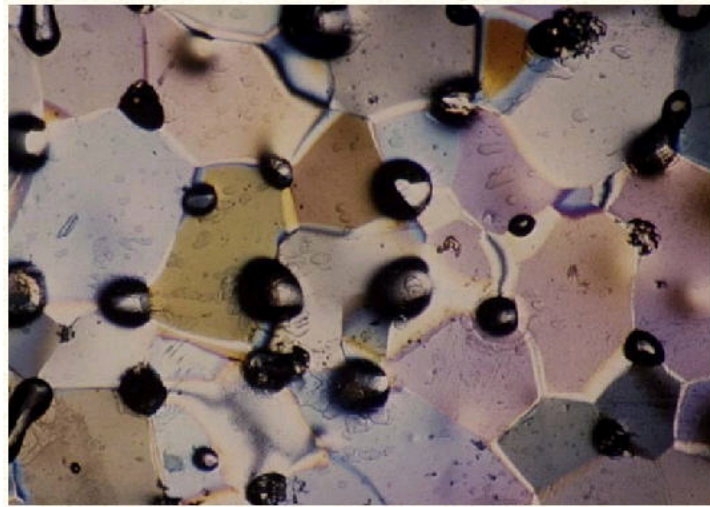
참고 사이트

<http://www.ipcc.ch>
<http://ucsusa.org>

- ② 남극 빙하의 얼음 속에는 아래의 그림에서 보이듯 기포가 들어 있다. 이와 같은 기포가 얼음 속에 갇혀 있는 이유는 무엇이며, 이 기포의 양이 의미하는 바는 무엇인지 설명해보자.

참고 자료

해양과학총서 7 - 남극과 지구환경



[검게 보이는 부분이 빙하의 얼음 속 기포이다]

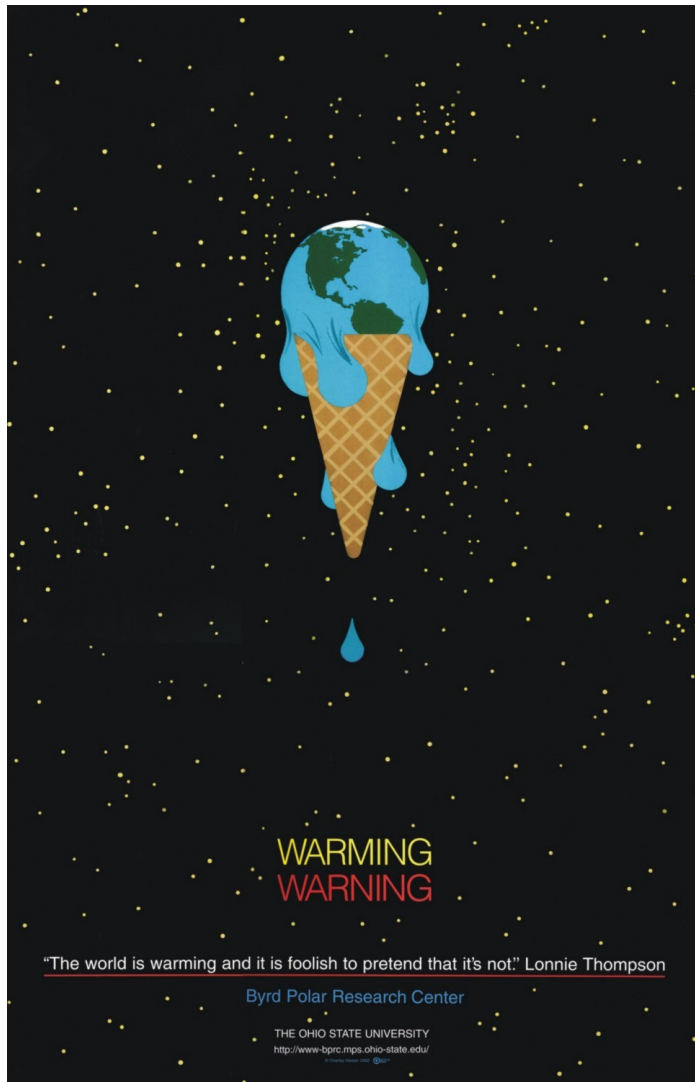
- ③ 빙하의 Ice-Core(빙하 시료) 속에서 아래 그림과 같은 산소 동위 원소 ^{16}O , ^{18}O 가 섞여 있다. 이 동위원소의 함량비를 알면 고기후의 환경을 알 수 있는데, 그 함량비에 따른 고기후의 정보내용이 무엇일지 자료를 찾아 설명해보자.



- 3) 한반도에서도 신생대 이후 빙하기가 있었는지의 여부를 어떻게 알 수 있을까. 제주도 서귀포에 있는 한온분화구 지층을 중심으로 알아보자.

참고 동영상 자료

KBS다큐 [사이언스 21] 제 10편 지구대멸종 3부 - 제5 빙하기의 경고



지구 온난화 경고 포스트



지구의 옛 기후는 어떻게 알아낼까?



...➡ [대기와 해양]

1 활동 내용 분석

활동의 성격

모둠별 활동으로 빙하 속 얼음을 통해 지구의 고기후를 알아내는 방법에 대해 알아보는 활동임

실험상 유의점

1. 각 모둠별 검색 활동을 위해서는 모둠별 인터넷 사용 가능 컴퓨터가 구비되면 효과적이다.
2. 주어진 자료에 근거해 모둠의 결론을 유추할 수 있도록 교사는 조연자 역할을 한다.

지도시 유의점

1. 본 탐구에서 주어진 여러 도전주제에 관한 정보는 교사가 미리 준비하고, 인터넷을 통한 정보 검색을 가능하게 하는 것이 좋음.
2. ice-core는 남극 뿐 아니라 빙하가 있는 히말라야 산맥 등에도 있고, 이를 통해 고기후 및 당시의 퇴적 환경을 유추할 수 있음을 인식시킨다.

참고 사이트

<http://www.ipcc.ch>

<http://ucsusa.org>

<http://www-bprc.mps.ohio-state.edu/Icecore/Abstracts/Publications.html>

- 1) 본 활동은 11-12학년의 대기와 해양 단원에 대한 확장 탐구이다. 과거 지질 시대 동안 우리의 지구는 어떠한 기후를 가졌을까를 알아보는 여러 방법 중 특히 빙하 속 얼음(Ice-Core)을 이용하여 고기후를 알아본다.
- 2) 나무의 나이테 간격이 기온에 따라 어떻게 형성되는지 알아보고 실생활에 사용하는 나무 소재에도 과학적 의미를 따짐을 이해한다.
- 3) 한반도의 기후 변화를 지층 퇴적물 시추를 통해 알아보는 방법과 과정을 이해한다.
- 4) 상호 연관된 도전주제를 정보검색하고 토의하면서 자기가 속한 모둠의 결론을 제시해본다.

2 진행 방법

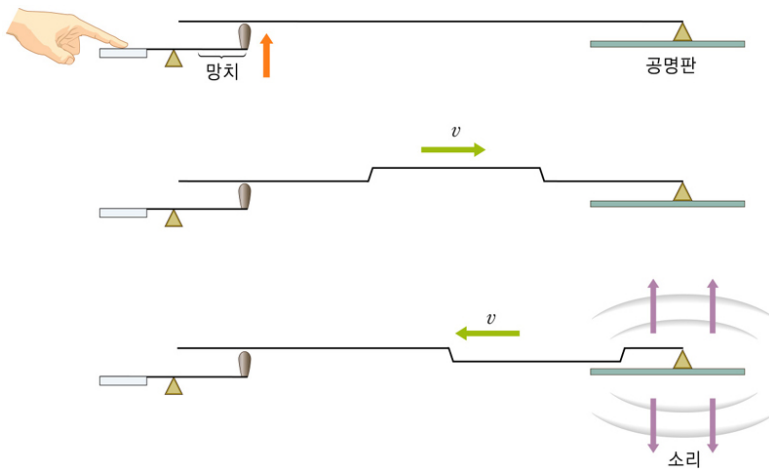
- 1) 본 탐구의 의미를 전시학습을 참고하여 설명한다.
- 2) 본 수업에 앞서 나무의 나이테의 형태가 해당 지역의 기후와 밀접한 연관을 가짐을 알아본다.
- 3) 남극 세종 기지 등의 예를 들면서 극지방에서 연구하는 다양한 프로젝트를 소개하고, 빙하의 얼음이 오랜 시간 동안 어떻게 형성되었는지를 간단한 남극 연구 동영상 등을 통해 제시한다.
- 4) 빙하 속 얼음의 기포 및 산소 동위 원소의 존재를 알려주고, 이런 기체와 원소들이 어떻게 빙하 속 얼음에 갇히게 되었는지 알아보게 한다.
- 5) 각 도전 주제에 대해 교사가 제시하는 자료 및 인터넷 정보 검색을 통해 모둠원 끼리 자료를 공유하면서 결론을 유도하게 한다.
- 6) 신생대 마지막 빙기때 우리 한반도의 지형은 어떻게 되었을지 조사하게 하고, 한반도 고기후를 알아내는 방법에 대해 조사하게 한다.

3 학생용 도전과제 답안 예시

1)

- ① 철수의 소원은 이루어지질 않을 것이다.
- ② 이유 : 피아노가 내는 소리는 피아노의 줄과 줄에 붙어 있는 울림판에 의존한다. 울림판의 진동과 공명이 좋아야만 아름답고 부드러운 소리를 낼 수 있다. 이런 진동과 공명은 나무의 나이테와 밀접한 연관을 가지고 있다. 즉, 나이테가 밀집된 것일수록(촉촉한 것) 압력에 대한 부피 팽창률이 작아져서 소리의 전달 계수가 높아진다. 나무의 나이테가 촉촉하게 밀집된 나무는 추운 지방에서 자란 나무들이다. 그런데 아마존의 밀림 지수 나무들은 기온이 높아 나무의 나이테가 듥성듬성 넓게 퍼져있으므로 소리의 전달 계수가 낮아져 피아노 울림판으로서의 효용가치가 떨어질 수 밖에 없다.
- 따라서, 세계의 유명한 피아노 제조회사들은 울림판의 재목으로 추운 지방의 나무를 사용한다.

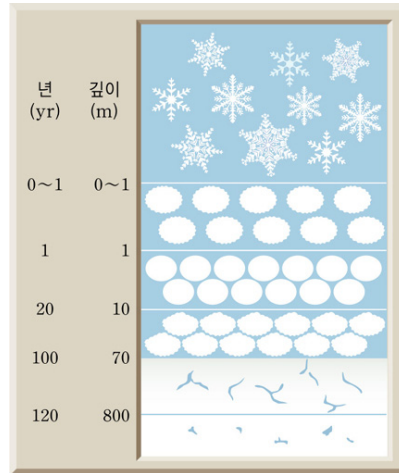
* 피아노 소리의 발생



망치가 피아노 선상에서 앞뒤로 진동하는펄스 파동을 만든다.(진폭은 실제 크기가 아님) 이 펄스에 의해 공명판이 펄스의 진동 주기와 같은 주기로 진동한다.

2)

①



눈이 쌓여 얼음이 되는 과정은 옆 그림처럼 시간에 따라 그 모형과 형태가 바뀐다. 옆 그림에서 화살표로 표시된 부분이 흔히 만년설이라 알려진 것이다. 이들이 결국 합체되어 지속적으로 빙하의 얼음을 형성하게 된다. 그림의 시간과 깊이는 그린랜드 ice core를 표본으로 한 것이다.

참고 자료

해양과학총서 7 - 남극과 지구환경

참고 자료

ice core에 관한 자료 사이트
<http://www-bprc.mps.ohio-state.edu/Icecore/Abstracts/Publications.html>

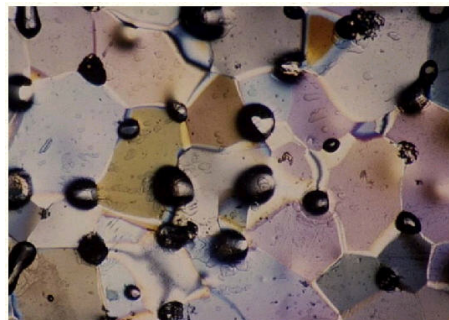
② 남극의 얼음이 만들어지는 과정을 먼저 살펴보자.

남극 주변의 해양에서 증발하여 대기로 방출된 수증기는 남극 주변으로 이동하면 최종적으로 눈 입자가 되어 육상으로 떨어진다. 표층에 쌓인 눈은 계속해서 내리는 눈에 덮이면서 점점 깊이 매몰되고 일정한 깊이에 이르면 상부의 눈층에 의해 가해지는 압력 때문에 얼음으로 변형되기 시작

한다. 표층눈의 밀도는 대략 0.2 g/cm^3 이고 깊이에 따라 점차 증가하여 어느 깊이에 이르면 눈이 고화된 얼음으로 변형되면서 밀도는 0.83 g/cm^3 까지 증가한다. 이 깊이에서는 눈 입자 사이에 있는 공기들이 고립되면서 얼음 속에 갇히게 되는 것이다.

한번 얼음에 갇힌 기포들은 얼음으로 변형될 당시의 대기에 포함되어 있던 가스 성분을 그대로 가지고 있다. 결국, 이 얼음은 남극 주변의 해양에서 증발된 수증기에서 기원하기 때문에 이들을 분석하면 과거의 기후 변화를 알 수 있다.

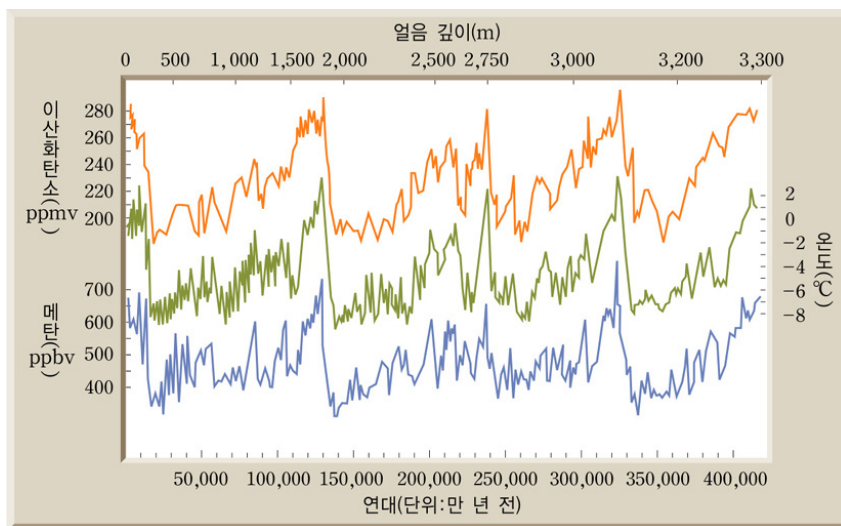
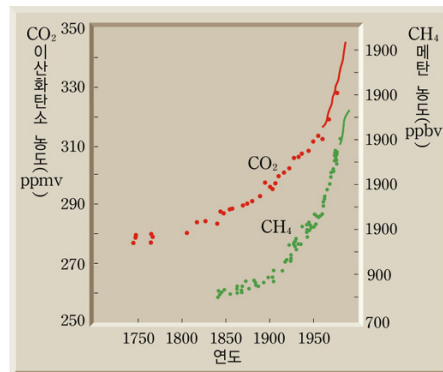
이 기포에는 이산화탄소나 메탄 가스 그리고 수소와 산소의 동위원소가 존재하고 있다.



[현미경으로 관찰한 빙하의 얼음 속 기포 : 검게 보이는 부분]

이 기포에 들어있는 이산화탄소나 메탄 가스와 같은 온실 기체를 분석해보면 과거에 이러한 온실 기체들이 대기 중에 얼마나 많이 존재하고 있었는가를 알 수 있으며, 또한 현재 대기 중의 이들 기체의 양과 비교하여 지구 온난화의 주범인 온실 효과와 기후 변화의 관계에 대해서도 알 수 있다.

실제로 남극 보스토크에서 시추한 빙하에 들어있는 이산화탄소와 메탄 가스를 분석한 결과, 현재 지구상에 존재하는 이들 온실가스가 과거 46만년 동안 유래를 찾을 수 없을 만큼 높은 농도를 보이고 있음이 밝혀졌다.



참고 사이트

<http://www.ipcc.ch>
<http://ucsusa.org>

위 그림은 남극 보스토크 빙하에서 지난 42만년 동안의 기온 변화와 이산화탄소(노란색) 및 메탄가스(붉은색)의 농도변화이다. 가운데 파란선은 기온 변화를 표시하며 현재의 평균기온을 0°C로 했을 때 과거 대기온도의 상승과 하강을 표시하고 있다. 지구 대기온도의 변화는 온실기체인 이산화탄소와 메탄가스농도의 증가, 감소와 밀접한 관계가 있었음을 알 수 있다.

인터넷 검색

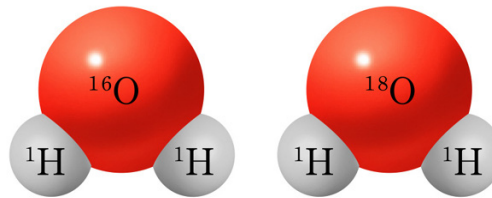
과학동아와 인터넷 검색에서 '남극연구' 및 '보스토크'를 찾아보고 보스토크에서의 ice core를 통해 알 수 있는 사항들을 조사해보게 하자.

③

자연상태의 대기 중 산소와 수소는 대부분 원자량이 16인 산소와 원자량이 1인 수소로되어 있으나 원자량이 18인 산소와 2인 수소도 소량 존재하고 있다. 이처럼



원자량이 각기 다른 산소와 수소를 동위원소라 한다. 빙하의 얼음을 구성하는 물분자들의 산소 및 수소 동위원소비는 눈으로 내릴 당시의 기온 변화에 따라 증가하거나 감소하는 특성을 가지고 있다.



^{16}O 이 수소와 결합하면 분자량은 18이 되고, ^{18}O 이 수소와 결합하면 분자량이 20이 된다.

일반적으로 물 속에는 99.8%가 ^{16}O 로 되어 있으며, ^{18}O 은 0.2% 밖에 되지 않는다.

^{16}O 이 증발되기는 쉽지만, 응결이 잘 되지 않는 반면, ^{18}O 은 ^{16}O 에 비해 11% 정도 더 무거우며 증발은 잘 되지 않지만, 응결은 쉽게 된다. 따라서, 빙하의 얼음에 ^{18}O 이 침전이 잘 되 더 아래로 내려갈 것이며, 어느 지질 시대의 온도가 높았으면 증발이 잘 진행되어 빙하의 얼음에는 ^{18}O 이 ^{16}O 보다 더 많이 존재하게 될 것이다.

즉, 우리는 빙하 속 얼음에 있는 ^{16}O , ^{18}O 의 함량비를 통해 해당 지질 시대의 기온을 유추할 수 있다.

3)

지금으로부터 약 1만 5천년 전의 최대 빙하기 때 우리나라의 기후는 알 수 있는 곳 중 하나가 제주도 서귀포에 있는 한운분화구 지역이다. 이 곳은 원래 화산 분출 분화구지만 지금은 습지이다.

습지는 폐쇄적 공간으로 주변 퇴적물이 지속적으로 쌓이는 곳인데, 이런 곳에는 빙하 퇴적물 뿐 아니라 과거 기후변화의 기록이 있는 곳이기도 하다.

옆 그림은 이 지역의 지층을 10m 정도 깊이에서 시추한 퇴적물로서 여기에는 여러 꽃가루 성분 및 각종 미생물 담겨 있다. 이를 분석하면 빙하기 때 제주도의 기후환경을 알 수 있다.



신생대 한반도의 기후에 대한 일반적인 견해는 한반도에 빙하가 존재하지 않았다는 것이 주된 입장이었지만 이 퇴적물 분석을 통해 보면 과거에는 현재와는 다른 기후 변화가 존재하였음을 알 수 있다. 한반도 지역은 1만 천년 전에 최대 빙하기 끝나고, 이후 오늘날과 비슷한 기후 패턴을 보이는 홀로세 기후 패턴에 접어든 것으로 보인다. 현재 제주도 지역은 아열대성 내지 아온대성 기후의 영향권에 있지만, 퇴적물 속의 꽃가루 성분 및 미생물을 조사해 보면 지난 최대 빙하기 때 제주도 지역은 아한대성 기후 패턴을 보였음이 최근 밝혀졌다. 즉, 현재보다는 연평균 기온이 5℃ 정도 낮았을 것으로 보인다는 것이다. 이 당시 기온 낮아지면서 해수면도 낮아졌었고, 최대 빙하기 시절 해수면은 약 100m 정도 낮았을 것으로 보인다.

따라서, 마지막 빙하기(1만 5천 년 전)때 한반도의 지역은 중국과 대륙으로 연결되었으며 일본 역시 육지로 연결되었고, 동해는 커다란 호수였고, 서해는 거대한 육지였을 것이다.



영상 정보

KBS 10대 기획
사이언스21
- 10편 지구대멸종 3부 : 제 5빙하기의 경고



지구가 계속 더워지면 빙하기가 온다?

[대기와 해양]

()년 ()월 ()일 ()학년 ()반 ()번 이름 ()



지구온난화가 지금과 같은 경향으로 지속될 때 대서양 주변 대륙이 빙하기에 접어들 수 있다는 우려가 있다. 이를 심층 순환의 변화를 통해 설명할 수 있다.

1 목표

- 지구온난화가 해수의 심층 해류에 어떤 변화를 야기하는지 이해할 수 있다.
- 현재 지구는 간빙기에 해당함을 인지하고, 한반도에서의 영향을 알아본다.

준비물

인터넷 사용이 가능한 컴퓨터

실험상 유의점

1. 각 모듈별 검색 활동을 위해서는 모듈별 컴퓨터가 구비되어 있으면 더욱 좋다.
2. 참고 사이트를 활용해 도전주제에 답한다.
3. 본 탐구에서 주어진 시나리오는 여러 가능성 중 하나일 뿐임을 강조한다.

2 탐구과정

- 1) 본 탐구는 지구의 온난화에 따른 대기의 기온 상승이 대서양 심층해류의 순환에 어떤 영향을 미칠지 이해하는 것이다.
- 2) 제시문의 도전 과제에 맞춰 신생대의 기온 변화 경향을 알아본다.
- 3) 태평양과 대서양 표층수온의 차이를 해류와 대기 순환 측면에서 이해할 수 있다.
- 4) 지구온난화가 계속되면 빙하기가 찾아올 수 있다는 영화 [투모로워의 가상 시나리오를 바탕으로 지속적인 기온 상승이 빙하기를 앞당길 수 있는지를 모듈원과 토의한 후 모듈의 의견을 제시한다.

3 도전 과제

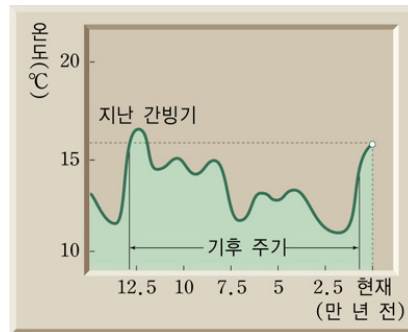


2004년 개봉한 영화 '투모로워(The Day After Tomorrow)'는 북반구가 갑작스럽게 빙하로 뒤덮이는 상황을 그린다. 즉, 지구 온난화로 빙하가 녹으면서 빙하기가 도래할 수 있다는 과학적 가설에 근거해 따뜻한 해류의 이동이 정지되고 이로 인해 곳곳에서 생존을 위한 사투가 벌어지지만 거대한 자연의 힘 앞엔 속수무책이다.

결국 인간들은 수많은 사상자를 남긴 채 따뜻한 남쪽으로 대이동을 시작한다. 이 영화 줄거리에 깔리는 과학적 근거는 온실기체의 증가로 인한 대기의 온도 상승이 해양의 심층해류 순환에 영향을 줄 수 있다는 것이다.

아래의 도전 과제에 답하면서 지구의 기온 상승이 심층 해류에 미치는 영향을 알아보자.

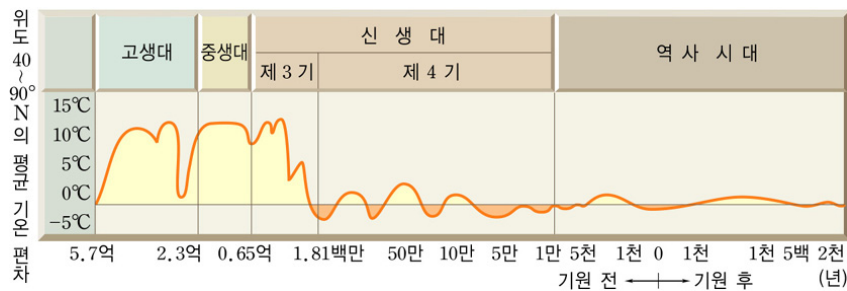
1) 그림 (가)는 마지막 빙하기의 지구의 평균 기온 변화를 나타낸 것이고, (나)는 지질 시대별 위도 40~90°에서의 기후 변화를 나타낸 것이다.



추가 문제 제기

밀란코비치 주기와 빙가반빙기 주기를 비교해보자.

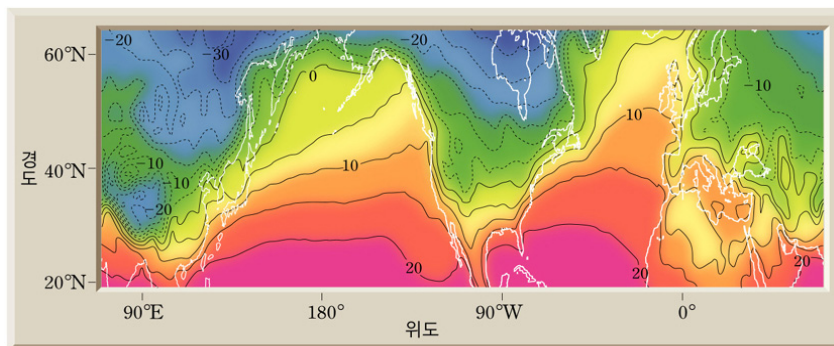
(가)



(나)

- ① 현재 지구는 빙하기와 간빙기 중 어디에 속해 있다고 볼 수 있는가.
- ② 지구의 평균 기온이 현재보다 얼마나 떨어지면 빙하기라 볼 수 있을지 토의해보자.

2) 그림은 최근 북반구 1월의 평균 기온 분포를 나타낸 것이다.



참고 사이트

<http://argo.metri.re.kr>

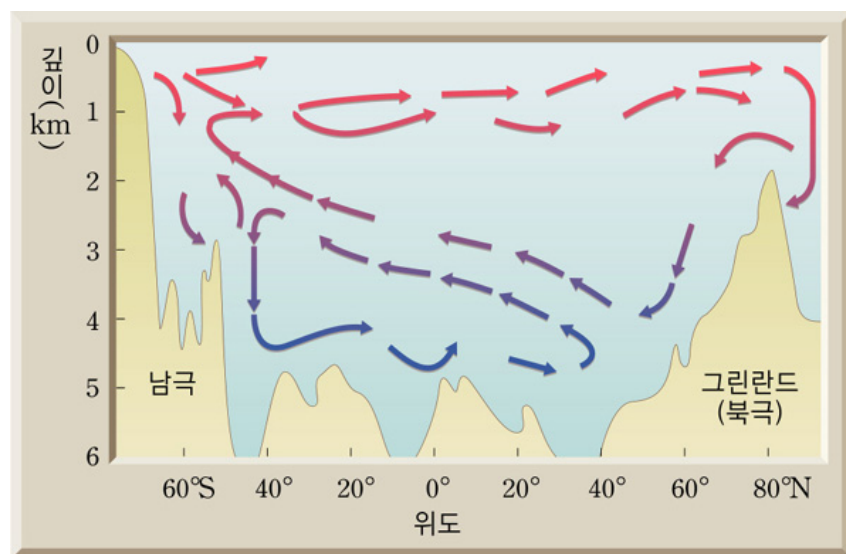
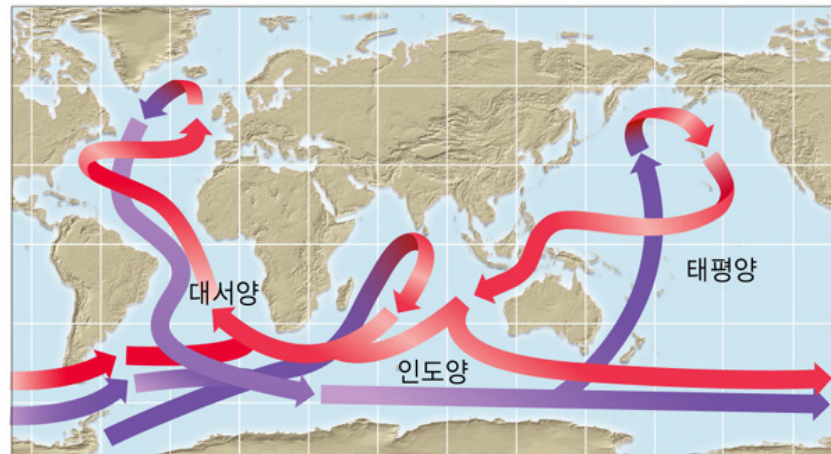
- ① 겨울철 고위도에서 대륙보다 해양의 온도가 더 높은 이유를 설명해보자.

② 북위 50° 부근에서 태평양의 서쪽 바다보다 대서양의 서쪽 바다 수온이 더 높은 이유를 표층 해류의 순환 측면에서 설명해보자.

참고 사이트

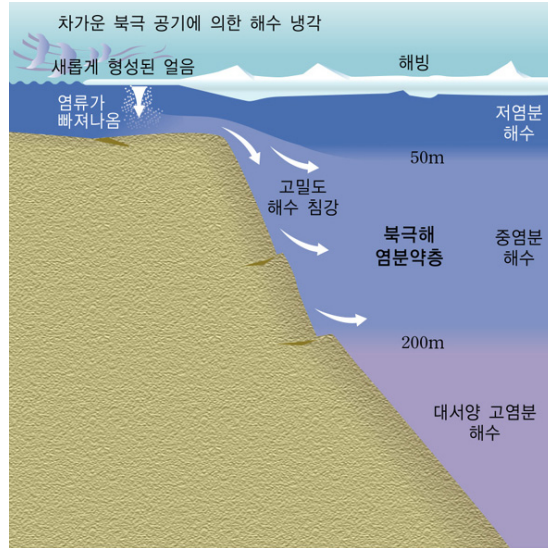
<http://www.whoi.edu/institutes/occi/index.htm>

3) 다음은 전지구적 해수 순환의 수평 흐름(Heat Conveyor-Belt)과 대서양 심층 순환의 수직단면을 나타낸 것이다.



① 대서양에서 표층해류는 몇 개의 지점에서 침강을 한다. 북대서양에서 해수의 침강이 일어나는 곳을 인터넷 검색을 통해 찾아보자.

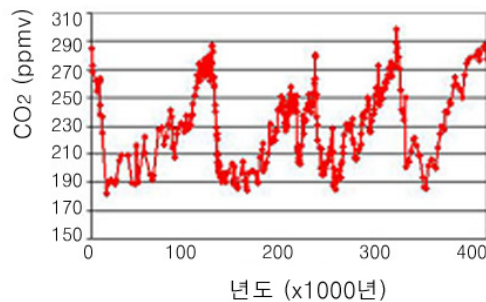
- ② 그림은 북극 부근에서 해수의 염분 약층이 형성되는 과정을 설명하고 있다. 이를 참고로 해수가 침강할 때 염분이 강해지는 이유와 염분 약층이 하는 역할이 무엇인지 밝혀보자.



인터넷 검색

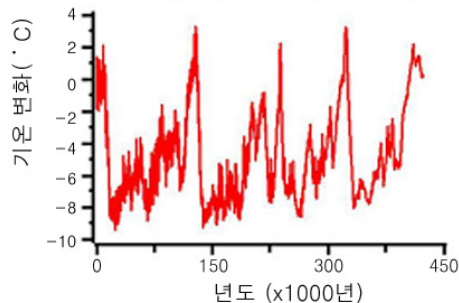
과학동아와 인터넷 검색에서 '보스토크'를 찾아보고 보스토크에서의 얼음코어에 대해 알아보자.

- ③ 보스토크는 남극의 가장 높은 곳에 위치한 러시아 고기후 연구기지이다. 연평균 기온이 -55.4°C 로서 지구상에서 가장 추운 곳에 속하는데, 오른쪽 자료는 이곳에서 깊이에 따라 얼음(Ice-Core)을 채취해 분석한 자료이다. 자료에 근거해 내릴 수 있는 결론은 무엇인가.

보스토크, 남극, 얼음 분석 CO_2 

↑ ice-core에 나타난 이산화탄소의 수치

보스토크, 얼음 동위원소 분석으로 알아낸 기온



↑ ice-core에 나타난 기온 변화 기록

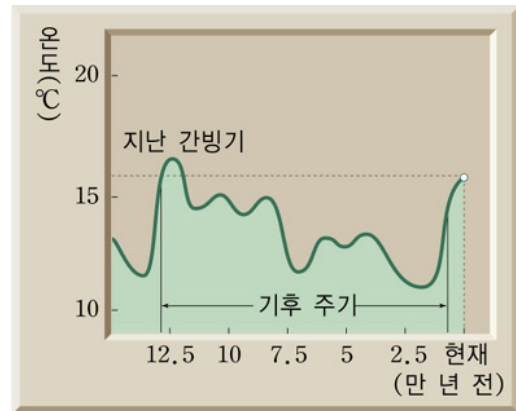
대안 가설 설정

모듬원간 토의를 통해 영화에서 주어진 시나리오 대신 모듬원이 생각할 수 있는 가상 시나리오를 제시해도 된다.

- ④ 과학자들은 현재의 기온 상승이 간빙기의 최대 정점이 될 수 있다고 경고한다. 그림처럼 앞으로 더 기온이 올라갈 수도 있지만, 곧바로 기온이 떨어질 수도 있다는 것이다.

영화 [투모로우]에서는 지구 온난화에 따른 기온 상승으로 해수의 컨

베이어벨트가 점차 정지되어 주변 대륙이 급속히 냉각되어 빙하기가 도래한다는 것을 가정하고 있다. 이는 북대서양에서의 해수 침강이 점차 약해져서 나타날 수 있는 현상인데, 모듬원간 토의를 통해 [투모로우]가 과학적 근거를 충분히 가지는지를 밝혀보자.



- ⑤ 만약, 북대서양 대륙에서의 빙하가 우리나라에도 그대로 나타날 수 있는지를 해수의 순환 측면에서 고려하여 밝혀보자.



지구가 계속 더워지면 빙하기가 온다?

...➡ [대기와 해양]



1 활동 내용 분석

- 1) 본 활동은 11-12학년의 대기와 해양 단원에 대한 새 탐구이다. 지구온난화가 해수의 흐름에 어떤 영향을 미치는지를 알아보고, 영화에서 다루고 있는 지구온난화와 빙하기의 도래가 과연 과학적으로 의미가 있는지를 판단해보는 활동이다.
- 2) 신생대가 시작된 이 후 지구는 4번의 빙하기와 간빙기를 거쳤으며, 현재 지구 온난화가 지속되는 상황은 신생대 간빙기의 최고 정점이 될 수 있는지 알아본다.
- 3) 해수의 침강이 일어나는 원리를 알고, 지구 대기의 기온 상승은 해류와 생물계에 영향을 미치는 점을 통해 지구계를 상호작용의 관점에서 이해한다.
- 4) 상호 연관된 도전주제를 토의하고 답하면서 자기가 속한 모듈의 결론을 제시해본다.

활동의 성격

모듈별 활동으로 해양 데이터를 해석하고 영화 속 가상 시나리오를 과학적 사실에 근거해 타당성을 밝혀보는 활동임

실험상 유의점

1. 각 모듈별 검색 활동을 위해서는 모듈별 컴퓨터가 구비되면 더욱 효과적이다.
2. 주어진 자료에 근거해 모듈의 결론을 유추할 수 있도록 하자.

2 진행 방법

- 1) 본 탐구의 의미를 전시학습을 참고하여 설명한다.
- 2) 본 수업에 앞서 영화 [투모로워]의 몇 장면을 보여주고 이야기 전개가 어떻게 되고 있는지를 알려준다. 물론, 영화 전체를 볼 수 있으면 더욱 효과적일 것이다.
- 3) 지질연대표를 통해 신생대 이후 빙하기와 간빙기의 패턴을 알아본다.
- 4) 전지구해양변화 감시시스템(ARGO) 웹사이트(<http://argo.metri.re.kr>) 검색을 통해 수온·염분 실시간 자료를 찾아보고, 북대서양과 북태평양 서쪽에서의 수온 분포를 파악하게 한다.
- 5) 표층 해류는 심층 해류와 연결되어 있으며, 해수의 운동은 대기의 운동과 상호작용하며, 지구계의 모든 시스템은 상호작용함을 이해하게 한다.
- 6) 영화 [투모로워]에서 설정되는 지구온난화에 따른 해수의 컨베이어벨트 정지가 가능한지, 이로 인해 북대서양 주변 대륙에서의 빙하기가 도래한다는 시나리오의 타당성을 모듈원끼리 토의한 후 결론을 발표한다.
- 7) 신생대 이후 한반도는 빙하기를 거쳤는지를 웹사이트를 통해 조사 발표한다.

지도시 유의점

본 탐구에서 주어진 시나리오의 가능성 있는 것 중에 하나일 뿐임을 강조한다.

참고 사이트

<http://argo.metri.re.kr>

3 학생용 도전과제 답안 예시

추가 문제 제기

밀란코비치 주기와 빙기-반빙기 주기를 비교해보자.

참고 사이트

<http://www.ideo.columbia.edu/res/div/ocp/gs/>

1)

- ① 그림 (가)를 통해 볼 때, 현재 지구는 마지막 빙하기 이후 지속적으로 기온이 상승하고 있는 점으로 볼 때 간빙기에 해당한다.
- ② 전반적으로 간빙기의 최고 정점에서 지구의 평균 기온이 5~10℃ 낮아지면서 빙하기가 오고 있다.

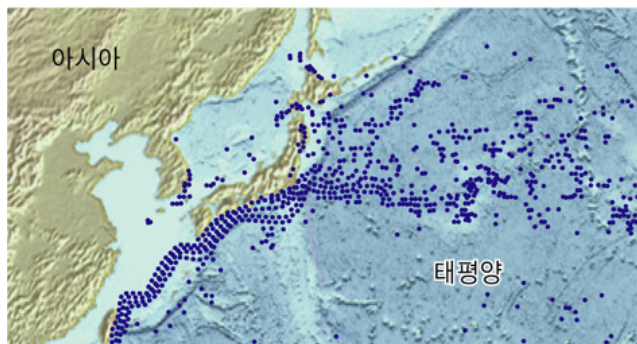
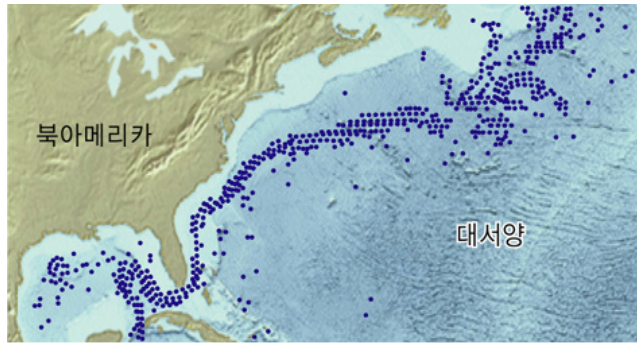
2)

- ① 대륙보다 해양의 비열이 더 크기 때문이다. 즉, 해양이 대륙보다 열을 더 많이 보존하고 있다는 것이다. 또한, 겨울철 대륙을 지나는 바람의 방향을 보면 일반적으로 서쪽에서 불기 때문에 어떤 따뜻함이든 대륙에 열이 머물지 못하고 바다로 날려간다.
- ② 북대서양 서쪽 해역의 평균 표층 해수의 수온은 약 5℃ 이상이다. 반면 같은 위도상에 있는 북태평양 서쪽 해역의 표층 해수의 평균 수온은 약 0℃ 이하이다. 같은 위도 상에 위치한 두 해역에서의 평균 수온이 다르게 나타나는 것은 이 해역을 지나는 표층 해류인 멕시코 만류와 쿠로시오 해류의 영향 때문이다.

일반적으로 적도에서 올라오는 고온·고염분의 멕시코 만류는 대서양의 열순환에 절대적인 영향을 미치고 있다. 멕시코 만류는 북극 근방의 그린란드 지역까지 올라가 영향을 주고 있다. 이로 인해 위도 60° 이상 해역까지 따뜻한 멕시코 만류가 흘러 평균 지상 기온과 표층 수온이 높게 나타난다.(붉은 영역을 주목하자.)

이에 비해 우리나라에 영향을 많이 주는 고온·고염분의 쿠로시오 해류는 일본 남동쪽으로 흘러 북태평양 해류로 이어져 동쪽으로 흘러가게 된다. 즉, 쿠로시오 해류는 겨울철에는 북위 30~35° 사이에서 오른쪽으로 흘러가기 때문에 위도 50° 해역에는 영향을 주지 못한다. 따라서, 북태평양 서쪽은 차가운 시베리아 기단과 리만 해류의 영향으로 북대서양 서쪽 해역보다 훨씬 더 낮은 평균 지상 기온과 표층 해수 수온을 나타나게 된다.

두 해류의 해수 수송량과 흐름을 나타내면 그림과 같다. (단, 위도의 스케일은 같다.)



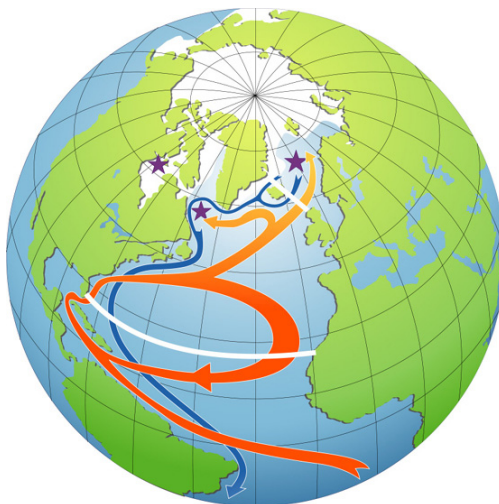
참고 사이트

<http://www.whoi.edu/institutes/occi/index.htm>

제
5
장

3)

① 대서양에서 표층 해류는 아래 그림에서처럼 크게 3개의 지점에서 침강한다.



인터넷 검색

과학동아와 인터넷 검색에서 '보스토크'를 찾아보고 보스토크에서의 얼음코어를 통해 알 수 있는 사항들을 조사해보게 하자.

대안 가설 유도

모둠원간 토의를 통해 영화에서 주어진 시나리오 대신 모둠원이 자체 생산한 가상 시나리오를 제시하게하면 더 확장된 열린 토론 수업이 가능하다.

② 해수의 물이 얼 때, 소금이 빠져나온다. 이로 인해 해수의 염분이 증가하고 밀도는 커져 가라앉는다. 이 해수가 수심 50~200 m 사이에 염분 약층을 형성하게 되는 것이다. 이렇게 차갑고 염분이 높은 염분 약층은 표층의 얼음과 더 깊은 수심의 상대적으로 따뜻한 해수층 사이의 에너지 교환을 차단하는 역할을 하게 된다.

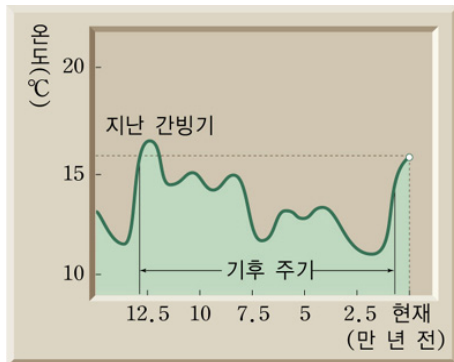
③ 얼음 코어에 나타난 빙하기와 간빙기의 시기와 이산화탄소의 함량 고저가 일치한다. 즉, 이산화탄소 함량이 높을 때는 온도가 높은 간빙기였고, 낮을 때는 추운 빙하기였다. 이 얼음 코어에 나타난 빙하기의 기온은 보스토크 기지의 연평균 기온(-55.4°C)보다 약 8°C 정도 낮고, 간빙기 때의 최고 온도는 약 2°C 정도 높았다.

④ 예시답안)

심층 순환의 전 지구적인 패턴은 표층 해수를 깊이 운반하고 다시 되돌려 놓는 컨베이어 벨트를 닮았다. 이러한 순환은 약 1,000년의 시간이 걸린다. 이와 같은 전체적인 느린 흐름의 체계는 물과 열의 운반에 중요하다.

영화에서는 지구온난화에 따라 대기의 기온이 상승하게 되는데, 이렇게 되면 빙하가 녹아나게 된다. 빙하가 녹는다는 것은 해수로 담수가 유입되어 적도에서 올라오는 멕시코 만류가 침강하지 못하게 만드는 결과를 초래할 수 있다.

또한, 이상 기상으로 적도에서 내리는 강수가 고위도에서 많이 내리는 현상까지 동반하게 되면 멕시코 만류는 아이슬란드 북쪽 같은 침강지역에서 침강하지 못하게 되고 시간이 지나면서 멕시코 만류가 정지하고 이로 인해 심층 순환도 정지하게 되어 저위도의 열을 고위도로 운반하지 못해 고위도부터 급격하게 기온이 하강할 수 있다. 즉, 영화 [투모로우]의 경고는 대기의 기온 상승과 해수의 순환과의 상호작용 측면에서 상당한 과학적 타당성을 가지고 있다고 본다. 하지만, 표층 해류와 심층 해수의 순환은 대략 1,000년이라는 꽤 긴 시간이 걸린다.



따라서, 영화에서 다루는 것처럼 몇 주~몇 개월 사이에 해수의 순환이 멈추고 대륙의 빙하가 시작되는 것은 아니다. 단지, 이런 설정은 영화의 재미를 위해서 꾸민 것이라 볼 수 있다.

또한, 현재의 기온 상승이 신생대 간빙기의 정점이라 할지라도 기온 상승이 당분간 지속될 수도 있고, 아니면 갑자기 빙하기로 떨어질 수도 있다. 이에 대한 논의는 지속적인 연구를 통해 예측가능하다고 볼 수 있다.

- ⑤ 이제까지 한반도에는 빙하가 존재하지 않았다는 것이 통설이다. 이를 해류의 순환 측면에서 볼 때, 북대서양에서 상승하는 멕시코 만류가 담수 유입 등의 이유로 밀도가 작아져 침강이 되지 않아 차츰 정지하게 된다. 멕시코 만류가 정지하게 되면 열염순환인 심층 순환이 정지하게 되고, 결국 북대서양 일대에서 빙하가 시작된다고 볼 수 있다. 하지만, 한반도는 적도에서 올라오는 고온·고염분의 쿠로시오 해류의 영향으로 같은 위도의 대서양 대륙보다 빙하에 따른 급격한 기온 하강은 나타나지 않았을 것이기 때문에 큰 기온 하강은 없을 것으로 볼 수 있다.

영상 정보

KBS 10대 기획
사이언스21
- 10편 지구대멸종 3부 : 제
5빙하기의 경고



다음 빙하기는 언제쯤 오는 걸까?

기후 변화의 천문학적 원인을 자료 해석을 통해 알아보기

[대기와 해양]

()년 ()월 ()일 ()학년 ()반 ()번 이름 ()



요즘은 여름이 너무 덥다거나, 겨울에 눈이 내리지 않는다거나 하는 기후 변화에 대한 이야기를 평상시의 대화에서도 많이 들을 수 있다. 한 사람의 일생 중에도 어느 정도 기후 변화에 대한 이야기를 할 수도 있겠지만, 지구의 기후는 장구한 세월을 걸쳐 따뜻해졌다가 추워졌다가하기를 반복해 왔다. 특히 평균 기온이 낮아서 넓은 면적의 대륙이 빙하로 뒤덮여 있던 시기를 빙하기라고 한다. 마지막 빙하기는 1만 2천년 전에 끝났으며, 이후 지구의 기후는 약간의 변동은 있지만 전체적으로는 따뜻한 시기였고, 따뜻한 기후에 힘입어 인류는 문명을 발달시킬 수 있었다. 이렇게 행복한 시기는 어느 정도나 지속될까? 혹시 우리는 다음 빙하기를 앞두고 있지는 않을까? 다음 빙하기가 온다면 언제일까?

1 목표

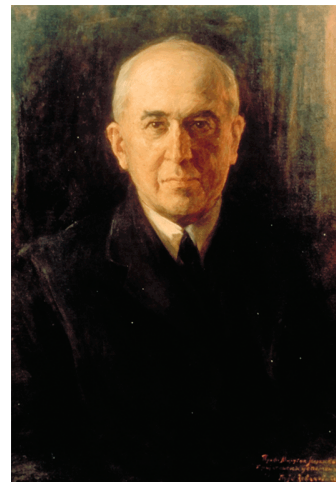
- 지구의 기후 변화에 영향을 주는 요인들에 대해 말할 수 있다.
- 천문학적 요인이 지구의 기후에 미치는 영향에 대해 말할 수 있다.
- 자료를 조합하여 해석을 위해 가공할 수 있다.
- 다양한 자료를 비교·분석하여 자료의 가치를 평가할 수 있다.
- 지구는 다양한 요인들이 상호작용하는 복잡한 시스템임을 이해한다.

준비물

스프레드시트 프로그램(마이크로소프트 엑셀 따위) 사용이 가능한 컴퓨터

2 예비활동

19세기 중엽 아가시(Jean Louis Rodolphe Agassiz; 1807-1873) 등에 의해 과거 지구의 기후가 추웠던 시기와 따뜻했던 시기가 번갈아 계속되었다는 것이 알려지게 되자, 과학자들은 빙하기와 간빙기의 주기적 패턴의 원인에 대해 연구하기 시작했다. 세르비아의 과학자 밀란코비치(Milutin Milankovitch; 1879-1958)는 빙하기와 간빙기의 패턴을 결정하는 원인이



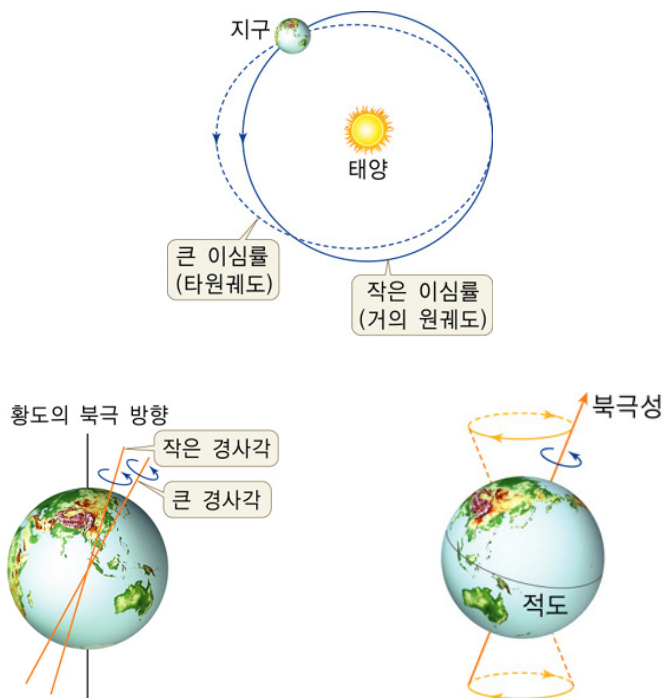
밀란코비치의 초상

실험상 유의점

1. 스프레드시트 프로그램에 익숙하지 않을 경우 제시된 단계별로 입력하도록 하되, 수치를 조작할 때는 자유롭게 조작해 보도록 한다.

천문학적 요소에 있다고 생각했다. 밀란코비치는 지구는 매우 안정적인 원에 가까운 궤도를 그리지만, 주기적으로 나타나는 미세한 변동이 지구에 도달하는 태양 복사 에너지에 작지만 중요한 변화를 주게 되어 빙하기와 간빙기의 주기가 나타난다고 생각했다.

- 1) 지구 궤도의 이심률. 지구 궤도는 원에 가깝지만, 10만년을 주기로 이심률이 0.005~0.058 범위에서 변한다. 이심률이 커지면 지구 궤도는 보다 타원에 가까워져 지구-태양간의 거리 변화가 심해진다.
- 2) 지구 자전축 경사. 지구의 자전축은 황도면에 수직에 대해 23.5° 기울어져 있어 계절 변화의 원인이 된다. 지구의 자전축은 41,000년을 주기로 $22\sim24.5^\circ$ 범위에서 변화한다. 자전축 경사가 지금보다 커지면 계절간의 차이도 커질 것이다.
- 3) 세차운동. 현재 지구의 자전축은 북극성 부근을 가리키고 있지만, 지구의 자전축은 팽이의 축처럼 느린 속도로 원을 그리며 도는 세차운동을 한다. 세차운동의 주기는 26,000년 정도이다.



밀란코비치의 궤도 요소(위부터 이심률, 자전축 경사, 세차운동)

3 본활동

1) 컴퓨터의 스프레드시트 프로그램(마이크로소프트 엑셀 등)을 사용하여 지구 자전축 경사, 세차운동, 이심률의 주기적 변화를 그래프로 그리고 조합하여 '유사 밀란코비치 사이클'을 만든다.

① 스프레드시트 프로그램을 실행한다.

② A1, B1, C1, D1, E1셀에 각각 'x', '이심률', '자전축경사', '세차운동', '기온 변화'라고 입력하고, A2셀에 '0'을 입력한다. B2셀에 '=SIN((2*PI()*A2)/100000)'을 입력한다.

	A	B	C	D	E	F
1	x	이심률	자전축경사	세차운동	기온변화	
2	0	=sin((2*PI()*A2)/100000)				
3						
4						
5						
6						

③ C2셀에 '=SIN((2*PI()*A2)/41000)', D2셀에 '=SIN((2*PI()*A2)/26000)', E2셀에 '=B2+C2+D2'를 입력한다.

④ A3셀에 '10000'을 입력한다.

	A	B	C	D	E	F
1	x	이심률	자전축경사	세차운동	기온변화	
2	0	0	0	0	0	
3	10000					
4						
5						
6						

⑤ 커서를 사용하여 B2, C2, D2셀에 블록을 씌운다. 블록 오른쪽 아래점의 작은 ■에 커서를 가까이하여 커서가 +로 변하면 마우스 왼쪽 버튼을 누른 상태로 한 줄 드래그 앤 드롭한다.

	A	B	C	D	E	F
1	x	이심률	자전축경사	세차운동	기온변화	
2	0	0	0	0	0	
3	10000					
4						
5						
6						

- ⑥ B2, C2, D2셀에 계산 결과가 나타난다.

	A	B	C	D	E	F
1	x	이심률	자전축경사	세차운동	기온변화	
2	0	0	0	0	0	
3	10000	0.587785	0.999266	0.663123	2.250174	
4						
5						
6						

- ⑦ A2셀~D3셀까지 블록을 씌운다. 블록 오른쪽 아래점의 작은 ■ 에 커서를 가까이하여 커서가 + 로 변하면 마우스 왼쪽 버튼을 누른 상태로 원하는 만큼 아래 방향으로 드래그 앤 드롭한다(50줄 정도 해 보자).

	A	B	C	D	E	F
1	x	이심률	자전축경사	세차운동	기온변화	
2	0	0	0	0	0	
3	10000	0.587785	0.999266	0.663123	2.250174	
4						
5						
6						
7						
8						50000
9						

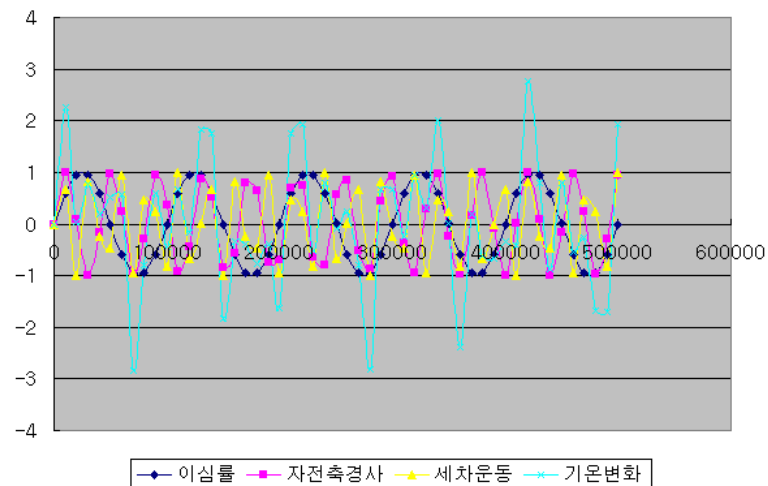
- ⑧ 이제 50만년 동안의 계산 결과가 나왔으니 그래프를 그려보도록 하자. A1셀부터 데이터가 있는 모든 셀에 블록을 씌우고, '차트마법사' 아이콘을 클릭한다.

	A	B	C	D	E	F	G	H
12	100000	-2.5E-16	0.373817	-0.82298	-0.44917			
13	110000	0.587785	-0.9125	0.992709	0.667991			
14	120000	0.951057	-0.44372	-0.66312	-0.15579			
15	130000	0.951057	0.878512	2.33E-15	1.829569			
16	140000	0.587785	0.511019	0.663123	1.761927			
17	150000	3.68E-16	-0.83937	-0.99271	-1.83207			
18	160000	-0.58779	-0.57532	0.822984	-0.34012			

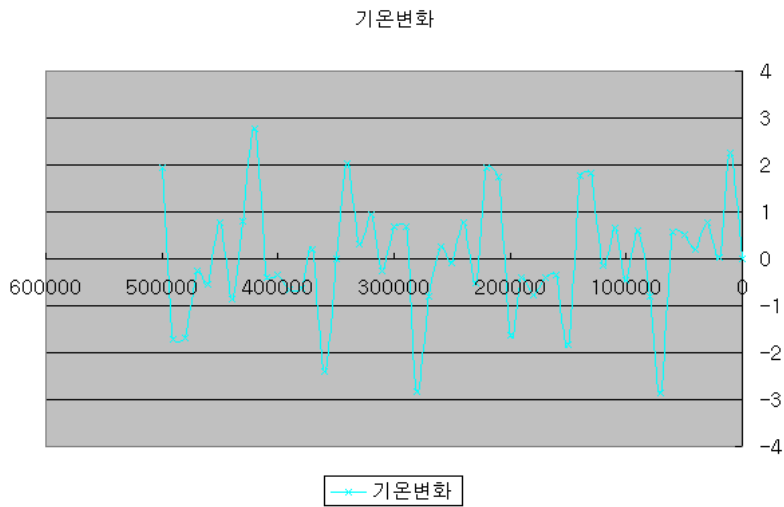
- ⑨ 차트마법사에서 원하는 그래프 형태를 정한다. '곡선으로 연결된 분산형'을 선택한다.



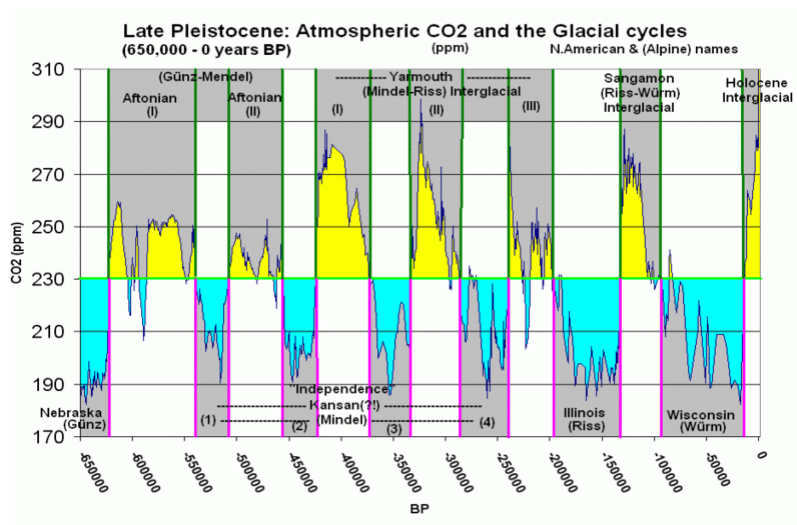
- ⑩ '다음'을 눌러 '계열'과 '데이터범위'를 확인하고, 다시 '다음'을 눌러 '범례'를 '아래쪽'으로 배치한 후 '마침'을 눌러 그래프를 완성한다.



- ⑪ 그래프의 X축을 클릭하고 마우스 오른쪽 버튼을 눌러 '축 서식'을 선택하여 '눈금'탭에서 '값을 거꾸로'를 선택한다.
- ⑫ 그래프를 클릭하고 마우스 오른쪽 버튼을 눌러 '원본 데이터'를 선택하여 '계열'에서 '이심률', '자전축경사', '세차운동'을 제거하면 기온변화 그래프만 볼 수 있다(그림영역을 마우스로 클릭한 후 오른쪽 버튼을 눌러 '그림 영역 서식'에서 영역색을 변경할 수 있고, 그래프를 클릭하여 '데이터 계열 서식'에서 그래프 선의 색 등을 변경할 수 있다).



- 2) 자신이 만든 밀란코비치 사이클 그래프를 실제 지구의 기온 변화 그래프와 대조해 본다.

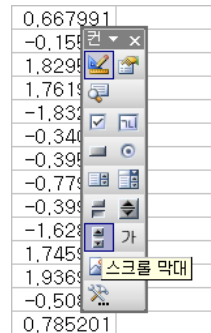


얼음 코어에서 채취한 CO₂ 농도에 근거한 65만년 동안의 기온 변화 /
Wikipedia

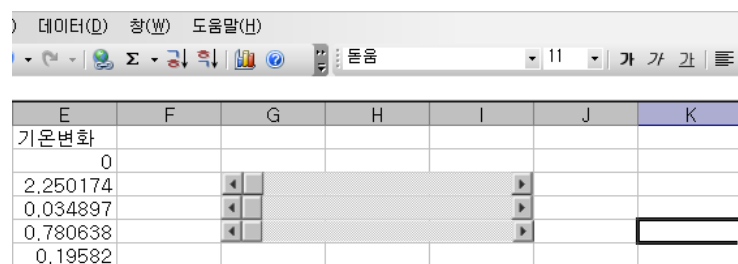
- 우리가 만든 그래프는 실제 지구 기온 변화 그래프와 어떤 점이 비슷한가?
혹은 다른가?
- 다르다면 그 이유는 무엇이겠는가?

3) 잘 맞지 않는다면 지구 자전축 경사, 세차운동, 이심률의 주기적 변화 그래프의 시작점 등을 조절하여 최대한 맞도록 조정한다.

① '보기 - 도구모음 - 컨트롤 도구상자'를 클릭하여 컨트롤 도구상자가 나타나게 한 후 '스크롤 막대'를 선택한다.



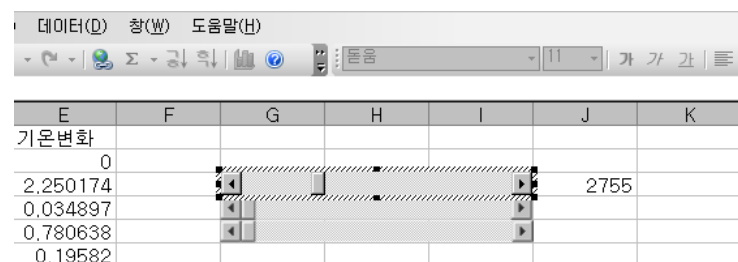
② 마우스 왼쪽 버튼을 누르고 드래그 앤 드롭하여 적당한 크기로 스크롤 막대를 만든다. 같은 방법으로 스크롤 막대를 세 개 만든다.



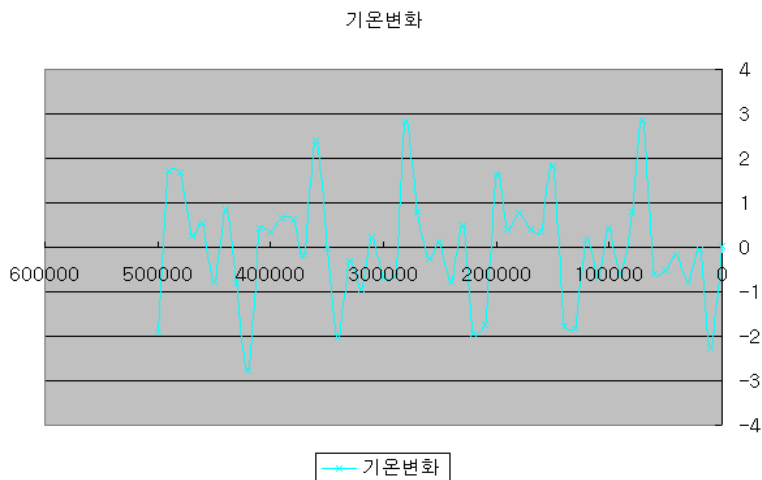
③ 첫 번째 스크롤 막대를 클릭한 후 마우스 오른쪽 버튼을 눌러 '속성'을 선택한다. 속성에서 'LINKED CELL'에 'J3', 'MAX'에 '10000'을 입력한다.

④ 두 번째 스크롤 막대의 속성은 'LINKED CELL'에 'J4', 'MAX'에 '4100'을, 세 번째 스크롤 막대의 속성은 'LINKED CELL'에 'J5', 'MAX'에 '2600'을 입력한다.

⑤ 스크롤을 움직이면 LINKED CELL에 값이 나타난다(스크롤이 잘 움직여지지 않으면 스크롤 막대를 클릭한 후 마우스 오른쪽 버튼을 눌러 '스크롤 막대 개체 - 편집'을 클릭한다).



- ⑥ K3, K4, K5셀에 각각 $=J3*10$, $=J4*10$, $=J5*10$ 을 입력한다.
- ⑦ B2셀에 입력한 식 $=\text{SIN}((2*\text{PI}()*A2)/100000)$ 를 $=\text{SIN}((2*\text{PI}()*(A2-\$K\$3))/100000)$ 으로 수정한다. C2셀은 $=\text{SIN}((2*\text{PI}()*(A2-\$K\$4))/41000)$ 으로, D2셀은 $=\text{SIN}((2*\text{PI}()*(A2-\$K\$5))/26000)$ 으로 수정한다.
- ⑧ B2, C2, D2셀을 블록을 선택한 후 블록 오른쪽 아래점의 작은 ■에 커서를 가까이하여 커서가 +로 변하면 마우스 왼쪽 버튼을 누른 상태로 원하는 만큼 아래 방향으로 드래그 앤 드롭한다. 이와 같은 과정을 반복하면 기온 변화 그래프가 변하는 것을 확인할 수 있다. 마음에 드는 그래프가 나올 때까지 스크롤 막대를 조정한다.



K3 값이 50000, K4가 20600, K5가 13000인 경우의 그래프

- 가장 마음에 드는 그래프의 K3, K4, K5 값은 각각 얼마인가?

- 4) 사이클이 잘 맞게 되었다면, 그래프를 연장하여 어느 정도 시간이 지나면 다음 빙하기가 올 것인지 예상해 본다.

- ① 왼쪽 끝의 행 번호 '2'를 클릭한 후 마우스 오른쪽 버튼을 누른 후 '삽입'을 선택하여 2행에 새로운 행을 넣는다. 같은 동작을 다섯 번 반복한다.

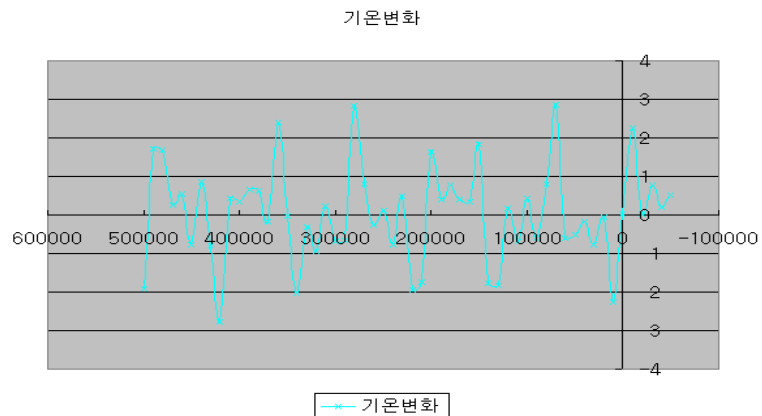
	A	B	C	D	E
1	x	이심률	자전축경사	세차운동	기온변화
2					
3					
4					
5					
6					
7			0.015324	-1.2E-16	0.015324
8			-0.99856	-0.66312	-2.24947
9			-0.09182	0.992709	-0.05017
10			0.991528	-0.82298	-0.78251
11			0.167776	0.239316	-0.18069

'마음에 든다'라는 뜻은 위에서 제시된 실제 기온 변화 그래프와 가장 비슷한 형태를 그리는 그래프를 말한다.

- ② A7~E8셀을 블록썬 후 블록 오른쪽 아래점의 작은 ■ 에 커서를 가까이 하여 커서가 + 로 변하면 마우스 왼쪽 버튼을 누른 상태로 2행까지 위 방향으로 드래그 앤 드롭한다.

	A	B	C	D	E	F
1	x	이심률	자전축경사	세차운동	기온변화	
2						
3						
4						
5						
6						
7	0	-1.2E-16	0.015324	-1.2E-16	0.015324	
8	10000	-0.58779	-0.99856	-0.66312	-2.24947	
9	20000	-0.95106	-0.09182	0.992709	-0.05017	-50000
10	30000	-0.95106	0.991528	-0.82298	-0.78251	

- ③ 현재부터 5만년 후까지의 표가 완성되었다. A1셀부터 데이터가 있는 모든 셀에 블록을 썬 후 차트 마법사를 선택하여 그래프를 완성한다.

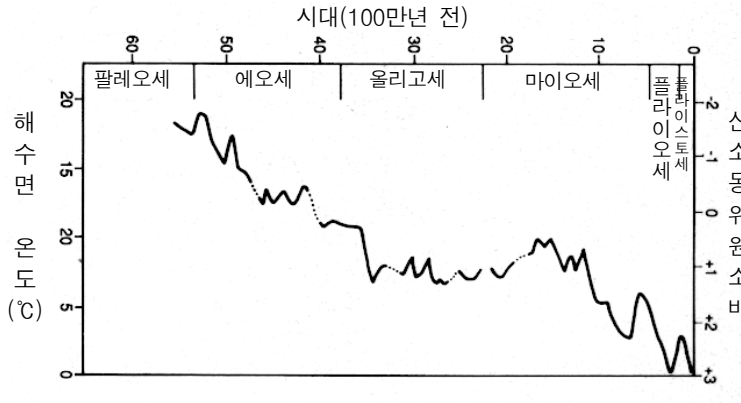


- 이후 5만년 간 지구의 기온은 어떻게 변할 것으로 예상되는가?

4 정리활동

1) 지구의 기후 변화에 영향을 주는 요인들

① 장기적 요인 - 대륙과 해양의 분포



산소동위원소 비율에서 얻은 신생대 중 해수면 온도 변화

www.atmos.washington.edu

지구의 기후 변화에 영향을 주는 요인은 한 가지가 아니며, 시간 규모에 따라 서로 다른 주요 요인이 달라질 수 있다.

심해 퇴적물 샘플의 산소 동위원소 비율에서 얻은 결과에 의하면 신생대 기간에 걸쳐 지구의 기온은 내내 낮아졌다는 것을 알 수 있다. 특히 3500만 년 전과 1200~1000만 년 전 기온이 급격히 떨어진 것을 알 수 있다. 과학자들은 이 사건들이 남극대륙이 순환 해류에 둘러싸이고 극에 빙원이 형성되었기 때문으로 생각하고 있다. 수백~수천만 년의 시간 척도에서는 대륙 이동에 의한 육지와 바다의 분포가 지구의 기후에 영향을 주게 된다.

② 중기적 요인 - 천문학적 요인

수만~수십만 년의 시간 척도에서는 밀란코비치 사이클처럼, 지구 궤도의 주기적인 변화가 태양 복사 에너지량에 변화를 주어 지구의 기후를 변화시킬 것이다.

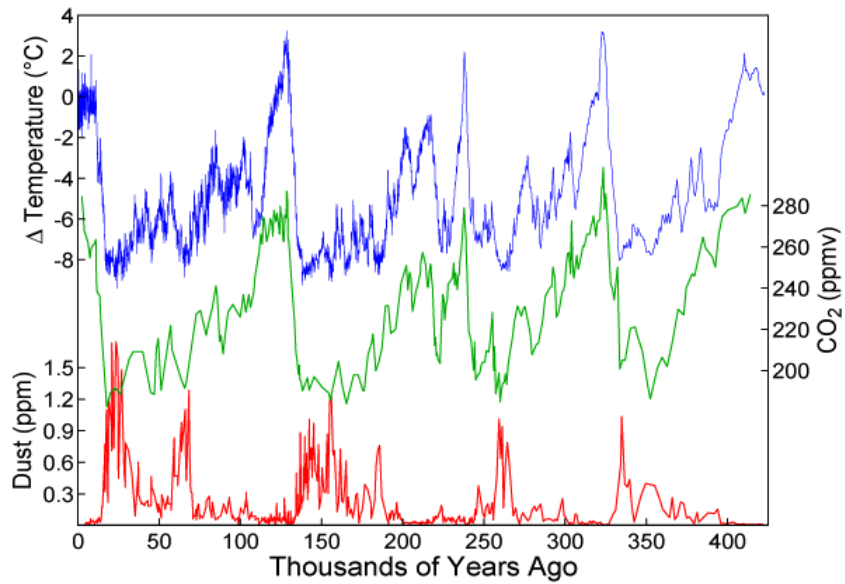
③ 단기적 요인 - 온실효과 기체의 농도 변화

하지만 지금 우리는 온실효과 기체(이산화탄소, 메탄 등)의 증가에 의한 지구온난화를 염려하고 있다. 수백~수천년의 시간 척도에서는 온실효과 기체의 농도에 의한 기후 변화의 효과가 가장 클 것이다.

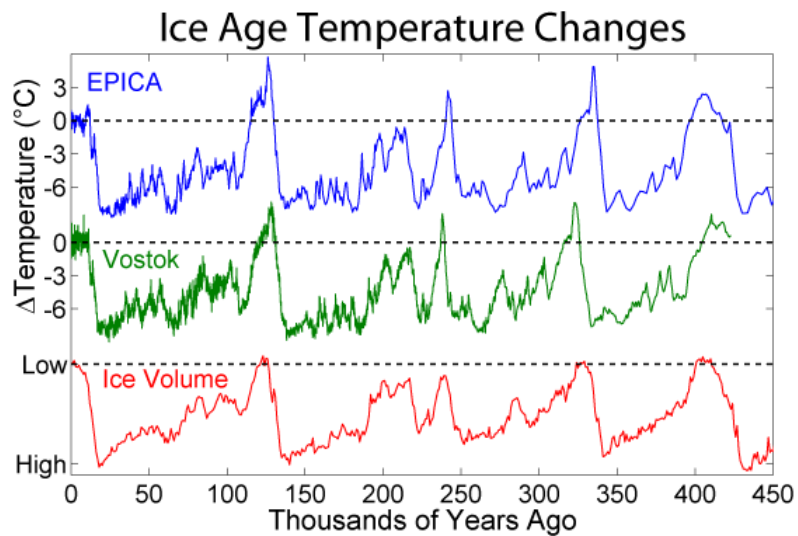
한 가지 요인만으로 다음 빙하기의 시작 시기를 단정할 수는 없다.

2) 빙하기의 주기를 확인하기 위한 다른 자료들도 많이 있다, 우리가 만든 '유사 밀란코비치 주기'에 의한 빙하기 주기를 다음 자료들과 비교하여 우리가 만든 주기와 비슷한 점은 무엇이고, 다른 점은 무엇인지 이야기 해 보자.

① 러시아의 남극기지 보스토크(Vostok) 기지에서 빙하를 시추하여 얻은 지난 40만년 동안의 기온, 이산화탄소, 먼지 변화 그래프(Wikipedia)



② 퇴적물 코어에서 채취한 퇴적물의 저서성 유공충의 산소 동위원소비에 서 얻은 전세계적인 얼음의 부피 변화(붉은색) (Global Warming Art)





다음 빙하기는 언제쯤 오는걸까?

...➡ [대기와 해양]



1 활동 내용 분석

- 1) 지구 온난화에 대한 관심이 높아지면서 전세계적 기후 변동에 대한 관심도 높아지고 있다. 특히 2004년 <The Day After Tomorrow(국내 개봉명: 투모로우)> 라는 영화에서 지구온난화가 빙하기를 불러온다는 시나리오를 소개하면서 빙하기에 대한 관심도 함께 높아졌다. 미래의 기후를 예측하는 데는 다양한 시나리오가 있을 수 있으나, 정확하게 예측하는 것은 몹시 어렵다는 것만을 말할 수 있다. 본 활동을 통해 빙하기가 장구한 지구의 역사 속에 주기적으로 있어 왔던 자연현상이며, 빙하기의 시작을 결정하는 데는 다양한 요인이 작용한다는 것을 이해할 수 있다.
- 2) 스프레드시트 프로그램을 사용하여 주기적인 현상을 시뮬레이션 함으로써 마치 지구의 기온 변화를 직접 통제하는 듯한 느낌을 얻을 수 있으며, 여러 가지 주기적 요인이 영향을 미치는 다른 자연 현상이나, 파동의 중첩 등을 시뮬레이션 하는 활동에 응용할 수도 있다.
- 3) 본 활동은 밀란코비치 사이클로 불리는 천문학적 요인만을 분석의 대상으로 하였으나, '3. 정리활동'에서 지구의 기온에 영향을 주는 다른 요인들에 대해 생각해 보는 시간을 갖게 되어 있어 지구가 다양한 하부 시스템으로 이루어지는 시스템임을 이해할 수 있다.

활동의 성격

1. 모둠별, 개인별 컴퓨터가 확보된 공간에서 수행하는 활동이다.
2. 활동시간은 50분 기준 2차시 정도 소요된다.
3. 활동 대상은 고등학교 학생이 가능하다.
4. 활동참여는 개인 또는 모둠별로 수행한다.
5. 기능 : 자료해석, 모델설정, 예측하기, 토의하기

탐구 활동의 유의점

1. 각 모둠별 탐구 활동을 위해 모둠별 컴퓨터가 구비되어 있으면 더욱 좋다.
2. 본 탐구에서 주어진 시나리오는 가능성 있는 것 중에 하나일 뿐임을 강조한다.

2 진행 방법

- 1) 활동은 모둠별로도, 개인적으로 가능하다. 하지만 개인적으로 진행하려면 학생들에게 개인별 컴퓨터가 제공되어야 하고, 학생들이 어느 정도 스프레드시트 프로그램 사용에 익숙해야 한다. 모둠별 활동으로 진행하려면 스프레드시트 프로그램 사용에 익숙한 학생이 모둠별로 한 명씩 속할 수 있도록 모둠을 구성한다.
- 2) '4. 정리활동'은 모둠별로도, 전체적으로도 가능하다. 학생들은 다양한 자료를 보고 자신들이 만든 자료와 비교하면서 지구의 과거 기후 변화에 대해 토의하고, 앞으로의 기후 변화에 대해서도 생각해 보는 시간을 갖도록 한다.

3 학생용 탐구 활동 답안 예시

본활동

2)

- 비슷한 점 : 두 그래프 모두 50만년 동안 5번의 빙하기와 온난기가 있고, 주기는 대략 10만년 정도임을 보여주고 있다. / 다른점 : 빙하기와 온난기의 지점이 정확히 일치하지는 않는다.
- 다양하게 답한다(각 주기의 시작점이 언제인지 알지 못한다. / 세 가지 요인들이 기온 변화에 영향을 주는 비중이 각각 어느 정도인지 알지 못한다. / 우리의 그래프는 천문학적인 주기만 고려한 것이어서 대륙과 해양의 분포, 온실효과 기체의 농도 등 다른 요인들을 고려하지 않고 있다. 등).

3) 다양하게 답한다.

4) 다양하게 답한다(기온이 점차 높아진다. / 점차 낮아진다. / 높아졌다가 낮아진다. / 낮아졌다가 높아진다. 등).

4 학생용 탐구 활동의 평가 시 참고 사항

본활동

2)

- 두 그래프에서 어떤 부분이 비슷한지 타당하게 지적하는가? / 두 그래프의 어떤 부분이 다른지 타당하게 지적하는가?
 - ※ 이 경우 그래프의 외형에서 추론될 수 있는 것만이 타당하다. 비교될 수 있는 것은 그래프의 경향, 진폭, 주기 등이다.
- 두 그래프가 똑같지 않은 이유를 타당하게 지적하는가?
 - ※ 우리가 그린 그래프는 실제 기온 변화를 반영한 것도 아니고, 과학적 데이터를 수집하여 그린 것도 아닌, 일정한 주기를 갖는 사인 곡선 세 개를 합성한 것이다. 천문학적 주기 외에 고려하고 있는 요인이 전혀 없으므로, 고려하고 있지 않은 다른 요인들이 무엇인지 다양하게 생각해 보도록 한다.

3) K3, K4, K5 값이 타당한가?

- ※ K3, K4, K5 값을 정한 이유, 즉 그래프가 '마음에 든' 이유를 말하도록 한다. 2)의 답안에 비해 새 그래프가 실제 기온 변화 그래프와 좀 더 유사한 점이 무엇인지 말할 수 있어야 한다.

4) 그래프를 바르게 외삽하였는가?

- ※ 3)에서 답한 이유가 타당하다면 4)의 답안의 맞고 틀리고를 평가하는 것은 그다지 중요하지 않다. 현재를 바르게 이해하고 재현할 때, 그것을 외삽하여 미래를 예측하는 활동이다. 학생마다 다양한 예측이 있을 것이고, 그래프를 바르게 읽었는지의 여부를 평가하면 족하다.

5 참고 자료

- 인터넷 백과사전 위키피디어 - “빙하시대” 항목 :
http://en.wikipedia.org/wiki/Ice_age
빙하시대 이론의 역사적 배경과 빙하 시대의 증거, 주요 빙하 시대, 빙기와 간빙기, 빙기중의 피드백 과정, 빙하 시대의 원인 등에 대해 전반적으로 다루고 있다. 빙하 시대의 원인으로는 1)대기 조성의 변화, 2)대륙의 위치, 3)지구 궤도의 변화, 4)태양 에너지 방출량의 변화, 5)화산활동 등을 들고 있다.
- 더그 맥두걸(2005), 〈우리는 지금 빙하기에 살고 있다〉 서울, 말글빛냄
루이 아가시, 제임스 크롤, 밀루틴 밀란코비치 등 빙하기 연구의 선구자들의 이야기와 함께, 눈덩이 지구 이론, 드라야스(Dryas) 빙기 등 최신 연구 성과까지 사진과 도표를 곁들여 설명한다.
- 존 그리빈(2006), 〈빙하기〉 서울, 사이언스북스
맥두걸의 책과 비슷한 내용을 다룬다. 얇다는 점이 강점
- 지구온난화 아트 : <http://www.globalwarmingart.com/>
지구온난화에 대한 각종 그림, 그래프, 도표 등을 한 자리에서 구할 수 있다.
- 워싱턴대학교 대기과학과 : <http://www.atmos.washington.edu/>
날씨와 기후 변화에 대해 다양한 연구를 진행하고 있고 실시간 자료도 얻을 수 있다.



태풍 따라잡기

[대기와 해양]

()년 ()월 ()일 ()학년 ()반 ()번 이름 ()

매년 여름 우리나라에는 수 개의 태풍이 접근하여 적지 않은 피해를 준다. 2002년에는 태풍 '루사'로 인해 최대 870.5mm의 비가 내렸고, 124명이 사망하고 60명이 행방불명 되었으며, 5조 4696억 원의 재산 피해를 입었다. 2003년의 태풍 '매미'는 최대 풍속 60m/s의 바람과 함께 117명 사망, 13명 실종, 4조 7810억 원의 재산 피해를 초래하였다. 최근에는 지구온난화로 인해 한반도 주변 수온이 상승하면서 태풍의 강도가 점점 증가하고 있다는 이야기가 들리기도 한다. 그렇다면, 태풍은 어떻게 이동하여 우리나라까지 오게 되는 것일까?

1 목표

- 1) 태풍의 위치를 추적하여 표로 나타낸 자료를 그래프로 변환하여 정보의 형식을 재구성할 수 있다.
- 2) 태풍 추적 자료를 해석하여 태풍의 이동 경로와 규모에 대해 추론할 수 있다.
- 3) 태풍의 이동 경로와 규모에 영향을 주는 요인들에 대해 설명할 수 있다.

준비물

스프레드시트 프로그램(예: 마이크로소프트 엑셀) 사용이 가능한 컴퓨터

2 탐구 활동 1

- 1) 다음에 주어진 네 개의 표는 2005년과 2006년에 한반도 주변까지 내습한 몇 가지 태풍(typhoon)의 시간대별 경도(LON.)와 위도(LAT.), 중심최대풍속(WIND), 상태 또는 규모(STAT.)에 관한 정보를 정리한 것이다. 예를 들어 첫 번째 표는 2006년 8월에 발생한 태풍 Maria에 관한 정보로서, 그 처음 자료는 Maria가 8월 5일 18시에 동경 143.7°, 북위 26.0°의 위치에서 중심최대풍속이 30 knot였으며(1knot = 1.8533km/h), 그 때의 상태는 열대저압부(tropical depression)였다는 것을 말해 준다.
- 2) 표 아래에 제시된 요령에 따라 네 개의 태풍 추적 자료를 스프레드시트 프로그램(예: 마이크로소프트 엑셀)에 각각 입력하여 태풍의 이동 경로를 그래프로 그려 보자.

탐구 수업의 유의점

1. 스프레드시트 프로그램에 익숙한 학생은 자유롭게 자료를 변환해 보고, 그렇지 않을 경우에는 제시된 단계에 따라 프로그램을 사용하도록 한다.
2. 자료에 주어진 몇 가지 용어의 뜻은 다음과 같다.
 - Tropical Depression: 열대저압부
 - Tropical Storm: 열대폭풍
 - Typhoon: 태풍

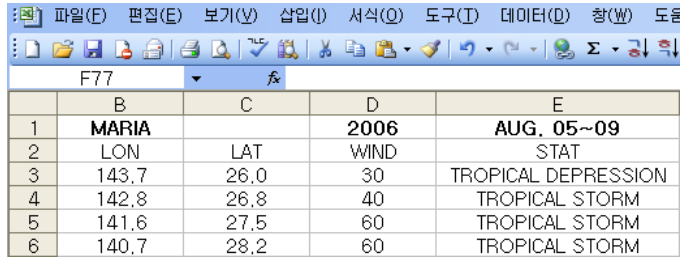
Typhoon1	MARIA		2006	AUG. 05~09
TIME	LON.	LAT.	WIND	STAT.
08/05/18	143.7	26.0	30	TROPICAL DEPRESSION
08/06/00	142.8	26.8	40	TROPICAL STORM
08/06/06	141.6	27.5	60	TROPICAL STORM
08/06/12	140.7	28.2	60	TROPICAL STORM
08/06/18	139.7	28.8	60	TROPICAL STORM
08/07/00	138.7	29.6	60	TROPICAL STORM
08/07/06	137.9	30.4	60	TROPICAL STORM
08/07/12	137.2	31.1	65	TYPHOON
08/07/18	136.7	31.8	60	TROPICAL STORM
08/08/00	136.5	32.6	55	TROPICAL STORM
08/08/06	136.4	33.0	50	TROPICAL STORM
08/08/12	137.0	33.8	45	TROPICAL STORM
08/08/18	137.8	34.1	45	TROPICAL STORM
08/09/00	139.5	34.5	35	TROPICAL STORM

Typhoon2	MAWAR		2005	AUG. 19~26
TIME	LON.	LAT.	WIND	STAT.
08/19/15	142.8	20.9	30	TROPICAL DEPRESSION
08/19/18	142.3	20.8	45	TROPICAL STORM
08/20/00	142.1	20.8	45	TROPICAL STORM
08/20/06	141.7	21.1	45	TROPICAL STORM
08/20/12	141.4	21.4	55	TROPICAL STORM
08/20/18	141.3	21.6	60	TROPICAL STORM
08/21/00	140.7	22.0	80	TYPHOON
08/21/06	140.5	22.4	100	TYPHOON
08/21/12	140.1	22.7	120	TYPHOON
08/21/18	139.7	23.1	125	TYPHOON
08/22/00	139.3	23.4	130	TYPHOON
08/22/06	139.1	23.8	125	TYPHOON
08/22/18	138.2	24.6	105	TYPHOON
08/23/00	137.7	25.4	105	TYPHOON
08/23/06	137.6	26.1	100	TYPHOON
08/23/12	137.3	27.0	105	TYPHOON
08/23/18	136.9	27.9	105	TYPHOON
08/24/00	136.8	28.7	105	TYPHOON
08/24/06	136.9	29.7	105	TYPHOON
08/24/12	136.9	30.7	105	TYPHOON
08/24/18	136.9	31.5	90	TYPHOON
08/25/00	137.0	32.6	90	TYPHOON
08/25/06	137.8	33.4	90	TYPHOON
08/25/12	138.6	34.4	90	TYPHOON
08/25/18	139.7	35.2	85	TYPHOON
08/26/00	141.0	35.9	75	TYPHOON
08/26/06	142.8	36.6	65	TYPHOON

Typhoon 3	NABI		2005	AUG. 29 ~ SEP. 6
TIME	LON.	LAT.	WIND	STAT.
08/29/06	153.4	15.0	25	TROPICAL DEPRESSION
08/29/12	152.4	15.1	30	TROPICAL DEPRESSION
08/29/18	151.4	15.2	40	TROPICAL STORM
08/30/00	150.3	15.2	45	TROPICAL STORM
08/30/06	149.1	15.1	45	TROPICAL STORM
08/30/09	148.5	15.1	55	TROPICAL STORM
08/30/12	147.9	14.7	65	TYPHOON
08/30/18	147.1	15.0	75	TYPHOON
08/31/00	146.3	15.6	90	TYPHOON
08/31/06	145.0	16.5	95	TYPHOON
08/31/12	143.7	16.7	105	TYPHOON
08/31/18	142.6	17.0	105	TYPHOON
09/01/00	141.5	17.3	110	TYPHOON
09/01/06	140.6	17.7	115	TYPHOON
09/01/12	139.8	18.3	125	TYPHOON
09/01/18	138.6	18.8	140	TYPHOON
09/02/00	137.6	19.3	140	TYPHOON
09/02/06	136.8	19.6	140	TYPHOON
09/02/18	135.2	20.7	130	TYPHOON
09/03/00	134.5	21.3	130	TYPHOON
09/03/18	132.6	23.9	105	TYPHOON
09/04/00	132.1	24.8	105	TYPHOON
09/04/06	131.5	26.0	105	TYPHOON
09/04/12	131.1	26.6	110	TYPHOON
09/04/18	130.8	27.3	110	TYPHOON
09/05/00	130.7	28.0	115	TYPHOON
09/05/06	130.4	28.8	110	TYPHOON
09/05/12	130.2	29.3	100	TYPHOON
09/05/18	130.2	30.3	100	TYPHOON
09/06/00	130.2	31.3	90	TYPHOON
09/06/06	130.4	33.1	80	TYPHOON
09/06/12	131.4	34.6	75	TYPHOON
09/06/18	132.8	36.4	55	TROPICAL STORM

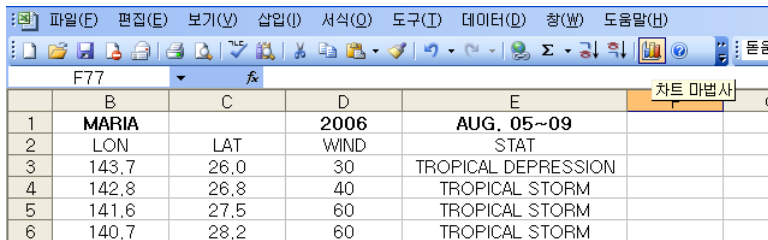
Typhoon 4	SAOLA		2005	SEP. 20 ~ 26
TIME	LON.	LAT.	WIND	STAT.
09/20/18	151.3	21.6	30	TROPICAL DEPRESSION
09/21/00	150.5	22.0	35	TROPICAL STORM
09/21/18	147.6	24.2	55	TROPICAL STORM
09/22/00	146.1	24.8	70	TYPHOON
09/22/06	144.3	25.2	70	TYPHOON
09/22/12	142.8	25.7	75	TYPHOON
09/22/18	141.3	26.4	90	TYPHOON
09/23/06	139.1	27.7	90	TYPHOON
09/23/12	138.7	28.3	90	TYPHOON
09/23/18	138.2	29.0	90	TYPHOON
09/24/00	137.9	29.6	90	TYPHOON
09/24/18	139.3	32.2	90	TYPHOON
09/25/00	141.0	33.3	90	TYPHOON
09/25/06	142.8	34.7	75	TYPHOON
09/25/18	146.2	36.7	50	TROPICAL STORM
09/26/00	147.2	37.0	45	TROPICAL STORM

- ① 스프레드시트 프로그램을 실행한다.
- ② 주어진 네 개의 태풍 추적 자료를 입력한다.



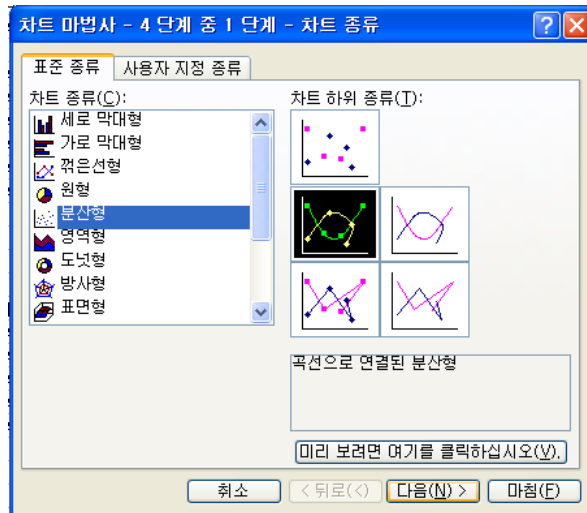
	B	C	D	E
1	MARIA		2006	AUG. 05~09
2	LON	LAT	WIND	STAT
3	143.7	26.0	30	TROPICAL DEPRESSION
4	142.8	26.8	40	TROPICAL STORM
5	141.6	27.5	60	TROPICAL STORM
6	140.7	28.2	60	TROPICAL STORM

- ③ 그래프를 그리기 위해 차트마법사를 선택한다.



	B	C	D	E	차트 마법사
1	MARIA		2006	AUG. 05~09	
2	LON	LAT	WIND	STAT	
3	143.7	26.0	30	TROPICAL DEPRESSION	
4	142.8	26.8	40	TROPICAL STORM	
5	141.6	27.5	60	TROPICAL STORM	
6	140.7	28.2	60	TROPICAL STORM	

- ④ 그래프의 종류를 선택한다. 이 경우에는 '분산형' 중 '곡선으로 연결된 분산형'을 선택한다. '다음'을 클릭한다.



- ⑤ 계열을 선택한다. '추가'를 누르면 '계열1'이 나타나면서 '이름', 'X값', 'Y값'을 묻는 칸이 나타난다. 계열1은 태풍 Maria로 하자.



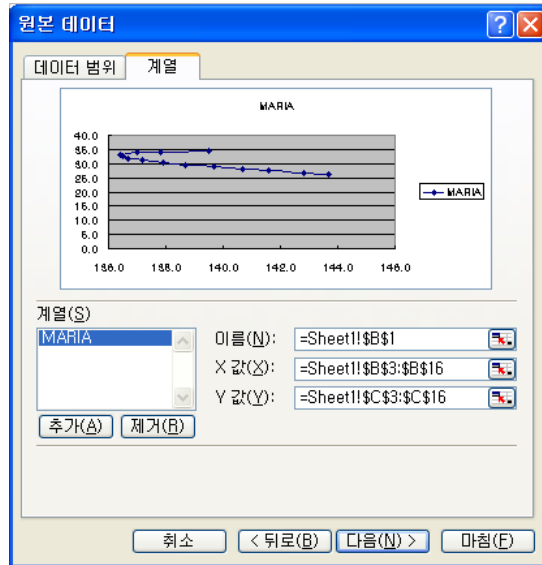
- ⑥ '이름(N)' 빈 칸의 제일 오른쪽 끝에 있는  아이콘을 클릭하면 계열1의 이름을 묻는다. 태풍 Maria의 이름이 써 있는 B1셀을 클릭한 후 차트 마법사 빈 칸의 제일 오른쪽 끝에 있는  아이콘을 클릭한다.

	A	B	C	D	E	F	G
1	<Typhoon 1>	MARIA		2006	AUG. 05~09		
2	TIME	LON	LAT	WIND	STAT		
3	08/05/18	143.7	26.0				
4	08/06/00	142.8	26.8				
5	08/06/06	141.6	27.5				
6	08/06/12	140.7	28.2	60	TROPICAL STORM		

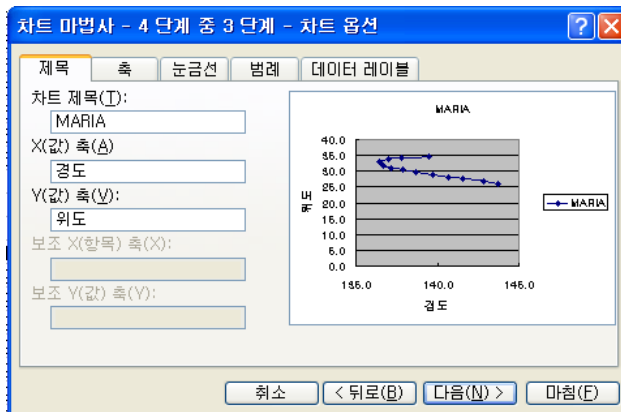
- ⑦ 차트 마법사의 'X값(X)' 빈 칸의 제일 오른쪽 끝에 있는  아이콘을 클릭하면 계열1의 X값을 묻는다. 태풍 Maria의 경도(longitude, LON.)값이 써 있는 B1~B16셀을 블록으로 둘러싼 후(마우스 왼쪽 버튼을 클릭한 후 드래그한다), 차트 마법사 빈 칸의 제일 오른쪽 끝에 있는  아이콘을 클릭한다.

	A	B	C	D	E	F	G
1	<Typhoon 1>	MARIA		2006	AUG. 05~09		
2	TIME	LON	LAT	WIND	STAT		
3	08/05/18	143.7	26.0				
4	08/06/00	142.8	26.8				
5	08/06/06	141.6	27.5				
6	08/06/12	140.7	28.2	60	TROPICAL STORM		
7	08/06/18	139.7	28.8	60	TROPICAL STORM		
8	08/07/00	138.7	29.6	60	TROPICAL STORM		
9	08/07/06	137.9	30.4	60	TROPICAL STORM		
10	08/07/12	137.2	31.1	65	TYPHOON		
11	08/07/18	136.7	31.8	60	TROPICAL STORM		
12	08/08/00	136.5	32.6	55	TROPICAL STORM		
13	08/08/06	136.4	33.0	50	TROPICAL STORM		
14	08/08/12	137.0	33.8	45	TROPICAL STORM		
15	08/08/18	137.8	34.1	45	TROPICAL STORM		
16	08/09/00	139.5	34.5	35	TROPICAL STORM		
17							

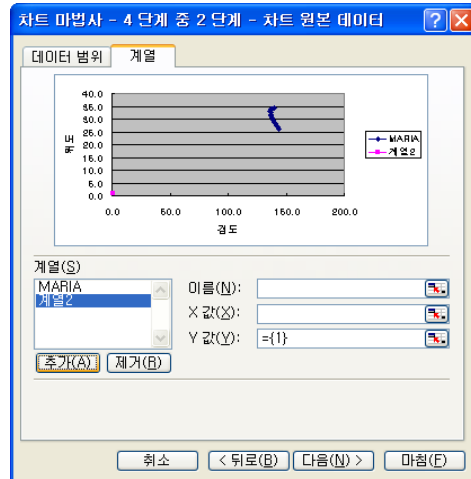
- ⑧ 차트 마법사의 'Y값(Y)' 빈 칸의 제일 오른쪽 끝에 있는  아이콘을 클릭하면 계열1의 Y값을 묻는다. 태풍 Maria의 위도(latitude, LAT.)값이 써 있는 C1~C16셀을 블록으로 둘러싼 후(마우스 왼쪽 버튼을 클릭한 후 드래그한다), 차트 마법사 빈 칸의 제일 오른쪽 끝에 있는  아이콘을 클릭한다. 이제 차트마법사의 '다음'을 클릭하면 태풍 Maria의 이동 경로를 그릴 수 있다.



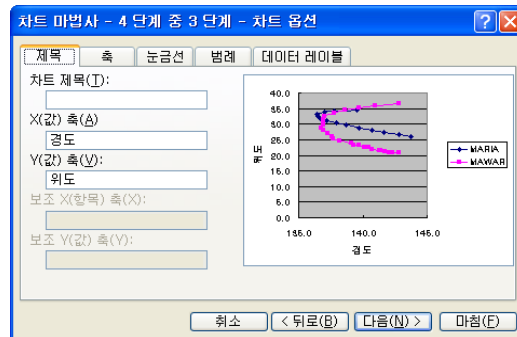
- ⑨ 차트 마법사의 '제목' 탭에서 'X(값) 축'에 '경도', 'Y(값) 축'에 '위도'를 입력한 후, '다음'을 클릭하면 태풍 Maria의 이동 경로가 그려진다.



- ⑩ 위와 같은 방법으로 다른 세 개의 태풍의 이동 경로를 그리는 것도 가능하다. 네 개 태풍의 이동 경로를 한 그래프에 그려서 비교하고 싶다면 차트 마법사의 '뒤로'를 클릭하여 차트 원본 데이터 단계로 돌아가서 '계열'을 '추가'한다.



- ⑪ 계열2는 태풍 Mawar로 하자. '이름(N)'은 B19셀, 'X값(X)'은 경도값에 해당하는 B21~B47셀, 'Y값(Y)'은 위도값에 해당하는 C21~C47셀을 선택하면 하나의 차트에 태풍 Maria와 태풍 Mawar의 경로가 모두 나타난다.



- ⑫ 같은 방법으로 계열3은 태풍 Nabi, 계열4는 태풍 Saola를 추가하면 하나의 차트에 4개 태풍의 경로가 모두 나타난다. 차트 마법사의 '범례' 탭을 눌러 '아래쪽'에 배치한 후, '다음'을 클릭하고 '마침'을 누른다.

3) 태풍 추적 자료와 스프레드시트 프로그램을 이용하여 그린 그래프를 살펴보면서 다음 물음에 차례로 답해 보자.

- ① 태풍의 상태 또는 규모를 열대저압부(tropical depression), 열대폭풍(tropical storm), 태풍(typhoon)으로 구별하는 기준은 무엇인가?
- ② 태풍들의 이동 경로에는 어떤 공통점이 있는가?
- ③ 주어진 태풍들은 또 어떤 점에서 공통된 특징을 보이는가?

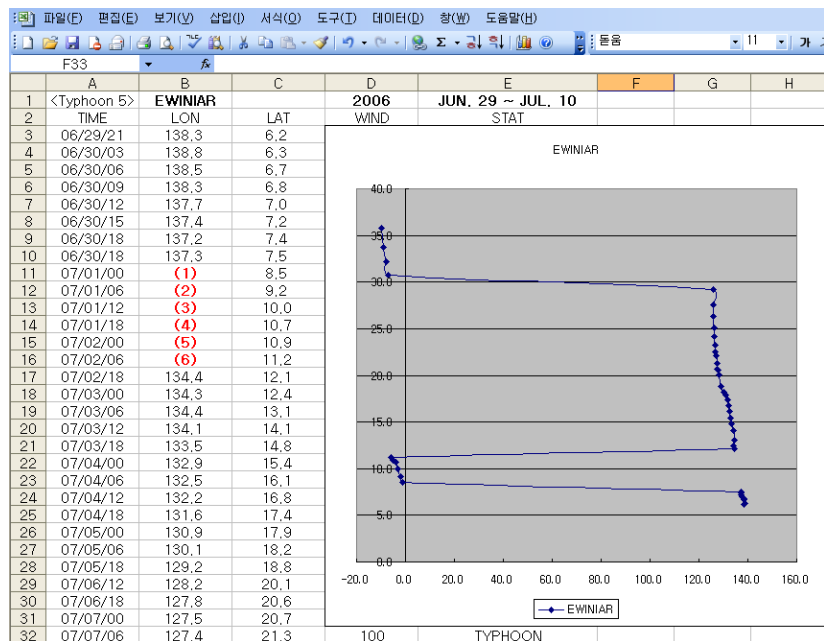
3 탐구 활동 2

- 1) 다음 표는 2006년에 한반도 주변에 내습한 태풍 Ewinia에 관한 정보를 '탐구 활동 1'과 같이 정리한 것이다. '탐구 활동 1'을 통해 알게 된 사실을 토대로, 주어진 자료의 빈 칸 (1)~(15)에 들어 갈 알맞은 숫자나 단어가 무엇인지 생각해 보자.

	EWINIAR		2006	JUN. 29 ~ JUL. 10
TIME	LON.	LAT.	WIND.	STAT.
06/29/21	138.3	6.2	25	(11)
06/30/03	138.8	6.3	35	TROPICAL STORM
06/30/06	138.5	6.7	35	TROPICAL STORM
06/30/09	138.3	6.8	35	TROPICAL STORM
06/30/12	137.7	7.0	35	TROPICAL STORM
06/30/15	137.4	7.2	35	TROPICAL STORM
06/30/18	137.2	7.4	35	TROPICAL STORM
06/30/18	137.3	7.5	35	TROPICAL STORM
07/01/00	(1)	8.5	50	TROPICAL STORM
07/01/06	(2)	9.2	50	TROPICAL STORM
07/01/12	(3)	10.0	55	TROPICAL STORM
07/01/18	(4)	10.7	55	TROPICAL STORM
07/02/00	(5)	10.9	55	TROPICAL STORM
07/02/06	(6)	11.2	55	TROPICAL STORM
07/02/18	134.4	12.1	60	(12)
07/03/00	134.3	12.4	65	(13)
07/03/06	134.4	13.1	75	TYPHOON
07/03/12	134.1	14.1	85	TYPHOON
07/03/18	133.5	14.8	100	TYPHOON
07/04/00	132.9	15.4	100	TYPHOON
07/04/06	132.5	16.1	110	TYPHOON
07/04/12	132.2	16.8	120	TYPHOON
07/04/18	131.6	17.4	125	TYPHOON
07/05/00	130.9	17.9	130	TYPHOON
07/05/06	130.1	18.2	125	TYPHOON
07/05/18	129.2	18.8	105	TYPHOON
07/06/12	128.2	20.1	105	TYPHOON
07/06/18	127.8	20.6	100	TYPHOON
07/07/00	127.5	20.7	100	TYPHOON
07/07/06	127.4	21.3	100	TYPHOON
07/07/12	127.1	22.1	90	TYPHOON
07/07/18	126.6	22.5	85	TYPHOON
07/08/00	126.5	23.2	85	TYPHOON
07/08/06	126.3	24.2	85	TYPHOON
07/08/12	126.1	25.1	75	TYPHOON
07/08/18	125.8	26.3	75	TYPHOON
07/09/00	125.7	27.6	75	TYPHOON
07/09/06	125.8	29.2	65	(14)
07/09/12	(7)	30.7	60	(15)
07/09/18	(8)	32.2	50	TROPICAL STORM
07/10/00	(9)	33.7	40	TROPICAL STORM
07/10/06	(10)	35.8	35	TROPICAL STORM

2) 아래에 주어진 요령에 따라 태풍 Ewiniar의 추적 자료를 스프레드시트 프로그램(예: 마이크로소프트 엑셀)에 입력하고, Ewiniar의 이동 경로에 대해 추론해 보자.

- ① Ewiniar의 경위도 자료를 스프레드 시트에 입력한다.
- ② 그래프를 그리기 위해 차트마법사를 선택하고 그래프의 종류를 선택한다. '분산형' 중 '곡선으로 연결된 분산형'을 선택한 후, '다음'을 클릭한다.
- ③ 계열을 선택한다. '추가'를 클릭하고 '계열1'의 이름은 태풍 Ewiniar의 이름이 써 있는 B1셀을, 'X값(X)'은 태풍의 경도값이 써 있는 B3~B44셀을, 'Y값(Y)'은 태풍의 위도값이 써 있는 C3~C44셀을 선택한다.
- ④ 태풍 Ewiniar의 이동 경로를 그린다. 태풍의 이동경로에서 크게 벗어난 점들이 두 군데 나타나는데, 이 점들이 우리가 태풍의 경도를 찾아내야 하는 (1)~(10)구간이다. '탐구활동 1'을 통해 알게 된 태풍의 이동 경로에 관한 사실을 토대로, B11~B16, B41~B44셀에 알맞은 경도값을 추론해 보자.



3) 이상과 같이 태풍 Ewiniar의 추적 자료를 탐색한 결과를 토대로 다음 물음에 차례로 답해 보자.

- ① (1)~(10)의 경도값은 각각 얼마인가?

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
경도										

② 중심최대풍속을 고려하여 (11)~(15)에 해당하는 태풍의 상태 또는 규모를 각각 적어 보자.

	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
태풍의 상태					

4 탐구활동 3

우리나라 주변까지 내습하는 태풍의 이동 경로와 규모에 영향을 주는 요인들에 대해 모듈별로 조사하여 발표해 보자.



태풍 따라잡기

...➡ [대기와 해양]



활동의 성격

1. 모듈별 혹은 개인별 컴퓨터가 확보된 공간에서 수행하는 활동이다.
2. 활동시간은 50분 기준, 2차시 정도 소요된다.
3. 고등학교 학생이면 충분히 수행할 수 있는 활동이다.
4. 활동은 모듈별로 진행하는 것이 좋지만, 필요에 따라 개인별로 수행할 수도 있다.
5. 자료의 변환, 자료 해석, 귀납적 추론, 연역적 추론, 토론하기, 조사하기와 같은 탐구 기능과 활동이 필요하다.

1 활동 내용 분석

- 1) 중위도 지방에 위치한 우리나라는 매년 여름과 가을 사이 평균 2~3개 태풍의 영향을 받는다. 최근에는 매우 강한 태풍이 한반도에 큰 피해를 줄 수 있다는 주장도 제기되고 있으므로, 태풍에 대한 바른 이해가 더욱 요구된다. 본 활동에서는 학생들이 한반도 주변에 내습하는 태풍의 이동 경로와 규모에 대해 학습하게 된다.
- 2) 학생들이 스프레드시트 프로그램을 이용하여 자료를 직접 재구성하고 해석해 보는 능동적인 학습을 위해 구성된 활동이다.

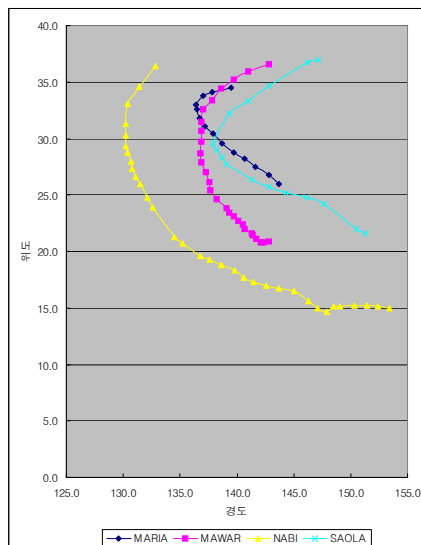
2 진행 방법

- 1) 활동의 원활한 진행을 위해서 학생들의 모듈에는 스프레드시트 프로그램에 익숙한 학생이 적어도 한 명 속하도록 한다.
- 2) 개인적으로 활동을 진행하려면 모든 학생들이 스프레드시트 프로그램에 익숙할 수 있도록 사전 지도가 필요하다.
- 3) 교사가 미리 간단한 프로그램 사용법을 작성하여 학생들에게 나누어주는 것도 좋은 방법이다.

3 학생용 탐구 활동 답안 예시

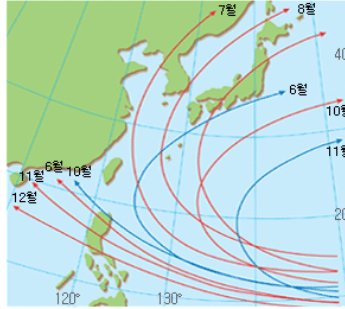
탐구 활동 1

- ① 스프레드시트 프로그램을 이용하여 주어진 네 개 태풍의 추적 자료를 그래프로 그리면 아래와 유사한 것을 얻을 수 있다.



② 태풍의 이동 경로

- 학생들이 탐색한 태풍들은 공통적으로 처음에는 북서쪽으로 이동하다가 위도 25도~35도 사이를 지날 때 이동 방향을 북동쪽으로 바꾼다. 따라서 태풍의 이동 경로가 전체적으로 포물선의 형태를 갖게 된다.
- 태풍의 실제 진로는 태풍의 구조, 태풍과 주변 환경과의 상호작용 등에 의해 매우 달라질 수 있다. 우리나라 주변에 내습하는 태풍도 계절별로 이동 경로가 다르고, 진로 변화가 심한 위도 25도~35도 사이에서 전향하므로 태풍의 진로를 한가지로 단정하는 것은 옳지 않다. 다만 탐구 활동에 주어진 자료는 학생들이 귀납적으로 사고하여 일반적인 결론을 도출할 수 있도록 의도적으로 선택한 것이다.



우리나라 주변에 내습하는 태풍의 월별 이동 경로 (출처: 기상청)

지도상의 유의점

1. 학생들이 주어진 자료와 자신들이 그린 그래프를 탐색하여 네 개 태풍에 공통된 특징을 귀납적으로 추론하여 답할 수 있도록 한다.
2. 한반도에 내습하는 태풍의 이동 경로는 주어진 자료보다 매우 다양하며, 주어진 자료는 비슷한 양상을 보이는 것들을 의도적으로 선택한 것임에 주의한다.
3. 여러 가지 태풍의 추적 자료는 다음의 사이트에서 얻을 수 있다.

Unisys Weather
<http://weather.unisys.com/index.html>

③ 태풍의 구분

- 태풍을 분류하는 기준은 우리나라와 일본에서 사용하는 것과 세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)에서 사용하는 것이 조금 다르다. 탐구 활동에 주어진 자료는 WMO의 기준에 준하여 태풍의 상태를 구분하고 있다.

중심부근 최대풍속	17 m/s (34 knots) 미만	17~24 m/s (34~47 knots)	25~32 m/s (48~63 knots)	33 m/s (64 knots) 이상
WMO	열대저압부 (Tropical Depression, TD)	열대폭풍 (Tropical Storm, TS)	강한열대폭풍 (Severe Tropical Storm, STS)	태풍 (Typhoon, TY)
대한민국	열대저압부	태풍		

- 태풍은 몇 단계를 거쳐 생성, 발달, 소멸한다. 처음에는 약간의 바람만을 동반하는 열대요란(tropical disturbance) 또는 열대파(tropical wave)에서 시작되지만, 풍속이 증가하면 열대저압부(tropical depression), 열대폭풍(tropical storm)으로 성장하고, 풍속이 17 m/s 이상이 되면 우리나라와 일본에서는 태풍으로 분류된다.

④ 기타 특징

학생들이 태풍 추적 자료와 그래프를 탐색하여 귀납적으로 추론할 수 있는, 태풍들의 공통적인 특징에는 다음과 같은 것이 추가될 수 있다.

- 태풍은 낮은 위도의 바다에서 발생한다.
- 태풍이 발생하고(태풍에 대한 추적이 시작되고) 며칠이 지나면 최고 풍속에 도달한다.
- 태풍이 우리나라에 가까이 온 후에는 그 세력이 약해진다.

지도상의 유의점

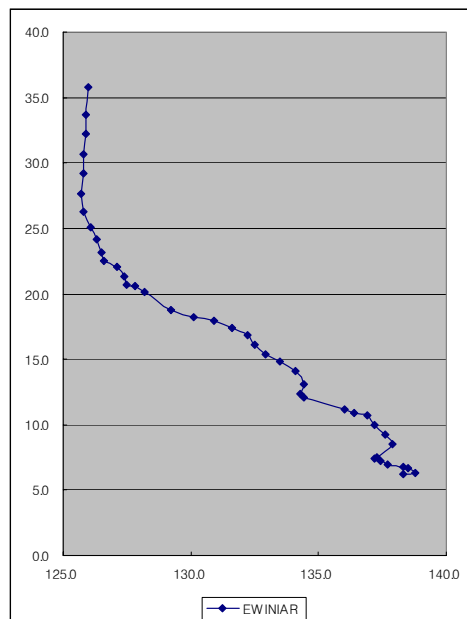
1. 학생들이 탐구 활동 1에서 발견한 특징을 토대로 연역적으로 추론하여 답할 수 있도록 한다.

탐구 활동 2

① 경도값

- 탐구 활동 1에서 얻은 결론을 바탕으로 연역적으로 추론하면, 태풍 Ewinia의 이동 경로가 대체로 포물선 궤적을 갖게 될 것이라는 것을 예상할 수 있다. 또, 빈 칸의 위와 아래에 주어진 경도값을 고려하여 내삽하면 대략적인 경도값을 얻을 수 있다.
- 아래의 표와 그래프는 학생들이 얻을 수 있는 답변의 한 예이다.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
경도	137.9	137.6	137.2	136.9	136.4	136.0	125.8	125.9	125.9	126.0



② 태풍의 구분

- 탐구 활동 1의 표를 기초로 하면, 태풍의 중심 최대 풍속이 30 knots까지는 열대저압부, 35~60 knots는 열대 폭풍, 65 knots 이상이면 태풍으로 분류한다는 결론을 얻을 수 있다. 이 원리를 적용하면 다음 표를 쉽게 작성할 수 있다.

	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
태풍의 상태	Tropical Depression	Tropical Storm	Typhoon	Typhoon	Tropical Storm

탐구 활동 3

- 우리나라 주변에 내습하는 태풍의 이동 경로는 지구 대기의 순환에 따른 북동무역풍 및 편서풍의 발달과 밀접한 관련이 있다. 또, 계절에 따른 북태평양 고기압의 세력 변화의 영향을 받는다. 북반구에서 태풍이 이동할 때에는 전향력의 영향으로 이동 방향의 오른쪽으로 힘이 작용하는 것처럼 보인다는 점도 고려해야 한다.
- 태풍은 생성 초기에 적도 부근에 있는 북동무역풍의 영향으로 동쪽에서 서쪽으로 이동한다. 그러던 것이 시계 방향으로 회전하는 아열대 고기압 주변을 선회하면서 북쪽으로 서서히 전향한다.



열대 해상에서 태풍의 이동 경로

- 전향력은 태풍을 점점 북쪽이나 북동쪽으로 움직이게 하고, 충분히 북쪽으로 이동한 태풍이 편서풍대에 진입하면 본격적으로 북동쪽으로 진로를 잡아 움직이게 된다. 따뜻한 바다를 지나오는 동안 태풍의 세기도 강해지고 풍속도 빨라진다.
- 태풍은 따뜻한 해수에서 공급된 수증기가 물방울로 응결하면서 방출하는 잠열을 에너지원으로 한다. 따라서, 태풍이 고위도로 북상하게 되면 수온이 낮아져 수증기를 충분히 공급받지 못하므로 서서히 세력이 약해진다. 특히 육지에 상륙한 경우에는 수증기의 공급이 중단되는 반면, 강우 등으로 에너지를 소비하게 되므로 결국 소멸해 버린다. 탐구 활동에 주어진 태풍들은 우리나라와 일본 주변까지 내습한 후 소멸되었다.

지도상의 유의점

1. 태풍에 관한 여러 가지 자료가 우리나라 기상청 홈페이지(<http://www.kma.go.kr>)에 잘 정리되어 있다. 학생들이 조사 활동을 할 수 있는 정보원 중의 하나로 소개하도록 한다. 여기에 수록된 내용들의 일부도 기상청 자료를 참고한 것이다.



대기 중 이산화탄소, 어떻게 줄일 수 있을까?

[대기와 해양]

()년 ()월 ()일 ()학년 ()반 ()번 이름 ()



지구가 시름하고 있다. 지금도 그렇지만, 앞으로 지구는 더욱 그 생명력을 위협받고 있다. 더워지는 지구, 그 원인과 효과적인 대기 중의 이산화탄소 감축 방안에 대해 알아보자.

1 목표

- 지구가 더워지고 있다고 한다. 과거에 비해 얼마만큼 기온이 상승하고 있는지 알아본다.
- 대량으로 발생하는 온실기체로 인한 지구온난화가 지구 생태계에 어떤 영향을 주고 있는지 알아본다.
- 대표적 온실기체인 이산화탄소를 줄이는 다양한 방법에 대해 알아본다.

준비물

인터넷 사용이 가능한 컴퓨터

탐구활동상 유의점

1. 각 모듈별 검색 활동을 위해서는 모듈별 컴퓨터가 구비되어 있으면 더욱 좋다.
2. 참고 사이트를 활용해 도전주제에 답한다.
3. 지구 환경의 문제는 대기권, 수권, 암권, 빙권, 생물권이 서로 상호작용한다는 지구 시스템적 사고가 필요하다.

2 탐구과정

- 1) 본 탐구는 온실기체에 의한 지구온난화가 지구 생태계에 어떤 영향을 주고 있는지를 이해하고, 그 대안을 이해하는 것이다.
- 2) 제시문의 도전 과제에 맞춰 지구온난화와 이를 극복하는 방법들에 대해 탐구한다.
- 3) 과학자들이 경고하는 지구의 위기를 대기와 해양 관점에서 알아본다.
- 4) 지구온난화는 결국 우리나라에도 커다란 영향을 미칠 수 있음을 여러 자료를 찾아 이해한다.
- 5) 지구온난화를 유발하는 온실기체중 이산화탄소 감축 방안들 중 바다를 이용한 방법을 찾아 그 원리를 이해하고, 장점과 단점을 모듈원 토의를 통해 결론을 이끌어낸다.

3 도전 과제

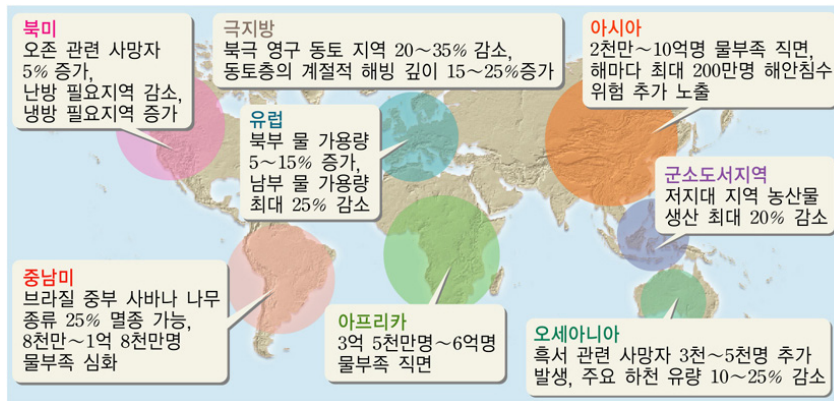
- 1) 2007년 4월 6일 벨기에 브뤼셀에서 개최한 기후변화 정부간 협의체 (IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change)는 앞으로 30여년 뒤에는 양서류를 포함한 지구상의 생물종 가운데 20~30 % 가량이 멸종 위기에 놓이게 된다고 보았다. 최종 보고서의 결론 부분에는 “전체 대륙 및 일부 해양은 지역별 기후 변화, 특히 기온 상승의 영향을 받고 있다”는 증거가 있다고 밝혔다.

참고 사이트

<http://www.ipcc.ch>

<http://ucsusa.org>

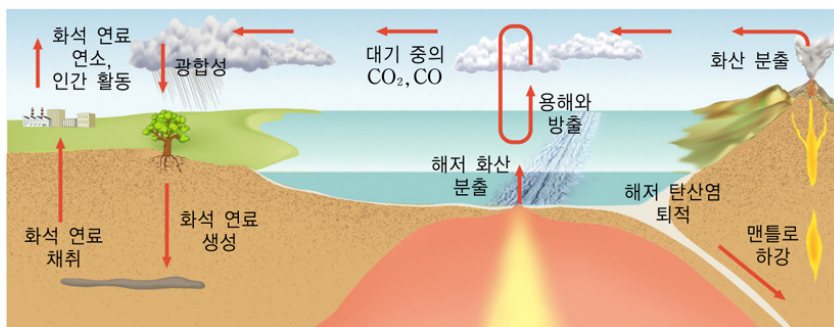
<http://www.hani.co.kr/arti/society/environment/201372.html>



제
5
장

IPCC의 기후 변화 보고서를 참고로 하여 과학자 및 국내외 과학학회에서 제시하는 지구온난화의 경고들을 찾아 정리해보시오.

- 2) 최근의 기후변화에서 ‘인간 활동’으로 생긴 인위적인 요인을 뺀 화산폭발 같은 자연적인 강제력만을 놓고 보면 오히려 지구는 차가워져야한다고 주장하는 기상학자의 말에는 결국 인간의 활동이 지구온난화의 주범이라고 한다. 아래 그림을 참고하여 탄소의 순환 관점에서 인간의 활동이 지구 온난화에 미치는 요인들을 조사해보자.

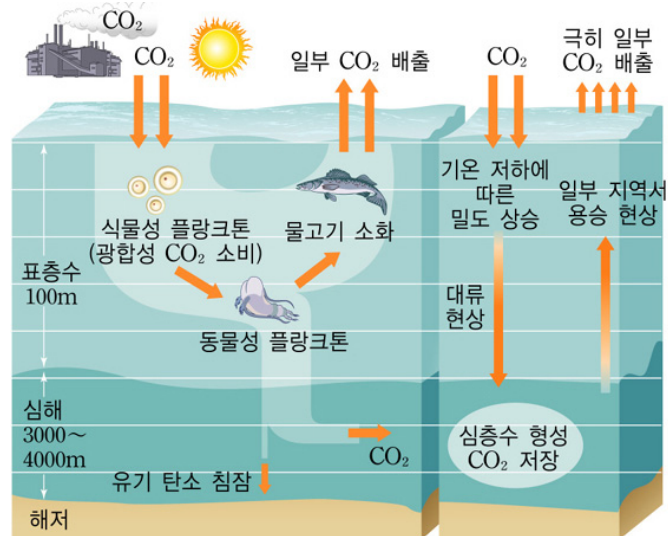


3) 지구온난화를 가속시키는 온실기체 중 주범으로 꼽히는 것이 이산화탄소이다. 또한, 대기 중의 이산화탄소를 가장 많이 흡수하는 것은 바로 바다라는 사실이 밝혀지고 있다.

참고 사이트

<http://www.hani.co.kr/arti/society/environment/190051.html>

① 그림은 해양에서 이산화탄소를 흡수하는 과정을 나타낸 것이다. 대기 중 이산화탄소가 어떤 과정을 거쳐 해양에 흡수되는지 서술하고, 전 세계의 표층 해류 순환 중 이산화탄소를 가장 많이 흡수·용해할 수 있는 지역은 어디인지 찾아보자. (단, 기체의 흡수·용해는 해수의 밀도와 수온 등과 연관되어 있다.)



참고 사이트

<http://blog.empas.com/procella/20161378>

② 바다가 이렇게 많은 대기 중 이산화탄소를 흡수했다는 데이터를 찾아 정리해보자.

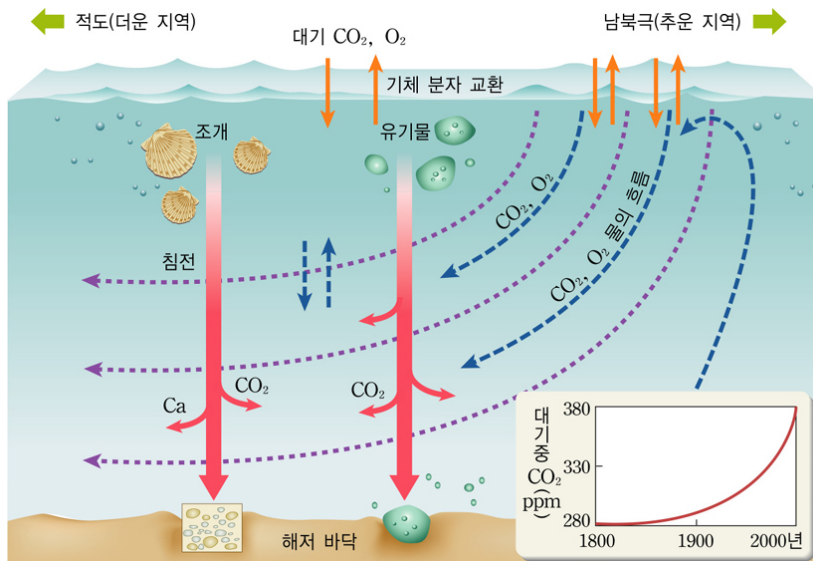
4) 그림은 해양을 이용한 이산화탄소 감축 방안의 두가지 예를 나타낸 것이다. 두 방안의 원리가 무엇인지 알아보고, 효과적인 방안이 되기 위해 감안해야할 점들을 모둠원 토의를 통해 정리해보자.



5) 아래 그림은 바다에서의 이산화탄소 흡수와 저장 과정을 나타낸 것이다. 최근 200년 동안 화석 연료에 의해 발생한 이산화탄소의 상당량을 바다가 흡수해왔다. 하지만, 현재 대기 중으로의 이산화탄소 방출 속도가 바다에 의한 이산화탄소 제거 속도보다 훨씬 빠르다는 것을 감안해볼 때, 바다 속 이산화탄소가 많아지면 해양 생태계에 큰 혼란이 발생할 수 있다. 어떠한 측면에서 이런 문제들이 나타날 수 있을지 그림을 참고로 정리해보자.

참고 사이트

<http://www.hani.co.kr/section-005100007/2004/07/005100007200407201708362.html>



제
5
장



대기 중 이산화탄소, 어떻게 줄일 수 있을까?

...➡ [대기와 해양]



1 활동 내용 분석

활동의 성격

모둠별 활동으로 빙하 속 얼음을 통해 지구의 고기후를 알아내는 방법에 대해 알아보는 활동임

실험상 유의점

1. 각 모둠별 검색 활동을 위해서는 모둠별 인터넷 사용 가능 컴퓨터가 구비되면 효과적이다.
2. 주어진 자료에 근거해 모둠의 결론을 유추할 수 있도록 교사는 조연자 역할을 한다.
3. 본 수업에 앞서 지구 환경 위기를 다룬 영상물을 제시해주는 것도 좋다.

지도시 유의점

- 본 탐구에서 주어진 여러 도전주제에 관한 정보는 교사가 미리 준비하고, 인터넷을 통한 정보 검색을 가능하게 하는 것이 좋음.
- 지구 환경의 문제는 대기권, 수권, 암권, 빙권, 생물권이 서로 상호작용한다는 지구 시스템적 사고가 필요하다.
- 지구시스템을 지구계를 의미한다.

- 1) 본 활동은 11-12학년의 대기와 해양 단원에 대한 확장 탐구이다. 지구 시스템의 교란으로 지구의 온난화가 가속되고 이로 인해 나타날 수 있는 지구환경 변화에 대해 알아본다.
- 2) 온실기체가 지구 시스템에서 어떻게 상호 작용하고 있는지 이해한다.
- 3) 온실기체인 이산화탄소의 성질에 대해 이해하고, 대기 중 이산화탄소를 해양이 어떻게 흡수하는지 이해한다.
- 4) 대기 중 이산화탄소의 감소 방안에 대해 해양과 해류 관점에서 이해한다.
- 5) 상호 연관된 도전주제를 정보검색하고 토의하면서 자기가 속한 모둠의 결론을 제시해본다.

2 진행 방법

- 1) 본 탐구는 지구 환경의 변화가 지구시스템의 상호작용으로 일어나고 있음을 전시학습을 참고하여 설명한다.
- 2) 본 탐구과정은 해류의 표층 순환과 심층 순환에 대한 학습이 선행되어야 한다.
- 3) 2007년 4월에 개최된 기후변화 정부간 협의체(IPCC)에서 경고한 지구온난화의 피해와 영향을 알아본다.
- 4) 대기 중 기체는 해양과 상관하며, 이는 결국 지구 시스템 전체와 상호작용한다는 점을 교과서 그림을 통해 이해하게 한다.
- 5) 각 도전 주제에 대해 교사가 제시하는 자료 및 인터넷 정보 검색을 통해 모둠원 끼리 자료를 공유하면서 결론을 유도하게 한다.
- 6) 온실기체인 이산화탄소 감축 방안에 대해 알아보면서, 지구시스템을 이해하는 것이 산업과 실생활에 어떻게 적용되고 있는지 상호 의견을 제시하면서 이해하게 한다.

3 학생용 도전과제 답안 예시

1) IPCC 기후변화 보고서

: 앞으로 30여년 뒤에는 양서류를 포함한 지구상의 생물종 가운데 20~30% 가량이 멸종위기에 놓이게 된다. 멸종위기에 놓이는 생물종은 갈수록 늘어나 세기말이면 전지구적 범위에서 대규모 생물종 멸종사태가 벌어질 것으로 보인다.

기후변화정부간협의체(IPCC)는 제4차 기후변화 평가보고서 요약본(SPM) 최종안을 확정해 발표했다. 이 보고서는 지난 6년간 세계 130개국의 과학자 2500여명이 참여해 작성됐다.

주요내용을 정리하면 다음과 같다.

“자연계 온난화에 영향받아” 단정…보고서는 “모든 대륙과 대부분의 해양에서 관찰된 증거들은 자연계가 지역별 기후변화, 특히 기온 상승의 영향을 받고 있음을 보여준다”고 분명하게 결론을 내렸다. 이는 2001년 나온 3차 보고서가 “최근 지역별 기온 변화가 물리적 및 생물계에 뚜렷한 영향을 끼치고 있다는 점은 ‘상당히 분명해 보인다’”고 표현한 것과 대비된다.

보고서는 “(지구 온난화는) 빙권, 생물 시스템, 해양 생물권, 인간 활동 등 다양한 분야에 영향을 끼치고 있다”며 △ 북극과 남극 지역 식물계와 동물계의 변화 △ 봄이 빨리 오는 현상 △ 어류 분포의 변화 △ 해수면 상승에 따른 해안침식 △ 전염병 발생 지역의 이동 등을 온난화에 따른 것이라고 지적했다.

“목시록과 같은 미래모습” 경고…보고서가 기후변화가 완화되지 않고, 기후정책을 통해 적응력이 키워지지 않는다는 가정 아래 그려낸 미래의 지구 모습은 충격적이다.

보고서는 우선, 기후변화, 산불이나 병충해 같은 환경저해 요인, 기타 변화요인이 전례 없이 결합하면서 이번 세기에 지구의 생태복원력이 한계에 부딪칠 가능성이 있다고 봤다. 지구 표면 온도가 1990년보다 섭씨 1.5~2.5도 증가할 경우 현재 양서류를 중심으로 지구 생물종의 20~30%가 멸종 위험에 처할 수 있다고 내다봤다. 지금처럼 화석연료 사용이 계속되면 그 시기는 앞으로 30년 안에 다가올 것으로 보인다. 또 3.5도 이상 증가한다면 멸종 위험에 놓이게 되는 생물종이 지구 전체 생물종의 40~70%에 이를 것으로 내다봤다.

재해에 따른 질병과 상해, 지상 오존농도 증가로 심장과 호흡기 질환이 늘고, 일부 전염병 발생 지역이 변화하면서 인간의 건강도 큰 영향을 받을 것이라고 밝혔다.

지구 기온 섭씨 1도 가량 오르는 2020년대에는 최대 17억명이 물부족으로, 최대 3천만명이 기아로 고통받을 것이라고 예측했다.

용어정리

· IPCC
: 기후변화 정부간 협의체
Intergovernmental Panel on Climate Change

참고 사이트

<http://www.ipcc.ch>

<http://ucsusa.org>

<http://www.hani.co.kr/arti/society/environment/201372.html>

“빈곤지역 피해 집중, 적응 서둘러야”...보고서를 보면 물 부족과 농작물 생산량 감소 등 기후변화의 피해에 따른 고통은 아프리카를 비롯한 빈곤 지역에 집중되는 것으로 나타난다. 이는 이들 지역이 온난화 현상을 강하게 받으면서도 사회·경제적으로 적응력이 낮기 때문으로 풀이된다. 보고서는 “온실가스 배출을 줄이기 위한 노력을 아무리 하더라도 향후 수십년간은 기후변화의 영향에서 벗어날 수 없다”며 기후변화에 대한 인류사회의 적응을 강조했다.

이번 보고서에 따로 나와 있지는 않지만, 한반도도 급격한 기후변화의 예외 지역은 아니다. 기상청이 발표한 ‘미래 기후변화 전망’ 자료를 보면, 한반도의 기온은 이번 세기 말까지 지난 세기 말 30년 평균 온도에 비해 4도가 상승할 것으로 예측됐다. 이에 따라 태백·소백산맥 산지를 제외한 서해안·동해안 중부까지 아열대 기후구가 북상하고, 집중호우와 극한 고온 현상의 빈도가 증가할 것으로 전망됐다. 환경부는 이날 ‘기후변화에 의한 한반도 영향예측 사례’ 자료를 통해 이처럼 여름철 이상고온 현상에 따른 초과 사망자는 서울의 경우 2032년 50.6명에서 2051년 640.1명으로 12배 이상 급증할 것으로 예상했다.

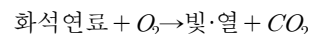
결국, 지구 온난화 영향을 줄이려 온실 가스 배출을 줄인다 해도 기후 시스템의 관성 때문에 몇십년이 지나야 효과가 나타날 것이라고 지적한다. 이 때문에 기후변화에 신속하게 적응해야 한다고 보고서는 밝힌다.

- 2) 신생대 4기 이후 수만년 동안 지구의 대기 중 이산화탄소의 농도는 280 ppm 안팎의 균형을 유지해왔지만, 산업혁명이 시작된 이후 지금까지 약 200년 동안 대기 중 이산화탄소 농도는 100 ppm이 증가한 380 ppm을 넘어서고 있다. 이는 인간의 활동이 이산화탄소의 대기 농도를 증가시켰다고 볼 수 밖에 없다.

산업 혁명 이후 탄소 저장, 순환의 균형이 급속히 깨져나갔는데, 이는 주로 화석연료의 사용이 가장 주요한 요인이다.

화석 연료로 쓰이는 석유, 석탄은 기본적으로 탄소 구조이다.

이런 화석 연료에 산소가 화학반응을 하여 연소가 일어나는데, 이 과정을 화학식으로 나타내면 다음과 같다.



즉, 화석 연료를 연소시키면 그로 인해 이산화탄소가 발생하게 된다.

인류는 오늘날 화석 연료의 연소로 약 220억 톤(약 60억 톤의 탄소)의 이산화탄소를 대기 중으로 방출하고 있다. 또한, 산림 벌목으로 연간 16억~27억 톤의 탄소를 대기 중으로 방출하는 결과를 가져오는 것으로 추정된다. 인간 활동에 따른 대기 중 탄소 양의 증가는 이제 지구 환경의 탄소 순환에 심각한 변화를 초래하고 있어, 지구 온난화와 같은 심각한 기상 이변을 낳고 있다.

3)

- ① 지구의 대기에 있는 이산화탄소의 양은 전체 대기의 0.03%로 매우 작는데 그 이유는 이산화탄소는 식물의 성장에 필요한 탄소의 원천으로 광합성을 위한 수요가 크기 때문이다. 하지만, 이산화탄소는 물에 아주 잘 녹기 때문에, 바닷물에 녹아 있는 용존 기체의 15% 가량을 차지한다. 이산화탄소는 물 분자와 반응하여 약산인 탄산(H_2CO_3)을 만들어 내기 때문에 질소나 산소보다 천 배나 더 녹을 수 있다. 현재 바닷물에 녹아 있는 이산화탄소의 총량은 대기에 있는 양의 60배에 이른다. 바닷물에서 대기로 이동하는 이산화탄소 양보다는 대기에서 바다로 이동하는 양이 훨씬 많다. 이러한 이유는 이산화탄소가 녹아 탄산 이온을 만듦과, 탄산 이온은 퇴적물과 광물로 바뀌어 묻히고, 생물의 껍데기나 골격을 만드는 데 쓰이기 때문이다.

특히, 바닷물이 차가울 수록 이산화탄소는 잘 녹기 때문에 적도보다는 극 해역에서 더 잘 녹아들어간다. 따라서, 북대서양 침강지역과 남극해역에서 이산화탄소가 잘 흡수된다.

- ② 과학저널 〈사이언스〉2004년 7월호에서 이기택 포항공대 교수와 NOAA 연구팀의 공동연구를 통해 지난 1800년부터 200년 동안 화석연료로 발생한 이산화탄소 2240억 톤의 48%(1180억 톤)가 바닷물에 스며들어 대기 중의 이산화탄소 농도 증가를 억제해 왔음을 밝혀냈다. 그동안 18세기 산업혁명 이후 이산화탄소 발생량은 급속히 증가했으나 대기에서는 발생량보다 매우 적은 양(43%)만이 관측돼, 나머지 이산화탄소는 식물에 의해 제거됐거나 바닷속에 녹아들었을 가능성이 제기됐다. 바다에 흡수된 양이 48%나 된다는 수치는 이번에 처음 제시됐다. 바다가 이산화탄소 초과 발생량의 유일한 처분장이 되고 있다고 보고했다.

또한, 〈글로벌 바이오지오케미컬 사이클〉 2006년 11월에서 2007년 2월 우리나라의 동해 역시 지난 200년 동안 흡수한 이산화탄소가 4억 탄소톤(TC:이산화탄소 중의 탄소를 기준으로 환산한 톤) 정도로, 우리나라가 2003년 방출한 이산화탄소 총량의 3배 가까이에 이르는 양을 흡수했다고 이기택 교수는 발표했다.

동해는 지난 7년 동안 우리나라 총이산화탄소 방출량의 5%인 800만 탄소톤을 해마다 흡수하고 있다고 밝혔다.

동해는 겨울철에 표층의 물이 차가워지면서 밀도가 높아져 심해로 이동하는 대류현상이 활발하기 때문에 어느 바다보다 이산화탄소 흡수력이 큰 것으로 조사됐다고 밝혔다.

참고문헌

· 해양의 이해
[저자:Tom Garrison]

참고 사이트

<http://www.hani.co.kr/section-005100007/2004/07/005100007200407201708362.html>

<http://www.hani.co.kr/article/society/environment/190051.html>

참고 사이트

<http://blog.empas.com/procella/20161378>

참고 사이트

<http://www.hani.co.kr/section-005100007/2004/07/005100007200407201708362.html>

4)

① 액화된 이산화탄소 투여

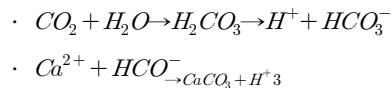
: 이산화탄소가 바닷물에 잘 흡수되는 사실에 근거를 두고 있다.

하지만, 적도 해역이라든지 해수의 용승이 일어나는 곳에 투여하면 아무 소용이 없다. 따라서, 해수의 수온이 차갑고 밀도가 높아 바닷물의 침강이 일어나는 해역에 투여하여야 할 것이다.

② 플랑크톤 이용

: 플랑크톤의 영양분이 될 철분을 투여하여 플랑크톤을 증식시킨다. 이후 플랑크톤의 광합성을 통해 대기 중의 이산화탄소를 흡수하게 하는 원리이다. 하지만, 철분량이 많이 투여되면 플랑크톤이 너무 많이 증식되어 오히려 바닷속 산소를 소모시킴으로써 수중 생태계의 균형이 깨질 수 있는 위험이 있다.

5) 대기 중의 이산화탄소는 바다에 녹아 다음과 같은 화학반응이 일어난다.



즉, 바다에서 급속히 증가한 이산화탄소는 탄산염이온을 제거하는 효과를 낳아 칼슘과 탄산이온에 의존해 살아가는 식물 플랑크톤의 성장을 저해하고, 산호·조개류의 껍질을 녹이는 작용을 할 수 있다. 더 나아가 바닷속에 과도하게 녹은 이산화탄소는 해수의 어패류의 성장능력을 떨어뜨리게 된다.

다시 말해, 필요 이상의 바닷속 이산화탄소는 유기물과 산호·조개류의 껍질을 녹여 성장 및 생식 능력을 떨어뜨려 생태계에 심각한 혼란을 야기하게 된다.

또한, 대기 중의 이산화탄소 농도가 높아지면 식물에 모두 흡수되지 않고 뿌리를 통해 흘러나와 용존유기탄소(DOC)를 형성함으로써 강의 생태계를 오염시킬 수도 있다.



해수면 아래에서 일어나는 퇴적 작용

[대기와 해양]

()년 ()월 ()일 ()학년 ()반 ()번 이름 ()

지표면에서 벌어지는 퇴적 작용은 눈으로 관찰가능하지만, 지표 아래(해수)에서는 퇴적물의 퇴적 작용을 쉽게 관찰하기 어렵다.
이번 실험은 해수면 아래에서 일어나는 퇴적물질의 운동을 관찰하는 실험이다.



1 목표

- 해수면 아래에서 일어나는 퇴적물의 퇴적 작용을 알아본다.
- 퇴적입자의 크기에 따른 침전 시간과 속도를 알아본다.
- 실험결과 데이터를 정리 및 그래프화할 수 있다.
- 실험 과정과 결과로부터 유의미한 결론을 도출할 수 있다.

2 탐구과정

- 1) 본 탐구는 해수면 아래에서 퇴적물의 입자의 크기에 따른 퇴적작용을 이해하는 실험탐구 과제이다.
- 2) 본 탐구는 모둠원과의 역할분담이 중요하다. 각자 자신이 할 수 있는 역할을 분담하여 실험에 임한다.
- 3) 제시한 실험과정을 참고하여 실험을 수행하고, 제시문의 도전 과제에 맞춰 퇴적물의 입자에 따른 침전 시간을 측정한다.
- 4) 실험 결과값을 도표와 그래프로 시각화할 수 있고, 이를 해석하는 방법을 알아간다.

3 탐구실험 및 도전 과제

실험과정

- 1) 체를 이용해 퇴적물을 입자별로 구분한다.
- 2) 플라스틱 관에 물을 채운다. (물의 밀도를 먼저 쟀다)
- 3) 물기둥의 높이를 측정한다.
- 4) 입자별로 퇴적물을 입자별로 떨어뜨려서 가라앉는데 걸리는 시간 측정한다.
- 5) 평균 침전속도를 구한다.
- 6) 각각의 데이터를 분석해서 침전에 영향을 미치는 요인을 분석해본다.

준비물

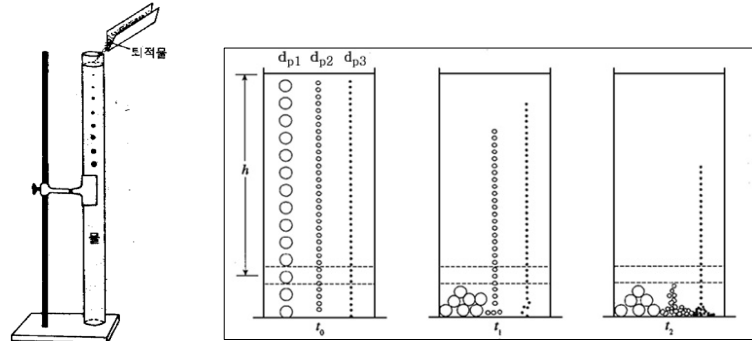
플라스틱 관, 분급이 안 된 모래 퇴적물, 체(4mm, 1mm, 0.5mm, 0.3535mm, 0.25mm), 초시계, 자, 종이용지, 작은 숟가락, 돋보기, 전자저울, 엑셀을 사용할 수 있는 컴퓨터

실험상 유의점

1. 각 모둠원끼리 역할을 분담해서 실험에 임한다.
2. 주어진 탐구실험과정에서 제시된 도전 과제는 실험 순서와 상관 없다.
3. 제시된 실험과정은 참고 사항일 뿐이므로 이에 따라 실험을 진행하지 않아도 된다.

제
5
장

다음은 실험진행과정을 모식화한 것이다.

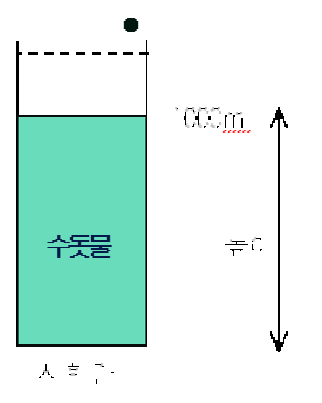


실험을 진행하면서 아래에 주어진 도전 과제에 답해보자.

- 1) 퇴적입자의 크기에 따른 퇴적작용에 대한 가설을 설정하시오.
- 2) 분급이 안된 모래 퇴적물이 있다. 이를 준비된 다음 크기의 체(4mm, 1mm, 0.5mm, 0.3535mm, 0.25mm)로 분류하자. 그 입자의 크기를 어떻게 정할 것인지 조원들과 상의해보자.

3) 침전 속도 구하기

- 여러분이 속한 모듈에서 입자의 침전 속도를 측정할 때, 옆 그림처럼 눈금 1000ml 표시지점까지 물을 채우고 떨어지는 그 때의 시간을 잴 것인가? 아니면 꼭대기까지 물을 채운다음 시간을 잴 것인가? 그리고 그 판단의 근거가 무엇인지 서술하시오.

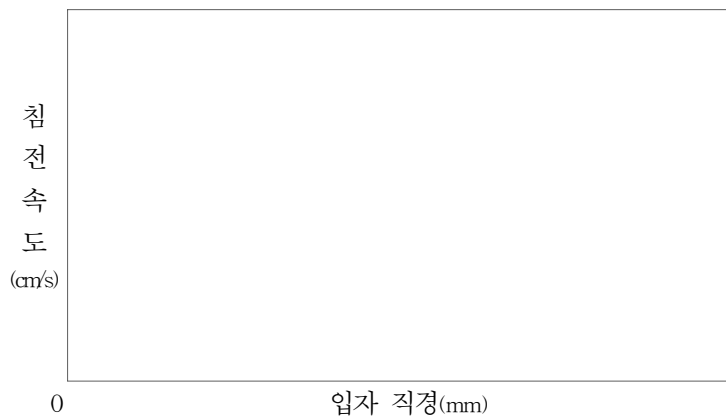


4) 입자의 크기에 따른 침전속도 구하기

- 아래표를 완성하고 데이터를 근거로 입자 직경과 침전속도와의 관계를 그래프로 그려보시오.

입자직경 (mm)	1차 침전시간 (s)	2차 침전시간 (s)	3차 침전시간 (s)	4차 침전시간 (s)	평균 침전시간 (s)	평균 침전속도 (cm/s)

* 체의 크기 (4mm, 1mm, 0.5mm, 0.3535mm, 0.25mm)

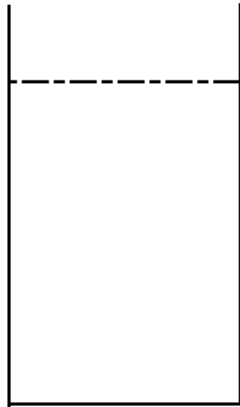


- ① 위 표에서 여러분이 각 퇴적입자의 직경을 선택한 근거는 무엇인지 서술하시오.
- ② 입자 직경이 0.5mm 이하인 경우, 입자의 양을 많이 넣었을 때와 적은 양을 넣었을 때 어떤 현상이 관찰되었는지 서술하시오.

- ③ 여러분이 입자의 침전시간을 잴 때, 어떤 퇴적입자를 기준으로 시간을 측정하였는지 초기 입자, 최종도달입자, 및 기타 등의 예를 들어 서술하시오.

5) 분류이 안된 퇴적입자의 침전현상 관찰하기

- ① 분류이 안된 퇴적입자를 한꺼번에 넣었을 때, 그 퇴적형태를 아래 그림에 그려보시오.



- ② 여러분이 제시한 가설과 실험 결과와는 어떤 관계가 있었는지 서술하시오.



해수면 아래에서 일어나는 퇴적 작용

...➡ [대기와 해양]



1 활동 내용 분석

- 1) 본 활동은 11-12학년의 해양 단원에 대한 새 탐구 활동으로 해수면 아래에서 일어나는 퇴적물의 퇴적 작용이 퇴적 입자의 크기에 따라 어떻게 나타나는지를 실험하는 것이다.
- 2) 본 활동은 여러 복잡한 실험 설계와 단계를 거치므로 모둠원간 역할 분담이 중요하다.
- 3) 해수에서 일어나는 침전과 대륙대의 점이층리 구조를 제시하면서 입자에 따른 퇴적 구조를 이해하고, 실험결과 데이터를 도표 및 그래프로 나타내어 모둠이 예상한 가설과 실험결과를 비교해봄으로써 유의미한 결론에 도달할 수 있도록 한다.
- 4) 퇴적입자의 크기 정하기, 퇴적입자의 침전 시간 측정 등의 데이터를 수집할 때 과학적으로 유의미하고 합리적인 방법을 찾아가도록 한다.
- 5) 상호 연관된 도전주제를 토의하고 답하면서 자기가 속한 모둠의 결론을 제시해본다.

2 진행 방법

- 1) 본 탐구의 의미를 전시학습을 참고하여 설명한다.
- 2) 본 탐구에 앞서 침전하는 퇴적입자에 작용하는 힘에는 중력과 부력 그리고 입자의 점성 마찰력과 밀도가 영향을 주고 있음을 알려준다. 이 부분은 단순히 유체에서 낙하하는 입자에 다양한 힘이 있음을 제시하는 수준에서 거친다.
- 3) 학생용 탐구보고서에 제시한 실험과정을 반드시 지킬 필요가 없고 주어진 도전 과제에 맞춰 모둠이 독자적으로 수행할 수 있도록 한다.
- 4) 모둠의 실험 결과값을 도표 및 그래프화 할 때 교사는 X축, Y축의 의미를 조언해주고, 특히 그래프화 할 때는 엑셀 사용이 가능한 컴퓨터를 이용하게끔 도와준다.
- 5) 실험 설계의 중요성 및 가설과 실험을 통한 결론을 비교 분석하면서 과학적 탐구 방법에 대해 이해하도록 한다.

활동의 성격

모둠별 활동으로 모둠원간의 역할분담을 할 수 있는 시간을 반드시 주도록 한다. 실험 보고서에 모둠원이 어떤 역할을 하였는지 표시할 수 있는 칸을 만들 수 있다.

실험상 유의점

1. 각 모둠원끼리 역할을 분담하는 시간을 주어서 책임감을 부여한다.
2. 주어진 탐구실험과정에서 제시된 도전 과제는 실험 순서와 상관 없다.
3. 제시된 실험과정은 참고 사항일 뿐이므로 교사는 각 모둠이 행하는 실험과정을 보고 조언한다.
4. 각 모둠별 실험결과를 그래프로 시각화할 수 있도록 컴퓨터가 구비되면 더욱 효과적이다.
2. 주어진 자료에 근거해 모둠의 결론을 유추할 수 있도록 하자.

지도상의 유의점

실험단계별 의미를 조언해주도록 한다.

3 학생용 도전과제 해답

1)

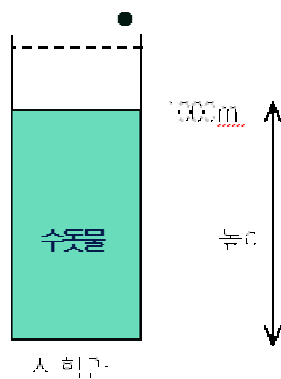
가설 : 퇴적물은 무겁고 큰 입자가 먼저 가라앉을 것이다.

(침전속도는 중력[질량]과 유체의 밀도의 제곱근에 비례할 것이다)

2)

입자 직경은 체의 위쪽 사이즈와 아래 사이즈의 중간값을 택하는 것이 무난하고, 특히 4mm와 1mm 사이는 간격이 너무 커서 그 중에서 다시 작은 입자(1mm)와 큰 입자(2.5mm)로 나눈다.

3) 침전 속도 구하기



이 실험은 먼저 퇴적입자의 침전이 등속운동을 하는 시간을 재는 것이 중요하다.

그런데, 1000ml까지만 채우고 위에서 떨어뜨리면 공기중에서 중력가속도의 영향을 받아 수면에서 가속된 상태로 입사하고 한참을 내려간 후, 물의 부력과 점성마찰력이 중력과 비겨 등속운동을 하기 때문에 부정확값을 구하게 된다.

다. (㉠)

따라서, 시험관 맨 꼭대기까지 물을 채워 떨어뜨린후 입자가 눈금상 1000ml 표시지점을 통과할 때는 입자에 작용하는 힘들이 비겨 등속운동을 할 것이고 이때부터 시간을 잰다. (㉡)

BB탄 大	1차 침전시간	2차 침전시간	3차 침전시간	평균침전시간
㉠	3.63	3.64	3.59	3.62
㉡	4.03	3.97	4.14	4.05

* 이 값은 시험관 높이가 95cm인 것을 사용했을 때 잰 값임.

추가 문제 제기

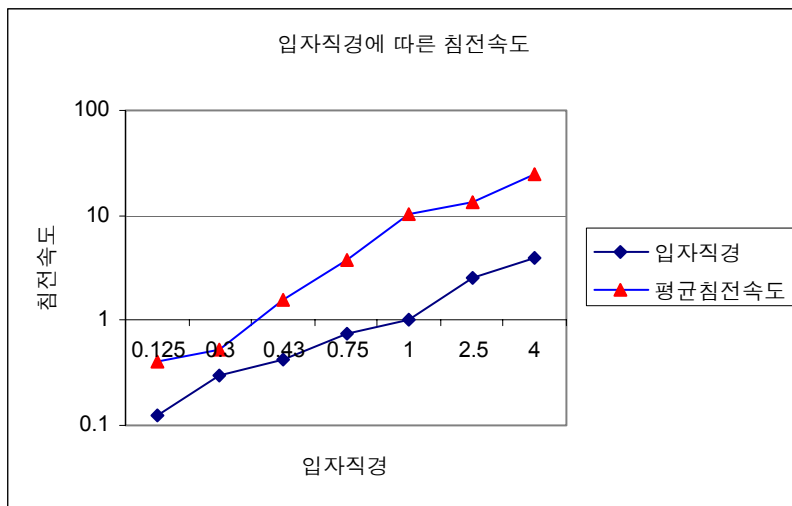
과학 탐구 방법으로 연역적 방법과 귀납적 방법의 차이를 이해하도록 지도한다.

참고자료

재미있는 지구과학실험(안희수 저)

4) 입자의 크기에 따른 침전속도 구하기

입자직경 (mm)	1차 침전시간 (s)	2차 침전시간 (s)	3차 침전시간 (s)	4차 침전시간 (s)	평균 침전시간 (s)	평균 침전속도 (cm/s)
0.125	73.53	82.23	80.23	89.95	81.49	0.41
0.3	64.59	58.09	60.09	69.74	63.13	0.53
0.43	21.17	23.66	21.3	20.59	21.68	1.55
0.75	8.03	9.16	9	8.69	8.72	3.84
1	3.13	3.22	3.3	3.25	3.23	10.39
2.5	2.25	2.57	2.53	2.67	2.51	13.37
4	1.22	1.48	1.49	1.3	1.37	24.41



- ① 입자 직경은 체의 위쪽 사이즈와 아래 사이즈의 중간값을 택하는 것이 무난하고, 특히 4mm와 1mm 사이는 간격이 너무 커서 그 중에서 다시 작은 입자(1mm)와 큰 입자(2.5mm)로 나눈다.
- ② 작은 입자를 한꺼번에 많이 넣으면, 수면 바로 아래에서 물과 퇴적입자가 뭉쳐서(점성력) 가속이 붙어 급격하게 빨리 떨어진다. 따라서, 각각의 입자가 부력과 중력, 물과 입자의 점성마찰력에 의한 운동을 보려면 작은 스푼으로 아주 작은 양만으로 떨어뜨리는 것이 정확한 값과 관찰하기에도 좋다.

- ③ 체에서 거른 입자직경이 위 체와 아래 체의 중간값이기에 소량의 입자만을 놓더라도 맨 처음 바닥에 도달하는 입자는 입자 직경의 대표성을 펼 수 없다.

마찬가지로, 가장 나중에 도달하는 최종입자 역시 직경의 문제 뿐만 아니라 더욱이 0.5mm 이하의 입자는 바닥에 도달하는 시간이 너무 더디게 내려와 관찰하기 어렵고 타당한 데이터도 아니다.

또한, 0.125mm 정도의 입자는 너무 가벼워서 처음 입사시킨 입자가 내려오다가 다시 솟구치는 대류를 보이기 때문에 최종도달입자로서는 침전시간을 측정하지 않아야 한다.

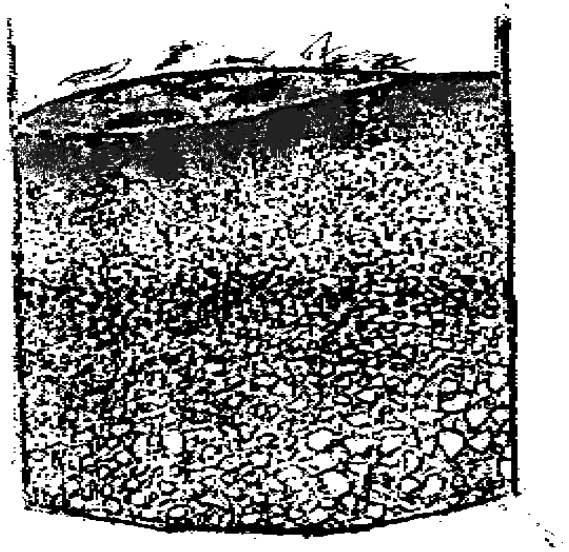
- ▶ 결국 침전시킨 입자들이 내려오다 일련의 뚜렷한 분산된 모양이 보이면 그 때의 중간부분의 입자가 바닥에 도달하는 시간을 측정하는 것이 타당한 데이터이다.

인터넷 검색 정보

대륙대에 나타나는 점이층리 구조와 실험의 퇴적 형태를 비교해본다.

5) 분급이 안 된 퇴적입자의 침전현상 관찰하기

①





② 무거운 것이 먼저 떨어진다는 가설은 실험 결과와 일치함으로써 검증되었다.

그런데, 퇴적입자가 침강되는 데에는 여러 가지 힘이 맞물린다는 것을 알 수 있었다. 즉, 입자 직경에 따른 중력과 물/입자 간의 점성마찰력, 그리고 입자의 크기에 따른 부력과 난류의 영향으로 침전속도는 입자 별로 각기 다른 침전속도를 보임을 알 수 있었다.

대안 가설 유도

모둠원간 토의를 통해 가설과 결론이 일치할 때, 합리적인 이유를 발표하게끔 하고, 만약 가설과 결론이 어긋났을 경우 다음 과정을 논의하도록 지도한다.



유체의 밀도에 따른 퇴적입자의 침전속도

[대기와 해양]

()년 ()월 ()일 ()학년 ()반 ()번 이름 ()



퇴적입자의 퇴적 작용은 유체의 종류 및 밀도에 따라 다르다. 유체의 밀도에 따라 퇴적입자에 작용하는 부력도 달라지는데 본 실험은 그 차이를 알아본다.

1 목표

- 해수의 염분과 수온에 따른 밀도 차이로 인해 퇴적입자의 퇴적 작용도 다르게 나타남을 알아본다.
- 유체의 밀도를 직접 구해보므로써 과학적인 측정 및 관찰 방법을 알아본다.
- 실험결과 데이터를 정리 및 그래프화할 수 있다.
- 실험 과정과 결과로부터 유의미한 결론을 도출할 수 있다.

준비물

1000mL 시험관, BB탄(작은 것, 큰 것), 초시계, 자, 종이 용지, 수돗물, 알코올, 바닷물(소금이용가능), 전자저울, 엑셀을 사용할 수 있는 컴퓨터

실험상 유의점

1. 각 모둠원끼리 역할을 분담해서 실험에 임한다.
2. 유체의 밀도는 유체의 부피와 질량과의 관계에서 구한다.

2 탐구과정

- 1) 본 탐구는 앞서 실험한 해수면 아래에서 퇴적물의 입자의 크기에 따른 퇴적 작용에서 더 나아가 유체의 밀도에 따른 퇴적작용을 알아본다.
- 2) 본 탐구는 모둠원과의 역할분담이 중요하다. 각자 자신이 할 수 있는 영역을 분담하여 실험에 임한다.
- 3) 제시한 실험과정을 참고하여 실험을 수행하고, 제시문의 도전 과제에 맞춰 유체의 밀도를 측정하여 퇴적물의 침전 시간을 측정한다.
- 4) 실험 결과값을 도표와 그래프로 시각화할 수 있고, 이를 해석하는 방법을 알아간다.

3 탐구실험 및 도전 과제

- 1) 유체의 밀도와 BB탄(큰 것)에 작용하는 부력과의 상관관계에 대한 가설을 설정하시오.

2) 수돗물과 알코올, 바닷물을 밀도를 구해 아래 표를 완성하시오.

$$(\text{밀도} = \frac{\text{질량}}{\text{부피}} [g/cm^3, g/ml])$$

참고 자료

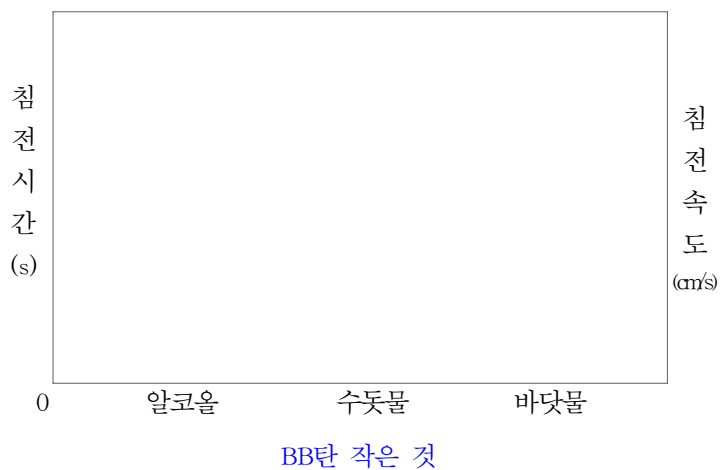
재미있는 지구과학실험(안희수 저)

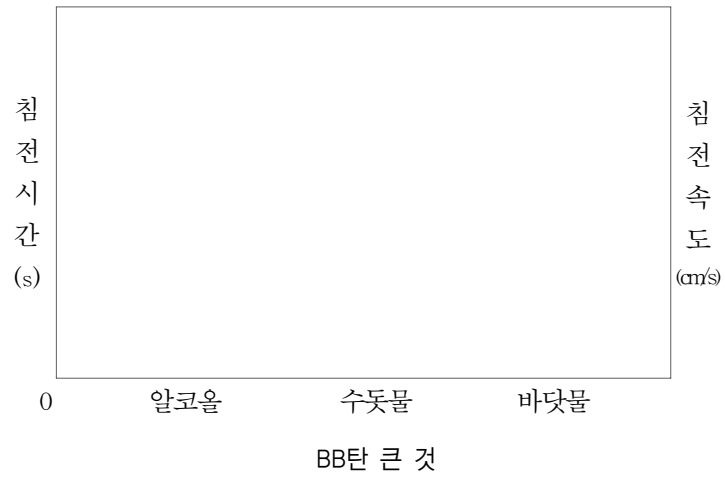
	수돗물	알코올	바닷물
질량			
밀도			

3) 유체 밀도에 따른 퇴적입자의 침전속도를 측정해 아래 표를 완성하고, 이 결과값을 그래프로 나타내보시오.

(단, 퇴적입자는 BB탄 大(직경 : 12mm, 질량 : 1.16g), 小(직경 : 6mm, 질량 : 0.16g)크기별로 같은 갯수를 떨어뜨린다. 나머지 과정에 앞에서 실험한 퇴적입자 크기에 따른 퇴적작용과 같은 과정으로 한다.)

	밀도 (g/ml)	BB탄 크기	1차 침전시간 (s)	2차 침전시간 (s)	3차 침전시간 (s)	4차 침전시간 (s)	평균 침전시간 (s)	평균 침전속도 (cm/s)
알코올		小						
		大						
수돗물		小						
		大						
바닷물		小						
		大						





* 그래프에서 평균침전시간은 막대그래프로 나타내고, 평균 침전시간을 선 그래프로 잇는다.

- 4) 여러분이 제시한 가설과 실험 결과와는 어떤 관계가 있었는지를 유체의 밀도와 침전속도 및 부력과 상관관계 측면에서 서술하시오.



유체의 밀도에 따른 퇴적입자의 침전속도

...➡ [대기와 해양]

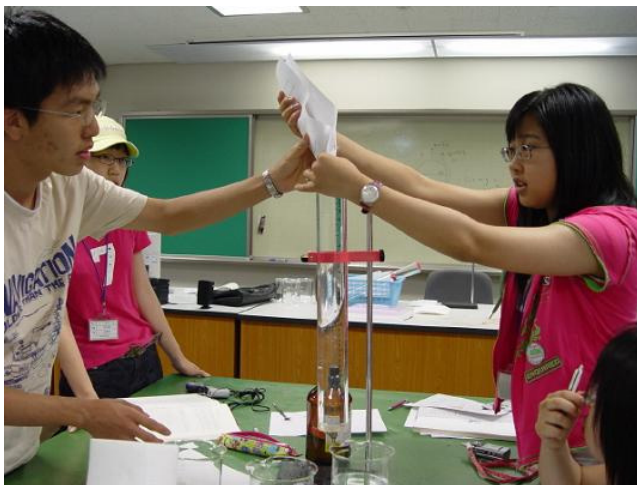


1 활동 내용 분석

- 1) 본 활동은 앞서 실시한 해수면 아래에서 일어나는 퇴적 입자의 크기에 따른 퇴적물의 퇴적 작용에서 심화된 실험탐구 과제이다.
- 2) 본 활동은 여러 복잡한 실험 설계와 단계를 거치므로 모둠원간 역할 분담이 중요하다.
- 3) 유체의 밀도를 측정해봄으로써 실험시 측정의 정확성이 실험 결과에 미치는 영향에 대해 이해한다.
- 4) 유체의 밀도 측정과 반복적인 실험을 통한 결과 값의 정확성 증가가 과학적으로 합리적인 결론 도출에 유의미함을 이해하도록 한다.
- 5) 상호 연관된 도전주제를 토의하고 답하면서 자기가 속한 모듬의 결론을 제시해본다.

2 진행 방법

- 1) 본 탐구의 의미를 전시학습을 참고하여 설명한다.
- 2) 본 탐구는 앞서 실시한 퇴적입자의 크기에 따른 퇴적 작용의 심화 학생 활동임을 알려주고, 본 실험과 앞서 실시한 실험과의 차이점에 대해 이해시킨다.
- 3) 모듬의 실험 결과값을 도표 및 그래프화 할 때 교사는 X축, Y축의 의미를 조언해주고, 특히 그래프화 할 때는 엑셀 사용이 가능한 컴퓨터를 이용하게끔 도와준다.
- 4) 실험 설계의 중요성 및 가설과 실험을 통한 결론을 비교 분석하면서 과학적 탐구 방법에 대해 이해하도록 한다.



활동의 성격

모듬별 활동으로 모듬원간의 역할분담을 할 수 있는 시간을 반드시 주도록 한다. 실험 보고서에 모듬원이 어떤 역할을 하였는지 표시할 수 있는 란을 만들 수 있다.

실험상 유의점

1. 각 모듬원끼리 역할을 분담하는 시간을 주어서 책임감을 부여한다.
2. 각 모듬별 실험결과를 그래프로 시각화할 수 있도록 컴퓨터가 구비되면 더욱 효과적이다.
3. 주어진 자료에 근거해 모듬의 결론을 유추할 수 있도록 하자.

지도상의 유의점

1. 실험단계별 의미를 조언해주도록 한다.
2. 실험을 통해 통제변인과 종속변인의 의미를 제시할 수도 있다.
3. 실험결과값을 그래프화하는데 반드시 엑셀이 필요하지는 않다. 모눈종이를 통해 그래프를 완성하는 것도 의미있는 방법이다.

제
5
장

3 학생용 도전과제 해답

추가 문제 제기

과학 탐구 방법 통제변인과 종속변인의 차이점을 이해하는 문제를 제시할 수도 있다.

참고 자료

재미있는 지구과학실험(안희수 저)

1) 가설 설정

밀도가 커지면 유체와 퇴적(침전)입자에 작용하는 부력도 증가할 것이기 때문에 침전속도는 감소될 것이다.

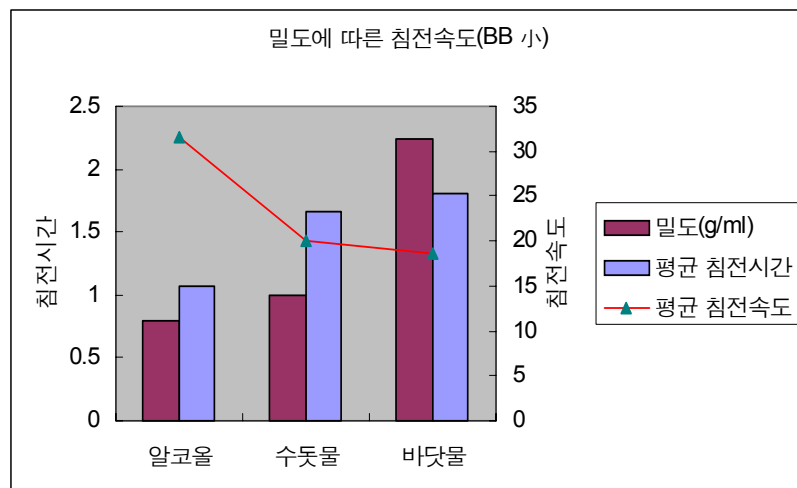
2)

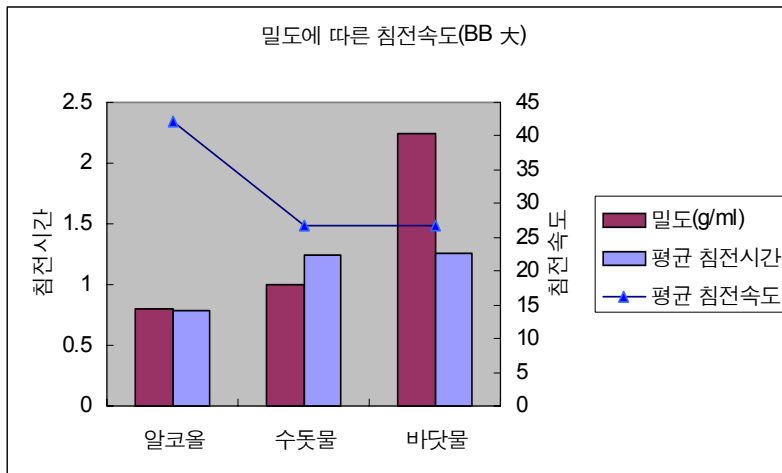
	수돗물	알코올	바닷물
질량	거의 100	79.6g	102.24
밀도	1	0.796	1.0224

* 100ml 비이커의 질량 : 120.5g

3)

	밀도 (g/ml)	BB탄 크기	1차 침전시간 (s)	2차 침전시간 (s)	3차 침전시간 (s)	4차 침전시간 (s)	평균 침전시간 (s)	평균 침전속도 (cm/s)
알코올	0.796	小	1.09	1.03	1.06	1.07	1.063	31.53
		大	0.85	0.78	0.87	0.67	0.79	42.27
수돗물	1	小	1.60	1.64	1.72	1.70	1.665	20.12
		大	1.28	1.22	1.27	1.24	1.25	26.74
바닷물	1.0224	小	1.73	1.87	1.85	1.77	1.805	18.56
		大	1.27	1.25	1.24	1.27	1.26	26.64





- 4) 밀도가 커지면 유체와 퇴적(침전)입자에 작용하는 부력도 증가할 것이기 때문에 침전속도는 감소될 것이라는 가설은 위 실험 결과표 및 이를 그래프화한 그림에서 잘 볼 수 있다.

대안 가설 유도

모둠원간 토의를 통해 가설과 결론이 일치할 때, 합리적인 이유를 발표하게끔 하고, 만약 가설과 결론이 어긋났을 경우 다음 과정을 논의하게끔 지도한다.