

기후변화 때문에 바닷물이 높아진다고?

5

| 활동 개요 |

대상

초등학교 고학년

개발 의도

- 기후변화는 그 규모가 매우 크고 원리가 복잡해서 초등학생들이 인식하기 어려운 범위에서 일어나는 현상이다. 따라서 기후변화 현상에 대한 초등학생들의 이해를 돕기 위해서는 기후변화 현상을 축소하여 초등학생들이 접근할 수 있는 범위로 변환시킬 필요가 있다. 이에 본 수업은 기후변화로 인해 해수면이 상승하는 원리를 실험으로 이해할 수 있도록 구성하였다.
- 실험을 통해 기후변화로 인한 해수면 상승을 이해한 후에, 해수면 상승이 실제로 지구상에 나타나게 된 사례들을 설명함으로써 자신이 경험하고 이해한 내용에 대한 현실감을 심어주고, 실험실에서 경험한 바를 보다 지구적 규모로 확장하여 이해하게 된다. 또한 마무리 활동으로 해수면 상승으로 인한 미래 시나리오를 예측하게 함으로써 시간적인 규모의 확장 또한 더하게 된다. 즉, 본 수업을 통해서 기후변화로 인한 해수면 상승 현상을 실험 활동에서부터 다루기 시작해 시공간적인 규모에서의 확장을 꾀하게 된다.

학습 목표

- 실험을 통해 기후변화로 인해 해수면이 상승되는 원리를 안다.
- 전세계에서 기후변화로 인한 해수면 상승 현상이 일어나고 있는 사례에 대해 알고, 미래의 시나리오를 예측할 수 있다.

내용 체계

기후변화의 현상 : 기후변화로 인한 결과 [해수면 상승]

내용	기후변화 현상					원인	영향	대응		선택	
차시					★						

차시

5차시/12차시

소요시간

80분

장소

과학실험실 혹은 기후변화교육센터 내 교육실

준비물

지도자용

활동지(활동자료 1)
[모둠별] 비커 2개, 삼각 플라스크, 구멍 뚫린 고무마개, 가는 유리관, 싸인펜, 뜨거운 물, 물, 얼음, 돌멩이 여러 개, 고무줄, 수조

학습자용

필기구

흐름도

도입
(20분)

- 기후변화로 인한 해수면 상승 현상에 대해 알기

전개
(40분)

- 2가지의 해수면 상승 실험하기

마무리
(20분)

- 기후변화로 인한 해수면 상승 피해 예측하고 대응책 찾기



| 활동 내용 및 방법 |

1. 도입(20분)

- (1) 기후변화로 인해 나타날 수 있는 현상에는 어떤 것들이 있을지 생각해 보게 한 뒤, 다양한 기후변화 현상들을 소개한다.

[유의사항] 기후변화로 인한 현상들은 되도록 학습자들로부터 이끌어내도록 하되, 학습자들이 미처 발견하지 못한 부분에 대해서만 지도자가 추가하도록 한다. 학습자들이 일반적으로 알고 있을 만한 현상으로는 기온 상승, 해수면 상승, 해빙, 생물 서식처 파괴 등이 있다. 여기에 강수 패턴 변화, 사막화, 계절 변화, 자연 재해 등 기상 및 기후 요소의 변화 현상들을 추가할 수 있겠다.

- (2) 다양한 현상들 중에 해수면 상승 현상의 원리에 대해 설명한다. 해수면 상승 원리에는 온난화로 인한 해수의 열 팽창, 대륙 빙하가 녹아 해수로 유입됨으로 인한 해수의 양 증가 두 가지 원리가 있음을 설명한다. [참고자료 1]

[유의사항] 해수면 상승의 원리를 실제로 알아보는 실험이 전개 단계에서 이루어질 것이므로, 도입 단계에서는 그러한 두 가지 원리가 있음을 알게 하는 데에 초점을 두도록 한다. 또한 해수면 상승으로 인한 영향은 마무리 단계에서 설명될 것이므로, 도입 단계에서는 현상적 측면에 중점을 두어 소개하도록 한다.

2. 전개(40분)

- (1) 실험을 위해 모둠을 나누고, 모둠별 실험 준비물을 챙기도록 안내한다.

[유의사항] 지도자의 사전 준비가 가능하다면, 모둠별로 필요한 실험 준비물들을 상자마다 세팅해 놓아 모둠별로 상자를 나누어주기만 하면 될 정도로 준비해 놓도록 한다.

- (2) 대륙의 빙하가 녹아 해수로 유입됨으로 인해 해수의 양이 증가되어 해수면이 상승된다는 해수면 상승의 첫 번째 원리에 대한 실험을 소개 및 진행한다.

[준비물] 동일 크기의 비커 2개, 고무줄, 물, 얼음, 돌멩이 여러 개

- ① 동일 크기의 비커 2개를 준비하고, 하나에는 돌멩이들을 채운다.
- ② 두 비커에 물을 약간 채우고, 얼음을 넣는다. 돌멩이들을 채운 비커에는 그 위에 얼음을 올려놓아 물과 얼음이 직접 닿지 않게 하고, 다른 비커에는 물 위에 얼음을 띄운다.

[유의사항] 수업 시간 내에 얼음이 녹아 물의 높이가 변화되는 현상을 관찰해야 하므로, 적당량의 얼음을 넣어야 한다. 일반 크기의 각얼음 2개 정도 넣을 것을 권장한다.

기후변화 때문에 바닷물이 높아진다고?

5

- ③ 두 비커의 물 높이가 같아지도록 물의 양을 적당히 재조절한 뒤, 물 높이를 펜이나 고무줄로 표시한다. 눈금을 정확히 읽을 수 있다면, 눈금 수치를 기록해 두어도 좋다.

[유의사항] 본 실험에서는 물의 높이 변화를 인지해야 하므로, 초기 물의 높이를 정확하게 표시해야 한다. 물의 높이와 눈금을 정확히 읽는 방법은 초등학교 3학년 과학 교육과정에서 다루기 때문에 지도자는 정확히 읽어야 함을 유의시키기만 해도 된다.

[유의사항] 돌맹이들이 대륙을 의미하는 것이므로, 물 높이가 그 이상이 되어서는 안 된다.

- ④ 시간이 지나기를 기다리며 5분마다 물 높이의 변화를 표시한다.

[유의사항] 얼음이 녹을 때까지 상당 시간이 필요하기 때문에 ③번 과정을 끝낸 뒤에 (3)의 과정으로 넘어가 두 번째 실험을 진행하도록 한다. 두 번째 실험을 진행하면서 5분마다 물 높이를 표시하는 것만 잊지 않고 수행하도록 안내한다.

6 시간 안에 얼음이 녹아 물 높이가 변화되는 현상을 관찰하기 어려울 정도로 얼음이 녹는 속도가 느리다면 인위적으로 열을 가해 속도를 조절해준다. 예를 들어 ③번 과정에서 두 비커에 온열기나 조명을 설치해 둔다.

- (3) 온난화로 인해 해수 온도가 상승하여 물의 열 팽창으로 인해 해수면이 상승된다는 해수면 상승의 두 번째 원리에 대한 실험을 소개 및 진행한다.

[유의사항] 첫 번째 실험에서 얼음이 녹기까지 기다리는 시간이 많이 소요되기 때문에, 첫 번째 실험의 ③번 과정에 이어서 본 실험을 시작하도록 한다.

[준비물] 삼각플라스크, 구멍 뚫린 고무마개, 가는 유리관, 싸인펜, 비커나 수조, 뜨거운 물(뜨거운 물을 준비하기 어렵다면, 알코올램프와 삼발이, 석면그물 등 가열 도구를 준비하여 실험 도중에 직접 학습자들이 물을 데우는 활동을 하도록 준비한다.)

- ① 삼각플라스크에 물을 가득 채우고, 가는 유리관을 고무 마개에 끼워 삼각플라스크를 닫는다. 그러면 유리관에 물이 찰 것이고, 그 물의 높이를 싸인펜으로 표시한다.

[유의사항] 본 실험에서는 물의 높이 변화를 인지해야 하므로, 초기 물의 높이를 정확하게 표시해야 한다.

- ② 비커나 수조 안에 뜨거운 물을 적당량 넣고, 삼각플라스크를 넣는다. (일종의 중탕 방법)

[유의사항] 학습자들이 뜨거운 물을 다룰 때 화상에 유의하도록 한다. 특히, 비커나 수조 안에 뜨거운 물을 너무 많이 채워서 플라스크를 넣었을 때 넘치는 사고가 일어나지 않도록 유의시켜야 한다.



[유의사항] 플라스크의 크기에 따라 비커나 수조를 준비한다. 비커나 수조는 플라스크보다 크면 된다.

- ③ 시간이 지남에 따라 유리관의 물 높이가 어떻게 변하는지 관찰한다. 10분 동안에 2분마다 물 높이를 유리관에 표시하도록 한다.

[유의사항] 유리관에 물 높이를 표시할 때, 유리관을 감싸 쥐는 등 유리관에 손을 가급적 대지 않고 펜으로만 표시하도록 해야 한다. 유리관을 감싸 쥐면 체온의 영향이 작용하게 되기 때문이다.

3. 마무리(20분)

- (1) 실험을 정리하고, 실험 활동지를 작성 및 발표하게 한다.

[준비물] 실험 활동지[활동자료 1], 필기구

- (2) 기후변화로 인해 해수면이 상승함으로써 실제로 어떤 피해가 일어나고 있는지를 설명한다.
[참고자료 2]


기후변화 때문에 바닷물이 높아진다고?

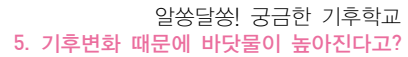
5

| 활동자료 |

[활동자료 1] 해수면 상승 실험 활동지

(학습자용)


해수면 상승 실험 활동지 1	이름 :
<p><녹은 대륙 빙하의 유입 실험></p> <p>1. 같은 크기의 비커 두 개를 준비하고, 한 비커에는 돌맹이를 채웁니다.</p> <p>2. 두 비커에 물과 얼음을 넣고, 물 높이를 같게 한 뒤 그 높이를 표시합니다.</p>	
	
<p>○ 돌맹이가 의미하는 것은 무엇일까요? ()</p> <p>○ 두 비커의 얼음이 의미하는 것은 각각 무엇일까요? (돌맹이가 있는 비커의 얼음 : 물에 떠 있는 얼음 :)</p>	
<p>3. 5분마다 물 높이의 변화를 관찰, 표시합니다.</p> <p>○ 20분 뒤, 돌맹이 위에 얼음을 놓아두었던 비커의 물 높이는 어떻게 변했나요? ()</p> <p>○ 20분 뒤, 물 위에 얼음을 띄워 두었던 비커의 물 높이는 어떻게 변했나요? ()</p>	
<p>◎ 이 실험을 통해 무엇을 알 수 있나요? (기후변화로 인해 해수면이 상승하게 되는 이유는</p> <p style="text-align: right;">때문이다.)</p>	



기후변화 때문에 바닷물이 높아진다고?

5

(지도자용)-예시

해수면 상승 실험 활동지 1	이름 :
<p style="text-align: center;"><녹은 대륙 빙하의 유입 실험></p> <p>1. 같은 크기의 비커 두 개를 준비하고, 한 비커에는 돌맹이를 채웁니다.</p> <p>2. 두 비커에 물과 얼음을 넣고, 물 높이를 같게 한 뒤 그 높이를 표시합니다.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>○ 돌맹이가 의미하는 것은 무엇일까요? (대륙(육지))</p> <p>○ 두 비커의 얼음이 의미하는 것은 각각 무엇일까요? (돌맹이가 있는 비커의 얼음 : 빙하 혹은 빙상 물에 떠 있는 얼음 : 빙산)</p> </div> </div> <p>3. 5분마다 물 높이의 변화를 관찰, 표시합니다.</p> <p>○ 20분 뒤, 돌맹이 위에 얼음을 놓아두었던 비커의 물 높이는 어떻게 변했나요? (물 높이가 더 높아졌습니다.)</p> <p>○ 20분 뒤, 물 위에 얼음을 띄워 두었던 비커의 물 높이는 어떻게 변했나요? (물 높이가 거의 변하지 않았습니다.)</p> <hr style="border: 0.5px solid black; margin: 20px 0;"/> <p>◎ 이 실험을 통해 무엇을 알 수 있나요? (기후변화로 인해 해수면이 상승하게 되는 이유는 온난화 때문에 대륙에 있던 빙하들이 녹아서 바다로 유입되기 때문이다.)</p>	



해수면 상승 실험 활동지 2	이름 :
<p><물의 열팽창 실험></p> <p>1. 삼각플라스크에 물을 채운 뒤, 유리관을 끼운 고무마개로 닫습니다. ○ 유리관 안으로 물이 올라왔는지 확인해보세요.</p> <p>2. 유리관에 물의 높이를 표시하고, 뜨거운 물이 담긴 수조 안에 플라스크를 담습니다.</p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;"> </div> <p>3. 2분마다 유리관의 물 높이 변화를 관찰, 표시합니다. ○ 10분 뒤, 유리관의 물 높이는 어떻게 변했나요? (물 높이가 높아졌습니다.)</p> <hr style="border: 0.5px solid black; margin: 20px 0;"/> <p>◎ 이 실험을 통해 무엇을 알 수 있나요? (기후변화로 인해 해수면이 상승하게 되는 이유는 온난화로 인해 바닷물이 팽창했기 때문이다.)</p>	

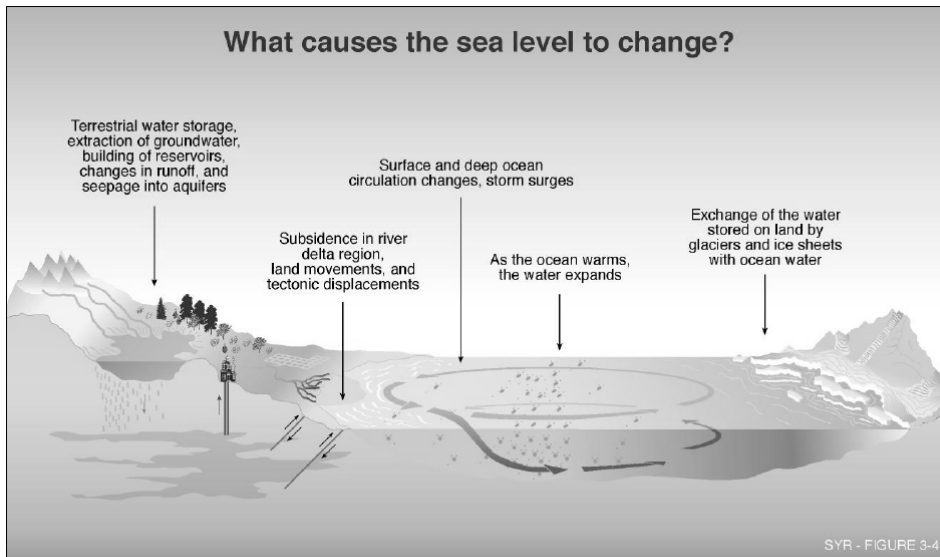
기후변화 때문에 바닷물이 높아진다고?

5

| 참고자료 |

[참고자료 1] 해수면 상승의 원리

기후변화, 특히 지구온난화로 인한 해수면 상승의 원리는 크게 두 가지이다. 하나는 해수 온도 상승으로 인한 열 팽창, 즉 체적 팽창이고, 다른 하나는 육지 빙하가 녹아 해수로 유입되어 체적 증가가 일어나는 것이다.



※ 자료: IPCC(2001)

그림 출처 : 조광우 외., 해수면 상승에 따른 취약성 분석 및 효과적인 대응정책 수립 : 해안침식 영향평가, 한국환경정책평가연구원, 2009, p.9.

◎ 해수의 열 팽창

일반적으로 물의 부피는 온도가 1℃ 상승할 때 약 0.05% 팽창한다. 지난 100년 간 지구의 평균 기온이 1℃ 상승했다고 하는데, 그로 인해 평균 부피가 약 13억7천만km³(평균 면적은 약 3억6천만km², 평균 깊이는 약 3.8km)에 달하는 해수 전체가 0.05% 팽창했다면 해수면이 약 2m 정도나 상승했어야 하는데 사실 해수면 상승은 그렇게 극단적이지 않았다. IPCC 보고서에서 21세기 말까지의 해수면 상승도 최대 0.43mm에 그치고 있다.



그 이유는 해수의 특징에 있다. 해수의 열 흡수는 주로 표층에서 일어나는데, 해수는 연직적으로 성층화(해수는 연직적으로 혼합층-수온약층-심해층으로 구분되는데, 이 중 심해층은 온도 변화가 거의 없음)를 이루고 있고 열용량 또한 크기 때문에 표층에서 흡수된 열이 해수 전체로 전달되는 데까지는 매우 오랜 시간이 걸린다.

그렇지만 해수의 열팽창은 해수면 상승에 있어서 가장 큰 영향을 미치는 요인이다. 1990년에서 2100년 사이의 해수면 상승에 대해 예측한 내용을 담고 있는 2001년 IPCC 보고서에 따르면, 해수면 상승 기여요인별 상승치는 열팽창의 경우 0.11~0.43mm에 달하며, 이는 해수면 상승을 주도하는 요인으로 나타났다. 더구나 열팽창에 의한 해수면 상승은 2040~2090년 간의 해수면 상승이 1990~2090년간의 해수면 상승보다 1.4~2.1배 정도 높게 나타나 21세기 동안 가속되는 것으로 나타났다.

◎ 용해된 대륙 빙하의 유입

지구의 빙하권은 해수 위에 떠있는 빙산, 육지상에 존재하는 빙하와 빙상 등으로 구성된다. 이들 중 빙산은 원래 해수에 존재하고 있던 것이므로 빙산이 녹아도 해수면을 직접적으로 변화시키지는 못한다. 하지만, 빙하와 빙상은 육지에 존재하던 것이므로 이들이 녹아 해수로 유입되면 해수의 양을 증가시켜 해수면의 상승을 유발하는 것이다.

특히 남극과 그린란드의 빙상은 해수면 상승의 주된 잠재력을 가진 성분으로 파악되고 있는데, 2001년 IPCC 보고서에 따르면, 1990년 대비 2100년의 해수면 변화 중 그린란드 빙상의 기여분이 -0.02~+0.09m, 남극의 기여분이 -0.17~+0.02m로 예측되었다. 조광우 외(2009)의 연구에 따르면, 남극은 빙하권 중 가장 큰 부피를 차지하는데, 만약 남극 빙상이 모두 녹는다면 해수면이 약 57m나 상승된다고 한다. 그린란드 빙상은 약 7m, 그 외 육지의 빙하들은 약 72cm까지 해수면을 상승시킬 잠재력을 가진다.

현재의 기후변화 추세 속에서 남극과 그린란드 빙상은 아직 덜 영향을 받고 있어 이제까지의 해수면 상승에 대한 기여도는 낮은 편이었다. 오히려 육지의 빙하, 예를 들어 킬리만자로의 만년설 등이 기후변화에 훨씬 민감하여 이들이 최근과 가까운 미래의 해수면 상승에 더 큰 기여를 하고 있다.

기후변화 때문에 바닷물이 높아진다고?

5

[참고자료 2] 해수면 상승으로 인한 피해

IPCC(2001)에 따르면 해수면 상승으로 인한 영향은 다음과 같다(조광우 외, 2009).

- 저지대 범람
- 해안 침식 : 해수면 상승으로 인해 연안역이 후퇴되고, 침식이 더욱 심화된다.
- 폭풍 해일 및 홍수의 심화
- 하천 및 담수층으로의 해수 침투 : 해수면이 상승되면 하천 상류 방향으로 더 많은 해수가 유입되어 해수가 식수 및 산업 용수로 쓰이는 물과 섞이게 될 가능성을 높인다. 또한 해수면 상승은 지하수면을 상승시켜 담수층이 감소되게도 한다.
- 강과 만에서의 조석 변화
- 퇴적 유형 변화
- 해저 생물에 대한 빛 투과 감소
- 연안 습지 손실 : 연안 습지는 다양한 생물의 서식처인 동시에 풍부한 수산 자원 생산지로서 인간에게 매우 중요한 곳이지만, 2080년까지 해수면 상승에 의해 세계 연안 습지의 약 38%가 손실될 것이라고 한다.

이와 더불어, 사회경제 시스템에의 이차적인 영향이 발생된다.

- 개인의 삶 수준에의 영향 : 범람, 폭풍 해일 및 홍수 등으로 인한 생명에의 직접적 위협, 재산 및 거주지 손실, 관개 및 식수 수질 저하, 연안 농작물 수확량 저하, 어류 및 산호초 등 중요 생태계의 질 저하 및 손실에 의한 식량 생산량 저하, 주거 질 저하 등
- 국가 및 사회 수준에의 영향 : 항구, 연안 도로 등 사회 기반 시설 및 연안 산업, 관광 서비스 등에 대한 위협으로 인한 재산 가치 하락, 해수면 상승 영향에 대한 보호 비용 증대, 정치적 불안 및 사회 동요 등
- 국제 수준에의 영향 : 해수면 상승으로 인해 국민 이주가 발생하는 경우 생길 수 있는 국가 간 충돌 등

전세계 인구의 50~70%가 연안역에 거주하고 있으며, 세계의 대도시 중 상당수가 연안역



에 위치하고 있다는 점에서 해수면 상승의 피해는 상당한 우려가 될 수 있다. 실제로, 현재 평균 4천6백만 명이 매년 폭풍 해일에 의한 홍수를 경험하고 있는데, 해수면이 50cm 상승한다면 그 피해 인구는 9천2백만 명으로 증가할 것이라고 한다. 많은 소형 섬이나 삼각주 지역들은 1m 해수면 상승에 특히 취약한 것으로 연구되었는데, 적절한 대처를 하지 않는다면 이집트는 1%, 네덜란드는 6%, 방글라데시는 17.5%의 육지가 소실될 것이라고 한다. 평균 고도가 50cm 밖에 되지 않는 투발루와 같은 나라는 전 국토가 유실될 가능성이 있다. 실제로 투발루는 2001년에 국토포기를 선언하고, 국토 소실로 인해 삶을 영유할 수 없을 경우 뉴질랜드로 이주하기로 하였다. 그러나 뉴질랜드에서도 40세 이하의 직장이 있는 젊은 사람만 이주를 허용하여 어린이와 노인 등은 생존의 위협과 함께 투발루에 남아 있는 상황이다.