기후변화는 느리게 우리의 대응은 빠르게

중등과정

환경부 기상청 교육부

교재 활용 안내를 위한 서문

교육부와 환경부는 일선 학교와 환경교육기관의 교육을 통해 미래세대가 기후변화 감수성과 기후변화 문제에 대응하는 소양과 역량을 높일 수 있도록 기후변화 교육을 지원하기 위해 본 교재를 발간하였습니다. 사회 구성원들이 기후변화에 대응하는 소양과 역량을 갖추는 것은 앞으로 탄소중립을 달성하고, 기후변화에 안전한 사회를 만들어가기 위해서 매우 중요한 요소일 것입니다. 본 교재는 학습자가 평소 기후변화를 고려하여 사고하고 행동하는 소양을 습득할 수 있도록, 기후변화 전반에 대한 지식 전달뿐만 아니라, 원인, 해결방법, 영향 등이 우리의 생활과 어떻게 관련되어 있는지를 생각하는 활동을 하도록 설계되어 있습니다.

초등학교 고학년(5~6학년) 대상의 '초등과정'과 '중등과정'으로 구분되며, 각 과정은 강의 지도서와 학생용 워크시트로 구성되어 있습니다. 초등과정은 2개의 특강 차시와 7개의 주제별 차시로 되어 있으며, 이중 6개 차시는 블록타임으로 운영할 수 있도록 2개의 소주제로 구분되어 있습니다. 중등과정의 경우 차시 구성은 2개의 특강 차시와 12개의 주제별 차시로 되어 있습니다. 강사는 필요에 따라 차시를 재구성하여 교육을 운영할 수 있으며, 기후와 기후변화에 대한 기본적인 학습을 위해 '특강1'과 '특강2'를 포함하여 구성할 것을 권합니다. 교재 활용 편의성을 높이기 위해 교재 활용방법과 차시별 성취기준, 참고 자료, 영상 자료 목록이 부록으로 포함되어 있습니다.

기후환경교육의 내용적 영역 중에서 원인과 현상에 대한 과학적 이해를 중심으로 하는 교재는 이미 다수 개발되어 활용되고 있는 점을 고려하여, 본 교재는 기후변화의 영향, 대응, 실천과 관련된 내용 비중을 높였습니다.

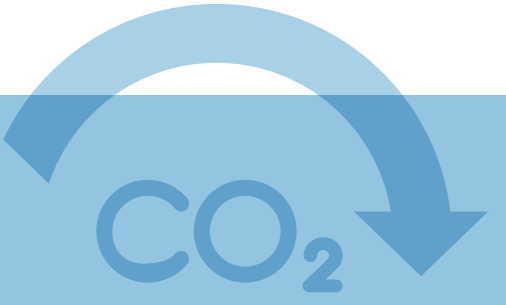
아울러, 지속가능발전목표와 기후변화를 연계함으로써 환경을 넘어 경제, 사회 영역과의 통합성을 높이는 방향으로 교육 프로그램의 주제 및 내용을 구성하였고, 과학뿐만 아니라 미술, 수학, 국어 등 다양한 교과목과 연계하고, 범교과학습주제와 연계하는 등 일선 학교에서 활용이 용이하도록 구성하였습니다.

주제별 교육을 통해 학생들은 화석연료에 기반한 우리의 생활방식이 기후변화에 미치는 영향, 기후변화가 동식물과 인간에게 주는 영향, 기후변화가 심화되는 상황을 배우고, 온실가스 배출을 줄이기 위한 식생활, 올바른 소비에 대한 인식을 제고하

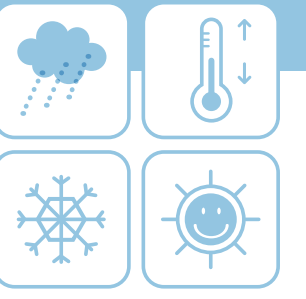
고, 기후변화 대응을 위한 청소년 활동과 온실가스 줄이기 활동을 학우들과 기획해 볼 수 있습니다. 이러한 과정에서 학생들은 자연스럽게 기후변화의 위험성을 인식하고, 실천 의지를 함양할 수 있을 것이며, 기후변화 대응을 위한 우리 정부의 노력과 국제사회의 탄소중립 정책에 대한 이해를 높일 수 있을 것입니다.

2021년 1월 5일 전면 개정된 '환경교육의 활성화 및 지원에 관한 법률'은 "국민의 환경학습권을 보장하고 기후변화 등 다양한 환경문제를 효과적으로 예방하고 해결할 수 있는 소양과 역량을 갖추게 함으로써 국가와 지역사회의 환경보전 및 지속가능한 발전에 이바지하게 함을 목적으로 한다."라고 명시하고 있습니다.

앞으로 미래세대가 기후변화 시대에 적합한 소양과 역량을 갖출 수 있도록 기후환경 교육이 강화될 것입니다. 일선 학교, 지역 환경교육센터, 기후변화 교육센터 등 환경교육기관에서도 미래세대의 기후·환경 교육을 위해 함께 힘써 주시기를 당부드립니다.



기후변화는 느리게 우리의 대응은 빠르게



목차

CONTENTS

집필진: 안재정(송내고등학교), 박상욱(JTBC), 이재영, 서진하, 홍성한(국가환경교육센터)

특강 1 날씨, 계절 그리고 기후 • 008

특강 2 무엇이 진짜야? 기후변화 팩트 체크(기후변화 오개념과 바른 개념) • 026

1차시 왜 IPCC의 1.5℃ 보고서가 중요할까? • 034

2차시 상관관계에 기반한 기후변화 시나리오 • 046

3차시 우리나라에도 예외 없는 기후변화 영향 • 062

4차시 온실가스 감축을 위한 국제적인 협력, 탄소배출권 거래제 • 088

5차시 기후가 달라지면 감염병도 달라진다? • 100

6차시 원 헬스(One Health), 자연과 동물, 우리는 모두 하나 • 112

7차시 기후변화, 인공지능으로 극복할 수 있을까? • 124

8차시 과거, 현재, 미래의 방법으로 우리 지역의 기온 데이터 바라보기 • 140

9차시 해수면 상승, 우리는 괜찮을까? • 158

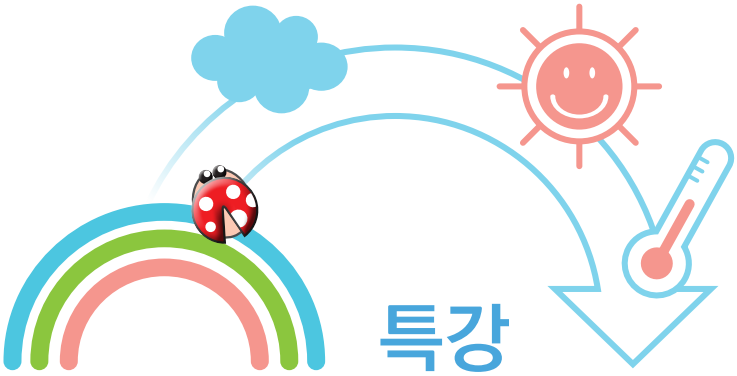
10차시 기후변화의 영향 모두에게 같을까? • 168

11차시 기후변화 실천 행동, 게임으로 기획하다 • 180

12차시 오래된 미래에서 배운다 • 198

부록 • 210

기후변화는 느리게
우리의 대응은 빠르게



특강

1. 날씨, 계절 그리고 기후

2. 무엇이 진짜야? 기후변화 팩트 체크
   (기후변화 오개념과 바른 개념)

Let's Start →

특강 1

날씨, 계절 그리고 기후

활동 개요

Let's Learn!

대상 중학교

개발 의도 (배경)

- 학습자들은 이 활동을 통해 앞으로 기후변화에 대해 알고 일상적으로 경험할 수 있는 날씨와 계절을 기후와 연관 지어 배우고, 날씨와 계절이 변하면 생물과 사람들의 생활에 큰 문제가 생길 수 있음을 확실히 깨닫게 될 것이다.

학습 목표

- 날씨, 계절, 기후의 개념을 비교하여 명확하게 구분할 수 있다.
- 날씨, 계절, 기후의 변화가 많은 생물과 사람들의 생존과 생활에 다양한 방식으로 영향을 미친다는 사실을 알고 예를 들어 설명할 수 있다.

성취 기준

[9환03-11] 지구 수준의 환경 문제인 기후변화로 인해 자신의 지역에서 어떤 현상이 나타날 수 있는지 강수량, 기온, 개화 시기 등의 자료를 분석하여 확인하고 이를 해석한다.

내용 영역

- 기후변화 현상과 영향

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
	★	★		

소요 시간 40분

교수학습 방법

강의법	게임놀이	토의토론	조사	실험 실습	기타(직접 기입)
			★		

교육 장소 교실

준비물 활동 자료, 참고 자료, PPT

흐름도

도입 (10분)	▶ 날씨, 계절, 기후가 어떻게 다른지 구분하기 - 날씨, 계절, 기후의 관계를 아는 것이 중요함을 강조한다.
전개 (25분)	▶ 날씨와 계절을 묘사하는 형용사를 찾아 쓰기 - 날씨와 계절을 묘사하기 위해 사용하는 형용사들을 모아 보고, 계절과 날씨에 함께 사용되거나 겹쳐서 사용되지 않는 말들에는 어떤 것들이 있는지, 같은 의미로 사용하고 있는지 비교해 본다. ▶ 날씨와 계절이 관련된 오개념을 확인하고 수정하기 ▶ 날씨와 계절의 주기에 변화가 생기면 어떤 문제가 생길지 생각해 보기 - 날씨와 계절의 주기에 변화가 생기면 그와 관련된 생물이나 사람들에게 어떤 문제가 생길 수 있는지 알아본다.
마무리 (05분)	▶ 날씨, 계절, 기후를 고려하여 일기 쓰기 - 일기를 쓰며 날씨와 계절에 대해 조금 더 자세하고 정확하게 묘사하기 위한 방법을 생각해 보고 발표하게 한다.

날씨와 계절을 묘사하는 단어 찾기

아래 표에 날씨를 묘사하는 말을 쓰고 그 의미를 간단히 설명해 보세요.

▼ 날씨를 묘사하는 말	▼ 의미 설명
예) 흐리다	하늘에 구름이 많이 끼어서 회색빛으로 보이고 비가 올 것 같은 날씨

아래 표에 계절을 묘사하는 말을 쓰고 그 의미를 간단히 설명해 보세요.

▼ 계절을 묘사하는 말	▼ 의미를 설명해 보세요.
예) 매미가 울겠다.	매미는 여름철을 대표하는 곤충으로, 여름이면 짝을 찾기 위해 운다. 이 소리는 여름을 대표하는 소리 중 하나이다.

활동 자료 01

➜ 아래 표에 4계절의 대표적인 특징을 2개씩만 써 보세요.

봄

여름

가을

겨울

날씨와 계절에 대한 오개념 확인하기

➡ 날씨와 계절에 대한 잘못 알고 있는 것은 없을까?

- 아래에 질문을 읽고 날씨와 계절에 관한 여러분의 생각을 적어 보세요.

1차 예시	▼ 날씨	▼ 계절
질문	구름이 하늘에서 떨어지지 않고 떠 있을 수 있는 이유는 무엇일까?	연중 더운 여름, 추운 겨울, 따뜻한 봄과 가을 등 4계절이 생기는 이유는 무엇 때문일까?
나의 대답		
정답은?	구름의 물방울은 중력의 영향을 받아 떨어지지만, 구름 속에 상승기류를 만나서 낙하운동이 상쇄된다.	지구가 기울어진 상태에서 공전하기 때문이다.

2차 예시	▼ 날씨	▼ 계절
질문	안개와 구름은 수증기로 이루어져 있다?	계절은 온도로 구분한다.
나의 대답		
정답은?	수증기는 기체 상태의 물로 색깔과 냄새가 없다. 안개와 구름은 작은 물방울이나 얼음 알갱이가 공중에 떠 있는 것이다.	기온과 강수량, 기압배치, 생물의 생태 등을 통해서 다양하게 구분할 수 있다.

날씨와 계절에 변화가 생기면 어떤 문제가 생길 수 있을까?

➡ 사람 또는 생물에게 나타날 수 있는 문제 상황을 한 가지씩 만 말해보자.

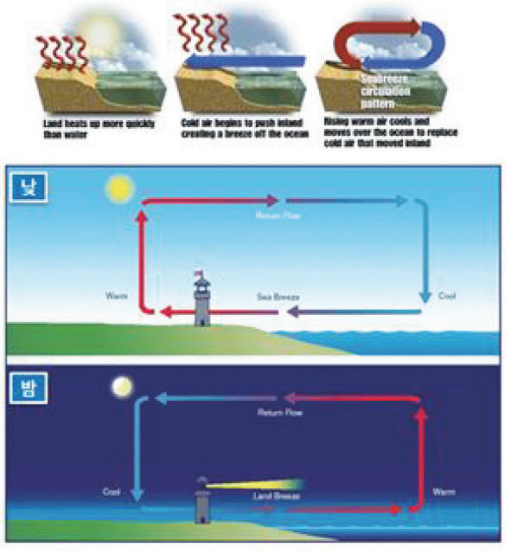
	▼ 특징 (예시)	▼ 변화 (예시)	▼ 문제 (예시)
봄	따뜻한 봄에 벌과 나비가 나타난다.	봄이 따뜻하지 않아 벌과 나비가 나타나지 않는다면?	과일나무가 수분을 하지 못해 열매를 맺지 못한다.
여름	센 바람과 함께 태풍이 불어온다.		
가을	기온이 내려가면서 서리가 내린다.		
겨울	겨울에는 날씨가 추워 강이나 저수지가 언다.		

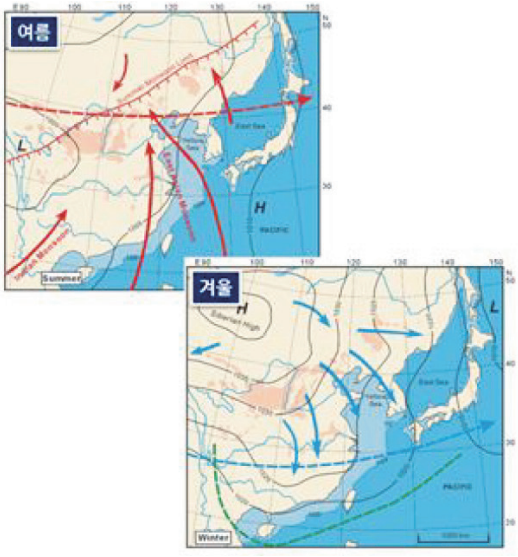
일기장의 날씨와 계절 부분 양식 사례

날짜	월 일	요일		달 모양	
오늘의 날씨		오늘의 기온		관찰한 생물	
		최저	최고		
가장 가까운 절기		그 절기의 의미		관찰한 자연현상	

우리나라의 계절 특성

우리나라는 아시아 대륙과 태평양 사이의 경계 부근에 위치하고 있어 날씨의 변화가 크고 특정 기단의 세력에 따라 극단적인 기상이 나타나기 쉽다. 우리가 흔히 알고 있는 하루 주기로 나타나는 해륙풍은 바다와 육지 사이의 비열 차이에 의해 형성되는 중·소규모 대류 활동 때문에 나타나는 현상이다. 똑같은 원리로 대규모로 확장하게 되면 계절풍이 형성된다. 겨울철에는 아시아 대륙의 기온이 하강하면서 찬 공기가 압축되어 고기압이 형성되는 반면 태평양에서는 상대적으로 따뜻한 공기로 인해 저기압이 형성되어 우리나라 주변으로는 찬 북서 계절풍이 불게 되고, 여름에는 반대 현상으로 인해 따뜻한 남동 계절풍이 우리나라에 영향을 주게 된다.





우리나라에 영향을 주는 기단

- 늦가을~초봄: 시베리아기단(cP), 극 기단
- 봄, 가을: 대륙성기단(양쯔강기단: cT, 변질된 시베리아기단: cPw)
- 여름: 오호츠크해기단(mP), 북태평양기단(mT), 열대몬순기압골 특성을 살펴보면 다음과 같다.

봄철

봄철에는 시베리아고기압의 세력이 약화되면서 이동성 고기압의 영향을 주로 받게 되며, 봄철에는 중국에서 발원한 황사가 우리나라로 유입되어 영향을 주는 시기이며, 최근에는 미세먼

지가 큰 사회적인 이슈로 부각되고 있다.

일반적인 날씨는 다음과 같다.

- 이동성 고기압의 영향을 주로 받아 맑고 건조한 날씨가 자주 나타나며 밤에는 복사냉각에 의해 기온이 내려가고 낮에는 일사에 의해 기온이 오르면서 큰 일교차가 나타남
- 북쪽을 지나는 저기압에 의한 강수량은 적은 반면 남서쪽에서 북동진하여 우리나라를 지나는 저기압에 의한 강수량은 많은 편.

여름철

여름철에는 장마, 태풍과 대기불안정 등에 의해 비가 내리는 날이 많기도 하지만 많은 비가 한꺼번에 내리면서 큰 피해가 나타나는 기간으로, 초여름(장마 전 건기), 장마 기간, 장마 후 폭염과 집중호우 기간으로 구분할 수 있다.

초여름은 양쯔강기단(cT)에서 유래한 이동성 고기압과 오호츠크해 고기압의 영향을 받는 시기로, 이동성 고기압의 영향을 받는 경우 상대적으로 건조한 상태에서 낮 기온이 30℃ 이상 올라가도 밤 기온이 낮아져 일교차가 큰 시기이다. 특히 오호츠크해 고기압의 영향을 받는 경우 동해안지방을 중심으로 선선한 날씨가 유지되는 반면 서쪽지방은 푄 현상에 의해 큰폭으로 기온이 상승한다.

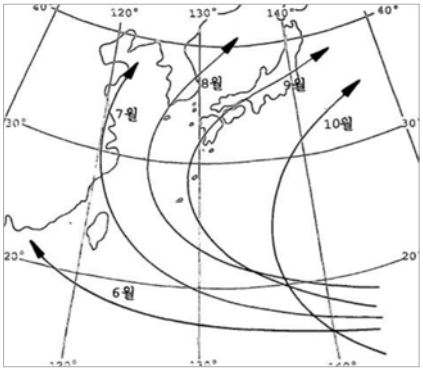
장마 기간은 북태평양 고기압이 점차 우리나라 부근으로 확장하면서 그 가장자리에 형성되어 있는 장마전선이 약 한 달 동안 우리나라에서 남북으로 진동하면서 흐리고 비가 내리는 날이 많은 날씨를 보인다.

장마후 폭염과 집중호우 기간에 우리나라 부근에서 북태평양 고기압의 확장 정도는 7월 말~8월 초가 절정 기간이 되며 이후에는 다시 수축하면서 그 가장자리를 따라 2차 우기 형태가 나타난다. 1990년대 중반 이전에는 장마 종료 후 약 한 달 정도 무더위가 지속되는 특성이 있었던 반면, 1997~98년 메이저 엘니뇨 이후에는 장마 종료 후에도 지역에 따라 집중 호우 형태로 많은 비가 내리는 특성이 뚜렷해지고 있다.

또한 북태평양 서부에서 발생하는 열대저기압 중에서 중심 부근의 최대 풍속이 17㎧ 이상의 강한 폭풍우를 동반하는 태풍은 여름철에 우리나라에 주로 영향을 미친다. 태풍은 북태평양 고기압 가장자리를 따라 이동하는데, 북태평양 고기압이 북서쪽으로 확장하면서 보통 6월에는중국 남부, 7월에는 중국 중부로 이동하고, 8월부터 북태평양 고기압이 점차 수축하면서 우리나라 부근에 영향을 줄 가능성이 높아지며, 이러한 경향은 9월까지 지속된다.

● 월별 태풍의 평균 진로

월	전체 태풍의 평균 진로 특징
6월	계속 서진하여 남중국해상으로 진행
7월	대문부근에서 중국연안을 따라 서해안으로 북상 우리나라로 진행
8월	동지나해로부터 우리나라를 가로질러 동해로 진행
9월	남쪽 오키나와 동쪽해상을 거쳐 일본열도로 진행
10월	일본 남쪽해상 멀리 진행



● 월별 태풍 발생 수와 우리나라의 영향 수

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
평년 발생 수	0.3	0.1	0.3	0.6	1.0	1.7	3.6	5.9	4.9	3.6	2.3	1.2	25.6
영양 수	–	–	–	–	0.0	0.3	0.9	1.1	0.7	0.1	–	–	3.1

➜ 가을철

가을철에는 전반에 북태평양 고기압이 약화되면서 이동성 고기압의 영향을 점차 받게 되나 후반에는 이동성 고기압의 영향을 받는 가운데 점차 대륙고기압이 발달하는 시기이다. 9월 전반까지는 북태평양 고기압의 영향권 내에서 여름철 형태의 기압계와 이동성 고기압이 영향을 주는 기압계가 혼재된 경우가 많아 북태평양 고기압이 수축하면서 그 가장자리를 따라 남서류가 유입되는 가운데 상층에서 단파골이 지나는 경우 여전히 지역에 따른 집중호우 가능성이 높다. 대부분의 경우에 9월 후반부터 본격적으로 전형적인 가을철 기압계로 전환되면서 이동성 고기압의 영향을 주로 받아 맑고 건조한 날씨를 형성하는데 일교차가 큰 것이 특징이다. 북쪽을 지나는 저기압의 영향으로 비가 내린 후 일시적으로 대륙고기압의 영향을 받으면서 기온이 떨어지는 경향을 보인다. 북쪽을 지나는 저기압의 영향으로 비가 내린 후 일시적으로 대륙고기압의 영향을 받으면서 기온이 떨어지는 경향을 보인다.

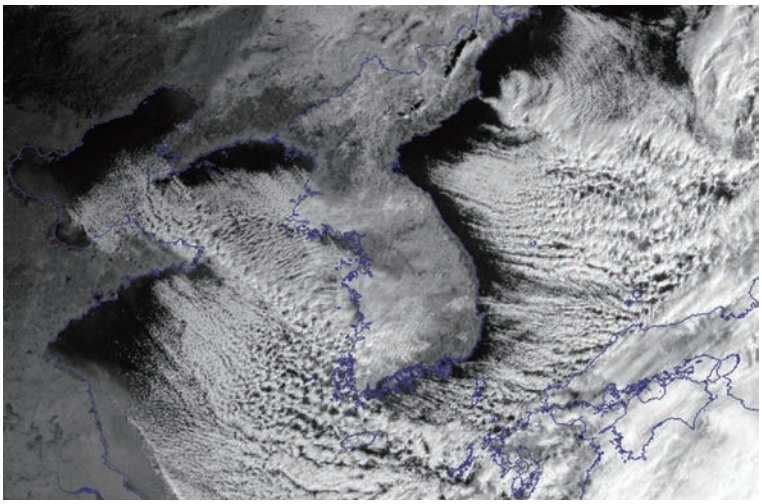
➜ 겨울철

일반적으로 시베리아고기압의 영향을 주로 받아 3한 4온의 특징을 보이나, 최근에는 우랄~바이칼호와 캄차카 반도 부근으로 형성되는 저지고기압으로 대기의 흐름이 정체되어 장기간 춥거나 따뜻한 날씨가 이어지는 경우가 많이 발생하고 있다.

시베리아고기압이 확장할 때에는 서고동저형의 대표적인 겨울철 기압 배치로 강한 북서풍 유입과 함께 찬 공기가 남하하여 한파와 함께 찬 공기가 서해상을 지나면서 형성된 눈 구름대가 북서풍을 타고 내륙으로 유입되면서 서해안과 제주도를 중심으로 많은 눈을 내린다. 이어 시베리아고기압이 남동쪽으로 이동하면서 중국 중남부에 위치한 고기압 가장자리를 따라서 풍류가 형성될 경우 해상에 위치한 눈 구름대가 서풍을 타고 내륙으로 유입되어 서울을 포함 경기도 지역에 예상치 않은 눈이 내리기도 한다. 마지막으로 고기압 후면에서 저기압이 우리나라 부근으로 지나가면 강수가 내리거나 구름 끼는 날씨를 보이고, 저기압의 영향에서 벗어나면서 북서쪽으로부터 시베리아고기압이 다시 확장하여 추워지는 기후적인 패턴이 반복된다.

출처: 2017 기상청 장기예보 업무편람

● 월별 태풍 발생 수와 우리나라의 영향 수



한파 내습으로 발생하는 전형적인 해상의 구름 모양을 가시영상에서 볼 수 있다. 서해상과 동해상에 빗자루로 쓸어내리는 듯한 적운열과, 동해상에 두 기류의 수렴에 의해 형성되는 대상대류운을 볼 수 있다. 이러한 적운열은 주로 지상에서 1.5~1.3㎞ 정도의 고도까지 분포하고, 해상에서는 강하게 눈이 내리는 경향이 있고, 내륙에서는 전국이 영하의 기온 분포를 보이며 추운 날씨를 보인다. 2012년 12월 23일 강원도 양구에서 영하 25.6℃, 제주고산에서 25.6m/s의 일 최대순간풍속을 기록하였고, 제주 및 울릉도지역에서 소낙성 눈이 관측되는 등 전국에 한파가 내습하였다. 2013년 11월 28일에는 서해상의 적운열이 전라도지방으로 유입되면서 광주지방에 10㎝ 이상 많은 눈이 내렸다.

출처: 천리안위성 3주년 화보집

날씨와 계절에 관한 내용 분석

영역	분석준거	
물의 순환	유아 ~ 초등 2학년	• 물은 열에 의해 수증기로 변한다. • 물이 증발하면 시원해진다. • 수증기는 구름이 되어 비로 내린다.
	초등 3학년 ~ 고등 3학년	• 지구상의 물은 증발과 응결 과정을 통해 바다와 대기, 땅 사이를 순환한다. • 구름과 안개는 수증기가 응결하여 생긴 것으로 날씨와 기후에 영향을 미친다.
대기의 순환	유아 ~ 초등 2학년	• 바람이 불면 날씨가 달라진다. • 따뜻한 공기는 위로 올라간다. • 바람은 공기의 움직임이다.
	초등 3학년 ~ 고등 3학년	• 지구의 대기는 여러 성분으로 이루어져 있으며 대기의 특성은 고도에 따라 달라진다. • 지구의 불균등한 가열은 공기를 이동시키고 날씨 변화를 일으킨다. • 전 지구적 규모의 대기운동은 지역의 날씨에 영향을 미친다. • 기단, 전선, 고기압과 저기압에서의 날씨가 다르다. • 태양에 의해 지표면과 대기가 가열됨으로써 대기와 해양에 대류가 발생하고 바람과 해수의 순환이 일어난다.
일기와 기후	유아 ~ 초등 2학년	• 날씨는 매일 변화하고, 계절에 따라서도 달라진다. • 봄, 여름, 가을, 겨울 계절에 따라 사람들의 옷차림이 다르다. • 날씨는 우리 생활에 영향을 미친다.
	초등 3학년 ~ 고등 3학년	• 날씨는 온도, 풍향과 풍속, 강수량과 같은 측정 가능한 양을 이용하여 기술될 수 있다. • 우리나라는 계절변화가 뚜렷하며 계절에 따라 일기도가 다르다. • 일기예보는 우리 생활과 산업에 이용된다. • 지구 기후는 태양으로부터 지표면과 지표면 가까이에 전달되는 에너지에 의해 결정된다. 이러한 에너지 전달은 구름이나 지구의 자전과 같은 동적인 과정 및 산맥과 해양의 분포와 같은 정적인 조건에 의해 영향을 받는다.

출처: 윤정희, 나귀옥(2007) 유초중고 지구과학 교육과정에서의 날씨 관련 개념의 연계성 분석, 교육과정평가연구, 10(2): 281~301.

날씨와 생활은 유치원과 초등학교 저학년에서 날씨의 변화에 따라 사람들의 옷차림이나 날씨에 따라 사람들이 해야 할 일, 놀이 등을 경험하면서 날씨를 일상생활과 연관하여 날씨에 관한 기초 개념을 형성하고, 3학년에서 날씨가 우리 생활에 미치는 영향을 구체적인 기상요소인 기온, 바람, 비의 양, 구름의 양과 관련하여 설명함으로써 내용상 발전을 보여 준다.

날씨를 일상생활과 관련하여 중학교 3학년에서는 불쾌지수에 대한 개념을 도입하고, 고등학교 1학년과 고등학교 2학년에서는 날씨와 관련한 속담을 예로 들어 날씨 개념을 발전시킨다. 고등학교 3학년에서는 역전층의 발생으로 인한 대기오염이 우리 생활에 미치는 영향을 제시하여 내용상 발전을 보인다. 그러나 날씨와 관련한 속담은 단순한 반복을 보이는 경우가 대부분이고, 날씨(일기)의 개념 설명은 고등학교 1학년 교육과정에서 설명하면서 학년 간 심한 격차를 보인다. 그러므로 날씨의 개념 설명이 전 학년의 과정에서 이루어지고 날씨의 속담을 반복하는 것보다 날씨와 관련된 생활의 변화와 영향을 좀 더 심도 있게 다루는 것이 좋겠다.

일기예보는 유치원 교육과정에서 일기예보의 도움에 대해 알게 되고, 3학년에서는 구름의 양을 구분하여 일기를 나타내는 방법과 기온, 구름, 바람, 비의 요소를 넣어 날씨를 말하도록 학습하는데 3학년에 도입되는 개념을 선수 학습으로 하므로 연계가 잘 이루어지고 있다. 5학년은 자료를 조사하여 다음날 일기예보하기를 탐구하고, 6학년에 일기기호와 일기도가 만들어지는 과정, 일기예보와 생활, 일기도 해석, 기상특보 등 학습 내용이 양적으로 확대되면서 학년 간 심한 격차가 나타난다. 중학교 3학년에 일기도, 단기예보, 장기예보, 주의보, 경보 등 새로운 개념이 제시되어 발전적인 듯하지만, 일기기호는 6학년, 중학교 3학년, 고등학교 2학년, 고등학교 3학년에서 단순한 반복을 보이고 6학년의 일기도가 만들어지는 과정도 중학교 3학년에서 반복되어 나타난다.

그러므로 더 발전적이거나 심화된 내용이 제시되어야 한다. 또한 6학년에 소개되는 심화된 내용 중 3개의 일기도를 보고 고기압과 저기압의 위치, 이동 속도를 추정하고 일기도를 비교하는 내용은 5학년과 심한 격차가 나타나고 일기도 상에서 방향과 이동 속도를 구하는 것이기 때문에 기압 분포, 배치 등 일기도를 해석한 후 배우는 것이 더 연계적이어서 중학교 3학년의 내용에 포함시키는 것이 좋다.

중학교 3학년에 소개된 일기도는 계절별 기압 배치와 등압선의 특징을 통해 일기도를 해석하도록 하여 좀 더 심화된 내용으로 발전되어 연계가 잘 되었다. 그러나 일기도 분석에서 중학교 3학년과 고등학교 1학년의 분석 자료나 질문이 비슷하고 온대성저기압처럼 선수 학습으로 이해할 수 없는 내용도 있다. 그러므로 선수 학습이 이루어진 후 학습이 이루어지도록 재구성할 필요가 있으며, 교사가 온대성저기압에 대한 설명을 학습지도 계획에 넣어야 하고, 중학교

3학년과 고등학교 1학년의 난이도 조절이 요구되며 교사가 이론적인 뒷받침을 제공하여 점차 발전시키는 방향으로 변화를 주는 것이 좋을 것으로 판단된다.

기후에 관한 내용은 날씨와 생활, 일기예보와 관련하여 전 학년에 비교적 고르게 설명된다. 유치원 과정에서는 계절의 특징과 주변의 변화, 다른 나라와 우리나라의 기후가 다르다는 것을 경험하고 1, 2학년은 봄, 여름, 가을, 겨울의 변해가는 모습을 통해 우리나라 기후의 특징을 자연스럽게 이해하도록 한다. 3, 4, 5학년에서는 기후에 관한 내용이 없고, 6학년은 계절에 따른 우리나라의 특징을 일기도를 보고 기압, 바람의 방향, 바람의 세기, 습도와 관련하여 설명하고, 중학교 3학년에서는 기단, 기압배치 위주로 설명함으로써 발전된 양상을 보인다. 고등학교 1학년에서는 기후의 전반적인 내용을 실생활과 연결시켜 다루고 일기와 기후의 차이점을 학습함으로써 기후에 대한 전반적인 개념을 세울 수 있도록 전개하였다.

우리나라의 기후를 봄과 가을, 여름, 태풍기, 장마기, 겨울철의 일기도를 해석하여 이해하도록 하는데 한층 더 심화된 학습 내용으로 발전한다. 그러나 기후에 대한 학습이 저학년에서부터 다루어진 것에 비해 기후의 개념은 학습되지 않은 상태에서 제시되고 있으며, 고등학교 1학년 이후로 기후에 대한 학습은 단절이 일어나 심한 격차가 나타난다.

일기와 기후에 대한 하위개념을 날씨와 생활, 일기예보, 기후로 나누어 보면 유치원과 저학년에서는 실생활 위주로 특별한 개념 제시 없이 고르게 경험하도록 구성되어 있다. 날씨와 생활은 특별한 연계 없이 고학년에서는 일기와 속담으로 반복하여 날씨를 일상생활과 연관 짓고 있으며, 유치원과 초등학교 저학년은 경험을 통한 학습이 바람직하지만, 활동이 유사하거나 오히려 이전의 학년보다 수준이 낮게 나타나고 있어 발전적인 구성이 필요하다. 일기예보 영역은 일기기호처럼 단순 반복을 보이는 경우도 있으나 비교적 발전되어 제시되고 있다. 기후는 유치원과 저학년, 6학년과 중학교 3학년, 고등학교 1학년은 연계가 잘 이루어져 있으나 저학년과 고학년 사이의 연계와 고등학교 1학년 이후로는 단절되어 연계가 잘 이루어지고 있지 않다.

기후변화에 대한 중학생들의 인식, 태도 및 실천 의지 조사

기후변화의 심각성이 확실하고 지구 온난화는 명백하게 진행되고 있으므로 이에 대한 노력이 필요하며, 기후변화에 대한 관심과 이해, 기후변화에 대한 대응을 위한 실천 의지가 필요한 때이다.

본 연구는 중학생들의 기후변화에 대한 인식, 태도 및 실천 의지에 대한 조사를 실시하였다. 그 결과, 학생들은 평소 매체를 통해 기후변화에 대한 내용을 접하고 있으며 기후변화 협약에 대해서도 알고 있다고 응답하였다. 국산을 먹는 것보다 수입품을 먹는 것이 기후변화의 원인이 될 수 있다는 질문을 제외하고는 기후변화를 일으키는 원인에 대해서 옳게 알고 있었고, 기후변화에 따른 결과를 묻는 질문에 대해서도 대부분의 학생이 옳게 알고 있었다. 기후변화에 대한 내용이 초등 및 중등학교의 사회, 과학 교과서에 제시되어 이에 학생들은 기후변화에 대한 인식에 대한 평균 점수가 아주 높게 나타난 것으로 생각된다.

- 기후변화에 대한 인식(-결과) 결과

설문내용	응답 항목 (명(%))					
	전혀 아니다	아니다	보통이다	그렇다	매우 그렇다	평균
	1	2	3	4	5	
여러 나라에서 일어나는 홍수나 가뭄, 해수면 상승 등은 기후변화 때문에 나타나는 현상이다.	4 (1.4)	7 (2.5)	47 (16.5)	111 (39.1)	115 (40.5)	4.15
기후변화는 인간에게 여러 가지 질병을 일으킬 수 있다.	5 (1.8)	9 (3.2)	74 (26.0)	111 (39.1)	85 (29.9)	3.92
기후변화로 인해 우리나라 생태계가 변하고 있다고 생각한다.	4 (1.4)	10 (3.5)	34 (12.0)	116 (40.8)	120 (42.3)	4.19
기후변화가 진행되면 생물종의 멸종을 가속화시킬 것이라고 생각한다.	5 (1.8)	7 (2.5)	49 (17.2)	98 (34.5)	125 (44.0)	4.17
기후변화가 일어나면 날씨가 따뜻해져서 곡식이나 나무가 많이 자랄 수 있으므로 식량난이 해결될 것이다.	60 (21.1)	101 (35.6)	75 (26.4)	31 (10.9)	17 (6.0)	2.45
기후변화로 인해 지금 우리나라 각 지역에서 재배되고 있는 곡식이나 잡히는 물고기의 종류가 달라질 것이다.	6 (2.1)	11 (3.9)	69 (24.3)	119 (41.9)	79 (27.8)	3.89

둘째, 기후변화에 대한 태도에 대한 평균 점수는 보통 이상의 점수이지만, 기후변화 인식 정도에 비해 낮은 것으로 나타났다.

● 기후변화에 대한 태도 결과

설문내용	응답 항목 (명(%))					
	전혀 아니다	아니다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다	평균
	1	2	3	4	5	
기후변화와 관련된 기사를 읽으면 나도 무엇인가 노력해야겠다는 생각이 든다.	21 (7.4)	43 (15.2)	102 (35.9)	81 (28.5)	37 (13.0)	3.25
기후변화가 우리의 일상생활에 많은 영향을 주고 있다고 생각한다.	5 (1.8)	9 (3.2)	52 (18.3)	104 (36.6)	114 (40.1)	4.10
나의 잘못된 생활 습관이 기후변화에 영향을 미칠 수 있다고 생각한다.	10 (3.5)	24 (8.5)	80 (28.2)	110 (38.7)	60 (21.1)	3.65
인간의 힘으로 기후변화를 막을 수 있다고 생각한다.	22 (7.7)	34 (12.0)	67 (23.6)	97 (34.2)	64 (22.5)	3.52

셋째, 기후변화에 대한 실천 의지의 평균 점수 역시 보통 이상의 점수이지만, 기후변화에 대한 인식에 비하면 낮은 점수인 것을 확인할 수 있다.

● 기후변화에 대한 실천 의지 결과

설문내용	응답 항목 (명(%))					
	전혀 아니다	아니다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다	평균
	1	2	3	4	5	
기후변화에 대해 관심을 가지고 공부할 필요가 있다고 생각한다.	7 (2.5)	26 (9.2)	87 (30.6)	103 (36.3)	61 (21.5)	3.65
나는 기후변화가 급격히 진행되고 있는 것을 막기 위해 노력할 것이다.	11 (3.9)	20 (7.0)	106 (37.3)	95 (33.5)	52 (18.3)	3.55

삶의 태도와 의식이 바뀌기 위해서는 교육이 필수적이다. 기후변화에 대한 대응을 위해 학교에서는 학생들의 인식뿐 아니라 태도, 실천 의지의 변화를 위해 교육해야 할 것이다. 학교 교육은 학생들이 기후변화에 대한 올바른 지식과 태도를 갖게 하며, 책임감과 실천 의지를 키우는데 중점을 두어야 할 것이다.

이에 기후변화의 인식을 위한 지식교육뿐 아니라 태도와 실천 의지 향상을 위한 기후변화 교육 프로그램이 개발되어야 하며, 또한 이를 교육하기 위한 교사들의 연수 프로그램도 함께 진행되어야 할 것이다.

출처: 정해련(2013) 기후변화에 대한 중학생들의 인식, 태도 및 실천 의지 조사, 에너지기후변화교육, 3(2): 171~179.

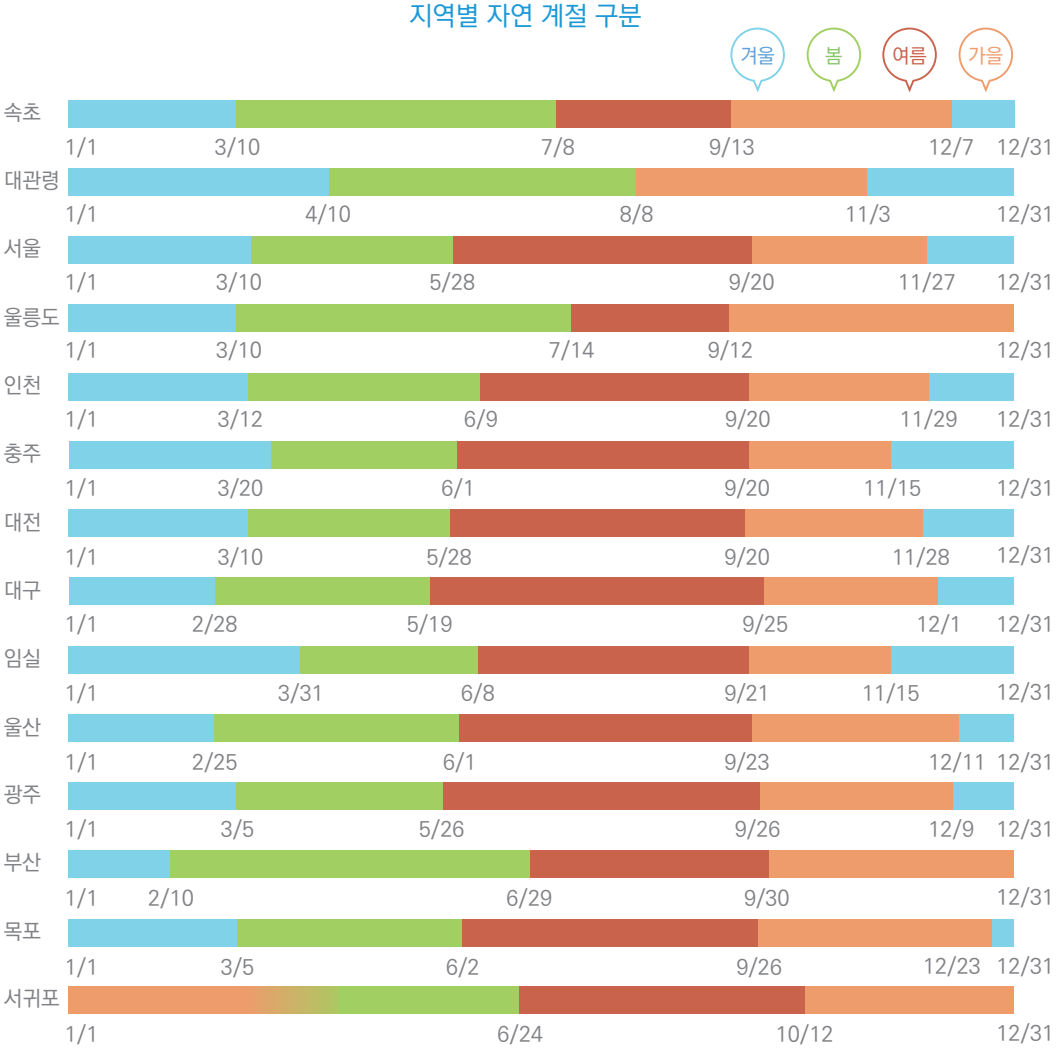
모든 나라에 4계절이 있을까?

우리나라는 4계절이 뚜렷한 온대 지역에 위치하고 있지만, 열대, 냉대, 한대 지역에서는 우리가 경험하고 있는 것처럼 4계절이 뚜렷하지 않음을 확인하고, 그런 지역에서는 어떻게 1년의 변화를 나누고 있는지 비교해서 알아본다.

우리는 아래의 그림을 통해서 우리나라 안에서도 지역에 따라 계절이 시작하는 날짜나 계절의 길이가 같지 않다는 것을 확인할 수 있다.

4계절이 뚜렷하지 않은 열대지방에서 흔히 1년을 우기와 건기로 나눈다.

지역별 자연 계절 구분



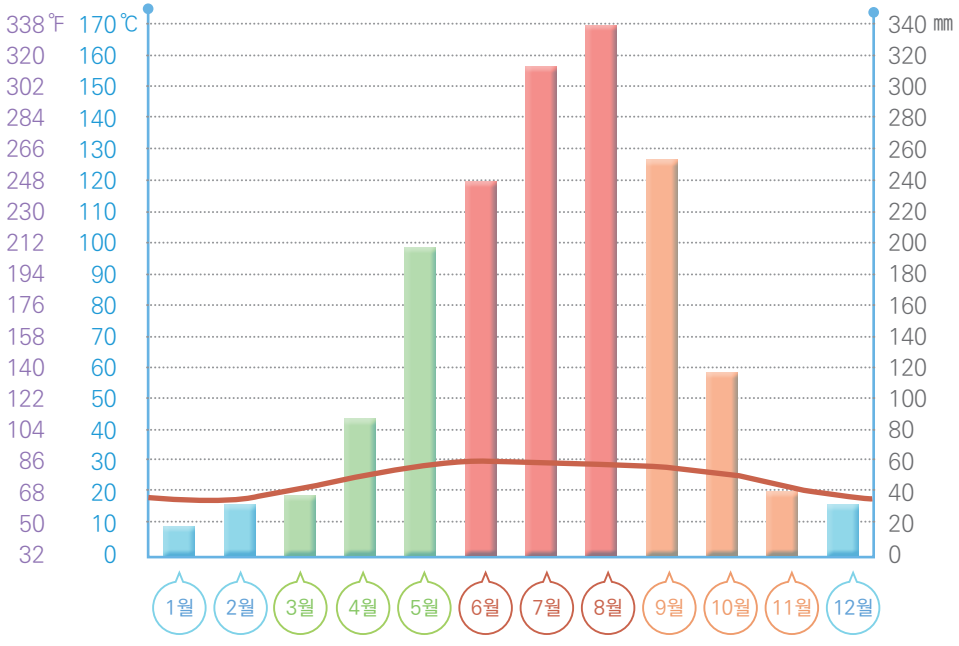
출처: 기상청(2012)

베트남

- 베트남 북부(하노이, 하롱베이)
  건기 11월~4월
  우기 5월~10월
- 베트남 중부(다낭, 나트랑)
  건기 11월~4월
  우기 5월~10월
- 베트남 남부(호치민)
  건기 12월~4월
  우기 5월~11월

TIP. 베트남 북부 지방은 건기인 12~2월 사이는 쌀쌀한 날씨이니 참고하세요.

하노이의 1년 중 기온과 강수량 변화



Memo

특강 2

무엇이 진짜야? 기후변화 팩트 체크
(기후변화 오개념과 바른 개념)

활동 개요

Let's Learn!

대상	중학교
개발 의도 (배경)	● 기후변화의 심각성이 사회 곳곳에서 강조되고 있음에도 여전히 각종 음모론과 회의론 등은 끊이지 않고 있다. 이에 기후변화 현상, 원인, 영향 등에 대한 정확한 개념을 알리고, 심각성을 깨닫도록 돕는 활동이 필요하다.
학습 목표	● 기후변화와 관련하여 어떤 가짜 뉴스 혹은 오개념이 있는지 사실과 비교하여 구분할 수 있다. ● 학생 스스로 기후변화에 대한 사실 정보에 근거하여 판단하고, 이를 바탕으로 결정하고 실천할 수 있다.
성취 기준	[9국01-04] 토의에서 의견을 교환하여 합리적으로 문제를 해결한다. [9환03-10] 기후변화 현상의 원인을 구분하고, 기후변화로 발생되는 갈등 해결 방안을 지구 공동체의 관점에서 토의한다.
내용 영역	● 기후 변화 원인과 현상

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
★	★	★		

소요 시간	45분

교수학습 방법	강의법	게임놀이	토의토론	조사	실험 실습	기타(직접 기입)
			★			

교육 장소	교실
준비물	기후변화와 관련한 내용이 적힌 카드 7장 O/X세트(모둠 수만큼)

흐름도		
	도입 (05분)	▶ 학생들에게 기후변화가 무엇인지 발표하게 한다. - 기후변화에 대한 기존의 다양한 생각과 인식을 드러나게 한다.
	전개 (30분)	▶ 모둠별로 카드를 분배하고, 참과 거짓을 나눠보도록 한다. ▶ 카드를 구분한 결과와 이유에 대해 모둠별로 발표하도록 한다. ▶ 모든 발표를 듣고, 모둠별로 다시 '최종 선택'의 시간을 갖는다. - 기후변화의 현상, 원인, 영향 등에 대해 여전히 다양한 의견과 주장이 존재함을 확인하는 시간을 갖고, 비판적 관점에서 이들을 평가한다.
	마무리 (10분)	▶ 교사는 카드별로 무엇이 맞고, 어떤 것이 왜 틀렸는지 설명한다. - 과학이 완전한 진리를 말할 수 없다고 해서 무조건적으로 상대주의적 관점이나 유보적인 태도를 보이는 것은 문제 해결을 더욱 어렵게 만들 수 있다. ▶ 교사는 학생들에게 기후변화에 대해서 다시 한번 정의하여 발표하게 한다.

기후변화 개념 카드

카드 1.

"무지막지한 대규모 한파가 온갖 기록을 갈아치우는 것을 보니, 지구가 더워지고 있다는 건 사실이 아니야!"

카드 2.

"지구의 평균 기온이 산업화 이전보다 2℃ 오르게 되면, 1.5℃가 올랐을 때보다 극단적 폭염에 노출되는 사람은 4.2억 명 늘고, 물과 식량이 부족해 고통받는 사람은 배로 늘어난다."

카드 3.

"지구는 원래도 자연적으로 온도가 올랐다 내려갔다를 주기적으로 반복해왔다. 지금은 그저 상승하는 시기에 해당할 뿐이다."

카드 4.

"지금처럼 온난화가 지속되면 '100년에 한 번' 겪을 슈퍼 태풍 등 극한 현상이 당장 2050년부터 매년 발생할 것이다."

카드 5.

"지구의 온도는 조금 올랐고, 앞으로도 계속 오르겠지만 1.5℃, 2℃ 정도 오른다고 해서 경제나 안보가 흔들릴 정도는 아니다."

카드 6.

"기후변화로 지구의 평균 기온이 상승하기 때문에 우리나라에선 겨울에 추위를 겪을 일이 없어진다."

카드 7.

"기후변화로 기온이 오르고 피해를 입는다는 것은 과학적 근거가 부족한 '음모론'에 가깝다."

카드들에 대한 해설

거짓

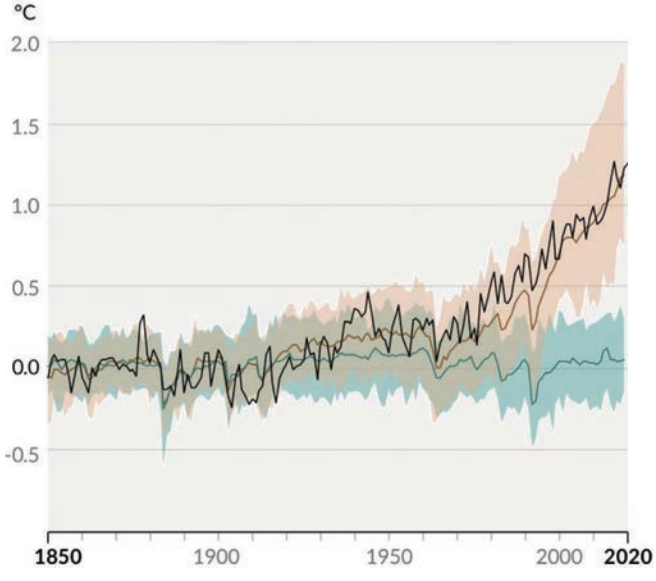
카드 1.

"무지막지한 대규모 한파가 온갖 기록을 갈아치우는 것을 보니, 지구가 더워지고 있다는 건 사실이 아니야!"

2018년 11월, 도널드 트럼프 미국 대통령은 트윗에 다음과 같은 내용을 올렸다. "무지막지한 대규모 한파가 온갖 기록을 갈아치우게 생겼는데... 대관절 지구가 더워지고 있다는 건 무슨 소리야!" 트럼프는 이후에도 "아름다운 중서부에서 체감 기온이 영하 60℃에 이르면서 최저 체감 기온 기록을 세웠다. 앞으론 더 추워질 거라고 하고. 사람들은 밖에서 채 몇 분도 견디질 못하고 있다. 도대체 지구온난화에 무슨 일이 있는 거냐. 제발 빨리 찾아와라. 우린 네(지구온난화)가 필요하다고!(2019년 1월)"라며 오개념의 확산에 앞장섰다.

지구온난화라는 것이 꼭 겨울철 한파가 사라진다는 것을 의미하진 않는다. 우리가 이런 현상을 '기후변화'라고 부르는 이유이기도 하다. 우리가 평소 겪지 않던 이상 고온뿐 아니라 이상 저온 현상까지 모두 기후변화에서 비롯될 수 있다. 우리나라도 북극 고온에 의한 이상 기후 현상으로 겨울철 한파가 오래 지속 되는 경우도 있다. 산업화 이전 대비 전지구 평균 기온은 1.09℃ 상승했으며, 전지구 평균 기온은 아시아, 유럽, 아프리카 등의 대륙과 해양을 포함한 영역을 격자화하여 지구 전영역을 평균하여 구한다.

과거 170년 동안 전지구 지표면 온도의 변화(IPCC 제6차 평가보고서)



[실측값]
인위적·자연적 인자 모두 포함한 기온 변화 추정값 (simulated human & natural)
자연적 인자(태양 및 화산활동)에 의한 기온 변화 추정값 (simulated natural only)

- 1850~1900년 대비 관측된 연평균 지표 온도
- CIMP6 기후모델로 모의한 1850 ~1900년 대비 인위적·자연적 인자를 모두 고려한 연평균 지표 온도변화
- CIMP6 기후모델로 모의한 1850 ~1900년 대비 자연적 인자(태양, 화산)만을 고려한 연평균 지표 온도변화. 실선은 다중 모델의 평균값을 나타내며 음영영역은 모의 결과 중 신뢰도가 매우 높은 범위이다.

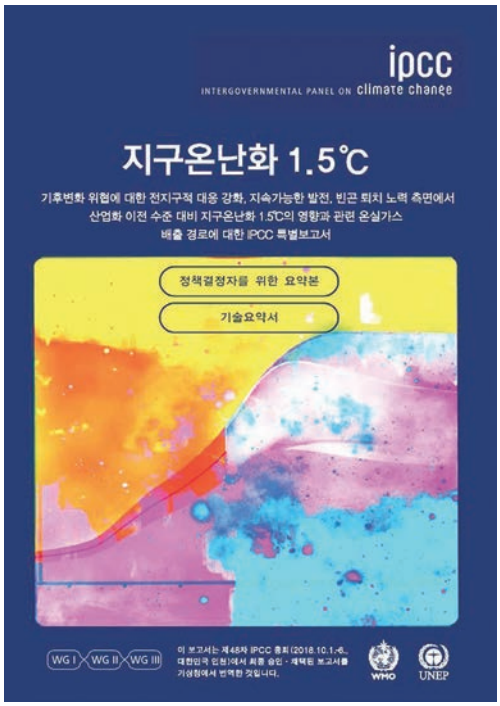
참

카드 2.

"지구의 평균 기온이 산업화 이전보다 2℃ 오르게 되면, 1.5℃가 올랐을 때보다 극단적 폭염에 노출되는 사람은 4.2억 명 늘고, 물과 식량이 부족해 고통받는 사람은 배로 늘어난다."

IPCC(기후변화에 관한 정부 간 협의체)는 2018년 대한민국 송도에서 총회를 열어 지구 평균기온 상승 폭을 2℃가 아닌 1.5℃로 묶어야 한다고 결정했다. 국제사회가 처음으로 온실가스 배출을 줄이고 기온 상승 폭을 2℃로 묶자고 약속한 파리협정 당시보다 더 강화된 목표가 필요하다는 것이다. 과학자들이 머리를 맞대고 시뮬레이션해본 결과, 2℃도 심각한 결과를 초래하는 것으로 나타났기 때문이다.

당시 총회에서 채택된 보고서에 따르면, 1.5℃에서 2℃로 고작 0.5℃가 오를 때에도 큰 피해가 발생하는 것으로 나타났다. 극단적인 폭염에 노출되는 인구는 4억 2천만 명 늘고, 기후변화로 물이나 식량이 부족해 고통받는 취약계층의 수는 배로 늘어난다는 결과가 나왔다. 게다가 식물뿐 아니라 척추동물의 멸종 위험이 2배 높아지고, 어획량의 감소 폭도 2배 증가한다는 것이 시뮬레이션 결과였다.



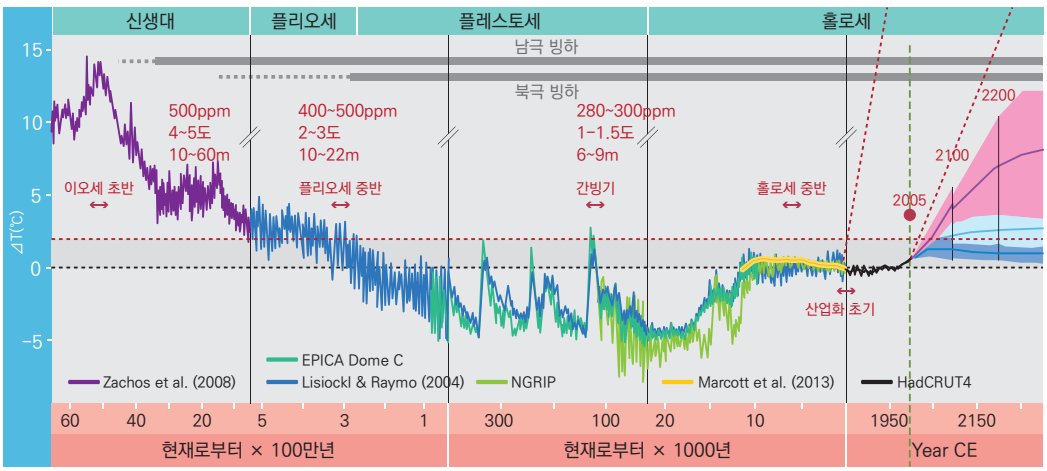
거짓

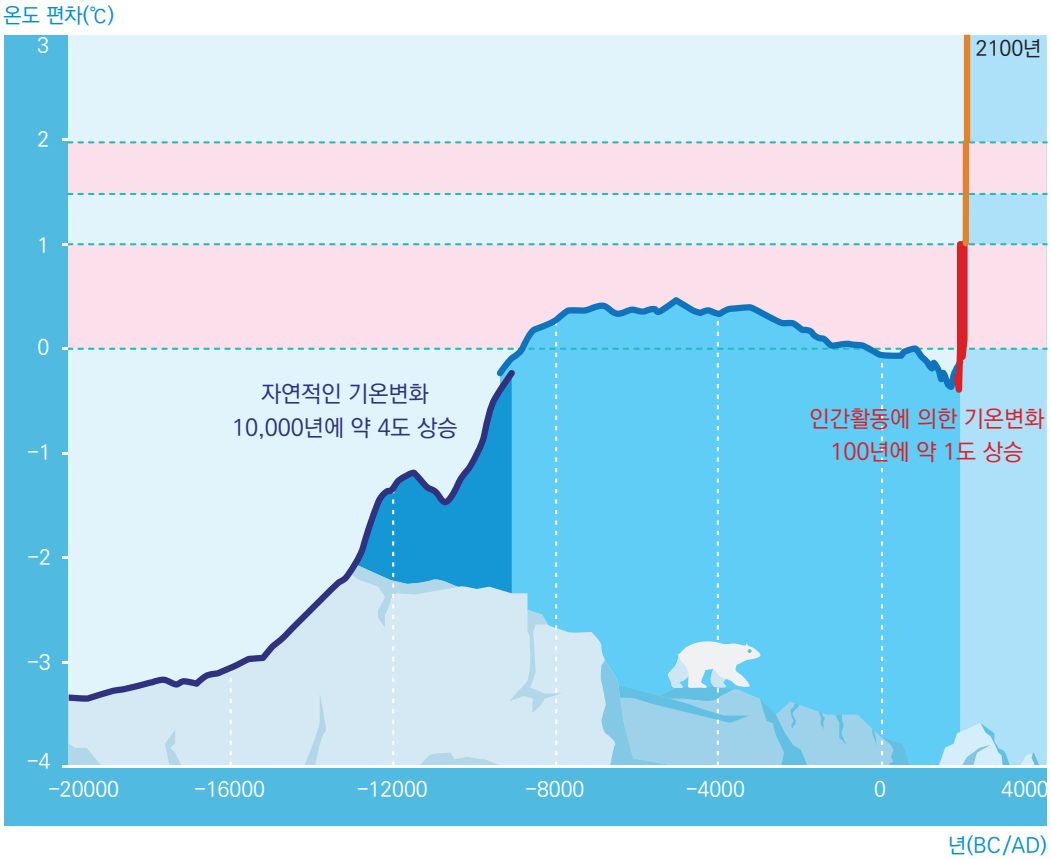
카드 3.

"지구는 원래도 자연적으로 온도가 올랐다 내렸다가를 주기적으로 반복해 왔다. 지금은 그저 상승하는 시기에 해당할 뿐이다."

빙하기와 간빙기를 오가면서 긴 시간을 두고 지구의 온도가 바뀌어 온 것은 사실이다. 하지만 오늘날 기온 변화의 속도는 과거 자연스러운 변화 때와는 차원이 다르다. 마지막 간빙기 만년에 걸쳐 지구의 기온이 4℃ 상승하였다 그런데 산업화 이후로 갑자기 100년 만에 평균기온은 1℃가 올랐다. 유례없이 빠른 속도이다. 이를 '자연적'이라고 볼 수 없는 이유이기도 하다. 아래의 표를 통해서 알 수 있듯, 자연적인 기온 변화와 인간 활동에 의한 기온 변화의 속도는 비교할 수 없을 정도다. 지구 역사에서 변화 속도를 따라가지 못한 생물종은 도태되었다. 인류는 구석기시대 빙하기와 간빙기가 오가던 때보다 10배 이상 빠른 현재의 기후변화 속도에 큰 피해를 입을 수 있다.

이처럼 기후변화는 자연적인 것과 인간 활동에 의한 것으로 구분할 수 있다. 지구시스템의 주요 구성요소인 대기권, 수권, 빙권, 지권, 생물권의 상호작용, 화산분화로 성층권의 에어로졸 증가에 의한 태양에너지 변화, 태양 흑점 수의 변화 등 태양 활동의 변화, 지구의 공전 궤도 변화에 의한 태양과 지구의 천문학적인 상대위치 변화 등의 자연적인 원인에 의해 발생할 수 있다. 반면 인류 활동에 의한 온실가스 증가, 미세먼지 등 대기 중 에어로졸의 증가, 그리고 토지 이용 변화와 산림파괴에 의해 인위적으로 발생하기도 한다.





참

카드 4.

"지금처럼 온난화가 지속되면 '100년에 한 번' 겪을 슈퍼 태풍 등 극한 현상이 2050년부터 매년 발생할 것이다."

IPCC가 한국에서 열린 총회 이후 발표한 '해양 및 빙권 특별 보고서'에 담긴 내용이다. 현재 수준의 탄소 배출량이 유지될 경우, 현재 100년에 1번꼴로 발생하는 극한 해수면 현상(슈퍼 태풍, 큰 파도 등)이 2050년 즈음 매년 발생할 것이라는 게 과학자들의 예측 결과다.

※ 태풍은 수증기가 응결하면서 내놓는 잠열에 의해 움직이기 때문에 따뜻한 바다에서 발달하고, 차가운 바다나 육지에서 약화되는데, 기후변화로 해수면 온도 상승으로 태풍도 강화

이것뿐만 아니라, 2050년이 되기도 전, 9월엔 북극해 바다 얼음이 사라질 수 있고, 2100년엔

해수면이 1m 넘게 상승해 큰 피해가 발생할 것으로 내다봤다. 2013년에만 하더라도 2100년에 해수면이 상승하는 폭은 1m가 넘지 않을 거라고 했다. 전 세계 온실가스 배출량이 해마다 기록을 경신하며 늘어나고 있는 만큼, 상승 폭이 더 커진 것이다.

거짓

카드 5.

"지구의 온도는 조금 올랐고, 앞으로도 계속 오르겠지만 1.5℃, 2℃ 정도 오른다고 해서 경제나 안보가 흔들릴 정도는 아니다."

단순히 1℃, 0.5℃ 등의 수치가 작게 보여질 수 있지만 '평균기온' 측면에선 매우 큰 의미를 가진다. 위에서 만년에 3~4℃가 높아졌다는 사실을 확인할 수 있다.

또, 앞서 IPCC 보고서의 내용을 담은 '카드 2'의 사례만 보더라도 1.5℃와 2℃의 차이는 매우 크다. 강수량과 기온의 변화는 농업에 직접적인 영향을 준다. 식량 안보가 위협받으면서 대규모의 '기후난민'이 발생할 가능성도 제기되고 있다. 실제 호주 정부는 동남아시아인들의 대규모 기후난민 행렬을 우려한 시나리오도 만들어 놓을 정도다.

이처럼 기후변화 자체가 한 나라의 경제와 안보에도 영향을 미칠 수 있지만, 기후변화를 막기 위한 국제사회의 움직임도 영향을 주기는 마찬가지다. 전 세계적으로 탄소 배출량 규제를 강화할 경우, 탄소를 적게 내뿜는 기술을 개발하지 못한 나라는 제품의 제조나 수출에도 커다란 어려움을 겪을 수밖에 없다.

거짓

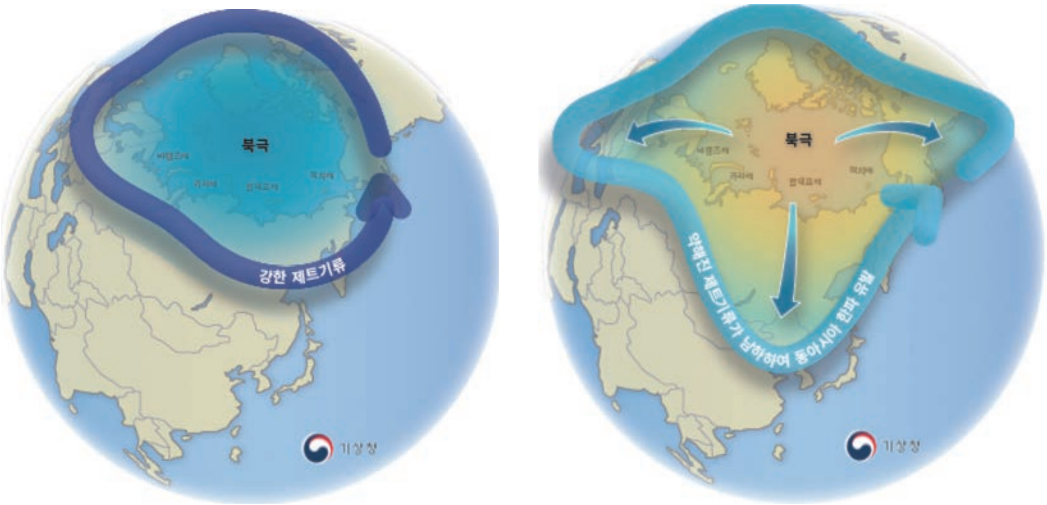
카드 6.

"기후변화로 지구의 평균 기온이 상승하기 때문에 우리나라에선 겨울에 추위를 겪을 일이 없어진다."

앞서 언급한 '카드 1'의 사례와 마찬가지 이유다. 특히 우리나라의 경우, 북극의 기온 상승으로 북극 제트(한대전선 제트기류)가 약해지면 예상치 못한 한파에 시달리곤 한다. 북극의 찬 공기를 가둬둔 것이 바로 이 제트기류다. 북극 기온이 오르면 이 기류가 느슨해지고, 느슨해진 제트기류가 한반도 부근까지 내려오곤 한다.

문제는, 북극 기준에선 평소보다 높아진 온도라 할지라도 우리나라 기준에선 무척이나 낮은 온도라는 것이다. 이에 우리나라 입장에선, 북극 찬 공기를 막아주는 '에어 커튼' 역할을 하던 제트기류가 느슨해지면 기습 한파가 되는 것이다.

제트기류 형성과 한파의 관계



거짓

카드 7.

"기후변화로 인해 기온이 오르고 피해를 입는다는 것은 과학적 근거가 부족한 '음모론'에 가깝다."

IPCC의 시뮬레이션 결과는 개인의 주관적인 '추측'이 아닌 객관적인 수학, 과학의 결과물이다. 회원국 195개 나라의 내로라하는 과학자들이 치열하게 머리를 맞대 고민한 결과다.

심지어, 그렇게 고민한 결과를 보고서로 옮길 때, 한 문장, 한 문장이 모두의 '동의'를 거쳐야 실릴 수 있다. 만장일치를 받지 못한 문장은 최종 보고서에서 지워진다. 과학자 개개인뿐 아니라 각 회원국의 동의를 모두 거친 내용인 만큼, 객관성뿐 아니라 정당성까지 확보된 결과물이라고 할 수 있다.

1차시

왜 IPCC의 1.5℃ 보고서가 중요할까?

활동 개요

Let's Learn!

	대상 중학교
개발 의도 (배경)	● 해마다 온실가스 배출량이 줄어들 기미를 보이고 있지 않지만 국제사회는 기후변화를 막기 위해 '공동의 노력'을 이어오고 있다. 이에 한국뿐 아니라 많은 나라가 과학적으로 기후변화를 분석하고, 이를 토대로 대응하기 위한 노력을 기울이고 있다. 그저 인류가 무기력하게 '기후 파국'을 기다리고 있는 것이 아니라는 것을 학생들이 깨닫도록 한다.
학습 목표	● IPCC(기후변화에 관한 정부 간 협의체)가 무엇인지, 이러한 국제사회의 공동 노력을 통해 어떤 보고서가 나왔는지, 그 내용이 무엇인지, 이러한 노력에 우리나라가 얼마나 깊이 참여하고 있는지 알 수 있다. ● 지구 평균기온이 2.0℃ 올랐을 때와 1.5℃ 올랐을 때, 불과 0.5℃ 차이가 결과적으로 얼마나 큰 차이로 이어질 수 있는지를 알 수 있다.
성취 기준	[9환03-12] 기후변화에 대응하는 다양한 방안을 개인적 노력과 지역, 국가, 지구 차원의 사회적 노력으로 구분하여 제시하고, 이를 자신의 책임 및 역할과 관련 지어 발표한다. [9사(지리)10-01] 전 지구적인 차원에서 발생하는 기후변화의 원인과 그에 따른 지역 변화를 조사하고, 이를 해결하기 위한 지역적·국제적 노력을 평가한다.
내용 영역	● 기후변화 원인과 현상

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
	★	★		

소요 시간	45분
교수학습 방법	강의법 ★ / 게임놀이 / 토의토론 / 조사 / 실험 실습 / 기타(직접 기입)
교육 장소	교실
준비물	인터넷 접속이 가능한 환경과 이를 학생들에게 보여줄 스크린(혹은 TV)

흐름도		
	도입 (05분)	▶ IPCC 총회 영상을 시청한다. - 우리나라에서 IPCC 총회가 열렸던 2018년 제48차 IPCC 총회 관련 보도 영상을 시청한다.(http://news.jtbc.joins.com/article/article.aspx?news_id=NB11704043) - "지구 기온이 오르는 정도를 2도가 아니라 1.5도로 낮추는 문제를 두고 지금 기후변화 관련 정부 간 협의체가 인천에서 논의를 하고 있습니다."
	전개 (35분)	▶ 기후변화에 대한 학생들의 생각을 백분율로 이야기 한다. ▶ 확률로 말하는 전문가들... IPCC와 IPCC 보고서를 살펴본다 ▶ 1.5℃ 특별보고서 주요 내용 살펴본다.
	마무리 (05분)	▶ IPCC 등 기후변화와 관련한 국제사회에서 한국의 위상 알아본다.

PPT 내용

확률로 접근하는 IPCC 전문가들

➡ IPCC '지구온난화 1.5℃ 특별보고서: 정책 결정자를 위한 요약본(SPM)' 속 문장을 살펴보아요.

#0

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 기후변화에 관한 정부 간 협의체)란?

- WMO(World Meteorological Organization, 세계기상기구)와 UNEP(United Nations Environment Programme, 유엔환경계획)가 공동으로 설립한 UN 산하 '국제 협의체'
- 1988년 11월 설립… 2007년, 기후변화 막기 위한 노력의 공 인정받아 노벨 평화상 수상
- 회원국 수 무려 195개국. 의장단과 사무국, 3개의 실무그룹과 1개의 태스크포스로 구성
- 실무그룹(WG, Working Group)은 셋으로 구분. WG1은 과학적 근거, WG2는 영향과 적응 및 취약성, WG3은 기후변화 완화에 집중. 태스크포스는 현재 각 국가별로 노력하고 있는 '국가 온실가스 인벤토리' 담당

#1

"인간 활동은 0.8℃에서 1.2℃ 범위로(**가능성 있음**) 산업화 이전 수준 대비 약 1.0℃의 지구온난화를 유발한 것으로 추정된다. 지구온난화가 현재 속도로 지속된다면 2030년에서 2052년 사이에 1.5℃에 도달할 가능성이 있다(**높은 신뢰도**)."

#2

"기후 모델 전망에 따르면, 지역적 기후 특성이 현재와 1.5℃ 지구온난화 사이, 1.5℃와 2.0℃ 지구온난화 사이에 확고한 차이가 있음을 보여 준다. 이러한 차이에는 육지와 해양 대부분 지역에서의 평균 온도 상승(**높은 신뢰도**), 거주 지역 대부분에서의 극한 고온(**높은 신뢰도**), 일부 지역의 호우 증가(**중간 신뢰도**)와 몇몇 지역의 가뭄 및 강수 부족 가능성의 증가(**중간 신뢰도**)가 포함된다."

#3

"연구 대상이 된 105,000의종 생물종 가운데 1.5℃ 지구온난화에선 곤충의 6%, 식물의 8%, 그리고 척추동물의 4%가 기후 지리적 분포 범위의 절반 이상을 잃게 될 것으로 전망된다. 반면 2℃ 지구온난화에선 곤충의 18%, 식물의 16%, 그리고 척추동물의 8%가 기후 지리적 분포 범위의 절반 이상을 잃을 것으로 전망된다(**중간 신뢰도**). 산불과 침입종의 확산 등 기타 생물 다양성 관련 리스크와 관련된 영향은 2℃ 대비 1.5℃일 때 줄어든다(**높은 신뢰도**)."

#4

"북극해 해빙이 여름에 모두 녹아 없어질 확률은 2℃ 지구온난화(10년에 한 번)보다 1.5℃(100년에 한 번)에서 현저하게 낮아진다(**높은 신뢰도**). 바다의 산호초는 1.5℃ 상황에서 70~90% 감소하며(**높은 신뢰도**), 2℃ 상황에선 더 큰 손실(99% 이상)을 입게 될 것이다(**매우 높은 신뢰도**)."

#5

"지구온난화를 1.5℃로 제한하는 경로(시나리오)에서 2050년까지 에너지 관련 연평균 총 투자액은 약 9,000억 달러에 이를 것으로 추정된다. 2℃ 대비 1.5℃ 시나리오에서의 투자는 약 12%(3~12% 범위) 증가한 규모다. 저탄소 에너지 기술과 에너지 효율에 대한 평균 연간 투자는 2015년 대비 2050년까지 약 5배(4~5배 범위) 증가한다(**중간 신뢰도**)."

1.5℃ 특별보고서 주요 내용

PPT 내용

#1

지구 평균기온 상승 폭, 파리협정의 2℃보다 더 강화한 1.5℃ 이내로 묶어야

- 2015년 파리협약 "2100년까지 지구의 평균기온 상승 폭을 산업화 이전 대비 2℃로 묶어야"
- 과학자들, 연구 거듭할수록 '2℃만으론 부족' 결론
- 이에 2018년 IPCC 제48차 총회 "상승 폭을 1.5℃로 묶어야" 특별 보고서 회원국 만장일치 승인

#2

이미 산업화 이전보다 1℃ 오른 상황

- 과학자들 "이미 인간 활동으로 지구 평균기온 산업화 이전보다 1℃ 올라"
- 최근 10년(2006~2015년)에만 0.87℃가 올라
- "지금 같은 속도라면, 10년마다 0.2℃씩 평균기온이 오르면서 2030~2052년 사이에 1.5℃ 오를 것"

#3

1.5℃와 2.0℃, 고작 0.5℃ 차이로 무엇이 달라지나

- 당초 합의보다 상승폭 불과 0.5℃ 낮추는 일... 하지만 차이는'생태계의 존폐를 가를 만큼의 차이'

#3-1

2100년, 해수면의 상승이 10cm 덜 일어나

- 2100년 해수면, 2.0℃ 상황에선 36~87㎝, 1.5℃ 상황에선 26~77㎝ 상승
- 10cm 차이로 인구 100만 명이 위험에서 벗어나
- 1.5℃ 넘어 2.0℃ 되면 빙상 녹아내려 인류 생존 위협
- 지금처럼 온실가스 뿜으면 "100년에 한 번 겪을 슈퍼 태풍과 같은 극한 현상이 2050년이면 해마다 발생"

#3-2

생물 멸종 위험, 절반 이하로 줄어들어

- 과학자들, 105,000 종의 생물 연구... 불과 0.5℃ 차이로 멸종 위험 크게 달라져
- 곤충의 멸종 위험은 3분의 1로, 식물과 척추동물의 멸종 위험은 반으로 줄어
- 1.5℃ 상황에서도 지구 육지면적 6.5%, 지금과 다른 유형의 생태계로 바뀌어
- 2.0℃ 상황에선 생태계 뒤바뀌는 면적 배가 돼
- 고위도 지역 '영구 동토층', 0.5℃ 낮추는 것만으로도 150만~250만㎢가 녹는 것 막아

#3-3

해양 생태계, 어획량도 달라져

- 2.0℃ 상황, 연간 어업 수확량이 300만 톤 넘게 줄어... 1.5℃ 상황에선 감소 폭이 150톤으로 절반 수준
- 1.5℃ 상황에서 전 세계 산호의 70~90%가 소멸할 전망... 상승 폭 2.0℃ 되면 99% 이상이 소멸

#3-4

빈곤층 피해 규모도 차이

- 평균기온 상승 폭 0.5℃ 낮추면...
- 2050년까지 기후 관련 위험에 노출되는 인구, 빈곤 취약 인구 수억 명 감소
- 물 부족 현상 겪는 인구 비율, 50%까지 감소

IPCC 등 국제적 노력에서 한국의 위상

PPT 내용

#1

IPCC 이끄는 의장은 한국인

- 이희성 제6대 IPCC 의장
- 타임지의 '2019 세계 영향력 있는 인물 100인' 등재

#2

APEC 기후센터도 한국에

- APEC 회원국 합의 아래 2005년 부산광역시 해운대구에 설립
- 아태지역 이상기후 감시, 예측하는 허브 역할

#3

UN 녹색기후기금도 한국에

- 2010년 설립된 UNFCCC(유엔기후변화협약)의 GCF(Green Climate Fund, 녹색기후기금) 본부, 인천광역시 송도에 본부
- 선진국 개발도상국의 온실가스 감축과 기후변화 적응에 지원하기 위함
- GCF 유치 위해 독일과 스위스 등과 치열한 경쟁
- 2019년 문재인 대통령 "우리나라의 GCF 공여액, 2배로 늘리겠다"

#4

UN 기후 관련 기념일 주도

- 2019년, 한국은 '세계 푸른 하늘의 날' 지정 제안
- UN 총회, '푸른 하늘을 위한 국제 맑은 공기의 날(매년 9월 7일)' 지정 결의안 채택
- 한국이 제안한 첫 번째 UN 기념일

#5

그리고, 2050 탄소중립을 목표로 설정

- 2020년 10월 28일 국회 시정연설에서 문재인 대통령은 2050년을 목표로 탄소중립을 선언
- 2020년 12월에 2050년 탄소중립을 목표로 한 '장기 저탄소 발전전략'*을 UN에 제출

  * 파리협정에 서명한 나라들이 2020년까지 UN에 제출해야하는 장기 목표

IPCC 소개

IPCC(기후변화에 관한 정부 간 협의체, Intergovernmental Panel on Climate Change)는 기후변화와 관련된 전 지구적 위험을 평가하고 국제적인 대책을 마련하기 위해 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 설립한 유엔 산하 국제 협의체이다.

지난해 인천에서 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC) 제48차 총회가 열렸다. 이때 지구온난화 1.5℃ 특별 보고서의 내용이 많은 사람들의 관심을 받았다. 특별 보고서의 내용 중 3가지 기후변화 관련 내용들이 만장일치로 채택되었다. 그 내용은 아래와 같다.

IPCC 특별보고서 채택 내용

- 보고서는 2018년 12월 폴란드 카토비체에서 개최되는 제24차 UNFCCC 당사국총회에서 중요한 과학적 자료로 활용될 전망이며, 핵심은 '지구 평균온도 상승 폭을 1.5℃로 제한하기 위해 CO_2를 얼마나 감축해야 하는 것인가'이다. 보고서에는 2010년 대비 2030년까지 45%의 CO_2를 감축해야하며, 2050년까지는 CO_2배출과 흡수가 서로 완전히 상쇄되는 이른바 'Net-Zero' 배출을 달성해야 한다고 기술되어 있다. 2℃ 상승과 비교하여 1.5℃ 상승 시 기후변화로 인한 생물 다양성, 해수면 상승, 기반 시설 등의 피해에 대한 리스크가 줄어든다. 특히 기후변화 위험에 노출되는 취약 계층이 2050년 최대 수억 명 감소된다는 점은 파리협정이 지향하는 2℃ 제한 목표 및 1.5℃ 달성 노력에 대한 당위성을 뒷받침하고 있다.

- 기후변화에 대응하기 위해 에너지, 토지, 도시 및 기반 시설, 산업 시스템 등 전 분야에 걸쳐 '빠르고 광범위한 전환'이 이루어져야 한다. 다시 말해, 온실가스 배출을 줄이기 위해 사회 시스템이 빠르게 변화할 수 있는지, 이것이 사회 전방위적으로 엄청난 규모의 변화가 관측될 수 있는지가 관건이다. 이렇듯 보고서상에서 1.5℃ 목표 달성을 위한 장기적인 방향을 제시하고 있는 것이다. 그중에서도 '이러한 변화 속도는 과거에 특정 부문이나 기술과 공간적 상황 내에서 관측되었다'라고 말하면서 '그러나 이들의 변화 규모에 대해 유의미한 전례가 기록된 바는 없다'고 기술된 부분이 흥미롭다. 관련 제도나 기술 혁신을 통해 빠른 속도로 변화를 이뤄냈던 경험이 과연 전 지구적 범위에서도 적용될 것인지, 향후 기후변화 관련 글로벌 트렌드가 주목되는 이유다.

- 기후변화 대응은 지구환경 보전뿐만 아니라 인류의 지속 가능한 발전과 빈곤 근절의 측면에서도 매우 중요하다. 지속가능발전목표(SDGs) 17가지 중 13번째인 '기후 행동'에 해당

하는 이것은 다른 5가지 목표(3. 건강과 웰빙 / 7. 청정에너지 / 11. 지속 가능한 도시와 지역사회 / 12. 책임 있는 생산과 소비 / 14. 해양 생태계)와 높은 시너지를 보여준다. 따라서 기후변화 대응과 SDGs 달성 측면에서 △효율적인 에너지 수요 관리 △자원 소비의 최소화 △온실가스 집약도가 낮은 식량의 소비 등에 국제적 역량이 적극 투입되어야 한다. 다만 이러한 기후변화 대응 활동이 종종 지속가능발전목표(SDGs)와 배치될 수 있는데, 이 경우 국가별·지역별 상황을 고려한 세밀한 관리를 통해 부작용을 최소화시키는 것이 중요하다.

출처: 한국석유관리원, https://blog.naver.com/kpetronews/221721810178)

1.5℃와 2.0℃, 고작 0.5℃ 차이로 무엇이 달라지나

지구 평균기온 상승 폭, 파리협정의 2℃보다 더 강화한 1.5℃ 이내로 묶어야

2015년, 기후변화협약(UNFCCC) 당사국 회의에선 2100년까지 지구의 평균기온 상승 폭을 산업화 이전 대비 2℃로 묶어야 한다고 합의했다. 이것이 파리협정의 핵심이다. 하지만 과학자들이 연구를 거듭할수록 이 2℃만으론 부족하다는 결론이 나왔다.

이에 2018년, IPCC는 인천 송도에서 열린 제48차 총회에서 상승 폭을 1.5℃로 묶어야 한다는 내용의 특별보고서를 회원국 만장일치로 승인했다. 이 보고서엔 왜 상승 폭을 더 제한해야 하는지에 대한 과학적 근거가 담겨있다. 보고서 작성엔 40개 나라의 과학자 91명이 나섰고, 회원국들은 이를 한 문장, 한 문장씩 일일이 '만장일치'하는지 검토했다.

※ '전지구평균기온' 이란?

: 전지구모델의 전체 격자(예: 135㎞ 간격일 경우, 약 3만개)에서 산출되는 기온을 평균한 값

이미 산업화 이전보다 1℃ 오른 상황

2018년 지구온난화 1.5℃ 특별보고서에 따르면 과학자들은 이미 인간의 여러 활동들로 인해 지구의 평균온도가 산업화 이전보다 1℃ 올랐다고 지적했으며, 지금 같은 속도라면, 10년마다 0.2℃씩 평균온도가 오르면서 2030~2052년 사이에 1.5℃가 오를 걸로 예측됐다. 2021년 8월에 공개된 IPCC 6차보고서에서는 현수준의 온실가스 배출량을 유지한다면 '21년~'40년 중에 1.5℃를 넘을 것으로 전망했다.

1.5℃와 2.0℃, 고작 0.5℃ 차이로 무엇이 달라지나

평균기온 상승 폭을 당초 합의보다 불과 0.5℃ 낮추는 일이지만, 영향의 차이는 매우 크다. 생태계의 존폐를 가를 만큼의 차이라고 볼 수 있을 정도이다. 상승 폭을 2.0℃에서 1.5℃로 묶었을 때의 변화는 다음과 같다.

2100년, 해수면의 상승이 10㎝ 덜 일어나게 된다. 2.0℃에선 36~87㎝, 1.5℃에선 26~77㎝ 높아진다는 거다. 10㎝ 차이가 대수냐고 생각할 수도 있겠지만, 그 덕에 도서 지역이나 저지대 연안에 사는 인구 100만 명이 위험에서 벗어날 수 있다. 1.5℃를 넘어 2.0℃가 되면 어떻게 될까?. 북쪽에선 그린란드, 남쪽에선 남극의 빙상이 녹아내리면서 인류 생존을 위협하게 된다. 게다가 지금처럼 온실가스를 마구 뿜어내는 걸 멈추지 않는다면 지금은 100년에 한 번 겪을 슈퍼 태풍과 같은 극한 현상이 2050년이면 해마다 발생하게 된다.

과학자들은 105,000종의 생물이 어떻게 살아갈 수 있을지도 연구했다. 1.5℃와 2.0℃의 차

이는 불과 0.5℃ 차이지만 멸종 위험은 크게 달라진다. 곤충의 멸종 위험은 3분의 1로, 식물과 척추동물의 멸종 위험은 반으로 줄어든다.

또, 지구의 평균기온 상승 폭을 1.5℃로 묶더라도 지구의 육지 면적 가운데 6.5%는 지금과는 다른 유형의 생태계로 바뀔 걸로 예상된다. 그러나 2.0℃ 상황에선 이렇게 생태계가 뒤바뀌는 면적은 배가 된다. 고위도 지역에서 꽁꽁 얼어붙은 '영구 동토층'이 녹아내리는 것에 대한 걱정도 커지고 있다. 평균기온 상승 폭을 0.5℃ 낮추는 것만으로도 150만~250만㎢의 영구 동토층이 녹는 것을 막을 수 있다.

지구의 평균기온이 올라가는 것은 해양 생태계의 변화를 의미하기도 한다. 이는 곧 우리 인간의 식량 안보에도 직접적인 영향을 준다. 2.0℃ 상황에선 연간 어업 수확량이 300만 톤 넘게 줄어들지만 1.5℃ 상황에선 감소 폭이 150톤으로 절반 수준이다. 1.5℃ 상황에서 전 세계 산호의 70~90%가 소멸할 전망이다. 이 역시 심각한 문제지만, 상승 폭이 2.0℃가 되면 99% 이상이 소멸하게 된다.

단순히 식량 안보만 위협받을까? 빈곤층과 사회적 소외 계층의 피해도 커질 수밖에 없다. 평균기온 상승 폭을 0.5℃ 낮춤으로써 2050년까지 기후 관련 위험에 노출되는 인구뿐 아니라 빈곤에 취약한 인구수까지도 수억 명 줄일 수 있다. 또, 기후변화로 늘어나는 물 부족 현상을 겪는 인구의 비율은 50%까지 감소할 수 있다.

출처: [박상욱의 기후 1.5] 0.5도가 부른 큰 차이 http://news.jtbc.joins.com/article/article.aspx?news_id=NB11918864
[박상욱의 기후1.5] 시계는 똑딱똑딱 http://news.jtbc.joins.com/article/article.aspx?news_id=NB11964842

우리나라의 기여와 리더십

우리가 오늘 학습한 IPCC를 이끄는 의장, 바로 한국인이다. 이회성 의장은 2015년 10월, 제6대 의장으로 당선된 이후 국제사회로부터 그 리더십을 인정받고 있다. 타임지의 '2019년 세계 영향력 있는 인물 100인'에 방탄소년단과 함께 등재되기도 했다.

그뿐만 아니라 APEC(아시아태평양 경제협력체) 기후센터도 우리나라에 위치해 있다. APEC 회원국의 합의 아래 2005년, 부산광역시 해운대구에 센터가 설립됐다. 아태지역의 이상기후를 감시하고 예측하는 허브 역할을 우리나라가 수행하고 있다.

UNFCCC(유엔기후변화협약)의 GCF(Green Climate Fund, 녹색기후기금)도 본부가 한국에 있다. 2010년 설립된 GCF는 인천 송도에 위치하고 있다. 선진국이 보다 적극적으로 개발도상국의 온실가스 감축과 기후변화 적응을 지원할 수 있도록 이 같은 기금이 만들어졌다. GCF를 유치하기 위해서 당시 독일과 스위스 등과 유치전을 벌이기도 했다. 2019년, 문재인 대통령은 GCF에 대한 우리나라의 공여액을 2배로 늘리겠다고 선언했다.

또한, 2019년 우리나라는 UN에 세계 푸른 하늘의 날 지정을 제안했고, UN은 총회를 통해 매년 9월 7일을 '푸른 하늘을 위한 국제 맑은 공기의 날'로 지정하는 결의안을 채택했다. 이는 한국이 제안한 첫 번째 UN 기념일이다.

2020년에는 IPCC 1.5℃ 특별보고서 채택과 탄소중립을 위한 국제적 움직임의 영향으로 우리나라에서도 탄소중립의 필요성에 대한 공감대가 확산되었다. 7월 7일에는 17개 광역지자체 및 63개 기초지자체가 자발적으로 연대를 구성하여, '탄소중립 지방정부 실천연대'를 발족하고, 2050 탄소중립 목표 지향을 선언하였다. 2020년 9월 24일에는 국회에서 기후위기비상대응 촉구 결의안이 채택되었으며, 10월 28일 대통령의 2050년 탄소중립 목표 선언에 이어서 2020년 12월에 2050년까지 탄소중립을 목표로하는 '장기 저탄소 발전전략(LEDS[1])'을 UN에 제출하였다.

이렇게 우리나라는 기후변화와 관련한 국제사회의 공동 노력에서 리더십을 발휘하고 있다. 이제 우리 정부와 시민사회가 탄소중립 사회로의 전환을 위해 보다 적극적으로 기후변화를 직시하고, 이를 막기 위한 노력을 기울여야 할 것이다.

1) 장기 저탄소 발전전략(Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies)
파리협정에 서명한 나라들은 2020년까지 '장기 저탄소 발전전략(Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies, LEDS)'을 UN에 제출해야 한다. LEDS는 법적 구속력이 있지는 않지만 각국의 기후변화 대응의 정치적 의지를 가늠하는 지렛대라고 할 수 있다.

Memo

2차시

상관관계에 기반한 기후변화 시나리오

활동 개요

Let's Learn!

	대상 중학교
개발 의도 (배경)	● 앞으로 기후변화 대응을 위해 인간의 활동으로 가속화된 기후변화에 대해 이해하고, 기후변화를 완화하는 방식으로 삶이 변화될 필요가 있다. ● 지금과 같이 우리가 지구를 이용할 때, 발생할 수 있는 문제점과 영향을 이해하고, 우리에게 제시된 미래의 다양한 경우를 상상해 보고, 바람직한 미래를 위한 선택을 하는 것은 중요하다.
학습 목표	● 상관관계의 개념을 이해하고, 기후변화의 미래 시나리오를 예측하는데, 필요한 상수를 구해 본다. ● 인간이 환경에 미치는 영향을 나타내는 공식을 활용하여 기후변화가 가져올 미래의 다양한 시나리오를 예측해 본다.
성취 기준	[9사(지리)10-01] 전 지구적인 차원에서 발생하는 기후변화의 원인과 그에 따른 지역 변화를 조사하고, 이를 해결하기 위한 지역적·국제적 노력을 평가한다. [9환03-11] 지구 수준의 환경 문제인 기후변화로 인해 자신의 지역에서 어떤 현상이 나타날 수 있는지 강수량, 기온, 개화 시기 등의 자료를 분석하여 확인하고 이를 해석한다.
내용 영역	● 기후변화 이해: 상관관계와 기후변화 시나리오

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
★	★	★		

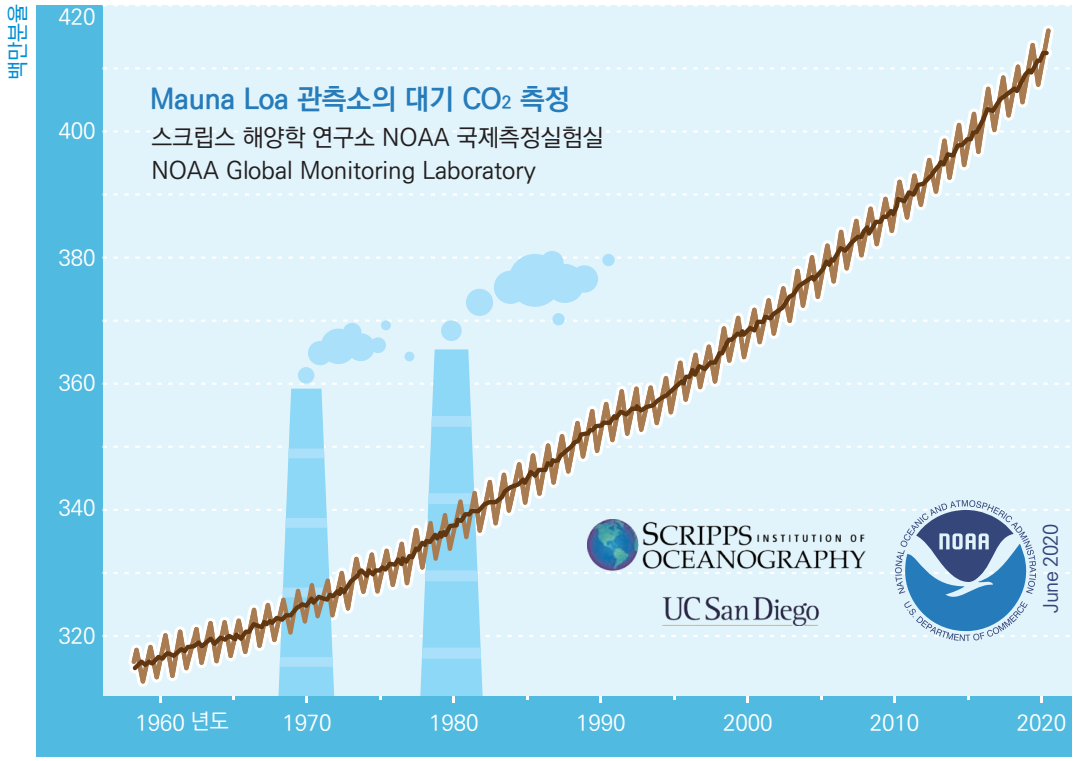
소요 시간	45분
교수학습 방법	강의법 / 게임놀이 / 토의토론 ★ / 조사 ★ / 실험 실습 ★ / 기타(직접 기입)
교육 장소	교실
준비물	참고 자료, 활동지, 계산기

흐름도

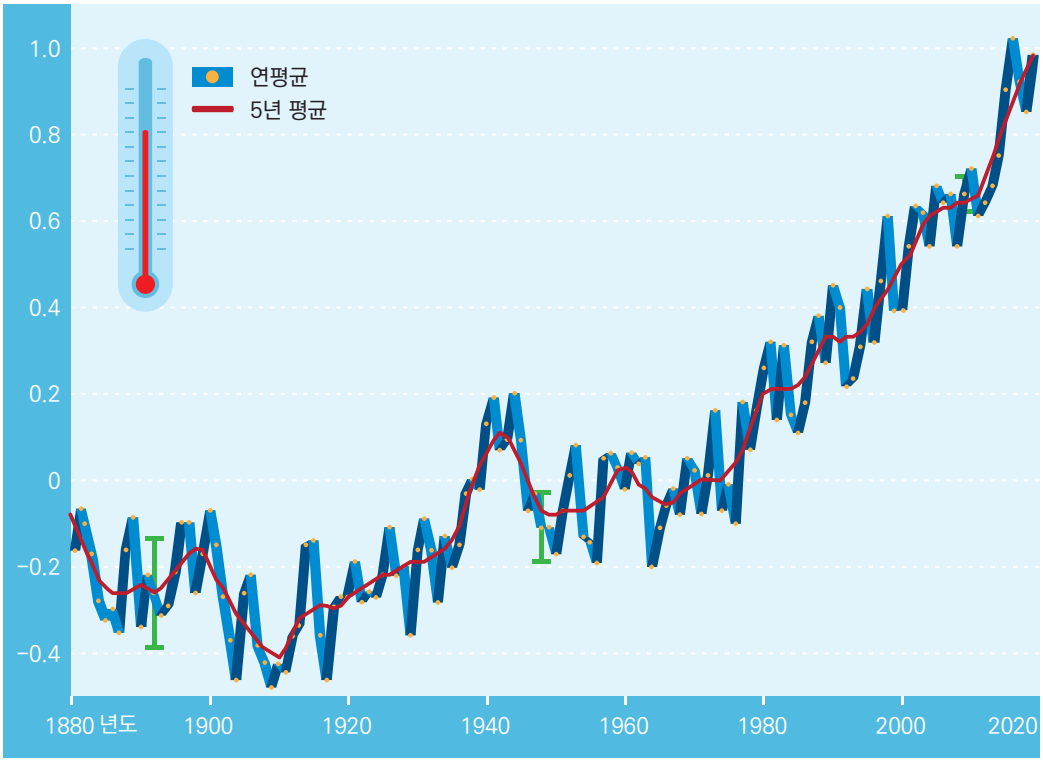
도입 (05분)	▶ 상관관계를 통해 일차함수의 의미를 생각해 본다. - 간단한 연산 문제를 통해 일차함수의 기울기와 절편의 의미를 생각해 본다.
전개 (30분)	▶ 두 개의 그래프, 두 개의 일차함수를 풀어 본다. - 실제 관측값인 CO_2 농도 변화 곡선과 지구 평균 온도 상승 곡선의 데이터를 이용해서 일차함수의 문제를 풀어 본다. ▶ 기후변화 시나리오(RCP)를 알아본다. - 기후변화 시나리오(RCP)의 개념을 이해하고, RCP 시나리오별로 제시한 이산화탄소의 농도가 되기 위해 걸리는 시간을 앞에서 구한 일차함수로 어림으로 계산해 본다.
마무리 (10분)	▶ 기후변화 시나리오(RCP)를 통해 21세기 말 미래사회를 그려 본다. - 기후변화 시나리오를 바탕으로 21세기 중반기, 21세기 후반기 등 모둠이 생각하는 시기에 그려질 미래 사회의 모습에 대해서 상상해 본다.

두 개의 그래프와 두 개의 일차함수

CO_2 농도 변화 곡선



지구 평균 온도 상승 곡선



➡ 연도를 x, CO_2 농도 변화 곡선 값을 y로 설정하였을 때, y = ax + b 값을 구해 보아요.

➡ CO_2 농도 변화 곡선 값을 x, 지구 평균 온도 상승 곡선 값을 y로 설정하였을 때, 대략적인 y = ax + b 값을 값을 구해 보아요.

➜ 위의 함수식을 바탕으로 2020년부터 2050년까지의 그래프를 대략적으로 그려 보아요.

기후변화 시나리오(RCP)

➜ 다음 RCP 시나리오를 나타낸 표이다. 위에서 구한 일차함수의 기울기는 RCP 시나리오별로 어떻게 변할 것 같은지 표시해 보아요.

구분	특징 1	특징 2	기울기 변화 (증가, 감소)
RCP 2.6	인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로가 회복 가능한 경우 (실현 불가)	420ppm 이산화탄소 농도	
RCP 4.5	온실가스 저감 정책이 상당히(RCP 4.5) 실행되는 경우	540ppm	
RCP 6.0	온실가스 저감 정책이 어느 정도(RCP 6.0) 실현되는 경우	670ppm	
RCP 8.5	현재 추세(저감 없이)로 온실가스가 배출되는 경우(BAU 시나리오)	940ppm	

➜ RCP 2.6은 '실현 불가'로 판단한 이유에 대해서 모둠별로 토의해 보자.

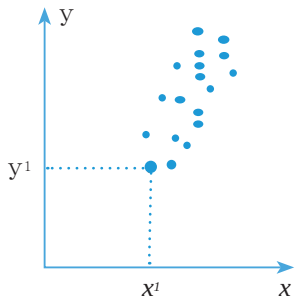
기후변화 시나리오(RCP)를 통해 21세기 말 미래 사회 그려 보기

➜ 기상청은 2100년까지의 기후변화 시나리오를 기후변화 정보포털(http://www.climate.go.kr/)을 통해 제공하고 있어요. 아래 홈페이지 활용 방법을 참고하여 21세기 말 우리의 삶은 어떠할 것 같은지 상상해 보아요.

※ 별도의 제시된 양식을 참고해서 작성해 보아요.

※ 기상청 기후정보포털(http://www.climate.go.kr/)의 시나리오 내용을 참고해서 작성해 보아요.

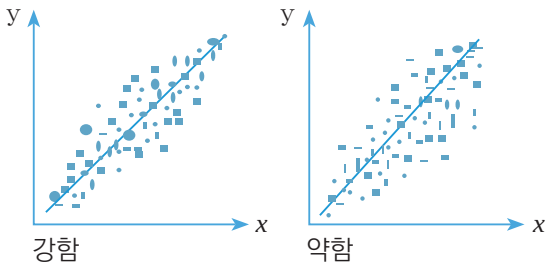
상관관계



(1) 상관도

두 변량 x, y의 값을 좌표평면 위의 (x, y)에 점으로 나타낸 그림을 상관도라고 한다. 상관도에는 양 혹은 음의 상관관계가 나타나고 상관관계의 강약도 파악할 수 있다.

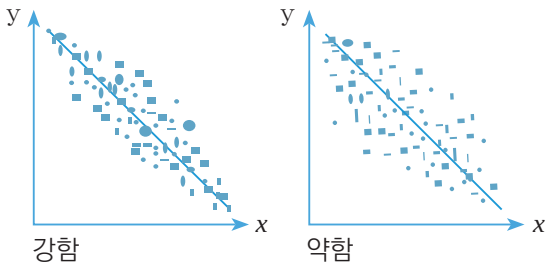
양의 상관관계 상관도



(2) 양의 상관관계

x의 값이 커질 때, y의 값이 전반적으로 커지면 변량 x, y는 양의 상관관계에 있다고 한다.

음의 상관관계 상관도



(3) 음의 상관관계

x의 값이 커질 때, y의 값이 전체적으로 작아지면 변량 x, y는 음의 상관관계에 있다고 한다.

증가 →

증가 ↑

y \ x	x^1	x^2	x^3	x^4	x^5	합계
y^5					1	1
y^4			2	2	1	5
y^3		1	3	2	1	7
y^2	1	2	1	1		5
y^1	1	1				2
합계	2	4	6	5	8	20

(4) 상관표

상관표는 두 변량의 도수분포를 동시에 나타낸 표이다. 상관도는 점으로 표시했지만 상관표는 계급구간에 따른 도수를 표시한다. 역시 상관도와 마찬가지로 상관관계를 파악할 수 있다.

출처: 두산백과, 네이버지식백과

온실가스와 CO_2 농도 변화

온실가스

- 지구복사 에너지를 흡수하여 재방출하는, 천연 또는 인공의 기체성 대기 구성 물질을 말하는 것으로, 지구 표면·대기 및 구름에 의해 방출되는 적외복사 스펙트럼 내에서 특정 파장에 대해 복사를 흡수하고 방출하는데, 이러한 특성이 온실효과를 일으킨다.
- 주요 온실가스로 이산화탄소·아산화질소·메탄이 있다.

※ 대기 중에는 몬트리올의정서의 규제를 받는 할로카본이나 염소 및 브롬을 함유하는 물질과 같이, 인간에 의해 만들어진 수많은 온실가스가 있으며, 이산화탄소·아산화질소 및 메탄 이외에도 교토의정서에서는 육불화황, 수소불화탄소, 과불화탄소 및 삼불화질소 등의 온실가스가 취급되고 있다.

이산화탄소(CO_2)란?

- 이산화탄소(CO_2)는 무색·무취, 불연성이며 화학적으로는 불활성인 가스이다. 파장이 15μm 부근의 파장대(적외선 영역)에 흡수대가 있으며 강한 온실효과를 가진다. 대기 중에서 체류시간은 약 5~200년이다.
- 산업혁명 이후 CO_2는 온실가스 중 기후변화에 의한 잠재적인 영향이 가장 큰 물질이며, 복사 강제력이 1.46w/㎡로 온실가스 중 기여도가 60%를 초과한다(IPCC, 2013).
- CO_2의 대기 중 농도는 지구 표면을 통한 방출과 흡수 때문에 결정된다. 대기 중에는 탄소 환산으로 약 750gtc(7,500억 톤)가 CO_2의 형태로 축적될 수 있고 대기는 다른 2개의 큰 저장고인 육상 생물권 및 해양과의 사이에서 다량의 이산화탄소를 교환하고 있다. 대기와 육상 생물권과의 사이의 교환은 광합성에 의한 CO_2의 호흡 및 토양 유기물의 분해에 의한 방출 때문에 이루어진다. 이러한 생물 활동은 계절에 의한 변동이 크고, 대기 중의 CO_2 농도의 계절 변동을 만들어내는 주된 요인이 되고 있다. 대기와 해양의 표층수 사이에는 해역이나 계절에 따라 변화하는 CO_2 농도 차이에 의해 대기로부터 해양에의 흡수 또는 해양으로부터 대기로의 방출이 일어나고 있다. 또한, 18세기의 산업혁명 이전의 농도는 약 280ppm으로 거의 안정되어 있었지만 1800년 이후 서서히 높아져 전 지구 평균 농도가 2014년에는 397.7ppm(산업혁명 이후 약 43% 증가)으로 증가하였다. 20세기에서 증가율은 낮아도 과거 2만 년 동안 전례가 없었던 기록을 보여준다(IPCC, 2013).

출처: 기상청 지구대기감시 보고서

● 온실가스 온난화 기여도 및 주요 특성

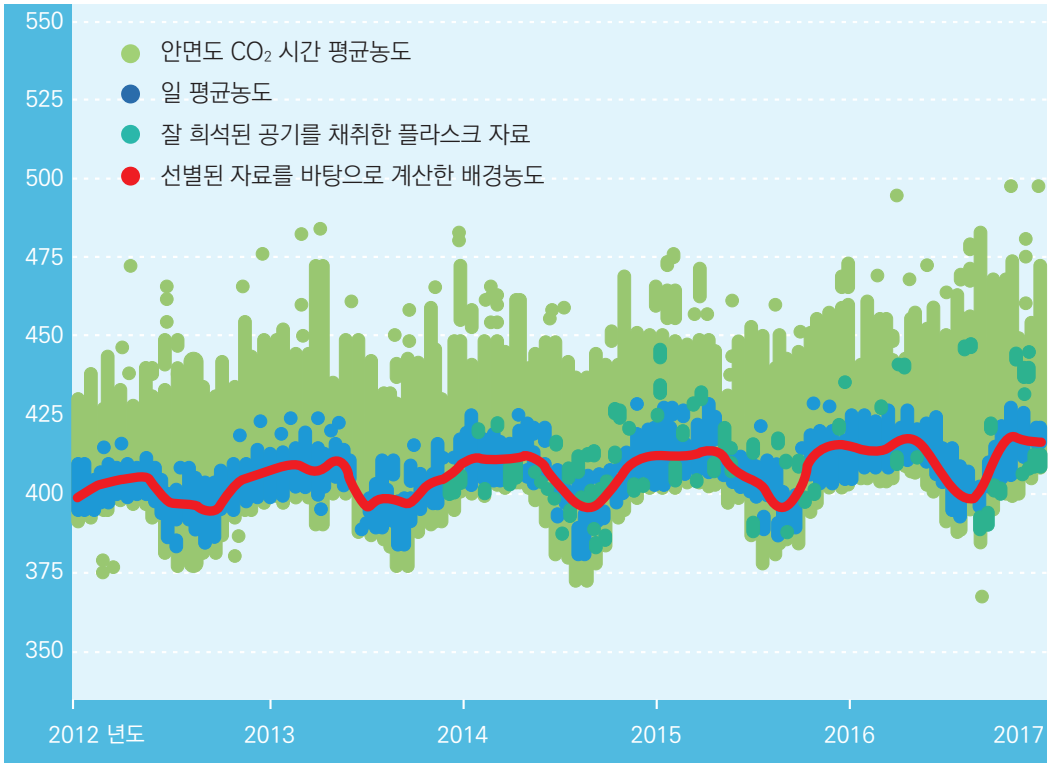
구분	온실가스 배출 총량비(%)	온난화 지수 (GWP)	온난화 기여도	주요 발생원
이산화탄소(CO_2)	88.8	1	56	산업, 생활, 수송에서 이용하는 화석 연료
메탄(CH_4)	4.2	21	14	연료 연소, 가축의 장내 발효, 쓰레기 매립
아산화질소(N_2O)	2.6	310	8	연료 연소, 산업 활동, 자동차 배기가스, 폐기물 소각, 하폐수
수소불화탄소(HFC_S)	-	140~11,700	-	스프레이 제품의 분사제, 냉장고, 에어컨 냉매제
과불화탄소(PFC_S)	4.4	6.500~9,200	22	전자 부품, 반도체 세정용
육불화황(SF_6)	-	23,900	-	변압기 등 전기 절연 가스

출처: 교육부 NCS 학습모듈. 07. 기후변화적응 모델링

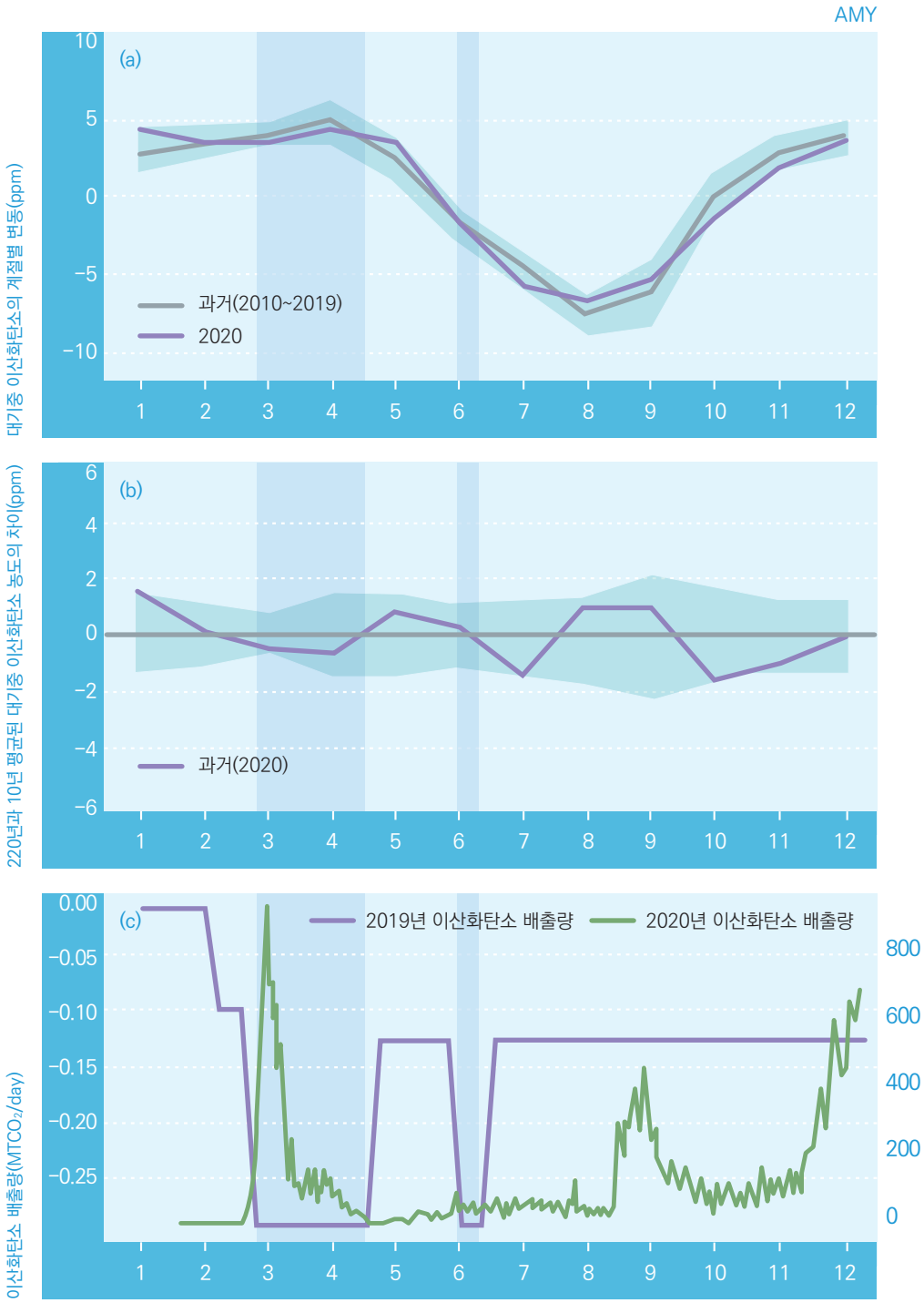
- 자연변동성: 그림에서 보듯이 CO_2는 여름철에 낮고 봄철에 높다. 여름철 식생의 광합성활동으로 CO_2의 흡수가 증가해 그 농도가 낮아지다가 여름철이 지나면 점차 광합성 활동이 줄어들고 겨울철 난방 등이 증가하기 시작하면서 배출된 CO_2는 점차 대기에 누적된다. 이값은 광합성 활동이 다시 시작되는 봄철까지 최대치를 이룬다. 따라서 이 최곳값과 최젓값의 차이(진폭)로 그 지역의 흡수원과 배출원을 이해할 수 있다. 예를 들어 남반구는 북반구에 비해 CO_2의 계절변동의 폭이 작다. 이는 인구가 북반구에 비해 적어 인위적 배출원이 적으며, 식생의 분포도 적어 흡수하는 양도 적기 때문이다. 따라서 계절변동 폭은 북반구가 크고, 남반구가 작다. 반면 자연변동성이 나타나지 않고 증가를 한다는 것은, 지표에 배출원은 있으나 흡수원이 없다는 의미를 갖는다. 이러한 가스종은 대부분 대류권에서 오랫동안 체류하게 된다. 따라서 자연변동성이 없다면, 지표에 흡수원이 없어 대기 중 체류시간이 상대적으로 길다. 이러한 가스들은 한번 배출되면 대기 중에 지속적으로 누적되기 때문에 그 증가율 또한 가파르고, 배출량을 줄인다고 하더라도 단번에 감소 효과를 볼 수 없다. 대표적으로 SF_6, CFCs 등이 이에 속한다.

참고 자료 02

안면도 CO_2 시간 평균농도(L1 노란색), 고농도를 제거하여 선별한 일 평균농도(파란색), 잘 희석된 공기를 채취한 플라스크자료(하늘색), 선별된 자료를 바탕으로 계산한 배경농도(붉은색)(Lee et al., 2019)



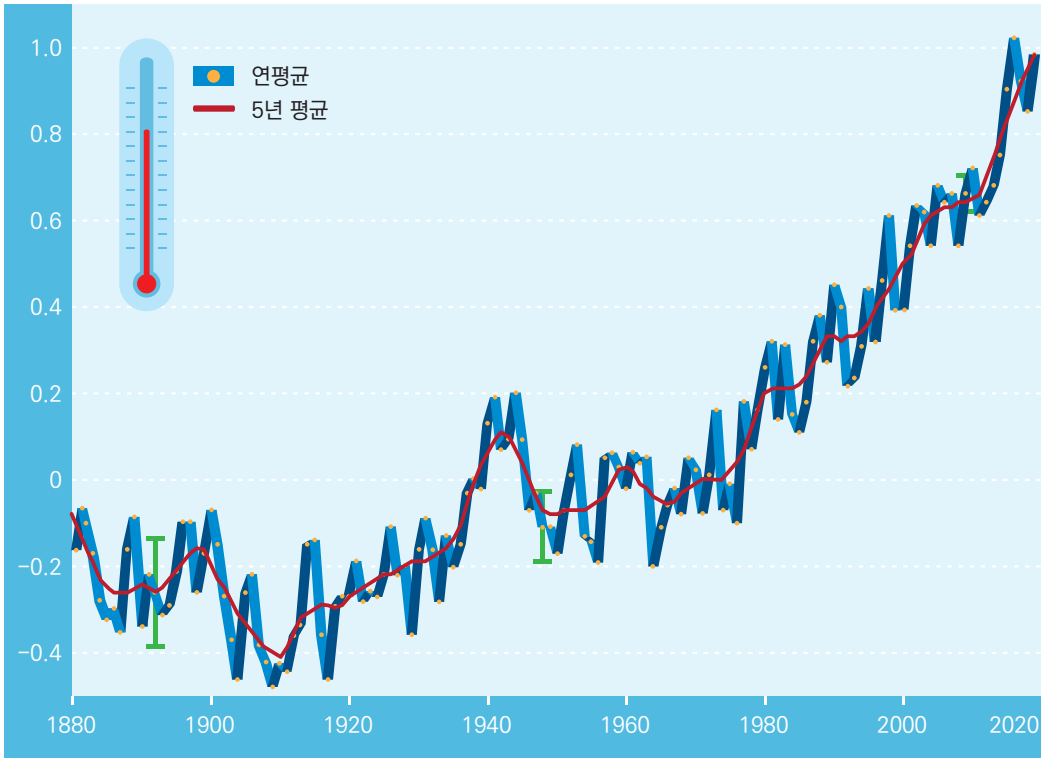
출처: 기상청(2020), 지구대기감시보고서 2020



출처: 기상청(2020), 지구대기감시보고서 2020

이 기간 동안 대기 중 CO_2 농도 값이 실제 감소하였는지 살펴보기 위해 안면도 기후변화감시소의 2020년 CO_2 월별 변동값과 과거 10년(2010~2019년, 배출량 감소가 없었던 기간) 평균 변동값을 비교하였다(그림 4.7.1(b)). 회색 음영 처리한 부분은 지난 10년간의 자연변동폭이다. 코로나19로 인한 배출량 감소가 가장 두드러졌던 2020년 봄철을 포함하여 2020년 대기 중 CO_2 농도의 감소량은10년간의 자연변동폭(회색 음영) 안에 있어, 지난 10년간과 비슷한 경향을 보였다. 배출량 감소에도 불구하고 대기 중 CO_2 농도가 줄어들지 않은 이유는 무엇일까? CO_2는 대기로 한 번 배출되면 해양과 지표 생태에서 흡수하고 남은 양이 대기 중에 머물기 때문에, 자연변동폭이 크다. 그림 4.6.1(a)를 보면, 대기 중 CO_2 최댓값은 지표 식생이 활발해지기 직전까지 누적된 CO_2로 인해 4월에 관측되며, 최솟값은 광합성 활동으로 흡수가 큰 8월에 나타난다. 최댓값과 최솟값의 차이가 약 12ppm에 이르며, 지난 10년간의 이 값의 불확도(1σ)인 자연변동폭은 ±2ppm(그림 4.7.1(a, b) 회색 음영)이다. 전 지구 CO_2의 배출량이 코로나19가 시작되던 2월부터 만일 25% 정도 감소하면 3월부터의 CO_2 월별 농도 값이 약 0.2ppm 정도 낮아질 것으로 예상하였으나(https://gml.noaa.gov/ccgg/covid2.html) 실제 전 지구 배출량 감소가 7% 정도에 그쳐 대기 중의 차이를 나타내지 못했으며, 0.2ppm의 감소가 나타났더라도 자연변동성에 의해 관측되기 어렵다. 따라서 CO_2 배출량 감소를 통해 대기 중 농도 감소를 이뤄내기 위해서는 자연변동성을 넘어서는 파격적이고 지속적인 배출량 감소가 이루어져야 한다.

지구 평균 온도 변화



1951년부터 1980년까지의 기온 평균과 비교하여 1880년부터 2018년까지의 육지-해양의 온도 변화 그래프. 검은색 선은 연간 평균 온도이고, 빨간색 선은 5년의 이동평균선이다. 초록색 바는 오차 범위를 나타낸다. 그래프를 살펴보면 최근 기온이 급격히 상승하고 있음을 알 수 있다.

출처: https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v4/

기후변화 시나리오(RCP)

IPCC 4차 평가보고서(AR4, 2007)에 사용한 SRES 온실가스 시나리오를 대신하여 IPCC 5차 평가보고서(AR5, 2013)에서는 대표농도경로 RCP(Representative Concentration Pathways)를 새로운 시나리오로 사용하며, RCP 시나리오는 최근 온실가스 농도 변화 반영 및 최근 예측 모델에 맞게 해상도 등을 업데이트하였다.

IPCC 4차 보고서에서 사용된 SRES에서는 미래의 사회·경제 형태가 가장 먼저 결정되고 이에 따른 배출량 시나리오로 온실가스 농도가 정해지는데, 이러한 순차 방법은 분리된 각 시나리오 간의 정보 전달에 시간 지연이 일어나는 문제점이 있었다. 이에 따라 IPCC 5차보고서에서는 인간 활동이 대기에 미치는 복사량으로 온실가스 농도를 정했다. 대표적인 복사 강제력에 대해 사회-경제 시나리오는 여러 가지가 될 수 있다는 의미에서 '대표 (Representative)'라는 표현을 사용하고 온실가스 배출 시나리오의 시간에 따른 변화를 강조하기 위해 '경로(Pathway)'라는 의미를 포함한다.

- IPCC 4차 및 5차 보고서 시나리오 개념 정리

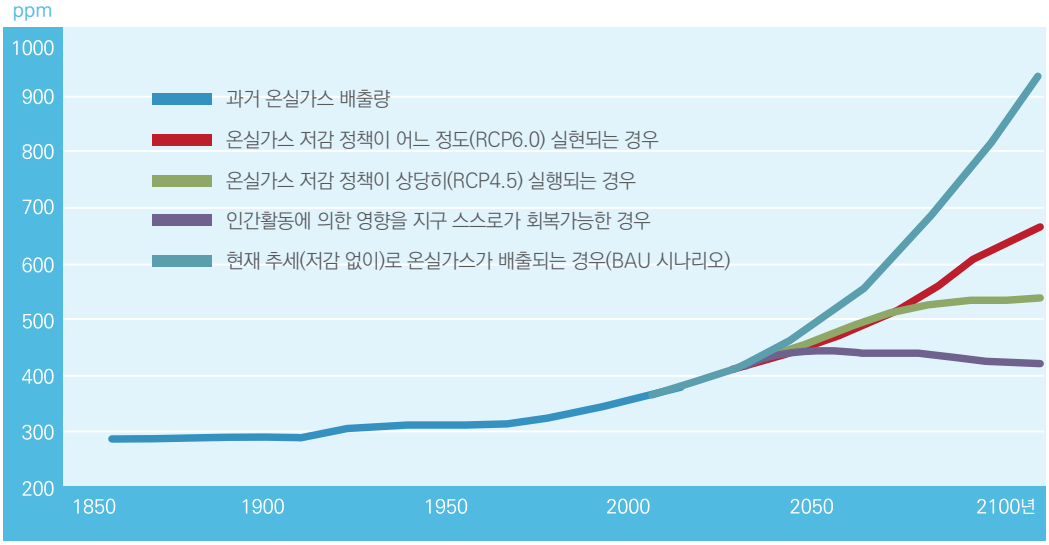
시나리오	특징 1
RCP(Representative Concentration Pathways	온실가스 농도값을 설정 후 기후변화 시나리오를 산출하여 그 결과의 대책으로 사회·경제 분야별 온실가스를 배출 저감 정책 결정
SRES(Special Report on Emission Scenario	RCP와 달리 사회·경제유형별 온실가스 배출량을 설정 후 기후변화 시나리오 산출

RCP 시나리오는 아래 표와 같이 총 4종으로 구성된다.

- RCP 시나리오 특징

구분	특징 1	특징 2
RCP 2.6	인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로가 회복 가능한 경우(실현 불가)	420ppm 이산화탄소 농도
RCP 4.5	온실가스 저감 정책이 상당히(RCP 4.5) 실행되는 경우	540ppm
RCP 6.0	온실가스 저감 정책이 어느 정도(RCP 6.0) 실현되는 경우	670ppm
RCP 8.5	현재 추세(저감 없이)로 온실가스가 배출되는 경우(BAU 시나리오)	940ppm

RCP 시나리오에 따른 이산화탄소 농도의 미래 전망



출처: 기상청(2012). 기후변화 시나리오를 알면 미래가 보인다.

기후변화 시나리오(RCP) 전망

전 지구 전망

기후변화를 완화하기 위한 노력 없이 현재 추세대로 온실가스를 배출하여 21세기 말 이산화탄소 농도가 940ppm에 도달한다면(RCP 8.5), 21세기 말(2070~2099년)에 전 지구 평균 기온이 4.8℃ 상승하고 강수량은 6.0% 증가할 것으로 예상된다. 그러나 어느 정도 저감 노력이 실현된다면(RCP 4.5), 2.8℃ 기온 상승과 4.5% 강수량 증가가 전망되어, 저감 노력에 따라 전 지구 기온 상승률은 더 낮아질 수 있다.

• 21세기 말 전 지구 평균 기온, 강수량 전망

전 지구 평균	온실가스 감축 정책 수립 시 (RCP 4.5)	온실가스 배출 현재 수준 유지 시 (RCP 8.5)
기온 상승	+2.8℃	+4.8℃
강수량 증가	4.5%	6.0%

한반도 전망

기후변화를 완화하기 위한 노력 없이 현재 추세대로 온실가스를 계속 배출한다면(RCP 8.5), 21세기 말(2070~2099년)에 한반도 평균기온은 6.0℃ 상승, 강수량은 20.4% 증가가 예상되고, 어느 정도 저감 노력이 실현된다면(RCP 4.5) 3.4℃ 기온 상승과 17.3% 강수량 증가가 예상된다.

이처럼 기온과 강수량은 감축 정책 수행 시와 온실가스 배출 현재 수준 유지 시 모두 증가 추세를 보이나, 감축 정책 수행으로 그 속도를 조절할 수 있으리라 생각된다.

출처: 국가기후변화적응정보포털,
https://kaccc.kei.re.kr/portal/climateChange/changeview/changeview_view.do?num=6

기후정보포털

기후정보포털은 국내외 기후변화 정보 사이트들에 대한 자료를 토대로 일반인의 기후변화 과학 정보에 대한 이해를 돕고 관련 기관에서의 기후변화 연구 결과들의 활용도를 높이기 위한 인터넷 기반 기후변화 정보시스템으로서, 기후변화협약 대응책 마련에 필요한 통합적 과학 정보를 제공하고, 국민들이 쉽게 기후변화에 대한 정보를 이해하여 국민의 알 권리를 충족시키기 위한 목적으로 구성되었다.

기후정보포털은 기후변화 과학 정보를 중점적으로 소개하며, 영향 평가와 정책에 관련된 정보를 동시에 제공하고, 기후변화 연구에 필요한 자료들의 데이터베이스를 구축하여 기후변화 탐지 모니터링 등을 서비스하고 있다.

3차시

우리나라에도 예외 없는 기후변화 영향

활동 개요

Let's Learn!

	대상 중학교
개발 의도 (배경)	● 기후변화는 그저 북극의 얼음이 녹거나 북극곰의 살 곳이 없어지는 먼 곳의 문제가 아니다. 당장 우리나라 역시 기후변화의 영향에서 결코 자유롭지 않다. ● 학습자들은 이번 활동을 통해서 이미 우리에게 영향을 미친 사례가 무엇인지, 앞으로 어떤 영향을 미칠지 살펴 본다.
학습 목표	● 기후변화에서 비롯된 국내의 전례 없는 현상들에 대해 알 수 있다. ● 앞으로 기후 위기가 가속될 경우 나타날 수 있는 상황들을 이해하고, 시급성을 알릴 수 있다.
성취 기준	[9환02-05] 환경 문제의 발생과 해결 과정에 대해 과학적 원리를 바탕으로 사회적, 문화적, 경제적 측면을 함께 고려하여 설명한다. [9환03-11] 지구 수준의 환경 문제인 기후변화로 인해 자신의 지역에서 어떤 현상이 나타날 수 있는지 강수량, 기온, 개화 시기 등의 자료를 분석하여 확인하고 이를 해석한다.
내용 영역	● 기후변화: 현상/영향/적응

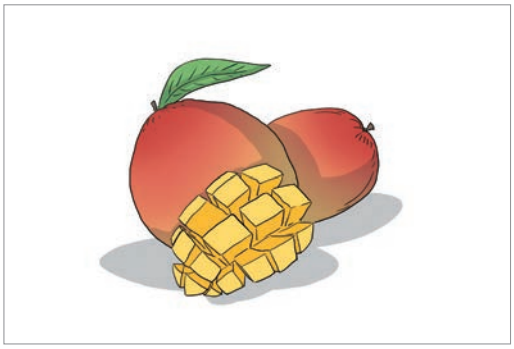
원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
	★	★	★	

소요 시간	45분
교수학습 방법	강의법 ★ / 게임놀이 / 토의토론 ★ / 조사 / 실험 실습 / 기타(직접 기입)
교육 장소	교실
준비물	8절 도화지 혹은 전지(모둠 수만큼)

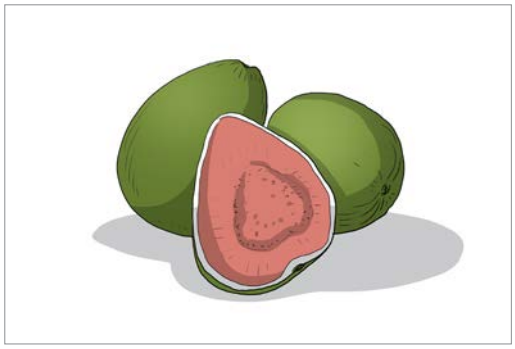
흐름도	도입 (05분)	▶ 어디에 사는 동식물인지 묻고 답한다. - 기후변화로 인해 나타나는 전례 없는 현상들에 대해 살펴 본다.
	전개 (30분)	▶ 기후변화로 인한 피해와 사례를 알아본다. - 이상날씨 등으로 인해 이미 심각한 피해를 보고 있는 사례를 확인한다. ▶ 기후변화의 영향을 알아본다. - 기후변화가 가속될 경우 나타날 수 있는 예측할 수 없는 위험성에 대해 알아본다.
	마무리 (10분)	▶ 기후변화가 경제에 미치는 영향을 알아본다. - 기후변화가 자연적 현상을 넘어 사회, 경제, 문화, 심리적으로 복잡한 영향을 미칠 수 있다.

어디에 사는 동식물인지 묻고 답한다.

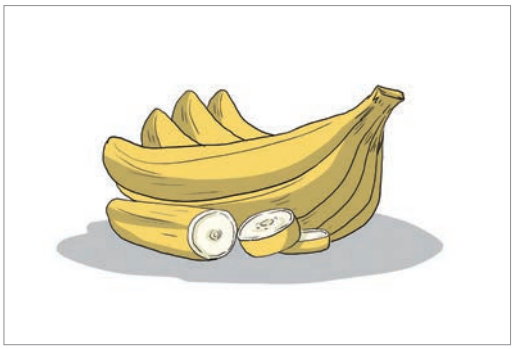
1. 망고



2. 구아바

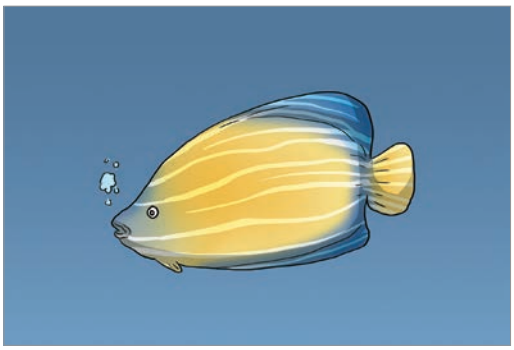


3. 바나나



4. 커피

5. 청줄돔



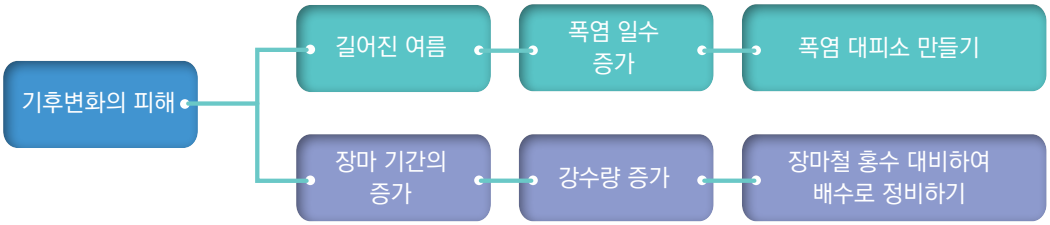
6. 범돔

기후변화로 인한 피해와 사례를 알아본다.

지금과 같은 상황이 이어진다면… 우리가 생각한 미래는?

(모둠별로 앞으로 벌어질 문제점, 새롭게 등장할 해결책 등을 마인드맵으로 만들어 본다.)

예시안



동식물 카드 관련 정보

망고

- 원산지: 말레이반도, 미얀마, 인도 북부
- 분포지: 아프리카, 브라질, 멕시코, 미국 플로리다, 미국 캘리포니아, 미국 하와이 등 열대와 아열대 지방에서 재배되었으나, 기후변화로 우리나라 제주를 비롯해 전남 영광군과 보성군에서도 망고의 재배와 판매를 하고 있다.

※ 참고: https://www.yna.co.kr/view/AKR20200805079900054?input=1195m

구아바

- 원산지: 아메리카 열대지방
- 분포지: 기후변화로 우리나라 기온이 꾸준히 상승함에 따라 제주뿐 아니라 전남 장성군에서도 구아바 재배되고 있다.

▸ 참고: https://www.news1.kr/articles/?3969803

바나나

- 원산지: 열대 아시아
- 분포지: 바나나 역시 국내산을 찾아볼 수 있는 식물. 바나나의 경우, 남부지방뿐 아니라 강원도 삼척에서도 재배에 성공하였다.

※ 참고: https://www.yna.co.kr/view/AKR20200626046400062?input=1195m

커피

- 원산지: 에티오피아
- 분포지: 콜롬비아, 탄자니아, 브라질, 에티오피아, 인도네시아, 베트남 등 적도 중심 남북위 25도 사이 열대지방에서 재배되었지만, 이젠 한국에서도 재배된다. 특히, 전남 화순군엔 총 면적 5500평 규모, 2만그루의 커피나무가 심어진 커피 농장까지 있다.

※ 참고: https://www.mk.co.kr/news/business/view/2020/08/788228/

청줄돔

- 서부 태평양의 열대역에서 살아가는 물고기로 점차 해수온이 오르면서 제주와 남부지방 해역에서 흔히 볼 수 있는 어종이 되었다.

범돔

- 청줄돔과 마찬가지로 대표적 아열대성 어종이다. 해수온 상승으로 한려해상공원에 속하는 홍도 앞바다의 어종 55%가 아열대종으로 구성되고 있다.

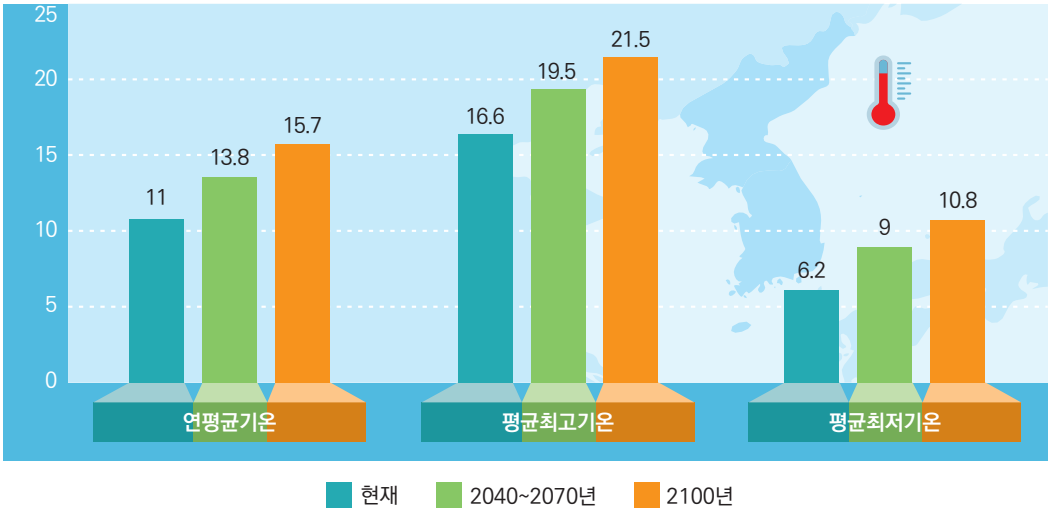
※ 참고: http://news.jtbc.joins.com/article/article.aspx?news_id=NB11811333

기후변화로 인한 피해와 사례 알아보기

우리나라의 날씨는 어떻게 변할까? 기상청은 IPCC가 내놓은 4가지 이산화탄소 농도 예측 시나리오(RCP)에 따라 이를 예측했다. "모든 RCP 시나리오에서 한반도의 연평균 기온은 전 지구 및 동아시아 연평균 기온에 비해 상승 폭이 더 클 것으로 전망된다."

숫자들은 어땠을까? 지금처럼 이산화탄소를 뿜어낼 경우, 한반도 연평균 기온은 2100년 4.7℃ 높아지고(현재 11.0℃→2100년 15.7℃), 평균 최고기온은 4.9℃(현재 16.6℃→2100년 21.5℃), 평균 최저기온은 4.6℃(현재 6.2℃→2100년 10.8℃)나 오를 전망이다.

RCP8.5 시나리오 한반도 기온 예측

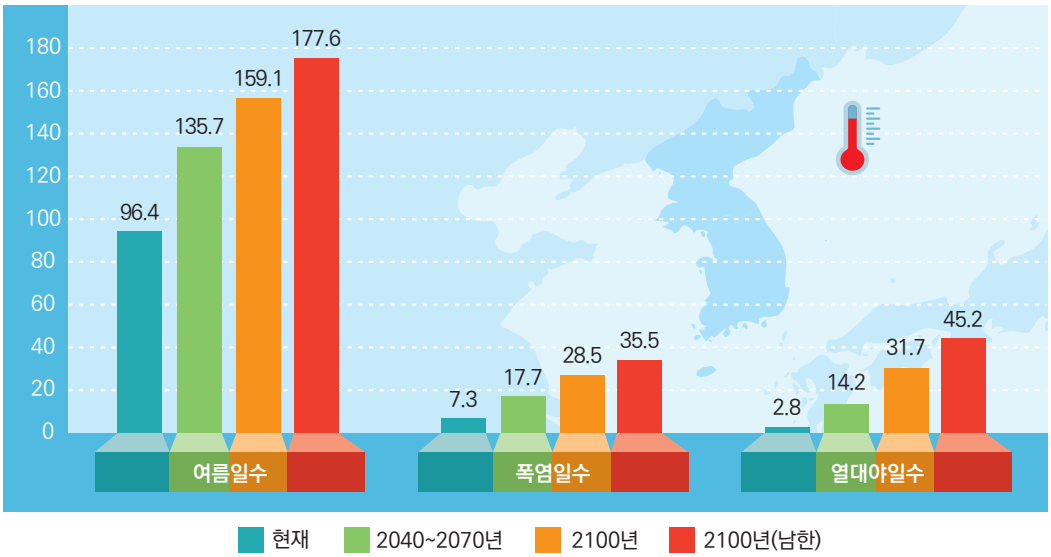


자료: 기상청, 단위: ℃

체감하기 쉽도록 보다 구체적으로 설명하자면, 여름 일수는 현재(1981~2010년 평균) 96.4일에서 2100년 159.1일로 늘어난다. 한 해 절반가량이 여름인 셈이다. 그중에서도 푹푹 찌는 폭염 일수는 7.3일에서 28.5일로, 열대야 일수는 2.8일에서 무려 31.7일로 늘어날 것으로 보인다.

여기에 북한을 제외한 남한의 경우만 살펴보면, 여름 일수는 무려 177.6일(한반도 전체보다 18.5일 증가), 폭염 일수는 35.5일(+7일), 열대야 일수는 45.2일(+13.5일)에 달한다는 것이 기상청의 예측이다. 이를 종합하면, "고도가 높은 산지를 제외한 대부분의 경상·전라 지역과 충남까지 아열대에 속할 것으로 전망된다."는 의미이다.

RCP8.5 시나리오 한반도 기후 예측



자료: 기상청, 단위: 일

상황이 이렇지만 여전히 우리는 온난화가 '먼일'이라고 여기고 있다. 전 세계 온실가스 농도가 최고치를 기록한 데다 우리나라 역시 앞장서서 이산화탄소 배출량 '역대 최고치'를 기록하고 있다. 처음엔 온난화라고 불리던 일이 기후변화로, 그리고 기후변화는 이제 기후 위기로 불리기 시작했다. 상황이 점점 심각해지고, 그 변화가 임박했다는 뜻이다.

출처: 기상청, 2018 한반도 기후변화 전망분석서

기후변화로 인한 피해와 사례를 알아보기(기상청 발표 자료)

우리나라 기상청은 앞으로의 기후변화 전망을 발표했다. 내용은 다음과 같다.

우리나라 기후변화 및 미래 전망

- 우리나라 연평균 기온은 최근(2011~2019년)이 과거(1912~1920년)보다 1.8℃ 상승하였고 강수량은 86.1㎜ 증가하였다.

  ※ 100년 이상 관측 자료를 보유한 6개 지점(강릉, 서울, 인천, 대구, 부산, 목포) 평균

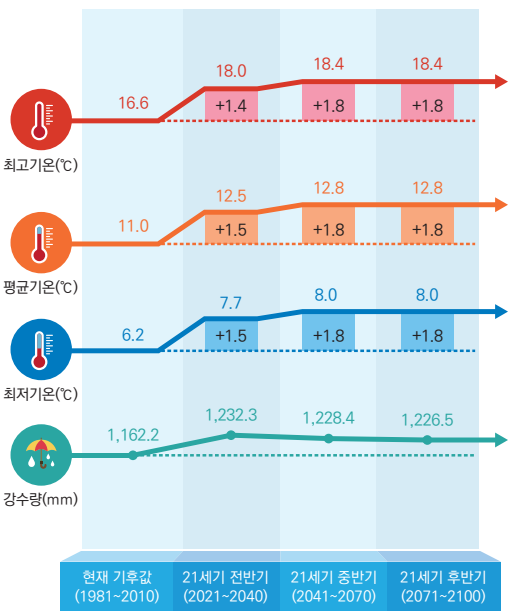
  ▸ 기온 상승에 따라 고온 관련 극한기후지수는 증가하고 강한 강수 증가, 약한 강수는 감소하여 강수의 양극화가 나타나고 있다.

- 미래 온실가스 배출 정도에 따른 21세기 말(2071~ 2100년) 기후 전망

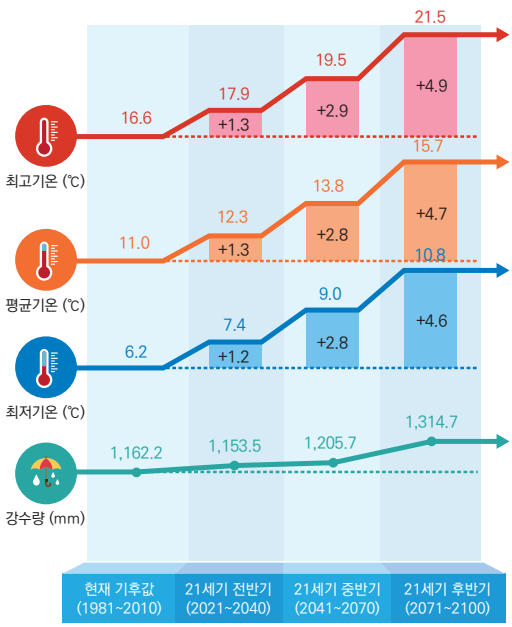
  ▸ 우리나라 평균기온이 현재(1981~2010년) 대비 +1.7~4.4℃ 상승하고, 평균 강수량은 현재 대비 +6.6~13.2% 증가할 것이며,

  ▸ 미래에도 폭염·열대야·여름 일수와 같은 고온 극한기후지수 증가, 한파·결빙·서리 일수와 같은 저온 극한기후지수는 감소, 5일 최다 강수량, 강수 강도와 같은 호우 극한기후지수는 다소 증가할 것으로 전망된다.

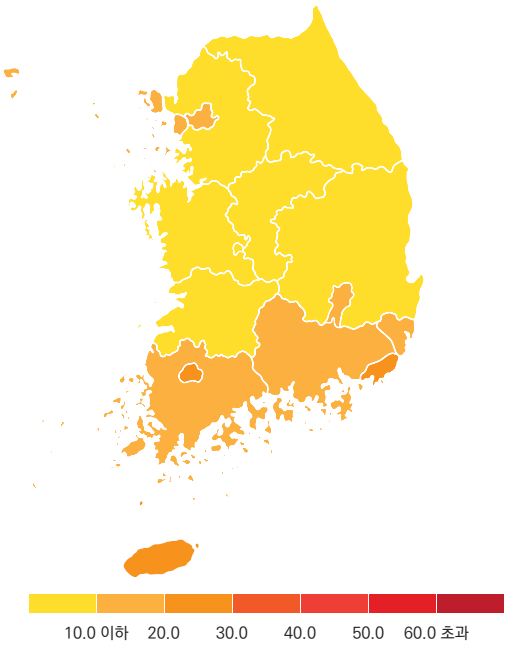
온실가스 저배출 시나리오 (RCP2.6)



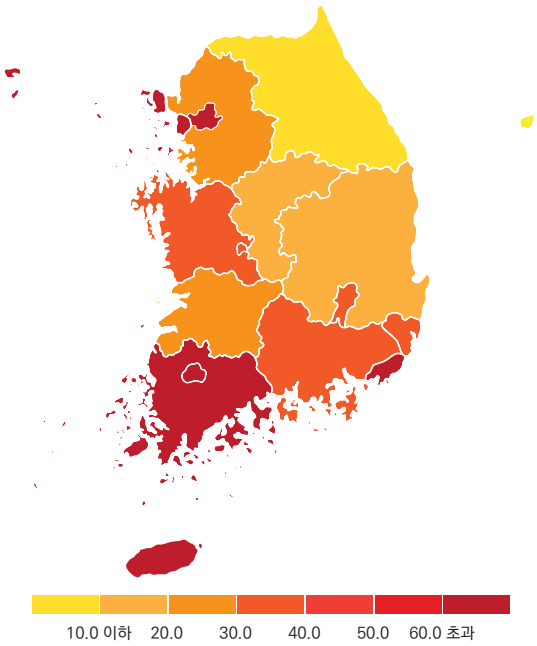
온실가스 고배출 시나리오 (RCP8.5)



온실가스 저배출 시나리오
(RCP2.6)



온실가스 고배출 시나리오
(RCP8.5)



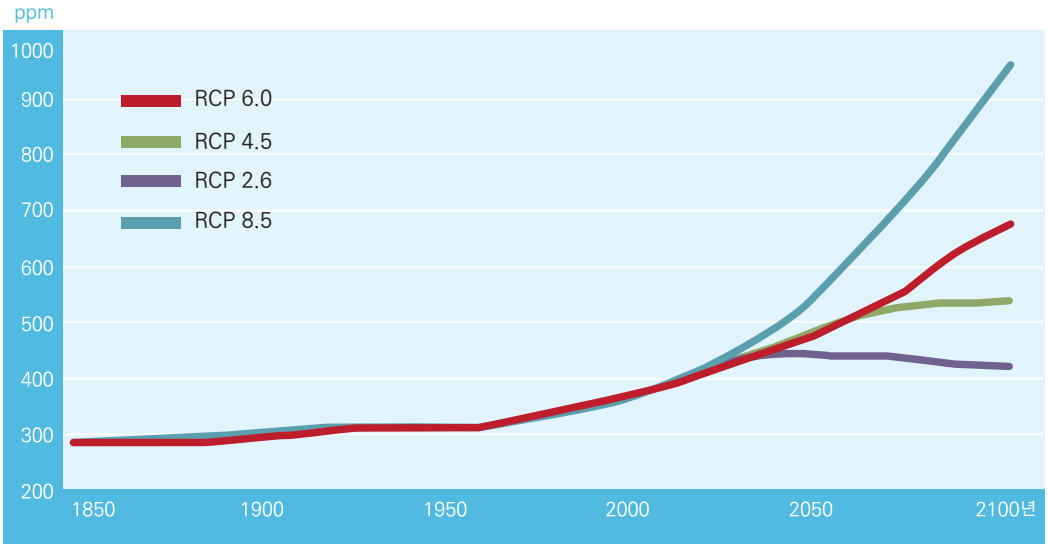
출처: 한반도 기후변화 전망분석서(기상청, 2018)

기후변화의 영향 알아보기

통상 사소한 변화는 큰 변화보다 알아차리기 어렵기 마련이다. 그런데 그 변화가 너무 커도 알아차리기 어렵다. 지구가 자전하는 속도는 시속 1,600㎞를 넘는다. 그러나 그 누구도 이 속도를 느끼면서 살아가지 않는다. 강한 바람에 테트라포드를 넘어서는 파도는 우리가 보고 두려워하지만 해수면 자체가 올라가는 것은 체감하기 어려운 것과 같다.

최근 3년만 돌아보더라도 '전에 없던 현상'이 계속해서 이어지고 있다. 2018년엔 역대급 폭염이, 2019년엔 역대급 태풍과 '겨울 아닌' 겨울이, 2020년엔 때아닌 '봄 더위'와 역대급 장마가 찾아왔다. 많은 사람들이 여름엔 기후변화에 주목했고, 그 덕에 기후변화 관련 기사도 여름철에 집중됐다. 그런데 시간이 흐를수록, 기후변화의 영향으로 벌어지는 이상 현상은 계절에 상관없이 나타나고 있다. 이는 기후변화가 '여름 변화'가 아닌 '기후변화'인 이유기도, '온난화'를 넘어 '기후변화'인 이유기도 하다.

4종 RCP 시나리오에 따른 이산화탄소 농도의 미래 전망



● 4종 RCP 시나리오별 설명 및 2100년 기준 CO_2 농도

종류	시나리오 설명	2100년 기준 CO_2 농도(ppm)
RCP 2.6	인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로가 회복 가능한 경우	420
RCP 4.5	온실가스 저감 정책이 상당히 실행되는 경우	540
RCP 6.0	온실가스 저감 정책이 어느 정도 실현되는 경우	670
RCP 8.5	현재 추세(저감 없이)로 온실가스가 배출되는 경우	940

출처: 기상청, 한반도 기후변화 전망분석서(2018.12)

2018년의 이상(異常): 여름

2018년, 서울은 1907년 기상관측 이래 가장 높은 공식 최고기온인 39.6℃까지 달궈졌다. '대프리카'라는 말처럼 '지역명+아프리카'와 같은 별명은 더 이상 대구의 전유물이 아니게 됐다. 서울은 서프리카, 광주는 광프리카로 불렸다. 게다가 그해 강원도 홍천에선 41.0℃가 기록되면서 그간 대구가 쥐고 있던 '전국 역대 1위' 타이틀도 깨졌다. 2018년 여름, 전국 폭염 일수는 31.4일에 달했다. 역대 최장이다.

서울의 밤 역시 2018년 역대 가장 뜨거웠다. 역대 1~3위가 모두 2018년 한 해에 나왔다. 그 여름 서울의 최저기온은 30.3℃를 기록했다. 밤사이 아무리 열이 식어도 30℃를 넘어선 것이다. 서울만 그랬을까? 인천(29.1℃), 포항(29.3℃), 대구(28.6℃) 등도 여름철 최저기온이 모두 역대 1위였다. 이렇게 밤사이 기온이 높았던 만큼 전국의 열대야 일수도 17.7일로 역대 최장 기록을 세웠다.

학창 시절 '고온다습'하다고 배운 북태평양고기압은 2018년 이례적으로 아주 강하게 발달했다. 게다가 우리나라 서쪽에서 비롯된 '티벳 고기압'도 한반도를 더욱 뜨겁게 달구는 데에 일조했다. 평소 같으면 봄까지 눈으로 뒤덮여 있어야 할 티벳의 고원이 평소와 다르게 더워지면서 동쪽으로 이동, '북쪽은 차고 남쪽은 더운' 본래의 균형이 깨졌기 때문이다.

그런가 하면, 8월 말 제주도엔 제19호 태풍 솔릭이 곳곳에 흔적을 남기고 지나갔다. 우리나라 영토와 가장 가까워지면서, 그중 가장 위력이 강했던 시기에 눈앞에서 태풍을 맞이했던 저로서는 불과 며칠 전의 기록적인 폭염은 머릿속에서 잊혀졌다.

상황의 위험성과 심각성, 시급성을 가득 안고, 거짓말처럼 파래진 하늘을 건너 서울로 돌아왔지만 내륙에선 이미 태풍은 잊혀진 뒤였다. 제주를 지나 내륙을 향하면서 급격히 힘이 빠진 솔릭이었다. 지구가, 기후변화가 한반도에 준 시그널은 그렇게 잊혀졌다.

2019년의 이상(異常): 가을, 겨울

이듬해인 2019년도 안 더웠던 것은 아니다. 7월 5일, 서울에 '폭염 경보'가 내려졌다. 여름에 폭염 경보가 대수냐 할 수 있겠지만 폭염 특보제가 시작한 이래 첫 폭염 경보 발령 지역이 서울이었던 것은 이번이 처음이었다. '역대 1위' 폭염이 찾아왔던 2018년만 해도, 서울에 처음으로 폭염 경보가 내려진 것은 7월 16일. 7월 첫 주부터 내려진 폭염 경보에 걱정은 커질 수밖에 없었다. 그다음 날인 7월 6일, 서울과 인천에선 기상관측 이래 가장 기온이 높았다. 이렇게 일찌감치 달궈진 적이 없었다.

그럼에도 2019년의 '이상(異常)'을 꼽자면, 더위가 아닌 태풍과 겨울인 듯 겨울 아닌 겨울 같은 겨울이라고 할 수 있다.

그해, 한반도에 영향을 미친 태풍의 수는 7개에 달했다. "근대 기상 업무를 시작한 1904년 이후 가장 많은 수"라는 것이 기상청의 설명이다. 평년(3.1개)의 2배를 넘는 수다. 2018년, 솔릭이 준 경고는 현실로 찾아왔고, 남부지방에서 서울에 이르기까지 태풍으로 인한 피해가 전국 곳곳에서 발생했다.

태풍이 발생하는 태평양의 바닷물은 평년보다 뜨겁게 달궈졌고, 계속해서 바다에선 태풍이 만들어졌다. 얼마나 물이 달궈졌는지 '가을 태풍'이라는 말과 함께 2019년 온 국민은 태풍 소식에 귀를 기울여야 했고, 태풍의 '고향'에선 가을이 지나 겨울의 길목에 접어든 11월만 해도 6개의 태풍이 만들어졌다.

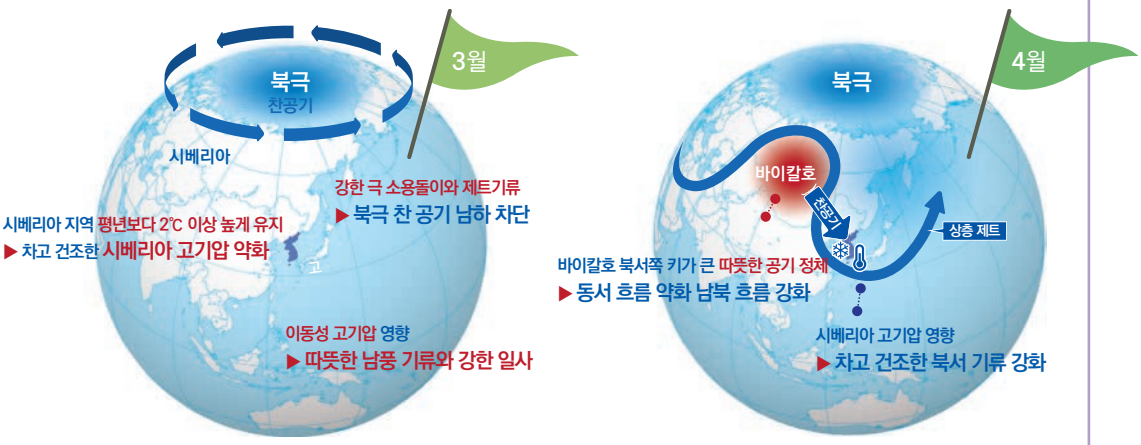
물이 천천히 데워지고 천천히 식는다는 것은 모두가 아는 일이다. 이렇게 바다가 달궈지면서 우리나라의 겨울도 '본 적 없는' 겨울이 됐다. 역대 가장 따뜻한 겨울이었던 것이다. 2019년 겨울, 전국의 평균기온은 3.1℃였다. 평소엔 물이 얼락 맑락할 정도인 0.6℃였는데, 겨울 평균기온이 2.5℃나 높아진 것이다. 전국 관측 지점 45곳의 평균 최고기온은 8.3℃에 달했고, 평균 최저기온은 -1.4℃에 불과했다. 한파 일수는 0.4일, 하루가 채 안 되는 수준이었다. 평소엔 5일 가까이 한파가 찾아왔었는데, 좀처럼 한파가 없는 겨울이었던 것이다. '온난다습' 북태평양 고기압의 반대인 '저온건조' 시베리아 고기압은 힘을 잃었다. 얼음 꽁꽁, 허허벌판을 떠올리게 되는 시베리아에서도 고온 현상이 찾아온 것이다. 여기에 역대급으로 달궈졌던 태평양은 식기까지 시간이 걸렸다. 위에서 내려올 찬 공기는 자취를 감췄고, 겨울인데도 이 아열대 서태평양에서 우리나라를 향해 따뜻한 남풍을 불어줬다.

2020년의 이상(異常): 모든 계절?

2018년, 여름이 이상하더니 2019년, 여름부터 겨울까지 이상해졌다. 올해는 봄부터 심상치 않았다. 3월엔 역대급으로 따뜻하더니 4월엔 역대급으로 쌀쌀해졌고, 그러다 5월엔 다시 평년과 비슷해진 것이다.

3월의 전국 평균기온은 7.9℃를 기록했다. 전국 40여 곳에 걸쳐 관측망을 만들어 '전국 평균'이라는 통계를 만들어낸 이래로 두 번째로 높은 기온이다. 평년보다 2℃가 높았다. 반면 4월엔 10.9℃로 역대 다섯 번째로 낮았다. 5월엔 17.7℃로 평년(17.2℃)과의 격차가 줄었다.

3월(왼쪽)과 4월(오른쪽), 지구의 기압계 배치를 나타낸 그림



자료: 기상청

위의 그림에서도 나타나듯, 3월엔 북극의 찬 공기를 가둬놓은 북극 제트(한대전선 제트기류)가 제 역할을 하면서 한반도로 찬 공기가 내려오는 것을 막았다. 반면, 지난 여름부터 평소보다 뜨겁게 달궈졌던 태평양과 거기서 비롯된 이동성 고기압은 우리나라 입장에선 온풍기 역할을 했다.

그런데 4월엔 점차 고온 현상으로 원래 추워야 할 북극에서 그 균형이 깨지는 일이 일어났다. 그렇게 되면, 북극 찬 공기를 가두는 제트기류가 파도 모양을 그리며 늘어지게 되는데 그 제트기류가 내려온 부분이 한반도에 걸렸다.

추워도 기후변화 때문, 더워도 기후변화 때문… '치트키'인 것이냐는 비아냥도 있었다. 위 그림 중에 오른쪽 상황이 이를 설명하는 키(열쇠)라고 할 수 있다. 제트기류가 처진 곳에 속한 지역은 평소보다 추워질 수밖에, 반대로 올라간 부분에 들어간 지역에선 이상 고온 현상이 나타날 수 밖에 없다. 짱짱하게 쌩쌩 불어야 할 제트기류가 힘을 잃은 것, 그것의 원인이 기후변화다.

그렇게 온탕과 냉탕으로 오가던 봄이 지나 여름이 찾아왔고, 역대급 장마가 찾아왔다. 장마 기록이 가장 먼저 깨진 곳은 제주다. 올해 6월 10일부터 7월 28일까지 장장 49일간 지속되면서 역대 가장 긴 장마였다.

통상 6~7월 사이 찾아오던 장마가 올해엔 8월까지 이어지고 있다. 중부지방의 경우 오늘(2020년 8월 10일)까진 역대 최장 장마 타이틀을 2013년이 유지하고 있다. 당시 6월 17일부터 8월 4일까지, 49일간 이어졌는데, 오늘까지 중부지방의 장마는 48일을 기록 중이다. 이미 역대 2위인데다 이번 주에도 비가 이어지는 만큼 이 기록은 조만간 깨질 것으로 보인다.

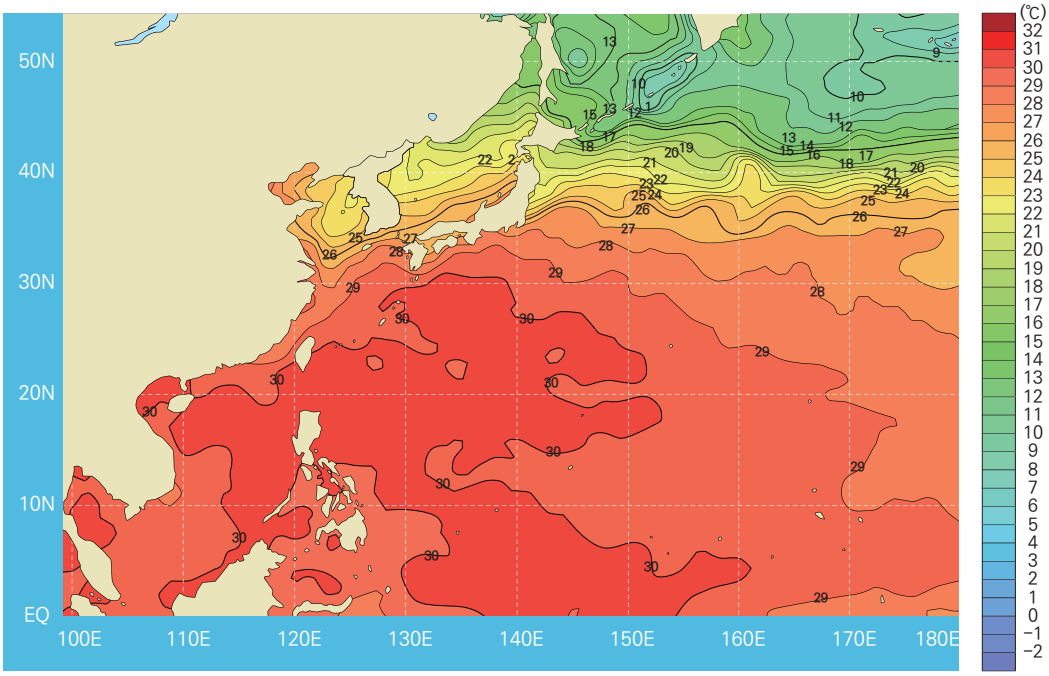
2020년의 '이상(異常)'은 여름에서, 장마에서 끝날까?

바다표면 온도 분석

위치(0.3515x0.234도, 232x232 격자)

2020년 08월 08일 협정세계시 00시(2020년 08월 08일 한국표준시 09시)

기상청(KMA)



자료: 해수온도 심상치 않습니다. (기상청)

이미 5호 태풍 장미가 우리나라에 직간접적으로 영향을 주기 시작했고, 태풍의 '고향'인 북태평양의 수온은 30℃를 기록하고 있다. 아직 바닷물이 식을 때가 아닌 만큼, 올해도 가을 태풍 걱정을 하지 않을 수 없을 듯하다.

고작 2018년부터 2020년까지의 상황만 살펴봤을 뿐이다. 지구는 이렇게 우리에게 경고를 보내고 있는데, 우리만 또 이를 알아차리지 못하는 건 아닐까? 불확실성을 키우는 이런 이상 현상은 사회적으로나 경제적으로나 우리에게 큰 피해를 안길 것이다. 점차 '이상(異常)'이 일상이 되고 있다. 미래가 아닌, 그저 우려가 아닌, 현실로 다가오고 있다.

출처: 기상청 [2020년 여름철 기상특성] "월별 기온 들쑥날쑥, 가장 긴 장마철에 많은 비"
기상청 "2018년 이후 우리나라 주요 이상기후"

기후변화의 영향 알아보기

농업

기후 여건의 변화는 작물 생산 적지를 이동시키고, 잡초와 병해충의 종류 및 발생량 변화, 토양 비옥도 변화, 심한 가뭄 정도의 변화 등 농업생산에 직·간접적인 영향을 준다. 또한, 대기 중의 이산화탄소 농도 증가와 기온상승은 작물의 광합성에 의한 물질 생산, 동화물질의 각 기관으로의 배분, 발육속도, 물 이용 효율 등에 영향을 주어 작물의 생산성에 직접적인 영향을 미치며, 이러한 기후변화와 그 영향은 지역적으로 매우 다르게 나타날 것으로 예상된다.

월동 작물을 제외한 벼, 콩, 옥수수, 감자 등 식량 작물은 21세기 말에 이르면 벼는 25% 이상, 옥수수는 10%~20%, 여름감자는 30% 이상 등 급격한 수량 감소가 예상된다. 반면, 월동 작물인 보리의 경우 작물 생육 모델을 이용한 모의 연구에서는 기후가 변화함에 따라 수량 증가가 예상되었으나, 재배 환경 조절 실험에서는 월동기 온도 상승이 생식생장기로의 전환을 촉진하여 분얼(곁가지 발생)과 수량의 감소를 야기하고, 등숙기 고온은 보리의 수량과 품질에 악영향을 미치는 것으로 나타났다.

과수의 경우 기후변화에 따라 사과, 배, 포도, 부지화 감귤 등의 재배 적지는 줄어드는 반면 복숭아, 단감, 온주밀감 등의 재배 적지는 북상하여 늘어날 것으로 예측되었다. 채소의 경우 고추와 배추는 고온 피해가 예상되며 마늘의 경우 한지형은 재배 적지가 점차 사라질 것이나, 난지형은 재배 적지가 북상하여 적지 면적은 증가할 것이며, 양파는 고온 조건에서 수량이 증가할 것으로 예측되었다.

수산업

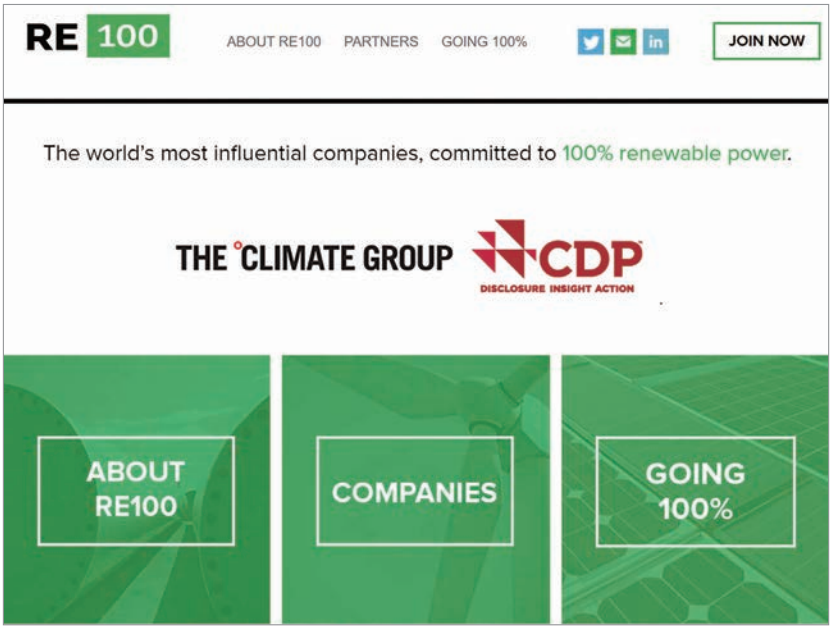
우리나라 주변 해역에서 표층 수온 상승과 해양 산성화는 전 세계 평균 수치에 비하여 빠르게 진행되고 있으며(견고한 동의), 표층 염분은 감소하는 추세이다(중간적 동의). 우리나라 연근해어업의 총 어획량은 1980년대 152만 톤, 1990년대 137만 톤, 2000년대에는 115만 톤에서 2017년에는 약 93만 톤 정도로 낮아지는 추세다.

이상 고수온 현상은 빈도, 기간, 공간적 범위와 강도 등이 미래 지구 온난화 상황에서 더욱 증가할 것으로 예상되며, 이와 같은 현상은 해양생물, 수산업 및 생태계 등에 심각한 영향을 줄 것으로 예측하고 있다.

출처: 2020 한국 기후변화 평가보고서

글로벌 캠페인 RE100

해가 갈수록 신재생에너지에 대한 관심이 늘어가고 있다. 에너지가 혼용되어 사용되기 때문에 그야말로 에너지 사용의 과도기라고도 할 수 있을 것 같다. 본격적으로 신재생에너지를 보급하기 위해 지구촌의 내로라하는 기업들 역시 여러 가지 노력을 기울이고 있다. 개개인의 노력도 분명 중요하지만 확실히 기업의 주도를 통하면 더욱더 빠르고 크게 변화를 일으킬 수 있다. 이렇게 솔선수범하여 신재생에너지의 활성화와 보급에 애쓰고 있는 기업들의 캠페인, RE100에 대해 살펴보면 다음과 같다.



자료: RE100 홈페이지

RE100

RE100 캠페인은 무엇일까? RE100이란, Renewable Energy 100%의 약자로, 기업이 필요한 전력량의 100%를 태양광, 풍력 등 친환경적 재생에너지원을 통해 발전된 전력으로 사용하겠다는 의미의 캠페인이다. 2014년 국제 비영리 환경단체인 The Climate Group과 탄소 정보 공개 프로젝트(CDP; Carbon Disclosure Project)가 연합하여 개최한 2014 뉴욕시 기후 주간(Climate Week NYC 2014)에서 처음 발족되었다. 기업들이 세계 전력 소비의 40~50%를 차지하고 있는 만큼, 이들이 모두 재생에너지 사용을 하게 된다면 세계의 탄소 배

출을 약 15%까지 줄일 수 있다. 지구의 큰 위기 중 하나라고 여겨지는 기후변화와 미세먼지의 위협에 맞설 수 있는 것이다.

RE100의 배경

그렇다면 어떤 배경으로 이런 변화가 일어나게 된 것일까? 기업들이 재생에너지로의 전환을 결정한 주된 이유는 친환경에너지 사용에 대한 이해관계자 요구 증대, 재생에너지원의 경제성 개선 등이 있다. 신기후체제 이후 각국이 에너지 기후변화 정책에 부응하면서도, 환경친화적으로 생산 활동을 지속하여 지역 사회, 고객, 투자자들의 요구를 충족시킬 수 있도록 하기 위함이었다. 이런 흐름 안에서 재생에너지의 경제성이 개선됨에 따라 공장의 효율적인 에너지 소비를 목적으로 전환을 선택하는 기업이 증가하고 있는 추세다.

현재 유럽과 미국 시장에서는 RE100의 참여가 원활하게 전개 중이며 구조 개편(경쟁체제 도입) 정책을 시행하여 재생에너지 거래를 용이하게 할 수 있도록 하고 있다. 구조 개편 전에는 독점 공급자(State Monopoly)만 참여할 수 있었기 때문에 소비자의 재생에너지 선택 구매는 불가능했었다. 그러나 점차 경쟁 체제가 도입되면서 다수 공급자(Private Companies)들의 시장 진출을 유도하고, 소비자의 재생에너지 구매 방식이 확대되는 효과를 가져올 수 있었다.

글로벌 재생에너지 시장의 활성화 역시 이런 흐름을 가져오는 것에 한몫했다. 2017년 신규 설치된 글로벌 발전설비 중 과반 이상이 재생에너지다. 특히 다양한 재생에너지원 중 발전 원가의 하락으로 경쟁력이 향상된 태양광, 풍력발전 등이 글로벌 재생에너지 시장을 주도할 것으로 전망된다. 소비자 역할이 확대된 것도 이런 흐름에 한몫하였다. 그래서 기업들은 기존의 방식에서 벗어나 자체적인 에너지 수급 전략을 만들고, 친환경적 제품 생산을 추구하여 가치에 부합하는 경영 방식을 선택하고 있다. 단순히 저렴한 에너지만을 찾는 것이 아니라 환경, 지역 사회 등의 지속 가능성을 고려하여 재생에너지원을 통한 에너지 소비를 선택하고 있는 것이다.

RE100의 조건

그렇다면 우리는 어떻게 기업들이 RE100에 참여했다는 사실을 알 수 있을까? 기업들이 RE100 캠페인에 참여하기 위해서는 몇 가지의 조건을 만족해야 한다,

첫째로 기업이 100% 재생에너지원을 통해 발전한 전력을 사용하겠다는 계획을 공개적으로 선언해야 한다.

둘째로 기업이 보유한 전 세계의 모든 사업장 및 사무실의 전력 사용을 재생에너지원을 통해 조달해야 한다.

셋째로 각 기업이 매년 재생에너지 전력 사용 목표량에 대한 달성 수준을 탄소 정보 공개 프

로젝트(CDP)에 보고해야 한다. 다음 세 조건을 모두 만족해야만 완벽하게 RE100 캠페인에 참여했다고 말할 수 있는 것이다.

불과 작년인 2018년만 살펴봐도, 37개의 새로운 기업들이 RE100 캠페인에 합류했다고 한다, 기업들의 참여 서명 행렬은 지금까지 계속 이어지고 있다.

RE100 기업들의 사례

이런 RE100 기업의 노력은 청정에너지 전환을 추구하면서도 우수한 기업적 성과를 거둘 수 있다는 것을 보여 주고 있다. 지금까지의 흐름으로 보아, 우리에게 알려진 글로벌 기업들 대부분이 이에 참여하고 있다는 것을 확인할 수 있다.

우리에게 가장 익숙한 기업 중 하나인 애플의 경우, 2018년 4월에 세계 43개국에서 100% 재생에너지원으로 전력 사용을 달생했다. 애플은 캠페인 달성 여부를 넘어서 공급 업체들에게도 애플이 납품하는 부품에 대해서는 재생에너지로 제조하겠다는 서약을 받고 있다. 이케아의 경우 2020년까지 각 이케아 매장에서 소비하는 총 전력을 재생에너지로 공급하겠다고 약속했다. 특히 이케아는 스위스 리(Swiss Re) 재보험사와 함께 RE100 캠페인의 창립 파트너로서 100% 에너지 달성을 위해 노력하고 있다.

독일의 자동차 제조업체인 BMW 역시 이 행렬에 들어있다, BMW는 2020년까지 자가 설비(풍력, 바이오가스, 태양광) 및 인증서 구매를 통해 100% 재생에너지원 전력 조달을 약속했다. 이 때문에 BMW와 파트너십을 맺고 있는 국내 기업들에게 큰 영향을 미쳤다.

우리나라의 사례

삼성의 경우, 여건상 아직 100%를 달성하지는 못하고 있지만 미국, 유럽, 중국 시장에서는 100% 재생에너지 사용을 달성하겠다고 선언했다. 또, 삼성SDI의 경우 배터리 사업의 주요 고객사인 BMW로부터 배터리 생산 시 재생에너지원 사용을 요구받았으며 이에 대응하기 위해 해외 공장을 재생에너지원 전력으로 공급하고 있다. 2020년까지 울산공장의 6.3%를 친환경 에너지로 대체하겠노라고 발표하기도 했다.

또한 전기차 배터리를 생산중인 LG 화학 역시 공급처인 BMW 뿐만 아니라 폭스바겐으로부터도 같은 요구를 받고 있다. 국제적인 노력이 건전한 압박으로 돌아오고 있는 셈이다. 우리나라 기업들의 RE100 캠페인 참여가 많지 않은 이유는 다른 나라와는 다르게 민간 기업 및 사업자들이 발전한 재생에너지를 직접 구매할 수 있는 제도가 마련되어 있지 않기 때문이다. 전력 거래에 독점 지위를 허용하는 시장(Non-liberalized) 구조로 한전을 통해서만 전력 구매가 가능하고, 재생에너지 별도(Solely) 거래는 사실상 불가능하기 때문에 자가 설비 구축 이외

에는 방법이 없다. 이에 최근에는 RE100의 확산을 위해 신재생에너지 및 재생에너지 개발, 이용, 보급 촉진법 및 전기사업법 개정안이 발의되었다. 앞으로 어떻게 될지 추이를 지켜보는 것도 좋을 것이다.

처음에는 '자발적 참여'로 시작된 RE100이지만, 다양한 산업에 속해있는 글로벌기업들이 기하급수적으로 참여하는 추세이고 각각의 위치를 넘어 공급 사슬로 묶인 파트너들에게도 재생에너지 사용을 요구하고 있어 더욱더 큰 영향력을 가지고 있다. 이처럼 이제 재생에너지로의 전환은 선택이 아닌 필수가 되었고 나아가 기업의 경쟁력을 판단하는 요소가 되고 있다.

출처: 한국수력원자력

https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=19039535&memberNo=478066&searchKeyword=re100&searchRank=7

기후변화가 경제에 미치는 영향

스마트폰뿐 아니라 PC, 노트북 시장에서 막대한 영향을 미치는 한 기업이 최근 탄소중립 선언을 했다. 2030년까지 제품 제조에서부터 공급에 이르기까지 100% 넷 제로를 달성하겠다는 것이다. 트렌드를 이끄는 데에 그치지 않고 실질적으로 시장 점유율에서 차지하는 바도 큰 업체인 만큼, 이 기업의 움직임은 실제 '시장'에 영향을 미치게 된다. 바로, 애플의 이야기다.

지난 21일, 애플은 이 같은 내용의 선언과 함께 지금까지의 진전 상황을 공개했다. 공개된 내용에 따르면, 애플은 이미 탄소중립을 향한 발걸음을 꽤나 옮긴 상태였다. 애플은 "전 세계 44개국에 걸친 애플의 모든 사무실, 매장과 데이터 센터는 100% 재생에너지로 가동된다."고 밝혔다.

애플이 10년 후 '탄소중립'을 선언했습니다.

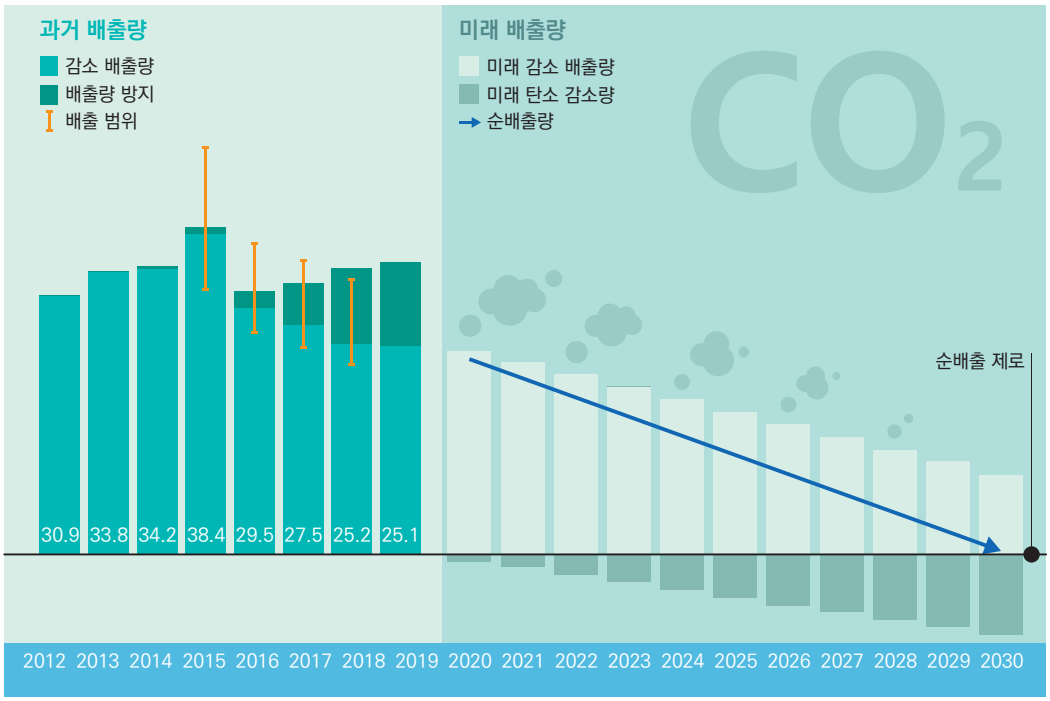
자료: 애플

디지털화와 함께 데이터 센터의 규모는 점차 방대해 지고 있다. 그렇다 보니 이를 운영하는 데엔 막대한 양의 전기가 쓰이고 있다. '굴뚝 없는 공장'처럼 데이터 센터는 온실가스 배출에 점차 큰 영향을 미치는 것이다. 이 데이터 센터를 재생에너지로만 가동하고 있다는 것이 애플의 설명이다. 앞으로 실제 물건을 만들어내는 제조업이 아닌 IT 기업도 '저감'에서 결코 자유롭지 않다는 것의 방증이기도 하다.

이 같은 계획은 단순한 선언에 그치지 않았다. 과거와 현재, 그리고 미래의 탄소 배출량을 분

석, 공개했다. 해마다 얼마나 많은 양의 전력을 사용했는지, 물은 얼마나 썼는지, 질소산화물, 황산화물 등은 얼마나 뿜어냈는지… 정확한 수치와 함께 기업이 환경에 끼친 영향을 공개해 왔다. 애플 역시 해마다 얼마나 많은 온실가스를 뿜어왔는지 '2020년도 경과 보고서'를 통해 상세히 밝혔다.

탄소 발자국은 2015년 자체 최고점을 기록한 이후 계속해서 줄고 있다.

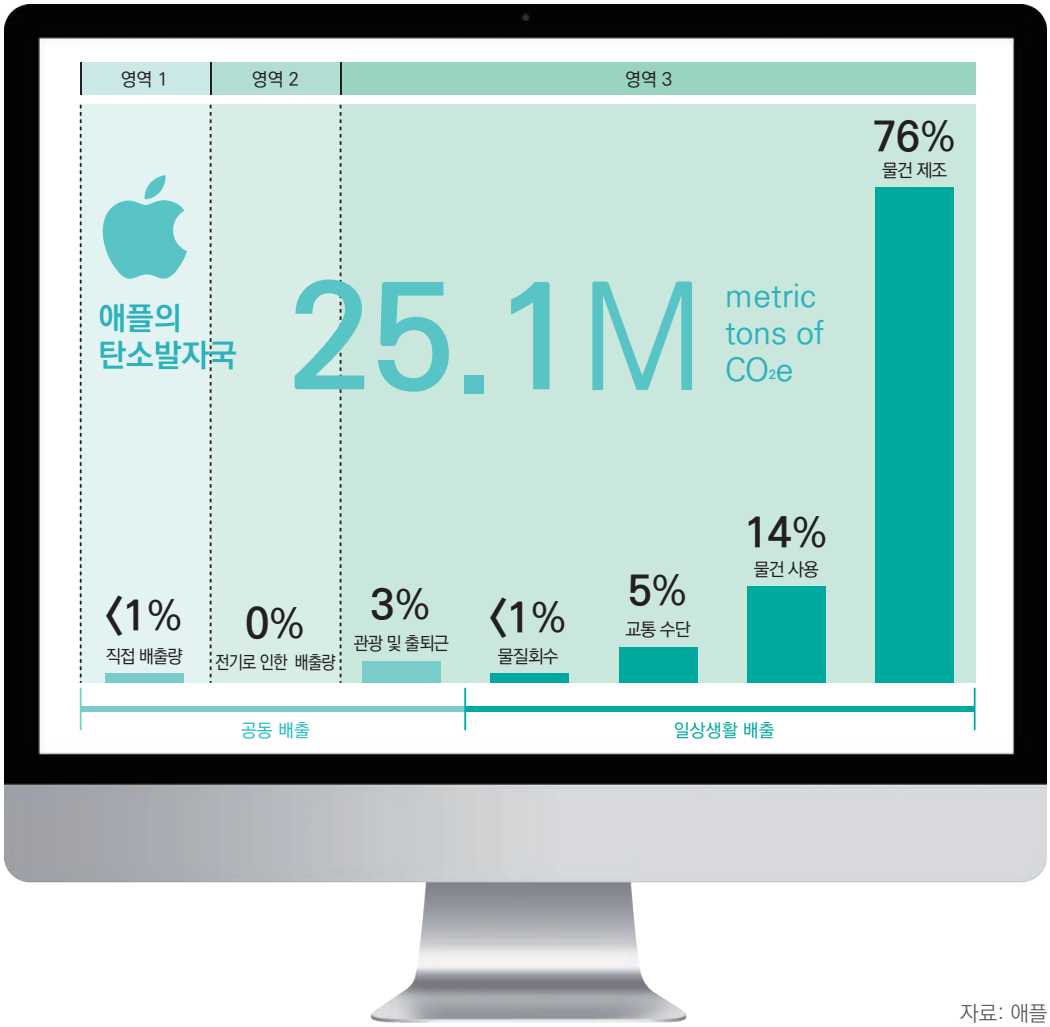


자료: 애플

위의 그래프는 애플의 '탄소 발자국'이다. 탄소 발자국은 직접적인 배출뿐 아니라 간접적인 배출까지 모두 포함한 개념이다. 부품을 만들고, 조립하고, 배송하는 모든 과정을 포괄하는 것이다. 2015년, 3,840만 톤의 최고치를 기록한 이후 이 탄소 발자국은 계속해서 줄어들어 2019년엔 2,510만 톤을 기록했다. 4년 전보다 35% 감축한 것이다.

그렇다면 이 2,510만 톤의 발자국은 어떻게 구성되어 있을까?

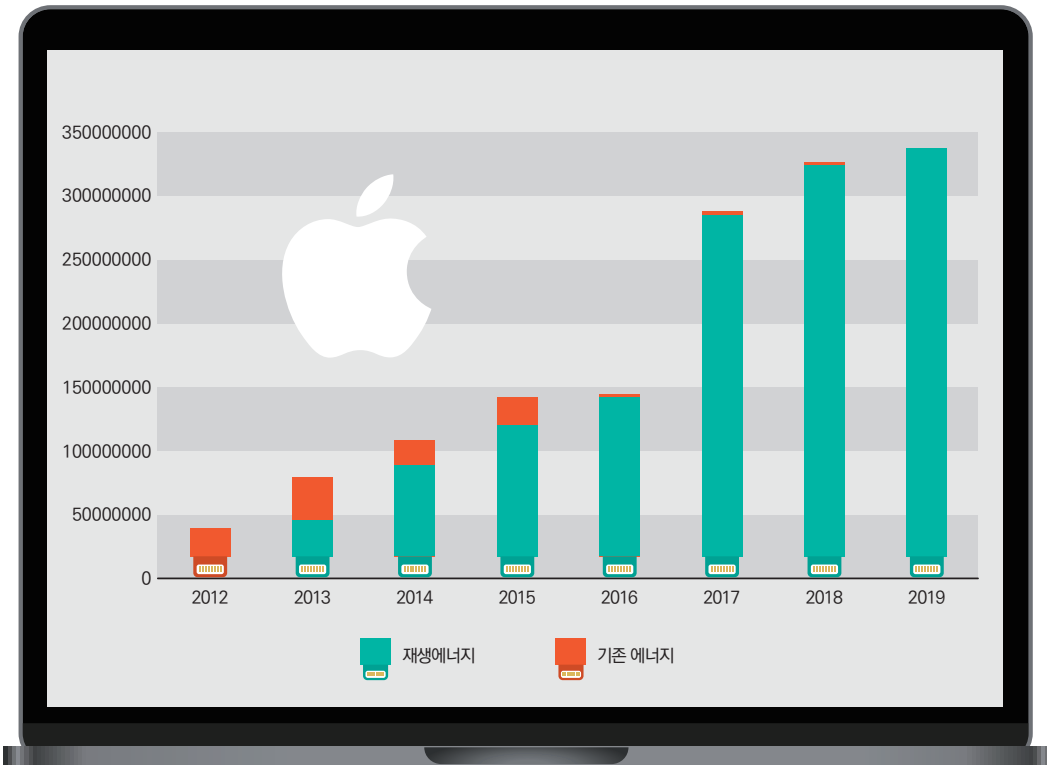
2019년, 애플의 탄소 발자국을 구성하는 요소들



자료: 애플

가장 눈에 띄는 것이 두 가지가 있다. 최고치와 최소치. 먼저, 전력 사용에서 탄소 배출량이 제로(0)라는 것은 큰 의미가 있다. 애플의 에너지 사용량이 줄어든 것은 결코 아니다. 일례로, 애플의 데이터 센터 전력 사용량을 살펴보면 2012년 이래로 사용량은 꾸준히 늘어왔다. 2019년, 애플의 전력 사용량은 7년 전의 9배 수준이다.

애플 데이터 센터 전력 사용량



단위: kWh, 자료: 애플

에너지 사용량이 이렇게 크게 늘어 왔음에도 2013년에 이미 재생에너지의 비중이 59%를 기록하며 절반을 넘었다. 2015년(85%), 2016년(98%), 2017년(99%), 2018년(99.8%) 해마다 비중이 커지다 2019년엔 비로소 100% 재생에너지만으로 운영됐다.

상황이 이렇게 되면서 배출량의 가장 큰 비중을 차지한 것은 제조 과정이었다. 사실상, 배출량의 대부분을 차지한다고 볼 수 있을 정도다. "배출량을 줄이겠다"는 말이 '제조 과정에서의 배출량을 줄이겠다'는 것을 의미한다. 더 쉽게 말해, 부품 납품 업체들로 하여금 '탄소중립'을 요구하겠다는 것이다. 탄소중립을 선언한 것은 애플이지만, 이는 당장 애플에 부품을 공급하는 우리 기업들이 직면한 과제인 셈이다.

지난 2015년, 애플은 '협력업체 청정 에너지 프로그램(Supplier Clean Energy Program)'을 출범시켰다. 이후 이 프로그램에 참여하는 협력 업체는 꾸준히 늘고 있다. 최근 애플이 밝힌 71개의 '재생에너지 100%' 협력 업체엔 우리나라 기업도 포함되어 있다. 대상에스티와 SK하

이닉스다. 대상에스티는 애플에 스마트폰 디스플레이용 점착테이프를 공급하고 있고, SK하이닉스는 메모리 반도체를 공급하고 있다. 이 두 기업은 지난해 4월, 애플이 이 프로그램의 업데이트 방침을 밝힌 이후 새롭게 '재생에너지 100%'를 약속했다.

단순히 부품을 대는 기업들의 지구를 생각하는 '선의'에만 기댄 프로그램일까? 아니다. 이미 자사의 에너지 사용량 100%를 재생에너지로 충당하고 있는 애플이 '제조 과정에서의 재생에너지 100%'를 선언한 만큼, 애플에 부품을 공급하려면 반드시 재생에너지만 사용해야 하는 '산업 생태계'가 구축된 것이다.

이 같은 변화는 애플뿐 아니라 다른 기업들에서도 감지된다. 마이크로소프트는 2030년까지 탄소중립이 아닌 탄소 마이너스를 달성하고, 2050년엔 회사가 설립된 1975년 이후부터 배출한 전체 탄소량을 모두 없애겠다는 계획을 발표했다. LG화학도 지난 30일, 지속가능경영 보고서를 내고 2050년까지 탄소중립을 실현하겠다고 밝혔다.

애플이, 마이크로소프트가, SK하이닉스가, 대상에스티가, LG화학이 유달리 지구를 아껴서 이런 선택을 했을까. 세계 각국은 탄소 국경세를 준비 중이다. FTA를 통해 관세 장벽이 없어진 상황에서 '탄소 배출량'은 하나의 새로운 장벽 또는 경쟁력으로 작용하게 된 것이다. 지속적으로 수익을 창출해야 하는 기업들에겐 선제적으로 온실가스 감축에 나서는 것이 경쟁에서 우위에 서는 것을 의미하게 됐다.

지난해 11월 25일, 첫 연재글을 시작으로 만 8개월을 채우고 9개월 차에 접어들었다. 이 시간 동안 기후변화, 기후 위기는 곧 경제 변화, 경제 위기를 의미한다. 기후변화는 더 이상 먼 미래가 아닌 오늘과 내일, '내일'로 찾아왔고, '우려'와 '전망'은 이제 하나, 둘 '현실'로 다가오고 있다. 생산 과정에서의 탄소 저감을 빠르게 이뤄내지 못한다면 우리나라 제품의 경쟁력은 그보다 더 빠르게 떨어질 것이다. 애플의 이러한 선언에 "우아, 역시 애플!"이라고 외칠 것이 아니라 '잠깐, 우린 어떡하지?' 심각하게 고민하고 행동에 나 서야 할 때이다.

출처: [박상욱의 기후 1.5] 사과 발(發) '탄소중립' 도미노의 시작
http://news.jtbc.joins.com/article/article.aspx?news_id=NB11962616
애플 'Apple Environmental Progress Report 2020'

환경 분야

- 2009년 폭염 발생 빈도가 적어 녹조 발생 감소, 폭염 및 한파 대응지원은 지속
  - 2009년 여름 녹조는 일사량 감소 등으로 지난해에 비해 감소
  - 폭염대응 지원단 발족, 대응용품 지급 및 행동요령 등 방문 설명
  - 한파취약가구 지원위해 전국 2,000가구 대상 방한물품 등 제공

건강 분야

- 기후변화에 따른 식중독 발생 증가 및 원인체 변화 등 예측
  - 평균기온이 1.2˚C 상승 시 식중독 발생률 약 6% 증가
  - 온도에 민감한 위해 세균·기생충에 의한 식중독과 농약사용 증가 등 화학물질에 의한 위해발생 증가

출처: 기후변화에 따른 식중독 발생 영향분석 및 관리체계 연구(한국보건산업진흥원, 2009)

- 폭염·한파 관련 「온열·한랭질환 응급실감시체계」 운영
  - 여름철 온열질환자 및 겨울철 한랭질환자 발생현황 감시 및 신속한 정보공유
  - 국민의 주의를 환기하고 예방활동을 유도하여 폭염·한파로 인한 건강 피해 최소화

국토교통 분야

- 다수의 복지·안전을 위해서 도시지역 재난관리 강화
  - 태풍 등 통상적 재난대응 범위에서 미래재난·복합재난 등 전주기로 범위 확대
  - 재해취약성 관리를 통해서 국토교통 기반시설의 적응·회복력 유지 및 성능개선

산업·에너지 분야

- 폭염·태풍 등 이상기후 현상강화로 전력수요 '18년에 이어 높은 수준 지속
  - 태풍 강타한 9월 가정·서비스 부문 전력 소비량 역대 최대치 경신
- 태풍 내습 전 전력설비 안전점검·보강 및 비상대응체제 통해 정전 및 설비 피해 최소화
- 「여름철 전력 수급 전망 및 대책」에 따른 안정적인 전력 수급 관리
- 태풍·집중 호우 대비 태양광 안전관련 제도개선과 취약 시설 안전점검 실시로 태양광 설비 피해 최소화
- 이상기후 발생 위험 높이는 온실가스 감축 위한 중장기적 정책 및 조치
  - '19년 「3차 에너지기본계획」 및 「에너지효율 혁신전략」

재난안전 분야

- (태풍·호우) 60년 만에, 한 해 7개의 태풍이 한반도에 영향
  - ▸ 북서태평양지역(6~9월)에서 총 16개의 태풍 발생, 발생 수는 평년과 같았으나, 국내 영향은 60년 만에 7개로 대폭 증가

    ※ 연평균(1981~2010년) 25.6개 태풍생성, 3.1개 우리나라 영향

    ※ 우리나라에 영향을 준 태풍 발생 순위: 1위(1959년 7개), 2위(1914년, 1933년, 1976년 6개)
  - ▸ '16.~'19년까지 최근 4년 연속* 9월에 태풍의 영향이 이어지고, 우리나라에 7개의 태풍 영향으로 역대 공동1 위 기록(태풍백서 기준)

    ※ '18년(제24호 짜미, 제25호 콩레이), '17년(제18호 탈림), '16년(제16호 말라카스, 제18호 차바)
- (태풍·호우) 강수량 및 강수일수는 비슷하나 국지성 집중호우 내림
  - ▸ 6~9월 전국 평균 강수량은 712.0㎜로 평년(886.0㎜) 대비 80.8% 수준

    ※ 제18호 태풍 '미탁' 내습 시 관측 이래 시간당최다강수량 기록(울진 104.5㎜)
  - ▸ 강수일수는 전국 평균 45.8일로 평년(46.3일) 대비 98.9%
  - ▸ 일강수 80㎜ 이상의 강수일수는 1.3일로 평년(2.1일) 대비 61.9%
  - ▸ '07년 이후 12년 만에 전국적으로 동시 장마시작(6. 26.)
  - ▸ 전국 평균 강수량은 평년 대비 82%로 6년간 적은 강수량 기록
  - ▸ 강수일수도 평년의 17.1일 보다 1.1일이 적은 16.0일 기록
- (대설·한파) 대설 감소, 한파 증가, 지역별 편차 크게 발생
  - ▸ (기상) 강수량은 평년(88.3㎜)의 75% 수준(66.5㎜), 기온은 평년(0.6°C) 보다 0.7°C 높음(1.3°C), 때때로 한파와 국지적 적설 발생

    ※ 강수일수 13.2일(평년 19.8일 대비 6.6일↓), 눈 일수 12.2일(평년 16.9일 대비 4.7일↓)
  - ▸ (특보) 대설은 10년 평균대비 35% 감소한 119회(64회 i), 한파는 10년 평균대비 20% 증가한 71회 발효(12회↑)
  - ▸ 대설특보 일수와 적설은 강원지역에 집중, 지역별 편차가 크게 발생

    ※ 강원(최심 적설 17.1㎝), 울릉도(최심 적설 31.3㎝)에 상대적 많은 적설 발생
- (가뭄) 최근 30년 전국 강수량은 감소, 평균 기온은 상승하는 추세
  - ▸ (강수량) 최근 30년 평균 강수량은 평년에 비해 11.8㎜ 감소

    ※ 최근 30년('88.~'17.) 평균 강수량: 1,295.9㎜ / 평년('81.~'10.) 강수량: 1,307.7㎜
  - ▸ (기온) 최근 30년 평균 기온은 평년에 비해 0.3°C 증가

※ 최근 30년('88.~'17. 평균기온: 12.8°C / 평년('81.~'10.) 기온: 12.5°C

▸시기별로 여름철 강수량은 감소하고, 기온은 증가하는 경향

▸(강수량) 비중이 큰 여름철 강수량은 감소, 특히 7~8월 강수량이 평년대비 적음

※ 최근 30년 강수량: (봄) 강수량 유지 경향, (여름, 겨울) 감소 경향, (가을) 증가 경향

▸(기온) 여름철 기온증가추세, 특히 '18년은 '73년 이래 가장 높음

- (폭염) 더위는 일찍 시작하였으며, 한여름에는 평년보다 덜 덥고 후반부에 강더위 지속

▸5월말~6월초에 평년대비 기온이 높았으나 장마가 7월 중순까지 지속되면서 상대적으로 낮은 기온을 보였으며, 장마 종료 후 7월 후반부터 8월 중반까지 폭염이 지속

▸올해 첫 폭염은 5월 24일에 발생하였으며, 1973년 이후로 18번째 빠른 폭염임

▸'19년 대비 폭염일수는 44%, 열대야 일수는 62% 수준으로 양호

▸'19년 전국 평균 폭염 일수는 13.8일, 열대야 일수는 11.0일로 '73년 이후 각각 15위, 5위를 기록, 전년(31.5일, 17.7일) 절반 수준으로 감소

▸5월과 8월의 폭염이 심화되었으며 장마전선과 태풍의 영향으로 6월·7월·9월의 폭염은 다소 완화, 열대야는 전반적으로 평년보다 심화

▸특히, 5월은 1973년 이래 2014년에 이어 두 번째로 심한 더위가 발생

▸(인명피해) '19년 온열질환자수는 1,841명, 사망자수는 11명

▸(연령별) 온열질환자 발생 건수는 50대, 40대, 60대 순이며, 사망자는 40대, 80대 순으로 발생

▸(성별) 온열질환자는 남자 1,432명(78%), 여자 409명(22%) 으로 외부활동이 많은 남자가 다수였으며, 사망자도 남자(6명)가 여자(5명)보다 많음

▸(장소별) 실외가 1,476명(80.2%) 이며, 특히 작업장 596명(32.4%), 논·밭 269명(14.6%), 길가 198명 (10.8%) 순으로 발생(실내 작업장: 125명, 6.8%), 사망자의 절반 이상이 논·밭에서 발생(6명, 55%).

출처: 2019 이상기후 보고서(기상청)

4차시

온실가스 감축을 위한 국제적인 협력, 탄소배출권 거래제

활동 개요

Let's Learn!

대상 중학교

개발 의도 (배경)

- 지금과 같은 일상을 그대로 살아간다면 온실가스 감축은 불가능하다. 국가 차원, 산업계 차원에서의 대대적인 감축과 함께 일반 시민들도 감축 시급성을 깨닫고 '감축의 생활화'에 나서야 한다.
- 학습자는 본 차시를 통해 기후위기를 막기 위한 온실가스 감축의 필요성을 인식하고, 탄소배출권 거래제에 대해 학습한다.

학습 목표

- 화석연료를 사용하면서 만들어진 산업 문명에 의존하고 있는 우리의 생활은 온실가스 감축을 위한 전환 과정에서 큰 영향을 받을 수밖에 없음을 안다.
- 탄소 배출권과 같은 국가·국제사회 차원에서 감축 노력이 진행 중임을 알고, 개인적으로 참여할 수 있는 연결 고리를 찾아본다.

성취 기준

[9환03-10] 기후변화 현상의 원인을 구분하고, 기후변화로 발생되는 갈등 해결 방안을 지구 공동체의 관점에서 토의한다.
[9환03-12] 기후변화에 대응하는 다양한 방안을 개인적 노력과 지역, 국가, 지구 차원의 사회적 노력으로 구분하여 제시하고, 이를 자신의 책임 및 역할과 관련 지어 발표한다.
[9사(일사)09-02] 수요 법칙과 공급 법칙을 이해하고, 이를 토대로 시장 가격이 결정되는 원리를 도출할 수 있다.

내용 영역

- 기후변화: 적응/완화

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
				★

소요 시간 45분

교수학습 방법

강의법	게임놀이	토의토론	조사	실험 실습	기타(직접 기입)
★	★				

교육 장소 교실

준비물 탄소 화폐(코인)

흐름도

도입 (05분)	▶ 탄소배출권 거래제가 무엇인지 알아본다. - 지구온난화를 막기 위한 기후변화 협약에 따라 교토의정서에서 도입된 '탄소배출권 거래제'가 무엇인지 학습한다.

흐름도	전개 (35분)	▶ 탄소 화폐(코인) 게임을 한다. - 학생별로 자신의 방학 생활을 표에 작성하고, 배출한 탄소 배출량을 활동별 탄소 배출권 표를 보고 계산한다. - 탄소배출권(15장), 탄소배출 감축 활동에 따른 배출권 최대 25장을 학생별로 나눠준다. - 배출권 사용 결과를 정리하여 부족한 집단과 남은 집단으로 나눈다. - 협상을 통해 탄소 화폐(코인) 거래를 진행한다.
	마무리 (05분)	▶ 탄소중립과 장기 저탄소 발전전략(LEDS)을 알아본다. - 2050년까지 탄소중립 달성이 필요한 이유와 세계 여러 나라가 어떤 선택을 하고 있는지 우리나라의 선택은 무엇인지 알아본다.

탄소 화폐(코인) 게임

방학생활

- 내가 생활한 방학동안의 활동을 생각해보고, 자기가 한 행동에 체크합니다.

항목	체크	항목	체크
식사		세면/샤워	
냉방/난방		군것질/간식	
인터넷/게임		스마트폰	
새 옷/새 신발 사기		자동차 이동 (등교, 학원 등 단거리)	
해외여행		국내여행	

활동별 탄소배출권(전체 60장)

항목	장수	항목	장수
식사	5장	세면/샤워	2장
냉방/난방	15장	군것질/간식	1장
인터넷/게임	4장	스마트폰	2장
새 옷/새 신발 사기	5장	자동차 이동 (등교, 학원 등 단거리)	4장
해외여행	15장	국내여행	7장

탄소배출권

▼ 탄소배출권

▼ 감축활동 배출권

탄소감축 활동에 따른 배출권(전체 25장)

항목	장수	항목	장수
나무심기	3장	샤워시간 줄이기	0.5장
절수기 사용하기	0.5장	채식하기	2장
냉방 온도 2도 높이기 난방 온도 2도 낮추기	3장	대기전력 소모 줄이기 (전기코드 뽑기 등)	2장
1회용품 사용 안하기	2장	도보 이동 (등교, 학원 등 단거리)	4장
중고제품 사용하기	3장	저탄소 마크 제품 사용하기	2장
음식물 남기지 않기	2장	안쓰는 조명 끄기	1장

나의 탄소감축 활동

- 내가 실천할 수 있는 활동을 생각해보고, 체크합니다.

항목	☑ 장수	항목	☑ 장수
나무심기		샤워시간 줄이기	
절수기 사용하기		채식하기	
냉방 온도 2도 높이기 난방 온도 2도 낮추기		대기전력 소모 줄이기 (전기코드 뽑기 등)	
1회용품 사용 안하기		도보 이동 (등교, 학원 등 단거리)	
중고제품 사용하기		저탄소 마크 제품 사용하기	
음식물 남기지 않기		안쓰는 조명 끄기	

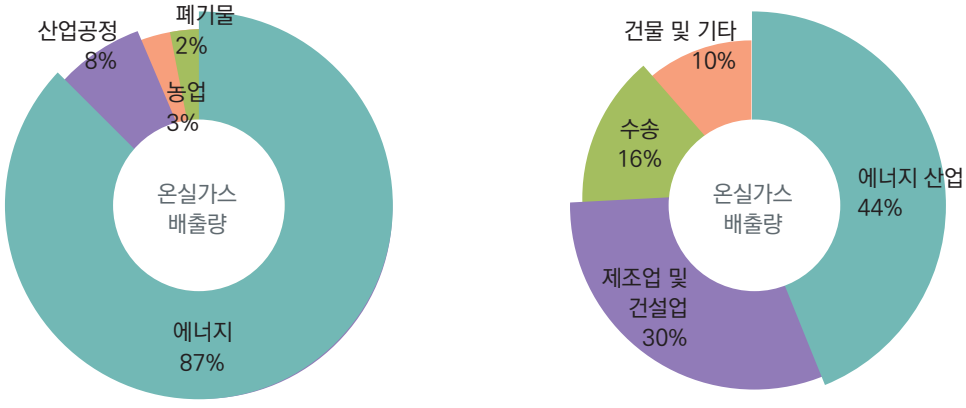
나의 배출권 사용 결과

사용한 배출권 (최대 15장)	사용한 감축 배출권 (최대 25장)	남은 배출권	부족한 배출권

우리나라 온실가스 배출량 및 감축 목표

2017년 기준 우리나라의 온실가스 배출량은 709.7백만t으로 세계 11위 수준이며, OECD 국가중에서는 5위 수준이다. 연료연소에 의한 1인당 CO_2 배출량은 11.8톤으로, 세계 18위, OECD 회원국 중 6위에 해당한다. 부문별 배출 비중을 보면, 에너지 부문이 전체 배출량의 87%를 차지하고 있다.

2017년 분야별 온실가스 배출량 비중



정부에서는 기후변화 대응을 위해 국가 온실가스 감축목표를 정하여 관리하고 있다. 2015년 6월에 2030년 배출전망치 대비 37% 감축을 목표로 UN에 제출한 바 있으나, 지난 2020년 12월에 경제성장 변동에 따라 가변성이 높은 배출전망치 방식의 기존 목표를 이행과정의 투명한 관리나 국제사회에서 신뢰가 높은 절대량 방식으로 전환하기로 하였다. 이에 2017년 배출량 대비 24.4% 감축을 우리나라의 2030년 국가 온실가스 감축목표로 갱신하여 UN에 제출하였다. 이후 2021년 4월에 개최된 세계기후정상회의와 5월 서울에서 개최된 P4G 정상회의에서 다수국가와 국제기구 대표들의 각국 탄소중립에 대한 강력한 이행 촉구, 미국, 영국, 일본 등 주요 국가들이 감축목표를 높여 발표하였으며, 우리나라도 2030 온실가스 감축목표(NDC) 상향 수준을 '2021년 11월까지 결정·발표하고 UN에 제출했다.

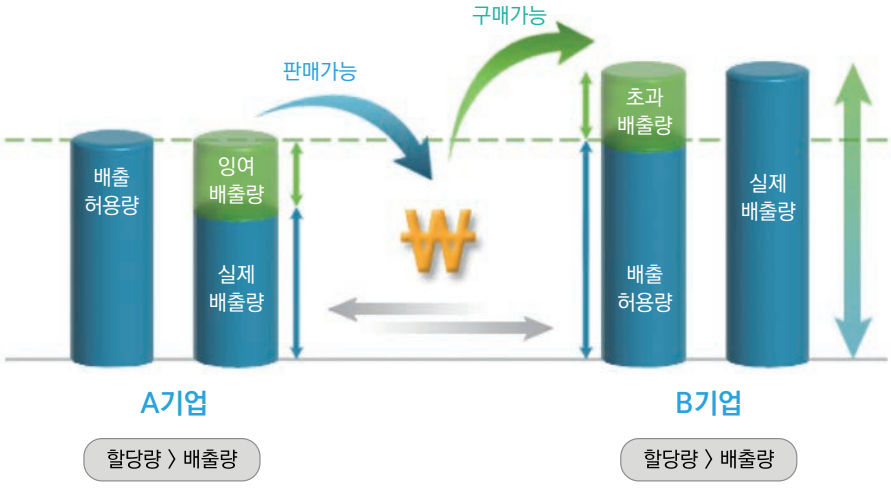
● 감축목표 설정방식 비교

	절대량 방식	배출전망치(BAU) 방식
2030 목표	● '17년 배출량 대비 24.4% 감축	● '30년 배출전망치(BAU) 대비 37% 감축
채택 국가	● 유럽, 미국, 일본 등 100여 개국	● 멕시코, 터키, 에디오피아 등 80여 개국
특징	● 명확한 감축의지 표명 ● 이행과정의 투명한 관리·공개 ● 국제사회 높은 신뢰	● 경제성장 변동에 따른 BAU 가변성 ● 국제사회 낮은 신뢰

배출권 거래제(ETS: Emission Trading System)

온실가스 배출권 거래제(GHG ETS, Green House Gas Emission Trading Scheme)는 교토의정서를 통해 처음 국제사회에 소개됐다. 1997년 12월 일본 교토에서 기후변화협약 당사국총회가 열렸고, 그 총회의 결과 국제사회가 온난화를 막기 위한 구체적 이행 방안이 나왔는데, 이중엔 ETS(Emission Trading Scheme, 배출권 거래제)도 있었다.

이는 대규모 온실가스 배출사업장이 정부로부터 온실가스 배출허용량을 할당 받아 그 범위 내에서 감축을 하되, 할당량이 남을 경우에는 다른 기업에게 남은 할당량을 판매할 수 있고, 부족한 경우 다른 기업으로부터 구입하도록 하는 것으로, 효과적인 온실가스 감축의 이행을 관리하는 제도다. 배출권거래제를 통해 업체는 허용량 범위 내에서 배출활동을 하면서 온실가스를 감축하되, 한계감축비용이 배출권 가격보다 높을 경우에는 거래를 선택할 수 있게 되어 사회 전반적으로는 감축비용이 저감되는 효과가 발생하게 된다.



우리나라에서는 2015년부터 시행되고 있으며, 정부에서는 국가온실가스 감축목표를 효과적으로 달성하기 위하여 매 계획기간[1]을 정하여, 기준연도(할당년도 이전 3개년) 배출량 기준으로 기업에 배출권을 사전 할당하고 있다. 이에 따라 여유기업은 온실가스 감축분 또는 잉여 배출권을 판매하고, 부족기업은 직접 감축하거나 부족 배출권을 시장에서 구입하게 된다. 기업은 해당 연도 배출량에 상응하는 배출권을 다음해 6월말까지 정부에 제출하며, 부족하게 제출한 업체에 대해서는 과징금이 부과된다.

1) (1기) '15년~'17년, (2기) '18년~'20년, (3기) '21년~'25년

배출권 거래 시장은 제도 시행 초기에는 불확실성 등에 따른 관망세로 거래가 적었으나, 업체 경험이 축적되고 제도가 정착되며 매년 거래량이 약 두배씩 증가하여, 2015년 573만 톤에서 2019년 3,808만 톤으로 거래량이 증가하였고, 거래금액은 2015년 631억 원에서 2019년 1조529억 원으로 증가하였다.

● 연도별 배출권 가격

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년 (~'20. 6)
평균가격**(원/톤)	12,028	17,367	21,131	22,347	29,126	35,556
6년 평균가격	22,926					

● 해외 배출권거래제 운영 현황

구분	EU ETS 3기	WCI (Western Climate Initiative)	
		캘리포니아	퀘백
지역	EU 비회원국 포함 총 31개국	미국 캘리포니아	캐나다 퀘백
		'14년 이후 시장 연계	
적용 대상	발전, 산업, 항공	발전, 산업, 수송, 건물	발전, 산업, 수송, 건물
	11,000개 이상 발전 및 산업·제조시설	450개소 ('15~'17기준)	132개소 ('17년 기준)
가격 ('18. 4)	16 USD/톤	15 USD/톤	

탄소중립과 장기 저탄소 발전전략(LEDs) 살펴보기

IPCC 1.5℃ 특별보고서

2015년 제21차 유엔기후변화협약당사국 총회에서 파리협정 채택 시, 1.5℃ 목표의 과학적인 근거 마련을 위해서 IPCC[1)]에 1.5℃ 보고서 작성을 요청하였고, 2018년 10월 인천 송도에서 열린 제48차 IPCC 총회에서 회원국 만장일치로 1.5℃ 특별보고서가 채택되었다. 보고서의 핵심내용은 산업화 이전 대비 지구 평균 온도 상승폭을 1.5℃로 제한하기 위해서는 전 지구적으로 2050년까지 탄소중립을 달성하여야 한다는 것이다.

※ 특별보고서 세부내용(1.5℃ 제한의 필요성 등)은 1차시 [참고 자료 1] 참조

※ 탄소중립이란?

- 온실가스 배출을 최대한 감축하고, 남은 온실가스는 흡수(산림)·제거 등을 통해 순수하게 배출되는 양을 '0'으로 만드는 것

장기 저탄소 발전전략과 세계 각국의 탄소중립 선언

파리협정에 서명한 나라들은 2020년까지 '장기 저탄소 발전전략(Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies, LEDS)'을 UN에 제출해야 한다. LEDS는 법적 구속력이 있지는 않지만 각국의 기후변화 대응의 정치적 의지를 가늠하는 지렛대라고 할 수 있다. 2020년 10월 기준으로 19개국이 LEDS를 제출하였다. 기후변화 대응 의지를 확고히 하기 위해 '17년 스웨덴을 시작으로 '19년 영국, 프랑스, EU 등의 탄소중립 선언에 이어 '20년도에는 우리의 주요 수출 경쟁국인 중국과 일본이 탄소중립을 선언하였다. 이어서 미국이 파리협정에 재가입하는 등 우리나라('20. 10)를 포함하여 총 26개국이 탄소중립을 공식 선언하였고('21. 3), 공식선언과 별개로 2050 탄소중립을 목표로 한 '기후 목표 연합'에 가입한 국가는 120개국에 달하여, '탄소중립'은 국가 경쟁력을 위해서라도 선택이 아니라 필수 과제가 되었다.

1) Intergovernmental Panel on Climate Change: 기후변화에 관한 정부 간 협의체(UN 산하)

● 2050 탄소중립 공식선언 주요 국가('21. 5.)

국가	형식(시점)	비고
영국	법제화('19. 06)	'50년 탄소중립
프랑스	법제화, LEDS('19. 11)	'50년 탄소중립
EU	LEDS('20. 03)	'50년(법제화 추진 중) 탄소중립
캐나다	정상 발표('19. 10)	'50년 탄소중립
중국	정상 발표('20. 09)	'60년 탄소중립
일본	정상 발표('20. 10)	'50년 탄소중립
핀란드	LEDS('20. 10)	'35년 탄소중립
남아공	LEDS('20. 09)	'50년 탄소중립
한국	LEDS('20. 12)	'50년 탄소중립
미국	정상 발표('21. 01)	'50년(행정명령), '30년(50% 감축 등)

우리나라의 탄소중립 선언과 LEDS

IPCC 1.5℃ 특별보고서 채택과 탄소중립을 위한 국제적 움직임의 영향으로 우리나라에서도 탄소중립의 필요성에 대한 공감대가 확산되었다. 2020년 7월 7일에는 17개 광역지자체 및 63개 기초지자체가 자발적으로 연대를 구성하여, '탄소중립 지방정부 실천연대'를 발족하고, 2050 탄소중립 목표 지향을 선언하였다. 2020년 9월 24일에는 국회에서 기후위기비상대응 촉구 결의안이 채택되었으며, 2020년 10월 28일 국회 시정연설에서 대통령은 2050년 탄소중립 목표를 선언하였다.

이에 이어 정부는 2020년 12월 30일에 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위한 우리나라의 장기 비전과 국가 전략이 포함된 '2050 장기 저탄소 발전전략(LEDS)'을 유엔기후변화협약 사무국에 제출하였다.

탄소중립 지방정부 실천연대 발족식, 2020년 7월 7일

선언내용

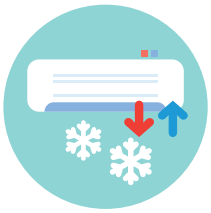
탄소중립 달성을 목표로 다음 6개의 내용으로 구성

① 2050년까지 탄소중립 실현
② 기후위기로부터 안전하고 행복한 삶을 영위하도록 적극 노력
③ 탄소중립 사업 발굴과 지원을 최우선 추진
④ 지역의 지속가능한 발전과 탄소중립이 함께 실현될 수 있도록 노력
⑤ 국민적 합의와 공감대 확산을 위해 상호 소통·공동 협력
⑥ 탄소중립을 위해 선도적인 기후행동 실천 확산

생활 속의 온실가스 저감 방법은?

➡ 다음은 가정에서 온실가스를 줄일 수 있는 실천 방법이다.

에너지



난방온도 2℃ 낮추고
냉방온도 2℃ 높인다.

물은 받아서
사용한다.

텔레비전 시청 시간을
줄인다.

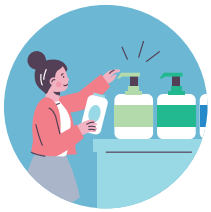
디지털 탄소발자국을
줄인다.

소비

음식은 싹싹 먹어
음식물 쓰레기를
줄인다.

과대포장된 제품은
사지 않는다.

재활용하기 쉬운
재질·구조로 된 제품을
구매한다.



새활용, 재활용
제품을 이용한다.

소비 수송 자원순환

중고제품을 이용하고,
안 쓰는 제품은 나눈다.

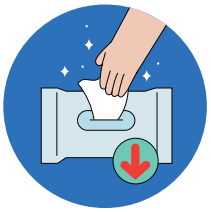
가까운 거리는 걷거나
자전거를 이용한다.

재활용을 위해
분리배출을 실천한다.

종이 타월, 핸드
드라이어 대신 개인
손수건을 사용한다.

자원순환 흡수원

1회용 컵 대신 다회용
컵을 사용한다.



물티슈를
덜 쓴다.

탄소흡수원의
중요성을 공부하고,
보호한다.

기념일에
내(가족)
나무를 심어본다.

5차시

기후가 달라지면 감염병도 달라진다?

활동 개요

Let's Learn!

대상	중학교
개발 의도 (배경)	• 코로나19는 물론 사스, 메르스, 에볼라, 지카 등 신종 감염병은 환경의 변화와 생태계 파괴와 관련이 있으며, 기후변화는 환경과 생태계 변화에 영향을 주고 있다. • 본 활동을 통해서 학습자들은 각종 감염병의 위험을 인식하고, 이를 막기 위한 기후변화 대응, 온실가스 저감 노력이 시급하다는 것을 공감하게 될 것이다.
학습 목표	• 과거 사례에 기반해 기후의 변화가 인간의 건강이나 안전과 밀접하게 연결되어 있음을 알 수 있다. • 앞으로, 신종 감염병의 위협이 기후변화로 더 커질 수 있으며, 이에 대응하기 위해 온실가스 저감의 노력이 시급하다는 것을 알 수 있다.
성취 기준	[9환03-07] 지구의 환경 변화에 대한 사례 분석을 통해 지구 환경과 지구 환경 문제의 특성을 유형화한다. [9환03-12] 기후 변화에 대응하는 다양한 방안을 개인적 노력과 지역 , 국가, 지구 차원의 사회적 노력으로 구분하여 제시하고, 이를 자신의 책임 및 역할과 관련 지어 발표한다.
내용 영역	• 기후변화: 현상/영향/적응

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
	★	★	★	

소요 시간	45분
교수학습 방법	강의법 ★ / 게임놀이 / 토의토론 / 조사 / 실험 실습 / 기타(직접 기입)
교육 장소	교실
준비물	없음

흐름도	도입 (05분)	▶ 인수공통감염병을 알아본다. - 콜레라와 같은 과거의 전염병과 다른 점이 무엇인지를 안다.
	전개 (30분)	▶ 기후가 달라졌을 때=우리가 많이 아팠을 때 (10분) ▶ 기후변화로 인한 신종 감염병... 전문가들의 경고 (20분) - 전문가들의 의견을 통해 기후변화로 신종 감염병이 등장할 가능성이 커진다는 사실을 알아본다.
	마무리 (10분)	▶ 적응만이 해결책? 감축은 '필수 조건' (10분) - 기후변화를 막기 위해서는 적응을 넘어서 획기적인 감축이 필요함을 이해한다.

※ 기후변화와 감염병 사이에 직접적인 상관관계에 관한 연구는 아직 부족하지만, 전문가들은 관련이 있을 것으로 추측하고 있다. 인수공통감염병의 주된 원인으로 서식지 파괴로 인한 인간과 동물이 가까워지면서 바이러스에 노출될 가능성이 커졌다. (기후변화는 전염병을 증가시킬 수 있는 요인이다.)

예방적 대응 방법 알아보기

학교 학년 반 이름:

다음의 표를 통해 기후변화와 인수공통감염병의 관련성에 대해 생각해봅시다.

기후 요인	곤충	병원균	척추동물(쥐)
기온 증가	- 생존력 감소 - 일부 병원체의 생존력 변화 - 개체수 증가 - 사람과 접촉 증가	- 부화율 증가 - 전이계절 증가 - 분포 증가	- 따뜻해진 겨울은 쥐의 생존에 유리
강수량 감소	- 더러운 물이 고여 있어 모기가 알을 낳을 곳이 증가 - 지속된 가뭄으로 달팽이 수 감소	- 영향 없음	- 먹이의 감소로 개체수 감소 - 사람주변으로 이동하여 접촉 기회 증가
강수량 증가	- 개체수의 질과 양이 증가 - 습도의 증가로 인한 생존력 증가 - 홍수에 의한 서식지 제거 기능	- 직접적 영향에 대한 증거 없음 - 일부자료에 의하면 말라리아 병원균이 습도와 관계있음	- 먹이의 증가로 개체수 증가 가능성이 있음
홍수	- 홍수는 매개체의 서식지와 전이에 변화를 초래 - 서식지를 쓸어내림	- 영향 없음	- 동물의 배설물에 오염될 수 있음
해수면 상승	- 홍수가 소금물에서 알을 낳는 모기가 많아지는 것에 영향을 줌.	- 영향 없음	- 영향 없음

자료: IPCC, 2001: 박윤형 외, 2006.

인수공통감염병의 예방적 대응 방법에는 무엇이 있을지 적어봅시다.

감염병, 인수공통감염병이란?

감염병

병원체(세균 또는 바이러스 등)가 우리 몸에 들어와 몸 속에서 이 병원체의 수가 늘어나는 현상을 우리는 '감염'이라고 부른다. 그리고 이 감염으로 인해 병이 나는 것을 '감염병'이라고 한다. 당장 코로나19나 메르스, 사스와 같은 것뿐 아니라 독감, 식중독 등도 감염병에 해당한다.

인수공통감염병

이 중 인수공통감염병의 경우, 사람(인, 人)과 동물(수, 獸) 사이에 서로 옮겨질 수 있는 병원체에 의한 전염성 병을 일컫는다. 아무래도 이런 개념 자체가 우리 인간을 중심으로 만들어지다 보니 주로 동물이 사람에게 옮기는 질병을 이렇게 부른다.

중요한 것은, 바로 전체 감염병 중 이런 인수공통감염병이 70%에 이른다는 것이다. 당장 법정 인수공통감염병에는 O-157로 알려진 장출혈성대장균감염증, 일본뇌염, 광견병이라고도 부르는 공수병, 탄저병, 사스(SARS, 중증급성호흡기증후군), 결핵 등이 있다.

최근 인류를 덮친 메르스(MERS, 중동호흡기증후군)나 코로나19 등도 마찬가지로 인수공통감염병이다.

기후가 달라졌을 때 = 우리가 많이 아팠을 때

기후변화와 감염병 창궐의 상관관계

기후학자들은 기원전 400년부터 기원후 200년까지 600년 동안을 '로마 온난기'라 부른다. 로마가 전성기를 맞았던 시기와 대체로 겹치기 때문에 이렇게 부른다. 이 시기 기후가 안정돼 농업 생산력이 좋아졌다. 이에 힘입어 로마는 서양에서, 한나라는 동양에서 제국을 넓혔다. 그 결과 기원후 200년경에 전 세계 인구가 2억 5,000만 명이 되었다. 곳곳에서 도시가 발달했고, 로마와 한나라는 실크로드로 서로 연결되었다. 그러나 당시 식량 생산이 좋았다 해도 대부분의 사람은 넉넉하게 먹지 못했다. 인구 증가가 식량 생산 증가를 늘 앞질렀기 때문이다.

'로마 온난기'를 뒤이은 기원후 200년 이후부터 800년까지 한랭 건조한 시기가 왔다. 식량 생산량이 크게 줄었다. 대부분 사람이 영양 상태가 나빠져 질병에 쉽게 걸렸다. 인구밀도가 높은 도시는 감염병을 키우고 삽시간에 퍼지게 하는 발판이 되었다.

기원후 160년 이후 로마와 한나라에서 천연두가 유행했다. 220년 한나라가 붕괴한 이후, 실크로드를 통해 들어온 흑사병으로 중국 인구가 200년에 약 6,000만 명에서 600년에 이르면 약 4,500만 명으로 줄어들었다. 251~256년 사이에는 로마에서 처음으로 홍역이 발생하여 하루에 최대 5,000명이 사망하는 경우도 있었다. 유럽 전체로 넓히면 당시 전 세계 인구의 5%인 약 1,000만 명이 사망하였다.

중세 온난기가 800년부터 시작하여 1300년까지 이어졌다. 농업 생산력이 좋아져 전 세계 인구가 800년 2억 명에서 1300년이면 4억 명으로 2배 증가했다. 이때도 도시가 발달하고 교역이 확대되었다.

1300년에서 1800년대까지는 소빙하기였다. 추울 뿐만 아니라 날씨 변동이 심해 가뭄과 폭풍우가 자주 일어났다. 이는 기온 하강 자체보다 농작물에 더 심각한 피해를 일으켰다. 기근으로 대부분의 사람이 영양이 좋지 않은 상태에서 흑사병이 400년 동안 파상적으로 발생하였다. 유럽에서 2,500만 명이, 중국에서 3,000만 명이 1300년에서 1400년 사이에 죽었다.

아메리카 인디언들이 1492년에서 1700년 사이 유럽인들이 가져온 감염병에 면역성이 없어 절멸되다시피 했다는 사실은 잘 알려져 있다. 인구의 85~90%인 5,000만 명이 감소하였다. 중국에서는 명나라 말기 1618년부터 1643년까지 가뭄이 계속되어 굶어서 죽는 사람이 많았고 대규모 유민이 발생했다. 그 당시 감염병으로 중국 인구가 2,000만 명 정도 줄었다.

과거 한랭 건조기에 약 0.4℃, 그리고 소빙하기에 약 0.6℃가 수백 년에 걸쳐 자연적으로 내려가는 것만으로도 식량 생산량이 크게 줄었다. 그 한랭 건조기와 소빙하기 직전, 다시 말해 온난했던 시기에 인구가 증가하고 도시가 발달했으며 도시 간 연결도 확대되었다. 이것이 기

후 변화 상황에서 더 큰 위기를 일으키는 여건이 되었다.

1500년 이후에도 감염병으로 많은 사람이 사망했지만, 세계 인구는 줄지 않았다. 무역이 발달해 식량이 넉넉한 곳에서 모자란 곳으로 보낼 수 있게 되었고 산업혁명, 의료 발달과 농업혁명이 일어났기 때문이었다. 지난 100년 동안에도 인간 활동으로 지구 평균 기온이 1℃ 상승하여 기상 재난이 늘었지만, 인구는 기하급수적으로 증가하여 77억 명에 도달했다. 현재는 매년 거의 1억 명이 증가하고 있다.

오늘날 세계는 과거와는 비교가 안될 정도의 엄청난 인구, 복잡한 도시와 이를 연결하는 더 단단한 단일 체계로 통합되었다. 복잡성과 연결망이 증가할수록 그 구조 안에서 에너지 흐름을 조직하고 통제하는 것이 어려워져 한곳에서 발생한 문제가 전체 체계를 무너뜨리기 쉬운 상태가 되었다. 이처럼 복잡성이 증가할수록 취약해지므로 문명은 승리해 간다기보다는, 이것을 주고 저것을 얻는 거래에 가깝다고 할 수 있다.

출처: 조천호 박사 [기후변화와 감염병] 방역 선진국 한국은 기후대응 후진국, 방역 후진국 유럽은 기후대응 선진국
https://www.yeosijae.org/research/963

➜ 영상 자료-기후가 달라졌을 때=우리가 많이 아팠을 때 관련 자료

출처: JTBC 소셜라이브 이브닝 (2020.08.27 방송)
https://youtu.be/Zq9ZO4dZZvY

기후변화로 인한 신종 감염병... 전문가들의 경고

최근 100년간 유행한 주요 감염병

	사망자
1918~1920 **스페인독감**	2000만명
1957~1958 **아시아독감**	200만명
1968~1969 **홍콩독감**	100만명
2009 **신종플루**	28만 4000명
2020~현재 **코로나19**	82만 2606명

오늘 27일 오전 9시 기준

코로나19 확진자가 좀처럼 증가세를 멈추지 않고 있다. 상상도 하지 못한 일이 현실로 찾아와 버렸다. 그것도 우리가 살고 있는 나라, 우리가 살고 있는 도시 안에서 일어난 일이다. 꽤나 오래전부터 전문가들은 기후변화와 새로운 감염병의 연관성에 주목했고, 경고를 해왔다. 기후변화를 담당하는 주무부처뿐 아니라 현재 코로나19 상황의 컨트롤타워인 질병관리본부도 말이다.

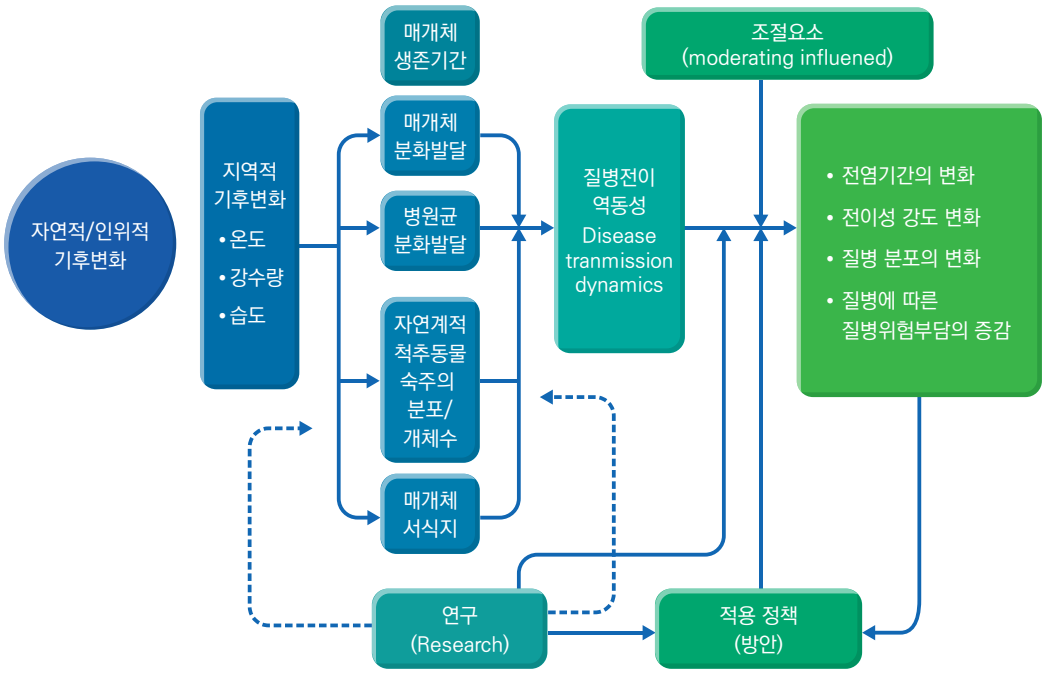
이 둘이 어떻게 관련됐을까? 그로 인해 일어날 어떤 부분들을 걱정했던 걸까?

2009년, 한국보건사회연구원

전 세계적으로 발생하는 기후변화는 사회적 변동, 인구이동, 경제적 고난, 환경적 퇴화 등의 심각한 문제들을 초래하고 있으며, 인간의 건강 또한 온도나 강수 패턴, 폭풍, 홍수, 가뭄, 해수면 상승 등 기후변화에 의해 영향을 받고 있는 것이 사실이다. 특히, 기후변화로 날로 증가하고 있는 기후의 변이성은 매개체에 의한 전염성 질환에도 영향을 미칠 수 있기 때문에…

한국보건사회연구원의 김동진 당시 선임연구원은 IPCC(기후변화에 관한 정부간 협의체)가 내놓은 보고서를 인용하며 기후변화가 전염병에 영향을 미친다고 설명했다. 이번 코로나19가 박쥐에서 인간으로 옮겨온 것처럼 전염병은 '매개체'를 통해 질병이 옮겨진다. 생태계 안에서 숙주, 매개체, 병원체가 상호작용을 하는 것이다. 그런데 기후변화는 바로 이런 상호작용에 있어 '환경의 변화'를 의미한다.

기후변화와 전염병 발생 추이와의 상관관계



주: 1) 조절요소란 생활수준, 공공보건체계, 외국 여행 등 기후변화 관련 질병의 결과에 영향을 미치는 비기후적 요소를 말함.
2) 적응(adaptation) 정책이란 백신개발, 전염병 조기경보체계의 개발 등 전염병 발생으로 인한 건강피해를 줄일 수 있는 정책방안들을 의미함.

자료: Gubler, DJ. et al., (2001). Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector and rodent-borne diseases, Environ,Health Perspect, 109 Suppl, 2, 223~233. / 한국보건사회연구원

참고 자료 03

기후변화로 온도나 강수량, 습도가 달라지면 "매개체의 생존 기간이나 성장 발달, 병원균의 성장 발달, 숙주의 분포와 개체 수, 그리고 매개체의 서식지에 영향을 미치게 되며, 그로 인하여 전염병의 전파 시기 및 강도, 질병 분포의 변화를 초래하게 된다."라는 것이다.

예를 들어 보면, 기온이 높아지면 모기(매개체)뿐 아니라 병원균의 개체 수가 늘어나는 등 생태적인 변화가 발생한다. 가뭄에 더 이상 비 구경이 어려워진 것처럼 강수량이 줄면 쥐(매개체)의 서식지에 변화를 부르고, 반대로 예상치 못한 집중호우 등으로 강수량이 늘면 쥐의 개체 번식에 영향을 미친다. 갑작스러운 폭우에 홍수가 나면 단순히 매개체의 서식지에만 변화가 생기는 것이 아니다. 흘러넘친 물로 인해 우리의 신체나 우리가 먹는 물, 음식 등이 쥐와 같은 설치류의 배설물에 노출되기 쉬워진다.

● 매개체 관련 질병전파에 대한 기후요소의 영향

기후 요인	곤충	병원균	척추동물(쥐)
기온 증가	- 생존력 감소 - 일부 병원체의 생존력 변화 - 개체수 증가 - 사람과 접촉 증가	- 부화율 증가 - 전이계절 증가 - 분포 증가	- 따뜻해진 겨울은 쥐의 생존에 유리
강수량 증가	- 더러운 물이 고여 있어 모기가 알을 낳을 곳이 증가 - 지속된 가뭄으로 달팽이 수 감소	- 영향 없음	- 먹이의 감소로 개체수 감소 - 사람주변으로 이동하여 접촉 기회 증가
강수량 증가	- 개체수의 질과 양이 증가 - 습도의 증가로 인한 생존력 증가 - 홍수에 의한 서식지 제거 기능	- 직접적 영향에 대한 증거 없음 - 일부자료에 의하면 말라리아 병원균이 습도와 관계있음	- 먹이의 증가로 개체수 증가 가능성이 있음
홍수	- 홍수는 매개체의 서식지와 전이에 변화를 초래 - 서식지를 쓸어내림	- 영향 없음	- 동물의 배설물에 오염될 수 있음
해수면 상승	- 홍수가 소금물에서 알을 낳는 모기가 많아지는 것에 영향을 줌	- 영향 없음	- 영향 없음

자료: IPCC, 2001; 박윤형 외, 2006. / 한국보건사회연구원

상황이 이렇다 보니 기후변화 주무부처인 환경부는 지난 2005년, 한 보고서를 통해 '법적 전염병 환자 발생 추이와 기후변화의 관련성'을 분석했다. 말라리아, 쯔쯔가무시, 세균성이질, 신증후군출혈열, 렙토스피라증, 발진열, 뎅기열, 리슈마니아증, 비브리오패혈증 등은 현재 환자 발생이 늘어남과 동시에 기후변화와의 관련성 또한 높은 것으로 나타났다.

이 보고서에서는 "기후변화로 인한 건강 영향 적응 정책의 중요성은 영국, 미국, 캐나다, 일본, 독일 등 이미 많은 나라에서 인지하고 있으며 그에 따른 적응 정책을 수립, 시행 중에 있다."고 밝혔다. 이 보고서가 발표된 것이 2009년. 사례가 소개된 나라 중 정책 수립이 가장 이른 곳은 미국(2000년)이었고, 독일은 2005년, 일본도 2008년엔 기후변화가 건강에 미치는 영향을 평가하고 대책을 세우는 계획을 내놨다.

2011년, 국립수의과학연구원

최근 사람에서 사스, 신종플루 등 신종 전염병 세계적으로 발생되고 있으며, 최근 사람에서 발생한 신종 전염병 중에서 75% 이상이 동물에서 유래하는 인수공통전염병이다. 특히 이들 병원체는 새로운 환경 변화에 적응하는 특성을 나타내고 있다.

국립수의과학연구원의 정석찬 연구관도 기후변화와 인수공통전염병에 대한 분석 결과를 발표했다. 세계보건기구(WHO)가 기후변화로 물이나 식품을 통해 확산되는 식품 매개성 질병(살모넬라, 병원성 대장균 등)이 늘어나는가 하면, 질병을 매개로 하는 동물 분포의 변화를 가져올 것이라 내다봤다는 게 설명이다.

기후변화로 자연환경에 변화가 생기고, 이를 통해 매개 동물이나 병원체의 성장 속도나 개체수에 영향을 미친다는 것은 앞선 한국보건사회연구원의 설명과 궤를 같이 한다. 정 연구관은 여기에 더해 기후변화를 부추기는 우리의 행위 자체도 전염병에 영향을 미친다고 설명했다.

"산림자원의 훼손, 땅의 경작 등으로 지표수 제공으로 인한 매개체(모기, 쥐 등)의 번식 증가, 화학물질의 오염에 의하여 내분비 호르몬의 영향으로 숙주 동물(인간 등)의 면역 기능 약화, 국제 교류의 증가에 따른 매개 동물 및 병원체의 이동이 증가함에 따라서 매개 전염병 등 인수공통전염병 발생 증가의 위협 요인이 되고 있다."는 것이다.

기후변화로 인해 실제 이미 늘어났거나 증가될 것으로 예측되는 전염병으로도 마찬가지 질병들을 꼽았다. 일본뇌염이나 라임병, 쯔쯔가무시병 등 '매개체 전염병', 콜레라나 비브리오 등의 '수인성 전염병', 살모넬라와 같은 '식품 매개 전염병'뿐 아니라 렙토스피라병 등 설치류에 의한

전염병이나 인플루엔자 같은 철새 및 야생동물 이동에 따른 질병 등 말이다.

"기후의 변화에 따라 홍수나 가뭄이 자주 일어나고 설치류, 철새 등 야생동물의 수와 분포가 크게 변화할 것이며 이에 따른 병원체의 생존 범위 및 기간 등이 달라질 수 밖에 없다.", "우리나라에서 아직까지 쯔쯔가무시병 등 일부 전염병을 제외하고는 기후변화와 관련하여 전염병 발생 증가 징후는 두드러지게 나타나지 않은 것으로 생각되지만 우리나라도 평균 기온 상승으로 인해 아열대성 전염병은 증가할 것으로 추측되며, 특히 전염병의 특성을 고려할 때 그 변화는 장기적으로 서서히 나타날 것으로 예상되므로 미리 예측하고 대응해야 할 것으로 생각된다."는 것이 분석이다.

정 연구관은 2011년의 보고서에서 이 같은 전염병들의 관리방안으로 조기 감시 및 경보시스템, 재난 질병 대응 국가통합시스템을 구축하고, 병원체 신속 탐지기술 및 매개체 연구를 강화하고 인수공통전염병 정보 네트워크를 구축해야 한다고 강조했다. 또, 기후변화로 전에 본 적 없는 새로운 감염병이 등장하는 만큼 전문가를 지속적·체계적으로 육성해야 한다고 덧붙였다. 사스의 등장과 함께 이런 '신종 감염병'에 대한 우려가 커졌고, 그 우려가 시민사회에서 조금 옅어지던 때, 메르스라는 또 다른 신종 감염병이 나왔다. 사스와 마찬가지로 코로나 바이러스 계열의 감염병이다.

2019년, 질병관리본부

최근 50년간 신종 감염병이 급격히 증가한 이유는 병원체의 자연적 진화도 원인이 될 수 있지만 대부분은 인간과 환경 간 상호작용의 변화 때문이다. 즉, 인구증가, 도시화, 여행·교역의 증가, 빈부격차, 전쟁, 경제발달과 토지개발에 따른 생태환경의 파괴 등이 이러한 변화를 야기하는 주요 요인이 된다.

인구 증가와 새로운 지리적 공간으로의 사회적 영역 확장, 해외여행 패턴 변화 등으로 인간은 병원체의 숙주인 동물종과 접촉할 기회가 증가하였고, 이렇게 사람으로 전이된 병원체는 인구밀도 및 인구 이동 증가라는 사회적 변화와 결합하여 신종 감염병 확산 및 공중 보건을 위협하는 요인이 되었다.

질병관리본부 미래질병대비과는 지난해 '미래 감염병'에 대한 해외 동향을 분석했다. 미래 감염병은 새롭게 등장한 신종 감염병 외에도 현재 존재하는 감염병 중 미래에도 지속되거나 늘어날 걸로 예상되는 병까지 포괄하는 더 넓은 개념이라고 볼 수 있다.

여기서도 기후변화는 감염병 출현의 중요 요인으로 꼽혔다. 질본은 "유럽은 기후변화와 사회적 위중도를 고려하여 비브리오 감염증, 리슈마니아 감염증, 라임병, 뎅기열, 진드기매개뇌염

을 포함한 우선 대비가 필요한 질환 5종을 선정했다."며 "영국 랭카스터 대학 Derek Gather 등 학계에서는 주시하고 있지만 잘 알려지지 않은 감염병으로 리슈마니아 편모충증, 리프트밸리열, Oropouch, 마야로, 엘리자베스킹기아를 포함한 감염병 5종을 선정하여 발표한 바 있다."고 소개했다.

기후변화와 감염병의 연관성이 결코 적지 않다는 것을 이렇게 많은 기관과 전문가들이 과학적인 연구를 통해 밝혀냈다.

탄탄한 공중 보건 체계의 구축은 신종 감염병에 대응하는 데에 필수 요소일 것이다. 그러나 애당초 걱정거리를 만들지 않는 게 가장 좋은, 중요한 일이다. 신종 감염병의 발생 자체를 예방하는 일은 곧 기후변화를 막기 위한 우리의 행동에서 시작된다고 볼 수 있다. 단순히 온실가스를 줄이는 식의 행동이 아니라 '자연의 허파' 산림을 보호하고, 생태계를 보존하는 원초적인 행동 말이다.

출처: [박상욱의 기후 1.5] 신종 감염병의 등장과 기후변화
http://news.jtbc.joins.com/article/article.aspx?news_id=NB11937735
주간 건강과 질병 제12권 제5호 연구단신, 질병관리본부 기획조정부 미래질병대비과 신나리, 백수진, 유효순, 신인식
'미래감염병에 대한 세계 동향 분석'
국립수의과학검역원 정석찬, '기후변화와 인수공통전염병'
한국보건사회연구원 김동진, '기후변화에 따른 전염병관리분야 적응대책'

6차시

원 헬스(One Health), 자연과 동물, 우리는 모두 하나

활동 개요

Let's Learn!

대상	중학교
개발 의도 (배경)	• 기후변화로 인간을 비롯한 모든 자연환경이 영향을 받고, 그로 말미암아 결국 다시 인간에게 큰 피해가 되돌아오고 있다. 이를 포괄적으로 이해하고, 대처하는 데에 필수적인 '원 헬스'개념을 익혀야 한다. • 본 활동을 통해 학습자는 자연, 동물, 인간의 건강이 하나로 연결되어 있음을 이해하고 인간 중심적인 관점의 한계에 대해 자각할 수 있게 될 것이다.
학습 목표	• 인간은 동물이며 생태계 먹이사슬의 일부로써 식물이 광합성을 해서 고정한 태양에너지를 이용해서 살아간다는 것을 알 수 있다. • 소위 '먹이사슬'의 최상위에 인간이 있다곤 하지만 결국 인간도 생태계의 일원으로 인간과 동식물이 모두 '원 헬스'로 묶여 있음을 알 수 있다.
성취 기준	[9환01-01] 환경의 다양한 의미를 비교하고, 환경이 '나'와 어떻게 연결되는지를 설명한다. [9환02-02] 지구 생태계에서 물, 공기, 흙, 생물이 어떤 관계가 있는지 살펴보고, 사례를 통해 인간과 생태계 구성 요소 간의 상호작용을 분석한다. [9보03-03] 신체 기관별 건강 문제에 따른 질병 예방 및 관리 방안을 제시한다.
내용 영역	• 기후변화: 현상/영향

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
		★		

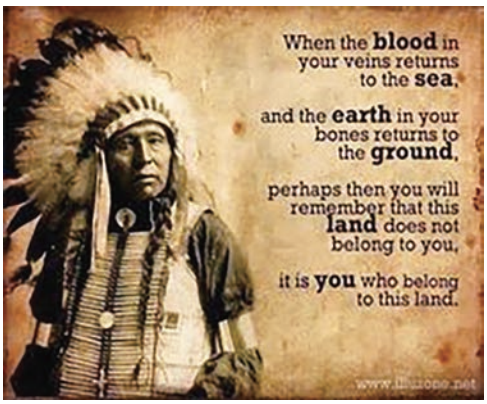
소요 시간	45분
교수학습 방법	강의법 ★, 게임놀이, 토의토론 ★, 조사, 실험 실습, 기타(직접 기입)
교육 장소	교실
준비물	인터넷 연결 가능한 멀티미디어 환경

흐름도

도입 (10분)	▶ 원 헬스의 개념을 알아본다. - 영상자료를 시청하고 원 헬스 개념에 대해 직관적으로 이해한다.
전개 (30분)	▶ [토론] 우리는 어떻게 하나일까? ▶ '깨진 원 헬스'가 부른 감염병 - 지나친 생태계 개발과 기후변화로 인해 자연과 인간이 모두 위협을 받고 있다는 사실을 확인하고, 원 헬스 개념의 의미를 명확하게 한다.
마무리 (05분)	▶ 우리 삶 속에서 '원 헬스'의 실천 - 자연과 동물의 건강을 돌보는 것이 우리 자신의 건강을 돌보는 것임을 안다.

우리는 모두 형제들이다.

➡ 인디언 추장 시애틀의 글을 읽고, 원 헬스의 개념이 인디언들에게서 어떻게 나타나고 있는지 확인해 본다. 원 헬스 개념을 나타내고 있다고 생각하는 문장에 밑줄을 치고, 친구들과 함께 그 부분에 대해 읽고 이야기를 나눠본다.



워싱턴의 대추장이 우리 땅을 사고 싶다는 전갈을 보내왔다. 대추장은 우정과 선의의 말도 함께 보내왔다. 그가 답례로 우리의 우의를 필요로 하지 않는다는 것을 잘 알고 있으므로 이는 그로서는 친절한 일이다. 그러나 우리는 당신들의 제안을 진지하게 고려해 볼 것이다. 우리가 땅을 팔지 않으면 백인이 총을 들고 와서 우리 땅을 빼앗을 것임을 우리는 알고 있다.

그대들은 어떻게 저 하늘이나 대지의 온기를 사고 팔 수 있는가? 우리로서는 이상한 생각이다. 대기의 신선함과 반짝이는 물을 소유하고 있지도 않는데 어떻게 그것들을 팔 수 있다는 말인가? 우리에게는 이 대지의 모든 부분이 신성한 것이다. 빛나는 솔잎, 모래 기슭, 어두운 숲속 안개, 맑게 노래하는 온갖 벌레들, 이 모두가 우리의 기억과 경험 속에서는 신성한 것들이다. 나무 속에 흐르는 수액은 우리 인디언의 기억을 실어 나른다. 백인은 죽어서 별들 사이를 거닐 적에 그들이 태어난 곳을 망각해 버리지만, 우리가 죽어서도 이 아름다운 대지를 결코 잊지 못하는 것은 여기가 바로 우리 인디언의 어머니 품 속이기 때문이다. 우리는 대지의 한 부분이고 대지는 우리의 한 부분이다. 향기로운 꽃은 우리의 자매이다. 사슴, 말, 큰 독수리, 이들은 우리의 형제들이다. 바위산 꼭대기, 풀의 수액, 조랑말과 인간의 체온은 모두가 한 가족이다.

워싱턴의 대추장이 우리 땅을 사고 싶다는 전갈을 보내온 것은 곧 우리의 모든 것을 달라는 것과 같다. 대추장은 우리만 따로 편히 살 수 있도록 한 장소를 마련해 주겠다고 한다. 그는 우리의 아버지가 되고 우리는 그의 자식이 되는 것이다. 그러니 우리 땅을 사겠다는 그대들의 제안을 잘 고려해 보겠지만, 우리에게 땅은 신성한 것이기에 그것은 쉬운 일이 아니다. 개울과 강을 흐르는 이 반짝이는 물은 그저 물이 아니라 우리 조상들의 피다. 만약 우리가 이 땅을 팔 경우, 이 땅이 신성한 것이라는 걸 기억해 달라. 신성할 뿐만 아니라, 호수의 맑은 물속에 비친 신령한 모습 하나하나가 우리네 삶의 일들과 기억들을 이야기해 주고 있음을 아이들에게 가르쳐야 한다.

물결의 속삭임은 우리 아버지의 아버지가 내는 목소리이다. 강은 우리의 형제이고 우리의 갈

증을 풀어 준다. 카누를 날라주고 자식들을 길러 준다. 만약 우리가 땅을 팔게 되면 저 강들이 우리와 그대들의 형제임을 잊지 말고 아이들에게 가르쳐야 한다. 그리고 이제부터는 형제에게 하듯 강에게도 친절을 베풀어야 할 것이다.

아침 햇살 앞에서 산안개가 달아나듯이 인디언은 백인 앞에서 언제나 뒤로 물러났지만 우리 조상들의 유골은 신성한 것이고 그들의 무덤은 거룩한 땅이다. 그러니 이 언덕, 이 나무, 이 땅덩어리는 우리에게도 신성한 것이다. 백인은 땅의 한 부분이 다른 부분과 꼭 같다는 우리 삶의 방식을 이해하지 못한다는 것을 우리는 알고 있다. 그들은 한밤중에 와서는 필요한 것을 빼앗아 가는 이방인이기 때문이다. 대지는 형제가 아니라 적이 되어 버렸다. 백인은 그것을 정복했을 때 또 다른 곳으로 나아간다. 백인들은 거리낌 없이 아버지의 무덤을 내팽개치는가 하면 아이들에게서 땅을 빼앗고도 개의치 않는다. 아버지의 무덤과 아이들의 타고난 권리는 잊히고 만다. 백인들은 어머니인 대지와 형제인 저 하늘을 마치 양이나 목걸이처럼 사고 빼앗아 팔 수 있는 것으로 대한다. 그들의 식욕은 대지를 삼켜버리고 사막만을 남겨놓을 것이다.

모를 일이다. 우리의 방식은 당신네와는 다르다. 당신네 도시의 모습은 인디언의 눈에 고통을 준다. 백인의 도시에는 조용한 곳이 없다. 봄 잎새 날리는 소리나 벌레들의 날개 부딪치는 소리를 들을 곳이 없다. 인디언이 미개하고 무지하기 때문인지 모르지만, 도시의 소음은 귀를 모욕하는 것만 같다. 쏙독새의 외로운 울음소리나 한밤중 못가에서 들리는 개구리 소리를 들을 수가 없다면 삶엔 무엇이 남겠는가?

나는 인디언이라 이해할 수가 없다. 인디언은 연못 위를 쏜살같이 달려가는 부드러운 바람 소리와 한낮의 비에 씻긴 바람이 머금은 소나무 내음을 사랑한다. 만물이 숨결을 나누고 있으므로 대기는 인디언에게 소중한 것이다. 짐승들, 나무들, 그리고 인간은 같은 숨결을 나누고 산다. 백인들은 자기가 숨 쉬는 대기를 느끼지 못하는 듯하다. 여러 날 동안 죽어가는 사람들처럼 그들은 악취에 무감각하다.

그러나 만일 우리가 당신네에게 땅을 팔게 되더라도 우리에게 공기가 소중하고, 또한 그것은 그것이 키워 주는 온갖 생명과 영혼을 나누어 갖는다는 사실을 당신들은 기억해야만 한다. 우리의 할아버지에게 첫 숨결을 베풀어 준 바람은 그의 마지막 한숨도 받아 줄 것이다. 바람은 또한 우리의 아이들에게 생기를 불어넣어 준다. 우리가 우리 땅을 팔게 되더라도 그것을 잘 간수해서 백인들도 들꽃들로 향기로워진 바람을 가서 맛볼 수 있는 신성한 곳으로 만들어야 한다.

원 헬스를 나타내는 로고나 도안하기

한국원헬스위원회 로고	원 헬스(동물 질병, 사람 질병, 환경)
세계(동물, 사람, 질병)	**건강한 사람, 건강한 환경, 건강한 동물**
로고	**나의 디자인**

‘깨진 원 헬스’가 부른 감염병

메르스 대응 유공 정부포상 국무총리 표창을 받은 천병철 고려대학교 의대 교수는 2015년 건강보험심사평가원의 정책 동향지에 신종 감염병에 관한 글을 실으며 아래와 같이 밝혔다.

2015년, 건강보험심사평가원

신종 감염병은 세계보건기구에서는 “전에 알려지지 않은 새로운 병원체에 의해서 발생하여 보건 문제를 야기하는 질병”으로 정의하고 있다. 여기서 ‘새롭다’라는 의미는 인류가 처음 경험해 보는 감염병으로써, 이 질병에 대한 면역을 가진 인구의 비율이 없거나 매우 낮은 상태를 지칭하고, 보건 문제를 야기한다는 것은 인간에게 임상적 질병을 일으키고 유행하는 능력이 있다는 것을 의미한다.

신종 감염병은 왜 자꾸 발생하는 것일까? 신종 감염병은 어제오늘의 문제는 아니고 전부터 계속 있었던 문제이다. 그런데 최근에 와서 더욱 두드러지게 보이는 것은 신종 감염병이 발생할 수 있는 환경의 변화가 커지고, 실제 발생했을 때 미치는 영향력이 커졌기 때문이다.

사람에게 생기는 신종 감염병의 75% 이상이 인수공통전염병이고, 이 인수공통전염병의 대부분은 숙주가 야생동물이거나 가축들인 만큼 인간뿐 아니라 전체 생태계를 함께 고려해야 한다는 것이 천 교수의 설명이다. 바로 ‘원 헬스(One Health)’ 개념을 강조한 것이다.

‘원 헬스’는 인간과 동물, 그리고 자연환경까지 하나로 연결된 만큼, 생태계 전반에 대한 다학제적 접근을 해야 한다는 개념이다. 인간에게만 이롭거나 동물에만 이로운 것, 혹은 자연에만 이로운 것이 아닌 모두에게 이로운 길을 찾아야 한다는 것이다. 여기에 세계화로 국제사회가 하나의 생활권으로 묶이는 경우가 많은 만큼, ‘원 헬스’에 더해 ‘원 월드(One World)’라는 개념까지 등장하기도 했다.

이렇게 되면, 감안해야 하는 요소들이 많은 만큼 예상치 못한 ‘구멍’도 나타나기 십상이다. 천 교수는 “새로운 감염병의 출현이나 기존에 있던 감염병의 재유행 등은 생태계의 변화에 민감하기 때문에 인간이 지구 생태계 내에서 생존하는 한 계속 새로운 인수공통전염병의 위협은 계속 될 수 밖에 없다.”라며 “신종 감염병에 대해서는 철저하게 미리 유행에 대비하고 유행이 시작되었을 때 조기에 효과적으로 대응하는 것이 신종 감염병에 대한 전략의 근본이 된다.”라고 강조했다.

천 교수는 이 글에서 미국의학원(Institue of Medicine)이 꼽은 ‘신종 감염병이 최근 대두되는 요인’ 9가지도 설명했다.

① 인구증가 및 인구구조의 변화: 인구증가, 도시화, 노령인구의 증가, 만성질환자 및 면역저하자의 증가 등

② 가축의 대량생산체계: 육식 소비 증가로 대량의 밀집가축사육 증가

③ 인간 행태의 변화: 성행태의 변화, 외부활동의 증가, 국제여행의 증가, 약물복용의 증가

④ 동식물을 포함한 교역의 증대: 열대 및 아열대 조류, 파충류, 포유류 밀수
⑤ 기후변화: 강수, 기온의 증가, 바다의 온도와 염도의 변화 등
⑥ 생태환경의 변화: 공업화, 삼림파괴
⑦ 보건의료 요인: 항생제 남용, 장기이식 및 혈액제재의 사용 등
⑧ 병원체의 적응과 변화: 항생제 내성, 독성의 변화
⑨ 공중보건활동의 감축: 훈련받은 감염병 전문가의 부족, 질병감시 및 관리의 소홀

기후변화를 비롯해 총 9개의 요인은 모두 우리 인간의 활동에서 비롯되는 것이다. 그리고 이중 다수의 요인은 기후변화를 부추기는 요소이기도 하다. 무분별한 도시화와 가축의 대량생산, 공업화와 삼림 파괴는 모두 기후변화를 악화시키는 일이다.

감염병역학 전문가인 천 교수는 이렇게 글을 마무리했다. “우리 문 앞에는 사스나 메르스 보다 더 큰 소 도둑들이 많이 대기하고 있다는 것을 이번에는 잊지 않았으면 한다. 메르스가 알려준 교훈을 하나하나 장기간의 전략과 단계적 목표로 바꾸고 과감한 투자가 이루어져야 한다.”

출처: [박상욱의 기후 1.5] 신종 감염병의 등장과 기후변화
http://news.jtbc.joins.com/article/article.aspx?news_id=NB11937735

인간과 자연의 비밀연대

자연생태계 안에서 모든 생물들이 서로 연결되어 있다는 것은 생태학의 가장 기본적이고 바탕이 되는 원리이다. 모든 것은 모든 것과 연결되어 있다. 그래서 어딘가에서 누군가에게 무슨 일이 생기면 그것은 크건 작건 이 세계의 모든 것에 영향을 미친다. 그 영향의 크기를 직접 과학적으로 측정할 수 없을 때조차 우리는 이 원리를 바탕으로 이 세계를 이해할 수 있다.

"자연을 이어주는 띠는 아직 끊어지지 않았고, 한 번도 끊어진 적이 없었다. 우리가 잠시 이것을 무시하고 살아왔을 뿐이다. 자연을 지배하는 것이 아닌, 자연에 소속되어 있다는 느낌은 환경보호 조치를 전혀 다른 방향으로 향하게 할 것이다.

자연보호는 밖으로 나가야만 할 수 있는 일이 아니다. 멸종 위기의 딱정벌레나 조류를 보호하기 위한 노력이 하찮아 보여도 포기해서는 안 된다. 지구 생태계를 보호하는 데 도움이 되는 모든 조치는 우리 삶의 질을 높여준다. 우리는 바로 이러한 생태계의 일부이기 때문이다. 자연보호는 결국 우리를 보호하기 위한 최선의 조치다."

「8. 다른 동물과의 비교가 무의미한 이유」 중에서

"나무는 다른 종들과 싸워야 할 뿐만 아니라 같은 종 내에서도 빛·물·영양물질을 얻기 위해 싸워야 한다. 손상되지 않은 숲을 찾으려는 이 싸움에서 산림감독관들은 경제림을 조성하는 등 자연에 개입하고 있다. 산림감독관은 스스로를 심판관이라고 생각할지 모른다. 나는 이들로부터 독일의 숲이 산림감독관의 관리 없이 살아남을 수 없다는 말을 자주 들어왔다. 이에 대해 한마디하고 넘어가야겠다. 나무는 3억 년 전부터, 현생인류는 30만 년 전부터 존재해 온 반면, 산림 경영을 통해 숲을 통제해온 역사는 이제 겨우 300년이다. 숲은 대부분의 시간을 인간 심판관 없이 잘 견뎌왔다. 나무들은 서로 다툴 마음이 없기 때문이다."

「15. 동물과 식물의 경계가 허물어지다」 중에서

"숲에 적절한 핵심 단어는 '시류(유행)에 맞는'이다. 원래 숲은 시간을 초월한 공간으로 수천 년의 시간을 두고 변한다. 하지만 '경영하는 인간'은 숲보다 짧은 생을 살고 생태계를 유행에 맡긴다. 수명이 긴 나무에게 이런 유행은 수십 년 기준으로 바뀐다. 숲은 우리 문화의 과거를 비추는 거울인 셈이다."

호주 산불로 인해 10가지 피해

2019년 9월 6일부터 호주의 동남쪽에 위치한 뉴사우스웨일스주에서 산발적으로 일어난 산불이 호주 전역으로 번지면서 4개월 동안 호주를 태웠다. 호주 전역의 3분의 1에 가까운 지역이 화재 영향권에 들었다. 호주 정부 당국 발표를 보면 1월 8일 기준으로 남한 면적보다 넓은 1,070만 헥타르가 불에 탔다. 건물 5,900여 채가 불에 탔고 최소 28명이 목숨을 잃었으며, 약 10만 명이 화재를 피해 피난길에 올랐다. 호주 산불 사건을 통해 자연과 인간의 건강이 어떻게 하나로 연결되어 있는지 확인하자.

아래의 기사는 UN Environment의 "Ten impacts of the Australian bushfires"라는 기사를 번역 및 편집한 것입니다.
https://unep.or.kr/sub/sub04_02.php?mNum=4&sNum=2&boardid=news&mode=view&idx=1304

물리적 피해

언론에 따르면 2019년에서 2020년까지 호주 산불로 약 1,800만 헥타르가 넘는 산림이 파괴되었다. 이로 인해 인근 지역의 2,800가구를 포함하여 건물 약 5,900채가 붕괴되었다. 또한, 인간을 포함하여 동물 수백만 마리가 죽임을 당했다.

생태계 및 생물다양성 피해

초기 화재 이후, 현재 산불로 인한 추가적인 피해가 발생하고 있다. 이로 인해 몇 주 이내로 박쥐와 곤충 등 동물 약 10억 마리가 삶의 터전을 잃거나 폐사할 것으로 예상된다. 이는 현재 전 세계적으로 감소하는 생물 다양성 이슈보다 더욱 큰 규모의 피해이다. 이와 더불어 야생동물의 개체 수도 전 세계적으로 심각하게 감소하고 있다. 산불 피해에 대한 적절한 대응책이 없다면 동식물 약 100만 종이 멸종 위기에 놓이게 될 것이다. 또한 메가파이어(Megafire)라 불리는 초대형 화재가 생태계에 더욱 심각한 피해를 입힐 것이다.

보건 문제

화재로 발생하는 극심한 연기로 캔버라의 대기질이 전 세계 주요 도시들 중에서 가장 나쁘게 측정되었다. 산불은 사망을 초래하는 유해한 연기를 발생시킨다. 산불은 작은 대기오염 입자를 배출하기에, 단기적으로 발생하더라도 인간의 건강에 악영향을 미친다. 연기 흡입은 눈과 호흡기관을 자극하고 폐 기능 저하, 기관지염, 천식 그리고 조기사망에까지 이르게 하는 등 심각한 건강 피해를 입힌다. 산불로 인한 연기에서 발생하는 미세 먼지는 공중보건을 위협하는 주원인이다. 세계보건기구에 따르면 특히 어린이, 야외 근무자, 만성 질환을 앓고 있는 노인들이 산불로 인한 피해에 취약하다고 한다.

산불의 국제적 영향

산불로 인한 연기는 꽤나 먼 거리를 이동할 수 있다. 연기는 보통 산불로 발생한 열의 영향으로 성층권으로 상승한다. 유엔 세계 기상 기구에 의하면 호주 산불로 인한 연기는 현재 태평양을 건너 이동했고 곧 남극에 도달했을 것으로 추정된다. 연기는 호주의 주요 도시와 뉴질랜드의 대기질을 악화시켰고, 아르헨티나와 칠레까지 도달하여 남아메리카 전역에 영향을 끼칠 것이다.

정신적 피해 비용

화재의 영향은 물리적 피해에 한정되지 않다. 많은 사람들이 집, 반려동물, 재산, 가축 등을 잃고 긴급 대피로 인한 정신적 트라우마에 시달리고 있다. 또한 예상할 수 없이 확산되는 화재로 인해 시민들은 해변이나 배로 대피할 수밖에 없었다.

경제적 비용

호주 경제의 피해 규모는 현재 추산 중이지만 인프라 시설과 농업 및 관광업에 상당한 손실이 발생하였음은 분명하다. 또한 몇몇 사업체는 대기오염이 극도로 악화함에 따라 강제적으로 사업을 중단해야 했다.

기후적 악순환

산불은 기후변화의 결과물일 뿐만 아니라 기후변화를 앞당기는 원인이 되기도 하다. 현재 진행 중인 산불로 인해 호주의 숲은 산불로 발생한 탄소를 일부 재흡수할 것으로 예상된다. 즉, 숲이 탄소 배출량을 상쇄시키는 것이다. 그러나 Copernicus 모니터링 프로그램에 의하면 지구온난화는 더욱 심각해졌고 빈번한 산불을 발생시켰다. 2019년에서 2020년까지 발생한 산불은 이미 400메가톤 규모의 이산화탄소를 대기로 방출시켰다. 이는 지난 3달 동안 배출된 호주 전체의 연간 이산화탄소 배출량과 비슷한 규모다.

환경적 비용: 환경오염

산불로 발생한 재가 호주의 해변을 덮었다. 재는 질소와 인과 같은 성분을 함유하고 있다. 재 성분으로 인해 해변의 영양소 농도가 상승하게 되면 남조류로 알려진 시아노박테리아의 성장에 영향을 줄 수 있다. 시아노박테리아는 악취와 독성 물질을 발생시켜 수질오염을 일으킵니다. 해양에서도 유사한 현상이 일어난다. 1990년 말 인도네시아의 역대 최대 규모의 산불로 산호초가 폐사한 사건을 고려하였을 때 산불 연기는 해양 생태계에 심각한 악영향을 끼치는 것을 알 수 있다. 인도네시아 산불 피해지역에는 현재에도 적조로 인해 폐사한 산호초가 수마트라의 서남쪽에 위치한 Mentawai 섬 사방에 쌓여 있다.

농업 피해

산불은 가축을 폐사시키고 포도밭을 휩쓸어 버렸다. 연구 보고서에 따르면 농지와 인프라 시설에 가장 큰 손실을 입은 호주의 빅토리아 주와 뉴사우스웨일스 주는 유제품 공급에 큰 타격을 받을 것이라고 한다. 또한 기존에 강수량이 적었던 건조지역은 산불로 인해 이미 사막화가 진행되고 있다.

변화하는 여론

이번 산불 사고를 통해 호주인들은 기후변화로 인한 인도주의적, 생태학적, 경제적 피해를 깨달을 수 있었다. 유엔환경계획(UNEP)과 다른 유엔 산하기관들은 기후변화에 대한 정확한 정보를 공유하기 위해 더욱 다양한 매체로 긴밀히 소통할 것이다.

Memo

7차시

기후변화, 인공지능으로 극복할 수 있을까?

활동 개요

Let's Learn!

대상	중학교
개발 의도 (배경)	● 패러다임 전환의 시대에 우리는 기후변화 문제를 새로운 패러다임 속에서 어떤 방식으로 접근할 수 있는지 알아보도록 한다. ● 기후변화 문제를 데이터 분석을 통해서 접근하고, 데이터를 통해 우리의 삶이 기후변화에 미치는 영향을 알아본다.
학습 목표	● 패라다임 시프트를 어떻게 받아들여야 하는지 생각해보고, 지식정보기술을 기후변화 대응에 어떻게 활용할 수 있을지 알아본다. ● 데이터를 활용해 기후변화의 원인을 알아보고, 해결을 위해 무엇이 필요한지를 찾아본다. 데이터 더미에 질문과 답을 찾아보는 활동을 통해 데이터를 이해하는 방법을 습득한다.
성취 기준	[9환03-07] 지구의 환경 변화에 대한 사례 분석을 통해 지구 환경과 지구 환경 문제의 특성을 유형화한다. [9사(지리)10-01] 전 지구적인 차원에서 발생하는 기후변화의 원인과 그에 따른 지역 변화를 조사하고, 이를 해결하기 위한 지역적·국제적 노력을 평가한다. [9도04-02] 과학 기술이 현대인의 삶에 미치는 긍정적인 영향과 가치를 설명하고, 동시에 과학 기술이 지닌 문제점과 한계를 열거하며, 과학 기술의 바람직한 활용 방안을 제시할 수 있다. [9정01-01] 정보기술의 발달과 소프트웨어가 개인의 삶과 사회에 미친 영향과 가치를 분석하고 그에 따른 직업의 특성을 이해하여 자신의 적성에 맞는 진로를 탐색한다.
내용 영역	● 기후변화 대응: 인공지능과 기후변화

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
			★	★

소요 시간	45분
교수학습 방법	강의법 / 게임놀이 / 토의토론 ★ / 조사 ★ / 실험 실습 / 기타(직접 기입)
교육 장소	교실 또는 컴퓨터실
준비물	참고 자료, 동영상, 활동지, 노트북
흐름도	도입 (05분) ▶ 패러다임 시프트 알아보기 - 100년 전 뉴욕의 거리의 풍경을 통해 패러다임 시프트를 우리는 어떤 자세로 받아들여야 하는지 생각해 본다.

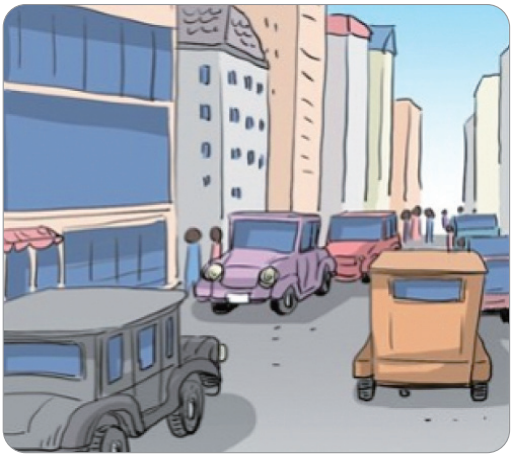
흐름도	전개 (35분)	▶ 기후변화 대응에 지식정보기술 활용하기 - 기후변화 예측, 온실가스 감축 등에 빅데이터, 인공지능, IoT 기술이 어떻게 활용되고, 활용 될 가능성이 있는지를 참고자료와 인터넷 검색을 활용하여 알아본다. ▶ 기후변화 관련 세 가지 데이터, 세 가지 질문 - 기후변화 문제 해결과 관련하여 제공된 세개의 데이터가 어떤 사실을 알려주는지 생각해 본다. ▶ 데이터로 세상보기 - 우리 주변에서 쉽게 접할 수 있는 빅데이터를 이용해서 데이터에 질문과 주제어로 검색한다. - 전체 데이터 개방 포털시스템에 접속해 보고, 에너지 사용량에 대한 다양한 빅데이터를 찾아본다.
	정리 (5분)	▶ 공짜 점심은 없다. - 인공지능 기술이 가진 양면성을 이해하고, 적절히 활용하는 방안에 대해 논의한다.

패러다임 시프트와 인공지능 기술

➜ 계속 마차를 만들어야 할까? 자동차를 확대할 것인가? 패러다임 시프트를 우리는 어떻게 받아들여야 할까?

뉴욕 5번가의 모습 변화

1900



1913

➜ 기후변화 대응에 지식정보기술 활용하기

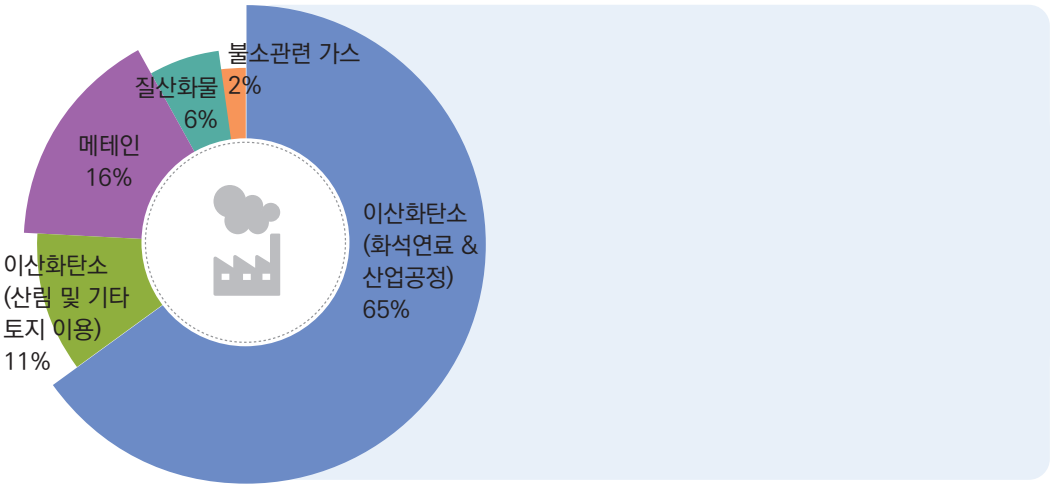
인공지능은 기후연구에 측면에 있어서 특히 많은 기여를 하고 있다. 인공지능(AI)과 머신러닝(Machine Learning) 및 딥러닝(Deep Learning)을 통해 우리는 빅데이터를 분석하여 심각한 기후 현상을 사전에 예측하기도 하고, 알고리즘을 개발하여 가장 적절한 대응 방안을 찾기도 할 것이다.

이러한 관점에서 인공지능, 빅데이터, IoT 기술이 기후변화 예측과 온실가스 감축에 어떻게 활용되고 있고, 활용 가능할지 생각해본다.

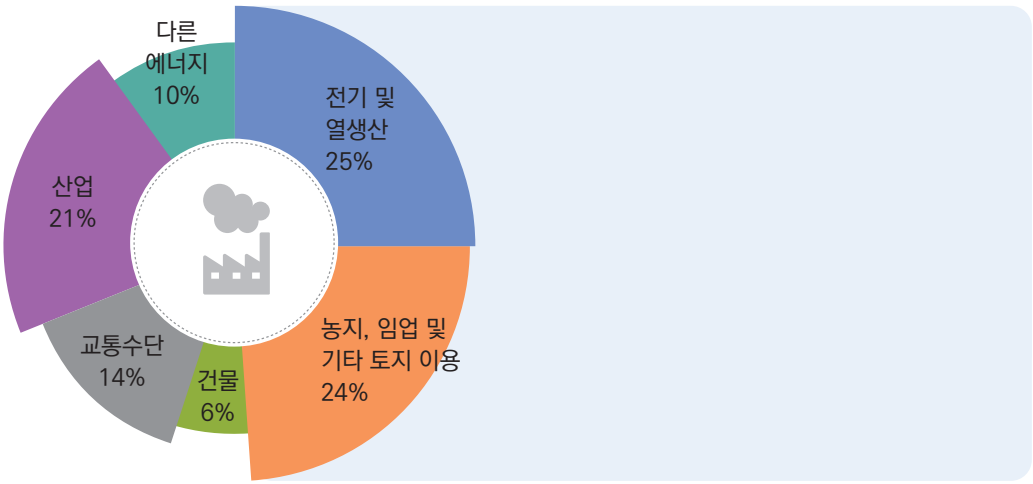
기후변화에 대한 세 가지 데이터, 세 가지 질문

➡ 기후변화 문제 해결과 관련하여 제공된 세개의 데이터가 어떤 사실을 알려주는지 생각해보자.

온실가스별 세계 배출 비율



경제부문별 세계 온실가스 배출 비율



출처: IPCC(2014)

지구의 탄소순환(2010년~2019년)

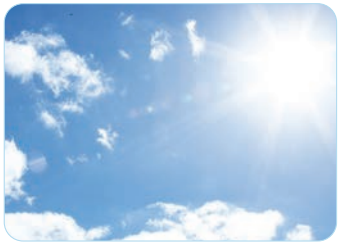
배출

흡수

34.4 $GtCO_2/yr$

86%

화석연료 연소 및 에너지와 산업활동



18.6 $GtCO_2/yr$

46%

대기

5.7 $GtCO_2/yr$

14%

산림벌채

12.5 $GtCO_2/yr$

31%

생물권

0.2 $GtCO_2/yr$

0.4%

9.2 $GtCO_2/yr$

23%

해양

출처: P. Friedlingstein et al.(2020) Global Carbon Budget 2020

데이터로 세상 보기

➡ 네이버 데이터랩과 구글 트렌드에 들어가서, 다양한 주제의 정보를 검색해 보자.

https://datalab.naver.com/	https://trends.google.co.kr/

알고 싶었던 질문	검색한 주제어	새롭게 발견한 사실

➡ 에너지 데이터, 기후변화에 대한 질문을 던지다.

- 전력 데이터 개방 포털 시스템에 들어가서, 에너지 관련 질문과 주제어로 새로운 사실을 발견해 보자. https://www.en-ter.co.kr/main.do

알고 싶었던 질문	검색한 주제어	새롭게 발견한 사실

활동 자료 01

공짜 점심은 없다.

IT 부문의 온실가스 배출량은 2020년 세계 온실가스 배출량의 3.0~3.6%를 차지할 것으로 추정된다. 이는 항공산업 배출 규모와 맞먹고 세계 5위의 탄소 배출국인 일본의 배출량보다 많다.

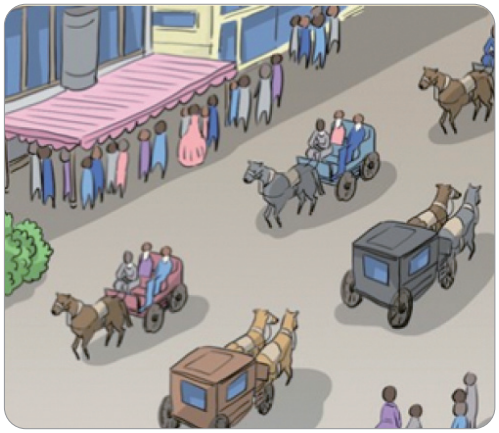
데이터센터에서 배출되는 양이 전체의 45%, 네트워크 인프라에서 나오는 배출량이 전체의 24%를 차지한다.

- 공짜 점심은 없다는 말의 의미는 무엇인지, 기후변화 문제에 적용하여 생각해 보자.

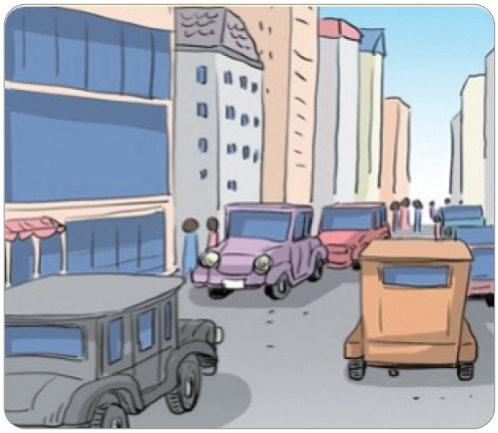
- 우리는 인공지능을 어떻게 이용하는 것이 기후변화 문제 해결을 위해 최선인가?

패러다임 시프트

뉴욕 5번가의 모습 변화



1900



1913

100여 년 전 부활절 오전의 미국 뉴욕 맨해튼의 모습을 담은 두 장의 그림이다. 1900년 거리를 가득 메운 마차의 그림과 13년 후 이들을 대체한 자동차로 가득찬 맨해튼의 모습을 담은 그림이다. 당시의 사람들이 가장 많이 이용하던 이동 수단은 마차였다. 하지만, 불과 10년을 전후 한 시간에 그러한 생각은 바뀌어 버리게 된다. 1913년의 사람들이 많이 이용하던 이동수단은 자동차였기 때문이다.

만약, 당신이 1900년에 마차를 만들고 있었다면, 새롭게 등장하기 시작한 자동차를 어떻게 받아들였을까? 자동차는 위험하고 불편한 것이니, 계속 마차를 만들어야 했을까? 아니면, 새로운 자동차를 만들기 위해 투자하고, 사업의 방향을 변경해야 했을까? 당신이라면 어떠한 선택을 했을까? 현대의 우리도 비슷한 질문에 봉착해 있다. 당시와 같이 현대의 우리는, 인공지능으로 대변되는 4차 산업혁명이 현실로 다가오고 있기 때문이다.

어떤 문제에 대하여 대다수 사람이 공통적으로 동의하고 기대고 싶은 모델 또는 가치관을 패러다임이라 한다. 패러다임 시프트(패러다임 전환)는 정상과학이 새로운 개념에 의하여 도전을 받듯 사회적, 경제적, 그리고 정치적 여건에 새로운 가치관이 적응할 때 발생한다.

현재는 인공지능의 발달로 사회적, 경제적, 정치적으로 많은 분야의 패러다임이 변화가 다가오고 있다. 우리는 인공지능을 어떻게 대해야 할까? 어떻게 우리의 삶을 보다 지속가능하게 할 수 있을까? 현재 우리는 이런 고민을 해야 하는 시기를 살아가고 있다.

출처: https://newsroom.koscom.co.kr/1513
출처: https://www.ajunews.com/view/20190320095740798

지능정보사회의 기후변화

지능정보사회란?

지능정보기술이 국가사회 전체에 확산되어 사회문제를 해결하고 새로운 가치를 창출하며 인간의 삶이 더욱 편리하고 안전한 사회를 의미함

빅데이터와 기후변화

기후변화는 경제, 사회, 환경, 정치 등 다양하고 복합적 분야에 영향을 미치므로 융합적 접근이 필수적이다. 다각적 분석이 가능한 빅데이터는 기후변화 적응 및 온실가스 감축 분야에서 기회요소로 고려되고 있다.

빅데이터는 변화하는 사회와 환경의 취약성 평가를 가능하게 하며 그동안 통계 데이터에서 파악하기 어려웠던 패턴을 파악하는데 용이하다.(Liu et al., 2014)

인공지능과 기후변화

딥러닝은 대량의 데이터를 학습하여 그 속에 함축되어 있는 고차원의 개념을 추출할 수 있도록 한다. 딥러닝 및 인공지능 기술을 통해 자율적인 역사결정이 가능하며, 기후변화 및 광범위한 영역에 적용 가능할 것으로 예상된다.(하원규, 최남희, 2015)

인공지능 및 딥러닝은 방대한 데이터에 정통하므로 불확실한 미래 및 정책 변수에 대해 합리적 의사결정을 도울 수 있을 것으로 판단된다

IoT와 기후변화

기존에는 환경데이터의 부족으로 환경변화를 추적하거나 모니터링하는 데 한계가 있었다. IoT기술은 가장 빠르게 성장하고 있는 기술이며 실시간 데이터 전송이 가능해 환경관리를 위한 상세 시공간 단위의 변화를 모니터링하는 데 유용하게 활용될 것으로 예상된다.(Duplan, 2014)

IoT 기술을 통해 시계열 데이터 축적 및 분석을 통해 지속적인 환경의 변화를 모니터링할 수 있으며, IoT 기술 활용은 정보전달력을 증대시켜 신속한 의사결정을 가능하게 할 것이다.

전 세계 센서 수는 2017년 약 100억 개에서 2037년 1조 개로 증가 할 것으로 예측된다.(Bryzek, 2014)

지능정보기술 활용 사례

빅데이터 활용 사례

- 날씨예보 및 조기 경보시스템: 빅데이터를 기후변화 대응을 위한 조기경보 시스템에 활용할수 있다. 미국에서는 트위터(Twitter) 데이터를 이용하여 폭우에 대한 위험이 클 것으로 예상되는 지역을 예측하고 있다.
- 폭염 취약성 예측: 채여라 외(2107)는 폭염으로 인한 영향 저감을 위해 사회(인구센서스데이터, 기반시설, 토지이용)·환경 데이터를 활용하여 상세 공간의 폭염 취약성 예측시스템을 개발하였다.

인공지능 적용 사례

- 온실가스 배출 저감
  - 온실가스 배출 저감을 위해 에너지 사용량을 줄이고 효율적인 에너지 사용 방법에 대한 모색이 필요하다. 시민들의 에너지 사용량 데이터(사용량, 전달 속도 등)를 활용한 인공신경망(Artificial Neural Network) 모델을 구축하고 에너지 사용 저감 방안을 모색할 수 있다.
  - 구글(Google)에서는 축적되는 빅데이터를 사람의 조작 없이 인공신경망 모델을 이용하여 관리하고 있으며, 모델 스스로 데이터를 분석하고 학습하여 데이터 관리를 가능하도록 한다. 이 기술의 도입은 전 세계 에너지 사용의 3%를 절약할 수 있을 것으로 예상된다.
- 기후변화 적응
  - 모델기반 기상예측의 불확실성을 줄이기 위해 최근에는 빅데이터와 인공지능모델을 활용하여 날씨를 예측하는 연구가 다수 진행되고 있다.(Salman et al., 2015;Hossain et al., 2015)
  - Skylab Agro에서는 200개가 넘는 기상 및 환경 관련 요인들을 활용하여 16일 전에 기상을 예측하고 정보를 제공한다. 또한 재배 한계 등 기온이 특정 환경 요소의 임계점을 초과하면 경보 발효가 가능하다.
  - USDA와 Descartes Lab은 미국 기상위성 Landsat과 MODIS의 위성사진을 딥러닝으로 분석하여 미국 전체의 옥수수, 콩 등 농산물의 재배량을 조사하여 각 곡물의 수확량을 정확하게 예측하는 시스템을 개발하였다.

- 채여라 외(2017)는 최근 5년간 기온데이터 및 위성영상 빅데이터를 활용해 폭염 예측 딥러닝 모델을 구축하였다. 2016년 기상청은 42.9%의 5일 후 폭염 예측정도를 보였다. NASA(2014)는 위성영상 이미지와 인공신경망 모델을 활용하여 실시간으로 녹조를 탐지해 이상 고온으로 인한 수생태계 변화, 녹조 발생에 대한 조류 경보 및 주의보에 활용하고 있다.

IoT 적용 사례

▶ 미국 시카고에서는 센서를 이용해 도시의 기온, 기압, 빛의 양, 진동, 탄소, 질소, 황, 오존, 보행률, 통행량, 그리고 표면온도를 측정해 실시간 도보 이용가능성을 평가한다. 측정한 데이터는 국가 연구기관 및 지역 커뮤니티에 공유하고 있다.

- 센서를 통해 구축된 자료는 도시계획 등에 활용될 수 있으며, 시민들에게 실시간으로 도시의 상황을 전달해 홍수나 폭염과 같은 기후변화의 피해를 저감하는 데 기여할 것으로 기대되고 있다.

출처: KEI 포커스 제5권·제2호(통권 제19호), 2017

AI가 기후변화와 불평등에 갖는 양면성

인공지능과 탄소발자국

2019년 6월 발표된 미국 매사추세츠대 애머스트 캠퍼스의 엠마 스트러벨 등의 연구에 따르면 자연어 처리 모델을 학습시키는 과정에서 배출되는 탄소는 약 284t에 달한다. 최근 주목받는 '신경망 구조 탐색(NAS·Neural Architecture Search)' 모델을 학습시킬 경우로 항공기 이코노미석을 이용해 인천에서 미국 뉴욕까지 왕복 비행을 290번 할 때 나오는 양과 맞먹는다(이코노미석을 이용한 인천~뉴욕 1회 왕복 비행은 1인당 약 979㎏의 탄소를 배출한다. 비즈니스석을 이용할 경우 1957㎏이다.).

사람 한 명이 1년에 약 5t의 탄소를 배출하는데 NAS 방식의 자연어 처리 모델 학습에만 약 57년치 탄소가 나오는 셈이다. 이는 미국의 자동차가 출고 후 폐차 때까지 배출하는 탄소량보다 5배 많은 양이다. 구글이 검색 등 대화형 인공지능에 활용하는 자연어 처리 모델인 '버트(BERT)'의 학습 과정에서 그래픽처리장치(GPU)를 이용할 경우 배출되는 탄소량은 652㎏으로 미국을 비행기로 횡단할 때 배출되는 양과 맞먹는다.

AI 기술이 포함된 정보기술(IT) 분야의 온실가스 배출량은 기술이 가져올 혁신과 성과에 가려져 제대로 주목받지 못했다. 하지만 그 양은 이미 IT업계 내에서 우려할 정도로 상당한 수준에 이르렀다.

2018년 3월 발표된 캐나다 맥마스터대의 로프티 벨키르 등 연구진의 논문에 따르면 IT 부문의 온실가스 배출량은 2020년 세계 온실가스 배출량의 3.0~3.6%를 차지할 것으로 추정된다. 이는 항공 산업 배출 규모와 맞먹고 세계 5위의 탄소 배출국인 일본의 배출량보다 많다. 데이터센터에서 배출되는 양이 전체의 45%, 네트워크 인프라에서 나오는 배출량이 전체의 24%를 차지한다.

인공지능과 불평등

전력 소모가 많은 현재의 주류 AI 알고리즘은 AI 연구에도 바람직하지 않다. 좋은 아이디어가 있어도 대규모 데이터와 그 데이터를 학습시킬 컴퓨팅 자원을 이용할 경제적 사정이 안 되면 연구를 수행하기 어렵다.

이미 성공적인 연구로 막대한 이익을 얻은 기업이나 펀딩을 많이 받은 연구 그룹은 더 많은 지원을 받아 더 부유해질 수밖에 없는 구조가 된다. 군소 업체나 연구자들은 아마존 웹서비스나 구글 클라우드, 마이크로소프트 애저 같은 클라우드 컴퓨팅 서비스에 의존할 수밖에 없게 되고 이는 다시 '부익부 빈익빈'의 악순환 구조를 낳는다.

참고 자료 03

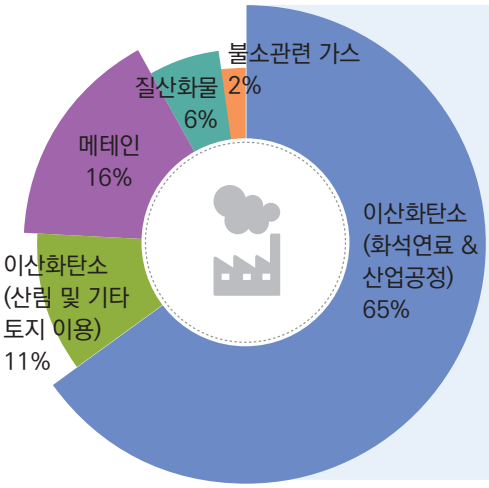
AI가 저임금 노동을 통해 발전하는 측면도 불평등 구조를 낳는 한 고리다. AI의 기계 학습에는 크게 두 가지 방법이 있다. 인간이 학습 데이터를 주는 과정에서 인공지능이 학습할 수 있도록 어떤 데이터가 맞고 틀리는지를 찍어주는(레이블링) 작업이 필요한 지도학습과 이런 과정 없이 인공지능 스스로 필요한 데이터를 가져가 스스로 학습하는 비지도학습이 있다.

출처: http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?art_id=201912290941001#csidx40fe045c3ab23d69bb428b20dda452f

기후변화에 대한 세 가지 데이터, 세 가지 질문

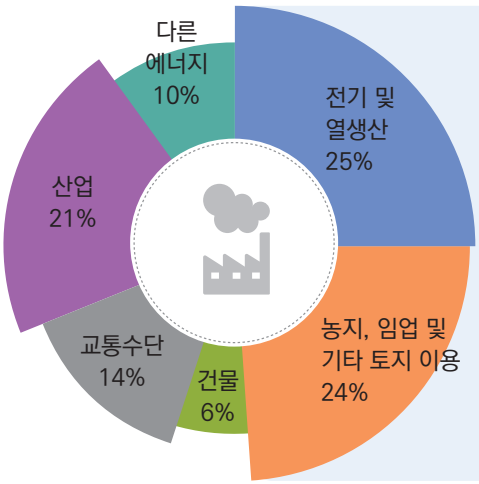
➡ 기후변화 문제 해결과 관련하여 제공된 세개의 데이터가 어떤 사실을 알려주는지 생각해보자.

온실가스별 세계 배출 비율



주요 가스별 온실가스 배출량. 이 가스들 각각은 인간 활동으로 방출되어 지구온난화에 영향을 준다. 이산화탄소(CO_2)는 화석연료 연소, 토지 이용 및 산업 공정에서 비롯된 가장 중요한 온실가스이다.

경제부문별 세계 온실가스 배출 비율



주요 경제 부문별 온실가스 배출원이다. 이러한 데이터는 전 세계를 대상으로 하며 국가마다 배출 프로필이 다르다는 점에 유의해야 한다. 예를 들어, 미국에서는 식량 및 토지 사용이 배출량의 적은 부분이지만 운송은 더 높다.

출처: IPCC(2014)

지구의 탄소순환(2010년~2019년)

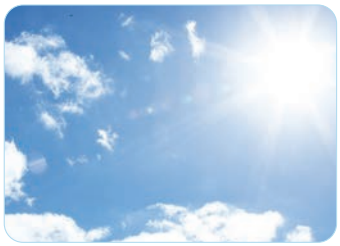
배출

흡수

34.4 $GtCO_2/yr$

86%

화석연료 연소 및 에너지와 산업활동



18.6 $GtCO_2/yr$

46%

대기

5.7 $GtCO_2/yr$

14%

산림벌채

12.5 $GtCO_2/yr$

31%

생물권

0.2 $GtCO_2/yr$

0.4%

9.2 $GtCO_2/yr$

23%

해양

2010년부터 2019년까지 탄소순환을 나타낸 것으로, 배출량 중 86%는 화석 연료 연소 및 에너지와 산업 활동에 기인하며, 나머지 14%는 산림 벌채에 의해 발생. 인간 활동에 의한 전체 탄소 배출량의 46%는 대기 중에 남아 이산화탄소 농도를 증가시켰고, 31%는 생물권에 흡수되고, 23%는 해양에 흡수 수지 잔여량(약 0.4%)은 추정된 배출량 및 대기, 해양, 생물권 흡수량의 차이를 나타내며, 이 차이는 데이터의 불완전성과 현재 탄소순환의 정확한 이해 부족에 기인한다.

자료: www.globalcarbonproject.org

출처: https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data#Sector

Memo

8차시

과거, 현재, 미래의 방법으로 우리 지역의 기온 데이터 바라보기

활동 개요

Let's Learn!

대상 중학교

개발 의도 (배경)

- 빅데이터 시대 데이터가 점점 많아짐으로써, 이를 예전과 같은 직관만 가지고 처리하고 분석하는 데 한계가 있다. 기후변화 기온 데이터를 통하여 데이터 분석의 기초를 이해하고, 여러 가지 공공 데이터를 탐색하는 것은 환경 문제 해결에 중요한 역량이 될 수 있다.

학습 목표

- 기후변화 기온 데이터를 활용하고 간단한 프로그램 구현 방법 실습을 통해 과거, 현재, 미래의 데이터를 분석해 보고 각 분석 방안을 이해한다.
- 자신의 지역과 관련된 기상청 기온 데이터를 활용하여 데이터 리터러시 교육의 소양을 증진하고, 코랩 등 인공지능 프로그램을 이해하고, 기후변화 기온 데이터 분석을 비롯한 여러 가지 공공 데이터 분석하는 활동으로 환경 문제 해결에 중요한 역량을 학습해 보도록 한다.

성취 기준

[9사(지리)02-01] 기온과 강수량 자료를 분석하여 이를 기준으로 세계 기후 지역을 구분하고, 인간 거주에 적합한 기후 조건에 대해 논의한다.
[9환03-10] 기후변화 현상의 원인을 구분하고, 기후변화로 발생되는 갈등 해결 방안을 지구 공동체의 관점에서 토의한다.
[9정03-03] 논리적인 문제 해결 절차인 알고리즘의 의미와 중요성을 이해하고 실생활 문제의 해결 과정을 알고리즘으로 구상하고 관리한다.

내용 영역

- 기후변화 현상과 영향: 기후변화 기온 데이터 분석 및 질문 찾기

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
	★	★		

소요 시간 45분

교수학습 방법

강의법	게임놀이	토의토론	조사	실험 실습	기타(직접 기입)
		★	★	★	

교육 장소 교실 또는 컴퓨터실

준비물 참고 자료, 활동지, 컴퓨터

흐름도

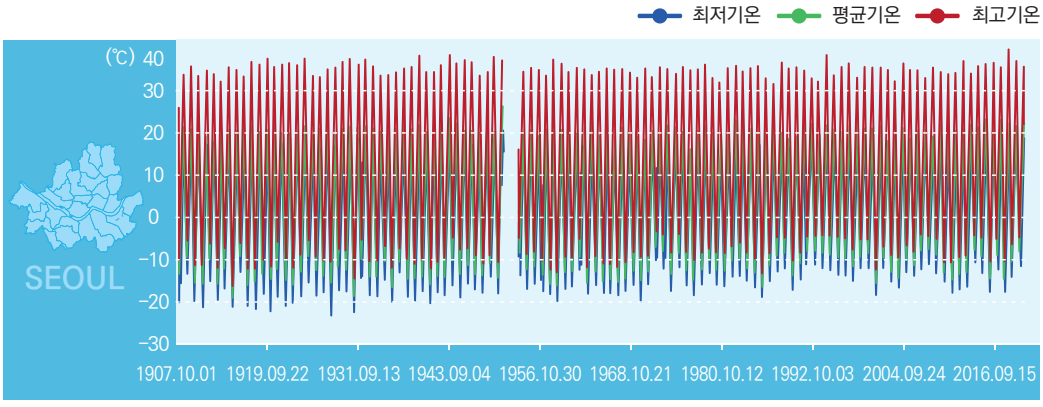
도입 (08분)	▶ 과거의 기온 데이터를 보는 방식 - 서울과 부산 지역의 1904년부터 2020년까지의 기온 데이터를 통해 관찰할 수 있는 사실들을 유추해 본다.

흐름도	전개 (30분)	▶ 현재의 기온 데이터를 보는 방식 - 기상자료개방포털에서 자신이 사는 지역의 기온분석 그래프와 분포도를 보고, 의미 있는 사실들을 발견해 본다. ▶ 미래의 기온 데이터를 보는 방식 - 구글 Google Colaboratory(이하 '코랩')에 접속해서 기온 데이터를 보는 방식에 대해 경험해 본다.
	정리 (07분)	▶ 공공 데이터, 지속가능한 사회를 만들다. - 우리의 삶과 관련된 다양한 공공 데이터 사이트 등을 탐색하고, 이러한 데이터를 지속가능한 사회를 만들기 위해 활용할 수 있는 방안을 제시해 본다.

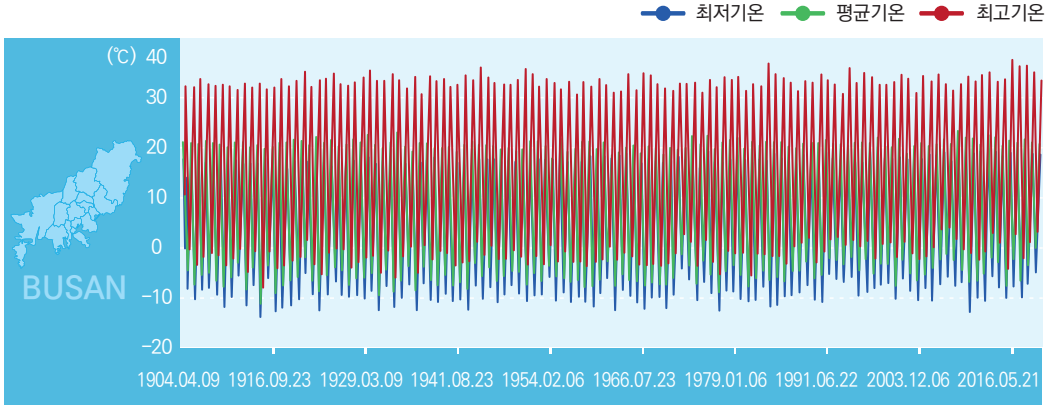
과거의, 기온 데이터를 보는 방식

➜ 다음은 서울과 부산의 1904년부터 2020년까지의 기온을 나타낸 그래프이다.

기온분석 기본 서울(108) 일자료 기간: 1904.08.01~2020.09.05



기온분석 기본 부산(159) 일자료 기간: 1904.01.01~2020.09.05



➡ 위의 그래프를 보고, 아래의 세 가지 질문에 자신이 생각하는 대답을 적어보자.

질문	자신이 생각한 대답과 이유
1. 위와 같은 그래프는 어떻게 얻을 수 있을까?	예) 연속 측정
2. 서울 그래프의 중간이 비는 이유는 무엇일까?	예) 한국전쟁으로 인해 기온측정 불가
3. 서울과 부산을 비교할 때 어느 곳의 기온이 높은가?	
4. 서울 기온은 높아지고 있는가?	
5. 역대 가장 더웠던 해는 언제인가?	
6. 그 외에 새롭게 위의 그래프로 발견한 사실을 적어주세요.	예) 시간이 흐름에 따라 평균기온이 대체적으로 상승

현재의 기온 데이터를 보는 방식

➜ 기상자료개방포털에서 자신이 사는 지역의 기온분석 그래프와 분포도를 보고, 의미 있는 사실들을 발견해 보자.

사이트: https://data.kma.go.kr/	경로: Home ▶ 기후통계분석 ▶ 통계분석 ▶ 기온분석

분야	발견한 사실
그래프	• • •
분포도	• • •

미래의 기온 데이터를 보는 방식

➜ 구글 Google Colaboratory(이하 '코랩')에 접속해서 미래의 기온 데이터를 보는 방식에 대해 경험해 보자.

방법	가. 크롬 설치 및 구글 회원가입 나. 코랩 접속: https://colab.research.google.com/ 다. 관련 깃헙 링크: https://github.com/greatsong/2020_public_data_analysis 라. 관련 전처리 과정은 참고용 자료를 바탕으로 예시 코드는 교사가 제시한다.

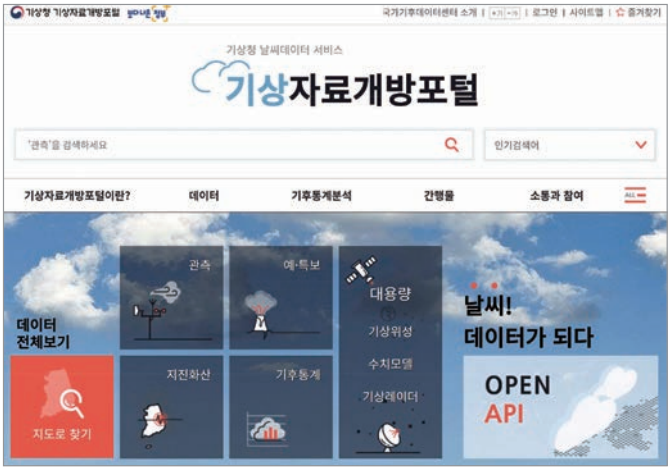
예시 코드를 통해 알아본 질문	결과값(수치 또는 그래프)	새롭게 발견한 사실

공공 데이터, 지속가능한 사회를 만들다.

최근 빠르게 확산하고 있는 공공 데이터 사이트 등을 접속하여 지속가능한 사회를 만들기 위해 활용할 수 있는 방안들을 제시해 보자.

사이트 이름	사이트 주소	활용할 수 있는 분야 또는 내용
교육통계서비스	https://kess.kedi.re.kr/	
행안부 인구 데이터	http://27.101.213.4/	
교통카드 데이터	https://pay.tmoney.co.kr/	
우표 정보 데이터	https://stamp.epost.go.kr/	
공공 데이터 포털	https://www.data.go.kr/	
환경통계포털	http://stat.me.go.kr/	
생활안전지도	http://www.safemap.go.kr/	

기상자료개방포털이란



접근하기 쉽고, 이용하기 쉽고, 이해하기 쉬운 날씨 데이터 서비스를 제공하는 사이트이다. 지상, 해양, 고층, 항공관측, 위성, 레이더, 수치예보모델 자료 등 총 30종류의 날씨 데이터를 내려받을 수 있다. 기온, 강수량 등 찾고 싶은 지역의 날씨 데이터를 지도에서 쉽게 찾을 수 있다. 기온분석, 강 수량분석, 극값순위, 기후 평년값, 장마, 황사일수, 불볕더위일수, 열대야일수, 24절기 등 18종류의 기후통계분석 정보를 이해하기 쉽고 정확하게 이용할 수 있다.

'기상기후데이터 카탈로그'는 기상청에서 제공하는 공공 데이터 목록과 데이터별 상세 설명을 제공하는 서비스이다. 데이터의 생산 및 처리 과정에 대한 정보로서 데이터를 분석, 활용하기 쉽도록 데이터 카탈로그를 제공한다.

개발자를 위한 오픈 API 서비스를 제공하기 때문에 창의적인 아이디어로 날씨 데이터와 다른 정보를 융·복합하여 새로운 서비스를 직접 개발할 수 있다.

① 날씨가 상품 매출에 미치는 영향을 분석할 때
② 인체에 날씨가 미치는 영향을 연구할 때
③ 날씨에 따른 작물 성장 상태를 파악하고 싶을 때
④ 작물의 파종·수확 시기를 준비해야 할 때
⑤ 에너지 사업을 계획할 때
⑥ 건설 입지를 선정할 때

등 '기상자료개방포털'에서 찾고 있는 날씨 데이터를 자유롭게 이용할 수 있다.

출처: https://data.kma.go.kr/cmmn/main.do

데이터 전처리 코드 모음

데이터 전처리 코드

아래부터 제시되는 데이터 코드는 데이터 처리하는 세부적인 방식이 중요한 것은 아니고, 코드를 통해 기존의 데이터 SET를 이용하여 전처리와 데이터 분석의 과정을 수행할 수 있다는 측면에서 제시하고 있다. 이러한 코드를 붙여넣기하여 실행하고, 코드 중 일부를 바꾸어 자신이 필요한 데이터에 접근하는 연습을 하는 것을 목적으로 두고 있다.

단계	코드
1단계	!git clone https://github.com/greatsong/2020_public_data_analysis
2단계	!ls
3단계	cd 2020_public_data_analysis
4단계	ls
5단계	!apt -qq -y install fonts-nanum
6단계	import matplotlib.pyplot as plt import matplotlib.font_manager as fm fontpath = '/usr/share/fonts/truetype/nanum/NanumGothic.ttf' font = fm.FontProperties(fname=fontpath, size=10) fm._rebuild()

출처: 한국과학창의재단, 2020. AI 융합교육과정 운영고등학교 담당교원 연수 자료집, 송석리 선생님

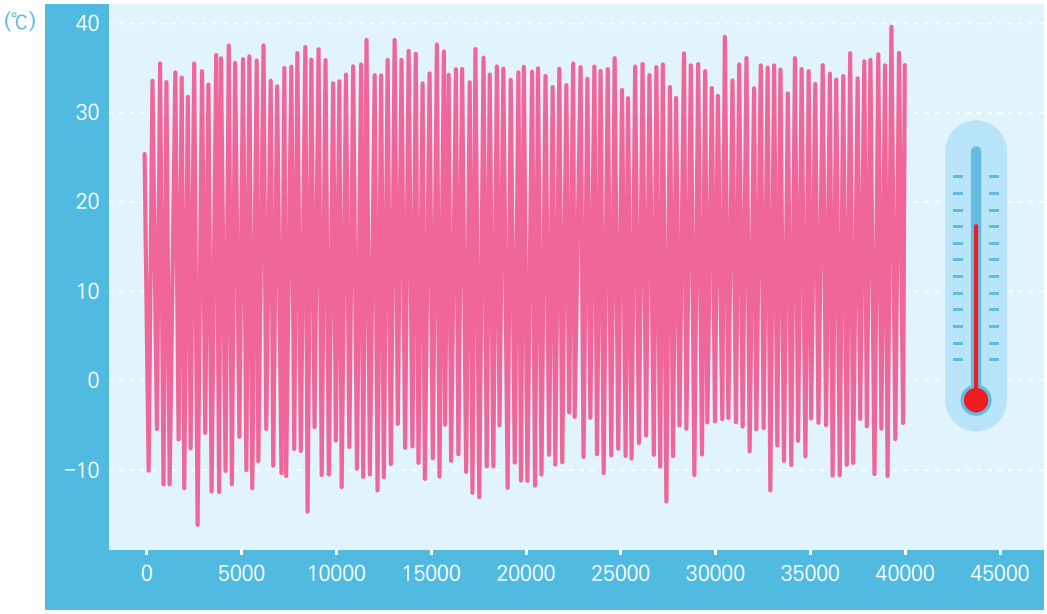
데이터 실행 코드 모음(예시)

단계	코드

➡ 데이터 불러오기	import csv
	f = open('seoul_temp.csv', encoding = 'cp949')
	data = csv.reader(f)
	for row in data :
	  print(row)
	  break

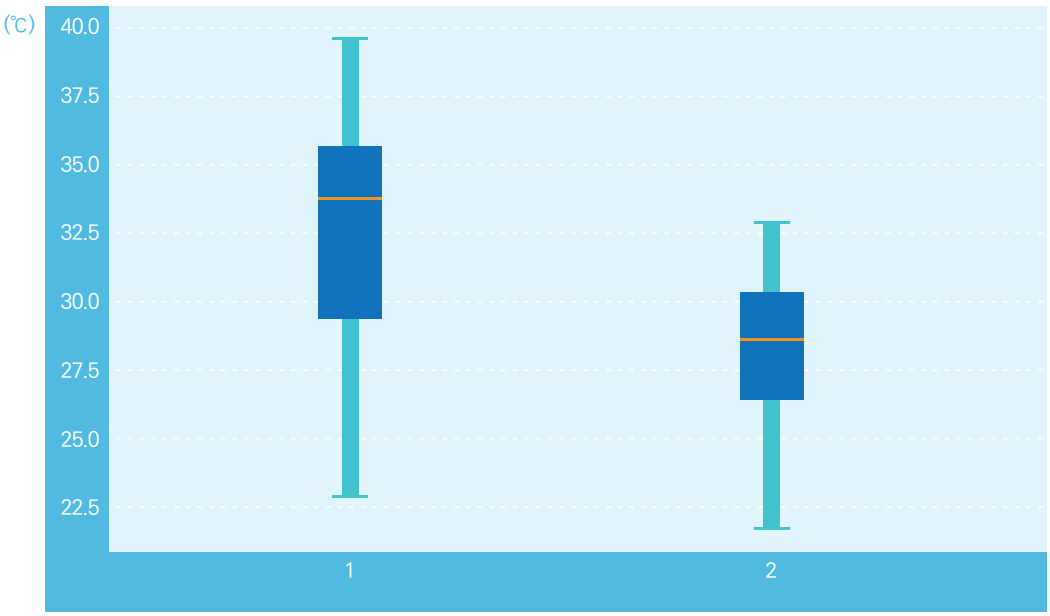
['날짜', '지점', '평균기온(℃)', '최저기온(℃)', '최고기온(℃)']	

➡ 데이터 시각화	import csv
	f = open('seoul_temp.csv', encoding = 'cp949')
	data = csv.reader(f)
	next(data)
	result = []
	for row in data :
	  if row[-1] != '' :
	  result.append(float(row[-1]))
	import matplotlib.pyplot as plt
	plt.figure(dpi = 300)
	plt.plot(result,'b') # plot : 꺾은선 그래프!
	plt.show()



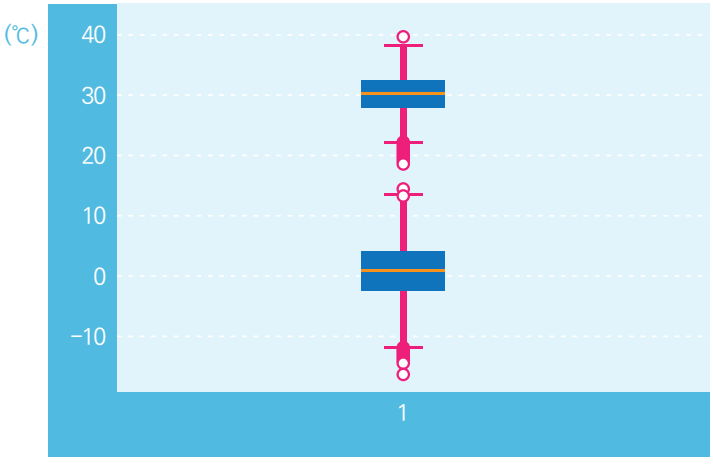
단계	코드

➡ 박스 플랏 1980년 여름과 2020년 여름 비교하기	import csv
	f = open('seoul_temp.csv', encoding = 'cp949')
	data = csv.reader(f)
	next(data)
	summer1980 = []
	summer2020 = []
	for row in data :
	  year = row[0].split('-')[0]
	  month = row[0].split('-')[1]
	  if row[-1] != '' :
	  if month == '07' or month == '08':
	  if year == '1980' :
	  summer2018.append(float(row[-1]))
	  if year == '2020' :
	  summer2020.append(float(row[-1]))
	import matplotlib.pyplot as plt
	plt.figure(dpi = 300)
	plt.boxplot([summer1980,summer2020])
	plt.show()



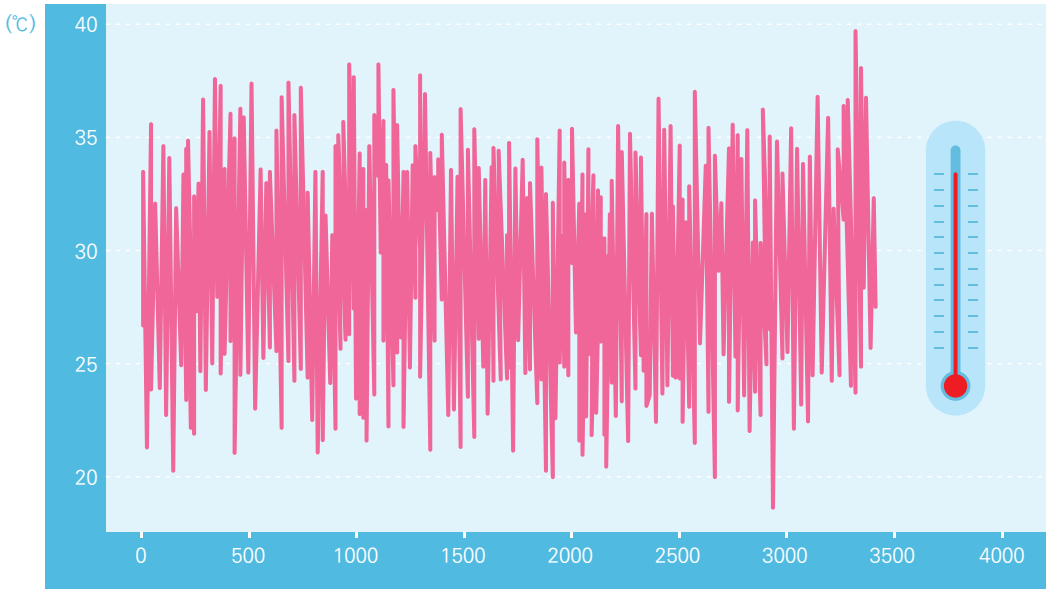
단계	코드

➡ 박스플랏 월 비교
(1월과 8월)
	import csv
	f = open('seoul_temp.csv', encoding = 'cp949')
	data = csv.reader(f)
	next(data)
	aug = []
	jan = []
	for row in data :
	  month = row[0].split('-')[1]
	  if row[-1] != '' :
	  if month == '08':
	  aug.append(float(row[-1]))
	  if month == '01':
	  jan.append(float(row[-1]))
	import matplotlib.pyplot as plt
	plt.boxplot(aug)
	plt.boxplot(jan)
	plt.show()



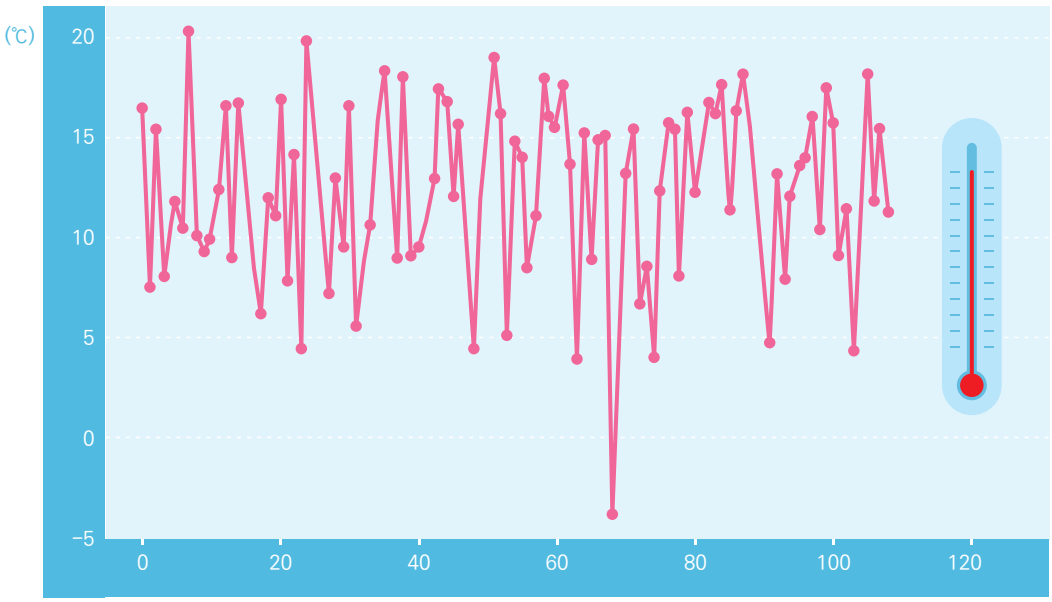
단계	코드

➡ 특정 월의 최고 기온 비교(8월)	import csv
	f = open('seoul_temp.csv', encoding = 'cp949')
	data = csv.reader(f)
	next(data)
	result = []
	for row in data :
	  if row[-1] != '' :
	  if row[0].split('-')[1] == '08' :
	  result.append(float(row[-1]))
	import matplotlib.pyplot as plt
	plt.figure(dpi = 300)
	plt.plot(result, 'hotpink')
	plt.show()



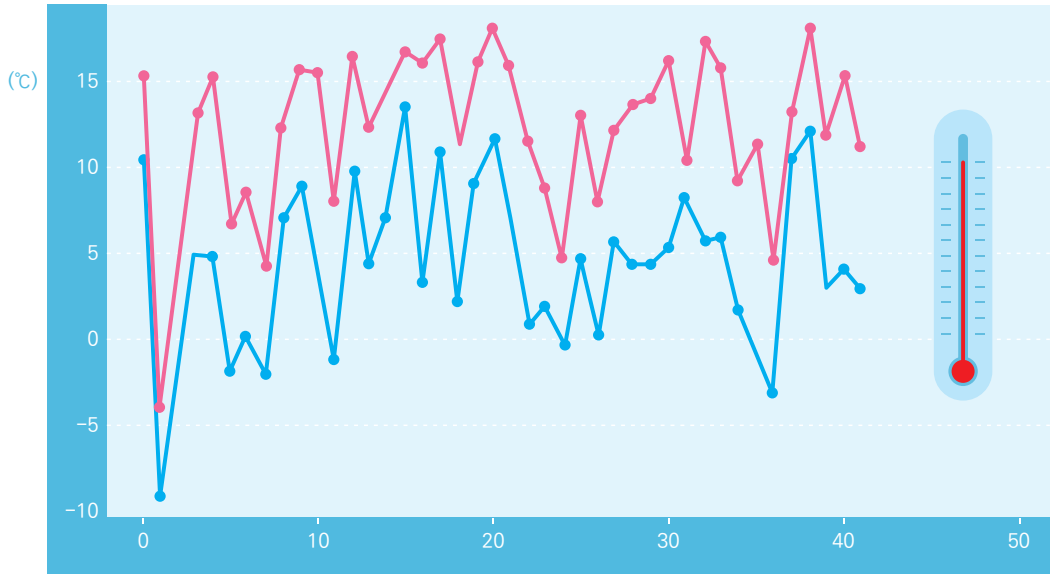
단계	코드

➡ 특정 월일의 최고 기온 비교 (11월 13일)	import csv
	f = open('seoul_temp.csv', encoding = 'cp949')
	data = csv.reader(f)
	next(data)
	result = []
	for row in data :
	  if row[-1] != '' :
	  if row[0].split('-')[1] == '11' and row[0].split('-')[2] == '13' :
	  result.append(float(row[-1]))
	import matplotlib.pyplot as plt
	plt.figure(dpi = 300)
	plt.plot(result, 'hotpink')
	plt.show()



단계	코드

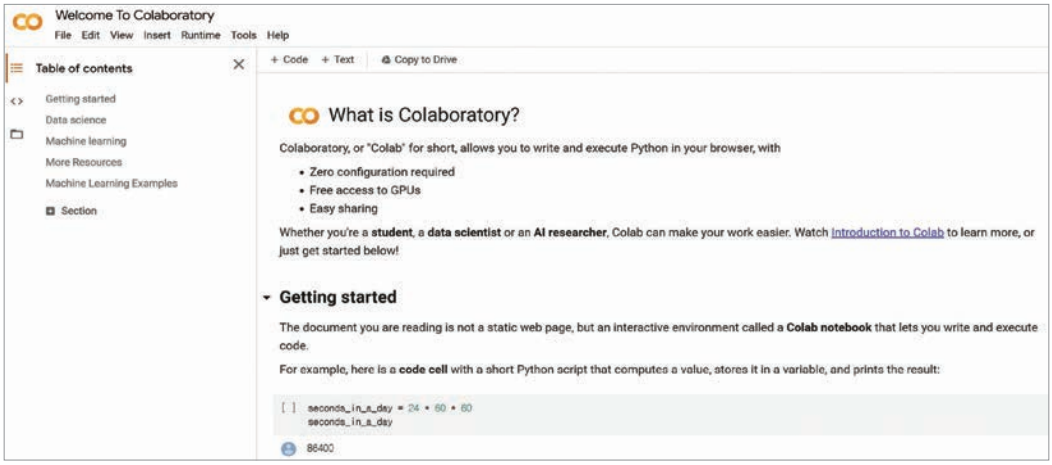
➡ 특정 년도 이후
월일의 기온 비교
(1978년 11월 13일)
	import csv
	f = open('seoul_temp.csv', encoding = 'cp949')
	data = csv.reader(f)
	next(data)
	high = []
	low = []
	for row in data :
	  if row[-1] != '' and row[-2] != '' :
	  if 1978 <= int(row[0].split('-')[0]) :
	  if row[0].split('-')[1] == '11' and row[0].split('-')[2] == '13' :
	  high.append(float(row[-1]))
	  low.append(float(row[-2]))
	import matplotlib.pyplot as plt
	plt.figure(dpi = 300)
	plt.plot(high, 'hotpink')
	plt.plot(low, 'skyblue')
	plt.show()



출처: 한국과학창의재단, 2020. AI 융합교육과정 운영고등학교 담당교원 연수 자료집, 송석리 선생님.

Google Colaboratory 소개

구글 코랩(Colab)은 클라우드 기반의 무료 Jupyter 노트북 개발 환경이다. 장점은 데이터 분석 및 머신러닝 관련 다양한 라이브러리들이 이미 설치되어 있고 무료로 사용할 수도 있어서 많은 사람에게 사용되고 있다. 단점은 GPU 리소스가 무제한 제공되는 것은 아니고 접속 시간도 최대 12시간 정도라는 점이다.



코랩 사용법

- 구글 계정이 필요함
- 코랩에 접속하는 방법은 구글 드라이브에서 앱을 추가하는 방법과 아래 URL로 접속하는 방법이 있다. https://colab.research.google.com/
- 코랩 접속은 크롬 브라우저를 사용하는 것을 권장한다.

코랩 사용의 장점

- 환경설정 및 구동 준비가 간단하며, 무료로 이용할 수 있다.
- 클라우드 기반이기 때문에 여러 명이 동시에 수정할 수 있다.
- 인터넷 연결만 되어 있으면 어디서든 접속 수정이 가능하며, 모바일도 지원한다.
- Jupyter Notebook에 비해 더 좋은 기능을 제공한다(목차기능, Markdown의 미리 보기 기능, 파워레벨, 고양이모드 등)
- Git과의 연동이 쉬워 타인과 지식을 공유하기 좋은 환경이다.
- 오류 발생 시 [SEARCH STACK OVERFLOW] 버튼을 클릭하면 자동으로 스택 오버플로 사이트 검색 결과가 나타난다.

주의할 점

- 최대 세션 유지시간은 12시간이다. 이후 세션이 끊기면 데이터가 사라진다.
- 소스코드는 .ipynd 확장자로 구글 드라이브에 안전하게 보관되므로 걱정할 필요 없다. 다만, 딥러닝 학습시킬 데이터가 문제인데 구글 드라이브에 저장해 놓으면 된다.
- 개인이 무료로 사용 가능한 구글 계정의 최대 용량은 15G이다. 30G 이상 저렴한 비용으로 쓸 수도 있다. 학교 학생이라면 구글 GSuite 서비스로 구글 드라이브를 무제한으로 활용하는 것도 방법이다.
- 금융권 등 망분리 보안 이슈로 법적으로 클라우드에 데이터를 올릴 수 없는 경우는 사내에서 활용하기 어렵다.
- 보다 자세한 사항은 Google Colaboratory 공식 페이지를 참고한다.

출처: https://theorydb.github.io/dev/2019/08/23/dev-ml-colab/

공공 데이터 사이트

주제 통합

사이트명	주관기관	사이트
공공데이터포털	한국정보화진흥원	https://www.data.go.kr/
국가통계포털	통계청	http://kosis.kr/index/index.do
국가통계 마이크로데이터 서비스	통계청	https://mdis.kostat.go.kr/index.do
통계지리정보서비스	통계청	http://sgis.kostat.go.kr/view/index
국가공간정보포털	국토교통부	http://www.nsdi.go.kr/lxportal/?menuno=2679
K-ICT 빅데이터 센터	과학기술정보통신부	https://kbig.kr/portal/kbig
교육통계서비스	교육부	https://kess.kedi.re.kr/index

지역별 공공 데이터

사이트명	주관기관	사이트
서울열린데이터광장	서울특별시	http://data.seoul.go.kr/

주제별 공공 데이터

사이트명	주관기관	사이트
전력데이터개방포털시스템	한국전력공사	https://bigdata.kepco.co.kr/cmsmain.do?scode=S01
기상자료개방포털	기상청	https://data.kma.go.kr/cmmn/main.do
농림축산식품 공공 데이터 포털	농림축산식품부	https://data.mafra.go.kr/
보건의료빅데이터개방시스템	보건복지부	https://opendata.hira.or.kr/home.do
K-water 공공데이터개방포털	한국수자원공사	http://opendata.kwater.or.kr/main.do
고속도로 공공 데이터 포털	한국도로공사	http://data.ex.co.kr/
인구데이터	행정안전부	http://27.101.213.4/
한국우표포털사이트	우체국	https://stamp.epost.go.kr/
생활안전지도	행정안전부	http://www.safemap.go.kr/main/smap.do

방문 개방 데이터

사이트명	주관기관	사이트
통계빅데이터센터	통계청	http://data.kostat.go.kr/sbchome/index.do

데이터 판매

사이트명	주관기관	사이트
데이터스토어	-	https://www.datastore.or.kr/
Textom	-	http://www.textom.co.kr/

사기업 개방 데이터

사이트명	주관기관	사이트
SKT Data Hub	-	https://www.bigdatahub.co.kr/index.do
교통카드 데이터	T 머니	https://pay.tmoney.co.kr/index.dev

출처: https://blog.naver.com/tutumd96/221885177662

9차시

해수면 상승, 우리는 괜찮을까?

활동 개요

Let's Learn!

	대상 중학교
개발 의도 (배경)	● 기후변화로 인한 심각한 위협 중의 하나가 해수면 상승이다. 해수면이 상승해서 육지가 물에 잠기게 되면 사람과 많은 생물이 살아갈 수 없게 된다. ● 최근 조사 결과를 보면 해수면이 빠르게 상승하고 있으며 우리나라도 예외가 아니다. 해수면 상승의 현황과 간척지가 많은 우리나라에 미칠 영향에 대해 알아보도록 한다.
학습 목표	● 해수면 상승이 우리나라는 물론 전 세계적으로 벌어지고 있는 현상이라는 것을 이해한다. ● 우리나라도 해수면 상승으로 인해 큰 피해를 입을 수 있다는 사실과 그 심각성을 이해할 수 있다.
성취 기준	[9과18-01] 기권의 층상 구조를 이해하고, 온실 효과와 지구 온난화를 복사 평형의 관점으로 설명할 수 있다. [9사(지리)10-01] 전 지구적인 차원에서 발생하는 기후변화의 원인과 그에 따른 지역 변화를 조사하고, 이를 해결하기 위한 지역적·국제적 노력을 평가한다. [9환03-10] 기후변화 현상의 원인을 구분하고, 기후변화로 발생되는 갈등 해결 방안을 지구 공동체의 관점에서 토의한다.
내용 영역	● 기후변화 영향과 대응: 해수면 상승, 우리는 괜찮을까?

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
		★	★	

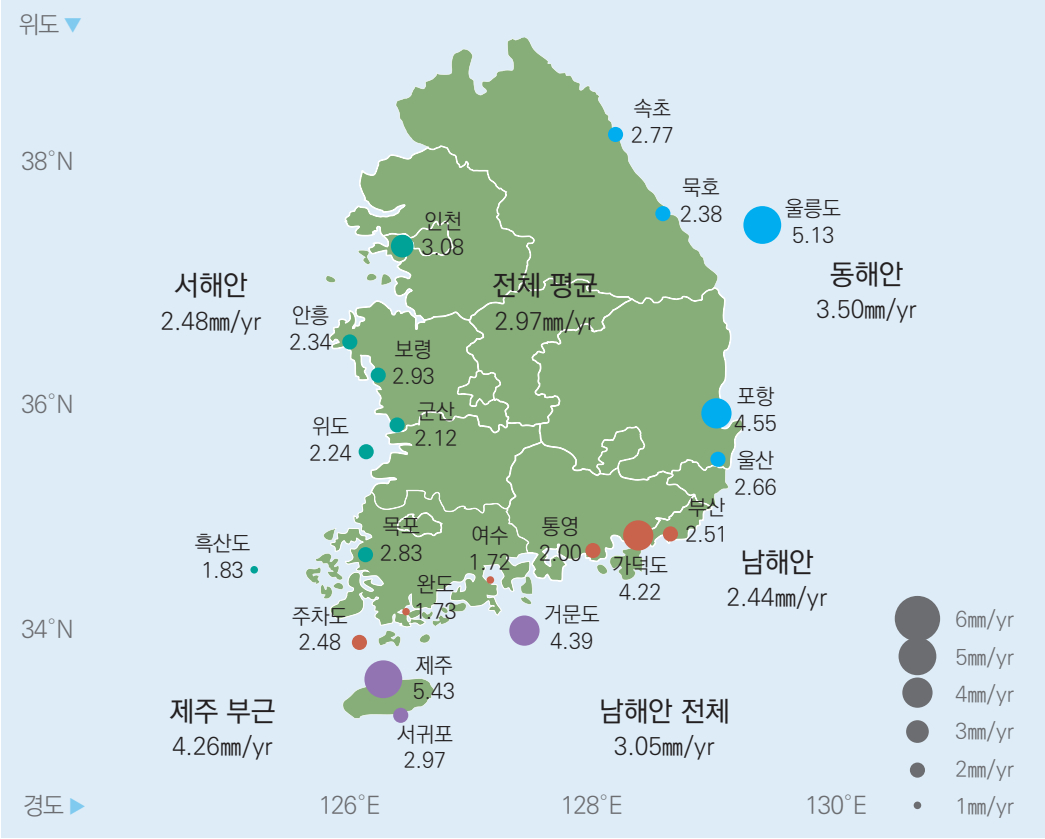
소요 시간	90분
교수학습 방법	강의법 / 게임놀이 / 토의토론 ★ / 조사 ★ / 실험 실습 / 기타(직접 기입)
교육 장소	교실 또는 컴퓨터실
준비물	참고 자료, 동영상, 활동지, 컴퓨터 등
흐름도	도입 (05분): ▶ 키리바시 섬나라 이야기 – 해수면 상승으로 물에 잠기고 있는 섬나라의 이야기를 통해 기후변화의 심각성을 느껴 본다.

흐름도	전개 (35분)	▶ 지난 30년간 우리나라의 해수면 상승 추이 알아보기 - 우리나라 서해, 남해, 동해안, 제주 지역에서 해수면이 얼마나 상승했는지 지도를 보면서 비교해 본다. ▶ 우리나라의 해수면 상승 영향 알아보기 - 해수면 상승 시뮬레이터를 통해서 우리지역의 해수면 상승 피해를 알아본다. ▶ 세계 여러나라의 해수면 상승 실태 확인하기 - 해수면 상승으로 피해를 입고 있는 대표적인 섬나라의 상황을 살펴봄으로써 전 지구적 상황이라는 것을 이해한다.
	정리 (05분)	▶ 제주도의 기후변화 영향과 관련된 영상을 시청하고, 해수면 상승이 우리에게도 현실적인 문제임을 다시 한번 생각해보기

우리나라의 해수면 상승 추이 및 영향 알아보기

아래 지도는 1989년부터 2019년까지 30년간 연안 조위관측소 자료를 분석한 결과를 보여 주고 있다. 아래 지도를 잘 살펴보면서 질문에 답해 보자.

우리나라 연간 해수면 상승 크기



출처: 국립해양조사원 조위관측소

Q1 우리나라 전체적으로 볼 때 연간 평균 해수면 상승 크기는 얼마인가?

A1

Q2 지도상에서 해수면 상승 폭이 가장 큰 지역은 어디이고, 상승 크기는 얼마인가?

A2

Q3 서해, 남해, 동해, 제주를 비교할 때 해수면 상승 폭에 차이가 있는가? 있다면 어느 쪽 해안에서 해수면 상승이 가장 큰 것으로 보이는가? 그 이유를 추정해 본다면?

A3

활동 자료 01

Q1 RCP 4개 시나리오별 우리 지역의 해수면 상승에 따른 영향은 어떠한가?

A1

Q2 해수면 상승에 취약한 지역은 어디이며, 지역들의 특징은 무엇인가?

A2

Q3 만약 해수면이 계속 상승하게 된다면 우리나라는 어떤 영향을 받게 될까?

A3

한국 기후변화 평가보고서 2020 중 해수면 상승 관련

해양과 빙권

대마난류에 의한 동해로의 열 수송 증가로 동해 수온은 지구온난화로 인해 지속적으로 증가할 것으로 예상되었으며, 황해 생태계에 중요한 영향을 미치는 황해저층냉수는 2100년까지 수온이 서서히 증가할 것으로 전망되었다(견고한 동의). 우리나라 평균 해수면은 2100년까지 RCP 2.6에서 37.8㎝, RCP 4.5에서는 48.1㎝, RCP 6.0에서는 47.7㎝, 그리고 RCP 8.5에서는 65.0㎝ 상승하는 것으로 전망되어, 전 지구 평균보다 근소하게 낮게 나타났다(견고한 동의). 남극빙상용융을 고려한 모델에서는 시나리오에 따라 130㎝ 이상 상승할 수 있음이 보고되었다(제한적 동의). 북극 해빙 면적 및 두께의 급격한 감소추세가 이어지고 있으며, 이러한 경향성은 21세기 전반에 걸쳐 이어져 가을철 해빙의 경우 2050년 경에 모두 사라질 것으로 예상되었다(중간적 동의).

한반도 해역의 평균 해수면은 최근 40년 동안 약 10㎝ 상승했다. 우리나라에서는 1989년부터 2017년까지 최근 29년간 매년 2.9㎜ 상승률을 보여 전 지구 평균에 비해 다소 빠른 상승 추세를 보이고 있으며, 지역적으로는 제주 부근(4.44㎜)이 가장 높고 동해안(3.70㎜), 남해안(2.41㎜), 서해안(2.07㎜) 순으로 나타났다.

21세기 말 우리나라의 평균해수면은 RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5에 대해 각각 37.8, 48.1, 47.7, 65.0㎝ 상승하는 것으로 전망되어, 온실가스 배출량 증가에 비례하여 상승하며 RCP 8.5를 제외하고는 전 지구 평균보다 근소하게 낮다. 해역별 차이를 보면 모든 시나리오에서 남해 지역이 다른 지역에 비해 해수면 상승이 높고 서해안 지역이 다른 지역에 비해 해수면 상승이 다소 낮은 것으로 전망된다.

현재와 같은 추세로 온실가스를 배출하였을 때 남극빙상용융을 고려하는 모델로 전망한 2100년에 지구 평균해수면 상승은 130㎝에 이를 것으로 예측되고 있으며 우리나라의 경우 연안지역 해수면이 1m 상승할 경우 한반도 면적의 1.2%(여의도의 300배)가 침수될 것으로 예측되고 있다.

관측에 의하면 9월 북극 해빙 면적은 누적 이산화탄소 배출량과 선형 관계가 있음이 밝혀졌는데, 이산화탄소 배출 1톤당 해빙 면적은 3±0.3㎡ 줄어들었다. 이 관계를 바탕으로 앞으로 1,000기가 톤의 이산화탄소가 추가 배출될 때 9월 북극 해빙은 거의 사라질 것으로 추정해 볼 수 있는데, 현재 연간 35기가 톤 배출이 유지될 경우 21세기 중반 이전에 사라질 것으로 예상된다.

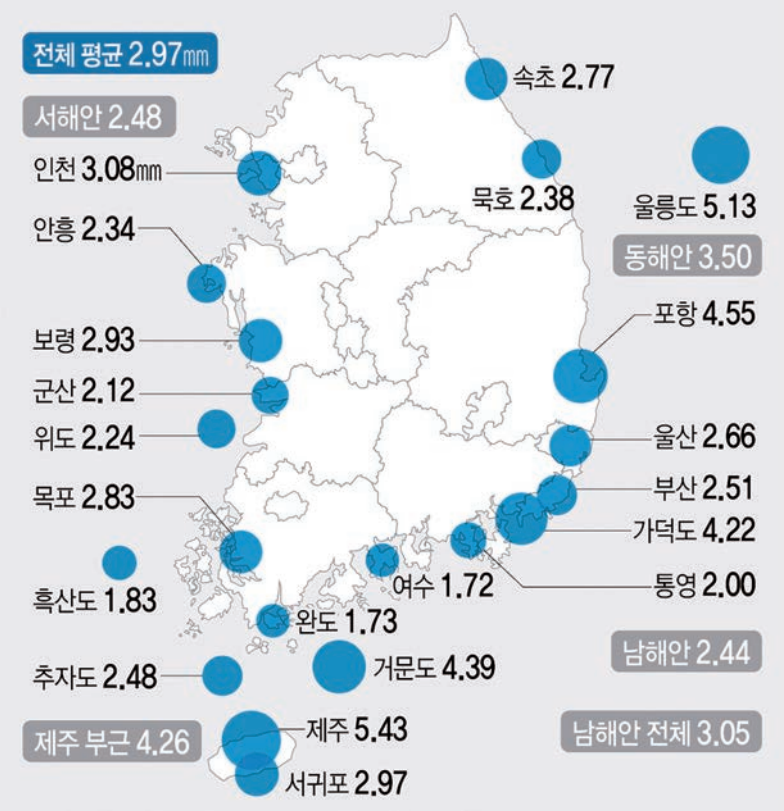
출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020

해수면 상승의 영향 및 전망

- 산업화 이후 해수면 상승의 가장 큰 원인 두 가지는 해수의 열팽창과 육지 빙하의 용융이다. 해수면 상승은 해수의 큰 열용량과 느린 해류 순환으로 21세기 동안에는 시나리오에 따라 차이가 있으나, 모든 시나리오에서 상승할 것이며, 그 영향은 수 천년까지 미친다.(IPCC 보고서)
- 해수면 높이가 상승하면 도시가 많이 형성된 해안 저지대의 침수뿐만 아니라 해안 침식 및 해일에 의한 피해(범람)도 증대된다. 또한 해수의 침입으로 바다 주변 농지의 염분 피해가 증가하고, 연안 지하수를 식수나 농업용수로 사용하는 것도 어려워진다. 우리나라의 경우에는 제주도의 용머리 해안이 해수면 높이 상승의 대표적인 예로 1987년에는 만조 시에도 용머리 해안 산책로의 출입 통제가 없었으나, 2010년에는 84일, 2015년에는 202일이 통제되고 있다.
- 현재 해수면은 약 2만년 전 마지막 빙하기 이후 남극과 그린란드의 얼음이 녹으면서 최대 125m 이상 상승한 높이로 산업화 이후 다시 본격적으로 상승하는 경향을 보이고 있고, 최근 해수면 상승이 가속화되고 있다.(IPCC AR6 WG1)
- IPCC 제6차 평가보고서에 의하면 온실가스를 가장 많이 배출하는 시나리오(ssp5-8.5)일 때 0.63~1.01m 상승할 것이고, 빙상 과정의 불확실성을 포함하면 2100년까지 최대 2m(2150년까지 5m) 상승한다고 전망하였다.
- 해수면 높이 상승은 전 지구적으로 균일하지 않고 지역적으로 다르며, 우리나라의 경우 전지구 평균 상승률보다 높은 연간 3.12㎜씩 상승하고 있다.

우리나라의 해수면 상승 추이

우리나라 해수면 상승률
(1989~2018년까지 30년간 연안 조위관측소 자료 분석 결과, 연 평균 상승률)



자료: 해양수산부 국립해양조사원, 연합뉴스
김지영 인턴: 20191219 트위터@yonhap_graphics 페이스북 luney.kr/LeYN1

(서울=연합뉴스) 이태수 기자=지난 30년간 우리나라 바다의 해수면이 연평균 2.97㎜씩 높아진 것으로 나타났다.

해양수산부 국립해양조사원은 기후변화에 따른 해수면 변동을 연구하고자 1989년부터 지난해까지 30년간 연안 조위관측소 자료를 분석한 결과 이 같은 결과를 얻었다고 19일 밝혔다.

해역별 연평균 상승 폭을 보면 제주 부근이 4.26㎜로 가장 컸다. 이어 동해안 3.50㎜, 서해안 2.48㎜, 남해안 2.44㎜ 순이었다.

관측지점별 연평균 상승 폭을 보면 제주가 5.43㎜로 가장 컸다. 울릉도 5.13㎜, 포항 4.55㎜,

거문도 4.39㎜, 가덕도 4.22㎜ 순이었다.

또 21개 조위관측소 자료를 기준으로 최근 10년간 연평균 해수면 상승 폭은 지난 30년간 연평균 2.97㎜보다 높은 3.48㎜로, 시간이 갈수록 해수면 상승 속도가 빨라 졌다.

홍래형 국립해양조사원장은 "우리나라 연안의 해수면 상승 현황 분석과 미래 전망은 연안 관리, 개발, 국가 기후변화 정책 추진에 중요한 토대가 된다"며 "급격한 기후변화에 선제적으로 대응할 수 있도록 앞으로도 관련 연구를 이어갈 것"이라고 말했다.

출처: 연합뉴스, 2019.12.19, 해수면 상승 한국도 남의 일 아니다… 매년 2.97㎜↑

Memo

10차시

기후변화의 영향 모두에게 같을까?

활동 개요

Let's Learn!

	대상 중학교
개발 의도 (배경)	• 기후변화 취약성, 취약계층의 의미, 취약계층 및 취약지역 보호를 위한 사업, 기후난민의 현황 등을 알아보고, 기후변화의 영향이 모두에게 같지 않음을 이해하게 한다. • 기후변화가 심각해지면, 취약계층과 기후난민 등의 피해도 커지게 되므로 온실가스 줄이기를 위한 실천이 중요하다.
학습 목표	• 기후변화 취약성 및 취약계층에 대해 이해하고, 기후변화가 취약계층에 미치는 영향을 알 수 있다. • 기후취약 계층(기후난민 등)을 보호하는 방법(지원, 예방, 문제해결 등)을 알 수 있다.
성취 기준	[9도03-03] 세계시민으로서 요구되는 도덕적 가치를 이해하고, 지구 공동체에서 일어나는 다양한 도덕 문제를 인식하며, 이러한 문제를 개선하려는 참여적 태도를 가지는 등 세계시민 윤리의식을 함양할 수 있다. [9환03-10] 기후변화 현상의 원인을 구분하고, 기후변화로 발생되는 갈등 해결 방안을 지구 공동체의 관점에서 토의한다. [9사(지시)05-03] 자연재해로 인한 피해가 증가하거나 감소한 지역을 비교하여, 자연재해로 인한 피해를 줄일 수 있는 방안을 모색한다.
내용 영역	• 기후변화 영향/대응

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
		★	★	

소요 시간	45분
교수학습 방법	강의법 / 게임놀이 / 토의토론 ★ / 조사 ★ / 실험 실습 / 기타(직접 기입)
교육 장소	교실 또는 컴퓨터실
준비물	참고 자료, 교육용 태블릿PC(그린 스마트 스쿨), 컴퓨터, 동영상, 활동지 등
흐름도	도입 (05분)

▶ 문제 인식하기
- 정부에서 야외 근로자를 위한 트레일러 지원사업, 재래시장 쿨링포그 설치 사업을 추진하는 이유를 알아본다.

흐름도	전개 (30분)	▶ 기후변화 취약계층 알아보기 - 모둠별로 기후변화에 가장 취약할 것으로 예상되는 계층(집단)에 대해서 가정하여 선택한다. - 교육용 태블릿PC 또는 컴퓨터실의 컴퓨터를 이용하여, 모둠에서 선택한 가정을 검증할 수 있는 자료를 수집하고 해석한다. ▶ 근거 만들고 발표하기 - 자신들의 가정과 근거를 발표하고 학생들과 공유한다.
	정리 (10분)	▶ 기후변화 취약계층과 보호 방법 알아보기 - 학생들의 발표를 기반으로 투표를 통해서 가장 위험한 계층(집단)을 선택하고, 보호하는 방법 토의하기

기후변화의 영향 모두에게 같을까?

모둠원

가정	기후변화로 인해서 가장 취약한 계층(집단)은 ( )이다.

자료수집

자료 1	자료 2
자료 3	자료 4
자료 5	자료 6

근거 1	
근거 2	
근거 3	
근거 4	
근거 5	
보호방법	

기후변화 취약계층 정의 및 범위

취약계층 정의

기후변화로 인한 영향에 더 노출되거나 같은 노출에도 더 민감하게 반응하는 잠재적인 집단, 또는 기후변화 영향의 회피, 방어 관련 정보에 접근성이 떨어지는 집단

취약계층 결정요인에 따른 취약계층 분류

<table>
<tr><th>결정요인</th><th>취약계층</th><th>결정요인</th><th>취약계층</th><th>결정요인</th><th>취약계층</th></tr>
<tr><td rowspan="4">불건강</td><td>노인</td><td rowspan="5">취약한
작업장
형태</td><td>농업 종사자</td><td rowspan="6">거주지역</td><td rowspan="5">상수도 미보급
지역 거주자</td></tr>
<tr><td>만성질환자</td><td>어업 종사자</td></tr>
<tr><td>아동</td><td>임업 종사자</td></tr>
<tr><td>여성</td><td>축산업 종사자</td></tr>
<tr><td>이동성제한</td><td>장애인</td><td>야외근로자</td></tr>
<tr><td rowspan="2">빈곤</td><td>저소득자</td><td rowspan="2">취약한
거주시설</td><td>노후주택
거주자</td><td rowspan="2">재해위험지구
거주자</td></tr>
<tr><td>노숙자</td><td>지하 거주시설
거주자</td></tr>
</table>

출처: 기후변화 취약계층 적응대책 개발(한국환경·정책평가연구원, 2015)

한국환경정책평가연구원은 「기후변화 취약계층 적응대책 개발 연구」를 통해 다음과 같이 기후변화 취약계층을 정리하여 분류하였다. 이 연구에서는 기상이변과 관련하여 인간의 건강 및 복지 차원의 피해와 관련된 국내 언론매체 조사와 국내·외 연구 문헌을 분석하여 취약계층 결정요인을 정리하였으며, 그 결과 불건강, 이동성 제한, 빈곤, 취약한 작업장 형태, 취약한 거주시설, 거주지역 등 6가지로 구분하여 정리하였다.

출처: 기후변화 취약계층 적응대책 개발(한국환경·정책평가연구원, 2015)

한국 기후변화 평가보고서 2020 요약보고서 중 보건분야

서론

기후변화로 인한 건강 영향은 지역의 물리적 환경과 사회구조의 취약성에 따라 다르게 나타난다. 우리나라는 기후변화에 따른 온난화와 이상기상 현상의 발생 가능성이 높아지고 있으며, 인구 고령화, 1인가구 증가, 소득 양극화 등 사회경제 구조 변화가 예측됨에 따라 적응능력이 낮은 인구집단을 중심으로 건강 피해가 증가할 우려가 있다. 따라서, 기후변화 건강 피해 저감을 위한 위험관리 대책 마련과 함께 보다 근본적인 해결책 모색을 위한 중장기적인 대안 발굴 노력이 필요하다. 본장에서는 국내 건강 영향, 전망, 취약성 원인과 관련 국가 정책에 대해 살펴보았다.

관측된 영향

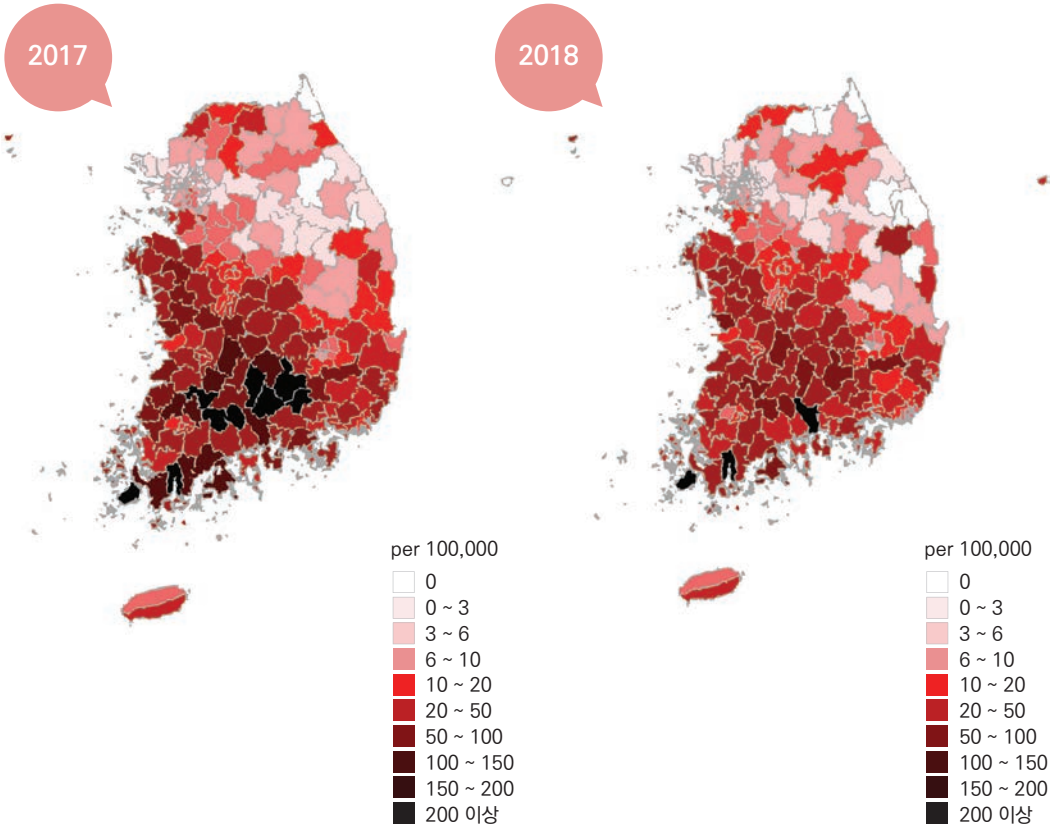
폭염(견고한 동의), 기상재해(견고한 동의), 대기질과 알레르기(중간적 동의)에 의한 건강 영향과 곤충 및 설치류 매개체 감염병(중간적 동의), 수인성 및 식품매개 감염병(중간적 동의)과 기후 요소와의 관련성이 확인되었다.

폭염으로 인한 건강 영향은 열사병, 열탈진, 열피로 등의 온열질환이 가장 많이 발생하고, 신장질환, 심뇌혈관질환, 정신질환도 관련성이 높은 것으로 나타났다. 이러한 온열질환자 발생, 탈진 등은 노동생산성을 감소시켜 산업계의 피해로 이어질 수 있다. 또한 지속적인 고온으로 인한 대기오염물질 및 오존농도 증가는 호흡기 질환자 증가나 면역기능 저하 등 건강 문제를 발생시킬 뿐만 아니라 환경, 산업 및 사회기반시설 전반에 영향을 미칠 수 있다.

폭염으로 인한 건강 영향은 성, 연령, 건강 상태, 소득, 교육수준이나 지역별 차이(도시와 농촌, 건물 밀집도, 지리적 특성, 인구밀도) 등 사회경제적 상태에 따라 다르게 나타난다. 우리나라는 기온이 1℃ 증가할 때 사망 위험이 5% 증가하고, 다른 시기에 비해 폭염 시기의 사망 위험이 8% 증가하였다. 또한 기온 증가는 75세 이상 인구집단과 만성질환자의 사망 위험을 더 높이는 것으로 조사되었다.

기후변화는 오존과 미세먼지 농도를 증가시켜 건강에 영향을 줄 수 있다. 미세먼지와 심혈관계 및 호흡기계 질환과의 영향 연구가 활발하게 진행되었으며 최근에는 신장질환, 정신질환, 치매, 뇌경색 등의 뇌신경질환도 대기오염과 연관성이 있다는 연구가 발표되고 있다. 기후변화로 인해 꽃가루 개화 시기가 빨라지고 꽃이 피어있는 기간도 길어져서 이로 인한 알레르기 유발 물질 농도가 증가되는 것으로 나타났다.

[그림 1] 지역별 인구 10만명당 쯔쯔가무시증 발생률(질병관리본부, 2019)



매개체 분포 확대와 밀도 증가는 기온, 강우량 및 습도와 같은 기후 요소에 밀접한 영향을 받으며, 진드기 매개 감염병인 쯔쯔가무시증 환자 발생은 기온과 밀접한 관련이 있다[그림 1]. 모기는 일평균 기온 혹은 최고기온이 1℃ 상승함에 따라 일주일 후 모기 성체 개체수가 27% 증가할 가능성이 있으며 상대습도와 강수량도 상관성이 있었다.

수인성 및 식품 매개 감염병은 평균 기온과 상관성이 높게 나타나며 기온 상승, 폭우 및 홍수에 의해서 비브리오균 감염증이 높게 나타났다. 기온이 1℃ 상승할 경우 수인성 및 식품 매개 감염병의 평균 발생이 증가할 것으로 예측이 되었으며, 살모넬라, 장염비브리오 및 황색포도상구균으로 인한 식중독 발생 건수는 각각 47.8%, 19.2% 및 5.1% 증가하는 것으로 나타났다.

영향 전망

기후변화에 따른 온열질환으로 인한 사망과(견고한 동의) 태풍, 폭염, 대설과 같은 기상재해로 인한 위험(견고한 동의), 알레르기 질환(중간적 동의), 쯔쯔가무시증, 말라리아 등 매개 감염병(중간적 동의), 식중독 같은 수인성 및 식품 매개 감염병(중간적 동의)의 미래 질병 부담은 시간이 지날수록 증가할 것으로 예측된다.

우리나라 폭염일수는 현재 연간 10.1일에서 21세기 후반에는 35.5일(RCP 8.5)로 큰 폭으로 증가할 것으로 예측되었다. 폭염으로 인한 사망자 추정은 미래 폭염 발생, 인구구조 변화, 건강 및 폭염 적응 수준 등 기후와 비기후적 요인을 함께 고려해야하지만, 기후요인만으로도 온열질환으로 인한 사망은 피할 수 없을 것으로 보인다.

기후변화와 이로 인한 생태계 교란은 곤충 및 설치류 매개 감염병의 질병 발생 양상에 많은 영향을 주는 것으로 예측되었다. 기후변화로 인해 쯔쯔가무시증 발생이 지속적으로 증가할 것으로 예측되며 중증열성혈소판감소증(SFTS), 삼일열 말라리아 환자수도 증가될 가능성이 있다. 또한 온난화로 기온이 상승하면 열대지방에서 서식하는 이집트 숲모기의 서식 조건이 형성되고 흰줄 숲모기 성충이 겨울철에도 생존하는 조건이 갖춰져 국내에서도 뎅기열, 치쿤구니야열 및 지카 바이러스가 유입 후 전파될 가능성이 있다.

기온 상승으로 2090년대 식중독 발생 건수는 2002~2012년에 비해 42%나 높아질 것으로 예상되며, 설사 질환 환자수도 증가할 것으로 예측된다.

취약성의 주요 원인

폭염으로 인한 사망자 증가(견고한 동의), 기상재해(견고한 동의), 대기오염 및 알레르기로 인한 건강 악영향(중간적 동의)은 65세 이상 노인이나 만성질환자, 사회경제적 상태가 낮은 인구집단에서 더 취약한 것으로 나타났다. 기온 증가에 따라 쯔쯔가무시증 , 삼일열 말 라리아, 살모넬라, 캄필로박터균 감염증, 비브리오 감염증 등이 증가하고 쯔쯔가무시증과 중증열성혈소판감소증은 65세 이상 고령인구에서 더 높게 나타났다(중간적 동의).

폭염의 강도가 크고, 폭염 기간이 길어질수록, 그리고 이른 여름에 폭염이 발생하였을 때 폭염으로 인한 사망자가 많아지는 것으로 나타났고, 특히 여성과 65세 이상 노인, 교육수준이 낮은 인구 집단, 심뇌혈관이나 호흡기계 질환 등 만성질환자가 폭염 위험에 더 취약한 것으로 나타났다. RCP 8.5 시나리오에 따르면 우리나라에서 2040년대 폭염에 가장 취약한 곳은 대구이고, 일 최대기온이 33도 이상인 날의 횟수, 일 상대습도, 기초생활수급자 비율과 65세 이상의 인구가 폭염에 대한 취약성 결과에 큰 영향을 주었다.

기상재해에 따른 기후변화 취약성은 기상요소의 영향이 가장 크지만, 그 외에도 보건의료 체계, 저지대지역 개발, 녹지면적, 도로면적, 산림내 경사도, 하천 개수율 등 도시 개발과 환경적 요소가 취약성 증가에 기여하는 것으로 나타났다. 홍수는 서울, 강원, 경남이 취약하며, 폭설은 백두대간을 따라 강원, 충북, 전북, 경남 일대가 취약하다. 기상재해로 인한 사망률의 경우 대도시보다 중소도시 및 농어촌, 해안지역, 사회경제적 상태가 낮은 인구집단의 생활방식이 날씨에 더 취약한 것으로 나타났다.

대기오염물질 농도 증가에 따른 영향은 연령, 기저질환, 유전적 요인, 교육 및 소득수준 같은 사회경제적 상태, 거주지역에 따라 다르게 나타난다. 체내로 흡수된 대기오염 물질은 전신 염증을 유도해 심혈관 질환을 유발 또는 악화시키므로 심혈관 및 호흡기계 질환자가 취약하다. 특히 노인은 이러한 기저질환이 있는 경우가 많고 미세먼지를 체외로 배출시키거나 독성을 제거하는 능력이 떨어지는 등 면역력이 저하되기에 더욱 취약하다. 알레르기 비염과 천식은 봄과 가을에 악화되고, 특히 면역기능이 떨어지는 소아가 알레르기 질환에 취약했다.

곤충 및 설치류 매개체 감염병은 접촉빈도가 높은 농촌 지역 거주 65세 이상 인구에서 주로 발생하며, 매개체의 활동 시기가 아닌 추수기 및 성묘로 인한 가을철 작업과 야외활동 등 사회적 요인과도 관련되어 있다. 말라리아는 기온상승에 따라 위험이 증가하고, 중증열성혈소판감소증(SFTS)은 강원도, 경기도, 제주도에서 매개체 접촉 빈도가 높은 고령층에서 취약하였다.

살모넬라, 캄필로박터균 감염증, 비콜레라 비브리오균 감염증 등 설사성 질환의 발생률은 평균 기온과 상관성이 높게 나타났다. 특히 식중독균인 살모넬라와 병원성 대장균 및 캄필로박터균은 고온 다습한 하절기에 분리율이 높아 식중독 발생이 높게 나타났다.

출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020 요약보거서(기후변화 영향 및 적응)

기후변화에 따른 건강 위험

기온상승, 폭염, 재난·재해 등 기후변화로 건강 위험 증가

- 2080~2100년대에는 적절한 적응에도 불구, 극한기상, 정신건강, 근로자 건강 등의 위험이 증가할 것으로 전망(IPCC AR5, 2014)
- 재난·재해, 이상기후로 인한 질환 및 사망 등 건강 피해 증가에 따라 기후변화 관련 건강 영향 비용의 지속적 증가 예상

※ 폭염 건강 피해 예측

- 연평균(2011~2017년) 온열질환자 1,132명(사망 11명)→2018년 온열질환자 4,526명 (사망 48명) 4배 이상 증가 (질병관리본부, '19)
- 뇌졸중으로 인한 사망률은 7월~9월 사이 월별 10만명 당 16.1명~17.7명으로, 평균 기온 1℃ 상승 시 허혈성뇌졸증 0.6% 증가 (한명훈 등, '15)
- 기온 1℃ 상승 시 말라리아 발생 위험은 지역에 따라 10.8~20.8% 증가 예상 (채수미, '14)

기후변화 취약계층 보호를 위한 맞춤형 정책 강화 필요

- 기후변화 취약계층은 건강영향에 있어 기존 건강위험요소 외에 기후변화라는 새로운 위험요소가 더해져 피해가 가중
- 사회·경제적 소외계층은 건강수준이 낮고, 사전대응 역량과 정보 부족으로 폭염 시 많은 피해 발생 우려
- 홀몸어르신 증가[1], 인구고령화[2], 소득 양극화 등으로 취약계층 증가 가속화

출처: 제2차 기후변화 대응 기본 계획

1) 65세 이상 1인 가구: '15년 120.3만 가구(32.8%) → '45년 371.9만 가구(34.9%) (통계청, '17)
2) 65세 이상 인구: '17년 707만 명(13.8%) → '25년 1,051만 명(20%) → '35년 1,524만 명(30%) (통계청, '19)

시리아는 왜 '비극의 땅'이 되었나?

지난해 3월 미국 컬럼비아대 리처드 시거 교수가 시리아 난민 사태의 근본적인 이유는 '기후변화 때문'이라는 연구 결과를 발표했다. 시리아는 2007년부터 2010년까지 닥친 사상 최악의 가뭄 때문에 현재 농사를 지을 수 없게 됐다. 그러나 원래 시리아 땅의 절반은 초승달 지대라고 불리는 비옥한 농경 지대에 속해 있다. 이 지대는 이집트 나일강 유역에서부터 메소포타미아에 이르는 곳으로, 인류 문명을 꽃피운 비옥한 땅이다.

연구팀은 과거 100년 동안 이 지역의 강수량과 기온 등을 분석해 가뭄의 원인을 분석했다. 그 결과 지구온난화로 인해 지중해 동부 지역의 강수량이 점점 줄고 토양의 습도가 낮아져 최악의 가뭄이 발생한 것을 알 수 있었다.

비옥했던 땅이 불모지가 되면서 농민들은 고향을 떠나 도시로 몰려들었다. 사람들로 꽉 찬 도시는 가난과 범죄 등 갖가지 사회 문제로 몸살을 앓았다. 결국, 사회적으로 불만이 쌓이고 정치적으로도 불안해지며 한 나라 안에서 전쟁까지 일어났다. 기후변화로 인한 가뭄이 대규모 난민을 발생시킨 셈이다.

그런데 이런 사태는 이미 10년 전 예견됐다. 영국 옥스퍼드대 그린칼리지 노먼 마이어스 교수는 2005년 제13회 세계경제포럼에서 가뭄, 토양 침식, 사막화, 산림 벌채 등 환경문제로 인해 고향에서 살 수 없게 된 사람을 가리켜 '환경 난민'이라고 정의했다. 그러면서 기후변화가 무력 충돌이나 난민 사태를 가져올 수 있다고 예측한 것이다. 10여 년이 지난 지금, 마이어스 교수의 예측은 현실이 되고 말았다.

과학자들은 기후변화로 인해 난민의 수가 계속해서 늘어나리라 예측한다. 지난해 '기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)'가 발표한 제5차 종합 보고서에는 인류가 지금과 같은 추세로 온실가스를 계속해서 배출한다면 2100년경 지구의 평균 기온이 지금보다 3.7℃ 오르고 해수면도 63㎝ 높아질 것이라는 내용이 실렸다. 만약 온실가스 배출량을 상당히 줄인다고 해도 평균 기온은 1.8℃, 해수면은 47㎝ 올라간다고 예측했다.

무서운 건 인류가 당장 온실가스의 배출을 멈춰도 이미 배출한 이산화탄소의 20% 이상이 1,000년 이상 대기 중에 남게 된다는 사실이다. 결국, 이로 인한 기후변화의 영향은 수백 년간 지속할 것이다. 이런 이유로 마이어스 교수를 포함한 많은 과학자는 2050년까지 전 세계에 환경 난민이 5,000만 명에서 3억 5,000만 명까지 발생하리라 예측한다.

미국의 환경운동가 레스터 브라운 씨는 자신의 책 '플랜B 3.0'을 통해 지구온난화로 해수면이 상승해 물에 잠길 잠재적 기후난민 대부분이 아시아에 몰려 있다고 말했다. 실제로 우리나라 제주도 지역의 해수면 상승 속도가 전 지구 평균의 3배에 달해 기후변화에 매우 취약한 것으로

나타났다. 환경 난민이 먼 나라의 일이라고만 생각할 수 없는 것이다. 이제는 전 세계가 환경 난민과 함께 살아가려는 방법을 고민해야 할 때다.

출처: 어린이과학동아. https://www.donga.com/news/Society/article/all/20160203/76280218/1

Memo

11차시

기후변화 실천 행동, 게임으로 기획하다

활동 개요

Let's Learn!

대상	중학교
개발 의도 (배경)	• 학생들이 흥미로워하는 게임 방식을 기후변화에 적응하여 살아남기와 연결해서 다양한 실천 전략을 생각해 보게 한다. • 다양한 아이디어를 게임으로 구체화하는 활동을 통해서 일상적인 생활 속에서의 적용 가능성을 비판적으로 검토해 보게 한다.
학습 목표	• 기후변화에 적응하면서 건강하고 안전한 삶을 지속하기 위해서 실천해야 할 행동이 어떤 것인지를 이해한다. • 기후변화 실천 행동을 주제로 하는 컴퓨터 게임을 기획함으로써 창의력을 향상시키고 협동심을 증진시킬 수 있다.
성취 기준	[9환03-03] 환경 프로젝트 등 환경을 탐구하는 방법과 절차를 이해하고, 가정, 학교 및 지역에서 환경적으로 의미 있는 주제를 선정하여 탐구를 수행한다. [9환04-01] 지속 가능 발전의 다양한 의미를 탐색하고, 동료와의 토의를 통해 지속 가능 발전에 대한 자신의 정의를 제시한다. [9사(지시)05-03] 자연재해로 인한 피해가 증가하거나 감소한 지역을 비교하여, 자연재해로 인한 피해를 줄일 수 있는 방안을 모색한다.

내용 영역

• 기후변화 대응

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
			★	

소요 시간	45분

교수학습 방법

강의법	게임놀이	토의토론	조사	실험 실습	기타(직접 기입)
★			★		

교육 장소	교실
준비물	참고 자료, 활동 자료

흐름도

도입 (10분)	▶ 기후변화의 환경에서 건강하고 안전한 생활을 하기 위해서는 어떤 행동과 실천이 필요한지 목록을 만들어 보게 한다. (약 20가지)

흐름도	전개 (25분)	▶ 4명씩 모둠을 구성하게 한다. 모둠별로 기후변화 속에서 살아남기 컴퓨터 게임을 개발하게 한다. ▶ 게임은 앞서 정리한 기후변화 속에서 살아남기 위한 실천 행동 목록을 적용해서 서바이벌 게임으로 설계하게 한다. ▶ 실제 컴퓨터 게임으로 구현하지는 못하더라도 살아남기 위한 규칙과 벌칙 등을 구체적으로 작성해 보게 한다. ▶ 본인들이 좋아하거나 실제로 자주 하는 게임(LOL 등)을 하나 골라서 그 게임에 기후변화 실천 전략을 결합하는 방법에 대해서 아이디어를 내고 제안하게 한다.
	정리 (10분)	▶ 팀별로 자신들의 설계안을 설명하고, 모든 발표가 끝나면 투표를 통해 최고의 기후변화 게임을 선정한다.

기후변화 실천(행동) 목록

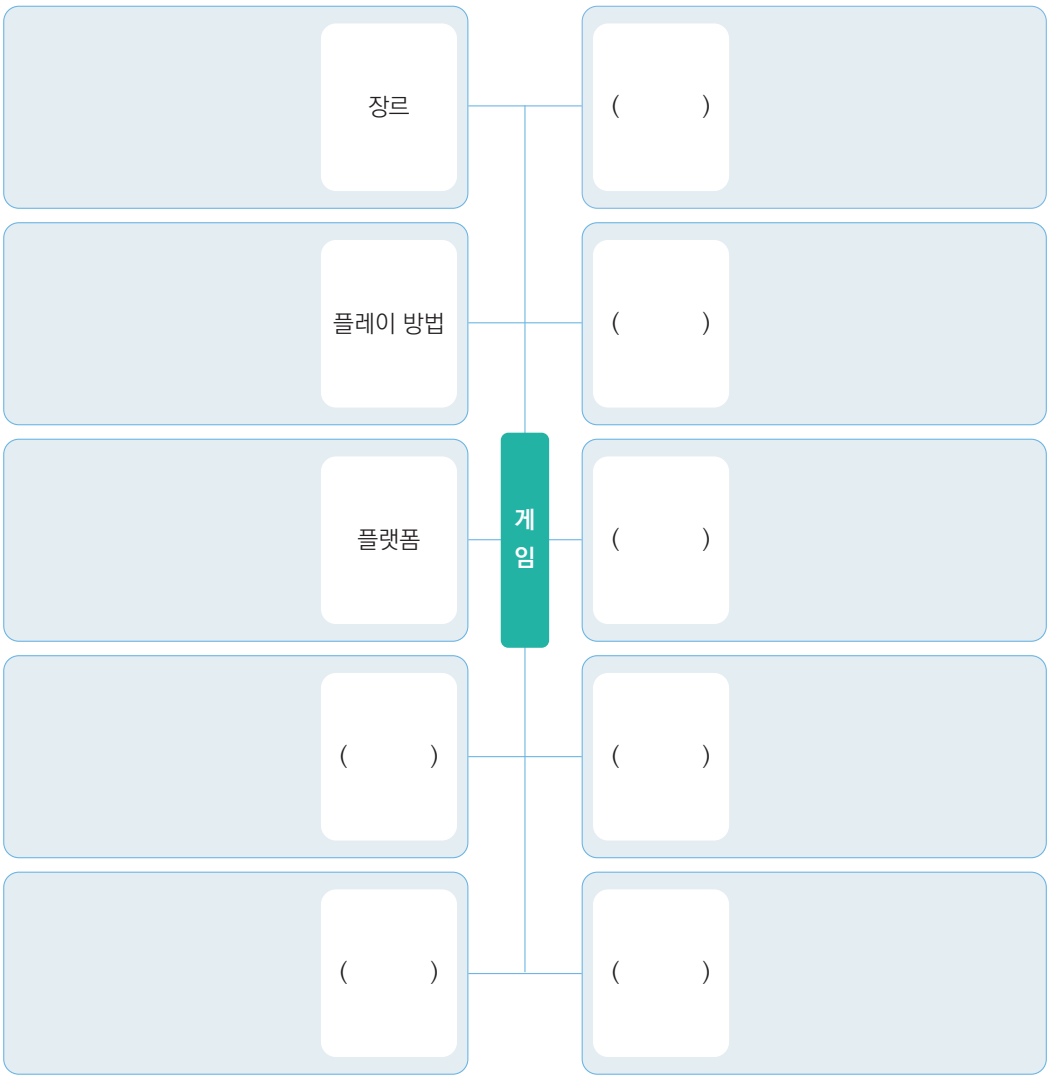
기후변화 실천(행동) 목록	
소속:	작성자:

구분	실천(행동) 목록
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

게임의 콘셉트 결정을 위한 브레인스토밍

게임의 콘셉트 결정을 위한 브레인스토밍	
소속:	작성자:

- 모둠원이 경험한 게임들을 항목별로 나열하고, 각각의 장단점에 대해서 이야기 한다.



기후변화에서 살아남기(Survival Game) 게임 기획서

기후변화에서 살아남기(Survival Game) 게임 기획서	
소속:	작성자:

- 우리가 개발하려는 게임을 설명하기 위한 기획서를 작성하시오.

게임의 개요

- 제목
- 소재
- 플랫폼
- 장르
- 주요 이용자

게임의 목적

게임의 플레이 방법

우리 게임만의 특징

기후변화 실천(행동) 목록의 적용 방법

게임의 세부 설명

기존 게임에 기후변화 실천 행동 접목 제안서

기존 게임에 기후변화 실천 행동 접목 제안서	
소속:	작성자:

- 모둠원이 좋아하는 기존 게임에 기후변화 실천 행동 접목시키기

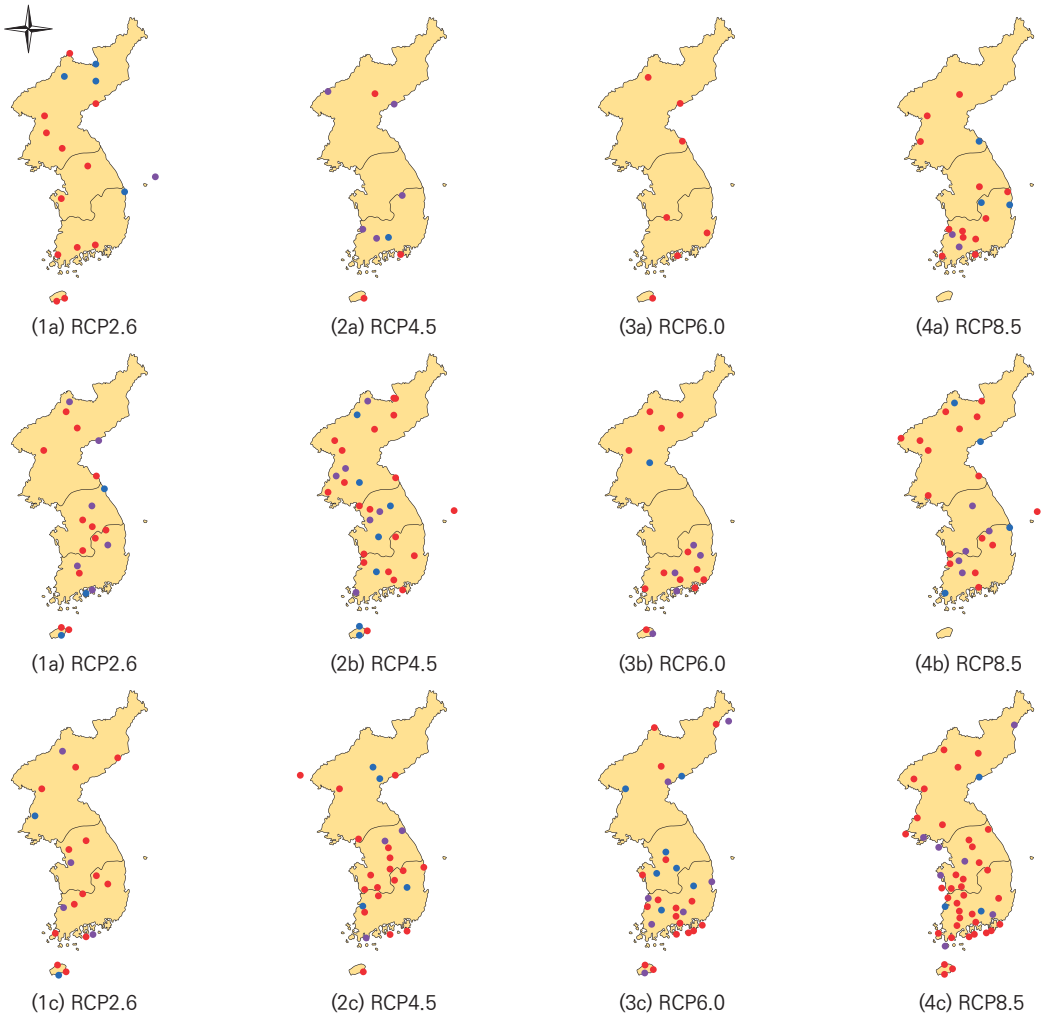
➡ 우리 모둠이 가장 좋아하는 게임은?

➡ 좋아하는 이유는?

➡ 기후변화 실천 행동을 접목시킬 수 있는 아이디어는?

한국 기후변화 평가 보고서 2020 요약 보고서(기후변화 영향 및 적응) 中

1. 국내외 기후변화 영향(수자원)



RCP 시나리오에 따른 일강우 최대치의 재현기간이 300년 이상인 지점(권민성 등, 2015). 2020년대(SPI, 2011~2040), 2050년대(SP2, 2041~2070), 2080년대(SP3, 2071~2100) 시기별 일강우 최대치의 재현기간
(● 300~500년 ● 500~1,000년 ● 1,000년 이상)

그림

향후 우리나라는 평균 강수량뿐만 아니라 가능 최대 강수량[1], 확률강우량[2] 등도 전반적으로 증가하는 것으로 나타났다. 일강우량 최대치의 재현 기간이 300년 이상인 강우 관측지점의 비율은 2020년대(2011년~2040년) 14%, 2050년대(2041~2070년) 28%, 2080년대(2071년~2100년) 35%로 증가하였다.

관측된 영향

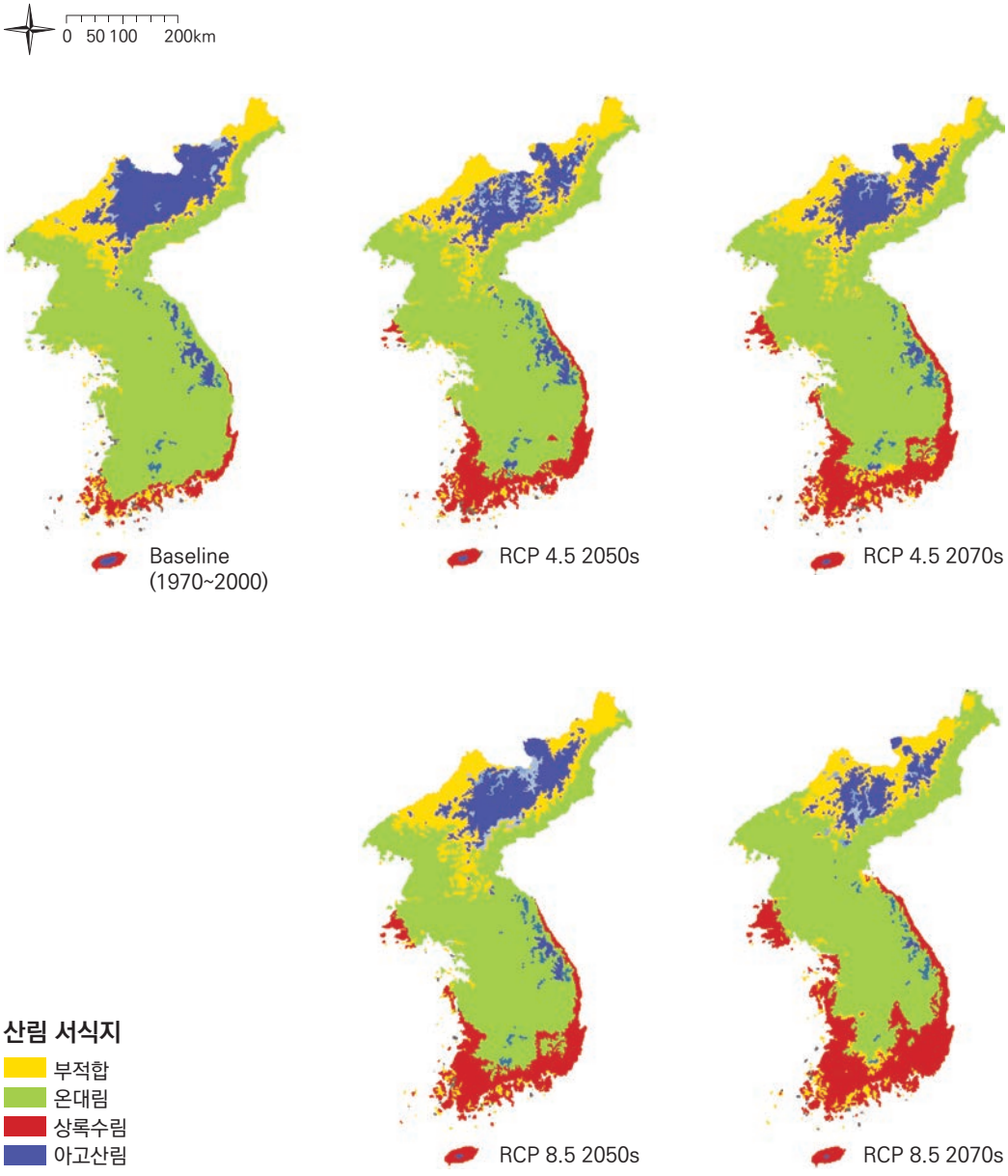
여름철 강수량이 뚜렷하게 증가하고 있으며, 최근 30년 동안 극한 강우 발생 횟수가 증가했다(견고한 동의). 가뭄 빈도 및 가뭄 강도가 증가하여 가뭄에 의한 사회·경제적 피해가 커지는 양상을 보였으며, 최근 들어 가뭄의 지역적 편차가 크게 발생하였다.

영향 전망

극한 강우 사상의 발달과 돌발호우 등의 증가로 홍수 취약성이 증가하며, 특히 한강 및 금강 권역의 미래 홍수 발생 빈도와 크기가 증가할 것으로 전망되었다(중간적 동의). 미래 가뭄은 전반적으로 발생 빈도와 규모가 증가하여 가뭄 피해가 증가하며(중간적 동의), 특히 한강권역 및 남부지역에서 피해가 증가할 것으로 분석되었다(중간적 동의).

1) (가능 최대 강수량) 일정 기간 동안 특정 지역의 가장 극심한 기상 조건에서 가정할 수 있는 강수량의 최댓값.
2) (확률강우량) 과거 관측 강우량을 수집하여 지속기간별 연최대강우량을 분석하여 이를 대상으로 통계적 기법을 통하여 빈도별 지속기간별로 산정되는 확률 통계적 강우량

2. 국내외 기후변화 영향(산림)



한반도 산림 서식 적합도 예측 결과(Lim et al., 2018)

그림

잠재 수종분포에 대한 미래 장기모의에서는 전반적인 기온상승과 최한월[3] 기후의 변화로 아고산 지역의 수종과 냉·온대림이 크게 감소하고, 온대 수종 및 아열대 수종은 크게 확대되는 것으로 나타났다. RCP 8.5 시나리오에 따르면, 2050년대에 소나무림 지역이 현재보다 8%가량 줄어들 것으로 전망되었고, 2080년대에는 15%가 줄어드는 것으로 나타났다. 서식 적합도 개념으로 미래 영향을 평가한 결과에서는 RCP 8.5 시나리오의 경우 온·난대 상록수림이 북한의 동해와 서해안 지역에 모두 분포할 수 있을 정도로 북상하는 것으로 전망되었다. 또한 남한의 아고산 지역 수목의 서식 적합성이 지속적으로 감소하여 먼 미래에는 매우 좁은 지역에만 생존에 적합할 것으로 예측하였다.

관측된 영향

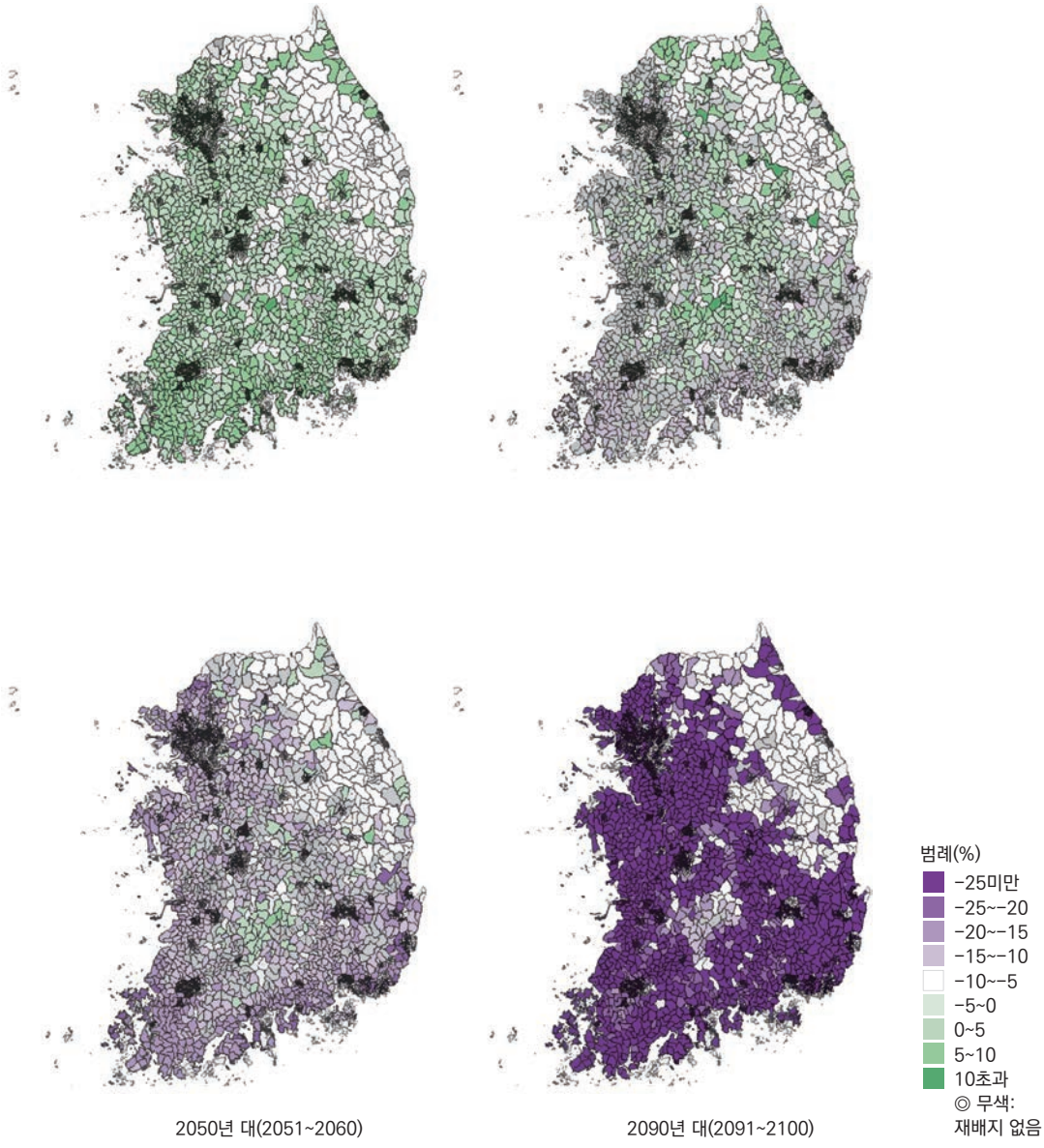
기온 및 강수량의 변화에 따라 지역별, 수종별 산림 생장, 분포, 재해 발생 패턴의 변화가 나타났으며(견고한 동의), 넓은 지역에서 침엽수종의 생장 및 분포 감소가 관측되었다(중간적 동의).

영향 전망

기온증가로 인해 침엽수림의 생장감소가 예측되나(견고한 동의), 활엽수림의 경우 생장이 증가될 것으로 추정되었다(중간적 동의). 아고산림의 급격한 감소와 온·난대림의 북상이 예상되고 있다(견고한 동의).

3) (최한월) 일 년 중에서 월평균기온이 가장 낮은 달.

3. 국내외 기후변화 영향(농업)



1㎞ RCP 시나리오를 이용한 중만생종 벼의 단위 수량 변화(이변우 등, 2017)

그림

식량작물에 대한 영향 전망 연구의 일환으로 다양한 재배 환경 조절 실험과 작물 생육 모델을 이용한 모의실험이 수행되었으며, 월동 작물을 제외한 벼, 콩, 옥수수, 감자 등 식량 작물은 21세기 중반까지는 수량이 일정 수준 유지되거나 오히려 증가하고, 21세기 말에 이르면 벼는 25% 이상, 옥수수는 10%~20%, 여름감자는 30% 이상 등 급격한 수량 감소가 예상된다.

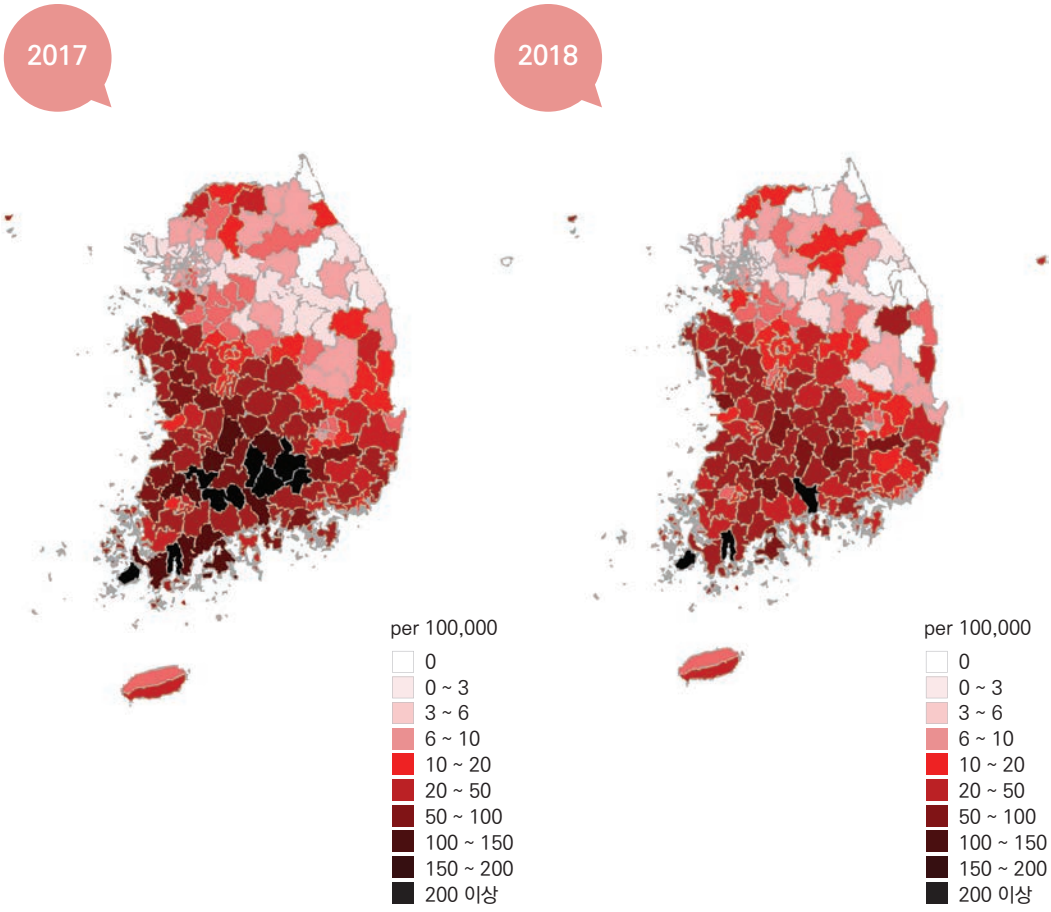
관측된 영향

기후변화로 인한 심각한 피해는 아직 관측되지는 않았으나, 작물의 재배지 북상, 월동·외래 해충의 발생 증가, 잡초의 분포 양상 변화 등이 관측되고 있다(견고한 동의).

영향 전망

작물의 재배 적지는 점차 북상할 것이며, 21세기 말에 이르면 벼, 콩, 옥수수, 감자, 고추, 배추의 생산성은 감소하고, 양파의 수량은 증가할 것으로 전망된다(중간적 동의). 병해충과 잡초의 발생 및 피해 양상은 계속해서 변화될 것으로 전망된다(견고한 동의).

4. 국내외 기후변화 영향(보건)



쯔쯔가무시증 지역별 인구 10만 명당 발생률(질병관리본부, 2019)

그림

매개체 분포 확대와 밀도 증가는 기온, 강우량 및 습도와 같은 기후 요소에 밀접한 영향을 받으며, 진드기 매개 감염병인 쯔쯔가무시증 환자 발생은 기온과 밀접한 관련이 있다.

관측된 영향

폭염(견고한 동의), 기상재해(견고한 동의), 대기질과 알레르기(중간적 동의)에 의한 건강 영향과 곤충 및 설치류 매개체 감염병(중간적 동의), 수인성 및 식품 매개 감염병(중간적 동의)과 기후 요소와의 관련성이 확인되었다.

영향 전망

기후변화에 따른 온열 질환으로 인한 사망과(견고한 동의) 태풍, 폭염, 대설과 같은 기상재해로 인한 위험(경고한 동의), 알레르기 질환(중간적 동의), 쯔쯔가무시증, 말라리아 등 매개 감염병(중간적 동의), 식중독 같은 수인성 및 식품 매개 감염병(중간적 동의)의 미래 질병 부담은 시간이 지날수록 증가할 것으로 예측된다.

5. 국내외 기후변화 영향(산업 및 에너지)

▲ 경미한 위험 ● 명백한 위험

기반시설 유형	기온변화	강우감소	집중호우	폭풍강도 증가	강풍강도 증가	해수면 상승
수도	●	●	●	●	▲	▲
하수시설	▲	●	●	●	▲	●
전기	●	●	●	●	●	▲
석유/가스	●	▲	●	●	▲	●
유선통신망	●	▲	●	●	●	●
무선통신망	▲	▲	▲	▲	●	▲
도로	●	▲	●	●	▲	▲
철도	●	▲	●	●	▲	▲
교량	●	▲	●	●	●	▲
터널	▲	●	●	●	▲	●

기후변화에 따른 기간산업 영향(강희정, 2014)

출처: 한국 기후변화 평가 보고서 2020 요약 보고서(기후변화 영향 및 적응)

그림

교통시설 및 건축물에 대한 폭설 위험은 강원도와 충남, 전라도의 해안 지역에서 높은 것으로 나타났고 미래에는 교통시설 및 건축물 모두 기후변화 시나리오와 시간 흐름에 따라 한반도 남부지역과 내륙지역에서 고위험지역이 확대되는 것으로 나타났다. 관광산업은 태풍, 폭풍, 집중호우 등에 크게 영향을 받으며, 방문객이 주로 야외에서 활동하는 골프, 스키 리조트 등과 같은 레저산업이 가장 취약한 것으로 나타났다. 광공업과 서비스업 부문의 품목별 기후위험을 예측한 결과, 539개 광공업 품목 중 26.7%에 해당하는 144개 품목과 229개 서비스업종의 28.9%에 해당하는 64개 업종이 기온 여건에 따라 판매량과 경영성과에 유의미한 변화를 겪고 있는 것으로 나타났다. 에너지 부문은 크게 폭염 및 한파에 따른 에너지 사용 증가와 관련된 연구와 풍력발전에 대한 기후변화 영향, 대형 재난에 따른 송·배전 인프라 파괴 등의 리스크 요소들에 대한 연구가 주로 이루어졌다.

관측된 영향

에너지 다소비형 경제구조인 우리나라는 재난이 일어났을 때 재산상 피해가 심각해질 수 있으므로 산업 부문의 기후변화 취약성을 진단하기 위한 평가 방법의 고도화가 이루어지고 있다(중간적 동의).

영향 전망

에너지 부문은 크게 폭염 및 한파에 따른 에너지 사용 증가와 관련된 연구와 풍력발전에 대한 기후변화 영향, 대형 재난에 다른 송·배전 인프라 파괴 등의 리스크 요소들에 대한 연구가 주로 이루어졌다(견고한 동의).

참고 자료 01

기후변화 적응이란?

국제사회에서 기후변화로 인한 영향과 적응(Adaptation)에 대한 논의는 2001년 발간된 IPCC 제3차 보고서 이후 본격 시작되었다.

초창기 적응에 대한 논의는 상대적으로 기후 변화 영향에 취약한 개발 도상국을 중심으로 진행되었다.

하지만, 기후변화의 재앙이 몰고 오는 영향이 개도국에 한정되지 않고 선진국을 포함하여 전 지구적으로 확대됨에 따라 적응에 대한 논의 또한 지구적으로 확대되고 있다. 기후변화에서 적응이란 기후 상태(climate condition)가 변화하는 것에 적응하기 위해 생태계 또는 사회경제 시스템이 취하는 모든 행동을 의미한다.

적응의 개념은 여러 가지 의미로 해석할 수 있다. 먼저 생태학적인 적응은 유기체(organism)가 그들의 환경에 적합하도록 진화하는 과정을 의미하며(Lawrence, 1995), 이들이 그들이 처한 환경에 보다 효과적으로 반응하게 변화하는 것을 의미한다(Abercombie, 1997). 또한 사회경제적 측면에서도 기후변화의 결과로 발생하는 새로운 기회를 활용하여 기회로 삼는 행동 또는 과정까지를 포괄하기도 한다(IPCC, 2001).

적응의 필요성

이미 배출된 온실가스로 인해 기후변화는 지속적으로 일어날 것이다. 이로인한 영향과 피해를 줄이기 위해 완화와 적응을 동시에 시행해야만 한다.기후변화 적응은 실제 혹은 예측되는 기후변화로 인한 생태계의 변화, 산업의 변화, 재난발생 증가 등과 같은 위험을 최소화하고 새로운 발전의 기회를 최대화하려는 전략이다. 따라서 우리는기후 변화 적응 대책 마련을 통해 신사업 분야를 창출하고, 국가 대비체계를 마련하는 등 국가경쟁력을 향상시키는 새로운 기회로 활용될 수 있다. 기후변화로 인한 영향을 예측하고 취약성을 평가하여 통합적인 평가가 이루어진 후, 이를 토대로 한 적응 대책이 마련되었을 때 잘못된 적응으로 인한 비용을 절감할 수 있다.

출처: 국가기후변화적응정보포털, https://kaccc.kei.re.kr

Memo

12차시

오래된 미래에서 배운다

활동 개요

Let's Learn!

대상	중학교
개발 의도 (배경)	● 청소년들은 기후변화도 과학 기술을 통해 해결할 수 있을 것이라고 막연히 기대하고 있을 수 있지만, 반대로 오래된 전통문화 속에서 생태적 지혜를 발견할 수 있음을 이해하기는 어려울 수 있다. ● 학습자는 이 활동을 통해 오래된 미래라는 이름으로 전통생태지식의 의미와 가치를 알고 적용할 수 있는 방법을 생각해 볼 수 있다.
학습 목표	● 전통생태지식에 대해 알아보고, 과거 사람들의 생활 양식이나 문화를 통해 기후변화에 대응하기 위한 방법을 생각할 수 있다. ● 전통생태지식을 통해서도 기후변화에 대응하거나 적응하는 데 필요한 지혜를 얻을 수 있음을 알고 실제 생활 속에서 적용할 수 있다.
성취 기준	[9역01-02] 한반도와 세계 여러 지역의 선사 문화의 발전 과정을 도구의 변천을 중심으로 파악하고, 유물과 유적을 바탕으로 선사시대 사람들의 생활 모습을 추론해 본다. [9환02-04] 사례를 통해 환경 문제의 원인과 영향을 파악하고 해당 환경 문제에서 물, 공기, 흙, 생물, 인간 등에 나타나는 상호작용을 구분하여 제시한다. [9사(지리)05-03] 자연재해로 인한 피해가 증가하거나 감소한 지역을 비교하여, 자연재해로 인한 피해를 줄일 수 있는 방안을 모색한다.
내용 영역	● 기후변화 대응

원인	현상	영향	대응	
			① 적응	② 감축
			★	★

소요 시간	45분

교수학습 방법	강의법	게임놀이	토의토론	조사	실험 실습	기타(직접 기입)
			★	★		

교육 장소	교실
준비물	동영상, 활동지

흐름도	도입 (15분)	▶ '오래된 미래'라는 말을 들어 보았는지, 어떤 의미인지 추측해서 10줄 이내로 쓰고 발표하게 한다.

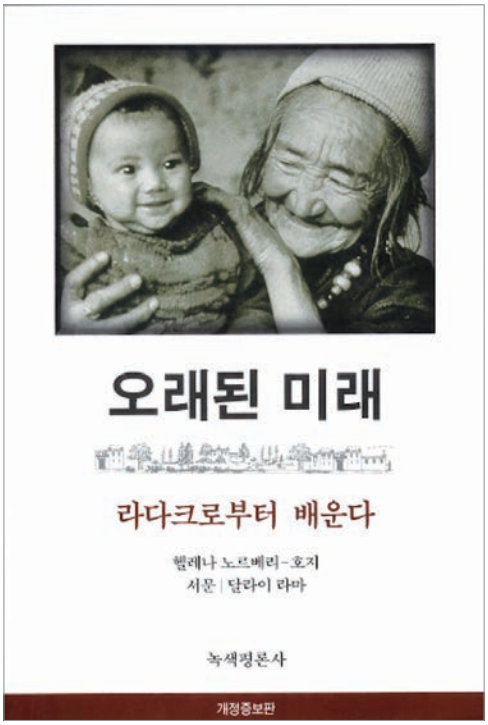
흐름도	전개 (20분)	▶ 원시기술(Primitive Technology) 등 숲속에서 몇 개월간 혼자서 살아남는 사람들의 유튜브 영상을 몇 개 골라서 보여 준다. ▶ 그들은 혼자서 먹을 것을 구하고, 요리하고, 집을 짓고, 불을 피우고, 활 등의 무기와 옷 등 살아가는 데 필요한 거의 모든 것을 직접 만들 수 있다는 것을 확인하게 한다. ▶ 또한, 이러한 그들의 생존 능력 속에는 무수한 전통생태지식이 숨어 있음을 발견하게 한다. 예) 먹을 수 있는 버섯 찾아내기 등 ▶ 이들의 활동과 지혜 속에 생태계를 보전하고, 생물 다양성을 유지하면서 폐기물을 발생시키지 않는 순환의 원리가 있음을 발견하게 한다.
	정리 (10분)	▶ 기후변화 문제를 해결하기 위해서는 삶의 양식의 변화가 필요하며, 이를 위해 전통생태지식이 왜 중요한지 발표하게 한다.

기후 위기 시대에 지속 가능한 삶을 살기 위한 목표 달성표

기후 위기 시대에 지속 가능한 삶을 살기 위한 목표 달성표	
소속:	작성자:

	주거			에너지			음식 문화	
			주거	에너지	음식 문화			
				지속 가능한 삶 살기	의류		의류	

오래된 미래



지난 40년 동안 전 세계에 행복의 경제학을 전파하고 있는 로컬 경제 운동의 선구자이다. 글로벌 경제와 국제 개발이 지역 사회와 경제, 개인의 정체성에 미치는 영향을 집중 분석해 왔으며, 이러한 영향에 반대하는 방법으로 '지역화'를 주장해 왔다. 2012년 그 공로를 인정받아 권위 있는 고이 평화상을 수상했다. 저서 [오래된 미래]는 같은 제목의 영화와 더불어 40개국 이상에서 번역되었으며 수상작 다큐멘터리 영화 '행복의 경제학'의 제작자이자 공동 감독이기도 하다.

〈어스 저널〉은 헬레나를 전 세계에서 '가장 놀라운 환경운동가 10인'에 선정했고, 칼 맥대니얼은 저서 [살 만한 지구를 위한 지혜(Wisdom for a Liveable Planet)]에서 헬레나를 '세상을 바꾸는 선견자 8인'에 올렸다. 1975년부터 '작은 티베트'라고 부르는 라다크 사람들과 함께 자국의 문화와 생태의 가치를 굳건히 지키면서도 현대의 세계를 만날 수 있는 해법을 찾고 있다.

[오래된 미래]는 1992년 발간 이후 세계 50여 개 언어로 번역되어 바로 지금까지 전 세계 독자들에게 사랑을 받아온 책으로 서구 세계와는 너무나도 다른 가치로 살아가는 라다크 마을 사람들을 통해 사회와 지구 전체를 생각하게 만드는 책이다.

총 3부로 구성되어 1부 전통에 관하여는 1975년 언어학자인 저자가 라다크 방언을 연구하기 위해 라다크 마을을 방문하여, 그곳에서 살아가는 사람들의 평화롭고 지혜로운 모습을 그리고 있으며. 2부 변화에 관하여는 1975년 인도 정부의 개방정책에 따라 개방된 라다크 전통문화의 수도 레(Leh)가 외국 관광객들이 가지고 들어온 서구 문화와 가치관들에 의해 철저히 파괴되어 가는 과정을 담았다. 3부 '미래를 향하여'는 헬레나 호지가 라다크 사회의 회복을 위해 설립한 국제 민간기구인 '에콜로지및문화를위한국제협회(ISEC)'의 구체적인 활동과 '라다크 프로젝트(Ladakh Project)'에 대한 소개와 활동 상황을 그리고 있다. 저자는 서구식의 소모를 전제로 하는 개발의 폐해에 대해 많은 사람들이 공감하고, 그들 토양에 맞는 새로운 가치의 정립과 발전을 이루어 나가도록 설득하는 것으로 마무리되고 있다.

저자: 헬레나 노르베리 호지 / 출처: Yes24

전통생태지식

어떤 지역(local)에 살고 있는 사람들이 자신을 둘러싸고 있는 환경과 오랜 시간에 걸쳐 상호작용하면서 발견하고 기록하고 전수해 온 지식들을 말한다(Kassam, 2009). 대학에서 가르치는는 일반적이고 보편적인 지식들과는 구분되며, 이런 지식은 실제로 어떤 지역의 사람들이 삶을 꾸려가는 데 거의 도움이 되지 못한다. 그 지역에서 물을 구하고, 먹을 수 있고 없는 식물을 구분하고, 난방에 필요한 연료를 확보하고, 물고기, 곤충, 포유류 등 먹을 수 있는 동물을 잡고 보관하는 방법 등은 학교에서 가르치고 배우지 않는다.

인류학자 등에 의해서 전통적 생태 지식은 지역공동체의 웰빙과 생존, 지속 가능한 자원 이용, 환경보전, 장기적인 생태변화에 대한 분석과 모니터링에 중요한 열쇠로 인식되어 왔다. 사회, 경제, 정치, 문화적인 변화가 이러한 전통적인 생태 지식 및 지역의 생태계와 생물다양성과의 관계에 지대한 영향을 끼쳐 왔다. 전통 지식은 주류 지식체계에 동화되고, 배척되고, 파괴되었으며, 이 과정은 지역의 경제가 대규모 경제에 포섭되고, 정치적으로 예속되고, 의사결정과 자율성이 빼앗긴 역사와 무관하지 않다. 지방자치제의 온전한 부활이 왜 중요한가를 이런 대목에서 확인할 수 있다. 이 과정은 필연적으로 그 지역에 살고 있는 사람들의 심리적, 육체적, 사회적, 영적 삶을 파괴하고, 비틀고, 소외시키고, 위험에 빠트린다.

전통적 생태 지식과 가치체계의 상실은 지구적 차원에서 볼 때 우리가 당면해 있는 많은 사회적, 환경적 문제를 다루는 데 활용될 수 있는 적응적 해결책(adaptive solutions)의 토대를 협소하게 하고 이는 미래의 적응 능력을 감소시키는 결과를 초래한다. 전통적 생태 지식의 수준을 계량적으로 측정하기 위한 방법론의 개발을 위한 시도가 있었다. 여기에는 정규교육, 다언어 사용자, 언어 전이, 거주기간 등이 포함되었다. 만약 사회적 변화가 지역의 공동체로 하여금 자신의 환경과 관련하여 지속 불가능한 실천을 채택하도록 강요한다면, 오랜 시간 세대를 거쳐 축적되고 지역의 생태적 상황에 맞춰 발전해 온 생태적 전통 지식은 무용지물이 되고 말 것이다. 얼마나 많은 개발자들이나 그들을 지원하는 연구자들이 그 지역의 전통적 생태 지식을 발굴하고 이해하고 적용하려고 노력하고 있는가?

● 전통지식체계와 서구과학체계의 비교(김현과 송미장, 2011)

전통지식체계	서구과학체계
자연세계의 모든 부분은 살아있는 것으로 간주하고, 모든 생명은 서로 의존함.	인간은 다른 모든 생명체를 조절할 수 있는 도덕적 권리를 가지는 우월한 존재로 간주됨.
지식은 대부분 구전됨.	지식은 대부분 문장으로 전달됨.
지식은 관찰과 실제적인 경험을 통해 받아들여지고 개발됨.	지식은 일반적으로 그것이 적용되는 배경으로부터 먼 위치에서 밝혀짐.
지식은 전체적, 직관적, 정성적, 그리고 실제적임.	지식은 환원적, 정량적, 분석적 그리고 논리적임.
지식은 장기간에 걸쳐 자원의 사용자에 의해서 개발됨.	지식은 단기간에 걸쳐 특별한 연구자에 의해서 대부분 개발됨.
특별한 지식의 특성과 상태는 정신적인 신념과 같은 사회문화적인 요인들에 의해 영향을 받고 공동으로 제안됨.	특별한 지식의 특성과 상태는 동료들의 견해에 의해서 영향을 받고, 개인적인 전문가에 의해서 제안됨.
현상을 인식하고 난 이후 설명은 간혹 정신적으로 주관적임.	현상을 인식하고 난 이후 설명은 본질적으로 이상적이고 객관적임.
지식은 다양한 조건들에 대한 적절한 결정을 내리기 위해서 이용됨.	지식은 가설을 세우거나, 법칙과 상수를 증명할 때 이용됨.

전통생태지식을 이용한 교육 프로그램 적용 사례

본 연구는 초등학교 6학년 학생들을 대상으로 한 전통생태지식을 활용한 STEAM 환경교육 프로그램을 개발하고 이를 수업에 적용함으로써, 전통생태지식을 활용한 STEAM 환경교육 프로그램이 초등학생들의 환경 소양에 미치는 영향을 검증하였다.

이를 위하여 최종선(2005)의 전통문화 관련 환경 지혜 분류 기준을 수정하여 전통생태지식 관련 분류 기준을 개발하고, 이를 기준으로 2009 개정교육과정 6학년 교과서와 지도서를 분석하였다. 그리고 의·식·주·여가생활 영역으로 범주화하여 STEAM 환경교육 프로그램을 개발한 다음, 서울시 소재 초등학교 6학년 1개 반을 대상으로 8주 동안 적용하였다.

본 연구를 통해 도출된 결론은 다음과 같다.

첫째, 초등학교 6학년 각 교과에서 다루는 목표와 전통생태지식과의 관련성을 고려하여 전통생태지식을 활용한 STEAM 환경교육 프로그램을 구안하였다.

둘째, 관련 교과 및 창의적 체험활동을 전통생태지식과 연결 지어 프로그램의 단계별 학습 모형을 수립하며 교육과정을 재구성하였다.

셋째, 전통생태지식을 활용한 STEAM 환경교육 프로그램은 초등학생들의 환경 소양에 통계적으로 유의한 효과를 미쳤다. 또한 정성적 분석 결과, 학생들이 전통생태지식 속에 담긴 지식과 원리가 현대사회에서도 충분히 활용 가능한 가치 있는 지식이라고 느끼며 실생활에서도 실천하는 등 행동 영역에서 변화를 보여준 것으로 나타났다.

● 전통문화 속 우리 조상들의 환경 지혜 분류 기준

대분류 (중분류)	소분류 관련 주제	환경지혜
전통사상 종교 민간신앙 역사	사상	감나무의 까치밥, 콩 세 알의 의미, 고수레, 쇠짚신 등 자연과 주변 동식물을 함께 살아갈 존재로 생각한 조상들의 가치관
전통생활 - 가족생활 - 이웃생활 - 의식주생활 - 생활기술 - 세시풍속 - 일생의례	분뇨처리	수질오염방지 및 거름으로 재활용
	생활 속의 재활용	자원은 아껴 쓰고, 재나 분뇨는 거름으로, 음식 찌꺼기는 사료나 퇴비로 씀. 볏짚으로 생활용품을 만들었음
	물자 절약과 대물림	생활도구들은 항상 깨끗하게 손질하여 오랫동안 사용하고 자손들에게 대물림 하였음

전통생활 - 가족생활 - 이웃생활 - 의식주생활 - 생활기술 - 세시풍속 - 일생의례	음식물쓰레기처리	가축의 사료로 재활용
	농작물 쓰레기	볏짚이나 밀짚 등은 공예품으로, 나머지는 가축의 사료나 퇴비로 이용
	보자기 및 조각보	절약정신 및 재활용의 모습
	초가집	재료 및 구조, 마감재 등 환경 친화적인 재료 및 구조, 마감재 등의 우수한 점
	창호지	공기의 순환이 잘 이루어짐
	뒷간 문화	분뇨를 재활용한 폐기물 처리방법이 환경적임
	부엌	음식 만드는 과정, 쓰레기 처리 및 부엌용품 등의 실제 생활에서의 위생성과 환경성 및 경제성
	온돌	연료 절약 및 온돌 재료의 친환경적인 점
	댓돌	빗물이 튀기는 것을 막을 뿐 아니라 기단의 유실 막고 형태를 오랫동안 보존하는 역할
	굴뚝	굴뚝의 연기로 집 안팎을 소독함
	수질 관리 및 물 절약의 생활습성	물챙이, 냇물사용, 물 절약 모습, 천연 물비누 사용, 물의 재활용, 빨랫물 처리 생활 모습
	염색	건강에 좋고, 공해가 없는 천연옷감과 천연염색기술
	풀	화학성분이 들어 있지 않은 무공해 접착제
	옻칠	건강에 좋고, 성분이 우수한 천연도료
	계피	천연 방부제
	솔잎향	천연 방향제
	숯	숯의 정화 작용 및 청정기 역할
	된장	부작용 없이 민간요법으로 쓰인 의약품
	짚	재활용제품이면서 보관용도로 탁월한 기능을 함
	소나무 도마	위생적이며 인체에 무해하고 자연적인 소재의 생활용품
	뚝배기	화학적으로도 안전하고 위생적인 그릇
	옹기	흙으로 빚은 숨 쉬는 발효 그릇
	죽부인	전기가 필요 없는 여름용 피서 용품
	세시풍속(삼짓날)	삼짓날 하는 환경 친화적인 놀이, 음식, 행사 등
전통예술	강강술래	자연 속에서 함께 즐기는 놀이

출처: 권진희, 이성희, 이상원(2007) 전통생태지식을 활용한 초등 STEAM 환경교육 프로그램 개발 및 적용, 학습자중심교과교육연구, 제17권 제21호, p. 99~119.

외국의 전통생태지식 사례

케냐의 호리병박

케냐에서는 호리병박과 그 아종들 50여 가지가 1만 년 동안 재배되어 왔으며, 풍부한 문화적 역사를 갖고 있다. 이 박은 이 지역의 물질문화의 중심으로 이루며, 복잡한 상징체계 속에서 중요한 문화적·상징적 가치를 갖고 있었다. 이 박과 관련된 이용 방식이 61가지로 기록되어 있다. 음식으로 직접 먹거나 소스로 만들었으며, 끓이거나 튀겨 먹었다. 용기로써 물, 우유, 향수 등을 담는 데 사용하였으며, 악기, 가면, 동물의 덫, 세면대, 양봉통 등으로 쓰였다.

최근 들어 플라스틱 용기가 나오면서 이 박을 이용하는 지혜와 지식들이 평가절하되고 있다. 이제 이 박을 이용하는 지식은 잊히거나 사라지고 있고, 그와 동시에 이 지역에서 박을 재배하는 지역도 점차 줄어들어 멸종되고 있다. 2001년부터 이 박을 보전하고 활용하여 수익을 얻기 위한 프로젝트가 시행되었고, 이 과정에서 약 200가지 박이 수집되었으며, 종자 확산을 위해 재배, 관리되었다. 조사팀은 인터뷰, 노래, 이야기에 담긴 정보들을 체계적으로 수집, 정리하였다. 박물관은 이런 작업의 중심지 역할을 하여 종자를 수집하고 보관하며 교환하고 확산했다. 그리고 학교 학생들이나 방문자들에게 교육하는 역할을 하였다.

그 이후에도 농부나 많은 사람들의 이야기가 테이프에 자국어, 토착어로 녹음되었다. 이런 채집 결과는 전문 학술지에 실렸고, 그 과정에서 지식보유자의 존재(실명)를 알림으로써 그들의 중요성과 자부심을 높이는 접근법을 채택하였다. 축제와 같은 행사를 통해 관련 지식이나 정보에 대한 관심을 높이고, 전통생태지식을 확산하는 계기를 만들기도 하였다.

이 프로젝트의 결과, 지역 여성들은 박을 이용한 다양한 상품(씨, 열매, 목걸이, 그릇 등)을 개발하여 판매함으로써 수익이 크게 증가하였다. 때로는 다른 지역이나 국가에서 주문하기도 한다. 정부는 이 사례의 성공을 확인하여 시상하고, 작은 센터를 만들어 주었으며, 대중매체를 통해 성공 사례를 홍보하기도 하였다. 이제 호리병박 이외의 다른 작물에 대해서도 비슷한 접근이 시도되고 있다.

우간다에서의 전통의학지식

아프리카에서는 사회적 약자들을 보호하던 시스템이 급속하게 붕괴하였다. 식민지 시대 동안 약초를 이용한 치료는 '퇴보적이고, 비문명적이고, 반신성한' 것으로 취급되었다. 전통적 방법으로 병을 고치던 사람들은 모욕을 당해야 했다.

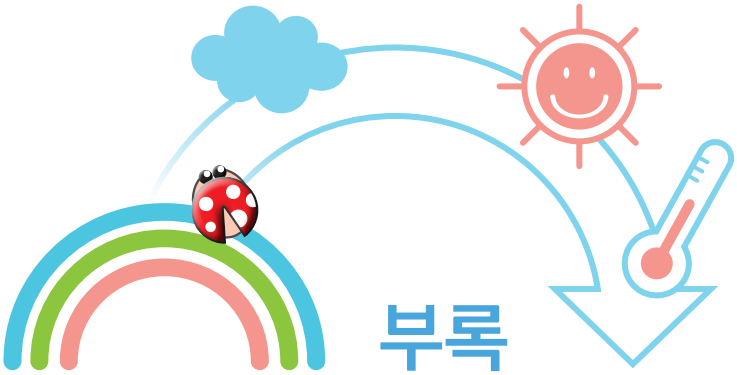
그러나 이러한 전통적인 약초 요법은 사라지지 않고 지하에서 더욱 번성했다. 이 프로젝트에서는 전통적으로 치료에 사용되는 식물을 보호하고 심고 가꾸었다. 이 식물들은 주민들의 정신적, 신념적 그리고 실천적 맥락에서 중요한 의미를 갖는다.

이 프로젝트는 지역 주민들에 의해 생물 문화적 다양성을 보전하고 지속 가능한 방식으로 이용하는 것의 전범을 보여준다. 이 과정에서도 기록하고 녹음하고 지역 언어로 정보를 공유하는 것이 매우 중요하게 다루어 졌다.

주변 지역에서 약 100명의 전통적인 의사들이 〈큰 숲〉에 모여들었고, 이 숲이 전통적 생태 의료 지식으로 공유하고 확산하는 센터 역할을 하였다. 이 과정에서 음식과 약이 서로 밀접하게 연관되어 있다는 것을 확인했고, 〈집단적 경험과 지혜가 응축〉되는 결과를 가져 왔다.

숲에 모여든 수많은 지역의 오래된 민간치료사들의 모습과 그들이 서로 자신들의 경험과 지식을 공유하는 장면은 생각만 해도 감동적이다. 숲은 그들이 약초를 얻을 수 있는 곳이자 동시에 가르치고 배우는 교실이며 환자들이 병을 고치는 병원이기 때문이다.

기후변화는 느리게
우리의 대응은 빠르게



부록

1. 교재 운영 방안
2. 학교 활용 방안
3. K-SDGs & 기후변화 연계 자료
4. 차시별 참고 자료 및 영상 목록(초등)
5. 차시별 참고 자료 목록(중등)

Let's Start →

01 교재 운영 방안

- 지도서와 함께 제공되는 PPT, 워크시트 등을 활용하여 학교의 교사 또는 환경교육 강사들이 다양한 교육현장에서 기후변화 교육을 추진 시 활용 가능
- (기후변화 전반) 특강 1 또는 특강 2를 활용하여 기후변화 전반에 대한 특강 프로그램 운영
- (지속교육 추진 시) 모든 차시 또는 일부 차시를 교사가 자유롭게 선택하여 재구성해서 수업 진행
- (일회성 교육 추진 시) 교육현장(대상, 시간, 인원 등)의 특징을 고려하여 원하는 차시(원인, 현상, 영향, 대응 등)만 선택하여 수업 진행
- (성취기준 선택)
  - (초등) 초등 고학년 대상, 타과목 연계 융합형 환경교육 추진을 위한 성취기준 구성에 따라 교육진행시 적합한 대상 및 과목 성취기준 기반 수업 진행.

구분	내용
(특강 1) 날씨, 계절 그리고 기후	[6사01-03] 우리나라의 기후 환경 및 지형 환경에서 나타나는 특성을 탐구한다.
(특강 2) 기후변화는 (　　)이다	[6도03-04] 세계화 시대에 인류가 겪고 있는 문제와 그 원인을 토론을 통해 알아보고, 이를 해결하고자 하는 의지를 가지고 실천한다. [6사01-03] 우리나라의 기후 환경 및 지형 환경에서 나타나는 특성을 탐구한다.
(1-1차시) 온실가스 사라져라, 뿅	[6도03-04] 세계화 시대에 인류가 겪고 있는 문제와 그 원인을 토론을 통해 알아보고, 이를 해결하고자 하는 의지를 가지고 실천한다. [6사08-05] 지구촌의 주요 환경문제를 조사하여 해결 방안을 탐색하고, 환경문제 해결에 협력하는 세계시민의 자세를 기른다.
(1-2차시) 전기에너지와 기후위기, 어떤 관계가 있을까?	[6사08-05] 지구촌의 주요 환경문제를 조사하여 해결 방안을 탐색하고, 환경문제 해결에 협력하는 세계시민의 자세를 기른다. [6과13-03] 전기를 절약하고 안전하게 사용하는 방법을 토의할 수 있다. [6과17-01] 생물이 살아가거나 기계를 움직이는 데 에너지가 필요함을 알고, 이때 이용하는 에너지의 형태를 조사할 수 있다.
(2-1차시) 6월 1일은 무슨 계절일까?	[6수05-03] 주어진 자료를 띠그래프와 원그래프로 나타낼 수 있다. [6과14-02] 계절에 따른 태양의 남중 고도, 낮과 밤의 길이, 기온 변화를 설명할 수 있다.

구분	내용
(2-2차시) 계절의 길이 변화가 생물에게 미치는 영향	[6과05-02] 비생물 환경요인이 생물에 미치는 영향을 이해하여 환경과 생물 사이의 관계를 설명할 수 있다. [6사01-03] 우리나라 기후 환경 및 지형 환경에서 나타나는 특성을 탐구한다.
(3-1차시) 지구온도 1℃가 올라가면 거북이는 알을 낳을 수 있을까?	[6사08-05] 지구촌의 주요 환경문제를 조사하여 해결 방안을 탐색하고, 환경문제 해결에 협력하는 세계시민의 자세를 기른다. [6과05-01] 생태계가 생물 요소와 비생물 요소로 일어져 있음을 알고 생태계 구성 요소들이 서로 영향을 주고받음을 설명할 수 있다.
(3-2차시) 기후변화로 위험해 처한 동식물 구하기	[6과05-03] 생태계 보전의 필요성을 인식하고 생태계 보전을 위해 우리가 할 수 있는 일에 대해 토의할 수 있다. [6미01-04] 이미지를 활용하여 자신의 느낌과 생각을 전달할 수 있다.
(4-1, 2차시) 우리가 멈추면 기온 상승도 멈춘다	[6국03-02] 목적이나 주제에 따라 알맞은 내용과 매체를 선정하여 글을 쓴다. [6사08-05] 지구촌의 주요 환경 문제를 조사하여 해결 방안을 탐색하고, 환경문제 해결에 협력하는 세계 시민의 자세를 기른다.
(5-1차시) 기후변화가 일자리에 미치는 영향	[6사01-06] 우리나라의 산업 구조의 변화와 교통 발달 과정에서 나타난 특징을 탐구한다. [6사07-03] 세계 주요 기후의 분포와 특성을 파악하고, 이를 바탕으로 하여 기후 환경과 인간 생활 간의 관계를 탐색한다. [6도03-04] 세계화 시대에 인류가 겪고 있는 문제와 그 원인을 토론을 통해 알아보고, 이를 해결하고자 하는 의지를 가지고 실천한다. [6실05-01] 일과 직업의 의미와 중요성을 이해한다.
(5-2차시) 의사가 왜 기후변화를 공부할까?	[6국02-03] 글을 읽고 글쓴이가 말하고자 하는 주장이나 주제를 파악한다. [6사07-03] 세계 주요 기후의 분포와 특성을 파악하고, 이를 바탕으로 하여 기후 환경과 인간 생활 간의 관계를 탐색한다. [6미02-02] 다양한 발상 방법으로 아이디어를 발전시킬 수 있다.
(6-1차시) 나도 툰베리처럼, 청소년 기후행동 기획	[6도03-04] 세계화 시대에 인류가 겪고 있는 문제와 그 원인을 토론을 통해 알아보고, 이를 해결하고자 하는 의지를 가지고 실천한다. [6사08-04] 지구촌의 평화와 발전을 위해 노력하는 다양한 행위 주체(개인, 국가, 국제기구, 비정부 기구 등)의 활동 사례를 조사한다.
(6-2차시) 파리협정과 학급기후변화 협약	[6사08-04] 지구촌의 평화와 발전을 위해 노력하는 다양한 행위 주체(개인, 국가, 국제기구, 비정부 기구 등)의 활동 사례를 조사한다. [6사08-05] 지구촌의 주요 환경문제를 조사하여 해결 방안을 탐색하고, 환경문제 해결에 협력하는 세계 시민의 자세를 기른다. [6사08-06] 지속 가능한 미래를 건설하기 위한 과제(친환경적 생산과 소비 방식 확산, 빈곤과 기아 퇴치, 문화적 편견과 차별 해소 등)를 조사하고, 세계시민으로서 이에 적극 참여하는 방안을 모색한다.

구분	내용
(7-1차시) 지구를 생각하는 요리	[6사08-06] 지속 가능한 미래를 건설하기 위한 과제(친환경적 생산과 소비 방식 확산, 빈곤과 기아 퇴치, 문화적 편견과 차별 해소 등)를 조사하고, 세계시민으로서 이에 적극 참여하는 방안을 모색한다.
(7-2차시) 기후변화에 맞서는 패셔니스트	[6실02-07] 자신의 신체 발달을 고려하여 건강하고 안전한 옷차림을 실천한다. [6실03-01] 옷의 종류와 용도에 맞게 정리·보관하는 방법을 알고 환경과 관련지어 옷 관리의 중요성을 이해한다.

▸ (중등) 중학생 대상, 타과목 연계 융합형 환경교육 추진을 위한 성취기준 구성에 따라 교육 진행시 적합한 대상 및 과목 성취기준 기반 수업 진행

구분	내용
(특강 1) 날씨, 계절 그리고 기후	[9환03-11] 지구 수준의 환경 문제인 기후변화로 인해 자신의 지역에서 어떤 현상이 나타날 수 있는지 강수량, 기온, 개화 시기 등의 자료를 분석하여 확인하고 이를 해석한다.
(특강 2) 무엇이 진짜야? 기후변화 팩트 체크 (기후변화 오개념과 바른개념)	[9국01-04] 토의에서 의견을 교환하여 합리적으로 문제를 해결한다. [9환03-10] 기후변화 현상의 원인을 구분하고, 기후변화로 발생되는 갈등 해결 방안을 지구 공동체의 관점에서 토의한다.
(1차시) 왜 IPCC의 1.5℃ 보고서가 중요할까?	[9환03-12] 기후변화에 대응하는 다양한 방안을 개인적 노력과 지역, 국가, 지구 차원의 사회적 노력으로 구분하여 제시하고, 이를 자신의 책임 및 역할과 관련 지어 발표한다. [9사(지리)10-01] 전 지구적인 차원에서 발생하는 기후변화의 원인과 그에 따른 지역 변화를 조사하고, 이를 해결하기 위한 지역적·국제적 노력을 평가한다.
(2차시) 상관관계에 기반한 기후변화 시나리오	[9사(지리)10-01] 전 지구적인 차원에서 발생하는 기후변화의 원인과 그에 따른 지역 변화를 조사하고, 이를 해결하기 위한 지역적·국제적 노력을 평가한다. [9환03-11] 지구 수준의 환경 문제인 기후변화로 인해 자신의 지역에서 어떤 현상이 나타날 수 있는지 강수량, 기온, 개화 시기 등의 자료를 분석하여 확인하고 이를 해석한다.
(3차시) 우리나라에도 예외 없는 기후변화 영향	[9환02-05] 환경 문제의 발생과 해결 과정에 대해 과학적 원리를 바탕으로 사회적, 문화적, 경제적 측면을 함께 고려하여 설명한다. [9환03-11] 지구 수준의 환경 문제인 기후변화로 인해 자신의 지역에서 어떤 현상이 나타날 수 있는지 강수량, 기온, 개화 시기 등의 자료를 분석하여 확인하고 이를 해석한다.

구분	내용
(4차시) 온실가스 감축을 위한 탄소 배출권 거래제	[9환03-10] 기후변화 현상의 원인을 구분하고, 기후변화로 발생되는 갈등 해결 방안을 지구공동체의 관점에서 토의한다. [9환03-12] 기후변화에 대응하는 다양한 방안을 개인적 노력과 지역, 국가, 지구 차원의 사회적 노력으로 구분하여 제시하고, 이를 자신의 책임 및 역할과 관련 지어 발표한다. [9사(일사)09-02] 수요 법칙과 공급 법칙을 이해하고, 이를 토대로 시장 가격이 결정되는 원리를 도출할 수 있다.
(5차시) 기후가 달라지면 감염병도 달라진다?	[9환03-07] 지구의 환경 변화에 대한 사례 분석을 통해 지구 환경과 지구 환경 문제의 특성을 유형화한다. [9환03-12] 기후변화에 대응하는 다양한 방안을 개인적 노력과 지역, 국가, 지구 차원의 사회적 노력으로 구분하여 제시하고, 이를 자신의 책임 및 역할과 관련 지어 발표한다.
(6차시) 원 헬스(One Health), 자연과 동물, 우리는 모두 하나	[9환01-01] 환경의 다양한 의미를 비교하고, 환경이 '나'와 어떻게 연결되는지를 설명한다. [9환02-02] 지구 생태계에서 물, 공기, 흙, 생물이 어떤 관계가 있는지 살펴보고, 사례를 통해 인간과 생태계 구성 요소 간의 상호작용을 분석한다. [9보03-03] 신체 기관별 건강 문제에 따른 질병 예방 및 관리 방안을 제시한다.
(7차시) 기후변화, 인공지능으로 극복할 수 있을까?	[9환03-07] 지구의 환경 변화에 대한 사례 분석을 통해 지구 환경과 지구 환경 문제의 특성을 유형화한다. [9사(지리)10-01] 전 지구적인 차원에서 발생하는 기후변화의 원인과 그에 따른 지역 변화를 조사하고, 이를 해결하기 위한 지역적·국제적 노력을 평가한다. [9도04-02] 과학 기술이 현대인의 삶에 미치는 긍정적인 영향과 가치를 설명하고, 동시에 과학 기술이 지닌 문제점과 한계를 열거하며, 과학 기술의 바람직한 활용 방안을 제시할 수 있다. [9정01-01] 정보기술의 발달과 소프트웨어가 개인의 삶과 사회에 미친 영향과 가치를 분석하고 그에 따른 직업의 특성을 이해하여 자신의 적성에 맞는 진로를 탐색한다.
(8차시) 과거, 현재, 미래의 방법으로 우리 지역의 기온 데이터 바라보기	[9사(지리)02-01] 기온과 강수량 자료를 분석하여 이를 기준으로 세계 기후 지역을 구분하고, 인간 거주에 적합한 기후 조건에 대해 논의한다. [9환03-10] 기후변화 현상의 원인을 구분하고, 기후변화로 발생되는 갈등 해결 방안을 지구공동체의 관점에서 토의한다. [9정03-03] 논리적인 문제 해결 절차인 알고리즘의 의미와 중요성을 이해하고 실생활 문제의 해결과정을 알고리즘으로 구상한다 관리한다.

구분	내용
(9차시) 해수면 상승, 우리는 괜찮을까?	[9과18-01] 기권의 층상 구조를 이해하고, 온실 효과와 지구 온난화를 복사 평형의 관점으로 설명할 수 있다. [9사(지리)10-01] 전 지구적인 차원에서 발생하는 기후변화의 원인과 그에 따른 지역 변화를 조사하고, 이를 해결하기 위한 지역적·국제적 노력을 평가한다. [9환03-10] 기후변화 현상의 원인을 구분하고, 기후변화로 발생되는 갈등 해결 방안을 지구공동체의 관점에서 토의한다.
(10차시) 기후변화의 영향 모두에게 같을까?	[9도03-03] 세계시민으로서 요구되는 도덕적 가치를 이해하고, 지구 공동체에서 일어나는 다양한 도덕 문제를 인식하며, 이러한 문제를 개선하려는 참여적 태도를 가지는 등 세계시민 윤리의식을 함양할 수 있다. [9환03-10] 기후변화 현상의 원인을 구분하고, 기후변화로 발생되는 갈등 해결 방안을 지구공동체의 관점에서 토의한다. [9사(지시)05-03] 자연재해로 인한 피해가 증가하거나 감소한 지역을 비교하여, 자연재해로 인한 피해를 줄일 수 있는 방안을 모색한다.
(11차시) 기후변화 실천 행동, 게임으로 기획하다	[9환03-03] 환경 프로젝트 등 환경을 탐구하는 방법과 절차를 이해하고, 가정, 학교 및 지역에서 환경적으로 의미 있는 주제를 선정하여 탐구를 수행한다. [9환04-01] 지속 가능 발전의 다양한 의미를 탐색하고, 동료와의 토의를 통해 지속 가능 발전에 대한 자신의 정의를 제시한다. [9사(지시)05-03] 자연재해로 인한 피해가 증가하거나 감소한 지역을 비교하여, 자연재해로 인한 피해를 줄일 수 있는 방안을 모색한다.
(12차시) 오래된 미래에서 배운다.	[9역01-02] 한반도와 세계 여러 지역의 선사 문화의 발전 과정을 도구의 변천을 중심으로 파악하고, 유물과 유적을 바탕으로 선사시대 사람들의 생활 모습을 추론해 본다. [9환02-04] 사례를 통해 환경 문제의 원인과 영향을 파악하고 해당 환경 문제에서 물, 공기, 흙, 생물, 인간 등에 나타나는 상호작용을 구분하여 제시한다. [9사(지리)05-03] 자연재해로 인한 피해가 증가하거나 감소한 지역을 비교하여, 자연재해로 인한 피해를 줄일 수 있는 방안을 모색한다.

02 학교 활용 방안

1) 수업 연계 활용

- 초등학교의 경우 선생님이 학년에 따라 교과별 교육내용 전체를 두루 검토하고 관련 단원을 파악하여 수업을 재구성하면서 교재를 활용한다. 날씨와 계절 등을 다루는 과학 시간뿐만 아니라 미술, 수학, 국어 등 다양한 교과목과 연계하여 활용할 수 있을 것으로 기대된다.
- 중학교의 경우에는 환경 과목을 개설하고 있다면 환경 수업 시간에 부교재로 활용할 수 있을 것이며, 환경 과목이 없을 경우에는 지구과학, 사회 등 관련 교과목을 담당하고 있는 선생님들이 수업과 연계하여 진행할 수 있다. 이런 과정이 효과적으로 진행되기 위해서는 교사연구회 등 교사들의 공동 학습모임이나 코디네이터를 추천한다.
- 예시(안)

구분	연계과목	내용	구성
초등	사회	기후 및 지형 환경에서 나타나는 특성을 바탕으로 지구촌의 주요 환경문제를 탐색하고 환경제 해결을 위한 세계시민의 자세를 기를 수 있다.	(특강 1) 날씨, 계절 그리고 기후 (특강 2) 기후변화는 (　　)이다 (1-1차시) 온실가스 사라져라, 뿅 (1-2차시) 전기에너지와 기후위기, 어떤 관계가 있을까? (2-2차시) 계절의 길이 변화가 생물에게 미치는 영향
중등	지리	전 지구적인 차원에서 발생하는 기후변화 원인과 변화를 알고, 이를 토대로 기후변화로 발생되는 갈등 해결방안을 찾을 수 있다.	(특강 1) 날씨, 계절 그리고 기후 (1차시) 왜 IPCC의 1.5℃ 보고서가 중요할까? (2차시) 상관관계에 기반한 기후변화 시나리오

2) 동아리 연계 활용

- 창의적 체험활동 중에서 동아리 활동은 본 교재가 활용될 수 있는 중요한 통로가 된다. 초등학교와 중학교의 환경동아리에서 본 교재를 활용하여 교사의 지도 아래 혹은 자율적으로 활동을 진행할 수 있다.
- 예시(안)

구분	내용	구성
초등	우리나라 기후 환경 및 지형 환경의 특성을 기반으로 기후변화 문제로 인한 생태계 문제를 파악하고 이를 해결하기 위해 노력할 수 있다.	(특강 2) 기후변화는 (　　)이다 (2-1차시) 6월 1일은 무슨 계절일까? (2-2차시) 계절의 길이 변화가 생물에게 미치는 영향 (3-1차시) 지구온도 1℃가 올라가면 거북이는 알을 낳을 수 있을까? (3-2차시) 기후변화로 위험해 처한 동식물 구하기
중등	기후변화로 인해 발생하는 국제적인 문제의 이해를 기반으로, 학교, 마을 등 자신이 속해있는 환경의 문제를 분석하고 해결하기 위해 노력할 수 있다.	(특강 1) 날씨, 계절 그리고 기후 (특강 2) 무엇이 진짜야? 기후변화 팩트 체크(기후변화 오개념과 바른개념) (3차시) 우리나라에도 예외 없는 기후변화 영향 (8차시) 과거, 현재, 미래의 방법으로 우리 지역의 기온 데이터 바라보기

3) 중학교 자유학년제 연계 활용

- 중학교의 경우 자유학년제 시간은 본 교재가 활용될 수 있는 가장 적절한 기회가 될 것으로 기대된다. 14차시 전체를 적용하기는 어렵겠지만 5차시 혹은 10차시 등 여건과 학생들의 관심 등을 고려하여 유연하게 적용할 수 있다.
- 일부 활동은 2차시를 블록으로 묶어서 진행할 수 있도록 설계되어 있으므로 이를 고려하여 배치하고, 나아가 심화활동으로 학생중심, 마을중심의 프로젝트 활동으로 발전시키는 방안도 적극 권장한다.

4) 범교과학습주제 연계 활용

- 2015 개정 교육과정에는 민주, 인권, 통일, 인성, 안전 등 10개의 범교학습주제가 있으며 환경·지속가능발전도 그 중 하나이다. 본 교재는 환경을 주제로 하는 범교과학습 활동 이외에도 다양한 주제에서 활용될 수 있다.
- 예를 들어, 기후변화가 어떻게 가뭄과 지하수 고갈 등을 초래하여 농사에 어려움을 초래하고, 이로 인해 기아문제가 심각해지는 지를 묶어서 다룸으로써 인권교육과 연계할 수 있다. 이렇게 하면 본 교재만으로 최소한 5가지 이상의 범교과 학습 주제를 함께 다루는 효과를 얻을 수 있다.

5) 기타

- 2020년 12월에 개정된 '환경교육 활성화 및 지원에 관한 법률'에 따르면 6월 5일 환경의 날을 포함하여 환경교육 주간을 지정하고, 학교 전체적으로 축제, 발표대회, 소풍 등을 연계하여 환경교육 활동을 진행하도록 권고하고 있다.
- 수업, 동아리, 창체 등에서 본 교재를 활용하여 활동한 결과물이나 성과를 다른 학생에게 발표하고 공유한다.

03 K-SDGs & 기후변화 연계 자료

지구환경

구분	내용	K-SDGs
기상이변		

- 계절의 변화(1912~2017)
  - ▸ 지난 106년 동안 우리나라의 계절 시작일은 봄은 13일, 여름은 10일 빨라지고, 가을과 겨울에는 각각 9일, 5일이 늦어짐
  - ▸ 계절 지속일은 여름은 98일에서 117일로 19일 길어졌으나, 겨울은 109일에서 91일로 18일 짧아짐(봄과 가을은 큰 변화 없음)

	봄	여름	가을	겨울
1912~1941	85	98	73	109
1988~2017	88	117	69	91

- 과거 30년과 최근 30년의 계절 시작일 변화(1912~2017)
  - ▸ 봄과 여름의 시작일은 각각 13일, 10일 빨라짐
  - ▸ 가을과 겨울의 시작일은 각각 9일, 5일 늦어짐

	봄	여름	가을	겨울
1912~1941	3.18	6.11	9.17	11.29
1998~2017	3.5	6.1	9.26	12.4
2008~2017	3.1	5.28	9.28	12.3

출처: 한반도 100년의 기후변화 / 국립기상과학원 / 2018

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th><th>K-SDGs</th></tr>
<tr><td>멸종</td><td>

● 해양(산호)

1.5℃ 상승의 경우	2℃ 상승의 경우
70~90% 소멸	99% 소멸

출처: IPCC 지구온난화 1.5℃특별보고서는 우리에게 무엇을 이야기하는가? / 환경부, 한국환경산업기술원 / 2019

● 육상

구분	1.5℃ 상승의 경우	2℃ 상승의 경우
곤충	6% 멸종	18% 멸종
식물	8% 멸종	16% 멸종
척추동물	4% 멸종	8% 멸종

출처: 지구온난화 1.5℃ 특별보고서 기술요약서 / IPCC / 2018

</td><td>13 기후변화 대응
14 해양생태계 보전
13 기후변화 대응
15 육상생태계 보전</td></tr>
<tr><td>남북극지역</td><td>

● 여름철 북극해빙의 소멸

1.5℃ 상승의 경우	2℃ 상승의 경우
100년에 한 번	10년에 한 번

출처: 지구온난화 1.5℃ 특별보고서 기술요약서 / IPCC / 2018

</td><td>13 기후변화 대응</td></tr>
<tr><td>신재생 에너지</td><td>

● RE100 캠페인

▸ 기업이 사용전력의 100%를 재생에너지로 충당할 것을 목표로 하는 캠페인 – 구글, 애플 등 167개 기업('19. 3) 참여 중

▸ 납품기업을 대상으로 재생에너지 사용 확대를 요구하는 사례 증가

출처: 제3차 에너지기본계획 / 산업통상자원부 / 2019

● 탈석탄 파트너쉽(Past Powering Coal Alliance)

▸ OECD 회원국 및 EU 28개국은 2030년까지, 그 외 국가는 2050년까지 석탄발전소(CCS* 미부착)의 단계적 폐지(coal phase-out)를 목표로 캐나다, 영국, 덴마크 등 30개국과 미국, 호주 주정부 및 우리나라 충청남도를 포함한 22개 지방정부 가입함

* CCS(Car4bon Capture and Storage: 탄소 포집 및 저장): 대기로 배출되는 이산화탄소를 격리시키는 기술

출처: 제2차 기후변화대응 기본계획 / 환경부 / 2019

</td><td>7 에너지의 친환경적 생산과 소비
13 기후변화 대응</td></tr>
</table>

구분	내용	K-SDGs

신재생 에너지

- 주요국 에너지 정책 목표 현황

국가	온실가스 감축	에너지 효율	재생에너지
독일	- '30년 55%, '50년 80~95% 감축('90년 대비)	- '50년까지 50% 감축 (1차 에너지 기준, '08년 대비)	- '50년까지 최종에너지중 60% 발전비중 80%
일본	- '30년까지 26% 감축 ('13년 대비)	- '30년까지 0.5억KL(원유환산) 감축(최종에너지 기준, '13년 대비)	- '30년까지 발전 비중 22~24%
영국	- '50년까지 최소 80% 감축 ('90년 대비)	- '20년까지 18% 감소 (최종에너지 기준, '07년 대비)	- '30년까지 총에너지소비중 30%
프랑스	- '30년 40% 이상 '50년 75% 감축 ('90년 대비)	- '30년 20% 이상 '50년 50% 감축 (최종에너지 기준, '12년 대비)	- '30년까지 최종에너지 32%, 발전비중 40%

출처: 제3차 에너지기본계획 / 산업통상자원부 / 2019

- 우리나라에서 가장 많은 온실가스를 배출하는 분야는 에너지 분야이다.
  - ▸ 분야별 온실가스 배출량 추이

단위: 백만톤 CO_2 eq.

구분	총배출량	에너지	산업공정	농업	폐기물
2008	592.2	506.4	49.5	20.8	15.4
2009	598.0	513.1	48.2	21.3	15.4
2010	657.6	566.1	54.7	21.7	15.0
2011	684.2	595.0	53.1	20.7	15.5
2012	687.5	596.3	54.2	21.3	15.7
2013	697.0	605.1	54.8	21.2	15.9
2014	691.5	597.5	57.3	21.3	15.4
2015	692.3	600.8	54.4	20.8	16.3
2016	692.6	602.7	52.8	20.5	16.5
2017	709.1	615.8	56.0	20.4	16.8

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th><th>K-SDGs</th></tr>
<tr><td>신재생
에너지</td><td>▸ 온실가스 배출량 추이
단위: 백만톤 CO_2 eq.
<table>
<tr><th>구분</th><th>CO_2</th><th>CH_4</th><th>N_2O</th><th>HFCs</th><th>PFCs</th><th>SD_6</th></tr>
<tr><td>2008</td><td>536.3</td><td>26.5</td><td>12.1</td><td>6.9</td><td>2.8</td><td>7.6</td></tr>
<tr><td>2009</td><td>542.2</td><td>26.5</td><td>12.5</td><td>5.8</td><td>2.0</td><td>8.8</td></tr>
<tr><td>2010</td><td>595.3</td><td>56.9</td><td>13.2</td><td>8.1</td><td>2.3</td><td>11.9</td></tr>
<tr><td>2011</td><td>626.0</td><td>26.6</td><td>12.9</td><td>7.9</td><td>2.1</td><td>8.8</td></tr>
<tr><td>2012</td><td>627.8</td><td>26.6</td><td>13.7</td><td>8.7</td><td>2.3</td><td>8.5</td></tr>
<tr><td>2013</td><td>636.7</td><td>26.6</td><td>13.9</td><td>8.1</td><td>2.3</td><td>9.4</td></tr>
<tr><td>2014</td><td>629.9</td><td>26.4</td><td>14.0</td><td>8.5</td><td>2.4</td><td>10.2</td></tr>
<tr><td>2015</td><td>634.3</td><td>26.3</td><td>13.8</td><td>7.9</td><td>1.5</td><td>8.4</td></tr>
<tr><td>2016</td><td>637.3</td><td>26.3</td><td>13.7</td><td>7.4</td><td>1.5</td><td>6.4</td></tr>
<tr><td>2017</td><td>650.0</td><td>26.7</td><td>14.0</td><td>9.6</td><td>2.1</td><td>6.6</td></tr>
</table>
출처: 2019 환경통계연감 / 환경부 / 2019</td><td>13 기후변화 대응</td></tr>
<tr><td>해수면
상승</td><td>● 해수면 상승
▸ 해수면 고도는 점차 빠른 속도로 상승하고 있다. (1993년 1월부터) 고도계를 사용한 이후로 전지구 평균 해수면 고도는 90㎜ 상승
출처: 2015~2019년 전지구 기후보고서 / 세계기상기구 / 2019
● 지구온난화 정도에 따른 해수면 상승
<table>
<tr><th>1.5℃ 상승의 경우</th><th>2℃ 상승의 경우</th></tr>
<tr><td>0.26~0.77m</td><td>0.30~0.93m</td></tr>
</table>
출처: 지구온난화 1.5℃ 특별보고서 기술요약서 / IPCC / 2018</td><td>13 기후변화 대응
14 해양생태계 보전</td></tr>
<tr><td>바다의
산성화</td><td>● 산성화되는 바다
▸ 바다는 인간 활동에 의해 발생한 뒤 대기로 배출되는 CO_2의 약 30%를 흡수함
▸ 흡수한 CO_2는 바다의 산성도를 변화시키며, 산업혁명이 시작된 이후 전체적인 산성도가 26% 증가함
출처: 2015~2019년 전지구 기후보고서 / 세계기상기구 / 2019</td><td>13 기후변화 대응
14 해양생태계 보전</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th><th>K-SDGs</th></tr>
<tr><td>동물</td><td>● 기후변화에 따른 나비와 조류의 서식지가 점점 북쪽으로 이동
▸ (나비) 남방계 나비들의 북방한계선이 점차 북쪽으로 올라가고 있음
▸ (조류) 긴꼬리딱새, 물꿩, 팔색조 등은 여름 철새로 새 관찰날짜와 관찰지점 또는 관찰 당시의 온도와 밀접한 관련을 짓고 있으며 이들은 분포지가 북쪽으로 이동한 양상이 뚜렷하고 번식 확인 지역 역시 기후변화가 예측하는 온도 범위에 맞게 북쪽으로 확장함
출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020 / 환경부 / 2020</td><td>13 기후변화 대응
15 육상생태계 보전</td></tr>
<tr><td>생물종 다양성</td><td>● 국가 기후변화 생물지표종 100종 목록
▸ 기후변화가 한반도 생물종 분포에 미치는 영향과 취약성에 대한 효율적인 감시와 예측을 위해 2010년 7월 환경부와 국립생물자원관이 구상나무 등 100종 지정
<table>
<tr><th>순번</th><th colspan="3">구분(분류군)</th><th>종명</th></tr>
<tr><td>1</td><td rowspan="7">균계</td><td rowspan="7">균류(7)</td><td rowspan="7">담자균류(7)</td><td>노루궁뎅이</td></tr>
<tr><td>2</td><td>느타리</td></tr>
<tr><td>3</td><td>마귀광대버섯</td></tr>
<tr><td>4</td><td>큰갓버섯</td></tr>
<tr><td>5</td><td>팽나무버섯</td></tr>
<tr><td>6</td><td>표고</td></tr>
<tr><td>7</td><td>황소비단그물버섯</td></tr>
<tr><td>8</td><td rowspan="7">원생생물계</td><td rowspan="7">해조류(7)</td><td rowspan="3">녹조류(3)</td><td>구멍갈파래</td></tr>
<tr><td>9</td><td>옥덩굴</td></tr>
<tr><td>10</td><td>청각</td></tr>
<tr><td>11</td><td rowspan="2">홍조류(2)</td><td>새빨간검둥이</td></tr>
<tr><td>12</td><td>작은구슬산호말</td></tr>
<tr><td>13</td><td rowspan="2">갈조류(2)</td><td>그물바구니</td></tr>
<tr><td>14</td><td>부챗말</td></tr>
<tr><td>15</td><td rowspan="7">식물계</td><td rowspan="7">관속식물(39)</td><td rowspan="6">양치식물(6)</td><td>도깨비고비</td></tr>
<tr><td>16</td><td>발풀고사리</td></tr>
<tr><td>17</td><td>봉의꼬리</td></tr>
<tr><td>18</td><td>속새</td></tr>
<tr><td>19</td><td>실고사리</td></tr>
<tr><td>20</td><td>콩짜개덩굴</td></tr>
<tr><td>21</td><td>나자식물(1)</td><td>개비자나무</td></tr>
</table></td><td>13 기후변화 대응
14 해양생태계 보전
15 육상생태계 보전</td></tr>
</table>

구분	내용				K-SDGs
	순번	구분(분류군)		종명	
생물종 다양성	22	식물계	관속식물(39)	쌍자엽 식물 (31) 개구리발톱	13 기후변화 대응
	23			계요등	
	24			광대나물	14 해양생태계 보전
	25			굴거리나무	
	26			금창초	
	27			까치밥나무	15 육상생태계 보전
	28			꽝꽝나무	
	29			노각나무	
	30			다정큼나무	
	31			돈나무	
	32			동백나무	
	33			등대풀	
	34			멀구슬나무	
	35			멀꿀	
	36			보리밥나무	
	37			사람주나무	
	38			사스래나무	
	39			사스레피나무	
	40			상산	
	41			송악	
	42			수리딸기	
	43			식나무	
	44			실거리나무	
	45			자금우	
	46			자주괴불주머니	
	47			참식나무	
	48			천선과나무	
	49			큰개불알풀	
	50			큰앵초	
	51			큰잎쓴풀	
	52			후박나무	
	53		단자엽 식물(1)	큰천남성	

구분	내용					K-SDGs
	순번	구분(분류군)			종명	
생물종 다양성	54	동물계	무척추동물 (22)	연체동물 (1)	복족류 (1)	큰입술갈고둥	13 기후변화 대응, 14 해양생태계 보전, 15 육상생태계 보전
	55			절지동물 (21)	거미류 (5)	대륙납거미	
	56					꼬마호랑거미	
	57					남녘납거미	
	58					무당거미	
	59					산왕거미	
	60				갑각류 (1)	검은큰따개비	
	61				곤충류 (15)	각시메뚜기	
	62					남방노랑나비	
	63					남색이마잠자리	
	64					넓적배사마귀	
	65					말매미	
	66					먹그림나비	
	67					무늬박이제비나비	
	68					물결부전나비	
	69					배물방개붙이	
	70					연분홍실잠자리	
	71					좀매부리	
	72					철써기	
	73					큰그물강도래	
	74					푸른아시아실잠자리	
	75					푸른큰수리팔랑나비	
	76		척추동물(25)	어류(4)		금강모치	
	77					버들개	
	78					빙어	
	79					산천어(송어)	

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th><th>K-SDGs</th></tr>
<tr><td>생물종
다양성</td><td>
<table>
<tr><th>순번</th><th colspan="3">구분(분류군)</th><th>종명</th></tr>
<tr><td>80</td><td rowspan="20">동물계</td><td rowspan="20">척추동물(25)</td><td rowspan="3">양서류(3)</td><td>계곡산개구리</td></tr>
<tr><td>81</td><td>북방산개구리</td></tr>
<tr><td>82</td><td>청개구리</td></tr>
<tr><td>83</td><td rowspan="17">조류(18)</td><td>검은이마직박구리</td></tr>
<tr><td>84</td><td>꾀꼬리</td></tr>
<tr><td>85</td><td>동박새</td></tr>
<tr><td>86</td><td>박새</td></tr>
<tr><td>87</td><td>붉은부리찌르레기</td></tr>
<tr><td>88</td><td>뻐꾸기</td></tr>
<tr><td>89</td><td>산솔새</td></tr>
<tr><td>90</td><td>소쩍새</td></tr>
<tr><td>91</td><td>쇠물닭</td></tr>
<tr><td>92</td><td>쇠백로</td></tr>
<tr><td>93</td><td>왜가리</td></tr>
<tr><td>94</td><td>제비</td></tr>
<tr><td>95</td><td>중대백로</td></tr>
<tr><td>96</td><td>중백로</td></tr>
<tr><td>97</td><td>청둥오리</td></tr>
<tr><td>98</td><td>큰부리까마귀</td></tr>
<tr><td>99</td><td>해오라기</td></tr>
<tr><td>100</td><td>흰날개해오라기</td></tr>
</table>
출처: 국립생물자원관 / 국립생물자원관 / 2017
</td><td>13 기후변화 대응
14 해양생태계 보전
15 육상생태계 보전</td></tr>
<tr><td>숲 생태계</td><td>
● 한반도 기온이 연평균 0.5℃ 상승할 경우
▶ 상록활엽수림대의 분포는 서해안과 동해안이 80㎞ 정도 북상할 것임
- 동서해안의 북상 거리는 유사하나, 면적으로는 서해안 지역이 넓을 것으로 예상됨
- 제주도의 경우 과거보다 최근에 산지 방면으로 약 2㎞가 확장되고, 미래엔 최근보다 1~2㎞ 확장될 것으로 전망되며, 고도상으로는 해발고도 약 360m까지 분포할 것으로 예측됨
출처: 2019 환경백서 / 환경부 / 2019
</td><td>13 기후변화 대응
15 육상생태계 보전</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th><th>K-SDGs</th></tr>
<tr><td>숲 생태계</td><td>
● 이상기상 등 기후변화로 인한 침엽수종 쇠퇴 현상 지속적 발생
▸고산 침엽수종 중 구상나무림의 약 33%. 분비나무림의 28%, 가문비나무림의 25%가 쇠퇴 진행
▸전국 54개 고산지역 내 침엽수림의 면적은 과거 20년 동안 약 25% 감소한 것으로 나타남
출처: 10주년 특별판 2019년 이상기후보고서 / 관계부처합동 / 2019
● 한반도 수종의 변화
▸장기적인 기온상승에 따라 산림구성과 개화 시기 등의 변화가 나타났으며, 특히 아고산대 침엽수림의 감소가 두드러졌다.
▸미래 기후변화 영향을 예측한 결과 산림 생장 부문은 기후변화에 따른 기온 증가로 인해 전국적으로 침엽수림의 생장 감소가 예상되나 일부 고산지대에서는 증가할 것으로 예측되며, 반면 활엽수림의 생장은 더 증가할 것으로 추정된다.
▸활엽수림의 증가 및 해안을 중심으로 한 온난지대 상록수림의 북상이 전망되고 있다.
출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020 / 환경부 / 2020
● 국내 산림탄소 흡수량 산정
단위: 천톤
<table>
<tr><th colspan="2">구분(흡수/상쇄)</th><th>'20</th><th>'25</th><th>'30</th></tr>
<tr><td>국내</td><td>흡수량</td><td>35,773</td><td>28,673</td><td>22,246</td></tr>
</table>
출처: 제2차 탄소흡수원 증진 종합계획 / 산림청 / 2018
</td><td>13 기후변화 대응
15 육상생태계 보전</td></tr>
<tr><td>가까운 바다</td><td>
● 우리나라 해수면 상승
▸우리나라 해역의 표층 수온 상승 경향은 전 세계 평균에 비하야 약 2.6배 높은 수준을 보이며, 저위도에서 고위도로 갈수록 높은 수온 상승이 나타나고 있다. 겨울철 수온 상승이 여름철보다 2~3배 높은 경향을 보인다.
출처: 10주년 특별판 2019년 이상기후보고서 / 관계부처합동 / 2019
● 우리나라 주변 해역에서 표층 수온 상승과 해양 산성화는 전 세계 평균 수치에 비하여 빠르게 진행되고 있음
출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020 / 환경부 / 2020
</td><td>13 기후변화 대응
14 해양생태계 보전</td></tr>
</table>

구분	내용	K-SDGs
가까운 바다	● 우리나라도 지구온난화에 따라 지난 40년 동안 남한 지표면 기온은 약 1.3℃, 해양 표층 수온은 1.0℃ 상승하여, 세계에서 수온 상승이 가장 빠른 곳 중의 하나로 알려져 있음 출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020 / 환경부 / 2020	13 기후변화 대응 14 해양생태계 보전
강우	● 최근 30년 전국 강수량은 감소, 평균 기온은 상승하는 추세 ▸(강수량) 최근 30년 평균 강수량은 평년보다 11.8㎜ 감소 - 최근 30년('88.~'17.) 평균 강수량: 1,295.9㎜ / 평년('81.~'10.) 강수량: 1,307.7㎜ ▸(기온) 최근 30년 평균 기온은 평년보다 0.3℃ 증가 - 최근 30년('88.~'17.) 평균 기온: 12.8℃ / 평년('81.~'10.) 기온 :12.5℃ ▸시기별로 여름철 강수량은 감소하고, 기온은 증가하는 경향 - (강수량) 비중이 큰 여름철 강수량은 감소, 특히 7~8월 강수량이 평년 대비 적음 • 최근 30년 강수량: (봄) 강수량 유지 경향, (여름, 겨울) 감소 경향, (가을) 증가 경향 - (기온) 여름철 기온증가 추세, 특히 '18년은 '73년 이래 가장 높음 출처: 10주년 특별판 2019년 이상기후보고서 / 관계부처합동 / 2019 ● 극한 강우. 돌발호우 등의 증가로 홍수 취약성이 증가하며, 특히 한강 및 금강 권역의 미래 홍수 발생 빈도와 크기가 증가할 것으로 전망됨 ● 미래 가뭄은 전반적으로 발생 빈도 또는 규모가 심화할 것으로 나타남 출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020 / 환경부 / 2020 ● 지하수 함양량 감소 ▸집중강우 빈발은 지표침투보다는 지표 유출을 증가시키고 강설의 감소로 지하수 함양량이 줄어들어 수자원 관리 측면에서 어려움이 가중될 것임 출처: 2019 환경백서 / 환경부 / 2019	6 건강하고 안전한 물관리 13 기후변화 대응

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th><th>K-SDGs</th></tr>
<tr><td>물 부족</td><td>● 지구온난화를 1.5℃ 상승 이내로 억제하면 2℃ 상승의 경우보다 물 부족으로 고통받는 전 세계 인구는 절반까지 줄어들 것이다.
출처: 지구온난화 1.5℃ 특별보고서 기술요약서 / IPCC / 2018</td><td>6 건강하고 안전한 물관리
13 기후변화 대응</td></tr>
<tr><td rowspan="2">환경성 질환</td><td>● 기후변화에 따른 식중독 발생 증가 및 원인체 변화 등 예측
▸평균 기온이 1.2℃ 상승 시 식중독 발생률 약 6% 증가
▸온도에 민감한 위해 세균·기생충에 의한 식중독과 농약사용 증가 등 화학물질에 의한 위해 발생 증가
출처: 기후변화에 따른 식중독 발생 영향분석 및 관리체계 연구 / 한국보건산업진흥원 / 2009

● 폭염 발생 증가
▸현재 온실가스 배출을 지속한다면 폭염의 빈도와 강도는 현재보다 더욱 증가하여 건강에 영향을 미칠 것이다. 특히 최근에는 40℃ 이상의 고온으로 폭염 피해가 더욱 증가함
출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020 / 환경부 / 2020

● 극한 고온
<table>
<tr><th>구분</th><th>1.5℃ 상승의 경우</th><th>2℃ 상승의 경우</th></tr>
<tr><td>온난화 계절에 중위도</td><td>3℃까지 상승</td><td>4℃까지 상승</td></tr>
<tr><td>추운 계절의 고위도</td><td>4.5℃까지 상승</td><td>6℃까지 상승</td></tr>
</table>
출처: IPCC 지구온난화 1.5℃특별보고서는 우리에게 무엇을 이야기 하는가? / 환경부, 한국환경산업기술원 / 2019</td><td>1 빈곤층 감소와 사회안전망 강화
13 기후변화 대응</td></tr>
<tr><td>● 폭염으로 인한 사망자 증가, 기상재해, 대기오염 및 알레르기로 인한 건강 악영향은 65세 이상 노인이나 만성질환자, 사회경제적 상태가 낮은 인구집단에서 더 취약한 것으로 나타남
출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020 / 환경부 / 2020</td><td>1 빈곤층 감소와 사회안전망 강화
13 기후변화 대응
16 인권·정의·평화</td></tr>
</table>

구분	내용	K-SDGs
환경성 질환	• 폭염에 의한 서울 지역의 사망자를 전망한 결과, 현재 대비('01~'10) 미래('36~'40)에는 인구 10만 명당 0.7명에서 1.5명으로 약 2배 이상 증가 할것으로 전망됨 출처: 2019 환경백서 / 환경부 / 2019 • 21C 말에 이르면 이산화탄소 농도가 약 2배가 될 것으로 예측되어, 자작나무의 꽃가루 시기가 약 1개월 빨라지고 그 농도는 약 50% 증가할 것으로 예측된다. 따라서 기후변화로 인한 나무 및 초본의 꽃가루 시기가 증가하고 노출이 증가되어 알레르기 질환이 증가할 뿐만 아니라 증상의 강도와 기간 증가로 인한 질병 부담이 증가할 것으로 예상됨 출처: 2019 환경백서 / 환경부 / 2019 • '05~'08년도 발생한 설사질환과 기후변화 시나리오 자료를 이용하여 '38년, '58년도의 환자발생 및 진료비 상승을 예측한 결과, '38년과 '58년에 환자 발생이 각각 0.9~2.4% 및 4.2~11.2%, 연간 진료비가 각각 60~160억 원 및 290~760억 원 상승할 것으로 예상됨 출처: 2019 환경백서 / 환경부 / 2019	1 빈곤층 감소와 사회안전망 강화 13 기후변화 대응 16 인권·정의·평화
농촌·농장 체험	• 작물의 재배지 북상, 월동·외래해충의 발생 증가, 잡초의 분포 양상 변화 등이 관측되고 있다. ▸ 작물의 재배 적지는 점차 북상할 것이며, 21세기 말에 이르면 벼, 콩, 옥수수, 감자, 고추, 배추의 생산성은 감소하고, 양파의 수량은 증가할 것으로 전망된다. ▸ 병해충과 잡초의 발생 및 피해 양상은 계속해서 변화될 것으로 전망된다. 출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020 / 환경부 / 2020 • 예상되는 피해를 최소화할 수 있는 경작 차례, 재배 시기, 재배 관리 기술, 병해충이나 잡초 관리 기술, 내재해성 품종 등의 개발이 필요하다. 출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020 / 환경부 / 2020	2 식량안보와 지속가능한 농업 13 기후변화 대응 2 식량안보와 지속가능한 농업 13 기후변화 대응 14 해양생태계 보전

구분	내용	K-SDGs
농촌·농장 체험	• 수온 상승과 함께 어종의 공간적 분포 및 양식에 적합한 해역이 북상하는 추세임 출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020 / 환경부 / 2020 • (적응) 실시간 수온 관측 시스템의 구축을 확대하여 이상 고수온에 대한 피해 저감 • 장기적인 수온 상승에 대응하기 위하여 고수온 내성 품종 개발 및 새로운 양식 기술 개발 필요 출처: 한국 기후변화 평가보고서 2020 / 환경부 / 2020	2 식량안보와 지속가능한 농업 13 기후변화 대응 14 해양생태계 보전

04 차시별 참고 자료 및 영상 목록(초등)

참고자료

구분	내용
(특강 1) 날씨, 계절 그리고 기후	[참고 자료 1] 계절, 기상, 날씨, 기후의 비교 [참고 자료 2] 날씨와 계절에 관한 내용 분석 [참고 자료 3] 초등학생의 기후변화에 대한 개념 이해 [참고 자료 4] 모든 나라에 4계절이 있을까? [참고 자료 5] 초등학생의 기후변화 이해
(특강 2) 기후변화는 (　　)이다	[참고 자료 1] 기후변화란 무엇일까요? [참고 자료 2] 기후변화를 막기 위한 노력 [참고 자료 3] 기후변화 대응('온실가스 감축'+'기후변화 적응')
(1-1차시) 온실가스 사라져라, 뿅	[참고 자료 1] 사라진 사각형, 넓이 같은데 갑자기 빈 공간 생긴 이유? 열쇠는 빗변! [참고 자료 2] 온실가스, 어디서 나오나요?
(1-2차시) 전기에너지와 기후위기, 어떤 관계가 있을까?	[참고 자료 1] 온실가스 발생의 주범은 전기에너지 사용 [참고 자료 2] 석탄 화력발전소와 온실가스 발생량
(2-1차시) 6월 1일은 무슨 계절일까?	[참고 자료 1] 계절을 구분할 수 있는 방법 [참고 자료 2] 서울시의 일평균 기온을 9일 평균값으로 친환한 데이터(자료: 기상청) [참고 자료 3] 계절의 길이 변화 결과물과 기후변화
(2-2차시) 계절의 길이 변화가 생물에게 미치는 영향	[참고 자료 1] 미래의 기후변화 [참고 자료 2] 계절의 변화(기후변화)가 생물에게 주는 영향 [참고 자료 3] 일평균 기온 등 기상 데이터 자료 검색 경로 [참고 자료 4] 계절의 변화가 사람에게 주는 영향 [참조 자료 5] 계절의 변화를 막는 방법
(3-1차시) 지구온도 1℃가 올라가면 거북이는 알을 낳을 수 있을까?	[참고 자료 1] 체온 조절의 중요성, 질병과 체온의 연관성, 온도에 따라 성이 결정!? [참고 자료 2] 1℃, 2℃, 3℃, 4℃ 변화할 때 생태계 변화 알아보기 [참고 자료 3] 기후변화로 일어날 수 있는 일들
(3-2차시) 기후변화로 위험해 처한 동식물 구하기	[참고 자료 1] 1만 리터의 기적 [참고 자료 2] 기후변화로 인해 영향받은 동식물 이야기 [참고 자료 3] 포스트잇 픽셀 아트
(4-1, 2차시) 우리가 멈추면 기온 상승도 멈춘다	[참고 자료 1] [코로나의 두 얼굴] 세계적 재난… 자연은 숨을 쉬기 시작했다 [참고 자료 2] '지구 역사상 최대의 실험이 시작됐다' [참고 자료 3] 디지털 교육용 앱 '카훗'으로 수업진행하기

구분	내용
(5-1차시) 기후변화가 일자리에 미치는 영향	[참고 자료 1] 사라진 일자리는 어떤 것이 있을까? [참고 자료 2] 기후변화와 일자리 [참고 자료 3] 기후변화의 다양한 현상들
(5-2차시) 의사가 왜 기후변화를 공부할까?	[참고 자료 1] 기후변화에 적응하기 위한 부문별 영향 알기 [참고 자료 2] 기후변화의 시대의 다양한 직업들
(6-1차시) 나도 툰베리처럼, 청소년 기후행동 기획	[참고 자료 1] 우리나라 청소년 기후 위기 행동 [참고 자료 2] 다양한 환경을 위한 행동
(6-2차시) 파리협정과 학급기후변화 협약	[참고 자료 1] 기후변화 해결을 위한 국제적 노력 [참고 자료 2] 생활 속 온실가스 줄이기 실험(독일의 사례) [참고 자료 3] 탄소발자국 계산기 사용법 [참고 자료 4] 파리기후협정 체결에 대한 국제 인사들의 평가 [참고 자료 5] 학급기후변화협약 이행 확인
(7-1차시) 지구를 생각하는 요리	[참고 자료 1] 기후변화를 위한 요리 [참고 자료 2] 국가별로 기후변화가 음식과 요리에 미치는 영향
(7-2차시) 기후변화에 맞서는 패셔니스트	[참고 자료 1] 지속가능한 패션 이야기 [참고 자료 2] 패션과 환경오염 [참고 자료 3] 온실가스 배출량을 줄이기 위한 의류 업체의 노력

영상자료

구분	내용
(1-1차시) 온실가스 사라져라, 뿅	● 사라진 초콜릿 ▸ https://www.ytn.co.kr/_ln/0134_201310020957417118
(1-2차시) 전기에너지와 기후위기, 어떤 관계가 있을까?	● 석탄 발전 없이 사흘 지낸 영국 ▸ https://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LPOD&mid=tvh&oid=437&aid=0000180402
(3-2차시) 기후변화로 위험해 처한 동식물 구하기	● 매일 물 1만 리터를 야생에 뿌린 놀라운 결과 ▸ https://www.youtube.com/watch?v=R03syLwnmIg&feature=youtu.be
(7-1차시) 지구를 생각하는 요리	● 짜파게티 광고 동영상 ▸ https://www.youtube.com/watch?v=WE4eEEV9sRY
(7-2차시) 기후변화에 맞서는 패셔니스트	● 더 트루 코스트-패스트 패션 주제 다큐멘터리 ▸ https://www.youtube.com/watch?v=NYNpfQb0hdI

04 차시별 참고 자료 및 영상 목록(중등)

참고자료

구분	내용
(특강 1) 날씨, 계절 그리고 기후	[참고 자료 1] 계절, 기상, 날씨, 기후의 비교 [참고 자료 2] 날씨와 계절에 관한 내용 분석 [참고 자료 3] 기후변화에 대한 중학생들의 인식, 태도 및 실천 의지 조사 [참고 자료 4] 모든 나라에 4계절이 있을까?
(특강 2) 무엇이 진짜야? 기후변화 팩트 체크 (기후변화 오개념과 바른개념)	[참고 자료 1] 기후변화 개념 카드 해설
(1차시) 왜 IPCC의 1.5℃ 보고서가 중요할까?	[참고 자료 1] 〈IPCC 소개〉 [참고 자료 2] 1.5℃와 2.0℃, 고작 0.5℃ 차이로 무엇이 달라지나 [참고 자료 3] 우리나라의 기여와 리더십
(2차시) 상관관계에 기반한 기후변화 시나리오	[참고 자료 1] 상관관계 [참고 자료 2] 온실가스와 CO_2 농도 변화 [참고 자료 3] 지구 평균 온도 변화 [참고 자료 4] 온실가스 시나리오(RCP) [참고 자료 5] 온실가스 시나리오(RCP) 전망 [참고 자료 6] 기후변화 정보포털
(3차시) 우리나라에도 예외 없는 기후변화 영향	[참고 자료 1] 동식물 카드 관련 정보 [참고 자료 2] 기후변화로 인한 피해와 사례 알아보기 [참고 자료 3] 기후변화로 인한 피해와 사례를 알아보기(기상청 발표 자료) [참고 자료 4] 기후변화의 영향 알아보기(1) [참고 자료 5] 기후변화의 영향 알아보기(2) [참고 자료 6] 글로벌 캠페인 RE100 [참고 자료 7] 기후변화가 경제에 미치는 영향
(4차시) 온실가스 감축을 위한 탄소 배출권 거래제	[참고 자료 1] 우리나라 온실가스 배출량 및 감축 목표 [참고 자료 2] 배출권거래제(ETS: Emission Trading System) [참고 자료 3] 탄소중립과 장기 저탄소 발전전략(LEDs) 살펴보기 [참고 자료 4] 생활 속의 온실가스 저감 방법은?

구분	내용
(5차시) 기후가 달라지면 감염병도 달라진다?	[참고 자료 1] 감염병, 인수공통감염병이란? [참고 자료 2] 기후가 달라졌을 때=우리가 많이 아팠을 때 [참고 자료 3] 기후변화로 인한 신종 감염병... 전문가들의 경고
(6차시) 원 헬스(One Health), 자연과 동물, 우리는 모두 하나	[참고 자료 1] '깨진 원 헬스'가 부른 감염병 [참고 자료 2] 인간과 자연의 비밀연대 [참고 자료 3] 호주 산불로 인해 10가지 피해
(7차시) 기후변화, 인공지능으로 극복할 수 있을까?	[참고 자료 1] 패러다임 시프트 [참고 자료 2] 특이점과 환경문제 [참고 자료 3] 알파고 [참고 자료 4] AI와 특이점에 대한 질문들 [참고 자료 5] 기후변화에 대응하기 위한 인공지능 활용 방법 [참고 자료 6] AI가 기후변화와 불평등에 갖는 양면성
(8차시) 과거, 현재, 미래의 방법으로 우리 지역의 기온 데이터 바라보기	[참고 자료 1] 기상자료개방포털이란 [참고 자료 2] 데이터 전처리 코드 모음 [참고 자료 3] 데이터 실행 코드 모음(예시) [참고 자료 4] Google Colaboratory 소개 [참고 자료 5] 공공 데이터 사이트
(9차시) 해수면 상승, 우리는 괜찮을까?	[참고 자료 1] 해수면 상승으로 18번 집을 옮긴 방글라데시 사람 [참고 자료 2] 한국 기후변화 평가보고서 2020 중 해수면 상승 관련 [참고 자료 3] 우리나라의 해수면 상승 추이 [참고 자료 4] 간척과 해수면 상승의 영향
(10차시) 기후변화의 영향 모두에게 같을까?	[참고 자료 1] 기후변화 취약계층 정의 및 범위 [참고 자료 2] 한국 기후변화 평가보고서 2020 요약보고서 중 보건분야 [참고 자료 3] 제2차 기후변화대응 기본계획 [참고 자료 4] 시리아는 왜 '비극의 땅'이 되었나?
(11차시) 기후변화 실천 행동, 게임으로 기획하다.	[참고 자료 1] 한국 기후변화 평가 보고서 2020 요약 보고서(기후변화 영향 및 적응) 中
(12차시) 오래된 미래에서 배운다.	[참고 자료 1] 오래된 미래 [참고 자료 2] 전통 생태 지식 [참고 자료 3] 전통 생태 지식을 이용한 교육 프로그램 적용 사례 [참고 자료 4] 외국의 전통 생태 지식 사례

영상자료

구분	내용
(5차시) 기후가 달라지면 감염병도 달라진다?	● 기후가 달라졌을 때=우리가 많이 아팠을 때 ▸ https://youtu.be/Zq9ZO4dZZvY
(6차시) 원 헬스(One Health), 자연과 동물, 우리는 모두 하나	● 내가 먹는 고기가 코로나와 관련이 있다? ▸ https://youtu.be/jDf_7SMqVi4
(7차시) 기후변화, 인공지능으로 극복할 수 있을까?	● 이세돌과 알파고 대결 ▸ https://www.youtube.com/watch?v=sHtq_Kdv_So
(9차시) 해수면 상승, 우리는 괜찮을까?	● 해수면 상승으로 수물 위기에 처한 키리바시공화국 아노테 통 대통령 ▸ https://www.youtube.com/watch?v=4fsaMirL1KE%29 ● 가라앉는 섬, 제주 ▸ https://www.youtube.com/watch?v=GPLS0fYgMUU
(12차시) 오래된 미래에서 배운다.	● Primitive Technology(원시 기술) ▸ (송풍기) https://www.youtube.com/watch?v=VVV4xeWBIxE ▸ (새우잡기) https://www.youtube.com/watch?v=e5nfrehyWDM ▸ (방아) https://www.youtube.com/watch?v=i9TdoO2OVaA