

탐구수업 지도자료

- 학 년 고등학교 1학년
- 단 원 이제는, 우리 모두가 환경을 생각할 때
- 소 단 원 3장 「환경」 관련 학생들의 오개념
- 제 목 오개념
- 대표 저자 박종석(경북대학교)
- 공동 저자 김수정(경북대학교)
김영신(경북대학교)
임성민(대구대학교)
정 철(대구대학교)

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



서울대학교 과학교육연구소

Seoul National University Science Education Research Center



제 3 장

「환경」 관련 학생들의 오개념

환경은 통상 인간과 생태계를 포함하는 자연 환경과 인공 환경을 포함하며, 학교에서의 환경 영역의 탐구는 인간과 환경의 관계를 과학적으로 이해하고, 자연 환경을 이해하는데 필요한 과학적 태도와 올바른 가치관을 함양하는데 그 목적이 있다. 환경 영역의 탐구는 과학 개념과 과학 이론을 통하여 자연 세계를 환경적 관점으로 볼 수 있도록 하는데 중점을 둔다. 환경 영역의 수업과 관련한 학생들의 대표적인 오개념들은 다음과 같다.



1. 산성비

산성비로 인한 환경 문제는 전 세계적으로 관심을 갖고 있는 대기 오염의 영향 중 대표적인 것이다. 20세기에 들어와 대기 화학과 분석 화학의 획기적인 발전의 결과로 빗물의 산성도를 pH로 표현하기 시작 하게 되면서 산성비에 대한 이론적 연구들이 수행되어왔다. 순수한 물은 중성으로, pH가 7이다. 그러나 대기 중에는 이산화탄소가 존재하므로 빗물은 약한 산성을 띠게 되는데, 이 값이 pH 5.6에 해당한다. 따라서 이 값은 자연 환경 상태에서 빗물의 산성도, 즉 빗물의 산성 여부를 판단하는 기준이 된다. 일반적으로 빗물의 pH가 5.6미만인 경우를 산성비라고 한다.

10학년 과학과에서는 산성비가 내리는 원인이 주로 공장이나 발전소 등에서 배출되는 황산화물과 자동차에서 배출되는 질소산화물에 의한 것임을 다루고 있다. 10학년을 대상으로 한 산성비 개념에 관한 연구(한재영 등, 2000)에서 학생들은 산성비의 기준, 산성비의 원인 물질, 산성비에 의한 피해 등에 관해 정확하게 인식하고 있지 않음을 밝혔다.

산성비의 정의에 대해 39%의 학생들은 정확히 알고 있었으나, 산성비의 기준 값이 pH 5.6인 이유에 대해서는 소수(4%)의 학생만이 이산화탄소의 용해를 언급하였다. 일부 학생들은 산성비의 정의를 ‘산성화된 비’, ‘산성을 띠는 비’, ‘나쁜 비’, ‘오염된 비’ 등의 불명확하거나 비과학적인 표현을 사용하였다.

산성비의 생성 원인에 대해서는 32%의 학생들이 황산화물과 질소산화물을 정확하게 인식하고 있는 반면, 자동차나 공장의 배출 가스(37%) 또는 대기 오염(38%) 때문이라는 포괄적인 응답도 있었다. 산성비의 원인 물질로는 이산화탄소(17%)라고 생각하는 학생도 있었으며, 전체적으로 과학적이지 못한 표현이나 포괄적인 응답 비율이 높게 나타났다. 학생들은 산성비의 피해에 대해서는 비교적 잘 인식하고 있었으나, 일부 응답은 대중 매체에서 종종 언급되고 있는 ‘산성비로 대머리가 된다(41%)’거나 ‘피부병이나 암이 생긴다(12%)’ 등의 비과학적인 생각들을 지니고 있는 것으로 나타났다.



2. 오존층

오존층(ozone layer)은 넓은 의미로 지구상에서 오존이 분포하고 있는 지상 10~50km 범위를 말하며, 좁은 의미로는 오존량이 가장 많이 분포하는 25~35km의 범위를 말한다. 오존층은 대기 중의 산소 분자가 파장이 240nm 이하의 자외선을 흡수하여 분해함으로써 생긴 것으로, 오존층의 존재로 지구상의 생명체에 해로움을 주는 파장이 280nm 이하의 자외선은 대부분 흡수되어 지표면에 도달하지 않는다. 이러한 오존층의 존재는 지구의 형성 과정에서 육상 생물이 출현하게 된 계기를 제공하였으며, 현재 지구상에서 생명체가 살아갈 수 있는 여건을 제공해 주고 있다.

오존층의 높이는 계절에 따라 변화하며, 또한 오존량은 고위도에는 많은 반면에 저위도에는 상대적으로 그 양이 적다. 오존은 양면성을 지니고 있는 물질로서, 대류권에 존재하는 오존은 대기 오염 물질로 스모그 현상을 유발하지만, 성층권에 존재하는 오존은 태양으로부터 입사되는 자외선을 차단해 주는 역할을 하는 고마운 존재이다.

10학년을 대상으로 한 오존층 개념에 관한 연구(한재영 등, 2000)에서 학생들은 오존층의 위치에 대해 11%의 학생들은 지구 둘레나 지구 밖, 대기권 밖에 있다고 생각하는 것으로 나타났다. 또한, 오존층이 하늘에 있다거나 얇은 막을 이루고 있다는 응답 또한 나타났다. 이러한 결과는 오존층이라는 용어 자체에서 비롯된 개념의 잘못된 이해에서 비롯된 결과이다. 이와 유사하게 오존층 파괴의 개념인 오존홀(ozone hole) 역시 학생들에게 오존층에 커다란 구멍이 뚫려 있다는 잘못된 개념을 심어줄 수 있다.

오존구멍 또는 오존홀은 과학자들이 오존층 파괴의 심각성을 일깨우기 위해 도입한 용어로 오존층이 지구 대기의 표준 오존량에 비해 약 2/3로 감소될 경우에 사용된다. 특히 남극 상공에서 나타나는 대표적인 현상으로 알려져 있다. 10학년 과학 교과서에서는 오존의 양을 1기압 0°C에서의 두께로 표현하는 DU 단위(Dobson Unit)가 제시되어 있는데, 이로 인해 학생들이 오존층을 얇은 막으로 오인할 수 있다.

오존층의 자외선 흡수나 차단 역할에 대해서는 84%의 학생들은 잘 알고 있었으나, 일부 학생들은 오존층이 지구의 온도를 유지시킨다는 생각을 지니고 있었다. 오존층 파괴에 따른 피해 현상에 대해서는 피부암이나 피부병을 유발한다는 과학적인 이해 이외에도 기온이 상승하여 지구 온난화나 해수면의 상승 현상이 일어난다는 응답도 27%나 되었다. 학생들은 오존층 파괴에 의해 태양 에너지가 지표면으로 더 많이 유입되어 지구의 기온이 상승한다는 선개념을 가지고 있는 것으로 나타났다.

3. 온실 효과

지구 대기에는 질소 약 79%, 산소 약 20%, 기타 미량의 기체들이 존재한다. 수증기를 비롯한 이산화탄소, 메탄, 질소산화물, 오존 등의 미량의 희소 기체들은 태양으로부터 유입되는 복사 에너지는 비교적 잘 통과시키는 반면, 지구로부터 우주로 재 방출하는 적외선 복사에너지는 흡수하는 경향이 있다. 이로 인해 지구로부터 빠져 나가는 열 중의 일부가 차단되어 지표면으로 재 복사되는데, 이를 온실 효과(greenhouse effect)라고 부른다. 온실 효과가 없다면, 지구의 평균 온도는 현재보다 약 32°C 낮아지게 된다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

온실 효과의 가장 중요한 기체로 대부분의 연구자들은 이산화탄소를 꼽는다. 그러나 메탄이나 프레온가스 등이 분자 당 온실 효과는 이산화탄소에 비해 훨씬 크다고 알려져 있다. 그럼에도 이산화탄소가 주목 받고 있는 것은 산업 혁명 이후부터 이산화탄소의 양이 급격히 증가하고 있기 때문이다.

온실 효과에 대한 개념 연구는 선행 연구를 토대로 하여 학업 성취도 국제비교 연구인 PISA (Programme for International Student Assessment)에서 나타난 15세 학생들의 조사 결과가 있다(곽영순, 2004). 첫째, 온실 효과를 초래하는 원인에 대한 오개념으로 오존층에 생긴 구멍 때문에 너무 많은 태양 광선(자외선)이 지표에 도달하거나, 온실 효과를 대기 오염과 동일시하여 대기 오염이 심해질수록 온실 효과가 심해진다고거나 방사성 폐기물이나 산성비 등으로 온실 효과가 일어난다는 관점이다.

둘째, 온실 효과의 결과에 대한 오개념으로 온실 효과가 피부암을 초래하거나 오존층을 고갈시킨다는 관점이다. 셋째, 온실 효과를 감소시킬 방법에 대한 오개념으로 핵 비축량을 줄이거나 무연 가솔린을 사용하면 온실 효과가 줄어든다는 관점이다.

온실 효과에 대한 다양한 선행 연구들은 예비 교사 뿐 아니라 초·중등학생들이 오존층 고갈과 온실 효과를 동일시하거나 비슷한 현상으로 본다는 점과 환경 친화적인 행동들이 모든 환경 문제를 해결할 수 있다고 생각하는 경향을 지니고 있음을 지적하였다(Anderson & Wallin, 2000).

PISA에서 제시된 온실 효과와 관련한 질문은 다음과 같다(곽영순, 2004). 이 질문은 1,724명을 대상으로 이산화탄소 배출량의 증가가 지구의 평균 기온 상승의 원인이라고 결론을 내리기 전에, 온실 효과에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인들이 일정한지를 점검하는 문제였다. 채점 기준은 첫째, 태양으로부터 들어오는 에너지 또는 복사와 관련된 요인을 제시하거나, 둘째, 자연적인 성분이나 잠재적인 오염원을 지적한 경우에는 만점을 주게 된다.

1860년부터 1990년도에 이르기까지 약 130년 동안 이산화탄소 배출량을 보여주는 그래프와 같은 기간 동안 기온 변화를 보여주는 2개의 그래프를 제시하였다. 이들 두 그래프가 비례 관계를 보이는 것을 보고 첫 번째 학생이 ‘지구의 평균 기온 상승은 이산화탄소 배출량의 증가 때문’이라고 주장하자. 두 번째 학생이 ‘그러한 성급한 결론을 내리기 전에 온실 효과에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인들은 일정한 지를 알아보아야 한다’고 주장하였다. 두 번째 학생이 말한 다른 요인들이란 무엇인지 예를 하나 쓰시오.

위 문제에 대한 응답 결과를 기초로 분석한 온실 효과에 대한 학생들의 관점은 다음과 같다(곽영순, 2004).

- 온실 효과의 자연적 요인에 대한 관점
- 이산화탄소의 증가 이외에 지난 130년 동안 지구의 온도 상승에 기여한 다른 요인에 대한 학생들의 응답은 다음 두 가지로 나타났다.
 - 태양에서 방출되는 복사 에너지(빛, 에너지, 열에너지)의 증가(124명)
 - 지구가 공전하면서 태양에 가까워져서(29명)
 이 응답 결과는 “태양의 온도 상승으로 태양으로부터 오는 복사 에너지의 양이 증가하게 되었



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

고, 그에 따라 지구 대기권에 흡수되는 복사 에너지의 양도 증가하게 되었고, 그 결과로 대기권에 흡수되는 복사 에너지의 양도 증가하게 되어 상대적으로 지구의 온도가 상승하게 되었다”는 것이다. 이 응답은 전체 학생의 8.9%를 차지하였다. 두 번째 유형은 태양 자체의 원인 보다는 지구와 태양 사이의 공전궤도 변화를 언급한 경우로 “지구가 공전하면서 지구와 태양과의 거리가 가까워지면서 장기적으로 지구의 기온 변화가 생겼다”라는 응답이다.

지구에 입사하는 태양 복사량 과다 유입으로 온실 효과가 일어난다고 생각하는 대부분의 학생들은 오존층에 생긴 구멍 때문에 온실 효과가 증가한다는 또 다른 오개념으로 연결되는 것으로 생각된다(Jeffries et al., 2001).

- 온실 효과의 인위적 요인에 대한 관점

지구의 기온 상승에 기여할 수 있는 이산화탄소 이외의 다른 온실 기체를 지적한 경우로 374명의 학생들 중에서 CFCs (염화불화탄소, Chlorofluorocarbons) 44%, 자동차 연소와 같은 대기 오염 물질 43%, 수증기 10%, 메탄 5% 등이었다.

- 온실 효과의 원인에 대한 오개념 유형

문제에 대한 답을 정확히 하지 못한 1,724명의 학생을 대상으로 온실 효과의 원인에 대한 오개념을 분석한 결과는 크게 4가지로 요약되었다. 온실 효과를 증가시키는 요인으로 오존 감소 11%, 인구 증가 74명, 환경 오염 42명, 산소의 양 14명으로 나타났다.

국동식(2003)은 온실 효과에 대한 10학년 과학 교과서 분석의 연구에서, 과학 교과서의 내용이 학생들에게 온실 효과에 대한 오개념을 유발한다는 지적을 한 바 있다. 즉 교과서에 제시되는 그림과 도표는 학생들이 개념 이해를 효과적으로 할 수 있도록 조직되어야 하며, 그림은 정성적 의미 뿐 아니라 정량적 의미 역시 포함시켜 나타내어야 하고, 더욱이 과학적 현상이 일어나는 과정도 함께 나타낼 필요가 있음을 지적한 바 있다.

온실 효과 개념에 대한 국동식(2003)과 곽영순(2004)의 연구를 고찰할 때, 과학과 교육과정에서 고려할 사항은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 온실 효과에 대한 개념의 과학적 정의가 바르게 제시되어야 하며, 이를 기술하는 교과서의 내용 또한 과학적으로 표현되어야 한다.

둘째, 온실 효과를 유발하는 기체 중에서 기여도가 가장 큰 물질은 수증기임에도 현행 교과서에서는 이산화탄소만이 부각되어 있는 관계로 학생들에게 오개념을 유발할 수 있다는 점이다. 따라서 이에 대한 설명도 함께 제시되어야 한다.

셋째, 온실 효과를 설명하기 위한 개념 설명이 주로 비닐하우스와 같은 온실의 예를 든다는 점이다. 지구 대기의 역할과는 온실의 유리는 물리적 과정이 다르므로 개념의 설명에 있어 유의할 필요성이 있다.

넷째, 온실 효과의 개념을 이해시키기 위해서 복사, 파장, 에너지 평형 등과 같은 과학적 개념의 정의를 명확히 이해할 필요가 있다. 결과적으로 개념 이해의 부족은 온실 효과, 오존층 파괴, 지구 온난화 등과 같은 개념의 잘못된 이해를 야기할 수 있다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

[표 1] 환경과 관련된 학생들의 주요 오개념의 유형

산성비	산성비의 기준	<ul style="list-style-type: none"> • 산성비는 산성화된 비이다.
	산성비의 원인 물질	<ul style="list-style-type: none"> • 산성비는 자동차나 공장의 배출가스, 대기오염 때문에 발생한다. • 산성비의 원인물질은 이산화탄소이다.
	산성비에 의한 피해	<ul style="list-style-type: none"> • 산성비로 대머리가 된다. • 산성비를 맞으면 피부병이나 암이 생긴다.
오존층	오존층의 위치	<ul style="list-style-type: none"> • 오존층은 대기권 밖에 있다.
	오존홀	<ul style="list-style-type: none"> • 오존층에 커다란 구멍이 뚫려 있다.
	오존층의 역할	<ul style="list-style-type: none"> • 오존층이 지구의 온도를 유지시킨다.
	오존층 파괴에 따른 피해	<ul style="list-style-type: none"> • 오존층이 파괴되면 기온이 상승하여 지구온난화나 해수면 상승현상이 일어난다.
온실 효과	온실 효과의 원인	<ul style="list-style-type: none"> • 오존층에 생긴 구멍 때문에 너무 많은 태양 광선이 지표에 도달하여 온실 효과가 발생한다. • 대기 오염이 심해질수록 온실 효과가 심해진다. • 방사성 폐기물이나 산성비 등으로 온실효과가 일어난다.
	온실 효과의 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 온실 효과가 피부암을 초래한다. • 온실 효과가 오존층을 고갈시킨다.
	온실 효과 감소 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 핵 비축량을 줄이거나 무연 가솔린을 사용하면 온실 효과가 줄어든다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소