

산성비, 오존층, 온실 효과에 대한 고등학생들의 개념

한재영 · 정영선 · 노태희
(서울대학교)

The Conceptions of High School Students about Acid Rain, Ozone Layer, and Greenhouse Effect

Han, Jaeyoung · Jeong, Yeongseon · Noh, Taehee
(Seoul National University)

ABSTRACT

In this study, 10th-grade students' conceptions concerning acid rain, ozone layer, and greenhouse effect were investigated. A conception test that asked to explain about the three concepts and the relationships among them was administered to 137 students. Analysis of their responses indicated that students had lack of understanding about the definition of acid rain, the difference between greenhouse effect and global warming, and how to prevent the increase in greenhouse effect. They also confused ozone layer with greenhouse effect. Many students thought that there were causal relationships among the increase of acid rain, the destruction of ozone layer, and the increase in greenhouse effect.

Key words : students' conceptions, acid rain, ozone layer, greenhouse effect, environmental education

I. 서론

폭발적으로 증가하는 환경에 대한 정보에도 불구하고 환경 교육에서는 태도나 행동을 지나치게 강조하고 환경 문제에 관련된 지식을 소홀히 취급하고 있으며(Ballantyne, Witney, & Tulip, 1998). 일반 대중들은 불완전한 기초 지식으로 인해 환경 문제에 대해 감정적으로 대응하는 경향이 있다(Gigliotti, 1990). 환경 문제를 해결하기 위해서는 우선 체계적인 환경 교육을 통해 환경 현상에 대한 무지와 오개념 및 환경을 무시하는 태도를 바로잡는 것이 필요하다(최석진, 1997). 또한, 학생들이 가진 개념은 새로운

지식의 학습에 영향을 주므로, 환경 교육 과정을 개발하기에 앞서 충분히 연구되어야 한다(Munson, 1994). 학생들은 자신의 경험 혹은 다른 사람이나 대중 매체의 영향으로 부정확한 개념을 가지게 되는데(Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985), 학생들의 환경 관련 개념에 대해 학년별, 지역별, 주제별로 여러 연구가 진행되었다. 영국의 중학생들은 오존층 파괴와 온실 효과가 자외선, 열선, 기온의 증가를 초래하여 피부암에 영향을 미친다는 생각을 가지고 있으며(Boyes & Stanisstreet, 1998), 미국 고등학생들의 경우, 산성비, 온실 효과, 에너지원 등에 대한 이해도가 학년에 따라 거의 증가하지 않는 것으로 보고되

*2000년 3월 16일 받음.

었다(Gambro & Switzky, 1996).

학생의 환경 관련 지식을 조사한 국내의 환경 관련 연구가 적지 않으나, 대부분 환경에 대한 인식이나 현황 조사이며(김성우와 남철현, 1997; 우현경과 정영란, 1994), 보다 구체적으로 개념을 분석한 경우는 극히 소수이다(노경임, 이학동, 박현주, 1998). 환경에 대한 학생들의 생각이 기후 조건에 따라 다르게 나타나므로(Boyes, Stanisstreet, & Papantoniou, 1999), 우리 나라의 사회 문화적 배경에 의해 학생들의 환경 관련 개념이 영향을 받을 수 있어 이에 대한 조사가 요구된다. 또한 전지구적인 환경 문제는 특성상 상호 연관성을 가지는 경우가 많으나, 학생들은 직접적인 관련성이 적은 환경 문제를 서로 혼동하여 이해하는 경향이 있으므로(제귀연, 1998), 여러 환경 문제 사이의 관계에 대한 학생들의 생각도 조사할 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 공통과학의 환경 단원을 학습한 고등학생들이 산성비, 오존층, 온실 효과에 대하여 가지고 있는 개념과 세 가지 개념 사이의 관련성에 대하여 가진 생각을 조사하고자 한다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상 및 절차

본 연구는 서울시에 위치한 인문계 고등학교 1학년 137명(남학생 79명, 여학생 58명)을 대상으로 실시하였다. 공통과학 환경 단원에서 산성비, 오존층, 온실 효과를 학습한 3주 후에 개념 검사를 1시간에 걸쳐 실시하였다.

2. 검사 도구

학생들의 개념을 조사하기 위해 공통과학 교과서 12종의 환경 단원 내용을 분석하고, 산성비, 오존층, 온실 효과의 정의 및 역할, 원인 또는 파괴 물질, 영향이나 피해, 대책 등에 대해 개념당 2문항씩 6문항을 주관식으로 구성하였다. 또한 선행 연구(Boyes, & Stanisstreet, 1998; Boyes, Stanisstreet, &

Papantoniou, 1999; Khalid, 1999)를 참고하여, 각각의 관계에 대해 2문항씩 6문항을 개발하였다. 이 문항들은 한 현상이 증가하거나 악화되는 것에 따른 다른 현상의 변화를 선택한 후, 그 이유를 설명하는 형태로 구성하였다. 개발한 문항은 과학교육 전문가 3인의 검토를 받고, 예비 검사를 거쳐 수정·보완하였다.

3. 자료 분석

교과서와 선행 연구(Boyes, & Stanisstreet, 1998; Boyes, Stanisstreet, & Papantoniou, 1999; Khalid, 1999)를 참고하고, 학생들의 응답을 반복적으로 검토하여 분류 기준을 작성하였다. 확정된 분류 기준에 따라 연구자 2인의 분류 일치도가 92%에 도달한 후 연구자 1인이 모든 학생들의 응답을 분류하였다. 한 학생이 동시에 여러 가지 응답을 한 경우 모두 분석에 포함시켰다.

III. 결과 및 논의

1. 산성비에 대한 학생들의 개념

산성비의 정의에 대하여 39%의 학생들이 pH 5.6 미만인 비라고 올바르게 응답하였으나, 산성비의 기준이 pH 5.6인 이유로 대기중의 이산화탄소의 용해를 언급한 학생은 소수(4%)에 불과했다. 한편, '산성화된 비' 또는 '산성을 띠는 비' 등의 불명확한 표현이 27%였으며, '나쁜 비'나 '오염된 비'라는 비과학적인 표현도 13% 있었다. 산성비의 기준인 pH 5.6은 신문이나 방송 매체에서 종종 사용되며, 공통과학 교과서에서도 자세히 다루어지고 있으나, 반 이상의 학생들이 잘 이해하지 못하고 있었다.

산성비가 생기는 원인으로 교과서에 제시된 황산화물과 질소산화물을 정확히 제시한 학생은 32%였고, 자동차나 공장의 배출 가스(37%) 또는 대기 오염(38%) 때문이라는 포괄적인 응답도 상당수 있었다. 그러나 '질소, 황, 질산, 황산, 질산화합물, 황화기체' 등으로 화학 물질의 이름을 제대로 기술하지 못한 응

답도 20% 있었다. 그리고 산성비의 원인 물질로 이산화탄소를 생각하는 경우가 17%나 되며, '나쁜 물질', '더러운 물질' 등의 비과학적인 표현도 11% 있었다. 우리 나라의 산성비 문제가 급속하게 증가하고 있으며 교과서에도 산성비의 원인 물질이 구체적으로 다루어지므로, 외국의 경우(Brody, Chipman, & Marion, 1989)에 비해 올바른 응답의 비율이 상대적으로 높았다. 그러나 정확하지 않은 표현이나 포괄적인 기술이 여전히 많을 뿐 아니라, 이산화탄소를 원인 물질이라고 응답하는 학생도 적지 않다는 점에서 산성비의 원인 물질을 명확히 구분해줄 것이 요구된다.

산성비로 인한 피해는 학생들이 비교적 잘 알고 있었다. 가장 많은 응답은 건물이나 금속 구조물의 부식(80%)이었으며, 삼림 황폐화와 농작물의 피해(44%), 토양의 산성화(35%), 호수나 강의 산성화(9%) 등이 제시되었다. 한편, 교과서에는 '산성비를 맞자마자 살갓이 따갑고 부어 오른다거나 하는 일은 일어나지 않는다' 라고 표현되어 있으나, 대중 매체에서 종종 언급되는 '산성비에 의해 대머리가 된다(41%)', '피부병이나 암이 생긴다(12%)' 등의 인체의 피해를 제시하는 경우가 상당수 있었다. 또한 산성비로 인해 수질이나 토양이 오염되고(28%), 토양이나 농작물이 부식되거나, 물고기가 폐죽음 당한다(7%)는 표현도 있었다.

2. 오존층에 대한 학생들의 개념

오존층의 위치에 대하여 63%의 학생이 성층권이라고 올바르게 응답하였지만, 지구 둘레나 지구 밖, 대기권 밖에 있다고 생각하는 학생도 11% 있었다. 그리스의 고등학생들도 오존층이 지구가 아닌 '태양 주위'에 있다고 생각하는 경우가 1161명 중 19~27% 있었다(Boyes, Stanisstreet, & Papantoniou, 1999). 또한, 오존층이 하늘에 있다(4%)는 비과학적인 표현이나, 얇은 막을 이루고 있다는 응답(6%)도 있었다. 오존의 양을 1기압 0°C에서의 두께로 표현하는 DU 단위가 공통과학 교과서에 제시되어 있어 학생들이 오존층을 얇은 막으로 생각할 수 있는데, 이러한 경

우 많은 오개념이 생길 수 있으므로(Christidou, Koulaïdis, & Christidis, 1997) 오존층 개념의 지도에 있어 주의를 요한다.

오존층의 자외선 흡수나 차단이라는 역할에 대해서는 대부분의 학생들(84%)이 잘 알고 있었으나, 오존층이 지구의 온도를 유지시킨다는 생각이 5% 나타났다. 외국의 경우, '오존층이 지구를 따뜻하게 해준다' 혹은 '지구의 온도를 조절한다'는 진술에 대해 그리스 고등학생의 35%, 미국 예비 초등 교사의 65%가 옳다고 응답하였으나(Boyes, Stanisstreet, & Papantoniou, 1999; Khalid, 1999), 본 연구에서 이러한 생각의 비율이 낮은 것은 문항의 형식이 주관식이었던 점에 기인한 것으로 생각된다.

학생들은 오존층의 파괴에 따른 피해도 잘 알고 있었는데, 피부암(53%)이나 피부병(30%)이 생긴다는 응답이 많았고, 백내장(16%)이 유발되거나, 염록체가 파괴된다는(13%) 응답도 있었다. 한편 선행 연구와 유사하게(Boyes, & Stanisstreet, 1998), 기온이 상승하여 지구 온난화나, 해수면 상승 등이 일어난다는 응답이 27% 나타났다. 즉 학생들은 오존층 파괴에 의해 태양 에너지가 많이 유입되어 기온이 상승한다고 생각하고 있었다.

3. 온실 효과에 대한 학생들의 개념

온실 효과는 지구의 장파 복사 에너지가 대기에 갇혀 지구의 온도가 일정하게 유지되는 현상으로, 이산화탄소 등의 온실 기체가 증가함에 따라 지구의 기온이 올라가는 지구 온난화와는 구분된다. 그러나 온실 효과의 의미를 정확히 이해하는 학생은 18%에 불과하였다. 온실 효과를 단순히 기온이 상승하는 것으로 응답한 경우가 많았으며(40%), 지구온난화와 동일시하는 응답도 17%나 있었다. 온실 효과와 지구 온난화를 명확히 구분하지 못하는 현상은 환경 교육을 전공하는 대학생이나(Ballantyne, Witney, & Tulip, 1998) 예비 초등 교사(Khalid, 1999)들에게서도 흔히 발견되므로, 두 개념을 명확히 구분하는 수업이 필요하다.

온실 효과의 증가를 억제하는 방법에 대해서도 부

정확한 개념이 많았는데, 단순히 환경을 오염시키지 않는다거나(22%) 오존층의 파괴를 막는다(13%)는 응답이 대표적이었다. 한편, 온실 기체의 배출 규제에 대해 이산화탄소(17%)와 프레온 가스(15%)의 언급 빈도가 유사하였다. 적지 않은 학생들이 오존층 파괴를 막음으로써 온실 효과를 감소시킬 수 있다고 생각한다. 이 점을 고려할 때, 프레온 가스를 온실 기체의 일종으로 생각하기보다는, 프레온 가스에 의한 오존층 파괴를 방지함으로써 온실 효과의 증가를 억제할 수 있다고 생각했을 가능성이 있다.

그러나 온실 효과가 증가하였을 때 나타나는 현상은 대부분의 학생들이 올바르게 알고 있었다. 지구 온난화(49%)에 의해 빙하가 녹고(60%), 해수면이 상승하여(49%) 침수가 일어나며(26%), 기상 이변과 자연 재해가 발생(23%)하고 생태계의 균형이 깨지는(12%) 등, 학생 당 평균 2.5개 정도의 현상을 열거하였다. 한편, 객관식 검사를 통한 제귀연(1998)의 연구에서는 온실 효과의 증가로 인해 피부암이 발생하거나(63%), 하천이 오염되고(33%) 기형 가축이 많아진다(29%)는 등의 응답이 조사되었으나, 본 연구에서는 이러한 응답이 거의 나오지 않았다.

4. 산성비, 오존층, 온실 효과의 상호 관계에 대한 학생들의 개념

산성비의 증가에 따른 오존층과 온실 효과의 변화에 대한 학생들의 응답은 Table 1과 같다. 45%의 학생들이 산성비가 많이 내리면 오존층이 더 파괴된다고 응답하였으며, 그 이유로 대기 오염 물질(20%)이나, 산성비에 의한 오존의 파괴(4%), 그러한 말을 들었다(4%) 등을 제시하였다. 이러한 결과는 대중 매체에서 환경 문제를 다룰 때, '전체 오염 물질'이 '모든 나쁜 영향'을 미친다고 일반적으로 이야기하는 경향이 있어(Khalid, 1999), 학생들이 오존층 파괴 물질을 따로 구분하여 생각하지 않는 것으로 보인다.

산성비와 온실 효과의 관계에 대하여도 많은 학생들이 산성비가 많이 내리면 온실 효과가 증가한다고 생각하고 있으며, 그것을 일반적인 환경 오염으로 인한 현상(9%)이라고 설명하였다. 또한 산성비가 이산

화탄소를 포함하기 때문(8%)에 온실 효과가 증가하거나 이산화탄소를 씻어 내리므로 온실 효과가 감소한다(7%)는 응답은 학생들의 산성비의 생성 원인에 대한 오개념이 온실 효과의 설명에 이용되는 것이다.

Table 1. Percentages of students' responses to the effect of acid rain on ozone layer and greenhouse effect

| If acid rain falls more, ozone layer ... | % |
|--|----|
| will be destroyed more. | 45 |
| will be formed more. | 1 |
| will not change. | 38 |
| will be affected according to circumstances. | 7 |
| no response | 9 |
| If acid rain falls more, greenhouse effect ... | % |
| will increase. | 47 |
| will decrease. | 14 |
| will not change. | 28 |
| will be affected according to circumstances. | 2 |
| no response | 9 |

또한 강우에 의한 기온 하락을 온실 효과의 감소와 혼동하는 학생도 소수(5%) 있었다.

오존층의 파괴에 따른 산성비와 온실 효과의 변화에 대한 학생들의 응답은 Table 2와 같다. 46%의 학생들이 오존층이 파괴되었을 때 산성비가 많이 내리거나 산성이 강해진다고 생각하였다. 오존 구멍이 생기면 해로운 물질이 들어오므로 산성비가 증가한다는 응답이 7% 있었다. 이러한 오개념은 오존층을 얇은 막으로 생각하기 때문에 생기는 것으로, 과학 교과 지도에서 '오존층'이나 '오존 구멍'이라는 용어가 일종의 비유임을 강조해 주어야 한다(Christidou, Koulaidis, & Christidis, 1997).

75%의 학생들이 오존층 파괴로 온실 효과가 증가한다고 응답했으며, 47%의 학생들이 태양열이나 자외선의 증가를 이유로 제시하였다. 오존층 파괴와 온실 효과의 혼동은 선행 연구(제귀연, 1998; Khalid, 1999)에서 일관되게 보고되고 있으며, 본 연구에서도 가장 많은 학생들이 가지고 있는 오개념이었다. 오존

층의 역할과 파괴 현상이 학생들이 경험할 수 없는 복잡한 과정이며(Christidou, Koulaïdis, & Christidis, 1997), 온실 효과를 이해하기 위해서는 추상적인 전자기 복사와 복사 평형에 대한 개념이 요

Table 2. Percentages of students' responses to the effect of ozone layer on acid rain and greenhouse effect

| If ozone layer is destroyed, acid rain ... | % |
|--|----|
| will fall more. | 15 |
| will be more acidic. | 31 |
| will be less acidic. | 4 |
| will fall less. | 2 |
| will not change. | 27 |
| will be affected according to circumstances. | 6 |
| no response | 15 |

| If ozone layer is destroyed, greenhouse effect ... | % |
|--|----|
| will increase. | 75 |
| will decrease. | 8 |
| will not change. | 10 |
| will be affected according to circumstances. | 0 |
| no response | 7 |

구되므로(제귀연, 1998), 학생들이 개념 이해에 어려움을 겪는 것으로 생각된다.

온실 효과의 증가에 따른 산성비와 오존층의 변화에 대한 학생들의 응답은 Table 3과 같다. 학생들은 온실 효과가 증가하면 산성비가 많이 내리거나(32%), 산성이 강해진다(26%)고 생각하고 있었다. 그 이유로 기온 상승으로 증발량이 많아진다는 점을(10%) 언급하였는데, 학생들은 대기 오염이 심각하여 내리는 모든 비가 산성비라고 가정하고 있음을 알 수 있다. 또한, 산성비의 산성이 강해지는 이유로 대기 오염 물질이 많고(7%), 기온 상승으로 산성이 강해지며(5%), 이산화탄소가 많기 때문(5%) 등을 언급하였다. 또한 50%의 학생들이 온실 효과의 증가로 오존층이 파괴된다고 응답하였는데, 그 이유는 환경 오염(6%), 프레온 가스의 증가(6%), 기온의 상승

Table 3. Percentages of students' responses to the effect of greenhouse effect on acid rain and ozone layer

| If greenhouse effect increase, acid rain ... | % |
|--|----|
| will fall more. | 32 |
| will be more acidic. | 26 |
| will be less acidic. | 3 |
| will fall less. | 1 |
| will not change. | 19 |
| will be affected according to circumstances. | 4 |
| no response | 15 |

| If greenhouse effect increase, ozone layer ... | % |
|--|----|
| is destroyed more. | 50 |
| is formed more. | 3 |
| does not change. | 28 |
| is affected according to circumstances. | 5 |
| no response | 14 |

(4%) 등이었다. 또한 온실 효과와 오존층이 단순 비례 관계에 있다는 응답(5%)도 있었다.

한편, 세 가지 개념 사이의 관계를 묻는 대부분의 문항에서 환경 오염과 관련지은 설명(3~20%)이나 세 현상이 서로 연관되어 있다는 일반적인 진술(2~10%)이 일관되게 나타났다. 또한 '오존층 파괴로 식물이 광합성을 잘 못하여 이산화탄소의 흡입량이 줄어 산성이 강해진다(2%)', '기온 상승에 의해 냉방기 등의 전력 사용이 증가하고 그에 따라 매연이 증

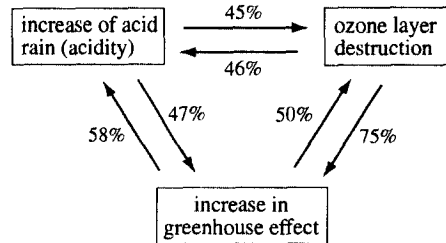


Fig. 1. Students' conceptions on the relationships among three phenomena

가하여 산성비의 산성이 강해지며(6%), 냉방기에서 프레온가스가 나와서 오존층이 파괴된다(6%)' 등과 같이 단편적인 정보를 논리적으로 연결하려는 시도(Boyes, Stanisstreet, & Papantoniou, 1999)도 있었다.

즉, 학생들은 다양한 이유에 근거하여 산성비, 오존층, 온실 효과 등의 개념이 서로 영향을 준다고 생각하고 있었다. 세 현상 사이의 관계에 대한 학생들의 개념은 Fig 1과 같다.

IV. 결론 및 제언

환경 문제의 심각성에 대하여는 많은 학생들이 인식하고 있으며, 교육과정에서도 환경 문제가 중요하게 다루어지고 있지만, 학생들이 가진 환경 관련 개념에 대해서는 심층적인 연구가 거의 진행되지 않았다. 본 연구에서는 산성비, 오존층, 온실 효과의 개념과 이들 사이의 관계에 대하여 고등학교 1학년 학생들이 가지고 있는 개념을 조사하였다.

연구 결과, 공통과학 교과서에서 관련 내용을 학습한 후에도 일부 개념에 대해서는 학생들의 이해도가 낮았으며 오개념도 나타났다. 학생들은 산성비의 정의나 온실 효과의 의미를 명확히 표현하지 못했고, 온실 효과의 증가 억제 방법을 잘 제시하지 못했다. 또한 오존층의 역할을 온실 효과와 혼동하고 있었다. 학생들이 지닌 환경 관련 개념을 명확히 하고 재구조화 하는데 오개념이 포함된 상호작용적 활동지의 사용(Ballantyne, Witney, & Tulip, 1998), 사회-인지적 상호작용을 강조한 토론(Mason, & Santi, 1998) 등이 효과적이라고 보고되므로, 이러한 수업 방안을 우리 나라에도 적용해볼 필요가 있다.

환경 문제를 다룰 때 여러 가지 요인들이 서로 연관되어 있다는 생각은 중요하지만, 학생들은 인과 관계를 정확히 연결하지 못하는 경우가 있었다. 학생들은 산성비의 증가, 오존층의 파괴, 온실 효과의 증가 사이의 관계에 대하여 다양한 생각을 지니고 있었다. 학생들은 단순히 '나쁜 원인'에 의해 '나쁜 결과'가 발생한다고 연관짓는 경향(Boyes, Stanisstreet, & Papantoniou, 1999)이 있었는데, 이러한 생각은 환

경 문제의 해결을 위한 의사 결정에 영향을 줄 것이므로 명확한 개념의 지도와 함께 종합적인 사고를 강조할 필요가 있다.

학생들의 개념은 과학을 비롯한 모든 교과에서 환경 관련 내용을 지도할 때 출발점이 될 수 있으므로 추가적인 환경 개념에 대한 조사가 요구된다. 본 연구의 결과에 기초하여 객관식 문항을 개발하고, 다양한 학년을 대상으로 한 대규모 연구도 가능하다. 또한 주관식 검사로는 학생들의 생각을 명확히 알아낼 수 없었던 경우가 있었으므로, 개념도를 이용한 면담(Brody, Chipman, & Marion, 1989) 등을 활용한 연구가 요구된다.

적 요

본 연구에서는 산성비, 오존층, 온실 효과에 대한 학생들의 개념을 조사하였다. 고등학교 1학년 137명을 대상으로 세 가지 개념과 이들 사이의 관계에 대한 생각을 주관식 검사를 통해 알아보았다. 학생들의 응답을 분석한 결과, 학생들은 산성비의 정의, 온실 효과와 지구 온난화의 구분, 온실 효과의 증가 억제 방법 등에 대하여 잘 이해하지 못하는 것으로 나타났다. 또한 오존층을 온실 효과와 혼동하고 있었다. 산성비의 증가, 오존층의 파괴, 온실 효과의 증가 사이에 인과 관계가 있다고 생각하는 학생들이 많았다.

참 고 문 헌

- 김성우와 남철현(1997). 중·고등학교 학생들의 환경 보전에 대한 지식 태도 조사 연구. 환경교육, 10(2), 285-309.
- 노경임, 이학동, 박현주(1998). 국내 환경 교육 연구의 동향. 환경교육, 11(2), 69-82.
- 우현경과 정영란(1994). 환경 문제에 대한 평가 도구 개발 및 국민학생과 중학생의 태도 조사 연구. 한국과학교육학회지, 14(2), 225-235.
- 제귀연(1998). 온실 효과에 대한 학생들의 개념 분석. 서울대학교 석사학위논문.
- 최석진(1997). 우리 나라 학교 환경교육 실태 조사

- 연구. 한국환경교육학회.
- Ballantyne, R., Witney, E., & Tulip, D. (1998). Developing students' environmental knowledge through interactive worksheets. *Environmental Education and Information*, 17(1), 1-16.
- Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1998). High school students' perceptions of how major global environmental effects might cause skin cancer. *Journal of Environmental Education*, 29(2), 31-36.
- Boyes, E., Stanisstreet, M., & Papantoniou, V. S. (1999). The ideas of Greek high school students about the "ozone layer". *Science Education*, 83(6), 724-737.
- Brody, M., Chipman, E., & Marion, S. (1989). Student knowledge of scientific and natural resource concepts concerning acidic deposition. *Journal of Environmental Education*, 20(2), 32-42.
- Christidou, V., Koulaidis, V., & Christidis, T. (1997). Children's use of metaphors in relation to their mental models: The case of the ozone layer and its depletion. *Research in Science Education*, 27(4), 541-552.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Gambro, J. S., & Switzky, H. N. (1996). A national survey of high school students' environmental knowledge. *Journal of Environmental Education*, 27(3), 28-33.
- Gigliotti, L. M. (1990). Environmental education: What went wrong? What can be done? *Journal of Environmental Education*, 22(1), 9-12.
- Khalid, T. (1999). The study of pre-service teachers' alternative conceptions regarding three ecological issues. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston.
- Mason, L. & Santi, M. (1998). Discussing the greenhouse effect: Children's collaborative discourse reasoning and conceptual change. *Environmental Education Research*, 4(1), 67-75.
- Munson, B. H. (1994). Ecological misconceptions. *Journal of Environmental Education*, 25(4), 30-34.