

한영 지리교과서의 지구적 환경문제에 대한 접근방식

- 산성비를 사례로 -

조철기* · 서종철** · 이경한***

Approach to Global Environmental Problems in Geography Textbooks from Korea and England : A Case of Acid Rain

Cho, Chul-Ki* · Seo, Jong-Cheol** · Yi, Kyeong Han***

요약 : 이 연구는 지구적 환경문제의 하나인 산성비가 지리교과서에서 어떻게 다루어지고 있는지를 검토한 것이다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 산성비의 기준 및 개념과 관련하여 우리나라 지리교과서는 영국 지리교과서와 달리 명확한 설명을 제시하고 있지 않다. 둘째, 산성비의 원인에 있어서 영국 지리교과서는 자연적 요인과 인위적 요인을 균형있게 다루고 있는 반면, 우리나라 지리교과서는 인위적인 요인만을 다루고 있다. 이러한 접근방식이 가지는 문제점은 학생들에게 산성비에 대한 오개념을 심어 줄 가능성이 있다는 것이다. 셋째, 산성비의 결과와 대책에 있어서는 우리나라와 영국 지리교과서 모두 다양한 사례를 제공하고 있다. 그러나 우리나라 지리교과서의 경우 산성비의 결과와 대책을 대개 나열하는데 할애하는 반면에, 영국 지리교과서에서는 결과와 대책을 유형별로 구체적인 사례와 함께 매우 자세하게 다루고 있는 것이 차이점이라고 할 수 있다.

이와 같은 분석의 결과를 통해 볼 때, 지리교과서에서 산성비, 지구온난화 등 지구적 환경문제를 다룰 때에는 정확한 개념에 대한 진술에서 시작하여, 그러한 문제가 발생하는 원인 및 프로세스를 다양한 관점에서 접근하되 쉽게 이해할 수 있도록 구조화하여 제시할 필요가 있다. 또한 지구적 환경문제로 인해 나타나는 결과와 이에 대한 대책은 정보를 나열하는 방식에서 벗어나, 구체적인 사례별로 학생들이 이해하고 공감할 수 있도록 제시할 필요가 있다. 지구적 환경문제의 접근에 있어서 개념 및 원인에 대한 정확한 이해가 선행되지 않는다면, 결과와 대책에만 초점을 두어 도덕적이고 윤리적인 측면만을 과도하게 강조할 가능성이 높다.

주요어 : 지구적 환경문제, 산성비, 개념, 원인과 결과, 대책

Abstract : In this study we reviewed how acid rain as the global environmental problems was dealt with geography textbooks from Korea and England. The results are as follows. First, unlike geography textbooks from England, the concept and criteria of acid rain are not explained exactly in Korea geography textbooks. Second, whereas the cause of acid rain was explained with natural and artificial factors in geography textbooks from England, in Korea the artificial factors only were explained. But if the artificial factors only will be introduced to students, they may misunderstand about the acid rain. Third, the results and policies of acid rain were provided in geography textbooks from Korea and England. But whereas they were deal with separately in Korea, in textbooks from England they were provided with their patterns and concrete cases. So it is necessary to provide the exact concept, results and processes of the global environmental problems structurally in geography textbooks. And it is necessary to provide the results and their policies of the global environmental problems with concrete cases for students' understanding and sympathy about them. If the concepts and causes of global environmental problems are not understood previously, it is possible to stimulate only the moral and ethical aspects too much when the results and policies of them is introduced in geography textbooks.

Key Words : global environmental problems, acid rain, cause and effect, measures

1. 서론

최근 교육에 있어서 중요한 화두 중의 하나는 학생들에게 글로벌 시각을 가지게 하는 것이다(교

육과학기술부, 2011). 특히 지리는 다양한 지리적 쟁점을 통해 학생들에게 글로벌 시민성을 함양할 수 있도록 할 수 있는 매우 적합한 교과임에 틀림 없다(Lambert and Machon, 2001). 전지구적인 지

* 경북대학교 사범대학 지리교육과 부교수(Associate Professor, Department of Geography Education, Teachers College, Kyungpook National University)(ckcho@knu.ac.kr)

** 대구가톨릭대학교 사범대학 지리교육과 부교수(Associate Professor, Department of Geography Education, Daegu Catholic University)(jcseo@chol.com)

*** 전주교육대학교 사회교육과 교수(professor, Jeonju National University of Education)(khyi@jnue.kr)

2. 분석 교과서 및 내용

리적 쟁점으로 주목받고 있는 사례들은 매우 많지만, 특히 지구온난화, 오존층 파괴, 산성비 등 환경변화는 환경에 대한 책임성과 지속가능성이라는 가치와 태도 함양이라는 점에서 긴요한 토착이다.

전지구적 환경적 쟁점을 통해 학생들이 바람직한 가치관과 세계관을 함양할 수 있도록 하는 것은 지리교육의 중요한 과제이다. 그러나 지리교육이 환경문제를 토착으로 활용하여 학생들에게 가치와 태도의 형성에 초점을 두는 윤리적 접근에 대한 비판의 목소리도 제기되고 있다(Standish, 2009). 이와 유사하게, 환경교육에 있어서도 태도나 행동을 지나치게 강조하여 환경문제에 관련된 지식을 소홀히 취급하는 경향을 지적하고 있다(Ballantyne *et al.*, 1998). 이는 환경변화 또는 환경문제를 통한 교육이 궁극적으로 지향하는 것은 학생들의 윤리적 가치와 태도 형성이라고 할 수 있지만, 그러한 문제를 불러일으키는 정확한 지식에 기반하지 않는다면 자칫 환경문제에 대해 감정적으로 대응할 수 있다는 점을 지적하는 것이다(최석진, 1997; 한재영 등, 2000). 지리교육을 통해 학생들에게 환경문제를 해결하는데 필요한 역량과 태도를 형성하려고 한다면, 그러한 문제를 야기하는 프로세스에 대한 정확한 이해가 선행될 필요가 있다.

학생들의 환경문제를 비롯한 지리적 현상에 대한 잘못된 개념화는 다양한 경로를 통해 형성되는데, 자신의 경험뿐만 아니라 교과서에 기술된 내용, 교사를 비롯한 다른 사람이나 대중 매체를 통해 형성된다(김진국, 1998; Dove, 1999). 1990년대에 들어오면서, 전지구적인 지리적 쟁점인 지구온난화, 오존층 파괴, 산성비, 온실효과에 대한 오개념 연구(Boyes and Stanisstreet, 1992, 1997; Boyes *et al.*, 1995, 1996; Christidou and Koulaids, 1996; Dove, 1996)가 진행되어, 학생들의 대안적 개념화(alternative conceptions)라는 측면에서 연구가 전개되고 있다.

이 연구는 학생들의 환경문제에 대한 오개념이 상당 부분 교과서를 통해서 나타난다는 연구 결과에 토대하여, 산성비라는 전지구적 환경문제가 세계지리 교과서에 개념 및 지식의 측면에서 어떻게 기술되어 있는지를 분석하여 대안적 개념화를 위한 함의를 제시하고자 한다.

이 연구는 세계지리 교과서에 지구적 환경문제로서 ‘산성비’가 어떻게 기술되어 있는지를 비교분석하기 위한 것이다. 분석 대상 교과서는 우리나라 제7차 이후의 고등학교 세계지리 교과서(7차 교육과정 4종, 2007년 개정 교육과정 2종)를 비롯하여, 영국에서 출판된 세계지리 교과서 『Global Issues of Our Time』(Lidstone, 1995), 『New Key Geography for GCSE』(Waugh and Bushell, 2007)이다.

먼저, 우리나라 제7차 세계지리 교육과정은 3단원 ‘일찍 산업화된 국가들’의 첫번째 중단원 ‘유럽 연합 국가들’의 4번째 성취기준을 “산업화 및 도시화로 인하여 발생하는 환경 문제와 그 대책을 사례 연구를 통하여 파악한다.”(교육부, 1998, 147)라고 기술하고 있는데, 이 성취기준을 반영하여 4종 교과서 모두 서부유럽의 산성비에 대해 다루고 있다. 한편, 2007년 개정 세계지리 교육과정에서는 제7차 교육과정과 달리 내용 구성에 있어서 큰 변화가 있었는데, 지역지리에서 계통지리로의 전환이 그것이다. 그리하여 마지막 단원인 ‘갈등과 공존의 세계’의 4번째 성취기준이 “환경 문제를 중심으로 비정부 기구의 다양한 활동 사례를 조사하고, 국제 협력의 중요성을 이해한다.”(교육과학기술부, 2009, 66)라고 기술하고 있는데, 이를 반영하여 2종의 세계지리 교과서는 산성비에 대한 사례를 일부 제시하고 있다.¹⁾

다음으로, 영국의 국가교육과정에서 성취수준 5(level 5)는 “학생들은 ...을 기술하고 지리적 패턴과 일련의 자연적, 인문적 프로세스... 등에 대한 설명을 제시하기 시작한다. 학생들은 인간 활동이 환경에 미치는 방법에 대해 설명을 한다.”라고 기술하고 있으며, 성취수준 8(level 8)의 경우, “학생들은 자연적, 인문적 프로세스 내에서 그리고 그들 사이에서의 상호작용에 대한 설명을 제시한다. 학생들은 시간에 따라 장소들의 특징이 어떻게 변화하는지를 설명한다. 학생들은 환경적 쟁점에 대한 원인과 결과를 인식하고 그것들을 해결하기 위한 상이한 접근에 대한 이해를 보여준다.”라고 기술하고 있다. 이러한 맥락에서 『Global Issues of Our Time』은 다양한 글로벌 쟁점을 다루고 있는

데, 지구적 환경 문제 중의 하나로 ‘산성비에 대한 핀란드의 대책’을 하나의 단원으로 설정하고 있다. 그리고 『New Key Geography for GCSE』는 ‘산성비의 원인과 결과는 무엇인가?’라는 제목 하에 산성비에 대한 내용을 다루고 있다. 우리나라와 영국의 지리교과서에서 산성비와 관련된 단원을 대상으로 하여, 지구적 환경문제로서 산성비가 어떻게 기술되어 있는지를 기준 또는 개념, 원인과 결과, 대책이라는 준거를 통해 살펴보고자 한다.

3. 산성비와 관련된 내용 및 활동 구성 체제

우리나라 제7차 교육과정 및 2007년 개정 교육과정에 따른 세계지리 교과서와 영국의 『New Key Geography for GCSE』 및 『Global issues of our time』에 제시된 산성비와 관련된 내용 및 활동 구성 체제를 분석한 결과는 다음과 같다.

먼저, 우리나라 세계지리 교과서에서는 산성비가 하나의 큰 주제로 다루어지기 보다는 서부유럽이라는 지역을 학습하는 데 있어서 주요 특징 중의 하나로 다루어지는 경향이 있다. 그리고 산성비가 무엇인지에 대해 개념 정립이 거의 이루어지지 않고 있다. 또한 산성비의 원인과 결과, 대책이 제시되기는 하나 매우 피상적이며 이들 간에 유기적으로 결합되어 있지 않다. 특히 산성비의 원인이 매우 피상적으로 제시되어 있는 경우가 많다. 또한 산성비의 개념 및 원인보다 결과 및 대책에 초점을 두고 있다. 그러나 결과(피해)도 다양한 사례를 제시하지 못하고, 대책은 제시되는 수준에 있어서 교과서 간에 차이가 많으며 당위적인 측면에 머물러 있는 경우가 많다.

탐구활동의 경우 사례가 포괄적이고 일반적이어서 학생들이 답변할 수 있는 수준이 아닌 경우가 많다. 그리고 탐구활동이 본문의 내용, 제시된 자료와 유기적으로 결합되어 있지 않다. 더욱이 탐구활동의 질문이 주로 대책을 요구하고 있어 과도한 학습 능력을 요구하고 있다.

다음으로 영국의 지리 교과서 『New Key Geography for GCSE』에서는 산성비에 대한 학습이 산성비의 개념, 원인, 결과(피해), 대책이라는 순서대로 계열화되어 있다. 뿐만 아니라 산성비에 개념, 원인, 결과에 대한 본문의 기술이 제시된 지도

(산성비의 기준과 피해지역을 보여주는 지도, 산성비의 원인과 결과 지도, 산성비 피해 지도)와 유기적으로 결합되고 있다. 활동(activities)은 본문, 지도 및 그림에 기반하여 이루어지도록 하고 있다. 활동의 수준이 매우 구체적이고 실현가능한 질문으로 이루어져 있어 충분히 해결가능하다.

다음으로 『Global issues of our time』은 산성비를 현대의 지구적 쟁점의 하나로 다루고 있다. 이 지리교과서에서 산성비가 다루어지는 특징은 다음과 같다. 첫째, 교재의 구성이 문제 제기-역사적 배경-정의-발생 원인과 발생 과정(활동지 포함)-결과 및 현황-사례 제시 등의 순서로 이루어져 있다. 둘째, 문제 제기는 현상보다는 원인에 초점이 맞추어져 있다. 셋째, 산성비와 관련한 기초적인 정보는 모두 제공하고 있다. 넷째, 산성비의 개념에 대한 정확한 정의를 맨 처음에 배치하여 제시하고 있다. 다섯째, 산성비의 원인과 관련하여서는 과학적 원리를 이해할 수 있도록 충실히 반영하고 있다. 여섯째, 적절한 활동지를 통해 이해 과정을 돕고 있으며, 사례가 매우 구체적이며, 질문을 통해 문제에 대한 접근을 돕는다. 일곱째, 주제에 대한 학습과 지역에 대한 학습을 병행할 수 있도록 구성되어 있다. 즉, 산성비라는 주제와 대표적인 사례지역으로 핀란드를 결합하고 있다(그림 1). 여덟째, 사례 지역(핀란드)의 산성비 문제를 다시 주제별로 심층적으로 제시하고 있다. 오염물질(황산화물, 질산화물) 배출 현황, 오염물질의 기원(외부 기원 물질 설명), 오염물질의 장거리 이동 과정을 상세하게 설명하고 있다. 그리고 산성비의 피해는 토양, 삼림, 호소의 피해가 일어나는 원인, 과정, 결과를 상세히 설명하고 있다. 아홉째, 시스템 전체를 파악할 수 있도록 원인, 현황, 결과 등의 각 부분에서 과정을 상세히 설명하고 있다. 또한 산성비의 영향을 부각시키기 위해 객관적인 사실을 왜곡하지 않고 그대로 제시하고 있다.

핀란드의 토양은 자연적으로 산성을 띠고 석회 성분이 거의 없기 때문에, 산성화에 매우 민감하다. 북부 침엽수림대에서 표토의 산성화는 생명체의 건강에 심각한 위협이 되는 것으로 간주된다. 핀란드가 속한 기후대의 토양은 공통적으로 산성을 띤 포드졸 토이다. (중략) 산성

- 표 1의 통계를 보고, 유럽국가의 황 침전물의 기원을 보여 주기 위한 막대그래프를 그려라.
- 외국 기원이 적은 3국가를 적어라.
- 외국 기원이 많은 6국가를 적어라.
- 그림 1을 이용하여, 이산화황 배출량이 높은 4국가를 적어라.
- 북유럽에서 탁월풍의 방향은 무엇인가?
- 세 그림을 겹쳐서, 빗물의 산도가 가장 높은 지역에 빗금을 쳐라.
- 서유럽의 산도 패턴을 설명하기 위해 여기에 주어진 다른 증거를 이용하라.
- 황산화물의 배출량이 많은 국가와 침전물의 양이 많은 국가의 관계에 대해 설명하라.
- 스칸디나비아 국가의 침전물 양이 줄어들 수 있을까?

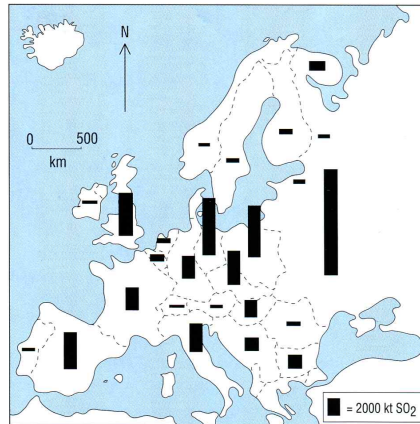


Figure 15.3a Annual emissions of sulphur dioxide in western Europe

표 1. 유럽 국가에 침전된 황화합물의 기원

국 가	국내퇴적(%)	국외퇴적(%)
오스트리아	10	90
벨기에	53	47
체코/슬로바키아	56	44
덴마크	42	58
핀란드	36	64
프랑스	54	46
(구)동독	80	20
(구)서독	49	51
이탈리아	75	25
네덜란드	32	68
노르웨이	9	91
폴란드	57	43
스웨덴	17	83
스위스	14	86
(구)소련	74	26
영국	94	6

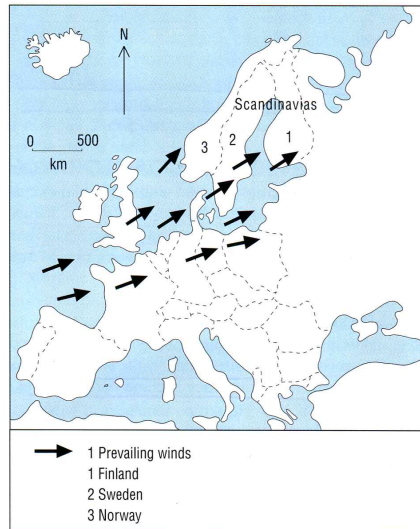


Figure 15.3b Prevailing winds in western Europe

그림 1. 『Global issues of our time』의 산성비에 대한 탐구 활동 사례(Lidstone, 1995, 120)

비와 독성 가스는 나무에 직·간접적으로 영향을 준다. 산성비는 침엽수와 활엽수의 잎 표면과 기공 주위의 큐티클 층을 파괴하고, 간접적으로는 나무의 뿌리, 특히 미세 뿌리에 영향을 주어 영양소의 결핍 현상을 일으킨다. 이 결과 나뭇잎이 노랗게 변하거나 떨어지게 된다(Lidstone, 1995, 123).

4. 산성비와 관련된 내용 분석

1) 산성비의 기준 또는 개념의 명료성

산성비는 pH 5.6미만의 강수를 나타내는데 사용되는 용어이다(Elsom, 1991). 학생들이 가지고 있는 산성비의 개념에 대한 한채영 등(2000)의 연구에 의하면, 39% 학생들이 pH 5.6 미만인 비가 산성비라고 올바르게 응답하였으나, 산성비의 기준이 pH 5.6인 이유로 대기 중의 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 사

용되며, 공통과학 교과서에서도 자세히 다루어지고 있으나, 반 이상의 학생들이 잘 이해하지 못하고 있었다.

이와 같이 많은 학생들은 산성비에 대해 정확한 개념을 가지고 있지 않다. 그렇다면 지리 교과서에 산성비에 대한 개념은 어떻게 정의되어 있을까? 영국의 두 교과서는 모두 산성비에 대한 정확한 개념과 기준이 제시되어 있는 반면, 우리나라 세계지리 교과서는 모두 산성비에 대한 정확한 개념과 기준을 제시하지 않고 있다. <그림 2>에서처럼, 산성비의 산도를 나타낸 지도에서조차 영국 교과서와 달리 우리나라 교과서에는 산성비에 대한 명확한 기준을 제시하고 있지 않다. 즉, 우리나라 세계지리 교과서는 수치만 제시되어 있으며, 영국 교과서는 산성비 기준과 수치를 함께 제시하고 있다. 따라서 우리나라 세계지리 교과서를 통해 학습한 학생들은 산성비에 대해 비과학적이고 부정확한 개념을 습득할 가능성이 높다.

산성비는 평균적인 산도보다 높은 강수를 기술하기 위해 사용되는 용어이다. 모든 강수는 자연적으로 약산성이지만, 지도 A(그림 2의 우)에서 보여주는 것처럼, 세계의 많은 지역들은 현재 산도가 평균 이상인 pH 값(산도가 측정되는 기준)을 기록하고 있다(Waugh and Bushell,

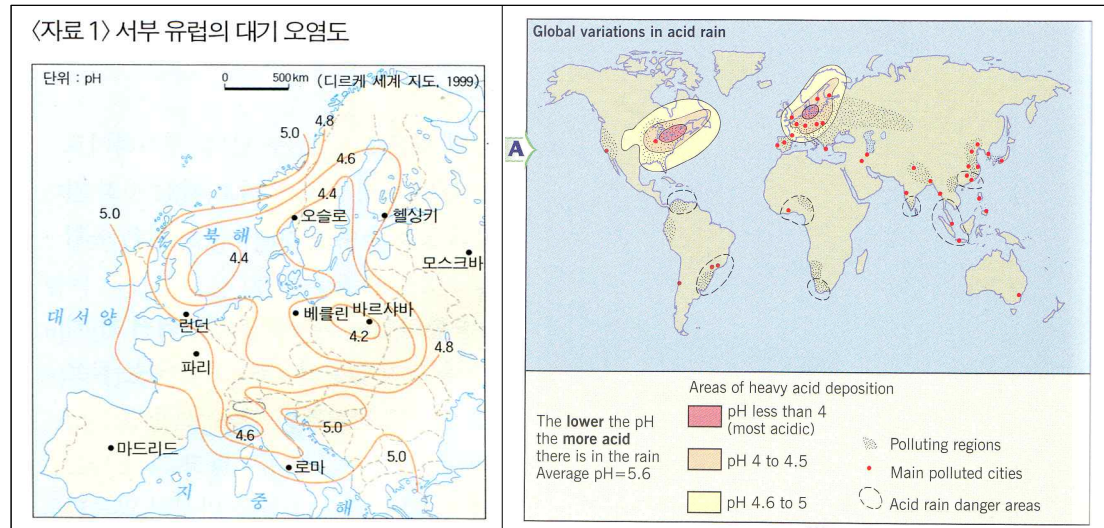
2007, 116).

순수한 강수의 평균적인 pH 값은 5.6으로, 용해된 이산화탄소에 의해 약산성이다. 그러나, 실제로, 강수의 pH 값은 자연환경 때문에 지역마다 매우 상이하다(Lidstone, 1995, 118).

2) 산성비의 원인 및 결과의 다양성과 균형성

(1) 원인

한재영 등(2000)의 연구에 의하면, 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 응답도 20% 있었다. 그리고 산성비의 원인 물질로 이산화탄소를 생각하는 경우가 17%나 되며, '나쁜 물질', '더러운 물질' 등의 비과학적 표현도 11% 있었다. 우리나라의 산성비 문제가 급속하게 증가하고 있으며 교과서에서도 산성비의 원인 물질이 구체적으로 다루어지므로, 외국의 경우(Brody et al., 1989)에 비해 올바른 응답의 비율이 상대적으로 높았다. 그러나 정확하지 않은 표



(좌: 황만의 등, 2006, 97; 우: Waugh and Bushell, 2007, 116)

그림 2. 산성비의 산도를 나타낸 지도

현이나 포괄적인 기술이 여전히 많을 뿐 아니라, 이산화탄소를 원인 물질이라고 응답하는 학생도 적지 않다는 점에서 산성비의 원인 물질을 명확히 구분해줄 것이 요구된다.

Dove(1996)에 의하면, 대부분의 학생들은 산성 침전(acid deposition)은 화석연료의 연소로부터 초래된다고 알고 있지만, 산성비를 만드는데 관여하는 가스에 대한 지식은 부족하다. 학생들은 이러한 개념들을 논의하면서, 대부분 이산화황을 언급했고 소수의 학생들만이 이산화질소를 언급했다. 게다가, Boyes et al.(1996)에 의하면, 일부 학생들은 자동차에서 방출한 이산화탄소가 산성 집적을 야기한다고 믿고 있다. 또한 Dove(1999)에 의하면, 학생들은 산성 집적이 자연적 상태에서도 나타날 수 있다는 것을 잘 이해하지 못하는 것으로 나타났다. 비록 일부 학생들은 산불이 황(강수와 결합하여 약한 황산을 생산하는)을 생산할 수 있다고 정확하게 생각하지만, 그들은 황을 생산하는 다른 원인들(예를 들면, 화산폭발, 번개)을 언급하지 않는다. 실제로, 모든 강수는 약한 산성이다. 이것은 대기의 이산화탄소가 물방울과 결합하여 약한 탄산(carbonic acid)을 생산하며, 질산(nitric acid)은 번개가 치는 동안에 생성된다.

그렇다면, 세계지리 교과서에는 산성비의 원인에 대해 어떻게 기술되어 있을까? 먼저 우리나라 세계지리 교과서를 중심으로 살펴보자. 우리나라 세계지리 교과서의 경우 산성비의 원인으로 인위적인 요인만 제시할 뿐 자연적인 요인에 대해서는 전혀 언급하고 있지 않다. 인위적 요인에 대해서는 교과서별로 차이점이 있는데, 천재교육(박희두 등, 2006)과 대한교과서(오기세 등, 2006)는 이산화황(황산화물) 또는 화석연료와 이산화질소(질소산화물) 또는 자동차 배기가스에 대해 모두 언급하고 있지만, 지학사(황만익 등, 2006)의 경우 이산화질소만, 금성출판사(조화룡 등, 2006)의 경우 이산화황에 대해서만 언급하고 있다.

특히, 천재교육(박희두 등, 2006)의 경우, 경유의 대체 연료로서 바이오디젤을 소개하면서 산성비의 원인 물질인 질소산화물과 황산화물에 관해 간단하게 언급하고 있다. 그러나 화석연료인 경유의 연소에 의해 발생하는 것은 질소산화물이라는 점에 착안하면, 황산화물을 함께 제시하는 것은

문제의 소지가 있다²⁾.

바이오디젤은 경유에 비해 산성비의 주요 원인 물질인 질소산화물과 황산화물을 훨씬 적게 배출한다(천재교육, 박희두 등, 2006, 131).

한편, 대한교과서(오기세 등, 2006)의 경우, 산성비의 원인을 오염물질로만 언급하거나, 대책 부분에서 아황산가스, 이산화황, 이산화질소 감축을 언급하고 있을 뿐이다. 따라서 ‘산성비의 원인과 특징은 무엇인가?’라는 ‘열린 과제’에 대해 학생들이 제대로 수행할 수 있을지 의문이 든다.

그리고 금성출판사(조화룡 등, 2006)의 경우, 산성비의 원인을 단순히 오염 물질로 언급하거나, 산업 혁명 초기의 화석연료의 사용으로 인해 발생하는 이산화황에 대해서만 언급하고 있다. 사실, 산성비에 대한 실제적인 규명은 1980년대에 들어와서 이루어졌기 때문에 논리적 모순을 보이고 있다.

산업 혁명 초기에 화석 연료의 사용으로 발생하는 이산화황에 의한 대기 오염으로 사람들은 호흡기 질환을 앓고, 산성비가 내렸다. (중략) 또한, 영국의 중부와 독일의 루르 지역에서 배출된 대기 오염 물질은 강한 편서풍을 타고 라인 강 동부와 스칸디나비아 반도에 이르는 북서부 유럽의 넓은 지역에 걸쳐 산성비나 눈으로 내려 삼림을 황폐화시키고 토양을 산성화시켰다(금성출판사, 조화룡 등, 2006, 115).

다음으로 영국 지리 교과서에는 산성비의 원인에 대해 어떻게 기술되어 있는지를 살펴보자. 영국의 두 교과서는 우리나라 교과서와 달리 인위적 요인과 자연적 요인을 모두 언급하고 있다. 『New Key Geography for GCSE』(Waugh and Bushell, 2007)의 경우, 텍스트와 그림을 통해 산성비의 원인을 석탄, 석유, 천연가스 등과 같은 화석연료의 연소와 자동차 배기가스에 의해 방출되는 황산화물과 질소산화물임을 밝히고 있다(그림 3). 그리고 구체적으로 밝히고 있지는 않지만 자연적 요인에 의해서 나타난다고 언급하고 있다.

산성비는 대기 오염의 한 유형이며, 주로 황산화물과 질소산화물을 방출하는 화석연료를

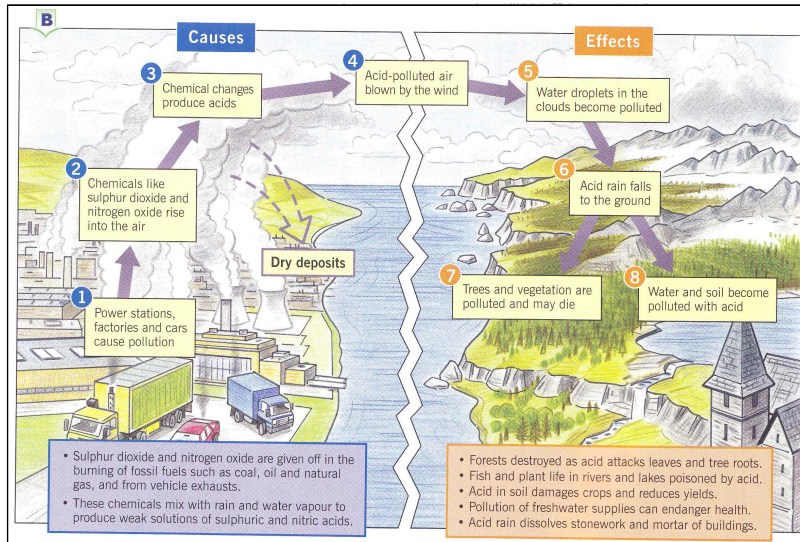


그림 3. 산성비의 발생 원인과 결과(Waugh and Bushell, 2007, 116).

연소하는 발전소와 산업에 의해 야기된다. 또한 자동차가 배출하는 질소산화물이 산성비 문제를 부가한다. 다이어그램 B는 이러한 화학물질이 어떻게 대기 중으로 운반되고 탁월풍에 의해 넓은 지역을 확산되는지를 보여준다. 일부는 건성침전으로서 지표면에 직접 침전된다. 대다수는 산으로 전환되어 산성비로 떨어지는데, 이를 습성침전이라고 한다(Waugh and Bushell, 2007, 116).

『Global Issues of Our Time』(Lidstone, 1995, 118-119) 역시 산성비의 원인을 인위적인 요인과 자연적인 요인 두 측면에서 자세하게 언급하고 있다.

기반암 또는 토양이 알칼리성인 건조지대에서, 대기 속으로 방출된 입자들은 산성비의 pH 수치를 상승시킬 수 있다. 이산화황과 같은 산성 물질은 토양, 바다, 화산폭발과 같은 자연적 원천으로부터 대기 속으로 방출된다. 대기에서의 질소산화물의 자연적 원천들은 빛, 삼림 또는 초원의 화재를 포함한다. 이러한 자연적 과정은 산성도의 지역적 차이를 야기하지만, 교통, 주요 도시, 대규모의 산업지역, 발전소 등과 같은 인간의 개입이 중요한 결과를 야기한다. 만약 어떤 지역에서 강수의 pH 수치가 계속해서 5이하라면, 그 원인은 거의 확실하게 인간의 활동에 있다.

이상과 같이, 우리나라 세계지리 교과서의 경우 산성비의 원인을 언급하지 않는 교과서가 있는 반면, 언급하더라도 인위적인 요인만을 언급하고 있다. 그리고 인위적인 요인 역시 오염물질 정도로 언급하거나, 화석연료의 연소와 자동차 배기가스에 의한 황산화물과 질소산화물에 대한 언급은 극히 미미하거나 다소 부정확하게 제시되고 있다.

이에 반해, 영국 지리교과서의 경우 산성비의 원인을 자연적인 요인과 인위적인 요인 두 측면에서 고찰하고 있으며, 황산화물과 질소산화물의 형성과 이것이 대기 중에서 산성비로 만들어지는 과정을 상세하게 설명하고 있다. 특히 『New Key Geography for GCSE』(Waugh and Bushell, 2007)의 경우 자연적 요인에 대해 아주 상세하게 설명하고 있으며, 이에 더해 인위적인 요인 역시 상세하게 설명하고 있다.

(2) 결과(피해)

한재영 등(2000)의 연구에 의하면, 산성비로 인한 결과(피해)는 학생들이 비교적 잘 알고 있었다. 가장 많은 응답은 건물이나 금속 구조물의 부식(80%)이었으며, 삼림 황폐화와 농작물의 피해(44%)이었으며, 삼림 황폐와 농작물의 피해(44%), 토양의 산성화(35%), 호수나 강의 산성화(9%) 등이 제시되었다. 한편, 교과서에서는 ‘산성비를 맞

자마자 살갓이 따갑고 부어오른다거나 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 떼죽음을 당한다(7%)는 표현도 있었다.

Dove(1999)에 의하면, 모든 중등학교 학생들은 일부 암석 유형들은 다른 암석들보다 산성 침전의 결과(효과)에 더 민감하다는 것을 알고 있다. 그러나 일부 학생들은 그것이 이러한 유형의 풍화에 대한 민감성을 결정하는 칼슘 또는 마그네슘보다는 오히려 암석의 부드러움이라고 믿고 있다. 비록 대부분의 학생들은 산성 집적이 스칸디나비아의 삼림을 파괴했었다고 인식하지만, 단지 일부 학생들만이 이것에 대한 이유를 제시한다. 일부 학생들은 편서풍이 오염 물질 운반한다고 언급하지만, 소수의 학생들만이 기반암의 암석 유형이 산성 집적으로 인한 피해를 강화시킨다고 언급했다. 이와 같이 학생들은 산성비로 인한 결과에 대해 부분적인 지식을 가지고 있다. 학생들은 또한 '산성 집적'이라는 용어가 습성침전(wet deposition) 뿐만 아니라 건성침전(dry deposition)을 포함한다는 것을 잘 이해하지 못하며, 산성 집적이 삼림과 토양에 상호관련적으로 영향을 미칠 수 있는 것에 대해서도 부분적으로 인식하고 있다³⁾(Dove, 1999).

그렇다면, 세계지리 교과서에는 산성비의 결과(피해)에 대해 어떻게 기술되어 있을까? 먼저 우리나라 세계지리 교과서를 중심으로 살펴보자. 산성비로 인한 결과는 토양의 산성화, 삼림의 피해, 호수·하천의 산성화, 대리석·금속 구조물의 용해 또는 피해, 농작물의 피해 등을 들 수 있다. 대한 교과서(오기세 등, 2006)의 경우 농작물의 피해를 제외하고 모두 제시되고 있는 반면, 지학사(황만익 등, 2006)는 삼림의 피해와 대리석·금속 구조물의 피해만을 제시하고 있으며, 천재교육의 경우 삼림의 피해와 호수·하천의 산성화만을 제시하고 있다. 또한 금성출판사(조화룡 등, 2006)의 경우 토양의 산성화와 삼림의 피해만을 제시하고 있다. 따라서 교과서별로 산성비로 인한 결과(피해)의 사례에 대한 제시가 다소 큰 차이가 있다고 할 수

있다.

이를 좀 더 구체적으로 살펴보면, 지학사(황만익 등, 2006)의 경우, 삼림의 황폐화와 산성비로 훼손되는 역사 유적만 언급하고 있다. 천재교육(박희두 등, 2006)의 경우, 산성비의 결과로 다양한 지역 사례와 함께 제시하고 있지만, 산성비의 결과로는 삼림훼손과 호수의 산성화만을 언급하고 있다. 대한교과서(오기세 등, 2006)의 경우, 산성비의 결과로 호수의 산성화, 삼림훼손, 토양의 산성화→산사태 또는 홍수, 역사 유적의 훼손(문화재 부식) 등 매우 다양한 사례를 아주 자세하게 언급하고 있다. 반면, 금성출판사(조화룡 등, 2006)의 경우, 삼림 황폐화(사진 첨부), 토양의 산성화에 대해 아주 간단하게 언급하고 있는 정도이다.

다음으로 영국 지리 교과서에는 산성비의 결과(피해)에 대해 어떻게 기술되어 있는지를 살펴보자. 『New Key Geography for GCSE』(Waugh and Bushell, 2007)의 경우, 삼림, 토양, 호수, 하천, 건물 등에 심각한 손상을 입힌다는 내용을 기술하고 있다. 그리고 앞에 제시된 그림 3에서처럼 원인과 결과를 다이어그램으로 나타내어 이해를 높이고 있다.

산성비는 환경에 매우 심각하게 손상을 입힐 수 있는데, 삼림, 토양, 호수, 하천, 심지어 건물에 심각한 손상을 야기할 수 있다(Waugh and Bushell, 2007, 116).

『Global Issues of Our Time』(Lidstone, 1995, 123-125)의 경우, 산성비의 결과(피해)를 핀란드를 사례로 하여 토양의 산성화, 삼림의 황폐화, 핀란드 호수의 산성화, 지하수의 산성화 등을 각각의 절로 구성하여 사진 자료와 내용 설명을 결합하여 함께 매우 자세하게 다루고 있다.

3) 산성비에 대한 대책

이와 같은 산성비의 원인과 결과에 대한 대책은 세계지리 교과서에 어떻게 기술되어 있을까? 먼저 우리나라 세계지리 교과서를 중심으로 살펴보자. 산성비에 대한 대책으로는 석회 투입, 대체에너지 사용, 화석연료 사용금지, 청정연료 사용, 무연회

발유 사용, 탈황장치 설치, 효율적인 보일러 사용, 국제협약, 기타(제조제 사용 금지, 대중교통 이용, 자전거 타기, 타국에 정화 보조금 지급) 등을 들 수 있다. 대한교과서(오기세 등, 2006)의 경우 무연휘발유 사용을 제외한 모든 것을 언급하고 있으며, 천재교육(박희두 등, 2006)은 무연휘발유의 사용과 효율적인 보일러 사용을 제외한 모든 것을 언급하고 있다. 반면 금성출판사(조화룡 등, 2006)는 석회투입과 국제협약만을 제시하고 있으며, 지학사(황만익 등, 2006)의 경우 거의 언급이 없다. 이 역시 교과서별로 다소 편차가 크다고 할 수 있다.

이에 대해 보다 자세하게 살펴보면 다음과 같다. 천재교육(박희두 등, 2006)의 경우, 산성비에 대한 대책을 자동차 배기 가스 정화 장치 설치, 호수에 석회 투입, 화석연료에 대한 대체 에너지 개발(바이오디젤) 또는 청정 연료 사용, 국제 조약 등 다양하게 제시하고 있다. 대한교과서(오기세 등, 2006)의 경우, 호수에 석회 투입, 월경성 장거리 대기 오염에 관한 협약, 유럽 각국의 오염 방지 대책 사례(독일의 대중교통 이용, 자전거 타기 운동(사진 첨부), 스웨덴의 일부 제조제의 사용 금지, 영국의 이산화황 배출량 감소, 신설 보일러에 탈황장치 설치 등), 환경을 위한 독일의 노력(산업 시설의 오염 방지 시설 의무화, 탈황 장치, 천연 가스 사용, 대체 에너지 사용, 인접 국가에 대기 정화 원조금 지급 등)을 자세하게 제시하고 있다.

반면, 금성출판사(조화룡 등, 2006)의 경우, 산성비의 피해를 입은 삼림에 석회를 뿌리는 사진을 제외하면, 구체적인 사례없이 일반적인 수준에서만 언급하고 있다. 지학사(황만익 등, 2006)의 경우, 산성비에 대한 대책에 대한 언급이 없다. 다만 탐구 활동의 과제로 “대리석으로 만든 건물이나 석상 등은 산성비에 약해 부식되고 있다. 이에 대한 대책을 토론해 보자.”를 제시하고 있는 정도이다.

다음으로 영국 지리 교과서에는 산성비에 대한 대책에 대해 어떻게 기술되어 있는지를 살펴보자. 『New Key Geography for GCSE』(Waugh and Bushell, 2007)의 경우, 산성비에 대책을 국가간의 협력의 중요성(EU의 황산화물 감축 협의), 단기적 처방(석회 투여), 장기적 처방(화석연료 사용 억제, 비화석연료(청정 연료)의 사용, 탈황 장치, 발전소의 효율적인 보일러 사용, 무연휘발유 사용) 등 다

양한 관점에서 제시하고 있다.

산성비는 국제적인 문제이다. 왜냐하면 산성비는 정치적 경계를 넘어 해양과 대륙을 가로질러 영향을 미치기 때문이다. 많은 국가들이 산성비를 생산한다. 영국, 독일, 미국과 같은 일부 국가들은 산성비를 ‘배출’하는 반면, 노르웨이, 스웨덴, 캐나다와 같은 국가들은 산성비를 ‘흡입’한다. 이 문제를 해결하기 위한 해결책은 국제적 협력을 요구한다. 이것은 쉬운 것이 아니다. 왜냐하면 산성비의 영향을 받는 대부분의 국가들은 종종 산성비를 야기하는데 책임이 있는 국가들과 동일하지 않기 때문이다. 산성비 문제를 해결하는데 많은 상이한 방법들이 있다. 단기적인 처방은 영향을 받은 나무들에 석회를 뿌리거나, 오염된 호수와 하천에 석회를 뿌리는 것이다. 그러나 장기적으로 정말로 효과적인 해결책은 오염을 일으키는 가스의 방출을 줄이는 것이다. 이것은 화석연료의 사용을 줄이고, 원자력, 풍력, 태양력과 같은 비화석연료를 사용하며, 석탄을 연소하기 전에 황을 제거하고(탈황 장치 설치), 발전소에서 새롭고 더 효율적인 보일러를 사용하며, 배기가스로부터 황을 제거하며, 납 성분을 제거한 무공해 기술린을 사용함으로써 자동차로부터의 방출을 줄이는 것 등 다양한 방법으로 성취될 수 있다. 불행하게도, 이러한 모든 방법들은 비용이 많이 들고, 실행하기에 어렵다. 1988년 유럽연합(EU)의 지침서는 2005년까지 황산화물의 71% 감축을 요구했다. 상당한 노력에도 불구하고, 어떤 국가도 이 목표치를 아직 성취하지 못했다. 비록 최근 서부유럽과 북미에서 황산화물의 배출이 줄어들면서 산성비 문제가 덜 주목받고 있지만, 이 문제는 아직 사라지지 않았다(Waugh and Bushell, 2007, 117).

『Global Issues of Our Time』(Lidstone, 1995, 125-127)의 경우, 산성비에 대한 대책을 토양의 산성화와 삼림 황폐를 방지하기 위한 대책, 이산화황 방출 감소, 펄프 제조 공정의 변화, 발전소로부터의 방출 감소, 자동차 소비 감소로 질소산화물 감소, 대중교통, 속도제한, 오염세 부과, 차가 없는 구역 설치, 헬싱키 의정서(1985), 당근과 채찍 정책 실시 등을 구체적인 사례와 함께 여러 페이지에 걸쳐 매우 자세하게 다루고 있다.

5. 요약 및 결론

이 연구는 지리교과서에 나타난 지구적 환경문제 중의 하나로 ‘산성비’가 어떻게 다루어지고 있는지를 비교·분석한 것이다. 이 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 영국 지리교과서의 경우 산성비의 개념을 명확하게 정의를 내리고, 이와 관련된 내용이 전개되는 반면, 우리나라 지리 교과서는 대부분 산성비의 개념에 대해 명확하게 정의하고 있지 않다. 이를 경우, 기존 연구에서도 밝혀졌듯이 학생들은 산성비에 대한 오개념을 가질 가능성이 높다. 산성비를 과학적으로 정의내리지 못하고 나쁜 비, 오염된 비 등으로 고정관념화할 가능성이 높다.

둘째, 산성비의 원인에 접근하는 방식도 우리나라 지리교과서와 영국 지리교과서 간에 확연하게 차이가 나타났다. 가장 중요하게 부각되는 것은 외국 지리교과서의 경우 산성비의 원인을 자연적 요인과 인위적 요인을 균형있게 다루고 있는 반면, 우리나라 지리교과서의 경우 산성비의 원인을 인위적인 요인의 관점에서만 다루고 있다. 물론 강한 산성비가 인위적 요인으로 만들어지지만, 자연적인 상태에서도 산성비가 된다는 점을 간과함으로써 이 역시 학생들에게 잘못된 개념을 심어줄 가능성을 내포하고 있다.

셋째, 산성비의 결과와 대책에 있어서는 우리나라 지리교과서 간에는 다루는 폭이 다양하여 일반화하기에는 무리가 있다. 그렇지만 대체로 우리나라 지리교과서에서 산성비로 인한 결과와 이에 대한 대책은 산성비의 개념과 원인보다 폭넓게 다루고 있다. 영국 지리교과서의 경우 우리나라 지리교과서와 마찬가지로 산성비의 결과와 대책에 대해 폭넓게 다루고 있다. 다만 우리나라 지리교과서는 산성비의 결과와 대책을 대체로 나열하는데 할애하는 반면에, 영국 지리교과서에서는 결과와 대책을 유형별로 구체적인 사례와 함께 매우 자세하게 다루고 있는 것이 차이점이라고 할 수 있다.

이와 같은 분석의 결과를 통해 볼 때, 지리교과서에서 산성비, 지구온난화 등 지구적 환경문제를 다룰 때 명확한 개념 정립에서 시작하여, 그러한 문제가 발생하는 원인 및 프로세스를 다양한 관점에서 접근하되 쉽게 이해할 수 있도록 구조화하여

제시할 필요가 있다. 또한 지구적 환경문제로 인해 나타나는 결과와 이에 대한 대책은 정보를 나열하는 방식에서 벗어나, 구체적인 데이터 및 지역적 사례(행정적, 정치적 노력 등)를 자세하게 다룸으로써 학생들이 이해하고 공감할 수 있도록 할 필요가 있다. 지구적 환경문제의 접근에 있어서 개념, 원인과 결과, 대책에 대한 정확한 이해가 선행되지 않는다면, 도덕적이고 윤리적인 측면만을 과도하게 포장할 가능성이 높으며, 더욱이 도덕적으로 부주의하게 지리를 가르칠 가능성을 배제할 수 없다.

주

- 1) 2009 개정 교육과정에 따른 세계지리의 마지막 단원인 ‘갈등과 공존의 세계’의 3번째 성취기준은 “자유 무역 협정(FTA) 등 세계 경제 환경의 변화와 지역·지구적 관련성을 가진 환경 문제를 사례를 통해 조사하고, 공존을 위한 노력의 중요성을 이해한다.”(교육과학기술부, 2011, 67)라고 기술하고 있다. 교과서가 개발되어 검정 단계에 있기 때문에 분석 대상에서 제외할 수밖에 없다.
- 2) 다만 경유의 연소과정에서 탈황처리를 하지 않는 경우의 경우 이산화황이 배출될 수 있기 때문에, 이와 같은 전제 조건이 붙어야 할 것이다.
- 3) 산성 집적은 잎의 조직을 손상시키며, 잎의 영양소를 용해한다. 그러나 토양이 산성화될수록 식생의 손실 역시 커진다. 즉 산성화된 토양은 식생의 영양소를 용해한다. 이는 뿌리를 손상시키는 알루미늄의 이동에 의해 일어난다.

문헌

- 교육과학기술부, 2009, 사회과 교육과정, 교육과학기술부.
- 교육과학기술부, 2011, 사회과 교육과정, 교육과학기술부.
- 교육부, 1998, 사회과 교육과정, 교육부.
- 김진국, 1998, 지리교육에서 오개념 연구, 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 박희두·손용택·정희식·추미양·이은진·이정식·조지욱·송윤화, 2006, 세계지리, 천재교육.
- 오기세·강병수·김재기·도정훈·송형세·옥한석, 2006, 세계지리, 대한교과서.
- 조화룡·한주성·서태열·임준묵·심정규·마경묵·박승

- 윤·권종원, 2006, 세계지리, 금성출판사.
- 최석진, 1997, 우리 나라 학교 환경교육 실태 조사 연구, 한국환경교육학회.
- 한재영·정연선·노태희, 2000, 산성비, 오존층, 온실 효과에 대한 고등학생들의 개념, 한국과학교육학회지, 20(3), 364-370.
- 황만익·최운식·장호·진기문·박병석·유대환·탁송일·황완길, 2006, 세계지리, 지학사.
- Ballantyne, R., Wintney, E. and Tulip, 1998, Developing students environmental knowledge through interactive worksheets, *Environmental Education and Information*, 17(1), 1-16.
- Boyes, E. and Stanisstreet, M., 1992, Students' perceptions of global warming, *International Journal of Environmental Studies*, 42, 287-300.
- Boyes, E. and Stanisstreet, M., 1997, The environmental impact of cars: children's ideas and reasoning, *Environment Education Research*, 1(2), 133-145.
- Boyes, E., Chambers, W. and Stanisstreet, M., 1995, Trainee primary teachers' ideas about the ozone layer, *Environmental Education Research*, 1(2), 133-145.
- Boyes, E., Chambers, W. and Stanisstreet, M., 1996, Threat to the global atmospheric environment: the extent of pupil understanding, *International Journal of Geography and Geographical Education Research*, 5(3), 186-195.
- Brody, M., Chipman, E. and Marion, S., 1989, Student knowledge of scientific and natural resource concepts concerning acidic deposition, *Journal of Environmental Education*, 20(2), 32-42.
- Christidou, V. and Koulaïdis, V., 1996, Children's models of ozone layer and ozone depletion, *Research in Science Education*, 26(4), 421-436.
- Dove, J. E., 1996, Student misconceptions on the greenhouse effect, ozone layer depletion and acid rain, *Environmental Education Research*, 2(1), 89-100.
- Dove, J. E., 1999, *Theory into Practice: Immaculate Misconceptions*, The Geographical Association, Sheffield.
- Elsom, D., 1991, *Atmospheric Pollution*, Blackwell.
- Lambert, D. and Machon, P., 2001, *Citizenship Through Secondary Geography*, Rotledge Falmer, London.
- Lidstone, J. (ed.), 1995, *Global Issues of Our Time*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Standish, A., 2009, *Global Perspectives in the Geography Curriculum*, Routledge, London.
- Waugh, D. and Bushell, T., 2007, *New Key Geography for GCSE*, Nelson Thornes, Cheltenham.
- 교신: 서종철, 712-702, 경북 경산시 하양읍 하양로 13-13, 대구가톨릭대학교 사범대학 지리교육과(이메일: jcseo@chol.com, 전화: 053-850-3741)
- (접수: 2013.10.04, 수정: 2013.11.06, 채택: 2013.11.12)