

# PISA 검사 결과에서 드러난 만15세 한국 학생들의 온실효과에 대한 대안적 개념

곽 영 순  
(한국교육과정평가원)

## Korean Fifteen-Year-Olds' Alternative Conceptions on the Greenhouse Effect Revealed in PISA Test Results

Youngsun Kwak  
(Korea Institute of Curriculum and Evaluation)

### ABSTRACT

This study investigated Korean fifteen-year-olds' (mis)conceptions on the greenhouse effect based on the PISA results. Based on previous studies on students' ideas about the greenhouse effect, Korean students' understanding of the natural factors and human-induced factors of the greenhouse effect were analyzed. Students' misconceptions about causes of the greenhouse effect were also examined. In addition to CO<sub>2</sub>, Students mentioned CFCs, atmospheric pollution, water vapor and methane as greenhouse gases. Many students indicated that the greenhouse effect and ozone depletion have a causal relationship. Teaching implications of the misconceptions were also discussed.

**Key words:** greenhouse effect, misconceptions, PISA, natural factors of greenhouse effect

### I. 서 론

학습을 기존의 오개념을 없애고 그 자리에 과학적 개념으로 대체하는 것이라고 보는 구성주의자들에게 있어 개념변화에 대한 연구는 중요하다. 지난 30여년간 지속되어 온 학생들의 사전개념에 대한 연구에서 밝혀진 것은 학습자들이 문제해결 과정에서 때로는 정규의 과학과는 모순된 해결을 가져올 수 있는 전략들을 사용하여 학습에 접근한다는 것이다. 따라서, 수업을 통하여 학생들이 기존에 지니고 있는 직관적인 오개념 또는 선개념을 새로운 개념으로 교체하거나, 새로운 개념을 기존의 개념구조 속으로 포섭하는 과정으로 학습을 기술하는 개념변화 모델이 제시되었다(Posner *et al.*, 1982).

그러나, 학생들의 수업 전 사전개념들(즉, 새로운 물리적, 사회적 현상의 이해 및 인지를 결정하는 학생의 개념

환경)은 수업과정을 통해서도 좀처럼 영향을 받지 않는다. 즉, 과학 수업에서의 개념변화모델의 적용 결과, 학생들은 (1)과학 수업에도 불구하고 계속 강하게 수업 전의 그릇된 선개념을 고수하고 있으며, (2)수업을 통해 교사가 본래 의도한 의미구성과는 달리 그들의 사전개념과 과학적 개념 사이에 부적절한 연관을 짓는다는 연구결과들은 개념변화학습이 이론처럼 그리 쉽고 명쾌한 것은 아님을 보여 준다(Driver *et al.*, 1994).

한편, 정규의 과학적 지식과 비교하여 학생들이 지닌 학생개념의 가치에 대한 해석에서 다양한 견해들이 있다(Miller, 1989). 한 쪽에서는 학생들이 수업전에 지니고 있는 비공식적인 개념들을 오개념으로 보고 과학 개념을 더 잘 가르치기 위해 단순히 필요한 사전 정보를 제공하는 것으로 본다. 다른 한편, 학생 개념을 반드시 과학적 개념에 대해 열등한 하위의 개념으로 보는 것이 아니라, 학생

들이 주변 자연 세계를 대상으로 그들 나름대로 의미를 구성해낸 것으로서 과학자들의 개념과는 다르지만 함께 양립 가능한 대안적 개념의 위치를 부여하는 것이다. 즉, 학습자의 선개념이 그들의 일상적 상황을 설명하는데 유용하며 그 나름의 유용성이 있음을 주장하면서 선개념을 그 자체로서 수용하여야 한다는 주장도 있다. 이 관점에 의하면, 학생들의 사전개념을 과학적 개념으로 대체하면서 학생들 개념을 소멸을 기대하는 관점(즉, 개념교체) 대신에 학생개념과 과학개념사이의 공존의 양식으로 바뀌어야 한다고 주장한다. 이러한 맥락에서 볼 때, 과학수업을 통해 학생들이 학습해야 할 것은, 그들의 직관적 개념을 과학적 개념으로 대체하는 것이 아니라, 직관적 개념들과 과학교사가 소개한 과학적 개념들 사이의 관계를 명확히 하고, 구체적인 상황에서 그들의 일상의 개념들에 비해 과학적 개념이 어떤 측면에서 보다 더 유용하며 적절한지를 파악하여, 주어진 상황에 적절한 개념을 선택하여 사용할 수 있도록 하는 것이다(Duit, 1995).

학생들이 지니고 있는 개념에 대하여 취하는 입장에 상관없이 학생들이 과학 수업전·후에 지니게 되는 개념을 파악할 필요가 있을 것이다. 국내외의 선행 연구들로부터 은실효과에 대한 학생들의 대체 개념을 분석해보면 다음과 같이 3가지로 정리해볼 수 있다(국동식, 2003; 계귀연과 안희수, 1999; 한재영 등, 2000; Khalid, 2001; Groves & Pugh, 1999; Boyes & Stanisstreet, 1997).

(1) 은실효과를 초래하는 원인에 대한 오개념(예: 오존층에 생긴 구멍 때문에 너무 많은 태양 광선(자외선)이 지표에 도달하거나, 은실효과를 대기 오염과 동일시하여 대기오염이 심해질수록 은실효과가 심해진다는 것, 방사성 폐기물이나 산성비 등으로 인해 은실효과가 생긴다는 관점)

(2) 은실효과의 결과에 대한 오개념(예: 은실효과가 피부암을 초래하거나 오존층을 고갈시킨다는 관점)

(3) 은실효과를 감소시킬 방법에 대한 오개념(예: 핵 비축량을 줄이거나 무연 기술린을 사용하면 은실효과가 줄어든다는 관점)

또한, 은실효과에 대한 다양한 선행연구들은 (예비)교사들은 물론 초·중등 학생들이 오존층 고갈과 은실효과를 동일시하거나 비슷한 현상으로 본다는 점과, 환경 친화적인 행동들이 모든 환경문제를 해결할 수 있다고 생각하는

경향을 지니고 있음을 지적하였다(Andersson, & Wallin, 2000).

본 연구에서는 은실효과에 대하여 우리나라의 만 15세 학생들이 지니고 있는 전형적인 학생개념의 유형을 분석하려고 한다. 즉, 은실효과에 대한 기존 선행연구에서 밝혀진 학생들의 대안적인 개념에 비추어 볼 때, 현재 우리나라의 만15세 학생들의 은실효과에 대한 이해 수준을 살펴보고, 과학과 교수학습에 얻을 수 있는 시사점을 도출하고자 한다.

## II. 연구 방법

PISA(Programme for International Student Assessment)는 경제개발협력기구인 OECD에서 만15세 학생들의 읽기, 수학, 과학 소양(literacy) 수준을 파악하기 위하여 시행하는 학업성취도 국제비교 연구이다. 2000년에 1주기 평가(PISA 2000)가 처음 시행되었으며, 2003년에 2주기 평가(PISA 2003)가 시행되었다. 2006년에는 3주기 평가(PISA 2006)가 시행될 예정이다(OECD, 2003a). 호주의 교육연구위원회(ACER)를 중심으로 하여 세계 5개 기관으로 구성된 연구연합체가 PISA 시행을 담당하고 있으며, 연구연합체의 PISA 참가국들이 함께 문항을 개발하고, 예비검사를 통하여 검증과정을 거친다<sup>1)</sup>.

2003년도 OECD 학업성취도 국제 비교 연구는 2001년에 문항개발로부터 시작하여, 2002년 예비검사를 실시하였고, 2003년에 본검사를 실시함으로써 종료된 PISA 2주기 연구(이하 PISA 2003)였다. PISA 2003 본검사 과학영역은 13개 과제에 소속된 35문항으로 구성되어 있다. 이들 과학 과제는 13종의 검사지 중에서 6종의 검사지에 분포되어 있다. PISA 2003 과학영역 문항들의 신뢰도 값은 0.782이다(OECD, 2003b). 2003년에 본검사가 실시된 2주기 검사인 PISA 2003 본검사에 참여한 학생수는 총 5,612명이었고, 이들이 13종의 검사지를 골고루 나누어서 시험을 보게 되므로, 약 430여명의 학생들이 같은 검사지로 시험을 보게 된다. 13종의 검사지 가운데 과학영역의 은실효과 과제를 포함하고 있는 검사지는 총 4종이므로, 1,724명의 학생들이 은실효과 과제를 풀었다. 앞으로 논의하는 결과는 이들 1,724명의 응답 결과를 기초로 한 것이다.

1) 1주기 검사인 PISA 2000에 대한 검사결과, 산출된 국제비교 연구 보고서, PISA 2003 평가를 및 예시문항 등에 대한 자세한 내용은 OECD/PISA의 공개 웹 사이트([www.pisa.oecd.org/](http://www.pisa.oecd.org/))를 참조하기 바란다.

온실효과 문제의 지문 질문 내용은 다음과 같다.

1860년부터 1990년도에 이르기까지 약 130년 동안 이산화탄소 배출량을 보여주는 그래프와 같은 기간동안 기온변화를 보여주는 2개의 그래프를 제시하였다. 이 둘 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 일정한지를 알아보아야 한다'고 주장하였다.

두 번째 학생이 말한 다른 요인들이란 무엇인지 예를 하나 쓰시오.

즉, 이산화탄소 배출량의 증가가 지구의 평균 기온 상승의 원인이라고 결론을 내리기 전에, 온실 효과에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인들이 일정한지를 점검하도록 요구한 문제였다. 이 문제에 대한 채점기준을 살펴보면, (1)태양으로부터 들어오는 에너지 또는 복사와 관련된 요인을 제시하거나 (2)자연적인 성분이나 잠재적인 오염원을 지적한 경우에는 만점을 주고, 나머지 응답에 대해서는 영점을 주게 된다.

### Ⅲ. 연구 결과 및 논의

우리나라 학생들의 응답 결과를 기초로 학생들이 온실 효과에 대하여 지니고 있는 이해 수준을 분석하면 다음과 같다.

#### 1. 온실효과의 자연적 요인에 대한 학생들의 관점

이산화탄소량의 증가 이외에 지난 130년 동안 지구의 온도 상승에 기여했을 다른 요인들을 물었을 때, 153명 (8.9%)의 학생들이 인간에 의한 기후변화 요인이 아닌 자연적인 기후변화의 원인을 언급하였다. 학생들의 구체적인 답변은 다음 두 가지로 구분되었다.

- (1) 태양에서 방출되는 복사에너지(빛, 에너지, 열에너지량)의 증가(124명)
- (2) 지구가 공전하면서 태양에 가까워져서(29명)

즉, "태양의 온도 상승으로, 태양으로부터 오는 복사에

너지의 양이 증가하게 되었고, 그에 따라 지구 대기권에 흡수되는 복사에너지의 양도 증가하게 되었고, 그에 따라 대기권에 흡수되는 복사에너지의 양도 증가하게 되어서, 상대적으로 지구의 온도가 상승하게 되었다"고 응답한 경우로서 전체 학생들의 8.9%(153명)를 차지하였다. 두 번째 유형은 태양 자체의 원인보다는 지구와 태양 사이의 공전궤도 변화를 언급한 경우인데, "지구가 공전하면서 지구와 태양과의 거리가 가까워지면서 장기적으로 지구의 기온변화가 생겼다"라고 응답한 학생들이 29명이었다.

장기적인 기후 변화나 지구 온도 변화의 원인은 자연적인 기후변화 요인과 인간에 의한 기후 변화 요인(온실가스 및 에어로졸 방출 등)의 두 가지로 구분할 수 있다. 즉, 태양에너지 방출량의 변화, 지구 궤도의 변화에 따른 태양 복사 에너지량의 변화, 화산활동에 따른 일시적인 성층권내의 에어로졸 양의 증가 등과 같은 자연적인 요인들도 지구온도 변화나 기후 변화에 영향을 미칠 수 있다.

주어진 PISA 문제 상황에서, 만점 코드 11에 해당하는 위의 두 가지 요인들은 지난 130년 동안 지구의 기온 변화를 초래한 자연적인 기후 변화 요인을 추론하여 답한 것으로써 정답으로 인정되었다. 그러나 만점 코드 11에 해당하는 이들 답변은 위의 PISA 문제의 맥락에서는 정답으로 간주되지만, 최근 문제가 되고 있는 지나친 온실 효과의 원인에 대한 답변으로는 부적절할 수도 있다. 따라서 태양에너지 방출량의 변화나 태양과의 거리가 변하여 지구의 온도상승을 가져올 수 있다는 학생들의 응답을 해석할 때 주의가 요구된다.

이러한 자연적인 지구의 온도변화 요인들은 수만년 이상의 시간을 요하는 것이 대부분이며, 최근 환경문제로 대두되고 있는 온실효과의 상승 원인을 설명할 때는 인간 활동으로 과다 방출된 온실 가스를 지적해야 한다. 어떤 학생들은 온실효과가 발생하는 메커니즘을 설명할 때 '장파복사가 지구 대기를 벗어나지 못하기 때문' 이라기보다는 '더 많은 태양 광선이 지구로 들어오기 때문' 이라고 설명한다(Groves & Pugh, 1999; Andersson & Wallin, 2000; Khalid, 2001). 지구에 입사하는 태양 복사량 과다 유입으로 온실효과가 발생한다고 생각하는 대부분의 학생들은 오존층에 생긴 구멍 때문에 온실효과가 증가한다는 또 다른 오개념으로 연결되는 것으로 보인다(Jeffries et al., 2001).

## 2. 온실효과의 인위적 요인에 대한 학생들의 관점

지구 기온 상승에 기여할 수 있는 이산화탄소 이외의 다른 온실 기체를 지적한 경우로서 전체 1724명 중에서 21.7%(374명)에 해당한다. 학생들의 응답에서 몇 가지 경향을 찾아볼 수 있다. 이산화탄소 이외에 학생들이 생각하는 지구의 온도 상승에 기여하는 요인들을 정리하면 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Students' conceptions on greenhouse gases other than CO<sub>2</sub>

Greenhouse gases	Response rate
(1) CFCs	165명(44%)
(2) atmospheric pollution (e.g., car exhausts)	161명(43%)
(3) water vapor	38명(10%)
(4) methane	10명(5%)
Total	374(100%)

첫째, 이산화탄소 이외의 다른 온실 기체를 지적한 374명의 학생들 가운데 165명의 학생들이 염화불화탄소(CFCs: 프레온 가스)를 답안으로 적은 사실이다. 이들 165명 중에는 염화불화탄소가 온실 기체임을 알고 있었던 학생들도 있었지만, 일부 학생들은 온실효과와 오존층 고갈을 혼동한 결과 염화불화탄소를 지적했을 가능성도 무시할 수 없다. 즉, 염화불화탄소가 오존층 파괴의 주된 요인임을 익히 알고 있는 학생들은 오존층 파괴와 온실효과를 잘못 연관지으면서 결국 염화불화탄소가 온실기체라는 결론에 도달하게 된 것으로 보인다(Boyes & Stanisstreet, 1997; Jeffries *et al.*, 2001).

둘째, 161명의 학생들은 자동차 배기가스를 포함하여 다양한 대기오염원(atmospheric pollution)을 지적하였다. 학생들의 구체적인 응답을 살펴보면, “대기를 오염시킬 수 있는 매연이나 자동차 배기가스 같은 것들이 태양의 복사에너지가 지구 바깥으로 나가는 것을 방해한다”고 진술하였다. 공장, 자동차, 산업 폐기물 등에서 배출되는 온실기체와 오염물질들 중에서 학생들이 구체적으로 언급한 온실기체로는 (1)산화이질소(N<sub>2</sub>O), (2)이산화황, (3)일산화

탄소<sup>2)</sup> 등이 있었다.

셋째, 온실기체로서 수증기를 지적한 학생들은 38명이었다. 한편, 인간 활동은 대기중의 수증기 농도에 직접적인 영향을 미치지 않는다고 한다. 그러나 인간활동에 의해 유발된 다른 온실기체의 농축은 지구 온난화를 가져오고, 그 결과 물의 증발량이 늘어나 대기중의 수증기 함량을 높이게 되어서 지구 온난화에 기여하게 된다. 온난한 대기는 더 많은 수증기를 포함할 수 있지만, 수증기량이 증가하면 구름의 생성에 영향을 미치게 된다. 이렇게 생긴 구름은 태양 복사나 지구 복사를 흡수하거나 반사하게 된다(EPA, 2002).

이밖에 온실기체로 메탄을 지적한 학생들도 있었다. 오존층이라고 응답한 학생들은 모두 ‘오존층 파괴’라고 언급함으로써 또 다른 온실기체인 대류권내의 오존의 역할을 미처 파악하지 못한 것으로 보인다. 즉, 성층권에서 자외선을 막아주는 오존과는 달리, 대류권의 지표 근처에 존재하는 오존은 광화학적 스모그의 주요 성분이며, 동시에 온실 기체임을 파악한 학생은 없었다.

## 3. 온실 효과를 초래한 원인에 대한 학생들의 오개념 유형

영점을 받은 학생들의 응답 내용을 기초로 학생들이 온실효과에 대하여 지니고 있는 오개념을 분류해보면 다음 Table 2와 같다.

Table 2. Students' misconceptions on causes of greenhouse effect

Causes of greenhouse effect	Number of students
(1) Ozone depletion would increase the greenhouse effect.	194
(2) Population growth contributes to the greenhouse effect.	74
(3) Environmental pollutions could result in the greenhouse effect and global warming.	42
(4) Amount of oxygen	14
Total	324

<sup>2)</sup> 일산화탄소(CO)는 지구복사인 적외선에 대한 강한 흡수원은 아니지만, 메탄의 생성주기에 영향을 미치거나 대류권내에 존재하는 오존 농도에 영향을 끼침으로써 간접적으로 온실효과에 영향을 주게 된다.

첫째, 오존층의 파괴(ozone hole)로 인해 지구의 온도가 상승한다고 생각하는 학생들이 전체 1724명의 학생들 중에서 194명(11%)이었다. 학생들의 구체적인 진술 내용을 살펴보면, “프레온 가스가 오존층을 파괴시켜 햇빛의 자외선(태양열)을 차단시키지 못하고 그냥 통과하기 때문에 지구의 기온이 상승한다”고 응답하였다. 이러한 오개념을 지닌 대부분의 학생들은 오존홀 때문에 너무 많은 태양빛(태양 복사)이 지구 대기로 들어오게 되므로, 결국은 오존층 파괴가 온실효과를 증가시키게 된다고 설명하였다. 이들 학생들은 오존층과 대기 중의 온실 기체의 역할을 혼동함으로써, 온실효과와 오존층 파괴가 서로 관련되어 있는 것으로 파악하고 있었다. 즉, 오존층 고갈이 온실효과를 증가시키거나 또는 증가한 온실효과로 인해 오존층의 구멍이 증가하게 된다고 생각하는 것으로 보인다(Khalid, 2001).

둘째, 인구증가로 인한 폐열이나 인공 구조물로 인하여 대기의 온도가 상승한다고 응답한 학생들이 1724명 중에서 74명이었다. 학생들의 구체적인 진술 내용을 살펴보면, “불빛, 난방, 포장도로 등 도시화로 인한 도시의 기온 상승, 도로 포장면적이 넓어짐에 따라 아스팔트에서 나오는 열기로 인한 평균 기온 상승, 열을 흡수할 땅(자연 상태의 흙 같은 것)을 아스팔트로 바꾸면 열이 흡수되지 못해 지표에 머물러 있게 되어 온도가 상승, 여러 기계(에어컨, 환풍기 등)에서 나오는 뜨거운 공기, 인구가 늘어날수록 사람들의 체온 때문에 온도 상승” 등으로 응답하였다.

셋째, 환경오염과 지구 온난화를 동일시하는 경우로서, 1724명 중에서 42명은 환경오염으로 인해 온실효과 및 지구온난화가 발생한다고 응답하였다. 대표적인 진술내용을 살펴보면, “많은 양의 쓰레기들(거리에 버려진 쓰레기나 강물위의 쓰레기)이나 여러 가지 환경오염 때문에 온실효과가 생긴다” 등이다. 이러한 오개념을 지닌 학생들의 경우 온실효과를 대기 오염의 한 측면으로 해석한다. 즉, 산림 남벌, 쓰레기의 과잉 생산, 화석 연료 사용과 산업 활동 등의 인간 활동에 의하여 대기 중에 배출된 다양한 가스들이 대기를 오염시키게 되고, 이러한 오염 물질들이 지표에서 방출되는 열을 흡수한다는 것이다(Koulaidis & Christidou, 1998). 이는 온실효과가 근본적으로 인간 활동의 결과라고 보는 관점이다. 따라서 이러한 관점을 지닌 학생들은 오염이 모든 환경문제의 주범이라고 생각하므로, 인간들이 대기를 더 많이 오염시킬수록 온실 효과는 더욱 증가하게 된다고 설명한다(Boyes &

Stanisstreet, 1997; Khalid, 2003).

넷째, 지구 온난화에 기여하는 온실기체를 잘못 파악하고 있는 경우로서, 1724명 중에서 14명은 산소를 온실기체로 잘못 파악하고 있었다. 이들 학생들은 “이산화탄소를 제외한 다른 기체 성분, 예를 들면 산소의 배출량 변화에 따른 지구 온도변화”를 지적하고 있었다.

이밖에 영점을 받은 학생들의 응답 유형들을 살펴보면, 이산화탄소 배출량 증가 이외의 다른 원인을 찾으려는 질문에 대하여 이산화탄소량의 변화와 관련된 요인들(산림 남벌, 화석연료 사용 등)을 지적하거나, 모호하거나 관련성이 적은 응답(날씨 변화, 식물들의 상태, 빙하의 감소 등)을 한 경우이다.

#### IV. 결론 및 제언

이상의 연구결과로부터 학생들이 온실효과에 대하여 다양한 대안적인 개념을 지니고 있음을 알 수 있다. 온실효과나 오존층 고갈과 같은 개념이 추상적이어서 많은 학생들이 오개념을 지니게 된다고 한다(Khalid, 2001). 온실효과의 본성과 역할에 대하여 학교 수업이나 대중매체로부터 불완전한 정보를 접한 학생들은 이러한 추상적인 개념을 설명하기 위하여 그들 나름대로의 개념 모델을 만들어내게 된다. 예를 들면, 학생들은 온실 가스가 열을 흡수하는 역할을 한다는 것과, 오존층 고갈로 인해 더 많은 자외선이 지구 대기에 들어오게 된다는 것을 안다. 이러한 현상들을 설명하기 위하여, 대부분의 학생들은 오존층 고갈로 인해 많은 자외선이 지구 대기로 들어오게 되고, 지구대기로 들어온 이들 광선은 온실 가스들에 의해 흡수된다는 그릇된 개념 모델을 만들어내게 된다. 그 결과 학생들은 오존층 고갈이 지구의 온도를 상승시키게 되고, 온실효과를 높이게 될 것이라는 결론을 내리게 된다(Khalid, 2001).

따라서 교사는 온실효과를 가르치기 전에 이러한 학생들의 대안적 개념들을 미리 파악하여 수업에 적극적으로 활용해야 할 것이다. 특히 지구 복사와 태양 복사 사이의 개념 구분, 오존층의 역할과 대기중의 오존 가스의 역할의 구분, 자외선과 다른 형태의 태양 복사의 구분 등에 주의해야 할 것이다(Koulaidis & Christidou, 1998).

과학과 교수학습에 얻을 수 있는 시사점은 다음과 같다.

첫째, 온실효과, 오존층 고갈, 산성비 등 환경문제와 관

려된 다양한 이슈들을 다양한 과학수업 상황에서 논의할 기회를 제공해야 할 것이다. 일부 고등학교 학생들은 생물 시간에 배운 삼투압과 화학 시간에 배운 삼투압을 전혀 다른 개념으로 인식하는 경우도 있다. 즉, 과학 교사들이 자신의 전공 영역에 국한하여 지식 전달 위주의 단편적 수업을 진행하는 까닭에 학생들은 선택형 질문에서는 정답을 고르지만, 선택한 답에 대한 이유를 설명하는 과정에서는 부정확한 오개념을 드러낸다고 한다(Khalid, 2003). 따라서 똑같은 현상이나 주제에 대하여 다양한 맥락에서 과학 교과간 또는 과학 개념들 사이의 연계성을 파악할 수 있도록 지도해야 할 것이다. 특히 온실효과와 오존층 파괴 등과 관련하여 학생들이 흔히 지니고 있는 오개념이나 그릇된 인과관계를 미리 파악하여 이를 염두에 두고 지도해야 할 것이다. 온실효과와 오존층 파괴를 명시적으로 비교하면서 두 가지 효과를 구분하는 데 초점을 맞추어 수업을 진행하면 학생들의 이해 수준을 높일 수 있다고 한다(Fisher, 1998).

둘째, 범교과적인 과학적 개념을 지도해야 한다. 온실효과를 제대로 이해하려면 복사, 파장, 에너지 보존, 정상 상태 등 상당히 많은 과학적 개념을 필요로 한다. 또한 지나친 온실효과를 줄일 수 있는 방법을 질문하면 대부분의 학생들은 이산화탄소 방출량을 줄이면 된다고 쉽게 대답한다. 이는 부분적으로는 온실효과의 결과에 대하여 학생들이 완전하게 이해하지 못했음을 드러내는 것이다. 이산화탄소 방출량을 급격하게 줄인다는 것이 경제, 산업활동, 사회 조직 및 환경 등 상호의존적으로 복잡하게 연결되어 있는 세상을 제대로 인식하지 못한 결과일 것이다 (Andersson & Wallin, 2000). 따라서 온실효과나 오존층 고갈과 같은 우리 생활과 직결된 과학적 개념을 지도할 때는 교과목 위주의 접근법보다는 주제 중심의 접근법을 통하여 과학, 기술, 사회의 전체 맥락 속에서 해당 개념을 지도해야 할 것이다(Andersson & Wallin, 2000). 즉, 복잡한 과정들을 포함하고 있는 온실효과와 같은 과학적 현상을 제대로 이해하고 설명하려면 범교과적인 접근이 요구된다(Koulaidis, & Christidou, 1998).

마지막으로 교사 교육이 중요하다. 학생들이 지니고 있는 일부 오개념은 그들을 가르친 교사에게서 비롯된다고 한다(Groves & Pugh, 1999; Khalid, 2001). 즉, 초·중등 학생들을 가르쳐야 할 교사들이 온실효과에 대하여 부정확하게 이해하고 있거나 오개념을 지니고 있다면, 그들의 수업을 통하여 학생들은 오개념을 얻게 될 가능성이 높

다. 아울러 과학적 내용 전문성이 부족한 교사들은 주어진 과학적 개념을 실생활 맥락과 연관시키지 못하고 지나치게 교과서에 의존한 교수학습을 전개하게 된다고 한다(Khalid, 2001). 따라서 교사 교육 프로그램에서 (예비) 교사들이 지니고 있는 오개념을 직면하게 하고, (예비)교사들의 과학적 내용 전문성을 향상시킴으로써 초·중등 교실의 수업을 개선할 수 있을 것이다.

## 국 문 요 약

본 연구에서는 PISA 검사결과를 토대로 온실효과에 대하여 우리나라의 만 15세 학생들이 지니고 있는 전형적인 학생개념의 유형을 분석하였다. 온실효과에 대한 기존 선행연구에서 밝혀진 학생들의 대안적인 개념에 비추어 볼 때, 현재 우리나라의 만15세 학생들의 온실효과에 대한 이해 수준을 온실효과의 자연적 요인과 인위적 요인으로 나누어 분석하고, 온실 효과를 초래한 원인에 대한 학생들의 오개념 유형을 살펴보고 있다. 이산화탄소 이외에 지구의 온도 상승에 기여하는 요인들 우리나라 학생들은 프레온 가스, 메연, 수증기, 메탄 등을 지적하였다. 또한 많은 학생들이 온실효과와 오존층 파괴가 인과관계를 지니고 있는 것으로 파악하고 있음을 알 수 있었다. 과학과 교수 학습에 얻을 수 있는 시사점을 도출하였다.

## 참 고 문 헌

- 국동식(2003). 온실효과 개념에 대한 오개념 원인으로서의 10학년 과학 교과서 분석. 한국과학교육학회지, 23(5), 592-598.
- 계귀연, 안희수(1999). 온실효과에 대한 학생들의 개념분석. 한국과학교육학회지, 19(4), 585-594.
- 한재영, 정영선, 노태희(2000). 산성비, 오존층, 온실효과에 대한 고등학생들의 개념. 한국과학교육학회지, 20(3), 364-370.
- Andersson, B., & Wallin A.(2000). Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO2 emissions and the problem of ozone layer depletion. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1096-1111.
- Boyes, E. & Stanisstreet, M.(1997). Children's models

- of understanding of two major global environmental issues(ozone layer and greenhouse effect). *Research in Science & Technological Education*, 15(1), 19-28.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P.(1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Duit, R.(1995). The constructivist view: A fashionable and fruitful paradigm for science education research and practice, In L. Steffe and J. Gale (Eds.), *Constructivism in education*, Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ, 271-286.
- EPA(2002). *Greenhouse gases and global warming potential values: Excerpt from the inventory of US greenhouse emissions and sinks: 1990-2000*. US Environmental Protection Agency.
- Fisher, B. W.(1998). There's a hole in my greenhouse effect. *School Science Review*, 79(288), 93-99.
- Groves, F. H., & Pugh, A. F.(1999). Elementary preservice teacher perceptions of the greenhouse effect. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 75-81.
- Jeffries, H., Stanisstreet, M., & Boyes, E.(2001). Knowledge aboutthe greenhouse effect: have college students improved? *Research in Science & Technological Education*, 19(2), 205-221.
- Khalid, T.(2001). Preservice teachers' misconceptions regarding three environmental issues. *Canadian Journal of Environmental Education*, 6, Spring, 102-120.
- Khalid, T.(2003). Preservice high school teachers' perceptions of three environmental phenomena. *Environmental Education Research*, 9(1), 35-50.
- Koulaidis, V., & Christidou, V.(1998). Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science Education*, 83, 559-576.
- Miller, R.(1989). Introduction: Science education and science studies. In R. Miller (Ed.), *Doing science: Images of science in science education*. The Falmer Press: Philadelphia, 1-9.
- OECD(2003a). *The PISA 2003 Assessment Frameworks: Mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills*. OECD, Paris: France.
- OECD(2003b). *Preliminary Report of main study cognitive Data Analysis*. OECD, Paris, France.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P.W., & Gertzog, W. A.(1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.