

온실효과 개념에 대한 오개념 원인으로서의 10학년 과학 교과서 분석

국 동 식

(충북대학교 과학교육연구소)

An Analysis of 10th Grade Science Textbook as an Origin of Misconception on Greenhouse Effect Concept

Kook , Dong-Sik

(Chungbuk National University, Institute of Science Education)

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the tenth grade science textbooks as an origin of misconception on greenhouse effect concept and find incorrect descriptions on that concept and then suggest some improved schemes. Some incorrect descriptions, pictures, tables and experiments related to misconceptions on greenhouse effect were found in textbooks. They are considered to contribute to form and reinforce misconceptions on that concept : the most important gas of greenhouse effect, the role of CO₂ on the change of greenhouse effect, global warming, energy sources, greenhouse experiments and the physical processes of greenhouse effect. So some improved schemes were suggested

Key words: greenhouse effect, incorrect description, improved scheme

I. 연구의 목적과 필요성

제 6차 교육과정에서 도입된 고등학교 공통과학 과목이 제 7차 교육과정에서는 국민 기본공통 과정으로, 고등학교에 과학이라는 과목 명으로 제시되어 이를 모든 고등학교 학생들이 필수과목으로 이수하도록 하고 있다. 6차 교육과정에서 공통과학은 통합과학을 지향하여 편찬됨에 따라 온실효과 개념은 환경 내용 단원에서 학습하도록 제시하고 있다. 현재 시행되고 있는 7차 교육과정에서도 6차와 같은 맥락으로 온실효과 개념이 환경단원에 제시되어 있으며, 7차 교육과정에서 강조하고 있는 수준별 학습과정의 제시, STS적 소재의 사용, 그리고 시각적 효과를 고려한 도표의 칼라화 등이 6차 교육과정의 교과서와 달라진 점이다.

학교교육에서 교과서는 교사와 학습자 모두에게 가장 중요한 학습자료이다. 그러므로 교과서의 개념진술은 명확하여야 하고 제시되는 그림이나 도표는 최신의 자료를 이용하여 학생들에게 과학개념을 가장 효과적으로 이해시킬 수 있도록 학생들의 지적수준에 맞게 표현되고 시각적으로 구성되어야 한다. 부정확한 교과서의 내용설명이나 그림과 도표는 효과적 개념학습지도에 장애가 될 뿐만 아니라 학생들에게 오개념을 갖게 하는 원인이 된다는 것이 여러 과학교육학자들의 연구 결과가 보여주고 있다(최승일, 조희형, 1987; 국동식, 1991). 또 학생들이 가지고 있는 기존개념은 새로운 지식의 학습에 절대적 영향을 주므로 교육과정을 개발할 때는 학생들의 이들 개념이해 유형에 대한 충분한 조사연구가 필요하다(Munson, 1994). 이들 오개념을 과학적 개념으로 바꾸어주기 위해서는 학교

교육에서 사용되는 교과서의 개념진술이 대단히 중요하다. 따라서 교과서의 개념 진술이나 그림 도표의 분석을 통하여 문제점을 제시하고 그 대안을 찾는 연구가 필요하다. 그런데 현행 10학년 과학교과서는 6차의 공통과학 교과서에 비하여 더 많은 그림과 도표가 칼라화하여 제시되어 있기 때문에 내용 설명과 그림, 도표는 과학개념이해에 효과적으로 진술되고 과학적으로 제시되어야 할 필요가 있다.

대기환경 오염문제는 수백 년 전 산업혁명 시대부터 오늘날 과학기술 정보시대에 이르기까지 주요한 사회문제로 제기되면서 학교의 학생뿐만 아니라 일반사회인들도 많이 보고 듣고 있다. 그래서 지구온난화의 과정인 온실효과 개념은 학교에서는 지구과학뿐만 아니라 생물, 지리 특히 환경과목에서 중요하게 학습되고 있다. 그러나 온실효과 개념의 이해는 잘못되거나 부족한 점이 있으며(국동식, 2002) 이 연구는 개념의 중요성을 고려하여 온실개념을 그 대상으로 선택하였다.

따라서 이 연구는 온실효과 개념에 대한 그 동안의 연구결과에서 얻어진 오개념들을 조사하고 이들 오개념의 원인으로서의 교과서의 내용을 분석함으로써 그 개선안을 모색하는데 그 목적이 있으며 다음의 문제를 해결하고자 한다.

- 1) 제 7차 교육과정의 10학년 과학교과서에 제시된 온실효과와 관련된 부분의 내용설명, 그림, 도표 그리고 실험을 지금까지 알려진 온실효과에 대한 오개념과 관련하여 분석하고
- 2) 10학년 과학수준에서 온실효과를 바르게 지도하는데 기여할 수 있는 개선방안을 모색한다.

II. 선행연구 및 연구방법

현대 과학교육철학의 구성주의적 학습에서 학생의 선개념의 중요성이 강조되고 있으며(Driver *et al.*, 1985; 국동식, 1991) 과학학습에 절대적인 영향을 미치는 선개념의 영향에 관한 연구도 교과서의 개념진술이나 그림, 도표 등이 오개념을 유발하고 강화할 가능성이 높다고 오개념의 근원으로서의 교과서를 지적하고 있다(최승일, 조희형, 1987).

온실효과 개념과 관련하여 재귀연과 안희수(1999)는 온실효과에 대한 학생들의 개념을 분석하여 초등학교 학생들이 가지고 있는 여러 가지 대체개념을 지적하고 있고,

한재영 등(2000)은 산성비, 오존층, 온실효과에 대하여 고등학생들이 가지고 있는 개념조사에서 온실효과에 대한 오개념들이 지적하고 있다.

이들은 온실효과를 지구의 장파복사 에너지가 대기에 갇혀 지구의 온도가 일정하게 유지되는 현상이라고 정의하고 있다. 이러한 정의는 대기에 의한 단파복사 흡수와 잠열이나 현열 형태의 에너지 흡수를 고려되지 않은 점이 개념진술에 부족하다 하겠다. 이들의 연구 결과는 고등학생들이 가지고 있는 온실효과에 대한 오개념으로 1)온실효과는 단순히 기온이 상승하는 현상이라는 생각 2)지구 온난화와 온실효과를 동일시하는 이해 3)온실효과의 증가를 억제하기 위해서는 환경오염을 막거나 오존층 파괴를 막아야한다는 생각 즉 오존층 파괴를 막으면 온실효과를 감소시킬 수 있다는 생각 4)산성비가 많이 내리면 온실효과가 증가한다는 생각 등을 지적하고 있다. 특히 지구온난화와 온실효과를 동일시하는 생각은 외국의 대학생과 초등 교사들에게도 흔히 나타나는 오개념 들이다(Balentyne *et al.*, 1998; Khalid, 1999). 이들은 환경교육과 관련한 연구로서 개념 교육적 측면의 연구이고 교과서 내용이나 그림, 도표의 분석을 통한 오개념 관련 연구는 6차 교육과정의 공통과학 교과서를 분석한 국동식(2002)의 연구가 하나 있을 뿐이다.

따라서 이 연구는 2002학년도부터 시행되고 있는 7차 교육과정의 10학년 과학 교과서 7종의 내용 중 온실효과와 관련된 부분의 본문설명에서 온실효과의 정의나 내용 설명, 실험방법이나 탐구과정, 그리고 제시된 그림이나 도표, 또 지구 온난화와 관련하여 제시되어 있는 그림과 도표를 과학적 개념 이해측면에서 분석하여 부적절한 설명이나 부족한 점을 지적하고 오개념 유발의 가능성 측면을 고려하여 과학적 근거를 제시하면서 그 개선 안을 모색하였다.

III. 연구 결과

10학년 과학 교과서의 환경 분야의 온실효과에 대한 내용을 온실효과의 정의, 온실효과를 일으키는 기체, 온실효과의 과정으로 나누어 분석하였다.

1. 온실효과의 정의와 관련한 내용

현행 10학년 과학교과서에서 온실효과의 정의와 관련

한 내용을 분석한 것이 Table 1이다. 지구대기가 온실효
과를 일으키는 에너지를 지구에서 나가는 지구복사(적외
선, 장파)만을 흡수한 것으로 D를 제외한 6종의 교과서가

설명하고 있다. 그러면서 그림에서는 태양복사는 대기에
전혀 흡수되지 않고 투과되어 지표에서 방출하는 지구복
사를 지구대기가 일부분을 흡수하여 방출하는 것으로 제

Table 1. The result of textbook analysis on the subtitles and definition of greenhouse effect

Text	Pages	Title	Definition	Special description
A	8	<ul style="list-style-type: none"> · causes of global warming · strategies and environmental changes by global warming 	the phenomena warming the earth atmosphere by absorbing infrared radiation	infrared radiation, terrestrial radiation only
B	5	<ul style="list-style-type: none"> · why does greenhouse effect arouse? · to reduce green house effect 	the phenomena warming the earth atmosphere by increasing the amount of CO ₂ absorbing terrestrial radiation	terrestrial radiation only. global warming by increasing the amount of CO ₂
C	8	<ul style="list-style-type: none"> · what is the greenhouse effect? · which gases arouse greenhouse effect? · which phenomena arouse greenhouse effect? 	the effect like the warming greenhouse in winter?	the same as greenhouse. not definition. the effect by the atmosphere
D	8	<ul style="list-style-type: none"> · reason of warmer earth than moon · if making greenhouse on the moon · concentration of greenhouse gases in the atmosphere. 	the warming role of atmosphere by absorbing terrestrial radiation but being transparent solar radiation	terrestrial radiation only. warming effect.
E	4	<ul style="list-style-type: none"> · definition of green house effect · change of global mean temperature and rising of sea level · gases increasing greenhouse effect 	phenomena of warming earth surface by reradiated infrared radiation absorbed by H ₂ O, CO ₂	infrared radiation, H ₂ O, CO ₂
F	15	<ul style="list-style-type: none"> · what is greenhouse effect? · how does green house effect arouse? · why is the earth warming? 	role of earth atmosphere warming the surface by absorbing long wave radiation(infrared radiation)	terrestrial radiation only. long wave radiation(infrared radiation)
G	9	<ul style="list-style-type: none"> · greenhouse effect · global warming 	the phenomena warming the earth atmosphere by trapping radiation outgoing from the surface	terrestrial radiation only.

시하고 있다. 그러나 실제 지구대기는 단파복사인 100단위의 태양복사 중 약 20단위의 에너지를 흡수하고 있고 또 복사과정이 아닌 장파의 현열과 잠열형태로 각각 10단위, 20단위의 에너지를 흡수하기 때문에 지구대기가 온실효과를 일으키는 에너지는 이들 에너지 50단위와 지구복사의 장파에너지가 합쳐진 에너지라는 것으로 설명되어야 한다. 이들 50단위는 장파복사로 흡수되는 지구복사 에너지량 108단위에 비교할 때 적은 양이 아니기 때문이다.

내용의 분량에서 대부분이 8쪽 정도를 할애하고 있는데 F는 15쪽이나 되는 점이 특이하고 제목에서 알 수 있는 것은 지구의 온난화와 그로 인한 해수면 상승을 강조하고 있다. 이러한 교과서의 내용분포는 온실효과를 지구온난화와 같은 개념으로 이해할 수 있는 원인을 제공할 가능성이 있다. 그러나 지구온난화는 온실효과가 증가할 때 나타나는 현상일 뿐이며 지구의 온실효과는 증가할 수도 감소할 수도 있기 때문이다.

2. 온실효과를 일으키는 기체(온실기체)와 관련한 내용

온실효과를 일으키는 기체의 종류에 대한 교과서의 내용들을 분석한 결과가 Table 2이다. 7종의 모든 교과서가 온실효과를 일으키는 기체로 이산화탄소와 메탄가스를 그리고 G를 제외한 6종에서 프레온가스를 주요 온실기체로 제시하고 있다. 수증기를 온실기체로 제시한 교과서는 3

종(A,F,G)이 있으나 수증기보다 이산화탄소가 온실효과에서 더 주요한 역할을 하는 것으로 제시되어 있다. 그리고 온실기체의 기여도라는 제목으로 표나 그래프에 제시된 기체들을 들고 있는데 여기서도 이산화탄소가 온실효과에 가장 큰 기여를 것처럼 제시되어 있다.

이러한 교과서의 내용은 지구대기의 온실효과에서 이산화탄소가 주 역할을 한다는 오개념 즉 “온실효과를 일으키는 주된 대기성분은 이산화탄소다”라고 생각하는 오개념 발생의 원인을 제공하고 있다 것을 지적하고 싶다. 모든 교과서가 온실효과의 기체들을 예시할 때 이산화탄소를 맨 먼저 제시하고 있으며 일부 몇 개의 교과서만이 수증기를 제시하고 있고 또 온실기체의 기여도에서도 이산화탄소가 주 역할을 하는 것으로 제시되어 있기 때문이다. 그러나 실제 지구대기의 온실효과에서 대기 성분 중 수증기가 주 역할을 하고 있으며 이산화탄소나 프레온가스는 온실효과의 변화를 일으키는데 주 역할을 하고 있다. 수증기에 의한 태양복사나 지구복사의 흡수 파장역이 이산화탄소보다 훨씬 광범위하다는 것으로 이를 알 수 있으나 간간 어느 교과서나 대학의 교재에서도 대기 성분의 온실효과 역할 정도를 정량적으로 제시하지 않았기 때문이다. 연구에 의하면 지구대기가 온실효과에 의해 상승되는 온도는 약 33.2K인데 이 중에서 H₂O 20.6K, CO₂ 7.2K, N₂O 1.4K, CH₄ 0.8K, O₃ 2.4K, NH₃ + CFC + NO₂ + CCl₄ + O₂ + N₂ 0.8K 라는 것이 알려져 있다(Kondratyev & Moskalenko, 1984).

Table 2. The result of textbook analysis on the gases of greenhouse effect

Text	Greenhouse gases	Special description
A	CO ₂ , CH ₄ , CFC, O ₃ , H ₂ O, N ₂ O	CO ₂ is more important. O ₃ added
B	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CFC	excepted H ₂ O, CO ₂ is more important.
C	CO ₂ , CH ₄ , CFC, N ₂ O, etc.	CFC is more important, excepted H ₂ O, CO ₂ is more important
D	CO ₂ , CFC, CH ₄	excepted H ₂ O, CO ₂ is more important
E	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CFC	excepted H ₂ O, CO ₂ is more important
F	CO ₂ , CH ₄ , CFC, O ₃ , H ₂ O,	CO ₂ is more important
G	CO ₂ , H ₂ O, CH ₄	CO ₂ is more important than H ₂ O

3. 온실효과의 과정과 관련한 내용

온실효과가 일어나는 과정에 대한 교과서의 내용과 표 및 그림을 분석한 것이 Table 3이다. 3종(A,E,F)의 교과서는 지표에서 방출하는 적외선(장파)을 대기가 흡수하여 지표로 방출하는 것으로 온실효과 과정을 설명하고 있으며 4종(C,D,F,G)은 온실의 보온과정과 대기의 온실효과를 동일하게 제시하고 있다. 특히 D는 달에서 온실효과가 이루어지는 과정을 통하여 온실효과 과정을 설명하고 있다.

앞의 Table 1의 결과에 대한 설명에 약간 지적하였지만 온실효과를 일으키는 에너지가 지구복사만이 아니므로 태양복사 과정과 지구복사과정을 같이 나타내어 그 에너지의 흡수와 복사과정이 포함되어 제시하여야 한다. 교과서 D에 제시된 달에서의 온실효과 내용은 마치 달에 온실효과가 있는 것으로 오인할 수 있는 오개념의 원인을 제공하고 있다.

교과서에 제시되는 그림과 도표는 학생들이 개념이해를 효과적으로 할 수 있도록 조직되어야 한다. 그러기 위해서는 그림은 정성적 의미뿐만 아니라 정량적 의미도 포함시켜 나타내고 과학적 현상이 일어나는 과정도 함께 포함되어 나타내어야 한다. 그림에 제시되는 각 종 수치는 가장 최신 자료를 시각적 효과까지도 고려하여 크기와 위치

및 모양까지 효과적으로 제시되어야 한다. 그러나 위에 제시된 7종의 교과서는 그림에 정성적, 정량적 의미가 모두 포함되어 있지 않아 학생들이 온실효과 개념의 구체적 이해에 부족함 점이 있다. 온실효과 과정의 화살표는 흡수, 반사, 투과과정을 나타내어야하고 화살표의 크기나 굵기를 이용하여 정량적 개념을 포함시켜야 한다.

또 지구대기의 온실효과 과정을 나타낸 그림의 에너지 수치를 나타내는 그림이 2종(D,F)의 교과서에 제시되어 있으나 에너지의 단위를 사용하지 않고 있다. 그러나 이들 에너지 단위는 몇 단위와 같이 단위라는 용어를 사용하는 것이 에너지의 정량적 개념이나 정성적 개념 이해에 좋다고 생각한다. 왜냐하면 그림에서 제시되는 100단위는 지구에서 관측되는 태양상수의 1/4 인 크기인 342 W/m^2 이기 때문에 이 값을 이용하면 각 과정에서의 에너지량을 절대량으로 대략 계산할 수 있기 때문이다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 7차 교육과정의 10학년에서 사용하는 과학 교과서의 내용 중 온실효과 개념에 대한 개념정의, 그림, 도표 그리고 실험들을 오개념 원인의 관점에서 분석하여 부적절한 설명이나 그림, 도표를 지적하고 그 개선 방안

Table 3. The result of textbook analysis on the process of greenhouse effect

Text	The process of green house effect	Special description
A	outgoing absorbed infrared radiation radiated from earth surface	absorbing terrestrial radiation only. not quantitative expression on solar radiation
B	not	not description and figure on process of greenhouse effect
C	not	as the same process as greenhouse
D	greenhouse effect on the moon	as the same process as greenhouse like the moon being greenhouse effect. radiative equilibrium
E	outgoing absorbed infrared radiation radiated from earth surface	absorbing terrestrial radiation only. not quantitative expression on solar radiation
F	outgoing absorbed long wave radiated from earth surface. warming process in greenhouse and car	the same process as greenhouse and car. absorbing long wave radiation only. not quantitative expression on solar radiation. radiative equilibrium.
G	warming process in greenhouse	the same process as greenhouse. absorbing terrestrial radiation only. not quantitative expression on solar radiation.

을 모색하였다. 그 결론은 다음과 같다.

첫째, 온실효과 개념의 정의가 구체적이지 못하여 오개념을 유발할 내용들이 다수 발견되었다. 온실효과를 일으키는 에너지원에 대한 설명에서 지구복사만이 온실효과의 에너지로 설명되어 있다. 그러나 온실효과의 에너지는 지구복사에너지 뿐만 아니라 태양복사와 복사과정이 아닌 현열, 잠열 형태로 대기에 흡수되는 에너지까지 포함시켜 설명되어야 한다. 또 지구의 평균기온을 상승시키는 것 즉 지구온난화가 온실효과인 것처럼 오인할 수 있는 내용들이 있다. 그러나 온실효과의 변화에 따라 지구기온은 올라가거나 내려갈 수 있다. 따라서 온실효과는 대기에 의한 효과라는 것을 명확히 할 필요가 있다.

둘째 온실효과를 일으키는 기체의 종류에 대한 교과서의 내용들을 분석한 결과 대부분의 교과서가 온실효과를 일으키는 기체로 이산화탄소와 메탄가스, 프레온가스를 주요 온실기체로 제시하고 있으며, 모든 교과서가 온실효과의 기체들을 예시할 때 이산화탄소를 맨 먼저 제시하고 있다. 이로 인해 “온실효과를 일으키는 대기성분 중 이산화탄소가 주 역할을 한다”라고 생각하는 오개념 발생의 원인을 제공하고 있다, 그리고 교과서에 제시된 표나 그래프에도 이산화탄소가 온실효과에 가장 큰 기여를 하는 것처럼 제시되어 있다. 그러나 실제 지구대기의 온실효과에서 대기 성분 중 수증기가 주 역할을 하고 있으며 이산화탄소나 프레온가스는 온실효과의 변화를 일으키는데 주 역할을 하고 있다. 연구에 의하면 수증기가 약 62%의 역할을 하고 있다.

셋째, 온실효과를 일으키는 과정에 대한 설명이나 그림에서 정성적, 정량적 개념이 포함되어 나타나 있지 않다. 온실효과를 일으키는 에너지들의 흡수, 반사, 복사 과정이나 복사평형 과정에서 개념을 정성적, 정량적으로 이해할 수 있도록 그림이나 표, 내용 그리고 단위가 제시되어야 한다. 또 온실의 보온과정과 대기의 온실효과를 동일한 개념으로 설명하고 있다. 온실은 유리에 의해 장파복사가 반사되어 온실 안에 축적되어 보온되나 대기의 온실효과는 장파복사를 지구대기가 흡수하여 다시 지표로 복사함으로써 보온되므로 그 물리적 과정이 다르다.

넷째 온실효과 실험이 교체되어야 한다. 제시된 온실효과 실험들은 온실의 유리와 지구대기의 역할을 같게 생각하고 있다. 그러나 온실의 유리는 지구복사를 반사하나 온실효과에서 대기는 지구복사를 흡수하여 다시 복사하므로 물리적 과정이 다르다.

다섯째, 달나라에서의 온실효과로 제시된 실험은 삭제되어야 한다. 달에도 온실효과가 있다는 오개념을 유발시킬 수도 있기 때문이다. 달에는 대기가 없기 때문에 지구 대기와 같은 온실효과가 없고 이로 인해 밤과 낮의 표면 온도차가 매우 크다.

이 연구는 학교에서 10학년 과학과목을 가르치고 있는 교사들이 흔히 가지기 쉬운 온실효과에 대한 부적절한 이해들로 인하여 온실효과에 대한 오개념 유발 가능성을 고려하여 학생들에게 효과적인 개념지도가 이루어질 수 있도록 하기 위해서 교과서를 분석하고 그 개선방안을 제시하였다. 이 연구의 대상 개념인 온실효과는 본 연구자가 교사연수를 통해서 교사들의 이해가 부족하다고 판단된 개념이고 통합 과학적 개념으로서 환경교육의 중요성을 고려하여 선정하였다. 따라서 이 연구의 결과는 8차 교육과정 개발에 따른 교과서 집필 때 필요한 자료로 이용될 수 있다고 생각하며 고등학교 교사가 온실효과 개념을 학습지도할 때 실제 이용할 수 있도록 구체적 수치나 물리적 과정을 제시하였으므로 학습지도에 효과적으로 이용될 수 있으리라 생각한다.

앞의 연구 결과에서 알 수 있듯이 온실의 보온효과와 대기의 온실효과는 물리적 과정이 다르고 온실은 폐쇄된 공간에서의 보온과정이나 지구대기의 온실효과는 개방된 공간에서 복사에 의한 보온과정이므로 온실효과는 대기효과로 교체하여 사용할 것을 제안한다. 온실효과라는 용어 대신 대기효과라는 용어가 지구에 대기가 있기 때문에 일어나는 효과라는 것을 물리적으로 이해하는데 더 효과적이기 때문이다.

국 문 요 약

이 연구는 제 7차 교육과정의 10학년 과학 교과서의 내용 중 온실효과 개념에 대한 본문진술과 제시된 그림, 도표 및 실험들을 오개념과 관련하여 분석하고 문제점을 지적하여 그 개선방안을 모색하였다. 그 결과 학습자에게 온실효과에 대한 오개념을 유발하거나 재 강화 할 가능성이 있는 개념설명, 그림, 도표 및 실험들이 발견되었다. 이들은 온실효과의 주 역할 기체, 온실효과의 변화에서 이산화탄소의 역할, 지구온난화, 그리고 온실효과의 에너지원, 실험, 물리적 과정과 관련된 것들이다. 이들 개념설명이나 그림, 도표 그리고 실험을 대체할 개선방안들을 제시하였다.

참 고 문 헌

- 국동식(1991). 대기압, 조석, 계절변화에 대한 학생의 개념과 학년간 이해의 차이. 서울대학교 박사학위 논문. pp 173.
- 국동식(2002). 온실효과에 대한 고등학교교과서 분석. 한국지구과학회지, 20(6), 455-460.
- 김찬중, 서만석, 김희백, 심재호, 현종오, 한인옥, 권성기, 박성식(2001). 고등학교과학. (주)도서출판디딤돌.
- 성민용, 김봉곤, 조성동, 강대훈, 강충호, 구자욱, 노일환, 이용철, 임태훈, 최범선, 한은택(2001). 고등학교과학. (주)문원각.
- 우규환, 이춘우, 오두환, 김영유, 경제복, 이정훈, 박태운, 이영직, 백수관, 김병인, 김봉래, 이기영(2001). 고등학교과학. (주)중앙교육진흥연구소.
- 이규석, 조희형, 박봉상, 박문수, 심국석, 심중섭, 최진복, 장정찬, 이창진, 이용준(2001). 고등학교과학. 대한교과서(주).
- 이문원, 전성용, 최병수, 권석민, 노태희, 허성일, 김출배, 강석진, 박희송, 김경호, 김규상, 채광표, 김진만, 정대영(2001). 고등학교 과학. (주)금성출판사.
- 이연우, 강석본, 김인석, 김성진, 이진우, 안종제, 배미정, 전화영(2001). 고등학교 과학. 서울교육정보.
- 정완호, 권재술, 김범기, 김대수, 최병순, 신영준, 이길재, 정진우(2001). 고등학교 과학. 교학사.
- 제귀연, 안희수(1999). 온실효과에 대한 학생들의 개념분석. 한국과학교육학회지, 19(4), 585-594.
- 최승일, 조희형(1987). 고등학교 생물 1의 세포분열, 생식수정개념에 대한 오인 분석. 한국과학교육학회지, 7(1), 19-31.
- 한재영, 정영선, 노태희(2000). 산성비, 오존층, 온실효과에 대한 고등학생들의 개념. 한국과학교육학회지, 20(3), 364-370.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A.(1985). Some features of childrens' ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne, and A. Tiberghien(Eds), *Children's ideas in science*, Milton Keynes : Open University Press.
- K. Ya Kondratyev & N. I. Moskalenko(1984). The role of carbon dioxide and other minor gaseous components and aerosols in the radiation budget. *The Global Climate*, Cambridge University Press, 225-233.
- Munson B. H.(1994). Ecological misconceptions. *Journal of Environmental Education*, 25(4), 30-34.
- Balentyne, R., Witney, E., & Tulip, D.(1998). Developing students' environmental knowledge through interactive worksheets. *Environmental Education and Information*, 17(1), 1-16.
- 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 if Science Teaching, Boston.