

고등학교 과학과의 환경 탐구활동 개발

홍정림

(경동고등학교)

Development of Environmental Inquiry Activities in Science Subject of High School

Jung-Lim Hong

(*Kyungdong High School*)

Abstract

The purpose of this study is to develop environmental inquiry activities for teaching the 10th grade students in science classes of high school. The activities are developed to perform goals of environmental education for sustainable development. In order to this, activities are sequently organized in order of context of laboratory, field, and problem solving in respect of one learning topic.

The object of inquiry activities in laboratory context is understanding concepts related environment and environmental pollution. The inquiry activities in field context have an object of attaining good awareness and attitude toward environment. Throughout the activities in problem solving context students are expected to have a mind of participating in environmental issues. The activities are designed to learn and use integrated science knowledge in many domains. Some activities are intended to utilize MBL(Microcomputer-based Laboratory). The ICT materials, lesson plans, instructional sheets for teaching and student' sheets for inquiry were produced to guide these activities.

It is expected that this effort will contribute to cultivate environmental literate persons who have not only scientific understanding but also practical will of environmental issues.

Key words : environmental inquiry activities, science subject, sustainable development

I. 서론

우리나라에서 학교 환경교육은 전통적으로 어느 특정 교과에 국한하지 않고 여러 교과에 분산되어 수록되어 실시되는 경향이 강했다. 즉 기존의 교과목들 안에서 환경 주제들을 다루는 분산적 접근에 따른 환경교육 과정을 운영해왔다(최석진 등, 2002). 교과별로는 사회과와 과학과를 중심으로 이루어졌으며, 도덕, 실업, 국어 등 여러 과목에서 환경 관련 학습 주제를 다루는 접근 방식을 취해왔다. 그러나 최근의 6차 교육과정과, 7차 교육과정에 이르러서는 초등학교의 재량시간에 환경교육을 따로 지도하게 하였으며, 중학교와 고등학교에서는 환경 교과가 독립적으로 구성되어 선택 과목으로 지도할 수 있도록 하였다. 독립 교과로서의 환경과와 기존의 교과에서 관련된 환경교육을 실시하는 분산식 접근이 함께 이루어지고 있는 절충형 체제를 취하고 있는 것이다(박태윤 등, 2001).

환경부의 환경백서(2004)에 따르면 2003년 7월말 현재 중학교의 15.2%, 고등학교의 33.2% 정도가 독립교과로서 환경교과를 선택하고 있어 과거보다는 많이 향상된 편이다. 그러나 이러한 선택은 지역적 편차가 크다. 더욱이 실제 고등학교 교육과정에서는 '생태와 환경'을 교양 선택과목으로 형식상 이수하는 경우도 있어 대다수의 학교에서는 아직도 여러 교과에서 환경교육을 분산하여 실시하고 있음을 알 수 있다. 따라서 현재의 학교 환경교육 실태와 여건을 고려해 본다면 교과 교육에서 환경교육을 어떻게 강화해야 할 것인가는 환경교육 과정을 운영하는데 있어 중요한 사안이 될 수밖에 없다.

여러 교과교육에서 실시하고 있는 환경교육의 내용을 살펴보면 '환경으로부터의 교육', '환경에 대한 교육', 환경을 위한 교육(Peper, 1989) 중 주로 '환경에 대한 교육', 즉 지식적 차원이 주류를 이루고 있으며, 주로 과학과의 과목들과 사회과의 지리 과목을 중심으로 운영되고 있다(한봉희, 1992; 이점봉, 1993). 또한 이러한 실정은 우리나라뿐만 아니라 독일, 미국, 영국, 일본 등 교과

교육적 차원에서는 대체로 과학교과와 사회교과의 지리 과목이 중심이 되고 있다(한국교육과정평가원, 2000). Simmons(2000)에 의하면 과학적 소양에서 추구하는 많은 기준들은 생태학적 개념과 같은 환경교육과 관련된 개념과 기능들을 포함하고 있어 환경적 소양을 위한 문제 조사와 분석 기술들을 학습하는데 적합하다고 하였다. 또한 박태윤 등(2001)은 환경교육과 과학교육을 동일시 할 수는 없지만, 과학과는 환경교육과 가장 밀접한 연관성을 지니는 교과임을 지적하고 있다. 환경문제를 다룰 때 그 기본이 되는 생태학적 지식을 제공해 줄 수 있는 교과가 과학과라는 측면에서 그 중요성이 있다고 하였다. 다만 '환경에 관한 교육'으로 치우치는 것을 경계하면서 환경에 관한 소중함을 느끼도록 하는 '환경을 위한 교육', 자연환경을 학습의 장소로 활용함으로써 '환경 안에서의 교육'도 가능하다고 하였다.

그러므로 교과 교육을 통한 환경교육의 강화라는 측면에서는 과학과의 환경교육이 강화될 필요가 있다. 그리고 과학 교육에서 환경교육을 강화하는 것은 환경교육적 차원뿐만 아니라 환경과학이 지니고 있는 통합 과학적 성격으로 인해 과학 개념에 대한 통합적 이해를 도울 수 있는 바, 과학교육의 측면에서도 그 중요성이 있다고 할 수 있다. 그러므로 과학과의 환경교육은 과학적 소양과 환경적 소양의 육성이라는 양 측면에서 모두 그 의의를 살피볼 수 있다. 연구에 의하면(이선경 등, 2001), 초등학교에 비해 중·고등학교의 경우에는 상대적으로 각 교과에서 환경교육을 위해 투자하는 시간이 적은 편이며 따라서 고등학교에서 효과적인 환경교육 프로그램 개발이 시급히 이루어져야 할 것으로 판단된다.

환경교육을 위한 이상적인 교수-학습 형태로는 과학과에서 전통적으로 강조되어온 탐구 학습의 형태를 들 수 있다. 최경희(2000)는 탐구 학습은 활동 중심으로 이루어지며, 탐구 및 문제 해결을 추구하는 환경 교과의 특성에 부합된다고 하였다. 그러나 환경과에서의 탐구 학습은 환경 그 자체와 환경 문제에 대한 탐구 과정을 통해 지식이나 개념을 습득하는 데 그치지 않고 이것들을 활용하여 가치화, 생활화할 수 있는 측면과

지 고려해야 한다는 측면에서 과학과의 탐구 학습과 차별화 될 수 있다. 환경교육을 위해 기존에 개발된 교수 학습 모형에서도 ‘발전 및 실천’의 단계나 집단 탐구 활동을 강조하였다(경남교육청, 1995; 박성익·권낙원, 1994). 따라서 환경 탐구활동은 환경뿐만 아니라 환경과 관련된 문제 해결의 과정에서 다루어지는 모든 탐구 활동을 포함한다. 특히 21세기를 대비한 환경교육은 환경에 대한 지식뿐만 아니라 태도와 참여의 목적이 강조되어야 할 것을 권고하고 있다. 박태윤 등(2001)과 최석진 등(2002)은 환경 문제의 예방과 삶의 질 유지에 공헌할 수 있는 교육, 인류 사회 발전에 공헌할 수 있는 교육, 즉 ‘지속 가능한 개발을 위한 환경교육’이 되기 위해서는 교육 목적의 강조점이 지식과 기능의 측면에서 가치관, 태도, 참여의 측면으로 변화되어야 한다는 것이다.

그러므로 이상과 같이 과학 교육과 환경교육의 관계성 및 중요성을 고찰해 보고 환경교육의 과제를 고찰해 보았을 때, 과학과에서 실시할 환경교육은 과학과의 특성에 근거하면서도 지속 가능한 개발을 위한 환경교육이 되어야 할 것이다.

본 연구에서는 21세기를 대비한 교과 교육을 통한 환경교육의 일환으로서, 환경 문제를 과학적으로 탐구할 수 있는 개념과 기능들에 대한 학습을 일차적 목적으로 하면서 환경교육의 정의적 측면에서의 학습 목표를 효과적으로 성취할 수 있는 고등학교 과학과의 환경 탐구 활동을 개발하고자 한다.

II. 연구 목적 및 방법

1. 연구 목적

현재 고등학교 교육과정에서 환경교육과 관련이 깊은 과학 교과와 과목으로는 10학년 과학 과목과 11, 12학년의 물리, 화학, 생물, 지구과학의 I, II 선택 과목군을 들 수 있다. 교육의 중요성과 현실적 여건을 감안한다면, 국민 공통 기본 교육 과정인 10학년의 과학과목의 ‘환경’ 단원에

서 적용할 수 있는 환경 탐구 활동이 바람직할 것으로 판단된다. 또한 이것은 교과 재량 활동 시간이나 창의적 재량 활동 시간, 계발 활동 시간에도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 구체적 목적은 21세기를 대비한 지속 가능한 개발을 위한 환경교육의 목적을 효과적으로 구현할 수 있도록 고등학교 10학년 과학에서 융통성 있게 활용할 수 있는 환경 탐구 활동을 개발하는 것이다. 그리고 환경 탐구 활동을 안내할 수 있는 교수용 자료로서 ICT 자료, 학습 지도안, 지도서를, 학생용 자료로서 학생용 탐구 활동지를 개발하고자 한다.

2. 연구 방법 및 절차

선행연구를 통해 21세기를 대비한 환경교육의 방향성 및 제기되는 과제를 조사하였다. 또한 10학년 과학 교과서에 제시된 환경 단원의 탐구활동의 활동 유형, 목표, 학습 상황을 분석하였다. 분석한 자료를 통해 개발할 환경 탐구 활동의 방향성과 특징을 설정하였다. 그리고 이에 따른 교수-학습에 필요한 교수용 자료와 학생용 자료를 개발하였으며 그 활용 방안에 대해 논의하였다.

III. 과학과 환경 탐구활동의 방향성 및 특성

개발할 환경 탐구 활동의 방향성을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 지식, 기능뿐만 아니라 가치, 태도, 참여의 목표를 균형 있게 실현할 수 있는 환경 탐구 활동이어야 한다. 환경 문제를 단지 인식하는 차원이 아닌 환경과 인간간의 바람직한 관계를 정립하고 적극적인 의사 결정을 통해 실천적으로 문제를 해결해 나갈 수 있는 가치관, 태도 및 기능을 지닌 환경 소양인을 육성하는데 두어야 한다는 것이다. 즉 지속 가능한 개발을 위한 환경 교육으로 그 목표가 재정립되어야 한다는데 동의

하고 있다(NCC, 1990; UNESCO, 1997; 교육부, 1997, 최석진 등, 2002). 한성현 등(2001)은 고등학교 환경교육의 실태와 효과를 분석한 논문에서 환경 지식과 인식 지수는 높아도 실천 지수는 그다지 높지 않아 인식과 더불어 실천과 행동 변화를 이끌어 낼 수 있는 프로그램이 개발되어야 함을 지적한 바 있다. 이와 같은 점에 대해 김정호 등(1998)은 환경교육의 과정을 환경 문제 인식 → 환경 현상 설명 → 환경 보전 실천의 세 단계로 범주화하여 단계별 환경교육의 세부 추진 전략을 수립하여 실천해 나갈 것을 제안한 바 있다.

현행(2002년도) 고등학교 과학과 교과서로 채택된 8종(강민식 등, 이문원 등, 이규석 등, 김찬중 등, 성민웅 등, 이면우 등, 차동우 등, 송호봉 등)의 '환경' 단원의 탐구 내용을 분석해본 결과 환경에 대한 지식 습득을 목적으로 하는 내용이 전체의 73%를 차지해, 여전히 실천, 참여보다는 지식 중심으로 되어 있음을 알 수 있다. 또한 탐구 활동별로 학습 내용이 다루어진 학습 상황을 분석해 보면 자료 해석의 7%, 실험의 11%, 조사·토의의 45%가 문제 해결 상황에서 이루어졌다. 역할 놀이는 전체 탐구 활동 중 5%를 차지해 그 비중은 적었으나 모두 문제 해결 상황에서 다루어져 역할 놀이가 환경 문제에 대한 쟁점을 알고 해결 방안을 모색하는 등 실천적 차원의 학습 목표를 위해 활용됨을 알 수 있다.

전체적으로 종합해 보면 현행 고등학교 과학과 '환경' 단원의 탐구 활동의 학습 목표는 지식적 차원이 주류를 이루고 있음을 알 수 있다. 따라서 환경교육의 측면에서는 인식, 태도, 가치, 참여적 목표를 강화할 수 있는 탐구 활동이 개발되어야 한다. 또한 최근의 구성주의 학자들은 학습자의 능동성과 학습의 상황을 중요시 하고 있다. 학습은 지식이 구성되는 능동적인 과정이므로(Klein & Merritt, 1994) 학습자의 자발적 행동과 학습상황이 중요하다는 것이다. 지식과 기능은 그것이 사용될 정신적, 신체적, 사회적 맥락과 관련이 있으며 지식과 기능의 수행은 환경과 관련이 있으므로 학습이 어떤 맥락에서 이루어지는가에 따라 다른 학습 효과가 있을 수 있다는 것이다. 따라서 환경교육의 인지적 측면과 정의적 측면의 목표가

조화롭게 성취되기 위해서는 각 목표를 효과적으로 달성할 수 있는 탐구 활동의 상황을 체계적으로 배열하여 계열화 하는 것이 바람직하다.

둘째, 상급 학년으로 올라 갈수록 환경 문제에 대한 책임성을 강화할 수 있는 활동 중심의 환경교육이 필요하다. 최경희(2000), 최석진(1992)은 책임성과 학습자의 자발성을 강조하는 환경 탐구 활동으로는 조사, 토론, 현장 학습, 과제 학습, 문제 해결 등의 탐구 활동이 적절하다고 하였으며 개별적 탐구 활동 보다는 협동학습 형태의 모둠별 탐구 활동이 바람직함을 지적하였다.

셋째, 전문적인 환경영역의 실험 활동을 개발하여 다양한 환경 실험을 실시할 수 있도록 한다. 과학과에서는 그동안 전 영역의 걸쳐 다양한 실험 탐구 활동이 개발되어 왔으나 상대적으로 환경과학 분야에서는 중등학교에서 할 수 있는 실험 활동의 개발이 부족한 편이었다. 대부분 제한된 실험실 상황에서 이루어지는 실험활동이 많으며 야외 현장에서 행해지는 실험 활동은 산성비나 주변의 소음 측정 등으로 국한되어 있다. 현행 10학년 과학과 환경 단원에 소개된 실험의 74%가 실험실 상황에서 이루어지고 있고 26%가 현장 상황에서 이루어지고 있다.

그리고 자료의 수집과 해석이 더욱 전문화될 필요가 있는데, MBL(Microcomputer-Based Laboratory)을 활용한 탐구 활동은 야외에서도 전문적인 자료의 수집과 분석이 가능하므로 MBL 탐구활동을 활용하는 방안을 생각해 볼 수 있다. MBL은 즉각적인 자료의 수집과 분석이 가능하여(Han, 2003) 학생들이 자료의 수집 과정보다는 분석과 해석에 더 많은 주의를 기울일 수 있어서 문제 해결, 의사 결정과 같은 환경교육의 측면에서도 적합하다고 볼 수 있다.

넷째, 환경 과목의 통합적 성격을 고려하여 과학의 전 영역에 대한 개념과 지식을 응용할 수 있는 탐구 활동이 되도록 한다. 환경 과학은 그 성격상 통합 과학적이며, 환경교육 또한 간학문적이며, 다학문적 성격을 띠므로 통합 과학적으로 접근해야 한다.

이상과 같은 방향성 하에 개발한 과학과의 환경 탐구 활동의 구체적 구성을 <표 1>에 요약하

〈표 1〉 영역별 환경 탐구활동의 구성

학습영역	학습상황	학습목표	학습내용	통합 과학적 요소
I. 대기 와 토양	1차시 실험실 탐구활동	1. 산성비의 원인과 환경에 미치는 영향을 안다. 2. 우리의 환경은 상호 연관되어 있음을 이해한다. (개념 이해)	· 인공산성비를 이용한 산성비의 원인, 대기, 토양, 물의 환경요소 간의 상호작용 이해	1) 화학적 원리: 산성비 생성과정의 화학반응 2) 물리학적 원리: 에너지 전달과 물질의 순환 3) 지구과학적 원리: 지구환경의 구성요소 환경요소간의 상호작용
	2-3차시 현상 탐구활동	1. 생활환경 주변에서 대기 오염 물질의 농도를 측정해 본다. 2. 학교 주변 토양의 산성도를 측정해 본다. 3. 쾌적한 환경을 유지하려는 태도를 가진다. (인식, 태도, 가치 형성)	· 교실, 교무실, 실험실 등 여러 실내의 이산화탄소 농도 및 분진 측정 · 운동장, 화단, 대로변 토양의 pH 조사 · 토양 오염과 토양의 산성도에 관한 자료 해석 · 환경 권고치와 실측 오염도간의 비교 분석 · 대기, 토양 오염원과 지역의 대기, 토양 오염도에 관한 자료 해석	1) 화학적 원리: 대기의 조성 · 대기오염 물질의 종류 · 산성비의 원인 물질 · 광화학적 스모그 · 산과 염기, pH의 개념 2) 지구과학적 원리: 대기권의 구성 · 대기의 순환 · 토양의 조성과 성질 3) 생물학적 원리: 토양의 산성화가 생태계에 미치는 영향
	4차시 문제해결 탐구활동	1. 대기 오염에 대한 통계자료를 분석하여 대기오염을 줄일 수 있는 방법을 찾는다. 2. 대기오염을 줄일 수 있는 생활지침을 작성한다. 3. 황사 발생을 줄일 수 있는 국제적 차원의 공동 대응 방안을 찾는다. (실천 및 참여)	· 대기 오염 주요 물질 및 배출원에 관한 자료 해석 · 정부, 산업체, 학계, 시민의 대기 오염 예방을 위한 대응 방안에 관한 토론 활동 · 전 지구적 차원에서 대기오염 예방을 위한 대책에 관한 토론 활동	1) 화학적 원리 · 대기 오염물질의 배출원 2) 생물학적 원리 · 대기오염이 인체에 미치는 영향 3) 지구과학적 원리 · 대기의 순환과 대기 오염물질의 전파 · 사막화의 문제점 4) 경제 · 환경오염의 사회· 경제적 손실
II. 수질	1차시 실험실 탐구활동	1. 자정작용의 과정 및 원리를 안다. 2. 부영양화가 수질오염에 미치는 영향을 분석할 수 있다. (개념 이해)	· 간이 정화기를 이용한 정화과정에 관한 실험 활동 · 물리적, 생물학적, 화학적 정화과정에 관한 이해 · 부영양화와 적조 현상에 관한 자료 해석	1) 생물학적 원리 · 미생물의 작용과 자정작용 · BOD와 수질오염 · 부영양화와 적조현상 2) 지구과학적 원리 · 토양층에 의한 여과과정 3) 물리적 원리 · 자정작용에 영향을 미치는 물리적 요인
	2차시 현상 탐구활동	1. 여러 가지 물의 수질을 측정할 수 있다. 2. 맑은 물의 특성을 안다. 3. 물의 소중함을 깨닫고 절약 하는 태도를 지닌다. (인식, 태도 및 가치 형성)	· 수돗물, 생활하수, 빗물, 하천 등 여러 종류 물에 대해 pH, DO, 색깔, 냄새, 탁도 수 측정 · 수질 측정 기본방법에 대한 이해 및 적용 · 제시된 자료로부터 물의 BOD 계산	1) 화학적 원리 · 물의 pH, DO, COD, BOD 측정 · 기체의 용해도 2) 생물학적 원리 · 수질 등급과 지표생물 3) 물리학적 원리 · 물의 종류에 따른 수온, 탁도, 색깔, 냄새
	3차시 문제해결 탐구활동	1. 수질 기준표를 해석하여 이상적인 식수를 찾아본다. 2. 이상적인 식수를 유지하기 위한 수질 오염 방지 방안을 세워본다. (실천 및 참여)	· 제시된 자료로부터 깨끗한 물과 오염된 물을 구별하기 · 상수도管的 공급과정의 정화과정의 각 단계 알기 · 수질 오염을 막기 위한 정부, 기업, 시민이 할 수 있는 방법에 대한 토론 활동 및 생활 지침 마련하기	1) 화학적 원리 · 물의 pH, DO, BOD, COD 분석 · 기체의 용해도 2) 물리학적 원리 · 수질에 따른 수온, 탁도, 색깔, 냄새 3) 생물학적 원리 · 미생물에 의한 유기물 분해 4) 정치 · 환경정책의 방향성 · 시민운동의 역할
III. 생활 환경	1차시 실험실 탐구활동	1. 중금속의 종류와 유출경로를 안다. 2. 중금속이 생물에 미치는 영향을 안다. (개념 이해)	· 중금속 농도에 따른 동물의 이상 발상에 관한 실험 활동 · 중금속의 종류 및 유출 경로와 피해 사례에 대한 자료 분석 · 중금속 오염이 생태계에 미치는 영향에 대한 유추	1) 생물학적 원리 · 생물농축의 원리 · 생물의 발생과정 2) 화학적 원리 · 중금속의 종류, 성질, 배출원
	2차시 현상 탐구활동	1. 소음의 발생과 전파 과정을 안다. 2. 주변의 소음을 측정할 수 있다. 3. 소음의 심각성을 인식한다. (개념이해 및 인식)	· 소음의 발생과 전파 원리 탐구 · 교실, 운동장, 대로변 등 생활 주변의 소음 측정 · 소음 기준치와 측정치의 비교 분석	1) 물리학적 원리 · 음파의 발생과 진행 · 소음의 세기 측정 2) 생물학적 원리 · 소음에 의한 피해
	3차시 문제해결 탐구활동	1. 소음의 발생의 단계별 방지대책을 찾는다. 2. 생활 속에서 실천할 수 있는 소음 대책을 찾아본다. (생활 및 참여)	· 소음 발생원에 대한 조사 · 소음을 방지할 수 있는 방법에 대한 탐구 · 생활소음을 줄일 수 있는 방안에 대한 토론 활동	1) 물리학적 원리 · 소음 발생원 · 소음의 전파 2) 생물학적 원리 · 소음이 인체에 미치는 영향 3) 정치· 경제 · 사회비용 절감 방안 · 시민운동의 중요성

였으며 다음과 같다.

첫째, 환경에 대한 기초적인 개념과 환경 문제의 원인 및 현상을 이해하기 위해 탐구 활동의 내용을 대기와 토양, 수질, 생활 환경 영역으로 설정하였다.

둘째, 각 영역별 학습 주제를 실험실, 현장, 문제 해결 상황의 탐구 활동으로 계열화 하였다. 기존의 환경 탐구 활동에서는 실험실 상황, 현장 체험 상황, 조사 토론 등의 문제 해결 상황을 개별적으로 다루었으나 실험실, 현장, 문제 해결 탐구 활동의 전 과정을 한 학습 주제에 대해 통합적으로 수행함으로써 조화로운 학습 목표의 성취를 도울 수 있도록 하였다. 실험실 상황에서는 환경에 대한 기본 개념과 기능의 습득을 주목적으로 하며, 현장 상황에서는 실험실 상황에서 습득한 기본 지식을 이용하여 주변 환경을 탐구함으로써 친환경적 인식, 태도를 지니도록 하였다. 그리고 최종적으로는 문제 해결 상황에서 사회적으로 제기되고 있는 환경 문제에 대한 합리적인 해결 방안과 실천 및 참여의 자세를 지니도록 하였다.

셋째, 각 영역별 학습주제는 통합 과학적으로 접근하였으며 학생 중심의 탐구 활동으로 구성하였다. 한 학습 주제에 대해 물리, 화학, 생물, 지구과학 등 한 가지 영역 이상의 지식과 원리를 통합적으로 적용하는 과학적 실험 분석이나 자료 해석, 토론 활동을 강화하였다. 문제 해결 상황에서는 사회과학적 측면에서도 문제를 분석하여 생각해 볼 수 있도록 하였다. 또한 각 탐구 활동의 단위는 모듈별로 이루어지는 학생 중심의 탐구 활동이 되도록 하였다.

넷째, MBL을 이용한 실험 활동을 개발하여 실험실이나 야외 현장에서 전문적인 환경 탐구가 가능하도록 하였으며, 학습자가 흥미를 가지고 실험에 임할 수 있도록 하였다. MBL을 활용한 탐구 활동은 환경 탐구의 전문성과 효율성을 강화하고 MBL의 보급과 활용도를 높일 수 있는 장점이 있다. 이것은 단위 학교에 널리 보급되어 있는 pH 미터, 소음 측정기 등으로 대처하여 사용할 수도 있어 단위 학교의 실정에 따라 융통성 있게 운영할 수 있도록 하였다.

다섯째, 교사의 전문성, 시간 운용 등 학교 현

장의 여건을 감안하여 탐구 활동을 안내할 수 있는 교수용 ICT 자료, 학습 지도안, 지도서와 학생용 탐구 활동지를 개발하였다. 학생들의 탐구 활동을 안내하고 종합 및 정리가 가능하도록 학습 목표, 동기 유발, 탐구 활동, 정리 및 적용의 4 단계로 구성된 ICT 자료를 개발하였으며, 이 자료에는 학생들의 탐구 활동을 도울 수 있는 그래픽 자료와 동영상 자료가 포함되도록 하였다. 또한 실제 수업의 과정을 참고할 수 있는 학습지도안을 작성하였으며, 지도서에는 탐구 활동의 주안점, 탐구 지도서 유의할 점, 관련 개념과 지식, 통계 자료 등을 수록하였다. 학생용 탐구 활동지는 학생들의 탐구 활동 과정을 안내하고 자료 수집 및 분석, 그 외의 토론 활동 등을 기록할 수 있도록 하였다.

IV. 환경 탐구활동 개발의 실제

10학년 과학과의 '환경' 단원에서 활용할 수 있는 탐구 활동에 대한 자료를 '대기와 토양', '수질', '생활환경' 영역으로 나누어 각 영역별 탐구 활동을 차시별로 구성하였다. '대기 와 토양' 영역의 학습 주제는 대기의 순환 과정을 통해 배출된 대기 오염 물질이 산성 비를 형성하는 과정을 이해하고 실제 인공 산성 비 실험을 통해 토양 및 수질에 미치는 영향, 생물체 및 시설물, 문화재 등에 미치는 영향을 파악하는 것이다. 이 영역은 산성 비의 생성과 피해 그리고 이러한 산성 비의 작용과정을 통해 대기·토양·물의 상호작용을 이해하는 실험실 탐구 활동 1차시, 우리 주변 공기의 오염도와 주변 토양의 pH를 직접 측정하는 현장 탐구 활동 2차시, 대기 오염에 대처하기 위한 방안 및 생활 지침에 관한 문제 해결 활동 1차시의 총 4차시로 구성하였다.

'수질' 영역의 학습 주제는 자정 작용의 원리와 중요성을 알고 주변의 수질을 측정해 봄으로써 맑은 물의 물리·화학적 특성을 아는 것이다. 또한 이러한 특성에 기초하여 맑은 물을 구별하

고 이상적인 식수를 유지하기 위해 우리가 해야 할 일에 대해 생각해 보고 실천 자세를 갖도록 하였다. 이 영역의 하위 차시는 자정작용의 원리와 중요성에 관한 실험실 탐구 활동 1차시와 수돗물, 생활 하수, 주변의 하천수 오염 정도를 알아보는 현장 탐구 활동 1차시, 그리고 수질 오염 방지에 대한 해결 방안을 다루는 문제 해결 탐구 활동 1차시로서, 총 3차시로 구성하였다.

‘생활환경’ 영역의 학습 주제는 우리 생활 환경에서 최근 들어 그 심각성이 더해지고 있는 중금속 농축에 의한 피해 및 사례 탐구하기, 생활 소음의 발생 과정과 실태 파악하기, 생활 속에서 소음을 줄이는 방법을 탐구해 보는 것이다.

중금속 농도에 따른 동물의 이상 발생에 미치는 영향을 알아보는 실험실 탐구 활동 1차시, 소음의 발생과 전파 과정 이해 및 우리 주변의 생활 소음 실태를 알아보는 현장 탐구 활동 1차시, 생활 속에서 소음을 예방하고 방지할 수 있는 방법에 대한 문제 해결 탐구 활동을 1차시로 하여 총 3차시로 구성하였다.

자료의 구체적 개발에는 연구자와 환경 탐구 활동의 각 영역과 관련이 깊은 과학 교과 전공 교사 4인이 함께 참여하였다. 교사를 위한 교수용 ICT 자료와 학습 지도안 및 지도서 자료를 개발하였으며 학생을 위한 학생용 탐구 활동지를 개발하였다.

1. 교수용 자료

ICT 자료는 대기, 토양, 수질, 생활 환경에서 제기되는 환경문제의 원인, 실태, 문제 해결 방안 에 대한 10차시 분량의 탐구 활동을 안내하고 정리할 수 있도록 학습 목표, 동기 유발, 탐구 활동, 정리 및 적용의 4단계로 구성된 ICT 자료로 개발하였다. <표 2>에 개발한 ICT 자료 구성에 대한 예시를 나타내었으며, 실제 ICT 자료의 장면을 <그림 1>에 제시하였다. ICT 자료는 CD-ROM TITLE 형식으로 개발하여 실험실이나 교실에서 직접 실행하여 사용할 수 있도록 하였다. 학습자의 탐구 활동을 도울 수 있는 그래픽 자료와 동영상 자료를 활용하여 학습자의 흥미와 이해를 도울 수 있도록 하였다. 이미지와 동영상 자료는 새로 제작한 것도 있으나 기존에 개발된 자료들을 변형하거나 활용한 경우도 있다.

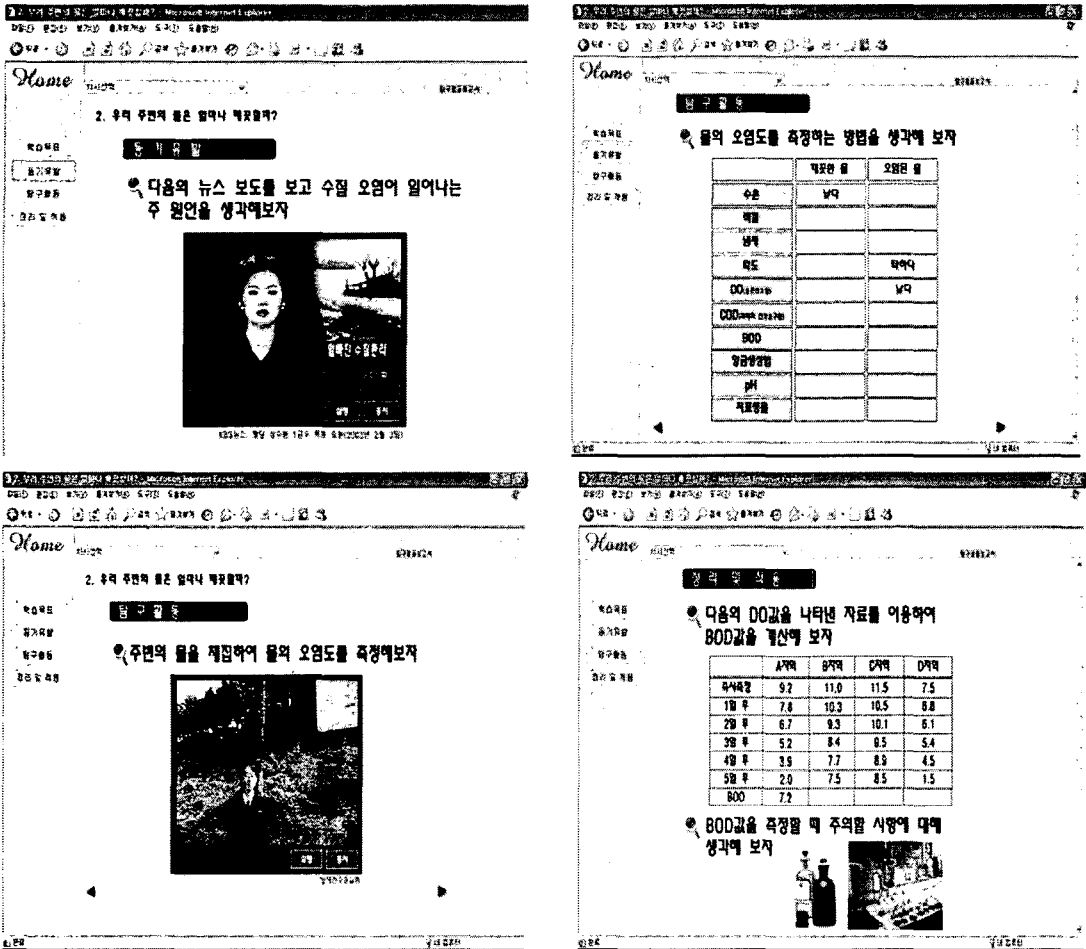
학교 현장의 여건에 따라 CD-ROM TITLE의 자료를 학교 홈페이지 등, 웹에 탑재하여 활용할 수 있도록 학생용 탐구 활동지와 교사용 지도서, 지도안 등을 내려 받을 수 있도록 하였다.

학습 지도안은 실험실, 야외 현장, 문제 해결 상황별로 교수의 초점을 맞추어서 탐구 활동의 과정을 안내하였다. 탐구 활동에 필요한 자료, 기구, 지도서 유의사항 등을 알 수 있도록 제작하였다.

지도서는 탐구 활동을 지도하기 위해 필요한

<표 2> ICT 자료 구성의 예

영역	차시명	단계	구성
II. 수질	2. 우리 주변의 물은 얼마나 깨끗할까? (현장 탐구활동)	학습목표	1. 우리 주변의 하천이 오염되는 여러 가지 원인을 파악한다. 2. 우리 주변 물의 수질 오염도 조사함으로써 수질 보존의 중요성을 인식한다. (인식, 태도 및 가치 형성)
		동기유발	· 수질오염 실태에 관한 뉴스 보도(동영상 자료 :팔당 상수원 1급수 목표 요원, 2003, KBS 뉴스). · 수질오염의 주 원인에 대해 생각해 보게 한다.
		탐구활동	· 수질 오염원에 대한 이미지 자료(플래시 자료) · 물의 오염도를 측정하는 방법(플래시 자료) · 수질 측정 기준, DO, COD, BOD의 정의와 의미, 양금 생성법 소개 (이미지 자료) · 수질 판정을 위한 지표 생물(이미지 자료) · 물의 오염도를 측정하는 탐구 방법 (동영상 자료) · 탐구 결과에 대한 정리(플래시 자료) · 수질 측정 기준치와 탐구 결과에 대한 비교 분석 (환경백서 자료)



〈그림 1〉 수질 영역의 ICT 자료 구성의 예

원리적 측면과 관련 지식에 대한 심화 내용을 제공하는 데 주안점을 두었다. 탐구 활동의 주안점, 탐구 지도 시 유의할 점, 관련 개념과 지식, 통계 자료 등이 포함되어 있다. 지도서 구성의 예는 <표 3>과 같다.

2. 학생용 자료

학생용 자료는 탐구 활동지를 개발하였는데, 실험실, 야외현장, 문제 해결 상황에서 이루어지는 탐구 활동을 보고서 형식으로 정리할 수 있도록 하였다. <표 4>와 같이 학생용 탐구 활동지는 탐구 주제와 탐구 과정, 탐구 결과, 결론 및 논의의 순으로 구성되어 있으며 <그림 2>는 탐구 활동지

의 실례를 제시하였다.

V. 결론 및 논의

6차와 7차 교육과정의 실행되면서 그 중요성은 인식되어 왔으나 운영면에서는 다른 교과 교육에 비해 소홀히 실행되어 왔던 환경교육이 독립교과로 분리되면서 환경교육의 독자적인 운영이 강화되었다. 그럼에도 불구하고 교과 교육을 통한 환경교육의 강화라는 측면은 여전히 그 중요성을 지니고 있다. 과학과는 환경에 대한 생태적 이해를 위해서는 꼭 필요한 교과라 할 수 있

〈표 3〉 교사용 지도서 구성의 예

영역	차시	구성	내용
I. 대기와 토양	1. 우리의 환경은 어떻게 연관되어 있을까?	탐구의 주안점	1. 대기권, 수권, 암권의 상호 연관성 이해 2. 환경오염의 문제는 일부의 문제가 아닌 세계적인 문제임을 인식
		탐구활동의 유의점	1. 사전에 탐구활동 일정표를 세워 모둠별로 학생들이 정해진 시간에 실험 처치를 할 수 있도록 안내 2. 인공 산성비는 질산과 황산을 이용하여 제조하여 사용 3. 산성비에 의한 피해를 생물, 생태계뿐만 아니라 문화재, 산업시설, 건축물 피해까지 소개
		심화자료	1. 산성비의 생성과정 2. 산성비로 인한 육상 생태계, 수상생태계, 인간, 문화재에 대한 피해 3. 강우 산도에 따른 생물의 피해.

〈표 4〉 학생용 탐구 활동지의 구성의 예

영역	차시	구성	내용
III. 생활환경	2. 우리 주변의 생활소음은 어느 정도 일까? (개념이해 및 인식)	탐구주제	우리 주변의 소음측정
		탐구과정	1. 동영상 자료를 보고 소리의 발생 과정 이해 2. 소음과 악기소리의 차이점 분석 3. 소음 측정기를 이용 교실, 운동장, 대로변 등에서 소음 측정
		탐구결과	1. 소리의 발생과정 정리 2. 소음과 악기소리의 진폭, 진동수, 파형 비교 3. 소음 측정치를 표로 정리
		결론 및 논의	1. 학교에서 소음이 가장 심한 곳 2. 같은 지점에서 낮은 층과 높은 층의 소음 정도에 대해 비교 설명 3. 소음 환경 기준을 보고 우리 학교의 소음 수준 판단

어 환경교육과 불가분의 관계에 있다(신동희·이선경, 1999). 그러므로 다양한 환경교육 자료가 과학과에서 개발될 필요성이 있다. 과학과에서 환경교육 자료를 개발할 때는 통합 과학적 구성과 환경 탐구의 전문성 강화에 주안점을 두어 환경에 대한 생태적 지식을 습득하면서 태도, 가치, 참여와 같은 교육 목표 요소간의 균형이 이루어지도록 해야 한다. 또한 학교 현장에서 다양한 활용 방안도 고려하는 것이 바람직할 것이다.

본 연구에서 개발한 환경 탐구 자료는 환경 탐구 활동을 실험실, 현장, 문제 해결의 탐구 활동 상황으로 계열화하여 구성하였다. 탐구 활동 상황의 계열화는 환경에 대한 과학적 이해 및 탐구 기능을 익히고 이러한 지적인 기능과 더불어 친환경

적 태도와 가치관을 형성하고 환경 문제에 적극적으로 대처하려는 참여 정신을 배양하는데 효과적인 교수 전략이 될 수 있을 것이다.

‘과학’ 교과서에 제시된 탐구 활동은 조사나 자료 해석에 비중이 많아 상대적으로 개발이 덜되어 있는 현장 체험 학습으로서의 탐구 활동과 환경 문제에 대한 해결 방안을 탐색하는 문제 해결 상황에서의 탐구 활동을 개발하였는데, 이것은 학교 현장의 여건에 따라 제시된 탐구 활동 중 교사의 판단에 따라 필요한 부분을 선택하여 활용할 수 있을 것이다. 한국환경교육학회(2000)에 의하면 그동안 환경교육에 관한 많은 교수-학습 자료가 개발되어 왔음에도 불구하고 현장의 교사들은 강의식 교수 자료에 집중되어 있다고

대기오염의 피해를 줄이는 방법을 무엇일까?

문제	1. 대기과 오염
탐구주제	대기오염을 줄일 수 있는 방법을 찾아라.
탐구목표	1. 대기오염에 대한 동적자료를 찾아서 오염을 줄일 수 있는 방법을 찾아본다. 2. 대기오염을 줄일 수 있는 실천방법을 작성해본다. 3. 흡수 방법을 줄일 수 있는 국제적 차원의 공동 대응 방안을 찾아본다.
준비물	대기오염 관련 보도 및 동적자료

탐구 과정

탐구활동 1

대기오염에 관한 신문 보도 자료를 읽어보고 대기오염으로 인해 발생할 수 있는 사회 경제적 문제들을 생각해본다.

탐구활동 2

신문서 동적자료를 보고 대기오염을 줄이려던 노력에 대해 한지 생각해본다.

탐구활동 3

흡수 현상의 특징과 건강상 피해에 대한 보도 자료를 읽어보고(동적 영상 동영상자료는 보고) 국제적 공동 대응 방안을 생각해본다. 또한에 대해 생각해본다.

탐구 결과

탐구활동 1

1. 대기오염이 증가하던 어떤 일정에 절연 현상이 증가하였는가?
(자료출처: 환경일보 2004년 8월)

2. 어떤 거주지역에 사는 사람들이 대기오염으로 인한 위험에 가장 많이 노출되었는가?

3. 대기오염으로 인한 사회적 비용의 증가 실용성을 생각해 보자.

1. 짧은 땅을 쥐어 쥐고 있는 대기오염 분포를 논할 때 어떤 기준으로 구분할 수 있는가?

2. 서울지역의 대기오염을 줄이기 위해 앞으로 필요한 대책은 무엇인지 모스크로 도내에서 구별적으로 생각해본다.
답: ...

실용화

시간:

매체:

6. 대기오염을 줄이기 위해 자신이 실천할 수 있는 방법을 적어도 3가지 이상 적어본다.

탐구활동 4

1. 흡수 현상은 기후에 따라 달라지는가? 동적자료에 대해 구별적으로 생각해본다. 기후에 따라 달라지는가? 동적자료에 대해 구별적으로 생각해본다. 기후에 따라 달라지는가? 동적자료에 대해 구별적으로 생각해본다.

(자료출처: 환경일보 2002년 5월호)

[요금이 오른 연도 (약본)] 전체 부르는 대기 오염
[00월호 2004-04-10 21:12]

대기오염은 사람 생활에 영향을 미치고, 교통, 생활, 환경에 영향을 미치고 있다. 특히 최근 들어 대기오염이 심각해지고 있다. 특히 최근 들어 대기오염이 심각해지고 있다. 특히 최근 들어 대기오염이 심각해지고 있다.

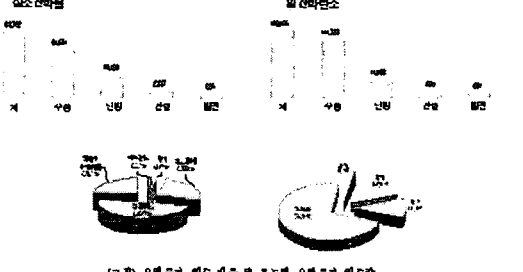
도시에서 전입된 주민의 수 (단위: 천명)

연도	인구 (천명)
1980	100
1985	150
1990	200
1995	250
2000	300

이 같은 대기오염 문제는 다양한 방법으로 줄일 수 있다. 예를 들어 대중교통을 이용하거나, 자가용을 사용하지 않는 방법도 있다. 또한, 대기오염을 줄이기 위해 노력하는 기업과 시민의 참여도 중요하다.

대기오염을 줄이기 위해 노력하는 기업과 시민의 참여도 중요하다. 예를 들어 대중교통을 이용하거나, 자가용을 사용하지 않는 방법도 있다. 또한, 대기오염을 줄이기 위해 노력하는 기업과 시민의 참여도 중요하다.

탐구활동 4
아래의 그림은 2002년 서울의 대기오염 관련 데이터를 보여주는 그래프이다. 서울의 대기오염 관련 데이터를 보여주는 그래프이다. 서울의 대기오염 관련 데이터를 보여주는 그래프이다.



환경 00

00년 서울의 대기오염 관련 데이터

흡수 현상이란 공기 중의 수증기나 먼지 등이 지표면이나 물 표면에 응결되어 물방울이나 얼음 입자를 형성하는 현상을 말한다. 이는 대기오염과 밀접한 관련이 있다. 특히, 대기오염이 심할수록 흡수 현상이 더 많이 발생하며, 이는 대기오염을 줄이기 위한 대책을 마련하는 데 중요한 단서가 된다.

흡수 현상은 기후에 따라 달라지는가? 동적자료에 대해 구별적으로 생각해본다. 기후에 따라 달라지는가? 동적자료에 대해 구별적으로 생각해본다. 기후에 따라 달라지는가? 동적자료에 대해 구별적으로 생각해본다.

2. 흡수 현상을 방지하기 위해 국제적 차원의 공동 대응이 필요한 이유는 무엇인가?

6. 흡수 현상을 방지하기 위한 국제적 차원의 공동 대응이 필요한 이유는 무엇인가?

지적인 바 있다. 개발한 탐구활동은 다양한 상황에서 학습자의 능동성을 강조하고 있어 교사 중심의 강의식 교수-학습 형태에서 학생 중심의 탐구 활동이 이루어지도록 하였다.

또한 지식 정보화 시대에서는 기존의 교수 매체보다는 멀티미디어를 통한 교수 매체의 활용이 필요함을 강조하고 있다. 따라서 환경교육에서도 ICT 자료 개발이 활성화 되어야 할 것으로 생각되며 본 연구에서 개발한 자료는 이러한 측면에도 기여할 수 있을 것으로 판단되며 ICT 환경교육 자료로 활용될 수 있을 것이다. 개발한 ICT 자료는 사용하기가 간편하고, 동영상, 사진, 그림, 통계자료들을 담고 있어 활용성이 높으며, 교실과 실험실에서 사용이 편리하다.

탐구활동의 대부분이 특별한 기자재가 없어도 진행할 수 있도록 하였으나, 현장 탐구 활동 부문에서는 자료 수집의 전문성과 편리성이라는 측면에서 MBL 탐구 활동을 개발하였다. 기존의 탐구활동에서 다루지 못한 DO나 이산화탄소 농도 측정의 경우에는, 이를 위해 고가의 MBL 기자재를 모든 학교에서 구입할 필요는 없으며 과학 중심 학교의 MBL 실험 기자재를 대여하여 활용하는 방안도 생각해볼 수 있다.

개발한 탐구 활동 자료는 10학년 과학과의 '환경' 단원의 교수-학습 자료로 활용하는데 일차적 목적을 두었으나 창의적 재량 활동 프로그램과 11학년의 '생활과 과학' 교과와 환경 영역을 위한 교수-학습 자료로도 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 과학과의 '환경' 단원에서 다루지 않았던 실험내용과 통계자료 분석, 야외 탐구활동이 포함되어 있어 '환경 탐구반'이나 '과학반'의 특별 활동 프로그램으로도 활용될 수 있을 것이며, 중학교에서는 과학영재반의 교수-학습 자료로도 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 후속 연구로는 개발한 탐구 활동 자료를 직접 학교 현장에서 교수-학습 자료로 활용하여 학생들의 환경에 대한 인식, 지식, 태도, 기능, 참여에 어떤 효과를 주는지에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

강민식 등 (2002). **고등학교 과학**, 교학사.

경상남도교육청 (1995). **환경교육 연수교재**, 경상남도 교육청.

교육부 (1997). **초·중등학교 교육과정-국민공통 기본교육과정**, 교육인적자원부.

김정호, 최석진, 이동호 (1998). "열린교육을 통한 환경교육 발전방향", **환경교육**, 11(2), 54-68.

김찬중 등 (2002). **고등학교 과학**, 도서출판 디딤돌.
박성익, 권낙원 (1994). **수업모형의 적용기술**, 성원사.

박태윤, 정완호, 최석진, 최돈형, 이동엽, 노경임 (2001). **환경교육학개론**, 교육과학사.

성민웅 등 (2002). **고등학교 과학**, 문원각.

송호봉 등 (2002). **고등학교 과학**, 흥진 P&M.

신동희, 이선경 (1999). "제 7차 과학과 교육과정에 따른 학교 환경 교육 내용 체계화", **환경교육**, 12(1), 110-133.

이규석 등 (2002). **고등학교 과학**, 대한교과서(주).

이면우 등 (2002). **고등학교 과학**, (주) 지학사.

이문원 등 (2002). **고등학교 과학**, (주) 금성출판사.

이선경, 최석진, 주형선, 이용순, 박종성 (2001). "초 중등 학교에서의 교과교육을 통한 환경교육의 실태", **환경교육**, 14(1), 107-126.

이점봉 (1993). "환경교육의 실태와 발전 방안에 관한 연구-중등학교 사회과(지리)교육을 중심으로-", **지역환경**, 11, 61-82.

차동우 등 (2002). **고등학교 과학**, (주) 천재교육.

최경희 (2000). "탐구학습을 통한 효율적인 환경교육 지도 방안", **환경교육**, 13(2), 114-126.

최석진 등 (2002). **21세기 한국의 환경교육**, 교육과학사, 59-79.

최석진 (1992). "중학교 환경과의 성격과 과제", **환경교육**, 3, 17-18.

한국교육과정평가원 (2000). **교과교육을 통한 환경교육 강화 방안**, 한국교육과정평가원.

한국환경교육학회 (2000). **친환경적 행동양식으로 전환을 위한 환경교육 혁신 방안 연구**. (사)한국환경교육학회.

한봉희(1992). "환경교육을 어떻게 접근할 것인가?". **지역환경**, 10, 33-43.

한성현, 장봉기, 이혜진 (2001). "고등학교 학생들의 환경 교육 실태와 교육 효과 분석". **순천**

- 향자연과학논문집, 7(1), 53-66.
- 환경부 (2004). **환경백서**, 환경부.
- Han, Hyosoon (2003). A Meta-Analysis of Research on the Impact of Microcomputer Based Laboratory in Science Teaching and Learning, **한국과학교육학회지**, 23(4), 375-385.
- Klein, E. S. & Merritt, E. (1994). Environmental Education as a Model for Constructivist Teaching. *The Journal of Environmental Education*, 25(3), 14-21.
- NCC (1990). *Curriculum Guidance 7: Environmental Education*. New York: NCC.
- Peper, D. (1989). 이명구, 오구균, 김태경, 최승 (역). **현대 환경론**, 한길사.
- Simmons B. (2000). *Environmental Education in the Subject Based Curriculum A Perspective from the United States*, **교과교육을 통한 환경교육 강화 방안 -우리나라와 외국의 학교 환경교육-**, 한국교육과정평가원, 139-149.
- UNESCO (1997). *Environment and Society: Education and Public Awareness for Sustainability*, Paris.