

통합주제를 중심으로 한 중학교 수준의 통합과학 내용 구성 방안

최미화 · 최병순
(한국교원대학교)

Content Organization of Middle School Integrated Science Focusing on the Integrated Theme

Choi, M. H. & Choi, B. S.
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

A value can be placed on the integrated science curriculum in terms of producing an insight into solving the routine problem. From such a point of view, the comprehensive concepts which explain the extensive natural phenomena were defined as the integrated themes in this study, and the contents of the integrated science curriculum were developed, as the understanding of the contents focused on the integrated theme enables us to be productive and have an insight. Through analyzing teaching materials, programs and curriculums in relation to the integrated science, five concepts of system, interaction, harmony and balance, structure and function, and circulation were established as the integrated themes, and the nature of each integrated theme was examined. Next, in accordance with the integrated theme, the content of the integrated science curriculum, which are deeper in aspect of the integration level than that of the current science of middle school, were developed. The content of the integrated science curriculum which was proposed in this study is of great significance, in that they provide new perspectives related to our current science curriculum.

Key words : integrated science curriculum, integrated themes, system, interaction, harmony & balance, structure & function, circulation

1. 연구의 목적 및 필요성

하나의 자연 현상 속에 여러 가지 다양한 과학적 개념들이 관련되어 있고, 동일한 과학적 개념이 여러 자연 현상과 관련되어있는 자연 과학의 속성면에서 볼 때, 총체적이고 올바른 자연관의 형성을 위해서는 통합적 접근 방식의 과학 교육이 필요하다고 인식되

어 왔다(권재술과 박범익, 1978). 또한 현재의 과학계와 과학교육계에서는 과학의 통합이 과학 지식의 전체적인 체계성과 정합성을 최대로 나타낼 수 있는 방법으로 간주하려는 경향이 나타나고 있다.

이러한 경향의 기저에는 전통적인 학문의 경계를 벗어난 과학 내용의 통합적 구성은 과학을 기초로 한 사회 문제에서부터 과학 기술의 관계, 인간의 환경

*1998년 7월 27일 받음

개선 문제까지 다룰수 있다는 생각과, 여러 영역에 걸쳐 공통으로 나타나는 과학의 주요 개념은 분과 과학의 경계를 연결해줄 수 있다(Hurd, 1973)는 인식이 자리잡고 있기 때문으로 생각된다.

우리 나라에서도 통합과학의 중요성이 꾸준히 인식되어 왔다. 제 6차 교육과정에서 신설된 공통과학의 탐구과정 단원이나 에너지 단원은 종전의 내용 구성에 비해 보다 심도 깊은 통합적 구성으로 되어 있음을 알 수 있다. 그런데, 탐구 과정을 중심으로 한 통합은 적용할 수 있는 영역이 거의 한정되어 있어서 사실상 성공적인 통합이 이루어지기 어렵다(조희형과 박승재, 1994)는 관점이 대두되고 있다.

이와 같이 통합과학의 중요성이 강조되고 있지만 그 실행은 대단히 미흡하다고 할 수 있는데, 가장 근본적인 원인은 과학을 어떤 근거로 통합하느냐에 관한 문제에 기인한다고 생각된다. 이것은 통합과학 교육과정에서 연구되어야 할 기본 과제 중의 하나이며, 통합으로 나가는 추진력의 근원이기도 하다. 그러므로, 과학 교과간의 유기적 체계를 이루는 새로운 통합적 접근을 위해서는 통합과학 교육과정 구성 원리와 교과서개발 방안에 대한 기초적 연구가 보다 적극적으로 이루어져야 한다. 이런 필요성에 입각하여 본 연구는 통합과학 내용 구성의 새로운 관점을 제시하고자 한다.

본 연구에서는 통합과학 관련 국내외 문헌 고찰, 관련 프로그램 및 교육과정 분석을 통하여 통합주제 설정의 근거를 마련하였으며, 과학 4영역 전공 교사들의 자문과 토의를 통하여 무리한 내용 구성을 최소화하고자 했다.

II. 이론적 배경 및 연구 동향

1. 통합과학의 정의

통합과학은 통합의 범위나 정도, 형태에 따라 다음과 같이 정의된다.

우선, 통합하고자 하는 내용의 범위에 따라 식물과 동물을 통합한 생물 교과, 물리와 화학을 통합한 물리 교과, 순수 과학에 속하는 내용을 모두 통합한 현

재의 중학 과학으로 나눌 수 있다.

다음으로는 선택된 내용들이 어느 정도의 깊이로 통합되는가의 심도에 따라 협동과정 통합과학, 연합과정 통합과학, 혼합과정 통합과학으로 나눈다(신희명과 이원식, 1985). 협동과정은 물리, 화학, 생물, 지구과학을 각각의 교과목으로 구별하여 가르치면서 서로 관련되는 내용들을 통합하는 수준이다. 연합과정은 한 권의 교과서에 과학 4영역이 모두 포함되지만 각 단원은 영역별로 나누어지며, 현재의 중학교과학 교과서가 여기에 해당된다. 혼합과정은 하나의 단원에 과학 4영역의 내용이 모두 포함되지만, 단원 내의 장 수준에서는 각각의 내용 영역이 구별된다.

마지막으로, 각 영역의 학문들이 통합되는 형태에 따라 분과형(Discipline-based), 병행형(Parallel), 다학문형(Multidisciplinary-integration), 간학문형(Interdisciplinary-integration), 완전통합형(Integrated)으로 나눈다(Jacobs, 1989). 이 중에서 가장 관심을 끄는 간학문형은 개념이나 과정을 중심으로 각 학문들을 연결, 재구성하는 방식으로 생화학, 분자생물학, 천체물리학, 지구물리학과 같은 것이 그 예가 된다. 대부분의 모든 과목은 이러한 간학문성을 가지고 있으므로 하나의 주제를 중심으로 몇 가지의 학문이 통합될 수 있다. 이 경우의 통합은 학문간을 관통하는 어떤 연계성을 주제로 하게되며, 서로 다른 관점들을 수렴, 연결하여 복잡한 문제를 이해하게 되는 학문간의 협동으로 볼 수도 있다(Hanish, 1983).

2. 통합과학 교육과정의 필요성

과학이란 자연 세계를 이해하는 것이며, 일련의 과학적 탐구 활동에 의해 밝혀지는 자연 현상의 변화와 규칙성은 곧 과학 지식의 구조를 이루는 개념 체계이다. 현대의 과학은 그것이 취급하는 대상에 따라 물리학, 화학 등으로 대별되고 있기는 하지만, 사실상 그 경계가 분명하지 않다. 게다가 물리화학, 생화학 등과 같은 간학문이 생겨나서 그 구분을 더욱 어렵게 하고 있다. 이것은 각 학문 영역이 분류기준에 따라서는 여러 분야로 세분화될 수 있다는 것을 암시함과 동시에 각 영역을 구분할 수 있는 절대적인 준거가

없다는 뜻을 함축하고 있기도 하다(조희형과 박승재, 1994). 또한, 동일한 과학적 개념이 여러 자연 현상과 관련되어 있는 자연과학의 속성을 보더라도 각 학문 영역의 구분의 절대적인 의미는 없다고 할 수 있다.

이러한 관점과 더불어 통합과학 교육과정을 지향하는 시도들이 잇달아 이루어지고 있다. 전통적으로 어떤 한 가지의 교육과정 모델이 월등히 우월하다는 것을 증명하는 것은 어려운 문제로 인식되고 있다. 그러나 개념, 과정, 원리가 하나라는 것을 강조하는 제도내에서 학생들의 비판적 사고력이 현저하게 증가되었다는 연구(Winter & Stewart, 1981)나, 보통 시민들을 위한 일반 교육이 통합적 교육과정을 강조하는 방향으로 나가고 있다는 연구(Conrad & Baker, 1983) 등에서 통합 교육과정의 필요성을 찾을 수 있다. 통합과학은 개인의 일반 교육을 이끌어 가는 잠재력을 가지고 있는데, 이것은 일상 생활에서 과학의 역할 기능을 이해하는 데에 통합과학이 도움이 되기 때문이다(Cohen, 1977). 또한, 과학 교육에서 과학적 본성과 관계되는 문제들의 공통성을 강조하기 위해서는 분과중심 교육과정에서 통합교육과정으로 변해야 한다(Adeniyi, 1987)는 주장도 있다. 즉, 통합 교육과정에서는 분과 중심에서 놓칠 수도 있는 접근 방식이나 상대적인 문제들에 직면하게 되므로, 보다 일반적인 교육이 가능하다는 장점이 있다(NFR, 1975). 그러므로 많은 학자들은 분과중심 교육과정보다는 통합과학 교육과정이 미래 사회를 맞이하는 학생들에게 보다 넓은 시야와 창의적인 문제 해결력을 제공하여 줄 수 있을 것이라는 견해를 가지고 있다(Yager, 1987).

3. 통합과학 교육과정의 구성 원리

통합과학의 구성 원리로는 개념 중심의 통합, 과정 중심의 통합, 현상 중심의 통합을 들 수 있으며, 최근에는 사회 문제도 과학 교육의 맥락이 되어야 한다는 주장과 함께 STS적인 통합이 새로운 방안으로 대두되고 있다(권재술과 최병순, 1996).

개념 중심의 통합이란 다양한 자연 현상을 설명하

는 기본 과학 개념을 중심으로 과학 내용을 구성하는 방법을 가리킨다. 과학의 구조는개념에 의해서 체계화되어 있으며, 과학을 배운다는 것은 이 기본 개념을 명확하게 이해하는 과정이다. 즉, 자연 과학은 비교적 논리적 체계가 잘 잡혀있기 때문에, 다양한 자연 현상을 관통하는 기본 개념을 중심으로 하는통합이 가능하다. 예컨대, NSTA(1964)에서는 7개의 개념 체계를 과학 교과 내용의 근간으로 삼을 것을 제안하였는데, 물질의 기본 구조, 운동, 변화, 상호 작용 등과 같은 개념들이 이에 해당한다.

현상 중심의 통합이란 자연 현상을 중심으로 과학 내용을 구성하는 방법을 가리킨다. 자연 과학은 자연 현상을 조사하고 설명하는 원리를 찾아내는 학문이라고 할 수 있다. 그런데 하나의 자연 현상이 하나의 과학적 개념으로만 설명되지 않고 다양한 과학 개념과 관련되어 있으므로 현상 중심의 구성이 가능하다. 예를 들어 소리가 들리는 현상을 주제로 할 경우, 소리 에너지를 비롯한 에너지 전환, 진동이나 파장 등의 물리학적 접근, 소리를 들을 수 있는 귀의 구조와 기능에 대한 생물학적 접근이 가능하다.

과정 중심의 통합이란 기본적인 탐구과정을 중심으로 내용을 구성하는 방법으로, 지식보다는 지식을 얻는 방법을 더 강조한다. 즉, 과학자들이 발견해놓은 지식, 개념보다는 과학의 탐구 방법을 더 중요하게 보며, 우리 나라 6차 교육과정 공통과학의 일부는 이같은 과정 중심의 구성으로 되어 있다.

마지막으로 STS적 통합이란, 학교의 과학 교육이 순수한 자연 현상 탐구는 물론, 과학과 기술, 사회와의 관계에서 비롯되는 여러 문제까지 다루어야 한다고 보는 STS 과학 교육을 가리킨다. 과학기술적 개념의 이해, 과학기술의 부정적인 측면과 환경 문제 인식 및 가치 판단, 사회를 위한 창조적인 활동 등을 기본 정신으로 하는 STS 과학 교육은 그 성격상 통합적 구성이 되지 않을 수 없다.

4. 국내외 연구 동향

국내의 관련 연구로 우선 김재복(1984, 1995)은 교육과정 통합의 논거 및 통합 교육과정의 정당성에

관한 연구에서 통합교육과정을 긍정적으로 받아들이고 있다. 과학교과에서는 권재술과 박범익(1978)이 통합과학의 필요성 및 통합 방안을 제시하고 있으며, 신희명과 이원식(1985)은 좀 더 구체적으로 중학교 통합과학의 내용 구성을 학년별로 제시하고 있다. 그의, 중학 통합과학의 방향과 교육과정의 시안을 제시하고 있는 연구(홍숙자, 1993)와 중학 과학에서 통합과학 교육 실시상의 문제점 및 해결 방안에 대한 연구(이영주, 1993), 통합 과학 교육의 실태를 조사한 연구(이학동, 1987, 1988) 등이 있다. 그러나 국내 통합과학 관련 연구는 그 수가 매우 적으며, 특히 통합과학 교육과정에 있어서 내용 구성의 방안에 대한 연구는 더욱 희소하다는 것을 알 수 있다.

일본은 1991년 이후, 자연 과학 전반의 필수화 및 국민적 소양으로서의 과학 교육에 대한 논의가 활발해졌다. 그가시적인 결과로 학생 전체를 위한 통합과학의 필요성이 강조되고, 통합적 과학의 내용 구성을 위한 실험실 교육, STS 교육 등이 제안되고 있다(日本物理教育學會, 1995). 또한, 1994년부터 실시되고 있는 교육과정에는 고등학교 1학년을 대상으로 하는 통합과학 과목이 신설되어 있다(文部省, 1989).

미국은 일찍부터 통합과학의 필요성을 내세우고 그에 부합하는 통합과학 교재를 개발해 왔다고 할 수 있다. 최근의 통합과학 관련 연구로는 Project 2061을 들 수 있는데, 이것은 통합과학 교육과정의 내용적 기초가 되며 모든 미국 국민을 위한 과학을 지향하고 있다. 여기서 시도되고 있는 과학 영역간의 구별 감소는 미국의 과학 교육과정의 재구성에 막대한 영향을 미쳤을 뿐만 아니라, 전 세계적으로 통합과학 교육과정에 대한 관심을 불러일으키고 있다(AAAS, 1993).

이상과 같이 과학 교육에 있어서의 새로운 시도로 받아들여지고 있는 범세계적인 통합과학 운동은 분과 중심 과학에서 간학문적 과학, 보다 심도 깊은 통합과학으로 나아가고있으며, 지역이나 국가의 상황에 맞도록 유연성, 적응성을 갖춘 모듈(module) 개발을 시도하고 있다. 또 대학 진학을 위한 과학 교육보다는 과학적 소양을 위한 과학 교육을 강조하며, 분과 전공의 과학교사 양성보다는 간학문적 과학을 통하여

과학교사의 시각을 넓히는 방향으로 나아가고 있는 것이 과학 교육의 세계적인 추세라고 할 수 있다.

III. 통합주제 중심의 통합과학 내용 구성 방안

1. 통합주제를 중심으로한 내용 구성의 정당성

1) 과학의 본성과 과학 교육의 방향

과학이란 자연 세계를 이해하는 것으로, 우주 만물의 현상과 변화는 규칙성을 가지고 있다는 전제하에서 이 규칙성을 밝히려는 것이다. 그러나 밝혀진 현재의 규칙성은 새로운 발견에 의해 다시 바뀔 수 있는 가변적인 것이라고 하겠다. Kimball에 의하면 과학은 개방적이고 잠정적이며, 포괄성과 단순화를 목적으로 하고 있다(Meichtry, 1993). Einstein은 모든 과학의 목적이 인간의 경험을 논리적인 체계로 통합하는 것이라고 했는데(Renner & Marek, 1990), 이것은 Kimball의 포괄성, 단순화와 같은 맥락에서 받아들일 수 있는 개념이다. 또, Poincare(Renner & Marek, 1990)에 의하면 과학은 사실들의 조화로운 질서로부터 드러나는 자연의 미를 추구하는 것이다. 이것은 곧 물리적 세계에는 질서와 순리가 있다는 말이며, 인간은 이런 질서와 순리를 이해하고 받아들일 수 있다는 신념이 곧 과학의 기본적인 특징인 것이다.

이러한 과학의 본성은 과학자들이 자연과 사물을 보는 시각이라 할 수 있는 과학적 세계관에 잘 나타나 있다(권재술과 최병순, 1996). 즉, 과학적 시각으로 보는 물리적 세계는 체계적인연구에 의해 설명될 수 있으며, 한 분야에서 얻어진 과학적 지식은 다른 분야의 현상을 이해하는 데 쓰이고, 또 새로운 발견에 의해 변할 수 있다. 이것은 바로 가변적이고 잠정적인, 그리고 물리 세계를 설명하는 통일된 원리, 즉 포괄성과 단순화를 지향하는 과학의 속성을 대변하고 있는 것이다.

이처럼 보다 포괄적이고 통일된 원리에 의해 여러 영역의 물리적 세계가 표현될 수 있다는 관점에서 볼 때, 학교 과학교육은 지금까지의 학문적 개념체계를

우선적으로 강조하던 내용 구성에서 벗어나 학생들에게 총체적인 자연관을 심어 줄 필요가 있으며, 이를 위해서는 통합적 구성의 과학 교육이 바람직하다고 할 수 있다.

2) 통합주제를 중심으로 한 내용 구성의 정당성

지금까지 교육과정의 통합적 접근이 거의 성공을 거두지 못한 이유는 통합에 있어서 개념적 초점이 부족했기 때문이라는 Mayer(1995)의 주장에서 알 수 있듯이 통합과학에서 어떤 요소를 가장 우선으로 할 것인가를 결정하는 것은 중요하다.

본 연구에서는 과학을 구성하는 개념 체계의 의미를 보다 확장하여, 자연세계를 설명하는 포괄적인 원리 혹은 개념으로 보고 이것을 통합주제라고 정의하기로 한다. 통합주제가 되는 개념은 각 학문 영역에서 지식의 구조를 이루는 과학 개념들과 다소 의미를 달리하며, 상호 작용, 순환 및 평형 등과 같은 것이 그 예가 된다. 이러한 통합주제 중심의 통합과학은 서로상보적인 역할을 할 수 있는 내용들을 선정, 조직함으로써 그들간의 상호 관련성을 보다 포괄적으로 밝힐 수 있다.

이런 맥락에서 볼 때, 통합주제 중심의 내용 구성은 자연 세계의 사물이나 현상을 설명하는 과학적 개념들을 통합하는 방법으로, 분과중심적인 관점을 보충해 줄뿐만 아니라, 생산적이고 통찰력 있는 사고를 가능하게 해 준다. 우리가 흔히 말하는 과학의 기본 개념이 불과 몇 개의 현상들과 관계가 있다면, 통합주제가 되는 개념은 보다폭 넓은 현상들을 본질적으로 설명할 수 있다. 예를 들면, 기존의 분과 중심적 학문 체계에서 화학 평형이라는 개념은 동적 평형이라든지, 평형과 온도, 압력 변화의 관계 등과 같은 구성요소들로 이루어져 있다. 그에 비해 통합주제로서의 평형에는 지구 단위의 평형, 생물계의 평형, 인체내의 평형, 화학 평형 등이 구성 요소가 될 수 있다.

통합주제는 일종의 과학적 시각이라 할 수 있는데, 이와 같은 과학적 시각의 형성은 미지의 사물이나 현상의 기본 원리를 설명할 수 있는 가능성을 높이는데 기여하리라 본다. 급변하는 지구촌 시대의 각 영역에서 필요한 지식 요소는 빠른 속도로 팽창하고 있다.

그러므로 여러 가지 상황의 문제와 현상을 설명할 수 있는 새로운 과학적 시각을 갖게 하는 것은 과학 교육에서 의미있는 일이다. 또 여러 교과에 공통적으로 적용 가능한 포괄적인 개념을 통합 주제로 선정하여 다양한 학습 활동을 제시하는 것이 통합교과의 특징(한국교육개발원, 1983)이라는 점에서도 통합주제 중심의 구성은 의의를 갖는다고 하겠다.

2 통합주제 설정의 근거

통합주제 설정의 근거를 마련하기 위하여 NSTA(1964), SCIS(Campbell et al., 1992), NSES(NRC, 1996), Benchmarks(AAAS,1993), SF AA(AAAS, 1989), National Curriculum(NCC, 1989) 등의 통합과학 관련 교육과정과, Science Plus(Morrison et al., 1986), Balanced Science (Marchington & Acaster, 1991), Macmillan Integrated Science(Allen et al., 1986), Oxford Integrated Science(Bethell & Coppock, 1990), Salter's Approach Science(University of York, 1991), 總合理科(1997) 등의 통합과학 교재를 분석하였다. 그 결과, 자연 현상을 포괄적으로 설명할 수 있는 개념으로서의 통합주제 설정은 다음의 내용을 근거로 하고 있다.

자연계를 구성하는 요소간에는 다양한 양상의 상호 작용이 있으며, 그 궁극적인 방향은 무질서도가 증가하는 쪽으로 향하고 있다. 그러나 어떠한 무질서라도 그 속에는 무질서를 설명할 수 있는 질서와 통일성의 원리가 존재한다고 생각된다. 이런 맥락에서 볼 때, 자연 현상의 양식을 파악하고, 또 그 양식으로 사물의 상태와 기능, 현상의 원리 등을 설명하는 것은 매우 과학적인 능력이라 할 수 있다. 물론 자연계를 모두 설명할 수 있는 양식을 단 몇 가지로 나타낸다는 것은 관점에 따라 달라질 수도 있는 쉽지 않은 일이지만, 상대적으로 보다 많은 현상들을 설명할 수 있는 양식을 추출할 수는 있다.

자연을 설명하는 몇 가지의 궁극적인 양식이란 여러 영역의 자연 현상을 관통하는 포괄적인 개념을 가리킨다. 자연계라는 체계내에는 그것을 구성하는 요

소들이 있으며 요소간에는 끊임없이 상호 작용이 일어나고 있다. 요소간의 상호 작용은 변화를 가져오고, 변화의 방향은 조화와 균형을 추구하고 안정한 상태를 향하고 있다. 또 상호 작용은 여러 가지 형태로 나타난다. 물질의 상호 작용의 경우, 그 물질을 구성하고 있는 단위 물질의 구조가 물질의 성질을 결정하며, 그 성질은 상호 작용의 종류와 정도를 결정하게 된다. 즉, 자연계의 여러 사물이나 현상들을 보면 구조가 기능을 설명할 수 있고, 또 기능이 구조를 유도할 수 있다는 것을 깨닫게 된다. 또한 물질과 에너지는 여러 형태의 전환을 거치지만 우주 전체의 총질량은 보존되는 것으로 보아 자연계는 몇 가지의 순환 곡선을 가지고 있다고 볼 수 있다.

자연을 바라보는 위와 같은 관점을 <Fig. 1>과 같이 나타내고, 자연을 설명하는 5 가지의 포괄적 개념, 즉 계(系, 혹은 시스템), 상호작용, 조화와 균형, 구조와 기능, 순환을 통합주제로 설정하였다.

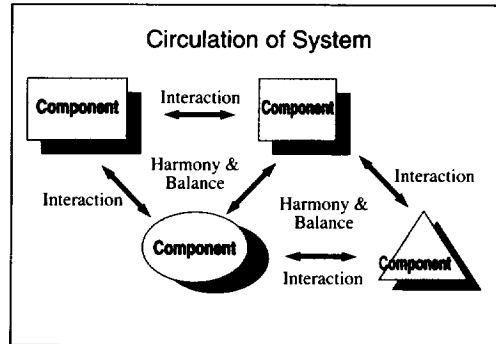


Fig. 1 Rationale of Setting Themes

3. 통합과학 내용 구성

통합주제 중심의 통합과학 단원의 성격과 내용 구성은 아래와 같으며, 영역별 학습주제만을 간단하게 제시한 것은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Theme & contents

Theme	Units	Contents
System	1. Components of system 2. System & energy transformation 3. System & control	Planets of solar system/ Earth system Ecosystem & energy/ Energy transformation system: Chemical cells Open system & closed system/ Controller
Interaction	1. Interaction of forces 2. Interaction of living things 3. Action & reaction of humanbeingsonthe earth	Gravity & air resistance/ Action & reaction/ Electric force & ionic reactions Ecosystem/ Genetics & evolution Human beings & nature/ Environmental pollution & the effects of pollution
Harmony & Balance	1. Control & regulation 2. Balance & equilibrium 3. Disrupt of balance	Reception of stimulus & reaction/ Controlsin the organs of living things Physical equilibrium/ Balance & equilibrium of materials/ Equilibrium of ecosystem Human impact on global climate/ Disrupt of controls on human body/ Population problem
Structure & Function	1. Structure & function of living things 2. Propertie & structure of matters	Structure & function of animals/ Structure & function of plants Structure of atom/ Properties & structureof materials
Circulation	1. Circulations in the earth system 2. Living thing & circulation of materials 3. Heat energy & entropy	Hydrologic cycle/ Atmospheric circulation/ Rock cycle Carbon cycle/ Nitrogen cycle/ Elements of the earth crust & living things Law of mass conservation/ Heat energy & entropy

영역 I. 계(系)

1) 개관

자연 세계는 너무 크고 복잡하게 얽혀 있어서 한꺼번에 그 전체를 이해하기란 쉬운 일이 아니며, 인간이 인위적으로 만들어내는 세계도 마찬가지다. 이러한 세계를 이해하기 위해서는, 특정한 범위를 설정하여 먼저 그 범위내의 사물이나 현상을 우선 파악하는 것이 도움이 될 것이다. 이때 특정한 범위내에 서로 관련된 물체나 요소들을 통합해 놓은 조직체를 계 혹은 시스템이라고 정의한다.

시스템 영역에서는 각 요소들이 서로 어떻게 관련되는가를 이해하는 것에 초점을 맞춘다. 즉, 하나의 요소를 완전히 알기 위해서는 그 요소와 관련되어 있는 다른 요소들과의 관계를 파악해야 하고, 그런 요소들의 총합이 바로 하나의 시스템이 되는 것이다. 예를 들면 식물계와 동물계로 구성된 생태계는 지구계에 속하고, 지구계는 다시 태양계에 속하고, 태양계는 다시 우주라는 커다란 시스템의 구성 요소가 되는 것이다. 또, 시스템을 이루는 구성 요소간의 피드백은 계를 통제하는 상호작용 기능이라 할 수 있으며 구성 요소들은 서로 유기적인 관계에 있다.

이와 같이 계를 구성하는 각 요소의 진정한 의미를 이해하기 위해서 요소간의 관련성을 이해해야 하는 계의 속성은 인간 사회라는 계의 속성과 매우 유사하다고 하겠다. 그래서 자연계의 사물이나 현상을 시스템이라는 관점에서 해석하는 것은 더불어 사는 인간 사회에 대해서도 시사하는 바가 있다. 즉, 독립적인 체계를 유지하면서도 다른 것과의 연계성을 지녀야 한다든지, 일정한 계를 벗어나면 더 이상 그 계의 성질을 유지하지 않게 되는 것, 시스템내의 피드백을 통해 균형을 유지하거나 보다 나은 새로운 전망을 제시할 수 있게 되는 것, 개인이 중요한 만큼 그 개인이 속해 있는 집단도 중요하다는 것 등이다.

2) 내용 구성

(1) 계의 구성 요소

▶ 학습 주제

태양계를 이루는 행성들/ 지구계

▶ 학습 목표

태양계의 구조와 행성들간의 관계를 설명하고, 구성 요소간의 관계를 파악하는 것은 전체를 파악하는데 필수적이라는 것을 이해한다.

기권, 수권, 육권 그리고 생명체가 조화를 이루며 살아가고 있는 지구계는 이들 구성 요소들이 따로 분리되어 있는 것이 아니라 서로 밀접하게 연관된 유기체와 같다는 것을 이해한다.

(2) 시스템과 에너지 전환

▶ 학습 주제

생태계와 에너지/ 에너지 전환 시스템으로서의 화학 전기

▶ 학습 목표

생태계의 물질 순환, 에너지 전환을 거시적 차원에서 바라보고, 이것의 원동력이 태양 에너지임을 안다. 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 화학 전지를 하나의 시스템으로 보고, 이것의 원리를 이해한다.

(3) 시스템과 조절 작용

▶ 학습 주제

열린 계와 닫힌 계/ 조절 장치

▶ 학습 목표

열린 계와 닫힌 계의 차이를 이해하고, 그 예를 들 수 있다.

광센서, 바이메탈 등을 이용한 조절 장치의 쓰임새를 알고, 조절장치와 전체 시스템의 관계를 파악한다.

영역 II. 상호 작용

1) 개관

자연에 존재하는 모든 물질과 생물들은 서로 상호 작용하면서 살아가고 있다. 미시적으로는 물질을 구성하고 있는 미세한 입자들의 움직임에서, 거시적으로는 질서와 조화 속에서 운행되는 별들의 움직임까지 상호 작용이라는 관점에서 설명할 수 있다.

우선 생물계의 모든 생명체는 그들이 살고 있는 환경과 상호 관계를 유지하면서 변화가 일어난다. 생물체의 행동 양식은 그 생물체가 속해 있는 환경, 즉 다른 생물체의 종류와 수, 식량과 자원의 한계, 환경의 물리적 특성 등에 의해 달라진다. 생태적 지위나 서식처, 식물의 천이와 같은 생태계의 궁극적인 모습은 유기체들간의 상호 작용의 결과라고 할 수 있다.

며, 진화도 고립된 상태에서 일어나는 것이 아니라, 한 생명체와 그것을 둘러 싸고 있는 환경과의 상호 작용 영향을 받는다.

물체와 물체간에도 상호 작용이 있다. 모든 물체사이에는 만유인력이라는 힘이 작용하며, 특히 물체가 떨어지는 현상은 지구와 물체 사이에 상호 작용하는 힘의 결과이다. 배가 물에 뜨는 현상이나, 내뿜는 힘으로 위를 향해 올라가는 로켓의 원리도 힘의 상호 작용 결과이다. 또한, 성질이 다른 두 물체를 마찰시켜 얻는 정전기 현상이나, 전하를 띤 입자 사이의 반응인 이온 반응도 상호 작용의 관점에서 설명할 수 있다.

인류가 지구에 미치는 영향도 이런 관점에서 바라볼 수 있다. 경제적 원인과 산업계의 요구에 의한 인간의 활동이 환경에 미치는 이익과 불이익, 인간의 활동에 기인한 생태계 변화, 파괴된 생태계의 복귀 등을 상호 작용의 관점에서 바라보고 이해하는 것은 의미있는 일이다.

2) 내용 구성

(1) 힘의 상호작용

▶ 학습 주제

중력과 공기 저항/ 작용과 반작용/ 전기력과 이온간의 반응

▶ 학습 목표

힘의 상호작용 중 가장 기본이 되는 것은 만유인력이라는 것을 알고, 특히 낙하 운동에서 물체에 작용하는 중력과 공기 저항 사이의 상호작용 관계를 말할 수 있다.

힘이 작용하는 모든 상황에서는 항상 힘이 쌍으로 작용함을 이해하고, 주변에서 작용, 반작용의 관계를 이용한 예를 찾을 수 있다.

전기력, 자기력은 어느 한 쪽에서만 작용하는 것이 아니라 서로 쌍으로 작용한다는 것을 안다. 또 서로 다른 종류의 전하를 띤 입자들의 상호 작용이라는 관점에서 이온 반응을 이해한다.

(2) 생물의 상호 작용

▶ 학습 주제

생태계/ 유전과 진화

▶ 학습 목표

생물의 생태적 지위를 알고 피식과 포식의 관계에 따른 개체군의 변화를 상호작용의 관점에서 이해한다.

유전과 진화라는 일련의 과정에서 생물은 환경과의 상호 작용으로 끊임없이 변하고 있다는 것을 이해한다.

(3) 인간이 지구에 미치는 영향과 그 반향

▶ 학습 주제

인간과 자연/ 환경 오염과 그 대가, 그리고 대처 방안

▶ 학습 목표

지구 생태계에서 인간의 위치와 역할을 이해하고, 미래의 지구 환경과 인류의 과제를 인식한다.

인간의 활동이 지구 환경에 영향을 미쳐 그 반향으로 지구의 자연 환경이 부정적, 혹은 긍정적으로 변할 수 있다는 일련의 예를 통해, 지구도 하나의 생명체처럼 인식해야 함을 안다.

영역 III. 조화와 균형

1) 개관

총체적인 규모의 자연계는 부분적인 작은 변화들을 흡수하여 거시적인 수준의 항상성을 유지하고 있다. 항상성을 크게 두 가지로 나누어 볼 때, 우주 전체의 에너지와 물질의 총량의 합이 일정하게 유지되는 양적인 측면이 그 중의 하나이고, 시스템 내의 변화에 조화롭게 대처하여 균형을 유지의 측면이 그 나머지 하나라고 할 수 있는데, 여기서는 조화와 균형 측면의 항상성에 초점을 맞춘다.

물리적, 생물적, 사회적 시스템은 궁극적으로 안정한 상태 혹은 평형의 상태로 가고자 하며, 그구성 요소 혹은 하부 시스템의 피드백을 통하여 전체 시스템의 항상성을 유지한다. 수요와 공급의 관계와 같은 상호교류적 활동이나, 스스로 자기를 조절할 수 있는 생물계에도 평형의 개념이 적용되며, 자동 온도 조절기, 항온동물의 체온 유지 등이 그 예가 된다. 그러나 이런 시스템도 일정한 자극의 범위를 벗어나면 항상성을 유지하지 못하고 균형을 잃게 된다.

예를 들면 너무 많은 태양열을 쬐임으로 해서 일사병에 걸리게 되면 인체의 체온 조절 장치는 정상적으

로 조절작용을 하지 못하는 것과 같은 경우이다.

자연계 혹은 사회적인 시스템의 항상성 유지는 곧 안정을 추구하는 것이고, 안정한 상태에 도달하기 위해서는 요소간의 상호작용으로 인한 작은 변화들이 서로 맞물려 돌아가며 통제되는 가운데 균형을 찾아가는 과정을 거쳐야 한다. 이런 맥락에서 보면 자연계의 균형 유지는 우리 인간의 사회 생활에도 시사하는 바가 있다. 사회를 구성하는 사람과 사람, 혹은 사람과 환경사이의 균형이 유지될 때 비로소 조화로운 삶을 살아갈 수 있으며, 동시에 구성 요소들간의 조화가 이루어질 때 균형 갖춘 안정한 상태가 이루어진다. 이런 의미에서 조화와 균형의 관점은 안정이나 항상성, 평형과 같은 개념들을 포함하며, 더 넓게는 자연계의 대칭성이나 통제성, 보존의 개념 등도 설명할 수 있는 포괄적인 주제라고 할 수 있다.

2) 내용 구성

(1) 조절과 통제

▶ 학습 주제

자극의 수용과 반응/ 생물 기관의 조절 작용

▶ 학습 목표

자극에 대한 인체의 반응을 조절과 통제 작용으로 보고, 인체의 감각기관과 운동기관의 역할을 설명할 수 있다.

체내의 환경을 거의 일정한 상태로 유지하려는 인체의 선천적인 기능을 이해하고, 구체적인 예를 들어 설명할 수 있다

(2) 균형과 평형

▶ 학습 주제

물리적 힘의 평형/ 물질간의 균형과 평형/ 생태계의 평형

▶ 학습 목표

힘의 합력을 이해하고, 힘이 평형을 이룬 상태와 비평형 상태에서의 물체의 운동을 설명할 수 있다.

중화 반응을 산과 염기의 균형으로 설명하고, 용액과 재결정 등의 개념을 통해 용해 평형을 이해한다.

먹이 그물의 완충 작용과 같은 예를 통하여 평형을 향해 나아가는 생태계의 속성을 알고, 서식처를 통한 생태적 지위라는 관점에서 식물의 천이를 설명할 수

있다.

(3) 균형의 파괴

▶ 학습 주제

이상 기후/ 인체 조절 기능의 상실/ 인구 문제

▶ 학습 목표

온난화, 엘니뇨 현상, 사막화, 탈산림화 등의 현상과 전지구적인 기후 변화와의 관계를 인식한다.

약물의 오 남용이 인체에 미치는 영향을 알고, 일정 수준의 한계점을 지나면 인체의 조절 기능이 상실되어 균형이 깨진다는 것을 인식한다.

인구 증가와 식량난, 그리고 지구상의 식량 수급의 불균형에 대한 이해와 아울러 그 대처 방안을 찾는다.

영역 N. 구조와 기능

1) 개관

자연계에 존재하는 여러 가지 사물이나 혹은 현상들을 구조와 기능이라는 측면에서 바라보는 것은 자연계를 이해하는 또 다른 통로가 된다. 다시 말해 보다 안정된 구조를 추구하게 되는 자연스러운 경향이 라든지 혹은 생김새와 쓰임새는 서로 불가분의 관계에 있다는 것을 보여 주는 자연의 모습에서 구조, 모양, 양상 등의 개념은 자연계에 폭 넓게 적용되는 기본 개념 중의 하나가 된다는 것을 알 수 있다.

자연 세계의 사물이나 현상을 규명하는 지식으로서의 과학은, 우선 물질이 무엇으로 이루어져 있는가를 밝히는 것에서 시작된다고 할 수 있을 것이다. 원자의 구조에 대한 이해는 원자간의 결합을 설명할 수 있고, 결합에 대한 이해는 분자의 구조와 성질, 물질간의 반응을 설명할 수 있으며, 물질간의 반응은 모습과 성질의 변화로 이어진다. 상호 작용하는 물질간의 반응에서는, 우선 단위 물질의 구조가 물질의 성질을 결정하고, 그 성질이 상호작용의 종류와 정도 즉 반응성을 결정하게 된다는 것을 알 수 있다. 또, 생물계의 조직은 어떤 수준에서 보더라도 그 조직의 구조와 기능이 보완적인 관계에 있다는 사실을 발견하게 된다. 생물체내의 각 기관은 서로 유기적인 관계를 유지하고 기능의 조화를 이루어 궁극적으로는 하나의 독립된 개체로서 살아갈 수 있도록 하는 구조

적 특징을 가지고 있다. 즉, 세포, 기관, 조직의 모양은 뚜렷하게 구별되는 구조를 가지고 있는데, 이들은 유기체 전체를 유지하기 위해 서로 다른 기능들을 맡고 있는 것이다.

이처럼, 자연계의 여러 사물이나 현상들을 보면 구조가 기능을 설명할 수 있고, 또 기능이 구조를 유도할 수 있다는 원리가 폭 넓게 적용됨을 알 수 있다.

2) 내용 구성

(1) 생물의 구조와 기능

▶ 학습 주제

동물의 구조와 기능/ 식물의 구조와 기능

▶ 학습 목표

소화 기관과 영양소의 흡수 이동, 호흡 기관과 에너지 생성 과정을 통해 각 기관의 구조와 기능을 이해한다.

광합성 작용, 증산 작용을 통해 잎의 구조와 기능을 이해하고, 식물도 생식 기관을 통해 종자를 번식하고 있음을 인식한다.

(2) 물질의 성질과 구조

▶ 학습 주제

원자의 구조/ 물질의 성질과 구조

▶ 학습 목표

보어의 원자 모형으로 원자간의 결합을 이해하고, 원자간의 결합으로 물질의 성질을 설명할 수 있다. 이때 보어의 원자 모형과 태양계를 대비해보고, 두 모형의 구조에서 유사점을 찾는다.

비누 분자의 구조를 보고 세탁의 원리를 설명할 수 있는 것과 같이 물질의 성질은 물질의 구조에 기인함을 인식한다.

영역 V. 순환

1) 개관

자연 현상 중에는 반복되는 양상을 보이는 것들이 있다. 예를 들면 어느 한 지역의 날씨가 매일 조금씩 변하지만 사계절은 해마다 반복된다든지, 지구계에서 물의 모습 변화가 반복되는 것 등이다.

생물 군집에서도 물질의 순환이 끊임없이 이루어지고 있다. 생물체를 이루는 물질의 구성 원소와 지

각, 대기 등의 구성 원소는 크게 다르지 않다는 것으로부터, 생물을 구성하는 물질이 무생물을 구성하는 물질과 별개의 것이 아니라 단지 모양과 형태를 달리하고 있을 뿐이라는 것을 알 수 있다. 즉, 물질은 생물체내에 흡수되어 생물체의 일부를 이루고 있다가, 배설물이나 사체, 혹은 호흡 결과 생겨나는 물질을 통해 다시 무생물의 상태로 되돌아간다. 광합성 작용이나 질소 동화 작용의 과정을 통해 무기물에서 유기물이 생산되며, 이 유기물은 생물간의 먹이 사슬을 통해 다른 생물로 이동되고, 호흡 배설, 사체 분해 등을 통해 다시 무생물로 순환된다.

여러 규모의 대기 순환, 물의 순환, 생물체내에서 일어나는 물질의 순환등에서와 같이, 순환은 에너지 불균형을 해소하고, 전체적인 조화와 균형을 유지하려는 자연의 조절 작용이다. 다시 말해 자연의 법칙에 순응하는 과정이며, 무질서한 것 같지만 사실은 자연의 균형이 깨어졌을 때 다시 새로운 균형점을 찾으려는 움직임으로 볼 수 있다. 오늘날 전세계적으로 나타나고 있는 기상 이변은 균형이 깨진 실례가 되는데, 이런 불균형은 대기의 순환을 통해 해소될 수 있다.

2) 내용 구성

(1) 지구계내의 대순환

▶ 학습 주제

물의 순환/ 대기의 순환/ 암석의 순환

▶ 학습 목표

지구의 복사 평형, 위도에 따른 태양 복사 에너지의 차이 등을 통해 대기의 순환을 이해하고, 이것을 기상 현상과 관련지어 설명할 수 있다.

물의 상태 변화와 순환이 기상 현상에 큰 역할을 한다는 것을 알고, 그 예로 강수 현상을 설명할 수 있다.

퇴적암, 화성암, 변성암의 암석의 일생과 퇴적, 풍화, 침식을 거치는 지각의 변동을 순환의 관점에서 설명할 수 있으며, 지구 광물의 순환이라는 차원에서 자원의 재활용을 중요하게 인식한다.

(2) 생물체와 물질의 순환

▶ 학습 주제

탄소의 순환/ 질소의 순환/ 지각 구성 원소와 생

물체

▶ 학습 목표

동 식물의 호흡을 통한 탄소의 순환 과정을 설명할 수 있다.

번개에 의한 질소 화합물의 합성, 식물의 질소 동화 작용 등의 질소의 순환을 설명할 수 있다.

유기물이 분해되어 다시 무기물이 되고, 이런 토양 위에서 다시 식물이 자라고, 이 식물은 다시 동물의 먹이가 되는 일련의 순환 과정을 통해 생물체를 구성하는 원소와 지각을 구성하는 원소가 유사함을 안다.

(3) 열에너지와 엔트로피

▶ 학습 주제

질량 보존의 법칙/ 열에너지와 엔트로피

▶ 학습 목표

구체적인 예를 통해 닫힌 계에서는 물질의 질량과 에너지의 총합이 보존된다는 것을 알고, 더 나아가서 우주내의 에너지와 질량의 총합은 일정하게 보존된다는 것을 이해한다.

순환을 거쳐 우주의 에너지와 질량의 총합은 보존되지만 인간이 사용할 수 있는 열에너지는 보존되지 않으며, 모든에너지 전환의 종말은 열에너지 감소와 엔트로피가 증가로 이어진다는 것을 이해하고, 결국 인류는 에너지원의 고갈에 부딪히게 된다는 것을 인식한다.

V. 결 언

오늘날 공통 교육으로서의 과학 교육은 모든 이의 과학적 소양 함양이라는 큰 흐름을 타고 있으나, 이런 시대적 흐름에 부응하기에는 단편적 과학 지식을 우선적으로 강조하는 교육과정내에서 다소 한계를 느끼고 있다. 비슷한 맥락에서, 일반 교육으로서의 과학 교육이 미래의 시민이 될 학생들로 하여금 일상적 문제 해결에 필요한 합리적 사고 방식과 창의적인 통찰력을 갖게 하는 것을 중요하게 여기지만, 이를 위한 구체적인 실천은 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 구체적인 실천의 한 방법으로 과학의 통합적 구성이 필요함을 강조하고, 여러 영역의 자연 현상을 포괄적으로 설명할 수 있는 개념을

통합주제로 정의하였다. 통합주제는 자연계를 관통하는 통합적 안목이라 할 수 있으며, 다양한 자연현상을 몇 가지 통합주제로 묶을 수 있다.

이와 같은 통합주제는 우리 나라 과학 교육과정에 새로운 관점을 제시하는 의미가 있으며, 내용 구성에 있어서 현재의 과학 교과서보다 더 심도 깊은 통합적 구성을 시도한 것은 통합과학 분야를 한 걸음 전진시킨 의의를 갖는다고 생각된다. 설정된 통합주제와 그에 따른 내용 구성에서 현장 적용상의 무리한 부분도 없지 않으나, 이는 통합과학을 향한 의지를 가지고 추후 연구를 통해 수정, 보완시켜 나갈 과제라고 생각한다.

적 요

이 연구에서는 자연계에 폭넓게 적용되는 기본 개념들을 몇 가지로 단순화시키고, 이것을 통합주제라고 정의하였다. 이것은 자연계를 관통하는 포괄적 개념 혹은 통합적 시각이라 할 수 있다. 관련 문헌을 분석하여 계(系), 상호작용, 조화와 균형, 구조와 기능, 그리고 순환의 다섯 가지 개념을 통합주제로 설정하고, 각 통합주제의 성격을 규명하였다. 그리고 설정된 통합주제의 성격에 부합하는 내용을 구성하여 각 영역별로 학습 주제와 학습 목표를 진술하였다. 제시된 통합과학 내용 구성은 그 형태에 있어서 간학문적 통합, 혹은 다학문적 통합이라 할 수 있으며, 현행 중학교보다 통합의 심도가 깊다. 그리고 통합주제의 성격에 우선적으로 초점을 맞춰 구성한 것으로 기존의 4영역 안배 원칙에서 벗어났다. 이와 같은 통합과학 교육과정의 내용 구성 방안은 현재 우리나라의 과학 교육과정에 새로운 관점을 제시하는 의미가 있다.

참 고 문 헌

권재술, 박범익(1978). 통합과학과정의 접근 방법에 관한 비교 연구, 한국과학교육학회지, 제1권, 36-43
권재술, 최병순(1996). 통합교과의 교육과정 교과서

- 구조개선 연구 중등학교 과학과. '96 교육부 위탁연구과제 답신보고. 교육과정 개정 연구위원회
- 김재복(1984). 교육과정의 통합적 접근에 관한 연구. 동국대학교 박사학위논문
- 김재복(1995). 교육과정의 통합적 접근. 서울, 교육과학사
- 신희명, 이원석(1985). 중학 통합과학 교육과정에 관한 연구. 서울대학교 사대논집, 제30호, 95-103
- 이영주(1993). 현행 중학교과학교육에 있어서의 통합 과학교육. 연세대학교 석사학위논문
- 이학동(1987). 통합과학교육의 실태조사(상), 과학 교육, 시청각교육사, 24(10) 86-90
- 이학동(1988). 통합과학교육의 실태조사(하), 과학 교육, 시청각교육사, 25(1), 80-83
- 조희형(1988). 과학 교육과정 및 과학 교수/학습의 이론적 배경과 미래의 과학교육에 대한 시사점, 한국과학교육학회지, 8(2), 33-41
- 조희형, 박승재(1994). 과학론과 과학교육. 서울, 교육과학사
- 한국교육개발원(1983). 통합 교육과정의 이론과 실제. 서울, 교육과학사
- 홍숙자(1993). 중학교 과학과 교육과정의 통합과학적 고찰. 전북대학교 석사학위논문
- Adeniyi, E. O.(1987). Curriculum Development and the Concept of Integration in Science-Some Implications for General Education, *Science Education*, 71(4), 523-53
- Allen, J., Michell, J. C., Hannon, M., Jones, R. P. & Thornley, T.(1986). Macmillan Integrated Science, London, Macmillan Education Ltd.
- AAAS(1993). American Association for the Advancement of Science. Benchmarks for Science Literacy. New York, Oxford University Press
- AAAS(1989). American Association for the Advancement of Science. Science For All Americans(SFAA). AAAS Publication, Washington, D.C.
- Bethell, G. & Coppock, D.(1990). Oxford Integrated Science. Oxford University Press, Oxford.
- Campbell, B., Lazon, J., Millar, R. & Smyth, S. (1992). Science Curriculum Improvement Study(SCIS). Developed at Physics Department and the Lawrence Hall of Science of the University of California at Berkeley, Delta Education, Inc.
- Cohen, D.(1977). Evaluation in Integrated Science Teaching: an Introduction, In *New Trends in Integrated Science Teaching*, Vol. 4, Paris: UNESCO, (재인용, Science Education, 71(4), 1982).
- Conrad, C. F. & Baker, J.(1983). At the Crossroads: General Education in Community College. Horizons Issues Monograph Series, ERIC Document Reproduction Service No. ED 229 090.
- Hanish, T. E. & Vollmann, W.(1983). Interdisciplinarity in Higher Education, ERIC Document Reproduction Service No. ED 249 864.
- Hurd, P. D.(1973). Integrated Science. *The Science Teacher*, 40(2), 18-33.
- Jacobs, H. H.(1989). Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation, ERIC Document Reproduction Service No. ED 316 506.
- Marchington, J. J. & Acaster(1991). *Balanced Science*. Cambridge University.
- Mayer, V. J.(1995). Using the Earth System for Integrating the Science Curriculum, *Science Education*, 79, 375-385.
- Meichtry, Y. J.(1993). The Impact of science Curricula on Student Views about Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 429-443.
- Morrison, E. A., Moore, A. & Nicoll, E. M.

- (1986). Science Plus University of New Brunswick, Harcourt Brace Tovanovich, Canada.
- NCC(1989). National Curriculum Council. National Curriculum for Science. Department of Education and Science and the Welsh. London.
- NFR(1975). Nuffield Foundation Report. (재인용, ERIC Document Reproduction Service No. ED231 409).
- NSTA(1964). National Science Teachers Association. Theory into action. NSTA pamphlet No.471-14282. (재인용, 과학교육론, 우종욱 외, 한국교원대학교 과학교육과, 1996).
- NRC(1996). National Research Council. National Science Education Standards (NSES) Washington, D.C., National Academy Press.
- Renner, J. W. & Marek, E. A.(1990). An educational theory for science Teaching, Journal of Research in Science Teaching, 27(3), 241-256.
- University of York Science Education Group(1991). Salter's Approach Science. Heinemann Educational Books Ltd.
- Winter, D. G., McClelland, D. C. & Stewart, A. J.(1981). A New Case for the liberal Arts, San Francisco: Jossey-Boss. (재인용 ERIC Reproduction Service No. ED 231 409).
- Yager, R.(1987). Science and Technology Education for All, 16th Pacific Science Congress, Seoul, Korea, September 1987. (재인용, 한중하, 1989).
- 文部省(1989). 高等學校學習指導要領解説 理科編 理數編. 東京, ジョギョオ出版社
- 日本物理教育學會近畿支部カリキュラム討論會 (1995). 市民的教養の自然科学の具體的提案, 物理教育, 43(4), 400-401.
- 總合理科(1997). 東京, 東京書籍.