

중등학교 과학교과의 수업방법 개발에 관한 연구

조희형·이문원·조영신
(강원대학교)

강순희·박종윤·허명
(이화여자대학교)

김찬종·송진웅
(국립교육평가원) (대구대학교)

(1993년 12월 14일 받음)

I. 머리말

수업이 학생들에 의해 학습이 일어날 수 있도록 학습자의 내·외적 조건을 체계적으로 조정하는 과정이라고 한다면, 수업이론은 교육 목표의 성취를 위해 필요한 조건을 정비하기 위한 지침을 처방해 주는 일련의 통합된 원리이다(서울대학교 사범대학 교육연구소, 1985). Bruner(1968)에 의하면 수업이론은 처방적이고 규범적인 특성을 지닌다고 한다. 수업이론이 지식과 기술을 획득하는 데 가장 효과적인 방법에 관한 규정을 설정한다는 점에서 처방적이며, 수업과 학습의 이상적 준거를 설정하고 그 준거를 만족시킬 수 있는 조건을 진술한다는 점에서 규범적이라는 것이다. 그는 또한 수업이론은 다음과 같은 네 가지의 기능적 특성을 지닌다고 주장한다.

- 개인의 학습의욕을 가장 효과적으로 고취시킬 수 있는 경험을 구체적으로 제시한다
- 학습자가 가장 쉽게 이해할 수 있도록 지식체계를 구조화하는 방법을 구체적으로 열거한다
- 학습될 내용을 제시할 효율적인 순서를 명시한다
- 학습과 교수 과정에서 보상과 벌의 성질 및 간격을 명세화한다.

이와 같은 수업이론의 특성에 비추어 볼 때, 수업에는 반드시 학습지도할 내용과 교수 방법이 관련되어 있음을 알 수 있다. 현실적으로 교사들은 가르칠 내용을 먼저 결정한

다음에 그것을 효과적으로 가르칠 방법과 기술을 생각하게 된다. 그들은 교수 내용에 관한 계획을 세우고, 그에 바탕을 두어 수업의 방법과 기술을 선정하는 것이 상례이다. 한편 수업의 방법과 기술을 교수할 내용에 따라 선택한다는 말은 그것이 가르칠 내용의 여러 가지 특성과 연관된 속성을 지니고 있음을 의미한다.

이 연구는 과학의 특성에 적절한 과학수업 방법을 개발·제시하는 데 일차적인 목적을 두었다. 이 목적을 달성하기 위해 제 6 차 중학교 교육과정(교육부, 1992)의 과학 과목 내용을 조사·분석하고, 그에 적절한 수업 방법을 개발하였다. 수업 방법은 분야별로 서로 다른 절차와 전략으로 개발하였다.

II. 연구 방법

이 연구는 문헌의 조사·분석을 통해서 수업 방법이 지니는 일반적인 특성을 추출하고, 그 결과를 바탕으로 제 6 차 중학교 과학 교육과정 내용에 포함된 특정 주제에 대하여 한 시간 분량의 수업 방법과 단계 및 자료를 개발하는 절차에 따라 수행되었다. 이 연구에서 조사·분석한 문헌에는 일반 교과의 수업 방법에 관한 각종의 교재들을 포함시켰으며, 특별히 중등학교 과학의 수업 방법에 관한 문헌에는 각종의 교재뿐만 아니라 그에 관한 국내·외 과학교육학자들의 연구 결과들도 포함시켰다. 이 연구와 동시에 이루어진 과학 수업모형에 관한 연구에서는 과학 수업이 새로운 개념

을 형성시키거나 기존의 개념을 변화·발달시키며, 과학자들의 개념으로 대체시키기 위한 절차에 따라 이루어질 수 있다는 것을 확인하였다(조희형 외 7인, 1993). 그러므로 이 연구에서는 개념분화 모형, 개념교환 모형, 그리고 탐구기능 획득 모형에 따른 학습지도 방법을 예시적으로 개발하였다. 개념교환 모형은 물리 분야, 개념분화 모형은 화학 분야, 탐구기능 획득 모형은 지구과학 분야에 적용하여 수업 방법을 개발하였다. 개념형성 모형은 전통적인 수업모형과 동일하므로 그 예시를 생략하였다.

III. 연구의 결과 및 토의

이 연구는 중고등학교 과학 학습지도 현장에서 실용적으로 적용할 수 있는 수업 방법을 개발하는 데 근본적인 목적을 두었다. 여기서는 과학 수업의 방법과 기술에 나타나는 일반적인 특징에 관하여 논의하고, 제 6 차 중학교 과학 교육과정 내용이 지니는 여러 가지 특성들 가운데에서도 각 주제의 인지적 요구도에 관한 분석 결과를 기술한 다음, 분야별 또는 가르칠 내용의 특성에 따라 개발된 과학 수업 방법의 특징과 적용 방안에 관하여 논의한다.

1. 과학 수업 방법의 일반적인 특성

과학 수업의 방법 및 전략과 기술은 가르칠 내용, 즉 과학 지식과 과학적 탐구 및 그 기능과 기술의 본성에 관한 기본관점에 따라 달라질 수 있다. 그것은 또한 수업의 목적과 학습자의 특성에 따라 서로 다르게 개발·선정될 수 있다. 이는 수업의 방법과 학습할 내용에 관한 연구가 하나의 통합된 전체로 수행되어야 할 필요성을 제기한다. 그러나 지금까지의 교수 방법에 관한 연구들은 대개 가르칠 내용만을 도의시하거나 가르칠 내용을 임의로 선택한 다음, 그 내용을 학생들이 쉽게 학습할 수 있다고 생각되는 수업변인에 관해서만 수행되어 왔다(곽병선, 1983).

수업 방법은 교수 방법으로도 일컬어지고 있다. 일반적으로 수업 방법은 수업의 전략(strategies)과 교수 기술(teaching skills)로 구성되거나(Collette & Chiappetta, 1989), 혹은 교수 절차와 기법(techniques)으로 조직된다(Falk, 1980). 수업 전략은 수업을 진행하는 방법이자 일련의 학습 목표를 달성하기 위한 일반적인 계획이며, 교수 기술은 수업을 수행하거나 수업 전략을 실행하는 구체적인 행동을 의미한다. 한편 교수 절차는 토의, 시범실험, 실험실 수업 등과 같은 넓은 의미의 교실 활동을 말하며, 교수 기법은 그러한 교수 절차의 특정 단계에서 학생들의 학습을 촉진

시키기 위해 행해지는 교사들의 세부적인 행위를 일컫는 다.

일반적인 의미의 수업 방법이 이와 같은 구성요소들로 이루어져 있다는 것은 과학수업도 그런 요소들에 따라 다양한 종류로 나누어질 수 있음을 뜻한다. 특히 수업 전략으로서의 수업 방법은 교사의 역할이나 학생들의 참여도에 따라 교사 중심의 수업과 학생 중심의 수업으로, 그리고 자료를 제시하는 방식에 따라 귀납적 수업과 연역적 수업으로 대별할 수 있다. 수업을 전략에 따라 이와 같이 분류할 수 있다고 볼 때, 각 범주별 과학수업의 종류를 예시하면 <표 1>과 같다(Simpson & Anderson, 1981).

<표 1> 수업 전략에 따른 과학수업의 분류체계와 종류

	교사 중심	학생 중심
연역적 (직접)	강의 논증(시범실험) 암송 영화 감상 초청 강연 텔레비전 강의 교사에 의한 질문 교사 주제 토의	실험 연습 프로그램 수업 교과서 읽기 시청각 수업 보고서 작성 학생 주제 세미나 슬라이드와 테이프 학생 위원단 교육 게임 학생 시범실험
귀납적 (간접)	귀납 과정 탐구예의 초대 탐구 필름 루프 질문 기법 토의 방법 시범 실험 탐구 슬라이드	교육 게임 학생 주제 토의 자율 학습 탐구 영화 야외 실습 위원단 토의 모의실험 역할놀이 모듈 이용 학습 패키지 수업 사회 연극 가치 명료화

<표 1>에서 교사 중심의 수업은 전적으로 교사의 통제 하에 이루어지며, 학생 중심의 수업은 학생들의 능동적이고 자율적인 역할에 의해 진행된다. 한편 간접적 수업 방법의 한 가지인 귀납적 수업에서는 학생들이 스스로 단편적인 사실들로부터 핵심적 개념이나 원리를 조직하게 되며, 이와 대조적인 특성을 지니며 보다 직접적인 수업 방식으로 볼 수 있는 연역적 수업에서는 교사가 먼저 핵심적 개념을 제

시하고 그와 관련된 구체적인 사실들을 예증하는 절차가 진행된다. 물론 모든 과학 수업 방법이 <표 1>과 같이 범주화될 수 있는 것만은 아니고 경우에 따라서는 다른 범주로 분류될 수도 있다.

수업 전략의 기본 단위는 교수의 절차와 그 기술이다. 교수 절차는 토의, 시범실험, 실험·실습, 필름 사용, 야외실습, 보고서 작성, 숙제 내기, 평가 등으로 구분할 수 있는데, 이는 수업 형태가 교수의 절차에 따라서도 분류될 수 있음을 암시한다. 한편 수업 기술은 수업 내용에 적절한 교수 절차를 선택하고, 수업 서열을 정하며, 단원들 사이의 계속성을 유지하는 등 수업의 과정을 조직하는 기능을 말하는데(Falk, 1980), 이 말은 수업 방법이 교수 기술에 따라서도 분류될 수 있음을 의미한다. 교수의 절차와 기술에 따른 수업의 형태를 분류하면 <표 2>와 같다(Carin & Sund, 1989).

<표 2> 교수의 절차 및 기술에 따른 수업 방법의 종류

듣고-말하기 방법	읽고-쓰기 방법	보고-하기 방법
강의	교과서	시범실험
지시	학습장	야외실습
반복	철판	계약
훈련	안내판	직접실험
검토	문제해결	탐구
질문	실험 보고서	학습센터
구두시험	분단학습	연구과제
토의	동료검토	모의실험
필름분석	동료지도	게임
논쟁	프로그램	탐색
구두보고	개별수업	발견
브레인스토밍	공책기록	
	학습지	

<표 2>로부터 알 수 있듯이 교수 방법에는 여러 가지 요인이 작용한다. 무엇보다도 교수/학습 자료가 가장 큰 영향을 미치며, 교사들의 수업 기술도 그에 못지 않게 큰 영향을 미친다. 특히 교수 기술의 실질적인 효과는 학습자와 교수/학습 환경에 따라 그 정도가 다양하게 나타난다.

수업 방법의 효과는 수업이 진행되는 절차상의 단계에 따라서도 그 정도가 다르게 나타난다. 이는 수업 방법의 단계별 효과를 확인하기 위해서는 수업 절차와 관련된 문제가 선결되어야 함을 시사한다. 전통적으로는 수업이 도입, 전개, 정리 단계를 거치면서 일어난다고 보고 있다(변영계, 1984). 일부의 교육학자들은 이것을 확장하여 일반 수업 모

형이 동기 유발, 이해, 획득, 파지, 회상, 일반화, 실연, 피드백 등의 단계들로 이루어져 있다고 주장하기도 한다(Giroux, Penna & Pinar, 1981). 한편 과학교육학자들은 특별히 과학적 탐구 수업이 문제 설정, 가설 제시, 자료 수집, 가설 검증, 결론 도출 등의 단계를 통해서 일어난다고 강조한다(박승재, 1985). 그러나 과학수업 과정에서 나타나는 수업 방법의 단계별 효과에 관한 연구 결과는 나와 있지 않으며, 전통적 수업 모형의 단계별 수업 방법의 효과를 예시하면 <표 3>과 같다(변영계, 1984).

<표 3> 수업 단계별 최적의 수업 방법

	도입	전개	정리
강의법	0		
시범법	0		
반복법		0	0
토의법		0	0
실연법		0	0
자율학습법			0
프로그램학습법	0	0	0
동료학습법	0	0	0
모의실험법	0	0	0

이상에서 살펴본 바와 같이, 수업 방법은 학생들에게 학습 자료를 제시하는 가장 효과적이고 효율적인 수단이다(Trowbridge & Bybee, 1986). 이러한 의미로 정의할 수 있는 수업 방법의 효과를 극대화하기 위해서는 교사는 지도할 주제와 학생들의 특성에 적절한 교수 방법을 선정하고, 또한 그에 적절한 수업 기술을 적용해야 한다는 것도 알아야 했다. 이는 곧 가장 이상적인 수업 방법이란 있을 수 없으며, 그 효과와 가치가 수업의 내용과 학생들의 특성에 의해서 결정됨을 보여준다. 그러므로 다음에서는 제 6 차 중학교 교육과정 내용의 인지적·심리적 특성에 관하여 논의한다.

2. 제 6 차 중학교 과학 교육과정의 성격

과학교육의 궁극적인 목적은 과학지식을 이해·획득시키고 과학적 탐구력을 신장시키는 데 있다. 이는 과학 교육과정의 내용이 과학지식과 과학적 탐구의 기능 및 기술로 선정·조직되어야 함을 의미한다. 한편 학생들이 학습한 결과

는 교사들이 학습지도 상황에서 실제로 적용하는 수업의 방법과 기술에 달려 있다는 것도 살펴보았는데, 이는 과학 교육과정의 학습지도 방법과 기술도 제시해 주어야 함을 시사한다. 여기서는 제 6 차 중학교 과학 교육과정의 이론적 배경 및 특성에 관한 분석 결과를 서술한다.

1) 인식론적 배경

제 6 차 중학교 과학 교육과정은 그 개발의 근거와 기본 바탕이 되는 인식론적 배경을 구체적으로 언급하지 않고 있으며, 그 체제와 내용에 대한 분석을 통해서 추론할 수밖에 없다. 교육과정의 체제를 구성하는 요소들 가운데에서도 「성격」과 「목표」 부분에 인식론적 관점이 비교적 잘 반영되어 있다. 이 부분에서는 과학과를 “주위의 사물과 자연 현상에 대하여 항상 의문을 가지고 탐구하게 하여 과학의 지식을 이해시키고, 과학적 태도 및 창의적인 사고력과 합리적인 판단력을 함양시켜 주는 교과(교육부, 1992, p. 81)”로 규정함으로써 제 6 차 중학교 과학 교육과정이 전통적 인식론과 아울러 현대 인식론에 그 배경을 두고 있다는 것을 알 수 있다.

이러한 사실은 「목표」 부분에서도 찾아 볼 수 있다. 둘째의 목표는 “탐구 활동을 통하여 기본적인 과학 지식을 이해하고, 자연 현상을 설명하는 데 이를 적용하게 한다”로 진술되어 있는데, 특히 ‘기본적인 과학 지식’이라는 용어는 전통적인 인식론적 관점에서 볼 때 의미가 있다. 한편 셋째의 과학의 사회적 특성에 관한 목표는 현대 인식론의 입장을 분명하게 드러낸다.

「성격」과 「목표」에서와는 달리 「내용」 부분에는 전적으로 전통적 인식론에 기초하고 있음을 보여 준다. 학년별 내용을 ‘지식’과 ‘탐구 활동’으로 구분하여 선정·조직했다는 것은 제 6 차 중학교 과학 교육과정이 특히 실증주의의 인식론을 그대로 반영하고 있음을 분명하게 드러낸다. 전반적으로 제 6 차 중학교 과학 교육과정은 어떤 인식론적 입장을 반영하고 있는지를 명백하게 제시하지 않고 있다.

2) 심리학적 배경

제 6 차 중학교 과학 교육과정이 어떠한 심리학적 신조에 그 이론적 배경을 두고 있는지는 더욱 확실하지 않다. 「성격」 부분에서 “학습 지도는 학생들의 발달 수준을 고려하여……”로 진술함으로써 Piaget의 지능발달 이론에 근거를 두고 있다고 말할 수도 있겠으나, 사실은 일반적인 진술에 지나지 않는다. 따라서 연구자들은 중학교 과학 교육과정 내용으로 제시된 개념들의 인지적 요구도(cognitive demand)(Shayer & Adey, 1981)를 분석하였으며, 그 결과

를 요약하면 <표 4>와 같다.

<표 4> 제 6 차 중학교 과학 교육과정 내용의 인지적 요구도*

영역	1	2A	2B	2B/3A	3A	3B
운동과 에너지						
힘과 운동(1)**						
여러가지 힘						
힘의 크기와 방향						
힘의 합성과 평형						
힘과 물체의 속력 변화						
힘과 물체의 운동 방향						
여러가지 운동						
전기와 자기(2)						
전기의 발생						
전압과 전류·저항의 관계						
저항의 연결						
전기 에너지와 그 이용						
전류에 의한 자기장						
자기장에서 전류가 받는 힘						
전자기력의 이용						
일과 에너지(3)						
일의 원리						
일률						
일과 에너지의 관계						
위치 에너지						
운동 에너지						
역학적 에너지의 보존						
열과 역학적 에너지의 관계						
에너지의 전환과 보존						
에너지의 이용						
물질						
물질의 특성과 분리(1)						
물질의 특성						
혼합물의 분리						
물질의 구성(2)						
화합물						
원소						
물질 구성의 규칙성						
물질의 반응(3)						
전해질, 이온						
산·염기						
산화·환원						

<표 4> 계측
생명

주변의 생물(1)	_____
생물의 구조와 생활 양식	_____
식물의 분류	_____
동물의 분류	_____
생물의 구조와 기능(2)	_____
식물의 구조와 기능	_____
동물의 구조와 기능	_____
건강	_____
유전과 진화(3)	_____
생식과 발생	_____
유전 법칙	_____
자연 환경과 우리 생활(3)	_____
생태계의 구성 및 평형	_____
계획한 환경	_____
지구	
지각의 물질과 변화(1)	_____
지각의 물질	_____
지표와 지각 변동	_____
지질 시대의 환경	_____
대기와 물의 순환(2)	_____
복사	_____
대기와 물, 해수	_____
날씨	_____
지구와 우주(3)	_____
지구의 운동	_____
지구, 달, 태양	_____
별, 은하, 우주	_____
자원의 이용(3)	_____

* 1: 전조작 단계 2A: 초기 구체적 조작 단계 2B: 후기 구체적 조작 단계
2B/3A: 전환 단계 3A: 초기 형식적 조작 단계 3B: 후기 형식적 조작 단계
** () 안은 학년임

<표 4>에 나타나 있듯이 중학교 과학 교육과정 내용의 대부분이 형식적 조작 능력에 적절한 인지적 요구도를 지닌다. 그러나 우리나라 중학생들의 22% 정도만이 형식적 조작 단계에 도달되어 있다(한중하, 이숙영, 1982). 그러므로 이러한 내용을 중학생들에게 그대로 제시할 경우 근본적으로 어려움이 수반될 것이다. 물론 그 어려움은 학습할 내용을 학생들에게 적절한 용어로 표현할 경우 어느 정도는 해소될 것으로 생각할 수도 있다(Bruner, 1960).

학습지도의 직접적인 이론적 배경은 학습심리 즉 학생들이 주어진 내용을 이해하거나 획득하는 실제의 방법과 과정에 있다. 이 점에서 교육과정은 그 내용을 선정·조직하게 된 이론적 근거(rationale)의 제시가 요청된다. 그럼에도 불

구하고 심리학적 근거가 「방법」 부분에서조차도 언급되지 않고 있다. 「방법」 부분은 실질적인 학습지도 방법에 관해서는 한 마디도 거론하지 않은 채 단지 내용의 연계성, 교수/학습 여건, 탐구력 지도 등 학습지도상의 일반적인 주의사항만이 나열되어 있다.

3) 체제 및 내용상의 특성

제 6 차 중학교 교육과정은 교육법 제 155 조 제 1 항에 의거하여 1992 년 6 월 30 일 고시되었으며, 1995 년 3 월 1 일 신입생부터 시행된다. 제 6 차 중학교 교육과정은 두 장으로 구성되어 있다. 제 1 장은 교육과정의 편성과 운영에 관한 장으로서 교육과정의 성격, 교육과정의 구성 방침, 편제, 시간 배당 기준, 편성·운영의 기본 방침 등을 서술하고 있다. 제 2 장은 교과와 특별활동으로 구성되어 있으며, 각 교과와 특별활동의 성격, 목표, 내용, 방법, 평가 등을 서술한다.

중학교 과학교과는 1~3 학년의 필수 교과로 편성되어 있으며, 매 학년마다 연간 136 시간이 배당되어 있다. 과학과는 탐구를 통해서 과학지식을 이해시키고, 과학적 태도 및 창의적인 사고력과 합리적인 판단력을 함양시켜 주는 교과로 그 성격이 규정되어 있으며, 기본적인 탐구 방법과 과학의 지식을 습득하여 창의적으로 문제를 해결하는 능력을 기르게 하는 데 그 목적을 두고 있다. 이런 성격에 부합되고 이러한 목적을 달성하기 위해 선정·조직된 내용에는 물리, 화학, 생물, 지구과학의 지식이 골고루 포함되어 있으며, 특별히 탐구활동을 지식과 구분하여 제시하고 있다.

4) 과학 교육과정의 문제점과 한계

중학교 교육과정의 성격에 관한 이상의 논의로부터 짐작할 수 있는 바와 같이, 제 6 차 중학교 과학 교육과정은 여러 가지 적용상의 문제점을 안고 있다. 무엇보다도 교육과정 내용의 인지적 요구도가 학생들의 실제 인지발달 수준에 비하여 너무 높다. 교과내용이 영역별로 차이는 있지만 많은 부분이 형식적 조작 능력을 요구한다. 그러나 최병순(1987)의 연구 결과에 의하면, 구체적 조작기, 과도기, 형식적 조작기에 도달된 중학생들의 비율이 1 학년에 각각 74.0%, 23.8%, 2.2%, 2 학년에 68.1%, 28.5%, 3.4%, 그리고 3학년에 55.5%, 37.1%, 7.4%로 나타났다.

이와 같은 우리나라 중학생들의 인지발달 수준을 고려해 볼 때, 중학교의 과학교과 내용은 대체로 후기 구체적 조작기 수준에 합당한 형태로 서술하는 것이 바람직하다고 생각된다. 교과 내용을 선정·조직하고 서술하는 데 있어서 특히 다음과 같은 사항들이 고려되어야 할 것으로 생각된다.

- 형식적 조작 능력을 요구하는 내용은 사진, 모형, 그림 등을 적절하게 이용해야 한다
- 가능한 한 자주 STS 접근법을 이용한다
- 탐구중심 수업을 중시해야 한다
- 경우에 따라서는 시범 실험을 적절히 활용해야 한다
- 개별학습을 강조해야 한다.

3. 수업 방법 예시

과학 수업은 가르칠 내용과 학습자의 특성에 따라 그 방법과 절차 그리고 교수 기술의 학습 효과가 다르게 나타난다는 것을 논의하였다. 과학 수업은 그 목적과 방법에 따라 새로운 개념의 형성, 기존 개념의 조절 및 분화, 과학자의 개념에 의한 학생의 개념 대체, 특별히 탐구 기능과 기술을 신장시키기 위한 수업으로 대별할 수 있다는 것도 고찰하였다. 여기서는 이러한 목적을 달성하기 위한 수업의 방법과 자료를 제시한다.

1) 개념교환 모형에 따른 물리수업 방법

과학학습의 개념교환 모형은 피아제(Piaget)가 제시한 지능발달 이론과 과학적 개념의 오인(misconception)에 관한 근래의 연구 결과들을 바탕으로 여러 과학교육 연구자들(Nussbaum & Novick, 1982; Driver, 1983; Osborne & Freyberg, 1985; West & Pines, 1985)에 의해 다양한 형태로 제시되어 과학 수업 방법을 개발하는 준거로 적용되고 있다. 여기서는 Driver와 Oldham(1986)의 학습지도 방법과 역학 개념을 이용하여 학생들이 가지고 있는 사전지식을 과학자들의 지식으로 대체시키기 위한 학습지도 방법과 절차를 예시한다.

가. 학생들의 오인 확인

학생들이 파지하고 있는 과학 개념의 오인은 Piaget (Inhelder & Piaget, 1968)의 임상적 면담법(clinical interview), 카드 이용법(West & Pines, 1985), 개념도 작성법(Novak, 1977), 두 단계 시험법(Hashweh, 1988), 선다형 객관식 시험지법 등 여러 가지 방법을 통해서 확인할 수 있다. 이 단계는 실제 수업을 계획하는 과정에서 이루어질 수도 있으며, 관련 오인이 확인되어 있을 경우(현재는 대부분의 오인이 확인되어 있음) 그것을 이용할 수도 있다.

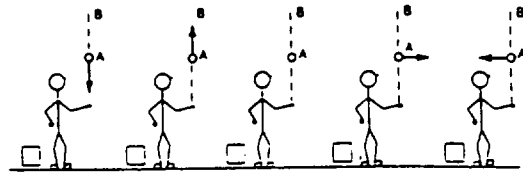
나. 도입 단계: 오리엔테이션

전 시간까지 학습한 내용을 점검하고, 본래 학습의 목표

를 유지시킨다. 특히 “힘과 운동 방향의 관계”와 관련된 선행학습 내용을 다시 설명하고, 그와 논리적 관계가 있는 내용을 학습할 것임을 강조한다.

다. 학생들 생각의 표현

학생들이 그들의 생각을 잘 표현할 수 있게 간단한 문제를 제시한다. 예를 들면 <그림 1>과 같이 수직 위로 던져진 물체에 작용하는 힘의 방향을 알아보는 문제를 제시한 다음, 각자가 힘의 방향에 대해서 생각해 보고 다른 학생들의 생각과 비교하여 자신들의 생각을 분명하게 정리하게 한다. 이때 학생들이 연필이나 지우개를 던져보면서 힘의 방향에 대해서 생각해 볼 수 있는 시간을 충분히 준 다음, 그들의 생각을 발표하게 하고 그들이 발표한 생각과 빈도를 칠판에 적는다.



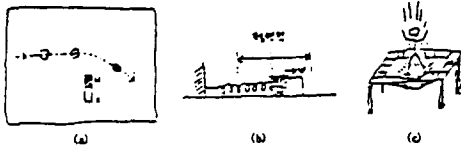
<그림 1> 위로 던진 공에 작용하는 힘의 방향

라. 학생들 생각의 재구성

학생들이 발표한 생각의 종류와 응답 빈도를 보다 자세하고 분명한 의미로 설명하고, 학생들로 하여금 각자 다른 학생들의 응답과 자신들의 생각을 비교하여 보도록 한다. 특별히 빈도가 가장 높은 생각과 자신들의 생각이 어떻게 다르며, 왜 그러한 생각이 나오게 되었는지 생각해 보게 한다. 이에 관하여 분단별로 토의하여 각자의 생각을 더욱 명료하게 지시한다.

학생들이 자신들의 생각을 명료화하고 그 의미를 뚜렷이 이해하고 있다고 판단되면, 그들의 생각과 상충되는 상황을 제시하여 인지적 갈등을 경험하게 한다. 학생들은 대부분 힘과 운동방향이 일치한다는 오인을 가지고 있기 때문에, <그림 2>와 같이 물체에 작용하는 힘의 방향과 운동방향이 일치하지 않는 문제들을 제시하여 그들의 인지적 갈등을 유발할 수도 있다. <그림 2>의 (a) 문제는 운동하고 있는 쇠구슬에 작용하는 힘의 방향이 쇠구슬과 자석을 연결하는 직선 방향이고 그 운동방향은 힘의 방향과 일치하지 않는 현

상을 보여준다. (b)의 문제는 진동하고 있는 용수철에 매달린 물체가 평형점으로부터 멀어질 때 그 운동방향은 평형점으로부터 멀어지는 방향이고, 힘의 방향은 용수철 쪽임을 나타낸다. (c)의 문제도 힘과 운동의 방향이 다를 수 있다. 이런 문제들은 학생들이 직접 실험을 통해서 확인할 수도 있으나, 기존의 실험 결과 혹은 이론적 결과를 그런 패턴을 이용하여 제시할 수도 있다.

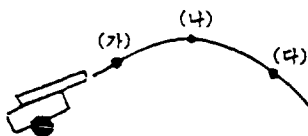


<그림 2> 힘의 방향과 운동방향이 다른 물체의 운동

<그림 2>와 같은 문제들을 통해서 학생들이 인지적 갈등을 느끼게 되면 힘, 속도, 속도의 변화 및 가속도 개념을 정성적으로 설명한다. 물체에 작용하는 힘은 속도나 운동방향에 관련된 것이 아니라 속도의 변화, 즉 속도의 크기나 운동방향의 변화와 관련되어 있음을 특별히 강조한다. 이 단계에서는 학생들이 제시된 개념을 나름대로 이해하고 해석하여 기존의 개념을 버리거나 새로운 의미로 재구성하게 된다. 여기서 특별히 주의해야 할 점은 학생들이 스스로 자신의 생각을 재구성하고 평가하게 하며, 교사는 학습자의 보조자 역할에 머물러야 한다는 것이다.

마. 학생들 생각의 응용

이 단계에서는 학생들이 재구성된 생각을 새로운 소재와 상황에 적용하여 그 의미를 더욱 명료화하고 확장한다. 이를 위해서는 앞의 표현 단계에서 제시된 문제와 원리적으로나 이론적으로 동일하지만, 그 소재와 상황이 다르고 가능하면 더 어려운 문제를 제시한다. 예컨대 표현 단계와 재구성 단계에서 연직상 방향으로 던져진 물체에 작용하는 힘의 방향을 알아보기 위한 문제가 주어졌다면, 여기서는 <그림 3>과 같이 포물선 운동을 하는 물체에 작용하는 힘의 방향과 운동방향을 알아보는 문제가 적합하다.



<그림 3> 물체의 포물선 운동과 힘의 방향

표현 단계에서와 마찬가지로 이 단계에서도 학생들이 제시한 응답의 종류와 분포를 조사하고 그에 관하여 설명하거나 토의한다. 이 단계는 또한 학생들뿐만 아니라 교사들도 자신들의 생각이 변화된 정도를 파악해 볼 수 있는 기회가 되도록 한다.

바. 생각의 검토 단계

표현 단계에서 노출된 응답의 종류 및 분포와 응용 단계에서 파악된 생각의 종류 및 빈도를 비교한다. 학생들도 표현 단계에서 가지고 있었던 생각이 지금의 생각과 어떻게 다른지 스스로 비교하게 한다. 변화된 생각을 구체적으로 지적하면서 설명하고, 생각에 변화가 없을 경우 수업을 표현 단계에서부터 다시 반복할 필요가 있다.

2) 개념·발달을 위한 화학 학습지도

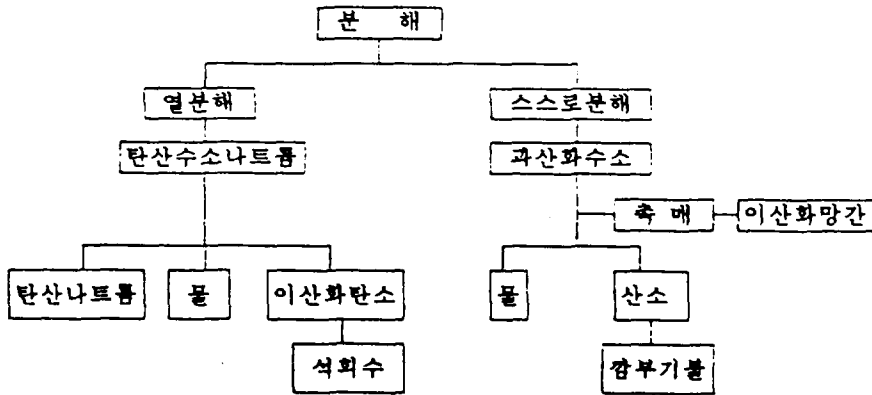
화학 수업의 방법과 절차는 후기 구체적 인지발달 수준에 적절한 형태로 개발하였다. 이 수업은 또한 교사가 시범 실험을 보여주면서 학생들의 토의를 적극 활용하는 탐구 중심으로 구성하였다. 수업 과정은 학생들이 세 단계에 걸쳐 토의하도록 설계되었다.

<수업 목표>

- 분해는 한 물질이 나누어져 새로운 물질이 생기는 반응을 설명할 수 있다
- 분해 반응의 예를 들 수 있다
- 밀가루 빵이 부푸는 이유를 열분해로 설명할 수 있다
- 산소와 이산화탄소를 실험을 통해 구분할 수 있다
- 탄산나트륨의 분해실험에서 이산화탄소를 확인할 수 있는 실험 방법과 절차를 설계할 수 있다
- 위의 실험에서 반응 전후의 질량 변화를 정확하게 측정할 수 있는 방법을 고안할 수 있다
- 옥시풀의 성분을 말할 수 있다
- 오래된 옥시풀은 사용할 수 없는 이유를 화학적 분해 반응으로 설명할 수 있다
- 기체의 성질에 따라 서로 다른 방법을 통해서 여러 가지 기체를 포집할 수 있다
- 화학 반응에서 촉매의 역할이 무엇인지 설명할 수 있다.

<학습지도 내용>

교과 단원: 물질의 구성
 지식: 간단한 화학 반응-분해 반응
 학습지도 주제: 밀가루 빵이 부푸는 이유
 분해 반응의 개념도: 아래 <그림 4>

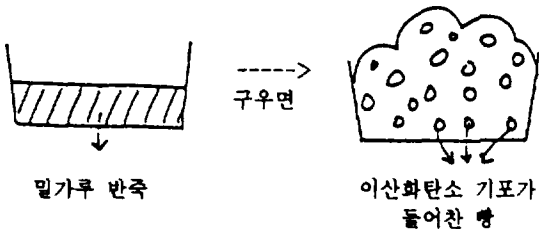
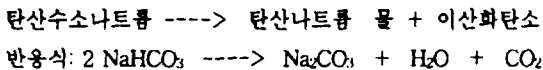


<그림 4> 분해 반응 개념도

<수업 절차>

가. 수업 상황 제시

<그림 5>가 그려진 껌도를 보여주면서 다음을 설명한다. 밀가루 반죽 속에 첨가한 소다는 열에 의해 분해되는 성질이 있다. 바로 이 소다가 분해되면서 발생하는 이산화탄소 기체에 의해 밀가루 반죽이 부풀어오르게 된다. 일반적으로 분해라고 하면 무엇인가 나누어지는 것을 의미한다. 화학에서도 마찬가지로 분해라고 하면 한 종류의 물질이 두 종류 이상의 새로운 물질로 나누어지는 변화를 의미한다. 흔히 소다로 일컫어지는 탄산수소나트륨은 열을 가하면 다음과 같이 분해되며, 팽은 이산화탄소 기포가 들어차서 부풀어 오르게 된다.



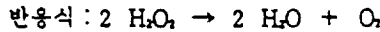
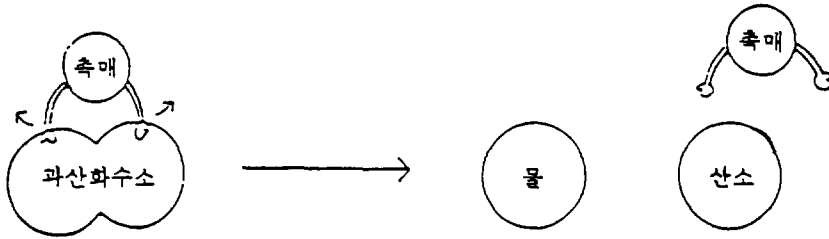
<그림 5> 빵의 형성

나. 토론 I

중발접시, 시약병, 비커, 등근플라스크, 시험관, 스펀드, 알코올 램프 등 탄산수소나트륨을 가열하여 이산화탄소를 발생시키는 실험에 필요한 기구들을 모두 갖추어 놓은 다음, 이산화탄소를 모으기 위해서는 어떤 용기에 넣고 가열하는 것이 좋을지 묻는다. 혹은 학생들이 직접 실험 기구를 선택하여 실제로 실험을 해보게 할 수도 있다. 이에 앞서 이산화탄소를 확인할 수 있는 방법을 책이나 다른 자료를 이용하여 찾아 보게 한다면, 이 수업은 더욱 효과적이고 순조롭게 진행될 수 있다.

다. 토론 II

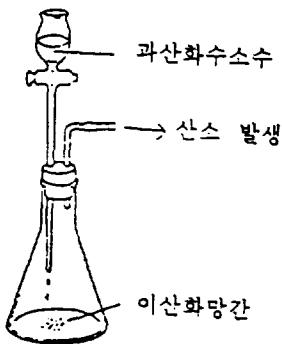
탄산수소나트륨이 분해되기 전과 분해된 후의 질량과 그 변화를 정확하게 측정할 수 있는 방법을 궁리해 보게 한다. 학생들이 그 방법에 대하여 생각해 볼 수 있는 시간을 충분히 준 다음, 물질의 분해는 가열에 의해서만 일어나지 않음을 강조한다. 예를 들어 상처의 소독이나 표백에 사용하는 옥시플은 과산화수소를 묽힌 용액으로서 자연 상태에서도 시간이 지남에 따라 스스로 분해하여 물과 산소로 분리된다는 것을 설명한다. 물질의 분해에 촉매가 작용할 경우 훨씬 빠르게 분리된다는 것도 설명해 준다. 촉매는 <그림 6>과 같이 자신은 변하지 않으면서 반응이 잘 일어날 수 있도록 도와주는 물질임을 설명하며, 과산화수소의 분해에는 이산화망간이 촉매로 작용함을 강조한다.



<그림 6> 촉매의 역할

라. 토론 III

이 단계에서는 토론 II 단계에서 설명한 내용을 확인하는 시범 실험을 수행한다. <그림 7>과 같은 실험장치를 설치하여 이산화망간에 과산화수소를 조금씩 가해주면서 산소가 발생하고 있음을 설명한다. 학생들에게 지금 나오고 있는 기체가 산소인지를 확인할 수 있는 방법과 그것이 산소라면 산소를 모으는 방법을 생각해 보게 한다. 학생들이 생각할 시간을 충분히 준 다음 산소의 성질을 설명하고 다시 생각해 보게 한다.



<그림 7> 산소 발생 실험 장치

마. 정리 단계

학생들에게 분해반응에 대한 개념도를 다시 보여주어 그들이 분해반응 개념을 종합적으로 이해할 수 있도록 도와준다. 분해는 한 종류의 물질이 두 종류 이상의 새로운 물질로 나누어지는 변화이며, 물질은 열에 의해서 분해되는 것과

스스로 분해되는 것 두 가지로 나눌 수 있다는 것을 재차 강조한다.

3) 탐구력 신장을 위한 지구과학 수업 방법

<수업 주제와 목표>

주제: 안개는 어떻게 만들어지는가?

학습목표: 가설설정, 실험설계, 추론 등의 탐구능력을 획득한다.

<수업 상황 조성>

다음과 같은 상황을 제시하여 학생들이 수업에 흥미와 관심을 갖도록 유도한다.

안개 속을 걸으면 얼굴이나 옷에 물방울이 묻는다. 이것은 안개가 작은 물방울로 공기중에 떠 있기 때문이다. 그런데 공기중의 작은 물방울은 어떻게 만들어질까?

<문제 제시>

공기중에 작은 물방울 즉 수증기가 생기는 이유를 알아 보기 위한 실험 방법을 설명하시오.

<실험 실시>

학생들로 하여금 세 개의 물컵을 준비하고 각 컵에 뜨거운 물, 상온의 물, 얼음 물을 채우게 한 다음, 컵 표면의 물방울을 관찰하게 한다.

<실험 결과 해석 및 결론 도출>

학생들에게 다음과 같은 질문을 하고, 각 질문에 답하는 과정을 통해서 공기중의 안개가 생기는 이유를 알게하고, 관련 탐구 기능을 습득케 한다.

- 왜 책을 세 개 준비하였는가?
- 어떤 물컵에 물방울이 생겼는가?
- 안개가 어떻게 생기는지 설명할 수 있는가?
- 어떤 날에는 안개가 특별히 많이 생기는데, 그 이유를 설명하겠는가?

4. 수업 방법 적용 방안

이상에서는 학생들이 가지고 있는 과학적 개념을 과학자 혹은 과학교사의 지식으로 바꾸거나, 그 자체를 더욱 분화·발달시키기 위한 과학 수업의 방법과 절차 및 자료를 예시적으로 개발하였다. 이것을 과학교육 현장에 실제로 적용하지 못했기 때문에 그 효과는 확실하게 말할 수 없다. 또한 이 수업 방법이 전통적인 것과 달라서 교사들이 쉽게 적용하기 어려울 뿐만 아니라 시간이 더 걸릴 것으로 보인다.

그러나 이 수업 방법은 현대의 인식론과 심리학 그리고 각급학교 과학교육 현장으로부터 제기된 여러 가지 문제점을 바탕으로 개발하였기 때문에 그 자체로 의미가 있다고 하겠다. 또한 수업의 목적을 어디에 혹은 무엇에 두느냐에 따라 이 연구에서 개발·제시한 수업 방법과 자료를 적용하는 데 필요한 시간이 저해요인이 될 수는 없다. 특별한 시설이나 실험 기자재를 필요로 하지도 않기 때문에, 과학교사들의 의지에 따라서는 얼마든지 효과적으로, 그리고 어렵지 않게 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 제 6 차 중학교 과학 교육과정이 과학 수업의 방법과 절차에 대해서 구체적으로 보여주지 못한다는 것을 확인하였다. 특히 교육과정 내용은 중학생들의 인지적·지적 발달 수준과 크게 어긋난다는 것도 알아보았다. 한편 과학 교육과정이 이러한 문제점을 안고 있다는 것은 각 학년별 또는 각 주제별로 적절한 수업 방법과 절차를 개발해야 할 필요성을 제기한다.

그런데 수업 방법은 수업 내용과 교수 기술에 따라 그 효과가 달라진다는 것을 지적하였다. 이는 어느 주제에나 보편적인 수업 방법과 절차를 개발할 수 없다는 것을 의미한다. 그러므로 이 연구에서는 수업 방법의 종류를 개념발달 모형, 개념교환 모형, 탐구력 신장 모형 등으로 대별하고, 각 수업 방법을 분야별로 개발·제시하였다. 그러나 이 연구 과정을 통해서 개발한 수업 방법의 효과를 확인할 일이 다음 과제로 제기된다.

참 고 문 헌

곽병선. 1983. 교육과정. 배영사.
 교육부. 1992. 중학교 교육과정. 대한교과서주식회사.
 박승재(편저)(1985). 과학교육. 교육과학사.
 변영계. 1984. 학습지도. 배영사.
 서울대학교 사범대학 교육연구소. 1985. 교육학용어사전. 박영사.
 조희형 외 7 인(1993). 중학교 과학 교과의 수업모형 개발에 관한 연구. 한국교원대학교 교과교육연구소 지원 연구 보고서.
 한중하, 이수영(1982). 과학적 사고력의 발달 수준과 과학 학업 성취도와의 관계-중학교 2학년 남학생을 중심으로. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문.
 한중하, 최돈형, 김영민.(1982). 중·고등학교 학생의 과학적 사고 발달에 관한 조사 연구. 조사보고, RR 82-13.
 최병순(1987). 학생들의 인지수준과 구체적 및 형식적 과학 내용과의 관계 연구. 화학교육, 14(1), PP. 30-42.
 Bruner, J. S.(1960). *The process of education*. Harvard University Press.
 Bruner, J. S.(1968). *Toward a theory of instruction*. New York, NY: W. W. Norton & Company, Inc.
 Carin, A. A. & Sund, R. B.(1989). *Teaching science through discovery*, 6th ed. Columbus, Ohio: Merrill Publishing Company.
 Collette, A. T. & Chiappetta, E. L.(1989). *Science instruction in the middle and secondary schools*, 2nd ed. Columbus, Ohio: Merrill Publishing Company.
 Driver, R.(1983). *The pupil as scientist?* Milton Keynes: The Open University Press.
 Driver, R. & Oldham, V.(1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, Vol. 13, pp. 105-122.
 Falk, D.(1980). *Biology teaching methods*. Malabar, FL: Robert E. Krieger Publishing Company.
 Giroux, H. A., Penna, A. N. & Pinar, W. F.(eds.)(1981). *Curriculum & instruction: Alternatives in education*. Berkeley, CA: McCutchan Publishing Company.
 Hashweh, M.(1988). Descriptive studies of students' conceptions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 25(2), PP. 121~134.
 Inhelder, B. & Piaget, J.(1958). *The growth of logical*

- thinking from childhood to adolescence*. New York, NY: Basic Books, Inc.
- Novak, J. D.(1977). *A theory of education*. Ithaca, New York, NY: Cornell University Press.
- Nussbaum, J. & Novick, S.(1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy, *Instructional Science*, Vol. 11, pp. 183-200.
- Osborne, R. & Freyberg, P.(1985). *Learning in science*. London: Heinemann.
- Shayer, M. & Adey, P.(1981). *Towards a science of science teaching: Cognitive development and curriculum*. London: Heinemann.
- Simpson, R. D. & Anderson, N. D.(1981). *Science, students, and schools*. NY: Macmillan Publishing Company.
- Trowbridge, L. W. & Bybee, R. W.(1986). *Becoming a secondary school science teacher*, 4th ed. Columbus, OH: Merrill Publishing Company.
- West, Leo H. T. & Pines, A. L.(1985). *Cognitive structure and conceptual change*. New York, NY: Academic Press, Inc.

(ABSTRACT)

A Study on Development of Instructional Methods in Secondary School Science

Hee-Hyung Cho · Moon-Won Lee · Yung-Shin Cho
(Kangwon National University)

Soon-Hee Kang · Jong-Yoon Park · Myung Hur
(Ewha Women's University)

Chan-Jong Kim
(National Institution for Educational Assessment)

Jin-Woong Song
(Taegu University)

The major objective of this study was to develop effective teaching methods for middle school science. To achieve the objective, general characteristics of science teaching methods were discussed and the 6th national science curriculum was analyzed in terms of epistemological backgrounds, cognitive demand and organizational characteristics.

It was analyzed that epistemological background of the curriculum was based on the traditional philosophy of science. It was also indicated that modern philosophy of science was only partially reflected on the objectives of the past curricula. The cognitive demand of the curricula has also been higher than students' actual level of cognitive development. Based upon these results of the analysis, several exemplary instructional methods were developed.