효과적인 실험 수업을 위한 개념 변화 수업모형의 개발 및 적용

노태희 · 강석진 · 김혜경 · 채우기 · 노석구*
(서울대학교) · (인천교육대학교)*

(1996년 1월 17일 받음)

Ⅰ. 서 론

학생들에게 과학의 과정에 대한 구체적이고 직접적인 경험을 제공해 줄 수 있는 실험 활동은 과학 수업의 핵심적 요소 중의 하나로 널리 인정되고 있으며, 우리 나라의 제6차 과학교육과정에서도 학생들의 문제 해결 능력 향상을 위한 지도 방법으로 학생 중심의 실험 활동을 강조하고 있다(교육부, 1994). 실험 활동이 과학 학습의 다양한 인지적 · 정의적 목표 달성에 효과적임은 여러 연구에서 주장되었다(조희형 등, 1989; Hofstein & Lunetta, 1982; Meichtry, 1992). Shulman과 Tamir(1973)에 따르면 실험 수업이 과학에 있어서 흥미, 태도, 만족감, 개방성, 호기심 등을 유발하여 유지시키고, 창의적 사고와 문제 해결 능력, 과학적 사고와 과학적 방법의 측면, 개념적 이해와 지적 능력, 실험 능력(practical abilities) 등을 계발한다고 한다.

그러나, 실험 활동에 대한 실태 조사 연구들에 의하면 이제까지의 실험 수업은 그 목적을 제대로 달성하고 있지 못하고 있다. 고등학교의 경우 거의 모든 학생과 교사들이 탐구 능력 향상에 실험 활동이 필수적이라고 인식하고 있음에도 불구하고, 대부분의 학교에서 실험 활동은 한 학기에 1~2번 정도만 이루어지고 있으며 실시된 실험도 대부분 탐구의 본래 의미와 거리가 먼 분단별 확인 실험에 불과하다(정건상과 허명, 1993; 최병순과 남정희, 1995). 입시 제도의 영향을 많이 받는 고등학교와는 달리 초등학교나 중학교에서는 실험 활동이 비교적 많이 이루어지고 있지만, 이러한 실험들도 실험 수업의 목적에 부적절할 뿐 아니라 과학교육과정에 제시된 과학교육 목적 및 목표를 제대로 반영하지 못하고 있다(조희형 등, 1989).

이처럼 교육 현장에서 실험이 제 역할을 못하는 현상은 실험실이나 실험 기구 및 기자재 등 실험 활동을 위한 제반 여건의 미비, 수업 시간의 부족, 다인수 학급 등 현실적인 여러 가지 제약에 일차적인 원인이 있을 것이다. 하지만 한편으로는 교과서에 수록된 실험 주제 자체가 배운 내용을 확인하거나 낮은 수준의 탐구 활동을 요구하는 경우가 대부분이며(조희형 등, 1989), 지도하고자 하는 목표나 내용에 따라 효과적으로 실험을 조직하고 사용할 수 있는 교수 방법이 제시되지 못한 것에도 큰 원인이 있다.

따라서 본 연구에서는 학습 내용이나 교수 목표에 따라 실험 수업에서 적절하게 사용할 수 있는 교수 방법 개발의 일환으로(노태희 등, 1997), 새로운 과학 지식의 습득 및 학생들의 개념 변화를 위한 실험 수업에 적합한 개념 변화 수업 모형을 개발 · 적용하여 그 효과를 조사하였다. 그리고 학습자 특성에 따른 수업 처치 효과를 알아보기 위해 학생들의 개념 습득과 유의미한 관계가 있는 것으로 보고된 학습 접근 방식(BouJaoude, 1992)과 수업 처치의 상호작용 효과를 조사하였다.

본 연구의 목표는 구체적으로 다음과 같다.

1) 실험 수업에 효과적으로 이용할 수 있는 개념 변화 수업 모형을 선행 연구 및 실행 가능성 등을 고려하여 개발한다.
2) 개념 변화 수업 모형이 학생들의 성취도에 미치는 효과를 조사한다.

이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 자유공모과제 연구비에 의한 연구의 일부임.

3) 개념 변화 수업 모형이 학생들의 과학적 개념 습득에 미치는 효과를 조사한다.
4) 개념 변화 수업 모형이 학생들의 과학 수업에 대한 태도에 미치는 효과를 조사한다.
5) 성취도와 과학적 개념의 습득에 있어 수업 처치와 학습 접근 방식의 상호작용을 조사한다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 서울시에 위치한 중학교 1학년 2개 학급의 여학생 78명을 대상으로 하였고, 처치 집단과 통제 집단에 1학급씩 무선 배치(random assignment)하였다.

2. 연구 절차

수업 처치 이전에 학습자의 특성을 조사하기 위하여 논리적 사고력 검사와 학습 접근 방식 검사를 실시하였고, 수업 전 학생들의 개념을 조사하기 위하여 사전 개념 검사를 실시하였다. 처치 집단에는 개념 변화 실험 수업을 실시하였고, 통제 집단에는 전통적 수업을 실시하였다. 처치가 끝난 후, 수업 처치의 효과를 조사하기 위하여 성취도 검사, 사후 개념 검사, 과학에 대한 태도 검사를 실시하였다.

3. 개념 변화 수업 모형

본 연구에서 사용한 개념 변화 수업 모형은 Lawson, Abraham, Renner(1989)의 순환학습 모형(learning cycle), Osborne과 Freyberg(1985)의 발생학습 모형(generative learning model), Jones와 Kirk(1990)의 모형, 권재술(1989)의 인지갈등 수업모형 등 기존의 개념 변화 수업 모형들에 기초하고 우리의 교육 현실 및 선행 연구 결과들(김영민과 권성기, 1992; 정완호 등, 1996; Lott, 1983)을 고려하여 개발하였다. 개념 변화 수업 모형은 예비, 예측, 탐색, 개념 재구성 및 강화, 개념 응용 단계 등 5단계로 구성되어 있다.

첫째, 수업 이전에 진행되는 '예비 단계'에서는 과학적 개념과 교사 자신의 개념을 비교·분석하여 교사 자신이 가지고 있는 오개념을 수정하고, 사전 개념 검사지를 이용하여 학습할 내용에 대한 학생들의 선개념을 파악한다. 그리고 확인된 학생들의 선개념을 바탕으로 학생들의 선개념 표출 및 지적 갈등 유발에 효과적이고, 짧은 시간 내에 이루어질 수 있는 실험 활동을 선정한다.

둘째, '예측 단계'에서 학생들은 탐색 단계에서 수행하게 될 실험 결과에 대한 예측 및 그 이유를 개인 활동 기록지에 기록함으로써 자신의 선개념을 명확히 하게 된다. 자신의 개념이 정확히 무엇이고 다른 학생의 개념과는 어떻게 다른지 파악하는 일은 학습에서 매우 중요한 요소이다(Osborne & Freyberg, 1985). 그러나 주어진 수업 시간에 비해 다루어야 할 내용이 많은 우리의 교육과정을 고려할 때, 기존의 개념 변화 모형은 학생들의 선개념 표출 단계에 너무 많은 시간이 소요되고(김영민과 권성기, 1992; 정완호 등, 1996), 다인수 학급 상황하에서 전체적인 토론과 발표를 통해 많은 학생들의 선개념을 명확히 하기에는 한계가 있다. 따라서 본 모형에서는 POE(Prediction-Observation-Explanation; White & Gunstone, 1992)의 예측 단계에 기초하여 제작한 개인 활동 기록지를 이용하여 학생들의 선개념을 표출하도록 한다.

셋째, '탐색 단계'에서는 조원이 역할을 분담하여 실험을 실시하고, 실험 결과에 대한 각 개인의 의견을 조 활동 기록지에 기록하며, 조별 토론을 통하여 의견을 정리한 후 그 결과를 전체 학급에 발표한다. 조 활동 기록지에는 실험 결과에 대한 모든 조원들의 의견을 적도록 하여 토론이 효과적으로 이루어지도록 유도하고, 토론 결과 발표는 다른 실험 결과를 얻었거나 다른 이유를 제시한 조를 중심으로 몇 조만 실시하여 발표에 소요되는 시간을 줄인다.

넷째, '개념 재구성 및 강화 단계'에서는 탐색 단계의 실험 및 토론 결과를 바탕으로 학생들의 개념을 명확히 구조화시킨다. 기존의 개념 변화 모형은 여러 단계를 거치면서 형성되기 시작한 학생들의 개념을 재구성하는 단계가 다소 미약하여, '일상 생활의 개념'과 '과학적 개념'을 동시에 보유함으로써 일상적 상황과 과학적 상황에 각각 다른 개념을 적용하여 문제를 해결하게 될 가능성이 있다(Solomon, 1983). 따라서 본 모형에서는 초등학교나 이전 단원에서 학습한 내용, 혹은 실생활에서의 경험과 관련된 예를 제시함으로써 새로운 개념과 기존 인지 구조와의 통합적 화합(integrative reconciliation) 과정을 강조한다.

마지막으로, '개념 응용 단계'에서는 학생들이 수업 과정에서 획득한 새로운 개념을 다양한 상황에 적용함으로써 그 개념을 견고화할 수 있는 기회를 제공한다. 즉, 새로운 개념이 인지 구조 내에 정착될 수 있도록 실생활에 관련된 고난도의 문제를 제시하여 습득한 개념을 다양한 상황에 적용해 볼 수 있는 기회를 제공한다.

개념 변화 수업 모형에 기초하여 작성한 학습 지도안 중 교사와 학생의 활동을 요약한 예를 〈그림 1〉에 제시하였다.

단계	교 수 - 학 습 활 동	
	교 사 활 동	학 생 활 동
예비 단계	◦ 학생들의 선개념, 교사 자신의 선개념, 과학적 개념을 파악한다	
예측 단계 (10')	◦ 실험에 대해 간단히 설명한다 - 교사용 책상의 실험 세트 이용(집기병 4개, 독서카드 2장, 색소, 뜨거운 물, 차가운 물) ◦ 결과에 대한 예측 및 그 이유를 개인 활동 기록지에 기록하도록 한다	◦ 자신의 예측과 그렇게 생각한 이유를 개인 활동 기록지에 기록한다
탐색 단계 (20')	◦ 온도 변화 시의 밀도 변화 실험을 실시하도록 한 후, 각 조를 순회하며 학생들의 활동을 점검한다 ◦ 조원들간의 활발한 토의를 유도한다 ◦ 각 조의 실험 결과 및 이유를 발표시킨다 - 다른 실험 결과를 얻었거나, 다른 이유를 제시한 조를 중심으로	◦ 개인 활동 기록지의 실험 방법을 참고하여 실험을 수행한다 ◦ 조 활동 기록지에 실험 결과를 기록한다 ◦ 실험 결과의 원인에 대해 조별로 토론한다 ◦ 조원들의 의견을 조 활동 기록지에 기록한다 ◦ 자기 조의 실험 결과와 이유를 발표한다 ◦ 다른 조의 실험 결과와 이유를 듣고 자기 조와 비교한다
개념 재구성 및 강화 단계 (10')	◦ 각 조의 발표 내용을 바탕으로 실험 결과를 정리한다 ◦ 온도 변화 시의 밀도 변화를 설명하기 위해 지난 시간의 학습 내용을 상기시킨다 - 입자 개념 - 온도 변화 시의 부피 변화(TP#1) - 밀도 개념(TP#2) ◦ 온도 변화 시의 밀도 변화를 설명한다(TP#1) ◦ 일상 생활의 예나 선수 학습 내용을 제시한다 - 공기의 대류 - 육풍과 해풍(TP#3) - 열기구의 원리	◦ 지난 시간의 학습 내용을 회상한다 ◦ 일상 생활의 예나 선수 학습 내용을 회상한다
개념 응용 단계 (5')	◦ 문제를 제시하고 가능한 이유를 생각하게 한다 "시내 버스에서 에어컨은 위쪽에, 히터는 아래쪽에 각각 설치되어 있는 이유는 무엇일까?" ◦ 가능한 이유를 발표시킨다 ◦ 온도 변화 시의 밀도 변화에 따른 공기의 대류를 이용하여 설명한다	◦ 개별적으로 이유를 생각한다 ◦ 자신의 이유를 발표한다

〈그림 1〉 학습 지도안의 예(온도 변화 시의 밀도 변화)

4. 수업의 실시

본 연구는 중학교 1학년 '물질의 특성' 단원 중 상태 변화, 밀도, 용해 부분에 대하여 실시하였다. 처치 집단에 실시한 개념 변화 수업은 예측, 탐색, 개념 재구성 및 강화, 개념 응용 단계에 각각 10분, 20분, 10분, 5분 가량의 시간이 소요되었다. 통제 집단의 경우 교과서의 순서에 따라 수업을 진행하였으며 교과서에 제시된 모든 실험 활동을 실시하였다. 총 수업 시수는 두 집단 모두 8시간이었으며, 실험 횟수 및 시간은 처치 집단의 경우 8회 240분(예측 활동 포함), 통제 집단의 경우 4회 180분이었다.

처치 집단의 경우 매 시간 포함된 실험 활동으로 인해 수업 시간이 부족할 것으로 예상되어 개념 재구성 및 강화 단계와 응용 단계에서는 TP를 주로 사용하였는데, 총 21종의 TP를 26회 사용하였다. TP 사용에 의한 효과를 통제하기 위하여 전통적 수업에서도 21종의 TP를 25회 사용하였다. 두 집단에 공통적으로 사용한 TP는 6종으로 각각 10회씩 사용하였다. 한편, 처치 집단은 매시간 개인 활동 기록지와 조 활동 기록지를 작성하였으며, 통제 집단은 실험 시에만 전통적인 실험 보고서를 작성하였다.

5. 검사 도구

본 연구에서는 학생들의 논리적 사고력, 학습 접근 방식, 성취도, 수업 전·후의 개념, 과학에 대한 태도 등을 측정하기 위하여 각각 축소본 GALT(short-version Group Assessment of Logical Thinking; Roadrangka, Yeany, & Padilla, 1983), LAQ(Learning Approach Questionnaire; Donn, 1990), 성취도 검사지, 사전·사후 개념 검사지, 과학에 대한 태도 검사지를 사용했다.

GALT는 모두 12문항으로 이루어져 있으며, 내적 신뢰도 계수(Cronbach's alpha)는 0.6 이상으로 보고되고 있다(Bunce & Hutchinson, 1993). 본 연구에서는 Noh와 Scharmann(1997)이 영문 GALT를 우리말로 번역한 검사지를 사용하였다. 본 연구에서 구한 GALT의 내적 신뢰도 계수(Cronbach's alpha)는 0.64였다.

LAQ는 학습 접근 방식과 과학에 관한 인식론적 견해를 묻는 50개의 리커트식 문항으로 구성되어 있는데, 본 연구에서는 학습 접근 방식에 관한 24개 문항만을 선택하여 사용하였다. 이 문항들에 대한 내적 신뢰도 계수(Cronbach's alpha)는 0.54로 보고되었으며(Cavallo & Schafer, 1994), 본 연구에서는 0.72였다.

총 17문항으로 구성된 성취도 검사지는 이원 목표 분류틀에 따라 연구자가 개발하였다. 지식, 이해, 적용 영역의 교수 목표와 상태 변화, 밀도, 용해의 수업 시수에 따라 내용 영역별 비중을 고려하여 개발된 이 검사지는 교사 2인과 과학교육 전문가 3인으로부터 타당도를 검증받았다. 성취도 검사지의 내적 신뢰도 계수(Cronbach's alpha)는 0.75였다.

학생들의 개념을 파악하기 위한 사전·사후 개념 검사지는 선행 연구들(노태희와 전경문, 1996; Bar & Travis, 1991; Klopfer, Champagne, & Chaklin, 1992)을 참고하여 연구자가 개발하였다. 사전·사후 개념 검사지는 총 7문항으로 구성되어 있으며, 용해 영역의 1문항을 제외한 나머지 문항들은 사전·사후 검사에서 서로 다른 문항들을 사용하여 사후 검사에 미치는 사전 검사의 효과를 통제하였다. 각 문항은 서술형 문항이나 선택 후 설명형 문항으로 제작되었으며, 교사 2인과 과학교육 전문가 3인으로부터 타당도를 검증받았다.

과학에 대한 태도 검사지는 Fraser(1981)가 개발한 TOSRA(Test of Science-Related Attitude) 중 '과학 수업의 즐거움' 영역과 '과학에 대한 취미적 관심' 영역에 해당하는 20문항을 취해 사용하였다. 이 영역들에 대한 내적 신뢰도 계수(Cronbach's alpha)는 대상 학년에 따라 각각 0.92~0.93, 0.85~0.89로 보고되었으며(Fraser, 1981), 본 연구에서는 전체 문항에 대해 0.93, 각 영역에 대해 0.90과 0.85였다.

6. 분석 방법

개념 변화 수업이 학생들의 성취도와 과학적 개념의 습득에 미치는 효과 및 수업 처치와 학습 접근 방식과의 상호작용을 조사하기 위하여, 논리적 사고력 검사 점수를 공변인으로 사용하고 학습 접근 방식 점수를 구획 변인으로 사용하는

〈표 1〉 학생들의 개념을 평가하기 위한 채점 체계

범 주	내 용
비과학적 이해	무응답 문제의 반복 부적절하거나 불명확한 응답 비논리적이거나 오개념이 포함된 응답
오개념이 포함된 부분적 이해	부분적으로 목표의 요소들이 포함되어 있으며 동시에 오개념도 포함된 응답
부분적 이해	목표의 요소들이 부분적으로만 포함된 응답
과학적 이해	목표의 모든 요소들이 포함된 응답

이원 공변량 분석(two-way ANCOVA)을 실시하였다. 또한, 3주간 실시된 수업이 학생들의 과학에 대한 태도에 미치는 효과를 알아보기 위하여 학습 접근 방식 점수를 공변인으로 하는 공변량 분석(ANCOVA)을 실시하였다.

학생들의 오개념 유형을 파악하기 위하여 사전·사후 개념 검사에서 학생들이 제시한 이유에 근거하여 학생들의 개념 유형을 분류하였다. 사후 개념 검사에 나타난 학생들의 개념에 대한 평가에는 선행 연구들(노태희 등, 1996; Abraham, et al., 1992)을 참고하여 재작한 채점 체계를 이용하였다. 이 채점 체계는 비과학적 이해, 오개념이 포함된 부분적 이해, 부분적 이해, 과학적 이해 등 모두 4개의 범주로 이루어져 있으며, 각각 0, 1, 2, 3점을 배당하였다(표 1).

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 논리적 사고력 검사와 학습 접근 방식 검사 결과

공변인으로 사용하기 위하여 학생들의 논리적 사고력을 GALT로 측정한 결과, 통제 집단의 평균은 12점 만점에 5.35(SD = 2.43), 처치 집단은 5.08(SD = 2.26)로 통제 집단의 점수가 약간 높았으나 중앙치 검증(median test)에서 유의미한 차이는 없었다($\chi^2 = 0.05$). 학습 접근 방식에서도 통제 집단의 LAQ 점수 평균이 120점 만점에 73.88(SD = 8.97)로서 처치 집단의 72.95(SD = 7.94)보다 높았으나 중앙치 검증 결과 역시 유의미한 차이는 없었다($\chi^2 = 0.06$).

전체 학생들의 LAQ 평균(73.42)을 기준으로 학생들의 학습 접근 방식을 유의미 접근 방식과 기계적 접근 방식으로 나눈 결과(김도욱 등, 1996; BouJaoude, 1992), 기계적 접근 방식으로 분류된 학생은 전체의 52.6%, 유의미 접근 방식으로 분류된 학생은 47.4%였다(표 2).

〈표 2〉 학습 접근 방식에 따른 학생수(%)

학습 접근 방식	통제 집단	처치 집단	계
기계적 접근 방식	20(25.6)	21(26.9)	41(52.6)
유의미 접근 방식	20(25.6)	17(21.8)	37(47.4)

2. 변인들 사이의 상관

사전 검사인 GALT, LAQ 점수와 사후 검사인 성취도 검사, 사후 개념 검사, 과학에 대한 태도 검사 점수 사이의 상관관계는 〈표 3〉과 같다. 공변인으로 사용한 GALT 점수는 모든 검사 점수와 유의미한 상관이 있었으며, 특히 GALT, 성취도 검사, 사후 개념 검사 점수들 사이에는 0.5 이상의 높은 상관이 있었다. 한편, 과학에 대한 태도 검사 점수는 공변인으로 사용한 LAQ 점수와 0.5 이상의 높은 상관을 보였으며 GALT 점수와도 유의미한 상관을 나타내었으나 사후 개념 검사나 성취도 점수와는 상관이 낮았다.

3. 학업 성취도에 대한 수업 처치 효과

수업 처치와 학습 접근 방식에 따른 성취도 검사의 평균과 교정 평균을 〈표 4〉, GALT 점수를 공변인으로 성취도에 대한 이원 공변량 분석을 한 결과를 〈표 5〉에 제시하였다. 개념 변화 수업을 받은 학생들의 교정 평균은 17점 만점에 10.77로서 전통적인 수업을 받은 학생들(9.71)보다 높았으나, 그 차이가 통계적으로 유의미하지는 않았다(표 5). 즉, 본 모형

〈표 4〉 수업 처치와 학습 접근 방식에 따른 성취도 검사의 평균 및 교정 평균

집 단	평균	표준 편차	교정 평균
통제 집단	9.85	3.70	9.71
기계적 접근	9.00	3.63	9.53
유의미 접근	10.70	3.67	10.00
처치 집단	10.63	3.10	10.77
기계적 접근	9.91	3.22	11.01
유의미 접근	11.53	2.76	10.60

〈표 3〉 검사 점수들 사이의 상관관계

	GALT	LAQ	사후 개념 검사	성취도 검사	과학에 대한 태도 검사
GALT	1.000				
LAQ	.395**	1.000			
사후 개념 검사	.530**	.253*	1.000		
성취도 검사	.686**	.309**	.592**	1.000	
과학에 대한 태도 검사	.266*	.563**	.041	.183	1.000

*p<.05, **p<.01.

〈표 5〉 성취도에 대한 이원 공변량 분석 결과

변 량 원	자 승 화	자 유 도	평균자승화	F	p
공변인	384.754	1	384.754	62.210	.000
주효과	20.818	2	10.409	1.683	.193
수업 처치	20.817	1	20.817	3.366	.071
학습 접근 방식	.020	1	.020	.003	.955
상호작용 효과	3.709	1	3.709	.600	.441

이 실험 활동과 토론을 통한 학생들의 개념 변화에 중점을 둠으로써 교사의 강의가 전통적 수업의 60% 수준으로 상대적으로 적었지만, 학업 성취도 측면에서는 전통적 수업과 유사한 결과가 나타났다.

한편, 학습자의 학습 접근 방식 측면에서는 기계적 접근 방식 학생들이 유의미 접근 방식 학생들에 비해 수업 처치에 의한 효과가 다소 큰 것으로 나타났다. 즉, 통제 집단의 경우 유의미 접근 방식의 학생들의 교정 평균(10.00)이 기계적 접근 방식의 학생들(9.53)보다 높았으나, 처치 집단은 기계적 접근 방식 학생들의 교정 평균(11.01)이 유의미 접근 방식의 학생들(10.60)보다 높았다. 그러나 수업 처치와 학습 접근 방식 사이의 상호 작용이 유의미하지는 않았다.

4. 과학적 개념의 습득에 미치는 수업 처치의 효과

수업 처치와 학습 접근 방식에 따른 사후 개념 검사의 평균 및 교정 평균을 〈표 6〉에 제시하였다. 개념 변화 수업을 받은 학생들의 사후 개념 검사 점수는 21점 만점에 12.15로서 전통적인 수업을 받은 학생들(9.12)에 비해 유의미하게 높아(표 7) 개념 변화 수업이 학생들의 과학적 개념 습득에 효과적인 것으로 나타났다. 사후 개념 검사의 하위 영역인 상태 변화, 밀도, 용해 영역 모두에서 처치 집단의 점수가 통제 집단에 비해 높았다. 용해 영역의 경우 그 차이가 유의미하였으나($p<.01$), 나머지 두 영역의 차이는 유의미하지 않았다.

〈표 6〉 수업 처치와 학습 접근 방식에 따른 사후 개념 검사의 평균 및 교정 평균

집 단	상태 변화			밀 도			용 해			전 체		
	평균	표준 편차	교정 평균	평균	표준 편차	교정 평균	평균	표준 편차	교정 평균	평균	표준 편차	교정 평균
통제 집단	5.53	2.57	5.47	1.18	1.74	1.12	2.60	2.23	2.54	9.30	4.92	9.12
기계적 접근	5.40	2.84	5.65	0.55	1.10	0.71	1.70	1.81	1.85	7.65	4.74	8.21
유의미 접근	5.65	2.35	5.32	1.80	2.04	1.58	3.50	2.28	3.31	10.95	4.63	10.21
처치 집단	6.39	2.20	6.45	1.53	1.93	1.59	4.05	2.10	4.12	11.97	4.70	12.15
기계적 접근	6.19	2.44	6.71	1.00	1.73	1.34	3.62	1.99	3.93	10.81	5.01	11.98
유의미 접근	6.65	1.90	6.21	2.18	2.01	1.89	4.59	2.18	4.33	13.41	3.97	12.43

〈표 7〉 사후 개념 검사에 대한 이원 공변량 분석 결과

변 량 원	자 승 화	자 유 도	평균자승화	F	p
공변인	433.707	1	433.707	27.456	.000
주효과	193.923	2	96.961	6.138	.003
수업 처치	173.123	1	173.123	10.960	.001**
학습 접근 방식	25.556	1	25.556	1.618	.207
상호작용 효과	11.552	1	11.552	.731	.395

** $p<.01$.

한편, 밀도 영역의 경우 통제 집단과 처치 집단의 교정 평균은 6점 만점에 각각 1.12와 1.59로서 다른 영역에 비해 매우 낮았다. 이것은 상태 변화와 용해는 초등학교에서 이미 학습한 내용으로 학생들에게 친숙한 반면, 밀도는 중학교에서 처음 도입되는 개념이기 때문으로 생각할 수 있다. 또한 상태 변화 영역에 비해 용해 영역에서 통제 집단의 평균이 매우 낮은 것으로부터 전통적인 수업이 용해 영역에 대한 학생들의 개념 변화에는 큰 효과가 없음을 알 수 있다.

유의미 학습 접근 방식을 취하는 학생들의 사후 개념 검사에 대한 교정 평균이 기계적 학습 접근 방식을 취하는 학생들에 비해 높았으나 통계적으로 유의미한 차이는 없었으며, 사후 개념 검사의 전체 점수 및 각 하위 영역의 점수에서 수업 처치와 학습 접근 방식 사이의 상호작용 효과도 나타나지 않았다.

사후 개념 검사에 대한 학생들의 응답을 분석한 결과(표 8), 전반적으로 학생들은 양에 대한 개념이 제대로 분화되지 못해 질량, 부피, 밀도 등을 혼동하는 것으로 나타났다. 상태 변화, 밀도, 용해에서 통제 집단의 경우 20, 55, 15%의 학생들이, 처치 집단의 경우 13, 42, 13%의 학생들이 질량, 부피, 밀도의 세가지 개념을 혼동하여 주어진 상황에 적절히 사용하지 못하였다. 그 외에도 비교적 많은 학생들이 분자의 운동성을 제대로 이해하지 못하거나(통제 집단: 62.5%, 처치 집단: 28.9%), 상태 변화시 분자의 성질이 변한다(통제 집단: 22.5%, 처치 집단: 18.4%)는 생각을 가지고 있었다. 전반적으로 처치 집단의 학생들이 통제 집단에 비해 오개념을 적게 보유한 것으로 나타나 개념 변화 수업 모형이 과학적 개념 습득에 효과적인 것으로 나타났다.

〈표 8〉 학생들의 오개념 유형 및 빈도(%)

오 개 념 유 형	통제 집단	처치 집단
상태 변화		
상태 변화시 분자의 성질 변화	9(22.5)	7(18.4)
질량과 부피 혼동	8(20.0)	5(13.2)
기체가 액체보다 가벼움	8(20.0)	3(7.9)
밀도		
질량, 부피, 밀도 혼동	22(55.0)	16(42.1)
온도 변화시 부피 증가는 공기가 많아졌기 때문	13(32.5)	10(26.3)
밀도는 온도 변화와 무관	6(15.0)	15(39.5)
용해		
분자의 운동성 이해 못함	25(62.5)	11(28.9)
질량과 부피 혼동	6(15.0)	5(13.2)
용해시 질량 증가	6(15.0)	3(7.9)
용해와 상태 변화 혼동	6(15.0)	2(5.3)

한편, 온도 변화시의 밀도 변화에 관한 문항에서 밀도가 온도 변화와 무관하다는 오개념을 가진 학생은 처치 집단에서 더 많았다. '쭈그러진 고무공을 뜨거운 물 속에 넣어 공이 팽팽해졌을 때, 공의 밀도에는 어떤 변화가 있겠는가'라는 질문에 대해, 통제 집단의 경우 온도 변화시 고무공의 부피가 증가한 것은 외부의 공기나 수증기가 고무공 속으로 유입되었기 때문이므로 밀도가 증가한다고 생각하거나(37.5%), 부피와 밀도를 혼동하는(20.0%) 학생들이 많았지만, 처치 집단의 경우 밀도는 물질의 특성이므로 온도와 무관하다고 생각하는(39.5%) 학생이 많았다. 즉, 통제 집단 학생들은 제시된 상황에 학습한 새로운 개념을 적용하지 못하여 이전에 보유했던 선개념으로 상황을 이해하려고 하였고, 처치 집단의 학생들은 통제 집단에 비해 새로 습득한 개념을 사용하려는 노력은 많이 보였지만 그 개념을 잘못 적용한 경우가 많았다. 학생들은 과학적 상황보다 일상적 상황의 문제를 더 어려워하며 학교에서 배운 과학적 지식을 일상 생활에는 잘 적용하지 못한다는 선행 연구들(Driver, et al., 1985; Haidar & Abraham, 1991)의 지적처럼, 대부분의 학생들이 상태 변화시의 부피 변화에 대해서는 과학적으로 이해하고 있음에도 불구하고, 습득한 과학적 개념을 새로운 상황에 적용하는 것에는 여전히 많은 어려움을 느끼고 있었다.

5. 과학에 대한 태도에서의 수업 처치 효과

수업 처치에 따른 과학에 대한 태도 검사 점수의 평균 및 교정 평균은 〈표 9〉, 학습 접근 방식 검사 점수를 공변인으로 한 공변량 분석 결과는 〈표 10〉과 같다. 개념 변화 수업을 받은 학생들의 과학에 대한 태도 점수의 교정 평균은 100점 만점에 67.96으로서 전통적 수업을 받은 학생들(72.55)에 비해 낮았으나 그 차이가 통계적으로 유의미하지는 않았다. '과학 수업의 즐거움' 영역과 '과학에 대한 취미적 관심' 영역 모두에서 통제 집단이 처치 집단에 비해 더 긍정적이었고, '과학 수업의 즐거움' 영역에서의 차이는 통계적으로 유의미하였다(표 10).

개념 변화 수업 모형은 매 수업 시간마다 예측 활동, 실험 활동, 개인/조 활동 기록지 작성, 토론 등이 실시되었으므로 전통적인 수업에 비해 한 시간 내에 학생들이 수행해야 할 활동이 매우 많았다. 따라서 짧은 시간 내에 많은 활동을 수행해야 하는 수업 상황이 전통적인 수업만 받아왔던 학생들에게 상당한 부담으로 작용하여, 위와 같이 처치 집단 학생들의 과학에 대한 태도가 통제 집단에 비해 덜 긍정적이었던

〈표 9〉 수업 처치에 따른 과학에 대한 태도 검사의 평균 및 교정 평균

집 단	과학 수업의 즐거움			과학에 대한 취미적 관심			전 체		
	평균	표준 편차	교정 평균	평균	표준 편차	교정 평균	평균	표준 편차	교정 평균
통제 집단	36.25	7.19	36.08	36.63	6.90	36.47	72.88	13.46	72.55
처치 집단	33.11	5.69	33.27	34.53	6.24	34.68	67.63	11.06	67.96

〈표 10〉 과학에 대한 태도의 공변량 분석 결과

	자 승 화	자 유 도	평균자승화	F	p
전 체					
공 변 량	3718.522	1	3718.522	35.452	.000
주 효 과	410.855	1	410.855	3.917	.051
과학 수업의 즐거움					
공 변 량	991.017	1	991.017	33.479	.000
주 효 과	153.631	1	153.631	5.190	.026*
과학에 대한 취미적 관심					
공 변 량	870.207	1	870.207	26.918	.000
주 효 과	62.012	1	62.012	1.918	.170

* $p<.05$.

것으로 생각할 수 있다. 따라서, 각 단계별 활동이나 배정 시간을 조정하는 등 학생들의 부담을 경감시킬 수 있는 방안에 대한 고려가 필요하다.

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구에서는 우리의 교육 현실을 고려하여 새로운 과학 지식의 습득 및 학생들의 개념 변화에 실험 활동을 효과적으로 이용할 수 있는 개념 변화 수업 모형을 개발·적용하여 그 효과를 조사하였다. 학생들의 선개념 파악 및 인지 갈등 유발은 학생들의 개념 변화에 필수적이지만, 개념 변화 모형을 학교 현장에 적용한 연구들은 현행 교육과정에 준해 모형을 적용하기에는 주어진 수업 시간이 부족함을 공통적으로 지적하고 있다(김영민과 권성기, 1992; 정완호 등, 1996). 따라서 본 연구에서 사용한 개념 변화 수업 모형은 학생들의 선개념 표출 및 갈등 유발 단계를 개인 활동 기록지를 이용한 예측 단계로 대체하고, 형성되기 시작한 개념을 효과적으로 정착시키기 위해 개념 재구성 및 강화 단계를 설정하여 주어진 수업 시간 내에 실험 활동을 통한 개념 변화 모형이 적용될 수 있도록 하였다.

예비, 예측, 탐색, 개념 재구성 및 강화, 개념 응용 단계로 이루어진 개념 변화 수업 모형은 실험 활동 및 학생들의 토론에 중점을 두어 교사의 강의가 전통적 방법에 비해 상대적으로 적었지만, 학생들의 학업 성취도는 유사하였다. 또한, 과학적 개념의 습득에는 학생들의 학습 접근 방식에 관계없이 매우 효과적인 것으로 나타났다. 학급의 구성원이 많아질수록 개념 변화에서 매우 중요한 요소인 교사와 학생 간의 상호작용이 어려워진다는 Lott(1983)의 연구 결과를 고려할 때, 다인수 학급 상황 하에서 학생들의 과학적 개념 습득에 효과적이었던 본 연구 결과는 현재 우리의 교육 여건 하에서도 효과적으로 실험 활동을 조직할 수 있는 가능성을 시사하고 있다. 한편 사후 개념 검사에서 드러난 학생들의 개념 유형 분석에서도 통제 집단보다 처치 집단 학생들의 오개념 보유율이 적은 것으로 파악되어 개념 변화 수업 모형의 효과를 확인할 수 있었다. 그러나 학생들의 오개념이 쉽게 바뀌지 않는다는 선행 연구의 결과처럼 처치 집단 학생들의 경우에도 상당수는 계속해서 오개념을 보유하고 있는 것으로 드러나 보다 완전한 과학적 개념 습득을 위해서는 장기간의 수업 처치 및 계속적인 연구를 통한 미비점 보완의 필요성이 제기되었다.

과학에 대한 태도에서는 통계적으로 유의미하지는 않지만 처치 집단이 덜 긍정적인 경향을 지니고 있는 것으로 나타났다. 대표적인 개념 변화 수업 모형의 하나인 순환 학습을 적용한 많은 연구들이 학생들의 태도에 긍정적인 효과가 있었

음을 보고하였으나(정진수와 정완호, 1995; 정완호 등, 1996; Lawson et al., 1989), 본 연구의 수업 처치 기간이 너무 짧기 때문에 6개월에서 수년에 걸친 이런 연구들의 결과를 본 연구와 직접적으로 비교하기는 어렵다. 따라서 본 수업 모형이 학생들의 과학에 대한 태도에 미치는 효과를 정확히 파악하기 위해서는 앞으로 계속 연구할 필요성이 있다.

학생들의 과학적 개념 습득과 실험 활동을 효과적으로 연결하기 위해서는 본 연구의 결과를 바탕으로 계속적인 연구가 이루어져야 할 것이다. 학생들이 새로운 수업 방식에 적응하여 능동적으로 수업에 참여하기에는 상당한 시간이 필요하므로 개개의 수업에 일회적으로 사용하기보다는 전체적인 프로그램으로 사용하는 것이 적절하다는 주장(Lawson et al., 1989)을 고려할 때, 본 모형의 효과를 정확히 파악하기 위해서는 좀 더 장기간의 연구가 필요하며, 대상 학년과 수업 내용에 따른 효과도 조사될 필요가 있다. 또한, 본 연구에서 학생들의 선개념을 명확히 드러내기 위해 사용한 예측 기법은 실험 활동에서 뿐만 아니라 일반적인 교실 수업에서도 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 학생들의 갈등 유발 및 개념 변화를 위한 예측 기법의 효과적인 사용을 위해서는 예측이 실제로 어떤 경로를 통하여 학생들의 개념 변화에 영향을 주었는지, 그리고 학생들의 개념 변화 양상은 어떠한지 등에 관한 체계적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

권재술(1989). 과학 개념 형성의 한 인지적 모형. 물리교육, 7(1), 1-9.

교육부(1994). 중학교 과학과 교육과정 해설. 서울: 대한교과서 주식회사.

김도욱, 서정쌍, 고숙영(1996). 학생들의 학습 접근 양식과 개념의 이해도와의 관계성 연구. 화학교육, 23(2), 76-89.

김영민, 권성기(1992). 전류 개념 변화를 위한 순환학습의 효과. 한국과학교육학회지, 12(3), 61-75.

노태희, 전경문(1996). High school students' conceptions regarding change of states and dissolution and the relationships with logical reasoning ability. 화학교육, 23(2), 102-112.

노태희, 전경문, 김혜경(1996). A reliable method to scale students' conceptions of matter and diffusion. 화학교육, 23(1), 42-50.

노태희, 김동연, 김혜경, 홍은경, 강석진, 채우기, 노석구(1997). 문제 해결식 교수 방법이 학생의 성취도, 과학적 과정 기술, 과학 활동 인식에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 17(1), 45-53.

정건상, 허명(1993). 고등학교 생물과 탐구 학습의 실태 조사와 문제점 분석. 한국과학교육학회지, 13(2), 146-151.

정완호, 권재술, 최병순, 정진우, 김효남, 허명(1996). 과학 수업 모형의 비교 분석 및 내용과 활동 유형에 따른 적정 과학 수업 모형의 구안. 한국과학교육학회지, 16(1), 13-34.

정진수, 정완호(1995). 중학교 과학 수업에서 학습자 특성에 따른 순환학습 모형의 효과. 한국과학교육학회지, 15(3), 284-290.

조희형, 이문원, 조영신, 한인숙(1989). 중등학교 과학교육의 내실화 방안에 대한 연구. 한국과학교육학회지, 9(1), 75-90.

최병순, 남정희(1995). 고등학교 화학에서 실험 실습과 실험 평가에 대한 실태 조사 연구. 화학교육, 22(3), 136-143.

Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120.

Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1984). *Sequencing language and activities in teaching high school chemistry-A report to the National Science Foundation*. University of Oklahoma, Norman, OK.

Bar, V., & Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 363-382.

BouJaoude, S. B. (1992). The relationship between students' learning strategies and the change in their misunderstandings during a high school chemistry course. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(7), 687-699.

Bunce, D. M., & Hutchinson, K. D. (1993). The use of the GALT (Group Assessment of Logical Thinking) as a predictor of academic success in college chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 183-187.

Cavallo, A. L., & Schafer, L. E. (1994). Relationships between students' meaningful learning orientation and their understanding of genetics topics. *Journal*

of Research in Science Teaching, 31(4), 393-418.

Donn, J. S. (1990). *The relationship between student learning approach and student understanding and use of Gowin's vee in a college level biology course following computer tutorial instruction.* Unpublished doctoral dissertation, Cornell University, Ithaca, NY,

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Children's ideas and the learning of science. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 1-9). Milton Keynes: Open University Press.

Fraser, B. J. (1981). *Test of science-related attitudes: Handbook.* Australian Council for Educational Research, Macquarie University.

Haidar, A. H., & Abraham, M. R. (1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching,* 28(10), 919-938.

Hofstein, A., & Lunneta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research,* 52(2), 201-217.

ones, A. T., & Kirk, C. M. (1990). Introducing techonological applications into the physics classroom: Help or hindrance for learning. *International Journal of Science Education,* 12(5), 481-490.

Klopfer, L. E., Champagne, A. B., & Chaiklin, S. D. (1992). The ubiquitous quantities: Explorations that inform the design of instruction on the physical properties of matter. *Science Education,* 76(6), 597-614.

Lawson, A. E., Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1989). *A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills* (Monograph of the NARST, No 1), Cincinatti, OH: NARST.

Lott, G. W. (1983). The effect of inquiry teaching and advance organizers upon student outcomes in science education. *Journal of Research in Science Teaching,* 20(5), 437-451.

Meichtry, Y. J. (1992). Using laboratory experiences to develop the scientific literacy of middle school students. *School Science and Mathematics,* 92(8), 437-441.

Noh, T., & Scharmann, L. C. (1997). The instructional influence of a molecular level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem solving ability. *Journal of Research in Science Teaching,* 34 (2), 199-217.

Osborne, R. J. & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science: The implications of children's science.* Auckland: Heinemann Publisher.

Roadrangka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). *The construction and validation of Group Assessment of Logical Thinking (GALT).* Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, Texas.

Solomon, J. (1983). Learning about energy - how pupils think in two domains. *European Journal of Science Education,* 18(1), 49-59.

Shulman, L. D., & Tamir, P. (1973). Research on teaching in the natural science. In R. M. W. Tarvers (Ed.), *Second handbook of research on teaching.* Chicago: Rand McNally.

White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding.* London: Falmer Press.

(ABSTRACT)

Development and Application of a Conceptual Change Model for Effective Laboratory Teaching

Noh, Tae-Hee · Kang, Suk-Jin · Kim, Hye-Kyung
Chae, Woo-Ki · Noh, Suk-Goo*
(Seoul National Univ.) · (Inchon National Univ. of Edu.)*

In this study, a conceptual change model for effective laboratories was developed and its instructional effect on students' achievement, the acquisition of scientific conceptions, and the attitudes toward science was investigated. Considering several conceptual change models in literature and Korean educational situations, the conceptual change model was developed. The model consists of 5 stages; preliminary, prediction, exploration, consolidation and reconstruction, and application. The treatment and control groups (2 classes) were selected from a middle school in Seoul, and taught about the changes of states, density, and dissolution for three weeks. Prior to instruction, the Group Assessment of Logical Thinking and the Learning Approach Questionnaire were administered, and their scores were used as covariate and/or blocking variable. To examine students' alternative conceptions before the instructions, a pre-conceptions test was also administered. After the instructions, students' achievement, the acquisition of scientific conceptions, and the attitudes toward science were measured with a researcher-made achievement test, a post-conceptions test, and the subtests of the Test of Science-Related Attitudes, respectively.

The results indicated that the score of the treatment group was significantly higher than that of the control group in the post-conceptions test. The students in the treatment group had also less alternative conceptions than those in the control group. However, there were no significant differences for the achievement and the attitudes toward science. Educational implications are discussed.