

교수 학습 순서에 따른 화학 변화 관련 개념 획득 정도의 비교 연구

李惠燦¹ · 柳五鉉 · 林光秀 · 白盛惠 · 朴國泰^{*}
한국교원대학교 화학교육과
신서중학교
(1998. 11. 10 접수)

A Comparative Study on the Effects of Learning Sequences of Chemical Change Concepts

Hye-Rann Lee¹, Oh-Hyun Ryu, Kwang-Su Lim, Seoung-Hey Paik, and Kuk-Tae Park^{*}
Department of Chemical Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea
¹Shinseo Middle School, Seoul 158-071, Korea
(Received November 10, 1998)

요 약. 중학교 2학년 과학 교과서 물질의 구성 단원의 주요 개념인 화학 변화 관련 개념을 학습함에 있어 논리적 위계에 따라 제시된 과학 교과서의 교수 학습 순서인 화학 변화 → 원자 → 분자 → 분자 운동과, 분자와 원자를 화학 변화의 선행 조직자로 하여 새롭게 배열한 분자 → 분자 운동 → 원자 → 화학 변화의 교수 학습 순서 중, 어떠한 교수 학습 순서가 화학 변화 관련 개념을 이해하는데 효과적인가를 알아보았다. 이를 위하여 서울에 위치한 1개 중학교에서 남, 여 학생 각각 2개 반씩 168명을 표집하여 실험반과 통제반으로 나누어 연구를 실시하였다. 연구 결과, 과학 교과서에서 제시하고 있는 교수 학습 순서 보다 본 연구에서 새롭게 배열한 교수 학습 순서가 학생들의 화학 변화 관련 개념 이해에 효과적이었음을 나타내었다. 그러나 학생들은 수업 처치가 효과가 있었음에도 불구하고 혼란스러웠다는 문제점을 제기하였으므로, 학생들에게 혼란스러움을 주지 않으면서도 효과적인 개념 학습을 위해서는 모든 과학 교과서의 획일적인 교수 학습 순서를 지양하고 교과서마다 특색 있고, 다양한 교수 학습 순서를 제시하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

ABSTRACT. This study was to investigate the effective order of instruction for students learning the concepts of chemical change. Chemical change was considered as the important area in 8th grade chemistry part. The study consisted of 168 8th grade students, two classes of boys and girls each, from a middle school in Seoul. They were divided into two groups, the experimental group and the control group. The control group was taught in the order, which was presented in the science textbook; chemical change, atom, and molecule (CAM). For the experimental group, the order was molecule, atom, and chemical change (MAC). From the results of the study, there was a statistically significant difference between the control group and the experimental group. But the interviews indicated that the students were confused with the MAC method in spite of the effective learning. Therefore, for more effective concepts learning without a confusion, we need to provide our students with various learning sequences of science textbooks rather than fixed learning sequences.

서 론

우리 나라 과학 교육의 목표는 자연 현상과 과학에 대한 흥미와 호기심을 가지게 하고 과학적 태도를 형

성하여 모든 학생을 과학적 소양인으로 기르는 것이다.¹ 특히 과학과 정보의 세상이 예상되는 21세기를 살아 나가야 하는 현재의 청소년에게 과학적 소양을 지니게

하는 일은 국가의 장래와도 밀접한 관련이 있는 일이다. 이러한 과학 교육의 목표를 달성하기 위하여 탐구 활동을 강조하게 되었고, 또한 생활 중심 학습 소재를 개발하여 교육 내용에 도입하는 등 학생들의 과학에 대한 흥미와 호기심을 자극하려고 하나 여전히 과학은 어렵고 재미없는 과목으로 남아 있는 것이다. 실제로 많은 조사에서 학생들이 과학을 어려워하고 흥미 없어 하며, 학년이 높아질수록 부정적 태도를 보이는 것으로 나타났다.^{2,4} 이러한 현상이 나타나는 원인으로는 교사의 자질, 주입식 교육 등이 제기되기도 하였으나,³ 그 중 하나는 우리 교육 현실에서 교사와 학생에게 있어서 유일한 교수 학습 자료인 과학 교과서에 있다고 볼 수 있다.⁵ 즉 교육 현장에서 과학 교과서가 차지하는 비중은 대단히 큼에도 불구하고 여러 가지 문제점이 지적되고 있는 것이다.^{6,7} 그 중에 하나는 교과 내용이 요구하는 인지 발달 수준이 학생들의 인지 발달 수준 보다 높다는 것이다. 우리 나라 중학교 학생들의 인지 수준은 대부분이 구체적 조작기 혹은 과도기에 있으나 교과와 내용은 형식적 사고를 요구하는 교수 목표가 대부분이다.⁸⁻¹⁰ 그러므로 현장 과학 교육에서 교수 내용의 조직 및 교수 방법의 채택에는 학생들의 인지 수준이 고려되어야 한다. 다른 하나의 문제점은 과학 교육의 목표를 달성하기 위해서 선정된 교육 내용의 계열성, 교수 학습 순서 등이 알맞게 조직되지 않았고, 또한 초, 중, 고등학교의 과학 교과 내용이 각 학급별로 적절하게 연계되지 않았음도 지적되었다.¹¹ 교과서에 제시된 학습 순서에 의한 수업보다 여러 개념 간의 계열성, 위계성을 고려하여 교수 순서를 새롭게 제시한 수업이 학습 효과 및 성취도에 효과가 있었음이 보고되었다.^{12,13}

현재 중학교 2학년 과학 교과서의 화학 분야에 있어서 중심 내용인 화학 변화는 주로 형식적 사고를 요구하므로 많은 학생들은 개념을 이해하기 어려워 할 뿐만 아니라, 이에 대한 다양한 오개념을 형성하고 있음이 조사되었다.¹⁴ 또한, 현행 교과서의 교수 학습 순서가 화학 변화를 먼저 제시한 후 원자, 분자, 분자운동을 지도하도록 되어 있어 교육 현장에서 화학 변화의 개념을 설명하는데 어려움이 있다. 그런데 화학 변화에 대한 올바른 개념 형성과 이해를 위해서 먼저 원자와 분자에 대한 정확한 개념이 있어야 한다고 보고되어 있으며,¹⁵ 화학 변화의 오개념은 원자와 분자에 대한 오개념과 관련되어 있음이 보고되었다.^{16,17} 그러

나 현행 중학교 2학년 과학 교과서는 화학 변화와 원자, 분자, 분자 운동의 계열성을 잘 나타내지 못하고 있어 화학 변화 관련 개념을 이해하기 어렵게 하는 것으로 생각되어 진다. 이것은 Ausubel¹⁸이 주장한 학습 과제가 논리적 유의미를 갖추고 있어도 학습자가 그와 관련된 인지 구조를 지니고 있지 않다면 그 학습 과제는 유의미하게 학습될 수 없다고 말한 것과도 깊은 연관이 있음을 보여 주는 것이다.

이에 본 연구에서는 중학교 2학년 과학 교과서의 물질의 구성 단원에서 제시하고 있는 교수 학습 순서를 바꾸어 화학 변화의 선행 조직자로 분자, 분자 운동, 원자를 제시한 후 화학 변화를 지도하여, 과학 교과서의 교수 학습 순서와 새로운 교수 학습 순서에 따른 화학 변화 관련 개념 획득 정도를 비교 분석하기 위하여 다음과 같은 내용들을 알아보았다.

(1) 중학교 2학년 과학 교과서의 물질의 구성 단원 내용을 교과서에서 제시한 순서대로 학습한 집단과 분자, 분자 운동, 원자의 관련 개념을 먼저 학습하고 화학 변화를 학습한 집단 사이에서 화학 변화 관련 개념의 획득 정도는 어떠한가?

(2) 교수 학습 순서를 다르게 한 수업의 효과는 과학 성적 수준별 집단 중 어느 집단에 더 영향을 주었는가?

(3) 교수 학습 순서를 다르게 한 수업의 효과는 인지 능력 수준에 따른 집단 중 어느 집단에 더 영향이 있었는가?

(4) 교수 학습 순서를 다르게 한 수업의 효과는 화학 변화 관련 여러 개념들 중 어떤 개념 획득에 더 효과적이었는가?

연구 방법 및 절차

연구 대상. 연구 대상은 서울특별시에 위치한 1개 중학교 2학년 남, 여 학생 각 2개 학급 중 각 반의 특수 학생, 결석생, 전학생, 검사에 불성실한 학생들을 제외한 168명(남 88명, 여 80명)을 표집하여 실시하였다.

검사 도구의 선정 및 개발. 과학 교과서의 내용을 이해하는 정도는 학생들의 인지 발달 수준과 밀접한 관계가 있다는 것이 많은 연구들에서 지적되고 있다.^{8,10} 본 연구에서도 학생들의 인지 수준은 연구의 결과를 좌우할 수 있는 중요한 변인이므로, 실험반과 통제반

의 인지 발달 단계를 알기 위하여 측정 도구로서 Roadranka등¹⁹이 개발한 GALT(Group Assessment of Logical Thinking) 문항지의 short version(12문항)을 사용하였다. 이 도구의 신뢰도는 0.85, 평균 난이도는 0.40으로 득점 결과가 0~4이면 구체적 조작기, 5~7이면 과도기, 8~12이면 형식적 조작기로 인지 발달 단계를 구분하였다.

연구 대상 학교의 실험반과 통제반 학생들 중 약 45% 정도가 학교에서 수업을 받기 이전에 학원 수강 또는 개별적인 학습을 통하여 사전 학습이 이루어져 있었다. 그런데 학생들이 어느 정도의 학습을 하고 있는가는 본 연구의 결과에 중요한 변인으로 작용할 수 있으므로, 학생들의 사전 학습 정도를 통제하기 위하여 본 연구 관련 단원 내용 중 교사용 지도서에 있는 단원 평가 문항을 가지고 사전 학습 형성 정도를 측정해 보았다.

사후 검사 도구는 현행 중학교 2학년 과학 교과서를 분석하여 연구 목적에 부합되는 개념을 선정 한 후, 기존에 개발되어 사용한 검사 문항들 중 선정된 개념에 맞는 문항을 선택하고 보완하여 과학 교육 전문가 1명과 과학 교사 9명에 의하여 타당도 검사를 하였다. 선정된 검사 문항을 1차로 학생들에게 투입하여 연구자가 검사하고자 하였던 내용이 학생들에게 제대로 전달되었는가를 살펴보고, 질문에 사용한 단어와 어법 등에서 어렵다고 지적한 것은 수정하여, 최종적으로 10개의 문항을 Table 1과 같이 선정하여 사용하였다.

각 문항은 2단계 질문법 형식으로 이루어져있으며,²⁰ 각 문항당 배점은 둘 다 맞으면 3점, 이유 진술만 맞으면 2점, 객관식 문항만 맞으면 1점으로 하였다.

그런데 지필 검사 도구만으로는 정확히 학생들의 개념 획득 정도를 평가하기가 쉽지 않다. 즉 질문 내용의 독해 능력에 따라 개념 획득이 바르게 되었어도 표현하지 못했을 가능성도 있고, 개념 획득이 바르지 않으면서도 우연히 또는, 옆 사람과의 상의에 의해 정답을 표기했을 수도 있는 것이다. 그러므로 좀 더 정확한 검사를 위하여 사후 검사 실시 후, 검사 결과가 평균인 학생을 실험반과 통제반에서 남, 여 학생 각 5명씩 20명을 선정하여 면담을 실시하였으며, 그 내용을 녹음하여 분석하였다. 면담의 질문 내용은 검사 도구에서 사용된 문항들 중에서 중심이된 내용으로 선정하였으며, 특별히 실험반 학생들에게 교수 학습 순서를 재배열한 수업을 받은 소감을 물어 보아서 그들의 생각을 정리해 보았다.

교수 학습 순서의 재배열, 중학교 2학년 과학 교과서의 물질의 구성 단원은 화학 변화의 상위 개념으로 원자와 분자를 나타낸 것은 개념의 논리적 위계를 나타낸 것이라 할 수 있다. 과학 교과서에서는 이러한 논리적 위계에 맞춰 교수 학습 순서를 제시하고 있는데, 본 연구에서는 교수 학습 순서에 의한 화학 변화 관련 개념 획득 정도를 알아보기 위하여 과학 교과서에서 제시하고 있는 순서를 Table 2와 같이 재배열하여 구성하였다.

Table 1. 화학 변화 관련 개념 검사 문항 내용

중심 개념	문항 번호	문항 내용
분자, 분자 운동, 원자	(1), (2), (3)번	분자와 원자의 모형, 차이점, 분자 운동에 의한 현상
원자의 재배열	(4), (5), (6)번	화학 반응 후의 물질의 질량 보존, 새로운 물질의 구성 분자
화합물과 혼합물의 차이	(7), (8)번	혼합물과 화합물의 차이점, 일정 성분비 적용 물질
화학 반응	(9), (10)번	화학 반응의 예, 화학적 변화와 물리적 변화의 차이점

Table 2. 교수 학습 순서

과학 교과서의 교수 학습 순서		재배열한 교수 학습 순서	
차 시	학습 주제	차 시	학습 주제
1~7	화학 변화와 화합물	1	분자
8~11	화학 변화와 질량	2~4	분자 운동
12~14	원소	5	원자
15~16	원자	6~13	화학 변화와 화합물
17~19	분자	14~17	원소
20~21	분자의 운동	18~21	여러 가지 법칙

수업 처치 및 결과 처리. 실험반은 재배열된 교수 학습 순서대로, 통제반은 과학 교과서에 제시된 교수 학습 순서대로 각각 21시간씩 3월초부터 4월말까지 수업을 처치하였으며, 이어서 지필에 의한 사후 검사를 실시하였다. 수업 처치 후의 사후 검사 결과가 유의미한 차이를 나타내어서 교수 학습 순서의 재배열이 화학 변화 관련 개념 이해 및 획득에 좀 더 효과적이었는가를 알아보기 위하여 SAS 통계 프로그램을 활용하여 변량 분석을 하였다.

결과 및 고찰

사전 검사의 결과 분석. 학생들의 인지 수준은 학습 내용의 채택 및 조직에 중요한 요소이므로 본 연구에서 수업 처치의 효과를 알아보기 위해서는 학생들의 인지 수준 통제 여부가 중요한 변수로 작용하게 될 것이다. 학생들의 인지 발달 수준을 알아보기 위하여 논리적 사고력 검사를 실시하였다. 본 연구 대상 학생 집단은 학급에 따라 형식적 조작기의 학생이 29~34%, 과도기의 학생이 36~38%, 나머지가 구체적 조작기 학생들로 구성되어 있어서 선행 연구 자료¹⁰⁾와 약간의 차이를 보이고 있으나, 이는 지역적 특성이라고 생각되어진다. 이러한 사전 검사 결과를 토대로 두 집단의 논리적 사고력의 동질성을 확보하기 위하여 실험반과 통제반의 인지 수준별 분포를 동일하게 표집하였다.

논리적 사고력 검사 결과를 토대로 하여 표집된 연구 대상 학생 집단이 과연 동일한 집단인지 또는, 이질 집단인지를 알아보기 위하여 1학년말 과학 성적 결

과와 사전 학습 정도를 측정된 결과가 Table 3에 나타나 있다. 1학년말 과학 성적은 실험반의 평균이 74.27, 통제반이 71.91로써 평균의 차이가 2.36정도 있으나 통계적으로는 유의 수준 0.05에서 유의미한 차이를 보이지 않고 있어 두 집단이 동일한 집단임을 알 수 있다. 또한 사전 학습 정도 측정 검사도 실험반 44.94, 통제반 43.87로써 실험반이 1.07 정도 평균이 높으나 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않아 역시 두 집단이 동일한 집단임을 알 수 있다. 이와 같이 사전 검사를 통하여 두 집단이 동일한 집단임이 확인되었으므로, 만일 수업 처치 후 실시한 사후 검사 결과가 유의미한 차이를 보인다면 이것은 오로지 수업 처치의 결과임을 알 수 있을 것이다.

사후 검사의 결과 분석. 사전의 검사로 동일한 집단임을 확인한 두 집단에게 21차시 동안 각각 수업을 실시한 후, 화학 변화에 관련된 검사 문항으로 사후 검사를 실시하였다. 사후 검사의 결과는 먼저 검사 총점의 결과를 분석하여 보았고, 인지 수준별과 1학년말 과학 성적 수준별로 분석하여 어느 집단에게 수업의 효과가 있었는가를 알아보았으며, 특히 검사 문항 내용들 중 어느 개념 항목에 더 효과적이었는가를 분석하였다.

수업 처치 후 실시한 사후 검사는 수업 처치에 의한 효과를 알아본 것으로 30점 만점에서 실험반이 통제반에 비해 평균이 2.99 정도 높았다. 이것이 통계적으로 유의미한 차이가 있는가를 알아보기 위한 집단별 사후 검사에 대한 분석 결과는 Table 4와 같다. 교수 학습 순서를 바꾸어 수업을 실시한 후 사후 검사를 실시한 결과, 실험반이 통제반에 대하여 유의 수

Table 3. 1학년말 과학 성적과 사전 학습 정도 검사 결과 분석 (만점 100 점)

검사 종류	집단 구분	인원	평균	표준 편차	F 값	Pr>F
1학년말 과학 성적	실험반	84	74.27	15.93	0.89	0.3480
	통제반	84	71.91	16.53		
사전 학습 정도	실험반	84	44.94	16.14	0.21	0.6494
	통제반	84	43.87	14.29		

Table 4. 실험반과 통제반의 사후 검사 결과 분석

변 인	자유도	자승화 총점	평균자 승화	F 값	Pr > F
설명된 변량	1	375.00	375.00		
잔여효과	166	5684.50	34.24	10.96	0.0011*
전 체	167	6059.50			

*p<0.05.

Table 5. 인지 수준별 사후 검사 결과의 변량 분석

인지 수준별	변 인	자유도	자승화 총점	평균 자승화	F 값	Pr>F
형식적 조작기	설명된 변량	1	27.77	27.77	1.24	0.2703
	잔여효과	50	1117.31	22.35		
	전체	51	1145.08			
과도기	설명된 변량	1	221.27	221.27	8.31	0.0054*
	잔여효과	62	1650.47	26.62		
	전체	63	1871.73			
구체적 조작기	설명된 변량	1	169.92	169.92	5.85	0.0193*
	잔여효과	50	1452.38	29.05		
	전체	51	1622.31			

*p<0.05.

준 0.05에서 유의미한 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. 이것은 학생들이 화학 변화를 바르게 이해하는데는 먼저 분자, 분자 운동, 원자를 학습하여 화학 변화에 대한 선행 지식을 가진 후에 화학 변화를 학습하는 것이 보다 효과적임을 알 수 있다.

실험반과 통제반에 각각 실시한 수업 중 실험반의 수업 처치가 통계적으로 유의미한 차이를 보였다면, 이러한 수업 효과가 인지 수준에 따른 집단 중 어느 집단에 가장 효과적이었을까를 분석해 보았다. 인지 수준별 사후 검사 결과의 변량 분석을 Table 5에 제시하였다. 분석 결과에서 실험반에게 처치했던 수업의 효과가 형식적 조작기의 학생에게는 유의 수준 0.05에서 F 값 1.24로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났으나, 과도기와 구체적 조작기의 학생들에게는 각각 8.31, 5.85로 통계적으로 유의미한 차이를 나타내었다. 이러한 결과는 형식적 조작기의 학생들은 교수 학습의 순서에 상관없이 화학 변화 관련 개념을 바르게

이해할 능력을 지니고 있지만, 과도기나 구체적 조작기의 학생들에게는 본 연구의 수업 처치가 화학 변화 관련 개념을 바르게 이해하는데 상당히 효과가 있었음을 나타낸 것으로 볼 수 있다. 그리고 우리나라의 대부분 중학생들이 과도기와 구체적 조작기에 있다는 사실^{8,10)}에 비추어 볼 때, 교수 학습 순서를 재배열하여 분자와 원자를 선행 지식으로 학습하는 것이 중학생들의 화학 변화 관련 개념의 획득에 효과적일 것이라고 생각할 수 있다.

1학년말의 과학 성적은 학교 자체에서 실시한 중간고사와 기말고사(총 4회 실시)의 평균 점수로써 100점을 만점으로 하고, 성적에 따라 학생 집단을 상위권(상위 30%, 100~85점), 중위권(중위 40%, 84~65점), 하위권(하위 30%, 64점 이하)으로 나누어 어느 수준의 학생들에게 수업 처치의 효과가 크게 나타나는가를 살펴본 결과, 전 집단에서 실험반이 통제반에 비해 평균 점수가 높게 나타났어 본 연구의 수업 처치가

Table 6. 1 학년말 과학 성적의 수준별 변량 분석

성적 수준	변 인	자유도	자승화 총점	평균 자승화	F 값	Pr>F
상위권	설명된 변량	1	1.07	1.07	0.05	0.8256
	잔여효과	46	1005.90	21.87		
	전체	47	1006.98			
중위권	설명된 변량	1	213.13	213.12	15.12	0.0002*
	잔여효과	68	958.36	14.09		
	전체	69	1171.49			
하위권	설명된 변량	1	127.69	127.69	4.83	0.0329*
	잔여효과	48	1269.99	26.46		
	전체	49	1397.68			

*p<0.05.

효과적인 것으로 볼 수 있었다. 이러한 결과가 과연 통계적으로 의미 있는 것인지를 알아보기 위한 수준별 변량 분석이 Table 6에 나타나 있다. 상위권의 학생들은 평균 점수가 높았음에도 통계적으로는 유의수준 0.05로 볼 때 F값 0.05로 유의미한 차이를 보이지 않고 있어 실제로는 수업 처치의 효과가 없었다고 할 수 있다. 그러나 중위권과 하위권의 학생들에게는 통계적으로 유의미한 차이를 나타내고 있다. 이것은 대부분의 상위권 학생들은 교수 학습 순서를 어떻게 배열하든지 화학 변화 관련 개념을 바르게 이해할 능력을 지니고 있다는 것을 의미하는 것이다. 이것은 선행 연구의 결과¹⁾와 같은 것으로, 대부분의 성적 상위권 학생들의 인지 수준이 형식적 조작기에 있다²⁾는 사실과도 관련이 있기에 이와 같은 결과가 나왔다고 생각된다. 그러나 중위권과 하위권의 학생들은 통계 분석 결과로 볼 때, 각각 15.12, 4.83으로 유의미한 차이를 보이고 있어 현행 교과서의 교수 학습 순서를 재배열하여 수업하는 것이 훨씬 더 화학 변화 관련 개념을 이해하는데 도움이 되었다고 생각할 수 있다.

실험반에 실시되었던 수업 처치가 통계적으로 유의미한 차이를 보여 수업 처치가 화학 변화 관련 개념 이해에 더 효과적이라고 할 때, 화학 변화에 관련된 여러 개념들 중에서 어떤 개념 이해에 더 효과적인가를 알아보기 위하여 검사 문항을 중심 개념 별로 묶어 분석하여 보았다.

분자, 분자 운동, 원자에 대한 검사 문항에서 (1) 번은 수소 원자 모형을 보여 주고 H₂와 2H를 모형으로 나타낼 수 있는가, (2) 번은 물질을 녹였을 때 눈에 보이지 않게 되는 것은 물질의 알갱이가 어떻게 된 것인가, (3) 번은 퍼짐 현상의 원인을 묻는 내용으로

이루어져 있어 분자, 분자 운동, 원자에 대한 바른 개념의 형성 정도를 묻는 것이다. 검사 결과를 통계 분석한 것이 Table 7에 나타나 있다. 검사 결과에서 실험반이 통제반 보다 평균 점수가 높게 나타났으나 통계적으로는 실험반과 통제반 사이에 유의미한 차이를 나타내지 않았다. 즉 분자와 원자를 구분하거나 분자 운동의 역할 등을 이해하는 데는 교수 학습 순서의 재배열은 별 의미가 없다고 할 수 있다. 이것은 초등학교에서 이미 학습하여 선행 지식으로 가지고 있던 것을 다시 한 번 학습함으로써 기존의 인지 구조를 좀더 정교하게 하였기 때문에 실험반과 통제반 사이에 유의미한 차이를 나타내지 않은 것으로 생각된다.

원자 재배열에 대한 검사 문항에서 (4) 번은 강철 솥의 연소 후의 질량 변화, (5) 번은 석회석과 묽은 염산과의 반응 후의 질량 변화, (6) 번은 구리 가루를 가열한 후의 물질 모형을 묻는 문항으로 이루어져 화학 변화가 일어나는 동안 원자의 종류, 수, 크기 등은 변하지 않고 단지 재배열된다는 점을 이해하고 있는가를 묻는 내용이다. 검사 결과를 통계 분석한 것이 Table 8에 나타나 있다. 분석 결과를 보면 앞의 문항과는 달리 화학 변화란 원자의 재배열이다라는 개념에 대하여 실험반이 통제반에 대하여 유의미한 차이를 나타내고 있다. 실험반은 선행 지식으로 원자와 분자를 이해하고 난 후, 화학 변화에서 반응 전의 분자를 이루던 원자들이 새롭게 짝을 지어 새로운 분자를 형성한다는 사실을 배우기 때문에 화학 반응 전후의 질량이 보존되는 이유와 반응 후의 새로운 분자 형성을 쉽게 이해한 것으로 생각할 수 있다. 즉 실험반은 이 문항 내용에 대하여 개념간의 관련성을 지니게 되었으나, 통제반은 단순히 화학 반응의 결과만을 학습

Table 7. 분자, 분자 운동, 원자에 대한 검사 결과의 변량 분석

문항내용	변인	자유도	자승화총점	평균 자승화	F 값	Pr > F
분자, 분자 운동, 원자	설명된 변량	1	10.00	10.00	2.66	0.1050
	간여효과	166		624.99		
	전체	167	634.99	3.76		

Table 8. 원자의 재배열에 대한 검사 결과의 변량 분석

문항내용	변인	자유도	자승화총점	평균 자승화	F 값	Pr > F
원자의 재배열	설명된 변량	1	76.01	76.01	14.42	0.0002*
	간여효과	166	874.70	50.27		
	전체	167	950.71			

*p < .05.

Table 9. 화합물과 혼합물의 차이에 대한 검사 결과의 변량 분석

문항 내용	변 량	자유도	자승화 총점	평균 자승화	F 값	Pr>F
화합물과 혼합물 의 차이	설명된 변량	1	21.43	21.43	5.21	0.0238*
	잔여효과	166	683.05	4.11		
	전 체	167	704.48			

*p<.05.

한 후 원자, 분자를 학습하므로 두 개념 사이에 관련성을 짓지 못하고 있다고 생각된다.

혼합물과 화합물의 차이에 대한 검사 문항은 (7) 번 일정 성분비가 적용되는 물질의 구분, (8) 번 혼합물과 화합물의 성질의 차이점을 묻는 내용으로 이루어져 있어서, 성분 물질의 특성을 그대로 지니고 있는 혼합물과 원래의 성분 물질과는 전혀 다른 새로운 특성을 지닌 물질인 화합물의 차이를 이해하고 있는 가를 묻는 것이다. 검사 결과를 통계 분석한 것이 Table 9에 나타나 있다. 분석 결과를 볼 때 혼합물과 화합물의 차이를 묻는 문항에서 실험반이 통제반에 대해 유의미한 차이를 보이고 있다. 이것은 화합물이 일정한 성분비로 결합하여 생성되었다는 것과 화학 변화는 원자의 재배열이기 때문에 반응 후 만들어진 물질이 전혀 새로운 물질이라는 점에 대하여 원자와 분자의 선행 지식이 있는 후 화학 변화를 학습한 학생들이 좀 더 바른 이해를 지니고 있다는 것을 나타낸 것이다.

화학 반응에 대한 검사 문항에는 (9) 번 화학 반응의 종류를 구분할 수 있는가, (10) 번 화학적 변화와 물리적 변화의 차이점을 묻는 내용으로 이루어져 있어, 여러 가지 화학적 변화와 물리적 변화를 비교하여 구분할 수 있는가를 묻는 것이다. 검사 결과를 통계 분석한 것이 Table 10에 나타나 있다. 분석 결과로 볼 때 화학 반응에 대한 문항에서 실험반의 평균이 통제반에 비해 약간 높게 나타났으나, 통계적으로는 유의미한 차이를 보이지 않고 있는 것이다. 즉 반응의 종류를 이해하고 구분하는 정도에는 교수 학습 순서가 별로 의미 있는 역할을 하지 않았다는 것을 나타내고 있다. 이것은 앞의 문항 분석 결과를 토대로 하

여 생각할 때 의외의 결과로 생각되므로, 이 문항에 대해서는 면담으로 이와 같은 결과가 나온 원인을 자세히 알아보아야 할 것으로 생각되는 것이다.

문항 내용별 검사 결과를 전체적으로 분석하여 보면, 통제반이나 실험반 모두 원자, 분자, 분자 운동에 대해서는 비교적 바른 이해를 하고는 있으나, 통제반의 경우에는 화학 변화의 기본 개념인 원자의 재배열을 바르게 이해하지 못하고 있는 것으로 생각되며 또한, 원자의 재배열에 대한 개념이 바르지 않으면서도 화학 변화에서 유의미한 차이가 없게 나타난 것은 단순히 암기에 의해 화학적 변화와 물리적 변화를 구분하고 있음을 나타내는 것이라고 생각할 수 있다. 이러한 원인으로 인해 통제반은 혼합물과 화합물의 차이를 구분함에 있어 어려움을 나타내게 됨을 알 수 있다. 그러므로 화학 변화란 원자의 재배열에 의한 새로운 분자의 생성임을 바르게 이해하면, 화학적 변화와 물리적 변화, 화합물과 혼합물을 구분함에 있어 어려움이 적을 것으로 생각되며 또한, 원자의 재배열을 바르게 이해하려면 원자, 분자, 분자 운동의 개념이 선행 지식으로 필요하므로, 실험반에 실시했던 수업 처치는 화학 변화 관련 개념을 이해하는데 효과적이라고 할 수 있는 것이다.

면담 실시 결과 분석. 지필 검사 실시 후 실험반과 통제반에서 표집한 남, 여 학생 각 5명씩 20명을 면담한 결과, 사후 검사에서와 마찬가지로 두 집단 모두 물질의 성질을 지닌 가장 작은 알갱이인 분자와 분자를 이루고 있는 원자에 대해서 바르게 설명하면서도, 통제반의 경우에는 화학 변화 전 후의 원자와 분자의 변화를 바르게 이해하지 못하고 있음을 알 수 있었는

Table 10. 화학 변화에 대한 검사 결과의 변량 분석

문항 내용	변 량	자유도	자승화 총점	평균 자승화	F 값	Pr>F
화학 변화	설명된 변량	1	8.15	8.15	1.98	0.1615
	잔여효과	166	683.85	4.12		
	전 체	167	691.99			

Table 11. 면담 질문 문항별 정답 학생수

면담 질문 문항	실험반 (10명)	통제반 (10명)
(1) 원자와 분자의 차이점	9명	8명
(2) 화학 변화에서의 분자 운동 역할	2명	1명
(3) 화학 변화 전 후의 분자와 원자의 변화	6명	3명
(4) 화학적 변화와 물리적 변화의 차이점	10명	10명

데, 이것은 화학 변화의 선행 지식인 원자와 분자의 개념이 사전에 이루어지지 않았기 때문이라고 생각할 수 있다. 또한, 화학 변화가 일어날 때 분자는 운동을 하면서 분자 사이에 충돌을 일으켜 원자의 재배열이 효과적으로 일어나도록 한다는 것을 두 집단 모두 바르게 이해하지 못하고 있었는데, 이것은 과학 교과서에서 분자 운동을 다룰 때 물리적 변화인 상태 변화와의 연관성만 다루고 화학 변화와의 관련성은 다루지 않기 때문으로 생각되어 진다. 학생들과의 면담에 사용한 질문 내용에 대하여 바른 개념을 가지고 대답한 학생의 수는 Table 11과 같다.

면담 (1)번 문항인 물질의 성질을 지닌 가장 작은 알갱이는 무엇이라 생각되는가의 질문은 지필 검사 문항의 (1)번과 연관이 있는 문항으로서, 검사 결과 실험반과 통제반 사이에 유의미한 차이를 보이지 않았는데, 면담 결과에서도 실험반과 통제반의 대부분 학생들이 분자라는 바른 대답을 하고 있었다. 그러나 원자와 분자의 차이점이 무엇이라고 생각하느냐고 물었을 때 원자와 분자를 혼동하여 제대로 대답하지 못하는 경우가 양 집단에서 발견되기도 하였다. 정답 학생수와 면담 내용을 가지고 분석한 결과, 원자와 분자에 대하여 대부분의 학생들은 바른 개념을 지니고 있는 것으로 생각되지만, 실제로는 원자와 분자는 관찰이 불가능한 것이기 때문에 학생들이 지니고 있는 개념이 막연하여 다른 개념에 적용하는데 어려움이 있는 것으로 예상되는데, 이것은 실제 화학 변화는 원자의 재배열이라는 문항에서의 정답 학생수가 적어지는 것으로 알 수 있는 것이다.

면담 (2)번 문항의 내용은 화학 변화가 일어날 때 분자 운동은 어떠한 역할을 하는 가에 대한 내용으로 지필 평가의 (3)번 문항을 다시 한번 묻는 것인데, 지필 검사 결과에서와 마찬가지로 통제반이나 실험반

의 대부분 학생들이 관련성을 전혀 갖지 못하고 있었으며, 실험반 학생들도 단지 화학 변화를 잘 일어나도록 도와줄 것이라는 막연한 생각만을 지니고 있었다. 이것은 교과서에서 분자 운동을 상태 변화와 같은 물리적 변화와의 관련성만 제시하고 있어서, 실험반 학생들에게는 화학 변화가 일어나려면 분자가 운동하며 충돌을 일으켜야 한다는 설명을 하였어도, 학생들이 화학 변화와 분자 운동과의 연관성을 별로 중요하게 여기지 않은 것으로 생각된다. 그러므로 이 부분에서 교수 활동시 좀 더 연관성을 강조하여야 할 것으로 나타났다.

면담 (3)번 문항은 화학 변화가 일어난 후의 원자와 분자는 반응 전과 비교하여 어떤 변화가 있었는가를 묻는 문항이었는데, 이 문항에 대해서는 실험반 학생들이 통제반에 비해서 바른 개념을 가지고 설명하는 학생의 수가 월등히 많았다. 이는 질문지를 이용한 사후 검사에서와 같은 결과를 보여 주는 것으로, 원자와 분자를 먼저 학습한 실험 집단이 화학 변화를 학습한 후 원자와 분자를 학습한 통제 집단보다 화학 변화란 원자의 재배열이라는 바르게 이해하고 있음을 나타낸 것이다.

면담 (4)번 문항인 화학적 변화와 물리적 변화의 차이점을 묻는 질문은 지필 평가 문항 (10)번과 같은 내용으로 면담에 참여한 모든 학생이 지필 평가의 결과처럼 실험반과 통제반의 구분 없이 바르게 차이점을 설명하였는데, 각각의 변화에 대한 다양한 예를 드는 것에는 통제반이 다소 어려움을 나타내었다. 이것은 지필 평가에서는 보기를 주고 고르도록 하여 학생들이 여러 변화에 대한 기본적 이해가 부족하여도 단순한 암기에 의해 답하기가 쉬었으나, 면담에서는 보기 없이 예를 드는 것이었기에 학생들이 다소 어려움을 느낀 것으로 생각되었으며, 그리고 지필 검사에서 두 집단간 유의미한 차이가 없었던 원인도 알 수 있었다.

화학 변화 관련 개념에 대한 면담 실시 후, 실험반 학생들에게 과학 교과서에 제시된 학습 순서를 바꾸어 수업한 것이 도움이 되었는가를 질문을 하였다. 질문지에 의한 사후 검사나 면담 결과에서 본 연구의 수업 처치가 화학 변화 관련 개념을 이해하는데 효과적이었음을 나타내었음에도 불구하고 학생들은 교과서에 제시된 순서대로 수업을 하지 않아 혼란스럽고 산만하였으며, 정리가 잘 되지 않았다고 하는 문제점을 제기하였다. 응답 결과를 보면 응답 학생 10명 중 2

명이 도움이 되었다는 긍정적인 반응을 보였고, 2명은 대단히 부정적인 반응을 나타내었다. 나머지 6명은 공부하는데 별로 도움이 되지 않았다고 응답하였는데, 이는 과학 교과서에서 제시된 학습 순서를 바꾸어 학습하는 것 자체를 부정적인 시각으로 바라보는 것이었다.

실험반 학생들이 혼란스러움을 나타내며 수업하기가 힘들었음을 문제점으로 제기한 것은 교사들이 한번쯤 생각하여야 할 부분인데, 교육 전문가들은 교과서에서 제시하고 있는 교수 학습 순서를 그대로 따라하지 말고 교사가 필요하다면 학습 순서를 재조직하여 교수할 수 있다고 하지만, 현행 교과서의 교수 학습 순서를 그대로 둔 채 담당 교사의 자의적인 교수 학습 순서의 재배열은 현실적으로 실행하기가 상당히 어렵다고 볼 수 있다. 그러므로 교과서마다 다양한 교수 학습 순서를 제시하고 있다면, 교사들이 적절한 교수 학습 순서를 선택할 기회를 가지게 되어 확실적인 교수 학습 순서를 탈피할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 현행 중학교 과학 교과서는 8종임에도 불구하고 거의 동일한 학습 내용과 동일한 교수 학습 순서를 제시하고 있어, 모든 학교에서 확실적인 교수 학습을 진행하고 있는 실정이다. 이러한 사실은 8종의 과학 교과서가 존재하는 이유와는 전혀 배치되는 것이라고 생각된다. 그러므로 효과적인 과학 교육을 위해서는 여러 가지 과학 학습 이론과 현장 연구 결과들을 토대로 한 다양한 교수 학습 순서를 제시한 교과서 체제로의 전환이 시급히 이루어져야 할 것으로 생각되어 진다.

결론 및 제언

본 연구에서 중학교 2학년 과학 교과서의 물질의 구성 단위에 대한 교수 학습 순서에 따른 화학 변화 관련 개념 획득 정도를 비교 연구한 결과, 물질의 구성에서 주요 개념인 화학 변화 관련 개념을 학습함에 있어서, 원자와 분자를 미리 배우고 화학 변화를 학습한 실험반이 통제반에 비해 사후 검사 결과 유의 수준 0.05에서 유의미한 차이를 나타내었다. 사후 검사 결과를 1학년말 과학 성적 수준에 따라 분석해 보면, 상위권 학생들은 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았으나, 중위권과 하위권 학생들은 유의미한 차이를 나타내었고, 인지 능력 수준에 따른 분석 결과 형식적

조작기의 학생들은 유의미한 차이를 보이지 않았으나, 과도기와 구체적 조작기의 학생들은 유의미한 차이를 나타내었다. 검사 문항별 분석 결과, 실험반 학생들이 화학 변화는 원자의 재배열임을 묻는 문항과 화합물과 혼합물의 구분과 그 차이점을 묻는 문항에서 좀 더 바르게 이해하고 있음이 나타났다.

학생들과의 면담에서 실험반 학생들은 질문지 검사에서와 같이 원자의 재배열에서 좀 더 바른 개념을 지니고 있음을 알 수 있었다. 그러나 지필에 의한 사후 검사나 면담에 의한 결과 분석에서 본 연구에서 제시한 수업이 효과적이라는 것이 나타났음에도 불구하고 학생들은 가정이나 학원 등에서 공부할 때 과학 교과서에 제시된 학습 순서와 달라 혼란스러웠다고 지적하고 있고 또한, 같은 학년을 지도하고 있는 다른 교사와의 진도가 달라 일어나는 문제점을 극복하기가 어려워 학사 운영에 불편함이 있었다. 그러므로 학생들에게 혼란을 일으키지 않으면서 개념의 올바른 이해를 위한 교수 학습 순서 재배열의 권한을 교사가 지니기 위해서는, 현재 사용되고 있는 8종의 과학 교과서가 고정된 교수 학습 순서를 탈피한 다양한 교수 학습 순서를 제시하여, 교사들에게 과학 교과서의 선택 기회를 제공하여야 할 것으로 생각되어 진다.

한편, 현행 중학교 과학 교과서의 내용 중에는 학생들이 초등학교 자연에서 이미 학습하여 가지고 있는 선행 지식과 잘 연계되지 못하는 부분이 많아, 불필요한 시간과 노력이 요구되고, 암기식 학습 방법에 의하여 창의력, 논리적 사고력, 지적 호기심 등의 저하를 가져오며, 기본 개념에 대한 이해 부족으로 다음 단계의 학습 진행에 차질을 초래할 수도 있을 것이다. 그러므로 효과적인 개념 학습을 위해서는 학생들이 지니고 있는 선행 지식에 대한 연구가 필요하며, 이러한 연구를 바탕으로 하여 초등학교와 중학교간의 계열성이 있는 교과서의 내용 및 체제로의 새로운 편성이 이루어져야 할 것이다. 또한, 학교 현장에서 이루어지는 교수 학습 활동은 교과서에서 제시된 순서대로 하는 것보다 여러 현장 연구들을 바탕으로 하여, 현행 교과서의 교수 학습 순서를 재배열하여 학습 활동을 하는 것이 학생들이 흥미를 가지고 수업에 임하게 할뿐만 아니라, 개념 이해에도 효과적이므로 수업에 적용하는 것이 바람직한 일이나, 재배열을 할 때는 같은 학년 지도 교사간의 공동 연구를 통하여 지도가 이루어져야 교과 운영에 혼란이 발생하지 않으리라 생각된다.

인용문헌

1. 교육부 *중학교 교육과정 해설*, 대한교과서주식회사: 서울, 1996.
2. Choi, Y. N. M. Ed. Thesis; Seoul National Univ.: Seoul, Korea, 1996.
3. Hur, M. *Journal of Korean Science Education* **1993**, 13(3), 334.
4. Song, J. W.; Park, S. J.; Jang, K. A. *Journal of Korean Science Education* **1992**, 12(3), 109.
5. 이영덕 교과서 체제 개선 연구; 한국교육개발원: 서울, 1995.
6. Jung, J. W. *Journal of Korean Elementary Science Education* **1995**, 14(1), 63.
7. Woo, J. O.; Chung, W. H.; Kwon, J. S.; Choi, B. S.; Chung, J. W.; Hur, M. *Journal of Korean Science Education* **1992**, 12(2), 109.
8. Choi, B. S. *Chemical Education* **1987**, 14, 30.
9. Kwon, D. S.; Kim, Y. K. *Chemical Education* **1990**, 17, 239.
10. Kim, Y. M. M. Ed. Thesis; Ewha Womans Univ.: Seoul, Korea, 1996.
11. 이법홍 *교육개발* **1986**, 8, 51.
12. Lee, W. J. M. Ed. Thesis; Seoul National Univ.: Seoul, Korea, 1997.
13. Ko, K. S. M. Ed. Thesis; Korea National Univ. of Education: Chungbuk, Korea, 1997.
14. Kang, H. S. M. Ed. Thesis; Korea National Univ. of Education: Chungbuk, Korea, 1993.
15. Driver, R. *Children's Ideas in Science*; Open University Press: London, U.K., 1985.
16. Kim, I. H. M. Ed. Thesis; Korea National Univ. of Education: Chungbuk, Korea, 1992.
17. Bae, T. S. M. Ed. Thesis; Korea National Univ. of Education: Chungbuk, Korea, 1990.
18. Ausubel, D. P. *Education for Rational Thinking: A Critique, Science Education Information Report: 1980 AETS Yearbook*; The ERIC Science, Mathematics and Environmental Education, Clearinghouse: New York, U.S.A., 1979.
19. Roadranka, V.; Yeany, R. H.; Padilla, M. J. *The Construction and Validation of Group Assessment of Logical Thinking*; Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching: Dallas, Texas, U.S.A., 1983.
20. Treagust, D. F. *International Journal of Science Education* **1988**, 10, 159.