Journal of the Korean Chemical Society
1999, *Vol. 43, No. 2*
Printed in the Republic of Korea

화학 변화 개념에 대한 중학교 2학년 학생들의 선개념 조사 및 선개념 갈등상황 제시를 통한 개념변화 학습이론의 효과 분석

白盛惠* · 姜昊勳 · 金惠敬* · 蔡禹基† · 權 鈞††
한국교원대학교 화학교육과
*서울대학교 화학교육과
††한림대학교 심리학과
(1998. 11. 21 접수)

Preconceptions of Middle School Students Related to "Chemical Change" Conceptions and the Effects of the Concept Change Teaching and Learning Theory by Representing the Situations which Conflict with Students' Preconceptions

Seoung-Hey Paik*, Dae-Hun Kang, Hye-Kyong Kim*, Woo-Ki Chae†, and Kyoon Kwon††
Department of Chemical Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea
†Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea
††Department of Psychology, Hallym University, Chunchon 200-702, Korea
(Received November 21, 1998)

요 약. 본 연구에서는 중학교 2학년 학생들의 선개념을 조사하고, 개념변화 학습이론을 적용한 과학 수업을 제공함으로써 학습자의 학습 동기가 잘못된 선개념을 올바른 과학 개념으로 바꾸는데 어떠한 역할을 하는지 알아보았다. 이를 위하여 개념변화 학습이론에 근거한 수업을 받은 학습자의 선개념의 변화를 전통적인 수업을 받은 학습자의 선개념 변화와 비교하여 보았다. 연구 결과, 학생들은 중학교 1학년때 배운 물리 변화를 화학 변화의 개념과 혼동하여 화학 변화를 단순히 물리적 변화인 상태 변화로 인식하거나, 이와 관련된 잘못된 선개념들을 많이 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한 화학 변화의 한 예인 연소 현상에 대해서는 초등학교 6학년부터 학습한 내용임에도 불구하고 눈에 보이지 않는 산소의 결합을 인식하지 못하였으며, 많은 문제의 상황에서 질량 보존의 법칙을 기계적으로 적용하는 특징도 보였다. 수업의 효과로는 개념변화 수업을 받은 학생들이 과학적 개념을 부분적으로 또는 완벽하게 이해를 한 비율은 50%를 넘지 못하였다. 그러나 이 비율은 교과서에 의존한 전통적인 수업을 받은 학생들의 과학적 개념 이해 비율인 39% 보다는 높은 비율이라고 할 수 있다. 개념변화 수업을 받은 학생들의 올바른 과학 개념 습득 비율이 전통적 수업을 받은 학생들의 비율보다 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 개발하여 실시한 개념변화 수업은 학습자의 올바른 과학 개념 습득에 효과적이라고 할 수 있다.

ABSTRACT. Preconceptions of middle school students related to chemical change the students are surveyed. The students are divided into experimental group that are learned by concept change theory teaching model, and control group that are learned by traditional teaching method based on science textbooks. After the planned classes, the tendencies of concept change of the two groups according to students learning motivations are analyzed. New teaching methods, which based on concept change learning model and students learning motivations, developed by this research. And the effects of the new teaching method are testified. As a result, it is proved that most of the students have a lot of preconceptions, and persist the wrong conceptions after the classes. This tendency is same in the control group and in the experimental group.

서 론

연구의 내용 및 방법. 본 연구에서는 학습자의 선개념과 사전 학습 동기를 검사하고 개념변화 학습 이론을 적용한 과학 수업을 제공함으로써 학습자의 학습 동기가 선개념을 올바른 과학 개념으로 바꾸는데 어떠한 역할을 하는지 알아보고자 한다. 이를 위하여 '화학 변화' 개념을 중심으로 수업 전에 학생들이 가지고 있는 선개념들을 조사하였다. 사전 검사를 통해 학생들을 통제 집단과 처치 집단으로 구분하고, 각 집단에게 교과서 중심의 전통적인 교수 방법과 본 연구에서 설정한 개념변화 수업을 실시하였다. 수업 후에 사후 개념검사를 실시하여 '화학 변화'와 관련된 개념의 유형을 분석하고, 수업의 효과를 비교하였다.

연구대상 및 시기. 본 연구는 서울시특별시에 위치한 중학교 2학년을 대상으로 실시하였다. 2개반은 모두 남학생들로 구성되었으며, 학급별로 처치 집단과 통제 집단으로 무선배치(random assignment)하였다. 처치 집단과 통제 집단으로 각각 49명씩 선정하였다. 중학교 2학년 과학 교육과정에서 '화학 변화' 개념에 관하여 학습하는 3월-4월 초에 '화학 변화'에 관련된 학습자의 선개념을 미리 조사하고, 총 9차시에 걸쳐 처치 집단에게는 개념변화 학습 이론에 근거한 수업을, 통제 집단에게는 교과서에 근거한 전통적인 수업을 실시하였다. 수업 처치가 끝난 일주일 후에 두 집단 모두에게 수업에 관련된 '화학 변화' 개념의 유형 및 개념 이해도의 변화를 알아보기 위하여 사후 개념 검사를 실시하였다.

검사 도구. 학생들의 '화학 변화'와 관련된 개념을 검사하기 위하여 사전, 사후에 같은 내용의 개념 검사지를 사용하였다. 모든 검사지는 과학교육 전문가 3인에게 의뢰하여 타당도를 검증받았으며, 예비 검사를 실시하여 수정, 보완한 후에 사용하였다. '화학 변화'에 관련된 개념유형과 개념 이해도를 조사하기 위하여 총 5문항으로 구성된 개념 검사지를 사용하였다. 5문항 중 3문항은 선행연구에서 사용한 것을 약간 변형하여 사용하였고, 나머지 문항은 본 연구진에서 개발한 것이다. 각 문항의 유형은 객관식 답안을 선택한 후, 그 답을 선택한 이유를 설명하도록 하였다.

분석 방법. '화학 변화' 개념 검사지에서 각 문항에 대한 학생들의 객관식 답안과 주관식 설명을 대조하여 두 답지 모두에서 비슷한 유형의 직관적인 개념을 추출하였다. 그리고 처치 집단과 통제 집단별로 각 유형에 속하는 학생수를 정량화하였다. 수업 후 개념변화에 대한 수업 모형의 효과를 알아보기 위하여 학생들의 개념을 6단계의 점수 체계로 나누어 점수화한 후, 처치 집단의 개념 이해도 차이를 비교하였다. 6단계의 점수 체계는 선행연구[1,2]에서 사용한 것으로 본 연구에서는 위의 체계들을 절충하여 사용하였다. 학생들의 '화학 변화'에 관련된 개념을 위의 분석틀로 분류하기 위하여 공동 연구자들 간의 분석 일치도를 확인하였다. 먼저 한 문항에 대한 답안으로 유형 분석을 연습한 후, 토론을 거쳐 모든 문항에 대한 유형분석을 실시하였으며, 최종적인 분석자간 일치도(intercoder agreement)는 0.935였다.

용어의 정의. 선개념(preconception) – 선개념은 학생들이 자연 현상을 경험하거나 사회적인 상호 작용을 통하여 자기 나름대로 형성한 개념을 말한다. 학생들은 과학자적 탐구 능력이 부족하기 때문에 나름대로 형성한 선개념들은 대부분 올바른 과학 개념에 위배되는 경우가 많다. 올바른 과학 개념에 위배되는 선개념 중에는 학교 수업을 통하여 형성된 경우도 많은 것으로 나타난다. 이는 교과서의 오류나 모호성, 교사의 오류, 동료와의 의사 소통 과정 등에 의해 야기되는 것으로 밝혀졌다. 연구자들 중에는 선개념 대신에 같은 의미를 가진 용어로, 직관적인 개념이나 선행 지식, 오개념 등의 용어를 사용하기도 한다.

'화학 변화'의 개념 – 과학에서 다루는 변화의 종류는 크게 물리 변화와 화학 변화로 구분된다. 물리 변화는 물질의 성질은 변화하지 않고, 물질의 외형적인 특성만이 변화는 경우로, 물이 얼음이나 수증기로 변화하거나 양초가 녹는 현상 등이 이에 속한다. 화학 변화는 물질의 성질 자체가 변화하는 것으로 이는 분자를 구성하는 원자들의 구성에 변화가 생기기 때문에 일어난다. 예를 들어 양초가 타서 수증기와 그을음과 이산화탄소로 변하는 과정은 화학 변화에 해당한다. 중학교 수준에서 다루는 변화의 개념으로는, 화학 변화와 물리 변화의 구분, 연소에서 산소의 결합, 질량 보존의 법칙, 못의 산화, 일정 성분비의 법칙에 대한 개념 등이 포함된다.

이론적 배경 및 선행 연구

개념변화 학습이론의 특성. 개념변화 학습이론의 이론적 배경은 구성주의 심리학에 있다. 구성주의 심리학은 관념주의와 상대주의에 바탕을 둔 인지론의 한 전통으로서 학습자에 의한 능동적인 의미의 구성을 학습으로 정의한다. 학습모형이 지니는 특성과 그것이 이루어지는 과정 및 상황[3-5]들을 분석해 볼 때 과학은 주제에 따라 적어도 세 가지의 과정을 통해서 학습될 수 있음을 알 수 있다.

첫째로 학습자의 선행 지식과 상관없이 형식적 지식이 주어지는 그대로 획득되는 과정이 있을 수 있다. 둘째로 학생들이 가지고 있는 과학적 지식이 비교적 초보적인 수준에 머물러 있거나 과학자의 지식에 비하여 미분화된 상태일 때, 또는 학습자의 자연발생적인 지식에 어느 정도 상충되는 학습과제를 제시할 때 일어날 수 있는 학습과정이 있다. 이러한 형태의 학습 과정에서는 교사가 제시하는 형식적 지식과 학습자가 파지하고 있는 선행 지식이 통합되어 선행 지식과 형식적 지식 사이에 모순점이나 갈등을 해소할 수 있다. 이 과정에서는 학습자의 선행 지식이 형식적 지식에 접근하는 수준으로 분화될 수도 있다. Pines와 West는 자연 발생적인 지식과 형식적 지식의 상호 작용이 일어나고 그 결과 자연발생적인 지식이 수정 보완되어 분화되거나 그 의미가 더욱 명료해지는 과정을 일컬어서 개념 해결의 과정이라고 설명한다. 개념 해결의 과정은 대체로 개념과 그 체계로 이루어진 내용이나 주제를 학습지도할 때 효과적으로 적용될 수 있다. 셋째로 자연발생적인 지식이 형식적 지식으로 대치되는 학습 형태가 있다. 물론 이 경우에 기존의 인지 구조에는 실질적인 변화가 일어나지 않았기 때문에 구성주의의 입장에서는 엄밀한 의미의 학습이 일어났다고 말할 수 없다.

학습의 과정과 그 결과에 관한 이상의 논의에 비추어 볼 때 과학 교육과정 내용을 선정하고 조직하고 학습 지도의 방법과 자료를 개발하는 준거로 이용할 수 있는 학습 모형을 개념 형성 모형, 개념 대체 모형, 개념 교환 모형 등 세 가지의 형태로 구분할 수 있다. 개념 형성의 모형은 학습자가 파지하고 있는 선행 지식과 관계없이 새로운 개념을 획득하게 하는 학습 지도법을 제공한다. 학습을 개념의 변화 과정으로 바라보는 위와 같은 현대 학습론적 관점에 기반하여 학습자가 수업 전에 가지고 있는 선개념의 중요성이 대두되었다. 이에 따라 학습자의 구체적인 선개념 및 그 일반적인 특성을 파악하고, 출처를 밝히는 연구가 이루어지고 있으며, 최근에는 과학 수업에서 선개념을 활용하는 수업 방안에 대한 연구가 진행되고 있다.[6]

선개념의 특성. 아동이 가지고 있는 선개념은 대개 개념 학습에 영향을 미치기 때문에 과학 학습 지도의 기초 자료로 이용될 수 있으며, 그 바탕이 되기도 한다.[7] 학생들이 수업 전에 이미 파지하고 있는 개념은 학생들 내부에서는 나름대로 조직적으로 종합적인 지식체계를 이루어 관련 후속 학습 내용을 연결시키는 정착 개념 체계가 된다. 이것은 학생의 개념이 과학자의 개념에 비해 덜 분화되고 덜 발달되었지만, 다양한 현상들을 자신의 개념틀에 따라 훨씬 광범위하게 설명하는 특성을 통해서도 파악할 수 있다.[8] 특히 학습자가 가지고 있는 개개의 개념들은 서로 고립되어 있는 것이 아니라 상위 개념과 하위 개념이 유기적인 관계를 맺고 있는 생태계처럼 체계적인 틀을 갖추어 대체적인 개념틀(alternative concepts)을 갖추게 된다. 그런데 학생들이 가지고 있는 선개념이 학교에서 가르치는 과학적, 개념, 이론, 법칙 등과 모순되거나 서로 어긋나는 경우가 흔히 있다. 이러한 선개념은 그와 관련된 개념의 학습에 어려움을 느끼게 되는 원인이 된다. Driver는 학습자가 파지하고 있는 선개념들이 독특한 기능을 한다고 보고, 학습지도 방법과 교육과정은 이런 특성과 기능을 바탕으로 개발해야 한다고 강조한다.

선행 연구의 결과를 분석하여 보면, 선개념의 출처는 자연에 대한 경험, 일상적인 생활 경험, 언어 생활, 그리고 학교 교육으로 나눌 수 있다. 선개념의 출처 중에서 자연에 대한 지각적 경험이 가장 보편적인 원천으로 인정되고 있다. 여러 가지의 자연 현상에 대한 지각적 경험은 처음에는 언어로 분명하게 설명할 수 없는 지각 체계를 이루었다가 경험과 지식이 늘어남에 따라 차츰 일련의 기대감이나 인지 구조로 대치된다.

개념변화를 일으키기 위한 조건. 개인의 개념변화는 매우 다양한 방법으로 일어날 수 있다. 이후의 경험, 관련된 개인의 인성 발달, 다른 사람과의 접촉 등을 통하여 새로운 개념이 첨가되거나 또는 기존의 개념이 재조직될 수 있다. 개념의 재조직 또는 일부

새로운 개념의 교환에 의하여 기존 개념이 변화될 수도 있다. 개념변화의 방법들은 독립적이지 않고, 다른 것과 복합적이고 늘 변하는 방식으로 일어난다.[9] 개념 포획이나 개념 교환 과정은 각 개인에 따라 상대적이다. 수업에서 배운 똑같은 개념을 어떤 학생은 기계적으로 암기하고, 다른 학생은 개념 포획의 과정을 밟을 수도 있다. 또, 어떤 학생은 개념 교환 과정을 거쳐 개념의 조화를 이루게 될 수도 있을 것이다.[10] Posner 등[11]은 개인의 개념 포획과 개념 교환과의 유추의 중요성을 인지하였다. 이들은 Kuhn 등에 의한 현대의 과학 철학에 바탕을 두고 규모가 큰 개념 교환의 연구에 집중하여 개념 교환의 모델을 제시하였다. 이러한 개념 교환이 일어나기 위해서는 다음의 4가지 조건을 만족하여야 한다.[12-15] ① 현재 가진 개념에 대하여 불만족을 느껴야 한다. ② 새 개념은 지적으로 이해할 수 있는 수준이여야 한다. ③ 새 개념은 처음에 그럴 듯하게 보여야 한다. ④ 새 개념은 유용하여야 한다.

최근에는 이와 같은 학습자의 견고한 선개념을 과학자적 개념으로 변화시키기 위한 다양한 수업 전략 및 모형들이 개발되었다.

선행 연구 고찰. 개념변화를 목적으로 학습에 관한 연구가 활발해지면서 학습자의 개념을 과학자의 개념으로 어떻게 변화시킬 것인가 하는 교수방법에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 현재까지 연구된 과학 수업모형 중에서 어떤 것들은 특별히 과학교육을 위하여 연구된 것은 아니지만, 과학의 특정 개념이나 주제를 학습하는데 적합하게끔 학습지도와 절차를 강조한 것들이었다.[16] 연구자들은 이러한 수업모형을 적당한 분류기준에 따라 분류하였다.[17] 특히, 개념학습을 위한 관점에서 수업모형을 분류한 연구들은[18-19] 학습자의 선개념과 과학자 개념사이의 관계에 따라 개념학습 모형을 개념형성, 개념발달, 개념교환의 세 가지 범주로 분류하였다. 그러나 개념학습을 위한 수업모형에 포함된 수업과정 및 절차는 실제로 거의 유사하다.[20] 즉, 대부분의 수업모형들이 각 단계별로 교사나 학생들의 수업활동 내용, 학습자의 인지구조상의 변화를 나타내고 있으며, 수업의 절차나 전략의 단계로 받아들여지고 있다. 그러나 수업모형이란 학습이론과 수업이론에 바탕을 두어 구성된 교수모형의 일종으로서 교육과정을 개편하고 수업자료를 설계, 개발하며 수업의 방법과 방향을 결정하는 등에 이용되는 계획과 방법을 의미한다.[21] 이에 권난주[22]는 권재술의 인지갈등을 통한 개념수업절차 모형을 이용하여 개념학습을 위한 일반적인 수업모형의 탐색을 시도하였다. 권재술의 인지 갈등 모형은 Hashweh[23]의 수업 모형을 수정한 것으로서 개념 변화에서 갈등 상황의 중요성을 주장하면서 개념간, 인지 구조간의 갈등과 그 해소를 수업의 주 전략으로 이용했다. 근본적으로는 구성주의 입장에서 학습자와 학습 과정을 이해하며, 가장 중요시한 것은 학습자의 인지 구조가 인지 갈등을 통해서 변화된다는 생각이다.

연구 결과 및 논의

검사 문항별 개념 유형. 화학 변화에 관련된 내용을 배우기 전후에'화학 변화'개념과 관련하여 학생들이 가지고 있는 개념 유형들을 객관식 답안과 주관식 설명을 기초로 검사 문항별로 조사한 내용을 분석하였다. 이때 교과서에 의존한 전통적인 수업을 받은 집단(통제 집단)과 개념변화 수업모형에 기초한 수업을 받은 집단(처치 집단)으로 구분하여 응답 분포도 살펴보았다.

물리 변화와 화학 변화의 구분. 물리 변화와 화학 변화의 구분에 관련된 문항에서는 학생들이 화학 변화와 물리 변화의 결과 나타나는 현상을 어떻게 구분하는지 알아보기 위하여 휘발유의 연소 및 증발의 상황을 제시하였다. 이 에 대한 학생들의 개념 유형은 *Table* 1에 제시하고 수업 후에 따른 효과로 학생들의 응답 유형의 변화는 *Table* 2에 나타내었다.

Table 2에서 개념 유형 A는 수업을 실시하기 전에는 물리 변화와 화학 변화에 대한 개념이 분화되지 못하여 증발과 연소에 대한 오개념을 가지고 있는 집단을 의미하며 처치 집단에서 이 유형에 속한 학생의 비율은 18.4%, 통제 집단에서는 30.6%이었다. 이들은 연소를 증발 현상과 마찬가지로 단순히 물질의 상태가 변하는 것으로 생각하여 증발이나 연소에 의해 모두 같은 물질이 형성된다고 답하였고, 상태 변화에 대한 오개념을 가지고 있는 학생들은 연소와 증발에 의해 상태가 바뀌므로 생성된 물질이 모두 휘발유와는 다르다고 생각하였다. 일부의 학생들은 자신의 생활이나 과학 수업에서 가장 많이 접하는 물을 예로 들면서 물이 증발을 해도 같은 물질이기

Table 1. 물리 변화와 화학 변화의 구분에 대한 학생들의 개념 유형

개념유형	이유 진술 요약
A	**물리 변화와 화학 변화 개념의 미분화(未分化)** 연소나 증발은 모두 상태가 바뀌는 것으로 반응물과 같은 물질이 생성. 액체가 기체로 되면 다른 물질이 되므로 반응 물질과 다른 물질이 생성.
B	**휘발유의 사용적인 측면에 촛점** 휘발유가 연소하면서 차를 운행하는데 직접 사용되므로 원래 휘발유와 같은 물질이 생성되고 증발할 때는 불순물이 섞이므로 다른 물질 생성. 휘발유가 연소하면서 차를 운행하므로 다른 물질이 생성되고 증발할 때는 변화가 없다.
C*	**변화의 차이를 구분(과학적 개념)** 연소할 때는 산소와 결합하여 다른 물질이 생성되지만, 증발할 때는 상태만 변하므로 같은 휘발유이다.
D	**용어의 부적절한 사용** 연소에서는 다른 물질이 혼합한다.
X	기 타
Y	문제의 반복 기술
Z	무응답/모르겠다.

Table 2. 물리 변화와 화학 변화의 구분에 대한 학생들의 응답 유형 변화 분석

( )는 백분율

구 분	개념유형	A	B	*C	D	X	Y	Z	계
처치 집단	수업전	9 (18.4)	11 (22.4)	16 (32.7)	2 (4.1)	8 (16.3)	3 (6.1)	0 (0)	49 (100)
	수업후	1 (2.0)	3 (4.1)	33 (67.3)	3 (4.1)	8 (16.3)	1 (2.0)	0 (0)	49 (100)
통제 집단	수업전	15 (30.6)	6 (12.2)	12 (24.5)	0 (0)	10 (20.4)	2 (4.1)	4 (8.2)	49 (100)
	수업후	4 (8.2)	7 (14.3)	27 (55.1)	0 (0)	7 (14.3)	2 (4.1)	2 (4.1)	49 (100)

*은 과학적인 개념임.

때문이라고 답하였다. 이렇게 물을 가지고 다른 현상에 적용하거나 일반화하는 것은 다른 문항에서도 나타나는 현상이었다. 이러한 유형은 처치 집단이나 통제 집단에서 모두 수업을 통해 감소하였다.

Gilbert 등[24]은 아동 사고의 특성 중 하나로서 아이들은 자신의 경험과 가치를 중심으로 직관적으로 상황을 이해한다고 하였다. 이러한 특성은 차에서 휘발유를 연소시키는 상황을 사용적인 측면에만 초점을 맞추는 B유형에 속하는 학생들에게서 찾아볼 수 있다. 이 유형의 학생들은 처치 집단의 경우 수업을 통해 크게 감소하였으나, 통제 집단의 경우에는 수업을 통해 오히려 그 비율이 증가하였다. 한편, 수업 후에 올바른 답지를 선택한 개념 유형 C에 해당하는 학생들은 처치 집단이나 통제 집단 모두 크게 증가하였다.

연소과정에 대한 개념. 연소 현상은 학생들이 자신의 생활주변에서 쉽게 접할 수 있을 뿐만 아니라 초등학교 6학년에서 이미 자세하게 배운 내용이다. 연소 과정에서 산소가 결합되어 물질이 변화함을 올바로 알고 있는지를 파악하기 위하여 '50 kg의 휘발유를 연소시킬 때 생성되는 기체를 모두 모아서 질량을 측정하면 몇 kg인가?'라는 질문을 하였으며 이에 대한 학생들의 개념 유형과 수업을 통한 응답 유형의 변화를 *Table* 3과 4에 각각 나타내었다.

Table 4의 유형 *C를 보면 연소 과정에서 산소가 관여한다는 올바른 개념을 가지고 있는 학생의 비율이 수업 전에는 처치 집단과 통제 집단 모두 8.2%였다. 그러나 수업 후에는 처치 집단의 42.9%와 통제

Table 3. 연소 과정에 대한 학생들의 개념 유형

개념유형	이유 진술 요약
A	**소멸의 개념** 타는 물질이 빠져나갔기 때문에 질량이 감소한다.
B	**외부물질의 첨가** 휘발유가 공기 중의 여러 물질과 화합하므로 질량이 증가한다. 찌꺼기 같은 다른 물질과 섞이므로 질량이 증가한다.
C*	**과학적인 개념** 연소하면 산소와 결합하므로 산소의 질량만큼 늘어난다.
D	**상태 변화에 초점** 액체가 기체로 변해도 질량은 보존된다. 액체가 기체로 변하면 질량은 감소한다. 액체가 기체로 변하면 질량(부피)이 증가한다.
E	**기계적인 질량 보존의 법칙 적용** 물질이 변하여도 질량은 보존되므로 연소한 휘발유의 질량은 같다.
X	기 타
Y	문제의 반복 기술
Z	무응답/모르겠다.

Table 4. 연소 과정에 대한 학생들의 응답 유형 변화 분석

( )는 백분율

구 분	개념유형	A	B	*C	D	E	X	Y	Z	계
처치 집단	수업전	7 (14.3)	2 (4.1)	4 (8.2)	12 (24.5)	13 (26.5)	3 (6.1)	3 (6.1)	5 (10.2)	49 (100)
	수업후	5 (10.2)	4 (8.2)	21 (42.9)	6 (12.2)	9 (18.4)	4 (8.2)	0 (0)	0 (0)	49 (100)
통제 집단	수업전	3 (6.1)	2 (4.1)	4 (8.2)	18 (36.7)	7 (14.3)	9 (18.4)	1 (2.0)	5 (10.2)	49 (100)
	수업후	3 (6.1)	1 (2.0)	11 (22.4)	14 (28.6)	14 (28.6)	4 (8.2)	0 (0)	2 (4.1)	49 (100)

*은 과학적인 개념임.

집단의 22.4%가 옳은 개념을 가지게 되어 처치 집단의 증가율이 통제 집단보다 훨씬 큼을 알 수 있다. 기계적인 질량 보존의 법칙을 적용한 경우는 처치 집단의 경우 수업을 통해 감소하였으나 통제 집단에서는 14.3%에서 28.6%로 오히려 크게 증가하였다. 이는 전통적인 수업을 통해 오개념이 형성되었기 때문으로 해석할 수 있다.

질량 보존의 법칙. 중학교 2학년 교과서에는 '화학 변화를 일으키기 전 물질의 총 질량은 화학 변화를 일으킨 후에 생성된 물질의 총 질량과 같다.'는 말로 질량 보존의 법칙을 정의하고 있다. 학생들이 변화의 과정에서 질량 보존의 법칙을 어떻게 인식하는지 알아보기 위하여 '양팔 저울의 한쪽에는 촛불이 들어 있는 꽉 막힌 병을 올려놓고 다른 한쪽에는 추를 올려놓아 평형을 이루게 한 후, 촛불이 타다가 꺼지면 저울은 어떻게 될까?'를 질문하였다. 이에 대한 학생들의 개념 유형과 수업을 통한 응답 유형의 변화를 *Table* 5와 6에 각각 나타내었다.

Table 6을 보면, 연소가 일어나는 화학 변화에서 질량관계를 예측하는 데에 오개념을 가지고 있는 학생이 많은데, 이는 학생들의 대부분이 반응의 한쪽 계만을 고려하기 때문이라고 할 수 있다. Driver[25]는 이러한 사고의 특성은 아동이 물질 현상의 제한된 측면(limited focus)만을 보기 때문이라고 하였다.

수업을 통하여 처치 집단과 통제 집단 모두 개념 유형 A와 B의 비율이 많이 감소하였다. 그리고 올바

Table 5. 질량 보존의 법칙에 대한 학생들의 개념 유형

개념유형	이유 진술 요약
A	**불 자체에 초점** 불에는 무게가 있으므로 질량이 감소한다. 불에는 무게가 없으므로 질량이 보존된다.
B	**반응의 한쪽 계에만 집중** 불이 꺼지면 산소가 사용되지 않으므로 질량이 증가한다. 불이 꺼지면 발생하던 기체가 생성되지 않으므로 질량이 감소한다.
C*	**질량 보존의 법칙(과학적인 개념)** 연소하는데 산소가 사용되어도 이산화탄소가 생성되므로 전체적인 질량은 변함이 없다.
D	**공기의 운동** 불이 꺼져서 공기가 식으면 무거워지므로 질량이 증가한다. 공기의 운동이 활발해지므로 병의 질량이 가벼워진다.
E	물리 변화로 생각 초가 녹아도 질량은 같다, 초가 녹으면 질량이 감소한다. 고체가 기체로 되면 질량이 감소한다.
F	**반응물과 생성물의 축소** 산소가 연소에 사용되고 이산화탄소가 생성되는데 이산화탄소는 산소보다 무거우므로 전체적인 질량이 증가한다.
X	기 타
Y	문제의 반복 기술
Z	무응답/모르겠다.

Table 6. 질량 보존의 법칙에 대한 학생들의 응답 유형 변화 분석

( )는 백분율

구 분	개념유형	A	B	*C	D	E	F	X	Y	Z	계
처치 집단	수업전	4 (8.2)	12 (24.5)	7 (14.3)	1 (2.0)	3 (6.1)	11 (22.4)	8 (16.3)	1 (2.0)	3 (4.1)	49 (100)
	수업후	1 (2.0)	8 (16.3)	24 (49.0)	0 (0)	3 (6.1)	10 (20.4)	2 (4.1)	1 (2.0)	0 (0)	49 (100)
통제 집단	수업전	4 (8.2)	14 (28.6)	12 (24.5)	3 (6.1)	4 (8.2)	5 (10.2)	5 (10.2)	0 (0)	2 (4.1)	49 (100)
	수업후	2 (4.1)	9 (18.4)	22 (44.9)	3 (6.1)	1 (2.0)	6 (12.2)	4 (8.2)	0 (0)	2 (4.1)	49 (100)

*은 과학적인 개념임.

른 과학 개념인 유형 *C의 비율도 크게 증가하였다. 그러나 D, E, F 등의 개념을 가지고 있는 학생의 비율에는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다.

녹스는 과정에서의 물질의 변화. 중학교 교육과정에서 철의 산화를 자세히 다루지는 않지만, 일상생활에서 흔히 접하는 '녹스는 현상'을 어떤 변화로 생각하는지 알아보기 위하여 물이 반쯤 담긴 시험관에 5 g의 새 못을 넣어 녹이 슬었을 때, 생성된 녹과 원래의 못은 같은 물질인가, 다른 물질인가?'를 질문하였다. 그리고 못이 녹으로 변화하는 과정에 대해 구체적으로 어떻게 생각하는지 알아보기 위하여 '녹이 슨 못에서 녹을 완전히 제거하면, 못의 질량이 어떻게 되겠는가'를 물어 보았다.

위의 두 가지의 질문에 응답한 학생들의 설명을 분석하여 개념을 유형화 한 결과는 *Table* 7과 같으며, 수업에 따른 개념 변화를 분석한 결과는 *Table* 8에 제시하였다.

Table 8에서 알 수 있는 바와 같이 녹스는 현상에

Table 7. 녹스는 과정에서의 물질의 변화에 대한 학생들의 개념 유형

개념유형	이유 진술 요약
A	**녹은 못의 내부에서 생성된 것** **A1 수정(modification);** 녹은 못의 모양만이 바뀐 같은 물질이다. **A2 변형(transmutation);** 녹은 외부물질과의 결합없이 못 자체가 다른 물질로 변형된 것으로 못과 녹은 다른 물질이다.
B	녹은 외부의 물질이 못에 붙은 것(coating)으로 못과 녹은 다른 물질이다.
C*	**철이 산소와 결합**하여(산화하여) 원래의 못과는 전혀 다른 물질로 변한 것이 녹이다.(과학적 개념)
D	못이 외부에 있는 물질들과 혼합된 것으로(mixing) 못과 녹은 같은 물질이다.
E	**반응물질에 대한 오인** 못이 물에 있던 찌꺼기와 결합하여 다른 물질로 바뀐 것이다.
X	기 타
Y	문제의 반복 기술
Z	무응답/모르겠다.

Table 8. 녹스는 과정에서의 물질의 변화에 대한 학생들의 응답 유형 변화 분석

( )는 백분율

구 분	개념유형	A1	A2	B	*C	D	E	X	Y	Z	계
처치 집단	수업전	9 (18.4)	7 (14.3)	6 (12.2)	12 (24.5)	4 (8.2)	2 (4.1)	5 (10.2)	0 (0)	4 (8.2)	49 (100)
	수업후	8 (16.3)	4 (8.2)	7 (14.3)	18 (36.7)	5 (10.2)	5 (10.2)	2 (4.1)	0 (0)	0 (0)	49 (100)
통제 집단	수업전	15 (30.6)	6 (12.2)	6 (12.2)	10 (20.4)	0 (0)	3 (6.1)	5 (10.2)	1 (2.0)	3 (6.1)	49 (100)
	수업후	5 (10.2)	10 (20.4)	8 (16.3)	17 (34.7)	1 (2.0)	5 (10.2)	3 (6.1)	0 (0)	0 (0)	49 (100)

*은 과학적인 개념임.

대한 물질의 변화에 대해 올바른 과학 개념을 가지고 있는 유형 *C의 비율이 수업 후 처치 집단과 통제 집단 모두 증가하였다. 반면에 못과 녹이 다른 물질이라고 생각하는 학생들 중에는 녹이 못과는 별개로 물이나 공기 등 외부로부터 어떤 물질이 붙어서(coating) 생겼다(개념 유형 B)고 생각하는 학생들은 수업 전 처치 집단과 통제 집단에서 모두 12.2%였다. 그러나 수업 후 처치 집단에서는 14.3%로 2%정도 증가하였고, 통제 집단에서는 16.3%로 4%정도 증가하였다. 또, 개념 유형 A2는 처치 집단에서는 수업 전 14.3%에서 수업 후 8.2%로 감소하였으나 통제 집단에서는 오히려 수업 전 12.2%에서 수업 후 20.4%로 크게 증가하였다. 이와 같은 결과는 처치 집단에 적용한 개념변화 수업의 효과로 볼 수 있다.

일정 성분비의 법칙. '물질이 화학 변화를 일으킬 때 반응물의 질량에는 간단한 정수비가 성립한다'는 일정 성분비의 법칙은 학생들이 수업 전에 이에 대한 선개념을 가지고 있기는 어렵다. 따라서 화학 변화를 물리 변화로 인식함으로써 생기는 개념의 여러 유형과 일정 성분비의 법칙을 배운 후에 새로이 가지게 되는 학생들의 개념을 알아보기 위하여, 교과서에서 화학 변화의 한 예로 다루고 있는 황화철의 생성을 이용하였다. '철 56 g과 황 32 g을 섞어서 가열하면 황화철 88 g을 얻는데, 황가루를 32 g보다 더 많이 넣으면 황화철이 얼마나 생기겠는가?'라는 질문에 대한 학생들의 개념 유형과 수업 처치에 따른 응답 유형의 변화를 *Table* 9와 10에 각각 나타내었다.

Table 9. 일정 성분비의 법칙에 대한 학생들의 개념 유형

개념 유형	이유 진술 요약
A	**물리 변화로 인식하여 적용** 철가루를 32 g이상 넣으면 섞이지 않고 가라앉으므로 생성물 질량은 같다. 철가루와 황가루는 입자의 크기가 다르므로 합하면 줄어든다.
B	**일정성분비에 대한 오개념** 황가루를 더 많이 넣으면 균형이 깨져서 더 적은 양의 황화철을 얻는다. 황화철을 만드는 황과 철의 양은 정해져 있기 때문에 황화철이 생기지 않는다. 황과 철이 1:1의 비율로 반응하므로 질량이 감소한다.
C*	**일정 성분비의 법칙(과학적 개념)** 일정한 질량비로 결합하기 때문에 황가루를 더 많아도 생성되는 황화철의 질량은 같다.
D	**질량 보존의 법칙만 적용** 황가루를 더 많이 넣으면 질량 보존의 법칙에 의해 더 넣은 질량만큼 증가한다.
E	**가열하는 문제의 상황에 초점** 가열하면 줄어들기 때문에 질량이 감소한다. 가열하면 부피가 늘어나기 때문에 질량이 증가한다. 가열하면서 산소와 결합하므로 질량이 증가한다.
X	기 타
Y	문제의 반복 기술
Z	무응답/모르겠다.

Table 10. 일정 성분비의 법칙에 대한 학생들의 응답 유형 변화 분석

( )는 백분율

구 분	개념유형	A	B	*C	D	E	X	Y	Z	계
처치 집단	수업전	2 (4.1)	0 (0)	11 (22.4)	15 (30.6)	3 (6.1)	11 (22.4)	1 (2.0)	6 (12.2)	49 (100)
	수업후	0 (0)	1 (2.0)	29 (59.2)	9 (18.4)	2 (4.1)	6 (12.2)	0 (0)	2 (4.1)	49 (100)
통제 집단	수업전	2 (4.1)	2 (4.1)	10 (20.4)	21 (42.9)	6 (12.2)	7 (14.3)	0 (0)	1 (2.0)	49 (100)
	수업후	1 (2.0)	0 (0)	19 (38.8)	21 (42.9)	3 (6.1)	2 (4.1)	0 (0)	3 (6.1)	49 (100)

* 은 과학적인 개념임.

황가루를 더한 만큼 질량이 증가한다거나 질량 보존의 법칙에 따라 더한 만큼 질량이 증가한다는 생각을 개념 유형 D로 구분하였는데, *Table* 10을 보면 수업 전 처치 집단에서 30.6%, 통제 집단에서는 42.9%의 학생들이 이 개념 유형에 속함을 알 수 있다. 이러한 선개념은 처치 집단의 경우 수업을 통해 크게 감소하였으나(18.4%), 통제 집단의 경우에는 수업에 의한 변화가 나타나지 않았다. 올바른 과학 개념인 *C도 처치 집단의 경우가 통제 집단의 경우보다 크게 증가하였다.

수업 전 · 후 개념 이해 유형 비율의 변화 비교. 실험 집단에게 실시한 개념변화 수업이 화학 변화에 관련된 개념 습득에 미치는 효과를 분석하기 위해서, 수업 전과 후에 처치 집단과 통제 집단의 화학 변화에 대한 개념 이해 유형별 비율에 어떠한 변화가 있는지를 알아보았다.

전체 5개 문항에서 휘발유의 연소와 증발의 구분을 통한 화학 변화의 이해, 초의 연소에 따른 질량 변화에 대한 이해, 못과 녹의 구분에 대한 이해, 철과 황의 반응에 따른 질량 변화의 이해 등에 대한 학생들의 이해를 객관식 답안 및 주관식 답안으로 알아보았다. 이에 기초하여 분석한 개념 이해 유형별

Table 11. 수업 전 · 후 집단별 개념 이해 유형별 학생 비율(%)

		NR	NU	SM	PS	PU	SU	계
처치	수업전	17(6.9)	24(9.8)	132(53.9)	22(9.0)	23(9.4)	27(11.0)	245(100)
집단	수업후	2(0.8)	12(4.9)	77(31.4)	31(12.7)	48(19.6)	75(30.6)	245(100)
통제	수업전	15(6.1)	29(11.8)	139(56.7)	14(5.7)	31(12.7)	17(6.9)	245(100)
집단	수업후	9(3.7)	14(5.7)	112(45.7)	14(5.7)	48(19.6)	48(19.6)	245(100)

학생 비율은 *Table* 11과 같다.

Table 11에서 NR은 무응답이나 잘 모르겠다고 응답한 학생들을 구분한 것인데 처치 집단의 경우 수업 전에는 6.9%이었으나 수업 후에는 0.8%로 6.1% 감소하였다. 통제 집단의 경우에는 그 감소의 폭이 더 적어서 수업 전 6.1%에서 수업 후에는 3.7%로 2.4% 감소하였다. NU는 문제를 반복하여 다시 설명하는 수준이거나 문제와 관련이 명확하지 않은 응답을 한 경우이다. NU에 해당하는 응답 비율이 수업 전 처치 집단에서 9.8%이었으나 수업 후에는 4.9%로 4.9% 감소하였다. 통제 집단의 경우에는 수업 전에 11.8%이었으나 수업 후에는 5.7%로 6.1% 감소하였다.

SM은 학생의 응답 내용이 비논리적이고 잘못된 개념인 경우이다. 처치 집단의 경우에 수업 전에는 53.9%로 반응 유형 중에서 가장 높았으며, 수업 후에는 31.4%로 22.5% 감소하였으나 응답 유형 중에서 여전히 가장 높은 비율이었다. 통제 집단의 경우도 수업 전에 56.7%에서 수업 후 45.7%로 11.0% 감소하였으나 그 감소의 폭은 처치 집단 보다 적고 역시 응답 유형 중에서 가장 높은 비율이었다.

PS는 개념을 부분적으로 이해하면서도 오개념을 나타내는 응답을 포함한 경우로 처치 집단에서는 수업 전에 9.0%, 수업 후에는 12.7%로 오히려 3.7% 증가한 것으로 나타났다.

PU는 문제에서 요구하는 개념을 완벽하게 설명하지 못하지만 부분적인 이해를 보이는 경우이다. 이에 해당하는 학생의 비율이 처치 집단에서는 수업 전에 9.4%에서 수업 후에 19.6%로 10.2%의 향상을 보였다. 이는 수업의 긍정적인 효과로 볼 수 있다. 통제 집단에서는 수업 전에 12.7%에서 수업 후에 19.6%로 6.9%의 향상을 보였으며 그 차이는 처지 집단보다 적은 것으로 나타났다.

SU는 문제에서 요구하는 개념을 완벽하게 설명한 경우로 이에 해당하는 학생들의 비율이 처치 집단에서는 수업 전에 11.0%에서 수업 후에는 30.6%로 19.6% 향상하였다. 통제 집단에서는 6.9%에서 19.6%로 12.7% 향상하여 처치 집단의 향상 정도가 높은 것으로 나타났다.

과학적 개념의 부분적인 이해와 완벽한 이해를 한 학생들의 비율을 합하면 개념변화 수업을 받은 학생들이 수업 후에 과학적 개념을 습득한 비율은 50% 정도밖에 안된다. 그러나 이 비율은 교과서에 의존한 전통적인 수업을 받은 학생들의 과학적 개념 이해 비율인 39% 보다는 훨씬 높은 수치이다.

위와 같은 개념 이해 유형을 점수화하여, 수업 전 후 두 집단의 개념 이해도를 비교한 결과는 *Table* 12와 같다.

Table 12에 의하면 처치 집단의 평균은 수업 전에 3.04이고 표준편차는 3.67이었다. 그리고 통제 집단의 평균은 수업 전에 2.59이고 표준편차는 2.90이었다. 이 두 집단의 차이를 t 검증한 결과 t 값이 0.67로써 유의수준 .05이하에서 의미있는 차이를 보이지 않았다. 따라서 수업 전 처치 집단의 점수가 비교적 높지만, 두 집단의 개념 이해도 점수는 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지 않았다. 따라서 수업 전에 두 집단은 '화학 변화'와 관련된 개념 이해에서 차이가 없었다고 볼 수 있다.

수업 후에는 처치 집단의 평균은 7.04이고 표준편차는 4.42였다. 그리고 통제 집단의 평균은 5.26이고 표준편차는 4.21이었다. 이 두 집단의 차이를 t 검증한 결과 t 값이 2.06으로 유의수준 .05이하에서 의미있는 차이를 보였다.

따라서 수업 후에는 통제 집단과 처치 집단 모두

Table 12. 수업 전 · 후 집단별 개념 이해 점수 비교(t-test)

	처치 집단 평균(표준편차)	통제 집단 평균(표준편차)	t	p
수업전	3.04(3.67)	2.59(2.90)	.67	.503
수업후	7.04(4.42)	5.26(4.21)	2.06	.042

개념 이해도가 향상되었으나, 두 집단의 점수 차이는 매우 커서 유의수준 .05 이하에서 개념 이해도 점수는 통계적으로 유의미한 차이를 나타냄으로써 본 연구에서 개발한 개념변화 수업 모형은 '화학 변화'에 관련된 학생들의 개념 변화에 효과적이라고 할 수 있다.

결 론

최근 학습이론의 주요 관심사가 되고 있는 개념변화 학습이론에서는 학생들의 선개념이 학습에 중요한 영향을 미치며, 학생들은 학습에 능동적으로 참여하여 그 의미를 스스로 재구성한다고 가정하여 많은 연구에서 개념변화 수업 모형의 효과를 입증하였다. 그러나 대부분의 연구는 개념변화 수업 모형을 통해서도 학습자의 선개념이 전혀 수정되지 않거나, 새로운 오개념으로 이전하거나, 혹은 본래 가지고 있던 과학적 개념이 수업을 받은 후에 잘못된 개념으로 이전하는 경우도 발생한다고 보고하고 있다.

본 연구에서는 화학 변화 개념과 관련하여 중학교 2학년 학생들의 선개념을 조사하고, 화학 변화 개념 수업을 전통적인 방법으로 학습한 집단과, 개념변화 수업 모형에 근거하여 학습한 집단으로 구분하여, 이들간의 수업 후 개념 변화 양상을 살펴봄으로써 개념변화 학습 이론의 효과를 확인해 보고자 하였다. 연구 결과, 많은 학생들이 물리 변화를 화학 변화의 개념과 혼동하고 있으며, 화학 변화를 단순히 상태 변화로 인식하거나 상태 변화에 대한 잘못된 선개념으로 인해 또다른 부적절한 과학 개념을 형성하고 있는 것으로 나타났다. 화학 변화의 한 예인 연소 현상에 대해서는 초등학교 6학년 부터 학습한 내용임에도 불구하고 눈에 보이지 않는 산소의 결합을 인식하지 못하였으며, 반응계를 축소하여 설정함으로써 반응에서의 질량보존에 대한 오개념을 가지고 있었다. 특히 교과서에서 다루지 않는 못의 산화에 대해서는 여전히 다양한 오개념을 나타내었으며, 많은 문제의 상황에서 질량 보존의 법칙을 기계적으로 적용하는 특징을 보였다.

이러한 선개념을 토대로 적절한 개념변화 수업모형의 효과를 검증하기 위하여, 교과서에 의존한 전통적인 수업을 받은 집단과 본 연구에서 조사한 선개념에 근거한 개념변화 수업을 받은 처치 집단을 구분하여 각 집단 학생들의 수업 전후의 개념 변화 양상에 대해 살펴보았다. 개념 변화 수업을 받은 학생들의 경우에는, 과학적 개념의 부분적인 이해와 완벽한 이해를 한 학생들의 비율을 합하더라도 수업 후에 과학적 개념을 가지고 있는 비율이 50%를 넘지 못하였다. 그러나 이 비율은 교과서에 의존한 전통적인 수업을 받은 학생들의 과학적 개념 이해 비율인 39%에 비교하면 높은 수치이다. 통계 분석을 통해서도 개념변화 수업을 받은 학생들의 올바른 과학 개념 습득 비율이 전통적 수업을 받은 학생들의 비율보다 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 개발하고 실시한 개념변화 수업은 학습자의 올바른 과학 개념 습득에 효과적이라고 할 수 있다.

본 연구는 한림대학교 부설 한림과학원의 1997학년도 공모과제 연구비로 수행한 것입니다.

인 용 문 헌

1. Abraham, M. R. and Williamson, V. M. A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *JRST* **1994**, *31*, 147.
2. Noh, T. H. *The insturctional influence of pictorial presentation of matter at the molecular levle on students' conceptions and problem solving ability*; Kansas State University: 1995.
3. Driver, R. Students' conceptions and learning of science, *International Journal of Science Education* **1989**, *11*, 481.
4. Gilbert, J. K., Watt, D. M. and Osborne, R. J. Eliciting student views using an interview-about-instances technique, In West, L. and Pines, A. Eds.; *Cognitive Structure and Conceptual Change*; Academic Press: 1985, pp 11.
5. Pines, A. L. and West, L. H. T. Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within a sources-of knowledge framework. *Science Education* **1986**, *70*, 583.
6. Saunders, W. L. The Constructivist Perspective: Implications and Teaching Strategies for Science. *School Science and Mathmatics* **1992**, *92*, 136.
7. 박승재; *조회형 학습론과 과학교육*; 교육과학사: 서울, 1992.
8. Driver, R. Byeond appearances: The conservation of matter under physical and chemical transformation, In Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien,

A. *Children's ideas in Science*; Milton Keneys: Open University Press: 1985; pp 145.

9. Hewson, P. W. A Conceptual Change Approach to Learning Science, *Europian Journal of Science Education* **1981**, *3*, 383.
10. Hewson, P. W. A Conceptual Change Approach to Learning Science, *Europian Journal of Science Education* **1981**, *3*, 383.
11. Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. and Gertzog, W. A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* **1982**, *66*, 211.
12. Hewson, P. W. A Conceptual Change Approach to Learning Science, *Europian Journal of Science Education* **1981**, *3*, 383.
13. Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. and Gertzog, W. A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* **1982**, *66*, 211.
14. Strike, K. A. and Posner, G. J. A conceptual change view of learning and understanding, in West, L. H. T. and Pines, A . L. *Cognitive structure and conceptual change*; Academic Press, Inc.: London, 1985, pp 214.
15. West, L. M. T. and Pines, A. L. (Eds.). *Cognitive Structure and Conceptual Change*; Academic Press: London, 1985.
16. 김혜경. 서울대학교 교육학 대학원 석사학위 논문, 1997.
17. Joyce, B. and Weil, M. *Model of Teaching*; Prentice Hall Inc: 1992.
18. Pines, A. L. and West, L. H. T. Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within a sources-of knowledge framework. *Science Education* **1986**, *70*, 583.
19. 조희형, 이문원, 조영선, 강순희, 박종윤, 허 명, 김찬종, 송진웅. 중등 과학 교과의 수업모형 개발에 관한 연구. *한국과학교육학회지* **1994**, *14*, 1.
20. Osborne, R. and Freyberg, P. *Learning in Science: The implications of children's science;* Heinemann: **1985**.
21. Joyce, B. and Weil, M. *Model of Teaching;* Prentice Hall Inc: 1992.
22. 권난주. 한국교원대학교 대학원 교육학 석사학위 논문, **1994**.
23. Hashweh, M. Z. Toward an Explanation of Conceptual Change. *European Journal of Science Education* **1986**, *8*, 229.
24. Gilbert, J. K., Watt, D. M. and Osborne, R. J. Eliciting student views using an interview-about-instances technique, In West, L. and Pines, A. Eds.; *Cognitive Structure and Conceptual Change;* Academic Press: 1985; pp 11-27.
25. Driver, R. Byeond appearances: The conservation of matter under physical and chemical transformation, In Driver, R., Guesne, E., and Tiberghien, A. *Children's ideas in Science*; Milton Keneys: Open University Press: 1985; pp 145-169.