

중학교 과학 수업에서 일정성분비 법칙의 강의와 실험에 대한 교사 및 학생들의 인식

한감봉 · 민희정 · 백성혜*

한국교원대학교

(접수 2011. 9. 19; 게재확정 2011. 12. 29)

The Teachers' and Students' Perceptions on Lectures and Experiments of Law of Definite Proportion in Middle School Science Classes

Gam-Bong Han, Hee-Jung Min, and Seoung-Hey Paik*

Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea. *E-mail: shpaik@knue.ac.kr

(Received September 19, 2011; Accepted December 29, 2011)

요 약. 이 연구에서는 중학교 과학 수업에서 다루는 일정성분비 법칙의 강의와 실험에 대한 과학 교사들과 학생들의 인식을 알아보았다. 이 연구를 위해 3명의 교사 수업을 관찰 기록하고, 면담을 통해 수업과 실험에 대한 인식을 알아보았다. 또한 학생들의 과학 성적과 인지 수준과 과학 태도, 실험 보고서 등을 분석하였다. 연구 결과, 교사들에 따라 강의 수업에서 강조하는 점이 달랐으며, 특히 화학교사들은 기본 개념보다는 비례 관계의 계산과 응용에 더 큰 관심을 가지고 있었다. 그러나 학생들은 기본 개념을 제대로 이해하지 못하였다. 실험 수업에서도 교사들은 학생들의 수행 수준이 낮다고 보고, 실험 과정을 설명하는데 많은 시간을 할애하였다. 그리고 실험 결과의 오차에 대해 부정적인 인식을 가졌다. 학생들은 실험 과정에 대해 제대로 이해하지 못하였으며, 실험 결과를 인위적으로 조작하고, 실험 오차에 대해 부정적인 인식을 가지고 있었다. 이러한 문제는 교사의 학교 과학 수업과 실험에 대한 인식의 변화를 통해 해결될 수 있음을 제안하였다.

주제어: 중학교, 일정성분비의 법칙, 강의와 실험에 대한 인식

ABSTRACT. In this study, science teachers' and students' perceptions were searched on lectures and experiment of law of definite proportion in middle school science classes. For this study, the three teachers' lessons were observed and recorded, following interviews related to teachers' perceptions on the lessons and experiments. Also, We analyzed students' science scores, cognitive levels, science attitude, experimental reports, etc. According to the results, the three teachers had different focuses in the lectures. Chemistry teachers accentuated calculation of proportions and application rather than basic conceptions. But the students could not understand basic conceptions properly. The teachers spend long time to explain experimental procedures by assuming a low performance level of students in experimental classes. And the teachers had negative perceptions about error of results. The students could not understand the experiment results well, tried to manipulate data artificially, and had negative perceptions about error of results like the teachers. We suggested that these problems might be solved by changing teachers' perceptions on school science lectures and experiments.

Key words: Middle school, Law of definite proportion, Perception on lecture and experiment

서 론

과학교육의 목표는 탐구활동을 중심으로 과학의 기본 개념을 이해하여 과학적 사고능력을 향상시키고 과학적 태도를 기르고자 하는데 있으며,¹ 이러한 과학교육의 목표를 달성하기 위해 학교에서의 과학수업은 강의 수업과 실험수업으로 이루어진다. 강의는 교사의 설명에 의한 일정한 지식과 내용을 학생에게 전달하는 교수 기법으로, 교사가 중심이 되어 강의 및 토론을 진행하고 학생에게 질문을 하여 과학적 사실과 정보를 제공한다.² 학교에서

는 학교급이 증가함에 따라 실험수업의 비중이 감소하고, 강의수업이 증가하는 경향이 있다. 그러나 강의는 흥미로운 이야기를 통해 일상의 현상을 설명하고 개념을 도입할 수 있지만, 학생이 개념을 이해하기 어렵고 암기하게 되는 문제가 발생할 수 있다.³ 그러므로 학생들이 실험을 통해 원리를 이해하는 실험 수업이 병행되어야 한다.

실험 활동은 학습자가 구체적으로 자연현상을 이해하고 과학적 지식을 습득할 수 있도록 하는 유용한 교수법으로 인식되어 왔다.^{4,7} 특히 실험 활동은 학생들이 과학적 방법과 과학의 정신, 혹은 본성을 인식하는데 도움이

되며, 실험 경험은 다양한 상황에 대한 일반화의 효과가 있는 기술의 개발을 촉진시키고, 학생들은 대체로 실험 활동을 즐기며, 과학 학습의 동기 유발에 기여하므로, 과학에 대한 학생들의 흥미를 증진시키는데 효과가 있다.⁸ Leach⁹는 실험 수업의 본질적인 목적을 세 가지로 정리하였다. 첫째는 학생들의 자연세계에 대한 행동적 지식을 발달시키고, 자연현상과 이론적으로 기술된 세계와의 연결에 도움을 주며, 현상을 설명함으로써 그들의 과학적 개념의 이해를 발달시킨다. 둘째는 과학자들이 의문이나 관심문제에 접근하는 방식을 경험시켜, 어떻게 탐구활동을 시작하는지에 대한 학생들의 이해를 발달시킨다. 셋째는 표준 실험기구나 조사활동의 절차를 사용할 수 있는 학생들의 능력을 발달시킨다. 즉, 이러한 실험수업을 통해 학생들은 실험조작능력을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라, 과학에서 이론과 법칙이 자연현상을 설명하는 적절한 설명방식임을 이해할 수 있고, 탐구를 통해 과학자들의 사고과정을 경험하여 교과서의 이론과 법칙이 절대적인 진리가 아닌 자연현상을 이해하기 위한 도구였음을 이해할 수 있다. 또한 Leach⁹는 탐구 실험을 수행하기 전에 학습 효과를 극대화하기 위하여 학생들의 인지적 수준과 심리적 특징을 고려하여야 하며, 이를 위하여 교사가 실험 활동과 관련된 학생들의 생각을 알고, 학생들이 실험과 관련된 자신의 생각을 탐색할 기회를 제공하여야 한다고 주장하였다. 또한 실험 활동 도중이나 끝난 후에 동료 학생들이나 교사와 토의하여 문제를 해결하기 위한 협동이 이루어져야 하며, 실제적인 활동과 정신적 추리가 이 과정에 모두 포함되어야 한다고 하였다. 이러한 실험 수업의 장점으로는 의사소통 능력 향상, 문제해결 능력 향상, 합리적 비판 사고의 경험 등이 있다고 하였다.^{2,8}

그러나 교육 현장에서 이루어지고 있는 실험 수업이 다양한 요인에 의해 본래 의도하였던 교육 목적을 달성하지 못하고 있다고 지적한 연구들도 여러 편 있다. 선행연구^{11,12}에 따르면 실험 활동은 학생들의 학습이나 과학의 이해에 큰 도움을 주지 못하는 것으로 나타났다. 또한 실험 수업의 유형이 적절하지 못함으로 인해 학생들이 오히려 많은 혼란을 가지게 된다고 주장한 연구도 있다.^{13,14} 그리고 실험의 내용과 실제 수업이 일치하지 않거나, 요리책식의 수업 전개, 평가의 부재 등의 문제로 인해 실험 수업의 교육적 목적이 제대로 달성되지 못하고 있다고 주장한 연구¹³도 있다. 다른 선행연구에서는 탐구 실험을 학생들이 이해하기 위해서 변인통제 논리, 추론 능력 등이 있어야 하는데, 중학교 학생들의 이해 수준과 맞지 않으므로 발생하는 문제도 지적하였다.^{8,16,17}

물질 변화의 규칙성과 관련된 내용으로, 학습자의 입장이 아니라 교사의 입장에서 선호하는 과학 수업의 유형

을 알아본 연구⁴에 따르면, 교사들은 탐구 실험보다는 대부분 모형 학습을 통한 강의식 수업을 선택하며, 이 유형이 학습에 가장 효과적이라고 생각하는 것으로 나타났다. 또한 실험은 과학적 태도와 탐구력 신장에는 도움이 되지 않는다고 생각하는 것으로 나타났다.

따라서 교육 현장에서 학생들에게 제시되는 강의와 탐구실험활동이 학생들의 학습에 구체적으로 어떤 도움을 주는지에 대한 심층적 연구가 필요하나, 대부분의 연구들은 설문지를 이용한 양적 연구^{4,18-20}나 탐구 수업의 실제에 대한 실태조사,^{21,22} 실험보고서 내용 분석^{8,17} 등이다. 그러나 주제에 따라 교사의 수업은 다양한 양상으로 나타나므로, 일반적인 탐구수업의 특징은 구체적 사례에 대한 이해를 보여주기에는 부족하다. 그러므로 교과서의 특정 주제와 관련하여 미시적으로 학교현장의 수업의 주제인 교사와 학생에 대해 살펴볼 필요가 있다.⁸

본 연구에서는 현장에서 학생들에게 제시되고 있는 강의 및 탐구실험이 과학 수업의 목적달성에 도움이 되는지 교사와 학생들의 인식 조사를 토대로 알아보고, 과학 수업에서 수행되는 강의와 탐구 실험의 문제점을 파악하여 개선방향을 제시하고자 한다. 연구 문제를 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

- 1) 물질변화의 규칙성에 관한 강의 수업에 대한 교사들과 학생들의 인식은 어떠한가?
- 2) 물질변화의 규칙성에 관한 실험 수업에 대한 교사들과 학생들의 인식은 어떠한가?

물질변화의 규칙성에 관련된 과학자들의 사고 과정 분석

일정성분비의 법칙은 J. L. Proust (1754-1820)가 발견하였다고 교과서에 제시되나, 그 당시 실험 결과를 모든 과학자들이 인정한 것은 아니다. 프랑스의 과학자 C. L. Berthollet(1748-1822)는 Proust의 주장을 반박하고, 어떠한 화합물의 원소 조성은 그것이 만들어졌을 때의 조건에 따라서 달라진다고 주장하였다. 일례로 일정한 질량의 철과 화합하는 산소의 질량은 연속적으로 변화한다고 주장했다. 이는 그 당시 최외각 전자의 개념이나 화학결합에 관련된 개념이 없었으므로, 다양한 원자가수를 가지는 전이금속 화합물들의 배수비례의 법칙에 관련된 현상을 이해하지 못하였기 때문이다.

그 당시 물질변화는 T. O. Bergman(1735-1784)이 1775년에 발표한 친화력 이론으로 설명하였다. 즉, 물질마다 친화력의 서열이 있으며, 반응물질간의 친화력은 일정한 강도가 있다고 생각하였다. Bergman은 처음에 주로 산염기의 중화반응에서 이 개념을 사용하였다. 이때 반응물질은 서로 친화력에 의해 일정량씩 화합하며 친화력이 충족되는 화합물을 형성한다고 생각하였다.

그러나 Berthollet는 물질의 화학적 작용이 친화력뿐만 아니라 반응물질의 양에 의해서도 결정된다고 보고, 2개의 반응물질로부터 만들어지는 화합물의 조성비는 반응물질의 양에 따라 다양하게 변화한다고 주장하였다. Berthollet는 이러한 이론의 근거로 용액과 합금을 제시하였는데, 물론 부정화합비라 하여도 화합비가 무한히 변화하는 것이 아니고, 반응 물질 간에 포화의 최소 한계점과 최대 한계점이 존재하며 이 두 한계점 사이에서 화합비는 변한다고 생각하였다.²³

Proust는 Berthollet가 든 사례들을 보다 정밀하게 분석하여, 물질이 순수하면 “한 가지 물질은 일정한 조성을 갖는다.”는 증거를 제시하였다. 예를 들어, 염기성 탄산구리 $\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$ 는 천연으로 산출된 것이나, 인공적으로 만들어진 것이나 동일한 조성을 가졌다는 것을 확인했다. 그러나 이는 염기성 탄산구리의 경우에 해당하는 것이며, 산화철의 경우는 확실히 조성이 변했다. 충분히 정제된 물질을 사용하면 그러한 변화는 ‘불연속적’이었다. 산화철의 경우는 산화철(II) FeO 나 산화철(III) Fe_2O_3 은 다른 물질이다. 이 두 물질을 비교하면 일정량의 철과 화합해 있는 산소의 양이 각각 다르지만 ‘불연속적’으로 변화한다. 이러한 점이 ‘부정화합비’를 주장한 Berthollet와 다른 생각이다.

Proust는 철 화합물에서 산소의 일정비와 화합하는 2종의 산화물이 존재한다는 것을 통해 모든 물질은 다른 물질과 상호 일정한 화합비로 화합한다는 것을 증명하는 실험 결과를 모아서 책을 집필하는데 노력하였다. 그 당시의 상황에서 Proust는 화합물과 용액을 구별하는 기준을 밝힐 수 없었지만, 다양한 금속의 산화물이나 황화물을 분석하여 화합비가 일정한 예를 제시하였다. Proust는 특히 천연 상태로 산출되는 물질이 산출장소가 다르더라도 그 성분비는 항상 일정하다는 것을 강조하였다. 매우 엄밀한 이론을 전개하려고 했던 Berthollet와 달리, Proust는 실제 자연 세계에서 일정화합비의 화합물이 많이 존재한다는 실험적 사실⁸을 더 중시하였다. 이 점이 과학을 바라보는 두 과학자의 가장 큰 차이점이라고 할 수 있다.

일정화합비 화합물의 존재는 이미 18C 후반의 많은 과학자들에 의해 인식되고 있었다. 그러나 대부분의 프랑스 과학자들은 엄밀한 이론을 중시하는 Berthollet를 지지하였다. 심지어 오늘날 일정성분비의 법칙과 함께 돌턴의 원자설을 지지하는 증거로 화학교과서에 제시되는 기체 반응의 법칙을 발견한 J. L. Gay-Lussac(1778~1850)도 그의 법칙이 Berthollet의 이론을 지지하는 것이라고 생각하였다. 그는 반응물의 부피비가 간단한 정수비로 나타나는 것은 기체에만 해당되며, Berthollet가 제시한 사례처럼 고체와 액체의 경우에는 이러한 현상이 관찰되지 않는다

고 생각하였다. Berthollet는 기체의 경우 응축으로 일정 화합비의 화합물이 생성되는 경우가 많다고 주장하였으며, Berthollet의 제자였던 Gay-Lussac은 이 주장을 받아들였기 때문이다. 따라서 Gay-Lussac은 기체반응의 법칙이 Berthollet의 주장을 정당화하는 것이라고 생각하였다.

이러한 과학자들의 생각은 관찰의 이론의존성의 전형적인 사례라고 할 수 있다. 따라서 학생들이 관찰하는 실험 내용이 자연스럽게 일정성분비의 법칙을 깨닫게 해줄 것이라는 과학교과서 실험 전개와 가정이 타당하지 않을 수 있음을 인식할 필요가 있다. Berthollet와 Proust의 논쟁은 1799년에 시작되어 몇 해 동안을 지속되었지만, 1890년경까지 과학자들은 Berthollet를 논쟁의 패자로 보지 않았다. 그 후 Berthollet를 패자로 본 과학자는 19C 돌턴의 원자론을 지지했던 C. A. Wurtz(1817~1884)와 W. Thomson (1824-1907) 등이 있다. 따라서 Berthollet와 Proust의 논쟁 당시에 Proust가 제안한 실험 결과를 근거로 Proust의 승리를 주장하는 것은 역사적 사실이나 과학적 증거와는 무관하다고 할 수 있다.

이러한 점이 오늘날 과학 실험 수업에서 고려되지 않는다면, 학생들의 사고 수준은 자신의 스승이 주장한 이론에 근거하여 모든 현상을 이해하려 하면서 오류를 범했던 Gay-Lussac의 사례를 벗어나기 어려울 것이다. 단지 Gay-Lussac과의 차이점이라면, 중등학교 과학 수업에서 학생들의 스승이 Berthollet가 아니라 Proust라는 점일 뿐이다.

연구 방법 및 절차

연구 대상

과학교사. 경기도 중소도시 소재의 남녀공학 중학교에서, 3학년 과학교과를 담당하는 3명의 과학 교사들이 이 연구에 참여하였다. 참여교사들의 구체적 정보는 Table 1에 제시하였다.

학생. 강의 및 실험 수업에 대한 학생들의 인식을 조사하기 위해 7명의 학생들을 선정하였다. 면담 학생들은 강의 수업과 실험 수업에서 A교사의 특징과 C교사의 특징을 모두 포함하였던 B교사의 수업만 학생들 중에서 선정하였으며, 대상 학생의 자료는 Table 2와 같다.

자료 수집

수업관찰. 이 학교는 Blackbox²⁴에서 출판한 과학교과서를 사용하였으며, 학생들의 학업성취 수준은 중하위권이고, 중학교 3학년은 총 541명이었다. 수업관찰은 2008년 6월에 교실 및 과학실의 뒤에 카메라를 설치하고 비참여관찰의 방법으로 이루어졌다. 일정성분비의 법칙이 속해있는 단원은 교과서 구성상 5단원이지만, 3단원인 ‘물

Table 1. Information of the science teachers

Information	Teacher	Teacher A	Teacher B	Teacher C
Major		Chemistry	Chemistry	Biology
Teaching experience		20 years	7 years	13 years
Gender		Female	Female	Female
Scholarship		Bachelor	In course of Master	Master
No. of charged class		5	4	5
Characteristics		-	-	Space boy scout (Science activity for juvenile)

Table 2. Information of the students

Information	number(%)						
	A	B	C	D	E	F	G
Rank	High rank			Average rank		Low rank	
Class ranking	1(0.0)	45(8.3)	93(17.2)	267(49.4)	323(59.7)	440(81.3)	442(81.7)
Total ranking	18(3.3)	41(7.6)	69(12.8)	346(64.0)	334(61.0)	414(76.5)	468(86.5)
GALT ^a	Formal	Transition	Transition	Transition	Concrete	Concrete	Concrete
SRT III ^b	3A	3B	2B/3A	2B/3A	3B	2B	2B
Attitude score	97	87	66	75	87	96	81
Characteristics	Science high school application	Science activity class	-	Space boy scout	-	-	-

^aGroup Assessment of Logical Thinking Test, ^bScience Reasoning Test III

질의 구성' 단원과의 연계성을 높여 학생들의 이해를 돕고, 학원을 다니거나 방학 중 연습으로 인한 선행학습의 효과를 방지하기 위하여 2학기에 가르치게 되는 5단원을 3단원 수업 후 1학기말에 수업하여 연구의 타당성을 높이고자 하였다. 교사들은 교과서의 순서대로 일정성분비의 법칙에 대해 강의를 진행하고, 구리의 연소반응 실험을 수행하였다.

심층면담. 연구에 참여한 교사를 대상으로 심층면담을 실시하였다. 심층면담의 protocol을 구성하기 위하여, '일정성분비의 법칙'을 가르칠 때의 어려움과 관련된 설문지를 개발하여 연구자가 속한 대학의 교육대학원 화학관련 교과목을 수강하는 30명의 교사를 대상으로 투입하였다. 설문은 응답교사의 개인배경을 비롯하여 금속의 연소반응의 수업방법과 수업방법에 따라 실험수업을 실시할 경우 문제점, 실험수업을 미실시하는 경우 그 이유에 관한 문항으로 구성되어 있으며, 설문결과를 기초로 교사들의 생각을 심층적으로 분석하기 위하여, 수업을 관찰한 후 반구조화된 면담을 실시하였다. 또한 학생들을 대상으로 '일정성분비의 법칙'에 대한 강의 및 실험 수업 후 학생들의 인식에 대한 면담을 실시하였다.

자료분석. 이 연구는 중등학교에서 제시되는 물질변화의 규칙성과 관련된 탐구 실험의 특징을 알아보는 것으로 7차 교육과정이 진행 중인 시기에 중학교 3학년 학생들을 대상으로 5단원 '물질 변화의 규칙성'에 나오는 '일

정성분비의 법칙'에 관련한 실험 자료를 분석하였다. 그러나 2007 개정교육과정에서는 해당 주제의 단원이 교육과정에서 삭제되어 중학교에서 배우지 않는다. 다만, 2009개정 교육과정에서 다시 개정될 예정이므로 교육과정 개정과 관련 없이 연구의 의의를 갖는다. 또한 학생면담은 A교사와 C교사의 수업의 특징을 포함하는 것으로 분석된 B교사의 수업만 학생을 대상으로 이루어졌다. 그러므로 학생의 면담 내용과 교사의 면담 내용을 연계하여 논의하는 과정에 제한점이 따르나, 과학교육전문가 1인과 과학교사 5인이 공동으로 검토하고 논의하였으며, 자료의 다각화를 통해 연구의 타당성을 높이고자 하였다.

검사 도구. 학생들의 인지수준을 측정하기 위해 논리적 사고력 검사지(GALT) 원본과 과학적 사고력 검사지(SRT III)를 사용하였다. 논리적 사고력 검사지는 총 21문항으로 6개의 하위 논리인 보존 논리, 비례 논리, 변인통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 조합 논리로 구성되어 있고, 전체 신뢰도는 Cronbach's alpha 계수가 0.85이고, 각 하위 논리의 신뢰도 계수는 0.37에서 0.83이다.²⁵ SRT III는 영국의 CSMS(Concepts in Secondary Mathematics and Science)에서 Piaget의 임상 실험을 기초하여 개발한 것을 박근하의 연구²⁷에서 사용한 것이다. 총 7종류의 과제가 있고 과제별로 주제와 측정할 수 있는 인지수준의 범위가 정해져있고, 연구 목적이나 연구 대상에 따라 한 개 이상 선택하여 사용할 수 있다. 본 연구에서는 중학교 3학년 학생

들을 대상으로 실시하였으므로 후기 구체적 사고가 가능한지를 구분할 수 있는 과제 III를 선택하였다. SRT III는 내적 일치도가 0.83이고, Piaget의 임상법과의 상관관계로 구한 내용타당도가 0.71이다.²⁶ GALT 완본과 함께 SRT III를 추가적으로 실시한 이유는 GALT가 구체적 조작기, 과도기 및 형식적 조작기로 구분하는 반면, SRT는 전기 구체적 조작기, 후기 구체적 조작기, 과도기, 전기 형식적 조작기 및 후기 형식적 조작기로 세분하여 학생들의 인지수준에 대한 보다 정확한 진단을 위해서이다.

학생 실험 활동 태도 검사는 Hofstein이 고등학교 학생들의 흥미와 태도를 측정하기 위해 개발된 도구로 우리나라 중학교 학생들을 대상으로 수정 보완한 것^{28,29}을 사용하였다. 태도 척도는 4개 범주로 전체 24문항으로 구성되어 있으며, 이 중 12문항은 부정 형태의 문항으로 구성되어 있다. 응답은 ‘매우 그렇다’, ‘조금 그렇다’, ‘그저 그렇다’, ‘별로 그렇지 않다’, ‘전혀 그렇지 않다’의 5개 척도로 된 리커트 형태이며, 이 검사도구의 Cronbach's alpha 계수를 이용한 전체 문항에 대한 신뢰도는 0.86이다.

학생들에게 제시할 실험보고서는 선행연구⁸에서 사용했던 것을 교과서 전개방식에 따라 수정 보완하여 재구성하였다. 일정성분비의 법칙과 관련된 수업에 대한 교사의 인식을 조사하기 위하여 개발된 설문지와 이 연구를 위해 수정 보완한 실험보고서는 1명의 과학교육 전문가와 5명의 과학교육 전공교사에게 타당도를 검사하였다.

연구 결과 및 논의

강의수업에 대한 교사들과 학생들의 인식 분석. 3명의 교사는 모두 공통으로 만든 학습지를 가지고 강의 수업을 진행하였다. 그러나 화학 전공인 A교사는 화학반응식을 완성하고 계산을 통해 비례식을 유도하는 내용을 다

루는 비중이 높았으며, 원자의 상대적 질량에 대한 설명을 하지 않았다. 반면에 생물 전공인 C교사는 동영상을 통해 실험 활동을 먼저 보여주고 돌턴의 원자량 개념으로 일정성분비의 법칙을 설명하였으며 비례식은 수업 마지막에 정리 단계에서 다루는 등 A교사와 비교할 때 상대적으로 강의 수업 진행에서 큰 차이를 보였다. B교사는 비례논리와 화학반응식을 강조하는 것은 A교사와 유사하였고, 원자의 상대적 질량으로부터 일정성분비의 법칙에 대한 전반적인 설명을 하는 과정은 C교사와 유사하였다. 연구 대상 교사들의 강의 수업 특징을 Table 3에 정리하여 제시하였다.

화학반응식으로 비례식을 유도하고 이로부터 계산하는 방법을 설명하는 강의 내용과 원자량 개념으로 일정성분비의 법칙을 설명하는 강의 내용을 모두 제시한 B교사 수업만 학생들을 대상으로 강의 수업에 대한 학생들의 인식을 알아보았다. 다음은 일정성분비 법칙을 배운 후 강의수업에서 기억나는 것에 대한 상위권 학생 면담의 예이다.

면담자: 강의수업에서 기억나는 것이 무엇이지?

A 학생: 화학반응에서요. 각 원소들끼리 일정한 질량비를 갖는다는 법칙이요.

B 학생: 4:1:5로 배웠던 것 같아요. 성분비가 일정하다는 이론이 기억이 나요. 구리의 양에 상관없이 비율이 4:1:5로 똑같다고.

C 학생: 반응 전에 물질에 그 질량이 어떤 것을 다른 물질을 첨가해도 질량비는 일정하다는 그런 성질 같은데요. 이론은요. 잘 기억이 안 나는 것 같아요. 100:3, 20:1 이렇게 보면 딱딱 떨어지니까 일정하게 나온 것 같은데요.

성적이 상위권인 A, B, C 학생은 B교사가 강조한 화학반응식과 비례논리에 의한 계산을 기억하고 있었다. 그러

Table 3. Characteristics of the lectures according to the teachers

	Teacher A	Teacher B	Teacher C
Introduction	■ Interpret the graph	■ Interpret the graph	■ Play the video related to experiment procedure
Unfolding	■ Guide proportion from chemical reaction ■ Explain calculation method	■ Guide proportion of element mass from chemical reaction element mass ■ Explain calculation method	■ Explain the law of definite proportions by the particle combination in chemistry reaction
Adjustment	■ Calculate proportion from data of lead Iodide experiment	■ Explain overview of the law of definite proportions	■ Calculate proportion from data of lead Iodide experiment
Characteristics	■ Emphasize calculation ability of proportion ■ Emphasize chemical reaction ■ Don't explain relative mass of atom	■ Emphasize calculation ability of proportion ■ Emphasize chemical reaction ■ Explain relative mass of atom	■ Emphasize understanding of meaning of the law of definite proportions ■ Representation a film related to experiment procedure ■ Explain relative mass of atom

나 상위권 학생 중의 한 명도 원자량의 개념으로 일정성분비의 법칙을 설명하지 못하였고, 반응에서 일정한 질량비만 나오면 일정성분비의 법칙에 맞다고 생각하는 경향이 있었다. 전체 541명의 학생들 중에서 과학석차가 93등이었던 C학생은 SRT III로 측정한 인지수준이 2B/3A 수준으로 나타나 상위권 학생 중에서는 가장 낮았는데, 이 학생은 반응물과 생성물의 질량보존에 대한 개념조차 없어서 100:3, 20:1과 같은 비례식만을 기억하고 있었다.

다음은 일정성분비 법칙을 배운 후 강의수업에서 기억나는 것에 대한 중위권 학생 면담의 예이다.

면담자: 강의수업에서 기억나는 것이 무엇이지?

D 학생: 잘 모르겠어요.

E 학생: 몇 대 몇으로 이렇게 나온 게 일정성분비의 법칙 아니에요? 1:1:9 뭐 이런 것.

중위권 학생인 D와 E 역시 C 학생과 마찬가지로 질량보존의 개념 없이 1:1:9와 같은 비례식만을 기억하였다. 만약 학생들이 원자량의 개념을 가지고 있었다면, 비록 비례식 자체가 정확하지 않아도 반응물에 해당하는 질량비와 생성물에 해당하는 질량비를 고려하여 1:1:2나 1:8:9와 같은 비례식을 제시하여야 한다. 이는 원자의 상대적 질량비를 고려한 일정성분비의 법칙에서 핵심적인 내용이라고 할 수 있다. 그러나 B교사가 수업 중에 설명하였음에도 불구하고, 학생들은 원자량에 대한 상대적인 질량비에 대한 고려를 하지 못하는 것으로 나타났다.

다음은 일정성분비 법칙을 배운 후 강의수업에서 기억나는 것에 대한 하위권 학생 면담의 예이다.

면담자: 강의수업에서 기억나는 것이 무엇이지?

F 학생: 생각이 안나요.

G 학생: 구리랑 이런 것 나온 걸 계산하는 것.

하위권 학생들은 비례식 개념조차 형성되지 않았으며, 단지 계산과 관련되어 있다는 수준의 기억만을 하고 있었다. B교사는 C교사와 유사하게 원자의 상대적 질량 개념으로 일정성분비의 법칙에 대한 설명도 하였으나, A교사와 유사하게 수업 중에 비례논리에 의한 계산 능력을 중시하였다. 이러한 교사의 수업 중 비례논리에 의한 계산 능력의 강조가 학생들의 수업에 대한 인식에 더 큰 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

다음은 비례논리에 의한 계산 능력을 강조한 수업에 대한 학생들의 생각을 A교사가 어떻게 인식하고 있는지 알아보기 위하여 면담을 한 결과이다.

면담자: 학생들이 일정성분비의 법칙에 대해 비례 관계만 기억하고, 제대로 이해하지 못하는 경우가 있더라구요.

A교사: (비례논리에 의한 계산 문제는) 문제집에 많이 나오니까 해줬어요. 책에 그렇게 계산하는 게 나오더라구요. 이해가 되지 않았을까요? 여러 경우에 일정한 비율로 반응한다는 게. 비례식을 모르는 애들도 있더라구요. (면담에서 문제가 나타난 경우는) 그런 애들 아닐까요?

면담자: 원자량이 상대적인 질량비를 가지고 있고, 반응물과 생성물의 질량비에서 원자량을 고려해야 한다는 것에 대해 학생들이 잘 모르는 것 같아요. 수업 중에 그런 내용이 빠져 있었거든요.

A교사: 특별히 생각을 안 해봤었는데, 일정한 질량비를 계산만 했으니? 다시 설명해줘야 할 것 같은데요. 전체적인 개념을 잘 모르나 본데, 우리가 잘 못했는데요. 시험을 무시할 수는 없는데? 이론적인 것을 좀 많이 하죠. 시험 대비해서.

A교사는 자신의 수업 방식에 문제가 있을 것이라고 생각하지 못하였다. 그리고 일정성분비의 법칙을 제대로 이해하지 못하는 학생들은 비례식을 모르는 경우일 것이라고 판단하였다. 즉, 학생의 인식에서 드러난 문제는 학습자의 능력 부족 때문이라고 가정하였다. 그러나 면담자가 반응물과 생성물의 원자량을 고려하는 설명이 수업 중에 누락되어 있음을 지적하자, 이를 책과 문제집 그리고 시험에 대한 압박감 때문으로 표현하였다. 그리고 자신의 수업에서 학생들을 이해시키기 위해 누락된 부분에 대해 인식하고, 수업 내용을 보완할 필요가 있음을 인식하였다. 물론 A교사의 수업에 대한 반성은 교사의 자발적 반성이 아니라, 연구자의 수업에 대한 권설정이 사고의 기회를 제공했지만, 이러한 교사의 반응은 반성적 사고가 수업의 개선에 도움을 준다는 연구들³⁰⁻³⁵에서 주장한 바를 지지해 준다.

한편 C교사는 자신의 수업에 대한 반성에서, 연구자의 수업 분석 결과와 마찬가지로, 비례식보다는 일정성분비의 법칙에 대한 이해가 중요하다는 인식을 드러내었다. 다음은 일정성분비 법칙에서 중요하게 강조한 것에 대한 C교사와의 면담의 결과이다.

면담자: 일정성분비의 법칙에서 중요하게 강조하신 건 무엇인가요?

C교사: 그 비가 중요하다고 생각하지 않고 개념이 중요하다고 생각을 해서 “항상 화합물이 만들어질 때 구성 원소들 간에 일정한 결합비가 나온다.”

그 내용에 중점을 맞췄지, 개개적인 정수비에 대해서 중점을 두진 않거든요. 정수비는 문제 풀이나 연습이나 훈련단계 수준에서 필요한 내용이고.

화학을 전공하지 않은 C교사가 정수비에 대한 설명은 문제풀이나 훈련 단계에서 필요한 내용으로 판단하고, 수업 중 강의에서 중점을 둘 내용이 아니라고 생각한 것에 비해 화학을 전공한 A와 B교사가 오히려 원자량의 상대적 질량비에 대한 기본 개념보다는 문제풀이를 더 강조하였다는 점은 매우 대조적이다. 다음은 일정성분비의 법칙에 대한 수업에서 C교사가 기본개념을 더 강조한 이유에 대한 면담결과이다.

면담자: 일정성분비의 법칙에서 상대적 질량비보다 기본 개념을 강조하신 이유가 무엇인가요?

C교사: 왜냐하면 제 경험적으로도 이 내용을 알고 공부를 했으면 더 명쾌했을 것을 단순히 외우고 왜 그럴까라는 어떤 의문점을 남겨둔 채 세월이 지나서 알았던 경험들이 있어서, 나중에 더 심화되고 큰 틀을 배우면 이해가 한꺼번에 오는 그런 상황을 겪었거든요.

이러한 수업의 차이점이 나타난 이유에 대해 면담한 결과, C교사는 자신의 학습 경험을 통해 원자량이나 입자의 결합 개념과 같은 심화된 큰 틀을 배울 때 이해가 되었음을 설명하였다. 여러 선행연구³⁶⁻³⁸에서 자신의 전공에 대한 교사의 전문성이 수업전문성을 높이는데 중요하다고 주장하였으나, 이 연구에서는 오히려 이와 반대로 해석할 수 있는 현상을 관찰하였다. 이는 학습자의 수준을 고려하여 기본 개념을 제시하기 보다는 이를 근거로 한 응용 문제에 더 초점을 두는 현상이 전공 교사에 의해 일어난다는 것을 드러내 주었기 때문이다.³⁹ 즉, A교사의 면담에서도 드러난 것처럼, 화학을 전공한 교사들은 자신이 알고 있는 내용이 너무 쉽다고 생각하여, 학습자 역시 학습의 어려움이 없을 것이라 생각하는 경향이 비전공 교사에 비해 더 클 수 있음을 의미한다.

3명의 교사는 모두 공통으로 만든 학습지를 가지고 강의 수업을 진행하였으며, 학습지에는 원자의 상대적인 질량에 대한 내용이 제시되어 있었다. 그런데 B와 C교사와 달리 A교사가 이 내용을 다루지 않고, 화학반응식의 질량비만으로 설명하는 수업 상황은 다음과 같다.

A교사: 화학반응과 일정성분비의 법칙에서 산화구리, 물, 이산화탄소, 산화마그네슘을 만드는 질량비가 나오지. 산화구리를 만드는 질량비가 얼마가 나오

나 봐. 4:1:5, 이렇게 나오지. “이거는 어떻게 나왔을까?” 궁금한데, 이거는 탄소의 원자량 산소의 원자량 이런 것을 알아야 질량비를 너희가 계산할 수 있거든. 근데 원자량까지는 중학교에서 외울 필요가 없어. 그래서 이런 문제가 나오면 원자량을 알려주고 할 거야.

원자의 상대적 질량비의 개념을 제대로 설명하지 않는 이유에 대해 A교사는 교과서와 학생의 이해 수준 때문이었다고 언급하였다. 따라서 A교사는 B나 C교사와 달리 공통적으로 만든 학습지에 크게 의존하지 않고 수업을 진행함을 알 수 있다. 이 역시 전공 교사의 수업에서 나타나는 특징이라고 할 수 있다.³⁹ 다음은 원자의 상대적 질량비에 대한 설명을 누락한 이유에 대한 A교사의 면담결과이다.

면담자: 원자의 상대적 질량비에 대한 설명을 안하신 이유가 무엇인가요?

A교사: 교과서에 안 나오니까 안 한 것 같은데요. 그 내용이 너무 어렵지 않을까요? 중학생 수준에. 원자의 상대적인 질량까지 해서 하기는 어려울 거 같아서 이거는 그냥 안 한 거 같아요.

그러나 다른 교사들이 원자량의 상대적인 질량비의 개념을 도입하여 설명한 것을 알고, A교사는 일정성분비의 법칙을 설명하기 위해 원자량 개념을 도입할 필요가 있다는 생각으로 변화였다.

A교사: 원자 하나를 그냥 1g 이라고 해서, 여기다 대입해서 이런 비율로 나온다. 이걸 설명하라는 거라고요? 원자 하나하나의 질량을 직접 대입해서 계산한 비율이 3:2가 나오게 해본다. 그것도 괜찮네요. 이걸 하면 실험할 때 계산하는 게 좀 쉬웠겠구나. 그럴 수도 있겠네.

다음은 성적이 상위권인 학생들 중에 과학고 응시생과 과학 심화반 학생들에게 원자량 내용의 학습이 어떤 지에 대해 면담한 결과이다.

면담자: 원자량에 대한 내용을 배우는 것이 어땠어?

A학생: 새로운 걸 배우는 자체가 너무 재미있어요. 이해가 안 되면 답답한데, 이론과 설명에 대해 이해가 잘 되고, 잘 적용해서 해결해 갈 때는 너무 좋아요.

B학생: 워낙 그 내용 자체가 좀 어려워요. 힘들기는 했는데, 그래도 그런 식으로 하니까 친근하게 느

꺼지고, “아, 그런 것도 있구나.” 하고 괜찮았어요. 이해를 해야 되잖아요. 무조건 외운다고 해서 되는 게 아니구요.

그들은 원자량 개념을 통해 일정성분비의 법칙에 대한 내용을 이해하고 있었다. 그 결과 교과 C와 마찬가지로, 학생들은 개념을 이해하는데 원자량이 도움 된다고 인식하였다. 학생들에게 구리를 가열하면 질량이 증가하는 이유를 물어본 결과, 성적이 상위권인 학생 A, B, C만이 산소와의 결합으로 제대로 이해하고 있었다.

A학생: 산소가 결합해서 질량이 증가해요.

B학생: 산소와 구리가 결합했다는 의미요. 산소도 무게를 갖고 있다는 거죠.

C학생: 산소가 결합했기 때문이라고 생각해요.

그러나 성적이 중위권인 학생들은 구리와 산소의 결합에 대한 이해가 거의 없다는 사실을 확인할 수 있었다. 이는 일정성분비의 법칙에 대한 기본 개념이 없음을 의미한다.

D학생: 모르겠어요.

E학생: 생각이 안나요.

오히려 성적이 하위권인 학생들은 산소와의 만남을 알고 있었다. 그러나 상위권 학생들과의 차이는 혼합 형태와 화학결합의 구분이 제대로 이루어지지 않았다는 점이다.

F학생: 산소가 같이 들어가서.

G학생: 산소가 만나서요. 그러니까, 섞인 것.

물질변화의 규칙성에 관련된 과학자들의 사고 과정 분석에서 제시한 것처럼, 18세기의 뛰어난 과학자였던 Berthollet는 용액과 합금을 일정성분비의 법칙에 대한 반례로 제시하여 물리변화와 화학변화의 구분이 없었음을 보여주었다. 이 문제는 그 당시 일정성분비의 법칙을 주장한 Proust에게 가장 큰 고민거리였다. 이러한 점을 이해한다면, 일정성분비의 법칙을 설명하기 전에 교사가 학생들에게 화학결합의 개념을 제대로 전달하는 것이 중요함을 알 수 있다.

그러나 7차 교육과정에서는 화학결합이 일정성분비의 법칙보다 먼저 제시되지 않았으며, 이 문제는 2007 개정 교육과정에서 비로소 해결되었다고 볼 수 있다. 한편 2007 개정교육과정에서 중학교 2학년에 화학결합의 개념이 제시되고, 고등학교 1학년에 물질변화의 규칙성에 관련된 내용이 제시되었으나, 2009 개정교육과정으로 인해 고등학교 1학년 과학 내용이 크게 변하면서 일정성분비의 법

칙을 다루는 수업 내용이 사라지게 되었다. 원자량이나 화학결합이라는 이론은 일정성분비의 법칙과 같은 자연현상의 규칙성을 설명하기 위해 만들어진 개념이므로, 이론만 제시하고 자연 현상이 빠진 형태의 과학교육과정 개정이 문제를 가진다는 점을 인식할 필요가 있다.

실제 결합이라는 용어를 사용한 A, B, C학생 뿐 아니라, 이러한 용어를 사용하지 않은 나머지 학생들에게도 산소와 구리가 어떠한 형태로 만나게 되는 지에 대해 물어보았을 때, A학생만이 화학결합을 제대로 표현하였다. 뿐만 아니라, A학생은 반응물인 구리는 원자의 형태로, 산소는 분자의 형태로 결합한다는 것과 결합선, 원자 배열 등의 개념도 가지고 있었다. 따라서 학교 교육 이외에 상위 학습에 대한 선행이 이루어져 있음을 알 수 있었다.

면담자: 구리와 산소가 어떠한 형태로 만나게 되지?

A학생: 구리 원자랑 공기 중의 산소 분자가 원자들이 같이 배열되는 거죠. 구리원자랑 산소원자 하나가 각각 붙어 있는 것처럼. 결합선 같은 게 있다고 했잖아요. 서로 같은 결합선에 두 원자가 같이 붙어 있는 거요.

A 학생을 제외한 나머지 학생들은 과학 수업을 통해 화학결합에 대한 과학적 이해를 제대로 형성하지 못하였음을 확인할 수 있었다. 이는 선행연구^{4,8}에서 제시하였던 결과와 유사하다.

B학생: 같이 뭉쳐져 있는, 혹은 같이 이어져 있는 거요. 표현할 수 없어요.

C학생: 화합이요. 잘 모르겠어요.

D학생: 모르겠어요. 열을 가했을 때 산소랑 어떻게 결합하는지 궁금했어요.

특히 하위권 학생들은 혼합의 개념으로 구리와 산소의 만남을 이해하고 있음을 확인할 수 있었다.

E학생: 혼합이요.

F학생: 섞이는 거. 잘 모르겠어요.

학생들이 화학결합의 개념을 가지지 못하면 구리와 산소가 만나서 새로운 물질이 될 때 일정성분비의 법칙을 이해하기 어렵다는 점을 교사들에게 설명하자, 강의 수업에 대한 교사들의 인식에 변화가 나타났다.

면담자: 결합이 개념이 없으면 일정성분비의 법칙을 이해하기 어려운 것 같은데요.

A교사: 애들이 그렇게 생각할 수도 있을 것 같아요. 결합개념을 빼고서 “일정성분비의 법칙은 이렇게 일정하게 결합을 하는 거다.”라고 하면, 수업이 더 효과를 거두려면, 그것(화학결합 개념)을 가르치고, 이해를 시키고, 하는 게 효과는 있겠죠. (화학결합) 설명이 필요하겠네요. (중략) 설명이 부족해서 애들이 조금 이해하기 어려운 면도 있었겠네요. 우리가 좀 더 설명을 해 줘야 되지 않을까요? 학생들에게 필요하다면 (내용의) 재구성도 해야 될 필요가 있는 것 같아요.

C교사: 화학반응하고 혼합하고를 구별하기 위해서 결합을 더 상세히 언급을 해줘야 한다는 필요성이 생기겠네요. 이해를 돕기 위해 교사들이 추가적인 내용이나 수업 설계를 한다면 더 좋지 않을까 그런 생각을 해요.

특히 교사들은 교과서 내용의 한계를 인식하고, 학생들의 개념 이해에 필요한 내용을 추가적으로 삽입하거나 수업을 재구성할 필요성을 인식하게 되었다. 이는 A교사가 교과서와 문제집, 시험에 나온다는 이유로 화학반응식의 비례논리에 의한 계산을 강조하여 수업하였던 현상과는 대조적이라고 할 수 있다. 교사들이 자신의 수업에 대한 반성적 사고와 학습자의 이해를 돕기 위해 필요한 내용에 대해 논의하는 과정에서 강의 수업의 문제점을 깨닫고 개선을 위한 제안을 하기 시작하였다는 점은 중요하다.

실험수업에 대한 교사들과 학생들의 인식 분석. 일정성분비의 법칙을 확인하는 구리의 연소반응 실험수업이 어떠한 형태로 진행되었는지 분석하고 이에 대한 교사들과 학생들의 인식을 알아보았다. 실험은 공통적으로 작성된 실험보고서를 활용하였으며, 실험보조교사가 실험준비를 해주고 실험과정에 도움을 주었다.

3명의 교사가 진행한 실험수업은 공통적으로 2인 1조의 형태로 이루어졌으며, 안전사고에 대한 주의사항, 실험과정과 도구 활용에 대한 자세한 설명, 일정성분비의 법칙을 확인하는 실험이라는 점의 강조, 실험시간 부족으로

정리 시간이 확보되지 못하였다는 특징을 가진다. 교사별 실험수업의 차이점은 Table 4에 정리하여 제시하였다.

3명의 교사들의 실험수업은 도입 단계에서 모두 차이가 있었으며, 전개와 정리 부분에서는 큰 차이가 없었다. 다음은 실험과정 중 교사의 설명에 대한 질문에 대한 교사들의 면담결과이다.

면담자: 실험과정을 자세히 설명하신 이유가 무엇이죠?

A교사: 계산하는 방법을 잘 모르더라고요. 비례식을 이용한다든지 산소의 질량을 구하는 것도 어려워해서. 무의미해도 교사가 실험과정을 설명하는 것이 낫다고 생각해요.

C교사: 전자저울 사용하는 법을 별도로 설명해야 됐어요. 학생들이 결과를 잘 처리하지 못했어요. 소수를 가지고 계산을 처리하는 것이 많이 부족한 (학생의) 능력 중의 하나입니다.

모든 교사들이 실험수업에서 실험과정과 도구사용법을 상세히 설명하였는데, 이는 학생들이 이러한 활동에서 틀리고 어려워한다고 인식하였기 때문이다. 그러나 이러한 교사의 우려와 달리, 도입단계에서 교사의 충분한 설명 때문인지 상위권과 중위권 학생들은 실험활동을 따라하는 것에 큰 어려움을 느끼지 않는 것으로 나타났다.

면담자: 실험에서 어려운 것이 없었어?

A학생: 딱히 어려움은 없었고? 계산하는 것도 어려움은 없었어요. 이해가 가지 않았던 것은 딱히 없었어요.

B학생: 조금 조심스럽고 걱정이 되었는데, 괜찮긴 했어요. 산소의 질량 값을 구하는 것 빼고는 괜찮았어요.

C학생: 쉽고 괜찮았어요.

D학생: 쉬웠어요. 그냥 그랬어요. 어렵지는 않았던 것 같아요.

E학생: 저울이 있어서 계산하는 것은 쉬웠어요.

그러나 하위권 학생들은 계산하는 경우에 어려움을 다소 느끼거나, 양을 다르게 실험을 설계하는 이유, 짙 때마

Table 4. Characteristics of the experiment instructions according to the teachers

(Time required)

	Teacher A	Teacher B	Teacher C
Introduction	<ul style="list-style-type: none"> ■ Explain chemical reaction ■ Explain experiment procedure & equipment (12 min 36 sec) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Explain the law of definite proportions ■ Explain experiment procedure & equipment (16 min 49 sec) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Explain experiment procedure & equipment (11 min 5 sec)
Unfolding	Practice the experiment	Practice the experiment	Practice the experiment
Adjustment	No execution	No execution	No execution
Characteristics	<ul style="list-style-type: none"> ■ Emphasize experimental error ■ Emphasize complete combustion 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Put the contents of the lectures in order before students make the experiment 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lead students' discussion related to the reason of the error

다 측정값이 달라지는 이유 등을 궁금해 하였다.

F학생: 조금 복잡했어요.

면담자: 어떤 면에서 복잡했어?

F학생: 질량을 구하는 게요. 제가 계산을 못해서.

G학생: 신기했어요. 양을 다르게 하는 것도 궁금했는데, 태우면 막 양이 증가하고요. 산소 구하는 것도 재미있었어요.

면담자: 그런 것이 재미있었다는 것을 제외하고, 도가니의 질량을 측정하고 그러는 것은 어렵지 않았어?

G학생: 어려웠어요.

면담자: 뭐가 어려웠어?

G학생: 어, 그냥. 이렇게 딱 재면요. 잴 때마다 (양이) 다르던데.

양을 다르게 실험을 설계하는 이유, 잴 때마다 측정값이 달라지는 이유 등을 궁금해 하지 않았던 상위권과 중위권 학생들에게 그 이유를 어떻게 이해하고 있는지 면담하여 보았다. 상위권 학생 중에서 가장 뛰어난 A학생은 정확한 값을 얻기 위해 반복 실험을 하는 것으로 여러 가지 질량의 구리 실험을 하였다고 생각하고 있었다. 따라서 일정한 경향성을 확인하기 위하여 실험 설계한 것에 대해 정확하게 판단하고 있었다고 보기 어려운 면이 있다.

면담자: 왜 실험을 여러번 할까?

A학생: 실험을 여러 번 해야지 정확한 값이 나오니까요. 어떠한 질량에서도 일정한 질량비를 이루는지 알기 위해서 여러 질량을 실험해 본거죠.

한편 B와 C학생은 일정성분비의 법칙을 이해하고, 양이 달라졌을 때 질량비의 변화가 있는지 확인하기 위하여 실험 설계를 한 것에 대해 이해하고 있었다.

B학생: 그거는요. 일정성분비의 법칙이니까요. 양이 이렇게 달라져도 그 성분비 값이 같은 거잖아요. 그렇기 때문에 그걸 증명해 보려고.

C학생: 구리의 양에 따라서 일정한 질량비의 관계를 알아보기 위해서?

면담자: 무슨 관계?

C학생: 구리의 양이 증가하면요. 일정한 성분비의 값도 같이 증가하는지, 그 관계를 알아보기 위해서? 예를 들어서 산소가 1g이었다면요. 구리보다는 작을 것 아녜요. 구리가 2g이고 산소가 1g이면 산화구리가 3이 되고요. 그 질량비가. 만약에 또 2배가 되면 질량비도 2배가 되고?

그러나 실험이 쉬웠다고 인식하고 있었던 중위권 학생들은 실험설계의 이유를 제대로 알지 못하는 것으로 나타났다. 이는 하위권 학생들이 실험 설계의 이유를 궁금해 하였던 태도와는 매우 다른 점이라고 할 수 있다. 중위권 학생들은 교사가 제시한 내용을 수용하는 태도를 가지고 있었으며, 그 이유 등을 이해하려는 노력을 기울이지 않는 특징이 있었다.

D학생: 어떻게 다른지 비교를 해보려고? 구리의 질량에 따라 질량비가 달라지니까, 그냥 그래서 실험한 것 같아요. (자신 없어 하면서) 잘 모르겠어요.

E학생: 생각이 안나요. 해보면 이해가 갔는데, 하는 과정에서 이해가 안 갔어요.

실험과정에 대한 이해 부족은 실험수업에 대한 학생들의 기억이 뚜렷하지 못한 특징으로 나타났다.

면담자: 실험에 대해 기억하는 것을 말해줄래?

D학생: 잘 모르겠어요.

E학생: 저울을 재고. 구리를 넣어가지고 알코올램프로 가열해가지고 저울로 또 재고. 재고 계산한 것만 생각나고 다른 건 생각 안나요.

F학생: 기억이 안나요. 색깔이 변했다는 건 기억이 나는 데 무슨 색깔인지도.

그러나 가장 낮은 인지수준과 학업성적을 가지고 있었던 G학생은 실험설계의 이유와 실험 결과의 차이 등에 대해 궁금함을 가지고 있었을 뿐 아니라, 실험 과정과 결과 등에 대해서도 뚜렷한 기억을 가지고 있었다.

G학생: 가루 있잖아요. 양을 다르게. 똑같이 세 개 준비해서요. 가열을 하는 데 어떤 것을 좀 빨리 가열하고 어떤 것은 길게 가열하잖아요. 색깔이 변하는 데 빨리 가열을 끝내는 거요. 오래 가열하는 것보다 연해요. 색깔이요.

A교사는 실험수업의 도입에서 완전연소에 대한 내용을 강조하였다. 실험에서 완전연소를 가정해야 구리와 산소의 결합비가 계산되기 때문이다. 만약 불완전 연소를 한다면 다양한 화합물이 생성되기 때문에 일정성분비의 법칙을 찾기 어려워진다. 이 점은 Berthollet와 Proust의 논쟁의 핵심으로, Proust가 다양한 화합물의 결합비에서도 불연속적인 비례 관계가 존재한다는 사실을 많은 실험 결과로 설득하려 하였으나, Berthollet의 부정화합비의 주장을 그 당시 효과적으로 막을 수 없었다. 따라서 A교사

는 실험수업의 도입에서 완전연소를 위한 실험과정의 중요성을 강조하였고, 이를 위해 구리의 양이 많은 경우에 오래 가열하도록 하였다. 그리고 연소의 증거로 색변화를 관찰하도록 하였으며, 이를 G학생은 기억하고 있었다.

그러나 교사들은 실험 결과가 제대로 나오지 않는 이유를 실험 오차의 문제로만 인식하고 있었다. 특히 A교사는 불완전 연소의 문제를 인식하고 있었음에도 불구하고, 실험결과가 제대로 나오지 않는 이유를 반응물의 손실 등으로 인해 발생하는 실험 오차로 간주하고, 이를 줄이는 방법에 대한 설명을 강조하였다.

A교사: 종이가루를 다 털어놔서 연소를 바로 시켰는데, 종이에 구리가루가 남고, 그래서 오차가 크게 나온 거 같아. (중략) 공기하고 접촉하는 면이 많아야 최대한 오차를 줄이면서 완전히 연소를 시킬 수가 있어. 도가니 집게로 이렇게 잡아가지고, 이걸 알코올램프로 이렇게 빨간색 가루가 남아 있는 쪽으로 돌려가면서 빨간색이 없어질 때까지 완전 연소를 시켜야 돼. 그 다음에 돌려서 완전 연소 시키고 조금 식으면? 이런 식으로 해도 0.94로 오차가 생겼어. 구리가루가 어디서 좀 손실이 되었다는 얘기지.

면담을 통해서도 A교사가 실험 결과의 문제를 학생들의 실험능력 부족 때문으로 생각한다는 사실을 확인할 수 있었다.

면담자: 실험에서 오차에 대해서 어떻게 생각하세요?

A교사: 학교 실험에서는 오차는 항상 생길 수 있다고 생각을 하는데요. 학교 실험에서는 하다보면 항상 오차가 나오던데요. 학생들이 실험을 잘못하고 하니까 오차가 나오는 걸 당연하다고 생각하고 그냥 넘어간 것 같아요.

학생들의 실험 수행에서 발생하는 문제를 최소화하기 위하여 교사들은 도입 단계에서 실험과정과 도구 사용법에 대한 설명을 매우 강조하였다. 이러한 교사의 태도는 실험 결과가 이론을 검증하는 역할을 한다는 인식⁴⁰뿐만 아니라, 학생들의 능력에 대한 불신 때문에 나타나는 것이라고 할 수 있다.

A교사: 저희 학교 애들이 공부를 대체로 안 해오는 애들이 많아서 예습을 주로 안 해오니까? 시간이 너무 부족하니까? 우려하는 마음에 방법을 설명해주고 실험을 하는 방향인 것 같아요. 몇 명 과

학에 관심이 있는 학생들만 스스로 생각을 해서 잘하지 않을까 싶어요. 학생 수준 차이가 너무 많이 나서 (스스로 해보라는 것이) 무의미해서 교사가 실험과정을 설명하는 것이 낫다고? 그리고 학생탐구로는 이 실험이 가능하지 않다고 생각해요.

실험수업의 목적에 대한 교사들의 인식은 앞서 제시한 학생 B, C의 인식과 일치한다. 이 학생들도 수업 중에 언급한 교사 실험 결과는 일정성분비의 법칙을 확인하는 과정이라고 생각하였다.

면담자: 실험을 하는 목적이 무엇인가요?

A교사: 실험은 일정성분비의 법칙이 성립하는지 알아보는 건데.

B교사: 우리가 산화구리를 이루는 원소의 질량관계를 언제 배웠니? 일정성분비의 법칙을 공부할 때 산화구리를 이루는 원소의 질량관계를 배웠어요. 일정성분비의 법칙이 뭐였어? 일정한 질량비가 성립한다는 게 일정성분비의 법칙이었죠. 그걸 오늘 실험을 통해서 확인을 하는 거예요.

C교사: 우리가 이미 배웠듯이, 무슨 법칙의 성립? 일정 성분비의 법칙. 구리의 질량이 달라져도 결합하는 산소의 질량이 항상 일정한 질량비로 결합한다는 거죠. 그걸 이젠 실험을 통해 실제 그런지 확인을 해볼 거예요.

실험결과가 일정성분비의 법칙에 맞도록 정확하게 나오지 않으면, 실험 수업을 학생들에게 제공하는 의미가 없다고 교사들은 생각하고 있었다. 이는 선행연구에서 살펴본 결과와 유사하다.⁴¹ 그러나 이러한 교사의 인식은 ‘물질변화의 규칙성에 관련된 과학자들의 사고 과정 분석’에서 살펴본, Berthollet와 Proust의 논쟁의 의미를 제대로 모르기 때문에 형성된 것이라고 본다. 자연 현상의 실험 결과는 이론을 검증하는 역할을 하는 것이 아니며, 실험 결과를 해석하기 위해 과학자들이 이론을 창안하고, 이를 정교화하는 과정을 통해 과학이 발달한다는 점을 교사와 학생이 이해할 때 비로소 학교 과학수업에서도 실험의 의미가 제대로 전달될 수 있을 것이다.⁴²

면담자: 실험결과가 정확히 나오지 않았는데, 실험에 대해서 어떻게 생각하세요?

A교사: 이론과 너무 오차가 크게 나와서 차라리 이 실험을 하지 않는 것이 낫지 않을까 생각해요. 너무 엉터리로 나오니까, 실험값이 학생들이 이해하

는데 오히려 혼란만 주지 않을까 생각해요.

(중략) 교과서에 실어놨으니까 오차가 나오면 안 되겠죠. 완벽한 조건이라면 안 생겨야 할 것 같은데. 오차를 줄이는 게 좋을 것 같아요. 오차가 발생하면 학생들의 사기가 저하돼서?

(중략) 실험을 해보고서 교과서에 올렸는지 궁금하고요. 교과서에 실어놨으니까 오차가 나오면 안 되겠죠.

C교사: 이 실험결과로 설명하기에 난감했고? 일정성분비의 법칙을 확인하는 내용으로 이 실험은 크게 도움이 되지 않았다고 생각합니다. (중략) 내용과 일치하는 결과를 나타내는 실험이 제공이 된다면 실험을 실시하는 것이 학생들의 이해를 돕고 탐구 능력을 향상 시킬 수 있을 거라 생각돼요.

성적이 상위권인 학생들은 교사들과 마찬가지로 실험 결과가 이론과 다르게 나온 것에 대해 어려움을 느끼는 것으로 나타났다. 그리고 그 원인을 실험 환경 등의 문제로 생각하였다. 뿐만 아니라 이론에 맞도록 실험 결과를 조작하는 것이 필요하다고 생각하였다. 이러한 생각은 학교 실험 수업의 교육적 효과가 부정적일 수 있음을 의미한다.

A학생: 구리와 산소의 비가 정확히 나오지 않아서 힘들었어요. 결합한 산소의 질량이 작아 질량비 구하는 것이 더욱 힘들었어요.

면담자: 왜 그렇게 나온 것 같아?

A학생: 정확한 실험과정을 거치지 않았고, 뭔가 실험의 오차가 생길만한 환경들이 있었던 것 같아요. 먼지가 많이 들어갔을 수도 있고, 다른 것이 구리와 결합했을 수도 있는 거고, 그런 것 같아요. 교과서에 있는 방법대로 했는데 오차가 났으면 뭔가 잘못된 것 같아요.

(중략)

면담자: 오차가 생겼는데, 그래프는 어떻게 그렸어?

A학생: 그래프 그리는 방법은 미리 이론 수업을 통해서 배운 내용이어서 이해하기 쉬웠어요. 원래 일정 성분비의 법칙이 맞다는 것을 증명하기 위해 이 실험을 한 것 같아서요. 그걸 보이기 위해 그래프에서는 값을 제가 일부로 매겨서 일자로 만들었어요. 이론에 기본해서 실험결과가 맞아야 하는데 맞지 않아서 이상하게 생각을 했는데 실험에 결과가 맞아야하기 때문에 그렇게 그렸어요.

B학생: 실험 자체는 어렵지 않았는데, 산소의 값이 불규칙하고 일정하지 않았기 때문에 헷갈리고 어려웠

어요. 실험을 통해서 헷갈리는 부분도 있었어요.

면담자: 왜 그렇게 나온 것 같아?

B학생: 실험적인 공간이나 도구들을 좀 더 제대로 된 것들을 갖추면 잘 되지 않을까 싶어요.

(중략)

면담자: 오차가 생겼는데, 그래프는 어떻게 그렸어?

B학생: 결과가 다르게 나왔기 때문에 선으로 표현하기가 어려웠거든요. 이전에 수업을 통해서 배운 것이 있었기 때문에 일단 선으로 표현하기는 했지만?

C학생: 굉장히 말도 안 되는 값 들이 나와서 당황했어요.

면담자: 왜 그렇게 나온 것 같아?

C학생: 공기에서 결합하는 거잖아요. 대기가 일정하지 않았던 것 같아요. 세 번 실험을 하는 동안 일정하게 결합하지 않을 것 같아요.

(중략)

면담자: 오차가 생겼는데, 그래프는 어떻게 그렸어?

C학생: 값이 정확이 안 나와서 어려웠어요. 그래서 그래프는 그냥 이론으로 미리 배운 걸로 그렸어요.

성적이 중하위권인 학생들은 교사가 수업 중에 강조하였던 가열 시간이나 금속 가루를 흘리는 것 등의 문제 때문이라고 생각하였다. 이는 교사의 학생 능력에 대한 불신이 학생들에게도 자신의 실험 능력 부족에 대한 인식으로 전달되었음을 보여주는 것이다. 상대적으로 상위권 학생들은 이러한 학생 능력에 대한 교사의 불신을 크게 인식하지 않는 것과는 대조적인 반응이라고 할 수 있다.

D학생: 질량에 따라 가열 시간을 다르게 하면 오차가 줄어들 것 같아요.

E학생: 가루를 흘려가지고요. 잘 안 나온 것 같아요.

F학생: 섬세하게 해야 될 것 같은데. 이렇게 떨어뜨리고 그러잖아요.

또한 실험 결과를 토대로 그려야 하는 그래프는 다른 친구의 것들을 옮겨 적은 수준에서 수행하는 것으로 나타났다. 따라서 중하위권 학생들이 자신의 실험 결과를 믿지 못하고 상위권 학생들을 따라하는 경향이 있으며, 상위권 학생들은 이론을 토대로 자료를 조작하는 경향이 있다는 사실을 확인할 수 있었다. 실험 과정과 결과를 가장 자세히 기억하고 있었던 G학생조차도 실험보고서에서 그래프를 그릴 때에는 친구의 것을 베끼는 행동을 하였다.

D학생: 그냥 이것도 애들 거 그냥 베꼈어요. 다른 애들이 잘했을 거라고 생각해서요.

E학생: 생각이 안나요. 그냥 옆에 있는 애걸 베껴가지고.

F학생: 친구들한테 알려달라고 하고요. 거의 애들 것 보고 하고요.

G학생: 처음에 어떻게 그리는지 모르다가요. 친구들이요. 그리기에 따라 그렸어요.

이러한 학생들의 실험에 대한 태도는 교사의 인식과 매우 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.⁴³ 교사들이 학생들의 실험능력에 대해 불신하는 태도는 특히 중하위권 학생들에게 강하게 인식되었고, 이들은 상위권 학생들의 자료를 베끼는 수준으로 실험 결과를 받아들이고 있었다. 그리고 상위권 학생들은 실험 결과가 잘 안 나오는 이유가 자신들의 문제 때문이 아니라 먼지, 실험도구, 대기 등 실험 환경 때문이라고 생각하였고, 실험결과가 제대로 나오지 않아도 실험의 목적이 법칙의 검증이기 때문에 법칙에 맞는 그래프를 그리는 것이 좋다고 판단하였다.

이와는 대조적으로 C 교사는 실험 수업 중에 오차를 실험 결과 조작으로 연결 짓지 못하도록 강조하였다.

C교사: 아울러 알고 있는 내용하고 실험 결과가 일치하지 않는다면 실험결과를 조작합니까? 우리가 알고 있는 내용대로 임의로 실험결과를 맞추어야 하나요? 아니죠. 나온 결과 그대로 써야 되겠죠? 단 거기서 멈추지 않고 왜 그럼 우리가 알고 있는 내용하고 다른 결과가 나왔는지에 대한 이유를 토의해야겠죠? 그 이유를 조별로 토의하여 질문하기 내용에다가 나름대로 써 넣으면 되요.

이러한 C교사의 오차에 대한 인식을 알아보기 위한 면담을 실시한 결과, C교사는 A, B교사와 달리 학교 실험을 통해 과학적 탐구 사고를 학생들에게 가르쳐야 한다고 생각하였다.

C교사: 오차가 나올 수도 있다는 좀 더 유연한 사고를 할 수 있게끔 거의 습관적으로 얘기를 하는 것 같아요. 오차가 발생하는 각종 조건들에 대해서도 잘 모르는 것 같아요. 그러니 오차가 나오고 결과가 이론과 맞지 않으면 실험을 잘못했기 때문이라고 단순 결론을 내리는 것 같아요. 오차에 대한 탐구 자체가 과학적인 탐구에서는 굉장히 중요한 요소가 되는 데 거기까지는 접근을 못하고 있는 상황인 것 같아요.

세 교사가 모두 실험의 역할을 강의로 제시한 법칙의 증명이라고 사고하였다. 그러나 C교사처럼 실험 결과에서 오차의 원인을 과학적 탐구의 중요한 요소로 인식한

다면, 학생들이 실험 자료를 법칙에 맞게 조작하려는 시도의 문제점을 파악하고, 실험 결과의 과학적 의미를 학생들에게 전달해 줄 수 있을 것이다.

결론 및 제언

이 연구에서는 중등학교에서 다루는 물질변화의 규칙성에 관련된 내용 중 일정성분비의 법칙과 관련된 강의 및 실험 수업에 대한 교사와 학생들의 인식을 알아보았다. 연구 결과, 과학교사들의 강의 수업에서 강조하는 내용이 서로 달랐으나 실험 수업에서는 전반적으로 유사한 형태를 보였다.

강의수업에서는 화학 전공자인 A, B교사와 비전공자인 C교사의 수업에서 차이가 있었다. 전공교사들은 화학 반응식에서 비례식을 이끌어내는 것을 강조하고 계산 방법에 대한 설명을 제시하고, 반응에서 입자 결합에 대한 설명은 제시하지 않았다. 그러나 전공자인 B교사가 지도한 학생들은 인지수준 및 학업성취수준과 관계없이 강의 수업 후 반응물과 생성물의 원자량으로부터 비례 관계가 형성된다는 것을 상기하는 학생은 아무도 없었다. 또한 구리의 연소에서 산소가 결합하는 것에 대한 이해가 없었으나, 오히려 상위권 학생들 일부는 수업중 배우지 않았던 원자량의 개념을 알고, 이러한 개념을 아는 것이 이해에 도움을 준다고 생각하였다.

즉, 학생들은 수업 중 전공교사가 강조한 비례에 대한 이해보다는, 일부이기는 하나 일정성분비 법칙을 이해하는 데 기본이 되는 원자량에 대한 개념을 필요로 했다. 이는 전공교사의 수업이 학생들의 요구 및 수준에 맞는 적절한 강의를 구성하지 못했음을 알 수 있다. 반면, 비전공자인 C교사는 수업 중에 입자의 결합에 대한 내용을 강조하였는데, 이러한 내용이 학습자의 수준에 비추어 보았을 때 필요한 것임을 학생 인식 결과를 통해 확인할 수 있었다. 전반적으로 화학을 전공한 A, B 교사보다 비전공자인 C교사가 학생 수준에 적절한 강의 내용을 구성하였으며, 이는 교사의 학습자로서 경험 때문에 나타난 차이임을 확인하였다. 물론 이 연구에서는 전공별 교사의 특징을 변인으로 두고 실험 설계를 하지 않았으므로, 이러한 결과는 교사의 개인적 특징일 가능성이 있다. 그러나 화학을 더 깊이 있게 이해하고 있을 가능성이 높은 교사일수록 기본적인 개념 설명보다는 이를 응용하거나 해석하는 수준의 설명에 더 관심을 기울이고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 연구 결과를 토대로 볼 때, 여러 선행 연구에서 전공 교사들의 수업전문성이 비전공 교사들보다 높다는 주장을 하였으나, 오히려 전공 교사의 수업은 학생의 이해 수준에 대한 지식의 부족으로 비효율적일 수 있

음을 알 수 있다. 입자 결합이나 원자의 질량과 같은 개념이 먼저 학습되지 않는 상황에서 수업이 진행되어 학생들은 일정성분비의 법칙을 이해하지 못하고 단순히 비례식을 암기하여 학습하게 되고, 계산하는 것을 일정성분비의 법칙이라고 생각하는 학생이 생길 정도로 학습의 효과가 매우 적었다.

실험 수업에서는 전공과 상관없이 교사들은 도입 단계의 실험 과정 설명과 실험 수행 과정에 많은 시간을 소요했으며, 이는 교사들이 학생들의 능력 부족에 대한 인식 때문이었다. 그러나 학생들은 교사들의 인식과 달리 실험 과정을 수행하는 것 자체는 크게 어려움을 느끼지 않았으며, 오히려 실험 설계가 왜 그렇게 되었는지 등을 제대로 파악하지 못하는 것으로 나타났다. 연구에 참여한 하위권 학생 중 1명만 실험절차 및 결과에 대해 비교적 뚜렷이 기억하고 있었으며, 다른 학생과 마찬가지로 왜 그런 결과가 나오는지에 대해서는 이해하지 못하고 궁금증을 가지고 있었다. 이러한 궁금함은 실험 수업을 통해 해결되지 못하였다. 이는 교사의 실험 수업 정리 단계가 없었기 때문이나, 교사들은 실험 수업의 정리 단계가 누락된 상황에 대해 크게 문제를 인식하지 못하였다. 특히 실험의 결과가 일정성분비의 법칙을 증명해 주는 역할을 해야 한다고 생각한 교사의 경우 엄밀한 실험을 강조했으며, 오차를 학생들의 실험 수행 능력 부족 탓으로 인식하였다. 그러나 오차의 원인을 과학적 탐구의 중요한 요소로 인식한 교사의 경우 실험결과와 오차에 대해 학생들이 생각해보도록 하고자 했다. 교사의 이러한 실험목적에 대한 인식은 학생들의 인식에도 영향을 주어 일부 학생의 경우 실험결과와 상관없이 친구의 보고서 내용을 베끼는 것으로 보고서를 완성하는 행동을 보여주기도 했다.

이러한 연구 결과는 학교 과학 수업과 실험에 대한 역할을 다시 한 번 생각하게 해준다. 과학자의 탐구와 학생의 실험은 차이가 있을 수 있으나, 이는 수행 수준의 차이일 수는 있어도 근본적인 탐구 사고의 차이일 수는 없다고 본다. 실험 결과가 확인하고자 하는 법칙과 일치하지 않을 때 그 원인에 대해 토론함으로써, 자연 현상을 단순화하여 이해하는 과정에서 도출되는 법칙의 의미를 학생들이 알도록 지도해 주어야 한다. 그렇지 않고 정확한 실험의 결과만을 추구하는 허용적 분위기로 과학 실험수업이 진행된다면, 윤리의 문제를 넘어서, 학습의 교육적 의미가 손상될 것이다. 과학사적으로 살펴본 자료에서도 실험 결과가 법칙과 맞지 않는 문제를 두고 벌인 18C 베르톨로와 프루스트의 논쟁을 통해 실험 결과를 해석하는 과학자들의 견해는 매우 다를 수 있음을 확인하였다.

또한 실험 결과가 법칙을 검증해 준다는 사고를 바꾸기 위하여, 보다 전문적인 시각으로 실험에서 발생할 수 있

는 다양한 오차에 대한 해석을 설명하는 교사용 지도서와 같은 자료의 개발이 이루어져야 한다. 중등학교에서 다루는 실험들은 대부분 화학평형의 조건 등을 고려하지 않고 단순화된 한 방향의 반응만을 고려하기 때문에 실제 실험 결과와 매우 동떨어진 자료를 제시하는 내용이 많다. 그리고 중등 수준에서는 설명하기 어려운 엔트로피 등의 개념을 요구하는 경우도 실제 실험에서는 발생한다. 교사와 학생들의 교과서 실험에 대한 불신은 이러한 복잡한 상황의 문제 때문에 발생하는 것이 많다고 할 수 있다. 따라서 교과서 실험 불신의 문제는 교사의 인식 변화와 함께 전문적인 자료 해석과 설명의 병행으로 해결될 수 있을 것이다. 현재의 과학 수준으로 해결이 안 되는 현상이 관찰된다고 하더라도, 이는 과학의 발달 가능성과 잠정성의 관점에서 다루어 줄 수 있는 인식의 변화가 필요하다.

비록 2007 개정교육과정에서 화학결합의 개념과 원자량의 개념이 제시되지만, 교과서 내용을 이해하고 전달하는 교사의 인식 변화가 없다면 이 연구에서 제시한 문제점이 학교 수업에서 해결되지 못할 가능성이 높다. 학교에서 교사가 해석하여 전달하는 교실수준의 교육과정이 국가수준의 교육과정보다 더 실제적이기 때문이다. 또한 다시 바뀌게 될 새로운 교육과정에 근거하여 개발되는 교과서에서는 어떠한 시각으로 내용이 구성될지 지켜볼 일이다.

Acknowledgments. 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0005939).

REFERENCES

1. Ministry of Education *Science Curriculum, Announcement 1997-15*. Korea, 1997.
2. Lee, J. A.; Maeng, S. H.; Kim, C. J. *Journal of Korean Earth Science Society* **2007**, 28(6), 705.
3. Park, S. J.; Yu, J. H.; *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **1999**, 19(2), 275.
4. Paik, S. H.; Kim, H. S.; Han, Y. H.; Kim, S. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2010**, 54(3), 338.
5. Bybee, R.; DeBoer, G. *Handbook of research on science teaching and learning*; MacMillan: New York, U.S.A., 1994.
6. Nott, M. *School Science Review* **1997**, 78(285), 49.
7. White, R. T. *International Journal of Science Education* **1996**, 18(7), 761.
8. Han, Y. H.; Lee, M. S.; Paik, S. H. *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **2007**, 27(1), 50.
9. Leach, J.; Paulsen, A. *Practical work in science education*;

- Fredericksberg: Roskilde University Press: U.S.A., 1999.
10. Park, Y. S. *Analysis and improvement of highschool science experiment education*. Chungcheongnamdo Education Professions Papers, Chungnam Training Institute, Cuungnam, Koera, 1996.
 11. Tobin, K.; Gallagher, J. J. *Journal of Curriculum Studies* **1987**, *19*, 549.
 12. Stake, R. E.; Easley, J. *Case studies in science education*. Urbana-Champaign University of Illinois, Center for instructional and curriculum evaluation, U.S.A., 1978.
 13. Hodson, D. *International Journal of science Education* **1996**, *18*(7), 755.
 14. Song, Y. B. A Study on Analysis and Improvement of Chemical Experiments in th Middle School. Master Thesis, Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea, 2000.
 15. Hofstein, A.; Lunetta, V. N. *Science Education* **2004**, *88*(1), 28.
 16. Nam, J. H.; Kim, S. H.; Kang, S. H.; Park, J. Y.; Choi, B. S. *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **2002**, *22*(1), 110.
 17. Jung, S. J.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2006**, *50*(5), 374.
 18. Kim, H. B.; Lee, S. K. *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **1997**, *17*(4), 501.
 19. Noh, T. H.; Kwon, H. S.; Kim, H. K.; Park, S. J. *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **2000**, *20*(1), 20.
 20. Bae, S. R.; Park, Y. B. *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **2000**, *20*(4), 572.
 21. Lee, Y. J.; Gi, W. H.; Kim, Y. H.; Jeong, W. W.; Yang, S. Y.; Kang, Y. H.; An, Y. H.; Im, S. G.; Yun, I. H.; Kim, J. W.; Yun, S. H. *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **1997**, *17*(4), 435.
 22. Choi, B. S.; Nam, J. H. *Chemistry Education* **1995**, *22*(3), 276.
 23. Park, T. G. *Chemistry history, Review again common sense*; Propagation Science Company: Seoul, Korea, 1993.
 24. Kim, J. R.; Go, H. D.; Kim, J. H.; Kim, N. I.; Im, Y. W.; Dong, H. G.; Kim S. J.; Nam, C. J.; Kim, Y. S.; Lee, J. Y. *9th grade Science*; Blackbox Company: Seoul, Korea, 2002.
 25. Kim, K. M. A Descriptive Study on Full and Short Version GALT. Master Thesis, Korea National University of Education, Chung-buk, Korea, 1997.
 26. Shayer, M.; Adey, P. S. *Towards a Science of Science Teaching*; Heinemann Educational Books: London, U.K., 1981.
 27. Park, G. H. Comparisons between the Demanded Cognitive Levels of 'Energy' unit in Science Curriculum and the Cognitive levels of Students of 10th Grade. Master Thesis, Korea National University of Education, Chung-buk, Korea, 2007.
 28. Choi, D. H. Analysis of the relationships between science laboratory activity and science learning outcomes of the middle school students. Doctor Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea, 1990.
 29. Kim, S. K. Development and Application of Physical Science Inquiry Modules on Sequence of Science Process Skills in Middle School. Doctor Thesis, Korea National University of Education, Chung-buk, Korea, 2006.
 30. Kang, H. S.; Lee, J. H. *Studies of Curriculum* **2006**, *24*(1), 153.
 31. Kim D. H.; Park, K. M. *Studies of Curriculum* **2003**, *21*(2), 23.
 32. Kim, H. Y.; Paik, S. H. *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **2009**, *29*(6), 653.
 33. Min, H. J.; Park, C. Y.; Paik, S. H. *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **2010**, *30*(4), 437.
 34. Bang, E. J.; Paik, S. H. *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **2010**, *30*(6), 719.
 35. Park, S.; Oliver, J. S. *Journal of Research in Science Teaching* **2008**, *45*(7), 812.
 36. Kim, H. Y. A Study on the effect of concept interview through interaction between teacher and students. Master Thesis, Seoul University of Education, Seoul, Korea, 2002.
 37. Park, M. H. A comparative study of high school science classes given by science teachers according to whether science is their major or not. Master Thesis, Korea National University of Education, Chung-buk, Korea, 2004.
 38. Paik, S. H.; Sin, H. *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **2005**, *25*(3), 411.
 39. Paeng, A. J.; Paik, S. H. *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **2005**, *25*(2), 146.
 40. Lee, M. H. Survey of Science Teachers' Perception about the Purpose of Science Experiments. Master Thesis, Korea National University of Education, Chung-buk, Korea, 2006.
 41. Yang, I. H.; Jung, J. W.; Kim, Y. S.; Kim, M. K., Jo, H. J. *Journal of Korea Earth Science* **2006**, *27*(5), 509.
 42. Kim, J. Y.; Paik, S. H. *Journal of Korean Association for Research in Science Education* **2009**, *29*(1), 10.
 43. Tasker, R. *The Australian Science Teachers Journal* **1985**, *38*(1), 25.