

고등학생의 화학학습에 대한 인식

박 현 주*

조선대학교 사범대학 과학교육학부
(2002. 11. 22 접수)

High School Students' Views of Learning Chemistry

Hyun-Ju Park*

Department of Science Education, Chosun University, Kwangju 501-759, Korea
(Received November 22, 2002)

요 약. 이 연구는 만약 교사가 학생들이 가지고 화학학습과 관련된 개념을 변화시킬 수 있다면, 그 변화를 통하여 화학학습의 효과를 높일 수 있다는 전제하에, 고등학생들의 화학학습에 관련된 개념에 대한 인식을 이해하는 것이다. 고등학교 2학년 학생 6명을 연구참여자로 하여 심층면담, 관찰자료, 분석수집을 통하여 자료를 수집하였다. 자료 수집과 자료분석의 과정에서, 자료에 대한 삼각측정과 연구자 삼각측정이 이용되었다. 연구결과를 살펴보면, 연구참여자들은 자신들이 해야 할 화학 수업에서의 역할에 대하여 수동적이며 지식 전수자로서의 관점을 가지고 있었다. 실질적인 경험이 화학 개념 이해에 보다 효과적임을 공감하면서도, 연구참여자들은 교사에 대한 이해, 즉 학습 진도나 평가 문제, 교육환경 문제 등으로 인하여 제한된 학습의 경험밖에 제공하지 못하는 교사의 어려움을 동감하는 경향을 보였다. 이러한 연구참여자의 화학학습과 학습자, 그리고 교수자 역할에 대한 인식은 화학 학습의 제한적인 요소로 작용할 수 있을 것이다.

주제어: 과학학습, 화학학습, 개념생태, 학습문화

ABSTRACT. The purpose of this study is to investigate views of high school students' learning of chemistry as one aspect of conceptual ecology. The results of this study will help us expand our understanding of conceptual change as it is used to evaluate learners. I made use of an interpretative research design based on principles of naturalistic inquiry. The participants in this study were six sophomore students. The picture of a chemistry class we draw from analyzing data is a play on stage with little interaction. Students accept passive and difficult-to-modify views of the learner roles that they should play in the chemistry classroom. Students identified chemistry classes as conservative places. 'Transmission' seems to remain the persistent and dominant classroom cultural dynamic for both the teaching and learning of chemistry. Students should understand about learning processes, and how to play, monitor, evaluate and regulate them. Students should experience the plausibility and fruitfulness of learning chemistry, and it will help students to feel a "love of learning chemistry." As students change their views of learning chemistry, it will help to improve their learning and to experience conceptual change in chemistry learning.

Keywords: Learning of Science, Chemistry, Conceptual Ecology, Classroom Culture

서 론

학습자의 개념은 지난 20여년 동안 국내 외 과학교육 연구에서 중요하게 다루어졌다. 자연 현상에 대한 개념

을 구성하는 방식과 내용을 이해하려면, 학습자들이 지닌 해석적 관점과 학습방식에 대한 탐색이 선행되어야 하기 때문이다. 초기 개념변화 이론¹⁾에서는 언급은 되었으며 그다지 강조하지 않았으나, 수정된 개념변화 이

론은³ 학습자의 개념이 개념생태에서 비롯되는 것으로 효율적인 개념변화를 위해서는 학습자가 결과적으로 갖는 개념 및 개념 자체의 특성에 대한 이해뿐만 아니라 개념생태에서 특정 개념이 생성되고 유지되는 과정에 대한 이해가 반드시 필요하다고 지적하였다. 개념 변화는 학습자 및 학습과정에 대한 총체적인 이해의 공간을 제공하는 개념생태에 대한 이해를 기초로 한다. 즉 학습자가 특정 개념을 가졌다는 것은 학습자의 개념생태에 기반을 두고, 의미를 부여하여 개념을 형성하는 것이다. 개념생태는 다수의 연구자들에 의해 그 의미가 지식을 표현하는 개념의 요소로부터 심리적, 사회적 요소를 포함하면서 그 영역의 차원이 확장되어왔다.^{4,5}

개념변화를 위하여 학습자의 화학 학습을 총체적으로 이해하고자 할 때, 한 시점에서 학습자의 화학 지식의 정도 측정과 더불어 그 학습자가 '화학' 교과에 대하여 가진 흥미나 동기는 어떠한지 그 흥미나 동기는 무엇으로 인하여 구성되어진 것인지 등의 화학 학습 활동을 이루는 개인의 동기·심리적 측면을 모두 포괄하는 개념생태적 접근이⁶ 요구된다. 학습자들이 학습활동에서 항상 가장 중요한 요인이기 때문에, 학생들이 학습에 대하여 무엇을 생각하고 믿으며 가치를 두는 지에 대하여 고려해야 한다. 특정 개념이 학습자에게 있어서 이해가능하고 믿음만하다 하더라도, 그 개념을 다루는 학습자의 교과에 대한 인식 또는 학습 목표 등에 의하여 많은 영향을 받기 때문에 학습자의 인식, 목표, 신념은 화학학습을 구성하는데 중요한 역할을 한다.⁷

최근 학습(또는 교수)을 하나의 커다란 개념으로 간주하고 그 변화에 초점을 맞춘 개념생태 관련 연구에 의하면,⁸ 학습(또는 교수)이라는 개념에 맥락을 제공하는 개념생태는 학습자의 실질적인 학습 및 교수의 대상이 되는 화학 개념들을 접하는 방식에 영향을 준다.⁹ 또한 학습자들의 화학 학습에 대한 열정은 화학 학습에 대한 신념과 관련되어 있다.¹⁰ 학습자들의 화학학습에 대한 신념은 지식의 본성, 학습의 본성, 인식론적 확신 근거를 포함한 화학 및 화학 수업에 대한 인식으로부터 영향을 받는다.^{11,12} 이렇게 형성된 화학 학습에 대한 인식은 학습자들의 과학학습 동기 및 학습에 영향을 준다는 것이다.^{13,14}

이 연구는 만약 교사가 학생들이 가지고 화학학습과 관련된 개념을 변화시킬 수 있다면, 그 변화를 통하여 화학학습의 효과를 높일 수 있다는 전제⁸로부터 시작하였다. 이 연구는 고등학교 2학년 학생들이 화학학습과

관련된 개념들, 예를 들면, 과학 및 화학, 화학교과서, 화학학습 등에 대하여 어떻게 인식하고 있는가를 조사하는 것이다. 즉 화학 학습에 대한 개념생태를 구성하는 요소들을 탐색함에 있어서 학습자가 지닌 동기·심리적 관점의 측면에서 수행되었다. 학습자가 지닌 화학 학습 개념을 연구, 분석함으로써 화학학습과 수업을 위한 시사점을 논하고자 한다.

연구방법 및 절차

연구참여자

수도권에 소재한 한 고등학교에 재학 중인 2학년 학생 6명을 연구참여자로 선정하고, 각 연구참여자 및 학부모, 그리고 담당 교사로부터 '연구참여 동의서'에서 명 및 날인을 받았다.

자료수집 및 분석

자료수집은 심층면담, 관찰, 문서 수집의 방법을 이용하였고, 1998년 6월부터 1999년 8월까지 진행되었다. 첫째, 면담을 이용한 자료수집은 반구조화된 면담질문으로 5회에 걸쳐 진행되었고, 면담 내용은 녹음, 전사되었다. 각 면담은 추가 면담(follow-up)을 통하여 선행 면담에서 나타난 의문점과 문제점을 보완하였다. 1, 2차 면담은 연구참여자들의 과학 및 과학철학에 관한 내용들로 Nusbaum의 과학교수에 관련된 철학적 질문문을 바탕으로 개발된 겹사지¹⁵의 질문으로 시작되었다. 예를 들면, '과학적 지식은 단지 증명되거나 확증되어진 것이다', '과학적 방법', '과학이란 무엇인가', '학교에서 과학을 배우는 이유는 무엇인가' 등이다. 3, 4, 5차 면담은 연구참여자들이 작성한 화학 및 과학수업 관찰일지를 기초로 하여 진행되었다. 연구참여자들의 수업 관찰 일지에 나타난 수업 및 수업 활동에 대한 내용, 학생들의 반응, 의문점에 대하여 질문을 함으로써 면담을 진행하였다.

둘째, 직접 및 간접 관찰을 통한 자료수집이다. 연구자가 5회에 걸쳐 화학 수업에 참관하여 수업의 형태, 분위기, 교사와 학생의 상호작용 등을 관찰하였다. 한편 각 연구참여자들은 연구자의 요청에 의해 약 6주에서 8주에 걸쳐 화학수업을 관찰하고 일지를 기록하여 연구자교로 제공하였다. 연구참여자들은 화학 수업 관찰일지를 작성하도록 하였는데, 수업 목표와 내용뿐만 아니라 수업 형태와, 교사와 다른 학생들의 반응을 관

찰하여 기록하고, 그것에 대한 소감을 적도록 하였다.

셋째, 문서 자료로서, 연구참여자의 인지수준 검사지 (GALT), 남입 교사와 과학교사가 기술한 연구참여자의 프로필 --교사가 보는 연구참여자의 성격, 성적, 수업 태도 및 과학적 태도, 기타 명기 사항-- 등이 포함된다. 이 문서 자료는 연구참여자의 성격과 학습관을 이해하는데 기초자료로 활용하였다. 모든 연구참여자는 형식적 조작기로 나타났다.

자료 분석 및 해석에는 세 가지 성분 분석(three strands)^{16,17} 방법이 사용되었으며, 연구의 신빙성(trustworthiness, 질량적 연구에서의 내적 타당도에 해당)을 확보하기 위하여,^{18,19} 자료에 대한 삼각측정(data triangulation)과 연구자 삼각측정(investigator triangulation)이 이용되었다. 자료에 대한 삼각측정은 자료를 수집하고 분석하는 과정에서, 민담, 관찰, 문서 등과 같은 다양한 자료를 수집하였다. 연구자 삼각측정은 구성원간 검토(member checking)와 동료의 검토(peer-debrieting)를 활용하였다. 구성원간 검토는 수집된 자료를 토대로 연구자가 작성한 자료 분석 결과와 해석의 초안을 담당 화학 교사와 연구참여자에게 보내어 피드백을 받았다.²⁰ 동료의 검토는 과학교육 전문가 2인에게 수집된 자료를 화학교육의 산영역(과학 또는 화학, 수업, 학생)에 따라 분석하도록 요청한 후, 그 결과와 연구자의 결과를 비교하였다. 그 결과 86% 이상의 일치도를 보였다.²¹

연구결과

이 연구는 연구참여자들이 가지고 있는 화학학습에 대한 인식의 전형적이며 대표적인 특징을 정리하여 제시하였다. 연구 과정에서 드러난 학생들의 사고는 개인에 따라 뚜렷하게 구별되기 보다는 서로 공통적인 부분이 많았으며, 나쁘다 하더라도 부분적으로 교차하는 특성을 나타내었다. 자료를 분석하면서, 학생들의 관점은 코드화 되어 분류되었다. 각 특징은 과학, 화학교과서, 화학수업, 화학학습의 영역으로 분류되었고, 각 영역은 대표적인 에피소드의 형태로 제시되었다. 에피소드란 분리된 이벤트로써, 특정 유형의 화학학습에 대한 인식을 나타낸다.

과학(화학)

에피소드 1) 과학은 끊임없이 변한다. 그 근거는: 사람들은 일반적으로 자신의 입장에서 생각하다가 자신

이 생각한 것이 여러 가지 요인(예를 들면, 실험, 시대적 상황의 변화, 사고 자체의 발전 등)에 의해 변화되고 그리하여 사고는 발전하게 되기 때문이다. 그러나 과학적 이론의 변화에 대하여 이해하거나 경험하는 학생들은 거의 없다. 왜냐하면 '우리들은' 그런 것을 이해하거나 경험할 만큼 똑똑하지 않기 때문이다. 단지 주어진 사실과 결과로서 나타난 과학적 원리를 이해하려고 노력할 뿐이다.

끊임없이 변하는 그런 한 가지 학문... 오랜 시간이 걸렸겠지만요. 역시 과학은 변하고 그기에 대한 지식은 끊임없이 변하고 결국 끝까지 결론에 도달하였다 하더라도 그게 어떻게 다시 되돌아보면 그게 진실이 아니었을 수도 있고...

그때[과거 과학자들이] 제일 먼저 생각한게 내 자신이 움직이지 않는데 어떻게 지구가 움직일 수 있느냐 그런 생각들을 많이 했을거 같구요. 그러니까 대부분의 생각들이 하나의 지식으로 된거지요 ... 실험과 관찰과 여러 가지 실패를 통해서 지구는 돌고 저 마다 이상을 가면 우리는 죽는다 그게 죽는다라는 것이 아니라... 것들이 밝혀지고 그런 실험과 보는 현상으로 인해 생각할 시간이 많아지니까요. 그 시간을 과학에 투자할 수 있는거죠 ... 결국 어떤 진실에 도달해도 다른 진실을 찾기 위해서... 그래야지 과학이 발전될 수 있어요

위에 제시된 연구참여자들의 민담 내용과 같이, 과학적 이론의 변화는 단시간에 일어나는 일이라기보다는 많은 시간과 복합적인 변화에 따라 일어나기 때문에 학생들이 구체적으로 경험하기에는 어려운 점이 있다. 그러나 연구참여자들은 과학적 이론 변화에 대한 이해를 하지 못하는 것을 단순히 스스로의 '똑똑하지 못함'으로 결론지음으로써 과학은 고정된 것이 아니라 끊임없이 변화하는 학문의 성격을 가졌다는 것을 피상적으로만 인식하는 경향을 보였다. 과학의 본성과 철학적인 측면의 이해는 과학적 사실들의 나열과 단편적인 제시보다는 과학자들 이용한 과학교육을 통해서 가능할 것이다.^{22,23}

에피소드 2) 과학의 본성은 과학적 사실과 동일하다. 과학철학과 실질적인 과학 내용들은 분리되어 있다. 마치 영어 회화와 문법과의 관계를 연관지어 영어학습을 하기보다 따로 구분하여 학습하는 것과 유사하게, 과학

의 본성과 과학적 사실을 구분하여 인식하고 있었다. 또한 연구참여자들은 과학적 활동과 학습을 통하여 과학철학적 의미를 형성하기보다는 교과서에 제시된 사실로서 과학 및 과학의 본성을 암기하는 경향이 있었다.

과학은 자연의 이치와 경험적 사실로부터 이끌어낸 객관적이고 보편적이며 체계화된 지식과 그러한 지식을 얻기 위한 인간의 활동이다. (중략) 그러나 객관적 사실에 기초한 과학 지식은 보편적인 절대 진리가 아니라, 시대적·사회적 상황에 따라 다른 원리나 법칙으로 대체될 수 있는 잠정적 진리이다.

따라서 벤젠 구조가 과학자들 사이에서 논란의 대상이었다는 것을 민희는 이해되지 않는다고 이야기하였다. 한 과학자가 벤젠 구조가 이렇다 라고 이야기하면 다른 과학자들은 그것을 그대로 받아들이면 되는데, 왜 그런가에 대한 논의는 불필요하고 시간 낭비라고 생각하였다. 비록, 민희의 경우, 과학의 본성을 교과서에 제시된 것과 같이 암기를 하면서도, 과학적 이론들이 과학자 공동체들간의 탐구와 논의를 통하여 받아들여지는 과정을 포함한다는 것을 인식하지 못하고 있는 경향을 보였다. 민희의 말에 의하면,

화학자들이 까다로운 것 같아요... 벤젠 구조가 공명 구조이잖아요... 이 구조가 논란이 되는 것이 이해가 안 돼요. 어떤 방향이든 같은데... 문제가 없는게 하나하나 따져 가는게...

과학의 본성을 과학 교과서에 제시된 것과 같이 암기해요.

에피소드 3) 과학은 학교에서 배워야 할 교과이다 과학에 대한 생각은 과학교과가 주는 영향이 지배적이다. 연구참여자들은 “과학은 현대 생활에서 반드시 필요한 삶이다”라고 이야기하면서 과학을 현대 생활에서 필요한 에어컨, 컴퓨터, TV 등과 같은 도구적 개념으로 인식하고 있었다. 한편, 학교에서의 과학은 교육과정에 제시된 교과목의 하나로써 제한되게 생각하는 경향을 보였다. 따라서 연구참여자들은 자연현상이나 현대 생활에 필요한 과학적 원리에 대한 이해보다는, 상급학교 진학을 위한 과목으로서 과학을 공부하고 있었다.

제가 아마 제일 신경 쓰고 있는... 과학 성적... 지금 배우는 게 과학과목이니까. 우리가 생활과학을 배우는 것도 아니고 하니까 지금 배우는 건 거의 다 교과목이라고... 그러니까 생물, 물리, 화학, 지구과학 교과목이 과학으로 생각돼요.

성철과 용준의 경우, 개인적인 자연현상에 대한 흥미나 호기심으로 과학에 다가가는 것은 졸업 후, 상급 학교에 진학하고 난 후에 이루어질 수도 있다고 생각하였다.

고2의 경우, 성적이 가장 중요하기 때문에 다른 것(호기심 해결 등)에 신경쓸 시간이 없어요. 화학도 성적이 나오고... 실패[입시에]할까봐 무서워서... [선생님이] 공부하라는대로 [화학을] 공부해요

에피소드 4) 화학과 역사가 같다 화학교과서에서 어떤 이론을 그 이론의 시대적 발전 순서에 따라 제시한다는 점에서 화학과 역사는 비슷하다고 연구참여자들은 인식하고 있었다. 예를 들면,

...과학자들 그 역사 그러니까 제일 먼저 쓰는 게 원자설부터 시작해서 그 리터포드의 뭐 이런거 쪽쪽 가다가 현대 그것도 나오잖아요 ...원자가 가지고 있는 역사잖아요... 우리 나라를 보여주는 게 역사구...

역사가 과거를 살펴봄으로써 현재와 미래의 전망을 제시할 수 있다는 점을 고려한다면, 이론의 시대적 발전 과정을 통하여 학생들이 과학철학적 관점에 대하여 고민할 수 있는 기회가 제공되어야 할 것이다. 그러나 연구대상자들은 화학적 이론의 발전 순서만을 염두에 두었지, 그런 상황들이 어떤 시대적·사회적·과학적 의미를 갖는지, 어떻게 그러한 이론들이 정립되었고 영향을 주었는지에 대하여는 염두에 두고 있지 않은 경향을 보였다.

물[역사와 과학]은 다른 건 아니긴 해? ... 그거들 그렇게 생각하고 어? : 방향으로 나가는 그런 건 똑같은 거 같아요... 역사는 우리 나라의 역사를 적어놓은 것이고, 과학교과서는 이론이 어떤 단계를 거쳐서 현재까지 왔는지를 적어 놓은 것이고...

에피소드 5) 과학은 변하나 과학시험에서는 절대적인

진리를 요구한다. 연구참여자들이 의하면, 화학 교사는 과학의 역동성으로 인하여 과학 분야에는 절대적인 진리는 존재하지 않는다고 말한다. 그러나 “우리는 과학을 절대적인 진리로서 공부한다. 그렇지 않으면 우리는 시험에서 정답을 고를 수 없기” 때문이다. 특히, “화학과 같이 이해가 어려운 과목은 선생님께서 이걸 이렇다! 라고 말씀해 주신 부분을 암기해야 한다. 암기해도 틀리는때.. 암기하지 않으면...”

그동안 과학교육 분야에서는 다양한 평가를 통하여 학생들의 과학적 태도와 소양을 평가하기 위하여 노력해 왔다. 그러나 우리 나라의 입시제도에 기반을 둔 교육사회 문화는 학생들에게 학습의 즐거움보다는 평가의 중압감을 느끼게 하는 경향이 있었다.

화학교과서

에피소드 6) 화학교과서는 과학의 본성이나 과학 이론의 역동성을 명확하게 제시하고 있지 않다. 화학의 변화에 대하여 화학교과서는 이론 변화의 맥락을 충분히 보여주지 못하고 있어서 화학 이론의 역동성을 계몽하고 있지 못하고 있다. 과학에서 이론의 위치는 당대 사람들에 의해 결정된 것이며 변할 수 있다고 생각하고 있지만, 교과서에서는 이를 충분히 반영하지 못하고 있다는 것이다. 심지어 어떤 이론이 나온 그 배경(귀납적 추론 등을 통한)에 대하여 제시하고 있지 않다. 따라서 민회나 철수의 경우, 객관적 관찰과 귀납적 추론을 통해 과학 개념이 성립되는 것이 아니라, 과학적 지식이나 이론은 과학자의 독특한 아이디어(민회의 경우, 과학자 자신의 어떤 주관)에 의해서 성립된다는 결론으로 이끌게 된다.

교과서에는요 그냥 어떤 사람이 이런 생각을 했기 때문에 이랬나 이게 어떤 결과들 어떤 거들 통해서 이렇게 됐다는 거를 길게 장엄하게 설명을 해 주는 거를 못 봤거든요. 교과서는 이제 딱딱 이론만 나왔지.. 그러니까 딱딱한 과학자 몇 명에서 이론을 만들어 나가는 것이 아닌가요..

화학 수업

에피소드 7) 화학교사는 주연 배우이고, 학생들은 관중이다. 따라서 학생들은 듣는다.

재영은 과학에 대한 여러 가지들 사교하는 것은 과학을 학습하는데 도움을 준다고 믿는다. 그러나, 실질적

인 화학 수업은 수업시간에 배운 이론에 대하여 깊게 생각하는 것은 거의 불가능하다. 이해하고자 노력한다거나 이론의 진실 여부에 대하여 의구심을 갖는 것은 불가능하다. 왜냐하면 정해진 일정 기간 동안 배워야 할 과학 이론이 너무 많기 때문에, 따라서 연구참여자들은 “...이론이 진짜일가에 대하여 생각할 여유가 없어요.. 할 필요도 없고..” 단지 교사들의 이야기를 들을 뿐이다.

따라서, “고등학교는 빨리 지나고, 대학교는 오래오래 다녔으면 좋겠어요.. 얼른 어른이 되고 싶어요.. 어른이 되면, 억지로 시켜서 하는 것이 아니라 하고 싶은 것을 하고.. 책도 많이 읽고, 목표를 상실한 면도 있겠지만, 스스로 내 목표를 찾고 싶어요...”

에피소드 8) 자기 주도적 수업이 아닌 선생님의 수업에 방해가 되지 않아야 한다. 그리고 선생님에 대하여 안쓰러움을 느낀다. 연구참여자들 스스로 수동적인 학습자임을 인정하고, 교사의 노력을 인정한다. 그러나 이러한 사고는 학생들의 실질적인 학습에 그다지 영향을 주지는 않는다. 종종 교사가 묻는 “이것 이해되지?.. 진짜로 이해되지? 정말이야?” 라는 질문은 학생들에게 “네, 알아요.”라는 답을 강요한다. 비록 연구참여자들은 그것을 이해하거나 이해할 수 없음에도 교사에 대한 미안함에 그렇다라고 대답한다. 따라서 만약 질문이 있더라도 연구참여자들은 가능한한 질문으로 교사의 강의를 방해하지 않으려고 한다. 학생들은 선생님이 수업 시간에 “뽀야야했나루어야 할” 내용이 너무 많다는 것을 이해하기 때문이다.

어떨 때는 선생님께서 이해 안가? 이해 안가? 이해 안가? 라고 강요하시면, 도저히 이해가 안가는데도 선생님께 미안해서 이해한다고 해요.. 한 반에 50명이 있는데 내가 이해가 계속 안되면 내가 집중 안 해서 안들었다는 이야기잖아요.. 세 번 들었는데 이해 안가면 반 아이들에게 미안하죠, 선생님 전 죽어도 이해 안가요, 다시 설명해 주세요. 그럴 수도 없고..

선생님이란 입장이 무섭다. 한 아이의 인생을 막는다.

에피소드 9) 과학 수업은 과학의 본성과 과학적 내용을 분리하여 개별적인 것으로 나누어 제공한다. 또한 과학 수업시간에 학생이 생각하는 과학의 본성(과학은 변한다)이 충분히 다루어지지 않는다.

과학 수업에 대한 민희의 지식은 변한다는 생각은 스스로의 학습에 도움을 준다고 생각하고 있다. 그러나 실제 수업에서는 수업 내용이 많고 그것을 배우기에 급급하므로 수업 시간 중에 그 이론을 이해한다거나, 깊은 생각을 갖는다거나, 그 이론이 “진실일까”에 대한 호기심을 갖는 것은 불가능하다.

선생님이 말씀하시면 저게 왜 그럴까라는 그런 호기심도 갖고 그리잖아요. 그러니까 그런 생각하는게... 과학 시간에는 수업이 학생들의 생각 같은 것을 끌어내는 것이 아니라 얘기해 주세요... 과학같은 경우도 선생님이 왜 이런지 이런지 얘기하면서도 이렇게 되기 때문에 이렇다 결국 이렇게 나오면 결국 외워야 되구. 받아적어야 되구. 과학에 대해서 왜 저런 현상은 저래야만 하는걸까? 그런 생각보다는요, 아 선생님이 저러니까 저런가보다 생각하면서... 당연히 희망을 [선생님에게] 걸었어요. 저희들보다 똑똑한 사람들이구 또 많이 아는 사람들이 이런 이론을 내세우고 얼마나 실험을 많이 했을테니까요. 당연히 옳으려나 생각하고 그러니까 틀려나가는 생각은 가끔씩 해보거든요. 왜 저러지? 그것도요. 그 순간만 딱 지나면 더 이상은 생각이 안나요.

에피소드 10) 시험은 화학 수업에 커다란 영향을 준다. 시험 기간 직전의 수업은 수업 내용이 너무 많으나 집중이 잘되고, 시험 기간과 무관한 시기의 수업은 집중이 잘 안 되는 반면 수업과정이 여유가 있다. 연구참여자들은 시험 2주 전의 수업을 열심히 들어야만 과학 성적이 잘 나온다고 생각하고 있었다. 그들의 수업에 대한 이러한 생각은 시험 기간 전과 시험 직전의 수업 태도에 영향을 준다고 추측할 수 있다. 또한 화학 학습을 시험에 출제될 것을 선택해서 함으로써, 화학에 대한 총체적인 이해를 하기 보다는 시험을 중심으로 단편적인 화학 내용을 학습하게 하는 경향이 있었다.

보통 때는 진도도 나가시고 이런 거 이런 거는 수능에 나올 지도 모른대라고 하시고, 수능에 나올 수 있다... 시험 직전에는 이 문제 안냈다. 안나와하시며 시험 위주의 말을 많이 해요. 선생님이 말하지 않는 것은 당연히 안나온다... 중요한 거 위주, 그것을 위주로 퍼져나가서 공부해야 잘되니까 이것은 중요하다... 그래도 그것들을 중심으로 공부하죠.

현재의 수업은 다른 사고를 유도하는 수업이 아니고 이것을 이해시키고 다른 것을 생각할 시간도 안주고 넘어가고 넘어가고... 과학적 사고력을 기를 수 없죠. 그래도 시험을 잘 볼 수 있게 할 수 있죠.

시험 전에는 당장 시험이 있고 내용이 많아서 어려워요. 선생님이 말씀해 주시는 것 받아적기 마쁘고... 너무 바빠서 엄두가 안났어요. 외문하는 것을... 잠깐잠깐 배운 것, 여유로울 때 했더라면 좋았을텐데... 시험이 끝나고 난 직후에는 선생님께서 진도도 천천히 나가고 쉬엄쉬엄 하니까, 애들이 쉬자고 하면 쉬니까... 보통 때는 집중을 안해요. 이해보다는 그냥 적어 놓아요. 보통 시험 한 두 주 전부터 공부하잖아요. 프린트 요약이니까 덧붙여 보충 설명하는 것을 적어두면 나중에 이해가 쉬워요... 그리고 이해가 되었던 것도 보충 설명을 적어 뒀어요. 왜냐하면 이 순간하고 그 순간하고 다르기 때문에... 시험 기간 전에는 집중이 잘 안되는데 시험 때는 집중이 잘 돼요.

에피소드 11) 화학수업 동안, 이론의 변화에 대하여 경험하는 학생들은 거의 없다. 왜냐하면 “우리들은 그런 것을 경험할 만큼 똑똑하지 않지” 때문이다. 뿐만 아니라 수업은 학생들의 경험 여부에 관심이 없이 진행되어진다.

수업을 듣는 것만 해도 딱딱거든요. 화학시간에는 수업이 학생들의 생각이나 경험 같은 것을 끌어내는 것이 아니라, 오늘 수업 같은 경우도 선생님 하시는 것을 충동원해서 칠판에 뽀뽀 적으시면서요 그 지식은... 꼭 해주세요. 그러면 아 그러니까 그렇구나 하면서 와우고... 받아적고 그러면 한 시간이 후딱 가버리고... 아 선생님이 저러니까 저런가보다 생각하면서... 저희보다 똑똑한 사람들이고 또 많이 아는 사람들이 이런 이론을 내세우고 얼마나 실험을 많이 했을테니까 당연히 옳으려나 생각하고.

화학 학습

에피소드 12) 직접 경험을 통한 화학학습은 화학에 대한 흥미를 증진시킨다. 연구참여자들이 의하면, 직접 경험할 수 없다면, 그 내용을 학습하기 위한 동기 유발은 어렵다고 주장하였다. 따라서 수업 시간에 직접 경험(실험, 시청각 자료)으로써 알게된 사실에 대해서는 이해를 하며 많은 도움을 받을 수 있다는 것이다. 따라서 여러 화학 분야 중 어떤 내용은 경험으

로써 이해가 가능하기 때문에 관심을 갖게 되고 쉽게 나가갈 수 있는 반면. 어떤 것은 자신의 직접적인 경험과 연관되지 않아 흥미를 갖기 어렵다. 민현의 경우, 주변의 모든 물체들이 화학으로 이루어졌다는 것을 알지만, 그것들을 실질적으로 경험할 수 없다고 믿기에 어떠한 흥미도 느낄 수 없다는 것이다. 민현과 해수에 의하면,

..돌턴의 원자... 우리는 볼 수 없는데 생각해서 이야기하고, 추론하고... 아직도 확신이 없어요..

아직까지 내가 직접 화학적인 영향을 많이 받기는 하는데 그것에 대해서 아직까지 필요성이나 그런 거를 질실하게 잘 못느꼈어요.. (중략) 보통 이런 나무 하나에도 분명히 화학적 영향이 작용하고 있을거 아니예요? 그러니까 이런 것에도 여러 가지 양전자 음전자가 어떻게 돌아가고 뭐 그런 종류의 여러 가지 일이 있는데 사실 그거는요 물리같은 경우는 책상을 밀었더니 책상이 밀린다 그런게 눈에 확인하게 보이는데... 눈에 보이지 않는 [것을] 추정하고 추정하고 해가지고 아직까지 확실하지 않은 사실이라는 느낌이 들거든요..

에피소드 13) 학교성적은 자연 현상을 과학적으로 얼마나 이해하고 있는 정도에 대하여 보여주지 않는다. 또한 화학적 용어를 사용한다는 것이 사실로 그 의미를 이해한다는 것을 의미하지 않는다. "우리는 화학적 용어를 사용하고 화학 교과와 같이 그 정의를 내릴 수는 있는데... 공명구조, 끓는 점, 지시약, 강산, 약산, 수소 결합 등의 용어는 아는데, 간혹 문제를 풀 때 헛갈릴 때가 있어요." 앞의 언급과 같이 용어의 개념을 명확하게 이해하지 못하고 있는 경우도 있는 것으로 나타났다. 용어는 사용하나 개념이 안잡힌 듯 이해하지 못하고 막연히 알고 있는 것이다. 그러나 학교시험을 위해서는 화학적 용어의 정의를 암기하고 있어야 한다. 학교성적으로 인하여 과학을 잘하나 못하느냐로 구분되어진다. 즉 과학에 잘하고 못하느냐의 기준은 과학적 행동이나 사고에 의해서가 아니라 적적으로 교과 성적에 의하여 특성 지어진다.

과학 성적이 잘 나오지는 편이죠. 시험 문제를 푸는 것과 현상을 이해하는 것이 어느 정도 관련은 있지만... 꼭 그렇지는 않아요. 시험은 시험이죠..

...열심히 외운 지식을 총동원해서 열심히 문제를 풀어나가구요.. 화학의 경우는, 거의 환상적인.. 낭만적이건 분명히 이러니까 플러스 마이너스 이런 형식으로 어떤 차가 생겨서 막 이렇게 개념들 막 이렇게 확실히 공부했으면 확실히 풀어가는데, 저는 거의 환상적으로 풀려는 거예요. 아무 것도 모르니까 딱 보구선, 아냐 그걸 거야. 추측으로요 파악 푸니까 다 틀리죠. 그래 놓구서는 제가 답을 많이 모르구. 못푸니까 못한다 생각하고 있어요.

에피소드 14) 학습은 시간이 지나도 그 개념을 다시 설명할 수 있도록 이해하고 적용할 기회를 갖는 것이다. 연구참여자들에게 좋은 화학 수업이란 여러 가지 개념과 원리를 포함하고 공식 등 규칙을 스스로 찾아내어 적용할 수 있는 것. 그리고 여러 가지 화학 내용 영역을 실생활에 통합되어야 한다고 진술하였다. 또한 그들은 학습은 시간이 지나도 그 개념에 대한 올바른 이해를 지속할 수 있는 것이라고 이야기하였다. 연구참여자들의 학습은 화학적 개념의 지위가 이해가능성(Intelligibility)을 반쪽하고, 뿐만 아니라 개인성과 응용성을 고려하거나 경험함으로써 지속적인 화학학습의 효과를 기대할 수 있다는 것이다. 학생들의 이런 생각을 충분히 반영해 주지 못하는 화학 수업은 학생 중심의 수업, 그리고 학생들의 화학개념변화 학습에 제한적으로 적용할 수 있다.

시간이 지나도 다시 설명할 수 있게 스스로가 적용도 시켜보고.. 언제든지 머리 속에 있는 것도 적용시켜 보고 꺼낼 수 있게.. 이해도 확실히 하는 것이 공부인데..

익숙해지면서 머릿속에 잘 들어오고, 자주 읽고, 생각을 많이 하고, 나른 것하고 연결시키고, 문제도 많이 풀면.. 안 잊혀져요.

에피소드 15) 암기식으로 배우면 다시 되새겨서 공부해야 한다. 연구참여자에게 의하면, 암기식으로 배우는 과학 교과 내용들은 쉽게 잊게 되고, 개념도 제대로 형성되지 않으며, 되새기기 위해서는 다시 암기할 필요가 있다는 것이다.

다시 [공부]해야해요. 처음부터, 다시 공부하면 일복요연하게 대답할 수 있겠죠. [과거에] 아주 많이 배웠

표. 그런데 암기식으로 배워선, 암기는 다시 되새기지 않으면 잊어버리기 쉬죠

그때 이해하지 못하면, 암기해서 문제를 맞출 수 있기 때문. 암기는 성적에 크게 영향을 끼칠 수도 있어요.

대부분의 연구참여자들은 암기나 암기력은 성적과 매우 효율적으로 상호작용한다고 생각한다. 이러한 사고는 연구참여자들이 화학 학습의 중요성을 시험에서 얼마나 좋은 점수를 받는가에 두고 있는 것으로 볼 수 있다. 암기와 학습의 연관성에 대한 연구참여자들의 사고는 과거부터 지속적으로 겪어 온 학습 경험에서 비롯한다고 볼 수 있다. 화학학습을 암기와 깊게 연관시키는 것은 화학 성적, 진학, 직업 등과 연관된 학습의 필요성에서 기인한다고 볼 수 있다. 연구참여자들은 학습을 평가받기 위한 도구적 요소로 생각하여 시험에서 좋은 점수를 얻기 위해 필요한 과성으로 생각하며, 또한 이해하지 못하는 어려운 내용은 암기가 효과적일 수 있다고 여긴다. 이것은 지속적인 내신 성적이라는 경쟁 심리에서 비롯되며, 외부에서 제공되는 많은 문제를 해결하여 옳은 답을 찾아내는 것이 습성화되어 있기 때문인 것으로 보여진다.

결론 및 시사점

화학 학습에 대한 인식을 질적 연구 방법으로 조사한 결과, 고등학생들은 화학 수업과 학습을 보수적이며 '지식 전달(transmission)'의 역할이 강조된 전통적인 활동으로 인식하고 있는 것으로 나타났다. 학생들은 '현대 사회에서 과학은 삶이다'라고 언급하면서 과학을 실용 '도구'로, 학교 과학은 대학 입학 시험을 위해 배워야 할 한 개의 교과목으로 제한하여 인식하고 있었다. 과학에 대한 인식의 측면에서 볼 때, 학생들은 화학수업을 통하여 과학의 역동성이나 과학 본성의 경험과 더불어 과학적 지식을 학습하기보다는 교과서에 제시된 과학적 사실을 받아들이는 경향이 강한 것으로 나타났다. 그리고 과학이 끊임없이 변하고 있다는 것은 인식하고 있으나 학교에서의 시험은 과학을 절대적인 진리로서 답을 요구하고 있다고 인식하는 경향이 나타났다. 과학의 본성을 과학적 사실과 동일시하며, 과학을 학교 교육과정에 제시된 한 교과라는 인식이 지배적이었다.

또한 화학교과서는 화학 이론 변화의 맥락을 충분히 제시하지 않고 있기 때문에 과학의 본성이나 화학 이론의 역동성을 명확하게 나타내지 못하고 있다. 화학의 학문적 성격을 이론의 시대적 순서에 따라 제시한다는 점을 들어 역사와 비슷하게 인식하고 있었다.

실질적인 경험이 화학 개념 이해에 보다 효과적임을 공감하면서도, 학생들은 교사에 대한 이해, 즉 학습 진도나 평가 문제, 교육환경 문제 등으로 인하여 제한된 학습의 경험밖에 제공하지 못하는 교사의 어려움을 공감하는 경향을 보였다.

학생들은 자신들이 해야 할 화학 수업에서의 역할에 대하여 수동적이며 지식 전수자로서의 관점을 가지고 있었다. 이것은 학생들의 화학 학습에 대한 인식이 현재 화학 수업의 실행이 반영된 것으로 볼 때, 학교 화학 수업은 행동주의적 경향이 지배적인 것으로 추론된다. 이러한 학생의 학습과 학습자로서의 역할에 대한 인식은 화학 학습의 제한적인 요소로 작용할 수 있을 것이다.

현대 과학교육 목표는 사회생활과 과학적 논쟁에 참여할 수 있는 지적 능력을 함양하고, 과학 영역에 있어서 일생동안 자율적인 학습자로 개발하는 것이다.²⁶ 따라서 교사는 과학적 지식뿐만 아니라 학생들에게 화학 학습을 사랑하는 과정을 가르쳐야 한다. 즉 교사는 학생들이 반성적이며 초인지적인 사고를 통하여 화학 학습을 계획하고 모니터링하며 평가하고 조절하는 경험을 할 수 있도록 도와야 한다. 교사가 가진 교수, 학습, 역할에 대한 인식이 종종 교사의 교수와 변화에 장벽이 되는 것과 같이,²⁷ 학생의 화학학습에 대한 인식은 학습자의 학습과 개념 변화에 장벽이 될 수 있다. 따라서 현재 학생들이 가지고 있는 화학학습에 대한 인식을 알아내어 대안적 논의를 위한 출발점으로 이용해야 할 것이다.

개념변화를 경험하기 위하여서 스스로의 개념을 깨닫도록 하는 것과 같이, 화학학습에 대한 개념변화를 위한 시도는 학생들이 구성주의적 관점의 학습과 학습자로서의 역할에 대한 인식으로부터 시작되어야 한다. 이것은 Berry와 Sahlberg²⁸의 주장과 같이, 학습자들이 학습활동에서 항상 가장 중요한 요인이며 학생들이 학습에 대하여 무엇을 생각하고 믿으며 가치를 두는 지에 대하여 고려해야 하기 때문이다. 학생들의 화학학습에 대한 인식 연구는 교사, 학생, 과학교육 연구자에게 학생들의 학습 및 과정, 그리고 수업 시간의 행동을 이해하는데 커다란 도움을 가능하게 할 것이다.

인용문헌

1. Hofer, B. K.; Pintrich, P. R. *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers: London, 2002.
2. Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W.; Gertzog, W. A. *Science Education*, **1982**, *66*, 211.
3. Strike, K. A.; Posner, G. J. In *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Duschl, R. A.; Hamilton, R. J., Eds.; State University of New York Press: New York, U.S.A., 1992.
4. Pintrich, P. R.; Max, W. M.; Boyle, R. A. *Review of Educational Research*, **1993**, *63*, 167.
5. Tyson, L. M.; Venville, G. J.; Harrison, A. G. *Science Education*, **1997**, *81*, 387.
6. Berry, J.; Sahlberg, P. *Learning and Instruction*, **1996**, *6*, 19.
7. Strike, K. A.; Posner, G. J. In *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Duschl, R. A.; Hamilton, R. J., Eds.; State University of New York Press: New York, U.S.A., 1992, 147.
8. Hewson, P. W.; Tabachnick, B. R.; Zeichner, K. M.; Blomker, K. B.; Meyer, H.; Lemberger, J.; Marion, R.; Park, H.; Toolin, R. *Science Education*, **1999**, *83*, 247.
9. Hewson, P. W.; Beeth, M. E.; Duit R.; Hennessey, M. G.; Jimenez-Alexandre, M. P. Paper presented at the annual meeting of the National Association For Research in Science Teaching, March, 2002.
10. Haney, J. J.; McArthur, J. *Science Education*, **2002**, *86*, 783.
11. 박성혜, *한국과학교육학회지*, **2000**, *20*, 542.
12. Bryan, L. A.; Atwater, M. M. *Science Education*, **2002**, *86*, 821.
13. Barlia, L.; Beeth, M. E. High school students' motivational to engage in conceptual change learning. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, March, 1999.
14. 박현주; 최병순, *한국과학교육학회지*, **2001**, *21*, 59.
15. Nussbaum, J. *The History & Philosophy of Science in Science Teaching*, **1989**, 278.
16. Park, H. *A study of the components of students' conceptual ecologies*. University of Wisconsin-Madison: Wisconsin-Madison, U.S.A. 1995.
17. Thorley, N. R. *The role of the conceptual change model in the interpretation classroom interactions*. University of Wisconsin-Madison: Wisconsin-Madison, U.S.A. 1990.
18. Denzin, N. K. *The research act: A theoretical introduction to sociological methods.*, 1970.
19. Mathison, S. *Educational Researcher*, **1988**, *17*, 13.
20. Hewson, P. W.; Tabachnick, B. R.; Zeichner, K. M.; Blomker, K. B.; Meyer, H.; Lemberger, J.; Marion, R.; Park, H.; Toolin, R. *Science Education*, **1999**, *83*, 247.
21. Miles, A. B.; Humberman, A. M. *Qualitative data analysis*. SAGE Publications: CA, 1994.
22. 양승훈; 송진웅; 김인환; 조정임; 정원우, *과학사와 과학교육: 과학교육을 위한 과학사적 학습지도*, **1998**, 19.
23. Greenberg, A. *A chemical history tour: Picturing Chemistry from Alchemy to Modern Molecular Science*, 2000.
24. 권재승; 김범기; 최병순; 현종오; 이길재; 최진욱; 정진우; 홍성일, *공동과학*, 1995.
25. Hand, B.; Prain, V. *Science Education*, **2002**, *86*, 737.
26. Thomas, G. P.; McRobbie, C. J. *International Journal of Science Education*, **1999**, *21*, 667.
27. McRobbie, C.; Tobin, K. *Journal of Research in Science Teaching*, **1995**, *32*, 373.
28. Berry, J.; Sahlberg, P. *Learning and Instruction*, **1996**, *6*, 19.