

과학 교육과정과 교과서의 문제점과 개선방안

백성혜

한국교원대학교 화학교육과 교수

들어가며

2007년도 PISA의 결과는 우리나라 중등 과학교육과정을 되 돌아보게 한다. 물론 이 결과가 교육과정의 문제만을 의미하는 것은 아니며, 평가의 문제, 교사 교육의 문제, 교육 체제나 환경의 문제 등 여러 분야에서의 검토를 필요로 하지만, 가장 중요한 논의는 아무래도 교육과정과 이를 발현한 교과서에서 찾아야 하지 않을까 생각한다.

3년마다 열리는 국제학력평가 결과는 결국 우리나라 과학교육과정이 추구한 방향이 학생들의 과학 학력 신장에 큰 도움을 주지 못하였음을 나타내주는 지표가 되었다. 2000년도 PISA에서 우리나라가 1위를 하였을 때에 고등학교 1학년 학생들은 아직 6차 교육과정의 체제에 있었기 때문에 그 후 7차 교육과정의 문제가 결국 이러한 학력의 하향에 영향을 미친 것이 아닌가 하는 추측을 낳게 한다. 그리고 7차 교육과정에서 가장 큰 특징이 내용의 대폭적인 감소와 그러한 감축으로 인해 남은 시간을 수준별 교육에 할애하는데 두었기 때문에 이러한 짐작이 타당하다고 생각한다. 그러나 교육과정이 개정되고 이를 현장에 적용하는 과정은 대략 7-8년이 소요되므로, 사실 학력의 저하는 이미 6차 교육과정 개정 이후부터 시작되었다고 보는 것이 타당할 것이다.

이 시험은 고등학교에 입학 후 한 학기를 끝마친 시점에 치르므로, 고등학교 1학년 과학 과목의 영향을 무시할 수 없다. 하지만 고등학교 과학 과목의 문제와 함께 이 학생들에게 중요한 영향을 미쳤을 것이라고 짐작할 수 있는 중학교 과정을 포함한 전반적인 교육과정에 대해서도 고찰해 볼 필요가 있다. 여기서는 우선 고등학교 1학년 과목의 큰 변화와 문제점을 고찰해 본 후, 전반적인 과학교육과정의 문제점에 대해 살펴보고자 한다.

고등학교 1학년 과학 과목의 가장 큰 변화는 6차 교육과정에서 7차 교육과정으로 넘어갈 때 이루어진 것이 아니라 5차 교육과정에서 6차 교육과정으로 넘어갈 때 이루어졌다. 즉, 그 전 교육과정까지는 고등학교에 들어가면 과학 I, 과학 II의 과목으로 물리, 화학, 생물, 지구과학의 내용을 영역별로 다루었으며, 이를 지도하는 교사들도 자신의 전공을 가르치도록 되어 있었다. 그러나 6차 교육과정이 되면서 공통과학이라는 과목으로 통합된 과학을 제시하고, 이를 한 교사가 지도하는 방식으로서의 전환이 이루어졌다. 이는 마치 중학교 과학의 연장과 같은 형식이라고 할 수 있다. 공통과학 내용도 역시 중학교 수준을 넘지 않도록 명시되었다.

공통과학이 도입된 취지는 가르칠 기본 개념에 대한 부담을 줄여줌으로써 탐구를 지향하고, 연합과학의 형태로 제시된 과학을 통합 과학의 성격으로 변화시키고자 하는 이상적인 방향으로의 변화를 추구하였기 때문이다. 이러한 변화에 대한 시도는 다음과 같은 자료에도 잘 나타나 있다.

한 교사에 의해 전 범위가 지도될 수 있도록 구성되어야 하며, 탐구 활동 위주여야 하기 때문에 개념은 통합 과학인 중학교 과학의 수준을 유지하고, 개념 체계는 무시하며, 흥미를 높이고, 과학, 기술, 사회 문제를 반영하기 위하여 실생활 경험 중심으로 구성하고 가급적이면 영역마다 통합이 가능하도록 해야 한다.(이규석, 1993, 공통과학 교육과정의 연구-통합과학적 측면의 과학 신설 배경을 중심으로, 한국과학교육학회지, 13(2), 198-209).

여기서 중요한 것은 공통과학의 정신을 살리기 위해 한 교사가 모든 영역을 가르치는 방식이 효율적이라고 생각하였다는 점이다. 이는 중학교 과학의 형태와도 같다고 할 수 있는데, 이러한 변화는 고등학교 1학년 과학 과목을 중학교 과학으로 변화시킨 것이라고 말할 수 있다.

고등학교 1학년 과학 과목의 변화

고등학교 1학년 과학 과목 지도에 대한 교사들의 문제

이와 관련된 여러 연구를 통해 고등학교 1학년에게 과학 과목을 지도하는 교사들의 반응이 부정적이었음을 알 수 있다. 6차 교육과정 이후 고등학교 1학년 과학을 지도하는 교사들의 어려움을 지적한 논문들이 여러 편(김원근, 1996; 김진성, 2001; 김현이, 2002; 박정희, 2005; 심재호, 2004; 윤상학, 1999; 이학동 등, 1995; 이화국, 1995; 허경철, 2005) 제시되었다. 또한 교사들은 한 교사가 과학의 모든 영역을 담당하는 것에 대해 부정적인 반응을 보였는데, 이는 과학을 통합적으로 가르칠 자신이 부족하기 때문이었다(박정희, 2005; 김진성, 2001). 특히 자신의 전공 분야가 아닌 비전공 영역에서 이러한 어려움이 더 크게 나타났다(박미현, 2004; 손양호, 1998; 이학동, 1989).

공통과학이 중학교 수준의 개념을 다룬다면, 중학교처럼 고등학교 1학년 과학 과목을 운영하는 것에 대해 새삼 교사들이 불편해 할 이유는 없다고 생각할 수 있다. 중학교 수준의 매우 쉬운 내용이라면 전공과 상관없이 과학 교사들이 지도 가능할 것이라는 가정을 가지고 있기 때문이다. 사실 1963년부터 중학교에서 한 교사 지도 체제를 도입하였기 때문에 이에 대한 문제 제기가 새삼스럽게 이루어지지 않았을 뿐이지, 중학교 과학을 전공과 관련 없이 한 과학 교사가 가르치는 문제도 역시 교사들에게 불편하기는 마찬가지라고 생각한다. 이는 예비 교사들이 중학교보다는 근무 여건이 열악해도 고등학교로 발령받기를 희망하는 경향이 높은 것으로 비추어 보아도 알 수 있다. 단지 중학교의 경우에는 너무 오랜 세월동안 이러한 형태의 교육이 정착되었기 때문에 새삼스러운 문제 제기가 없을 뿐이고, 이러한 제도가 고등학교 1학년까지 확장되자 고등학교 과학 담당 교사들이 문제 제기를 시작하게 된 것이라고 할 수 있다.

박미현의 연구(2004)에 따르면, 고등학교 1학년 과학 과목을 가르치는 교사들은 자신의 전공이 아닌 과학 내용을 가르칠 때 보편적으로 자신감이 부족한 것으로 나타났다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 수업 준비를 하는 과정에서 전공 교사에게 수업 내용과 교수법 등을 문의하여 해결하려고 하지만, 수업 중 이루어지는 학생들의 질문에 대한 대처 능력, 중요한 내용과 그렇지 않은 부분에 대한 판단 능력 등이 부족하여 수업이 효율적으로 조직되지 못한다고 느끼고 있었다.

이 연구에서 전공이 다른 4명의 교사들에 의해 진행되는 같은 단원의 수업을 관찰한 결과에 따르면, 교사의 전공에 따라 수업의 질에서 큰 차이가 있었음에도 불구하고, 평가에 의한 반

별 차이는 나타나지 않았다. 이러한 점 때문에 고등학교 1학년 과학의 지도에서 큰 문제가 없는 것처럼 외부에서 인식할 수 있다. 그러나 이는 평가 결과로 교사의 수업을 판단하게 되는 문제를 피하기 위하여 수업 중에 사용하는 학습지와 문제지 안에서 평가 문항을 출제하기로 교사들이 합의하였기 때문에 나타난 현상이다. 교사들도 이러한 합의가 진정한 학생 평가에 걸림돌이 된다는 점은 인식하고 있었으나, 평가로 인해 수업의 질적 차이가 드러나게 되면 대외적인 책임을 담당 교사가 지게 되는 문제를 해결하기 위한 노력이 우선되었다. 따라서 표면적으로 고등학교 1학년 과학 과목을 전공 교사가 가르치는 경우나 비전공 교사가 가르치는 경우에 큰 차이가 없다고 판단할 수 있으나, 이는 진정한 차이를 드러낼 방법에 대한 차단이 이루어졌기 때문이라고 할 수 있다. 그리고 이러한 표면적인 안정 속에 내재된 교육적 부실은 결국 PISA와 같은 국제 평가에서 드러나게 된 것이라고 할 수 있다.

현재까지 우리는 자신의 전공에 관계없이 과학교사라면 누구나 중학교나 고등학교 1학년 수준까지의 내용지식은 충분히 이해할 수 있을 것이라고 전제하였다. 따라서 여러 영역의 과학 내용을 한 교사가 가르치면서 발생하는 문제는 그 교사의 능력 문제로 보고, 교사에게 그 책임을 돌리는 경향이 컸다. 이 때문에 많은 교사들이 이러한 문제가 드러나서 문제의 원인이 자신으로부터 발생한다는 사실을 드러내지 않기 위해 노력하였다고 할 수 있다.

교육에서 전달의 주체인 교사들의 변화가 없는 상태에서 이루어지는 교육과정의 변화는 그 효과를 거두기 어렵다. 그러나 공통과학 교사 연수가 집중적으로 이루어졌음에도 불구하고 연수가 교사들에게 큰 도움을 주지 못하였다는 연구들(김진성 2001; 최규철, 1999; 손양호, 1998)이 제기되었다. 특히 최규철(1999)의 연구에서는 공통과학 연수 내용에 대한 교사들의 인식을 조사한 결과, 개념 중심으로 공통과학 연수가 이루어졌다고 생각한 교사가 68%로 가장 높았으며, 탐구 중심이나 통합 주제 중심으로 이루어졌다고 생각하는 교사들은 각각 14%로 매우 낮았다. 그럼에도 불구하고 고등학교 1학년 과학의 형태를 6차 교육과정 이후 그대로 지속하려는 추세는 7차 교육과정과 2007년도 7차 개정안에서도 지속되고 있다.

고등학교 1학년 과학 과목에 대한 학생들의 인식

고등학교 1학년 과학의 또 다른 큰 변화는 개념 수준을 중학교 과학 수준으로 낮춘 것이다. 탐구와 통합과학을 교육에서

발현하기 위해 이루어진 이러한 변화는 고등학교 1학년 과학의 학력을 저하시키는 원인이 되었다고 생각한다.

백성혜와 신현(2005)의 연구에 따르면 이러한 인식은 교사들 뿐 아니라 학생들도 하는 것으로 나타났다. 6차 교육과정 초기에는 통합 과학의 발현을 위해 고등학교 1학년 과학 과목을 한 교사가 지도하는 방식을 강조하였으나, 점차 이보다는 전공별로 나누어 지도하는 것이 효율적일 수 있다는 인식이 확산되어서 최근에는 과학 전공별 교사들이 여럿 있는 큰 고등학교의 경우에는 전공별로 한 과목을 나누어 지도하는 경향이 있다. 그러나 아직까지 학교장의 방침에 따라 한 교사가 과학 과목을 지도하는 것을 강조하는 학교들도 있기 때문에 이러한 차이에 대한 학생들의 인식을 이 연구에서는 알아보았다. 그 결과, 한 교사에게 배우기보다는 전공별로 나누어 과학 과목을 지도받는 것을 학생들이 더 선호하는 것으로 나타났다. 그 이유로는 배우는 내용이 보다 자세하고 체계적이며, 이해가 잘 되고 기억에 오래 남기 때문이라고 응답하였다. 물론 한 교사에게 과학을 배우기를 원하는 학생들도 교사의 수업 내용은 쉽다고 생각하였다. 그러나 쉽다는 인식의 차이가 있었는데, 전공 교사로 나누어 가르칠 때처럼 내용이 체계적으로 잘 이해된다는 것이 아니고, 한 교사가 가르칠 때에는 전공이 아닌 분야의 경우 가장 기초적인 내용만을 다루기 때문에 수업 내용과 시험 공부하기가 쉽다고 생각하는 것이었다. 이들은 “전공 교사별로 배울 때보다 한 교사에게 배우면 시험 범위도 줄어들고 내용도 쉽게 출제된다.”고 생각하거나, “전공이 아닌 분야는 기초적인 내용만 가르치시기 때문에 시험 문제도 쉽게 출제되는 경향이 있다.” “내신은 잘 나오는데, 대외 고사에는 어렵다.” 등의 인식을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이는 한 교사에게 배우게 되면 교사가 자신의 전공 이외의 단원에 대해서는 시험 문제를 쉽게 출제하는 경향이 있기 때문에 내신과는 관계없이 정작 학생들의 실력이 제대로 향상되기 어려울 수 있음을 드러내는 부분이라고 본다. 교육을 통해 학생들의 과학 실력이 향상된다는 의미는, 단순한 개념의 이해를 넘어서 개념을 통해 깊이 있는 통찰이 가능한 사고 능력을 길러주는 것이라는 점에서 현행 고등학교 1학년 과학 수업의 문제점을 제기할 수 있다.

이러한 고등학교 과학 과목의 현실적인 문제는 통합과학의 취지에서 “과학” 과목을 한 교사가 가르칠 때 의도하였던 것이라고 보기는 어렵다. 결국 학생들의 과학 과목에 대한 이러한 인식은 학생들의 학력 저하를 의미하는 것이기 때문이다.

학생들은 교사가 자신의 전공이 아닌 내용을 질문 받았을 때 답변을 어려워한다는 점도 인식하고 있었다. 그리고 단원에 따

라 수업의 깊이에 차이가 심하다고 인식하는 비율도 높았다. 학생들의 생각 중에는 “중학교 때 한 선생님이 수업을 하셨는데, 그 선생님이 전공하는 부분은 어느 정도 알겠는데, 다른 부분은 노트만 정리하고 무조건 외우거나 대강 넘어가는 식이라 잠이 왔다.”, “중학교 때 전공에 해당하는 단원은 자세히 설명해 주시면서 더 많은 시간을 할애하시지만, 다른 부분은 대충 넘어가는 듯했다.”는 내용들이 포함되어 있었다. 이는 이러한 문제가 비단 고등학교 1학년 과학 과목의 경우에만 한정된 것이 아니라 중학교 때부터 지속되었을 가능성이 있음을 시사하는 것이라고 할 수 있다.

또한 한 교사에게 배우면 수업이 어렵고 질문을 해도 답을 얻기 어렵다고 생각하는 학생들의 비율도 높았다. 학생들은 “중학교 때 한 선생님이 과학을 모두 가르치셨는데, 선생님 전공이 아닌 부분을 물으면 모르실 때가 더 많았다. 전공별로 배우면 선생님의 배경 지식이 많아서 더 쉽게 가르쳐주시기 때문에 전문적인 답을 얻을 수 있다.”, “선생님의 전공이 아닌 부분은 너무 어렵게 가르쳐 주신다.” 등의 생각을 가지고 있었다. 학생들의 응답을 분석한 결과, 많은 학생들이 이러한 인식을 중학교 때 과학 수업에서부터 형성하였음을 알 수 있었다. 따라서 이미 오래 전에 도입되고 학교 현장에 정착되었다고 생각한 중학교 과학의 지도 방식에도 유사한 문제가 존재함을 확인할 수 있었다.

진정한 교육이란 교과서에 제시된 내용을 문자 그대로 전달하는 것이 아니며, 이를 통해 다양한 측면의 사고를 유발시키는 과정이어야 한다는 점에서 수업 중에 이루어지는 학생들의 질문은 매우 중요한 역할을 할 수 있다. 그러나 여러 연구(팽애진, 2004; Berg, Bergendahl and Lundberg, 2003; Rop, 2003; Davis, 2002; Roth and Boutonne, 1999)에서 교사들이 학생들의 질문을 힘들게 생각하고 이를 회피하려고 한다는 점을 보여 주었다. 이는 가르치는 과목에 관련된 교사의 전문성 부족이 가장 큰 원인일 것이다.

더구나 통합과학을 추구하기 위하여 도입한 고등학교 ‘과학’ 과목의 내용이 통합적이지 않다고 학생들은 인식하고 있었다. 또한 학생들은 한 교사가 가르치는 경우에도 교사가 통합적으로 가르치려고 노력하는 부분이 부족하다고 인식하고 있었다. 단지 교과서의 제시된 내용을 순서대로 나열하여 가르칠 뿐이라는 것이다. 따라서 현재 과학교육과정에서 추구하는 과학 지도 형태로 인해 과학을 통합적으로 가르치는 것이 성공하였다고 보기는 어렵다.

전공 교사에게 각각 나누어 과학 과목을 배울 때 학생들은

수업 분량이 과다하고 “한 과목이 아니라 네 과목처럼 느껴진다.”, “체계적이고 심층적으로 배우지만 너무 머리가 아프다.” 등의 부정적인 반응도 보였다. 그럼에도 불구하고 학생들은 교수법이 배우기 쉽고 공부하는 시간도 절약된다고 생각하였으며, 전공별로 배우면 공부 양이 는 것 같지만 요점과 핵심을 짚어주시기 때문에 오히려 공부하는 양이 줄어든다.”, “한 선생님께서 가르쳐 주실 때에는 양이 너무 많아서 핵심만 알려주시고 넘어가는 부분이 컸다. 전공별로 배울 때에는 핵심을 알려주시고 그 후에 세부 설명을 해 주신다. 시험 보기 위한 것이 아닌 지식을 터득하기 위해서는 전공별로 배우는 것이 효과적이다.” 등과 같이 생각하였다. 특히 이러한 생각은 과학 성적이 높은 학생들에게도 많이 나타났다. PISA의 결과에서 특히 상위 학생들의 성적 하락이 큰 폭으로 나타난 이유를 한 교사가 고등학교 과학을 지도하는 현실에서도 찾아볼 수 있는 대목이라고 생각한다.

고등학교 1학년 과학 과목이 학생들의 이과 진학에 미친 영향

더욱이 심각한 것은 이 현상이 이공계 기피와 관련을 가진다는 사실이다. 잘 알아야 재미있다는 사실은 교육학 이론이 따로 필요하지 않을 것이다. 최근에 고등학생들이 이공계를 기피하는 이유가 이공계에 진학한 후 진로의 걱정 때문이라는 주장은 기우라고 생각한다. 보편적으로 현재까지는 학생들의 이공계 기피의 원인은 사회적인 요인으로부터 찾으려는 경향이 컸다. 따라서 과학자에 대한 사회적 우대나 이공계 지망자에 대한 특혜 등이 있으면 이러한 문제가 해결될 것이라는 주장이 주류를 이루었다. 그러나 이러한 주장들은 대부분 문제시된 조건에도 불구하고 이공계를 이미 선택한 기존의 입장에서 나온 것이다. 특혜 때문에 자신의 적성과 관계없이 이공계를 진학하기로 마음먹는 학생은 그리 많지 않을 것이다. 학생들이 이공계를 선택할 것인가 아닌가 하는 관문은 고등학교에서 이과를 선택하는 경우와 문과를 선택하는 경우에 따라 결정될 것이다. 하지만 이공계를 진학하기 전에 “과학” 과목의 매력을 학생들이 발견하지 못한다면, 이공계 진학이 비록 많은 사회적 혜택을 약속한다 하더라도 이는 사후 약방문과 같은 역할을 하게 될 것이다.

문과와 이과의 진로 결정을 고등학교 1학년 말에 한다는 점을 감안한다면 과학 과목이 학생들의 진로에 부정적인 영향을 미쳤을 가능성이 높다. 실제 백성혜와 신현의 연구(2005)에서

도 고등학교 2학년 학생들에게 고등학교 1학년 때 배운 “과학” 과목에 대한 지도 방식의 차이가 계열 선택에 어떠한 영향을 미치는지 조사한 결과, 전공별로 과학을 배운 경우에 더 강하게 이과 계열 선택에 영향을 미쳤다고 응답하였다. 그리고 고등학교 1학년 때 전공별로 나누어 “과학” 과목을 배운 학생들은 인문계를 지원한 비율이 44.8 %이고, 자연계열을 선택한 비율이 51.5% 로 거의 비슷한 비율이었지만, 고등학교 1학년 때 “과학” 과목을 한 교사에게 배운 학생들은 인문계열을 선택한 비율이 61.4 %이고, 자연계열을 선택한 비율이 33.6%로 거의 두 배에 가까운 학생들이 인문계를 지원하였다. 이를 통해서도 한 교사가 고등학교 1학년 학생들에게 “과학” 과목을 가르침으로 해서 학생들의 자연계열 선택의 기피 현상이 유발될 가능성을 알 수 있다.

결국 중학교와 고등학교 1학년까지의 과학 수업에 대한 경험은 앞으로 자신이 이공계에 진학할 것인지 아닌지를 결정할 때 중요한 역할을 하게 될 것이다. 따라서 학생들에게 진정한 과학의 매력을 고등학교 1학년 때까지 보여주지 못한다면, 우리는 미래의 훌륭한 과학자들이 될 가능성을 가진 수많은 학생들을 다른 전공으로 보내게 될 것이다. 그리고 이러한 일이 발생하는 것을 방지하려면 우선 고등학교 1학년을 위한 “과학” 과목이 어떠한 형태로 개선되고 지도되어야 하는지에 대해 심도 있는 논의를 시작해야 할 때라고 생각한다.

교육과정 변화 방향의 문제

고등학교 과학 과목의 큰 변화는 통합 과학의 이상향을 추구하는 동시에 탐구에 더 강조를 두기 위한 목적 때문이었다. 그러나 기본 개념의 수준을 낮추었음에도 불구하고 원하는 방향으로의 탐구 수업이 실현되지 못하자, 요즘에는 실험실 현대화 사업, 차세대 교과서 개발 등의 시도로 다양하게 바뀌고 있다. 그러나 탐구적 사고는 실험실이 낡아서, 개념이 너무 많아서, 혹은 첨단 과학 내용이나 실험실과의 관련성이 부족하여 형성되지 않는다는 주장은 설득력이 없다고 생각한다. 탐구 실험을 못하는 이유는 실험실이 현대화되고, 기본 개념이 더 적고 쉽게 되어도 역시 계속 나타날 것이다. 결국 학교 과학 수업에서 탐구 실험을 발현하고자 하는 목적을 달성하려면 우리는 문제를 바라보는 시각 자체를 변화시켜야 할 것이다.

오히려 지나친 실생활의 응용을 강조하는 것은 과학의 기본 개념의 이해를 가로막고 탐구적 사고보다는 단순 암기 위주의 교육을 조장할 가능성이 높다. 산화 환원의 개념을 모르면서

리튬 전지가 어디에 쓰이는지 그 용도를 아는 것은 과학적 사고라고 하기 어렵다. 깊이있는 사고를 가르치는 것이 무조건 어려운 공식을 사용한 계산 문제라고 생각하는 것도 문제가 있다. 우리는 고등학교 이과 학생들에게 깊이 있는 내용을 가르친다면 으레 공식을 제시하는 것이라고 생각하고, 이렇게 되면 학생들이 과학을 어려워하기 때문에 쉽게 제시하여야 한다고 생각한다. 7차 교육과정에서 개정되면서 선택 중심 교육과정이 된 후에 과학 선택과목에서는 이러한 경향이 더 커졌다.

그러나 앞서 전공 교사들의 지도 방식으로부터 살펴본 바와 같이 정확하고 깊이 있게 가르치는 것과 어렵게 가르치는 것은 다르다. 공식을 만들고 수학적 하여 지도하는 것은 어렵게 가르치는 것에 해당할 수 있다. 그러나 과학을 깊이 있고 정확하게 가르친다면 학생들은 과학을 어려워하지 않고 쉽게 느끼며 과학에 대해 흥미를 가지게 될 것이다. 화학에서 그 사례를 들어 보고자 한다.

용액은 순수한 용매에 비해 독특한 성질이 있는데, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투 현상과 같은 것이 그것이다. 이러한 성질은 용질 때문에 나타나는 것이다. 용질이 없다면 용매만으로는 이러한 성질이 나타나지 않는다. 따라서 이러한 현상을 가르칠 때 가장 중요한 초점은 용질의 역할에 대한 것이어야 한다. 하지만 이에 관련된 내용은 선택 과목인 화학 II에서 묽은 용액의 성질이라는 단원에서 라울의 법칙이나 삼투압 공식과 함께 제시된다. 이 때 묽은 용액을 강조하는 이유는 용질의 특성을 무시하고 단지 용질을 입자 수의 관점에서 단순화하여 수식으로 나타내려고 하기 때문이다. 어떤 물질이 용해되어 용액이 되는가 아닌가 하는 점은 용질과 용매의 특성에 따라 결정되는데, 이러한 점에 초점을 두기 보다는 수학적인 공식에 초점을 두는 것이다. 그러다보니, 이를 지도하는 교사들조차도 진한 용액에서 이러한 현상이 일어나지 않는다고 생각하거나, 용질이 어떤 작용을 하는지에 대해 이해하지 못한다(이은실, 2007).

결국 과학적 사고보다는 공식을 더 중요시 하는 교육이 이루어지는 것이다. 실제로 학생들이 암기식 과학 수업에서 살아남기 위해 스스로 생산적이라고 생각하는 학습 전략을 포기하고 공식 위주로 사고하며, 공식과 자신의 사고가 충돌하는 상황을 애써 피하는 현상에 대해 지적인 연구(Lising and Elby, 2005)도 있다.

이러한 문제를 피하고 교육과정을 재구성하여 기본 지식 중심으로 깊이 있는 사고하도록 교육과정을 재구성해야 함에도 불구하고 우리나라는 교육과정을 개정할 때마다 기본 지식들을

무너뜨리고 현상 중심, 암기 중심의 사고가 이루어질 수밖에 없도록 틀이 변화되어 왔다. 가장 가까운 사례로 7차 교육과정에서 화학 내용이 어떻게 구성되어 있는지 살펴보도록 하자. 다음의 그림은 화학 영역에서 다루는 주요 개념들을 상하 위계를 고려하여 배치한 것이며, 화살표는 교육과정에서 개념 간의 관련성이 명확하게 제시된 경우에 해당한다.

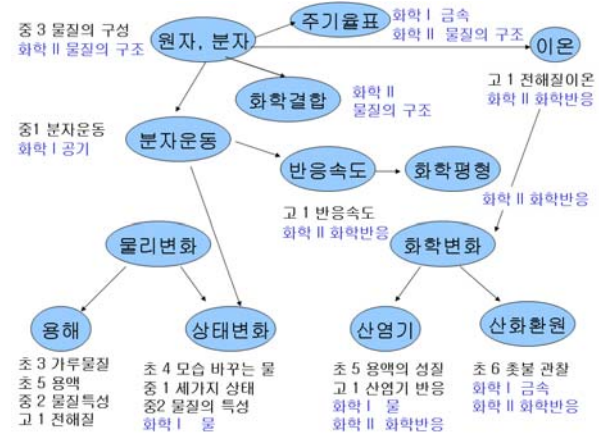


그림. 화학 영역의 개념 위계도

화학은 물질의 성질과 그 변화를 나타내는 학문이라고 할 수 있다. 그리고 성질이란 물질의 변화를 확인하는데 활용된다. 따라서 가장 중요한 핵심은 물리변화와 화학변화를 이해하는 것이다. 상태변화와 용해현상은 물리변화에 해당하고, 산염기 반응이나 산화환원 반응은 화학변화에 해당하는데, 어떤 현상은 물리변화이고, 어떤 현상은 화학변화인지 이해하려면 원자, 분자의 구조와 화학결합에 대한 이해를 필요로 한다. 따라서 원자, 분자의 구조나 화학결합은 물질의 변화보다 상위 개념이라고 할 수 있다.

그런데 7차 교육과정에서 보면, 초등학교에서 고등학교 1학년까지 과도하게 많이 물리변화를 다루며, 이에 비해 상대적으로 매우 작은 분량만 화학변화를 다룬다. 두 변화를 고르게 다루지 않는 이유는 다양할 수 있으나, 6차 교육과정에 비해 이러한 비대칭적인 경향은 7차 교육과정에서 더욱 심해졌다. 예를 들어 6차 교육과정에서는 중학교 3학년에서 산화 환원에 대한 내용을 다루었다. 그러나 7차 교육과정에 수준별 교육과정이 도입되면서 기본 개념의 일정 영역을 줄일 수밖에 없는 상황이 되자, 어떤 내용을 어떻게 줄일 것인가에 대한 논의 없이 단원의 끝부분에 있는 내용을 삭제하는 형식으로 변화가 진행되었다고 보여진다. 그러다보니, 6차 교육과정의 초등학교 6학년 내용이었던 분자 운동은 중학교 1학년으로 밀려 올라가고, 6차

에서 중학교 1학년에 있던 물질의 특성(끓는점, 어는점, 용해도, 밀도)의 내용은 중학교 2학년으로, 중학교 2학년에 있던 물질의 구성(원자, 분자)의 내용은 중학교 3학년으로 이동하였다. 그리고 중학교 3학년에 있던 산염기, 전해질, 산화환원, 전기화학의 내용 중 산염기 반응과 전해질 용액 내용은 고등학교 1학년으로 올라가고 나머지 부분은 국민공통 기본교육과정에서 삭제된 것이다.

교육과정 개정 방향에 대한 재검토의 필요성

교육과정을 구성하면서 내용의 감축이 일어날 때 항상 뒷부분의 내용을 삭제하는 방식을 선택한다면, 교육과정의 체제가 흐트러지고, 교육 내용의 불균형이 심화될 수 있다. 전체 체제에서 고르게 내용의 안배에 가감이 이루어져야 하는데, 그렇지 못한 것이다. 특히 교육과정의 전개상 앞부분이 보다 과거의 사고 초기에 해당하는 내용으로, 뒷부분이 보다 현대적인 관점의 개념으로 안배되는 것이 상식이다. 예를 들면 물의 끓음과 같은 상태 변화나 고체, 액체, 기체와 같은 상태에 해당하는 내용이 앞부분에, 그리고 금속과 산의 반응과 같은 내용이 뒷부분에 제시되는데, 그러다보니 뒷부분의 내용은 학생들이 배우는데 난이도가 있게 마련이다. 7차 교육과정이나, 2007년도 개정안을 구성하는 과정에서 보면, 학생들의 반응과 현장 교사들의 의견을 반영한다는 취지에서 학생들이 어려워하는 뒷부분의 내용을 삭제하는 것을 정당화하였음을 알 수 있다. 그러나 어려워한다고 안 가르친다면 과학은 계속 발달하는데 우리가 학생들에게 제기하는 과학은 18세기, 17세기, 16세기에 다루었던 내용 중심으로 점점 더 낮아질 것이다. 그러면서 첨단 과학을 도입하지는 주장을 하는 것은 결국 이해시키지 말고 잡다한 지식을 암기시키지는 취지와 다를 바가 없다고 생각한다.

대학의 수시 입학전형이 결정되고 나서 한국교원대학교에 수시 지원한 학생들에게 물리변화와 화학변화를 설명해 보라는 전공 문제를 제시한 적이 있다. 내신 등급이 높았으므로 과학을 잘 하는 학생들이라고 볼 수 있지만, 이들 중에 제대로 물리변화와 화학변화를 구분하는 학생은 없었다. 그림을 살펴보면, 물리변화와 화학변화를 구분 짓는 화학결합의 개념이 연결되어 있지 않기 때문이다. 실제로 한 학생은 “물체를 이동시키는 변화가 물리변화, 물이 끓는 것과 같은 변화가 화학변화”라고 이야기하면서 어떤 문제가 있는지조차 인식하지 못하고 있었다.

학생들의 수준이 낮기 때문에 어렵게 가르치면 학생들이 과학을 싫어하게 될 것이라는 주장 때문에 학생들의 학력을 계속

낮추는 방향으로 교육과정이 개정되어 가는 것은 학생들을 무시한 처사라고 생각한다. 고등학교 졸업하는 학생들이 물리변화와 화학변화도 구분할 능력이 없는 것이 당연하다고 말할 수는 없다. 이것은 우리가 학생들을 제대로 안 가르친 결과이다. 우리는 학생들이 어려워하면 무조건 교육과정에서 빼야 한다고 주장하는 데에 익숙해져 있다. 그러나 어렵다고 안 가르칠 것이 아니라, 왜 어려운지를 고민함으로써 어떻게 하면 쉽고 정확하게 개념을 전달할 것인가를 위해 노력해야 한다.

화학 변화를 이해하는 데 가장 중요한 핵심인 주기율표와 화학결합, 화학평형의 개념 등은 국민공통 기본 교육과정 안에 포함되어야 한다. 실제로 화학을 전공한 과학 교사들 중에서 중학교 3학년에서 물질의 구성을 다룰 때 원소의 주기율표와 화학결합의 내용을 가르치는 교사들이 많으며, 이를 배운 후에 학생들이 과학 중 화학 영역을 훨씬 더 쉽고 정확하게 이해하게 되어 과학을 좋아하게 되었다는 연구(강부경, 2006)도 있다. 이 연구에 따르면 고등학교 1학년 학생들 중에서 40% 가까운 학생들이 주기율표를 중학교에서 배웠다고 응답하였다. 중학교에서 다루는 물질의 특성과 변화를 암기시키지 않고 이해시키기 위해 주기율표를 교사들 중 일부는 도입한 것이다. 그러나 우리의 우려와는 달리 60% 가까운 학생들은 이러한 내용의 도입이 어렵다고 느끼지 않으며, 이를 배운 후에 고등학교 1학년 과학 과목에서 다루는 전해질과 이온 단원의 내용을 이해하는데 도움이 되었다고 응답한 학생들도 90% 가 넘었다. 만약 7차 교육과정에 충실 한다면 고등학교 3학년 때 선택하는 화학 II 과목에서 처음 도입되는 주기율표 개념 없이 고등학교 1학년에 제시되는 전해질과 이온의 개념을 학습하게 되면, 나트륨은 왜 1가 양이온(Na^+)이 되고, 산소는 왜 2가 음이온(O^{2-})이 되는지 설명할 수 없다. 단지 그렇게 되니까 외우라고 할 수밖에 없다. 그러다 보니, 외운 후에 잊어버린 학생들은 산소 이온을 O , O^{2-} , O^+ 와 같은 형태로 표기하는 경우가 대부분이었고, 왜 틀렸는지에 대해서도 알지 못하였다. 따라서 주기율표를 설명하지 않고 학생들에게 이온의 가수를 제시하는 고등학교 1학년 전해질 단원의 예는 전형적으로 학생들의 학습량을 줄여주기 위한 길이라고 생각하는 잘못된 사고의 전형이라고 생각한다. 실제 위의 연구에서 고등학교 1학년 학생들의 90% 정도는 주기율표의 족과 주기를 이해하는 것이 어렵지 않으며, 이온의 가수를 이해할 수 있게 되어서 긍정적이라고 생각(95% 이상)하였다.

그럼에도 불구하고 2007년도 7차 교육과정 개정안을 위한 협의에서 주기율표의 도입에 대한 대한화학회의 임원들과 교육과정 평가원의 담당자들, 그리고 현직 교사들의 토론회에서 결

국 학생들을 위해, 그리고 수능의 난이도 조절을 위해 화학 II 이전에 주기율표를 도입하는 것은 긍정적이지 못하다는 결론을 내리게 되었다는 점은 안타깝다고 생각한다.

우리가 노력해야 할 방향

우리가 앞으로 노력해야 하는 것은 어떻게 하면 과학이라는 학문의 기본이 되는 개념들을 정리하고 체계화하여 학생들이 과학을 암기하지 않고 이해하도록 가르치는가 하는 점이다.

예를 들어 고체, 액체, 기체를 단단함, 담는 용기에 따른 변화, 부피와 질량의 변화 등 거시적인 관점에서 제시할 때에 우리는 고체로 분류되지만, 미시적인 입자 관점에서 본다면 결정 형태를 갖추지 않았으므로 유동성을 가지게 되어 액체로 분류된다. 중학교 1학년 교과서에서 유리를 고체라고 제시한 경우와 액체라고 제시한 경우들이 혼재하면서 궁극적으로는 이러한 물질이 어떠한 입자적 구조를 가지고 있는가 하는 시각으로 재구성하여 가르치려는 시도는 거의 이루어지고 있지 못하다. 단지 경우에 따라 단단하기 때문에 고체로(혹은 이를 어려운 말로 비결정형 고체로), 경우에 따라서는 액체로(흐르는 성질이 있어서 세월이 흐르면 아래가 두꺼워진다는 사례를 통해) 제시하여 가르치는 사람과 배우는 학생들을 혼동스럽게 할 뿐이다. 이렇게 제시하는 것은 첨단 과학과 관련된 것도 아니며, 분류의 기준틀이라는 탐구의 기본에도 위배된다. 고체나 액체로 분류하는 기준틀이 어떻게 결정되어야 하는가를 사고하고, 이를 기준으로 물체들을 분류하는 활동이 이루어져야 우리가 추구하는 탐구적 사고와 깊이 있는 기본 개념의 이해가 형성될 수 있다고 생각한다.

과학은 끊임없이 변화하고 발달한다. 우리는 과학이 절대적인 지식이 아님을 탐구 과정을 통해 제시하라고 주장하지만, 결국 교과서를 보면 사고는 배제된 채 결과만 제시하고 암기하는 식으로 제시하면서 이것이 학생들의 어려움을 해결해주는 방법이라고 주장하는 것이다. 이러한 태도의 상충을 정리하는 것이 우선되어야 할 것이다. 우리가 고체냐, 액체냐 하는 주장도 결국 과학이 발달하면서 거시적인 관점에서 미시적 입자의 관점으로 과학이 발달하면서 변화될 수 있는 영역이 생긴 것이고, 삼투 현상이나 끓는점 오름, 어는점 내림 현상에 대한 설명도 입자의 에너지와 엔트로피적 관점에서 용질의 역할에 대한 이해와 함께 발달하였다. 그러나 교과서에서는 이러한 사고가 배제된 채 여전히 현상 중심의 설명과 수식 위주의 제시 형태를 변화시키지 못하고 있는 것이다.

주기율표, 에너지나 엔트로피적 관점, 혹은 입자적 관점의 제시가 무조건 학생들에게 어려울 것이라는 주장은 우리에게 그러한 방식의 설명이 익숙하지 않기 때문에 우리의 입장을 기준으로 생각하였기 때문이 아닐까? 사실 우리는 우리가 배운 방식대로 가르치는 것이 가장 쉽다는 신념을 가지고 있는 것 같다. 그렇기 때문에 교육 내용과 교수법은 교육과정의 변천해도 그 내용이 존재하는 한 수 십년간 거의 변화가 없었다고 할 수 있다. 그러나 과학이 발달하고 보다 명확하게 설명할 수 있는 사고의 발달이 이루어졌다면, 이를 적극적으로 과학교육에 도입하고 학생들이 이해할 수 있는 방식으로 전달하는 방법에 대해 연구하는 것이 더 중요하다. 그러한 노력을 과학교육자들이 기울이지 않고, 자신이 배운 방식으로 제시하는 경향을 고수한 채, 학생들이 어렵다고 생각하는 것은 빼고 쉽게 가르치는 방향으로 교육과정 개정의 변화를 주도한다면, 우리의 학생들은 20-30년전 우리보다 훨씬 더 무식하게 될 것이다.

학생들의 학력이 떨어지는 것은 우리에게 그 책임이 있다. 우리는 20-30년 전에 지금보다 훨씬 더 많은 내용을 훨씬 더 나쁜 실험실과 더 재질과 삽화가 뒤떨어지는 교과서를 통해 배웠다. 그 당시도 어려운 내용들이 있었지만, 암기하던 이해하던 열심히 공부하였을 것이다. 그리고 오늘날에는 더 좋은 교수 방법과 개념의 발달이 이루어졌기 때문에 과거보다 훨씬 더 나은 상황의 교육이 이루어질 수 있다. 그럼에도 불구하고, 과거보다 훨씬 많은 비율의 학생들이 이과 선택을 기피하고, 과학을 싫어하게 된 이유는 우리에게 있다고 생각한다. 우선 교육과정 개정의 변화는 앞으로 그 방향을 바꾸어야 한다고 생각한다.

참고문헌

강부경 (2006) 주기율표를 이용한 이온 개념의 형성이 고등학교 과학 물질 단원에 대한 학생들의 이해에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.

김원근 (1996) 중등학교 교사의 교직 전문성에 대한 인식. 한국교원대학교 석사학위논문.

김진성 (2001) 고등학교 과학교사들의 공통과학 연수에 대한 인식도 조사. 금속학술문화재단, 10, 629~632.

김현이 (2002) 교사와 학생간의 상호 관계를 통한 개념 면담의 효과에 대한 연구. 서울교육대학교 석사학위논문.

박미현 (2004) 과학 교사의 전공과 비전공에 따른 고등학교 과학수업의 비교 연구. 한국교원대학교 석사학위논문.

박정희 (2005) 중학교 과학교사의 과학교과 지도능력에 대한

- 인식 조사. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 백성혜와 신현 (2005) 고등학교 “과학” 과목 지도 방식에 대한 학생들의 인식 조사. 한국과학교육학회지. 25(3): 411-420.
- 손양호 (1998) 현직교사들의 공통과학 교육에 대한 태도 및 의견 조사. 경희대학교 석사학위논문.
- 심재호 (2004) 과학 교사의 전문성 신장을 위한 과학 교사 실험 연수 모형 개발. 2004년도 한국과학교육학회 하계 발표.
- 윤상학 (1999) 과학 개념 면담을 통한 학생의 개념 변화와 교사의 전문성 향상에 대한 연구. 서울대학교 박사학위논문.
- 이규석 (1993) 공통과학 교육과정의 연구-통합과학적 측면의 과학 신설 배경을 중심으로. 한국과학교육학회지. 13(2): 198-209.
- 이은실 (2007) 고등학교 화학 II 용액의 총괄성 단원에 대한 교사와 예비 교사들의 인식 조사. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 이학동 (1989) 중학교 과학교사 양성을 위한 교육과정 개선 방안. 한국과학교육학회지. 9(1): 1~17.
- 이학동, 손연아, 노경입, 송진웅 (1995) 과학교사 양성, 임용 재교육에 대한 개선 방향. 한국과학교육학회지. 16(1): 103~120.
- 이화국 (1995) 과학교육 현실을 위한 과학교사 양성 및 연구 정책 개발. 과학교육. 368. 시청각교육사.
- 최규철 (1999) 제 6차 교육과정의 공통과학에 관한 과학 교사들의 인식 조사. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 팽애진 (2004) 중등과학교사의 탐구 수업에 대한 신념과 실제. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 허경철 (2005) 차기 교육과정 개정에서의 쟁점 사항 논의. 제 7차 교육과정의 진단과 새 교육과정 개정의 기본 방향 탐색에 대한 학술 세미나 자료집. 한국교원대학교 교육과정 연구소.
- Berg CR, Bergendahl VB and Lundberg BS (2003) Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus and open-inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education*. 25(3): 351-372.
- Davis KS (2002) Change is hard: What Science Teachers Are Telling Us about Reform and Teacher Learning of Innovation Practices. *Science Education*. 87(1): 3-30.
- Lising L and Elby A (2005) The impact of epistemology on learning: A case study from introductory physics. *Am. J. Phys.* 73(4): 372-382.
- Rop CJ (2003) Spontaneous inquiry questions in high school chemistry classrooms: Perceptions of a group of motivated learner. *International Journal of Science Education*. 25(1): 13-33.
- Roth WM, Boutonne MC and Lucas KB (1999) One class, many worlds. *International Journal of Science Education*. 21(1): 59~75.