

08 과학교육과정 지향점

준비중인 '새 교육과정'! 우리 교육체제와 환경이 녹아들어야

글_ 김진승 전북대학교 과학기술학부 교수 jin@chonbuk.ac.kr

과학기술의 중요성은 경제적, 산업적인 면에만 있는 것이 아니다. 우리는 자연현상을 지배하는 법칙과 근원적인 문제, 즉 우주의 시원과 물질의 궁극적 구조, 생명체의 탄생과 진화 및 생태적 상호 의존성, 생명현상의 미시적 기구 등에 대한 답을 알고자하는 지적 열망이 있다.

과학기술은 인류가 이러한 지적열망으로 조금씩 얻은 답을 체계적으로 정리한 경험과 지식의 총체로서 인류 문화의 중요한 부분을 이루고 있다. 특히 이러한 과학지식은 우리의 생각과 행동이 불합리한 공리공론을 벗어나 합리적이고 실증적으로 바뀌는데도 크게 도움이 되며, 국가적으로 중요한 사업을 이해하고 지지하게 만들어주는 바탕이 된다.

과학기술의 중요성은 이처럼 널리 인정

되고 있지만 실제 교육현장에서는 학생들이 여러 이유로 과학 배우기를 싫어하고 어려워하며 또 기피하기도 한다. 이에 대해서는 이유를 잘 살펴 고치면 바람직하지 않은 경향이 줄어들 것이다.

학문적 성취도 높지만 자신감·흥미 낮아

지난해 여러 나라 중·고등학생의 수학 및 과학분야 학력비교에서 우리 나라 학생들이 뛰어난 평가를 받은 것이 언론의 보도를 통해 널리 알려졌다. '국제교육성취도평가협회(IEA)'에서 발표한 46개 회원국의 8학년(중2)을 대상으로 지난 2003년 실시한 '수학·과학 성취도 추이 변화 국제비교(TIMSS 2003)' 결과에 따르면 우리 나라 학생의 과학 평균 점수는 558점으로 싱가포르(578점), 대만(571점)

에 이어 3위를 기록했다. 이 같은 순위는 우리에게 많은 위안과 희망을 주는 것이 사실이다.

하지만 그 속내를 조금만 더 들여다보면 얘기는 달라진다. 우리 나라 학생들의 과학과목에 대한 자신감은 매우 낮은 것으로 나타났으며(25위/46개국), 과학과목을 배우는 것이 즐겁다고 답한 학생의 비율은 38%로 국제평균인 76%에 비해 매우 낮기 때문이다.

과학과목에 대한 자신감과 선호도가 현재의 학력에 못지않게 중요한 까닭은 장기적 효과 때문이다. 어차피 배우는 내용은 고학년에서 더 복잡해지고 어려워지므로 저학년에서는 과학과목을 좋아하고 잘한다고 믿었던 학생들도 고학년에서는 자신감을 잃고 또 싫어할 가능성이 커진다. 그러므로 과학과목에서 성취도가 높는데도 자신감이 낮다는 것은 과학교육을 개선할 필요성이 있음을 강력히 시사한다.

OECD가 2003년 40개국의 만15세 이상 학생 28만 명을 대상으로 실시한 4개 부문(문제해결력, 읽기, 수학, 과학) 학업 성취도에서도 우리 나라 학생들은 문제

〈표 1〉 7차 교육과정 시행시기

7차 교육과정 시행시기	초등학교	중등학교	고등학교
2000년 3월 1일	1, 2학년		
2001년 3월 1일	3,4학년	1학년	
2002년 3월 1일	5,6학년	2학년	1학년
2003년 3월 1일		3학년	2학년
2004년 3월 1일			3학년

〈표 2〉 과학에서 물리관련 소주제의 학년별 배열

학년 소주제	3	4	5	6	7	8	9	10
힘과 운동		수평잡기 용수철	속력	부력, 압력 편리한도구	힘	여러운동	일, 에너지	에너지
열	온도재기	열의이동						
전기, 자기	자석놀이	전구불켜기	전기회로	전자석		전기	전류작용	
빛, 소리	소리내기 그림자놀이		거울, 렌즈		빛, 파동			

해결력 1위, 읽기 2위, 수학 3위, 과학 4위의 좋은 성적을 냈다.

이러한 좋은 소식에 대해 일부에서는 7차 교육과정의 효과가 드러난 것이라고 주장하는데 이는 합리적인 주장이 아니다. 7차 교육과정이 적용되기 시작한 시기를 따지면 2003년에 고1인 학생은 2002년에는 중3으로서 6차 교육과정에 따라 배웠을 것이기 때문이다(표 1 참조).

고교 상위권 수준이 중국 하위권보다도 낮아

듣기에 좋은 반가운 소식만 있었던 것은 아니다. 한국, 중국, 일본, 싱가포르의 상위집단 고등학생과 대학생에 대해 이공계 과목 학력을 평가한 결과 우리 학생들이 가장 실력이 없는 것으로 드러났다. 물리과목의 경우 대학 4년생의 학력은 중국이 72.3~46.7점인데 비해 우리 나라는 45.5~21.7점으로 최고점수가 중국의 최하점수보다도 낮았다. 이 결과는 우리 과학기술역량의 앞날과 관련하여 아주 심각하게 살펴보아야 한다.

과학기술의 발전은 특히 선도자의 창조적 활동을 통해 새로운 지평이 열리기 때문에, 이들의 역량과 활동이 매우 중요하다. 물론 과학기술자의 잠재적 역량을 시험문제를 푸는 능력만으로 모두 평가할 수는 없지만, 이것이 한 가지 지표는 되기

때문에, 위의 결과는 우리의 과학기술교육의 타당성과 효율성을 검토할 필요가 있음을 시사한다.

각종 국제 경진대회에서 우리 학생들이 전반적으로 좋은 평가를 받자 독일 등에서는 우리 학생들의 과도한 공부시간을 이유로 들어 그 의의를 깎아 내렸다는 외신기사도 있었는데, 이 같은 지적에 일견 타당성이 있음을 인정해야 한다.

우리 나라의 초·중·고생이 공부하는 시간이 유럽과 미국의 초·중·고생보다 훨씬 많다는 것은 잘 알려져 있으므로, 외국의 동급학생들에 비해 훨씬 더 많은 노력을 기울여 그들에 비해 조금 나은 성과를 얻었다면 그것은 크게 기뻐할 일이 아니다. 오히려 저효율의 원인을 잘 살피고 고쳐 우리 학생들이 같은 시간과 노력을 들이고도 훨씬 더 나은 결과를 얻을 수 있게 해야 할 것이다.

우리는 과연 우리 나라 중·고등학교 학생들이 국제적 학력비교에서 상위권에 있으니 우리 나라의 앞날에 큰 희망이 있다고 확신할 수 있는가. 아니면 학년이 올라갈수록 상대적 우위를 점점 잃고 있으며, 다른 나라의 학생들에 비해 우수한 학력평가 결과에도 불구하고 자신감과 선호도가 낮으며, 고등학교와 대학교 학력 상위집단의 수학 및 과학과목 학력이 한·

중·일 3국 가운데 꼴찌를 한 것을 걱정하고 이에 대한 대책을 마련해야 하는가.

두 가지의 해석 모두가 타당하다고 생각한다. 좋은 결과를 얻은 것에 대해서는 우리 학생들의 가능성에 대해 긍정적으로 평가해야 하지만, 다른 한편 우리 학생들이 학년이 올라가면서 학력의 상대적 우위를 잃고 있는 점, 고등학생과 대학생 상위집단의 이공계 과목 학력이 중국 및 일본에 비해 많이 처진 것에 대해서는 그 원인을 잘 살펴서 문제점을 찾아내 고쳐야 한다. 아울러 학년이 올라갈수록 과학과목을 싫어하고, 어려워하고, 기피하는 경향이 심해지는 것에 대해서도 그 원인을 찾아 적절한 대책을 마련해야 한다.

초·중·고 교육은 교육과정에 따라 개발된 교재를 써서 진행된다. 그러므로 교육내용을 개선하려면 먼저 교육과정에 고칠 점이 있는지 살펴보아야 한다. 또한 우리의 현실에서는 대학입학생의 평가 및 선발방법이 중·고등학교의 학습태도와 방식을 결정적으로 좌우하므로, 합리적 학습을 유도할 수 있도록 대학의 학생선발과 교육방식을 바꾸어야 한다.

필자는 한국물리학회와 물리교육위원으로서 지난 1년 동안 물리과목에 대한 우리 나라와 외국의 교육과정을 비교 분석하고 개선방안을 찾는 연구를 수행해왔다. 지금부터 그 연구결과를 토대로 과학과목 교육과정 편성시 반드시 고려할 사항을 알아보자.

실험 없는 과학교육은 사변철학일 뿐

현재의 7차 교육과정에서 물리 관련 과목은 인문계 고등학교를 기준으로 할 때 〈표 2〉와 같이 운용된다. 물리, 화학, 생물학, 지구과학 교과목을 한데 묶어서

〈표 3〉 물리 I, II에서 다루는 내용

영역		내용 요소
물리 I	힘과 에너지	속도와 가속도, 운동의 법칙, 운동량과 충격량, 운동량 보존 일과 일률, 역학적 에너지 보존, 에너지 보존
	전기와 자기	전압과 전류, 전기 저항, 전류의 열작용, 전류의 자기 작용, 전자기 유도
	파동과 입자	파동의 발생과 전파, 파동의 반사와 굴절, 파동의 간섭과 회절, 편광, 광전 효과, 물질파
물리 II	운동과 에너지	운동의 기술, 중력장내의 운동, 충돌, 등속 원운동, 만유인력에 의한 운동, 단진동, 기체의 분자 운동, 열역학의 법칙
	전기장과 자기장	전기장, 직류 회로, 자기장내 운동 전하, 교류, 전자기파
	원자와 원자핵	전자와 원자핵의 발견, 원자 모형, 수소 원자 스펙트럼, 원자핵의 구성과 소립자, 핵변환

과학으로 가르치며, 학년별로 관련 소주제를 다룬다. 또 11, 12학년에 해당하는 고등학교 2, 3학년이 선택하는 물리 I, II 과목의 구성은 〈표 3〉과 같다. 이들 학생은 8개 과목에서 4개 과목을 선택하여 배우며, 선수조건이 적용되므로 물리 I을 배워야 물리 II를 배울 수 있다.

〈표 2, 3〉에서 볼 수 있듯 주제배열의 순서, 연속성 등에서 연계가 잘 되지 않는다. 예를 들어 중요한 소주제인 ‘열’에 대해서는 아주 초보적인 것만 다루고 오랜 시간 틈을 들인 뒤 물리 II에서 열역학의 법칙으로 나타난다. 7차 교육과정에서 수업시수가 줄었기 때문에 ‘열’의 일부를 화학에다 맡겼고, 그 결과 물리과목에서 열을 가볍게 다루게 되었다는 것이 교육과정 개편 관계자들의 설명이다.

미국에서 지난 10여 년 동안 과학교육의 개선에 관한 여러 연구와 시도를 한 끝에 가장 효과적인 학습법으로 개발한 것이 이른바 ‘능동적 학습’이다. 말 그대로 학생이 스스로 실험을 해 보고, 그 결과를 분석하여 결론을 내는 학습 방법이다. 이 능동적 학습을 한 마디로 요약하면 ‘들은 것은 쉽게 잊고, 본 것은 잘 기억하지만, 제대로 알려면 직접 해 보아야 한다’로 정

리할 수 있다. 무엇이든 가장 효과적으로 배우려면 실제로 해보아야 하며, 구체적 자연현상을 다루는 과학에서는 더욱 그러하다. 과학적 지식은 실험과 경험을 통해서 익혀야 제대로 알고 쓸 수 있기 때문에 과학과목에서는 실험을 따로 두고, 그것을 강조해 왔다.

하지만 우리 나라는 시간과 비용을 이유로 이 같은 학습방법을 소홀히 해왔고, 교과과정의 내용에도 실험활동이 명시되어 있지 않다. 또 평가문제도 직접 실험을 해보지 않아도 풀 수 있는 것을 주로 냈기 때문에 실험을 할 필요성이 없었다.

과거 나라살림이 어려웠던 때는 실험교육이 사치였을지 모르나, 지금은 상황이 달라졌는데도 과학교육은 여전히 사변철학처럼 설명과 문제풀이 방식으로 진행되고 있다. 그 결과 말로는 그럴 듯하게 떠들지만 막상 구체적인 내용으로 들어가면 엉터리 대답을 하고, 기본적인 장비도 다룰 줄 모르는 경우가 태반이다.

이러한 문제점을 지양하려면 과학교육과정의 각 단원에 학생들이 해보아야 할 중요한 실험을 끼워 넣으면 된다. 그에 따라 모든 학교에서는 반드시 그 실험을 하고, 학생들은 주요 현상을 실험을 통해 직

접 겪어 보고, 그 경험을 바탕으로 생각하고 설명하여 기본개념을 스스로 터득하게 해야 한다. 참고로 영국 국가 교육과정에는 단원별로 들어있는 ‘가능한 교수 활동’ 항목에 실험실습활동이 명시되어 있다. 과학을 가르칠 때 실험실습은 당연한 과정으로 여기고 있다.

초등학교 1학년부터 과학교육 시작해야

아직은 과학을 초등학교 3학년에서 고등학교 3학년까지 배우게 되어 있는데, 이것을 앞당겨 초등학교 1학년부터 고등학교 3학년까지 넓혀야 한다. 현재의 문화적 환경은 과거와는 크게 다르다. 그 결과 대부분의 아이들이 초등학교에 들어올 때 이미 글을 깨친 상태이고, 상당히 많은 양의 책을 읽고 들어오기도 한다. 따라서 이미 초등학교 1학년은 지각 및 사고능력이 상당히 길러져, 사물과 현상을 보고, 이들 사이의 인과관계를 따질 수 있으므로 과학교육을 늦출 필요가 없다. 외국의 경우 영국은 5세에, 미국의 ‘프로젝트 2061’은 유치원에서 과학교육을 시작하는 것으로 기본방향을 잡고 있다. 우리 아이들의 재능과 성장환경이 이들에 비해 못하지 않는데도 수십 년 전에 정한 교육 시작연령을 계속 따르는 것은 어리석은 일이다.

또 효율적으로 과학을 배우려면 쉬운 것부터 차근차근 배워야 한다. 이것을 교육과정의 편성에 적용한다면 주제별 학습 내용을 수준에 따라 순서에 맞게, 그리고 적절한 양으로 나누어 배열하고, 이것을 학년이 올라가는 것에 맞추어 지속적으로 가르치는 것이다.

〈표 4〉는 과학, 물리 I, 물리 II의 내용 가운데 ‘빛’과 ‘파동(소리)’에 관해 각 학

년별로 배우는 내용이다. 이 표로부터 빛과 파동의 주제를 전혀 배우지 않은 채 1~3년씩 지내는 기간이 있음을 알 수 있다. 그 결과 각 주제에 대한 학습이 짧은 기간 소나기처럼 집중적으로 이루어지는데, 이렇게 되면 자칫 이해의 실마리를 놓쳐 흐름을 제때 따라가지 못하면 뒤떨어질 위험이 커진다. 이러한 불연속성과 난이도의 급격한 상승은 다른 주제에서도 나타난다. 또한 학년별로 배열된 내용을 학생들이 제대로 배우고 이해할 수 있는 가도 중요하다. 과학을 배우는 것이 관련된 현상을 구경하는 것으로 끝나는 것이 라면 모르거니와 원인과 결과 사이의 인과관계를 논리적으로 따져야 하는 것이라면 <표4>는 무리한 것이라고 보아야 한다.

이와는 대조적으로 영국의 국가교육과정은 점진성과 연속성을 유지하여 주제별로 학습목표를 세밀하고 명확히 정하여 수준을 조금씩 높여가며 배우도록 짜여 있다.

과학 과목의 배열순서가 학습 연결성 좌우

과학은 물리, 화학, 생물, 지구과학으로 세분되고, 한 과목에서 가르치는 내용이 다른 과목에서 가르치는 내용과 연결될 수 있다. 이렇게 과목간에 연관된 내용을 가르칠 때는 그 시기가 될 수 있는 대로 가까운 것이 바람직하다. 또 과학에서 다루는 내용의 일부는 체육, 기술, 가정 등의 과목에서도 다루는데, 이 때 어설피고 부정확하게 그리고 심지어는 잘못 배워 학생들이 뒤에 제대로 배우는데 방해가 되는 일이 있다.

이 같은 문제점을 개선하려면 교과과정을 짤 때 과학관련 과목은 내용의 배열 순서를 의논하여 조정하고, 각 과목에서 순

<표 4> '빛' 과 '파동(소리)' 에 관해 각 학년에서 배우는 내용

교과목	학년	빛	파동(소리)
과학	3	그림자 만들기과 그림자 놀이	소리 만들기, 소리 전달하기
	5	여러 가지 거울과 상, 렌즈, 사진기	
	7	빛의 반사, 굴절, 빛의 분산, 합성	파동의 발생, 종류 파동의 반사, 굴절 소리의 발생, 전달; 요소
	10		파동의 종류 파동의 전파와 에너지 소음과 진동
물리 I	11	광전효과	파동의 발생, 종류 파동의 반사, 굴절 파동의 간섭과 회절; 편광 물질파
물리 II	12		단진동

차적으로 가르치는 내용들 사이의 연관성이 드러나는 표를 만들어 놓아야 한다. 그렇게 되면, 교사는 가르칠 때 학생들에게 전에 다른 과목에서 배운 것을 상기시키고 그것을 바탕으로 새로운 내용을 가르치거나, 가르치는 내용이 장차 다른 과목에서 어떻게 쓰일 것인가를 설명하여 학생들이 보다 효율적으로 배우게 할 수 있다.

교육의 성과는 결국 제시된 학습목표를 이루었는가를 평가하여 판단하며, 전형적인 방법은 문제를 풀게 하고 그 풀이에 점수를 주는 것이다. 학생들은 좋은 평가를 받으려고 문제 내는 방식에 맞추어 공부를 하게 되므로 평가 방법과 내용이 학습 방법과 내용을 결정한다.

과거 및 현행 교육과정의 해설서에도 학습목표와 평가에 관한 설명이 있지만 그 내용이 구체적이지 않다. 그 결과 학생들은 본질적인 내용은 같지만 형식은 다른 온갖 유형의 문제를 풀어보아야 마음을 놓게 되고, 이것이 비효율적인 공부의 주요 원인이 된다. 이것을 지양하려면 교육과정을 짤 때 기본적으로 익혀야 할 내

용과 함께 평가기준을 명시 해야 한다.

지금까지의 과학 교육과정에 편성된 내용은 거의 1세기 전에 정리된 내용들로 채워져 있고, 최근의 성과는 별로 들어있지 않다. 초·중·고 과학과목은 과학기술자를 양성하기 위한 것이 아니므로 내용의 논리적 연결성만 따질 것은 아니고 최근의 연구결과를 많이 다루어 일상생활과의 연관성을 강조하면 학생들이 과학에 흥미를 더 가지도록 유도할 수 있다.

과학교육 일탈로 인한 사회적 비용 줄여야

과학기술을 발전시키려면 우수한 인재가 과학기술자가 되어 힘써 창조력을 발휘해야 하며, 국민들은 과학기술을 잘 이해하고 이들이 현장에서 활발히 일을 할 수 있게 지원해주어야 한다. 그러나 불행히도 최근의 경향은 우리의 앞날을 이끌어갈 학생들이 과학을 전반적으로 어려워하고, 싫어하고, 기피하고 있음을 보여준다.


더구나 우수한 학생들은 법·의학계로만 몰려 이공계 대학에 들어오는 학생들의 자질과 학력이 떨어지고 있다. 상황이

(표 5) 영국 국가교육과정에서의 '파동'의 단계적 학습내용

단계 (나이)	파동(Waves)	
1단계 (5~7세)	소리의 발생과 감지 소리와 음원에는 여러 종류가 있다 소리는 음원에서 나와 퍼져가면서, 점점 약해진다	빛과 어두움 해를 포함한 여러 가지 광원 확인 어두움은 빛이 없는 것
2단계 (7~11세)	진동과 소리 소리는 물체가 진동할 때 생기지만, 그 진동이 눈에 보이지 않을 수도 있다 진동체가 내는 소리의 높이와 세기 조절 방법 음원의 진동이 귀에 오르면 중간에 전달매질이 있어야함	빛의 효과 -일상경험 빛은 광원에서 나와 퍼져간다 빛이 지나가지 못하는 물질이 있고, 그 때문에 그림자가 생긴다 빛은 표면에서 반사 됨 [보기: 거울, 잘 닦은 금속면] 시각 우리가 물체를 보는 것은 그 물체에서 나온 빛이 우리 눈에 들어오기 때문
3단계 (11~14세)	청각 소리는 귀에 들어와 고막을 진동시키며, 사람 마다 들을 수 있는 소리의 진동수 범위가 다르다 아주 큰 소리가 귀에 미치는 영향 [보기: 일시적 귀먹음] 진동과 소리 2 빛은 진공을 지나가지만 소리는 그렇지 않고, 빛은 소리보다 훨씬 빨리 전파 된다 소리의 크기와 음원의 진동진폭 사이의 관계 소리의 높이와 음원의 진동수 사이의 관계	빛의 거동 고른 매질 속에서는 빛이 곧바로 나아가며, 그 속도는 유한하다 빛을 내지 않는 물체가 보이는 까닭은 그것이 흩뜨린 빛이 우리 눈에 들어오기 때문 빛이 평평한 면에서 어떻게 반사되는가 서로 다른 두 매질의 경계면에서 빛이 어떻게 굴절되는가 흰빛은 여러 색깔의 빛으로 나눌 수 있다 흰 빛에 대한 색필터의 효과; 물체에 흰 빛을 비출 때와 다른 색깔의 빛을 비출 때의 겉보기 색깔 변화
4단계 (14~16세)	파동의 특성	
	횡파와 종파의 보기로서 빛과 소리를 포함한 파동의 반사, 굴절, 회절 진동수, 파장, 진폭의 물리적인 내용 진동수, 파장, 진행속도 사이의 관계 파동은 물질의 전달을 수반하지 않고 에너지를 전달한다	전자기 스펙트럼 전자기파의 스펙트럼: 방송파, 극초단파, 적외선, 가시광, 자외선, 엑스선, 감마선 극초단파, 적외선, 자외선의 쓰임새와 잠재적 위험성 엑스선, 감마선의 의학적 활용 방송파, 극초단파, 적외선, 가시광에 정보를 실어 다른 곳에 보낼 수 있음 - 위성 통신광섬유를 통해 정보를 보내는 방법 아날로그 신호와 디지털 신호의 차이점 및 정보를 더 많이 전송하는 방법
AS & A2 (16살 이상)	편광과 회절, 위상과 결맞음, 파동의 중첩, 정상	

이렇다보니 과학기술에 대한 국민들의 이해수준이 낮아 일방적인 환경보호론에 동조하여 국가발전과 복지향상에 꼭 필요한 과학기술사업에도 탄지를 거는 일이 빈번하다. 이 같은 현상은 모두 학교에서 과학을 제대로 가르치지 못하면 예상하지 못했던 곳에서 엄청난 사회적 비용을 치러야 함을 보여준다. 과학교육 과정은 초·중·고 과학교육의 내용을 결정하는 아주 중요한 체제이다. 이것에 따라 온갖 과학교재가 만들어지고, 학생들은 그 교재를 가지고 과학을 배우며, 학업성취도도 그에 따라 평가된다. 이것이 기본적으로 학생들-결국 국민들-의 과학에 대한 선호도와 지식수준을 결정한다.

이렇게 중요한 과학교육과정을 지금까지는 교육과정평가원의 소수의 인원이 맡아서 힘겹게 작성해 왔고, 관련 학회는 완전히 배제되어 있었다. 그 결과 미래의 세대를 가르치는 틀인 과학교육과정이 시대와 환경의 변화를 앞서기는커녕 제대로 반영하지도 못한 채 불합리하고 비효율적인 체계를 유지해 왔다. 그 결과 대부분의 학생들이 과학을 어렵고, 싫고, 기피할 수밖에 없는 과목으로 생각하게 되어버렸다.

교육인적자원부에서는 올해 새 교육과정을 만들기 시작했는데, 한국물리학회 를 비롯한 여러 과학과목 관련학회가 과학교육과정을 만드는 일에 적극 참여하여 이 글에서 지적한 점들을 고치고, 또 외국의 좋은 사례를 철저히 분석, 참조하여 우리의 교육체제와 환경에 맞는 좋은 과학교육과정을 마련해야 할 것이다. 



글쓴이는 한국과학기술원 물리학과에서 박사학위를 받았다. 현재 전북대학교 부설 광전자정보기술연구소장, 한국물리학회 물리교육위원회위원, 아시아 물리교육 네트워크 한국대표 겸 이사를 겸임하고 있다.