

# 과학자와 21 세기 과학교육

## SCIENTISTS AND 21ST CENTURY SCIENCE EDUCATION

### 서 론

어느 한 나라의 교육제도를 비판하면 때때로 그 사회에 충격적이 된다. 이유는 교육이 그 나라 문화에 깊이 뿌리 박혀 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고, 이 시대의 특성 상 각 나라들마다 이러한 비판적인 연구조사가 진행되고 있다.

### 미국의 경험

미국에서는 교육제도 중 어느 분야에 대한 평가를 요구하는 것 자체가 종종 그 부분에 대해서는 큰 위기가 된다. 그 중에서도 특별히 수학과 과학 분야는 제 2 차 세계대전의 기술적인 성공사례에 힘입어 이후 수십 년간 세계 선두주자의 영광을 즐겨 왔다. 전쟁으로 얻은 번영과 다수 유럽민의 강한 이주비람, 그리고 기술의 힘에 대한 놀랄 만큼 경외심이 크게 되는데 힘입어 미국은 전후시기에 들어 과학, 수학, 공학분야에서 세계를 리드하고자 하는 결심을 하게 된다.

GI Bill 라고 하는 미군은 수백만의 2 차대전 전후용사들을 진학시켰으며, 다수의 교육인구가 생산할 수 있는 국가번영을 강도 높게 이룩했다. 미국 대학원은 전세계로부터 유학생을 끌어드렸다. 너그러운 연구비 지원도 역시 성과가 있었다. 공장 생산성이 현저히 높아졌으며, 새로운 산업과 보수가 높은 직종이 새로 생겼다. 모든 기초와 응용 연구에서 발전이 크게 이루어졌다.

1957 년 소련이 스푸트니크란 세계 최초 지구를 도는 인공위성을 성공시킨 것은 미국에 큰 반향을 가져오게 했다. 나사(NASA)를 만들어서 미국이 인간을 달에 착륙시켰고, 화성에 탐험 로봇자동차를 두었다. 마이크로전자공학의 혁명적 발전으로 PC, 휴대폰이 개발되었고, 인터넷을 폭발적으로 활용하게끔 한 소프트웨어 면에서 어마어마하게 개발이 늘어났다. 미국은 정보시대에 들어섰다. 이러한 것이 모두 가능하게 한 요인들은 협조적인 연방정부, 대단히 생산적인 교육제도 (최고 전성)와 유능한 외국인의 지속적인 유입이었다.

하지만, 1960 년대 후반과 1970 년대 초반까지 베트남 전쟁과 수반된 사회 혼란은 국가의 많은 젊은이들을 확립된 전통과 가치에 도전하도록 만들었다. 미국대통령 아이젠하워는 한

때 환경 파괴와 에너지 낭비, 그리고 전지구를 파괴시키기에 충분한 핵무기를 10 배 이상 확보하도록 장려하는 것 같이 보이는 군사-산업 종합체제에 대해 경고한 적이 있다.

수학과 과학에 대한 학생들의 관심이 줄어들게 되고 실력이 저하된 것은 크게 놀라운 사실이 아니다. 미국, 세계적인 조사측정 결과는 이러한 감퇴 사실을 을 확인해 준다. 여기에 보태어 미국은 미래 STEM (과학/기술/공학/수학) 분야의 노동자들의 유입이 떨어지고 있는 것에 관심을 두고 있다.

1980 년대에 들어, 미국은 미국 과학과 교육능력이 부식되고 있었음을 알게 되었다. 한 국가위원회가 1983 년 “위기에 처한 국가”라는 제목으로 발간한 보고서는 교육제도의 실패를 경고하였다. 장시간의 재조사과정이 당시 시작되었고, 현재도 더욱 강도 높게 진행되고 있다. 각종 공사실 국가위원회, 패널, 워크숍, 포럼, 평의회등은 미국 교육을 설득력있고 감동적인 분석과 비판 보고서를 만들었다. 관련 단체들은 미국 사회의 모든 면을 다루었다. 과학자, 교육자, 비즈니스 단체, 학회, 교총, 학부모회, 교과서출판업체, 깨단, 연방-, 주-, 지방정부 연구지원기관 들 모두 ‘제도’를 연구하였고, 실패를 분석하고, 해결법을 권장하였다. 오늘날 어떻게 실현하는가에 대한 굉장한 실패를 인정한다.

다른 나라와 달리 미국교육은 지방정부의 책임이다. 교육부가 없다. 50 개의 주에서 15,000 개의 교육구로 나누어져 있고, 교육자나 과학자가 거의 포함되어 있지 않은 교육위원회에서 운영된다. 미국 교육제도가 국가산업체에 속달되고 창의적인 이공계 인력을 공급하는 데 느리고 지속적으로 실패 했다는 사실과 21 세기의 STEM 의 역할에 대한 대중적 인식과 영감을 만들어 내는 데에도 실패 했다는 여론이 부각되었다.

여러 결론들은 더욱더 많은 국가 지도자들이 그 문제를 분명히 정리하면서 본질적으로 이의가 없었다. 교사 채용과정과 훈련과정, 크게 줄어든 교사의 전문가 및 사회적 지위, 빈곤계층, 장애인계층, 약 30%에 해당하는 영어를 사용하지 않는 계층과 그 이외의 계층과의 교육성과의 격차들이 지적되었다. STEM 이공계 과목의 교육과정은 20 세기에 일어난 과학혁명 들을 흡수하지 못하였다. 이 중 특별히 언급할 것은 원자와 분자 물리분야에서의 1910-1930 년의 변혁과 분자생물학의 부상과 지배적이 되도록 한 1953 년 DNA 구조의 발견 등이다.

## 국제적 상황

다른 나라의 교육을 조사하면서 요즘인 21 세기 초반을 기술할 두 가지 결정적 변화가 있음을 알고 있다. 하나는 전세계적으로 인간 행동에 영향을 줄 기술의 엄청난 변화 속도이다. 올란바토르에서 돌을 던지면 수 분 이내 마카오와 산사바도르의 인터넷에 뜬다. 다른 하나는 세계화로, 어디에 위치하건 효율을 위해서 지구상 인적자원들을 결합하는 효과가 있다. 세계화 이전에는 주어진 제품, 예를 들면 자동차, 의 모든 부품을 생산하는

국가기업을 가지고 있었다. 세계화는 어디에서든, 어느 나라에서 만들어지든 간에 주어진 부품, 예를 들면 바퀴, 익 최저가, 최고 효율적 생산자를 찾는다.

이공계 성취도에서 미국이 쇠퇴해지는데 것과 맞추어, 다른 나라들은 과학과 기술의 전 영역에서 선도주자로 둘 교육제도를 만들어 가기 위해 쓰고 있다. 과학과 기술의 리더십 경쟁은 세계적이며, 심지어 축구와도 경쟁한다! 미국에서 보고서들은 주기적으로 “너무 늦기 전”이란 경고와 교육의 새로운 짐, 즉, 유치원 전에서 20 학년까지의 교육으로 분류되는 부담에 대한 인식을 섞어서 내고 있다. 21 세기 세계는 극적이게 더욱 상호 연결되어 있고 경쟁적이다. 미국 노동력은 현재 세계 다른 어떤 지역의 노동자와 경쟁해야 한다. 여기에는 책임에도 일하고 싶어하는 고등 교육을 받은 다수의 노동인력도 포함되어 있다. 이것은 이공 STEM 교육에 더 많은 책임을 지우게 되며, 현재는 이전보다도 창의성과 혁신면에서 훨씬 더 높은 성취도를 요구하고 있다. 하지만, 추세는 반대 방향이다.

미국 관점에서의 교육 위기에 대한 이러한 설명은 다른 나라에서도 나란한 공통점을 가진다. 이에 대한 견해는 그 나라의 역사와 문화, 리더십, 그리고 산업 과학 기반에 따라 다르다. 그러나, 공통적인 인센티브 동기는 있다. 졸업생들이 혁신적이고, 창의적이고, 그리고 새로운 서비스(FedEx 페덱스), 새로운 통신장비, 새로운 종류의 소프트웨어, 새로운 종류의 교통수단(Segway), 주택, 첨단의료장비 등을 창출하도록 장려할 교육제도에 대한 필요성이다.

교육제도는 그렇다면 수학에서, 과학, 공학, 그리고 읽기, 말하기, 쓰기, 역사, 경제학, 문학과 예술 등에서의 이에 맞는 높은 수준의 수학 준비가 되도록 제공해야 한다. 한국과 미국의 교육 문제가 얼마나 비슷한지 알아보는 것도 재미있을 것이다.

미국에서 학생들의 다양성은 미국 교육제도의 특별한 문제이다. 이 제도는 모든 학생들에게 더욱 높은 수준의 과학 교양을 제공해야 한다. 그러면서도 학생들에게 STEM 에 대한 가장 큰 관심과 적성을 가진 학생들에 대한 성취도 수준을 높여야 한다. 오늘날 학생 중에서는 아직도 영어를 배우는 자들, 낮은 사회-경제 배경 출신자, 고등학교를 졸업했지만 아직도 대학 교육을 받기에 능력이 부족한 학생들이 있다. 역시 교사와 제도에 도전적인 문제거리는 인터넷에 빠진 학생들, Web 2.0 에 빠진 학생들이다. 이들은 브로크, 위키, 팟캐스트에서 배운다. 분명히, 이런 학생의 교육은 “정상”적인 학생 교육과 아주 다르게 진행되어야 한다.

학제는 나라마다, 심지어 국내에서도 교육구별로 크게 다르다. 그러나, 공통된 문제점이 있다.

- (1) 이공계 과목에 대한 교사의 훈련 부족
- (2) 교사대 교사의 의견교환을 위한 불충분한 시간
- (3) 과학에 근거한 최근 정치적 이슈에 대한 이해하거나 심지어 전반적 파악하고자 하기에 부족한 교사의 능력

<sup>1</sup>Science, vol. 317, 6 July 2007, p. 76.

- (4) 과학 발전에 대한 교사의 이해 부족, 즉 어떻게 작동하며, 관련 역사적 사실, 과학에서의 성공적인 생애로 가는 길 등
- (5) 물리, 화학, 생물학 등 핵심 영역간 깊은 연관성에 대한 교사의 이해 실패
- (6) 어떻게 세상이 작동하는가에 대한 과학적 관점의 흥분과 아름다움에 대한 존경심 부족
- (7) 과학자에 대하여 알지 못함 - 즉, 회의적인 질문, 개방적인 자세, 호기심, 누가 무엇을 언제 했는지 등에 대하여 왜 필요한지.

### 과학적으로 생각하는 방법 (과학적 사고 방법)

STEM 교육에서 자주 토론되는 이슈로, “얼마만큼 과학을 전공하지 않는 학생이 과학을 알아야 하는가” 이다. 쉬운 답: “과학적으로 생각하는 방법을 가져야 한다”

특이하게 보이는 이 “과학적 사고방법” 개념은 1930년 미국 철학자이자 교육학이론가로 저명한 존 듀이<sup>2</sup>가 강조하였다. 과학은 현 세계에서 가장 약발이 잘 듣는 힘이다라고 듀이는 말했다. 그는 자신이 느끼길 탐구와 창의성을 저버리고 기계적 암기와 기계적인 단계를 강조하고 있는 것에 대하여 화가 났었다. 듀이는 과학자들에게 “최상의 지적 책임감” 으로서 교육의 모든 단계에 과학적 사고 방식을 전달하도록 재촉하였다.

이것은 비록 비판적 사고, 호기심, 회의와 관찰과 측정, 증명을 포함하지만, 더 깊은 의미는 학생들이 자연세계가 질서정연하고 이해할 수 있다는 것을 점차 이해하는 데에서 나타나는 경탄과 경외적인 느낌과 관련이 있어야 하는 것이다. 무엇보다 우선하는 과학법칙은 예측을 가능하게 한다. 즉 태양이 떠오르며, 일기, 할리 혜성이 2061년에 재현하는 시간과 날짜를 예측하는 것 등이다. 우리 과학교실에서는 이러한 함축된 인정과 존경심이 없다.

과학적인 것이라는 일반적 용어로 불리우는 지식 덩어리는, 어떻게 세계가 작동하는가에 관해 우리가 아는, 과학 내용물인 것이다. 또한 과학하는 과정이 있다.- 즉 현상 관찰과 측정, 현상을 시험과 이성적인 사고 과정을 거쳐 지식으로 천천히 전환하는 과정이다.

### 과학을 가르치기

지식 조각들을 일관된 틀에 맞추는 것이 과학하는 기술이다. 이러한 과정은 계속되어 과학영역에 더 많고 많은 요소들이 포함되게 된다. 그 전체가 어떤 이론이 된다. 이 것은 사실에 의해 부정이 될 때까지 일시적이거나 광범위하고 반복된 시험을 통과하여 살아 남으면 법칙으로서 받아들여진다. 불행하게도 과학자들은 그것도 한 가지 이론으로 아직 부르고 있다.

<sup>2</sup> John Dewey, 1859-1952.

과학의 과정에 필수적인 것은 이야기를 하는 것이다. 누가 무엇을 했었는지와 왜, 어떻게 우리가 알게 되었는지? 과학은 인정적이고 쉽게 응석을 받아줄 수 있는, 과학자라고 불리우는 인간들이 수행하는 것이다. 그들이 무엇을 하고 있는지, 그들의 개인적, 문화적인 조망을 말하는 것이 과학하는 과정이다.

그러나, 교사들은, 적절히 훈련 받으면, 마술을 빚어내고, 가르침에 색깔을 칠하고, 학생들과 공명한다. “그래, 이게 바로 그것이 작동하는 방법이다” 주기율표 차트는 의미로 빛나게 된다. DNA, 한 때는 비밀코드였지만, 지금은 인간 유전학의 사용자 메뉴얼이다. 중력은 행성, 혜성, 떨어지는 사과를 안내해준다. 초전도체는, 교실실험실에서 아주 깨끗하게 시현할 수 있는데, 편안하고 부를 가져 올 수 있는 기술의 열쇠이다. 즉, MRI, 도시 수도시스템의 필터로서, 거대한 원자분쇄기의 자석고리로 쓰인다.

비극은 직관적으로 이러한 사실을 파악할 수 있는 예가 드물다는 것이다. 하지만 아직 과학적 사고 방법은 비과학 전공 학생을 위한 과학교육 목표를 캡슐로 싸서 보호하고 있다.

교육에서, 탐구의 중요성, 학생들에게 배우는 과정에서 탐구에 활발하게 참여토록 자극 주고 있는데, 원칙적으로 널리 받아들여졌지만 아직도 단지 매우 드물게 실천되고 있다. 존 듀이에 의해 개발되었지만 스위스 교육자인 잔 피아제로 거슬러 올라갈 수 있는 그 심오한 개념들을, 모든 학생의 교육 목표로서, 과학적인 사고 방법을 확립하는 데에 적용하고 있었다.

## 본인의 제안

14학년 (고등학교 졸업) 정도까지, 미래 과학자와 수학자, 공학계, 그리고 민주사회의 미래 시민들은 거의 비슷한 교과과정을 밟는 것이 좋겠다고 믿는다. 그렇게 하면 과학사고방법을 이해할 수 있다 대중이 만들 수 있다. 여기에 과학자가 크게 도울 수 있는 일이 있는데 바로 교사와 과학자들이 예를 들면 일주일에 3-5 시간 정도의 상당한 시간을 교사와 과학자들이 서로 교류할 수 있는 일종의 학교와 실험실 협의체에 합류하는 것이다.

교사가 퇴직할 때까지, 교사재교육과 전문성 개발 모두 21세기 이공계 수요에 맞는 수준에 도달하도록 학교에서는 활발히 연구하는 과학자를 활용해야 할 것이다. 사실 과학자 선생님은 학교 선생님 처럼 항상 유용하다. 여기에서, 유치원에서 14학년까지 훈련시키는 교사와 봉사하는 교사의 역할을 염두에 두고 있다.

모든 대학생은 과학분야 박사학위를 희망하는 대학원생, 모든 박사후연구원인 과학자, 수학자, 공학자를 밀하는데, 이들의 첫 3년 동안 이과 과목을 가르치는 교사들과 학교에서 평균 일주일에 평균 3시간 정도 의무적으로 근무할 것을 제안한다. 이는 5-7년 동안 과세 형태이고, 대신 과학자와 공학자에게 활력을 제공하는 국가적 기반제도가 될 것이다. 교사 집단에 이러한 결정적인 도움을 주면, 대중에게 과학 계몽이 될 것이며, 21세기 경제와 대중 문화에 대한 버팀목이 될 것이다.

젊은 과학자, 수학자, 기술자들이 교사 재교육과 전문성개발교육에 동참하는 것은 만병통치약은 아니다. 그 성공은 뛰어난 교사 장래성, 더욱 심도 있는 교사 교육, 또 여기서 말하고 있는 교사와 이공계와의 상호작용이 가능하도록 하는 교사 전문성개발에 훨씬 많은 재정 지원이 제공되는 교육제도의 변화에 의존한다. 교사가 교실에서 보내는 시간도 많아져야 하는 데에도 관계되며, 교육행정과 사실 전 사회가 교사의 전문적인 생애에 대한 존경심을 가지는 점에서 혁명이다. 취직, 국적, 부모자식관계, 여가 모두 21 세기 발전에 심각하게 영향을 받게 될 것이고, 듀이가 추구한 과학적인 사고방법을 실천하는 교육을 추구한 것을 더욱 중시하게 할 것이다.

본 제안에 들어가는 비용은 과학자를 교사의 스승으로 준비하는데 주요 쓰일 것이다. 이 지원은 교사의 한계를 이해하는 데 쓰여지도록 해야 한다. 우리는 중학교, 고등학교, 그리고 대학의 전반부 교사들을 주로 대상으로 간주한다. 따라서, 3-4 주 여름학교 코스를 설계해야 하고, 그 코스 중 많은 과정이 온라인으로 될 수 있다.

초등학교 교사들은 그들이 젊은 학생들의 태도를 갖추도록 하는데 결정적인 역할을 하는 까닭에 다른 부담이 된다. 다행히 이미 잘 개발된 훌륭한 자료가 있고, (버클리대학의 로렌스 과학전당, 시카고 대학의 TAMS)와 초등학교 교사의 스승의 수준은 다른 학교에 비할 정도로 높을 필요가 없다.

## 인문 세계에서 이공계 교육

STEM 교육이 세계의 교육제도에 영향을 미치도록 시작하자는데 우리가 관심이 있지만, 과학의 역할과 문과역의 역할 사이에 있는 해묵은 대립이 있음을 염두에 두어야 한다. 우리 교육제도에서 추구하는 변화는 의사전달 수요를 포함해야 한다. 왜냐하면 역사와 지리를 이해하는 국민들은(지도에서 한국이나 나이지리아를 쉽게 찾을 수 있어야 함!) 꼬치꼬치 캐기 좋아하는 생각하는 사람이어야 하고, 쉬운 말로 정부가 어떻게 일하고, 환경, 빈곤, 테러주의, 법, 에너지, 민주주의, 보건과 같은 세계적인 문제에서 어떠한 착수할 거리를 찾아야 한다. 이러면, 다시 존 듀이 정신에서 보면, 과학 지식은 모든 젊은이들을 아낌없이, 놀라울 뿐만 아니라 연약한 지구란 사실 속에 융합 시키도록 하는 데 쓰일 수 있다.

과학적 사고 방법은 사람과 사람 사이의 인간 관계와 없으면 인생이 단조롭고 먼지와 같이 무미건조하게 할 문학, 음악, 미술에서의 문화 전통에 대한 인식을 더 나아지게 할 수도 있고 그렇도록 해야 할 것이다. 과학은 범세계적 문화이며, 지구상 어느 곳에서도 똑 같고, 우리는 우주에 어디에 있든 간에 우리가 채택해야 할 새 교육의 주된 산물이어야 할 것이다.

**새로운 교육**은 정적이어서도, 과거 속에 근거해서만, 자세히 가르침을 받는 피동적이 아니라, 역동적이며, 진보하고, 범세계적 인간성에 존경심과 우리 환경에 대한 배려에 근거해야 한다. 과학을 잘 가르치면 사람들에게 우리 인류가 무엇을 발견해 왔는가에 대해 놀랍다고 더 인정하게 할 것이고, 신비로움이 더 생기며, 아직도 무엇을 배워야 하는 가에

레온 레더만 교수

7 / 7

제 49 회 한림석학강연, Lepton-Photon 2007 기념 노벨상 수상자 대중강연  
경북대 대강당, 2007년 8월 17일 오후 7시

대한 놀라움이 더 생기게 한다. 이러한 정신적 측면들은 우리 인류의 모든 능력 측면에 영향을 미칠 수 있다. 바로 그것이 과학에 근거한 21세기 교육의 가장 깊은 목적이다.