



능동적 배움을 위한 상호작용형 수업*

이 금 휘 | 전북대 물리학과 교수

내 수업관(철학)은 인생행로를 통해 형성되었으니 독자의 이해를 위해 지나온 과거를 간단히 요약한다. 초등교육은 일본 치하에 진주만 폭격 후 시작하고 광복 후 미군정 때 마쳤으며, 정부수립 후 6-6-4 교육체제의 공업중학(기계)서 영국 영어를 배우기 시작하였으나 6-3-3-4 체제의 공고(전기)를 졸업할 때는 미국식 영어로 바뀌어 있었다. 벼결핵의 투병과 군복무로 5.16 이후에 물리학과를 만학도로 졸업하였다. 대학원 교육은 미국서 이론물리학 전공과 수학 부전공으로 마쳤고 post-doc 과정도 거쳤다. 학생 때 과외지도와 TA는 빼고서도, 필자가 수업 진행을 주관한 것은 지금까지 33년 6개월 동안이다. 그것을 세분하면 반년의 수학 교사와 33년의 물리학 교수인데 그 가운데 23년은 미국서 근무했다. 수학을 좋아한 탓으로 필자가 주저자인 연구논문은 대부분 paper and pencil 형태의 것으로 수학의 농도가 짙은 것이다. 이 글을 쓰는 데는 필자가 귀국한 뒤, 특히 최근 5년 사이, 전북대학교 물리학과(지금은 '과학기술학부, 물리전공')에서 진행한 수업의 현장경험을 토대로 하였다.

최근 『TIME』의 "Vision 21" 특집에 의하면 오늘날 지식·정보화 사회에서 급격히 줄거나 없어져 갈 직

업의 두 번째로 교원을 지목하였는데 필자는 그 전망에 '사회의 여건에 맞도록 변하지 않으면' 이란 조건을 붙이고 싶다.

[1]에서는 교육은 가르침과 배움 두 방향을 모두 포함하며 사람의 교육에서는 '사람다운' 또는 '바람직한'이란 수식어가 뜻하는 바와 같이 교육결과의 사회기여를 항상 염두에 두고 진행해야 하므로 사회여건의 변화가 교육에 반영되게 피드백 체제로 운영해야 한다. 미래사회를 위한 인력자원 양성을 맡은 교육공급자는 재료, 생산과정, 완성품, 유통, A/S에 이르기까지 공급의 다양화와 질의 제고로 짧게는 수요자의 만족, 길게는 자신이 속한 사회를 좋게 만드는 파급 효과가 있도록 배려할 책무가 있다. 인간집단으로서의 사회는 집단을 어떻게 정의하는가에 따라서 달라지며 또 그 구성원 개개인인 시간이 흐름에 따라서 변하므로, 교육의 패러다임 또한 때와 장소에 따라 달라져야 한다고 요약할 수 있다.

지금까지 우리 나라 교육의 양적 팽창 과정에서, 미시적으로는 곳곳에 개별화 교육의 노력이 있기는 했지만, 거시적으로는 공급자 중심의 형태가 지속되었고 1990년

* 한국과학재단 특장기초 연구과제의 지원을 받음.

대 중기까지 교육 내용과 방법에서 개선이 별로 없었는데, 이러한 면은 대학교육도 예외가 아니다. 교육개혁은 우리 나라가 전 지구 가족의 일원으로 피할 수 없는 여건이며, OECD 가입심사단은 우리의 교육개혁안을,

- 평생학습사회의 구현
- 교육의 질을 세계 표준 수준으로 제고
- 첨단 정보화기술의 적극적인 활용
- 교육단위의 자율성·책임성 제고

이 네 가지로 요약하였다.

(2), (3)에서는 오늘날 우리의 대학교육은 교육개혁, 학부제, BK21, 모집단위의 광역화, 무시험 입학, 편입학 등으로 급변하고 있지만 이것들은 수업의 주변 여건에 불과하다. 그것이 교내이건 원격이건 수업의 핵심요소는 교수와 학생 사이에서 이뤄지는 지식전달과 전달된 지식의 응용능력 개발이다. 위의 여러 여건 변화를 한마디로 요약하면 우리 나라 교육이 양적 팽창에서 질 제고의 방향으로 바뀌고 있음을 말한다. 아래에 필자가 진행했던 수업과 관련되어 1960년대 말기의 경험과 2000년 1학기의 경험을 간단히 기술하고 위에 논의한 여건 변화에 따른 수업방법에 대한 자세한 논의는 필자가 근래에 쓴 글 가운데 몇 개를 골라 참고 [4]~[8]로 제공한다.

필자가 1967년에 미국 미시시피강 서쪽에서 가장 오래된 주립대학교의 첫 외국인 물리학 교수로 채용될 당시 두 차례의 인터뷰 여행과 발표심사를 거쳤는데 '악센트가 심하지만 가르칠 수 있는 정도의 영어'란 평정을 받았다. 동료들에 비해 언어의 단점이 있는 것을 보완할 목적으로 많은 시간·노력을 들여 충실히 준비한 강의 노트와 배포유인물을 가지고 열심히 강의한 결과 수년 뒤에 2000여 명 가운데서 교수를 무작위 선택하여 학생회가 독립적으로 실행한 강의평가에서 전교의 상위권에 속하게 되는 평정을 받아 정년보장(tenure) 심사에도 도움이

되었다. 당시 필자가 얻은 교훈은 충실히 준비된 교육내용도 중요하지만 더욱 더 중요한 것은 그 내용을 학생들이 잘 이해하여 활용할 수 있게 해야 한다는 것이다. 그러기 위해서는 교실에서의 수업태도, 조명, 통풍, 큰 글씨로 잘 정리한 판서, 큰 소리의 강의 등에도 세심한 배려를 하고 과제물과 시험지의 조속한 반환 및 논의 등에 힘써야 한다. 이를 통해 교수가 학생들을 '자식(academic sons and daughters)'으로 생각하고 열심히 가르친다는 사실이 전해져 교육효과가 매우 좋았던 경험이 있다.

막 끝난 2000년 제1학기는 필자의 마지막 학기(8월 31일 정년)로서 본인이 원할 경우 강의를 맡지 않아도 되나 그 전에 해 온 바대로 자청하여 12시간을 맡았다. 역할분담이 대학 또는 학과 차원뿐만 아니라 교수 개개인에까지 이루어져야 한다는 믿음으로, 12시간을 맡으면 다른 동료가 6시간만 맡고 연구에 더 몰두하도록 도와 준다는 생각으로 그렇게 결정했다. 일반물리학 및 실험-1(과학기술학부 1학년) 2개 분반과, 고급수리물리학(대학원), 고급전자기학-1(대학원)이다. 모든 과목에서 첫 시간에 학급 전체를 향하여 자기소개에 이어 한 문장 이상의 간단한 발표(내용은 자유)를 하도록 하고 끝 시간에 또다시 학기말 논의를 하도록 하였다.

1) 일반물리학 및 실험-1(과학기술학부 1학년)

과학기술학부는 1997년에 종래의 물리학과, 화학과, 지구환경과학과를 합하여 만든 학부로서 170명의 입학 정원을 가졌다. 교내의 첫 시도로 등록 30명으로 제한한 여섯 반의 일반물리학을 동료 김주진 교수, 김진승 교수와 함께 명실공히 팀티칭을 한다. 첫 시간에 6반 모두에 셋이 같이 들어가 우리의 파일럿(pilot) 시도를 설명하고 강의계획서 및 강의 노트의 공동작성, 보조 S/W의 공동제작(한국과학재단 특정기초 연구팀) 및 결과의 웹사이트[9] 공개, 시험의 공동 출제 및 채점을 알리고 어느 특정 교수한테서 수업을 많이 받게 되더라

도 모두를 같이 취급하여 인사도 해 달라고 요구하였다. 그 결과 너무 많은 인사에 답해야 하는 즐거운 비명을 지르기에 이르렀다. 강의실은 한국사학진흥재단 연구보고 6집(10)에서 제안된 양방향 다중매체 강의실의 구축. 필자가 아는 바로는 국내에서 첫 시도한 것으로 LCD beam projector, server WS, PC 31대(학생 30대, 교수 1대) 그리고 모든 컴퓨터가 LAN을 통하여 인터넷에 접속되며 각각에 이공계의 범용 S/W Mathematica의 정품이 깔려 있다. 강의실을 자연대가 관리하며 방의 맨 뒤에 방송 조종실 형태로 된 유리벽 뒤에는 강의실 전담 조교가 강의 진행과 함께 대기한다.

학부의 각과 공용 컴퓨터실에는 많은 컴퓨터가 있을 뿐만 아니라 공개된 웹사이트로부터 강의 노트나 과목관련 교육자료를 인터넷을 통하여 언제 어느 곳에서나 다운받을 수 있으므로 강의시간에 필기하지 말고 설명을 경청하도록 하며 중요한 핵심적인 내용만 골라서 질문과 대답을 섞어가며 더 자세히 설명한다. 냉·난방과 암막 장비가 완비된 큰 교실에 30명 이하의 학생이 편안한 자세로 앉아 교단의 넓은 스크린 또는 각자의 모니터에 나타난 그림을 곁들여 잘 정리된 내용을 설명도 들으면서 공부하는데 교수가 교실 안 모든 곳에 왔다 갔다 하면서 개개의 옆에 와서 질문도 하며... 등으로 수업이 진행된다. 첫 학기가 막 끝나고 기말성적 처리중이므로 데이터에 근거한 결론을 말할 수 없으나 종래의 대형 계단 강의실 형태의 서비스 교육과 전혀 틀린 반응을 우리들은 피부로 느끼고 있다. 종래의 단방향 지식전달 강의에 비해 틀린 점은 학생/교수 비율의 개선과 교수의 지속적인 실내 이동으로 교수-학생 양방향 상호작용(1 대 1 질문과 대답이지만 학생 전원이 내용을 들음, 1 대 1 눈 마주침 포함)이 강조되어 그들이 인식하는 우호적인 태도에서 잘 되어가고 있다는 인상을 강하게 받고 있다.

2) 고급수리물리(대학원)

원래 이 과목은 필자가 미국에서 가르칠 때 대학원 물리

학과와 전공과목이지만 점점 공학계열의 대학원생이 많이 등록하여 수강생의 수에서 주객이 전도되는 결과에 이를 정도로 성공적인 서비스 과목으로 발전했던 경험을 갖고 있다. 이번에 그런 경험을 살려 이공학도 이용자를 위한 응용수학이란 부제를 붙이고 가르칠 제목을 나열한 간단한 한 쪽의 '과목안내'를 자연대와 공대의 게시판에 수강신청 며칠 전에 부착하였던 바 좋은 호응을 얻었다. 몇 명의 청강생이 끝까지 열심히 출석하였는데 성공(특히 미국의 경우)의 주된 원인은 다른 내용이 물리학에 국한하지 않고 더 넓게 여러 가지 중요한 내용을 되도록 많이 다뤘음으로 응용의 폭이 넓기 때문인 것으로 생각한다. 더 중요한 것은 새로운 제목을 시작할 때마다 전체 수리물리를 보는 포괄적 구조를 설명하고, 그 속에서 이번 제목의 상대적 위치를 지적하고 강조하여 학생들이 단순한 여러 수학적 기술의 나열이 아니고 자연현상의 수학적 기술에 대한 거시적 안목을 심어 준 것에 있다고 본다. 미국의 경우와 다른 특기 사항은 위 1)의 일반물리학과 같은 양방향 다중매체강의실을 썼으며 2시간과 1시간을 합하여 주당 3시간의 강의에 3학점 배정으로 된 것을 같은 3학점이지만 2시간 2회로 변경시켰으며 종래의 강의 방식인 (i)식을 (ii)식에 대입하여 (iii)식은 얻는다'를 되도록 없애고 구조적인 면을 강조함으로 3분의 2 정도로 강의 실시간 수를 감소시켜 주당 2시간 정도를 이공계의 범용 소프트웨어인 Mathematica 연습에 쓰도록 하였다.

3) 고급전자기학 1(대학원)

대학원 물리학과와 전공필수과목이다. 위의 고급수리물리학의 경우처럼 주당 3시간 3학점인 과목을 4시간 3학점으로 운영하였다. 특히 이 과목의 교과서가 1960년대 초부터 전세계 대학원 전자기학의 표준교과서이며 최근에 개정 출판된 제 3판에 방정식의 컴퓨터를 이용한 해법에서 표준적 방법으로서 중요한 위치를 차지하게 된 유한요소방법(finite difference method)이 다루어진 것을 계기로 시험의 대처로서 강제성을 띄도록 하면서 그

에 대한 리포트를 쓰도록 하고 또 open-ended take-home examination을 부과하였다. 마지막 시간의 논의에 의하면 유한요소방법에 대해서 배운 것이 많았다는 답변이었다.

4) 2000년 2학기의 파일럿 강의

전북대에서 2000년 7월 9일~15일 기간에 열리는 UNES-CO-AsPEN Seminar-Workshop on Multimedia Physics Education: Promoting Active Learning in Introductory Physics Courses[11]를 앞두고 일반물리학 과목의 강의와 실험을 별도로 하던 것을 합쳐서 할 수 있는 양방향 능동교육 다중매체 강의실[8]을 건설중이며, 2학기에는 파일럿 운영을 시도할 것이다. 이 강의실에서는 교수가 시연 실험을 보여 준 다음 학생 전원이 교수와 틀린 조건으로 시연하는 것을 교수가 보고 있다가 적당한 시간이 경과한 뒤에 특정 학생을 지정하여 그의 실험진행을 전 학급의 스크린(모든 PC)에 뿌리고 몇 분 동안 가르치도록 하는 방식을 구상하고 있다. 즉, 교수뿐만 아니라 모든 학생 개개인이 선생이 되어 전 학급의 교육을 하게 되는 것이다. 실험과 실습에서 크기가 틀린 여러 종류의 조로 재편성을 쉽게 할 수 있도록 책상을 설계, 배치하였고 모니터는 전력소모, 공간절약, 시력보호 등을 고려하여 미래지향적 화면장치인 얇은 TFT-LCD로 하였다. **참고문헌**

〈참고문헌〉

김진승·이금취(1999), "정보기술을 이용한 대학물리교육", 『물리학과 첨단기술』, 제8권(제11호), pp. 14~19.
 우중천·국양·백운철·한정선(1998), "교육의 정보화 추진방안 수립에

관한 연구", 연구보고 제6집, 한국사학진흥재단.
 이금취(1998), "대학물리학 교육의 개선", 『물리학과 첨단기술』, 제7권(제1호), pp.42~44.
 이금취(1999), "대학 물리교육의 개편방향: 물리교육 패러다임", 『물리학과 첨단기술』, 제8권(제11호), pp.38~39.
 이금취·오일석(2000), "멀티미디어 교육시설의 설계 및 환용방안 연구", 전북대학교 광전자·정보기술 연구소.
<http://visualphysics.chonbuk.ac.kr>
<http://www.swin.edu.au/physics/aspenn/futerea.htm>
 Ministry of Education(1996). "OECD Seminar on Korean Education Policy", Seoul.
 M. Johnson, D. Johnson and K. Lee(1998), "A Pedestrian Guide To Reforming The Introductory Physics Course", <http://www.phy.duke.edu/~mark/reform/>.
 OECD(1996), "Reviews of National Science and Technology Policy: Republic of Korea", Paris.
 Peters, T., et al.(2000), "Visions of the 21st Century", 『TIME』, Vol. 155 (No. 20) (22 May 2000), pp. 36~48.

이금취

서울대를 졸업하고, Iowa State University에서 박사학위를 수여받았다. University of Missouri-Columbia 물리학 교수를 역임하고, 현재 전북대에 재직중이며, IUPAP(순수 및 응용 물리학 국제연합) Commission Member, UNESCO 한국위원회 자연과학분과 부위원장, AsPEN(Asian Physics Education Network) 회장 겸 한국대표로 활동하고 있다