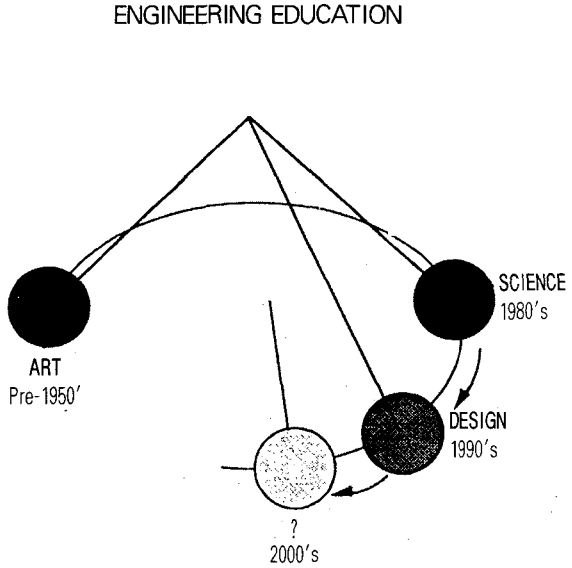
공학교육 교수론

조 벽 교수
Michigan Technological university

1950년 이전에는 engineer는 craftsman, 즉, 기능공 수준에서 그쳤다. 그래서 art에 치중하였다. 1980년대 소련의 스프트니크 우주선이 발사된 이후 미국에서는 자극을 받아 과학 발전에 치중하게 되었다. 그러나 최근에 와서 다시 인문계 쪽으로 가고 있다. 이런 추세는 마치 추와 같이 왔다갔다 하므로 본인은 이것을 pendulum theory라고 하고 싶다. 그러나 단순히 왕복만 하는 pendulum이 아니고 회전하는 pendulum이라고 할 수 있다. 옆에서 보기에는 왕복만 하는 것 같지만 실제로는 다른 곳으로 가고 있다. 1950년대의 교육이 문과 지향적이었다면 1980년대는 과학 지향적이라고 할 수 있고 최근에는 design 중심으로 가고 있다(Fig. 1). Design이란 목표를 설정하고 criteria를 선정하여 합성(synthesis), 분석(analysis), 구성 (construction), 시험(testing), 그리고 평가(evaluation)하는 것이다. 교육학에서 교육의 단계로 Bloom이 제안한 지식, 이해, 응용, 분석, 목적 합성(objective synthesis), 그리고 목적 평가(objective evaluation) 이 6가지 단계로 나누고 있다. 단계가 높아질수록 높은 차원의 교육이 되는 것이다. 공학 교육에서 design에 중점을 두는 것은 지금까지 낮은 차원에 머무르던 것을 좀 더 높은 차원의 교육을 시키기 위해 제시된 한 방법이다. 앞으로는 계산 방법을 외워서 문제를 푸는 학생보다 자기가 구한 답에 평가와 판단을 내릴 수 있는 학생이 유능한 학생이다. 이것이 현재 미국에서 하고자 하는 공학 교육이다. Design 과정은 판단(decision making), 선형 계산이 아닌 시행착오에 의한 반복 계산(iteration), 정답이 없는



문제(open ended problem), 여러 가지 정답에서 최선의 것을 선택하는 판단력, 그리고 여러 가지 가능성에 대한 평가 및 비평으로 되어 있다.

Perry는 대학생들의 인지 발달 단계를 이원론(dualism), 다중론(multiplicity), 상대성(relativism), 그리고 참여(commitment in relativism)의 4단계로 나누었다. 보통 design 하면 무엇을 만드는 것을 생각하는데 그것을 포함해서 높은 차원의 교육을 하자는 데 목적이 있다. 그런데 design 교육을 하는 데는 교수들의 많은 수고가 뒤따르고 학생 수가 많으면 원활한 수업을 할 수 없다. 그러나 University of Illinois에서 6년간에 33개 클래스를 대상으로 한 클래스 내의 학생 수가 교수 수업 능력에 미치는 영향을 조사했는데 영향이 없는 것으로 나타났다. 또한 학생 수와 학생들이 느끼는 배움의 양과도 무관하였다. 그러나 학생들이 수업 시간에 배운 양과 교수 수업 능력이 비례하였다. 이것은 학생 수가 많다고 해서 학생들을 못 가르친다고 할 수 없고 학생 수가 많아도 학생들이 많이 배울 수 있는 가능성이 있다는 것을 시사하고 있다. 그래서 본 발표에서는 이것을 가능하게 할 수 있는 몇 가지 가이드 라인을 제시하고자 한다. 첫째로 교수 중심이 아닌 학생 중심의 교육이 되어야 한다. 학생 중심 교육이 되기 위해서는 faculty-paced teaching에서 self-paced learning으로, classroom teaching에서 long-distance learning으로, syllabus dictated teaching에서 just-in-time learning으로 바뀌어야 한다. 다시 말하면 teaching에서 learning으로 바뀌어야 한다는 것이다. 학생들이 수동적으로 받아들이는 것이 아니라 학생들 자신들이 활동적으로 배움의 주인이 되는 것이 학생 중심 교육이다. 학생들 스스로가 공부를 할 수 있도록 도와주고 분위기를 만들어 주어야 한다.

그러면 학생들이 어떻게 배우게 되는가? R. M. Felder가 학생들이 선호하는 learning 스타일과 교수들의 teaching 스타일을 비교하였다. 학생들의 감각적, 가시적, 귀납적, 활동적으로 배우기를 원하는데 교수들은 추상적, 언어적, 연역적, 수동적, 그리고 순서적으로 가르친다고 하였다. Kolb 교수는 학생들을 수동적으로 만드는 강의와 능동적으로 만드는 강의 요소를 조사했는데 강의 내용에서 예를 들거나 대답을 바라지 않는 질문 등은 학생들을 수동적으로 만들고 paper를 쓴다던가 프로젝트를 한다든가 직접 모델을 만들어본다든가 일기를 쓴다든가 해서 학생들이 배움의 주인이 되도록 하는 것이 학생들을 능동적이고 적극적으로 만드는 것이라고 하였다.

둘째로 교육의 이미지를 building block이나 flow chart와 같은 기계적인 모델에서 살아있는 세포와 같은 유기적 모델로 바꾸어야 한다. 다시 말하면 결청적이고 폐쇄적이고 순차적이고 논리적이고 정적이고 영구적이고 통합적이고 요소적인 모델을 비결정적이고 개방적이고 비선형적이고 동시적이고 애매 모호(fuzzy)하고 동적이고 일시적이고 상승적(synergy)이고 전체적(holistic)인 모델로 바꾸어야 한다. 그러면 어떻게 유기적인 모델을 만들 수 있을까? 예를 들어 설명하면 열역학을 강의할 때 장별로 강의를 하면 한계가 있지만 완전히 열역학 이론이 통합된 문제를 내서 컴퓨터를 이용해 풀게 하고 팀을 나누어 리포트를 내게 하고 발표하게 한다면 소모되는 시간은 줄어들지만 팀웍, 레포팅 능력, 그리고 종합적인 문제를 푸는 능력

을 키우는데는 아주 효과적인 방법이다. 다른 예로서 버클리 대학의 스티브 우작 교수가 4학년의 engineering management와 engineering leadership 과목과 1학년의 design과목을 가르치면서 4학년 학생이 1학년 학생들의 그룹을 지도하게 해 동시에 두가지 교육 효과를 얻는 좋은 결과를 얻었다. 고학년은 저학년을 가르치면서 지도력과 팀 운영 방법을 배우게 되고 저학년은 고학년으로부터 학문적인 도움을 받게 된다. 또 다른 예로서 Just-in-time 교육이 있다. Rose-Hulman 대학에서 수학, 전기, 화학, 컴퓨터 프로그래밍, 그리고 design 등으로 나누어져 있는 1학년 과목을 3학기로 나누어 한학기에 12학점이라는 거대 과목으로 만들어 학생들을 가르쳤다. 우선 1차 화학반응 실험을 하고 그 결과를 보면서 학생들은 1차 미분방정식을 배운다. 다시 말하면 필요에 의해서 배우게 된다. 이런 교육에 의해 학제간 공부가 가능하고 학생들에게 공부에 대한 동기를 유발시킬 수 있다. Writing도 writing에 대한 과목을 개설하는 것보다 공학 교수들이 자기 과목을 가르칠 때 간단하게라도 학생들에게 글을 쓰게 하는 것이 효과적이다. Michigan Tech.에서는 각 과목과 그 과목에서 얻게 되는 기술, 즉, report writing, oral presentation, creativity, teams, project management, 실험실 경험, 컴퓨터 경험, 분석, 그리고 실제 직원들과 일해 보는 경험들 간의 matrix를 만들어 학생들이 과목의 특성을 이해하고 선택할 수 있게 하였다.

세번째는 교육의 중심을 커리큘럼에만 두지 말고 extra와 hidden 커리큘럼도 중요시 하여야 한다. 커리큘럼은 전공, 부전공, 그리고 교양과목이다. extra커리큘럼이란 과외활동을 말하고 hidden 커리큘럼이란 대학의 vision이나 학과의 정책, 또는 학교나 학과의 풍토를 말한다. 공대 교수들은 커리큘럼에만 관심을 갖지 말고 광범위하게 생각할 필요가 있다. 미국 자동차 회사에서는 매년 대학생들을 대상으로 자동차 제조 경주 대회를 하는데 학생들이 여기에 참가하게 되면 학과 공부를 하지 못하게 된다. 이 때문에 논란이 많았는데 미국 보잉 회사에서 이런 과외활동을 한 학생은 성적을 보지 않고 뽑겠다고 선언했다. 이것은 과외활동에서 engineer다운 정신으로 일을 하는 학생을 뽑겠다는 의미이다. 파블로브와 스키너는 외부 자극만을 생각했는데 이 외부 자극으로 얻을 수 있는 것은 한정되어 있다. 진실한 교육의 외부적인 자극보다 내부에서 생기는 자극에 의해 자발적으로 일을 할 수 있게 하는 것이 바람직하고 이러한 여건을 만들어 주는 것이 교수들의 역할이다. 이런 것을 연구한 학자들이 많은데 그 중 시카고 대학의 잭슨 리할 교수는 체스를 둔다든지 테니스를 친다든지 절벽을 탄다든지 하는 사람들은 경제적인 보상이 전혀 없는데도 시간 가는 줄을 모르고 몸이 아파도 목숨을 걸면서까지 하는 것을 보고 이런 사람들이 바로 외부 자극보다 내부 자극에 의해 기쁨을 느낀다고 하였다. 그러므로 학생들이 성적 때문에 공부하는 것보다 자동차 대회에 참가한 학생들처럼 거기에 몰두하는 자세가 바람직하다.

교육학자들은 교육단계를 생각하고(think) 가치관을 가지고 평가하고(value) 행동하는(behave) 3가지로 나누었다. 그런데 회사에서는 기술뿐만이 아니라 대화 능력, 사회 변화 인식, 확신, 열심, 그리고 인내도 요구하고 있다. 다시 말

하면 교육의 3가지 단계 모두를 원하고 있다. 따라서 공학 교육에서는 생각하는 기술뿐만이 아니라 3가지 모두를 해야 한다는 것이다. 이것이 바로 인성 교육이라고 생각한다. 공대 교수가 공학도만 배출하는 것이 아니고 공학도들의 인간성 전체를 발전시켜야 한다. 일반적으로 전공에서 지식과 기술을 가르치고 교양과목에 나머지 두 가지(value, behave)를 커버하려고 하는데 사실 이것은 불가능하다. 따라서 extra 커리큘럼과 hidden 커리큘럼에서 이 부분을 다루는 것이 효과적이다. 교양과목은 교양과목 교수에게 맡기고 학생 지도는 학생 지도 담당 교수에게 맡긴다는 생각에서 벗어나야 한다. 1950년대 이전은 공학 교육이 기능인(craftsmen)을 배출하는 것이 목표였고 1980년대는 기술자(technologist), 1990년대는 design을 요구하면서 사회과학 기술자(sochi-technologists)를 배출하는데 중점을 두었지만 앞으로 2000년대는 한 인간을 개발시키는데 역점을 두어야 할 것으로 보인다.

이러한 것들이 가능하기 위해서는 교수들의 능력을 키워주여야 한다. 그러기 위해서 첫째로 학자로서의 평가(scholarship)를 연구에만 국한시키지 말고 회사와 조정(integration)하고 산업체에 적용(application)하고 학생들을 가르치는(teaching)것도 포함시켜서 교수들이 이 분야에도 전념할 수 있도록 해야 한다. 그래서 논문이 안 나오더라도 이 부분에 전념하는 교수들의 기여를 높이 사서 인센티브를 준다던가 보상을 해주어야 한다.

보통 teaching에 신경을 쓰면 연구에 소홀하고 연구에 신경을 쓰면 teaching에 소홀하게 된다고 생각한다. 그러나 K.A.Feldman이 44개 연구과제와 teaching과의 관계를 조사한 결과 두 가지 사이에는 전혀 관계가 없는 것으로 나타났다. 다시말하면 교수가 두 가지를 다 잘 할 수 있는 가능성이 있다는 말이다. 그러기 위해서 학교에서는 교수들을 뒷받침해 주어야 한다. 교수들이 처음에 학교에 들어오면 연구에는 훈련을 받았지만 teaching에는 훈련을 받지 못했다. 따라서 학교에서 교수들이 teaching을 잘하도록 뒷받침을 해주고 분위기도 조성해 주고 reward도 주고 할 때 비로소 교수들이 두 가지를 다 잘할 수 있다.

둘째로 교수들에게 teaching에 대한 지식이나 정보를 공급해 주고 workshop을 하면서 훈련도 시키고 포럼을 통해 아이디어나 경험을 서로 나누며 새로운 교육 방법을 시도할 수 있는 권한과 기회를 주고 건설적인 평가도 하면서 교수들의 teaching 능력을 배양시키는 것이 중요하다. Michigan Tech.에서는 신입 교수들에게 workshop과 1년간 1주일에 한시간씩 강의와 토론 등을 하면서 다음과 같이 세 가지를 가르치고 있다. 먼저 "교수 자신을 알라". 교수가 학생들에게 얼마나 큰 영향을 주는지 알게 한다. 둘째로 "학생을 알라", 학생들이 다양하기 때문에 가르치는 방법도 다양해야 한다. 셋째로 가르치는 방법을 알게 한다. 이런 말이 있다. 조교수는 자기가 아는 것 이상을 가르치려고 하고 부교수는 자기가 아는 정도만 가르치려고 하고 교수는 학생이 알아들을 수 있는 정도만 가르친다고 한다. workshop이나 포럼이 왜 중요하는가? 일반적으로 교수 생활 2년을 하면 그 방법대로 teaching 방법이 굳어 버린다. 그러므로 학교에서 2년간 교수들의 teaching방법을 잘 훈련시킬 때 학생들이 양질의 교육을 받을 수 있다.