

화학공학 - 변화의 길목에서



문 상 흡

서울대학교 화학생명공학부 교수
shmoon@surf.snu.ac.kr

서울대학교 화학공학 학사
U. of Illinois, 화학공학 석사, 박사
한국과학기술 연구원 (KIST) 실장
한국화학공학회 회장
아시아-태평양 촉매학회협의회 (APACS), 회장
한국과학기술원원장 정회원
한국공학한림원 정회원
관심분야: 촉매공학, 반도체 공정

화학공학과에 입학한 후 박사 학위까지 받고 현재 대학에서 학생을 가르치고 있는 나에게, “화학공학”이란 마치 “저에게 일용할 양식을 주시고 저의 모든 정신작용을 지배하시는 신”과 같은 절대적 존재이다. 그동안 나는 “화학공학”에 기대어 무사히 사회생활을 하고, 비록 적지만 “연구성과”라는 것도 쌓을 수 있었다. 그런 “화학공학”이 이제 서서히 새로운 모습으로 변화하고 있다. 앞으로 어떤 모습으로 귀착할지는 모르겠으나, 적어도 내가 40여 년 전에 배웠던 것과는 상당히 다른 내용을 다루는 학문으로 바뀔 것 같다. 이 변화는 왜 일어나는 것일까? 이 과정에서 우리는 무엇을 고려하고 어떤 현명한 결정들을 해야 하나? 아래에서는 이 질문들에 대한 나의 짧은 견해를 간단히 적는다.

1. 자랑스러운 화학공학

자연의 원리를 이해하는 것에 만족하지 않고 그 지식을 인류의 복지 향상에 응용하는 “공학”이라는 학문이 좋아 나는 공과대학에 지원하였다. 그 중에도 인류의 의식주 문제를 다루고, 당시 경제성장을 위하여 정부가 강력히 추진하던 증산, 수출, 건설 정책과 밀접하게 연결되었던 화학공학과에 입학하였다. 3, 4학년 때 배운 화공양론(또는 화공계산), 열역학, 반응공학, 단위조작, 이동현상 과목은 잦은 시험 때문에 내 대학시절의 소중한 시간을 많이 빼앗았지만, 동시에 나에게 “화학공학”이라는 학문의 재미를 맛보게 한 결정적 공신이기도 했다.

나는 이 과목에서 얻은 화학공학의 기초지식을 토대로 복잡한 화학공장을 몇 개의 단순한 단위공정으로 해체하거나 반대로 단위공정들을 적절히 조합하여 새로운 화학공장을 설계하는 환상적인 방법을 배웠다. 이는 마치 고고 시절에 단순한 삼단 논법을 토대로 일견 불가능해 보이는 기하학의 증명을 해내거나 또는 뉴턴역학의 기본 법칙을 이용하여 복잡한 역학문제들을 풀었던 경험과 유사하였다. 이처럼 화학공학의 핵심지식을 기본수단으로 다양한 화학공정을 이해하는 접근방법은 그 후 내가 대학원을 거쳐 교수생활을 하는 지금까지도 나의 사고를 크게 지배하고 있다. 사실 우리가 대학에서 배워야 할 것은 응용분야에 따라 변화무쌍한 지역적 지식들이 아니라, 각 분야의 특성을 결정하는 핵심인자를 빨리 찾아내고 이를 토대로 주어진 문제의 해결책을 쉽게 얻는 방법이다.

주지하는 바와 같이 화학공학은 정유 및 석유화학 산업을 중심으로 크게 발전하였다. 특히, 화학반응을 포함한 비선형 화학공정을 최적화하여 대형화(Scale-up)하고 이를 연속적으로 안전하게 조업하는 기술을 개발한 것은 다른 공학 분야에서는 찾아보기 힘든 큰 성과이다. 화학공학은 그 발전 과정에서 1) 수지(Balance) 개념, 2) 일반화(Generalization) 개념, 3) 대형화(Scale-up) 지식을 정립하였다. 수지 개념은 “Input - Output = Accumulation”이라는 단순한 원리를 사용하지만, 이는

복잡한 공정시스템에도 그대로 적용할 수 있는 매우 유용한 개념이다. 수지의 대상은 통상적으로 물질(Mass), 운동량(Momentum)과 열(Heat)이지만, 돈(Money)에 대하여 적용하면 경제학의 기초가 된다. 화학공학과와 학생들은 이 중요한 개념을 배우면서 화학공장과 회사경영에 대한 총괄적인 시야를 갖게 된다.

화학공장은 “반응”과 “분리”의 두 가지 기본공정으로 이루어졌고, 이 기본공정은 다시 몇 가지의 단위공정으로 나눌 수 있다. 따라서 복잡한 화학공장을 구성요소인 단위공정에 따라 해석하는 접근법이 일반화(Generalization) 개념이다. 화학공정을 대형화(Scale-up)하기 위하여 무차원 해석(Dimensionless Analysis), 공정 최적화(Process Optimization)와 같은 기법들이 개발되었는데, 이 방법은 공정의 소형화(Scale-down)를 위하여도 그대로 사용할 수 있다.

2. 변화하는 환경

정유 및 석유화학 공정을 개선하기 위하여 화학공학자들이 지난 50여 년에 걸쳐 이론 눈부신 성과는 유감스럽게도 이 산업에서 그들의 일자리를 줄이는 결과를 초래하였다. 에너지와 원료의 사용량을 최소로 줄이고 자동화를 통하여 공정을 최대한 안전하게 설계한 결과 화학공장의 운전에 필요한 인력의 수는 점차 감소하였다. 또한, 잘 개발된 공정 소프트웨어(Software Package)의 출현으로 인하여 웬만한 수준의 단위공정은 별도의 연구개발 과정이 없이 직접 설계를 할 수 있게 되었다.

이처럼 대부분의 석유관련 산업이 공장의 대규모화와 함께 성장의 포화단계에 이르는 것과는 달리, 반도체 가공 기술, 나노재료 제조, 유전자조작 기술, 에너지 및 환경 문제의 대두로 인한 새로운 IT, BT, NT, ET 산업들은 급속도로 성장을 하여 바야흐로 새로운 산업혁명의 시대를 예고하고 있다. 이 산업들은 지금까지 화학공학이 다루어 온 재래식 화학공정과 달리, 초정밀 분리(Ultra-fine Separation), 기능성 재료(Functional Materials), 나노입자(Nano-particles), 생체적응성(Bio-compatibility), 다공성 및 자기조립 재료(Porous and Self-assembly Materials), 신촉매(New Catalysts) 등과 같이 대상 물질

의 특성을 원자 및 분자 수준에서 정확히 이해해야만 이를 올바르게 응용할 수 있는 경우가 많다.

따라서 오늘날 대부분의 화학공학과에서는 종전에 가르치던 화학공정 설계에 관한 과목 외에도 화학, 물리, 생물, 수학, 통계 등 기초과학의 핵심지식과 함께 컴퓨터, 공정설계 및 의사소통(Communication)에 관한 교육을 강화하고 있다. 화학공학과를 졸업한 학생들의 취업도 종전에는 주로 정유, 석유화학, 섬유 등의 화학회사를 중심으로 이루어지던 것이, 근래에는 반도체공정 연구를 수행하는 전자회사나 환경측매 개발이 필요한 자동차 회사 등과 같이 그 범위가 매우 다양해지고 있다. 즉, 종전과 같이 특정학과 출신은 특정산업으로 가는 식의 “One-to-One” 취업 형태에서 오늘날에는 같은 전공 졸업자일지라도 개인의 성향에 따라 다양한 산업에 취업을 하는 “One-to-Many”의 형태로 바뀌고 있다.

대학으로서도 이와 같은 취업형태의 변화에 부응하기 위하여 학생들이 어느 산업에 취업을 하더라도 경쟁력을 가질 수 있도록 교육 내용을 바꾸고 있다. 교육의 단위를 종전의 소규모 학과 대신 이들이 합친 대규모의 학부로 운영함으로써 학생들이 보다 다양한 교육의 기회를 갖도록 하거나, 학생이 공학인증제도에 적극 참여하도록 유도하는 것도 이처럼 변화하는 환경에서 학생들의 경쟁력을 높이기 위한 대학의 노력이라고 할 수 있다.

3. 효과적인 교육

화학공학과에 다니는 학생들은 이처럼 변화하는 산업 및 교육 환경 속에서 나름대로 최선을 다하고 있다고 나는 믿는다. 그러나 선배들의 경우처럼 정통 화학공학의 핵심지식을 토대로 공정해석 및 설계 방법을 배우고, 여기에 더하여 화학, 물리, 생물을 포함한 기초과학의 지식도 쌓고, 나아가 컴퓨터 지식과 의사소통 교육까지 받아야 비로소 화학공학과를 졸업할 수 있다면 이는 학생들에게 너무나 큰 부담이다. 교수님들은 학생들의 경쟁력을 높이려는 의도에서 이처럼 많은 교육의 기회(?)를 제공하지만, 실제로 얼마나 많은 학생들이 의도했던 교육의 성과를 얻고 졸업하는지는 의문이다. 산업계에서는 오히려 요즘 대학생들의 학력이 옛날보다 저하

되었다고 지적을 하고, 급기야는 기업이 필요한 사람을 직접 교육한 후 채용하는 “맞춤형 교육” 프로그램이 운영되는 사례도 있다.

아무리 좋은 약도 너무 많이 먹으면 오히려 몸에 나쁠 수가 있다. 필요한 지식이라고 해서 이를 모두 학생에게 주입시키려 하는 것보다, 차라리 몇 가지만이라도 제대로 가르치려고 노력하는 것이 더 낫지 않을까? 선배 화학공학자들이 한 것처럼 우리도 현재 화학공학에서 필요로 하는 다양한 지식들을 몇 가지의 핵심지식으로 단순화하고 이를 토대로 다양한 응용사례들을 일반화하여 해석할 수는 없을까? 그러나 유감스럽게도 위의 질문에 대한 명쾌한 해답을 우리는 아직 얻지 못한 것 같다. 따라서 앞으로 상당기간은 현재와 마찬가지로 다양한 교육 내용과 방법들이 여러 대학에서 시행착오를 겪으며 시도될 듯하다. 화학공학 교육의 입장에서 볼 때 “혼돈의 시기”이거나 아니면 새로운 교육 전형의 출현을 위한 “진통기”라고 할 수 있겠다.

효과적인 교육을 위한 두 가지 제언을 하며 이 글을 마치겠다. 첫째, 학생들에게 상호협력의 경험과 가치를 심

어 주는 교육을 강화해야 한다. 미래의 기술은 통합 (Convergence)에 의하여 이루어지고 창의성은 서로 다른 지식의 경계면(Interface)에서 생기는 경우가 많다. 위에서 설명한 바와 같이 “화학공학”의 경우에도 새로운 공정이나 제품을 개발하려면 다양한 전문지식을 종합해야 하는데, 불행히도 우리나라의 교육에서는 학생들이 협력하여 좋은 성과를 얻는 기회를 많이 제공하지 못하고 있다. 따라서 우리는 앞으로 화학공학 교육을 받은 학생들이 “다분야 전문지식의 종합능력”에 있어서 탁월한 경쟁력을 갖도록 교육해야 한다.

둘째, 대학별로 당면한 교육 환경과 추구하는 교육 목표에 따라 화학공학의 교육 내용과 방법을 차별화하는 것이 좋겠다. 우리 사회는 나보다 남을 의식하여 중요한 결정을 내리는 경우가 많은데, 이는 자신의 가치관과 목표가 뚜렷하지 않은 탓이다. 세계 5위의 규모에 달하는 우리나라의 정유 및 석유화학 산업과 최근에 급성장하는 화학 산업의 잠재력을 감안할 때, “화학공학”의 교육도 이제는 우리 고유의 전형을 만들어 추구할 때가 되었다. 이를 위한 화학공학자들의 노력이 기대된다. 