

CASE 기술특집: 21세기를 위한 제어, 자동화, 시스템 공학 교육 (3)

연구소에서 바라는 공정 교육

조영상

KIST 화공연구부

1. 화공분야에서의 공정교육 현황 및 문제점

아마도 우리나라 화공분야에서의 본격적인 공정교육은 컴퓨터의 보급이 일반화되고 대학생들이 비교적 손쉽게 컴퓨터를 활용할 수 있던 시기 이후가 아닐까 하는 생각이다. 물론 컴퓨터시대 이전에도 단위조작, 공정제어, 공정설계등의 교과목 편성이 없었던 것은 아니다. 그러나 그 시기의 공정교육이란 결국 계산자나 필산에 의해 해결 가능한 극도로 간략화된 수식모델의 유도 방법이나, 공정의 화학학적 개념을 가르치고 배우는 수준에 머물러 있었다고 할 수 있다.

컴퓨터의 활용이 일반화되기 시작한 1980년대 초반 이후 공정교육에는 상당한 변화가 있었다. 왜냐하면 난해한 수식모델도 컴퓨터를 활용하면 쉽게 분석이 가능해졌기 때문이다. 그때까지는 엄두도 못내었던 복잡한 공정들의 모사를 위한 난해한 수식들로 이루어진 고도수학이 손쉽게 풀리게 된 것이다.

이 시기에서부터 보다 정밀한 모사를 위한 수많은 수학적 공정모델들과 컴퓨터를 이용한 이들의 해법이 쏟아져 나오기 시작했다. 이 결과 거의 1990년대 초·중반까지 우리나라에서의 공정교육은 주로 공정의 수학적 분석방법과 이를 근간으로 하는 수학적 공정제어 모델 또는 공정평가 및 합성모델의 개발방법과 컴퓨터를 이용한 이들 수식의 해법에 대한 내용으로 구성되어 졌다. 물론 1980년대 이전까지에는 꿈도 못꾸었던

새로운 발견과 해석들이 가능해지게 됨으로서 공정의 작동원리 또는 시스템의 운용원리들에 대한 보다 근본적인 이해가 가능해 졌으며 보다 경제성이 높은 공장 조업에 대한 아이디어가 제공되기도 하였다.

그러나 한편으로는 실제 공정과 시스템에 대한 전체적인 그리고 실질적인 안목을 키우는 교육보다는 오히려 일부 공정현상에 대한 해석이나 수학적 모델의 완벽성 그리고 복잡한 수식의 우아한 해법등을 강조한 현학적이고 사변적인 교육으로 치우쳐간 느낌을 지울 수 없다. 물론 실제적인 공정시스템과 대면하여 어려운 이론을 실적으로 수확하려는 노력이 전혀 없었다는 것은 아니나 전반적인 공정교육의 흐름은 아직까지도 현학적이고 사변적인 흐름이 주류를 이루는 것이 아닌가 하는 우려가 있는 것이다.

공정분야 석사, 박사 출신 연구인력에게 비교적 단순한 반응과 분리로 이루어진 실험연구에 대한 공정시스템 구성을 숙제로 던지는 경우 대부분이 시스템 구성에 실패하던가 또는 문헌조사를 통한 유사 시스템을 찾아내는 수준에 머물고 만다. 그러나 이들(공정분야 석·박사출신)에 대한 실망은 여기에 머무는 것이 아니다. 공정기기들에 대한 상세한 설계 또는 설계도면을 요구하면 문제는 더욱 심각해지는 것이 일반적으로 관찰되는 현상이다.

물론 이들에게 잘 정의된 특정 공정에 대한 모사와 분석을 의뢰하는 경우 상당한 성공을 거두는 예가 많은 것도 사실이다. 그러나 불행하게도 실제적인 연구

과정에서 잘 정의된 특정공정이라는 것은 없는 경우가 대부분이며 연구자 스스로가 공정시스템과 공정논리에 대한 이해를 바탕으로 공정들의 특성을 정의해야 한다는 것이 문제인 것이다.

일반적으로 요약하면 현행의 화공분야 공정교육을 충실히 이수한 석·박사급의 공정공학자들은 특정공정, 또는 특정분야에 대한 전문성은 있으나 실제적 공정개발 문제를 해결하기 위한 공정시스템의 종합적 구성능력 또는 공정기기들에 대한 상세한 설계능력은 미흡하다는 것이 보편적으로 관찰되는 사실이며 따라서 특히 공정개발 연구에 있어서는 이들의 즉각적인 활용이 거의 불가능하다는 것이다.

2. 공정분야 연구에 있어서의 연구과정

공정분야 연구의 궁극적인 목표는 상용화가 가능한 공정의 개발이며 이 목표를 달성하기 위해서 우선적으로 수행되어야 하는 것이 비이커 스케일의 반응 및 분리에 대한 기초 실험이라 할 수 있다. 불행하게도 대부분의 화학공학 특히 공정공학 전공자들은 이 부분에 대한 연습도 이론도 거의 전무한 형편이다. 따라서 이 단계의 연구는 주로 화학과 출신들에 의존하여 수행되고 재현된다.

이 단계의 연구는 주로 일회적 Batch 방식의 실험에 의존하기 때문에 상업화를 위한 경제성이 전혀 고려되지 않은채 공정화의 가능성만을 보여준다. 따라서 화학자들에 의해 복잡하게 그러나 정밀하게 수행된 연구는 공정공학자와 화학자의 협동연구에 의해 보다 단순화되고 연속공정화 되어야 할 필요가 있다. 다시 말해서 공정공학자의 머리에 의해 공정이 시스템화되고 특히 원하는 스케일에 맞춰진 공정기기들이 상세하게 설계 제작되어야 하는 것이다. 물론 제어논리와 세부공정들에 대한 구상이 필요하지 않은 것은 아니다. 그러나 이러한 Proto Type 공정의 구성에 있어서는 고차적 제어논리와 공정모사를 통한 공정의 정밀분석은 필요한 부분이 아니다.

연구결과의 성패는 대부분의 경우 Proto Type 공정시스템의 효율적 구성에 달려있다 해도 과언이 아니다. Proto Type 시스템이 잘못된 개념에 의해 설계되어진 경우 아무리 개선노력을 기울여도 우아한 형태의 시스템으로 변환되기는 힘들다는 것이 노련한 연구 전문가들이 말하는 경험인 것이다.

Proto Type 시스템이 비교적 성공적으로 구성되어야만 이때부터 공정시스템과 공정기기에 대한 개선연구가 수행되어 질 수 있으며 이 과정에서는 주로 끊임없는 실험의 관찰에서부터 1차적인 개선 아이디어가 그리고 물리화학적 개념의 추론에 의해 2차적인 개선 아이디어가 산출된다고 할 수 있다. 이러한 과정을 통해 충분히 개선된 새로운 공정시스템에서 비로소 고급 제어이론이 적용되고 정밀한 공정분석이 수학적 모사를 통해 가능하며 보다 최적화된 공정시스템으로 진화할 수 있게되는 것이다.

이와 같은 일련의 연구과정에 의해 구성된 Bench Scale의 공정시스템은 Pilot Scale로 Scale-Up 되어야 한다. Scale-Up 과정의 연구에서 가장 중요한 업무는 Scale-UP를 결정하는 공정변수를 찾아내어 Scale-Up 배율과의 상관관계를 밝혀내는 일이다. 이외에도 공정조업을 한정하는 한정변수, 조업용이성, 안정성등 상업화를 위한 모든 변수들이 상세하게 검토 분석되어 Pilot Scale의 공정시스템이 성공적인 조업성과를 보일 때 비로소 공정개발 또는 공정개선 연구가 마무리 될 수 있다.

3. 연구소에서 원하는 공정공학자의 자질

물론 대학교육이란 해당분야에 대한 전반적 기초를 다지게하여 졸업후 관계를 맺게될 분야의 특수성에 맞추어 적응 변신해 갈 수 있는 능력을 키우는 것이라 할 수 있으며 대학원 교육이란 보다 전문화된 분야에서 이해의 깊이를 더하고 새로운 이론 또는 새로운 시스템을 구성할 수 있는 능력을 함양하는 것이 그 목적일수 있다. 그러나 대학배출인력에 대한 수요자의 측

면에서 생각해 보면, 인력을 영입하여 가능한 조속히 이 들로부터 수요자가 원하는 결과를 창출해 주기를 기대 하고 있다고도 할 수 있다.

이와 같은 관점에서 생각하면 인력공급자의 입장에 있는 대학과 인력 수요자의 입장에 있는 기업, 연구소 등이 원하는 인력의 자질에 대한 상호 이해와 협조가 있어야 하는 것은 당연하다고 할 수 있다. 따라서 앞에서 고찰해 본바와 같이 여기에서는 화학공학 분야에서의 대학원 교육을 이수한 공정공학자가 지녀야 할 자 질 그것도 연구업무에 종사해야 할 전문인력이 갖추어 야 할 자질들을 지적해 보기로 한다.

화학공학 측면에서의 공정시스템이란 단순히 요약하 여 반응시스템과 분리시스템의 효율적 연계시스템이라 고 할 수 있다. 따라서 공정공학자라면 현존하는 반응 시스템과 분리시스템에 대한 폭넓은 지식과 작동원리 에 대한 기본적인 이해를 필수적으로 갖추어야 할 것으 로 생각된다. 일반적으로 대학 과정에 편성되어 있는 반응공학의 Plug Flow Reactor 또는 Batch Reactor에 대한 고찰만을 가지고는 주어진 반응과정에 대한 알맞 은 반응시스템의 구상을 위한 능력함양이라는 측면에서 는 미흡하다고 할 수밖에 없다. 원컨데는 현존하는 화학공학 관련 공장들에서 채택하고 있는 반응시스템 들과 이들의 활용영역들에 대한 보다 폭넓은 소개와 작동논리의 탐구가 확충되기를 바라는 것이다. 마찬가지로 분리공정의 경우에도 증류공정등 소수의 분리장 치에 집중되고 있는 교과편성을 확대하여 분체분리, 흡 착분리등 살아있는 화학공장들에서 채택하고 있는 분 리공정들에 대한 광범위한 소개와 이론교육이 필요하 다고 생각되는 것이다. 이러한 기본공정 이외에도 최근 발전의 속도를 더해가고 있는 물리적 공정기술 특 히 박막공정기술이나 분체공학기술이 추가적으로 소개 되고 탐구되는 교육이 바람직하다고 할 수 있다. 이와 같이 폭넓은 공정시스템에 대한 교육 이수자들은 아마 도 기초적인 반응 및 분리 과정이 주어지는 경우 매우 적절하고도 효율적인 공정시스템의 구상을 비교적 손 쉽게 이룩할 수 있을 것이다.

또하나의 문제로 지적되었던 현행 교육을 이수한 공

정공학자들의 약점인 상세설계 능력의 부족은 현행 교 과편성에서 대부분의 경우 공정기기들에 대한 원칙론 적 기본설계를 위주로 한 것이 그 원인인 것으로 지적 될 수 있다. 예를 들어 증류탑의 설계는 주어진 혼합 액의 조성파 원하는 분리물의 순도가 주어지는 경우 필요한 증류단수와 원료 투입단의 선정까지를 교과에 포함하고 있다. 따라서 실험용 증류탑을 설계 제작하 기 위한 실제적 상세설계 제작 능력에는 커다란 한계 가 있을 수밖에 없다.

이상과 같은 교과편성에서 오는 공정공학 교육의 문 제이외에도 오늘날 대부분의 대학에서 실시되고 있는 교과서 위주의 강의방법은 학생들의 입장에서 피동적 배움이라는 문제가 있을 수 있다. 물론 교과서에서 제 시된 문제들을 풀기위해서 학생들은 상당한 사고의 노 려를 기울여야 한다는 것에는 동의가 가나 학생들이 진정한 의미에서의 현실적 문제 실제적 효율성이 있는 문제에 대해 고민을 하며 이로부터 새로운 아이디어를 창출해 내는 창의적인 능력의 함양을 위한 교육이 있 었는가 하는 측면에서는 회의를 갖지 않을 수 없다. 대부분의 공정공학을 이수한 석·박사들에게 공정시스 템 구성 또는 효율적 공정기기 발굴에 대한 문제를 던 지는 경우 관련문제에 대한 문헌조사를 통해 유사한 문제들을 남들이 어떻게 해결했나를 분석하는 수준에 서 머물고 마는 것이 현실이다. 남들의 해결방법들을 토대로 색다른 아이디어 또는 보다 효율적인 해결방법 을 구상하고 제시 할 수 있는 과감한 사고능력이 미흡 하다고 밖에는 판단할 수 없는 것이다. 이러한 종류의 창의적 사고능력이야말로 연구의 성패를 가름케 하는 가장 기본적인 연구자의 자질인 것을 생각하면 공정공 학 교육의 방법에도 상당한 변화가 요구된다고 할 수 있다.

바람직스럽기는 교육을 맡으신 교수님들이 정답이 없는 그러나 보다 현실적인 공정공학의 문제를 수집 작성하여 학생들을 고민케하는 형태로 교육방법을 전 환하는 것이 필요하다고 할 수 있다. 여기에 더하여 가능하면 컴퓨터에 의한 계산만을 요구하는 교육이 아 니라 실제적인 공정시스템의 구성과 제작을 통한 실무

적 연구경험을 쌓도록 유도 할 수 있다면 공정공학 분야의 연구자로서 더 이상 바랄 것이 없는 전문가의 자질을 갖추게 할 수 있을 것이다.

결론적으로 연구소에서 원하는 공정공학 연구전문가의 자질은 다음과 같이 요약될 수 있다.

가. 실제적으로 공장에서 조업에 활용되고 있는 반응 및 분리시스템에 대한 폭넓은 이해를 가질 것.

나. 공정기기에 대한 상세설계능력 나아가서는 제작능력을 가질 것.

다. 창의적 발상과 진화적 발상에 익숙해질 수 있는 아이디어 창출 능력을 가질 것.

대학교육의 공급자와 수요자 모두가 합심하여 변신의 노력을 혼신으로 쏟아야 하는 것이 아닌가 생각해 본다.

4. 결어

연구소에서 원하는 공정공학자의 자질에서 검토된 바와 같은 공정개발 또는 공정 개선을 위한 공정공학 연구자들을 육성하기 위해서는 (이것이 공정공학 교육의 궁극적 목표이기를 희망하면서) 현행의 공정공학 교육은 교과 편성과 방법면에서 다음과 같은 방향으로의 변화가 요구된다고 할 수 있다.

가. 실제적인 공정시스템 문제에 대한 효율적 Proto Type 시스템의 구성 능력의 함양을 위해서는 조업현장에 살아있는 공정시스템들에 대한 폭넓은 교육이 필요하다고 할 수 있다.

나. 실제적인 실험 및 공정연구 능력 함양을 위해서는 공정기기에 대한 상세한 설계 및 제작능력을 키울 수 있는 공정기기 제작을 포함하는 실험실적 교육이 보장되어야 한다고 할 수 있다.

다. 현실적인 문제를 충분히 반영하여 정답은 없으나 (현실의 문제에는 정답이 없음) 창의적 발상을 함양할 수 있는 문제해결 중심으로 교육방법을 전환할 필요도 있다고 할 수 있다.

여기에서 다.항의 창의력 함양 교육은 현재 우리나라가 추구하고 있는 “모방에서부터 창조로” 라고 하는 21세기의 목표를 달성하기 위해서는 특히 중요하게 고려되어야 할 사항인 것으로 생각되며 이의 실현을 위해