

## 도전 의식과 성취감을 느끼게 하는 강의



**이 병 주**

포항공과대학교 신소재공학과 교수  
calphad@postech.ac.kr

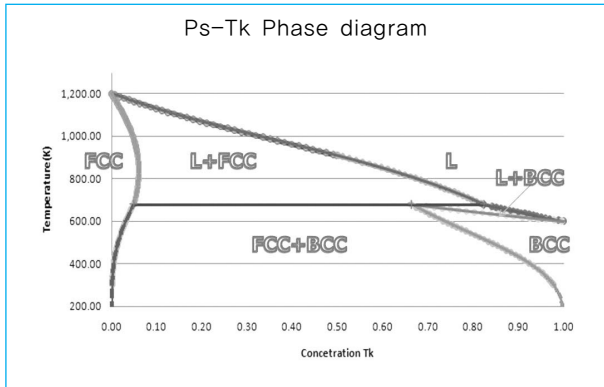
서울대학교 금속공학 학사, 석사, 박사  
한국표준과학연구원 책임연구원  
(현) 포항공과대학교 신소재공학과 교수  
관심분야: 전산재료과학, 전산소재설계

전문직이란 일반인들이 쉽게 할 수 있는 일이 아니라 소수의 특수 기능을 가진 사람들이 수행해 낼 수 있는 직업군을 일컫는 말일 것이다. 그 희소성으로 인해 비전문직 보다는 안정된 조건에서 높은 소득을 기대할 수 있기에 능력이 허락한다면 많은 사람들이 가지고 싶어 하는 직업군이기도 하다. 내가 생각하는 전문직의 장점은 안정된 높은 소득이 아니라, 먹고 살기 위해 해야 하는 일이 즐거움의 대상일 수도 있다는 데에 있다. 따라서 나는, “머리 좋은 사람이 노력하는 사람 못 따라가고, 노력하는 사람이 즐기는 사람 못 따라 간다”는 말과 함께, POSTECH의 많은 학부 학생들이 훗날 자신의 일에서 즐거움을 찾을 줄 하는 전문가가 되기를 희망한다. POSTECH의 학생들이 그 능력을 가지고 즐겁게 몰입해서 일을 하다보면 부와 명예는 저절로 따라오게 될 것이라는 말을 강조하는 것을 잊지 않으면서...

문제는 학문과 연구가 즐거움의 대상일 수 있다는 점을 머리가 아닌 가슴으로 받아들이게 하는 것이 쉽지 않다는 데에 있다. 언젠가 졸업생 사은회에서 몇몇 학생들이 기다렸다는 듯이 내게 질문을 한 적이 있다. “교수님은 언제부터 연구가 즐겁기 시작하셨나요?” 이 문제에 대해서 학생들이끼리 감론을박이 있었던 모양이다. 누구는 박사학위를 받을 때일 것이다, 또 누구는 나이 40 세쯤 됐을 때가 아닐까 하면서... 학생 시절 공부가 재미있었다고 생각한 적은 거의 없었던 거 같다. 대학원 시절

에도 연구가 즐거움의 대상이기보다는 책임감의 대상이었던 것으로 기억한다. 연구가 즐거움의 대상이 되기 시작했던 것은 아마도 내가 학자로서 과학기술계에 무언가 실질적인 기여를 하고 있다고 느낄 수 있을 때부터 아니었나 생각한다. 즉, 자부심과 성취감을 같이 느낄 수 있을 때 전문가로서 자신의 일을 즐길 수 있는 거 아닌가 하는 생각이 들면서, 강의 시간의 학생 교육도 강의를 통해 진한 자부심과 성취감을 느낄 수 있도록 하는데 초점을 맞추게 되었다.

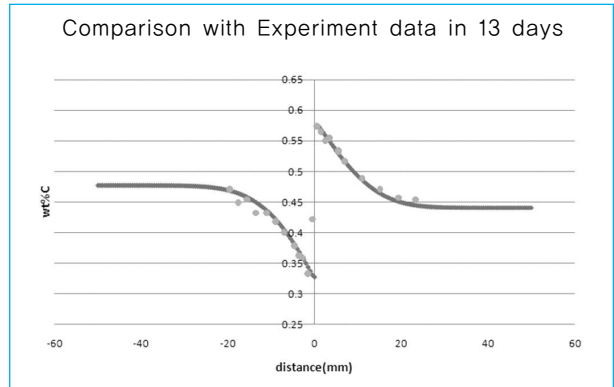
위와 같은 강의는 내가 개설을 한 3학년 2학기 “재료 수치해석” 강의를 통해서 처음 시도를 할 수 있었다. 이 강의는 재료공학을 연구하면서 만나게 되는 수학적 문제들을 수치해석적 방법을 통해 풀 수 있는 능력을 심어 주는데 목표를 두고 있다. 학부 3학년 2학기라는 시기에 단순한 수학적 문제를 내놓고 이를 풀어보자 하면, 다른 과목에서 한참 재료공학 분야별 개론 성격의 공부를 하고 있는 학생들에게는 똥단지같은 느낌이 들 수밖에 없다. 새삼스레 1,2학년 때 공부했던 수학을 다시 들여다보는 것이 새로운 자극이 되기 어렵다. 나는 개강 첫 시간에, 한 학기동안의 공부를 통해 학생들이 궁극적으로 풀어야 할 최종 미션을 미리 선보인다. 그림 1과 2는 학생들이 “재료 수치해석” 과목을 수강하면서 각각 중간시험 과제 및 학기말 과제로 제출해야 하는 문제이다.



▲ 그림 1. Ps (Postechium) -Tk (Tohokium) 가상 2 원 합금계 상태도 계산 결과

그림 1은 Ps(Postechium)과 Tk(Tohokium)이라는 가상의 원소 간 2 원 상태도로 열역학 계산을 통해 얻어진 것이다. 이러한 합금계 상태도는, 상태도 상에 존재하는 각 상(Liquid, Fcc, Bcc)의 열역학 특성에 의해 결정되는 것을 학생들은 2학년 열역학 과목을 통해 이미 정성적으로나마 이해하고 있다. 실제 과제를 줄 때는 두 원소의 순수 상태에서의 Gibbs energy 값을 주고 각 합금 상에 대해서는 조성의 함수로 형성 엔탈피 (heat of formation)와 특정 원소의 활동도 (activity) 수치 자료를 기준 상태 (reference state) 정보와 함께 제공한다. 학생들은 각 원소의 활동도나 형성 엔탈피 자료를 적절한 열역학 모델로 수치화하고 열역학 모델 상수 (상호작용계수) 값을 구해야 한다. 각 상에 대해 Gibbs energy 수식이 완성성이 되면 2 상 평형상태에서는 두 상 내에서 각 원소의 화학 포텐셜 또는 활동도가 같다는 조건을 이용하여 주어진 온도에서 2 상 평형을 계산하고 이를 종합해 그림 1과 같은 상태도를 계산해 내어야 한다. 활동도, 형성 엔탈피 등 열역학 data로부터 모델 상수를 구하기 위해서는 회귀분석 방법을 이해하고 있어야 한다. 2 상 평형의 계산은 수학적으로는 비선형 2원 연립방정식을 푸는 것이다. 이를 위해서는 Newton 법을 이해하고 있어야 하며, 역행렬의 계산이 필수적이다.

역행렬 계산, 비선형 방정식의 Newton 해법, 회귀분석 방법 등을 모두 동원해야 하고 용액 열역학에 대해 완벽한 지식을 가지고 있어야 하는 상태도의 계산 문제를 학부 3학년 학생들은 개강을 하고 한 달 반 만에 중간



▲ 그림 2. Darken의 Uphill diffusion Simulation 결과

평가를 위해 과제로 수행해야 하는 것이다.

위에 설명한 상태도의 계산 과제가 끝나고 나면, 이어서 수치미분, 수치적분, 상미분, 편미분 방정식의 수치해석 기법에 대한 강의가 이어진다. 기말 시험이 다가올 시기가 되면 3학년 학생들은 필수과목인 “확산 및 상전이” 강의를 통해 확산에 대한 기초지식과 그 중요성을 이해하는 단계에 이르게 된다. 이때 수치해석 강의에서 요구하는 학기말 과제물은, 유명한 Darken의 uphill diffusion을 simulation해서 실험 정보와 비교해 오는 것이다. 그림 2는 실제로 학생이 제출한 simulation 결과를 문헌상의 실험 정보와 비교한 것이다.

Darken의 uphill diffusion은 합금 성분의 차이에 따라 특정 원소의 확산이 농도 기울기를 거슬러 발생하여 마치 diffusivity가 음의 값을 가지는 것처럼 확산 거동이 나타나는 현상으로, 다원 합금계에서의 확산이 결코 속도론적인 요인에만 의존하는 것이 아니라 열역학 특성에 지대한 영향을 받는다는 것을 보인 유명한 실험적 사실이다. 전 세계적으로 Darken의 uphill diffusion이 이론적으로 완벽하게 이해되고 computer simulation 결과가 학술지 논문으로 발표된 것은 1989년으로 불과 20 여년 전이다. 20 여년 전 같았으면 국제 논문으로 발표될 일을 오늘의 학부 학생들은 불과 2주 정도 여유를 주는 학기말 과제로 완벽하게 소화해 내야 한다.

앞서 이야기한 대로 위의 두 과제는 학기 첫 강의시간

에 학생들에게 소개된다. 상태도의 원리에 대해 대략적인 감을 가지고 있고, 2학년 열역학 강의를 들으면서 간단한 상태도를 손으로 계산하는데 엄청 고생을 했던 기억을 아직 가지고 있는 학생들은 이를 컴퓨터를 통해 계산하는 것에 대해 신선한 도전 의식을 가지게 된다. 그러나 두 번째 과제 Darken의 uphill diffusion을 소개하고 나면, 용어도 생소하고 아직 확산 자체에 대해 깊은 이해를 하고 있지 못한 상태라 걱정하는 모습이 역력해진다. 수강 신청을 했으면서도 무엇보다 학생들이 걱정하는 부분은 이 모든 것들을 기존의 개발된 프로그램을 이용하는 것이 아니고, 개개인이 직접 작성한 프로그램 code를 이용해야 한다는 점이다. 대부분의 학생들은 심각하게 programming을 해 본 경험이 없는 상태이다. 나는 이때 두 가지를 강조한다. “Fortran이 되었던 C가 되었던 또 다른 language가 되었던, program coding은 마음만 먹으면 초등학교생들도 하고 있는 일이다.” 또한, “지금은 학생들이 computer의 노예(?)가 되어 살다시피 하고 있지만 한 학기가 지나면 반드시 computer가 학생들의 노예가 될 것이다.” 그리고 첫 과제가 나간다. “1을 100,000번 더해 답을 내시오. 0.00001을 100,000번 더해서 답을 내시오.” 이 문제는 사실 세상에서 가장 간단한 coding 중의 하나를 직접 수행해서 자신의 computer로 실행을 하는 연습을 시키는 데 그 목적이 있다. 그러나 모든 사람들이 다 아는 문제를, 컴퓨터가 해결하지 못한다는 것을 발견하고는 (0.00001을 100,000번 더했을 때 컴퓨터는 제대로 된 답 1을 보여주지 못한다), 수치해석의 세계로 서서히 빠져들어 간다.

이 강의는 매 주 두 번의 수업이 진행되는 데, 한 번의 수업은 교수의 강의로 진행되지만 다른 한 번의 수업은 모든 학생들이 1주일 치 과제를 발표하는 형태로 진행된다. 1변수 방정식, 선형 연립방정식, 비선형 연립방정식, 보간법과 회귀분석 등으로 진행된다. 매 주 과제를 통해 완성한 각종 program code들이 중간, 최종 과제 수행을 위한 code에서 subroutine으로 사용되는 것이기 때문에 어느 한 단원이라도 완벽하게 이해가 안 되면 중간, 최종 과제를 수행할 수 없다는 것을 매번 강조한다. 중간 과제 전에는 실험 data의 해석에 열역학 reference 상태라는 것이 얼마나 중요한 개념인지를 강조하

고, 학기말 과제 전에는 multicomponent diffusion modeling에 대한 특강이 제공된다. 대개의 경우 중간, 최종 과제 수행을 위해 완성한 program code의 길이가 수천 줄에 다다른다. 학기말이 되었을 때 학생들은, 강의 첫 시간에 과제를 처음 접했을 때 막막하게만 보였던 문제, 그것도 재료공학을 하다 보면 수시로 접할 수 있는 실질적인 문제들을 본인들이 결국 해 내었다는 점에서, 또한 그 엄청난 길이의 code를 들여다보면서 그 모든 것들을 자신들이 지난 수 주 동안 끙끙거리면서 한 줄 한 줄 직접 작성한 것이라는 것에 새삼 놀라워하면서 무한의 자신감과 성취감을 느끼게 된다. 이러한 자신감과 성취감 덕분에라고 할까? 지금까지 진행된 수년에 걸친 강의에서 단 한명의 낙오자도 없이 모든 학생들이 최종 학기말 과제를 성공적으로 수행하였다. 많은 학생들이 이 과목 덕분에 2학년 때 배우기는 했지만 어렵פות이 알고만 있던 용액 열역학 이론을 확실하게 이해할 수 있었다는 이야기를 하기도 한다.

지금까지 소개 수치해석 과목을 강의하면서, 학생들에게 구체적인 강의 목표를 설정해 주고 단계별로 목표에 접근해 가고 있음을 학생들이 직접 피부로 느낄 수 있게 하면서 궁극적으로 목표를 달성해 내는 경험을 가지게 하는 과정을 소개하였다. 이러한 과정을 통해 내가 바라는 것은 수치해석이 재미있더라 하는 반응이 아니다. 수개월 간 고통스러운 program coding 작업을 하기는 했지만 그 어려움을 견디고 나니 기분 좋은 결실이 얻어지더라 하는 학생들의 경험이 내가 진정으로 바라는 점이다. 용액 열역학 이론 적용 과정에서 드러났듯이 어떠한 과학적 지식도 제대로 이해를 하지 않으면 무용지물 이더라 하는 것을 학생들이 스스로 경험했다는 것은 내게는 또 다른 즐거움이다.

학생들로 하여금 도전의식과 성취감을 느끼게 하는 강의. 나는 이 강의를 통해 중간시험, 학기말시험 직전에 몰아서 공부를 하는 학생들의 수강 패턴을 바꾸어 놓을 수 있었다. 과학기술 분야에서 전문가로서의 삶을 살면서 어떠한 종류의 즐거움을 어떤 방식으로 스스로 찾아낼 수 있는가 하는 문제에 대해 힌트를 주었다고 생각한다. 이러한 방식의 반복된 훈련은 우리의 학생들이 훗

날 학문과 연구를 즐길 줄 아는, 진정한 전문가로 성장하는데 많은 도움을 줄 것으로 기대하며, 나는 다음 학기에 강의할 열역학 수업에서 또 다시 어떠한 방법으로

학생들을 매료시킬지에 대해 구상을 하면서 여름 방학을 시작하는 주말을 보낸다. 