

“정상을 향하여 전진하는 연구”

김진곤 (포항공과대학교 화학공학과)



고분자 기술지 편집위원으로부터 2003년 12월 과기부에서 선정하는 이달의 과학 기술자상을 받은 소감을 써 달라는 부탁을 받고 처음에는 여러 가지 핑계로 망설였습니다. 글재주 별로 없는 필자이지만 그래도 본인이 연구하는 분야와 본인이 생각하는 연구에 대해서 몇 자 적을까 합니다.

수상 내용은 특정온도 영역에서만 나노 구조를 가지는, 이런바 닫힌 루프형 상평형도 (closed-loop phase behavior)를 가지는, 블록 공중합체를 개발한 것인데 이것에 대한 학문적인 내용은 이미 여러 논문에서 자세히 소개되었기 때문에 본 란에서는 이것을 연구하게 된 배경과 경험담만을 적겠습니다.

필자는 학부를 졸업하기까지는 고분자라는 용어조차도 알지 못한 상태였지만 KAIST의 김성철 교수님 랩에 들어가서 기초 및 응용에 대하여 처음으로 배웠습니다. 한편, 블록 공중합체는 뉴욕에 있는 Polytechnic University에서 한창대 교수님 (현재는 Akron 대학에 재직)의 박사학원으로 참여한 1985년에 본격적으로 공부하였습니다. 초기에는 블록 공중합체의 기초 이론이라고 볼 수 있는 Leibler, Helfand, Noolandi 등의 이론을 공부하는 것으로 시작하였는데, statistical thermodynamics (mechanics)와 quantum mechanics (quantum chemistry)에 문외한인 저로서는 물리과에서 청강을 하면서 어렵게 공부하였습니다. 이론에 나오는 식들을 유도해 보기도 하고, 이해가 되지 않는 부분은 반복하여 공부하여 3년 정도 지날 경우 어느 정도 이해할 수 있게 되었습니다.

아울러, 음이온 중합에 의하여 실험도 하였는데 실험 technique이 없는 저로서는 호모폴리머, 이중 및 삼중 블록 (di- and tri block) 공중합체를 합성하는데 상당한 어려움을 겪었습니다. 이 자리를 빌어서 당시에 많은 도움을 주셨던 Akron대학의 김정안 박사 (현 KIST 재직)에게 감사를 드립니다. 아무튼 학위 과정 중에는 힘들었지만, 이론과 실험을 다 경험하였다는 것은 행운이었다고 생각합니다.

박사학위 후에 LG화학에서 블록 공중합체를 포함하는 고성능 고분자 알로이에 대하여 연구를 진행하였으며 1993년 12월부터 포항공대에 근무하면서 좀더 근본적인 문제를 연구하기 시작하였습니다. 처음에는 폴리스티렌-폴리디엔 (폴리이소프렌 혹은 폴리부타디엔) 공중합체를 사용하여 연구하였습니다. 그 당시에 블록 공중합체를 연구하는 국내 연구자는 극소수였고 기업에서도 이것을 생산되지 않아서 저의 석사 학생조차도 블록 공중합체에 관하여 왜 연구하느냐고 묻기도 하였습니다. 하지만, 1994년 금호석유화학에서 SBS가 생산되고 연이어 LG화학과 대림산업에서 블록 공중합체를 상업적으로 생산하게 되었습니다. 또 하나 포항 방사광 가속기가 1994년 완공되어 블록 공중합체의 나노 구조 분석에 필수적인 방사광을 이용한 소각 X-선 산란장치를 손쉽게 사용할 수 있는 계기가 되었습니다.

블록 공중합체에 관한 연구를 계속 진행하고 있는 중 1994년 U. Massachusetts at Amherst의 T. P. Russell 교수가 PS-block-poly(*n*-butyl methacrylate)의 상거동이 SIS나 SBS와는 달리 온도가 증가함에 따라 미세상이 형성되는 LCST현상 가진다는 것을 *Nature*지에 발표하였습니다. 저희들은 알킬 그룹의 종류에 따라서 상거동이 어떻게 달라질 것인지 생각하여 iso-butyl과 tert-butyl methacrylate를 합성하여 연구하였습니다. 연구도중, MIT의 A. M. Mayes교수가 PS-poly(*n*-alkyl methacrylate)에 대하여 다양한 길이를 가진 노르말 알킬 그룹 (*n*)에 대해 상거동을 연구한 논문이 1998년 *Macromolecules*지에 발표되었습니다. 특이한 것은 *n*이 2~4이면 LCST가 나타나며, *n*이 6이상이면 UCST가 나타나는 현상을 보고하였는데, 왜 *n*=4에서 6으로 가면 상거동이 급격히 변경되는지 의문이 생겼습니다. 따라서 *n*=5에서 LCST에서 UCST로

의 상전이가 생기지 않을까 하여 이 분야에 대한 연구를 시작하였습니다.

그런데, 그 당시에는 $n=5$ 인 n -pentyl methacrylate (PMA) 단량체가 상업적으로 시판되지 않았습니다. 따라서, 저의 박사과정 학생인 류두열군이 PMA를 몇 단계를 걸쳐 합성한 후 PS-poly(n -pentyl methacrylate) (PS-PnPMA)을 제조하였습니다. 물론, 2000년에 이 단량체가 상업적으로 시판되어서 PS-PnPMA를 손쉽게 제조하였습니다. 처음에 라멜라 미세상을 target으로 하여 몇 가지 다른 분자량을 만들어 보았지만 모든 온도 영역에서 미세상을 나타내거나 모두가 균일상을 나타내었습니다. 따라서, 분자량이 다른 것을 적절히 mixing하니 closed-loop의 특이한 상거동을 보였습니다. 이러한 것을 토대로 분자량이 다른 20개의 블록 공중합체를 합성하였지만, 불과 5개 정도만이 실험온도 영역에서 closed-loop를 가졌습니다. 이것은 PS-PnPMA의 상거동이 분자량에 따라 엄청나게 변화하는 성질 때문인데, 분자량이 약 15% 정도만 작아도 closed-loop이 완전히 사라지기도 하며, 15%만 커져도 전체 온도 영역에서 미세상을 가졌습니다. 이러한 closed-loop 상거동을 여러 가지 방법으로 분석하여 2002년에 *Nature Materials*지에 투고하였습니다. 여담으로 논문을 투고하기 전인 2001년 11월 Mayes교수에게 PS-PnPMA가 closed-loop을 보았다고 하니, 깜짝 놀라면서 PMA 모노머를 어떻게 합성하였는가 물어보았습니다. 아마도 Mayes교수는 그 때까지 PMA 모노머가 시판되는 것을 몰랐다고 추정되며, 이점이 저희에게는 큰 행운이 되지 않았나 봅니다.

필자가 판단하기로는 아직도 본인의 분야에서 세계적인 업적을 쌓았다고 판단이 되지 않지만, 나이로 보면 국내 고분자 분야에서 중간 이상이라고 판단합니다. 또한, 고분자 학회 때마다 젊은 후학들을 많이 만나기 때문에, 이제는 연구에 대하여 몇 가지 이야기는 할 수 있지 않나 생각해봅니다. 약 12년 전에 필자와 차국현교수(서울대), 조길원, 박찬연교수(포항공대)가 일본 동경공대에 재직한 Takeshi Inoue교수와 열띤 토론을 한 것을 기억합니다. 그 당시 우리 모두 패기가 만만한 40대 이전이라서, 각자가 수행하는 연구를 활발하게 이야기하고 토의하니, Inoue교수가 고분자 물성 및 물리 분야에 active한 젊은 연구자가 한국에 몇 명 있는가를 물어보았습니다. 그 때, 기억하기로는 약 20~30명 정도는 된다고 하니 아주 놀라는 인상이었다. 본인이 판단하기로는 본인의 나이와 유사한 일본 고분자 과학자들을 비교해 보면 한국의 과학자들이 자질면이나 업적면에서 결코 뒤떨어지지 않는다고 생각합니다. 물론, 일본 전체의 고분자 인구수는 한국보다 워낙 많고 다양한 것은 분명하지만요. 그러면, 왜 일본의 유명한 고분자 연구자가 40대 정도의 사람들에게는 많이 발견되지 않는 것인지 의문이 듭니다. 이러한 이유는 정확히는 모르지만 큰 나무 밑에는 작은 나무가 크게 성장하지 않는 것이든지, 아니면 각 분야의 대가들이 후학들을 잘 키우지 못한 것이라고 판단합니다. 또한, 일본에서 이공계 기피가 1990년에 들어와서 지속되어 왔기 때문에 뛰어난 후학들이 이공계나 고분자 분야에 진학하지 않는 점도 생각할 수 있습니다. 이러한 점에서 보면 한국의 고분자 분야(물론, 본인이 전공하는 고분자 물성이나 물리 분야만 국한시킴)에 뛰어난 후학들이 많이 활동하고 있는 것은 여간 다행스런 일이 아닐 수 없습니다. 물론, 20~30년 이후에도 이러한 경향이 계속될지는 잘 모르겠지만..

본인이 생각하는 연구자가 가지는 태도는 크게 3가지 정도로 나눌 수 있다고 판단합니다. 이것을 등산에 비유하면 다음과 같습니다. 어떤 사람이 가을철에 아름다운 설악산에 등산을 다녀왔다고 말할 때 그것이 의미하는 바로는 (1) 단지 설악산 입구 매표소에서 표를 사서 비선대나 와선대 정도에서 물에 담그든지 혹은 케이블카를 타고 권금성에 간 경우, (2) 양쪽산장을 지나서 회운각 대피소까지 가면서 내설악의 단풍과 절경을 즐기고 온 경우, (3) 대청봉 정상까지 도달하여 운해와 일출까지 보고 온 경우로 나눌 수 있습니다. 연구와 비교하면, 적어도 본 기술지의 독자층들은 첫췌번에 속하는 부류는 거의 없다고 판단하며, 적어도 2번째나 3번째 부류에 속할 것입니다. 등반에서 중간정도 하고 오는 것과 정상에 도달한 것과 차이는 엄청난 것처럼 연구에 있어서도 중간 정도의 업적과 최정상에 도달하는 것과는 큰 차이가 있다고 판단합니다. 물론, 필자도 최정상에 도달하는 연구를 진행하여 그것을 맛보았느냐고 질문하면 여전히 대답이 쉽지 않을 것이 분명합니다.

필자가 실험실에서 연구하는 학생들에게 항상 조언을 하는 것은 연구라는 것이 등산에 비유하여, 대체로 산 중턱까지는 빠른 시간 안에 결과를 내지만 그때부터 항상 큰 벽에 부딪친다는 것입니다. 하지만, 대부분은 이러한 큰 벽을 넘어서기 보다는 이것을 피해가려는 방법을 찾느라 다른 테마나 주변을 맴돌곤 합니다. 하지만, 다른 곳으로 가더라도 그곳 역시 어느 정도 연구한 다음에는 또 다른 높은 벽을 만날 수밖에 없고, 따라서 시간을 계속 허비한다는 사실입니다. 물론, 실패를 하지 않고 최단 시간 안에 연구를 성공해야 하는 고민도 피할 수 없지만, 정상에 도달하는 연구에서는 커다란 벽을 경험하고 여기에는 반드시 실패가 있다는 것은 자명한 사실일 것입니다. 문제는 실패하면서 좌절하는 것 보다는, 실패를 거듭하면 할수록 그만큼 정상

의 근처에 다가와 있음을 인식하여야 할 것입니다.

실패할 때에 정신적으로 격려해 주며, 정상을 향하는 통로를 제시해 주는 동료나 선배를 가진다는 것은 엄청난 복이 될 것입니다. 인터넷 시대에는 정보가 신속하게 이동하는 만큼 이러한 동료나 선배는 국내뿐만 아니라 전 세계에서 찾을 수 있을 것입니다. 즉, 글로벌 차원에서 각자의 분야의 최첨단에 속한 연구그룹들의 이너서클에 속해 있는 것이 가장 중요한 것으로 판단하며, 그 후에는 그들이 무엇을 하고 있고 무엇을 고민하고 있는지를 잡아내고 그들이 생각하지 않는 것에 대해 관심을 기울여야 합니다. 단기간에 무엇을 이룩한다는 것보다는 멀리 보며 실패와 어려움을 겪고 난 후 정상에 도달하는 연구자가 많이 생길 때 국내 고분자 분야가 세계적으로 경쟁하여 우위를 점할 수 있게 될 것입니다. 아무쪼록 각 분야에서 정상에 도달한 국내 연구자들이 많이 배출되고, 이러한 경험과 생각을 후학들에게 잘 전달하고 격려해 주는 기회들이 많아지기를 바랍니다.