

ReSEAT 프로그램

R&D 성공 실패사례 메시지

소통의 중요성



Contents


- ▶ 때론 개구쟁이 동료가 훌륭한 스승보다 낫다 , 1
- ▶ 사업 성공을 위해 현실을 직시하는 이해력을 기르자 , 7
- ▶ 선풍기 불량 사태를 통해 깨달음을 얻다 , 12
- ▶ 소통하라! 드넓은 정보의 장이 열릴 것이다 , 17
- ▶ 역량 있는 리더가 정책을 성공으로 이끈다 , 25
- ▶ 연구소 바깥에서 길을 찾을 때도 있다 , 33
- ▶ 합리적인 원가절감이 최고의 경쟁력이다 , 38
- ▶ 기업에서 부품을 개발하여 납품하기까지 , 43
- ▶ 두드리라 열리리라 구하라 얻으리라 , 47
- ▶ 뛰어난 연구소는 인화(人和)로 만들어진다 , 55
- ▶ 불확실한 미래에 맞설 수 있는 대책이 필요하다 , 61
- ▶ 원하는 것은 몸으로 움직여 얻어라 , 70
- ▶ 성공은 머리와 협력에서 나온다 , 75
- ▶ 소매곡리에 친환경 에너지타운 건설하다 , 79
- ▶ 성공적인 연구를 위해서는 주변 사람과 시설을 살피자 , 84
- ▶ 연구원들이여, 세일즈맨이 되라 , 90
- ▶ 열정과 협력이 가져다준 선물 , 95
- ▶ “잘하도록 서툰 것을 매워주는 사람들” , 101
- ▶ 중소기업체를 위하여 원로과학자가 걸어야 하는길 , 110

소통의 중요성

- ▶ 직접 부딪히면 해결하지 못할 문제는 없다! | 114
- ▶ 팀원들의 집념으로 미개척 기술을 정복하다 | 120



때론 개구쟁이 동료가 훌륭한 스승보다 낫다

 ReSEAT 전문연구위원 김성기

연 구소 생활을 한 마디로 얘기하자면, 마치 모래로 지은 밥
처럼 무미건조하기 짝이 없는 것이다. 오직 새로운 것만을
찾아야 하는 기약 없는 탐욕의 생활이랄까? 외국에서 발간된 유명
과학 잡지를 탐독하고, 거기서 새로운 아이디어와 실험방법을 얻어
국내의 실정에 맞게 연구하는 일은 절대 녹록하지 않는 일이다. 수
십 년을 해온 선배들이야 통달한 일이겠지만, 새내기 연구원들에겐
자신의 연구실 환경 안에서 외국의 선진 연구 기술을 수행하는 것
은 쉽지 않은 일이다. 어렵게 연구를 진행해도 나중에 보면 국내
에서 이미 연구가 되었거나 특허가 난 일이 종종 있기 때문이다. 이

런 이유로 연구에 실패할 때마다, 문헌만 잘 찾으면 연구에 성공한 것이라는 선배들의 얘기가 납덩이처럼 무겁게 느껴졌다.

연구원 시절, ‘열대야에 즐겨 찾는 간식’을 번역한 일이 있었다. ‘열대야’를 ‘tropical nights’로 표시했는데, 이게 잘못된 번역이라는 것을 한참 뒤에야 알았다. ‘tropical nights’는 ‘열대지방의 밤’이지 우리가 알고 있는 열대야가 아니었다. 열대지방의 밤 기온이 열대야 개념인 25℃ 이상의 밤이 아닐 수도 있다. 그래서 연구하는 사람들은 늘 ‘정확성’을 두고 자신을 채찍질하게 된다. 똑같은 문헌 조사를 해도 내가 연구원의 한 사람으로 문헌을 찾는 것과 책임자가 되어 문헌을 읽는 감도가 크게 다르다는 것을 알 때 나는 어떤 자존감을 느낀다. 연구소 생활에는 자신도 모르게 변화가 일어난다.

연구소에는 여러 연구 책임자가 있고 연구원과 연구조원들이 많다. 이들과는 크고 작은 일로 연구시설 활용 문제나 연구비 책정문제, 연구 공간 확보문제 등으로 언제나 부딪히며 경쟁해야 한다. 앞방과 옆방의 연구원은 분명 동료지만, 어느 때는 호시탐탐 나를 노리는 하이에나 같기도 했다. 온통 사면초가인 경쟁 상황에서 살아남으려면 오로지 앞만 보고 정진하는 길밖에 없었다. 많은 이가 그 길이 ‘상책’이라기에 나도 그랬다. 그래서 비교적 빠른 기간에 연구책임자의 자리에 올랐다. 하지만 이것이 무조건 상책만은 아니었다는 것을 나중에서야 깨닫게 되었다.

‘백지 한 장도 마주 들면 가볍다’는 말이 있다. 자신의 주위뿐만

아니라 전 세계 사람들과도 손을 잡고 힘을 모아야 우물 안의 개구리가 되지 않고, 명예로운 결과를 가질 수 있게 된다는 것을 안 이후부터 나는 희열을 느끼면서 일을 했다.

어느 날 연구소 버스를 타고 퇴근해야 했는데, 그럴 때마다 언제나 실험실 일로 바빴다. 그날도 역시 허둥지둥 일을 마치고 퇴근하다가 어느 순간 아차 싶은 기억이 떠올랐다. 실험실에 두고 온, 귀중한 균주가 잘아나는 항온기의 전원이 꺼졌다는 걸 깨달았기 때문이다. 오랜 기간 동정해온 역가 높은 균주를 활용하는 실험 중이었다. 퇴근 시간 이후에는 당직하시는 분들이 각 실험실을 돌면서 모든 전원을 내리게 되어 있었다. 다만, 필요할 경우 연구자가 반드시 전원을 끄지 말라는 표시를 해 두어야 한다. 그런데 나는 아무런 표시도 하지 않고 유유히 퇴근 버스에 오른 것이었다. 정신이 혼미해지려는 찰나, 서울 공릉동 연구소에서 출발한 버스는 이미 청량리를 지나고 있었다. 도중에 내려 다시 연구소를 향하는 대중버스를 기다면서 내 심정은 지옥을 넘나들고 있었다. 형언할 수 없는 자괴감에 빠져있었다.

부랴부랴 연구소에 다시 도착할 때, 어느 연구원 한 분이 나를 보고 빙그레 웃고 있었다. 평소에 그리 가깝게 지낸 동료도 아니었다. 순간 현기증이 나는 듯 했다. 그의 웃음이 ‘퇴근에 정신이 팔려 귀중한 균주를 버린 열빠진 연구원을 향한’ 비웃음처럼 보였기 때문이었다. 숨 가쁘게 달려가 실험실을 열었다. 그런데 내 항온기는 정상으로 운전되고 있었다. 전원을 끄지 말라는 붉은 표시가 되어 있었기 때문이었다. 조금 전 나를 보며 웃은 연구원이 한 것이라는 걸 바로 직감했다.

대체 어찌 된 일일까? 나는 평소 그를 개구쟁이라고 생각해 그리 가깝게 지내지 않았다. 그런 그가 내게 어째서 천사가 되어준 것일까? 후에 들은 얘기였는데, 그는 평소 내가 이 배양 실험에 공을 들이고 있다는 걸 알고 있었고, 사건이 일어난 날 아침 당직이었던 그는 내 실험실 방에 들어갔을 때 전원이 꺼져있는 항온기를 보고 자신도 모르게 ‘이거 큰일이다.’ 싶었다는 것이다. 그는 나의 고마움에 도리어 ‘별일 아니다’라고 겸손해 했지만, 지금도 그때의 고마운 마음이 잊히지 않고 생생히 떠오른다. 그의 주위엔 그를 못 마땅히 여기고 비방하는 연구원들이 많았다. 나는 그를 욕하진 않았지만 그렇다고 칭찬하지도 않았다. 관심 밖의 인물이었다. 그런 그가 내 일을 자신의 일처럼 관심을 가져주었다는 일은 충격적이었다. 나의 영혼을 마비시킬 만큼. 비록 그날 퇴근 후 저녁 약속을 지키지 못해 곤욕을 치러야 했지만, 대신 훌륭한 동료들을 얻을 수 있었고 심혈을 기울인 미생물 배양 실험도 무사히 마칠 수 있었다.

또 다른 동료 일화도 있다. 그때 나는 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency: IAEA)로부터 연구비를 받고, 일본인 조사식품 연구자인 U박사와 같이 일한 적이 있었다. U박사는 일본의 조사식품의 선구자로 ‘방사선 조사 감자의 실용화’를 이룬 분이다. 일본은 원자력으로 인해 큰 피해를 본 당사자이다. ‘원자력’ 하면 치가 떨린다는 국민인데 어떻게 방사선 조사 감자가 감자의 주산지인 북해도에서 생산되어 감자 칩으로 가공되어 전국으로 시판되고 있는지 우리는 한번 생각해 볼 일이다. 나는 U박사의 동료인 K박사와 ‘방사선을 이용하여 효소와 미생물 고정화에 관한 연구’를 했다. 대상 효소는 glucose

oxidase¹⁾이다. 그것은 K박사의 최초 아이디어다. 효소는 무척 다양한 기능을 하는 물질이다. 생체 내에서의 화학반응을 촉매 할 뿐만 아니라 생체 외에서도 같은 반응을 촉매한다. 그러나 한번 반응하면 소실되므로 이를 반복해서 사용하기 위해서는 반드시 고정화(immobilization)하는 작업이 필요하다. 고정화 하는 방법은 여러 가지가 있지만 우리는 방사선을 이용하여 단체 내에 있는 고분자 효소가 유출되지 못하도록 격자를 만들었다. 그리고 글루코오스 용액은 쉽게 GOD에 접촉하게 하고 생산물은 쉽게 유출되는 고정화를 이루므로 GOD를 반복하여 사용할 수 있게 했다.

Glucose oxidase를 선택한 것은 당뇨병 환자의 혈당을 측정하는 데 필수물질이기 때문이다. 연구에는 생명만큼이나 귀중한 것이 있다. 바로 '시각'이다. 어느 시점에 연구 결과를 얻었느냐가 결정적일 때가 많다. 연구 결과가 독점적일 때는 반드시 시각이 기준이 된다. 많은 연구원들이 식음을 전폐하고 매달리게 되는 이유이기도 하다. 우리는 '방사선을 이용한 GOD 고정화 연구'를 세계에서 처음으로 수행했다. 그 결과를 세계 화학자 대회(IUPAC)의 '인류복지에 이바지하는 생화학의 심포지엄'에 초청논문으로 선정되어 발표하는 영광을 얻었다.


연구원은 한 공간에서 혼자서 연구를 수행하는 경우도 많다. 혼자서 해도 웬만한 결과를 얻을 수 있으니, 굳이 관계가 평탄하지 않은 동료와

1) 글루코오스 산화효소(EC 1.1.3.4. GOD)를 가리킨다. 산소분자를 사용하여 글루코오스를 글루콘산이 되는 반응을 촉매 하는 효소이다. 과산화수소가 발생하므로 일종의 항생물질로 보며 식품의 갈변 방지, 통조림의 산소 제거 등에 이용된다. 특히 혈당의 정성 정량(定性定量) 측정에 이용된다.

교류하며 연구하는 일은 피하는 경우도 있다. 작은 성과에 만족해야 하지만, 마음 편한 것이니 이 정도에서 만족하게 된다. 연구의 길은 가시밭길과도 같다. 혼자 가면 얼마 갈 수 없지만, 동료와 함께라면 멀리 갈 수 있다. 내 경험처럼 뜻밖의 동료에게 큰 도움을 받아 목적지까지 무사히 도달할 수도 있으니 말이다. 사람이 하는 일엔 실수가 있기 마련이다. 이럴 땐 멀리 떨어진 훌륭한 스승보다 내 옆에 있는 개구쟁이 동료가 더 도움이 될 수 있다. 백지 한 장도 맞들면 낫다는 말이 있지 않나. 연구는 혼자 하는 것이 아니라 사람이 하는 일이다. 사람은 교류를 통해 부족함을 보완하고 성장한다.



사업 성공을 위해 현실을 직시하는 이해력을 기르자

 ReSEAT 전문연구위원 김하진

영화에서 SF(special effect: 특수효과)는 오랜 역사를 가지고 있다. 1997년 개봉되어 지금까지도 SF 영화계의 전설로 기억되고 있는 ‘조지 루카스’ 원작의 영화<스타워즈>, 지구로부터 대략 4광년 정도 떨어져 있는 가상 외계 행성인 판도라를 배경으로 한 SF 영화<아바타>, 부산 앞바다의 지진 해일을 소재로 제작된 영화<해운대>까지. 세계적으로 흥행했거나 우리가 알고 있는 대부분의 영화에서는 특수효과를 사용하는 경우가 많다.

지금 내가 하고 싶은 이야기도 이와 밀접하게 관련된 이야기이다.

어언 10여 년 전, 컴퓨터그래픽(CG)를 전공한 필자는 C업체에 관련 기술과 이론을 지원하면서 소프트웨어 사업에 뛰어들게 되었다.

그 당시는 우리나라에서 영화나 애니메이션의 시각효과(VFX : visual effect) 또는 CG 분야가 차세대 산업의 중심이 될 거라고 예상하던 시기였다. 그래서 많은 소프트웨어 회사들이 우후죽순으로 생겨나고, 관련 기술 개발이 중점적으로 추진되었다. VFX 기술 또는 CG 기술이라고 하는 ‘특수 시각화 기술’은 영상의 일부분을 지우거나 합성하는 작업부터 건물이 무너지고 폭탄이 터지는 장면에 이르기까지 현실에서 직접 구현하기 어려운 장면을 연출하기 위해 사용하는 특수효과이다.

C업체는 국제표준에 바탕을 둔 VR(가상현실)과 AR(증강현실)이 혼합된 데이터 표현인 MR(혼합현실) 기술과 물리기반 시뮬레이션 기술을 개발 중이었다. 이후 해당 기술을 적용할 시장을 찾던 중 영화나 애니메이션에 사용되고 있는 특수효과에 주목을 하게 되어 시장 진출을 타진하게 되었다. 수개월에 걸친 국내 시장 진출 가능성 및 방법에 대한 논의 끝에, C업체는 시장 진출을 결정했다. 국내 VFX 제작 기술 수준이 워낙 낮았고, 인력 집중적인 제작으로 인해 경제적 효율성이 매우 낮았기 때문이다. 이와 같은 국내 특수효과 시장의 취약성은 VFX 제작에 대한 수요가 증가할수록 자연스럽게 이를 보완하기 위한 방법을 요구할 게 분명했다. 자연스럽게 인력중심의 작업 환경에서 소프트웨어 프로그래밍 중심의 작업 환경으로 생태계도 변할 것이라고 확신했다.

필자는 미국의 유명한 VFX 제작회사인 ILM(Industrial Light & Magic)사와 C업체의 미팅을 주선했다. ILM사에서 오래 근무한 전문가에게 생생한 작업 환경 및 제작 방법을 듣게 되면서 더더욱 국내 시장 진출에 대한 확신이 들었다. 국내 제작 회사에서도 미국의 소프트웨어 중심 제작 방법을 도입한다면, 비용 대비 높은 효과를 얻을 수도 있는 상황이었다.

C업체는 이와 같은 결정을 실행에 옮기기 위해 전담 개발팀을 꾸려 미국의 SF 기술과 사용 툴킷에 대한 조사에 착수했다. 한편 관련 기술 교육에도 참가하며 기술 개발 준비 및 개발 기술 선정 작업에 돌입했다. 당시 C업체는 물리기반의 시뮬레이션 기술을 보유하고 있는 상태였다. 3D Max나 Maya 같은 소프트웨어는 플러그인 방식의 소프트웨어 개발을 지원하고 있었기 때문에, 사실상 시장에서 통할 개발 기술 주제를 선정하는 작업이 가장 우선시되어야 했다. 몇 개월의 사전 조사와 논의 끝에 군중 시뮬레이션 기술을 개발하기로 결론을 내리고 본격적인 기술 개발에 착수했다.

당시 영화에 쓰이는 특수효과는 3D Max나 Maya와 같은 컴퓨터 그래픽스 모델링 소프트웨어를 사용하여 소수의 전문 인력이 수작업으로 작업을 진행하는 방식이었다. 또한 작은 규모의 업체들이 우후죽순으로 설립되고 있었기 때문에, 본격적으로 시장이 성장하기도 전에 이미 레드오션에 진입한 상황으로 여겨졌다. C업체는 이와 같은 국내 시장 상황을 보며 투자비용 대비 효과가 우수한 작업 환경으로 긍정적인 변화가 일어날 거란 확신을 굳혔다. 이로 인해 C업체는 국내 VFX

시장 및 제작 환경에 대한 조사는 멈추고, 소프트웨어 제작에만 집중하기 시작했다. 그 열정이 얼마나 대단했는지 관련 소프트웨어의 세계적인 트렌드를 살피기 위해 미국행 비행기에 오르기도 했다. 1974년부터 매년 개최되고 있는 세계 최대의 컴퓨터 그래픽 컨퍼런스 ‘SIGGRAPH’에 참석하기 위해서다.

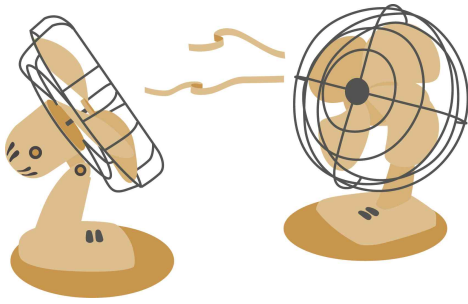
소프트웨어 개발이 성공적으로 마무리 단계에 접어들면서 C업체는 시장 진출을 위한 교두보를 마련하기 위해 국내 VFX 업체 경영진과 여러 차례 회의를 가졌다. 개발 중인 소프트웨어에 대해 긍정적인 평가가 나오자, 국내 시장에 진입하는데 무리가 없을 것으로 판단했다. 그러나 영상제작업체와 실무회의가 거듭 될수록 수월하게 진행 될 줄 알았던 낙관적인 생각은 고이 접어야했다.

그 이유는 국내 영화 제작비 규모와 프로젝트 수주 방식과 관련이 있다. 요즘은 국내 영화 시장도 많이 성장해서, 제작비가 몇 백억 원이 들었다고 해도 그다지 놀라운 일이 아니다. 하지만 당시 상황에는 국내 영화 제작비 규모가 지금과 같지 않아 제작비가 턱없이 적게 책정되어 있었다. 따라서 전문화되고 조직화된 VFX 제작 현장은 그야말로 꿈에서나 가능할 법한 이야기였다. 또한 VFX 관련 업체가 우후죽순 처럼 설립되며 프로젝트 수주 경쟁이 가열된 상태에서 턴키방식으로 프로젝트를 수주해야 하니 제작비 책정 상황은 점점 더 열악해 질 수밖에 없는 상황이었다. 게다가 제작 과정에서 영화제작업체의 의도에 따라 제작 장면이 수시로 변경되는 일이 비일비재 했다. 이 같은 상황에서 국내 VFX 제작업체는 제작 절차를 소프트웨어로 시스템화 하기


보단 숨씨 좋은 미술 제작 인력을 영입하는 것이 급선무였다. 다양한 특수효과를 우수한 손끝 기술로 만들어내며 시시각각 변하는 고객의 요구사항을 수용하는 방식이 가장 효율적인 방법이었던 것이다.

결론적으로 군중 시뮬레이션이 뛰어난 제작 업체라는 브랜딩만으로는 당시의 VFX 생태계에서는 프로젝트를 수주하는데 별 도움이 되지 않았다. 이로 인해 우리가 개발한 소프트웨어는 2009년 개봉한 영화 <해운대>에 적용한 것을 끝으로 회사의 개발 서버에서 여생을 보내는 신세가 되었다. 동시에 이 사업은 실패의 사례로 남게 되었다.

이와 같은 경험은 ‘살아 있는 시장의 생태계’는 나름의 생존 전략을 가지고 있다는 것을 깨닫게 된 계기가 되었다. 그 생태계가 어떤 수준에 있는지는 전혀 상관없이 말이다. 선진국과 똑같이 우수한 CG 기술을 사용하면 좋은 결과를 얻을 것이라는 낙관적 생각은 그저 우매한 시도일 뿐이라는 사실도 뼈저리게 느낄 수 있었다. 중요한 건 긍정적인 마인드가 아니라 현실을 직시하고, 겸손한 이해를 우선시해야 한다는 것이다.



선풍기 불량 사태를 통해 깨달음을 얻다

 ReSEAT 전문연구위원 이홍원

현 재 우리는 지금까지 세 차례의 산업혁명을 통해 발명된 여러 문명의 혜택으로 윤택한 생활을 누리고 있다. 일상에서 빼놓을 수 없는 가정의 필수품으로 냉장고, 세탁기, 선풍기 등과 같은 가전제품이 포함된다. 우리나라는 1970년대에 공장이 들어서기 시작하며 라디오, 선풍기, 냉장고 등의 국산화가 이뤄지기 시작했다. 그 당시에 에어컨은 아직 보급이 되지 않은 시기라 선풍기가 더위를 식히는 유일한 제품이었으며, 국내 판매량은 연간 수백만 대가 넘는 주력 상품 중의 하나였다.

1975년 S사에서 선풍기 설계 업무를 맡고 있던 때였다. 선풍기가 가장 많이 팔리는 시기인 7월에 들어서자마자 대구지역의 대리점 사장들로부터 선풍기 신제품에 대량 불량 발생하고 있다는 거센 항의가 쇄도했다. 대구는 지금과 마찬가지로 국내에서 가장 더운 지역으로 선풍기가 가장 많이 팔리는 지역이었다. 가전제품이 인터넷쇼핑몰, 하이마트, 홈쇼핑 등에서도 판매되는 지금과는 달리 당시에는 대부분의 판매가 대리점을 통해 이루어졌기 때문에 대리점 사장들의 입김이 강한 시기였다. 대리점 사장들은 “선풍기 모가지는 뚝뚝 떨어지고 있는데 본사의 선풍기를 설계한 사람, 만든 사람, 검사한 사람 모가지는 그냥 붙어 있어도 되느냐?”며, 목청을 높여 긴급 대책을 요구했다. 회사는 초비상 사태가 되어 간부회의가 소집되었고, 제품 출하 중지와 함께 불량 발생의 원인 파악에 들어갔다. 품질사고에 책임이 있는 관련자들의 시말서 제출은 당연한 수순이었다.

선풍기는 대부분 3개의 날개를 돌려 바람을 만드는 제품으로, 크게 아래·위 두 부분으로 나뉜다. 윗부분은 바람을 만드는 날개, 날개를 돌려주는 모터(전동기), 돌아가는 날개에 손을 보호하는 안전망으로 되어 있다. 아랫부분은 바람세기를 조절하고, 바람을 좌우로 보내주는 스위치와 타이머가 붙어있다. 이 두 부분을 플라스틱으로 된 연결부품으로 결합시키면 선풍기가 완성되는 것이다. 대리점 사장들의 항의 내용은 바로 이 연결부품에 파손이 일어나 선풍기 머리가 앞으로 쓰러져 사용할 수 없다는 것이었다. 파손된 연결부품은 선풍기 무게의 대부분을 차지하는 머리 부위를 받치고 있고, 선풍기를 옮기는 과정에서 아래 쪽 무게에 의해 충격 받을 가능성도 있었다. 하지만 판매하자마자

대량 파손되는 사고는 회사에서도 처음 겪는 일이었다. 본인을 포함해 공장의 해당 실무자와 관리자는 긴급 원인 파악과 대책 수립에 들어갔다.

선풍기가 처음 개발된 초기에 연결부품은 알루미늄이나 아연합금 등 강한 금속물이 사용되었다. 그런데 1970년대에 들어서면서 플라스틱 재료가 대량 보급되기 시작했고, 각 회사에는 최대한 금속부품을 플라스틱으로 바꾸어 제품을 가볍게 하고 원가를 줄이려는 추세가 강한 시기였다. 물론 파손된 연결부품에는 잘 부러지지 않고 작업도 쉬운 고급 플라스틱 재료를 사용했다.

파손 발생 원인은 다음과 같이 추정되었다. 공장 조립 현장에서 문제의 연결부품을 하부받침대와 연결하기 위해 연결부품 뒤쪽에 있는 나사를 잠그는데, 이 과정에서 발생된 미세 균열이 창고 보관이나 제품 운반 중 점차 확대되어 파손에 이른 것으로 추정했다. 물론 직접적인 균열은 조립 현장에서 나사를 고정할 때 발생됐지만 보다 앞선 원인은 연결부품의 나사 구멍이 설계 치수보다 작게 만들어져 나사를 고정할 때 무리한 힘을 받았기 때문이다. 즉, 연결부품을 사출기(플라스틱을 찍어내는 기계)에서 만들 때 작업조건이 맞지 않아 나사 구멍이 작게 만들어 졌고, 이것이 검사에서 걸리지 않고 현장에서 바로 작업이 이루어졌기 때문이었다. 하지만 이보다 더 근본적인 원인으로서는 원가절감에 너무 치중하여 파손 위험성을 가볍게 여긴 것에 원인이 있었다.

다시 말하면 ①연결부품의 나사 구멍을 사출기에서 바로 만들도록 설계하면서, 나사 구멍 주위에 약한 접합부위가 생겨 외부 충격에 약해졌고, ②고정용 나사를 충격을 주지 않는 일반 나사 대신 값이 싼 태핑나사를 사용해 충격과 썩기작용으로 균열을 촉진시킨 것으로 분석되었다. 불량 방지 대책으로는 균열 발생의 근본적 원인이 된 설계 사항에 대해 긴급 변경 조치를 취했다. 개선 사항이 반영된 제품에 대한 확인 실험 후 새로운 제품으로 전량 교체 공급하는 걸로 모든 개선 조치를 마쳤다.

본 파손 사고 수습 과정에서 다음과 같은 교훈을 얻을 수 있었다. 설계자들은 현장 작업자가 설계자의 의도나 기대와는 전혀 다른 상태로 작업을 할 수 있다는 점을 인식해야 한다. 따라서 작업자의 실수나 설비, 기계장치의 오동작과 같은 상황에서도 제품에 치명적인 문제가 발생하지 않도록 설계를 진행해야 한다. 특히 산업현장에서 수시로 이뤄지는 원가절감 과정에 있어서, 불량 발생은 회사와 제품의 이미지에 치명적임을 인식하고 품질문제가 우려되는 설계 사항에 대해서는 불량 발생 가능성을 최소화한 설계가 이뤄져야 한다.

이와 같은 경험을 통해 인간은 혼자만의 생각에서 머물지 말고 주위 사람들의 입장에서 배려하고 협동하는 것이 무엇보다도 소중하다는 것을 느끼게 되었다. 동물과 다른 인류의 이런 장점 때문에 생존하고 발전할 수 있었다는 것은 분명한 사실이라고 생각한다. 개인이나 자기 조직의 목표와 이익만을 생각하지 않고 상대방의 입장에서 편리성,

작업성 등을 고려했다면 내가 겪었던 제품 사고는 발생하지 않았을 거라고 생각된다. 상대방에 대한 배려와 소통은 우리의 정치 분야뿐만 아니라 산업 현장에서도 똑같이 절실하고 소중한 가치라고 생각할 수 있지 않을까?



소통하라!

드넓은 정보의 장이 열릴 것이다



ReSEAT 전문연구위원 성기웅

대학 시절의 나는 낯선 사람을 어려워하는 소심한 사람이었다. 그런 나에게 친구가 동아리 활동을 추천했다. 그 계기로 한국유네스코학생회에 가입을 하게 되었고, 정규모임과 멤버십·리더십 트레이닝 및 봉사 캠프까지 참여하게 되었다. 사람들과 자주 어울리다보니 소심했던 성격도 바뀌기 시작했다. 친교-대화-이해-협력-봉사-창조의 정신을 알기 시작한 뒤부터 작은 꿈을 키워나가기 시작했다. 서로 필요한 정보를 공유하는 소통 채널을 만들고자 하는 꿈을!

당시 시골에서는 초롱불이 밤을 밝히고 있었다. 밤하늘엔 별무리들이 향연을 펼쳤다. 전깃불은 주로 도시에서만 볼 수 있었다. 그리고 10여년의 시간이 흘렀을 즈음, 이변이 일어났다. 원자력으로 전깃불이 만들어지기 시작한 것이다. 고리와 월성에서 원자력 발전이 태동하기 시작했다. 원자력 발전 시대가 열린 것이다.

원전의 각 계통에는 생각보다 상당히 많은 양의 물이 사용된다. 이런 계통수들은 순기능과 더불어 다양한 역기능적 문제도 품고 있다. 서서히 계통 구조재료들을 부식시키는 것이다. 이런 현상을 저감시키기 위해 다양한 대책이 요구되기 시작했다.

이 무렵, 우리나라는 방사선 피폭을 줄이고 계통 재료의 부식을 최소화하는 기초연구를 시작했다. 방사선과 물질의 상호작용을 화학적으로 규명하는 방사선화학과 함께 물과 관련된 일체의 화학현상을 다루는 원자력수화학(nuclear water chemistry)도 그 중 한 분야였다. 한국원자력연구소에서는 이 두 분야와 함께 부식방식 공학 분야의 연구도 시작되고 있었다.

1980년대 당시에는 우리나라 연구개발 수준이 매우 낮았었다. 연구 인력이 충분하지 못했고 연구비도 태부족이었다. 따라서 모방 연구가 중심이 될 수밖에 없었다. 그래서 해외 선진연구팀이 축적한 다양한 기초지식과 원천기술들이 확보되어야 했다. 그러나 당시에는 극소수의 해외 유학생이나 유치과학자 아니면 해외연수 기술자들을 통해서 관련 과학지식과 기술정보를 얻을 수가 있었다. 그마저도 제한적으로 누군가

자료 출처나 구입 채널을 알려주지 않으면 자료 입수가 거의 불가능하던 시절이다. 또한 연구에 필요한 관련기술 자료나 데이터를 원전 현장으로부터 얻는 일이 쉽지 않았다. 이뿐만이 아니었다. 정밀한 실험 장치들이 제작될 수 있는 국내 장치제작 기술시장도 전혀 구축되지 않은 상황이었다. 국내 원전 수화학 분야의 상황도 마찬가지였다. 연구소와 학계 및 산업체 간의 지식·기술 소통과 협력채널이 오늘날 처럼 잘 갖추어지기 훨씬 이전의 일이었다. 공식적인 소통의 채널이 전무했던 시대였다. 당연히 연구에는 연구개발 외적 제한요소에 기인하는 불편함이 뒤따랐다.

1990년대 초, 국내의 원전 수화학 분야에서 과학기술 정보 교류를 위한 소통 채널의 부재가 인식되기 시작했다. 소통 부족이 불러오는 불편함을 해소하자는 목소리가 커지고 있었다. 마침 당시에 한국과학재단에서 연구개발 지원 프로그램이 시행되고 있었다. 이 프로그램을 통해 연구협력과 소통을 위해 한국원자력연구소와 서울대학교 및 한국전력주식회사의 관련부서들이 기폭제가 되어 구성된 연구회의 활동에 재정적 도움을 받을 수가 있었다.

처음으로 한국전력주식회사의 화학부서가 주관한 원전 수화학 신기술 워크숍이 개최되었다. 다음해에는 서울대학교 원자력공학과 관련연구팀이 제2회 워크숍을 주관하였다. 각 워크숍마다 서른 명 정도의 회원이 참석했다. 세 번째 워크숍은 그 다음해에 한국원자력연구소 화학공정연구실이 주관했다. 원전 수화학 연구회가 점차 윤곽을 갖추기 시작한 것이다.

제3회 워크숍을 개최했을 때 일어난 일이다. 연구실 동료들은 각자의 실험에 무척 바쁜 나날을 보내고 있었다. 그래서 당시 연구회 간사였던 나 홀로 워크숍을 기획하고 준비했다. 지금처럼 SNS는커녕 이메일도 막 보급되던 시기여서 대부분의 연락은 전화로 이루어졌다. 워크숍과 관련된 산업체와 학계 및 연구소에 전화를 걸었다. 많은 회원들이 강의 중이거나 회의, 출장 중이어서 내 전화는 부재중으로 남는 경우가 많았다. 단 한 번의 통화로 소통되기가 무척 어려웠다. 심지어 겨우 전화 연결이 된 회원들은 바빠서 다음 워크숍을 기약할 수밖에 없는 경우가 태반이었다. 심지어는 ‘그런 행사가 있습니까?’ 하고 되묻기도 하였다. 단번에 참가하겠다는 회원은 가뭇에 콩 나듯 했다.

그 후로도 수백 번의 통화가 오고 갔다. 발표 제목과 초록을 얻기 까지 꼬박 이십 여일이 걸렸다. 혼자서 진행하기에는 무척 벅찼다. 여기서 끝이 아니다. 일정과 장소 그리고 주제와 범위를 조율하고 논문 발표를 요청하는 시간만 한 달 반이 넘게 걸렸다. 그렇지만 행사 일정표 작성과 만찬장소 물색·예약 그리고 발표논문 초록집 편집·인쇄부터 행사장소 안내 표지판·현수막 제작·설치와 논문발표용 시청각 도구 임대·준비까지 일사분란하게 진행됐다. 동시다발적으로 일이 진행되는 와중에 미비한 점까지 그때그때 확인해야 했기 때문에 정말 만만치 않은 작업이었다. 아마 혼자서 워크숍 준비를 해보지 않은 사람은 쉽사리 이해하지 못할 노력의 연속이었다.

우여곡절 끝에 워크숍 당일을 맞이하게 되었다. 전국 각지에서 마흔 명 이상의 회원들이 참석했다. KTX 열차도 없던 시절이라서 전날 저녁에

미리 출발해 1박을 해야 하는 일정을 마다하지 않고 참석해준 것이다. 아마 그만큼 원전 수화학 워크숍 행사에 대한 관심과 기대가 컸을 거라고 생각한다. 오랜만에 보는 반가운 얼굴들과 처음 보는 회원들 그리고 원전 관련 중소기업체에서도 자리를 많이 채워주었다. 정말 반갑고 고마운 일이었다.

워크숍에서는 각자 진행 중인 연구 개발이나 운영에 대한 발표와 함께 질의응답 시간이 이어졌다. 저녁 간담회에서는 친목 도모를 위한 대화를 주고받았다. 원전 수화학 분야의 미래가 기대되는 순간이었다. 꿈에 그리던 원전 수화학 분야의 학문적·기술적 소통 채널이 본격적으로 구축되고 있었기 때문이다. 남들 모르게 애쓴 만큼 보람도 컸다. 모든 회원들이 해마다 열리는 수화학 학술 잔치에 참여해 소통하며 다양한 교류를 즐기고 있었다. 앞으로도 협력이 견고하게 지속되길 바라는 마음이다.

그런데 제4회 워크숍 준비가 시작될 즈음, 애석한 일이 생겼다. 과학재단으로부터 연구회 경비지원이 3년까지만 가능하다는 답변을 들은 것이었다. 그래서 이후에는 워크숍을 진행할 수 없었다. 회원들의 워크숍 관심이 생각보다 컸는지, 왜 워크숍이 열리지 않느냐, 연락이 왜 없느냐 등 회원들의 연락을 많이 받았다. 이대로 소통 채널은 닫히는 것인가? 해가 지날 때마다 아쉬움만 커져갔다. 그렇게 5년의 시간이 흘렀을 무렵, 반가운 소식이 들려왔다. 연구개발비 편성에서 학술대회 경비의 지원이 가능해진 것이다. 새로운 밀레니엄 시대에 들어서자마자 수화학 연구를 위한 소통 채널이 다시 활성화되기 시작했다. 아울러

연구회의 관심기술 분야에 부식기술이 포함되면서 명칭도 ‘원전 수화학 및 부식 연구회’로 바뀌었다.

한결같은 마음으로 원전 수화학 및 부식 워크숍을 1회부터 6회까지 준비부터 진행까지 도맡았다. 연구실험도 병행하면서 연구 활성화를 위한 제3의 연구 활동에 나름 매진한 셈이다. 연구회는 이후에 성장을 거듭하면서 최근 열리는 워크숍에는 80명 이상의 회원이 참석할 정도로 크게 발전했다. 2017년 올해에는 제16회 워크숍이 개최되었다. 그 사이에 제1회 한일 수화학 및 부식 세미나도 주관하였다. 대만에서 열린 동남아 수화학 심포지엄에도 우리 회원들이 대거 참석했다. 수화학 및 부식 연구회는 2006년도 국제 수화학 및 부식 컨퍼런스를 무리 없이 주최할 정도로 성장하였다. 숨겨진 소통의 잠재력이 드디어 발휘된 것이다. 세계 각국에서 240여명의 과학기술자들이 제주도 컨퍼런스에 참석했다. 대규모 소통의 장이 열린 것이다.

원전 수화학 연구 활성을 위한 소통 채널은 수화학 분야 종사자들 간의 거리감을 좁혀, 서로 낯선 관계도 드물어진다. 이제는 연구 중에 필요한 현장자료가 있으면, 연락 한번으로 얻는다. 현장에서 발생된 어떤 문제도 스스럼없이 논의된다. 국내 원전 수화학 분야의 성장과 발전을 위한 중요한 역할을 하고 있는 중이다.

연구개발은 연구과제에서 주어진 단일 또는 복합 주제 내에서 전개된다. 이때 각 단위 과제들의 결과와 성과를 하나의 상위 목표로 묶어내는 연구관리 행위를 동반한다. 각 단일 과제에서 얻어진 내용을

모아서 체계적으로 구성하고, 큰 흐름에서 벗어나는 부분은 없는지 조율하게 된다. 연구개발은 각 단일 과제에서 필요로 하는 지식과 기술 정보를 교류할 수 있는 소통 채널을 적극적으로 활용한다. 마땅한 소통 채널이 없으면 새로 구축해서 필요한 지식과 정보를 교류한다. 그러면서 자연스럽게 서로의 연구가 활성화 되도록 돕는다. 연구개발은 시대마다 그리고 분야마다 서로 다른 형태를 지닌다.

이전에는 상상도 되지 않았던 새로운 연구시대가 열리고 있다. 우리나라에만 국한된 이야기가 아니다. 세계적으로 과학기술의 융합이 본격적으로 전개되고 있는 시대가 온 것이다. 과학기술이 융합연구 단계로 들어서면서, 문명사의 어느 시기보다도 과학기술이 급속도로 발전하고 있다. 자연과학 분야만이 아니다. 인문과학이나 사회과학 심지어는 예술 분야와도 융합되기 시작하고 있다.

소통은 융합의 기본이다. 소통은 자기만의 세계에만 빠져있지 말라고 한다. 소통은 개인과 개인 사이에서만 이뤄지지 않는다. 집단 사이에서도 이루어지고, 분야와 분야 사이에서도 소통은 끊임없이 이뤄지고 있다. 심지어 국가 단위의 소통까지 전개되었다. 소통은 변화에 빠르게 대응할 수 있도록 도와주는 역할을 하고 있다.

소통 채널은 수시로 바뀌고 새롭게 구축된다. 그만큼 소통 채널은 연구의 시공간과 분야를 가리지 않고 중요한 역할을 도맡고 있다. 오늘날, 젊은 과학자들은 우리 때와는 또 다른 새로운 시대를 이끌어가고 있다. 그런 세상에 살고 있는 만큼 소통의 달인이 되어야 한다. 소통의


달인이 되기 위해선 소통의 채널을 스스로 잘 구축하고 운영하며, 어느 채널에도 적극적으로 참여하는 의지가 필히 동반되어야 한다. 더 나아가 인간에 대한 이해력과 의사전달기법 그리고 집단역학¹⁾(group dynamics) 분야까지 공부한다면 더할 나위 없이 소통의 달인에 한 단계 더 가까워질 것이다.

글을 마무리할 즈음이 되니, 친교-대화-이해-협력-봉사-창조 과정을 터득하기 시작했던 대학시절이 눈에 선하다. 그 후는 연구에 대한 열정을 뛰어넘어 연구 소통의 채널을 만들기 위해 애썼던 젊은 시절이었다. 고뇌와 추억이 고스란히 녹아 있는 소통 채널 구축 과정들을 떠올려본다. 나는 아직까지도 원로회원으로 원전 수화학 연구회에서 소통하고 있다. 누구라도 원전 수화학 분야에 관심과 열정이 있다면, 그리고 소통 채널에 대한 관심이 있다면, 한번쯤 우리 소통 채널에 들러주길 바라며 이 글을 마친다.

1) 집단역학(group dynamics): 집단의 원활한 운영을 위하여 집단의 특징이나 발달, 집단 간에 작용하는 여러 가지 힘의 작용을 역학적 방법을 써서 연구하는 학문.



역량 있는 리더가 정책을 성공으로 이끈다 : 핵심부품의 국산화 전략수립 사례

 ReSEAT 전문연구위원 박장선

1986 년대 초 어느 날, 한국기계연구원 정책연구실장이던 필자는 과학기술처 기계연구조정관실에서 조정관과 함께 당시 우리나라의 주요 현안과제이던 기계류·부품·소재의 수입의존 구조를 타개하기 위한 논의를 진행하고 있었다. 정부출연 연구기관들이 어떻게 기여하는 것이 좋을지 말이다.

당시 기계·부품의 수입액은 매년 증가 추세였고, 대일 수입의존이 지속되고 있는 구조였다. 당시 상황을 보면 다른 분야가 벌어들인 돈을

기계분야에서 끌어다 쓰고, 미국에서 벌어들여 일본에 바치는 무역구조가 심화되고 있었다. 또 80년대는 대외경제 호전으로 비교적 호황이던 시절이다. 산업생산이 활기를 띠면 생산설비 수요가 늘어나 기계·부품 수입량이 증가했다. 정부의 경제장관회의가 열릴 때마다 기계류·부품·소재 수입을 대체하는 문제가 주요 의제로 상정되었다.

이날 조정관실 회의에서 기계류·부품·소재 문제해결에 정부출연 연구소가 어떻게든 기여한다는 원칙을 정하고, 해를 넘기기 전에 그 전략을 구체화하기로 했다. 그리고 이듬해인 1987년부터 ‘기계류·부품·소재의 국산화 촉진 R&D 사업’을 특정연구개발사업¹⁾에 반영해 추진하는 밑그림을 그렸다. 이를 위해 정부 과학기술처는 사업추진 계획을 1987년 초에 대통령에게 보고하기로 하고, 한국기계연구원이 추진전략 연구를 주관해 관련 연구기관의 참여와 기업의 협조를 구하기로 결론지었다. 내용을 보고받은 한국기계연구원 소장은 조정관과의 협의의 결과를 매우 긍정적으로 평가하면서 바로 사업추진 계획안을 만들도록 지시했다.

기계류·부품·소재의 국산화와 R&D는 매우 복잡한 문제로 얽혀 있는 과제다. 얽혀있는 실타래를 풀어 해결방향을 모색하기 위해서는 우선 어떤 부품들이 수입되고 있는지, 왜 수입되고 있는지를 정확히 파악하는 일이 중요했다. 그 다음에는 국산화를 촉진하기 위해서 어떤

1) 국가의 전략산업 육성에 필요한 핵심기술로서 기술적 파급효과가 높고 수출증대의 전망이 밝은 사업으로 1982년에 착수됨. 비교적 장기·대형·복합적이며, 산업계·학계·연구기관의 공동 수행이 필요하며, 정부의 지원 및 조정이 요구되는 분야에 대한 통합적 연구개발사업으로 정의.

부품과 기술을 대상으로 누가, 무엇을, 어떻게 실행할 것인지 방안을 도출해야 했다.

그러나 수개월 내에 이런 질문들에 대해 속 시원한 답을 내놓기는 무척 어려웠다. 우선 어떻게 접근할 것인지 정리하기 위해 정책연구 그룹은 과제연구 초기단계에 수없이 토론하며 방법론을 만들고 실행 방법을 좁혀갔다. 많은 정책연구 경험을 거친 우리 연구그룹은 브레인 스토밍을 통해 과제의 결론도출 방법을 파악하고 공유하는 것이 얼마나 중요한 일인지 터득하고 있었다. 가능하면 이 시간을 충분히 가질수록 다음 과정이 정확하고 수월하게 진행되기 때문에 시간을 단축할 수 있었다. 예컨대, 나는 이 단계를 플랜트 건설에서 기본설계 단계이자 플랜트 사업의 성공을 좌우하는 과정과 같다고 강조하곤 한다.

정책연구 결과를 정부의 특정연구개발사업에 반영시키기 위해서는 정책연구 자체에 대한 전략을 선택할 필요가 있었다.

첫째, 국산화 R&D 연구원들을 정책연구에 참여시켜 그들이 산업 현장을 직접 방문하게 한다. 그리하여 수입구조와 요인분석, R&D 과제를 직접 도출하게 했다. 이를 위해 총괄 연구책임은 연구소장이 맡고, 필자는 주관 연구책임자로 실제 과제수행을 주도하도록 했다. 이 과제에 직간접적으로 참여한 한국기계연구원 연구실 멤버는 50여 명에 달했다.

둘째, 수입 의존형 고기능 핵심부품에 초점을 둔 국산화 전략을

고려했다. 대기업 제품이나 완제품형의 기계류는 제외하고, 소재 중에서 핵심부품 국산화와 직접 관련된 소재들만 포함시켰다. 현장조사에서 소재요인이 부품 국산화 부진요인으로 나타나는 경우가 많았다.

셋째, 핵심부품 국산화 전략수립 과정에 다른 연구기관의 연구원들을 참여시켜 특정연구개발사업의 참여도를 높이도록 유도했다. 대상은 KIST 기계부문 연구그룹이었다. 우선 이들을 찾아가 협의한 후 연구원들의 부분 참여를 확정지었다. 여기에 참여한 KIST 멤버는 6명이다.

넷째, 핵심부품 R&D를 위한 특정연구개발사업은 일종의 국산화 촉진 개념으로 '마중물 전략'을 도입했다. 수입되고 있는 부품의 국산화 주체는 산업계다. 정부출연연구소는 시범사업을 통해 수입 의존형 핵심부품의 국산화를 촉진하는 마중물의 역할을 다할 수 있도록 추진체계를 구상했다.

다섯째, 이 사업을 특정연구사업에 반영하기 위해서는 산업계의 참여가 필요하다. 이 같은 전제하에 핵심부품과 관련된 협력 또는 조사대상 기업체들에 대한 엄선작업을 거쳤다. 기업에 대한 조사는 기계 완성품을 조립하는 자동차 제조 관련 대기업과 핵심부품 국산화 대상인 중소·중견기업을 대상으로 하였다. 완성품 제조 대기업에 대해서는 왜 부품을 수입하여 조립하는지, 부품제조 중소·중견기업에 대해서는 왜 국산화를 못하는지 파악했다. 이 조사를 참고해 국산화를 위한 기술개발 과제 도출에 노력을 기울였다. 총 33개 기업이 이 정책 연구에 적극 협조하였다.

핵심부품의 수입현황을 구체적으로 파악하는 작업도 진행했다. 무역협회의 수입원장을 대상으로 부품 코드에 해당하는 상품들을 분류했다. 그리고 부품 중에서 일정액 이상의 수입물량 제품, 기타 수입상품 중에서 수입액이 일정액 이상에 해당되는 부품들을 다시 상세히 분류했다. 예컨대, 완충기 → 베어링 → 자기 베어링과 같은 최종부품 추출 작업을 실시했다. 이 작업은 중앙대 교수와 계약을 통해 대학원생들과 함께 진행했다. 수입의존 부품의 국산화라는 목표를 위해 정부, 연구기관, 산업계, 대학이 협동한 사례다.

마침내 1986년 6월, 보고서를 완성하였다. 분량은 무려 1,235페이지에 달했다. 정부관계자와 연구과제 참여자들이 모여 연구발표회를 가졌다. 앞으로 특정연구개발사업에 반영하여 추진하기 위한 사전 설명회 같은 모임이었다. 이 때 조정관이 강조했던 말을 지금도 기억한다. “정부출연 연구소는 여러분들을 위해 존재하고 있는 것이 아니다. 지금과 같이 기계류·부품·소재 수입증가와 대일 수입의존으로 나라가 어려울 때, 여러분들이 국산화를 위한 어떤 역할을 해줘야만 본 연구소가 존재할 이유가 있는 게 아닌가? 이 보고서가 해답을 주는 건 아니라는 것을 잘 안다. 그러나 여러분들이 이를 위해 최선을 다한다면 나도 내 위치에서 여러분들을 최대한 돕겠다.”

며칠 후 필자는 엄청난 분량을 단 몇 장으로 요약한 보고서를 만들었다. 그리고 장관에게 연구결과를 직접 보고했다. 이후 나는 조정관이 이 사업내용을 과학기술처의 연구개발 사업에 반영하기 위해 적극적으로 노력하는 모습을 볼 수 있었다. 이 결과, 핵심부품 국산화 R&D

사업이 정부의 특정연구개발사업으로 반영되어 수년간 지속되었다.

그로부터 30여년이 지난 지금, 어느 매스컴에서도 대일수입의존 부품의 국산화문제를 제기하는 기사를 찾아볼 수 없다. 그만큼 우리나라 부품과 소재산업이 발전했다는 반증이다. 현재 우리나라의 기계부품 산업은 수출효자 산업으로 성장해 있다. 정부와 산학연의 공동노력으로 1980년대의 어려움을 극복한 성공사례다.

그러나 필자는 부품개발과 국산화 실력이 과연 기대치에 충분히 다다랐는지에 대해 우려한다. 현실을 보면 아직도 고기능 첨단 기계류·부품·소재는 일본에 의존하는 품목들이 많다. 범용제품의 경우 중국에 경쟁력으로 밀리는 현상이 보인지 오래다. 아직도 숙제를 계속 끌어안고 있는 것이다. 새로운 전략을 짜고 추진해야 할 때가 온 것이 아닌가? 이제부터 이 과제는 후배들의 몫이라 생각한다.

기계류·부품·소재 국산화 정책연구를 수행하면서 느낀 내용 중에서 여기에 기록하고 싶은 두 가지 소회가 있다. 하나는 기계기술 연구 결과의 산업계 이전과 관련된 소견이다. 즉, 정부출연연구소의 연구 성과들이 산업계에 효과적으로 도움이 되도록 하는 일이다. 필자의 관점으로는 양자 간의 흐름이 단절되어 있다는 느낌을 자주 갖는다. 과학자인 연구원들은 흥미 있는 연구주제를 탐색하고, 연구실 분위기와 논문을 중시한다. 반면에 기업은 현장에 필요한 제조기술과 제품의 상품가치를 중시한다. 기계기술분야는 일반적으로 목표로 하는 연구 결과를 시제품 제작, 실증실험을 거쳐 상품화 과정을 거친다. 그런데

우리는 이 중간 단계가 매우 약하기 때문에 연구의 실용화를 가로 막는다.

다른 하나는 연구 또는 연구원에 대한 정부 관료의 철학을 강조하고 싶다. 당시 기계연구조정관은 새로운 사업발굴에 적극적으로 나서는 성격에, 끊임없이 아이디어를 구하고 스스로 연구하는 타입이었다. 그래서 연구정책을 결정할 당시 필자와 많은 토론과 논쟁을 거듭했다. 기계류·부품·소재의 국산화 과제도 국산화 측면에서 보면 산업자원부 소관 사업이 적절했다. 국산화는 산업계가 주관하는 것이 객관적으로 효율적이기 때문이다. 그러나 조정관은 과학기술처가 주관하는 특정 연구개발사업으로 끌고 갔다. 그

는 국가 산업기술발전에 기여하는 것을 목적으로 하고 있는 정부출연연구소의 역할에 주목했다. 정부출연연구소 연구원들이 수입 의존형 핵심부품 국산화 기여에 한계가 있음을 잘 알고 있으면서도 국가적 과제에 마중물 역할을 기대하며 이 사업에 참여하면 연구원들의 연구역량 향상에도 크게 기여할 수 있음을 중시한 것이다. 또 그는 젊은 연구원들과 격의 없는 대화를 통해 교감을 넓혀갔다. 그와 연구원 사이가




▶▶ 핵심 부품기술개발전략 연구 보고서

소위 갑을관계라고 느낀 연구원은 한 명도 없었다.

“나는 얼마 있지 않아 이 자리를 떠나겠지만, 여러분들은 평생 연구원으로 일할 사람들 아닌가! 내가 힘쓸 수 있을 때 여러분의 연구에 도움을 주고 싶다.”라고 격려하던 그의 모습이 지금도 생생하다. 이런 멋진 철학을 가진 사람들이 앞으로 연구개발사업 현장에 많아졌으면 좋겠다. 적극적인 자세로 리더십을 발휘하며 우리나라 연구개발사업을 이끌어주길 바란다.



연구소 바깥에서 길을 찾을 때도 있다

 ReSEAT 전문연구위원 권영배

90년대 말, 우리 연구 팀은 흑연의 고부가 가치화와 다용도로 쓰일 팽창 흑연 연구에 참여했다. 흔히 우리가 아는 연필심의 재료가 인상흑연인데, 이 인상흑연은 얇은 판상의 층상 물질로 층과 층 사이에 다양한 원자나 이온을 끼워 넣을 수 있다, 이렇게 삽입된 형태를 흑연층간화합물이라고 부른다.

이 층간흑연화합물을 고온에서 열처리하면, 층간에 있던 물질에서 가스가 나오면서 10배에서 300배까지 팽창된다. 이렇게 팽창된 형태의 흑연을, 팽창흑연이라고 한다. 우리가 연구를 시작하기 전까지 팽창

흑연은 천연 인상 흑연 입자를 각종 산으로 산화 처리한 후 흑연 층간 화합물을 얻어내는 방식으로 만들었고, 이 과정에서 다량의 폐산이 발생하고 산의 소모량이 많다는 단점이 있었다. 게다가 산화 처리하는 과정에서 막대한 이산화황 및 삼산화황가스, 기타가스 등이 발생해 환경오염의 원인이 되기도 했다.

이런 저런 문제점을 안고 있는 팽창 흑연 생산을 개선하기 위해 연구를 시작한 우리 팀은 기상 흡착 방식을 통해 제조하는 방법을 연구해보기로 했고, 적합한 기상 흡착제를 찾기 위해 여러 방법으로 조사도 해보고 실험을 해봤지만 번번이 실패를 거듭하며 문제에 빠져 버렸다. 지쳐가는 연구팀을 지켜보면서 고민한 끝에 모 대학의 최 모 교수의 조언을 받아 새로운 방법을 시도해보기로 했는데, 발연 황산을 가열하여 삼산화황가스를 발생시킨 후 흑연 층간에 삽입해 층간흑연을 제조하는 방식이었다.

발연황산의 삼산화황 가스 분자는 강한 산화력은 있지만 황산에서는 산화력이 크게 약화되는 특성이 있기에 발연황산에서 삼산화황 가스를 발생시켜 직접 흑연에 반응시키면 손쉽게 흑연 층간화합물을 형성할 수 있을 것 같았다. 게다가 이런 방식이라면 산 폐기물도 발생하지 않고, 남은 삼산화황 가스 역시 황산에 재흡수 시켜 회수할 수 있으니 일석이조였다. 실험실에서 기초연구로 반응 실험을 해본 결과, 어느 정도 성공 가능성이 보였고 조금 더 큰 벤치 스케일로 본격적인 시험을 해보기로 했다. 발연 황산은 N화학에서 연구용으로 무상 기증을 받기로 했고, bombe(가스탱크, 액화 가스를 저장하거나 운반하기 위한 원통형의

내압(耐壓) 용기)에 연결할 반응기는 직접 설계한 도면을 제작 업체에 따로 맡겨 제작하기로 했다.

그런데, 여기서 예상치 못한 사고가 발생했다. 실험 중에 봄베에 연결된 반응기의 연결 부위가 부식되어 시퍼런 금속 니켈이 녹아 나오는 것이었다. 알고 보니, 업체 측에서 반응기를 제작하며 사용할 재료를 잘못 구입해 제작했기 때문이었다. 순간 등 뒤에 식은땀이 절로 흐르는 사고였지만, 이 정도는 가벼운 접촉 사고(?)일 뿐 더 큰 문제는 그 다음이었다.

어쨌거나 무사히 얻어낸 실험 결과를 바탕으로 연속 반응 연구를 시작하기 위해 파이롯트 시설이 필요했다. 그러기 위해서는 조금 더 큰 발연 황산 봄베를 만들어야 했는데, 문제는 용량이 큰 봄베를 설치할 장소와 조건이 마땅치 않았던 것이다. 이 문제를 해결하지 않으면 연구를 중단해야 하는 위기 상황이었다. 하지만 하늘이 무너져도 솟아날 구멍은 있다고 했다. 여러 방법을 찾은 끝에 계면 활성제 원료를 생산하는 업체를 하나하나 접촉해 부탁을 했다. 간절히 두드리면 열린다고, 다행히 M상사에서 지원을 받을 수 있었다. 뿔 듯이 기뻐다. 우리는 곧바로 삼산화황 가스 봄베제작에 심혈을 기울여 4기의 연속 다단 반응기를 제작하고 삼산화황가스의 흡수를 위해 직렬로 연결해 연속 반응 실험을 시작했다.

흑연 입자가 삼산화황 가스와 접촉하면서 초기에는 청색으로 변하다가 시간이 지나며 2~3배의 부피로 늘어나고, 청록색의 흑연 산으로

변하는 것을 관찰할 수 있었다. 흑연 입자는 굵을수록 팽창률이 좋기 때문에 50메쉬 이상을 사용했다. 삼산화황가스에 노출된 반응기 내의 흑연은 하단부터 상단까지 서서히 청색을 띄며 반응했고 부피가 뚜렷하게 증가하는 모습을 보였다. 삼산화황가스가 흑연표면에서 흡착 응축 과정을 거쳐 서서히 층 내부로 확산되면서 층간물질로 변해가는 과정이었다.

한 편, 반응기 속 트레이의 여러 군데에 황산가스가 응축되면서 생기는 흰 결정체가 발견되는 문제가 생겼다. 문제점이 무엇인지 찾아내어 재빨리 흡착용 반응기를 보온시키고 트레이를 메쉬 트레이로 교체하는 것으로 문제를 해결했고, 다행히 만족할만한 실험 결과를 얻을 수 있었다. 이렇게 얻은 층간 흑연을 세척 건조한 후 900℃에서 열처리하거나 마이크로웨이브로 처리하여 250 ~ 400배의 팽창흑연을 만들 수 있었다. 열처리로 만든 팽창흑연은 휘발성 유기 화합물 및 유류 흡착제로서 탁월한 성능을 보였고, 흡착 후 가열하고 탈착해 재활용 할 수도 있었다.

어려운 문턱을 넘고 넘은 덕분일까, 세계 최초의 기상 흡착 방법으로 한국, 미국, 일본에도 산업재산권을 획득하고 정부에서 국민 포장, 장영실 환경과학 대상 등 수상하는 영예를 얻을 수 있었다. 하지만 가장 기쁜 순간은 철수 준비를 끝내고 훌가분한 마음으로 하늘을 올라다보던 때였다. 티 한 점 없이 맑은 하늘의 모습이 우리의 연구 성공을 함께 축하해주는 것만 같았다.

우여곡절에도 성공적으로 연구를 끝낼 수 있었던 것은 연구소 밖 낮선 산업체의 야외 현장에서 눈과 비를 맞아가며 반응기를 지키고 함께 실험한 연구원들의 간절한 노력 덕분이었다고 생각한다. 그리고 이 글을 통해, 연구 중단 위기에서 손을 내밀어준 M상사의 지원에 감사드린다. 이때의 경험을 떠올리면 늘 생각나는 말이 있다. ‘찾으면 길이 있다.’ 연구를 하다보면 막히는 길에 자주 혹은 거의 매번 다다른다. 정말 막힌 길이라면 걸어온 길로 다시 되돌아가거나, 다른 길을 찾거나 하는 방법으로 새로운 길을 찾아야 한다. 그런데 가끔 막힌 것처럼 보이는 길이 있다. 우리가 그 길이 막혔다고 착각하는 이유는, 누군가 문을 열기 직전에 포기하고 돌아서기 때문이다. 그러니 막다른 길인 것 같아도 끝까지 두드려 보라. 누군가 문을 열어주기 위해 문고리를 잡고 있을 수도 있지 않나. 찾으면, 두드리면 길은 있다.



합리적인 원가절감이 최고의 경쟁력이다



ReSEAT 전문연구위원 진영훈

자 동차의 브레이크 시스템은 주행 중인 자동차를 제동력에 의해 정지시키는 가장 중요한 시스템이다. 흔히 막 나가는 사람을 브레이크 없는 자동차에 비유하는 이유도 이 때문이 아닐까 생각한다. 브레이크 시스템은 일반적으로 유압 브레이크, 에어 브레이크, 그리고 전자 브레이크로 구분한다. 유압 브레이크는 승용차와 소형 버스 및 트럭에 주로 장착되고, 에어 브레이크는 대형 버스나 트럭에, 그리고 전자 브레이크는 공작기계에 주로 사용된다.

브레이크 라이닝은 브레이크 종류에 관계없이 모든 제동시스템에

공통적으로 사용되는 소모품이다. 드럼, 디스크와의 마찰에 의해 기계적 회전 에너지를 열에너지로 전환시켜 제동력을 발생시키는 중요한 기능을 수행한다. 일반적으로 브레이크 라이닝은 브레이크슈에 접촉되거나 리벳으로 고정된다. 라이닝은 일정기간 사용하면 교체가 필요한 소모성 부품으로, 관련 시장이 매우 방대하다. 집이나 회사 주변에서 수없이 많은 자동차 정비업소의 간판에 ‘배터리/브레이크 교환’이라는 문구가 명시된 것을 보면 알 수 있다.

브레이크 라이닝을 생산하고, 열경화성 수지 접착제를 도포해 시판·수출하는 회사의 대표이사로 근무한 적이 있다. 어느 날, 모든 부서가 원가절감을 위한 사내 캠페인을 시작했다. 생산부서에서는 접착제 국산화를 목표로 원가절감을 추진하였다. 그 동안 열 경화 접착 공정에서 사용해 오던 접착제는 일본 제품으로 비교적 고가에 속했다. 국내에서도 유사한 접착제가 개발되어 판매 중이었다. 거두절미하고, 원가절감을 위해서는 수입 접착제를 국산으로 바꾸는 게 효과적이었다.

저렴한 국산 접착제를 이용해 브레이크 샘플에 시험을 진행했다. 브레이크슈와 클램프를 사용하여 고정시키고, 열처리로에서 열 경화 접착 후 전단강도를 측정했다. 그 결과, 기존의 수입 접착제와 동일한 수준의 결과가 나와 만족할 수 있었다. 국산 접착제를 사용하는 원가절감 시도에 대성공을 거두고, 모든 브레이크 라이닝에 국산 접착제를 적용하기로 결정하였다. 생산팀장은 대규모 원가절감을 달성한 공로를 인정받아 포상까지 받았다.

그런데, 그 영광은 그리 오래 가지 않았다. ‘호사다마’라고 하던가? 미국으로 수출된 브레이크 라이닝이 전부 불량이라는 청천벽력 같은 통보를 받았다. 품질관리 팀장을 미국 현지에 급파해, 현상 파악에 나섰다. 그런데 이게 웬 일인가. 브레이크 라이닝과 브레이크슈가 제대로 접착되지 못하고, 분리되는 문제가 발생한 것이다. 그나마 불행 중 다행으로 초도품 검사에서 문제점이 발견된 것이라 일반 소비자들에게 출하되지 않은 상황이었다.

품질관리 매뉴얼에 의한 다음단계로 원인분석이 뒤따랐다. 현장에서 문제점을 파악하기 위한 단계에 돌입하였다. 브레이크 라이닝 제조 공정부터 시작해, 접착제 도포공정, 접착 클램프 조립공정, 접착 열처리 공정까지 면밀히 살핀 결과, 이상 무! 모든 공정에 전혀 이상이 없다는 결과가 나왔다. 다시 눈을 미국 현지로 돌려, 품질관리팀장에게 똑같은 과정의 원인분석을 지시했다. 그러나 입고된 브레이크 라이닝 보관 공정부터 시작해, 이번에도 모든 공정에서 이상 없다는 결과가 나왔다. 귀신이 곡할 노릇이었다.

원인을 찾지 못하던 중, 품질관리팀장이 뜻밖의 소식을 전해왔다. 미국 공장에서는 열처리 조건이 다른 것 같다는 뜻밖의 보고였다. 당장 미국 공장의 열처리 공정 조건을 확인해보았다. 열처리 온도는 250℃로 동일했다. 그러나 열처리 시간은 15분으로, 한국의 절반 수준이었다. 미스터리가 풀리는 순간이었다. 미국에서는 생산성 향상을 위해 열처리 시간을 30분에서 15분으로 단축시켰던 것이다. 그런데 지금까지 아무런 문제가 없던 이유가 뭘까. 그 이유는 일본 접착제의 경화시간에 있다.

일본에서 수입된 접착제의 경화시간은 15분이었는데, 한국에서는 ‘만사불여튼튼’이라고 열처리 시간을 30분으로 늘려 경화작업을 진행해왔다. 국산 접착제로 바꾼 뒤에도 열처리 공정조건은 30분으로 유지해왔다. 그래서 접착제 제조업체에서는 30분 간 열처리해야 경화되는 접착제를 개발해 납품한 것이다. 비로소 모든 의문이 풀렸다.

그럼 남은 문제는 미국의 고객을 설득하는 일이었다. 미국 출장 중인 품질관리팀장에게 접착제 변경과 경화시간 문제는 절대 거론하지 말고, 미국 현지공정의 전반적인 문제점을 다시 한 번 찾아보도록 하였다. 현지에서는 시중에서 중고품 브레이크슈를 구입해한 후 세척해 사용하는데, 최근 들어 상태가 온전치 못한 브레이크슈도 다수 입고되었다는 전갈이 왔다. 어찌면 상태가 좋지 않은 중고 브레이크슈가 원인일 가능성도 있었다. 현지의 공장장을 설득해 열처리 시간을 30분으로 늘려보도록 설득하는 작전에 돌입했다. 공장장은 열처리 시간을 15분에서 다시 30분으로 늘렸다. 생산 부품의 전단강도를 실험해보니 접착제가 완전히 경화된 것을 확인할 수 있었다. 미국의 열처리 공정 시간을 다시 30분으로 늘리도록 하려고 갖은 방법을 동원했지만, 원가 상승, 생산성 저하 등의 이유로 시간 연장은 불가능했다.

대신, 이렇게 합의를 보았다. 미국은 입고된 브레이크 라이닝 중 브레이크슈를 전량 검수해서 상태가 온전한 브레이크슈에만 30분 열처리 경화접착공정을 거쳐 사용하도록 했다. 향후 수출물량은 열처리 시간 단축을 위해, 한국에서 15분 만에 경화되는 접착제를 도포해 수출하기로 했다. 즉시 이대로 작업에 착수해 본 결과, 부품의 전단

강도는 100% 합격이었다.


원가절감이라는 목표를 달성하기 위해서는 개발과정부터 생산과정까지 철저한 품질관리 시스템이 구축되어야 한다. 무턱대고 일부분에 대한 원가절감을 시행하는 것이 아니라, 사전에 전체 생산 공정을 면밀히 검토해야 한다. 이는 어찌 보면 기본적인이고 단순한 원칙이다. 그리고 변경된 사양이 있다면, 반드시 문서화하여 관련 규정에 기록해야 한다.

브레이크 부품은 자동차를 멈추게 하는 최대의 보안부품으로 엄격한 품질관리가 최우선이다. 만일 사태가 더 악화되었다면, 회사가 도산할 수도 있는 절체절명의 위기였다. 처음 원가절감을 추진할 때, 내수용만이 아닌 수출용까지 감안해 미국 현지의 생산조건도 고려했다더라면 이런 불상사는 미연에 방지할 수 있지 않았을까?

대부분 생산업체에서는 ‘생산성 향상, 불량 감소 그리고 원가절감’이 공통적으로 추진되는 목표 중 하나로 꼽힌다. 그러나 현재의 글로벌 경제 시대에서는 ‘원가절감’만을 외치는 건 너무 구태의연한 구호가 아닌가하는 생각이 든다. 이제는 그 앞에 ‘합리적’이라는 문구를 삽입하고, 이를 실행에 옮겨야 할 때이다. 단순히 눈앞의 고객과 수요만 생각하는 근시안적인 시야에서 벗어나야 한다. 보다 넓은 시계를 확보하는 고객의 입장에서 생각하고, 미래를 통찰하는 자세만이 글로벌 경제 시장에서 살아남고 성장할 수 있는 원동력이 될 수 있을 것으로 생각한다.



기업에서 부품을 개발하여 납품하기까지

 ReSEAT 전문연구위원 박병규

기업의 제품 개발 최종 목표는 경쟁력 있는 가격으로 생산해 수요자에게 납품하는 것이다. 당연하고 간단한 이야기지만, 연구 개발부터 현장 생산까지 과정에 참여해 본 사람이라면 간단한 목표를 이루기까지 얼마나 많은 성공의 조건과 난관이 뒤따르는지 잘 알고 있을 것이다.

내가 D사에 입사했을 때, 회사에서는 2년에 걸쳐 신제품의 시작품 제조를 완료한 단계였다. 내가 맡은 일은 실용화에 성공하기 위해 양산 기술과 신뢰성 평가 시스템을 갖추고 양산 제품을 자동차 업체의

실차 시험에 적용해 납품까지 연결하는 일련의 과정을 이끌어 가는 것이었다. 우선 개발 제품의 신뢰성 평가를 위해 고가의 장비와 제품 설계가 가능한 인력이 필요했기에, 정부 지원 자금을 받아 설비와 인력을 보충했다. 그 다음 선발 업체인 BASF의 관련 특허를 검색했더니 다행히 처방 관련 특허는 오래 전 만료되었고, 제품 형상은 별도의 특허 출원 대상이 아니었다. 제품을 양산하는 초기 단계에서는 안정된 품질을 확보하는 것이 중요한데, 우리는 전 세계 기업 중 생산을 거의 독점하고 있던 독일의 화학 기업 Bayer 사가 생산하는 원료를 쓰고자 했다. 하지만 Bayer 한국 지점은 우리에게 제품을 공급하길 거부했고, 나는 홍콩 지사장에게 직접 연락까지 하며 문제를 해결했다. 제품 양산이 어느 정도 안정되면서, 원가 절감 차원에서 소규모 생산 업체인 일본 Mitsui 사의 원료를 일부 사용을 해보기로 했다. 그런데 이 과정에서 제품의 품질에 문제가 있다는 것을 발견했고 우리는 이보다 더 저렴한 중국산 원료를 사용하기 위해 직접 중국 공장을 방문했다. 공장의 생산 및 품질 검증 시스템을 확인하면서 동시에 중국 정부의 품질 인증기관으로부터 수입품의 품질 보증을 받는 방법을 찾았다. 하지만, 이 역시 품질 불안정의 문제로 사용할 수 없었다.

우리는 차중에 따른 제품의 형상 설계 기술을 확보하기 위해 관련 전문가를 수배해서 컨설팅 계약을 맺고 한국으로 초빙했다. 전문가에게 기술 지도를 받을 수 있는 시스템을 만들고, 필요 시 이메일을 통해 수시로 자문을 받도록 했다. 또한, 형상 설계 시뮬레이션 시스템도 구축해 설계의 보조 수단으로 활용하면서 설계 경험의 축적에 집중했다.

우리가 개발하고자 하는 제품의 제조 설비는 크게 원료 합성과 제품 성형 두 부분으로 구분할 수 있는데, 원료 합성을 위한 회분식 합성기를 설계하여 제작했고, 그리고 제품 성형은 신뢰성 확보 차원에서 Bayer 자회사가 생산하는 전용 성형 장비를 도입해 연속식 성형 시스템을 구축했다. 이 과정에서 가장 어려웠던 문제는 성형 후 이형 문제로 적절한 이형제를 선정하고, 금형 구조를 설계하는 일이었다. 금형 및 양산 라인을 구축할 때 선발 회사인 BASF 관련 기술 자료를 인터넷에서 검색해 참고할 수밖에 없었는데, 자료가 워낙 많지 않아 시행착오를 겪었다.

목표하는 개발 제품은 100만 회 이상 반복 하중을 가해도 건널 수 있어야 하기 때문에 내구성 검증에 많은 시간이 걸린다. 하지만, 속성으로 검증할 수 있는 방법이 없었기에 많은 시간과 노력이 필요했다. 지금도 매일 아침 출근해서 내구성 시험기에서 시료의 균열 여부를 체크하며 일회일비했던 일이 눈에 선하다.


양산 개발의 최종 단계라 할 수 있는 실차 장착 시험은 제품을 실차에 장착해서 장시간 주행한 후, 균열 발생 여부를 검증하는 것인데, 개발 제품에 대한 확신을 심어주기 전까지는 자동차 업체가 선뜻 응해주지 않는다. 이 단계에서는 자동차 업체 관련 부서에 개발품의 성능과 원가 절감 그리고 공급 안정성에 대한 확신을 심어 주는 것이 중요하기 때문에 이들을 설득하기 위해 수차례에 걸친 프레젠테이션과 양산 설비에 대한 실사 작업이 필요했다. 더불어, 경쟁 납품 업체인 BASF사가 제품의 가격을 인하하는 방해 공작까지 대응해야 했다.

결론적으로, D사는 모든 양산 개발상의 난관을 극복하고 H 자동차 일부 차종 납품에 성공했다. 하지만, 최근에 들은 이야기로는 판매량이 기대한 만큼 높지 못하다고 한다.

기업의 신제품 개발이 성공하려면, 실험실에서 제작한 시작품은 출발점에 지나지 않는다. 양산 개발에 따른 다양한 문제점을 극복하고, 기업외적으로도 환경이 잘 조성되어야 한다. 기업의 제품 개발은 원 부재 확보부터 최종 실수요 업체의 평가까지 어느 한 부분도 중요하지 않은 것이 없다. 이 모든 것들이 완성되어야만 비로소 성공했다고 할 수 있다. 물론, 이 과정에서 특별히 어려운 부분이 있을 수 있지만, 내 경험상 가장 중요한 것은 제품 개발에 관련된 사람들의 마음을 움직이는 노력이 가장 중요하다고 생각한다. 이런 점이 기업의 제품 개발과 학교 연구의 차이점이 아닌가 생각된다.



두드리라 열리리라 구하라 얻으리라 : 원천기술을 확보하게 한 보유국-대상 협력채널 구축의 여로

 ReSEAT 전문연구위원 성기웅

1980년대 초의 우리나라는 과학 지식과 산업 기술의 기반이 갖춰지지 못한 기술 후진국이었다. 새로운 과학 기술을 창출할 수 있는 연구개발 기반은 더욱 취약하였다. 그래서 선진 과학기술의 도입이나 모방에 치중할 수밖에 없던 시기였다. 도입된 기술을 우리 입맛에 맞게 소화하고 적용하며 개량하기에 바빴다. 그런 와중에도 선진국과의 기술 격차를 좁히려는 우리 과학자와 기술자의 열정과 노력은 놀라웠다.

이 무렵에 월성 원자력발전소(원전)의 가동이 시작되었다. 한국원자력 연구소 화학공정연구팀이 월성 원전 정기검사에 참여하였다. 시간에 따라 원자로 계통 내에 누적되는 삼중수소의 양이 산출되었다. 방사성 물질인 삼중수소를 계통에서 제거해내야 하는 시점도 추정할 수 있었다. 삼중수소 제거의 당위성을 제시하면서 대책수립을 권고하였으며, 특히 삼중수소 제거설비 설치·운용의 필요성을 강조하였다.

그 당시엔 이미 한국원자력연구소에서 삼중수소 제거를 위한 기술 개발이 시작되고 있었다. 그러나 국가적 기술 기반은 전무한 상태였다. 기초 연구부터 시작해 실용 기술을 확보하기에는 너무나 긴 시간과 노력이 필요했다. 오히려 선진국이 보유한 원천기술을 확보하는 편이 훨씬 효율적인 상황이었다. 어떤 국제협력 채널을 통해 원천기술을 확보할 수 있을까? 여기 저기 수소문 하며 고심의 나날이 이어졌다.

때마침 일본 과학기술청이 주관하는 과학자 교환 프로그램이 시행되고 있었다. 삼중수소에 관련된 일본의 연구개발 수준은 이미 선진 대열에 진입하고 있던 시기였다. 이 프로그램에 지원하고 얼마 후 승인이 나면서, 원천기술들을 습득할 기회가 찾아왔다. 마음 속 깊이 간직해 온 간절한 염원 덕일 거라 생각했다.

부푼 가슴으로 일본 중북부에 있는 일본원자력연구소로 떠났다. 1986년 말이었다. 수개월 동안 삼중수소와 핵융합로 구조재료의 상호 작용을 규명하던 연구부서에서 공동연구가 수행되었다. 나는 스테인리스강 표면조건과 삼중수소 흡착·탈착 현상을 규명하는 실험에

동참했다. 방사성동위원소-취급 연구동과 다양한 실험 장치들을 작동할 때마다 내심 부러웠다. 나는 시간을 쪼개어가면서 삼중수소 화학에 관련된 기술 자료들을 최대한 많이 확보했다. 퇴근 후에는 일본 전통 음식과 주류도 대접 받았다. 전문가 그룹과 잘 어울리며 여러 지역의 명승지도 둘러보았다. 한일 양국의 문화에 대한 이야기꽃도 피었다. 이때 공동연구 수행하면서 지낸 날들과 인맥 형성이 훗날 국제협력 채널을 탄탄하게 구축할 수 있는 씨앗이 되었다.

귀국 후에는 삼중수소에 관한 또 다른 지식과 기술을 확보하고 싶은 의욕이 더욱 커졌다. 일본에서 만났던 삼중수소 화학 전문가들을 가능한 많이 초청하고 싶었다. 하지만 연구비로는 초청 경비를 충당할 수가 없었고, 뽀족한 방도도 보이지 않았다. 그러던 차에 반가운 소식이 들렸다. 일본 과학기술청 과학자 교환 프로그램으로 방문연구뿐만 아니라 전문가 초청도 가능하다는 것이었다. 심지어 국제원자력위원회에서도 과학자 교환 프로그램을 통해서도 전문가들을 초청할 수 있다. 무척 반가운 소식이었다. 서둘러 국제원자력위원회 전문가 초청 프로그램을 통해 삼중수소 전문가를 초청했다. 세미나를 통해 삼중수소에 관련된 기본 지식과 연구에 대한 값진 경험담들을 들었다. 관련 자료들도 넉넉히 확보할 수 있었다. 세미나 이후에는 우리 집으로 초대했다. 우리나라 대표 음식인 불고기와 한식을 대접했다. 소소한 대접이었지만, 성의껏 고마움을 표시했다. 대화는 늦은 시간까지 이어졌다. 어떤 날은 한국의 유명 관광지를 함께 둘러보기도 했다. 업무적으로 만나 서먹했던 사이가 점차 친한 관계로 발전되었다.

두 번째 초청도 역시 국제원자력위원회 프로그램을 통해 이루어졌다. 제2의 전문가가 초청되었고, 다른 분야의 삼중수소-관련 지식과 연구 경험 자료들이 확보되었다. 세 번째 초청은 일본 과학기술청 과학자 교환 프로그램을 활용하였다. 운 좋게 세 번이나 연속으로 전문가들을 초청할 수 있었다. 여기서 그치지 않고 여섯 번째 초청까지 이루어졌다. 5년 동안 모두 여섯 명의 전문가를 초청한 것이다. 삼중수소 화학을 비롯한 제거공정 기술의 기반 자료들이 차곡차곡 쌓였다. 동시에 한일 간의 기술협력 채널도 점차 구축되어가고 있었다.

1992년이 되었을 때, 삼중수소 실험경험을 더 쌓고 싶던 차에 일본 과학기술청 과학자 교환 프로그램에 다시 방문 연구 신청서를 제출했다. 하지만 두 번이나 신청해서 승인된 사례가 없다고 들었기 때문에 큰 기대는 하지 않았다. 그런데 이게 웬일인가! 승인이 내려졌다. 어떻게 된 일인가 알아보았더니 그동안 내가 전문가들을 초청했던 사례가 일본 과학기술청 프로그램의 성공사례로 선정되었단다. 그동안 이루어졌던 한 번의 방문 연구와 여섯 명의 전문가 초청 사례가 국제협력부문 평가에서 아주 우수한 점수를 받았다는 것이었다. 그래서 특별한 경우지만 두 번째 방문신청이 승인된 것이었다. 내가 최초의 모범 사례라는 얘기에 날아갈 듯 기뻐다.

다시 일본으로 돌아왔다. 지난 연구와 마찬가지로 삼중수소 연구팀에 합류하여 같은 전문가와 2개월간 공동연구를 수행했다. 이번에는 틈나는 대로 실험에 사용된 각종 실험 장치와 실험 방법 및 주요 결과 등을 연구노트에 상세히 기록했다. 지난번에 미처 수집하지 못한 삼중

수소-관련 기초과학 자료들도 더 모았다. 삼중수소 취급 방법부터 생산 및 분리와 농축 그리고 회수와 폐기처리까지 가능한 많은 자료를 확보했다. 귀국 후 삼중수소 기초실험을 계획·수행하거나 삼중수소 실험실을 갖추는 활동에 큰 도움이 될 수 있다는 기대에 부풀었다.

귀국 후에 초저온 증류공정 기술개발 연구과제의 과제책임자가 되었다. 삼중수소 제거를 위한 연구였다. 그러나 연구소에는 방사성 물질인 삼중수소를 취급할 수 있는 연구실험동이 없었다. 그래서 방사선 문제를 제외하면 원리와 실험조건이 똑같은 수소 중의 중수소를 분리하는 실험이 계획됐다. 수소동위원소 분리공정 기술은 액체헬륨으로 조성된 -267°C 의 초저온 영역에서 증류하는 장치를 사용하는 극한 기술이었다. 당시 국내에서는 이에 대한 실험이 한 번도 수행된 적이 없었다. 그렇기 때문에 해외 선진연구팀이 축적한 공정·장치 실험 기술을 확보하는 것이 경제적이면서 효율적이었다. 그런데 이 원천 기술을 어떻게 확보하면 좋을지 눈앞이 캄캄했다. 왜냐하면 기술보유국 연구팀도 일정 보안 수준을 넘는 기술 자료들을 함부로 외부에 제공할 수 없기 때문이다. 지금까지 구축된 기술협력 채널을 총 가동하더라도 한계에 부딪칠 수밖에 없는 일이었다. 하지만 아무것도 하지 않고 가만있을 순 없었다. 어떤 결과가 나오든 일단 두들겨보기로 했다. 일단 그동안 구축된 협력채널을 활용해 볼 생각으로 일본원자력 연구소로 다시 방문하기로 했다. 연구비가 넉넉하지 않았지만 가까스로 해외 출장비를 마련했다.

마침내 일본 나리타 국제공항에 내렸다. 비가 부슬부슬 내리던 날이

었다. 직접 몸으로 부딪혀보겠다고 호기롭게 나선 길이었지만, 사실은 막막한 심정이었다. 기초자료가 아닌 공정실험 기술 자료들을 구해야 했기 때문이다. 근심걱정이 가득한 상태로 일본 입국장을 나섰다. 그때 반가운 얼굴이 나를 마중 나와 있었다. 두 번이나 같이 공동연구를 진행했고, 한 번은 초청을 한 적이 있는 죽마고우 같은 전문가였다. 그 전문가와 동행해 연구소 인근에 숙소를 정하고 헤어졌다. 잠을 설치는 와중에 동이 났다.

다음 날, 죽마고우 전문가와 만나 출장 일정을 함께 했다. 나는 틈만 나면 전문가들로부터 초저온 분리공정 기술에 대한 자문과 정보를 얻기 위해 애썼다. 정말 얼굴을 보는 전문가마다 붙잡고 물어보았다. 하지만 그들 대부분은 분리공정 연구가 어느 부서에서 수행되는지 잘 알지 못했다. 그들과 같이 식사를 하거나 숙소에서 밤을 지새우면서도 머릿속엔 오로지 한 가지 생각뿐이었다. 초저온 분리공정기술 연구 자료를 얻을 수나 있는 걸까? 점차 불안한 마음이 들기 시작했다. 출장 업무를 진행하는 동안 벌써 며칠이 지났다. 이제 일본에 머물 수 있는 날은 하루 밖에 없었다. 귀국 날짜가 하루 앞으로 다가왔기 때문이다. 초조했다. 아무런 성과 없이 돌아갈 수밖에 없다니!

마지막 하루의 동이 났다. 오전에 다른 출장업무에 관한 회의를 마치고, 여러 전문가들과 환송 오찬을 가졌다. 악수를 나누던 중에 한 번도 직접 교류 한 적이 없는 전문가가 나에게 질문을 했다. ‘원하던 기술 자료는 잘 구하셨나요?’ 씩씩한 웃음을 짓는 나에게 모 박사의 연락처를 하나 알려주었다. 약속을 잡고 그 박사를 찾아갔다. 자초지종을

설명하니, 마침 박사학위 과정에 있는 제자가 최근 탈고한 졸업논문이 있단다. 수소동위원소 분리공정 장치기술에 대한 졸업논문이었다. 그 논문을 보고 싶다고 했더니, 박사는 흔쾌히 논문을 보여주었다. 모두가 내가 원하던 내용들이었다. 복사본을 얻을 수 있겠냐고 정중히 부탁했다. 하지만 아직 기술자료 보안등급으로 대외비를 검토 중이라며 약간 난색을 표했다. 나의 간절함이 통했던 걸까? 한참을 망설이던 박사는 이내 복사본을 내주었다. 그 순간 마음 속 깊은 곳에서 쾌재의 함성이 울려 퍼졌다. 보이지 않게 눈가를 적신 물기는 아마도 삼중수소가 섞인 물이었으리라. 일본에 오기 전부터 끌어안고 있던 스트레스가 눈 녹듯이 사라졌다. 자료를 얻어서 한국으로 돌아오는 발걸음 그렇게 가벼울 수가 없었다.


한국에 돌아오자마자 분리장치의 기본·상세설계와 장치제작을 진행했다. 성능시험과 예비시험 및 본 시험이 모두 순조롭게 진행되었다. 그 결과, 삼중수소를 제거해 지역 방사선 준위를 낮추기 위한 종합 관리대책을 수립하는 데에도 크게 기여할 수 있었다.

연구개발 기반이 조성되지 않은 불모지에서 내딛어야 하는 첫 걸음은 원천기술을 확보하는 일이다. 물론 그 길은 만만치 않다. 하지만 그 전에 관련기술 협력채널을 미리 구축한다면, 훨씬 순조로운 발걸음이 될 것이다. 융합연구가 도래하고 있는 요즘 시대에는 한 연구가 완성되면 바로 다른 연구가 요구되며 곧바로 융합되고 있다. 상호 기술협력 채널의 변천속도도 빨라지고 있다. 새로운 스터디 그룹과 워크숍 및 연구회와 학회가 탄생하지만 목적이 달성되면 이내 사라지고 변형된다.

앞으로 다가올 날들은 연구협력 채널의 구축 및 운영에 대한 의지와 노력이 동반되어야 할 것이다. 나에게도 녀 놓고 있을 때마다 들려 온 소리가 있다. 두드리라! 열리리라! 구하라! 얻으리라! 이 말들이 새삼스레 뇌리를 스친다.



뛰어난 연구소는 인화(人和)로 만들어진다.

 ReSEAT 전문연구위원 김학주

오늘 날엔 기업 부설 연구소의 수가 수만 개를 넘어선지 오래지만, 1970년대 중반만 해도 정부 출연 연구소들이 이제 막 발족되기 시작했고 기업 부설 연구소 설립을 장려하던 때였다. 당시의 정부 방침은 선진국으로 나아가기 위해 민간 기업들이 연구소를 세우고 연구 활동을 늘려야 한다는 것이었는데, 연 매출액이 300억을 넘는 기업들이 기업 부설 연구소를 세우면 연구개발에 관한 세제 혜택을 받을 수 있었다. 그러나 연구에 쓰일 자금과 인력이 부족하던 이유로 민간 기업이 연구소를 운영한다는 것은 사치로 치부되던 때이기도 했다.

그때 나는 회사에 입사한 지 5년 쯤였고, 공장에서 품질 관리와 제품 개발을 담당하는 일을 하고 있었다. 당시 내가 회사에서 일을 하며 느낀 것은 제품 개발을 위한 연구가 정말 중요하다는 것과 이를 위해선 전담하는 부서가 절실히 필요하다는 것이었다. 이처럼 느낀 바를 장문의 보고서로 작성한 나는, 결국 본사 최고 경영진에게까지 보고하는 용기(?)를 저지르고 말았다. 다행히도 회사가 내 보고서를 받아들였고, 다른 회사보다 이르게 연구소를 세우게 되었다. 나는 회사 부설 연구소의 기획팀에 들어갔다. 운 좋게 연구소를 세우게 되었지만, 작업 표준조차 제대로 갖출 수가 없을 만큼 상황이 열악했다. 당시만 해도 연구 기술은 개인의 노하우로 인식하던 시절이었던 터라, 주요한 기술은 책임자의 머리에만 있거나 이를 기술한 책 역시 그 나라의 원서가 대부분이기 때문이었다. 사정이 이렇다보니, 연구 기술에 관심이 있는 젊은 학사 출신들도 생산 현장이나 본사로 가길 원했고, 우리 연구소는 연구원 확보와 관리하는 일에 큰 어려움을 겪어야 했다. 우리 팀은 이 어려움을 어떻게 극복해야 할지 머리를 쥐어짜낸 끝에, 회사에 새로운 건의를 해보기로 했다. 연구소가 자체 양성체제를 갖춰서 석·박사를 양성하는 것이었다. 그렇게 되면 높은 수준의 연구 개발 체제를 구축할 수 있을 것이라 생각했다.

당시 새로운 건의와 함께 연구소 기획팀이 내건 캐치프레이즈는 ‘연구소란 집단 천재에 의한 신제품과 신기술 개발을 하는 곳’이었다. 무슨 뜻이냐면, 성공하는 사람들의 공통점인 높은 지능지수(IQ), 높은 감정 지수(EQ), 높은 역경극복지수(AQ)를 갖춘 연구소를 만들기 위해서는

집단이 단결하고 개인의 연구보다 팀워크 중심의 연구 수행을 우선으로 해야 한다는 것이다. 이를 위해서 우리 팀은 각 연구실마다 구체적인 연구 목표와 방향 및 추진 일정을 설정하고 각 연구원들마다 구체적인 비전을 직접 문서로 작성하도록 유도했다. 비전이 있는 사람은 자기 내면의 확신에서 힘을 얻으며 문제가 생겨도 계속 전진하기 때문이다.

한편으로는 연구의 방향과 연구목표를 설정하기 위해 연구소를 발족한 후 1년 동안 섬유, 직물과 부직포, 필름 및 엔지니어링 플라스틱 등 섬유 고분자를 기반으로 하는 응용분야의 특허지도(patent map)와 관련기술에 관한 총설을 만들어 배포했다. 이 총설은 그 후 그룹 차원 종합연구소의 연구 방향설정에 큰 도움이 되었고, 개인적으로는 훗날 섬유 방사부문의 기술사 자격을 취득을 하는데 큰 도움이 되었다.

내가 이토록 집단 연구의 중요성을 강조하는 데는 이유가 있다.

제러드 다이아몬드 박사의 명저 ‘총, 균, 쇠’의 ‘발명 영웅 이론’과 그 문제점에 의하면, 발명에 대한 상식적인 견해는 실제로 발명과 필요의 일반적인 역할을 뒤집어 놓은 것이라 한다. ‘발명영웅이론’은 와트나 에디슨 같은 희귀한 천재들의 중요성을 지나치게 강조하는 것으로, 허구가 많고 큰 발명 뒤에는 전 단계의 형태가 숨어 있는 경우가 많다 한다.

‘제임스 와트가 1769년 증기기관을 발명했다’는 말과 주전자 주둥이에서 김이 솟는 것을 보고 영감을 얻었다는 멋진 말은 허구이며 실제 와트가 증기기관을 만드는 아이디어를 얻은 것은 57년 전에 발명된

토머스 뉴커먼의 증기기관을 고치던 중이었으며 에디슨이 발명했다는 백열전구도 다른 발명가들의 특허를 개량한 것이라 한다. 내가 집단 연구의 중요성을 강조하기 위해 제러드 다이아몬드 박사가 말하는 ‘발명 영웅이론’의 허구를 인용한 이유는 두 가지다. 발명에는 천재가 드물다는 것. 그리고 연구개발에 종사하는 사람들은 어떤 한 명의 천재가 이룬 업적을 뒤쫓기보다는 그 업적의 뒤에 가려진 다른 이들의 선행 연구를 조사하고 검토하는 것이 우선임을 강조하기 위함이다. 우리 연구소 기획팀은 연구 개발의 성공 여부는 차이점을 찾고 밝히는 것으로부터 판가름 난다고 생각했다. 현 제품의 문제점과 신제품이나 선발 회사 제품과의 특성 차이를 규명하고 밝히는 일 등 말이다.

정밀한 분석기술이 없이는 제품의 성능분석이나 차별화는 물론, 신제품 개발도 어렵다고 생각해, 물성연구실을 확충하여 당시 기업 연구소로서는 갖추기 힘든 가스크로마토그래프, 전자현미경, 적외선 분광 분석기를 비롯한 열분석계 등 정밀분석기기를 도입하는 등 물성 분석실 체제를 갖추었고 현장과 달리 쾌적한 향온 향습 연구실을 갖추었다. 한편 학계에 논문을 발표하는 것도 어렵지 않게 회사의 승인을 받아 비교적 자유스럽게 발표하도록 했다. 이렇게 시스템을 갖추었으니 안으로는 스스로 연구하는 분위기를 만들고자 했다. 「젊었을 때 배워 두지 않으면 자라서 무능하게 된다.(少而不學長無能也)」는 공자 말씀을 인용하여 연구원들의 학위취득을 권장했다.

지금이나 그때나 나는 일하는 것보다 휴식이 중요하다고 생각한다. 아인슈타인이 학창시절 책상 앞에 $X+Y=Z$ 라는 수식을 써 놓고 일(X)

할 때는 일하고 휴식(Y)할 때 휴식하면 성공(Z)한다는 뜻을 실천했던 것처럼, 힘들더라도 연구(X)하고 휴식(Y)으로는 배우고 공부하여 성공(Z)하자고 연구원들을 독려했다. 다행히 우리 연구소는 최고 경영자의 이해와 지원으로 당시 상당수 연구원들이 학위를 취득했고, 지금 그들은 회사에서 중요한 일을 맡고 있거나 학계나 다른 산업계에 진출하여 중추적인 역할들을 하고 있다. 나 역시 이 때 취득한 학위가 회사를 그만두고 대학으로 직장을 옮겨 후학을 가르치다가 정년에 이르기까지 다시 10여 년 동안 직장생활을 할 수 있게 하는 데 큰 도움이 되었다.

연구소 발족 후 연구를 총괄하고 참여하면서, 우리는 많은 난관을 회사와 연구원들의 화합으로 극복했다고 자부한다. 우리 연구소는 10년이란 단기간 동안 자체 연구 개발을 통해 다양한 신제품과 차별화 제품을 개발하여 상품화했다. 동시에 수많은 국책연구 개발 사업에 참여하였고 30여건에 이르는 産·學·研 연구 과제를 추진한 결과, 연구소는 확충 단계에 들어섰고 드디어 대덕 연구 단지에 그룹차원의 대단위 연구소를 설립하여 이전했다. 한 기업의 부설 연구소로 출발해 대단위 규모의 연구소로 성장하기까지, 무엇보다 감사한 것은 실패는 성공의 시작이고 실패가 있어야 성공할 수 있다는 자신감을 준 회사의 경영방침과 더 나은 연구 개발을 위해 스스로 발전하고자 노력했던 연구원들의 마음가짐이다.

연구소는 세상에 내로라하는 뛰어난 인재들이 모이는 곳이다. 그런 인재들이 한 공간에서 비슷한 연구를 반복하다보면 그것이 세상의 전부라고 착각하기 쉽다. 그렇게 되면 발전 없이 아집에 빠진 연구소로

변하는 것이다. 그 어느 곳보다 연구소는 사람들 간의 화합이 첫째
여야 한다. 늘 세상을 바꾼 천재들의 곁에는 위기를 극복할 수 있도록
격려하고 영감을 교류하며, 자신감을 불어넣어주는 동료들이 있어왔기
때문이다.



불확실한 미래에 맞설 수 있는 대비책이 필요하다



ReSEAT 전문연구위원 장운한

첨 단 정보화 사회로 발전하고 있는 21세기로 접어들면서 디스플레이 분야는 부피가 큰 브라운관 방식에서 얇은 평판 디스플레이로 급격한 기술진화가 진행되었다. 과거 1897년, 독일의 과학자인 카를 브라운(Karl F. Braun)에 의해 ‘브라운관’이 개발된 후 100년 이상 오랜 시간동안 TV 및 컴퓨터 등의 정보화 시대를 이끄는 견인차 역할을 해왔다.

그리고 1980년대 들어서면서 브라운관은 기존의 RCA방식의 구형에서 Flat형의 일본 소니의 트리니트론관이 최고의 인기 상품이 되었다.

RCA방식도 평면화를 경쟁적으로 추진하고 있었기 때문에 디스플레이의 평면화, 박형화는 이미 예고되어 있었다. 또한, 새로운 디스플레이 구동방식으로 박형의 평판디스플레이(Flat Display) 연구도 활발하게 진행되고 있었다. 플라즈마를 이용한 PDP의 영상은 흑백으로 가장 먼저 워드프로세스나 노트북으로 상품화 되었고, 차후 대형화까지 가능한 디스플레이로 상당히 주목받고 있었다. 당시 모노 플라즈마 디스플레이는 네온 가스를 사용해 주황색 표시로 화면이 어두웠고 소비전력이 컸다. 하지만 대형 화면이 가능하다는 장점이 있었기 때문에 당시 업계에서는 기존 브라운관에 대응할 수 있는 평판 디스플레이는 최상의 제품으로 인식 되었다. 그러나 샤프에서 만들어낸 액정 디스플레이에 밀려서 보급하기도 전인 1990년대 이전에 완전히 사라져버렸다.

당시 자체 발광한다는 점에서 PDP와 같은 장점을 가졌던 유기EL도 개발되어 판매하는 회사도 있었다. 하지만 제조의 난이성, 수명 문제 등 단점들이 많아 극히 일부의 용도로만 제한적으로 사용되었다. 따라서 PDP는 ‘자체 발광’한다는 점에서 1980년대부터 1990년까지의 모노 디스플레이 시절과 컬러 대형 디스플레이로 부활했던 2000년대 초반까지 실용적인 면에선 유일무이한 디스플레이였다.

필자는 LCD(Liquid Crystal Display)를 포함한 모든 평판 디스플레이의 연구개발 책임을 맡고 있었지만, LCD는 본질적으로 화질과 화면의 대면적화란 점에서 넘을 수 없는 벽이 있었다. 즉, 기술자적인 관점에서는 전체적인 화질은 플라즈마가 최고였던 것이다. 따라서 LCD 엔지니어들에게는 플라즈마의 화질을 벤치마킹 시키면서 개량 개발을

계속 진행시키고 있었다. LCD는 선명한 화질은 좋지만 액정으로는 낼 수 없는 화풍이 있었다. 그래서 PDP의 단점인 소비전력도 많이 줄여 나갔으나 대형화에서는 PDP가 선도하였다. 그리고 자기발광이 아니어서 콘트라스트 등 화질이 좋지 않고, 시야각의 문제 및 응답 속도가 늦어 사이클 경주 같은 빠른 화상은 볼 수 없었던 LCD의 기술 진보가 빠르게 진행되어갔다. 대형 디스플레이 분야의 플라즈마 사업의 철수는 시대의 흐름에 따라 소비자들이 선택한 결과이기도 하였다.

당시 브라운관 연구부에서 평판 디스플레이의 연구실장으로 이동 되어 연구개발을 하던 중, 격변의 상황을 직접 경험한 일이 있다. PDP 개발에 총력을 기울일 때였다. SONY로부터 출자를 받아 PDP 전문 연구개발 및 양산 추진을 위해 설립한 주식회사 DIXY의 초대사장인 박사 출신의 일본인 고문까지 영입했다. 그리고 연구소 내에 시제작이 가능한 체계를 구축해서 PDP를 만들어 보는 등 본격적인 상품화 연구 개발을 하고 있었다.

PDP는 구동 방식에 따라 두 종류가 있었는데, 우리는 AC 타입보다 단순하면서 성능도 좋은 DC Trigger 방전 타입의 구동회로로 연구개발을 진행했다. 당시 마쓰시타, 소니 등도 이 방식으로 연구개발 및 사업화를 추진하고 있었다. 연구인력 구성은 디스플레이 부분인 패널과 구동회로 부분으로 나뉘 석박사급 포함, 수십 명이 투입되어 개발에 몰두했다. 사업화를 추진할 사업부도 이미 정해져 있었기 때문에 상품화를 빨리 진행시키기 위해 연구소와 사업부가 공동으로 일본이나 해외로부터 플랜트 도입을 추진하고 있었다.

당시 일본 DIXY라는 회사는 일본 요코하마에 연구개발 센터를 두고, 후지산 중턱에 있는 수소노시에 양산공장을 두고 있었다. 그런데 시장 수요보다 너무 빠르게 양산체계가 구축되면서 누적된 적자를 견디지 못하고 회사 전체가 법원경매에 들어간 것이다. 우리는 해당 경매에 큰 관심이 생겼다. 우리가 진행하고 있는 연구개발과 사업화 추진에 들어가는 시간과 비용을 획기적으로 줄일 수 있는 절호의 찬스라고 생각했기 때문이다. 따라서 적극적으로 센터 인수를 추진하기 위해 일본 변호사를 통해 요코하마 재판소로부터 낙찰을 받는데 성공했다. 10분의 1미만의 투자금액으로 기술노하우까지 함께 흡수할 수 있는 좋은 기회였다.

눈이 많이 내리던 한 겨울, 후지산 중턱에 있는 공장으로 사업부와 연구소에서 인력을 파견했다. 설비해체 및 기술 자료 등 필요한 자료들을 한국으로 들여오기 위해서다. 전기도 끊어지고 수도도 끊긴 열악한 상황에서 발전기와 물탱크를 빌려 서둘러 작업을 진행했다. 그런데 국내에 설비를 반입시키고 얼마 지나지 않아 격변의 상황을 맞이했다. 일본의 샤프사가 LCD 상품화 성공을 발표한 것이다. 당시 소형 전자 계산기 등 소형 전자제품으로 유명했던 일본의 샤프사는 TV, 컴퓨터 등 거의 모든 제품에 들어가는 디스플레이를 자체 조달하지 못하고, 한국에서 대량으로 구입하던 회사였다. 그런데 극비리에 차세대 LCD의 대면적화의 디스플레이 개발을 추진해 왔었던 것이다. 현재는 60인치나 100인치가 되어야 대형 디스플레이라고 할 수 있다. 하지만 당시에는 10인치~14인치 정도가 대형 혹은 대면적으로 불리며 TV나 노트북에 사용되던 시대였다. 당시 LCD의 응용기술의 수준은 액정 시계의 표시

정도의 역할로 매우 소형이었다. 그마저도 TN방식으로 지금의 반도체 기술을 이용한 TFT와 같은 디스플레이나 컬러 디스플레이도 아니었다. LCD는 자체 발광을 하지 못하고 LCD 후방에 부착되어 있는 일종의 형광등인 CCFT의 빛을 받아서 컬러 필터에 의해 화면을 만들어낸다. 컬러 필터의 제조수율이 단위 % 정도로 매우 낮아 도저히 상품화할 수 있는 수준이 되질 못했다. 그러나 일본 샤프사가 완벽한 Monochrome LCD를 상품화시키면서 평판디스플레이 업계 전체가 크게 흔들렸다.

우리가 잔뜩 기대하며 어렵게 확보했던 PDP의 기술 및 양산 기술 확보라는 좋은 찬스도 모두 물거품이 되어버렸다. 결국 일본에서 국내로 들여온 설비는 일부 연구개발 장비를 제외하고는 모두 고철 처분되는 등 혼란스러운 상황에 빠지게 됐다. 당시 회로팀과 디스플레이 패널팀으로 구성된 많은 연구 인력들에 대한 구조조정도 불가피한 상황이었다. 경영층의 강한 지시가 있었기 때문에 책임자인 필자는 뼈를 깎아내는 어려움을 겪으며 대대적인 구조조정을 진행했다. 다행히 산하조직에 LCD분야의 연구가 있었기에 해당 부서로 인력들을 급하게 배치 전환할 수 있었다. LCD 분야도 많은 인력들이 TN 방식을 제외하고는 STN과 TFT방식의 LCD를 모두 개발하고 있었다. 또한 디스플레이 패널과 회로 및 모듈개발 부문으로 나뉘어 있었기 때문에 회로기술에 상대적으로 강한 PDP인력들로 보강되었다.

기술교류회도 정기적으로 하고 개인적으로도 친분이 있어 상호 정보 교환도 하던 일본의 한 PDP 협력사도 이런 상황은 전혀 예상치 못한 분위기였다. 따라서 뒤늦게 합작사의 전략 등 향후 일본 기업들의

전략과 동향을 파악하기 위해 분주히 일본을 오가며 플랫 패널 연구 개발 전략을 재수립해야 했다.

그 당시 가장 강력한 경쟁 상대이자 PDP의 세계적인 선발주자였던 전자산업계 강자 마쓰시타의 경우도 1970년대에 모노크롬 PDP 생산을 시작했다. 하지만 LCD가 등장하면서 다른 기업들과 마찬가지로 사업의 큰 변화를 겪었을 것이다. 그러나 다른 기업들과 다르게 마쓰시타는 PDP 연구개발을 놓지 않고 지속적으로 해온 것이다. 우리 회사도 모노크롬 PDP뿐만 아니라 PDP의 컬러화도 시도하며 시제품을 만드는 중이었다. 그래서 연구를 중단하기 보다는 지금까지 쌓아온 PDP 관련 기술력을 유지하기 위해 규모를 최소화시켜 연구개발을 유지하겠다고 건의했지만, 경영진에게 요구가 받아들여지지 않으면서 개발은 완전히 중단되었다. 기술 노하우나 실험 장비도 동시에 잃게 되었다. 향후, PDP가 부활에 성공하는 모습을 보면서 이는 매우 안타까운 기억으로 남아있다.

한편 DC형 컬러 PDP 개발에 착수했던 마쓰시타의 연구개발은 상품화 직전에 중단되었다. 전력 소비가 심할뿐더러 밝기에도 문제가 있었기 때문이다. 하지만 이 분야의 연구를 포기하지 않았다. 상품화 가능성이 높은 AC형이 대두되자, AC형 기술에 관한 특허를 보유하고 있는 미국 플라즈마코사를 인수하는 등 지속적으로 PDP 연구개발에 총력을 기울였다. 그 결과, 매년 양산투자를 하며 텔레비전용 PDP를 출시해 높은 기술력을 선보이며 업계의 선두로 나섰다. 평판 디스플레이가 없던 당시, 텔레비전은 브라운관이 주류를 이루고 있었다. 하지만

마쓰시타 전기의 국내 브라운관 텔레비전의 점유율은 해마다 낮아지고 있었다.

우리 회사의 PDP 사업은 완전히 중단되었지만, LCD부분에 대한 글로벌 연구체계구축 등 해외 우수기술자 영입으로 취약 기술을 보완 해가며 LCD연구개발을 더욱 강화시키고 있었다. 당시 텔레비전이나 컴퓨터 디스플레이는 대부분 브라운관이었는데 우리 회사는 마쓰시타 등 일본의 경쟁사들과는 달리 시장 지배력을 점차 높여가고 있었다. 그리고 당시 일본에서는 하이비전 시대와 디지털 시대를 대비하여 브라운관 제조회사들이 하이비전용 대형 라인으로 전환하던 시기였다. 25인치 이하의 소형 라인은 축소하거나 철수하는 회사도 있었다.

그러나 예상치 못한 경기침체와 소비자들의 하이비전 TV에 대한 선호도가 그렇게 빨리 확산되지 않는다는 변수가 생겼다. 중국 및 러시아 등 공산권 시장이 열리면서 중소형급 브라운관용 TV 및 컴퓨터 수요가 급증하기 시작했다. 일본 회사들은 이미 중소형급 제조라인을 축소하거나 철수하였기 때문에 급증하는 중소형급 수요를 감당할 수 없었고, 우리는 큰 폭의 흑자를 내고 있었다. 이와 같이 1980년대 말부터 1990년대 말까지는 디스플레이 업계의 세계적 시장지배 및 기술 경쟁에서 큰 변화를 가져온 시기라고 볼 수 있다.

이렇게 언제, 어떻게, 무엇이 새롭게 생겨나고 어떤 변화를 가져올지 모르는 불확실한 연구개발의 경쟁사회 속에서, 연구개발력도 중요하지만 연구제품 대상을 선택하는 일은 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 연구

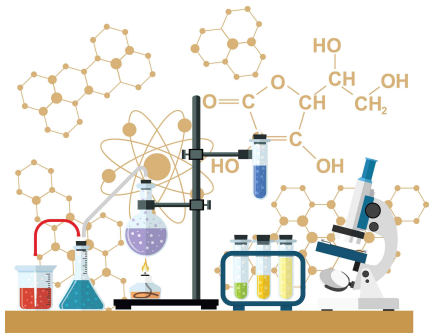
개발 중에도 벤치마킹을 철저히 하여 예상되는 실패를 최소화하고 연구 개발도 신속하게 전환할 수 있는 유연성 있는 사고로 조직을 운영하는 자세가 필요하다고 생각한다. 즉, LCD의 대화면화와 화질 등 성능 향상이 급속도로 이루어져 소비자들의 선호도가 점점 높아지고 있는데도 마쓰시타는 오히려 플라스마 텔레비전 사업 확대에 대한 고집으로 현실을 제대로 직시하지 못하고 투자를 강행했다고 생각한다. 이러한 경영 판단의 실수나 대책 마련이 지연되면서 플라스마 텔레비전 사업은 엄청난 손실과 함께 철수하게 된 것이 아닐까?

기술의 진보는 끝이 없고, 불확실한 연구개발의 선상 위에 있는 패자의 처지는 너무 비참하다. 그리고 마쓰시타는 몇 차례 고비가 더 있었지만, 초지일관 PDP에 대한 연구개발에 집중했다고 한다. 물론, 마쓰시타도 LCD사업을 하고 있었으나 개발 자원의 투입 등이 PDP 사업보다는 적었다고 한다. 그 이유는 PDP는 세계적인 경쟁력을 갖추고 있다고 판단했고, LCD는 업계에서 밀려나고 있는 중이라고 생각했기 때문이 아닐까. 그러나 우리는 LCD와 PDP의 연구개발 및 사업을 동시에 추진하고 있었기 때문에 시장 상황에 맞게 사업의 우선 순위를 정할 수 있었다. 그 덕분에 PDP 사업 추진이 중단 되었을 때 받은 피해는 연구개발 투자 정도에서 그칠 수 있었다.


당시 PDP 연구개발을 중단했던 일은 개인적으로 부정적인 기억으로 남아있지만, 한편으로 생각해보면 긍정적인 측면도 있었다. PDP의 회로 및 모듈 연구개발 인력들은 LCD와 통합해서 회로 및 모듈 부분을 강화시키는 계기가 되었고, 디스플레이인 패널 부분의 기술 인력들은

키보드를 대체한 터치 패널 사업을 세계의 선발주자로 연구개발 하는 계기가 되었기 때문이다.

연구개발은 때론 불확실한 미래와 위험도를 감수해야 한다. 그래서 해외 기술자들과 핫라인을 구축하고, 정보 교류 및 벤치마킹을 통해 새로운 환경 변화를 예측하고 대비할 수 있어야 한다. 그리고 특정 기술자나 영향력을 가진 사람들에 의해 어느 한 쪽으로 편중되는 사내 분위기가 형성되지 않도록 해야 한다. 반대 의견이나 소수 의견이라도 의사결정자는 항상 객관적인 입장에서 검토하고, 수렴할 것이 있으면 연구개발 전략에 포함시키려는 공정한 사고방식과 노력이 필요하다고 생각한다.



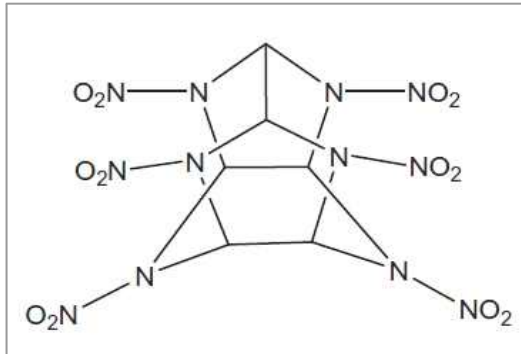
원하는 것은 몸으로 움직여 얻어라

 ReSEAT 전문연구위원 전용구

새로운 고에너지 물질 개발은 세상에 없는 물질을 발명하고자 하는 과학자들이 이미 오래전부터 심혈을 기울이고 있는 대상이다. 최근 새로운 물질에 관심을 갖고 있는 분야는 정밀화학, 신약, 농약, 재료 등으로 개발에 성공하기란 하늘의 별따기 만큼이나 어렵고 많은 시행착오가 뒤따른다. 특히 신약에서 구상하는 1,000가지 물질 중 인체에 무해하면서 최대효과를 갖는 물질 개발을 성공할 수 있는 확률은 아주 낮다. 아무리 창의적인 생각을 가진 사람이라도 이를 실현시키기는 쉽지 않다고 생각한다. 에너지 물질(화학) 분야 전문가들도 적은 양의 물질을 가지고, 기폭반응을 일으켜 최대의 에너지를 낼 수 있는 물질에 많은 관심을 갖

고 있지만 개발은 어렵다.

최근 개발한 화약 중에서 관심을 갖고 있는 물질은 다면체 바구니 분자구조인 HNIW로 화약 폭발 에너지를 많이 내는 새집 모양의 고성능 화약 물질이다. 아래 그림에서 그 구조를 확인할 수 있다.



▶▶ 고성능 HNIW 화약 분자구조

그렇다면, 화약의 폭발성능은 무엇으로 평가할 수 있을까? 화약 분자에 함유된 질소(N), 탄소(C), 수소(H), 산소(O) 원소들은 화약 폭발에서 빠른 화학반응으로 N₂, CO₂, H₂O 가스로 완전하게 변환될 때 압력과 발열량이 최대가 된다. 이때 화약 폭발에서 발생하는 가스 생성량도 최대가 되며, 이때 높은 폭발 압력과 많은 폭발에너지를 내게 된다. HNIW 화약은 바구니 구조인 새집 모양 분자구조 내의 고리 간에 응력이 많이 작용하면서 아주 높은 폭발에너지를 낼 수 있는 물질인 것이다. HNIW는 분자 내의 자체 산소 함량이 아주 높은 화합물에 속한다. 산소평형 값은 현재까지 알려져 있는 어떤 화약보다 크고, 폭발에너지도 우수해 개발 가치가 충분했다.

이제 이 바구니 구조의 화약을 만들기 위해 연구에 돌입했다. HNIW 분자에 대해 계산화학인 양자화학 이론적 방법으로 분자구조, 폭발 성능을 예측할 수 있었다. 하지만 실험실에서 HNIW의 모체 분자구조 합성은 쉽지 않았다. 실험실에서 거의 1년 이상 시도하였지만, 모체 구조 합성에는 실패하였다. 그 이유가 뭘까. 이 문제를 해결하기 위해 매년 열리는 국제 에너지물질 세미나에 참석해 미국, 러시아 등 각국의 화약 전문가들과 HNIW의 모체 합성에 실패에 대한 대화를 나눴고, 좋은 정보를 얻을 수 있었다.

국제 세미나에서 전문가들을 통해 얻은 새로운 정보를 참고한 HNIW 물질의 합성이 본격적으로 시작되었다. 첫 번째 전구체인 HBIW의 출발물질은 benzylamine와 glyoxal의 축합반응으로 5-원자 고리와 6-원자 고리를 결합한 바구니 구조화합물인 HBIW이었으며, 새로운 실험 조건으로 개발하여 합성이 가능하였다. 현재까지 수행되는 제조공정은 가격이 비싼 금속 촉매인 팔라듐(Pd/C)를 사용한 탈 벤질기 반응이다. 이는 5-원자 고리 내의 N원자의 치환기인 hydrobenzyl기에서만 반응이 일어나고, 6-원자 고리의 N 원자에서는 반응이 일어나면 안 된다. 그래서 중간 전구체를 이용해 직접 질산으로 니트로화 반응을 일으켜 HNIW로 합성하는데 성공했다.

이 HNIW 폭발성능은 군에서 사용하는 고성능 화약인 HMX보다 폭발 성능이 약 14%이상 우수하다. 현재 고성능 화약인 HNIW의 실용화 제조공정에 대한 많은 전문가들의 연구가 수행되고 있지만, 안타깝게도 아직 완전한 성공을 거두지 못하고 있으며, 현재까지 개발한

생산 공정은 단가도 아주 높다. 그리고 현재 국내에서 HNIW화약을 생산하고 있지만, 생산 공정개선과 화약의 입자조절, 화약 입자표면 특성, 결정형 특성, 각종 감도에 대한 많은 연구가 아직도 요구되고 있다.

이후 새롭게 개발되는 화약은 고가의 금속 촉매 사용 공정을 개선하고, 단가를 낮춘다면 세계적으로 더욱 경쟁력 있는 제품이 될 것이라고 생각한다. 하루 빨리 생산기술이 향상되어, 다양한 산업 분야에 적용되길 바랄 뿐이다. 이 화약은 미래 군 무기체계의 고성능 둔감 탄두·탄약 분야에 적용되어 폭발반응 성능을 극대화 할 것이다. 또한 로켓 추진제 조성개발에서 성능 증대와 사거리 연장에 큰 역할을 하는 추진제가 될 것으로 기대된다. 또한 산업체의 다양한 분야에서도 적은 양의 화약으로 최대의 에너지를 내며 폭넓게 사용되는 대표적인 물질이 될 것이다.


새로운 화약물질의 분자구조를 직접 제조하는 과정에서 막막한 상황에 맞닥뜨리기도 했지만, 문제 해결을 위해 많은 전문가들이 모인 세미나에 참여하는 기지를 발휘했다. 실험실에서 아이디어를 만들어내기 위해 머리를 쥐어짜는 대신, 직접 발 벗고 나선 덕분에 현실적인 조언과 실현 가능한 정보를 얻을 수 있었다고 생각한다.

세미나는 연구원들 자신의 연구실적을 발표할 수도 있고, 새로운 정보와 기술 발전을 이룰 수 있는 발판으로 삼을 수 있는 좋은 기회가 된다고 생각한다. 국제 세미나는 연구원들 영어 위주로 발표도 하고,

서로 많은 대화를 나누기도 하며 토론도 이루어진다. 아직 영어에 익숙지 않다고 주저하지 말고, 도움 되는 곳이라면 몸소 찾아가 자신의 의견을 말하고, 원하는 바를 얻을 수 있는 용기와 노력이 필요하다고 생각한다. 몸소 행동하며 자신의 의견을 말할 수 있는 용기가 필요하다



성공은 머리와 협력에서 나온다

 ReSEAT 전문연구위원 성용길

나의 연구 인생을 되돌아보면, 가장 성공적이고 보람되었던 추억이 몇 가지 떠오른다. 최근 개발되고 있는 생체 재료들은 인공 심장, 인공 신장, 인공 피부를 비롯해 각종 인공 장기를 만드는데 필수적으로 들어가는 재료들이다. 세계 각국의 연구실에서는 합성한 새로운 생분해성 고분자를 생체 재료나 의료용 의약 담지 소재에 사용하기 위해 지속적으로 발굴하는 노력을 하고 있다. 나는 미국 유타대학교에서 의료용 생체고분자 재료를 연구한 후 귀국해서도 부산대학교와 동국대학교 생체고분자 물리화학 연구실에서 새로운 생체재료 및 생분해성 고분자 물질을 발굴하는 연구를 해왔다.

생체 재료용으로 사용하기 위한 생분해성 고분자의 합성 개발 과정에 2명의 박사 과정 학생과 5명의 석사 과정 학생이 참여했고, 내가 직접 진두지휘해서 연구 계획과 실제 실험 계획을 세웠다. 미국에서 돌아와 국내에서 다시 출발하는 마음가짐으로 시작했던 첫 과제였다. 생체 재료나 의약용 DDS 기본 재료를 사용하기 위해 가장 중요한 것은 인체에 독성이나 생체 내 거부 반응이 없어야 한다. 생체에 존재하고 있는 물질들 중에서 생체 재료를 합성하는데 필요한 기본 출발 물질의 소재를 찾고자 시도했다. 그러기 위해선 인체를 구성하는 성분이나 요소로부터 그 물질들을 우선 찾아야 한다고 생각했다. 생체 내 존재하고 있는 물질에서 새로운 출발 물질을 찾아내 생분해성 고분자 물질을 만들고 여기에 합성된 고분자 물질을 필요한 곳에 사용하기 위해서다.

사용하고 난 후 체내에서 스스로 생체의 일부로 남아 체내 영양소로 흡수되거나 신진대사를 통해 자연스럽게 배출되는 물질을 찾아 나섰다. 인체에 일시적으로 필요한 대체용 물질로 생체 재료를 만들어 쓰기 위한 목적이었다. 생체 대사에 연구된 각종 물질들이 많이 알려져 있는데, 이 연구들의 기초 자료와 특허 등의 기록된 학술 문헌을 조사했고, 그들 중에서 기본 출발 물질을 찾아냈다. 락트산, Krebs 순환 산과 석시닉 무수물들이었다. 우리는 이 물질로부터 생분해성 폴리에스테르를 합성하고, 그 합성된 고분자들의 물성과 특성을 찾기로 했다. 참으로 신기한 아이디어다. 생체 내에서 출발 물질을 찾는 것은 작은 분자량을 가진 액체나 고체로부터 쓸모 있는 생체고분자 재료를 얻어 내기 위함이다. 무독성이고 생분해성이며 대체용 생체 재료로 만들어

사용할 수 있는 기본 출발 물질을 합성 해내는 것이다.


본격적으로 연구를 시작하며 첫 순서로 락틱산으로부터 락타이드 고분자를 만들어내고, 여기에 다시 글리콜릭산을 붙여 폴리락타이드-글리콜라이드 공중합체를 만들고자 했다. 이 공중합체들은 생분해성 고분자 물질로, 외과용 수술 봉합사나 의약품 DDS 운반지지체 등으로 사용할 수 있기 때문이다. 이 물질들을 의약품으로 사용되기 위해서는 적절한 기계적 강도와 적당한 생분해성을 가져야 한다. 이 조건은 합성된 공중합체들의 분자량이나 결정 등의 물리화학적 성질을 변화시키고 적절한 특성을 갖도록 만드는 데 중요한 열쇠이다. 두 번째로 시도한 실험과정은 1,4-부탄다이올과 석시닉 무수물로부터 폴리(1,4-부탄다이올 석시네이트)를 합성하는 연구였다. 폴리머는 기능성 단량체 1,4-부탄다이올, 락트산로부터 합성했고, 그 공중합체들을 합성하는데 성공할 수 있었다. 성공적으로 합성한 단량체, 중간체, 최종 생성물들을 확인 점검하고 분자량 측정도 마쳤다. 합성된 고분자들의 유리 전이 온도나 녹는점, 열분석은 DSC와 TG(Thermogravimetry)를 통해 수행했다. 그렇게 생체 재료용 생분해성 고분자의 합성 물질을 성공적으로 얻어 특성을 찾아냈다. 그 후, 첫 연구에서 얻어낸 합성 물질들을 이용해 실제 의약품 고분자 재료로 사용할 수 있는지를 검토하는 연구나 생분해성 폴리(γ -벤질 L-구루타메이트)/폴리(에틸렌 옥사이드)/폴리(γ -벤질 L-구루타메이트) 블록공중합체 미립자에서 사이타라빈의 약물 방출에 관한 연구를 거치며 성공적인 결과를 얻어냈다. 이후 이 연구 결과들은 여러 검증 절차를 거쳐 SCI급 논문, 한국고분자학회지 등에 실리며 출판이 되었다. 그리고 국제 학회에 발표해 국제고분자학술지 특집호에 실리기도 했다.

성공적으로 연구를 마칠 수 있었던 이유는 국내외 연구원들, 대학원생들과 함께 새로운 아이디어를 주고받으며 꾸준히 공동 연구를 했던 덕분이라고 생각한다. 연구에는 항상 새롭고 창의적인 아이디어와 끈기가 필요하다. 진행하다가 중도에서 쉬거나 돌아서 버리면 아무 것도 남지 않는다. 시작했으면 끝까지 가야 하는데, 혼자 가는 길은 쉽게 지치기 마련이다. 그래서 주위 연구자들과 공동으로 협력하는 태도가 반드시 필요하다. 내 자신이 스스로 경험해서 터득한 값진 재산이다. 연구자로서 이 깨우침을 일찍 얻게 된 것을 참으로 감사하게 생각한다. 부디 후배 연구자와 학생들에게 들려주고 싶은 나의 좋은 경험담 중의 하나이다.

평생 동안 연구실에서 나와 함께한 모든 공동 연구자들에게 감사하게 생각하며, 항상 건강하고 행복하기를 바란다. 연구 그 자체는 호기심과 즐거움, 그리고 인내와 노력을 함께하는 삶이다. 성공은 머리와 협력에서 나온다! 이것이 내가 연구실에서 얻은 귀중한 연구생활 철학이다.



소매곡리에 친환경 에너지 타운을 건설하다

 ReSEAT 전문연구위원 김충영

물 을 오염시키고 악취를 뿜어내는 하수 및 음식쓰레기는 주거지 전체를 오염시키는 주범으로, 환경의 오랜 골칫거리다. 홍천군 소매곡리의 북쪽에는 홍천강이 흐르고 있는데, 소매곡리는 옛날엔 배를 타고서 들어가야 했을 정도로 오지 마을이었다. 이곳의 주민들은 자연 조건이 좋은 환경에서 농사를 지으면서 살고 있어서 시간이 멈춘 평화로운 삶을 살고 있었다. 그런데 하수 처리장과 가축분뇨 처리장이 마을에 들어오면서, 한순간에 청정 마을에서 오염 마을로 변해버리고 말았다. 냄새와 각종 오염으로 견디다 못한 주민들은 삼삼오오 마을을 떠났고, 소매곡리는 홍천에

서도 소외되어 버려진 마을이 되었다. 그 후 남아서 마을을 지키던 주민들의 마음은 굳게 닫혀버렸고, 사람이 떠나가 버린 마을은 그렇게 쓸쓸히 방치되었다.

골칫거리인 하수와 음식 쓰레기를 친환경적으로 처리하는 혐기성 소화¹⁾라는 기술이 개발되면서, 1950년대 후반에는 공장폐수 처리와 음식폐기물 처리까지 확대 적용할 수 있게 되었다. 많은 기술 연구가와 정책 입안자들이 혐기성 소화 기술 적용에 관심을 가지기 시작했고, 홍천 소매곡리와 같은 처지였던 독일의 한 마을이 이 기술의 도움을 얻어 환경 문제를 해결하고 소득까지 올리는 성과를 거둘 수 있었다. 이후, 혐기성 소화 기술은 전 세계로부터 주목을 받게 되었다.

나를 포함해 관계자들은 친환경 에너지 타운을 홍천에 건설하기 위해 주민들을 설득했다. 하수처리장과 쓰레기 매립장을 활용해서 바이오 가스 등의 에너지를 만들고, 태양광과 소수력으로 환경 친화적 에너지를 만들어서 신재생 에너지를 판매하면 주민 소득도 올라가고 넘비 현상과 에너지 및 퇴비 문제까지 동시에 해결될 수 있다고 호소했다. 하지만 주민들은 이를 믿지 않았다. 집집마다 찾아가 일대일로 설득해보았지만, 역시나 듣지 않았다. 이미 마음이 굳게 닫혀있었던 소매곡리 주민들은 정부 정책을 믿어주지 않았다. 정부 정책과 주민들의 마음 사이엔 메우기 어려운 깊은 골이 있었다.

1) 혐기성소화(嫌氣性消化)는 무산소성 균이 찌꺼기(sludge) 중의 유기물을 섭취하여 환원 분해하고, 무용한 무기화합물을 방출하는 것을 말한다. 미생물을 이용하여 폐수를 처리하는 방법 중 하나이다.

하지만 2014년 5월 정부의 주도 하에 친환경 에너지 타운 시범 사업이 시작되었고, 5개월 뒤 주민들과 민·관·기업의 협력으로 친환경 에너지타운의 밑그림이 그려졌으나 주민들의 반대는 여전히 극심했다. 정부는 우여곡절 끝에 다음 해인 2015년에 친환경 에너지 타운 시범 지역으로 강원도 홍천을 선정했다. 선정되기까지 소매곡리 이장과 소매곡리 노인회 회장의 노력이 컸다.

소매곡리 이장과 노인회 회장은 주민들과 다르게 하수 및 음식물 쓰레기를 처리로 에너지를 생산할 수 있다는 것을 이해하고 있었다. 소매곡리 토박이인 이장과 서울시 공무원으로 근무하다 퇴직 후 2007년 귀촌한 노인회 회장은 친환경 에너지 선정을 위해 마을 주민을 설득하기 시작했다. 하지만 예상보다 더 마을 주민들의 마음이 굳게 닫혀 있었고 아무리 설득해도 쉽게 열리지 않았다. 노인회 회장과 이장은 주민 설명회를 개최하여 주민 설득에 주력했다. 주민 대표를 초청해서 유럽 독일 및 오스트리아 선진 타운을 견학시키기도 했다. 이 과정에서 주민의 반대에 부딪치는 어려움을 극복하고, 가축 분뇨에서 바이오 가스를 생산하는 모델을 개발해서 시설을 끝내고 주민에게 가스를 공급은 물론 논밭에 필요한 퇴비 및 액비를 무상으로 공급할 수 있음을 알렸다. 바이오가스화 시설에서 발생하는 고품질을 퇴비나 액비로 만드는 생산 공정을 포함한 사업의 전 과정에 지역 주민들이 참여토록 했다. 이 과정에서 주민들의 일자리를 창출하는 성과가 있었다. 드디어 환경부, 강원도 홍천군, 강원 도시가스과 서로의 상생을 다짐하는 업무 협약을 체결했고, 수도권 매립지 공사, 강원 도시가스과 각각 자매

결연을 체결하여 마을에 부족한 지식과 경험을 공유했다.

주민들의 강경한 반대에도 불구하고 지속적인 방문과 일대일 설득으로 굳게 닫힌 마을 주민 마음을 여는데 노력을 기울인 덕분에, 지금의 친환경 에너지 타운을 조성하는데 성공하게 되었다. 이 과정에서 소매곡리 이장이 겪었던 인상 깊은 에피소드가 하나 있다. 이장이 주민들의 집을 방문할 때마다 대접해주는 음료를 거절할 수가 없어서 계속 마시게 되었는데, 하루는 커피를 17잔이나 마셔서 밤잠을 설쳤다는 것이다. 이렇게 친환경 보호와 마을을 원상태로 돌리고자 했던 이들의 노력이 있었기에 철문 같던 마을 주민의 마음이 활짝 열린 게 아닌가 하는 생각이 들었다. 이 당시 보도된 언론 매체에서도 소매곡리 이장과 노인회 회장의 리더십을 칭찬하는 기사를 종종 접할 수 있었다.

홍천 에너지 타운가 마을에 준 변화는 세 가지가 있다. 첫 번째, 매일 100톤의 음식물쓰레기와 가축 분뇨를 활용하여 도시가스를 생산해 각 가정에 보급함으로써 연간 가구당 91만원 그리고 마을 전체 연간 4,200만원으로 크게 비용 절감했고, 처리 과정의 부산물로 퇴비, 액비도 생산해서 주민에게 무상으로 배급해 연간 5,200만원의 수익을 창출했다. 두 번째, 태양광발전(340kW)과 소수력 발전(25kW) 시설을 설치하여 마을 전력비를 절감하고 전기를 생산하여 연간 9,000만원 수익을 올려 주민들의 적극적인 호응을 받을 수 있었다. 세 번째로, 마을회관 개조, 홍보관 설립, 꽃길 조성 등으로 관광지 개발과 생활환경 개선으로 주민들의 삶의 질이 올라갔다.


인근에 있는 홍천 강에는 카약 등 수상레포츠를 즐길 수 있는 시설도 마련해 마을 관광 사업도 활성화 시켰다. 이런 효과로 인해, 소매곡리

마을을 포함해 홍천의 마을들은 살기 좋은 곳으로 변화했고 인구가 증가하고 있어 미래가 더욱 기대되는 마을로 나아가고 있다.

이후 홍천 군청 담당 직원의 이야기를 들으니, 소매곡리로 귀농을 하러 온 외지인들에게 이 지역을 선택한 이유를 물었다고 했다. 그들은 시골 오지마을이지만 상·하수도와 도시가스가 들어온다는 점과, 국내 제 1호 친환경 에너지 타운이라는 점이 결정적이었다고 했다. 친환경 에너지 타운 시범 사업을 하기 전까지, 소매곡리는 에너지 고립 지역이었다. 상하수도 시설은커녕 도시가스 공급조차 이뤄지지 않았다. 게다가 하수처리장과 가축 분뇨 처리장이 있어서 악취로 늘 민원이 들끓던 곳이었다. 이 사업으로 인해 가구 수가 늘어났고 국내외에서 견학을 하러 오는 이들도 늘고 있다. 홍천 에너지 타운은 주민들의 호응과 정부의 정책이 잘 맞아떨어졌기에 성공할 수 있었다고 생각한다. 기피·혐오시설을 활용해서 주민 주도로 에너지 생산 및 퇴비생산, 문화 관광 등 수익을 올리고, 주민 수익 향상을 통해 환경 시설의 자발적 설치를 유도하며 폐기물 처리 시설의 폐자원 회수 활용, 태양광 등 신재생에너지 설치로 에너지를 생산해 주민 편의 제공 및 수익 사업으로 전환한 친환경 에너지타운 사업은, 앞으로 제2의 새마을 사업으로 발전할 전망이다. 나는 우리나라의 제2 도약을 위한 발판은 틀림없이 친환경 에너지타운 사업이 될 것이라고 생각한다.



성공적인 연구를 위해서는 주변 사람과 시설을 살피자

 ReSEAT 전문연구위원 강정부

사 랍과 소 등의 포유동물은 생존에 필요한 고유의 방어능력을 지니고 있다. 그래서 외부 병원체나 이물에 대한 제어 반응을 적절히 조절하며 항상성을 유지시켜 나가고 있다. 이와 같은 항상성 상태를 유지하기 위해 면역응답의 주체인 다양한 생리활성 물질이 각자 고유의 역할담당으로 이루어져 있다는 사실을 이해할 필요가 있다. 면역글로부린 이외의 다양한 생리활성 물질인 사이토카인(Cytokine)은 세포 간 각종 정보전달 역할을 한다. 이 사이토카인은 면역체계의 기능발휘를 위한 필수적인 물질로, 이들의 기능과 분리 및 정제에 대해 수많은 연구자들이 선의의 경쟁을

하고 있다.

필자는 1992년 3월, 일본 과학기술청(현재 문부과학성)에서 5년간 진행되는 국가 중요사업인 동물세포의 분화와 조절기구 과제의 해외 선임연구원으로 위촉되었다. 당시 재직 중의 대학 측과 협의한 결과 3년간 공동연구에 참여하는 조건은 가능하다는 답변을 들었다. 그래서 공동연구 수행을 추진한 결과 최종적으로는 재직 중인 대학에서 3개월 이상의 해외 공동연구는 불가능하다는 통보를 받게 되었다. 당시 상황을 일본 측에 알렸고, 나의 사정을 이해해 준 덕에 3개월이라는 기간 동안 과제에 참여하게 되었다. 짐을 꾸려 일본으로 건너갔다. 이번 과제에 초빙된 연구진들은 당시 일본에서 붐이었던 분자생물학 관련 연구에 쟁쟁한 업적이 있는 분들이었기에 긴장감을 느꼈다.

도착 이튿날부터 과제의 성격과 방향, 예상되는 문제점 등에 이어 본인들이 참여하고 싶은 개인별 분담연구를 선택하는 과정이 진행됐다. 세포의 분화과정에 대한 일정한 역할은 할 수 있겠다는 생각이 들었다. 그러나 본 과제의 성격상 3개월이라는 짧은 기간은 본인에게 도움이 되지 않을뿐더러 일본에도 별다른 소득이 되지 않을 것 같아 큰 고민에 빠졌다. 고민 끝에 연구책임자를 찾아가 사정을 구하고, 대신 3개월 동안 어느 정도 틀을 잡을 수 있는 과제를 정해 최선을 다하겠다는 약속을 하고 새로운 과제를 찾아 나섰다.

동료 연구진들의 적극적인 협조를 받아 4일간 논문검색과 내용과악에 들어갔다. 정보수집 결과, 당시 무척 각광을 받고 있던 생리활성물질 싸이토카인 중에서 CSF (Colony stimulating factor)가 면역세포의 기능 유지와 발현에 매우 중요한 역할을 하고 있다는 사실을 알게 되었다.

사람과 쥐 등과 같은 포유류에 대한 CSF 클로닝은 이미 완료되었거나 진행 중인 상황이었지만, 소에 대한 클로닝은 다수의 사람이 시도했지만 특이성 등으로 실패했다는 결과가 있었다. 나의 전공과 거리가 멀고 생소한 분야이긴 했지만, 소의 M-CSF 분리·정제, 클로닝에 도전하게 되었다. 막상 과제를 시작하고 나니, 다른 연구진들이 하는 실험과 방향이 너무나 달라서 모든 일을 혼자 해결해야 했다. 그래서 밤 12시가 되어도 숙소로 돌아가지 못하는 신세가 되었다. 연구 과정에서 나타난 결림들이 한 둘이 아니었다. 체면이 걱정됐지만 이 문제는 개인적인 문제가 아닌 국가 이미지에도 영향을 줄 수 있는 일이었기에 포기하지 않고, 나의 운명이라 받아들이고 끝까지 도전하기로 했다.

건강한 홀스타인 종 암소의 말초혈액 200ml를 채취하여 일련의 과정을 거쳐 total RNA를 획득했다. mRNA는 oligo(dT) 셀룰로스 칼럼을 거쳐 스피ن 칼럼 크로마토그래피로 정제해 사용하였다. 이 과정은 10여 차례 이상 반복했다. 프라이머는 이미 밝혀져 있는 사람의 M-CSF 아미노산 배열에 근거한 상동부위를 5'측에서 4종류(501, 502, 503, 504), 3'측에서 4종류(301, 302, 303, 304)를 선택했다. 아미노산 배열에 대응하는 염기배열 합성 후 각각의 조합에 대한 조건을 검토해 최적의 조건을 구했다. 템플릿은 앞서 정제한 total RNA와 mRNA를 사용하였다. RT-PCR (Reverse transcriptase-polymerase chain reaction) 조건 검토는 프라이머 각각 조합에 따라 최적의 조건을 확인한 후, PCR을 실시해 PCR product를 확인하였다. 이후의 과정은 클로닝 방법의 기본수칙에 근거하여 핵산잡종화반응(Southern hybridization) 등 일련의 과정을 거쳐 소가 가진 M-CSF의 cDNA를 클로닝 하였다.

소의 M-CSF에 포함된 cDNA 크기는 774bp라는 결론을 얻었다. 사람의 M-CSF와 비교했을 때 염기서열의 상동성은 88%, 아미노산 서열의 상동성은 86%로 높게 나와 획득한 cDNA는 소의 M-CSF에 있는 특정 유전자임을 확인하게 되었다

3개월간의 연구기간 중 무엇보다 어려웠던 점은 이런 일련의 연구에 대한 경험이 전혀 없었다는 것이다. 그래서 어떤 일이든 혼자서 판단해서 실험을 진행해야 했기 때문에 연구시작 후 약 1주일간은 너무도 힘들고 어려운 시간이었다. 그러나 이 싸움이 외롭지만은 않았다. 기존 과제의 연구팀에 속해있는 유전자학 분야의 한 전문가가 본 과제에 흥미를 갖고 있었기 때문이다. 그는 특히 유전자 조직 분야에 대해 능력을 높게 평가 받아 여러 대학에서 교수직을 제안 받은 적이 있었다. 하지만 본인이 하고 싶은 일을 하겠다는 뜻심 있는 성격 때문에 교단에 서는 대신 연구실에 출퇴근 중이었다. 자신이 걷는 길에 대한 확신을 갖고 있는 그 전문가를 보면서 나도 희망을 갖게 되었다. 수단과 방법을 가리지 않고 이 능력자와 가까운 거리에서 일을 하는 게 도움이 될 거라고 판단했다. 심지어 식사시간도 그에게 맞췄으며 메뉴도 통일해 거리감을 줄여나가기 위한 노력을 했다. 그런데 문제는 다른 곳에 있었다.

RNA를 취급하는 연구는 사람들이 없는 밤에 해야 된다는 그의 지론 때문이었다. 그럴만한 이유가 있었다. RNAase 때문에 RNA가 쉽게 파괴될 수 있기 때문이다. 그래서 그는 언제나 다른 연구진들이 퇴근한 밤에 일을 시작해, 대부분이 출근하는 오전 8시 30분 전후로 일을

마무리 하고 집으로 돌아갔다. 유일한 지원투수라고 생각했기 때문에 어떻게든 그의 생활패턴에 맞춰야 했다. 3, 4일은 너무 피곤하고 괴로웠다. 밤낮이 완전히 바뀌었기 때문이다. 그런데 이 생활도 일주일 정도 반복하니 금세 적응되어 견딜만했다. 그 전문가는 남의 일에는 전혀 신경 쓰지 않고, 자기 일만 끝나면 칼같이 퇴근하는 성격이었다. 그런데 내가 뭔가를 물어보면 진지하게 고민하며 방법을 제시해주었다. 아마 이런 협력 덕분에 예상보다 짧은 시간 내에 세계 최초로 소의 M-CSF클로닝을 하게 되었다는 생각이 들어 지금도 매우 고맙게 생각하고 있다.


연구실에서는 거의 매일 포유류의 세포분화와 조절 기구에 대한 의견 제시와 토론이 실시간으로 이루어지고 있다. 연구실에 머물며 자연스런 귀동냥은 이후 대학에서의 연구 활동에도 큰 도움이 되었다. 당시 나의 연구 결과를 기반으로 해서, 일본을 중심으로 소의 M-CSF 단백질 재조합 백신이 개발되었다. 이는 사람의 M-CSF보다 활용 가치가 매우 높아서 소에서 피해가 큰 유방염, 호흡성 및 대사성질환 등의 원인분석, 예방 및 치료에 많은 활용이 이루어지고 있다. 활용도가 높을 뿐만 아니라 효과도 입증되고 있어 큰 자부심을 느끼고 있다.

그러나 아쉬웠던 것은 연구자체에만 목적을 두다 보니 특허신청은 생각하지도 못했다. 뿐만 아니라 연구기간이 끝나고도 지속적으로 연구하기 위해 결과물을 동결건조 시켜 수차례 국내로 가져왔다. 대학 내에서 가장 안전한 시설이라는 의과대학 모 연구실의 액체질소 탱크에 저장시켰으나 이해하지 못할 여름철의 전력사정 변동 등으로 동결

건조 유지가 안 돼 더 이상 연구를 국내에서 진행할 수 없었다. 네 번이나 일본에서 가져와 같은 시도를 했지만 번번이 실패해 무척 마음이 상했다. 좋은 연구를 위해서는 연구 자체도 중요하지만, 주변 사람이나 관련된 시설의 완벽한 준비와 보완이 기본 상식이라는 사실을 새삼 깨닫게 되었다.



연구원들이여, 세일즈맨이 되라

 ReSEAT 전문연구위원 박장선

1988 년 한국기계연구소는 중장기발전계획 수립에 착수했다. 당시 연구소장 K박사는 연구소가 발전하려면 지금의 조직 형태를 대폭 개혁해야 한다고 확신하고 있었다. 당시 한국기계연구소라는 우산 속에는 온갖 기계기술 분야와 또 재료기술 분야가 연구부와 연구실 형태로 자리하고 있었다. 중장기발전계획의 기본방향에는 우선 연구의 전문성을 살리기 위해 기계와 재료 연구그룹을 각각 독립시키고, 기계연구 분야를 다시 전문분야별 대단위 연구조직으로 발전시킨다는 철학이 포함되어 있었다.

우선순위 1번으로 고려한 것이 항공기술 분야였다. 당시 연구원 6명으로 구성된 항공연구실은 기계공학연구부 안에 포함되어 있는 작은 조직으로 정부에서 연구비를 받아 항공과 관련된 기초연구를 하는 수준이었다. 연구실에는 2명의 리더가 있었는데 C박사가 항공엔진 분야, S박사가 항공 유체역학 전공으로 서로 다른 연구를 하는 상황이었다. 그래서 비행기나 항공엔진개발 연구에 도전할 수 있는 상황이 아니었다.

이즈음 소장은 정책연구실장을 맡고 있던 필자와 항공연구실의 두 리더를 부른 자리에서 항공연구실을 항공연구소로 발전시키기 위한 그림을 그려보라고 지시했다. 이때부터 필자와 S박사는 중장기계획 수립과 병행하여 항공연구소의 청사진을 그리기 위한 은밀한 작업에 착수했다.

기관의 앞날을 위해 큰일을 해내려면 굵부터 시작하는 법. 1박 2일 코스로 전 직원이 참여해 중장기발전을 위한 워크숍을 개최했다. 이때 의도적으로 정책연구실과 항공연구실이 한 그룹을 형성하여 분임토의하였다. 그 결과 발표한 토픽이 ‘응비 2000’이었다. 이는 항공연구소를 향한 연구원들의 날갯짓을 상징하는 표현을 담고 있다. 이날 발표된 ‘응비 2000’은 10개의 사례 중 최고상을 받았다.

이를 계기로 항공연구소로 응비하기 위한 계획수립 작업에 박차를 가하기 시작했다. 필자가 계획의 뼈대를 그리고, 항공연구실의 S박사가

국내외 동향과 수준, 항공연구소를 만들어야 하는 목적과 연구개발 목표 및 계획, 그리고 우수 연구원 확보와 예산 조달 방안에 대한 밑그림을 그려나갔다. 3주 후 S박사는 ‘옹비 2000 - 항공연구소 설립 추진계획’ 초안을 발표했다. 밤잠을 설치가며 연구원들이 함께 만들었다는 이 초안을 보고 나는 크게 실망하였다. 구체적으로 무엇을 이루겠다는 건지 목표의식이 뚜렷하지 않을 뿐만 아니라 우리가 어느 수준까지 와있는지에 대한 설명이 너무 부족하였다. 그저 연구하고 싶은 과제들을 전문용어로 잔뜩 배열했을 뿐이다. 순수한 과학자들의 거의 공통적인 현상으로 숲 전체를 보지 못하고, 숲속에서 자신의 주장만을 강조하는 습관이 이번에도 그대로 나타나고 있었다.

필자는 이 초안에 대해 연구소 설립을 위해 필요한 돈은 정부에 있고, 담당 공무원이 계획서를 읽고 돈을 내 줄 마음이 들도록 작성해야 한다는 피드백을 주었다. 담당 공무원의 입장이 되어 전문가가 아니면 이해하지 못할 항공 전문용어 대신 최대한 간결하고, 쉽고, 명쾌하게 작성하라고 조언했다.

1970년대 중반, KIST에서는 한 달에 한 번씩 공개 세미나를 개최하였다. 수요일에 개최되는 소위 ‘수요세미나’였다. 이 세미나의 목적은 프로젝트 책임자들이 성공 또는 실패 사례를 발표하도록 해 연구원들의 연구수행에 도움을 주기 위한 취지로 개최되었다. 보통 연구책임자급 60~70명이 참석했고, 당시 장관도 자주 참석하여 의견을 제시하기도 하였다. 필자는 외부기관 L박사가 발표한 국내 최초의 로켓개발 성공 사례를 흥미 있게 들은 뒤로 세미나에 자주 참석했다.

세미나에 장관이 참석했던 어느 날, KIST출신 기업체 간부가 방위 산업용 재료개발에 대한 사례 발표가 끝나고 연구책임자들이 장관에게 연구비 증액을 요구하는 발언을 쏟아냈다. 이 때 장관은 작심한 듯 연구원들을 호통 치기 시작했다.

장관은 이런 말을 했다. “내가 여러분들을 대부분 유치해 왔기 때문에 여러분들에 대한 애착이 있지만 스스로 연구비를 확보할 능력 없는 사람은 연구능력이 없는 사람이므로 당장 여기를 떠나도 좋다. 정부출연 연구소는 대학과 다르다. 교수는 학생에 대한 교육대가가 수입원이지만 연구원들은 연구비를 직접 벌어야 산다. 연구비를 확보하려면 R&D능력을 팔아라. 수입은 세일즈 능력에 달려 있다.” 이 말을 강조한 뒤 말을 이었다.

당시 기억나는 장관의 발언 내용은 이렇다. 정부에 신규 사업계획서를 제출하거나 연구비를 신청할 때 과학자의 표현을 쓰지 말고, 세일즈맨의 표현을 사용하라는 것이다. 예를 들어 ‘잔류응력, 재료강도를 개선 하겠다.’라는 표현 대신, ‘현재의 국산 재료로 대포를 10발 쏘면 포구가 바나나 껍질이 된다. 1만발을 쏘더라도 포구가 끄떡하지 않는 기술을 개발하겠다.’라고 쓰라는 거다. 그럼 연구비 1억 원을 신청했어도 공무원의 마음이 움직여 2억 원을 줄 생각이 들지 않겠냐는 것이다. 이런 방법은 프로젝트뿐만 아니라, 고가의 연구 장비가 필요하거나 더욱 큰 연구소 건물을 만들어야 할 때도 마찬가지라고 했다. 그래야 우수한 연구원들이 들어오고 외국과 경쟁할 수 있는 연구가 가능하지 않겠냐는 것이었다. 이런 장관의 긴 주문이 끝나고 나서 세미나 중이던

강당엔 한동안 침묵이 흘렀던 걸로 기억한다.


장관의 주문내용과 필자의 소견을 인용해 항공연구소 설립계획안을 발표한 뒤 토론이 이어졌다. 바로 한국기계연구소 부설 항공연구소 설립 계획안 작업에 착수했다. 수차례의 토론과 수정작업을 거친 후 초안이 완성되었다. 소장은 이미 이사회 안건으로 상정하기 위한 준비를 지시한 상태였고, 당시의 과학기술처와 항공연구소 설립계획안 협의가 진행되었다. 이 과정에서 천문연구소의 우주공학연구실을 통합하여 한국기계연구소 부설 한국항공우주연구소로 출범하는 계획안이 이사회를 통과하여 정부의 승인을 받았다. 드디어 우리나라 항공·우주개발 연구의 모체가 출범하게 된 것이다. 이제 한국항공우주연구원은 대덕연구단지 중심에서 항공기, 인공위성, 발사체, 위성영상, 달 탐사의 꿈을 키우는 요람으로 성장했다.

1988년 어느 날, 한국기계연구소 발전 워크숍에서 항공연구실과 정책연구실이 한 팀이 되어 우리의 비전으로 제시했던 ‘웅비2000’이 한국항공우주연구소를 잉태하는데 큰 원동력이 되었다. 그리고 한국기계연구소 기관장의 철학과 관련 연구원들의 열정, 정부의 항공우주관련 정책과 결합하면서 오늘의 한국항공우주연구소가 탄생했음을 모두가 기억해주길 바라며 이 글을 마친다.

한국항공우주연구소 연구원들이여! 미래를 향해, 우주를 향해, 웅비하라!



열정과 협력이 가져다준 선물

 ReSEAT 전문연구위원 박장식

1990 년도는 일본의 경기가 좋아서 대학을 졸업하면 회사 다섯 곳 정도를 골라두고 선택해서 취업할 수 있을 정도였다. 당시 내가 졸업한 일본공업대학에서는 많은 회사들이 탐내는 우수한 인재들을 많이 배출했다. 그 시기 일본은 취업이나 사업을 할 때 관련 분야의 유명인사로부터 추천을 받으면 성사될 가능성이 높은 관습이 있었다. 특히 졸업생의 경우 지도 교수의 추천을 받으면 어느 회사든지 취업에 성공할 수 있었다.

나 역시 일본공업대학에서 박사학위를 받고 나서, 지도 교수의 추천을 받아 첫 직장에 들어갔다. 내가 취직한 회사는 직원이 약 천 여명에 달하는 진공장비 제조회사였다. 이 회사는 각 분야의 장치를 개발하는

사업부, 기술과 연구를 수행하는 기술개발본부와 재료 및 공정 중심의 연구를 수행하는 연구소가 있었다. 각 사업부는 서로 협력 하에 새로운 사양의 장치나 신제품을 개발했는데, 과학 기초 연구에 필요한 다양한 기능이 탑재된 초고진공장치를 제작할 수 있었기 때문에 국가 연구 기관으로부터 대형 연구 장치를 많이 수주 받았다.

내가 배치된 부서는 전자사업부 기술개발팀이었다. 보통은 외국인이 일본 회사에 입사하면 중앙연구소에서 기초 연구를 하는 업무를 맡는 것이 일반적이었는데, 난 외국인 신분이었지만 일본 현지의 기술자들과 똑같은 대우를 받으며 업무를 익혀 나갔다. 내가 맡게 된 주요 업무는 시중에 판매되고 있는 디스플레이 제조 공정에 사용되는 스퍼트 장치를 개발하는 일이었다. 당시 일본 S사가 가장 먼저 10인치 이상 크기의 LCD를 개발해 상품화에 성공했고, 그 일을 계기로 LCD가 브라운관 모니터를 대체할 수 있다는 가능성이 확인 됐다. 그래서 세계 각국은 LCD 디스플레이 사업에 투자하는 시기였다.

스퍼트 장치는 LCD에 전기적 신호를 입력하는 금속 전극 배선과 투명하고 전기 전도성이 높은 산화물 박막 배선을 제조하는 공정에 필수적으로 사용된다. 당시 세계적으로 투명전도박막용 진공 스퍼트 장치를 만들 수 있는 업체는 우리 회사와 독일 회사 두 곳 뿐이었다. 일본과 중국의 회사들로부터 스퍼트 장치 제작 주문을 받았다. 폭이 130~150mm로 좁고, 길이는 1,200mm이상 길면서 타깃의 사용 효율은 40% 이상 되는 장치를 만들어 달라는 것. 일반적인 스퍼트 장치의 타깃 사용 효율은 약 25% 내외였다. 사용 효율은 전체 타깃의

무게에 대해 스퍼트가 된 타깃의 무게 비율을 의미한다. 캐소드는 타깃의 하부에 자석이 장착 되어 플라즈마를 발생하는 스퍼트 장치의 핵심 부품으로 성능을 좌우하는 중요한 역할을 한다. 마침 내가 속한 사업부에서는 길이 400mm 정도의 짧은 캐소드를 개발해 성능을 향상 시키는 개발을 추진하고 있었다. 우리는 이 길이의 두 배를 족히 뛰어넘는 1m 이상의 고효율 캐소드 제품을 개발해야 하는 중대한 임무를 맡게 되었다.

장장 1년 간 진행되는 프로젝트에 사업부와 재료연구소 직원 10명이 참여했다. 각자 기술 검토 및 실험 추진, 현장의 공정 및 성능 확인, 중국 공장으로 파견 되는 등 각자 맡은 자리에서 최선을 다했다. 내가 맡은 분야는 기술 분야 책임자로, 추진 방향과 실험 및 결과 검토에 대한 업무를 담당했다.

일주일에 한 번 씩 팀원이 모여 진행 상황과 앞으로 계획에 대한 회의를 진행했다. 회의에는 사업부장, 연구소장, 부장, 과장 등 여러 직급이 참여했다. 연령대도 20대부터 50대까지 다양했는데, 직급이나 나이를 앞세우지 않고 서로 의견을 존중하며 경청하고 이해하는 편한 분위기로 진행돼 깜짝 놀란 적도 있다. 각자 자신의 의견을 자신 있게 말하고, 조언을 들으며 창의력을 발휘할 수 있는 도움단기의 장이었다. 회의에서 항상 긍정적인 영향을 많이 받았다.

나는 계속해서 개발에 몰두 했다. 어떻게 해야 타깃의 사용 효율을 25%에서 40% 이상으로 높일 수 있단 말인가! 해결해야 할 숙제는 또

있었다. 길이 800mm의 기관에 박막 두께산포를 10% 이내로 코팅할 수 있는 방법을 찾아야 했다. 나에게 주어진 중요한 과제를 수행하기 위해 관련 논문 자료를 탈탈 털었다. 이 뿐만 아니라 지금까지 사업부에서 수행해 온 조사 결과와 회의 자료를 전부 재검토하고 분석하는 작업에 집중했다. 3개월이라는 시간이 흐르고, 새로운 이론을 알아낼 수 있었다. 자기력선을 타깃 표면에 평평하게 설치해야 하고, 그 크기도 약 150Gauss 이상이 되어야 한다는 것이다. 타깃 표면에서 플라즈마의 밀도가 가장 높기 때문에 타깃 표면의 자기장 세기 분포가 사용 효율에 가장 중요한 영향을 미친다는 것도 새롭게 알게 되었다.

이 사실을 바탕으로 이론에 맞는 캐소드를 제작하기로 결정했다. 개발 순서는 자기장 시뮬레이션을 시작으로 캐소드 제작, 실험, 결과 검토 및 보완 실험 순이었다. 예상 되는 자석 배열에 대한 자기장 시뮬레이션을 기술개발본부에 의뢰하는 것으로 본격적인 작업이 시작됐다. 캐소드를 제작하는데 두 종류의 자석을 활용했는데, 여러 가지 형상으로 캐소드를 만들어야 했기 때문에 자석도 작고 일정한 크기로 주문 제작해야 했다. 작은 자석들을 일정한 형태로 만들기 위해서는 순간접착제를 이용해 붙여야 했는데 극성이 같은 경우 반발력이 생기는 바람에 접착하는 과정에서 난항을 겪었다. 심지어 순간접착제가 잘못 흐르기라도 하면 장갑에 스며들면서 피부까지 들러붙게 해 상처를 입는 경우도 비일비재했다. 심한 날은 통증 탓에 밤잠을 설칠 정도였다. 자석 형태가 정해졌다면 처음부터 조립업체에 의뢰해 기계로 접착하면 될 일이었지만, 아직 우리가 개발하는 데 필요한 자석 형태가 정해지지 않아서 일일이 수작업으로 작업해야 했다. 게다가 캐소드의 길이가 1m에

달했기 때문에 자석을 접착 시키고 배열을 완성하는 기간만 꼬박 일주일이 걸렸다. 이후 6개월 동안은 부품을 발주하고, 자석을 조립해 본격적으로 캐소드 제작에 몰두했다. 회사 근무 시간은 물론이고, 퇴근 후 휴식 시간과 주말까지 모두 반납하고 쉴 틈 없이 실험과 결과 분석, 그리고 검토 하는 과정을 반복했다.


드디어 1,200mm 길이의 파이롯 캐소드 제작에 성공했고, 진공 실험 장치에 장착해서 성능 실험을 진행했다. 밤낮 없이 실험을 진행한 결과, 드디어 5일째 되는 날 타겟의 사용 효율이 목표치를 훌쩍 넘는 45%를 달성했다. 우리는 실험에서 얻은 결과를 특허로 출원했다.

그러나 아직 끝이 아니었다. 완성된 캐소드가 우리에게 작업을 의뢰한 중국 회사의 양산 장치에서도 동일한 결과를 얻어야 비로소 진정한 성공이기 때문이다. 걱정 반 기대 반, 중국 회사를 방문해 테스트를 진행했다. 결과는, 실패였다. 우리가 실험한 결과에 못 미치는 결과가 나온 것이다. 테스트 실패 소식을 전해 듣고, 중국으로부터 캐소드를 넘겨받아 원인을 분석하기 시작했다. 원인은 진공 챔버에서 캐소드가 대기 중 압력을 받아 중앙 부분이 휘어지면서 자기장의 분포가 균일하게 이뤄지지 못했기 때문이다. 원인 분석을 바탕으로 캐소드 중앙 부분이 휘어지지 않도록 보강했다. 수정된 캐소드를 다시 중국 회사로 보내 테스트를 진행했다. 이번엔 성공이었다. 처음 중국 측이 요구했던 목표치를 완벽하게 달성해냈다. 우리들이 해낸 것이다. 그 주에 진행된 회의에서 연구소장을 비롯해 엔지니어와 모든 동료들에게 많은 축하를 받았다. 이때 개발한 캐소드는 아직까지도 현역으로 뛰고 있다.

이번 연구를 진행하면서 위기를 극복할 수 있던 가장 큰 힘은 회사에서 배운 많은 기술과 동료들과 나눈 진심어린 격려와 우정도 한 몫 했다고 생각한다. 중국으로 보냈던 캐소드 테스트에 문제가 있었을 때도 개발 첫 단계부터 동료들과 원리에 기초해 제작했기 때문이 아닐까? 그래서 원인을 규명하고 문제점을 개선하기까지 오랜 시간이 걸리지 않았던 거라고 생각한다. 미래의 연구원들도 열정과 협력을 다한다면 어떤 시련도 이겨낼 수 있다고 생각하며 이 글을 마친다.



“잘하도록 서툰 것을 메워주는 사람들”

 ReSEAT 전문연구위원 조 만

나는 독일과 일본의 원자력연구소에서 각각 18개월과 12개월을 보냈다. 그 소중한 시간 중에서 인상 깊었던 일을 소개하려고 한다. 내가 속해 있던 그룹은 독일에서는 20명, 일본에서는 10명 정도로 다양한 전공을 한 사람들이 모여 있었다. 이들은 매일 오전 10시와 오후 3시가 되면 항상 티타임을 가졌다. 출근길에 속도위반으로 교통 범칙금을 냈다느니, 아이가 유치원에 안 가겠다고 떼를 써서 부부가 같이 울었다느니 하는 시시콜콜한 일상적인 이야기로 티타임은 시작된다. 그러다가 누군가 어떤 문제를 풀고 있는데 더 이상 나아갈 수 없다는 구체적인 고민거리를 내던

지면, 그 때부터 대토론회 같은 격론이 벌어지기 시작한다. 그럼, 그 날 중으로 두 세 명이 자료를 한 아름 안고 내 연구실로 찾아온다. 다음 단계는 내가 그와 같은 문제에 봉착했을 때 해결하는 방법을 이야기하며 제2차 대토론회가 열리는 것이다. 이렇게 몇 사람과 갑론을박 하다보면 나의 문제는 물론 그들의 문제까지 해결방향이 모습을 드러낸다. 그러면 각자 방으로 돌아가서 그 문제에 골몰하는 것이다. 분야가 다른 사람들이 한 가지 문제를 해결하겠다는 목표를 위해서 각자 전공을 살려 지혜를 모으는 작업이 이어진다. 여기에는 계급도 인종도 종교의 차이도 없다.

그저 서로의 장점을 살리고 단점은 메꾸어 가는 사회가 형성되어 있는 것이다. 나는 이 사회를 집단지능사회라고 생각한다. 독일이나 일본이나 연구실 분위기는 똑같았다. 같은 목표를 가진 연구원들이 한 자리에 모여 일한다는 것의 즐거움, 세계적인 연구소가 되는 연구 풍토가 어떤 것인지 절실하게 느끼며 돌아왔다.

가속기운영과 고속로임계시험장치 운영 등 모든 연구지원이나 행정 기능도 이들이 어려움 없이 일할 수 있도록 움직이고 있었다. 나의 약점을 보완하고 부족한 부분을 채우기 위해 내 시간을 쓰게 하지 않는다. 세상에 완벽한 사람은 없다는 것이 이들의 인식이다. 개인의 부족한 부분은 옆에 있는 사람 중에 더 나은 사람이 있다면 그 사람이 채워주는 것이 더 효율적이며 인간관계에 행복을 느낄 수 있는 방법이라고 생각하고 있었다. 처음엔 이런 분위기가 낯설고 생소했지만, 점점 이상적이라는 생각이 들었다.

나는 이 기간에 3편의 학술발표와 추천핵자료생산 그리고 일본원자력 학회 노물리분과에 초청되어 우리들의 연구결과를 발표했다. 우리의 발표를 본 미국 팀과 도쿄대학팀은 자기들의 시스템을 우리의 장치로 측정해달라고 요청해왔다. 바로 이것이 과학기술자들의 멋이 아니겠는가!

자연에 있는 가장 무거운 원소인 우라늄은 중성자가 들어가면 더 무거운 것이 되어 쪼개진다. 이것을 이용하는 것이 원자력발전소라는 것은 대부분 잘 알고 있다. 이 핵분열현상을 설명하는 모델이 액적(액체 방울)모델이다. 분열이니 두 개 이상으로 쪼개지는 것이고, 그러면 액체의 표면적이 넓어지니 이에 저항하는 표면장력에 이기는 힘이 가해져야 한다. 중성자가 들어가기만 하면 핵분열이 발생하니 중성자가 이 표면장력에 이기는 힘을 주는 것은 분명하다. 이것이 핵분열을 설명하는 액적모델로, 1939년 4월 닐스 보어가 미국물리학회에서 발표한 이론이다. 이것을 우리 눈으로 직접 본다는 것은 그 자체가 감동이고 행운이다. 한발 더 나아가서 쪼개진 핵분열 조각에서 소위 핵분열 중성자가 방출되는데, 이들이 가지고 나오는 에너지가 끓은 물에서 증발하는 수증기 방울들의 에너지 분포와 같다면 더욱 더 감탄하게 된다. 핵분열의 결과물도 액적모델을 따른다는 것을 의미한다.

요사이 유행인 인공분야에 나오는 이야기로 자연은 의외로 간단하게 기술될 수 있다고 한다. 심층신경망을 이용한 딥 러닝 기계학습이나, 우주창시에 관한 이야기들 그리고 뇌의 정보처리과정 등이 간단한 원리로 설명될 수 있다는 이야기들이다. 끓은 물에서 증발해 나오는 물 분자의 에너지 분포와 핵분열 때 나오는 중성자의 에너지 분포가

같은 모양의 증발 스펙트럼으로 기술될 수 있다는 것도 비슷한 이야기다. 핵분열이 액체방울 하나가 두 개로 나뉘지는 모델로 설명된다는 것도 이런 면에서 감동을 주는 것이다.

핵분열 시 방출되는 핵분열 생성물의 질량과 에너지 분포는 이들이 전하를 띠고 있기 때문에, 물질 속을 통과하면서 내는 형광작용의 크기를 측정하고 분석하면 알 수 있다. 내가 1969~1970년에 걸쳐 독일 Karlsruhe 원자력연구소에 있을 때 같은 연구실을 사용하고 있던 독일연구자가 하던 실험이라 잘 안다. 그러나 핵분열 중성자는 이야기가 다르다. 중성자는 전하를 띠고 있지 않아 전리작용이 없다. 그래서 개발된 기법이 비행시간법이다. 중성자다발을 거리를 두고 날리고 도달시점에 도착하는 시각에 따르는 시간분포를 측정하는 기법이다. 그러나 핵분열 중성자를 그룹을 지어 출발시키는 방법이 없다. 그래서 두 장의 플라스틱 형광체를 거리를 두고 설치하고, 이 둘 사이에서 어느 시간범위에 안에 거의 동시에 들어오는 중성자수를 측정하면 중성자의 에너지 분포를 얻을 수 있게 된다. 이 중 플라스틱 형광체 중성자 분광기의 측정값에서 에너지별 분해능에 의한 오차를 수정해 주니 깨끗한 증발 스펙트럼 모습이 나타난다. 자발 핵분열물질인 인공방사능 물질 칼리포르늄(${}_{98}\text{Cf}^{252}$)에서 방출되는 중성자의 에너지 분포가 열역학에서 널리 알려진 끓은 물에서 증발하는 물 분자의 에너지 분포와 같은 증발 스펙트럼 모습으로 나타난 것이다.

내가, 아니 우리가 만든 이중플라스틱 형광체 중성자 분광기가 핵분열 중성자 에너지 분포가 물 분자의 증발스펙트럼 모습으로 우리 앞에

나타났을 때 우리는 모두 감격했다. 증발하는 물 분자의 에너지와 핵분열에서 방출되는 중성자의 에너지 분포가 같은 모습이라는 것이 정말 신기했다. 그것이 의미하는 핵분열의 액적모델을 직접 우리 눈으로 확인하는 순간이다. 핵분열 시 발생하는 핵분열 중성자의 에너지 분포가 이 증발스펙트럼으로 주어진 식으로 잘 표현되면 원자핵 또한 액적 모델이라는 것을 알려주는 셈이다. 핵분열에서는 분열된 원자핵에서 중성자가 하나 밖에 나오지 않는데, 증발 스펙트럼으로 설명된다는 것은 분열된 원자핵 하나하나가 비등상태에 있는 액적과 같은 거동을 보인다는 것을 말해주고 있다. 하지만 이 증발 스펙트럼을 얻는 것이 목적은 아니었다. 이것은 우리가 만든 중성자분광기의 성능을 실험하기 위한 것이고, 우리의 진짜 목적은 일본이 개발하고 있는 소듐냉각고속로 원형로 'Monju'의 내측 노심에서 중성자 에너지 분포를 측정하는 것이었다.

내가 Colombo-Plan으로 1년간 일본원자력연구소에서 지내기로 했을 때 나에게 공동연구를 제안한 사람은 일본 핵자료센터장과 고속로 물리연구실의 연구자 두 사람이었다. 그 고속로물리연구실의 연구자는 그 후에 일본원자력연구소 핵융합연구소 소장을 지냈다. 당시 나는 서독의 Karlsruhe원자력연구원 응용핵물리연구소에서 고속로 구조재인 스테인리스 스틸의 구성요소인 Fe, Ni, Cr, Ti, Sc의 고속로 중성자 영역의 핵반응 단면적을 측정했다. 내가 만든 해당 자료는 1970년 Helsinki국제학회에서 발표되어, 국제핵자료의 표준자료로 채택된 BNL-325의 추천 자료로 등록된 상태였다. 일본 핵자료센터장은 이와 유사한 프로젝트를 수행해 일본원자력연구소를 또 하나의 세계적인

표준 핵자료생산국으로 만들기를 희망했다고 한다. 그래서 해당 자료를 보고, 나에게 공동연구를 제안했던 것이다.

1960년대 말 이전의 원자력개발은 우리나라면 천연우라늄과 몇 가지 농축우라늄의 적분실험으로 소위 오리지널리티를 행사할 수 있었다. 그러나 60년대 후반에서 70년대 초반은 90%이상의 농축도를 갖는 분리된 우라늄 235와 플루토늄 239를 위시한 주요 동위원소들의 핵반응을 중성자 에너지별로 측정할 수 있게 되고, 컴퓨터도 IBM 860/90 등의 슈퍼컴퓨터를 사용할 수 있었다. 그러나 미국과 영국 등에는 이에 흥미를 보이는 핵물리학자가 드물었다. 진정한 의미의 차세대 원자력개발에는 이들 순수 동위원소별 중성자에너지별 측정 자료와 이들의 국제표준화 자료 및 이를 뒷받침 할 다준위 공명이론인 R-Matrix등의 핵구조 이론의 정립이 중요했다. 서독과 일본은 이 원자력개발전략을 수행하여 선진국의 일원으로 성장했다. 그 때 슈퍼컴퓨터 프로그램도 처음 접해보았고, R-Matrix 계산 코드 개발과 실험 데이터를 합치는 일은 어느 샌가 주변사람들이 미리 해놓았다. 나는 결과적으로 물리적 의미를 부여하는 일에 전념했다. 최신 관련 문헌들은 매주 월요일이면 내 책상위에 깨끗하게 정리되어 놓여있다. 내가 할 일은 선택과 집중이었다.

소듐냉각고속로의 주요 중성자영역은 10~250 keV영역에 걸친다. 이 영역은 소듐냉각고속로의 주요 구조재인 스테인리스 구성 원소들 철, 니켈, 크롬 등이 원소별로 50개 정도의 공명준위들이 상호 간섭하며 나타나는 다중공명영역이다. 이는 학문적으로도 중요한 영역으로,

측정 자료가 보여주는 원자핵 내의 중성자 준위와 이들의 준위 폭과 스핀-궤도 결합효과 등이 보여주는 모습은 자연의 신비로움을 보여준다.

원형로 'Monju'의 노심 중성자 에너지 분포를 영국의 임계 실험로를 빌려 측정했다. 측정 주체는 영국 UKAEA가 구축해 놓은 이중플라스틱형광체 중성자분광 장치를 사용하고, 영국 전문가가 측정해주는 방법이다. 일본원자력연구소 고속로물리연구실과 'Monju' 건설주관 기관인 동력노핵연료 개발사업단(PNC)은 이 장치를 일본에서 제작하고 측정하기를 바라고 있던 차에 나를 만나게 된 것이다. 나도 마침 핵물리학의 관점이 아닌 원자로물리학의 관점에서 소듐냉각고속로의 노심을 들여다보고 싶었다.

기존의 중성자비행시간분광기는 사용할 수가 없다. 고속로임계실험 장치를 마이크로 초(μs) 단위로 펄스 작동 시킬 수가 없기 때문이다. 수소원자 핵을 많이 포함하고 있는 첫 번째 플라스틱 형광체에 중성자를 충돌시켜 도착시간을 알고 2미터 정도 간격을 둔 두 번째 플라스틱 형광체에 들어온 중성자까지 도달시간을 측정하면 중성자 집단을 토막 내지 않아도 중성자 에너지 분포를 측정할 수 있게 된다. 이것이 이중 플라스틱형광체 중성자분광기의 원리다. 여기에서 중성자 에너지별 검출효율을 보정하면 고속로 내노심 중성자에너지분포가 얻어질 것이다. 가속기를 사용한 3개의 단색중성자원으로 중성자에너지원별 검출효율을 측정했다. 다음으로 연속스펙트럼을 갖는 ^{252}Cf 자발핵분열중성자를 측정하여 이론적으로 밝혀진 증발 스펙트럼을 얻을 수 있으면 우리들의 중성자 분광기는 고속로 내의 중성자 에너지 분포를 측정할 수 있게

된다. 이 글의 서두에 밝힌 자발핵분열 중성자 스펙트럼이 멋있게 증발 스펙트럼을 보여 주었고, 고속로 내노심 중성자에너지 영역에서 유용하게 사용할 수 있음을 확인시켜준 것이다. 측정된 ‘Monju’ 내측 노심의 에너지 분포는 계산 값과 명확한 일치를 보였다. 즉, 노심내측 중성자 에너지 분포의 측정 장치로 사용할 수 있음이 밝혀진 것!

1974년도 일본원자력학회 정기총회 노물리분과에 초청되어 논문을 발표했다. ‘Monju’ 내부노심의 중성자에너지 분포가 선명하게 스크린에 비춰지고 이의 정확성을 증명하기 위해 실시된 $^{98}\text{Cf}^{252}$ 자발핵분열 중성자스펙트럼이 증발 스펙트럼과 일치한다는 사실을 보여주었다. 그때 일본 원자로물리학자들의 감탄과 감격스러운 표정들이 아직도 눈에 선하다. 실제로 측정된 데이터는 이들도 처음 본 것이다.


서독 Karlsruhe에서는 Helsinki 발표 후에 우리의 측정기를 사용하여 다른 분리 동위원소를 측정해 달라는 미국 등의 여러 나라의 요청을 받아 추가적으로 4개의 원소를 측정하고 논문으로 발표하고 귀국했다. 나의 체재기간은 이미 6개월이나 연장된 상태였다. 이 때문에 귀국길에 미국을 경유하여 미국 연구소들을 순방할 수 있던 기회는 잃어버렸다.

귀국 후, 나는 과제책임자가 되어 고리원자력발전소1호기 사용후핵연료 저장 용량확장 용역, 고리 1호기 종합 점검 핵공학분야 담당, 그리고 소뜸 냉각 고속로 개발 프로젝트 등을 수행했다. 이때 나의 모자란 부분은 내가 모르는 사이에 프로젝트 참여자와 한국원자력

연구소 다른 프로젝트 연구자들 그리고 학계가 채워주었기 때문에 좋은 방향으로 다듬어질 수 있었다. 내가 독일과 일본의 연구실에서 느꼈던 효율적인 협력 시스템이 한국에서도 이뤄지고 있던 것. 말 그대로 서로가 서로에게 조력자가 되어주는 동시에 자신도 많은 도움을 받을 수 있던 것이다. 내가 이상적이라고 생각했던 독일과 일본 등 제조업 강국의 성공 DNA가 우리 연구사회에도 뿌리내리고 있었다는 사실에 마음이 든든해졌다. 우리도 이제 3대 원전 수출국이 된 이 시점에서, 계속해서 앞으로 나아갈 수 있도록 서로의 단점을 보듬으며 끊임없이 노력하는 마음가짐을 잊지 말아야 할 것이다.



중소기업체를 위하여 원로과학자가 걸어야 하는 길

 ReSEAT 전문연구위원 최창욱

건 설 중장비부품의 주물소재를 생산하여 납품하는 작은 주물공장이 있었다. 그런데 어느 날, 거래처로부터 고강도의 경량 주물 생산을 요청 받았다. 기존의 단조품이나 주강품을 대체하기 위해서였다. 그러나 중소기업체인 주물공장에서는 요청 받은 주물을 제조한 경험이 없고, 관련 기술도 확보되어 있지 않은 상황이었다. 그래서 고강도·경량 주물 제조 기술을 배우기 위해 외부 전문기관에 기술지원을 의뢰했다.

단조품이나 주강품을 주물품으로 대체 할 수 있는 고강도·경량 주물품의 제조는 사실상 오스템퍼드 구상흑연 주철품(ADI)의 생산을 의미

하는 것이나 마찬가지로였다. 이는 주물품의 신소재로 불리는데, 기존의 종래 주철품에 비해 인장강도가 900 N/mm²이상의 고강도를 자랑한다. 뿐만 아니라 기계적 성질은 주강품이나 단조품과 유사하지만 동일한 치수의 제품인 경우 약 10%정도 무게를 줄일 수 있다고 보고된 적이 있었다. 그야말로 고강도·경량 주물품이라 일컫는데 손색이 없었다.

평소 중소기업체에서 생산하는 제품에서 기술적인 문제점이나 보완할 점이 발견되면, 간단한 기술 지도를 통해 개선한다. 하지만 이번 사안은 실제 현장에서 실험을 진행 후, 제조기술을 확보해야 한다는 판단이 들었다. 따라서 중소기업체에서 비용을 부담하기 보다는 정부의 연구개발비를 지원받기로 했다. 그리하여 ‘신제품 개발’이라는 과제로 연구용역을 신청했다. 그 결과, 필요한 경비를 일부 지원받게 되면서 본격적으로 과제 수행에 돌입했다.

가장 처음으로 현장에 나가 주물 제조 작업상태를 점검했다. 해당 주물공장에서는 일반적으로 회주철품과 구상흑연주철품을 주물소재로 생산하고 있었다. 그래서 오스템퍼드구상흑연 주철품은 쉽게 만들 수 있다는 생각이 들었다. 따라서 필요한 재료를 구입하고 생산제품의 시험을 위한 시험편의 모형과 생산제품의 모형을 준비했다. 그리고 이를 가지고 조형을 해 주형을 만들도록 하였다.

우리가 제조하고자 하는 오스템퍼드 구상흑연 주철품은 주방 상태에서는 구상흑연 주철품과 동일한 조직인 펄라이트와 페라이트 조직으로 이루어져 있다. 이 조직에 오스템퍼링이라는 열처리를 가하면,

조직이 오스페라이트로 변화되면서 인장강도가 높아진다. 이로 인해 주물품의 품질이 향상되는 것이다. 그러나 아쉽게도 해당 공장은 오스텨퍼링 열처리를 할 수 있는 설비가 없었으므로 이 작업을 전문적으로 하고 있는 업체를 찾아 의뢰하기로 계획했다. 대신 주물공장에서 구상흑연 주철품을 제조할 때, 합금원소 Ni, Mo, Cu을 소량 첨가하게 하였다. 이는 구상흑연 주철품을 오스텨퍼링 할 때 조직을 용이하게 오스페라이트로 만들기 위해 첨가하는 것이다. 합금원소의 첨가량과 오스텨퍼링 처리 온도가 완성품의 인장강도와 연신율 값을 결정하는 중요한 요소가 된다.

합금원소까지 첨가된 제품과 시험편을 주조해 열처리 공장으로 보냈다. 작업지침서에 나와 있는 열처리 온도와 시간에 맞춰 작업을 진행하도록 했다. 그리고 열처리 후, 인장 시험편을 전문기관에 의뢰해 검토한 결과, 목표치를 모두 충족한다는 답변을 들을 수 있었다. 업체에서도 아주 만족스러운 반응이었다. 그동안 축적해 온 지식을 현장에서 활용한 좋은 경험이었다. 그동안 축적해 온 지식을 신소재 개발을 위해 쓰고, 또 중소기업체의 기술향상에 보탬이 되다니 이보다 기쁘고 보람된 일이 어디 있을까.


연구를 완전히 마치고, 최종보고서를 작성해 주관기관에 보냈다. 그리고 약 2개월 후, '성공'이라는 평가결과를 통보 받았다. 주물공장 측에도 수시로 연락을 해 작업을 하면서 생기는 문제점이나 의문점은 없는지 확인하였다. 다행인 것은 아무런 문제없이 순조롭게 작업을 진행 중이라는 반가운 답변이 전해졌다.

중소기업체는 때때로 새로운 정보수집에 어려움을 겪는 경우가 있다. 그래서 제품의 품질향상이나 불량개선을 위해 많은 노력을 다하고 있지만 내부의 기술만으로는 해결이 어려운 경우도 종종 있다. 하지만 이 문제들은 관련 외부기관이 작은 부분이라도 지원을 해준다면 해결 가능성이 높아진다고 생각한다. 즉, 중소기업체에 대한 기술정보 지원이 절대적으로 필요한 상황인 것으로 사료된다.

사실 대학에서 연구과제 수행은 지식을 습득해 학회에서 발표하고 게재하며 성과를 내기 위한 목적이 더 크다고 생각한다. 노력으로 얻은 새로운 지식을 학생들을 위한 강의 목적으로만 쓰는 경우도 더러 있다. 그러나 이번 경우를 통해 퇴직 이후에도 해당 분야를 떠나지 않고, 사회를 위해 봉사하며 그동안 쌓아온 지식을 활용하는 것이 얼마나 의미 있는 일인지 알게 되었다. 이는 원로과학자가 마땅히 해야 할 일이라고 생각한다. 평생을 몸 담아온 분야에서 계속 일할 수 있는 기회가 주어지는 것에 감사하며, 또 다시 기회가 주어지길 바라는 마음이 간절하다.



직접 부딪히면 해결하지 못할 문제는 없다!

 ReSEAT 전문연구위원 김영호

1977년 여천 공업 단지에 세계적인 명성과 규모를 자랑하는 13개 단위공장으로 구성된 대단위 제7비료 화학공장 단지가 세워졌다. 이 단지에서는 비료 생산 제품인 복합 비료와 요소 비료를 생산하는 공장 외에 암모니아, 황산, 인산, 질산, 초안 등의 기초 화학제품들을 생산해 석유화학 계열 공업 분야에 원료를 공급하고 있는 대단위 종합화학공장 이었다.

필자는 공과대학에서 화학공학을 전공하고 제4비료공장에서 5년간 근무하던 중, 새롭게 건설하고 있는 세계적 규모의 제7비료공장에 입사

하게 되었다. 단지가 완성되고 나서 우리나라 기술진과 미국, 일본, 벨기에 기술진들까지 대거 참여해 공장 가동의 시운전 및 성능시험을 진행했다. 두근거리는 마음도 잠시! 시운전 단계에 돌입하고 얼마 지나지 않아 13개의 공장 중 황산 공장 2곳의 일부 공정에서 번갈아가며 냉각기가 과열되고, 정비보수 과정에서 폭발이 발생했다. 비상사태가 발생한 것이다. 냉각기가 과열 될 때마다 새어나오는 고농도 황산이 냉각탑 공정 시스템으로 흘러들어가면서 냉각수에 황산이 오염되었다. 곧이어 냉각탑 기기 장치들은 황산에 오염된 냉각수로 인해 부식현상이 일어나기 시작했다. 냉각기 과열은 연속해서 일어나고 있었기 때문에 수조 안 냉각수는 금속 기기들이 부식되면서 흘러나오는 금속 철 이온이 증가하며 점차 초록빛을 띄고 있었다. 냉각탑 주변에서는 철분 냄새가 진동하기 시작했다. 아직 내부의 부식 상태를 확인할 순 없었지만 금속 기기들이 오염된 황산과 반응하며 수소 가스를 내뿜고 있다는 증거이기도 했다.

사과의 원인은 찾지도 못했는데 계속 과열 사고가 일어나니 점점 초조해지기 시작했다. 하루라도 빨리 근본원인을 찾아내지 못하면 최악의 경우 냉각 공정 시스템의 기기장치가 모두 부식돼 더 이상 제 기능을 하지 못할 지경에 이를 수도 있는 일촉즉발의 상황이었다. 마음은 다급하고, 두려운 마음까지 들었지만 여전히 원인규명은 되고 있지 않았다. 너무나 괴로운 순간에는 좋아하는 시 한 구절을 떠올리며 두려움과 위기에서 벗어나려 하기도 했다. 심적 괴로움은 조금이나마 달랠 수 있었지만, 근본적인 원인을 파악하는 일은 묘연하기에 장기전이 되어버렸다.

사고원인에 단순하게 접근해선 안 될 일이었다. 기술적, 공학적 측면에서 다방면으로 접근해 원인을 분석해야 했다. 사고의 원인을 찾아내는 일이 쉽지 않아 시련과 역경, 그리고 절망의 나날이 계속 됐다. 원인을 찾지 못하고 3개월의 시간이 흘렀다. 더 이상 지체할 시간이 없었다. 모든 기술자들이 머리를 맞대고 문제를 일으킬 수 있는 요인들을 하나둘 꺼내놓기 시작했다. 그 순간, 갑자기 엄청난 굉음과 함께 회의실이 있는 건물 전체가 뒤흔들렸다. 그러나 모두 무사한 것을 확인하고 안도하는 순간, 또 다시 전화벨이 울렸다. 불현 듯 불길한 예감이 스쳐 지났다. 아니나 다를까, 수화기에서 공장 운전원의 다급한 목소리가 들렸다. 황산 공장의 냉각기가 또 파열된 것이다. 생각할 틈도 없이 현장으로 달려갔다. 사고 현장을 점검하고 나와서 깊은 고민에 빠졌다. 그때 정신이 번쩍 드는 생각이 하나 떠올랐다. 혹시 희석된 황산에 질산 함량이 높아서 문제가 된 것은 아닐까? 필자는 그 동안의 파열된 냉각기 통계와 사고 발생 주기, 핵심적인 운전조건과 현황, 그리고 제반 운전 조정 자료들을 면밀하게 분석하고 검토했었다. 평상시에 질산 농축 공장에서 공급되는 희석된 황산 중의 질산 함량은 분석 결과에선 정상으로 나타났다. 여러 차례에 걸쳐 질산 공장 관리자에게 질산 함량이 규격 이상으로 높이 나타나지 않느냐고 물었지만 항상 정상이라는 답변만 들을 수 있었다. 검토 결과, 관리자에게 문의한 바로는 모두 정상으로 나타났지만, 질산 함량 초과가 문제의 원인일 거란 생각은 점점 확신으로 바뀌어갔다. 그래서 질산 농축 공장에서 회수되는 희석된 황산 중에 질산 함량이 과도하게 초과될 때 냉각기 파열이 발생한다는 가설을 세우고 근본적인 원인을 찾아 가기 시작했다.

미국의 기술진들과 종합 대책 회의를 진행했다. 모두가 지켜보는 가운데 지금까지 발생한 냉각기 파열 사고에 대해 상세히 브리핑을 했다. 미국의 기술진 한 명이 공정 과정에서 황산이 얼어붙으면서 파열 사고가 발생한 건 아닌지 의문을 제기했다. 그러나 98% 황산일 경우에 빙점은 섭씨 3도 이긴 하나, 냉각기 속에 흐르는 황산은 93% 농도로 빙점이 영하 섭씨 32도가 되기에 해당이 되지 않는다고 설명했다. 실제로 냉각기 파열 사고는 대기 온도가 섭씨 10도가 넘는 날씨에도 발생했다. 제 생각으로는 그 간의 종합적인 경험으로 볼 때, 본 케스트 아이언 금속재질의 냉각기 파열사고는 희석된 황산 중에 함유된 질산 함량이 설계조건 94ppm을 훨씬 초과하는 데 영향을 주고 있다고 단정했다. 또한 그 상태에서 정확한 질산함량 공정조정을 못해 발생한 기계 오류가 아닌 휴먼 에러, 즉 인간의 실수로 확정되었다. 근본적인 원인이 확인 될 때까지 생산 활동의 문제 해결을 위해 아래와 같은 방법으로 공장가동을 재개할 것을 제안했다.

첫째, 질산 농축 공장으로부터 회수되는 희석된 황산을 황산 공장의 냉각탑 공정 시스템으로 받지 않고, 임시로 대형 황산 저장 탱크로 받기로 주장했다. 한편, 황산 저장 탱크로 희석 황산을 공급 받을 경우 73.5% 황산 중의 수분이 93% 황산과 반응하여 탱크 내 온도가 상승하게 된다. 온도가 상승한 만큼 수소 가스가 생성되어 탱크 지붕의 통기구로 방출될 것이라는 문제점을 제기했다.

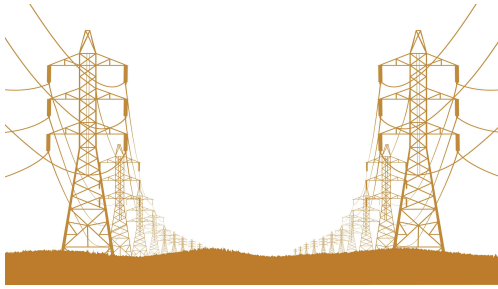
둘째, 질산 농축 공장에서 회수되는 희석된 황산을 황산 공장으로 회수하지 않고, 인산 공장의 반응 공정으로 직접 회수하기로 제안했다.

셋째, 인산 공장의 조업이 중단될 때는 간헐적으로 희석된 황산을 황산 저장 탱크로 직접 받을 것을 제안했다. 인산 공장은 제조 공정 특성상 석고 결정이 만들어지면서 기기장치 내에 관석이 형성된다. 그래서 7~15일에 1회씩 주기적으로 기기 장치 내부 세척과 정비 작업을 위해 10시간 정도 조업을 중단해야하는 특성을 가지고 있었다.

이 같은 필자의 제안이 받아들여지고, 황산 공장의 시험 가동이 시작됐다. 그러나 이틀을 못 넘기고 제1공장에서 또 다시 냉각기 파열 사고가 일어나고 말았다. 그리고 반나절이 지날 무렵 제2공장의 냉각기마저 문제를 일으켰다. 공장 두 곳 모두 3일 만에 다시 냉각기 파열 사고가 발생했다. 이번 사고에서 희석된 황산에 질산 함량이 설계 기준치 94ppm보다 초과 되면, 황산 공장의 금속 재질 냉각기가 파열된다는 필자의 가설이 입증 된 것이다. 이 순간을 계기로 파열 사고를 막을 수 있는 방법의 원인을 찾을 수 있게 되었고, 황산공장과 질산 농축 공장, 그리고 인산공장들은 성능보장 시험에 합격되어 우수한 품질의 제품들을 정상적으로 생산할 수 있게 되었다.

이 사고를 계기로 어떤 문제든 직접 부딪히지 않으면 해결하지 못한다는 사실을 깨닫게 되었다. 미궁 속에 가려져 있는 문제를 볼 수 없는 것은 조금한 마음 때문일 것이다. 과학 기술이라는 건 결국 인간의 손으로 정교하게 만들어진 것이지만, 휴먼 에러는 항상 잠재되어 있기에 정확하고 세밀하게 접근 해 간다면 풀지 못할 문제는 없다고 생각한다. 인간이기 때문에 두렵고 불안한 마음이 들 때는, 정신적 지주가 될 만한 글귀나 음악 같은 자신만의 철학적 메시지를 가지고 있는 것도

도움이 된다고 생각한다. 본인 역시 진인사대천명의 정신으로 13개 대단위 공장의 생산을 정상화 시킬 수 있었고, 국내외 화학 분야의 기초 산업 및 정밀 화학 산업, 그리고 유도체 초정밀 사업 육성 발전에 기여할 수 있었다고 생각한다.



팀원들의 집념으로 미개척 기술을 정복하다



ReSEAT 전문연구위원 변선희

1970년대 한국 정부는 중화학공업 육성계획을 발표했다. 따라서 신규 산업 단지에 전력 공급을 위한 초고압 송전망의 확장을 계획하고, 민간 전선 케이블 회사가 조속히 이 케이블의 개발 및 공급에 착수하기를 원하였다. 상당한 수요가 기대될 뿐 아니라 국가 계획에 협조할 수 있는 기회에 전선 케이블 회사 G사가 초고압 케이블 개발을 추진하기로 했다. G사 내에서는 장기간의 신뢰성이 인정된 종래의 OF케이블¹⁾ 개발을 추진하자는

1) OF케이블: Oil Filled Cable, 수많은 종이테이프를 감고 이들 사이에 기름을 넣은 초고압 케이블

의견이 나왔다. 하지만 이미 선진국에서는 신기술인 친환경 고생산성의 고분자 절연 초고압케이블을 개발해 사용 중인 추세였다. 나는 이미 이런 상황을 알고 있었기에 새로운 고분자 케이블 개발을 주장하였고 이는 받아들여졌다.

나는 연구소 부소장 시절인 1984년 초, 154kV 초고압 접속재 개발팀장으로 임명을 받았다. 이러한 고분자 절연 초고압 케이블로는 국내 최초의 개발임은 물론 엄청난 도전이었다. 154kV 초고압 고분자 절연 전력 케이블 개발은 국가의 개발 일정 및 계획에 맞춰야 한다. 그렇기 때문에 설비 도입과 제조기술 도입 방식으로 결정되었다. 절연용 고분자로는 순간 과전류인 경우 안전성이 더 높으며, 한 번의 압출작업으로 절연공정이 끝나는 가교폴리에틸렌(crosslinked polyethylene, 약칭 XLPE²⁾)이 채택되었다. 외피로는 내후성이 양호한 PVC를 사용하기 때문에 이 케이블은 CV 케이블이라는 이름을 가지며 초고압 케이블의 주종이 되었다.

연속 생산된 초고압 CV전력 케이블은 각 드럼 당 한정된 약 150m의 표준 길이로 감아 출하된다. 출하 이후에 사용자는 필요한 실제 길이를 얻기 위해 케이블과 케이블의 중간접속이 필요하다. 그리고 변전설비와 같은 실제 용도에 종단접속을 하여 사용된다. 이들 접속재 및 접속기술이 초고압 케이블 사업의 핵심이라는 것을 우리는 늦게 깨닫게 되었다. 거대한 장치산업에서 약 2주일 동안이나 장기간 연속 생산되는

2) XLPE: 가교PE, 가교반응(crosslinking)에 의해 내열성이 향상된 PE(폴리에틸렌)

케이블 제조와 달리, 부품별 수요가 적은 접속재는 제품 도면에 따라 각종 재료를 사용하여 불연속적으로 제조하게 된다. 이들 부품을 무결점으로 정밀 조립해야하기 때문이다. 하지만 기술도입으로 접속재도 충분히 제조가 가능하리라고 생각했다.

1kV급 CV 접속재도 제조해 본 경험이 없는 회사가 단번에 154kV의 초고압 접속 부품을 만든다는 것은 그야말로 엄청난 도전이었다. 154kV 초고압 케이블의 한 라인이 실패하면 한 개 공장뿐만이 아니라 한 도시가 마비되는 초유의 사태가 생길 수 있다. 지금의 원자력 발전소와 같은 정도로 고도의 안전성이 요구되는 계획이었다. 그럼에도 불구하고 본인은 선진 기술의 도입으로 가능한 개발 정도로만 생각하였다. 그러나 막상 계약에 따라 기술 선을 방문했을 때, 황당한 일을 겪었다. 핵심 부품 제조 기술을 공개하지 않는 것이었다. 당연히 이는 계약 위반이었다. 약 10년 이상의 친교가 있는 상황에서도 기술 선의 기술자 측인 연구소 및 공장과 본사가 서로 책임을 미루며 특성평가 등 주변 기술만 설명해주는 것이 아닌가. 정작 핵심기술인 접속재 제조기술에 대해선 30년 이상의 숙련공에 의한 작업이므로 작업표준도 없고 작업 자료도 없다며, 숙련공 확보만이 제조가 가능하다는 것이었다. 대신 술만 잔뜩 대접하고, 친교는 유지하여 핵심 접속재를 우리에게 판매하려는 목적이 아닌가하는 의심마저 들었다.

하늘이 노래졌다. 수차례 답판을 시도했으나 성과는 없었다. 끝내 포기하고 맨 손으로 귀국길에 올랐다. 당시 세계에서 초고압 접속재를 개발한 전선회사는 손뼉을 정도였고 이들이 우리에게 그러한 기술을

쉽게 줄 리가 없다고 생각하니 한편으로 이해는 되었다. 그러나 우리는 접속재에 대한 경험이 조금도 없었다. 불가능한 현실 앞에서 사표만이 답일까. 한참을 생각하며 차근차근 이 프로젝트의 의의에 대해 생각했다. 우리나라 중화학공업의 발전을 위해 초고전압 기술의 독립은 필수라는 생각이 들었다. 국가의 발전을 위한 일이라고 생각하니 쉽게 물러설 수 없었다. 이걸 자존심이 걸린 문제였다.

전임 사장의 연구개발에 대한 확고한 철학이 있었다. 경험은 부족해도 연구에 대한 열정이 뒤따르는 사람만이 연구소에 입소할 수 있었다. 따라서 설립된 지 얼마 안 된 우리 연구소에는 드높은 사기와 연구 열정이 넘쳐나는 젊은 엘리트들이 고분자 연구실과 초고압 연구실에 배치되어 있었다. 이들 중에는 병역특례 석사도 몇 명 있었다. 연구소가 없던 시절, 본인이 공장의 생산과장 때부터 함께 일해 온 경험 있는 연구조원들도 있었다. 귀국 후 이들과 함께 허심탄회하게 상의해보았다. 이들은 모두 아무 문제가 없으니 자체 개발하자고 본인을 위로하는 것이다. 이 날을 계기로 최신 기술의 개발을 시작하게 되었다. 오히려 잘된 일이었다.

본격적인 개발을 시작하기 전, 국내에서 경험자를 수소문하였다. 그러나 154kV의 높은 전압에 견디는 부품을 취급한 경험이 없어 여의치 않았다. 결국 독일에 있는 스승과 미국 스탠포드 대학 출신의 에폭시 전공 지인에게 의사를 타진하였다. 독일의 박사는 은퇴를 앞두고 있어, 왜 연금을 못 받게 하느냐며 화를 냈다. 스탠포드 대학 출신의 미국 박사는 전례 없이 높은 조건을 요구해 초빙이 불가능했다.

초고압 연구실 내 젊은 여러 연구원들 중 초고압 분야 실력을 인정 받은 L연구원이 실장 대리 역할을 맡았다. L연구원이 일본의 젊은 연구원 모임 'Wakate'를 통해 F사로부터 협력 의향이 있다는 소식을 들었고, 나와 동행해 일본으로 출국했다. 그러나 막상 약속장소에 나타나지도 않고, 협력 제안도 거절하였다. 일본인들의 속셈을 알게 된 이상 절대로 이들과의 전쟁에서 질 수는 없다고 생각했다.

더욱 전투적으로 개발에 집중하기로 했다. 접속재 개발팀은 연구에 대한 열의가 대단한 3개 팀으로 구성되었다. 초고압 연구실 내 L연구원 중심의 시스템 설계팀을 비롯해, 고분자 연구실의 반도체성 고무 컴파운드와 악전고투한 또 다른 L연구원 중심의 스트레스콘 연구팀, 공수부대 출신 역경돌과의 귀재 R연구원 중심의 에폭시 부품 연구팀이 하나로 뭉쳐서 우리에게 주어진 난관을 하나하나 해결해나갔다.

초고압 XLPE 절연케이블 접속재에 들어가는 많은 부품 중 핵심은 전계완화³⁾용 스트레스 콘 및 초고압 에폭시 애관 등이 있다. 스트레스 콘 제조를 위해서는 반도체층과 절연층 사이의 전계 완화를 위해 전기적으로 평활한 계면 형성이 생명이다. 고무테이프를 한층 감은 뒤 가황하고, 또 한층 감아 가황하며 수없이 이를 되풀이 한다고 했다. 가황 성형된 계면을 설계도와 비교해 칼로 수정해가며 형상을 완성한다는 기술 선의 제법은 사실이라면 저 생산성의 재현성 없는 방식이었다. 이 같은 비효율적 방식에서 탈피해 최신 고분자 가공 기법인

3) 전계완화: 전기장의 세기가 집중되지 않도록 분산시켜 절연과피가 일어나지 않도록 하는 과정

사출기술을 이용하기로 했다.

이 스트레스 콘 팀은 가황 전후 고무의 열 변형 문제 해결을 위해 컴퓨터를 활용한 유체역학적 연구도 진행하기로 했다. 그리고 해외의 최신 고무합성수지 전시회에서 실용 가능성이 있는 기술을 확인했다. 최신 정밀 고무사출성형 기술자들과 열땀 토의 끝에 이론적으로 가능하다는 사실을 확인하였다. 드디어 희망이 보였다.

출장 후 회사에 최신 고무사출 설비 구입신청을 하였다. 그러나 연구용이라도 가동률이 너무 낮다는 이유로 구입을 거절당하는 불상사가 일어났다. 아마도 이 기술의 실현성에 의문을 품은 것 같았다. 결국 세상이 나를 버리는구나. 좌절감이 들어 낙담하였다. 그러나 여기서 주저앉을 수는 없었기에, 오기가 발동하였다. 혹시나 국내에 이미 들어온 사출기가 없을까? 사방팔방 수소문 한 결과, 천만다행으로 국내에 구입회사가 있다는 사실을 알아냈다. 그리고 이 회사가 사용하지 않는 시간에 틈틈이 빌려 쓰며 시험 작업을 할 수 있었다. 마침내 하늘이 도운 것이다.

엄동설한 겨울에 안양과 김포의 타 회사 공장을 오가며 L연구원 팀은 연구를 진행했다. 고점도 카본블랙 함유 반도체성 컴파운드와 훨씬 저점도의 절연용 컴파운드로 재현성 있는 계면을 만들어야 한다. 가황 속도 조절을 위한 고무처방 개선은 필수다. 고된 작업이었지만 나날이 연구 성과도 올라갔다. L연구원 팀원들의 악전고투에 감복한 우리 회사는 세계 최고의 정밀 고무사출성형기 구입을 승인하였다. 시간은 걸렸으나 드디어 우리 회사 내에서 원료 생산과 사출 성형실험이 모두 가능해져 작업의 효율성은 눈에 띄게 좋아졌다. 스트레스 콘의 성능

항상이 빨라지면서 이 프로젝트의 성공이 보증되었다. 일본인들의 비협조에 자극받은 한국의 젊은이들이 세계 첨단 과학기술자가 된 순간이다.

에폭시 부품 재료처방을 개발한 R연구원 팀의 고생은 고무 스트레스 콘 팀과 우열을 가릴 수 없었다. 드디어 부품의 합격 여부는 조립 평가 시험에서 최종 판가름 나는데 중간접속과 종단접속의 복잡한 조립과 시험절차는 끝까지 난항을 겪었다. 시험용 단말처리는 숙련된 수작업이 필요한 과정이었기 때문에 설계팀 L연구원 등의 고생이 막심했다. 이 프로젝트의 성공을 마치고 병역특례기간이 끝난 스트레스 콘 팀의 L연구원은 일본 도쿄대에 박사 입학을 지원했는데, 면접만으로 합격했을 정도로 실력을 인정받았다.

점차 가시적 성과가 드러나기 시작하고 본격적인 양산을 위해 조직 보강도 이루어졌다. 그리고 드디어 꿈에 그리던 회사 내 인정시험에서 합격되는 결과를 얻을 수 있었다. 이 기술은 한 번에 끝나는 것이 아니므로, 그 뒤에도 종류별로 수없는 인증절차가 계속 진행됐다. 대한민국의 초고압 케이블을 성공시키는 독립된 접속재 기술이 세상에 등장해 빛을 본 것이다. 사표 제출까지 고민하며 몇 번씩 좌절했던 순간이 주마등처럼 스쳐 지났다. 우리팀 연구원들은 어떤 어려운 기술이라도 도전할 수 있다는 자신감을 얻게 되었다. 접속재의 자체 개발 완료는 젊은 연구원들 그리고 연구소 밖 사내 유능한 인재들의 합심과 미개척 기술을 향한 창의적이고 도전적인 노력이 만든 금자탑이다. 회사의 적극적인 지원 덕분이기도 하다.

우리가 개발한 것보다 더 높은 단계인 345kV 초고압 CV 전력케이블 접속재 및 OF 케이블 접속재도 잇따라 개발에 성공했다. 비로소 초고압 케이블 사업은 G사의 달러박스가 되어 회사 성장의 견인차 역할을 하였고, 초고압 케이블 시스템의 수출은 대한민국의 기술 확립에 지대한 공헌을 하게 되었다. 집념이 강한 우리 팀의 의지로 아득했던 초고압 선진국의 벽을 넘을 수 있었다고 생각한다.

더불어, 항상 명랑하고 긍정적이었던 초고압 연구실의 실장 대리 L 연구원이 당시 얻은 심신의 병이 하루 빨리 완치되길 기원하며 이 글을 마친다.