

# 대한민국 플라즈마 연구의 태동 : 서울대학교 정기형 교수님

주정훈

이번 호부터 플라즈마 과학 기술의 연구 개발 및 산업 현장 응용에 대한 이야기를 르포 형식으로 연재하기로 했다. 가속기와 플라즈마 핵융합으로 대표되는 거대과학의 시초를 만든 우리나라 과학자를 꼽으라면 아마 서울대학교 원자핵공학과 정기형 명예교수님이 될 것이다. 현재는 정년 후 강원도의 초청으로 전자빔 가속기와 플라즈마 응용 관련 연구를 위해 철원군에서 세 곳의 연구 캠프를 운영 중이며 플라즈마 파암 기술은 기업이전을 통해 해외로도 진출하고 있다. 2015. 6. 16(화) 필자가 이곳을 방문하여 나눈 내용을 정리해서 적는다. 당일 대답에는 한국가속기 및 플라즈마 연구협회(KAPRA) 회장이신 단국대학교 노승정 교수와 GS 플라텍의 황순모 대표가 동석 했다.



[Fig. 1] 철원 소재 플라즈마 연구 개발 베이스 1 - 첨단 전자빔 산업 기술 이용센터 (www.kapra.org 참고)

**(주정훈)** 교수님, 안녕하십니까? 81년에 공대에 입학하고 나서 31동 현관을 지날 때마다 검은 색 철문 안에는 무엇이 있을까 하는 궁금증이 있었는데 85년에 금속공학과 대학원을 한봉희 교수님 실험실로 진학하고 플라즈마 공부를 시작한 후에 가끔 원자핵공학과 대학원생들을 만날 기회가 생기면서 공사 현장 같기도 하고 구로동의 철공소 같기도 한 실험실과 장치들을 보게 되었습니다. 과거 공릉동 공대 시절에 어떻게 가속기와 플라즈마 연구를 시작하시게 되었는지요?

**(정기형)** 1950년 6.25전쟁 이후 회복을 하는 격변기에 있던 60년대의 대한민국은 모든 면에서 부족하고 정신이 없는 상태였다고 생각합니다. 경제 규모 면에서 지금과는 비교도 할 수 없는 수준이었지요. 대학도 예외가 아니어서 학과 실험 실습비가 모두 털어서 35만원 정도 했습니다. 당시 국립대 학생 1인당 등록금이 7만원 정도였다고 보면 현재 2,000만원 정도가 아닌가요 합니다. 1959년에 한국원자력연구소가 국제원자력기구인 IAEA의 지원을 받아서 설립이 되고 문교부(현, 교육부)에서 받았던 연구비가 70만원이었습니다.

원자력 관련 연구를 위해서는 핵종에 대한 데이터가 필수적인데 당시 선진국들은 이런 데이터의 공유에 대해서 give & take의 원칙, 즉 데이터 생산에 기여를 해야 다른 데이터를 볼 수 있도록 하는 입장을 가지고 있었기 때문에 우리도 무언가 만들어 내야만 했고 부족한 연구 인프라였지만 젊은 교수들의 패기와 학생들의 열기를 합쳐서 한 걸음씩 내 딛게 되었습니다.

**(노승정)** 과거 공릉동에 공대가 있을 때 가속기를 만들기 위한 압력 용기를 폐 보일러를 구해다가 사용했던 적이 있습니다. 장비를 동원하여 이송을 해야 하는데 비용이 없어서 학생들이 개미처럼 달려들어 보일러를 굴려서 언덕 위의 실험실까지 가지고 갔던 기억이 납니다.

**(정기형)** 네, 맞습니다. 그 장치를 완성하는 과정에서도 많은 어려움이 있었습니다. 폐 보일러라 보니 많은 부분에서 리크가 있었고 현재와 같이 리크 검출기가 있던 것도 아니어서 새는 곳을 찾는데 거의 모든 시간과 노력을 다 투입했었죠. 미국과 같은 경제 대국들이 하던 연구를 이제 겨우 중화학 공업을 시작하던



**<저자 약력>**

주정훈 교수는 1990. 서울대학교 박사 학위 수여후 KIST, GoldStar Electron 반도체 연구소를 거쳐 1992년부터 군산대학교 신소재공학과 교수로 재직 중. 1996. 2005-2006 미국 New York의 IBM T.J. Watson Research Center 객원교수, 2012-2013 서울대학교 재료공학부 객원교수, 현재 <플라즈마 융합 공학 대학원> 학과장, 한국진공학회 ASCT 편집위원장 (jhoo@kunsan.ac.kr)



단계의 우리가 시작하려다 보니 어려운 일들이 한두 가지가 아니었습니다. 마치 1980년대 초반에 메모리 반도체 생산을 시작하면서 겪었던 것과 비슷하다고 할까요.

**(주정훈)** 당시에 대학원 학생들이 많이 있었습니까? 실험 연구를 하려면 아무래도 손이 많이 필요하고 장학금 등의 경제적인 지원도 있어야 했을 것 같습니다.

**(정기형)** 한 해에 유학을 가는 학생들 추천서를 160장 썩 썼습니다. 미국 MIT (Massachusetts Institute of Technology) 원자력 관련 입학생 중 수석부터 5등까지가 모두 우리 학생들이 있습니다. 해외 관련 정보는 학술 잡지와 함께 이들 유학생들이 전해 오는 정보가 전부였다고 해도 과언이 아닙니다. 우리 학생들에게 강의했던 과목들은 C. Kittel의 Solid State Physics, Heat & Mass transfer, Statistical Physics 등이었는데 공과대학의 재편으로 응용물리학자가 1973년까지 존속했고 공업교육과는 1977년까지 있었습니다. 당시 AID차관 자금이 지원되어 실험용 기자재들을 구입했는데 처음으로 GM counter (Geiger Muller)를 도입해서 실험을 했던 기억이 납니다. 핵종의 특성 수치 데이터 수집을 위해서 초보적이지만 Van de Graff 가속기를 1977년에 제작을 시작했었고 이 과정을 통해서 많은 학생들이 경험을 쌓고 사회로 진출해서 기여를 했습니다. 턱 없이 부족한 자원 때문에 고생을 하고 있을 때 과학기술처 장관님이 방문해서 둘러보시고는 한국과학재단을 통해서 연 2,000만원의 연구비를 지원해주셨습니다. 학생들 장학금으로도 쓰여서 큰 도움이 되었고 이 과정에서 최병호 박사<sup>1)</sup>가 개발한 코드가 Los Alamos 연구소에 등록되는 성과도 있었습니다. 그 후 이들 인력이 주축이 되어 우리나라의 대표적인 거대 과학 장치인 포항 가속기, KSTAR, 양성자 가속기 등이 건설되었고 현재 중이온 가속기의 건설이 한참 추진 중에 있습니다. 전 세계 플라즈마 핵융합 기술의 총아인 ITER에도 참여하게 된 것도 모두 이들 인력의 양성과 배출이 있었기에 가능했다고 생각합니다.

**(황순모)** 연구비 지원의 효과는 생각했던 것보다 컸던 것 같습니다. 당시 제가 대학원생일 때 5,000만 원 정도의 연구비 재원을 가지고 진행을 했었는데 졸업 후 연구소로 진출해보니 한 팀이 겨우 1,000만원을 가지고 나누어 쓰고 있는 정도였습니다. 결국 조금 다른 주제의 수탁 과제를 2억 원에 확보해서 연구를 진행했지요. 지금은 연 100억원을 지원하는 연구 과제도 다수 있을



[Fig. 2] 서울대학교에서 처음 만들었던 플라즈마 핵융합 장치 SNUT-79

만큼 R&D 재원에서는 양적 성장을 많이 했습니다.

**(정기형)** 플라즈마 핵융합에 대한 관심은 1, 2차 오일쇼크의 영향으로 새로운 에너지원 개발 경쟁이 미국, 소련, 유럽, 일본에서 진행되고 있었던 것이 계기가 되었고, 이 중 구 소련의 토카막 T-3의 눈부신 성과는 아주 큰 자극이 되었다. 이렇게 해서 만들어진 것이 SNUT-79였습니다. 지금은 대전의 국가핵융합 연구소에 전시되어서 KSTAR를 방문하는 사람들에게 우리나라 최초의 핵융합 연구 장치로 소개되고 있지요. 이것이 효시가 되어서 KAIST, 한양대학교, 경북대학교 등에서도 플라즈마 및 핵융합 강좌를 개설하고 주로 이론 위주의 강의 및 연구를 시작했습니다. SNUT외에도 한국원자력 연구소에서 건설한 KT-1도 있었는데 모두 자원 조달이 어려워서 10여 년이 걸려서 완성을 했습니다. 이의 영향으로 80년대 후반부터 90년대 초반까지 포항공대, 아주대, 국민대, 외국어대, 동아대, 광운대, 숭실대, 경기대, 대구대, 제주대, 단국대 등 국내 여러 대학에 플라즈마 관련 과목들이 개설되어 고급 인력을 배출하는 기반을 다지게 되었습니다. 적은 재원이 주는 장점도 많았습니다. 심지어 선반을 가지고 직접 실험 부품을 가공하여 용접, 연마까지 하는 과정에서 많은 기반 기술의 중요성을 알게 되고 이런 경험들이 바탕이 되어 학생들이 사회로 진출한 다음에 연구 성과의 기업 이전 시에도 보다 현장 감각을 아는 전문가의 눈으로 임할 수 있게 되는 것 같습니다.

**(주정훈)** 저는 금속공학과 학부를 다니면서 금속의 전자현미경으로 볼 수 있는 원자들의 배열과 같은 미세 조직에 대한 이론적인 공부는 많이 했지만 실제로 금속을 녹여서 가공하는 실험은 거의 해보지 못했는데 대학원에 와서 보니 오히려 원자핵공학과 학생들은 선반으로 직접 진공 플랜지를 가공하고 이를 진

1) 한국원자력연구소 양성자가속기연구센터장 역임

공 챔버에 용접해서 시스템을 완성하는 등 보다 실무적인 경험을 많이 가지고 있는 것에 놀랐던 적이 있습니다. 이론과 실험을 조화시키는 것이 때로는 쉽지 않았을 것 같은데 어떠셨는지요?

**(정기형)** 과거에 미국 일리노이 대학을 가보니까 벌써 자연과학과 공학이 융합적으로 운영되고 있는 것을 본 적이 있습니다. 연구 과제도 공동 수주하고 공동 진행하면서 서로 많은 것을 배우는 것이죠. 우리나라는 이제야 조금씩 서로의 벽을 허물고 학생을 비롯한 연구진의 교류가 시작되고 있는 것이 비해서 아주 일찍부터 시작했다고 할 수 있는데 과학과 기술이 발달하게 되어서 그 깊이가 깊어지면 서로의 경계는 무의미해진다고 할 수 있겠습니다. 사람도 마찬가지로 정신과 신체의 조화가 중요하지요. 과거에 연구실 학생들에게 자전거를 사주고 주말이면 다들 자전거 하이킹을 다녔습니다. 주중에 바쁜 연구 일정으로 지친 몸을 리프레시해서 새로운 한 주를 맞이하도록 하려는 의도였습니다.

**(노승정, 황순모)** 자전거 사 주시고 타라고 하시니까 반강제적으로 했었지만 정말 좋았던 것 같습니다. 건강한 몸에 건강한 정신이 깃든다는 교수님의 말씀은 지금도 지키려고 애쓰고 있습니다.

**(정기형)** 미래를 내다보고 준비한다는 것은 참 어려운 점이 많습니다. 미래(未來) 즉, 오지 않은 시간을 상상하면서 어떤 것이 필요할지를 죽집게처럼 맞춘다는 것은 쉽게 가능하지 않습니다. 특히 재원을 나누어 써야 하는 상황에서는 동료들의 평가를 거쳐야 하는데 당장 눈앞에 보이는 것에도 쓸 재원이 부족한데 아직 닥치지도 않은 상황을 가정해서 요구하는 사람에게 쉽게 지원의 손길을 뻗기는 힘들었던 것 같습니다. 물론 이제는 전쟁의 상처에서 많이 복구했고 R&D 인프라 구축도 상당히 잘 되어 있어서 투자의 여유가 없는 것은 아닙니다만, 아직도 선지자적인 의견에 대해서 제동 먼저 걸리는 분위기가 있다면 고쳐야 한다고 생각합니다. 30년 전에 융합 학문적인 성격의 과제를 제안한 적이 있었는데 심사위원들의 이해 부족으로 지원을 받지 못했던 적이 있습니다. 지금 같으면 최우선 순위로 선정이 되었을 것이라 생각합니다. 너무 앞서 갔던 것일까요.

**(주정훈)** 학문의 벽을 허문다는 이야기가 나왔으니 생각나는 것이 있습니다. 80년대에 금속공학과에서 TV의 부품으로 사용되는 CRT 유리 연마제로 희토류(rare earth metal) 금속 산화물을 가지고 연마제를 개발하는 연구를 기업과 같이 진행한 적이 있었는데 교수님 쪽과도 교류가 있었는지요?

**(정기형)** 자연과학에 가까운 부분을 많이 가지고 있는 원자력 및 플라즈마 연구는 조금만 눈을 돌리면 현실에 적용하여 실용화할 수가 있습니다. 세상을 바꾸는 연구 성과는 사람들이 사용하는 용어에 영향을 미치게 되지요. 석기시대 - 청동기 시대 - 철기시대 등은 사용했던 재료에서 이름을 따왔고 IT시대 등은 기술에서 작명이 되었습니다. 플라즈마와 함께 아주 근원적인 기술의 하나인 원자력은 물질의 종류를 바꾸어 버릴 수 있는 놀라운 능력을 가지고 있습니다. 지금 우리가 일상생활을 영위하는데 필요한 에너지원은 모두 태양으로부터 빌려 쓰고 있습니다.

한번은 미국의 Oak Ridge National Lab에서 나온 연차 보고서 살펴보니 우리와는 많이 다른 주제들을 연구하고 있는 것을 보고 그 이유와 향후 목표에 대해서 많은 시간을 할애해서 분석했던 적이 있습니다. 한 예를 들자면 자연계에는 92종의 원소가 있지만 동위원소는 약 6,000여 종 됩니다. 그 중 암세포의 표적 물질로 사용되는 몰리브데늄 동위원소는 연간 1 kg 정도 수요가 있고 그 비용은 130억 원 정도입니다. 천연 자원의 고갈로 2017년 정도까지 사용할 수 있을 것으로 추산되고 있습니다. 국내에 방사선 관련 학회가 5군데 정도 있는데 아직 뚜렷한 성과는 못 내고 있는 것 같습니다. 지금 우리나라에 도입되어 가동되고 있는 핵자기공명 영상장치(MRI)가 수백 대에 달하는 것을 고려하면 가만히 앉아만 있을 때가 아니라고 생각합니다.

**(주정훈)** 현재 우리나라의 연구자들이 정량적인 평가 기준인 SCI 논문 편수나 인용횟수를 기반으로 한 IF (impact factor) 등에 너무 치중하여 창의적이고 모험적인 연구 보다는 돈이 되는 주제에만 집중하는 것이 앞날을 위해서는 큰 문제가 된다는 목소리가 높습니다. 어떻게 생각하시는지요?



[Fig. 3] 과거 국내의 플라즈마 연구 관련 자료사진을 설명하시는 정기형 교수님



**(정기형)** 이 문제는 연구재단에서 직접 연구 행정의 경험이 있는 노 교수가 잘 알고 있을 것 같습니다.

**(노승정)** 네, 제가 한국연구재단에서 사업단장으로 봉사했던 몇 년간의 경험으로 미루어 보면 우리 학계와 연구계에 제약된 재원에 대한 경쟁 시스템을 도입하는 과정에서 생기는 불가피한 점으로 생각됩니다. 실제로 창의연구 사업을 진행을 해도 기존의 연구 결과가 많은 팀이 절대적으로 유리하고 아이디어만으로는 접근하기 어려운 실정이지요. 거대과학의 경우는 특히 국민적 합의를 도출하기 어려운 경우가 많아서 정치적으로 결정되는 경우도 있었지요. 연구 성과에 대한 평가는 점차 실용성을 중시하는 쪽으로 많이 이동하고 있다고 생각합니다. 특히 지역 대학들의 경우 점차 연구 인력을 구하기 어려운 상황이 발생하고 있고 이를 외국 학생들이 채워나가고 있는 경우도 많아지고 있습니다. 청소년 인구가 적은 곳의 경우 특히 심각해질 것으로 우려되고 있으나 공공기관 지방 이전 등 정부가 나서서 지역 활성화에 많이 노력하고 있으므로 점진적으로 성과가 나오지 않을까 기대해봅니다.

**(정기형)** 강원도의 경우 민간인보다 군인이 더 많은 특이한 지역인데 분단 문제가 경제적인 물꼬를 통해서 하나씩 해결되어 간다면 이곳이 전진 기지가 될 것입니다. 한 예를 들면 러시아에서 천연 가스를 공급받게 되면 그 통로는 철원 지역을 연결고리로 해서 수도권으로 가게 되고 원유 도입 항구 인근이 석유 화학 단지가 되는 것처럼 이곳은 가스 정제 등의 산업이 활발하게 될 것입니다. 석탄의 경우는 플라즈마 기술을 이용한 가스화 과정을 응용하면 손쉽게 청정 연료로 만들 수 있습니다 ( $C + H_2O \rightarrow H_2 + CO$ ). 이미 정부의 연구비 지원으로 국가어젠더 사업(NAP: National Agenda Project)로 연구가 진행되고 있으며 지하 심층에 남아 있는 석탄의 경우 채탄을 하지 않고 파이프를 이용해서 선단에서 바로 가스화를 시켜서 뽑아내는 기술을 태백의 폐광 지역에서 벤처 기업이 시도하고 있습니다. 지표면에 노출된 석탄이 많은 곳이 아직도 일부 나라에 있지만 이제는 대부분 채탄에 많은 비용이 들고 연소 후 배출되는 유해 가스 때문에 직접 고체 상태로 연소 시키지 않고 가스화를 하려는 시도가 많습니다. 물론 저급탄의 비중이 높은 곳에서는 더 많은 관심을 가지고 있습니다.

**(주정훈)** 최근 MERS (중동 호흡기 증후군) 때문에 온 나라가 어지럽습니다. 핵융합 이외의 저온 플라즈마를 바이오 분야에 적용하려는 시도들도 많아지고 있는 것 같습니다.



[Fig. 4] 직접 마이크로웨이브 플라즈마를 발생시키면서 설명을 해주시는 모습

**(정기형)** 병원 내 감염의 경우에는 대기압 플라즈마를 이용해서 손쉽게 실내 공기를 멸균 처리 할 수 있습니다. 화학 물질을 취급하는 공장의 경우에도 공기 정화에 이용할 수 있지요. 토목 환경 분야에도 크게 응용이 되고 있는데 대표적인 분야가 파암(암석 파쇄) 공정이라고 할 수 있겠습니다. 노벨상의 원조인 알프레드 노벨이 발명한 다이내마이트로 발파 작업을 해왔는데 민가가 인접한 곳에서는 파편 문제로 쉽게 사용할 수 없고 해저 터널 공사 등에는 물 속에서 폭발을 시키기 어려운 문제도 있습니다. 최근 인도, 홍콩 등지에서 육지 연결 터널 공사에 수중 파암 공정이 필요한데 여기에 우리의 플라즈마 공법을 개발한 벤처 기업이 진출해서 작업을 하고 있습니다. 특히 미국의 911 테러 사태 이후에는 화약류에 대한 관리가 엄격해져서 더욱이 플라즈마 파암 기술에 모아지는 관심이 높은 것 같습니다. 바이오 분야의 다른 한 축은 농식품 쪽인데 아주 활발히 연구가 진행되고 있습니다.

**(주정훈)** 장시간 인터뷰에 응해 주셔서 대단히 감사합니다.

인터뷰 후 연구소에 설치되어 있는 자료와 각종 장치들에 대해서 직접 설명을 해주셨고 대기압 마이크로웨이브 플라즈마 발생 장치를 직접 작동 시키면서 설명을 해주시는 열정을 보여주셨다. 대학에서 정년을 하신지 벌써 13년이 지나고 있는데 플라즈마 연구에 대한 정열은 오히려 더 강해지고 있음을 느낄 수 있었다.

#### References

- [1] 한국가속기 및 플라즈마 연구 협회 사이트 (<http://www.kapra.org>)
- [2] 한국물리학회 플라즈마 분과 소사
- [3] 서울대학교 공학박사 학위 논문, 최병호