

나노·멤토과학 이끌 ‘제4세대방사광가속기’ 건설 앞당겨야

글 | 고인수 _ 포항공대 물리학과 교수 isko@postech.ac.kr

포항가속기연구소는 ‘한국과학창달의 초석’이라는 기치 아래 정부, 포스코, 포스텍(포항공과대학교)의 상호 협력으로 국가공동연구시설인 포항방사광가속기(PLS)를 1천500억 원의 재원으로 건설하였다. 부지 20만 평 위에 건물설계·부지조성의 준비기간(1988. 4 ~ 1991. 3)과 건설·설치·시운전의 사업기간(1991. 4 ~ 1994. 12)을 통하여 6년 이상의 시간과 노력이 소요된 우리나라 역사상 최대 규모의 단일 연구 설비이다. 우리나라 과학자들의 힘으로 완공한 최초의 다목적 국가공동 거대연구시설이자 국제적

으로도 경쟁력을 갖춘 최첨단형인 포항방사광가속기는 1995년 9월부터 지금까지 12년째 운영되고 있다.

PLS, 국내 연구능력 세계수준으로 끌어올려

PLS는 제3세대 방사광가속기로 준공 당시 빔 에너지와 규모면에 있어 미국, 일본, 유럽공동체에 이어 세계 4위권에 속하는 첨단 시설이었으며 완공된 순서로 볼 때도 5위였다. 또한 PLS는 국제공동연구시설로 국내 과학자는 물론 해외 과학자들도 이 시설을



포항 방사광가속기연구소 전경

방사광 이용 연도별 수행 실적

(단위: 과제)

구분	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	계
이용신청	58	124	173	171	255	322	408	467	531	631	797	3,937
배정	28	93	135	148	160	245	292	319	403	519	662	3,004
실험수행	18	69	139	130	156	237	270	310	382	489	648	2,848
실험인원(명)	78	28	3577	646	659	883	1,071	1,197	1,321	1,466	1,957	10,138
논문 수	46	66	136	219	273	293	406	473	559	686	669	3,826

※ 2005년 논문 발표 실적은 현재 접수중임.

이용할 수 있으며, 활용 분야 역시 모든 과학 분야에서 이용할 수 있는 다목적의 시설로 태어났다. 초기에는 국내에서는 처음으로 시도하는 거대공동시설인 관개로 예산조달과 운영실체에 대한 혼선과 부정적인 관점이 정부와 과학계에 있었던 것도 사실이다. 이는 대형공동연구시설에 대한 인식부족, 연구 환경의 미성숙 등과 연관되어 있다고 본다. 초기에 우려한 모든 문제점이 다 해결된 것은 아니지만, 이제 PLS는 기초과학 연구와 그 산업적 응용을 위한 연구의 국가 경쟁력 확보를 위해서 없어서는 안 될 중요한 첨단 과학시설이 되었고, 과학기술에 대한 국가위상을 고양시키는데 지대한 기여를 하고 있을 뿐만 아니라 거대공동연구시설의 중요성과 성공적인 운영사례로 자리매김 하기에 이르렀다. 포항방사광가속기는 오늘날 기술 패권주의가 날로 치열해지고 있는 국제 사회에서 우리 나라 과학기술의 자립과 선진화의 기틀을 이룩하는데 한 축을 담당하고 있다.

준공 초기에는 X선, 자외선 각각 1기씩의 빔라인으로 58과제의 빔타임을 신청받아 실험이 가능한 28과제에 빔타임을 배정하였으며 이중 18과제를 소화했을 정도였으나, 지난 2005년도에는 24기의 빔라인에 797과제의 빔타임을 신청받아 648과제의 실험을 수행하였으며, 10년이 경과한 지금 3천600%에 가까운 괄목할 만한 증가를 보였다. 그리고 실험자 수도 78명(1995년)에서 1천957명(2005년)으로 증가하여 PLS를 이용한 연인원이 1만 명을 돌파하였고, 연구논문 발표실적은 초기 수 편에서 686편(2004년)으로 증가하였다. 2005년까지 총 3천826편이 국내외 학술지 및 학회에 발표되었으며, 이중 총 977편이 SCI급 논문이었다. 연구 결과의 양적 증가뿐만 아니라 질적인 면에서도 그 성과가 자랑할 만하다. 2003년 9월 비아그라의 구조 연구와 2005년 10월 B-DNA와 Z-DNA의 결합부분을 규명한 연구 성과는 모두 우리 나라에서 포항방사광가속기를 이용해 이루어진 연구업적으로 네이처의 표지를 장식하

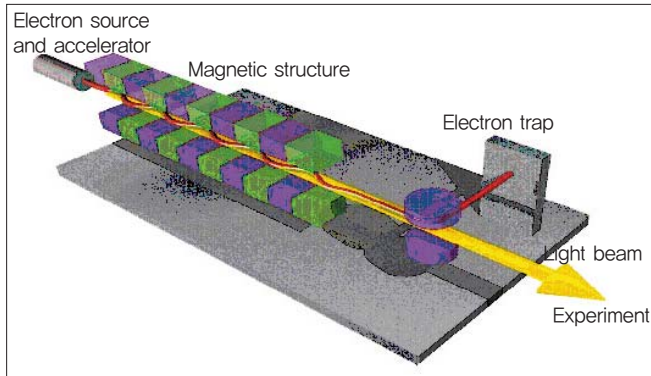
기도 하였다.

이는 PLS에 대한 정부의 지속적인 예산지원으로 시설의 운영비와 연구비가 조달되어 빔라인의 건설이 중단없이 진행되었으며, 사립대학교에 속해 있는 연구소의 특성상 자유로운 분위기에서 학계, 연구계, 그리고 산업계의 과학자와 전문가들이 방사광 시설을 활발히 이용하여 국내 방사광 이용자의 저변확대가 이루어진 결과라 하겠다.

그러나 매년 막대한 규모의 예산과 인력이 투입되어 실험시설을 운영하고 새로운 빔라인을 건설하고 있지만 방사광 실험시설을 이용하는 과학자들조차 방사광 시설의 정상가동에 소요되는 인프라스트럭처의 규모나 존재의 당위성에 대하여 아직까지도 충분한 이해가 부족하다. PLS는 세계적으로 경쟁할 수 있는 연구 장비로 국내 연구능력을 세계 수준으로 끌어올리기 위해 건설됐다. 특히 최근 과학기술 연구가 점점 대형화·복합화하면서 첨단연구를 위하여 대형시설을 이용하는 일이 필수적인 시대로 변해가고 있는데, PLS는 국내 최초의 대형공동연구시설로서 이러한 시설의 운영모델을 정립하는 데도 기여하고 있다. 따라서 이러한 대형 첨단 연구시설이 해외의 유사 연구시설과 비교할 때 연구 능력 면에서 지속적으로 경쟁력을 갖추기 위해서는 끊임없이 가속기의 성능을 개선해야 하며, 빔라인의 증설을 통하여 첨단 연구 분야를 다양하게 발전시켜야 할 것이다. 또 앞으로 NT, BT, IT 등 중점 연구 분야에서 나노미터의 공간분해능과 펨토 초의 시간분해능을 요구하는 연구가 점점 증가할 것으로 미루어볼 때 기존시설의 꾸준한 성능개선과 제4세대 방사광 가속기와 같은 고성능 시설의 추가건설이 필연적으로 이어져야 할 것이다.

제4세대 방사광가속기 빛의 밝기 PLS의 10억배

제4세대 방사광 가속기는 그 파장이 원자 크기 정도의 X-선이



고, 순간 최대 광 출력이 수백억 킬로와트이며, 횡방향 결맞음이 완벽한 이상적인 자유전자 레이저이다. 이러한 혁명적인 새로운 장치는 지구상에 존재하는 어떤 광원보다 더 밝은 X-선을 발생시킬 수 있다. 제4세대 방사광 가속기는 고휘도의 전자빔 번치를 발생시키는 전자총과 이 전자빔 번치를 가속시키는 전자가속기, 전자빔 번치가 사행운동을 하면서 방사광을 발생시키는 자석구조인 언듈레이터, 방사광을 실험 장치까지 유도할 수 있는 빔라인으로 구성된다. 기본 구성상으로 보면 언듈레이터와 빔라인은 제3세대 방사광과 동일한 구조를 하고 있으나 품질이 현저히 차이가 나는 전자빔 번치를 단 1회 통과시키면서도 제4세대 방사광 가속기는 현재 포항방사광가속기에 비하여 빛의 밝기를 10억 배나 더 밝게 할 수 있다.

원형가속기인 3세대 가속기의 한계를 극복하고 이처럼 빛의 밝기를 크게 할 수 있는 이유는 선형가속기인 4세대 가속기에서는 진행방향으로 전자속도 성분의 균일상태를 나타내는 전자의 에미턴스를 약 100배 좋게 유지하면서도 빛을 발생시키는 전자 빔 번치의 길이와 단면의 크기를 크게 줄여 전자 밀도를 1천배 이상 크게 할 수 있기 때문이다. 방출되는 빛 펄스의 길이가 머리카락 굵기보다 작은 수십 마이크로 정도 아주 짧기 때문에 물질의 내부에서 일어나는 현상을 실시간으로 관측할 수 있다. 그 결과 화학반응에서 일어나는 반응의 중간과정들을 펨토 초의 시간분해능으로 관측할 수 있게 된다.

강력한 레이저의 특성을 이용하면 결정화되지 않은 한 개의 DNA 분자로부터 복잡한 구조를 갖는 비결정 구조의 해석에 필요한 정보의 수집이 가능하다. 특히 생체고분자 단분자 물질의 구조를 결맞는 X-선 이미징 기술로 획득할 수 있을 것으로 기대되고,

궁극적으로는 단백질 1개의 분자 영상 이미징을 얻을 수 있을 것으로도 예측된다. 현재까지는 단백질의 구조를 규명하기 위해서 거시적인 단백질 결정이 필요했는데, 자유전자레이저를 이용한 기술은 용액이나 생체환경에서도 단백질의 구조를 규명할 수 있는 잠재력이 있어 그 임팩트는 매우 클 것으로 예상된다.

제4세대 방사광가속기가 가지는 레이저 특성, 짧은 파장, 강력한 밝기, 빠른 펄스의 특성은 극미 세계를 연구하는 나노과학과 극초단의 빠른 세계를 연구하는 펨토과학을 동시에 가능하게 하여 새로운 과학적 지식과 기술개발을 창출할 것이다. 이러한 지식은 새로운 재료나 분자를 개발하고 특성을 향상시키는 데 필요한 기초로 활용되어, 관련기술을 진전시키고 경제를 부흥시키며 생활의 품질을 비약적으로 끌어올릴 수 있을 것이다.

새로운 과학적 지식 · 기술개발 창출 기대

현재까지 제4세대 방사광가속기가 가동되고 있는 곳은 없다. 미국 스탠퍼드 선형가속기연구소(SLAC)에서 2008년말 완공을 목표로 약 4천억 원의 건설비로 4세대 가속기 LCLS를 건설중이고, 유럽은 독일 함부르크의 DESY 연구소를 중심으로 약 1조 원의 예산과 2012년 완공을 목표로 4세대 가속기 Euro-XFEL을 건설중이며, 일본 SPring-8 연구소 역시 약 4천억 원의 예산으로 SCSS의 건설을 추진중이다.

포항방사광가속기의 경우 이미 세계 3위급의 2.5GeV 전자선형가속기를 보유하고 있다. 이 선형가속기를 자체적으로 제작하였고, 지난 10여 년간 끊임없이 성능을 개선해온 경험은 제4세대 방사광가속기를 건설하는데 필수적인 자산이다. 이 2.5GeV 선형가속기를 십분 활용하면 개발기간을 단축하고 건설예산(약 1천억 원)을 크게 절감하는 것이 가능할 것으로 기대된다.

우리 나라 과학자들이 세계적으로 경쟁할 수 있는 연구 설비로 포항방사광가속기가 12년 전에 건설되었고, 그 성과는 지난 10년간 충분히 검증되었다. 이제 우리 나라 과학자들에게 세계와 경쟁할 수 있는 연구 설비를 다시 한 번 제공할 수 있는 기회가 왔다. 제4세대 방사광가속기의 건설이 하루 빨리 이루어져 우리 나라 연구자들의 성과가 새로운 학문분야를 창출하고 연구 성과를 선점할 수 있도록 정부의 적극적인 지원을 기대한다. ㉓



글쓴이는 서울대학교 응용물리학과 졸업 후 동대학원에서 석사학위를, 미국 UCLA대학에서 박사학위를 받았다. 현재 포항가속기연구소 소장을 겸임하고 있다.