

⑥ LHC와 CERN

첨단기술 · 지식 창조 의 메카 CERN

글 | 노상률 _ 유럽입자물리연구소 연구원 Sangryul.Ro@cern.ch

LHC는 하나의 거대한 테크노파크다. LHC의 주요 실험 중 하나인 CMS 검출기는 길이 22m, 지름 16m의 원통형으로 크게 네 개의 부분검출기(트래커, ECAL, HCAL, 뮤온챔버)로 나뉜다. 트래커에는 실리콘센서를 내장한 픽셀의 수만 8천만 개, 전자와 광자의 에너지를 재는 ECAL에는 말뚝만한 직육면체 크리스털이 9만여 개나 된다.

27km의 원형터널, 거대한 테크노 파크

먼저 LHC 터널은 27km의 원형터널로서 프랑스와 스위스의 국경을 가로질러 지하 50~175m에 건설되었다. 이 터널은 어떤 곳은 가옥 밑을 지나기도 하고, 시냇물 밑을 지나기도 하고, 큰 도로 밑을 가로지르기도 하며, 쥐라기 시대에 형성되었다는 유명한 쥐라산의 산기슭 아래를 지나기도 한다. 지하에 이렇게 정확하게 원형터널을 건설하는 것은 쉬운 일이 아니다. 유럽의 어떤 산업체에서도 이런 일을 맡으려하지 않아 CERN의 과학자들이 직접 디자인을 하고 측량도 하고 공사를 지휘하여 이 터널을 완성하였다. 마지막에 불과 5cm의 오차로 원형터널이 완성되었다는 것은 놀라운 일이다.

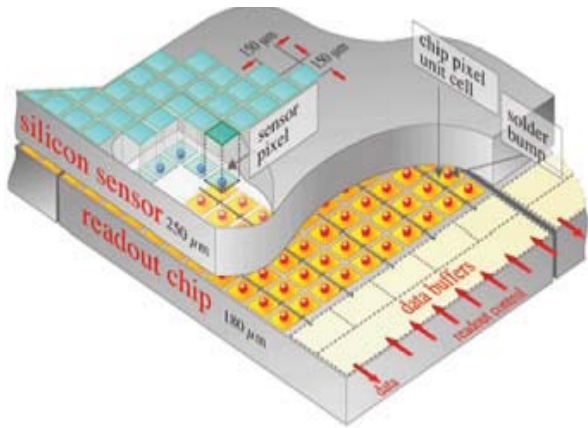
이 터널에는 메인다이폴 자석을 포함한 수십종의 초전도자석이 길이 27km에 걸쳐 설치되어 있다. 이들은 대부분 LHC 빔을 원형궤도로 유도하고 또 충돌하게 하는 역할을 한다. 그중 쿼드로폴 자석들은 빔이 흩어지는 것을 막고 작은 성냥갑 크기 속에 수조개의 양성자들을 포커스하는 역할을 한다. 빔은 양성자빔으로서 7테라전자볼트라는 사상 초유의 에너지를 갖게 된다. 이들이 부딪칠 때는

총 14테라전자볼트의 에너지상태를 창출한다. 이 에너지는 시속 150km로 운행하는 400톤짜리 프랑스 테제베 고속전철이 갖는 에너지보다 크다.

양성자들은 빛의 속도의 99.9999%로 빔파이프 속을 달린다. 이 정도의 속도면 1초에 27km 터널을 1만 바퀴도 더 돈다는 얘기가 된다. 이런 양성자들을 원형궤도로 묶어두려면 큰 자기장이 필요하다. 이들 초전도자석들이 8.36테슬라의 자기장을 만들어낸다. 이 정도의 자기장은 인류의 생활에 막대한 영향을 미쳐온 지자장의 약 10만 배에 해당되는 세기이다. 이런 크기의 자기장을 가능하게 할 수 있는 것이 도선에 저항 없이, 그리고 전력소모가 없이 전류가 흐르도록 할 수 있게 하는 초전도현상이다. 이 초전도자석들은 1.9K(약 -271°C)의 초저온에서 작동을 한다. 거의 대부분이 공간인 우주공간도 약 2K의 차가운 곳이다.

이런 자석들의 코일을 감을 때는 극도의 정밀도와 부단한 주의가 요구된다. 약간의 마찰로도 이상이 생겨 코일이 정상적인 전도로 변하게 해서 초전도상태를 잃어버리게 만든다. 이런 초전도상태를 만들어 낼 수 있게 하는 것이 초유체 헬륨이다. 초유체 헬륨은 아주 특이한 열전도 성질을 갖고 있다. 수킬로와트의 냉각상태를 1km나 전달하는데도 온도의 변화가 0.1K도 되지 않는다. 이런 성질이 4.5K의 온도에서 140kW에 상당하는 냉각력을 27km의 LHC터널에 전달시킬 수 있게 한다. 이를 위해 경제적인 사정상 헬륨캠프러서에 혁신적인 테크놀로지가 요구되었다.

또한 LHC에는 4만 개의 파이프와 70만개의 액체헬륨이 저장되



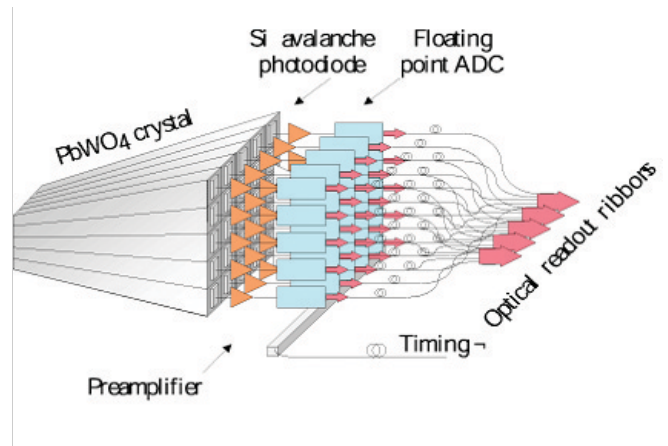
CMS 픽셀검출기

어 있고 최초 냉각을 위해 사용되는 액체질소는 1천200만ℓ나 사용된다. 또한 LHC빔에는 양성자빔이 빔파이프 내의 공기입자들과의 충돌을 없애기 위하여 초고진공(대기압의 약 10조분의 1)이 요구된다.

CMS 초전도자석 직경 14m, 길이 21m

이제 LHC의 모든 시설들이 완성단계에 이르렀다. 20여 년이라는 오랜 세월 동안의 각고의 노력의 결과이다. 빔파이프는 초고진공이 이루어지고 1.9K라는 초저온이 달성되었다. 8월에는 양성자빔을 LHC 터널의 한두 섹터에 돌아가게 하는 인젝션테스트를 몇 차례에 걸쳐 성공적으로 마쳤고 9월 10일에는 최초 빔이벤트도 있었다. 이 이벤트를 시작으로 고에너지 양성자들은 몇 시간 안이나 빔파이프 내에 저장되어 있다가 LHC터널의 네 개의 주요 지점에서 충돌한다.

그 중 두개의 실험은 비교적 작은 실험그룹으로 특수한 목적의 검출기들이고 ATLAS실험과 CMS 실험의 검출기가 보조적인 역할을 하면서 LHC실험의 가장 중요한 목적인 힉스입자 및 새로운 물리적 현상의 발견을 위한 연구를 한다. LHC실험의 핵심기술들은 바로 이들 검출기들에 있다. LHC터널을 쥐라산과 제네바의 레만호를 배경으로 한 공원의 테두리라고 한다면 이들 검출기들이 있는 곳은 중요한 각종 이벤트들이 있는 곳 또는 각종 놀이기구들이 있는 곳과 같다. 이런 검출기들로 인류가 전혀 모르는 현상을 탐구하기 때문에 필수적으로 최첨단 테크놀로지가 사용되고 있고, 그 중 핵심기술은 이런 실험을 계획하는 단계에서부터 개발된 전혀 새



ECAL의 한 크리스털 모듈과 광다이오드, 광섬유 다발

로운 기술이 사용된다. 그래서 오늘날 이런 실험에는 많은 우수한 입자물리학자들이 공동연구진을 이루어 실험에 참여한다. 특히 CMS는 37개국의 155개 연구기관 또는 대학들이 참여하고 있고, 400여 명의 학생들을 포함하여 2천여 명의 과학자들로 구성된 사상 최대의 국제적 공동연구진이다.

CMS 검출기의 트랙커는 입자검출에 있어 가장 중요한 정보라고도 할 수 있는 하전입자들의 궤적을 추적할 수 있게 해준다. 이를 위해 과거와 같이 트랙커 내에 무수히 많은 전선을 깔아놓는 방법을 버리고 CMS 트랙커는 모두 실리콘센서를 사용하는 혁신적인 방법을 택했다. 도합 2만5천 개의 실리콘 스트립센서가 210m²에 이르는 사상 최대의 면적을 커버하고 있다. 이들은 7만5천 개의 APV칩에 연결되어 총 960만 개의 전자채널들을 컨트롤하고 있다. 또한 픽셀검출기는 각자의 크기가 150μm×150μm로서 도합 8천만 개나 된다. 이런 면에서 보면 CMS 검출기는 가히 천문학적인 수의 부분 검출기들로 구성되어 있는 것을 알 수 있다.

픽셀들은 검출하고자 하는 하전입자가 트랙커 속을 지나면서 원자에서 튕겨낸 전자들을 모으고, 전자들이 움직이면 그것이 바로 전류이고, 전류의 양이 전류펄스의 형태로 나타나는 아날로그 시그널이 된다. 이 아날로그 시그널들은 모두 디지털화되어 온라인 컴퓨터로 전송된다. 픽셀의 크기가 작고 수가 많을수록 입자의 궤적을 더욱더 정밀하게 알 수가 있다. 그러다보니 트랙커 시스템의 스트립 트랙커만해도 약 1천만 개의 채널들이 아날로그 데이터를 제공하게 된다. 이렇게 한꺼번에 쏟아지는 막대한 정보를 읽기 위하여 개발된 전자칩들이야말로 핵심기술 중의 핵심기술이다. 입자들



LHC 터널(큰 원)과 부속가속기(작은 원)

이 가진 에너지는 ECAL이나 HCAL 같은 칼로리미터에서 주로 측정된다. ECAL에서는 전자나 빛의 입자인 광자 같은 입자들이 그 속에 완전히 흡수되어 사라지도록 고안된다. 그렇게 전자나 광자들을 효과적으로 흡수할 수 있는 물질이 납과 텅스텐의 합금으로 된 크리스털이다.

전자나 광자가 크리스털 속에 들어가면 눈사태와 같은 현상이 일어난다. 즉 무수히 많은 광자쌍과 전자-양전자쌍이 생겨나게 된다. 그런 크리스털 속에 저장된 에너지는 ECAL로 들어오던 전자나 광자들이 원래 가졌던 에너지와 같고 그 본체는 최종적으로 에너지가 적은 전자들이다. 이들 전자들이 광섬유를 통해 들어오면 그것이 전류가 되고 그것이 시그널이 된다. HCAL은 구리와 신틸레이터의 샌드위치로 만들어져 제트의 형태로 나타나는 쿼크와 글루온들을 검출한다.

그런데 CMS 검출기에서 빼놓을 수 없는 것이 초전도자석이다. 이 자석은 내부에 균일한 4테슬라의 강력한 자기장을 제공하여 하전입자들의 경로를 휘게 하여 운동량을 정밀하게 측정할 수 있도록 한다. CMS의 초전도자석은 초전도코일을 감아 놓은 직경 5.9m, 길이 13m의 솔레노이드는 물론 뮤온챔버도 포함하기 때문에 전체 크기가 직경이 14m이고 길이가 21.6m이며 그 무게가 1만2천 톤으로서 세계에서 가장 큰 초전도자석이다. 그 내부에 자기적 에너지로 저장된 에너지는 18톤의 금을 녹일 수 있는 양이다.

이렇게 하여 뮤온들도 뮤온챔버에서 검출이 되면 양성자와 양성자들이 한번 부딪칠 때마다 생겨난 수천 개의 입자들을 모두 이 CMS검출기가 잡아먹는 셈이 된다. 이 검출기는 맨 안쪽에 있는 빔 파이프에서부터 트랙터, ECAL, HCAL, 초전도코일 그리고 뮤온 챔버들이 양과껍질모양으로 겹겹이 CMS 검출기의 전체 크기 속을 채우고 있다. 각자의 부분 검출기들은 다양한 입자들을 모두 잡아낸다. 즉 입자들은 그들이 가진 모든 정보를 CMS 검출기에 주고 그 속에서 사라진다. 거기에 예외가 되는 것이 뉴트리노들이다. 이들은 약력적 상호작용만 하기 때문에 물질과의 상호작용을 거의 하지 않는다. 태양에서 생성된 뉴트리노들이 지구의 핵도 거침없이 뚫고 지나가버린다. 그들이 물질과의 상호작용을 하지 않는다면 우리는 그들의 존재를 알 수가 없다. 그러나 검출기 속에서 에너지의 비대칭으로 그들의 존재를 확인할 수 있다.

학문의 새로운 장을 열게 될 LHC

이제 곧 초당 약 1억1천만 번이나 양성자와 양성자들이 사상최대의 에너지인 14테라전자볼트로 부딪치면 한 번 부딪칠 때마다 생겨나는 수천 개의 입자들이 이 검출기에 그들이 가진 모든 정보를 주고 사라진다. 이런 상황은 우주가 빅뱅으로부터 생긴지 1초분의 1초도 안 되는 아주 짧은 순간의 엄청난 응축된 에너지 상태이다. 그리고 이곳은 아직도 인류가 밟아보지 못한 전혀 미개척의 영역이



대용량 데이터를 고속처리하는 CERN의 '0계층' 컴퓨터

다. 이런 상황에서 LHC 실험의 가장 중요한 목적인 힉스입자의 발견을 위한 연구와 새로운 물리적 현상의 발견을 위한 연구가 곧 시작된다. 한마디로 말해서 LHC 실험결과가 나오기 전까지는 앞으로 어떤 방향으로 학문적 연구를 진행해야 될지 모른다. LHC 실험 결과에 따라 앞으로 어떤 가속기를 건설해서 어떤 검출기를 만들어 연구를 할지 얘기할 수 있다.

이 실험에서의 가장 선결과제는 물론 힉스입자이다. 힉스입자는 표준모형이라는 기존의 확립된 모형에서 예견된 것이다. 표준모형은 많은 실험을 거쳐 개발되고 확립된 것이다. 이는 뉴턴의 법칙에 있어서도 마찬가지이다. 뉴턴의 법칙은 제2법칙이 핵심이고, 이 법칙은 힘에 관한 아주 간단한 하나의 식으로 표현되어 있다. 그러나 이 식 하나로 이 세상의 거시적인 모든 현상을 기술할 수 있었다. 표준모형은 물론 고차원적인 수식으로 표현되어 있고 관련된 수식의 향도 많지만 결국은 에너지에 관한 하나의 간단한 식으로 표현할 수 있다. 이제 이식으로 모든 현상을 기술할 수 있다.

거시적인 물질세계를 기술하는 뉴턴의 법칙 이후 20세기 초에 출현하여 개발된 상대론과 양자론이라는 양대산맥이 미시적 세계를 기술하기 위해 상대론적 양자론으로 발전하여 표준모형을 탄생시켰다. 이 표준모형은 수십 년에 걸쳐 무수히 많은 테스트를 거쳤다. 그런데 아직까지 이 모형의 예상을 벗어나는 현상은 발견되지 않았다. 물론 몇몇 표준모형을 벗어나는 현상이 발견되어 한때 이목을 집중

시켰지만 결국 데이터의 부족 때문이라는 것이 밝혀졌다. 뉴트리노의 질량문제는 이와 좀 다르다. 근래에 뉴트리노가 질량이 있다는 결과들이 속속 나왔다. 그러나 뉴트리노가 질량이 있다고 하더라도 이것도 표준모형을 실험적으로 보강시키는 역할을 하는 것으로 해석될 수 있다. 지금 현재로서도 이 모형은 99% 확실한 것이다.

힉스입자는 표준모형의 마지막 테스트이다. 따라서 이 입자가 발견된다면 표준모형은 완성이 된다. 그러면 인류는 어떤 자연현상도 더할 나위 없는 정밀도로 기술할 수 있는 도구를 가지게 될 것이다. 만약 힉스가 발견이 되지 않는다면 힉스를 대체할 새로운 방법을 찾아야 된다. LHC는 힉스가 있다면 발견할 수 있을 것이고, 힉스가 발견이 되지 않는다면 힉스는 없다는 결론을 내릴 수도 있다. 하여간 LHC 실험은 표준모형을 완성시켜주게 될 것이고, 그러면 인류는 역사상 가장 유용하고 완벽한 도구를 가지게 되는 것이다.

이렇게 하여 표준모형이 완성되면 이제는 학문의 새로운 장을 여는 연구가 진행될 것이다. 새로운 물리적 현상의 연구는 그런 모형을 벗어나는 전혀 새로운 현상의 발견을 위한 연구이다. 14테라 전자볼트라는 사상 최대의 에너지 상황에서 어떤 현상이 발견될지 아무도 모른다. 블랙홀이 발견될 수도 있을 것이고 초대칭 모형이나 테크니컬러 모형이나 초끈이나 그라비톤 모형들이 나름대로의 예상을 하고 있지만 자연은 어떤 서프라이즈를 숨기고 있을지 아무도 모른다. 인간이 생각할 수 있는 방법의 수는 무수하겠지만 자연 현상은 실제 일어나는 것이기 때문에 그렇다. 그리고 새로운 물리적 현상이란 대부분 새로운 입자의 발견을 의미한다. 새로운 입자가 발견이 되면 그것이 힉스입자의 역할을 할 수도 있을 것이다.

연구과정에서 개발된 첨단기술 산업체로 이전

CERN은 월드와이드웹을 처음 개발한 곳으로도 유명하다. LHC를 만드는 과정에서 수많은 첨단기술이 개발돼 산업체에 전달됐다. CERN의 기술들은 주로 유럽연합국가들의 산업체에 혁신적인 기술을 제공하기 위하여 사용된다. 그 기술들은 물론 각종의 적절한 방법으로 보호가 되어 있다. 그런 기술들의 대부분이 기계·전자산업에 집중되어 있다. 유럽의 어떤 기계·전자분야의 산업체도 CERN과 직접 또는 간접적으로 관계를 갖지 않은 곳이 없을 것이다.

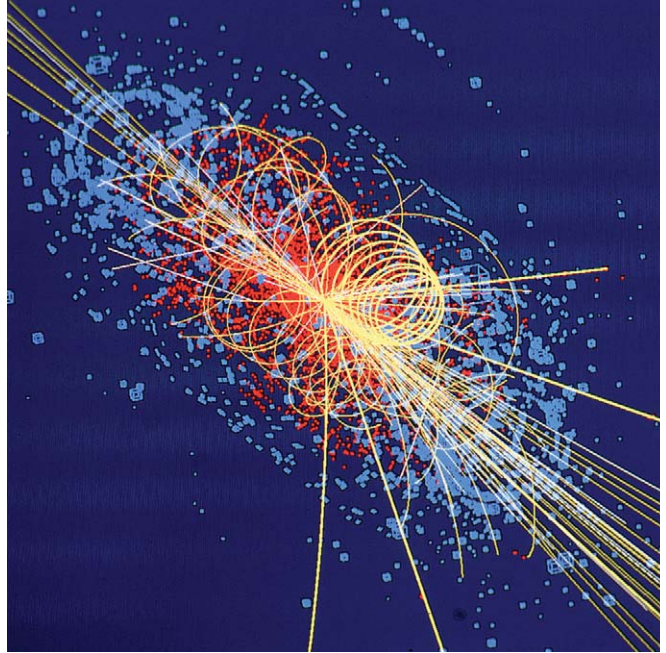
특기할 만한 것들 중 하나가 통신·정보기술 분야의 그리드 테크놀로지이다. 이 분야의 거의 모든 기술이 광자나 전자 같은 입자들을 검출하고 또 전송함으로써 이루어진다. 이들 입자들의 성질은 지난 세기 초반부터 연구되어왔고 오늘날은 입자물리학의 기본적인

인 입자들로서 상대론적 양자론에 기초하여 그들 사이 또는 물질과의 상호작용 및 그 성질들을 더할 나위 없을 만큼의 정밀도로 알 수 있다. 그것이 급기야는 반도체산업과 컴퓨터산업으로 발전하였다. 물론 컴퓨터 하드웨어도 신물질 또는 신소재의 개발 등 아직도 발전할 여지가 많지만 그런 분야는 이미 산업으로 넘어간지 오래고 지금은 컴퓨터 소프트웨어의 개발이 CERN 같은 곳에서 담당하고 있는 주요 기술이다. 가령 CERN에서 WWW가 팀 버너스 리에 의해 1990년에 개발된 것이 그것이다.

WWW는 원래 CERN에서 여러 개의 컴퓨터들 사이에 각종 정보를 공유하기 위하여 개발되었다. 그것이 인터넷에 적용되면서 전세계적으로 발전하였다. 그리드는 WWW의 후속판이다. 그리드는 전세계에 퍼져있는 컴퓨팅자원을 하나의 컴퓨팅자원으로 묶는 아주 강력한 기술이다. LHC와 더불어 CERN은 페타바이트의 정보를 공유해야 되는데 이것이 그리드 개념을 도입하게 만들었다. 그것을 현실화한 한 예가 EGEE이다. EGEE는 그리드 기술을 기반으로 유럽에 하루 24시간 사용할 수 있는 서비스인프라를 구축하기 위하여 개발되었다. 반면 LOG 그리드는 순수하게 LHC 실험을 지원하기 위하여 개발되었다.

그리드는 네트워크 스피드가 생명이다. 그래서 데이터를 빠르게 효율적으로 전송할 수 있는 많은 소프트웨어 패키지들이 개발되었고 더 나은 것들로 끊임없이 교체되어왔다. 한때는 CMS에서도 데이터를 효율적으로 전송하는 패키지들을 개발하기도 하였다. 그때가 초기 단계라 CMS의 미팅들에서 스트레스테스티니 각종 테스트 결과들을 발표할 때는 그게 별개 아닌 것 같았는데 막상 CERN과 미국 시카고 근교에 위치한 페르미랩까지 초당 2.5기가바이트라는 기네스북에 오를 정도의 데이터전송 속도를 달성했다는 발표가 있었을 때는 새삼 이곳에서 이루어지는 연구개발의 의미를 체감하게 되었다. 그리고 지금도 전 세계적으로 많은 물리학자들이 LOG 그리드를 통하여 시뮬레이션 데이터분석을 하고 있다.

이전에는 개개인당 기껏해야 수십 개의 일괄작업을 돌릴 수 있었을 뿐인데, 이제는 LOG 그리드로 한꺼번에 수천 개의 일괄작업을 할 수도 있다. 왜냐 하면 전 세계적으로 퍼져있는 컴퓨터들이 하나의 컴퓨팅자원으로 묶여있기 때문에 그 컴퓨터가 어디에 있는 일괄작업들을 할 수 있기 때문이다. 그 결과들은 또한 예를 들어 히스토그램이 들어있는 루트파일들은 자동적으로 그 작업을 돌릴 때 사용된 스크립트파일에 명시된 곳으로, 가령 사용자의 컴퓨터하드디스크로 전송이 되고 이들 루트파일들은 한 번의 명령어로 하나의



힉스입자가 4개의 뮤온으로 붕괴되는 시뮬레이션

루트파일로 만들어져 손쉽게 히스토그램을 볼 수가 있다. 또한 그리드를 통하여 과학자들 사이뿐만 아니라 다른 도메인과의 데이터의 공유, 더 나은 질과 더 효율적인 정보소스의 사용도 가능하게 되었다. 그 한 예가 마모그리드이다. 마모그리드는 CERN이 주도한 것으로 영국의 옥스퍼드, 케임브리지, 그리고 브리스틀 대학병원과 이탈리아의 많은 병원들이 마모그램 영상들을 공유하고 있다.

의료장비 · 에너지 증폭장치 개발에도 앞장

입자물리학과 함께 발전한 또 다른 특수 분야가 의료장비 분야이다. 양성자나 중성자 같은 헤드론들은 깊숙이 자리 잡은 종양을 치료하는데 가장 적합하다는 것이 오래전부터 알려져 왔고 CERN은 1960년대 말부터 이에 대한 선구적인 연구를 해왔다. 오늘날 유럽으로부터 시작해서 일본, 러시아, 미국에 이르기까지 전 세계적으로 양성자와 탄소이온 테라피를 사용하고 있다. 그래서 CERN의 물리학자인 유고 아말디는 새로운 양성자-이온 가속기의 개발을 강력하게 주창하였다. 또한 1970년대에 이미 CERN에서 PET 스캐너의 프로토타입을 만들어 그것을 제네바대학에서 암 진단에 사용한 이래 많은 의료장비의 개발이 CERN의 한 응용분야로 자리 잡아 왔다. 아주 우수한 입자검출기, 가속기, 그리고 입자빔에 관한 기술의 개발은 질병의 더 나은 진단과 맞춤형 방사선치료법을 제공

하였다. 특히 양성자 테라피와 방사성 동위원소, 그리고 의료영상 등에 널리 활용되어 왔다.

그 외에도 초고진공을 이용한 에너지 분야의 집광판의 개발이라든가 에너지증폭장치에 대한 연구가 있다. 오늘날 고유가시대로 각국 경제에 먹구름이 드리워져 있는 상황에서 이런 분야의 연구가 절실히 요구되고 있다. 고유가시대는 제한된 세계석유자원의 문제로 불과 몇 십 년도 못가 바닥날 것이라는 예측이 벌써 몇 십 년 전에 나왔을 정도로 절박한 현실적 문제이다. 이런 때에 태양광을 이용하는 연구는 의미 있는 것이다. 태양광은 환경친화적이고 무한대로 무료이지만 문제는 유럽에서 최대 파워밀도가 m^2 당 900W밖에 안 된다는 것이다. 태양에너지를 열, 기계 그리고 전자산업 분야에 사용하려면 포커스를 하여 높은 온도를 달성해야 된다. 그러나 중부유럽에서는 50%도 포커스를 하지 못하고 개스전도나 대류 또는 기계적인 접촉이나 라디에이션 등으로 잃어버린다. 그러다 포커스를 하지 않고도 250℃까지 달성할 수 있게 된 실린더형 진공광 콜렉터가 상업화되었다.

평면진공광콜렉터는 글래스와 금속 사이의 밀봉을 줄일 수 있고 집광면적이 넓고 설치와 유지·보수가 용이하며 라디에이션으로 인한 열손실이 적다는 등 여러 가지 이점이 있다. 그러나 이런 종류의 콜렉터는 상업화되지 못했다. 그 주된 이유가 흡광체를 싸고 있는 금속과 글래스 사이의 봉합이 완벽하지 않다는 등의 근본적인 문제 때문이었다. 그러나 초고진공 테크놀로지의 덕분으로 몇 개의 평면진공광 콜렉터의 프로토타입이 CERN에서 만들어졌고 철저한 테스트가 이루어졌다. m^2 당 900W의 입사광에 대해서 350℃의 평형상태온도까지 달성되었다. 그리고 이들은 외부펌프가 없어도 10^{-4} 토르(1대기압=760토르)보다 낮은 압력을 유지하면서 20년 동안 쓸 수 있다. 이런 형식의 광콜렉터는 CERN에서 최초로 개발된 것으로 특히 비교적 작은 사이즈의 히팅에 아주 적합하다.

에너지문제에 대한 또 하나의 연구는 CERN에서 W와 Z보존의 발견으로 노벨상을 수상했던 카를로 루비아가 제안한 에너지증폭에 관한 연구이다. 이 개념은 핵에너지를 만들어낼 수도 있고 핵 찌꺼기를 처리하는 방법이기도 하다. 고에너지 입자빔을 원자핵에 충돌시키면 핵 파쇄로 생긴 중성자소스가 만들어진다. 이들 중성자들은 핵분열과정을 거치는 증식으로 크게 늘어난다. 그 핵분열로 나오는 열이 바로 에너지증폭장치에서 만들어진 에너지이다. 또한 그것이 가장 심각하고도 반감기가 아주 긴 악티늄계의 핵 찌꺼기들을 없앨 수 있다. 그런 장치의 현실화를 위해서는 더 나은 기술개발과

실험 그리고 프로토타입의 개발이 있어야 된다. 그래서 50~80mw의 에너지 증폭장치의 개발이 2015~2020년까지 이루어질 수 있도록 연구를 진행하고 있다.

할로겐 없는 케이블 사용 일반화 일등공신

CERN은 또한 환경보전에 앞장서는 기관이기도 하다. CERN은 환경모니터링 프로그램에 참여하여 그 결과를 EU국가들에 알려주기도 하고, 새로운 프로젝트가 있을 때는 그것이 환경에 미치는 영향 등을 평가하기도 한다. 또한 환경오염의 예방, 위험요소의 사전 조치, 자원의 보존, 그리고 폐기물 최소화 등을 포괄적으로 다룬다.

지난 수십 년 동안 수많은 플라스틱물질이 사용되어왔다. CERN의 실험과 가속기에는 많은 양의 절연케이블이 사용된다. 이런 플라스틱물질들은 화재가 발생했을 때 심각한 위험요소가 된다. 사실 할로겐이 들어가는 플라스틱 물질이나 그런 가연물들은 신경을 자극하는 진한 산성의 연기를 내뿜는다. CERN의 가속기시설이 복잡해지고 또 지하에서 많은 작업이 이루어지게 되자 CERN은 1980년대에 할로겐이나 유황성분이 들어가지 않는 물질만 쓸 것을 결정하였다. 따라서 CERN은 관련 산업체들에게도 할로겐이 없는 케이블을 생산하도록 권고하였다. 그 후 제조업자들은 많은 이득을 보았고, 그런 제품의 가격도 떨어졌다. CERN은 오늘날 할로겐이 없는 케이블의 사용이 일반화되게 한 일등공신인 셈이다.

그러나 무엇보다도 CERN은 지식창조의 중추적 역할을 해왔다. 매년 수많은 학생들, 연구원들, 그리고 방문과학자들이 CERN을 찾고 연구논문도 발표를 하고 그렇게 해서 습득한 경험과 지식을 산업에 전달해왔다. 즉 CERN의 기술이전의 또 다른 형식은 산업체와 사회에 많은 사람들의 노하우와 지식을 전달하는 것이다. 이것이 다른 어떤 분야의 산업에 대한 기여보다도 가치 있고 생산적인 것이다. 어떤 산업체는 자신들이 비용을 담당하여 엔지니어와 응용물리학자들을 CERN에 보내서 몇 달이고 트레이닝을 받게 하고, 또 CERN의 프로젝트에 참여하도록 하고 있다. CERN에 있는 사람은 누구든지 다양한 토픽으로 진행되는 각종 세미나와 트레이닝 코스에 참여할 수 있다. ㉔



글쓴이는 성균관대학교 물리학과 졸업 후 미국 캔자스대학에서 입자물리학 박사학위를 받았다. CERN L3 실험 및 일본 BELLE 실험에 참여했으며, 2001년부터 본격적으로 LHC 실험을 하고 있다.