



# 꿈의 新素材 폴러렌 대량생산

한국표준과학연구원 신소재특성평가센터

## 조양구 박사 연구실

대담/白 瑩 鉉(고려대 공대교수/금속공학·본지편집위원)

파란 하늘이 유난히도 높아 보이는 맑은 가을날, 필자는 대덕연구단지에 있는 한국표준과학연구원 신소재특성평가센터 내의 구조분석연구실을 방문하였다. 이곳은 최근 「꿈의 신소재」라 불리는 폴러렌의 대량생산으로 유명한 조양구 박사의 연구실이다. 여기서 그는 폴러렌 말고도 수많은 신소재의 특성평가에 대한 연구결과를 완성해왔다. 마침 연구에 열중하고 있던 조양구박사로부터 필자는 폴러렌과 X-선 Rietveld 프로그램 및 양전자소멸법을 이용한 반도체 계면연구에 대한 상세한 설명과 그의 실험실 안내를 받을 수 있었다.

### 축구공 모양의 폴러렌

폴러렌은 1백년전 벤젠의 발견에 필적할 정도로 중요한 의미를 지니는 물질로서 1990년 독일 막스플랑크연구소의 WKratschmer와 미국 아리조나대학의 D. Huffman에 의해 탄소60을 전기방전방식으로 합성하는데 성공하여 처음으로 분자구조와 여러 가지 물성을 측정하게 되었다. 그동안 가상적으로 축구공모양을 하고 있으리라고 막연히 생각되었던 이 물질은 전세계의 실험실에서 실험을



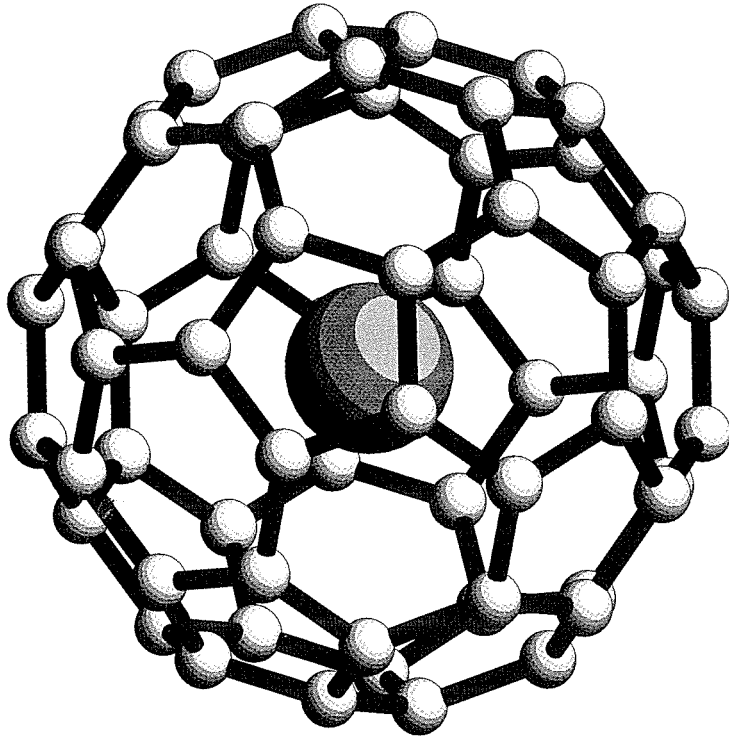
○ 연구실에서 탄소60에 접합한 니켈수소전지  
한국표준과학연구원 신소재특성평가센터의 조양구 박사

통해 새로운 연구의 대상이 되었다. 그 분자구조는 탄소60의 경우 20개의 6각형과 12개의 5각형으로 이루어지는 축구공모양의 구조로서 미국의 원형건축설계에 있어서 많은 작품을 남긴 Buckminster Fuller의 이름을 따서 Buckminsterfullerene이라 불리우게 되었다.

이러한 폴러렌의 특성 가운데 많은 연구자들이 관심을 갖고 연구를 행하는 것이 전기적 특성에 관한 것이다. 현재까지 연구결과를 종합해보면 폴러렌에 여러 가지 물질을 첨가함으로써 도체,

반도체, 절연체 및 초전도체로 될 수 있다는 것이 밝혀졌으며 최근 이론계산가들은 이 새로운 물질이 GaAs와 같은 직접천이형의 전자구조를 가질 수 있음을 밝혀냈고 비정질 실리콘처럼 값싸고 효율 좋은 에너지변환재료로 이용될 수 있음을 보여주었다.

최근에 차세대 에너지저장 재료로서 니켈수소전지가 주목을 받고 있는데 기존의 전지들은 금속내에 전자를 저장함으로써 전기에너지의 저장을 행하였으나 이 경우 단위원자당 저장할 수 있는 전자의 갯수가 한개 밖에 되지않아 필



◇ 줄기(ARC)방식에 한 풀러렌(탄소 60)의 모형(중앙에 Rb 원자들)

연적으로 무거운 금속을 들고다녀야 할 것이라는 문제점이 있었다. 그러나 풀러렌은 이론과 실험을 통해 분자당 6개의 전자가 들어가는 것이 확인됨으로써 그 가벼운 중량과 더불어 향후 에너지 저장 재료로 그 장래가 매우 밝다고 하겠다.

### 이젠 多量생산체제로

현재 대부분의 연구자들은 DC arc방식으로 원료를 합성하고 있으나 다량의 풀러렌을 얻기 위해서는 여러 가지 문제점이 있었다. 그러나 지난 91년 이곳의 연구팀은 이러한 DC arc방식의 단점을 보완하고 다량생산이 가능한 RF 플라즈마를 이용한 풀러렌의 연속생산기법을 확립하였다. 이것은 일반 공업용 코팅 등에 많이 이용되고 있는 저압플라즈마가 아닌 수백tor부터 대기압에 이르는 범위의 아르곤가스를 4MHz의 고주파로 플라즈마화시켜 이때 나오는 높은 온도를

이용하여 흑연을 가열시키는 방법이다. 이 방식은 기존의 방법과 비교해 볼 때 연속적으로 흑연가루를 장입시킬 수 있으므로 흑연봉을 소결시키는 공정을 생략하므로 연속조업이 가능하고 비정질 탄소를 끊어내기 위한 공정이 필요 없다고 한다. 이 방식은 또 공업화시킬 때 인건비를 줄일 수 있으며 다양한 원료를 집어넣어 생산할 수 있다는 장점에 반하여 전력소비가 많고 가스소모가 심하다는 단점이 있으나 이는 머지않아 개선될 것이라고 조박사는 말한다.

### X-선 Rietveld해석법으로 초미분결정구조의 해석

풀러렌을 합성한 RF-플라즈마장치는 본래 각종 초미분을 합성하기 위하여 제작된 장치로서 이때 생성된 초미분의 결정상을 밝히기 위하여 특수 X-선프로그램을 이식하였다. 물질의 결정구조해석

을 행할 때 단결정의 경우 4축회절계를 써서 결정해석을 행하는데 반해 다결정의 경우 일반적인 광각회절계에서 얻은 데이터만을 갖고 결정해석을 행하기 때문에 많은 어려움이 있었다.

그러나 이곳에서는 이러한 문제점을 국내에서는 처음으로 Rietveld프로그램을 성공적으로 이식시켜 운용하고 있다. 현재도 조박사는 상공부의 공업기반과제로 이러한 대형 컴퓨터프로그램을 PC급에서도 손쉽게 운용할 수 있도록 도형처리프로그램을 집어넣은 모듈을 개발하고 있다고 한다.

조박사는 금년안에 국내에서는 처음으로 소개되는 단색양전자를 이용한 박막계면의 결함평가장비를 작동시킬 예정이라고 한다. 이 실험장치는 반도체공업에서 점결함 판별은 물론 앞으로 이온주입 후 생성된 결함의 회복기동문제나 화합물반도체에서의 불순물 도핑시 자기 보상효과문제 등의 원인분석에 이용될 수 있을 것이라 한다. 이 양전자소멸실험장치는 아직 완성이 안된 상태인데도 이미 S전자와 첨단 반도체개발을 위한 공동연구계획이 진행되고 있어 장비의 중요성이 돋보였고 이 기계의 경우 완성되면 기계자체로는 세계에서 6번째이지만 후속사업으로 추진할 예정인 Femi surface를 측정할 수 있는 2-D ACAR(2차원각상관장치)의 경우는 세계에서 최고로 분해능을 갖는 장비라고 한다.

연구소를 뒤로 하며 오는 길에 『기초과학이 낙후되어서는 아무런 기대도 할 수 없으며 이에 대한 충분한 투자가 과학발전의 밑바탕』이라는 조박사의 말에 그다지 좋다고는 말할 수 없는 환경에서 이루어진 그의 연구성과와 우리의 기초과학수준을 비교해보는 필자에게 흐뭇함과 씩씩함이 교차하는 것은 단지 가을 때문만은 아니었다.