

원자의 “빅딜”

주 승 환

세안기술(주) 연구소장, 공학박사, 기술사(방사선관리)

한 시대를 가름한 20세기는 앞으로 1년 후면 역사의 뒤편길로 사라지게 된다. 지난 100년 동안 인류는 ‘원자력’이란 새로운 에너지를 발전시켰다. 인류는 이 새로운 에너지를 사용하면서, 두 가지의 세기적인 사건 사고를 경험했다. 한가지는 2차 세계대전의 끝을 보게 한 2개의 핵 폭탄으로 일본 히로시마시와 나가사키시를 강타하여 두 도시들을 일순간에 삼켜 버린 사건으로 희생된 자들은 약 25만 명에 이른다(Nature, 1995). 또 하나는 체르노빌 원자력 발전소의 폭발 사고이다. 이 사고 현장의 작업자들과 소방관들 중에서 237명이 방사선에 쬐였으며, 그들 중에서 2명은 현장에서 그리고 29명은 일주일 안에 사망하였다. 이 원자력 발전소의 사고는 ‘20세기 최대의 환경 재앙’(Shcherbak, 1996)이란 불명예스러운 낱말을 낳았으며, 전 세계가 방사선의 공포에 떨어야만 했다.

이 두 가지 세기적인 사건·사고는 인류에게 원자핵의 가공할 파괴력의 현장을 직접 눈으로

확인시켜 주었다. 그 사건 사고는 마스크를 타고 전세계로 전파됐다. 억측이 꼬리를 물고 마스크에 편승되면서 우리의 판단을 혼란스럽게 한 경우도 없지 않았다. 억측의 전형적인 낱말은 ‘중국 증후군(Jagger, 1991 참고에서 낱말의 뜻 참조)’이다. 독자의 흥미를 이끌어내려는 마스크의 해설은 ‘원자’, ‘원자핵’ 그리고 ‘방사선’이란 낱말들을 수없이 다루면서 그들은 자연스럽게 공포의 대상으로 내몰리게 되어 우리의 기피 대상이 되고만 것이다.

사실, 이런 낱말들은 전문가들이 쓸 전문 용어 중의 전문 용어라고 할 수 있다. 이런 낱말들이 우리의 생활 속 깊숙이 파고들어 일상적인 언어로 자리잡게 된 것은 좋은 일이긴 하지만, 그 낱말들의 뜻을 잘 알지 못하면서도 단순히 그저 공포의 대상으로 삼아 아주 자신 있는 듯, 그리고 그 개념들을 잘 인식하듯, 화두로 삼을 때가 많다.

그 밖에도 ‘방사성동위원소’란 긴 이름의 낱말도 지금은 독자에게는 그리 낯설지 않을 것이

다. 이것은 우리 협회의 이름이기도 하지만, 원자의 한 물리적 성질인 방사선을 쏘는 물질을 뜻하므로 방사선을 얘기할 때면 으레 '실과 바늘' 처럼 따라다닌다. 필자는 방사선을 다루는 전문가라고 자칭하면서 지금까지 활동하고 있다. 그렇지만, 보통 사람들에게 그런 용어들을 쉽게 이해시키지 못하여 애태운 적이 한두 번이 아니다.

원자, 원자핵, 방사선 그리고 방사성동위원소 중에서 방사선을 빼면, 대체로 이들은 한 물질을 지칭할 때, 뉘앙스가 서로 다르게 뜻을 정해 놓은 용어들이다. 물질의 기본 단위는 '원자'이다. 우리는 지금도 이런 원자의 뜻에 어긋나는 표현들을 쓰는 경우가 있다. 대표적인 것은 '원자핵 폭탄(또는 핵 폭탄)'을 '원자 폭탄'으로, 그리고 '원자핵 발전소(또는 핵 발전소)'를 '원자력 발전'으로 쓰는 경우이다. 하기가 그렇게 써야 할 남모를 딱한 사정은 따로 있을 터이지만(?)

독자와 함께 먼저 물질의 기본 단위의 뜻으로 정한 '원자'부터 살펴보기로 하자. 나중에 설명을 덧붙일 필요가 있을지라도, 갈 길이 급하니 우선 원자의 모습을 우리 머리 속에 간략하게 그려 놓을 필요가 있을 것이다. 원자는 중심에 핵(원자핵)이 자리잡고, 그 핵을 둘러싼 주위에는 '쿨롱장' (참고에서 설명 됨)이란 엄청나게 큰 고유한 자연의 힘이 작용한다. 그 힘 때문에 원자의 한 요소인 궤도전자(또는 속박 전자)들은 핵과 거리를 두고, 핵을 감싼 궤도를 이루면서 핵 주위를 빛의 속도로 돌고 있다. 이것이 원자의 전형적인 모습이다. 핵의 크기와 전자가 돌고 있는 궤도와 거리를 상대적으로 서로

견주어 보자. 서울역 광장에 지름 1 미터의 원을 그려 놓고 그것을 원자핵이라고 했을 때, 100 킬로미터 떨어진 원주시나 천안시에 전자들의 궤도가 자리잡는다. 따라서 한 원자의 속은 텅 빈 공간에 불과하다.

앞 세기의 과학자들은 물질의 기본 단위를 '원소'라고 이름짓고, 천연에 92 개(참고에서 설명)의 원소들이 있을 것이란 생각을 하고 있었다. 극히 일부를 제외한 대부분의 원소들은 그 때 이미 발견되었다. 그들의 화학적 성질들을 서로 견주어 쓰기에 편리하게 만든 한 족보가 바로 '주기율표' (주승환, 1998)이다. 원소들끼리 서로 화학적 결합을 따질 그 때만 해도 원소라는 용어는 정말 편리한 도구였다. 독자도 잘 알고 계시겠지만, 새로운 물질을 만들려고 한다면 원소들끼리 서로 화학적인 반응으로 결합을 시켜야 한다. 화학적인 결합은 원자의 개념으로 보기는 어렵다. 그런 주장의 바탕은 대체로 원소들끼리의 단순한 화학적 결합이란 그 원소가 가진 궤도전자들을 서로가 주거나 받거나 흥정하여 바뀌는 현상에 불과한 것이기 때문이다. TNT 폭약이 터질 때는 거기에서 전자들의 빅딜이 이뤄진다. 위의 예에서 원주시나 천안시에서 각 원소에 묶여 있는 전자들끼리 서로 흥정하여 거래가 이뤄지는 것은 화학적 결합의 참 모습이다. 하지만 서울역까지는 전자들이 들어오지 못하게 자연의 힘이 벽을 쌓아 가로막고 있으므로 서울역 광장에서 전자들의 거래는 불가능하다. 따라서 서울역 광장에서 이뤄질 거래는 전자들에게는 '해당 사항 무'이다. 전자들의 거래를 설명하는 데 원소라는 이름은 편리하기

짜이 없었다. 하지만 물질의 세계에서는 서울역 광장에서도 특수한, 실은 앞의 사건 사고처럼, 천지개벽의 빅딜이 이뤄진다. 거기서 이뤄지는 거래는 '원자' 라는 새로운 단위의 잣대가 필요한 것이다. 왜냐하면, 우선 서울역 광장에 입장할 자격을 정해야 하고, 거기에서 거래할 상품들도 진열해 놓아야 하기 때문이다.

서울역 광장은 필자가 가상적으로 설정한 원자핵이 놓인 자리다. 그렇다면, 위의 예가 설명하는 서울역 광장에서 일어날 가공할 빅딜의 폭발력은 서울역 광장의 사건이므로 궤도전자들은 그 일에 참여할 자격조차 없다. 따라서 원자의 일부인 전자들이 제외된 원자핵(또는 핵) 혼자 일으킨다는 의미로서 그런 사건 사고를 일컫는 말은 '원자' 보다는 '원자핵(또는 핵)' 으로 한정시킬 필요가 있다.

독자도 잘 아시겠지만, 한 원자는 하나의 원자핵을 반드시 갖는다(주승환 · 제원목, 1995). 핵 없이는 원자가 되지 못한다. 남성의 symbol 없이는 남자가 될 수 없는 것과 같다. 그리고 그의 핵은 한 개 이상의 양자와 중성자 등이 자리 잡고 있는 곳이며, 양자(들)와 중성자(들) 사이에는 많은 수효의 중간 물질인 소립자들이 거기를 채운다. 이들은 엄청난 힘으로 서로 뭉쳐진 한 덩어리라는 사실만 알고 있을 뿐 더 자세한 모습은 아직 모른다. 원자핵 속에 충격을 주려면, 먼저 중무장한 전자들이 핵의 주위를 철통보다도 더 단단하게 지키는 곳을 통과할 화력이 필요하다. 그 화력은 한 덩어리로 뭉친 핵의 힘보다는 더 강력해야 한다. 앞으로 8개월 남짓 남은 20세기는 분명히 인류가 원자핵 속을 쉽게

통과할 수단을 개발하는 일과 그래서 핵 속을 좀더 깊이 파헤친 세기로 기록될 것이다.

우리가 원자핵 속에 어떤 물질이나 에너지를 밀어 넣는 순간, 그 핵의 덩어리는 요동을 치면서 두 동강이 나고, 엄청난 열에너지, 핵의 파편들, 소립자들 그리고 전자기파의 에너지 등이 원자 밖으로 튀겨 나온다. 이들 중에서 열에너지를 제외한 다른 것들은 모두가 '방사선' 이다.

베크렐은 원자핵에서 쏘는 방사선을 인류 최초로 발견했을 때, 그의 종류를 알파입자, 베타선(지금은 베타입자) 그리고 감마선 등으로 나눴다. 그가 방사선을 발견했던 때는 아직 원자핵의 덩어리를 두 동강낼 기술이 개발되지 않았던 시기였다. 우연히 천연에 있는 우라늄 광물을 필름으로 싸서 사진에 나타난 모습을 분석하여 그런 결론을 내렸다. 우라늄 광물은 우라늄이 들어있고, 우라늄은 방사선을 쏜다는 뜻(속성)인 '방사성' 이란 물리적 성질을 가진 물질로 표시할 수 있다.

또 한 가지 화학자의 편이에 따라 생긴 낱말은 '동위원소' 이다. '동위' 의 뜻은 '같은 자리' 란 의미이다. 앞에서 원소들의 족보인 '주기율표' 를 얘기했다. 그 표가 만들어 질 때는 원자의 개념이 아직 확실히 밝혀지지 않았으므로 원소가 물질의 기본 단위로 쓰인 시절이었다. 그런데 주기율표에 비상이 걸렸다. 원소들 중에는 같은 원소이면서도 그들의 핵이 서로 다르다는 사실이 알려지게 된 것이다. 즉, 원자의 개념이 싹트게 된 것이다. 독자도 잘 아시겠지만, 주기율표는 개별 원소의 화학적 성질을 간명하게 설명한다. 따라서 비록 핵 속의 물리적 성질이 다

소 다른 점이 발견되긴 하지만, 그 원소의 자리에 함께 놓여도 화학적으로 문제가 되지 않는다. 그런 주장의 바탕은 모든 원자핵 속은 화학적 성질을 좌우하는 궤도전자들의 출입 제한 구역이므로 주기율표에 있을 원소의 자리와 원자핵의 속과는 관련이 없다. 앞의 얘기에서 서울역 광장과 천안시(또는 원주시)에서 일어날 거래들은 서로 전혀 다르기 때문이다. 같은 원소 이면서 원자핵의 물리적 성질이 서로 좀 다를지라도 같은 자리에 그들을 함께 놓아 표시하면서 '동위원소'란 용어가 생겨났다.

원자는 원자의 핵에 중심을 두고 만든 이름이다. 흥미로운 것은 원소를 구분할 때, 화학자와 물리학자의 시각은 서로 다르다. 앞쪽은 궤도전자의 수효(원자 번호)에, 그리고 뒤쪽은 그 핵의 양성자(원자 번호)에 비중을 둔다. 따라서 화학자는 '원소'라는 말이 더 어울릴 것이지만 물리학자는 원자라는 낱말 대신에 원자핵에 비중을 둔 '핵종(원자핵의 물리적 성질이 다른 종류)'이란 이름도 많이 쓰고 있다. 그리고 방사선을 쓰는 것은 '방사성 핵종'이다. 정리하면, 동위원소, 원자 그리고 핵종 등은 서로 같은 말이지만 그들을 써서 얘기하고자 하는 이의 의중에 따라 선택된다. 덧붙인다면, 한 원자에서 궤도전자의 수효와 그 원자핵의 양성자 수효는 서로 같고 '원자 번호'이기도 하다. (원자번호 = 궤도전자 수효 = 양성자 수효.)

지금 우리가 일상 대화에서 자주 쓰는 방사선의 개념은 우리 몸의 검진에 쓰이는 X-선, 원자력 발전소에서 생기는 방사성동위원소와 베르셀 방사선 정도일 것이다. 하지만 전문가들은

에 보이는 방사선의 범위는 거의 무한하다. 일상 대화 수준의 방사선을 포함하여 우주 물질, 모든 전자기파들뿐만 아니라 우리가 매일 쬐이는 햇빛도 한 종류의 방사선이다. 전자기파의 방사선은 우주선, 가속기나 X-선 장치 등과 같은 사람이 만든 도구로 만들어지기도 하고 또는 전류가 흐를 때, 고압선 주변에서 생기는 유도 전자기파 등, 그의 범위는 한도 끝도 없다. 심지어 축구시합에서 페널티킥의 선수가 공을 발로 힘차게 찼을 때, 공과 축구화는 근접할 뿐이지 절대로 서로 맞닿지 않는것이다. 공의 표면과 축구화의 표면 사이에는 양쪽의 전자기파들이 서로 밀치면서 작용하므로 전자기파의 힘으로 공이 상대방의 골문을 멋지게 때린다. 차는 속도가 빠르면 빠를수록 축구화의 전자기파는 공의 전자기파를 더욱 강하게 친다. 이렇게 따지면 방사선은 우리의 생활 공간 어디에도 항상 존재한다. 다만 우리가 일상생활에서 방사선의 한 종류인 방사성동위원소를 제외한 그 대부분을 느끼지 못할 뿐이다.

끝으로, 현대 물리학자들은 '우주는 단순히 물질과 방사선 두 가지만으로 구성된다'고 주장한다. 우주는 무한하다. 무한 속에 있는 방사선도 무한하다. 원자핵을 때려서 만든 것이든, 방사성동위원소에서 쏘든, 햇빛의 자외선이든, 모두가 방사선이다. 우리는 숙명적으로 싫든 좋든 방사선과 함께 생활해야 한다. 방사선의 문제는 나와 내가 따로 없다.

20세기의 과학자들은 물질의 최소 단위이던 원소를 원자로 바꿔 놓았다. 아마도 21세기의 물리학자들은 물질의 기본 단위를 대표할 새 날

말을 발견할 것이다. 앞서가는 소립자의 연구는 물질에 대한 새로운 개념들을 계속하여 창출시키고 있다. 그러므로 필자의 유추는 거기에 바탕 한다.

한 가지 필자가 지적하고 싶은 것은 '방사성'과 '동위원소', 두 가지 뜻을 합친 '방사성동위원소'라는 합성어이다. 비록 그의 뜻은 명확할 지라도 너무 길다. 간략하게 써야 될 기술 용어로써는 조금 불편하게 느껴진다. 필자는 그 대

안으로 '방사성 원자' 또는 더 줄여서 '방사 원자' 라고 줄여 쓸 것을 제안한다. 아니면, 전문가의 다른 의견들을 경청해보자. 합의가 된다면, 앞으로 그렇게 쓰자.

실제로 핵물리학 쪽에서는 확인해 보고 싶은 원자가 있다면, 아마도 원소에 바탕을 둔 '주기율표 자리(동위원소)' 보다는 원자에 바탕을 둔 '핵종 도표(원자의 자리)' 를 찾는 것이 더 편하다. **KRIA**

참고 · 문헌

Jagger, J., 1991. 『The Nuclear Lion』, P.111-112. Plenum Press, New York and London.

(원자로서 규제 불능인 상태가 되면 원자의 로심이 녹게 되고, 계속 생겨날 열 때문에 원자로서 놓인 밑바닥에서 땅속으로 계속 흡과 암석을 녹여가면서 미국의 정 반대편인 중국까지 녹아 내린다는 뜻.)

Stone, R., 1999. "Element 114 Numbers Into View", Science 22 January 1999, P.474.

천연에 있는 원소들: 지금까지 94 개가 확인되었다. 35 년 동안 바라던 초중량 원소(superheavy element)인 수명 30 초, 원자번호 114 번은 구 소련 모스크바 근처의 Dubna 공동 핵연구소 과학자들에게 이미 그 모습을 보여주고 있다. 최종 확인 절차만 남긴 이 새로운 원소는 모든 과학자들에게는 꿈의 원소임엔 틀림없다. 이것이 확인된다면, 천연 원소는 총 95 개가 될 것이다. 미국 캘리포니아 주에 있는 로렌스 버클리 국립연구소(LBNL)의 Albert Ghiorso 박사가 한 말은 "우리 생애에서 가장 흥분할 사건이다".

Shsherbak, Y., 1996, "Ten Years of the Chronobyl Era", Scientific American, April 1996.

Narure, 1995, "Memorial for Hiroshima and Nagasaki", Nature, Vol. 376 P.371(August, 1995).

주승환, 1998, "감마선의 소멸과정과 자유전자", 동위원소회보, P.65, 1998.12. 한국방사성동위원소협회.

주승환 · 재원목, 1995, 『라돈 방사능과 생활 환경』, 계축문화사.

쿨롱장: 프랑스의 과학자인 쿨롱이 음전기나 양전기 등, 두 개 이상의 전기 근원들이 서로 맞대고 있을 때, 그 근원들 사이에서 서로가 밀고 당길 힘이 작용하는 사실을 발견하였다. 그 힘이 작용하는 자리를 '쿨롱장' 이라 한다. 그 힘(F)의 크기는 음전기(q_1) 또는 양전기(q_2)가 놓인 사이의 거리(r)를 제곱한 값에 반비례하고, 두 전기의 세기를 곱한 값에 비례하는 한 등식을 써서 셴한다. $F = q_1 \cdot q_2 / r^2$ 이다.

<다음 이야기>:

방사선 REVIEW (2): 방사선의 두 얼굴

" (3): 에너지와 방사선

" (4): 핵쓰레기의 처분 철학