

주 승 환

세안기술(주) 연구소장, 공학 박사,  
방사선관리 기술사, 방사선 감독자

## 방사선의 두 얼굴

**로마** 신화에 나오는 '야누스(Janus)'는 고대 로마시의 성문을 지키는 수호신(문호의 신)의 이름이다. 그것은 사람의 얼굴을 닮긴 하였으나 앞면과 뒷면이 서로 다른 '두 얼굴'의 모습으로 조각돼 있다. 일의 양면성을 얘기할 때나, '전쟁과 평화'의 상반성에 관해서 얘기할 때에 으레 그것의 두 얼굴 모습을 들먹인다. 율리우스(Julius) 달력에서 새해인 1 월은 Januarius(영어로는 January)이다. 해마다 정월 초하루에 로마 시민들은 야누스에 예를 올렸으며 이것을 모르는 사람은 로마의 성문을 들어 설 수 없었다고 한다. 그리고 로마에 있었던 '야누스교회'의 문은 전쟁 때는 열리고 평화 때는 폐쇄됐던 것으로 알려져 있다.

서양과는 달리 동양(문화권)에서는 일년을 24기로 나눈 절기(기후의 표준점 - 약 15일)를 쓴다. 첫 절기가 시작되는 첫 날은 '입춘'이다. 이 때가 되면 대문에 새해의 첫 시작을 알리는 '입춘대길'이란 글씨나 부적을 붙여 새해의 행운을 기원하는 관습이 있다. 로마의 '야누스'란 문호의 신과 동양의 '입춘대길'이란 양쪽의 상징적인 의미는 서로 다를 지는 모르지만, 성문이나 대문에 어떤 표적을 달아놓고 신에게 호소하는 소망의 표현은 아마도 로마나 동양 양쪽이 공통된 점일 것이다.

일본 히로시마와 나가사키에 투하된 핵폭탄의 피해는 옛 얘기라 하더라도, 미국 드리마일 아일랜드와 옛 소련의 체르노빌 원자력 발전소에서 있었던 '방사선의 누출 사고'들은 우리들에게 '방사선의 공포'를 일깨웠다. 방사선은 정말, 그리스 신화에 나오는 판도라의 상자 속을 빠져 나왔다는 재앙의 하나라고만 할 수 있을까?

인류는 방사선을 발견하여 그것을 이용하면서부터 '방사선의 두 얼굴'을 알게 되었다. 마치 로마 신화의 야누스처럼, 방사선의 두 얼굴도 그것의 '순기능'과 '역기능'을 함께 내포한다. 우리의 생활 주변에서 그 예를 찾기로 아주 쉬운 일이다.

먼저, 순기능부터 독자와 함께 생각하여 보자.

인류는 방사선을 발견하여 그것을 이용하면서부터 ‘방사선의 두 얼굴’을 알게 되었다. 마치 로마 신화의 야누스처럼, 방사선의 두 얼굴도 그것의 ‘순기능’과 ‘역기능’을 함께 내포한다. 우리의 생활 주변에서 그 예를 찾기란 아주 쉬운 일이다.

다음은 방사선의 순기능을 이용하여 우리가 이득을 보는 활동 분야들 중에서 가장 대표적인 두 가지 순기능의 사례들(의료 활동과 공업 검사)에 관한 얘기이다.

누구나 생활하다가 몸이 불편하면, 병원을 찾는다. 우리 몸의 깊은 곳을 자세히 들여다보려면, ‘X-선(CT 촬영 포함)’, ‘방사 원자’ (방사성동위원소), 그리고 여러 가지의 ‘전자기 방사선’ 등을 이용하게 된다. 전문가가 아닐지라도 종합병원에서 ‘X-선과’ 나 ‘핵의학과’의 표지판을 봐도 우리의 머리속에는 조건반사적으로 방사선을 다루는 곳이라는 생각이 스치며 지나간다. 계단을 오르다 발을 빼어도 병원을 찾아가 X-선으로 뼈의 이상 유무를 살피게 된다. 방사선이 우리의 의료 활동에 주는 이로움은 엄청나다. 어느 누구도 그런 활동에서 얻어지는 이익들을 모두 헤아리기란 불가능할 것이다.

또 다른 순기능의 한 모습은 산업 활동에서 방사선의 이용일 것이다. ‘비파괴 검사’ 활동에서 방사선의 이로움은 대단하다. 우리의 생활 속에 도시 가스는 편리하고 값싼 연료이긴 하지만, 불을 쉽게 댕길 위험한 물질들 중의 하나임을 우리는 잘 알고 있다. 그러므로 그 관리를 소홀히 할 경우, 대형 사고와 연결된다. 필자는『누설 현장』이란 책을 최근에 탈고하였다. 그 책을 쓰면서 새삼스럽게 깨달은 것은 대형 사고 뒤에는 반드시 우리의 사소한 실수나 위험한 설비의 미소한 결함인 ‘누설’이 있었다는 결론을 얻게 되었다. 우리는 지난 몇 년 사이에 여러 번의 대형 사고들(대구 지하철 공사장에서 일어났던 도시 가스의 대형 폭발 사고, 서울 한복판의 아현동 그리고 부천 LPG 등의 폭발 사고 등)을 겪었다. 그런 사고를 다시 일어나지 않게 미리 막으려면, 도시 가스가 흐를 파이프들을 신설하는 공사 현장에서 그런 파이프들을 연결하는 이음쇠 부분들 그리고 용접으로 파이프들을 서로 잇는 자리들을 잘 살펴야 한다. 가스가 새는 틈(누설)이 있는 지를 확인할 ‘누설시험’은 꼭 하도록 설계 명세서(시방서)에 지정한다. 이런 활동에서 쓰이는 중요한 시험 수단으로서 대개 ‘방사 원자’ 아니면 X-선을 이용한다. 이런 일들은 방사선이 우리 몸이나 고체로 된 물질을 쉽게 투과할 수 있는 성질과 사진 필름에 감광 작용 또는 검출기의 물질에 특수한 반응을 일으키는 성질 등을 이용하는 것이다.

좀더 방사선의 순기능 쪽으로 시야를 넓혀보자. 스웨덴 한림원에서는 인류의 복지에 공헌한 위대한 과학자들에게는 최고의 영예인 노벨상을 준다. 물리학 분야에서 최초의 수상자는 방사선의 대명사인 라듐 원소를 발견하여 그 원소를 분리해 낸 공로로 퀴리 부인이 수상했다. 그녀가 체코슬로바키아에서 철도 화차 2 대 분량의 우라늄 광석을 실어다 100 mg의 라듐을 실제로 분리했던 얘기는 너무도 유명하다. 그녀가 라듐을 분리할 때에 라듐 방사선을 검출하는 데 이용된 검출기는 방사선이 공기 중에서 공기 알갱이들을 이온으로 분리시키는 현상을 검전기를 써서 확인하였다. 그

이후로 노벨 물리학상을 수상한 사람들 중의 절반 이상은 방사선 자체의 연구와 그것을 이용하여 인류에게 공헌한 업적으로 수상하였다고 한다(이광필 옮김, 1992, P. 20).

그 반대편인 방사선의 역기능 쪽은 어떤가? 방사선은 물질의 성질을 변화시키고 구조를 손상시키는 속성을 가진다. 암 세포들을 죽이려고 환자의 몸에 쏘인 방사선은 암세포와 정상 세포를 가리지 않고 때려부순다. 의료 활동에서 방사선을 잘 못 다루면 오히려 우리 몸의 정상 세포를 파괴시켜 역으로 암 세포를 만들어 낼 수도 있을 것이다. 원자력 발전소들, 방사광 가속기와 같은 높은 에너지의 가속기들, 연구용으로 쓰이는 원자로, 비파괴 검사에 쓰이는 강력한 방사선의 선원들, 식품이나 의료용 기구나 재료들의 멸균용 코발트-60의 강력한 선원, 지하자원 탐사에 이용되는 강력한 중성자 선원... 등에서 나오는 쉰 방사선들은 우리의 건강을 위협한다. 그리고 잘못 다룰 경우, 방사선에 쏘여 회복하지 못할 심한 상처를 입게 된다. 더욱 우리를 괴롭히는 것은 유전적인 장애를 일으키는 방사선의 '생물학적 효과'이다. 이런 일들은 우리의 건강과 직접 관계되는 문제들로서 방사선의 역기능들 중에서도 우리를 자극하는 아주 예민한 부분들이다.

위에서 예를 든 두 분야의 전형적인 방사선의 순기능과 역기능의 모습들은 대부분의 우리 회원들이 방사선을 이용할 때, 쉽게 느낄 수 있는 현상만을 살펴본 것이다. 방사선이 우리 삶의 질을 높이는 데 기여하는 뾰족한 순기능 쪽이 다른 쪽을 압도하는 것이 분명하지만, 우리는 건강과 관련된 것이라면, 무조건 흥분하여 사리 판단을 잘 못하는 경우가 많다.

방사선은 그 범위가 아주 넓다(주승환, 1998; 1999; 주승환·제원목, 1995, P. 59). 필자는 이 글을 쓰면서 '방사선의 두 얼굴' 범위를 어디까지로 할 것인가를 놓고 고민하였다. 필자는 우리 협회의 이름이「방사성동위원소협회」이므로 '방사 원자' (방사성동위원소)에 한정시키자는 생각으로 이 글을 쓴다. 방사 원자들 중에는 천연에 있는 종류들도 많다. 그리고 산업 생산품들처럼, 우리가 필요에 따라 그것들을 '원자로' 또는 '가속기'를 이용하여 만들기도 한다. 한 예로서 신문기사(중앙일보, 1999.5.4)에 "과기부·한전 행복한 고민"이란 제목으로 국제적으로 최대 규모의 RI(방사 원자) 업체들로부터 "코발트-60 좀 만들어주세요"라는 구매 공세를 받고 있다고 전한다. 천연에 있는 것들은 지구가 태양의 대 폭발로 분리될 때에 함께 생긴 것들도 있고, 폐암을 일으키는 '라돈 가스'처럼 천연에 있는 방사 원자들의 붕괴 계열(주승환·제원목, 1995 P.91-99)로 계속 생겨나서 지표의 물질인 암석, 물 그리고 공기 중에 포함되어 있는 것들도 있으므로 그 종류가 아주 많다. 이 글에서는 천연 방사 원자에 대한 얘기를 하고자 한다. 인공으로 만든 것들은 다음 호의 글을 쓸 때에 검토하게 될 것이다.

대체로 천연 방사 원자들은 조상인 한 방사 원자로부터 생겨난다. 그들 중에는 자신의 원자핵이 스스로 쪼개지면서 다른 원자로 변하는 경우도 있고, 방사선을 튀겨내지 않는 안정한 다른 원자로 변신하는 경우도 있다. 한 방사 원자에서 생겨나는 모든 방사 원자들과 마지막으로 안정한 원자가 되는 그러한 계보를 함께 묶어 '방사 원자 붕괴 계열'이라 한다. 이런 '붕괴 계열(decay series)'은 천연에는 두 개이고 사람이 원자핵을 쪼갤 때 생긴 방사 원자가 이룬 한 계열 등 모두 세 계열이 있다. 이들 계열을 이루고 있는 방사 원자들은 그 시조를 빼면 대체로 수명이 짧은 방사 원자들로 이뤄진다. 그래서 대부분의 독자들은 짧은 수명인 그것들을 가볍게 보고 대수롭지 않게 다룬다. 그들 중

에 속하는 라돈 가스만 하더라도 그렇다. 필자가 쓴 책에 라돈의 얘기를 다루고 있지만 귀담아 듣는 이들이 과연 얼마나 될까? 하지만 라돈 가스의 배경에는 '우라늄'이란 긴 수명을 가진 방사 원자가 떠받치고 있다. 마치 돈 많은 부모를 모신 자식이 돈을 물쓰듯해도 그의 주머니 사정은 늘 여유가 있는 것처럼 우라늄이 라돈 가스를 계속하여 공급해 주고 있으므로 우라늄이 있는 한 라돈 가스는 계속하여 생겨나고 소멸한다.

'방사 원자 붕괴 계열'을 이룬 방사 원자들은 서로가 고리처럼, 연결되어 있다. 우리는 그들을 설명할 때, 한 가족에 빗대어 '어미(모)원자'와 '딸(자)원자'로 구별한다. 이들은 서로가 생겨나고 소멸하는 것이 일정한 비율로 유지되고 있기 때문에 천연에서는 이들의 정량적인 관계가 대체로 균형을 이룬다. 마치 무리를 지어 서식하는 식물군들처럼 지표의 어떤 자리(우라늄 광산)를 차지 하면서 어미와 딸 각각이 그의 방사능(방사선을 튀겨낼 수 있는 능력)의 균형을 유지하고 있다. 이런 경우를 우리는 방사선의 '평형 상태'라고 한다.

우리는 생활 공간인 방안으로 라돈 가스가 계속하여 스며들면서 우리의 건강을 해친다는 사실을 아주 가볍게 넘겨버린다. 그렇게 된 까닭이 있을 것이다. 필자는 그 까닭이 두 경우들일 것이라고 생각한다.

우선 방사선을 다루지 않는 보통 사람들의 그룹은 방사선을 잘 알지 못하여 방사선의 피해가 피부에 와 닿지 않기 때문일 것이다. 그들은 병원에서 X-선의 촬영 때도 방사선의 효과를 당연한 것으로 무심히 받아들인다.

다른 하나의 그룹은 방사선을 전문으로 다루는 이들이다. 그들의 대다수는 방사 원자(선원)를 어떤 일에 잠시 동안 제한된 시간에만 다룬다. 그들이 필요할 때, 잠시 쓰고, 그리고 나서 방사선 구역 안에 그것을 가둬두고 나면, 방사선을 경계하던 극도의 긴장도 풀리고, 방사선과의 관계를 깨끗이 잊어버린다. '잠시 필요한 때'만 방사선에 대한 긴장을 하게 되나 잠시 후면 그런 긴장에서 벗어나는 일은 비단 방사선을 취급하는 경우에만 그런 것은 아닐 것이다. 예컨대, 화장실에 들어가는 순간과 이용 후의 상황이 전혀 다른 습관도 그러한 경우들 중의 하나일 것이다.

방사선을 다룰 때는 그야말로 부산을 띤다. 개인 보호용 장비를 철저히 착용하고, 휴대용 방사선 검출기를 손에 따로 들고, 주위를 살피면서 바짝 긴장을 하는... 등, 방사선의 안전 관리 수칙은 잠시라도 그의 머리속을 떠나지 않게 교육을 받는다. 하지만 방안의 라돈 가스에 대하여 누가 그런 짓을 하면 좀 이상한 사람으로 오해를 받게 될 것이다. 땅으로부터 집안으로 라돈 가스가 침투하는 통로가 있다면 방사선의 선원(라돈)에 항상 노출되어 있는 경우와 다를 바가 없다. 라돈 가스의 경우, 직업상으로 잠시 필요에 따라 선원을 쓰고 또는 장치를 가동하고 나서 곧바로 방사선을 잊어버려도 되는 그런 경우와는 전혀 상황이 다른 것이다.

한 방사선의 선원이 있다고 치자. 그 선원으로부터 튀겨나는 방사선을 어떤 물리·화학적 원리로서 근원적으로 튀겨나지 못하도록 막을 수 없음을 우리는 잘 알고 있다. 오로지 그 선원에서 튀겨나는 방사선을 피할 세 가지의 수단들(차폐물의 이용, 선원과의 적당한 거리를 유지하기, 그리고 쯤일 시간을 짧게)로서 방사선을 방어할 수밖에 달리 방도가 없다. 그 중의 하나는 방사선을 쬐는 시간을 줄이는 것이 가장 좋은 한 수단이 되는 경우가 있다. 땅 속의 우라늄과 방사 평형을 이룬

라돈 가스의 경우는 앞의 얘기처럼 일시적인 선원의 이용과는 전혀 다르다. 비록 약한 방사선이긴 할지라도, 그것의 일정한 양은 계속하여 우리의 거실과 침실로 유입되고 있다. 따라서 라돈이 아무리 약한 방사선을 튀겨낸다 할지라도 계속하여 그것을 쪼일 필요는 없다. 보통 사람들이야 그렇다 치더라도 방사선을 전문으로 다루는 이들은 방사선에 노출된 방사선의 양을 측정하여 '피폭 경력'으로 관리하고 있다. 라돈처럼 천연 방사선에 쪼인 양은 그 기록에는 켜켜이 더해지지 않는다. 조물주인 하느님이 주신 선물이기 때문이라서 그런지, 궁금하여 필자는 방사선을 관리하는 전문 기관의 담당자에게 질문한 적이 있었다. 그의 대답은 천연 방사선을 관리할 기술상의 어려움 때문이라고 답한다. 법으로 다스릴 도구적인 문제와 실제로 천연 방사선이 우리의 건강에 장해를 주는 일과는 차원(생각의 기본 바탕)이 전혀 다르다.

다음은 독자가 읽기에는 좀 불편스러운 내용일진 몰라도 수량으로 따져봐야 논리가 선다. 대체로 천연 방사선에 쪼일 '방사선량' (방사선에 쪼여서 쪼인 물체에 흡수 또는 이온화된 그 방사선의 에너지를 그 물체의 단위 무게로 나타낸 수량)은 곳에 따라 좀 다르다. 하지만 1년 동안 쪼인 천연 방사선량을 평균하면, 0.7~1.10 밀리시버트(mSv; 방사선량의 단위) 라고 알려지고 있다(주승환·제원목, 1995, P. 101). 방사선을 다루는 이들은 연간 선량 한도가 50mSv를 넘지 않도록 관리한다. 그런데 수치상으로 문제가 있다. 우리는 병원에서 1년 동안 건강 진단과 치료에서 방사선을 쪼이는 양을 평균하면 약 1.0 mSv(위의 책 참고)이다. 이것을 천연 방사선량과 합친다면, 약 1.7~2.10 mSv이다. -여기까지는 요즘 검사들이 언론을 통해 국민의 의혹 사건이 일어날 때마다 '한 점의 의혹이 없도록 수사 한다'는 그런 논리와 맞아떨어진다. 그런데 라돈 가스의 양은 평균으로 따질 성질의 것이 아니라는데 문제가 있다. 예컨대, 지하 공간에서 작업하는 이들이 노출되어 있는 특수 환경은 대기의 평균 공기 오염의 수준으로 추정하여 평가할 수 없는 것처럼, 지하 공간의 현장에서 공기 오염의 정도를 확인하고 나서 평가해야 옳다.

우리의 주거 환경에서도 라돈 가스의 농도는 천차만별이다. 평균값으로 보면 공기 중, 라돈의 평균 방사능의 세기는 1 리터의 공기 중에 1.0 pCi(피코퀴리, 방사능의 한 단위)에 불과하다. 하지만 경우에 따라서는 천연의 라돈 가스 평균값의 100 배(100 pCi/L)를 넘은 곳도 발견된 적이 있다. 그렇다면 방사선의 연간 선량한도란, 집안 공기 중에 라돈 가스의 농도가 높은 주거 환경에 살고 있는 이들에게는 별 의미가 없을 것이다. 그 근거는 천연 방사선의 주된 것은 라돈 가스이다. 위의 자료에 의하면 통상적으로 모든 사람들이 천연으로부터 1년 동안 받게 되는 평균 방사선량은 1 mSv(방사선 종사자의 1 mSv/50 mSv × 100=2%)에 불과한 것이다. 하지만 이 수량의 100배인 주거 환경의 경우, 단순한 산술적인 셈으로도 라돈의 방사선량은 방사선에 다루는 종사자에게 허용되는 연간 한도의 2배를 일반 사람들이 그대로 쪼이고 있는 셈이다. 물론 그런 곳에 거주하는 이들이 집안에서만 활동하는 것이 아니므로 집밖에서 활동하는 시간(일일 평균 8시간)을 뺀 경우라 할지라도  $2 \times (24-8)/24 = 1.3$  배나 된다. 그러므로 적어도 그는 법정 선량한도의 1.3 배인 천연 방사선량을 자신도 모르게 쪼이면서 살아간다. 하지만 일반 사람이 방사선에 쪼일 선량한도는 직업상 쪼일 선량의 1/10에 해당하므로 13배가 될 것이라고 생각할 수 있을 지도 모른다. (방사선 방호의 개념으로 보면 이런 경우, 극히 제한된 사람들에게만 해당되므로 10배의 적용은 지나치다). 이쯤 되면, 가끔

법을 집행하는 기관에서 쉽사리 공언하는 ‘한 점의 희혹’과는 다른 논리이다. 그러므로 필자는 라돈 방사능의 대책이 필요한 것임을 주장한다.

요즘 뉴스의 초점이 된 한 절도의 행각을 놓고 ‘두 얼굴의 도둑’으로 표현한 기사를 읽은 적이 있다. 그는 요상하게도 도둑을 잡아들이는 경찰서장의 집을 턴 것이나, 경계가 삼엄한 장관 집을 골라 턴 용맹성(?)은 정말 놀랍다. 마치 홍길동이 탐관 오리만을 골라 턴 ‘홍길동전’을 읽고 있는 느낌이 든다. 현대판 ‘홍길동전’은 아니라고 헛기침을 해보지만, 홍길동전과 다른 점은 도둑과 도둑맞은 이들의 주장이 서로 다른 점이다. 도둑은 더 많이 털었다고 진술하고, 도둑맞은 이들은 잃어버린 돈이나 물건들 중에 여론의 핵심이 되는 부분들은 한결같이 아니라고 주장한다. 아무튼 진실이 어느 쪽이든 해피하기만 하다.

방사선 전문가들 중에서도 천연 방사선은 우리의 건강에 ‘해롭다’ 또는 ‘이롭다’는 서로 어긋나는 두 주장이 있다. 참이 아닌 것은 과학이 아니다. 과학사에서 ‘연금술’ 처럼, 일시적으로 우리를 혼란에 빠트리는 주장은 일시적으로는 진실한 듯 보이긴 하겠지만, 과학의 참 모습은 오로지 합리적이며, 합리적인 수단으로 증명이 가능해야 한다.

이 글에서 필자의 라돈 방사선에 관한 설명 그리고 위에 인용한 신문 기사의 ‘두 얼굴 도둑’의 얘기 양쪽 내용들은 공통적으로 수량적인 차이가 있다. 천연 방사선도 방사선들 중의 하나이다. 비유적으로 이것을 ‘선량 한도’에 포함시킨다면 도둑의 주장이 맞을 수도 있겠지만, 그렇지 않다면 도둑맞은 자의 주장이 맞을 것이다. ‘방사선의 두 얼굴’은 그래서 일방 주장을 펴는 것이 대단히 어려운 것인지도 모른다.

1896년, 베크렐이 방사능(방사선을 튀겨내는 힘)을 발견한 이후 뒤이어진 20세기의 100년 동안은 방사선의 세기였다고 해도 무방할 것이다. 하지만 그 이용 범위는 대체로 인체나 물질 구조의 테두리 안에서 이뤄졌다. 좀더 그 범위를 넓혀보자. 최근 일본과 호주 두 나라가 공동으로 추진하는 ‘CANGAROO(높은 에너지 우주선의 ‘광검출기’인 만원경의 지상 기지 건설)사업’은 우주에서 생기는 감마선을 관찰하여 우주의 수수께끼를 밝히려는 야심에 찬 한 연구프로젝트이다. 그 사업의 책임자인 Tadashi Kifune(Normile, 1999)는 최근에 『Science』기자와의 인터뷰에서 “21세기 초반기는 감마선 천문학 시대(the era of gamma ray astronomy)가 열린다”라고 예고했다. 방사선은 분명히 100년 단위의 기간으로는 그 두 얼굴의 참모습을 가려내기 어려울 것이다. 토인비는 문명의 한 단위를 400년으로 잡았다. 이쯤 돼야 아마도 방사선의 두 얼굴도 알게 될 것이다.

**KRIA**

### 참고 문헌

- 이광필, 1992, 『방사능을 생각한다』, Blue backs 시리즈, 전과과학사 간.  
 주승환, 1998, “방사선을 어떻게 이해할 것인가”, 동위원소회보, 제13권 제2호, P.24-27.  
 한국방사성동위원소협회.  
 주승환, 1999, “원자의 빅딜”, 동위원소회보, 제14권 제1호, PP.44-48.  
 한국방사성동위원소협회.  
 주승환·제원목, 1995, 『라돈 방사능과 생활 환경』, 계축문화사.  
 Normil, D., 1999, “New Ground-Based Arrays to Probe Cosmic Powerhouses”. Science, 30 April 1999, pp.734-735.