

현대문명의 빛과 그늘 「원자력」

Ⅲ. 방사선과 인간생활

한국원자력문화재단 제공

한국 표준형원전의 효시이며 단위기 용량으로는 국내 최대인 100만kW급 영광원전 3,4호기의 성공적인 완성이 우리나라는 모두 11기의 원자력발전소를 보유하게 되었고 지난 해는 3752만kW의 총발전설비 용량 중 27%를 원전 설비가 점유하기에 이르렀다.

이제 원자력은 분명히 우리곁에 와 있고 우리는 그 혜택을 누리면서 문명을 구가하고 있다. 그러나 원자력에 대한 국민적 합의는 여전히 어려운 가운데 사회적인 낭비가 계속되고 있다.

지난해말 한국원자력문화재단에서는 “현대문명의 빛과 그늘 「원자력」 (동아일보 편집위원 이용수 박사 지음)”이라는 제호의 책자를 발간한 바, 원자력에너지의 이용에서부터 안전성 및 방사성폐기물 처리문제, 그리고 원자력이 국제적인 위상에서 차지하는 비중과 원자력에 대한 국민이해에 대한 내용까지 원자력시대에 살고 있는 우리에게 ‘에너지로서의 원자력’ 관한 모든 것을 이야기해 주고 있어 내용을 연재로 게재한다.

〈편집자 주〉

- I 물질과 에너지
- II 원자력시대에 산다
- III 방사선과 인간생활**
- IV 방사선 이용
- V 원자력 사고
- VI 꿈의 핵융합로
- VII 원자력과 국제정치
- VIII 아쉬운 정책지원
- IX 원자력과 국민이해

1. 방사선의 정체

오늘날 원자력이 발전(發電)은 물론 의학, 산업, 연구용으로 그 이용 범위가 크게 확대되면서 특히 그에 따른 방사선의 위험에 대한 관심은 대단하다. 원자력을 무기로 사용하지 않는 한 방사선을 피하는 것이 원자력안전의 으뜸이기 때문이다. 원자력의 안전성에 대한 시비도 바로 방사선에서 비롯되고 있다.

방사선이란 도대체 무엇인가.

1985년 1월 5일 독일의 과학자 빌헬름 뢰트겐(W.K.Roentgen : 1845~1923)은 실험에 사용하던 시안화백금바륨을 칠한 종이 가 이상한 빛을 내고 있는 것을 보고 깜짝 놀랐다. ‘빛이 들어올 만한 곳이 없는데...’하고 중얼거리면서 전등이 스위치를 내렸다. 그런즉 종이에 나타나던 빛도 사라졌다.

그는 이 빛의 정체를 확인하느라 거의 1년이라는 시간을 보낸 끝에 음극관을 사용한 전등에서 눈에 보이지 않는 빛이 나온다는 사실을 알고 이 연구결과를 그해 12월 28일 학회에 보고했다. 당시로서는 알 수 없었던 이 빛을 그는 '모른다'는 의미의 X선이라고 이름지었다. 이 업적으로 그는 1901년 노벨물리학상의 최초 수상자가 됐다. 이렇게 발견된 X선이 오늘날 의학, 농학, 물리학 등 각 분야에서 가장 널리 이용되고 있는 방사선의 일종이다. 눈에 보이지 않던 방사선이 처음 확인된 것이다.

뢴트겐이 X선을 발견한 이듬해에는 프랑스의 앙리 베크렐(Henri Becquerel : 1852~1908)이 우라늄에서도 이와같은 눈에 보이지 않는 빛이 나온다는 사실을

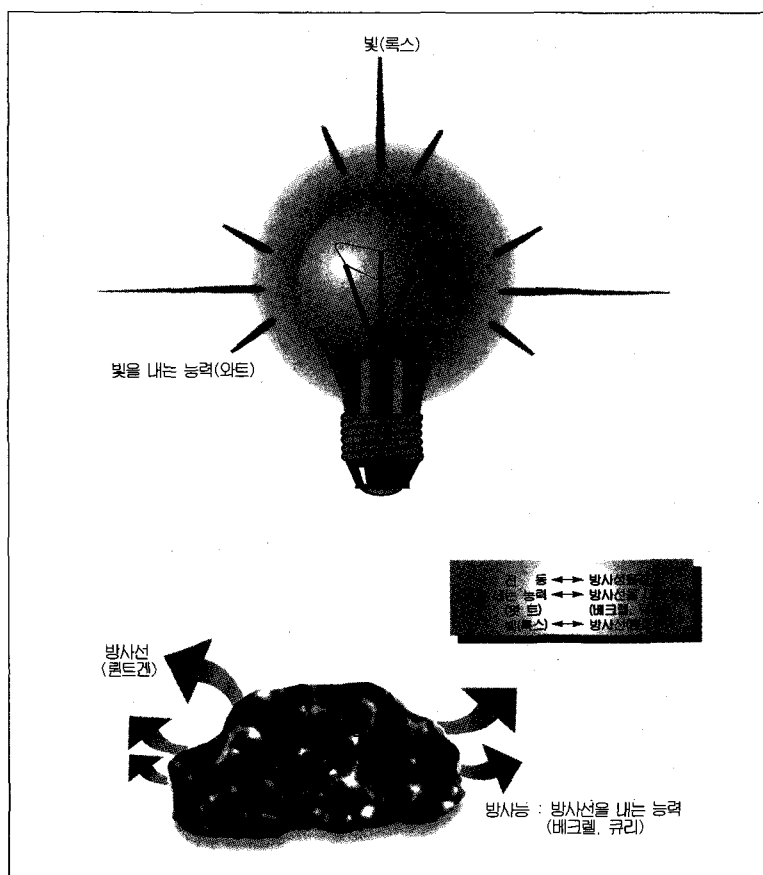
발견했다. 다시 2년 뒤에는 마리 퀴리 부인(Marie Curie : 1867~1934)이 강력한 방사선을 내는 라듐을 발견했다. 이것은 우라늄보다 9백 배나 강한 빛을 내는 가장 강한 방사성물질이다.

방사선의 본질은 에너지를 갖는 입자의 흐름이거나 파동이다. 그것은 눈에 보이지도 않고 냄새도 없으며 맛도 없다. 빛도 일종의 방사선이다. 방사선은 어떤 물질이 구조적으로 최고의 안정상태를 유지하기 위해 스스로 변신해 가는 과정에서 생기는 부산물이다. 즉 물질을 이루고 있는 양성자, 중성자, 전자가 균형을 이루고 있지 못할 때는 방사선을 낼 수 있는 능력(방사능)을 가진다. 이런 물질을 '방사성물질'이라고 한다. 방사선은 방사성물질에서만 나온다.

물질이 안정된 상태가 되는 경우는 꼭 필요한 수만큼의 양성자, 중성자, 전자를 가질 때다. 그러나 우주가 생겨났을 때 여분의 입자를 갖고 태어난 물질들이 있다. 이것이 자연방사성물질이다. 이 물질들은 서서히 방사선을 내면서 안정된 다른 물질로 변해간다. 자연방사성물질 가운데 강한 방사선을 내는 라듐을 비롯 우라늄, 토륨은 계속 방사선을 내면서 가장 안정된 납이 되어 간다. 방사성물질이 아닌 물질은 이미 안정된 물질로 되어 있기 때문에 스스로 다른 물질이 될 수 없다. 인공 방사성물질은 인간이 물질의 구조를 인공적으로 바꾸어 만들어 낸다. 반감기란 방사성물질이 다른 물질로 바뀌면서 50%의 방사능을 잃는 기간을 말한다.

방사선의 종류에는 알파선, 베타선, 감마선과 주로 인공적으로 만드는 X선, 중성자선 등 여러 종류가 있다. 에너지를 갖고 파동의 성질을 갖는다는 측면에서는 태양광선도 방사선이라 할 수 있다. 우주

방사능과 방사선의 개념



선도 일종의 방사선이다.

방사선은 각기 특성을 갖고 있다. 알파선은 양전기를 띠고 있으며 헬륨의 원자핵과 같다. 라듐 1.9g은 매초 370억개의 알파입자를 낸다. 알파입자는 무겁기 때문에 물질을 통과하는 힘이 매우 약하다. 생물의 조직속을 고작 0.1mm 정도 뚫고 들어간다.

베타선은 음전기를 띠고 있고 조직속의 통과거리는 2~8cm 정도다. 감마선은 빛과 같은 전자파로 전기적으로는 중성이다. X선도 감마선과 같은 전자파로 물질을 통과하는 힘이 매우 세다. 두꺼운 콘크리트벽이나 납으로 겨우 이들 방사선을 막을 수 있다.

일상생활 속에서 경험할 수 있는 방사선에는 자연적으로 생긴 것과 인공적으로 만든 것이 있다. 인간은 일

상적으로 먹고 마시는 음식물에서부터 대지나 우주에서 끊임없는 자연방사선을 받고 있다. 우주선은 우주에서 오는 방사선으로 이것은 외계에도 물질계가 있음을 시사한다. 지구의 대기중으로 들어오는 우주선은 매우 높은 에너지를 갖는 양성자와 헬륨의 원자핵 등으로 되어 있다. 이것이 대기를 이루고 있는 질소, 산소 등의 원자핵과 충돌하여 2차적인 우주선을 만드는 경우가 많다. 2차 우주선에는 양성자, 전자, 중간자, 감마선 등이 있다.

한 사람이 우주선으로부터 받는 방사선량은 연간 30 밀리렘 정도이다. 시멘트나 벽돌 등에서도 방사선이 나오는데 이것은 지각을 이루고 있던 방사성물질이 시멘트 등에 섞여 있기 때문이다. 지역에 따라 약간의 차이는 있겠지만 1년간 한 사람이 자연적으로 받는 방사선의 양은 1백밀리렘 정도다. 이 양은 X선 가슴사진을 한번 찍을 때 받는 양과 비슷하다.

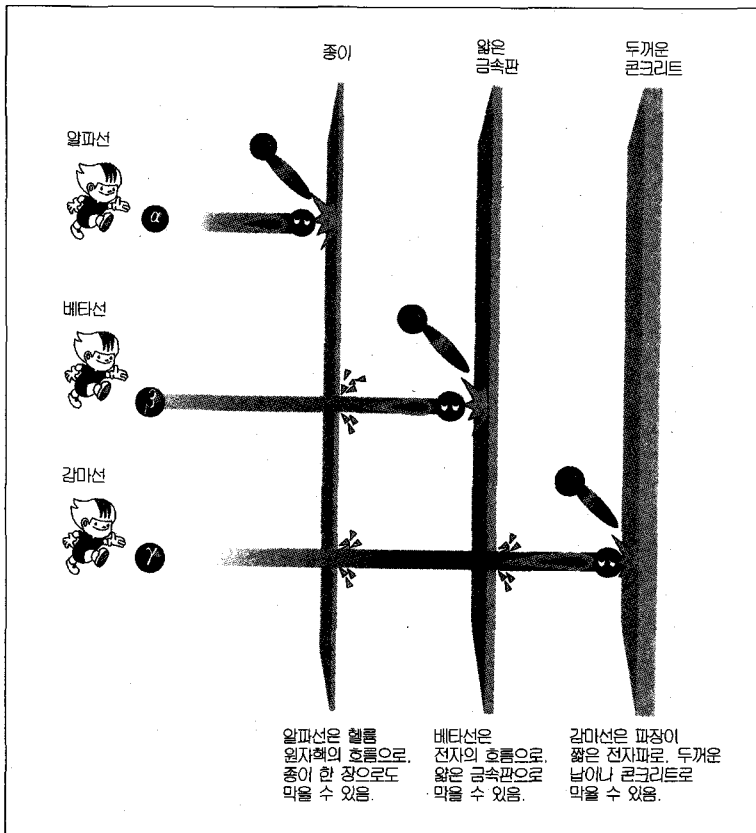
인공 방사선 가운데 가장 많이 이용되는 것은 X선이다. 그외 중성자선 등이 있는데 인간이 받는 방사선 가운데 20.7%가 의료용에서 오는 것이다. 원자력발전 시설로부터 받는 양은 0.1% 정도다.

오늘날 의학용이나 연구 산업용으로 쓰이는 방사선은 인공으로 만든 것이다. 원자로는 발전에도 쓰이지만 필요한 방사성 동위원소를 만드는 데도 사용된다.

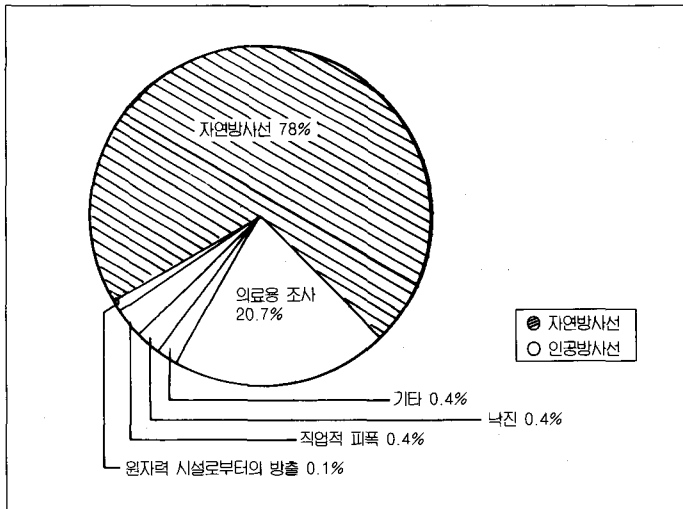
발전용원자로에서도 방사성동위원소가 나오는데, 특히 사용한 핵연료에서는 강한 에너지를 내는 여러 종류의 방사성 동위원소들이 들어 있다. 이들 원소에서 나오는 방사선관리가 원자력 발전을 하고 있는 나라들의 고민거리가 되고 있다.

오늘날 방사선 관리가 중요하게 고려되

방사선의 종류와 투과력



일상생활에서 받는 방사선의 종류



고 있는 것은 방사되는 입자 하나하나가 가진 에너지의 양은 작지만 이것이 합쳐지면 대단히 큰 힘을 낼 수 있는데다 방사선 자체가 눈에 보이지 않아 그 위험성이 늘 우리 주위에 있기 때문이다.

우주는 물론 지상의 곳곳에 많은 방사선들이 있지만 인간이 가장 두려워하는 것은 바로 인공방사선이다. 인공방사선은 인간이 물질의 구조를 이해하고 그 구조를 인공적으로 조작함으로써 만들어 내고 있다. 원자로는 핵분열을 일으켜 에너지를 만들기도 하고 방사성동위원소를 만들기도 한다. 가속기도 중성자나 전자 등을 가속시켜 강력한 방사선을 만들어 내고 있다. 그 중에도 원자로는 다양한 용도로 쓰이고 있어 현대 원자력문명의 꽃을 피워가고 있다.

원자력발전소에서 만들어지는 방사성 물질에는 핵연료인 우라늄이 직접 분열해서 생기는 것(핵분열생성물질)과 원자로에서 사용되고 있는 물이나 기계장비들이 핵분열에서 튕겨 나온 중성자를 받아 생기는 것(방사화생성물) 등 두 종류가 있다.

핵분열에서 생긴 방사성물질 가운데 기체로는 크립톤 83 등 4종, 지논 133 등 3종이 전체 기체폐기물의

99%를 차지하고 그외 트리튬 등이 있다. 고체로는 라비듐88, 스트론튬89와 90, 요드131 등 3종, 세슘134, 137 등 3종, 바륨140 등 20여종이 있다. 이 중에서도 가장 강한 방사능을 내고 있는 것이 스트론튬90과 요드131이다.

이 물질들은 암치료 등에 많이 이용되고 있다. 이들 방사성물질에서 나오는 방사선을 암조직에 쬐어 암세포를 죽이는 것이다. 방사화생성물 가운데 기체로는 질소13 및 16, 알콘41이 있고 고체로는 크롬51, 망간54와 56, 코발트58, 60 몰리브덴 등이 있다. 방사화생성물이란 방사선을 받아 방사능을 띤 물질을 말한다. 방사화생성물도 방사성물질이다.

이러한 방사성물질들은 모든 원전에서 생겨나고 있으며 우리나라에서 운전되고 있는 원전에서도 예외는 아니다. 고리원전 주변의 쓰레기에서 세슘137이 검출되었다는 것이 바로 이 쓰레기가 원전에서 나온 방사성 폐기물이었음을 말한다.

인간이 두려워하는 방사성물질은 우라늄이 중성자를 받아서 새로 생긴 핵분열생성물질 등이며, 우라늄 그 자체 방사능은 원전에서 생기는 방사능의 3.5%에 불과하다. 인간이 손으로 우라늄 핵연료를 만질 수 있는 것도 우라늄의 방사능준위가 약하기 때문이다.

원자력발전소에서 나온 방사성물질 가운데 반감기가 7초밖에 되지 않아 생기자마자 없어지는 질소16이 있는가 하면 반감기가 7억년이나 되는 우라늄235도 있다. 세슘137의 반감기는 30년 정도이다. 반감기는 방사능이 반으로 줄어드는 기간을 말하며 반감기가 길다는 것은 그 물질이 그만큼 오랫동안 방사선을 낼 능력을 가지고 있다는 말이다.

일반적으로 대지가 받는 방사선의 양은 평균 30밀리렘인 반면 지난 1986년 4월 발생한 소련 체르노빌 원전사고때 한 사람이 받은 방사선 양은 국제방사선방호위원회(ICRP)가 권하고 있는 양(연간 5백 밀리렘)의

2.4배에 이르는 수치를 기록하여 원전사고의 위험성을 피부로 느끼게 했다.

인간은 어느 정도의 방사선을 받아도 되는가.

국제방사선방호위원회는 인간이 받아도 될 최대한의 방사선 한계를 정해 두고 있다. 일반대중은 대체로 연간 5백 밀리렘 정도까지를 허용하고 있다. 그러나 방사성물질을 직업적으로 다루는 사람은 이보다 10배나 많은 5천 밀리렘 이상을 받지 못하도록 하고 있다. 일반인들의 피폭한계선량을 이 정도로 잡고 있는 것은 일상 생활에서의 안전확률과 같다.

가슴 X선을 한번 찍을 때는 1백 밀리렘 정도의 방사선을 받는다. 위투시는 1,500밀리렘, 암치료는 60만 밀리렘을 받는다. 암환자를 치료하기 위해서는 사용되는 방사선은 국소에 순간적으로 쏘이는 것이다.

한꺼번에 70만 밀리렘 이상의 방사선을 온몸에 받은 사람은 틀림없이 죽는다. 이 양을 치사선량이라고 한다. 그러나 이 정도의 방사선을 손가락에 받으면 그 부분만 잘라내면 되니까 생명에는 지장이 없다.

방사선에 의한 피해는 신체의 어느 부위가 얼마만큼의 방사선을 받느냐가 중요하다. 눈의 수정체와 생식선, 조혈기관은 가능한 한 방사선에 노출되지 말아야 한다. 이들 기관들은 신체기능의 핵심적인 역할을 하기 때문이다. 방사선을 받은 사람 가운데 반이 죽고 반이 살아남을 피폭선량(반치사량)은 45만 밀리렘 정도이며 10만 밀리렘 이상의 방사선을 쬐게 되면 대체로 신체적인 이상이 온다.

자연에 존재하면서 인간에 강한 영향을 미치고 있는 방사성물질은 많다. 그 중에 대표적인 것이 라듐이다. 라듐은 자연에서 가장 강한 방사선을 내는 물질이다. 라듐과 퀴리 부인에 얽힌 얘기는 바로 오늘날 방사선이 인간에게 어떤 영향을 미치는지를 처음으로 일깨워 주었다.

1903년 6월 25일 프랑스의 파리 교외에 있는 마리 퀴리 부인의 집에서 조용한 축하모임이 열리고 있었다.

그날 퀴리 부인은 파리대학의 박사시험에 합격했기 때문에 그녀와 친한 과학자들과 친지들을 저녁식사에 초청한 것이다.

초청인사 가운데는 방사능이 물질의 원자내부의 현상이란 사실을 처음으로 주장했고 원자의 모형을 핵을 가진 것으로 추정하여 오늘날과 같은 모형을 만들어 낸 어네스트 러더퍼드 박사도 끼어 있었다. 그녀의 논문제목은 '라듐방사선'에 관한 것으로 1백 페이지 정도의 것이었다. 그녀는 이 논문으로 최우수논문상과 함께 파리대학이 이학박사 학위를 받은 것이다.

저녁식사가 끝난 다음 참석자들은 모두 정원으로 나와 의자에 자리를 잡았다. 퀴리부인이 천천히 일어섰다. "여러분 이것을 보아 주십시오."

약간 떨리는 목소리로 말을 시작한 그녀는 주머니에서 작은 시험관을 끄집어 내며

"이것이야말로 20세기의 빛입니다"라고 말을 이었다.

그 시험관은 청백색의 빛을 내고 있었다. 그 시험관 안에는 라듐 용액이 들어 있고 시험관의 바깥에는 황화아연이 칠해져 있었다.

라듐에서 나온 방사선이 황화아연에 닿아 형광을 내고 있었다. 자리를 함께 했던 모든 사람들이 그 빛에 감동해서 어리둥절할 뿐이었다. 이 빛은 퀴리 부인의 빛나는 업적의 상징이었다.

그러나 그때 러더퍼드의 눈은 퀴리 부인의 손을 응시하고 있었다. 시험관을 잡은 손은 껍질이 벗겨져 새빨갳게 되어 있었다. 그 무렵 퀴리 부부는 방사선의 피해를 알고 있지 못했다. 이들 부부만이 아니라 다른 과학자들도 방사선의 피해에 대해 전연 무관심한 때였다.

그러나 독일의 할 코크가 처음으로 방사선이 인간의 몸에 영향을 주는 문제에 대해 주의깊게 관심을 쏟고 있었다. 그는 라듐의 용액을 담은 시험관을 주머니 속에 넣고 다녀 보았다. 그런즉 수일 후에는 그 주머니에 닿은 피부가 빨갳게 되어 따끔거리는 통증이 나타나기 시작한 것을 확인했다. 러더퍼드도 방사선의 피해에 신

경을 쏟고 있던 사람 중의 하나였다.

뒤늦게 퀴리 부인 자신도 라듐의 피해에 대해 실험을 해 보았다. 라듐의 조각을 고무로 싸서 10시간 동안 팔에 붙이고 다니면서 그부위가 어떻게 되는가를 살폈다. 피부는 불에 덴 것처럼 새빨갳게 됐고 며칠이 지나자 짓무르기 시작했다. 그러나 그때까지도 과학자들은 방사선의 그러한 장해를 문제로 보지 않고 '참을 만한 정도의 직업병'으로 이해하고 있었다.

그러나 라듐이 암의 치료나 야광시계의 도료로 널리 이용되기 시작하자 그것에 대한 피해가 점점 늘어나고 심각해지면서 '참을 만한 정도의 직업병'이라고 말하기에는 그대로 지나칠 수 없는 일이 됐다. 1924년 미국 뉴욕의 치과의사인 세오돌 포름은 젊은 여성의 턱암에 신경을 곤두세우고 있었다. 턱암을 앓고 있는 어떤 소녀는 매독성의 골수염으로 진단되기도 했다.

그러나 포름은 '결코 그렇지 않다'고 확신했다. 왜냐하면 턱암환자들이 모두 같은 일을 하고 있었기 때문이었다. 그것은 시계의 야광문자판을 새기는 일이었다. 밤에도 빛으로 보이는 도료 속에는 라듐이 포함되어 있었다. 그녀들은 시계의 문자판을 새길 때 라듐이 묻은 붓을 혀에 대곤 했다. 처음 몇 년 동안은 아무런 이상이 나타나지 않았으나 드디어 혀 가운데에 종기가 생겨나 그것이 점점 암으로 변하기 시작했다. 12명의 여성들이 이 때문에 죽었다. 포름은 이 병을 '라듐턱'이라고 이름 지었다.

그후 라듐을 추출하는 공장이라든가 라듐을 사용하는 연구소에서도 희생자가 나타나기 시작했다. 희생자들의 거의 전부는 급성골수성 백혈병 환자들이었다. 라듐에 의한 이러한 장애를 주시한 과학자들은 1928년 스톡홀름에서 열린 국제방사선학회에서 '국제X선 라듐방호위원회'를 설립했다. 이 위원회는 1950년에 '국제방사선 방호위원회(ICRP)'라는 이름으로 고쳐져 현재도 방사선으로부터의 피해를 줄이는 문제에 대해 세계 각국 정부에 여러 가지 권고를 하고 있다.

라듐은 은백색 광택을 내는 금속으로 우라늄보다 훨씬 강한 방사선을 낸다. 4가지의 동위원소가 있으며 이 중 대표적인 것이 라듐226으로 반감기는 1,602년이다. 라듐을 발견해서 방사능이란 이름을 만들어 내고 방사선 연구의 막을 연 마리 퀴리 부인 자신도 방사선을 너무 많이 받아 재생불량성 빈혈 때문에 1934년 7월 4일 이 세상을 하직했다. 그녀의 나이 66세였다.

2. 지구를 채운 방사선

우리가 원자력에 대해 신경을 쓰는 것은 원자력이 에너지 부족을 해결해 줄 수 있는 깨끗한 에너지원이란 점도 있지만 거기서 생기는 방사성물질에서 나온 방사선이 생태계에 영향을 주어 결국 인간의 삶을 위협하지 않을까 하는 두려움 때문이다.

방사선은 볼 수도 없고 얼마나 많은 방사선을 받았는지도 아직은 과학적으로 측정할 수 없기 때문에 더욱 공포의 대상으로 인식되고 있다. 또 방사선을 쬐었을 때 이를 치료할 수 있는 완벽한 방법이 아직까지 없으며 평생 동안 그 영향이 계속되기 때문에 방사선을 두려워 한다.

그러나 인간은 어머니 뱃속에서부터 끊임없이 방사선을 받아 왔고 태어나서도 계속 방사선을 받으며 살아가고 있다. 그래서 지구상의 모든 생명체는 방사선에 어느 정도 면역이 되어 있다. 다만 갑작스레 많은 방사선을 쬐게 되어 생리적인 형평을 잃었을 때 방사선의 피해가 심각하게 나타난다.

방사선에는 자연방사선과 인공적인 방사선이 있다. 자연방사선은 우주가 생겨날 때부터 생겨 존재하고 있는 방사선을 말한다. 이 방사선은 온 우주에 차 있다. 자연방사선 가운데 대표적인 것은 우주에서 오는 우주선과 지구껍질에 있는 우라늄, 라듐, 토륨 등의 방사성 물질에서 나오는 것이다.

인공방사선은 인간이 물질을 보다 효율성 있게 이용하기 위한 과정에서 생긴다. 방사성동위원소를 만들어 질병의 진단이나 치료 및 산업현장에서 사용하기도 한다. 그러나 이와같이 꼭 필요에 의해서 만든 것이 아니고 가령 원자력발전소에서 전기를 일으키다보니 결다리로 생겨나는 방사선이나 핵무실험을 하다가 생겨나는 방사선이 문제가 되고 있다.

자연적인 방사선이든 인공적인 것이든 인간은 얼마나 많은 방사선을 받으며 살아가고 있을까.

인간이 방사선을 받는 양은 주거의 조건에 따라 크게 달라진다. 즉, 해발높이, 주변지역의 방사성 물질의 존재 여부, 사용하는 건축자재의 종류, 방사성동위원소의 부주의한 사용 및 인근지역에 방사성물질을 만들어 내는 공장의 존재 여부 등에 따라 차이가 난다.

특히 오늘날 사회적인 문제가 되고 있는 원자력발전소는 전기를 만드는 과정에서 방사성물질이 만들어지고 있기 때문에 관심의 대상이 된다. 정상적인 원자력발전소의 운전에서는 방사능을 겁낼 필요가 없다. 적어도 설계상으로는 안전성을 확보하고 있기 때문이다. 다만 사고를 당했을 경우 문제는 달라진다.

인간이 자연으로부터 받는 방사선을 전체의 78% 가량이고 나머지는 문명의 소산인 인공방사선에서 온다. 유엔과학위원회 보고에 따르면 인간은 연평균 240밀리렘의 자연방사선을 받는다고 되어 있다. 그 내용은 우주선으로 35밀리렘, 대지 등으로부터 40밀리렘, 공기에서 130밀리렘, 음식물에서 35밀리렘 등이 있다.

방사선은 볼 수도 없고 느낄 수도 없다. 그러나 갖고 있는 에너지가 얼마나 되는지는 쉽게 측정할 수 있다. '가이거계측기'같은 것은 방사선을 측정하는 효과적인 장비이다.

방사선량을 측정한다고 하는 것은 어떤 물체에 방사선의 에너지가 얼마나 흡수되는지를 측정하는 것이다. 이 경우에 그 흡수선량의 단위를 라드(rad)라고 한다.

방사선이 우리의 관심을 끄는 중요한 이유 중의 하나

는 우리 몸(신체)에 미칠 수 있는 영향 때문이다. 이 경우에는 특별히 렘(rem)이라는 단위를 사용한다. 1렘의 1천분의 1을 1밀리렘(mrem)이라고 한다. 밀리렘은 우리가 일상생활에서 많이 사용하는 단위이다. 예를 들어 가슴에 X선을 1회 촬영하는 데에는 약 100밀리렘의 방사선량을 받는다는 식이다.

요즘에는 시버트(sievert)라는 새로운 단위를 사용하고 있다. 시버트는 방사선의 형태와는 관계없이 어떠한 방사선이든지 그 방사선으로 인한 일정한 생물학적 효과만을 나타내는 단위이다. 적은 양의 방사선량을 나타낼 때는 1시버트(Sv)의 1천분의 1인 밀리시버트(mSv)를 사용한다. 1밀리시버트 100밀리렘과 같다. 병원에서 가슴에 X선을 1회 촬영할 때에 약 100밀리렘의 방사선을 받는다고도 할 수 있지만 요즘에는 1밀리시버트를 받는다고 간편하게 말하기도 한다.

방사선을 측정하는 단위

구 분	새로운 단위	종래단위	
방사능단위	베크렐(Bq)	큐리(Ci)	
방사선량단위	조사단위	쿨롱/킬로그램(C/kg)	뢴트겐(R)
	흡수선량	그레이(Gy)	라드(rad)
	선량당량	시버트(sv)	렘(rem)

인공방사선중에서 가장 큰 몫을 차지하는 것이 병원에서 사용하는 X선 촬영 등 의료시설에서 나오는 것이다. 이것은 인간이 받는 전체 방사선의 20.7%나 된다. 나머지 인공방사선은 핵실험 후에 생기는 낙진(落塵), 방사성물질이나 X선 및 기기 등을 취급하는 사람들이 직업적으로 받는 방사선이다. 방사선업종 종사자들이 받는 방사선은 전체 피폭량의 0.4%에 이른다. 그러나 원자력시설로부터 나오는 방사선은 0.1%에 불과하다.

지난 1988년 12월 10일 '고리 원자력발전소 주변에서 나온 방사성 폐기물이 묻혀 있다'는 사실을 알려지면

서 이에 대한 조사가 원자력안전센터에 의해 실시됐다. 이때 검출된 방사능은 코발트 60이 쓰레기 1g당 22.3 피코큐리, 세슘 137이 16.5피코큐리였다. 검출된 코발트의 방사능영향은 연간 1밀리렘 이하로 이 양은 자연으로부터 받는 방사선의 수 십 분의 1에도 못미치는 양이었다. 이 문제는 방사선량의 많고 적음이 아니라 철

저하게 관리되어야 할 방사성물질이 어떻게 일반쓰레기처럼 아무렇게나 쓰레기로 유출되었느냐는데 있었다.

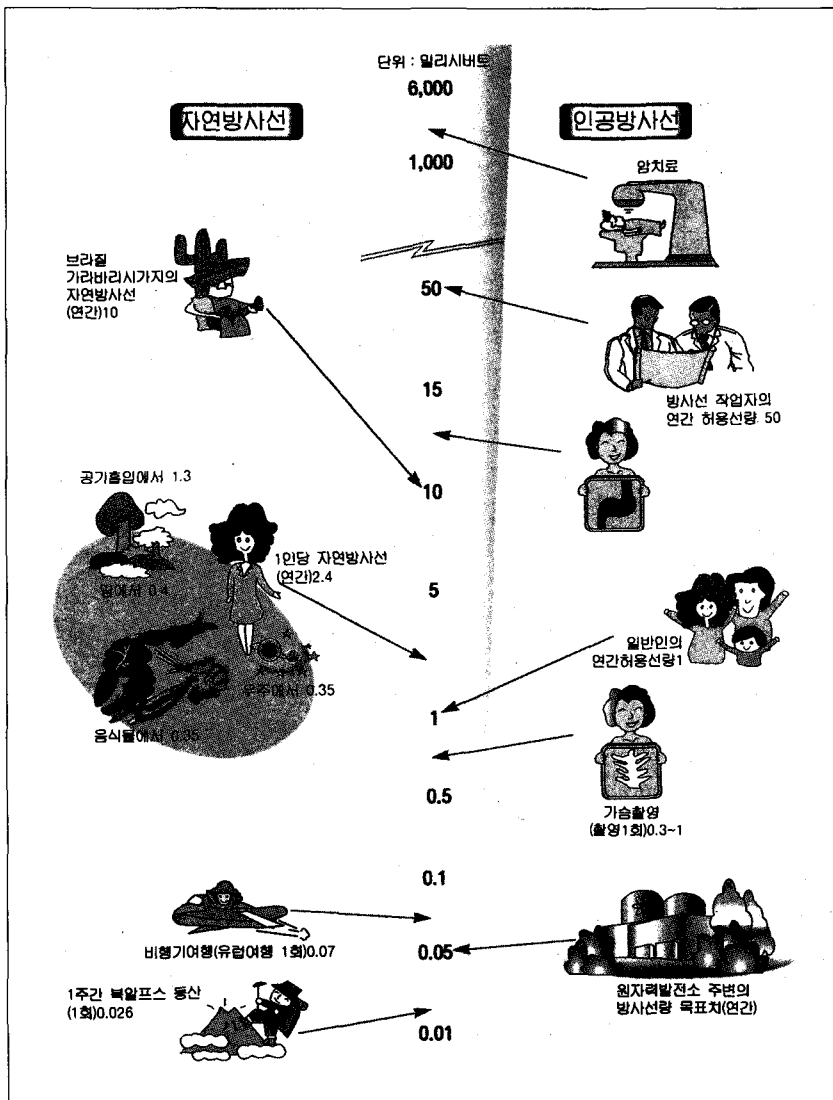
자연방사선은 지역에 따라 많은 차이가 난다. 평지에서는 평균 40밀리렘 정도의 우주선을 받는데 높은 지역일수록 많은 우주선을 받는다. 일본 후지산 꼭대기에서 받은 우주선의 양은 70밀리렘 정도다. 또 연간 1천밀리

렘 이상을 받고 있는 곳은 브라질의 구아나바라와 인도의 마드라스 부근, 미국의 덴버 지방 등이다. 우리나라 사람들은 우주선과 지각에서 나오는 방사선 등을 포함, 연간 130밀리렘 정도의 자연방사선을 받는 것으로 조사되어 있다.

라돈은 자연계에서 가장 흔하게 볼 수 있는 방사선을 내는 물질이다. 한 사람이 1년동안 자연으로부터 받는 자연방사선 가운데 라돈으로부터 받는 방사선은 반 이상을 차지한다. 그만큼 라돈은 우리생활 주변에 많이 깔려 있으나 대부분은 이를 인식하지 못하고 지나쳐 버린다.

라돈은 천연우라늄이 붕괴되면서 생겨나는 방사성물질로 공기보다 7.5배 가량 무거운 무색 무취의 기체다. 라돈은 원자번호 86, 질량수222인 방사성 물질로 알파, 베타선 등 방사선을 내면서 붕괴를 계속하여 최후에는 납이 된다. 즉 라돈은 알파방사선을 내면서 붕괴를 계속하여 납214, 비스무스 214, 폴라늄214를 거쳐 최종적으로 가장 안전한 상태인 납210이 된다. 라돈이 납으로 되는데 걸리

자연방사선과 인공방사선의 체내 흡수량



는 시간은 1시간도 채 안된다. 그만큼 라돈은 한꺼번에 많은 방사선을 내고 빨리 다른 물질로 바뀐다.

호흡을 통해 몸 속으로 들어온 라돈의 기체분자는 기관지나 허파꽂리에 달라붙는다. 물론 라돈에서 나오는 방사선의 세기는 아주 보잘 것 없는 것이지만 계속 라돈에 반복해서 노출될 경우 인체는 암발생 등의 피해를 받기 마련이다. 이와같은 영향을 미치는 물질 가운데 토론이란 가스도 있다. 이것은 토륨이란 방사성물질에서 나오는 것으로 방사선을 내는 메커니즘은 라돈과 같다.

미국환경보호국에 의하면 2억여 명의 인구 가운데 8백만여 명이 공기 1리터당 4피코큐리(기준치)의 라돈에 노출되고 있으며 이로 인한 폐암 희생자는 연간 5천~2만여 명에 이르고 있다는 것이다. 또 미국의 집들 가운데 60% 이상이 기준치 이상의 라돈을 받고 있고 그 가운데 20여만 호는 연간 20피코큐리 이상의 많은 라돈에 노출되어 있는 것으로 나타났다. 특히 라돈의 영향권에 있는 사람들이 담배를 피우는 경우에는 담배와 라돈이 상승작용을 하여 폐암발생률이 높아지는 것으로 알려졌다.

일상생활에서 라돈에 노출되기 쉬운 경우는 우라늄광산 주변에 사는 경우와 건축재료도 벽돌이나 시멘트 등을 쓴 주거공간이나 지하생활을 하는 경우 등이다. 특히 오늘날 주거 및 생활공간이 문제가 되는 것은 건축 자재들이 방사성물질을 함유한 벽돌 시멘트 등으로 되어 있는데다 에너지절약을 이유로 환기를 꺼림으로써 실내공기의 상당부분이 라돈방사능에 오염된 경우가 많다. 시멘트나 벽돌이 방사능을 띠는 경우는 지각에 있는 방사성물질이 포함되어 있기 때문이다.

오늘날 대도시에서 유행하고 있는 라돈탕도 라돈이 많이 함유된 재료로 타일을 만들어 사우나실을 꾸미거나 우라늄원광을 이용하여 라돈을 얻는다. 원래 라돈탕은 물 속에 있는 라돈을 이용하는 것이다. 실제로 물 속에는 지상의 다른 어떤 물질에서보다 많은 라돈이 함유되어 있다. 라돈만이 아니라 다른 방사선도 적당량일

경우 생체활성을 돕는다는 연구보고가 있다. 라돈탕도 약한 방사선이 인체세포를 자극한다는 이점을 이용한 것이다. 또 알파선이 중성지방이나 콜레스테롤 및 과당 당분 등에 강한 전리작용을 일으켜 이를 분해하여 땀으로 배출시키기 때문이란 주장도 있다.

국내에서는 라돈과 건강에 관련된 조사 연구 자료가 많지 않다. 김윤신 한양대 교수가 서울시내 일부지역의 34가구를 표본적으로 조사한 연구에 따르면 지하실에서 공기 1리터당 평균 2.64피코큐리, 1층 거실에서 1.17피코큐리로 나타났으나 일부 지하실에서는 최고 9.99피코큐리, 1층에서는 3.16피코큐리의 라돈이 검출됐다고 밝혔다. 국내에는 라돈에 대한 규제치가 마련되어 있지 않다.

실내공기 오염의 주범이 되고 있는 라돈에 의한 피해를 줄이기 위해서는 실내에서의 흡연을 금지하고 라돈이 검출되는 지하실에서 많은 시간을 보내지 말며 창문을 자주 열어 환기를 시켜 주어야 한다. 또 벽틈과 수도관이나 하수관을 타고 집안으로 들어오는 라돈을 막기 위해 때때로 집안 손질도 게을리하지 말아야 한다.

국내의 일반방사능의 수준이 어느 정도인지를 조사한 자료 가운데 한국원자력연구소가 우라늄광 매장지역인 충북 괴산군 덕평리 지역을 조사한 것이 있다. 이 조사에 따르면 해당지역 공기중의 평균 방사선량은 시간당 10~39마이크로 료트겐으로 이것은 대조지역인 경기도 양주나 여주지역보다 2배나 높은 것으로 나타났다. 그러나 이 양은 국제방사선방호위원회가 규정하고 있는 양에 훨씬 못미쳐 이 지역을 방사선이 높은 지역이라고 할 수 없다는 것이 이 연구 보고서의 결론이었다.

또 이 지역에서 생산되는 작물을 대상으로 우라늄 함량을 조사한 결과 평균 함량이 0.5ppm이었는데 이를 근거로 주민들의 우라늄 섭취량을 추정한 결과 국제방사선방호위원회가 정하고 있는 최대 허용량에 훨씬 못미친다는 것이다.

오늘날 원자력발전소를 가지고 있는 나라는 하나같이

발전소에서 새어나올지도 모를 방사선을 알기 위해 고 심초사하고 있다. 이들은 방사선을 감시하기 위해 발전소 주변에 방사능감시장치를 설치하여 24시간 방사능을 측정하고 있다. 아무리 철저하게 방사능의 누출을 막기 위해 완벽한 설계를 하여 건설된 원전건물이라도 방사능이 누출될 가능성이 있기 때문이다.

따라서 원전주변의 방사능감시장치는 원전시설이 정상적으로 가동되고 있는지 여부를 확인하는 수단이 되기도 하지만 가장 중요한 목적은 원전주변지역에 살고 있는 사람들을 방사능으로부터 보호하기 위한 안전의 수단이기도 하다. 이것은 각국의 원자력법에 명시되어 있는 가장 중요한 사항이며 국제방사선방호위원회에서도 이를 강력하게 권하고 있다.

세계 각국들이 운영하고 있는 방사능감시장치는 단순히 자기나라의 방사능을 감시하는 것만이 아니고 때때로 이웃 나라에서 어떤 일이 일어났는지 아는데도 도움을 준다.

지난 1986년 4월 소련의 체르노빌에서 원전사고가 났을 때 이것을 가장 먼저 알아낸 나라는 스웨덴이었다. 스웨덴 국립과학연구소는 이날 그들이 측정한 자연방사능수치가 통상적인 것보다 월등히 높은 것을 알고 그 원인을 추적한 결과 소련에서 원전사고가 발생했음을 의심했다. 그때까지만 해도 소련은 이 사고를 비밀로 하고 있을 때였다. 원전사고의 의혹이 다른 이웃나라에서도 생겨 문기가 잇따르자 결국 소련도 체르노빌에 있는 원전에서 사고가 발생했음을 공식적으로 발표했다.

이 사고에 의한 대기중의 방사능 증가는 사고 한 달 후인 5월 우리나라와 일본의 방사능감시망에도 포착되었다. 이와 같은 방법으로 어느 나라가 대기중에서 핵 실험을 했을 경우 대기중의 방사선량이 크게 달라지게 되어 결국 국제감시망에 걸리게 된다.

우리나라에도 지난 1978년 고리원전이 운전되면서 방사능 감시장치를 설치하고 있다. 현재 고리, 월성, 영광, 울진 등 4개 지역에 방사능 연속감시장치와 열형광

선량계(TLD)가 설치되어 원전에서 누출될지도 모를 방사능을 감시하고 있다. 최근에는 원전주변지역 주민들이 직접 원전에서 나오는 방사선량이 어느 정도인지를 눈으로 볼 수 있게 하기 위해 마을입구에 방사능감시장치를 해 둔 곳이 많다.

방사능감시장치는 원전건물 내·외에도 있다. 이 감시장치는 발전소 내의 요소 요소에 설치하여 원자력발전소의 주컴퓨터실에 연결되어 있어 그때 그때 측정된 방사능 수준을 체크하게 되어 있다. 방사능이 0.02밀리벵트겐 이상이면 경고등이 켜져 비상을 알리게 돼 있다. 또 열형광선량계는 원전에서부터 1km 간격으로 외부로 줄이어 각 발전소마다 10개씩 설치하여 원전에서 나오는 방사선을 거리별로 측정하고 있다.

그외 원전주변지역의 방사능 측정을 위해 동식물, 토양과 바다의 어류, 해조류, 해수 및 공기 등 39개 항목 1,600~1,700여 개가 시료로 사용된다. 이 시료를 검사하여 방사능이 평소보다 많을 경우 그 원인을 추적하여 혹시 원전의 사고와 관계가 있는지를 조사한다.

원전지역에서의 방사능 변화 등을 포함한 환경평가는 원전건설 이전부터 실시된다. 이 조사를 기본조사라고 한다. 이는 원전이 들어설 장소에 있는 시료를 대상으로 실시하며 이 조사결과를 기본자료로 하여 이것과 발전소 건설 후의 방사능과 비교하여 해당지역에서의 생태적인 환경변화를 알아 낸다.

과학기술처 방사선과가 고리원전이 건설되기 이전 이 지역에서의 방사능수준을 조사한 자료에 따르면 공기중의 베타선방사능 수준은 공기 1입방미터당 54.1~57 피코큐리(피코는 1조분의 1)이며 바닷물의 베타선방사능은 바닷물 1리터당 92.56~745.12피코큐리인 것으로 나타났다.

3. 방사선속의 쏠신벌레

일반적으로 방사선은 생명체에 해로운 것으로만 알려

져 있다. 정말 그럴까.

생명체에 대한 유해성 여부는 투여되는 약물의 양과 절대적인 관계가 있다. 인체에 대한 방사선의 영향도 물론 예외는 아니다. 많은 양의 방사선은 암을 유발한다는 사실은 원폭을 당한 인간에 대한 관찰과 각종 동물의 실험에서 확실하게 밝혀져 있다. 그러나 양적으로 얼마만한 방사선이 인체에 위험한가 하는 문제에 대해서는 아직도 논란이 많다. 이와함께 소량의 방사선이 인체의 생리활성을 촉진시킨다는 것도 오늘날 많은 학자들이 주장하고 있다.

소량의 방사선에 노출되면 생명체의 생리활성이 촉진되는 현상을 방사선 호메오스타시스(Homeostasis)라고 한다. 일반적으로 호메오스타시스라는 말은, 위험하지만 저준위(低準位)인 물리 혹은 화학인자에 노출되면 생리적인 방어메커니즘을 활발하게 하는 살아 있는 유기체의 일반적인 현상을 말한다. 다시 말하면 많은 양으로는 살상력이 있는 독약이지만 적은 양으로는 생명체의 활동을 활발하게 한다는 것이다. 구리, 카드뮴, 아연, 셀레늄 같은 많은 금속의 소량일 경우 인체에 필수적인 것으로 알려져 있다. 그러나 이것들의 체내에서의 농도가 높아지면 아주 유해하다. 소위 중금속중독을 일으킨다.

독약들의 경우도 마찬가지다. 많이 쓰면 독약이 되지만 적당히 쓰면 특효약이 되는 것이다. 예를 들어 의학적으로 사용되는 디기탈리스는 소량으로 사용할 경우 심장활력제가 되나 다량을 사용할 경우 경련뿐만 아니라 죽음으로까지 이어진다. 라돈도 적당량 사용하면 피부를 자극, 목욕효과를 높일 수 있다. 라돈탕은 바로 방사선 호메오스타시스를 이용한 생활의 지혜다.

소량의 방사선이 생체활성을 돕는다는 연구보고는 수없이 많다. 가장 잘 알려진 예는 식물의 성장과 발아에 미치는 미량의 방사선 자극 효과다. 방사선이 완전히 차단된 곳에서는 식물의 성장 및 씨앗의 싹틔미 부진하다는 것은 많은 연구에서 일치하고 있다. 이외에 동식

물의 번식력 증가, 수면 연장, 종창의 방지 및 감염에 대한 저항력 증가 등도 방사선이 있을 때 더 활성화된다는 것이다.

수백만 년 동안 이 지구상의 생물체는 계속 방사선의 공격을 받아오면서 살아왔다. 오늘날 우리 인간 모두는 그것을 좋아하든 싫어하든지 간에 방사선 속에 묻혀 살고 있다.

인간이 자연방사선에 노출되는 경우는 대기권 밖에서 오는 우주선과 지각에 있는 방사능물질에 비롯된다. 이 자연방사선은 의학적으로 이용되는 X선이나 원자력발전소에서 나오는 인공방사선과는 달리 방사선의 세기가 약한 것이 대부분이다. 인간은 공기를 호흡하고 물을 마시며 음식을 먹음으로써 그 속에 있는 방사성물질들과 자연스럽게 접촉하게 된다. 소위 자연방사선에 노출되는 것이다. 인간은 어머니 뱃속에서부터 방사선을 경험하면서 살아왔다.

살아 있는 생명체 세포들이 진화하는 동안 위험에 대처하기 위해 환경에 적응해 온 것은 방사선에 대해서도 예외는 아니라고 과학자들은 설명하고 있다. 즉 방사선 피해로부터 쉽게 회복되기 위한 시스템을 가지고 있는 세포들은 방사선으로부터 어느 정도 피해를 받았어도 이를 곧 복구할 수 있다는 것이다. 이같은 방법으로 약한 방사선 때문에 손상된 인간의 세포 가운데 90% 정도가 불과 몇 시간안에 회복될 수 있다는 것이다. 물론 이러한 회복은 유전자가 손상을 받지 않았을 때만 가능한 것이다.

소량의 방사선이 성장에 도움을 준다는 사실은 짚신벌레의 연구에 두드러지게 나타나고 있다.

과학자들은 짚신벌레 배양기 하나를 해면에서보다 우주선을 5배나 많이 받는 3,800m의 산꼭대기에, 두번째는 해면보다 3배나 많이 받는 1,000m의 높이에, 세번째는 해면과 같은 높이에, 네번째는 우주선의 영향이 상당히 감소되는 지하에 설치했다. 이 결과 높은 산에 설치된 배양기에 둔 짚신벌레가 가장 잘 자랐고 지하에

둔 쫄신벌레의 성장이 가장 늦었다. 그런데 지하에 두었던 쫄신벌레를 해면의 높이로 옮긴 즉시 그 성장속도는 해면높이에 두었던 다른 쫄신벌레의 성장속도와 같았다는 것이다.

방사선과 암에 대한 연구는 원폭피해자 가운데 8만여명의 생존자에 대한 연구와 영국에서 X-선 치료를 받은 적이 있는 14,000여명의 환자에 대한 조사에 크게 의존하고 있다. 이 두 연구는 짧은 시간 동안에 많은 방사선을 받은 사람들로 다량의 방사선이 암을 유발하는 결정적인 증거를 제공했다. 그러나 소량의 자연방사선에 노출됐을 경우 암발생이 증가한다는 단편적인 연구들은 있으나 일부학자들은 이것이 통계적인 의미가 없다고 주장하기도 한다.

브라질, 인도, 중국 등에는 세계 평균 지역보다 20배 가량 많은 자연방사선을 받고 있는 곳이 있다. 그러나 이들 지역에서 암발생률이 다른 지역보다 높다는 보고는 없다. 이들은 오히려 미국 덴버 등 7개 고지대에서 암사망률이 미국 동부해안지방의 암사망률보다 낮다고 주장, 이것이 방사선호메오스타시스 때문이라고 풀이하기도 한다.

그러나 방사선 호메오스타시스 현상은 대부분 곤충, 쥐, 생쥐, 닭, 돼지 등 동물을 대상으로 했을 뿐 인체를 대상으로 한 것이 아니다. 때문에 방사선의 호메오스타시스 효과를 인간에 대해서 확인할 수 없는 실정이다. 또 자연방사선과 암발생관계는 연구자들 사이에 주장이 엇갈려 있다. 그것은 바로 방사선을 어느 정도 받아야 해로운지를 현대과학도 정확히 그 선을 긋지 못하고 있다는 반증도 된다.

방사선에 의한 인체의 영향 여부를 조사하는 방법 중의 하나가 역학조사이다. 과거치를 비롯 한전 등 관계기관은 최근에 원자력발전소 주변의 주민들이 원전에서 나온 방사선 때문에 기형아 및 기형의 가축이 출생되고 있다고 주장하고 있어 이들의 주장이 사실인지 여부를 가리기 위한 역학조사에 나섰다.

지난 1989년 8월 전남 영광에 무뇌아가 발생했다는 뉴스가 국내 신문을 장식했다. 또 다음해 4월에는 다시 이 지방에 고무풍선처럼 머리뼈가 없는 어린이가 있다는 사실을 보도한 매체가 있었다. 다섯 개의 발이 달린 송아지가 태어났다는 보도도 있었다. 문제가 된 어린이의 부모가 영광원자력발전소에 근무한 적이 있기 때문에 그들의 자녀에 이상이 있었다는 부모들의 주장을 보도매체들이 전한 것이다. 반원전운동이 한때 크게 소용돌이치던 때의 일이었다.

이 경우와는 약간 다르지만 외신에 의하면 영국의 어느 지방에서 백혈병으로 앓은 어린이가 있는데 이 어린이들의 부모가 부근의 원자력발전소에 근무하기 때문에 어린이의 백혈병이 원전과 관계가 있지 않느냐는 것이다.

세계 곳곳에서 원자력발전소와 그 주변지역 주민들의 건강문제가 중요한 문제로 제기되었고 방사선이 그 원인으로 지목됐다. 대부분 과학적인 근거가 없는 경우가 많아 무시해 버릴 수도 있지만 적어도 원전이 국내에서 에너지의 큰 몫을 차지하는 현실에서 그 진상을 과학적으로 밝혀내는 것은 중요하다. 더욱이 이런 문제를 다루는 매체들이 다분히 과학적인 근거에 의한 보도라기 보다는 주민들의 주장을 일방적으로 보도하는데 문제가 있다. 영광 주민들이 주장한 기형아나 기형가축은 관련 전문기관의 조사 결과 중금속 오염과 특정 바이러스에 의한 감염이 그 원인으로 밝혀졌다.

원전지역 주민들이 원전으로부터 어떤 건강상의 영향을 받는지 그렇지 않는지에 대한 의문을 풀기 위한 조사 결과가 1996년 3월 발표되었다. 서울대, 경북대, 전남대, 인제대, 한양대, 동국대, 충북대 등이 참여한 이번 역학조사는 고리, 영광, 울진, 월성 등 4개 원전 종사자 및 원전에서 3km 이내의 인근 지역주민 9,219명과 이들과 비교하기 위해 서울 및 경기도 양평지역 주민 7,331명 등 모두 16,520명을 대상으로 한 것이었다.

조사항목은 신체검사(내과적 소견, 혈압, 시력, 가슴

X선검사와 혈액검사(적혈구 수, 혈액소, 적혈구 농축비, 평균적혈구 용적, 적혈구 혈색소치, 적혈구 혈색농도, 백혈구 수, 혈소판 수), 뇨검사(뇨당 및 뇨단백), 임상화학검사(총단백, 알부민, 알라니 아민산 전이효소, 아프팔틱 아미노산 전이효소, 크레이틴, 혈당), 핵의학검사(갑상선 자극호르몬), 종양지표검사(태아성 암항원), 염색체검사였다. 이와함께 환경방사선량과 해의 역학조사와도 비교 평가했다.

조사 결과를 발표한 고창순 역학조사단장(서울대 교수)은 원전 주변지역 주민들의 건강상태가 다른 지역주민들에 비해 상대적으로 나쁘다는 증거를 찾지 못했다고 밝혔다. 또 원전종사자들 역시 방사능으로 인한 질환이 다른 지역에 비해 많다는 일부 주장은 의학적으로 입증되지 않았다고 결론지었다.

조사 결과 원전 반경 3km 이내 지역주민 중 암에 걸린 것으로 보이는 17명이 발견됐으나 이는 같은 기간 동안 대조군으로 설정한 서울 및 양평의 25명보다 적은 것은 물론 우리나라 국민 전체의 암발생률 0.2%보다 낮은 것으로 분석됐다. 또 원전지역주민들이 받고 있는 방사선 양은 시간당 평균 12.7마이크로뢴트겐보다 오히려 낮은 것으로 나타났다는 것이다. 이 수치는 국제방사선방호기구가 정하고 있는 시간당 57마이크로뢴트겐에 못미치는 수준이다.

이 조사는 기초자료 조사에서부터 10여 년 동안 계속하여 방사선에 노출된 사람들의 건강상태를 조사함으로써 방사선과 인체의 질병관계를 처음으로 밝힌 것이다. 원자력의 안전성 문제가 제기될 때마다 한국전력과 주민들은 서로의 주장만을 되풀이할 뿐 어떠한 결론도 얻지 못해 관계기관의 불신만 낳았다. 또 여기에 편승한 반원자력세력의 활동은 정치적인 문제로 비화되곤 했다. 그것은 바로 원자력에 대한 불신을 조장시키기 위한 수단으로 이용되기도 했다.

이번 조사에서는 관련지역 대학병원들과 전문인력이 참여하여 그 연구에 대한 결과를 서로 존중하고 믿음으

로써 원자력에 대한 공동의 인식을 갖게 하자는 것이었다. 그러나 이런 조사결과에 대해 반원전단체들은 믿을 수 없는 조사결과라고 평가했다.

방사선에 의한 인체의 장애는 방사선에 직접 쬐어 생기는 소위 원자병으로 통칭되는 신체 각 장기의 병변 및 암의 발생이다. 방사선에 의한 암의 발생은 피부암, 골수암, 연부육종암 등 여러 가지 종류가 있으나 골수의 손상에 의한 백혈병이 가장 흔하다. 피를 만들어 내는 골수는 방사선에 가장 약한 인체기관 중의 하나로 쉽게 손상을 입는다. 골수 속에 있는 원시세포가 방사선에 의해 변형되어 정상적인 혈액세포로 성장하지 못하고 암세포가 되어 급격한 세포분열을 함으로써 혈액은 암세포로 충만하게 되는 것이 방사선에 의한 백혈병이다.

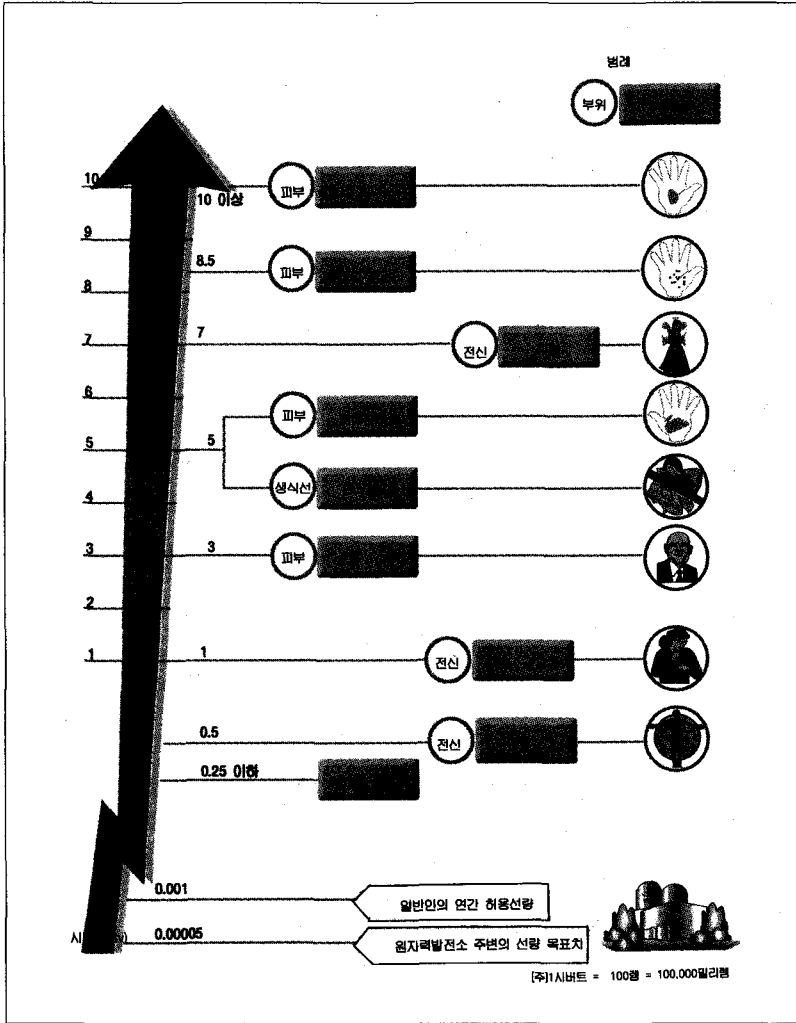
이때 원시골수세포가 암세포로 변형 또는 돌연변이를 일으키게 되려면 방사선이 이미 형성되어 있는 골수세포에 쬐여져야 한다. 즉 어른이든 아이든 직접 방사선에 노출되었을 때라야만 방사선에 의한 암이 발생할 수 있는 것이다. 따라서 아버지가 방사선에 노출되었다고 태어나는 아이들에게 백혈병이 생긴다는 것은 지금까지 확립되어 있는 학설에도 크게 배치된다.

현재 일본에서 원자폭탄의 피해자로 정하여 보상하는 기준은 다음과 같다. 즉 원폭피해 중 직접 방사선을 쬐 사람과 원자폭탄이 떨어진 후 사체처리자와 원호에 종사 하였던 작업자 그리고 이들의 태아까지를 포함한다. 그러나 방사선에 쬐일 당시 존재하지 않았고 피폭 후 임신되어 출생한 아기는 보상대상에 포함시키지 않고 있다.

그것은 방사선에 의한 인체의 피해가 유전되지 않는다는 근거에 따른 것이다.

역학조사와 함께 중요한 것이 원전주변의 환경조사다. 환경조사 가운데 가장 중요한 것 중의 하나가 발전소 주변해역에 대한 생태계의 변화조사다. 발전소 주변에서 생태계에 영향을 미치는 것이 온배수(溫排水)다. 지난 1982년 고리원전 주변의 길천리와 임랑리주민

방사선의 역학적 영향



석유나 석탄을 태워 증기를 얻고 이를 이용하여 터빈을 돌려 전기를 얻는 장치에서는 모두 나온다. 물론 기타 산업시설에서도 나온다.

원자력발전소에서는 원자로에서 핵연료가 핵분열할 때 발생한 열로 증기를 만들고 그 증기의 힘으로 터빈을 돌려 전기를 얻는다. 터빈을 돌린 증기는 복수기(復水器)로 보내져서 냉각수에 의해 냉각된다. 100kW의 원전 1기에서 사용되는 냉각수는 매초 60~70t에 이른다. 원전을 바닷가에 짓는 것도 이처럼 막대한 양의 냉각수를 쉽게 얻을 수 있기 때문이다. 바다를 끼고 있지 않는 나라들은 강물을 이용한다. 그리고 그것조차 불가능한 곳에서는 높은 냉각탑을 세워 더워진 냉각수를 다시 냉각시켜 사용한다.

우리나라의 원전은 모두 바닷가에 세워져 있다. 그래서 냉각수는 모두 바닷물을 이용하고 있다. 바닷물이 취수구를 통해 원자력발전소에 들어와 복수기를 통과하여 배수구로 나가는데 걸리는 시간은 10~20분이다. 이때 섭씨 7도 가량 더워져 바다로 나간다. 이 물을 온배수라 한다.

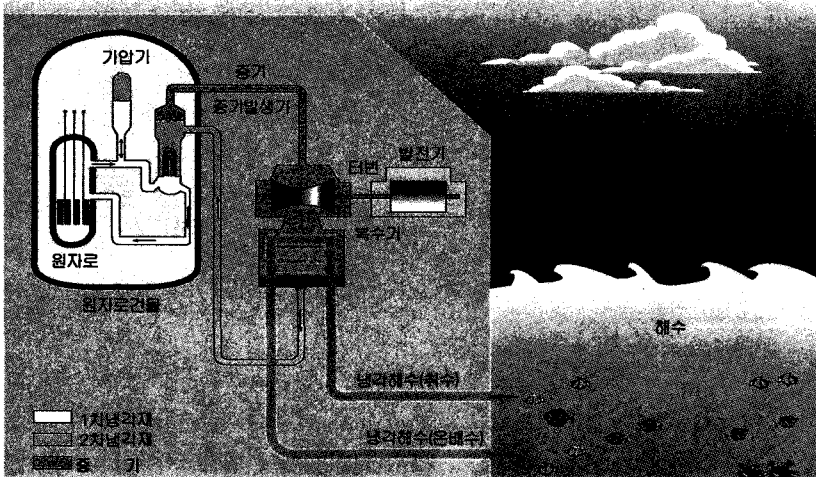
온배수의 영향은 주변해수의 온도 변화와 밀접한 관계가 있다. 그것은 바로 해양생태계를 변화시키는 직접적인 요인이 된다. 우리나라 해역의 평균 해수 표면 온도는 여름과 겨울 사이에 섭씨 10도 가량 차이가 있으며, 밤과 낮에도 섭씨 3도 가량 차이가 난다.

한국원자력연구소가 1987년 3월부터 8월까지 고리 원전 배수구로부터 1km가량 떨어진 해수면 수온을 조

174명은 발전소온배수로 미역양식장을 망쳤다고 한전에 진정함으로써 원전의 온배수에 의한 생태계 변화가 처음으로 문제화 된 적이 있다. 한전은 이들 주민 174명에게 4억 5200여만원의 피해보상금을 지급했다. 원전에 의한 환경변화로 처음으로 주민들에게 피해보상이 된 것이다.

온배수는 원자력발전소에서만 나오는 것이 아니다.

발전소의 온배수



사한 결과 3월에는 먼 바다보다 섭씨 2도 가량, 5월에는 섭씨 3도 가량, 8월에는 섭씨 3~5도 가량 높은 것을 확인했다. 그러나 수심이 5m 정도 깊어지면 수온변화는 섭씨 1도 이내로 줄어들어 원전의 온배수에 의한 영향은 1km 이내의 해수표면에 주로 영향을 주는 것으로 나타났다.

해양생물에는 그 생물이 살기에 적합한 온도가 있다. 이를 적수온(適水溫)이라 한다. 예를 들면 참돔은 섭씨 15~30도, 넙치는 10~25도, 대합은 0~27도, 미역은 5~20도의 범위에서 잘 자란다. 따라서 원전의 온배수의 영향은 바로 이들 바다 생물의 삶에 영향을 미친다. 온배수 배출지역과 먼 바다와의 최대 수온 차이는 섭씨 4~7.5도 정도로 추정하고 있다. 온배수가 해양생태계에 미치는 영향은 배수구와의 거리에 따라 결정된다. 그 영향은 단순한 온도와의 관계일 뿐 방사능과는 관계가 없다.

원자력발전소에서는 원자력법에 따라 원전에서 700m(월성은 900m)이내의 지역을 제한구역으로 설정하여 일반인의 출입을 통제하고 있다. 이것은 주민을 방사선으로부터 보호하기 위해서이다. 이 제한구역의

설정은 바다에서도 적용된다. 이 구역 안에서는 어떤 작업도 할 수 없다. 그러나 온배수가 영향을 미치는 지역은 대부분 700m 이내 지역으로 되어 있어 바다에서의 제한구역 조정 및 지역주민들의 작업허가 여부는 고려합직하다.

최근 양식어업이 발달하면서 온배수가 양식에 많이 이용되고 있다. 특히 난류성 어종의 서식지로서 온배수는 좋은 환경을 제공한다. 온배수를 이용한 양식어류의 성장률이 자연적인 것보다 5~30배나 빠라이 온배수는 이용하기에 따라서는

주요한 자원이 될 수 있다는 것이 관계자들의 설명이다. 물론 이 온배수는 찬물을 좋아하는 한류성 어종의 이동을 촉진하기도 한다.

국내에서는 동방원양어업이 영동화력의 온배수를 이용하여 주로 넙치를 기르고 있으며, 북양수산이 울진원전의 온배수를 이용하여 참돔, 넙치 등 고급어종을 양식하고 있다. 또 한국과학기술연구원 부설 한국해양연구소는 1989년 8월 보령화력발전소의 온배수를 이용한 양식장을 준공하여 본격적인 온배수를 이용한 양식의 길을 열었다.

1995년 5월에는 영광원전에 온배수를 이용한 양식장이 준공되어 운영에 들어갔는데, 1년 후인 '96년 5월 21일 한국해양연구소의 품평회 결과 양식어들은 자연상태보다 2~4배 빠른 성장을 했으며, 방사선 오염이나 생물학적 문제는 전혀 없는 것으로 밝혀졌다.

온배수를 이용한 어업은 특히 일본에서 인기를 끌고 있다. 현재 도미, 넙치, 가자미, 전복 등 여건에 따라 알맞는 어종을 선택하여 양식을 하고 있는 곳은 12개의 화력발전소와 6개의 원자력발전소 주변이다. 또 미국에

서는 22개의 화력 및 원자력발전소 주변에 양식장이 있다. 주로 생산되고 있는 어종은 메기, 굴, 민물새우, 장어, 송어 등이다.

4. 자주달개비의 변신

석탄을 캐내는 탄광에서는 지하에 이산화탄소가 있는지 여부를 알기 위해서 카나리아를 이용했다. 이산화탄소에 예민한 카나리아는 이산화탄소가 조금만 있어도 금새 노래를 멈추고 곧 죽어 버리기 때문에 이산화탄소 계측기가 없었던 옛날에는 광부들의 생명의 은인이었다. 붕어는 어느 정도 오염된 물에서도 살지만 열목어는 맑은 물에만 사는 맑은 물을 대표하는 동물이다.

또 오늘날 도심지역의 공해가 심각해지자 이를 쉽게 알 수 있는 방법 중의 하나로 공해에 예민한 식물인 이끼를 도시주변에 심어 도시의 환경오염의 심각성을 눈으로 보게 하자는 주장을 하는 사람도 있다. 한때 인왕산에 많던 이끼가 최근 들어 차츰 자취를 감추고 있다는 사실을 서울 도심의 공해에 심각성을 대변하는 말이다. 이끼는 공기가 깨끗하고 적당한 온도와 습도가 유지되는 곳에서 잘 자란다. 이끼가 자라지 못한다는 것은 바로 공기가 깨끗하지 못하다는 의미이다.

이처럼 주위환경조건이나 외부자극 등 특정요인의 변화에 대하여 민감한 반응을 나타내는 생물, 즉 환경변화를 반영할 수 있는 생물을 지표(指標)생물이라고 한다. 이미 알려진 지표식물 중에는 이끼 이외에 토양의 산성도를 반영하는 수영(마디풀과의 다년초)도 있다.

방사선에도 예민한 식물이 있다. 최근에 알려진 방사선지표식물로는 자주달개비(학명 트라테스칸디아)가 있다. 이 식물은 북아메리카가 원산지로 지금은 농촌의 담장주변이나 들판 등 우리 주변에서 흔히 볼 수 있다.

자주달개비는 정상적인 조건 아래에서는 꽃 색깔이 남색으로 나타나지만 방사선을 받아 돌연변이를 일으키게 되면 꽃의 일부 또는 수술털 세포의 일부가 분홍으로 변하거나 어떤 경우에는 무색으로 변한다. 심지어 어떤 경우에는 수술털 세포가 분열능력을 잃고 비정상적이 되기도 한다.

또 자주달개비의 꽃봉우리 속에는 꽃가루가 되기 직전의 세포인 화분모세포가 있다. 이것은 방사선에 매우 민감하여 조금만 방사선을 받아도 염색체가 손상을 받아 미세핵이 생성되는 것이다. 따라서 자주달개비의 이런 특성을 이용하여 화분모세포의 염색체의 이상유무를 측정함으로써 자주달개비가 받은 방사선의 양을 거꾸로 추산해 낼 수도 있다.

이러한 자주달개비의 특성을 이용하여 원자력발전소와 같은 대규모 원자력시설 주변에 이 식물을 심어 놓고 정기적으로 꽃의 색깔이나 수술털 세포를 관찰하거나 또는 화분모세포를 살펴봄으로써 원자력시설 주변의 방사능 누출을 확인할 수 있는 것이다. 자주달개비는 온도만 적당하면 5월부터 10월까지 연중 연속적으로 꽃을 피우기 때문에 방사선 감시역할을 할 뿐만 아니라 원예작물로서도 활용할 수 있다.

방사선지표식물로 이용되는 이 식물은 보다 방사선에 예민하게 반응시키기 위해 여러 나라에서 잡종을 개발하고 있다. 이에 대한 연구는 폴란드, 미국, 일본, 오스트리아 등 몇몇 나라에서 추진되고 있는데, 주된 연구 목적은 환경방사선 감시, 방사선 및 환경오염물질의 공동효과 규명 등이다.

특히 폴란드는 자주달개비에 대한 연구를 가장 활발히 하고 있는 나라로서 크라코프에 있는 핵물리연구소(INP)는 자주달개비를 이용하여 체르노빌 원전사고에 따른 방사성물질의 대기오염을 효과적으로 추적한 실적을 갖고 있다.

국내에서도 한국원자력연구소에서 이 분야에 대한 연구를 하고 있다. ■