

# 03 방사선 위험 특성과 안전관리



글  
한문희  
한국원자력연구원  
책임연구원

## 1. 방사선과 방사선피폭

방사선에 대해 많은 사람들이 두려움을 느낀다. 이는 눈에 보이지 않고 냄새로 느낄 수도 없어 실제 위험보다 더 크게 느끼는 면도 있을 것이다. 또한 방사선이 세상에 널리 알려지게 된 계기가 일본의 히로시마와 나가사키에 투하된 원자폭탄이란 사실도 두려움을 더하는 요인이라 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 방사선은 현재 거의 모든 나라에서 이용되고 있다. 원자력발전소를 운영하지 않는 나라는 많이 있지만, 의료 목적으로 방사선을 이용하고 있지 않는 나라는 거의 없다.

방사선은 방사성핵종의 붕괴에 의해 발생하는 전자파나 입자를 통한 에너지의 흐름을 말한다. 방사성핵종은 에너지 높아 불안정한 상태에서 에너지 방출을 통해 안정한 상태로 변하는 핵종이다. 방사선은 에너지 발생 근원과 방출 입자의 종류에 따라 X-선, 감마선, 베타입자, 알파입자 등으로 구분된다. 흔히 방사선과 혼동되어 사용되는 방사능은 방사선을 방출할 수 있는 능력을 말한다.

자연에 존재하는 모든 물질은 방사성핵종을 포함하고 있다. 지구를 구성하는 지각은 물론이고 우리 몸 안에도, 임혀지는 모든 책에도 그리고 즐겨 마시는 술에서도 방사선이 나온다. 그런데 우리 몸이나 책을 방사성물질이라고 부르지는 않는다. 이는 기원부터 방사선은 인간과 함께 존재해 왔으며 일정 수준 아래에서는 인체에 해를 미치지 않기 때문이라 생각할 수 있다. 따라서 방사성핵종의 농도와 총량이 일정 기준 이상 포함된 물질을 방사성물질이라 부른다.

방사선은 그 종류와 에너지의 크기에 따라 물질을 투과하는 정도가 다르다. 알파입자와 베타입자는 투과력이 그리 크지 않지만 X-선이나 감마선은 높은 투과력으로 콘크리트 구조물의 안전진단에도 이용된다. 방사선이 물질을 통과할 때 물질과 반응하면서 본래 가지고 있던 에너지의 일부가 물체에 흡수되고 나머지는 투과된다. 이 과정에서 방사선의 에너지가 물체에 흡수되는 현상을 방사선피폭이라 말한다.

방사선피폭을 야기하는 방사성물질이 우리 몸 밖에 있을 경우 외부피폭이라 말하고, 호흡이나 섭취를 통해 우리 몸 안으로 들어온 방사성물질로부터 주어지는 피폭을 내부피폭이라 말한다. 우리 몸이 방사선피폭을 받게 되면 다양한 영향이 나타날 수 있다. 피부 홍반이나 궤양, 수정체 혼탁 등의

인체 영향은 방사선피폭의 양이 문턱선량이라 알려진 일정 수준 이상이 되어야 나타난다. 이같이 문턱선량 이상에서 영향의 정도가 피폭의 크기에 비례해서 나타나는 인체영향을 결정론적 영향이라 부른다. 결정론적 영향과 달리 방사선피폭의 크기에 상관없이 암이나 유전적 결함이 나타나기도 하는데 이를 확률적 영향이라 부른다.

## 2. 방사선 안전관리

방사선은 1895년 뢰트겐이 X-선을 발견하면서 세상에 알려지게 되었다. 이어 베클이 방사능을 발견하고 퀴리부부가 라듐원소를 발견하였다. 방사선에 대한 새로운 발견으로 유럽과 미국을 중심으로 방사선 이용이 확대되었다. 발견 초기에는 방사선이 인체에 미치는 영향에 대한 지식이 전혀 없었다. 방사선을 이용하여 우리 몸 속 뼈의 이미지를 촬영할 수 있음이 알려지자 미국에서는 구두를 맞출 때 발의 X-선 사진을 촬영하는 기기를 사용하기도 하였다. 이 때 받게 되는 방사선피폭의 양이 현재 치과에서 이용하는 X-선의 5만 배 정도로 높은 수준이었다고 한다.

시계의 야광 도로로 방사성물질인 라듐이 이용되었는데, 방사선에 대해 잘 알지 못할 때 여공들이 각자 책상위에 라듐을 담은 용기를 올려놓고 붓 끝을 뾰족하게 하여 시계에 칠을 하였다. 작은 점에 라듐을 칠해야 했기 때문에 입술과 혀를 이용붓 끝을 뾰족하게 하였는데 이 과정에서 라듐이 몸 안에 들어오게 되었고 암이 발생하였다. 방사선의 발견자인 뢰트겐과 퀴리부인 자신도 맨손으로 작업을 하다가 피부암과 같은 인체 손상을 입었다. 방사선이 인체에 미치는 영향에 대한 지식이 쌓이고 방사선으로부터 인체를 보호하기 위해 1920년대 후반부터 전문가로 구성된 국제기구가 생겨나기 시작하였다.

여러 가지 과학기술의 산물들이 우리 삶을 풍요롭게 하고 있으나 이로 인해 인체와 환경에 유해한 결과를 가져오기도 한다. 예로, 매일 이용하는 자동차는 우리의 생산 활동과 여가 생활에 필수적이지만 자동차 사고로 인해 많은 사람들이 위험에 노출되기도 한다. 각 나라마다 정해진 자동차의 안전기준과 도로교통법 등은 자동차 이용에 따르는 위험을 어느 수준 이하로 낮추기 위해 규정되고 지켜진다.

방사선 이용도 우리 생활에 커다란 이득과 편리를 가져 오지만 때로는 방사선 피폭에 따른 인체 영향을 초래하기도 한다. 자동차의 경우와 마찬가지로 방사선의 안전한 이용을 목적으로 매우 상세한 법과 규정을 통해 방사선 이용을 규제하고 있다. 방사선의 규제와 관련하여 국내뿐 만 아니라 여러 관련 국제기구에서 지금까지의 방사선 피해 및 인체영향 관련 지식을 토대로 원칙과 기준을 정하여 사용하고 있다. 방사선으로 부터 인체를 보호하기 위한 기본 원칙은 방사선 피폭의 정당화, 방사선 피폭의 최적화 그리고 선량한도의 적용 원칙이다. 이들 원칙을 좀 더 구체적으로 설명하면 1) 방사선 이용 행위가 가져오는 이득을 부당하게 제한하지 않으면서 인체의 안전을 확보하고, 2) 방사선 피폭의 결정론적 영향을 방지하고, 3) 방사선 피폭의 확률론적 영향을 사회에서 수용할 수 있는 수

준까지 제한하는 것이다.

방사선 안전을 위한 원칙과 규정에도 불구하고 기기의 고장이나 사고 때로는 의도적인 방사성물질의 확산 등으로 방사성물질이 환경으로 누출되는 경우도 있다. 이 같은 비상외의 경우에는 방사능 방재원칙에 따라 주민의 보호활동을 하게 된다.

### 3. 원자력발전과 원자폭탄

방사성물질이 가장 많이 이용되고 생성되는 시설이 원자력발전소이다. 원자력발전소에 대해 원자폭탄과 같이 폭발하지 않을까 걱정이라 사람들도 있을 것이다. 원자력발전소에서 인간의 실수나 자연재해로 인하여 사고가 발생할 수는 있으나 원자폭탄과 같이 짧은 순간에 폭발하는 상황은 절대로 일어날 수 없다. 그 이유는 사용된 연료 물질과 주변 장치나 기기가 확연히 다르기 때문이다. 원자력발전의 연료는 핵분열이 잘 일어나는 우라늄-235의 비율을 5% 이하로 유지하고 나머지는 핵분열이 일어나지 않는 우라늄-238로 채우고 있다. 반면 원자폭탄은 우라늄-235를 거의 100% 가까이 채우고 수백만분의 1초 정도 짧은 시간에 동시에 폭발하도록 설계되어 있다.

원자폭탄을 제조할 때 가장 어려운 과정이 우라늄-235를 정제하는 과정이다. 천연 우라늄의 99.3%가 우라늄-238로 구성되어 있고 핵분열이 가능한 우라늄-235는 0.7% 존재한다. 따라서 핵무기로 사용하기 위해서는 우라늄-235의 함량을 100% 가까이 높이기 위해 농축을 해야 한다. 최근 핵실험으로 세계를 위협하고 있는 북한과 이란 모두 원심분리기를 이용하여 우라늄-235 농축을 시도하고 있다.

연료물질이 준비되면 원자폭탄 설계가 이루어지는데 사용된 원료가 우라늄인지 플루토늄인지 따라 설계의 어려움이 크게 달라진다. 농축이 까다로운 우라늄 폭탄의 경우 플루토늄 폭탄의 경우보다 설계가 간단하다. 플루토늄은 원자로 운영에서 나온 폐기물의 재처리를 통해 쉽게 얻을 수 있지만 우라늄 폭탄에 비해 설계가 훨씬 까다롭다. 이 같은 이유로 테러 집단과 같은 소규모 조직이 플루토늄 폭탄을 제조하는 일은 불가능하다고 할 수 있다. 또한 설계가 상대적으로 쉬운 우라늄 폭탄의 경우는 소규모 조직에서 우라늄 농축이 거의 불가능하기 때문에 테러 집단이 원자폭탄을 사용하기는 쉽지 않다.

### 4. 방사능과 테러

2001년 뉴욕 9/11 사태 이전에는 방사성물질을 보유한 원자력시설의 보안 개념이 고의성이 없는 일반인의 실수에 의한 시설 접근방지와 방사성물질의 분실방지 등에 국한되었다. 그러나 9/11 사태 이후 악의적인 목적으로 시설에 침입하여 방사성물질을 탈취하고 사회 혼란을 야기할 수도 있다는

인식을 갖게 되었다.

9/11 사태 이후, 1987년 발생한 브라질 고이아니아시의 방사선 사고가 재조명을 받았다. 고이아니아 사고는 폐업한 병원에 남겨진 방사선 조사장치가 도난당한 후 일반인들의 손에 넘어가 방사성물질이 확산되어 피해를 일으킨 사고다. 조사기기에 포함된 방사성물질인 세슘은 청백색의 물에 매우 잘 녹고 분산되기 쉬운 분말형태의 세슘염화물로 존재했다. 조사기기를 얻게 고철업자는 절단기로 입구를 뜯어낸 후 세슘을 집안으로 옮겨 가족, 친척, 이웃들에게 구경을 시키고, 만지고, 몸에 바르기도 하였다. 며칠 후 그 가족 모두에게 신체 이상 증세가 나타나 방사선 사고임을 알게 되었다. 인체오염 모니터링을 받은 사람의 수가 총 112,000명이었는데 이 가운데 체내·외 방사능 오염이 있다고 판정받은 사람은 249명이었고 이 중 4명이 출혈과 패혈증 등 급성장애로 사망하였다.

고이아니아 사고 시 전혀 피해를 입지 않았던 수많은 시민들이 병원을 찾아 고통을 호소했는데 이는 방사능 오염사고로 인한 심리적 스트레스가 매우 심했음을 말해준다. 또한 이 사고로 고이아니아시는 경제적으로도 20% 정도 손실을 입었고 이를 회복하는데 5년의 시간이 소요되었다고 알려져 있다. 방사능 테러에 의해 사회적 혼란과 이로 인한 경제적 손실은 크게 입을 수 있지만 방사선 피폭에 의한 인체 피해는 재래식 폭탄에 의한 피해에 비해 그리 그치지 않다고 할 수 있다.

### 5. 맺음말

방사선은 우주와 지구를 구성하는 자연으로부터 그리고 인간이 개발한 원자력발전소를 비롯한 산업용 기기 등 인공시설로부터 발생한다. 인류는 방사선을 이용하여 필요한 에너지를 공급받고, 몸속 구석구석을 살펴 병을 진단하고 치료한다. 방사선은 우리의 일상생활 속에서 여러 가지 유익과 편리를 제공하지만 어느 수준 이상으로 방사선 피폭을 받게 되면 인체 피해가 나타날 수도 있다.

방사선을 전문적으로 다루고 연구하는 사람들에 비해 일반인들이 느끼는 불안감이 크다고 생각한다. 이는 눈에 보이지 않는 방사선에 대한 막연한 불안감과 처음으로 전 세계 대중에게 알려진 계기였던 일본의 원자폭탄 투하의 가공할 피해에 기인한다고 생각된다. 인류가 1895년 방사선을 발견한 지 약 120년의 세월이 흘렀다. 초창기 방사선이 인체에 미치는 영향에 대해 무지하여 발견 당사자들이 인체 피해를 입기도 하였지만, 그사이 과학 기술의 발전과 함께 방사선이 인체에 미치는 영향이 규명되었고 방사선을 정확히 측정하고 분석할 수 있는 기기가 개발되었다. 또한 방사선을 안전하게 사용하기 위한 기본 원칙이 개발되었고 이를 토대로 관리 기준과 지침이 개발되어 적용되고 있다.

아직도 미국과 구소련이 보유한 수천기 핵무기의 파괴력은 상상을 초월한다. 최근엔 북한과 이란도 핵무기 개발 경쟁에 뛰어 들었는데, 핵무기의 사용은 다시는 있어서는 안된다고 생각한다. 세계 각국의 정상들은 최근 핵안보정상회의 등을 개최하여 핵무기와 방사능 테러에 의한 위협을 줄이고자 노력하고 있다. ☺