



## 환경 방사선의 주범은 라돈 가스이다.

Issues on Indoor Radon Activities

朱 昇 煥\*  
Choo, Seung Hwan

- 환경 방사선의 85% 이상은 라돈 가스에서 나온다. 라돈이 내뿜는 방사선은 폐암을 일으킨다. 그래서 미국을 포함한 선진국에서는 공중의 건강을 보호하기 위하여 정부의 주도로 개별 주택에서 실내 공기 속에 들어있는 라돈 방사능을 계속 감시하고 있다. 만일, 실내의 공기 속에 라돈 농도가 기준 값을 넘을 경우, 이를 줄이는 일에 온갖 방법들을 동원하고 있다. -

### 방사선과의 인연

우리는 언제, 어디서나 방사선을 쬐이면서 살고 있다. 인간뿐만 아니라, 이 세상의 모든 물질들도 매일 방사선에 쬐이고 있다. 그런데, 대부분의 사람들은 그런 사실을 인식하지 못할 뿐이다.

필자는 대학을 졸업하고, 곧바로 전공과 연결된 「방사성동위원소」를 다루는 직업을 선택하였다. 10여 년이 지날 동안까지도 내가 방사선과 더불어 살아가고 있다는 생각을 하지 못했다. 방사선과 대화(?)를 나누지도 벌써 30년이 훨씬 넘어서고 있다. 바둑을 즐기는 이들은 바둑 두는 것을 수담이라 부른다. 방사선과의 대화(?)란 바로 그와 같은 뜻이 담겨져 있다.

오랜 시간이 지나고 나서야 비로소 방사선과 더불어 생활하고 있다는 사실을 확실하게 깨닫게 된 것이다. 옹고집과 억척으로 방사선에 매달린 지난 날들은, 비록 이 분야에서 뚜렷한 영역을 일구어 놓은 것은 없지만, 필자에게는 소중한 나날들이다. 10년이면 강산도 변한다는데, 강산이 세 번씩이나 변하는 그 동안 필자가 했던 일들은 무엇일까? 강산의 변화처럼, 필자에게 어떤 변화가 있었던 것

인지 돌이켜보면 방사선을 좀더 이해한 것 말고는 없을 것 같다.

보통 사람들은 「방사선」이란 말을 들을 때면, 자기도 모르게 막연히 “방사선은 피해야지”라고 심중에서 조건반사로 응답한다. 필자는 모두가 싫어하는 그런 대상을 붙잡고, 그 동안 방사선과 나눈 대화가 많았다. 필자의 이런 푸념을 독자가 어떻게 받아들일 것인지 궁금해 하면서도, 글의 서두에서 필자도 방사선을 한동안 잘 이해하지 못해, 그저 피하고 싶던 시절이 있었음을 솔직하게 고백한다.

### 물질의 상호작용과 방사선의 역할

혹시나 하는 쓸데없는 군격정이겠지만, 독자는 방사선을 전문가의 전유물로 돌려버리고 싶을지도 모른다는 생각을 해본다. 필자는 「이 글을 읽고 난 독자는 방사선에 대한 새로운 시각을 갖게 되겠지?」라고 장담을 하면서도 노파심이 앞선다.

방사선을 쉽게 보면, 「방사선」은 우리의 목숨이 부지하는 동안까지 우리의 몸이 피할 수 없게 쬐임을 받는 에너지의 한 모습이라 할 수 있다. 다시 풀어쓰자면, ‘모든 물질은 어떤 한 단위로 표시되고,

\* 放射線管理技術士, 工學博士(原子力工學), 한국자원연구소 자원탐사부 책임연구원.

그들 단위들은 예외 없이 각자의 독립된 고유한 에너지를 지니게 되며, 그런 단위 물질들 사이에는 그들의 고유한 에너지의 일부를 서로 주고 받는다. 우리는 그러한 에너지의 교환 수단을 「방사선」이라 부른다. 물리학에서는 ‘물질들끼리 자연스럽게 에너지를 서로 주고 받는 현상’을 ‘물질의 상호작용’이라 부르기도 한다. 정리하면, 물질의 상호작용은 「방사선」이란 「수단」으로 이뤄지고 있다.

예컨대, 우리의 몸은 「원소」라는 단위로 나뉠 수 있다. 그 수효를 센다면, 수소, 산소, 탄소, 질소 등, 30여 종류나 된다. 그들은 모두가 각자의 독립된 고유한 에너지를 지니고 있다. 그들은 그들이 지닌 에너지에서 일부의 에너지인 방사선을 서로 주고 받으면서 결합된다. 모든 원소들이 서로가 방사선을 교환하지 않고서는 화학적인 분자인 한 결합을 이뤄낼 수가 없는 것이다. 우리의 몸체는 30여 종류나 되는 원소들로 이뤄져 있고, 그들은 대부분이 유기분자들로 결합되어 있어야 하며, 그런 분자들은 방사선을 주고 받는 자연 현상인 「물질들의 상호작용」을 일으키고 있으므로 방사선은 우리의 몸에서 언제나 자연스럽게 생겨나고 있는 것이다.

### 동위원소와 핵종은 원자의 또다른 이름이다.

잘 알려진 이야기지만, 독자가 방사선을 이해하는데 도움이 되리란 생각을 하면서 원자의 다른 이름들을 한 번 정리해 본다. 방사선을 말할 때, 많이 쓰이는 용어들은 「원자」, 「동위원소」 그리고 「핵종」이란 낱말들이다.

「원자」는 뒤에서 좀더 설명이 되겠지만, 원소를 다시 세분한 하나의 새 단위인 것이다.

모든 원소들은 「주기율 표」라는 족보에 등재되어 있다. 예컨대, 한 원소에서 몇 개의 원자들로 나뉜진 그들은 「주기율 표」에서 찾는다면, 나뉜 원소의 자리밖에는 앉을 곳이 없다. 즉 「주기율표」에서 그들의 위치는 같다는 뜻으로 붙여진 이름이 그 유래가 되어 「동위원소」라 부르게 된 것이다. 물론, 동

위원소의 정의는 ‘원소의 기호는 같고, 질량이 서로 다른 원자’라고 따로 내리고는 있지만, 동위원소는 원자의 또 다른 이름이다.

「동위원소」라고 쓰면, 한 원소에서 몇 개로 나뉜진 형제들과 같은 단위 원자들은 물리적으로 서로 다른 각각의 독특한 성질을 지니게 된다. 이들을 서로 견주어 말할 때, 그 의미가 보다 뚜렷해진다. 예컨대, ‘탄소의 동위원소들 중에서 탄소-14(<sup>14</sup>C)는 천연에서 생겨나면서 방사선을 내뿜는다’.

원자의 또 다른 이름으로는 「핵종」이란 말이 많이 쓰인다. 「핵종」이란 의미는 ‘원자핵과 일정한 수의 궤도전자를 가지고 있는 한 종류의 물질’이란 뜻이다. 「원자핵」의 설명도 뒤에서 좀더 쉽게 접근해 볼 것이다.

이와 같이 원자의 이름이 경우에 따라 「원자」, 「동위원소」 그리고 「핵종」 등으로 달리 쓰임은 표현자가 원자의 상태나 그의 물리적 성질을 보다 쉽고, 분명하게 전하려는 의사가 담겨진 것으로 이해하면 된다. 그러나 대체로 이들은 특별히 구분하지 않고 쓰고 있다.

### 방사선 문제는 그의 세기에 기초를 둔다

우리의 몸을 이룬 30여 종의 원소들을 다시 「원자」라는 단위로 나누자면, 그들 중에는 특히 수명(life)이 한정된 원자들이 섞여 있다.

개별 원자는 원자의 중심에 그의 자신을 지배하는 구심력이 있고, 그 구심력을 한 곳에 멍치게 하려는 아주 강력한 힘은 바로 「원자핵」이라 불리는 한 곳에 집중되고 있다. 모든 원자들은 공통적으로 그들의 모든 힘이 한 곳에 집중된 고유한 원자핵을 가지고 있다. 달리 말하면, 원자핵을 가지지 못한 알갱이들(전자, 알파 그리고 베타 등)은 단순한 물질에 불과하며 원자는 아니다. 따라서 원자의 구실을 제대로 하려면, 그의 중심에 기본적으로 구심력이 집중되는 하나의 원자핵을 가지고 있어야 한다.

한정된 수명을 가진 원자들은 그들의 원자핵이

불안정하여 자발적으로 서서히 부서지면서 그 원자핵 속에 있던 질량과 에너지의 일부를 원자핵 밖으로 뿜어내면서 다른 물질로 변해 간다. 앞에서 예를 든 탄소의 동위원소 중, 탄소-14와 같은 성질을 나타내는 경우이다. 우리는 이들을 「방사성 동위원소」 또는 「방사성 핵종」이라고 따로 이름을 붙여 놓았다.

방사성 동위원소들도 다른 원자들과 함께 독자의 몸체를 이루고 있는 구성 물질의 일부이므로 독자가 싫어하는 방사성 동위원소를 독자의 몸에서 의도적으로 아무리 떼어놓으려고, 수술을 포함 별짓을 다해도 허사일 뿐이다. 그런 점에서 보면, 「방사선의 문제」는 방사선 그 자체라기 보다는 그의 양으로 가능되어야 한다는 결론에 이른다.

정리해 보면, 「방사선의 문제」란 우리가 생활하면서 얼마 정도의 쉰 방사선에 노출되느냐에 따른 문제와 우리 몸에 쏘인 누적된 방사선의 총합이 얼마 정도냐에 관한 문제로 귀결된다.

이런 생각에 바탕을 두면, 우리가 방사선을 무조건 기피하는 것은 현명한 생활 방식이라 볼 수는 없을 것이다. 더 나아가, 보다 적극적으로 방사선의 속성을 이해할 필요가 있다는 사실을 알게 된다.

더욱 바람직한 것은 방사선의 양을 저울질 할 수 있는 능력일 것이다. 하지만, 방사선의 양을 가능하는 기술은 간단치가 않다. 그리고, 방사선의 단위란 시장에서 수박을 골라잡는 것처럼 손쉽게 셀 수 있는 것은 더더구나 아니다. 우리와 가장 친근한 전기 에너지의 경우처럼, 방사선은 우리의 눈으로 쉽게 볼 수도 없고, 냄새도 없으므로 방사선을 가려내려면, 계측기를 이용해야 한다. 그래서 독자는 방사선에 대한 공포를 더 심하게 느낄지도 모른다.

### 많은 종류의 방사선들

방사선의 세기가 일정 수준을 넘을 때, 우리 몸에 해를 입힐 수 있는 방사선들은 우리의 생활 공간에 많은 종류가 깔려 있다.

병원에서 가슴 촬영에 쓰이는 X-선, 태양에서 날

아오는 우주선, 레이저 광선, 강력한 전자파들(변전실 주변에서, 전기가 통하는 고압 전선의 주변에서, 무선전화기에서, TV 화면에서, 전철역의 고압선 주변에서, 전자렌지의 마이크로 웨이브 등), 그리고 「방사성동위원소」라 부르는 물질에서 튀어나오는 에너지를 가진 알갱이들과 전자파 등등, 헤아릴 수 없을 정도로 많은 종류가 우리의 생활 주변에 생겨나면서 우리의 건강을 위협하고 있다.

그들 중에서도 방사선을 대표하는 것은 방사성동위원소에서 튀어나는 「알파 알갱이」, 「베타 알갱이」 그리고 「감마선」 들이다.

방사성동위원소들은 크게 두 그룹으로 나뉘어 진다. 첫째는 천연에서 45억 년 전, 지구와 함께 생겨난 것들과, 현재도 계속해서 날아오고 있는 우주선이 우주 공간으로 날아오면서 대기에 섞인 다른 원자들을 그의 에너지로 쪼개든가 또는 방사능(방사선을 뿜어내는 능력)을 띠게 만든 새롭게 계속 생겨나는 원자들을 모두 합쳐 「자연 방사성동위원소」라 한다.

둘째는 원자력 발전소나 가속기(입자를 빠르게 운동시키는 기계) 등에서 생겨나는 방사성 폐기물 질과 같은 것들이며, 이들은 사람이 만든 것이므로 「인공 방사성동위원소」로 따로 구별된다.

### 원자력 가족

다섯 식구의 가장인 필자의 월급은 우리 가족의 목줄과도 바로 연결된다. 따지고 보면, 우리 가족의 구성원 모두가 그런 「방사성동위원소」와 뿔 수 없는 연고를 맺고 살아온 것이다. 우리 나라에서 지금, 원자력 발전에 관계된 순수 종사들은 연간 약 7,000여 명(이동욱, 1995)이라고 한다. 여기에 5배 수를 곱한 원자력 가족 수는 35,000 명에 이른다. 여기에는 병원에서, 연구소에서 그리고 산업 현장에서 방사성동위원소와 관련된 일을 하는 이들의 가족들은 포함되지 않았다.

독자는 「방사성동위원소와 관련된 일」이라면, 필

자의 하는 일을 잘 알고 있는 우리집 식구들도 그렇게 판단하겠지만, 독자의 머리 속에 맨 먼저 떠올리는 것은 심중팔구, 필자의 직업이 「원자력 발전」과 관련된 「원자력 산업」 분야라고 지레 짐작을 하게 될 것이다.

사실, 필자의 직업은 그런 일과는 거리가 멀다. 방사성동위원소들 중에는 요란스럽게 소리(?)를 낼 그룹이 있는가 하면, 지구가 생성된 45억 년 전부터 암석 속에 조용히 묻혀 지구의 지각변동을 기록하고 있는 그룹들도 있다. 앞쪽은 원자력 산업의 부산물로서, 원자력을 이용하는 날까지 우리가 원하는 원하지 않든 필연적으로 생겨나서 우리를 괴롭히는 방사성 핵종들이다. 지구과학에서는 이들을 다른 핵종들과 구별하기 위하여 「제 4 방사성 핵종」으로 나누기도 한다.

그리고, 뒤쪽은 조물주가 만들어낸 자연 방사성 핵종들이다. 그 동안 필자의 대화(?) 상대는 뒤쪽 그룹에 속하는 극히 일부의 핵종들이다. 그들과 대화(?)를 하면, 그들에 간직된 유일한 정보들을 판독하게 되고, 자연의 법칙을 찾아내게 된다.

독자는 아시겠지만, 원자력 가족이란 원자력 산업에 종사하는 가족을 포함하여 필자와 같이 방사성동위원소들을 학문적 분야에 순수하게 이용하는 일단의 그룹도 모두 포함된다.

### 방사선과의 대화(?)

한반도는 산이 들보다 더 넓은 면적을 차지한다. 산들은 대체로 암석들로 이루어지고, 그들을 자세히 관찰해 보면, 다양한 종류의 암석들이 그룹을 이루면서 분포하고 있다. 이들은 수십억 년의 기나긴 지질 시대를 거쳐오면서 일어났던 지각의 변화들을 그대로 기록하고 있다. 암석들이 생긴 시기는 암석에 따라 수백만 년에서 수십억 년이나 되고, 그런 기나 긴 지질 시대를 거쳐오는 과정에서 그것들은 지질 변화의 조건에 따라 여러 단계의 모습으로 바뀐 것도 있고, 전혀 변화되지 않고, 태고의 그 모습을 보존해 온 것들도 있는 것이다.

이들이 생겨나고 또 변화된 시기를 추적하는 도구로 쓰이는 것은 암석 속에 있는 방사성동위원소들이다. 이들 말고는 다른 수단은 아직 없다. 방사성동위원소를 이용하여 암석의 생성시기를 밝혀내는 일은 「암석년령 측정: Radiometric Dating」이다. 이런 일은 지구과학에서 매우 중요한 분야인 것이다. 국제적으로는 이미 1940년대 초기에 효시를 이뤘지만, 우리는 1977년 초부터 암석의 연대를 측정하는 방법들을 개발하여 이용해 왔다(주승환, 1993).

암석에 포함된 방사성동위원소를 이용하여 이미 밝혀낸 자연의 법칙들은 암석의 연대를 규명하는 일을 포함하여 그의 범위가 매우 넓고, 아주 다양하다. 인간이 방사선과의 대화(?) 방법을 알고 난 이후로, 현대 지질학의 위상이 한 단계 높아지게 된 것임은 확실하다.

### 라돈 가스와 환경 방사능

천연에서 생긴 방사성 핵종들은 대체로 방사선의 세기가 상대적으로 낮은 것이 하나의 특징이기도 하다. 그러므로 인공 방사선처럼, 방사선의 특별한 관리 대상은 되지 않는다. 하지만, 예외적인 것이 있다. 그것은 우라늄-238의 핵종 계열로부터 자연스럽게 계속 생겨나고 있는 방사성동위원소들 중, 일곱 번째의 딸핵종인 라돈-222 라는 방사성동위원소이다. 라돈은 일반 사람들에게 다소 낯선 자연 방사성동위원소의 하나이지만, 국제적으로는 전문가들에게 잘 알려져 있다.

라돈 가스는 1900년대 초엽에 우라늄 광물에서 발견될 때, 이미 방사선을 튕겨내고 있다는 사실을 알고 있었다. 라돈 가스가 발견되고 나서 80 년도 훨씬 지나고서야 라돈 가스는 자연 방사성 핵종 중에서 유일하게 소리(?)나는 핵종이라고 알려지게 되었던 것이다.

국내에서도 4 년 전, 서울 지하철 역의 공기 속에 라돈 농도가 높다는 사실이 신문에 보도되어 많은 시민들이 놀랐던 적이 있었다. 그 보도는 우리를 한

때, 긴장시키기에 충분했던 것으로 기억되지만, 그러나 언론은 일반 대중들이 라돈에 관심을 끌리게 하는데는 실패한 것이다.

지금으로부터 12년 전에 미국에서 우연히 발견되었던 라돈에 대한 이야기가 다음과 같이 전해지고 있다.

### 「리딩프롱」은 라돈 방사능의 대명사

미국 펜실바니아 주에서부터 뉴저지 주에 이르는 넓은 지역에 우라늄의 농도가 상대적으로 높은 「리딩프롱」이란 이름을 가진 지층이 깔려 있다. 그 지층 위에 리메릭 원자력 발전소가 세워진 것이다.

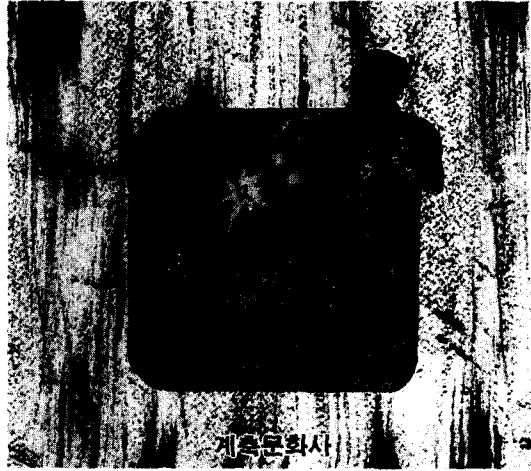
1984년 후반기 어느 날 그 원자력 발전소를 출입하던 한 기술자는 발전소 가까운 곳에 위치한 자기 집의 거실 속에 방사선의 세기를 알고 싶은 충동을 느꼈다. 그래서 원자력 발전소에 출입할 때, 써오던 방사선의 경보기를 실내에 놓고 나서 스위치를 켜다. 정신이 아찔하리 만치 많은 양의 라돈이 거실 속의 공기 속에 있다는 사실을 확인하고는 놀랐다.

천연에서 생기는 라돈은 원자력 발전소와는 아무런 관계가 없다는 사실을 알고 있는 그도 그 당시로는 그런 현상을 도무지 이해하지 못했던 것이다. 자기 집의 실내 공기 속이 우라늄 광산의 갱속보다 더 높게 라돈 가스로 가득 차져 있다는 사실은 그에게는 엄청난 충격 이었다.

이전까지는 보통 집의 거실 속에 수준 이상의 라돈 방사능(방사선을 튕겨 낼 수 있는 능력)이 도사리고 있다는 사실을 모르고 있었던 것이다. 「리딩프롱」 지층 위에 건축된 집의 실내에서 현장을 확인하기 전까지는 학자들 사이에도 오직, 우라늄을 캐는 광부들에게만 라돈 방사능의 경고를 하고 있었기 때문에, 리딩프롱의 파장은 세상을 놀라게 했던 사건 이었다.

체르노빌의 원자력 발전소의 사고는 인간이 저질러진 사건이기에 충격이 더 컸다고 한다면, 리딩프롱은 신이 저질러 놓은 것이기에 아무말도 해서는 안된다는 것일까? 그 이후부터 「리딩프롱」은 라돈 방

사능의 대명사가 되고 말았다.



〈그림 1〉 라돈 방사선이 실내로 유입되는 길을 보여준다 (화살표). 실내 공기중의 라돈 농도가 4Ci/L(미국 EPA 기준)이상일 경우, 우리의 폐속으로 흡입된 라돈가스는 폐암을 일으킨다.

### 폐암의 원인

보고서에 나타난 역사적인 기록을 보면, 독일 과학자들은 1870년 대 초부터 우라늄을 캐는 광부의 사망률이 아주 높다는 사실에 주목했던 것이다. 우라늄 광산과 석탄 광산의 갱 속에서 일을 하는 수많은 광부들이 원인 모를 폐의 질병으로 목숨을 잃게 된 것이 확인된 것이다. 병의 근원이 무엇인지 밝혀내지 못했던 그 시절에는 높은 산의 희박한 공기 중, 산소 부족 현상 때문에 생기는 「고산병: Bergkrankheit」으로 잘못 이해하고 있었던 것이다 (Holaday, 1969).

우라늄이 발견되고 나서, 우라늄에서 튕겨 나오는 가스인 라돈(유래는 우라늄과 함께 있는 가스라는 뜻으로 불려진 이름)이 우라늄 광산의 갱속에 매우 높을 것이란 생각은 지극히 자연스럽고, 설득력을 가졌던 것임에는 틀림이 없다. 과학자의 끈질긴 노력으로 그 원인을 몰랐던 폐질은, 결국 우라늄에서 튕겨나오는 방사선을 띤 라돈이 호흡으로 체내에 흡입되면서 우리의 폐 조직을 손상시켜 나타난다는 사실을 알게 된 것이다.

덧붙인다면, 라돈은 방사성동위원소이기 때문에 그의 원자핵이 쪼개지면서 다른 원자로 변한다. 라돈으로부터 생겨난 딸원자들도 방사선을 뿜어내는 물질들이다. 이들의 방사선들이 서로 합쳐져서 우리의 폐조직을 손상시킨다.

필자는 1980년 대 우리의 석탄 에너지 자원의 목줄이던 강원도 태백시에 직업상 자주 방문했던 적이 있다. 그때마다 필자의 가슴을 짓누르는 모습을 보게 된 기억이 있다. 진폐증 환자들이 치료를 받고 있는 요양원에서 지금도 신음하는 환자의 비참한 모습들은 누구에게나 정말 안타까운 장면들이다. 오래 전에 우리의 TV 화면에 방영되었던 진폐증 환자의 가족에 대한 애절한 이야기를 기억하는 필자로서는 가슴이 더 저려온다. 정부와 탄광업자들이 라돈의 대책을 미리 새웠더라면(?)하는 아쉬움이 남는 것은 필자만의 만시지탄으로 돌려버리기에는 그 피해가 너무도 크다.

석탄을 생산하던 광부들에게는 진폐증 환자들이 많다. 그들은 대체로 폐암으로 사망에 이른다. 진폐증은 돌 먼지와 석탄 가루가 폐속에 차는 병이다. 단순하게 돌 먼지가 폐에 차지면, 호흡에 어려움을 느끼는 것은 어쩔 수 없긴 하겠지만, 폐암에 이르는 것은 분명히 아닐 것이다.

석탄에는 약 3ppm(백만 분의 일을 표시하는 단위)의 우라늄이 들어 있다. 그 우라늄에서 튕겨나온 라돈 가스의 양이 갇혀있는 공기 중에 일정한 수준을 넘을 경우, 작업자는 라돈의 피해를 입게 된다. 라돈이 폐암의 주범이란 사실은 유럽 등지에서 잘 알려져 있다.

필자와 공저인 「라돈 방사능과 생활 환경」은 「라돈 문제」를 다루면서 라돈-222 핵종이 공중의 보건과 밀접하게 관련된 사실을 강도 높게 주장하고 있다. 그런 근거를 쉽게 풀어본다면, 다음과 같이 합리적으로 설명될 수 있다.

## 자연 계수의 모순과 선량 한도

독자도 잘 알고 있겠지만, 방사선을 측정하는 기기를 계측기라 한다. 계측기에는 모든 종류의 방사선이 모두 잡히게 된다. 우리는 측정할 대상 물질에서 튕겨내는 방사선이 아니고, 천연 물질인 라돈과 우주선의 방사선이 계측기에 잡힐 경우, 이를 '자연 계수(백그라운드)'로 구별한다. 우리의 원자력법에서 규정된 방사선 관리는 선량 평가(방사선의 세기를 측정하여 법에서 정한 한도량과 견주어 방사선을 관리하고 규제하는 일들)의 방법에서 자연 계수를 영(0)으로 취급하고 있다. 그러므로 법에서 규정하는 「선량 한도」의 셈에서는 자연 방사선의 선량(방사선의 세기를 나타내는 양)이, 「리딩프롱」의 지역처럼, 아무리 높다 할지라도 선량 평가에서는 아무런 영향을 주지 않는 모순이 있다.

우리의 원자력법은 국민이 방사선으로부터 보호를 받게 하기 위하여 「선량 한도」를 규정하고 있다. 우리가 잘 알고 있는 규정된 한도량은 방사선의 등가 선량 단위인 시버트(Sv)<sup>1)</sup>로 표시된다. 시버트 단위는 선량이 매우 크므로 그의 1/1000을 밀리시버트(mSv)로 표시하는 경우가 있다. 우리 나라 법률에 따르면, 방사선 종사자인 경우, 그 한도량은 연간 50 mSv/년이고, 보통 사람의 선량은 그 값의 1/10인 5 mSv/년으로 각각 표시되어 있다. 그와 같은 수량은 자연 방사선을 평균 선량의 개념으로 평가하여 그 값을 영으로 보기 때문에 가능하다.

자연 방사선의 85% 이상은 라돈과 라돈의 딸 핵종들이 튕겨내는 방사선들의 몫이다. 그러한 자료는 「자연 방사선의 원천」이 곧 「라돈」이란 등식이 성립하는 조건이다.

캘리포니아 대학에서 생물물리학 강좌를 맡고 있는 에일펜(Alpen, 1990) 교수는 인간이면 누구나 피할 수 없이 1 년 동안 쪼일 자

1) 시버트(Sv) : 방사선이 우리의 몸에 닿아 방사선의 에너지가 몸에 흡수되면서 물체를 이룬 유기분자들에게 주는 효과를 나타내는 방사선의 선량 단위.

연 방사선의 선량은 약 1mSv(일반인의 선량 한도의 20%)라고 한다. 이 수량은 개념적으로, 실내 라돈의 평균 방사능 농도에 더잡은 것으로 이해될 수 있다. 실내 공기 중에 포함된 라돈의 평균 방사능은 공기 1리터 용적 속에 약 1pCi/L(피코퀴리/리터)<sup>2)</sup>나 된다(Cohen, 1986). 정리하면, 1pCi/L의 라돈 방사능에 버금가는 자연 방사선의 세기는 우리가 1년 동안 누구나 받고 있는 1mSv 선량과 견줄 수 있다는 이야기가 된다.

그런데, 문제는 집터의 토양, 건축 구조물의 기초(기밀 구조의 기초가 아닌 경우) 그리고 실내 환기의 관리 방식 등, 줄여서「주거 환경 조건」에 따라 개별 주택의 실내 공기 속에 들어있는 라돈의 양은 아주 다양하다. 그 차이는 실제로 확인된 실내 공기 중, 라돈의 농도가 주택에 따라 수천 배라는 사실이 미국 환경부(EPA)가 수백만 호를 대상으로 라돈의 농도를 조사한 자료에서 확인되고 있다. 그런 조사는 지금도 계속된다. 그렇다면, 앞 예의「리딩프롱」의 경우처럼, 실내 공기 중의 라돈 농도가 일반적인 평균 값인 1 pCi/L을 수백 배 초과하는 개별 주택이 있을 가능성은 분명하다. 그런 주택에 해당하는 경우, 라돈 방사능으로부터 받게 될 선량 한가지만으로도 법이 규정하는 선량 한도를 수십 배 또는 수백 배나 초과하게 된다.

원자력법에 규정된 한도량의 취지는 국민들이 방사선으로부터 보호받기 위한 규율이다. 독자는 이와 같은 모순을 어떻게 생각하는가?

결론적으로, 이 글에서 필자는, 법이 정한「선량 한도」를 초과하는 경우 - 자연 방사선인 경우는 법을 적용하는 데 어려움도 예상되지만 -, 인공이든 천연이든 원천은 따질 것 없이 총량적으로「선량 한도」를 초과하는 방사선의 선량은 반드시 법으로 규제함이 마땅하다는 주장이다.

## 라돈 방사능의 검사증

미국을 포함한 선진국들은 실내 라돈의 방사능 때문에 일반 국민들이 입게 되는 폐암의 피해와 예방법을 자세히 알려주고 있다. 미국의 경우, 집을 매매할 때, 집터의 하자를 가리는 기준으로서,「실내 라돈 검사를 받았다」는 사실을 확인한다. 물론, 미국 환경부(EPA)의 협력기관들에 의하여 검증된 인증서도 서로 교부한다.

라돈 방사능이 인간의 폐암과 직결된다는 사실은 미국에서는 보편화된 생활의 지혜이다.

그럼에도 불구하고, 아직도 우리 정부나 언론들은 라돈 방사능과 연결된 공중의 보건 문제에 침묵하고 있다. 석탄 광산에서 경험된 진폐증 환자의 애환이 또다시 반복되지나 않을지(?) 염려된다.

우리의 땅은 대부분이 화강암이나 화강암질 편마암으로 이루어져 있다. 그러므로 우리 땅의 우라늄 함유량은 화산암으로 된 일본의 경우와는 달리 월등하게 높다. 따라서 라돈 방사능은 땅속에 있는 우라늄이 그의 근원이므로 우리의 지질 조건으로 보면, 생각보다는 아주 높을 가능성이 있다. 이웃한 일본에서 라돈 방사능에 대한 침묵(지금은 연구 투자가 이루어지고 있음)은 한반도의 고유한 지질 조건에 관한 한, 우리의 본보기는 아니다.

그렇다면, 한반도 전 지역을 대상으로 조사된 라돈 방사능의 측정 자료는 다른 지질조사의 보고서 보다는 우선해서 발간되어야 한다. 현실은 그렇지 않다. 라돈이 편중되어 솟아오르는 곳을 표시하는 자료와 전국적인 라돈 농도의 분포를 한 눈으로 알 수 있게 표시된 지도는 공중의 보건을 위하여 당장이라도 꼭 필요한 국가의 기초 자료일 것이다. 그러나, 방사선의 기피 현상 때문인지는 모르겠지만, 국민의 건강이 손상될 우려가 높은 자연 방사선에 대해

2) 피코퀴리(pCi) : 방사능의 크기를 나타내는 단위는 방사능을 발견한 베크렐의 이름으로 정한 베크렐(Bq)과 라돈 원자를 발견한 퀴리부인의 이름에서 유래하는 퀴리(Ci)라는 두개의 단위가 쓰인다. 피코(p)는  $10^{-12}$ 의 수를 나타낸다.

베크렐(Bq)과 퀴리(Ci)의 관계는

$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ 이다.

서는 책임 있는 당사자도 침묵하고 있다.

혹자는 “자연에 존재하는 정도의 방사성 라돈 가스는 우리의 건강에 지장을 주지 않는다”고 말한다(송명재, 1996). 필자는 우리의 생활 공간인 실내 공기 중의 라돈 농도란, 실내 공기의 관리 여하에 따라 큰 차이가 나타날 수 있다는 점에 초점을 두고 있으므로 그들과는 의견을 달리한다.

지난 10여 년 전 우리는 가정의 난방 연료로 무연탄을 주로 썼던 경험이 있다. 무연탄을 땀다고 모두가 연탄 가스에 질식되었던 것은 아니다. 자기 집의 온도 관리와 실내 공기의 적절한 환기 관리를 소홀히 했던 가정에서 연탄 가스의 피해가 컸던 점은, 「라돈 문제」를 다루는 데 좋은 본보기가 될 것이다.

### 라돈 방사능의 피해는 아주 서서히 나타난다

라돈 방사능의 피해가 나타나기 시작하는 것은 연탄 가스의 경우와는 아주 다르다. 연탄이 탈 때 생겨나는 치명적인 유해 가스들인 일산화탄소, 황화수소 그리고 일산화질소 등, 산화물질들은 그들의 독성으로 순간적인 질식 효과인 「즉발 효과」를 일으킨다.

공기 중의 라돈의 양은 대체로 적고, 그런 방사선의 세기는 약하며, 약한 방사선에 계속하여 쫄임으로 나타나는 방사선의 유기분자들의 파괴<sup>3)</sup>는 아주 느리게 진행되면서 우리 몸을 이룬 65조 개나 되는 체세포들 중, 불과 수십 개에서 수천 개에 지나지 않을 「돌연 변이성 암세포」를 만든다. 진폐증 환자들이 폐암으로 사망에 이르기까지 오랜 시간이 소요되는 것은 낮은 방사선에 쫄인 한 예증일 것이다.

실내의 라돈 농도가 환경 기준 값을 넘는 거주 환경에서 거주할 경우, 필자의 짐작에 불과하겠지만, 적어도 10여 년이 지나서야 그의 효과가 서서히

나타나기 시작할 것이다. 만일 담배를 피우는 사람일 경우, 라돈 방사선의 효과는 상승작용을 한다. 흡연자는 그렇지 않는 자보다 폐암에 걸릴 확률이 15에서 19 배나 더 높다(EPA, 1992).

우리는 매일 실내 공기를 흡입하고 있다. 석탄광산에서 갱내의 갱내 공기처럼, 실내의 라돈 가스 농도가 수준 이상으로 높을 때, 우리의 폐는 공기와 섞인 라돈 방사능에 더 심하게 쫄이게 된다.

우리 몸의 여러 기관들 중에서 실내의 공기 속에 있는 산소를 우리 혈액중의 탄산가스와 교환하는 가장 가까운 장소가 바로 폐조직이라는 것을 우리는 잘 알고 있다. 우리의 호흡으로 공기 중의 라돈 가스로부터 계속되는 방사선의 쫄임이 폐의 폐소엽(공기 중의 산소와 혈액중의 탄산가스가 서로 교환되는 곳)에 상당량의 라돈 방사선 에너지를 옮겨 놓게 될 때, 우리의 폐 조직은 서서히 기능을 잃게 되면서 방사선의 생물학적 효과가 나타나게 된다.

글을 마무리하면서 한번 더 강조하고 싶은 말은,

“분명히, 방사선은 무조건 피할 대상은 아니다. 우리 모두에게는 그의 속성을 알고, 적절하게 그에 대처할 지혜와 자세가 필요한 것이다.”

### •참고문헌

- 송명재, 1996, “라돈 가스”, 원자력 산업(1996. 5월호) P.70, 한국원자력산업회의.
- 이동욱, 1995, “한국 원자력의 거대한 교훈”, 월간 조선 1995. 9월호, P.446-475. 조선일보사.
- 주승환, 1993, “절대연대 측정법 5가지”, 과학동아 1993. 1월호, P.124.
- 주승환, 제원목, 1995, “라돈 방사능과 생활 환

3) 약한 방사선의 경우, 우리의 생명 현상에서 주요한 역할을 하는 DNA 분자의 약한 구조를 파괴시켜 그 결과, DNA의 유전 기능을 바꿔 놓는다. 이러한 방사선의 작용을 ‘방사선의 생물학적 효과’라고 함.

\* 「주」의 설명으로 하는 것이 좋음 양쪽의 ( )도 삭제



- 
- 경”, 계축문화사.
- Alpen E.L., 1990, Radiation Biophysics, P.344, Prentice-Hall, International, Inc.
- Cohen B.L., 1986, “A national survey of  $^{222}\text{Rn}$  in U.S. homes and correlating factors,”; Health Phys. 51, 175.
- EPA, 1992, “Consumer’s Guide To Radon Reduction;402-K 92-003, Aug./1992, EPA.
- Holaday D.A., 1969, “History of the Exposure of Miners to Radon,”;Health Phys. 16, 547-552.