



방사선과 광물 (I)

장 병 옥

한국원자력안전기술원 생활·환경방사능평가실

“방사선”과 “광물” 도대체 이 두 단어가 왜 같이 연결이 되어 제목으로 등장할까 의아해 하시는 분들도 일부 계실지 모르겠다. 방사선(radiation)이란 방사성원소(radioactive element)의 붕괴에 따라 방출되는 입자선 및 복사선을 말한다. 이러한 방사성원소가 방사선을 내는 능력을 방사능(radioactivity)이라 한다. 방사성원소가 붕괴할 때 나오는 방사선은 알파선, 베타선, 감마선 등으로 구분되며, 여기에 추가적으로 X선, 중성자선과 같은 다른 입자나 전자기파를 합쳐 “방사선”으로 통칭하고 있다.

광물은 암석을 구성하고 있는 기본단위이며 대부분의 광물은 함량 여부에 관계없이 자연방사성핵종(natural radionuclide)을 포함하고 있다. 방사성핵종을 포함하고 있는 광물은 방사선을 방출하게 되고 광물에 따라서는 상당히 많은 양의 방사성핵종을 함유하는 경우도 있기 때문에 간혹 높은 방사선 피폭을 야기하기도 한다. 광물에 포함되는 대부분의 방사성핵종은 ⁴⁰K과 우라늄 및 토륨계열과 그 딸 핵종들이 해당한다. 국민방사

선위해도평가 보고서(2005년, 한국원자력안전기술원)에 따르면 우리나라민의 개인 평균 연간 방사선피폭량의 약 83%인 약 2.99 mSv¹⁾가 자연방사선에 기인한 피폭이며 이중 지각에서 방출되는 감마선에 의한 피폭이 약 1 mSv, 라돈 가스등의 흡입에 기인한 피폭이 1.41 mSv로 자연방사선에 기인한 전체 피폭량의 81%에 달한다. 이러한 자연방사선원에 의한 피폭의 대부분이 지각 내 또는 건축자재내에 포함된 방사성핵종을 함유한 광물에 기인하는 것이다.

대륙지각은 규소(Si), 칼륨(K), 나트륨(Na) 함량이 높은 화강암질 암석으로 이루어져 있고, 화강암질 마그마에서는 불호정원소(incompatible element)에 해당하는 우라늄(U) 및 토륨(Th)의 함량이 상대적으로 높다. 지각 연대가 상대적으로 고기의 화강암질 암석이 널리 분포하는 한반도의 지질 특성상 우리나라민이 받는 자연방사선원에 의한 피폭은 세계 평균값 2.4 mSv(UNSCEAR 2000²⁾)에 비해서는 상대적으로 높은 편이다. 대표적인 자연방사성핵종인 ⁴⁰K는 반감기 13억년으

1) Sv : sievert, 선량당량의 단위, 주울/킬로그램(J/kg)에 대한 고유 명칭으로 SI 단위, 방사선의 생물학적 효과를 나타내는 양으로 방사선을 방호할 목적으로 에너지가 다른 방사선이 인체에 미치는 효과에 주목하여 정의된 단위(과거 rem, 1 Sv = 100 rem)

2) UNSCEAR 2000 : United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation(유엔 방사선과학위원회) 2000년도 보고서

로 천연 존재비가 0.0119%이다. ^{40}K 는 89%가 β 붕괴에 의해, 11%는 전자포획(electron capture)에 의해 ^{40}Ar 으로 붕괴된다. 전자포획시 1461 keV의 감마선을 방출하며 통상 이 감마선을 계측하여 방사능 농도를 분석하게 된다.

^{40}K 를 이용한 연대 측정방법은 널리 알려져 있다. 칼륨(K)은 광물, 물, 생체 등에 널리 분포하고 있는 원소이며 인체에도 평균적으로 성인 1인당 체중의 0.2%를 함유하고 있다. 이를 칼륨의 천연 존재비를 기준으로 ^{40}K 의 방사능 농도로 환산해보면 약 4 kBq³⁾에 해당하는 양으로 인간은 항상 자신의 체내에서 감마선과 베타선을 방출하고 있다고 볼 수 있겠다. 칼륨은 생체 대사에 매우 중요한 물질이기 때문에 지구상에 살아 있는 생명체 모두에 해당하는 것이니 그리 어색하고 난감하게 생각할 일도 아니다.

우라늄과 토륨은 최종적으로 납으로 붕괴되는 매우 복잡한 붕괴계열(decay chain)을 가지고 있으며 매우 다양한 딸핵종을 포함하고 있다. 이에 대해서는 다음 2편에서 간략하게 언급하도록 하겠다.

방사선에 대한 막연한 불안감은 제 2차 세계대전을 마무리하는데 결정적인 역할을 하였던 히로시마와 나가사키에 투하된 원폭으로부터 시작된다고 할 수 있다. 뒤따른 1950년대와 1960년대 강대국들에 의해 시행되었던 지상핵실험으로 인해 생성되어 대기 중으로 방출된 인공방사성 핵종은 현재까지도 다양한 지구환경에 영향

을 미치고 있다. 또한, 1986년 체르노빌 원전사고가 일어나면서 일반대중에게는 공포의 대상으로 뚜렷하게 인식되어, 나라마다 방사선과 관련된 정책 수립이나 집행에 많은 장애가 되고 있다. 우리나라도 예외는 아니어서 원자력과 방사선의 이용과 관련된 막대한 사회적 비용이 소진되고 있음은 참으로 안타까운 사실이라 하겠다.

우라늄이 원자력에너지의 중요한 원료인 것은 누구나 주지하고 있는 사실이며 원자력 발전소를 운영하고 있거나 우라늄 광산을 보유하고 있는 국가에서는 방사성핵종을 포함 광물은 중요한 에너지 자원으로 전략적 차원에서 취급되고 있다. 토륨을 상당량 포함한 광물의 경우, 일부 국가에서는 잠재적 에너지 자원으로 인식하여 국가적으로 관리하는 경우도 있다(중국과 인도).

특히, 인도의 경우 매장량이 많은 모나자이트와 저어콘, 중사 등을 이용한 희유원소(Nb, Ta, Be, Li, REE, Zr 등)의 추출과 이에 수반되는 우라늄, 토륨 등을 포괄하여 핵원료까지 연결 관리하는 독특한 핵연료 주기(nuclear fuel cycle)를 시행하고 있다.

모두에 언급한 “방사선”과 “광물”은 어색한 연결이 아닌 우리가 이해하고 풀어나가야 할 중요한 화두라 하겠다. 아직 국내에서는 관련 법령이나 관리 체계가 미흡한 것이 현실이나 점점 관심을 갖고 이를 풀어 나가고자 하는 관련 전문가들이 하나둘씩 늘어난다면 보다 바람직한 해법을 만들어 나갈 수 있을 것이다.

3) Bq : becquerel, SI 단위로 제정한 방사능 단위, 1 베크렐은 방사성핵종이 1초 동안 1개 붕괴하는 방사능이다.