

**PD6)                    기기중성자방사화분석을 이용한 도시지역 PM<sub>10</sub> 대기먼지  
 중 U과 Th 분석에 의한 내부 피폭선량 평가  
 Assessment of Internal Exposure by the  
 Determination of U and Th in PM<sub>10</sub> using Instrumental  
 Neutron Activation Analysis**

문중화 · 박광원 · 정용삼  
 한국원자력연구소 하나로이용기술개발팀

**1. 서    론**

현재 우리가 살고 있는 지구에는 인공적 또는 자연적으로 생성된 많은 방사성 핵종이 존재하고 있으며 인간은 이러한 자연환경에 항상 노출되어 있다. 우라늄(U)과 토륨(Th)은 자연계에 존재하는 α 입자를 방출하는 방사성 원소이며 이들의 연속적인 α 및 β 붕괴에 의하여 많은 방사성 핵종이 생성된다. 특히 대기중이나 토양, 암석에 함유되어 있는 U-238은 자발 붕괴하여 라돈(Rn-222)이 되고 라돈에 의하여 생성된 딸 핵종들이 호흡을 통하여 흡수되어 방사선 피폭을 유발한다고 알려져 있다. 본 연구에서는 PM<sub>10</sub> 대용량채집기와 기기중성자방사화분석법을 사용하여 대기중의 우라늄과 토륨의 신속, 정확한 정량법을 개발하여 대기중의 농도수준을 조사한 후 인체 호흡량에 따른 U-238과 Th-232의 인체내의 흡수량을 추정하여 내부 피폭선량을 산출하는 방법을 확립하고 연간 내부 피폭선량을 평가하여 보고자 하였으며 본 연구는 방사선 보건물리분야에 이용할 수 있을 것이다.

**2. 연구 방법**

대기먼지의 채집은 실험의 용이성을 위하여 대전광역시외 원자력연구소에서 2001년 12월부터 2002년 2월까지 주중에 1회 채집하였다. 시료 채집은 대용량 채집기(KIMOTO, 일본)와 유리섬유(Glassfiber) 필터를 사용하여 유속 1500 l/min로 24시간 동안 채집 한 후, 무작위로 40개의 직경 1 cm 구멍을 뚫어 분석용 시료로 준비하였다. 준비된 분석용 채집필터는 중성자방사화분석을 위하여 원자력연구소의 연구용 원자로의 방사화 분석용 조사공(열중성자속 :  $2.8 \times 10^{13}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ )에 1시간 동안 중성자 조사하여 방사화 하였다. 방사화 된 시료는 GEM 25185 감마선 분광분석장치(EG & G ORTEC, USA)를 사용하여 측정하였다. 표 1에 분석조건과 검출방법을 요약, 정리하였다. 분석값의 품질관리를 위하여 미국 표준연구소의 인증물질인 Coal Fly Ash(NIST SRM 1633a)를 동일한 조건에서 우라늄과 토륨을 분석하였다. 또한 우라늄과 토륨의 내부 피폭선량을 산출하기 위해 필요한 상수인 호흡을 통한 흡수율과 유효선량계수는 국제방사선방호위원회의 보고서(ICRP Pub. 68)를 참고하였으며, 성인의 일일 평균 호흡량은 20 m<sup>3</sup>로 가정하였다. 즉 아래의 수식을 사용하여 우라늄과 토륨에 의한 연간 내부 피폭선량을 구하였다.

\* 일일 흡수량 = 대기중 농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) x 20 m<sup>3</sup>/일 x f<sub>i</sub>

\* 내부피폭선량 = 일일 흡수량 x 365 일/년 x Activity/년간흡수량 x 유효선량계수

위의 수식에서 f<sub>i</sub>는 호흡을 통한 흡수율로서 우라늄은 0.02, 토륨은 0.0005이며 유효선량계수는 U-238은  $1.8 \times 10^{-6}$ , U-235는  $1.6 \times 10^{-6}$ , Th-232는  $2.9 \times 10^{-5}$  Sv/Bq을 각각 적용하여 계산하였다.

Table 1. Analytical condition and gamma-ray energy of U and Th in sampled filter by INAA.

원 소	조사시간	냉각시간	측정시간	검출핵종 및 에너지
U	1 시간	3 - 4 일	40000 초	Np-239, 278 keV
Th		약 2 주일	4000 초	Pa-233, 312 keV

### 3. 결과 및 고찰

분석품질관리를 위하여 미국 표준연구소의 인증물질인 Coal Fly Ash(보증값 : 우라늄  $10.2 \pm 0.1$ , 토륨  $24.7 \pm 0.3$ )를 분석한 결과 우라늄은  $11.0 \pm 1.0$ , 토륨은  $24.5 \pm 0.7$  로서 분석값의 불확도를 고려하면 보증값과 잘 일치하는 결과를 얻어 분석값이 신뢰도가 있음을 알 수 있다. 실제 채집된 필터 시료의 분석값과 시료 채집시의 유량(약  $2100 \text{ m}^3$ ) 을 고려한 수집기간에 대한 대기중의 우라늄 평균 농도는  $0.67 \text{ ng/m}^3$ , 토륨의 평균 농도는  $0.34 \text{ ng/m}^3$  으로 관측되었다. 이 값을 위의 수식을 적용하여 계산한 연간 내부 피폭선량은 우라늄의 경우에는 1.91, 토륨은 0.15 nSv/person/year 로 계산되었다. 즉 일반인의 경우에는 호흡을 통한 우라늄과 토륨에 의한 내부 피폭선량은 음식물의 섭취에 의한 내부피폭선량(정용삼 의, 원자력학회지, 2000, 우라늄 :  $3.18 \mu\text{Sv/person/year}$ , 토륨 :  $0.29 \mu\text{Sv/person/year}$ )에 비해 매우 작은 값을 알 수 있다. 그러나 우라늄을 다루는 핵연료 작업장 등과 같은 곳에서는 일반 대기수준보다 매우 높은 농도 수준을 보일 것으로 예상되며 황사시의 농도변화도 추후 측정, 비교해 보아야 할 것이다

### 참 고 문 헌

- James E. Turner (1995) Atoms, Radiation and Radiation Protection, Second Edition, John Wiley & Sons Inc.
- International Commission on Radiological Protection (1997), ICRP Publication 68, Dose Coefficient for Intakes of Radionuclides by Workers, Annex B
- 정용삼 외 (2000) Evaluation of Daily Intake of  $^{238}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$  in a Korean Mixed Total Diet Sample Using RNAA, Journal of the Korean Nuclear Society, Vol 32, No. 5, 477 - 484