

국내 건축자재의 천연방사성핵종 ^{232}Th , ^{238}U 과 ^{40}K 분석

이 훈¹, 주선동¹, 임기중¹, 장 미², 임종명^{2*}

¹한국원자력안전재단, 경기도 성남시 분당구 대왕판교로 644번길 49

²한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

lh@kofons.or.kr

1. 서론

일반인이 하루 중 실내 점유시간은 약 88%로서 실내공간을 구성하고 있는 건축자재의 천연방사성 핵종은 생활방사선의 주요 피폭선원이다. 특히 실내공간의 경우 방사선원이 공간을 둘러싸고 있는 기하학적 분포를 나타냄으로서 실외보다 영향이 크다. 건축자재는 자연 토양, 암석이 주원료로 사용되지만 인위적인 가공과정으로 인해 천연방사성 핵종 함유량이 높아질 수 있는 가능성이 존재한다. 특히 내화성을 향상시키는 Zircon은 다른 광물에 비해 높은 농도의 천연방사성핵종을 포함하고 있어 마감용 타일의 유약, 석고보드, 내화벽돌 생산에 사용되고 있다.

현재 국내에서는 생활주변방사선 안전관리법에서는 건축자재를 원료물질 또는 공정부산물을 가공하거나 이를 원료로 하여 제조된 제품을 가공제품으로 정의하고 있다. 또한 동법 가공제품 안전기준으로 공기누출, 신체전이, 연간유효선량을 1 mSv로 제한하고 있다. 유럽위원회에서는 실내 일반인의 선량한도를 초과하지 않도록 방사능농도지수(INDEX)를 설정하여 안전규제 체계를 마련하고 있다.

본 연구에서는 시중에 판매되고 있는 건축자재 중 타일 24 종, 시멘트 21 종, 페인트 4, 석고보드 2 종, 벽지 2 종을 선정하여 α -spectrometer 및 ICP-MS(Inductively Coupled Plasma - Mass spectrometer)을 이용하여 ^{232}Th 과 ^{238}U , HPGe(High Purity Germanium detector)를 이용해 ^{40}K 을 분석하였으며 분석결과를 토대로 유럽위원회의 권고기준을 적용하여 평가하였다.

2. 본론

2.1 시료 및 시약

시료는 시중에 판매되고 있는 건축자재 중 타일 24 종, 시멘트 21 종, 페인트 4, 석고보드 2 종, 벽지 2 종을 온/오프라인 마켓에서 취득하였다. 시약은 모두 분석시약 등급을 사용하였다.

2.2 실험방법

시료는 다음의 Fig. 1 과 같이 105°C, 4 시간동안 건조 후 550°C, 8 시간동안 회분화한 후 100 μm 입자로 체거름 하여 감마표준용기(한국표준과학연구원)에 분취하여 ^{40}K 분석 시료로 이용하였다. ^{232}Th , ^{238}U 시료는 ^{40}K 분석 시료를 용융법으로 전처리한 후 철공침하여 ICP-MS의 시료로 사용하였고 α -spectrometer시료는 철공침 이후 LaF_3 침전, TEVA/UTEVA resin을 이용해 Th과 U을 분리한 후 전기전착을 거쳐 전기전착판으로 제조하여 사용하였다.

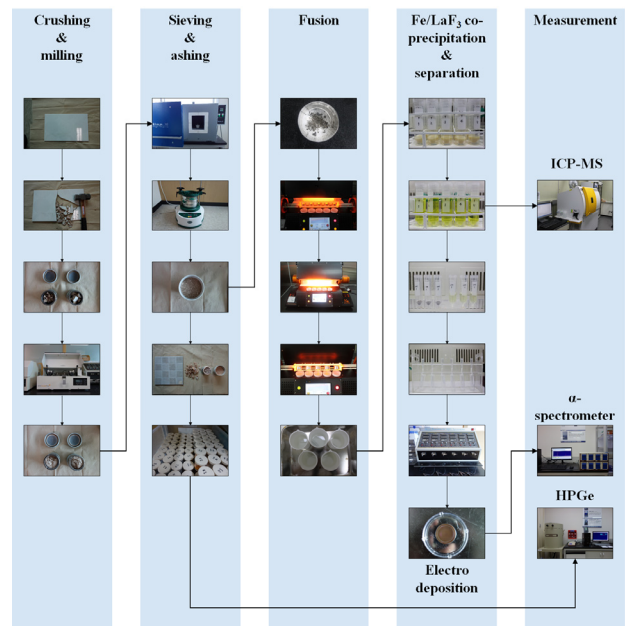


Fig. 1. Schematic representation of experiment.

2.3 측정 및 분석

^{40}K 는 DSPEC-50™(Ortec®, U.S.A)을 이용하여 직접측정법으로 80,000 초 동안 측정하였으며 ^{232}Th , ^{238}U 측정은 Alpha Esemble ENS-U450(Ortec®, U.S.A)와 SPECTRO-MS (SPECTRO Analytical Instruments, Germany) 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 건축자재의 ^{232}Th , ^{238}U 과 ^{40}K 방사능농도

건축자재 53 종의 천연방사성 핵종 방사능농도 분석결과를 다음의 Table 1~3 으로 정리하였다. 최고농도는 ^{232}Th 212.5 Bq.kg⁻¹, ^{238}U 131.4 Bq.kg⁻¹, ^{40}K 1272.3 Bq.kg⁻¹이었으며 타일이 ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K 핵종 모두 가장 높은 중간값(median)을 나타내었다. 결과값의 분포는 타일, 시멘트, 페인트 모두 ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K 에 따라 매우 다른 농도 특성을 보였지만 제품군을 제조사별로 분류하였을 때 상대 표준편차는(Relative standard deviation) 타일제조사A ^{232}Th 11.3%, ^{238}U 17.9%, ^{40}K 5.7% 였으며 시멘트제조사B ^{232}Th 19.7%, ^{238}U 19.5%, ^{40}K 3.8% 로서 유사한 수준의 농도범위를 나타내었다. 따라서 제조사에서 사용하고 있는 원료물질 및 공정과정이 건축자재의 방사능 농도에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

Table 1. ^{232}Th concentration in Building material

Material	n	Activity concentration (Bq.kg ⁻¹)		
		Min	Median	Max
Tile	24	39.6	64.6	212.5
Cement	21	5.7	27.0	103.1
Paint	4	0.1	0.7	10.4
Board	2	7.2	-	12.2
Wall paper	2	2.8	-	6.1

Table 2. ^{238}U concentration in Building material

Material	n	Activity concentration (Bq.kg ⁻¹)		
		Min	Median	Max
Tile	24	50.2	67.7	115.7
Cement	21	7.4	27.6	131.4
Paint	4	0.1	0.7	7.4
Board	2	10.9	-	17.9
Wall paper	2	7.6	-	15.0

Table 3. ^{40}K concentration in Building material

Material	n	Activity concentration (Bq.kg ⁻¹)		
		Min	Median	Max
Tile	24	788.4	1157.2	1272.3
Cement	21	519.4	758.2	1052.7
Paint	4	44.9	104.5	141.9
Board	2	8.9	-	20.0
Wall paper	2	4.3	-	8.5

3.2 방사능농도지수를 이용한 평가결과

유럽위원회 권고사항(Radiation Protection 112, European Commission)에 따르면 건축자재의 연간유효선량을 1 mSv로 제한하기 위해 건축자재를 콘크리트와 같은 일반용 자재의 INDEX ≤ 1로타일, 석고보드와 같은 마감용 자재의 INDEX ≤ 6 으로 적용하고 있다. 이는 보수적인 시나리오를 설정하여 계산된 지수로서 건축자재의 유효선량평가에 간단하게 적용할 수 있는 장점이 있다.

국내 건축자재 유럽기준 평가 결과 일반용 자재로 분류되는 시멘트 9 종의 INDEX는 0.29 ~ 0.82 을 나타냈고 마감용 자재인 타일, 보수용 시멘트, 페인트, 벽지 44 종은 0.01 ~ 1.70으로서 본 연구 건축자재 53 종은 모두 유럽기준을 만족하는 것으로 조사되었다.

Table 4. Index result of Building material

Material	n	INDEX		
		Min	Max	Mean
Vulk	9	0.29	0.82	0.44
Superficial	44	0.01	1.70	0.73

4. 참고문헌

- [1] "한국형노출지수 개발 및 운영체계 구축", 환경부 (2007).
- [2] "Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials", European Commission, Radiation protection 112 (1999).