

ISOCS를 이용한 ^{152}Eu 표준선원의 방사능 측정 및 유효성 평가

전호민*, 김종화, 송재준, 강태욱, 이종철, 한경호, 서장수

세안기술주식회사, 서울특별시 금천구 가산디지털2로 184(가산동), 910호

*yalip@sae-an.co.kr

1. 서론

2015년 6월 고리 1호기의 영구정지 결정 후 국내 원자력 산업계의 원전 해체를 위한 관련 기술 개발 및 연구가 활발히 수행되고 있다. 원전 해체 시 원전 내 방사성핵종의 종류, 분포 및 방사능 결정을 위한 방사선원항 특성평가는 원전 해체 시 모든 공정에 걸쳐 계속해서 수행되어야 할 필수적인 작업이다. 원전 해체 시 방사선원항 특성평가에 주로 사용되는 이동형 감마핵종분석기(ISOCS, In-Situ Objective Counting System)는 기존의 고정형 반도체검출기와 다르게 교정용 표준선원을 사용하지 않고, 측정 대상체를 선원으로 모델링하여 효율 교정을 수행하며, 이러한 기술로 인해 보다 간편하고, 효율적으로 원전 해체 현장에서 측정 대상체에 대한 직접적인 핵종 판별 및 방사능 측정이 가능하다. ISOCS는 이러한 장점으로 인해 원거리에서 측정 대상체에 대해 비접근식 측정이 가능하며, 원전 해체 시 작업자의 방사선 피폭 저감에도 기여할 수 있다. 이와 관련하여 본 연구에서는 ISOCS를 이용하여 직육면체 철제 박스 내에 위치한 표준선원의 방사능 측정 및 유효성을 평가하였다.

2. 본론

2.1 ISOCS를 이용한 방사능 측정

ISOCS를 이용하여 측정 대상체의 방사능 측정을 수행하기 위해서는 측정 대상체의 형상, 크기, 재질의 종류, 두께 및 밀도 등과 검출기와 대상체 사이의 거리 등에 관한 정확한 자료의 습득이 선행되어야 한다. 이러한 자료는 Canberra사의 ISOCS Geometry 모델링 소프트웨어인 Geometry Composer에서 측정 대상체를 선원으로 모델링하고, 모델링된 기하학적 조건에 대해 직접적인 효율 교정을 수행하기 위한 필수적인 정보이며, 감마선분광분석 소프트웨어를 통해 정확한 방사능 값을 산출하기 위함이다. 본 연구를 위해 탄소강으로 제작된 직육면체 철제 박스(크기: 30 cm × 30 cm × 20 cm, 두께: 1 mm) 정중앙에 Table 1과 같이 인증된

^{152}Eu 표준선원(일련번호: 15EU152P63, 크기: ϕ 6 mm, 매질 : 필터 페이터)을 위치시키고, HPGe 검출기(Canberra, Model: GC2018)와 철제 박스 사이의 거리가 수평으로 25 cm 되는 위치에서 검출기에 180° Collimator를 장착하여 측정을 수행하였다. 측정시간은 주요 에너지 피크가 확인될 수 있는 계수값 이상이 되도록 스펙트럼 측정시간은 3,600 초로 설정하였다.

Table 1. ^{152}Eu Certified Values and Uncertainties

핵종	반감기 (d)		방사능 ^{주)} (kBq)		
	반감기	불확도	방사능	불확도	
^{152}Eu	4938.8	5.8	138.5	2.4	1.7%

주) 방사능량은 2015년 5월 1일 기준임.

2.2 Geometry Modeling

직육면체 철제 박스 정중앙에 선원이 위치되어 있는 실험 조건을 모사하기 위해 Geometry Composer의 Complex Box Template를 기반으로 직육면체 철제 박스의 정중앙에 점선원이 존재하는 형태로 Fig. 1과 같이 모델링을 하였고, HPGe 검출기에 180° Collimator가 장착된 상태의 Geometry 모델링을 기반으로 효율 교정을 수행하였다.

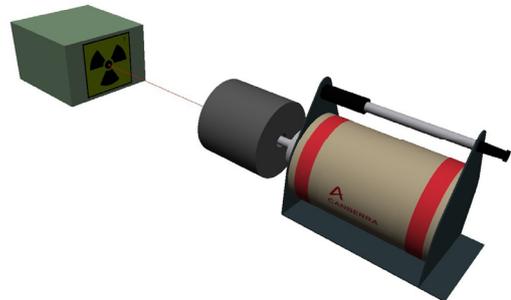


Fig. 1. Geometry Modeling.

2.3 스펙트럼 분석 알고리즘

ISOCS를 이용하여 측정된 스펙트럼의 분석은 기존 고정형 HPGe 검출기 방식과 마찬가지로

Canberra 사의 Genie™-2000과 같은 감마선분광 분석 소프트웨어를 통해 수행된다. Genie™-2000에서 단일 에너지 피크에 대한 선원 체적 대비 방사능은 자체 알고리즘에 내장된 (1)식에 의하여 산출된다.

$$C = \frac{S}{V \cdot \epsilon' \cdot y \cdot T_1 \cdot U_f \cdot K_c \cdot K_w} \quad (1)$$

C : 선원 체적 대비 방사능

S : 스펙트럼 피크면적

V : 선원 체적

ϵ' : 검출효율

y : 에너지 피크의 방출확률

T_1 : 스펙트럼 측정시간(live time)

U_f : 단위환산 계수

K_c : 측정시간 동안 방사능붕괴 보정인자

K_w : 선원 기준일에서 측정 시작일까지 방사능붕괴 보정인자

2.4 측정 결과

ISOCS를 이용하여 ^{152}Eu 표준선원의 방사능을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 또한, ISOCS를 이용한 방사능 측정의 유효성을 평가하기 위하여 ^{152}Eu 표준선원을 고정형 HPGe 검출기로부터 25 cm 떨어진 위치에서 측정한 1408.01 keV의 방사능은 131.8 kBq로 측정되었다.

Table 2. ^{152}Eu Standard Source's Measured Value by ISOCS

측정거리	^{152}Eu 의 1408.01 keV 에너지 피크	
	방사능 측정값	측정불확도
25 cm	134.3 kBq	5.55

3. 결론

본 연구에서는 ISOCS를 이용하여 직육면체 철제 박스 내에 위치한 ^{152}Eu 표준선원의 1408.1 keV 에너지 피크에 대한 방사능 측정 및 유효성을 자연 방사선 준위에서 평가하였다.

ISOCS를 이용한 ^{152}Eu 표준선원의 방사능 측정에 대한 유효성을 평가한 결과, 25 cm 떨어진 위치에서 고정형 HPGe 검출기로 측정한 방사능 측정값은 131.8 kBq로 측정되었고, ISOCS로 측정

한 방사능 측정값은 134.3 kBq로 측정되었으며, 각 방사능 측정값에는 약 1.9%의 상대오차가 있는 것으로 확인되었다.

본 연구를 통해 도출된 측정 결과를 바탕으로 향후 원전 해체 시에는 ISOCS를 이용한 방사능 측정 시 측정값의 오차와 측정 불확도를 감소시키기 위해서 측정 대상체의 위치 및 형상에 따른 물리적 요인, 다양한 방사선장의 혼합으로 발생하는 환경적 요인 등 측정에 관련된 다양한 요인에 대한 보다 세부적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

4. 감사의 글

본 연구는 한국에너지기술평가원의 「원전해체 설계를 위한 냉각재계통 및 기기제염 상용기술 개발」 과제의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다 (과제번호: 20141510300310).

5. 참고문헌

- [1] Canberra Industries, "Genie™-2000 Spectroscopy Software Customization Tools Manual", 2013.
- [2] Canberra Industries, "Model S573 ISOCS Calibration Software Technical Reference Manual", 2012.
- [3] Canberra Industries, "Geometry Composer User's Manual", 2012.