

연구로 2호기 차폐콘크리트의 방사능재고량 평가 및 상관관계 도출

홍상범, 정경환, 강문자, 이기원, 박진호, 정운수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045 (덕진동 150-1)

sbhong@kaeri.re.kr

수명을 다한 원자력시설의 제염·해체의 단계를 맞이하여 시설의 해체과정에서 다양하고, 많은 양의 해체폐기물이 발생된다. 원자력시설의 해체를 준비하거나, 해체된 폐기물의 관리 및 처분을 준비하는 단계에서 핵종별 재고량을 평가를 반드시 수행하여야 한다. 연구로 2호기 차폐콘크리트의 경우 중성자에 의해서 방사화되어 다양한 핵종이 생성된다. 연구로 2호기는 2005년 말에 해체가 완료되었다. 이 과정에서 방사성폐기물이 상당량 발생하였으며, 폐기물을 최종 처분하기 위해서는 인도규정에서 정하고 있는 다양한 핵종에 대한 분석이 수행되어야 한다. 감마방출핵종의 경우 측정이 용이하지만, 베타 및 알파방출핵종의 경우 분석에는 많은 시간과 비용이 소요되어 국내외에서 폐기물 별로 핵종간의 상관관계를 이용하여 척도인자를 적용을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1]. 본 연구에서는 연구로 차폐콘크리트의 시료를 깊이별로 채취하여 감마선방출핵종에 대한 분석을 수행하고, 순베타방출 핵종인 H-3, C-14, Fe-55 및 Ni-63에 대한 농도를 측정하여 상관관계를 도출하고, 그 결과를 바탕으로 향후 폐기물 처분을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

방사화 콘크리트 시료내의 Total H-3 및 C-14의 분석을 위하여 산화연소법을 적용하였다. 분석을 위해 Tube Furnace (Pyrolyser 6TM)를 이용하였으며, 연소과정동안 Bubbler를 이용하여 H-3는 HNO₃(0.1M)에 포집하며, C-14는 Carbosorb에 포집하여 섬광액(Gold star)과 일정비율로 혼합하여 액체섬광계수기(Liquid Scintillator Counter(Wallac 1220 Quantulus))를 이용하여 분석하였다. Fe-55와 Ni-63의 분석을 위해 추출크로마토그래피법과 액체섬광계수법을 이용하여 연구용 원자로 해체시 얻어지는 콘크리트 시료중의 Fe-55와 Ni-63의 방사능을 분석하였다. 콘크리트 시료는 우선 산용액으로 용해 후 Fe는 일련의 분리 및 정제 과정을 거쳐 DIBK (Diisobutylketone) 수지를 채운 추출 크로마토그래피법으로 분리하고, Ni는 DMG(Dimethylgly oxime) 수지의 추출 크로마토그래피법으로 분리, 정제하였다. 분리된 Fe-55 및 Ni-63은 계측을 위해 섬광액과 일정비율로 혼합하여 액체섬광계수기를 이용하여 방사능을 측정하게 된다.

시료는 연구로 2호기 전단부 차폐 콘크리트 내에 Thermal Column 주변이 가장 방사화가 많이 되었을 것으로 예상되어 그 주변의 높이 90cm (핵연료와 동일한 높이)에서 내부표면에서부터 1m 까지 10cm 단위로 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 우선 감마선방출핵종에 대한 분석을 수행한 결과 Co-60, Eu-152가 주로 검출되었고, 방사능 준위가 상대적으로 높은 차폐콘크리트 내부에서 Cs-134, Eu-154가 검출되었다. 깊이별 방사능 분포는 지수 적으로 감소하는 형태를 보여주었다. H-3의 경우 내부표면에서 최대 1690 Bq/g이 검출되었으며, C-14의 경우 매우 미량이 검출되었다. Fe-55의 경우도 최대 362Bq/g까지 검출되었다. 그러나 Ni-63은 모든 시료에 대하여 MDA이하의 결과를 보여주었다.

상관관계도출을 위하여 감마선방출핵종 중에서 Co-60의 경우 깊이별 방사능 감쇄형태가 비슷하며, 전 영역에 걸쳐 검출되었기 때문에 주핵종(Key Nuclide)로 선정하여 H-3, C-14 및 Fe-55의 상관관계를 그림 1에 제시하였다.

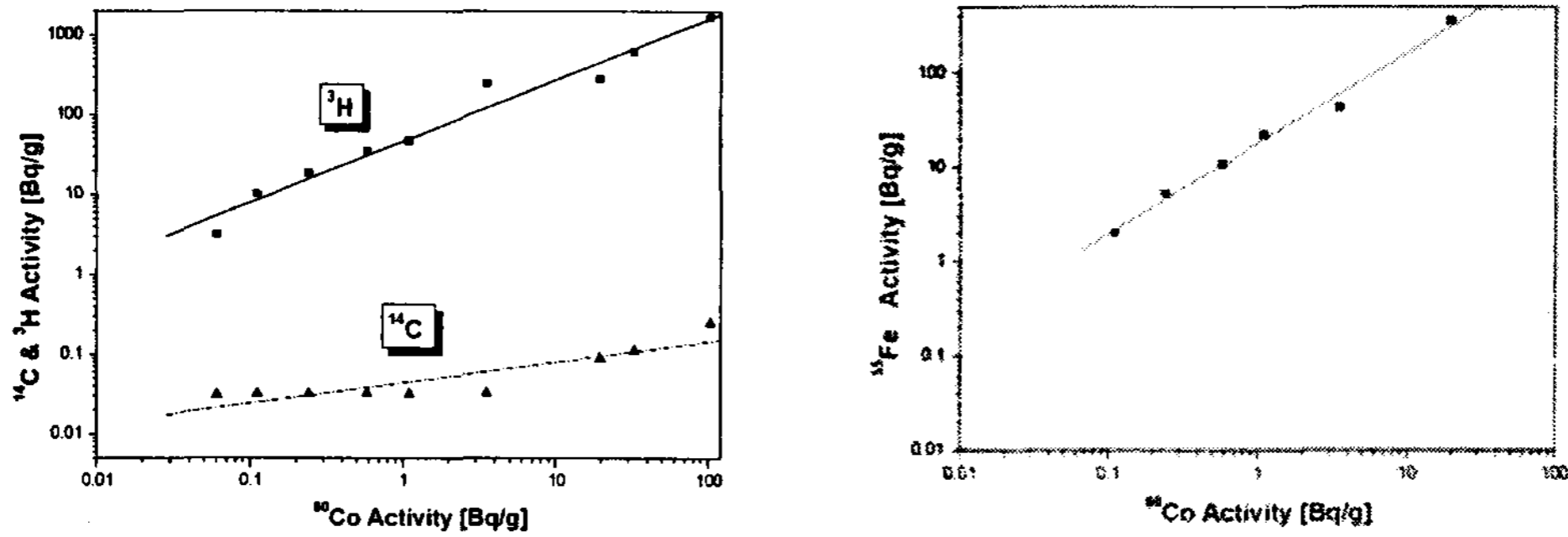


그림 1. 연구로 2호기 차폐콘크리트의 깊이에 따른 핵종별 상관관계

위에서 도출된 상관관계를 바탕으로 척도인자를 도출하였다. 일반적으로 척도인자 적용을 위해 다양한 방법이 적용되나, 일반적으로 기하평균(Geometric Mean)을 적용하고 있어 본 연구에서도 기하평균의 방법을 적용하여 척도인자를 도출하였다.

표 1. 핵종별 상관계수 및 척도인자 도출

Key nuclide	DTM nuclide	Correlation Coefficient	Range of DTM/KEY nuclides	Scaling Factor (Geometric Mean)
Co-60	H-3	0.983	1.4E+01 ~ 9.4E+01	2.4E-02
	C-14	0.884	2.0E-3 ~ 5.0E-01	3.5E+01
	Fe-55	0.985	1.2E+01 ~ 2.1E+01	5.5E-02

연구로 2호기 해체과정에서 발생된 다양한 차폐콘크리트에 대해 감마/베타선 방출핵종에 대하여 핵종별 측정방법을 정립하고, 측정된 결과를 바탕으로 상관관계를 도출하였다. ISO 기준에 의하면 척도인자적용을 위한 시료의 수는 상관계수에 따라 달라지게 달라진다[2]. 그 내용을 보면 상관계수가 0.8인 경우 30개, 0.95인 경우 20개 이상을 분석하도록 권고하고 있다. 이를 바탕으로 향후 충분한 시료에 대하여 핵종별 방사능분석을 수행하고, 척도인자에 대한 다양한 방법을 비교 평가하고, 방사화된 콘크리트에서 발생될 수 있는 기타 핵종에 대한 분석기술을 적용하여 척도인자를 도출하는 연구가 지속적으로 수행될 것이다. 본 연구를 바탕으로 연구로 해체폐기물 중 방사화된 콘크리트폐기물에 대한 척도인자의 적용 가능성을 분석하였고, 향후 해체폐기물에 대한 척도인자 수립의 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 이건재 외, "방사성폐기물 처분을 위한 핵종 재고량 평가방법에 관한 연구". 한국과학기술원, 2004.
 [2] ISO TC 85/SC5/WG5, "Scaling Factor Method to Determine the Radioactivity of Low and Intermediate Level Radioactive Waste Package Generated at Nuclear Power Plant", 2003.