연구로 2호기 차폐콘크리트의 ^{3}H 및 ^{14}C 분포 측정

홍상범, 김희령, 정근호, 정경환, 박진호
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
sbhong@kaeri.re.kr

수명을 다한 원자력시설의 제염·해체의 단계를 맞이하여 시설의 해체과정에서 많은 양의 해체폐기물이 발생된다. 이러한 해체폐기물을 안전하고 효율적으로 측정 및 관리를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 국내에서는 연구로 1.2호기의 해체를 진행하고 있으며 연구로 2호기의 경우 2005년 말까지 원자로실 및 부속시설에 대한 해체를 완료하였다. 연구로 2호기 해체과정에서 다량의 해체 콘크리트폐기물이 발생하였다. 특히, 연구로 2호기 차폐 콘크리트의 경우 중성자에 의하여 방사화되어 다양한 장반감기 핵종이 검출된다. 일반적으로 원자로 차폐콘크리트는 열중성자 및 공명영역의 중성자에 의하여 방사화되어 다양한 방사성핵종을 생성하게 되며, 그중에서 가장 많은 양을 차지하는 것이 ^{3}H 및 ^{14}C이다. 연구로 2호기 차폐 콘크리트의 경우 해체폐기물관리의 기준에 따라 우선 차폐 콘크리트에서 시료를 채취하여 감마방출핵종에 대하여 핵종별 농도를 분석하였고 이러한 결과를 바탕으로 절단 계획을 수립하여 안전하게 해체하였고, 해체된 폐기물은 폐기물관리 절차에 따라 안전하게 용기에 포장하여 저장하고 있다.

본 연구에서는 연구로 2호기 전단부 차폐 콘크리트 내에 Thermal Column 주변이 가장 방사화가 많이 되었을 것으로 예상되는 높이 90 cm (핵연료와 동일한 높이)에서 시료를 채취하여 ^{3}H 및 ^{14}C의 핵종별 방사능을 측정하였고, 감마선 방출핵종과 비교하였다.

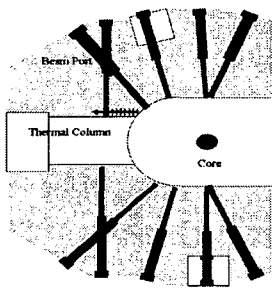

Fig 1. The structure of the nose part of the shielding concrete of KRR-2

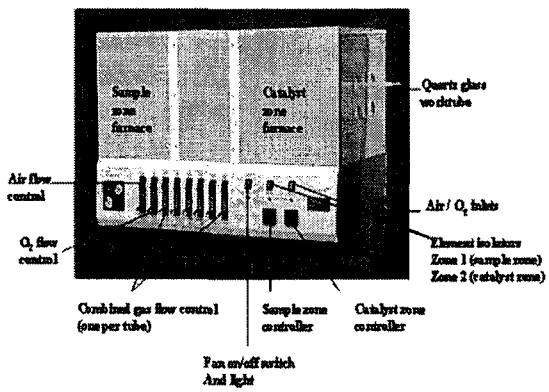

Fig 2.A photo of the Tube furnace.

방사화 콘크리트 시료내의 Total ^{3}H 및 ^{14}C의 분석을 위하여 Tube Furnace (Pyrolyser 6^{TM})를 이용하였다. Tube Furnace는 크게 시료 영역(Sample Zone)과 백금촉매 영역(Catalyst Zone)으로 분리되며, 시료영역은 50℃에서 시작하여 500 ℃까지 온도를 단계적으로 상승시킨다. 그 이유는

시료 내에 포함되어 있는 유기물 등이 급격한 연소 또는 폭발을 방지하기 위함이다. 연소과정동안 지속적으로 순수 공기를 주입하고, 시료영역이 500℃에 도달하면 순수공기의 공급을 중단하고, 산소를 공급하여 시료의 연소를 촉진한다. 백금촉매 영역은 분석과정동안 800℃를 계속 유지하여 연소시켰다. 연소과정동안 Bubbler를 이용하여 ^{3}H는 HNO_3(0.1M)에 포집하며, ^{14}C는 Carbosorb에 포집하여 플라스틱 Scintillation vial에 옮기고, Scintillation Cocktail (Gold star)를 일정비율로 혼합하여 Liquid Scintillator Counter(Wallac 1220 Quantulus)를 이용하여 분석하였다. 콘크리트 시료는 연구로 2호기 차폐콘크리트 내부표면으로부터 1m까지의 시료를 이용하였고, 시료의 양은 5g의 분말로 알루미늄 Boat에 넣어 Tube Furnace에서 약 3시간 정도의 연소과정을 거치며, LSC를 이용하여 30분씩 3 Cycle로 각각의 시료를 분석하였다. 실험을 위해서 먼저 Liquid Scintillator Counter의 Quenching Level을 결정하고, 회수율(recovery) 측정을 위하여 ^{3}H 및 ^{14}C 표준선원을 Filter paper에 도포하여 Tube Furnace의 회수율을 측정하였다. 이러한 결과를 이용하여 연구로 2호기 전단부 방사화 콘크리트에 대한 깊이별 ^{3}H 및 ^{14}C의 분포는 아래의 그림 3, 4와 같다. 전단부 차폐 콘크리트 내부 표면에서 ^{3}H의 경우 최대 1689.58±1.92 Bq/g, 동일한 지점에서 ^{14}C는 0.2538±0.035 Bq/g가 검출되었다. 또한 감마선 방출핵종인 ^{60}Co 핵종과의 상관관계를 확인하였다. 이러한 측정기술 및 결과는 향후 연구로 2호기 해체폐기물 관리를 위한 기초자료로 활용될 뿐만 아니라 향후 원자력시설 해체 및 운영과정에서 발생된 폐기물의 $^{3}H/^{14}C$의 방사능 측정에 유용할게 활용 될 것이다.

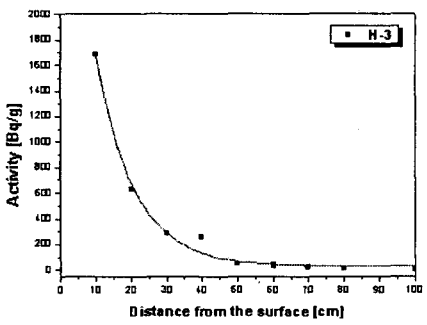

Fig 3. Activity distribution of ^{3}H from shielding concrete of KRR-2

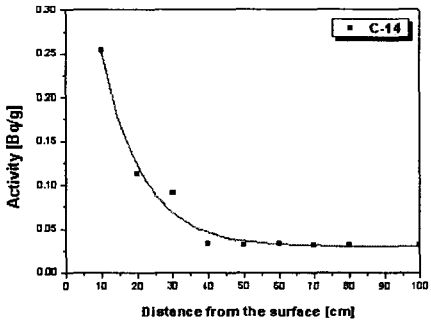

Fig 4. Activity distribution of ^{14}C from shielding concrete of KRR-2

참고문헌

[1] Xiaolin Hou, "Rapid analysis of 14C and 3H in graphite and concrete for decommissioning of nuclear reactor", Applied Radiation and Isotopes, Vol 62, pp 871-882, 2005.