

콘크리트 폐기물의 자체처분을 위한 방사선/능 분석 및 피폭선량평가

설증균, 유재봉, 조석주, 유성현, 송정호*, 백 훈*, 김성환*, 신진성*, 박현균*

한전원자력연료(주), 대전광역시 유성구 덕진동 493번지

*케이엔디티앤아이(주), 서울 구로구 구로동 170-5번지

jgseol@knfc.co.kr

1. 서 론

현재 국내 원자력시설 등에서 발생한 극저준위 방사성폐기물은 원자력관계법령에 의거하여 매립, 소각, 재사용 또는 재활용 등의 방법으로 자체처분 되고 있다. 이는 높은 관리비용이 요구되는 방사성폐기물 처분장으로서의 위탁처리보다 상대적으로 낮은 처리비용이 소요되므로 방사성폐기물 발생자는 선호하지만 방사선안전관리의 측면에서는 관리의 불확실성을 내포하고 있어 규제기관에서도 원자력관계법령에 의거하여 극저준위 방사성폐기물의 자체처분 신고내용을 사안별로 심사 후 허가를 하고 있는 실정이다. 본 연구에서도 국내 원전연료 가공시설 운영 중 발생한 콘크리트 폐기물을 자체처분하기 위해 피폭방사선량 평가를 통해 원자력관계법령에서 정하는 기준을 충족시키는 처분제한치를 유도하였고, 이 기준에 따라 방사성오염을 제거 한 후 콘크리트 폐기물의 잔류방사능을 조사하여 유도된 처분제한치에 만족함을 확인하고자 하였다.

2. 피폭 방사선량평가 및 처분제한치

국내 원자력관계법령에서는 과학기술부고시 제2001-30호에 따라 자체처분시 핵종별 처분제한치 농도기준을 제시하였고, 제시되지 않은 핵종별 농도는 개인 피폭선량이 $10\mu\text{Sv/yr}$, 집단선량이 $1\text{man} \cdot \text{Sv/yr}$ 이하 임을 입증할 때 처분이 가능하도록 하였다. 본 연구에서는 원전연료 가공시설의 유일한 오염원인 우라늄에 의한 오염이 예상되는 콘크리트 폐기물에 대해 피폭방사선량 평가를 통해 처분제한치를 유도하였다.

방사성물질에 오염된 콘크리트 폐기물의 피폭 방사선량 평가방법은 크게 일반평가 방법 (Generic Application)과 세부평가 방법 (Specific Application)으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 세부평가방법을 적용하여 매립 시나리오에 대해서는 국내외에서 널리 사용되는 RESRAD 전산코드(Ver. 6.23), 재활용 시나리오에 대해서는 RESRAD Build 전산코드(Ver. 3.3)를 사용하여 표 1과 같은 처분제한치를 유도하였으며, 세부평가 및 일반평가 방법을 혼용한 NUREG-1640(2003년)의 처분 제한치와의 비교결과를 표 2에 나타내었다. 비교결과 본 연구에서 유도된 처분제한치가 NUREG-1640의 경우보다 약 7배 낮게 보수적으로 평가되었음을 알 수 있다.

3. 콘크리트 폐기물 잔류방사능 조사

본 연구에서 제염 후 잔류방사능을 조사한 콘크리트 폐기물은 $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 40\text{cm}$ 크기의 블록형 태로서 밀도는 약 2.1g/cm^3 , 수량은 140개이었다. 이 콘크리트 폐기물은 원전연료 가공시설에서 차폐용으로 사용하던 것으로서 표면에서 1mm씩 연삭 제염 후 잔류 방사능을 직접법에 의해 측정된 결과 침투성오염은 없는 것으로 확인되었다. 그림 1은 제염전, 1차제염 후 및 2차제염 후 콘크리트 블록의 표면오염도를 측정한 결과를 나타낸 것이며, 2차 제염 후 평균 표면오염도는 0.01Bq/cm^2 (최대값 : 0.027Bq/cm^2)으로서 국내 원자력관계법령에서 정하는 알파방출핵종 허용표면오염도의 약 1/15 수준이었고 측정에 사용된 계측기의 MDC는 약 $97\text{dpm}/100\text{cm}^2$ 이었다.

또한, 표면오염도 측정의 신뢰성을 제고하기 위해 콘크리트 폐기물 블록 140개 각각의 표면에서 1mm 깊이로 6개면을 끌고루 연삭하여 시료를 채취하였고, 채취한 임의의 시료 2개를 같은 비율로 혼합하여 총 70개의 시료를 생성하였다. 생성된 70개 시료중 임의의 2개 시료를 다시 혼합하여 35개의 시료를 생성 후 분석하였다. 또한, 대조군 시료로써 동 시대에 건설된 콘크리트 건축물 표면에서 시료를 채취하여 분석하였으며, 그 결과 U-238 농도는 0.0089Bq/g 수준으로 분석되었다. 분석방법은 ICP/MS(MDC : 0.05ppm)를 이용하여 분석하였으며, 분석방법의 신뢰성을 확보하기

위해 표 3과 같이 α -spectrometer를 이용하여 일부시료를 추가 분석하였다. 분석결과 U-238의 농도는 35개 시료 평균 0.0297 Bq/g (최대값 0.0453Bq/g), 대조군시료의 U-238 농도는 0.0208 Bq/g (농축도 0.75w/o)이었다.

표 1. 자체처분 제한치 유도결과

구 분	자체처분 방법		비 고
	재활용 (RESRAD Build)	매 립 (RESRAD)	
자체처분제한치 유도기준	· 개인에 대한 연간선량 : 10 μ Sv · 집단에 대한 연간선량 : 1 man · Sv		원자력법 고시 제2001-30호 기준
유도된 처분제한치	0.055 Bq/cm ²	0.1066 Bq/g	우라늄 혼합핵종에 대한 유도 농도

표 2. 본 평가와 NUREG-1640(2003년) 처분제한치 비교

핵 종	매립시 처분제한치		비고
	NUREG-1640 체적오염 (Bq/g)	본 평가 체적오염 (Bq/g)	
U-238	0.70	0.1087	
U-235	0.59	0.0839	
U-234	0.67	0.1076	
혼합핵종 의 경우	0.69(3.5w/o)	0.1066(3.5w/o)	우라늄 농축도

그림 1. 표면오염도 측정결과(제염전, 1,2차 제염 후)

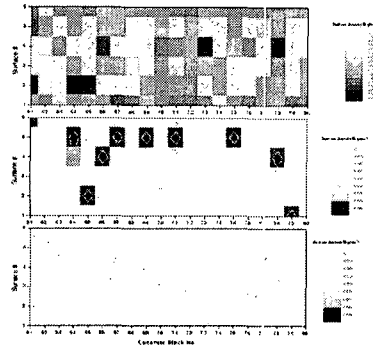


표 3. ICP/MS 및 α -Spectrometer 우라늄 분석결과 비교

시료 번호	콘크리트 블록 ID				U-238 방사능 농도 (Bq/g)		비고
					ICP/MS	α -Spectrometer	
#23	120	129	116	106	0.03332	0.0324	
#02	41	42	37	39	0.02447	0.0178	
#14	74	92	87	88	0.02947	0.0247	

4. 결 론

본 연구에서 조사한 원전연료 가공시설에서 발생한 콘크리트 폐기물의 오염도는 체적기준으로 평균 0.0297 Bq/g 으로서, 매립시 피폭방사선량은 U-238의 경우 본 평가의 처분제한치의 1/10 이하수준이었으며, 우라늄 혼합핵종의 인위적 오염으로 인한 피폭선량은 처분제한치의 1/2 수준이었다. 또한 자체처분 대상 콘크리트 블록의 오염이 표면에만 국한되어 있다는 것을 고려할 때, 표면 오염도 기준으로 매립할 경우 1.2 Bq/cm²까지 처분이 가능한 것으로 나타났으며, 재활용의 경우 콘크리트 블록 표면의 총 방사능이 모두 건물내부에 침적되었다는 보수적인 가정 하에서도 처분제한치의 1/2 수준으로 평가되었다. 따라서, 콘크리트 폐기물의 자체처분으로 인한 일반인 및 작업자에게 가해지는 방사선학적 위험도는 미미하며, 원자력관계법령이 정하는 기준에도 만족함을 확인하였다.

그러나, 본 연구에서 수행한 피폭방사선량 평가는 입력인자의 보수성으로 국외의 평가결과에 비해 상당히 보수적인 결과를 나타내었다. 이는 향후 유사 연구 및 용역수행 시 높은 제염비용이 소요될 것으로 예상되므로 실제 매립지 조건 및 재활용 조건에 따른 합리적 평가 입력인자를 반영하여 본 연구결과의 보수성을 제고해야 할 것으로 사료된다.