

중·저준위 방사성폐기물 척도인자 운영 프로그램 개발

김태욱, 강기두, *이상철, *이건재

한수원(주) 원자력환경기술원, 대전광역시 유성구 덕진동 150

*한국과학기술원, 대전광역시 유성구 구성동 373-1

taewook@khnp.co.kr

중·저준위 방사성폐기물 드립을 처분하기 위해서는 드립 내 방사성핵종의 농도 및 총방사능량의 평가가 필요하다. 감마선 방출핵종의 경우에는 RAS(Radioactive waste Assay Sysgtem), ISOCS(In-Situ Object Counting System)등의 핵종분석장치 또는 DTC(Dose-To-curie) 환산방법 등을 이용하여 비파괴방법으로 분석하였으며, 알파/베타 핵종의 경우에는 직접 계측이 어렵기 때문에 이들 측정난이 핵종(DTM)과 감마핵종간의 상관관계인 척도인자를 이용하여 분석하였다.

척도인자 DB는 폐기물종류별로 방사화학적 방법 및 방사선계측을 통하여 얻었으며 최종 척도인자는 이들 DB를 이용하여 경향성을 파악하고 통계적인 방법과 이론적인 방법을 이용하여 도출하였다. 본 연구에서 사용된 척도인자 DB는 원자력연구소에서 생산되었으며 이를 이용하여 중·저준위 방사성폐기물 인도규정에 명시된 규명대상핵종에 대한 측정난이(DTM) 핵종의 척도인자 운영 프로그램을 개발하였다.

척도인자 DB는 우리나라 발전소를 13개의 군(고리1호기, 고리2호기, 고리2발전소, 영광1발전소, 영광2발전소, 영광3발전소, 울진1발전소, 울진2발전소, 울진3발전소, 월성1발전소, 월성2발전소, 월성3발전소, 월성4발전소)과 폐기물 종류(잡고체, 고선량 폐수지, 저선량 폐수지, 폐필터, 농축폐액, 슬러지) 및 스트림(면, 비닐, 종이, 고선량, 저선량 등)별로 구별하여 분석되었으나 각 폐기물 시료의 척도인자 데이터를 분류 또는 종합하여 감마선 방출 key 핵종과 측정난이 핵종과의 방사능 상관관계를 분석한 결과 척도인자 DB의 시료수와 상관관계를 고려할 때 전체 척도인자를 6개의 폐기물 종류별로 분류하는 것이 가장 좋은 방법으로 평가되었다.

척도인자 DB는 microsoft access 형태로 작성되었으며 척도인자 결과는 폐기물 드립 ID를 입력하면 드립의 노형(PWR, PHWR), 폐기물 종류를 인식하여 자동으로 계산되고 파일 형태로도 출력할 수 있게 되어있다. 척도인자 운영 프로그램 개발을 위하여 사용된 노형별 폐기물종류별 척도인자 DB의 개수는 다음과 같다.

노형	잡고체	농축폐액	고준위 폐수지	저준위 폐수지	폐필터	슬러지	합계
PWR	104	28	8	17	9	13	179
PHWR	46	-	13	-	14	-	73
합계	150	28	21	17	23	13	252

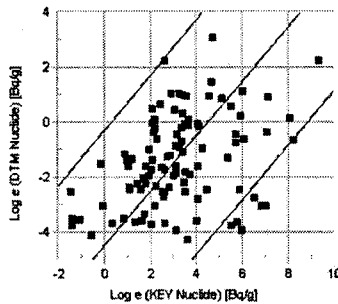
척도인자 운영프로그램은 과거 발생폐기물에 대해서도 평가시점에서의 척도인자가 산출되도록 하였다. 과거 발생 드립의 척도인자 평가시에는 폐기물 발생시점과 평가시점이 다르므로 폐기물 발생시점에서의 척도인자를 계산한 후, 폐기물에 존재하는 측정난이 핵종과 감마 방출 key 핵종의 방사능을 평가시점까지 방사능 붕괴를 고려하여, 감마선 방출 key 핵종과 측정난이 핵종과의 방사능 상관관계인 척도인자가 평가시점에서 계산되도록 하였다.

척도인자가 도출된 측정난이 핵종은 중·저준위 방사성폐기물 인도규정에서 규정한 규명대상 핵종 중 알파 및 베타방출 핵종인 ^3H , ^{14}C , ^{55}Fe , ^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{94}Nb , ^{99}Tc , ^{129}I , 전 알파 등이었으며, 이 중 ^3H , ^{14}C , ^{55}Fe , ^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{94}Nb , 전 알파 핵종은 ^{60}Co 과의 상관성을 나타내었고, ^{90}Sr ,

^{99}Tc , ^{129}I 핵종은 ^{137}Cs 과의 상관성을 나타내었다.

최도인자는 통계적인 방법으로 보수성을 고려하여 기하평균으로 도출되었으며, ^{99}Tc 과 ^{129}I 핵종의 경우에는 이론적인 방법과 병행하여 동시에 도출하였으나 통계적인 방법의 상관성이 좋은 것으로 나타남에 따라 모든 핵종에 대하여 통계적인 최도인자를 도출하였다.

도출된 핵종별 최도인자 값의 타당성 여부를 확인하기 위하여 로그 평균 분산 값을 분석한 결과 많은 종류의 폐기물 및 대상 핵종에 대하여 10 이하의 좋은 결과를 얻을 수 있었으나, 일부 폐기물의 경우에는 높은 로그평균 분산 값을 나타내기도 하였다. PWR 잠고체 폐기물에 대한 ^{14}C 의 ^{60}Co 에 대한 최도인자 경향성을 다음 그림에 나타내었다.



도출된 최도인자의 경향성을 외국의 예인 EPRI NP-5077에서 도출된 최도인자 값과 비교하였는데 EPRI의 최도인자도 한수원의 최도인자와 유사한 결과를 나타내는 것으로 분석되었다. 비교 결과는 다음 표와 같다.

한수원 최도인자와 EPRI 최도인자와의 값 비교결과

핵종	잠고체		폐수지 [고선량]		폐필터	
	KHNP	EPRI	KHNP	EPRI	KHNP	EPRI
	PWR	NP-5077	PWR	NP-5077	PWR	NP-5077
$^{14}\text{C}/^{60}\text{Co}$	9.56×10^{-3}	1.6×10^{-2}	2.33×10^{-2}	6.3×10^{-3}	1.94×10^{-1}	6.8×10^{-3}
$^{55}\text{Fe}/^{60}\text{Co}$	2.18×10^0	2.9×10^0	2.37×10^0	2.9×10^{-1}	4.71×10^0	1.2×10^0
$^{63}\text{Ni}/^{60}\text{Co}$	1.84×10^{-1}	4.8×10^{-1}	3.59×10^0	4.2×10^{-1}	5.38×10^{-1}	2.8×10^{-1}
$^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$	9.94×10^{-3}	4.6×10^{-3}	3.87×10^{-3}	4.5×10^{-3}	7.39×10^{-2}	1.0×10^{-2}
$^{99}\text{Tc}/^{137}\text{Cs}$	7.61×10^{-3}	8.8×10^{-4}	2.88×10^{-5}	7.0×10^{-5}	2.80×10^{-2}	4.5×10^{-3}
$^{129}\text{I}/^{137}\text{Cs}$	5.10×10^{-3}	2.6×10^{-3}	2.94×10^{-6}	1.1×10^{-5}	1.82×10^{-4}	1.4×10^{-4}

최도인자 운영 프로그램은 중·저준위 방사성폐기물 인도규정에 따라 2년마다 실시되는 최도인자의 주기적 검증에 따라 최도인자 DB가 추가 또는 변경되면 이에 맞게 최도인자를 다시 계산할 수 있도록 하였으며, 사용하고 있는 DB에 대한 최도인자의 타당성 검증이 항상 가능하도록 프로그램 상에서 최도인자를 발전소 노형별, 발전소별, 호기별, 폐기물 종류별, 폐기물 스트림별로 검증할 수 있도록 하였다. 앞으로 주기적 검증과정에서 발생하는 최도인자 DB를 추가하게 되면 보다 신뢰성 있는 최도인자가 도출될 수 있을 것으로 판단된다.