

선량대방사능 환산 프로그램 개선

김태욱, 이나라, 강기두

한수원(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 금병로 508

taewook@khnp.co.kr

1. 서론

한국수력원자력(주)에서 개발한 선량대방사능(DTA¹⁾) 환산프로그램은 중저준위 방사성폐기물 드럼의 표면선량률을 드럼 내에 존재하는 핵종 방사능으로 환산하여 드럼 핵종재고량을 비용효과적인 방법으로 평가하는 기능을 한다.

기존에 개발된 프로그램은 비균질 드럼인 잡고체 드럼에 대해서만 밀도 보정을 하고, 그 밖의 드럼에 대하여는 표준밀도를 사용하여 선량대방사능 환산인자를 계산하므로 실제 드럼의 다양한 밀도를 반영하지 못하는 단점이 있었다.

또한 기존 프로그램은 매 드럼에 대하여 직접 표면선량을 입력하여 계산하여야 했기 때문에 일시적으로 많은 드럼의 계산 시 어려움이 있었다.

따라서 이러한 문제점 및 그동안 프로그램을 사용하면서 제시된 개선 요구사항을 반영하여 프로그램을 개선하였다. 개선 프로그램은 모든 밀도 범위의 드럼에 대하여 방사능 평가가 가능하며, 배치 프로그램을 이용하여 여러 드럼의 방사능 평가를 일괄적으로 수행할 수 있고, 척도인자의 로그선형회귀 방법에 대한 방사능 평가도 가능한 특징을 가진다.

2. 본론

2.1 드럼밀도 계산방법 개선

DTA 환산프로그램에서 사용하는 환산인자는 각 폐기물 드럼에서 단위 방사능당 발생하는 방사선을 MCNP²⁾ 전산코드 모사를 통하여 구한 표면방사선량률의 역수값이다.

DTA 환산인자는 폐기물 드럼 종류별, 핵종별로 얻어지는데, 이때 폐기물의 밀도는 기존 프로그램에서는 표준밀도를 사용하였다.

개선된 프로그램에서는 실제 드럼의 밀도를 반영하기 위하여 원전에서 발생된 드럼의 밀도 정보를 사용하여 최솟값에서 최댓값 사이의 3개 내

지 5개 지점의 밀도에 대한 환산인자를 조사하고 실제 드럼 밀도의 환산인자는 이 값을 내삽하는 방법을 적용하였다.

또한 향후 발생되는 드럼이 현재의 밀도 범위(최솟값 ~ 최댓값)를 벗어날 가능성이 예상됨에 따라 최솟값 ~ 최댓값 범위를 초과하는 드럼에 대하여도 환산인자를 추정할 수 있도록 외삽루틴을 개발하여 모든 밀도 범위의 드럼에 대하여 방사능 평가가 가능하게 되었다.[그림 1]

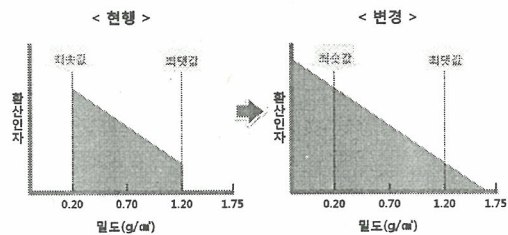


Fig. 1. The 'extrapolation method for DTA conversion factor applied to the drums which are out of the current density range.

2.2 다수의 드럼 일괄 평가

기존 DTA 환산프로그램은 총 12지점에서 측정된 표면선량률값, 드럼 무게, 드럼 형태 등을 입력하면 12개 지점 선량률의 평균값과 드럼의 밀도, 이에 적합한 DTA 환산인자를 사용하여 드럼의 방사능을 환산하게 된다. 사용자는 이를 위해 드럼 ID별로 입력하여 계산하므로 일시적으로 많은 드럼의 계산 시 어려움이 있었다.

이를 위해 개선된 프로그램에서는 엑셀파일에 입력된 드럼 정보를 사용하여 한 번에 다수의 드럼에 대한 방사능 환산이 가능한 일괄계산방법의 적용이 가능토록 하였다.

사용자가 드럼정보 마스터에 입력된 드럼정보(엑셀파일에 정리된 정보)를 이용하여 저장되는 폐기물 유형과 고화 유무 및 방식에 따라 총 24개의 드럼유형[표 1]을 일괄 평가할 수 있도록 하였다. 그림 2는 엑셀파일을 통한 선량대방사능 환산 과정을 보여준다.

1) DTA : Dose-To-Activity

2) MCNP : Monte Carlo N-Particle Transport Code

Table 1. The type of LLW drums where DTA conversion method can be applied (24 species)

폐기물 유형	드럼 종류	세부 명칭 및 특성	고화방식
잡고체	DOT-17H	일반형	-
		콘크리트 라이닝드럼(6cm)	-
	DOT-5B	일반형	-
농축폐액	DOT-17H	일반형	파라핀고화
		일반형	시멘트고화
	LDPE 내장형	파라핀고화	
	콘크리트 드럼	Type I (C I)	시멘트고화
	DOT-5B	Type II (C II)	시멘트고화
폐수지	DOT-17H	일반형	건조
		일반형	시멘트고화
		콘크리트 라이닝 (5.4cm)	시멘트고화
		LDPE 내장형	시멘트고화
	고건전성 용기	강재 (Ferralium Alloy 255)	건조
	콘크리트 드럼	Type I (R I)	시멘트고화
		Type II (R II)	시멘트고화
DOT-5B	일반형	시멘트고화	
폐필터	DOT-17H	콘크리트 라이닝드럼 (6cm)	시멘트고화
		콘크리트 라이닝드럼 (18.4cm)	-
	콘크리트 드럼	Type II (F II)	시멘트고화
		Type IV (F IV)	시멘트고화
DOT-5B	폐필터용	시멘트고화	
슬러지	DOT-17H	※ 환산인자: B01(DOT-17H (200L))과 동일함	-

폐필터 등의 척도인자를 핵종간의 상관성에 따라 기하평균 및 로그스케일의 선형회귀 통계기법을 병행할 수 있게 되었다.[1]

따라서 개선 프로그램에서는 식 (1)과 같이 계산되는 기하평균 방법 외에 식 (2)와 같이 계산되는 로그선형회귀 방법을 통하여도 척도인자가 산출될 수 있도록 개선하였다.

$$\ln(SF) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{A_{DTM_i}}{A_{Key}}\right) \dots\dots\dots(1)$$

여기서 SF : 핵종별 척도인자

A_{DTM_i} : DTM³⁾ 핵종

A_{Key} : Key 핵종

n : 척도인자 도출에 사용된 핵종 방사능 데이터의 개수

$$\ln(A_{DTM}) = F_1 \times \ln(A_{Key}) + F_0 \dots\dots(2)$$

여기서 F_1 : 로그 차원의 1차 함수 기울기

F_0 : 로그 차원의 1차 함수 y 절편

3. 결론

향후 발생하는 드럼의 정확한 방사능 평가와 기존 사용자의 편리성을 도모하기 위해 선량대방사능 환산프로그램을 개선하였다.

프로그램 개선 결과 모든 밀도 범위의 드럼에 대하여 방사능 평가가 가능하고 다수의 드럼을 배치프로그램을 이용하여 일괄적으로 선량대방사능 계산이 가능하게 되었다. 이로 인해 다수의 드럼에 대한 방사능 평가 시 소요되는 시간을 단축할 수 있게 되었다.

3) DTM : Difficult-To-Measure

4. 참고문헌

[1] 한국수력원자력(주). 방사성폐기물 핵종재고량 평가프로그램 개발, pp.23-24, 2010.

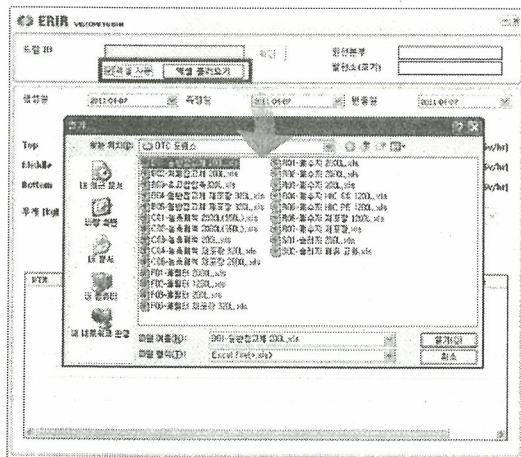


Fig. 2. DTA conversion batch process applying for a large number of drums at a time.

2.3 로그선형회귀 방법 적용

2009년도에 통합 척도인자가 도출되면서 잡고체, 고방사능 폐수지, 저방사능 폐수지, 농축폐액,