

척도인자 주기검증을 위한 신규 발생 방사성폐기물의 척도인자 분석

황동현, 이나라, 박종길

한수원중앙연구원, 대전광역시 유성대로 1312번길 70

moremore@khnp.co.kr

1. 서론

원전에서 발생하는 폐기물을 처분시설로 인도하기 위해서는 중·저준위 방사성폐기물 인도규정(이하 ‘인도규정’이라 한다) 및 방사성폐기물 인수방법 등에 관한 규정(이하 ‘인수규정’이라 한다)에 따라 폐기물의 총 방사능량과 규제 대상핵종에 대해서는 핵종별 방사능농도가 규명되어야 한다. 핵종별 방사능농도를 규명하기 위해 직접 측정이 어려운(DTM; Difficult-To-Measure) 핵종의 방사능은 척도인자를 사용하여 평가한다. 이러한 척도인자는 척도인자가 도출된 시료 채취 기간에 발생한 폐기물에 대하여 적용되며, 그 후에 발생하는 폐기물에 대하여 적용되기 위해서는 인도규정에 따라 2년에 1회 이상, 또는 폐기물 조성에 변화를 줄 수 있는 요인이 발생한 경우에는 그때마다 확인을 하도록 되어있다. 한수원(주)는 2004년부터 2008년까지 발생한 폐기물에 대하여 2009년에 최초 척도인자를 도출하였으며, 2009년 이후 발생한 폐기물에 대한 적용성을 확인하기 위해 추가 시료 분석을 통해 척도인자에 대한 주기검증을 수행중이다.

2. 본론

2.1 시료채취 및 분석

주기검증을 위한 시료는 각 발전소별로 잡고체, 고방사능폐수지, 농축폐액 등 3개의 폐기물스트림으로 구분하여 각각 3개의 시료를 채취하여 17개 핵종에 대한 방사능을 분석하였다. 분석결과가 MDA(Minimum Detectable Activity) 미만으로 나타날 경우 척도인자가 과대/과소 평가되는 것을 방지하기 위해 해당 데이터를 제외하였다.

2.2 척도인자 도출 방법

최초 척도인자 도출 시 식 (1)에 의해 상관계수를 계산하고 상관계수가 0.6보다 크거나 같으면 로그선형회기법을 적용하고 상관계수가 0.6 미만이면 기하평균을 적용하였으며, 검증은 위한 척도

인자 도출 시에는 상관관계 분석 없이 최초 척도인자 적용방법을 그대로 사용하였다.

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}}\sqrt{S_{yy}}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

여기서 x_i 및 \bar{x} 는 각각 지표핵종의 방사능 및 평균이고, y_i 및 \bar{y} 는 각각 DTM 핵종의 방사능이다.

2.3 척도인자 신뢰성 검증

척도인자에 대한 신뢰성 검토를 위해 Fig.1의 방사성폐기물 핵종재고량 평가 프로그램(Evaluation of Radioisotope Inventory of Radioactive wastes; ERIR)의 척도인자 계산 모듈을 사용하였다.



Fig. 1. Main picture of ERIR program.

검증은 미국 NRC BTP에서 제시한 기준에 따라 기하평균 방법으로 척도인자를 도출한 경우에는 시료의 척도인자 또는 척도인자의 평균값이 다음과 같이 척도인자의 1/10 ~ 10 배 범위에 있으면 유효하고, 로그선형회귀 방법으로 척도인자를 도출한 경우에는 시료의 DTM 핵종의 방사능 값을 로그선형회귀 식에 지표핵종의 방사능 값을 대입하여 구한 DTM 핵종의 방사능 값과 비교하여 1/10 ~ 10 배 범위에 있으면 척도인자가 유효한 것으로 판단한다. Fig. 2는 울진1발전소 잡고체 폐기물의 기하평균에 의한

삼중수소에 대한 척도인자 검증 결과이며, 개별 시료의 척도인자 값이 유효범위 안에 있다. 여기서 SF1은 척도인자, STD는 LMD(Log Mean Dispersion)을 나타낸다.

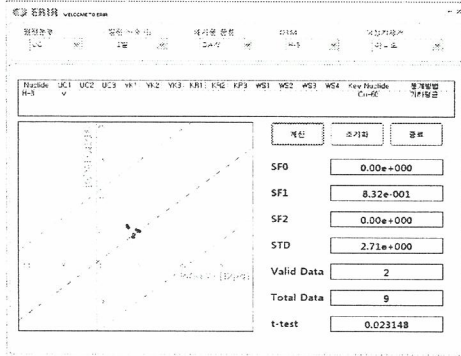


Fig. 2. Example of verification of scaling factor by geometric average method.

Fig. 3은 울진1발전소 농축폐액 폐기물의 로그 선형회귀법에 의한 Fe-55에 대한 척도인자 검증 결과이며, 개별 시료의 척도인자 값이 유효범위 안에 있다.

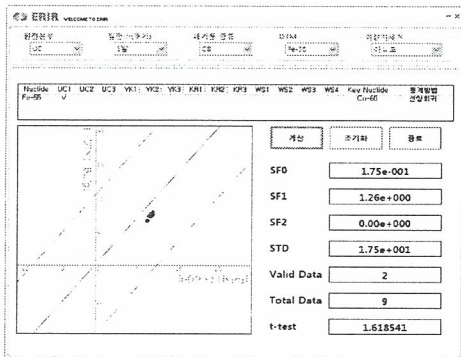


Fig. 3. Example of verification of scaling factor by log linear regression method..

Fig.3에서 SF0과 SF1은 식 (2)에서 각각 c와 d 값에 해당한다.

$$\begin{aligned} \text{Log}(A_{DTM}) &= c' + d \times \text{Log}(A_{key}) \\ \text{또는, } A_{DTM} &= c \times (A_{key})^d, \quad c' = \log(c) \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, d = 선형 회귀 모형의 기울기
c' = 선형 회귀 모형의 y절편

2.4 척도인자 분석 결과

주기적 검증을 위한 척도인자는 초기 척도인자 도출시 그룹화한 군으로 통합하여 2009년에서 2010년에 발생한 잡고체, 폐수지, 농축폐액에 대해 도출하였으며, Table 1은 잡고체 폐기물의 척도인자 분석결과와 일부이다. 향후 기존 척도인자와 비교하여 타당성을 확인할 것이다.

Table 1. Examples of scaling factor of DAW

3. 결론

2009년도에 도출된 국내 원전의 최초 척도인자에 대한 주기검증을 위해 2009년에서 2010년 발생한 원전 방사성폐기물에 대해 시료분석을 통해 척도인자를 분석하였다. ERIR 프로그램을 사용하여 개별 척도인자가 대부분 유효범위(1/10배 ~ 10배) 내에 있음을 확인하였고 일부 분석결과는 보수적인 결과를 보였다. 분석결과는 향후 기존 척도인자와의 t-검증을 통해 기존 척도인자의 유효성을 확인하고 규제기관의 협의를 거쳐 2009년부터 2010년에 발생한 신규 폐기물에 적용될 것이다.

4. 참고문헌

- [1] 한국수력원자력(주), “진 원전 방사성폐기물 핵종분석용 척도인자 및 주기적 검증방법 개발, 2009.
- [2] 교육과학기술부고시 제2009-37, 중·저준위 방사성폐기물 인도규정.
- [3] IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-1.18, “Determination and Use of Scaling Factor for Waste Characterization in Nuclear Power Plants,” 2009.
- [4] NRC, “Low Level Waste Licensing BTP on Radioactive Waste Classification,” 1983.