

# 한국과 미국 방사성폐기물 척도인자 개발 비교

안희진\*, 박승철, 김정주

한국수력원자력(주) 중앙연구원, 대전광역시 유성구 유성대로 1312번길 70

\*cowahn61@khnp.co.kr

## 1. 서론

수년간의 노력 끝에 방사성폐기물 처분장이 준공되었다. 이에 따라 원전 발생 방사성폐기물 처분이 본격화 되고 있으며 방사성폐기물 처분을 위한 준비에 박차를 가하고 있다. 방사성폐기물 처분을 위해서는 처분 적합성이 입증되어야 하며, 폐기물내 방사성 핵종량을 규명하여야 한다. 핵종 방사능량 측정이 쉬운 경우에는 문제가 되지 않겠지만 측정이 어려운(DTM, difficult-to-measure) 핵종은 측정이 쉬운 지표(Key) 핵종과의 상관관계(척도인자)를 이용하여 핵종 재고량을 평가한다.

우리나라는 2009년 방사성폐기물에 대한 척도인자를 개발하였고 미국은 10CFR61에서 처분 폐기물의 특성 규명 규정이 제정되면서 1996년에 방사성폐기물 척도인자를 개발하였다. 양국 간 핵종 규명을 위한 평가 방법을 조사하여 핵종별 방사능량 평가의 주요한 방법으로 사용되는 척도인자 방법론에 대한 현황과 실제적으로 적용하고자 할 때의 문제점을 분석하였다.

## 2. 본론

### 2.1 척도인자 개발 현황

#### 2.1.1 한국의 척도인자

2008년 교육과학기술부고시로 중저준위 방사성폐기물의 운반 및 처분에 필요한 규제대상 방사성핵종 등 처분규정이 고시되면서 2009년 방사성폐기물에서 방출 되는 방사능 농도를 예측하기 위한 한국형 척도인자를 도출하였다.

#### 2.1.2 미국의 척도인자

1983년 10CFR61 제정 이래 과거 15년간 미국 내 23개 BWR, 44 PWR로부터 23개 저준위 폐기물 스트림에서 2,900개 이상의 데이터를 확보하여 미국내 산업계에서 사용할 수 있는 통합 척도인자를 개발하였다. 각 원전에서는 해당 발전소에서 적은수의 폐기물 시료 분석으로 척도인자를 도출하여 통합 척도인자와 유효성을 확인한 후 척도인자를 적용토록 하고 있다.

Table 1. Radioactive Waste Stream

구분	한 국	미 국
Waste Stream	DAW, Resin	DAW, Resin
	Evap. Bottom	Evap. Bottom
	Filter	Filter
통계적 방법	선형회기, 기하평균	기하평균

### 2.2 척도인자 결정 방법론

폐기물을 스트림별로 분류(표1)하고 시료 드럼이 선정되면 폐기물내 방사성핵종 방사화학 분석을 통해 핵종별 방사능량을 측정한다. 핵종별 분석의 통계론적 유의성을 확인하여 핵종별 방사능 상관관계를 산정하여 예비 척도인자를 도출한다. 상관성을 결정하기 위한 기본 요건을 설정하고 이 기준을 충족할 경우 척도인자로 확정한다. 이러한 척도인자 설정 방법론을 Fig. 1에 도식화 하였다.

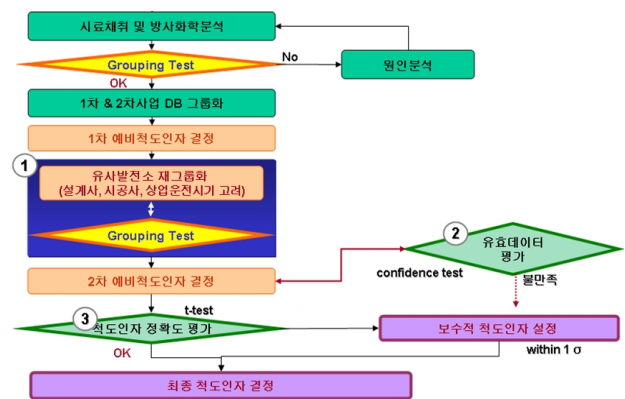


Fig. 1. Scaling Factor Detection Method.

### 2.3 척도인자 사용시 문제점

척도인자를 적용하기 위해서는 선택된 시료의 대표성과 규명 대상이 되는 핵종의 계측 가능여부와 측정 데이터 수, 그리고 그 결과에 대한 정확성이 중요하다. 척도인자를 개발하기 위해 전체 폐기물에 대해 시료 분석을 하는 것이 현실적으로 불가능하기 때문에 그 결과의 정확성을 높이고자 통계적 추론을 통하여 대표시료를 선정하게 된다. 결국 통계적인 방법으로 도출된 척도인자는 그 적용에 불

확실성으로 작용하게 된다. 따라서 척도인자를 적용하기위해 예측의 정확성이 가장 중요한 관건이며 평가 결과의 정확성에 대한 기준을 제시하는 것이 필요하다.

### 2.4 척도인자 신뢰도 평가

척도인자 신뢰성은 10인자 원칙 만족여부로 평가할 수 있다. 발전소 상업운전 시작 기간이나 설계가 유사하다면 척도인자가 일정 신뢰도에서 차이가 없을 것으로 예상하여 유사성을 갖는 발전소를 그룹화하여 척도인자의 신뢰도를 향상시킬 수 있다. 우리나라는 Grouping Test를 통해 7개 그룹으로 평가하여 척도인자를 개발하였다.

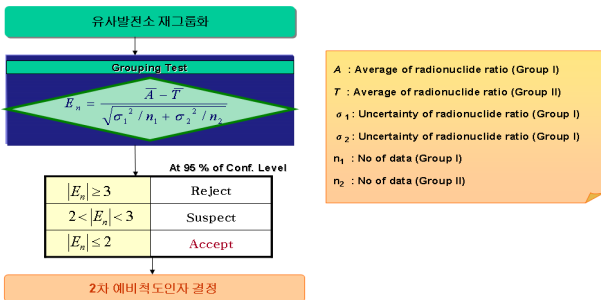


Fig. 2. Grouping for Similar Plants.

산출된 척도인자의 검정통계방법으로 정확도를 평가하기 위하여 유효데이터 수로 예측값의 정확도를 평가할 수 있다.

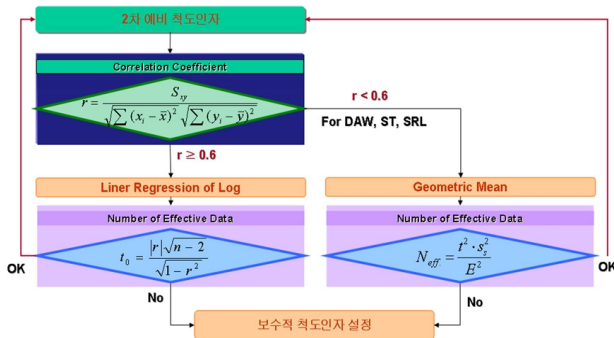


Fig. 3. Number of Effective Data Evaluation.

### 2.4 척도인자

Table 2. Scaling Factor(DAW)

핵종	한국		미국		
	고리1발	한빛2+울진2	Comanche Peak	Beaver Valley	industry-wide
C-14	0.052	0.057	0.019	-	-
Fe-55	2.29	6.3	3.8	1.13	2.2
Ni-59	0.084	0.15	-	-	0.019
Ni-63	5.62	0.65	0.34	0.59	0.48
Sr-90	0.096	0.703	0.0019	0.087	0.0063

Table 3. Scaling Factor(Spent Resin)

핵종	한국		미국		
	고리1발	한빛2+울진2	Comanche Peak	Beaver Valley	industry-wide
C-14	0.288	0.0673	0.41	-	-
Fe-55	1.03	4.57	1.31	0.58	0.81
Ni-59	0.817	1.21	-	-	0.012
Ni-63	12.5	1.02	0.73	0.99	0.63
Sr-90	0.452	0.565	0.0049	0.065	0.0025

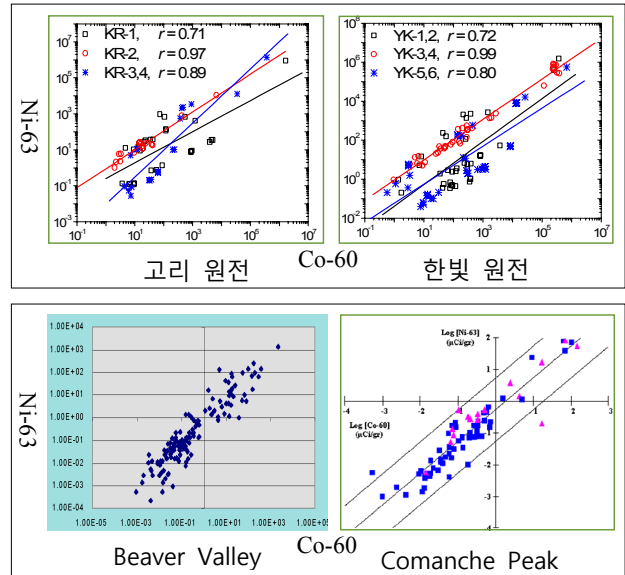


Fig. 4. Ni-63 to Co-60 Scaling Factor Trending Plots.

### 3. 결론

한국과 미국의 경수로형 원전에 적용할 척도인자는 발전소별로 다소 차이는 있으나 NRC에서 권고하는 10인자 원칙(a factor of ten)에 만족하여 신뢰성을 확보하고 있다. 국내 WH형 발전소의 척도인자는 미국 원전과 유사한 경향을 보이고 있으나 표준형원전의 경우에는 다소 차이를 보이고 있다. 이는 운전 특성과 폐기물 처리 방법의 차이에 의한 영향으로 판단된다.

작년말 방폐물 처분장이 준공되면서 방사성폐기물 영구처분이 지속될 것이다. 방사성폐기물내 핵종재고량 평가를 위한 척도인자 개발로 방사성폐기물 처분이 더욱 활성화될 것으로 기대된다.

### 4. 참고문헌

[1] C.Hornibrook(EPRI), "Utility Use of Constant Scaling Factors", Final report (1999).  
 [2] 박종길(한국수력원자력(주)) "방사성폐기물 인도를 위한 척도인자 주기적검증방법 개발", 최종보고서 (2011).