

## 표면오염감시기의 선형성 평가결과 고찰

이병두, 이영주, 성기방

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1

[vangelis@khnp.co.kr](mailto:vangelis@khnp.co.kr)

### 1. 서론

원전 현장에서 신속하게 방사선관리구역의 표면오염을 측정하고자 할 경우 표면오염감시기를 이용하며, 감시기는 사용 목적에 맞게 주기적으로 교정하여 사용해야 한다.

본 논문에서는 아날로그 타입 67개와 디지털 타입 3개의 표면오염감시기 교정결과를 사용하여 기기의 선형성을 고찰하였다. 즉, 아날로그 감시기와 디지털 감시기의 선형성관련 데이터를 비교, 분석하여 감시기 특성을 평가하였다.

### 2. 표면오염감시기의 교정 및 선형성 평가방법

표면오염감시기를 교정하기 위해서는 교정용 표준선원, 교정장치, 선형성 확인선원이 필요하다. 표면오염감시기는 오염지역의 표면에서 방출되어 나오는 입자의 양을 측정하는 기기이므로, 이를 교정하기 위한 표준선원의 입자(알파 또는 베타) 표면방출률을 알고 있어야 한다. 표준선원의 표면방출률은 국가 측정표준과 소급성이 유지되고 있는 표준기급 대면적 다중선 비례계수기로 교정하고 표면오염감시기의 유효 검출부 면적보다 같거나 커야 한다. 교정결과와 재현성을 유지하기 위해서는 선원 및 감시기를 교정할 수 있는 지지대 즉, 교정장치를 사용한다. 교정장치는 유효검출부 밖의 영역에서 알파 또는 베타 입자를 차단하기 위해 납으로 차폐되어 있다. 또한 검출부와 선원의 거리를 1 μm까지 측정할 수 있는 Digital scale이 부착되어 있어 베타 선원표면에서 정확히 10 mm 이격하여 계수율을 측정할 수 있다.

교정 전에 교정대상 기기에 전원을 가하여 최소 10 분간의 기기 안정화 시간을 갖고 주변의 영향을 받지 않는 교정장치 내부에서 기저방사선 계수율을 측정한다. 교정장치의 선원 지지판에 선원을 올려놓고 Digital scale로 선원 지지판과 감시기 지지판 사이의 거리를 조절한 후(베타감시기: 10 mm 유지) 기기의 검출부위를 감시기 지지판에 올려놓는다. 디지털 기기의 경우 10 회 이상 읽어 그 평균을 전계수율로 하고 아날로그 기기의 경우 최대값, 최소값으로부터 그 중앙값을 전계수율로 한다.

피교정 측정기의 선형성을 확인하기 위해 서로 다른 크기의 표면방출률을 갖는 베타 핵종 3개 이상의 선원을 사용하여 동일한 방법으로 계수율을 측정한다. 선원의 형태는 점, 원판 선원 중 한 가지의 선원으로 동일 방사성동위원소의 것이어야 하며 표면방출률이 대략 1, 5, 10 배 되는 것이 좋다.

교정인자는 참값을 구하기 위하여 기기 지시값에 곱해주는 인자로서 위에서 구한 측정데이터와 기기 관련 데이터를 식(1)에 대입하여 구하며 교정성적서에 식(2)의 불확도와 함께 명시한다.

$$N_r = \frac{S_E \cdot A_D \cdot k_t \cdot k_h \cdot k_l \cdot k_r}{M \cdot A_S} \dots\dots\dots (1)$$

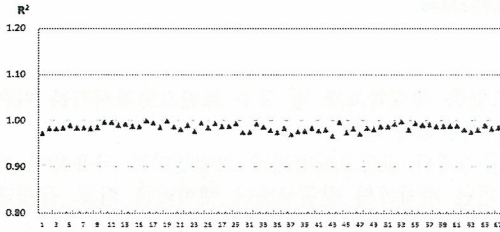
- $S_E$  : 표준선원의 표면방출률( $s^{-1}$ )
- $A_D$  : 감시기 유효면적( $cm^2$ )
- $A_S$  : 표준선원 면적( $cm^2$ )
- $M$  : 기기 지시값( $s^{-1}$ )
- $k_t$  : 표준선원의 방사능붕괴 보정인자
- $k_h$  : 표준선원의 비균질도 보정인자
- $k_l$  : 기기 선형성 보정인자
- $k_r$  : 기기와 선원과의 거리보정인자

$$u_c(N_r) = \sqrt{u^2(S_E) + u^2(A_D) + u^2(A_S) + u^2(M) + u^2(k_t) + u^2(k_h) + u^2(k_l) + u^2(k_r)} \dots\dots\dots (2)$$

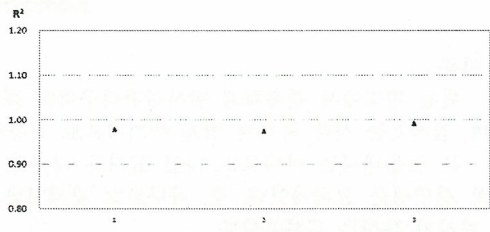
여기서 측정을 통해서 구하는 A형 불확도 요인은 기기 지시값(M)과 기기 선형성 보정인자( $k_l$ ) 불확도인데, 이 중 기기 특성에 따라 변동폭이 심한 선형성 보정인자의 불확도에 관한 종류별 감시기의 선형성 평가결과는 다음과 같다.

### 3. 선형성 평가결과

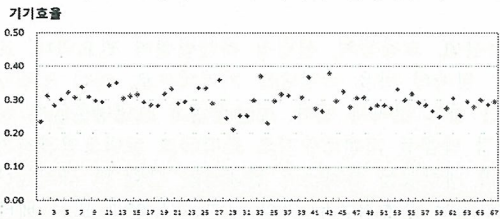
기기 선형성 보정인자의 불확도는 표면방출률이 대략 1, 5, 10 배로 유지되는 선원에 대한 기기효율의 상대표준불확도를 통해서 평가하였다. 아래 그림과 같이 아나로그 감시기 67개와 디지털 감시기 3개의 교정결과를 바탕으로 선형성, 기기효율, 기기효율 상대표준불확도를 비교, 평가하였다.



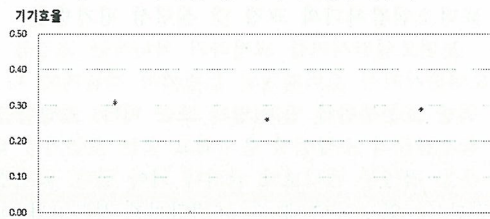
<그림 1> 아나로그 감시기의 선형성( $R^2$ )



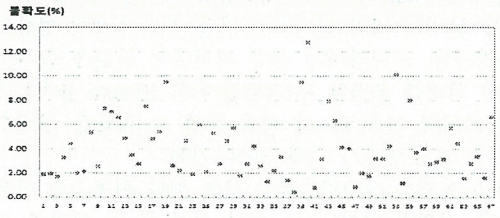
<그림 2> 디지털 감시기의 선형성( $R^2$ )



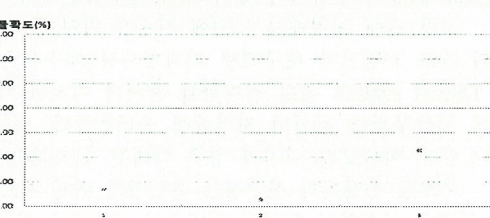
<그림 3> 아나로그 감시기의 기기효율



<그림 4> 디지털 감시기의 기기효율



<그림 5> 아나로그 감시기의 상대표준불확도



<그림 6> 디지털 감시기의 상대표준불확도

$R^2$  값이 1.0에 가까울수록 선형성이 좋은 것인데 아나로그 감시기와 디지털 감시기 모두  $R^2$  값이 1.0 근처에 수렴하는 양호한 결과를 보였고, 기기효율은 0.3을 전후한 분포를 보였다. 기기효율 상대표준 불확도는 아나로그 감시기의 경우 기기별로 분해능이 상이하여 디지털 감시기에 비해 불확도의 평균값이 2배 정도 컸다.

### 4. 결론

아나로그 감시기와 디지털 감시기에 대해서 표면오염감시기의 기기 선형성 인자 평가결과를 상호 비교, 평가하였다. 원전의 디지털 감시기 보유대수가 적어 아나로그 감시기와 디지털 감시기의 정확한 비교를 위해서는 디지털 감시기에 대한 더 많은 교정결과가 필요하지만, 현재까지의 교정결과로 판단하면 아나로그 감시기와 디지털 감시기 모두 선형성( $R^2$ )과 기기효율은 거의 일정한 분포를 보였다. 반면, 기기효율 상대표준불확도는 아나로그 감시기의 경우 기기별로 분해능이 상이하여 디지털 감시기에 비하여 불확도의 평균값이 2배 정도 컸다. 따라서 표면오염도 측정값의 불확도를 줄이기 위해서 현장의 감시기를 아나로그에서 디지털 형식으로 대체하면 불확도 요인을 많이 줄일 수 있고 표면오염감시기의 신뢰도를 높일 수 있다고 본다.

### 참고문헌

(1) 알파 및 베타 표면오염감시기의 표준교정절차(KASTO 04-26-4020-328, 2004. 02. 25)