

## 감마선( $^{137}\text{Cs}$ , $\gamma$ -ray)에 대한 베타표면오염감시기의 반응도(Response) 평가

이영주\* · 조문형 · 강기두  
한국수력원자력(주) 원자력발전기술원  
E-mail: ramsess55@khnp.co.kr

중심어 (keyword) : 표면오염감시기, 측정효율, 반응도(Response), 베타면적선원, 표면방출률

### 서론

베타표면오염감시기(직접형)를 사용하여 오염지역 혹은 오염장비 등의 고착성 표면오염도를 평가하고자 할 때는 교정(Calibration)이 필수적이다. 교정을 위해서는 국가측정표준과 소급성이 유지되는 밀봉베타면적선원을 이용하여 교정인자(측정효율)를 산출한다.

베타표면오염감시기는 주로 가이거물러 검출기(GM), 비례계수기 및 섬광계수기(scintillator) 등을 사용하는데, 이러한 검출기의 경우 베타입자 이외에도 감마선에 의한 영향도 무시할 수 없다.

본 논문에서는 주변 감마선 강도가 베타면적선원에 대한 베타검출기의 측정효율에 미치는 영향을 확인하기 위해서 상용되고 있는 베타표면오염감시기(GM검출기 및 섬광검출기)를 가지고 감마선에 대한 반응도(Response)를 평가하였고, 추가적으로 동일 감마선 강도에서 두 베타면적선원( $\text{Cs-137}$ ,  $\text{Sr/Y-90}$ )의 측정효율을 산출하였다.

### 실험방법

측정효율 산출은 베타면적선원( $\text{Cs-137}$ ,  $\text{Sr/Y-90}$ )을 이용하였다. 또한 저준위 감마선 조사장치를 이용하여 감마선에 대한 각 검출기의 반응도를 평가하였다. 실험에 이용된 베타면적선원과 저준위 감마선 조사장치는 국제측정표준과 소급성이 유지되는 장비를 이용함으로써 실험결과의 신뢰성을 높이도록 하였다. 표면오염감시기의 건전성을 확인하기 위해 서로 다른 크기의 표면방출률을 갖는 베타 핵종을 사용하여 선형성을 확인하였다. 선형성 확인 선원은 점선원 형태(<5

mm)인  $\text{Cl-36}$ 을 사용하였으며 그 표면방출률이 대략 1, 5, 10 배로 유지되는 것을 사용하였다. 감마선 강도에 따른 검출기 반응도 평가를 위해서 Thermo-eberline사의 섬광검출기(BP19BD)와 GM 검출기(HP360)를 사용하였다. 각 검출기의 감마선 반응도(R)는 1  $\mu\text{Sv/h}$ , 5 $\mu\text{Sv/h}$ , 10 $\mu\text{Sv/h}$ , 20 $\mu\text{Sv/h}$ , 30 $\mu\text{Sv/h}$ , 50 $\mu\text{Sv/h}$ 의 감마선 강도에서 식(1)을 이용하여 구하였다.

$$R = \frac{cpm}{\mu\text{Sv/h}(\gamma\text{-ray}, ^{137}\text{Cs})} \quad (1)$$

그리고 측정효율( $N_r$ )은 식(2)를 이용하여 구하였다.

$$N_r(\%) = \frac{M}{S_E \cdot \frac{A_s}{A_D} \cdot k_t} \times 100 \quad (2)$$

$S_E$  : 기준베타면적선원의 표면방출률

$A_D$  : 검출기 유효면적

$A_s$  : 기준베타면적선원의 면적

$M$  : 측정값(순계수율)

$k_t$  : 기준베타면적선원의 방사능 붕괴보정인자

### 결과 및 고찰

서로 다른 표면방출률을 가진 동일 형태의  $\text{Cl-36}$  선원 3가지를 이용하여 검출기 선형성 측정결과를 그림 1에 나타내었다. 각 선원별로 10회씩 측정하여 평균값을 사용하였으며 사용된 검출기 2개 모두  $R^2$ 값이 0.99이상으로 매우 높은 선형성을 나타내었다.

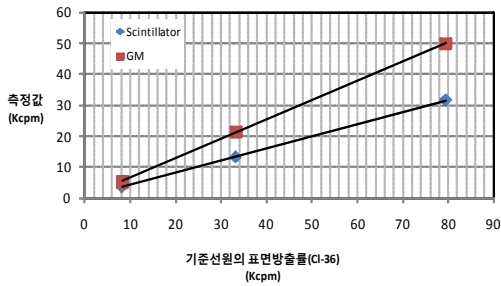


그림 1. 검출기별 선형성 측정결과

검출기의 감마선에 대한 반응도 평가 결과를 그림 2에 나타내었다. 각 감마선 강도에 대해서 총 10번씩 측정하여 그 평균값을 취하였으며 그 결과 섬광검출기가 GM 검출기 보다 약 6배 이상 높은 감마선에 대한 반응도를 보였다. 이것은 검출기 특성(감마선은 가스를 직접 전리시킬 수 없음)에서 오는 상대적인 차이로 판단된다. 실험에 이용한 감마선 강도 범위에서 GM검출기의 반응도는  $187.49 \pm 12.47$  cpm/ $\mu$ Sv/h, 섬광검출기는  $1,138.77 \pm 41.95$  cpm/ $\mu$ Sv/h로 결정되었다. 각 감마선에 대한 섬광검출기의 반응도의 평균오차는 약 3.6 %로 GM 검출기가 6.6 %인 것에 비해 일정한 감마선 반응도를 나타 내었다.

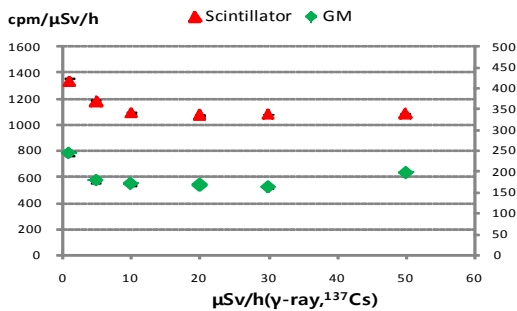


그림 2. 감마선장에 따른 반응도 측정결과

특히 두 검출기 모두  $1\mu$ Sv/h에서 반응도가 제일 컸으며  $10\mu$ Sv/h 이상에서는 거의 일정한 값을 보였다. 마지막으로 서로 다른 강도의 감마선 환경에서 베타면적선원을 이용한 교정결과를 그림3에 나타내었다. 교정을 위하여 먼저 각 감마선 강도에 대하여 측정하고, 동일조건에서 베타면적선원을 검출기 앞에 위치 시켜 선원에 대한 계수율을 측정하였다.

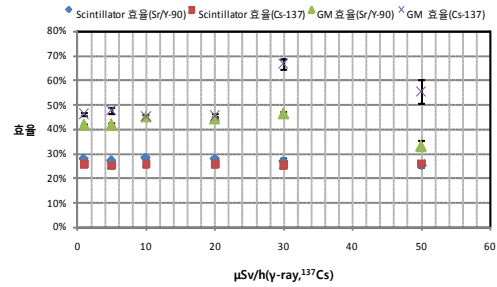


그림 3. 감마선장에 따른 측정효율 결과

그 결과 섬광검출기의 측정효율은 두 베타면적선원(Sr/Y-90, Cs-137)에 대하여 25%~28%로 고르게 결정된 반면에 GM검출기의 경우는 33%~ 66%까지 나타내었다. 특히 감마선 강도가  $30\mu$ Sv/h 이상에서 측정효율의 드리프트가 발생하기 시작하였는데 이는 상대적으로 긴 불감시간을 가진 GM 검출기의 특성 때문이라고 생각된다.

## 결론

섬광검출기 형태의 베타표면오염감시기는 서로 다른 감마선 강도( $1\mu$ Sv/h~ $50\mu$ Sv/h)에서 베타면적선원에 대하여 비교적 일정한 측정효율을 보인 반면 GM 검출기의 경우  $30\mu$ Sv/h이상에서 드리프트 되는 경향을 보였다. 또한 교정용 베타면적선원(Cs-137, Sr/Y-90)에 따른 각 검출기별 측정효율은  $30\mu$ Sv/h 미만의 감마선 강도에서는 거의 유사함을 알 수 있었다. 감마선에 대한 반응도는 섬광계수기가 GM검출기 보다 대략 6배정도 높게 측정되었지만, 검출기별 감마선에 대한 반응도는 거의 일정한 경향을 나타내었다.

그러므로 원전에서는 주변 감마선 강도가  $1\mu$ Sv/h 이하인 지역에서 베타표면오염감시기를 이용하므로 베타표면오염도 측정 시 주변감마선의 영향을 무시할 수 있음을 알 수 있었다.

## 참고 문헌 (REFERENCES)

1. 알파 및 베타 표면오염감시기 표준교정절차(KASTO 4-26-3050-044)