

기준면적선원에 따른 표면오염감시기 교정결과 평가

이영주, 강기두

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1
ramsess55@khnp.co.kr

1. 서론

표면오염감시기 교정에 있어 중요하게 고려해야 되는 사항은 첫째 기준면적선원(이하 기준선원)의 선택, 둘째 측정구조(Geometry)의 선택, 마지막으로 선택한 기준선원의 소급성(Traceability) 유·무 등이다. 그 중에서 기준선원의 소급성은 국가표준기관으로부터 교정을 받으면 유지가 가능하고, 측정구조는 항상 동일조건에서 교정할 수 있는 장치를 만들면 비교적 쉽게 해결할 수 있다. 그러나 기준선원의 선택은 기기효율이 베타입자의 에너지와 선원면적 즉 단위면적당 표면방출률에 따라 큰 차이를 보이기 때문에 신중하게 접근할 필요가 있다.

베타 표면오염도 평가 및 성능시험을 위한 국제규격문서(ISO 7503-1, IEC 60325)에서는 교정용 기준선원의 크기(면적)가 검출기 유효면적을 충분히 포함할 수 있을 정도로 커야하며, 부득이하게 선원면적이 작을 경우 검출기 전 면적을 포함시킬 수 있게 수회 측정해서 교정할 것을 권고하고 있다.^{[1],[2]}

본 논문에서는 기준선원의 크기(면적)와 비균질도에 따른 표면오염감시기의 기기효율을 실험적으로 측정하여 선원면적의 선택에 있어 두 가지 요소(면적과 비균질도)가 교정결과에 미치는 영향을 평가하였다.

2. 본론

2.1 실험방법

측정에 사용한 기준선원의 형태 및 표면방출률은 Table 1과 같다.

Table 1. Surface emission rate and geometry

선원	선원 번호	형태	표면방출률 (s ⁻¹)
Cl-36	A	점선원 (<4mm)	1,325
	B	원형선원 (50mm)	591
	C	판선원(100×150)mm	597
Sr/Y-90	D	판선원(100×150)mm	1,101
	E	판선원(100×100)mm	1,043

기준선원의 면적에 따른 기기효율의 측정을 위해 Cl-36

선원(A, B, C)과 유효면적이 15cm²(pancake type)인 GM 검출기 3대(가, 나, 다)를 사용하였다.

또한 선원의 비균질도에 따른 기기효율 측정은 비균질도가 각각 4.8%와 13%인 Sr/Y-90(D, E)과 유효면적이 15cm²(pancake type)인 GM 검출기(가)를 이용하였다. 기준선원의 표면방출률 및 비균질도는 모두 한국표준과학연구원(KRISS)에서 교정 및 시험을 받았다. 주변방사선에 의한 영향을 최소화 할 수 있도록 특수 설계 및 제작된 표면오염감시기 교정장치를 이용하여 항상 동일한 조건에서 측정하였다.

선원의 비균질도에 따른 기기효율 측정은 기준선원(D, E)을 이용하여 Fig. 1과 같은 방법으로 수행하였다. 즉 기준선원의 유효면적 내에서 검출기를 왼쪽, 가운데, 오른쪽에 위치시켜 각각 측정하였다.

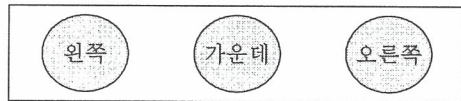


Fig. 1. Detector location in sources

기기효율은 각각 식(1)과 식(2)를 이용하였다. 식(1)은 기준선원의 면적이 검출기유효면적 보다 작은 경우이고 식(2)는 그 반대의 경우에 적용할 수 있는 식이다.

$$\varepsilon_i(\%) = \frac{n - n_B}{E} \quad \text{----- (1)}$$

$$\varepsilon_i(\%) = \frac{n - n_B}{E_{sc} \times W} \quad \text{----- (2)}$$

ε_i : 기기효율(%)

$n - n_B$: 순계수율

E_{sc} : 단위면적당 표면방출률

E : 표면방출률

W : 검출기 유효면적

2.2 실험결과

서로 다른 기준선원의 면적에 따른 표면오염감시기 측정결과를 Table 2에 나타내었다. 각 검출기별/선원별로

총 10회 측정하여 평균한 결과이며 측정결과에 대한 불확도는 EA-4/02에 따른 표준불확도를 의미한다[3].

Table 2. Measurement results of each radiation source

검출기	측정값(cps)			
	선원 A	선원 B	선원 C	BKG
가	493 ± 2.5	149 ± 1.1	42 ± 0.7	0.7 ± 0.02
나	452 ± 1.8	147 ± 1.4	45 ± 0.6	0.7 ± 0.03
다	325 ± 3.4	92 ± 3.4	32 ± 0.68	0.8 ± 0.03

Table 2의 측정결과를 식1)과 식2)를 이용하여 기기 효율을 산출하였으며 그 결과는 Fig. 2에 나타내었다.

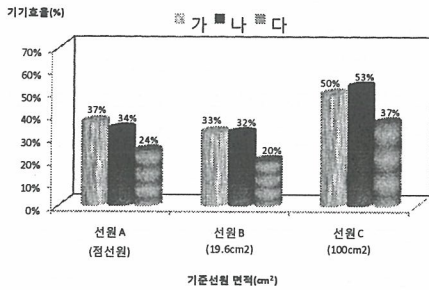


Fig. 2. Instrument efficiency according to the sources effective area

Fig. 2에서 가, 나, 다는 서로 다른 검출기를 나타내며 선원A는 검출기 유효면적 내에 완전히 포함되고 B는 검출기 유효면적보다 약 1.3배, C는 약 6.7배 정도 큰 선원이다. 측정결과 검출기 유효면적보다 매우 큰 선원(선원 C)에서 기기효율은 나머지 두 선원에 비해 최대 약 20% 까지 높게 측정되었다. 실험에 사용한 선원 C의 면적은 검출기 면적보다 약 7배 정도 크기 때문에 선원 분포의 균질한 정도(비균질도)를 확인하였다. Fig. 1에서와 같은 방법으로 여러 위치에서 기기효율을 측정한 결과 (51 ± 0.006)%로 유효면적 내에 거의 균일하게 분포하고 있음을 확인하였다.

이렇게 선원 A, B 보다 C에서 기기효율이 높게 측정되는 이유는 선원 면적 내 검출기 유효면적에 해당하는 곳 이외에서 방출된 베타입자가 검출기로 입사하여 검출되었기 때문으로 판단할 수 있다.

기준선원의 균질한 정도를 나타내는 인자인 비균질도에 따른 기기효율 측정결과를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 보듯이 비균질도(13%)가 높은 Sr/Y-90(D) 선원 내 검출기 위치에 따라서 최대 약 10%의 효율차이를

보였다. 선원 중심에서 왼쪽부분에서 기기효율이 가장 높게 측정되었으며 오른쪽 부분은 상대적으로 낮게 측정된 것으로 보아 주로 왼쪽부분에서 가운데 부분으로 선원이 주로 분포된 것을 알 수 있다.

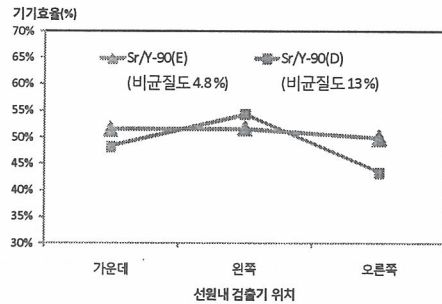


Fig. 3. Instrument efficiency according to detector locations in sources effective area

3. 결론

표면오염감시기 교정에 있어, 기준선원의 유효면적과 선원의 비균질도가 교정결과에 미치는 영향을 평가하였다.

그 결과 기준선원의 면적에 따라 최대 20%의 기기효율 차이가, 또한 비균질도가 높은 선원에 대해서는 선원 유효면적 내 검출기 위치에 따라 약 10%의 기기효율의 차이가 있음을 확인하였다.

표면오염감시기는 대상 오염지역(물품)의 면적이 검출기 면적보다 크고 또한 균일하게 오염된 경우 신뢰성 있는 표면오염도 평가가 가능하기 때문에 교정에 있어서도 기준선원의 면적을 검출기 면적보다 충분히 크게 해야 한다. 아울러 기준선원 유효면적 내의 검출기 위치에 따라서 기기효율이 달라질 수 있기 때문에 비균질도가 낮은 선원(일반적으로 6% 이하)을 이용하여 보다 정확한 교정결과를 얻을 수 있도록 해야 할 것이다.

4. 참고문헌

- [1] International Standard, IEC 60325 2002.
- [2] International Standard, ISO 7503-1,1998.
- [3] Expression of the Uncertainty of Measurements in Calibration, EA-4/03 (1996),