

## 방사능측정결과에 대한 허용한계 및 채택성 점검 사례 연구

윤철환, 이병두, 김태욱, 강기두

한국수력원자력(주) 원자력환경기술원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

chyun@khnp.co.kr

측정(measurement)은 양의 값을 결정하기 위한 일련의 작업이며 그 측정능력은 국가 산업발전의 원동력이 되는 기본적인 요소라고 할 수 있다. 측정능력은 측정방법과 측정결과의 신뢰성이 확보 되어야 하며 측정결과를 표현하는 방법에 대하여 신뢰성과 호환성을 보장받기 위해서는 국제 단위계(SI)의 사용 또한 필수적이다.

교정 및 시험기관에서도 측정은 가장 기본적이면서 중요한 역할을 한다. 이러한 측정의 방법과 결과에 대한 정확도의 향상은 정밀측정기술 및 시험검사기술 등 계량산업의 발전에 많은 기여를 할 것이다.

알파 및 베타 입자를 방출하는 방사능을 측정하기 위한 비례계수기(proportional counter)는 환경방사능 및 저준위 방사능 측정분야에서 기존의 여러 검출기보다 높은 계수효율, 양호한 공간분해능(spatial resolution) 및 양호한 에너지 분해능을 갖고 있으며 특히 넓은 측정면적을 측정할 수 있어 표면오염 측정에 매우 편리하고 비교적 정확한 측정결과를 얻을 수 있어서 유용하게 사용되고 있다.

환경기술원 중앙실험실의 비례계수기 교정절차에 따라 측정한 밀봉 알파, 베타선원의 표면방출률(표 1 참조)을 간단한 통계처리에 의해 측정값이 허용범위 내에 있는가를 판단하고, 또 측정값에 대한 채택 여부의 판단과 더불어 그 대푯값을 어떻게 표현할 것인지를 결정하고자 한다. 그리고 측정자가 일정하지 않는 측정값을 얻었을 때 막연하게 그 값을 무시하거나 재측정하는 등 오류를 범할 수가 있다. 측정결과에 대한 허용차와 채택성을 점검하는 것은 측정자가 통계적인 기준에 의해 객관적인 의사결정을 할 수 있도록 도와주는 역할을 한다:

### 1. 방사능측정결과에 대한 허용한계를 구하는 방법 및 사례

반복 측정에서는 어떤 양이 각각 표준편차가  $\sigma$ 인 독립된  $n$ 개의 추정치의 합 또는 차라면 그 표준편차는  $\sigma\sqrt{n}$  이 된다. 반복허용차( $r$ )는 2개의 값에 대한 차에 해당되므로 이 표준편차의  $f$ 배,  $f\sigma\sqrt{2}$  이다. 정규분포에서 확률 95%의  $f$ 는 1.96이므로  $f\sqrt{2}$  는 2.77  $\approx$  2.8을 사용한다. 즉, 반복허용차  $r = 2.8 \sigma_r$  이 된다.

밀봉 알파선원의 반복허용차는  $2.8 \times 1.135 = 3.178$ 이 되며 이 값을 표 1)의 이동범위와 비교하면 16번째와 17번째 사이(\*)의 이동범위에서의 값이 3.300으로 반복허용범위를 벗어났다. 이 이탈한 점은 측정방법이나 장비 등에 관한 별다른 문제점은 없어 보인다.

밀봉 베타선원의 반복허용차는  $2.8 \times 1.341 = 3.755$ 이 되며 이동범위와 비교하면 8번째와 9번째 사이(\*\*)의 이동범위에서의 값이 4.283으로 반복허용범위를 벗어났다. 통상적으로 반복측정 20회중 1회의 허용한계 초과는 허용되는 것을 감안하면 이 측정결과는 특별한 징후가 없음을 일 수 있다.

### 2. 측정결과의 채택성 점검 방법 및 사례

측정결과의 범위 ( $x_{\max} - x_{\min}$ )를  $n$ 에 해당하는 허용범위  $CR_{0.95}(n)$ 와 비교한다(표 2 참조). 그 범위가 허용범위를 넘지 않을 때는  $n$ 개의 측정결과의 전체 평균치를 최종 측정값으로 사용하며 허용범위가 넘을 때는 그림 1)의 절차에 따라 수행하면 된다.

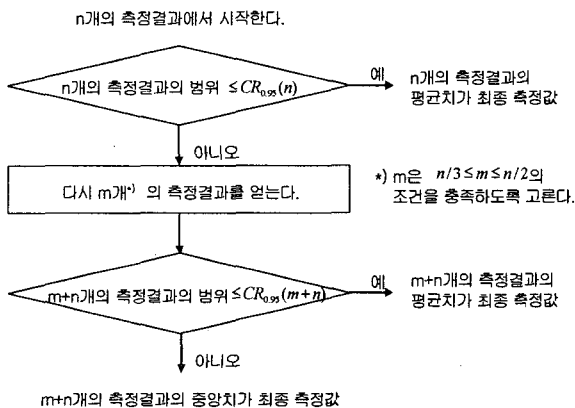
밀봉 알파선원에 대한 측정결과의 범위 ( $x_{\max} - x_{\min}$ )는 4.037이다. 그리고 표 1)에서 허용범위의 계수  $f(n)$ 의 값은  $n$ 이 20인 5.0을 얻을 수 있다. 측정범위 4.037이 허용범위 5.0 내에 있으므로

측정값은 평균치의 값을 채택하여 대푯값으로 사용할 수 있음을 알 수 있다.

밀봉 베타선원에 대한 측정결과의 범위 ( $x_{max} - x_{min}$ )는 4.310이다. 허용범위의 계수의 값 5.0 과 비교하면 허용범위 내에 있으므로 평균치의 값을 채택하여 대푯값으로 사용할 수 있음을 알 수 있다.

(표 1) 선원의 표면방출률 측정결과

번호	밀봉 알파선원(Am-241)		밀봉 베타선원(CI-36)		비고
	표면방출률 (cps)	이동범위 (Rs)	표면방출률 (cps)	이동범위 (Rs)	
1	332.753	-	555.160	-	
2	334.547	1.793	555.763	0.603	
3	332.073	2.473	552.770	2.993	
4	331.803	0.270	555.547	2.777	
5	332.810	1.007	556.367	0.820	
6	334.753	1.943	555.573	0.794	
7	331.713	3.040	553.807	1.766	
8	333.303	1.590	556.840	3.033	
9	331.707	1.597	552.557	4.283(**)	
10	331.810	0.103	553.107	0.550	
11	333.257	1.447	555.287	2.180	
12	332.050	1.207	554.040	1.247	
13	334.393	2.343	556.300	2.260	
14	332.637	1.757	552.827	3.473	
15	333.117	0.480	555.217	2.390	
16	330.717	2.400	556.313	1.096	
17	334.017	3.300(*)	556.867	0.554	
18	332.600	1.417	555.013	1.854	
19	334.037	1.437	554.243	0.770	
20	331.080	2.957	555.573	1.330	
표면방출률의 - 평균 : 332.759 - 표준편차 : 1.135 - 범위(R) : 4.037			표면방출률의 - 평균 : 554.959 - 표준편차 : 1.341 - 범위(R) : 4.310		



(표 2) 허용범위의 계수 f(n)

n	f(n)	n	f(n)
2	2.8	10	4.5
3	3.3	20	5.0
4	3.6	30	5.3
5	3.9	40	5.5

(그림 1) 측정결과의 채택성 점검절차