

최소검출농도(MDA) 설정에 대한 연구

이완로, 정근호, 지영용, 임종명, 김원영, 조영현, 강문자, 이창우, 최근식

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

pctor@kaeri.re.kr

1. 서론

저준위 환경방사능 분석에서 백그라운드의 요동으로 인해서 어떤 경우는 음의 방사능 값이 나오기도 하는데 이는 매우 자연스러운 현상이 될 수도 있다. 따라서 저준위 미량 환경방사능 측정에서 백그라운드 요동인지 실제 방사능이 존재하는지 판단하는 것은 매우 중요하다[1]. 방사능 존재 여부를 판단하는 기준으로 대표적으로 이용되는 것이 최소검출농도(Minimum Detectable Activity, MDA)이다. MDA의 경우 통계적인 고찰을 통해서 얻어지기 때문에 문헌에 따라서 다르게 표현될 수 있고 실제로 적용되는 수식에 따라 같은 조건에서 다른 MDA 값이 설정될 수 있다[2].

본 논문에서는 Currie 식을 근거로 구한 MDA와 독일의 표준 매뉴얼인 DIN (Deutsches Institute fuer Norung: 독일표준협회)의 MDA를 비교하였다. 또한 이를 통해서 공기 중 노블가스 분석에 적용하여 그 차이점을 도출하였으며, 이를 통해서 MDA 설정 시 유의점에 대해서 제시하였다.

2. 본론

2.1 Currie 식을 근거로 구한 MDA

공기 중 노블가스 분석 시 백그라운드 및 샘플 측정 시간이 다르다고 가정하고, 제 1종 및 제 2종 에러를 5 % ($k_\alpha = k_\beta = 1.645$)로 동일하게 놓으면 MDA는 식 1과 같이 산출된다[1].

$$MDA = \frac{C}{\epsilon \times V} \left\{ \frac{2.71}{t_m} + 3.29 \sqrt{R_b \times \left(\frac{1}{t_m} + \frac{1}{t_b} \right)} \right\} \quad (1)$$

여기서

R_b : 백그라운드 계수율 (cpm)

C : 공기 중 노블가스(총 제논)의 체적비 ($0.087 \text{ cm}^3/\text{m}^3$), 항상 일정

V : 검출기 내에 포집된 노블가스(총 제논)의 부피 (cc 또는 cm^3)

ϵ : 검출기의 효율(일반적으로 70 % 이상 나옴)

t_m : 시료의 측정시간

t_b : 백그라운드의 측정시간

2.2 독일 DIN에서의 MDA

독일 DIN에서는 식 (2)의 MDA를 사용하는데 1종 및 제 2종 에러를 5 % ($k_\alpha = k_\beta = 1.645$)로 동일하게 가정하면 식 (3)와 같이 산출된다[1,3].

$$MDA = \frac{C}{\epsilon \times V} \left\{ (k_\alpha \times k_\beta) \sqrt{R_b \times \left(\frac{1}{t_b} + \frac{1}{t_m} \right)} + \frac{1}{4} \times (k_\alpha + k_\beta)^2 \times \left(\frac{1}{t_b} + \frac{1}{t_m} \right) \right\} \quad (2)$$

$$MDA = \frac{C}{\epsilon \times V} \left\{ 2.71 \sqrt{R_b \times \left(\frac{1}{t_b} + \frac{1}{t_m} \right)} + 2.71 \times \left(\frac{1}{t_b} + \frac{1}{t_m} \right) \right\} \quad (3)$$

그러나 DIN을 기본으로 이용하는 독일 BfS-IAR에서는 공기 중 노블가스 분석시에 제 1종 에러는 5 %를 사용하고, 제 2종 에러는 0.1 %를 이용한다. 즉 $k_\alpha = 1.645$, $k_\beta = 3$ 으로 가정하여 MDA를 설정하고 있다. 위와 같이 가정하여 사용할 경우 MDA 식은 (4)와 같이 산출된다.

$$MDA = \frac{C}{\epsilon \times V} \left\{ 4.94 \sqrt{R_b \times \left(\frac{1}{t_b} + \frac{1}{t_m} \right)} + 5.39 \times \left(\frac{1}{t_b} + \frac{1}{t_m} \right) \right\} \quad (4)$$

Currie의 식을 근거로 한 MDA와 독일 DIN을 근거로 한 MDA를 비교하기 위해서 효율(90 %), 검출기 내에 포집된 노블가스(총 제논)의 부피(0.4 cm^3)와 공기 중 노블가스(총 제논)의 체적($0.087 \text{ cm}^3/\text{m}^3$)은 상수 값을 사용하였다. 또한 백그라운드 측정시간을 26시간으로 고정하여 평가하였다. 공기 중 노블가스 분석 시 보통 백그라운드 측정시간은 보통 24시간 이상 측정하고 있고 그동안 측정된 데이터의 평균 백그라운드 측정시간을 이용하였다.

3. 결론

그림 1에서는 백그라운드의 계수율과 측정시간에 따른 MDA값을 Currie에 식 (2)을 이용하여 구한 값을 보여주고 있다. 예상과 같이 백그라운드 계수율이 낮을수록 MDA는 낮고, 측정시간이 길 경우 MDA 값이 낮아짐을 알 수 있다.

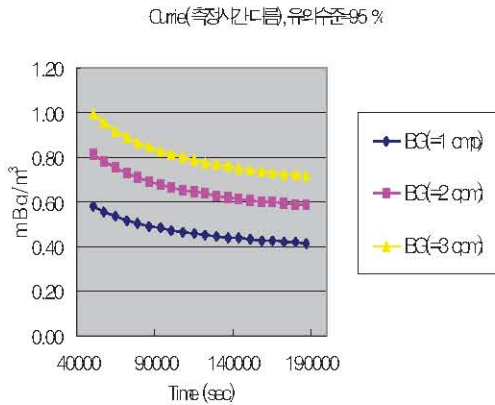


Fig. 1 백그라운드와 측정시간에 따른 MDA 변화.

Table 1. Currie식을 이용한 MDA와 DIN을 이용한 MDA 비교.

		MDA by 식(1)			MDA by 식(4)		
measurement time		Background(cpm)			Background(cpm)		
t_m (h)	t_m (sec)	1	2	3	1	2	3
14	50400	0.58	0.82	1.00	0.89	1.24	1.51
16	57600	0.55	0.78	0.95	0.85	1.19	1.45
18	64800	0.53	0.75	0.92	0.82	1.15	1.40
20	72000	0.52	0.73	0.89	0.80	1.11	1.35
22	79200	0.50	0.71	0.87	0.77	1.08	1.32
24	86400	0.49	0.69	0.85	0.76	1.06	1.29
26	93600	0.48	0.68	0.83	0.74	1.03	1.26

Currie의 계산에 근거한 식(1)을 사용한 경우와 독일 DIN을 근거한 식(4)를 이용하여 공기 중 노블가스 분석 시 MDA를 계산하였다. 표 1에 보였듯이 백그라운드 측정을 24시간 하고, 백그라운드

가 1 cpm일 때 식 (1)에 근거한 MDA는 0.49 mBq/cm³로 계산되지만 식 (4)를 이용했을 경우에는 0.76 mBq/cm³으로 설정된다. 표 1에서 보면 다른 값들도 모두 식 (4)을 이용한 값이 높다. 이것은 제 2종 에러, 즉 방사능이 있는데 없다고 판단할 확률을 0.1 % 로 아주 낮게 설정했기 때문이다. 동일한 백그라운드와 측정시간 및 다른 조건들이 같아도 위와 같이 사용하는 MDA 식에 따라 값은 달라진다. 만일 동일 조건일 때 Currie에 근거하여 계산할 경우 0.58 mBq/cm³로MDA 설정될 수 있고, 독일 DIN 방식을 이용한 경우는 0.89 mBq/cm³로 MDA가 설정된다. 위와 같이 동일한 조건임에도 MDA가 다르게 설정될 수 있음을 유의해야 한다. 따라서 단순히 MDA의 값만을 비교하여 분석기술의 우수성을 판단해서는 안 될 것이다.

4. 참고문헌

- [1] 한국원자력연구원, 대기 중 노블가스 측정에서 최소검출농도(MDA) 산출에 관한 연구, 기술보고서(KAERI/TR-4133), 2010.
- [2] 한국방사성폐기물학회, 2010년 춘계학술발표회 논문요약집, pp.399-400, 2010.
- [3] DIN standard or European standard for radioactive measurements(= German or European standardization committee),DIN 32645, 1994.