

## 라돈 검출기 교정에 관한 연구

합돈식 · 박태순 · 이종만 · 이모성<sup>1</sup> · 윤달호<sup>1</sup>  
한국표준과학연구원 · 청주대<sup>1</sup>  
E-mail: leems@cju.ac.kr

중심어 (keyword) : 라돈, 교정, 검출기, 라듐 수용액

### 서론

라돈 조사의 품질관리 뿐만 아니라 라돈 검출기 등의 개발과 관련한 연구를 위해서 라돈 검출기를 교정하기 위한 방법의 확립이 필요하다[1].

라돈 검출기의 교정이 다른 핵종을 검출하는 검출기의 교정과 차이가 있는 것은 검출기 교정을 위한 라돈 교정 선원이 없다는 것이다. 대신 라듐으로부터 방출되는 라돈을 교정선원으로 이용하여야 한다[2]. 특히 라돈은 공기 중에 존재하는 천연 방사성 핵종이며, 불활성 기체이므로 이에 의한 오염에 주의하여야 한다.

이 연구에서는 라돈 교정과 관련한 라돈 선원의 제작, 라돈 교정 장치 등을 제작하고, 라돈 검출기를 교정하는 방법에 대해 연구하였다.

### 재료 및 방법

라돈 검출기로 측정되는 라돈 농도  $C_{rn}$  은

$$C_{rn} = \frac{A (Bq)}{V (m^3)}$$

이다. 여기서  $A$ 는 어떤 부피  $V$ 에 들어 있는 라돈의 방사능이다. 따라서 라돈 검출기 교정을 위해서는 용기의 부피와, 용기 내 라돈 방사능이 정확하게 정의되어야 한다.

라돈은 물에 잘 녹지 않으므로 그림 1과 같은 bubbler에 담긴 라듐 수용액으로부터 얻을 수 있다. Bubbler의 밀봉 상태가 완벽하고 30일이 지나면 bubbler 내 라돈 농도는 라듐의 농도와 같게 된다. 라듐 수용액은 NIST에서 구입한 선원을 1mol 염산으로 희석하여, 그 중  $1067.6 \pm 12.8$  Bq을 분취한 것이

다. 그림 1의 bubbler는 bubbler로부터 라돈이 외부로 유출되지 않도록 연결부위마다 O-링을 장치하였다.



그림 1. 라듐 수용액이 담긴 라돈 bubbler

표준 라돈 농도를 만들기 위한 용기는 스테인리스 스틸로 제작하였다. 이 용기에는 용기 내 백그라운드 라돈 제거 설비와 라돈 주입 설비, 교정용 라돈 검출기 설치 설비, 용기 내 라돈 농도 측정 장치 등을 설치하였다. 이들 설비 및 장치로 라돈이 확산되므로 그들의 부피를 정확하게 측정하여야 한다. 이들 부피를 정확하게 아는 것이 곤란하므로 이들 부대설비의 부피에 의한 오차를 줄이기 위해, 부대설비의 부피가 용기 부피의 1% 정도가 되도록 용기의 부피는  $1.000 \pm 0.003$  m<sup>3</sup>로 하였다. 또한 용기는 이들 설비 이외의 경로로 라돈 유입과 유출을 방지하도록 디자인하였다.

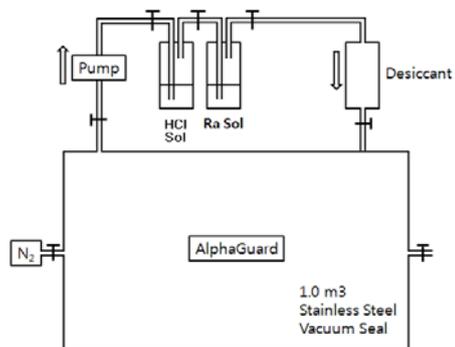


그림 2. 라돈 교정 장치

그림 2와 같이 라돈 용기에 부대설비 들을 연결하고, 용기 내 라돈 백그라운드를 제거하고, 라돈 선원으로 부터 라돈을 주입하여 라돈 검출기를 교정하였다. 용기 내 라돈 백그라운드는 용기로 질소를 주입하여 제거하였다. 용기 내 라돈 농도는 AlphaGuard를 사용하여 Diffusion Mode에서 1시간 간격으로 연속 측정하였다.

## 결과 및 고찰

그림 3은 그림 2의 장치에서 라돈 주입 장치를 잠그고, 용기로 질소를 주입하면서 AlphaGuard로 측정 한 용기 내 라돈 농도를 보인 것이다. 그림에서 질소를 주입하기 시작한 이후 4시간 정도 지나서 라돈이 완전히 제거되는 것이 확인된다. AlphaGuard로 측정된 백그라운드  $31.6 \pm 7.9 \text{ Bq/m}^3$ 는 용기 내 라돈 농도가 아닌 AlphaGuard의 오염에 의한 것이다. AlphaGuard가 고농도 라돈에 장기간 노출되면 이 검출기 챔버가 라돈 붕괴 생성물인  $^{210}\text{Pb}$ 로 오염 된다.

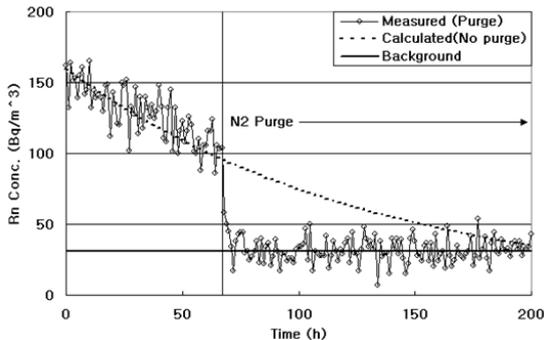


그림 3. 라돈 백그라운드를 제거하면서 측정 한 용기 내 라돈 농도

그림 4는 라돈을 주입하면서 측정 한 라돈 교정용 용기 내 라돈 농도를 보인 것이다. 라돈을 주입하기 시작하여 2시간이 경과하여 라돈 방사능  $933.9 \pm 39.7 \text{ Bq/m}^3$ 의 포화 값에 도달하였다. 따라서 AlphaGuard로 측정 한 라돈 교정용 용기 내 라돈 농도는 AlphaGuard의 백그라운드를 뺀  $902.2 \pm 40.5 \text{ Bq/m}^3$ 이다.

라돈 교정용 용기 내 정확한 라돈 농도는 라듐 방사능과 용기, 부대설비 등의 부피로부터 계산된다. 부

대설비 중 AlphaGuard, 콘센트, 전원선 같이 용기 내에 넣어진 장비는 라돈 확산 공간의 크기를 줄이며, 라돈 bubbler, 연결관 같이 용기 외부에 장착된 장비의 부피는 라돈 확산 공간의 부피를 증가시킨다. 각 장치의 부피는 직경이나 지름 등의 길이를 측정하여 추정할 수 있다. AlphaGuard는 내부 구조를 갖기 때문에 외형의 크기로 부피를 추정할 수 없다. 대신 AlphaGuard의 대부분이 알루미늄으로 만들어져 있으므로 AlphaGuard의 질량을 알루미늄 밀도로 나누어 계산하였다. 부대설비들의 총 부피는 라돈 교정용 용기의 1% 이내이었다.

이렇게 하여 계산된 라돈 용기 내 라돈 농도는  $1052.9 \pm 13.7 \text{ Bq/m}^3$ 이었다. 따라서 AlphaGuard에 대한 교정 상수는

$$1052.9(\text{Bq/m}^3)/902.2(\text{Bq/m}^3) = 1.17$$

이다.

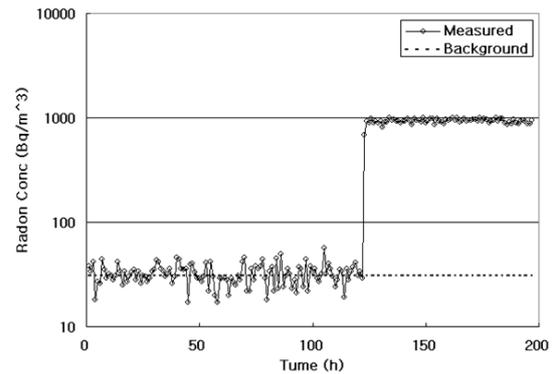


그림 4. 라돈을 주입하면서 측정 한 라돈 교정용 용기 내 라돈 농도

## 결론

라듐 수용액 선원과 라돈 교정 용기를 사용하여 라돈 농도가 1.3% 이내에서 정의된 표준 라돈 농도를 구현하였다. 이 표준 라돈 농도를 사용하여 AlphaGuard를 교정하였으며, 교정된 검출기의 교정 상수를 구하였다.

## 참고 문헌

1. ISO/DIS 11665-1, ~8, 라돈 조사의 품질관리