

# 입체각 계수법을 이용한 라돈 절대 측정기 개발

김병철\* · 김정호 · 김현문 · 박태순 · 박현서 · 안정근\* · 오필제 · 이경범 · 이민기 · 이상한 · 이종만 · 이철영 · 전국진 · 최길웅 · 하석호  
 한국표준과학연구원 · 부산대학교\*  
 E-mail: bchkim@pusan.ac.kr

중심어 (keyword) : 라돈, 절대 측정, 입체각 계수법

## 서론

실내 환경오염 물질 중의 하나인 라돈은 흡연 다음으로 높은 폐암 발생 요인으로 토양, 지하수, 건축자재 등에 의해 꾸준히 실내 공간으로 유입될 뿐만 아니라 미량 흡입 시에도 방사선 발생에 의해 폐에 손상을 준다. 현재 스웨덴은 주거시설에 대한 라돈 농도를 제한하고 있고, 미국은 실내의 라돈 측정을 권고하고 있으며, WHO에서는 국제 라돈 프로젝트(International Radon Project)를 수립, 저감 활동을 위해 노력하고 있다. 우리나라에서도 국립환경연구원에서 실내 라돈관리 종합대책(2007~2012)을 수립하여 추진 중에 있는데 이를 뒷받침하기 위해서는 다양한 형태의 라돈 검출장비의 소요가 예상된다. 라돈 검출 장비의 교정 및 법적, 제도적 근거 확립을 위해 라돈의 표준화가 필요하다. 한국표준과학연구원에서는 라돈 표준인증물질 배포를 위한 라돈 절대 측정기를 개발하고 있다.

## 재료 및 방법

본 연구에서는 라돈의 물리 화학적 특징을 이용하여 기체 상태로 존재하는 라돈을 고체로 흡착시켜 붕괴되어 나오는 알파 입자를 직접 검출하는 입체각 계수법<sup>1),2),3)</sup>을 이용한다. 입체각 계수법은 낮은 불확정도를 가지고 라돈의 방사능을 측정할 수 있을 뿐만 아니라 표준인증물질 배포가 쉽다.

Picolo의 논문<sup>1)</sup>에 의하면 액체 질소온도인 77K로 냉각시키면 라돈의 거의 전부가 고체로 흡착된다.

입체각 계수법에서의 Geometry factor는 그림1에 서처럼 구할 수 있다. 단, 여기서 라돈은 흡착면에 균일하게 분포한다고 가정한다.

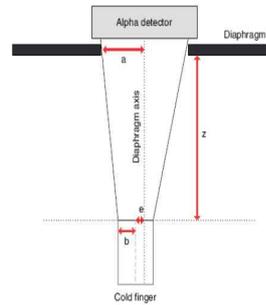


그림 1. 입체각 계산<sup>4)</sup>

- a: Diaphragm의 반경
- b: 흡착된 라돈의 반경
- e: a와 b의 빗겨간 정도
- z: 흡착면과 Diaphragm 사이의 거리

## Geometry Factor

$$G = \frac{a^2}{4z^2} \left[ 1 - \frac{3}{4} \frac{a^2 + b^2 + 2e^2}{z^2} + \frac{5}{8} \frac{a^4 + b^4 + 3e^4 + 6b^2e^2 + ea^2b^2}{z^4} + \dots \right]$$

그림2는 라돈 절대 측정기의 개략도를 나타낸 것이다.

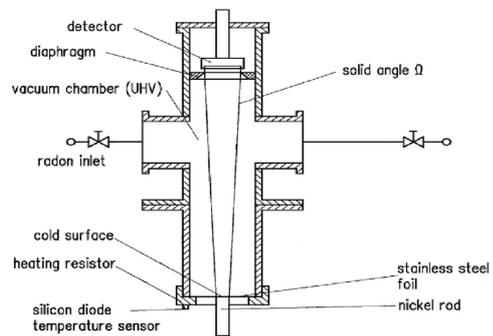


그림 2. 라돈 절대 측정기의 개략도

본 연구에서는 니켈 막대를 냉각하기 위하여 액체 질소를 이용하였다. 그리고 라돈 흡착 표면의 온도 경사도가 심해야 라돈 흡착 반경의 크기를 정량화하기에 유리하다. 그래서 라돈 흡착 면은 0.075mm의 스테인레스 스틸 호일을 이용하고 흡착 표면의 바깥은 히터로 300K의 온도로 일정하게 유지하였다. 라돈 흡착 반경을 측정하기 위하여 스크린 장착을 위한 별도의 두께를 제작하였다. 스크린은 Perkin-Elmer사의 Super Resolution Storage Phosphor Screen을 이용하였으며 Cyclone Storage Phosphor System을 이용하여 스캐닝 하였다. 히터의 온도 컨트롤과 니켈 막대의 온도를 측정하기 위하여 Lakeshore 331 온도 컨트롤러를 이용하였으며 온도 센서는 Silicon Diode를 사용하였다. 그리고 Leybold사의 Turbovac 151 Turbo Molecular Pump를 사용하여 라돈 챔버를 진공으로 만들었으며 압력을 모니터링 하기 위하여 Pfeiffer Vacuum의 PKR251 압력 게이지와 TPG261 컨트롤러를 사용하였다. 알파 입자 검출을 위하여 Ortec 사의 ULTRA 실리콘 검출기를 사용하였으며 PreAmp, Amp, Discriminator를 포함하는 A-PAD 모듈과 ASPEC-927 MCB를 사용하여 데이터를 수집하였다.

## 결과 및 고찰

라돈 절대 측정기의 온도와 압력을 모니터링한 결과 라돈 챔버는  $10^{-4}$  torr 이하의 압력을 유지하고 니켈 막대는 90K의 표면 온도를 유지하였다

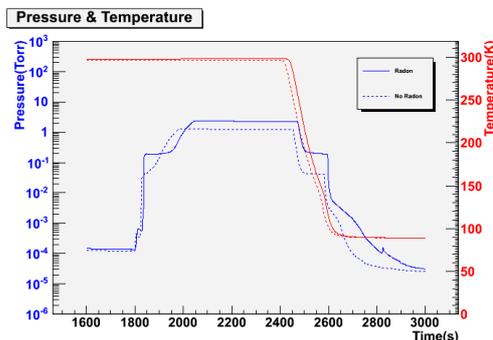


그림 3. 라돈 챔버의 압력과 온도 분포

하지만 측정 시간동안 챔버의 내벽으로부터 나오는 입자들로 인하여 챔버 내의 압력이 계속 증가하여 에너지

스펙트럼이 시간이 지남에 따라 에너지가 낮은 쪽으로 치우침을 확인하였다. 이것은 라돈의 자핵종인 Po-218의 스펙트럼과의 구별을 어렵게 만들어 라돈에 의한 알파 입자의 계수에 영향을 주게 된다.

다음 사진은 흡착된 라돈의 반경을 결정하기 위하여 앞의 경우와 비슷한 조건하에서 측정한 라돈의 분포이다. 300dpi의 해상도로 스캐닝 하였는데 경계 부분이 흐릿할 뿐만 아니라 흡착된 라돈의 분포가 일정하지도 않다.

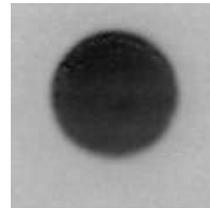


그림 4. 흡착된 라돈

현재 붙어있는 라돈의 양과 흡착된 라돈의 사이즈 결정을 위한 정량화 작업 및 라돈의 자핵종인 Po-218의 스펙트럼으로부터 라돈 스펙트럼을 분리하기 위한 작업을 진행하며 입체각을 보다 정밀하게 결정할 수 있는 방법에 대하여 연구하고 있다.

## 결론

라돈의 표준화를 위하여 입체각 계수법을 이용한 라돈 절대 측정기를 제작하여 현재 그 특성평가를 수행하고 있다. 이 시스템은 라돈 흡착을 위하여 액체 질소를 이용하여 니켈 막대를 냉각하고 있지만 극저온 냉동기를 이용하여 니켈 막대의 온도를 컨트롤 할 수 있으면 정밀한 라돈 방사능 측정이 가능할 것이다.

## 참고 문헌

- 1) Picolo, J.L. *Absolute measurement of radon 222 activity*. NIM. A 369, 452-457(1996).
- 2) Dersch, R. *Primary and secondary measurements of 222Rn*. App. Rad. and Iso. 60, 387-390(2004).
- 3) Spring, P. et al. *Absolute activity measurement of radon gas at IRA-METAS*. NIM A 568, 752-759(2006).
- 4) M.L. Curtis et al., *Absolute alpha counting*, Nucl. 13(5), 38(1955)