

능동형 라돈측정기와 액체섬광계수기를 이용한 지하수중 라돈분석법 비교

양민주 · 윤석원 · 채정석 · 김용재* · 장병욱 · 허동혜 · 윤주용
한국원자력안전기술원
E-mail:sl142ymj@kins.re.kr

중심어 (keyword) : 지하수, 라돈, 능동형 라돈측정기, 액체섬광계수기,

서론

라돈(^{222}Rn)은 우라늄(^{238}U)계열 중 라듐(^{226}Ra)의 딸 핵종으로써 기체 상태로 존재하며 흡연 다음으로 중요한 폐암발생 원인 물질로 알려져 있다. 실내라돈 유입의 원인은 일차적으로 토양 공기 중 라돈의 확산에 의한 것이나, 가정에서 사용하는 지하수와 실내로 연결된 지하수 배관은 실내 라돈 농도를 높이는 중요한 유입 경로 중의 하나로 간주된다. 이러한 이유로 미국 EPA는 지하수중 라돈 농도에 제안치를 148 Bq/L로 규정하고 있다.

지하수중 라돈을 측정하는 방법에는 지하수중 라돈에서 방출되는 알파선을 직접 측정하는 액체섬광계수기법, 지하수에 기포를 발생시켜 방출되는 라돈 가스를 능동형 라돈측정기(RAD7)로 측정하는 방법 등이 사용되고 있다. 액체섬광계수기를 이용하는 방법은 적은 양의 시료와 간편한 전처리 절차로 동시에 많은 시료를 측정할 수 있는 장점이 있으나 고가의 장비가 필요하고, 현장에서 바로 지하수중 라돈을 측정할 수 없다는 단점이 있다. RAD7과 RAD AQUA와 같은 지하수용 부가적인 측정 장비는 상대적으로 장비가격이 저렴하며 현장에서 지하수중의 라돈을 바로 측정할 수 있는 장점이 있는 반면, 동시에 여러 개의 시료를 분석할 수 없으며, 많은 양의 시료가 필요한 단점이 있다.

본 연구에서는 동일한 지하수 시료에 대하여 RAD7을 이용한 지하수중 라돈 분석법과 액체섬광계수기(LSC)를 이용한 지하수중 라돈 측정방법을 상호 비교하였다.

분석 방법

RAD7을 이용한 지하수 중 라돈 분석은 미국 DurrIDGE사의 RAD AQUA (Pass-through)에 지하수를 3 시간 이상 통과시켜 발생하는 라돈의 딸핵종을 연속적으로 측정하였다 [3]. 또한, 지하수 200 ml를 채취하여 밀폐된 용기에 지하수

시료를 넣은 Closed-loop mode을 이용한 측정법도 동시에 검토하였다.

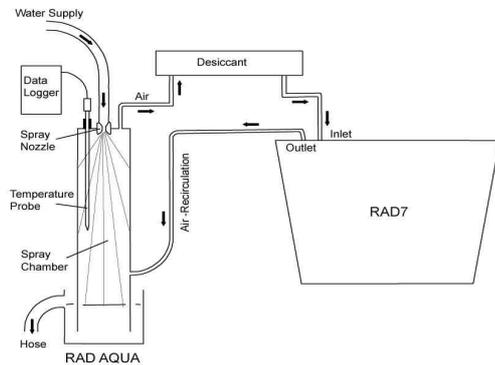


그림 1. Pass-through와 RAD7을 이용한 라돈측정 모식도

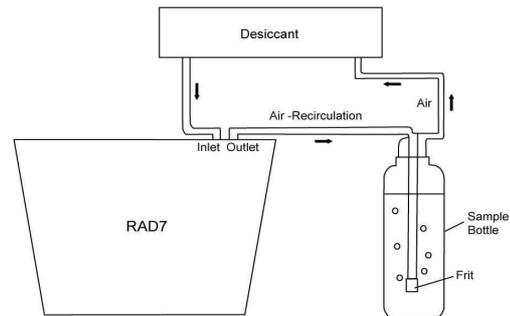


그림 2. Closed-loop와 RAD7을 이용한 라돈측정 모식도

액체섬광계수기(Quantulus 1220)를 이용한 지하수중 라돈 분석은 Optiphase Hisafe III cocktail 12 ml을 담은 Teflon LSC vial에 현장에서 바로 채취한 지하수 8 ml를 직접 섞은 후 실험실에서 3 시간 방치시켜 라돈의 딸핵종간에 방사평형이 이루어진 이후 계측하였다.

결과 및 고찰

RAD7을 이용한 Pass-through mode와 Closed-loop

mode의 지하수중 라돈 측정값은 지하수와 공기중의 라돈 농도 분배계수를 이용하여 Weigel's equation으로 계산하였으며[4], Pass-through의 계산값을 액체섬광계수기 법과 비교한 결과, -11.6%에서 10.0% 범위에서 일치하였다(그림 3(1)).

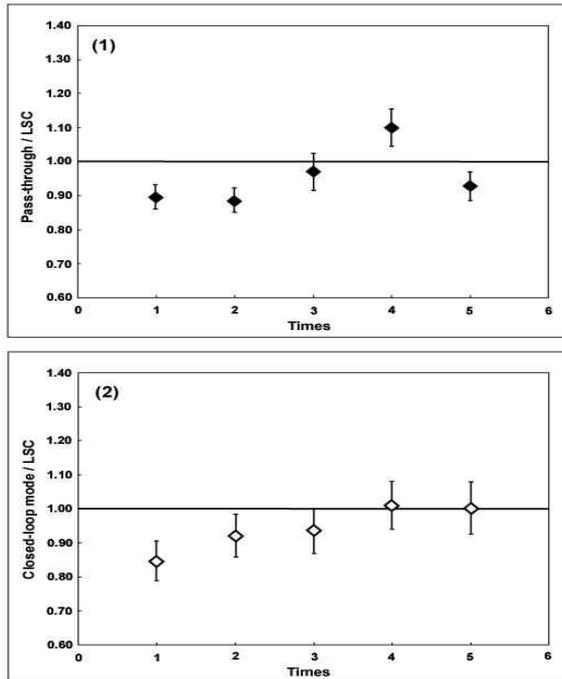


그림 3. (1) Pass-through와 LSC, (2) Closed-loop와 LSC의 지하수중 라돈 측정값의 상관관계

Pass-through은 지하수 관을 직접 연결하여 연속적으로 지하수를 흘려주면서 라돈을 측정하므로, 지하수 채취나 측정 과정에서 라돈이 측정 시스템 외부로 탈출할 가능성이 적어 매우 안정적인 측정이 가능할 것으로 판단된다. 그러나 지하수중 라돈과 RAD7 검출부 내부 공기 중 라돈간의 평형에 도달하는데 걸리는 시간이 130분 이상이므로 분석을 위해서는 상당히 많은 양의 지하수를 필요로 하게 된다(그림 4).

Closed-loop mode를 이용한 지하수중 라돈 농도 측정 결과를 액체섬광계수기의 측정값과 비교하였을 때, -15.6%에서 0.2%의 범위로 일치하였다(그림 3(2)). Closed-loop mode를 이용하여 지하수중 라돈을 측정할 경우는 지하수 200 ml를 채취하므로 Pass-through보다 적은 양으로 측정할 수 있고, 측정 장치 내부의 지하수중 라돈과 RAD7 검출부 내부의 공기 중 라돈간의 평형이 20분 이내로 빨리 도달하므로 현장에서 간편하게 1 시간 이내로 지하수중 라돈의 측정이 가능하다(그림 4).

Pass-through을 이용한 측정법의 검출하한치는 0.037 Bq/L이며 LSC의 평균 검출하한치는 0.35 Bq/L이었다. Closed-loop mode와 RAD7의 검출하한치는 20분 측정시 0.37 Bq/L으로 평가되었다.

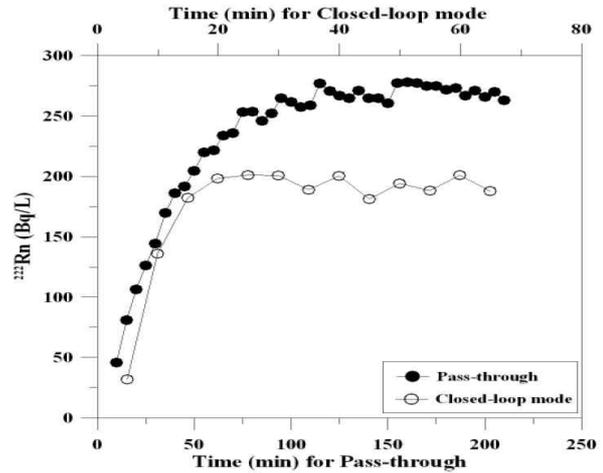


그림 4. 시간에 따른 Pass-through와 Closed-loop의 지하수중 라돈 측정값의 변화

결론

Pass-through(RAD AQUA)을 이용한 지하수중 라돈 측정의 검출하한치가 가장 좋으며, 매우 정밀하게 지하수중 라돈을 측정할 수 있으나, 많은 시료 양이 요구되고 상당히 긴 측정시간이 필요하다. Closed-loop mode를 이용한 측정법은 현장에서 1 시간 이내에 간편하게 지하수중 라돈 농도를 측정할 수 있으나 시료채취 시 많은 주의를 필요로 한다.

지하수내의 라돈 농도의 분석은 그 목적에 따라 다양한 분석방법의 활용이 가능할 것이다. 전국라돈조사의 경우에는 LSC를 사용한 방법이 보다 효율적일 것이고, 라돈 유의 지역(Radon-prone area)과 같은 고농도 지역의 가옥이나 건물에서의 정확한 유입원 규명을 위한 정밀조사에는 RAD7과 지하수용 부속장비를 이용한 현장 조사 방법이 보다 유용할 것이다.

사사

본 연구는 교육과학기술부 원자력기술개발사업 "생활환경중의 방사선 영향평가"의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. C. K. Kim and C. S. Kim, J. Korean Asso. Radiat. Prot. (1995). 103-115
2. J. M. Lee and G. B. Kim, J. Env. Rad. 89 (2006) 219-228.
3. RadAqua, Durridge Co. 2001.
4. Weigel, V.F., Radon. Chemiker Zeitung 102, 287 (1978)