

BA2) 지하수로부터의 라돈 실내오염 평가

Assessment of Indoor Radon Pollution from Underground Water

유동한 · 김상준
한국원자력연구소

1. 서론

라돈(Rn-222)은 우라늄(U-238) 방사능계열의 원소로서 라듐(Ra-226)의 붕괴시 자연생성되는 가스상 물질이다. 화학적으로는 불활성이며 무색, 무취의 특성을 가지고 있다. 공기보다 8~9배 무겁기 때문에 지표면 가깝게 존재하므로 인체노출이 쉬운 물질로 알려져 있다. 라돈은 최근까지도 온천 등지에서 건강에 매우 좋은 원소로 알려져 왔으나 사실은 기준치 이상의 라돈을 마시거나 호흡했을 경우, 치명적인 폐암을 유발시킨다는 것이 밝혀졌다(Doull *et al*, 1999)

일반적으로 현재 도시인들은 하루생활 중 보통 80% 이상을 실내에서 생활하고 있으며 특히 가정주부들이나 노약자들은 거의 90% 이상을 실내에서 생활하고 있는 것으로 보고되었다. 따라서 실내공기오염이 인체에 미치는 영향은 매우 큰 것으로 조사·보고되고 있다. 많은 천연자원들이 라듐 및 라돈가스를 함유하고 있으며 특히 라돈은 토양과 건축자재, 지하수 등에서 방출되는 것으로 알려져 있다. 주택에서의 라돈오염은 우라늄을 함유한 암석질 토양에 위치한 주택, 천연석고보드 등 라돈함유량이 높은 건축자재를 사용하는 태양열 주택 등이 문제가 될 수 있으며 이러한 주택에서의 실내라돈농도는 저환기량 주택일수록 높아지게 된다. 또한 최근에는 지하수를 음용수 또는 생활용수로 사용하는 주택의 비율이 늘면서 지하수속에 존재하는 라돈이 실내에서 휘발되어 주요한 인체노출경로가 되고 있다(McKone, 1987).

2. 연구 방법

물에 존재하는 라돈에 의한 인체노출은 직접섭취에 의한 것보다, 샤워, 목욕, 화장실, 설거지, 기계의 세척 그리고 요리과정에서 공기로 확산하는 휘발성라돈의 흡입이 중요한 역할을 한다고 알려져 있다. 따라서 본 연구는 지하수를 음용수 또는 생활용수로 사용하는 주택의 실내오염을 평가하는 데 초점을 두고 있다. 우선 지하수는 대전지역을 대상으로 하였으며 지하수의 라돈농도는 기 측정된 결과를 사용하였다.(한정희 · 박계현, 1996) 실내의 라돈농도를 모의하기 위해 국내 31평 표준형 아파트모형을 바탕으로 하여 실내를 3-compartments (샤워/목욕실, 화장실 그리고 그 밖의 집안)로 나누어 각 compartment에서의 부분에서의 라돈의 인체노출량을 계산하였다. 인체노출 시나리오는 크게 하루를 기준으로 기본적인 base case와 노출이 심한 worst case로 나누어 평가하였다. 각 시나리오에서는 아침 또는 저녁으로 샤워 및 화장실을 사용하는 경우를 각각 고려하였다. 마지막으로 피폭량에 영향을 주는 주요 파라미터를 찾아 라돈의 흡입을 감소할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 하루 중 실내 라돈농도의 변화를 보여주고 있다. 아침 7시에 기상해서 샤워와 화장실을 이용할 경우, 오전 9시 20분에 최고실내 라돈농도는 23.3 pCi/L에 달하는 것을 보였으며 샤워, 화장실, 그 밖의 집안의 순서로 라돈농도가 높음을 알 수 있다. 그림 2-(a)는 아침에 샤워와 화장실을 이용한 경우와 밤에 이용한 경우를 비교하여 인체에 흡입축적되는 라돈의 양을 보여주고 있다. 아침에 샤워와 화장실을 이용한 후에는 바로 출근을 하기 때문에 인체노출이 밤에 이용한 경우보다 적게 되는 것을 보여주고 있다. 그림 2-(b)는 worst case인데 남자의 경우 하루 종일 집에 있을 경우 아침에 샤워를 한 경우 도리어 저녁보다 증가한 것으로 나타났다. Worst case는 base case보다 피폭량이 약 4.7배 높은 것으로 나타났다. 또한 base case에서 아침에 샤워할 경우 '샤워'가 피폭에 대한 공헌도가 44.5%인 반면 저녁에는 58.4%로 '그 밖의 집안'의 영향이 큰 것으로 나타났다. 모델인자의 민감도를 분석한 결과, 현 모델에서는 흡입된 라돈이 신체에 쌓이는 비율과 라돈의 물에서 공기로의 전달효율, 샤워에 쓰이는 물의 양, 샤워시간, '그 밖의 집안'에 공기가 머무는 시간 그리고 집의 부피가 인체노출량평가에 영향을 주는 주

요인자로 나타났다. 따라서 적절한 샤워 시간대, 샤워 시간을 정하고 취침전 라돈의 방출을 미연에 방지함으로써 실내에 존재하는 라돈의 인체노출을 감소시킬 수 있으리라 판단된다.

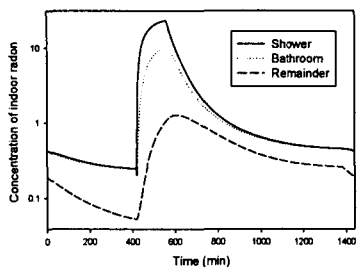


Fig. 1. Estimated 24-h concentration of radon in household compartments.

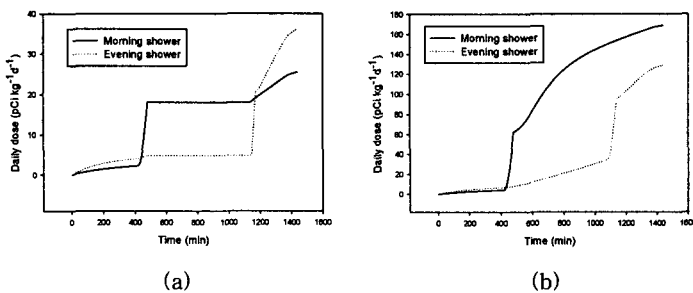


Fig. 2. Estimated 24-h total amount of radon accumulated in human body.

참 고 문 헌

- 한정희 · 박계현 (1996) 대전지역 지하수에 함유된 우라늄 및 라돈의 함량, *Econ. Environ. Geol.*, Vol.29, 589
- Doull, J. *et al.* (1999) Risk Assessment of Radon in Drinking Water, *National Academy Press*
- McKone, T.E. (1987) Human Exposure to Volatile Organic Compounds in Household Tap Water, *Environ. Sci. Technol.*, Vol.21, 1194