

환기율에 따른 교사 내 실내 라돈 농도 변화 특성 및 유효선량평가 - 라돈 고농도 학교에 대한 정밀표본조사 결과 -

장병욱^{1,2*} · 김용재^{1,2} · 정승영^{1,2} · 송명헌¹ · 김근호² · 조건우^{1,2}

한국원자력안전기술원¹ · 과학기술연합대학원대학교²
E-mail : hafadai@kins.re.kr

중심어 : 실내라돈, 유효선량평가, 저감조치

서론

2009년 환경부와 한국원자력안전기술원이 수행한 “전국라돈실태조사” 결과 전국 660개 초등학교 중 13.5%인 89개 학교에서 다중시설에서의 실내라돈 권고치인 148 Bq/m³를 초과하여 많은 논란을 일으킨 바 있다[1]. 이 결과는 어린학생들의 라돈 피폭이라는 측면에서 학부모들의 많은 우려를 불러일으키게 되었고 언론의 주요 이슈가 되었다. 그러나, 교사 내 라돈 농도는 주로 학생들 방과 후 야간에 급격하게 증가하기 때문에 평균 라돈 농도만으로는 학교 시설 개선 등의 조치 필요 여부를 판단하는데 문제점이 있다. 이 연구는 교육과학기술부 학생건강안전과의 요청에 따라 수행된 전국 103개 학교에 대한 정밀표본조사 결과로써 학생이나 교직원이 학교에 머무는 시간대에서의 피폭을 보다 정확하게 평가하여 시설 개선 등 우선적으로 조치가 필요한 학교를 선정하기 위한 목적으로 수행되었다.

표본조사 대상 학교 선정 및 조사 방법

조사 대상 학교는 과거 실내 라돈 조사 결과(교과부 자체조사결과 포함) 높은 농도를 보였던 초중고교를 대상으로 총 105개교를 선정하였으며 이중 통합 2개교, 폐교 1개교를 제외한 102개 학교와 추가 조사 요청이 있었던 1개 학교를 포함 총 103개 학교에 대해 진행하였다(그림 1). 조사 기간은 2010년 2학기(8월 - 11월)동안 진행되었으며 총 12대의 능동형 검출기(RAD7, Durridge co., USA; RTM2200, SARAD co., Germany; and, Alpha Guard, Genitron Instruments GmbH., Germany)를 이용하여 학교별 1주일간 연속측정을 수

행하였다. 연속 측정결과와의 비교를 위하여 동일 공간에 알파비적 검출기(Raduet[®], Radosys co., Hungary)를 설치하여 전체 조사기간인 3개월간 동안의 평균 농도와 연속측정이 이루어졌던 일주일간의 평균 농도를 각각 측정하였다. 회수한 검출기는 화학적 에칭을 거친 후 자동비적판독 시스템(RSV-6, Radosys Co., Hungary)을 이용하여 측정하였다.

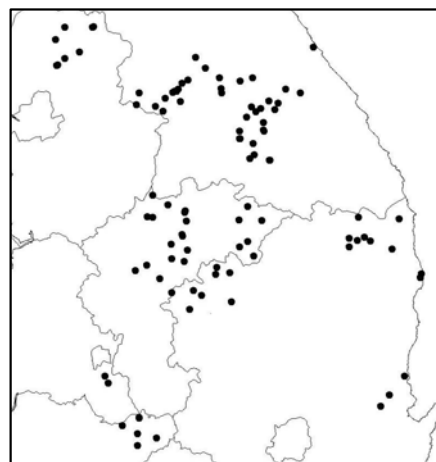


그림 1 103개 조사대상 학교위치도

교사 내 라돈의 주요 유입원은 건물 하부이며 주변의 토양이나 암석으로부터 기인하고 건축자재 등에 의한 영향은 상대적으로 적다. 학교별로 측정된 연속 측정 결과, 주간 및 야간의 농도 변화 패턴은 서로 상당한 차이를 보인다(그림 2). 이 차이는 해당학교의 건물특성, 시설 노후 정도, 환기 습관 및 실내의 온도 차이에 따라 다르다. 일주일간 측정된 농도 변화 추이를 근거로 계산된 환산인자(근무시간대 가중치)를 학교별로 각각 산출하고, 학교와 교무실에서 측정된 알파비적 검출기에 의한 3개월간의 평균농도를 바탕으로 조사기간 동안의 교사와 학생에 대한 유효선량을

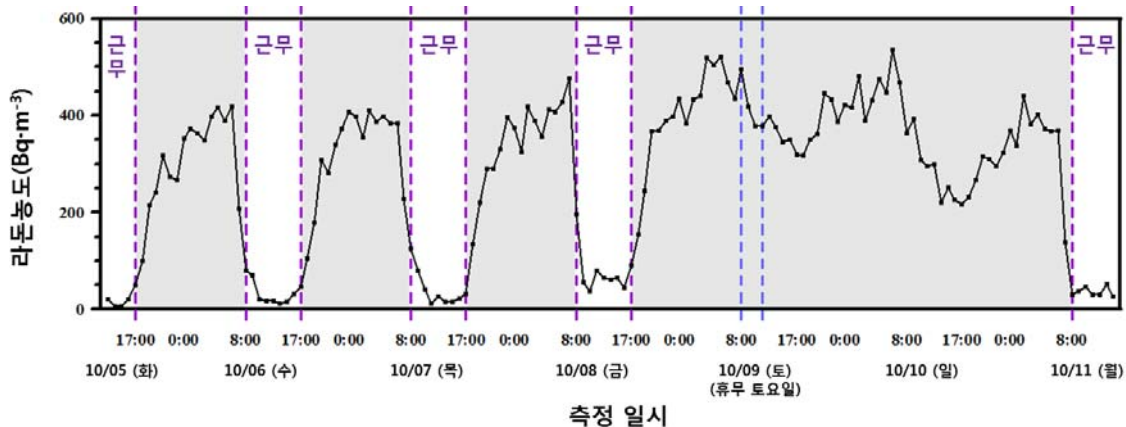


그림 2 약 일주일간의 라돈 농도 변화 사례 (경상북도 문경시 가은초등학교 희양분교장의 예)

각각 평가하였다. 평가는 UNSCEAR REPORT 2000에서 제시한 유효선량평가 모델[2]을 사용하였다. 가을과 겨울이 라돈농도가 높아지는 시기이기 때문에 연간 유효선량을 평가하지 않고 조사기간 3개월 동안의 유효선량만을 평가하였다. 선량환산계수는 2009년 국제방사선방호위원회(ICRP)에서 상향하여 제시한 바 있는 $1.2 \text{ nSv} \cdot (\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h})^{-1}$ 를 사용하였다[3].

조사 결과

조사기간 동안 교사 내 거주 시간대의 라돈 흡입에 의한 유효선량은 일부학교를 제외하고는 유의할만한 수준은 아닌 것으로 평가되었다(표 1, 표 2). 대상학교 대부분이 단순한 환기습관 개선만으로도 조치가 가능한 수준이었다. 그러나, 일부 학교의 경우 단순한 환기습관 개선 만으로는 저감이 어려워 조치가 필요한 것으로 판단된다.

표 1 지역별 평균 실내라돈 농도 범위 (2010년 2학기)

지역(학교수)	실내라돈 농도 범위 ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$)		
	3개월 평균 (Raduet)	연속측정결과 전체평균	근무시간대 평균
강원(43)	26~1,130	42~2,000	30~1,060
충북(23)	30~2,650	38~7,210	15~4,490
경북(20)	55~1,390	63~2,210	11~1,210
경기(8)	58~438	39~699	36~423
전북(6)	59~955	55~2,100	22~1,160
충남,대전(3)	46~131	52~248	23~139

최근 수행된 국내 예비역학조사[4]와 유사한 결과를 보이는 미국(BEIR VI)과 영국(European Pooling Study)의 역학연구결과[5]와 국내 라돈에 의한 연간유효선량 평균값(1.35 mSv)[6]에 근거하여 저감 조치가 고려가 필요한 22개의 학교를 최종 선정하였으며 이 학교들 중 근무시간대의 라

돈 농도와 이를 근거한 유효선량평가결과를 바탕으로 저감 조치가 시급한 14개 학교를 우선 선정하였다.

표 2 근무시간대 유효선량평가 결과 (2010년 2학기)

지역(학교수)	근무시간대 유효선량평가결과	
	교사 (평균)	학생 (평균)
강원(43)	0.10~2.15 (0.53)	0.06~1.50 (0.42)
충북(23)	0.06~5.81 (0.55)	0.05~4.51 (0.42)
경북(20)	0.04~2.77 (0.35)	0.03~3.04 (0.41)
경기(8)	0.18~1.31 (0.59)	0.13~0.47 (0.24)
전북(6)	0.19~1.89 (0.71)	0.18~1.40 (0.59)
충남,대전(3)	0.07~0.31 (0.16)	0.10~0.27 (0.18)

결론

가옥과 달리 학교와 같은 공공 건물의 경우, 사람이 상주하지 않는 야간에 급격하게 라돈 농도가 증가하기 때문에 수동형 검출기를 이용한 평균 농도만을 기준으로 저감 조치의 필요 여부를 판단하는 것은 적절치 않으며, 연속측정기를 이용한 일주일 이상의 정밀 조사와 보다 체계적인 유효선량평가를 수행하는 것이 중요하다. 향후, 학교 교사 내 라돈에 대해서는 보다 과학적이고 합리적인 관리 체계 구축이 필요할 것으로 보인다.

참고 문헌

1. 환경부, 전국실내라돈 실태조사, (2009)
2. UNSCEAR, Exposures from natural radiation sources (2000)
3. ICRP, Statement on Radon (2009)
4. 하미나 외, 거주지역의 라돈가스 노출 수준과 폐암에 관한 지리상관성 연구, (2011)
5. WHO, Handbook on Indoor Radon. (2009)
6. KINS, 국민방사선위해도평가 (2007)