국내 고층 건물에서의 실내 라돈 농도 모니터링

정성필[1)]* · 전효택[1)] · 제현국[2)]

1. 서론

라돈은 2004년 5월 30일부터 다중이용시설 등의 실내공기질관리법에 의해 관리되는 10개의 오염 물질 중의 하나로 지정되었으며 실내공기질관리법에 규정되어 있는 실내 라돈의 권고 기준은 4 pCi/L로 미국 환경청(US EPA)의 기준과 동일하다. 라돈이 인체로 흡입되면 폐 안으로 이동하게 되는데 라돈은 반감기가 3.82일로 짧아 폐 안에서 방사성 붕괴를 하게 된다. 이때 발생한 α-방사능에 의해 폐암이 발생하는 것으로 알려져 있으며 US EPA(1992)의 조사 결과에 따르면 라돈은 담배 다음으로 폐암 발병율이 높은 물질로 밝혀졌다. 실내 공기에 분산되어 있는 라돈의 대부분은 건물 벽이나 지하의 균열이나 공극을 통해서 토양 가스에 포함되어 있던 라돈이 이동되어 온 것으로 알려져 있으며(Wilkening, 1990), 건축 자재나 지하수, 천연가스 등에서 발생된 라돈이 일부 포함되어 있는 것으로 보고되고 있다(주승환·제원목, 1995).

라돈은 최근 새집증후군을 일으키는 물질로 언론에 공개되면서 거주지에서의 라돈 오염 문제에 대한 관심이 증가하고 있다. 국내 인구의 89%는 도시에 거주하며, 시민의 대부분은 아파트나 연립 주택과 같은 고층 건물에서 생활하고 있다(건설교통부 홈페이지). 하지만 국내의 라돈 연구는 대부분 지질기원과 관련된 라돈 오염 문제나 지하구조물 내부에서의 라돈 오염 문제에 대해 중점적으로 수행되어 왔기 때문에 실내 라돈 농도에 대한 분석 자료가 부족한 실정이며 특히 토양 가스가 이동할 수 없는 고층 거주지에 대해서는 라돈 오염 문제에 대해서는 간과되어 온 것이 사실이다. 따라서 이 연구는 고층 건물에서 실내 라돈 농도 모니터링을 수행하여 고층 건물에서 발생하는 라돈의 농도 범위를 파악하고 분석 자료를 축적하며, 라돈의 발생원을 찾기 위한 기본 자료를 확보하기 위하여 수행되었다.

2. 실험 방법

대기 중 라돈 농도를 측정하는 방법은 라돈 농도 측정 과정에서 에너지의 필요 여부에 따라 에너지가 필요한 능동형 측정 방법과 에너지가 필요하지 않는 수동형 측정 방법으로 나눌 수 있다. 이 연구에서는 능동형 측정 방법으로 미국 Durridge Company의 RAD7이라는 기기를 사용하였다. RAD7 자체 펌프의 압력을 이용하여 실내 공기가 측정기기 내부의 셀로 이동되면 셀 내부에서 발생하는 방사능량이 라돈 농도로 환산된다. 이 연구에서는 RAD7의 sniff라는 연속측정 프로토콜을 이용하여 2시간 동안 측정된 전체 방사능량을 평균하여 하나의 실내 라돈 농도로 저장되도록 하였다. 수동형 측정 방법은 국내에서 시판되고 있는 수동형 라돈 검출기인 (주)알엔테크의 알파 트랙을 사용하였다. 1~3개월 동안 알파 트랙을 라돈 농도 측정이 필요한 곳에 설치해 두면 라돈 방사능이 일으키는 알파방사능이 알파트랙 내부의 비적필름에 남긴 궤적을 추적하여 라돈 농도를 측정하게 된다.

주요어 : 실내 라돈, 건축 자재, 수동형/능동형 측정 방법

1) 서울대학교 에너지시스템공학부
2) 삼두주식회사

3. 연구 대상 지역

실내 라돈 문제의 연구 지역으로 A, B, C의 세 지역이 선정되었으며 각 연구지역의 특성은 다음과 같다. A는 지하 1층, 지상 2층의 주택으로 콘크리트와 목재가 주 건축 자재이며 건축된지 20년 이상 된 건물로 1층과 2층이 건물 내부에서 계단으로 연결되어 있으며 1층이 다른 주택에 비해 높게 설계되어 있었다. 각 층마다 4개의 수동형 라돈 측정기기를 설치하였으며 지하실의 라돈 농도가 높을 것으로 예상하여 대표성을 확보하기 위해 지하실에는 추가로 4개의 수동형 측정기기를 설치하였다. 2006년 5월 4일에서 8월 3일까지 3개월간 수동형 측정기기를 설치하여 실내 라돈 농도를 측정하였다.

B는 원룸으로 최근에 도시에서 많이 건축되고 있는 주거 형태의 하나이며 1층은 주차장으로 사용되고 있으며 2층부터 4층까지 층마다 방이 9개씩 있는 연립주택 형태의 건물이다. 2006년 4월에 새로 지은 건물로 콘크리트와 대리석이 주 건축 자재이다. 라돈 농도 모니터링은 3층의 한 방에서 수행되었으며 1기의 능동형 측정기기와 30개의 수동형 측정기기가 설치 및 운용되었다. 능동형 측정기기는 방바닥에서부터 30cm 위에서 실내 공기를 흡입하여 라돈 농도를 측정할 수 있도록 설치하였으며 수동형 측정기기는 방에서 여러 위치(철망 위(12개), 책장 위(6개), 옷장 안(6개), 방바닥(6개))에 분산 설치하였다(Fig. 1). 능동형 측정기기인 RAD7을 이용한 실내 라돈 농도의 모니터링 과정에서 기기 내부로 공기를 흡입하기 위한 펌프의 가동으로 지속적인 소음이 발생하기 때문에 능동형 측정기기는 소음에 따른 양해를 구할 수 있는 B에만 설치되었다. 능동형 측정 방법을 이용한 실내 라돈 농도 모니터링 기간은 2006년 5월 3일부터 7월 26일까지의 약 3개월간이었으며 수동형 측정 방법을 이용한 실내 라돈 농도 측정 기간은 2006년 5월 3일부터 8월 3일까지의 3개월간이었다.

C는 건축 된지 15년이 지난 15층 아파트로 11층에서 10개의 수동형 측정기기를 설치하여 2006년 6월 23일부터 2006년 10월 15일까지 3개월간 실내 라돈 농도를 측정하였다.

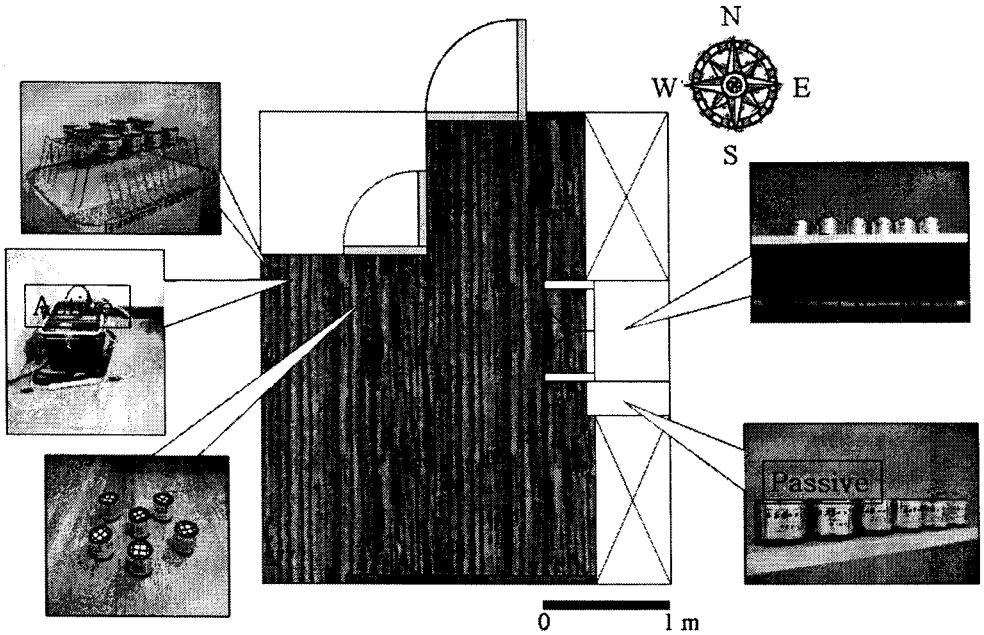

Fig. 1. Active and passive measurement of radon concentration at a single-room-style building.

3. 결론

A, B, C의 세 연구 지역에서 실내 라돈 농도를 측정한 결과를 표로 나타내면 다음과 같다 (Table 1.). 수동형 측정 방법으로 실내 라돈 농도를 측정한 경우 A와 C에 비해 B의 평균 실내 라돈 농도가 1.2 pCi/L 이상 높았으며, B에서는 다중이용시설 등의 실내공기질관리법의 라돈 권고 기준인 4 pCi/L를 초과하는 라돈 농도가 검출되었다. B의 실내 라돈 농도 측정 결과에서 수동형 측정 방법으로 측정하였을 때가 능동형 측정 방법으로 측정하였을 때 보다 1.6배 정도 높은 실내 라돈 농도 함량을 보였다. 일반적으로 실내 라돈의 근원은 토양가스가 그 주원인으로 알려져 왔으나 토양가스의 유입이 어려운 3층 신축 건물에서 실내 라돈 농도가 높게 나타났으며 11층 아파트에서도 미국 실내 라돈 농도의 평균인 1.3 pCi/L를 초과하는 실내 라돈 농도가 나타나는 것으로 보아 토양 가스뿐만 아니라 건축 자재에서도 많은 량의 라돈이 발생하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 능동형 측정기기의 연속 측정 방법인 sniff 프로토콜을 이용하여 실내로 라돈이 유입되는 위치 및 그 농도 범위를 파악하는 추가적인 연구가 필요하며 건축 자재에서 발생하고 있는 라돈의 량을 정량화 할 수 있는 측정 방법으로 B를 대상으로 사용된 건축 자재에 대한 라돈 발산율 평가가 추가로 이루어져야 할 것이다.

Table 1. Measured indoor radon concentrations(pCi/L).

Study area	A	B		C
Method	Passive	Passive	Active	Passive
Range	0.6-2.1	1.9-4.1	0.1-3.7	1.3-2.1
Average	1.3	2.9	1.8	1.7

4. 참고문헌

건설교통부 홈페이지(http://www.moct.go.kr)

주승환·제원목, 1995, 라돈 방사능과 생활환경, 계축문화사, 288p.

US EPA, 1992, A citizen's guide to radon; ANR-464, 4022-K-92-001. 16p.

Wilkening, M., 1990, Radon in the environment, Elsevier, 137p.