

서울대학교 관악캠퍼스 지역에서의 실내 라돈농도 분포

제현국* · 강치구* · 전효택**

Indoor Radon Levels in the Room of Kwanak Campus, Seoul National University

Hyun-Kuk Je*, Chigu Kang* and Hyo-Taek Chon**

ABSTRACT : The results of radon (^{222}Rn) concentrations and working levels (WL) for forty rooms in Kwanak Campus, Seoul National University on granite bedrock of Jurassic age showed that radon concentration have mean value of 3.0 pCi/L and 0.011 for working level. A number of rooms where these values exceed the EPA's action level are five (13%). It was also suggested that indoor basement rooms in poor ventilation condition can be classified as extremely high radon risk zone having more than 4 pCi/L and 0.020 WL. It was proved that inflow of soil-gas was a primary factor that governs indoor radon level by comparison of soil-gas radon concentrations with indoor radon concentrations.

서 론

에너지 효율을 높이기 위한 건물의 밀폐화로 대기오염 물질의 실내농집화 가능성과 현대인들의 대다수가 실내에서 하루 24시간 중 80%를 생활한다는 점에서 실내환경 오염은 매우 중요한 문제가 아닐 수 없다. 실내환경에서의 대기 내 오염물질에는 분진, 담배연기, 라돈 (^{222}Rn), 석면, 미생물성 물질, 휘발성 유기화합물 등이 있으며 주로 인간의 호흡에 의해 체내로 흡입되어 폐암 및 폐질환을 야기시킨다. 이 중 라돈 (^{222}Rn)은 우라늄 (^{238}U) 방사능계열에서 라듐 (^{226}Ra)의 방사능붕괴로 생기는 가스상 물질로 무색, 무취의 특성을 가지고 있으며 화학적으로는 불활성이어서 이동도가 크고, 공기보다 무겁기 때문에 지표에 가깝게 존재하므로 인간에게 쉽게 흡입될 가능성이 크다 (Wilkening, 1990). 라돈이 폐암을 유발하는 원인은 호흡에 의해 체내로 유입된 라돈과 라돈후대핵종인 폴로늄 (^{218}Po , ^{214}Po)의 알파붕괴에 의해 발생한 방사선이며 이로 인하여 폐조직이 손상을 입기 때문이다 (EPA,

1992a). 라돈방사능 문제의 심각성은 토양가스, 건축자재, 지하수 등에 의해 라돈이 꾸준히 실내공간으로 유입되어 지구상의 어느 실내공간에서나 분포해 있다는 점에 있다.

국외에서는 1910년대 이후로 라돈에 관한 방사능연구 및 물리화학적 연구가 수행된 이후, 1980년대 중반부터 환경적인 측면에서 실내환경 내 라돈방사능 문제가 대두되었으며 미국을 비롯한 유럽의 선진국들은 국가적 차원의 연구를 시작하여 라돈을 자연방사선 방어대상 물질로 규정해 놓은 상태이다. 미국의 경우, EPA (Environmental Protection Agency)에 의해 '라돈에 관한 시민가이드' (EPA, 1992a)가 간행되어 일반인에게 라돈의 위험성이 적극 홍보되고 있으며 각 주정부에서는 실내 라돈농도의 측정을 의무화하여 주택거래시 라돈보증서를 첨부하는 등 라돈방사능에 대한 규제를 강화하고 있는 실정이다 (EPA, 1992b). 그러나, 라돈방사능의 문제가 심각한 것에도 불구하고 국내에서는 일반인에게 거의 인식되지 않았으며, 정부의 규제조치 역시 미흡한 실정이다. 국내의 경우 라돈방사능에 관한 환경적 측면에서의 종합적이고 체계화된 학술적 연구는 거의 전무한 실정이어서 지질환경과 실내환경에서의 라돈방사능에 대한 기초조사가 시급히 요구되는 시점이다. 이 연구에서는 라돈방사능에 관한 기초연구를 수행하고자 화강암 기반암지역에 위치한 서울대학교 관악캠퍼스를 연구지역으로 설정하여 총 40개의 실내공간에서 라돈농도 및 후대핵종농도를 측정하였고 평형상수를 계산

* 서울대학교 대학원 자원공학과 (Department of Mineral & Petroleum Engineering, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea)

** 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 (School of Civil, Urban, and Geosystem Engineering, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea), E-mail: chon@plaza.snu.ac.kr

하여 전반적인 라돈방사능의 분포 경향을 조사하였다. 또한 실내공간을 환기유무와 건물 내 위치에 따라 분류하여 라돈방사능의 위험도를 평가하였으며, 실내공간 주변 토양에서 라돈농도를 측정하여, 실내라돈농도와 비교를 통해 두 요소간의 상관성을 파악하고자 하였다.

연구 지역

본 연구지역은 행정구역상 서울특별시 관악구 신림동에 위치하는 서울대학교 관악캠퍼스 전역이다. 이 지역의 지질을 살펴보면, 기반암은 주라기 대보화강암으로 암체는 암주상을 이루며 북동 방향으로 향한 타원형에 유사한 분포상을 보이며 화강암의 절리면들은 주로 일차적 장력 절리로서 남동과 북동의 경사면을 가진 것이 우세하게 나타나며 흑운모 호상편마암을 관입하였고 주로 흑운모 화강암으로 구성되어 있으며 조암광물은 흑운모, 석영, 장석류 등으로 전형적인 화강암에 해당된다 (김남장과 홍승호, 1975).

1997년 2월 14일에 실시한 10개의 지점에 대한 토양가스 내 라돈농도 측정결과, 598-3,197 pCi/L의 농집범위와 평균 1,581 pCi/L를 나타냈으며, 8월 14일에 측정한 결과, 농집범위는 110-1,426 pCi/L, 평균농도는 822 pCi/L를 나타냈다. Wilson (1987) 및 Reimer (1991)가 제시한 토양가스 환경기준치가 1,350 pCi/L이라는 것과 라돈농도의 계절적 변화양상을 고려하였을 때, 연구지역이 토양 환경 내 잠재적 라돈방사능 위험지대로 분류될 수 있다고 판단되어 실내공간의 라돈농도 측정을 수행하게 되었다.

시료채취 및 분석

관악캠퍼스 지역을 기존에 측정된 토양가스의 지점과 건물의 공간적 위치와 특성을 고려하여 8개의 블록으로 구분하였다 (Fig. 1). 각 블록마다 5개의 실내공간을 임의로 선정하여 총 40개의 실내공간을 대상으로 하였는데, 실내공간에서 측정된 라돈농도 및 라돈후대핵종농도는 2-3회 측정된 값의 평균값으로 대표하였다. 라돈농도의 일변화 및 시변화를 고려하여, 실내측정은 1997년 9월 27일-10월 27일 기간동안에 오후 3시-6시로 제한하였다. 토양가스농도와 실내농도와의 관계를 살펴보기 위해, 각 블록마다 하나의 지점을 선정하여 토양가스 내 라돈농도를 측정하였는데 10월 14일과 10월 27일에 각각 실시하였다.

라돈농도 측정에 사용된 검출기는 RDA-200이며 방사능 붕괴시 생성된 알파입자가 황화아연 (ZnS)으로 내부벽면이 도포된 광전자증폭기 (photomultiplier tube)인 섬광셀 (scintillation cell)에서 측정되는 방식이다 (Durrance,

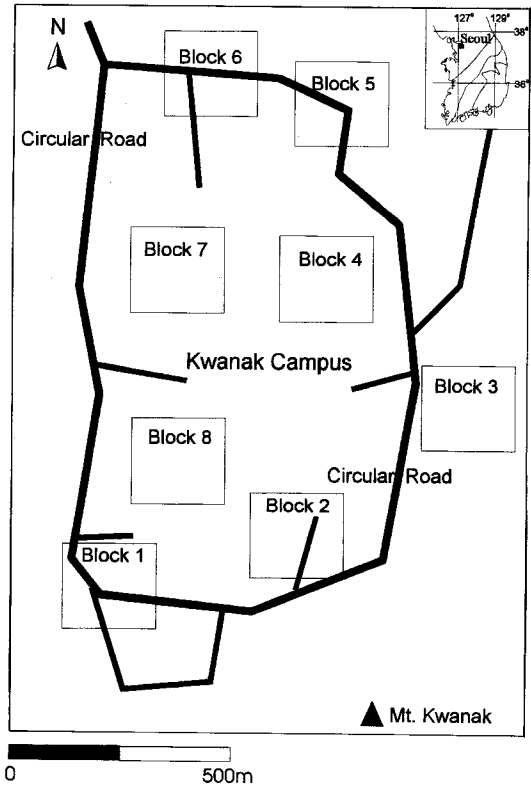


Fig. 1. Sampling map showing eight sampling blocks.

1986). 실내공간에서 공기의 포집 및 라돈농도의 측정은 순간측정방식 (grab sampling method)을 이용하였다. 실내공간의 중앙부에 공기펌프를 1미터 높이에 설치하여 공기를 포집하는 방법으로 분당 4 l의 유량으로 20l 이상의 공기를 포집한 후 측정셀 (cell)을 검출기 (RDA-200)에 넣어 측정하는 방식이다 (SCINTREX, 1994). 공기포집된 측정셀의 배경치 및 counter 효율을 측정하였는데 counter 효율은 값 (cpm; counts per minute)을 알고 있는 표준셀을 이용하여 5분동안의 평균 cpm값을 표준셀의 cpm값으로 나눠서 계산된다 (SCINTREX, 1994). 공기펌프로 공기를 포집한 후 라돈가스가 방사능평형에 도달하기 위해 2-3 시간 정도 경과한 후 검출기에 cell을 넣어 5분간 측정을 하였으며 라돈농도의 계산은 다음과 같다.

$$\text{cpm} = (\text{measured cpm} - \text{background cpm}) \div \text{counter efficiency}$$

$$^{222}\text{Rn} (\text{pCi/L}) = \text{cpm} \div \text{correction factor} (= 2.22 \times 0.28)$$

$$2.22 = \text{factor of } 2.22 \text{ dpm/pCi/L (constant)}$$

$$0.28 = \text{cell efficiency}$$

라돈후대핵종 농도의 측정은 라돈가스의 측정과 동시

에 수행하였으며 필터 (0.80 μm)에 포집된 미세입자 중의 라돈후대핵종의 알파방사능을 측정하는 원리이다. 라돈후대핵종 농도의 측정은 Kusnetz 방법 (SCINTREX, 1994)을 사용하였는데 핀셋을 이용하여 홀더캡에서 분리한 후 밀폐용기에 보관하여 40~90분이 경과한 후 필터를 측정용 tray에 넣어 5분간 측정하는 방식이다. ²⁴¹Am 알파방사능 디스크를 이용하여 tray 효율을 점검하였으며 라돈후대핵종농도인 워킹레벨 (WL; working level)의 계산은 아래와 같다 (SCINTREX, 1994).

$$\text{cpm} = (\text{measured cpm} - \text{background cpm}) \div \text{counter efficiency}$$

$$\text{WL} = \text{cpm} \div (\text{tray efficiency} \times \text{collected air volume} \times \text{Kusnetz factor})$$

Kusnetz factor는 후대핵종들의 농도를 반감기에 따른 붕괴정도와 시간차에 의해 추정된 보정상수로 여기서 시간차는 '시료채취가 끝난 시각에서 측정 시작 후 2분30초가 경과했을 때의 시각과의 차'를 말한다 (SCINTREX, 1994).

토양가스의 채취는 화강암 잔류토양에서 실시하였는데 핸드오거를 이용하여 50 cm 정도 토양을 판 후 속이 빈 강철 probe (길이: 40 cm, 외경: 9 mm, 내경: 4 mm)를 이용하여 토양에 삽입한 후 160 ml의 토양가스를 추출하여 실시하였다. 라돈농도의 계산은 Morse의 3분 측정방법 (Morse, 1976)을 이용하였는데 이는 섬광셀에 토양가스가 흡입된 후 1분씩 3회 측정된 cpm 값을 아래 환산식에 넣어 계산하는 방식이다 (Morse, 1976).

$$^{222}\text{Rn (cpm)} = 0.87 \times C_3 + 0.32 \times C_2 - 0.34 \times C_1$$

$$^{222}\text{Rn (pCi/L)} = ^{222}\text{Rn (cpm)} \times k \times E \times V$$

C_1 = 1st measured cpm (1 min.) - background cpm
 C_2 = 2nd measured cpm (1 min.) - background cpm
 C_3 = 3rd measured cpm (1 min.) - background cpm
 $k = 2.8$ (2.22 dpm/pCi/L + ²¹⁸Po decay correction)
 $E = 0.28$ (cell efficiency)
 $V = 0.163$ l (cell volume)

Morse의 3분 측정방법 (Morse, 1976)은 토양가스에 공존하는 ²²⁰Rn, ²¹⁹Rn의 알파붕괴를 하는 방사능가스들이들의 짧은 반감기를 각각 고려하여 ²²²Rn만의 알파방사능을 계산하는 원리이며 측정이 간편하여 현장에서 가장 유용한 방법으로 생각된다. 각각의 토양가스채취지점에서 라돈농도는 Morse의 3분 측정방법 (Morse, 1976)을 2회 반복한 평균값으로 나타냈으며 매 측정마다 측정셀의 방사능 배경값을 측정하였고 표준셀을 이용하여 측정된 라

돈농도 (cpm)를 오차±10%로 보정하였다.

결과 및 고찰

실내측정결과

관악캠퍼스 실내공간에 대한 측정결과, 라돈농도는 0.8~4.7 pCi/L의 범위에 평균 3.0 pCi/L이며, 후대핵종농도는 0.002~0.027 WL의 범위에 평균 0.011 WL을 나타냈다 (Table 1). 라돈과 후대핵종간의 방사능 평형도를 나타내는 평형상수 (F; equilibrium factor)값의 계산 결과, 0.08~0.82의 범위를 보였으며 평균 0.35를 나타냈다 (Table 1).

전체 40개의 시료 중 EPA 실내환경기준치인 4 pCi/L 이상을 보인 곳은 9개 (23%)이며, 후대핵종 기준치인 0.02 WL 이상을 보인 곳은 6개 (15%)이며, 두 값 모두 EPA 실내환경기준치 이상인 경우는 5개 였다 (13%). 40개 실내공간에 대한 측정결과로 볼 때, 관악캠퍼스 내 다른 실내공간에서도 비교적 높은 라돈농도가 예상되므로 추후 대상범위를 확대하여 정밀조사가 필요하다고 판단된다.

측정을 수행한 40개의 실내공간 중 지하에 위치한 곳은 16개이며, 지상 1층 이상의 곳은 24개로 각각 집단1과 집단2로 분류하였다. 집단1의 라돈농도의 평균값은 3.6 pCi/L으로 집단2의 라돈농도 평균값 2.5 pCi/L와는 t-test 결과 유의한 차이를 나타냈다 (P<0.05) (Table 2). 또한 집단1의 실내공간 중 7개 (44%)에서 4 pCi/L 이상의 값을 보였으며 이 중 WL값이 0.02 이상인 곳이 5개 (19%)인데 비하여 집단2의 24개의 실내공간에서는 2개 (8%)만이 4 pCi/L 이상이었고 0.02 WL 이상을 보인 곳

Table 1. The averages and range of indoor radon level, working level (WL) and equilibrium factor (F) in Kwanak Campus, Seoul National University.

	Mean	Median	Geo. mean	Range	EPA guideline
Radon (pCi/L)	3.0	3.1	2.7	0.8~4.7	4
WL	0.011	0.009	0.009	0.002~0.027	0.020
F	0.35	0.34	0.31	0.08~0.82	0.50

Table 2. The mean values of indoor radon level, working level (WL) and equilibrium factor (F) between group 1 and group 2 in Kwanak Campus, Seoul National University.

Group	No. of samples	Radon (pCi/L)	WL	F
1 (basement)	16	3.6	0.017	0.43
2 (1st floor)	24	2.5	0.007	0.30

은 없었다. 실내의 라돈이 주로 토양가스에서 유입되므로 토양층에 가까이 위치한 지하공간에서 라돈농도가 높은 것은 자명하다고 생각되며 1층 이상에 위치한 실내공간의 경우 두 가지 원인에 의해 지하공간보다 낮은 농도를 보인 것으로 판단된다. 첫번째는 라돈의 반감기로, 토양가스에서 건물로 라돈이 연속적으로 침투 또는 공급된다면 반감기는 문제가 되지 않으나 그렇지 않을 경우 건물의 지하를 통해 지상으로 유입되는 라돈은 방사능 붕괴되어 공기 중 농도가 감소하게 된다. 두번째는 라돈의 비중으로 공기보다 9.73배 무겁기 때문에 대기 중에서 수직방향으로의 이동이 제한된다는 점이다.

라돈후대핵종농도의 경우, 집단1의 평균값은 0.017 WL로 집단2의 평균값 (0.007 WL)보다 두 배 이상의 수치를 나타냈다 (Table 2). 라돈후대핵종은 라돈으로부터 붕괴되어 나오므로 같은 양상을 보인 것으로 판단된다. 라돈과 후대핵종간의 방사능평형도를 나타내는 평형상수의 경우, 집단1의 평균값은 0.43이며 집단2의 평균값은 0.30으로 두 집단 간의 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($P < 0.05$) (Table 2). 일반적으로 평형상수값은 환기율이 감소함에 따라 증가하는 것으로 알려져 있다. 환기에 의해 라돈후대핵종들 중 에어로졸과 부착되어 있는 형태가 외부로 유출되거나 침강되어 후대핵종농도의 감소가 생긴다고 판단되지만 공기의 이동에 따른 후대핵종들의 분포에 관한 메커니즘은 아직 정확히 밝혀지지 않았다.

관악캠퍼스 실내공간을 환기상태에 따라 분류하여 평형상수를 비교한 결과가 Table 3과 같다. 환기상태가 양호한 실내공간을 집단A (25개)로, 환기상태가 불량한 실내공간을 집단B (15개)로 분류하였는데 분류기준의 경우, 환기장치가 있거나 자연환기가 가능한 실내공간은 집단A로, 창문 밀폐식 및 환기구가 없는 실내공간은 집단B로 하였다. 집단A의 경우 평형상수의 평균값은 0.28로, 집단B의 평균 0.48과는 t-test 결과 유의한 차이가 나타나 ($P < 0.05$) 본 측정에서도 환기에 따른 평형상수 값의 차이가 나타났다. 실내대기로 유입된 라돈농도가 동일한 두 공간이 있다고 가정할 경우, 평형상수가 보다 높은 곳은 실내대기에 라돈후대핵종들의 농도가 상대적으로 높다는 것을 의미하므로 인

Table 3. The mean values of indoor radon level, working level (WL) and equilibrium factor (F) between group A and group B in Kwanak Campus, Seoul National University.

Group	No. of samples	Radon (pCi/L)	WL	F
A (ventilation : yes)	25	2.7	0.008	0.28
B (ventilation : no)	15	3.5	0.017	0.48

체에 미치는 실질적인 방사능의 피해가 더 크게 된다.

실내공간의 환기상태와 건물 내 위치에 따른 라돈 및 후대핵종의 분포양상을 종합적으로 파악하기 위해 실내공간이 지하에 위치하면서 환기가 양호한 곳을 집단A1 (7개)로, 1층이상에 위치하면서 환기가 양호한 곳을 집단A2 (18개)로, 지하에 위치하면서 환기가 불량한 곳을 집단B1 (9개)로, 1층이상에 위치하면서 환기가 불량한 곳을 집단B2 (6개)로 분류하였다. 분류된 집단의 라돈농도와 후대핵종농도, 그리고 평형상수의 평균값은 Table 4와 같다.

실내공간이 지하에 위치한 경우 환기상태에 따라 (집단 A1, 집단B1) 평형상수의 평균은 t-test 결과 유의한 차이가 나타났으며 ($P < 0.05$) 1층이상에 위치한 경우는 환기상태에 따라 (집단A2, 집단B2) 평형상수의 평균값에서 유의한 차이가 나타나지 않았다 ($P < 0.05$). 또한 환기상태

Table 4. The mean values of indoor radon level, working level (WL) and equilibrium factor (F) among group A1, group A2, group B1 and group B2 in Kwanak Campus, Seoul National University.

Group	No. of samples	Radon (pCi/L)	WL	F
A1 (basement+ventilation : yes)	7	3.1	0.011	0.30
A2 (1st floor+ventilation : yes)	18	2.5	0.006	0.26
B1 (basement+ventilation : no)	9	4.0	0.021	0.52
B2 (1st floor+ventilation : no)	6	2.7	0.011	0.41

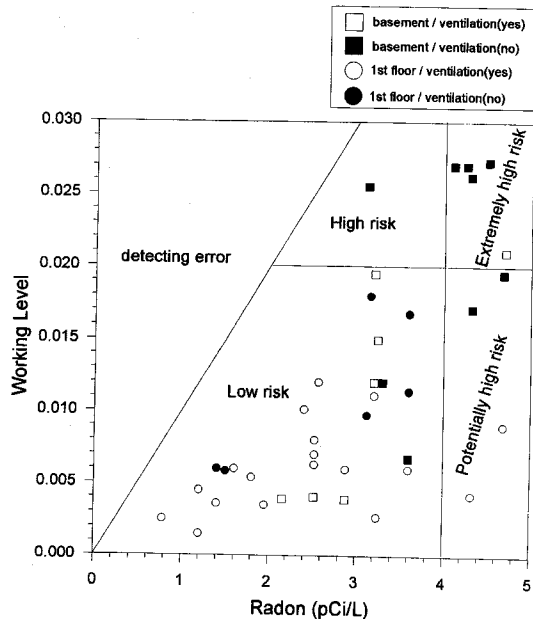


Fig. 2. Scatter diagram of indoor radon level and working level (WL) in Kwanak Campus, Seoul National University.

가 양호한 경우 실내공간의 건물내 위치에 따라 (집단A1, 집단A2) 라돈농도와 후대핵종농도의 평균값이 각각 유의한 차이를 보이지 않았으며 ($P>0.05$), 환기상태가 불량한 경우 실내공간의 건물내 위치에 따라 (집단B1, 집단B2) 라돈농도와 후대핵종농도의 평균값도 각각 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$).

각 집단의 해당되는 실내공간을 워킹레벨과 라돈농도에 따라 Fig. 2에 도시하여 나타냈다. EPA 실내기준인 4 pCi/L의 라돈농도와 0.02의 워킹레벨에 근거를 두어 실내공간의 라돈방사능 위험도를 1) Extremely high risk, 2) High risk, 3) Potentially high risk, 4) Low risk로 구분하였다. 인체에 전달되는 알파방사선량은 라돈농도보다 후대핵종농도인 워킹레벨을 의미하는 것이므로, 워킹레벨만 0.02를 초

Table 5. Comparisons of mean indoor radon level with soil-gas radon concentrations for eight blocks in Kwanak Campus, Seoul National University (unit : pCi/L).

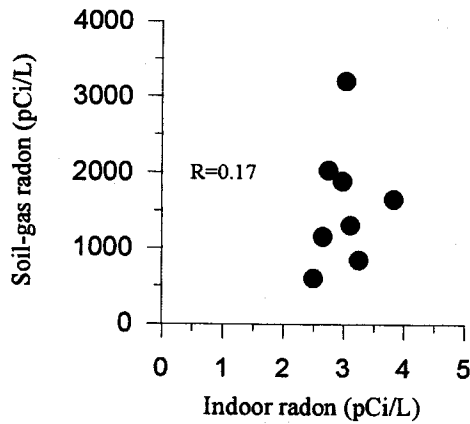
Block	Indoor	Soil-gas ^{a)}	Soil-gas ^{b)}	Soil-gas ^{c)}	Soil-gas ^{d)}
1	3.0	1,885	1,056	987	903
2	3.0	3,197	1,159	1,165	1,342
3	3.2	845	584	910	1,188
4	2.7	2,031	1,342	1,087	895
5	3.1	1,302	876	1,178	876
6	2.6	1,153	296	765	562
7	2.5	598	110	341	212
8	3.8	1,646	624	1,096	1123

^{a)} measured at 14, Feb.

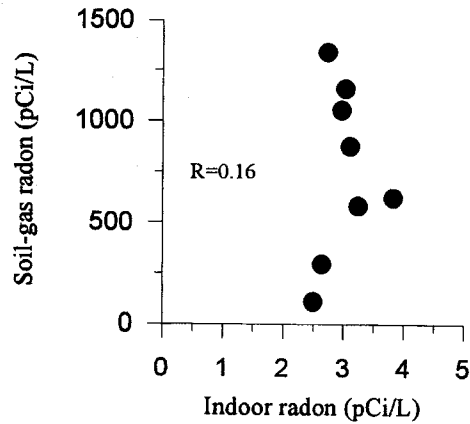
^{b)} measured at 30, Aug.

^{c)} measured at 12, Oct.

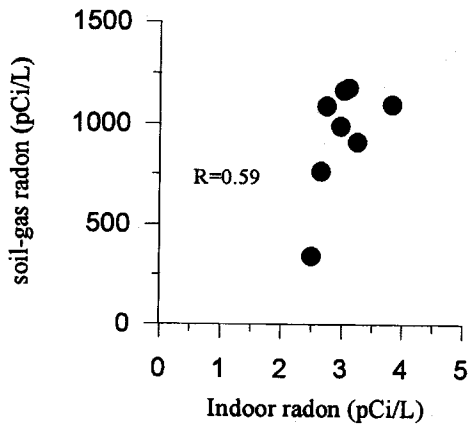
^{d)} measured at 27, Oct.



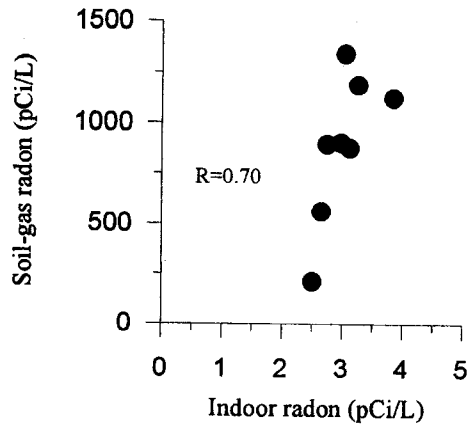
(a) 14 Feb. 1997



(b) 30 Aug. 1997



(c) 12 Oct. 1997



(d) 27 Oct. 1997

Fig. 3. Diagrams showing the relationship between soil-gas radon and indoor radon for four different measuring times of soil-gas.

과하는 곳을 'High risk' 공간으로 선정하였으며, 라돈농도만이 4 pCi/L를 넘는 경우를 'Potentially high risk' 공간으로 분류하였다. 분류결과, B1 (지하에 위치하면서 환기가 불량한 공간)집단의 실내공간들은 대부분 라돈방사능의 위험도가 높은 것으로 나타났으며, A2 (1층이상에 위치하면서 환기가 양호한 공간)집단의 실내공간들은 대부분 라돈방사능의 위험도가 적은 것으로 판명되었다. 그러므로, 관악캠퍼스 실내공간 측정결과를 종합하여 고찰해 볼 때, 실내에서 라돈방사능문제 현상은 높은 라돈농도와 높은 평형상수값으로 요약될 수 있으며, 1층 이상에 위치하면서 환기상태가 양호한 공간이 라돈방사능의 위험도가 적고, 지하에 위치하면서 환기상태가 불량한 공간이 라돈방사능의 위험도가 가장 높은 것으로 판명되었다.

토양가스 라돈-실내라돈

8개 블록의 실내라돈 평균값과 각 블록 주변에서 측정된 토양가스 내 라돈농도의 결과는 Table 5와 같다. 각 블록의 평균 실내라돈농도를 시기별로 4번 측정된 토양가스 내 라돈농도와 비교한 결과, 기준에 측정된 2월 14일과 8월 30일의 토양가스 내 라돈농도와는 각각 상관계수 0.16, 0.17로 약한 양의 관계를 나타내었다 (Fig. 3). 10월 12일에 측정된 토양가스 라돈농도와는 상관분석 결과, 두 농도간의 상관계수가 0.59로 양의 상관성을 나타내나 통계적으로는 유의하지 못한 수준이다 ($P > 0.05$). 10월 27일에 측정된 토양가스 라돈농도와는 상관분석결과, 상관계수는 0.78이며, 통계적으로도 유의할 만한 수준 ($P < 0.05$)이어서 두 농도간의 강한 양의 상관관계를 나타내었다 (Fig. 3).

실내 라돈과 토양가스 라돈의 측정시기가 다른 경우, 두 요소간에는 약한 양의 상관관계가 나타났는데, 이는 토양환경에서 라돈농도의 계절적 변화양상에 의한 것으로 판단된다. 4번 측정된 토양가스 내 라돈농도를 각 채취지점마다 비교한 결과도 최대값과 최소값의 비가 1.5~5.4의 범위를 보여 라돈농도의 계절적 변화양상을 잘 반영하고 있다. 그러므로 두 요소의 측정시기는 동일하거나 온도, 습도와 같은 기상조건이 비슷해야 한다. 측정시기가 같은 경우, 두 요소간의 양의 상관관계가 나타났는데 상관계수의 의미는 토양가스의 라돈농도 측정치로부터 실내라돈의 농집도를 예측할 수 있는 수치라고 판단된다. 토양층과 건물사이의 대기 압력차, 건물기초구조의 특성, 토양의 유체투과율 그리고, 실내공간의 특성과 같은 요인에 의해 토양가스 라돈농도와 실내 라돈농도와는 선형관계를 제한을 받는다고 판단된다. 그러나 양의 상관관계를 보이는 것은 토양가스가 실내라돈의 주 근원임을 입증하고 있다.

결론

본 연구에서는 토양환경에서 라돈이상대의 가능성을 보이는 화강암지대의 서울대학교 관악캠퍼스 지역을 선정하여 40개의 실내공간에서 라돈농도와 라돈후대핵종농도를 측정하였다. 실내공간의 평균값은 각각 3.0 pCi/L, 0.011 WL을 보였으며, 13%에 해당하는 5개의 실내공간에서 두 측정요소의 농도가 EPA 기준치인 4 pCi/L, 0.02 WL을 초과하였다. 또한 라돈농도와 평형상수값의 분포는 실내공간의 건물 내 위치와 환기형태에 의해 영향을 받는 것으로 나타나 지하실에 위치하면서 환기가 불량한 실내공간이 라돈방사능의 위험성이 가장 높은 것으로 판명되었다. 토양가스농도와 비교한 결과, 측정시기가 유사할 경우 두 요소간의 양의 상관관계를 나타내어 토양가스가 실내라돈의 주 근원임이 확인되었다. 이는 토양가스의 라돈농도 측정을 통해 해당지역 실내공간의 개략적인 라돈농도를 예측할 수 있는 가능성을 보여주나, 라돈농도의 계절적 변화양상 및 토양층의 물성과 같은 요인의 파악이 선행되어야 함을 제안한다.

사사

이 연구는 한국과학재단지정 전략광물자원연구센터 (CMR)의 연구비 지원에 의해 수행되었다.

참고문헌

- 김남장, 홍승호 (1975) 한국지질도 안양도폭. 국립지질광물연구소.
- Durrance, E.M. (1986) Radioactivity in Geology. John Wiley and Sons, 441p.
- EPA (Environmental Protection Agency) (1992a) A Citizen's Guide To Radon: EPA, ANR-464, 4022-K-92-001.
- EPA (Environmental Protection Agency) (1992b) A Consumer's Guide To Radon Reduction : EPA, 402-K92-003, Aug./1992.
- Morse, R.H. (1976) Radon Counters In Uranium Exploration, I.A.E.A.-N.E.A. International Symposium on the Exploration of Uranium Ore Deposits, Vienna, I.A.E.A. pub. no. IAEA-SM-208/55.
- Reimer, G.M. (1991) Simple techniques for soil-gas and water sampling for radon analysis. U.S. Geological Survey, p. 19-22.
- SCINTREX (1994) Operation manual RDA-200, 52p.
- Wilson, C. (1987) Radon-geological aspects of environmental problem. The Amateur Geologist, v. 11, p. 17-33.
- Wilkening, M. (1990) Radon in the Environment. Elsevier, 137p.