

CR-39 라돈컵을 이용한 국산 건축자재의 라돈-222 방출율 측정

장시영*, 하정우*, 이병헌**

* 한국원자력연구소 방사선방어연구실

** 한양대학교 원자력공학과

요 약

CR-39 플라스틱 핵비적검출기를 라돈검출기로 내장한 멤브레인 필터컵(일명: CR-39 라돈컵)을 이용하여 일부 국산건축자재의 라돈방출율을 측정하였다. 표준라돈선원을 이용한 라돈컵의 교정실험을 수행하여 얻은 CR-39 검출기의 라돈검출인자는 0.164 ± 0.005 (tracks · $\text{cm}^{-2}/\text{Bq} \cdot \text{d} \cdot \text{m}^{-3}$)였으며 타연구자들의 발표결과와 잘 일치하였다. 일부 건축자재(모래벽돌, 적벽돌, 화강석판, 콘크리트 덩어리, 건물바닥과 내벽)에 CR-39 라돈컵을 2개월동안 기밀 부착하여 라돈방출율을 측정된 결과, 라돈방출율은 모래벽돌에서 평균 $(75.0 \pm 5.5) \times 10^{-6}$ ($\text{Bq}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$), 화강석판에서 $(6.8 \pm 2.9) \times 10^{-6}$ ($\text{Bq}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)로 10배정도의 차이를 보였으며, 모래벽돌>콘크리트바닥>콘크리트덩어리>건물벽>적벽돌>화강석판의 순서를 보였다. 본 연구결과, CR-39 라돈컵에 의해서도 건축자재의 라돈방출율을 효과적으로 측정할 수 있음이 입증하였다.

Key words : 라돈방출율, CR-39 플라스틱 검출기, 라돈컵, 라돈컵 교정, 라돈 검출인자.

서 론

Alter와 Fleischer(1)가 고체핵비적검출기(SSNTD)를 라돈검출기로 사용하는 라돈컵에 의한 수동적 라돈농도 측정방식을 제안한 이후 많은 연구자들이 환경중의 라돈농도측정에 이를 광범위하게 사용하여 왔다.

라돈컵은 일종의 확산통(diffusion chamber)으로 보통 플라스틱 재질로 되어 있으며 사용용도에 따라 크기, 확산방벽(diffusion barrier)인 필터의 종류 및 컵내에 내장되는 고체핵비적검출기가 다르다. 현재까지 알려진 라돈검출용 핵비적검출기로는 주로 고중합플라스틱 물질인 C. N., CA80-

15, LR115-typeII, Lexan 및 CR-39 등의 고중합플라스틱재료가 있다(2), 이중에서도 CR-39 플라스틱은 환경조건에 안정하고 자연계수치가 낮아 알파입자의 검출분해능이 타검출기에 비해서 월등히 높은 것으로 발표되고 있다(3).

라돈기체는 불활성 천연방사성기체로 토양, 암석과 이들을 재료로하는 건축자재등에 미량(7.4~74Bq/kg)으로 들어 있는(4) 라듐의 알파붕괴시 생성되며, 생성시의 반조에너지에 의한 확산과 온도 및 압력차에 의한 대류현상(5)에 의하여 지상 또는 실내로 방출되어 인체의 주요한 자연방사선 피폭원이 되고 있으며, 유엔방사선영향평가위원회(UNSCEAR)는 실내라돈 및 자핵종의 호흡으로

인한 일반인의 년평균 실효선량당량은 1.10mSv/y로 총 자연방사선피폭선량인 2.40mSv/y의 46%에 이른다고 발표하고 있다(4).

본 연구에서는 이러한 피폭원을 정량화 하기 위한 수단으로, CR-39 플라스틱을 라돈검출기로 사용하는 라돈컵(CR-39 라돈컵)의 라돈검출인자를 결정 한 후 이를 이용하여 일부 국산 건축자재의 라돈방출율을 측정하였다.

CR-39 라돈컵의 라돈검출인자

1) CR-39 라돈컵

본 연구에서 사용한 CR-39 라돈컵은 직경 4cm, 높이 3cm인 원형의 반투명 플라스틱 컵으로 바닥면에 2cm×2cm×0.063cm 크기의 CR-39 플라스틱검출기 (화학명: Allyl Diglycol Carbonate, 조성식: C₁₂H₁₈O₇, American Acrylics)가 부착되어 있으며 컵입구에는 멤브레인 필터(Millipore, pore size: 0.45μm)가 덮혀져 있는 소형의 확산통이다(6).

이 라돈컵은 확산방벽인 멤브레인 필터에 의한 라돈기체의 더딘 확산으로 인한 평균지연시간이 1.4일이므로(7), 반감기가 55초인 Rn-220와 단반감기의 금속이온형 자핵종(unattached Po-218+, Po-214+) 및 주변입자에 흡착된 라돈자핵종(attached Po-218+, Po-214+)의 컵내 침투가 100% 차단되므로 이론적으로 순수 라돈기체만 검출할 수 있는 장치(Radon-only device)이다.

2) 라돈검출인자

CR-39 검출기의 반응도, 즉 라돈검출인자(K_{Rn})는 단위시간(T)동안 컵내에 존재하는 라돈기체(농도: C_{Rn})로 인하여 검출기의 단위면적당 생성된 핵비적 밀도(δ)의 비로 주어진다.

$$K_{Rn} = \frac{\delta}{C \cdot T} = \frac{\text{tracks/cm}^2}{\text{Bq d m}^3 \text{ day}} \quad (1)$$

검출기의 라돈검출인자는 컵내부로 들어온 라돈원자가 한 번의 알파붕괴시검출기의 표면에서

한 개의 핵비적을 생성한다고 가정했을 때(2, 8), cm인 길이의 단위로 나타낼 수 있으며 1.0cm의 라돈검출인자는 CR-39 검출기가 1.0 Bq/m³의 라돈농도에 1일 피폭했을 경우 0.0864 tracks/cm²의 비적밀도를 갖는 것으로 해석할 수 있다.

$$\frac{\text{tracks/cm}^2}{\text{Bq d m}^3 \text{ day}} = \frac{1}{0.0864} \text{ cm.}$$

라돈컵내의 CR-39 검출기에 생성되는 핵비적의 수는 검출기의 표면에 입사되는 라돈방출 알파방사선의 수에 비례하므로(2), 표준라돈방사능 농도에 검출기를 일정시간이상 피폭시켜 생성된 알파입자의 비적밀도와 피폭량 사이의 관계를 구하면 CR-39의 라돈검출인자를 실험적으로 결정할 수 있다.

본 연구에서는 1989년도에 연구자들에 의해 제작되어 보고된 바 있는 라돈컵과 라돈컵 조사, 교정방법(6)을 이용하여 라돈컵을 라돈챔버내에서 수일까지 시간을 변화시키면서 조사하였다. 이때 조사장치내의 라돈농도는 장치에 부착되어 있는 ZnS(Ag) 섬광계수형 연속라돈기체모니터(Model RGM-2, Eberline)로 조사시간동안 매시간마다 측정하여 확인하였다. 라돈컵조사장치의 개략도 및 라돈컵조사 실험과정은 그림1과 같다.

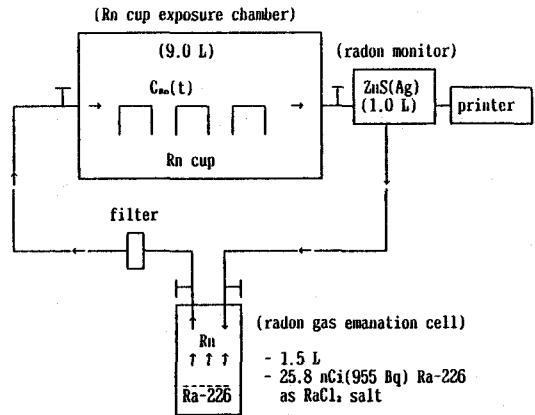


Fig. 1. Schematic diagram for CR-39 radon cup calibration experiment.

조사된 CR-39 검출기는 70°C의 6.25N NaOH 용액에 5.5시간 화학부식된 후 증류수에 2시간이상 충분히 세척시켜 건조시킨 다음 광학현미경(배율 200배)으로 검출기당 20회씩 생성된 비적을 계수하여 평균계수치로 검출기의 비적밀도로 나타내었다.

이 실험에서 결정되는 라돈검출인자는 CR-39 검출기의 라돈피폭량, C T(Bq d/m³)와 검출기의 단위표면적당 생성되어 현미경으로 계수된 알파입자비적의 수, δ (tracks/cm²)의 비로 주어진다.

$$K_{Rn} = \frac{\delta}{C T} = \frac{\delta_{Rn} \cdot \delta_B}{1/V \int_0^T Q_{Rn} \{1 - \exp(-\lambda_{Rn} t)\} dt} \left[\frac{\text{tracks/cm}^2}{\text{Bq d m}^{-3}} \right] \quad (2)$$

여기서 δ_{Rn}, δ_B는 각각 라돈농도에 시간 0~T 동안 피폭된 검출기 및 피폭되지 않은 검출기의 단위면적당 생성된 핵비적수(tracks.cm⁻²), V는 라돈컵 조사함의 용적(m³), Q_{Rn}는 라돈의 모핵종인 Ra-226의 방사능(Bq), λ_{Rn}은 라돈-222의 방사성 붕괴상수(h⁻¹), t는 라돈컵의 피폭시간(h)이다.

건축자재의 라돈방출률 측정

토양, 암석 및 이들을 재료로 사용하는 건축자재에서 확산과 온도 및 압력차에 의한 대류현상에 의하여 외부로 방출되는 라돈기체의 양은 물질의 라돈함유량, 밀도, 다공성(porosity) 및 라돈의 물질내 확산거리에 따라 다르므로 이러한 라돈방출율을 정밀히 측정하기는 쉽지 않다. 라돈방출율의 측정방법으로는 대개 ZnS(Ag) 섬광형 측정기를 직접 시료표면에 접근시켜 연속 측정하는 방법(10)과 밀폐형 콘테이너에 봉입된 시료물질에서 방출되어 누적 생성된 라돈기체를 ZnS(Ag) 섬광함(일명 Lucas cell)으로 포집하여 측정하는

간접적인 방법(11)이 알려져 있다.

본 연구에서는 위의 방법외에 라돈컵을 이용하여 라돈방출율을 간단히 측정할 수 있는 방법을 다음과 같이 확립하여 일부 건축자재의 라돈방출율을 측정하고 타연구자들의 발표결과와 비교하였다.

1) 주요가정

건축자재의 표면에 기밀부착(air-tight sealing)한 라돈컵의 CR-39 검출기에 생성된 알파입자비적의 수로부터 라돈방출율을 측정하기 위하여 고려된 주요 가정은 다음과 같다.

- 컵내의 라돈기체원자는 한 번의 붕괴당 한 개의 핵비적을 검출기의 표면에 생성한다.
- 라돈기체는 단위 면적당 일정한 율로 연속방출한다.
- 동일시료내의 Ra-226의 농도는 균일하다.
- 라돈기체는 컵외로 누설되거나, 시료물질로 다시 역확산되지 않는다.

2) 측정원리 및 방법

그림2와 같이 라돈컵이 표면에 기밀부착된(air-tight sealed)된 시료물질에서 단위시간당 방출(I' : Bq/sec)되어 라돈컵(V : m³)내로 확산되어 들어온 라돈기체농도의 변화(dC_{Rn}/dT)는 다음식으로 예상할 수 있다.

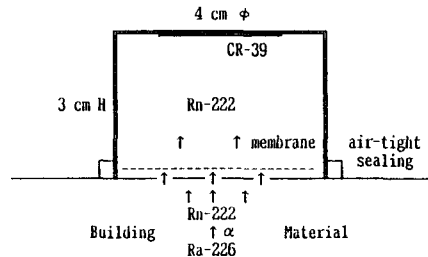


Fig. 2. Air-tight sealed CR-39 radon cup for measuring radon exhalation rate from building material.

$$\frac{dC_{Rn}}{dT} = \frac{I_{Rn}}{V} - \lambda_{Rn} C_{Rn} \quad \left(\frac{Bq}{m^3 \cdot s} \right) \quad (3)$$

(3)식을 $I_{Rn}(Bq/m^3)$ 에 대하여 풀면

$$I_{Rn} = \frac{\lambda_{Rn} C_{Rn} V}{1 - \exp(-\lambda_{Rn} T)} \quad (Bq/s) \quad (3')$$

이고 단면적 $S(m^2)$ 의 라돈컵내부로 확산되어 들어오는 라돈기체의 단위면적당 방출율인 $I_a(Bq/m^2 \cdot s)$ 는 다음의 식과 같다.

$$\begin{aligned} I_a &= \frac{I_{Rn}}{S} = \frac{\lambda_{Rn} C_{Rn} V}{S \{1 - \exp(-\lambda_{Rn} T)\}} \\ &= \frac{\lambda_{Rn} C_{Rn} V}{1 - \exp(-\lambda_{Rn} T)} \\ &= \frac{\lambda_{Rn} \delta_{Rn} H}{K_{Rn} \{1 - \exp(-\lambda_{Rn} T)\}} \quad (Bq/m^2 \cdot s) \quad (4) \end{aligned}$$

여기서 λ_{Rn} 은 Rn-222의 방사성붕괴상수(1/s), C_{Rn} 은 컵내의 누적라돈농도($Bq \cdot d/m^3$), V 는 라돈컵 용적(m^3), S 는 라돈컵의 단면적(m^2), H 는 라돈컵의 높이(m), δ_{Rn} 은 CR-39 검출기 단위면적당의 비적수(tracks/cm²), K_{Rn} 은 CR-39의 라돈검출인자(tracks cm²/Bq d · m³), T 는 측정시간(d)이다.

결과 및 검토

1) 라돈검출인자

라돈컵 조사장치(6)를 이용하여 CR-39 라돈컵에 대한 일련의 교정실험결과, (2)식으로부터 CR-39 검출기의 라돈피폭량에 대하여 컵내의 검출기에 생성된 알파입자 비적밀도로 표현되는 라돈컵(CR-39 라돈검출기)의 라돈검출인자를 통계적 최소자승법으로 구하였다.

표1에는 기지의 라돈농도에 대한 CR-39 라돈컵의 조사실험 결과를 나타내었으며, 그림3에는 이 결과가 도시되었다.

본 실험에서 통계적 최소자승법에 의하여 구한 CR-39 라돈컵의 알파입자비적밀도(Y)와 라돈피폭량(X)간의 직선회귀식은 $Y = 0.164X + 171.52$ 였으며, 단순결정계수(r^2)는 0.9892로 실험이 성공적이었음을 나타내고 있다. 본 실험에서 구한 라돈검출인자의 값 0.164 ± 0.0053 (tracks · cm²/Bq d · m³)은 Nelson(13), Ramachandran(14) 및 채(15) 등이 보고한 결과와 본 연구에서 이론적으로 유도한 라돈검출인자의 값과 잘 일치하는 것으로 나타났다. 표2에는 비교의 목적으로 본 연구에서 실험적으로 구한 라돈검출인자와 타 연구자들에 의하여 발표된 값을(8, 13, 14, 15) 같이 수록하였다.

2) 일부 건축자재의 라돈방출율 측정

대전교외의 신탄진지역에서 생산되는 건축자재인 모래벽돌(brick), 적벽돌, 콘크리트 덩어리, 화강석판 및 연구소내의 한 실험실 바닥과 벽의 표면에 CR-39 라돈컵을 에폭시 접착제로 기밀부착(air-tight sealing)한 후 1990년6월28일부터 8월27일까지 60일동안 컵내의 CR-39 플라스틱 검출기의 표면에 누적생성된 알파입자 비적의 수(δ_{Rn})를 계수하여 건축자재의 라돈방출율을 측정하였다.

본 연구에서 사용한 CR-39 라돈컵의 경우 H 가 0.03m, K_{Rn} 이 0.164(tracks · cm²/Bq · d · m³)이고 λ_{Rn} 이 $2.1 \times 10^{-6}(s^{-1})$ 이며 $\{(1 - \exp(-\lambda_{Rn} \cdot T))\}$ 는 T 가 30일 이상일 경우 1.0과 같이 들 수 있으므로 측정기간(T)동안 CR-39 검출기에 누적생성된 알파입자의 비적수인 δ_{Rn} 만 계수하여 (10)식으로부터 다음과 같은 간단한 라돈방출율 측정실험식을 만들었다.

$$I_a = 3.85 \times 10^{-7} \delta_{Rn} / T \quad (Bq/m^2 \cdot s) \quad (11)$$

(11)식을 사용하여 각 시료에 대하여 측정된 라돈방출율은 표3에 제시되어 있으며 그림4에 도시되었다. 측정결과, 모래벽돌의 라돈방출율이 평균 $(75.0 \pm 5.5) \times 10^{-6}(Bq/m^2 \cdot s)$ 으로 가장 높았고, 반면 화강석판에서 평균 $(6.8 \pm 2.9) \times 10^{-6}(Bq/m^2 \cdot s)$ 로 제일 낮았으며 10배이상의 차이를 보였다.

Table 1. CR-39 exposure to radon and resulting track density.

No	Exposure(X) (Bq d/m ³)	# of Sample	Track density(Y) (tracks cm ⁻²)
1	4458.5 ± 155.8	3	1075.4 ± 370.7
2	6693.0 ± 418.1	4	1215.4 ± 343.0
3	9620.0 ± 647.5	3	1510.7 ± 829.2
4	11581.0 ± 3024.2	4	1912.3 ± 626.1
5	13320.0 ± 2323.6	3	2504.6 ± 661.5
6	15754.6 ± 3285.6	4	2695.4 ± 472.3
7	18130.0 ± 2664.0	3	3323.1 ± 787.7
8	22277.7 ± 3529.8	4	3832.3 ± 723.1
9	25618.8 ± 5457.5	3	4653.8 ± 740.0
10	29174.5 ± 7858.8	4	4677.0 ± 984.6
11	30784.0 ± 6600.8	3	5278.5 ± 664.6
12	33244.5 ± 3959.0	3	5435.4 ± 1244.6
13	35101.9 ± 10915.0	4	5981.5 ± 1167.7

Note : 1. Least square fitting of the results

$$Y = 0.164X + 171.52$$

2. Coeff. of simple determination(r^2) = 0.9892.

3. 95% Confidence Interval of the slope, assuming t-distribution.

$$0.164 \pm t(12, 0.975) \cdot \sigma(\text{slope})$$

$$= 0.164 \pm 2.18 \times 2.442 \times 10^{-3}$$

$$= 0.164 \pm 0.005 (\text{tracks} \cdot \text{cm}^{-2} / \text{Bq} \cdot \text{d} \cdot \text{m}^{-3})$$

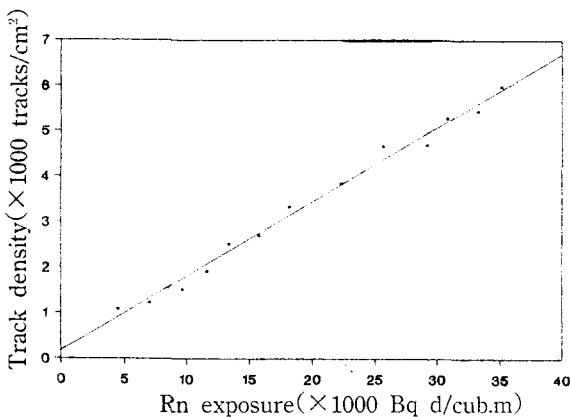


Fig. 3. Radon exposure vs. track density for membrane filtered CR-39 radon cup.

이는 라돈방출율이 물질의 밀도와 다공성에 의존함을 보이는 것이다. 라돈방출율은 대체적으로 화강석판, 콘크리트바닥, 콘크리트 덩어리, 건물벽, 적벽돌 및 모래벽돌의 순으로 증가했다. 콘크리트바닥, 건물벽 및 콘크리트 덩어리의 라돈방출율은 비슷하였으나 콘크리트 바닥의 라돈방출율이 조금 높았는데 이는 바닥밑의 토양에서 방출된 라돈기체의 부분적인 기여에 의한 것이라고 평가된다. 표4에는 본 연구에서 모래벽돌에서 측정된 라돈방출율과 외국의 연구자들에 의하여 발표된 값들이 비교되고 있다. 모래벽돌의 라듐함량이 각각 다를 수 있으므로 직접적인 비교는 될 수 없으나 라돈방출율의 차수를 간접적으로 비교할 수 있다. 비교결과에 의하면 CR-39 라돈컵에 의해 측정된

Table 2. Reported radon detection factors.

K_{Rn}	Detector	Diffusion	Reference
0.170	Track Etch	type F filter	Nelson('87)(13)
0.207	CR-39	filter paper	Sutej('88)(8)
0.180	CR-39	membrane filter	Ramachandran('88)(15)
0.166	CR-39	membrane filter	Chae('90)(16)
0.164	CR-39	membrane filter	This study('90) Experimental
0.159	CR-39	membrane filter	This study('90) Theoretically derived

Table 3. Measured Rn-222 exhalation rate from various building materials.

Mat'l	No. of Samples	Mean δ_{Rn} (trs/cm ² -day)	Range	Mean I_a ($\times 10^{-6}$ Bq/m ² -s)
Brick	5	192.7 \pm 14.4	143.1~232.8	74.9 \pm 5.5
Red Brick	5	22.0 \pm 8.0	11.8~30.7	8.6 \pm 3.1
Concrete Block	5	37.9 \pm 9.4	23.3~63.4	14.8 \pm 3.6
Granite Plate	3	17.6 \pm 7.6	15.6~21.5	6.8 \pm 2.9
Wall	5	31.7 \pm 9.5	10.3~60.8	12.3 \pm 3.7
Floor	5	41.0 \pm 10.4	19.2~62.4	15.9 \pm 4.0

라돈방출율은 외국의 발표결과(11,16~21)와 같은 차수에서 비교적 잘 일치하고 있음을 알 수 있으며, 라돈컵을 사용하여서도 건축자재의 라돈방출율을 효과적으로 측정할 수 있음이 입증되었다.

결론

본 연구의 수행결과 다음과 같은 결론이 유도될 수 있다.

- 1) 라돈컵을 이용한 건축자재의 라돈방출을 측정법을 확립하고 제시하였으며 CR-39 플라스틱 검출기를 라돈검출기로 사용할 때 동 검출기의 라돈검출인자를 실험적 및 이론적으로 결정하였다.
- 2) 표준라듐선원을 이용한 교정실험 결과, CR-39 라돈컵의 라돈검출인자는 0.164 ± 0.0053 (tracks \cdot cm²/Bq \cdot d \cdot m³)인 것으로 밝혀졌으며 타연구자들의 발표결과와 $\pm 20\%$ 의 오차범위 내에서 잘 일치하고 있다.

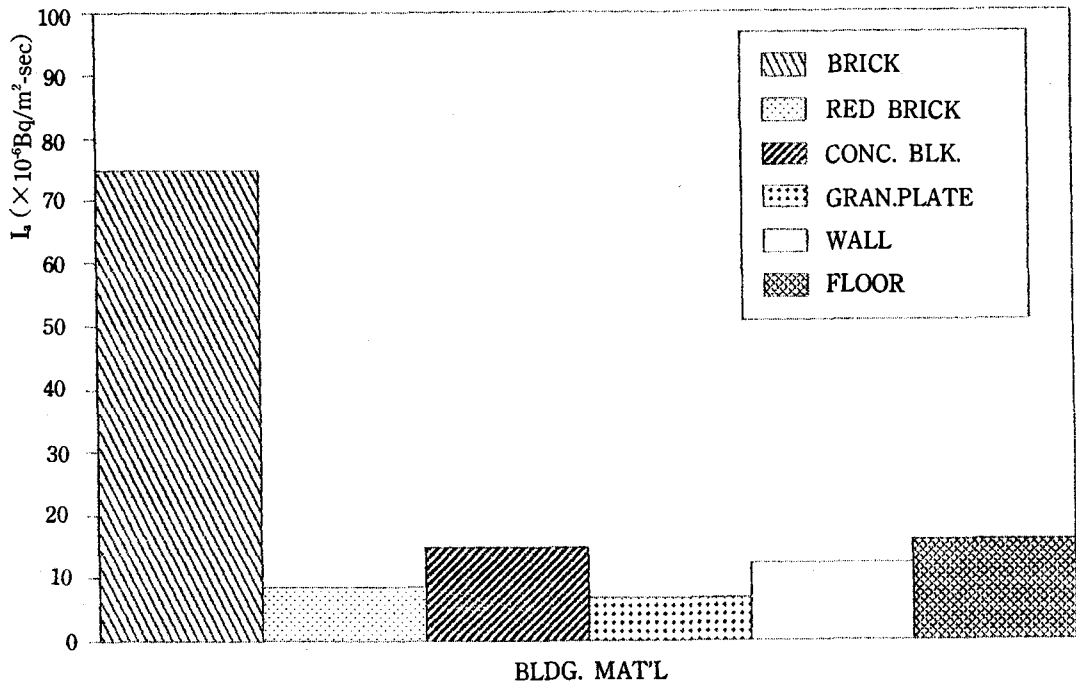


Fig. 4. Measured radon-222 exhalation rate of several building materials obtained in Daejon area.

Table 4. Reported Rn-222 exhalation rate for brick.

Country	I_a ($10^{-6} \text{Bq/m}^2\text{-s}$)	Reference
W. Germany	50	Folkerts('84) [16]
Belgium	20-62	Poffijn('84) [11]
U.K.	4~43	Siotis('84) [17]
Austria	22.2~58.3	Lettner('88) [18]
Saudi Arabia	16.6~166	Abu-Jarad('88) [20]
Nordic Country	550~1400	Stranden('89) [21]
Korea	55.6~92.5 Mean : 74.9 ± 5.47	This study('90) (Deajon area)

- 3) 동 라돈캡과 라돈검출인자를 이용하여 일부 건축자재(모래벽돌, 적벽돌, 화강석판, 콘크리트덩어리, 콘크리트 바닥 및 벽)의 라돈방출율을 측정 한 결과, 라돈방출율은 모래벽돌>콘크리트바닥>콘크리트덩어리>실내벽>적벽돌>화강석판의 순서를 보였으며 모래벽돌에서 $(75.0 \pm 5.5) \times 10^6$ (Bq/m²-s)로 가장 높고 화강석판에서 $(6.8 \pm 2.9) \times 10^6$ (Bq/m²-s)로 가장 낮다.
- 4) 건축자재의 라돈방출율은 자재의 밀도 및 다공성(porosity) 및 Ra-226의 농도(Bq/kg)와 밀접한 관계를 갖고 있는 것으로 보이며 이의 관계를 규명하기 위한 연구가 앞으로 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. H. W. Alter and R. L. Fleischer, "Passive integrating Radon monitor for environmental monitoring", *Health Phys.* 45(5), 693(1982).
2. R. L. Fleischer(ed), *Nuclear Tracks in Solids : Principles and Applications*, Univ. of Calif. Press(1975).
3. G. Somogy, "Status of development in the field of CR-39 track detectors", in : *Solid State Nuclear Detectors*, P. H. Fowler ed., pp. 516, Pergamon Press, Oxford(1981).
4. U. N. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation*, 1988 Report to the General Assembly with Annexes, United Nations (1988).
5. A. V. Nero, "Indoor radiation exposures from Radon and its daughters : A review of the issue", *Health Phys.* 45(2), 277(1983).
6. 하정우, 장시영, "대기중의 라돈방사능에 의한 인체피폭선량 평가", 한국원자력연구소 연구보고서, KAERI/RR-814/89 (1989).
7. R. L. Fleischer and W. R. Girard, "Dosimetry of environmental radon : Methods and theory for low-dose integrated measurements", *Health Phys.*, 39(12), 957(1980).
8. T. Sutej and R. Ilic, "Response of track-etch dosimeters to environmental Radon", *Nucl. Tracks Radat. Meas.*, Vol. 15(1-4), 547(1988).
9. 강영호, 박장식, 김도성, "Alpha입자비적법에 의한 Radon 측정", 대한방사선방어학회지, 7(1), 17-22 (1982).
10. J. G. Ackers, "Direct measurement of Radon exhalation from surfaces", *Radiat. Prot. Dos.*, 7(1-4), 199(1984).
11. A. Poffijn, R. Bourgoignie and R. Marijns, "Laboratory measurements of Radon exhalation and diffusion", *Radiat. Prot. Dos.*, 7(1-4), 115(1984).
12. J. P. McLaughlin and F. D. O'Byrne, "The role of daughter product plate-out in passive Radon detection", *Radiat. Prot. Dos.*, 7(1-4), 115(1984).
13. R. A. Nelson, "Measurement uncertainties of long-term Rn-222 averages of environmental levels using α track detectors", *Health Phys.*, 53(11), 447-453 (1987).
14. T. V. Ramachandran, "Calibration of Cr-39 nuclear track etch detector for the measurement of Radon and its progeny concentrations in dwellings", *Bull. Radiat. Prot.*, 11(1) (1987).
15. 채하석, 전재식, "고체비적검출기의 라돈검출 효율 결정을 위한 라돈챔버설계제작", 응용물리, 3(3), 346, 한국물리학회(1990).
16. K. Folkerts and G. Keller, "Experimental investigation on diffusion and exhalation of Rn-222 and Rn-220 from building materials", *Radiat. Prot. Dos.*, 7(1-4), 101(1984).
17. I. Siotis and A. D. Wrixon, "Radiological consequences of the use of fly ash in building material in Greece", *Radiat. Prot. Dos.*, 7(1-4), 101(1984).
18. H. Lettner and F. Steinhausler, "Radon exha-

- lation of waste gypsum recycled as building material", *Radiat. Prot. Dos.*, 24(1-4)(1988).
19. F. A. Abu-Jarad, "Application of nuclear track detectors for Radon related related measurements", *Nucl. Tracks. Rad. Meas.*, 14(1-4), 525, (1988).
 20. W. W. Nazaroff and A. V. Nero, *Radon and its decay products in indoor air*, pp.120, John Wiley & Sons, New York (1990).
 21. E. Stranden, "Building materials as a sources of indoor radon", in : *Radon and its decay products in indoor air*, W. W. Nazaroff and A. V. Nero, eds., pp. 113-120, John Wiley and Sons, New York (1988).

Measurement of Radon-222 Exhalation Rate from Building Materials by Using CR-39 Radon Cup

Si-Young Chang*, Chung-Woo Ha* and Byoung-Hun Lee**

* Korea Atomic Energy Research Institute

** Han-Yang University

ABSTRACT

Radon-222 exhalation rate from several domestic building materials were experimentally measured by using radon cup method, in which a CR-39 plastic is used as a passive radon detector. The radon detection factor of CR-39 detector determined in a series of calibration experiments was 0.164 ± 0.005 (tracks \cdot cm²/Bq \cdot d \cdot m⁻³), which is consistent with those reported by other investigators. The radon exhalation rates of several building materials (brick, red brick, concrete block, granite plate, concrete floor and wall) ranges from 6.8×10^{-6} (granite plate) to 75.0×10^{-6} Bq/m²-sec (brick) with the increasing order of granite plate, red brick, concrete wall, concrete block, concrete floor and brick. It showed that the CR-39 radon cup can be efficiently utilized in measuring the radon-222 gas exhalation rate from building materials.

Key words : Radon-222 exhalation rate, CR-39 plastic, CR-39 radon cup, Radon cup calibration, Radon detection factor.