

# 의료기관 지하시설의 라돈가스 측정과 내부피폭 조사

송재호, 진계환

남부대학교

## Evaluation of Indoor Radon Levels in a Hospital Underground Space and Internal Exposure

Jeaho Song, GyeHwan Jin

Nambu University

### 요 약

라돈( $^{222}\text{Rn}$ )은 지각의 암석이나 토양 또는 건축자재 중에 들어 있는 우라늄( $^{238}\text{U}$ )과 토륨( $^{232}\text{Th}$ )이 몇 단계의 방사성붕괴 과정을 거친 후 생성되는 무색무취의 불활성기체로 광산이나 지하같이 밀폐된 공간에 잘 축적된다. 호흡기를 통하여 폐로 유입되고 라돈의 딸핵종이 폐나 기관지에 침적되어 폐암을 일으키는 원인이 된다. 사람의 생명을 다루는 의료기관에서의 라돈피폭은 평상시 방사선피폭량이 많은 방사선관계종사자와 면역력이 약한 환자에게 큰 위험이 될 수 있다는 판단에 이 실험을 실시하였다.

실험에 쓰인 계측기는 실시간 라돈측정기인 Professional Continuous Radon monitor이며 계측장소는 두 개의 병원 지하1층에서 지상2층까지 층별로 오전 10시부터 오후 3시까지 측정 하였다. Professional Continuous Radon monitor계측결과는 최소 14.8 Bq/m<sup>3</sup>에서 최대 70.3 Bq/m<sup>3</sup>로 국내기준치인 148 Bq/m<sup>3</sup>이하로 나타났으며 유효선량은 최소 0.296 mSv에서 최대 1.406 mSv로 일년간 자연방사선으로부터 피폭되는 방사선량인 2.4 mSv의 10~58.3% 수준으로 나타났다.

중심단어 : 라돈, 내부피폭, 유도공기중농도, 연간섭취한도, 의료기관 지하시설

### Abstract

Radium is rock or soil of crust or uranium of building materials and thorium after radioactivity collapse process are created colorless and odorless inert gas that accrue well in sealed space like mine or basement. It inflow to lung circulate respiratory organ and caused lung cancer because of deposition of lung or bronchial tubes. Radium sheath of medical institution treat person's life is possible big danger to professional regarding radioactivity who has much amount exposed radioactivity and weaker immune patient. so we do this test.

Using measuring instrument at test is real time radium measuring instrument, Professional Continuous Radon monitor, and measuring places are basement first floor and second floor of two hospitals and measure from 10 a.m to 3 p.m. Measurement result of Professional Continuous Radon monitor is minimum 14.8 Bq/m<sup>3</sup> to maximum 70.3 Bq/m<sup>3</sup> and show domestic baseline below 148 Bq/m<sup>3</sup>, effective dose-rate is minimum 0.296 mSv to maximum 1.406 mSv that show 2.4 mSv, 10~58.3% level, exposed radiation amount from nature radiation one year.

Key Word : Radon, Internal Exposure, Derived Air Concentration, Annual Limit on Intake, Hospital Underground Space

## I. 서 론

라돈( $^{222}\text{Rn}$ )은 지각중의 토양, 모래, 암석, 광물질 및 이들을 재료로 하는 건축자재 등에 미량(7.4~74 Bq/kg)으로 함유되어 있으며, 우리나라 붕괴계열 중 유일하게 무색, 무미, 무취한 가스상의 물질이다.

라돈은 반감기가 3.82일이며 우리나라의 6번째 붕괴 생성물이며, 붕괴 시 생성되는 라돈의 딸핵종중들도 알파 베타 또는 감마선을 방출한다. 라돈의 딸 핵종들은 생성된 후 60초 이하의 짧은 시간동안 화학적으로 매우 활성적인 양이온 상태의 미흡착 핵종으로 공기 중에 남아 있거나, 주변의 미세 먼지, 수증기, 구조물의 먼이나 바다 등에 흡착 및 침적 된다. 일반적으로 라돈 가스는 물질내외의 온도와 압력차이로 확산되거나 대류 과정에서 지상 혹은 실내 환경으로 방출되는 성질을 가지고 있어, 주거공간의 환기율이 낮아지게 되면 건물의 지반 등에서 공기 중으로 나오는 라돈 입자가 실내공기 중에 집적되어 농도가 높아지게 된다. 이때 높은 농도의 라돈 및 그 딸핵종을 계속 호흡할 경우 폐 기저세포가 방사선에너지 흡수에 의해 방사선피폭을 받게 되어 이로 인한 폐암유발 위험이 높아지게 된다. 특히 지하 근무지나 밀폐된 공간에서는 환기율이 낮아 라돈에 의한 방사선 피폭의 가능성이 높다.

우리나라의 공기 중 라돈가스 권고기준치는 148 Bq/m<sup>3</sup>이하로 정하고 있으며 유엔과학위원회(UNSCEAR)의 조사결과에서는 인간이 자연방사선으로부터 받는 연간피폭선량(2.4 mSv/y)중 약 50%에 해당하는 1.2 mSv/y가 라돈에 의한 것이라는 것이 보고되었고<sup>[1]</sup> 우리나라의 전국 연평균 유효선량은 1.62 mSv/y로 국제방사선방호위원회(ICRP)의 라돈 선량 권고기준인 10 mSv/y<sup>[2]</sup> 보다 낮은 준위이다.

이러한 라돈은 흡연 다음의 폐암의 2차 원인물질로 알려져 있는데 이는 일산화탄소의 독성보다 100배 이상의 치사율을 보여준다는 연구결과가 있으며<sup>[3]</sup> 세계보건기구에서는 폐암 환자 10명 중 1명은 라돈가스로서 폐암에 걸린다고 보고하고 있다<sup>[4]</sup>.

이러한 사실들 때문에 공공기관들의 라돈농도조사가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 의료기관의 라돈

가스를 측정하였으며 사용된 계측기는 Professional Continuous Radon monitor를 이용하였고 측정된 값을 이용하여 라돈가스에 의한 연간유효선량을 계산하였다. 의료기관의 라돈농도를 측정하게된 이유는 근무시간 중 방사선피폭이 많은 방사선관계종사자와 면역력이 약한 환자에게 라돈가스에 의한 피폭은 큰 위험이 될 수 있으므로 라돈가스에 대한 제어가 필요하다고 판단되어 이 실험을 실시하였다.

## II. 재료 및 방법.

### 1. 실험재료와 특징

본 연구에서 사용되는 라돈 농도 측정기는 연속식 라돈농도 측정기(Professional Continuous Radon monitor)로 미국 EPA(Environmental Protection Agency, 환경보호청) 승인제품이다. 이 라돈농도 측정기는 실시간 연속으로 측정하며 확산-접합형 광센서를 이용한다. 계측원리는 공기 중에 포함된 라돈이 모니터의 검출부로 확산하여 들어가게 되는데, 검출부의 내부 공간에 들어간 라돈에서 방출된 알파선을 광센서가 검출하게 되고 이 정보는 메모리에 저장된다. 이때 사용되는 광센서는 P-N 접합형 검출기로 P-N접합으로된 Diode에 역전압을 걸면 거의 전류가 흐르지 않는 공핍층이 생성되며 공핍층의 두께는 10~500  $\mu\text{m}$  이고 방사선이 이 공핍층에 입사하여 전자, 정공쌍이 흐르면 순간 전류가 흐르고 이 전류(전하)를 수집하여 순간펄스를 측정하는 방식이다. 용도는 주로  $\alpha$ 선 측정에 이용된다. 정확도는  $\pm 5\%$  또는  $\pm 37$  Bq/m<sup>3</sup>이고 24시간이상 연속 측정시 오차가 줄어들 수 있다.(그림 1).



그림 1. Professional Continuous Radon monitor

## 2. 실험 장소 및 방법

실험은 밀폐도와 환기상태가 가장 취약하다고 판단되는 의료기관 2곳에서 실시하였다. 2개의 의료기관에서는 실시간으로 라돈가스 측정이 가능한 Professional Continuous Radon monitor를 사용하였다. 지하의 라돈가스 농도와 지상의 라돈가스 농도 대조를 위하여 지하1층, 지상1층, 지상2층에서 각각의 라돈가스 농도를 측정하였다. 측정시간은 오전10시부터 오후 3시까지 각 층별 5시간 동안 측정하였으며, 측정단위는 ‘pCi/ℓ’이다.

## 3. 내부피폭 산출방법

계측된 값을 이용하여 2차한도(보조한도)인 연간섭취한도(Annual Limit on Intake, ALI)를 이용하여 유효선량을 계산하였다. 라돈의 딸핵종을 포함한 유도공기중 농도(Derived Air Concentration, DAC)는 1000 Bq/m<sup>[5]</sup>이다. 이때 DAC는 방사선작업종사자가 하루 8시간 주 5일 연 50주를 근무하는 것으로 계산하였다. 연간섭취한도 ALI의 계산식은 아래와 같다.

$$ALI = \frac{(\text{실제 계측된 값}) Bq/m^3}{1000 Bq/m^3 (\text{딸핵종을 포함한 라돈의 DAC})} \times 20mSv$$

..... (식 1)

### III. 실험결과

#### 1. Professional Continuous Radon monitor 계측결과

본 연구에서 의료기관 2곳(A병원, B병원)에서 Professional Continuous Radon monitor를 이용하여 라돈가스 농도를 측정한 결과 병원, 시간, 층에 따른 라돈가스의 계측 값은 그림 2와 같이 나타났다. 계측결과에서 보면 지하층에서의 공기 중 라돈농도는 20.6 Bq/m<sup>3</sup>에서 70.3 Bq/m<sup>3</sup> 사이로 나타났으며 지상층 라돈농도는 14.8 Bq/m<sup>3</sup>에서 44.4 Bq/m<sup>3</sup>로 지하층이 지상층보다 더 높은 값이 계측된 것을 알 수 있다.

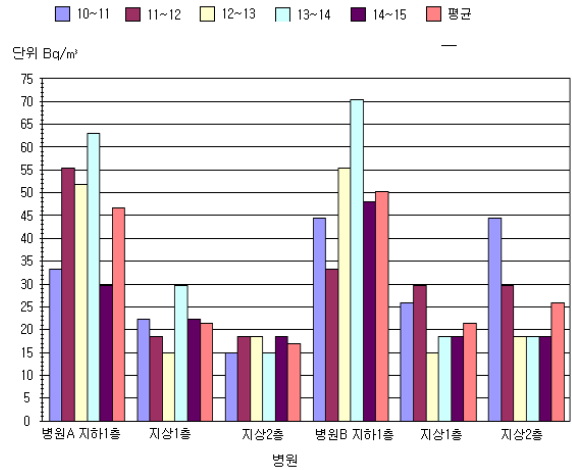


그림 2. Professional Continuous Radon monitor

#### 2. 내부피폭 산출과정과 산출 값

라돈의 딸핵종을 포함한 DAC는 1000 Bq/m<sup>3</sup>이며, A병원 지하1층의 평균 라돈가스량은 46.62 Bq/m<sup>3</sup>이다. 그러므로 A병원 지하1층의 유효선량은 0.9324 mSv이다.

$$ALI = \frac{46.62 Bq/m^3 (A\text{병원 지하1층 평균 라돈가스량})}{1000 Bq/m^3 (\text{딸핵종을 포함한 라돈의 DAC})} \times 20mSv = 0.9324mSv$$

..... (식 2)

표 1은 각 병원(A병원, B병원)의 각층별 Professional Continuous Radon monitor의 계측 값의 평균 ALI를 계산한 것이다. A B병원 지하층의 유효선량은 각각 0.9324 mSv/y 1.0064 mSv/y로 지상층보다 높게 나왔으며 이결과로 보아 지하층이 상대적으로 공기 중 라돈농도가 높은 것을 알 수 있다.

표 1. Professional Continuous Radon monitor 계측값의 층별 평균 ALI

병원	층수	ALI (mSv/y)
A	지하1층	0.9324
	지상1층	0.4292
	지상2층	0.3404
B	지하1층	1.0064
	지상1층	0.4292
	지상2층	0.5180

#### IV. 고찰

##### 1. Professional Continuous Radon monitor의 계측 값에 대한 고찰

의료시설 실내의 라돈농도는 계측장소, 출입문의 개폐, 환자 및 방사선작업종사자의 출입, 환기장비의 유무, 온풍기 및 에어컨의 유무, 공기를 순환할 수 있는 모든 행위, 온도에 따른 기체 분자의 확산 정도 등에 의해 좌우된다. 본 연구에서 Professional Continuous Radon monitor로 계측된 값을 분석한 결과 방사선 의료장비 등이 있는 지하1층과 지상1층에서 유동인구가 적은 점심시간(12~14시 사이)에 평균 28.3 Bq/m<sup>3</sup>에서 35.7 Bq/m<sup>3</sup>로 비교적 높은 수치의 라돈이 검출되었다. 그리고 국내 공기 중 라돈농도 기준치인 148 Bq/m<sup>3</sup> 및 한국 원자력 안전기술원에서 조사한 전국 공공기관 실내라돈의 전체 산술평균인 79.3 Bq/m<sup>3</sup><sup>[6]</sup>을 계측값과 비교 하였을 때 A병원 B병원 모든 층에서 기준치 또는 평균 이하로 나온 것을 알 수 있다. 또한 미국 환경청(EPA)이 제시한 라돈가스에 노출되었을 경우 흡연자 및 비흡연자의 폐암발생확률에 대한 리스크와 계측된 값을 비교해보면 계측된 라돈 최소값인 14.8 Bq/m<sup>3</sup> 일 때 흡연자의 경우 1000명중 3명이 폐암이 발생하고 비흡연자의 경우에는 폐암발생이 거의 없음을 알 수 있다. 계측된 라돈 최고값인 70.3 Bq/m<sup>3</sup> 일 때 흡연자는 1000명중 32명이 폐암이 발생하며 비흡연자는 4명이 폐암이 발생한다. 흡연자의 경우 담배를 끊는다면 폐암에 의한 사망률 낮아질 수 있으며 비흡연자의 경우에는 전에 담배를 피었을 경우 폐암에 의한 사망률이 높아질 수 있다.

##### 2. 내부피폭 산출 값에 대한 고찰

일반인이 일년에 자연방사선으로 받는 피폭은 약 2.4 mSv이며 그 중 피폭되는 방사선총량에 86%가 자연방사선에 의한 피폭이고 그 중 43%가 라돈에 의한 피폭이다. 표1의 결과를 보면 의료기관에서 라돈가스의 피폭은 최소 0.3404 mSv에서 최대 1.0064 mSv로 자연방사선에 의한 연간피폭량에 14.1%에서 41.9%를 차지하고 있다. ICRP가 정한 방사선관계종사자의 1년간

평균 유효선량한도는 20mSv<sup>[7]</sup>로 이번 실험결과에서 나온 값과 비교해 보았을 때 선량한도의 약 1/20이하로 나타났다.

#### V. 결 론

본 연구에서는 의료기관의 지상과 지하의 공기 중 라돈가스량을 비교하였으며 계측된 값을 이용하여 연간내부피폭량을 계산하였다. 계측결과를 살펴보면 지하1층 공기 중 라돈가스 농도가 A병원은 평균 46.62 Bq/m<sup>3</sup> B병원은 50.32 Bq/m<sup>3</sup>로 가장 높게 나타났고 지상1층과 지상2층은 지하의 절반 이하인 17.02 Bq/m<sup>3</sup>에서 25.9 Bq/m<sup>3</sup>사이로 나타났다. 이결과는 지상보다 지하에서의 라돈농도가 높은걸 알 수 있으며 측정값들은 국내 라돈기준치인 148 Bq/m<sup>3</sup>이하이다. 계측결과를 이용하여 계산한 라돈에 의한 연간 내부피폭량은 0.3404~1.0064 mSv/y로 연간 자연방사선에 의한 피폭인 2.4 mSv/y의 14.2~41.9%로 나왔다.

이상의 결과로 보아 라돈가스 계측을 실시한 두 개의 병원은 국내라돈기준치 이하로 나왔으며 내부피폭 역시 정상범위 내에 속한다. 사람에게 있어서 방사선 피폭이 적으면 적을수록 인체에 악영향이 줄어들기 때문에 의료기관 내에 기계적인 환기장치를 통하여 공기 중 라돈농도를 최대한 줄인다면 방사선피폭이 많은 방사선관계종사자의 연간 피폭량을 줄일 수 있을 것이며 면역력이 약한 환자에게는 보다 더 안전한 의료시설을 제공할 수 있을 것이다. 실험에 있어서 향후 더 많은 의료기관에서 라돈가스 조사가 이루어지고 그에 따른 조치를 행한다면 보다 더 안전한 의료기관 확립에 도움이 될 것이라 생각된다.

#### 감사의 글

본 논문은 "2010년 한국연구재단 연구비 지원 사업"에 의하여 연구되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Sources and Effects of Ionizing Radiation, 2000, Report UNSCEAR 2000, Vol. 1, pp.1-13, 2006.
- [2] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection Publication (Korean), Vol. 103, pp.1-418,

2007.

- [3] EPA Assessment of Risk from Radon in Homes(EPA 402-R-03-003)
- [4] WHO, Handbook on Indoor Radon, pp.3-14, 2009.
- [5] 방사선방호 등에 관한 기준 고시 : 교육과학기술부고시 제2009-37호
- [6] 고상기 전국 라돈 실태 조사 : 부산대학교, pp.1-145, 2009.