

## Radon Concentration at N-Kindergarten in G-City

Yun Park\*, Wonjun Kim\*

Dept. of Early Childhood Education, Nambu University

### G광역시 N유치원의 라돈 농도

박윤\*, 김원준\*

남부대학교 유아교육과

#### Abstract

In this study, To subject the constructed at N-kindergarten in G-city, the position is closed window and opened window was measured using a measuring instrument for radon. The measured results indicate that the measurement was carried out in concentrations of radon gas measured at N-kindergarten is low than United States in the radon concentration in air public 4pCi called radon gas baseline maximum allowable concentrations. As a result, radon exposure is not a problem, but when the accumulation radon gas in the lungs, get damaged same lung cancer. Be defensive of kindergarten windows open for ventilation and dust removal be possible to reduce the exposure.

Keyword : Rn-222 measurement technology , Rn-222 concentration in the air, Radiation Measurement , Radiation Exposure

#### 요 약

본 연구는 G광역시 N유치원을 대상으로 창문을 닫고 열린 상태에서 라돈 가스를 측정하였다. 측정 결과 라돈가스를 측정된 N유치원의 실내 평균 라돈농도는 창문을 닫았을 때 2.9pCi, 창문을 열었을 때 0.8pCi로 미국 일반인 공기 중 라돈가스 최대허용농도 기준치인 4pCi 이하의 값으로 나타났다. 이러한 결과는 N유치원에서 라돈 가스에 대한 피폭은 문제가 되지 않으나 라돈 가스가 폐에 축적이 되면 폐암과 같은 피해를 입을 수 있다. 따라서 방어적 측면에서 유치원 내의 창문을 자주 열어 환기를 하는 것이 매우 중요함을 알 수 있었다.

중심단어: Rn-222 측정기술, Rn-222 공기 중 농도, 방사선계측, 방사선피폭

#### I. INTRODUCTION

라돈은 색이 없고, 맛이 없으며, 냄새가 나지 않은 방사성 가스로서 가장 무거운 기체 중에 하나이다. 미국조사기관에 따르면 라돈(Rn-222)가스의 축적으로 인한 폐암 사망확률이 두 번째로 높게 나타나고 있다<sup>[3]</sup>.

현재 라돈가스 조사는 여러 기관에서 조사는 되고 있지만 유아를 대상으로 하는 교육기관인 유치원을 대상으로 한 라돈가스 측정은 부족하다. 본 연구에서는 G광역시 N유치원 내의 라돈 가스 농도를 환기 유무에 따라 계측하여 라돈가스에 농도를 알아 보고자 한다.

## II. Radium destroy Rn-222 gas

### 1. Ra와 붕괴

자연 상태에서 라듐은 우라늄과 토륨의 방사성 붕괴로 생성된다. 이때 생성된 라듐 동위원소들은 모두 라돈 기체를 거쳐 최종적으로 안정한 납으로 붕괴된다. 이 붕괴 과정에서  $\alpha$  입자,  $\beta$  입자,  $\gamma$  선이 방출된다. 자연 상태에서 거의 100%를 차지하고 있는 동위원소는 우라늄의 주된 동위원소인 U-238에서 생성되는 Ra-226으로 반감기는 1600년이다. 주된 동위원소인 U-238의 붕괴는 식(1)과 같다.

$$\begin{matrix} 238U \xrightarrow[45\text{억년}]{\alpha} 234Th \xrightarrow[24\text{일}]{\beta} 234mPa \xrightarrow[1.2\text{분}]{\beta} 234U \xrightarrow[24\text{만년}]{\alpha} 230Th \xrightarrow[7.7\text{만년}]{\alpha} 226Ra \\ \xrightarrow[1600\text{년}]{\alpha} 222Rn \Rightarrow 206Pb(\text{안정}) \dots (1) \end{matrix}$$

위 붕괴식과 같이 우라늄-238은  $\alpha$ ,  $\beta$  붕괴를 거쳐 라듐-226가 되고, 또 한 번의  $\alpha$  붕괴를 거쳐 이번 연구에서 계측하고자하는 라돈-222이라는 비활성 기체가 된다. 그 후 최종적으로  $\alpha$  선을 5회,  $\beta$  선을 4회 내보내며 안정 상태인 납-206이 된다.

### 2. Rn-222가스와 권고 기준

라돈(Rn-222)은 지각중의 토양, 모래, 암석, 광물질 및 이들을 재료로 하는 건축자재 등에 미량(7.4~74 Bq/kg)으로 함유되어 있으며, 우라늄 붕괴계열 중 유일하게 무색, 무미, 무취한 가스상의 물질이다. 반감기는 3.82일이며 우라늄의 6번째 붕괴 생성물이며, 원자번호는 86번이다. 붕괴 시 생성되는 라돈의 딸핵종들도  $\alpha$ ,  $\beta$  또는  $\gamma$  선을 방출한다. 라돈의 딸 핵종들은 생성된 후 60초 이하의 짧은 시간동안 화학적으로 매우 활성적인 양이온 상태의 미 흡착 핵종으로 공기 중에 남아 있거나, 주변의 미세 먼지, 수증기, 구조물의 먼지나 바닥 등에 흡착 및 침적 된다. 일반적으로 라돈가스는 물질내외의 온도차와 압력차이로 확산되거나 대류과정에서 지상 혹은 실내 환경으로 방출되는 성질을 가지고 있어, 주거공간의 환기율이 낮아지게 되면 건물의 지반 등에서 라돈 입자가 실내공기 중에 집적되어 농도가 높아지게 된다<sup>[9]</sup>. 이때 높은 농도의 라돈 및 그 딸핵종을 계속 호흡할 경우 폐 기저세포가 방사선

에너지 흡수에 의해 방사선피폭을 받게 되어 이로 인한 폐암유발 위험이 높아지게 된다<sup>[10]</sup>. 특히 지하 근무지나 밀폐된 공간에서는 환기율이 낮아 라돈에 의한 방사선 피폭의 가능성이 높다<sup>[7],[12]</sup>.

우리나라의 공기 중 라돈가스 권고기준치는<sup>[5]</sup> 148 Bq/m<sup>3</sup>(4pCi/L)이하로 정하고 있으며 UN과학위원회(UNSCEAR)의 조사결과에서는 인간이 자연방사선으로부터 받는 연간피폭선량(2.4 mSv/y)중 약 50%에 해당하는 1.2 mSv/y가 Rn-222에 의한 것이라는 것이 보고되었고<sup>[11]</sup> 우리나라의 전국 연평균 유효선량은 1.62 mSv/y로 국제방사선방호위원회(ICRP)의 라돈 선량 권고기준인 10 mSv/y 보다 낮은 준위이다<sup>[2],[6]</sup>.

이러한 라돈은 흡연 다음의 폐암의 2차 원인물질로 알려져 있는데 이는 일산화탄소의 독성보다 100배 이상의 치사율을 보여준다는 연구결과가<sup>[8]</sup> 있으며 세계 보건기구에서는 폐암 환자 10명 중 1명은 라돈가스로 인해 폐암에 걸린다고 보고하고 있다<sup>[4]</sup>.

## III. MATERIAL AND METHOD

### 1. 실험장비

계측에 사용된 측정기는 연속라돈농도측정기(Professional Continuous Radon monitor)로 미국 EPA(Environmental Protection Agency, 환경보호청) 승인 제품이다. 이 라돈농도 측정기는 실시간 연속으로 측정하며 확산-접합형 광센서를 이용한다<sup>[11]</sup>. 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-N접합으로 된 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 이용 된다. 정확도는  $\pm 5\%$  또는  $\pm 37$  Bq/m<sup>3</sup>이고 24시간이상 연속측정시 오차가 줄어들 수 있다.



Fig. 1. Professional Continuous Radon monitor(1027).

## 2. 실험방법

계측 장소는 G-광역시 N-유치원에서 계측을 실시하였다. 직사광선이 비치거나 습도가 높은 곳을 피하고 창문으로부터 거리를 1.2m, 바닥과의 높이를 1.1m, 벽(건축자재)과의 거리를 1m로 정하여 시료 채취를 하였다. 유치원 각(총 3층 건물의 1, 2, 3층)층 별 오전 10시 ~ 오후 3시까지 총 6시간 중 창문을 닫고 3시간과 창문을 열고 3시간 씩 총 4차례 각 층별 라돈 가스 농도를 측정 하였다.

## IV. RESULT AND DISCUSSION

Table 1. Radon Concentration at N-Kindergarten and average value(unit: pico carie)

Floor	1st-measure		2nd-measure		3rd-measure		4th-measure	
	Close	Open	Close	Open	Close	Open	Close	Open
1st	3.3	1.1	3.5	1.2	3.3	1.1	3.5	1.2
2nd	2.4	0.8	3.1	1.3	2.6	1.2	2.5	0.7
3rd	2.3	0.7	2.7	0.5	2.5	0.6	2.9	0.5

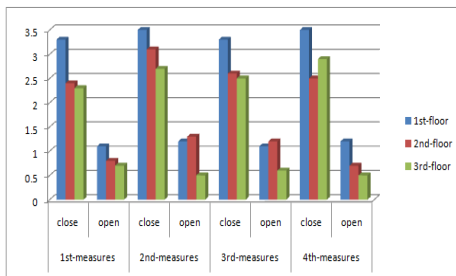


Fig. 2. Measuring Results(unit : pico carie).

Table 2. The converter of the measured mean value [unit : Becquerel]

	Floor	Measures(pCi)	Conversion value(Bq/ m <sup>3</sup> )
Close	1st floor	3.5	129.5
	Second floor	2.725	100.8
	3rd floor	2.625	97.1
Open	1st floor	1.1	40.7
	Second floor	0.95	35.1
	3rd floor	0.45	16.6

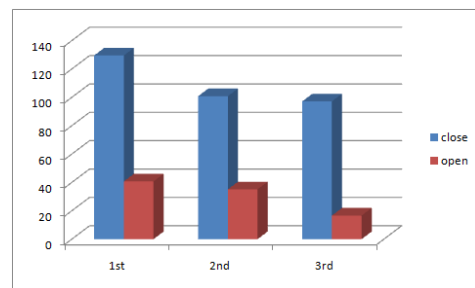


Fig. 3. The converter of the measured mean value [unit : Becquerel].

N-유치원 1, 2, 3층을 대상으로 창문을 열고, 닫고 총 4차 계측을 하여 얻은 라돈농도를 보면 창문을 닫았을 때의 층별 평균치는 1층 : 3.5 pCi/L, 2층 : 2.725 pCi/L, 3층 : 2.625 pCi/L이었으며, 창문을 열었을 때의 층별 평균치는 1층 : 1.1 pCi/L, 2층 : 0.95 pCi/L, 3층 : 0.45 pCi/L이다. 이 결과로 보아 창문을 열었을 때 측정 결과가 창문을 닫았을 때 측정결과보다 월등히 높은걸 볼 수 있고 1층의 측정치가 다른 층에 비해 상대적으로 높다는 것을 알 수 있다.

N-유치원 건물 내의 라돈농도는 계측장소에서 창문의 개폐 및 환기 장비의 유무, 온풍기 및 에어컨의 유무, 온도에 따른 기체 분자의 확산정도 등에 좌우 된다. 본 연구에서 Professional Continuous Radon monitor로 계측된 값을 분석한 결과 국내 실내공기 중 라돈농도 기준치인 148 Bq/m<sup>3</sup>(4p Ci/L) 보다 적은 량으로 나타났다.

## V. CONCLUSION

본 연구에서는 G광역시 소재 N-유치원 라돈가스 농도를 측정하였다. 측정 결과 N-유치원 내의 라돈농도는 미국 일반인 공기 중 라돈가스 최대허용농도 기준치인 4 pCi 보다 낮게 나타났다. 방어적 측면에서 N-유치원 내의 창문을 자주 열어 환기하고 먼지를 제거한다면 라돈 가스의 농도는 낮아져서 유아를 대상으로 하는 교육기관에서 유아에 대한 라돈 가스의 피폭을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

이 논문의 제한점으로는 라돈농도 측정값은 기온, 기압, 기류 및 계절별, 시간별, 지역별로 다를 수 있어 보다 전문성을 겸비하여 전문 인력과 전문 지식을 동원하여 관련 기관에서 조사가 이루어져야 하고 그에 따른 조치를 행한다면 유아교육기관인 유치원의 라돈 가스로부터 피폭을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 쾌적한 환경에서 유아 교육을 실시할 수 있을 것으로 생각한다.

## Reference

- [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] Ministry of Education, Science and Technology, "Regarding radiation protection standards", Ministry of Education, Science and Technology Announcement No. 37, 2009
- [6] Yon yunju et al, "The National Indoor Radon Survey", Korea Institute of Nuclear Safety(2009)
- [7] Kim wontaek et al., "Indoor air quality assessment in the Radiation Oncology is located in the basement", Society for Therapeutic Radiology and Oncology Vol. 23; No. 4; pp. 243-252, 2005
- [8] Comparison data calculated using the Centers for Disease Control and Prevention's 1999-2001 National Center for Injury Prevention and Control Reports
- [9] Lee ungyu et. al, "Indoor air quality testing process methods derived Research", Korea Institute of Construction Technology Research(2004)
- [10] Kim YS, Lee CM, Kim HT, Iida T. A survey of indoor and outdoor radon concentrations by alpha track detector in Korea. Kor J Env Hlth 2002;28:71-76
- [11] The Guardian Origin of The EPA, EPA Historical Publication-1, Spring (1992)
- [12] Jeaho Song, Gyehwan Jin, "Evaluation of Indoor Radon Levels in a Hospital Underground Space and Internal Exposure", Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 5, No. 5, pp.231-235, 2011.