

상대습도에 따른 RAD7의 라돈측정 및 보정식 산출과 통계적 분석

최지원*, 박은지, 주명훈, 임성규, 안창석, 장동철, 서승범
 한일원자력(주), 경기도 안양시 만안구 덕천로 45
 *jw1221@hanilnuclear.co.kr

1. 서론

라돈은 안정한 ^{206}Pb 에 도달할 때까지 연쇄적인 붕괴를 거치면서 입자성 라돈 딸핵종(^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po)을 생성한다. 이 때 라돈이 붕괴하면서 생성되는 딸핵종들은 전하를 띄기 때문에 공기 중의 먼지, 수증기 및 물체의 표면에 흡착하게 된다. 이러한 라돈을 측정하기 위한 방법은 수동형 및 연속형 검출 방식의 두 가지가 있다. 연속 측정을 위해 일반적으로 사용되는 상용모델인 RAD7은 PIPS (Passivated Implanted Planar Silicon) 센서를 사용하는 실리콘 검출기 형태로, 전도체로 코팅되어 있는 0.7 L의 반구체 중심에 센서가 위치해 있고 2,000-2,500 Volt의 인가전압을 반구체 전체에 흘려주어 자장(net)이 형성되도록 한다. 이 자장은 양전하를 띤 $^{218}\text{Po}(T_{1/2}:3.05 \text{ m})$, $^{214}\text{Po}(T_{1/2}:164 \mu\text{s})$ 를 센서로 밀어내고 음전하의 센서에 부착되게 한다. 그리고 센서에 부착된 자핵종이 붕괴되면서 방출되는 알파입자를 계수하게 된다. 만약 반구체 내에 습도가 높아지게 되면(약 7% 이상) 이는 양전하를 띤 자핵종과 수분의 음전하(OH-)와 재결합을 통해 전기적으로 중성(electroneutrality)인 입자가 되고, 센서 측정효율을 낮추기 때문에 측정값(계수율)이 낮아지는 결과가 나타난다. 따라서 측정 효율을 높이기 위해 제습제(polycarbonate)를 사용하여 측정할 공기의 상대습도를 낮추어 상대습도를 10% 이하로 유지하여 측정한다. RAD7은 습도보정의 기능을 가지고 있으며, 측정 시 상대습도 10%이하를 유지하여 측정하도록 권장하고 있다. 제습제는 용량이 정해져있어 약 2-3주 이내 사용이 끝나게 되고 동시에 상대습도가 측정되는 공기의 상대습도로 올라가게 된다. 측정값은 RAD7의 측정원리에 의해 측정률이 떨어지게 된다. 보정기능을 통해 예상 라돈측정값을 알 수 있으나 제조사에서 제공하는 상대습도에 따른 보정식은 제공하지 않는다.

본 실험에서는 RAD7 측정기를 사용하여 상대습도를 낮은상태, 중간상태를 유지시키며 라돈을 측정하였고, 측정 후 선형회귀분석을 실시하였다. 또한 높은 상대습도에서 라돈을 측정하여 1차 선형값을 통해 RAD7에 보정된 최종 값과 비교하였다.

Table 1. RAD7 specification

List	Description
Sensor	PIPS
Radon Concentration Range	0.1-20,000 pCi/L
Measurement Accuracy	+/-5%, 0% - 100% RH

2. 본론

2.1 상대습도에 따른 라돈측정

Durridge에서 제공한 제습제(polycarbonate)를 사용하여 낮은 상대습도 약 4%와 중간 약 40%를 유지하여 라돈을 측정하였다. Fig와 같이 1 m³의 챔버 내 RNC(Pylon, CANADA) 9520.9 kBq Ra-226 선원을 사용하여 라돈을 주입하였으며, 가습기를 사용하여 습도를 조절하였다.

Table 2. Using Equipments

List	Description
Radon Chamber	1 m ³
Ra-226	9.5209 kBq, RNC
Detector	RAD7, KRISS Cal. date 160514
Pump rate	2 L/min (source inlet)

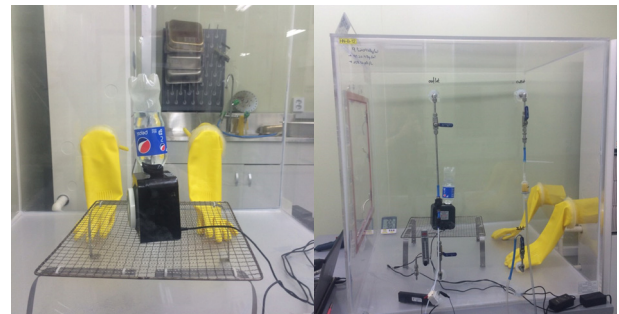


Fig. 1. Rn-222 detect in Chamber.

Table 3. R.H. condition

No.	R.H (%)	Air rate(Liter)	Note
1	4-7		
2	39-42	0.2	Rn-222 Spontaneous Decay
3	80-85		

2.2 선형회귀분석

4%와 40%에서 RAD7을 통해 라돈을 측정 후 보정 전 후의 라돈 농도 데이터를 추출하였고, 1차 선형회귀분석을 실시하였다. 생성된 1차식을 통해 80%에서 측정된 라돈값을 적용하였으며 RAD7에서 보정한 라돈 측정값과 비교하였다.

3. 실험 및 결과

3.1 1차 선형식 산출

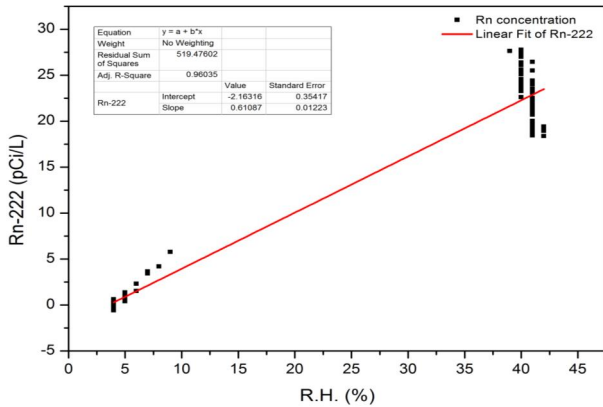


Fig. 2. Linear Fit (4-40%).

약 4%와 40%에서 RAD7을 통해 라돈을 측정하였다. 습도에 따른 보정전후의 값을 사용하여 1차 선형식을 식 (1)과 같이 산출하였다. RAD7에서 측정된 상대습도값 x 를 통해, 측정값에 합산될 보정값 y 가 정해진다.

$$y = 0.61087x - 2.16316 \quad (1)$$

약 80-85%의 상대습도에서 측정한 라돈값은 보정 전 후로 나누어 데이터를 추출하였고, 1차 선형식을 산출하였다.

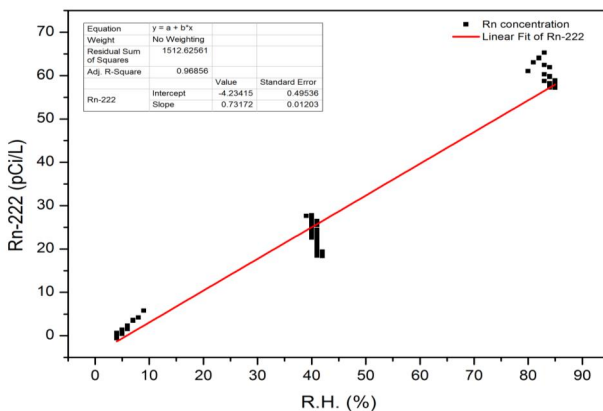


Fig. 3. Linear Fit (4-80%).

3가지 상대습도에서 RAD7을 통해 라돈을 측정하여 보정된 값을 통해 1차선형식을 식 (2)와 같이 산출하였다.

$$y = 0.73172x - 4.23415 \quad (2)$$

3가지 상대 습도를 통해 산출된 식을 통해 각 상대 습도 사이의 값을 적용하였을 때 라돈측정값의 오차가 -1 ~ +2 pCi/L의 범위에 드는 것을 확인하였다.

3.2 SPSS 단순선형회귀분석

Table 4. Effect of Rn-222 by R.H.(Simple regression)

Model	Description (* P<0.05)		
	R ²	B	t
R.H.	.969	.732	60.810*

Significance probability=.000, F=3697.853*

결정계수 R제곱값이 .969이므로 습도가 라돈보정값에 영향을 미치는 것을 알 수 있고 비표준화계수 B값을 볼 때 라돈보정에 미치는 영향력이 있음을 알 수 있다. t값은 유의수준 .05 이상으로 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 즉 습도는 라돈보정값에 대해 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 실험을 통해 RAD7을 사용하여 상대습도에 따른 라돈측정값에 대한 선형회귀분석을 실시하였고, 3가지 상대습도를 통해 1차선형 보정식을 산출하였다. 단순선형회귀분석 결과 RAD7 라돈측정장비를 사용할 경우 상대습도가 라돈값에 영향을 미칠 수 있음을 통계적으로 분석하였다. 정확한 산출보정식은 추후 습도와 라돈측정 값에 대한 정밀한 분석을 통해 실험할 예정이다.

5. 참고문헌

- [1] 정의권, "자연방사성동위원소를 이용한 실내공기 중 실시간 라돈농도 검출 방법의 연구", 석사학위논문 (2008).
- [2] ICRP 65, "Protection Against Radon-222 at home and at work" (1998).
- [3] 정재형 "라돈 및 라돈 딸핵종의 시·공간적 모니터링과 상관성 분석" (2008).