

실내외 온습도와 실내 라돈 농도를 이용한 실내 라돈 농도 예측 모형

윤덕경*, 정재원**

Prediction Model of Indoor Radon Concentration using Indoor and Outdoor Temperature, Humidity and Indoor Radon Concentration

Deog-Gyeong Yoon*, Jai-Won Chung**

요 약

방사성 물질인 라돈은 인체에 유해한 영향을 미친다. 특히 사람이 대부분의 시간 동안 생활하는 실내에서의 라돈 농도 저감은 매우 중요한 문제로 부각 되고 있다. 미래 실내 라돈 농도를 예측할 수 있다면 미리 자연환기, 환풍기 운전 등의 조치를 하여 라돈 농도를 저감 할 수 있다. 최근 실내 라돈 농도가 온도 및 습도와 관련성이 있다는 연구 결과들이 보고되고 있다. 본 논문에서는 실내외 온습도 및 실내 라돈 농도 측정 결과를 바탕으로 다중선형회귀분석을 이용하여 1시간 후의 실내 라돈 농도를 예측 모형을 구축했다. 분석 결과, 실내 상대습도, 실외 온도 및 실내 라돈 농도는 1시간 후의 실내 라돈 농도와 양의 관계가 나타났고, 실내 온도 및 실외 상대습도는 영향이 미치지 않는 것으로 나타났다. 제안하는 다중선형회귀모형을 활용하여 실내 라돈 농도를 효과적으로 관리할 수 있을 것으로 기대한다.

Abstract

Radon is a radioactive substance, and has harmful effects on the human body. Reducing the concentration of radon, especially indoors, where people live most of the time, is becoming a very important issue. If future indoor radon concentration can be predicted, radon concentration can be reduced through natural ventilation and fan in advance. Recently, some studies show that indoor radon concentration is related to temperature and humidity. In this paper, we propose the multiple linear regression model that predicts indoor radon concentration after 1 hour constructed using multiple linear regression analysis of indoor and outdoor temperature, humidity and indoor radon concentration. As a result, indoor relative humidity, outdoor temperature and indoor radon concentration showed positive relationship with indoor radon concentration after 1 hour, but indoor temperature and outdoor humidity were not affected. It is expected that indoor radon concentration can be effectively managed by utilizing the proposed multiple linear regression model.

Keywords

radon concentration, temperature, humidity, multiple linear regression, prediction

* 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학과
& 한국폴리텍대학 춘천캠퍼스 전기과
- ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1823-2382>
** 한국전자기술연구원(교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1400-526X>

• Received: Nov. 13, 2020, Revised: Dec. 02, 2020, Accepted: Dec. 05, 2020
• Corresponding Author: Jai-Won Chung
Dept. of Information and Media Research Center, Korea Electronics Technology Institute, 11, World Cup buk-ro 54-gil, Mapo-gu, Seoul, 03924, Korea,
Tel.: +82-2-6388-6725, Email: chjw0915@keti.re.kr

1. 서 론

일반인이 평생동안 노출되는 전체피폭 중 방사선이 체내에서 붕괴하여 피폭되는 내부피폭의 비율은 약 65%이며, 내부피폭 중 라돈(Radon)에 의한 비율은 약 81%로 보고됐다[1]. 체내에 유입되는 라돈의 경우, 약 95%는 들숨에서 유입되고, 그 외 약 5%는 지하수를 응용할 때 유입되는 것으로 알려져 있다[2]. 라돈이 체내에서 오래 머무르게 될 경우 라돈이 체내에서 붕괴하게 되며, 이는 DNA의 돌연변이를 발생시켜 폐암을 유발할 수 있다. 미국 환경 보호청(EPA, Environmental Protection Agency)에 따르면 미국의 연간 폐암 사망자 중 10% 이상인 약 2만명 정도가 라돈에서 방출되는 방사선에 의한 것이며, 이는 대기오염에 의한 사망자보다 10배 이상 높은 것으로 보고했다[3]. 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer)에서도 라돈을 석면과 동등한 1급 발암물질로 보고했다[2]. 국내 한국환경정책·평가연구원에서 실내 라돈으로 인한 폐암 사망자를 산정한 결과, 연간 폐암 사망자 15,625명 중 실내 라돈이 원인인 폐암 사망자는 총 1,968명으로, 이는 전체 폐암 사망자 중 약 12.6%인 것으로 보고했다[4].

라돈은 토양에서 85%에서 97%가 발생하여 건물의 균열부위, 연결부위, 배수관 등의 틈으로 실내로 유입된다[2]. 건축 자재에서 방출되는 라돈 가스도 실내 라돈 농도가 높아지는 원인이라고 보고되었다[5]. 건축물의 층수에 따른 실내 라돈 농도의 차이는 토양과 인접한 지하의 경우 평균 88.6 Bqm^3 , 1층의 경우 50.5 Bqm^3 로 지하/지상의 비가 약 1.8인 것으로 보고됐다[6]. 라돈은 표준 상태에서 공기보다 약 8배 무겁고, 3.82일의 긴 반감기 특성으로 대기 중에 오래 머무를 수 있다. 때문에, 라돈이 실내 유입되면 하부에서부터 쉽게 축적 될 수 있어, 특히 밀폐된 실내 공간에서 높은 라돈 농도가 검출될 수 있다. 하지만, 라돈은 무색, 무취, 무미의 성질이 있어 사람의 감각으로는 라돈의 유무를 인식할 수 없다[7].

실내 라돈의 경우 실내외의 온도 및 습도와 관련성이 있다는 연구 결과들이 발표되고 있다. Seftelis

등은 하루 중 온도가 낮고 습도가 높은 아침에 라돈 농도가 최대이고, 시간의 흐름으로 온도가 높아지면서 상대습도가 낮아지는 오후에 최소가 된다고 보고했다[8]. 김순애 등이 실내 환경에서 온도 및 상대습도가 라돈 농도에 미치는 영향을 선형회귀분석을 통해 알아본 결과, 온도와는 음의 상관관계가, 상대습도와는 양의 상관관계가 있는 것으로 보고했다[9]. 이승찬 등이 35일간 연속적으로 실내 환경에서 측정된 결과를 통해 알아본 결과에서도 라돈 농도는 온도와는 음의 상관관계가, 습도와는 양의 상관관계가 나타난 것으로 발표했다[10]. 실내 라돈 농도가 높을 경우 자연환기, 팬(Fan)을 이용한 외부 공기 유입 등의 방법으로 효과적으로 감소시킬 수 있다[11]. 때문에, 실내 라돈의 특성을 분석하고 온도 및 습도 등의 관련성이 있는 변수들을 활용하여 실내 라돈 농도를 예측할 경우, 라돈 농도가 높아지기 전에 미리 창문을 열거나 팬을 동작하는 등의 간단한 방법으로도 실내 라돈 농도를 효과적으로 저감 할 수 있다. 하지만, 미래의 실내 라돈 농도를 예측하는 방법에 관한 연구는 거의 보고되지 않았다.

본 논문에서는 현재의 실내외 온습도와 실내 라돈 농도를 이용하여 1시간 후의 실내 라돈 농도를 예측하는 다중선형회귀모형을 제안한다. 총 485시간 동안의 실내 온도, 상대습도, 라돈 농도 측정 결과와 총 412시간 동안의 실외 온도 및 상대습도, 실내 라돈 농도 측정 결과를 대상으로 각각 다중선형회귀분석을 시행했다. 다중선형회귀분석 결과를 통해서 현재의 실내외 온습도 및 실내 라돈 농도와 1시간 뒤의 실내 라돈 농도와의 관련성을 알아보고, 관련성이 있다고 나타난 변수들로 1시간 뒤의 실내 라돈 농도를 예측하는 모형을 도출했다.

II. 실험구성 및 측정 결과

그림 1은 실험에 사용한 라돈 측정기 및 온습도 측정기를 나타낸다. 라돈 측정기는 RD200(FTLab, Korea)을 사용했다. 측정범위는 $0.37 \sim 3700 \text{ Bqm}^{-3}$ 이고 측정오차는 $\pm 10\%$ 이내이다. RD200은 라돈 농도 값(Bqm^{-3})을 1시간 간격으로 측정하도록 설정했다. 온습도 측정기는 온도 및 상대습도 값을 측정하고 저장할 수 있는 CSD-1(CAS, Korea)을 사용했다.

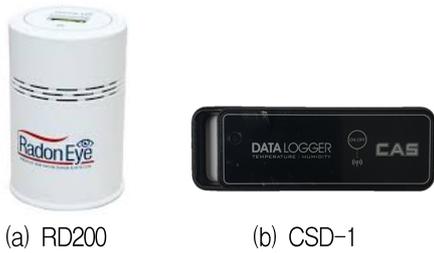


그림 1. 라돈 측정기와 온습도 측정기
Fig. 1. Radon meter and temperature and humidity meter

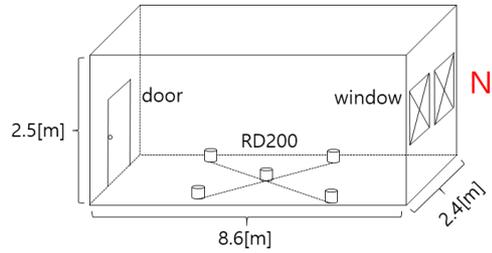


그림 2. 실험 장소
Fig. 2. Experiment place

온도의 경우 측정 범위는 $-40 \sim 105^{\circ}\text{C}$ 이고 측정 오차는 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 이내이며, 상대습도의 경우 측정 범위는 $0 \sim 100\%$ 이며 측정 오차는 $\pm 2\%$ 이내이다. CSD-1는 온도 및 상대습도를 1분 간격으로 측정하고 기록하도록 설정했고, 기록된 데이터를 1시간 간격으로 평균하여 사용했다.

그림 2는 실험 장소를 나타내며, 그림 3은 내부 및 외부 실험 환경을 나타낸다. 실험은 강원도 OO 대학 외래 강사실에서 실시했다. 암반을 깎아 만든 건물로 반 지하의 구조이며 크기는 가로 8.6[m], 세로 2.4[m], 높이 2.5[m]로 면적은 $51.6[\text{m}^2]$ 이다. 2개의 창문은 북향으로 햇빛의 영향이 미치지 않는다. 실험 중 창문은 모두 밀폐, 출입문은 0.5회/일 빈도로 개방됐다. 라돈 측정기는 사람이 실내공간에 누웠을 때 공기보다 무거운 라돈에게 받는 영향이 크므로 바닥에 설치했고, 측정 위치별 차이를 줄이기 위해 5대의 라돈 측정기에서 측정된 라돈 농도를 평균하여 분석했다. 온습도 측정기는 실내외 벽면에 1대 설치하여 측정했다.

그림 4는 연구 방법을 설명한다. 실내 온습도와 실외 온습도가 실내 라돈 농도 예측에 미치는 영향을 각각 알아보기 위하여, 실내 온습도 측정 실험과 실외 온습도 측정 실험을 각각 시행했다.

표 1은 총 897시간 동안 시행된 실내 온습도 측정 실험 및 실외 온습도 측정 실험의 결과를 나타낸다. 실내 온습도 측정 실험으로 총 485시간 동안 실내 온도, 상대습도, 라돈 농도를 측정했다. 실외 온습도 측정 실험으로는 총 412시간 동안 실외 온도 및 상대습도와 실내 라돈 농도를 측정했다.

그림 5는 실내 온습도 측정 실험 결과를 나타내며, 그림 6은 실외 온습도 측정 실험 결과를 나타낸다.



(a) 내부 (b) 외부
그림 3. 내부 및 외부 실험 환경

Fig. 3. Internal and external experimental environment

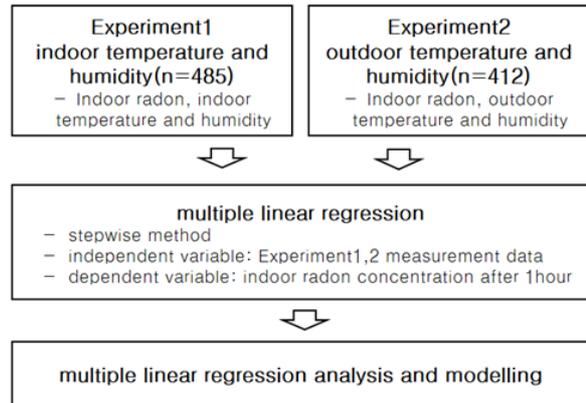


그림 4. 연구 방법
Fig. 4. Research method

표 1. 실내 및 실외 온습도 측정 실험 결과 (평균 \pm 표준편차)
Table 1. Results of the indoor and outdoor temperature and humidity measurement experiment (mean \pm standard deviation)

Category	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Humidity (%)	Indoor radon (Bqm^{-3})
Experiment1 (indoor, $n=485$)	22.72 ± 0.76	79.68 ± 6.85	171.56 ± 52.85
Experiment2 (outdoor, $n=412$)	21.32 ± 4.25	70.47 ± 11.98	128.92 ± 49.35

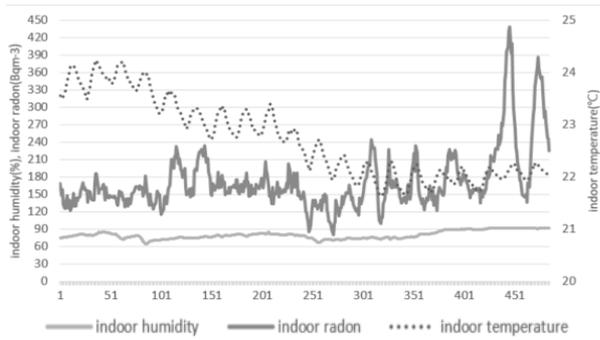


그림 5. 실내 온습도 측정 실험 결과 (n=485)

Fig. 5. Result of the indoor temperature and humidity measurement experiment

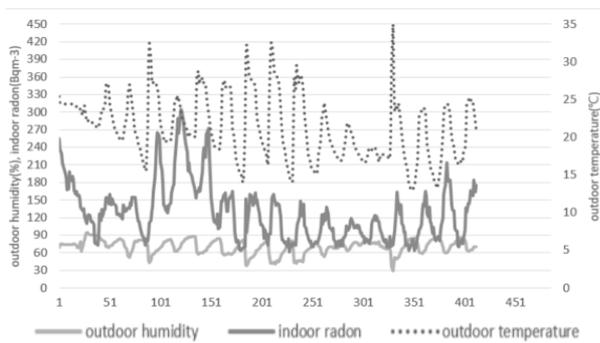


그림 6. 실외 온습도 측정 실험 결과 (n=412)

Fig. 6. Result of the outdoor temperature and humidity measurement experiment

III. 연구 분석 결과

실내의 온습도가 실내 라돈 농도 예측에 미치는 영향을 알아보고, 현재 실내의 온습도와 실내 라돈 농도를 이용하여 1시간 후의 실내 라돈 농도를 예측하는 모형을 구축하고자 다중선형회귀분석을 사용했다. 다중선형회귀분석은 실내 온습도 측정 실험 결과와 실외 온습도 측정 실험 결과를 대상으로 각각 시행했다. 실내 온습도 측정 실험 결과를 대상으로 한 다중선형회귀분석의 경우에는 독립변수로 현재의 실내 온도, 상대습도, 라돈 농도를 사용하고, 종속변수로는 1시간 후의 라돈 농도를 사용했다. 실외 온습도 측정 실험 결과를 대상으로 한 다중선형회귀분석의 경우에는 독립변수로 현재의 실외 온도 및 상대습도와 실내 라돈 농도를 사용하고, 종속변수로는 1시간 후의 라돈 농도를 사용했다. 다중선형회귀분석 시 변수 선택 방법으로는 단계선택법(Stepwise method)을 사용했다.

표 2. 실내 온습도 측정 실험 결과를 대상으로 한 다중선형회귀분석 결과

Table 2. Result of multiple linear regression analysis for the indoor temperature and humidity measurement experiment

Variable	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t(p)	VIF
	B	SE	β		
Constant	-11.678	8.679	-	-1.346	-
Indoor radon	0.936	0.016	0.935	58.722***	1.399
Indoor humidity	0.286	0.123	0.037	2.323*	1.399
$F(p)$	2517.248***				
R^2	0.913				
$Adj. R^2$	0.912				
RMSE	15.67				

*p<0.05, ***p<0.001

표 2는 실내 온습도 측정 실험 결과를 대상으로 한 다중선형회귀분석 결과를 나타낸다. 독립변수 중 실내 온도의 경우 단계선택법에 의해서 종속변수인 1시간 후의 라돈 농도에 영향이 없는 변수로 나타나 분석에서 제외되었다. 다중선형회귀분석 결과, 설명력 91.2%의 높은 수정된 R^2 값이 나타났으며, 이를 통해서 도출한 모형의 높은 유용성을 확인할 수 있었다. 또한, 실내 온습도 측정 실험 시 측정된 평균 실내 라돈 농도가 171.56 Bqm⁻³인 것을 감안했을 때, 15.67 Bqm⁻³은 평균에 비해 상대적으로 작은 RMSE(Root Mean Square Error)값이 나타났다. 독립변수 중 현재 실내 라돈 농도에 대한 비표준화 계수 B는 0.936인 것으로 나타나, 현재의 실내 라돈 농도가 1 Bqm⁻³ 증가할 경우 1시간 후의 실내 라돈 농도는 0.936 Bqm⁻³ 증가하는 것으로 나타났다. 실내 상대습도에 대한 비표준화 계수 B는 0.286인 것으로 나타나, 실내 상대습도가 1% 증가할 경우 1시간 후의 실내 라돈 농도는 0.286 Bqm⁻³ 증가하는 것으로 나타났다. 표준화 계수 β 의 경우 실내 라돈 농도는 0.935이고, 실내 상대습도는 0.037인 것으로 나타났다. 이를 통해서, 실내 상대습도보다 현재의 실내 라돈 농도가 1시간 후의 실내 라돈 농도에 더 높은 영향력을 가지는 것으로 나타났다. 모든 p-값이 0.05보다 작은 것으로 나타나 도출된 결과들이 통계적으로 유의미함을 확인할 수 있었다. 또한, 각

독립변수에 대한 VIF 값이 모두 1.399로 나타나 다중공선성에도 문제가 없는 것을 확인했다.

식 (1)은 표 2의 비표준화 계수 B로 도출한 1시간 후의 실내 라돈 농도를 예측하는 다중선형회귀모형을 나타낸다. 해당 식에서 Y_1 은 1시간 후의 실내 라돈 농도, X_1 는 실내 라돈 농도를, X_2 는 실내 상대습도를 나타낸다.

$$Y_1 = -11.678 + 0.936X_1 + 0.286X_2 \quad (1)$$

표 3은 실외 온습도 측정 실험 결과를 대상으로 한 다중선형회귀분석 결과를 나타낸다. 독립변수 중 실외 상대습도는 단계선택법에 의해서 종속변수에 영향이 없는 변수로 나타나 분석에서 제외되었다. 다중선형회귀분석 결과, 설명력 91.5%의 높은 수정된 R^2 값이 나타났으며, 이를 통해서 도출한 모형의 높은 유용성을 확인할 수 있었다. 또한, 실외 온습도 측정 실험 시 측정된 평균 실내 라돈 농도가 128.92 Bqm³인 것을 감안했을 때, 14.33 Bqm³의 평균에 비해 상대적으로 작은 RMSE 값이 나타났다. 독립변수 중 현재 실내 라돈 농도에 대한 비표준화 계수 B는 0.894인 것으로 나타나, 현재의 실내 라돈 농도가 1 Bqm³ 증가할 경우 1시간 후의 실내 라돈 농도는 0.894 Bqm³ 증가하는 것으로 나타났다.

표 3. 실외 온습도 측정 실험 결과를 대상으로 한 다중선형회귀분석 결과
Table 3. Result of multiple linear regression analysis for the outdoor temperature and humidity measurement experiment

Variable	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t(p)	VIF
	B	SE	β		
Constant	-10.439	3.613	-	-2.889	-
Indoor radon	0.894	0.017	0.901	52.590***	1.410
Outdoor temperature	1.120	0.197	0.097	5.675***	1.410
$F(p)$	2199.287***				
R^2	0.915				
Adj. R^2	0.915				
RMSE	14.33				

***p<0.001

실외 온도에 대한 비표준화 계수 B는 1.120인 것으로 나타나, 실외 온도가 1°C 증가할 경우 1시간 후의 실내 라돈 농도는 1.120 Bqm³ 증가하는 것으로 나타났다. 표준화 계수 β 의 경우 실내 라돈 농도는 0.901이고, 실외 온도는 0.097인 것으로 나타났다. 이를 통해서, 실외 온도보다 현재의 실내 라돈 농도가 1시간 후의 실내 라돈 농도에 더 높은 영향력을 가지는 것으로 나타났다. 모든 p-값이 0.001보다 작은 것으로 나타나 도출된 결과들이 통계적으로 유의미함을 확인할 수 있었다. 또한, 각 독립변수에 대한 VIF 값이 모두 1.410으로 나타나 다중공선성에도 문제가 없는 것을 확인했다.

식 (2)는 표 3의 비표준화 계수 B로 도출한 1시간 후의 실내 라돈 농도를 예측하는 다중선형회귀모형을 나타낸다. 해당 식에서 Y_1 은 1시간 후의 실내 라돈 농도를, X_1 는 실내 라돈 농도를, X_2 는 실외 온도를 나타낸다.

$$Y_1 = -10.439 + 0.894X_1 + 1.120X_2 \quad (2)$$

IV. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 다중선형회귀분석으로 현재의 실내외 온습도 및 실내 라돈 농도와 1시간 뒤의 실내 라돈 농도와의 관련성을 알아보고, 관련성이 있다고 나타난 변수들로 1시간 뒤의 실내 라돈 농도를 예측하는 다중선형회귀모형을 도출했다. 현재의 실내 온도, 상대습도, 라돈 농도의 경우에는, 실내 상대습도 및 실내 라돈 농도가 1시간 뒤의 실내 라돈 농도와 양의 관계가 있으나, 현재의 실내 라돈 농도가 상대적으로 더 높은 영향력을 갖는 것으로 나타났다. 또한, 도출된 다중선형회귀모형의 경우에는 현재의 실내 상대습도 및 실내 라돈 농도를 사용하여 평균 실내 라돈 농도가 171.56 Bqm³일 때 15.67 Bqm³의 RMSE 값으로 1시간 뒤의 실내 라돈 농도를 예측할 수 있는 것으로 나타났다. 현재의 실외 온도 및 상대습도와 실내 라돈 농도의 경우에는, 실외 온도 및 실내 라돈 농도가 1시간 뒤의 실내 라돈 농도와 양의 관계가 있으나, 역시 현재의 실내 라돈 농도가 상대적 더 높은 영향력을 나타나는 것

을 확인했다. 또한, 도출된 다중선형회귀모형의 경우에는 현재의 실외 온도 및 실내 라돈 농도를 사용하여 평균 실내 라돈 농도가 128.92 Bqm⁻³일 때 14.33 Bqm⁻³의 RMSE 값으로 1시간 뒤의 실내 라돈 농도를 예측할 수 있는 결과가 나타났다. 미래의 실내 라돈 농도 변화를 예측하여 라돈 농도가 높아지기 전 미리 창문을 열어 환기하는 등의 간단한 방법을 시행한다면 노출될 수 있는 라돈 농도를 크게 감소시킬 수 있다[12]. 제안하는 다중선형회귀모형을 활용하여 1시간 후의 실내 라돈 농도를 예측할 경우, 라돈 농도가 높아지기 전 미리 자연환기를 하거나, 팬을 동작시키는 등의 방법을 적절히 활용하여 실내 라돈 농도를 효과적으로 관리할 수 있을 것으로 기대한다.

하지만, 실내 라돈 농도의 특성과 온습도가 미치는 영향은 장소나 환경에 따라 경향성과 정도가 다를 수 있다[13,14]. 때문에, 장소와 환경에 따라서 분석 결과도 달라질 수 있기에, 다양한 장소와 환경에서의 추가적인 연구를 향후 과제로 한다. 또한, 실내 라돈 농도의 변화를 가져오는 외부 요인들과 실내 라돈 농도 저감 방안에 대한 추가 연구도 이루어져야 할 것으로 보인다.

References

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), "Sources and Effects of Ionizing Radiation", UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, Vol. I, Annex B, 2000.
- [2] R.C. Bruno, "Sources of indoor radon in houses: a review", Journal of the Air Pollution Control Association, Vol. 33, No. 2, pp. 105-109, Feb. 1983.
- [3] United States Environmental Protection Agency (USEPA), "A citizen's guide to radon", USEPA, EPA/402/K-12/002, 2012.
- [4] Yongseung SHIN et al., "Estimation of the Risk Reduction and Health Benefit of Regulating Radon Level in Indoor Air Quality", Korea Environment
- Institute, 2014.
- [5] G. Keller, B. Hoffmann, and T. Feigenspan, "Radon permeability and radon exhalation of building materials", Science of the total environment, Vol. 272, No. 1-3, pp. 85-89, May 2001.
- [6] Jong-Dae Lee, Yoon-Shin Kim, Bu-Soon Son, and Dae-Seon Kim, "A Study of Radon Concentration in First Floor and Basement and Prediction of Annual Exposure Rate in Korea", J. Environ. Toxicol, Vol. 15, No. 4, pp. 311-317, Mar. 2006.
- [7] International Commission on Radiological Protection (ICRP), "Radiological protection against radon exposure, ICRP publication 126", ICRP, Vol. 43, No. 3, pp. 5-73, Sep. 2014.
- [8] I. Seftelis, G. Nicolaou, S. Trassanidis, and F. N. Tsagas, "Diurnal Variation of Radon Progeny", Journal of Environ. Radioactivity, Vol. 97, pp. 116-123, Oct. 2007.
- [9] S. A. Kim and N. W. Paik, "A Study on Indoor Radon Concentrations in Urban Area", Korean Journal of Environmental Health Society, Vol. 28, No. 2, pp. 89-97, Jun. 2002.
- [10] S. C. Lee, C. K. Kim, D. M. Lee, and H. D. Kang, "Diurnal Variations of Equilibrium Factor and Unattached fraction of Radon Progeny in Some Houses and Laboratories", Journal of Radiation Protection, Vol. 26, No. 4, pp. 399-408, Jan. 2001.
- [11] Korea Environment Corporation (K-eco), "Indoor radon management", Korea Environment Corporation, 2016.
- [12] Deog-Gyeong Yoon, Jai-Won Chung, Tae-In yon, and Gyu-Sik Kim, "Prediction of Radon Concentration after 24 Hours using Multiple Linear Regression Analysis", International Journal of Trend in Scientific Research and Development, Vol. 4 No. 2, pp. 628-631, Feb. 2020.
- [13] J. W. Chung and G. S. Kim, "A Study on Sensitivity of PIN Photodiode Radon Counter with

Changes in Temperature and Humidity", Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 56, no. 7, pp. 55-60, Jul. 2019.

- [14] K. Akbari, J. Mahmoudi, and M. Ghanbari, "Influence of indoor air conditions on radon concentration in a detached house", Journal of environmental radioactivity, Vol. 116, pp. 166-173, Feb. 2013.

저자소개

윤 덕 경 (Deog-Gyeong Yoon)



2009년 2월 : 숭실대학교
전기공학부(공학사)

2014년 8월 : 숭실대학교
전기공학과(공학석사)

2016년 3월 ~ 현재 : 서울시립
대학교 전자전기컴퓨터공학과
(박사과정)

2019년 2월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 춘천캠퍼스 전기과
교수

관심분야 : 센서계측, 시스템제어, 보호계전

정 재 원 (Jai-Won Chung)



2013년 2월 : 연세대학교
의용전자공학과(공학사)

2015년 8월 : 연세대학교
생체공학협동과(공학석사)

2020년 8월 : 서울시립대학교
전자전기컴퓨터공학과(공학박사)

2019년 5월 ~ 현재 : 한국전자기술

연구원 정보미디어연구센터 연구원

관심분야 : 센서계측, IoT 네트워크, 스마트홈 시스템