

PA54) 서울지역의 라돈 MAP 개발을 위한 공간분포 분석

A Study on Spatial Distribution for Developing a Radon Map in Seoul Metropolitan Area

이형우 · 백승아¹⁾ · 이태정 · 김동술

경희대학교 환경 · 응용화학대학 대기오염연구실

¹⁾(주)선도소프트 환경사업본부

1. 서 론

최근 발암성 실내오염물질로 대두되고 있는 U^{238} 의 붕괴산물인 라돈(^{222}Rn)은 자연계에 널리 존재하는 자연방사능 물질로 토양, 건축자재 및 지하수 등에서 주로 방출된다 (Cramer and Burkart, 1989). 미국 환경보호청(U.S. EPA)에 의하면, 연간 13만 건의 폐암 사망자 중 흡연에 이어 약 7,000~30,000명의 사람들이 주거지 내의 라돈에 폭로되어 사망하는 것으로 알려져 있다(EPA, 1992). 토양과 암석에서 생기는 라돈 기체는 건물의 토대 · 지하실 · 파이프 등을 통해 스며나오며 환기가 잘 되지 않는 실내공기 중에 축적될 수 있다. 또한, 수중에 존재하는 라돈은 대기 중에 접촉시 빠른 가스화로 인해 실내 라돈농도에 큰 영향을 미칠 수 있다(Wikening, 1990). 서울 지역은 도시화로 인하여 많은 건물들이 빠른 속도로 증가하였고 한정된 국토에서 개발공간의 협소화로 인하여 지하공간의 개발이 활발히 진행되었다. 서울시의 대표적인 실내공간이라고 할 수 있는 지하철과 같은 지하설비 내에서의 생활시간도 크게 증가하였으며, 대규모 지하도로의 건설도 예상되고 있다. 따라서 라돈농도의 공간분포와 그 영향을 분석하여 오염에 대처할 수 있는 환경계획 수립 등 라돈의 관리종합대책이 필요하다. 외국에서는 GIS를 이용하여 라돈지도(radon map) 제작 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 미국은 1988년 미국 EPA에 의해 제정된 실내라돈저감법(IRAA: Indoor Radon Abatement Act)에 의거하여 라돈농도 등급에 따라 지역을 3단계로 분류하여 지도를 작성하였다(EPA, 2005). 독일에서 라돈의 잠재위해와 관련한 표준 평가법을 개발하고 독일의 지도를 만드는 데 적용하였으며(Kemski et al., 2001), 벨기에의 일반주택에서 측정된 라돈농도를 kriging 법에 의거하여 라돈 농도분포에 관한 연구를 수행하고 라돈 현황을 도출하여 분석 한 바 있다(Zhu et al., 2001). 또한 스웨덴의 스톡홀름의 우물정에서 측정된 라돈농도를 거리반비례평균법에 의거하여 라돈 농도분포에 관한 현황을 파악하고 라돈의 위해와 관련한 평가법을 개발하고 라돈예측지도를 구축한 바 있다(Skeppstrom and Olofsson, 2006).

본 연구는 서울시 라돈맵 구축을 위한 기초연구로서 서울시 경계지역에서 라돈농도를 조사하였다. 측정지점은 토양을 통해 직접 배출되어 영향을 미칠 수 있는 밀폐된 비닐하우스를 대상으로 실시하였다. 본 측정자료는 기존에 조사된 라돈농도와 환경변수를 이용하여 지리정보시스템(GIS: Geographic Information System)을 활용한 라돈지도 구축자료로 활용하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구의 라돈측정은 2007년 6월~7월에 걸쳐 이루어졌으며 서울시 인근의 밀폐된 비닐하우스 28개 지점에서 수행하였다. 라돈농도의 측정은 미국환경보호청에서 승인한 이동식 라돈검출기를 이용하였으며 실시간(real time)으로 연속측정할 수 있는 Durrige사(RAD 7, USA)의 측정기기를 사용하였다. 이 측정기기는 반도체 이용 알파감지기로서 알파선을 직접 전기적 부호로 전환시켜 어떤 동위원소(polonium-218, polonium-214)에 나온 방사선을 정확하게 구별한다. 공기는 펌프에 의해 실리카겔 및 필터를 거쳐 반구체 내부로 1L/min의 유량으로 유입된다. 라돈 모니터는 측정지점으로 최초 5분간 안정화시킨 후, 10분간 3회 측정하여 평균치를 계산하여 농도로 환산하였다.

조사된 라돈농도는 라돈농도에 영향을 미치는 여러 가지 환경인자인 투과도, 지하수위, 지하수량, 기반암 등과의 상관분석 및 회귀분석을 통하여 라돈의 잠재 해도를 고려한 라돈농도 지도를 제작하게 된

다. 최종 라돈지도는 공간적으로 분포하는 자료를 관리 분석하는데 유용한 GIS를 이용한다.

3. 결과 및 고찰

2007년에 서울시 인근의 밀폐된 비닐하우스를 대상으로 한 라돈농도의 측정결과를 2006년 지하역사에서 측정된 결과와 함께 표 1에 나타내었다. 비닐하우스에서 라돈을 측정된 결과, 평균농도는 0.4pCi/L로 낮은 수치를 나타내었으나 최대농도가 4.8pCi/L로 측정되었다. 이에 대한 원인으로서는 비닐하우스 내부에 관개용수설비시설이 설치되어 있어 지하수량이 상대적으로 다른 지역보다 많이 존재하여 고농도의 라돈농도가 측정된 것으로 사료된다. 그림 1은 서울시 내부지역으로 조사된 지점과 서울 외곽지역 지점을 나타낸 것이다. 조사한 라돈농도를 바탕으로 GIS 프로그램을 이용하여 서울시의 라돈농도 분포를 그림 2과 같이 예측하였다. 주로 북동쪽 지역에서 높은 라돈농도가 나타났으며 화강암을 기반암석으로 두고 위치한 지역에서 상대적으로 높게 측정되었다. 추후 라돈농도에 영향을 주는 암석, 토양, 지하수, 침투도 등 다양한 요인에 대하여 체계적으로 파악하여 라돈농도와 상관관계를 분석함으로써 정확한 결과를 얻고 서울시 실내공간에 대한 라돈의 관리방안을 제시하고자 한다.

Table 1. Radon concentrations at subway stations and green houses in Seoul area. (Unit: pCi/L)

Site	No. of Sample	Mean	Std	Min	Max
Subway (2006)	44	1.6	1.7	0.3	7.4
Green House (2007)	28	0.4	0.9	0	4.8
Total	72	1.1	1.5	0	7.4

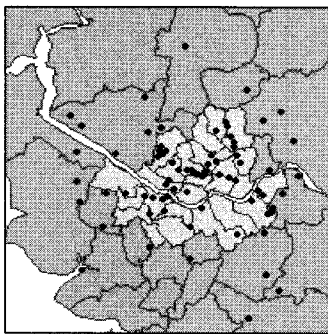


Fig. 1. Sampling sites for this study.

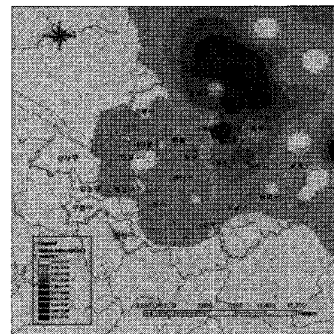


Fig. 2. Spatial distribution of radon concentrations in Seoul area.

사 사

본 연구는 2006년 서울시 산학연협력사업지원과제(과제번호: 20065126-212) - 미래 도시의 웰빙을 위한 실내공기질 관리기술개발 - 의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Cramer, R. and W. Burkart (1989) Radon Problem, Radiat. Phys. Chem., 34(2), 251-259.
- EPA (1992) A Citizen's Guide to Radon: EPA, ANR-464, 4022-K-92-001.
- EPA (2005) Map of Radon Zones, EPA-402-R-93-071.
- Kemski, J., A. Siehl, R. Stegemann, and M. Valdivia-Manchego (2001) Mapping the geogenic radon potential in Germany, The Science of the Total Environment, 272, 217-230.

- Skeppstrom, K. and B. Olofsson (2006) A prediction method for radon in ground water using GIS and Multivariate statistic, *Science of the Total Environment*, 367, 666-680.
- Wilkening, M. (1990) *Radon in the Environment*, Elsevier Science Publishers B.V.
- Zhu, H.C., J.M. Charlet, and A. Poffijn (2001) Radon risk mapping in southern Belgium: An application of geostatistical and GIS techniques, *The Science of the Total Environment*, 272, 203-210.