

4A5) 서울시 지하주차장 내 라돈농도의 공간분포분석 A Spatial Distribution Analysis of Radon Concentration on Underground Parking Lots in Seoul

백승아 · 이태정 · 김동술

경희대학교 환경·응용화학대학 및 환경연구센터

1. 서론

현대인들은 에너지 저감 효율을 높이기 위해 건물의 밀폐화로 하루 중 80%를 실내에서 생활한다는 점에서 실내환경오염은 매우 중요한 문제가 되고 있다. 미국환경보호청(U.S. EPA)에 의하면 흡연에 있어서 두 번째로 폐암유발 기여도가 높은 물질로 알려진 라돈은 건물지반 뿐만 아니라 건축자재, 지하수, 취사용 천연가스 등을 통해서도 실내로 들어오지만 일반적으로는 약 80%가 지반의 토양으로부터 방출이 주요 노출원이므로 지상보다는 지하 지반과 가깝고 환기상태가 상대적으로 좋지 않은 지하공간에서 더욱 문제가 될 수 있다(김동술 등, 1993).

서울시 라돈농도를 통해 정보들을 효과적으로 활용하기 위해서 정보에 내재되어 있는 공간정보의 속성들을 정량적으로 해석하고 시공간적으로 예측할 필요성이 있다. 지리정보시스템(GIS: Geographic Information System)을 활용하면 미측점 지점일지라도 정보에 대한 예측이 가능하므로 오염에 대처할 수 있는 환경계획을 수립하는데 유용하게 응용될 수 있다.

외국에서 라돈과 관련하여 GIS를 이용한 첫 번째 대형연구로는 미국의 Radon Map 제작 연구가 있는데, 1988년 미국 EPA에 의해 제정된 실내라돈저감법(IRAA: Indoor Radon Abatement Act)에 의거하여 라돈농도 등급에 따라 지역을 3 단계로 분류하여 지도를 작성하였다. 이 연구를 기반으로 모든 신규 건물 건축시 라돈농도를 반드시 고려하도록 오염정보를 제공하고 있다. 또한 지역별 라돈수준과는 별도로 모든 주택 소유자에게 주택내의 라돈농도를 평가하도록 하고 있으며, 주택 거래 시 라돈의 측정자료를 요구하고 있다(EPA, 2005).

본 연구는 서울시 소재 대학교의 지하주차장과 아파트 지하주차장의 라돈농도를 파악하고, 이를 바탕으로 GIS를 응용한 공간분석법을 개발하였다. 이를 바탕으로 최종 서울시 라돈 농도분포 결과를 제시함으로써 향후 장기적이며 체계적인 라돈 관리에 유용한 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 연구 방법

지하주차장의 라돈농도를 측정하기 위해, 미국 Femto-Tech 사의 연속식 라돈 모니터(Model R201F)를 사용하였으며, 모니터는 측정지점으로 이동 후 최초 5분간 안정화 시킨 후 10분간 2회 측정하여 평균치를 계산하여 농도로 환산하였다.

공간분석법(spatial series analysis)이란 동일시간에 지역적으로 상이한 측정지점에서 측정된 자료를 한 평면상에서 시각적으로 평가하는 방법론이다. 공간분석법에는 여러 가지 종류의 분석법들이 있지만 연구의 목적과 대상이 무엇이나에 따라 다양한 기법과 모델이 이용될 수 있다. 최근까지 공간분석에서 가장 선호하고 있는 내삽방법으로 거리 반비례 평균법(inverse distance weighted averaging)과 크리깅(kriging)법 등이 있다(윤훈주와 김동술, 1997).

크리깅법은 주위에 알려진 값들의 상호관계에 따른 가중치를 이용한 선형조합으로 미지의 지점에서 새로운 값을 예측하며, 예측된 값들이 가지는 불확실성을 정량적으로 평가하기 위해 오차분산을 계산하거나 조건부 시뮬레이션을 사용하여 여러개의 등가의 확률분포를 가지는 자료를 생성할 수 있다.

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_i \quad (1)$$

여기서, Z^* 는 위치가 알려진 지점에서의 예측치, Z_i 는 측정치, λ_i 는 가중치, n 은 시료의 개수이다. 가중치 λ_i 는 방법에 따라 linear, gaussian, spherical model 등으로 구분되는데 그중 spherical model을 사용

하였다.

거리 반비례 평균법에서 미측정 지점의 라돈농도 값은 측정된 측정지점의 라돈농도에 대한 가중 평균에 의하여 계산된다.

$$Z^* = \sum_{i=1}^n W_i Z_i \quad (2)$$

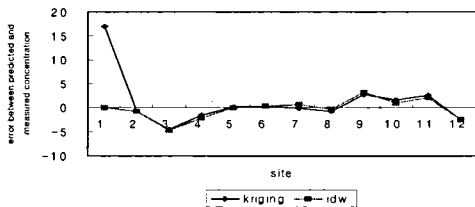
여기서, Z^* 는 위치가 알려진 지점에서의 예측치, Z_i 는 측정치, W_i 는 가중치, n 은 시료의 개수이다.

$$Z^* = \sum_{i=1}^n W_i Z_i \quad (3)$$

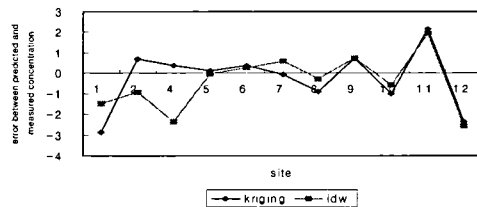
가중치 W_i 는 예측하고자 하는 지점에서 주변의 관측지점까지의 거리에 의해 결정된다.

3. 결과 및 고찰

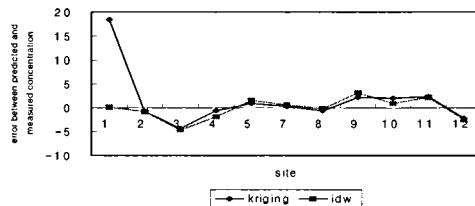
측정점으로부터 미측정 지역을 예측할 경우 오차값이 발생한다. 그림 1은 전체 측정점과 가장 높은 값을 나타내는 측정점, 가장 낮은 농도를 나타내는 측정점 각각 하나씩 결측시키고 공간분석을 한 결과 나타난 오차 값을 비교하였다. 그 결과 예측 오차 값이 낮은 거리 반비례 평균법이 우수한 결과를 나타내고 있다.



(a) when all the sites were considered.



(b) when the site showing the highest concentration was removed.



(c) when the site showing the lowest concentration was removed.

Fig. 1. Error between predicted and measured concentration.

사 사

본 연구는 2005년 서울시 산학협력사업 지원과제(과제번호: 20065126-212)의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 김동술, 김윤신, 김신도, 신용배, 김성천, 유정석 (1993) 서울시 지하철역내의 라돈 농도분포 및 저감대책, 한국대기보건학회지, 9(4), 271-277.
- 윤훈주, 김동술 (1997) GIS를 이용한 강하분진 중 금속원소의 공간분포분석, 한국대기보건학회지, 13(6), 463-474.
- EPA (2005) Map of Radon Zones.