

국내 원자력시설 주변의 환경방사능 분포에 관한 연구

김주열·이병철

(주)미래와도전
e-mail: gracemi@fnctech.com

요약문

국가 환경방사선/능 자동감시망과 원전주변의 환경방사선/능 감시를 통해서 연속적으로 측정·기록된 대량의 환경방사선/능 정보들이 효과적으로 활용되고 있지 않는 상황에서 환경방사선/능 정보에 내재되어 있는 공간정보 속성들을 정량적으로 해석하고 시공간적으로 예측할 필요성이 있다. 지구통계기법을 활용하면 환경방사선 감시설비가 비록 설치되어 있지 않은 지점일지라도 환경방사선/능 정보에 대한 예측이 가능하므로 향후 추가적인 감시기의 설치와 시료분석에 소요되는 시간과 비용을 절감할 수 있다. 본 연구에서는 고리, 월성, 영광, 울진 원자력발전소와 대전 한국원자력연구소 등 국내 원자력이용시설 주변 토양중의 환경방사능 분포를 감마동위원소인 ^{137}Cs 과 ^{40}K 을 중심으로 파악하였다.

key word: 환경방사능, 지구통계학, 원자력시설

1. 서론

지구통계기법은 공간적 또는 시간적으로 변동하는 환경정보를 이용해서 이들의 분포특성 및 그 상관관계를 분석·평가하여 신뢰할만한 정보를 예측하는 기법으로 광산학, 수리지질학, 기상학, 환경공학, 석유공학, 지리정보시스템, 수산학 등 여러 다양한 분야에 적용되고 있다. 지구통계기법의 핵심은 환경정보 데이터가 무작위하게 분포하는 것이 아니라 특정한 공간적 상호관계와 연속성을 가진 공간변이도로 표현된다는 것이다. 공간적 상호관계는 베리오그램 (variogram)으로 정량화되는데 이것은 일정한 거리만큼 떨어진 자료들의 유사성 정도를 나타내는 지표로 공분산의 계산과 크리깅 가중치를 계산하기 위하여 필요하다.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i+h) - Z(x_i)]^2 \quad (1)$$

여기서, h 는 두 시료채취 지점 간의 거리이고 $Z(x_i)$ 는 x_i 지점에서의 측정치이며, $N(h)$ 는 일정거리 h 를 가지는 쌍들의 개수이다. 크리깅 (kriging)은 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 여러 개의 등가의 확률분포를 가지는 자료를 생성할 수 있다.

$$Z^*(x_o) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (2)$$

여기서, Z^* 는 보간지점 x_o 에서의 추정치이고 λ_i 는 가중치이다.

한국원자력안전기술원에서는 우리나라 전국토에 대한 환경방사선 준위와 환경방사능 농도를 효율적으로 감시하기 위하여 전국 37개소에서 국가 환경방사선 자동감시망 (<http://iernet.kins.re.kr>)

을 운영하고 있으며, 특히 공간감마선량율은 매 15분 주기로 측정되어 실시간으로 일반에게 공개되고 있다. 국가 환경방사선 자동감시망의 주된 기능은 평상시에는 전국토 환경방사선의 준위를 감시하는 것이고, 방사능테러나 원자력발전소 관련 중대사고의 경우에는 일반 국민을 방사선 위험으로부터 보호하는 조기경보체계의 역할을 한다. 또한 한국원자력안전기술원은 국내 4개 원자력발전소 부지와 대전 원자력시설 주변 토양에서 매년 봄·가을 2회씩, 각 10개 지점에서 시료를 채취하여 ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ 의 환경방사능 농도를 분석하고 있다 (그림 1). 본 연구에서는 고리, 월성, 영광, 울진의 4개 원자력발전소 부지와 대전의 한국원자력연구소내 하나로연구로 등 국내 원자력이용시설 주변 토양중의 환경방사능 분포를 감마동위원소인 ^{137}Cs 과 ^{40}K 을 중심으로 파악하였다.

2. 본론

원자력이용시설 주변 토양 중 환경방사능의 공간분포를 지구통계기법을 활용하여 시각화하고 분석하는 모듈을 MATLAB 프로그램을 이용하여 개발하였다. 부지주변 환경내 방사성물질의 축적경향과 변동평가 및 공간분포 예측을 위해 각각의 부지주변 토양 중 ^{137}Cs 과 ^{40}K 의 연평균 농도 분포를 추정하였다 (그림 2~6). 인공 감마동위원소인 ^{137}Cs 은 원자력이용시설에서 기인하는 환경영향을 평가하는 주요한 핵종으로서, 매년 오차범위 내에서 비슷한 농도로 측정되어 특이하게 증가된 것은 없었다. ^{137}Cs 은 과거 '50-'60년대의 대기권 핵실험의 낙진으로 인한 잔존물로 전국적인 분포를 나타내기 때문에 원자력이용시설의 운영에 의한 추가검출 경향이 없었다. 그러나 대전 원자력연구소 주변 토양의 ^{137}Cs 농도가 절대적인 양은 매우 적지만 (2002년의 경우 연평균 4.58 Bq/kg·dry) 주변 타 지역보다 매년 높게 검출되어 이에 대한 추가적인 원인 분석이 필요할 것으로 판단된다. 천연 방사성핵종인 ^{40}K 은 토양 뿐 아니라 농·축·수산물과 해양시료에도 존재하는 감마동위원소로서 환경방사능에 의한 주민 위해도 평가 및 환경영향평가에 중요한 핵종이며 원자력시설의 운영에 의한 영향과는 무관하게 국부 지역의 지질환경에 의존적임을 알 수 있다. 본 연구의 결과는 향후 인터넷에 기반한 환경방사선/능 정보의 관리 및 실시간 안전정보 시스템에 적용될 수 있고, 원자력이용시설 부지의 환경감시 및 방사선환경영향평가의 기초자료로 활용될 수 있다. 환경방사선/능의 시공간 영상정보를 인터넷 기반의 GUI 통합시스템으로 공개하면 친환경적인 원자력발전소에 대한 대국민 신뢰성 제고 및 불신감 해소에 크게 기여할 것으로 기대된다.

3. 결론

본 연구에서는 환경친화적인 원자력발전소 운영에 도움을 줄 수 있는 환경방사능 공간분포 예측용 시각화 분석모듈을 그래픽 기능이 뛰어난 MATLAB을 이용하여 개발하였다. 개발된 기술은 일차적으로 원자력발전소 부지 및 주변의 환경방사선/능의 특성 평가 및 주민위해도 평가 등과 같은 방사선환경영향평가에 활용될 수 있으며, 한국원자력안전기술원의 국가 환경방사선 자동감시망 시스템과 연계하여 광역 환경방사선 시각화 웹서비스 시스템 구축에도 활용될 수 있다.

4. 참고문헌

1. 한국원자력안전기술원, 원자력이용시설 주변 방사선환경 조사 및 평가보고서, KINS/AR-140, Vol.13, 2002.
2. Deutsch, C.V., A.G. Journel, GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press, New York, 1998.
3. The MathWorks, <http://www.mathworks.com/>.

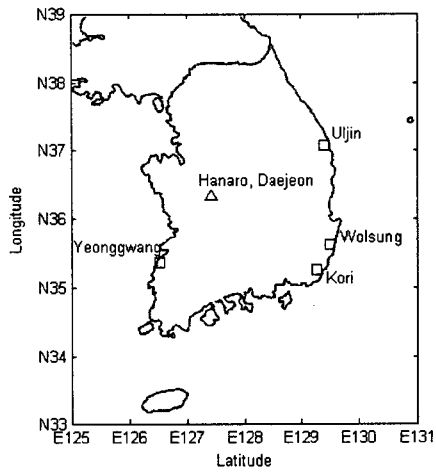


그림 1. 국내 원자력시설 분포 위치도

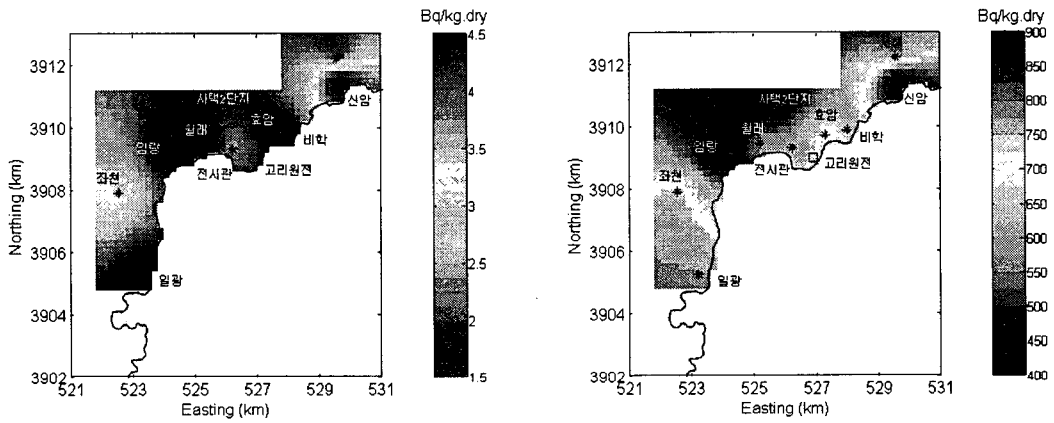


그림 2. 2002년 고리원자력발전소 주변 토양의 Cs-137(좌), K-40(우)의 연평균농도 분포

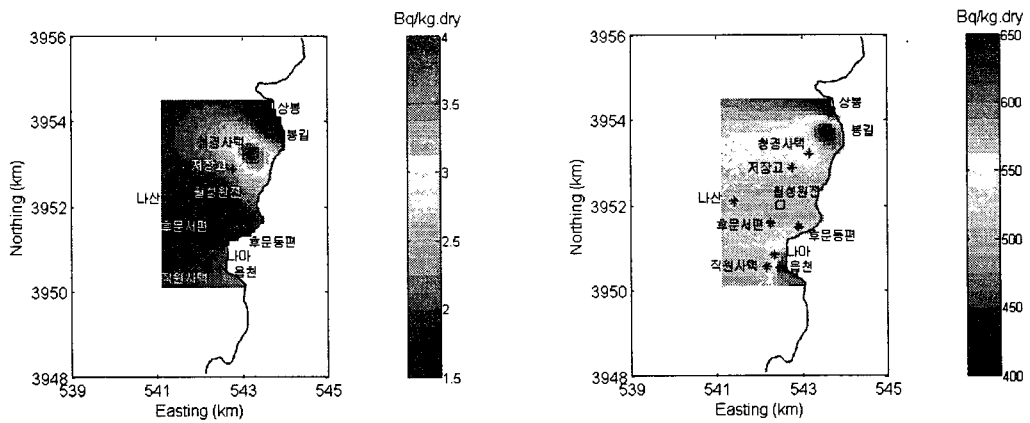


그림 3. 2002년 월성원자력발전소 주변 토양의 Cs-137(좌), K-40(우)의 연평균농도 분포

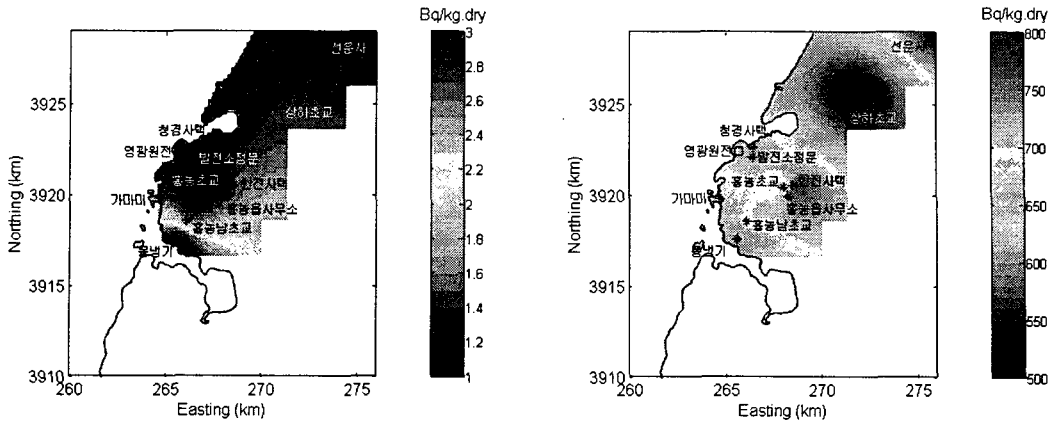


그림 4. 2002년 영광원자력발전소 주변 토양의 Cs-137(좌), K-40(우)의 연평균농도 분포

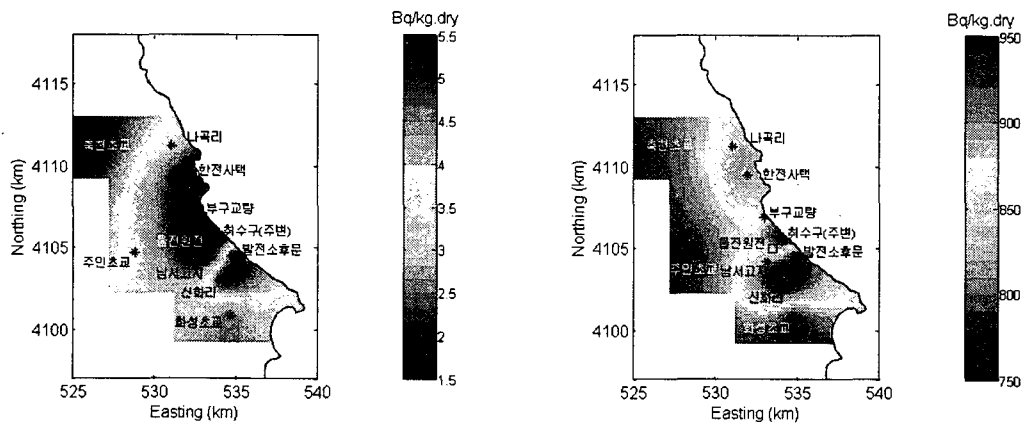


그림 5. 2002년 울진원자력발전소 주변 토양의 Cs-137(좌), K-40(우)의 연평균농도 분포

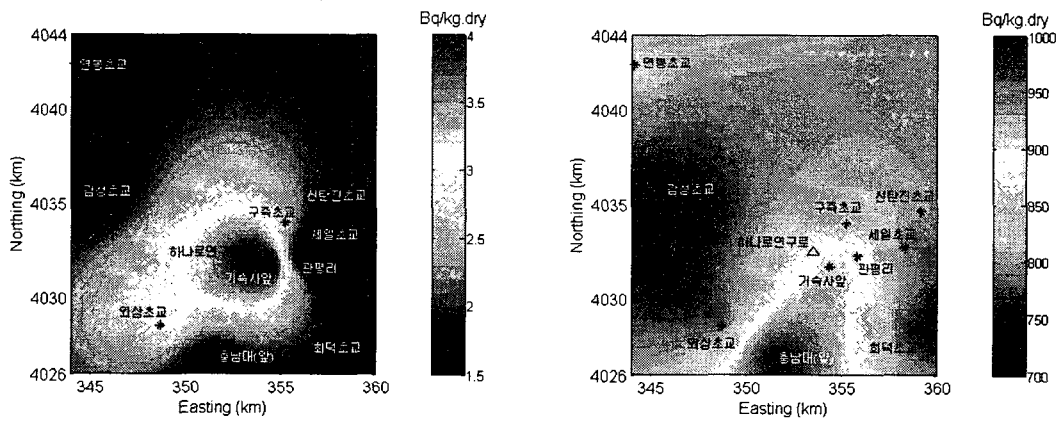


그림 6. 2002년 하나로연구로 주변 토양의 Cs-137(좌), K-40(우)의 연평균농도 분포