

환경미edium 방사능오염 평가 코드 K-BIOTA-ENV

전 인 · 금 동 권 · 임 광 목 · 최 응 호

한국원자력연구원

E-mail: ijun@kaeri.re.kr

중심어 : 토양, 강, 호수, 방사능오염

서 론

원자력시설의 운영이나 사고로 인해 환경으로 방사능이 누출되면 주민 및 생태계에 방사능 위해를 줄 수 있다. 따라서 환경방사능에 의한 주민 및 생태계 선량 평가는 주민건강 및 생태계 건전성 유지 여부를 판단하기 위해 매우 필요하다. 환경에서의 방사능농도는 선량평가를 위해서 꼭 필요한 정보로 직접적인 측정이나 모델을 통한 평가를 통해 획득하게 된다. 대기, 토양, 호수, 강, 하구, 산림, 바다 등 다양한 환경에서의 핵종거동 특성은 다르게 나타나며 이를 위한 모델도 매우 다양하게 존재한다 [1].

본 연구에서는 육상생태계의 핵심 환경요소인 토양, 강, 하천이 방사능에 오염되었을 때 각 환경미edium에서 방사능 농도를 예측하기 위한 코드 K-BIOTA-ENV[2]의 이론적 배경과 적용 예를 보여준다.

이론적 배경

K-BIOTA-ENV는 포트란으로 제작되었으며, 1개의 주프로그램과 각각 토양, 강, 호수의 농도 계산을 위한 3개의 부프로그램으로 이루어져 있다. 환경미edium에서의 방사능 농도계산은 모두 부프로그램에서 이루어지며 부프로그램간의 연계성은 없다. 주프로그램에서는 단지 계산하려고 하는 환경미edium 선택만 이루어지며 계산을 위한

데이터의 입력 및 결과출력은 각각의 부프로그램 내에서 모두 이루어진다. 각 미edium에서 농도 계산을 위해 적용된 모델은 다음과 같다.

1) 토양

토양표면에 핵종이 침적되었을 때 토양에서의 시간별, 깊이별 핵종농도를 계산하기 위해 다음의 1차원 convective-dispersive 모델식을 적용하였다.

$$\frac{\partial C_t}{\partial t} = D_s \frac{\partial^2 C_t}{\partial z^2} - u_s \frac{\partial C_t}{\partial z} - \lambda C_t \quad (1)$$

$$\text{초기조건: } C_t(z, 0) = 0 \quad (2)$$

경계조건:

$$u_s C_t(0^+, t) - D_s \frac{\partial C_t}{\partial z} \Big|_{z=0^+} = C_d \delta(t) \quad (3)$$

$$C_t(\infty, t) \rightarrow 0 \quad (4)$$

입력데이터는 D_s (유효축방향혼합계수), Darcy 속도(u_s), 핵종붕괴상수(λ)와 경계조건의 하나인 토양표면에 침적된 핵종농도(C_d)이다.

2) 강 (하천)

강(또는 하천)으로 방사성핵종이 유입되었을 때 강의 방사능농도를 계산하기 위해 다음의 2차원 모델을 적용하였다.

$$\frac{\partial C_w}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C_w}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C_w}{\partial y^2} - U_x \frac{\partial C_w}{\partial x} - \lambda_i C_w \quad (5)$$

경계조건:

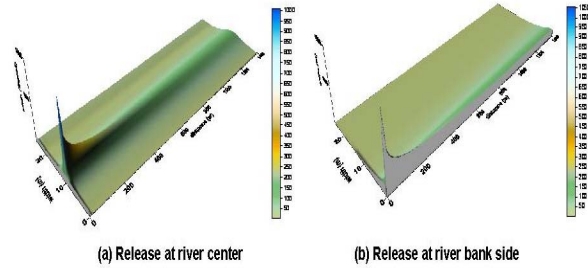
$$\text{순간방출: } Q = C_{in} \times \int EFdt \quad (6)$$

$$\text{연속방출: } C_w = C_{in} = \dot{Q}/EF \quad (7)$$

본 코드에서는 두 가지 형태의 핵종유출(연속방출, 순간방출)을 고려하였다. 연속방출인 경우 시간 변화는 의미가 없으므로 정상상태의 농도만 계산된다. 축방향(D_x) 및 횡방향혼합계수(D_y)는 경험식을 이용하여 유속, 수심, 강폭의 값(입력데이터)으로 부터 프로그램 내에서 자동으로 계산되어진다. 농도계산은 연속방출인 경우 정상상태에서의 종횡방향의 2차원으로 이루어지며, 순간방출인 경우는 시간에 따라 종횡방향의 2차원으로 이루어진다.

3) 호수

호수에 대한 모델은 호수의 크기에 따라 2종류로 구분하였다. 호수의 크기가 작아 물의 혼합이 수월한 경우 완전혼합의 가정과 함께 동적격실모델을 적용하였고[3], 대형 호수의 경우 오염 방출 주변의 농도가 중요한 정보이므로 2차원 정상상태모델을 적용하였다[4].



Release rate of radionuclide (Q)= 100Bq/s,
River width (W)= 21m, Flow rate (F)=1.7m³/s, River depth (D)=0.28m,
Flow velocity (U)=0.28m/s, $D_x=152.2m^2/s$, $D_y=1.62E-3 m^2/s$

그림 1. 방출 지점에 따른 대중천의 오염 농도

림에서 제방 근처로 오염원이 거의 도달되지 못하므로 이 경우 제방 근처에서 취수하여도 관개로 인한 2차 오염의 영향은 그리 크지 않을 것으로 보인다. 한편 오염된 지하수가 강의 제방쪽에서 용출될 때 하천의 핵종농도는 용출지점과 같은 방향 제방을 따라 이동하고 반대편 제방까지 오염이 확산되지는 않는 것으로 나타났다. 대개의 경우 관개수를 제방 근처에서 취수하는 것을 감안하면 오염원 유입이 제방 근방에서 일어날 때는 취수로 인한 2차 오염이 매우 중요하게 작용할 것이다.

모델적용 및 고찰

K-BIOTA-ENV 적용의 한 예를 그림 1에서 보여준다. 그림1은 오염된 지하수가 100Bq/s의 속도로 경주 방폐장 주변 대중천(하천)에 연중 계속 유입될 때를 가정하여 계산된 대중천 핵종 농도 plume을 보여준다. 오염된 지하수가 하천 중심부에서 유입될 때 지하수 용출 주변 지역에서의 핵종농도는 급격히 증가하지만 제방 쪽으로의 오염 확산은 극히 제한적인 것으로 나타났다. 이 결과는 오염된 지하수의 용출 지점이 강의 중심부라면 바다와 인접한 하류까지의 1.4km 흐

참 고 문 헌

1. J.H. Till and H.R. Meyer (edited), *Radiological Assessment*, NUREG/CR-3332, US/NRC, (1983)
2. KAERI, K-BIOTA-ENV, 등록번호: 2010-01-123-008032, 한국저작권위원회, (2010)
3. 금동권, 전인, 임광목, 최용호, 호수방사능오염평가 모델 (K-BIOTA-LAKE) 및 적용, 춘계학술발표회 논문요약집, 대한방사선방어학회, 제주(11월 24-25일), p382-383, (2010)
4. IAEA, *Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment*, Safety Reports Series No. 19, p184-185 (2001)