

### 3A1) 대기로부터 방사능물질의 토양침적시 농작물오염에 대한 불확실성분석

## Uncertainty Analysis of Food-chain Pollution for a Radioactive Material from Atmosphere

유동한·이한수  
 한국원자력연구소

#### 1. 서론

원자력시설의 사고시 대기중으로 누출된 방사성물질에 의해 오염된 토양으로부터 재배된 농작물로 인한 인체노출은 각종 환경오염물질에 의한 인체영향 연구결과에 보듯이 직접적인 방사능에 의한 인체노출 못지 않게 상당히 중요하다. 이러한 섭취경로를 통한 노출은 각 나라마다 서로 다른 토양조건 및 작물체종류의 다양성등 다른 양상을 보이고 있어, 연구가 수행된 미국이나 유럽등지의 평가방법을 그대로 사용하면 국내의 토양에서 재배되는 농작물이나 이를 이용한 축산물에 따른 한국인의 독특한 섭취양상을 충분히 고려하여 평가하기 어려울 수 있다. 따라서 본 연구에서는 방사능물질의 섭취경로를 통해 간접적인 인체노출을 보다정량적으로 평가하기 위해서 국내실정에 맞게 토양 및 농작물에서의 방사성물질의 거동을 분석하는 모델인, 일명 ECOREA-II, 라 불리는 분석코드를 개발하였다[1]. 우선 대기로부터 방출된 방사성물질이 토양으로 침적되면 뿌리흡수를 통해 작물체로 전이되어 인체흡수가 이루어질 수 있다. 작물체의 뿌리흡수는 통상 토양 단위무게당핵종농도에 대한 작물체 단위무게당 핵종농도비로 정의되는 토양-작물체 전이계수로 평가된다. Cs-137은 원자력발전소 사고시 지상침적량이 많은 핵종중 하나이고 벼는 우리나라에서 재배면적이 제일 넓고 소비량이 많은 주요 작물이다. 본 논문에서는 ECOREA-II 코드를 활용하여 방사성물질인 Cs-137의 토양침적시 주요한 작물체인 벼에 대한 토양-쌀알 전이계수를 분석하기 위해 주요입력변수에 대한 불확실성분석을 수행하였다.

#### 2. 방법

##### 2.1 연구체계

현 모델에서는 토양에서의 방사성물질의 이동을 평가하기 위해 아래와 같이 토양을 4 부분으로 작물체는 엽면부와 가식부로 나누어 모델링하였다. (그림 1 참고)

- 표면토양 (0 - 1 cm),
- root zone 토양 (농작 토양: 1 - 25 cm; 목초지 토양: 1 cm),
- 심층토양 (농작 토양: > 25 cm; 목초지 토양: > 15 cm - 15 cm),
- fixed soil (농작 토양: 1 - 25 cm; 목초지 토양: 1 - 15)

##### 2.2 모델식

각 구획에서의 모델식은 다음과 같다.

- 엽면부: 
$$\frac{dQ_{ps}}{dt} = (K_{res} + K_{rs}) \frac{Q_{ss}}{B_f} - (K_w + K_{tr} + K_{gs} + \lambda_d) Q_{ps}$$

- 가식부: 
$$\frac{dQ_u}{dt} = K_{tr} \frac{B_f}{B_c} Q_{ps} + \frac{K_{up}}{B_c} Q_{rs} - (K_{gt} + \lambda_d) Q_u$$

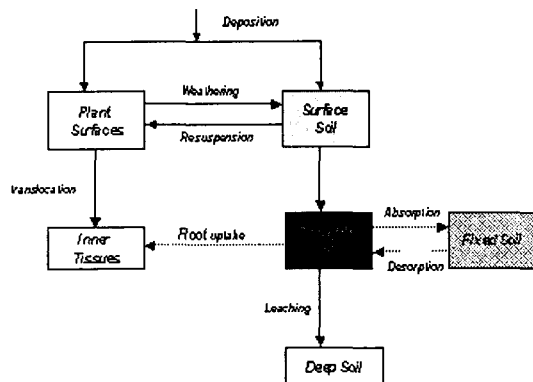


그림 1. 현 모델에서 고려하려는 각 compartment와 이들사이의에서의 이동 메커니즘

- 표층토양층:  $\frac{dQ_{ss}}{dt} = K_w B_f Q_{ps} - (K_{res} + K_{rs} + K_{per} + \lambda_d) Q_{ss}$
- 뿌리흡수토양층:  $\frac{dQ_{rs}}{dt} = K_{per} Q_{ss} + K_{des} Q_{fs} - (K_{leach} + K_{ads} + \lambda_d + K_{up}) Q_{rs}$
- 고정토양층:  $\frac{dQ_{fs}}{dt} = K_{ads} Q_{rs} - (K_{des} + \lambda_d) Q_{fs}$
- 심층토양층:  $\frac{dQ_{ds}}{dt} = K_{leach} Q_{rs} - \lambda_d Q_{ds}$

### 2. 3 불확실성분석

표 1. 불확실성분석을 위한 입력인자의 분포값

	분포	하한치	중간치	상한치
Kw	삼각형	$1.73 \times 10^2$	$2.77 \times 10^2$	$3.47 \times 10^2$
Alpha ( $\alpha$ )	"	2.0	3.0	4.0
K <sub>per</sub>	"	$6.93 \times 10^3$	$9.90 \times 10^3$	$1.98 \times 10^2$
K <sub>ads</sub>	"	$1.9 \times 10^4$	$3.8 \times 10^4$	$1.9 \times 10^3$
K <sub>des</sub>	"	$1.9 \times 10^5$	$3.8 \times 10^5$	$2.1 \times 10^4$
K <sub>res</sub>	"	$4.62 \times 10^3$	$5.5 \times 10^3$	$6.93 \times 10^3$

본 연구에서는 불확실성분석에 앞서 수행한 민감도분석의 결과로부터 표 1과 같은 인자를 선정하여 실행하였다.

### 3. 분석 결과

본 연구에서의 토양-짚알 전이계수는 다음과 같이 계산하였다[2].

$$TF = \frac{\text{concentration in fresh plant at harvest (Bq / kg)}}{\text{applied activity in unit area (Bq / m}^2\text{)}}$$

그림 2에서는 침적후 1년차, 2년차, 3년차에 대해 추수기에서의 벼의 가식부에서의 전이계수에 대한 불확실성결과를 표시하였다.

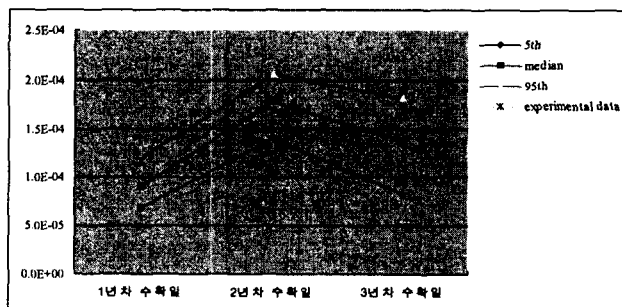


그림 2. 불확실성이 포함된 전이계수 계산결과

### 참 고 문 헌

- D. Yu and H.S. Lee (2002), Development of ECOREA-II Code for the Evaluation of Exposures from Radionuclides through Food Chain, the First AOCRFP conference, Seoul, Korea.