

1E2) 대기중 방사성 핵종의 토양침적시 거동평가 Assessment of Radionuclide Behavior on Agricultural Soil deposited from Atmosphere

유 동 한 · 이 한 수
 한국원자력 연구소

1. 서 론

원자력시설이나 원자력발전소에서 사고가 발생하여 대기로 방출된 방사능물질은 두가지 주요경로를 통해 인체노출이 일어난다. 첫째는 지역내 대기중에 존재하는 방사성물질이 인체의 호흡이나 피부등을 통해 체내로 흡입되는 직접적인 노출(Direct Exposures)이고 다른 하나는 방사능물질이 대기로부터 주변의 토양에 침적하고 이러한 토양에서 재배된 오염된 농작물들(쌀, 보리, 밀, 또는 과일, 채소)을 인간이 섭취하거나, 방사능물질에 오염된 목초로 키운 축산물(소, 돼지, 닭 등)과 이들로 생산하는 제품들(우유, 고기, 달걀등)을 인간이 섭취함으로써 이루어지는 보다 간접적인 인체노출(Indirect Exposures)이 있을 수 있다. (그림 1 참조)

이런 농작물을 통한 방사능물질의 인체노출은 직접적인 방사능노출에 비해 평가하기가 어렵고 직접노출에 비해 중요성이 떨어진다는 인식하에 국내에서는 그다지 많은 연구가 수행되지 못한 실정이다. 최근에 들어서 각종 환경오염물질에 의한 인체영향 연구결과에 보듯이 직접적인 인체노출 못지 않게 이러한 경로를 통한 간접적인 인체노출도 상당히 중요하다는 인식을 갖게 되었다. 따라서 주민과 생태계를 이러한 방사성물질로부터 보호하기 위해 이러한 경로의 방사능물질의 농작물에 대한 오염경로를 이해하고 파악하는 것이 필요하다.

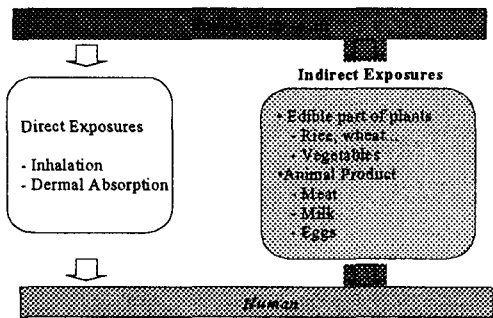


Fig 1. Human Exposure Pathways for Radionuclides

2. 연구 방법

대기중으로부터 침적된 방사능중 일부는 식물체 표면에 침적되고 나머지는 지표에 침적된다. 식물체 표면에 침적된 방사능의 일부는 가식부로 이동하고 일부는 바람이나 강우등의 풍화(weathering)작용과 마른 잎, 식물체의 부스러기 등에 포함되어 토양으로 이동한다. 한편, 경작토에 침적된 방사능은 재부유(resuspension) 및 뿌리 흡수(root uptake)에 의하여 식물의 가식부로 이동하고 일부는 뿌리흡수가 불가능한 더욱 깊은 곳으로 이동한다. 이러한 대기중 방사성물질의 거동을 수학적으로 분석하기 위해 그림 2와 같이 대기, 토양, 그리고 농작물등으로 구획(compartment)를 나누고 각각 구획에서 방사성물질의 거동에 대한 미분방정식을 세운다. 각 구획에서의 방정식은 아래와 같다.

Plant Surfaces (Qps)

$$\frac{dQ_{ps}}{dt} = (K_{rs} + K_{ra}) \frac{Q_a}{B_f} - (K_w + K_{tr} + K_{pr} + \lambda_d) Q_{ps}$$

Inner Tissues (Qit)

$$\frac{dQ_{it}}{dt} = K_{tr} \frac{B_f}{B_i} Q_{ps} + \frac{K_{wp}}{B_i} Q_a - (K_{st} + \lambda_d) Q_{it}$$

Surface Soil (Qss)

$$\frac{dQ_{ss}}{dt} = K_w B_f Q_{ps} - (K_{rs} + K_{ra} + K_{pr} + \lambda_d) Q_{ss}$$

Root Zone Soil (Qrs)

$$\frac{dQ_{rs}}{dt} = K_{per} Q_{ds} + K_{res} Q_{fs} - (K_{leach} + K_{rs} + \lambda_d + K_{sp}) Q_{rs}$$

Fixed Soil (Qfs)

$$\frac{dQ_{fs}}{dt} = K_{ads} Q_{rs} - (K_{des} + \lambda_d) Q_{fs}$$

Deep Soil (Qds)

$$\frac{dQ_{ds}}{dt} = K_{leach} Q_{rs} - \lambda_d Q_{ds}$$

3. 계산 결과

농작물을 쌀로 선택하여 사고시 방사성물질 I-131의 침적량 1 Bq/m² 을 받았을 때 (표 1 참조) 1년동안 농작물의 열면부와 토양 표층에 남아있는 방사성농도를 앞서 소개한 모델을 바탕으로 코드화한 ECOREA-II와 상용코드인 Vensim을 사용하여 계산하여 그림 3에 비교하여 보았다.

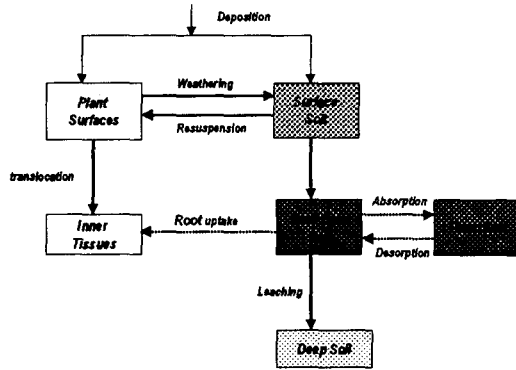


Fig 2. Compartmental Modelling

Table 1. Parameters used for Calculation

대상핵종		I-131				
식품군		쌀(벼)				
초기침적방사능량(Bq/m ²)		1				
사고일시		5월30일				
	Kw	KTr	Kper	Kres	Krs	λ _d
계수	0.0277	0.0085	0.0198	0.0	0.000864	0.0866

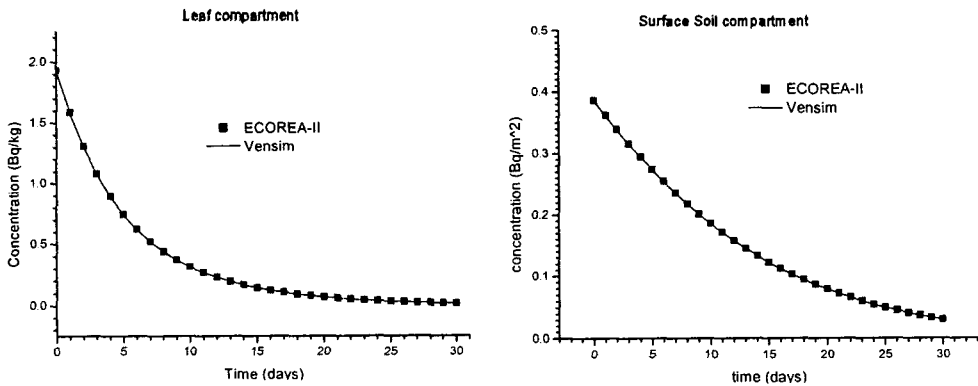


Fig. 3. Calculation Results for Leaf and Surface Soil

4. 고 찰

대기중 방사성물질은 토양으로 침적되어 농작물로의 이동되고 최종적으로 인체노출이 이루어지는 경우 방사성물질에 의한 농작물이나 인체오염정도를 예측하는 전산코드가 필요하다. 이는 국내의 원자력 시설에서의 사고시 예상되는 지역의 환경영향 및 재배되는 농작물안전성을 확보하는데 중요한 자료를 제공하고 이를 바탕으로 한 식품안전대책 수립시에도 도움이 되리라고 판단된다.

참 고 문 헌

Donghan Yu et al., (2001) Development of a ECOREA-II Code for Human Exposures from Radionuclides through Food Chain, 한국원자력학회 춘계 학술대회