

우리나라의 육상생태계 동식물에 대한 외부흡수선량

전인 · 임광묵 · 최용호 · 금동권

한국원자력연구원

E-mail: ijun@kaeri.re.kr

중심어 (keyword) : 비인간종, 선량환산인자, 선량평가

서론

지구상의 생태계에 존재하는 동식물 역시 인간과 마찬가지로 주변 환경에 존재하는 방사능 핵종에 의해 내, 외부 피폭된다. 그러므로 비인간종에 대한 선량평가를 위해서는 평가 대상 동식물의 핵종별 내, 외부 피폭을 예측할 수 있는 선량환산인자가 필요하다 [1]. 이러한 비인간종의 선량환산인자는 몇 가지 방법에 의해 결정되어 왔으며, 비인간종 선량 평가를 위한 선량환산인자를 선정하는 가장 보수적인 방법은 대상 동식물이 형태와 크기에 상관없이 전리방사선에서 방출되는 에너지를 모두 흡수한다고 가정하여 구하는 것이다. 그러나 에너지의 흡수율은 에너지의 세기, 평가 대상 동식물의 기하학적 형태와 크기, 밀도 등 다양한 조건에 따라 크게 영향을 받는다. 따라서 동식물이 거주하는 생태 환경을 고려하여 실제적인 선량환산인자를 구하는 것이 최근 추세이다[2]. 현재 선량환산인자 계산을 위해 가장 일반화 되어 있는 방법은 대상 동식물을 타원체나 실린더와 같은 간단한 형태의 기하학적 구조로 단순화하고, 방사선 비정에 대해서는 Monte Carlo 법을 적용하는 방식이다[3]. 본 논문은 우리나라의 육상생태계 동식물의 외부선량환산인자 계산을 위해 에너지별 외부흡수선량을 Monte Carlo 모사법으로 계산하고 그 결과를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

생태계의 자체의 복잡성과 생태계에 살고 있는 동식물의 다양성으로 인해 모든 조건의 외부 피폭을 다 고려할 수는 없다. 따라서 가장 전형적인 조건의 에너

지 범위, 환경 매질의 오염조건, 동, 식물의 모양과 크기 등이 외부피폭 계산을 위해 먼저 정의되어야 한다. 이러한 기준에 따라 육상생태계를 크게 지중 동물(In-soil organisms)과 지상 동, 식물(On-soil organisms)로 구분하였다. 이러한 육상생태계 동식물의 외부흡수선량 계산을 위해 몇 가지 가정이 필요한데 첫 째로 거주지 따라 지중에 살고 있는 동물, 지상에 살고 있는 동물 및 식물로 구분 하고 둘째, 지상에 살고 있는 동식물의 외부 피폭을 계산하기 위해 plane source와 volume source 두 가지 방사선원을 고려하였다. 또한 지중 동물에 대한 외부흡수선량을 구하기 위한 기하학적 모형 및 모사 조건으로 토양 오염원은 수평 방향의 무한 매질로 가정하고 토양 오염원은 가로 100 cm(x 축), 세로 100 cm(y 축), 깊이 50 cm(z 축)인 유한 크기의 box 형태로 가정하였다.

지상동물은 주로 토양 오염원으로부터 피폭되므로 오염원은 수평 방향으로 무한 크기이고 피폭 받는 organism은 타원체이며 위치는 해당 organism의 높이라고 가정하고 Taranenko 등(2004)이 개발한 2단계 근사 법을 이용하여 다음 식으로 구한다.

$$D_{ext}^{soil}(E_o, h) = K_{air}(E_o, h) \times r(E_o, h) \times A_s \quad (1)$$

여기서,

$D_{ext}^{soil}(E_o, h)$: 지상 높이 h 에서의 organism의 평균외부흡수선량, ($\mu\text{Gy/h}$)/(Bq/kg)

$K_{air}(E_o, h)$: 지상 높이 h 에서의 air-kerma, μGy

$r(E_o, h)$: 지상 높이 h 에서의 organism의 평균흡수선량과 air-kerma의 비

A_s : plane source의 면적(m^2 또는 kg)

지상 식물의 경우 식물의 크기에 따라 초목 류, 관목 류 및 나무 류 로 크게 나누고 높이에 따라 토양과 평행하게 존재하는 3 종류의 혼합(공기+식물)층을 가정한다. 또한 1) 모델의 기하학적 모형은 수직 실린더이고, 2) target의 위치는 각 층의 중심에 있으며, 3) 토양의 깊이는 3 m이고 4) 토양 위는 target의 높이에 따라 3종류의 공기와 식물의 혼합 층이 존재한다고 가정하여 계산하였다.

결과 및 고찰

그림 1에 에너지별 지중동물의 외부 흡수선량을 보여준다. 여우를 제외한 나머지 동물의 흡수선량은 에너지 크기가 0.03 MeV 이상일 때 거의 동일한 결과를 보여 준다. 이는 해당 동물의 크기에 비해 photon의 비정거리가 크기 때문에 해당 동물의 크기에 대한 영향이 거의 반영되지 않았기 때문이다. 그에 비해 상대적으로 크기가 큰 여우는 다른 동물에 비해 흡수선량이 작는데 이는 여우의 self-shielding 효과 때문이다.

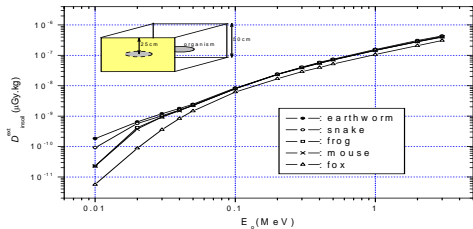


그림 1 지중 동물의 에너지별 외부 흡수선량

지상동물에 대하여 volume source인 경우는 plane source와 달리 피폭은 organism의 종류에 상관없이 에너지가 증가할수록 계속 증가한다. 이는 volume source인 경우 토양 자체self-shielding으로 인한 에너지 감쇄효과로 저에너지인 경우는 물체에 도달되기 전에 토양에 거의 에너지가 흡수되기 때문이다[그림 2].

지상 식물의 경우 에너지별 소나무의 흡수선량을 그림 3에서 보여준다. 에너지가 증가할수록 흡수선량은 증가하며, plane source일 때가 volume source일

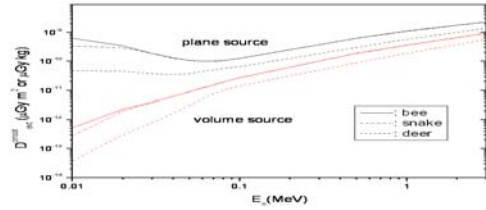


그림 2 지상동물의 에너지별 외부 흡수선량

때 보다 흡수선량이 더 큰 것으로 나타났다. 이는 토양 source의 self-shielding 효과 때문이다.

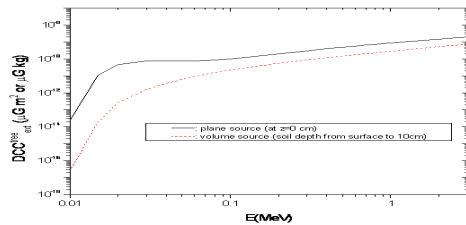


그림 3 지상식물(소나무)의 에너지별 외부흡수선량

결론

육상생태계의 지중동물, 지상동물 및 지상식물로 구분하여 에너지별 외부흡수선량을 계산하였다. 외부 흡수선량은 에너지가 클수록 참조동식물의 크기가 작을수록 커졌다. 본 논문의 결과는 핵종 transformation 데이터와 조합되어 참조동식물별, 핵종별 외부선량환산인자를 계산하는데 활용될 것이며 향후 비인간중 선량 평가가 국내 규제 체계 내에 포함될 경우 기초자료로 활용될 것이다.

참고 문헌

1. 전인 외, RESRAD-Biota 코드를 활용한 국내 동식물 예비선량평가, 방사선방어학회 추계학술대회, (2008)
2. 금동권 외, 비인간중 선량평가를 위한 한국형 참조동식물, 방사선방어학회 춘계학술대회,(2008).
3. JF Briesmeister, MCNP-A general Monte Carlo N-Particle Transport code, LA-12625-M, Version 4B, LANL, USA, (1997)