

도시환경 방사선영향평가 기술 개발 II : 수질오염을 중심으로

정효준* · 황원태 · 김은한 · 한문희
한국원자력연구원 환경안전연구부
E-mail: jeong1208@kaeri.re.kr

중심어 (keyword) : 방사선환경영향평가, 도시테러, 음용수 오염, 리스크평가

서론

방사성 물질을 이용한 테러의 대상은 사회혼란을 극대화하기 위해 인구 밀집 지역에 위치한 다중 이용 시설이나 국가 주요시설이 될 수 있다. 또한, 그 형태는 지표, 지상 및 실내에서의 폭발로 인한 공기오염과 음용수와 관련된 시설물에 방사성물질을 투여함으로써 발생하는 식수오염 등이 있다. 두 가지 형태 모두 테러에 사용된 방사성물질의 양이 미미하다고 할지라도 대중의 불안 심리를 자극하기에 모자람이 없다. 따라서 테러에 사용되는 물질의 종류와 양 및 발생 장소에 따른 환경 중 방사성 물질의 농도와 인체에 미치는 영향을 파악해 볼 필요가 있다.

원자력시설의 운영 중 사고나 핵실험 등에 기인한 선원으로 인한 공기, 토양 및 지하수 오염 등은 과거 수 십년간 진행되어 왔었다. 방사능 테러도 원자력시설의 운영 중 사고나 핵실험 등과 크게 다르지 않으므로 테러로 인한 환경영향 및 위해도 평가도 동일한 방식으로 이루어질 수 있다. 본 연구에서는 방사성 물질로 인한 상수원 오염을 평가하였다. 대부분의 나라들이 상수공급을 위해 지표수를 사용하고 있으며, 적절한 양을 확보하기 위해 댐을 건설하여 운영하고 있다. 따라서 상수원에 방사성물질을 투여하는 테러의 형태를 가정해 볼 수 있다. 특히 우리나라와 같이 서울과 수도권에 거주하는 2천만 정도 인구가 동일한 수원을 사용하는 경우는 그 가능성이 더욱 크다고 할 수 있다.

본 연구에서는 서울과 수도권의 상수원인 팔당댐

에 1987년 브라질 Goiania에서 분실된 Cs-137 50 TBq이 호수에 투입되었을 때를 가정하여 오염된 Cs-137로 인한 위해도를 평가하였다.

재료 및 방법

팔당댐은 남한강과 북한강 및 경안천이 합류하여 이루어지는 하천형 호수이다. Cs-137 지천인 북한강에 투입되어 유입하는 경우를 가정하였다. 북한강의 청평댐에서 투입된 Cs-137은 완전혼합을 가정한 박스(Box) 모델로 모사(Simulation)하였다.

$$V \frac{dC}{dt} = QC_{input} - QC - KVC$$

여기서, V는 댐의 용량, Q는 유입유량, C_{input} 은 완전혼합시 Cs-137의 초기농도, C는 Cs-137의 농도, K는 감쇠계수를 나타낸다. 북한강에서 유입된 Cs-137이 팔당댐의 수질에 미치는 영향을 평가하기 위해서 EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code) 모델을 이용하였다.

$$\begin{aligned} & \partial_x(m_x m_y HC) + \partial_x(m_y HuC) + \partial_y(m_x HvC) + \partial_z(m_x m_y wC) - \partial_z(m_x m_y w_s C) \\ & = \partial_x \left(\frac{m_y}{m_x} HK_H \partial_x C \right) + \partial_y \left(\frac{m_x}{m_y} HK_H \partial_y v \right) + \partial_z \left(m_x m_y \frac{K_v}{H} \partial_z C \right) + Q_c \end{aligned}$$

여기서, K_v 와 K_H 는 수직 및 수평방향의 난류 확산계수, w_{sc} 는 침강계수, Q_c 는 내외부적 생성과 소멸량, m_x , m_y 는 수평좌표체계의 스케일 계수, H는 수심을

나타낸다. Cs-137 포함된 음용수로 인한 리스크를 평가하기 위해, EPA(Environmental protection agency)와 ORNL(Oak ridge national laboratory)에서 1999년 발표한 FGR 13(Federal Guidance Report No. 13)의 Cancer risk coefficients for environmental exposure to radionuclides에 제시된 Cs-137 단위피폭량에 따른 사망률(Mortality)과 유병율(Morbidity)을 이용하였다.

결과 및 고찰

북한강, 남한강 및 경안천에서 유입하는 수량은 수문조사연구 자료를 이용하였으며, 그림 1은 북한강에 50 TBq의 Cs-137이 투입되었을 때의 2007년 4월 1일부터 30일간의 시간에 따른 Cs-137의 농도변화를 나타낸 것이다. 투입 후 1일간 완전 혼합이 되는 것으로 가정하였다. 완전혼합이 되어 1,470 Bq/L의 최고농도에 도달한 후 상류에서 유입되는 희석수의 영향으로 농도는 급격히 감소하고 있음을 알 수 있다.

그림 1에서 계산된 농도와 남한강, 경안천에서 유입하는 물의 양을 입력으로 하여 EFDC 모델을 이용하여 Cs-137의 시간에 따른 농도를 모델링한 결과를 그림 2에 나타내었다. 남한강에서 유입하는 물로 인하여, Cs-137의 거동은 확산보다는 이류에 의해 크게 영향을 받는 것을 알 수 있다. 그림 2에 나타난 취수 지점의 농도는 그림 3과 같다. 그림 3의 Cs-137농도에 하루 물 섭취량을 곱하여 적분하면 섭취된 총 Cs-137양을 알 수 있다. 따라서 본 시나리오의 경우 사망률은 $7.18E-07$, 유병율은 $1.04E-06$ 으로 나타났다.

결론

도시지역에서 사용하는 식수에 대한 방사능태러는 방사능 물질의 투입량과 지점에 따라 취수지점에서의 농도의 크게 차이가 크게 나타난다. 따라서 만일의 사고시 신속한 방사능 농도의 평가를 통해 취수 및 음용여부를 판단해 그 피해를 최소화해야 할 것으로 판

단된다.

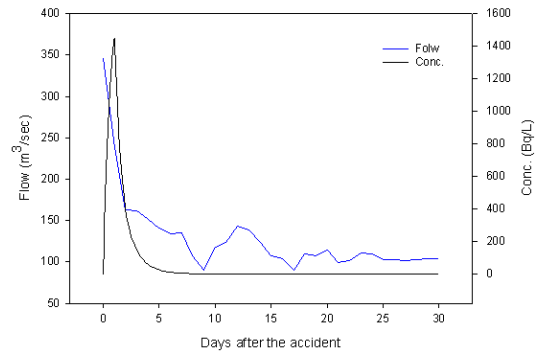


그림 1. Box 모델로 계산된 청평댐의 Cs-137 농도

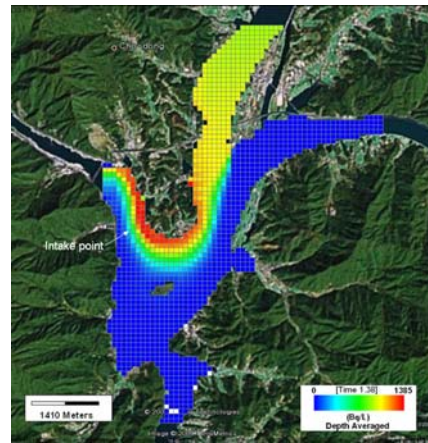


그림 2. EFDC 모델로 계산된 팔당댐의 Cs-137 농도

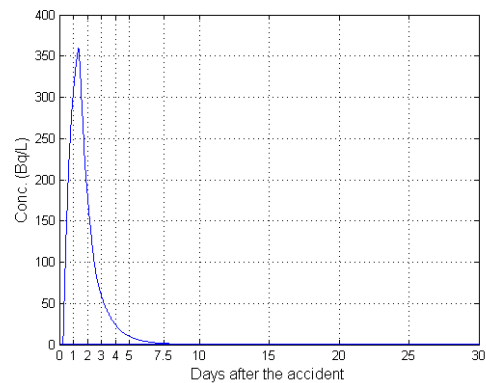


그림 3. 취수지점의 Cs-137 농도 변화

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국 과학재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다. (연구과제관리코드: M20702010001-08M0201-00110)