

A Simple Tool for Dose & Risk Calculations 프로그램 소개

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

중심어 (keyword) : 기체상방출물, 가우시안 모델, 피폭선량계산.

서 론 (Introduction)

방사성 물질은 원자력시설의 계획·비계획 방출을 통하여 환경으로 전달될 수 있으며, 수송 중 사고나 테러 등을 통해서 대기 중으로 방출될 수 있다. 본 연구에서는 단기간에 걸친 방사성 물질의 대기 중 방출로 인한 피폭선량 및 위해도 계산에 대한 간단한 프로그램을 작성하였으며 이를 소개하고자 한다.

재료 및 방법 (Materials and Methods)

방사성 물질이 대기 중으로 방출되면 방출지점 (release point)과 수용점(receptor point) 사이에서 일어나는 물질 이동의 프로세스는 대기확산 모델을 통해 해석하게 된다. 대기확산모델을 통해 계산된 방사성물질의 이송확산 결과는 피폭방사선량 및 위해도 계산을 위해 사용된다. 그림 1은 기체상방출물로 인한 피폭선량 및 위해도 계산을 위한 전체적인 입출력을 나타낸 것이다. 방사성물질이 일정기간 동안 연속적으로 동일한 비율로 방출되었다고 가정하면 풍하방향의 방사성 물질의 지표 농도는 다음과 같이 Gaussian식으로 나타낼 수 있다[1].

$$C(x, y) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z u_H} \left[\exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right) \right]$$

C : 방사성물질의 대기 중 농도 (Bq/m³)

Q : 총방출선원량 (Bq/s), σ_y , σ_z : 수평, 수직 확산계수

(m), x : 방출점에서 풍하방향의 거리 (m), y : 플룸 중앙선에서 수직거리 (m), u_H : 유효방출고도에서 평균풍속 (m/s), H : 유효 방출고도 (m)

방출점과 수용점사이의 대기확산 특성은 대기확산 인자(Dilution factor; DIL)로 규정할 수 있으며, 방사성물질의 지표 농도, 방출률 및 대기확산인자와는 다음과 관계가 성립한다.

$$C(x, y)[Bqm^{-3}] = Q[Bqs^{-1}] \cdot DIL[Bqm^{-3}]/(Bqs^{-1})$$

위식에서 방출률 대신 총방출량(Quantity; QT)을 대입한 방사성물질의 시간누적 공기농도(Time integrated air concentration; TIC)는 다음과 같다.

$$TIC(x, y)[Bqsm^{-3}] = QT[Bq] \cdot DIL[sm^{-3}]$$

공기 중 방사성물질은 침적(deposition)을 통해 일정부분 지표면에 축적된다. 건침적량(dry deposition; DEP_d)은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$DEP_d(x, y)[Bqm^{-2}] = v_d[ms^{-1}] \cdot TIC[Bqsm^{-3}]$$

환경으로 방출된 방사선원으로 인해 사람이 받는 방사선량은 호흡에 의한 내부피폭, Cloudshine에 의한 외부피폭과 Groundshine이라 불리는 침적된 방사성물질로부터 발생하는 외부피폭으로 구성된다. 호흡에 의한 내부피폭은 다음과 같이 계산된다.

$$Dose_{inh}[Sv] = Q_{inh}[m^3s^{-1}] \cdot DCF_{inh}[SvBq^{-1}] \cdot TIC(x, y)[Bqsm^{-3}]$$

Dose_{inh} : 호흡으로 인한 유효선량

Q_{inh} : 호흡률, DCF_{inh} : 호흡에 대한 선량전환인자

Cloudshine에 의한 외부피폭은 공기 중 방사성물질 농도의 함수로 다음과 같다.

$$Dose_{cl}[Sv] = DCF_{cl}[(Svs^{-1})/(Bqm^{-3})] \cdot TIC(x,y)[Bqsm^{-3}]$$

Dose_{cl} : cloudshine으로 인한 유효선량

DCF_{cl} : cloudshine에 대한 선량전환인자

Groundshine에 의한 외부피폭은 침적농도의 함수이며 시간의 경과에 따른 붕괴율이 고려되어야 한다.

$$Dose_{gr}[Svs^{-1}] = DCF_{gr}[(Svs^{-1})/(Bqm^{-2})] \cdot DEP(x,y)[Bqm^{-2}]$$

Dose_{gr} : groundshine으로 인한 유효선량

DCF_{gr} : groundshine에 대한 선량전환인자

미국 EPA와 ORNL은 호흡으로 인한 Low-level radiation dose에 의한 인구집단내의 사망률(mortality)과 유병율(morbidity)에 대한 위해도 계수를 제공하고 있다. 방사성물질의 호흡으로 인한 인구집단에서의 위해도는 다음과 같이 계산된다[2].

$$Risk = r \cdot I$$

r: 호흡으로 인한 cancer risk coefficient (per Bq)

I: 호흡으로 체내로 이동한 방사성물질의 총량 (Bq)

결 론 (Conclusion)

본 프로그램은 사고와 같은 단기간의 기체상 방사성 물질의 방출로 인해 발생할 수 있는 피폭선량을 관심점에서 계산할 수 있도록 되어있다. 방사선원항이나 기상조건의 변화에 따른 반복계산을 단순화 할 수 있으며, 보다 세밀한 계산에 앞서 관심지점의 대략적인 피폭선량을 파악하는데 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌 (REFERENCES)

1. Till, J.E., Grogan, H.A., Radiological risk assessment and environmental analysis (2008).
2. US EPA, Cancer risk coefficients for environmental exposure to radionuclides (1999)

그림 1. A simple tool for dose & risk calculations의 입출력화면