

국내원전의 HT에 의한 주민 방사선량 평가방안

이갑복 · 이두호 · 양양희
한국전력공사 전력연구원
E-mail: gblee@kepri.re.kr

중심어 (keyword) : HT, 주민 방사선량, NEWTRIT, DCART

서론

월성원전 삼중수소 제거시설(TRF : Tritium Removal Facility)에서 대기중으로 방출되는 HT에 의한 선량을 평가하기 위한 방안에 대해 고찰하였다. 기존의 HTO 대기방출에 의한 선량평가 방법과 조화를 이룰 수 있는 방법론을 모색하였다.

유럽의 NORMTRI 등과 같이 삼중수소의 환경거동을 동적섭식경로로 해석하는 모델은 HTO 선량평가 방법인 비방사능 모델과 병행하기 어렵다. 따라서 기존의 HTO의 비방사능 모델과 개념적으로 유사성이 있는 NEWTRIT, DCART 등의 방법론을 준용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

HT의 환경매질간 이동을 해석할 때 실험조건, 기간, 그리고 거동해석상의 불확실성 등을 고려하여 보다 보수적인 농도평형 비율을 적용하고 있는 NEWTRIT 모델[1]을 기반으로 하여 국내 원전의 HT 방출시 선량평가 방안을 제안하였다.

재료 및 방법

HT 방출에 따라 추가되는 피폭경로 중 상대적으로 중요한 경로인 다음의 네 가지 경로를 고려하였다.

① HT에 의한 호흡 선량

공기중 HT에 의한 호흡선량은 다음과 같다.

$$D_{HT(I_{inh})} = g_a \cdot C_{aHT} \cdot I_{inh} \cdot DCF_{HT(I_{inh})} \quad (1)$$

여기서, $D_{HT(I_{inh})}$ = 호흡선량 (Sv/yr)

g_a = 오염된 공기의 분율

C_{aHT} = 공기중 HT 농도 (Bq/m³)

I_{inh} = 호흡량 (m³/yr)

$DCF_{HT(I_{inh})}$ = 호흡 선량환산인자 (Sv/Bq)

② HT에 의해 생성된 HTO에 의한 호흡 선량

이 경로는 공기 중에서 HT가 HTO로 직접 산화되어 전환된 것이 아니라 공기 중 HT가 토양에 침적되어 토양에서 HTO로 전환되고, 이렇게 전환된 HTO가 대기 중으로 재부유하여 생성된 HTO를 고려하는 것이다. HT 방출시 전환된 공기 중 HTO 농도에 의한 호흡선량은 다음과 같이 계산된다.

$$D_{HT \rightarrow HTO(I_{inh})} = g_a \cdot DCF_{HTO(I_{inh})} \cdot 0.064 C_{aHT} \cdot 1.5 I_{Br} \quad (2)$$

여기서, $D_{HT \rightarrow HTO(I_{inh})}$ = 호흡선량[Sv/yr]

0.064 = HT → HTO 농도의 전환 비율

1.5 = HTO의 피부흡수에 대한 보정인자

HT → HTO 농도의 전환 비율은 보수적 평가의 관점에서 Davis와 Bickel이 제시한 비율[2], $8 (Bq/\ell)/(Bq/m^3)$ 을 적용하였는데, 이 비율을 적용하면 절대습도가 0.008kg/m³일 경우에 공기 중 평균 HTO 농도는 HT 농도의 6.4%에 해당된다.

③ 식물체의 HTO 및 OBT 섭취선량

이 경로는 공기 중으로 방출된 HT가 공기 및 토양에서 산화되어 공기 중 HTO로 전환된 농도를 구하

고, 그 공기 중 HTO 농도와 평형을 이루는 농작물의 HTO 및 OBT 농도에 대한 섭취선량을 계산한다. 다만 NEWTRIT 모델에서와 같이 공기와 식물체가 반응하는 고도를 0.2m로 가정하여 공기 중 HT와 HTO 농도 평형비를 12로 적용하였다. 식물체의 HTO, OBT의 농도는 다음과 같다.

$$C_{p(HT \rightarrow HTO)} = R_F 12 C_{aHT} F_{pH_2O} \quad (3)$$

$$C_{p(HT \rightarrow OBT)} = R_F 12 C_{aHT} F_{pH} \quad (4)$$

여기서, $C_{p(HT \rightarrow HTO)}$ = 식물체 HTO 농도(Bq/kg)

$C_{p(HT \rightarrow OBT)}$ = 식물체 OBT 농도(Bq/kg)

12 = 공기중 HT와 HTO 농도 평형비

$$[(Bq/\ell)/(Bq/m^3)]$$

R_F = 공기와 식물체의 3H 농도평형비

F_{pH_2O} = 농작물 중 수분이 차지하는 비율

F_{pH} = 농작물의 유기물중 수소의 비율

삼중수소에 오염된 농작물 섭취에 의한 유효 및 장기 등가선량은 상기의 농도에 농작물 오염분율, 농작물 섭취량, 섭취 선량환산인자 등을 곱하여 구한다.

④ HTO와 OBT에 오염된 동물체 섭취선량

HT 방출시 축산물 내 삼중수소의 농도를 구하는 방법은 식물체 내의 방사성 농도가 일정비율로 축산물내로 전이된다는 가정 하에 계산하는 전이모델을 적용한다.

결과 및 고찰

단위 방사능량의 HTO와 HT를 대기 중으로 방출할 경우에 대해 주민 방사선량을 평가하였다. 대기확산인자는 $1.0 \times 10^{-7} \text{ sec}/\text{m}^3$ 으로 가정하였다.

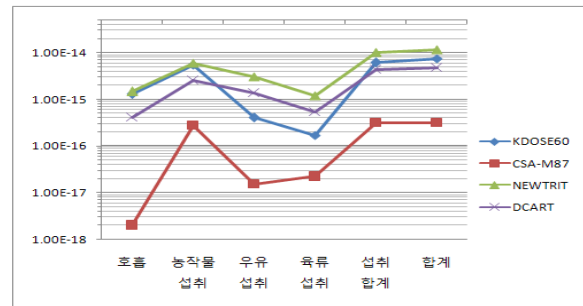
<표 1>에 HTO와 HT에 대해 본 연구에서 제안한 방법으로 계산한 선량을 제시하였다. HT를 방출할 경우에 최종적으로 인체에 미치는 선량은 동일한 방사능량의 HTO를 방출할 때의 선량값의 약 10% 정도를 나타내고 있다.

<그림 1>에는 각 모델들의 선량 계산값을 각 피폭 경로별로 비교하기 위해 제시하였다. 방출량은

1Bq/sec, 대기확산인자는 위와 같다. 기타 입력변수값은 각 모델의 기본값을 적용하였다. 본 연구의 제안모델이 NEWTRIT를 제외한 다른 방법에 대해서는 다소 보수적으로 평가하고 있다.

<표 1> HTO와 HT에 의한 선량(mSv/yr) 및 비율

	호흡	농작물 섭취	우유 섭취	육류 섭취	합계
HTO	2.00E-14	3.84E-14	2.82E-15	1.17E-15	6.23E-14
HT	1.28E-15	5.53E-15	4.06E-16	1.68E-16	7.38E-15
비율	0.06	0.14	0.14	0.14	0.12



<그림 1> 본 연구에서 제안한 방법(KDOSE60)과 다른 모델의 선량값의 비교.

결론

월성원전의 TRF 가동에 따라 방출되는 HT에 의한 선량을 계산하기 위해, 캐나다 AECL의 실험결과를 근간으로 개발된 NEWTRIT 모델을 준용하여 방안을 제시하였다.

본 연구에서 제안된 방법은 환경특성에 따른 불확실성을 감안하여 보다 보수적으로 제안된 HT와 HTO의 농도평형비를 반영하였기 때문에 스크리닝 목적의 선량평가에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- Peterson, S-R. and Davis, P.A., Health Physics, Vol. 82, No. 2, pp. 213-225, 2002
- Davis, P.A. and Bickel, G.A., In: 'Proceedings of the Intern. Workshop on the Environmental Behavior of Tritium', Japan, pp. 8-17, 2000.