

## 수치모델을 이용한 월성원전 인근저수지의 삼중수소방사능 해석과 응용

김종엽, 정진욱, 김우곤, 정성일, 이병일

월성원전민간환경감시센터

E-mail: [byunglee@wsnesc.or.kr](mailto:byunglee@wsnesc.or.kr)

중심어 (keyword) : 수치모델, 인근저수지, 삼중수소방사능

### 요약

원전주변 환경방사능측정 시료 중 다른 시료와 다르게 저수지는 방사능축적 경향을 확인할 수 있는 가능성이 매우 높다. 본 논문에서는 문제해석의 단순화를 위해 여러 가정의 전제하에 원전주변 저수지의 삼중수소농도계산이 가능한 수치모델을 제안하고 그 결과를 통해 환경방사능 해석에 필요한 값들을 제공하는 방법을 제안하였다. 환경방사능 해석에 제공될 수 있는 값들로는 저수지의 삼중수소농도의 포화여부, 저수지 인근의 삼중수소 농도, 원전으로부터 삼중수소 방출율의 추정, 저수지에 대한 모니터링의 필요성 등이 포함된다.

### 서론

환경방사능 모니터링의 기술적 목적은 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 환경시료의 방사능농도이고, 둘째는 원전주변의 공간 선량율이며, 마지막은 환경에서의 방사능 축적경향의 모니터링으로 이해할 수 있다 [1].

원전주변 저수지에서의 삼중수소의 방사능은 토양, 해수 동·식물 등과 달리 방사능을 축적 유지하는 시간이 매우 길어 유용한 정보를 포함할 가능성이 높다. 토양의 경우 일정한 위치에서 동일한 조건의 시료를 획득하기 힘들고 해수 또한 장 시간의 변화를 추적하기에 시료의 연속성을 유지하기 거의 불가능하다. 동·식물 역시 생존시간이 길지 않아 원전운전기간

동안의 연속성을 제공하기 쉽지 않다 [1,2].

그러나 저수지의 경우에는 물리적 훼손이 적은 경우에는 그 연속성이 유지된다. 또 외부의 유입이 적고 유량의 급격한 변화가 적은 경우를 가정하여 적은 횟수의 방사능 측정을 통해 원전의 삼중수소 방출율의 추정과 인근 주변의 삼중수소 농도 등의 예측을 시도하였다.

본 논문에서는 저수지의 삼중수소농도 해석이 가능한 수치해법과 그 결과를 제시하였다. 또한 수치해석을 위한 가정과 그 정당성 및 적용의 한계와 응용에 대하여 기술하였다.

### 본론

#### 2.1 수치모델링

그림 1은 원전, 인근 저수지 그리고 물의 이동을 표현한 그림이다. 삼중수소는 원전에서 방출되어 인근으로 확산된 후 비 또는 눈이 올 때 저수지 인근의 수분형태로 존재하는 삼중수소가 저수지로 모이게 된다. 또한 삼중수소의 방사능세기는 붕괴로 인해 지수함수로 감소한다. 이 과정을 일차 상미분방정식으로 식(1)과 같이 표현할 수 있다. 여기서  $A(t)$ 는 저수지의 삼중수소 방사능농도이고,  $Q$ ,  $\dot{m}$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  그리고  $\lambda$ 는 각각 저수지의 수량, 강수량, 공기중의 삼중수소양, 비가 올 때 삼중수소 용해율 그리고 삼중수소 반감기를 나타낸다.

저수지 삼중수소의 농도변화는 앞에서 열거한 변수들을 이용하여 일차 상미분 방정식으로 식(1)과 같이 표현할 수 있다. 이 식의 가정으로는 다음과 같다.

원전에서 발생하여 방출된 삼중수소는 확산에 의해 주위에 분포하며 저수지의 방사능농도는 빗물과 방사능 붕괴에 의해 각각 증가와 감소한다. 이때 저수지의 수위는 변하지 않는 것으로 하였다.

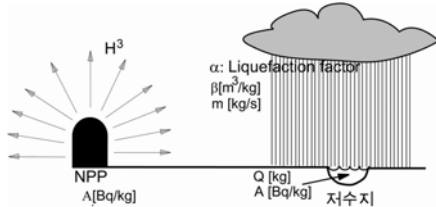


그림 1. 액체폐기물 방출과 확산개념도

$$Q \frac{dA}{dt} = \alpha \beta \dot{m} - A (\dot{m} + e^{-\lambda t}) \quad (1)$$

## 2.2 수치계산 결과

식(1)을 초기치 문제로 이해하고 매트랩으로 프로그램하여 수치해를 얻었다 [3]. 프로그램에서 사용한 데이터들은 표 1과 같다. 여기서 사용한 강수량( $\dot{m}$ )은 대한민국 일 년 평균값을 일 년 동안의 수치해석 시간구간의 개수로 나누어 연속적으로 비가 온다고 가정하였다.

표 1. 수치해석에 사용한 변수값

| 데이터                          | 값      | 데이터                           | 값    |
|------------------------------|--------|-------------------------------|------|
| $Q$ [kg]                     | 1.2E+6 | $\alpha$ [Bq/m <sup>3</sup> ] | 0.01 |
| $\dot{m}$ [kg/d]             | 1.1E+3 | $\beta$ [m <sup>3</sup> /kg]  | 0.01 |
| $\lambda$ [d <sup>-1</sup> ] | 1.5E-4 | Elapsed T                     | 30Y  |

그림 2는 식(1)의 계산결과로서 시간에 따른 저수지의 삼중수소 농도변화를 나타낸다.

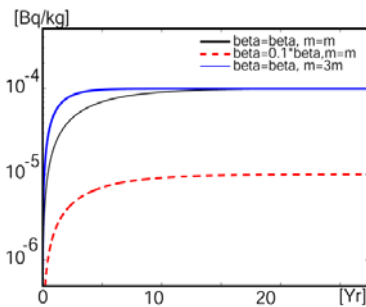


그림 2. 삼중수소 방사능농도

그림 2에서 청색 실선은 표 1의 값을 사용한 결과이다. 검정과 붉은색은  $\beta$ 와  $\dot{m}$ 를 0.1배 그리고 3배로 각각 변화시켰을 때의 결과이다. 식(1)의 지배방정식에서 보듯  $\beta$ 의 변화는 포화되었을 때의 값을 변화시키고  $\dot{m}$ 의 변화는 포화되는 시점을 변화시킴을 확인할 수 있다.

## 토의 및 결론

여러 가지 제한적인 가정을 적용하였지만 인근 저수지의 삼중수소 방사능계산을 할 수 있는 방법을 제안하였다. 그림 3에서 처럼 과거 원전주변 빗물의 삼중수소 방사능농도가 원전으로부터 거리에 따라 지수함수로 감소되는 것으로 볼 때 월성원전 주변의 삼중수소농도는 원전의 영향으로 판단된다 [2].

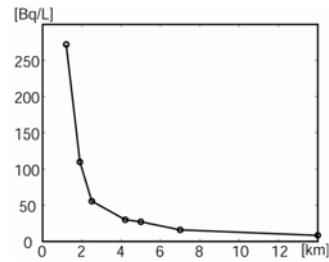


그림 3. 월성주변 빗물의 삼중수소방사능

본 논문에서 제시한 방법을 사용하면 현재 저수지의 방사능농도 포화여부, 공기중 삼중수소농도, 축적경향 등을 판단할 수 있는 자료를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 방법론만을 제안하였으므로 추 후 수치모델에 대한 정확한 검증, 변수의 결정과 신뢰도 결정 등의 문제가 남아 있다고 보인다.

## 참고 문헌

- 경북대, "환경방사능 측정 및 분석", (2007)
- 한국원자력안전기술원, "원자력 이용시설 주변 방사선환경 조사 및 평가보고서", (2007)
- <http://www.mathworks.com>