

## 월성 원자력발전소 주변 환경방사선(능) 장기경향 평가

이갑복, 양양희, 손욱, 김주열\*

한수원(주) 중앙연구원, 대전시 유성구 유성대로 1312번길 70

\*(주)미래와도전, 서울시 관악구 신림동 산56-1 서울대학교 135동 306호

gblee@khnp.co.kr

### 1. 서론

월성 3,4호기 PSR 심사시 규제기관에 의해 '가동 전부터 최근까지의 환경방사선(능) 자료를 이용하여 원전 주변에서의 방사성물질의 추적경향을 평가'할 것이 안전성 개선사항으로 제기되었다.

월성1호기가 가동되기 시작한 이후 부지 주변에서 측정된 환경방사선(능)의 자료가 축적되고 있다. 장기적으로 축적된 환경감시 자료를 토대로 원전 주변에서의 장기적인 방사선(능) 경향을 분석하여 원전의 환경영향을 평가하였다.

월성 1호기 가동 이후 1983년부터 측정된 환경방사선(능) 자료를 전산 DB화하고, 장기적인 변화 추이를 분석할 수 있을 정도로 최소검출가능농도 이상의 방사선(능)이 측정되는 핵종에 대해 장기적인 경향에 대한 추세분석을 수행하였다.

추세분석 결과는 '증가', '감소' 또는 '추세 없음'으로 나타나는데, '감소' 및 '추세 없음'일 경우에는 해당 방사성 핵종에 대한 장기적 추적경향이 나타나지 않는다고 쉽게 판단할 수 있을 것이다.

그러나 '증가' 추세로 분석되는 경우에는 방사능 준위의 증가원인이 원전 가동에 의한 것인지, 자연적인 변동에 의한 것인지를 구별하여야 하는데, 이를 판단할 수 있는 과학적 근거가 충분치 않은 경우가 있다. 이런 경우에는 우리나라 전국토 환경방사선 조사결과, 교육과학기술부의 배출관리기준, 그리고 측정된 농도로 추정된 선량평가결과 등과 비교하여 환경영향에 대한 유의성을 검토하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 분석방법 및 항목

비모수 분석(nonparametric test)은 환경감시 자료와 같이 모집단의 분포를 모르거나, 모집단이 정규분포가 아닌 경우에 적합하다. 환경방사선(능)의 장기적인 추세분석을 위해 일반화된 방법론이 정립되어 있지 않아, 표층수 수질의 연도별

추이, 지하수 수위, 전기전도도 및 수온의 경향 분석, 수문 및 기상 시계열 자료 분석, 장기 기후 변화 분석, 지구물리 장기경향 분석 등 다양한 분야에 널리 쓰이고 있는[1,2] Mann-Kendall 검정법을 이용하여 추세분석을 수행하였다.

Mann-Kendall 검정법은 이전 값과 이후 값의 증감을 부호로 표시하여 부호의 개수의 합의 분포를 파악하여 추세를 평가하는 방법으로서, 관측값을 직접 사용하는 것이 아니라 관측값의 서열 혹은 변동 기울기 등을 이용하기 때문에 결측값과 이상값을 적절히 다룰 수 있고 그 영향에도 민감하지 않다.

장기적 추세분석은 환경감시 결과, 최소검출가능농도 이상의 농도가 지속적으로 검출되는 핵종에 대해 수행하였다. 우유, 농산물, 지표생물, 계란 등의 시료에서는 대부분의 핵종이 최소검출가능농도 미만을 나타내고 있어 추세분석에서 제외하였다.

또한 공간감마선량률(ERMS 및 휴대용계측기)과 같이 단기적인 변동을 감시하기 위한 항목은 제외하였다.

장기적인 추세분석을 수행한 항목 및 핵종은 다음과 같다.

- 공간집적선량(TLD)
- 공기 부유진 :  $^7\text{Be}$ , 전베타
- 지표수 :  $^3\text{H}$
- 빗물 : 전베타,  $^3\text{H}$
- 하천토양 :  $^{137}\text{Cs}$
- 표층토양 :  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$
- 해수 :  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$
- 해저퇴적물 :  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$
- 해조류 :  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$

#### 2.2 분석결과

##### 2.2.1 공간집적선량(TLD)

체외방사선으로 인한 외부 적산피폭선량을 추정하기 위해 감시하고 있으며, 모든 지점에서 감소 추세 혹은 추세 없음을 나타내고 있다.

2.2.2 공기중 방사능(<sup>7</sup>Be 및 전베타)

월성1발전소 정수장내의 <sup>7</sup>Be을 제외하고 모든 지점에서 추세없음을 보이고 있다. 월성1발전소 정수장 주변에서 측정된 <sup>7</sup>Be의 농도도 대부분 8 mBq/m<sup>3</sup> 미만으로, 2010년도 우리나라 전국토 환경방사능 측정소에서 측정된 공기 부유진의 <sup>7</sup>Be의 평균 변동 범위인 0.333~8.02 mBq/m<sup>3</sup> 이내에 포함되었다. 상기의 8 mBq/m<sup>3</sup>의 <sup>7</sup>Be 농도는 원자력안전위원회고시 제2012-29호의 배출관리기준인 1×10<sup>3</sup> mBq/m<sup>3</sup>에 한참 못 미치는 준위이다.

전베타의 경우도 <sup>7</sup>Be 추세 분석결과와 비슷하게 나타나고 있다. 추세는 없는 것으로 판단되었고, 발전소 주변의 전베타 농도는 2 mBq/m<sup>3</sup>로, 2010년 기준 전국토 최근 5년간 연평균 변동 범위인 2.29~11.5 mBq/m<sup>3</sup>에 비해 낮은 준위를 보이고 있다.

따라서, 공기중 <sup>7</sup>Be 및 전베타는 방사능 준위는 우리나라 전국토 정상변동 범위 이내에서의 증가 추세이므로 통계적으로는 유의성이 있다 하더라도 주변 주민의 방사선 영향 측면에서 의미 있는 장기적인 축적경향을 보인다고 판단하기 어렵다.

2.2.3 지표수, 식수, 지하수(삼중수소)

대부분의 지점에서 추세 없음을 보이고 있으며, 지표수의 경우 비교지점인 경주와 울산에서 삼중수소의 농도가 다소 증가하는 반면, 나아와 하서는 추세 없으므로 나타났다. 따라서 월성 인근지역의 지표수, 식수 및 지하수에서의 삼중수소 및 감마동위원소의 장기적인 축적 경향은 없는 것으로 판단된다.

2.2.4 빗물(삼중수소 및 전베타)

울산에서 증가추세를 보였고, 그 외 지점에서는 감소 혹은 추세 없음을 보이고 있다. 증가 추세로 분석된 울산의 삼중수소 농도는 최근 5년 이내에는 대부분 10 Bq/l 이내의 값을 보이고 있다.

상기의 삼중수소 농도는 2010년 기준 최근 5년간 전국토 연평균 변동 범위인 0.487~1.66 Bq/l와 비교할 때 다소 높은 수치를 보이고 있다고 할 수 있다. 그러나 이는 원자력안전위원회고시 제2012-29호 “방사선 방호 등에 관한 기준”에 제시된 배수중의 배출관리기준인 4×10<sup>7</sup> Bq/m<sup>3</sup>에 미치지 못하는 매우 낮은 준위이며, 이를 선량으로 환산하면 성인기준으로 일반인에 대한 선량제한치 1 mSv/yr의 0.1% 정도에 해당되는 약

1.3×10<sup>-4</sup> mSv/yr로 추정된다.

2.2.5 하천토양, 표층토양, 해수, 해저퇴적물 (전베타, <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr)

대부분의 지점에서 추세가 없거나 감소 추세를 보였고, 배수구 및 취수구부근 지점의 <sup>137</sup>Cs 농도가 1×10<sup>-4</sup> 크기의 기율기로 매우 미미하게 증가하였다. 따라서 원전의 영향에 의한 장기적인 축적 경향은 나타나지 않고, 자연적인 준위의 변동에 따른 추이를 나타내고 있는 것으로 판단된다.

2.2.6 해조류(<sup>131</sup>I 및 <sup>137</sup>Cs)

모든 지점에서 감소추세 또는 추세없음을 나타내고 있다.

2.2.7 농산물, 지표생물, 우유, 계란

일시적인 사건에 의한 검출을 제외하고 방사능이 지속적으로 검출되지 않아 장기적인 축적경향이 없는 것으로 판단되어 추세분석을 수행하지 않았다.

3. 결론

결론적으로 일부 시료가 일부지점에서 통계적으로 유효한 증가 추세를 보이는 것으로 분석되었으나, 전국토 연평균 변동범위 내, 교과부 배출관리기준의 1% 미만의 농도, 그리고 감소 또는 추세없음을 보이는 지역과 유사한 농도를 보여주고 있다. 따라서 전반적으로 방사선(능)이 주변주민의 방사선 안전을 저해할 수 있을 정도의 축적 경향이 나타나지 않는 것으로 평가되었다.

4. 참고문헌

[1] 이진용, 이명재, 이재명, 안경환, 원종호, 문상호, 조민조, “국가 지하수관측소 지하수위, 전기전도도 및 수온자료에 대한 모수적 및 비모수적 변동 경향성 분석,” 한국지하수토양환경학회지, 11(2), pp. 56-67, (2006).

[2] Coen, M.C., E. Weingartner, S. Nyeki, J. Cozic, S. Henning, B. Verheggen, R. Gehrig, U. Baltensperger, “Long-term trend analysis of aerosol variables at the high-alpine site Jungfraujoch,” *Journal of Geophysical Research*, Vol. 112, (2007).