

환경방사선 일시증가 자동판별기준 개발 및 적용

김주열, 이갑복*

(주)미래와도전, 서울시 관악구 신림9동 산56-1 서울대학교 135동

*한국전력공사 전력연구원, 대전광역시 유성구 문지동 103-16

gracemi@fnctech.com

1. 서론

1986년 구소련 체르노빌 원전 사고 이후 환경방사선 감시의 중요성이 국제적으로 인식된 이래 한국원자력안전기술원에서는 2009년도 현재 전국 70개소에 국가환경방사선자동감시망(IERNet)을 구축·운영하여 환경방사선의 이상상태를 조기에 탐지하고, 자국의 방사능 오염사고 뿐만 아니라 인접 국가들의 방사능 오염사고에 대비하고 있다. 이 감시망은 공간감마선량율의 변동율에 매 15분 주기로 수집하여 어떤 기준값 이상일 경우 그 원인 규명을 통하여 방사선 이상 유무를 신속히 판단하고 적절하게 대응할 수 있게 하는 시스템이다. 한국수력원자력(주)의 경우 과거 환경방사선(능)의 구별 없이 평균+3σ를 넘으면 일시증가(이상치)로 간주하고 원인조사를 수행하였다. 이후 연간 1회 또는 2회 분석하는 항목에 대해서도 통계를 적용한다는 것은 불합리하다는 현장의견과, 또한 잦은 일시증가가 보고되므로 업무의 효율성이 떨어진다는 현장의견 등이 수렴되어, 선량율은 선량한도를 근거로 하여 설정하였으며(평균+10 μR/h), 방사능은 평균의 5배로 하니까 일시증가 발생 횟수가 감당할 수 있을 만큼이라는 현장의견을 반영하여 현재의 일시증가 규제기준으로 설정되었다. 따라서 합리적인 경보준위의 설정을 통하여 감시기능을 한층 더 강화하고 비상시 신속히 담당자에게 통보해 줄 수 있는 자동경보기준의 설정이 반드시 필요하지만, 현재의 기준값은 실제적인 일시증가를 조기에 탐지하기에는 부적절하며 또한 설정기준의 근거가 불명확한 실정이다. 환경방사선 자동감시망의 경보준위 설정과 관련하여 국제적으로 합의된 기준체계는 없으며, 국내에서는 한국원자력안전기술원을 중심으로 경보준위의 설정기준에 대한 초기 단계의 연구를 수행한 적이 있다. 국외현황으로 네덜란드의 1단계 경고준위 및 2단계 경고준위는 각각 200 nSv/h (20 μR/h) 및 2000 nSv/h (200 μR/h)이며, 미국의 경우 정상준위 평균의 2배, 핀란드의 경우 0.4 μSv/h (40 μR/h), 스위스의 경우 1 μSv/h (100 μR/h), 타이완의 경우 0.2~20 μSv/h (20~2000 μR/h)시 원인조사를, 20 μSv/h (2000 μR/h) 초과시 비상선포, 일본의 경우 5 μGy/h를 방재측면 경고준위로 활용하고 있다. 외국의 경보설정 기준은(특히 주의준위) 우리나라의 일시증가 보고준위와 같이 강제적인 법적 장치가 아니라, 자체 원인규명 및 내부 기록 목적으로 활용하는 것이 큰 차이점이라 하겠다.(reporting level을 보고준위가 아니라 통보준위 혹은 기록준위로 봄.)

2. 방법 및 결과

환경방사선은 비정규분포의 특성을 가지므로 환경방사선의 다이내믹한 변동성을 예측하는데 편리한 시계열(time-series) 변수들을 적용하였다. 본 연구에서는 아래와 같은 변수들을 적용하여 환경방사선의 일시증가 경향 및 장·단기적 거동파악을 정량적으로 평가하였다.

• 5분 변동값: x_i (1)

• 정규 변동율(Normalized Variation Rate, NVR): $p_i = (x_i - x_{i-1})/x_{i-1}$ (2)

• 5분 변동값의 1시간 이동평균: $\bar{x}_i = (1/12) \sum_{i=t-11}^t x_i$ (3)

원전 ERMS의 정규 변동율은 대체로 ±0.1 사이에 놓이는데, 본 연구에서는 1.0을 초과할 경우 일시증가 초기발생 시점을 자동으로 경보하도록 설정하였다. 정규 변동율의 장점은 공간감마선량율 5분 변동값을 무차원화함으로써 순간순간 변동하는 공간감마선량율의 일시증가 발생 시점을 한 눈에 파악할 수 있는 것이다. 교육과학기술부고시 제2008-28호에서는 고정지점에서 연속측정 중인 공간감마선량율의 1시간 평균치가 최근 3년 이상(그 이하의 경우에는 확보된 자료만)의 평균치보다 10 μR/h를 초과한 경우 일시증가 보고토록 규정하고 있는데, 위에서 “1시간 평균치”보다는 “1시간 이동평균값(moving average)”이 더 정확한 표현이며, 이는 시간에 따라 변동하는 공간감마선량율의 추이를 신뢰성 있게 대표할 수

있을 것이다. 본 연구에서는 상기 정규 변동율(NVR) 및 1시간 이동평균값에 근거하여 실시간 일시증가(이상치) 판별 전산프로그램을 GUI 환경지원이 뛰어난 MATLAB 및 C++로 개발하였고 고리, 월성 및 울진 원전 ERMS 5분 데이터에 적용 및 효율성 평가를 수행하였다. 상기 프로그램을 실시간 동작 프로세스로 ERMS 시스템에 구현할 경우, 공간감사선량의 일시증가 자동판별 및 자동경보체계 구축이 훨씬 용이해질 것이다.

고리(12개소), 월성(10개소) 및 울진(10개소) 등 총 32개소 지점의 2007년도 ERMS 감시자료에 대해 상기 방법론을 적용 및 타당성을 평가하였다. 정규 변동율이 1을 초과하여 일시증가의 초기 시점에 관한 정보를 제공하지만, 1시간 이동평균값(moving average)이 최근 3년 이상 자료의 평균치보다 10 $\mu\text{R/h}$ 이하이어서, 일시증가 보고를 할 필요가 없고 다만 자체적인 원인규명이 필요한 경우로는, 고리원전의 1발소내, 명산, 사택3단지 및 부산대(총 4곳), 월성원전의 후문서쪽, 폐기물저장고, 나산, 직원사택 및 1발정수장(총 5곳), 울진원전의 후문, 남서고지, 죽변초교, 신화리 및 부구교량(총 5곳) 등이 이에 해당한다. 정규 변동율이 1 이상이고 1시간 이동평균값이 규제치 이하인 경우는 대체로 기기의 오작동, 강우 및 기상현상에 의한 자연현상, 주변의 비파괴검사에 기인한 것이다. 특히, 월성원전의 폐기물저장고는 정규 변동율이 빈번하게 1을 초과하는 흥미로운 결과를 보이는데 이는 잦은 폐기물 반·출입에 기인한 것으로 유추된다.(그림 1) 정규 변동율(normalized variation rate)이 1을 초과하고, 1시간 이동평균값(moving average)이 최근 3년 이상 자료의 평균치보다 10 $\mu\text{R/h}$ 이상이어서 자동경보 발령 및 일시증가 보고를 하여야 할 경우로는, 월성원전의 후문동쪽이 이에 해당하였으며, 환경방사선조사보고서의 일시증가 보고 사례에 의하면 강한 뇌우에 의한 자연현상에 기인한 것으로 기술되었다.

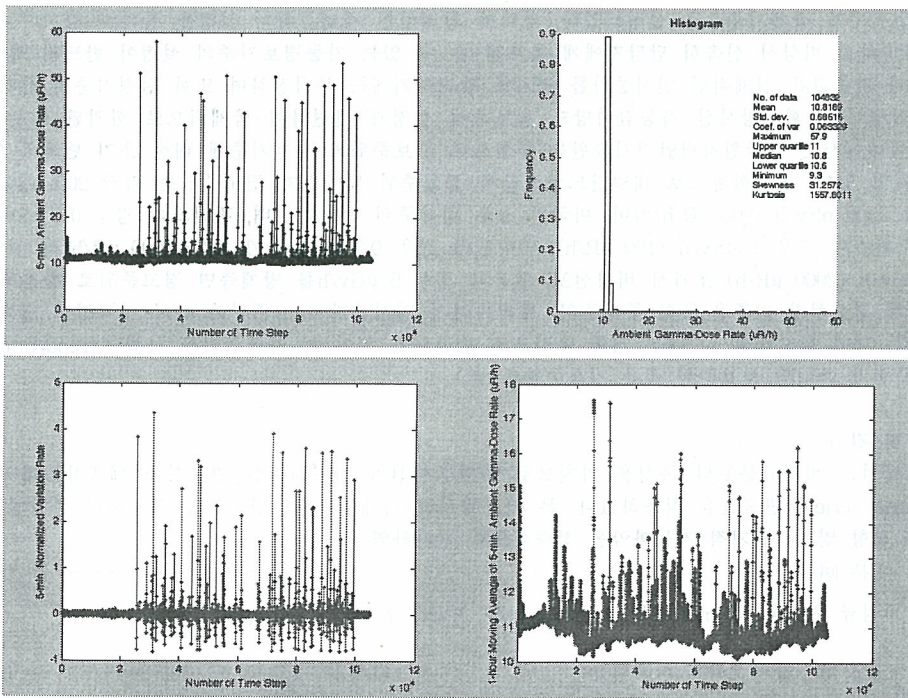


그림 1. 월성원전 폐기물저장고 공간감마선량율

3. 결론

본 연구에서는 일시증가 판별기준의 통계적 절차에 따라 정량화 방법론을 수립하였다. 실제 원전 ERMS에 적용한 결과, 본 연구에서 개발한 일시증가 판별기준 방법론의 효율성을 입증할 수 있었으며, 본 방법론을 원전에 적용한다면 향후 일시증가 보고 회수의 감소 및 합리적인 자동경보기준 확립에 크게 기여할 것으로 기대된다.