

## 미지선원을 이용한 원전 사업소 간 전신계측기 교차분석

이지은, 김태진, 이병일, 임영기  
한국수력원자력(주) 방사선보건연구원  
E-mail: 33000571@khnp.co.kr

중심어 (keyword) : MDA, FWHM, 분해능

### 서론

각 발전소에서는 방사선작업종사에 대한 내부 방사능을 측정하기 위하여 Stand Type 및 Bed Type의 전신계측기를 운영하고 있으며, 주기적인 교정을 수행하여 그 신뢰성을 보증하고 있다<sup>(1)</sup>. 이와 더불어 내부 방사능 측정 기술 향상, 계측기 운영의 효율성을 제고하기 위한 목적으로 “발전소간 내부 방사능 측정 및 선량평가 비교·시험을 매년 실시하고 있으며<sup>(2)</sup>”, 최근 3년간 수행된 교차분석 결과를 분석하였다.

### 재료 및 방법

각 발전소에서 운용중인 전신계측기는 검출기 종류에 따라 NaI(Tl) 및 HPGe형으로, 형태에 따라 Stand Type 및 Bed Type으로 구분되며, 검출기 종류 및 형태에 따라 계측시간 등 측정방법이 달라진다.

#### ○ 미지선원의 핵종판별

NaI(Tl)형인 Stand Type 전신계측기 측정시간은 1분 및 3분으로 각각 5회 측정된 값을 기준으로 평가하였으며, HPGe형은 Bed Type 전신계측기는 20분으로 5회 측정된 값을 기준으로 평가하였다. 비교 평가시 적용한 Geometry는 전신을 기준으로 설정하였다.

#### ○ 방사능 측정값에 대한 정확도·정밀도

미지선원의 참값과 각 발전소에서 5회 계측한 측정값을 비교하였으며, 비교 기준은 ANSI N13.30<sup>(3)</sup> 기준을 적용하여 계산된 평균상대편중의

범위가  $-0.25 \sim 0.5$ 이내, 상대정밀도의 범위가 0.4 이내이면 만족한 것으로 평가하였다.

#### ○ 내부선량평가

내부방사능 측정과 선량평가를 연계한 비교시험으로 미지의 핵종 판별 및 방사능 측정값을 활용하여 유효선량을 평가하기 위한 것이다. 미지선원 5회 중 1번째 측정값을 사용하여 급성단일섭취/단일측정평가 절차 및 표준인을 기준으로 하며, 내부선량프로그램 KIDAC으로 평가한다. 각 사업소에서 측정된 미지 핵종의 방사능을 계산한 값과 일치하는지 평가하였다.

#### ○ 기타 전신계측기 성능 비교(MDA, FWHM, 효율교정 Curve)

방사능 검출 판정의 기준이 되는 최소검출가능농도(MDA)평가를 위하여 Stand Type 전신계측기의 계측 시간을 1분 및 3분, Bed Type 전신계측기는 20분을 계측하였으며, 사업소간 MDA 측정값 및 계측시간에 따른 MDA의 상대적인 변화값을 비교·평가하였다.

FWHM(Full Width at Half Maximum) 교정에 따른 에너지 분해능 평가 및 교정된 FWHM과 실제 측정시 FWHM을 비교하기 위하여 사업소간 검출기 분해능 비교 및 교정 FWHM과 계측시간에 따른 FWHM의 변화를 비교하여 평가하였다.

전 에너지 영역에서의 에너지 교정 및 효율 교정 Curve 형태를 비교하였으며, 해당 에너지대(Cs-137 및 Co-60)에서 나타내는 효율 교정 결과 및 사업소간 효율교정 결과를 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### ○ 미지 선원 핵종 판별

미지선원으로 제작된 핵종은 Cs-137과 Co-60으로 구성되어 3개의 에너지대(662keV, 1173keV, 1332keV)를 판별하는 평가이며, 11개 사업소는 정확히 미지선원을 판별하였다.

### ○ 방사능 측정값에 대한 정확도·정밀도

NaI(Tl) 검출기인 Stand Type의 측정시간(1분, 3분)에 따른 측정값은 거의 유사한 값을 나타냈으며, 최근 3년간 수행된 정확도 측정 결과 중 2009년에 수행된 측정값의 편중이 가장 안정적인 경향을 보였다. 그림1은 NaI(Tl) 검출기인 Stand Type은 1분에 대한 최근 3년간 수행된 정확도는 전반적으로 일정 범위내에서 편중이 유지되고 있다. 측정값이 평균값에 분산되어 있는 정도를 평가하기 위한 정밀도 결과는 0.1로 ANSI N 13.30 기준 0.4를 충분히 만족했다.

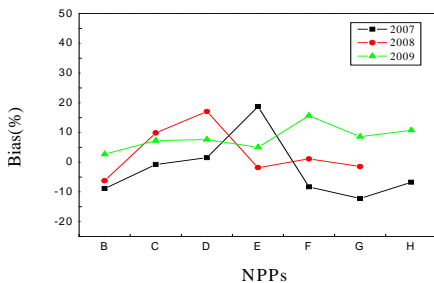


그림 1. 상대정확도 비교(Stand Type)

### ○ 내부선량평가

미지선원 핵종 판별에 의한 핵종 분석 결과를 이용하여 각 사업소 담당자들이 국내 원자력발전소에서 사용하고 있는 내부선량평가 프로그램 KIDAC으로 선량평가를 수행하였으며, 방사선보건연구원에서 평가 결과를 재 검증하여 주어진 조건에 따른 선량평가 값이 정확하게 일치함을 확인하였다.

### ○ 기타 전신계측기 성능 비교(MDA, FWHM, 효율 교정 Curve)

NaI(Tl)검출기인 Stand Type 전신계측기의 최근 3년간 교정된 FWHM과 실제 계측시 측정된 FWHM을 분해능으로 비교하였다. 대부분의 사업소가 Cs-137을 기준으로 약 7~8%의 분해능을 일정하게 보여주고 있어 검출기의 성능이 양호하게 유지되고 있음을 확인할 수 있었으며, 그림 2에서 보듯이 사업소간의 검출기 분해능 또한 유사하게 나타났다. 방사능에 대한 검출기의 검출 효율을 평가하기 위하여 각 사업소에서 수행된 효율 교정 결과를 비교하면 최근 3년간 교정된 효율은 거의 일정한 값을 나타내었다.

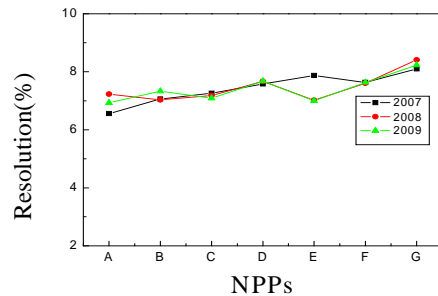


그림 2. 분해능(Stand Type)

## 결론

최근 3년간 교차분석을 분석한 결과 전 사업소가 미지 선원의 핵종을 정확히 판별해내고 방사능을 규정된 정확도 및 정밀도 범위 내에서 측정 및 분석하고 있었다. 전신계측기 교정 및 운영 기술 수준은 우수한 것으로 평가되었다. 정확한 분석과 함께 지속적인 비교·시험을 추진하여 내부 방사능 계측의 신뢰성을 향상시킬 수 있도록 할 계획이다.

### 참고 문헌

1. 교육과학기술부고시, 제 2008-51호 “내부피폭 방사선량의 측정 및 산출에 관한 고시”
2. 한국수력원자력, 표준기행 방사선-06 “내부피폭 방사선량 측정 및 평가” 절차서
3. ANSI N13.30-1996 " Performance Criteria for Radiobioassay"