

사업소간 내부 방사능 측정 및 선량평가

김태진 · 이병일 · 임영기
방사선보건연구원

E-mail : taejin69@khnp.co.kr

중심어 (keyword) : 정확도, 정밀도, KIDAC, MDA

서론

방사선작업종사자에 대한 내부 방사능을 측정할 목적으로 원자력발전소에서는 전신계측기(Whole body Counter)를 운용하고 있으며, 주기적인 교정을 수행하여 그 신뢰성을 보증하고 있다. 그러나 내부 방사능을 측정하는 사람 또는 계측기의 교정, 성능 상태 등에 따라 방사능 측정값이 달라진다면 사업소간 평가된 내부피폭선량의 신뢰성에 문제가 있다고 볼 수 있다. 「사업소간 내부 방사능 측정 및 선량평가 비교·시험」은 사업소의 전신계측기 운영능력 및 유지관리 수준에 대한 비교·평가를 통하여 내부 방사능 측정 기술을 개선시키며, 계측기 운영의 효율성을 제고할 목적으로 실시하는 것이다. 비교시험 항목은 각 사업소에서 보유하고 있는 전신계측기를 이용한 미지 방사능에 대한 핵종 판별, 판별된 핵종에 대한 방사능 측정 정확도와 정밀도 측정, 내부피폭방사선량 평가 및 최소검출가능방사능(MDA)의 범위 등 계측기 성능상태를 대상으로 하였다.

사업소에서 운용 중인 전신계측기는 검출기 종류에 따라 NaI(Tl) 및 HPGe 형으로 구분할 수 있으며, 형태에 따라서 Stand Type과 Bed Type으로 구분되어진다.

본 비교·시험에서 사용된 전신계측기는 NaI(Tl)형의 Stand Type 및 HPGe형의 Bed Type으로써 전 사업소에서 각각 10개, 6개가 운용 중에 있으며, 검출기 종류 및 형태에 따라 계측시간 등

측정 방법이 달라진다.

재료 및 방법

사업소간 비교·평가에 사용된 미지선원은 한국 표준과학연구원에서 제작한 표준물질(24ml Vial 선원)을 사용하였으며, 선원에 포함된 핵종은 Cs-137과 Co-60이다. 11개 발전소(방사선보건연구원 포함)를 2개의 그룹으로 구분하여 각각의 미지선원을 측정하였으며, 사용된 미지선원의 방사능은 아래와 같다.

그룹 A ^{주1)}			그룹 B ^{주2)}		
핵종	방사능(Bq)	기준일자	핵종	방사능(Bq)	기준일자
Cs-137	4,114	2008.10.01	Cs-137	3,779	2008.10.01
Co-60	6,958	2008.10.01	Co-60	7,482	2008.10.01

주1) 그룹 A : 고리 1·2발전소, 영광 1·2·3발전소, 월성1·2발전소

주2) 그룹 B : 울진 1·2·3발전소, 방사선보건연구원

기하학적인 측정 위치는 전신(Whole Body)을 기준으로 측정하였다. NaI(Tl)형인 Stand Type 전신계측기의 계측시간은 1분, 3분으로 각각 5회 측정값을 기준으로 평가하였으며, HPGe 형인 Bed Type 전신계측기의 계측시간은 20분으로 5회 측정값을 기준으로 평가하였다.

사업소에서 계측한 결과와 미지선원의 CRM(표준물질인증서)의 값을 비교·평가하여 그 차이를 분석하였다. 핵종 및 방사능에 대한 평가기준은 ANSI N 13.30 기준을 적용하여 미지선원의 참값과 각 사업소에서 5회 계측한 값의 평균값을 근

거로 비교하였으며, 산출된 정확도는 편중이 -25%~50% 이내이면 만족한 것으로 평가한다.[1] 또한 동일한 방법으로 평균편중에 대한 개별편중을 비교한 정밀도(Precision)가 40% 이내이면 만족한 것으로 평가한다.

내부 방사능 측정과 선량평가를 연계하여 방사능 측정값에 대한 유효선량을 평가하였으며, 평가 기준은 섭취 후 72시간 이후 급성단일섭취/단일 측정평가 및 표준인 대상을 기준으로 설정하였다. 사업소에서 측정한 미지핵종의 방사능에 대한 선량평가 값이 KIDAC 프로그램에서 계산된 값과 일치하는지 평가하였다.

전신계측기의 물리적인 성능을 확인하기 위하여 다음과 같은 사항들을 확인하였다. 방사능 검출 판정의 기준이 되는 최소검출가능방사능(Minimum Detectable Activity, MDA) 평가를 위하여 사업소별 MDA 수준 및 측정 시간에 따른 MDA의 변화 경향을 평가하였다.

검출기의 핵종 판별 능력을 보여주는 FWHM(반치폭) 평가를 위하여 측정값과 교정 값의 차이 및 측정 시간에 따른 FWHM의 변화 경향을 평가하였다.

NaI(Tl)검출기와 HPGe검출기의 특성을 보여주는 효율교정 Curve 평가를 위하여 동일 에너지 영역에서 나타나는 효율 교정 값의 수준 및 사업소간 차이를 평가하였다.

결과 및 고찰

각 사업소에서 Cs-137과 Co-60으로 구성된 미지선원의 3개 에너지를(662, 1173, 1332keV) 정확히 판별하였다.

전 사업소에서 측정한 방사능 측정값과 미지선원의 참값을 비교한 결과, 정확도는 -12% ~+19%로 나타났으며, 정밀도는 10% 이내로 나타나 평가 기준을 만족하였다.

사업소에서 측정한 내부 방사능에 대한 선량평가 결과는 정확하게 KIDAC 프로그램에서 계산된 값과 일치하였으며, Stand Type과 Bed Type

전신계측기의 측정값의 차이는 크지 않았다.

계측기의 물리적인 성능을 확인한 결과, 최소검출가능 방사능(MDA)은 전 사업소가 전반적으로 낮게 유지되고 있었으며, 측정시간이 길어짐에 따라 MDA 값이 일정 비율로 낮아지는 공통적인 결과를 나타냈다. 측정 시간에 따른 FWHM의 변화는 크게 나타나지 않고 있어 계측기의 분해능이 안정적으로 유지되고 있는 것으로 나타났다.

NaI(Tl) 및 HPGe형 계측기 특성에 맞는 효율교정 Curve를 나타냈으며, 주요 핵종에 대한 에너지 영역에서의 계측효율(Efficiency)이 전 사업소에서 유사하게 나타났다.

결론

전 사업소가 미지 선원의 핵종을 정확히 판별해내고 방사능을 규정된 정확도 및 정밀도 기준 내에서 측정 및 분석하고 있어 전신계측기 교정 및 운영 기술 수준은 우수한 것으로 평가되었다.

내부피폭방사선량 계산 시 오차가 적게 발생하는 Bed type 전신계측기로 측정하는 것이 우선적이나, 그 차이가 비교적 크지 않으므로 Stand type 전신계측기로 측정한 방사능으로 내부선량 평가를 수행하여도 대체 수단으로 가능한 것으로 평가되었다.

기타 MDA, FWHM 등 계측기의 물리적인 성능 및 사업소간 비교 평가를 통해서 전반적으로 양호한 수준을 보였으며, 사업소간에도 성능상의 큰 차이를 나타내지 않았다.

「사업소간 내부 방사능 측정 및 선량평가 비교·시험」을 통하여 사업소에서 수행하고 있는 내부 방사능 측정의 신뢰성을 확인할 수 있었으며, 향후 다양한 분석방법의 개발과 함께 지속적인 비교·시험을 추진하여 내부 방사능 측정기술의 향상을 도모할 수 있도록 할 계획이다.

참고 문헌

1. ANSI N13.30-1996. Performance Criteria for Radiobioassay