

## 원전 사업소간 내부 방사능 측정 및 선량평가 비교·시험

이지은 · 김정인 · 김태진 · 이병일 · 임영기  
방사선보건연구원  
E-mail: 33000571@khnp.co.kr

중심어 (keyword) : 전신계측기(WBC), 계측효율, 비교시험분석

### 서 론

각 발전소에서는 방사선작업종사자에 대한 내부 방사능을 측정하기 위하여 Stand Type 및 Bed Type의 전신계측기(Whole body Counter)를 운영하고 있으며, 주기적인 교정을 수행하여 그 신뢰성을 보증하고 있다[1],[2]. 그러나 내부 방사능을 측정하는 자 또는 계측기의 교정, 성능 상태 등에 따라 방사능 측정값이 달라진다면 사업소간 평가된 내부피폭선량의 호환성에 대한 신뢰성에 문제가 있다고 볼 수 있다. 따라서 전신계측기 운영능력 및 유지관리 상태의 신뢰성 확보를 통하여 내부 방사능 측정기술 향상 및 계측기 운영의 효율성을 제고하기 위한 목적으로 「사업소간 내부 방사능 측정 및 선량평가 비교·시험」을 실시하였다.

사업소간 내부 방사능 측정 및 선량평가는 한국표준과학연구원에서 제작된 고체 형태의 미지선원을 RMC-II 팬텀에 넣고 각 발전소에서 운용 중인 전신계측기를 사용하여 계측하며, 미지선원에 대한 방사능 측정, 내부피폭선량 평가, 계측기 자체 성능 평가 등을 수행하여 그 결과를 방사선보건연구원에 제출함으로써 종합적으로 비교, 평가를 하였다.

### 재료 및 방법

전신계측기는 검출기 종류에 따라 NaI(Tl) 및 HPGe형으로 구분할 수 있으며, 형태에 따라서는 Stand Type과 Bed Type으로 구분되어진다. 검출기

종류 및 형태에 따라 계측시간 등 측정 방법이 달라진다. 현재 사업소에서는 NaI(Tl) 및 HPGe형의 전신계측기가 각각 11개, 6개가 운영중이다.

표 1과 같이 비교·평가에 필요한 미지선원(22mCi)은 한국표준과학연구원에서 2개를 제작하였으며, 11개 발전소(방사선보건연구원 포함)를 2개의 그룹으로 구분하여 각각의 미지선원을 측정하도록 하였다. NaI(Tl) 형인 Stand Type 전신계측기의 측정 시간은 1분 및 3분으로 각각 5회 측정된 값을 기준으로 평가하였으며, HPGe 형인 Bed Type 전신계측기는 20분으로 5회 측정된 값을 기준으로 평가하였다. 비교·평가 시 적용한 Geometry는 전신(Whole Body)을 기준으로 설정하였다.

표 1. 그룹별 미지선원의 방사능

그룹 I		그룹 II	
핵종	방사능(Bq) 기준일자	핵종	방사능(Bq) 기준일자
Co-57	19840 2009.06.01	Co-57	19690 2009.06.01
Cs-137	7999 2009.06.01	Cs-137	7932 2009.06.01
Co-60	8480 2009.06.01	Co-60	8492 2009.06.01

미지선원의 참값과 각 발전소에서 5회 계측한 측정값을 비교하였으며, 비교 기준은 ANSI N 13.30 기준을 적용하여 계산된 상대정확도(참값에 대한 측정값의 비율)의 범위가 25% ~50% 이내, 상대정밀도(측정값이 평균값에 분산되어 있는 정도)의 범위가 40% 이내이면 만족한 것으로 평가하였다[3].

내부 방사능 측정과 선량평가를 연계한 비교시험으로 미지의 핵종 판별 및 방사능 측정값을 활용하여

유효선량을 평가하기 위한 것이며, 평가기준은 흡입일을 CRM 기준일로 통일하고, 급성단일섭취/단일측정 평가 절차 및 표준인 대상을 기준으로 설정하였다. 각 사업소에서 측정한 미지핵종의 방사능을 계산하여 평가한 내부선량 값이 내부선량 프로그램인 KIDAC에서 계산된 값과 일치하는지 평가하였다.

방사능 검출 판정의 기준이 되는 최소검출가능 방사능(Minimum Detectable Activity, MDA) 평가를 위하여 Stand Type 전신계측기의 계측시간은 1분 및 3분, Bed Type 전신계측기는 20분을 계측하였으며, 사업소간 MDA의 절대 값 비교 및 측정시간에 따른 MDA의 상대적인 변화 값을 평가하였다.

NaI(Tl)의 특성에 따른 효율교정 Curve의 형태를 비교하였으며, 동일 에너지대(Cs-137, 662keV)에서 나타내는 효율의 절대 값 및 사업소간 상대적인 효율 값을 비교하여 평가하였다.

## 결과 및 고찰

미지선원으로 제작된 핵종은 Stand Type과 Bed type 전신계측기 모두 Co-57, Cs-137, Co-60를 11개 발전소(방사선보건연구원 포함)에서 정확히 미지선원을 판별하였다(그림1). 또한 상대정확도는 -20~+15%, 상대정밀도는 10%이내였다(그림2).

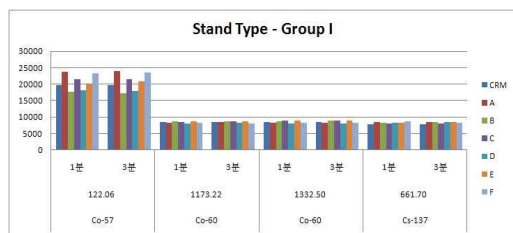


그림1. 미지선원 핵종 판별(Group I)

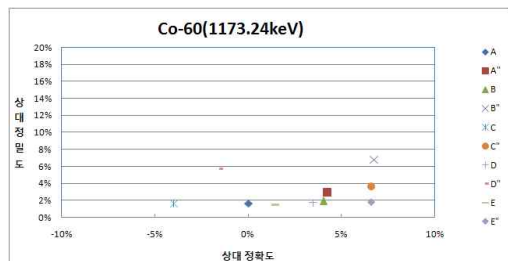


그림2. 미지선원(Co-60)에 대한 정밀도 및 정확도

미지선원 판별에 의한 핵종 분석결과를 이용하여 각 사업소 담당자들이 KIDAC프로그램으로 계산을 수행하였으며, 방사선보건연구원에서 평가결과를 재검증하여 선량평가 값이 정확하게 일치함을 확인하였다.

기타 MDA, FWHM 등 계측기 성능상의 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

## 결론

전 사업소가 미지 선원의 핵종을 정확히 판별해내고 방사능을 규정된 기준 내에서 측정 및 분석하고 있어 전신계측기 교정 등 운영 기술 수준은 우수한 것으로 볼 수 있으며, 계측기 성능 또한 만족한 것으로 평가되어진다.

내부 방사능이 계측되어 선량 평가를 수행하게 될 경우, 본 시험 결과에서와 같이 미지선원의 참값과 비교하여 계측 오차가 적게 발생하는 Bed type 전신계측기로 측정하는 것이 우선적이나, 그 차이가 비교적 크지 않으므로 Stand type 전신계측기로 측정된 방사능으로 내부선량 평가를 수행하여도 대체수단으로 가능한 것으로 평가되어진다.

앞으로도 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"