

## 해체 후 부지 개방을 위한 저준위 방사능 측정용 컴프턴 억제형 신호처리 시스템 구성 및 특성 평가

유지현, 서범경, 홍상범, 문제권

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

yjh1015@kaeri.re.kr

### 1. 서론

국내에서는 연구로 2호기와 우라늄 변환시설의 해체가 완료되었으며, 현재 우라늄 변환시설은 부지를 규제해제하여 일반 시설로 완전히 전환한 상태이다. 이러한 해체가 완료된 부지를 최종 개방하기 위해서는 부지의 정확한 잔류방사능을 측정하여 규제해제 기준치 이하임을 입증해야 한다. 이러한 규제해제 대상 해체 부지의 경우는 부지 복원을 통하여 오염 물질들이 완전히 제거된 상태로 일반적 환경 수준의 방사선 준위를 나타낸다. 특히, 부지 방사능의 경우는 지각 중에 존재하는 천연방사성 핵종으로 인하여 아주 복잡한 스펙트럼을 보이며, 이는 부지 오염 핵종에 의한 방사능을 정확히 측정하기 어렵다.

부지의 오염 핵종을 정확하게 측정하기 위해서는 저준위 방사선 측정 시스템이 요구되며, 보통의 경우는 두꺼운 차폐체 등을 이용하여 주위의 감마선을 차폐함으로써 백그라운드를 낮출 수 있다. 이러한 경우에는 핵종 분석 시에 방해 대상 피크를 제거하기는 쉽지만 무거운 차폐체로 인하여 현장에서 직접 방사능을 측정할 경우에는 무게로 인한 적용성에 문제점이 있다.

백그라운드를 제거하기 위한 다른 방법으로는 컴프턴 산란에 의한 감마선의 백그라운드를 줄이기 위한 컴프턴 억제형 검출 시스템이 있다[1-2]. 컴프턴 억제형 검출기는 주 검출기에서 발생한 컴프턴 산란에 의한 감마선을 주변의 검출기를 이용하여 측정한 후에 전자회로 장치를 이용하여 제거함으로써 핵종 분석용 주 검출기에서의 컴프턴 산란에 의한 백그라운드를 저감시켜 검출하한 값을 낮출 수 있다. 이는 복잡한 신호처리 장치가 필요하기는 하지만 무거운 납 차폐체를 사용하지 않고서도 백그라운드를 저감시킬 수 있기 때문에 부지 측정과 같은 현장 방사능 측정 시에 적용하기 좋은 방법이다. 또한, 핵분열 생성물의 확인 등 많은 분야에서 활발하게 이용되고 있다[3].

본 연구에서는 저준위 부지 방사능 측정 시에 요구되는 낮은 검출하한값을 얻기 위하여 컴프턴 산란에 의한 백그라운드를 제거할 수 있는 컴프턴 억제형 검출 시스템을 구성하고 성능을 평가하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 컴프턴 억제형 신호처리 회로 구성

컴프턴 억제형 검출기는 저준위 방사능을 측정하기 위하여 컴프턴 산란에 의하여 저에너지 영역에서 생성되는 백그라운드 연속부를 저감시키기 위하여 주로 사용된다. 컴프턴 억제형 검출기는 Fig. 1과 같이 main 검출기(Det. 1)의 주위에 guard 검출기(Det. 2)를 배치하고, main 검출기에서의 산란된 감마선을 guard 검출기에서 다시 검출한 후에 역동시계수(anti-coincidence)를 이용하여 main 검출기에서의 산란 감마선의 효과를 제거할 수 있다.

본 연구에서는 직경 2"와 3"의 NaI(Tl)와 BGO(Bismuth Germanate) 검출기를 이용하여 다양한 기하학적인 배치에서 컴프턴 억제 정도를 평가하였다. 또한, TSCA(Timing Single Channel Analyzer)를 이용한 표준 시간 처리 방식의 경우는 증폭기(Amp.) 출력 신호를 TSCA를 이용하여 시간 신호로 변환한 후에 동시신호 처리장치(Coin.)를 이용하여 선별한 후에 LSD(Logic Shape and Delay)를 통하여 MCA(Multi-Channel Analyzer)의 gate 신호로 입력해 준다. 또한, TFA(Timing Filter Amplifier)와 CFD(Constant Fraction Discriminator)를 이용한 빠른 시간 처리 방식의 경우도 위와 비슷한 신호처리 회로도를 구성하였다.

각각의 검출기 배치에 따른 컴프턴 억제 정도는 Co-60과 Cs-137 표준선원을 이용하여 검출기의 기하학적인 배치 및 신호처리 방식에 따라 측정하였다.

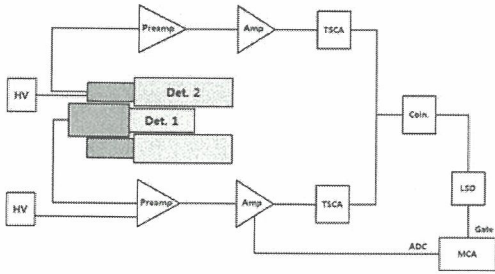


Fig. 1. 표준 시간 처리 장치를 이용한 컴프턴 억제형 신호처리 회로도.

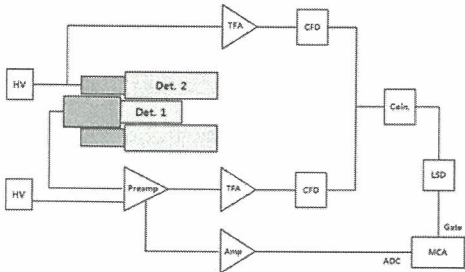


Fig. 2. 빠른 시간 처리 장치를 이용한 컴프턴 억제형 신호처리 회로도

2.2 컴프턴 억제형 검출기 성능 평가

컴프턴 산란 연속부의 저감화 정도인 억제비 (RF)는 다음과 같이 정의하였다.

$$RF = \frac{n_N}{n_{CS}} \dots\dots\dots (1)$$

여기서,  $n_N$ 은 보통 측정 시의 컴프턴 연속부에서의 계수치이고,  $n_{CS}$ 는 컴프턴 억제형 시스템을 이용하여 측정된 컴프턴 연속부의 계수치이다.

이러한 컴프턴 억제형 시스템을 이용하여 guard 검출기의 다양한 기하학적인 배치를 변화시키면서 RF를 측정하였으며, 신호처리 방식에 따른 컴프턴 연속부의 저감화 정도를 평가하였다.

이러한 결과는 좀 더 다양한 조건에서의 검출기 배치에 따른 스펙트럼 변화 정도를 평가하기 위하여 MCNP 모사를 통하여 검증하였다. 측정된 결과를 바탕으로 일반 환경에서의 측정 시에 요구되는 검출하한값의 변화를 함께 평가하였다.

3. 결론

해체 및 오염된 부지를 복원한 후에 최종 개방하기 위해서는 부지의 오염 정도를 정확히 평가

해야 한다. 특히, 일반 부지의 경우는 환경 중에 존재하는 자연방사선의 영향으로 인하여 저준위 방사능 측정이 어렵다. 이러한 부지의 최종잔류방사능 측정 시에 요구되는 저준위 방사능 측정 시스템을 개발하기 위하여 컴프턴 억제형 검출 시스템을 구성하여 성능을 평가하였다.

컴프턴 억제형 검출 시스템을 사용할 경우에는 기존의 무거운 납 차폐체를 사용하지 않고, 방사능 측정 시의 검출하한값을 상당 부분 낮출 수 있었다. 이는 현장 측정이 요구되는 부지 오염도 측정 시에 유용하게 이용될 수 있을 뿐만 아니라 측정 결과의 신뢰도도 함께 확보할 수 있다.

4. 참고문헌

[1] M. Tsutsumi, T. Oishi, N. Kinouchi, R. Sakamoto and M. Yoshida, "Design of an Anti-Compton Spectrometer for Low-level Radioactive Wastes using Monte Carlo Techniques", J. Nucl. Sci. & Tech. 39(9), pp. 957-963 (2002).

[2] A. de Vismes, R. Gurriaran and X. Cagnat, "Anti-Compton gamma spectrometry for environmental samples", Radioprotection 44(5), pp. 613-618 (2009).

[3] R. Aryaeinejad, J.K. Hartwell, and W.W. Scates, "High-Resolution Compton-Suppressed CZT and LaCl<sub>3</sub> Detectors for Fission Products Identification", IEEE Nuclear Science Symposium Conference, Oct. 16, 2004.