

외부 방사선량률 감시계획 수립을 위한 방사선 측정기기의 선정

이정복^{1*}, 김태형² 주근식², 이종일²

¹과학기술연합대학원대학교, 대전광역시 유성구 가정로 217

²한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*jblee@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력이용시설에서는 안전한 방사선 작업환경을 확보하고, 방사선작업종사자 외부피폭선량을 추정하기 위해 적절한 외부 방사선량률 감시계획이 수립·이행되어야 한다[1]. 이때, 외부 방사선량률 측정값은 방사선관리용 측정기기(이하 측정기기)를 사용하여 목적에 맞는 방호량(등가 및 유효선량)으로 환산되어야 하며, 측정자는 방사선작업환경을 고려한 적절한 측정기기를 선택해야 한다. 특히, 다양한 범위의 방사선에너지를 방출하는 선원 또는 주변 물체와 상호작용에 의해 발생한 산란방사선으로 인한 다양한 에너지 스펙트럼을 형성하는 작업장에 대한 외부 방사선량률 측정은 측정기기의 방사선에너지 반응도 보상여부에 따라 측정값이 크게 달라질 수 있다. 따라서 외부 방사선량률 감시업무를 수행할 때에는 사전에 작업환경의 에너지 스펙트럼을 예상 및 평가하여 지나친 과대평가나 과소평가가 이루어지지 않도록 적절한 측정기기를 선택하여야 한다.

본 연구에서는 측정기 종류 및 성능이 다른 3종의 휴대용 외부 방사선량률 측정기기를 선정하여, 다양한 선원 및 산란방사선의 영향으로 다양한 범위의 에너지 스펙트럼을 가질 것으로 예상되는 방사성폐기물저장시설을 대상으로 외벽에서의 에너지 스펙트럼과 각 측정기기의 방사선에너지반응도에 따른 외부 방사선량률 측정결과를 실제 사례를 통해 설명하고, 적절한 감시계획 수립 및 이행을 위한 측정기기를 선정하고자 한다.

2. 실험 및 방법

2.1 측정대상 및 위치

한국원자력연구원 방사성폐기물저장시설은 원내 발생 폐기물의 임시저장시설로 제1방사성폐기물 저장시설과 제2방사성폐기물저장시설로 나뉘어져 있다.

보수적인 평가를 위하여, 측정위치는 내부 차폐구조물 및 외벽과의 상호작용으로 산란방사선 영향이

집중될 것으로 예상되는 저장시설의 길이방향 중심 외벽에서 약 1 m 이격된 지점을 선정하였다.

2.2 측정기기의 선정 및 측정방법

대상 시설 외벽의 에너지 스펙트럼 분석을 위하여, 휴대용 NaI 다중채널분석기(Inspector 1000, C ANBERRA)를 사용하였으며, 각 측정지점에 대하여 10 분간 측정하여 에너지 스펙트럼을 분석하였다.

외부 방사선량률 측정을 위한 측정기기는 Table 1과 같이 ESP-2, Inspector-1000, FH40G-L10을 선정하였다. 측정기기의 에너지보상기능에 따른 측정값을 비교하기 위하여, 동일 NaI형 측정기기 2종(ESP-2, Inspector-1000)을 선정하였으며, 기기적 측정방법이 다른 에너지보상형 측정기기 1종(FH40G-L10)도 추가로 선정하여 비교하였다. 또한, 측정지점의 참조기준선량률을 정하기 위하여, 환경감시 목적으로 사용되는 가압전리함 측정기기인 RSS131(GE)를 사용하여 측정하였다. Fig. 1은 참조기준기기 및 측정기기 3종에 대한 광자에너지에 대한 에너지반응도를 보여준다.

측정방법은 참조기준기기와 3종의 측정기기를 동일한 측정지점에 설치하고, 동 시간에 10회 반복 측정하였다.

Table 1. Specification of reference measurement device and portable survey meters

Item	RSS131	ESP-2	Ins-1000	FH40G
Maker	GE	Eberline	CANBERRA	Thermo
Detector Type	HPIC	NaI	NaI	Pro. Counter
Range [mSv/h]	0 ~ 1.00×10 ³	1.00×10 ⁻⁵ ~ 1.00×10 ¹	1.00×10 ⁻⁵ ~ 1.00×10 ¹	1.00×10 ⁻⁵ ~ 1.00×10 ²
Energy Range [MeV]	0.05 ~ 3.0	0.02 ~ 2.0	0.05 ~ 3.0	0.04 ~ 1.0
E.C. ¹⁾	-	X	O	O

1) Energy compensated

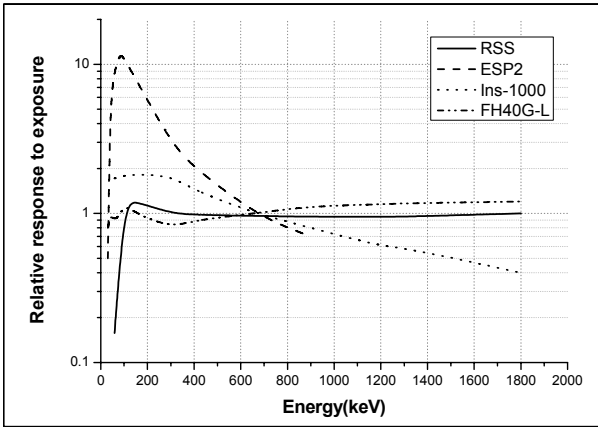


Fig. 1. Relative response to exposure of each portable survey meter.

3. 결과 및 고찰

3.1 에너지 스펙트럼 분석

Fig. 2는 제1 및 2저장시설 측정지점에서 측정된 에너지 스펙트럼이다. 검출된 주요핵종은 제1저장 시설에서 ^{57}Co , ^{235}U 이 검출되었으며, 제2저장시설에서는 ^{137}Cs , ^{60}Co 이 검출되었다.

두 개 시설 모두에서 300 keV 이하 저에너지영역에서 상대적으로 많은 계수값을 보였다. 이는 다양한 선원의 존재 및 산란방사선의 영향 등이 복합적으로 반영된 것으로 분석된다.

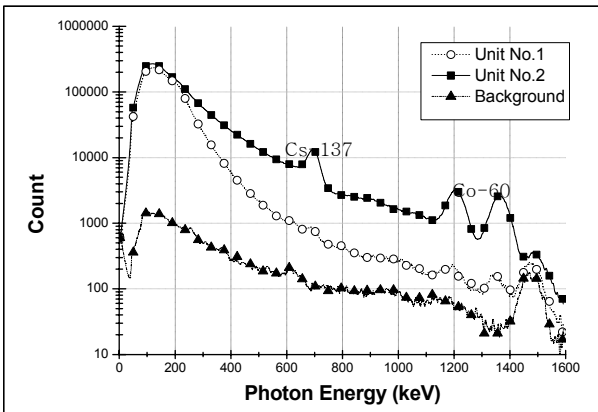


Fig. 2. Result of the photon energy spectrum for measurement point.

3.2 휴대용 측정기기의 비교 평가

Fig. 3은 제1 및 2저장시설 측정지점에서 측정된 3종의 휴대용 측정기기와 참조기준기에서 측정된 외부 방사선량률을 나타낸다. 각 측정지점에 대한 참조기준선량률을 비교해 볼 때, 제2저장시설의 선량률($3.35 \mu\text{Sv/h}$)이 제1저장시설에($1.20 \mu\text{Sv/h}$) 비해 약 2.8배 높게 측정되었다.

휴대용 측정기기 3종의 측정결과에서는 ESP-2의 측정값이 참조기준선량률에 비해 제1저장시설에서는 약 5.3배, 제2저장시설에서는 2.3배 과대평가되었다. 이는 Fig. 1의 측정기기별 에너지반응도와 Fig. 2의 에너지 스펙트럼을 통해 알 수 있듯이, ESP-2가 저에너지방사선에 대한 적절한 보상이 이루어지지 않는 측정기기임을 고려해볼 때, 저에너지 방사선에 의한 영향이 크게 반영되어 과대평가하고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 제2저장고에서 더욱 뚜렷이 나타나는데, 이는 제1저장시설에 비해 에너지 분포가 저에너지 영역으로 더욱 집중되어 있기 때문이다.

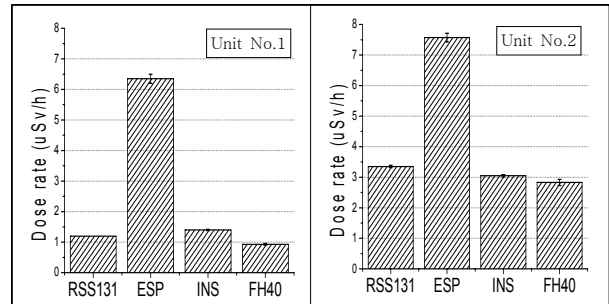


Fig. 3. Measurement result of expose dose rate by RSS, ESP-2, Ins-1000, FH40G-L10.

4. 결론

본 연구에서는 방사성폐기물저장시설 외벽에서 적절한 외부 방사선량률 감시계획 수립 및 이행을 위한 방사선관리용 측정기기를 선정하고자 하였다. 실제 사례에서 볼 수 있듯이, 측정지점에서의 에너지 스펙트럼을 분석한 결과, 저에너지 영역대의 에너지 스펙트럼이 형성되어 있음을 확인하였다. 또한, 이에 따른 측정기기의 에너지반응도 차이에 의해 참조기준측정값 대비 최고 5.3배의 차이가 날 수 있음을 확인하였다.

따라서 측정자는 사전에 측정지점에 대한 정확한 에너지 스펙트럼 분석이 필요하며, 이에 따른 측정기기의 에너지반응도를 고려하여 측정기기를 선택함으로써 적절한 외부 방사선량률 감시계획을 수립 및 이행해야 할 필요가 있다.

5. 참고문헌

[1] ANSI, "Administrative Practices in Radiation Monitoring", N13.2 rev.1 (1982).