

과거드럼 척도인자 적용을 위한 잡고체폐기물 방사능 분석

강기두, 박종길, 한선호*

한수원(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1

*한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

kdkang@khnp.co.kr

1. 서론

과거발생드럼에 대한 척도인자자료 분석은 현재 개발된 척도인자를 과거드럼에 적용하는 것이 타당한가를 보기위한 것이다. 분석대상 드럼은 발전소 초기부터 2003년도까지 발생한 잡고체 드럼이며 원전별, 연도별 주요 방사선 작업을 고려하여 추출하였다. 분석대상핵종은 고시에서 정한 규명대상핵종 중에서 휘발성, 핵분열성, 방사화, 전알파 핵종으로 나누어 대표핵종 7개를 선정하였다. 분석을 위하여 시료 전처리장치 이외에 감마선 분광분석기, 액체섬광계수기, 기체비례계수기, 저에너지 분광분석기등이 사용되었으며 각각의 대표시료에 대하여 3개의 시료를 분석하여 평균값을 사용하였다.

2. 본론

2.1 분석대상 핵종

척도인자 검증 대상핵종은 교육과학기술부 고시 제2009-37호(중저준위 방사성폐기물 인도규정)에서 정한 규명대상 핵종 중에서 휘발성, 핵분열성, 방사화, 전알파 핵종으로 나누어 분석 대상핵종으로 아래 핵종을 고려하였다.

○대표핵종 : H-3, C-14, Tc-99, Cs-137, Fe-55, Co-60, 전알파(7개)

2.2 검증용 시료채취

척도인자 검증용 시료 채취는 드럼별로 상중하 3개소에서 각각 3개의 시료를 채취하여 분석값의 평균치를 사용하였다.

표 1은 발전소별 대상드럼 선정안을 보여준다. 표 1에서 밑줄 부분은 필수 채취년도로써 각 발전소의 핵연료 손상, 증기발생기 교체등의 방사선 작업을 고려한 것이다. 또한 해당 방사선작업 직전·직후의 계획예방정비시 발생된 드럼군도 포함되도록 하였다. 이렇게 하여 모두 35개의 드럼을 선정하였다.

Table 1. The Selection of Drums for Analysis

발전소	드럼수	드럼선정 대상년도
A	10	'90.9 '91.10 '93.2 '97.4 '98.8 '99.6 '00.5 '01.6 '02.11 '03.8
B	10	'86.5 '95.5 '96.10 '98.1 '03.2 '99.9 '00.12 '01.3 '03.8 '03.8
C	5	'87.10 '90.12 '93.9 '96.6 '96.11
D	10	'89.3 '92.8 '99.6 '02.2 '03.5 '96.2 '98.3 '00.9 '03.3 '03.11

2.3 시료분석 방법

선정된 드럼은 전용 취급시설에서 샘플링한 후 대상시료에 대하여 전처리하여 용액화 한다. 용액화된 시료는 우선 용액내 감마 및 전알파를 측정하며 용액내의 베타핵종을 측정하기 위하여 각각의 분리과정을 거치게 된다.

H-3, C-14은 휘발성 핵종으로 용액화 과정에서 휘발될 수 있으므로 별도의 시료를 취하여 분리한다. 분리된 핵종들은 계측기를 사용하여 측정한다. 각각의 계측기 및 대상핵종은 아래와 같다.

○감마선 분광분석기 : Co-60, Cs-137 측정 (측정시간 5,000초, 시료량 약 20g)

○액체섬광계수기 : H-3, C-14 측정 (측정시간 1,800초, 시료량 약 20g)

○기체비례계수기 : Tc-99, 전알파 측정 (측정시간 3,000초, 시료량 약 20g)

○저에너지 분광분석기 : Fe-55 측정 (측정시간 3,000초, 시료량 약 20g)

2.4 시료분석 결과

표 2는 시료분석결과를 보여준다. 전체 35개 드럼중 총방사능값을 기준으로 상위 12개를 선택하였다. 총방사능값은 드럼이송시 1m 선량율의 총합을 MCNP 코드를 이용하여 구하였으며 Co-60 핵종이 드럼의 중앙에 존재한다고 가정했을때의 값이다. 전체 7개 핵종중에서 방사화핵종인 Fe-55와 이에 대응되는 Co-60, 핵분열성 핵종인 Tc-99

와 이에 대응되는 Cs-137 핵종 농도를 보여준다. 전알파의 경우 그 농도가 매우 낮아 35드럼중 23드럼에서 검출하한 미만인 것으로 나타났다.

Table 2. Analysis Results

ID	Yr	분석 결과(Bq/g)				
		총방사능	Co-60	Cs-137	Fe-55	Tc-99
a	'03	705	38	0.1	50.7	<
b	'00	1872	40	0.1	2170	<
c	'01	17100	7870	6.3	36900	0.01
d	'99	4537	53.8	0.4	808	0.07
e	'02	22064	2600	26.1	23300	0.13
f	'03	1552	79	1.5	766	0.22
g	'01	1669	828	0.7	7760	0.04
h	'99	1576	5190	2.2	33600	0.08
i	'99	1161	61.6	19.6	548	0.01
j	'92	843	4290	0.5	17000	0.01
k	'00	2105	321	0.3	526	0.01
l	'96	4265	2730	2.2	1970	0.01

< : 검출하한

2.5 결과분석

그림 1은 드럼의 총방사능량 대 시료의 Co-60 농도를 보여준다. 67%인 8개가 상관관계를 갖는 반면 나머지 33%는 특별한 관련성이 없는 것으로 나타난다. 이것은 계산에 사용된 시료의 양 및 드럼의 방사능 준위가 매우 낮은 것을 감안하면 어느정도 개연성을 갖는다고 볼 수 있다.

그림 2는 방사화 핵종으로서 Co-60 및 Fe-55가 상호 밀접한 상관관계를 갖고 있음을 명확하게 보여주고 있다.

이와는 대조적으로 핵분열성 핵종으로서 Cs-137 및 Tc-99의 경우 상당히 분산되어 보이는데 이는 Cs-137 및 Tc-99의 핵종농도가 거의 검출하한치에 이를 정도로 낮은 값이기 때문으로 보여진다.

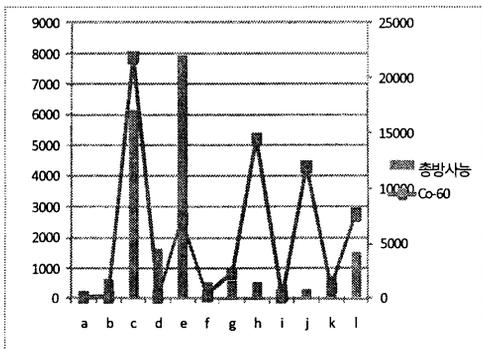


Fig. 1. Comparison of Total Activity and Co-60

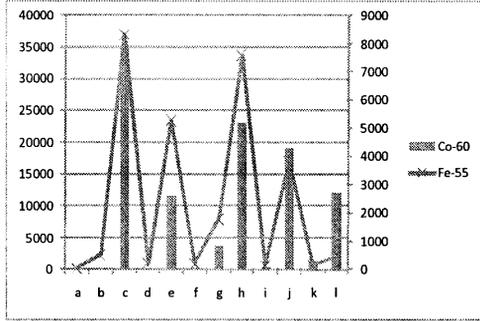


Fig. 2. Comparison of Co-60 and Fe-55

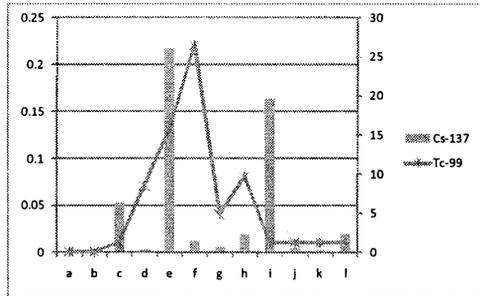


Fig. 3. Comparison of Cs-137 and Tc-99

3. 결론

원전의 과거발생드럼 잡고체 시료 35개에 대해 휘발성, 핵분열성, 방사화, 전알파 대표 핵종 7개를 분석하였다. 총 방사능량을 기준으로 상위 12개에 대한 분석결과 Co-60 및 Fe-55 농도는 방사화 핵종으로 상호 밀접한 관련성이 있는 반면 핵분열성핵종인 Cs-137 및 Tc-99는 농도가 매우 낮아 상관관계를 확인할 수 없었다. 전알파의 경우 그 농도가 매우 낮아 35드럼 중 23드럼에서 검출하한 미만인 것으로 나타났다.

또한 핵종분석결과로부터 잡고체 드럼의 경우 특정 방사선 작업이 드럼특성에 특별히 기여하지 않았음도 확인할 수 있었다.

4. 참고문헌

[1] 한국수력원자력(주) 처분시설 인도폐기물관리기술개발, TR-A07NJ08-S2009-185, pp. 167, 2009