

원(연) 중저준위 방사성폐기물의 방사능 측정 방법에 대한 고찰

송병철, 김영복, 오세진, 안홍주, 이명호, 송규석

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

nbcsong@kaeri.re.kr

1. 서론

원(연)중저준위 방사성폐기물은 원자력연구원 내 보관되어 있는 방사성폐기물로서 실험복, 장갑 및 폐휴지등 가연성 폐기물과 폐필터 및 비가연성 폐기물이 있다. 이들 방사성폐기물은 2014년 이후 방사성폐기물영구처분장으로 운반될 예정이며, 방폐물 인도규정(교과부 고시 제 2009-37호)에 따라 주요 방사성핵종이 규명 되어야한다. 본 연구에서는 이들 주요 방사성 핵종의 방사능 측정 방법에 대하여 고찰 하고자 한다.

2. 본론

원(연) 중·저준위 방사성폐기물 내 방사능 분석을 수행할 감마선 방출핵종들은 ^{110m}Ag , ^{144}Ce , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{51}Cr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{59}Fe , ^{54}Mn , ^{94}Nb , ^{125}Sb , ^{65}Zn , ^{95}Zr 및 ^{235}U , ^{152}Eu 등이다. 이들 방사성 핵종을 측정하기 위하여 감마선 분광분석기(GMX 60 P-A-S, AMETEC ORTEC)를 이용하였다. 고전압을 3500 V로 설정하고 ^{60}Co 선원을 이용하여 검출기의 성능을 평가한 결과 1.33 MeV에서의 분해능은 2.25 keV로 본 검출기의 사양(2.30 keV)에 잘 부합하였다.

원(연) 중·저준위 방사성폐기물 내 ^{129}I 의 방사능 분석을 위하여 Planar 타입의 저에너지 감마선 분광분석기(HPGe, GLP-36360/13, AMETEC ORTEC)을 도입하여 설치하고 성능검사를 수행하였다. 고전압을 3000V로 설정하고 ^{55}Fe 선원을 이용하여 검출기의 성능을 평가한 결과, 5.9 keV에서 360 eV의 분해능을 나타냈으며, 제조사에서 권고한 검출기의 사양과 잘 일치하였다.

^{55}Fe 및 ^{59}Ni 과 같은 X-ray를 방출하는 핵종은 저에너지 엑스선 분광분석기(LEPS, Low Energy Photon Spectrometer)를 이용하여 측정하였으며, 본 저에너지 엑스선 분광분석기는 두께가 0.04인 치인 NaI(Tl) 검출기와 시그날 프로세싱 시스템

으로 교체섬광계수기용 분광분석장치를 부착하여 사용하였다.

3. 실험 및 결과

3.1 감마선 분광분석기의 계측효율 보정

감마선 분광분석기(HPGe, GMX 60 P-A-S, AMETEC ORTEC)보정을 위하여 검출기 상단 5cm위에 방사성표준물(205-05-MIXA, 한국표준과학원)을 놓고 50000초 계측하여 감마선 스펙트럼을 얻고 스펙트럼으로부터 채널에 대한 에너지 보정곡선 및 에너지에 따른 계측효율 보정식을 구하였다.

3.2 액체섬광계수기에 대한 소광효과 보정

장비의 안정적인 가동을 확인하기 위하여 비소광 ^3H , ^{14}C 및 백그라운드 표준물을 이용하여 IPA(Instrument Performance Assay)를 실행하여 ^3H 과 ^{14}C 의 계측효율 및 바탕 값을 구하였다. 이때 ^3H 의 계측효율은 58 %이상, ^{14}C 의 계측효율은 95 %이상 이어야 하며, 백그라운드는 ^3H 및 ^{14}C 의 영역에서 각각 (3.25 ± 1.14) cpm 및 (4.22 ± 1.21) cpm 이었다. 시료의 소광정도에 따른 계측효율을 구하기 위하여 계측 바이알 10개에 각각 방사성 표준물(^3H , ^{14}C , ^{63}Ni 및 ^{90}Sr)을 일정량 넣고 Ultima gold LLT 14mL를 넣었다. 10개의 바이알에 니트로메탄을 0.01~0.2 mL까지 점진적으로 증가하여 넣고 잘 혼든 후 30분씩 액체섬광계수기로 계측한 후 QIP(Quenching Indicator Parameter)에 따른 계측효율 보정곡선을 그리고 시료 계측시 QIP에 따른 계측효율을 적용하였다.

3.3 가스비례계수기의 시스템 교정

기체비례계수기의 알파/메타 동작전압을 설정

하기 위하여 ^{210}Po 및 ^{90}Sr 방사성표준물을 이용하여 30 V 간격으로 1분씩 측정하여 플랴트우 곡선을 그리고 편편한 부분의 1/3되는 지점을 동작전압으로 설정하였다. 이때 알파 동작전압은 690 V, 베타 동작전압은 1470 V로 결정되었다.

또한 기체 비례계수기의 백그라운드를 측정하였을 때 알파 모드에서 0.15 cpm, 알파/베타 모드에서 알파 백그라운드 0.12 cpm과 베타 모드에서 0.88 cpm을 얻었다. 또한 ^{210}Po 및 ^{90}Sr 표준물을 이용하여 계측효율을 측정하였을 때 알파 모드에서 41.1 %, 알파/베타 모드에서 알파 계측효율 41.63 %과 베타 모드에서 46.59 %의 계측효율을 얻었다.

3.4 저에너지 엑스선 분광분석 시스템의 최적 조건 설정

검출기의 동작전압을 800 V~1200 V까지 50 V 간격으로 측정한 결과 시스템의 동작전압을 950 V로 설정하였다.

^{55}Fe (5.9 keV) 및 ^{109}Cd (23 keV) 표준물을 이용한 에너지 보정 및 계측효율 보정을 하였으며, ^{55}Fe 계측효율은 9.0 % 이었다.

3.5 감마선분광분석법에 의한 ^{129}I 의 계측효율 측정

요오드 용액(2 mg/mL) 10 mL에 ^{129}I 표준물(34.5 Bq/mL)을 1 mL넣고 AgCl 용액을 가하여 AgI 침전을 얻은 후 마일라 필름이 부착된 측정용기에 끌고루 분산시켜 옮겼다. 감마선 분광분석기(HPGe GMX 60-83-XLB-S)의 동작전압을 4000 V로 올리고 표준물이 들어있는 측정용기를 검출기 상단에 올려놓고 40000초 동안 계측하였으며, 표준물로부터 방출되는 29.5 keV 피크의 계수율로부터 감마선분광분석기의 계측효율을 구하였으며, 계측효율은 6.3 %로 계산되었다. 원(연) 방사성폐기물 시료에 대하여 시료량을 5 g, 계측효율 6.3 %, 백그라운드 총 계수가 396 count이 있을 때 최소검출 방사능 농도는 7.8×10^{-3} Bq/g 이었다.

3.6 계측기기 관리 유지

각 계측기의 바탕 값 및 계측효율을 분기 1회 측정 한 후 QA/QC를 위한 관리도를 작성하였으며, 측정값이 (Mean Value \pm 3 σ) 값을 벗어날 경우 다음과 같이 조치하였다. 백그라운드 계수율이 증가하면 외부로부터 방사선 차단 및 장비 소제 후 재측정 하였으며, 계측효율이 떨어지면 방사성 표준물의 방사능 및 검출기의 이상 유무를 확인하고 재측정하였다. 또한 실험실 온도, 습도 등 환경일지를 작성하여 실험실 조건을 항상 일정하게 유지하여 분석 신뢰도를 향상시켰다.

4. 결론

원(연) 폐기물 시료 내 감마선 방출 핵종의 방사능을 측정한 결과 124개 시료 중 100개의 시료에서 ^{58}Co , ^{137}Cs 및 ^{235}U 등의 감마선 방사능이 검출 되었으며, 이는 전체 시료 중 24 %가량의 시료에서 감마선 방사능이 검출 되었다.

가연성 폐기물 및 폐필터 내 ^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{94}Nb , ^{99}Tc , ^{129}I 등의 난검출성 핵종 측정 결과 측정한 시료수에 대하여 각각 29, 50, 34, 4, 10 및 6 % 정도의 미량 방사능이 검출되었다. 또한 gross alpha의 경우 82 %의 높은 검출율을 나타냈으며, 이는 흙먼지등에 존재하는 토륨계열로부터 기인한 것으로 사료된다.

5. 참고 문헌

- [1] ASTM D: 3648-03, "Standard Practices for the Measurement of Radioactivity".
- [2] ASTM D: 1943-96, "Standard Test Method for Alpha Particles Radioactivity of Water".
- [3] ASTM C: 1402-98, "Standard Guide for High-Resolution Gamma-Ray Spectroscopy of Soil Samples".
- [4] ASTM D: 3648-03, "Standard Practices for the Measurement of Radioactivity".