

## RI폐기물 시료 내 $^{147}\text{Pm}$ 방사능 측정

송병철, 김영복, 박예은, 이창현, 손세철  
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045  
[nbcsong@kaeri.re.kr](mailto:nbcsong@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

RI폐기물은 주로 병원, 대학 및 산업체에서 발생하는 방사성폐기물로 병원 및 대학에서 발생하는 RI폐기물은 반감기가 매우 짧으므로 시간이 경과함에 따라 소멸되는 방사성 핵종이 대부분이나 산업체에서 발생하는  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  및  $^{147}\text{Pm}$  등 장반감기 방사성 핵종들도 있다. 특히  $^{147}\text{Pm}$ 은 네오디뮴( $\text{Nd}$ )을 우라늄 원자로 속에서 중성자로 조사하면  $^{147}\text{Pm}$ 이 다량 생성된다. 이러한  $^{147}\text{Pm}$ 의 반감기는 2.62년이며, 베타 방출체로서 무기의 조준경 및 비행기의 표시등의 야광 재료로서 많이 사용된다. 본 연구에서는 RI 폐기물 중에 함유하고 있는  $^{147}\text{Pm}$ 을 분리하고 기체비례계수기를 이용하여 베타 방출핵종의 방사능을 측정결과에 대해 검토하였으며,  $^{147}\text{Pm}$  분석방법에 대한 측정불확도 추정결과를 제시하였다.

### 2. 실험 및 결과

기체비례계수기의 동작전압을 설정하기 위하여 1100~1650 V 까지 30 V 간격으로 전압을 증가시키면서 플라토우 곡선을 작성하고 적정 전압을 1530 V로 설정하였다. 또한 시스템의 안정적인 운용을 위하여  $^{90}\text{Sr}$  표준선원을 이용하여 시스템의 계측효율을 측정하였으며, 측정결과 48.8 %의 계측효율을 보였다.

표준선원을 이용한 건고물의 무게에 따른 베타선 계측효율을 보정하기 위하여 7개의 바이알에 시료용액과 매질이 유사한 용액에  $^{147}\text{Pm}$  운반자로서 네오디뮴을 1~20 mg을 점진적으로 증가시키면서 넣고  $^{147}\text{Pm}$  표준용액(1133.4 dpm, 01-Feb-2007)을 각각 0.1 mL씩 각각 가하였다. 비커를 가열판 위에 올려놓고 2~3 mL가 될 때까지 증발시키고 식힌 후에 4 M  $\text{HNO}_3$ 로 무게를 아는 planchet 위에 옮겨 I.R lamp로 건조하였다. 가열판 위에서 1~2 분 간 태운 다음 식혀서 desiccator에 넣고 실온까지 냉각시키고 Planchet의 무게를 측정하여 기록하고, 염의 무게를 계산하였다.

각 planchet을 저준위 기체 비례 계수기로 30 분간 3 회씩 계측하고, 3회 계수값의 평균을 구하였으며, 미리 알고 있는 방사능량을 이용하여 각각의 침전 무게에 대한 계측효율을 계산하였다. 계산된 계측효율과 염의 무게와의 상관관계를 도시하고 다음과 같은 식을 얻었다.

$$E_{ff} = 5.778 + 6.976 \times e^{(-Wt/9.615)}$$

여기서,  $Wt$ 는 염의 무게이다.

시료는 스폰지, 장갑, 비닐, 형질등 가연성 폐기물과 유리, 알루미늄 막대, 야광시계 문자판 등 비가연성 폐기물이었으며, 이들 시료를 10~20 g 취하여 회분하거나 산 및 초음파를 이용하여 시료를 분해하여 용액으로 조제하였다. 시료 용액에 네오디뮴 추적자를 10 mg 첨가하고 산화네오디뮴(산화 프로메치움) 침전을 얻은 후 800 °C로 가열하고 침전을 무게를 알고 있는 프란첵에 옮긴 다음 침전 무게를 측정하였다. 표준물에 의한 계측효율 보정식에 의하여 얻어진 침전 무게의 계측효율을 구하고 기체 비례계수기를 이용하여 50분간 3회 측정하였다. RI폐기물 시료에 대한  $^{147}\text{Pm}$  방사능의 세기는 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

$$A (Bq/g) = \frac{(C_g - C_b)}{E_{ff}} \times \frac{1}{w} \times \frac{1}{60}$$

여기서, A = 시료의  $^{147}\text{Pm}$  방사능 세기 (Bq/g)  
 w = 시료의 무게(g)  
 $C_g$  = 베타선의 전 계수율 (cpm)  
 $C_b$  = 바탕 계수율 (cpm)  
 $E_{ff}$  = 염의 무게를 보정한 계측효율

측정불확도를 산출하기 위하여 얻어진 데이터의 계수율은  $2\sigma$ 로 나타내므로  $\sigma$ 로 바꾸어 주고 다음과 같이 계산하였다

$$\bar{r} = \frac{r_1 + r_2 + r_3}{3}$$

$$S_r^2 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 S_{r_1}^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 S_{r_2}^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 S_{r_3}^2$$

### 3. 결론

RI폐기물 시료 중에 함유된  $^{147}\text{Pm}$ 의 방사능을 측정하기 위하여 기체비례계수기를 이용하였으며, 방사성 표준물을 이용하여 침전물 무게에 따른 계측효율을 보정하였다. RI폐기물 시료 중 가연성 15개 및 비가연성 13개 시료에 대하여 방사능 농도를 측정한 결과  $^{147}\text{Pm}$ 의 방사능은 시료의 특성에 따라 큰 차이를 나타냈으며, 비가연성 1개 시료를 제외한 모든 시료에서 방사능이 검출되었다.

### 참고 문헌

1. ASTM D: 3648-03, "Standard Practices for the Measurement of Radioactivity"
2. ASTM D: 1890-96, "Standard Test Method for Beta Particle Radioactivity of Water".
3. TENNELEC Co., "LB5100 Operation Manual".