

⁵⁹Ni 실험실 표준물 제조 및 적용

송병철, 정기철*, 김영복, 손세철, 지광용

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150

* (주) 액트, 대전광역시 대덕구 신일동 1688-5

nbcsong@kaeri.re.kr

원자력 발전소의 가동에 따라 발생된 중저준위 방사성 폐기물이 영구처분장으로 이송될 때 방사성 폐기물의 안전한 보관을 위해서 방사성 폐기물 인도 규정에는 폐기물 내에 함유된 각종 방사성 핵종의 방사능량을 명시하도록 되어있다. ⁵⁹Ni는 원자로 내에서 중성자에 의하여 ⁵⁸Ni(n, r)⁵⁹Ni 핵 반응으로 생성되며 방사화된 금속이나 수지등에 존재하며, 반감기가 7.5 x 10⁴로 매우 길어 폐기물 처분시 중요하게 취급되는 핵종이다.

저에너지 감마선 및 X-ray를 방출하는 ⁵⁵Fe, ⁵⁹Ni, ¹²⁹I 등을 측정하기 위하여 NaI(Tl) Thin layer 검출기(3xM.040/3B, BICRON), Radiation Analyzer (Model 5000; Nucleus) 및 Spectra Analyzer(PCA-II, TENNELEC)로 LEPS(Low Energy Photon Spectrometer)시스템을 구성하였다. 저에너지 표준선원으로 ¹⁰⁹Cd 과 ⁵⁵Fe등을 사용하여 에너지 보정을 하였으며 ⁵⁹Ni 에너지 영역에서 ROI(Region of Interest)를 설정하고 바탕값을 3000초 동안 3회 측정하였을 때 바탕값 평균은 1.2 cps 이었으며 바탕 값으로부터 구한 최소 검출 계수율은 3.0 cps 이었다.

Ni-59 표준물 제조를 위하여 NiO (MW 74.7, 분말) 4.5 g을 하나로 IP-5 조사공 B위치(5.24 x 10¹³ n/sec.cm²)에서 48시간 중성자 조사 하였으며 예상 생성 방사능은 5 μCi로 산정 되었다.

50 mL P.E 비이커에 중성자 조사된 NiO 분말 0.4384 g을 평량하고 진한염산(37 %, Aldrich) 2 mL를 넣어 용해 시킨후 증발 건조 후 0.1 M HCl 5 mL로 녹인후 25 mL Vol-flask에 옮기고 표선까지 증류수로 채웠다. 산화니켈 0.4384 g의 방사능은 2.845 x 10⁴ Bq 이며 용액 25 mL에 들어있는 방사능량은 1138 Bq/mL (10 mg Ni/mL) 이었다.

이중 1 mL를 취하여 감마분광분석을 한 결과 불순물로 코발트 동위원소들이 검출되었으며 이를 분리하고 재측정 한 결과 미량의 ⁵¹Cr이 검출되었으나 크롭은 최종 침전과정에서 제거되므로 ⁵⁹Ni의 측정에는 영향을 주지 않을 것으로 사료된다.

⁵⁹Ni-DMG의 침전 무게에 따른 계측효율을 구하기 위하여 산화니켈 표준물(13.7 mg/mL, 1 M HCl)를 각각 0.05 mL, 0.10 mL, 0.15 mL, 0.20 mL, 0.25 mL 및 0.30 mL 원심분리관에 넣고 1 M HCl로 최종부피가 2 mL 되도록 채우고 증류수 7.5 mL, Acetone 13 mL, tataric acid 용액(250 mg/mL) 3 mL를 넣는다. 진한 암모니아수를 pale blue 색이 나타나고 약간의 암모니아 냄새가 날 때까지(pH 9) 방울 방울 넣고 65 °C에서 약 2분간 중탕하고 1 % DMG (95 % ethanol)를 5 mL 넣는다. 150 °C에서 1시간 건조시키고 무게를 기록하고 Collodion희석용액(collodion:EtOH-1:20) 소량으로 침전물을 고정시키고 계측한다. 염의 무게에 따른 계측효율을 구하고 다음과 같은 보정식을 얻었다.

$$\text{Log(Eff)} = -0.00513 \times w + 1.1128$$

시료는 산분해 및 마이크로웨이브를 이용하여 용해되었으며, 순수하게 분리된 Ni을 dimethylglyoxime을 사용하여 Ni(DMG)₂ 침전을 얻었고, 계측효율보정곡선으로부터 시료의 침전 무게에 따라서 계측효율을 결정하고 방사능을 구하였다. 잡고체, 농축폐액, 슬러지 및 폐수지에 대하여 ⁵⁹Ni 방사능을 측정 한 결과 잡고체, 농축폐액, 슬러지등에서는 검출되지 않았으며, 고준위 폐수 지의 경우 약 2.1 x 10³ Bq/g 정도로 나타났다.