

모듈식 자동 방사성핵종 Tc-99 분리기 설계 및 제작

정근호, 최상도, 권용대, 강문자, 이완로, 김희령, 최근식, 이창우

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

chungkh@kaeri.re.kr

1. 서론

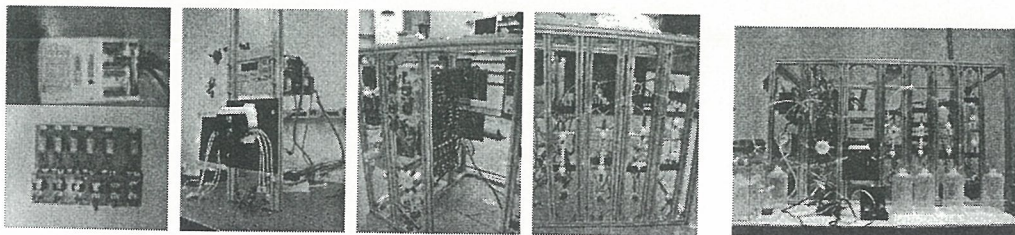
테크네튬-99 (Tc-99)는 우라늄의 핵분열 생성물이며 Mo-99의 베타선 붕괴 반응에 의해 생성된다. 테크네튬-99는 최대 붕괴에너지가 292 keV인 베타방출 핵종으로서 반감기가 213,000년이며, 베타 붕괴 반응에 의해 Ru-99를 생성한다. 테크네튬-99는 천연우라늄의 자발적 붕괴에 의해서 일부 생성되나 대부분의 Tc-99는 원자로의 운영이나 원자력 재처리 설비로부터 생성된다.

Tc-99는 월성 중·저준위 방사성폐기물처분시설 부지주변 방사선 환경 조사계획서에 명시된 감시핵종이며, 지하수 이동을 통한 방사성핵종 누출 여부를 평가하기 위한 핵종 중 하나이다. 테크네튬-99의 방사능은 질량분석기(ICP-MS)나 액체섬광계수기(LSC)를 이용하여 분석한다. ICP-MS나 LSC를 이용하여 테크네튬-99를 분석하기 위해서는 반드시 분석에 방해가 되는 핵종을 제거하여야 한다. 일반적으로 사용되는 방해 핵종 제거 방법은 중력흐름(gravimetric flow)에 의한 칼럼분리 방식을 사용하나, 이 방법은 너무 많은 시간과 인력을 요구한다.

그러므로 본 연구에서는 중·저준위 방사성폐기물 처분장 환경감시 지표핵종인 테크네튬-99를 선택적으로 신속하게 자동분리하기 위한 “모듈식 자동 방사성핵종 테크네튬-99 분리기(MARS Tc-99)”를 설계 및 제작하였다. 본 개발품은 1.5~7 ml/min의 유량으로 테크네튬-99 방사성핵종을 신속하게 선택적으로 분리할 수 있다.

2. 결과

MARS Tc-99는 컨트롤모듈, 펌프모듈, 밸브모듈, 칼럼모듈로 구성되도록 설계하였다. 칼럼모듈에는 감마선 검출기가 장착되어 있어서 자동분리 과정 중 테크네튬-99를 최소 붕괴 상태로 분리할 수 있도록 설계하였다. 또한, MARS-99는 동시에 4개의 시료를 분석할 수 있도록 설계하였다. MARS Tc-99를 운영하는 컴퓨터 프로그램은 LabView 소프트웨어를 사용하여 작성되었으며, 화면에서 사용자가 대화형식으로 장치를 운영할 수 있도록 하였다. 그림 1은 실험용으로 제작된 MARS Tc-99 시스템을 나타내며, 시제품 사진은 그림 2에 나타냈다.



컨트롤 모듈

펌프모듈

밸브모듈

칼럼모듈

전체 시스템

그림 1. Experimental setup of Modular Automatic Radionuclide Separator for Tc-99

밸브모듈에는 6개의 시료를 선택적으로 주입할 수 있는 6-Way Flow Selection Valve(FSV-6W) 1개와 시약과 분석시료를 선택적으로 구분하여 주입할 수 있는 2-Way Flow Selection Valve(FSV-2W) 4개로 구성되어 있다. 펌프모듈에는 연동펌프 1개와 펌프 조절기 1개로 구성되어 있다. 칼럼모듈 1개에는 칼럼 2개를 장착할 수 있도록 하였다. 칼럼모듈은 시료를 선택적으로 구분하여 분리할 수 있는 3-Way Flow Distribution Valve(FDV-3W) 2개와 감마선 검출기 2개로 구성되어 있다. MARS Tc-99는 2개의 칼럼모듈로 이루어져 있어 동시에 4개의 시료분리가 가능하다.

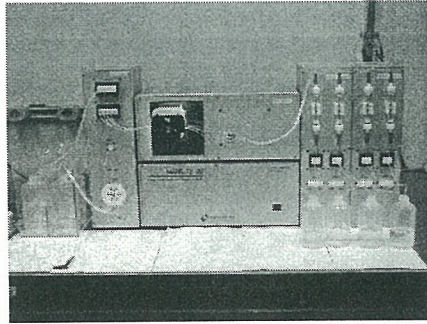


그림 2. Prototype of Modular Automatic Radionuclide Separator for Tc-99

컨트롤 모듈에는 FSV-6W, FSV-2W, FDV-3W 밸브를 on/off 시키기 위한 3개의 릴레이스위치 보드와 5V, 12V, 24V 전압공급장치, 디지털-아날로그 컨트롤 보드 1개로 구성되었다.

본 개발품은 모듈방식을 적용하여 각 모듈을 쉽게 교체하거나 추가할 수 있는 장점이 있다. 현재 테크네튬-99는 Eichrom사의 TEVA 수지를 사용하여 중력흐름(gravimetric flow)에 의한 칼럼 분리 방식으로 선택적으로 분리하고 있으나, 테크네튬-99 방사성핵종을 자동으로 분리해주는 상용 제품은 전무하다. 국내에서는 2009년 후반부터 중·저준위 방사성폐기물 처분장이 운영을 시작하면 환경감시 지표핵종인 테크네튬-99 분석이 일상화 되어야 한다. 그러므로 본 개발품은 효과적으로 처분장 환경감시에 적용될 수 있을 것이다. 또한, MARS Tc-99는 의료용 Mo-99/Tc-99m 제너레이터에서 생성된 Tc-99m 추적자 정제에도 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 기대된다.