

## 석탄회필터를 이용한 방사성 세습의 포집

신진명, 박장진, 박근일

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150

[jmshin@kaeri.re.kr](mailto:jmshin@kaeri.re.kr)

DUPIC(Direct Use of spent PWR fuel in CANDU) 핵연료 제조공정 중 산화·환원공정(OREOX) 및 소결공정 중에 발생하는 세습 핵종은 핵연료 습식처리에서 발생하는 세습과는 달리 고온조건하 기상에서 방출되므로 이를 안정적으로 포집할 수 있는 석탄회필터가 개발되었다. 제조된 석탄회필터를 한국원자력연구소 DFDF M6 hot-cell 내의 배기체 처리시스템에 적용하기 위해 예비실험으로서 다양한 세습시약을 사용하여 석탄회와 세습화합물간의 반응특성 및 고온 안정성을 분석한 바 있다. 또한 분말인 석탄회를 필터로 제조하여 기체상 세습을 화학적으로 안정한 형태로 포집하기 위한 공정 변수를 도출하기 위해 석탄회 필터의 포집온도, 유속, 분위기, 세습화합물 변화 등에 따른 제반 포집특성에 대하여 연구를 수행한 바 있다.

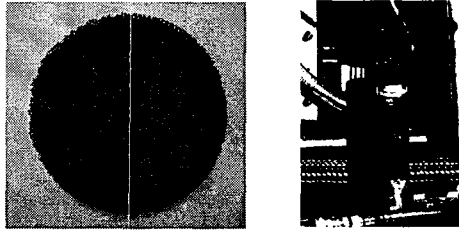
이러한 제반 기초실험을 바탕으로 핵연료 제조시설 M6 hot-cell 내의 DUPIC 핵연료 소결장치와 연결된 석탄회필터가 장착한 세습포집장치를 설치하여 석탄회필터의 방사성 세습 포집성능을 확인하는 것이 필요하다. 이를 위하여 석탄회필터를 이용하여 DUPIC 핵연료 소결공정 중 압분체 400g에서 발생하는 기체상 방사성 세습을 포집실험을 수행하였다.

본 실험에 사용된 사용후핵연료 압분체는 연소도 27,300 MWd/tU(G-23-5B)의 사용후핵연료로서 핫셀에서 원격 작업에 의해 산화/환원 공정 및 압분공정 공정을 거쳐 제조되었다. 압분체의 사용량은 400g이었고 이를 환원분위기(4% H<sub>2</sub>/Ar)하 1800℃ 소결온도에서 7시간 동안 소결하였다. 압분체 400g에서 발생하는 세습의 발생량 및 방사능량을 ORIGEN2 code를 이용하여 계산한 결과 각각 0.52g, 24.2Ci 이었다. DUPIC 핵연료 소결공정에서 발생하는 방사성 세습을 포집하기 위해 석탄회필터 충전용 SUS-304 재질의 필터 바스켓을 사용하였다. Fig. 1에 본 연구에 사용된 필터와 필터 바스켓을 나타내었다. Fig. 1의 필터 바스켓 내에 5.8mm(Ø) X 90mm(H) 규격의 석탄회필터를 장착한 후 필터 바스켓과 석탄회필터 사이의 기밀성을 유지하기 위해서 alumina 재질의 고온용 ceramic fiber paper를 사용하여 필터외부를 감쌌다. 장착된 석탄회필터의 압력강하는 142mm/H<sub>2</sub>O 이었다. 석탄회필터의 포집 온도는 700℃, 공탑 가스 속도는 0.17m/sec 이었다. 소결로에서 발생하는 세습을 포집하기 위하여 세습 포집 필터 층이 장착된 세습 포집장치를 핫셀 내에 설치하였다. Fig. 2에 핫셀에 설치된 세습 포집장치의 모습을 나타내었다. Hot-cell 내에 방사성세습을 포집하기 위하여 설치된 세습 포집장치는 필터 바스켓의 교체 편리성을 고려하여 성능 시험 장치에서 필터바스켓의 분리가 가능하도록 설계되었다. 또한 정확한 반응온도를 측정하기 위하여 필터의 상 단면에 thermocouple를 설치하였고 핫셀 밖 작업구역에 설치된 배기체 처리장치 제어반에서 반응온도를 조절하였다.

Hot-cell내에서 방사성세습 포집 전·후의 세습 필터 바스켓의 감마 방사능 양을 감마 분광 분석기(Gamma-ray Spectrometry System)를 이용 on-line으로 측정하여 방사성 세습 포집효율을 구하였다. 감마 방사능 측정 장치는 고순도 게르마늄 검출기, 증폭기, 다중과고분석기, 고전압 공급 장치, 액체질소 이송장비 등으로 구성되어 있다. 감마 분광 분석기는 검출기로 HPGе (High Purity Germanium) 검출기가 사용되며 증폭범위 2.5에서 1500까지 coarse와 fine gain으로 연속적으로 제어된다. 이를 감마 핵종 측정 장치를 이용하여 방사성 세습 포집 전·후의 필터 바스켓의 감마 방사능 양을 on-line으로 측정하여 석탄회필터의 방사성 세습 포집효율을 분석하였다.

세습 포집실험이 종료된 후 필터의 색은 검회색으로 cold test 시험 결과와 같았으며 필터의 파

손은 없었다. 사용후핵연료(G-23-5B) 400g에서 발생하는 방사성 세슘을 포집한 후 방사성 세슘 포집 후 필터 층을 감마 핵종 측정 장치를 이용하여 필터 층의 바닥부터 상부까지 측정한 결과  $^{134}\text{Cs}$  및  $^{137}\text{Cs}$ 의 포집효율은 각각 99.4%, 99.1% 이었다. 필터 바스켓 바닥면부터 상층부까지 거리에 따른 감마 핵종의 방사능 분포를 측정한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 필터 바닥 면부터 상층부까지 갈수록  $^{137}\text{Cs}$ 의 count rate가 감소하였다. 필터의 바닥 면에 많은 양의  $^{137}\text{Cs}$ 이 포집되어 있고 상층부로 올라갈수록 점차로 감소하는 경향을 보였다. 따라서 석탄회 필터가 방사성 세슘 포집시 향후 유용하게 이용될 수 있을 것으로 판단된다.



(A) (B)

Fig. 1. Photographs of the fly ash filter(A) and filter basket(B).

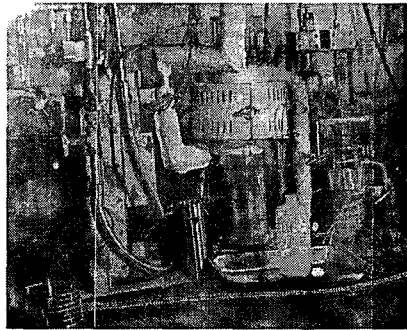


Fig. 2. Photograph of cesium trapping unit in hot-cell.

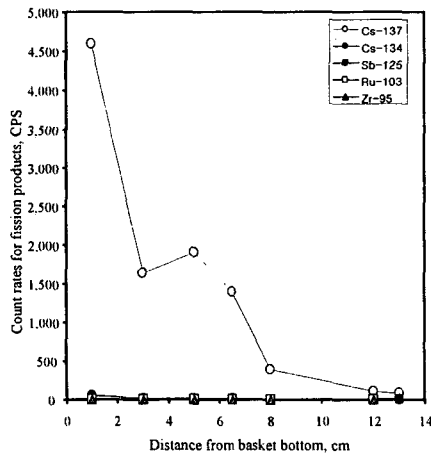


Fig. 3. Count rate for fission products of gamma radionuclides as a function of distance from basket bottom.