

## 사용후핵연료 고온 열처리 휘발 및 포집 특성

신진명, 이재원, 박장진, 이영순, 박근일, 이정원  
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045  
[jmshin@kaeri.re.kr](mailto:jmshin@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

최근에 연구 중인 고도 휘발성 산화공정은 사용후핵연료를 고온, 감압, 산화제 등을 이용하여 Kr, Xe, Cs, I, Tc, Ru, C-14, H-3 등 핵종을 제거한다. 따라서 이 공정을 도입함으로써 전해환원, 전해정련, 폐기물처리공정 등 후속 공정의 방사선 부하를 감소시킬 수 있다. 고도 휘발성 산화공정 연구의 주요 핵심 사항은 여러 공정 변수를 이용하여 준휘발성 핵분열 가스를 최대한 제거하는 핵종방출 연구와 제거된 이들 가스를 안전하게 처리하는 핵종 포집 연구다. 따라서 본 연구에서는 사용후핵연료를 고온 열처리하는 동안 발생하는 준휘발성 핵분열생성물의 거동 특성을 분석하고 이들 핵분열가스를 포집제를 이용하여 다성분 핵종 포집 성능을 확인하고자 하였다.

### 2. 실험

본 실험에 사용된 tube furnace 장비의 구성은 핵연료를 가열 및 휘발된 핵분열 가스를 포집하는 tube furnace, 기체 공급라인, 입자제거장치(HEPA filter + Balston filter) 및 bubbler로 구성되어 있다. 실험에 사용된 핵연료는 고연소도(60,000 MWd/tU) 사용후핵연료 산화분말을 이용하였다. 감마스펙트로미터를 이용하여 5분 동안 감마핵종 count 수를 측정하여 초기 값으로 설정 하고 시간에 따른 산화분말의 감마핵종 count 수를 측정하여 이들 값을 상대 비교하여 세습 방출률을 구하였다.

사용후핵연료 열처리 조건은 산화분말을 산소분위기하 700℃에서 3시간 및 아르곤분위기하 1200℃에서 3시간 열처리 하였다. 사용된 포집필터는 세습 및 폴리브데늄 포집용인 석탄회필터와 루테튬 및 테크네튬 포집용인 칼슘필터를 이용하였다. 각 필터의 포집온도 분포는 550 ~ 1,000 ℃ 및 400 ~ 1,000 ℃ 이었다.

### 3. 결과 및 고찰

산소분위기하 700℃에서 3시간 및 아르곤분위기하 1200℃에서 3시간 열처리 조건하 온도증가에 따른 세습 방출률을 분석한 결과 그림 1에 제시된 것 처럼 산화분말로부터 세습(Cs-134, Cs-137)의 방출은 약 800℃부터 시작되었다. 상기 조건하 세습의 총 방출량은 약 43%로 확인되었다. 따라서 사용후핵연료 내 세습을 완전 방출하기 위해서는 산화온도 및 분위기 조절 외에 추가 진공개념 도입이 필요할 것으로 판단된다. 열처리 후 사용후핵연료 분말을 육안 및 sieve로 관찰한 결과 입자들은 성장과 동시에 치밀화되어 쉽게 깨지지 않는 분말덩어리를 형성함을 확인할 수 있었다.

사용후핵연료 열처리 실험 후 석탄회필터 및 칼슘필터 포집바스켓들을 각각 꺼낸 후 이들의 첫 번째 필터 표면을 육안으로 관찰하였다. 그림 2에 나타난 것처럼 사용후핵연료에서 휘발되는 세습 및 다성분을 선택적으로 포집 후 석탄회필터의 색은 포집전의 갈색에서 검갈색, 칼슘필터의 색은 포집전의 흰색에서 검회색으로 변화하였다. 그림 3은 포집실험 완료 후 필터바스켓을 꺼내어 필터바스켓 상단부분부터 하단까지 일정 간격으로 감마스캐닝하여 Cs-134 및 Cs-137를 측정한 결과이다. 측정 결과 필터 첫째 단 및 둘째 단에 대부분의 세습이 포집된 것으로 나타나 필터의 세습 포집효율이 매우 우수함을 확인하였다. 향후 칼슘필터는 Tc, Ru 등의 포집성능을 분석하기 위해 화학분석을 의뢰할 예정이다.

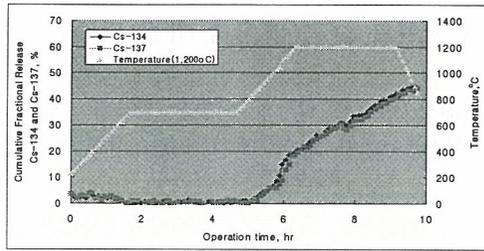
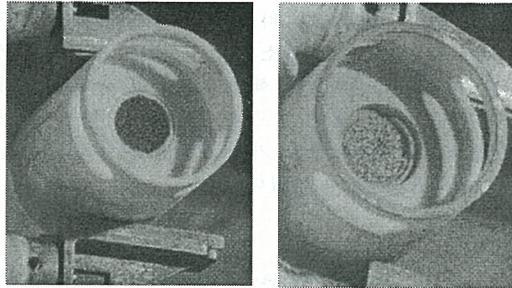


그림 1. 온도변화에 따른 세슘 방출거동



(a) 석탄회필터

(b) 칼슘필터

그림 2. 사용후핵연료 배기체 포집 후 석탄회필터 및 칼슘필터의 외관

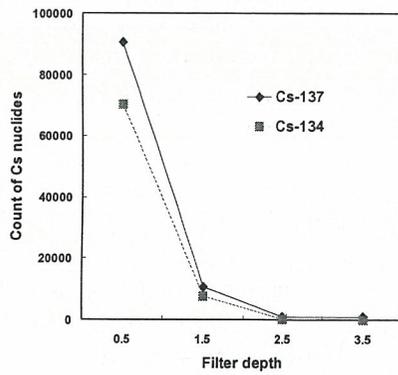


그림 3. 석탄회필터 깊이별 Cs-134, Cs-137 count 수 변화