

배기체 폐 필터 처리기술 개발을 위한 폐 필터의 특성평가

양재환, 박창제, 나상호, 심희진, 강권호, 이정원
한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
yih98@kaeri.re.kr

1. 서론

파이로 프로세스 전처리 공정을 통해 사용후핵연료에 포함된 핵분열생성물 중 세슘, 루테튬, 테크네튬, 아이오딘 등의 방사성 원소들이 배기체(off gas)의 형태로 휘발하게 되며, 이는 다공성의 세라믹 필터를 이용해 포집하게 된다. 휘발하는 배기체는 종류에 따라 fly ash, 칼슘, AgX 등으로 만들어진 필터에 선택적으로 포집되는데, 이로부터 발생한 배기체 포집 폐 필터를 안전하게 처리하는 기술개발이 처분장으로 보내지기 전에 추가적으로 요구된다. 그 기술은 주로 방사성 핵종을 포함한 폐기물이 처분장에 장기간 저장되었을 때 지하수와 반응하여 침출되지 않는 고건전성의 고화체를 제작하는 것에 귀결된다. 따라서 이번 연구는 배기체 폐 필터를 이용한 고화체를 제작하기 위한 첫 단계의 연구로서 배기체와 폐 필터의 특성조사를 통해 최적의 고화방안을 찾고자 하는데 목적이 있다.

2. 본론

2.1 배기체 및 포집 필터의 기본특성

10톤의 핵연료가 연소도 55,000 MTD/MTU으로 원자로에서 연소하고 10년 동안 냉각시켰을 때 발생하는 다양한 방사성 핵종의 반감기와 발생량, 그리고 이를 포집하기 위한 포집필터를 Table 1에 나타내었다. Table 1에 나와 있는 것처럼 대부분의 핵종은 반감기 30년 이상의 장반감기 핵종이기 때문에 최종 처분장에 처분하기 전 임시 저장소에 수십 년 혹은 수백 년 저장하는 것으로는 폐기물의 방사능을 처분장에서 요구하는 수준 이하로 떨어뜨리기 어려울 것이다. 결국 적절한 고화매질을 사용하여 고화체를 제작하는 것이 가장 합당한 처리 방안이라 여겨진다. 현재까지 시도된 대표적인 고화기술은 시멘트, 유리, 세라믹 고화 등을 꼽을 수 있으며, 시멘트 고화를 제외한 대부분의 고화공정은 수백에서 천 수백도에 이르는 고온 열처리를 요구한다[1]. 따라서

고온 가열을 했을 때 포집한 배기체가 휘발하는 정도가 고화공정을 선택을 좌우하는 주요 변수가 될 것이다. 그러므로 폐 필터의 고온 휘발성은 고화공정 선택을 위한 필수 단계라 할 수 있으며, 다음 절을 통해 각 폐 필터의 고온 휘발성을 알아 보았다.

2.2 배기체 폐 필터의 고온 휘발성

폐 필터의 고온 휘발성은 TGA 장비(Thermogravimetric Analysis)를 이용해 분석되었으며, 세 종류의 필터에 대한 고온 휘발성 결과는 다음과 같다. Fig. 1에서 보는 것처럼 세슘을 포집한 폐 필터는 1200 도에서 6시간 동안 가열했을 때에도 질량 감소가 1% 정도에 지나지 않는다[2]. 이는 세슘이 fly ash에 흡착되며 열적으로 안정된 폴루사이트($\text{Cs}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)를 형성하기 때문인 것으로 파악되며, 이 결과에 근거할 때 fly ash 필터는 일반적인 유리화 공정이 가능할 것으로 판단된다. 칼슘 필터의 경우 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 대략 900 도 이상의 온도에서 배기체가 휘발되고 있음을 알 수 있다. 따라서 칼슘 필터의 경우 유리화 공정이 적합하지 않으며, 시멘트를 이용한 고화 혹은 900 도 이하의 열처리를 요구하는 고화 공정 개발이 필요할 것임을 알 수 있다. Fig. 3은 아이오딘을 포집한 필터의 TG 결과로서 대략 200 도 이전에 대부분의 질량 손실이 이루어졌음을 볼 수 있다. 아이오딘을 포집하지 않은 필터의 경우에도 200 도 이전의 온도에서 질량 감소가 나타난 것을 미루어 볼 때, 질량 감소는 아이오딘에 의한 것이 아닌 수분이나 필터 구성물질의 휘발에 의한 것으로 생각된다. 향후 공업 분석 등의 추가적인 분석을 통해 AgX 필터의 고온 휘발성을 좀 더 정밀하게 파악할 필요가 있다.

3. 결론

배기체 포집 폐 필터에 대한 최적의 고화방안

을 선정하기 위해 배기체 및 폐 필터의 기본 특성과 고온에서의 휘발성을 조사하였다. 필터에 포집된 배기체의 결합 구조와 흡착 상태를 파악하기 위하여 향후 XRD 및 SEM을 이용한 추가적인 분석이 필요하다. 현 단계의 연구는 폐 필터별 최적의 고화방안을 선정하기 위한 기초자료의 역할을 수행할 것이다.

4. 감사의 글

본 연구는 원자력중장기사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] M. I. Ojovan and W.E. Lee, An Introduction to Nuclear Waste Immobilization, Elsevier, 2005.
- [2] 신진명, 김광렬, 박장진, 신철우, 세슘화합물별 석탄회 필터의 포집 특성, 한국폐기물학회, 제 22권, 제 1호, pp 27-39, 2005.

Table 1. Half-lives, masses, and trapping filters of radioactive isotopes(55,000 MTD/MTU, 10 yr cooling, 10 MTHM)

핵종	반감기	발생량 (kg)	포집필터
Cs-137	30.17 y	39.926	Fly ash
Rb-87	4.88E+10 y	5.483	
Cd-113	9.3E+15 y	2.141	
Tc-99	2.6E+6y	12.324	Calsium
Ru-106	1.02 y	36.843	
Rh-101	3.3 y	5.709	
Te-130	7.9E+20 y	4.092	
Mo-100	7.8E+18 y	34.096	
C-14	5730 y	1.067	AgX
I-129	1.57E+7 y	3.661	
Br-77	57 h	0.322	

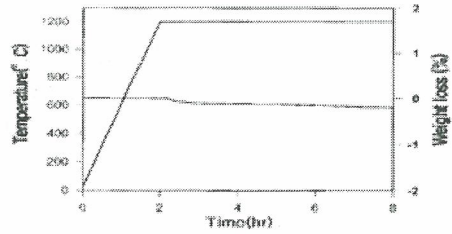


Fig. 1. TGA result of a Cs trapping filter during isothermal treatment of 1200 °C

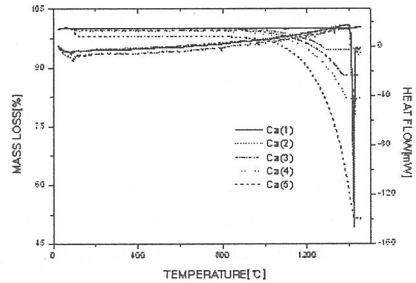


Fig. 2. TGA curves of rhenium trapping Ca-filters

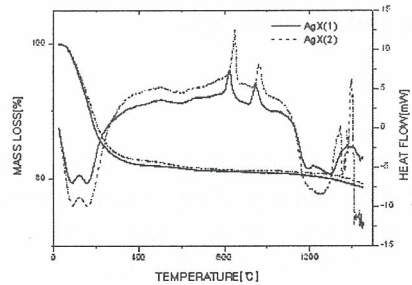


Fig. 3. TGA curves of iodine trapping AgX filters