

4% H₂/Ar 분위기 하에서의 요오드화세슘의 저온 포집 특성 연구

이주호*, 양재환, 이광연, 박장진, 조용준

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*jhlee835@kaeri.re.kr

1. 서론

한국 원자력 연구원에서는 사용후 핵연료의 전처리 과정에서 발생하는 휘발성 및 준휘발성 핵종들을 선택적으로 포집하는 고도 휘발성 산화공정을 제시하고 실험실 규모로 실증한 바 있다.[1] 이 결과들을 바탕으로 종합 파이로 건식 처리시설(KAPF)에서의 배기체 처리 조건에 대해 설계를 진행하고 있는데, Cs와 I의 경우 환원조건(950-1000°C)에서의 포집조건은 배기체 처리 장치의 내구성을 약화시킬 수 있는 가능성을 지니므로 보다 낮은 온도에서 처리하는 것이 바람직하다고 본다. 본 연구에서는 700°C에서 I₂의 주요 공급원인 CsI의 저온 포집 가능성에 대해 조사하고자 한다.

2. 실험 및 결과

2.1 실험 방법

배기체 처리시스템은 크게 4개의 개별적인 온도 제어가 가능한 영역들로 나누어져 있으며 각 영역들은 분위기 가스 흐름방향을 따라 시약 휘발영역, Cs 포집영역, Re 포집영역, 요오드 포집영역으로 사용된다.(Fig. 1) ORIGEN Code를 통해 4.5% w/o, 55GWD/tu, 10-yr cooling의 조건하에서 사용후핵연료 2 kg 내 존재할 것으로 예상되는 CsI 1.222g(Sigma-Aldrich사)을 알루미늄 보트에 얇게 편평하게 충전시킨 후 휘발 영역에 장입한다. 세슘 포집을 위해서 그래놀 형태의 0.85 - 2 mm 석탄회필터를 링컨테이너 10단에 충전시켜 Cs 포집 영역에 위치시키며 Re 포집영역과 요오드 포집 영역에는 필터를 장착하지 않지만 온도는 배기체 포집 조건을 만족시키도록 조절한다. 시약 휘발은 900°C에서, Cs 포집온과 Re 포집온은 700°C에서 그리고 요오드 포집 영역은 250°C로 유지시켰다. 분위기 가스로 4% H₂/Ar을 사용하였으며 유속으로 공탐속도 10 cm/s에 해당하는 2.7 L/min을 유지하였다. 배출되는 가스의 정성적인 분석을 위해 장치 배출부의 마개에 메탈울을 충전시켜 배출가스들의 1차 응축을 시도하고자 하였으며 가스 배출부

에 4개의 가스세척병을 직렬로 연결하여 첫 번째 병에는 유리 구슬을 부피기준 70%로 충전하고 나머지 3개의 병에는 증류수를 채워서 Scribbling을 통한 요오드 및 Cs 포집 효율을 분석하고자 하였다.(Fig. 2)

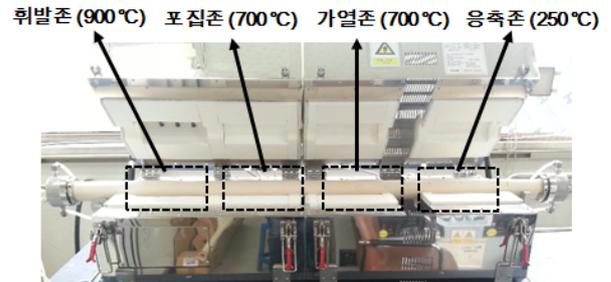


Fig. 1. 4-zone Off-Gas Trapping System.

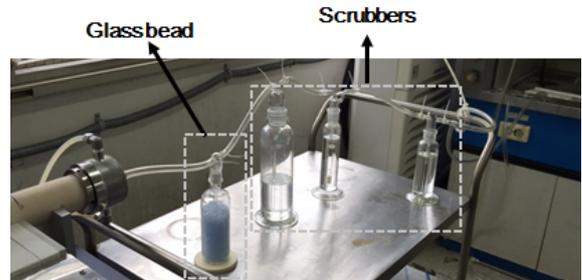


Fig. 2. Apparatus for estimating Cs and I₂ concentration in exit stream.

2.2 실험 결과

CsI는 900°C에서 모두 휘발됨을 관찰하였다. 석탄회 필터들에 대해 SEM-DEX 분석을 수행한 결과 1단에서 4단까지 Cs 신호가 확인되었으며 700°C에서 CsI는 석탄회필터와 반응, 일부 포집됨을 관찰할 수 있었다. CsI가 응축될 것으로 예상되는 곳은 배기체 처리시스템의 배출부에 충전된 1) 메탈울과 배출가스가 스크러버로 들어가기 전 거치는 2) Glass bead이다. Fig. 3에서 보여지듯이 메탈울에 대해 SEM-EDX 분석을 수행한 결과 Cs와 I 성분이 검출되었으며 이 결과는 250°C에서 CsI가 메탈울에 응축된다는 사실을 보여준다.

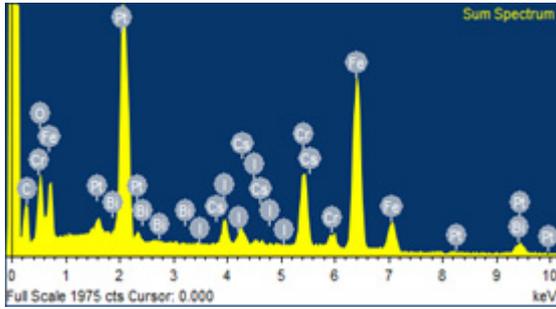


Fig. 3. EDX microanalysis for metal wool.

Glass bead들을 회수하여 육안으로 관찰한 결과 갈색의 알갱이들이 관찰되었으며 이 알갱이들에 대해 SEM-EDX 분석을 실시한 결과 거의 비슷한 질량비율(IL 44.75% Cs L 38.29%)이 관찰되었는데 이 결과는 석탄회 필터를 통과한 CsI는 glass bead에 응축된다는 것을 의미한다.(Fig. 4)

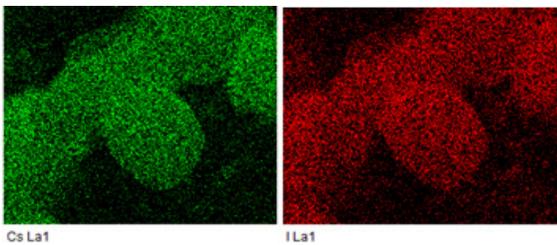


Fig. 4 Element Map for Cs and I in glass beads using EDX on SEM.

3. 결론

석탄회필터, 메탈울, Glass bead, 3개의 Scrubber에 포집된 Cs와 I의 정량분석 시 700°C에서 Cs의 포집효율은 98.4%, I는 39.0%가 얻어졌다. 이 결과는 배기체 처리장치의 내구성을 향상시킬 수 있도록 저온에서의 Cs 포집 가능성을 보여준다. 후속 실험에서는 AgX 필터를 장착하여 I₂의 포집 거동에 대해 정성, 정량적으로 분석하고자 한다.

4. 감사의 글

이 논문은 2012년도 교육과학기술부의 재원으로 한국 연구 재단의 지원을 받아 수행된 연구임(원자력기술개발사업 No. 2012M2A8A5025696)

5. 참고문헌

- [1] 박장진 ; 박창제 ; 조광훈 ; 문제선 ; 김영환 ; 서중석 ; 박근일 ; 이정원 ; 이영순 ; 김연구 ; 이재원 ; 정재후 ; 강권호 ; 송기찬 ; 신진명 ; 이호희 ; 김기호 ; 이영우 ; 이도연 ; 이한수 ; 윤여완 ; 이해원 ; 김지현 ; 정재한 ; 안은주 ; Westphal, B. ; Bateman, K. ; Wahlquist, D, "사용후핵연료 고도 취발성 산화공정 기술개발", KAERI/RR-3212/2009.