

## 파이로 전처리공정의 배기체처리기술

박장진, 신진명, 이재원, 박근일, 이정원  
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045  
jjipark@kaeri.re.kr

### 1. 서론

파이로 전처리공정을 위해서는 집합체 해체, 연료봉 인출, 연료봉 절단, 탈피복, 분말화, 고온 휘발성산화 공정 등이 필요하다. 이들 공정 중 절단, 산화 탈피복공정(저온 휘발성산화공정)에서는 휘발성핵종(Kr/Xe, H-3, C-14)이 고온 휘발성산화공정에서는 휘발성핵종(Kr/Xe, H-3, C-14)과 준휘발성핵종(Cs, Tc, I, Rb, Ru 등)이 휘발할 수 있다. 이들 핵종들은 시설안전운전과 작업자 안전을 위해 반드시 안전하게 관리해야 한다.

본 논문에서는 기존 전처리공정을 기술하였고 이에 따른 핵종휘발율을 기술하였다. 그리고, 휘발성 핵종 처리법, 준휘발성 핵종 처리법에 대하여 기술하였고 본 연구팀이 제시한 선택적 배기체처리공정에 대하여도 기술하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 기준 전처리공정

본 논문에서는 500℃에서 산화하여 만들어진 분말을 1200℃, 진공에서 열처리하는 고온 휘발성산화공정을 채택하는 것을 전제로 하였다.

#### 2.2 핵종 휘발율

Table 1에는 500℃에서 열처리하는 저온 휘발성산화공정(표준 휘발성산화공정)과 1200℃, 진공에서 열처리하는 고온 휘발성산화공정(고도 휘발성산화공정)의 각 핵종별 휘발율을 나타내었다[1]. 고 방사성/고 방열 핵종인 Cs의 경우 저온 휘발성산화공정의 경우 10% 미만 휘발되지만 고온 휘발성산화공정의 경우는 98%의 휘발율을 보이고 있다. 장수명핵종 Tc-99의 경우 저온 휘발성산화공정의 경우 1% 미만, 고온 휘발성산화공정의 경우는 92%를 나타내고 있다. 또다른 장수명핵종인 I-129의 경우 각각 10% 미만과 100%의 휘발율을 나타내고 있다.

#### 2.3 휘발성핵종 처리

삼중수소는 사용후핵연료로부터 HT형태로 배출되기 때문에 이의 안전한 포집을 위해 본 논문에서는 400℃에서 CuO를 이용하여 HTO형태로 전환하여 이를 분자체(molecular sieve)를 이용하여 상온에서 포집하는 기술을 고려 기술개발 하고 있다.

C-14의 경우 습식법, Ca(OH)<sub>2</sub> 흡착법, Ba(OH)<sub>2</sub> 흡착법 등 기술이 존재하나 본 연구에서는 칼슘필터를 이용 약 700℃에 CaCO<sub>3</sub> 형태로 포집하는 고온 반응법을 채택하였다. Kr/Xe의 경우 저온 증류법, 용매 흡수법 등이 있으나 저온 고체 흡착법을 적용하였다.

#### 2.4 준휘발성핵종 처리

고온 휘발성산화공정 중에는 준 휘발성 핵종 Cs, Rb, Tc, Ru, I 등이 휘발될 수 있다. 본 연구에서는 Cs 핵종 포집을 위해 석탄회 필터를 이용하여 pollucite 형태로 안전하게 포집하였다. 장수명핵종 Tc의 경우는 칼슘 필터를 이용하여 칼슘테크네튬산화물 형태로 포집하며 요오드의 경우는 은 침착 제올라이트를 이용하여 AgI 형태로 포집하였다. 본 연구팀에서는 석탄회 필터와 칼슘필터를 직접 개발하여 실험에 이용하였고, 미국 INL연구소와 INERI과제를 통해 사용후핵연료를 이용하여 고온 휘발성산화공정에서 휘발하는 핵종을 포집하는 연구를 수행하고 있다.

#### 2.5 선택적배기체 처리법

고온 휘발성산화공정에서 휘발하는 각 핵종을 선택적으로 분리하여 포집하면 고준위폐기물 발생량을 줄일 수 있고, Cs 폐필터의 중저준위 폐기물화 등 많은 장점이 예상되기 때문에 Fig. 1과 같은 선택적 배기체 처리공정을 제안하여 이를 실현하고자 노력하고 있다. INL과의 공동 연구를 통해 실제 사용후핵연료를 이용한 실험결과[2] Cs, Tc, I이 선택적으로 포집되었음을 확인하였다.

3. 결론

고온 휘발성산화공정의 경우 Kr/Xe, H-3, C-14 과 같은 휘발성핵종과 Cs, Tc, I 과같은 준휘발성 핵종이 휘발된다. 이들을 안전하고 효율적으로 포 집하기위한 선택적 배기체처리공정이 제시되었다. Cs, Tc, I 과 같은 준휘발성 핵종에 대해서는 본 연구팀이 개발한 필터를 이용하여, 실험실 규모로 사용후핵연료 이용 선택적 포집 가능성을 확인하 였다.

4. 감사의 글

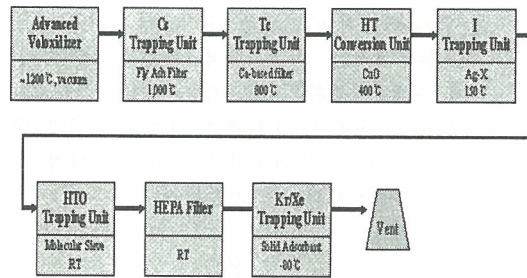
이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았 습니다.(연구과제 고유번호: 2009-0062283)

5. 참고문헌

[1] J.J. Park, J.M. Shin, G.I. Park, J.W. Lee1, J.W. Lee2 and K.C. Song, "An Advanced Voloxidation Process at KAERI", Global 2009, Paris, 2009  
 [2] B. R. Westphal, J. J. Park, J. M. Shin, G.I.Park,K.J.Bateman,andD.L.Walquist, "Selective Trapping of Volatile Fission Products with an Off-Gas Treatment System", *Separation Science and Technology*, Vol. 43, pp. 2695-2708, 2008

Table 1. Removal rates (%) of fission products

Nuclide	Standard voloxidation	Advanced voloxidation
Kr/Xe	<30%	100%
H-3	100%	100%
C-14	<10%	100%
Cs	<1%	98%
Tc	<1%	92%
I	<10%	100%
Ru	<1%	97.6%
Rh	<1%	82.7%
Te	<1%	53.3%
Mo	<1%	61.7%
Rb	<1%	96%



\* Trapping methods and conditions might change with further experiments.

Fig. 1. Schematic diagram of selective off-gas treatment system for the PRESENT process