

## DB5) 다양한 Al-Si비의 고온 무기 흡착제 고정층에서의 기체상 중금속의 상대적 제거 효율

### A Relative Effectiveness Of Aluminum-Silicate Minerals For Volatile Metal Capture At High Temperatures

양희철 · 윤종성<sup>1)</sup> · 김준형

한국원자력연구소 핵연료주기기술개발단, <sup>1)</sup>충남대학교 화학공학과

#### 1. 서론

고온 소각공정은 산업용 및 가정용 폐기물의 처리시 부피의 현격한 감소뿐만 아니라 유해성 유기물을 무해한 형태로 전환시켜 주는 장점을 지니고 있다. 그러나 유해 중금속의 경우 소각공정 중 소멸되거나 새로이 생성되지 않고 화학적, 물리적 변형만 일어날 뿐, 그 유해성은 소멸되지 않고, 고온 휘발성 유해중금속의 경우 일부 환경으로 배출되므로 잠재적으로 심각한 대기오염원이 되고 있다(1990). 최근에는 이러한 고온 휘발성 중금속의 효과적인 제거를 위한 연구로 여러 가지 무기질 흡착제를 이용한 고온 흡착제거 연구가 활발히 이루어지고 있다(1998, 1999). 본 연구에서는 유해 중금속인 납과 카드뮴에 대한 Al과 Si의 비가 서로 다른 7가지의 자연산 광물의 상대적 제거특성에 대해 고찰하였다. 고온의 고정층 흡착장치에 기체상 납과 카드뮴을 통과시켜 흡착시킨 후 SEM, EPMA 그리고 XRD 분석 및 침출 시험을 통하여 광물별 반응생성물의 반응메커니즘과 흡착제로서의 성능을 비교하였다.

#### 2. 실험장치 및 방법

사용된 광물의 조성과 실험장치를 표 1 및 그림 1에 각각 나타내었다. Al과 Si의 함량비에 따른 반응성 평가를 위해 광물의 특성을 결정짓는 성분인 Al과 Si의 비율이 다른 알루미나(alumina), 보오크사이트(bauxite), 안달루사이트(andalusite), 샤모트(chamotte), 고령토(kaolin), 납석(pyrophyllite) 그리고 규석(silica stone)의 7가지 광물을 사용하였다. XRF를 통해서 확인된 Al과 Si의 조성에 따른 분류를 표 1에 나타내었다. 카드뮴 흡착실험은 CdCl<sub>2</sub>를 열중량분석기에서 휘발시켜 평균 159 ppm의 일정한 농도로, 납의 경우에는 같은 방법으로 PbCl<sub>2</sub>를 108ppm의 농도로 700°C의 흡착제 고정층을 통과시켰다.

Table 1. Chemical compositions and mineral species of materials used in this experiment.

Mineral name	Approximate chemical composition(wt%)		Major mineral species
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	
Alumina	99.5		Corundum(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Bauxite	89	7	Corundum(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Andalusite	58	39	Andalusite(Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> )O)
Chamotte	40	55	Mullite(Al <sub>6</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>13</sub> )
Kaolin	33	52	Kaolinite(Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>2</sub> )
Pyrophyllite	18	76	Pyrophyllite-2M(Al <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> )
Silica stone		99	Quartz(SiO <sub>2</sub> )

#### 3. 결과 및 고찰

각 광물에 대한 기체상 납과 카드뮴의 상대적 흡착량을 비교한 결과, 기체상 납의 경우 다른 광물들에 비해 고령토가 0.181 g-Pb/g-mineral로 흡착량이 가장 많았고, 그 밖의 aluminum-silicate 계열의 광물인 납석, 샤모트 등에 상대적으로 많은 양의 중금속이 흡착되었다. 기체상 카드뮴의 경우는 다른 광물들에 비해서 고령토가 0.724 g-Cd/g-mineral, 알루미나가 0.816 g-Cd/g-mineral로 흡착량이 많았음을 확인할 수 있었다. 반응메커니즘을 확인하기 위해 XRD 분석을 실시한 결과 고령토, 샤모트 그리고 납석 등의 aluminum-silicate 계열의 광물에서만 환경적으로 안정적인 물질인 metal aluminum silicate의 구

조를 갖는 반응생성물이 확인되었다. 이로써 주성분이 Al이나 Si의 순수광물로만 이루어진 광물에서는 많은 양의 흡착이 일어났다 할지라도 화학적 반응에 의한 흡착이 아닌 단순한 물리적 방법에 의해 흡착이 주로 일어남을 알 수 있다. 이는 그림 2에 나타난 흡착제의 흡착시험 전후의 SEM 사진과 표 2에 나타난 EPMA 결과에 의해서 확인할 수 있다. 즉 그림 2(b)와 2(d)에서 볼 수 있듯이 샤토트의 경우 중금속이 흡착되어 있는 부분(밝게 빛나는 부분)이 입자표면에만 분포하지만 알루미나의 경우에는 입자내부에 까지 골고루 분포하였다. 흡착이 일어난 부분의 EPMA 분석을 실시한 결과 표 2에 나타난 것과 같이 알루미나에서는 Pb와 Cl원소가 모두 확인됨으로써 납이 PbCl<sub>2</sub>의 형태로 물리적 흡착이 이루어졌다고 추측되지만 샤토트에서는 Cl원소가 확인되지 않아 XRD 분석 때와 같이 화학적 반응에 의한 lead aluminum silicate가 생성되었다고 할 수 있다.

Table 2. Chemical composition of lead sorbed alumina and chamotte by EPMA.

Component		Na (wt%)	Al (wt%)	Si (wt%)	Ca (wt%)	Pb (wt%)	Fe (wt%)	Cl (wt%)	K (wt%)
Alumina	raw	-	100	-	-	-	-	-	-
	lead sorbed	-	2.28	-	-	80.58	-	17.14	-
Chamotte	raw	0.45	39.9	54.8	1.48	-	2.42	-	0.86
	lead sorbed	0.52	34.17	35.69	0.07	26.86	1.89	-	-

#### 4. 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발 사업의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

Robert. G. BARTON, W. D. Clark, and W. R. SEEKER (1990) Fate of Metals in Waste Combustion Systems, *Combust. Sci. and Tech.*, Vol. 74, 327-342.  
 J. C. Chen, M. Y. Wey, and Y. C. Lin (1998) The Adsorption Of Heavy Metals By Different Sorbents Under Various Incineration Conditions, *Chemosphere*, Vol. 37, 2617-2625.  
 R. Masseron, R. Gadiou, and L. Delfosse (1999) Study Of The Adsorption Of CdCl<sub>2</sub> Vapor On Various Minerals Using A Drop Tube Furnace, *Environ. Eng. Sci.*, Vol. 33, 3634-3640.

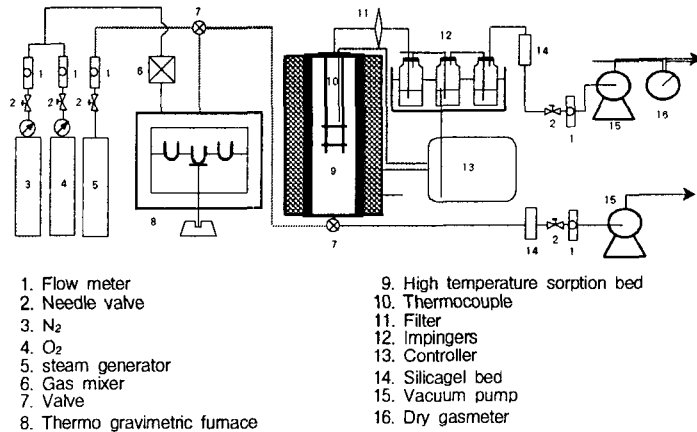


Fig.1. Experimental apparatus

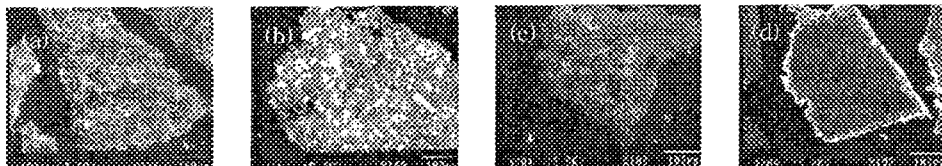


Fig.2. SEM image of (a)raw alumina, (b)lead-sorbed alumina, (c)raw chamotte, and (d)lead-sorbed chamotte.