

## 방사성 HEPA필터 폐기물의 열적 처리에 의한 감용 연구

윤인호, 최왕규, 이석철, 양희철, 민병연, 이근우

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 대덕대로 1045

nwkchoi@kaeri.re.kr

### 1. 서론

원자력연구원 내 연구원시설에서 현재까지 약 3,000 개의 HEPA 필터 폐기물이 발생되어 방사성 폐기물로 저장되어 있다. 또한 가동 중인 원전 10기에서 연간 약 3,000개, 한전 원자력연료주식회사(KNF)에서는 연간 약 900 개의 폐 HEPA 필터가 발생되고 있다. 특히 사용후핵연료를 취급하는 DFD (Duplic Fuel Demonstration Facility)와 20년 이상 가동된 조사후시험 시설의 공정 내 HEPA 필터는 사용 후 핵연료 물질에 의해 고방사성 물질로 오염되어 발생하고 있으며, 향후 파괴로 프로세싱 연구시설 등에서도 고방사성 HEPA 필터 폐기물이 다량으로 발생될 것이 예상됨으로 국내 핵연료주기 연구개발을 통해 발생하는 폐기물 관리에 대한 효율성 및 안정성을 위해서 HEPA 필터 폐기물 처리기술 개발은 필수적이다. 현재까지 HEPA 필터 폐기물의 처리는 저준위 폐기물에 대해 일부 수행되고 있으나, 물리적인 방법에 의한 감용에 의존하는 기술적 초보단계에 있으며, 고방사성 HEPA 폐기물 처리에 대한 연구는 전무하여 국내 기술기반이 매우 취약한 상태이다. 본 논문에서는 HEPA 필터 폐기물의 저준위화 및 감용기술개발 일환으로 HEPA 필터 폐기물의 열적 처리에 의한 감용 연구를 수행하였다. 이를 위해 HEPA 필터 내 핵종 및 중금속의 분석과 휘발성 평가 및 부피감용에 대한 실험을 수행하였다.

### 2. 본론

HEPA 필터는 필터를 지지해주는 프레임과 미세 오염 물질을 제거하는 filter media, 그리고 filter media를 분리해주는 separator, 필터를 케이스에 부착시켜 주는 sealant로 구성되어 있다. 이 중에서 filter media는 부피가 크고, 방사성으로 주로 오염되어 있어 이에 대한 처리가 필요하다. Table 2.1 에는 원자력 시설에서 발생하는 HEPA filter media의 성분을 XRF를 이용하여 분석하였다. SiO<sub>2</sub>가 50%이상 존재하고 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 Na<sub>2</sub>O, CaO, BaO가 각각 11.6, 10.1, 9.95, 3.95%로 존재하는

것으로 나타났다.

Table 2.1 Chemical composition of HEPA Filter Glass Fiber (wt%).

Chemical composition (wt%)	
SiO <sub>2</sub>	56.7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.6
Na <sub>2</sub> O	10.1
CaO	9.95
BaO	3.95
K <sub>2</sub> O	3.06
ZnO	3.02
MgO	0.42

Fig. 2.1에서는 HEPA filter media의 TGA 분석 결과를 나타내었다. 약 250-500°C에서 HEPA filter media 자체에 함유되어 있는 H<sub>2</sub>O의 탈수와 가연성 binder의 휘발에 의해 급격히 열적 감량이 이루어짐을 알 수 있었고, 감중비는 8% 감소되는 것으로 나타났다.

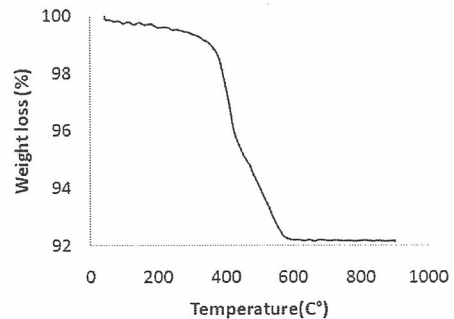


Fig. 2.1 TGA analysis for HEPA filter media.

원자력 연구원에서 발생한 5곳의 HEPA filter media를 채취하였다. 중금속은 Work Assignment 5-03 [1]와 SOP MLD061[2]을 이용하여 추출하였고, ICP-OES로 분석을 하였다. 그리고 주요핵종은 MCA를 이용하여 분석하였다. 분석결과를 통해 중금속은 Zn의 농도가 가장 높게 나타났고 Pb, Sr, Cr으로 주로 오염되어 있는 것으로 나타났다. 핵종은 Cs-137과 Co-60이 주요 핵종인 것으로 나타났다. 휘발성을 알아보기 위해 비방사성

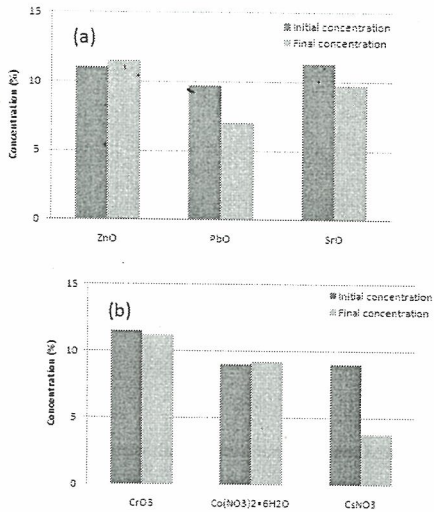


Fig. 2.2. Volatility tests for heavy metals.

HEPA filter media에 각각 중금속과 핵종을 무게비 1/10으로 넣어 6개의 샘플을 muffle furnace에서 900°C에서 2시간동안 휘발실험을 실시하였다.

용융실험후 XRF의 분석 결과, Fig.2.2에서 ZnO와 CrO<sub>3</sub>, Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O에서는 휘발이 거의 일어나지 않는 것으로 나타났다. ZnO에서는 용융전보다 용융후에 무게가 4% 늘어났는데 이는 HEPA filter media에 ZnO가 포함되어 있기 때문인 것으로 사료된다. ZnO와 CrO<sub>3</sub>, Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O는 용융실험시 휘발성이 없어 별도의 포집장치 없이 처리가 가능함을 알 수 있다. 하지만 CsNO<sub>3</sub>, PbO, SrO에서는 약 60%, 28%, 13%가 휘발된 것으로 나타났다. 하지만 PbO와 SrO의 경우 10%로 첨가하였을 때는 휘발이 되었지만 1%로 첨가하였을 때는 휘발이 일어나지 않는 것으로 나타났다. CsNO<sub>3</sub>의 경우 휘발을 막기 위한 additive가 필요한 것으로 사료된다.

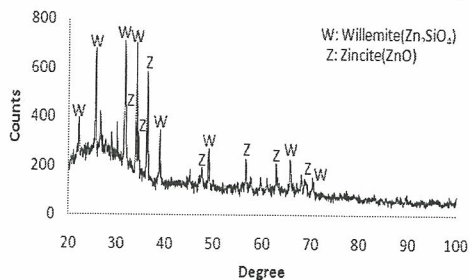


Fig. 2.3. XRD analysis.

용융 실험 후 ZnO를 넣은 고화체 시료를 일정하게 갈아서 XRD분석을 실시하였다. Fig. 2.3에 나타난 것처럼 ZnO의 경우 HEPA filter media와

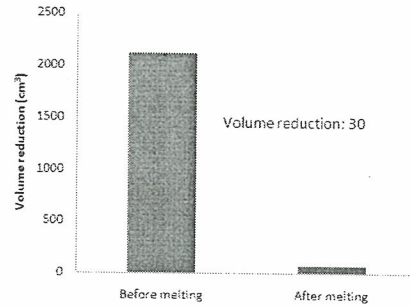


Fig. 2.4. The volume reduction in HEPA filter.

반응하여 Willemite(ZnO·SiO<sub>2</sub>) 형태로 안정하게 존재하는 것으로 나타났다.

Fig. 2.4에 HEPA filter media의 유리화시 부피감용비는 약 30으로 나타났으며 유리화에 의해 HEPA filter media은 안정하고 우수한 유리 고화체를 제작할 수 있음을 확인하였다.

### 3. 결론

HEPA filter media의 주성분은 유리화에 적합한 물질로 구성되어 있으며 주요 중금속과 핵종에 대해서 낮은 휘발성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 유리화시 약 30의 부피감용과 안정한 유리고화체 제작이 가능하므로 상당한 양의 HEPA 필터 폐기물의 부피감용이 이루어질 것으로 사료된다. 앞으로 용융처리된 샘플의 침출평가와 압축강도 평가 실험을 수행할 계획이다.

### 4. 감사의 글

본 논문은 2011년도 교육과학기술부의 한국과학재단 원자력 연구개발 사업의 지원으로 수행되었다.

### 5. 참고문헌

- [1] EPA (2005). Standard Operating Procedure for the determination of metals in ambient particulates matter analyzed by Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry. Standard Operating Procedure for the determination of metals in ambient particulates matter analyzed by Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry.
- [2] Air Resources Board (ARB) (2002). Standard Operating Procedure (SOP) for the Trace Elemental Analysis of Low volume Sample Using Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP/MS), California Environ Protection Agency, SOP MLD061.