

HEPA필터 폐기물 특성 분석 및 고온 감용 연구

민병연, 이석철, 김계남, 양희철, 최왕규, 이근우
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 대덕대로 1045
 bymin@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력발전소 최종 배기 라인 및 핵연료주기 개발시설과 같은 고방사능 시설을 포함한 원자력 시설의 운영, 개선·보수 및 해체 시에 다량의 HEPA 필터 폐기물이 발생된다. 가동 중인 원전 10기에서는 연간 약 1,700드럼 (약 3,400개), 한전원자력연료주식회사(KNF)에서는 최소 연간 50 드럼의 폐 HEPA 필터가 발생되고 있다. 원자력연구원 내 연구시설(연구용 원자로, 우라늄 변화시설, 조사후 시험시설, 조사재시험시설 등)에서 발생된 HEPA 필터는 초기에 PP재질의 bag에 포장하여 저장하였으나 안전성 문제가 대두되어 수작업으로 분해하여 필터프레임은 자체처분하고 필터 매체(media)와 분리막(separator)은 200L 드럼에 압축하여 처리하고 있다. 특히 사용후 핵연료를 취급한 DFDF (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 파이로 프로세싱 연구시설 등에서도 고방사성 HEPA 필터 폐기물이 다량으로 발생할 것이 예상됨으로 국내 핵연료주기 연구개발을 통해 발생하는 폐기물 관리에 대한 효율성 및 안전성을 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 원내 고방사성 시설 운영 및 유지보수 시 발생하는 HEPA 필터 폐기물의 저준위화 및 감용기술개발 일환으로 HEPA 필터 폐기물의 구조체 특성 및 HEPA 필터 매체의 성분 분석과 감용 특성에 대한 기초적인 실험을 수행하였다.

2. 본론

원자력연구원에서의 HEPA 필터 주 발생시설은

하나로, RI 생산시설(RIPF) 그리고 핵연료 주기 시설(NFCF)로서 대부분 이들 시설의 운영과정에서 발생되며 발생된 HEPA 필터의 오염특성은 Table 2.1과 같다 [1].

Table 2.1. Spent HEPA filter generated in KAERI's facility

Generation Facility	Main Nuclide	Volume by the surface dose rate		
		< 2mSv/h	> 10mSv/h	
HANARO	H-3, Co-60, Kr-85, Sr-90, Cs-137	298	0	
RIPF	C-14, Co-60, Mo-99, Cs-137	204	0	
NFCF	NFPF	U-series	259	0
	IMEF/PIEF	H-3, Co-60, I-129, Kr-85, Sr-90, Ru-106, Cs-137, Co-144	584	0
		U-series	0	50
	RWTF	Co-60, Cs-137	728	0
Other Lab.	Lab A	U-series	147	0
	Lab B	Co-60, Cs-137	51	0

Fig. 2.1는 원내에서 시설에서 발생되는 HEPA 필터 media에 입자상으로 오염된 상태를 보여주고 있다. 입자오염 상태는 크게 절삭, 연마등과 같은 기계적 처리 공정과 증발, 농축 등과 같은 화학적 처리공정으로 나눌 수 있다.

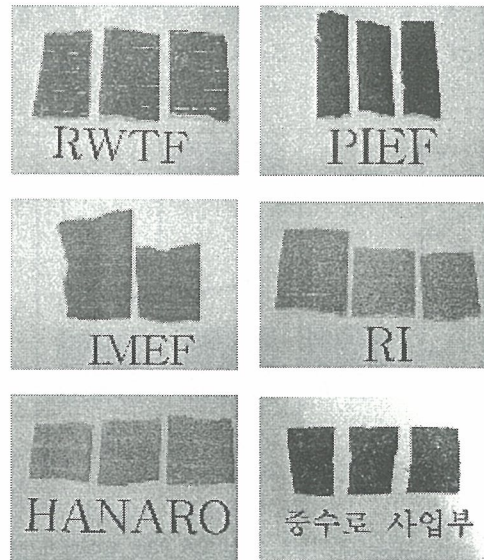


Fig. 2.1. HEPA filter media generated from KAERI

Table 2.2에 원자력 시설에서 발생하는 철재프레임, 아연도금강판, 목재 프레임으로 구성되는 HEPA 필터 매체의 성분을 분석하여 나타내었다. 밀도는 약 0.45g/cm³으로 나타났다.

Table 2.2. Composition of HEPA filter media

Element	Composition (wt%)			
	SUS	Wood	Al.	Vitrified glass
Al ₂ O ₃	3.7	3.9	4.5	5.8
B ₂ O ₃	11.6	12.5	8.9	9.4
BaO	2.0	2.4	1.6	1.7
CaO	3.9	2.5	2.7	3.1
Fe ₂ O ₃	0.1	0.1	0.1	0.1
K ₂ O	2.7	3.7	2.8	3.0
MgO	0.2	0.2	0.2	0.2
Na ₂ O	7.5	9.0	7.4	7.9
SiO ₂	58.9	59.7	62.6	59.4
ZnO	3.4	3.7	3.2	3.4
Others	6			

Fig. 2.2는 HEPA 필터 매체의 TGA 분석 데이터이다. HEPA 필터 매체는 약 92% 유리섬유와 H₂O 가연성 본드와 같은 약 6% 불순물로 이루어져 있다. 약 250°C ~ 500°C에서 HEPA 필터 자체에 함유되어 있는 H₂O의 탈수와 가연성 binder의 휘발에 의해 급격히 열적 감량이 이루어짐을 알 수 있었다.

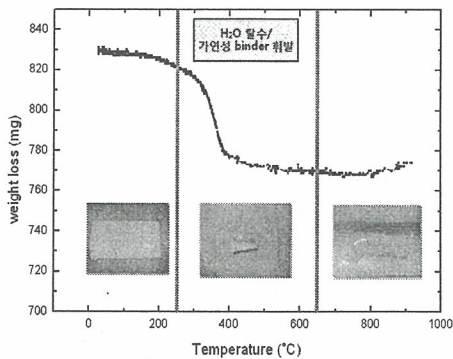


Fig. 2.2. TGA of HEPA filter media

HEPA 필터 매체의 부피감용 및 안정화 조건을 모색하고자 비방사성 HEPA filter media를 사용하여 전기로에서 유리화 가능성 실험을 수행하였다. Fig. 2.3에 유리화 전·후 HEPA 필터 매체의 SEM 이미지를 나타내었다. HEPA 필터 매체의 유리화시 부피감용비는 약 30으로 나타났으며 유리화에 의해 HEPA 필터 media은 안정하고 우수한 유리고화체를 제작할 수 있음을 확인하였다.

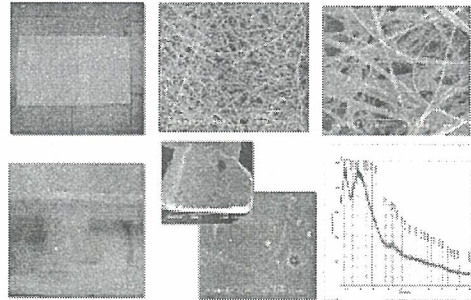


Fig. 2.3. SEM image of HEPA filter media and vitrified glass

3. 결론

HEPA 필터 media의 주성분은 유리화에 적합한 물질로 구성되어 있으며 유리화시 약 30의 부피감용과 안정한 유리고화체 제작이 가능하므로 상당한 양의 HEPA 필터 폐기물의 부피감용이 이루어질 것으로 사료된다.

4. 감사의 글

본 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단 원자력 연구개발 사업의 지원으로 수행되었다.

5. 참고문헌

[1] Ji, Y. Y., Hong, D. S., Kang, I. S and Shon, J. S. : Current Status of the Spent Filter Waste and Consideration of Its Treatment Method in KAERI, *J. of the Korean Radioactive Waste society*, 5(3) 257-266 (2007).