

## 울진 유리화설비 고온필터에서의 Co 및 Fe 제염특성 분석

지평국, 하태욱, 양경화

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1번지

malon@khnp.co.kr

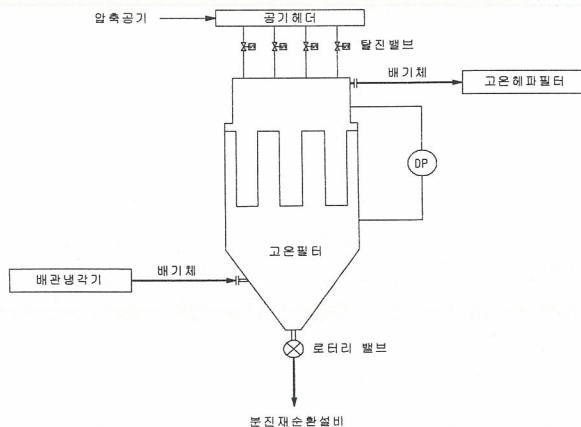
### 1. 서론

원전에서 발생하는 가연성잡고체 및 저방사성폐수지를 유리고화하기 위한 중·저준위 방사성 폐기물 유리화설비가 2007년 말에 울진 제3발전소에 설치되어 최근 운영변경허가를 획득하였다. 유리화설비에서는 시간당 20kg의 폐기물이 처리되며, 유도가열식저온용융로로부터 발생하는 배기체는 배기체처리계통을 통해 안전한 수준까지 제거된 후 환경으로 배출된다. 배기체처리계통은 저온용융로로부터 배출되는 입자상 방사성물질을 포함한 분진을 제거하는 1차 배기체처리계통과 방사성옥소 및 환경유해물질을 제거하는 2차 배기체처리계통으로 구성되어 있다. 고온필터는 세라믹 캔들형으로 배관냉각기 후단에 위치하며, 배기체에 포함된 분진 및 방사성물질을 1차로 포집하는 기능을 수행한다. Co 및 Fe 방사성동위원소들은 각각 유리화설비 대상폐기물 설계 방사능의 약 17.9% 및 2.1%를 차지하고 있다. 본 논문에서는 2008년 4~5월에 수행되었던 비방사성 모의폐기물을 이용한 성능시험시 Co 및 Fe 원소에 대한 고온필터의 제염특성에 대해 논하였다.

### 2. 시험 내용

#### 가. 고온필터 설계특성

고온필터는 소결금속필터, 탈진장치 및 필터하우징 전열기로 구성되어 있으며, 배기체처리계통에서 1차적으로 분진 및 방사성물질을 포집하는 중요한 기능을 한다. 필터는 0.3 $\mu$ m 이하의 분진에 대해 99.9% 이상의 효율을 가지고 있으며 방사성 분진에 대해 1000 이상의 제염계수를 갖게 된다. 고온필터에서의 분진 포집효율을 증가시키고 운전 중 발생할 수 있는 캔들의 손상에 대비하여 2대의 고온필터를 직렬로 설치하였다. 고온필터에 포집된 분진은 약 5~8 bar의 압축공기를 분사하여 제거되며, 필터 하우징 하부에 수집된 분진은 주기적으로 분진재순환계통으로 이송된다. 분진의 방사능을 고려하여 고온필터는 차폐셀 내부에 설치되었다. 고온필터의 개념도 및 사양은 그림 1에 나타내었다.



- 제원
  - 직경 : 600mm
  - 높이 : 2920mm
- 재질
  - 하우징 : SS316L
  - 필터 : Sintered Metal
- 용량 : 150Nm<sup>3</sup>/hr
- 운전온도 : 250℃(입구)
- 운전압력 : -70 ~ -600mmH<sub>2</sub>O

그림 1. 고온필터의 개념도 및 사양

나. 모의폐수지 제조

비방사성 성능시험시 사용하기 위해 지방사성폐수지 인수기준과 동일한 비율로 양이온교환수지, 음이온교환수지 및 선택성이온교환수지(zeolite)를 무게비 기준으로 각각 38.5%, 38.5% 및 23.0%씩 혼합하여 약 500kg의 모의폐수지를 제조하였다. 우선 1500 리터의 대형 교반용기에 탈염수 일정량을 채운 후 양이온교환수지를 넣고 Co 및 Fe 원소의 측정효율을 고려하여 양이온교환수지 1kg당  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  2.83g 및  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  8.03g을 흡착시켰다. 추가로 음이온교환수지 및 선택성이온교환수지를 교반용기에 넣은 후 압축공기를 이용하여 장시간 혼합하였다. 혼합된 수지는 교반탱크 바닥에 설치된 벨브를 통해 배출하여 비방사성 성능시험시 사용하였다.

다. 성능시험 수행

성능시험은 모의폐기물을 사용하여 약 200시간 동안 수행되었다. 가연성잡고체와 모의폐수지를 용융로에 시간당 18kg의 속도로 투입하여 유리화하였다. 용융로 운전온도는 약 1,150℃로 유지되었고, 7시간 마다 용융로 내부의 유리를 하단의 몰드로 배출하였다.

운전 중 고온필터의 제염효율을 측정하기 위해 1차 고온필터 전후단의 시료채취구에서 약 2시간 동안 분진 시료를 채취하였다. 시험의 정확성을 위하여 시료채취는 환경관리공단예, Co 및 Fe 원소 분석은 한국원자력연구원에 의뢰하여 수행하였다. 배기체 시료는 폐기물이 용융로로 투입되는 동안에만 채취하였다. 채취구에서의 배기체 유량은 약 200Sm<sup>3</sup>/h였다.

3. 결과

유리화설비 1차 고온필터 전후단에서의 Co 및 Fe 원소 농도 분석 결과를 표 1에 나타내었다. Co 원소의 경우 제염계수가 설계목표치인 1000보다 약 7배 높은 7042로 나타났으며, Fe 원소에 대해서도 설계목표치 이상인 1887로 나타났다. 고온필터의 제염계수 설계목표치는 배기체처리계통에서 직렬로 연결된 고온필터 2개에 대한 목표치이므로 본 시험을 통해 고온필터의 성능이 매우 우수함을 입증할 수 있었다.

향후 방사성 동위원소를 이용한 성능시험을 통해 고온필터를 비롯한 기타 배기체처리계통의 제염 성능을 확인할 예정이며, 이를 통해 유리화설비에서 배출되는 배기체의 환경 방출 안전성을 재입증할 수 있을 것으로 기대된다.

표 1. 고온필터에서의 Co 및 Fe 원소에 대한 제염 성능

구분	함유량( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )		제거율(%)	필터효율(%)	제염계수	설계목표* 제염계수
	고온필터 전단	고온필터 후단				
Co	6854.1838	0.9701	0.014	99.9858	7042	1000
Fe	19981.6862	10.5725	0.053	99.947	1887	1000

\* 1차 및 2차 고온필터에 대한 종합 제염계수

4. 사사

본 연구는 지식경제부에서 시행한 전력산업연구개발사업(관리번호 : R-2002-A-214)으로 수행되었다.