

## 유기산 방사성 배기체 여과시스템 성능평가

강덕원, 김진길\*, 김민제\*

한전 전력연구원 대전시 유성구 문지동 103-16

\*하나검사기술(주), 경기도 하남시 감북동 412-5

[dwkang@kepri.re.kr](mailto:dwkang@kepri.re.kr)

### 1. 개요

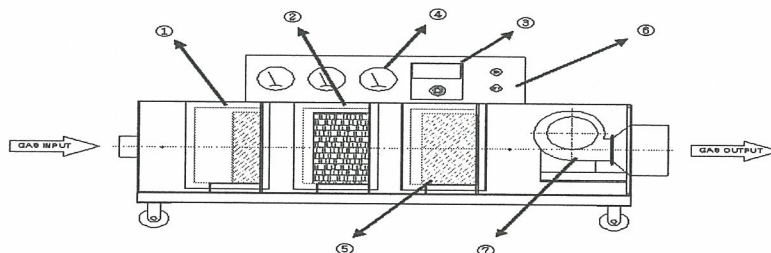
본 기술은 원전 주요 기기 및 SG 제염시 발생하는 유기산 방사성 폐액을 플라즈마를 이용하여 분해시킬 때 발생하는 최종 부산물인 배기체 형태의 방사성 입자를 제거하는 정화기술로 설비의 구성은 Medium Filter, HEPA Filter 및 Charcoal Filter와 배출팬으로 되어 있다. 배기장치의 성능저하와 플라즈마 시스템의 보호를 위해 배출기체의 온도는 80℃ 이하를 유지토록 설계·제작하였다. 플라즈마 토치를 가동할 경우, 압축공기를 사용하기 때문에 NOx 등의 질소산화물이 배출되지만 반응로의 온도가 올라가면서 배출량이 감소되나 상당량의 오존과 수소, 일산화탄소 등이 발생할 가능성이 높으므로 배출기체의 처리는 발전소의 HVAC 계통과 연계시켜 운전하여야 한다. 플라즈마 방전처리공정은 플라즈마 불꽃의 내부가 10,000℃ 이상이며 외부가 2,000~3,000℃로 반응로내에서 완전분해가 이루어진다. 특히 원자력 발전소에서 발생하는 제염폐액은 유기산 폐액인 Na<sub>2</sub> EDTA, Oxalic Acid와 대부분의 원전에서 대표적으로 존재하는 Co 및 Cs 방사성 핵종을 제외하고는 물 이외의 성분의 농도가 크게 다르지 않기 때문에 배출기체에 유해한 성분이 환경 규제치 이상으로 방출될 가능성은 없다. 다만, 유기산 제염액을 사용하기 때문에 유기성분의 함유로 인한 배출기체 중 일산화탄소나 오존 등의 발생량이 높아질 가능성이 있다. 그러나 발전소에서는 HVAC 계통을 통해 발전소 배기구를 통해 방출되기 때문에 소량의 제염폐액 처리시에 발생하는 방사성을 띤 배기체의 처리는 별반 문제되지 않으며, 본 논문은 장치의 성능시험 운전은 플라즈마 운전에 따른 방사성 배기체가 정화장치 상에서 충분히 제거되는지의 성능 여부를 확인하는데 초점을 맞추었다.

### 2. 본론

#### 2. 1. 처리 대상 제염폐액의 특성

제염제 개발을 위해 모의 크러드(CRUD-10)인 Na<sub>2</sub> EDTA 0.5%, Oxalic Acid 0.2%, C-5 유기산 0.1%에 방사성 동위원소인 0.313mCi의 Co-60과 0.956mCi의 Cs-137 을 첨가하여 제조하였다. 이러한 모의 크러드를 이용해 플라즈마 운전시 발생하는 방사성 배기체가 정화장치에 의해 충분히 제거되는지의 여부를 확인하였다.

#### 2. 2. 배기체 정화시스템의 주요 사양



- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| ① Medium Filter         | ② HEPA Filter          |
| ③ Inverter Controller   | ④ 차압계                  |
| ⑤ Charcoal Filter       | ⑥ 메인 조작 전원             |
| ⑦ Fan (송풍기)             | ⑧ Inlet Sampling Point |
| ⑨ Outlet Sampling Point |                        |

### 2. 3. 배기체 정화장치의 주요 기능 및 사양

#### 가. 정화장치 주요 기능

플라즈마 불꽃의 내부 온도는 10,000℃ 이상이며 EDTA, Oxalic Acid 등이 포함되어 있는 제염폐액은 노즐을 통하여 플라즈마의 내부로 분사된 후 플라즈마내에서 급속히 온도가 올라가면서 기화되며 반응로를 통해 빠져나온 배기체 여과장치로 유입된다. 배기체 필터는 공정 배기체의 최종 여과장치 역할을 하며 외기의 공기를 정화하거나 오염된 공기를 정화할 수 있는 필터류 3종과 내장형 Fan이 장착되어 있으며 배기체 필터 하우징에는 3개의 필터트레이가 병렬로 설치되어 있다.

#### 나. 여과제의 종류 및 주용도

##### 1) Medium Filter

Gas Filter Unit System 전면부에 설치된 Medium 필터는 주기적으로 4~5개월에 한번씩 점검을 한다. Medium 필터는 유입되는 공기에 존재하는 큰 먼지를 제거하기 위한 전 처리용으로 사용되기 때문에 점검주기가 다른 필터에 비해 빈번히 이루어진다.

##### 2) HEPA Filter

Gas Filter Unit System 내부의 하단에 설치된 HEPA 필터는 미세 먼지까지(DOP 99.97% 이상) 가능한 배가스 처리장치의 최종 단계의 필터로서 분진에 의해 막혀 압력이 상승할 경우에 HEPA 필터를 교체한다.

##### 3) Charcoal Filter (특수 활성탄 필터)

Gas Filter Unit System의 내부에 설치된 특수 활성탄 필터의 형태는 6개의 Tray 형태로 되어 있으며, 활성탄 필터 내부에는 오염된 공기를 제거할 수 있는 방사성기체제거용 침착 활성탄이 충전되어 있음.

### 2.4. 배기체 정화장치의 제염 효율 평가

#### 가. 시료 채취 지점

배기체 시료의 채취는 여과장치 전단인 S<sub>1</sub>과 여과장치를 거친 후단인 S<sub>2</sub>에서 이루어지며 1ℓ 용 마리네리 비이커에 포집하여 제염성능을 평가하였다.

#### 나. 시료 분석 방법

포집된 시료의 농도분석은 전력연구원 방사화학 계측실내에서 자체적으로 분석하였다. 시료의 포집은 연속공기 포집기(Continuous Air Sampler)를 이용하여 1,000cc 용 마리네리 비이커에 포집한 다음 기체시료의 방사능 준위가 아주 낮음을 감안하여 EG&G ORTEC GEM-40200-9 HPGe Coaxial Detector로 48 시간동안 측정하였다.

#### 다. 방사성 핵종의 제염 특성

플라즈마를 이용한 폐액 분해처리시 반응로를 통해 배출되는 기체를 배기체 정화장치의 전·후단 시료 포집구를 통해 포집한 다음 EG&G ORTEC GEM-40200-9 HPGe Detector로 48시간 동안 측정한 결과, 정화장치의 제염 계수값으로 Co-60은  $4.4 \times 10^5$ , Cs-137은  $3.2 \times 10^5$  이상으로 충분히 높은 값을 나타내었다.

표 1. 배기체 정화장치의 제염 계수값

핵종	폐액주의 혼합 방사능량	전단시료(S1) 방사능 (μCi/cc)	후단시료(S2) 방사능 (μCi/cc)	제염계수(DF)	MPCi (mCi/Nm <sup>3</sup> )
Co-60	0.313mCi	1.76E-1	4.0E-7	$>4.4 \times 10^5$	3.0E-6
Cs-137	0.965mCi	2.56E-2	8.0E-8	$>3.2 \times 10^5$	5.0E-7

### 3. 결론

일반적으로 Co는 특성상 약 1,500℃까지의 고온에서도 타 원소들의 존재 유무에 관계없이 안정된 고체 산화물(CoO)의 형태로 존재하기 때문에 반응로의 벽면 등에 일부 부착되어 정화장치 전단에서는 Co의 농도가 Cs보다는 다소 낮게 나타났으나 필터를 거치고 난 후단에서는 두 핵종 모두 거의 완벽하게 제거되어 환경방출 최대 허용농도값을 만족시킬 수 있을 정도로 매우 낮게 나타났다. 위와 같은 시험 결과로 볼 때 플라즈마 장치의 배기체 정화목적으로 제작한 배기체 여과장치는 제 성능을 발휘하고 있었으며 원전 현장에서도 곧바로 실적용이 가능한 여과장치임을 확인하였다.