

2B4) 화력발전소 배가스 수은 배출 저감에 관한 연구

Study on the Reduction of Mercury Emission from Flue Gas in Thermal Power Plants

장경룡 · 백점인 · 안희수 · 양완섭 · 이시훈¹⁾
 한전전력연구원, ¹⁾한국에너지기술연구소

1. 서 론

미국을 중심으로 HAPs(Hazardous Air Pollutants: 특정대기유해물질)의 유해성이 확인되면서 TRI(Toxics Release Inventory: 유해화학물질 배출공개제도)를 제도화하여 배출 원 관리를 통해 간접적으로 배출량을 줄이는 한편, 직접적으로는 규제 기준을 마련하여 저감 기술개발을 유도하고 있다. 특히 HAPs에 포함된 물질들 가운데 수은은 환경에서 메틸수은으로 변하여 유독성이 한층 높아지고, 먹이 연쇄과정을 통해 농축되어 가장 관리가 시급히 요구되는 물질로 대두되었다. 이에 따라 미국에서는 의회를 중심으로 배출 규제에 대한 일정을 확정하고, 적절한 규제 농도가 정해지는 대로 이를 시행할 예정으로 있다. 한편, 수은의 배출 원을 분석해 본 결과, 소각로, 화력발전소, 기타(형광등, 배터리, 축매, 전기제품) 등의 순서로 배출량이 많은 것으로 나타났다. 이 중에서, 비록 함유량은 적지만 배출 가스량이 많아 전체 수은 배출의 두 번째 자리를 차지하고 있는 화력발전소의 수은 배출 경로는 연료 중에 함유된 수은이 연소과정에서 기화하여 연돌을 통해 배출되는 것으로 확인되었다. 이에 따라 환경 배출을 최소화하기 위해 발전소 계통 내의 저감 기술이 필요하게 되었으며, 신뢰 수준이 높은 연소 후 처리 기술을 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 미국 등 선진국 중심으로 수행되고 있는 배가스의 수은 저감 연구의 현황을 살펴보고 국내 발전소의 여건에 맞는 최적 수은 저감 기술에 대해 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

현재 전 세계적으로 수행되고 있는 수은 저감 기술의 현황을 살펴 본 결과, 기존에 발전소에서 배출되어 문제가 되었던 분진, 황산화물 및 질소 산화물 저감 시 별도의 설비를 구비했던 것과는 달리, 현존하고 있는 저감 설비를 극대화 하다는 것이 기본 전략이 되고 있다. 그것은 수은의 물리·화학적 특성과, 발전소 기존 오염 저감시설에 대한 많은 시험을 통해 나타난 결과에 따른 것이다. Constance L.S. 등이 제시한 Fig. 1.에서와 같이, 온도에 따른 수은의 거동을 살펴보면 발전소 보일러 조점에 해당하는 900°C 이상에는 90% 이상이 기화하여 원소 수은으로 변하지만, 연소 배가스에 포함된 염화수소 등 다른 화합물과 알칼리토금속의 화합물, 전기 집진에서의 전기장 등에 영향에 의해 상당부분은 이온 상으로 변한다. 이러한 수은의 종류별 특징은 증기압이 높아 증기 상태로 머무르려는 원소 수은과는 달리 이온 상으로 변할 경우 수용성 등 반응성이 강해 발전소에 이미 설치된 습식 탈황설비에 효과적으로 제거가 가능하기 때문이다. 따라서 각종 문헌을 통해 제시된 자료를 토대로 우리나라 발전소와 기존 환경오염물질 저감 시설에 대해 비교 분석할 경우, 발전소 수은 배출 저감에 대해서 우리 실정에 적절하고 확실한 유용한 방안을 얻는데 크게 이바지하리라 사료된다.

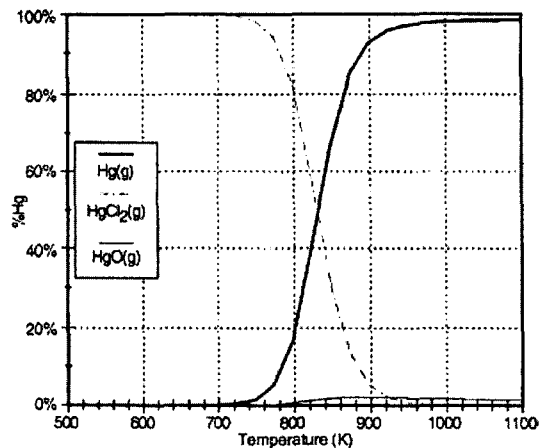


그림 1. 온도에 따른 수은의 speciation

3. 결과 및 고찰

3. 1 화력발전 배가스 및 수은 배출

화력발전소 배가스 이송 및 환경오염물질 처리 설비는 일반적으로 Fig. 2에 나타낸 바와 같이, 연료 연소로 생겨난 배가스는 환경오염물질인 회분 및 황, 질소산화물을 함유하며 탈질, 탈진, 탈황 등 각각의 저감 설비를 거치면서 정화된다. 배가스에 포함된 수은도 같은 경로를 거치게 되는데 수은 전용설비를 거치지 않아도 상당량 저감이 되며 대체로 30%정도만이 원소 수은으로 연료로 배출되는 것으로 나타났다.

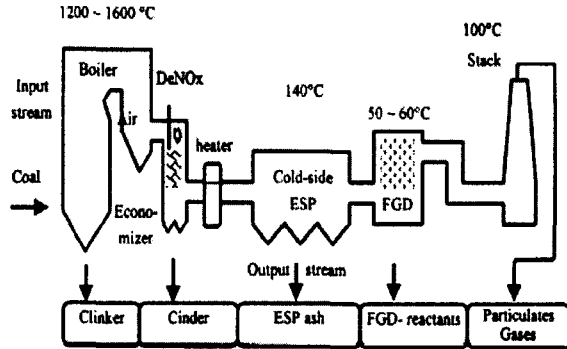


그림 2. 화력발전소 배가스 이동 계통도

3. 2 기존 오염저감설비에서의 수은 저감

발전소 수은 배출 거동을 살펴본 결과, 연소 조건과 배가스 이동 과정에서의 온도 및 집진기와 탈황설비 등 기존 환경오염물질 저감 시설의 설치 여부에 따라 배출량이 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 여러 연구자들이 기존 발전소 배가스 정화설비에 따른 수은 저감량을 측정하여 Table 1과 같이 제시하였다. 이 표에 따르면 먼지제거 설비로 섬유필터와 저온 전기집진기, 탈황설비 등이 수은 저감에 효과가 있는 것으로 나타났다.

표 1. 배가스 정화설비에 따른 수은 저감

미분탄연소 보일러 연소 후 배가스처리 설비	평균 총 수은 저감(%)			
	역청탄	아역청탄	갈 탄	
먼지제거	CS-ESP	36	3	-4
	HS-ESP	9	6	-
	FF	90	72	-
	PS	-	9	-
먼지제거 + 습식 FGD	PS + FGD	12	-8	33
	CS-ESP + FGD	75	29	44
	HS-ESP + FGD	49	29	-
	FF + FGD	98	-	-

*CS: Cold Side, HS: Hot Side, ESP: Electro Static Precipitator, FF: Fabric Filter, PS: Particulate Scrubber

3. 3 국내의 오염물질 저감시설 및 수은 저감 방안

국내 발전소의 경우 저감설비 설치 현황은 Table 2에 나타낸 바와 같이, 다소 다양한 편이지만 저온 전기집진기와 습식 탈황설비가 구비된 발전소가 많으며 일부는 탈질설비도 갖추고 있다. 따라서, 전기 집진기를 활용할 수 있는 흡착제를 이용한 수은 저감과, 습식 탈황설비의 저감기능을 이용하는 수은 산화를 위한 촉매 등 저감 방법이 경제적 측면에서 매우 유리한 것으로 사료된다. 향후 많은 발전소에서 설치 예정인 SCR 설비가 갖추어 질 경우를 대비하여 탈질 촉매의 수은 산화력이 이미 입증되었으므로 탈질 촉매의 산화력 향상을 위한 연구도 대비가 필요한 시점이다.

표 2. 국내 발전소 오염물질저감설비 설치현황

저감설비	발전소
CS-ESP	평택, 동해
CS-ESP+wet-FGD	보령,태안,하동,당진,영동,서천,여수
SCR+ESP+wet-FGD	영흥,영남,울산
SNCR+CS-ESP+wet-FGD	호남
유동층 보일러	동해화력

*SCR: Selective Catalytic Reduction, SNCR: Selective Non-Catalytic Reduction

사 사

본 연구는 산업자원부 전력기반조성사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Feeley, T. J., III, et al., (2003) A Review of DOE/NETL's Mercury Control Technology R&D.