

2D5) 폐기물 소각시설에서의 수은 배출특성연구

Emission Characteristics of Mercury from Waste Incinerators

박정민 · 이상보 · 김진필 · 김민정 · 김민수 · 송덕중 · 권오상
 국립환경과학원 배출시설연구과

1. 서 론

대기 중에 존재하는 미량 유해물질 중 잔류독성이 크고 장기간에 걸쳐 인간과 동식물에 영향을 주는 대표적인 물질이 수은이다. 따라서 UNEP(United Nations Environment Program, 유엔 환경 계획)에서는 수은화합물을 먹이 사슬을 통해 생태계 전반에 위대한 '지구적 오염물질'로 규정하고 지구적 차원에서의 수은 저감을 위한 사업을 진행하고 있다. 미국 EPA의 "Mercury Study Report to Congress(1997)"에 따르면 미국 전체 연간 수은 배출량의 약 87%를 연소설비(석탄화력발전소, 도시폐기물소각로, 유해폐기물소각로, 병원폐기물소각로 등)에서 배출된다고 나타나 있다. 대부분의 유해중금속들은 집진설비를 이용하여 효과적으로 제어가 가능하지만 수은은 주로 증기상 형태로 존재하기 때문에 기존에 있는 입자상 물질의 방지설비로는 효과적으로 제거할 수 없다고 알려져 있어 오염배출을 사전에 억제할 수 있는 대책이 필요하다. 본 연구에서는 수은의 인위적 배출원으로 알려져 있는 폐기물 소각시설, 병원폐기물 소각시설, 하수슬러지 소각시설 등에서의 배출특성 및 배출농도 등을 평가하여 향후 수은저감 정책 수립 시 활용할 수 있는 기초자료를 확보하고자 하였다.

2. 연구 및 방법

본 연구의 대상시설은 폐기물 소각시설 중 지정폐기물 소각업체 3개 시설과 폐기물 소각량이 적지만 일부가 소각시설로 지정되어있는 시멘트 소성로 2개 시설, 생활폐기물 소각시설 2개 시설, 감염성폐기물 소각시설 1개 시설, 하수슬러지 전용소각시설 3개 시설, 하·폐수슬러지 소각시설 1개 시설, 생활폐기물과 하수슬러지를 혼합하여 소각하는 시설 1개 시설 등 총 13개의 소각시설이다.

Table 1. Characteristics of selected waste incinerators for field test.

	Emissions	Capacity(ton/day)	Control devices
Cement Kiln	A1	768	BF
	A2	2.4	BF+SNCR
Hazardous Waste	B1	40.8	Cyclone+DR+BF
	B2	150	ESP+VS+WS+SCR
	B3	33.6	SDR+Cyclone+BF
Infective Waste	C	21.6	Cyclone+VS+Bag filter
Municipal Waste	D1	279.6	SNCR+SDR+CR+BF
	D2	16	SDS+BF
Sewage Sludge	E	90	SNCR+WS+DR+BF
	F	90	SNCR+WS+DR+BF
	G	90	SNCR+Cyclone+EP+WS
	H	90	SNCR+DR+BF+SDR+VS
	I	200	SNCR+Cyclone+EP+VS

대상 소각시설에 설치되어 있는 방지시설은 입자상물질을 제어하기 위하여 대부분의 소각시설에서 여과집진기를 설치하여 운영하고 있었으며, 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx) 등의 가스상 물질들을 제어하기 위해 습식세정시설과 반건식·건식 반응탑, 황성탄 분사시설 등을 설치하여 가동하고 있었다. 대상 소각 시설의 소각용량, 방지시설, 보조연료의 일반현황 자료를 표 1에 나타내었다. 일반현황에 대한 자료는 현장측정 사업장을 방문하여 설문한 자료를 이용하였다.

소각시설에서 배출되는 수은의 시료채취와 전처리는 대기오염공정시험방법에 준하여 하였으며, 분석은 수은분석기(Mercury instrument, AULA-254)로 하였다.

3. 결과 및 고찰

14개의 폐기물 소각시설을 대상으로 방지시설 전단 및 후단에서의 수은 농도를 측정하여 수은 배출특성을 살펴본 결과, 연료와 원료 투입 성분이 일정한 시멘트 소성로의 경우 전단(A1이 $54.306\mu\text{g}/\text{Sm}^3$, A2가 $58.778\mu\text{g}/\text{Sm}^3$)과 후단(A1이 $5.409\mu\text{g}/\text{Sm}^3$ 와 A2 $8.405\mu\text{g}/\text{Sm}^3$) 두개 시설 모두 비슷한 값의 농도를 나타내었으나 지정, 감염성, 생활 폐기물 소각시설은 불규칙적인 투입과 폐기물 성상의 불균일로 인하여 같은 지정 폐기물이나 생활 폐기물을 소각한다고 할지라도 각각의 농도가 크게 차이 남을 알 수 있었다. 각 소각시설 후단에서의 수은 농도를 살펴보면 지정폐기물소각시설인 B1, B2, B3에서는 각각 $3.857\mu\text{g}/\text{Sm}^3$, $0.126\mu\text{g}/\text{Sm}^3$, $43.159\mu\text{g}/\text{Sm}^3$ 로 나타났다. B3은 측정 당시 방지시설이 불안정하여 수리를 한 직후 방지시설의 가동이 정상상태에 이르지 못한 상태로 시료를 채취하여 다른 시설에 비해 높은 농도를 나타내었다. 감염성 폐기물 소각시설인 C에서는 $51.486\mu\text{g}/\text{Sm}^3$ 로 지정폐기물 소각시설과 생활폐기물 소각시설, 시멘트 소성로 보다 다소 높은 농도가 나타났으며 생활폐기물 소각시설의 경우 D1은 $4.552\mu\text{g}/\text{Sm}^3$ 로 나타났고 D2는 $63.418\mu\text{g}/\text{Sm}^3$ 로 두 시설 간의 농도차가 크게 나타났다. 이는 소각되는 물질이 같은 생활폐기물 일지라도 매 시간 소각로에 투입되는 폐기물의 성상이 일정하지 않은 데서 기인한다고 볼 수 있다. 하수슬러지 소각시설은 $3\sim 27\mu\text{g}/\text{Sm}^3$ 수준으로 배출되고 있었다.

방지시설에서의 수은의 제거효율은 생활폐기물 소각시설 중 D2시설과 하수슬러지 소각시설인 G, H, I 소각시설을 제외한 대부분의 소각시설에서 85% 이상의 높은 제거 효율을 나타내었다. 그러나 감염성 폐기물 소각시설의 경우 전체 소각용량에 비해 가스상 물질의 제거 방지시설이 미흡한 곳에서는 수은의 농도가 높게 나타났고 가스상 물질을 제거하는 방지시설의 용량이 큰 곳의 경우에는 농도가 높은 효율로 감소되어 나타났다.

Table 2. Average mercury concentration of flue gas(unit: $\mu\text{g}/\text{Sm}^3$).

	시멘트소성로		지정 폐기물			감염성 폐기물	생활폐기물		하수슬러지				
	A1	A2	B1	B2	B3	C	D1	D2	E	F	G	H	I
가스상수은	5.37	8.36	3.02	0.06	39.43	39.10	4.21	61.56	3.77	3.30	8.00	12.00	23.00
입자상수은	0.04	0.04	0.84	0.06	3.73	12.38	0.34	1.86	0.59	-	19.00	3.00	2.00
총수은제거율	90.0	85.7	94.3	99.2	91.7	89.2	97.1	43.1	96.8	96.9	50.8	77.4	79.5

참 고 문 헌

국립환경연구원 (2002) 대기배출원의 수은 배출특성 조사연구.
 국립환경과학원 (2005) 유해대기오염물질 관리시스템 개발 연구(III).
 국립환경과학원 (2006) 하수슬러지소각시설에서의 유해대기오염물질 배출특성 연구.
 USEPA (1997) Mercury study report to Congress. Vol. V. Health effects of mercury and mercury compound.
 UNEP (2002) Global Mercury Assessment.