

## 3C2) 생활 및 산업폐기물 소각시설에서의 수은 배출특성

### The Emission Characteristics of Mercury from Municipal and Industrial Waste Incinerators

박규식 · 장하나 · 이주형 · 김정훈 · 서용철  
연세대학교 환경공학과

#### 1. 서 론

상온에서 액체상태로 존재하는 유일한 금속물질인 수은화합물은 자연에 존재하는 것뿐만 아니라 인간의 활동에 의해 자연환경으로 배출되어 계속 순환되며 증가하는 추세에 있다. 수은화합물 중 무기수은 보다 유기수은인 Methyl 수은이 더욱 치명적인 것으로 알려져 있으며 유기수은에 급성 및 만성으로 노출될 경우 지각이상, 정신장애 등을 일으키며 특히, 태아의 성장에 큰 영향을 미칠 수 있는 것으로 발표되고 있다.

수은화합물을 배출하는 배출원별 배출량에 대한 국내 조사 자료는 미흡한 편이다. 그러나 1997년 미국 EPA의 Mercury Study Report to Congress에서 제시한 자료를 살펴보면 미국 전체에서 대기 중으로 배출되는 연간 수은 배출량은 약 158톤/년이며, 석탄 화력발전소, 생활 폐기물 및 산업 폐기물 소각 시설 등 연소설비가 전체 배출량의 약 87%를 차지하고 있다고 한다. 생활폐기물 및 산업폐기물 소각시설에서 배출되는 수은화합물이 문제가 되는 것은 소각시설에서 처리되는 가연성 물질 중에 수은함유량이 많은 건전지나 체온계 및 형광등 등이 포함되어 소각되고 있기 때문이다.

생활 및 산업 폐기물 소각시설에서 배출되는 수은화합물에 대한 저감 정책을 수립하기 위하여는 각 시설에서 발생하는 수은의 배출특성 즉 각 방지시설별 수은 화학종의 변화, 소각대상 물질의 종류, 소각 방식 및 연소가스 온도와 조성 등에 대한 조사 연구가 선행되어야 효율적인 저감대책 수립이 가능하다.

#### 2. 조사 방법

도시 생활 폐기물 소각시설(1개소)과 산업폐기물 소각시설(2개소) 등 총 3개 사업장을 대상으로 소각 시설의 굴뚝과 대기오염 방지시설 전·후단에서 수은화합물의 배출특성을 조사하였다. 도시 생활폐기물 소각시설은 스토커방식으로 대기오염 방지시설로 반건식 반응탑(SDA: Semi-Dry Absorber)과 백필터를 설치 운영중에 있다. 산업폐기물 소각시설(IWA) 중 A시설은 로카리 킬른 방식으로 대기오염방지시설로 사이클론, 벤츄리스크러버 및 충전탑을 설치한 습식형태이며, B시설은 유동상식 타입으로 사이클론, SDR 및 백필터를 설치한 건식형태의 소각시설이다.

배출가스 중 수은화합물은 대기오염공정시험방법에 의한 등속흡인 방식으로 측정하였으며 원소수은과 산화수은 등 수은화합물의 화학종 변화를 조사하기 위하여 Ontario-Hydro Method으로 포집하였다. 소각시설에서 발생하는 바닥재나 비산재 등 고상시료는 US EPA 7471a 방법으로 전처리 하였다. 고상 및 액상 시료는 CVAA(Cold vapor atomic absorption)방법의 수은 분석기(RA+915 Zeeman, Russia)로 수은 농도를 분석하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

##### 3.1 도시 생활 폐기물 소각시설에서의 수은 농도 변화

도시 생활 폐기물 소각시설에서 측정된 수은 농도를 살펴보면, 보일러 후단인 대기오염 방지시설 전 단 지점에서는  $32.04\mu\text{g}/\text{m}^3$ ( $27.4\sim 44.26\mu\text{g}/\text{m}^3$ )로 측정되었으나 SDA와 백필터 등 방지시설을 거친 후 굴뚝에서의 수은 농도는  $4.18\mu\text{g}/\text{m}^3$ ( $3.71\sim 4.59\mu\text{g}/\text{m}^3$ )로 저감효율이 약 87%인 것으로 나타났다. 이러한 조사결과는 Taiwan에서 조사한 생활폐기물 소각시설에서의 수은 농도보다는 아주 낮은 것으로 Taiwan의 경

우 방지시설 전단에서는  $142.84\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 굴뚝에서는  $84.72\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 우리나라보다 방지시설 전단은 약 4배정도 높으나 굴뚝에서의 농도는 우리보다 약 20배정도 높은 것으로 나타났다.

또한 방지시설 전후지점에서의 산화수은과 원소수은의 수은 화학종 변화를 살펴보면 방지시설 전단에서는 원소수은이 28.3%, 산화수은이 71.7%이며, 굴뚝에서는 원소수은이 20.4%, 산화수은이 79.6%인 것으로 조사되고 있다. 그러나 Taiwan 소각시설의 경우 방지시설 전단에서 원소수은이 6.3%, 산화수은이 93.7%이며, 굴뚝에서는 원소수은이 10.2%, 산화수은이 89.8%로 우리나라 보다 산화수은의 비율이 월등히 높게 나타났다. 고온 연소시설에서 원소수은과 산화수은의 반응 메커니즘을 고려할 때 생활 폐기물 소각시설의 배출가스 중에는 산화수은의 형태가 지배적이며 이번 조사결과도 이와 유사하다.

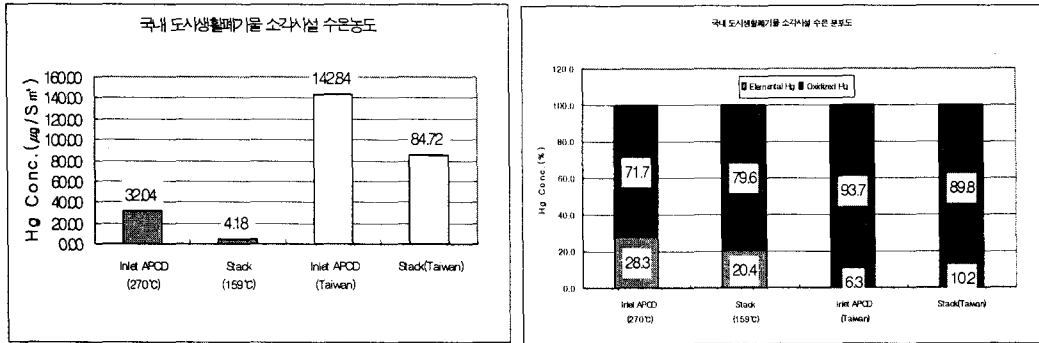


Fig. 1. Mercury conc. and speciation results across APCDs at MSW

### 3.2 산업 폐기물 소각시설에서의 수은 농도 변화

로타리 킬른 방식과 유동상식 방식으로 운영되는 2개소의 산업 폐기물 소각시설에 대한 수은 농도변화를 조사한 결과 건식방식의 대기오염 방지시설을 설치 운영중인 유동상식 방식의 소각시설 굴뚝에서의 수은 농도는  $918.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 백필터 전단에서는  $1572.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, 습식방식의 방지시설을 운영중인 로타리 킬른 방식의 소각시설 굴뚝에서 수은 농도는  $6.97\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 방지시설 전단에서는  $17.37\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 건식 방식보다 굴뚝의 경우 약 130배 낮게 나타났다.

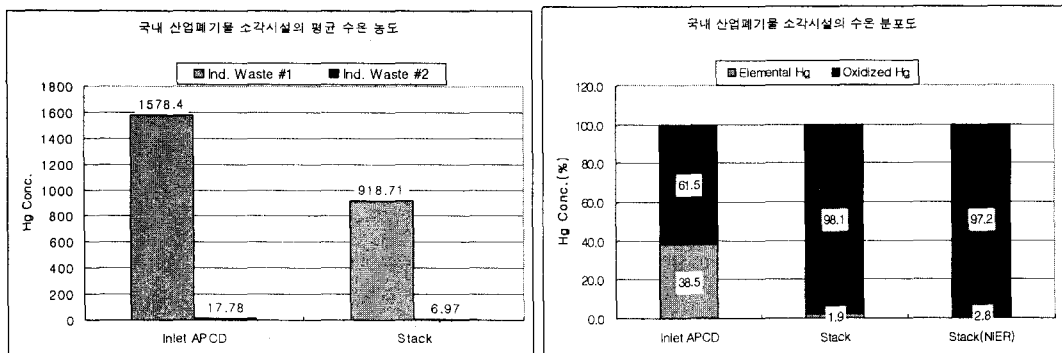


Fig. 2. Mercury conc. and speciation results across APCDs at IWI

## 사 사

이 연구는 환경부 및 한국환경기술진흥원 지원으로 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

U.S.EPA, Mercury Study Report to Congress(1997)

M.B. Chang, H.T. Wu. and C.K. Huang.(2000) Evaluation on Speciation and removal efficiencies of mercury from municipal solid waste incinerators in Taiwan, The Science of the Total Environment Vol 246