

## PA27) 아연제련시설에서의 수은 배출특성

### Survey on Emission Characteristics of Mercury in Zn Smelting Process

박정민 · 이상보 · 김형천 · 송덕중 · 김민수 · 김민정 · 김중춘 · 이석조  
 국립환경과학원 대기제어연구과

#### 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 제거가 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 아연제련시설에서의 배출특성 및 배출농도 등을 평가하여 향후 수은저감 정책 수립 시 활용할 수 있는 기초자료를 확보하고자 하였다.

#### 2. 연구내용 및 방법

본 연구의 대상시설은 국내 아연생산량의 30% 이상을 차지하는 A사이며 측정은 총수은 농도는 대기 오염공정시험방법 - 배출가스 중 금속화합물 - ES 01408 배출가스 중 수은화합물(원자흡광광도법, 흡광광도법)에 준하여 하였다. 또한 수은 화학종별로 구분하여 측정하기 위해 U.S. EPA의 Ontario Hydro Method를 사용하였다. 이 방법은 1994년 캐나다 토론토의 온타리오 지방에 위치한 Ontario Hydro Technologies에서 Keith Curtis와 여러 연구원들에 의해 개발되었으며 HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 흡수액이 약간의 Hg<sup>0</sup>를 흡수하는 것으로 나타나 Hg<sup>2+</sup>를 보다 선택적으로 채취하기 위해서 1N KCl 흡수액을 사용하였다. 이 방법으로는 1N KCl 흡수액으로 Hg<sup>2+</sup>를 채취하고, 나머지 HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 흡수액과 KMnO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 흡수액은 Hg<sup>0</sup>를 흡수하여 배기가스 중 수은화합물의 화학종 구분이 가능하며, 등속흡인을 통하여 배기가스 중에 먼지를 포집하여 입자상 수은(Hg<sub>p</sub>)을 채취할 수 있는 장점이 있다.

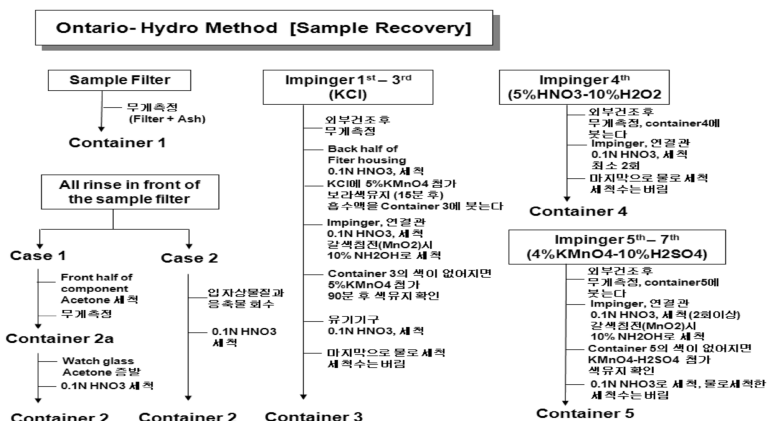


Fig. 1. Ontario Hydro Method 시료 회수 방법.

아연제련시설의 경우 모든 측정 대상 시설에서 제련공정과 함께 황산 생산 공정을 운영하고 있었으며, 배가스 중 수은 농도의 측정 지점은 방지시설 전단의 위험성 때문에 굴뚝으로 제한되었다. 각 시설별 방지시설 설치 현황은 ESP, Venturi scrubber, Dry tower, Gas Scrubber를 갖추고 있었다.

Table 1. 측정대상 시설 및 방지시설 현황.

공정	측정 일시	시설 용량	공정 온도	배출가스 온도	배출가스 유량	방지시설
배소	2009.5(2회) 2009.7(3회)	25t/hr	960℃	22℃	36,944 m <sup>3</sup> /hr	ESP, Venturi Scrubber, Dry tower, Gas Scrubber
주조	2009.7(3회)	0.02kl/hr	480℃	45℃	54,782 m <sup>3</sup> /hr	EP

### 3. 결과 및 고찰

아연제련시설 방지시설 전단의 측정이 불가능하여 실시하지 못하였고, 굴뚝에서 수은화합물을 평가하기 위해 Ontario Hydro Method를 이용하여 3회의 측정이 이루어졌다. A사 아연 제련 공정 중 배소공정과 주조공정에서 수은농도 분석결과 배소공정의 경우 총수은의 평균 농도는 7.174 µg/m<sup>3</sup>이었으며 주조공정은 0.955 µg/m<sup>3</sup>이었다. 배소공정이 주조공정에 비해 약 7배 정도 높은 농도로 수은이 배출되었다. 수은 화학종별로는 배소공정의 경우 Hg<sup>0</sup>가 89%, Hg<sup>2+</sup> 10%, Hg<sub>p</sub> 1%이었으며 주조공정은 Hg<sup>0</sup>가 92%, Hg<sup>2+</sup> 6%, Hg<sub>p</sub> 2%로 나타났다. 아연제련시설에서 배출되는 수은의 종분포는 Hg<sup>0</sup>가 80%, Hg<sup>2+</sup> 15%, Hg<sub>p</sub> 5%라고 보고되어져 있는데 이와 비교하면 두 공정에서 Hg<sup>0</sup>의 비율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

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