

PB22)

산업공정 중 입자상 물질 및 중금속의 배출특성

Emission Characteristics of PMs and Heavy Metals from Industrial Process

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

국립환경과학원 배출시설연구과

1. 서 론

고도의 산업화와 자동차의 수요 급증으로 대기오염물질 배출원과 오염물질의 종류가 다양화되어 가고 있어 효율적인 오염원관리 및 대기질 관리가 중요한 관심사로 대두되고 있다. 특히 유해대기오염물질(HAPs: Hazardous Air Pollutants)은 대기 중으로 배출되는 물질들 중에서 독성, 발암성, 생체 축적성, 지속성, 확산 등의 특성을 지닌 물질로서 인체 건강과 생태계 환경에 악영향을 초래할 수 있다. 또한 대부분의 미규제 오염물질로 분류되어 관리가 소홀했던 HAPs는 대기 중에 오랜 기간 체류하면서 오존 또는 광화학산화물 등 2차 오염물질 생성과 악취 원인물질로도 작용하고 있어 HAPs의 배출저감 및 관리 대책의 중요성이 커지고 있다. 이러한 이유로 최근 미국 및 유럽 각국에서는 자국의 대기질 개선을 위한 다양한 관리프로그램을 실행하고 있으며 중금속 배출시설 관리 및 사업장 분포특성을 파악하고 이를 바탕으로 개별 중금속들의 위해성평가를 실시하고 있다. 우리나라의 경우 이동배출원에서 배출되는 입자상 물질에 관련된 연구는 진행된 바 있으나 고정오염원에서 배출되는 중금속류의 배출농도수준, 배기가스 중의 무기질함량 등과 같은 입자상물질의 배출특성과 관련된 연구는 매우 미비하다. 따라서 본 연구에서는 산업 공정 중 석유정제 과정에서 발생하는 입자상오염물질 및 중금속류의 배출특성을 조사하고 배출량과 배출계수 등을 제시하였다.

2. 연구방법

조사대상 시설은 우리나라에서 가동되고 있는 5개 정유사 중 D, E 2개 정유사를 선정하여 미국에서 HAPs배출원으로 분류되어 있는 보일러 및 공정 가열기, 잔여가스소각시설, 폐수소각시설 등에서 배출되는 HAPs의 배출특성을 평가하기 위해 공정별로 1기씩을 선택하여 조사하였다. 측정지점은 방지시설이 있는 경우는 전·후단으로 하였고 각 지점에 대하여 3회 반복 측정하였다.

2.1 시료채취

중금속류의 시료채취는 반자동식 시료채취기(CAE, M-5 METER)로 배출가스의 유속, 온도, 압력(동압, 정압), 수분량 등을 측정하여 등속흡인 속도 및 유량을 조절하였다. 또한, 흡인펌프의 흡인 능력을 감안해 최적의 노출직경을 선정하고, 필요 유량 확보를 위한 시료채취 시간을 결정하였다.

2.2 시료전처리 및 분석

포집된 먼지 중 중금속 시료의 전처리는 소량의 유기물을 제거하기 위하여 공정시험방법의 전처리 방법 중 질산-과산화수소법으로 하였고 전처리된 시료는 AA(Varian, Spectra AA)로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

석유정제소에서 파워플랜트, 보일러, 가열기 등은 먼지, CO₂, CO, SO_x, NO_x 등의 주요 오염원으로 분류된다. 조사대상 D사는 전 시설에 TMS가 부착되어 있었으며, E사의 경우 E-1, 3, 4 시설은 현재 TMS가 부착되어 가동 중이었고 E-2, 5시설은 TMS장치를 부착하기 위해 공사 중이었다. 조사결과 방지시설 전·후단에서 측정된 E-1 시설의 경우 전기집진시설에서 전단 먼지의 96.9%가 제거되었고 폐가스를 소각하는 E-4시설의 후단 먼지 농도가 98.707mg/Sm³로 측정대상 시설 중 가장 높게 나타났으나 배출허용기준 미만이었다. 일산화탄소농도는 연료연소효율을 평가할 수 있는 지표로써 조사 대상 시설

모두 10ppm 이하로 대부분의 연료가 완전 연소되었음을 알 수 있었다. 질소산화물경우 발전시설인 D-5시설의 방지시설로 저NOx버너가 달려있었으나 216.7ppm으로 조사대상 시설 중 가장 높은 농도를 나타내었으며, 다음은 상압증류 공정의 열을 공급하는 간접가열로인 E-3시설이 181ppm, 공정에 필요한 열을 공급하기 위한 발전시설인 E-1의 후단에서 168ppm이었다. 황산화물의 경우도 조사대상 모든 시설에서 배출허용기준 미만의 농도로 조사되었다.

석유정제공정에서 열원이나 분사용 스팀을 만들기 위해 사용되는 많은 공정가열기 혹은 보일러는 SOx, NOx, CO, 입자상물질 및 탄화수소의 배출원이 될 수 있다. 연료로써 석유가스, 천연가스 등을 사용할 때는 대기오염물질의 배출량이 비교적 적지만 연소가 완전하지 않거나 석유정제핏치(refinery fuel pitch), 잔사(residuals) 등을 이용하여 열원을 만들 경우 대기오염물질의 배출량은 상당히 많아지게 된다. 조사대상 보일러 및 가열시설은 모두 연료로써 B-C유 혹은 공정가스를 사용하여 입자상오염물질인 중금속의 평균 배출농도가 일반 소각시설 등에 비해 상당히 낮은 분포를 보였으며 배출허용기준을 만족하였다. 또한 D, E사 모두 다른 공정에 비해 중금속 평균 배출농도가 상압증류공정에서 높은 값을 나타내었다. 납의 경우 조사대상 시설 모두에서 검출되지 않았으며 중금속 제거율을 추정하기 위해 E-1시설에 설치된 방지시설의 전·후단 측정값으로 산정된 제거율을 살펴보면 평균제거율은 64%이었다.

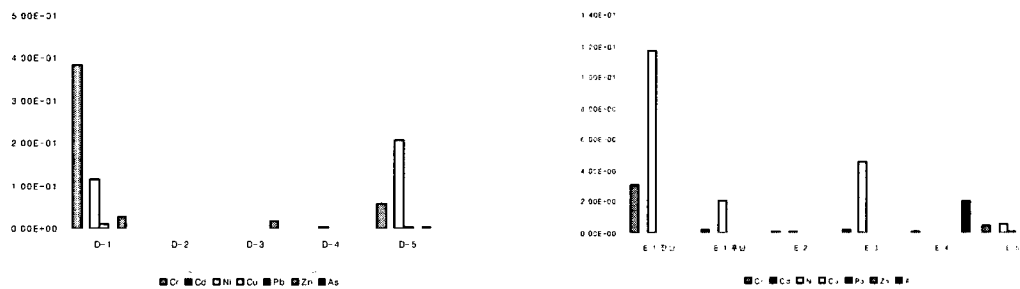


Fig 1. Emission factor of heavy metals at each individual emission(unit: g/ton).

D, E사 모두 상압증류 공정의 간접가열시설에서 중금속 배출량 합이 각각 562.4kg/yr, 854.2kg/yr로 가장 높게 나타났으며, 폐수에서 발생하는 유기가스 등을 포집하여 연소하는 시설인 E-5시설이 다른 시설에 비해 배출가스 유량이 적어 0.5kg/yr로 조사대상 시설 중 가장 낮은 중금속 배출량을 나타내었다.

직접 측정하여 산출한 석유정제공정의 배출계수와 유럽의 소각로 및 일반 산업공정의 배출계수와 비교한 결과 조사대상 시설의 중금속 배출계수가 전반적으로 낮았다.

참 고 문 헌

국립환경과학원 (1997) 미규제 대기유해물질 배출원 조사연구(I).
 국립환경과학원 (2000) 유해대기오염물질 배출량 적정 관리방안 연구(II).
 Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries, 2003.
 Wey, M.-Y., C.-Y. Chao, M.-C. Wei, L.-J. Yu, and Z.-S. Liu (2000) The influence of heavy metals on partitioning of PAHs during incineration, Journal of Hazardous materials, A77, 77-87.