

1D2) 석탄화력발전소에서 배출되는 입자상물질 및 중금속 배출 특성

Emission Characteristics of Particulate Matter and Heavy Metals from Coal Fire Power Plants

장하나 · 유증익 · 이성준 · 김기현 · 석정희 · 서용철¹⁾ · 홍지형¹⁾

연세대학교 환경공학과, ¹⁾국립환경연구원 대기공학과

1. 서 론

석탄화력발전소에서는 다양한 유해물질이 발생한다. 먼지, 미세먼지, 유해중금속, 황산화물(SOx), 질산화물(NOx) 등이 그것인데, 이중 황산화물과 질산화물등은 기존 방지장치로 비교적 제거가 용이하다. 반면에, 미세먼지와 유해중금속은 대기중으로 상당량이 배출되어 인체에 심각한 피해를 끼치고 있다.

우리나라 대기환경보전법에서는 대기오염물질을 가스상 물질과 입자상 물질로 구분하고 있다. 이중 입자상물질은 그 입도의 분포가 수십 나노미터에서 수십 마이크로미터까지 광범위하고 입도에 따른 환경위해성도 다르다. 입자상오염물질은 TPM(Total Particulate Matter), PM10(공기역학적 직경이 10um이하인 입자), PM2.5(공기역학적 직경이 2.5um이하인 입자) 및 입자에 포함되어 있는 유해중금속으로 구분하여 그 배출농도를 측정하고 이에 따른 환경위해성을 평가하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 석탄화력발전소에서 배출되는 미세먼지 및 먼지에 포함되어 있는 유해중금속을 측정하여 이에 대한 배출오염원의 배출특성을 평가하고자 하였으며, 입도분포를 파악하여 인체에 유해한 입자상 중금속의 배출량을 파악하고자 하였다.

2. 실험 방법

측정시설은 유연탄화력발전소 2기, 무연탄화력발전소 1기를 대상으로 하였으며, 측정위치는 EP(Electrostatic Precipitator)전단과 STACK의 두지점으로 하여 EP성능을 비교하였다.

본 연구에 사용된 시험법은 우리나라 대기오염공정시험법 제3장 2절 1항의 먼지채취방법을 따랐다¹⁾. 등속흡인을 위하여 등속흡인계수 95-110%를 유지하여 시료를 채취하였으며, PM10 및 PM2.5의 측정을 위해 다단충돌입도분석기(Cascade Impactor)를 사용하여 EPA method 201A를 이용하여 시료를 채취하였다²⁾.

중금속의 분석을 위해 원통여지와 cascade impactor의 시료를 EPA method 3050B를 이용하여 전처리³⁾한 후에 ICP/MS(Varian, Ultramass 700)를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

각 배출원의 먼지 배출농도와 TPM 중 PM10 및 PM2.5의 비율과 PM10 중 PM2.5의 비율을 표 1과 같이 나타내었다. 표에서 보듯이 유연탄화력발전소(Bit1, Bit2)에 비해 무연탄화력발전소(Ant)에서 배출 가스에 미세입자가 많이 분포되어 있음을 알 수 있다. 또한 입경에 따른 중금속 입도분포를 그림 1과 같이 나타내었다. 그림에서 보듯이 카드뮴, 니켈, 마그네슘, 망간등이 양의 기울기를 가지고 있으며 입경의 역수(1/dp)에 농도가 비례함을 알 수 있다. 이는 대부분의 중금속이 작은 입자(PM2.5)에 분포하는 것을 알 수 있다. 이와 같이 입자크기에 따른 중금속의 분포를 1/dp와의 상관성이나 1/dp²와의 상관성을 살펴본 결과는 다른 연구에서도 발표된 바 있는데 석탄의 경우 Biermann과 Ondov는 0.8micron 이상 입자에 대해서는 직경 0.1-10micron 크기의 입자에 대해 비소, 셀레늄, 그리고 텅스텐의 1/dp²와의 상관성이 1/dp와의 상관성보다 높다고 밝혔다⁴⁾. 또한 Davison등⁵⁾은 비소, 니켈 그리고 카드뮴이, Haynes등⁶⁾은 비소, 안티몬, 칼륨, 망간, 바나듐, 그리고 텅스텐이 0.4-10micron 입자에 대해 1/dp와의 상관성이 높음을 밝혔다.

Table 1. Emission concentrations of dusts at APCD inlet and outlet, and their ratio

측정시설	측정위치	배출농도(mg/Sm ³)			입도분포(%)		
		TPM	PM10	PM2.5	PM10/TPM	PM2.5/TPM	PM2.5/PM10
Bit1	EP전단	12580	2481	274	0.2	0.02	0.11
	STACK	3.4	<1.0	<1.0	-	-	-
Bit2	EP전단	20798	1208	250	0.06	0.01	0.21
Ant	EP전단	25750	13043	7790	0.51	0.3	0.6
	STACK	<0.2	<1.0	<1.0	-	-	-

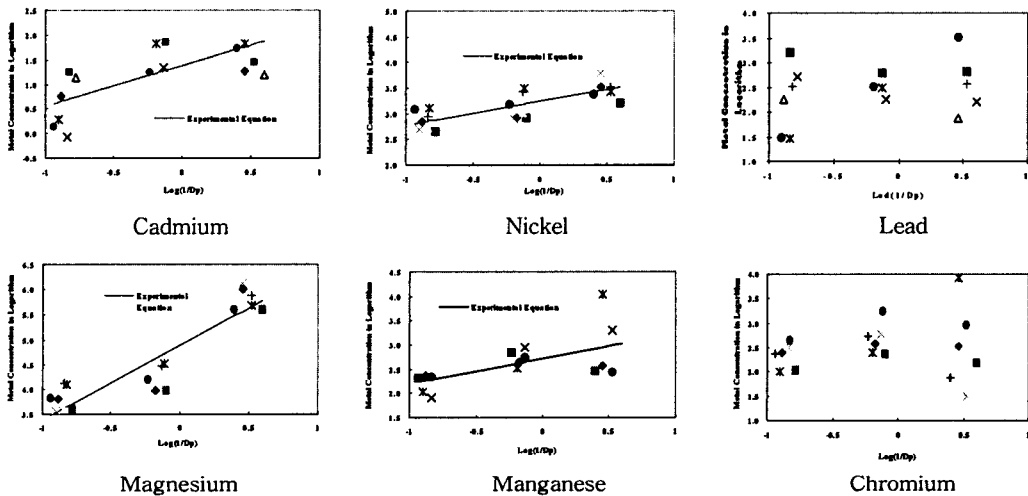


Fig. 1. Relationships between particle size and metal concentration for bituminous coal fired boiler

참고 문헌

- 환경부, "대기오염공정시험법 제3장 제2절 제1항 먼지".
- EPA, 1986, "Test Method 201A", Emission Measurement Technical Information Center, 40 CFR 60
- EPA, 1986, "Test Method for Evaluating Solid Waste, SW846 Method 3050B", 3rd Edition.
- Biermann, A.H. and Ondov, J.M., 1980, "Application of surface-deposition models to size fractionated coal fly ash", Atmospheric Environment, Vol 14, pp. 289-295.
- Davison, R.L., Natusch, D.F.S., Wallace, J.R. and Evans, C.A.Jr., 1974, "Trace elements in fly ash dependence of concentration on particle size, Environ. Sci. Technol., Vol. 12, No 4, pp. 442-446.
- Haynes, B.S., Neville, M., Quann, R.J. and Sarofim, A.F., 1982, "Factors governing the surface enrichment of fly ash in volatile trace species", J. Colloid Interface Sci., Vol. 87, No. 1, pp. 266-278.