

## PA10) 제지 사업장 소각시설에서 입자상물질 및 중금속의 배출특성

양수명\*, 정두호<sup>1</sup>, 박정호, 전보경<sup>2</sup>

국립 진주산업대학교 환경공학과, <sup>1</sup>(주)삼양제지, <sup>2</sup>동아대학교  
환경공학과

### 1. 서 론

일반적으로 소각과정에서 생성되는 대기오염물질은 대기 중으로 배출되기 전에 여과집진기나 등에 의해 입자상물질이 제거되고 HCl, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 등 가스상물질은 반전식흡수법 등에 의해 처리되고 있다.

한편, 폐기물 소각시 발생하는 소각재는 재활용되기도 하나 대부분 매립에 의해 처리되므로 안전한 처리를 위해서는 이들의 물리화학적 특성을 파악할 필요가 있으며, 소각 폐기물의 종류와 소각공정에 따라 소각재는 다양한 물리화학적 특성을 나타낸다. 일반적으로 소각재의 화학적 성분은 Al, Si, Na, K, Mg, Fe 등의 금속산화물뿐만 아니라 중금속성분과 다이옥신 등의 유해물질은 함유되어 있어, 재활용이나 매립시에 환경에 위해성이 있으므로 적절한 처리가 필요하다.

본 논문에서는 산업 폐기물 소각시설인 경남 진주시 소재 S제지업체의 0.8톤/시간의 고체연료 소각로를 대상으로 굴뚝 배출가스 중의 입자상물질과 집진장치에서 발생하는 비산재를 채취하여 발생하는 입자상물질과 중금속성분의 농도 배출 특성을 검토하였다. 특히, 입자상물질과 비산재의 배출특성은 소각시 사용되는 고체연료의 성상과 밀접한 관계가 있으므로, 폐합성수지류, 폐목재류, 폐우레탄류, 폐마대류, 폐종이류, 폐섬유류 등 총 6개 종류의 고체연료를 성상별로 소각시키고 그 특성을 검토하였다. 또한, SEM/EDX법을 이용하여 굴뚝에서 배출되는 입자상물질을 형태 및 화학적 조성분석 등 고체연료 성상별 개별입자 특성분석을 하였다.

### 2. 실험방법

굴뚝에서 입자상물질의 시료채취는 대기오염공정시험방법 제 3장 제 1절, 2절에 따라 원통형 여과지(Whatman사 silica glass microfibre No.2812 259)와 반자동 채취기(KNJ-M5 stack sampler)를 사용하였다.

한편 원심력집진장치 및 여과집진장치에서 발생하는 비산재를 채취하고 중금속 함량을 분석하여 그 특성을 검토하였다. 굴뚝에서 원통형여과지에 채취된 입자상물질은 질산, 염산 혼합용액에 의한 초음파 추출법으로 전처리하고 원자흡광광도법(Varian AA280FS)으로 중금속 성분을 분석하였다. 또한, 비산재의 중금속 함유량 분석은 KS M 9726 분석방법에 따라 전처리하고 원자흡광광도법으로 중금속 성분을 분석하였다.

입자상물질의 형태 및 화학적 성분의 개별입자분석을 위해서 SEM/EDX를 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

각 중금속 성분의 농도는 고체연료 성상별로 다소 차이는 있으나 원심력 집진장치의 경우 전반적으로 Fe > Zn > Pb > Cu > Mn > Cr > Ni > Cd 등의 순으로 나타났다. Pb과 Cu의 경우는 폐합성수지와 폐섬유에서 Cr은 폐우레탄과 폐마대에서 비교적 높은 함량을 보였다.

Table 3-1. 고체연료 성상별 먼지 농도 및 중금속 농도

구분	사용연료	먼지 (mg/m <sup>3</sup> )	중금속(mg/m <sup>3</sup> )						
			Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni
S1	폐합성수지	16.71	0.5199	0.0176	0.0076	0.0688	0.0060	0.1871	0.0011
S2	폐목재	10.92	0.1915	0.0106	0.0075	0.0410	0.0042	0.1230	0.0045
S3	폐우레탄	11.17	0.1697	0.0101	ND	0.0399	0.0035	0.1293	0.0011
S4	폐마대	26.51	0.1047	0.0068	ND	0.0193	0.0019	0.0689	ND
S5	폐종이	2.61	0.0274	0.0018	ND	0.0083	0.0005	ND	ND
S6	폐섬유	86.86	5.7232	1.2339	0.0033	1.3785	0.1480	3.4916	0.0277

Table 3-2. 원심력 집진장치에서 포집된 비산재의 중금속 함유농도

구분	사용연료	중금속 함유농도(mg/kg)									
		Cd	Cu	Pb	Cr	Zn	Mn	Fe	Ni	As	Hg
C1	폐합성수지	415.6	2,754.8	6,055.8	561.1	34,197.5	1,765.3	27,587.6	428.3	68.7	1.0
C2	폐목재	199.0	1,894.4	3,520.9	661.3	28,013.8	1,603.5	30,482.2	333.4	32.6	0.3
C3	폐우레탄	193.1	1,504.3	3,016.5	1,611.4	21,313.8	1,301.9	24,231.0	400.4	37.0	0.3
C4	폐마대	154.0	1,374.6	1,117.3	985.3	17,470.8	1,259.5	44,151.0	343.6	53.0	0.3
C5	폐종이	111.1	1,059.4	1,718.8	339.7	12,281.3	700.0	18,078.1	152.5	13.5	0.1
C6	폐섬유	251.1	3,264.8	5,282.5	682.0	58,064.5	1,169.1	31,565.3	404.9	201.9	0.4

### 4. 요약

고체연료 성상별 연소시 굴뚝에서 배출되는 입자상물질의 농도는 섬유류(86.8mg/m<sup>3</sup>) > PP 마대류(26.51mg/m<sup>3</sup>) > 합성수지류(16.71mg/m<sup>3</sup>) > 우레탄(11.17mg/m<sup>3</sup>) > 목재류(10.92mg/m<sup>3</sup>) > 종이류(2.61mg/m<sup>3</sup>)의 순으로 나타났다. 특히 폐섬유 소각시 입자상물질 중 중금속 함유농도는 Pb의 경우 기타 고체연료 연소시 함유농도비가 0.4%이하인 반면에 폐섬유 소각시 6.6%인 5.72mg/m<sup>3</sup>로 높게 나타났으며, Cd 또한 1.4%인 1.24mg/m<sup>3</sup>로 높게 나타났다.

### 참 고 문 헌

- 정현태, 2002, 도시폐기물 소각재의 물리화학적 특성 및 용출방법에 따른 중금속 용출 특성 평가연구, 한국폐기물학회지, 19(4), 407-417.
- 황희진, 2005, 단일입자분석(Low-Z Particle Electron Probe X-ray Microanalysis)을 이용한 도시 소각재 입자의 특성분석, 한국대기환경학회지, 21(3), 367-375.