

## 고속도로 휴게소의 소형소각로에서 배출되는 대기오염물질 조사

### An Investigation for Air Pollutants Emitted from Small-Scale Incinerators in Highway Service Area

장영기\* · 최상진 · 김 관 · 홍민선<sup>1)</sup> · 최종인<sup>1)</sup>

문수호<sup>1)</sup> · 김순태<sup>1)</sup> · 김승도<sup>2)</sup>

수원대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>아주대학교 환경·도시공학부, <sup>2)</sup>한림대학교 환경학과

(2002년 3월 13일 접수, 2002년 10월 4일 채택)

Young-Kee Jang\*, Sang-Jin Choi, Kwan Kim, Min-Sun Hong<sup>1)</sup>, Join-in Choi<sup>1)</sup>,  
Su-Ho Moon<sup>1)</sup>, Soon-Tae Kim<sup>1)</sup> and Seung-Do Kim<sup>2)</sup>

*Department of Environmental Engineering, Suwon University*

<sup>1)</sup>*School of Environmental · Urban Engineering, Ajou University*

<sup>2)</sup>*Department of Environmental Science, Hallym University*

(Received 13 March 2002, accepted 4 October 2002)

#### Abstract

The physicochemical properties of solid wastes generated from seven highway service areas, four branch offices, and one construction site were analyzed in concert with air pollutants including heavy metals emitted from near-by small-scale incinerators. The amount of solid wastes generated from highway areas has been increasing with recent increases in the number of highways and passengers. Twelve incinerators examined in this study generally had capacity smaller than 100 kg/hr, most of which were equipped with cyclone for dust removal. It was seen that the concentrations of the gas-phase air pollutants (e.g., SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl and H<sub>2</sub>S) were above the acceptable emission standards except one or two sites. CO concentrations at all incinerators were also higher due to incomplete combustion. In addition, particulate matters showed concentration six times higher at their maximum. The results of heavy metal analysis showed that the concentrations of Cu, Cd, and Ni satisfied the emission standards, whereas Pb at one site and Zn at five sites exceeded the standards. Cr measurement results indicated that 9 of 12 incinerators had higher values than the standard; especially one branch office showed nine times higher than normal concentration. In order to satisfy more stringent emission standards in the near future, it is necessary to install air pollution control system and to develop an intensified management plan.

**Key words** : waste incinerator, emission, heavy metal

---

\* Corresponding author

Tel : +82-(0)31-220-2147, E-mail : musim@mail.suwon.ac.kr

## 1. 서 론

최근 고속도로 휴게소 및 지사 등에서 발생하는 폐기물의 양은 고속도로 연장과 고속도로 이용객의 증가에 따라 점차 증가하고 있다. 고속도로 휴게소의 경우 재활용 분을 제외한 폐기물의 경우 매립지의 확보 및 매립장으로서의 운송이 어려워 소각 의존도가 높은 실정이다. 현재 고속도로 휴게소나 각 지사에 설치되어 있는 소각로의 용량은 100 kg/hr 미만으로 대기오염 규제대상에서 벗어나 있었으나, 강화되는 배출허용기준에 따라 25 kg/hr 이상 소각시설이 대기배출시설로 규정됨에 따라 기존 소형소각시설도 대기오염물질의 배출을 규제 받게 되어 소각폐기물의 성상과 대기오염 배출현황에 대한 조사가 필요하다. 폐기물 소각시설에서 배출되는 대기오염물질의 종류 및 양은 소각하는 폐기물의 성상이나 소각로의 형태, 소각로의 운전조건에 따라 달라질 수 있다. 특히 소형소각로는 오염방지시설이 제대로 갖추어지지 못한 상태에서 운전관리가 제대로 되지 못하는 경우가 많아 소각량에 비하여 많은 대기오염물질을 배출시키고 있다(장영기, 1999; 김철, 1997). 본 연구에서는 소각 방식에 따라 현재 운영 중인 고속도로 휴게소 7곳과 지사 4곳 그리고 건설현장 1곳을 선정하여 폐기물의 성상 조사와 폐기물 소각로에서 배출되는 대기오염물질의 농도를 분석하였다. 대기오염물질 중 가스상 물질의 경우, 아황산가스(SO<sub>2</sub>), 질소산화물(NO<sub>x</sub>), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO), 염화수소(HCl), 황화수소(H<sub>2</sub>S)와 배출되는 산소 농도(O<sub>2</sub>)를, 입자상 물질의 경우 총부유분진(TSP)의 농도를 측정하였고, 소각재의 중금속(Cd, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn)도 분석하였다.

## 2. 실험 및 방법

고속도로 소형 소각로의 운영실태는 소각로 운영현장과 주변여건에 대한 사진촬영, 관리인과의 면접 조사와 실제 운전 중인 소형 소각로에 대한 현장조사를 2000년 7월부터 8월까지 실시하였다.

소각과정 중 stack에서 배출되는 배가스 중 가스상 오염물질인 SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S 등은 ENERAC™

의 Stack Gas 자동분석기(Combustion Analyzer Model 2000)와 IMR-3000P(IMR Environmental Equipment International Inc.)를 이용하여 분석하였다. 측정은 소각로의 연돌에 설치되어 있는 측정공에 각 장치의 측정 probe를 설치하고 10초 단위의 각 오염물질의 농도가 자동 측정 data-logging 되도록 하였다. HCl의 분석은 Chung engineering Co.의 Stack sampler(Model: CE-22-ADS)를 사용하여 absorption set에 장착된 흡수병에 흡수액을 넣어서 가스상 물질인 HCl을 sampling하였다. 시료포집 직후 흡수병마개를 잘 닫고 ice box에서 급속냉각시켰고 분석 전까지 냉동실에 보관한 후 대기오염공정시험법인 티오시안산 제II수은법으로 분석하였다(동화기술, 1992). 가스상 오염물질의 농도보정은 소각로 배출허용기준의 표준산소농도(12%)를 이용하였다.

굴뚝에서 배출되는 배가스 중 분진의 포집은 stack sampler를 이용하였고 sampling probe의 상단에 있는 여지홀더에 Toyo Roshi Kaisha, Ltd.의 ADVANTEC 88R Thimble Filter(25×90 mm)를 넣어서 사용하였다. 이러한 원통여지의 배출가스온도가 100°C 이하에서는 원통여지를 보호링이 끼워진 상태에서 건조되었고 dry oven에 105~110°C에서 건조하고 그 이상일때는 등온으로 하여 항량이 될 때까지 건조한 후 테시케이터에서 실온으로 하여 0.1 mg까지 무게를 달아 여지보관함에 보관한 후 사용하였다. 중금속 함량은 비산재(fly ash)를 대상으로 하여 시료를 원통형 여지로 채취하여 분석하였다. 중금속 측정항목은 Cu, Pb, Zn, Ni, Cr, Cd의 6가지로 대기오염 공정시험방법 제18항~제23항에 의거하여 분석하였다(동화기술, 1992).

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 소각로의 일반 현황

2000년 한국도로공사에서 관리하는 고속도로에는 100여 개의 휴게소와 30여 개의 지사가 운영 중에 있으며, 건설 중인 고속도로와 향후 건설 예정인 고속도로의 수를 감안하면 현재보다 훨씬 더 많은 수의 휴게소와 지사가 확충될 것으로 예상된다(한국도로공사, 2000). 고속도로 휴게소와 지사의 경우 대부분 시간당 100 kg 미만의 소형 소각로가 설치되

**Table 1. General specifications of measured incinerators.**

Incinerator	Installation date	Input type	Interior material	Capacity (kg/hr)	Combustion amount (kg/week)	Control device	Secondary combustion	secondary combustion operation
A	97. 4	continuous	castable	90	3,850	cyclone	○	×
B	97. 5	continuous	cooling	80	2,100	cyclone	×	
C	97. 12	batch	castable	95	6,230	cyclone	○	○
D	97. 3	continuous	castable	90	1,843	cyclone	×	
E	97. 8	continuous	fireproof brick	90	10,000	cyclone	×	
F	98. 12	batch	fireproof brick	95	5,483	cyclone	○	○
G	98. 2	continuous	cooling	95	3,500	cyclone	×	
H	97. 9	continuous	castable	95	4,000	cyclone	×	
I	96. 12	continuous	castable	95	1,250	cyclone	×	
J	95. 8	continuous	cooling	95	2,500	cyclone	×	
K	99. 6	batch	fireproof brick	95	4,500	cyclone	○	○
L	-	continuous	castable	90	-	cyclone	○	○

- : unknown

**Table 2. Emission characteristics of the incinerators.**

Incinerator	Stack Diameter (m)	Temperature (°C)	O <sub>2</sub> (%)	Pressure (mmH <sub>2</sub> O)		Exit velocity (m/s)	Flue gas flow rate (m <sup>3</sup> /s)
				Dynamic pressure	Static pressure		
A	0.637	700	16.30	0.08	0.70	1.9	0.6
B	0.382	425	8.65	2.40	3.14	9.6	1.1
C	0.382	212	17.33	1.32	6.61	9.6	1.2
D	0.428	556	8.42	16.5	17	24.3	0.1
E	0.382	536	7.07	23	26	29.6	1.4
F	0.565	452	12.97	0.7	1.70	4.6	1.4
G	0.352	411	11.82	2.70	4.00	11.7	0.45
H	0.414	477	14.40	0.70	2.60	4.7	0.19
I	0.430	252	18.53	0.33	4.54	3.1	0.5
J	0.382	307	14.53	0.99	2.81	5.5	0.7
K	0.393	317	16.85	0.20	2.80	2.2	0.1
L	0.430	683	11.54	0.25	1.40	4.0	0.6

어 운영되고 있다. 휴게소에서는 이용객들이 버리고 가는 쓰레기와 음식점 및 상품판매 코너에서 나오는 폐기물을 휴게소 내에서 처리하거나 위탁처리를 실시하고 있다. 지사에서는 이용객들이 고속도로 갓길 등에 버리고 가는 폐기물을 수거하여 분리한 후 위탁처리 및 소각처리를 실시하고 있다.

휴게소 및 지사 소형 소각시설의 오염물질 발생 현황을 파악하기 위하여 대표성을 감안하여 소각로의 형식별로 조사 대상 지점 12곳을 선정하여 조사하였다. 표 1에 조사대상 소각로의 일반현황이 나타나 있다. 모든 소각로는 상연소방식을 사용하고 있으

며 방지시설은 원심력 집진기만이 설치되어있고 2단연소를 위한 버너가 설치되어 있는 곳은 5곳이었으며, 한곳이 미가동 중이었다. 소각로가 건물내에 설치된 경우 대부분 실내 환기시설이 없었고 악취 및 비산재에 노출되어 있었다. 또한, 오염물질 측정을 위한 측정공과 부대시설이 제대로 되어 있지 않았다.

### 3. 2 소각로의 오염물질 배출현황

현장조사가 실시된 소각시설의 굴뚝(Stack)의 배출관련 일반현황은 표 2와 같다. Stack sampler에 의

**Table 3. Emission standard of waste incinerator.**

Pollutant	Conventional standard	New standard*
	1999 1. 1	2005 1. 1
CO	600 (12) ppm	300 (12) ppm
HCl	50 (12) ppm	
SO <sub>2</sub>	300 (12) ppm	100 (12) ppm
NO <sub>2</sub>	350 (6) ppm	150 (12) ppm
H <sub>2</sub> S	15 ppm	10 (12) ppm
TSP	100 (12) mg/Sm <sup>3</sup>	
Cd	1.0 mg/Sm <sup>3</sup>	0.2 (12) mg/Sm <sup>3</sup>
Pb	5 mg/Sm <sup>3</sup>	
Cr	1.0 mg/Sm <sup>3</sup>	0.5 (12) mg/Sm <sup>3</sup>
Cu	10 mg/Sm <sup>3</sup>	
Ni	20 mg/Sm <sup>3</sup>	
Zn	10 mg/Sm <sup>3</sup>	

\*Small-Scale incinerator (lower than 200 kg/hr)

해서 온도 및 압력을 측정하였고 stack의 면적과 유속과의 관계에 의해서 유량을 계산하였다. 조사 대상 지점별로 연돌에서의 배출가스 온도는 212~700°C이고 휴게소는 평균 470°C, 지사는 338°C, 건설현장은 682°C이었다. 연소실내부의 온도는 600~880°C를 보였으며 대부분이 800°C 이상을 유지하였다. 그러나 소각로가 운전되고 있는 상태에서 연소실 내부의 온도는 최고 200°C 이상 차이가 났다.

폐기물 소각시설의 현재 대기오염 배출허용기준은 1999년 1월 1일 기준이며, 장래 2005년 1월부터는 소각용량별 대, 중, 소 규모로 구분하여 배출허용기준이 더욱 강화될 예정이다. 현재의 배출허용기준과 장래 강화될 배출허용기준은 표 3과 같다.

### 3. 2. 1 소각로별 오염물질 배출현황

소각로별로 오염물질의 배출량을 그림 1과 같이 살펴보면 C 휴게소 소각로의 경우 먼지와 SO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S의 배출농도가 현행 배출허용기준을 초과하였고, 중금속의 경우에는 Pb, Cr의 배출농도가 현행 배출허용기준을 초과하였다. 이와 같이 C 휴게소에서는 본 연구에서 조사된 오염물질의 50%가 현행 배출허용기준을 초과하여 배출되고 있었으며 다른 조사 대상 지점의 경우도 한 두 개의 오염물질이 배출허용기준을 초과하고 있었다. 또한 강화되는 배출기준에 대해서는 더 많은 조사 지점이 기준치를 초과하여 배출하는 것으로 나타났다. 가스상 오염물질들인 SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, H<sub>2</sub>S 등은 대부분의 조사 대상 시설에서 배출허용기준 이하로 나타났다.

### (1) 분진

분진의 측정은 각각의 조사대상 소각로에서 3개의 여지를 먼지 포집 방법에 따라 포집하였으며 소각이 어느 정도 안정화가 된 후에 포집을 실시하였다. 세 개의 여지에 대한 농도를 구하여 산술평균하였다. 가장 높은 배출농도를 보인 곳은 C 휴게소로 1009 mg/Nm<sup>3</sup>으로 측정되었으며 배출허용기준인 200 (12) mg/Nm<sup>3</sup>보다 5배를 초과하는 것으로 나타났다. 배출허용기준 이상으로 먼지가 배출되는 곳은 6곳으로서 측정지점의 50%가 된다. 이것은 소각로 운영시 폐기물의 소각에 있어서 연속투입식이라 하더라도 일정량이 연속적으로 투입되는 것이 아니라 작업자의 조업특성상 적정 투입량 이상으로 투입되는 경향이 높고, 연소중인 폐기물의 연소를 돕기 위하여 유동시키는 과정에서 과도한 비산이 발생하는 것으로 보인다. 또한 대기오염방지설비가 모두 싸이크론으로 방지 효율이 높지 않아 먼지의 배출농도가 높게 나타난 것이다.

### (2) SO<sub>2</sub>

모든 측정 지점이 현재의 배출허용기준(300 ppm)을 만족시키고 있으나, 강화될 배출허용기준인 100 ppm에는 C 휴게소 소각로와 F 휴게소 소각로, 그리고 G 휴게소 소각로가 초과하여 배출될 것으로 예상된다. 휴게소 소각로의 평균 배출농도는 89.4 ppm이고 지사 소각로는 16.6 ppm, 그리고 건설현장 소각로는 11.9 ppm으로 휴게소가 지사나 건설현장에 비해 매우 많은 양을 배출하고 있는 것으로 나타났다. 이는 휴게소 소각폐기물에 폐포장재, 폐플라스틱, 폐고무류 등이 많이 포함되었기 때문으로 판단된다.

### (3) NO<sub>x</sub>

NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub>+NO) 측정결과는 모든 측정 소각로에서 배출허용기준(200 ppm)을 만족하고 있다. 앞으로 강화될 배출허용기준 150 ppm에는 D휴게소가 초과하여 배출되고 있으며 G휴게소와 I 지사가 배출허용기준에 가깝게 배출되고 있었다. 전반적으로 NO<sub>x</sub>의 배출농도가 높지 않은 것은 일반적으로 대형소각로보다 소형소각로가 낮은 온도에서 운영되기 때문으로 판단된다.

### (4) HCl

HCl의 경우 stack sampler에 의한 흡수방법에 따라 3회에 걸쳐 흡수액인 수산화나트륨 수용액에

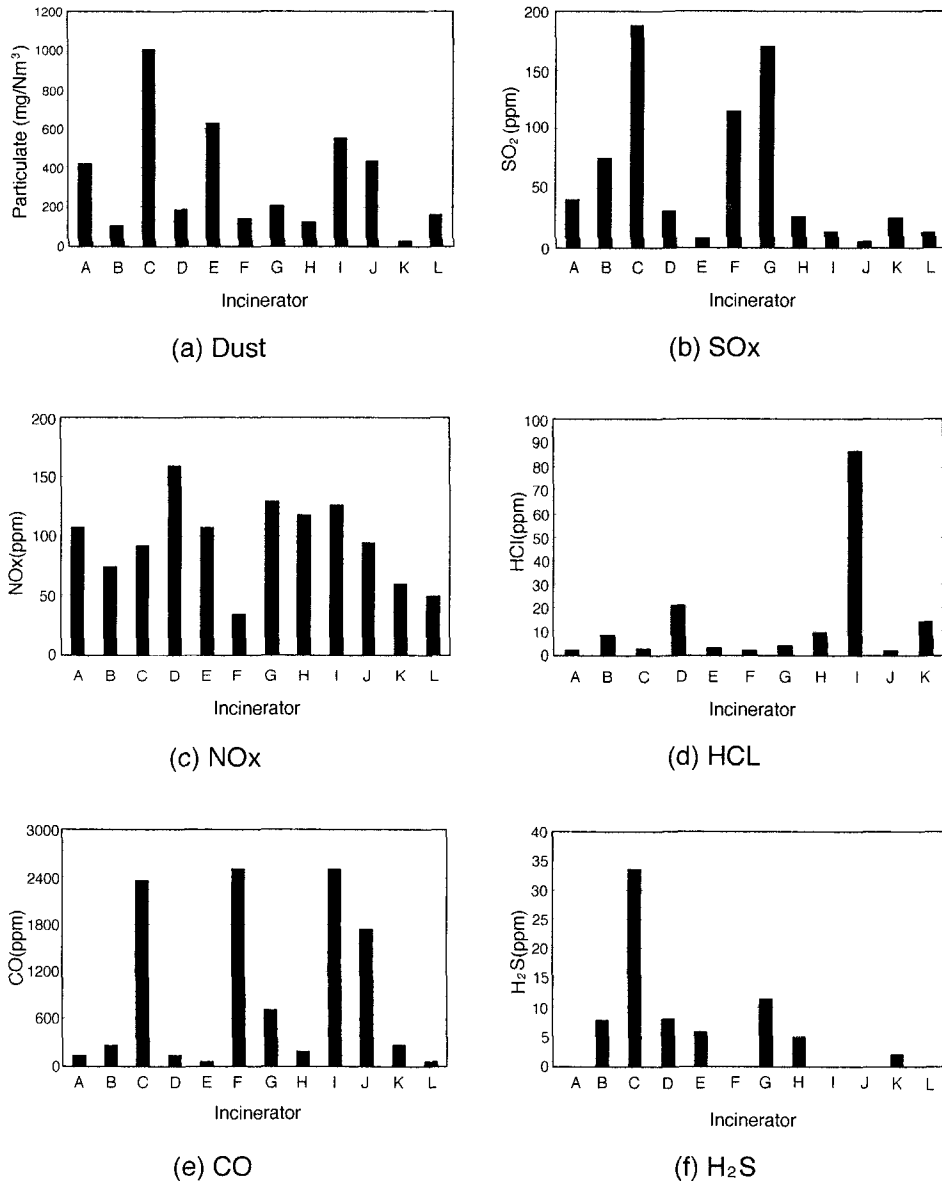


Fig. 1. Concentrations of air pollutants emitted from incinerators.

HCl을 흡수시켜 대기오염공정시험법인 티오시안산 제 2 수은법에 의하여 분석을 하였으며 평균값을 산출하였다. I 지사 소각로의 경우 87.1 ppm으로 배출 허용기준을 초과하고 있으나, I 지사를 제외한 지역은 15 ppm 이하로 배출허용기준을 만족하였다.

(5) CO

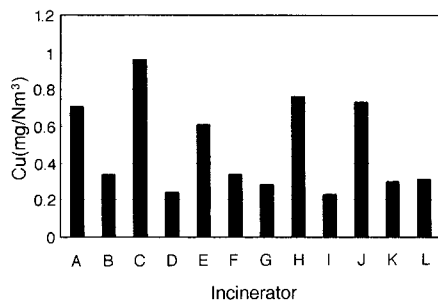
CO의 측정결과, 대상 소각시설 중 C, F, G 휴게소와 I, J 지사 등 5개 지점 소각로에서의 배출농도가 배출허용기준(600 ppm)을 훨씬 초과하는 것으로 나타났다. 특히 C, F 휴게소와 I 지사의 경우, CO 농도가 배출허용기준의 4배 이상이 되는 것으로 나타났다

다. 이러한 결과는 소각로의 형태별로 차이가 있겠으나 대부분 소각로가 불완전연소를 하고 있는 것으로 볼 수 있다. 2차 연소시설을 가동한 소각시설은 이론상으로는 CO의 농도가 낮아져야 하지만 건설 현장 소각로를 제외하고는 2차 연소에 의한 CO 저감 효과는 높지 않아 CO의 경우 소각시설 보다는 관리자의 소각로 운전방식에 따라 큰 차이를 보임을 알 수 있다. 그러므로 완전연소 할 수 있는 연

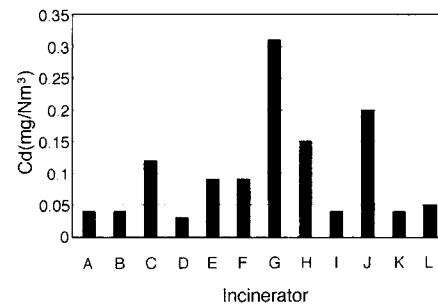
소조건을 유지해 주는 운전관리가 필요하다.

(6) H<sub>2</sub>S

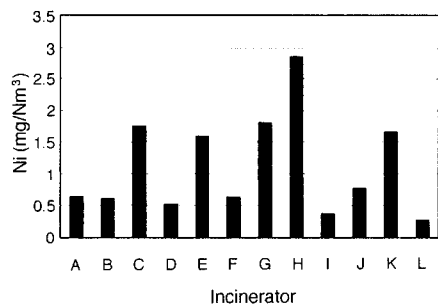
C 휴게소 소각로는 현재 H<sub>2</sub>S의 배출허용기준 15 ppm을 두배 이상 초과하고 있었다. 이를 제외한 대부분의 소각로가 기준치를 만족하고 있다. 장래 배출허용기준이 10 ppm으로 강화될 경우, G 휴게소 소각로가 기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 휴게소 소각로에서의 배출농도가 지사의 경우보다 높았



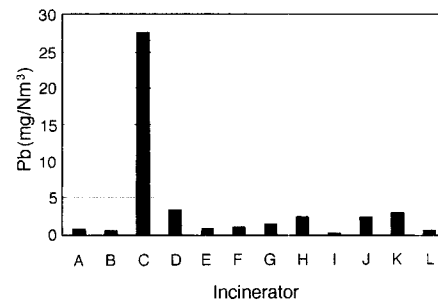
(a) Cu



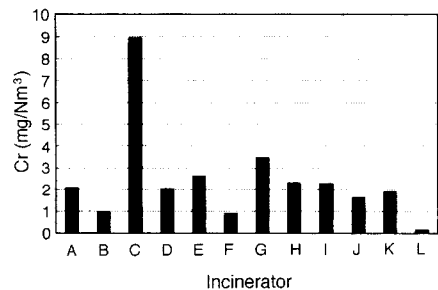
(b) Cd



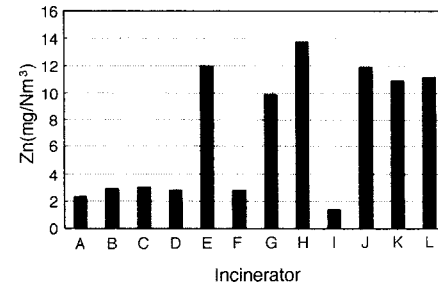
(c) Ni



(d) Pb



(e) Cr



(f) Zn

Fig. 2. Concentrations of heavy metals in fly ashes emitted from incinerators.

는데 이는 SO<sub>2</sub>의 경우와 마찬가지로 소각폐기물의 종류 차이 때문인 것으로 보인다.

(7) 중금속

중금속의 측정은 원자흡광 광도계(AA)(GBC사 932AA)를 이용하여 농도를 측정하였다. 측정결과는 온도(20°C), 압력(1 atm), 표준 산소농도 12%로 보정하였다. 그림 2와 같이 비산재 중의 중금속 농도의 측정결과를 보면 Cu, Cd, Ni은 모두 배출허용기준인 10 mg/Nm<sup>3</sup>, 1.0 mg/Nm<sup>3</sup>, 20 mg/Nm<sup>3</sup>을 만족하고 있다. Pb는 배출허용기준인 5 mg/Nm<sup>3</sup>를 C 휴게소 소각로가 27.58 mg/Nm<sup>3</sup>로서 허용기준을 5배 이상 초과하는 것으로 나타났다. 그러나 다른 측정 지점의 소각로는 배출허용기준의 절반 이하로 낮은 농도를 보이고 있다. Cr은 배출허용기준인 1.0 mg/Nm<sup>3</sup>을 전체 측정 지점인 12개 소각로 중 B, F 휴게소와 L 지사를 제외한 9개 소각로가 배출허용기준을 초과하였으며, 특히 C 휴게소 소각로의 경우에는 배출허용기준을 9배나 초과한 것으로 조사되었다. C 휴게소의 경우 Pb, Cr 등의 배출농도가 유난히 높은 것은 소각폐기물에 폐전자부품, 폐전선지와 같은 특정폐기물이 포함되었을 가능성이 있을 것으로 추정된다.

Zn의 경우, 배출허용기준은 현재 30 mg/Nm<sup>3</sup>로서 전체 조사 지점에서 모두 만족하는 값을 보이고 있으나, 기준이 강화되어 배출허용기준이 10 mg/Nm<sup>3</sup>으로 바뀌면 절반 정도의 시설에서 배출농도가 초과할 것으로 보인다.

3.2.2 소각로 투입방식별 오염물질 배출량

표 4는 소각로의 투입방식에 따라 일괄투입식 3개와 연속투입식 9개로 분류된 소각로의 배출오염농도의 평균값이다. 가스상 오염물질인 CO의 경우, 일괄투입식 소각로가 높은 값을 나타냈다. 이는 불완전연소가 일어남으로써 배출량이 현저히 증가함을 보여주는 것으로 판단된다. 이 밖에 H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>도 일괄투입식의 배출농도가 두 배 이상 높았다. 그러나 NO<sub>x</sub>는 연속투입식이 일괄투입식보다 더 높게 나타났는데 연속투입을 함으로써 소각온도 자체가 일괄투입식보다 높게 유지되었기 때문으로 판단된다. 연속투입식의 경우도 폐기물의 투입을 일정하게 유지하여 과다 투입으로 인한 소각온도의 상승은 줄여야 할 것으로 본다. H<sub>2</sub>S와 SO<sub>2</sub>의 배출량은 현재의 기준에는 적합하나 기준이 강화되면 일괄투입

Table 4. Air pollutants and heavy metals emission concentrations by waste input types of incinerators.

Pollutants	Batch type	Continuous type	Average
No. of incinerators	3	9	12
H <sub>2</sub> S (ppm)	11.9	4.2	6.2
SO <sub>2</sub> (ppm)	109.4	41.8	30.2
NO <sub>x</sub> (ppm)	62.0	107.3	96.0
HCl (ppm)	6.3	15.9	13.0
CO (ppm)	1705.3	636.1	903
Dust (mg/Nm <sup>3</sup> )	391.3	313.2	333
Cu (mg/Nm <sup>3</sup> )	0.54	0.47	0.49
Cd (mg/Nm <sup>3</sup> )	0.08	0.11	0.10
Ni (mg/Nm <sup>3</sup> )	1.36	1.05	1.13
Pb (mg/Nm <sup>3</sup> )	10.52	1.36	3.65
Cr (mg/Nm <sup>3</sup> )	3.92	1.96	2.45
Zn (mg/Nm <sup>3</sup> )	5.55	7.56	7.06

식 소각로의 경우 기준을 초과하게 된다. 이에 따라서 이들 오염물질을 제거할 수 있는 방지시설의 설치도 고려하여야 할 것이다. 입자상 오염물질 배출의 경우, 거의 비슷한 수준의 결과를 보여주고 있으나, 일괄투입식이 연속투입식보다는 조금 높은 배출농도를 보여주며 두 방식 소각로 모두 배출기준을 초과하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

도로공사에서 운영하는 고속도로 휴게소, 지사의 폐기물 소형소각로 운영실태를 조사하고 배출되는 폐기물, 대기오염물질, 중금속 등의 실측 분석을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 2000년 현재 한국도로공사에서 관리하는 고속도로에는 100여 개의 휴게소와 30여 개의 지사가 운영 중에 있으며, 여기에서 운영되고 있는 폐기물 소각로는 모두 100 kg/hr 이하의 소형소각로이며 대부분 상연소방식을 채택하였고 방지시설은 원심력집진기 만이 설치되어 있다.
- 조사 대상 12개 소형소각로 중 SO<sub>2</sub>는 모든 소각로가 현행 배출기준에 적합하였으나 배출기준이 강화될 경우 3개 휴게소 소각로가 초과 배출우려가 있으며, NO<sub>x</sub>도 모두 적합하였으나 배출기준이 강화될 시 1개 휴게소 소각로가 초과배출 우려가 있다. HCl은 1개 소각로, H<sub>2</sub>S는 1개 소각로에서

현행 기준을 초과하였다. 그러나 CO는 5개 소각로에서 현행 배출기준농도를 초과하고 있어 불완전연소 상태의 운전이 많은 것으로 조사되었다.

- 조사 대상 12개 소각로 중 먼지는 6개 소각로에서 배출허용기준을 초과하였다. 이는 불완전연소로 먼지가 많이 발생하며 오염방지설비로 싸이크론 먼이 운영되고 있어 방지 효율이 높지 못하기 때문이다. 중금속 중 Pb는 1개 소각로에서 5배 이상 초과하였고, Cr은 9개 소각로에서 배출허용기준치를 초과하고 있었다. 폐기물 투입방식별 오염물질 배출농도는 일괄투입식이 H<sub>2</sub>S, SO<sub>x</sub>가 두 배 이상 높았고, NO<sub>x</sub>는 연속투입식이 일괄투입식보다 배출농도가 높았다.
- 고속도로 휴게소의 소형소각로에 대한 대기오염 배출농도 조사결과 조사 대상 소각로의 절반 정도에서 CO와 먼지가 배출기준을 초과하여 배출되고 있었고, 먼지 중의 유해중금속이 검출되고 있었다. 이는 소형소각로가 불완전 연소 상태에서 운전되는 경우가 많으며 대기오염방지 시설이 충분치 못하기 때문이다. 또한 연소가스는 낮은 굴뚝을 통하여 배출되므로 소각량에 비하여 주변을 오염시킬 가능성이 높아 이에 대한 조치가 필요한 것으로 판단되었다.

### 감사의 글

본 연구는 한국도로공사의 연구비지원에 의하여

연구과제로 수행되었습니다. 현장 조사에 협조하여 주신 한국도로공사 환경연구실 관계자와 현장 담당자들에 깊은 감사를 드립니다.

### 참 고 문 헌

강승균(1995) 쓰레기 성상의 비교분석(국내 쓰레기 소각장울 기준), (주)대우/플랜트 본보, 20-22.

김삼권(1997) 폐기물처리공정시험방법, 동화기술, 361-510.

김 철 등(1997) 소형 소각시설의 문제점 및 개선방안에 대한 연구, 한국폐기물학회지, 14(8), 921-932.

이의상, 이주광(1997) 고속도로휴게소 폐기물 발생추세에 대한 연구, 한국도로공사 연구보고서.

일본폐기물학회지(1998) 폐기물현드북, 도서출판 세화, 1316-1317.

장영기 등(1999), 서울지역 소형소각로의 대기오염물질 배출농도측정과 배출량 추정, 대한환경공학회지, 21(2), 351-359.

정재춘(1995) 폐기물처리, 신광문화사.

한국도로공사(2000), Homepage.

환경부(1996) 국가폐기물 종합관리계획.

환경부(1992) 대기오염·소음·진동 공정시험방법, 동화기술, 213-216, 354-395.

환경부(1999) 환경통계연감.

George, T. *et al.* (1993) Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill, 127.