

## GE3) 폐기물 소각시설에서 발생하는 온실가스 배출량 조사 Estimation of Greenhouse Gas Emission from Solid Waste Incinerators

장영기<sup>1)</sup>, 최상진<sup>1)</sup>, 김 관<sup>1)</sup>, 전의찬<sup>2)</sup>, 김득수<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>수원대학교 환경공학과, <sup>2)</sup>동신대학교 환경공학과, <sup>3)</sup>군산대학교 환경공학과

### 1. 서 론

지구 기온상승에 영향을 주는 가스는 여러 부문에서 배출되지만, 환경기초시설에서는 소각시설에서 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 쓰레기매립지에서 메탄(CH<sub>4</sub>), 하폐수처리장에서 메탄(CH<sub>4</sub>)과 아산화질소(N<sub>2</sub>O)가 주로 배출된다. 그러나 우리나라에서는 이 부문의 배출량에 대하여 아직 체계적인 조사가 이루어지지 못하였다. 본 연구의 목적은 우리 나라의 폐기물 소각시설에서 발생하는 온실가스 배출량을 산출하는 것이다.

### 2. 폐기물 소각처리 현황

폐기물 소각과정에서 온실가스 중 주로 이산화탄소가 발생되는데, IPCC에 의한 배출량 추정방법에서는 바이오매스에 의한 배출량은 온실가스 순배출량에서 제외되며, 화석연료 합성물질의 연소에 의한 것만을 고려한다. 따라서 소각에서의 온실가스 배출은 비생물성 폐기물만을 고려하므로 음식물, 종이, 목재, 동식물잔재물, 동식물성 폐식용유 등은 제외되어야 한다. 우리나라의 폐기물처리현황 통계를 이용하여 산출한 소각 폐기물 중 탄소함량은 표 1과 같다.

최근 아산화질소도 소각에서 배출되는 중요한 온실가스라는 것이 밝혀졌다(de Soete,1993; Tanaka et al., 1992; Rosland, 1993). 아산화질소는 모든 형태의 소각로에서 배출되는데, 배출량은 폐기물의 특성에 따라 달라지며, 슬러지 소각로에서는 매우 높은 배출율을 보이는 것으로 보고되고 있다.

표 1. 전국 소각처리 폐기물의 성상별 C성분 현황(1997) (ton/day)

	구 분	발생량	수분함량 (%)	건조중량	총탄소함량	비생물성 탄소함량
가 연 성	음식물 채소류	814.6	72	228.09	92.60	
	종이류	1464.7	23	1127.82	469.17	
	나무류	1657.4	21	1309.35	606.23	
	고무피혁류	149.0	12	131.12	85.03	85.03
	폐합성 수지	1955.7	14	1681.90	1251.34	1251.34
	폐합성 섬유	166.0	20	132.80	63.74	63.74
	폐합성 고무	132.8	10	119.52	83.31	83.31
	폐합성 피혁	60.3	15	51.26	30.75	30.75
	기타폐합성고분자화합물	127.5	14	109.65	81.58	81.58
	오니	2541.5	74	660.79	155.29	155.29
	동,식물성 잔재물	192.4	72	53.87	21.87	
	동,식물성 폐식용유	0.7		0.70	0.47	
	기타	896.0	38	555.52	254.98	254.98
소계	10158.6	35.8	6162.38	3196.36		
불연성		95.5				
합계		10254.1			3196.36	2006.02

### 3. 온실가스 배출량 산출

온실가스 배출농도를 측정하기 위하여 현장조사를 실시한 소각시설의 현황은 표 2과 같고, 굴뚝 제원과 배출조건은 표 3과 같다.

표 2. 배출농도 측정 소각시설

구 분	소각시설	시설용량(kg/h)	소각폐기물	소각방식
1차 (6/30 ~ 7/14)	군산 세풍제지	9170	슬러지	상연소식
	안양 평촌소각장	8330	생활폐기물	스토커
	수원 권선소각장(소형)	195	생활폐기물	상연소
2차 (8/12 ~ 8/21)	안양 평촌소각장	8330	생활폐기물	상연소식
	수원 권선소각장(소형)	195	생활폐기물	스토커
	안산 신대양제지	2000	산업폐기물	상연소식
	군포 유한킴벌리	730	산업폐기물	건류식
	수원 삼성전자	3500	산업폐기물	로타리킬른/건류식

표 3. 소각시설의 굴뚝 제원과 배출조건

구 분	굴뚝직경 (m)	배출속도 (m/s)	배출온도 (℃)	배기가스량 (m <sup>3</sup> /hr)
세풍제지소각로	1.7	7.4	58	60701
평촌소각장(1차)	2.01	11.1	153	126974
평촌 소각장(2차)		6.61	161	75571
권선소각로(1차)	0.5	11.0	147	7775
권선소각로(2차)		7.93	165	5606
신대양제지소각로	1.26	4.2	34	18918
유한킴벌리	0.8	4.0	96	7239
삼성전자	1.58	4.78	29	33789

소각처리 폐기물의 원소성분은 현장에서 시료를 채취하여 LECO CHN-2000과 S-144DR로 분석하였다. 배출가스의 채취는 Stack sampler(CEC : CE-22-ADS)를 이용하였고, 가스분석은 연소가스측정기(Enerac 2000)와 GC-FID(CO<sub>2</sub> : HP 6890), GC-ECD(N<sub>2</sub>O : HP 5890)로 분석하였다.

3.1 이산화탄소 배출량

소각시설의 배출가스 중 이산화탄소의 배출농도와 이를 이용하여 산출한 소각폐기물당 이산화탄소 배출량은 표 4와 같다.

표 4. 소각시설의 CO<sub>2</sub> 배출농도와 배출량

구 분	소각량 (kg/hr)	CO <sub>2</sub> 배출농도 (%)	측정분석에 의한 CO <sub>2</sub> 배출량 (ton/ton)	탄소비율 (%)	성상분석에 의한 CO <sub>2</sub> 배출량 (ton/ton)
세풍제지소각로	9167	1.3	0.131	23.56	0.344
평촌소각장(1차)	8300	2.5	0.490	46.04	0.897
평촌소각장(2차)		7.07	0.795	47.79	0.842
권선소각로(1차)	156	1.5	0.976	47.82	1.391
권선소각로(2차)		2.4	1.056	52.01	1.348
신대양제지소각로	2000	9.94	1.642	53.71	1.08
유한킴벌리	417	6.17	1.557	57.77	0.52
삼성전자	2200	6.8	1.855	72.25	2.265
			평균 : 1.063		평균 : 1.086

조사대상 소각시설에서 측정분석에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량 1.063 ton/ton과 성상분석에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량 1.086 ton/ton은 상당히 유사하며, 전국 폐기물 처리현황 성상분석에서 CO<sub>2</sub> 배출량을 산출하면 1.143 ton/ton으로 이와 근접한 값을 확인할 수 있었다.

IPCC에서는 비생물성 폐기물에 의한 CO<sub>2</sub> 배출량을 산출하도록 하고 있다. 전국 소각처리 폐기물 중 비생물성 폐기물의 탄소 함량은 2006.02 ton/day로 이는 소각폐기물 총량 10254.1 ton/day의 19.6%에 해당되었다. 이 비생물성 폐기물의 탄소가 완전연소 된다고 가정하여 이를 이산화탄소 양으로 환산하기 위하여 44/12를 곱하면 0.717이 되는데 이는 소각폐기물 중량(ton)당 이산화탄소의 배출량이 0.717 ton/ton이 된다는 것을 의미한다.

이는 미국 환경청 Guideline의 소각에 의한 온실가스 CO<sub>2</sub> 배출계수 0.4 ton/ton에 비하여 상당히 높은 값이다. 이는 우리 나라의 경우 소각폐기물 중 사업장폐기물로 처리되는 폐합성수지의 비율이 높기 때문인 것으로 추정된다. 1997년도 소각처리에 의하여 배출되는 비생물성 폐기물로 인한 이산화탄소량을 CO<sub>2</sub> 배출계수 0.717 ton/ton을 적용하고 연소효율을 98%로 가정하여 계산하면 약 2,629,853 ton/year로 추정된다.

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= 10254. \text{ ton/day} \times 365\text{일/년} \times 0.717 \text{ ton/ton} \times 0.98 \\ &= 2,629,853 \text{ ton/year} \end{aligned}$$

### 3.2 아산화질소 배출량

조사대상 소각시설의 배출가스 중 아산화질소 배출농도를 이용하여 산출한 소각폐기물당 아산화질소 배출량은 36~515 g/ton 으로 평균값은 170 g/ton 이었다(표 5). 미국 환경청은 폐기물 소각시 N<sub>2</sub>O 배출계수로 100 g/ton을 적용하고 있다.

표 5. 소각시설의 N<sub>2</sub>O 배출농도와 배출량

구 분	소각량 (kg/hr)	N <sub>2</sub> O 배출농도 (ppm)	N <sub>2</sub> O 배출량 (g/ton)
세풍제지소각로	9167	17.6	189
평촌소각장(1차)	8300	11.1	214
평촌소각장(2차)		2.0	36
권선소각로(1차)	156	6.2	393
권선소각로(2차)		7.3	515
신대양제지소각로	2000	3.5	65
유한킴벌리	417	2.1	72
삼성전자	2200	1.2	36
			평균 170

1997년 우리 나라의 폐기물 소각량에 1, 2차 측정에 의한 N<sub>2</sub>O 배출계수 170 g/ton을 적용하면 폐기물 소각에 의한 N<sub>2</sub>O 의 배출량은 636 ton/year로 추정된다.

$$\begin{aligned} \text{N}_2\text{O} &= 10254. \text{ ton/day} \times 365\text{일/년} \times 0.17 \text{ kg/ton} \\ &= 636 \text{ ton/year} \end{aligned}$$

### 4. 결론 및 고찰

우리나라 폐기물 소각시설에서 발생하는 온실가스는 1997년 현재 이산화탄소가 약 260만톤/년, 아산화질소가 약 600톤/년으로 추정되었다. 소각시설의 이산화탄소 배출량은 국내 총 배출량의 약 2% 정도로 무시할 수 없는 양이며 폐기물소각의 증가에 따라 배출비중도 증가할 것으로 예상된다.

#### 참고문헌

- 1) IPCC (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Vol. I(Reporting Instruction), Vol II(Workbook), Vol III(Reference Manual)
- 2) 환경부 (1997) 「'96 전국폐기물 통계조사」
- 3) Tchobanoglous (1993) Integrated Solid Waste Management