

## 안산지역 사업장폐기물 소각로의 시설 및 운전개선 방안

조용준  
안산공과대학 환경과학과

### A Study on Improvement of Incineration Facilities for Industrial Wastes in Ansan City

Yong-jun Cho  
Department of Environmental Science, Ansan College of Technology

#### 서론

경기도 안산시는 인근에 반월, 시화공단과 인접하고 있어 대기환경이 열악한 것으로 보고되고 있으며, 환경부의 환경오염실태 조사결과(2000년 9월)에 의하면 다이옥신의 농도가 전국 평균에 비해 약 7배 가량 높은 수치로 나타나고 있다. 또한, 공단지역에서 발생하는 여러가지 형태의 악취로 인하여 지역 주민들의 민원이 빈발하고 있는 실정이다.

본 연구는 안산환경기술개발센터에서 지역환경문제 개선을 위하여 수행하고 있는 사업 중 하나인 '사업장 폐기물 소각시설 공정개선 및 운전최적화'와 관련하여 다이옥신 및 악취의 주발생원으로 지적되어 민원의 대상이 되고 있는 반월, 시화공단에 소재하고 있는 사업장 폐기물 소각시설에 대하여 소각로 시설의 적정여부, 운전의 실태 등을 조사하여 시설의 개선방향 및 적절한 운전개선 방안을 제시하고자 수행되었다.

#### 조사내용 및 방법

본 연구에서는 안산지역(반월 및 시화공단)에 위치한 총 7개의 사업장 폐기물 처리업체 중 6개 업체에 대해 24시간 연속조업되고 있는 고품폐기물 소각로를 업체별 1개씩을 선정하여 조사를 실시하였으며, 조사대상 시설현황을 Table 1에 정리하여 나타내었다. 조사대상 소각시설에 대하여 '폐기물관리법'에 규정되어 있는 '폐기물 처리시설의 설치기준 및 관리기준'[1]의 규정에 따라 적절하게 설치·운영되고 있는지를 크게 i) 완전연소의 이행여부, ii) 다이옥신의 재생성 방지 운전여부, iii) 주요 대기오염물질의 배출농도현황으로 구분하여 조사하였다.

시설현황은 조사 대상업체의 설계 및 설치자료를 입수하여 분석하였으며, 현장을 방문하여 확인하였다. 운전현황은 조사대상 소각로의 운전에 입회하여 운전자료를 조사, 기록하였으며, 각 소각로별로 운전기간중 발생한 바닥재(bottom ash)를 채취하여 '폐기물공정시험법'[2]에 의거하여 강열감량을 분석하였고, '대기오염공정시험법'[3]에 의거하여 굴뚝에서 배출되는 배기가스를 채취하고 배가스중의 유해성분(HCl, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>2</sub>) 농도를 측정하였다.

#### 조사결과 및 고찰

##### 1. 소각로의 시설현황

Table 1에서 보듯이 조사대상 소각시설은 대부분 스토키(Stoker) 형태를 적용하고 있었으며, 일부는 Rotary Kiln과의 조합형을 적용하고 있었다. 소각로의 용량은 2.0ton/hr 이하가 되도록 설치하는 경우가 많았으며, 소각로의 출구온도와 가스 체류시간은 '폐기물 소각시설의 설치기준'을 충족시킬 수 있도록 적절하게 설치되어 있었다. 모든 시설은 수분무 냉각탑이나 폐열 보일러 등의 냉각시설에 의해 소각 배기가스를 250°C 이하로 냉각시켜 다이옥신의 재생성을 방지하도록 하고 있으며, 굴뚝 배출가스 중의 유해성분(산성가스, 분진 등)을 '대기환경보전법'상의 '배출허용기준'을 충족시킬 수 있도록 적절한 세정시설 및 집진시설을 갖추고 있는 것으로 확인되었다.

한편, D-, F-소각시설은 굴뚝 배출가스중의 다이옥신의 농도 저감을 위하여 여과집진기로 유입되는 소각 배기가스에 분말 활성탄을 분무하는 장치를 갖추고 있었으며, 백필터 유입구의 배기가스 온도도 활성탄의 흡착에 의한 다이옥신 제거에 적절한 온도범위로 설계되어 있었다.

## 2. 소각로의 운전온도

Fig. 1은 조사대상 소각로의 평균운전온도와 운전온도의 변동폭을 보여준다. 그림에서 보듯이 모든 시설에서 소각로의 운전온도의 최저치는 850°C를 상회하며, 폐기물관리법의 소각시설 관리기준은 충족시키고 있는 것으로 나타났다. 그러나 C-, F-소각로를 제외하고는 전반적으로 소각로의 운전온도가 설계기준치에 비해 필요 이상의 고온으로 운전되고 있었으며, 또한 운전온도의 변동폭이 매우 크게 나타났다. 설계온도에 비해 지나치게 고온조건에서 소각로의 운전이 이루어진다면 소각로 및 부대설비의 수명이 단축시킬 뿐 아니라, 보조연료의 과다 투입에 따른 운전비의 상승을 초래하게 되므로 실제로 소각시설들이 정상시에도 완전연소를 위하여 이와 같은 고온 조건에서 운전되고 있다고는 볼 수 없으며, 조사기간중 완전연소조건 충족을 위하여 평소보다 고온에서 운전을 한 것으로 판단된다.

한편, C-소각로를 제외하고는 모든 소각시설의 운전온도의 변동폭이 지나치게 크게 나타났다는데, 이것은 폐기물의 투입량 및 발열량에 따라 보조연료의 공급량을 적절하게 조절하지 못하고 운전하고 있는 것에 기인하는 것으로 판단된다. 따라서 안정적인 소각조건을 유지하고 소각로내의 온도가 과다 상승하는 것을 방지하기 위해서는 투입 폐기물을 사전 혼합하여 폐기물의 조성 및 발열량 등을 균일하도록 하는 전처리 작업이 필요하며, 반입 폐기물에 대하여 사전 분석을 통하여 배출원별 조성 및 발열량에 대한 데이터를 확보하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

## 3. 배기가스중의 O<sub>2</sub> 및 CO 농도

Table 2에는 소각로별 운전현황을 정리하여 나타내었다. 표에서 배출가스중의 CO 측정치는 B-소각로를 제외하고는 CO의 평균농도 및 최대농도가 적정수준보다 상당히 낮은 수준으로 유지되고 있었는데, 이것은 Fig. 1에서 보듯이 대부분의 소각로가 완전연소를 위하여 설계온도보다 훨씬 높은 온도에서 운전이 이루어지고 있는 것에도 일부 기인한다고 판단된다. 한편, 배출가스중의 산소농도 측정치와 CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>농도로부터 계산에 의해 추정된 각 소각로의 과잉공기비를 정리하여 표에 나타내었는데, 모든 소각로의 과잉공기비는 적정수준에 비해 상당히 높은 수준으로 운전되고 있었다. 즉, 완전연소에 필요한 공기공급량보다 많은 공기가 공급되고 있었으며, 다이옥신의 생성을 저감하고 소각로의 열손실과 후처리 시설에서의 처리부하를 감소시키기 위해서는 적정수준으로 공기공급량을 낮추어 운전하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

한편, B-소각로의 경우에는 Fig. 1과 Table 2에서 보듯이 고온에서 운전이 되고 있을 뿐 아니라 공기공급량도 충분함에도 불구하고 CO의 평균농도가 적정수준을 초과하고 있는 것으로 나타났으며, CO의 최대농도도 다른 소각로에 비해 높게 나타나고 있었으며, 설계 및 운전상의 개선이 필요한 것으로 판단된다.

## 4. 냉각시설 출구에서의 배가스의 온도 현황

Fig. 2에는 조사대상 소각로에서 수분무 냉각탑이나 폐열 보일러 등의 냉각시설 출구에서의 배가스 평균온도와 온도의 변동폭을 나타내었다. 그림에서 보듯이 B-, E-소각로를 제외한 나머지 소각로들은 냉각탑이나 폐열보일러를 통하여 소각로 배출가스를 충분히 냉각하여 250°C 이하로 유지시킴으로써 배가스중의 비산재 표면에서의 다이옥신의 재생성을 저감시키는 조건에서 운전이 되고 있었으나, B-, E-소각로의 경우 소각로 배출가

스의 생각이 충분하지 않아 다이옥신의 재생성이 우려되는 것으로 확인되었다. 따라서 B-, E-소각로의 경우에는 소각로의 운전온도를 설계기준에 맞추어 운전을 하거나, 또는 냉각탑이나 폐열보일러의 효율을 개선하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

### 5. 소각로 바닥재(Bottom ash)의 강열감량 현황

Table 2에는 조사대상 소각로에서 채취한 바닥재중의 강열감량 분석치를 나타내었는데, 표에서 보듯이 모든 소각로의 강열감량 분석치가 10%이하로 '폐기물 처리시설의 관리기준'을 충족시키고 있는 것으로 나타났다. 한편, B-소각로의 경우에는 표에서 보듯이 배출가스중의 CO 농도가 높은 수준임에도 불구하고 강열감량치가 낮게 나타나고 있으므로, 2차 연소실에서의 완전 연소를 위한 체류시간 및 연소실 형상의 개선이 필요한 것으로 판단된다. D-소각로의 경우에는 기준치는 충족하고 있으나 고온 연소조건 및 충분한 공기공급하에서 운전된 결과임을 고려한다면, 강열감량치가 높은 수준이며, 소각로내 폐기물의 혼합상태를 개선하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

### 6. 굴뚝 배출가스중의 유해물질의 농도

Table 2는 조사대상 소각로의 굴뚝에서 배출되는 배기가스중의 SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl 농도를 보여주는데, 표에서 보듯이 모든 소각로의 유해성분 배출농도는 대기환경보전법의 배출허용기준치이하로 유지되고 있었다. 단, A-소각로의 경우에는 NO<sub>x</sub>의 배출농도에서, D-, E-소각로의 경우에는 HCl의 배출농도가 배출허용기준치 수준으로 다소 높게 배출되고 있었다. SO<sub>2</sub> 농도가 배출허용기준치에 비해 상당히 낮게 유지되고 있는 것은 조사기간중 처리된 폐기물중의 황 함량이 낮은 것에 기인하는 것으로 판단되며, 대부분의 소각로가 설계기준에 비해 고온에서 운전되고 있으므로, 설계기준에 맞추어 운전을 한다면 NO<sub>x</sub>의 배출농도를 낮출 수 있을 것으로 판단된다.

### 결론

안산지역 6개 사업장폐기물 소각시설에 대한 시설 및 운전현황의 조사 및 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 각 업체별로 설치되어 있는 소각설비는 폐기물관리법상의 소각시설 설치기준을 충족시키고 있었으며, 배출가스중의 유해성분(SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl)의 농도는 대기환경보전법의 배출허용기준을 충족하고 있었다.
2. 일부 소각로에서 운전온도와 공기공급량이 과도하게 높거나 많은 것으로 확인되었으며, 적정수준으로 낮추어 운전하는 것이 필요한 것으로 판단된다.
3. 일부 소각로의 경우에는 2차 연소조건의 개선, 소각로내 폐기물의 혼합개선, 냉각탑이나 폐열보일러의 성능 개선이 필요한 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 안산환경기술개발센터의 지원에 의해 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. "환경관계법규", 국제환경문제연구소 편, 동화기술 (2001)
2. 윤오섭, "폐기물실험", 동화기술 (2001)
3. 이민희, "대기오염공정시험방법", 신광출판사 (2001)
4. "Dioxin handbook", 한국과학기술연구원 편저, 동화기술 (1997)

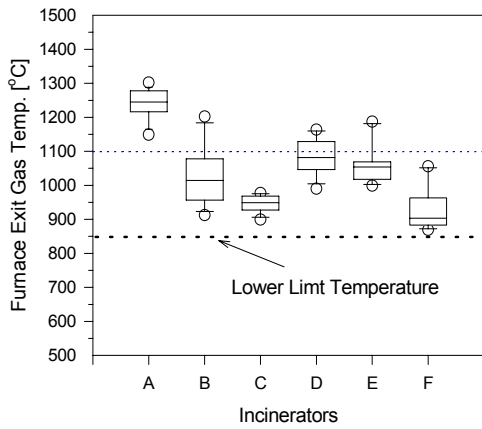


Fig. 1. 소각로의 평균 운전온도 및 온도변동

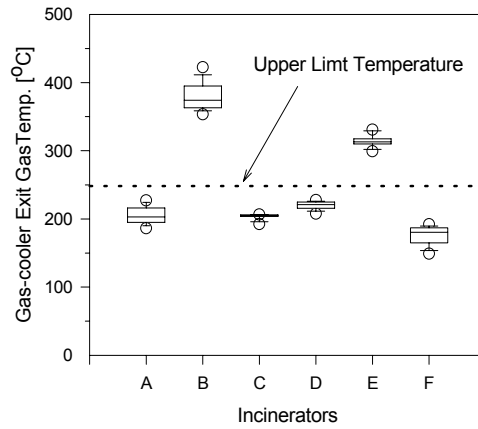


Fig. 2. 냉각시설 출구에서의 배기가스의 온도 현황

Table 1. 소각로 시설현황 (설계기준)

시설명	형식	설계기준			설치년도
		소각용량 [ton/hr]	출구온도 [°C]	체류시간 [sec]	
A	Stoker	1.8	895	2.1	1995
B	Rotary Kiln + Stoker	1.5	880	[2.7]	1995
C	Stoker	4.0	1,100	0.5 [2.6]	1997
D	Stoker	1.34	957	[2.1]	1995
E	Stoker(batch)	1.0	1,100	-	1998
F	Stoker	4.17	990	4.0	1998

주) 체류시간은 2차연소실 기준 ([ ]안은 1차연소실 포함한 체류시간임.)

Table 2. 소각로 운전현황

소각로 명칭	A	B	C	D	E	F
CO 평균농도[ppm]	8	64	2	28	4	1
CO 최대농도[ppm]	62	326	8	102	11	4
O <sub>2</sub> 농도[%]	9 ~ 14	15 ~ 18	10 ~ 16	10 ~ 16	13 ~ 16	11 ~ 16
과잉공기비[-]	1.6 ~ 2.5	2.8 ~ 5.4	2.2 ~ 3.1	1.8 ~ 3.7	2.3 ~ 3.6	1.9 ~ 3.2
강열감량[%]	4.4	4.5	4.2	9.6	3.0	7.1
SO <sub>2</sub> 농도[ppm]	10 ~ 36	0 ~ 2	0 ~ 1	0 ~ 2	7 ~ 44	0 ~ 12
NO <sub>x</sub> 농도[ppm]	95 ~ 190	65 ~ 127	96 ~ 153	48 ~ 75	44 ~ 68	40 ~ 87
HCl 농도[ppm]	5 ~ 8	10 ~ 30	12 ~ 13	40 ~ 44	36 ~ 44	15 ~ 38

주) 모든 농도는 표준산소농도 12% 기준임.