

# 폐기물소각과 대기오염처리기술

:: 연재

## I. 폐기물처리

### 1. 개요

폐기물이란 폐기물관리법에 따라 '생활폐기물' 과 '사업장폐기물' 로 분류되는데 '생활폐기물' 이라 함은 사업장폐기물 외의 모든 폐기물을 지칭하는 것이며, '사업장폐기물' 은 산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률 제2조제1호의 규정에 의한 공장으로서 대기환경보전법, 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 또는 소음·진동규제법의 규정에 의하여 배출시설을 설치·운영하는 사업장, 그 외에 지정 폐기물을 배출하는 사업장, 폐기물을 1일 평균 300kg 이상 배출하는 일련의 공사·작업 등으로 인하여 폐기물을 5톤 이상 배출하는 사업장에서 발생하는 폐기물을 말한다. 여기에서 '지정폐기물' 이라 함은 사업장 폐기물중 폐유·폐산 등 주변 환경을 오염시킬 수 있는 유해한 물질로서 대통령령이 정하는 폐기물을 말한다.

대표적인 지정 폐기물로서는 폐산, 폐알칼리, 폐유기용제, 폐합성 고분자화합물, 폐석면, 광재, 분진, 폐주물사, 소각잔재물, 고화처리물, 폐촉매, 폐흡착제, 폐농약, PCB 함유 폐기물과 의료폐기물

등이 있다.

상기의 설명을 토대로 현재 국내에서 분류하고 있는 폐기물 분류체계를 요약하면 다음과 같다.

- 생활폐기물 : 사업장폐기물 이외의 폐기물
- 사업장폐기물 : 공장 배출시설 폐기물, 지정 폐기물(폐산·폐알칼리 등), 1일 평균 300kg 이상의 폐기물, 일련의 공사·작업등으로 발생하는 5톤 이상의 폐기물

과학적이고 합리적인 폐기물정책 수립을 위하여 1996년 처음으로 폐기물 센서스 사업을 실시하였다. 1995년 기본설계를 마치고 1996년 4월부터 1997년 8월까지 전국 1만 가구를 대상으로 실제로 실시한 폐기물 센서스의 결과, 지역별·종류별·성상별로 보다 정확한 폐기물 통계자료를 얻게 되었으며, 앞으로 5년 주기로 지속 조사하게 됨으로써 폐기물처리시설 설치의 적정화와 효율화를 이르는 계기가 되었다.

아울러 폐기물관련 법령도 계속적으로 보완하여 1999년도에는 폐기물관리법에 폐기물의 처리증명제 및 폐기물처리업자의 방치폐기물처리 이행보증제 등 폐기물의 적정처리를 위한 굵직한 제도를 새로이 도입함과 동시에 폐기물 처리업자의 준수사항을 신설하고 폐기물의 수집·운반·보관 및

처리기준을 강화하였다.

이외에도 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률에서는 매년 97만점이 발생하는 폐가구류에 의한 매립지산 등 환경오염을 예방하고 목재수입을 절감하기 위하여 신축되는 공동주택에 불박이장 등 수납공간의 설치 권장제가 신설되었고, 폐기물 처리시설 설치 촉진 및 주변지역지원등에 관한 법률에서는 주민지원기금 조성의 범위에 포함되도록 함과 동시에 수도권매립지관리공사 설립 및 운영 등에 관한 법률을 제정하여 김포 쓰레기 매립지를 효율적으로 운용할 수 있는 제도적 근거를 마련하였다. 국내 폐기물관리법제의 발전 과정을 간략히 살펴보면, 우리나라의 폐기물관리법제는 「2원화」 → 「1원화」 → 「세분화」의 단계를 밟아 왔다. 폐기물 문제가 그다지 심각하지 않았던 1980년대 중반 이전에는 생활 폐기물은 ‘오물청소법’, 사업장 폐기물은 ‘환경보전법’에 의하여 2원적으로 관리되어 왔으나 1986년 ‘폐기물관리법’이 제정되면서 관리체계가 통합되어 일원화된 이후에 ‘폐기물관리법’이 다시 재활용 및 폐기물처리시설 설치 촉진을 위하여 분별처리에 따라 법률체계가 세분화 및 전문화가 되었다.

개략적으로 시대별 폐기물관리법제를 구분하면 다음과 같다.

- 오물청소법 시대(1961~1977)
- 환경보전법 시대(1978~1986)
- 폐기물관리법 시대(1986~1992)
- 분별화 시대(1993~현재)

### 1-1. 폐기물관리 체계 및 발생·처리현황

1998년부터 10년간 생활폐기물 및 사업장폐기물로 구분한 폐기물 관리체계 및 발생처리 현황을 요약하면 [표 1-1]과 같다.

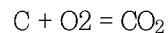
생활폐기물은 감소추세이나 사업장 폐기물의 지속적인 증가로 인해 전체 폐기물발생량은 증가하는 추세인데, 생활폐기물의 주된 감소 원인은 쓰레기 종량제, 1회용품 과대포장 억제, 음식물 쓰레기 줄이기 정책 등에 기인한다. 2000년 이후 폐기물의 소각 및 매립은 감소하고 있으나, 해양투기는 점차 증가하고 있는 추세이다.

## II. 연소개론

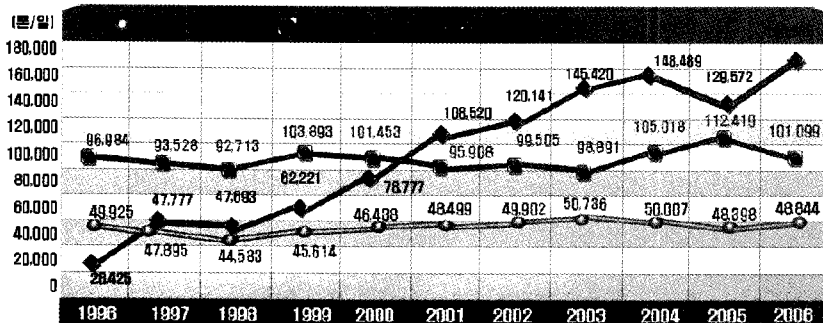
### 1. 연소의 정의

연소란? 연료중의 가연성분이 공기 또는 산소와 반응에 의해서 빛과 열을 수반하는 현상을 말하며, 일종의 화학적 반응이므로 일반 화학반응의 원리 및 법칙이 적용되며 완전연소와 불완전연소로 구분된다.

○ 완전연소 : 가연성물질이 연소하여 생성된 물질이 다시 연소시킬 수 없는 상태로 완전히 연소되는 것을 의미하며 다음과 같이 탄소(C)와 산소(O)가 결합하여 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 생성한다.



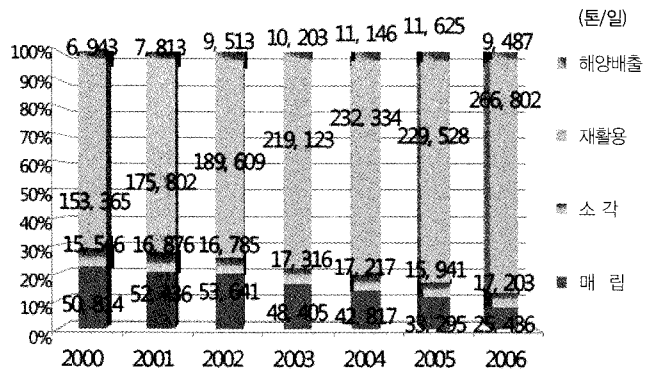
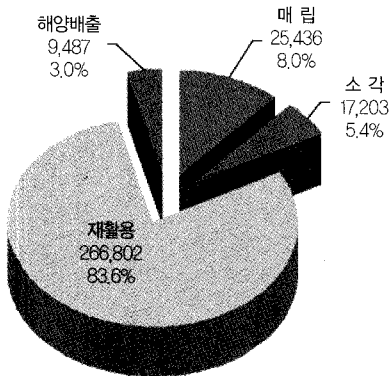
[표 1-1] 폐기물관리 체계 및 발생·처리현황 및 추이



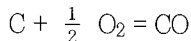
[표 1-2] 처리현황

구분	계	재활용	소각	매립	해양배출
계(톤/일)	318,928 (100%)	266,802 (83.6%)	17,203 (5.4%)	25,436 (8.0%)	9,487 (3.0%)
생활폐기물	48,841 (15.3%)	27,922 (57.2%)	8,321 (17.0%)	12,601 (25.8%)	-
건설폐기물	168,895 (53.0%)	163,871 (97.0%)	1,179 (0.7%)	3,935 (2.3%)	-
사업장폐기물	101,099 (31.7%)	75,009 (74.2%)	7,703 (7.6%)	8,900 (8.8%)	9,487 (9.4%)

[표 1-3] 폐기물의 처리현황 추이



○ 불완전연소 : 가연성물질이 연소하여 생성되는 생성물이 다시 연소될 수 있는 형태로 배출되는 경우를 말하며 아래와 같이 탄소(C)가 산소(O)와 결합하여 일산화탄소(CO)로 된다.



실제로 연소할 때는 공기 중 산소와 연료간의 불충분한 접촉으로 불완전연소가 일어날 수 있으며,

연료에 포함된 불연성물질, 황 등으로 인해 먼지, SO<sub>2</sub>, CO 등의 대기오염물질이 발생하게 된다.

연소의 효율을 증대하기 위한 상기 3T의 조건 외 적절한 소각로내 압력이 필요한데, 일반쓰레기의 경우 저발열량 쓰레기는 0.5~1.0mmAq, 고발열량 쓰레기는 -3~-10mmAq로 너무 과부압인 경우는 로의 축열손실 온도 유지가 곤란하다.

가연물의 연소시 배출되는 대기오염물질은 불완

■ 연소의 3T 조건(체류시간, 연소온도, 난류혼합도)

- ① Time(체류시간) : 폐기물의 연소실 체류시간(연소재 열적감량)  
연소가스의 로내 체류시간(CO, 가연분의 배출관계)
- ② Temperature(연소온도) : 대기오염물질의 최소배출온도, 유기물질의 산화파괴 온도
- ③ Turbulence(난류 혼합도) : 2차공기와 연소가스의 혼합도

전연소에 기안하며 일산화탄소, 분진, 질소산화물, 유기물질 등이 배출된다. 이런 대기오염물질을 최소로 배출하는 것이 연소의 대기오염방지의 지름길이다.

가연분의 완전연소를 위하여서는 3T조건을 충족하여야 하며, 다음의 조건이다.

### 2. 연소의 3대 요소

연소의 3대 요소는 가연물, 산소공급원, 점화원으로 구분할 수 있다.

- ① 가연물 : 산화되기 쉬운 물질로 산소와 화합할 때 발열량이 크다. 가연물이 될 수 있는 것은 산소와 화합할 때 발열량이 큰 것, 산소와 화합할 때 열전도율이 작은 것, 활성화 에너지가 작은 것 등이다. 가연물이 될 수 없는 것은 흡열반응을 일으키는 질소 및 질소산화물, 불활성기체(He, Ne, Ar, Kr, Xe, Re 등), 산소와 결합하여 반응이 종결된 산화물(CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub> 등) 등이다.
- ② 산소 : 대부분의 경우 연소에 필요한 공기이다. 공기중에 부피로 약 21%의 O<sub>2</sub>가 있으며, 다른 원소와 결합되기 쉬운 분자(기체) 상태로 존재하고 있다. 산소공급원을 산화제 또는 조연제라고 한다.
- ③ 점화원 : 가연물에 활성화에너지를 줄 수 있는 것으로 전기불꽃이나 성냥, 불꽃 등이다.

### 3. 연소실 열발생율

버너연소의 경우에는 연소실의 단위용적당, 단위시간당 발생열량을 연소실 열발생율 이라고 한다. 즉 1시간, 1m<sup>3</sup>에 발생하는 열량을 나타내는 것으로 '연소실 열부하' 라고도 한다.

단위는 kcal/m<sup>3</sup>이다.

연료의 종류에 따른 개략적인 연소실 열발생율은 미분탄, 중유, 가스의 연소에는 각각 10~30, 20~150, 10~50(×10<sup>4</sup> kcal/m<sup>3</sup>·hr) 정도이다.

$$Q_v = \frac{G_f \cdot H_f}{V} \quad [\text{kcal/m}^3 \cdot \text{hr}]$$

여기서, G<sub>f</sub> : 단위시간당 연료사용량  
 · 고체·액체 연료인 경우: kg/hr  
 · 기체 연료인 경우: Sm<sup>3</sup>  
 H<sub>f</sub> : 저발열량  
 V : 연소실 체적(m<sup>3</sup>)

실제 연소실 열발생율은 연료의 연소효율, 연소용 공기와 연료가 예열되어 공급되는지, 연소후 방열손실 등을 고려하여야 한다. 이러한 여러 조건을 고려한 식은 다음과 같다.

$$Q_v = \frac{G_f \times [H_f \cdot \eta + Q_a + Q_f - Q_o]}{V} \quad [\text{kcal/m}^3 \cdot \text{hr}]$$

여기서, G<sub>f</sub> : 단위시간당 연료사용량  
 · 고체·액체 연료인 경우: kg/hr  
 · 기체 연료인 경우: Sm<sup>3</sup>  
 H<sub>f</sub> : 저발열량  
 V : 연소실 체적(m<sup>3</sup>)  
 η : 연료의 연소효율  
 Q<sub>f</sub> : 공급되는 연료의 입열 현열  
 Q<sub>a</sub> : 공급되는 공기의 입열 현열  
 Q<sub>o</sub> : 방열손실  
 Q<sub>a</sub> = m · A<sub>o</sub> · C<sub>pa</sub> · Δt  
 (m:공기비 A<sub>o</sub>:이론공기량 C<sub>pa</sub>:공기의 정압비열)

### 4. 화격자 연소율

화격자 연소율이란 화격자 연소장치를 사용하는 고체연료의 연소 능력을 화격자의 단위면적, 단위시간당 연료공급량으로 나타내는 것으로 '화상부하율' 이라고도 한다. 단위는 kg/m<sup>2</sup>·hr 이다.

- 자연통풍 : 통상 150 kg/m<sup>2</sup>·hr 이하,
- 압송통풍 : 통상 150~250 kg/m<sup>2</sup>·hr  
 (단, 연속 스토커인 경우에는 200~700 kg/m<sup>2</sup>·hr 정도이다.

[표 2-1] 연소실 열발생율(연소실 열부하율, kcal/m<sup>3</sup> · hr)

피연소물종류	화격자연소	상 연 소				유동층
		고정상	회전로상	다단로상	로타리킬른	
잡개, 도시쓰레기	8~20×10 <sup>4</sup>					
오니탈수케이크		15~45×10 <sup>4</sup>	15~45×10 <sup>4</sup>	7~15×10 <sup>4</sup>	7~10×10 <sup>4</sup>	15~45×10 <sup>4</sup>
주방쓰레기(식물성)	15~25×10 <sup>4</sup>					
주방쓰레기(동물성)	15~40×10 <sup>4</sup>					
가축분류						15~45×10 <sup>4</sup>
도살장쓰레기						
동물사체	15~25×10 <sup>4</sup>					
폐목재	10~20×10 <sup>4</sup>					
폐플라스틱		60~70×10 <sup>4</sup>	60~70×10 <sup>4</sup>			
폐고무, 타이어		10~20×10 <sup>4</sup>	10~20×10 <sup>4</sup>			

[표 2-2] 화격자 연소율(화상 부하율, kg/m<sup>2</sup> · hr)

형식구조	화격자 연소방식			상연소방식				유동층 방식
	고정화격자		가동 화격자	고정상	선회	다단로	로타리 킬른	유동상
통풍	자연	강제	강제	강제	강제	강제	강제	강제
피 연 소 물 종 류	일반쓰레기 <sup>1)</sup>	100~150	150~250	200~300				
	도시쓰레기	80~100	120~150	150~200				
	오니탈수케이크 <sup>2)</sup>				20~25	35~40	35~40	30~38
	주방쓰레기(식물성)	20~30	30~50	40~60	20~25	35~40	35~40	
	주방쓰레기(동물성)	40~45			20~35	45~55	45~55	
	가축분뇨				20~30	40~45	40~45	350~450
	도살장쓰레기		40~50			40~50		400~600
	동물사체	40~60						350~450
	폐목재	100~150	200~250	200~250				
	폐플라스틱				100~200			
	폐고무·페타이어				50~150	60~200		
	코우크스, 무연탄	65~90	90~130	90~140				
	석탄	75~130	100~200	150~250				

주 : 1) 함수율이 낮은 셀룰로우스(cellulose)계 주체  
 2) 함수율 85% 정도

$$G_A = \frac{G_f}{A_H} \text{ [kg/m}^2 \cdot \text{hr]}$$

여기서,  $G_f$ : 단위시간당 연료사용량  
 · 고체·액체 연료인 경우: kg/hr  
 · 기체 연료인 경우:  $\text{Sm}^3$   
 $A_H$ : 화격자의 단위면적( $\text{m}^2$ )

## 5. 연소계산

연소계산은 투입된 연료와 공기의 양으로 연소 생성물인 연소가스량과 연소온도 등을 산정하는 과정이다. 투입된 연료성분[C, H, O, S, N, A(Ash), W(Water)]과 공기 중의 산소의 양으로 연소 생성물을 예측 하고, 완전연소와 불완전연소의 연소상태를 파악 한다.

[그림 2-1] 연소계산의 개략도

### 열(Heat)

연료 (Fuel)  
(C, H, O, S, N, A, W)

연소실  
연소기기  
연소온도

연소생성물(Gas)  
·  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   
· 배가스 중의 오염농도  
· 발열량

공급공기(Air)  
( $\text{O}_2$  : 21%,  $\text{N}_2$  : 79%)

자료제공 : 환경보전협회 환경연수처  
다음호에 계속...

## 한강사랑 그림그리기 대회 및 아름다운 한강 사진공모전 안내

### 「한강사랑 그림그리기 대회」

- 대 상 : 서울·경기·인천·강원·충북지역 학생 1,000명(유치부/초등부/중·고등부)
- 접수기간 : 2009년 5월 18일~6월 8일(선착순/1개 기관, 20명 이내) 인터넷 접수
- 대회일시 및 장소 : 6. 14(일), 10:00~15:00 / 서울숲(서울 성동구 소재)

### 「아름다운 한강 사진 공모전」

- 공모대상 : 전국 사진 애호가 등
- 공모기간 : 2009년 5월 중순~7월 초(4일 소인까지 접수)
- 공모방법 : 출품수 (1인당 3점 이내)

\* 기타 자세한 문의사항은 02)2249-5265 (내선 616, 641번)로 연락하시기 바랍니다.

주 최 : 한강유역환경청 [hg.me.go.kr](http://hg.me.go.kr) 주 관 : 환경보전협회 [www.epa.or.kr](http://www.epa.or.kr)

