

# 폐기물소각과 대기오염처리기술

:: 연 재

## 6. 연료의 발열량

### 6-1. 연료 발열량의 정의 및 구분

연료의 단위량(기체 연료의 경우는 1Nm<sup>3</sup>, 고체·액체연료의 경우는 1kg)이 완전히 연소할 때 발생하는 열량(kcal)을 연료의 발열량이라고 하며, 연료의 발열량은 고위발열량과 저위발열량으로 분류된다.

○ 고위발열량 (Hh) : 총발열량이라고도 하며, 연료가 연소할 때 발생하는 전체 열량을 의미한다.

-고체 및 액체연료 :  $Hh = Hl + 600(9H + W)$

-기체연료 :  $Hh = Hl + 480 \times \Sigma$

(연소시 생성 수분량)

○ 저위발열량(Hl) : 연료의 총발열량에서 연료 중의 수분이나 수소의 연소에 의해 생성된 수분의 증발잠열을 제외한 열량이다. 실제의 연소 상황에서는 연소 배기 가스 중의 수분이 과열 증기 상태로 배출되게 되므로 증발잠열은 이용성이 없게 된다. 따라서 고위 발열량에서 증발잠열을 제외한 열량을 유효한 열량으로 보고, 이것을 저위발열량 또는 진발열량이라고 한다.

-고체 및 액체연료 :  $Hl = Hh - 600(9H + W)$

-기체연료 :  $Hl = Hh - 480 \times \Sigma$

(연소시 생성 수분량)

다음 [표 2-3]은 물의 증발잠열(응축열, kcal/kg)을 나타낸 도표이다.

[표 2-3] 물의 증발잠열(응축열)

온 도	증발잠열(kcal/kg)
0℃	597=600
10℃	592
15℃	589
20℃	586
25℃	583
100℃	539

기체의 발열량은 부피당 발열과 중량당의 발열량이 현저히 다르기 때문에 주의를 요한다. 연소에 의하여 생성된 연소가스 중에는 일반적으로 수분이 포함되어 있는데 이것은 연료중의 수소분이 타서 생성되는 것과 연료중에 처음부터 수분이 포함되어 있는 것으로 되어 있다.

코우크스나 일산화탄소의 연소에서는 H<sub>2</sub>O를 생성하지 않으며 연소가스 중의 H<sub>2</sub>O를 액상의 물로 하는가 수증기 그대로 하는가에 따라 발열량은 차이가 있다. 연료의 구성에 따른 발열량은 [표 2-4]와 같다.

[표 2-4] 가연분의 연소량(완전연소의 조건)

가연분	화합식	발열량			
		kcal/kg		kcal/Nm <sup>3</sup>	
		H <sub>h</sub>	H <sub>l</sub>	H <sub>h</sub>	H <sub>l</sub>
탄 소	C	8,100	8,100	-	-
수 소	H	3,400	2,860	3,050	2,570
황	S	2,500	2,500	-	-
일산화탄소	CO	2,430	2,430	3,035	3,035
메 탄	CH <sub>4</sub>	13,320	11,970	9,530	8,570
에 탄	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	12,410	11,330	16,820	15,380
프로판	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	12,040	11,070	24,370	22,350
부 탄	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	11,840	10,920	32,010	29,610
아세틸렌	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	12,030	11,620	14,080	13,600
에 틸 렌	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	12,130	11,360	15,280	14,320
프로필렌	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	11,770	11,000	22,540	21,070
부 틸 렌	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	11,630	10,860	29,110	27,190
벤졸증기	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	10,030	9,620	34,960	33,520

6-2 국내 소각시설 반입쓰레기의 성상 및 발열량  
 [표 2-5]에 의하면, 2008년 3월 환경부 「07년도 생활폐기물 자원화수시설 운영현황」에 나타났듯이 전국 평균쓰레기 발열량은 2,592 kcal/kg이며, 겉보기 비중은 0.22로 나타났다. 이는 2001년의 2,256 kcal/kg보다 발열량이 증가되는 추세를 보이고 있으며 이는 쓰레기의 에너지화를 이루는 기초적인 자료가 될 수 있다.

[표 2-5] 소각시설 반입쓰레기의 월별 성상분석 (2008년 3월)

월	비중 (톤/m <sup>3</sup> )	발열량 (Kcal/Kg)	삼성분(중량 %)		
			불연분	가연분	수분
1월	0.22	2,456	35.32	53.69	10.99
2월	0.22	2,367	35.38	52.80	11.83
3월	0.24	2,505	36.35	52.83	10.82

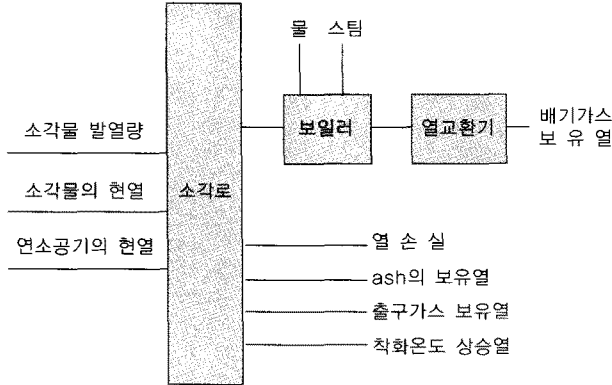
월	비중 (톤/m <sup>3</sup> )	발열량 (Kcal/Kg)	삼성분(중량 %)		
			불연분	가연분	수분
4월	0.23	2,622	35.48	54.05	10.48
5월	0.23	2,529	34.86	54.01	11.12
6월	0.22	2,530	34.27	54.05	11.68
7월	0.23	2,656	35.50	54.23	10.27
8월	0.22	2,264	37.09	50.59	12.32
9월	0.21	2,191	36.26	52.29	11.44
10월	0.22	2,423	35.58	54.04	10.38
11월	0.21	2,472	34.06	55.53	10.40
12월	0.19	2,327	33.91	55.17	10.91
평균	0.22	2,592	35.11	54.67	10.22

[표 2-6] 소각시설 반입쓰레기의 월별 물리적 성상분석(2008년 3월)

월	습량기준/물리적 조성(중량 비율%)						
	폐지류	폐목류	플라스틱류	음식물	섬유가죽	불연물	기타
1월	32.36	7.68	25.34	18.07	7.55	7.30	1.70
2월	32.45	7.00	23.93	20.14	7.04	7.15	2.30
3월	30.26	6.90	24.61	20.62	7.53	7.82	2.25
4월	32.44	6.96	24.65	18.88	7.88	7.18	2.02
5월	31.22	7.87	24.34	19.18	8.00	7.61	1.78
6월	32.15	7.08	26.18	17.52	8.32	7.27	1.48
7월	31.34	9.00	25.94	17.55	7.58	6.62	1.96
8월	33.21	7.04	25.47	17.17	7.93	7.65	1.54
9월	32.22	7.83	25.65	16.92	7.76	7.90	1.73
10월	33.99	7.65	25.67	16.71	7.48	7.01	1.48
11월	33.80	7.97	25.54	16.63	7.39	7.41	1.26
12월	33.73	7.74	26.41	17.30	6.84	6.90	1.08
평균	31.58	9.08	25.72	18.19	6.85	7.08	1.49

6-3. 열정산 기초 이론

[그림 2-2] 열정산의 물질수지



[표 2-7] 저위발열량(H<sub>i</sub>)에서 이론공기량 및 가스량 계산

종별	문헌	구분	열관리편람	보일러편람	Rosin식	石谷(고체) 說藥(액체)
고체연료 (석탄) (Nm <sup>3</sup> /kg)		A <sub>0</sub>	$1.09 \times H_i / 1,000 - 0.09$	$1.012 \times H_i / 1,000 + 0.5$	$1.01 \times H_i / 1,000 + 0.5$	$1.05 \times H_i / 1,000 + 0.1$
		G <sub>0</sub>	$1.17 \times H_i / 1,000 - 0.2$	$0.95 \times H_i / 1,000 + 1.375$	$0.89 \times H_i / 1,000 + 1.65$	$1.11 \times H_i / 1,000 + 0.3$
고체연료 (목재) (Nm <sup>3</sup> /kg)		A <sub>0</sub>	$1.04 \times H_i / 1,000 + 0.27$			
		G <sub>0</sub>	$1.11 \times H_i / 1,000 + 0.27$			
액체연료 (Nm <sup>3</sup> /kg)		A <sub>0</sub>	$1.04 \times H_i / 1,000 + 0.02$	$0.88 \times H_i / 1,000 + 1.7$	$0.85 \times H_i / 1,000 + 2$	$1.04 \times H_i / 1,000 + 0.02$
		G <sub>0</sub>	$1.11 \times H_i / 1,000 + 0.04$	$1.11 \times H_i / 1,000$	$1.11 \times H_i / 1,000$	$1.11 \times H_i / 1,000 + 0.04$
기체연료 (Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ) 저열량가스		A <sub>0</sub>	$1.1 \times H_i / 1,000 - 0.32$	$1.09 \times H_i / 1,000 + 0.28$	$0.875 \times H_i / 1,000$ (단. H <sub>i</sub> = 500~3,000)	
		G <sub>0</sub>	$1.06 \times H_i / 1,000 - 0.61$	$1.09 \times H_i / 1,000 + 0.446$	$0.725 \times H_i / 1,000 + 1$ (단. H <sub>i</sub> = 500~3,000)	
기체연료 (Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ) 고열량가스		A <sub>0</sub>			$1.09 \times H_i / 1,000 - 0.25$ (단. H <sub>i</sub> = 4,000~7,000)	
		G <sub>0</sub>			$1.14 \times H_i / 1,000 + 0.25$ (단. H <sub>i</sub> = 4,000~7,000)	

\*출처 : 기문봉, 소각시설의 설계·시공에 관한 기초기술, 건설기술, 경기도, 1998

### Ⅲ. 소각설비

소각(燒却, Incineration)은 폐기물을 고온 산화시켜 가연성인 경우 부피를 80~90%까지 감소시킬 수 있으며 또한 부패성 물질을 안정화시키는 방법이다. 특히 병원 폐기물은 감염 및 독성물질 존재 등의 우려가 있으므로 소각을 통한 위생적 처리가 필수적이다.

2007년 기준 국내의 경우 폐기물 소각율은 전체 폐기물의 5.4%정도로 대부분의 폐기물 처리는 재활용, 매립에 의존한다. 이는 소각설비의 건설이 남비현상으로 인한 장기간 계속사업으로 추진이 대단히 어렵고 힘들기 때문이기도하다. 지난 10년간의 소각정책은 소각율 증대를 위한 소형소각설비 확대보급이라는 파행을 거듭하였고, 다이옥신이라는 장애를 극복하고 이제는 선진국 수준의 소각장 건설이 이루어지고 있다. 소각설비의 경우에도 신기술 개념의 열분해 용융설비가 도입되고 있으나, 설비의 여러 문제로 인하여 정상가동까지는 해결해야할 여러 문제점이 있기도 하다. 또한, 범 지구적 녹색산업의 일환으로 폐기물의 에너지화가 추진되고 있으며 폐기물을 이용한 대체에너지로서의 역할이 기대된다. 이에 따른 폐기물의 청정가스화, 여열 이용, 발전용량의 최소화, 발전 효율 증대를 위한 초임계압 보일러 등이 개발되고 있다.

폐기물 소각에 의한 대기오염물질의 처리에 있어서도 오염물질 배출의 최소화 기술의 적용으로 인하여 방지시설의 경제적인 운전이 되도록 연구가 추진되고 있다.

#### 1. 우리나라 소각시설의 현황 및 운영

2002년 8월 현재 우리나라에서 정상 가동 중인 생활폐기물 대형 소각시설(100톤/일 규모 이상)의 운영 현황을 살펴보면 [표 3-1]과 같으며, 전국 29개소에 총 시설규모 9,490톤/일의 생활폐기물 소각시설이 정상 운영되고 있으며 이중 용인수지환경센터와 인천공항 소각시설 2곳만이 유동상식이고 27개소는 전부 스토커의 Mass burning 방식으로 운전되고 있다.

[표 3-1] 정상 가동중인 생활폐기물 대형 소각시설 현황(2007년 12월 현재)

시설명	시설용량		가동개시일	발 주 처	시 공 업 체
	톤/일	기			
광 명	150	2	'99. 2. 1	광 명 시	동부건설(주)
다 대	200	1	'95. 8. 30	부 산 시	한라중공업(주)
파 주	100	2	'02. 7. 8	파 주 시	코오롱건설(주)
수 원	300	2	'99. 10. 28	수 원 시	삼성중공업(주)
성 남	300	2	'98. 10. 8	성 남 시	현대중공업(주)
대장동	300	1	'00. 10. 13	부 천 시	(주)대우건설
삼정동	200	1	'95. 6. 14	부 천 시	(주)대우건설
노 원	400	2	'97. 4. 28	서 울 시	현대중공업(주)
안 양	200	1	'94. 4. 28	안 양 시	동부건설(주)
명 지	200	2	'93. 10. 16	부 산 시	(주)현대중공업
양 천	200	2	'96. 3. 14	서 울 시	SK건설(주)

시설명	시설용량		가동개시일	발 주 처	시 공 업 체
	톤/일	기			
고 양	300	1	'95. 12. 1	고 양 시	삼성중공업(주)
창 원	200	2	'95. 3. 1	창 원 시	한라산업개발(주)
성 서	200	1	'93. 1. 6	대 구 시	(주)대우
	200	2	'98. 9. 26		(주)대우/한라중공업
해운대	200	1	'96. 9. 1	부 산 시	삼성물산(주)
	200	1	'97. 6. 3		
용 인	100	1	'99. 3. 15	용 인 시	코오롱건설(주)
	100	2	'05. 9. 28		
과 천	80	1	'99. 12. 7	과 천 시	현대모비스
울 산	200	2	'00. 7. 5	울 산 시	한라산업개발(주)
안 산	200	1	'01. 4. 6	안 산 시	동부건설(주)
상 무	200	2	'01. 12. 10	광 주 시	SK건설(주)
수 지	35	2	'00. 5. 1	토지공사	(주)진도/LG건설
공 항	70	2	'01. 6. 8	인천국제공항	(주)효성
군 포	200	1	'01. 6. 12	대한주택공사	현대건설(주)

참고로 우리나라에서 가동중인 소각시설의 연소가스 처리공정에 있어서는 일반적으로 다음의 3개 그룹(Group I ~ III)으로 구성되어 있다.

① Group I

스토커식소각로 → 가스냉각 → 반건식반응탑 → 활성탄분무 → 여과집진기 → SCR → 연돌  
 \* 서울 양천, 과천, 용인, 서울 일원, 광주 상무

② Group II

스토커식소각로 → SNCR → 가스냉각 → 반건식반응탑 → 활성탄분무 → 여과집진기 → 연돌  
 \* 안양 평촌, 광명, 창원, 고양 일산

③ Group III

스토커식소각로 → 가스냉각 → 전기집진기 → 습식세정탑 → SCR → 연돌  
 \* 서울 노원, 성남

## 2. 소각의 목적

쓰레기의 성분은 재(Ash), 물(Water), 가연분(Combustible) 이라 하고, 가연분의 성분은 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 염소(Cl)로 구분하며 쓰레기 소각의 궁극적인 목적은 다음과 같다.

- 무해화
- 감량화
- 폐열 회수에 의한 에너지 절약
- 선도적인 환경 행정 이미지 구축

자료제공 : 환경보전협회 환경연수처  
 다음호에 계속...