

도시쓰레기 소각시스템의 기술개발 현황

〈上〉

박 종 남

한국전력기술(주) 전력기술개발연구소(주)

머리말

우리는 일상생활을 통하여 많은 쓰레기를 발생시키고 있으며, 도시, 농어촌은 물론 산간벽지까지도 쓰레기의 처리문제가 확산되어 가고 있다. 현재 세계각국의 주요도시는 에너지 소비의 증가, 열섬(Thermal Island)화 현상의 발생, 도시기능 및 교통의 복잡화, 도시구조 및 환경의 열악화, 도시쓰레기 및 공해물질 대량발생화 등의 문제에 직면하고 있다.

선진외국에서는 오래전부터 이러한 도시의 제반 문제점을 해결하고 폐기되는 쓰레기자원을 효율적으로 재활용하기 위하여, 가연성 쓰레기의 소각열을 이용한 지역난방 및 열병합 발전시스템을 실용화한 후, 많은 효과를 얻고 있다. 우리나라는 도시쓰레기의 처리를 대부분 매립에 의존하고 있었으나, 1980년대 중반에 쓰레기 수집, 처리, 매립 등에 따른 문제점의 해결과 폐에너지의 재활용을 위하여, 무동쓰레기 소각공장이 국내 최초로 상용화운전을 시작한 이후, 쓰레기를 이용하여 열을 공급함으로써 공해방지는 물론 신재생에너지의 절약측면에서 많은 효과를 얻고 있다.

이러한 국내·외의 상황과 대규모의 신시가지가 건설되고 있는 상황을 고려할 때, 도시쓰레기를 열원으로 활용하여 신재생에너지 수요의 절약, 도시 열섬화 및 사막화의 방지, 쓰레기 매립량의 감소, 도시환경 위생의 개선과 교통문제를 해결하기 위해서 우리 실정에 알맞은 쓰레기 소각시스템의 개발이 필요하다. 이러한 상황에 부응하기 위하여 본고에서는 도시쓰레기의 처리방법, 도시쓰레기의 발생량, 조성성분 및 발열량의 예측방법, 해외 및 국내의 도시쓰레기 소각시스템 기술개발

현황과 도시쓰레기 소각시스템의 설계기술 등을 소개한다.

1. 도시쓰레기의 처리방법

쓰레기는 처리목적에 따라 부피감소, 위생처리, 자원회수, 폐열원 회수방안 등이 고려되며, 이같은 목적이 효율적이고 경제적으로 달성될 수 있도록 지역특성, 쓰레기의 성분 및 성상과 처리후 이용성 등을 세밀히 분석하여 최적의 처리방법을 선택하여야 한다. 일반적으로 활용되는 처리방법으로는 매립법, 소각법, 고체연료화법, 재활용법 및 퇴비화법 등이 있으나 실제로 적용할 때는 몇가지의 처리방법을 혼용하는 것이 바람직하며, 일반적으로 처리되는 쓰레기양을 기준으로 할 때 소각법(RDF포함), 매립법, 재활용법, 퇴비화법 등의 순으로 처리하고 있다.

1-1 매립법(Sanitary Landfill Method)

매립법은 지금까지 전세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 재래식 쓰레기 처리방법으로 쓰레기를 수거하여 일정지역에 모아 매립한 후 흙으로 덮고 그위에 나무 등을 심어 공원으로 활용하거나 일정기간이 지난뒤 농지 또는 택지로 활용할 수 있으며, 현재까지는 쓰레기를 완전히 소각 또는 소화처리할 수 있는 방법이 없으므로 다른 쓰레기 처리방법과 보완적으로 계속 이용될 최종적인 처리방법이다. 쓰레기 처리비용이 가장 저렴하며 특별한 처리기술이 요구되지 않고, 일시에 다량 처리가 가능하므로 적당한 장소만 확보되면 가장 편리하고 경제적인 방법이다.

매립장의 설계시는 쓰레기중 유기물질의 부패분해에

의한 매립지의 지반침하, 가스발생으로 인한 폭발의 위험, 침출액으로 인한 지표수 및 지하수의 오염, 악취 및 먼지의 발생, 해충 및 쥐 등의 번식 등과 같은 여러 가지 환경오염 및 위생상의 문제를 고려하여야 한다.

1.2 소각법(Incineration Method)

소각법은 1896년 독일에서 처음으로 시작한 이후, 선진 각국에서 쓰레기의 60~80% 정도를 처리할 정도로 널리 이용되는 가장 위생적인 쓰레기 처리방법이다. 소각법은 쓰레기 처리방법중에서 감량효과가 가장 크고 부식성 유기물을 연소시켜 무기화하며 병원미생물을 고온에서 사멸시키는 등 쓰레기 안정화와 무해화를 단기간내에 위생적으로 처리하며, 부가적으로 소각시 발생하는 열을 재이용할 수 있는 장점이 있다. 소각에 의한 쓰레기처리는 대기오염을 일으킬 수 있으므로 소각로에는 연소가스 정화기, 전기집진기 등의 공해방지 시설을 설치하며, 이는 전체 소각시스템 설비비의 절반 정도를 차지한다. 소각처리되는 유리, 금속, 건전지 등 위험물질의 선별문제, 소각장까지의 수송문제, 소각후의 배기가스처리 등 2차적인 공해문제를 해결하여야 한다.

1.3 고체 연료화법(Refuse Derived Fuel Method : RDF)

고체 연료화법은 쓰레기를 사전에 처리하여 석탄보일러에 사용하기 위하여 고안된 것으로서, 쓰레기중에서 금속 및 유리 등과 같은 불연성 및 재활용 물질을 분리한 후 연소가능한 고체연료로 만들어 연료로서 이용하는 것이다. 이 방법은 미국의 ABB-CE사에서 최초로 개발하였으며 처리공정은 1차 절단(Shredder)시스템, 자석분리시스템, 회전여과시스템 및 2차 절단시스템으로 구성된다. 또 미국의 B & W사는 RDF법과 비슷한 개념으로 쓰레기를 간단히 한번 정도 분쇄(Shredding)한 다음 이를 공기로 분리시켜 그대로 전용보일러에서 연소시키는 방식을 개발하였는데, 이는 RDF법보다 투자비와 운전비가 절감되는 이점이 있다.

일반적으로 RDF법은 대규모시스템일 경우 전처리된 쓰레기를 태우게 되므로 비교적 농축된 연소가 가능하나, 쓰레기의 조성이 좋지, 플라스틱 등 공기로 분류

가 가능한 성분이 많고 고발열량의 쓰레기가 많아야 하며 전처리에 상당한 동력비와 투자비가 소요된다.

1.4 재활용법(Recycling Method)

재활용법은 자원 고갈현상 및 공해물질에 의한 환경오염 등을 방지하기 위해 쓰레기로부터 재활용이 가능한 물질을 회수하여 재사용하는 방법으로, 폐기물로부터 유용물질을 회수하므로 공해도 방지하고 경제적으로도 이득이 된다. 회수방법에는 인력 및 기계를 이용하는 방법과 제도적 측면에서 회수에 대한 인센티브(Incentive)를 부여하는 방법이 있다. 인력 회수방법은 쓰레기 선별과정에서 기계적처리가 어려운 곳에 국한되며, 기계설비는 쓰레기중의 재활용이 가능한 성분을 골라 이용할 수 있도록 해주며 쓰레기의 양 및 형태와 회수 이용물질의 요구되는 품질등급에 따라 적절하게 설계한다. 제도적 측면에서는 쓰레기를 가연성(종이, 가소성 프라스틱 등), 불연성(파혁류, 경화성 프라스틱 등), 자원화가 가능한 것(강철, 금속류, 유리병 등), 크기가 큰 것(TV, 냉장고 등) 등으로 구분하여 배출하도록 하고, 회수 인센티브로서는 쓰레기 회수처리비 예치금제도(Deposit Charge)를 고려한다.

1.5 퇴비화법(Composting Method)

퇴비화법은 호기성 미생물을 이용하여 쓰레기중의 음식 찌꺼기 등 유기물을 미생물학적 부패 발효과정을 거쳐 유기물질을 분해하여 비료화하는 것으로, 쓰레기의 분리, 분쇄, 부패소화(Digestion)의 공정을 거친다. 퇴비화법은 퇴비더미식과 기계식이 있으며, 기계식은 퇴비더미식에 비하여 투자비가 많이 드나, 많은 장점 때문에 선진외국에서는 이용률이 높다. 퇴비화법은 기계식처리법이 개발된 이후 급속히 발달하였으며, 다른 물질과 혼합하여 퇴비화하는 등의 방법으로 처리공정의 효율이 개선되어 보급이 확대되고 있다. 퇴비화는 수분함량이 50~60%인 쓰레기가 적당하며, 퇴비화가 진행됨에 따라 수분의 증발을 막기 위해 퇴비더미를 덮어 주거나 간헐적으로 물을 살포하여 수분을 보충한다. 쓰레기를 퇴비화하기 위하여는 쓰레기로부터 연탄재 등의 고형성분과 플라스틱 및 금속성분을 사전에 분리한 후, 유기성분을 별도로 분리수거하여야 하며, 쓰

폐기에 부족한 질소, 인 성분 등을 첨가하기도 한다. 이 방법을 위해서는 쓰레기 수거체계의 개선과 쓰레기 처리비를 농촌 또는 임야에 적용하기 위한 각종 제도적, 법적 개선이 필요하다.

2. 도시쓰레기의 발생량 및 조성성분

도시쓰레기의 발생량과 조성성분의 예측은 쓰레기를 효과적으로 처리하기 위하여 가장 중요한 사항으로서, 현재의 처리시스템에서의 발생량 및 조성성분의 추계치가 기초가 되어, 향후의 쓰레기 처리시스템을 설계하고 이에 따른 처리계획을 수립하는데 기본이 되므로 보다 정확한 예측이 필요하다.

2.1 쓰레기 발생량의 예측방법

도시쓰레기의 발생량은 대상지역의 기후 및 면적과 같은 자연적 특성, 인구 및 생활상태와 같은 사회적 특성, 그리고 물질대사 구조에 따른 경제활동 특성, 도시쓰레기에 대한 주민인식 특성 등에 따라 영향을 받으므로 지역특성에 따라 발생량도 달라진다. 이와 같은 특성들은 서로 상관관계를 갖고 있으므로 쓰레기 발생량을 예측할 때에는 이들 특성들이 갖는 상관관계를 동시에 고려하여 해석하여야 한다. 지금 m 개의 독립변수, X_1, X_2, \dots, X_m 값이 주어지고 이에 따른 종속변수 Y 가 주어지면, 이들 변수간에 다음의 관계식이 성립된다.

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_m) + \varepsilon \dots \dots \dots (1)$$

여기서, 함수 $F(X)$ 의 형태는 알 수가 없으므로, 오차 ε 이 가장 적은 값을 갖도록 $F(X)$ 의 함수를 설정하며, 다원 회귀분석법을 이용하여 오차 ε 이 최소가 되는 함수를 찾아낸다. 다항식 함수형을 회귀분석에 적합한

모델로 추정하며, 독립변수의 개수가 많을수록 오차 ε 의 값을 줄일 수는 있으나, 상관관계가 높은 독립변수를 인자로 선택할 경우 3개의 독립변수만으로도 정확한 결과를 얻을 수 있다. 독립변수 X_i 와 종속변수 Y 간에 있어서 존재하는 상관관계의 강도를 구하기 위하여 상관관계를 분석하여야 한다. 이에 따라, 쓰레기 발생량과 관계가 있는 인자들을 선정하고, 이러한 요인들과 과거의 쓰레기 발생량과의 단순 상관계수를 구하여, 이로부터 보다 상관있는 공통요인을 지역특성요인 및 정책특성요인들을 추출한 후 이에 대하여 시계열 분석을 한다.

시계열 분석결과 쓰레기 총발생량 또는 단위발생량과 상관성이 큰 요인들을 조합한 후 다원회귀분석을 통하여 발생 모델식들을 구하고 요인집합군과 쓰레기발생량과의 관계를 고찰하면 다음과 같다.

$$Y = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + \dots \dots \dots (2)$$

여기서, Y = 쓰레기 발생량

X_i = 요인독립변수

여기서 요인독립변수들은 도시인구, 수거대상인구, 소비자물가지수, 연탄공급량, GRP, GNP, 상수도수

<표 1> 서울특별시 쓰레기 발생량의 예측식(예)

예측모델	예 측 식	요인 독립변수
I	$Y_I = -11580.62 + 2.27X_1 + 0.86X_2 - 0.38X_3$	행정인구, GRP, 무연탄 소비량
II	$Y_{II} = -11954.2 + 2.97X_4 + 0.38X_3 - 45.5X_5$	수거인구, 가구수, 무연탄 소비량
III	$Y_{III} = -18506.3 + 3.2X_1 + 0.33X_2 - 1.8X_4$	행정인구, 가구수, GRP

주) Y_i : 쓰레기 발생량(천톤/년), X_1 : 행정인구(천명)
 X_2 : 총 지역생산액(Gross Regional Product: GRP)(\$)
 X_3 : 무연탄 소비량(천톤/년), X_4 : 수거인구(천명)
 X_5 : 가구수(천세대)

<표 2> 서울특별시 쓰레기의 발생량 예측(예)

연도	구분	행정인구 (천명)	수거인구 (천명)	가구수 (천세대)	무연탄 소비량 (천톤/년)	GRP (\$)	쓰레기발생량(천톤/년)*		
							I	II	III
1980		8,366	8,107	1,711	7,378	1,605	7,439	7,439	7,439
1984		9,501	9,197	2,245	8,024	1,989	8,520	8,520	8,520
1988		10,300	10,300	2,659	8,901	2,590	10,646	10,053	10,522
1991		10,900	10,900	3,001	8,575	3,140	12,604	10,173	12,008
1996		11,600	11,600	3,471	7,909	4,320	15,461	9,883	13,791
2001		12,200	12,200	4,050	7,148	5,850	18,428	8,771	15,174

(주) *: 부피톤

요량 등이다. 이 중에서 지역특성요인은 인구, 수거대상 인구, 생활양식, 소득수준 등이고, 정책특성요인은 발생량의 경년변화, 분리수거의 실시유무, 일반쓰레기와 연탄재의 비율, 수거빈도 등이다. 참고로 서울특별시의 쓰레기의 발생량 예측식과 예측량은 표 1 및 2 와 같다.

2.2 쓰레기 조성성분의 예측방법

향후 도시쓰레기 처리시스템의 개발 또는 체계의 확립과 처리계획 수립시는 쓰레기 발생량의 예측뿐만 아니라 조성성분의 예측도 필요하다. 현재까지의 발생쓰레기의 연도별 각 조성성분의 변화추이를 선형 또는 비선형 방정식으로 구하고, 과거의 자료를 반영하여 조성

〈표 3〉 서울특별시 쓰레기 조성성분의 예측식(예)

조 성		예 측 식
가 연 성분	종 이 류	$Y_1=4.437 \times 10^{-3} X_1 - 0.38$
	목 초 류	$Y_2=0.1256T - 247.14$
	섬 유 류	$Y_3=0.0782T - 153.4$
	주 방쓰레기류	$Y_4=1.119T - 2200.6$
	플 라 스 틱 류	$Y_5=0.267T - 526.66$
불 연 성분	연 탄 재 류	$Y_6=-8.2 \times 10^{-3} X_2 - 5.9 \times 10^{-3} X_3 + 165.44$
	유 리, 도 자 기 류	$Y_7=0.3702T - 730.7$

주) Y_i : 쓰레기종의 각 성분(%), T : 연도(year)
 X_1 : 종이 수량(천톤/년), X_2 : 무연탄 소비량(천톤/년)
 X_3 : 쓰레기 발생량(천톤/년)

성분의 분포상황에 잘 부합되는 예측모델을 선정한다. 쓰레기의 각 성분에 적합한 회귀방정식(Regression Equation)을 구하여, 이 모델식으로부터 쓰레기 조성성분의 변화추이를 예측한다. 참고로, 서울 특별시의 쓰레기 조성성분 예측식과 예측량은 표 3 및 4 와 같다.

3. 도시쓰레기의 발열량

도시쓰레기 처리 및 자원화 방법의 선택과 조각시스템의 설계 및 운영을 원활하게 하고, 쓰레기로부터 자원 또는 에너지 회수효율을 높이기 위해서는 쓰레기의 발열량은 중요한 인자가 된다. 쓰레기의 발열량은 연, 월, 일별 등 시간적으로 변동하기 때문에 분별기술의 적용, 분리저류공정의 적용, 자동연소제어 및 쓰레기 저장조내에서의 쓰레기 교반에 의한 쓰레기질의 균일화 등과 같은 방법으로 그 변동의 폭을 줄이는 처리가 필요하다. 연료의 발열량은 고위발열량(H_h)과 저위발열량(H_l)이 있으며, 고위발열량은 발생한 수증기(H_2O)가 전부 액체로 된다고 가정할 때의 잠열(Latent Heat)을 고려한 발열량이고, 저위발열량은 이러한 잠열을 고려하지 않을 때의 값이다. 일반적으로 쓰레기의 발열량은 생쓰레기를 기준으로 저위발열량으로 표시하며, 저위발열량을 구하는 방법은 다음과 같다.

〈표 4〉 서울특별시 쓰레기의 조성성분 예측(예)

[단위: W/O(건량 기준)]

성분 \ 연도		'80	'84	'88	'90	'91	'95	2000
가 연 성분	종 이 류	5.76	7.29	19.1	20.1	20.8	21.9	22.6
	목 초 류	1.64	1.78	2.8	3.0	3.2	3.5	3.7
	섬 유 류	1.91	1.65	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
	주 방쓰레기류	11.01	18.34	26.3	28.3	29.4	32.0	34.0
	플 라 스 틱 류	2.30	2.63	4.5	5.0	5.3	6.0	6.7
	고 무 류	0.38	1.00	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	기 타	3.23	2.37	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
불 연 성분	연 탄 류	68.26	57.25	33.3	28.8	26.2	20.3	15.7
	금 속 류	1.77	1.12	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	유 리, 도 자 기 류	0.89	5.00	5.7	6.5	6.9	7.9	8.8
	기 타	2.85	1.57	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7

3·1 Bomb 열량계 실측방법

Bomb식 열량계를 사용하여 직접 쓰레기의 발열량을 구하는 방법으로서, 쓰레기중의 가연분을 열량계내에서 완전연소시켜 그 때에 발생하는 열량(Hb)을 측정하는 방법이다. 이 방법으로 구한 값(Hb)은 고위발열량이므로 저위발열량(Hi)은 다음과 같이 구한다.

$$H_i = H_b - 600W \dots\dots\dots(3)$$

여기서, Hb=Bomb로 측정된 고위발열량

W=생쓰레기의 수분함량(kg/kg)

열량측정에 사용되는 시료량이 수 gram으로 그 양이 적으므로 쓰레기와 같은 혼합물에 적용시키기에는 아직 여러 가지 문제점이 있으나, 최근 영국이나 미국에서는 시료채취(Sampling)의 오차를 줄이기 위해 1kg 용량의 열량계를 개발중에 있다. 이 방법에 의한 값은 비교를 위한 기준값으로 널리 사용되고 있다.

3·2 3성분 분석방법

일반적으로 쓰레기는 가연분, 회분, 수분의 3성분으로 나눌 수 있으며, 이 3성분의 분석치로부터 쓰레기의 발열량을 구하는 방법이다. 가장 간편하고 널리 이용되는 방법으로 쓰레기의 저위발열량은 다음 식과 같이 구한다.

$$H_i = AV - 600W \dots\dots\dots(4)$$

여기서,

V=생쓰레기중의 가연분함량(건량기준) [kg/kg]

W=생쓰레기중의 수분함량 [kg/kg]

A=가연분 저위발열량의 연장평균값

(=4,500~4,800) [kcal/kg]

이 식은 가연분의 평균 저위발열량의 기준으로 계산하는 방법으로, 쓰레기중의 가연분이 가지는 발열량은 기간 및 지역별로 다르고 가연분의 발열량 평균값을 구하는 방법도 여러 가지이므로, 사용하는 A 값은 서로 다를 수 있다.

3·3 4성분 분석방법

최근 쓰레기중의 플라스틱 함유량이 점점 증가하고 있는데, 플라스틱은 다른 섬유소(Cellulose)성 폐기물(C₆H₁₀O₅ 등)보다 더 높은 발열량을 가지고 있으므로, 쓰레기의 발열량은 플라스틱의 혼입률에 의해서 크

게 좌우된다. 따라서, 가연분을 플라스틱과 그 외의 성분으로 나누어 발열량을 계산하는 4성분방법을 사용함으로써 어느 정도 오차를 줄일 수 있으며, 저위발열량은 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$H_i = (H_{P0} \cdot V_1 + H_{Pl} \cdot V_2) V - 600W \dots\dots\dots(5)$$

여기서, V₁ :가연분 중 플라스틱 이외의 성분

V₂ :가연분 중 플라스틱 성분

H_{P0} :플라스틱 이외 성분의 발열량

(=4,400~4,500kcal/kg)

H_{Pl} :플라스틱의 발열량(8,000~8,845kcal/kg)

3·4 물리조성 분석방법

쓰레기의 물리조성은 일반적으로 8~18 항목으로 나누어 그 중량%(W/O)로 표시되며, 각 조성별 발열량을 구하여 그 조성의 중량%를 곱한 값들을 더한 것이 쓰레기의 발열량이 된다. 일반적으로 물리조성 성분으로부터 쓰레기 발열량을 구하는 방법은 쓰레기의 질과 물리조성항목을 어떻게 정하느냐에 따라 다르겠지만, 각 조성중 쓰레기의 발열량과 가장 상관관계가 높은 것은 종이, 플라스틱 및 주방쓰레기 등이며, 종이와 주방쓰레기의 발열량은 차이가 있지만 동일하게 취급하여 보다 간편하게 발열량을 다음식과 같이 구한다.

$$H_i = H_{Pl} \cdot P_i + H_{CP} (P_a + G) - 600W \dots\dots\dots(6)$$

여기서, P_i =플라스틱 함유량(kg/kg)

G =주방쓰레기 함유량(kg/kg)

P_a =종이 함유량(kg/kg)

H_{CP} =주방쓰레기 및 종이의 발열량

(4,050~4,100kcal/kg)

3·5 원소 분석방법

쓰레기중의 가연분은 탄소, 수소, 산소, 질소의 4주요원소와 가연성 유황 및 휘발성 염소로 구성되어 있으며, 그중 대부분이 연소반응에 의해 열을 발생하게 된다. 이 때에 발생하는 연소열은 원소에 따라 다르고 어느 일정한 값을 가지게 되므로, 이 관계를 이용하여 쓰레기의 발열량을 구한다. 연료중의 원소의 화학결합형태(산소의 경우 H₂O, CO₂, -COOH, -CO, -OH 등)에 따라서 여러 가지 식들로 나누어지나, 탄소 및 수소 등과 산소와의 결합상태의 가정에 따라서 조금씩

다를 뿐 대표적인 산출식은 다음과 같다.

$$H_1 = 8100(C - (3/8)O) + 5700((3/8)O) + 34500 \\ (H - (1/2)O/8) + 2500S - 600(9H + W) \dots (7)$$

여기서, C = 탄소 비율(kg/kg)

H = 수소 비율(kg/kg)

O = 산소 비율(kg/kg)

S' = 유황 비율(kg/kg)

W = 수분 비율(kg/kg)

발열량은 원소조성뿐만 아니라 그 화학결합상태에 의해서도 다르기 때문에 원소조성으로부터 구한 발열량은 근사값이 되며, Steuer에 의해 제안된 식(7)은 연료중의 산소의 1/2은 탄소와 CO의 형태로 존재하고 나머지 1/2은 수소와 H₂O의 형태로 존재한다고 가정 한 식이다. 이 이외에도 연료중의 산소가 각각 전부 H₂O, -COOH, -CO의 형태로 존재한다고 가정 한 식 등이 있다. 실험결과, 식(7)은 섬유소계의 도시쓰레 기의 경우에 실측값과 가장 잘 일치하나, 원소분석을 행하는 자체가 까다로워 현재는 거의 사용되지 않는다.

3.6 열 정산방법

지금까지 언급한 방법들은 도시쓰레기를 어떻게 처 리할 것인가를 결정하기 위해 발열량을 간단히 예측하 기 위한 방법들이었지만, 열정산과 연소배가스에 의한 발열량 산출방법은 실제로 가동하고 있는 소각로에서 측정하는 방법들이다. 열정산방법은 소각로에서 얻어 지는 열평형(∑입열=∑출열)을 이용하여, 그 역계산 에 의하여 쓰레기의 저위발열량을 구하는 방법으로서, 열량계방법과 원리가 같다. 이 방법은 연속 연소식 소 각로에서 쓰레기가 가지고 있는 열량을 구하는데 적합 한 방법으로, 쓰레기의 저위발열량은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$H_1 = \beta(Q_G + Q_B - Q_A) / W_R \dots (8)$$

여기서, Q_G=연소배가스 열량(kcal/hr)

Q_B=보일러 흡수열량(kcal/hr)

Q_A=노공급 공기열량(kcal/hr)

W_R=쓰레기 소각량(kcal/hr)

β = 보정계수

열정산방법은 연소중인 쓰레기의 발열량 측정과 안 정된 연소상태를 유지하기 위한 자동제어를 할 수 있어

널리 사용된다. 보일러 발전설비가 설치된 쓰레기 소각 로에서는 증기유량의 안정을 위하여 다음의 산출식을 사용한다.

$$H_1 = \frac{1}{W_R} [604.6 G_s + 94.2(V_{a1} + V_{a2} - 1.07) \\ (V_{a1}, Ca \cdot ta_1)] + 88.6 \dots (9)$$

여기서, G_s=증기유량(=급수량)(kg/h)

V_{a1}, V_{a2}=1차 및 2차 공기량(Nm³/h)

ta₁=1차 공기온도(°C)

Ca=공기비열(kcal/Nm³°C)

3.7 연소배가스 분석방법

연소배가스중의 탄산가스 및 수분농도와 연소용 공 기량을 측정하여 연소한 쓰레기의 가연분비(V) 및 수 분비(W)를 구한 후, 이 값을 3성분식에 적용하여 저위 발열량을 구할 수 있으며, 무수 및 무회분기준의 쓰레 기 저위발열량 산출식은 다음과 같다.

$$H_1 = 45V - 6W = 45 \times \frac{88[CO_2]}{34[CO_2] + 63[H_2O]} \\ - 6 \times \frac{63[H_2O] - 54[CO_2]}{34[CO_2] + 63[H_2O]} \\ = \frac{42.84[CO_2] - 3.78[H_2O]}{0.34[CO_2] + 0.63[H_2O]} \times 100 \dots (1)$$

여기서, [CO₂]=연소배가스중 탄산가스 농도(%)

[H₂O]=연소배가스중 수분 농도(%)

그리고, 회분을 포함한 쓰레기의 저위발열량(H₁')산 출식은 다음과 같다.

$$H_1' = [1 - (a/100)] H_1 \dots (11)$$

여기서, a=쓰레기중의 회분농도(%)

H₁=무수 및 무회분기준 저위발열량

가장 일반적으로 사용되는 발열량의 산출법은 3성분 분석에 의한 식, Bomb 열량계에 의한 실측방법 및 원 소분석에 의한 방법 등이 있으며, 실제 운전되고 있는 소각로의 안전운전을 위해서는 열정산방법이나 연소배 가스 분석방법을 컴퓨터와 연계하여 사용하고 있다. 같 은 질의 쓰레기라도 적용하는 계산법에 따라 계산된 발 열량이 상이하므로, 발열량의 값을 나타낼때는 사용식 을 명기할 필요가 있다. 따라서, 도시쓰레기의 저위발 열량을 예측시는 각 지역의 쓰레기 분석방법과 그 특성 및 행정여건 등을 고려하여 적당한 방법을 채택하여야 한다. (다음호에 계속)