

## 폐기물의 발열량에 기초한 에네르기함량평가

오남철, 박효성

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《모든 공장, 기업소들에서 폐기물처리를 잘하도록 하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제24권 159페이지)

도시에서 생성된 폐기물은 에네르기재생시설이나 각이한 생산공정들에서 연료대용으로 쓰이고있다. 세계적으로 도시에서 생성되는 폐기물량은 연간 약 13억t에 달하고있으며 그 량은 2025년에 연간 22억t으로 늘어날것으로 예측하고있다.[4]

일반적으로 폐기물은 재생리용하는 방법, 퇴비로 리용하는 방법, 매몰하는 방법, 에네르기로 재생하는 방법으로 처리하고있다.

기술적 또는 경제적측면에서 폐기물을 재생리용하는것이 불가능하거나 의의가 없을 때에는 폐기물을 열처리하여 에네르기를 재생하는 방법이 폐기물의 량을 줄이고 에네르기를 생산하는 좋은 방법의 하나이다.[2, 3, 7]

론문에서는 고시의 폐기물종류별저위발열량을 평가하고 그에 기초하여 총에네르기함량을 결정하는 방법론을 서술하였다.

### 1. 폐기물의 에네르기재생평가방법

고시에서 생성되는 폐기물은 수지, 종이, 금속, 유리, 탄재, 섬유, 혼합유기성폐기물 등으로 구성되어있다.

열량계를 리용하여 얻은 폐기물의 발열량은 일반적으로 고위발열량이다. 그러나 현실에서는 폐기물을 연소시킬 때 증발잠열을 소비하므로 저위발열량을 리용한다. 따라서 폐기물의 고위발열량을 저위발열량으로 전환하여야 한다.

폐기물의 고위발열량을 저위발열량으로 전환하는 식은 다음과 같다.

$$LHV_i = HHV_i - W_e \cdot (9 \cdot H_i + W_i) \quad (1)$$

여기서  $LHV_i$ 는  $i$ 번째 폐기물의 저위발열량,  $HHV_i$ 는  $i$ 번째 폐기물의 고위발열량,  $H_i$ 와  $W_i$ 는  $i$ 번째 폐기물의 수소함량과 수분함량(표 1),  $W_e$ 는 표준물증발잠열(2441kJ/kg)이다.

표 1. 폐기물종류별수소함량과 수분함량(%)

폐기물종류	수소함량	수분함량
수지	7.20	0.26
종이	6.00	3.5
섬유	6.60	25.6
혼합유기성폐기물	6.80	51.4
나무	5.39	18.2
고무	7.20	10.3

폐기물의 총에네르기함량은 다음의 식을 리용하여 계산한다.

$$LHV_{\text{총}} = M_{\text{총}} \cdot \sigma \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot LHV_i) \quad (2)$$

여기서  $LHV_{\text{총}}$ 은 폐기물의 총에네르기함량,  $M_{\text{총}}$ 은 년간 생성된 폐기물총량,  $P_i$ 는  $i$ 번째 폐기물의 질량비율,  $\sigma$ 는 폐기물연소효율(80%)이다.

폐기물의 전력생산량은 총에네르기함량과 소각 및 가스화에 의한 에네르기전환결수, 전력생산효율을 리용하여 계산한다.

$$E = \eta \cdot \mu \cdot LHV_{\text{총}} \quad (3)$$

여기서  $E$ 는 전력생산량,  $\eta$ 는 소각 및 가스화에 의한 전력생산효율(표 2, 3),  $\mu$ 는 에네르기전환결수( $1\text{MJ} \approx 0.277\text{kWh}$ )이다.

표 2. 폐기물소각의 방법으로 전력을 생산할 때 전력생산효율[5, 6, 9]

발열량( $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	총 효율/%	순 효율/%
10.34	23.7~23.8	19.6~19.7
10.44	18	13
10.9	—	15~27

표 3. 폐기물가스화의 방법으로 전력을 생산할 때 전력생산효율[1, 8, 10]

발열량/( $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	순 효율/%
31.7~40.2	23.7
18.5	14.7~18.7
16.7	24~27

## 2. 결과분석

표시에서 발생하는 폐기물의 총량은 년간 580 000t이며 폐기물종류별비율은 표 4와 같다.

표 4. 폐기물종류별비율(%)

폐기물종류	비율
수지	2
종이	5
섬유	2
혼합유기성폐기물	10
기타 나무	4.3
고무	5.7
금속	5
유리	2
탄재	64

표 4에서 보는바와 같이 대부분의 도시폐기물에는 탄재가 기본이며 그밖에 수지, 종이, 섬유, 혼합유기성폐기물, 나무, 고무, 금속, 유리 등이 속한다.

실험을 통하여 수지, 종이, 섬유, 혼합유기성폐기물, 나무, 고무에 대한 고위발열량

을 측정하고 식 (1)과 (2)로 폐기물의 저위발열량과 총에네르기함량을, 식 (3)으로 전력생산량을 계산하면 표 5와 6과 같다.

표 5. 폐기물의 고위발열량, 저위발열량, 총에네르기함량

폐기물종류	고위발열량/(MJ·kg <sup>-1</sup> )	저위발열량/(MJ·kg <sup>-1</sup> )	총에네르기함량/(GJ·y <sup>-1</sup> )	비율/%
수지	34.10	32.51	301 710.3	10.72
종이	14.60	13.20	306 157.1	10.88
섬유	25.45	23.38	216 921.4	7.71
혼합유기성폐기물	20.30	17.55	814 386.5	28.94
기타 나무	18.16	16.53	329 838.7	11.72
고무	33.77	31.94	844 664.7	30.02
계	—	—	2 813 678.7	100.00

표 5에서 보는바와 같이 고위발열량(저위발열량)은 수지, 고무, 섬유, 혼합유기성폐기물, 나무, 종이순서이지만 총에네르기함량을 보면 고무가 844 664.7GJ/y로서 제일 높고 섬유가 216 921.4GJ/y로서 제일 작다.

소각 및 가스화에 의한 폐기물의 가능한 전력생산량을 선행연구[5, 6, 9]에서 제기한 순효율의 범위(소각 13~28%, 가스화 15~27%)에서 평가하였다.

표 6. 소각과 가스화에 의한 전력생산량평가

전력생산방법	순효율/%	전력생산량/(kWh·y <sup>-1</sup> )
소각	13	101 320 570.0
	18	140 290 020.0
	23	179 259 470.0
	28	218 228 920.0
가스화	15	116 908 350.0
	19	148 083 910.0
	23	179 259 470.0
	27	210 435 030.0

## 맺 는 말

교시에서 생성된 폐기물의 총에네르기함량은 약 2 813 678.7GJ/y정도이며 각이한 순효율(13~28%)에 따라 101 320 570~218 228 920kWh/y정도의 전력을 생산할수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] U. Arena ; Waste Management, 31, 405, 2011.
- [2] R. Baciocchi et al.; Waste Management, 30, 1310, 2010.
- [3] S. Burnley et al.; Waste Management, 31, 1949, 2011.
- [4] R. Campuzano et al.; Waste Management, 54, 3, 2016.
- [5] S. Consonni et al.; Waste Management, 32, 653, 2012.
- [6] O. Gohlke et al.; Waste Manage. Res., 25, 214, 2007.

- [7] S. S. Hla et al.; Waste Management, 41, 12, 2015.
- [8] L. Lombardi et al.; Waste Management, 32, 640, 2012.
- [9] M. Pavlas et al.; Clean Technol. Environ. Policy, 13, 595, 2011.
- [10] L. Yassin et al.; Chem. Eng. J. 146, 315, 2009.

주체107(2018)년 7월 5일 원고접수

### **Assessments of Energy Contents Based on Calorific Value of Waste**

*O Nam Chol, Pak Hyo Song*

This paper evaluated the total energy content and electricity production of waste resource based on an analysis of calorific value of waste.

Key words: waste, lower heating value, electricity production