



[2017-12-WE-009]

현장실측자료 적용을 통한 사업장폐기물 소각시설에서의 소각열 에너지 회수효율 산정 연구

고영재¹⁾ · 강준구^{1)*} · 유하녕¹⁾ · 권영현¹⁾ · 권준화¹⁾ · 장미정¹⁾ · 손지환¹⁾ · 전태완¹⁾ · 신선경¹⁾

Estimation of the Incineration Heat Energy Recovery Rate by the Application of Measured Field Data in Industrial Waste Incineration Facilities

Youngjae Ko¹⁾ · Jun-Gu Kang^{1)*} · Ha-Nyoung Yoo¹⁾ · Young-Hyun Kwon¹⁾ · Jun-Hwa Kwon¹⁾ · Mi-Jeong Jang¹⁾ · Ji-Hwan Son¹⁾ · Tae-Wan Jeon¹⁾ · Sun-Kyoung Shin¹⁾

Received 19 September 2017 Revised 29 November 2017 Accepted 29 November 2017

ABSTRACT The energy recovery rate estimation method proposed by the Wastes Control Act do not take into account the energy used in practice. In addition, this has not led to efforts to develop new technologies and improved facilities to increase the energy recovery rate caused by the lack of institutional measures. Therefore, it is necessary to prepare institutional measures and an energy recovery estimation method, including the energy used in practice, to improve these issues. In the revised estimation method (Notification No. 2015-215 of the Ministry of Environment), the energy recovery rate should be estimated based on the actual energy used. In this study, the incineration heat energy recovery rate were estimated for 7 industrial waste incineration facilities according to the revised estimation method. All data for the estimation related to energy recovery were achieved via a measuring instrument in each incinerator and direct measurements by operators for calculation. As a result, the energy recovery rate for the integral type WHB (Waste Heat Boiler) and separated type WHB incineration facilities was estimated to be 56.6% and 41.3%, respectively.

Key words Energy recovery rate(에너지 회수효율), Industrial waste incineration plant(사업장 폐기물 소각시설), Incineration heat(소각열)

1. 서론

국내 폐기물 관련 정책은 안정적 처리 목적에서 자원순환으로의 변화를 추구하였으며, 이에 따라 환경부는 2016

년 5월 29일 「자원순환기본법」을 제정하였고 2018년 1월 1일부터 시행될 예정에 있다^[1-3]. 「자원순환기본법」에서는 폐기물의 발생을 최대한 억제하고 발생 폐기물의 순환이용 및 적정 처분을 통한 천연자원과 에너지 소비의 감축 등을 목적으로 두고 있다^[1]. 동법에서는 매립 제로(Zero)화 정책을 반영하고 있으며 동시에 물질 및 에너지 재활용을 통한 자원순환을 강조함으로써 소각열이용 바이오가스화 등 에너지회수(Recovery)를 위한 관심이 더욱 고조될 것으로

1) Environmental Resources Research Department, National Institute of Environmental Research

*Corresponding author: kang8185@korea.kr

Tel: +82-32-560-7525 Fax: +82-32-568-1658

판단된다^[4-5]. 이처럼 폐기물은 더 이상 처분 대상물질이 아닌 온실가스 감축 및 재생에너지원으로써 순환자원의 기능이 부가되고 있으며^[6], 폐기물을 에너지원으로서 활용하기 위한 국가차원의 적극적인 노력이 필요한 시점이다.

한편 EU에서는 2008년 폐기물기본지침(Waste Framework Directive)의 개정을 통하여 폐기물 소각시설에서의 에너지회수율(R1)을 규정하고 에너지 회수효율 증진 및 소각처리 시장의 확대를 유도하고 있다^[7-8]. 또한 2012년 개정된 재생에너지법 제1조에서는 재생에너지에 의한 발전증강 목표를 제시하고 있으며, 2020년부터 2050년까지 10년 단위로 전력 공급에서 재생에너지를 이용한 전력 생산비율을 35%, 50%, 65%, 80% 이상으로 목표를 설정하고 있다^[9-10]. 하지만 국내의 경우 폐기물 감량 및 재활용 정책 측면으로는 선도적인 역할을 담당하고 있으나 에너지회수 측면에서는 다소 미흡한 면을 나타내고 있다. 선행연구^[5]에 따르면 2014년 기준 소각을 통한 에너지 회수량에 대하여 폐기물 1톤당 전기에너지 회수량은 OECD 13개국 중 가장 낮은 것으로 파악되었으며, 열에너지 또한 투입에너지 대비 회수 에너지는 매우 부족한 수준인 것으로 나타났다. 이러한 실정에서 「자원순환기본법」 도입은 폐기물 관리 및 에너지회수 측면에서 다양한 정책적 변화를 유도할 것이며, 특히 폐기물의 적정처리 및 열에너지회수 측면에서 중요한 위치에 있는 소각처리 및 소각열회수 관련 정책은 적지 않은 변화가 있을 것으로 판단된다^[11-12]. 무엇보다 동법의 폐기물 처분부담금(소각처분부담금) 제도에서는 소각열 에너지 순환이용에 따른 처분부담금 감면의 혜택을 규정함으로써 에너지 회수효율 증진을 위한 유인정책을 도입하였으며, 이로써 단순 소각시설과 에너지회수시설에 대한 차별화가 더욱 뚜렷이 나타날 것으로 판단된다^[13-14].

소각시설에서의 에너지 회수효율은 국내 폐자원 에너지 활용 수준 파악과 사용 확대 방안 마련을 등을 위한 척도로 활용되고 있으나 현행 「폐기물관리법」 시행규칙 3조에서 제시하는 에너지 회수효율 산정방법은 투입에너지 총량에 회수에너지(생산에너지) 총량을 나누어 산정하도록 규정하고 있다. 이에 따라 실제 유효하게 사용되지 못하는 양도 포함시키는 문제점을 야기하였으며, 에너지회수율 증진을 위한 제도적 유인방안이 부족하여 기술개발 및 시설개선 등 도입취지를 충분히 반영하지 못하였다^[15]. 이러한 문제로

에너지회수의 극대화 및 에너지 사용방안 확대를 위한 제도적 개선의 필요성이 제기되어^[12], 환경부에서는 관련 지침^[16]을 개정하여 소각을 통하여 생산된 에너지 중 실제 유효하게 사용된 양을 기준으로 산정하도록 산정방법을 제시하였다.

본 연구에서는 현재 운영 중인 사업장폐기물 소각시설을 대상으로 2018년 시행 예정인 에너지 회수효율 산정방법에 따라 에너지 회수효율을 산정하였다. 개정된 산정방법에서는 에너지 회수효율 산정인자로 객관적인 실측 자료를 적용하도록 규정하고 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 소각시설에 부착된 계측장비의 자동계측 데이터를 수집·적용하여 보다 객관성이 확보된 결과를 도출하였다. 본 연구의 결과는 추후 에너지 회수효율 산정방법의 개정 및 에너지 회수효율 증진 방안 마련을 위한 기초자료로 활용 될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 연구 방법

2.1 연구 방법 개요

본 연구에서는 현재 운영 중인 사업장폐기물 소각시설을 대상으로 설비 운영·관리 자료를 수집하여 에너지 회수효율 산정을 위한 기초자료를 마련하였다. 이를 바탕으로 시설별 에너지 생산 및 사용 현황과 소각처리공정에서의 에너지 회수효율 산정인자별 에너지 흐름을 파악하였으며, 그 결과를 보다 효과적으로 표현하기 위하여 물질흐름분석 전용 소프트웨어 STAN 2.5를 활용하여 제시하였다^[17-18]. 이러한 결과를 종합하여 최종적으로 사업장폐기물 소각시설에서의 에너지 회수효율을 산정하였으며 에너지 회수 잠재량을 파악하였다.

2.2 조사 대상시설 및 조사 항목

2.2.1 조사 대상 시설 선정

개정된 산정방법에서는 에너지 회수효율 산정인자로 객관적인 실측 자료를 적용하도록 규정하고 있다. 따라서 국내 사업장폐기물 소각시설 중 에너지 회수효율 산정을 위한 필수 계측항목의 계측장비가 기 설치되어 있는 시설을 대상 시설로 선정하였다. 또한 소각로 유형과 폐열보일러 구성(보일러 일체형, 보일러 분리형)을 고려하여 국내 사업장폐기물 소각시설 유형의 대표성을 확보하고자 하였다. 여기

서 보일러 일체형은 소각로와 폐열보일러가 별도의 통로 없이 붙어있는 구조를 말하며, 보일러 분리형은 별도의 가스 이동 통로로 연결된 구조를 말한다. 이러한 기준으로 총 7개소-10개호기를 대상 시설로 선정하였으며, 스토커소각로 5기, 로터리킬른-스토커 병합식 소각로 1기, 로터리킬른 소각로 2기, 유동층 소각로 2기를 포함하였다(Table 1).

2.2.2 조사 항목 및 자료 수집 방법

소각시설에서의 에너지 회수효율 산정인자에는 폐기물 에너지량과 보조연료 에너지량, 소각열을 활용하여 생산된

에너지(열, 전기 등)량, 응축수의 에너지량 등이 포함된다. 여기서 투입되는 폐기물 에너지량의 산정 기준인 저위발열량은 열정산법을 통하여 도출된 결과^[15]를 적용하였으며, 보조연료의 순 발열량은 「에너지법」 시행규칙 별표 에너지열량 환산기준^[19]을 활용하였다. 에너지 회수효율 산정을 위한 주요 조사 항목을 Table 2에 제시하였다. 자료 수집은 1차(5개소), 2차(2개소)로 구분하여 진행되었음, 1차 조사 기간은 약 16주, 2차 조사 기간은 약 9주로 해당 기간 동안의 운영데이터를 수집하였다.

Table 1. Status of industrial waste incineration facilities surveyed in this study

No.	Facility (Unit)	Incinerator type	Capacity (ton/hr)	WHB* type
1	A (1)	Stoker	3,8	Integral type
2	B (2)	Stoker	4,0	Integral type
3	C (2)	Stoker	3,0	Integral type
4	D (3)	Stoker + R/K	2,0	Integral type
5	E (1)	FBC	2,1	Separated type
6	F (1)	Stoker	4,0	Separated type
7	F (2)	Stoker	4,0	Separated type
8	F (3)	R/K	3,5	Separated type
9	G (1)	FBC	2,1	Separated type
10	G (2)	R/k	2,0	Separated type

* WHB : Waste Heat Boiler

Table 2. Data survey items in the incineration facilities

Category	Details category
Waste input	Waste type
	Waste feed rate
Auxiliary fuel supply	Auxiliary fuel type used in incinerator
	Auxiliary fuel feed rate used in incinerator
	Auxiliary fuel type used in atmosphere pollution prevention establishment
	Auxiliary fuel feed rate used in atmosphere pollution prevention establishment
Steam production	Flow rate of produced steam
	Temperature and pressure
Steam usage	Flow rate of used steam
	Temperature and pressure
Power generation	Amount of electricity generated
	Amount of electricity supplied to the outside among the generated electricity
	Amount of electricity used in the facility among the generated electricity
Power consumption	Amount of electricity supplied from outside
Condensate water	Flow rate
	temperature

2.3 에너지 회수효율 산정 방법

2.3.1 에너지 회수효율 산정 시스템경계

본 연구에서는 2018년 시행 예정인 에너지 회수효율 산정 방법에 제시되어 있는 산정식에 따라 에너지 회수효율을 산정하였다. 식 (1) 에너지 회수효율 산정식의 시스템경계는 폐기물의 소각과 에너지 회수 및 사용에 직접 관여하는 설비로 한정된다. 시스템경계에 포함되는 설비로는 소각로, 폐열보일러, 대기오염 방지시설 등이 해당되며 전처리설비, 하수처리설비, 사무실 등 소각처리와 에너지 회수에 직접적으로 관여하지 않는 설비는 범위에서 제외된다. 이에 따라 시스템경계 내로 공급되거나 외부로 배출되는 각각의 에너지량이 에너지 회수효율 산정식의 산정인자로 적용된다. 에너지 회수효율 산정을 위한 시스템경계를 Fig. 1에 나타냈다.

2.3.2 에너지 회수효율 산정식

에너지 회수효율 산정식은 식 (1)과 같으며, 산정 인자 E_p 는 열 또는 전기의 형태로 생산한 에너지 중 유효하게 사용한 에너지량으로 정의된다. 여기서 유효하게 사용한 에너지란 시스템경계 외부에서 사용된 열과 전기에너지, 시스템경계 내에서 사용된 전기에너지가 포함된다. E_f 는 외부에서 공급받은 에너지 중 증기생산에 기여한 에너지로 정의되며, E_i 는 외부에서 공급받은 에너지 중 증기생산에 기여하지 않는 에너지를 말한다. 즉, E_f 는 소각설비 및 에너지 생산설비에 사용되는 보조연료의 에너지가 포함되며, E_i 는 외부에서 공급받은 모든 에너지 중 E_f 와 E_w 를 제외한 에너지가 포함된다. E_w 는 처리되는 모든 폐기물이 보유한

에너지량으로 폐기물 저위발열량을 적용하여 산정한다. 또한 에너지의 유용성을 고려하여 에너지 회수효율 산정 인자 중 증기 및 온수에너지는 1.1, 전기에너지는 2.6의 보정계수를 적용하도록 하고 있다. 여기서 보정계수 1.1과 2.6은 각각 석탄 화력발전소의 보일러 효율 90%와 발전효율 38%를 반영한 계수이다.

$$\text{Energy recovery rate (\%)} \tag{1}$$

$$= \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0.97 \times (E_w + E_f)} \times 100$$

E_p : 생산한 에너지(열원, 전기) 중 유효하게 이용한 에너지량(Gcal/yr)

E_f : 외부에서 공급받은 에너지 중 증기 생산에 기여한 에너지량(Gcal/yr)

E_i : 외부에서 공급받은 에너지 중 증기 생산에 기여하지 않는 에너지량(Gcal/yr)

E_w : 처리되는 폐기물의 에너지량(Gcal/yr)

3. 연구 결과 및 고찰

3.1 시설별 에너지 생산 및 사용 현황

본 연구사업 대상시설에서의 조사기간 동안 투입된 총 폐기물량과 폐기물 톤당 에너지 생산 및 사용 현황을 Table 3에 제시하였다. 대상 시설 중 전력을 생산하는 시설은 없었으며, 생산된 열에너지는 스팀으로 외부에 공급하는 것

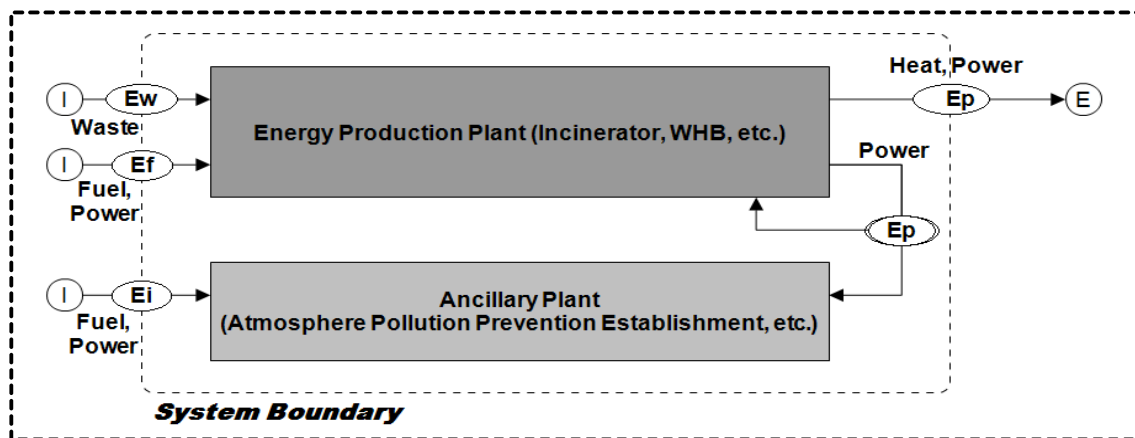


Fig. 1. System boundary for estimating energy recovery rate

으로 파악되었다. 폐기물 투입량당 에너지 생산량은 C시설이 2,982.9 Mcal/ton로 가장 높은 것으로 나타났으며, G 시설이 에너지 생산 효율이 가장 부족한 것으로 파악되었다. 반면, 생산된 에너지 중 활용되는 에너지의 비율은 G 시설이 약 98.5%로 가장 높았으며, 폐기물 투입량당 생산량

은 부족한 수준이나 생산에너지의 대부분을 유효하게 사용하는 것으로 나타났다.

3.2 에너지 회수효율 산정 예시

에너지 회수효율 산정식의 각 인자별 산정방법을 예시로

Table 3. Status of incineration heat energy production and usage

Facility (Unit)	Total waste input (ton)	Waste Energy (Mcal/ton)	Produced energy per ton of waste (Mcal/ton, a)	Used energy per ton of waste (Mcal/ton, b)	Energy utilization rate (%, b/a×100)	Energy utilization
A (1)	12,308.6	3,782.1	2,649.8	2,484.3	93.8	Steam supply
B (2)	11,542.5	2,933.4	2,560.4	1,930.2	75.4	Steam supply
C (2)	5,514.3	3,881.4	2,982.9	2,731.9	91.6	Steam supply
D (3)	6,127.5	2,803.2	2,240.2	1,742.8	77.8	Steam supply
E (1)	10,336.5	3,137.0	2,467.3	2,000.1	81.1	Steam supply
F (1)	6,626.5	3,381.2	2,400.3	1,978.1	82.4	Steam supply
F (2)	6,409.8	3,179.8	2,473.6	2,038.5	82.4	Steam supply
F (3)	6,275.6	5,928.7	2,044.1	1,641.8	80.3	Steam supply
G (1)	2,044.2	1,921.5	1,468.3	1,320.0	89.9	Steam supply
G (2)	1,667.9	2,594.5	1,427.2	1,405.5	98.5	Steam supply

Table 4. Calculation condition of energy recovery rate

Category	Category	Measured data	Unit	
Waste input	Amount of waste input target incinerator	6,410	ton/3month	
	Lower heating value of waste	3,180	kcal/kg	
Auxiliary fuel supply	Auxiliary fuel type used in incinerator	Refined oil		
	Auxiliary fuel feed rate used in incinerator	6	ton/3month	
	Auxiliary fuel type used in atmosphere pollution prevention establishment	-	-	
	Auxiliary fuel feed rate used in atmosphere pollution prevention establishment	-	-	
Steam production	Amount of produced steam	23,715	ton/3month	
	Temperature	205	℃	
	Pressure	16	bar, G	
Steam use	Amount of used steam	Supply line A	15,284	
		Supply line B	4,345	
	Temperature	Supply line A	205	
		Supply line B	164	
	Pressure	Supply line A	16	bar, G
		Supply line B	7	bar, G
	Enthalpy	Supply line A	668	kcal/kg
		Supply line B	657	kcal/kg
Power generation	Amount of electricity generated	-	-	
	Amount of electricity supplied to the outside in the generated electricity	-	-	
	Amount of electricity used in the generated electricity	-	-	
Power consumption	Amount of electricity supplied to the outside	560	Mwh/3month	
Condensate water	Amount of condensate water Flow rate	-	-	
	temperature	100	℃	

Table 5. Calculation method of energy recovery rate

Category	Calculation method	
E_w	· Waste input × LHV of waste = 6,410 ton/3month × 3,180 kcal/kg × 1/1000 = 20,382 Gcal/3month	
E_p	Line A	· Amount of used steam × (Steam enthalpy - Enthalpy of condensate water) × 1.1 × 1/1000 = 15,284 ton/3month × (668 - 100) kcal/kg × 1.1 × 1/1000 = 9,551 Gcal/3month
	Line B	· Amount of used steam × (Steam enthalpy - Enthalpy of condensate water) × 1.1 × 1/1000 = 4,345 ton/3month × (657 - 100) kcal/kg × 1.1 × 1/1000 = 2,663 Gcal/3month
	Total	· Steam energy supplied to line A + line B = 9,551 Gcal/3month + 2,663 Gcal/3month = 12,214 Gcal/3month
E_f	· Auxiliary fuel input × LHV of fuel = 6 ton/3month × 9,360 kcal/kg × 1/1000 = 56 Gcal/3month	
E_e	· Electricity consumption × Unit conversion factor × 2.6 = 560 MWh/3month × 859.85 kcal/kWh × 2.6 × 1/1000 = 1,252 Gcal/3month	
Energy recovery rate	· $\{E_p - (E_f + E_e)\} / \{0.97 \times (E_w + E_p)\} \times 100$ = $\{12,214 - (56 + 1,252)\} / \{0.97 \times (20,382 + 56)\} \times 100$ = 55.0 %	

제시하였다. 대상시설은 시간당 4.0톤의 처리용량으로 사업장 일반폐기물 및 지정폐기물을 처리하는 시설로서 스토커방식의 소각로와 분리형 폐열보일러로 구성된 형태이다. Table 4에는 에너지 회수효율 산정에 필요한 기초데이터를 제시하였으며, Table 5에 인자별 세부적인 산정방법을 나타내었다. E_w 는 폐기물 보유 에너지량으로 폐기물 투입량과 저위발열량을 적용하여 산정한다. E_p 는 열 또는 전기의 형태로 생산한 에너지 중 실제 사용한 에너지량으로 해당 시설의 경우 발전계통의 설비를 운영하지 않으므로 증기로 공급한 에너지만을 포함한다. 여기서 사용된 증기의 순 에너지량은 증기 공급량에 증기의 온도 및 압력에 해당되는 엔탈피와 응축수 엔탈피의 차이, 열에너지 가중치 계수 1.1을 적용하여 산정한다. E_f 의 경우 소각설비 공급 보조연료의 에너지가 포함되며, 보조연료 공급량과 에너지열량 환산기준^[19]의 저위발열량을 적용하여 산정한다. E_e 는 방지시설 보조연료 및 소각설비에서 사용된 전기에너지가 포함되며, 투입된 전기에너지량에 2.6의 가중치 계수를 적용하여 산정한다.

3.3 에너지 회수효율 산정 결과

본 연구에서는 사업장폐기물 소각시설에서의 계측기 데이터를 통하여 에너지 생산 및 사용량을 파악하였으며, 이를 바탕으로 에너지 회수효율을 산정하였다. 각 시설에 대한 에너지 회수효율 산정인자별 산정결과를 Table 6에 제

Table 6. Estimation result of energy recovery rate factor

Facility (Unit)	Energy recovery rate factor (Gcal/kg-waste)			
	E_w	E_p	E_f	E_e
A (1)	3,782.1	2,202.1	0.7	188.0
B (2)	2,933.4	1,785.2	1.4	52.1
C (2)	3,881.4	2,445.9	10.8	104.1
D (3)	2,803.2	1,373.9	7.3	99.9
E (1)	3,137.0	1,699.6	99.2	188.9
F (1)	3,381.2	1,657.6	9.2	65.3
F (2)	3,179.8	1,732.3	8.8	75.1
F (3)	5,928.7	1,395.1	25.4	115.0
G (1)	1,921.5	1,237.4	68.1	158.1
G (2)	2,594.5	1,197.6	20.9	154.8
Average	3,354.3	1,672.7	25.2	120.1

시하였으며, 산술평균 결과를 바탕으로 소각시설 에너지 회수효율 시스템경계에서의 에너지 흐름을 간략히 나타내었다(Fig. 2). 각 산정인자별 산정 결과는 폐기물 kg 당 에너지량(Gcal)이며 가중치 보정계수는 적용되지 않은 결과이다. 본 연구의 대상 시설의 경우 평균적으로 저위발열량이 약 3,354.3kcal/kg인 폐기물이 1kg 투입되었을 때, 소각처리 및 에너지회수 과정 중 보조연료와 전기에너지로 각각 약 25.2 Gcal, 120.1 Gcal의 에너지가 소모되며 생산된 증기 중 약 1,672.7 Gcal의 에너지를 유효 사용하는 것으로 나타났다.

최종 에너지 회수효율 산정결과를 Table 7에 제시하였다. 에너지 회수효율은 생산된 에너지량과 사용된 에너지량을 기준으로 각각 산정하였으며, 그 차이를 통하여 잠재적으로 사용 가능한 에너지량을 파악하였다. 여기서 생산된 에너지량은 폐열보일러에서 생산된 증기의 열에너지로 전량 포함하며, 사용된 에너지량은 생산된 증기 중 유효하게 사용된 증기의 열에너지만을 포함한다. 즉 생산량 기준과 사용량 기준의 에너지 회수효율의 차이인 잠재적 에너지량은 생산된 증기 중 사용되지 못하는 에너지량으로 볼 수 있다. 산정 결과 보일러 일체형 소각시설의 경우 생산량

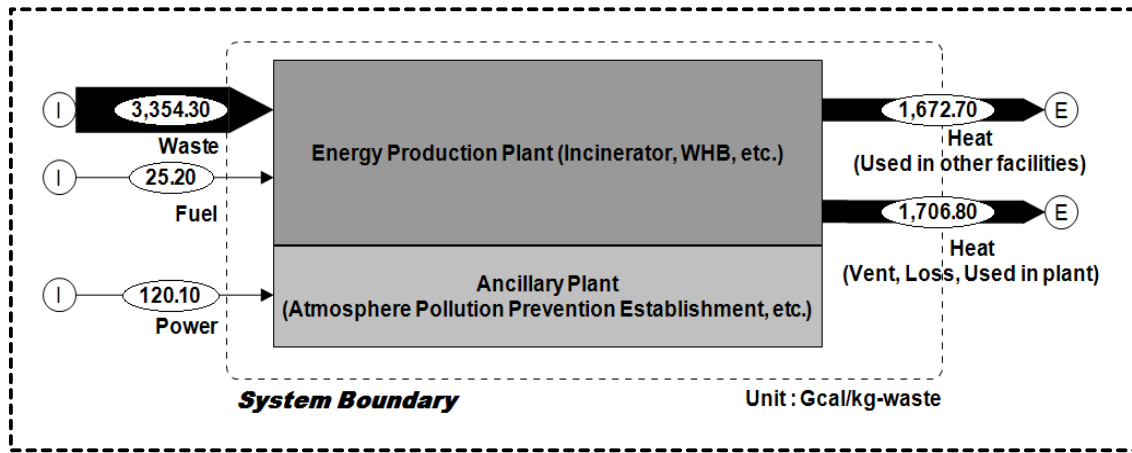


Fig. 2. Input and output energy flow at the system boundary of energy recovery rate

Table 7. Estimation result of energy recovery rate

WHB type	Facility (Unit)	Incinerator type	Energy recovery rate (%)		Potential energy (%) (a) - (b)
			Produced energy (a)	Used energy (b)	
Integral type	A (1)	Stoker	57.6	52.7	4.9
	B (2)	Stoker	75.1	64.2	10.9
	C (2)	Stoker	71.1	63.8	7.3
	D (3)	Stoker + R/K	65.7	45.6	20.1
Separated type	E (1)	FBC	57.1	40.8	16.3
	F (1)	Stoker	59.2	50.0	9.2
	F (2)	Stoker	70.5	55.0	15.5
	F (3)	R/K	28.6	21.0	7.6
	G (1)	FBC	46.6	45.7	0.9
	G (2)	R/k	36.2	35.2	1.0
Average	Integral type		67.4	56.6	10.8
	Separated type		49.7	41.3	8.4
	Total		56.8	47.4	9.4

기준 평균 67.4%, 사용량 기준 평균 56.6%로 나타났으며, 보일러 분리형 소각시설의 경우 생산량 기준 평균 49.7%, 사용량 기준 평균 41.3%로 산정되었다. 대상 시설 선정을 위한 사전 현황 조사 결과 전반적으로 보일러 분리형 소각시설의 경우 보일러 일체형보다 과거에 설치되어 노후화된 경향을 나타냈으며, 이러한 원인으로 에너지 생산량 자체가 일체형 보일러 소각시설 대비 저조한 수준인 것으로 판단된다. 또한 F시설 3호기의 경우 지정폐기물 전용 소각로로서 에너지 회수보다 지정폐기물의 안전처리를 목적으로 설치·운영되기 때문에 타 시설 대비 비교적 낮은 에너지 회수효율을 나타낸 것으로 판단된다.

아울러 본 연구에서는 에너지 회수효율 산정 결과 비교를 통하여 에너지 가용잠재량을 파악하였다. 그 결과 대상 시설 전체 평균 투입 에너지의 약 9.4%가 잠재적으로 사용 가능한 것으로 파악되었다. 이러한 에너지 가용잠재량은 생산된 에너지 중 유효하게 사용되지 못하고 버려지는 에너지량으로 판단할 수 있으며, 외부 수요처 확대 및 배출가스 재가열 등 소내 열에너지 공급을 통하여 에너지 회수효율을 증가시킬 수 있는 잠재적인 양을 의미하는 것으로 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 현재 운영 중인 사업장폐기물 소각시설을 대상으로 2018년 시행 예정인 에너지 회수효율 산정방법에 따라 에너지 회수효율을 산정하였다. 또한 각 산정 인자에는 현재 소각시설에서의 계측장비 실측 자료를 적용하여 보다 객관성이 확보된 결과를 도출하였다. 에너지 회수효율 산정결과 에너지 생산량 기준 약 56.8%, 사용량 기준 47.4%의 결과를 나타냈으며, 투입에너지의 약 9.4%가 에너지 가용잠재량으로 파악되었다. 개정된 에너지 회수효율 산정방법에서는 생산된 열에너지 중 실질적으로 유효하게 사용된 에너지를 기준으로 산정하도록 제시하고 있다. 따라서 폐기물 소각시설에서는 노후화 설비의 개선, 열병합 발전시설로의 전환 등 다양한 개선방안을 강구해야 할 것으로 판단된다. 특히 열병합 발전시설의 경우 에너지 회수효율에 적용되는 전기에너지에 대한 2.6의 보정계수를 고려하였을

때, 운영 중인 설비에 적합한 발전방식으로서의 전환과 발전 후의 여열 공급을 최대화 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

서론에 기술하였듯이 현재 국제적으로 폐기물을 단순 처분 대상 물질이 아닌 순환자원으로 활용함으로써 천연 자원과 에너지 소비의 절감 및 온실가스 배출량 감축 등 국가차원의 정책 목표를 달성하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 국내 폐기물 처리 시장의 경우 소각처리 및 소각열 회수에 대한 인프라 구축과 기술개발이 활성화 되어있으며, 소각시설에서의 에너지 회수 극대화는 자원순환사회로의 전환을 통한 국가 목표 달성에 매우 유리한 방안일 것으로 판단된다. 본 연구에서는 실질적인 소각열 에너지 유효 사용량에 대한 정량적 분석·평가를 수행하였으며, 이러한 측면에서 본 연구의 결과는 향후 국가 수준의 에너지 회수효율 증진 방안 마련 및 기술 개발 등을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] Ministry of Government Legislation, 2016, "Fundamental Law of Resource Circulation".
- [2] Park, S. W., 2017, "Enforcement of the Fundamental Law of Resource Circulation and Waste Management : The EU's Resource Efficiency Policy Trend", Journal of Korea Society of Waste Management, 34(3), 215-223.
- [3] Park, S. W., 2017, "Status of Disposal and Incineration Facilities for Municipal Waste : Focusing on Metropolitan Cities and Provinces in Korea", Journal of Korea Society of Waste Management, 34(2), 107-116.
- [4] Kwon, Y. H., Son, J. I., Kim, K. H., Shin, S. K., 2017, "A Method to Calculate Lower Heating Value of Municipal Solid Waste Incinerator", Journal of Korea Society of Waste Management, 34(3), 259-266.
- [5] Park, S. W., 2017, "Disposal of Municipal Solid Waste and Energy Recovery from Incinerated Waste : Focus on OECD Countries", Journal of Korea Society of Waste Management, 34(1), 1-12.
- [6] Park, S. W., 2014, "Energy Recovery of Municipal Solid Waste : High-Efficiency Incineration Technology", Journal of Korea Society of Waste Management, 31(2), 125-133.

- [7] Ministry of Environment, 2013, “Restructuring Method Prepared Study of Waste Management Systems”.
- [8] Korea Environmental Industry Technology Institute, 2015, “EU of Waste Incineration Management Systems”.
- [9] Park, S. W., 2015, “Development of National Municipal Solid Waste Incineration Electricity Generation”, Low-carbon & Resource Cycle Research Institute, 2(1), 3-28.
- [10] Euroserv'er., 2014, “Renewable Municipal Waste Barometer”.
- [11] Park, S. Y., 2015, “Incineration Technology Trends for Municipal Waste Energy”, Chungnam National University.
- [12] Kwon, Y. H., Son, J. Ik., Kim, Ki. Heon., 2016, “Incineration Heat Energy Recovery Calculation Method of Domestic Incineration Facilities”, Journal of Korea Society of Waste Management, 33(4), 1-9.
- [13] Han, S. Y., Kim, K. Y., Lee H. S., Jo, J. H., Choi, D. H., 2014, “A New Legal System for Establishing a Resource Circulating Society”, Korea Environment Institute.
- [14] Kang, B. J., Kang, H. C., Choi, J. S., 2015, “Analysis of the Achievements and Challenges of Waste Policies through in-depth Interviews : Focusing on the Renewable Energy Policy”, Korean Association of Space & Environment Research, 25(3), 86-124.
- [15] Kang, J. G., Son, J. I., Kwon, Y. H., Yoo, H. N., Ko, Y. J., Kwon, J. H., Jang, M. J., Cho, S. Y., Jeon, T. W., Shin, S. K., 2016, “A Study on Standard of Incineration Heat Energy Recover for Introducing Advanced System”, National Institute of Environmental Resarch.
- [16] Ministry of Government Legislation, 2016, “Notification No. 2015-251 of the Ministry of Environment”
- [17] Ko, Y. J., Jang, Y. C., 2016, “A Study of the Determination of Actual Recycling Rate of Construction and Demolition Waste using Material Flow Analysis (MFA) in Korea”, Journal of Korea Society of Waste Management, 33(5), 483-491.
- [18] Brunner, P. H., 2004, “Practical Handbook of Material Flow Analysis”, Lewis Publishers.
- [19] Ministry of Government Legislation, “Attached Table of Enforcement Rule of the Energy Act”.