



# 국내 폐기물 에너지의 잠재량 분석 (1)

노남선<sup>1)\*</sup> · 조상민<sup>2)</sup> · 소진영<sup>2)</sup> · 김광호<sup>1)</sup> · 김유미<sup>1)</sup> · 김현구<sup>1)</sup> · 강용혁<sup>1)</sup>

## Analysis on the Internal Waste Energy Potential

Namsun Nho<sup>1)</sup> · Sangmin Cho<sup>2)</sup> · Jinyoung So<sup>2)</sup> · Kwangho Kim<sup>1)</sup> · Youmi Kim<sup>1)</sup> · Hyungoo Kim<sup>1)</sup> · Yongheack Kang<sup>1)</sup>

Received 4 July 2016 Revised 29 August 2016 Accepted 29 August 2016

**ABSTRACT** Combustible waste can provide the energy required for industrial production activity or home life, and generally be classified as waste solid fuel (SRF : Solid Refuse Fuel), pyrolytic fuel oil of polymer wastes, gasification fuel of combustible wastes, and incineration heat, etc. This study examined the energy potential for domestic waste based on the statistical data (Generation & Management Status of Domestic Waste (2013)) published annually by the Ministry of Environment. The geographical potential was defined as the numerical values of the quantity of waste generation in statistical data multiplied by the average heating value. The technical potential was calculated from the recovery rate of representative waste energy technology. Based on the 2013 fiscal year, the geographical potential of domestic combustible wastes was 8,360,000 TOE/year, and the technical potential including waste gas, was presumed to be approximately 10,450,000 TOE/year.

**Key words** Waste Energy(폐기물 에너지), Theoretical Potential(이론적 잠재량), Geographical Potential(지리적 잠재량), Technical Potential(기술적 잠재량), Market Potential(시장 잠재량)

### 1. 서론

폐기물 에너지는 사업장 또는 가정에서 발생하는 가연성 폐기물을 가공·처리하여 얻어지는 고체·액체·기체 형태의 연료와 이를 연소 또는 변환시켜서 발생하는 열, 온수, 증기, 전기 등과 같은 에너지를 의미한다.<sup>[1,2]</sup>

또한 에너지 함량이 높은 가연성 폐기물을 산업생산 활동이나 가정 생활에 필요한 에너지로 활용하는 폐기물 에너지의 범위는 크게 폐기물 고형연료(SRF : Solid Refuse Fuel), 고분자 폐기물의 열분해 연료유, 가연성 폐기물의 가스화 연료, 소각열 등으로 구분이 가능하다.<sup>[3,4,5]</sup>

본 내용에서는 환경부에서 2014년도에 발간한 “전국 폐

기물 발생 및 처리 현황(2013년도)” 및 “지정폐기물 발생 및 처리 현황(2013년도)” 자료에 명기된 가연성 폐기물의 세부 항목과 2013년 3월에 발간된 “제4차(2011~2012) 전국 폐기물 통계 조사” 자료에 집계된 폐기물 종류별 발열량 분석 결과를 근거로 하여 폐기물 에너지 잠재량을 추정해 보았다.<sup>[6,7,8,9]</sup>

환경부에서 1년 단위로 발표하는 폐기물 통계 자료는 전국의 시군구별로 수거되어 처리된 폐기물 물량을 반영한 자료로서 실제로 폐기물 에너지로 활용 가능한 가연성 폐기물의 발생량을 포함하고 있기 때문에 폐기물 에너지의 지리적 잠재량을 산출하는데 기준 자료로 사용하였다.

그리고 기술적 잠재량은 일차적으로 모든 가연성 폐기물을 소각 방식으로 처리한다고 가정하여 추정하였으며, 향후에는 폐기물 종류 및 성상별로 적용이 가능한 에너지화 기술을 세밀하게 선정하고 정확한 에너지 회수율을 적용하여 분석할 계획이다.

1) Korea Institute of Energy Research E-mail: nsroh@kier.re.kr  
Tel: +82-42-860-3631 Fax: +82-42-860-3134

2) Korea Energy Economics Institute

## 2. 잠재량 분석 기준 및 방법

본 내용에서는 아래와 같은 기준과 방법을 적용하여 폐기물 에너지 잠재량의 세부 항목을 결정하고 폐기물 종류별과 시군구별로 지리적 잠재량과 전체적인 폐기물 에너지의 기술적 잠재량을 분석하였다.

첫째, 폐기물 에너지 잠재량은 크게 생활폐기물(가정생활 폐기물 + 사업장생활계 폐기물), 사업장배출시설계폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물로 분류하여 산출하였고, 일정량 이상의 발열량을 보유한 것으로 판단되는 모든 종류의 가연성 폐기물을 대상으로 하였다.<sup>[10]</sup>

둘째, 생활폐기물 중에서 음식물/채소류 분야는 “종량제에 의한 혼합 배출” 항목에 포함된 발생량만을 가연성 폐기물에 포함시켰다.<sup>[12]</sup>

셋째, 유기성 슬러지(오니)류 중에서 “하수 농축 슬러지”의 경우는 바이오 에너지(호기성 또는 혐기성 소화) 분야에 포함되어 작성될 계획이기 때문에 폐기물 에너지의 경우는 폐기물 통계 자료에 집계된 하수 처리 슬러지의 발생량을 포함하여 에너지 잠재량을 계산하였다.<sup>[12,13]</sup>

넷째, 국내의 신재생에너지 보급 통계에 지속적으로 포함되어 있는 폐가스 분야는 많은 논란의 대상이 되고 있지만 현재는 폐기물 분야의 에너지 잠재량 산출에 포함시켰다.<sup>[14]</sup>

그리고 폐기물 분야에 대한 에너지 잠재량은 아래와 같은 시나리오를 설정하여 산출하였다.

- 이론적 잠재량  
: 국내에서 생산되는 폐기물 총량을 에너지 양으로 환산 (수거율과 실제 폐기물 수거량을 고려하여 실제 발생하는 폐기물 총량을 추산)
- 지리적 잠재량  
: 지역적 특성을 고려하여 수집이 가능한 폐기물 양을 이용한 잠재량 산정 (환경부에서 집계하는 “전국 폐기물 발생 및 처리 현황”을 근거로 산출)
- 기술적 잠재량  
: 폐기물의 종류별 표준 발열량을 적용 (폐기물의 종류별로 소각, 열분해 유화, 열분해 가스화 등의 기술이 적용될 수 있지만 최종적으로 에너지를

회수하기 위하여 연소 기술이 필요한 것으로 가정하여, 기준 에너지 회수율을 적용)

## 3. 에너지 잠재량 분석 결과

### 3.1 폐기물 분류 및 종류별 잠재량

2013년도에 지정폐기물을 포함하여 국내 가연성 폐기물이 보유한 지리적 에너지 잠재량을 발생량을 기준으로 하여 산출한 결과를 Table 1부터 Table 3에 폐기물 분류 및 종류별로 상세하게 정리하였다.

2013년을 기준으로 국내에서 연간 발생하는 가연성 폐기물은 2,570만톤 정도이며, 분류별로는 사업장배출시설계폐기물이 51.0%로서 가장 비중이 크고, 생활폐기물의 발생 비율은 36.4%로 집계되었다.

Table 1부터 Table 3에 집계된 수치들을 종합하여 지정 폐기물을 포함한 국내 가연성 폐기물의 지리적 에너지 잠재량을 계산해보면 8,361,768 TOE/년으로서 이는 2013년도 기준의 국내 총 1차 에너지 공급량인 280,290,000 TOE의 3.0%에 해당한다.<sup>[14]</sup>

폐기물 종류별로는 고무피혁류, 플라스틱류, 합성수지

Table 1. Energy potential for domestic waste

폐기물 종류	발생량 (톤/년)	저위발열량 (kcal/kg)	에너지 잠재량 (TOE/년)
음식물/채소류	59,130	1,015	6,002
종이류	1,964,686	2,964	582,333
나무류	1,013,350	3,039	307,957
고무피혁류	348,064	5,367	186,806
플라스틱류	1,141,173	8,017	914,878
기타	2,197,008	1,894	416,113
소 계 <sup>1)</sup>	6,723,410		2,414,089
종이류	1,506,866	2,964	446,635
합성수지류	487,348	5,908	287,925
플라스틱류	452,199	8,017	362,527
의류	50,662	3,803	19,267
가구류	133,481	3,039	40,565
폐식용유	11,023	8,798	9,698
소 계 <sup>2)</sup>	2,641,578		1,266,617
합 계	9,364,988		3,580,706

1) 분리 배출 2) 혼합 배출

Table 2. Energy potential for general industrial waste

폐기물 종류	발생량 (톤/년)	저위발열량 (kcal/kg)	에너지 잠재량 (TOE/년)
폐지류	46,610	2,622	12,221
폐목재류	1,091,314	3,400	371,047
폐섬유	82,673	4,811	39,774
폐합성수지	3,341,539	5,908	1,974,181
폐합성고무	139,321	8,418	117,280
폐피혁	13,870	5,270	7,309
폐수처리오니	3,407,530	1,239	422,193
공정오니	467,492	408	19,074
정수처리오니	47,596	24	114
하수처리오니	2,223,178	115	25,567
동식물성잔재물	1,228,480	1,889	232,060
폐식용유류	11,461	8,798	10,083
기 타	1,004,553	1,500	150,683
합 계	13,105,617		3,381,586

Table 3. Energy potential for construction and designated waste

폐기물 종류	발생량 (톤/년)	저위발열량 (kcal/kg)	에너지 잠재량 (TOE/년)
폐목재	256,778	3,400	87,304
폐합성수지	618,784	5,908	365,578
폐섬유	6,058	4,811	2,915
폐벽지	840	2,937	247
합 계 <sup>1)</sup>	882,460		456,044
합 계 <sup>2)</sup>	2,323,725	4,060	943,432

1) 건설폐기물 2) 지정폐기물

류, 합성고무류, 피혁류, 섬유류 등의 고분자 화합물이 보유한 에너지 잠재량은 전체의 51% 정도인 426만 TOE/년 (생활폐기물 : 1,752,136 TOE/년, 사업장배출시설계폐기물 : 2,138,544 TOE/년, 건설폐기물 : 368,393 TOE/년)으로서 폐기물 전체 에너지 보유량의 절반 이상을 차지하고 있다.

### 3.2 시군구별 잠재량

2013년도를 기준으로 지정폐기물을 포함한 국내 가연성 폐기물이 보유한 에너지 잠재량(지리적 잠재량)을 17개 시도별로 구분하여 발생량과 함께 Table 4에 정리하였다.

시도별 에너지 잠재량을 살펴보면 경기도의 에너지 잠재량 비율이 23.4%로 가장 높은 비율을 보이고 있으며, 서울

Table 4. Waste Energy potential of 17 cities and provinces

지역	발생량 (톤/년)	에너지 잠재량 (TOE/년)	비율 (%)
서울	2,099,844	676,097	8.1
부산	1,231,538	456,327	5.4
대구	1,093,807	338,888	4.1
인천	1,126,384	373,195	4.5
광주	374,063	140,857	1.7
대전	791,503	249,325	3.0
울산	1,231,586	391,411	4.7
세종	477,568	157,356	1.9
경기	6,028,383	1,953,314	23.4
강원	692,930	227,588	2.7
충북	2,401,401	713,511	8.5
충남	1,474,630	517,425	6.2
전북	1,737,923	445,963	5.3
전남	1,183,788	414,697	5.0
경북	1,715,440	592,132	7.1
경남	1,817,423	646,165	7.7
제주	198,579	67,515	0.7
합 계	25,676,790	8,361,768	100.0

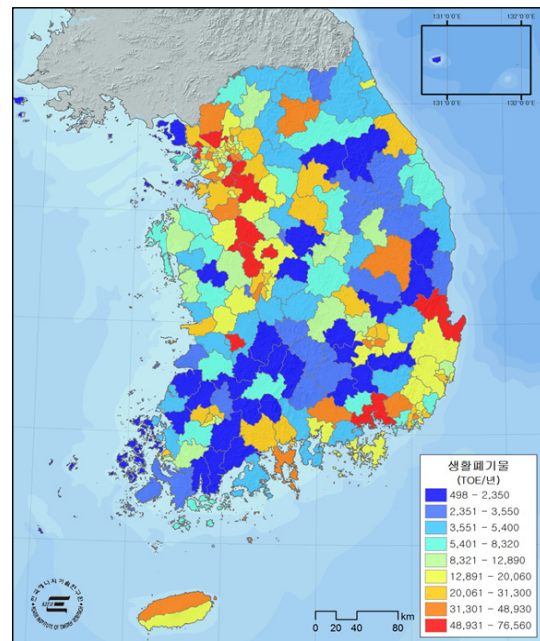


Fig. 1. Energy potential map for domestic waste

특별시, 인천광역시 및 경기도로 구성된 수도권의 폐기물 에너지 잠재량이 36.0%를 차지하고 있다.

Fig. 1부터 Fig. 5는 Table 1부터 Table 3에 정리한 폐

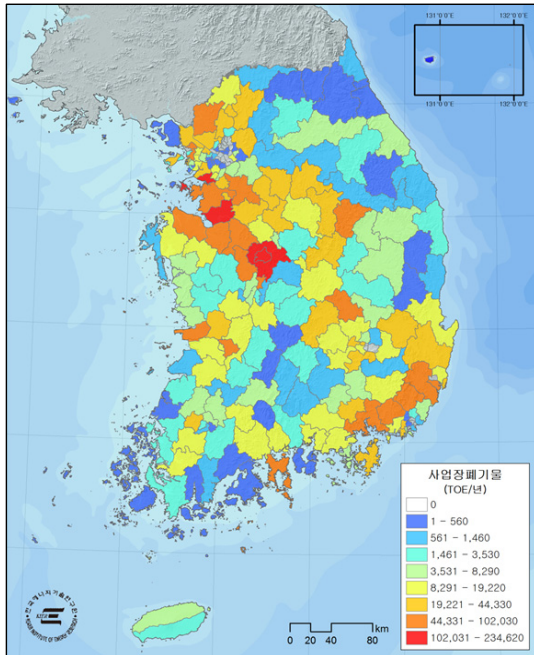


Fig. 2. Energy potential map for general industrial waste

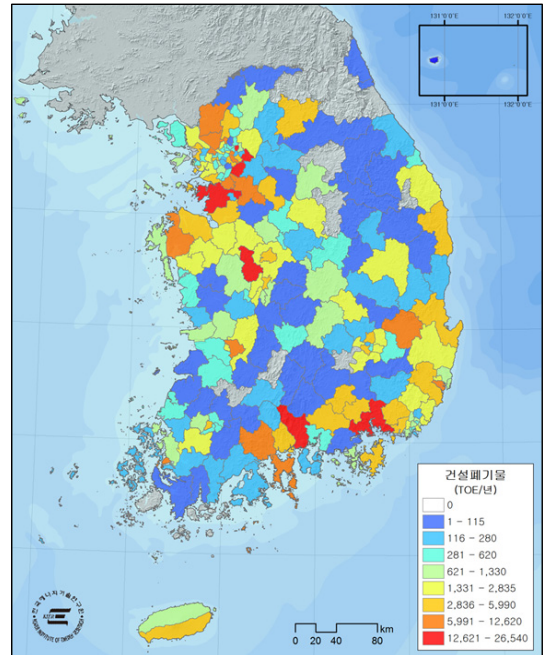


Fig. 4. Energy potential map for construction waste

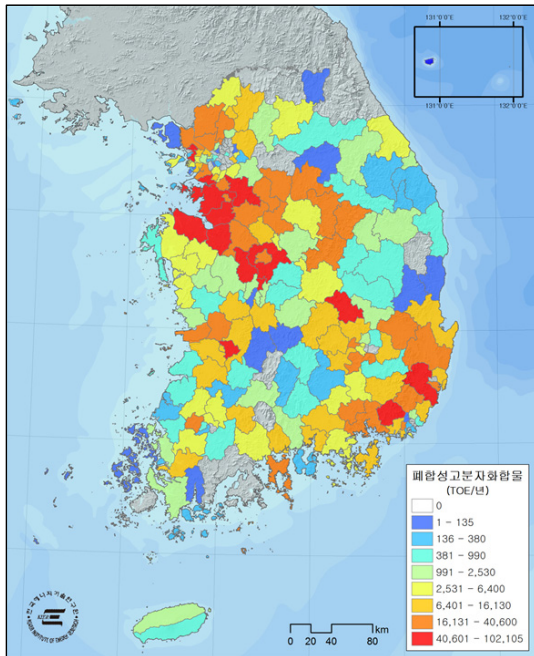


Fig. 3. Energy potential map for waste polymer materials

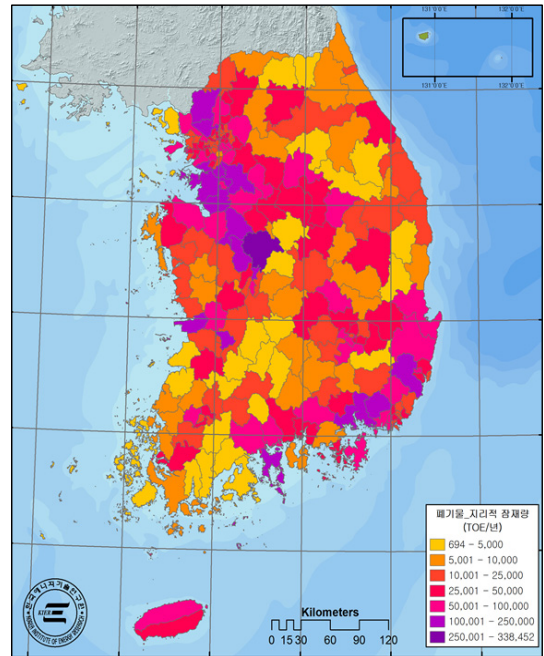


Fig. 5. Energy potential map for domestic combustible waste

기물 분류 및 종류별 지리적 잠재량 산출방식을 전국의 257개 시군구에 적용하여 폐기물 에너지의 지리적 잠재량을 산출한 결과를 소개한 그림이다.

### 3.3 폐기물 에너지 잠재량 종합

폐기물 분야의 지리적 잠재량에 해당하는 국내 가연성 폐기물의 종류별 에너지 잠재량 산출 결과(Table 1, 2, 3 참조)를 기준으로 하고, 폐가스를 포함시켜서 추산한 폐기물

Table 5. Summary of waste energy potential

구분	에너지 잠재량(TOE/년)		
	이론적 잠재량	지리적 잠재량	기술적 잠재량
생활폐기물	3,769,164	3,580,706	2,685,530
사업장배출 시설계 폐기물	3,559,564	3,381,586	2,536,190
건설폐기물	480,046	456,044	342,033
지정폐기물	993,086	943,432	707,574
폐가스	5,175,313	4,916,548	4,179,066
합 계	8,801,860	8,361,768	6,271,327

※ 폐기물 수거율 및 폐가스 집계율 : 95% 적용  
 ※ 에너지 회수율 : 75% 적용 (폐가스는 85% 적용)  
 ※ 폐가스 시장 잠재량 : 기술적 잠재량의 80% 적용

분야의 에너지 잠재량을 Table 5에 항목별로 정리하였다.

생활폐기물, 사업장배출시설계폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물에 대한 이론적 잠재량은 지리적 잠재량에 평균 수거율 95%를 적용하여 산출하였고, 폐가스의 이론적 잠재량은 평균 집계율 95%를 적용하여 계산하였다.

기준 에너지 회수율은 75%를 적용하였으며, 폐가스의 경우는 85%를 적용하였다. 또한 폐가스의 경우는 에너지 관리공단에서 2014년도에 발간한 “2013년 신·재생에너지 보급 통계” 자료에서 집계된 에너지 생산량에 근거하여 잠재량을 추정하였다.<sup>[14]</sup>

Table 5를 살펴보면 폐기물 에너지 잠재량 중에서 폐가스가 차지하는 비중이 전체의 1/3을 상회하고 있으며, 기준 에너지 회수율을 적용하여 산출한 전체 폐기물 에너지의 지리적, 기술적 잠재량은 각각 1,328만 TOE/년과 1,045만 TOE/년으로 집계되었다.

#### 4. 결론 및 향후 계획

환경부에서 발간하는 폐기물 통계 자료를 기준으로 하여 크게 생활폐기물, 사업장배출시설계폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물로 구분되는 국내 폐기물 중에서 가연성 폐기물이 보유한 에너지 잠재량을 분석하였다.

2013년도를 기준으로 국내 가연성 폐기물의 지리적 에너지 잠재량은 836만 TOE/년으로서 국내 총 1차 에너지 생산량의 3.0%에 해당한다.

폐기물 종류별로는 폐고분자 화합물의 지리적 잠재량이 전체의 51% 정도인 426만 TOE/년으로서 가장 높고, 지역별로는 서울특별시, 인천광역시 및 경기도로 구성된 수도권의 폐기물 에너지 잠재량이 전체의 36.0%를 차지하고 있다.

또한 폐가스를 포함하고 기준 에너지 회수율을 적용하여 산출한 전체 폐기물 에너지의 기술적 잠재량은 1,045만 TOE/년으로 추산되었다.

향후에는 폐기물 종류 및 성상별로 적용이 가능한 에너지 회수율을 세밀하게 검토하고 각 기술별로 정확한 에너지 회수율을 적용하여 기술적 잠재량을 분석할 계획이다.

그리고 시장 잠재량은 기술적 잠재량을 기준으로 하여 기술적/경제적/정책적/환경적 측면의 여러 가지 사항들을 최대한 반영하여 실제로 시장에 보급이 가능한 폐기물 에너지 양으로 산출될 예정이다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제의 일환으로 수행되었습니다(2014 3010071570).

#### References

- [1] 산업통상자원부, 2015, “신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령 (대통령령 26439호)”.
- [2] Wolfram K., Kristina N., Corinna K., Corolin C., Eva S., Wina G., Monique H., Nikolaus S., Uta von W., Sascha S., 2009, “Role and Potential of Renewable Energy and Energy Efficiency for Global Energy Supply(UBA-FB 001323/E)”, Federal Environment Agency, Germany.
- [3] 환경부, 2016, “자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 시행규칙 (환경부령 제650호).
- [4] 한국에너지기술연구원, 2010, “고형연료(RDF)의 원료 기준 및 연소시설 운전 지침 마련 연구 (연구 보고서)”.
- [5] 한국에너지기술평가원, 2010, “6,000톤/년 규모 이상의 종말품 혼합폐플라스틱 열분해 유화공정 개발 (상세기획 보고서)”.
- [6] 한국에너지기술연구원, 2010, “가연성 폐기물 가스화 기

술 및 생성가스 자원의 이용 기술 개발 (연구 보고서)”.

- [7] 환경부/한국환경공단, 2014, “전국 폐기물 발생 및 처리 현황(2013년도)”.
- [8] 환경부/한국환경공단, 2014, “지정폐기물 발생 및 처리 현황(2013년도)”.
- [9] 노남선, 조상민, 김광호, 고강석, 2016, “국내 폐기물 에너지의 잠재량 분석”, 한국신재생에너지학회 학술대회논문집, pp. 299.
- [10] 환경부, 2013, “제4차(2011~2012) 전국 폐기물 통계 조사”.
- [11] 환경부(한국환경산업기술원), 2009, “폐자원 및 바이오매스 에너지화 기술개발사업 기획보고서”.
- [12] 한국폐기물협회, 2012, “2012 가연성폐자원 에너지화 전문가 양성과정(교육자료)”.
- [13] 산업자원부(에너지관리공단 신·재생에너지센터), 2007, “신·재생에너지 RD&D 전략 2030 (폐기물)”.
- [14] 에너지관리공단 신·재생에너지센터, 2014, “2013년 신·재생에너지 보급통계”.