

全連続式一般廃棄物焼却施設におけるエネルギー回収状況の分析

北海道大学大学院 ○(正) 松藤敏彦, 劉 小鳳 (現, タケエィ)

1. はじめに

温室効果ガス削減のため、廃棄物焼却施設からのエネルギー回収が求められている。しかしこれまで、ごみ焼却施設におけるエネルギー収支に関して、十分なデータはなかった。例えば、平成23年版環境白書(p.237)においては、「稼働中または建設中のごみ焼却施設のうち、発電を行っている又は行う予定の施設は304に上り(中略)その総発電量は約69億kWhであり、約190万世帯の消費電力に匹敵する。」としているが、どれだけの電力を施設外部へ取り出しているかはわからない。また、環境省の一般廃棄物処理実態調査において、焼却施設のエネルギー回収に関する調査項目は表1のようになっていた。平成18年まで余熱利用方法は、蒸気・温水、電力について、場内/場外利用の有無を尋ねるだけで、どれだけ外へ取り出せるかは、平成19年になって外部への供給量として項目に追加された。電力はさらに2年遅れ、平成21年から外部への取り出し量が追加された。しかし、電力は買電など外部からの供給があるため、外部へ供給を発電量と較べるだけでは十分とはいえない。

筆者らは、全国の一般廃棄物焼却施設を対象としてアンケートを実施し、物質収支、エネルギー収支、コストを分析した。調査対象は全連続式焼却施設すべてとし、2010年7月に635施設に送付して回収率は62.8%(399施設)であり、ここでは発電を行っていると回答した219施設の分析結果を述べる。

2. 電力の収支

(1) 電力フローの内訳

図2に、発電の利用方法の内訳を示す。以下では、灰溶解なしの焼却、灰溶解ありの焼却、ガス化溶解に区別して分析するが、灰溶解とガス化溶解はほとんど1998年以降に建設されていた。そのため、断らない限り焼却は1998年以降に竣工の施設を対象とする。図2は外への取り出しがある施設が多いことを示すが、量は不明である。

施設の電力は、以下の4つに区分できる。①発生：発電量、②入力：買電量+外部からの無料供給量、③出力：売電量+外部への無料供給量、④消費：使用量、である。以上のうち測定可能なのは①②③であるが、エネルギーの収支をとるためには④の使用量が必要であり、「①+②-③」によって求めることができる。これまでの調査では、これら4つの関係を分析したものはなかった。

(2) 発電量と外部供給

②③は、費用を伴う買電、売電以外に、無料供給がある。③の出力としては、無料で供給するよりも売電して収益を得ることが望ましい。そこで、売電量が③のうちどれだけの割合なのかを、発電を行い、かつ売電ありの171施設について集計したところ、表2となった。「電力割合」とは、売電量を1としたときの外部への無料供給電力量を示している。無料供給なしの施設が63%であり、0.1以下が4分の3となっている。無料供給電力量が大きい施設もあるが、おおよそ外部取り出しの大部分は売電であるといつてよい。一方、②のうち外部からの無料供給がある施設はゼロであり、すべての入力を買電であった。

③の出力が大きくても、②入力が同様に大きければ、それは見かけのエネルギー生産である。図3は、①発電量に対する入力②、出力③の割合を、それぞれ縦軸、横軸にとってプロットした。右へ行くほど電力の取り出し割合が多く、エネルギー生産施設としては有効であるが、上へ行くほど正味の取り出し量は小さくなる。全体に、プロットは左側に集中し、外部供給/発電量が0.2より小さい施設はガス化溶解、灰溶解ありの焼却であり、これらの施設は外部からの供給量も多くなっている。中には、発電量と同等かそれ以上の電力を、外部から供給しているところもある。

表1 環境省調査におけるエネルギーの調査項目

～平成18年度	平成19～20年度	平成21年度～
余熱利用の状況		
場内温水・蒸気 発電(場内利用) 場外温水・蒸気 発電(場外利用)		
総余熱利用量(MJ)	総余熱利用量(公称と実績に分けて)(MJ)	
	うち外部供給熱量(MJ)	
発電能力(kW)		
発電効率(%)	発電効率(実績)(%)	
総発電量(MWh)	総発電量(実績)(MWh)	
	うち外部供給量(MWh)	

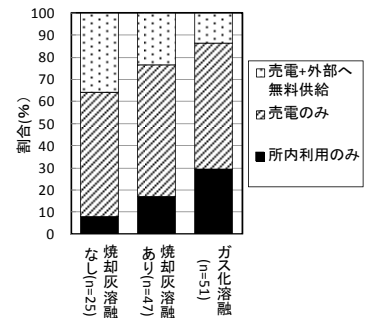


図2 発電利用方法

表2 外部無料供給電力/売電量

電力割合	施設数	割合[%]
ゼロ	107	62.6
～0.05	12	7.0
～0.1	12	7.0
～0.15	5	2.9
～0.2	3	1.8
～0.3	9	5.3
～0.5	5	2.9
～1.0	6	3.5
～2.0	4	2.3
～5.0	5	2.9
5.0以上	3	1.8

この横軸の分布を、施設種類ごとに描くと図4となる。焼却は75%の施設が0.2~0.6の範囲であり、灰溶融ありの焼却も63%がその範囲にある。一方、ガス化溶融は80%の施設が0.4以下であり、0.1以下も30%あって、外部へのエネルギー取り出しが小さいことがわかる。図には参考のため1998年以前の焼却施設も示している。分布の幅が広いが、0.6~0.8が20%あり、新しい焼却施設と較べて外部への取り出しが小さいとは言えない。

(3)処理量あたりの発電量, 使用量, 外部取り出し量

ごみ処理量あたりの発電量, 電気使用量, および外部取り出し電力量を図5に示す。図中, 算術平均を「×」, 中央値を「—」で示した。中央値とは, 数値を大きさの順に並べて小さい方から50%に相当する値である。また長方形の下側の辺は25%値, 上側の辺は75%値, 長方形から伸びる線はそこから1.5×(75%値-25%値)を表す。これらの範囲に入らない数値を外れ値とした。図4のような分布図から平均的な数値を読みとることは難しいが, 図5は燃焼装置間の比較が容易になる。

図5左より, ガス化溶融は発電量がやや小さいが, 燃焼装置間で大きな差はない。一方, 図5中より電気使用量を見ると, 灰溶融ありの焼却(電気式, 燃料式とも), ガス化溶融は, 灰溶融のない焼却施設よりも電気使用量が多い。ガス化溶融は, 流動床式, キルン式, シャフト式の間に大きな差はなかった。ごみ処理量あたりの電気使用量の単純平均を求めると, 灰溶融なしの焼却は150kWh/t前後であり, 灰溶融を備えた焼却は電気式と燃料式それぞれ299, 316kWh/t, ガス化溶融は326kWh/tとなった。図5左中に1998年以前の焼却施設を参考に載せたが, 発電量, 電気使用量ともに1998年以降の施設よりも小さいことがわかる。

図5右は, ごみあたりの外部への電力供給量である。図5左中の結果から予想されるように, 灰溶融なしの焼却>灰溶融ありの焼却>ガス化溶融の順となっている。

3. 熱利用状況

アンケートでは施設の概要として,

「所外熱利用を行っているか」を尋ねたところ, 約半数の施設がありと回答した(アンケート回答全施設について)。しかし実際の供給量を記入してもらったところ, 図6左のように蒸気の所外利用は10~20%にすぎなかった。(利用形態は温水よりも蒸気が多い)。回答は質量単位であったので, 蒸気の発熱量を2.68MJ/kg(100°C1気圧飽和乾蒸気), ごみの発熱量を8639KJ/kgとすると, 図6右のようにごみの持つ熱量あたりの外部取り出し量は2%~6%と極めて少なく, ゼロも多いことがわかった。

4. おわりに

ごみからのエネルギー回収性能は, 発電効率で評価されることが多い。しかし発電量の大部分を所内消費し, 外部へ供給できる電力が少なければ, エネルギー回収施設としては好ましくない。本文2(1)で述べたエネルギーの収支を把握して, 正味のエネルギー生産となる技術選択が重要であろう。

なお, 本研究は平成23~24年度循環型社会形成推進化学研究費補助金(K22006)のもとに行ったもので, 報告書は下記研究室ホームページにPDFとして全文を公開している。

<http://wastegr2-er.eng.hokudai.ac.jp/home/report.html>

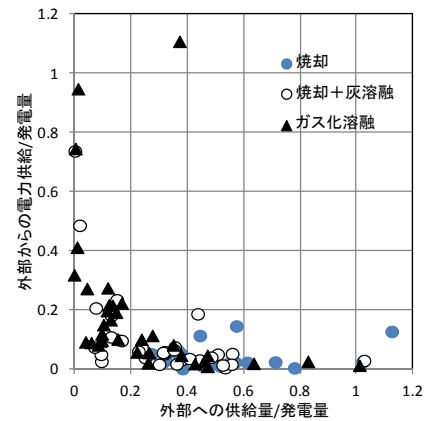


図3 発電量に対する外部供給量

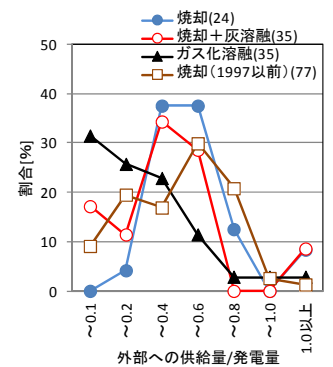


図4 外部供給量/発電量の比

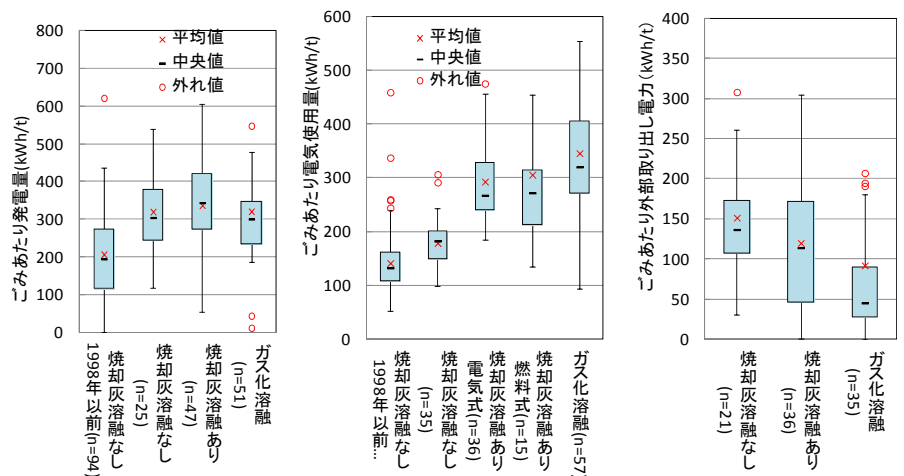


図5 ごみ処理量あたりの発電量, 電気使用量, 外部取り出し量

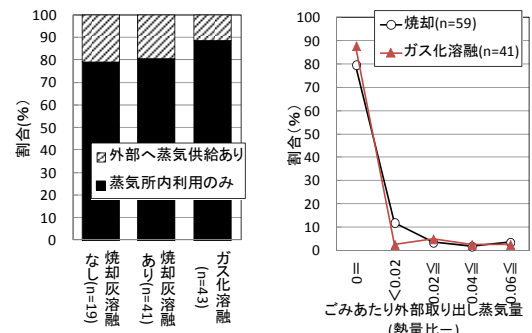


図6 蒸気の利用状況