

スターリングエンジンを活用した 廃熱利用発電システム

SNT エスエヌ環境テクノロジー株式会社

技術本部 プラント計画部
〒554-0012 大阪府大阪市此花区西九条5丁目3番28号
TEL 06-4804-5529
FAX 06-4804-5535

(現・カナデビアE&E株式会社)

1. はじめに

地球温暖化対策の国際的な枠組みである「パリ協定」に続き、実施指針であるCOP24が2018年12月ポーランドにて採択された。2020年より、ほぼすべての国が参加し、温室効果ガス削減に向けた取り組みや成果が求められている。

また、東日本大震災以降、エネルギー戦略が見直され、廃棄物エネルギーの高度利用化が進み、とりわけ廃棄物発電への期待は大きくなっている。その中で、ごみ焼却施設においては、従来のように適切にごみを処理するだけでなく、温室効果ガス削減に寄与する発電によるエネルギー回収施設としての役割が求められている。

環境省「日本の廃棄物処理 平成28年度版」^{*1}によると、国内のごみ焼却施設においては、全施設数1,120施設の内、発電利用を行っている施設数は358施設であり、全施設の約32%に当たる。しかし、処理能力別に見ると、規模の大きさ100t/日以上施設数591の内、発電利用を行っている施設数337(約57%)に比べ、中小規模の100t/日未満では施設数529の内、わずか21施設(約4%)に留まっている。中小規模のごみ焼却施設において発電利用の普及が進んでいないのが実状である。

その要因として、中小規模のごみ焼却施設は大部分が間欠式焼却炉であり、連続して熱を供給出来ないため、ボイラー式発電炉の適用が難しいことや専門技術者確保の負担が挙げられる。

本稿では、廃熱利用発電における課題を解決し、中小規模のごみ焼却施設へ導入したスターリングエンジンによる廃熱利用発電システムを紹介する。

2. 中小規模ごみ焼却施設における余熱利用方式

現在、余熱利用設備については、場内給湯設備が多く導入されている。しかし、昨今の環境省の指針である廃棄物エネルギーの利活用の「高度化」という観点からすると、可能な限り高効率に廃棄物からエネルギー回収を推進していく必要がある。

表1に中小規模のごみ焼却施設における廃熱利用方法を示す。場内給湯以外の用途として、バイナリー発電や場外温水利用、スターリングエンジンを用いた発電などが挙げられる。

表1 廃熱利用方法

番号	項目	概要
1	場内給湯設備	1) 場内の給湯、シャワー、風呂として利用できる
2	場外温水利用	1) 近隣に温水の供給先が必要である 2) 需要的に24h熱供給する必要がある
3	施設内冷・暖房	1) 温水を利用するため、間欠炉では温度上昇時及び降下時は冷・暖房の利用ができない
4	バイナリー発電	1) 温水を利用するため、間欠炉では温度上昇時及び降下時は発電ができない 2) 冷却水使用量が多い
5	スターリングエンジン	1) 間欠炉においても、ごみ焼却施設の運転に応じて発電できる 2) 冷却水使用量が少ない

中小規模ごみ焼却施設では、8時間運転の間欠式焼却炉も採用され、定常運転時間は立上げ・立下げを除いた5～6時間程度である。バイナリー発電は、温水を使用するため、発電できる時間が定常運転時間より更に短く、上記の間欠式には適さない。また、冷却水使用量が多く、配管工事やポンプの設置が必要である。

場外温水利用については、近隣に供給する施設先が必要であり、施設の設置場所に依存するため、全ての施設での適用は困難となる。

スターリングエンジンは、間欠式焼却炉においても運転に応じて発電を行い、また、発電設備で使用する冷却水量が少ないため、他の機器冷却用設備と共用でき、付帯工事費を抑えることができる。

当社は、廃棄物エネルギー利用の高度化及び間欠式焼却炉に適した特性から、スターリングエンジンを用いた廃熱利用発電を採用し、導入を行った。

3. スターリングエンジン廃熱発電システムの 特長

中小規模のごみ焼却施設への発電設備普及が特に進んでいない背景として、

- ①中小規模の大部分を占める間欠運転式の場合、発電時間が短く、ボイラー式発電設備の導入のメリットが少ない。
- ②付帯工事が多く、イニシャルコストが高い。
- ③専門技術者が少ないために管理することが困難である。また、主任技術者などの設置が必要になり、自治体への負担が増加する可能性がある。などの課題が挙げられる。

上記の課題に対してスターリングエンジンは

- 1) 熱源状態を検知しながらエンジンの起動、発電、停止まで自動運転が可能のため、運用性が非常に高く、運転員への負担が少ない。
- 2) ごみ焼却施設のような入熱が一定ではない場合でも、熱量に適した回転数に調整すること

で、発電効率を大幅に低下させずに運用することができる。

3) 熱交換が高効率なため、他の廃熱発電に比べて冷却水量が非常に少なく済み、既存設備の冷却設備でまかなえる。そのため、発電設備のための付帯設備工事費は少額となる。

4) 電気事業法施行規則の改定（2014年11月）により10kW/台及び合計発電出力50kW未満であれば、以下の届出・選任が不要となった。

I. 一般電気工作物及び保安規定の届出

II. 電気主任技術者の選任

III. ボイラータービン主任技術者の選任

エンジンは1台10kW未満であるため、一般電気工作物となり、届出・選任が不要となる。

以上のように多くの優位点がある。

これまで発電設備の導入を断念していた中小規模焼却施設への最適なソリューションであると考えている。

4. 実証結果

スターリングエンジン廃熱発電システムの有効性を見極めるために、A市クリーンセンターに導入した写真を図1に示す。焼却炉内の側壁の耐熱煉瓦にスターリングエンジンのための取付用の穴を設け、焼却施設の炉壁へ簡単に施工ができる。図1はヒータ挿入を水平方向にし、エンジンを設置した例となる。

本発電の仕組みとして、燃焼室内の燃焼ガスに含まれる腐食性ガスからスターリングエンジンを保護するために、保護カバーを設置している。燃焼ガスの熱エネルギーの一部を保護カバーに伝え、伝えられた熱は保護カバーの内壁面からの放射によってスターリングエンジンに供給されることで、燃焼エネルギーを効率良く発電することができる。



図1 スターリングエンジン廃熱発電システム (発電出力 5kW)

焼却施設の炉稼働時刻に対する炉内温度と発電出力の関係を図2に示す。8時に炉内温度700℃を超えて、スターリングエンジンに起動運転を自動で指令をかけている。8時30分には約3kWの発電出力し、10時30分には安定出力4kWに達している。炉の立ち下げ時刻である19時まで、約4kWの安定発電している様子が見える。また、発電出力の変動は炉内温度の変動に追従していることがわかる。

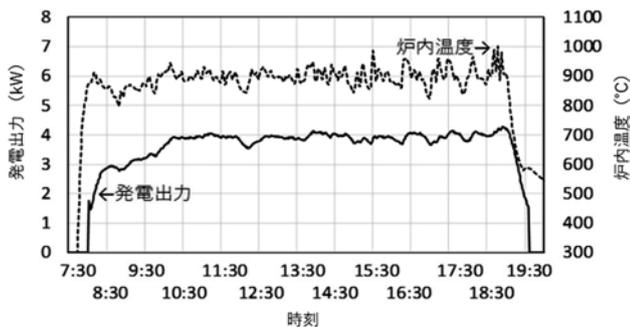


図2 焼却施設炉内温度とスターリングエンジン発電出力の関係

間欠式焼却炉におけるスターリングエンジン廃熱発電システム運転状況を図3に示す。炉内温度を感知して自動運転を行い、運用性が高く間欠式焼却炉に適した発電システムだと確認できる。

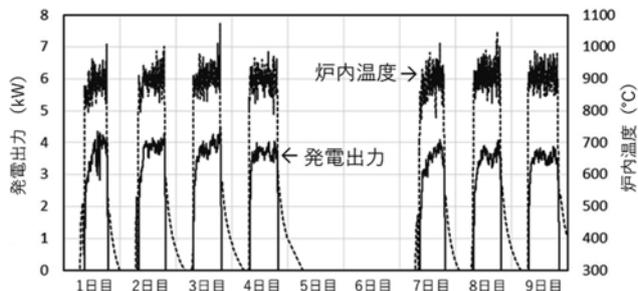


図3 間欠式焼却炉におけるスターリングエンジン廃熱発電システム運転状況

5. おわりに

今後、中小規模のごみ焼却施設において地域のエネルギー拠点としての役割が、より一層に求められていくと考えられる。

当社は、今後、温室効果ガス削減に寄与するためにスターリングエンジン廃熱発電システムの設置を増やし、中小規模のごみ焼却施設における廃熱利用発電を推進していく。

※1：環境省「日本の廃棄物処理 平成28年度版」(平成30年3月公表)

http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/index.html