

## 下水処理におけるエネルギー回収：ライフサイクル的視点からの評価

九州大学工学部

学生員○岸 和宏

正員 松本 亨

学生員 岩渕 省

正員 井村秀文

### 1. はじめに

従来、先進工業国で利用されるエネルギー源は、化石燃料・水力・原子力などに頼られてきた。特に、化石燃料に依存する現在のエネルギー需要構造は、地下資源の枯渇や地球温暖化といった地球規模の問題の原因ともなっている。その解決に向けて、さまざまな解決法が模索されている。

地球環境保全の観点から、その利用の抑制やこれに変わるエネルギー源の開発が提案されている。都市部においても、ゴミ焼却熱や地下鉄排熱など、現状では回収・利用されていない未利用エネルギーが多く存在している。特に都市活動により排出される下水中には、エネルギー的に未利用な部分が多く存在している。本研究では下水から回収・利用可能なエネルギーのうち、消化ガスを利用した発電に着目し、消化ガス発電システムの運用エネルギーを算出した。

### 2. 消化ガスについて

汚泥の消化方式には、1段消化と2段消化がある。現在、国内の処理場では、一般に2段消化が行われている。1次タンクで加温・攪拌を行い、次の2次タンクで消化汚泥と脱離液との分離を行うのが2段消化である。汚泥洗浄タンクで脱離液と消化汚泥との分離を合わせて行ったり、汚泥濃度が高く固体分離をしなくても直接脱水できたりするときは、1段消化も可能である。また、タンク内温度の均一化、消化効率の向上、スカムの発生防止を目的として、攪拌装置が設置されており、攪拌方法にもいくつかの方式がある。

消化方式と攪拌方法のいくつかの組み合わせによる年間汚泥総量と消化ガス発生量との関係を算出した。ここでは、もっとも一般的な2段消化加温方式・ガス攪拌方式による汚泥量と発生ガス量との関係について図1に示す。

発生する消化ガスの成分は、おおよそ、メタン(60～65%)、二酸化炭素(33～35%)、窒素(0～6%)、水素(0～2%)、硫化水素(0.01～0.02%)という構成である。

### 3. 消化ガス発電について

消化ガス発電の一般的なモデルフロー図を図2に示す。

従来、消化ガスは消化タンクの加温の利用されるのがほとんどで残りのガスは焼却処分されていた。消化ガス発電とは、消化ガスの更なる有効利用を図るために、発電の燃料として導入することによりエネルギー形態として汎用性のある電気エネルギーへの変換を行うことにより、消化ガスの有効利用の拡大を目的としたものである。また、従来の消化プロセスでは、消化ガスを燃料としたボイラで発生した蒸気を用いて消化タンクの加温を行っていたが、ガスエンジンからの回収熱により温水を得、熱交換器を用いてタンクの加温を行うこと

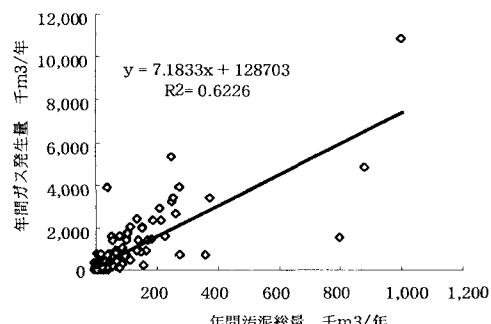


図1 汚泥量とガス発生量との関係

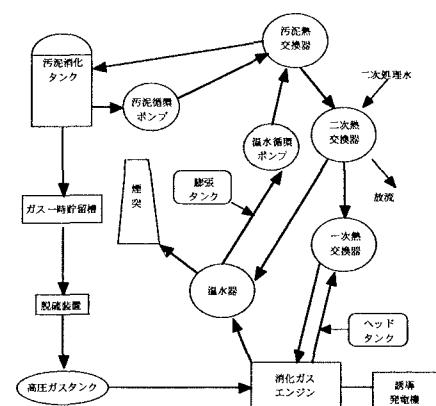


図2 消化ガス発電のモデルフロー

も有効利用の一つである。

消化ガスを燃料とするガスエンジンは、一般的には二重燃料式エンジンと火花点火式エンジンとがある。現在国内で消化ガス発電を行っている処理場では、ほとんどが火花点火式エンジンを使用している。各エンジンの特徴を、表1に示す。

表1 エンジンの特徴

二重燃料式	長所	消化ガスが不足しているとき、液体燃料だけで運転可能
	短所	燃料供給系統の構造が複雑で、常に10%前後のパイロット燃料が必要
火花点火式	長所	エンジン構造が比較的単純で、消化ガスだけで運転可能
	短所	消耗品である点火プラグの寿命が短い

国内における消化ガス発電のそれぞれの処理場のデータから、消化ガス使用量と発電量との関係を求めた。その関係を表す図を、図3に示す。

#### 4. 運用エネルギーの算出および結果

運用エネルギーの評価対象は、燃料(消化ガス)の採集、精製、輸送の過程での設備の運用および発電プラントの修繕保守である。

対象としたのは、A処理場(年間汚泥総量1,336千m<sup>3</sup>、年間ガス発生量3,694千m<sup>3</sup>、年間発電量4,073千m<sup>3</sup>)で、火花点火方式のエンジンを採用している。

算出方法としては、処理場の運用費(平成8年度)を調査し、それに各種エネルギー原単位を乗して算出した。その結果は、表2の通りである。

#### 5. まとめ

本研究では一般的な消化ガス発電システムについての運用エネルギーの算出を行った。今後は消化ガスの原単位を算出し、また建設エネルギーなどを求め消化ガス発電全体のLCEを行う。また、下水処理におけるエネルギー回収として考えられる他のオプション(熱供給、都市ガス利用など)についても同様な評価を行い、エネルギー回収についてのシステムの最適化を行う。

#### <参考文献>

- 1) 中本 至 監修 下水熱利用促進研究会編：未利用エネルギー活用の手引き
- 2) 平成7年度版 下水道統計 行政編 第52号の1 社団法人日本下水道協会
- 3) 下水道設計指針と解説 社団法人日本下水道協会 建設省都市局下水道部監修 1984年版

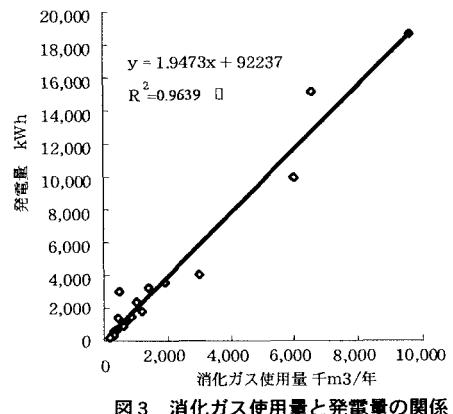


図3 消化ガス使用量と発電量の関係

表2 運用エネルギー表

消耗品	金額(円)	原単位(103Mcal/百万円)	エネルギー(103Mcal)
パッキン類	8,957,000	20,838	186,646
排ガス触媒容器	4,838,000	9,724	47,045
点火プラグ	2,342,000	9,724	22,774
フィルター類	523,000	42,078	22,007
潤滑油	1,143,000	15,714	17,961
タービン油	51,000	15,714	801
その他	3,838,000	7,711	29,595
計	21,692,000		326,828
維持管理作業			
修繕工事	10,000,000	10,113	101,130
点検作業	12,915,000	4,036	52,125
計	22,915,000		153,255
合計	44,607,000		480,083