

下水汚泥処理における 消化ガス発電の現状と動向

1. はじめに

地球温暖化防止や循環型社会の構築が重要な課題となっているなか、生物起源の有機性資源であるバイオマスが注目されています。

下水処理過程で発生する下水汚泥もバイオマス資源として位置づけられており、下水汚泥を嫌気性消化して得られる消化ガスを発電等に有効活用することにより、化石燃料の節減と同時にCO₂削減に貢献できます。例えば、消化ガス発電の導入により、処理場の消費電力量の約30%を賄うことが可能であると言われています。

ここでは、下水汚泥の有効活用策のひとつとして注目されている消化ガス発電の現状と動向について紹介します。

2. 下水汚泥処理プロセスの概要

一般的な下水汚泥処理プロセスの概略フローを図-1に示します。

(1) 水処理

流入した下水を、最初沈殿池、エアレーションタンクおよび最終沈殿池で処理を行い放流可能な水質まで浄化し、消毒後放流します。エアレーションタンクでは、下水中の有機物を好気性微生物により分解します。この微生物の活動に必要な空気

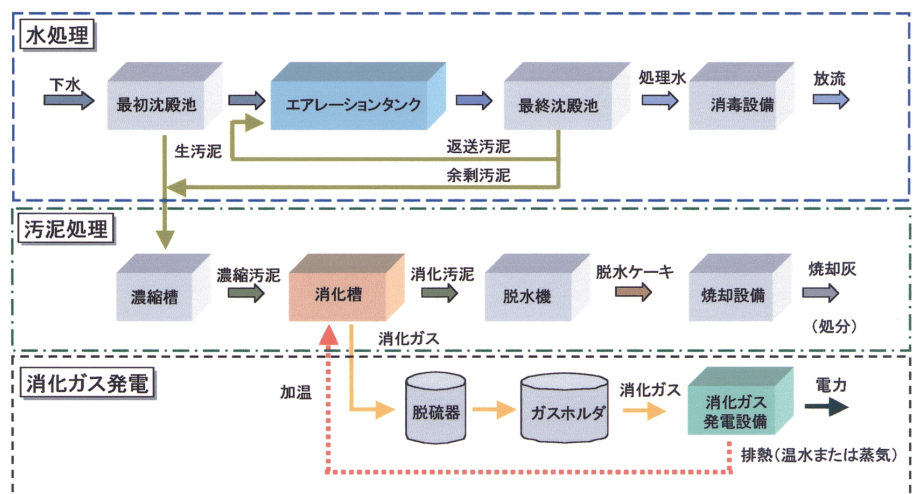


図-1 下水汚泥処理プロセスの概略フロー

をブロワで供給しています。

(2) 汚泥処理

水処理プロセスで発生した汚泥を濃縮・消化・脱水・焼却等の処理を行い、最終的に焼却灰として処分します。消化槽は有機物を含む濃縮汚泥を嫌気性消化(メタン発酵)させ、メタンを主成分とする消化ガスとして回収する設備で、メタン発酵を加速させるため通常35~40℃程度に加温しています。この加温に必要な熱(温水または蒸気)は、消化ガス発電の排熱で賄っています。

(3) 消化ガス発電

消化ガスはメタンを約60%、CO₂を約40%含むガスで、天然ガス系都市ガス(13A)の約半分の発熱量を持っています。不純物成分として、

有毒で腐食性の強い硫化水素が含まれているため、脱硫器により除去し、ガスホルダに一時貯留後、消化ガス発電設備に供給されます。

3. 消化ガス発電の現状

消化ガスの利用法としては、従来から消化槽の加温や汚泥焼却炉の補助燃料として利用されてきましたが、1980年代に処理場電力費の節減と資源有効活用の観点からガスエンジンによる消化ガス発電が実用化されました。その後、石油価格の下落や汚泥処理方式の見直し、消化ガス発電設備維持費用の増大等の問題からあまり普及していないのが実状です。

しかし近年、地球温暖化対策や省

エネルギーへの関心の高まりから、消化ガス発電が再び注目を集めています。

4. 発電方式の種類と特徴

消化ガス発電に適用可能な発電方式としては、従来から利用されているガスエンジンの他に、マイクロガスタービンや燃料電池があります。

表-1に各発電方式の比較を示します。

(1) ガスエンジン

ガスエンジンは、消化ガス用として最初に実用化された発電方式で、小容量から大容量までそろっており、消化ガス用の発電システムとしては最も一般的な方式となっています。

これまで、消化ガスを燃料とするガスエンジンでは、エンジン部品やNOx除去触媒の寿命が短く、結果として設備維持費用が高くなるという課題がありました。しかし近年、消化ガス中の微量不純物成分(シロキサン：有機ケイ素化合物)の存在が明らかになり、これがエンジン内で燃焼して生成したシリカ(SiO₂)に起因することが解明されています。

その結果、消化ガス中のシロキサンを除去することによる対策が可能となり、従来は経済性の観点から消化ガス発電の導入が難しかった中小規模の処理場に対しても、消化ガス発電の導入が進むものと予想されます。

(2) マイクロガスタービン

マイクロガスタービンは、基本的には大型のガスタービンと同じ原理に基づいていますが、再生サイクルの採用により小容量でも比較的高い発電効率を達成しています。また、空気軸受けの採用や発電機直結による減速機の省略等により部品点数が

表-1 消化ガス発電に適用可能な発電方式の比較

	ガスエンジン	マイクロガスタービン	燃料電池
消化ガスへの対応状況	消化ガスに対して最初に適用され、導入事例18ヶ所で最も多い。	消化ガス仕様のもものが商品化され、実証試験中。	消化ガス用として実用化しているのはリン酸型で、導入事例2ヶ所あり。
発電出力(kW)	50~1,200	28~100	100~200
発電効率(%)	30~35	25~30	35~40
総合効率(%)	70~80	70~80	70~80
排熱回収形態	温水または温水+蒸気	温水または蒸気	温水または温水+蒸気
主な有害成分	硫化水素 シロキサン	硫化水素 シロキサン	硫化水素 アンモニア

削減され、信頼性・保守性が向上しており、設備維持費用の低減が期待されています。

なお、マイクロガスタービンもガスエンジンと同様、燃焼をとまなう発電方式のため、消化ガス中のシロキサンの燃焼で生成するシリカによって、エンジン部品の損傷を受けることが予想されるため、除去する必要があります。

(3) 燃料電池

燃料電池は、環境性が良好で発電効率が高く、かつ部分負荷でも高効率を維持できる特徴を持っています。

電解質の種類により、①リン酸型(PAFC)、②熔融炭酸塩型(MCFC)、③固体酸化物型(SOFC)、④固体高分子型(PEFC)に分類されていますが、消化ガスを燃料とするものでは、リン酸型のもものが実用化されています。

消化ガスを燃料とするリン酸型燃料電池発電システムの基本的な構成は都市ガス仕様のもと同様で、硫黄化合物を除去する脱硫器、メタンを水素等に変換する燃料改質装置、一酸化炭素を水素に変換するCO変成器から構成されています。

硫化水素は、改質触媒を劣化させるためppbオーダーまで除去する必要があります。シロキサンの影響は受けないと考えられますが、燃料中の

アンモニアはリン酸と反応・蓄積し電池特性に影響を与えるため、あらかじめ除去する必要があります。

5. 今後の動向

下水汚泥の嫌気性消化は、汚泥中の有機物をメタンとして回収するものですが、メタン回収量の増加を目的として、凝集剤添加による生汚泥回収量の増加や余剰汚泥の可溶化処理等の技術開発が進められています。

生汚泥は、余剰汚泥と比較して分解しやすく、メタン回収量の増加が見込まれ、また、エアレーションタンクへの有機物量が減少するため、ブロワ電力量の削減効果も期待されます。一方、余剰汚泥は可溶化処理により分解しやすくなり、メタン回収量の増加と同時に消化汚泥の減量化が実現できます。

また、下水汚泥とその他のバイオマス(生ごみ、家畜排泄物、剪定廃材等)の集約処理についても、「バイオマス・ニッポン」のモデル事業として計画されており(国土交通省)、将来的には下水汚泥処理における消化ガス発生量の大幅な増大が見込まれると予想され、消化ガス発電が今後ますます重要になってくると考えられます。