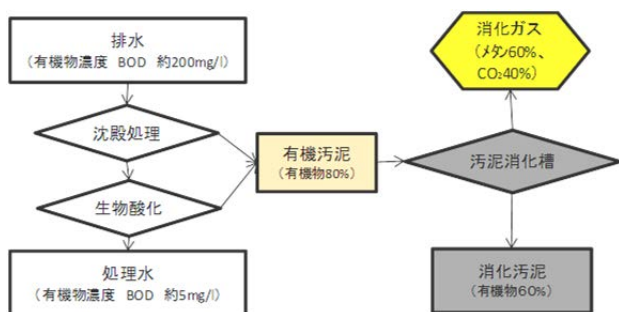


# 下水処理施設が有するエネルギーの利活用に関する一考察

(財) 栃木県建設総合技術センター 下水道部 石原卓也

## 1、はじめに

下水処理場では、家庭や工場等の排水を浄化する過程で、有機物(汚れ)を汚泥として除去している。この汚泥を「嫌気性消化」という発酵工程により、有機物を分解し減量化する。この過程で「消化ガス」と呼ばれる、メタン約60%、二酸化炭素約40%を含む可燃性ガスが発生する。消化ガスは化石燃料に由来せず、カーボンニュートラルな燃料として有用視されている。



栃木県の流域下水道では、平成20年度に発生した消化ガスの内27%を、消化槽内の発酵促進の加温用燃料として利用したが、残りの73%を焼却処分している。この消化ガスを有効利用することは、多くの温室効果ガスを排出している下水処理場の省エネルギー、二酸化炭素の大幅削減が期待できる。



写真-1 嫌気性汚泥消化施設

## 2、消化ガス発生量について

栃木県の流域下水道には7つの下水処理場(以下「各施設」)があり、全施設において嫌気性汚泥消化施設が稼働している。京都議定書で定めた温室効果ガス排出量の6%低減目標年度である平成24年度には、表-1に示す消化ガスの発生が推定される。

平成24年度	消化ガス発生量		
	千m <sup>3</sup> /年	m <sup>3</sup> /日	m <sup>3</sup> /h
鬼怒上浄化センター	944	2,586	108
巴波川浄化センター	645	1,767	74
北那須浄化センター	898	2,460	103
県央浄化センター	1,517	4,156	173
大岩藤浄化センター	222	608	25
思川浄化センター	350	959	40
秋山川浄化センター	1,004	2,751	115
<b>合計</b>	<b>5,580</b>	<b>15,287</b>	<b>638</b>



表-1 平成24年度の消化ガス発生量

## 3、消化ガスの利用について

消化ガスは、様々な用途に利活用できる優れたエネルギーであるが、ここでは効果が期待できる、「発電」と「車両燃料化」の2分野に注目した。

### (1) 消化ガス発電

消化ガスを利用した発電技術は、「ガスエンジン」、「マイクロガスタービン」、「燃料電池」の3種類が一般的であり、それぞれの特性は表-2に示すとおりである。発電の際には、消化ガス中に含まれる「シロキサン」と呼ばれるシリカ成分(ケイ素)や硫化水素が機器を劣化させ、故障の原因となるため、それらを除去するためのガス精製装置が必要となる。

	ガスエンジン	マイクロガスタービン	燃料電池
発電概要			
	消化ガスをエンジンのピストンで圧縮点火し、その爆発力を利用し発電機を回転させて電気を得る。	消化ガスと圧縮した空気を燃焼させてタービンを回転させることにより電気を得る。	改質器内に消化ガスを通し、水素と空気中の酸素を電気化学反応させて電気を得る。
脱硫設備	必要	必要	必要
シロキサン除去	必要	必要	必要
メタン濃度	60%	60%	60%
CO <sub>2</sub> 除去	不要	不要	不要

表－２ 各発電設備の特性

最も実績がありバリエーションが豊富なのは「ガスエンジン」であるが、排ガス対策や騒音対策等が必要であり、小規模処理場ではメリットが少ないと考えられる。

「マイクロガスタービン」は野外に設置でき、小規模処理場でも対応可能であるが、修繕時を考慮し初回導入時に複数台の導入が必要と考えられる。

「燃料電池」は下水処理場での採用実績が少ない状況であるが、発電効率が良いという特徴がある。

各施設で発電を実施した場合、平成24年度の消化ガス発生量では、約820万kWh/年の発電量となり、電力料金の低減額に換算すると、表－3のとおり 9,700万円以上/年のコストダウンとなる。

(燃料電池を導入したケースの効果予測)

平成24年度	想定発電量	m <sup>3</sup> あたり 発電量*2	電力料金低減 (従量+電力)
	kWh/年	kWh/m <sup>3</sup>	千円/年(税込)
鬼怒上	1,463,200	1.55	14,940
巴波川	921,200	1.40	11,620
北那須	1,391,900	1.55	19,012
県央	2,123,800	1.40	28,191
大岩藤	344,100	1.55	3,703
思川	542,500	1.55	5,838
秋山川	1,405,600	1.40	14,510
<b>合計</b>	<b>8,192,300</b>	-	<b>97,814</b>

表－３ 燃料電池発電による効果（金額）

\*2 m<sup>3</sup>あたり発電量は、各処理場で発生する消化ガス中のメタン濃度により異なる。

また、環境保全の効果として、表-4のとおり、二酸化炭素排出量を各施設合計で**4,547t-CO<sub>2</sub>**低減することができ、率に換算すると年間排出の約15%の低減率となる。これは、約2,100人が1年間に排出する二酸化炭素量に相当する。

平成24年度	発電なし	発電による	発電実施	低減率
	排出量	低減量	排出量	
	tCO <sub>2</sub> /年	tCO <sub>2</sub> /年	tCO <sub>2</sub> /年	%
鬼怒上	3,332	812	2,520	24
巴波川	4,377	511	3,866	12
北那須	4,885	773	4,112	16
県央	8,626	1,179	7,447	14
大岩藤	1,871	191	1,680	10
思川	2,855	301	2,554	11
秋山川	5,081	780	4,301	15
<b>合計</b>	<b>31,027</b>	<b>4,547</b>	<b>26,480</b>	<b>15</b>

表-4 燃料電池発電による効果 (CO<sub>2</sub>)

#### (2) 消化ガスの車両燃料化

消化ガスは、天然ガス自動車（以下「CNG車」）の燃料として活用することもできる。車両燃料化のメリットは以下の点が挙げられる。

##### ①低公害車である

排ガス-PM（黒煙）：0g/kWh（4t車）

NO<sub>x</sub>：0.3g/kWh（4t車）

（対ディーゼル車比85%改善）

##### ②カーボンニュートラル

カーボンニュートラルの考え方を適用でき、CO<sub>2</sub>排出量は“0”となる。

##### ③コスト

燃料費が不要となるため、4t車ベースでは年間の管理コストを約35万円/台低減できる。

##### ④費用の補助

ディーゼル車からの改造費について、1/3を補助申請することができる（3台以上が対象）。

4t脱着車	CNG車
CNG改造費:①	3,200,000
CNG購入補助金:②	1,067,000
実購入金:(①-②)	2,133,000
消費税	106,650
<b>合計</b>	<b>2,239,650</b>

表-5 ディーゼル車とCNG車の価格差

また、短所として以下の点がある。

##### ①燃料補給

燃料補給1回あたりの走行距離が短いため、補給回数が増える。

##### ②最大積載量

ガスボンベ（約300kg）を搭載するため、その分の積載量が減少する。

##### ③点検整備

ディーゼル車と比較し、若干ではあるものの点検整備に要する費用が高い。

ディーゼル車をCNG車に改造する場合、表-5のとおり約224万円の費用が発生する一方、ランニングコストは表-6のとおり、CNG車が約35万円安くなるため、改造後**7年目には改造費の価格差を回収**できることになる。

4t脱着車	ディーゼル車	CNG車
年間走行キロ(km)	19,618	19,618
燃費	5.942 km/l	5.348km/N m <sup>3</sup>
燃料単価(円)	120	0
年間燃料費(円)	396,190	0
CNG 容器検査費(円)	0	15,000
車検・点検整備・修理(円)	425,424	450,000
年間整備費(円)	425,424	465,000
<b>ランニングコスト計 (円)</b>	<b>821,614</b>	<b>465,000</b>

表－6 ランニングコスト比較

今回の研究では、4 t車を検討材料としているが、下水道資源化工場の主力車両である10 t車については、CNG車の生産が平成19年10月時点で中止されており、検討ができない状況であった。また、4 t車のみCNG車を導入する場合でも、消化ガスを燃料化するためのガス精製施設や充填施設は必要となるため、10 t車を検討できない状況では大きなコストメリットは期待できないと考えられる。

しかし、消化ガスを車両燃料として活用することは、地球温暖化対策、PM・NO<sub>x</sub>法、省エネ法に大変有効であり、燃料費高騰にも影響を受けないものと考えられる。



写真－2 神戸バイオガスの例

#### 4、終わりに

下水道は、衛生的で快適な生活環境や水環境の創出に大きな役割を果たしている反面、電力等のエネルギーを大量に消費し、多くの温室効果ガスを排出しており、地球温暖化防止に対する大きな責任を担っている。

栃木県建設総合技術センターでは、これまででも下水処理施設の効率的な維持管理やエネルギーの節約を継続的に実施しているが、今回の研究により、消化ガスの有効活用は、さらに大きな効果を期待できることを確認することができた。

特に、消化ガス発電を行った場合、約1億円の費用削減効果と、4,500 t以上のCO<sub>2</sub>削減効果があり、コスト面と環境面の両面で時代に即した大きな効果が期待できる。

本研究の報告内容を、栃木県における温室効果ガス削減や省エネルギーの推進等に少しでも役立てていただければ幸いであり、今後とも積極的に支援していきたいと考えている。