

平成30年10月2日（火）

土研新技術ショーケース2018 in 東京

消化ガスエンジン

先端材料資源研究センター 材料資源研究グループ



FVRI



iMaRRC

背景 消化ガスとは？

消化ガス: 下水処理場で発生する汚泥を嫌気性消化(メタン発酵)することで発生するメタンを主成分とするガス

ガス成分: 概ねCH₄:50~60% CO₂:40%

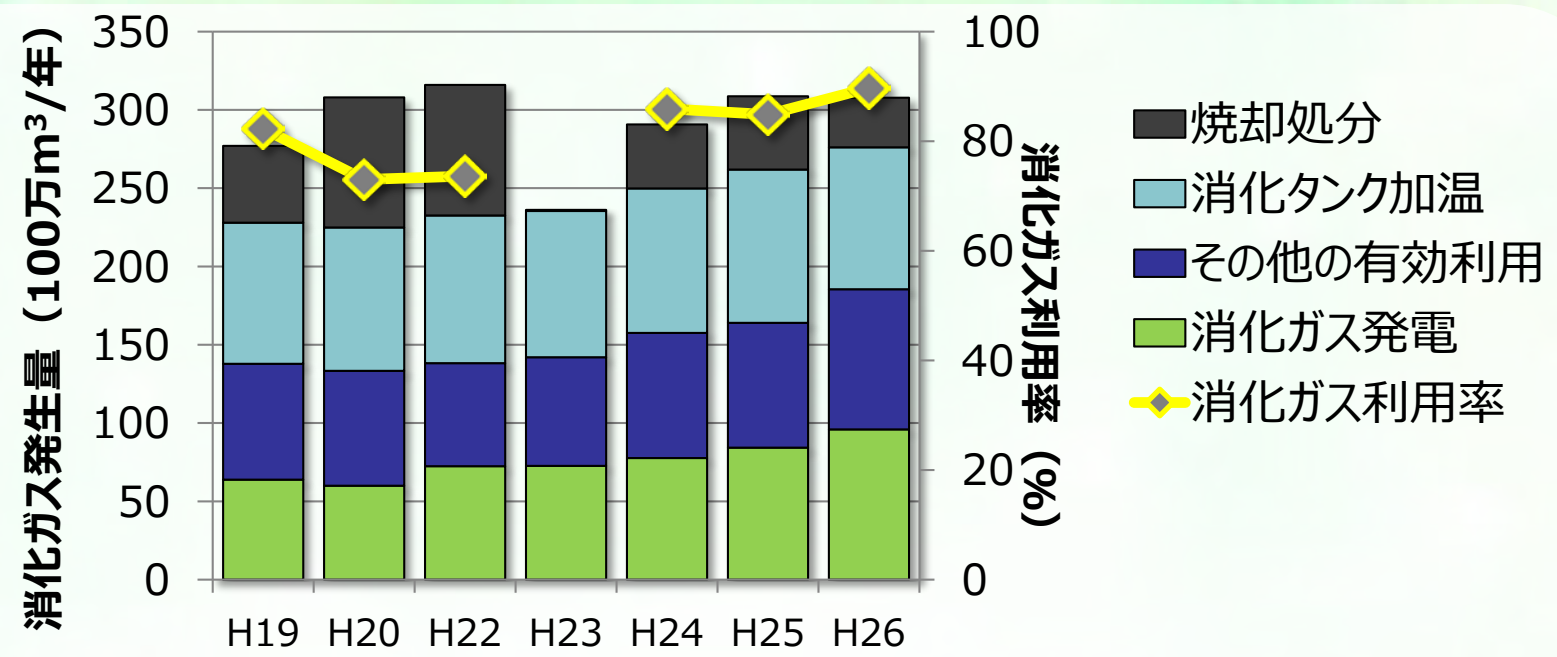


嫌気性消化:

- 微生物反応を利用した、有機性廃棄物からのエネルギー回収における有効な方法
- 発生汚泥量削減にも有用

全国**284**※箇所の処理場で消化槽導入

(平成19年頃開発当時) 消化ガス発生量の約**3**割は焼却処分



下水道統計 平成19~26年度版より作成

→現在消化ガスの焼却処分割合は、約**1**割に減少

消化ガス発電機は、全国で**64**箇所・**92**基※

消化ガス発生量に対する消化ガス発電の実施

年間消化ガス発生量(千m ³ /年)	処理場数	消化ガス発電実施	消化ガス発電実施割合
～ 5	4	0	0%
5 ～ 10	1	0	0%
10 ～ 50	27	0	0%
50 ～ 100	24	0	0%
100 ～ 500	130	1	0.7%
500 ～ 1000	44	3	6.8%
1000 ～ 3000	55	6	10.9%
3000 ～ 5000	5	3	60.0%
5000 ～	8	5	62.5%
合計	298	18	6.0%

出典：下水道統計 平成19年

消化ガス発電の開発当時の状況

- 全体の約8割を占める中小規模の処理場ではほとんどの消化ガスが処分されていた
- 既存の消化ガス発電設備（ガスエンジン、ガスタービン） → 大規模処理場向け

未利用消化ガスの利用促進のためには、
廉価な発電設備が必要である

◇共同研究（平成17～20年度）

- 独立行政法人 土木研究所
- 民間企業2社

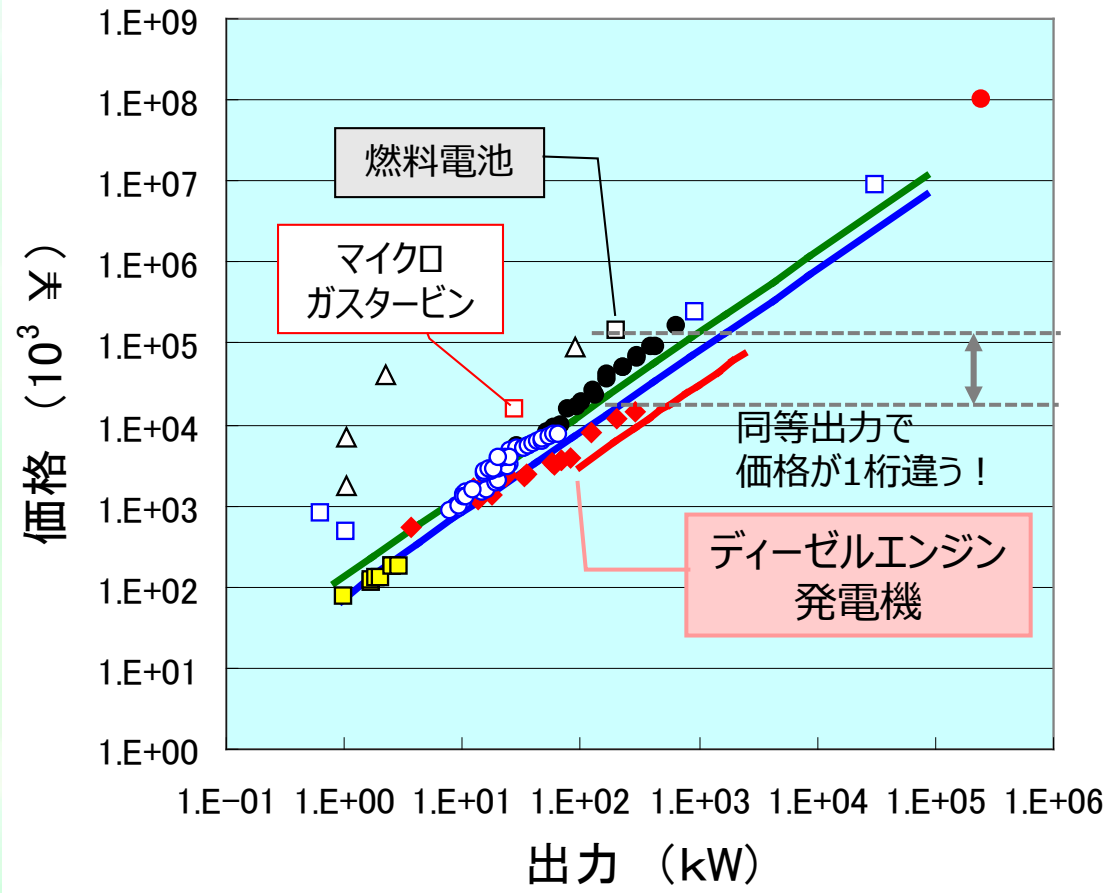


既存システムを改造し、消化ガス発電システムを開発



廉価なシステムを達成

機械出力規模と価格の関係



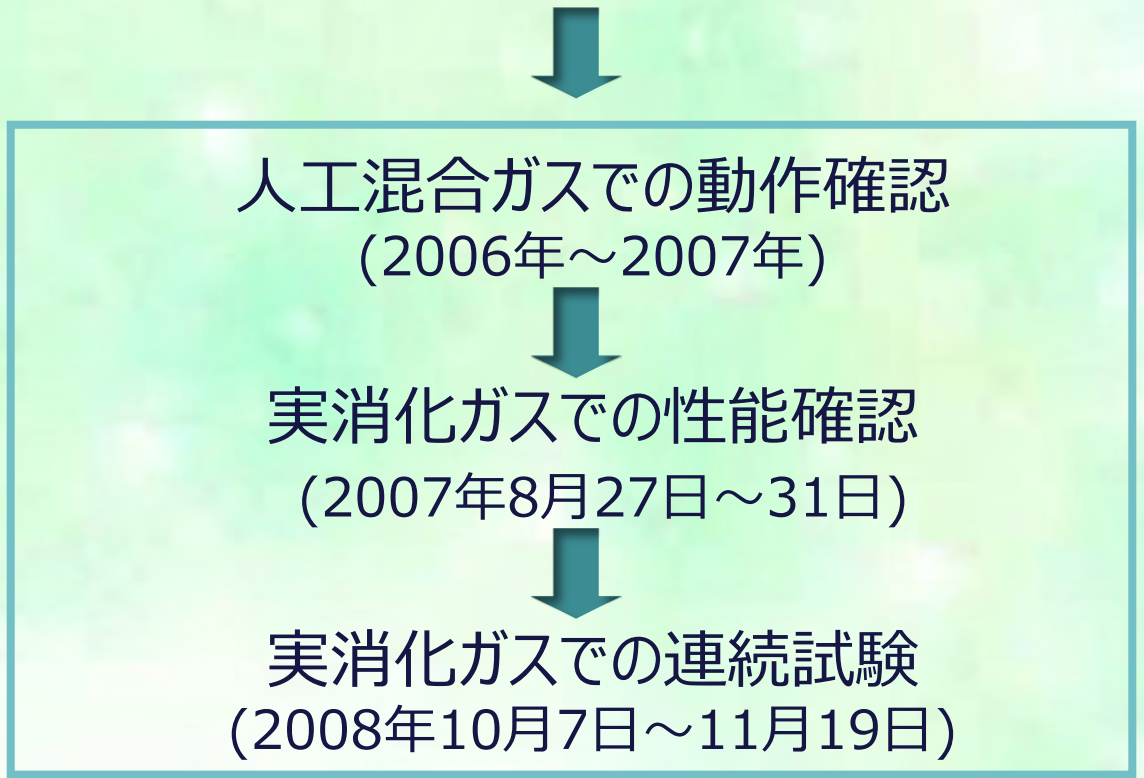
- ◆ ディーゼルエンジン発電機
- マイクロガスタービン発電機
- 風力
- 石炭ガス化複合発電
- トラクタ
- 5年採算ライン
- ガソリンエンジン発電機
- 燃料電池
- △ マイクロ水力
- ブルドーザ
- 開発機(最終目標)
- 3年採算ライン

単位出力当たりの価格が安いディーゼルエンジン発電機を改造

ディーゼルエンジン発電機をガス仕様に改造
(概略寸法：2L x 0.9W x 1.3H(m))

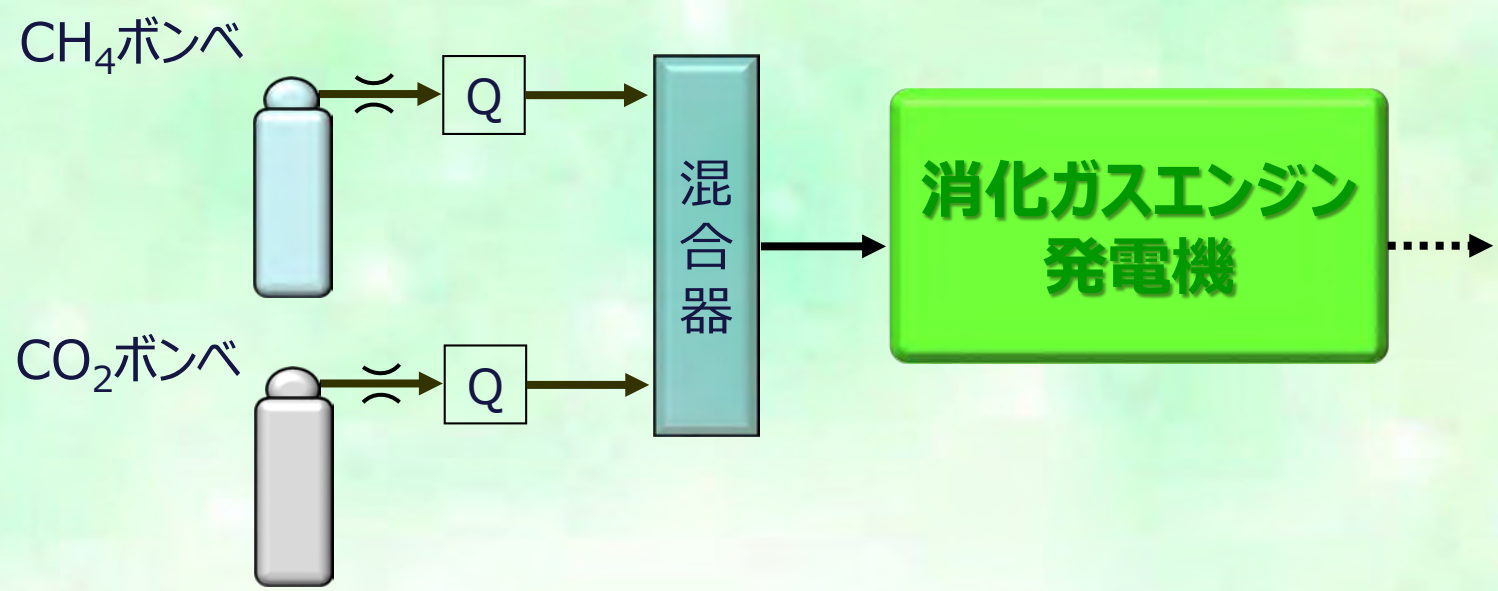


DCA-60ESH
出典：デンヨー社HPより



嫌気性消化は微生物反応であり、消化ガス濃度は変動

→高価な精製設備が無くとも発電できるシステムに改造



CH₄濃度45%の消化ガスでも運転を可能とした

簡易な改造を施した消化ガスで稼動する
小型・低コスト・汎用型のガスエンジンに実用化の目処が立った

1. メタンガスでの動作確認
 - **メタン濃度45%でも運転可能**
2. 実消化ガスでの性能確認
 - **実消化ガス：発電効率20%以上**
 - **消化ガス（燃料）消費量：5~20Nm³/hr**
 - **NO_x（窒素酸化物）：300ppm以下**
3. 実消化ガスでの連続試験
 - **約40日間の実負荷運転を行い安定運転を確認**
 - **最長連続運転時間は20日**

本研究成果をもとに民間企業によって
更に開発が進められ製品化

(株)大原鉄工所が実用化（平成21年度～）

- ①平成21年度 長岡技術科学大学との共同研究として実用化に着手
- ②平成22年度 燃料供給方式の改良と系統連系システムを開発
新潟県流域堀之内浄化センターにて実証試験を開始
稼動実績1000 hを達成
熱回収システムを開発。システムの販売を開始

製品に関するお問い合わせは、
(株)大原鉄工所（本社：新潟県長岡市）
までお願いいたします



(株)大原鉄工所製 - BG30 -

消化槽

消費ガス量の測定
メタン濃度の測定

消化ガス

ガス配管分岐部

シロキサン：消化ガス中に含まれるシリカの化合物
シロキサンが含まれるガスを燃焼させるとエンジン内部に
硬い残渣物が付着・ダメージを与えるため除去する必要

シロキサン除去装置

オイルサンプリング分析

消化ガス発電機



エンジン 発電機

熱回収装置

電力

系統連系盤へ

熱回収装置へ

熱

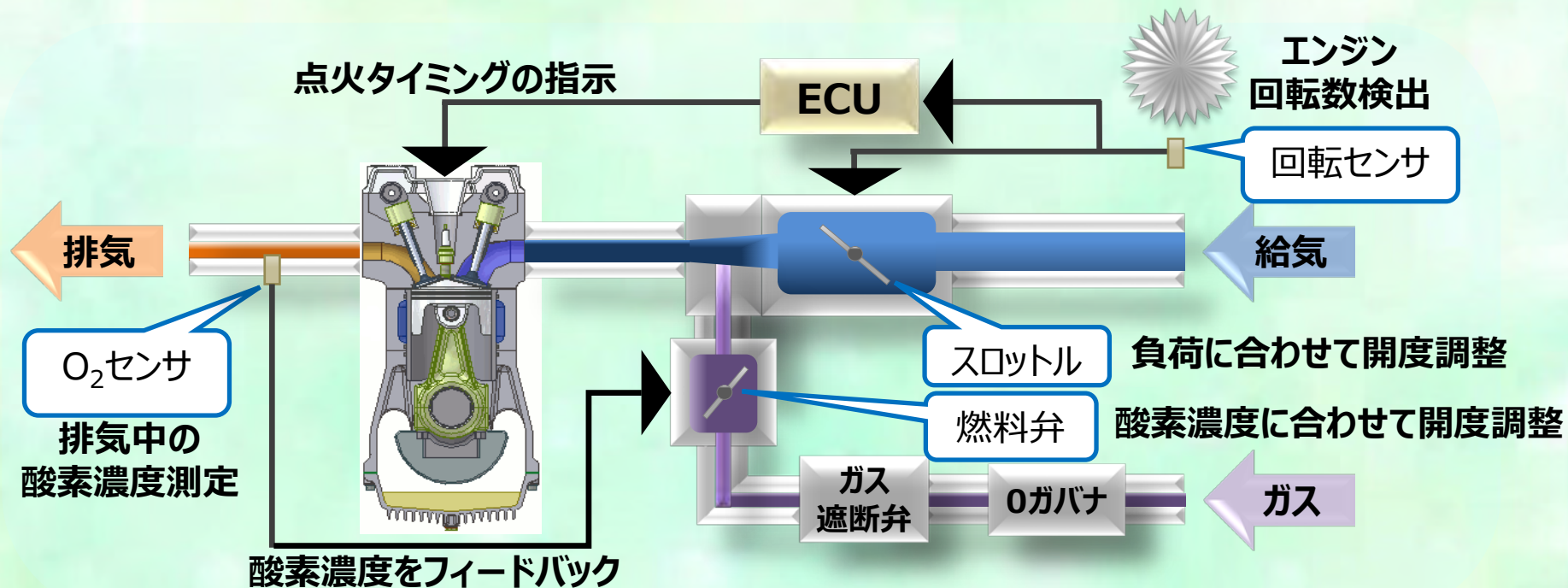
発電出力の測定

発電電力25kWを同期投入
方式により浄化センターの機
械動力400V系へ系統連系
し、場内の使用電力を賄う

発電機排熱を温
水として取り出す

回収熱量の測定





燃焼後の残存O₂濃度を測定し、消化ガス中メタン濃度を把握

メタン濃度の変動に追従し、最適な空燃比で運転が可能

発電効率35%を達成

【試験の目的】

- ◆ 長期間の連続稼働の耐久試験
- ◆ 関連する周辺機器の性能確認

稼働中の下水処理場より発生する消化ガスで発電を行い、処理場内の商用電源と系統連系することで、処理場内のエネルギー自給率を高める実証実験を行った

【試験フィールド】

新潟県魚野川流域下水道堀之内浄化センター殿

処理場全体計画と処理状況

	全体計画 (H42)	現有能力
処理人口	26,900 人	29,260 人
処理能力水量	13,070 m ³ /日	14,450 m ³ /日
排除方式	分流式	
処理方式	標準活性汚泥法	
処理開始	平成4年8月	
消化ガス発生量	350 千m ³ /年	
メタン濃度	50～60 %	



実証試験風景

メタン濃度測定結果と発電効率および総合効率

測定日	消化ガス メタン濃度 (%)	日平均 消費ガス量 (Nm ³ /h)	日平均 発電出力 (kW)	発電効率 (%)	日平均 回収熱量 (kW)	総合効率 (%)
11.06.29	59.5	13.0	24.9	32.4	37.8	81.6
11.08.31	57.7 MAX	13.5	25.3	32.7	38.0	81.9
11.09.28	55.2	13.5	25.1	33.9	35.6	82.0
11.11.4	57	13.4	25.1	33.1	34.3	78.3
11.11.30	59.4	13.3	25.1	32.0	33.6	74.8
11.12.20	50.7	13.3	25.2	37.6	32.8	86.6
12.01.26	56.6 MIN	13.2	25.0	33.7	33.6	79.0
12.02.28	55.4	13.2	25.0	34.4	34.5	82.0
12.03.27	57.2	13.2	25.1	33.5	35.3	80.6
12.04.26	56.9	13.4	25.0	33.0	36.4	81.1
ave	56.6	13.3	25.1	33.6	35.2	80.7

- ・メタン濃度に50.7～59.5%の変動があったが安定的な発電出力を得ることができた
- ・年間を通じた常用での発電効率は32.0～37.6% (平均33.6%)であった
- ・試験期間の総合効率は平均80.7%を達成した



発電出力	50Hz	25kW	熱供給	50Hz	115MJ/h
	60Hz	30kW		60Hz	144MJ/h
ガス消費量	50Hz	13.1Nm ³	発電効率	50Hz	33±2%
	60Hz	16.1Nm ³		60Hz	32±2%
エンジンメーカー			ISUZU		



発電出力	50Hz	50kW	熱供給	50Hz	241MJ/h
	60Hz	60kW		60Hz	306MJ/h
ガス消費量	50Hz	26.2Nm ³	発電効率	50Hz	33±2%
	60Hz	32.2Nm ³		60Hz	32±2%
エンジンメーカー			日野		



発電出力	50Hz	75kW	熱供給	50Hz	346MJ/h
	60Hz	90kW		60Hz	432MJ/h
ガス消費量	50Hz	39.3Nm ³	発電効率	50Hz	33±2%
	60Hz	48.3Nm ³		60Hz	32±2%
エンジンメーカー			三菱		

注) 各機種ともにガス消費量はメタン濃度55%の場合の数値です

下水処理場への導入例(1)

納品先: 堀之内浄化センター 殿
処理計画人口: 26,900人
発生消化ガス量: 350,556m³/年
※平成26年下水道統計

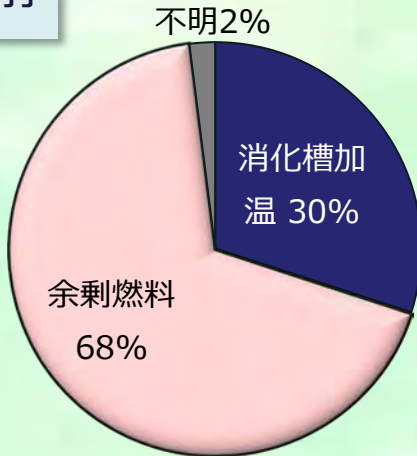
稼働時期: 平成26年3月
納品機種: BG30A
納品台数: 25kW×2台



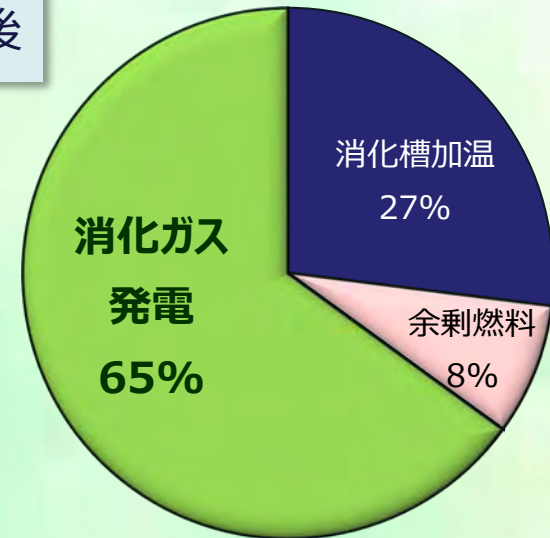
堀之内浄化センター 殿場内

消化ガス利用内訳 ※平成26年下水道統計

導入前



導入後



施設必要電力量：944,000 kWh/年
消化ガス発電電力量：512,000 kWh/年

※新潟県HP：H28年9月実績より概算

電力自給率**54%**（必要量の約半分を消化ガス発電により供給）

CO₂削減量：**240 t/年**



下水処理場への導入例(3)

H26年度 建設技術新審査証明（下水道技術）取得
 H28年度「Made in新潟新技術普及・活用制度」に登録・ゴールド技術に認定



新潟浄化センター 50 kW×4台=200 kW

※新潟県HP：H28年9月実績



新津浄化センター 50 kW×4台=200 kW

新井郷川浄化センター 50 kW×5台=250 kW



ひかり味噌株式会社殿（長野県上伊那郡飯島町） 「飯島グリーン工場」

○施設概要

味噌の製造や即席みそ汁の製造過程で発生する残渣を使用して工場内の電力を賄う

機器：30kW発電機（BG30A）

設置台数：1台

付属品：シロキサン除去装置、熱回収装置、
発電機制御盤、保護継電器盤

温熱 → **メタン発酵槽の加温**

電気 → **自家消費**

購入電力の削減

236万円/年（9円/kWで試算）

CO₂の排出削減

124t-CO₂/年



北海道江別市牧場「バイオガスプラント」

○施設概要

約300頭の乳牛の糞尿を処理する際の消化ガスを利用して発電をし、全量を売電

機器：75kW発電機 (BG90A)
設置台数：1台

温水 → **メタン発酵槽の加温**
ロードヒーティング

電気 → **全量売電**



真冬の氷点下10℃でも
問題なく運転

イニシャルコスト：4,000万円
年間メンテ費：350万円
年間売電額：2,400万円
回収年数：4年

株式会社開成殿（新潟県村上市瀬波） 「バイオマスエネルギープラント」

○施設概要

地元の飲食店や温泉宿で発生する食品廃棄物を使用して温熱や電気を製造する

機器：25kW発電機（BG30A）

設置台数：1台

付属品：シロキサン除去装置、熱回収装置、
発電機制御盤、売電用キュービクル

温熱 → **フルーツ等のハウス栽培**

電気 → **全量販売**

プラントより発生するバイオガスのメタン濃度には30%の変動が見られたが、安定した運転が可能となっている



FIT認定済みメタン発酵ガス化発電設備

1) 課題

- ◆ 厳しい財政状況、人口減少により執行体制が脆弱化する中で、生活インフラを効率的に整備・運営していくことが必要
- ◆ 老朽化施設の増大による、工事の多数化・小規模化、設計・施工の複雑化、維持管理と工事のトータルマネジメントの必要性
- ◆ 法改正による下水資源・エネルギー有効利用の必要性

2) 対応（国）

- ◆ 公共施設等の整備に民間の資金、経営能力及び技術的能力を活用していくことが重要
- ◆ 多様なPPP/PFI手法を拡大することが必要



PPP/PFIの導入推進

- ◆ (平成27年12月17日) 多様なPPP/PFI手法導入を優先的に検討するための指針
 - ①人口20万人以上の地方公共団体
 - ②整備事業費10億円以上、および単年度事業費1億円以上の運営事業

平成28年4月より、佐野市水処理センター（栃木県）における再生可能エネルギー発電事業（PFI事業）における消化ガス発電・太陽光発電事業を開始

PPP事業計画

平成29年 中能登町鹿島中部クリーンセンター（石川県）

《その他2箇所でも計画中》

佐野市水処理センターにおける再生可能エネルギー発電事業の実施スキーム

自治体



下水処理場

消化ガス・土地の提供

売電収益の一部を納付

出資

融資



消化ガス発電設備（設計・施工）



250 kW

西原
環境
殿

太陽光発電設備（設計・施工）



940 kW

運転管理

メンテナンス

太陽光パネルメーカー

設計・施工・運転メンテナンスSPC
（佐野ハイブリッド発電株式会社）

売電



バイオガス発電機の販売実績

売電(FIT)	名寄市 (消化ガス発電所) (畜産糞尿)	BG90A 1基
売電(FIT)	美瑛町 (牧場) (畜産糞尿)	BG90A 4基
売電(FIT)	美瑛町 (牧場) (畜産糞尿)	BG60A 2基
売電(FIT)	美瑛町 (牧場) (畜産糞尿)	BG60A 1基
余剰逆潮	士幌町 (温泉施設) (畜産糞尿)	BG30A 1基
自立負荷	釧路市 (牧場) (畜産糞尿)	BG30A 1基
実証試験	鹿追町 (消化ガスプラント) (畜産糞尿)	BG60A 1基
売電(FIT)	札幌市 (リサイクルセンター) 【生ごみ】	BG60A 5基
売電(FIT)	江別市 (牧場) (畜産糞尿)	BG90A 1基
自立負荷	清水町 (牧場) (畜産糞尿)	BG30A 1基
売電(FIT)	八雲町 (牧場) (畜産糞尿)	BG60A 1基
売電(FIT)	八雲町 (牧場) (畜産糞尿)	BG90A 2基
場内消費	栗原市 (食品製造工場) 【食品加工残渣】	BG30A 1基
売電(FIT)	村上市 (消化ガスプラント) 【生ごみ】	BG30A 1基
場内消費	新潟市 (下水処理場) (下水汚泥)	BG60A 4基
場内消費	新潟市 (下水処理場) (下水汚泥)	BG60A 3基
場内消費	新潟市 (下水処理場) (下水汚泥)	BG60A 4基
PFI事業	中能登町 (下水処理場) (下水汚泥)	BG30A 1基
場内消費	新潟市 (下水処理場) (下水汚泥)	BG60A 5基
場内消費	魚沼市 (下水処理場) (下水汚泥)	BG30A 2基
場内消費	魚沼市 (下水処理場) (下水汚泥)	BG60A 2基
売電(FIT)	飯島町 (食品製造工場) 【食品加工残渣】	BG30A 1基
場内消費	飯島町 (食品製造工場) 【食品加工残渣】	BG30A 1基
実証試験	古賀市 (下水処理場) (下水汚泥)	BG60A 1基
場内消費	伊万里市 (下水処理場) (下水汚泥)	BG30A 1基
売電(FIT)	飯島町 (食品製造工場) 【食品加工残渣】	BG60A 1基
場内消費	大津町 (下水処理場) (下水汚泥)	BG30A 3基
PFI事業	佐野市 (下水処理場) (下水汚泥)	BG60A 5基
売電(FIT)	名張市 (食品製造工場) 【食品加工残渣】	BG30A 1基
PFI事業	桶川市 (下水処理場) (下水汚泥)	BG60A 8基
売電(FIT)	菊川市 (消化ガスプラント) 【食品加工残渣】	BG60A 2基
PFI事業	多賀城市 (下水処理場) (下水汚泥)	BG60A 7基
PFI事業	うるま市 (下水処理場) (下水汚泥)	BG60A 6基

平成30年7月時点実績
120基
 (左表に未記載のものを含む)

下水処理場:71台 (H29受注10台)
 その他:49台 (H29受注9台)

下水処理場のバイオマス活用拠点化



平成30年6月循環型社会形成推進基本計画

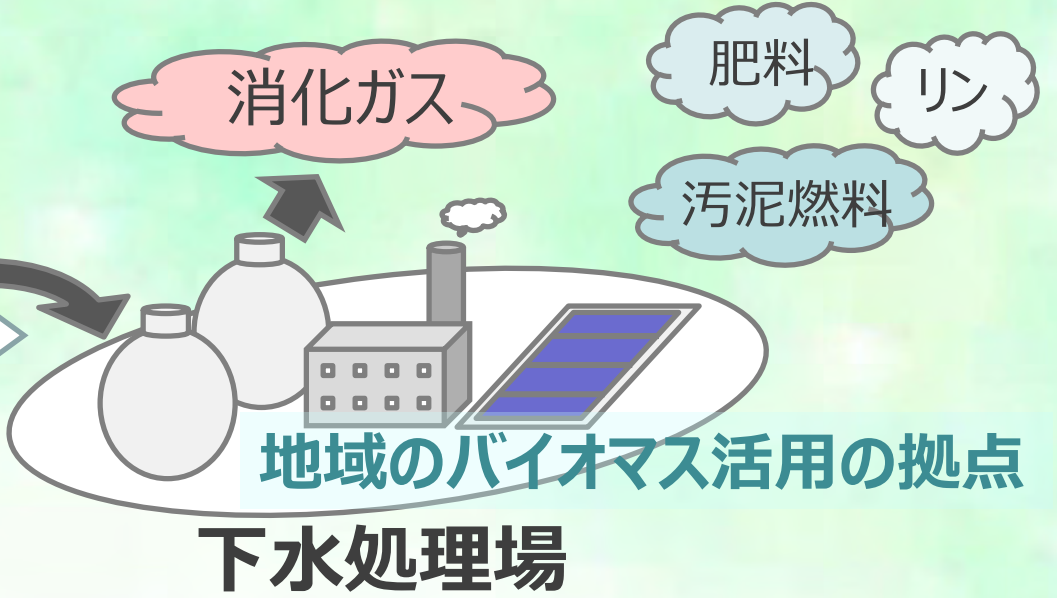
「下水処理場を地域のバイオマス活用の拠点とし、固形燃料化やバイオガス発電等による下水汚泥の化石燃料代替エネルギー源としての活用や、下水汚泥を肥料として再生利用する取組、下水汚泥と食品廃棄物など他のバイオマスの混合消化・利用によるエネルギー回収効率の向上を推進する。」

地域バイオマス

し尿、生ゴミ、草木系バイオマス、家畜排せつ物・・・



エネルギー回収、資源回収



嫌気性消化槽の利用・消化ガス発生量は今後も増えることが想定

ご清聴ありがとうございました



BG60



BG30

バイオガス・ジェネレーター