
參考資料編

参考資料－1 エネルギー化技術の概要

表資-1.1 固形燃料化技術の概要比較

	低温炭化	中温炭化	
概要	無酸素状態で下水汚泥を 250～500℃で加熱することにより、汚泥中に含まれる分解ガス(乾溜ガス:メタン、エタン、エチレンなど)を放出させ、汚泥を熱分解させて燃料化汚泥を製造する技術である。	無酸素状態で下水汚泥を約 500～600℃で加熱することにより、汚泥中に含まれる分解ガスを放出させ、汚泥を熱分解させて燃料化汚泥を製造する技術である。	同 左
開発状況	下水道事業団との共同研究による技術評価有り	下水道事業団との共同研究による技術評価有り	東京都との共同研究による技術評価有り
導入実績	広島市:50t/日×2基、熊本市:50t/日×1基 大阪市:150t/日×1基 (横浜市 150t/日×1基、京都府 50t/日×1基が導入予定)	愛知県:100t/日×1 (滋賀県 80t/日×1基、静岡県 75t/日×1基が導入予定)	東京都:100t/日×3系列×2基
システムフロー			
システム概要	<ul style="list-style-type: none"> ■汚泥乾燥機(直接熱風乾燥方式)に投入された汚泥は、汚泥投入口と同方向から吹き込まれた高温熱風(500～700℃程度)の乾燥ガスにより乾燥され排出口へ移送される。 ■乾燥汚泥は造粒機で押出成形され炭化炉に投入される。炭化炉に投入された汚泥は、約 300℃(製品条件により250～500℃)に間接加熱され、炉下流へゆっくり移動しながら炭化される。炭化汚泥は冷却された後、ホップへ貯留される。 ■炭化炉は、内部の温度安定性に優れた外熱式ロータリーキルン方式を採用している。 ■乾燥機で蒸発した水分はスクラバーを経由し、また炭化炉で蒸発した水分・ガス等は直接、再燃炉で燃焼される。 ■再燃炉で燃焼されたガスは熱交換器、排煙処理塔を経て大気放出される。 ■乾燥機の排ガスの一部は熱交換器で予熱され熱風炉を経て乾燥機へ循環する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■汚泥乾燥機(直接熱風乾燥方式)に投入された汚泥は、汚泥投入口と同方向から吹き込まれた高温熱風(500～700℃程度)の乾燥ガスにより乾燥され排出口へ移送される。 ■乾燥汚泥は造粒機で押出成形され炭化炉に投入される。炭化炉に投入された汚泥は、約 500～600℃に間接加熱され、炉下流へゆっくり移動しながら炭化される。炭化汚泥は冷却された後、ホップへ貯留される。 ■炭化炉は、内部の温度安定性に優れた外熱式ロータリーキルン方式を採用している。 ■乾燥機で蒸発した水分はサイクロンを経由し、また炭化炉で蒸発した水分・ガス等は直接、再燃炉で燃焼される。 ■再燃炉で燃焼されたガスは熱交換器、排煙処理塔を経て大気放出される。 ■乾燥機の排ガスの一部は熱交換器で予熱され熱風炉を経て乾燥機へ循環する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ケーキ定量フィーダから汚泥乾燥機(直接熱風乾燥方式)に投入された汚泥は、汚泥投入口と同方向から吹き込まれた乾燥ガスにより迅速に乾燥され排出口へ移送される。 ■乾燥汚泥は、そのまま炭化炉へ投入され、約 1,100℃の燃焼排ガスを熱源として約 600℃の雰囲気の間接加熱されて炭化される。 ■乾燥機からの排ガスは、循環ガス予熱器で予熱後に乾燥機燃焼炉に送られ、アンモニア等の臭気成分を燃焼脱臭した後、排煙処理塔を経て大気へ開放される。 ■炭化炉から発生した熱分解ガスは、乾燥機燃焼炉へ送られ、乾燥機排ガスと同様に完全燃焼させ、乾燥機と炭化炉の加熱ガスとして供給される。 ■ここで、燃焼排ガスの一部は、循環ガス予熱器の加熱ガスとして熱回収された後、排煙処理塔を経て大気へ開放される。
1基当りの施設最大規模	～150t/日・基	～100t/日・基	～100t/日・基
主要メーカー	月島機械株式会社	メタウォーター株式会社	三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社

表資-1.2 固形燃料化技術の概要比較

	中温炭化	高温炭化	造粒乾燥(直接乾燥方式)
概要	無酸素状態で下水汚泥を約 500～600℃で加熱することにより、汚泥に含まれる分解ガスを放出させ、汚泥を熱分解させて燃料化汚泥を製造する技術である。	無酸素状態で乾燥汚泥を約 800～850℃で加熱することにより、汚泥に含まれる分解ガスを放出させ、汚泥を熱分解させて活性炭化物を製造する技術である。	造粒した汚泥を乾燥炉へ投入し、熱風炉からの直接熱風を汚泥へ直接当てて乾燥し、取り扱いやすい燃料化汚泥を製造する技術である。
開発状況	下水道新技術推進機構との共同研究による技術評価有り	LOTUS Project による技術評価有り	下水道事業団との共同研究による技術評価有り
導入実績	(埼玉県:100t/日×2 基が運転開始予定)	胎内市 中条浄化センター	民間産廃業者での下水汚泥燃料化の実績有り 山形県新庄市 30t/日×1 基 (北九州市 70t/日×1 基、広島県 72t/日×1 基が導入予定)
システムフロー		<p>乾燥形式 気流乾燥方式 炭化形式 外熱スクリュー式 補助燃料 都市ガス</p>	<p>乾燥ドラムによる乾燥模式図 乾燥排ガス 450℃ 乾燥ペレット 混合ガス 120℃</p>
システム概要	<ul style="list-style-type: none"> ■乾燥機(蒸気間接乾燥方式)に投入された汚泥は、間接的に乾燥され排出口へ移送される。蒸気間接乾燥方式を採用することにより、排ガス量を削減している。 ■乾燥汚泥は、そのまま炭化炉へ投入され、約 500～600℃の乾燥ガスにより間接加熱されて炭化される。炭化汚泥は冷却機において冷却された後、ホッパへ貯留される。炭化炉は、内部の温度安定性に優れた外熱式ロータリーキルン方式を採用し、炭化炉摺動部に高気密シールを使用することで熱損失を抑制する。 ■乾燥機からの排ガスは、排熱回収ボイラで加熱され、乾燥機へ循環する。蒸発した水分はスクラバーを経由し、燃焼炉へ送られる。炭化炉からの排ガスは、排熱回収ボイラで熱回収された後、燃焼炉へ送られ、熱分解ガス、スクラバー排ガスと一緒に燃焼され、炭化炉へ循環される。 	<ul style="list-style-type: none"> ■脱水ケーキは乾燥機(気流乾燥方式)で含水率 20%程度まで乾燥される。 ■乾燥汚泥は炭化炉(外熱スクリュー式)へ供給され、炭化コンベヤケーシング内を無酸素状態で間接加熱されながら搬送される。 ■乾燥汚泥は炭化炉内で可燃分が熱分解して炭化物となり、熱分解ガスは炭化コンベヤケーシングを出た後に完全燃焼して、炭化コンベヤケーシングを外面から加熱する。 ■炭化炉排ガスは熱交換器で廃熱回収され、得られた熱風が乾燥機で利用される。 	<ul style="list-style-type: none"> ■脱水ケーキは二軸ミキサーで乾燥汚泥(造粒汚泥の核)と混練され、含水率 35～50%程度の造粒汚泥を形成して、乾燥機に投入する。 ■汚泥乾燥機では二種類の掻き上げ板により、掻き上げと落下を繰り返して、約 450℃で吹き込まれた乾燥ガスにより迅速に乾燥され排出口へ移送される。 ■乾燥汚泥と蒸気を含む混合ガスは、バグフィルタで分離される。乾燥汚泥は振動篩で分級され均一な形状、粒径(粒径φ2～3mm)のものが排出されホッパへ貯留される。希望粒径以下及び超えるものは二軸ミキサーへ循環・再利用される。 ■バグフィルタで分離された排ガスは、熱交換器(燃焼炉)で加熱され、再び乾燥機へ循環される。乾燥ガスの1部はコンデンサで除湿後、燃焼炉で燃焼脱臭され系外に排出される。
1 基当りの施設最大規模	～100t/日・基	—	～120t/日・基
主要メーカー	株式会社東芝	川崎重工業株式会社	新日鉄住金エンジニアリング株式会社

表資-1.3 固形燃料化技術の概要比較

	乾燥造粒(間接乾燥方式)	改質乾燥	油温減圧式乾燥
概要	熱媒体で加温された伝熱盤上で汚泥を転がしながら乾燥し、造粒することで取り扱いやすい燃料化汚泥を製造する技術である。	脱水ケーキを 200～230℃の高圧高温の改質装置において改質させた後、再度脱水し、乾燥させて燃料化汚泥を製造する技術である。	脱水汚泥と廃食用油を混合し、減圧化で加熱することにより下水汚泥中の水分を高効率で急速に蒸発させる技術である。
開発状況	下水道新技術推進機構の LOTUS Project による技術評価有り	滋賀県において下水道新技術推進機構による技術評価有り	下水道新技術推進機構との共同研究
導入実績	宮城県:66t/日×1基	実証プラント:4t/日×1基	福岡県 御笠川那珂川流域下水道御笠川浄化センター
システムフロー			
システム概要	<ul style="list-style-type: none"> ■脱水ケーキは、汚泥混合機で乾燥汚泥(造粒汚泥の核)と混練され、表面を脱水汚泥でコーティングした含水率約 30%程度の造粒汚泥を形成、乾燥造粒装置に投入する。 ■乾燥造粒装置では熱媒油により加温された伝熱盤上で汚泥を転がしながら乾燥、造粒する。乾燥汚泥は伝熱盤をスクレーパーで掻き取られながら排出口へ移送される。 ■乾燥造粒装置の排ガスは、スクラバーで冷却除湿され、熱媒加熱装置にて燃焼脱臭される。乾燥汚泥は一部循環エレベータにより汚泥混合機へ戻され、造粒汚泥の核を供給し、残りは冷却後、ホップへ貯留される。 	<ul style="list-style-type: none"> ■脱水ケーキは、破碎装置にて粉碎され、改質装置に圧送される。 ■改質装置では、200～230℃の高温、飽和圧力状態(15分程度)で改質及び液化化され、冷却装置にて冷却される。このとき、高温状態から冷却される際に、熱回収(約 50%)を行い、乾燥用熱源として有効活用する。 ■その後、改質汚泥は脱水装置へ移送され、汚泥含水率約 50～60%に脱水される。 ■脱水された汚泥は、乾燥装置にて含水率 10%以下まで乾燥させ、燃料化製品となる。 ■脱水ろ液には、高濃度の有機分が含まれており、これをメタン発酵装置にて処理することによりメタンガスを回収、ボイラ補助燃料(約 20%)として利用する。嫌気性消化処理水は、膜処理して水処理施設へ返流させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ■脱水ケーキは、汚泥混合タンクで媒体油と混合され、予備加熱タンクを経て油温減圧式乾燥機に投入する。 ■油温減圧式乾燥機では、媒体油と混合した汚泥を減圧状態で加熱することにより短時間で乾燥させる。 ■乾燥処理後の媒体油と混合した乾燥汚泥は、油分離設備で油分を分離にする。
1基当りの施設最大規模	～200t/日・基	～50t/日・基	—
主要メーカー	日立造船株式会社	三菱化工機株式会社	三井造船株式会社

表資-1.4 熱分解ガス化技術、焼却廃熱発電技術の概要比較

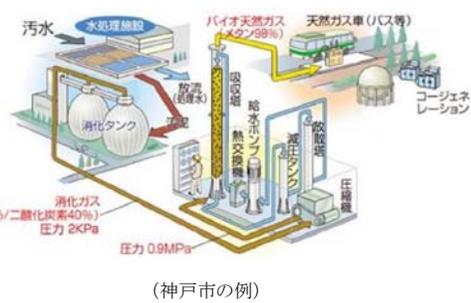
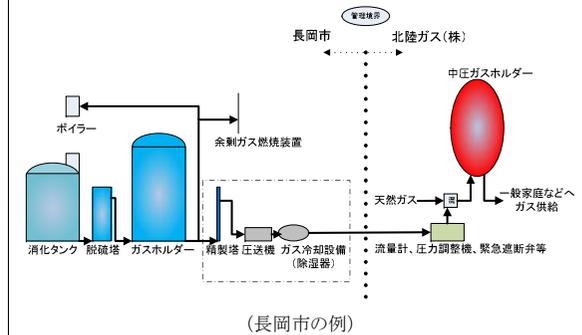
	ガス化炉	焼却廃熱発電	
概要	乾燥した汚泥をガス化炉内に投入し、炉内で熱分解ガス化して H ₂ や CO 等を主成分とするガスを製造する技術である。	焼却炉で発生する高温廃熱と、排煙処理塔で発生する低温廃熱を利用し、低沸点媒体を蒸発させてタービンを回転させて発電する技術である。	次世代型階段炉出口の廃熱ボイラで蒸気を生成し、スクリー式発電機とバイナリー発電機の2段階で発電する技術である。
開発状況	NEDO、東京都による共同研究	B-DASH による実証研究	B-DASH による実証研究
導入実績	清瀬水再生センター汚泥ガス化炉事業 100t/日	【実証場所】池田市下水処理場	【実証場所】和歌山市中央終末処理場
システムフロー	<p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> 脱水汚泥 (Dewatered sludge) 乾燥機 (Dryer) 乾燥ガス (Drying gas) 乾燥炉 (Dryer furnace) ガス化炉 (Gasification furnace) ガス精製 (Gas purification) 都市ガス (City gas) 発電 (Power generation) 排煙処理 (Exhaust treatment) 熱回収 (Heat recovery) 熱交換器 (Heat exchanger) 空気 (Air) 燃焼ガス (Combustion gas) 蒸気 (Steam) 電力 (Electricity) 		
システム概要	<ul style="list-style-type: none"> 脱水ケーキは乾燥機で乾燥させガス化炉に投入する。 乾燥汚泥は空気吹き循環流動層炉でガス化させ、さらに酸素や水蒸気と反応させ熱分解ガスを低分子化し、炭素(CO)や水素(H₂)を主成分とする燃料ガスに改質する。 精製ガスは都市ガスと混合し、発電機で発電する。 乾燥機の熱源は、熱分解ガスを熱回収炉～熱交換器により熱回収したものを利用する。 	<ul style="list-style-type: none"> 遠心脱水機にて脱水されたケーキは、多層燃焼流動炉へ供給される。 燃焼排ガスは、空気予熱器を経た後、余剰利用熱交換器で熱交換されて過熱炉へ送られる。 排煙処理塔で排ガスを脱硫した洗煙排水は蒸発器へ送られる。 低沸点媒体は過熱器にて昇温された後にタービンを回転させて発電を行い、凝縮器を経て蒸発器へ戻され、循環利用される。 	<ul style="list-style-type: none"> 遠心脱水機にて低含水率まで脱水されたケーキは、次世代型階段炉へ供給される。 階段炉出口の廃熱ボイラで生成した蒸気はスクリー式発電機で顕熱を利用した発電を、バイナリー発電機にて潜熱を利用した発電を行う。 処理規模が比較的小さい(9～20t-DS/日)場合は本手法で発電を行うが、20t-DS/日以上の場合は効率の良い蒸気タービン発電機が用いられる。
1 基当りの施設最大規模	—	～25t/日・基 ～37kW	～35t/日・基 ～100kW
主要メーカー	メタウォーター株式会社	メタウォーター・池田市共同研究体	和歌山市・日本下水道事業団・京都大学・西原環境・タクマ 共同研究体

表資-1.5 バイオガス利用技術の概要比較

	ガス発電	燃料電池	ガス運搬技術
概要	バイオガスを燃料としてガスエンジンあるいはマイクロガスタービンの回転により発電機を稼働させる。廃熱の回収は熱交換器やボイラによって温水が回収される。安定した発電を行うためにバイオガスの貯蔵が必要となる。	燃料電池は、「水の電気分解」と逆の原理で、バイオガスから取り出した水素と空気中にある酸素を電気化学反応させて発電するものである。	精製後のバイオガスを高圧充填するカーボン容器を搭載した軽量トレーラーにより、ガスを運搬する。
導入実績	東京都、横浜市、他多数	山形市、熊本県、〈松本市〉、〈栃木県 3 箇所〉	(山鹿市におけるバイオガス供給の実証実験)
システムフロー	<p>(出典:「下水道における新エネルギー技術の導入・評価に関する技術資料」 2007 年 3 月 (財)下水道新技術推進機構)</p> <p>1.前処理装置:活性炭フィルターでシロキサン除去を行う。 2.ガスエンジン:バイオガスを燃焼し、エンジンを回転させることで発電する。 3.熱回収装置:ジャケット冷却水及び排ガスと熱交換を行い、温水を作り出す。</p>	<p>(出典:「下水道における新エネルギー技術の導入・評価に関する技術資料」 2007 年 3 月 (財)下水道新技術推進機構)</p>	
システム概要	<p>■ガスエンジンで発電機を駆動して発電し、電力を供給すると同時に、排ガス、ジャケット冷却水からの廃熱を蒸気、温水の形態で回収し、冷暖房、給湯などに利用される。発電効率が高く、発電出力に対し熱出力の割合が小さいため、電力需要の多い施設に適している。一般に、ガスエンジンの発電効率は 25～35%、廃熱効率は 40～55% に達し、総合効率としては約 80%である</p> <p>■マイクロガスタービンは、コンパクトでエネルギー効率の高い小型ガスコージェネレーションシステムとして注目されているシステムである。同等の発電能力をもつガスエンジンと比較すると小型軽量で、コージェネレーションシステムのコンパクト化が図りやすく、また構造がシンプルで部品点数も少ないため、メンテナンスが容易という特徴がある。マイクロガスタービンの発電効率は 10 数%であるが、廃熱を利用する再生サイクル技術により、同クラスของガスエンジン、ディーゼルエンジンと同等の 30%前後の発電効率まで上昇する。また、エンジン式と比較すると、廃熱の量や廃熱温度が高いといった特徴があり、廃熱回収することで 80～90%の高い総合熱効率を得ることができる。</p>	<p>■燃料電池は、ガスホルダから取り出したバイオガスを前処理装置により不純物除去を行い、高濃度のメタンガスに精製する。精製したメタンガスを基に改質器と変成器で水素をつくり、セル(セルスタック)に水素を供給する。</p> <p>■燃料電池の一般的な特徴は、以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 効率が低い ② 回転部分が無いので振動・騒音がない ③ 排気がきれい <p>■反応時に生成される物質は水(H₂O)と二酸化炭素で、大気汚染の原因となる窒素酸化物(NO_x)はほとんど出ない。また、二酸化炭素(CO₂)は、燃料電池の総合効率が低いので、同じ電気・熱を使った場合より発生量が非常に少ない。</p>	<p>■トレーラー入り側の管理基準となるようバイオガスを前処理、精製する。</p> <p>■精製後のバイオガスを高圧充填(20MPa)するカーボン容器を搭載した軽量トレーラーで運搬する。</p> <p>■約 720Nm³/トレーラー1 台を運搬可能。</p>
1 基当りの施設最大規模	25kW～	100kW～	—
主要メーカー	多数	富士電機システムズ株式会社	JFE コンテナ株式会社 等

※導入実績の < > は計画又は建設中

表資-1.6 バイオガス利用技術の概要比較

	自動車燃料	都市ガス・燃料利用技術	
		ガス導管直接注入	都市ガス原料供給
概要	脱硫・精製後のバイオガスを活用して、CNG ステーションより CNG 自動車用燃料として供給する。	脱硫・精製後バイオガスを都市ガス相当に調整して、ガス導管敷設により都市ガス中圧管供給網に接続し広域供給を行う。	脱硫・精製後のバイオガスを活用して、導管により都市ガス工場に対してバイオガスを供給する。
導入実績	神戸市、上田市	神戸市	長岡市、金沢市
システムフロー	 <p>(神戸市の例)</p>	 <p>(神戸市の例)</p>	 <p>(長岡市の例)</p>
システム概要	<ul style="list-style-type: none"> ■「高圧水吸収法」はバイオガスの圧力を 0.9MPaまで昇圧させて下水処理水と接触させ、ガス中の不純物を水中に溶解させることにより、メタン濃度を高める方法である。 ■精製後のガスは、二酸化炭素を除去してメタン濃度を約 98%まで高めることができ、硫化水素、シロキサンも除去される。 ■高圧水吸収法は、大量の水を必要とするが、処理水を精製に利用できるため下水処理場に適した方法であり、シンプルなプロセスで高純度のメタンガスに精製できるのが特徴である。 	<ul style="list-style-type: none"> ■脱硫・精製後のバイオガスの微量成分を除去し、プロパン添加による熱量調整を行い、都市ガス相当(発熱量:45MJ/Nm³)に調整する。 ■導管注入量は、2,200Nm³/日 	<ul style="list-style-type: none"> ■既存のバイオガスの湿式脱硫工程での硫化水素除去に併せてメタン濃度も75%にあがることを利用して、再度同一の工程を付加させてメタンガス濃度を高めることで精製ガスを供給。 ■ガス会社への精製ガス供給量は年間約 60 万 m³
1 基当りの施設最規模	—	—	—
主要メーカー	<p>ガス精製技術</p> <p>高圧水吸収法 :株式会社神鋼環境ソリューション</p> <p>PSA 法 :太陽日酸株式会社、住友精化株式会社、前澤工業株式会社</p> <p>膜分離法:エア・ウォーター株式会社、エア・リキッド、宇部興産株式会社</p>		

表資-1.7 複合バイオマス受入、消化促進技術の概要比較

	複合バイオマス受入	消化促進技術	
		オゾン	超音波処理
概要	生ごみ、し尿等のバイオマスを受入れ、それにより得られるエネルギーを有効活用する技術である。	オゾンの強力な酸化力により余剰汚泥微生物の細胞壁を破壊し、汚泥中の不活性有機分を生物分解可能な形態に改質する技術である。	超音波が引き起こすキャビテーション(空洞現象)による反応によって、有機物が分解し可溶化させる技術である。
導入実績	珠洲市、北広島市、黒部市、恵庭市	【LOTUS】新潟県十日町下水処理センターにおける実証試験	【LOTUS】横浜市南部汚泥処理センターにおける実証試験
システムフロー	<p>珠洲市の例(処理フロー) (出典:珠洲市ホームページ)</p>	<p>(出典:「下水道機構情報」 Vol.2 No.4 2008.4 春季号)</p>	<p>(出典:「下水道機構情報」 Vol.2 No.4 2008.4 春季号)</p>
システム概要	<ul style="list-style-type: none"> ■珠洲市のバイオマス嫌気性消化施設は、下水や農業集落排水を処理する際に出る汚泥、家庭の浄化槽にたまった汚泥のほか、し尿などの有機性廃棄物や生ごみを集めて混合処理する。 ■発生したメタンガスをエネルギーとして施設内で全量活用する。 ■処理した汚泥は乾燥させ、肥料として再生し、珠洲市民に無料配布される。 	<ul style="list-style-type: none"> ■「オゾンを用いた消化促進装置」を従来の嫌気性消化処理に組み合わせ、汚泥処分量を減量化、バイオガス量を増加させ、バイオガス発電を行うことで、システム全体で発電コストの低減を図る技術である。 ■オゾン処理及び高濃度消化の運転を行ない、従来システムに比べて、消化率やバイオガス発生量が向上する。 ■脱水設備に消化汚泥を送泥する前に、凝集剤を添加せず遠心分離することにより、比重の大きい無機固形物を優先的に排出して、脱水汚泥の低含水率化及び汚泥処分量の減量化が可能。 ■バイオガス中の不純物(シロキサン、硫化水素)を除去することにより、バイオガス発電設備の稼動状態を従来よりも高めることができ、安定したバイオガス発電が可能。 ■国内で多く採用されているケースへの適用を考慮した「中温消化プロセス」、より高負荷の消化槽に対しても十分な消化率の向上とそれに伴うガス発生量の増加効果を得られる「高温消化と中温消化の組合せプロセス」を使い分け最適なシステムを構築。 	<ul style="list-style-type: none"> ■下水処理場外から生ごみなどのバイオマスを受け入れ、超音波処理によって可溶化した下水汚泥とともに消化槽で混合消化し、バイオガス発生量を増加させることにより発電コストを低減する技術である。 ■生ごみを下水処理場外から受け入れ、既設汚泥消化槽へ投入することでバイオガス発生量を増加。 ■下水汚泥の超音波処理により、消化効率向上、固形物減少、バイオガス発生量増加。 ■バイオガス発生量を増加させ、バイオガス発電設備のスケールメリットを獲得。 ■生ごみの適正処理費用削減分をシステムの収入と見なし、発電コストの低減。 ■下水処理場の電力自給率向上により、二酸化炭素排出量が削減され、地球温暖化防止に貢献。
1基当たりの施設最大規模	-	-	-
主要メーカー	荏原エンジニアリングサービス株式会社、鹿島建設株式会社、川崎重工工業株式会社、三機工業株式会社、JFE エンジニアリング株式会社、株式会社神鋼環境ソリューション、月島機械株式会社、三菱化工機株式会社、メタウォーター株式会社	株式会社日立プラントテクノロジー、栗田工業株式会社	月島機械株式会社

表資-1.8 消化促進技術、流動焼却の概要比較

	消化促進技術		【参考】流動焼却
	水熱反応		
概要	高温高压水の状態で、有機物を低分子化し可溶化	高温高压状態からの圧力変動による可溶化	本技術は、下水汚泥を高温流動床中で激しく攪拌・混合することにより、汚泥を焼却する技術である。
導入実績	【B-DASH】長崎市東部下水処理場における実証試験	新潟県長岡浄化センターにおける実証実験	実績 多数
システムフロー	<p>(出典:「水熱処理を用いた下水汚泥のエネルギー転換および減量化技術マニュアル」 2011年3月 (財)下水道新技術推進機構)</p>	<p>(出典:「建設技術審査証明(下水道技術)報告書 汚泥可溶化装置」 2005年3月 (財)下水道新技術推進機構)</p>	
システム概要	<ul style="list-style-type: none"> ■余剰汚泥のみを水熱処理ケースでは、水熱処理した余剰汚泥のガス発生率が1.5倍向上するため、全体のバイオガス発生量は1.15倍増加する。 ■一方、消化残さが40%以上削減されると同時に消化残さの脱水汚泥含水率が低くなるため、焼却の助燃用バイオガスが不要となり、余剰ガス量は1.7倍増加する。これに伴い、発電量は286kWと約1.7倍増加する。 ■本ケースでは水熱処理に必要な熱エネルギーを、ガスエンジン排ガスが有する廃熱で賄える。 	<ul style="list-style-type: none"> ■水処理設備から発生した汚泥は、濃縮脱水機又は濃縮機+脱水機で汚泥を濃度15%まで濃縮し、加水分解プロセスへ投入する。 ■加水分解プロセスではバルバー、リアクター、フラッシュタンクの三種類の圧力容器で構成され、蒸気による汚泥の可溶化が行われる。バルバーでは、破碎循環ポンプで汚泥を均質化し、かつ、リアクターからの余剰蒸気で汚泥の余熱を行う。リアクターでは、蒸気を供給し約170℃、7気圧の状態を保持することにより汚泥を可溶化する。 ■リアクター上部からバルバーへ蒸気を返送し、リアクター内の圧力を約3気圧に減圧し、残る圧力により汚泥をフラッシュタンクへ移送する。フラッシュタンクは、リアクターのバッチ運転に対応して、可溶化汚泥を貯留し、消化槽へ連続投入するためのタンクである。フラッシュタンク内の汚泥は約80℃となるため温水として熱回収し、消化に適切な温度で消化槽へ供給する。 ■加水分解後の可溶化汚泥は、従来の消化槽投入汚泥濃度である3%に対して約3倍の10%濃度の汚泥となるが、その粘性は従来汚泥と同程度であり、従来の消化槽の攪拌装置で対応可能である。また、汚泥が可溶化していることから、消化速度が向上し高い消化率を得ることができる。 ■消化汚泥は、加水分解の効果により、脱水性が改善され、65%程度の脱水汚泥含水率を得ることができ、脱水汚泥量が大幅に低減し、さらに発熱量がアップすることにより焼却設備で自然が可能となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ■脱水ケーキは流動槽内に投入され、焼却される。 ■焼却炉排ガスから排熱を回収し、燃焼用空気を加温に利用する。 ■排ガスは、排ガス処理設備で処理される。 ■排ガス中から除去された焼却灰はホッパーに貯留される。
1基当たりの施設最大規模	-	-	~300t/日・基
主要メーカー	三菱長崎機工株式会社	株式会社神鋼環境ソリューション	メタウォーター株式会社、三機工業株式会社、月島機械株式会社 他

参考資料－２ エネルギー化技術の国内導入事例

(1) 国内導入事例

1) 固形燃料化技術

導入先	広島市 西部水資源再生センター		
技術区分	炭化(低温)		
導入目的・背景	①焼却施設の老朽化 ②焼却灰埋立地の確保が困難 ③処理処分方式の多角化 ④環境負荷削減(CO ₂) ⑤循環型社会の構築		
内容、特徴	平成 24 年度より下水汚泥の炭化物を電源開発(株)竹原火力発電所の石炭代替燃料として利用。低温炭化。DBO 方式。		
システムフロー	<p style="text-align: right;">(出典:広島市 HP より)</p>		
施設概要	設備容量	50 t-wet/日×2 系列	
	設備構成	乾燥炉、炭化炉、熱風炉	
	投入脱水汚泥量	27,886 t-wet/年(計画値)	
	製造炭化物量	4,490t/年(計画値)	
	設置スペース	約 2,150m ²	
供用開始	平成 24 年 4 月	事業費	約 40 億円(外壁含む)
燃料利用者	電源開発(株)竹原火力発電所(広島県竹原市)		
運搬距離	約 70km	製品価格	88.2 円/t
製品用途	石炭代替燃料	製品発熱量	固形物あたり 13.7 MJ/kg-DS
			重量あたり —
処理実績	投入脱水ケーキ量 27,001 t-wet /年(平成 24・25 年度実績平均値)		
製品製造量	4,654t/年 (平成 24・25 年度実績平均値)		
維持管理費	222 百万円/年 (平成 24・25 年度実績平均値)		
導入の効果	・下水汚泥の100%有効利用を達成 ・温室効果ガス排出量の削減に貢献		
エネルギー創出効果	製品製造量×発熱量=63,759,800 MJ/年(製品含水率不明のため仮定値)		
導入検討における留意点	・包括的民間委託との管理区分		

導入先	熊本市 南部浄化センター			
技術区分	炭化(低温)			
導入目的・背景	<p>熊本市では、平成 19～20 年度に下水道新技術推進機構(現:日本下水道新技術機構)との共同研究により、下水汚泥処理処分計画の検討を行った。この中で、国の施策である「下水道ビジョン 2100」、「ロータスプロジェクト」を背景として、それまでの汚泥焼却、灰の埋立処分から、下水汚泥の有効利用への転換、温室効果ガス排出量の削減を目指すこととした。また、ロータスプロジェクトにおける開発目標コスト16,000 円/t以下による経済的な汚泥処分を行うことで、下水道経営に資することを目的として汚泥固形燃料化技術を導入したものである。</p> <p>導入にあたり支障となった課題としては、当初、市独自で燃料化物利用者の確保を試みたが、利用者で各々引き受けできる燃料の性状(形状、発熱量)が異なること、一方の施設建設にあたっては、各プラントメーカーで燃料化物製造の品質が異なること等で利用者の確保が困難であった。このため、DBOの受託者側に燃料化物利用の確約を取ることを条件とし、日本下水道事業団又は日本下水道新技術機構の公的評価がなされた燃料化技術であれば、形式は問わないものとする事で事業を実施している。</p>			
内容、特徴	平成 25 年度より下水汚泥の炭化物を電源開発(株)松浦火力発電所及び九州電力(株)松浦発電所の石炭代替燃料として利用。低温炭化。DBO 方式。			
システムフロー				
施設概要	設備容量	50 t-wet/日×1 系列		
	設備構成	乾燥機、造粒機械、炭化炉、再燃炉		
	投入脱水汚泥量	16,000 t-wet/年(計画値)		
	製造炭化物量	2,300t/年(計画値)		
	設置スペース	約 780m ² (41.05m×19.0m)		
供用開始	平成 25 年 4 月	事業費	約 21 億円(外壁、覆蓋、外部汚泥受入施設改造含む)	
燃料利用者	電源開発(株)松浦火力発電所、九州電力(株)松浦発電所			
運搬距離	—	製品価格	97 円/t	
製品用途	石炭代替燃料	製品発熱量	固形物あたり	16.01 MJ/kg-DS
			重量あたり	15.24MJ/kg
処理実績	投入脱水ケーキ量 15,294 t-wet /年 (平成 25 年度実績値)			
製品製造量	1,917t/年(平成 25 年度実績値)			
維持管理費	193 百万円/年 (平成 25 年度実績値)			
導入の効果	<p>① 資源の有効利用 下水汚泥のリサイクル率 100%達成 (セメント及びコンポストと併せて)</p> <p>② 温室効果ガス排出量削減(地球温暖化防止への貢献) 燃料化事業全体約 6,300t-CO₂/年 (燃料化施設 約 2,900t-CO₂/年 火力発電所 約 3,400t-CO₂/年)</p> <p>③ 汚泥処分費の削減 ランニングコストの削減(汚泥焼却施設との比較)</p> <p>④ 焼却灰埋立処分費が不要及び埋立地の延命化</p>			
エネルギー創出効果	製品製造量×発熱量=29,211,000 MJ/年 (含水率 4.8%として)			
導入検討における留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・利用者の確保 ・DBO と PFI それぞれの VFM 比較 			

導入先	大阪市 平野下水処理場			
技術区分	炭化(低温)			
導入目的 ・背景	<p>事業募集前の導入可能性調査の段階で、民間事業者からの発案を受け、炭化方式を優秀提案とした。その提案をもとに事業方針を取り決めた。</p> <p>導入の決め手としては、</p> <p>①汚泥の有効利用であること。</p> <p>②事業スキームが、固形燃料化物を20年間に亘り、火力発電所で石炭の代替燃料として処分できること。</p>			
内容、特徴	平成 26 年度より下水汚泥の炭化物を電源開発(株)高砂発電所等の石炭代替燃料として利用。低温炭化。汚泥固形燃料化設備として初の PFI 方式を採用。			
システム フロー				
施設概要	設備容量	150 t-wet/日×1 系列		
	設備構成	乾燥機、造粒機、炭化炉、再燃炉		
	投入脱水汚泥量	49,500 t-wet/年(計画値)		
	製造炭化物量	8,558t/年(計画値)		
	設置スペース	約 1,850m ²		
供用開始	平成 26 年 4 月	事業費	約 56 億円(外壁、覆蓋、外部汚泥受入施設含む)	
燃料利用者	電源開発(株)高砂発電所等			
運搬距離	—	製品価格	100 円/t	
製品用途	石炭代替燃料	製品発熱量	固形物あたり	13 MJ/kg-DS
			重量あたり	—
処理実績	— (平成 26 年度より稼動のため実績値無し)			
製品製造量	— (平成 26 年度より稼動のため実績値無し)			
維持管理費	約 11,200 百万円/20 年 (計画時)			
導入の効果	<p>① 温室効果ガス排出量削減</p> <p>② 炉の補修費・点検費の削減</p>			
エネルギー 創出効果	製品製造量×発熱量=111,254,000 MJ/年 (計画時)			
導入検討にお ける留意点	・利用先の確保及び事業方式を技術提案にて受付けた。			

導入先	愛知県 衣浦東部センター			
技術区分	炭化(中温)			
導入目的 ・背景	<p>衣浦東部浄化センターは平成8年度に供用開始し、平成18年度には汚泥発生量が4,831t/年(13.2t/日)となり当時、焼却施設による汚泥減容化を検討する段階に来ていた。ここは中部電力の碧南火力発電所に隣接する好立地条件なため、汚泥を炭化し碧南火力発電所で石炭と混焼する可能性について、まずは調査を行った。調査は中部電力と共同調査の協定を締結した上で平成18年度と19年度の2年度にわたって実施した。それぞれの役割は、愛知県は商品生産者として、安全で品質の良い下水汚泥燃料の製造から供給部分の調査。中部電力は炭化燃料の利用者として、発電ボイラーでの石炭との混焼による影響を調査した。なお、愛知県は共同調査の一部を日本下水道事業団に委託している。</p> <p>調査は脱水汚泥を実証プラント(H18年度石川県七尾市西部水質管理センター、H19年度愛知県半田市 NGK 水環境システムズ実験場)に持ち込みの上製造試験を行い、試験焼却炉(兵庫県相生市の IHI 相生工場内 D&D パーク)等で製造物の各種試験を実施した。調査の結果、①性状の安定した炭化燃料を連続して製造可能、②適切な対策を行うことで、炭化燃料を安全に取り扱うことが可能、③石炭火力発電所等で一定の混焼率において、石炭代替燃料として利用可能であることを確認し、事業化に向け進むこととした。</p>			
内容、特徴	平成24年度より炭化燃料を中部電力(株)において石炭代替燃料として利用。中温炭化。DBO方式。			
システム フロー				
施設概要	設備容量	100 t-wet/日×1系列		
	設備構成	乾燥機、造粒機械、炭化炉、再燃炉		
	投入脱水汚泥量	33,000 t-wet/年(計画値)		
	製造炭化燃料量	約2,700t/年(計画値)		
	設置スペース	約2,070m ²		
供用開始	平成24年4月	事業費	約46億円(外部汚泥受入施設含む)	
燃料利用者	中部電力			
運搬距離	隣接	製品価格	100円/t	
製品用途	石炭代替燃料	製品発熱量	固形物あたり	19.68MJ/kg-DS
			重量あたり	17MJ/kg
処理実績	投入脱水ケーキ量 33,222 t-wet /年 (平成25年度実績値)			
製品製造量	2,644t/年(平成25年度実績値)			
維持管理費	330百万円/年 (平成25年度実績値)			
導入の効果	① CO ₂ 排出量の低下 ② 下水処理の新たな方式の構築による汚泥の長期継続的な利用の確保			
エネルギー 創出効果	製品製造量×発熱量=45,426,000 MJ/年 (含水率12.7%として)			
導入検討における留意点	・①炭化設備、②減量化施設を持たない場合及び③焼却炉を設置した場合の20年間の建設費、維持管理費、汚泥焼却灰の処分費等のコスト比較			

導入先	東京都 東部スラッジプラント		
技術区分	炭化(中温)		
導入目的・背景	東京都区部では、1日当たり約130t(平成18年度実績)の焼却灰が発生していた。都では、従来から汚泥の有効利用、埋立て処分場の延命化の観点から汚泥の資源化に努めており、焼却灰をセメント原料、軽量細骨材原料、粒度調整灰(スーパーアッシュ)などに利用していたが、従来の資源化メニューのみでは今後大幅な汚泥資源化率の向上を図ることは困難であり、新たな資源化メニューの導入が必要とされていた。		
内容、特徴	平成19年11月より下水汚泥の炭化物を福島県勿来石炭火力発電所の石炭代替燃料として利用。我が国初の取組。DBO方式。		
システムフロー	<p>下水処理で発生した汚泥を乾燥機で3分の1程度まで乾燥し、引き続き炭化炉で1時間程度蒸し焼きにすることで、石炭の代替燃料となる炭化物を製造します。製造された炭化物は石炭火力発電所に燃料として供給します。</p>		
施設概要	設備容量	100 t-wet/日×3系列	
	設備構成	乾燥機、炭化炉(外熱式ロータリーキルン)、燃焼炉	
	投入脱水汚泥量	99,000 t-wet/年(計画値)	
	製造炭化物量	7,700t/年(計画値)	
	設置スペース	(炭化炉、乾燥機等主要機器)約21m×65m (炭化物ホッパ) 約14m×14m	
供用開始	平成19年11月	事業費	約50億円
燃料利用者	常磐共同火力勿来発電所(福島県いわき市)		
運搬距離	約170km	製品価格	105円/t(運搬費除く)
製品用途	石炭代替燃料	製品発熱量	12.6 MJ/kg-DS
処理実績	投入脱水ケーキ量 80,000 t-wet /年		
製品製造量	6,200t/年(平成21年度見込値)		
維持管理費	詳細非公開		
導入の効果	下水汚泥の資源化促進(脱水汚泥ベースで年間99,000 t-wetの資源化)、温室効果ガスの排出量削減(従来の焼却に比べ年間37,000t-CO ₂ 削減)、RPS法への貢献		
エネルギー創出効果	製品製造量×発熱量=78,120,000 MJ/年 発電電力量8,680,000kWh/年(発電効率を40%として算出) =(原油換算)806kL/年		
導入検討における留意点	<ul style="list-style-type: none"> 汚泥の熱分解時に発生するタール対策 点検時や補修時にも継続的に炭化物を製造できるように複数系列(100wt/日×3系列)としている。 		

導入先	宮城県 阿武隈川下流域下水道県南浄化センター		
技術区分	造粒乾燥		
導入目的 ・背景	①地球温暖化への対応:製紙会社の石炭ボイラで使用する石炭の代替品として使用する。 ②汚泥処分費の低減:セメント原料等の汚泥処分方法に加え、下水汚泥燃料化を加えての汚泥処分方法の多様化を図る。		
内容、特徴	下水汚泥から造粒乾燥物を製造し、浄化センターに近接する製紙工場(日本製紙(株)岩沼工場)において石炭の代替燃料として利用。		
システム フロー	<p>The diagram illustrates the process of producing granulated dried sludge. It starts at the 県南浄化センター(岩沼市) where a 脱水機 (dewatering machine) processes sludge into 脱水汚泥 (dewatered sludge). This sludge is then moved to a 混合機(造粒) (granulation mixer) and then to a 乾燥機 (drying machine). The drying machine is powered by a 燃焼炉 (combustion furnace) which uses 消化ガス等 (digester gas, etc.) as fuel. The furnace also has a 排気ガス処理装置 (exhaust gas treatment device) and a 煙突 (chimney). The drying machine produces 造粒乾燥物 (granulated dried sludge), which is collected in a 乾燥汚泥ホッパー (dried sludge hopper) and then loaded onto a ジェットパッカー車 (jet packer truck) for 販売 (sales). The furnace also provides 熱風又は高温油 (hot air or high-temperature oil) to the drying machine.</p>		
施設概要	50 t-wet/日×1基		
供用開始	平成 21 年 4 月	事業費	約 13 億円
燃料利用者	日本製紙岩沼工場(宮城県岩沼市)		
運搬距離	約 10km	製品価格	10 円/t (運搬費除く)
製品用途	石炭代替燃料	製品発熱量	17.6 MJ/kg-DS
処理実績	12,493 t-wet /年(平成 21 年度)		
製品製造量	2,294t/年(平成 21 年度)		
維持管理費	124,677 千円(平成 21 年度実績値)		
導入の効果	循環型社会の形成、環境負荷の低減、汚泥処理費の軽減(汚泥の年間処理費約 7,000 万円縮減)、汚泥処理のリスク分散		
エネルギー 創出効果	製品製造量×発熱量=40,374,400MJ/年 発電電力量 4,486,044kWh/年 (発電効率を 40%として算出) =(原油換算)417kL/年		
導入検討に おける留意点	汚泥固形燃料化施設は、基本的にエンドユーザーの確保が非常に重要であり、生成される“燃料化物”への理解並びに廃掃法への対応を十分に協議する必要がある。また、臭気、発熱量、灰分等の成分を把握しての協議となることから、対象となる処理場から発生する汚泥を知ることが重要である。		

導入先	新庄脱水汚泥燃料化施設(バイオソリッドエナジー株)		
技術区分	造粒乾燥		
導入目的・背景	新庄・最上管内から発生する下水道汚泥は、ほとんど埋立処分としている一方、管内に最終処分場がないため多額の運搬処分費用を要しており、安定的な処分地確保や行政コスト削減が課題となっていた。このため、NEDO 技術開発機構の地域バイオマス熱利用開発事業の補助を受け事業に着手した。(民間企業による脱水汚泥燃料化施設の本格運営は国内で初めてのケース)		
内容、特徴	木質バイオマス(木チップ)を熱源として脱水汚泥を造粒乾燥させ固形燃料を生成し、その燃料は製紙工場の自家発電用石炭ボイラの補助燃料等として利用する。		
システムフロー			
施設概要	汚泥処理量:30 t-wet/日×1基, 燃料化物:約 6.5t/日		
供用開始	平成 21 年 4 月	事業費	約 15 億円
燃料利用者	製紙工場(岩手県内)ほか		
運搬距離	—	製品価格	—
製品用途	石炭代替燃料	製品発熱量	17.6 MJ/kg-DS
処理実績	6570 t-wet /年(平成 20 年度。脱水汚泥量ベース)		
製品製造量	1321t/年(平成 20 年度)		
維持管理費	—		
導入の効果	—		
エネルギー創出効果	製品製造量×発熱量=23,249,600MJ/年 発電電力量試算値 2,583,289kWh/年 (発電効率を 40%として算出) =(原油換算)240kL/年		
導入検討における留意点	エンドユーザーの確保が非常に重要であり、製品の運搬費も含め、廃掃法への対応を十分に協議した上で安定的な受け入れ先を確保する必要がある。 また、汚泥を扱うことから臭気に対する配慮が必要であり、脱臭施設の設置に加え、周辺住民等の理解を得ることが重要である。		

導入先	福岡県 御笠川那珂川流域下水道御笠川浄化センター		
技術区分	油温減圧式乾燥		
導入目的・背景	地球温暖化防止や資源循環型社会の構築が求められるなか、下水道においても、発生汚泥の減量化・安定化とともにその有効利用の促進が大きな課題となっている。福岡県では、下水道の整備に伴って流域下水道全体で発生する下水汚泥の量が年々増加しており、この下水汚泥の減容化及び資源化を目的として、県内の流域下水道で最大規模となる御笠川浄化センターにおいて、平成9年度から「汚泥溶融施設」を、平成12年度から「油温減圧式式乾燥施設」を稼働させた。		
内容、特徴	脱水汚泥と廃食用油を混合し減圧下で加熱し、下水汚泥中の水分を急速に効率的に蒸発させ、油温乾燥汚泥が製造される。現在、この燃料は電源開発㈱松浦火力発電所に供給されている。		
システムフロー			
施設概要	<ol style="list-style-type: none"> 1. 処理プロセス：油温減圧式式乾燥 2. 乾燥温度：減圧化で約85℃ 3. 処理量：30t-wet/日(8時間運転) 4. 処理対象：高分子系脱水汚泥 含水率 80% 可燃分 72% 5. 熱媒体：廃食用油 6. 補助燃料：バイオガス及び灯油 		
供用開始	平成 13 年 1 月	事業費	約 49 億円
燃料利用者	松浦火力発電所(長崎県松浦市)		
運搬距離	約 100km	製品価格	630 円/t (運搬費除く)
製品用途	石炭代替燃料	製品発熱量	22.8 MJ/kg-DS
処理実績	6,650 t-wet /年		
製品製造量	1,620t/年(平成 21 年度)		
維持管理費	291,922 千円(平成 年度実績値)		
導入の効果	脱水汚泥の約1/4程度までの減容化。 脱水汚泥の産業廃棄物としての処分量の低減。 緑農地利用、石炭混焼燃料としての有効利用。 廃食用油の再利用。		
エネルギー創出効果	製品製造量×発熱量=36,936,000MJ/年 発電電力量 4,104,000kWh/年 (発電効率を 40%として算出) =(原油換算) 381kL/年		
導入検討における留意点	安定かつ多量の廃食用油の確保。 処理コストの低減(24 時間運転の検討等)		

導入先	北九州市 日明浄化センター		
技術区分	造粒乾燥		
導入目的 ・背景	<p>埋め立て用地の確保問題やロンドン条約による汚泥の海洋投入中止で、年々増加する下水汚泥を安定的に処理する方法が必要となった。</p> <p>一方、本市の汚泥処理系の設備は、耐用年数を超え老朽化しており、多額の改築更新事業費が必要な状態であった。</p> <p>このため、施設の導入は、①下水汚泥の有効利用とエネルギーの循環利用、②汚泥処理全体としての経済性、③汚泥処理の危険分散化などを考慮し、ごみとの混合焼却が可能な汚泥乾燥造粒施設を導入した。</p>		
内容、特徴	<p>乾燥用蒸気は、隣接する日明ごみ工場で発生する余剰蒸気を毎時6トン受けて、含水率80%汚泥を40%まで乾燥(乾燥機で20%まで乾燥した汚泥を80%の原汚泥と混合して40%乾燥汚泥を生成)している。成型品は、直径3cm×10cmのペレット状であり、焼却工場で燃えやすく、ストーカから脱落しない大きさとしている。</p>		
システム フロー	<p>The diagram illustrates the material and energy flows in the sludge drying and pelletizing process. Solid arrows represent sludge flow, dashed arrows represent gas flow, dotted arrows represent steam, and dash-dot arrows represent water recovery. Key components include: <ul style="list-style-type: none"> Sludge Input: Trucks deliver sludge to two feeders (low and high water content). Drying: Sludge is pumped to a dryer where it is dried. Steam from a nearby plant is used for heating. Classification and Mixing: Dried sludge passes through a classifier and is mixed with original sludge. Pelletizing: The mixture is formed into pellets. Energy Recovery: Exhaust air from the dryer and pelletizer is treated in deodorizers and heat exchangers to pre-heat incoming air and sludge, and to generate steam for the water tank. Output: Pellets are transported to a truck, and recovered water is sent back to the plant. </p>		
施設概要	乾燥施設 65t/日×2基		
供用開始	平成11年	事業費	約25億円
燃料利用者	ごみ処理工場(北九州市)		
運搬距離	隣接	製品価格	-10,000円/t(運搬費除く)
製品用途	ごみ焼却炉補助燃料	製品発熱量	18.3MJ/kg-DS
処理実績	21,232 t-wet /年		
製品製造量	10,407t/年(平成21年度)		
維持管理費	177,334千円(平成21年度実績値)		
導入の効果	汚泥処理コストの削減が可能となり、埋め立て用地の確保も不要になった。		
エネルギー 創出効果	<p>製品製造量×発熱量=190,448,100MJ/年</p> <p>発電電力量21,160,900kWh/年(発電効率を40%として算出)</p> <p>= (原油換算) 1,965kL/年</p>		
導入検討に おける留意点	生汚泥を処理することから、脱臭設備は不可欠である。		

導入先	胎内市 中条浄化センター		
技術区分	高温炭化(活性炭化)		
導入目的 ・背景	導入前の汚泥処理として脱水汚泥を市内の産廃業者に処分。産廃業者は汚泥をコンポスト化し肥料として販売していたが、施設の能力が逼迫してきたことや他の産廃業者が近隣にないことから汚泥の減量化、有効利用等を勘案し汚泥を炭化することとした。		
内容、特徴	無酸素状態で乾燥汚泥を約 800～850℃で加熱することにより、汚泥中に含まれる分解ガスを放出させ、汚泥を熱分解させて活性炭化物を製造する技術である。		
システム フロー			
施設概要	乾燥炭化施設 7.2t/日×1基		
供用開始	平成 20 年 4 月	事業費	約 7.9 億円
燃料利用者	ごみ焼却施設、セメント工場		
運搬距離	—	製品価格	500～5,000 円/t(運搬費除く)
製品用途	ダイオキシン吸着剤、燃料他	製品発熱量	18～20MJ/kg-DS
処理実績	669.4t-wet /年 (平成 21 年度)		
製品製造量	39.1t/年(平成 21 年度)		
維持管理費	11,295 千円(平成 21 年度実績値)		
導入の効果	<ul style="list-style-type: none"> ・汚泥処分費の削減 ・炭化物の有効利用 		
エネルギー 創出効果	製品製造量×発熱量＝ 743,000MJ/年 発電電力量 83,000kWh/年 (発電効率を 40%として算出) =(原油換算) 8kL/年		
導入検討に おける留意点	製品の販売先を確保するのが難しいので、導入の前に輸送費を含む販売先の検討をしておく必要がある。 また、農業集落排水施設等の下水道汚泥を中条浄化センターに集約し炭化することで施設の運転効率を高めていく予定。(MICS事業)		

2) バイオガス利用技術導入事例

導入先	東京都 森ヶ崎水再生センター		
技術区分	ガスエンジン発電		
導入目的 ・背景	東京都では、バイオガスを有効利用するとともに、温室効果ガス排出量削減を図るため、バイオガスを利用した発電が検討された。発電については、下水道事業外であるので、PFI法に則り民間の技術、資金を活用する方法で実施することとなった。当時、下水道事業では、国内初のPFI事業であった。		
内容、特徴	平成16年度にバイオガスのメタンを燃料とする発電施設を導入し、その電力を水再生センターで利用。国内初の常用発電 PFI(BTO 方式) 事業。電力負荷の平準化を図るNAS 電池なども導入されている。		
システム フロー	<p>The diagram illustrates the system flow at the Morikazaki Water Recharge Center. It shows a wastewater treatment plant (水処理施設) receiving sludge (汚泥) into a sludge digester (汚泥消化槽). The digester produces biogas (消化ガス) which is stored in a gas tank (ガスタンク). The biogas is then used as fuel for a power generation facility (発電設備) operated by a PFI company (PFI事業者). The power generation facility also receives electricity from an external source (外部より受電) and sells electricity (売電) back to the grid. The facility includes NAS batteries (NAS電池) for energy storage, which are charged during the night (充電(夜間)) and discharge during the day (放電(昼間)). The power generation facility also provides heat (売熱) to the sludge digester. The power generation facility specifications are: 常時 3,070kW (消化ガス), 非常時 9,079kW (灯油), 熱 46,043MJ/h. The NAS batteries consist of 2,000kW x 4 units.</p>		
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスエンジン(バイオガス専燃) : 3,200kW×1 基(計画発電量 2,600 万 kWh/年) ・ガスタービン(バイオガス・灯油切替混燃) : 1,840kW(バイオガス) / 2,750kW(灯油) × 1 基、ガスタービン(灯油) : 3,200kW×2 基 ・NAS 電池 2,000kW×4 基 ・温水機: 温水供給能力: 46,043MJ/h、加温源: 発電設備排気ガス、バイオガス、灯油 		
供用開始	平成16年4月		
建設費	PFI事業(事業期間:平成16年～平成36年)		
維持管理費			
バイオガス発生量	約1,270万 m ³ /年(平成21年度)	利用ガス量	—
発電量	—		
導入の効果	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオガスを活用した常用発電及び電力供給(年間約6億円のコスト削減見込み) ・発電廃熱を利用した温水供給 ・NAS 電池を利用した電力負荷の平準化、電力コスト削減 ・非常時における発電及び電力供給 ・温室効果ガス排出量削減: 年間4,772トン削減(見込み) 		
導入における課題	事業スキームの構築、国庫補助金導入の有無など PFI 事業導入における課題		

(グリーン電力認証の取得事例)

下水道においては、下水道バイオガス等の再生可能エネルギーによる発電分がグリーン電力として認証されている。以下に、東京都森ヶ崎水再生センターにおける取得事例を示す。

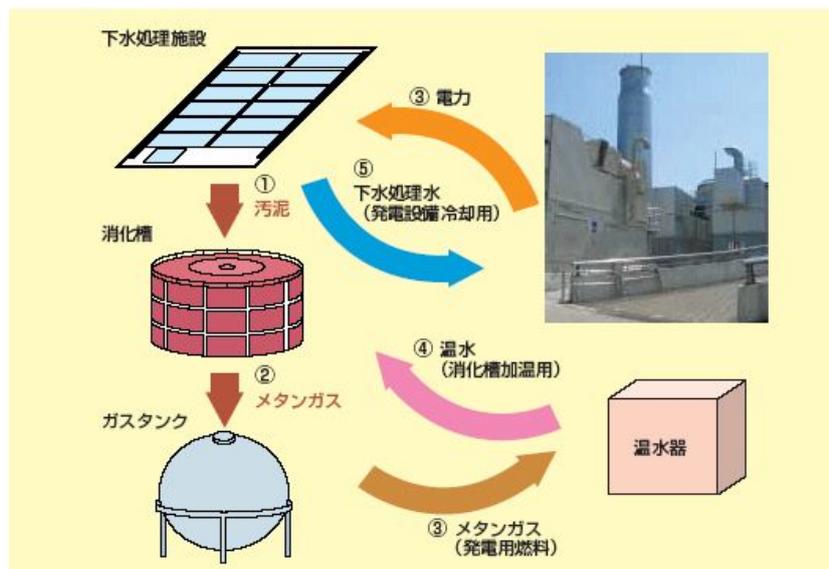
汚泥処理の工程で、汚泥の減量化を図る消化槽があります。この施設では消化により、メタンガスが発生します。このメタンガスを燃料として発電し、その電力を水再生センターで利用しています。

これによって、エネルギーの有効活用、電力コストの縮減、温室効果ガスの排出量の削減を図ることができます。森ヶ崎水再生センターでは PFI 方式により平成 16 年度から実施しています。

また、森ヶ崎水再生センターの発電では自治体として初めて「グリーン電力証書システム」を導入しています。

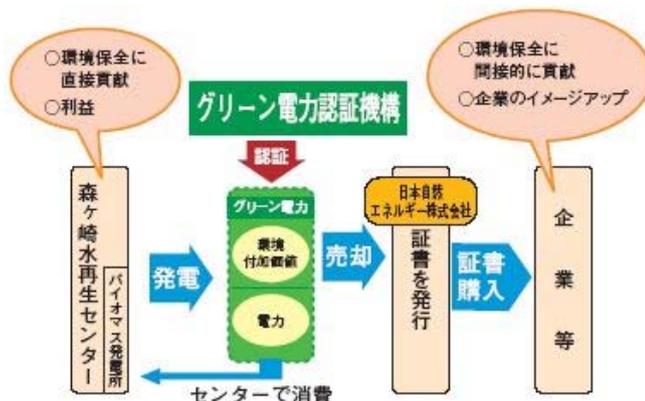
バイオマス発電施設

設置場所	設置場所	稼動	施設規模
森ヶ崎水再生センター	森ヶ崎水再生センター 東処理施設内 大田区昭島 2-5-1	平成 16 年 4 月	消ガス専焼型ガスエンジン 3,200kW× 1 基



グリーン電力証書システムの活用

森ヶ崎水再生センターで行っているバイオマス発電事業では、グリーン電力証書システムを活用しています。このグリーン電力証書システムとは、グリーン電力によって得られるCO₂排出量削減等の環境付加価値を取引きするシステムです。グリーン電力の利用促進に賛同する企業等は証書を購入することにより、環境貢献を社会に向けてアピールすることができます。



出典: 東京都下水道局 HP より抜粋

下水道分野での「グリーン電力証書」の認証取得状況は、表資-2.1 に示すとおりである。

表資-2.1 グリーン電力証書の認証取得状況（平成 25 年度）

対象発電所	発電期間	認証取得電力量(kWh)
森ヶ崎発電所	第1四半期	5,873,000
	第2四半期	5,704,000
	第3四半期	4,500,000
	第4四半期	4,530,000
江別浄化センター バイオガスコージェネ発電設備	第1四半期	93,000
	第2四半期	157,000
	第3四半期	235,000
	第4四半期	212,000
伊勢崎市バイオマスガス発電設備	第1四半期	38,670
	第2四半期	—
	第3四半期	—
	第4四半期	—
熊本北部浄化センターバイオマス 発電所	第1四半期	550,827
	第2四半期	528,003
	第3四半期	497,096
	第4四半期	459,969

<グリーン電力証書の価格について>

(再生可能エネルギーによる電力) = (電力価格) + (環境価値)

として、(環境価値)部分がグリーン電力証書として販売されている。

この環境価値の価格は、電源の種類、契約期間、契約量によって次の傾向がある。

- 電源の種類：太陽光>風力>バイオマス・小水力
- 契約期間：長期ほど安い
- 契約料：多いほど安い

導入先	横浜市 北部汚泥資源化センター		
技術区分	ガスエンジン発電		
導入目的・背景	昭和62年集約処理開始前から消化槽をもっており、また、中部下水処理場ですでにバイオガス発電を運転していた。汚泥集約処理を計画するに当たり、バイオガスの発生のない卵形消化槽と大規模なバイオガス発電を行うことには抵抗がなかった。		
内容、特徴	集約した汚泥の保有エネルギーであるバイオガスを利用してバイオガス発電を行う。平成21年度よりPFI事業で実施。		
システムフロー	<p>The diagram illustrates the system flow. It starts with a '中圧タンク' (Medium-pressure tank) which feeds into a '50号ガスエンジン(1100kW×1台)' (No. 50 Gas Engine, 1100kW x 1 unit) and a 'シロキサン除去装置' (Siloxane removal device). The siloxane removal device feeds into '1~5号ガスエンジン(900kW×5台)' (Nos. 1-5 Gas Engines, 900kW x 5 units). The output of the 1-5 engines goes to a '熱交換器' (Heat exchanger). The heat exchanger provides heat to '消化タンク加温' (Digestion tank heating) and '冷暖房' (Heating/Cooling). The 50th engine and the heat exchanger both feed into '系統連携設備' (System interconnection equipment), which then provides '電力(場内利用)' (Power for on-site use) and '電力(北二)' (Power for North 2).</p> <p style="text-align: center;">PFI事業範囲</p>		
施設概要	発電機(スーパーイグニッションエンジン)900kW×5台(PFI), 1,100kW×1台(直営)		
建設費	PFI 事業 (平成21年度～平成42年度)		
維持管理費			
供用開始	昭和62年		
バイオガス発生量	17,000,000m ³ /年(平成21年度)	利用ガス量(発電分)	10,700,000m ³ /年(平成21年度)
発電量	24,000,000kWh/年(平成21年度)		
導入の効果	電力、都市ガス使用量削減、汚泥資源化センター使用電力の80%を自給 温室効果ガス排出量削減		
導入における課題	検討時の課題は、バイオガスエンジンの信頼性とバイオガスの発生と消費のバランス及びコストバランスが取れていること。消化槽加温にボイラを焚かないでバイオガスエンジンの温水を使うこと等であったが、技術的な面と経済的な面が確認でき、導入に至った。		

導入先	柏崎市 自然環境浄化センター		
技術区分	ガス発電		
導入目的・背景	<p>平成 18 年度に「バイオマスタウン構想」を策定し、各種バイオマス資源の有効利用と事業化を行うことで二酸化炭素の排出抑制に取り組む方針を定めた。その中の主要事業の一つとして柏崎市自然環境浄化センター内に消化ガス発電装置の導入を行い、平成 25 年 2 月から本格稼働を開始した。</p> <p>自然環境浄化センターのバイオガス発電事業はCO₂排出量取引制度であるJ-クレジット制度のプロジェクトに新規登録済みであり、CO₂ 排出削減分を市事業におけるカーボンオフセットに活用したり、他事業者への販売を検討している。</p>		
内容、特徴	<p>発生する消化ガスは、燃焼機器に有害なシロキサンを除去後、ガス圧縮機で 0.6MPa に昇圧され、2 台のマイクロガスタービンに供給される。これを燃焼させてタービンを回転することで発電を行い、装置内の発電制御盤で利用可能な電気に変換する。また燃焼後の高温な排気ガスから熱を回収し、温水を発生させて消化槽の加温に有効利用するコージェネレーションシステムを構築しており、発電を含めた総合熱効率 は最大で 76%になる。</p>		
システムフロー	<p style="text-align: center;">柏崎自然環境浄化センター マイクロガスタービンコージェネレーションシステム概略フロー</p> <p style="text-align: center;"> <凡例> → (緑) : 消化ガス → (赤) : 温水 → (青) : 電気 → (黒) : 運転指令など </p>		
施設概要	バイオガス発電機:95kW×2 台		
建設費	1.5 億円(電気設備・機械設備等を含む)		
維持管理費	-		
バイオガス発生量	826,148m ³ /年(平成 25 年度)	利用ガス量	発電利用:816,902m ³ /年(平成 25 年度) 消化槽加温:2,167m ³ /年(平成 25 年度)
発電量	1,183,218kWh/年(平成 25 年度)		
導入の効果	<ul style="list-style-type: none"> ・電力使用量削減(ガス発電により電力会社から購入する電力量を年間で約 32%削減)(平成 25 年度) ・温室効果ガス排出量削減 約 650t-CO₂/年(平成 25 年度) 		
導入における課題	・導入時に維持管理まで含めた検討が重要である。		

(J-クレジット制度の取得事例)

以下に、柏崎市自然環境浄化センターにおける取得事例を示す。

自然環境浄化センターでは、下水処理の過程で生じた汚泥を分解(減量)する際に発生する消化ガス(バイオガス)を燃料とした消化ガス発電を平成25年2月1日から行っています。

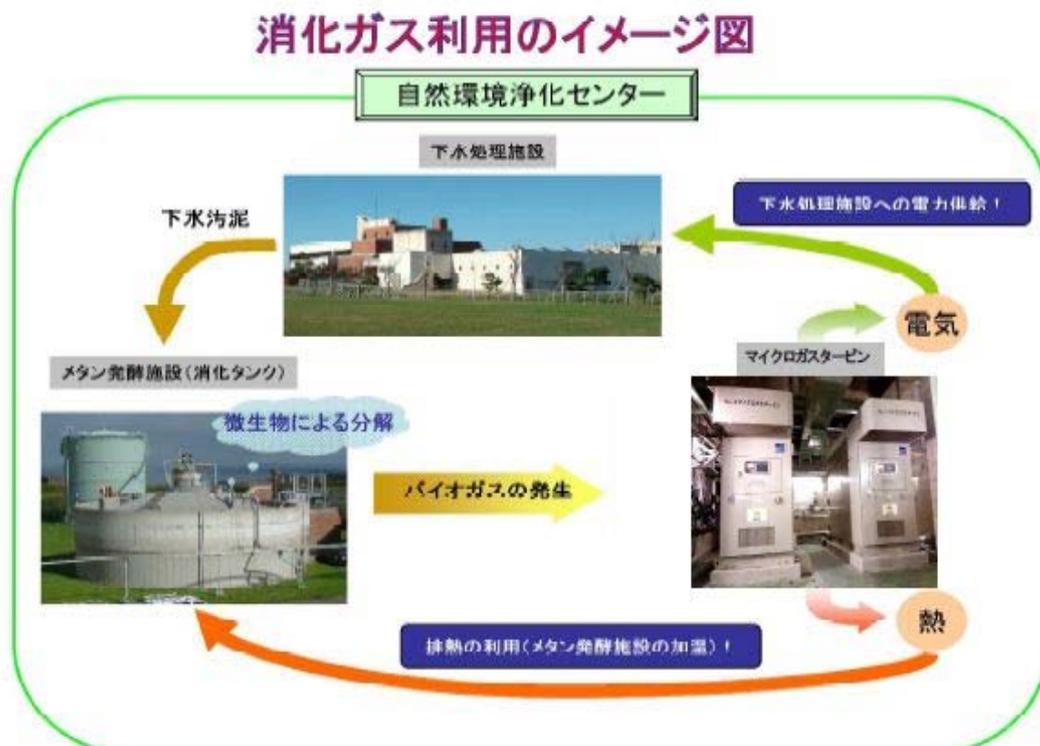
◇事業の目的

柏崎市バイオマスタウン構想のうち下水汚泥から発生する消化ガスの利活用事業として、燃焼処理していた余剰ガスを利用して発電をおこない、自然環境浄化センターで使用する電力料金と二酸化炭素排出量の削減を目的としています。

◇消化ガス発電の概要

自然環境浄化センター監視汚泥棟の地下1階に設置したマイクロガスタービンで発電し、発電機からの排熱を利用して作った温水でメタン発酵施設(消化タンク)の加温を行います。

マイクロガスタービンの発電能力は、190kW(95kW×2台)で自然環境浄化センター内に電力を供給し、年間116万5千kWh(浄化センターの電力使用量の31%)を発電します。



導入先	山形市 山形市浄化センター		
技術区分	燃料電池、ガス発電		
導入目的・背景	<p>■ガスエンジン導入背景 昭和 58 年の余剰汚泥遠心濃縮機導入により、適切な消化日数が確保できるようになったため、発生バイオガスが増加し、年間を通じた有効利用と省エネ対策が検討された。バイオガスで発電することにより電力使用料金削減が見込め、さらに熱利用で消化槽加温ボイラ(ボイラ技士)が不要になることから、ガスエンジン発電を導入するに至った。</p> <p>■燃料電池導入背景 平成 12 年頃、下水道整備進捗に伴う処理汚泥量の増加がバイオガス増加につながり、ガスエンジンと温水ヒーターのみでは発生バイオガスを全量利用できず、余剰ガスとしての大気放出を余儀なくされていた。当時、周辺開発が進み、悪臭に関する苦情が寄せられ、主要因は水・汚泥処理からのものであるが、余剰ガスの大気放出も要因として挙げられ、この防止を急務とし余剰ガス処理方法を検討することになった。</p> <p>余剰ガス処理方法の検討は、余剰ガス燃焼、ボイラ、発電(コージェネ)で比較した結果、発電(コージェネ)がガス処理に適しているという結論を得た。発電方式は、ガスエンジン、燃料電池を比較し、排気がクリーンで低騒音、また高い発電効率であるためトータルでのエネルギー回収も大きく、山形市の環境先進都市を目指した施策にも合致したものであり、燃料電池を導入するに至った。</p>		
内容、特徴	バイオガスを燃料電池発電、ガスエンジン発電に利用し、発電廃熱も消化槽加温・暖房で利用する、コージェネレーション(熱電供給)システムで運転を行っている。		
システムフロー			
施設概要	りん酸形燃料電池:100kW×2 台, バイオガス発電機:178kW×1 台		
建設費,	発電設備:約 2.8 億円(建屋改造、機械設備(加温設備等)、電気設備(エンジン、補機類等)), 燃料電池:約 4.7 億円(土木・建築設備、機械設備(脱硫設備、熱交換器等)、電気設備(燃料電池、電気設備改造等))		
維持管理費	-		
供用開始	平成 14 年 5 月(燃料電池)、昭和 63 年 11 月(ガスエンジン)		
バイオガス発生量	1,402,400m ³ /年(平成 21 年度)	利用ガス量	1,387,986m ³ /年(H21 年度)
発電量	ガスエンジン:807,010kWh/年(H21 年度) 燃料電池:1,615,790 kWh/年(H21 年度)		
導入の効果	電力使用量削減(ガス発電、燃料電池により処理場総電力の 48.7%を自給)(H21 年度) 温室効果ガス排出量削減 1,887t-CO ₂ /年(H21 年度) 余剰ガス処理装置等の建設・維持管理費削減		
導入における課題	<p>■ガスエンジン:排ガス対策(三元触媒→希薄燃焼)と大防法の規制強化</p> <p>■燃料電池:当時、建設費では有利とはいえなかったが、買電電力量の減、契約電力の減によって、ある程度のコスト回収が可能で排熱も消化槽加温には十分であった。</p>		

導入先	熊本県熊本北部流域下水道 熊本北部浄化センター		
技術区分	燃料電池		
導入目的 ・背景	導入以前においては発生した消化ガスの一部を消化タンクの加温用燃料として使用していたが、そのほとんどは特に使用することなく焼却処分をしていたことから、この未利用消化ガスを資源として有効活用することを目的に発電設備の導入検討に着手した。		
内容、特徴	<p>当浄化センターで採用しているリン酸型燃料電池は消化ガスを改質して得られる水素と空気中の酸素とを電気化学反応させて直流電気を取り出し、これを交流に変換して出力する技術である。一般的なガスエンジン方式と比べて施設の建設費は若干高くなるが、次のような利点があることから採用した。</p> <p>①電気化学反応による発電方式であり変換ロスが少なく効率的に発電できること。 ②大気汚染物質(窒素酸化物、硫黄酸化物)の発生が少ないこと。 ③低騒音・低振動で周辺地域の生活環境への影響が小さく、屋外設置が可能であること。</p> <p>発電した電力は、企業等の環境改善活動への支援と売却による新たな収入確保を目的として、「グリーン電力価値」を売却している。</p>		
システム フロー			
施設概要	・リン酸型燃料電池 :100kW×4 基		
供用開始	平成 18 年 12 月		
建設費	458 百万円		
維持管理費	37 百万円/年(平成 20～25 年度の平均)		
バイオガス発生量	約 1,603 千 m ³ /年(平成 25 年度)	利用ガス量	約 1,214 千 m ³ /年(平成 25 年度)
発電量	2,304,850kWh/年(平成 25 年度)		
導入の効果	<ul style="list-style-type: none"> ・購入電力料金の削減効果 ・温室効果ガスの排出抑制 		
導入における課題	本設備のメンテナンス会社は1社しかなく、構成する部品も特注品であることから、維持管理費の縮減のためのメンテナンス会社と連携した運転及び日常管理が重要である。		

導入先	神戸市 東灘処理場		
技術区分	自動車燃料		
導入目的・背景	年間2億 m ³ の下水を7か所の処理場で処理しており、約110万 m ³ の汚泥が発生している。この汚泥は全量嫌気性消化されており、年間1千万 m ³ のバイオガスが発生している。現在は、発生するバイオガスの約70%を場内利用しているが、残りは焼却処分となっている。バイオガスの100%活用及び用途拡大を目指して、当該事業が進められた。		
内容、特徴	バイオガスの100%活用及び用途拡大を目指し、都市ガス12A相当まで高度精製し、天然ガス自動車燃料として供給する。精製方法は、下水処理場に適している高圧水吸収法を採用し、不純物を除去しメタン濃度を97%以上としている。		
システムフロー			
施設概要	ガス精製設備: 高圧水吸収方式 330Nm ³ /h×2 系列 ガスホルダ設備: 球形中圧ガスホルダ 1,500Nm ³ ×2 基 ガス充填設備: ガス圧縮機 300Nm ³ /h×1 本, 蓄ガス器 約 2500×24.5MPa×12 本, ディスペンサー充填圧力 19.6 MPa×2 口		
精製ガス	こうべバイオガス:メタン 97%以上, 酸素 4%以下, 硫化水素 0.1ppm 以下, シロキサン 1mg/Nm ³ 以下, 臭気濃度 2,000 以上(安全対策)		
建設費,	約 15.3 億円※		
維持管理費	-		
供用開始	平成 20 年 2 月		
バイオガス発生量	4,062,307 m ³ /年(平成 21 年度)	利用ガス量	2,301,243m ³ /年(平成 21 年度)
精製ガス量	1,253,004 m ³ /年(平成 21 年度)		
導入の効果	化石燃料削減(天然ガス自動車燃料として 395,457Nm ³ 述べ 12,552 台(H21)に供給)、温室効果ガス排出量削減		
導入における課題	ガスの品質・安定供給 安定供給のための、バイオガス設備、汚泥、水処理、の維持管理(できれば、中圧タンクを増やして余剰分を貯留しておきたい。) 維持管理が容易な精製装置		

※出典:「下水汚泥エネルギー利用調査報告書」平成 20 年 3 月 日本下水道協会

導入先	神戸市 東灘処理場		
技術区分	ガス導管直接注入		
導入目的 ・背景	神戸市には、バイオガスを「こうべバイオガス」として天然ガス自動車燃料に安定精製してきた実績がある。これに加えて、2009年7月にエネルギー供給事業者に非化石エネルギー源の利用を促す「エネルギー供給構造高度化法」の成立がきっかけとなり、「平成21年度バイオマス等未活用エネルギー実証試験補助金」の活用が可能なことも影響し、事業が開始された。		
内容、特徴	高度精製した「こうべバイオガス」を、都市ガス13Aと同等レベルに調整し、ガス導管に直接注入することで都市ガスの需要家に供給する。導管への注入量の制約が少なく100%利活用が可能である。また、直接ガス導管に注入することで、都市ガスの製造所との距離に制約を受けない。この事業を通じて運営方法や経済性を検証し、「再生可能エネルギーであるバイオガス活用の神戸モデル」を示すことで、バイオマス資源の有効活用の促進に貢献していきたい。		
システム フロー			
施設概要	都市ガス化設備(微量成分除去, 熱量調整, 付臭, 成分測定)		
精製ガス	発熱量:45MJ/Nm ³ 、硫化水素:1mg/Nm ³ 以下、酸素:0.01Vol%以下、窒素:1.0Vol%以下、二酸化炭素:0.5Vol%以下 (大阪ガス購入要領の成分基準に基づく)		
建設費	建設費:約3億700万円※		
維持管理費	包括委託(薬品費込み。電気代は神戸市の負担)		
供用開始	平成22年10月		
バイオガス発生量	10,000N m ³ /日(計画)	利用ガス量	2,000Nm ³ /日(計画) (メタン97%のバイオガス量)
精製ガス量	2,200N m ³ /日(計画)		
導入の効果	都市ガス導管注入量は当初約80万m ³ で、約2,000戸の家庭が1年間に使うガス量に相当し、これによるCO ₂ 削減量は約1,200t-CO ₂ /年。		
導入における 課題	<ul style="list-style-type: none"> ○最低供給条件を踏まえての検討 ○保温性の向上による加温ガス使用量の減少 →蒸気を利用して温水で加温するため。 ○天然ガス自動車の燃料 →当時、ガス会社ではバイオガスの買取制度がなかったことと、周辺に輸送車が多かったため。 		

※日本下水道新聞

導入先	長岡市 長岡中央浄化センター
技術区分	都市ガス原料供給
導入目的 ・背景	当該浄化センターの平成 8 年度処理実績は、日平均で約 84,600m ³ /日で、バイオガス発生量は年間約 148 万 Nm ³ であった。発生したバイオガスは、脱硫したのち、その約 46%を消化槽加温用として利用していたが、残りの約 54%は余剰ガスとして焼却処分していた。この余剰ガスの利用拡大については、以前から検討を重ねていたことと、平成 7 年に環境共生モデル都市(エコシティ)に指定されたことが環境負荷の低減に積極的に取り組むきっかけとなり、再度検討を行った。
内容、特徴	余剰ガスの有効利用を図るため、バイオガスを都市ガスに近い成分に精製し、約 750m 先の北陸ガス(株)に供給している。
システム フロー	
施設概要	長岡市: 脱硫塔: 10,000Nm ³ /日, 精製塔: 3,300Nm ³ /日, 圧送機, 除湿機, 導管(処理場内 80A×250m) 北陸ガス(株): 導管(80A×500m), 付帯設備(圧力調整機, 流量計, 緊急遮断弁, 熱調設備等)
精製ガス	総発熱量 35.58MJ/Nm ³ 、二酸化炭素 4.0vol%以下、硫化水素 2ppm 以下(ガス供給条件)
建設費	約 2.2 億円(建築設備、機械設備(精製塔、圧送機、冷却設備)、電気設備、場内の導管布設を含む)
維持管理費	9,414 千円(平成 21 年度)
供用開始	平成 11 年 4 月
バイオガス発生量	1,524,830 Nm ³ /年(平成 21 年度)
精製ガス量	535,794Nm ³ /年(平成 21 年度)
導入の効果	約 900 世帯分の都市ガスがバイオガスで賄われることになり、資源の有効利用が図られた。
導入における課題	現有管理体制での導入と採算性 (耐用年数の間にコストバランスが取れれば可)

導入先	金沢市 臨海水質管理センター
技術区分	都市ガス供給
導入目的 ・背景	従前の地球温暖化防止のための取組に加え、平成 13 年度に「金沢市新エネルギービジョン」(NEDO 補助制度)が策定され、付加価値として啓発効果が期待できるモデルプロジェクト(全 8 事業)の一つとして、バイオガスの有効利用が選定された。平成 14 年度には「金沢市臨海水質管理センターバイオガス有効利用事業化調査」(NEDO 補助制度)により、市営の都市ガス工場への精製バイオガス供給が他のガス利用方法よりも経済性、有益性の点で適しているとの結論に達し、事業化された。
内容、特徴	バイオガスを精製する都市ガス製造プラントを設け、管理センターに隣接する港エネルギーセンター(市営都市ガス工場)に精製バイオガスを供給する。
システム フロー	
施設概要	都市ガス製造能力 100m ³ N/h 吸収塔(メタン濃度 90%まで高濃度化する装置), 圧縮機(供給先の中圧ガスホルダーへガスを送る装置), 熱調器(プロパンガスを添加して都市ガスレベルまで増熱する装置)
精製ガス	総発熱量 46±1MJ/Nm ³ , CO ₂ :3.6%以下, 全硫黄含有量 0.01g/Nm ³ 未満, 硫化水素検出されないこと, アンモニアは検出されないこと(港エネルギーセンターに供給するガスの品質)
建設費	約 2.8 億円(機械・電気設備工事費(吸収塔、圧縮機、熱調器)、本設備～ガスホルダー間の導管敷設費含む)
維持管理費	15,272 千円(H21)
供用開始	平成 17 年 5 月
バイオガス発生量	1,014,588Nm ³ /年(H21 年)
供給ガス量	419,546Nm ³ /年(H21 年)
導入の効果	温室効果ガス排出量削減 将来的には、金沢市全体の都市ガス製造量の2%程度をバイオガスで賄う計画
導入における 課題	受入先のガス事業者の選定、立地条件(ガス導管の距離)が建設費を決定する重要なファクターとなる。 供給するガスの品質について、ガス事業者との協議が重要である。品質によっては、熱調器がいない場合がある。

※出典:「下水汚泥エネルギー利用調査報告書」平成 20 年 3 月 日本下水道協会

導入先	熊本県山鹿市(実証実験)		
技術区分	ガス運搬		
導入目的・背景	九州経済産業局が実施した「バイオガスの精製・輸送・貯蔵技術を用いた家庭向けの精製メタンガス供給モデル事業」にて、一般家庭燃料向けバイオガス供給システムの実証実験を行った。 山鹿市では、地域の生ごみや家畜のふん尿などが「たい肥」と「バイオメタンガス」に変換するバイオマスセンターが既に稼働している。今回の実証実験では、これまで副産物として発生し、施設内で使用していた「バイオメタンガス」を、精製技術、輸送技術、貯蔵技術の組み合わせにより、都市ガスへのバイオガス導入、一般家庭への導管供給及び遠隔地へのLPG代替としてバイオガス導入を目指し、システムの開発を行った。		
内容、特徴	精製後のバイオガスを高圧充填(20MPa)するカーボン容器を搭載した軽量トレーラーによりガス会社までの約5kmを搬送する。ガス会社では、精製バイオガスとLPGや天然ガスと混合した上で、都市ガス配管への接続を実施し、家庭用ガス機器でのバイオガス利用が可能であることを確認した。また、一般家庭でバイオガスを利用するために、低圧吸蔵システムでの実証実験を行い、従来方式に比べて簡易かつ効率的な貯蔵が可能となることが確認された。		
システムフロー			
施設概要	ガス精製装置、ガスホルダ、圧縮機、バイオガストレーラー		
ガス基準	メタン 85%以上, 二酸化炭素 15%以下, 酸素 1%以下, 硫化水素 10ppm 以下, 窒素 1%以下, 一酸化炭素 1ppm 以下, 露点-60℃以下(トレーラー入側のガス管理基準)		
建設費	—		
維持管理費	—		
供用開始	実証実験		
バイオガス発生量	—	利用ガス量	—
運搬ガス量	バイオガス高圧充填カーボン容器を搭載したトレーラー(30m ³ ×18本、貯蔵容量約540m ³)、運搬距離:約5km		
導入の効果	山鹿市全域の家畜糞尿などをバイオガス化して山鹿市内約3000世帯に対して供給する場合、約1/2のエネルギーが賄える※。(山鹿都市ガス会社他、試算)		
導入における課題	(1)輸送コストの低減(2)バイオガス発生地での不純物除去(3)既存の都市ガス配管の活用(4)都市ガス配管が接続していないプロパンガス利用世帯での簡易で効率的な貯蔵システムの開発		

※出典:「一般家庭向けのバイオガスの精製、運搬、供給システムの開発について」2010.3.10
山鹿都市ガス株式会社他
「Cool Kyushu Project STAGE2008～2009 報告書」九州経済産業局

導入先	東京都 清瀬水再生センター
技術区分	ガス化炉
導入目的 ・背景	<ul style="list-style-type: none"> ・温室効果ガスの大幅削減(下水道局の温室効果ガス排出量が、東京都の事務事業活動で排出されるガス量の約 42%を占めている) ・下水汚泥の持つ潜在的なエネルギーの積極的活用
内容、特徴	下水汚泥を蒸し焼きにし、生成した可燃性ガスを汚泥の乾燥とガス化に必要な熱源として使用。さらに残りの可燃性ガスは発電に利用。設計及び建設、維持管理及び運営を通して民間事業者へ委託(DBO。事業期間は平成20年度～平成41年度末まで。供用開始は平成 22 年 7 月)
システム フロー	<p>【凡例】</p> <ul style="list-style-type: none"> → 脱水汚泥 → 乾燥汚泥 → 生成ガス、改質ガス → 燃焼ガス → 乾燥ガス → 空気、酸素、蒸気 → 都市ガス → 電力
施設概要	100t/日×1基
建設費	総事業費:約 88 億円(設計・建設:約 38 億円、維持管理・運営:約 50 億円)
維持管理費	※DBO 方式のため、内訳は不明 ※既設の焼却施設と同等
供用開始	平成 22 年 7 月
導入の効果	温室効果ガス排出量の大幅な削減(既存の焼却施設と比べ約 87%削減) 温暖化ガス削減量 12,500t-CO ₂ /年
導入における課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス化炉におけるクリンカ発生対策が必要である。 ・改質ガス冷却塔出口(集塵機入口)の灰の堆積対策として、ダクトの保温及び窒素ブロー装置が必要である。

導入先	珠洲市 珠洲市浄化センター
技術区分	複合バイオマス受入れ
導入目的・背景	<p>H18 年度まで珠洲市と旧内浦町が組合により、し尿・浄化槽汚泥処理施設を共同運営していた。しかし、市町村合併により、旧内浦町が他町村と合併することになり、H18 年度末をもって組合を解散することになった。この処理施設は、機器が老朽化しており設備更新時期を迎えており、また、当処理施設の立地敷地は、旧内浦町であったため、珠洲市単独でのし尿処理施設の構築が必要となった。そこで、公共下水道終末処理場にて、一括処理できないか検討を行った。</p> <p>石川県に相談したところ、下水道汚泥やし尿、浄化槽汚泥だけでは、十分なメタンガスの発生が期待できないので、生ゴミを投入することにより、メタンガスをより多く発生させることができるとの提案を受け、現在のバイオマスメタン発酵処理施設を建設することとなった。</p>
内容、特徴	<p>既存の下水処理場で、下水汚泥、農業集落排水汚泥、浄化槽汚泥、し尿、生ゴミ等地域で発生するバイオマスを一元的に集約混合処理して、エネルギーの利活用を図る。</p> <p>製造される乾燥汚泥は混合汚泥肥料として肥料登録され、市民に無料配布され、地域内でのバイオマスの地産地消を図る。</p>
システムフロー	<p>注) 可溶化槽: 破砕した生ゴミを温水と混合することにより、溶解する。 油分を分離する目的も含む。</p>
施設概要	バイオマス受入設備、バイオマス前処理設備、混合設備、消化タンク、脱硫・加温設備、汚泥脱水設備、乾燥設備
建設費	土木・建築施設費:422 百万円、機械・電気設備費:753 百万円 その他:180 百万円 (以上総計:1,355 百万円)
維持管理費	70,196 千円(平成 25 年度実績値)
バイオマス受け入れ量	下水汚泥:7,449m ³ /年(平均濃度:2.1%),生ゴミ:168t/年(平均濃度:22.7%), 浄化槽汚泥:2463 t/年(平均濃度:0.9%),し尿:1,642t/年(平均濃度:1.0%), 農業集落排水汚泥:152t/年(平均濃度:2.2%) 平成 25 年度実績値
バイオガス発生量	19,862m ³ /年(平成 25 年度実績値)
導入の効果	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理費削減:し尿処理にかかる維持管理費が約 5,700 万円/年削減。(大部分は燃料費の削減による) 下水汚泥処分費削減:上記の内、汚泥を肥料化して市民に無料配布しているため、以前の下水汚泥の産業廃棄物の処分費約 1,400 万円が削減。 CO₂ 排出量削減:以前のし尿処理施設は、焼却処分していたため、年間約 2,300tのCO₂ 排出削減。
導入における課題	<ul style="list-style-type: none"> 生徒の減少による学校や保育所等からの生ゴミ減少や、人口減少によるスーパーからの生ゴミ減少が課題。 新たな受け入れ先を開拓していく必要があるが、家庭ごみについては、収集・保管方法や異物の混入等を考慮すると実施は困難。

導入先	黒部市 黒部浄化センター
技術区分	複合バイオマス受入れ
導入目的・背景	<p>下水道の普及とともに、し尿・浄化槽汚泥の処理量が減少してきている中、2市2町で構成する新川広域圏のし尿処理施設が老朽化したため、し尿のみの処理施設に更新することとなり、農集排水汚泥と浄化槽汚泥については各自自治体で処理することとなった。一方で、下水道汚泥は埋立てやセメント化という方法で処理を業者委託していたが、休止・閉鎖や処理費の値上げなどの恒常的なリスクを抱えていた。</p> <p>こうした問題があったことから、なにか循環型社会に適応した資源・エネルギーの有効利用ができるものがないか検討し、本バイオマスエネルギー利活用事業を導入した。本事業ではメタンガス発生量が飛躍的に増加するコーヒー粕を投入しており、当時の担当課長が飲料メーカーと折衝し、確保している。</p>
内容、特徴	<p>下水道汚泥、農業集落排水汚泥、浄化槽汚泥等に事業系食品残渣(コーヒー粕など)を混合し、メタン発酵させることによりバイオガスを生成する。そのバイオガスを使用し、汚泥燃料化(乾燥汚泥)とマイクロガスタービンによる発電を行う、化石燃料を使用しない「自己完結型」プラント。乾燥汚泥は発電用ボイラの燃料や肥料として利用される。</p>
システムフロー	<p style="text-align: center;">＜PFI事業範囲＞</p> <p>注) 熱交換設備: 消化槽の消化促進のため、消化槽から引き抜いた消化汚泥の熱を投入汚泥に熱交換するもの</p>
施設概要	バイオマス受入設備、混合槽、消化槽、バイオガス発電設備(マイクロガスタービン発電機:95kW*1台)、ボイラ、脱水設備、乾燥設備
建設費	PFI事業(BTO方式)総事業費:約36億円 設計・建設期間:H21年4月～平成23年4月
維持管理費	維持管理・運営期間 H23年5月～H38年4月(15年間)
バイオマス受け入れ量	下水汚泥:19,897m ³ /年(平均濃度:3.5%), 浄化槽汚泥:5,435m ³ /年, 農業集落排水汚泥:2,910m ³ /年, コーヒー粕:1,642t/年(平均濃度:33.5%)(平成25年度実績値)
バイオガス発生量	913,891m ³ /年(平成25年度実績値)
導入の効果	<ul style="list-style-type: none"> ・循環システムの構築によるCO₂排出量の削減 ・下水道汚泥、農業集落排水汚泥、浄化槽汚泥、食品残渣の一体的処理による処理コスト削減 ・PFI法に基づく事業実施による処理コスト削減 ・先進的な事業の実施による交流人口の活性化(施設視察者の増加)
導入における課題	<ul style="list-style-type: none"> ・振動、臭気、騒音が発生する機器は建屋内に設置し、周辺地域に影響の内容配慮している。 ・バイオマス量と質の変動を抑えて計画値を確保すること。(新たな食品残渣の排出元の開拓や現在の排出先企業への継続の依頼)

導入先	北広島市 北広島下水処理センター
技術区分	複合バイオマス受入れ
導入目的・背景	<p>従来、乾燥汚泥の農地利用を行い、発生する消化ガスはすべて施設のエネルギーに活用していたが、それでも年間約 100kL の重油を汚泥の乾燥と消化槽の加温に使用しており、重油代が維持運営の負担となっていた。一方、ごみ処理では、広域で計画していた焼却施設の処理開始年次が延期となり、最終処分場(埋立処分地)の延命化を図る必要があった。同じ時期に周辺 3 町との組合事業であるし尿処理場の老朽化対策もあり、生ごみとし尿・浄化槽汚泥を受け入れて、一括処理するためのバイオマス混合調整施設を設置することにした。</p> <p>下水処理を目的に作られた施設に生ごみ等との混合処理が可能かどうかの判断には、ロータプロジェクトに参加したメーカーからの聞き取りや学識経験者からの助言を聞き、可能と判断した。</p>
内容、特徴	下水汚泥、農業集落排水汚泥、浄化槽汚泥、し尿、生ごみを混合し、嫌気性消化させることにより消化ガスを回収し、消化タンクや乾燥機の熱源としてエネルギーを有効利用する。
システム フロー	
施設概要	生ごみ受入施設、し尿浄化槽汚泥受入施設、汚泥調整設備、消化設備、ボイラ、脱水設備、乾燥設備
建設費	<ul style="list-style-type: none"> 生ごみ前処理施設: 約 5.7 億円 し尿浄化槽汚泥受入施設: 約 5.1 億円 汚泥調整設備: 約 2.2 億円 消化設備: 約 4.4 億円
維持管理費	<ul style="list-style-type: none"> 52,094 千円(平成 25 年度実績値) (生ごみ前処理施設、し尿浄化槽汚泥受入施設、汚泥調整設備)
バイオマス 受入れ量	下水汚泥: 33,363m ³ /年(平均濃度:3.1%), 生ゴミ: 1,417t/年(平均濃度:8.2%), し尿・浄化槽汚泥: 12,925t/年(平均濃度:1.0%) 平成 25 年度実績値
バイオガス発生量	1,085,592m ³ /年(平成 25 年度実績値)
導入の効果	<ul style="list-style-type: none"> 建設コストの削減: 約 10 億円(し尿処理場再構築・生ごみ処理施設建設に対して) 維持管理コストの削減: 約 1 億円/年。 消化ガス発生量が 13~16%増加。 重油使用量が 40~73%削減。
導入における課題	<ul style="list-style-type: none"> 生ごみ、し尿等の搬入は週6日となり、混合槽での下水汚泥、生ごみ、し尿等の混合割合を考慮し、搬入のない日も貯留槽で液位管理をしている。 新たな運転管理を構築しなければならず、自治体職員や委託人員等適正に配置する必要がある。 生ごみを導入処理した場合、消化汚泥で有機酸値が上昇するため、既存施設の防食を有機酸対応とすること等の検討が必要である。

導入先	恵庭市 恵庭下水終末処理場
技術区分	複合バイオマス受入れ
導入目的・背景	<p>最終処分場の容量の逼迫化や環境負荷の増大により、環境にやさしい循環型社会の構築に向けたごみの減量化及び資源化が喫緊の課題であった。</p> <p>このような背景から平成19年に公募市民、関係団体、事業者で構成される「恵庭市ごみへらし市民会議」が開催され、循環型社会構築に向けたごみの減量化、資源化、適正処理を推進するための方策について「恵庭市循環型社会形成のための市民提案」にとりまとめ提言された。その提言の一つとして家庭ごみの約3割を占める生ごみを焼却や埋め立て処理するのではなく、すべて資源とし有効活用すべきであると提案された。この市民提案を基に市では平成 20 年度に、循環型社会構築に向けた恵庭市循環型社会形成推進施策を策定し、生ごみを循環資源と位置づけ、生ごみから発生するバイオガスを下水終末処理場で回収し、その有効利用により天然資源の消費を抑制するとともに施設維持管理費の削減及び効率的な施設運営を目指すに至った。</p>
内容、特徴	<p>生ごみ処理施設、し尿処理場及び既存の下水道施設を有効利用して、下水汚泥と他のバイオマス(生ごみ、し尿・浄化槽汚泥)を集約処理し、汚泥消化槽投入後、発生した消化ガスをマイクロガスタービンの燃料として有効利用する。また、発電された電力については処理場内で利用することにより、天然資源の消費や CO₂ の発生を抑制し、環境保全と持続可能な循環型初回の形成を構築する。</p>
システムフロー	
施設概要	生ごみ処理施設、し尿処理施設(既設一部改造)、汚泥混合槽(既設改造)、消化設備、バイオガス発電設備(マイクロガスタービン発電機:95kW×2台)、ボイラ、脱水設備
建設費	<ul style="list-style-type: none"> ・生ごみ処理施設:約 3.9 億円 ・汚泥調整設備:約 3.2 億円 ・脱硫設備:約 1.1 億円 ・バイオガス発電設備:約 2.7 億円
維持管理費	<ul style="list-style-type: none"> ・36,942 千円(平成 25 年度実績値) (生ごみ処理施設、し尿処理施設、汚泥混合槽、バイオガス発電設備)
バイオマス受入れ量	下水汚泥:89,014m ³ /年(平均濃度:2.7%), 生ゴミ:3,758t/年(平均濃度:23.9%), し尿:4,299t/年(平均濃度:1.2%) 平成 25 年度実績値
バイオガス発生量	1,602,574m ³ /年(平成 25 年度実績値)
導入の効果	<ul style="list-style-type: none"> ・消化ガス発生量:24%増加。 ・必要受電量:約 42%削減。 ・バイオガス発電による受電の削減及び排熱利用により約 33%の温室効果ガス(CO₂換算)排出量の削減。 ・ごみを埋立しないことで、約 2,600t/年(CO₂換算)の温室効果ガス(メタンガス)排出量を抑制。
導入における課題	<ul style="list-style-type: none"> ・生ごみの収集率を上げることが重要であり、説明会等を実施することで、市民の理解・協力が得られるようにする必要がある。 ・既存施設を有効利用することで新規設備の導入が少なくなり、施設建設コストや維持管理費の低減を図ることが重要である。

参考資料－3 エネルギー化技術の海外導入事例

下水汚泥を原材料としたエネルギー化技術の海外導入事例を以下に示す。
各事例の詳細については次頁以降に整理した。

1) 固形燃料化事例

- 事例 1-1 : Antwerp 下水処理場(汚泥造粒乾燥)
- 事例 1-2 : Braunlingen 下水処理場(汚泥造粒乾燥)
- 事例 1-3 : Garmerwolde 下水処理場(汚泥造粒乾燥)
- 事例 1-4 : 金海(キム)市下水処理場、ほか3箇所(汚泥炭化)

2) バイオガス化事例

[アメリカ]

- 事例 2-1 : Hyperion 下水処理場
- 事例 2-2 : KingCountrySouth 下水処理場

[北欧(スウェーデン、ノルウェー、フィンランド)]

- 事例 2-3 : Bromma 下水処理場
- 事例 2-4 : Henriksdal 下水処理場
- 事例 2-5 : Kungsängen 下水処理場
- 事例 2-6 : Varberg 排水処理場
- 事例 2-7 : Svedjan 下水汚泥処理場
- 事例 2-8 : Folkoping バイオガスプラント
- 事例 2-9 : Orebro 下水汚泥処理場
- 事例 2-10 : Bekkelaget 下水汚泥処理場

[ドイツ]

- 事例 2-11 : Bottrop 下水処理場

[フランス]

- 事例 2-12 : Marquette 有機物リサイクルセンター(下水処理場)

[イタリア]

- 事例 2-13 : Voghera 下水処理場

[韓国]

- 事例 2-14 : 釜山市下水処理場 バイオガス発電
- 事例 2-15 : 釜山市下水処理場 生ごみ処理

1) 固形燃料化事例

事例 1-1 : Antwerp 下水処理場での汚泥造粒乾燥

技術区分	造粒乾燥
導入先	Antwerp 下水処理場[ベルギー]
内容、特徴	<p>Antwerp 下水処理場の汚泥処理施設は、当処理場とその周辺の小規模下水処理場(約 40 施設)の汚泥を集約処理している。</p> <p>1998 年に消化汚泥を対象とした汚泥造粒乾燥設備を導入した。同設備は、汚泥を 10,000t-ds/年、すなわち Flander 地域で発生する全汚泥量の 10%を処理する。</p>
施設概要	<p style="text-align: center;">Figure 10: Indirect vertical tray drying/pelletising process (PEARLprocess™)</p>
導入の効果	<ul style="list-style-type: none"> 造粒乾燥製品の固形物濃度は 90%以上。 造粒乾燥設備の 2003 年の稼働率は 90%強。 造粒乾燥設備への消化工程からのバイオガス供給は、エネルギー換算では全体供給エネルギーのうちの 2003 年では 66%を占めた。 造粒乾製品は、2003 年での生産量のうち、28.4%がセメント工場に、65.6%が石炭火力発電所の燃料として、それぞれ用いられた。

出典) Olivier Pollet et al., FIVE YEARS OF SLUDGE DRYING – PELLETING OPERATING EXPERIENCE IN ANTWERP, 9th European Biosolids and Biowastes conference, Nov 2004, UK Session 22 – Paper, pp.1-23

事例 1-2 : Braunlingen 下水処理場での汚泥造粒乾燥

技術区分	造粒乾燥
導入先	Braunlingen 下水処理場[ドイツ]
内容、特徴	<p>Braunlingen 下水処理場周辺の 22 のコミュニティからの汚泥を収集し、造粒乾燥を行っている。地元自治体との第3セクターで運営し操業を委託している。</p> <p>1998 年に汚泥造粒乾燥設備を導入。Wood チップを乾燥用燃料として使用。</p>
施設概要	
設備仕様	<ul style="list-style-type: none"> 外部からの汚泥受入施設 汚泥脱水施設 造粒乾燥設備 (60t/d×1 系列) ペレット分離設備 ペレット冷却・貯留設備
建設費、維持管理費	詳細不明
導入の効果	<ul style="list-style-type: none"> ペレットは火力発電所、セメント工場で利用されている。

出典)

1) メーカー提供資料

2) SWISS COMBI [<http://www.swisscombi.com/swisscombi3.html>]

事例 1-3 : Garmerwolde 下水処理場での汚泥造粒乾燥

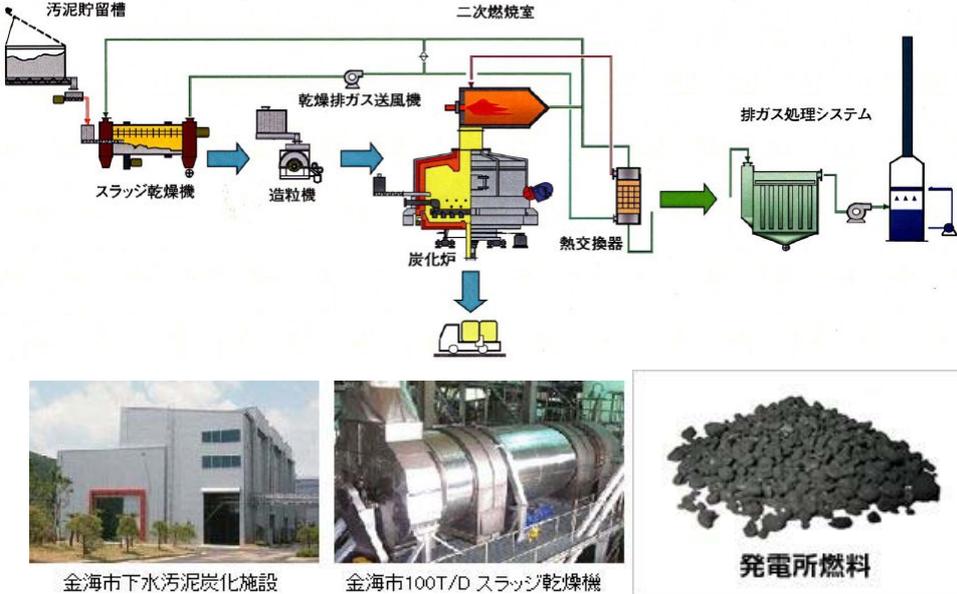
技術区分	造粒乾燥
導入先	Garmerwolde 下水処理場[オランダ]
内容、特徴	<p>2003年に汚泥造粒乾燥設備を導入。PFI方式(BOO)で15年のコンセッション。</p> <p>Groningen市及びその周辺地域のための、30万人規模の処理場である。2008年にIWAのInnovation Awardsのヨーロッパ連合部門賞を受賞している。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
施設概要	詳細不明
設備仕様	<ul style="list-style-type: none"> 2004年建設 造粒乾燥設備(120t/d×2系列)
建設費、維持管理費	詳細不明
導入の効果	<ul style="list-style-type: none"> 含水率78%の脱水ケーキを含水率8%にまで低下。 ペレットは火力発電所、セメント工場で利用されている。

出典)

1) メーカー提供資料

2) <http://www.iwa-pia.org/upload/2008%20PIA%20Supplement.pdf>

事例 1-4 : 金海(キメ)市下水処理場での汚泥炭化施設

技術区分	炭化
導入先	金海市下水汚泥資源化施設 [韓国] ほか3箇所
内容、特徴	<p>■実績 韓国では金海市、天安市、保寧市、宜寧郡の4個所で稼働中。</p> <p>■下水汚泥炭化システムフロー</p>  <p>金海市下水汚泥炭化施設 金海市100T/D スラッジ乾燥機 発電所燃料</p>
施設概要	<p>炭化処理プロセス直接熱風式乾燥機 + 直接加熱式炉床回転式炭化炉</p> <p>水分約 80%の汚泥が汚泥貯留層より定量的に直接熱風式乾燥機に導入され、水分 25%~30%の乾燥汚泥として排出される。続いて造粒機にて造粒後、炭化炉に投入される。炭化炉は底部が回転しており最外周に落下した乾燥汚泥は案内羽根にて均一に除々に中心部に移動しながら炭化(炭化炉内温度 650~700℃)される。炭化炉で発生した可燃性ガスは再燃焼炉でダイオキシン対策のため、850℃ 2秒以上で完全燃焼し、再燃焼炉を出た排ガスの一部は乾燥機に導かれ乾燥の熱源として利用される。残りは熱交換機で乾燥排ガスと熱交換後、排ガス処理をして大気に放出される。炭化物の揮発分の調整は炭化温度、炭化炉滞留時間により調整する。</p>
設備仕様	<p>金海(キメ)市 100t/d×1系列(2008年6月完成)</p> <p>保寧(ポリョン)市 20t/d×1系列(2009年8月完成)</p> <p>天安(チョナン)市 75t/d×2系列(2011年2月完成)</p> <p>宜寧(ウリョン)郡 15t/d×1系列(2011年2月完成)</p>
導入の効果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 石炭火力発電所の燃料(石炭代替燃料として、石炭使用量、CO₂の削減) 2. 製鋼用保温材 3. 土壌改良材として活用(世界的な森林土壌酸性化の改善) <p>※韓国においては4割が製鋼用保温材、6割がセメント会社向け燃料、原料として利用されている。今年度よりRPS法による韓国電力での利用が開始される予定。</p>

出典) 日本臓器製薬株式会社 提供資料

http://www.nippon-zoki.co.jp/plant/c_plant.html

2) バイオガス化事例

[アメリカ]

事例 2-1 : Hyperion 下水処理場

技術分類名	バイオガス発電
導入先	Hyperion 下水処理場
内容、特徴	<p>処理場への流入量を調整するため、処理場上流に小規模下水処理場を設置するサテライト式下水道を導入しており、ここで沈殿した汚泥が下水管で Hyperion 下水処理場へ送泥される仕組みになっている。</p> <p>(下水水質について)</p> <p>ロス市はディスポーザ(直投式・浄化槽付)の両タイプを含む普及率が 80%以上と高く、流入負荷 BOD:257mg/l、TSS(全懸濁物質):288mg/l と高濃度である。しかし、水処理後には BOD:23.4mg/l、TSS:20.2mg/l となる。</p> <p>(ガス発電について)</p> <p>以前は、発生したバイオガス全量が 19MW のコジェネ発電に使用されていた。しかし、現在は隣接する市営の発電所用燃料としてバイオガスの全量を提供する契約が、同市水道・電気局と交わされている。この契約内容は、980m³のバイオガスの提供に対して1~2セント/kWhで電力購入し、一定以上の電力消費に対しては5~6セント/kWhの購入価格になるというものである。</p>
システムフロー	詳細不明
施設概要	<p>消化槽容量:9,500m³×36基 (18基は機械攪拌を行う卵型の嫌気性消化槽、ほか18基はガス攪拌の円筒型)</p> <p>流入量:134万 m³/日(対象人口約400万人)</p> <p>バイオガス発生量:198万 m³/日(バイオガスメタン濃度:64%)</p> <p>供用開始年:1950年</p>
建設費、維持管理費	年間予算:49,639,103\$ (2004年度)



出典) (財) 日本産業廃棄物処理センター資料(2006年度)・ロサンゼルス市 HP
http://www.san.lacity.org/lasewers/treatment_plants/hyperion/index.htm

事例 2-2 : KingCountrySouth 下水処理場

技術分類名	バイオガス発電
導入先	KingCountrySouth 下水処理場
内容、特徴	<p>Washington 州 Renton 市内の主要下水処理場のひとつで、下水汚泥を嫌気性消化槽 4 基で消化している。</p> <p>■ 熔融炭酸塩形燃料電池 (以下、MCFC) 実証実験について</p> <p>精製ガス・天然ガス (地域天然ガス網より) ・脱硫されたバイオガスのいずれかを用いて、MCFC による 1MW の発電を行う実証実験である。結果としては全体のわずかな割合でしか精製ガス燃料による運転ができなかった。</p> <p>なお、MCFC の排熱は消化槽加温と MCFC の燃料加温に使用されており、MCFC の熱回収効率は 60~65% である。また、発電効率は 43~47% である。また、2004 年 4 月から 2006 年 9 月まで、燃料の天然ガスは Fuel Cell Energy 社の協力を得ており、実証実験に関しては環境保護庁 (EPA) と米国エネルギー省からの開発補助を受けている。</p>
システムフロー	詳細不明
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消化槽容量: 6 億 3,000 万 l ・ 流入量: 2,355 万 m³/日 ・ バイオガス発生量: 34 m³/日 ・ 電力消費量: 7,142kWh ・ 供用開始年度: 1950 年
建設費、維持管理費	プロジェクト費は 22.5 万 \$

出典) Northwest CHP アプリケーションセンター HP

<http://www.chpcenternw.org/NwChpDocs/KingCoSouthTreatmentPlantFuelCellCaseStudy.pdf>

[北欧(スウェーデン、ノルウェー、フィンランド)]

事例 2-3 : Bromma 下水処理場

技術分類名	ガス導管注入、自動車燃料
導入先	Bromma 下水処理場(スウェーデン)
内容、特徴	<p>7 基の嫌気性中温(35-37℃)消化槽により滞留時間 20 日間で消化され発生するガスは水分除去と脱硫工程を経て、PSA によりガス精製される。精製後はパイプラインで Shell 社のガス供給スタンドへパイプラインで送られるほか、最大容量 5,000Nm³ のコンテナ輸送により、毎日ストックホルム市内近隣地域へ供給されている。ストックホルム市内には 4 つのガス供給スタンドがあり、自動車燃料として供給されている。同市では 1,600 台の自動車を非化石燃料に切り替えるとしている。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>ガス輸送用コンテナ(ガス圧260bar)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>バイオガス利用のCNG車</p> </div> </div>
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消化槽容量:18,000m³(7基合計) ・ ガス供給企業:AGA ガス社 ・ 年間投入汚泥量:12,000t-dry ・ 年間バイオガス発生量:21,000MWh(メタン濃度:65%) ・ 年間精製ガス量:19,000MWh(メタン濃度:97%) ・ ガス精製能力:600Nm³/h ・ 精製設備供用開始年:2000 年

出典) Energigas Sverige(ガス会社)資料:<http://www.energigas.se/>

ストックホルム水道公社資料:<http://www.stockholmvatten.se/en/>

<http://www.cardiff.ac.uk/archi/programmes/cost8/case/watersewerage/sweden-brom.pdf>

事例 2-4 : Henriksdal 下水処理場

技術分類名	ガス導管注入、輸送技術
導入先	Henriksdal 下水処理場(スウェーデン)
内容、特徴	<p>市内 2,000 ヶ所にある脂肪分離機から収集される有機物質と、レストラン等から少量の生ごみが搬入され、下水汚泥と共に消化処理されている。消化槽投入物の混合比(乾)は汚泥 80-85%・脂分 15-20%・生ごみ 1-2%である。消化は7基の中温消化槽(35-37℃)で行われ、19 日間かけてバイオガスを発生させる。</p> <p>(ガス利用について)</p> <p>ガスは精製された後、4 気圧に圧縮されて約 2km のパイプラインで SL 社(公共交通運営会社)のバス発着所に送られ、CNG バスの燃料ガスとして供給される。また、Bromma 市と同様に精製バイオガスのコンテナ輸送(350 気圧)も毎日行われている。精製ガスの約 2%は、処理場から程近くのハンマルビー・ショースタッド地区へパイプラインで送られ、集合住宅など約 1,000 軒の家庭用ガスオーブンの燃料として供給されている。なお、ハンマルビー・ショースタッド地区の下水の一部も同処理場で処理している。</p>
システムフロー	
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> 消化槽容量: 39,000Nm³ ガス供給企業: AGA ガス社 年間投入汚泥量: 27,000t-dry 年間生ごみ投入量: 2,000t-dry 年間バイオガス発生量: 65,000MWh(メタン濃度: 65%) 年間精製ガス量: 58,000MWh(メタン濃度: 97%) 精製設備供用開始年: 2003 年

出典) Energigas Sverige 社 HP: <http://www.energigas.se/>

envac 社 HP: <http://www.envacgroup.com/web/Start.aspx>

http://www.stockholmvatten.se/commondata/infomaterial/Avlopp/Henriksdal_eng_04.pdf (スウェーデン語)

事例 2-5 : Kungsängen 下水処理場

技術分類名	自動車燃料
導入先	Kungsängen 下水処理場(スウェーデン)
内容、特徴	<p>発生するバイオガスは Gryta 廃棄物処理場に送られ、有機性廃棄物のバイオガスと混合されてガス精製プラントでメタン精製される。この精製ガスはパイプラインで Vastmanland まで送られ、バス発着所に隣接するガソリンスタンドで CNG 燃料自動車に供給される。この CNG 燃料供給量は年間 230 万 L のガソリン量に相当する。なお、精製設備は新設されたものである。</p>
システムフロー	<p>The diagram illustrates the system flow for CNG production and supply. It starts with two sources of biogas: the Gryta waste treatment plant (有機廃棄物消化槽) producing 250~350 Nm³/h and the Kungsängen wastewater treatment plant (下水汚泥消化槽) producing 150~250 Nm³/h. These gases are transported to a purification plant (高圧水吸収による精製) where they are refined to 150~550 Nm³/h with a 2% methane loss. The refined gas is then stored in seven gas storage tanks (輸送用ガスストレージ) before being transported to a bus station (バス発着所). At the bus station, the gas is supplied as CNG at 350 bar with a capacity of approximately 5,000 m³. The pipeline is 8.0 km long (4 bar or below) and has a diameter of 85 mm (1 bar or below). The gas is compressed from approximately 30 mbar to 500 mbar, with moisture removed before being piped to the bus station.</p>
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオガス発生量: 150~250 Nm³/h (メタン濃度: 60~70%) ・ 精製ガス量: 150~550 Nm³/h (メタン濃度: 97%) ・ 消費電力: 0.31 kWh/Nm³

出典) Energigas Sverige 社 HP : <http://www.energigas.se/>

事例 2-6 : Varberg 排水処理場

技術分類名	ガス導管注入
導入先	Varberg 排水処理場(スウェーデン)
内容、特徴	<p>年間バイオガス発生量 350 万 Nm³を計画中の施設である。</p> <p>また Cryogenic gas cleaning(超低温ガス精製)設備により、精製ガスを天然ガス品質まで高めて天然ガス導管注入を計画している。(液体 CO₂ の同時製造が可能)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
システム フロー	<ol style="list-style-type: none"> ① ガス乾燥・不純物除去 ② -25℃まで冷却後、ガス吸着によるシロキサン・H₂S 除去 ③ -80℃・50気圧下で天然ガス品質のバイオガスと液体 CO₂ を生産 ④ 液化バイオガスの生産と窒素分離 <ul style="list-style-type: none"> ・ シロキサン除去・脱硫工程を別工程に必要としない。
施設概要	<p>供用開始年:2009 年</p> <p>バイオガス流入量 50~2,500Nm³/h</p>
設備仕様	前処理設備として、超音波処理設備を新設

出典)Scandinavia Biogas 社 HP・Scandinavian GTS 社

http://www.scandinavianbiogas.se/index_whyus.php?option=displaypage&main=39&subid=39&show=51

事例 2-7 : Svedjan 下水汚泥処理場

技術分類名	自動車燃料
導入先	Svedjan 下水汚泥処理場(スウェーデン)
内容、特徴	<p>近隣11ヶ所の下水処理場からの汚泥と、Boden 市の家庭系生ごみ、レストラン等からの食品廃棄物とを混合消化している。バイオガスは場内加温・地域熱供給に使用され、一部は精製されて自動車燃料として供給される。</p> <p>(設備について)</p> <p>下水汚泥は生ごみと混合され、70℃で1時間殺菌された後、嫌気性高温消化槽(55℃)で消化される。バイオガスの一部はCNG車の燃料として供給される。その際、精製工程におけるオフガスは処理場内供給に利用されるため、メタンロスをおよそ0.1%以下に抑えられている。</p> <p>(ガス精製・供給について)</p> <p>バイオガスは施設から、250mm直径の地下パイプで500m先のコンプレッサーまで送られ、一部のガスは精製されて容量6,000m³のコンテナに330気圧で注入される。</p>
システムフロー	<p>図：設備フロー</p>
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> • 消化槽容量: 1,300m³ • 年間投入生ごみ量: 1,200t • 年間バイオガス発生量 <li style="padding-left: 20px;">下水汚泥: 2,500MWh <li style="padding-left: 20px;">生ごみ: 3,000MWh • 年間投入汚泥量: 24,000t • 年間消費残渣: 1,600t • 精製ガスメタン濃度: 97% • 精製設備供用開始年度: 2007年

出典) Energigas Sverige 社 HP

http://www.energigas.se/~media/Files/www_energigas_se/Aktuellt/VaraSeminarier/GDLulea/4_Ove_Andersson_GASDAGLulea.ashx ほか

事例 2-8 : Folkoping バイオガスプラント

技術分類名	自動車燃料
導入先	Folkoping バイオガスプラント(スウェーデン)
内容、特徴	<p>1960 年代より下水汚泥のバイオガス回収を始め、市消化槽加温に使用していた処理場であるが、2001 年より、家庭ごみの回収を開始し、バイオガス増収を始めた。そして、2008 年にガス精製設備を設置して、現在全市バス及びその他の CNG 車に燃料供給を行っている。</p> <p>(設備について)</p> <p>ごみを含めた食品廃棄物は、破碎された状態でプラントに搬入され、パルパーで均質化されてからタンクに貯蔵される。搬入のない曜日も含めて、連続的に消化槽へ送泥される仕組みになっている。なお、現在 2 基の中温消化槽で下水汚泥と生ごみ・食品廃棄物で消化処理を行っている。精製されたバイオガスは Alleberg Center にあるバイオガス供給ステーションに送られる。また、消化汚泥は堆肥として利用される。</p>
システム フロー	<p>The diagram illustrates the biogas production process. At the top, 'Waste & Sewage' is shown with an icon of a trash bin and a toilet. Arrows point down to 'Production Waste' (represented by a house and a trash bin) and 'Production Sewage' (represented by a house and a toilet). From these two sources, arrows point to the right towards 'Upgrading', represented by a factory icon. A text box on the right explains that the plant is operated by Folkoping City and that the produced gas is sold to Göteborg Energi.</p>
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオガスマタン濃度:65% ・ 精製メタン濃度:97~99% ・ 精製ガス年間車燃料供給量:3GWh/年 ・ 精製設備供用開始年度:2008 年

出典) Folkoping 市資料

ECOEX 社資料; <http://ecoex.info/CENTRARRGD0.HTML>

事例 2-9 : Orebro 下水汚泥処理場

技術分類名	自動車燃料
導入先	Orebro 下水汚泥処理場(スウェーデン)
内容、特徴	<p>大学病院や食品製造工場などへ供給していたバイオガスを、2007年より2ヶ所のバイオガスステーションへパイプライン経由で供給している。年間約 220 万 Nm³の自動車燃料に相当するバイオガスを生産している。2009年より、農業廃棄物などのバイオメタン化施設が新設されたことにより、市内全体で年間 80GWh のバイオガスが車燃料として供給されており、これにより年間 2 万 t の二酸化炭素が排出低減された。2009年 10 月より、61 台の市バスがディーゼル車から CNG 車となり、バイオガスを燃料に運転されている。</p>
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> バイオガス発生量:20GWh/年

出典)Orebro 市資料

<http://translate.google.com/translate?hl=en&sl=sv&tl=en&u=http%3A%2F%2Fwww.orebro.se%2F1340.html>

事例 2-10 : Bekkelaget 下水汚泥処理場

技術分類名	自動車燃料、ガス運搬技術
導入先	Bekkelaget 下水汚泥処理場(ノルウェー)
内容、特徴	<p>Oslo 市内の CO₂ 排出量削減策の一環として、輸送機関から排出される CO₂ 低減のために計画された。市バスのうち 80 台の CNG バスを導入し、55°Cでの嫌気性高温消化によって得られるバイオガスを精製して燃料利用している。</p> <p>なお、処理場から天然ガス供給ステーションまでは、モバイルコンテナを使ったガス輸送を行っている。</p>
システムフロー	
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 精製プラント容量: 750m³/h (精製機器メーカー: PURAC 社) ・ バイオガス発生量: 360 万 m³/年 ・ カーボンフィルターによる脱硫 ・ 供用開始: 2009 年 12 月
建設費、維持管理費	<ul style="list-style-type: none"> ・ プラント増設費 (750m³/h) 32 万 kr ・ 加熱、ヒートポンプ、スラッジ加熱等 10 万 kr

出典) Ramboll 社 HP:

<http://nordicbiogass.ezpublish.no/content/download/69656/592202/file/BjÅ¶rkman%20-%20Bekkelaget.pdf>

[ドイツ]

事例 2-11 : Bottrop 下水処理場

技術分類名	バイオガス発電、自動車燃料
導入先	Bottrop 下水処理場
内容、特徴	<p>下水処理場のバイオガスを精製して CNG 車に燃料供給すると共に、さらにバイオガスを水素改質させて、水素エンジンによるコジェネ発電を行い、地域に電熱供給するプロジェクトである。なお、このプロジェクトは、企業・研究機関・Bottrop 市などによる共同組合により推進されており、ノースラインとヴェストファーレン州、EU より資金援助を受けている。</p> <p>(水素エンジンコジェネによるエネルギー供給について)</p> <p>下水処理場で改質製造された水素は、水素エンジンの燃料として用いられ、発電された電気は地域の系統送電網に送電される。また、エンジン排熱は、小学校と特別学校へ別々のパイプラインを使って送られる。今後は水素自動車への水素燃料供給も予定している。なお、このプロジェクトは 2008 年国際水協会の技術革新賞を受賞している。</p>
システムフロー	<p>ガスエンジン利用への水素精製 天然ガス品質へのガス精製 汚泥消化による消化ガス発生 下水汚泥</p> <p>水素エンジンによる発電</p> <p>電気と熱の供給</p> <p>Welheimer Mark 小学校 自動車Emcher共同組合</p>

出典) h2-netzwerk-ruhr(水素ネットワーク推進組織)資料:

<http://www.h2-netzwerk-ruhr.de/Home.15.0.html?&L=1>

NRW (燃料電池・水素ネットワーク) 資料

[フランス]

事例 2-12 : Marquette 有機物リサイクルセンター(下水処理場)

技術分類名	自動車燃料、ガス導管注入
導入先	Marquette 有機物リサイクルセンター(下水処理場)
内容、特徴	<p>Marquette 下水汚泥処理場では 1990 年初頭より、精製ガスによる処理場内の有効利用が行われていたが、2007 年に有機物リサイクルセンターとして、食品廃棄物受け入れを開始し、混合消化によるバイオガス増収を行うこととなった。当初、市バス 4 台への供給のみだった車燃料供給は、2007 年には市バスを 127 台に増やし、4 ヶ所の供給ステーションで燃料供給が行われている。なお、バイオガスと天然ガスは混合されて供給されており、全供給燃料中のバイオガスの割合は 25%である。また、2011 年には全市バスに CNG 車が導入され、年間 400 万 m³のバイオガスが供給される予定である。</p> <p>家庭分別生ごみや、レストラン・食品工場の食品廃棄物と下水汚泥が混合されている事例で、二相式の消化槽 2 基(計 4 基)で消化処理されている。バイオガスは精製された後、除湿・ガス成分調整・符臭されてステーションへ送られる。</p> <p>精製ガスを効率的にステーションに送るため、燃料用バイオガス網計画が検討されており、その先駆けとして 2009 年より天然ガス導管注入が予定されている。なお、ごみ処理・下水処理の運営管理は、地方自治体の同じ都市衛生サービス局が行っている。</p>
システムフロー	
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> 流入下水量: 12,000m³/日 バイオガス発生量: 1,000Nm³(バイオガスメタン濃度: 67%) 精製ガス製造能力: 80m³/h(精製ガスメタン濃度: 97%) 精製設備供用開始年度: 2007 年

出典) CNG services 社資料: <http://www.cngservices.co.uk/>

EU Commission biogas 資料:

http://www.biogasmax.eu/media/9_biogas_as_vehicle_fuel__098192800_1209_19042007.pdf

[イタリア]

事例 2-13 : Voghera 下水処理場

技術分類名	バイオガス発電
導入先	Voghera 下水処理場
内容、特徴	都市ごみと下水汚泥を中温消化槽(37℃、12.5m ³)で混合消化している。 バイオガスは 225kWh のコジェネ発電の燃料として使われ、発電された電力は場内利用される。
システム フロー	<p>受け入れ・準備工程</p> <p>都市ごみ 年間15,000t</p> <p>下水汚泥 年間12,000t</p> <p>混合均質機</p> <p>発酵・堆肥化工程</p> <p>消化液など発酵</p> <p>堆肥化</p> <p>消化工程</p> <p>消化ガス 年間130万m³</p> <p>発電 年間2.9MWh</p> <p>脱水工程</p> <p>脱水汚泥 年間9,835t</p> <p>再生水 年間21,850m³</p>
施設概要	<ul style="list-style-type: none">消化槽容量: 2,000m³年間投入汚泥量: 27,000t-wet 都市ごみ: 15,000t 下水汚泥: 12,000tバイオガス発生量: 190m³/h年間バイオガス発生量: 130 万 N m³/年年間発電量: 2.9MWh

出典) Ros Roca HP : <http://www.rosroca.com/en/node/365>

[韓国]

事例 2-14 : 釜山市下水処理場 バイオガス発電

技術分類名	バイオガス発電
導入先	釜山市水営(スヨン)下水処理場 熱併合発電所
内容、特徴	<p>余剰メタンガスを活用した熱併合発電設備は、資源化と資源リサイクルによる原価低減及び経営改善を目的としている。下水と生ごみの合併処理で発生する残さの汚泥を処理する過程で発生するメタンガス中、消化槽の加温用ボイラー使用分を除き、余剰メタンガスを使用した発電により電力料を節約し、発電廃熱は消化槽加温用に再利用する。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> ・施設容量:750kw、253m²×1棟 ・位 置:釜山広域市東萊区安楽2洞 1108 番地(水営事業所内) ・工事期間:2001.1.17~2002.1.16
建設費、維持管理費	<ul style="list-style-type: none"> ・総投資額:1,588 百万ウォン(ESCO(Energy Service Company)事業)
導入の効果	<p>釜山環境公団水営事業所に設置された熱併合発電機は、常用発電機で年333日(8,000時間)稼動する計画である。年間電力節減量(電気生産量)6,048MWhで、電力料294百万ウォンを節減し、ESCO投資事業費1,588百万ウォンを8年6ヶ月で償還し、発電機耐用年数(20年)を考慮した時、総電力料5,880百万ウォンの節減効果がある。</p>

出典)釜山市水営パンフレット

事例 2-15 : 釜山市下水処理場 生ごみ処理

技術分類名	複合バイオマス受け入れ
導入先	釜山市水営(スヨン)下水処理場内 生ゴミ併合処理
内容、特徴	水営事業所の汚泥処理施設を活用して生ごみを併合処理することで、釜山広域市の懸案事項である生ごみ処理に寄与し、処理費用を節減すること。
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> ・施設容量:120t/日、敷地 770 坪(建坪 457 坪) ・位 置:釜山広域市東萊区安楽洞 1108 番地(水営事業所内) ・処理区域:16 区・郡の一戸建生ごみ ・工事期間:1999.3.16~2000.10.31 ・主要設備: 計量台、飲食物貯蔵所、 破砕機、重力沈殿槽、粉碎機、貯留槽、移送ポンプ、 脱臭設備
設備仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・計量台(50t) : 飲食物重量計量 ・飲食物貯蔵所(70m³) : 搬入された飲食物の一時貯蔵 ・破砕機(7.5m³/hr) : 生ごみを破砕して飲食物と夾雑物に分離 ・重力沈殿槽(6m³) : 破砕された飲食物中の重量物(金属等)を沈殿させて 分離、除去 ・粉碎機(9m³/hr) : 夾雑物と重量物(金属等)が除去された飲食物を再び細 かく粉碎 ・貯留槽(100m³) : 粉碎された飲食物を移送するための施設で、移送を容 易にするため水と混合 ・移送ポンプ(30m³/h) : 貯留槽から下水併合処理場に配管を通して移送 ・脱臭設備(BIO-CAT:500m³/min、700m³/min) : 生ごみから発生する悪臭を除去
建設費、 維持管理費	<ul style="list-style-type: none"> ・総投資額:50 億ウォン(国費:15 億ウォン、市費:35 億ウォン)
導入の効果	<p>実際に資源化が不可能な一戸建から発生した生ごみの処理で、埋立及び焼却場の処理量減少効果</p> <p>2005 年の生ごみ直接埋立禁止を受け、一戸建からの発生量(240t/日)の 50%以上処理できる施設を確保</p>

出典)釜山市水営パンフレット

参考資料－４ 事業方式及び関連法規資料

(添付資料)

資料４－１ 各事業方式の特徴・役割分担の比較表

資料４－２ 要求水準書に記載する項目の例（固形燃料化技術）

資料４－３ 要求水準書に記載する項目の例（バイオガス利用技術）

資料４－４ 関連法規資料

資料 4 - 1 各事業方式の特徴・役割分担の比較表

項目	公設公営方式		公設民営方式		民設民営方式
	従来方式	DB方式	DBO方式	DB+O方式	PFI(BTO)方式
発注方式	仕様分離発注	性能発注+仕様発注	性能一括発注	性能一括発注	性能一括発注
事業方式の概要	現状の下水処理場の実施方式に同じく、設備を自治体が所有し運営管理は直営とするが、設備の設計、建設、運転・維持管理を業者に外部委託する方式。	設備を自治体が所有し、運営管理は直営とするが、設備の設計・建設を一括して燃料化事業会社に発注し、運転・維持管理を業者に外部委託する方式。	設備は自治体が所有するが、燃料化事業会社に設備の建設・運転・維持管理、燃料の輸送・販売など、一切の業務運営を一括して発注し、事業全体への責任を負わせる方式。	基本的にはDBO方式と同じ内容であるが、設計・建設の委託と、施設の運転・維持管理業務(燃料の輸送・販売を含む)とを別途契約する方式。(事業全体への責任を負わせる点では同じ。)	設備は自治体が所有するが、燃料化事業会社が資金調達を行い、設備の建設・運転・保守管理、燃料の輸送・販売など、一切の業務運営を一括して実施し、事業全体への責任を負う方式。
具体的な役割等	事業主体	自治体	自治体	自治体	民間
	設計	自治体	自治体 (民間主体)	自治体 (民間主体)	民間
	建設	自治体	自治体 (民間主体)	自治体 (民間主体)	民間
	運営	自治体	自治体 (民間主体)	自治体 (民間主体)	民間
	資金調達	自治体	自治体	自治体	自治体と民間 (サービス購入型)
	所有権	自治体	自治体	自治体	自治体 (施設建設後に譲渡)
	運営管理委託期間	単年度	単年度	複数年度 (事業期間)	単年度～複数年度
事業者選定方式	一般競争入札	総合評価一般競争入札方式 (一般公募型プロポーザル方式も可)	総合評価一般競争入札方式、又は 一般公募型プロポーザル方式	総合評価一般競争入札方式、又は 一般公募型プロポーザル方式	総合評価一般競争入札方式、又は 一般公募型プロポーザル方式
特徴	<input type="checkbox"/> 設計、建設、運転、維持管理に一定の質が期待できる。 <input checked="" type="checkbox"/> 個々の業者のノウハウ、専有技術によるものため、詳細設計が困難。 <input checked="" type="checkbox"/> 事業の継続性を担保するには燃料購入業者に長期利用義務を負わせる必要があるが、本方式ではそれが出来ず、事業の継続性が損なわれる可能性がある。 <input checked="" type="checkbox"/> 事業運営の効率性が期待出来ない。	<input type="checkbox"/> 設計・建設の一括発注により、民間の創意工夫が期待できる。 <input checked="" type="checkbox"/> 自治体が燃料化汚泥の引取先を確保する必要があるが、単独で確保するのが困難である。 <input checked="" type="checkbox"/> 事業運営の効率性が期待出来ない。	<input type="checkbox"/> 設計～維持管理運営までの事業全体への責任を負わせることで、民間企業の創意工夫やノウハウの活用により、事業の運営、財政面での効率化が期待できる。 <input type="checkbox"/> リスクを官民に適正に分担することで、リスク回避ができる。	<input type="checkbox"/> 設計～維持管理運営までの事業全体への責任を負わせることで、民間企業の創意工夫やノウハウの活用により、事業の運営、財政面での効率化が期待できる。 <input type="checkbox"/> リスクを官民に適正に分担することで、リスク回避ができる。	<input type="checkbox"/> 設計～維持管理運営までの事業全体への責任を負わせることで、民間企業の創意工夫やノウハウの活用により、事業の運営、財政面での効率化が期待できる。 <input type="checkbox"/> リスクを官民に適正に分担することで、リスク回避ができる。 <input checked="" type="checkbox"/> 資金調達の際に、借入金利が高くなる(リスクが上乘される)ため、事業規模によってはVFMが出ない場合がある。 <input checked="" type="checkbox"/> PFI法に則った事業契約となるため、専門的な知識が求められ、事業着手までの期間が他方式よりも長くなる。

※ 具体的な役割等における着色個所は、民間業者が関与する箇所を表している

※ 民設民営方式のPFIについては、BOTは税制上不利となるため、BTOを比較対象として設定した。

資料 4 - 2 要求水準書に記載する項目の例（固形燃料化技術）

1-1. 概要

- (1) 事業目的
- (2) 事業名
- (3) 事業期間
- (4) 事業概要
- (5) 整備運営方針
- (6) 事業者の責任
- (7) 施工場所及び事業用地範囲
- (8) 敷地の立地条件等
- (9) 敷地の立地条件等
- (10) 全体計画

1-2 基本的な条件

- (1) 用語の定義
- (2) 処理能力
- (3) 汚泥固形燃料化技術
- (4) 温室効果ガス CO₂ 排出量
- (5) 事業範囲の分担
- (6) 事業者による許認可、届出等
- (7) 公害防止基準
- (8) 関係法令等の遵守
- (9) 基準、指針、仕様書等
- (10) 環境への配慮
- (11) モニタリングの実施

2-1 設計及び施工

- (1) 事前調査
- (2) ユーティリティ条件
- (3) 設計に関する一般的事項
- (4) 施工に関する一般的事項
- (5) 特記事項

2-2 設計に関する要求水準

- (1) 業務内容
- (2) 性能に関する要求水準

脱水汚泥の供給方法、脱水汚泥の量及び性状、燃料化物の規格、本施設から発生する臭気の処理、副製造物の抑制、計画稼働日数

(3) 施設に関する要求水準

本施設における材料及び機器仕様、本施設に対する景観壁仕様、計 量、施設規模、編成、消化槽加温用温水の回収、ユーティリティ、施設の安定運転、施設の安全対策、施設敷地内の衛生管理

(4) 設計図書の提出

2-3 施工に関する要求水準

(1) 業務内容

(2) 施工条件

(3) 本施設の施工

(4) 施工に関する一般的事項

(5) 性能確認事項

(6) 試運転及び性能試験

(7) 試運転における立会検査に関する要求水準

3-1 維持管理及び運営

(1) 目的

(2) 維持管理及び運営時のユーティリティ条件

(3) 有資格者の配置等

(4) 対象施設

3-2 施設の維持管理及び運営に関する要求水準等

(1) 業務内容

(2) 業務書類等

(3) 予定処理量及び汚泥性状

(4) 脱水汚泥の受け入れ

(5) 計 量

(6) 燃料化物の買取り

(7) 副製造物の処分

(8) 事業終了時の施設機能の確認

(9) 性能未達の場合の対応

資料 4 - 3 要求水準書の例（バイオガス利用技術）

1 事業の運営に関する事項

(1) 事業対象箇所

(2) 供給に関する条件

バイオガス(バイオガス供給量、成分、バイオガスに関する条件、使用圧力、期間、時間帯、単価、バイオガス以外の燃料利用)、電力供給に関する条件(電力供給能力、供給電圧、配線方式、回線数、周波数、期間、時間帯、供給電力単価)、安全燃焼装置の使用基準、系統関係に関する条件、ユーティリティに関する条件、上水、下水等

2 更新建設工事に関する事項

(1) 更新対象範囲

(2) 更新建設期間

(3) 既設発電設備の取扱

(4) 取合点及び計量点等に関する条件

(5) 仕様に関する条件

(6) 耐震に関する条件

(7) 更新建設期間中の現場事務所及び資材置場

(8) 試運転に関する条件

(9) 設計図書及び完成図書に関する条件.

3 運営・維持管理に関する事項

(1) 運営・維持管理の範囲

(2) 運営・維持管理の体制

(3) 運営・維持管理の水準

(4) 既設発電設備の維持管理について

(5) 運営・維持管理に関するその他の留意事項

4 その他の事項

(1) 環境負荷対策に関する条件

(2) 保険に関する条件

(3) 官公署その他の関係機関に対する手続等

5 遵守すべき関係法令

資料 4 - 4 関連法規資料

汚泥の燃料化及びバイオガスエネルギー利用施設を設置するにあたっては、関連法規に準拠し、定められた期日内に許可申請や届出書類等を提出する必要がある。

固形燃料化施設及びバイオガスエネルギー利用施設の設置に関連する法規とその届出等を表に示す。

特に、バイオガスを一般事業者に供給する場合は、準用ガス事業者となるため、ガス事業法の適用を受けるほか、用途地域における建築制限に留意する必要がある。

表資-4.1 関連法規資料（固形燃料化施設設備設置に伴う関係法令等）

法律名	整理番号	書類名称	条項等	対象設備	提出先	提出期限	基準・経過措置	別表で規定するもの
消防法	消 1	確認申請書(工作物)	法第88条第1項	サイロ>8m以上・その他の処理施設	消防局・都道府県建築士事務所	事前説明報告は建築物確認申請の20日前	確認申請受理後20日以上で認可の通知を受領	-
	消 2	工事整備対象設備等着工届出書	施行規則第33の18	下水汚泥燃料化建屋	消防署長	工事開始の10日前	前号に該当しない(15)次号上で300m ² 以上の場合	施行令別表第11に該当するもの
	消 3	消防計画作成届出書	施行規則第3条	再生資源燃料(下水汚泥燃料)	消防署長	随時(管理権限者の指示後)	消防法第8条、施行令第4条	別記様式第1号の2
消防法(火災予防条例)	消予 1	消防用設備等の設置、維持	法第17条	再生資源燃料(下水汚泥燃料)	消防署長	-	消防法施行令第13条、危険物政令別表第4に該当(水噴霧消火設備等を設置すべき防火対象物)	水噴霧消火設備・泡消火設備・又は全域放出式の不活性ガスを総称する設備
	消予 2	防火管理者選任届出書	予防条例第42条の2	事業場	消防署長	選任後遅滞なく	収容人員50人以上のもの(施行令第1条の2の3の2)	施行規則第4条別記様式第1号の2の2
	消予 3	消防用設置等設置届出書	予防条例第43条の2	事業場	消防署長	工事完了後4日以内	収容人員50人以上のもの(施行令第1条の2の3の2)	施行規則第31の3様式第1号の2の3
	消予 4	指定可燃物の貯蔵届出書	予防条例第46条	再生資源燃料(下水汚泥燃料)	消防署長	あらかじめ	別表-7で定める数量お5倍以上(指定数量:1,000kg)	消防法第9条の4 様式第16号
	消予 5	少量危険物等の貯蔵届出書	予防条例第46条	燃料油及び潤滑油等	消防署長	あらかじめ	指定数量の1/5以上	灯油・軽油指定数量:1,000ℓ 重油指定数量:2,000ℓ
	消予 6	少量危険物タンクの検査申請書	予防条例第47条	燃料油及び潤滑油等のタンク	消防署長	-	-	様式第16号の2
	消予 7	防火対象物使用開始届出所	予防条例第43条	事業場	消防署長	使用開始の7日前	-	様式第6号
	消予 8	火を使用する設備等の設置届出書	予防条例第44条	乾燥機・送風機	消防署長	使用開始の7日前	-	様式第7号
	消予 9	核燃料物質等の貯蔵・取扱届出書	予防条例第47条	再生資源燃料(下水汚泥燃料)	消防署長	使用開始の7日前	自然発火性物質及び禁水性物質	消防法第10条 様式第17条
	消予 10	電気設備設置届出書	予防条例第11条、第13条	変電設備・発電設備等	消防署長	使用開始の3日前	変電設備・発電設備・蓄電池設備	様式第8条
大気汚染防止法	大 1	ばい煙発生施設の設置の届出	法第6条第1項	ボイラー・内燃機関	都道府県知事	工事開始の60日前	経過措置:ばい煙発生施設となった日から30日以内	法施行令別表第11に該当するもの
	大 2	粉じん発生施設の設置等の届出	法第18条第1項	ベルトコンベア・ふるい	都道府県知事	工事開始の60日前	経過措置:ばい煙発生施設となった日から30日以内	法施行令別表第2に該当するもの
悪臭防止法	悪 1	環境保全協定・公害防止協定	-	アンモニアなど	市町村長	-	事故発生時の処置として、市町村長に通報し応急処置を講ずる	施行規則第2条、施行規則第3条、第1条悪臭防止法お22項目に該当するもの
水質汚濁法	水 1	特定施設の設置届出	法第5条第1項	有害物質	都道府県知事	工事開始の60日前	経過措置:ばい煙発生施設となった日から30日以内	施行令別表第11に該当するもの及び省令1条・別表11に該当するもの
騒音規制法	騒 1	特定施設の設置届出	法第6条第1項	空気圧縮機・送風機等	市町村長	工事開始の30日前	経過措置:ばい煙発生施設となった日から30日以内	施行令別表第11に該当するもの
振動規制法	振 1	特定施設の設置届出	法第6条第1項	指定地域に該当	市町村長	工事開始の30日前	経過措置:ばい煙発生施設となった日から30日以内	施行令別表第11に該当するもの
建築基準法	建 1	確認申請書(建築物)	法第6条第1項条第1項	下水汚泥燃料化建屋	消防局・都道府県建築士事務所	事前説明報告は建築物確認申請の20日前	確認申請受理後20日以上で認可の通知を受領	-
労働安全衛生法	労安 1	機械等設置届	法第88条第8条	下水汚泥燃料化設備	労働基準監督署長	使用開始の30日前	-	電気使用設備の定格容量の合計300KW以上
労働基準法	労 2	適用事業報告	施行規則第57条	事業場	労働基準監督署長	遅滞なく	事業を開始した場合	様式第23号の2

表資-4.2 関連法規資料（固形燃料化の受入・貯蔵・払出設備の設置に伴う関係法令等）

法律名	整理番号	書類名称	条項等	対象設備	提出先	提出期限	基準・経過措置	別表で規定するもの
電気事業法	電 1	工事計画書の事前届出	施行規則第65条	下水燃料受入・貯蔵・払出設備	市町村長	工事開始の30日前	燃料設備(別表第二)	廃棄物固形燃料の貯蔵設備の安全を確保するための装置の種類、能力、個数、取付箇所等を記載
	電 2	工事計画書の事前届出	施行規則第65条	廃棄物固形化燃料	市町村長		燃料設備(別表第四)	廃棄物固形化燃料
	電 3	工事計画書変更届出書	法第48条第1項	下水燃料受入・貯蔵・払出設備	経済産業大臣	工事開始の30日前	燃料設備(別表の二、三)	下水燃料受入・貯蔵・払出設備
	電 4	発電用火力設備に関する技術基準	法第69条	廃棄物固形化燃料*	経済産業大臣	工事開始の30日前	-	湿度測定装置
	電 5	発電用火力設備に関する技術基準	法第70条	廃棄物固形化燃料*	経済産業大臣	工事開始の30日前	-	温度測定装置
	電 6	発電用火力設備に関する技術基準	法第71条	廃棄物固形化燃料*	経済産業大臣	工事開始の30日前	-	気体濃度測定装置
	電 7	発電用火力設備に関する技術基準	法第72条	廃棄物固形化燃料*	経済産業大臣	工事開始の30日前	-	燃焼防止装置
	電 8	発電用火力設備に関する技術基準	法第73条	廃棄物固形化燃料*	経済産業大臣	工事開始の30日前	-	消火装置
	電 9	保安規定	法第42条第1項	事業場	経済産業大臣	仕様の開始前		施行規則第50条
	電 10	主任技術者選任届(電気主任技術者)	法第43条	電気主任技術者の選任		工事届け出前		
消防法	消 2	消防用設備等の設置、維持	法第17条	再生資源燃料(下水汚泥燃料)	都道府県知事	-	施行令第13条 危険物政令別表第4に該当(水噴霧消火設備等を設置すべき防火対象物)	水噴霧消火設備・泡消火設備・又は全域放出式の不活性ガスを総称する設備
	消 3	指定可燃物の貯蔵届出書	予防条例第46条	再生資源燃料(下水汚泥燃料)	都道府県知事	あらかじめ	別表-8で定める数量の5倍以上(指定するよう:1,000kg)	消防法第9条の4 様式第16条
騒音規制法	騒 1	特定施設の設置届出	法第6条第1項	空気圧縮機・送風機等	市町村長	工事開始の30日前	経過措置:特定施設となった日から30日以内	施行令別表第1に該当するもの
	騒 2	確認申請書(工作物)	法第88条第1項	サイロ>8m以上・その他の処理施設	市町村長	工事開始の30日前	経過措置:特定施設となった日から30日以内	-
工場立地法	工 1	特定工場新設(変更)届出書(一般用)	法第6条第1項	廃棄物固形化燃料	都道府県知事	工事開始の90日前	-	大気又は水質に関する公害の防止につき特に配慮が必要であると認められた地域「指定地域」はこの限りではない。

注)*平成16年政令第225号、数量1,000kg以上の再生資源燃料が、指定可燃物(汚泥燃料、固形燃料)として追加された。

再生資源燃料の廃棄物固形化燃料(RDF)は、成分構成から水便による発熱、または可燃性ガスの発生があるものとみなされているが、下水汚泥燃料がRDFと同様扱いとなれば、電気事業法および消防法の届出の対象となる。

表資-4.3 関連法規資料（バイオガス発電機の導入に伴う関係法令等）

法律名	整理番号	ガスエンジン			ガスタービン		書類名称	条項等	対象設備	提出先	提出期限	基準・経過措置	別表で規定するもの	
		10kW未満	10kW～1万kW	1万kW以上	1000kW未満	1000kW以上								
大気汚染防止法	大 1	○	○	○	○	○	ばい煙発生施設の設置の届出	法第6条第1項	ボイラー・内燃機関	都道府県知事	工事開始の60日前	経過措置：ばい煙発生施設となった日から30日以内	法施行令別表第1に該当するもの	
	大 2	○	○	○	○	○	固定内燃機関設置届出		Nox規制を行っている地方自治体の場合	都道府県知事				
電気事業法	電 1		○	●	○	●	工事計画書(変更)届出書	法第48条第1項	下水燃料受入・貯蔵・払出設備	経済産業大臣	工事開始の30日前			
	電 2		●	●	●	●	工事計画書の事前届出	施行規則第65条	下水燃料受入・貯蔵・払出設備	市町村長	工事開始の30日前	燃料設備(別表第二)	廃棄物固形燃料の貯蔵設備の安全を確保するための装置の種類、能力、個数、取付箇所等を記載	
	電 3		●	●	●	●	保安規定(変更)届出	法第42条第1項	事業場	経済産業大臣	使用開始前		施行規則第50条	
	電 4					●	使用前安全管理審査申請	法第49条第1項	事業場	経済産業大臣 あるいは 発電設備技術検査協会 理事長	審査の1か月前	30,000kWで届の提出先が異なる	施行規則第68条	
	電 5	○	○	○	○	○	溶接安全管理審査申請	法第52条	電気事業法適用の排熱ボイラ	発電設備技術検査協会 理事長	審査の1か月前			
	電 6					○	●	主任技術者選任届 (ボイラータービン主任技術者)	法第43条	電気主任技術者の選任	経済産業大臣	工事計画届出前		
	電 7		○	●	○	●	主任技術者選任届 (電気主任技術者)	法第43条	電気主任技術者の選任	経済産業大臣	工事計画届出前			
ガス事業法	ガ 1	○	○	○	○	○	機器設置報告書	施行規則第111条	ガス発生設備、ガスホルダーまたは主要な導管の設置または変更	経済産業大臣	当該施設設置または変更後20日以内			
	ガ 2	○	○	○	○	○	ガス主任技術者選任届	法第31条	ガス主任技術者の選任	経済産業大臣	選任後遅滞なく			
消防法	消 1	●	●	●	●	●	電気設備設置届出書	予防条例第12条、 第57条～7 等	非常用電源設備(自家発電設備)	消防署長	設置工事開始3日前			
	消 2		○	○	○	○	少量危険物貯蔵取扱届出書	予防条例第46条	燃料油及び潤滑油等	消防署長	あらかじめ	指定数量の1/5以上	灯油・軽油指定数量:200～1,000ℓ 重油指定数量:400～2,000ℓ	
	消 3		○	○	○	○	危険物貯蔵所設置許可申請	予防条例第46条	燃料油及び潤滑油等	消防署長	あらかじめ	指定数量以上	軽油:1,000ℓ以上 重油:2,000ℓ以上	
	消 4		○	○	○	○	危険物保安監督者選任届	予防条例48条の3	燃料油及び潤滑油等	消防署長	竣工前			
	消 5		○	○	○	○	消防用設備等設置届	法第17条	発電設備が防災用発電設備と兼用	消防署長	完工後4日以内		施行規則第31条	
	消 6		○	○	○	○	液化ガス貯蔵・取扱い開始届	法第9条の2	予備燃料としてLPG貯蔵量300kg以上	消防署長	あらかじめ			
建築基準法	建 1		○	○	○	○	確認申請書(建築物)	法第6条第1項条 第1項	コージェネレーション設備の建築物の建築・発電設備を建築基準法上の防火負荷(肺炎設備、非常尚三重等)の予備電源として兼用	消防局・都道府県知事	事前説明報告は建築物確認申請の20日前	確認申請受理後20日以上で認可の通知を受領	施行規則第1.2条(申請、通知の様式) 施行規則第4条(工事完了届の様式)	
	建 2		○	○	○	○	法第52条13項申請	法第52条13項		消防局・都道府県知事	建築確認申請の2か月前	容積率の緩和申請		
労働安全衛生法	労安 1		○	○	○	○	排熱ボイラ設置届出(報告)	法第10条、法第91条	発電用以外で同法施工令で定義されたボイラ(小型ボイラは設置報告)	労働基準監督署長	設置届出:工事30日前 設置報告:あらかじめ	発生スチームの1/2以上が発電用に供される場合は、電気事業法の適用		
	労安 2		○	○	○	○	排熱ボイラ落成検査申請	法第14条	ボイラの設置および変更時(ただし検査省略の場合もある)	労働基準監督署長	検査の1か月前			

注)●:必ず提出が必要 ○:条件により提出が必要

参考資料－５ 燃料製品の安全性に関する資料

「再生資源燃料等の安全の確保に係る調査検討報告書」より抜粋

http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h19/190507-2/190427-2houdou_b2.pdf

第５章 再生資源燃料等製造施設等における危険要因と対策

５．１ 再生資源燃料等の危険要因

(１) 危険性評価に基づく危険要因

第３章３－４－８「発生ガス分析」及び３－５「危険性評価」から、各再生資源燃料等の熱的危険性並びに発生水素の危険性について、RDF並びにRPFの危険性と比較するため、次のような方針で危険性を大まかに４段階に分けた。

<レベル分け方針>

①熱的危険性

- ・RDF・RPFを基準とした。
 - ・発熱温度・発熱量の評価点を合算し、その合算値を熱的危険性評価点とした。
- | | | |
|-------------|------|------|
| 合算値６以下 | ：危険性 | レベル０ |
| 合算値７以上９以下 | ：危険性 | レベル１ |
| 合算値１０以上１２以下 | ：危険性 | レベル２ |
| 合算値１３以上 | ：危険性 | レベル３ |

②水素濃度

- | | | |
|--------------|------|-----------------------|
| 濃度０．５％未満 | ：危険性 | レベル０ |
| 濃度０．５％以上１％未満 | ：危険性 | レベル１ |
| 濃度１％以上４％未満 | ：危険性 | レベル２(爆発限界 1/4～爆発限界未満) |
| 濃度４％以上 | ：危険性 | レベル３(爆発限界以上) |

表５－１－１に取り纏めた結果を示す。なお、熱的危険性欄中の数字は第３章３－５「危険性評価」における危険性評価点である。

表5-1-1 各種再生資源燃料等の熱的危険性及び水素濃度

凡例 危険性低い レベル0 レベル1 レベル2 レベル3 高い

再生資源燃料等の種類	熱的危険性（発熱温度/発熱量/合算値（評価点））						水素濃度（%）	
	水添加無し			水添加有り			水添加無し	水添加有り
	発熱温度	発熱量	合算値	発熱温度	発熱量	合算値		
1 木質ペレット （ホワイト）	8	1	9	8	2	10	1.0	2.0
	レベル1			レベル2			レベル2	レベル2
2 木質ペレット （パーク）	8	1	9	8	2	10	0.5	0.5
	レベル1			レベル2			レベル1	レベル1
3 油温減圧乾燥 汚泥	9	6	15	9	6	15	2.0 ^{*1}	2.0 ^{*1}
	レベル3			レベル3			レベル2	レベル2
4 高温炭化汚泥	5	3	8	6	5	11	0.5 ^{*1}	4.0 ^{*1}
	レベル1			レベル2			レベル1	レベル3
5 低温炭化汚泥	7	2	9	8	6	14	0.5	4.0 ^{*1}
	レベル1			レベル3			レベル1	レベル3
6 造粒乾燥汚泥	8	1	9	8	5	13	1.0	2.0
	レベル1			レベル3			レベル2	レベル2
7 C-RPF	7	2	9	7	2	9	1.0	1.0
	レベル1			レベル1			レベル2	レベル2
8 鶏糞	9	1	10	9	6	15	1.0	0.5
	レベル2			レベル3			レベル2	レベル1
9 石炭	8	2	10	8	2	10	2.0 ^{*1}	0.5
	レベル2			レベル2			レベル2	レベル1
10 RPF	6	1	7	6	1	7	0	0
	レベル1			レベル1			レベル0	レベル0
11 RDF	6	1	7	8	5	13	1.0	4.0
	レベル1			レベル3			レベル2	レベル3

*1 水素検知管の特性より、COガスとの干渉によって、測定水素濃度については、正確な濃度測定ができていない可能性がある。

更に、「熱的危険性」と「発生水素危険性」を合わせた「全体の危険性」についてレベル分けするため、横軸を「熱的危険性レベル」縦軸を「発生水素危険性（水素濃度レベル）」としてグラフ化し、取り纏めたものが図5-1-1である。

なお、当該各種燃料の「全体の危険性レベル」については、各危険性レベルの上位レベルと設定し、4段階に区分した。

↑ 水素濃度レベル	3			4	5 11
	2		①⑥⑦ ⑦⑪	①⑧⑨	③⑩ ⑥
	1		②④⑤	②	⑧
	0		⑩⑫	⑨	
		0	1	2	3
	熱的危険性レベル →				

図5-1-1 再生資源燃料等の危険性

囲み数字は再生資源燃料等の種類。

1 木質ペレット（ホワイト）、2 木質ペレット（バーク）、3 油温減圧乾燥汚泥、4 高温炭化汚泥

5 低温炭化汚泥、6 造粒乾燥汚泥、7 C-RPF、8 鶏糞、9 石炭、10 RPF、11 RDF

○数字：水添加無し、□数字：水添加有り

表5-1-1及び図5-1-1より、次のような知見が得られた。

- ① 熱的危険性並びに発生水素危険性については、当該燃料の主に保管・貯蔵時等に問題となる危険要因であり、相応の安全対策を講じる必要がある。
- ② 発生する水素ガスの濃度については、0.5%~4.0%と燃料によって濃度に関係があるが、各再生資源燃料共に、密閉状態で長期間保管される場合には、注意を要する。
- ③ 特に、高温・低温炭化汚泥については、水分の存在で水素発生量が増加しており、危険性レベル3に該当している（RDF（水添加有り）の危険性と同レベル）。
但し、検知管にて水素濃度を測定しており、同時に発生している一酸化炭素に

より干渉しているため、正確な濃度ではない可能性が高い。いずれにせよ、貯蔵時等は注意を要する。また、発生する水素ガスに対しては、RDFと同等の安全対策を講じる必要がある。

- ④ 熱的危険性については、水分の有無に関係なく、注意すべき燃料は危険性レベル3（RDFと同等の危険性）の油温減圧乾燥汚泥燃料である。また、水分の存在により注意すべき燃料は危険性レベル3の低温炭化汚泥、造粒乾燥汚泥、及び鶏糞である。熱的危険性に関して、これらの再生資源燃料等については、RDFと同等の安全対策を講じる必要がある。

（2）実態調査に基づく危険要因

実態調査結果から抽出した製造・消費施設における危険要因について、危険性評価試験から明らかとなった危険要因を加え、各燃料別・工程別に次頁以降に記載する。

なお、危険要因の抽出に当たっては、既存のRDF・RPF施設で考えられる危険要因も参考にした。また、記載工程等については、各種燃料に共通している部分が多いため、基本的に次のように区分けした。

製造施設における工程については、次の8工程。

- ①原料受入・保管工程（サイロ、ピット、原料ヤード等） ②原料破碎工程 ③乾燥工程 ④粉碎工程・成型工程 ⑤冷却工程 ⑥搬送工程 ⑦製品保管・貯蔵工程
⑧製品出荷・運搬

消費施設における工程については、次の2工程。

- ①製品受入・貯蔵工程 ②製品消費

危険要因を以下の表5-1-1～表5-1-5に記載する。

表5-1-2 再生資源燃料等の危険要因（下水汚泥燃料(造粒乾燥汚泥)）

工 程		危険要因
製造 施設	原料受入・保管工程(サイロ、ピット、原料ヤード等)	(○ガス(硫化水素)の発生。)
	原料破碎工程	
	造粒工程～乾燥工程	○異常温度上昇時の危険性。 ○系内で粉塵の発生。 ○機器設備の腐食。
	粉碎工程	
	成型工程	
	冷却分離工程	○系内で粉塵の発生。 ○機器設備の腐食
	搬送工程	<乾燥工程～冷却分離工程間の搬送工程> ○コンベア等の搬送設備の詰まりによって生じる摩擦熱からの発火危険性。
	製品保管・貯蔵工程	○製品の不適切な管理による危険性 (・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。)
	製品出荷・運搬	○製品運搬時における雨水浸入等による貯蔵時の影響(発熱・水素発生)
消費 施設	製品受入・貯蔵工程	○製品の不適切な管理による危険性 (・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。)
	消費工程	○ボイラー等への投入時の逆火による投入経路・貯蔵製品への着火危険性
危険性評価		○熱的危険性 水添加無し:危険性レベル1 水添加有り:危険性レベル3 ○発生水素濃度 水添加無し:1%(危険性レベル2) 水添加有り:2%(危険性レベル2)

表5-1-3 再生資源燃料等の危険要因（下水汚泥燃料（高温・低温炭化汚泥））

工 程		危険要因
製造 施設	原料受入・保管工程（サイロ、ピット、原料ヤード等）	（○ガス（硫化水素）の発生。）
	原料破碎工程	
	乾燥工程	○異常温度上昇時の危険性。 ○系内で粉塵の発生。 ○機器設備の腐食。
	粉碎工程	
	炭化工程	○異常温度上昇時の危険性。
	冷却工程	（○系内での粉塵の発生。）
	搬送工程	（○系内での粉塵の発生。） （○コンベア等の搬送設備の詰まりによって生じる摩擦熱からの発火危険性。）
	製品保管・貯蔵工程	○製品の不適切な管理による危険性 （・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。） （・高温炭化物は上記に加え、乾燥による自己発熱の危険性もある。）
	製品出荷・運搬	○製品運搬時における乾燥による自己発熱の危険性 ○製品運搬時における雨水浸入等による消費施設貯蔵時への影響（発熱・水素発生）
消費 施設	製品受入・貯蔵工程	
	消費工程	
危険性評価		○熱的危険性 水添加無し：危険性レベル1 水添加有り：危険性レベル2（高温炭化）、危険性レベル3（低温炭化） ○発生水素濃度 水添加無し：0.5%* ¹ （危険性レベル1） 水添加有り：4%* ¹ （危険性レベル3）*1水素検知管の特性よりCOガスとの干渉の可能性有

表5-1-4 再生資源燃料等の危険要因(下水汚泥燃料(油温減圧乾燥汚))

工 程		危険要因
製造 施設	原料受入・保管工程(サイロ、ピット、原料ヤード等)	(○ガス(硫化水素)の発生。)
	原料破碎工程	
	媒体油との混合加熱乾燥	○乾燥時の熱風。(異常反応時、異常温度上昇時の危険性) (粉塵発生の危険性低い。)
	粉碎工程	
	成型工程	
	遠心分離工程 ～冷却工程	媒体油への着火危険性等
	搬送工程	(・コンベア等の搬送設備の詰まりによって生じる摩擦熱からの発火危険性。)
	製品保管・貯蔵工程	○製品の不適切な管理による危険性 (・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。)
	製品出荷・運搬	○製品運搬時における雨水浸入等による貯蔵時への影響(発熱・水素発生)
消費 施設	製品受入・貯蔵工程	○製品の不適切な管理による危険性 (・保管温度、積上高さ、貯蔵期間、不適切な水分管理による発熱・水素発生。)
	消費工程	○ボイラー等への投入時の逆火による投入経路・貯蔵製品への着火危険性
危険性評価		○熱的危険性 水添加無し:危険性レベル3 水添加有り:危険性レベル3 ○発生水素濃度 水添加無し:2% ^{*1} (危険性レベル2) 水添加有り:2% ^{*1} (危険性レベル2)*1水素検知管の特性よりCOガスとの干渉の可能性有

5. 2 再生資源燃料等の安全対策

前項5. 1にて各種再生資源燃料等における危険要因等について記載した。また、再生資源燃料の性状等について、特別な危険性を有するものは見いだせなかった。これらを踏まえて、種々の実態も鑑みて、現行のRDFの関連基準（安全対策等）をベースに、必要とされる安全対策について検討した。以下にその安全対策について記載する。

(1) 製造時の安全対策

当該燃料の性状は、酸化反応や微生物発酵等を防止するために必要な性状管理を徹底する体制を確保することにより、発熱を防止する必要がある。

ア 水分管理

水分量を当該各種燃料で推奨される含有率範囲の管理値に抑え、発熱等を防止する。

イ 壊れにくい形状の確保

崩れた形状の当該燃料等は表面積が大きくなり発熱・発火し易くなるため、壊れにくい形状を確保する。

ウ 可燃性ガス・可燃性微粉に対する措置

可燃性ガス・可燃性微粉が発生する場合、機器等を防爆仕様とする等の適正な措置を講じる。

エ 製造工程別における安全対策等

(ア) 原料受入・保管工程

原材料については、長期間同じ状態での保管や集積は避ける。

(イ) 原料破碎工程

磁選機等により、原料から金属等異物を除去。

(エ) 乾燥工程

乾燥機等に温度測定装置を設置し、管理温度を超えたならば、熱風の供給を自動的に停止する等の措置を講じる。

(オ) 成型工程

成型機に温度測定装置を設置し、管理温度を超えたならば、機器を自動的に停止する等の措置を講じる。

(カ) 炭化工程

炭化炉に安全弁等を設置し、炉内圧上昇時は自動的に開放する等の措置を講じる。炉温を管理する。

(キ) 冷却工程

冷却機のごみの滞留、堆積がないように定期的に清掃する。

冷却機内への製品の過充てん防止。

冷却機停止時には内部に製品を残さないことが必要である。

(ク) 搬送工程

コンベアに詰まりがないか、コンベアの部品が接触していないかなど、コンベア

の作動状況を定期点検する必要がある。

業務終了後はコンベア上にごみを残さないようにする。

コンベア上で詰まりやすいと想定される箇所に、発熱や発火を早期に発見するための温度測定装置の設置、異常を監視するための措置を講じる。

(2) 当該燃料等保管時の安全対策

保管時に当該燃料等の発熱・可燃性ガスの発生を起こさないための、次の対策が必要である。

ア 高温状態での保管の禁止

製造後の当該燃料等について、十分に冷却した後保管する。

イ 一定規模以上の集積の制限

当該燃料等は、集積量が多くなる程発火危険性が高まることから、集積高さ等を制限することにより、発熱・発火しにくくするとともに、万が一、発熱・発火した場合においても消防活動が容易に行える集積量に制限する。

ウ 長期保管の回避

当該燃料等の長期保管を行わないとともに、定期的(少なくとも3箇月に1回以上)に保管場所からの全量の掻き出しを実施する。

エ 吸湿等防止

雨水の浸入を防止し、通気・換気等の確保により周囲環境と比較して高温多湿状態となることを防止する。

オ 可燃性ガス・可燃性微粉に対する措置

可燃性ガス・可燃性微粉の発生・滞留しやすい場所では、適正な換気等の措置を行う。

(3) 当該燃料等の異常の監視

当該燃料等の状態を監視し、異常発生時に直ちに対応を図るための体制を確保することが必要であり、貯蔵形態に応じたような対策を確保する必要がある。

ア 温度測定装置による温度の有効監視

発熱等の異常を早期に発見する。

イ 可燃性ガス測定装置による可燃性ガス監視

メタン、水素、一酸化炭素等の可燃性ガスの発生状況を有効に監視する。

(4) 保管施設等の事故発生時の安全対策

当該燃料等は、ひとたび発熱・発火すると、消火が非常に困難であることから、異常発熱時には貯蔵量等に応じ、次のような対策が迅速に図られる体制の確保が必要である。

ア 不活性ガス封入装置等の設置による貯蔵槽の不活性雰囲気確保

当該燃料等を貯蔵槽等で貯蔵している場合、発熱・発火した際に酸素濃度を低下させ

るため、不活性ガス雰囲気とするための装置を設備する。

イ 消火設備、連結散水設備等による冷却・消火

初期消火対策として、消火設備又は散水設備、あるいは大量放水を必要とする場合に備えて、消火設備等の補完設備として連結散水設備による対応を図る。

(5) 保管施設等の消防活動上の対策

事故発生時に迅速かつ容易に消火活動を行うことのできる貯蔵方式等とすることが必要である。

ア 効果的な消火対策の確保

消火水による消火方法が有効な当該燃料等を貯蔵している場合、消火水が貯蔵槽による保管等により十分に消火水がかかりにくい貯蔵形態であれば、例えば当該燃料等を水没させることができる構造等とする。

イ 当該燃料等の迅速な排出

貯蔵槽等での火災態様により、当該燃料等を迅速に取り出すことのできる構造とする。

(6) 日常の安全管理体制

上記(1)～(5)の安全対策のほか、日常の安全管理体制に係る対策の確保が必要である。

ア 安全管理要員の確保と教育・訓練

専従の安全管理要員を確保し、当該安全管理要員に安全教育と災害時の対応について教育・訓練を実施する。

イ 従業員等の安全管理教育・訓練の徹底

従業員についても専従の安全管理要員と同様に安全管理教育・訓練を実施する。

(7) 消防機関、第三者機関等による安全性の確認

当該燃料等関係施設の実態、貯蔵・取扱い方法等に応じたそれぞれの火災危険要因を関係者が事前に把握し、これに対応した安全対策を確保していくことが重要であり、この点について消防機関等も確認を行っていく必要がある。

なお、上記安全対策の他、その燃料の特有な性状に応じた安全対策を講じる必要がある。

5. 3 危険要因の把握と安全対策の考え方

第3章に記載しているとおり、今回、再生資源燃料等の危険性を評価するため、次のような各種性状確認試験等を実施した。

- ①熱分析 (TG-DTA)
- ②高感度熱量計 C80
- ③高感度熱量計 TAM-III
- ④SIT (自然発火温度測定装置)
- ⑤ワイヤーバスケット試験
- ⑥燃焼熱量、比熱、熱伝導度の測定
- ⑦フランク・カメンスキー式に基づく推定
(大量貯蔵時の発熱発火挙動の推定 (発熱開始温度の推定))

このような試験により、発熱量、水素発生量、蓄熱に関する発熱開始温度、並びに水との反応性等について確認することが可能であるという知見が得られた。

また、これらの試験結果から、RDF等既知の危険性レベルと比較検討し、各種再生資源燃料等物質そのものの危険性レベルを把握し、整理した。また、実態調査から得られた取扱い・貯蔵時の危険要因も把握し、これらの危険性に応じた安全対策を前項5-2に記載した。

これらを踏まえ、今回把握した当該燃料等以外の新たな再生資源燃料等が将来出現した場合は、同様の試験を実施し、その危険性を把握することにより、今回整理した物質と比較して、その性状に応じた必要な安全対策を把握することが可能になるものと考えられる。

以上のように、本手法を用いれば、性状に応じた必要な安全対策を含めた危険性の評価が可能になるものと考えられる。但し、実際は、貯蔵方法・取扱い状況・装置等により、危険性が変わるため、安全対策等については、十分に実態を把握して考える必要がある。

参考資料－6 温室効果ガス排出量削減効果に関する資料

汚泥乾燥技術の一酸化二窒素排出実態

下水汚泥エネルギー化技術の導入を検討する際に、温室効果ガス排出量削減効果を定量的に算定することの参考として、汚泥乾燥技術での一酸化二窒素（N₂O）の排出係数について、調査事例を以下に示す。

1. 調査対象処理方式と実態調査方法

調査対象処理方式は、「A）汚泥を乾燥して造粒するもの」、「B）油を熱媒体として乾燥するもの」、「C）汚泥を乾燥しペレット状にするもの」の3方式とし、それぞれ1処理場、合計3処理場を対象とした。

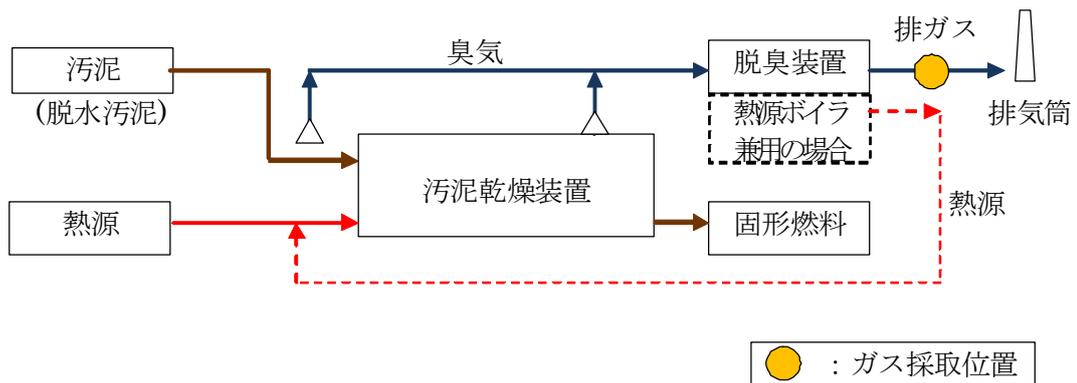
各方式におけるN₂O排出実態調査は、現地測定調査とし、月変動を把握するためのスポット調査及び時間変動を把握するための連続調査の2つの調査を行なった。調査項目を表資-6.1に示す。

ガス採取箇所は、図資-6.1に示すように各処理システム中で発生したガスを集約・処理した後、大気放出している脱臭設備等の排気筒とし、それぞれA処理場＝1箇所、B処理場＝1箇所、C処理場＝2箇所（連続調査は1箇所）からガス採取・分析を行った。ガス採取の方法は、「下水道における地球温暖化防止実行計画策定の手引き、平成11年8月、（社）日本下水道協会」に記載されている「煙道からの温室効果ガス（N₂O）の測定方法」に準拠して行った。

表資-6.1 汚泥乾燥技術の調査項目（現地測定調査）

		A) 乾燥造粒	B) 油温乾燥	C) 乾燥（混合焼却）
1. 調査対象技術の概要		汚泥を乾燥して造粒するもの	油を熱媒体として乾燥するもの	汚泥を乾燥しペレット状にするもの
2. 施設名称		A処理場	B処理場	C処理場
3. 調査項目				
①スポット	ガス採取時期	1回/月（平成22年12月、平成23年1月、2月、3月の4回） 毎回、時間間隔をあけて2検体採取・測定を行う		
	ガス分析項目	N ₂ O濃度（ガスクロマトグラフ法） ガス量、水分量（現地測定）		
②連続	ガス採取時期	1週間連続（平成23年1月～3月のうち2回）		
	ガス分析項目	N ₂ O濃度（NDIR：2光路光断続式赤外線吸収法）		
4. ガス採取箇所		1箇所 熱媒加熱装置排気筒	1箇所 臭気燃焼炉排気筒	2箇所※ 蓄熱式脱臭炉排気筒 直燃式脱臭炉排気筒
5. 収集データ		汚泥処理量、汚泥性状、燃料使用量、電力使用量 他		

※連続モニタリング調査は1箇所



図資-6.1 ガス採取位置概略図（汚泥乾燥技術）

2. 現地測定調査方法

2-1 スポットサンプリング調査

スポットサンプリング調査は、以下の方法で行った。

(1) 調査時期・回数

- ・各処理方式とも 1 回/月（計 4 回）

- ・1 回の調査につき、時間間隔をあけて 2 検体採取・測定を行った※

※1 日に 2 検体採取・分析を行う目的は、1 日のうちで N_2O 濃度の変動の有無を調べることにある。処理汚泥量や脱臭風量の日間変化を確認して採取間隔を設定した。

(2) 調査・分析項目

- ・ N_2O 濃度※

- ・ガス量、水分量（現地測定）

※ガス採取時に行なうアルカリ剤を用いた前処理で吸収される CO_2 の濃度に応じた補正を以下の式により行い、結果をとりまとめた。

$$\text{N}_2\text{O 濃度}[\text{vol-\%}] = \text{N}_2\text{O 実測値}[\text{vol-\%}] \times \left\{ (100 - \text{CO}_2 \text{ 実測値}[\text{vol-\%}]) / 100 \right\}$$

(3) ガス採取方法・手順

- ・ガス採取の際には捕集バッグ内での N_2O 濃度変化を防ぐため水分と二酸化硫黄を除去する必要がある。本調査では、「下水道における地球温暖化防止実行計画策定の手引き、平成 11 年 8 月、(社)日本下水道協会」に記載の方法（「ダクトからの温室効果ガスの測定方法」及び「煙道からの温室効果ガスの測定方法」）に準拠して、アルカリ剤及び乾燥剤等でそれらを除去した上でガスを採取した。

(4) ガス分析方法

- ・採取ガスを持ち帰り、ガスクロマトグラフ法（JIS K 0114）により分析を行った。

2-2 連続モニタリング調査

連続モニタリング調査は、以下の方法で行った。

(1) 調査時期・回数

- ・各処理方式とも1週間連続（計2回）
- ・連続モニタリング調査実施期間中にスポットサンプリング調査を実施することとし、連続測定結果の精度を高めた。

(2) 調査・分析項目

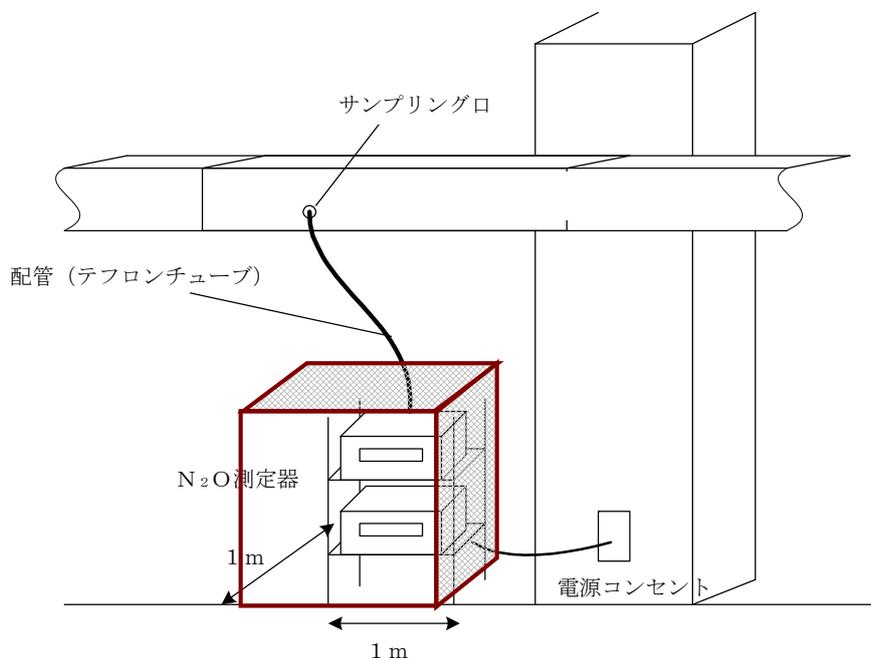
- ・ N_2O 濃度（赤外線連続測定計器（堀場製作所、マルチガス分析計 VA-3001）による連続モニタリング）

(3) ガス採取方法・手順

- ・ N_2O 連続測定器によるガス分析にあたっては、あらかじめ採取ガス中の水分を除去したガスを採取し分析した。
- ・測定計器の設置イメージを図資-6.2 に示す。

(4) ガス分析方法

- ・連続測定器の測定原理はNDIR（2光路光断続式赤外線吸収法）である。



図資-6.2 N_2O 連続測定器の設置イメージ

3. 調査結果

各処理方式について、スポット調査結果や連続調査結果を用いて算出した N₂O 排出係数を表資-6.2 に示す。ここで、排出係数は下式に基づいて算定した。

$$\begin{aligned} & \text{N}_2\text{O 排出係数}[\text{gN}_2\text{O}/\text{wet-t}] \\ & = \text{N}_2\text{O 排出量} / \text{汚泥処理量} \\ & = \Sigma \{ \text{乾燥排ガス量}[\text{Nm}^3/\text{hr}] \times \text{N}_2\text{O 濃度}[\text{ppm}] \times 10^{-6} \times (44/22.4)[\text{g/L}] \\ & \quad \times 10^3[\text{NL}/\text{Nm}^3] \times 24[\text{hr}/\text{日}] \} / \Sigma \{ \text{汚泥処理量}[\text{wet-t}/\text{日}] \} \\ & \text{※乾燥排ガス量が測定されている場合、N}_2\text{O 排出量は観測時間単位(分単位)で計算} \end{aligned}$$

N₂O 濃度は、各処理方式の連続モニタリング調査期間中に実施したスポット採取ガス分析結果と連続モニタリングデータがほぼ一致したことから連続データを採用した。

また、乾燥排ガス量は、処理場で連続的に測定されている場合には当該データとし、それがない場合には連続調査期間中に実施したスポット調査時に2回実測した乾燥ガス量の平均値とした。このようにして算出した N₂O 濃度と乾燥排ガス量から単位時間当たりの N₂O 排出量を算出し、その合計値を連続調査期間中の汚泥処理量合計値で除して、N₂O 排出係数の汚泥処理量加重平均値を算出した。

A 処理場（乾燥造粒施設）の排出係数は 0.0gN₂O/ wet-t であった。

B 処理場（油温乾燥施設）の排出係数は第1回調査では 27.3gN₂O/wet-t、第2回調査では 10.9gN₂O/wet-t であり、調査時期によって異なっていた。

C 処理場の排出係数は、蓄熱式脱臭炉では 0gN₂O/ wet-t、直燃式脱臭炉では 9.5gN₂O/wet-t であり、脱臭炉の方式によって異なっていた。

表資-6.2 現地測定調査（連続測定）結果に基づく汚泥乾燥技術の N₂O 排出係数

		A 処理場 乾燥造粒施設	B 処理場 油温乾燥施設	C 処理場 乾燥(混合焼却)施設
排出量 [gN ₂ O/d]	第1回	—	1,342.8	0.1
	第2回	0.9	524.0	516.8
汚泥処理量 [wet-t/d]	第1回	—	49.2	110.9
	第2回	51.3	48.1	54.6
排出係数 [gN ₂ O/wet-t]	第1回	—	27.3	0.0
	第2回	0.0	10.9	9.5
	採用値	0.0	18.4	9.5

※排出量、汚泥処理量は平均値、排出係数は加重平均値である。

※C 処理場の乾燥施設では第1回は蓄熱式脱臭炉で、第2回は直燃式脱臭炉で調査し、排ガス量の比率は、直燃式脱臭炉：4割、蓄熱式脱臭炉：6割となっていた。また、C 処理場における排出係数の採用値は第2回の値を採用した。

【参考資料】 煙道からの温室効果ガスの測定方法

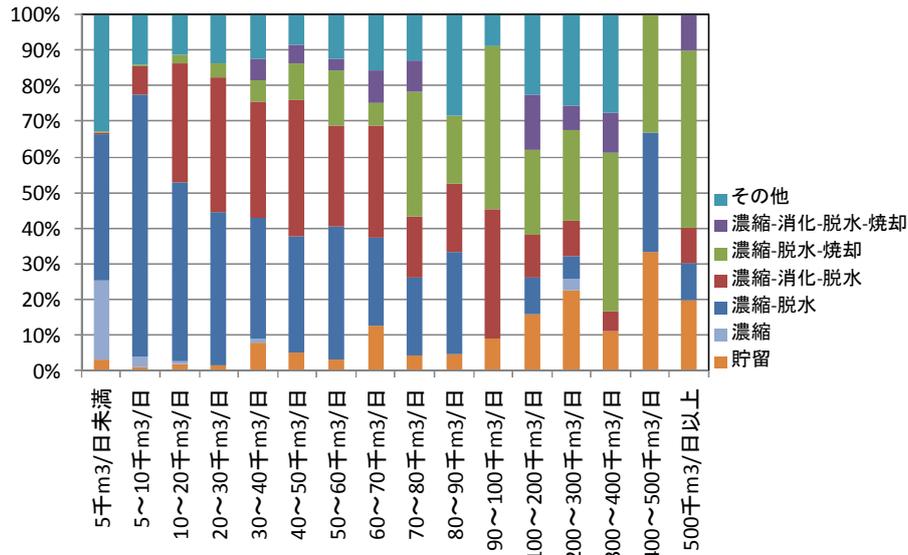
煙道からの温室効果ガス (N ₂ O) の測定方法(1/2)	
適用範囲	<p>この方法は、汚泥焼却炉における煙道からの温室効果ガス・一酸化二窒素N₂Oの測定に適用する。</p> <p>JIS K 0095 (1988) 排ガス試料採取方法：捕集バッグ法（間接法）に準じる。</p>
サンプリング装置および器具	<ol style="list-style-type: none"> ① 採取管：煙道のサンプリング孔に接続する。 ② トラップ：高温の煙道ガスが冷却して生じる水滴を落とす。 ③ アルカリ剤：煙道排気は二酸化硫黄（水と合わせて捕集バッグ内のN₂O濃度が変化すると考えられる）の濃度が高いと予想されるので、その除去のために用いる。ただし、CO₂も吸収されるため、CO₂測定用のサンプルはアルカリ剤を通さずにサンプリングする。 ④ 乾燥管：サンプリング空気中の水蒸気を除くために取り付け。乾燥剤は塩化カルシウムを使用する。なお、乾燥剤としてよく使用されるソーダライムはCO₂を吸収する性質を有するので留意する。 ⑤ コック：サンプリング時以外の捕集バッグへの空気の流入を防止する。 ⑥ 気密容器：捕集バッグをこの中に入れ、気密容器をポンプで減圧することにより間接的に捕集バッグにガスを採取する。 ⑦ 吸引ポンプ：ローボリュームのダイヤフラム型を用いる。 ⑧ 捕集バッグ：対象ガスが影響を受けないものを選ぶ。 ⑨ 各器具接続用のチューブ：対象ガスが影響を受けないものを選ぶ。 <p style="text-align: center;">トラップ アルカリ剤</p>
準備および測定項目	<ol style="list-style-type: none"> ① 捕集バッグは未使用のものを用意し、穴や漏れがないことを確認する。 ② サンプリング孔に採取管を取り付ける。 ③ サンプリング時に次の項目を測定する。 <ul style="list-style-type: none"> ・煙道内のガス温度（中心部を測定する） ・煙道内の風速（手前・中心・奥と3回測定して平均する） ・煙道の断面積 <p>※煙道のガス流量が処理場のデータとして得られる場合は、③の項目の測定は不要である。</p>
サンプリング方法	<ol style="list-style-type: none"> ① 各器具を接続する。捕集バッグはまだセットしない。 ② 気密容器を閉じ、コックを開いてポンプを作動させ、装置内の空気をダクト内の空気と置換する。 ③ ポンプを停止させてコックを閉じる。気密容器に捕集バッグをセットする。 ④ 気密容器を閉じ、コックを開いて通気状態にする。 ⑤ ポンプを作動させて気密容器内を減圧し捕集バッグにガスを採取する。 ⑥ ポンプを停止しコックを閉じる。 ⑦ 捕集バッグを外し、速やかに栓をする。 ⑧ アルカリ剤を外し、②～⑦の手順を繰り返してCO₂分析用のガスを採取する。

煙道からの温室効果ガス (N ₂ O) の測定方法(2/2)	
サンプリング時の留意点など	<p>① サンプリング前にコードドラム等を用意して電源を確保する。</p> <p>② 消化ガスボイラーおよび焼却炉は、サンプリング箇所によっては煙道ガスがかなり高温な場合があるので、作業時の安全性やサンプリング装置への影響に十分注意する。</p> <p>③ 乾燥管のスベアを用意する。また未使用のものは外気に触れないように配慮する。</p> <p>④ 捕集バッグは、フッ素系樹脂製またはポリエステル系樹脂製のものをを用いる。</p>
分析方法	<p>一酸化二窒素は、電子捕獲検出器(ECD)付ガスクロマトグラフ法により分析を行う。 JIS K 0114に準拠して行う。 条件の一例を下に示す。</p> <p>検出器 電子捕獲検出器 (ECD) 充てん剤 Molecular Sieve 5A 30~60メッシュ カラム φ 3mm×2.1m ガラス カラム温度 280℃ 検出器温度 300℃ キャリヤーガス 5%CH₄および95%Ar、30ml/分</p> <p>CO₂がアルカリ剤で除去されるため、N₂Oの分析値をCO₂濃度に応じて補正する必要がある。</p>
分析結果の整理	ダクトからの温室効果ガス (CH ₄ およびN ₂ O) の測定方法 参照
結果の報告および利用	下水処理プロセスからの温室効果ガス排出係数として使用する。
参考資料	<p>下水道技術開発連絡会議：下水道の長期的技術開発に関する基礎調査、pp. 資31~資33、財団法人下水道新技術推進機構、平成7年3月</p> <p>建設省土木研究所、名古屋市下水道局：流動炉における排ガス成分の挙動解明及び削減に関する共同研究報告書、pp. 20~26、平成8年3月</p>

参考資料-7 ケーススタディ(固形燃料化及びバイオガス発電)の検討ケースについて

1. 汚泥処理方式

平成 24 年度下水道統計より、水処理施設現有能力別に汚泥処理方式の割合を集計すると図資-7.1 の通りである。小規模ほど「濃縮-脱水」の割合が多くなっており、「濃縮-消化-脱水」の割合は数万～10 万 m³/日で比較的多くなっている。また、規模が大きいほど焼却工程を有する割合が高くなる傾向にある。

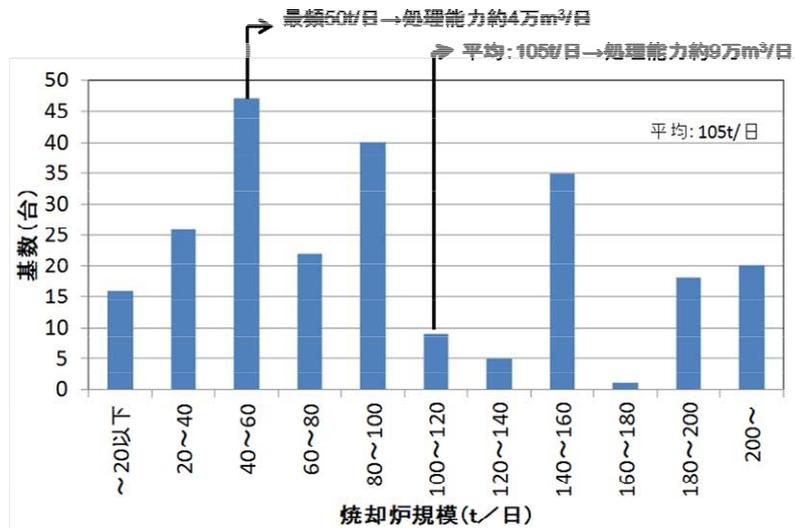


図資-7.1 水処理施設現有能力と汚泥処理方式の実績

2. 導入施設の規模

2-1 焼却施設

焼却施設の実績を図資-7.2 に示す。40～60t/日の箇所数が最も多く、平均で 105t/日となっている。



図資-7.2 焼却施設の実績

2-2 固形燃料化施設

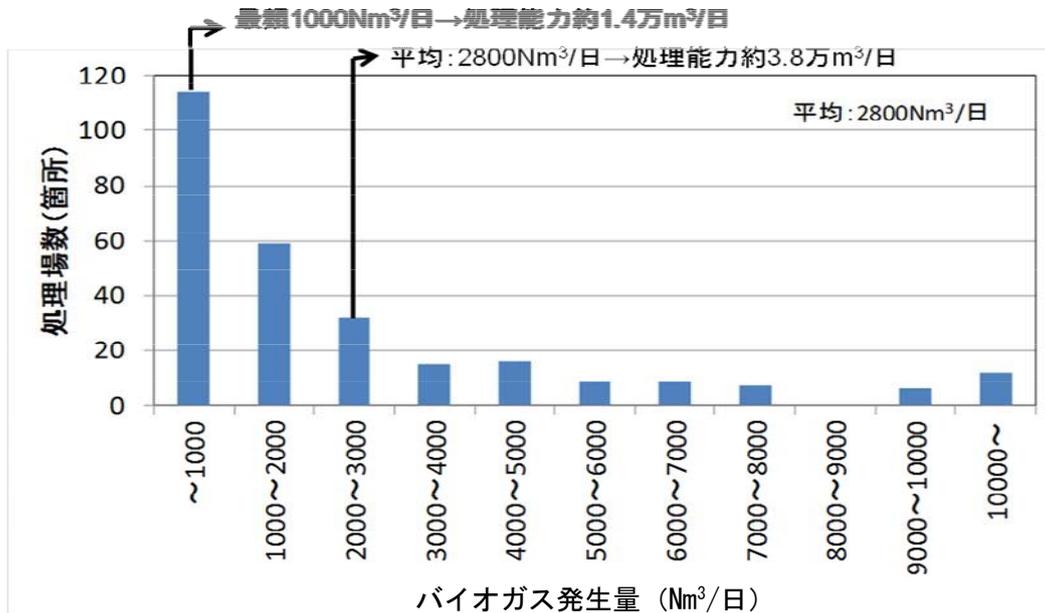
固形燃料化施設の実績は、表資-7.1の通りであり、50~100t/日程度が多くなっている。

表資-7.1 固形燃料化施設の規模

自治体名	処理場名	方式	燃料化規模	下水処理場規模
宮城県	県南浄化センター	造粒乾燥	66 t/日	125,000 m ³ /日
前橋市	前橋水質浄化センター	高温炭化	50 t/日	84,200 m ³ /日
東京都	東部スラッジプラント	中温炭化	100t/日×3系列×2基	(汚泥処理センター)
胎内市	中条浄化センター	高温炭化	7.2 t/日	11,500 m ³ /日
愛知県	衣浦東部浄化センター	中温炭化	100 t/日	65,600 m ³ /日
大阪市	平野下水処理場	低温炭化	150 t/日	323,000 m ³ /日
広島市	西部水資源再生センター	低温炭化	100 t/日	280,000 m ³ /日
福岡県	御笠川浄化センター	油温減圧	30 t/日	323,200 m ³ /日
熊本市	南部浄化センター	低温炭化	50 t/日	48,300 m ³ /日

2-3 バイオガス発生量

バイオガス発生量の実績は、図資-7.3の通りであり、平均で2,800Nm³/日となっており、規模の小さな処理場が多くなっている。



図資-7.3 バイオガス発生量の実績

2-4 バイオマス受入

バイオマス受入を行っている処理場の規模は、表資-7.2の通りであり、比較的小規模の処理場で導入されている。

表資-7.2 バイオマス受入を行っている処理場の規模

自治体名	下水処理場規模	受入バイオマス				
		生ごみ	し尿	浄化槽汚泥	農集汚泥	その他
珠洲市	3,600 m ³ /日	○	○	○	○	-
黒部市	13,200 m ³ /日	デイスポ ザ	-	○	○	コーヒー 粕
北広島市	25,000 m ³ /日	○	○	○	-	-
恵庭市	47,500 m ³ /日	○	○	○	-	-

3. 検討ケースの設定

ケーススタディーを行う処理水量を20,000、50,000、100,000m³/日とし、導入実績を踏まえ、検討ケースは表資-7.3の通り設定した。

表資-7.3 検討ケースの設定

		2万m ³ /日	5万m ³ /日	10万m ³ /日
固形燃料化		-	(現状) 濃縮-脱水 濃縮-脱水-焼却 (エネルギー化) 濃縮-脱水-固形燃料化 濃縮-消化-脱水-固形燃料化	(現状) 濃縮-脱水-焼却 (エネルギー化) 濃縮-脱水-固形燃料化 濃縮-消化-脱水-固形燃料化
バイオガス 発電	消化槽既設	バイオガス発電利用導入による収益の増減		
	消化槽新設	消化槽+バイオガス発電導入による収益の増減		
バイオマス 受入	バイオマス受入 +消化槽新設 +固形燃料化	-	消化槽新設+固形燃料化 のケースにバイオマス受入 による収益の増減	-
	バイオマス受入 +消化槽新設 +バイオガス発電	消化槽新設+バイオガス発 電のケースにバイオマス受 入による収益の増減	-	-