

神戸市東灘処理場 再生可能エネルギー生産・革新的技術 実証研究（B-DASH プロジェクト）

Demonstration Research on Renewable Energy Production and Innovative Technologies at Higashinada Sewage Treatment Plant in Kobe City (B-DASH Project)



川嶋 淳*
Jun Kawashima



宮本博司*
Hiroshi Miyamoto



豊久志朗**
Shiro Toyohisa

B-DASH プロジェクト（Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High technology Project）とは、国土交通省が主導する下水道革新的技術実証事業で、下水汚泥のエネルギー利用の高効率化を図り、温室効果ガス排出量および建設コストを大幅に削減する革新的技術について、実規模レベルのプラントを設置して実証を行うことを目的とした研究である。

本稿では、平成23年度国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究として神戸市と当社の共同研究体で実施した、神戸市東灘処理場に設置した実証設備におけるバイオガス回収およびバイオガス精製に関する革新的技術の実証結果について報告する。

B-DASH Project led by MLIT is the research, using commercial-scale sewage treatment plant, aiming to demonstrate innovative technologies increasing energy recovery efficiency from sewage sludge and reducing greenhouse effect gas emissions and construction cost sharply. This paper presents the results of the demonstration research, which was carried out by the research consortium consisting of Kobe City and Kobelco Eco-Solutions Co., Ltd. as NILIM contract research in FY2011 using the demonstration facility installed at Higashinada Sewage Treatment Plant in Kobe, on the innovative technologies for biogas production and upgrading.

Key Words：

汚 泥 消 化
メ タ ン 発 酵
バ イ オ マ ス
バ イ オ ガ ス
精 製

Sludge digestion
Methane fermentation
Biomass
Biogas
Upgrading

【セールスポイント】

- ・ 下水道に好適な地域バイオマスの受入れ：
グリーン（木質系）、スイーツ（食品系）バイオマスと下水汚泥の共処理消化
- ・ 高機能鋼板製消化槽：建設コスト削減と内部可視化を実現
- ・ 高効率ヒートポンプ：下水処理水からの回収熱による加温によりバイオガス有効利用率アップ
- ・ 新型バイオガス精製システム：
従来型よりコンパクト化・低動力化された新型バイオガス精製システム

まえがき

下水汚泥の嫌気性消化から発生する消化ガスはカーボンニュートラルな燃料であるため、有効利用を促進することにより、化石燃料使用量の削減や地球温暖化防止に寄与できる資源として注目されている。しかし、設備導入に係る費用が高額であること、維持管理に手間がかかること、とくに中小規模の処理場では、有効利用可能な消化ガス量が少ないこと等から、国内下水処理場における汚泥消化・ガス有効利用設備の普及は停滞状況にある。

今回事業では、下水処理場周辺に賦存する地域バイオマスを受入れること、これまで未利用だった下水の保有熱を活用することにより、有効利用可能な消化ガスを増量するとともに、汚泥消化に係る設備の建設コスト・維持管理コストを低減可能な装置の導入効果を検証する。設備導入コスト低減と消化ガス有効利用量の増加により、国内下水処理場での汚泥消化・ガス有効利用設備の普及を促進することを目的とする。

事業の実施場所は汚泥消化ガスの有効利用に関して国内最先端の取組みを進めている神戸市東灘処理場を選定した。国内外への汚泥消化・ガス有効利用設備の普及に向けたショーケース機能を果たすことも重要な目的としている。

1. 革新的技術の概要

1.1 革新的技術の構成

革新的技術の概要¹⁾を図1に示す。システム構成はバイオガス回収技術とバイオガス精製技術に大別され、バイオガス回収技術は、地域バイオマス受入調整設備、高機能鋼板製消化槽、下水熱回収高効率ヒートポンプから構成され、バイオガス精製技術

は、新型バイオガス精製・貯留・圧送システムより構成されている。

1.2 革新的技術の特長

1.2.1 下水道に好適な地域バイオマスの受入れ

〔バイオガス回収技術：地域バイオマス受入調整設備〕

地域バイオマスの受入れに当たっては、下水道の本来の機能に影響を与えないことが重要な要素であり、「下水道に好適」な地域バイオマスとして確認された食品製造系バイオマスや木質系バイオマスを収集し、下水汚泥と混合して消化を行うことによりバイオガス発生量を増加させるとともに、地域バイオマスとの相乗効果により消化汚泥の脱水性向上を図る。

1.2.2 消化普及促進のための高機能鋼板製消化槽

〔バイオガス回収技術：高機能鋼板製消化槽〕

消化槽を鋼板製にすることで、建設コストを低減するとともに、各種センサ類を設置しメタン発酵状況を可視化することで、安定運転の継続、維持管理コストの削減を検証し、汚泥消化の普及促進を図る。

1.2.3 下水熱を回収する高効率ヒートポンプ

〔バイオガス回収技術：下水熱回収高効率ヒートポンプ〕

高効率ヒートポンプにより、下水処理水の熱を回収し、消化槽の加温に活用することで、有効利用可能なバイオガスの増量を図る。

1.2.4 新型バイオガス精製装置とバイオガス標準規格化

〔バイオガス精製技術〕

システムのパッケージ化や低動力化等を組み合わせることで、建設コスト・維持管理コストを低減する

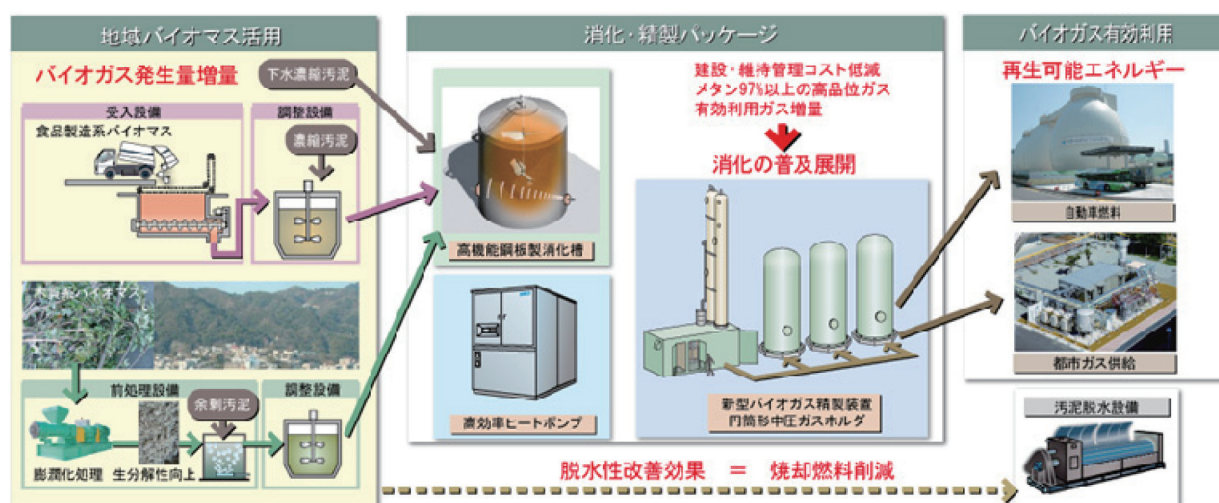


図1 革新的技術の概要

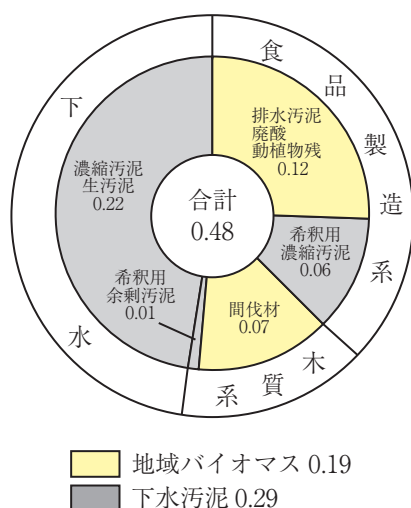


図2 評価対象規模・実証規模における固形物投入量 (t-ds/d)

とともに、天然ガス自動車や都市ガス導管注入等の用途別にシステム構成や品質管理基準の規格化を目指す。

2. 実証試験結果

神戸市東灘処理場に設置した固形物処理量0.7t/d規模の実証設備での試験結果を以下に示す。

2.1 下水道に好適な地域バイオマスの受入れ

地域バイオマスの受入れ量は賦存量を調査した後、「下水道に好適」であるか否かを個別品目ごとに検討した上で決定した。具体的には排出元へのヒアリング・目視による異物等の確認、組成分析、バイアル試験によるガス発生量調査によって候補を絞り込んだ後、最終的に排出元との合意が得られたバイオマスを受入れ対象とした。評価対象規模および実証規模における固形物投入量を図2に示す。

2.2 高機能銅板製消化槽

2.2.1 地域バイオマスの種類とガス発生量

下水汚泥との混合調整後、地域バイオマスは銅板製消化槽（容量220 m³）に投入され、滞留日数20日、約38℃で中温消化される。図3に示すとおり定常負荷に到達後のガス発生倍率は20～25倍程度となっており、下水汚泥のみの10～15倍と比較してバイオガス発生量増量効果が確認できた。

2.2.2 消化槽内部の可視化技術

消化槽を銅板製にすることで建設コストを縮減するとともに、各種センサの活用によってメタン発酵状況を可視化することにより、運転の安定性向上と維持管理コストの縮減を図っている。可視化については、投入基質負荷を管理するための連続式アンモニアセンサの設置、槽内挿入型流速計による内部流

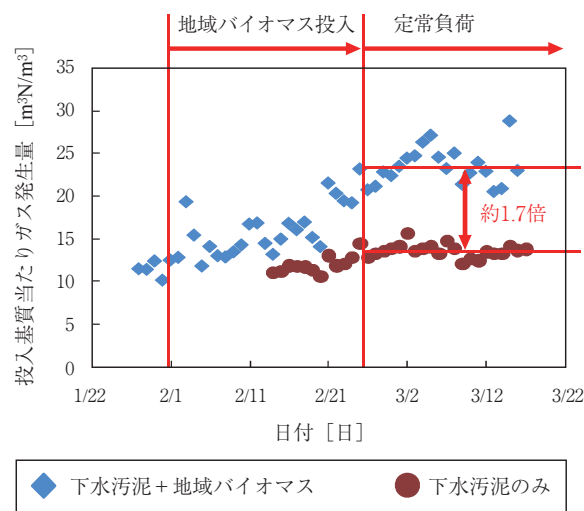


図3 地域バイオマス投入有無によるガス発生量比較

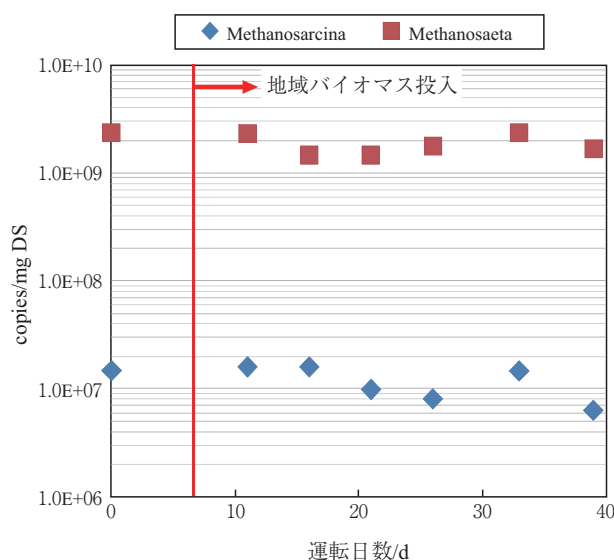


図4 生物診断による地域バイオマス受入れのメタン生成菌への影響

速測定、底部での堆積物高さ測定が可能な機能を付加しているほか、消化汚泥の菌相構成および微生物量を遺伝子のレベルで確認する「生物診断」を行っている。生物診断では、銅板製消化槽の立上げ段階から定期的に汚泥を採取し、バイオマスの加水分解と酸生成発酵に関与する一般細菌と、メタン生成細菌の菌相・菌数を解析したほか、比較対象として下水のみで運用している既設消化槽の消化汚泥についても同様の解析を実施した。解析の結果、一般細菌、メタン生成細菌とも地域バイオマス投入前後で、菌相・菌数に大差のないことが判明したことから、今回受入れた地域バイオマスは、下水道に好適と確認された。メタン生成菌の菌数推移について図4に示す。

2.3 高効率ヒートポンプ

高機能銅板製消化槽の加温方法として、従来の温水ボイラに代えて、高効率ヒートポンプによって下水処理水から回収した熱を利用した。図5に実証設備のヒートポンプまわりフローと水温設計値を示す。放流水温約20℃の条件で取得した実証運転データを、ヒートポンプの性能を表す指標であるCOP（成績係数：消費電力の何倍の熱量を取出せるか）で整理した結果を図6に示す。ヒートポンプ入口温水温度が設計値の70℃に近い範囲では、2.7～2.8のCOPが得られることが確認できた。この値を用いてエネルギー使用量を算定した結果、場外へのバイオガス供給量が増加することから、従来の温水ボイラ利用の場合と比較して71%の削減が可能となった。

2.4 新型バイオガス精製装置

バイオガスの精製原理は従来技術²⁾と同様に「高圧水吸収法」であり、加圧条件下における水への溶解度の差を利用して効率良くメタンを分離する。表

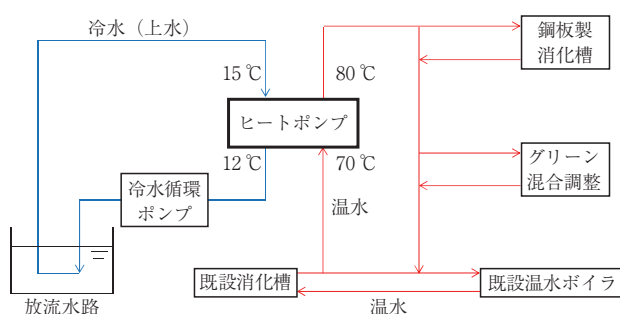


図5 ヒートポンプまわりフローと水温設計値

1に運転圧力0.9 MPa、定格処理能力300 m³/hにおける精製前後のバイオガス組成を従来型とあわせて示す。新型精製装置で得られた精製ガスの各成分とも管理基準²⁾を余裕をもって満足しており、天然ガス自動車燃料や都市ガス原料として有効利用可能であることを確認できた。

3. 評価結果

3.1 評価対象の範囲および規模

以上の実証試験結果に基づいて、従来技術に対する革新的技術の建設・維持管理コストの削減率と温室効果ガス排出量の削減率についての評価を行った。評価対象の範囲および規模は、図7に示すとおりである。

- ・革新的技術 下水汚泥7.0t-ds/d + 地域バイオマス3.4t-ds/d（場内で混合処理）
- ・従来技術 下水汚泥7.0t-ds/d + 地域バイオマス3.4t-ds/d（場外で焼却処理）

3.2 革新的技術の効果

建設コスト比較を図8に、維持管理コスト比較を

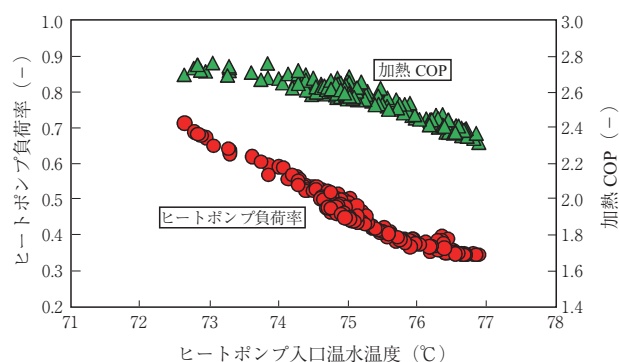


図6 ヒートポンプ入口温水温度とCOPの関係

表1 精製前後のバイオガス組成

対 象		新 型 精 製 装 置		従来型精製装置	管 理 基 準
対 象 ガ ス		バイオガス	精 製 ガ ス	精 製 ガ ス	精 製 ガ ス
処 理 量	m ³ _N /h	300		270	—
CH ₄	vol %	60.5	98.6	98.2	97以上
CO ₂	vol %	39.2	<0.1	0.97	—
O ₂	vol %	0.28	0.28	0.17	4未満
H ₂ S	ppm	540	<0.01	0.06	0.1以下
水 分	vol %	1.2	—	—	—
	露点℃	—	< -55	< -55	-51以下
シロキサン	mg/m ³ _N	D3～D6計 42.9	D3～D6とも <0.005	D3～D6とも <0.005	D3～D6計 1以下

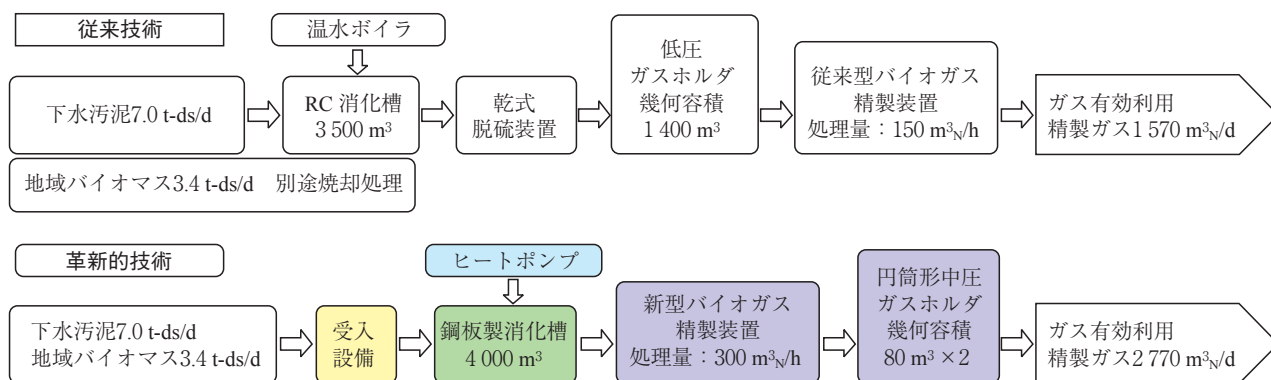


図7 評価対象の革新的技術と従来技術の範囲および規模

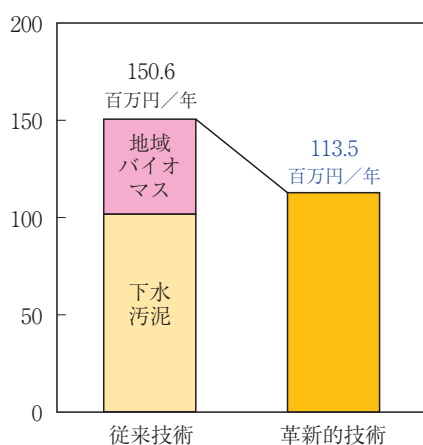


図8 建設コストの縮減効果

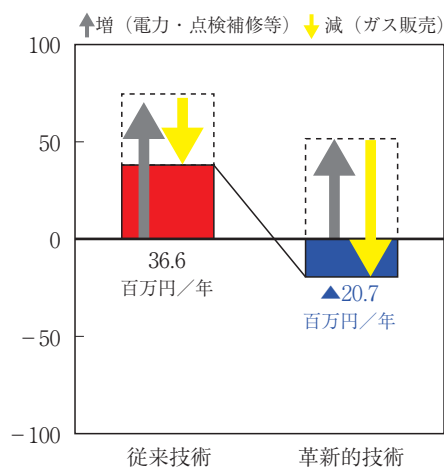


図9 維持管理コストの縮減効果

図9に示す。革新的技術では従来技術に比べ、建設コストで25 %（年価ベース）、維持管理コストで156 %の縮減効果が認められ、撤去コストを含むライフサイクルコストでは50 %の縮減が可能である。また、温室効果ガス排出量はライフサイクルCO₂で、従来技術では94 t-CO₂/年の排出であるのに対し、革新的技術では856 t-CO₂/年の吸収となり、大幅な排出削減が可能である。

むすび

下水道に好適な地域バイオマスの受入れ、高機能鋼板製消化槽、下水熱を回収する高効率ヒートポンプおよび新型バイオガス精製装置からなる革新的技術を、実証試験結果に基づいて下水汚泥7.0 t-ds/d + 地域バイオマス3.4 t-ds/d規模で評価した結果、従来技術に対して以下の効果が認められた。

- ・建設コストは25 %，維持管理コストは156 %の縮

減がそれぞれ可能であり、撤去を含むライフサイクルコストでは50 %の縮減が可能である。

- ・ライフサイクルCO₂排出量は856 t/年の吸収であり、従来技術に比べて大幅な排出削減が可能である。

なお、本成果は神鋼環境ソリューション・神戸市共同研究体が受託した、平成23年度国土技術政策総合研究所委託研究「神戸市東灘処理場再生可能エネルギー生産・革新的技術実証研究」によるものである。

【参考文献】

- 1) 瀧村・坂部・堀江、「こうべバイオガス」のさらなる活用－KOBEGREEN・スイーツプロジェクトの始動－第49回下水道研究発表会講演集 p157～p159, (2012)
- 2) 神戸市・独立行政法人土木研究所・株式会社神鋼環境ソリューション「消化ガスのバイオ天然ガス化」共同研究報告書，平成18年12月

*商品市場・技術開発センター 水・汚泥技術開発部 汚泥処理室 **商品市場・技術開発センター 水・汚泥技術開発部