

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）—第3報—

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



川嶋 淳*
Jun Kawashima



宮本博司*
Hiroshi Miyamoto



豊久志朗**
Shiro Toyohisa

B-DASH (Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High technology) プロジェクトとは、国土交通省が主導する下水道革新的技術実証事業であり、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー創出等を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するための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。

2011年度および2012年度は国土技術政策総合研究所の委託研究として実証研究を行い、革新的技術により下水汚泥のエネルギー利用の高効率化を図るとともに、建設・維持管理コストおよび温室効果ガス排出量の削減が可能であることを実証した。本稿では、2013年度に実施した継続研究において得られた実証研究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 the innovative technologies which can substantially reduce sewage service costs, create renewable energy and support Japanese enterprises' overseas water business expansion.

The research in FY 2011 and FY 2012 was conducted as contract research from NILIM, and the result which can increase energy recovery rate from sewage sludge and can reduce the capital and operating cost and greenhouse gas emission by innovative technology, was obtained.

This paper reports the demonstration study results obtained in the continuous research carried out in FY 2013.

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】

- ・ 下水道への受入れに好適な地域バイオマスの受入れ：
食品製造系バイオマス、木質系バイオマスと下水汚泥との共処理消化によるバイオガス発生量増大

- ・高機能鋼板製消化槽：
内部可視化により消化性能維持が可能で、インペラ式かくはん機の採用により低動力化と堆積物排出促進運転を実現
- ・高効率ヒートポンプ：
下水処理水からの回収熱による消化槽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・貯留・圧送システム：
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・貯留・圧送システムで、高効率な脱硫装置として適用可能

ま え が き

神鋼環境ソリューション・神戸市共同研究体が提案し、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）に採択された神戸市東灘処理場を実証フィールドとする題記実証研究を、2011年度および2012年度は国土技術政策総合研究所の委託研究として実施した。地域バイオマス受入・混合調整設備、高機能鋼板製消化槽、高効率ヒートポンプおよび新型バイオガス精製・貯留・圧送システムからなる革新的技術は、従来技術に対して建設コスト、維持管理コストおよびライフサイクルコストの縮減が可能であり、温室効果ガス排出量を大幅に削減できることを実証した^{1, 2)}。

2013年度は神鋼環境ソリューション・神戸市共同研究体の自主研究として継続研究を行った。既設卵形消化槽へのバイオマス投入、鋼板製消化槽のインペラ式かくはん機低動力運転等について検証した。当該研究結果を報告する。

1. 実証技術の概要

今回実証を行ったシステムの全体構成図を図1に示す。

① 地域バイオマス受入・混合調整設備

下水道への受入れの好適性が確認できた地域バイオマスを受入れ、必要に応じて前処理を行った後に下水汚泥と混合調整する設備であり、後段の消化槽からのバイオガス発生量を増加させることができる。

② 高機能鋼板製消化槽（220 m³）

消化槽を鋼板製にすることによって、従来のコンクリート製消化槽と比較して建設コストの縮減・建設工期の短縮が可能である。実証試験では、バイオマス投入による消化への影響調査、インペラ式かくはん機低動力運転、堆積物可視化と排出促進運転について検証した。

③ 高効率ヒートポンプ

下水処理場内の未利用熱を回収し、消化槽等を加温するための温水を供給できるため、バイオガスの

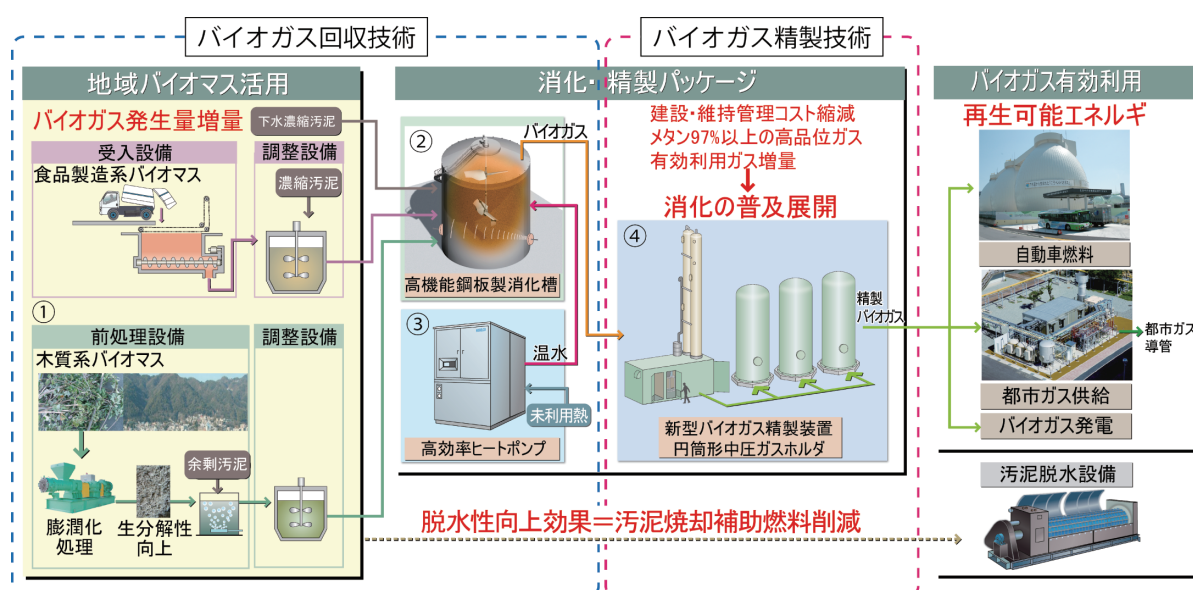


図1 システム全体構成図

有効利用量を増加させるとともに、エネルギー使用量を削減することができる。

- ④ 新型バイオガス精製・貯留・圧送システム
バイオガスからメタン濃度97 %以上の高品位ガスを取出すことができる新型バイオガス精製装置と、円筒形中圧ガスホルダからなるシステムである。

表1 実証施設主仕様

①地域バイオマス受入・混合調整設備			
食品製造系バイオマス受入能力	鋼板製消化槽	0.7 t-wet/d	
	既設消化槽	11 t-wet/d	
木質系バイオマス受入能力	鋼板製消化槽	0.25 t-wet/d	
	既設消化槽	4 t-wet/d	
②高機能鋼板製消化槽		鋼板製全溶接円筒形 有効容量 220 m ³ × 1 基	
③高効率ヒートポンプ		電動スクリーチャー 加熱能力 266.4 kW × 1 基	
④新型バイオガス精製・貯留・圧送システム			
新型バイオガス精製装置	高圧水吸収法	処理能力 300 m ³ _N /h × 1 基	
中圧ガスホルダ	円筒形	貯蔵能力 約500 m ³ _N × 3 基	

2. 実証研究結果

2.1 実証施設概要

神戸市東灘処理場内に設置している実証施設の仕様を表1に示す。下水への好適性が確認された地域バイオマスは、既設卵形消化槽（有効容量10 000 m³）にも投入している。

2.2 実証結果

2.2.1 下水道への受入れに好適な地域バイオマスの選定

地域バイオマスの下水道への好適性は、発生量、ハンドリング、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、ガス発生量を総合して判断する。ラボスケールのメタン発酵実験に基づくガス発生予測値と、鋼板製消化槽および既設卵形消化槽でのガス発生量には大きな差は認められず、地域バイオマスの組成が判明すれば、精度の良いガス発生量予測が可能であると考えられた。既設卵形消化槽におけるガス発生量測定値と推定値を表2に示す。測定値／推定値の誤差は10 %以内であった。

2.2.2 既設消化槽への地域バイオマス投入

好適性が確認された地域バイオマス（食品製造系および木質系）を下水汚泥と混合調整後、既設卵形

表2 地域バイオマス投入によるバイオガス増量効果（鋼板製消化槽）

			下水汚泥のみ (既設 1 ・ 2 号)	食品製造系 + 木質系 バイオマス混合 (既設 3 号)
期 間			2013年度	
			4/1～3/31	4/1～3/31
VS 混合比 (%)	食 品 製 造 系		0	3.1
	木 質 系 (主として広葉樹間伐材)		0	1.7
	下 水 汚 泥	初 沈 汚 泥	59.7	53.5
		余 剩 汚 泥	0	0.1
		濃 縮 余 剩 汚 泥	40.3	41.7
		下 水 汚 泥 中 の 初 沈 ／ 余 剩 割 合	—	▲3.6 %※
VS 投入負荷 (kg-VS/m ³ /d)			0.80	0.83
投入 VS 当たりガス発生量 [m ³ _N /t-VS]	ラボ実験による推定値		537	543
	測 定 値		492	493
	測 定 値 ／ 推 定 値		0.92	0.91
ガス発生倍率 [m ³ _N /m ³]	測 定 値		12.37	12.93
	増 加 割 合		—	5 %

※ 下水汚泥中の初沈汚泥割合：53.5 / (53.5 + 0.1 + 41.7) × 100 = 56.1 %
59.7 % (下水汚泥のみの初沈汚泥割合) - 56.1 % = 3.6 %

消化槽（10 000 m³）に投入し、滞留日数約30日、約41℃で中温消化を行った。東灘処理場の3基の卵形消化槽のうち、1基（3号）に地域バイオマス投入し、他の2基（1, 2号）との消化状況を比較した。

2013年度の地域バイオマス投入実績（4/1～3/31）は、食品製造系581 t（投入原料中のVS混合比3.1%）、木質系86 t（同1.7%）であった。地域バイオマス投入した3号では、投入下水汚泥中の初沈汚泥のVS比率が56.1%と1, 2号より3.6%低いにもかかわらず、ガス発生倍率に5%程度の増加が認められ、また、既設の下水処理に支障を与えないことも確認できた（表2）。

2.2.3 鋼板製消化槽インペラ式かくはん機低動力運転

鋼板製消化槽に設置したインペラ式かくはん機は、従来の消化槽かくはん機（ドラフトチューブ式スクリーかくはん機等）と比較して、低動力の運転が可能である。2013年度は、当初の運転条件であ

る動力投入密度3.05 W/m³（かくはん機回転数21 min⁻¹）から動力を抑えた運転条件に変更し、動力投入密度0.49 W/m³（かくはん機回転数3 min⁻¹）による長期運転で消化に与える影響を検証した。

2013年11月から投入汚泥を下水汚泥のみ（初沈汚泥および濃縮余剰汚泥）に変更し、約4カ月間の低動力運転を行った結果、運転期間中の投入VS当たりのガス発生量は平均555 m³_N/t-VSであった（図2）。下水汚泥単独の投入VS当たりのガス発生量一般値は500～600 m³_N/t-VSであり³⁾、消化運転状況は良好と判断した。

2.2.4 鋼板製消化槽堆積物排出運転

鋼板製消化槽内の堆積物排出手段として、インペラ式かくはん機の逆転運転とポンプ引抜きを組合わせた方法の効果が確認されており⁴⁾、今回の実証試験において再検証した。堆積物量の測定は、槽壁面からは超音波による高さ測定を行い、その他測定点（槽半径方向に2点）では槽上部フランジから探触子を用いて堆積物高さを測定した。鋼板製消化槽内

堆積物量の推移を図3に示す。2012年11月から堆積物ポンプ引抜きなしの運転を継続したところ、槽内堆積物は増加傾向を示し、2014年2月に堆積物/槽容量は1.46%に達した（堆積物許容上限は5%）。この時点でかくはん機逆転運転とポンプ引抜きを組合わせた運転を行ったところ、堆積物の排出促進効果が確認できた（図4）。堆積物量の可視化技術と排出促進運転を組合わせることで、堆積物を蓄積させない運転が可能になると考えられる。

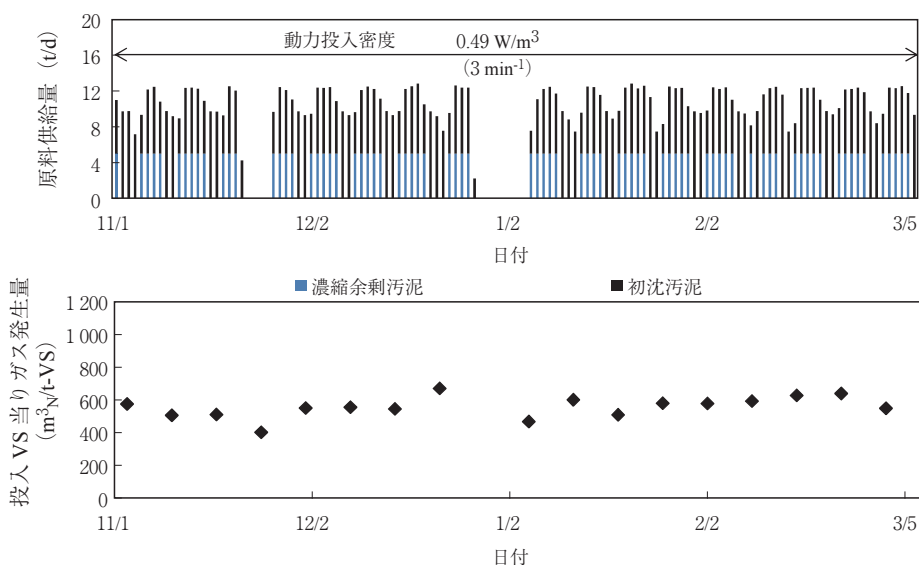


図2 鋼板製消化槽運転状況

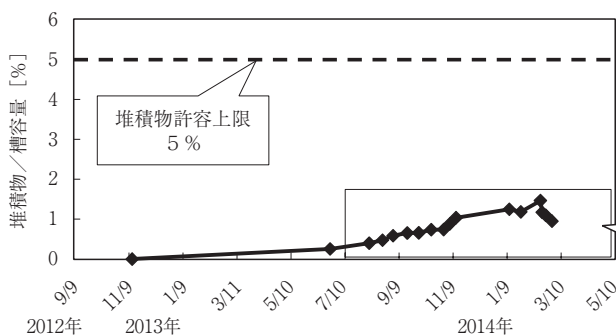


図3 鋼板製消化槽堆積物量の推移

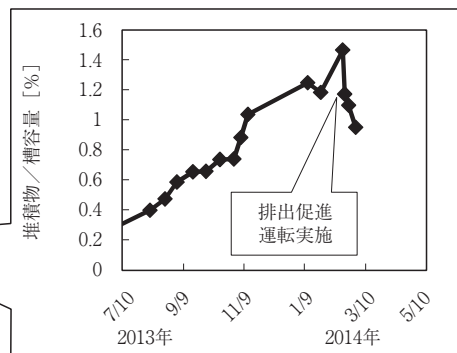


図4 堆積物排出促進運転結果

2.2.5 新型バイオガス精製装置連続運転における性能検証

新型バイオガス精製装置の連続運転の結果，精製バイオガス組成は管理基準値を満たす安定運転が確認された（CH₄：97 vol % 以上，O₂：4 vol % 未満，H₂S：0.1 ppm 以下）。精製ガス流量当りの消費電力を図5に示す。精製ガス流量が60 m³_N/h の低負荷運転において，連続運転（2013年度）は間欠運転（2012年度）に比べ，消費電力を19 %低減できた。

む す び

- ① 地域バイオマス組成が判明すれば，消化ガス発生量が精度良く予測できることが確認できた。
- ② 既設10 000 m³ 卵形消化槽への2013年度地域バイオマス投入実績は，食品製造系581 t，木質系86 tで，下水汚泥のみを投入した消化槽より初沈汚泥のVS投入比率が3.6 %低いにもかかわらず，ガス発生倍率で5 %の増加が確認できた。
- ③ 銅板製消化槽のインペラ式かくはん機低動力運転（0.49 W/m³）で良好な消化が確認できた。
- ④ インペラ式かくはん機の逆転運転＋ポンプ引抜きによる堆積物排出促進効果が確認できた。
- ⑤ 新型バイオガス精製装置連続運転の結果，間欠運転より低動力での運転が可能であり，精製バイオガス流量60 m³_N/h の低負荷では消費電力を19 %

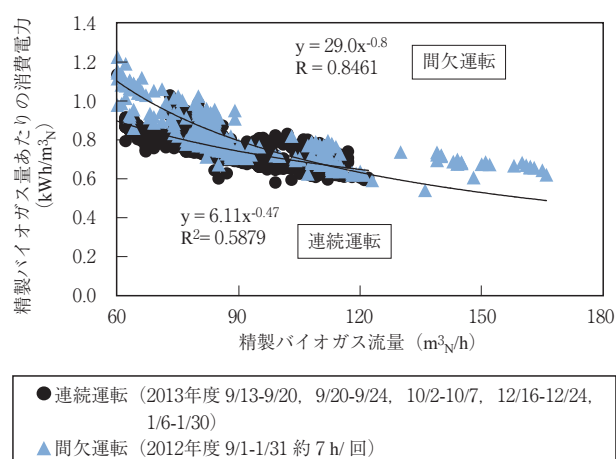


図5 新型バイオガス精製装置
間欠・連続運転時の精製ガス流量あたりの消費電力

低減できた。

【参考文献】

- 1) 豊久・宮本・川嶋，第49回下水道研究発表会講演集，pp.160-162，（2012）.
- 2) 瀧村・豊久・宮本・藤井，第50回下水道研究発表会講演集，pp.250-252，（2013）.
- 3) 社団法人日本下水道協会，下水道施設計画・設計指針と解説 後編 2009年版
- 4) 財団法人下水道新技術推進機構，銅板製消化タンク技術マニュアル，—2013年3月—