

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2報－

Demonstration Research on Renewable Energy Production and Innovative Technologies at Higashinada Treatment Plant in Kobe City (B-DASH Project), second 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。本研究は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からなる共同研究体が実施しており、2011年度の実証研究において、地域バイオマス受入れによるバイオガス回収増量効果ならびに鋼板製消化槽および新型バイオガス精製・貯留・圧送システムの導入による建設・維持管理コスト削減効果等の革新的技術について実証することができた。本稿では、2012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 increase energy recovery rate from sewage sludge and reduce capital expenditure, operating expenditure and greenhouse gas emissions significantly. This research has been conducted by the consortium consisting of Kobe City and Kobelco Eco-Solutions Co., Ltd. as NILIM contract research since 2011. The results of the research in FY2011 showed that biogas production can be significantly increased by co-digesting suitable biomass with sewage sludge. Moreover, CAPEX and OPEX of the sewage treatment facility can be reduced by using digestion tank made of carbon steel and/or by using new type of biogas upgrading system. This paper reports the research findings on the innovative technologies in FY2012.

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
- ・ 高機能鋼板製消化槽：
建設・維持管理コスト縮減と内部可視化を実現
- ・ 高効率ヒートポンプ：
下水放流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

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）に採択された題記実証事業において、2011年度の実証研究の結果として、下水処理場周辺に賦存する地域バイオマスの受入れおよび未利用熱の活用による有効利用可能なバイオガスの増量、建設・維持管理コストの縮減ならびに温室効果ガス排出量の削減が可能であることが示された^{1)~3)}。2012年度も引続き国土技術政策総合研究所の委託研究として継続研究を行ったので、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。本システムは、以下の4つの個別技術から構成されており、システム全体または一部技術の導入によって、汚泥消化設備、バイオガス脱硫・精製システムのコスト縮減と再生可能エネルギーであるバイオガスの生産・有効利用が可能である。

1.1 地域バイオマス受入・混合調整設備

異物を含まず、かつ、水質等の下水道の本来の機能に影響を与えないという、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増加につながる。

1.2 高機能鋼板製消化槽

消化槽を鋼板製にすることによって従来のPC製卵形消化槽と比較して建設コストの縮減および建設工期の短縮が可能であり、また、低動力インペラ式かくはん機の採用による維持管理費の縮減と槽内可視化による良好な消化反応を維持する取組みが可能な消化設備である。

1.3 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、バイオガスの有効利用量を増加させるとともに、エネルギー使用量を

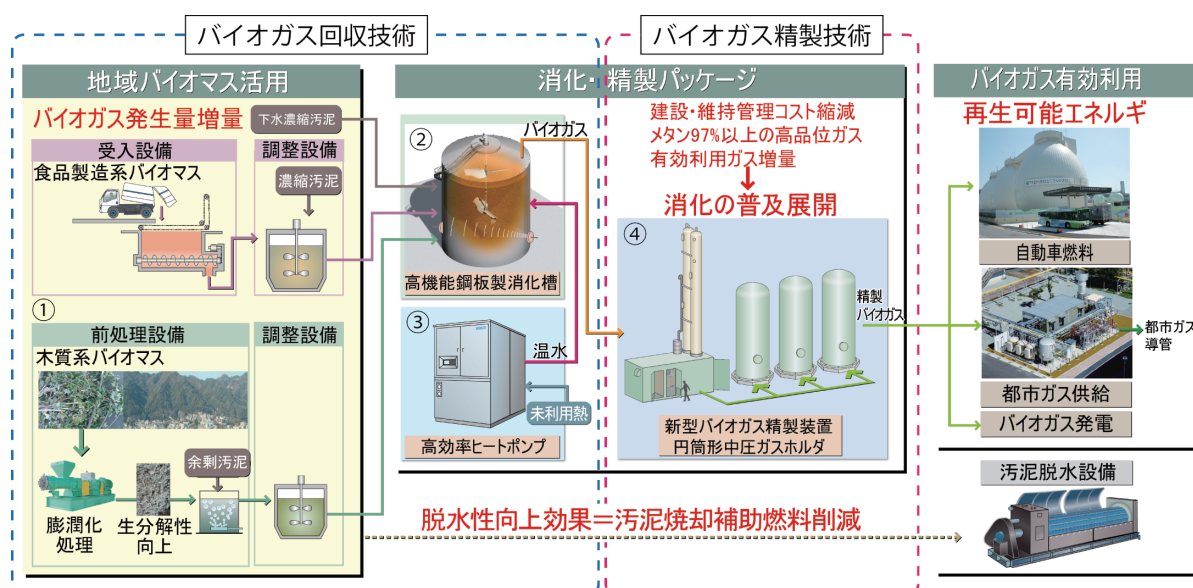


図1 システム全体構成図

削減することができる。

1.4 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り出すことができる高機能な脱硫装置であ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り、バイオガス量約3 000 m³_N/d以上の規模では、従来の脱硫システム（脱硫＋低圧ガスタンク＋シロキサン除去・除湿・昇圧）との比較でもコスト縮減が可能である。

2. 実証施設の概要と実証研究結果

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主仕様を表1に示す。実証用鋼板製消化槽で下水道への受入れの好適性が確認された地域バイオマスは、

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	電動スクリュウチラー 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

既設消化槽（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

受入対象の地域バイオマスは、賦存量を調査した後、下水道への受入れの好適性を個別品目ごとに検討した上で決定している。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、ラボスケールのメタン発酵実験によって候補を絞込んだ後、排出元との合意が得られた地域バイオマスとして、食品製造系バイオマス（排水汚泥、廃酸、食品残さ）および木質系バイオマス（広葉樹間伐材、高木剪定枝）を、2012年度末時点で受入れ対象としている。

2.2.2 高機能鋼板製消化槽

下水汚泥との混合調整後、地域バイオマスは鋼板製消化槽に投入し、滞留日数20日、約38℃で中温消化を行った。定常状態に到達後の投入VS当たりガス発生量は、表2に示すとおり食品製造系バイオマスをVS比率で約20%投入した場合675 m³_N/t-VSで、下水汚泥のみでの510 m³_N/t-VSと比較してガス増量効果を確認できた。さらに、木質系バイオマスをVS比率で約20%投入した場合、ガス発生量は644 m³_N/t-VSであり、ガス発生倍率では下水汚泥のみと比較して、60%の増量効果を確認できた。

2.2.3 高効率ヒートポンプ

従来の温水ボイラに代えて、高効率ヒートポンプをもちいて下水放流水から回収した熱を利用して鋼板製消化槽を加温した。冬季の放流水温20℃の条件では、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）は2.7～2.8であったが、夏季の放流水温30℃の

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	食品製造系混合	食品製造系＋木質系混合
VS容積負荷 [kg/ (m ³ ・d)]	下水汚泥	1.32 (100 %)	1.17 (78 %)	1.04 (64 %)
	食品製造系	0	0.33 (22 %)	0.30 (19 %)
	木質系	0	0	0.27 (17 %)
投入VS当たり ガス発生量 [m ³ _N /t-VS]	ラボ実験に基づく 推定値	537	596	579
	実測値	510	675	644
	測定値／推定値	0.95	1.13	1.11
ガス発生倍率 [m ³ _N /m ³]	測定値	13.1	17.8	20.9
	地域バイオマス 投入による増加率	—	36 %	60 %

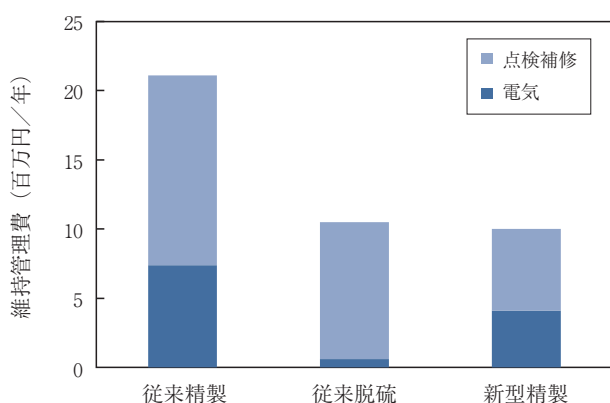


図2 バイオガス脱硫・精製システム維持管理費比較
(バイオガス処理量2 800 m³/d 規模)

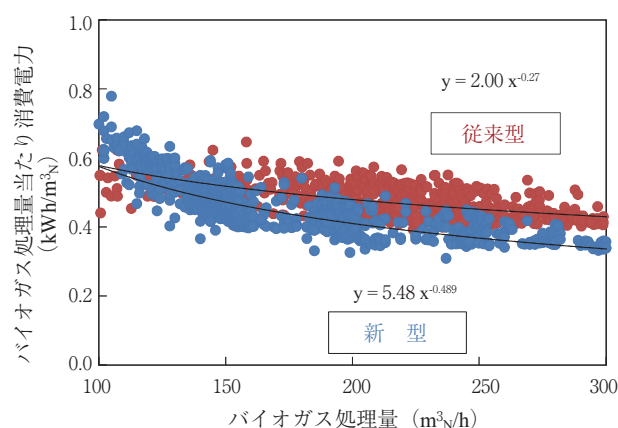


図3 バイオガス精製装置消費電力比較

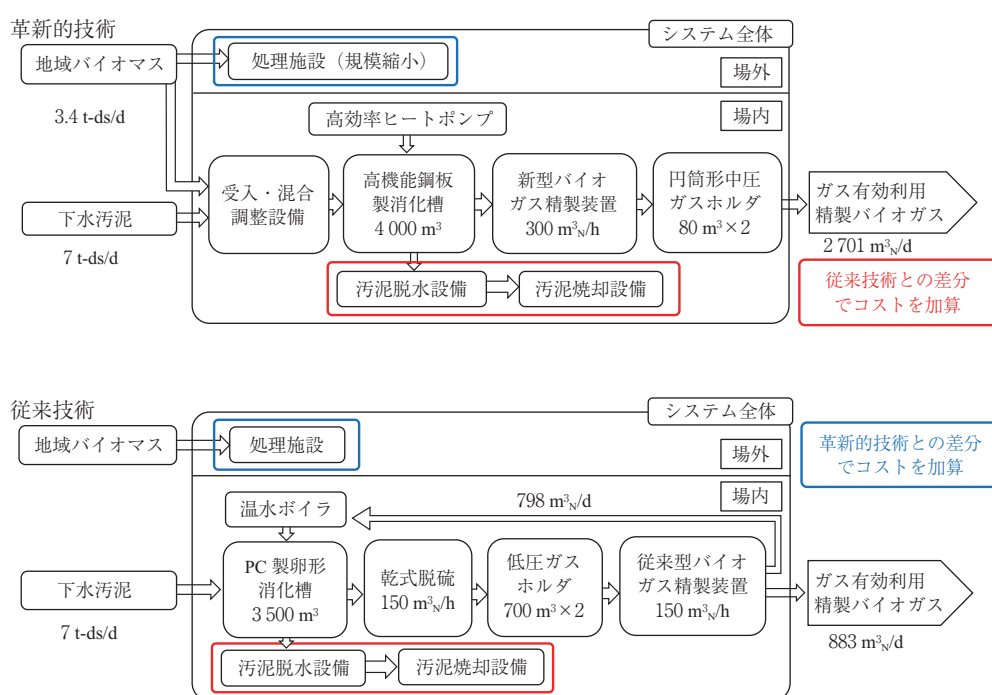


図4 評価対象範囲および規模 [革新的技術 (上) と従来技術 (下)]

条件では、COPは3.1まで向上した。この結果、従来の温水ボイラによる消化槽加温と比較して、年間を通じてエネルギー使用量を1次エネルギー換算で20%以上削減できることを確認した。

2.2.4 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・貯留・圧送システムの維持管理費について、従来精製システム (脱硫+低圧ガスタンク+従来型バイオガス精製装置) および従来脱硫システム (脱硫+低圧ガスタンク+シロキサン除去・除湿・昇圧) との比較を行った。図2にバイオガス処理量2 800 m³/d 規模における比較結果を示す。新型精製・貯留・圧送システムの維持管理費は、従来精製システムだけでなく従来脱硫システム

との比較でも点検補修費の縮減により同等以下となっている。また、図3に新型および同程度の規模の従来型バイオガス精製装置における消費電力原単位の通年データを示す。低動力ガス圧縮機の採用による新型バイオガス精製装置での消費電力削減効果が確認できており、バイオガス処理量250 m³/h の条件では削減率18%であった。

3. 評価結果

以上の2012年度実証試験結果に基づいて、FSとして従来技術に対する革新的技術のコスト削減率と温室効果ガス排出量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4に示すとおりである。

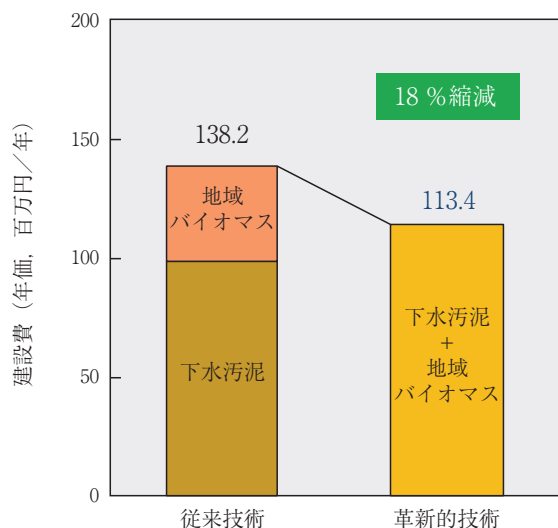


図5 コスト比較 [建設費]

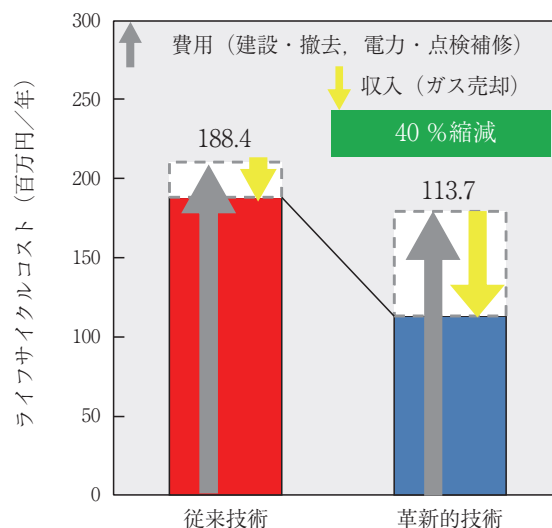


図6 コスト比較 [ライフサイクルコスト]

革新的技術では従来技術と比較して、建設コストは年価で18 % (図5) の、維持管理コストは123 % の、撤去を含むライフサイクルコストは40 % (図6) の削減が、それぞれ可能であるとの結果が得られた。なお、維持管理コストの削減率が100 %を超えるのは、精製バイオガスの売却量増大による増収効果を含むためである。また、ライフサイクルでの温室効果ガス排出量は、従来技術では224 t-CO₂/y の排出に対し、革新的技術では精製バイオガス供給量の増加に伴って813 t-CO₂/y の吸収となり、大幅な排出削減が可能と試算された。

むすび

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

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FSとして評価した結果、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18 %、維持管理コストは123 %の削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40 %の削減が可能である。
- ・ライフサイクルでの温室効果ガス排出量は813 t-CO₂/y の吸収であり、排出削減量は1 037 t-CO₂/y である。

[参考文献]

- 1) 瀧村・坂部・堀江, 第49回下水道研究発表会講演集, pp.157-159, (2012).
- 2) 豊久・宮本・川嶋, 第49回下水道研究発表会講演集, pp.160-162, (2012).
- 3) 川嶋・宮本・豊久, 神鋼環境ソリューション技報, Vol. 9, No.1, pp.6-10, (2012).

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