

現地レポート

高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用技術に関する実証事業（富士市）

佐野和史・岡 良恭

1. はじめに

富士市は、静岡県東部の富士山の南麓に位置し、東名及び新東名高速道路、東海道新幹線が通る東西の交通の要衝として、また、富士山の豊かな湧水を使った製紙業を中心に、化学製品、自動車関係等々、産業の町として発展してきた（面積：約245km² 人口：約25万人）。下水道事業は、昭和33年に管渠の認可を得て事業着手し、昭和39年には処理場を供用開始している。

高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用技術（以下「本技術」という。）は、株式会社神鋼環境ソリューション、日本下水道事業団及び富士市の共同研究体が提案し、平成30年度下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）に採択された技術である。平成30年度と令和元年度の2年間、国土交通省国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）からの委託研究として実証研究を実施し、実証成果に基づいて国総研から導入ガイドライン（案）¹⁾が公表されている。

本稿では、本技術の概要、実証研究に至った背景及び導入効果等について紹介する。

2. 技術概要

本技術は、高濃度消化技術、省エネ型バイオガス精製技術及び小規模水素製造・供給技術を組み合わせ、中規模処理場においても省エネ・低コストで下水汚泥を処理するとともに、バイオガスの多面的な利用を可能にする技術である。本技術の全体フローを図-1に示す。

高濃度消化技術は、水処理から発生する汚泥を高濃度（従来の約2倍の8%）に濃縮することにより、消化槽を大幅にコンパクト化することができる。省エネ型バイオガス精製技術は、効率的にバイオガスをメタン濃度95%以上の高純度に精製する。得られる精製ガスは、そのまま発電の燃料として利用するだけでなく、小規模水素製造・供給技術で水素を製造し、燃料電池自動車等の燃料として利用することも可能である。小規模設備とすることで有資格者の選任が不要となり、維持管理の負担が抑えられるため、中規模処理場でも水素利用を含むバイオガスの多面的な利用が可能となる。

3. 実証研究に至った背景

本市では、高度経済成長期、産業の飛躍的な

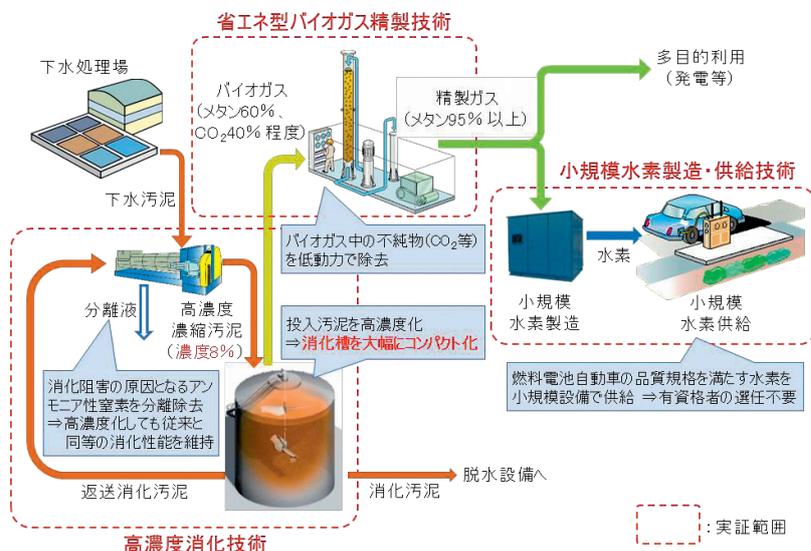


図-1 本技術の全体フロー

Demonstration on Efficient Energy Utilization Technology using High-solids Anaerobic Digestion and Energy-saving Biogas Purification in Fuji City

発展により、大気及び水質汚濁等に係る公害問題が発生し、大きな社会問題となった時期があった。市民、事業者そして市が一体となって力を合わせ、長い年月をかけてこれを克服してきた過去がある。このことにより、施設の建設及び維持管理の実施に当たっては、資源の循環的な利用やエネルギーの有効利用、さらには廃棄物の減量等について率先して取り組むことを本市環境基本方針として掲げている。

下水道事業において、本市では2つの終末処理場を保有している。その内1つの終末処理場では、汚泥減量化及びエネルギー化技術である消化技術を導入していなかった。これは、大容量の槽を建設する初期費用が大きいことが要因であった。また、ガス精製、発電等のバイオガス利活用技術については、機器点数の多さから維持管理が煩雑化するため、本市だけでなく多くの中規模自治体で導入が進んでいないのが現状であった。

本技術によって下水道事業が率先して廃棄物(下水汚泥)の減量化及びエネルギー利用することで、エネルギー消費型都市から環境配慮型都市への転換が可能となり、ひいては持続的な下水道経営の実現に繋がると考えた。それを公害問題に真正面から対峙してきた本市で実証することは大きな意義があると考え、共同研究体に参加した。

4. 実証研究

実証研究は富士市東部浄化センターを実証フィールドとして実施した。平成2年に供用を開始した処理能力55,800m³/日、処理人口約10万人の終末処理場で、本市の東部地区を処理区としており、排除方式は分流式、水処理方法は標準活性汚泥法

表-1 実証設備の仕様

設備	容量・能力
高濃度消化	有効容積1,000m ³
省エネ型バイオガス精製	バイオガス処理能力100Nm ³ /h
小規模水素製造・供給	圧縮機能力29.75Nm ³ /日



図-3 実証施設全景

である。発生する初沈汚泥および余剰汚泥の全量を受け入れ、実証研究を実施した。令和元年度の実証研究結果を以下に示す。また、共同研究体の役割分担は図-2、実証設備の主仕様は表-1、実証施設の全景は図-3のとおりである。

高濃度消化設備では、8%程度に濃縮した原料汚泥を40℃程度の中温で消化する。消化槽は鋼板製で、高濃度向けに羽根径を拡大したインペラ式攪拌機を用いることにより、槽内が4~5%の高濃度にもかかわらず、スカムや堆積物の蓄積は発生せず、槽内汚泥の温度差は1℃以下で維持されている。バイオガス発生量を図-4に示す。消化槽の立ち上げが完了した7月以降は2,400 Nm³/日程度で推移した。投入VS (Volatile Solids : 下水汚泥中に含まれる有機物量) 当たりバイオガス量は年間を通じて500 Nm³/t-VS程度で、一般的な消化設備と同等のバイオガス発生量が得られた。

省エネ型バイオガス精製設備は高圧水吸収法を原理とし、ガス成分の水への溶解度の差が加圧条件下で拡大する特性を利用して、バイオガスのメタン高濃度化と不純物の除去を一括して行うものである。中規模処理場への適用に当たり、大規模処理場向けに開発された装置と比較して、運転圧力を0.7MPa程度に低下させることによって低動力化を図っている。バイオガス処理量当たりの消費電力原単位は図-5に示すとおり、バイオガス処

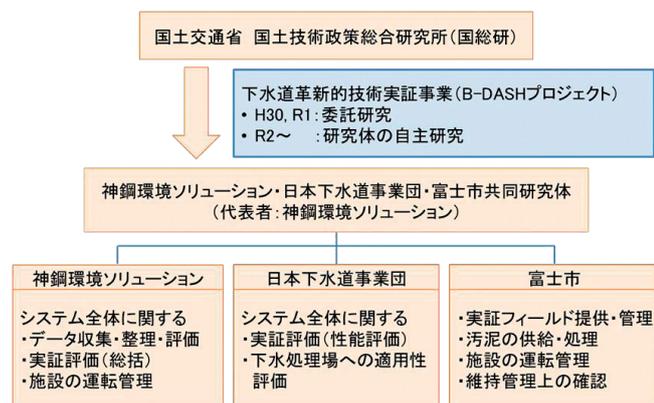


図-2 共同研究体の役割分担

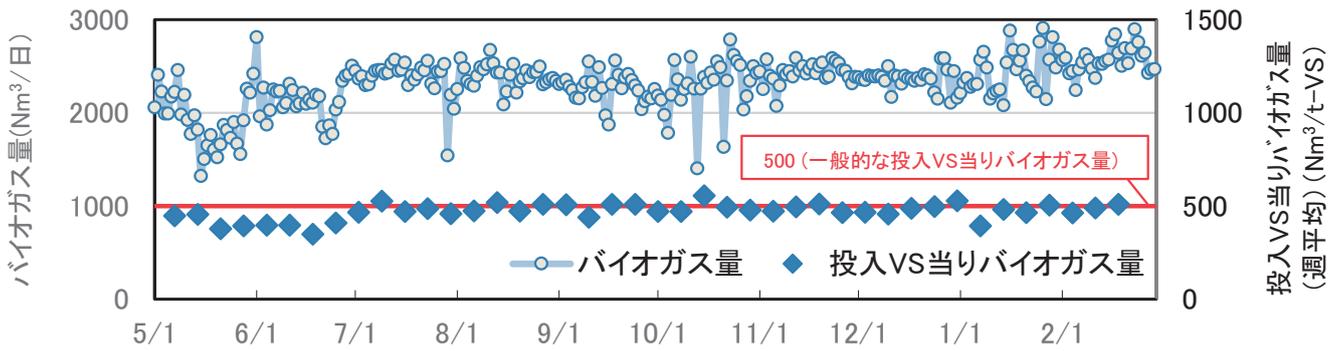


図-4 高濃度消化槽からのバイオガス発生量

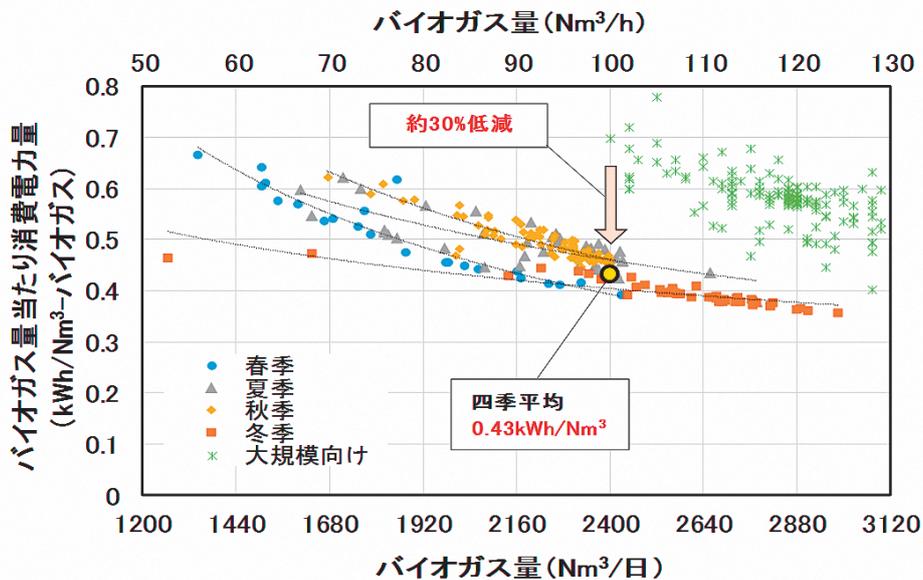


図-5 省エネ型バイオガス精製設備の消費電力原単位

表-2 水素製造量

		春季	夏季	秋季	冬季
精製ガス使用量	Nm ³ /h	12.6	12.6	12.6	12.6
水素製造量	Nm ³ /h	26.6	26.1	25.0	26.4
精製ガス原単位	Nm ³ /Nm ³ -水素	0.47	0.48	0.50	0.48

理量 100Nm³/h における四季平均 0.43kWh/Nm³ 程度と、大規模向け装置と比較して約 30%の低減が図られている。

小規模水素製造・供給設備では、水蒸気改質法により精製ガスを原料として水素を製造し、燃料電池車向けに水素を充填することができる。メタン濃度 95%以上の高品位ガスを原料とすることにより、安定運転実績を有しパッケージ化された既存の水素製造装置を適用可能で、表-2 に示すとおり精製ガス原単位 (1Nm³ の水素を製造するために必要な精製ガス量) は約 0.5Nm³であった。

また、得られた水素の品質は、四季を通じて燃料電池車向け品質規格を満足することを確認した。

5. 本技術の導入効果

実証フィールドである東部浄化センターは、本実証事業にて新たに消化設備を導入したことにより、脱水汚泥の減量化およびバイオガスの有効利用によるエネルギー化率の向上が図られている。また、実証研究の成果に基づいて試算した、従来の汚泥処理システムと比較した本技術の導入効果 (日最大流入下水量50,000m³/日

◆ 試算範囲

従来技術	・重力濃縮(初沈汚泥)、機械濃縮(余剰汚泥)、消化、発電 ・脱水は本技術との差分を計上
本技術	・高濃度消化(濃縮含む)、省エネ型バイオガス精製、発電 ・「水素あり」では小規模水素製造・供給を含む

◆ 試算規模

流入下水量	日最大 50,000 m ³ /日 日平均 40,000 m ³ /日
処理汚泥量	日最大 8.5 t-ds/日 日平均 6.8 t-ds/日

総費用※ (年価換算値)	水素あり	11%縮減	エネルギー収支 (創出量-消費量)	水素あり	20%向上	温室効果ガス収支 (排出量-削減量)	水素あり	7%向上
	水素なし	26%縮減		水素なし	27%向上		水素なし	17%向上

※ 総費用(年価換算値)
=建設費年価+年間維持管理費

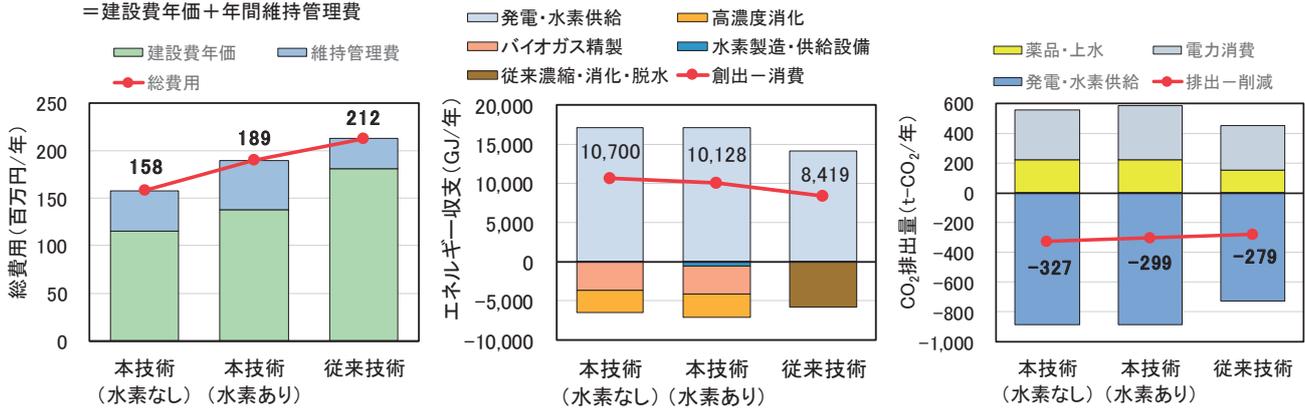


図-6 導入効果試算結果

規模)を図-6に示す。本技術の全体を導入した場合(水素あり)、要素技術である高濃度消化技術および省エネ型バイオガス精製技術のみを導入した場合(水素なし)のいずれについても、従来技術と比較して、総費用(年価換算値)が縮減され、エネルギー収支(=創エネルギー量-エネルギー消費量)および温室効果ガス収支(=排出量-排出削減量)が向上すると試算されている。

また、実証研究の実施に際して、本市は実証フィールドを提供するだけでなく、実証研究後に施設管理する立場として、施設の設計・建設協議にも積極的に参加し、実証研究中に顕在化した課題への対処、さらには運転マニュアル作成(運転管理項目、管理値および点検内容については、導入ガイドライン(案)¹⁾に記載のとおり)にも関与させて頂いた。自治体職員の技術力低下が懸念される中、この実証研究の参加によって得た知識および経験は、市職員の技術力の確保・向上に大きく寄与したと考えている。

6. おわりに

国総研からの委託研究は令和元年度末で終了し、令和2年度から自主研究として実証施設の運転を

継続している。総費用、エネルギー収支、温室効果ガス収支のいずれについても導入効果が認められる本技術の実証施設を、自主研究として長期間継続して運転することにより、試算された導入効果の検証と、より効率的な運用の検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所：B-DASHプロジェクト No.31 高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用技術導入ガイドライン(案)、国総研資料 第1139号、2020。

佐野和史



富士市上下水道部下水道施設維持課 統括主幹
SANO Kazufumi

岡 良恭



富士市上下水道部下水道施設維持課 主幹
OKA Yoshiyasu