

汚泥処理の最適化に向けたB-DASH技術の検証状況

武内裕哉・楠 良輔・森山直樹・小柳貴史

1. はじめに

池田市は大阪府の北西部に位置し、人口約10万人、面積約22km²の都市である。下水道事業については昭和28年度から密集市街地の浸水対策として始まり、昭和37年度には下水処理場の建設に着手し、昭和43年度に14,000 m³/日の処理能力を有する「池田市下水処理場」が完成した。その後、都市の急速な発展や人口増加により施設を増設し、現在の処理能力は74,400 m³/日となっている。近年、地球環境問題の解決や循環型社会を構築するため、下水処理施設においてもエネルギー消費量及び温室効果ガス排出量等の削減が求められている。特に、汚泥処理の分野では、全国で年間2,000千t（乾燥重量）余り発生する下水汚泥の70%以上が安定化、減量化のため焼却処理されており、エネルギー消費量、温室効果ガス削減が課題となっている。一般的に、脱水汚泥は含水率が高く、焼却温度を確保するため、補助燃料として多量の重油を消費する。そのため、脱水汚泥を低含水率化し焼却物の発熱量を高めることができれば、補助燃料の低減ができ、さらには焼却炉の熱を回収して電力に変換することも可能である。

こうした中、池田市では施設の老朽化が進み、脱水機、焼却炉について更新時期を迎えており、新技術の導入も検討していた。そこで、メタ

ウォーター㈱と共同で「脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システム」を提案し、平成25年度の国土交通省が主導する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、国土交通省国土技術政策総合研究所からの委託研究として平成26年度まで実証研究を行った。そして、本技術が従来技術と比較しコスト（建設費＋維持管理費）、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量の点で大きな低減効果があることを確認した。平成27年度以降も自主研究として、季節変動や降雨の影響等も含め、下水処理場の実態に合った条件下での設備の運転方法の検証や性能評価を継続して行っている。

2. 実証研究の概要

本設備は、低含水脱水設備、低空気比省エネ燃焼設備、高効率排熱発電設備の3設備により構成されている。実証設備のフローを図-1に示す。これらの設備は、従来設備と比較して建設費、維持管理費、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量の面でメリットが創出できる技術を用いている。さらに、本システムは、3設備を一体的に稼働させ連携し、最適な運転方法で制御する「連携・最適化機能」を備え、「エネルギー多消費型の汚泥処理システム」から「エネルギーの創造プラント」への転換を目指した実証研究である。

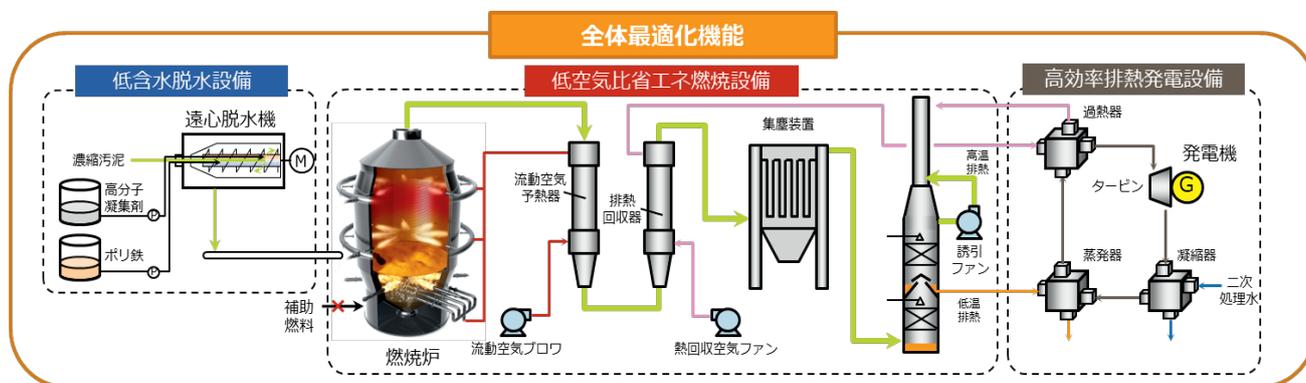


図-1 実証設備のフロー図

3. 実証設備の仕様、外観

3.1 設備の仕様、外観

実証フィールドである池田市下水処理場は、単独公共下水道の終末処理場で、最初沈殿池及び最終沈殿池で発生した汚泥は重力濃縮され、本実証設備にて処理を行う。実証設備の仕様については表-1、実証設備の外観については、図-2の通りである。

表-1 実証設備の仕様

設備	仕様
低含水脱水設備	濃縮汚泥 20m ³ /h
低空気比省エネ燃焼設備	脱水汚泥 25t/日
高効率排熱発電設備	設計出力 25kW



図-2 実証設備の外観

3.2 低含水脱水設備

脱水設備における技術は、低動力型高効率遠心脱水機に、遠心力、薬品注入率等の運転パラメータを自律的に決定し、設定した脱水汚泥含水率を得る機能を付け加えた設備である。さらに、本設備は高分子凝集剤とポリ硫酸第二鉄（ポリ鉄）を

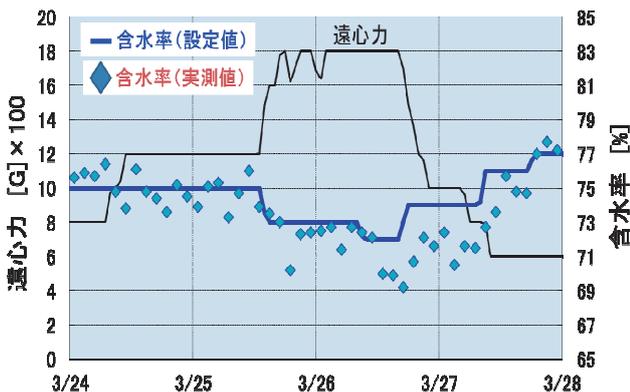


図-3 脱水汚泥含水率設定値と実測値

併用する機内2液調質型で、高分子凝集剤を汚泥供給管または回転筒内に添加し、排出部手前にポリ硫酸第二鉄を添加すれば更なる低含水率化が可能である。脱水機出口における脱水汚泥含水率設定値と測定値の関係を図-3に示す。

図-3のように目標含水率を変更しても、遠心力などの運転条件を脱水機が自律的に制御し、実測値が追従することを確認した。また、本設備は次工程である燃焼炉の上部空間に設置することにより省スペース化を図ることができる。

3.3 低空気比省エネ燃焼設備

燃焼設備における技術は、燃焼するとき使用する空気を炉内の複数箇所から送り、低燃費、省エネを実現する「多層燃焼技術」や、排ガス中の酸素濃度の情報をさらに追加し、低空気比での安定運転や流動ブロワ等の消費電力の低減を図るものである。

燃焼設備のトレンドを図-4に示す。ここで使用している脱水汚泥については、低含水脱水設備により低含水率化されているため、補助燃料である重油の使用量が0L/hとなった。炉内の流動砂が充填されている上部にあるフリーボード部の温度も850℃以上で推移しており、安定的に補助燃料を使用せずに運転する「自然運転」を継続していることを確認した。また、燃焼設備は定格容量の50%の負荷でも「自然運転」ができることも確認した。

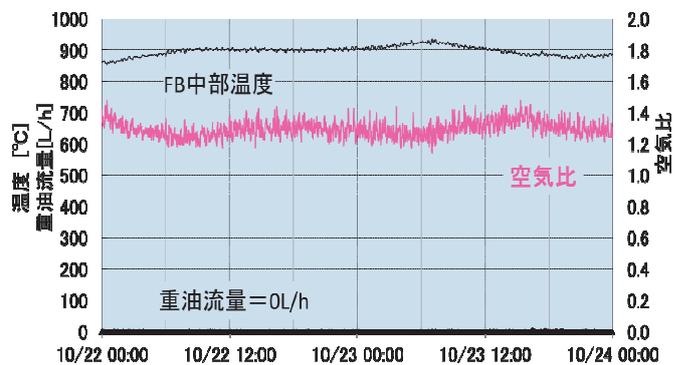


図-4 重油流量、温度と空気比の関係

3.4 高効率排熱発電設備

発電機における技術は、低沸点のアンモニア水を用いたバイナリーサイクルを採用しており、燃焼後の排ガス熱に加え排水熱も利用することでより効率的に発電する設備となっている（図-5）。

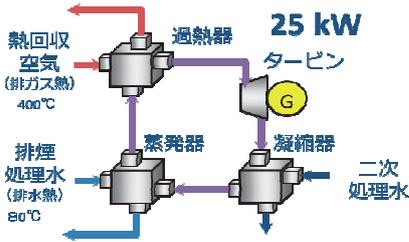


図-5 2熱源のバイナリーサイクル

本設備の運転中に、低温である排水熱の温度と高温である排ガス熱の温度がともに設計温度に到達した場合、発電機の出力が設計出力の25kWを超える30.8kW発電したことを確認した。

3.5 連携・最適化機能

連携・最適化機能を使用した時の運転コストの推移を図-6に示す。

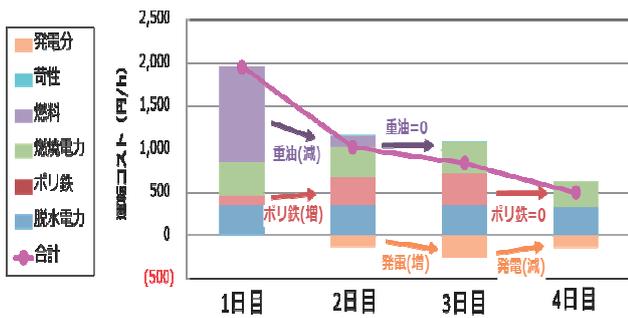


図-6 運転コストの推移

1日目は脱水汚泥含水率が75%程度と高く、燃焼設備にて重油を多く利用している状況であった。そこから「連携・最適化機能」を使用すると、脱水設備において自動的にポリ鉄の添加量を増加させ、脱水汚泥の含水率を72%まで低下させることで補助燃料である重油の使用量を減らすことができた(2日目)。

その後も運転を続けていくにつれ重油の使用量が減少し、3日目には補助燃料を使用せずに運転する「自然運転」ができるようになり、発電設備での発電量も増加した。さらに、4日目には脱水汚泥の含水率が74%程度でも補助燃料を使用せずに運転できるようになり、ポリ鉄の添加量を低減し、脱水機の遠心力を低下させることができた。このように「連携・最適化機能」を使うことで全体の運転コストを低減することができた。

4. 実証研究の導入効果

4.1 100t/日規模での導入効果試算

実証研究でのデータから、従来の汚泥処理システムと比較した本システムの導入効果の試算結果(脱水汚泥100t/日規模)を図-7に示す。本システムを導入することによりコスト(建設費+維持管理費)、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量が大きく削減できていることが示された。

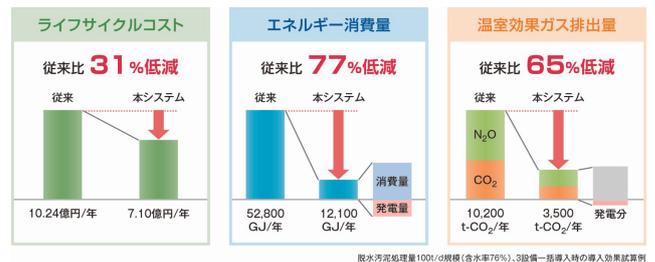


図-7 導入効果試算結果

4.2 池田市での導入効果

池田市における本システムの導入前と導入後の汚泥処理施設の維持管理費を比較した。なお、導入前の汚泥処理設備の仕様は、焼却炉が流動焼却炉、脱水機が加圧脱水機である。平成25年度における導入前のコストと平成27年度における導入後のコストを比較した結果、汚泥処理コストが約40%削減することを確認した。このようにコストを削減できたのは、脱水汚泥の含水率が低くなり補助燃料を使用せずに運転できるようになったこと、「連携・最適化機能」を使用することで薬品の使用量を削減したことが主な要因である。

5. 池田市における自主研究の一例

5.1 汚泥負荷量に合わせた最適運転方法の検討

平成27年度から実証設備を用いて自主研究を実施した。今回は自主研究の一例を紹介させて頂く。池田市では季節変動や降雨なども含め、下水処理場の実態に合わせた条件での設備の運転方法の検証や性能評価を実施した。また、本実証設備の燃焼設備では、設備の定格容量の50%でも自然できることがわかっていたため、今回は汚泥発生量が設備の定格容量の70%程度になった場合を想定し、消費電力量、補助燃料使用量を中心に運転コストを比較した。比較する運転方法を、図-8に示す。

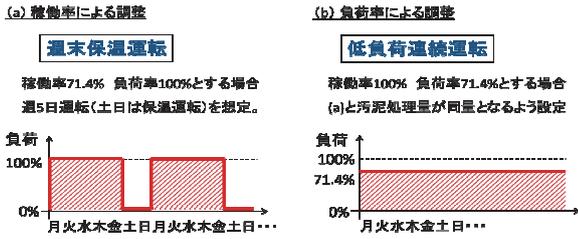


図-8 比較する2種類の運転方法

5.2 机上計算と実証試験

(a)稼働率による調整と(b)負荷率による調整の2種類の運転方法について、机上計算及び実証試験で1週間の運転コストを比較した。机上計算では、表-2のように保温時の燃料使用量及び電力使用量は過去の運転実績値より算出した。

机上計算での1週間の運転コストを、表-3に示す。また、実際の運転コストを表-4に示す。

表-2 各負荷運転時における燃料及び電力使用量

		重油使用量 (L/日)	電力使用量 (kWh/日)
汚泥処理 運転時	定格負荷	0 (自燃)	2,350
	70%負荷	0 (自燃)	2,280
保温運転時		500	2,115

表-3 運転コストの机上計算結果

		CASE-(a) 週末保温	CASE-(b) 低負荷連続
重油	使用量 (L/週)	1,000	0
	コスト (千円/週)	78	0
電力	使用量 (kWh/週)	15,980	15,960
	コスト (千円/週)	336	335
合計コスト (千円/週)		414	335 (約19%減)

表-4 運転コストの実証試験結果

		CASE-(a) 週末保温	CASE-(b) 低負荷連続
重油	使用量 (L/週)	1,135	38
	コスト (千円/週)	88	3
電力	使用量 (kWh/週)	16,608	15,381
	コスト (千円/週)	349	323
合計コスト (千円/週)		437	326 (約25%減)

このように、机上計算では、(b)負荷率による調整の方が19%程度安くなった。なおユーティリティ単価は、燃料費78円/L、電力使用量21円/kWhで試算した。実証試験でも机上計算と同様に(b)負荷率による調整の方が25%程度安くなった。

5.3 自主研究の結果

汚泥負荷量変動し、負荷が設備定格容量の70%程度となった場合における最適な運転方法の検討として、2種類の運転方法についてコスト比較を行った。その結果、負荷率を下げた方が運転コストを削減できることがわかった。将来的に人口減少による水量減少や汚泥量の減少が予想されるので、負荷変動も考慮して効率的に運転管理を実施したいと考えている。

6. おわりに

今回の実証研究より、本システムを有効活用することで汚泥処理におけるエネルギーの消費量、温室効果ガス排出量の削減のみならず、全体のコストについても低減することが確認できた。さらに、本技術は池田市下水処理場のような比較的小規模な処理場でも効果が大きいことも確認できたシステムである。ここでは、B-DASHプロジェクトの実証研究結果と合わせて、自主研究の一部も紹介させて頂いたが、現在もさらなる効率化をめざして自主研究を継続しているところである。

謝 辞

今回の実証研究は、国土交通省国土技術政策総合研究所からの委託研究により実施しました。国土交通省をはじめ、今回の実証研究でお世話になった関係者のみなさまに謝意を表します。

武内裕哉



池田市下水処理場
場長
TAKEUCHI Yuuya

楠 良輔



池田市下水処理場
副主幹
KUSUNOKI Ryosuke

森山直樹



池田市下水処理場
技師
MORIYAMA Naoki

小柳貴史



池田市下水処理場
技師
KOYANAGI Takashi