

バイオマスボイラによる低コスト汚泥減量化技術実証研究※

鎌田美志・川上健志 *1

Demonstration Study of Low-cost Sludge Reduction Technology Utilizing a Biomass Boiler

Haruyuki Kamata・Takeshi Kawakami

我々は乾燥された下水汚泥を燃料としたバイオマスボイラを開発し、中小規模の処理場から排出される汚泥を集約して低コストで処理することで、広域化の促進に資するエネルギー化システムを考案した。その実証設備を室蘭市に所在する蘭東下水処理場に建設し、実証研究を実施した。この実証設備では、消化汚泥を脱水し、円環式気流乾燥機により乾燥された燃料化汚泥をバイオマスボイラで燃焼させることで、汚泥の排出量が大幅に減少するとともにエネルギー回収も可能となった。その結果、安定的な操業が可能であり、汚泥処分費の低減効果によりライフサイクルコストを26%低減できることがわかった。

1. はじめに

国家的な施策として、下水汚泥のバイオマス資源としての利活用が推進されている。既に平成28年度に採択された下水道革新的技術実証事業（B-DASH：Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project）で実施された脱水乾燥システム¹⁾等の技術により、低コストで汚泥を乾燥することで処分費の低減は図れるが、地域によっては有効利用先の確保が困難なケースも多い。一方、地方自治体は、管理体制（人）、施設管理（モノ）、経営管理（カネ）における課題を抱え、従来の下水道事業の持続が困難な状況にある。中小規模処理場の上記課題に対して、スケールメリットを生かせる広域化は有効な手段といえるが、従来の焼却炉では集約の拠点施設のコスト面の負担が過大となり、普及展開が難しい。以上より、低コストで汚泥を減量化し、エネルギー化を図る有効利用技術の確立が急務といえる。こうした背景から、月島機械株式会社・日鉄セメント株式会社・高砂熱学工業株式会社・室蘭工業大学・室蘭市水道部共同研究体は、先述した脱水乾燥システムとバイオマスボイラを組み合わせ、低コストかつ多様なバイオマス利用を可能としたエネルギー化技術を開発した。また、本技術は汚泥やバイオマスを燃焼し場内でエネルギー利用を図ることから、有効利用先の確保の問題を解決し、汚泥集約の拠点施設において化石燃料依存からの脱却を図り、広域化の促進に資することができる。

本実証研究は令和2年度にB-DASHに採択され、実規模レベルの実証設備を設計・建設し、2021年9月から設備の性能評価等の実証研究を行っている。図1に、実証技術の概要と実証範囲を示す。本稿では、本技術の処理データや導入効果について報告する。

※2022年度下水道研究発表会講演論文²⁾を加筆修正したものである。

*1 月島機械株式会社

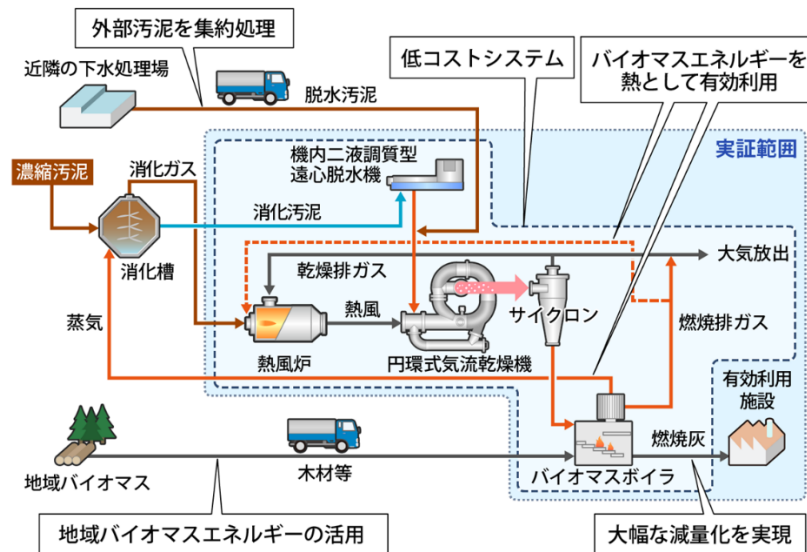


図1 実証技術概要

2. 実証研究方法

2.1 実証フィード

実証設備が設置されている北海道室蘭市蘭東処理場では、下水を標準活性汚泥法で処理しており、現有処理能力は最大 48,000 m³/日である。汚泥処理は、分離濃縮→消化→遠心脱水→外部委託処分(主としてセメント原料として有効利用)となっている。今回の実証研究では、消化槽から引き抜いた消化汚泥を対象とした。また、外部バイオマスの受入れ試験として、近隣の北海道伊達市伊達終末処理場で採取した脱水汚泥と伊達市で間伐材を原料に生産されている木質ペレットを試験に用いた。

2.2 実証設備概要

図2に実証設備フローを示す。処理対象となる消化汚泥は脱水機にて含水率78~79%に脱水され、乾燥機において約400℃の熱風で含水率10~15%程度まで乾燥される。乾燥汚泥は、バイオマスボイラで燃焼され蒸気として熱回収される。蒸気は、消化槽の加温や冬期の館内暖房として利用される。実証設備では、消化ガスを燃料に熱風炉により乾燥に必要な熱を供給するが、消化ガスを利用できない処理場ではバイオマスボイラで発生する熱を乾燥に利用することを想定している。

2.3 研究内容

(1) 運転の安定性の検証

バイオマスボイラの最適運転状態に関する調査として、空気比、給気バランス、滞留時間、排ガス循環量の影響調査を行い、四季を通じた代表条件での運転性能の把握を行うとともに、ボイラ内部状況の確認を定期的に行い、処理の安定性を評価した。

(2) ライフサイクルコスト (LCC: Life Cycle Cost) の評価

本実証技術は中小規模下水処理場での汚泥の集約処理への導入を目指しており、基幹処理場に本実証技術を導入し、2箇所の被集約対象処理場から脱水汚泥で集約処理した場合のLCCの評価を行った。評価対象としては、それぞれの処理場で従来の脱水処理し脱水汚泥で処理委託する場合(以降、従来脱水)、および基幹処理場で従来の焼却設備で集約処理した場合(以降、従来脱水+焼却)とした。なお、従来技術の建設費、維持管理費についてはバイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル³⁾の費用関数により試算し、本実証技術については今回の実証で得られた結果をもとに、建設費、維持管理費(修繕、燃料、電気、凝集

剤、人件費)を試算して評価した。

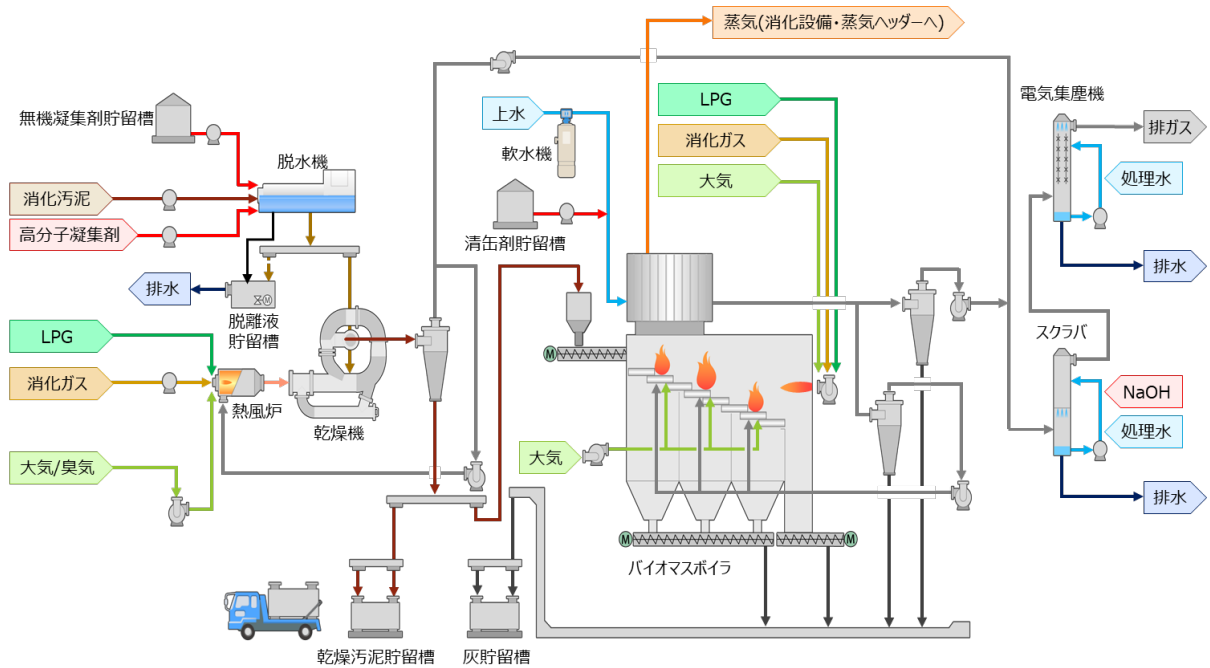


図2 実証設備フロー

3. 結果

(1) 運転の安定性の検証

表1に運転条件と結果を、図3に供給乾燥汚泥量とボイラ効率の関係を、図4に供給乾燥汚泥量と灰の未燃分割合の関係を示す。定格95 kg/hrに対して70~95 kg/hrの負荷調整が可能であり、ボイラ効率としては60~70%程度であった。脱水性状などの条件にもよるが、汚泥を乾燥するのに必要な熱量よりも多くの熱量を回収可能であることがわかった。スクラバ出口でのばいじん濃度は0.3 g/Nm³未満であり、本設備は大気汚染防止法の適用外ではあるが本法での規制基準を満たしている。排ガス中のN₂O測定値を投入脱水汚泥1 tあたりに換算したN₂O排出原単位を表2に示す。本設備による排出原単位は、最新の焼却炉のガイドライン数値と同程度であった。

表1 運転条件および結果

項目	単位	21/9 秋季	21/11 秋季	22/2 冬季	
汚泥処理量	m ³ /h	5.5	5.0	6.0	
汚泥濃度	%	1.6	1.58	1.5	
高分子凝集剤注入率	%	1.8	2.2	2.7	
無機凝集剤注入率	%	12	20.3	20.5	
消化ガス使用量(重油換算)	L/t-ds	279	273	271	
電力使用量	脱水乾燥	kw/t-ds	635	635	635
	ボイラ	kw/t-ds	126	126	126
ボイラ熱効率	%	77.3	73.3	77.2	
ばいじん濃度	g/Nm ³	0.26	0.24	0.27	
灰未燃分率	%	1.7	1.9	1.2	
脱水汚泥含水率	%	78	78.1	79.0	
乾燥汚泥含水率	%	8~14	18.6	14.9	
N ₂ O濃度	ppm	—	27	30	

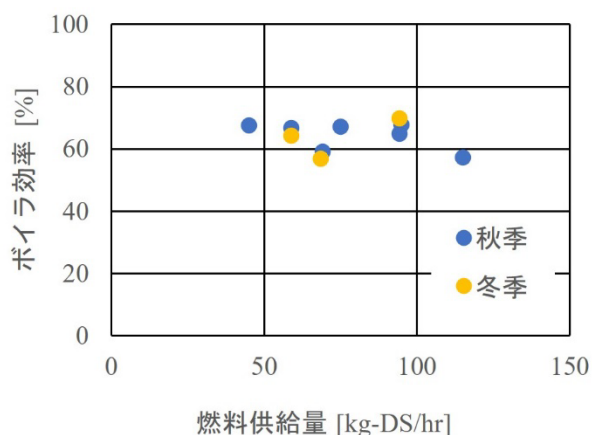


図3 燃料供給量とボイラ効率

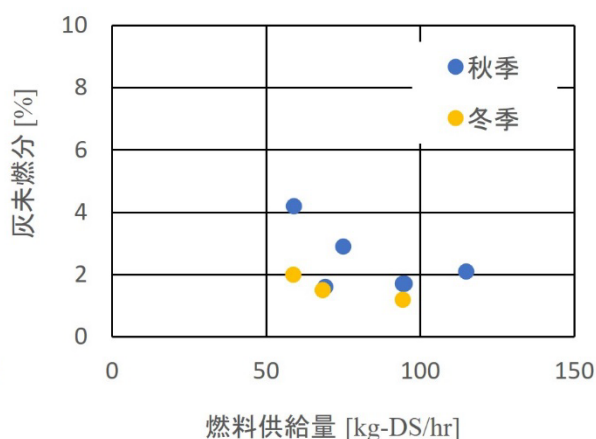


図4 燃料供給量と灰未燃分

表2 N₂O 排出量原単位の比較

機種	原単位(kg-N ₂ O/t-wet)
高分子・流動炉(通常)	1.51 ⁴⁾
高分子・流動炉(高温)	0.645 ⁴⁾
高分子・多段炉	0.882 ⁴⁾
多段吹込燃焼式流動炉(高温) 二段燃焼式循環流動炉(高温) ストーカー式	0.263 ⁴⁾
過給式流動炉	0.214 ⁴⁾
バイオマスボイラ(今回)	0.228

(2)LCC 評価

表3に導入の検討条件、図5にLCC評価結果を示す。脱水汚泥量が合計15.5t/日(含水率78%)程度発生する中小規模処理場の集約処理で導入を想定した。従来脱水と比較した場合、建設費および維持管理費は上昇するが汚泥処分費の低減効果によりLCCで26%の削減効果が確認された。

表3 導入検討条件

項目		内容	
条件	脱水汚泥発生量	合計最大19t/日(平均15.5t-ds/日)	
	水処理	標準活性汚泥	
	汚泥処理	分離機械濃縮(消化無)	
単価	汚泥処理	脱水汚泥	15,000 円/t
		焼却灰	18,000 円/t
	薬品	高分子 790 円/kg、無機 37 円/kg	
	電力	17 円/kWh	
A 重油		80 円/L	

※単価は国交省調査による全国平均値

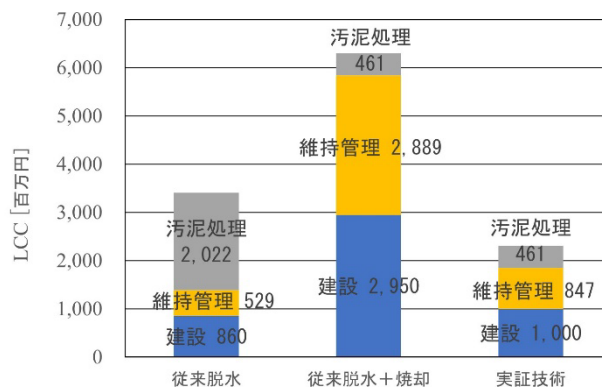


図5 LCC 評価結果

5. おわりに

以上のように、バイオマスボイラを用いることで汚泥の乾燥に必要な熱量相当の蒸気を回収でき、中小規模処理場へ集約処理する想定での導入検討では、従来技術に対してLCCの低減効果が得られ、十分な導入効果があることがわかった。今後は、春季と夏季の調査を行い、四季データを揃えて年間を通じた運転の安定性の評価をする予定である。

文 献

- 1) 国土技術政策総合研究所、脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術導入ガイドライン、(2019).
- 2) 横幕宏幸, 高尾大, 梅染俊行, 川上健志, 鎌田美志, 斉藤耕司, 河合秀樹, 末尾正, 岩渕光生: バイオマスボイラによる低コスト汚泥減量化技術実証研究, 第59回下水道研究発表会, (2022. 8. 4).
- 3) 公益社団法人日本下水道協会、バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル.
- 4) 国土交通省、下水汚泥エネルギー化技術 ガイドライン (平成29年度版).

ABSTRACT

We developed a biomass boiler using dried sewage sludge as fuel. We devised an energy conversion system that promotes regional expansion by concentrating sludge discharged from small- and medium-sized treatment plants with low-cost treatment. A demonstration facility was constructed at the Ranto Sewage Treatment Plant, Muroran City, for this study. At this demonstration facility, digested sludge was dewatered and dried using a flash dryer. Sludge burned in a biomass boiler significantly reduces sludge emissions and enables energy recovery. The demonstration concluded that stable operation is possible. The life cycle cost can be reduced by 26% by reducing the sludge disposal cost.
