

今月の新技術①

A New technology of this month

脱水乾燥システムによる 下水汚泥の肥料化、 燃料化技術

月島機械株式会社
水環境事業本部
ソリューション技術部 新事業グループ

西谷 麻菜美

月島機械株式会社
水環境事業本部
ソリューション技術部 新事業グループ

高尾 大

1. はじめに

近年、バイオマス資源として下水汚泥の利活用促進が国家的な施策として掲げられており、下水汚泥の燃料利用として大規模処理場を中心に燃料化事業が普及しつつある。一方、中小規模処理場では規模が小さく、燃料化事業そのものが成立しにくいいため、脱水汚泥を外部委託処分しており、その処分費が財政上の大きな負担となっている。以上より、有効利用の促進には中小規模でも採用可能な低コスト型の設備を用い、特定の用途に限定せず、季節、社会情勢に合わせて多様な有効利用を組み合わせたスキームの確立が急務である。こうした背景から、

当社、サンエコサーマル(株)、日本下水道事業団、鹿沼市、鹿沼市農業公社で構成する共同研究体は、機内二液調質型遠心脱水機と円環式気流乾燥機を組み合わせ、建設・維持管理費が低減でき、乾燥汚泥含水率の調整により多様な有効利用に対応できる脱水乾燥一体型のプロセスを開発した。

本プロセスは国土交通省の平成28年度下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト)として採択され、国土技術政策総合研究所の委託研究として実規模レベルの実証設備を設計・建設し、設備の性能及び乾燥汚泥の有効利用について評価を行っており、本稿では実証試験で得られた結果について報告する。

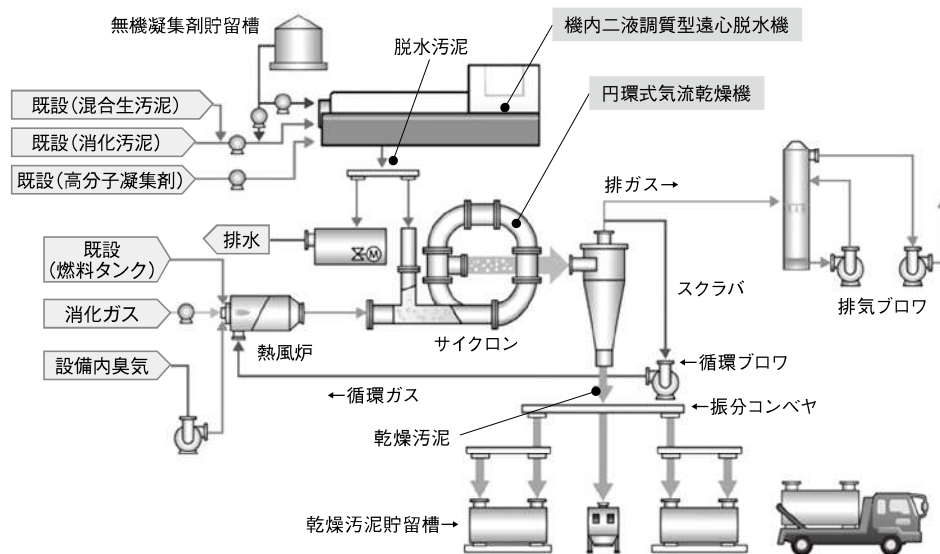


図1 実証設備フロー

2. 実証試験

(1) 実証フィールド

実証設備を設置した栃木県鹿沼市黒川終末処理場(1976(昭和51)年6月供用開始)は、水処理方式として標準活性汚泥法を採用し、現有の水処理能力は34,000m³/日(日平均29,260 m³/日)である。汚泥処理では消化設備を有し、100m³/日の消化汚泥を脱水し、10t/日の脱水汚泥を外部委託処分しており、その費用が大きな課題となっている。

(2) 実証設備概要

実証設備は脱水乾燥設備、汚泥貯留設備及び排ガス処理設備から構成されており屋外配置である。ただし、脱水乾燥設備は非常にコンパクト(5m×7m×5mH)であり、既設脱水機と同等のスペースで屋内配置が可能であり、汚泥発生量は従来の1/5程度に低減できる。このため、乾燥汚泥貯留槽は搬送と貯留の機能を兼ねた脱着ボディ車に積載できるコンテナを採用したが、既設のホッパの使用もできる。動力制御盤にて全ての機器が単独/連動運転が可能であり、中央監視室においても同様の操作ができるシステムとなっている。

(3) フロー

図1に実証設備フローを示す。脱水乾燥設備は機内二液調質型遠心脱水機、円環式気流乾燥機、各種ブロワ及び熱風炉より構成される。まず、対象となる消化汚泥(汚泥濃度1.6~1.8%程度)は凝集剤(高分子凝集剤薬注率:2.4%、無機:25%)とともに機内二液調質型遠心脱水機に供給され、含水率78%程度の脱水汚泥として排出される。脱水汚泥は振分コンベアにより円環式気流乾燥機に供給され、熱風炉から供給された熱風と直接接触し、空気輸送にて管内を循環しながら乾燥していく。乾燥された汚泥は排気とともに輸送され、サイクロンにて固気分離され、汚泥貯留槽に移送される。サイクロンから排出された排気の大部分は循環ブロワを介して熱風炉で再利用され、一部は排ガス処理設備を介して大気開放される。実証設備の処理規模は同処理場から発生する消化汚泥全量を24hで処理可能である。処理された乾燥汚泥は熱風温度を調整することで10~50%に調整することが可能であり、その発生量は2t/日(従来比1/5)である。

(4) 研究内容

① 各種運転調整の影響調査

脱水機の調整因子(遠心力、堰板設定)及び高分子凝集剤注入率の影響調査を実施した上で、無機凝集剤注入率と熱風温度の影響調査を実施した。

② 自動制御による連続運転調査

上記で確認された運転条件を元に、様々な有効利用を図る上で必要とされる乾燥汚泥含水率10、30、50%において自動制御による連続運転を行い、処理の安定性を評価した。

③ システムの導入効果

本システムは中小規模下水処理場への普及展開を目的としており、同処理場条件に導入した場合のライフサイクルコスト(以下、LCC)の評価を行った。評価対象としては従来の脱水設備(以下、従来脱水)及び従来の脱水設備と乾燥設備(以下、従来脱水+乾燥)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¹⁾から費用関数により試算し、脱水乾燥システムについては実証試験で得られた結果を元に、建設費、維持管理費を試算した。

④ 肥料・燃料への有効利用

本システムで得られた乾燥汚泥が肥料や燃料として有効利用できるか調査を行った。

肥料として配布するためには、肥料取締法に定められた肥料登録が必要であるため、成分の分析、有害成分の分析、汚泥原料の溶出試験、植害試験を行い、肥料として有効利用できるか確認した。

また、乾燥汚泥を燃料として利用する場合、下水汚泥固形燃料のJIS規格(JIS Z 7312)より燃料化物の発熱量や水分が重要な要素となる。そのため、実際に発生した乾燥汚泥の性状分析を行い、JISへの適合性について評価を実施した。

3. 調査結果

(1) 各種運転調整の影響調査

表1に調査条件を、図2に乾燥汚泥含水率と熱風温度・汚泥処理費の関係を示す。無機凝集剤注入率は5%以上で気流乾燥に適した性状が得られ、5、10、20%注入率において熱風温度の影響を評価した。全ての

表1 調査条件

項目		内容			
汚泥	種類	消化汚泥			
	性状	TS1.8%、VTS79.8%、繊維状物100Me'9.4%			
機種	脱水乾燥システム (機内二液調質型遠心脱水機+円環式 気流乾燥機)			既存脱水機	
汚泥処理量	4.2m ³ /h(100m ³ /日)			定格	
凝集剤 注入率	高分子	2.4%			3.0%
	無機	5%	10%	20%	—
脱水汚泥含水率	79.9%	78.9%	77.9%	83.5%	

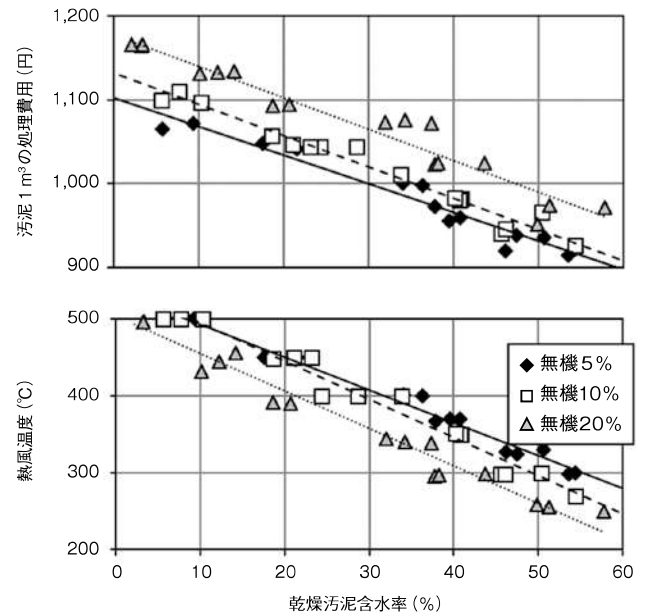


図2 乾燥汚泥含水率と熱風温度・汚泥処理費の関係

表2 連続運転調査・調査条件

目標乾燥含水率		10%	30%	50%
条件	汚泥処理量	4.2m ³ /h		
	凝集剤注入率	無機20%、高分子2.4%		
	熱風温度設定	480°C	395°C	265°C
結果	乾燥汚泥含水率	平均8.2%	平均30.4%	平均51.5%
	総合動力	52kWh/h	52kWh/h	53kWh/h
	重油使用量 (原単位 ^{注1})	22.5L/h (54L/t-wet)	19.5L/h (47L/t-wet)	13.9L/h (33L/t-wet)

注) 既設脱水での汚泥発生量に対する原単位

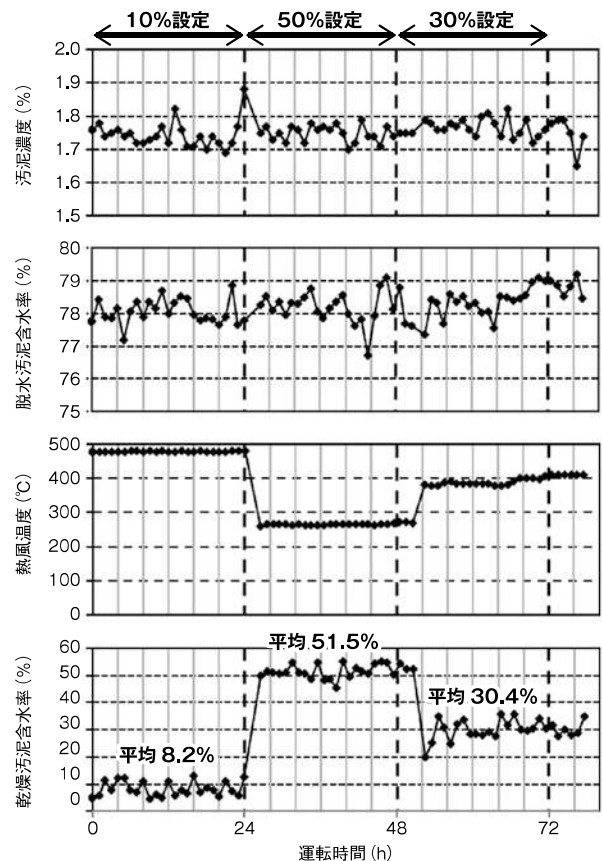


図3 連続運転結果

注入率条件において熱風温度を250~500℃にすることで乾燥污泥含水率10~50%に調整できた。一方、無機凝集剤注入率が低いほど処理費用が抑えられ、気流乾燥に適した污泥性状が得られる範囲で注入率が低い方が、優位であると言える。

(2) 連続運転調査

表2に連続運転調査・運転条件を、図3に連続運転結果を示す。期間中、污泥濃度は1.65~1.90%程度変動し、脱水污泥含水率は76~79%程度の変動が認められたが、自動制御を用いた同システムの連続運転には支障がなく、安定した性能が確認された。なお、今回の運転では第3章(1)項で得られた結果を元に、目標乾燥污泥含水率になる熱風温度を設定し、運転中は熱風温度が一定になるよう自動制御を行った。この結果、乾燥污泥含水率は目標値±2ポイント(24h平均)以内であり、有効利用する上で問題のない範囲であると言える。以上より、自動制御においても污泥濃度、含水率、熱風温度の変動幅が小さいことから、安定した乾燥性能が確認でき、運転に必要な人員の削減が期待できる。

(3) 導入効果

脱水污泥量が8.5t/日(含水率83.5%)程度発生する中小規模処理場を対象として、本システムの導入効果を試算した。従来脱水と比較した場合、建設費は上昇するが污泥処分費の低減効果によりLCCで24%の削減効果が得られた。なお、燃料に消化ガスが使用できる場合は更なる低減効果が期待できる。従来脱水+乾燥に対しては建設費が50%以上低減でき、維持管理費も低減できることからLCCで43%の削減効果が得られた。

(4) 肥料・燃料への有効利用

分析結果より、成分量は乾燥污泥肥料²⁾と比較して遜色ないことが確認された。有害成分分析及び污泥原料の溶出試験結果では、全て肥料取締法で定められた許容値・基準値以下であった。また、植害試験の結果では植物の生育異常は見受けられなかった。以上から、本設備で乾燥した污泥は肥料として植物の成長を阻害せず、肥料登録が可能である性状であることが確認された。

また、燃料としての評価では、熱風温度440℃に

おいて、BSF-15(JIS Z 7312)として規定されている含水率20%以下、及び発熱量15MJ/kg-wet以上を満足していることが確認できた。

4. おわりに

2016(平成28)年度の実証研究より、以下の4点が示された。

- ・消化污泥を脱水乾燥し熱風温度の調整により含水率10~50%に調整できた。これにより、単一設備で幅広く有効利用できる乾燥污泥を製造できることが示された。
- ・自動制御による連続運転においても安定した乾燥性能が確認され、省人力化に向けて有効であることが示された。
- ・中小規模処理場への導入検討では、従来脱水+乾燥に対してLCCで43%の削減効果が得られ、コストの低減と有効利用の両立が可能であることが示された。
- ・本システムで得られた乾燥污泥は肥料や燃料としての有効利用が可能である。

以上から、本技術は下水污泥の多様な有効利用に対応した低コスト型の污泥処理技術として期待できる。今後は、運転の長期安定性及び他の污泥種への適用について検討する予定である。

<参考文献>

- 1) 「バイオソリッド利活用基本計画(下水污泥処理総合計画)策定マニュアル」、公益社団法人日本下水道協会、2004年
- 2) 「下水污泥有効利用促進マニュアルー持続可能な下水污泥の有効利用を目指してー2015年版」、公益社団法人日本下水道協会