

〈研究発表〉

脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化に関する研究

森田 真由美¹⁾、高尾 大¹⁾、本橋 時男²⁾、島田 正夫³⁾
 福田 哲也⁴⁾、石塚 登志雄⁵⁾、矢本 貴俊⁶⁾

¹⁾ 月島機械(株)

(〒104-0053 東京都中央区晴海3-5-1 E-mail: mayumi_morita@tsk-g.co.jp)

²⁾ サンエコサーマル(株)

(〒322-0017 栃木県鹿沼市下石川737-55)

³⁾ 日本下水道事業団

(〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-27 湯島台ビル)

⁴⁾ 鹿沼市

(〒322-0045 栃木県鹿沼市上殿町673-1)

⁵⁾ (公)鹿沼市農業公社

(〒322-0527 栃木県鹿沼市塩山町1329-19)

⁶⁾ 国土技術政策総合研究所

(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

概要

近年、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いるが、脱水汚泥の外部委託処分の処理場も依然として多いのが現状であり、有効利用促進のためには、低コストな設備の確立・導入が求められている。そこで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、多様な有効利用に対応できる脱水乾燥プロセスを開発した。本報告では国交省B-DASHプロジェクトにおいて、平成28～29年度までの国土技術政策総合研究所からの委託研究における、設備の性能検証結果および乾燥汚泥の有効利用や導入効果について報告する。

キーワード：脱水、乾燥、肥料化、燃料化、有効利用

原稿受付 2018.8.3

EICA: 23(2・3) 111-114

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、大規模処理場を中心に下水汚泥の燃料化事業が普及しつつある。一方、中小規模処理場では依然として脱水汚泥は外部委託処分しており、汚泥の有効利用のための新たな設備投資は財政的にも難しい状況にあるため、中小規模の有効利用の促進には、低コストかつ多様な有効利用に対応できる汚泥処理設備の確立が急務である。こうした背景から、月島機械(株)、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合せ、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。平成28年度には国土交通省下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト)として実証設備を設計・建設し、主に消化汚泥を対象とし性能評価を行った¹⁾。本稿では、引き続き対象汚泥を混合生及びOD汚泥に広げた性能

評価、乾燥汚泥の有効利用に関する評価及び実際の下水処理場に導入した場合のコスト評価について報告する。

2. 実証研究方法

2.1 実証フィールド

実証設備が設置されている栃木県鹿沼市黒川終末処理場は、流入水量が27,200 m³/日(平均:平成29年3月末時点)であり、汚泥処理には消化設備を有している。約100 m³/日の消化汚泥(濃度1.5~1.8%程度)が発生しており、従来は約10 t/日の脱水汚泥を外部委託処分していた。

2.2 実証設備

Fig. 1に実証設備フローを示す。本設備は脱水機、乾燥機、各種ブロワ及び熱風炉より構成された極めてシンプルなシステムである。対象汚泥は、遠心脱水機にて含水率74~80%程度に脱水された後、円環式気流乾燥機において約250~500℃程度の熱風にて乾燥

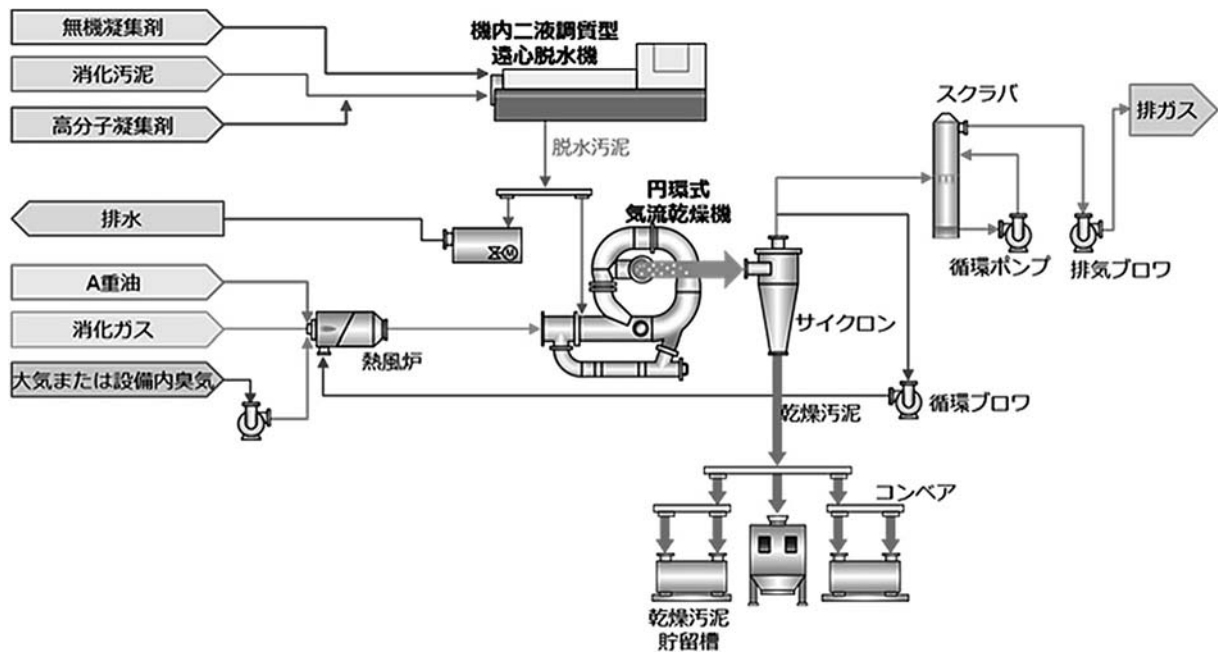


Fig. 1 脱水乾燥システム フロー

されサイクロンで固気分離される。なお、この熱風温度を調整することで乾燥汚泥含水率を10~50%に調整できる。サイクロンから排出された排気の大部分は循環ガスとして再利用され、一部はスクラバを通して大気開放される。実証設備は自動運転により24時間連続的に稼動し、同処理場の発生汚泥を全量処理し脱水時の1/5程度(約2t/日)まで減容化が可能である。

2.3 研究内容

(1) 各種対象汚泥に対する性能評価；同処理場から発生する消化汚泥、混合生汚泥及び鹿沼市内から発生するOD汚泥を対象汚泥とし、脱水乾燥システムの各種運転パラメータの最適条件を見出し、本システムの性能目標である乾燥汚泥含水率10~50%の調整機能を評価した。

(2) 乾燥汚泥の有効利用に関する評価；上記で得られた乾燥汚泥を肥料及び燃料として有効利用した場合の評価を行った。肥料利用については肥料取締法で規定されている成分分析を行ったうえで、実際の農場で大豆を栽培し、通常用いられる化学肥料と収量などの比較を行った。燃料利用については日本工業規格(JIS Z 7312)で規定されている成分分析を行ったうえで、実際の焼却発電設備にて使用し、貯留の安全性、搬送設備や燃焼性などの評価を行った。

(3) システムの導入時のコスト評価；本システムを実際の処理場に導入した場合のライフサイクルコスト(以降、LCC)の評価を行った。比較対象としては従来の脱水設備(以降、従来脱水)及び従来の脱水設備

と乾燥設備(以降、従来乾燥)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²⁾から費用関数により試算し、本システム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)を試算した。

3. 調査結果

(1) 各種汚泥の性能評価

Table 1に性能評価条件、Fig. 2に乾燥汚泥含水率と熱風温度の関係を示す。気流乾燥に適した脱水汚泥の性状が得られる無機凝集剤注入率は対象汚泥によって異なり、消化汚泥では10%以上、混合生汚泥では5%以上、OD汚泥では0%(一液調質)であったが、いずれの対象汚泥に対しても熱風温度を250~550℃にすることで乾燥汚泥含水率10~50%に調整できることが確認された。

Table 1 各種汚泥に対する性能評価条件

対象汚泥		消化	混合生	OD
汚泥処理量	m ³ /h	4.2	2.1	6.3
汚泥濃度	%	1.5	2.9	0.9
高分子注入率	%	1.9	0.8	1.1
無機注入率	%	10	5	0
脱水汚泥含水率	%	77.2	76.1	80.7
熱風温度	℃	250~550℃の範囲		
乾燥汚泥含水率	%	10~50%の範囲で調整		

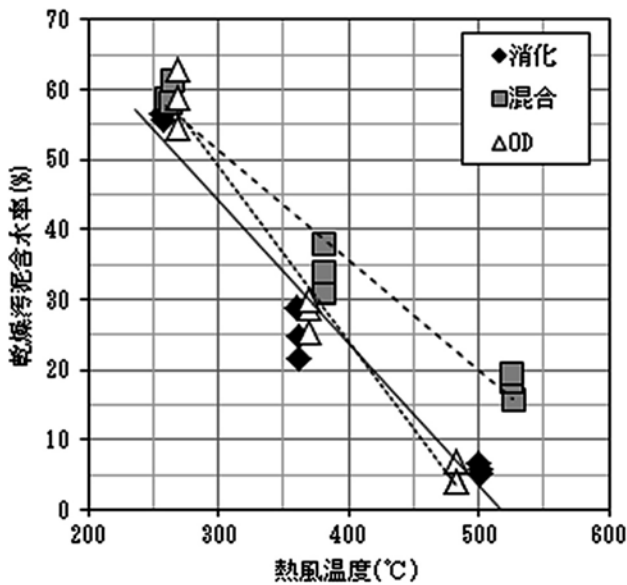


Fig. 2 熱風温度と乾燥汚泥含水率との関係

(2) 有効利用

①肥料利用

Table 2 に乾燥汚泥の肥料成分の分析結果を示す。分析結果から各種汚泥ともに窒素及びリンを豊富に含み、また、有害成分・溶出試験にも問題がなく、肥料として利用可能であることが確認された。また、鹿沼市農業公社の圃場で大豆を栽培した場合、化学肥料の窒素・リン成分に当たる量を汚泥肥料にて散布した供試区の収穫量は慣行区と同等以上となり、乾燥汚泥は化学肥料の代替として利用可能であることを確認した。

Table 2 乾燥汚泥 肥料成分の分析結果

対象汚泥		消化	混合生	OD
亜鉛	mg/kg	433	250	399
窒素	%	5.87	5.35	5.74
りん酸	%	4.26	2.6	3.03
加里	%	0.20	0.18	0.18
石灰	%	1.51	0.58	0.87
銅	mg/kg	466	266	691
水分	%	16.8	16.8	23.2
C/N 比	—	5.91	6.96	5.57

②燃料利用

乾燥汚泥の燃料成分を分析した結果、各種汚泥ともに発熱量、含水率ともに JIS Z 7312 BSF-15 を満足していることが確認された。脱水汚泥と乾燥汚泥の成分の差異がほとんどないことも本システムの特徴といえる。また、共同研究体の構成員であるサンエコサマルの焼却発電設備にて年間を通じて乾燥汚泥（消化汚泥）を使用し、搬送や貯留などの設備面及び炉内での燃焼性を評価した。燃焼性は産業廃棄物との混焼（最大混焼率 10%、平均 5~6%）を行い、実用上燃料として活用可能であることが確認された。

(3) 導入効果

Table 3 に検討条件を示す。

Fig. 3 に消化汚泥発生量 1.73 t-ds/日の処理場における従来脱水、従来乾燥及び脱水乾燥の LCC 比較結果を示す。従来脱水に対しては汚泥処分費の低減効果、従来脱水+乾燥に対しては建設費・維持管理費の低減効果により、脱水乾燥の LCC の低減が可能であることが確認された。

また従来技術の LCC に対しての縮減率と汚泥発生量の関係を検証した結果、従来脱水に対しては処分単価が高く、また汚泥発生量が多いほど縮減率は高くなった。従来乾燥に対しては、汚泥発生量が多いほど縮減率が高い結果となった。

Table 3 導入検討条件

項目	内容	
消化汚泥発生量	1.73 t-ds/日 (日平均)	
水処理	標準活性汚泥	
汚泥処理	分離機械濃縮→消化	
単価	汚泥処理	従来脱水 脱水汚泥処分：23±4 千円/t
		従来乾燥 乾燥汚泥処分：19 千円/t
		脱水乾燥 乾燥汚泥有効利用：5,000 円/t (輸送費として)
	薬品	高分子 1000 円/kg, 無機 88 円/kg
電力	15 円/kWh	
燃料	消化ガス (無償) 及び A 重油 71 円/L	

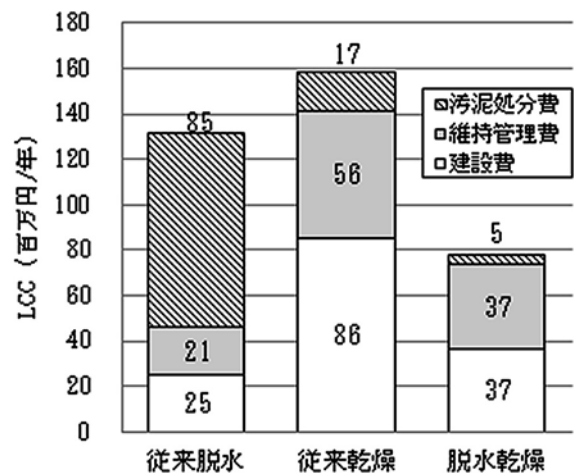


Fig. 3 ライフサイクルコストの従来技術との比較

4. ま と め

本実証研究では、消化、混合生汚泥及び OD 汚泥に対して、脱水乾燥システムが適用可能であり、熱風温度の調整により含水率 10~50% に調整可能であることが確認された。また、乾燥汚泥は成分及び実用上も肥料や燃料として活用可能であることが確認された。更に、実際の下水処理場への導入検討では、従来技術に対して大幅な LCC の低減効果が得られた。以上より、本技術の導入により、汚泥処理コストを低減した上で、バイオマスの活用促進が期待できる。

参考文献

- 1) 高尾ら, 中小規模処理場向け 脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化, 燃料化技術実証研究, N-10-1-4 (p967), 第 54 回下水道研究発表会, 2017
- 2) バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル: 公益社団法人日本下水道協会, 2003