

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（案）



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・（公財）鹿沼市農業公社共同研究体

第1章 総則

- 第1節 目的、適用範囲、構成、用語の定義

第2章 技術の概要と評価

- 第1節 技術の概要と特徴
- 第2節 技術の適用条件
- 第3節 実証研究に基づく評価

第3章 導入検討

- 第1節 導入検討手法
- 第2節 導入効果の検討例

第4章 計画・設計

- 第1節 導入計画
- 第2節 設備設計

第5章 維持管理

- 第1節 運転管理
- 第2節 保守点検
- 第3節 緊急時の対応

資料編

- 実証研究結果、ケーススタディ
- 問合せ先など

【設備関係】

機内二液調質型遠心脱水機

遠心脱水機において、凝集剤のうち無機凝集剤を、脱水機内に後から添加する脱水方法を用いる脱水機である。

円環式気流乾燥機

既成の配管を円環状に組合せ、そこに熱風を供給し、循環流を形成させた上で、被処理物と直接接触させ、乾燥を行う乾燥機。

【有効利用関係】

肥料取締法

「肥料の品質等を保全し、その公正な取引と安全な施用を確保するため、肥料の規格及び施用基準の公定、登録、検査等を行い、もって農業生産力の維持増進に寄与するとともに、国民の健康の保護に資すること」を目的に昭和25年に制定。

肥料取締法では、肥料は「特殊肥料」と「普通肥料」の2つに大別される。いずれの種類においても、有償無償問わず他者に譲渡する場合は、肥料の種類に応じて農林水産大臣または都道府県知事への登録や届出を行う必要がある。

JIS Z 7312 (BSF-15)

平成26年9月に日本工業規格 (JIS) より制定された。下水汚泥固形燃料の安定化及び信頼性を確立し、市場の活性化を図るために制定された。

第1節 技術の概要と特徴

技術の目的および概要を説明し、本技術ならではの特徴を記載する。

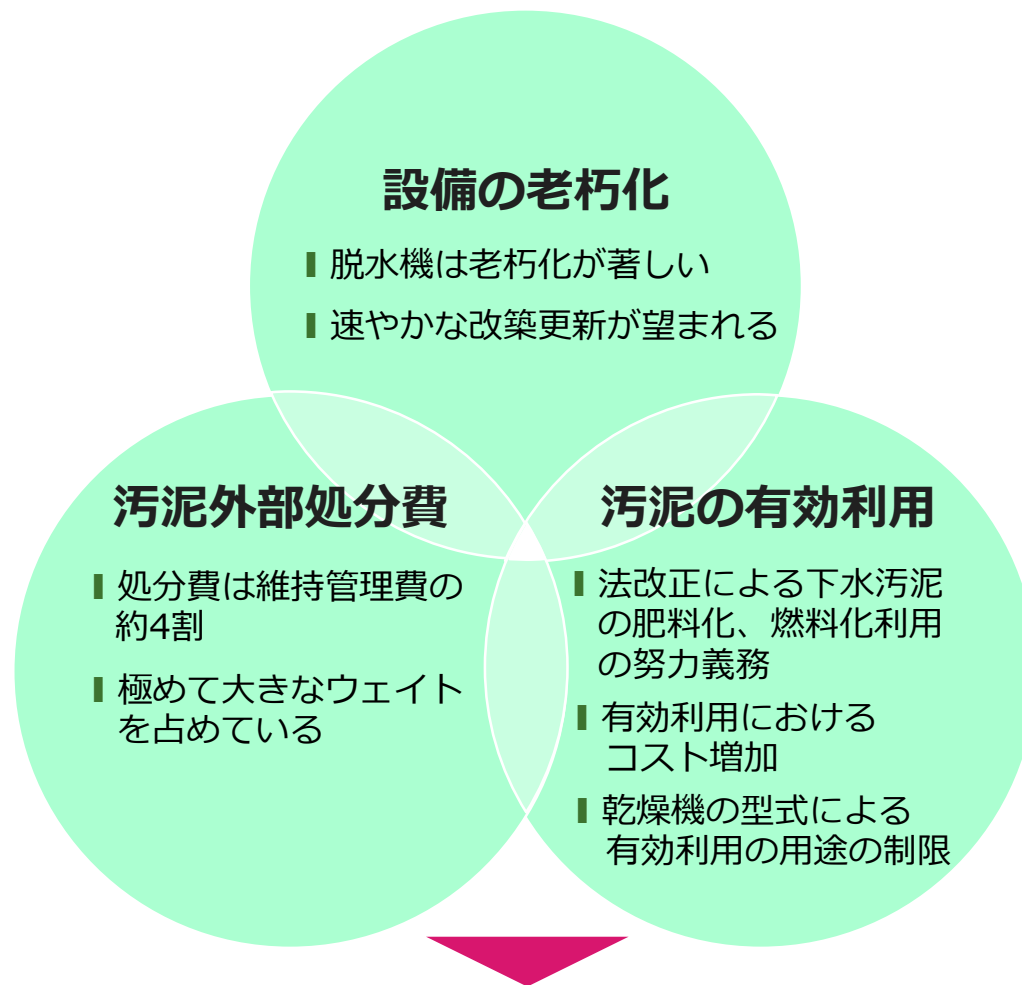
第2節 技術の適用条件

適用条件として、どのような処理工程を経た汚泥を対象とするかについて記載。
また推奨条件として、よりメリットが大きくなると考えられる項目について
記載

第3節 実証研究に基づく評価の概要

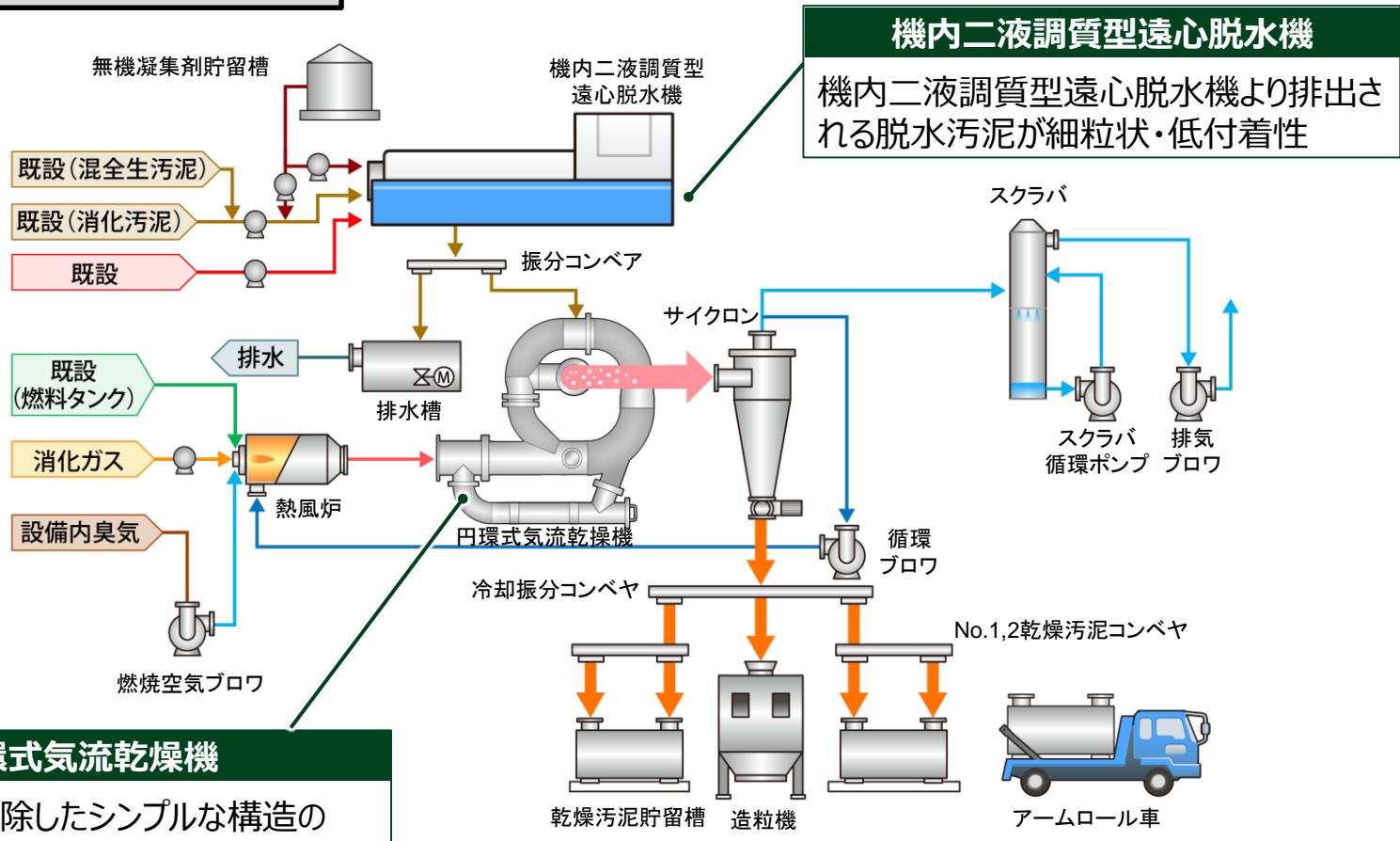
1年間の実証研究での評価項目と実証研究結果を記載。

省エネルギー、低コストで乾燥汚泥を生産し、これを活用することにより、中小規模処理場における汚泥の処分費縮減と肥料化、燃料化の有効利用の用途拡大を図ることを目的とする



これらの課題を解決する省エネルギー、低コストな脱水乾燥システムを開発

脱水乾燥システムの概要



円環式気流乾燥機
解砕機などを排除したシンプルな構造の円環式気流乾燥機

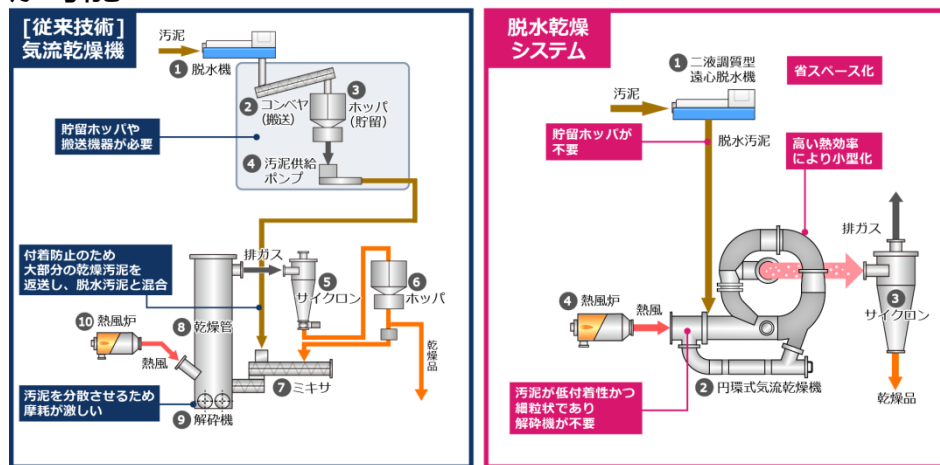
熱風温度を調整することで、乾燥汚泥含水率を10～50%まで調整することで幅広い有効利用に対応可能なシステムである。

システムの簡素化、省スペース化、省人化による低コスト型脱水乾燥技術

① 機内二液調質型脱水機と円環式気流乾燥機の組合せによる脱水乾燥一体型のプロセス

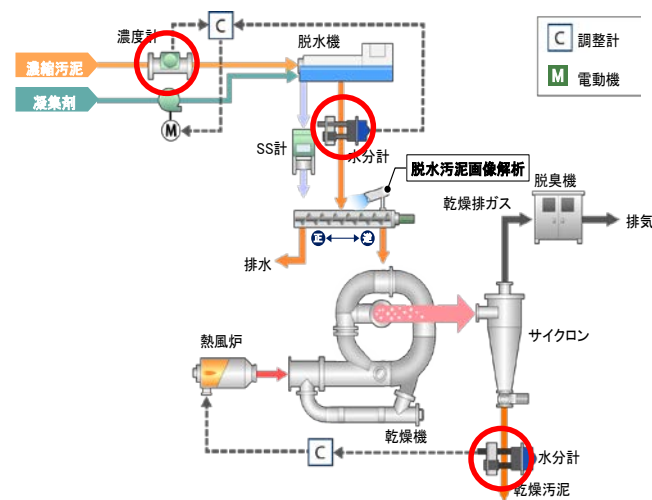
■ 脱水汚泥が低付着性・細粒状であるため、シンプルな構造の円環式気流乾燥機の採用が可能。

■ 主要な機器点数の低減により、建設費、維持管理費の縮減が可能



② 自動制御による省人化

■ 3,000台以上の納入実績をもつマイクロ波式の濃度計を汚泥濃度や含水率の計測に適用し、自動制御を可能とした。



有効利用の用途に応じて幅広い乾燥汚泥含水率の調整を可能とした脱水乾燥技術

【課題】有効利用のニーズは低水分側から高水分側まで多岐に渡っている一方で、従来技術では乾燥機の機構や原理上の制約から適用できる含水率領域が限定されてきた。

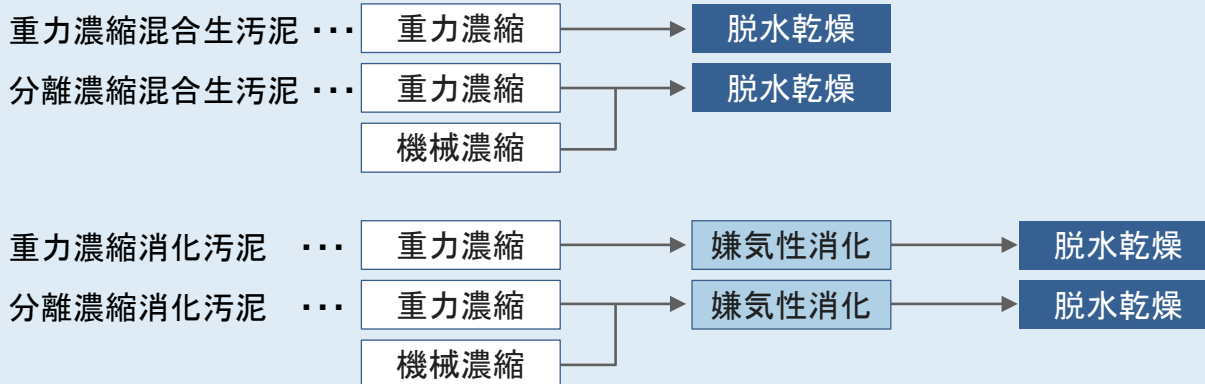
→ 本技術は、従来技術では困難である乾燥汚泥含水率 10～50%程度の領域での安定処理が可能。

含水率(%)	10	20	30	40	50	60	70
有効利用 ニーズ	燃料化		コンポスト原料化				
	肥料化						
従来技術 適用	● 气流乾燥機・炭化		● 攪拌機付熱風回転乾燥機			● 脱水機	
本技術 適用	脱水乾燥 (円環式気流乾燥)						

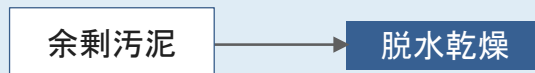
第2章 第2節 §10 (1) 技術の適用条件

- ◆適用水処理方式 : 標準活性汚泥法もしくは類似処理方法
- ◆汚泥の種類 : 標準活性汚泥法の混合生汚泥および嫌気性消化汚泥
+ OD法や長時間エアレーション法などの低負荷型活性汚泥法から発生する余剰濃縮汚泥

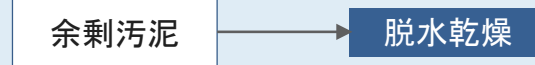
<標準活性汚泥法>



<オキシデーションディッチ法>



<長時間エアレーション法、回分式活性汚泥法(低負荷法)>



脱水汚泥発生量が2t/日以上処理場規模であること

- 維持管理費における汚泥処分費が占める割合が支配的な脱水汚泥発生量が2t/日以上である処理場
- 本システムを導入することで汚泥の減容化が図られるため、ライフサイクルコストの低減に寄与できる。

消化設備から発生する余剰消化ガスがあること

- 発生する消化ガスを燃料として利用できる場合は、維持管理費の低減が期待される。
- 燃料としての必要使用量は実証より確認された単位汚泥処理量あたりの消化ガス使用量（実証試験結果である原単位 $533\text{m}^3/\text{t-ds}$ ）を用いて算出することが可能である。

既設脱水設備が遠心脱水機もしくはベルトプレスであること

- 遠心脱水機について、汚泥形状が細かい場合は、乾燥設備のみの導入も検討可能である。汚泥形状が細くない場合は機内二液調質法などへの改造が必要となる。
- ベルトプレスである場合は、乾燥設備のみを導入することが可能である。

有効利用ユーザーの存在

- 乾燥汚泥を肥料や燃料として利用する有効利用ユーザーが近隣に存在する場合は、汚泥の有効利用の促進と同時に、汚泥処分費の低減が可能
- 乾燥による汚泥の減容効果があることから、本技術を導入し、汚泥の処分費を低減した上で、将来的に汚泥有効利用ユーザーを検討するような段階的な事業手法も検討可能である。

第2章 第3節 §13 評価結果①

実証項目	評価指標		目標値	結果		
				消化汚泥	混合生汚泥	OD汚泥
① 長期安定運転の検証	連続運転	・乾燥汚泥含水率	目標乾燥汚泥含水率±5%以内であること	目標乾燥汚泥含水率±5%以内であった		—
		・連続運転時間 ・夜間無人運転	24h自動制御により安定運転できること。夜間、設備に人がつかなくても運転可能なこと	24h自動制御により安定運転できた。夜間、設備に人がつかなくても運転可能であった。		—
	自動制御の評価	・乾燥汚泥含水率	外的要因に対し、目標乾燥汚泥含水率±5%以内(24h平均値)で連続運転できること	通常の運転管理におけるTSS濃度の範囲において追従を確認		—
② 各種汚泥に対する性能調査	・消費動力 (kw/t-ds)		電力量が従来脱水+乾燥技術と同等	635	635	635
	・燃料使用量 (L/t-ds) (重油、消化ガス)		燃費が従来脱水+乾燥技術に比べ25%削減	221	232	264
	・乾燥汚泥含水率		乾燥汚泥含水率を10~50%に調整可能なこと	乾燥汚泥含水率を10~50%に調整できた。		
	・排ガス・臭気		規制値を満足すること	規制値を満足した		
	・ベルトプレスとの組合せ		乾燥汚泥10~50%に適用可能なこと	乾燥汚泥10~50%に適用可能であった	—	—

①長期安定性の検証及び②各種汚泥に対する性能調査において、すべての項目で目標性能を達成することができた。

技術名	評価項目		目標値	実証結果
汚泥の有効利用	③ 肥料化	(1) 分析	各種汚泥において、 肥料取締法の基準を満たすこと	消化、混合生、ODのいずれの汚泥も基準値を満足した
		(2) コンポスト化試験	左記試験にて阻害なく成長すること	消化汚泥、混合生汚泥いずれの堆肥でも、問題なく生育した
		(3) 肥効試験	化学肥料 50～70%削減	化学肥料60%削減
	④ 燃料化	(1) 燃料用分析	消化、混合生いずれの汚泥においても JIS Z 7312に適合 すること（15MJ/kg以上、含水率20%以下）	消化、混合生のいずれの汚泥も適合した
		(2) 設備の評価	問題なく搬送できること 問題なく貯留及び切り出しができること	問題なく搬送・貯留及び切り出し操作ができた。
		(3) 貯留	乾燥汚泥貯留槽（コンテナ）での安全性を確認 汚泥貯留ホッパでの安全性を確認	安全に貯留できた。
		(4) 燃焼性評価	乾燥汚泥の発熱特性を把握 焼却炉にて安定的に燃焼できること	安定的に燃焼できた。
⑤ 事業性評価	ライフサイクルコスト低減		四季調査において従来の脱水＋乾燥技術に比べ 40%低減	従来の脱水＋乾燥技術に比べ 40%低減 できた。

有効利用については、肥料及び燃料として活用できることを確認した。また、事業性評価については従来技術に対してライフサイクルコストで40%の低減できることを確認した。

②各種汚泥に対する性能調査結果

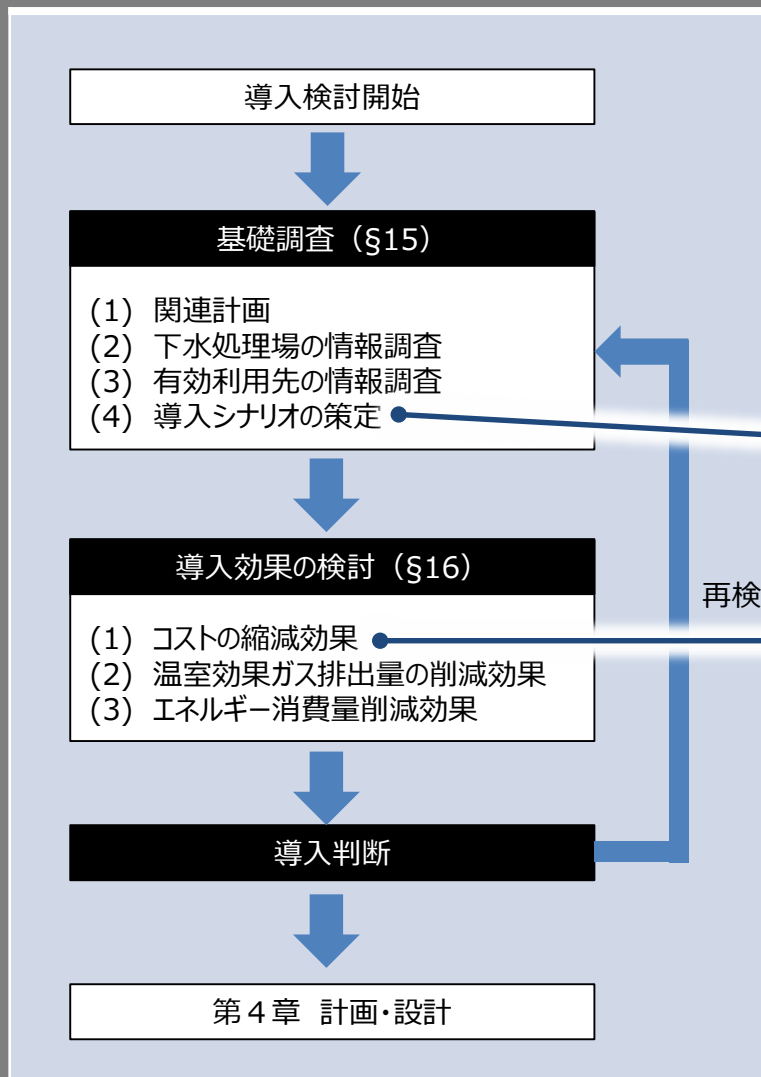
評価項目		単 位	混合生汚泥	消化汚泥	OD汚泥※1
処理量					
凝集剤 注入率	高分子	%-ds	0.8	1.9	1.9
	無機	%-ds	5	10	0
消費電力		kWh/t-ds	635	635	635
燃料使用量※2		L/t-ds	221	232	264
乾燥汚泥含水率		%	10～50	10～50	10～50

※1：OD汚泥については、夏季のみの調査結果による。

※2：燃料原単位については、各種汚泥について、乾燥汚泥含水率を30%に設定した試験における乾燥汚泥含水率25～35%時の燃料使用量の平均値より算出した。

各種汚泥ごとに熱風温度と乾燥汚泥含水率の関係性を調査し、脱水・乾燥性能を上記のように整理した。

第1節 導入検討手法



第2節 導入効果の検討例


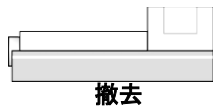
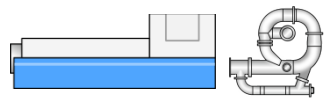
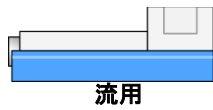
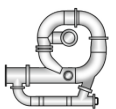
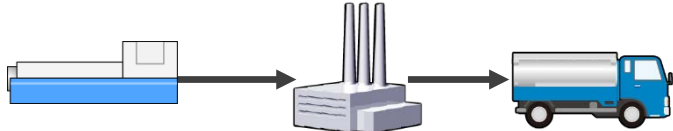
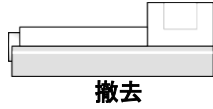
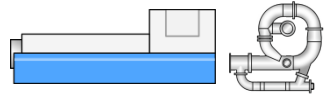
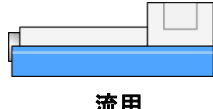
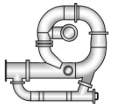
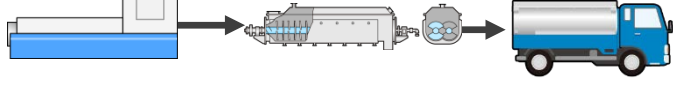
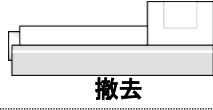
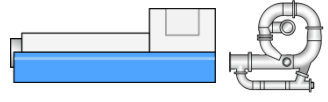


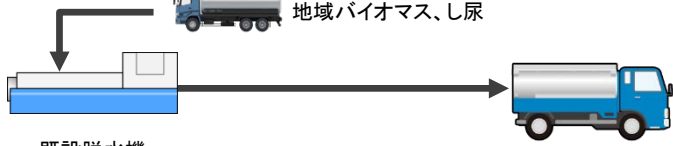
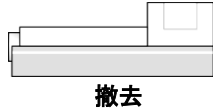
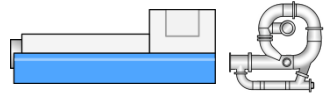

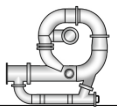
実際に検討した事例を紹介。中小規模、大規模について実計算例を示す。

➡ 本発表では『中小規模、消化汚泥』の事例について紹介

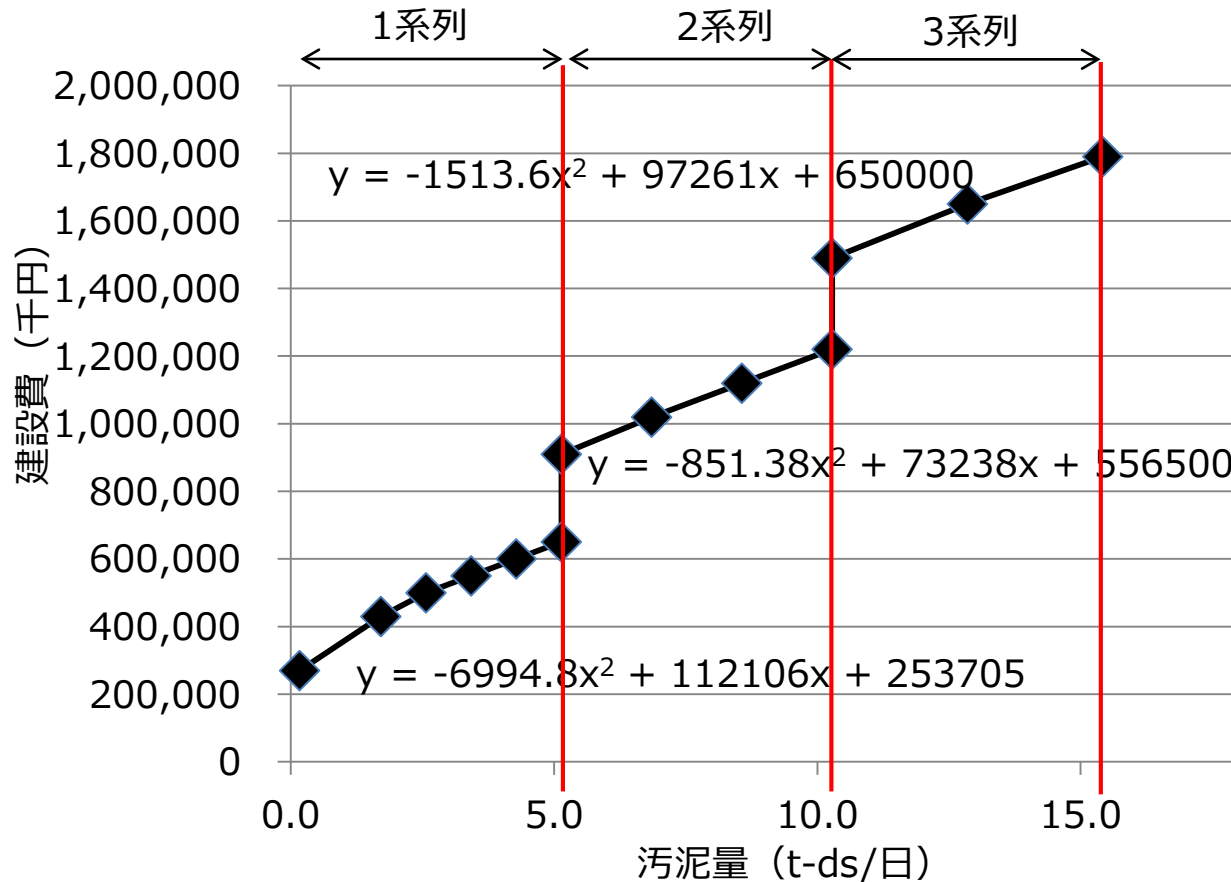
本発表では (4) 導入シナリオについて紹介

本発表では (1) コストの算定について紹介

第3章 第1節 §15基礎調査 (4)導入シナリオの策定

CASE	既設		導入後		
			既設	新設	備考
1	1		 撤去		既設脱水機の更新に合わせて、脱水乾燥システムを導入する。
	2	既設脱水機 → 外部委託処理	 流用	+ 	既設脱水機を流用し、 気流乾燥機のみ を導入する。
2	1		 撤去		既設焼却炉の更新に合わせて、脱水乾燥システムを導入する。
	2	既設脱水機 → 焼却炉 → 外部委託処理	 流用	+ 	既設焼却炉の更新に合わせて、既設脱水機を流用し、 気流乾燥機のみ を導入する。
3	1		 撤去		既設乾燥機の更新に合わせて、脱水乾燥システムを導入する。
	2	既設脱水機 → 乾燥機 → 外部委託処理	 流用	+ 	既設乾燥機の更新に合わせて、既設脱水機を流用し、 気流乾燥機のみ を導入する。
4	1		 撤去		既設脱水機の更新及び地域バイオマス受入に合わせて、脱水乾燥システムを導入する。
	2	既設脱水機 → 外部委託処理	 流用	+ 	既設脱水機の更新及び地域バイオマス受入に合わせて、既設脱水機を流用し、 気流乾燥機のみ を導入する。

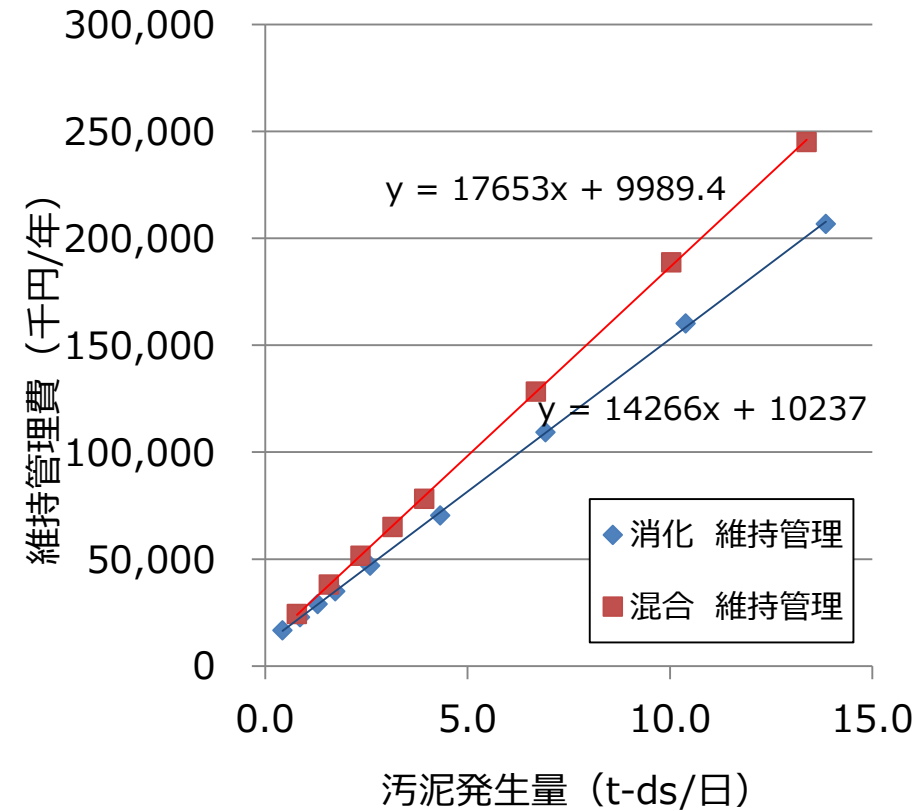
建設費



項目	内容
対象汚泥	消化汚泥、混合生汚泥
機械工事	機器一式 機械基礎工事
電気工事	動力制御盤 二次側配線工事 含む
除外	別途土木工事 別途電気設備工事

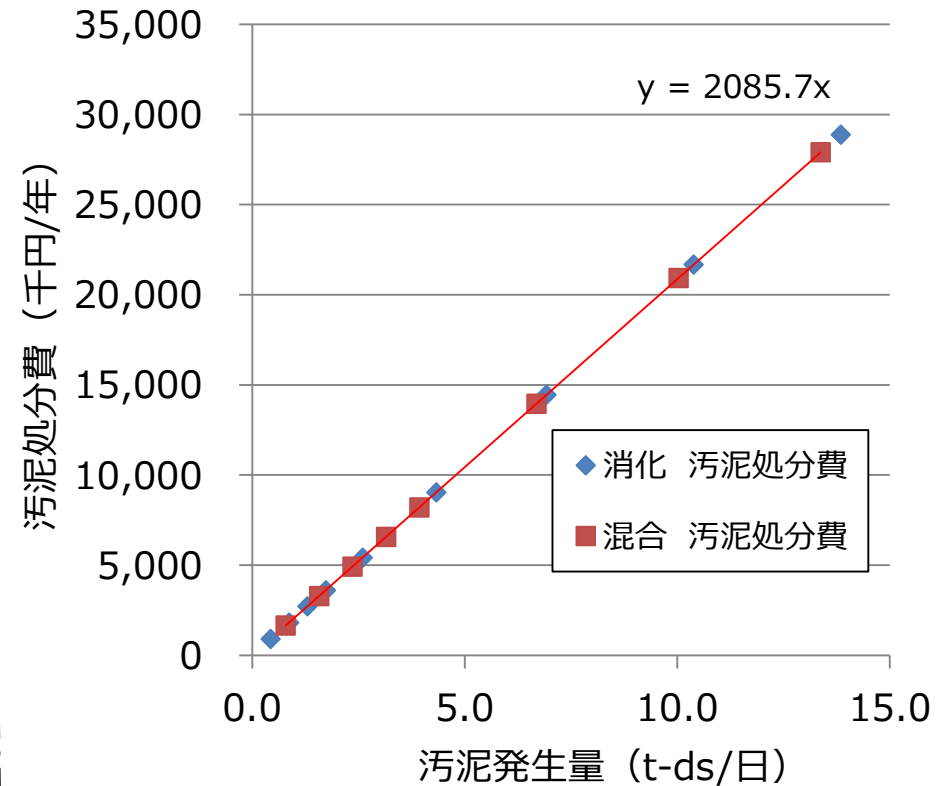
- 消化、混合生汚泥を対象とした脱水乾燥システムの建設工事（機械工事）費を想定し、汚泥処理量あたりの費用関数として整理
- 革新的技術が1系列、2系列、3系列それぞれにおいて費用関数を整理した。

維持管理費



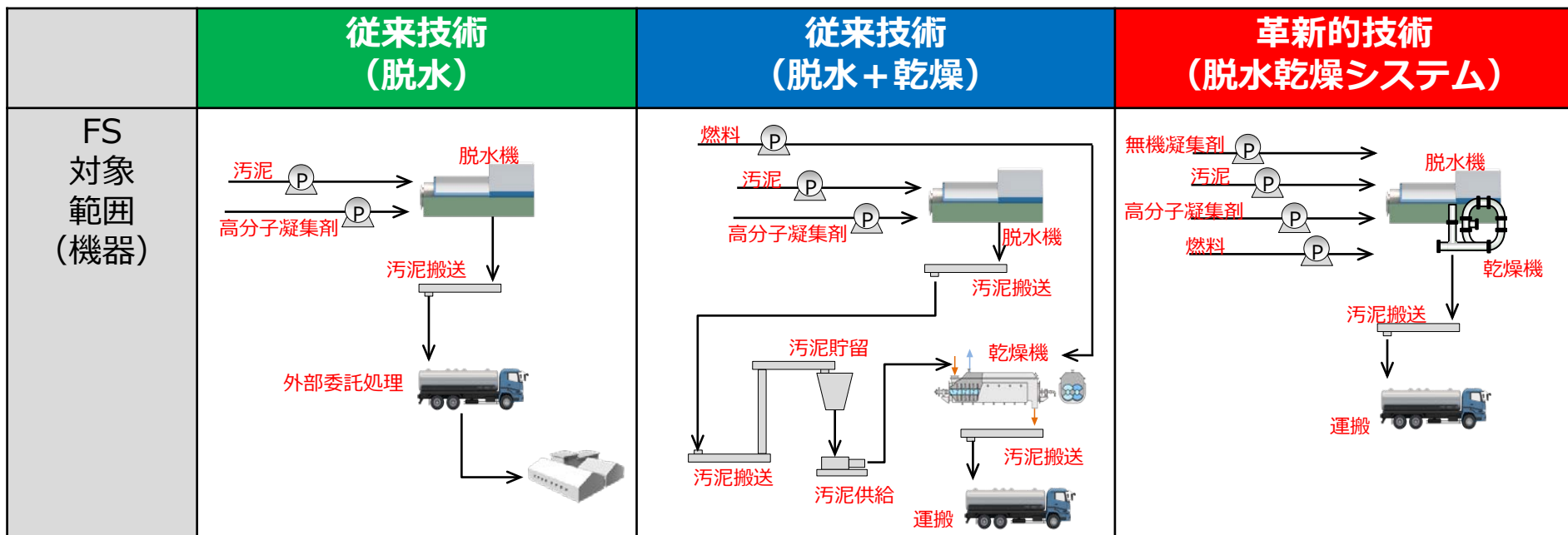
○費用上ユーティリティーに関連する費用が支配的であるため、汚泥処理量に対して一次式にて近似が可能である。

汚泥処分費



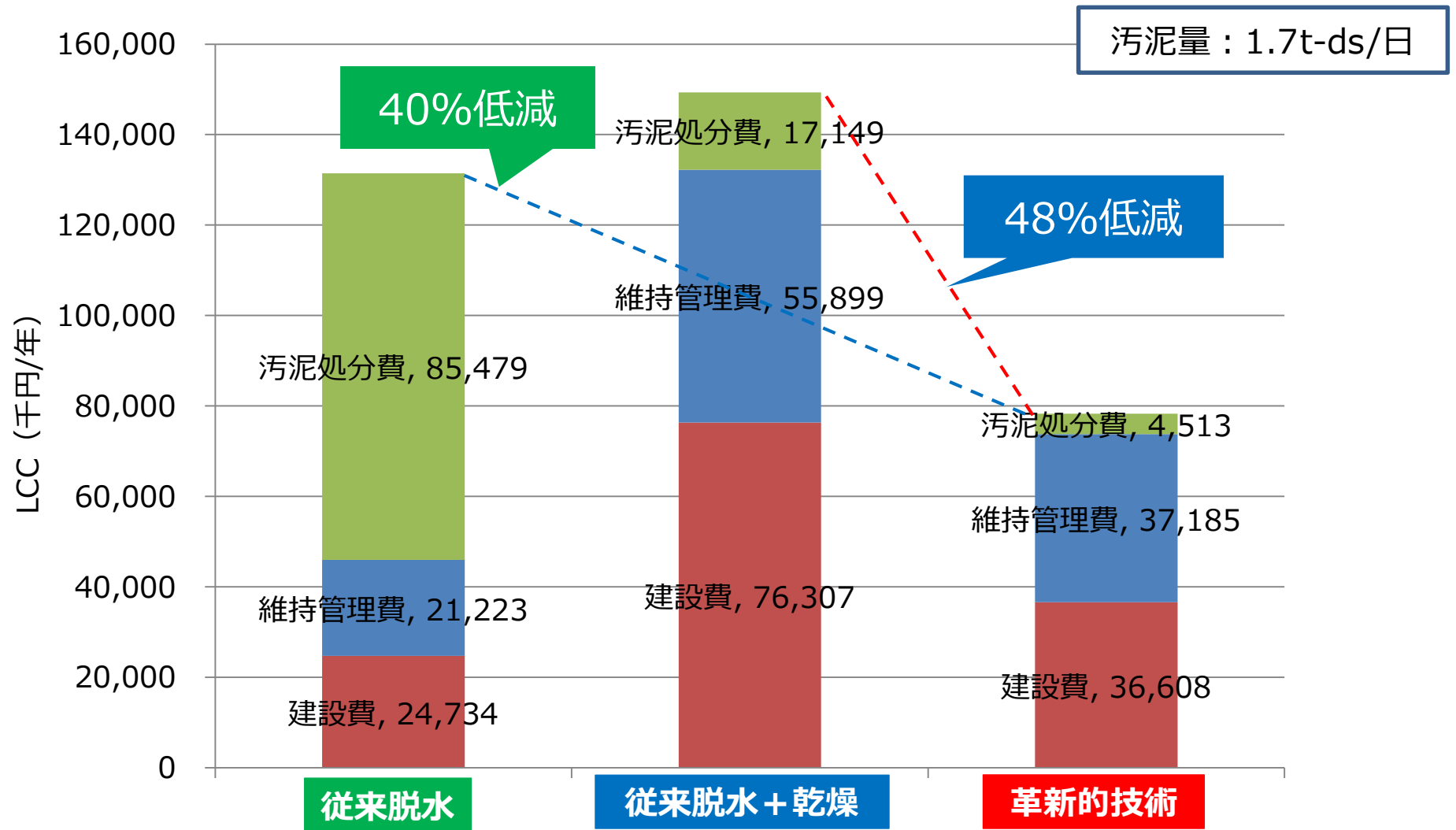
○汚泥処理量に対して一次式にて近似が可能である。
 ○有効利用率100%であるため、輸送費4千円/tとして算出。

第3章 第2節 導入効果の検討例～検討範囲

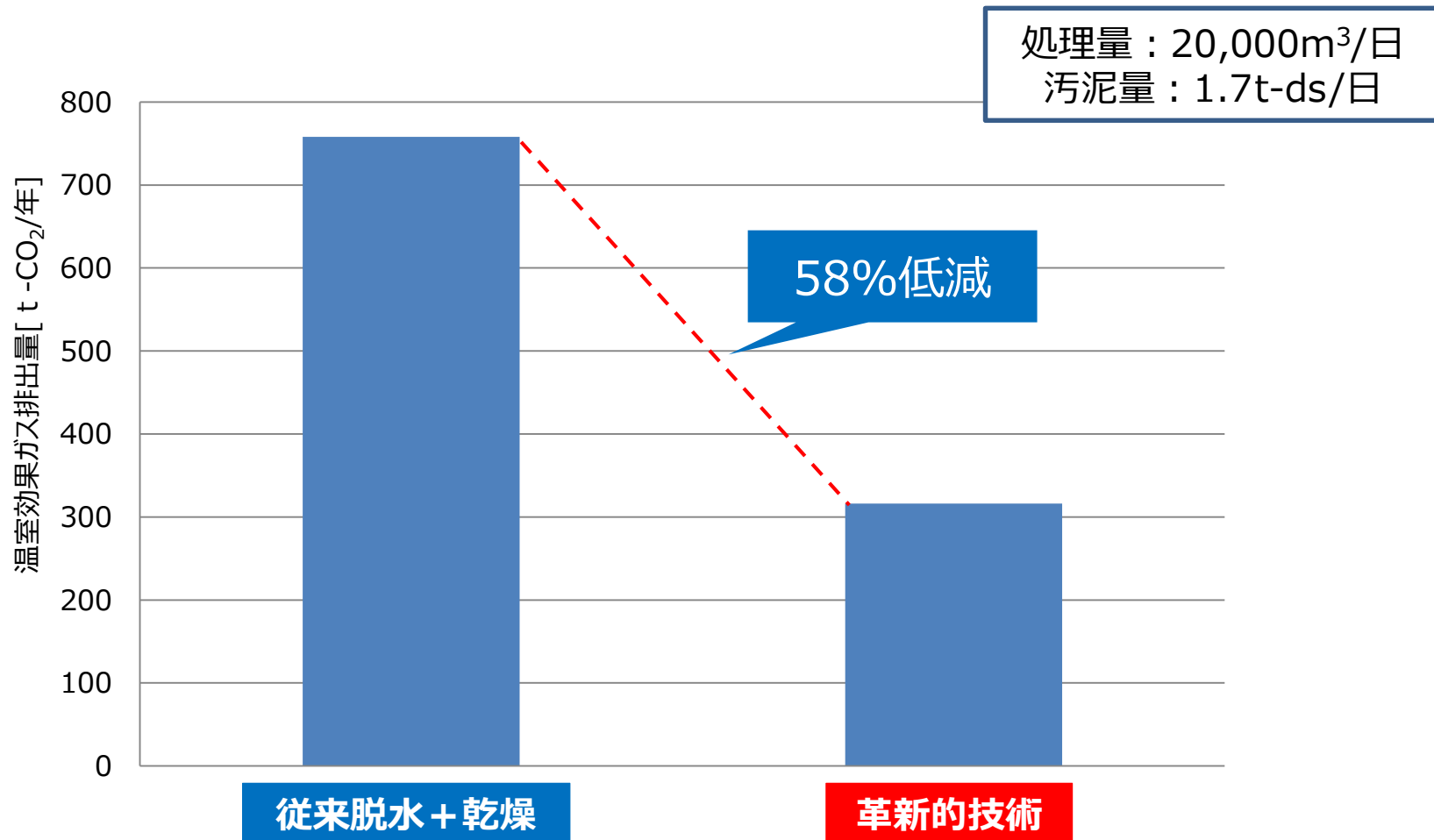


処理 条件	汚泥種	消化汚泥		各処理場において最適な設備を 選定し、積み上げる。
	日最大	処理水量：20,000 m ³ /日 汚泥発生量：1.7t-ds/日		
	日平均	上記×0.8とする		
建設 費	脱水	費用関数	費用関数	
	乾燥	—	費用関数(機種指定なし)	
維持 管理	運転 条件	費用関数	費用関数	実証実績に基づく
	燃料	—	消化ガス+A重油/A重油	消化ガス/A重油
	汚泥 処分	100%外部委託 (23±4千円/t)	100%外部委託 (19千円/t)	有効利用率100% (5千円/t)

第3章 第2節 導入効果の検討例～消化汚泥 20,000m³/日

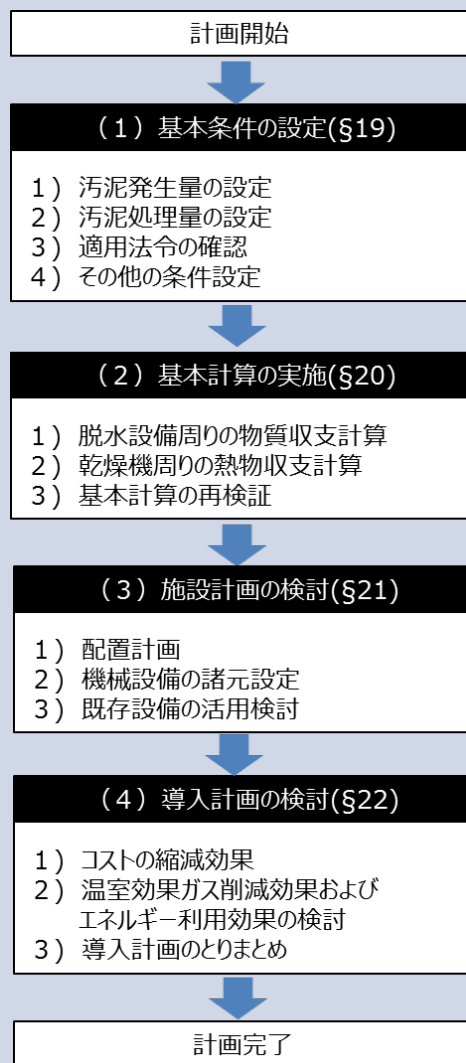


従来の脱水技術に対して40%、従来の脱水 + 乾燥技術に対して48%の低減効果が確認された。



従来の脱水+乾燥技術に対して58%の低減効果が確認された。

第1節 導入計画(§18)



第2節 設備設計(§23)

設備構成	本設備構成として、脱水乾燥設備、脱水補機、乾燥補機の基本構成について解説
脱水乾燥設備の設計(§24)	脱水乾燥機の仕様について検討方法を記載
脱水補機設備の設計(§25)	構成される汚泥供給、高分子凝集剤注入、無機凝集剤注入及び処理水供給設備の設計方法を記載
乾燥補機設備の設計(§26)	構成される排ガス処理、燃料供給、乾燥汚泥搬送及び乾燥汚泥貯留設備などの設計方法を記載。

§20 脱水設備、乾燥設備それぞれにおける物質収支や熱収支を計算

§22 §19～21の結果から導入効果をコスト、温室効果ガス、エネルギーの観点からそれぞれ計算に導入計画としてまとめる

基本条件の設定(§19)

(2) 汚泥処理量の設定

汚泥処理量算出にあたっては、処理場全体の段階的施設計画等を考慮して設置台数を定める。
また、年間あたりの運転日数 d を設定し、計画汚泥量と運転条件値を用いて式(4・2)より求める。

$$Q_0 = S_0 \times \frac{365}{d} \times \frac{24}{t} \times \frac{1}{N} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2)$$

ここで、

- Q_0 : 所要処理量 $\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{台}$
- S_0 : 計画最大汚泥量 m^3/d
- d : 年間当たり運転日数 $\text{d}/\text{年}$
- t : 1日当たり運転時間 h/d
- N : 設置台数(予備機を除く) 台

(3) 適用法令の確認

法規	対象機器	内容
消防法	熱風炉 燃料貯槽※1 乾燥汚泥貯槽	左記に示す設備について、消防法の適用を受け、設備設置、既設改造時(必要な場合)に消防への確認申請が必要
大気汚染防止法	熱風炉	燃焼能力 50L/h 以上(重油換算値)の場合、乾燥機について届出が必要
騒音規制法	送風機 空気圧縮機	電動機の定格が 7.5kW 以上のものがあれば届出が必要
振動規制法	空気圧縮機	電動機の定格が 7.5kW 以上のものがあれば届出が必要
悪臭防止法	—	事業場の敷地の境界線の地表における規制基準(法第4条第1項第1号)に規定する規制基準 22 成分もしくは臭気指数)

施設計画の検討(§21)

(2) 配置計画

配置案	屋内配置		屋外配置
	2F構造	1F構造	
機器	屋外 スクラバ、排気ブロワ、無機凝集剤供給設備 屋内 2F: 脱水機 1F: 乾燥機、熱風炉、循環・燃焼空気ブロワ、サイクロン	スクラバ、排気ブロワ、無機凝集剤供給設備 2F: 脱水機 1F: 乾燥機、熱風炉、循環・燃焼空気ブロワ、サイクロン	全機器
利点	・脱水機架台が不要 ・共通床版が不要	・共通床版が不要	・機器配置の自由度が高い
留意点	・配置スペース確保 ・機器荷重と建屋の耐荷重の確認 ・機器の維持管理に必要な高さの確保	・配置スペース確保 ・機器荷重と建屋の耐荷重の確認 ・機器の維持管理に必要な高さの確保	・必要なスペースを屋外に確保する

(3) 機械設備の緒元



(4) 既存設備の流用検討

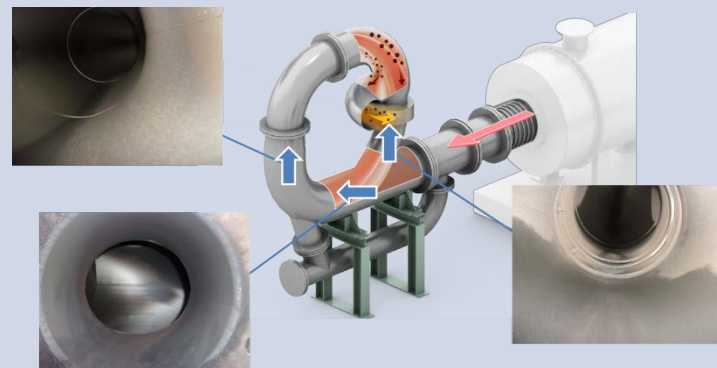


第1節 運転管理

運転操作方法(§27)	自動制御の思想、運転ブロックなどについて記載
運転管理項目(§28)	日常的に運転管理する項目について設備単位で整理

第2節 保守点検

保守点検(§29)	日常的に保守点検する項目については、各機器ごとに保守点検基準表（例）を添付 （参考）右の写真に示すように、乾燥機内部は運転終了時に汚泥の付着がないため、乾燥機内の清掃は不要。
-----------	--



第3節 緊急時の対応

緊急時の対応(§30)	想定される緊急時のケースとそれぞれの対応方法について記載
-------------	------------------------------

国土交通省 国土技術政策総合研究所

国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 029-864-3933 FAX 029-864-2817
URL <http://www.nilim.go.jp>

<実証研究者 連絡先>

月島機械株式会社

水環境事業本部 事業統括部
〒104-0053 東京都中央区晴海3-5-1 TEL 03-5560-6530 FAX 03-3533-4103
URL <http://www.tsk-g.co.jp/>

サンエコサーマル株式会社

営業部
〒322-0017 栃木県鹿沼市下石川737-55 TEL 0289-72-0371 FAX 0289-72-0381
URL <http://www.set-g.co.jp/>

日本下水道事業団

技術戦略部 資源エネルギー技術課
〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-27 湯島台ビル TEL 03-6361-7854 FAX 03-5805-1828
URL <https://www.jswa.go.jp/>

鹿沼市

環境部下水道施設課
〒322-0045 栃木県鹿沼市上殿町673-1 TEL 0289-65-3687 FAX 0289-63-0194
URL <https://www.city.kanuma.tochigi.jp/>

公益財団法人鹿沼市農業公社

〒322-0527 栃木県鹿沼市塩山町1329-19 TEL 0289-63-5570 FAX 0289-64-9413
URL <http://www.kanuma.or.jp/kousha/>