

# 「脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術ガイドライン（案）」概要

国土交通省国土技術政策総合研究所

本編(1/2)

## 第1章 総則

- 目的
- ガイドラインの適用範囲
- ガイドラインの構成
- 用語の定義

- 下水道事業における資源回収、大幅な省エネルギー・創エネルギー効果やコスト削減を実現するため、革新的技術の1つである「脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化実証技術」（以下、「本技術」とする）について、実証研究の成果を踏まえて、技術の概要、導入検討、計画・設計及び維持管理などに関する技術的事項について明らかにし、導入の促進に資することを目的とする。
- 本ガイドラインは、地方公共団体などの下水道事業者が本技術の導入を検討する際に参考に出来るように技術の概要と評価（第2章）、導入検討（第3章）、計画・設計（第4章）及び維持管理（第5章）などに関する技術的事項についてとりまとめている。

## 第2章 技術の概要と評価

- 技術の概要と特徴
- 技術の適用条件
- 実証研究に基づく評価

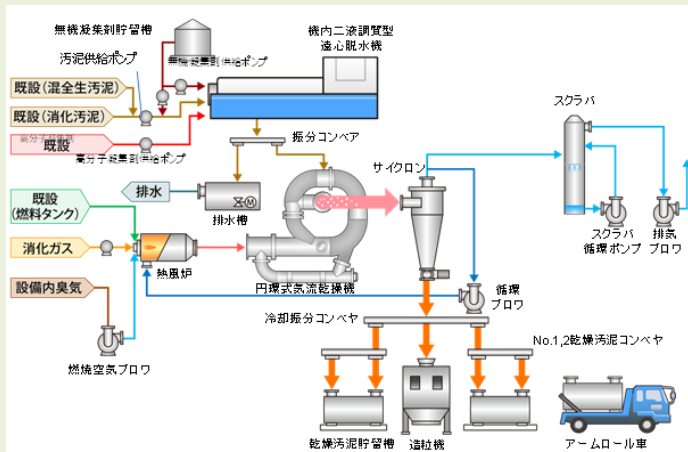
- 目的(§5)：省エネルギー、低コストで乾燥汚泥を生産し、これを活用することにより、中小規模処理場における汚泥の処分費縮減と肥料化、燃料化の有効利用の用途拡大を図ることを目的とする
- 技術の概要：機内二液調質型遠心脱水機から排出される脱水汚泥の性状を利用し、脱水機と乾燥機を一体化し、更に解砕機や搬送機器を排除した円環式气流乾燥機を採用することで、従来の乾燥設備と比較しシステムや機器構造が簡素な脱水乾燥一体型のプロセスを実現した

### ○ 技術の特徴(§9)

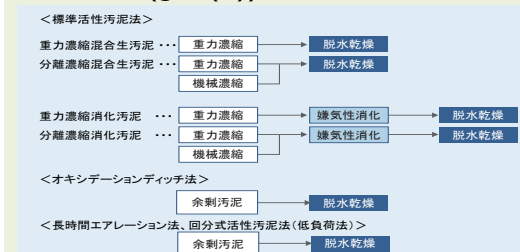
- ① システムの簡素化、省スペース化、省人化による低コスト型脱水乾燥技術：
  - 機内二液調質型遠心脱水機から排出された脱水汚泥（低付着性・細粒状）と円環式气流乾燥機による分散作用により、複雑な汚泥付着対策構造が不要となる。これにより従来技術より機器点数が少なくなり、建設費や維持管理費の縮減が可能。
  - マイクロ波式の含水率計を採用することで、自動制御が可能となり省人化が可能。
- ② 有効利用の用途に応じて幅広い乾燥汚泥含水率の調整が可能
- 有効利用のニーズは汚泥の含水率幅が広いが、従来技術では適用できる含水率の領域が限定されてきた。本技術は熱風温度の調整だけで乾燥汚泥10～50%まで調整可能であり、様々な有効利用への適用が可能。

### ○ 実証研究に基づく評価(§13)

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 - 連続運転 - 24h自動制御により安定運転できること - 夜間無人運転	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。	-
	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) (車油、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	-	-	



### ○ 適用条件(§10(1))



### ○ 推奨条件(§10(2))

- ・脱水汚泥発生量が2t/日以上の処理場規模であること
- ・消化設備から発生する余剰消化ガスがあること
- ・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
- ・有効利用ユーザーの存在

技術名	評価項目	目標値	実証結果
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HS 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 汚泥貯留ホッパーでの安全性を確認	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 評価性事	ライフサイクルコスト低減	四季調質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。

左表：各試験項目の目標値と実証結果一覧

下表：各種汚泥での実証結果一覧

評価項目	処理場	単位	混合生汚泥	消化汚泥	OD汚泥 <sup>※1</sup>
			0.8	1.9	1.9
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 <sup>※2</sup>		L/t-ds	221	232	264
乾燥汚泥含水率		%	10～50	10～50	10～50

### 第3章 導入検討

- 導入検討方法
- 導入効果の検討例

#### 導入検討手順(§14)

- (1)基礎調査
- (2)導入効果の検討
- (3)導入判断

#### (1)基礎調査(§15)

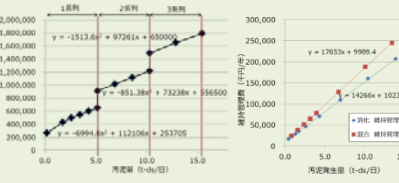
- ①関連計画：全体計画、整備計画など
- ②下水処理場の：汚泥量、性状、施設の情報調査 整備状況など
- ③有効利用先の：汚泥性状、ユーザーの情報調査 ニーズなど
- ④導入シナリオの策定

CASE	既設	既設	新設	備考
1	脱水機	脱水機	脱水機	既設機の稼働に合わせ、乾燥機側のシステムを導入する。
2	脱水機	脱水機	+	既設機の稼働に合わせ、乾燥機側のシステムを導入する。また、乾燥機側のシステムを導入する。
2	脱水機	脱水機	+	既設機の稼働に合わせ、乾燥機側のシステムを導入する。また、乾燥機側のシステムを導入する。
3	脱水機	脱水機	+	既設機の稼働に合わせ、乾燥機側のシステムを導入する。また、乾燥機側のシステムを導入する。
4	脱水機	脱水機	+	既設機の稼働に合わせ、乾燥機側のシステムを導入する。また、乾燥機側のシステムを導入する。

#### (2)導入効果の検討(§16)

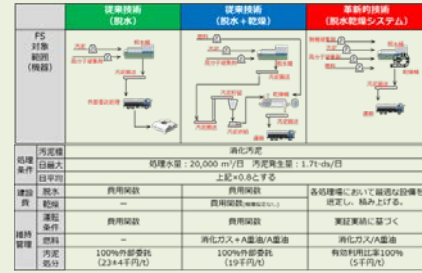
- ①コスト削減効果
- ②温室効果ガス排出量削減効果
- ③エネルギー消費量削減効果

→ ①導入コストは「建設費」「維持管理費」「汚泥処分費」を積算し、従来技術でのコストと比較することで効果を確認する。

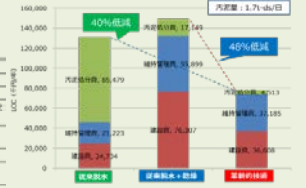


費用関数例(左:建設費、右:維持管理費)

- ②温室効果ガス排出量削減効果は「電力」「高分子凝集剤」「無機凝集剤」「重油(化石燃料)」の合計値より算定する。
- ③エネルギー消費量は「電力」「重油(化石燃料)」の合計値より算定する。



検討範囲例(左図)と検討結果例(下図)



#### (3)導入判断(§17)

◆導入効果が少ない、もしくは見込まれない場合は解決策について検討し、再検討を行うことが望ましい。

### 第4章 計画・設計

- 導入計画
- 設備設計

#### 導入計画手順(§18)

- (1)基本条件の設定
- (2)基本計算の実施
- (3)施設計画の検討
- (4)導入効果の検証

#### (1)基本条件の設定(§19)

- ①汚泥発生量の設定
- ②汚泥処理量の設定
- ③適用法令の確認
- ④その他の条件設定 (燃料の種類等の設定)

##### 本設備の設置に関する法規制

法規	対象機器	内容
消防法	熱風炉、燃料貯蔵槽、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、施設改造時(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	熱風炉能力 50kW以上(並置換算機)の場合、乾燥機について排出が必要
騒音規制法	送風機、空圧圧縮機	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	空圧圧縮機	電動機の定格が7.5kW以上のものがあれば届出が必要
燃気防止法	-	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

#### (2)基本計算の実施(§20)

- ①脱水設備周りの物質収支計算
- ②乾燥機周りの熱物収支計算
- ③基本計算の再検証

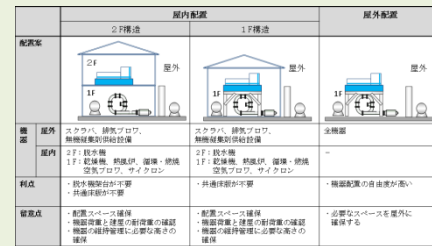
→ ①汚泥処理量や凝集剤注入率を設定し、脱水設備周りの物質収支を確認する  
 → ②乾燥設備への入口条件および出口条件を設定し、乾燥設備周りの熱収支、物質収支を確認する  
 → ③条件や設定値に変更がある場合など必要に応じて再検証を行う。特に①凝集剤の注入率を

#### (3)施設計画の検討(§21)

- ①配置計画
- ②機械設備の諸元設定
- ③既存設備の活用検討

→ 基本計算を基に機械設備の諸元や配置を設定する。また既存設備が本設備に流用できるか検討する。

##### 本設備の配置パターン



#### (4)導入効果の検証(§22)

- ①コストの削減効果
- ②温室効果ガス削減効果およびエネルギー利用効果の検討
- ③導入計画のとりまとめ

→ ①②第3章導入検討において試算した導入効果について、施設計画を基により精度の高い試算を行う。  
 → ③本技術の導入についての検討結果や認可設計図書などをとりまとめる。

#### (5)設備設計(§23)

◆脱水乾燥設備、脱水補機設備、乾燥補機設備について各機器の設計を行う。

### 第5章 維持管理

- 運転管理
- 保守管理
- 緊急時の対応

#### (1)運転管理方法(§27)

- ①計装フローと自動制御
- ②運転ブロックごとの制御
- ③タイムチャート

#### (2)運転管理項目(§28)

- ①濃度計、含水率計の

#### (3)保守点検(§29)

①日常点検：運転中に機器ごとに実施。下表に主要な項目を示す。

項目	実施頻度	実施内容
運転中の点検	毎日	運転中の点検、異常の検出
運転後の点検	毎日	運転後の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出

#### ②定期点検：長期的維持のため、設備停止中に実施。

項目	実施頻度	実施内容
運転中の点検	毎日	運転中の点検、異常の検出
運転後の点検	毎日	運転後の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出
点検項目	毎日	運転中の点検、異常の検出

#### (4)緊急時の対応(§30)

- ①停電発生時
- ②地震発生時
- ③脱水機側の重故障停止
- ④乾燥機側の重故障停止

## 第1章 実証研究結果

- 実証研究概要
- 実証目標と成果
- 実証結果
- システム制御に関する調査
- 汚泥有効利用に関する調査

研究名称：脱水汚泥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証研究

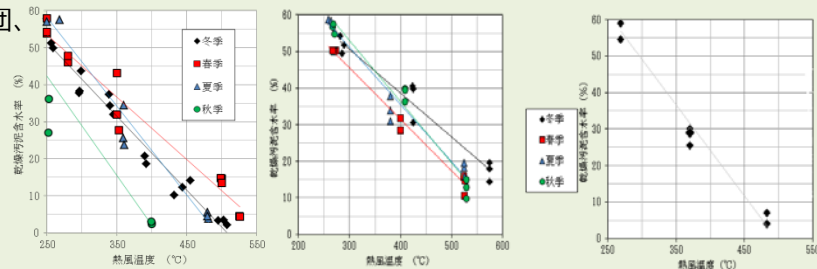
実施場所：鹿沼市黒川終末処理場

実施者：月島機械、サンエコサマル、日本下水道事業団、鹿沼市、鹿沼市農業公社共同研究体

実施期間：平成28～29年度

○四季調査結果

消化汚泥および混合生汚泥において、熱風温度を250～550℃の間で調整することで、乾燥汚泥は含水率10～50%に調整することが可能であった。



熱風温度と乾燥汚泥含水率との関係  
(左：消化汚泥、中央：混合生汚泥、右：OD汚泥)

### 黒川終末処理場の施設概要

項目	内容
処理場名	鹿沼市黒川終末処理場
供用開始	昭和51年6月1日
現有水処理能力	34,000m <sup>3</sup> /日 (日最大)
流入水量実績	29,260m <sup>3</sup> /日 (日平均) (H28.3末現在)
水処理方式	標準活性汚泥法
汚泥処理方式	分離濃縮→脱水→外部委託処分

### 実証設備使用一覧

設備、性能項目	設定値	
	消化汚泥	混合生汚泥
対象汚泥	消化汚泥	混合生汚泥
汚泥処理量	4.2m <sup>3</sup> /h	2.1m <sup>3</sup> /h
無機凝集剤注入率	～30%	～20%
高分子凝集剤注入率	1.9～3.1%	1.0%
脱水汚泥含水率	77～81%	74～76%
SS回収率	95%以上	95%以上
熱風条件	200～500℃	200～550℃
脱水汚泥処理量	340kg-wet/h	286kg-wet/h
乾燥汚泥含水率	10～50%	10～50%

○システム制御

消化汚泥および混合生汚泥いずれにおいても、乾燥汚泥含水率を30%と設定した場合、24時間での平均値は30±5%で運転することが可能であった。

○汚泥有効利用に関する調査

【肥料化】

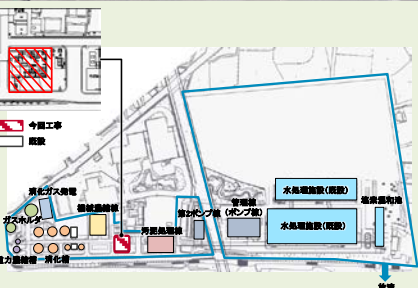
・汚泥性状分析、肥効試験、コンポスト試験を実施。肥効試験は無機化試験後、コマツナをポットで試験栽培し、化成肥料と同等の収穫量となる施肥量を確認。また、実圃場にて大豆の栽培試験を実施。

・コンポスト試験を行った。米ぬか、オガクズ、もみがらを混合して実施。コマツナの幼植物栽培試験にて13mm未満にふるいをかけた堆肥が問題ないことを確認した。

【燃料化】分析による燃料性評価だけでなく、安全性や搬送面において試験を実施した。



実証設備の全景



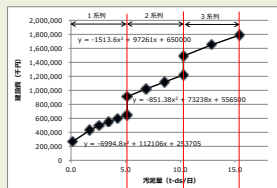
## 第2章 ケーススタディ

- 費用関数条件設定
- 費用関数について
- ケーススタディ例

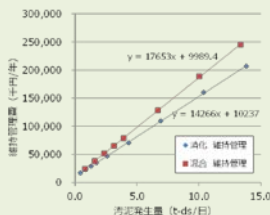
(1)費用関数の設定

- ①対象処理場条件
- ②試算条件：建設費、維持管理費、汚泥処分費について実証研究結果を基に設定。

汚泥種	混合生汚泥	消化汚泥
水処理方式	標準活性汚泥法	標準活性汚泥法
汚泥濃縮方式	分離機械濃縮	分離機械濃縮
汚泥処理方式	脱水	消化→脱水
汚泥量 t-dw/日	最大	0.2～15.7
	日平均	上記×0.8
汚泥量 t-dw/日	最大	0.3～13.0
	日平均	上記×0.8



### 費用関数 (建設費)



### 費用関数 (維持管理費)

(2)ケーススタディ例

- ①対象処理場条件
- ②検討結果  
(大規模処理場、肥料の利用期間が限られている場合等)

### 対象処理場条件

処理水量 m <sup>3</sup> /日	最大	80,000～160,000	42,500～85,000
	日平均	64,000～128,000	34,000～68,000
水処理方式		標準活性汚泥法	標準活性汚泥法
汚泥濃縮方式		分離機械濃縮	分離機械濃縮
汚泥処理方式		分離機械濃縮→脱水→脱水	分離機械濃縮→脱水
汚泥量 t-dw/日	最大	8.6～17.3	8.4～16.8
	日平均	6.9～13.8	6.7～13.4

### 各種単価の設定

汚泥種	単価	
汚泥処分費	外部委託	焼却灰：18,000円/t、省資源料：0円/t
	有効利用	堆肥：7,000円/t、乾燥汚泥：5,000円/t (輸送費)
薬品費	高分子	1,000円/kg
	凝集剤	88円/kg
電力	電力	15円/kWh
	燃料	消化ガス：3,000円、重油：21円/t

大規模処理場における従来乾燥、従来焼却技術との比較

### 肥料利用が4ヶ月の場合

項目	従来乾燥	革新的技術
処理水量	最大 60,000m <sup>3</sup> /日 (平均 48,000m <sup>3</sup> /日)	
汚泥量	30t-wet/日 (現状脱水汚泥量) (5.1t-dw/日)	
乾燥汚泥含水率	30% (肥料)	30% (肥料) と 20%未満 (肥料)
有効利用期間	4ヵ月 (春・秋)	1年 (春・夏・秋・冬、肥料4ヵ月)
有効利用単価	5,000円/t	
乾燥処理費	19,000円/t	
汚泥処分費	7.4t/dw × 120日 × 5,000円/t + 7.4t-wet/d × 120日 × 5,000円/t = 38,880千円/年	7.4t-wet/d × 120日 × 5,000円/t + 4.5t/dw × 245日 × 5,000円/t = 12,405千円/年
その他維持管理費	147,200千円/年	86,918千円/年
総費	218,117千円/年	80,378千円/年
LCC	386,264千円/年	176,700千円/年
削減率	—	55%

### 肥料利用が8ヶ月の場合

項目	従来乾燥	革新的技術
処理水量	最大 60,000m <sup>3</sup> /日 (平均 48,000m <sup>3</sup> /日)	
汚泥量	30t-wet/日 (現状脱水汚泥量) (5.1t-dw/日)	
乾燥汚泥含水率	30% (肥料)	30% (肥料) と 20%未満 (肥料)
有効利用期間	4ヵ月 (春・秋)	1年 (春・夏・秋・冬、肥料4ヵ月)
有効利用単価	5,000円/t	
乾燥処理費	19,000円/t	
汚泥処分費	7.4t/dw × 240日 × 5,000円/t + 7.4t-wet/d × 120日 × 5,000円/t = 46,560千円/年	7.4t-wet/d × 240日 × 5,000円/t + 4.5t/dw × 125日 × 5,000円/t = 26,425千円/年
その他維持管理費	147,200千円/年	86,918千円/年
総費	218,117千円/年	80,378千円/年
LCC	386,832千円/年	180,240千円/年
削減率	—	55%