

本編

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大幅なコスト縮減や省エネルギー・創エネルギー効果の増大に寄与するため、革新的技術の「温室効果ガスを排出しない次世代型下水汚泥固形燃料化技術」(以下、本技術とする)について、実証研究の成果をふまえて技術的事項を明らかにし、導入の促進に資する。
- ◆地方公共団体等の下水道事業者が本技術の導入を検討する際に参考にできるように、技術の概要と評価、導入検討、計画・設計、維持管理等に關する技術的事項についてとりまとめている。

技術の概要・特徴を把握

第2章 技術の概要

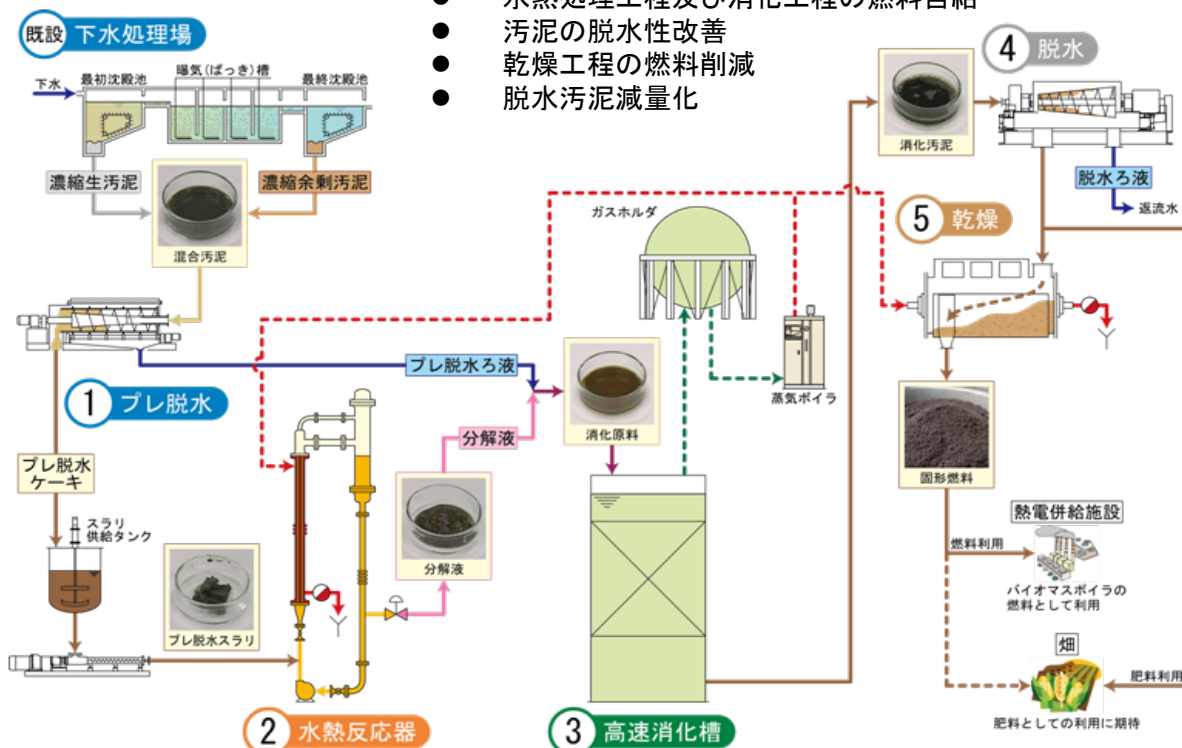
- 技術の目的
- 技術の概要・特徴
- 技術の適用条件
- 技術の評価結果

○技術の目的(§5)

水熱処理と担体式高速消化槽の組み合わせにより消化槽滞留時間の低減することで消化ガスへの効率的な転換とプロセス利用を図り、これにより低コスト、省エネルギーで固形燃料を製造することで、下水汚泥の保有エネルギーの利用拡大および温室効果ガス排出量の削減を図るものである。

○技術の概要・特徴(§6~§7)

- 水熱処理技術による消化促進
- 水熱処理工程及び消化工程の燃料自給
- 汚泥の脱水性改善
- 乾燥工程の燃料削減
- 脱水汚泥減量化



システム全体のフロー

本技術の工程・設備構成

- ① プレ脱水工程(§8) 温度含水率調整
- ② 水熱処理工程(§9) 加水分解による可溶化
- ③ 消化工程(§10) 高速消化
- ④ 脱水工程(§11) 脱水汚泥の減量化
- ⑤ 乾燥工程(§12) 固形燃料製造
- ・ 熱源設備(§13) 主燃料は消化ガス

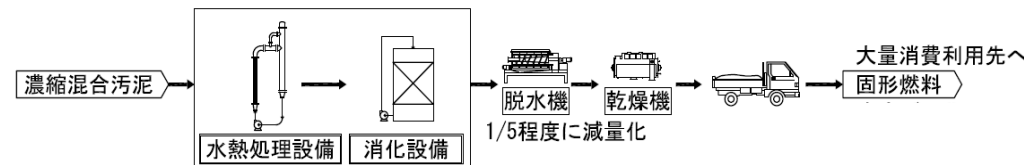
○技術の適用条件(§14~§15)

濃縮汚泥を処理する下水処理場への導入を基本

本技術の導入により期待できる効果の具体例

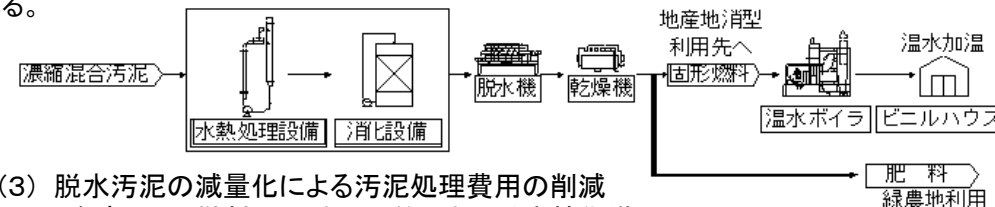
(1) 固形燃料の大規模利用事業所における利用(実証試験モデル)

濃縮汚泥から固形燃料を製造して、の固形燃料利用先(石炭火力発電所、バイオマス発電施設等)へ供給する。有価物へと転換させることで汚泥処分費の縮減が見込まれる。熱源を消化ガスにより賄うこと、脱水汚泥の含水率低減から、汚泥固形燃料化に係る燃料使用量の削減、温室効果ガス排出量、コスト縮減が期待される。



(2) 固形燃料の緑農地等地域における利用(農業ハウス熱源、肥料としての活用)

固形燃料そのものを肥料としての利用、農業ハウスの温水ボイラの熱源など多様な用途に活用し、地域における継続的な利用を図る。有価物へと転換させることで汚泥処分費の縮減と共に、熱源を消化ガスにより賄うこと、脱水汚泥の含水率低減から、汚泥固形燃料化に係る燃料使用量の削減、温室効果ガス排出量、コスト縮減が期待される。



(3) 脱水汚泥の減量化による汚泥処理費用の削減  
(参考: 固形燃料化以外の目的における本技術導入)

○技術の評価結果(§16~§17)

評価項目	評価結果
(1)コスト (建設, 維持管理, ライフサイクル)	汚泥を固形燃料として外部利用する場合(導入シナリオ例1)について、研究成果を基に処理規模DS 2.8t/日, 7.0t/日および24t/日で試算し、費用関数を得た。
(2)温室効果ガス排出量(GHG)	
(3)エネルギー消費量	
(4)その他(個別項目)	
・エネルギー回収量	実証期間消化ガス発生量 0.48m <sup>3</sup> /kg-VS, 平均メタン濃度 62.1%
・固形分の分解率	水熱処理前後のVSS分解率 24.2~32.9%, 消化後VSS分解率 66.4%
・脱水性	脱水汚泥平均含水率 66.2%
・固形燃料燃焼性, 安全性, 臭気評価	発熱量 9.8MJ/kg-wet保有(40%含水時) 安全性, 臭気評価は他の再生資源燃料と同等

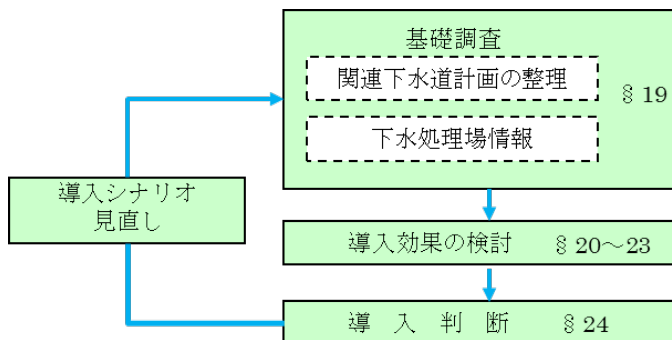
# 導入効果の把握

## 第3章 導入検討

- 導入検討手順
- 基礎調査
- 導入効果の検討例

### ○導入検討手順(§18)

導入の目的を明確にした後、導入効果の概略試算、導入範囲および事業形態等を含めた導入判断を行う。



### ○基礎調査(§19)

関連下水道計画、下水道施設や地域のバイオマス利用の現状を把握。また、固形燃料等の利用先についても調査を行う。

### ○導入効果の検討(§20~23)

コスト、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量を算定

### ○導入判定(§24)

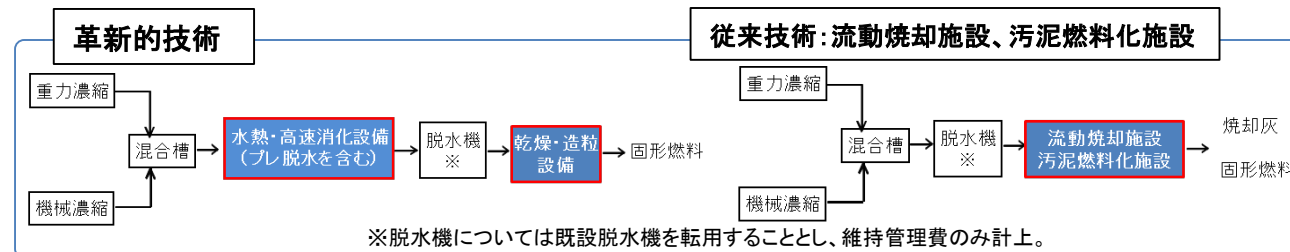
コスト、温室効果ガス排出量及びエネルギー消費量等を従来技術と比較し、総合的に本技術の導入判定を行う。導入効果が見込めないと判断された場合は、導入シナリオを見直したうえで、再検討を行う。

## ○導入効果の検討例(§25)

試算に必要な条件を設定し、革新的技術と従来技術(流動焼却炉、汚泥燃料化施設)と比較。評価対象規模は、発生濃縮汚泥200 m<sup>3</sup>/日(7 t-DS/日)および690 m<sup>3</sup>/日(24 t-DS/日)。

### 試算方法

- ◇コストの削減：建設、維持管理、運搬・処分・販売、解体廃棄
- ◇エネルギー消費量：汚泥処理時の電力、燃料、薬品、運搬、燃料利用時の化石燃料代替効果
- ◇温室効果ガス排出量：エネルギー消費量に加え汚泥処理時のN<sub>2</sub>O排出量



\*脱水機については既設脱水機を転用することとし、維持管理費のみ計上。

### ○建設費

	7t-DS/日		24t-DS/日	
	建設コスト(百万円/年)	縮減率	建設コスト(百万円/年)	縮減率
革新	1,545	-	3,025	-
焼却	2,601	41%	5,093	41%
燃料化	1,613	4%	3,032	0%

### ○維持管理費

	7t-DS/日			24t-DS/日		
	項目	維持管理コスト(百万円/年)	縮減率	項目	維持管理コスト(百万円/年)	縮減率
革新的技術	主施設	144	-	主施設	302	-
	既設脱水	41		既設脱水	96	
流動焼却施設	主施設	144	14%	主施設	330	16%
	既設脱水	70		既設脱水	145	
汚泥燃料化施設	主施設	154	17%	主施設	295	10%
	既設脱水	70		既設脱水	145	

### ○ライフサイクルコスト

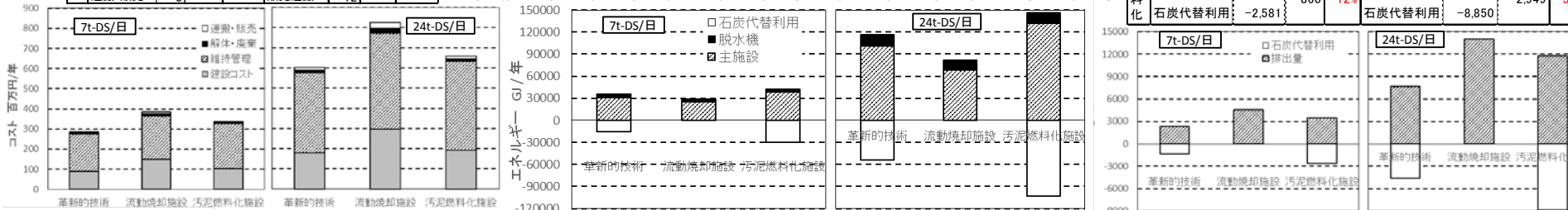
	7t-DS/日			24t-DS/日		
	建設コスト	維持管理コスト	縮減率	建設コスト	維持管理コスト	縮減率
革新	建設コスト	90	-	建設コスト	178	-
	維持管理	185		維持管理	398	
	解体・廃棄	7		解体・廃棄	14	
	運搬	3		運搬	12	
焼却	建設コスト	149	25%	建設コスト	297	27%
	維持管理	214		維持管理	475	
	解体・廃棄	12		解体・廃棄	23	
	灰処分輸送	9		灰処分輸送	30	
燃料化	建設コスト	102	15%	建設コスト	191	9%
	維持管理	224		維持管理	440	
	解体・廃棄	8		解体・廃棄	15	
	運搬・販売	3		運搬・販売	12	

### ○エネルギー消費量

	7t-DS/日				24t-DS/日			
	エネルギー消費量 GJ/年	場内縮減率	石炭代替利用 GJ/年	事業全体縮減率	エネルギー消費量 GJ/年	場内縮減率	石炭代替利用 GJ/年	事業全体縮減率
革新	革新	30,324	-	-	革新	101,245	-	-
	脱水	4,863			脱水	15,189		
焼却	焼却	25,201	-21%	-	焼却	68,237	-42%	-
	脱水	3,994			脱水	13,695		
燃料化	燃料化	38,551	18%	-	燃料化	132,174	20%	-
	脱水	3,994			脱水	13,695		

### ○温室効果ガス排出量

	7t-DS/日			24t-DS/日		
	温室効果ガス排出量 t-CO <sub>2</sub> /年	縮減率	石炭代替利用 t-CO <sub>2</sub> /年	温室効果ガス排出量 t-CO <sub>2</sub> /年	縮減率	石炭代替利用 t-CO <sub>2</sub> /年
革新	場内排出量	2,306	-	場内排出量	7,715	-
	石炭代替利用	-1,346		石炭代替利用	-4,615	
焼却	排出量	4,552	79%	排出量	14,037	78%
	石炭代替利用	-		石炭代替利用	-	
燃料化	排出量	3,441	-12%	排出量	11,799	-5%
	石炭代替利用	-2,581		石炭代替利用	-8,850	



導入可能性を判断のうえ、導入に向けた具体的な検討に進む

## 第4章 計画・設計

### 基本条件の抽出

- §28 基本条件の抽出
- ・処理量(濃縮生汚泥、濃縮余剰汚泥)の設定
  - ・汚泥性状の設定(TS, SS, VS, VSS)
  - ・設計気象条件の設定(気温、降雪量)
  - ・公害防止条約の設定

### 基本設計

- §29 基本フローの策定
- §30 物質収支・熱収支の算出
- §31 化工設計
- §32 機器仕様の策定
- §33 配置の検討
- §34 処理場全体プロセスへの影響検討
- §35 適用法令の確認

### 導入効果の検証 §36

- 建設コスト縮減率検証
  - 維持管理コスト縮減率検証
  - ライフサイクルコスト縮減率検証
  - 温室効果ガス排出量縮減率検証
- 設計を踏まえ、コスト、エネルギー、温室効果ガス排出量について想定した効果が得られるかどうかを検証する。

NO

YES

### 導入計画の取りまとめ

本技術の導入についての検討結果を取りまとめ、設計図書を作成する。導入計画書は、検討段階において、基礎調査に基づいて施設計画の検討を行った結果に加え、導入効果の検証結果を含めて取りまとめる。

## 第5章 維持管理

### ○水熱反応設備の維持管理(§37~38)

- (1) 運転方法・監理  
水熱反応器のうち1台は予備器とする。10日1回水置換運転により洗浄し、ローテーション運転する。

【運転管理項目】  
プレ脱水機: 流量、温度、含水率、固形分回収率等  
水熱反応器: 流量、圧力、温度、伝熱係数等

- (2) 保守点検  
法点検 : 水熱反応器を1回/年点検  
定期計画保全: 個別機器毎に交換周期や清掃整備周期設定  
日常点検 : 潤滑油やグリスの給油・給脂, 異常兆候(微少漏れ, 異音, 振動)

### ○消化設備の維持管理(§39~40)

- (1) 運転管理  
消化原料投入量、温度、pHが管理する。管理項目やガス発生量に異常がある場合、低負荷運転、微量金属の添加等の対応をする。

- (2) 保守点検  
定期計画保全: 同左  
汚泥流出配管は冗長化により配管切替清掃可能  
日常点検 : 同左

### ○固形燃料化設備の維持管理(§41~42)

- (1) 運転管理  
運転管理項目は脱水汚泥切出し量、加熱蒸気圧力、乾燥機内部温度、含水率。目標値との解離がある場合は、点検を行い、ダストによる配管閉塞等の原因を除去

- (2) 保守点検  
同左

### ○災害時の対応・対策(§43)

- (1) 固形燃料保管時の発火防止  
発熱特性を踏まえた適切な管理(貯蔵時の温度管理、貯蔵期間)、消防との協議を踏まえた適切な対策
- (2) 火災・爆発  
燃性検知器の設置(LPG用, メタン用), 常時強制換気
- (3) 熱傷
- (4) 薬傷
- (5) ガス中毒, 酸素欠乏



○実証試験の概要

研究名称：温室効果ガスを排出しない次世代型下水汚泥固形燃料化技術実証研究  
 実施者：三菱長崎機工株式会社・長崎市・長崎総合科学大学  
 実施場所：長崎県長崎市東部下水処理場  
 実施期間：平成24年6月～平成26年3月  
 実証規模：濃縮汚泥79 m<sup>3</sup>/日 (2370 m<sup>3</sup>/月)  
 実施目的：水熱反応技術および高速消化槽を用いて固形燃料を製造し、大幅なコスト削減や省エネルギー・創エネルギー効果等に関する実証研究を実施

○年間の運転結果

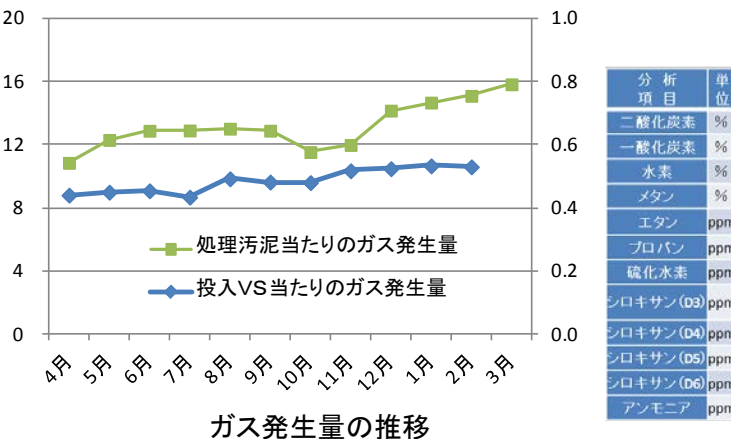
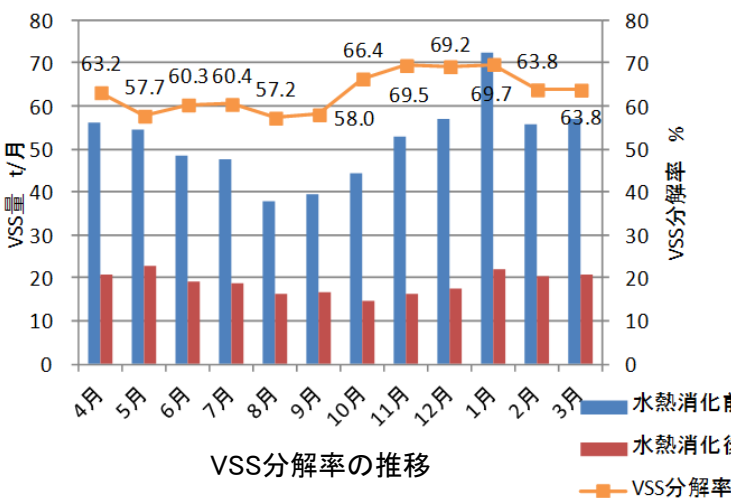
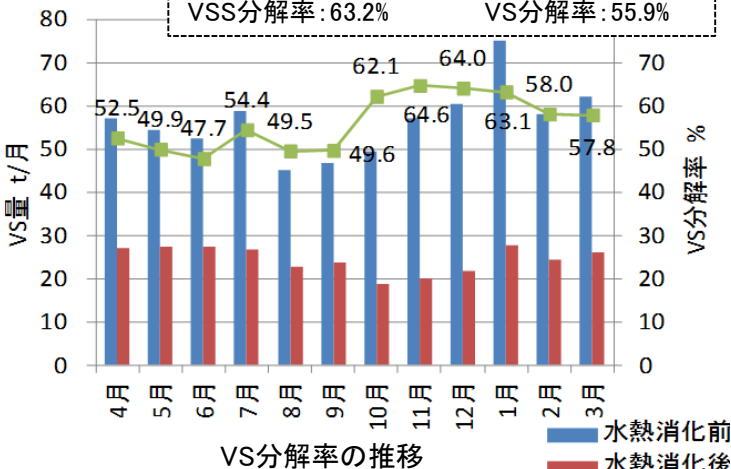
平成25年度は4回の改造工事による停止(14日)と馴養(38日)を行い定格稼働日数は313日/年であった。実証期間である平成25年度のデータのうち、施設トラブルの影響が少ない実証期間として、夏(7/11～8/10)、秋(10/25～11/24)、冬(12/25～1/24)のデータを主に用いた。トラブルなく安定運転している平成26年度のデータも参考記載した(年間停止期間5日)。



実証施設外観

1. 水熱処理・消化工程

消化日数：6日 ガス発生量：0.48m<sup>3</sup>/Kg-VS  
 VSS分解率：63.2% VS分解率：55.9%

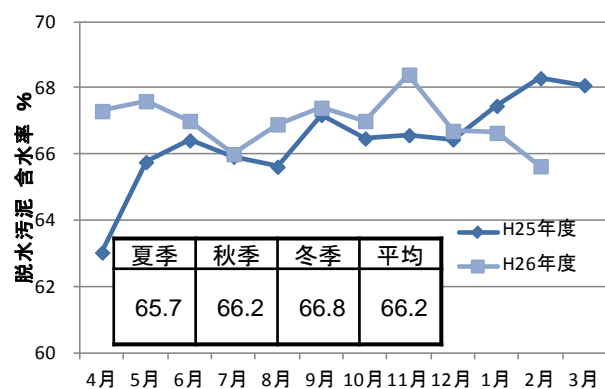


分析項目	単位	分析結果
二酸化炭素	%	39.4
一酸化炭素	%	0.1 未満
水素	%	0.1 未満
メタン	%	60.6
エタン	ppm	1
プロパン	ppm	1 未満
硫化水素	ppm	690
シロキサン(O3)	ppm	0.01 未満
シロキサン(O4)	ppm	0.13
シロキサン(O5)	ppm	1.3
シロキサン(O6)	ppm	0.03
アンモニア	ppm	2.4

2. 固形燃料化工程

(1) 脱水工程

・脱水汚泥含水率 含水率66～68%で推移。



・脱水汚泥の性状

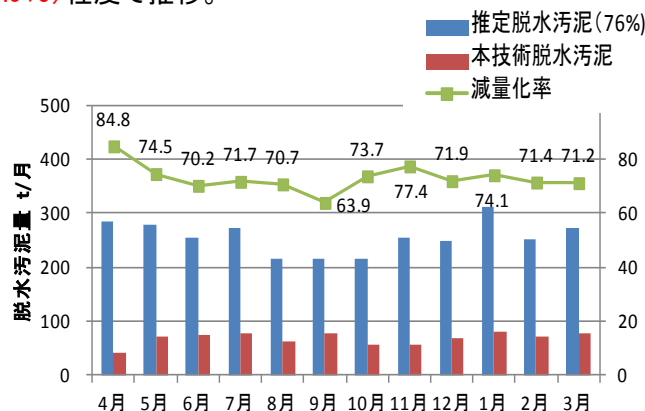
混合濃縮汚泥を脱水汚泥した汚泥は粘土状であるのに対し、本技術の脱水汚泥は砂状。



本技術の脱水汚泥(左)と従来脱水汚泥(右)

・汚泥減量化

混合濃縮汚泥を直接脱水した脱水汚泥量推定値と比較した。推定脱水汚泥量の70～75%(平均71.9%)程度で推移。



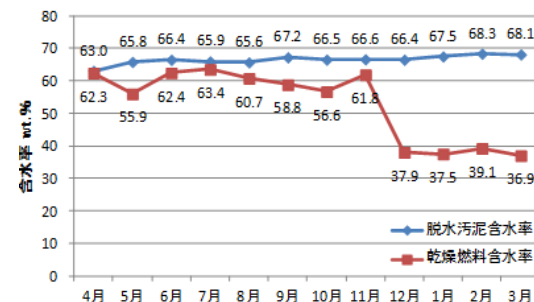
・脱水試験

実証に用いた遠心脱水機で混合汚泥を直接脱水した場合の含水率は80%程度、本技術脱水汚泥は65%程度 スクリュープレス脱水機でも同様に含水率低減効果を得た。

	処理流量 (m <sup>3</sup> /h)	汚泥濃度 (TS %)	ポリ鉄添加率 (TS %)	高分子添加率 (TS %)	含水率 (%)	固形分回収率 (SS %)
混合汚泥	2.4	2.9	4.3	0.44	79.2	97.1
	3.0	2.8	4.4	0.81	80.1	97.5
水熱消化汚泥	2.4	1.8	17.3	1.32	64.2	96.1
	3.0	1.5	17.4	1.67	66.2	98.8

(2) 乾燥工程

H25.12以降、安定的に連続して含水率40%の固形燃料を製造した。



(3) 固形燃料の性状

固形燃料のドライベースの発熱量は平均17.5 MJ/kg-dry、固形燃料の含水率は40%であり、9.8 MJ/kg-wetであった。

試料名	夏	秋	冬
灰分(%)	24.1	20.8	23.7
揮発分(%)	66.5	65.6	66.7
固定炭素(%)	8.9	10.4	8.4
高位発熱量 (MJ/kg-dry)	18.3	19.9	19.3
低位発熱量 (MJ/kg-dry)	17.0	18.5	18.0
低位発熱量 (MJ/kg-wet)	9.3	10.2	9.9

3. 排ガス処理

焼脱臭炉出口において、臭気はなく、特定臭気項目は下限規制値以下。

4. 脱水機の返流水による水処理系への影響

実証施設導入により、放流水のCOD、窒素、色度が上昇した。

5. エネルギー使用量

蒸気ボイラ(水熱処理・消化工程)における燃料の使用量について、12月以降はLPGをほとんど使用せず、発生消化ガスでほぼ賄った。本実証では焼脱臭炉の燃料にLPGを使用した。

