

# 調査・研究報告書

第16号

鋼板製消化タンクを用いた中温消化技術の開発に関する研究

令和3年3月

公益財団法人 千葉県下水道公社



# 鋼板製消化タンクを用いた 中温消化技術の開発に関する研究

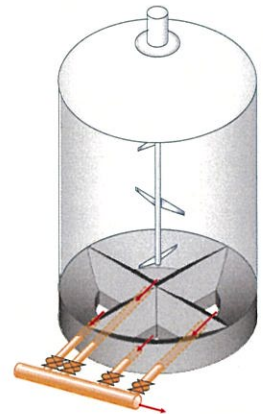
## 1. はじめに

下水道バイオマスの有効利用促進には、下水汚泥から直接バイオガスを回収可能な嫌気性消化法が期待されている。従来のコンクリート製消化タンク（以下「従来技術」とする）は建設コストや浚渫等の維持管理コストが高価であり、かつ躯体へ任意に監視装置・計装機器を取付けることが難しく消化タンク内の状況把握方法が限られるなどの課題がある。そこで筆者らは、従来技術の課題を解決する4分割ピット式鋼板製消化タンク（以下「本技術」とする）を開発し、1年にわたる実証試験を実施した。本発表では、実証試験の結果と、ライフサイクルコスト（以下「LCC」とする）および消費電力量の試算結果について報告する。

## 2. 技術の概要

本技術は鋼板製消化タンクと低動力型攪拌機を組み合わせ、タンク底部に4分割ピット構造を取り入れたものである。本技術の特徴を以下に示す。

- ①消化タンク本体に鋼板製を採用することで、建設コストの削減、現地工事期間の短縮および監視装置・計装機器の任意な取り付けが可能となる。
- ②低動力型攪拌機の採用により、省エネルギー化およびCO<sub>2</sub>排出量の低減が可能となる。
- ③4分割ピット構造（図-1）の採用により、堆積物の積極的な引抜きが可能で、浚渫量低減による維持管理費低減が可能となる。



## 3. 実証設備の概要

実証設備の消化タンクは有効容量を50m<sup>3</sup>とし、千葉県江戸川第二終末処理場内に設置して、場内で発生する混合生汚泥の投入から返送までを連続的に自動運転した。実証設備の外観を写真-1に、概略フローを図-2に、運転条件を表-1にそれぞれ示す。



写真-1 実証設備の外観

表-1 実証設備の運転条件

運転条件	
間接加熱方式(中温消化、37°C)	
消化日数	20日
定格投入汚泥量	2.5m <sup>3</sup> /日
VS 負荷	1~3kg-VS/m <sup>3</sup> /日

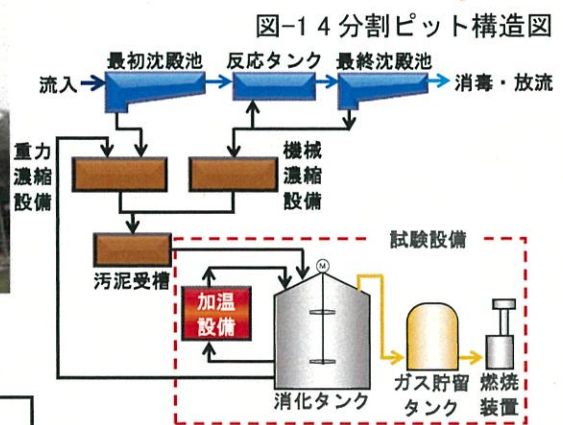


図-2 実証設備概略フロー

表-2 汚泥分析結果（四季平均値）

	投入汚泥	消化汚泥
pH	5.3	7.0
M 7ルカリ度 (mg/L)	400	2,400
TS[汚泥濃度] (%)	3.71	1.72
VS[有機分] (%)	88.5	78.2
繊維状物 100メッシュ (%)	35.8	3.8
有機酸 (mg/L)	1,600	80

## 4. 実証試験の結果

### 4. 1. 四季の性能確認

本技術が四季を通じて安定した消化性能となることを確認する

ため、千葉県内の別の終末処理場の消化汚泥を種汚泥として消化タンクを立上げ、1年間の連続運転を行い、その中で四季の性能確認を行った。投入汚泥と消化汚泥の四季平均での分析結果を表-2に示す。

性能確認項目は消化率、VS 分解率、ガス発生量とし、文献<sup>1)</sup>に記載の値を性能指標値として、その中間値を目標値に設定した。表-3 に性能確認結果を示す。性能確認項目は四季を通して性能指標値範囲内であり、四季平均で目標値を満足することが確認できた。

表-3 性能確認結果

項目	夏季	秋季	冬季	春季	四季平均	性能指標値	目標値 (四季平均)
消化率 %	55.9	56.4	51.2	48.5	53.1	40~60	50 以上
VS 分解率 %	60.6	61.5	56.0	57.3	59.0		
ガス発生量 Nm <sup>3</sup> /t-VS	530	516	467	513	507	400~600	500 以上

#### 4. 2. 堆積物の状況調査

4 分割ピット構造による浚渫量低減効果を確認するため、1 年間の実証試験の後に消化タンク内の汚泥を排出し、消化タンク底部に堆積している堆積物の確認・計量を行い（写真-2）、実際の堆積量（表-4）と文献より算出した従来技術の堆積量を比較して評価した。



写真-2 引抜口堆積状況

従来技術の堆積量は文献<sup>2)</sup>に記載の“砂の浚渫量の目安”から、濃縮汚泥濃度 3%以上・機械攪拌方式より、消化タンク容量の 12%を引用した。また、防食塗装の耐用年数である 10 年を浚渫の間隔と仮定し、実証試験での 1 年間の堆積量が毎年同量増加するとして以下の通り試算した。

表-4 堆積量測定結果

傾斜部堆積量 (wet-kg)	3.7
引抜ピット内汚泥重量 (wet-kg)	274.1

○従来技術の堆積量

$$= \text{消化タンク容量 } 50\text{m}^3 \times 12\% \times 10^3 = 6,000\text{kg}$$

○本技術の堆積量

$$= (\text{傾斜部堆積量} + \text{引抜ピット内汚泥}) \times \text{浚渫間隔}$$

$$= (3.7\text{kg} + 274.1\text{kg}) \times 10 \text{年} = 2,778\text{kg}$$

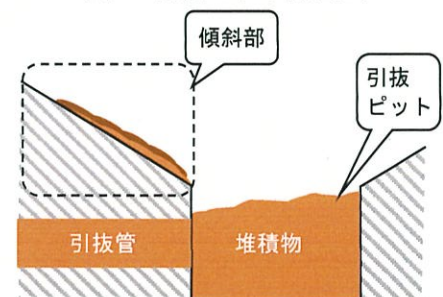
○従来技術に対する本技術の比率

$$= \text{本技術の堆積量} / \text{従来技術の堆積量} \times 100$$

$$= 2,778\text{kg} \div 6,000\text{kg} \times 100 = 46.3\%$$

試算の結果、従来技術に比べ本技術の堆積量は 50%以下となり、浚渫量の大幅な削減が期待できる結果となった。

図-3 引抜ピット断面図



#### 4. 3. 種汚泥無しでの消化立上げ試験

消化タンクを維持管理する上で、消化設備導入時や定期修繕時後の消化立上げを種汚泥無しで実施することも想定されるため、種汚泥無しでの消化立上げを行った。立上げ手順を以下に示す。

①江戸川第二終末処理場の余剰汚泥を用いて馴致した。(1 ヶ月程度)

⇒消化タンク内汚泥の pH、M アルカリ度が目安値（表-5）以上で安定した時点で馴致完了を判断した。

②混合生汚泥の投入を開始し、投入量を段階的に増加させた。

⇒投入開始から 75 日で定格投入量の 2.5m<sup>3</sup>/日に到達した。

③消化汚泥の性状および消化性能が目安値・性能指標値の範囲内で安定した時点で立上げ完了と判断した。

表-5 性能指標値と目安値

項目	単位	性能指標値および(目安値)
pH	-	(6.8~7.2)
M アルカリ度	mg/L	(1,500~5,000)
消化率	%	40~60
ガス発生量	m <sup>3</sup> /t-VS	400~600
メタン濃度	%	(60 程度)

消化立上げ期間中の pH、M アルカリ度、消化率、メタン濃度、ガス発生量の推移を図-4 と図-5 に示す。

一般的には、pH、M アルカリ度、有機酸、ガス発生量、メタン濃度を測定して投入汚泥量増加の判断をすることになっているが、有機酸は現場での測定が難しく時間がかかるため、現場で測定容易な pH、M アルカ

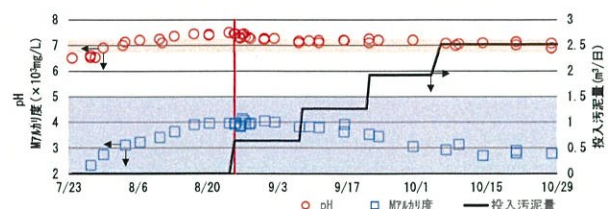


図-4 pH, M アルカリ度の推移

り度、ガス発生量、メタン濃度、消化率で消化状況を判断し、投入汚泥量を段階的に増加させ問題無く消化タンクの立上げが行えた。馴致開始から立上げ完了（性能指標が概ね目標範囲内で安定、消化汚泥性状・消化ガス性状が安定）までの期間は3か月程度となった。なお、投入汚泥量増加中の有機酸の分析結果は100mg/L程度で安定していることを確認した。

## 5. LCC、消費電力量の試算結果

### 5. 1. LCC 試算結果

消化タンクの容量ごとに、本技術が従来技術と比較してどの程度建設費とランニングコストを削減できるか試算した。なお、試算範囲を表-6の通りとし、従来技術は文献<sup>3)</sup>を用いて試算した。試算により、9~12%程度のLCC削減が可能(表-7)という結果が得られた。

### 5. 2. 消費電力量試算結果

国土交通省通達による「下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について」における性能指標値に適合するかの検証を行った。表-8に試算条件、表-9に試算結果をそれぞれ示す。

表-8 消費電力量の試算条件

運転条件	機器構成
中温消化(37℃) 消化日数 20 日	鋼板製消化タンク、消化タンク攪拌機 汚泥循環ポンプ、温水循環ポンプ 熱交換器、消化汚泥貯留タンク攪拌機 消化汚泥移送ポンプ

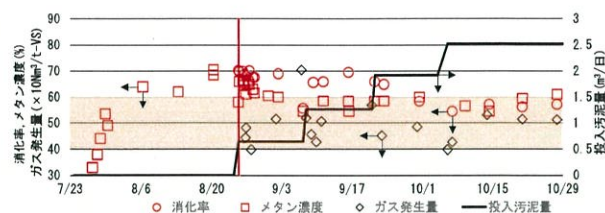


図-5 消化率, メタン濃度, ガス発生量の推移

表-6 LCC 試算範囲

	従来技術 (コンクリート製消化タンク)	本技術 (鋼板製消化タンク)
建設費	消化タンク本体・基礎 土木構造物	消化タンク本体・基礎
ランニング コスト	内面防食塗装(1回/10年) 浚渫費用 電力費(スクリー型攪拌機) 維持管理費	内面防食塗装(1回/10年) 浚渫費用(従来技術の50%) 電力費(低動力型攪拌機) 維持管理費

表-7 LCC 試算結果

タンク容量[m³]	2,000	4,000	6,000	9,000
本技術/従来技術	88%	89%	90%	91%

表-9 処理規模毎の消費電力量と性能指標値

日最大汚水量	[m³/日]	25,000	50,000	100,000
分解有機物量	[t-VS/日]	1.97	3.94	7.88
消化タンク容量	[m³]	3,000	5,000	5,000×2
消費電力量	[kWh/日]	346.5	739.4	1478.7
	[kWh/t-VS]	175.9	187.7	187.7
性能指標値	[kWh/t-VS]	280	280	270

各処理規模共に性能指標値以下の消費電力量となり、性能指標値に適合することが確認できた。

## 6. 結論

本技術を用いた実証試験および試算により、以下の結果を得た。

- ・本技術の消化性能は、四季を通じて安定して目標値を満足することが確認できた。
- ・消化タンク底部の4分割ピット構造による堆積物の積極的な引抜きにより、堆積量は従来技術(計算値)と比べ50%以下となった。
- ・種汚泥無しでの消化立上げにおいて、消化汚泥のpH、Mアルカリ度、消化ガスのメタン濃度、消化性能(消化率、ガス発生量)の推移を確認しつつ投入汚泥量を増加させることで、安定した立上げが確認できた。
- ・LCC 試算結果より、本技術は従来技術に対して9~12%程度のLCC削減が確認できた。
- ・消費電力量の試算結果より、本技術を導入することで性能指標値に適合することが確認できた。

### 【参考文献】

- 1) 下水処理場における地域バイオマス利活用マニュアル(2017年3月)国土交通省
- 2) 汚泥消化タンク改築・修繕 技術資料(2007年3月)日本下水道新技術機構
- 3) バイオソリッド利活用基本計画(下水汚泥処理総合計画)策定マニュアル(2004年3月)

日本下水道協会