

特殊な処理方式の小規模下水処理場における

直接脱水方式の検討事例

日本水工設計(株) 大阪支社 ○齋藤 智哉
篠原 元

I 市の下水処理場は、供用開始から 40 年以上が経過し、汚泥処理施設の老朽化が進行している。標準活性汚泥法の下水処理場において、本施設の規模（計画水量 8,750m³/日、計画処理人口約 10,000 人）における標準的な汚泥処理フローは「濃縮→脱水」であるが、本施設では「消化→脱水」が採用されている。汚泥処理フローの検討にあたり、現況を把握する中で、余剰汚泥濃度が一般値よりも高く、「直接脱水方式」の適用範囲に該当することを確認した。

そこで、本稿では、老朽化した汚泥処理施設の改築にあたり、施設の特徴を踏まえ、現況の施設規模に応じた汚泥処理方式を提案した事例を示す。

Key Words : 小規模下水処理場、汚泥処理方式の検討、直接脱水方式

1. はじめに

近年、多くの下水道施設では設備の老朽化が進行しており、大規模な改築更新時期を迎えている。また、人口減少に伴い、流入水量が当初計画より減少していることで、流入水量に対する施設規模との乖離がある状況である。本稿で紹介する I 市においても同様の課題を抱えており、特に汚泥処理設備の改築が急務である。ここでは、施設の特徴および現況の施設規模に応じた汚泥処理フローとして、直接脱水方式の検討事例について紹介する。

2. 処理施設の概要と特徴

本施設は、処理能力 12,800 m³/日、計画水量 8,750 m³/日（計画処理人口 約 10,000 人、下水道整備率 約 90%）の分流式の下水処理場である。水処理方式は、標準活性汚泥法であるが、最初沈殿池が存在しない。また、汚泥処理フローは、濃縮工程を省略し「消化→脱水」という特殊な処理方式となっている。

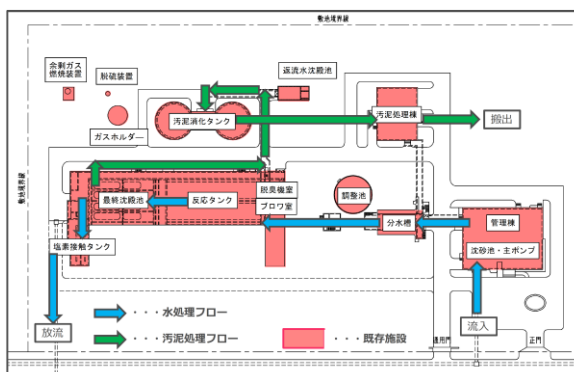


図-1 水・汚泥処理フロー

3. 現況の把握と設計諸元の整理

3-1 現況の把握

(1) 流入汚水量、流入・放流SS濃度

事業計画における日最大流入汚水量 8,750 m³/日に対し、5 ヶ年(H30~R4)における晴天日の日最大流入汚水量の平均値は 5,984 m³/日であり、近年、減少傾向にある。

また、流入 SS 濃度は、計画値 160 mg/L に対し、平均値 136 mg/L、放流 SS 濃度は、目標値 30 mg/L に対し、平均値 1.4 mg/L である。放流 SS 濃度の平均値が目標値を下回っていることから、良好な処理を行っていると考えられる。

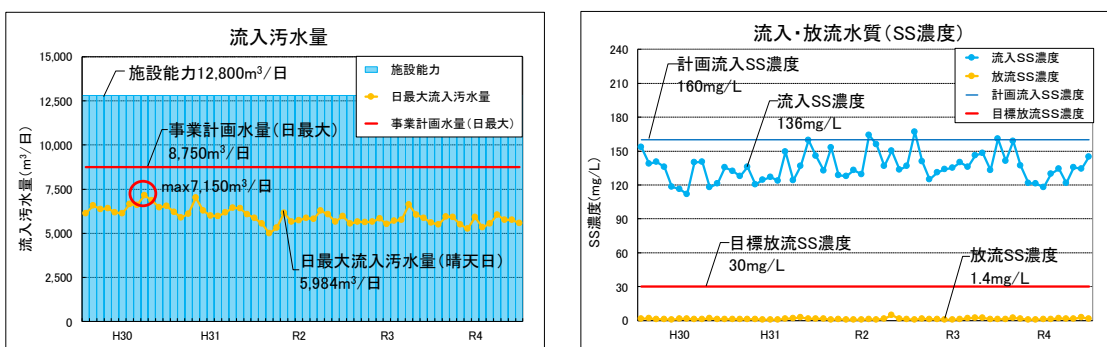


図-2 流入汚水量と流入・放流SS濃度

(2) 余剰汚泥濃度、脱水ケーキ量

余剰汚泥濃度は、年間を通して変動が見受けられるが、5 ヶ年の平均値は 0.9%と、計画値 0.8%と同等であり、一般的な汚泥濃度 0.5%に比べると高い値となっている。

脱水ケーキ量は計画値の 4.1t/日に対し、5 ヶ年の平均値は 1.1t/日であり、計画値よりも大幅に少ない状況である。要因としては、流入水量・流入 SS 濃度が計画値よりも低いことが挙げられる。ただし、流入水量・流入 SS 濃度に比べて、脱水ケーキ量における計画値と実績値の乖離が大きいため、別の要因も関与していると考えられる。具体的には、水処理施設の能力に余裕があり、反応タンクの実滞留時間が標準値である 6~8 時間に対して約 18 時間と長いため、微生物の自己分解が進み、脱水ケーキ量が減少していると推測できる。

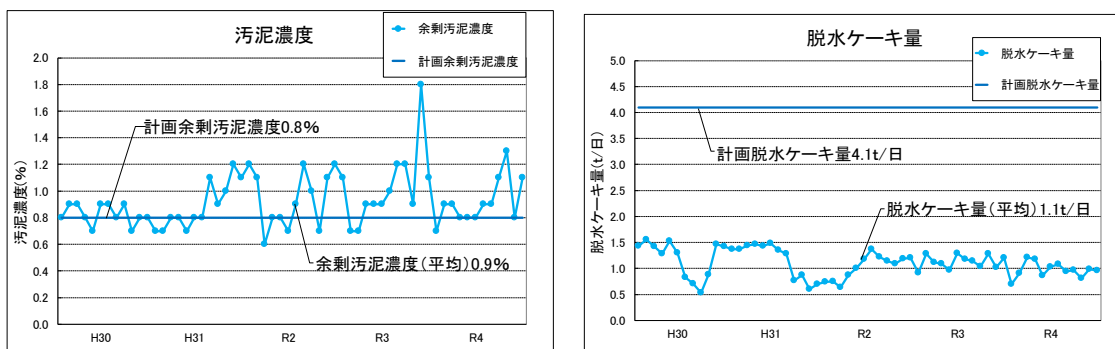


図-3 余剰汚泥濃度と脱水ケーキ量

3-2 実績データと設計諸元のまとめ

実績データのまとめとして、本施設の特徴を下記に、設計諸元値を表-1に示す。

- ・本施設の特徴として、余剰汚泥濃度の実績値が 0.9%であり、一般的な汚泥濃度 0.5%と比べると高い値となっている。この要因として、通常は最初沈殿池で除去される沈降性の高い浮遊物質(SS)が最終沈殿池で除去されているためと考えられる。
- ・なお、本設計における余剰汚泥濃度は、脱水機として条件が厳しくなる計画値 0.8%を採用した。

表-1 設計諸元値のまとめ

項目	単位	計画値	実績値	指針値※	採用値	備考
1. 水処理						
(1) 流入水量	m ³ /日	<u>8,750</u>	5,984	—	8,750	計画値を採用
(2) 流入SS	mg/L	<u>160</u>	136	—	160	計画値を採用
(3) 余剰汚泥濃度	%	<u>0.8</u>	0.9	0.5~1.0	0.8	計画値を採用
(4) 余剰汚泥有機分率	%	70	<u>81</u>	—	81	実績値を採用
2. 汚泥処理						
(1) 脱水ケーキ含水率	%	83	83.3	—	84	脱水性能値を採用
(2) 脱水ケーキ量	m ³ /日	4.1	1.1	—	3.1	収支計算値を採用

※出典 『下水道施設計画・設計指針と解説 後編 2019年版』

4. 直接脱水方式の導入可能性調査

4-1 概要

汚泥処理フローの検討において、既設の汚泥処理方式である「消化→脱水」、本施設規模および標準活性汚泥法で一般的な「濃縮→脱水」の2ケースで検討する予定であった。一方で、本施設では余剰汚泥濃度の実績値が一般的な 0.5%程度に対し、0.9%と高い状況である。本来、処理工程が簡素化される「直接脱水方式」は、対象汚泥が低濃度(0.5%)かつ難脱水汚泥の余剰汚泥であるため、検討の対象外とするが、今回の条件においては、「直接脱水方式」の導入の可能性があると判断し、導入可能性調査を行うこととした。

4-2 導入可能性調査①(公的技術認証内容の確認)

直接脱水方式を導入する場合の脱水機として、圧入式スクリュプレス(SP)脱水機(IV型)を選定した。本脱水機は、日本下水道事業団の新技术I類に登録されており、技術概要としては、水処理施設より発生した汚泥について、濃縮施設を経ることなく、未濃縮の状態直接脱水する汚泥処理システムであり、処理工程を簡素化することを目的とした汚泥脱水機である。適用範囲は、混合生汚泥、かつ、汚泥濃度は0.6~1.0%であり、今回の条件においては、対象汚泥が余剰汚泥となるが、汚泥濃度は適用範囲内であり、混合生汚泥と類似していると判断し、簡易試験による脱水機の性能調査を実施した。

4-3 導入可能性調査②（簡易試験による性能調査）

簡易試験は、採取した汚泥と高分子凝集剤を容器内で手動攪拌し、生成された凝集汚泥を2枚のろ布に挟み込み、圧搾試験器でプレスすることで、脱水ケーキ含水率などを調査するものである。

表-2に簡易試験結果を踏まえた脱水機の性能を示すが、表-1で設定した設計諸元値において、脱水ケーキ含水率が84%（搬出先の制約条件85%以下）となることが確認できた。上記より、処理フローの選定においては、「直接脱水」を加えて検討を行った。

表-2 簡易試験結果を踏まえた脱水機の性能値

項目		直接脱水方式
		維持管理月報の汚泥性状
形式		圧入式SP脱水機（IV型）
汚泥性状	汚泥種類	最初沈殿池：無 全量余剰汚泥（未濃縮）
	汚泥濃度(TS)%	0.8（0.6~1.8）
	強熱減量VTS(%/TS)	81.1（56.9~87.8）
	繊維状物(100μm)(%/SS)	—
脱水性状	高分子凝集剤銘柄	既設薬品 #7686SCA7
	薬注率(%/TS)	1.9
	ケーキ含水率(%)	84
	処理量(kg-DS/h・φ300)	21
	固形物(SS)回収率(%)	90
選定結果	発生固形物量(kg-DS/日)	1230
	運転日数(日/週)	5
	運転時間(h/日)	6
	運転台数(台)	2
	選定スクリーン径	φ800
	実処理量(kg-DS/h・台)	181

5. 汚泥処理フローの選定

5-1 比較検討案と設備概要

汚泥処理フローの比較検討は、既設汚泥処理フロー「消化→脱水」、本施設の規模において、標準的な汚泥処理フロー「濃縮→脱水」に加え、簡易試験結果より、改築要件（ケーキ含水率85%以下）を満たす汚泥処理フロー「直接脱水」の3ケースとする。

表-3 各ケースにおける汚泥処理設備概要

項目	設備概要	
CASE1：消化→脱水 (既設)	【消化設備】 ・無加温、二段消化、機械攪拌	【脱水設備】 ・圧入式 SP 脱水機（Ⅲ型）
CASE2：濃縮→脱水 (消化廃止/濃縮新設)	【濃縮設備】 ・重力濃縮	【脱水設備】 ・圧入式 SP 脱水機（Ⅲ型）
CASE3：直接脱水 (消化廃止)	【脱水設備】 ・圧入式 SP 脱水機（IV型）	—

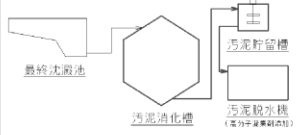
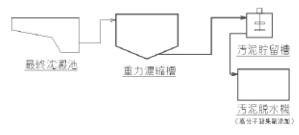

5-2 汚泥処理フローの比較と検討結果

表-3 で選定した汚泥処理フローについて比較検討を行った。表-4 の比較表より、CASE1 は消化工程により汚泥が減容化され、他ケースよりも脱水ケーキの処分量が少なくなるが、消化設備の更新にあたり改築要件である性能評価を満足しない可能性がある。それに対して、CASE3 は脱水ケーキの処分量が多いが、処理フローが簡素化されるため、維持管理性に優れており、改築要件も満足している。また、経済性(LCC)では各ケース同等である。

よって、総合的に評価点が高いCASE3：直接脱水を採用した。

ただし、CASE3 は前述のとおり、脱水ケーキ処分量が多いため、維持管理費が高価という課題がある。そこで、脱水ケーキ量を実績ベースとした場合の優位性について確認した。

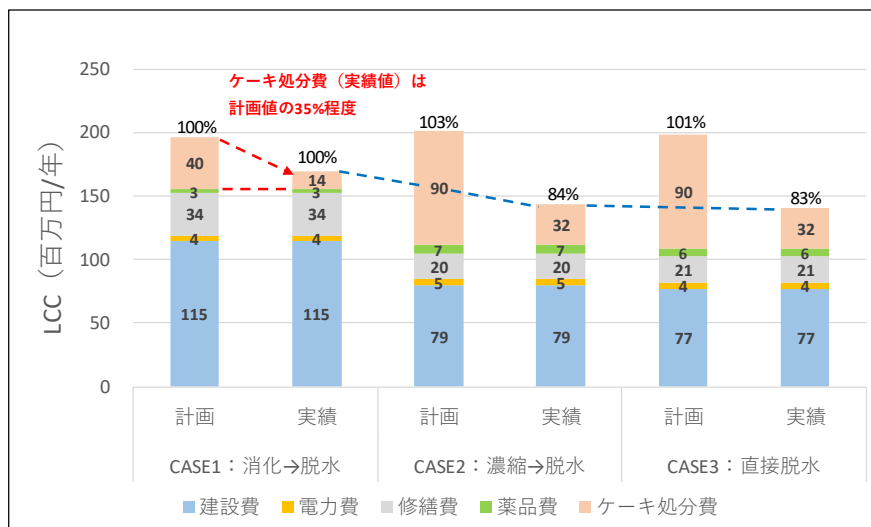
表-4 汚泥処理フローの比較表

	CASE1(現況) 消化(二段)→脱水	CASE2 重力濃縮→脱水	CASE3 直接脱水
1. 概略フロー			
2. 処理概要	現状と同じフロー。終沈から余剰汚泥を引き抜く。引き抜いた汚泥は消化工程を経て、脱水処理しケーキを場外搬出する。	終沈の余剰汚泥を引き、重力濃縮後、脱水処理しケーキを場外搬出する	終沈の余剰汚泥を引き、脱水処理しケーキを場外搬出する。
3. 維持管理性	消化設備は機器点数が多く、維持管理がやや煩雑となる。 △(1点)	機器点数が多い消化設備がないため、維持管理は現状よりも容易となる。 ○(2点)	最も機器点数が少なく、維持管理は最も容易となる。 ◎(3点)
4. 環境 (臭気・耐食性)	消化工程があるため、汚泥の臭気は比較的強く、現状においても臭気の問題は発生していない。 ○(2点)	消化工程がないため、ケース1と比べると、脱水汚泥の臭気が発生しやすく、硫化水素による機器の腐食も進行しやすいと考えられる。 △(1点)	左記同様 △(1点)
5. 汚泥ケーキ処分量	3.1 t/日 消化にて汚泥が減容化されるため、処分量は少ない。 ○(2点)	6.9 t/日 消化しないため、処分量は消化工程があるケースと比べて多い。 △(1点)	6.9 t/日 消化しないため、処分量は消化工程があるケースと比べて多い。 △(1点)
6. 経済性	建設費(千円/年) 114,569 (100) 維持管理費(千円/年) 81,400 (100) 合計 195,969 (100) ○(2点)	建設費(千円/年) 79,397 (69) 維持管理費(千円/年) 122,000 (150) 合計 201,397 (103) ○(2点)	建設費(千円/年) 76,893 (67) 維持管理費(千円/年) 121,600 (149) 合計 198,493 (101) ○(2点)
7. 改築要件 (性能指標・ ケーキ含水率)	本施設規模では、分解VS量当たりの消費電力が大きくなるのが考えられるため、改築要件である性能評価を満足しない可能性がある。 ケーキ含水率(80%)については搬出先の条件である85%以下を満足している。 △(1点)	消化設備がないため、性能評価の確認は不要である。 ケーキ含水率(84%)についても搬出先の条件である85%以下を満足している。 ◎(3点)	消化設備がないため、性能評価の確認は不要である。 ケーキ含水率(84%)についても搬出先の条件である85%以下を満足している。 ◎(3点)
8. 結論	機器点数が多いため、維持管理性は劣るが、臭気の抑制、ケーキ処分量の低減が図れる。 経済性はCASE3と比較すると、維持管理費は安価であるが、建設費が最も高価であるため、LCCは同等である。 消化槽の更新に際して、改築要件(性能評価)を満足しない可能性がある。 8点 △	CASE1より機器点数が少ないため、維持管理性は優れているが、臭気が発生しやすく、ケーキ処分量が多い。 経済性はCASE3と比較すると、建設費がやや高価であるが、維持管理費は同等であるため、LCCも同等である。 改築要件を満足している。 9点 ○	機器点数が少ないため、維持管理性は優れているが、臭気が発生しやすく、ケーキ処分量が多い。 経済性はケーキ処分量が多いため、維持管理費が高価であるが、建設費が安価であるため、LCCは同等である。 改築要件を満足している。 10点 ◎

5-3 実績との対比

表-1 のとおり、脱水ケーキ量は実績値と設計諸元値で乖離が生じており、実績値が設計諸元値の 35%程度となっているため、脱水ケーキ量のみ実績とした場合の経済比較を行った。計画ベースでは各ケース同等であったが、実績ベースでは図-4 に示すように CASE1 よりも CASE3 が安価（約 83%）であることが分かる。

よって、現況の処理状況および将来的に流入水量が減少していく可能性があることを考慮すると、経済性の観点においても優位性が確認された。



※棒グラフ上部の数値は、CASE1を100とした場合におけるLCCの比率である。

図-4 LCCの対比 (計画・実績ベース)

6. おわりに

本施設では、標準活性汚泥法を採用しながらも、最初沈殿池を設けず、汚泥処理においても濃縮工程を省略し、「消化→脱水」という特殊な処理方式を採用している。特に、実績として得られた余剰汚泥濃度が 0.9%と、一般的な 0.5%よりも濃度が高いことに着目し、施設規模が縮小している施設に対して、処理フローが簡素化でき、維持管理性の観点に優れている「直接脱水方式」の提案に繋がった。

一方で、消化工程を有する下水処理場では、消化工程を廃止することで、脱水ケーキ量が増加し、それに伴い脱水ケーキ処分費の高騰が課題となる。本事例においても、同様の課題が発生したが、小規模な下水処理場かつ流入 SS 濃度が低かったため、経済性(LCC)の観点からも優位性を確認することができた。

近年、多くの地域で人口減少に伴う流入水量の減少により、施設規模の縮小化（ダウンサイジング）が求められるケースが増加している。今後は、現状の処理能力や施設の特徴、将来計画（下水量の予測など）や更新計画を十分に把握した上で、既存の処理フローを前提とするのではなく、水処理・汚泥処理システムとしての見直しを提案していくことで、計画的かつ適切な施設の構築に繋がると考えられる。