

下水・し尿等共同処理による持続可能な汚水処理体制の検討事例

(株)三水コンサルタント 大阪支社 坪井昌宏

経営資源に限られる中で汚水処理事業を効率的に継続させる手法として、下水道施設の広域化・共同化実施が有効な手法とされている。

A 市では、豪雨に伴う土砂災害の影響により、し尿等の処理施設が供用不可となった。そこで、近隣の流域下水処理場にて共同処理を行うための計画を策定した。前処理したし尿等を流域下水処理場に投入した場合の影響を評価し、沈砂池投入にて水処理での共同処理が可能であることを検証した。A 市のし尿等を受け入れ、前処理する施設としてし尿等受入施設の実施設設計を行い、共同処理の実現による持続可能な汚水処理を可能とした。

Key Words : 共同化、し尿等受入施設、水処理投入

1. はじめに

汚水処理事業が抱える老朽化、人口減少、財政ひっ迫等への対応として、下水道施設の共同化・広域化の実施が有効とされている。

A 市では、汲み取りし尿、合併処理浄化槽汚泥、単独処理浄化槽汚泥（以下、「し尿等」という）を収集運搬し、し尿等処理施設にて生物処理していた。同施設は、老朽化に伴う更新や、搬入されるし尿等の減少を見込んだ施設への改築対応といった課題を抱えていた。

その中で豪雨に伴う土砂災害により、し尿処理施設内へのアクセスが不可能となったことで、し尿等処理施設の稼働が停止している状況である（図 1）。現状、A 市のし尿等については近隣市町村および流域下水処理場にて一時的に受け入れられているものの、受け入れ先処理場も改築更新時期を迎える中で、持続可能な汚水処理体制の整備が急がれている。

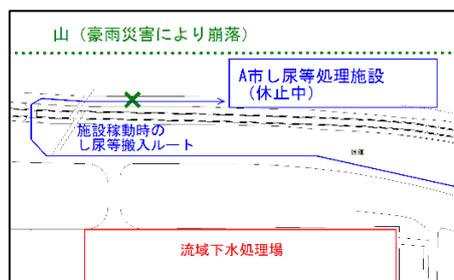


図 1 現況のし尿等処理施設位置

これらの経緯を受けて、A 市のし尿処理事業について、①計画汚水量の見直し・汚水共同処理方針の検討、②流域下水処理場での共同処理にかかる検討(A 市は流域関連市町村)、③し尿等受入施設の設計を行った。

2. 処理場概要、計画汚水量の見直し・汚水共同処理方針の検討について

(1) 処理場概要

流域下水処理場、既存の A 市し尿等処理施設(休止中)の概要は、表 1 の通りである。

表 1 処理場概要

流域下水処理場		A市し尿等処理施設（休止中）	
項目	内容	項目	内容
使用開始年月日	昭和61年	敷地面積	0.88ha
処理下水	分流汚水	竣工年月	昭和39年（設置） 平成11年（更新）
処理方式	標準活性汚泥法	処理方式	膜分離高負荷生物脱窒素処理方式
放流先	海域	処理能力	38m ³ /日
汚泥処理	濃縮→消化→脱水	放流先	海域
池数（既設/事業計画）	8池/12池		
既設処理能力	34,000m ³ /日		
計画1日	全体計画値 32,396m ³ /日		
最大汚水量	事業計画値 (R5年度) 32,370m ³ /日		
実績流入水量 (5か年のうち最大値)	30,510m ³ /日		

(2) 計画汚水量および性状について

市町村総合計画等の計画年度の令和 8 年度においては、上位計画や直近 5 か年の実績値より、し尿等収集人口やし尿等原単位の見直しを行った結果、計画汚水量は 36 m³/日（計画日最大汚水量：し尿 4 m³/日+浄化槽汚泥 32 m³/日）と算出された。それ以降は人口減少に合わせて、し尿等の量についても緩やかな減少傾向にある（図 2）。

また、し尿処理施設の稼働実績データおよび「汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領」を参考に、し尿、浄化槽汚泥の性状をとりまとめ、表 2 の通りとした。

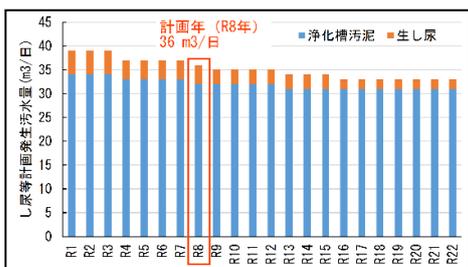


図 2 発生汚水量の予測

表 2 し尿、浄化槽汚泥の水質

項目	生し尿	浄化槽汚泥	混合後
BOD mg/L	5,126	2,317	2,629
SS mg/L	3,630	5,021	4,866
T-N mg/L	1,414	480	584
T-P mg/L	140	77	84

※実績5か年平均値に、汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領を参考に算出した除さによる性状値低減率を乗じて算出

(3) 汚水処理方針の検討

汚水処理方針としては、既設のし尿処理施設を継続利用するケースと、近傍の流域下水処理場（事業計画日最大汚水量 34,000 m³/日）で共同利用する 2 方針とし、以下の 3 案で比較検討を行った。（図 3）②案については、流域下水処理場内での用地取得が困難な場合にて、A 市内にて別途用地取得することを想定している。

- ①案：流域下水処理場の敷地内での施設整備による共同化
- ②案：A 市で取得した別用地に受入施設を整備し、流域下水道管を利用した共同化
- ③案：既存のし尿等処理施設を継続活用

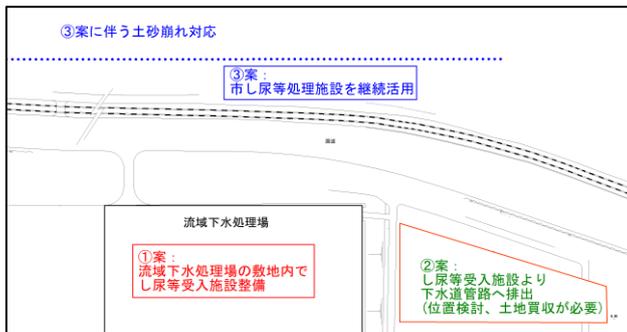


図 3 汚水処理方針ごとの概略配置図

検討の結果、最も経済的に有利となり、周辺環境への影響・災害リスクを最小限に抑えられる ①案：流域下水処理場内での受入施設整備による共同化 が優位と判断した(表 3)。

表 3 し尿等の共同処理方針比較表

項目	①案	②案	③案	
し尿受入施設の位置の評価	概要	流域下水処理場敷地に、A市のし尿等受入施設を整備し、下水処理場にて共同処理する。	A市内にし尿等受入施設を新設し、希釈のうえ下水管へ投入する。	現状のし尿等処理施設を再度整備し、処理する。
	収集運搬の効率性	○ 鉄道路切の経由が無くなる	◎ 市内中心地への整備により、現状と比べて効率的な整備が可能	△ 現状維持
	周辺環境への影響	○ 現状から変化がない	△ 施設周辺の臭気、運搬車両の往来等の影響が生じる	○ 現状と変化がない
	災害リスク	○ 土砂災害リスクの低減が可能	○ 土砂災害リスクの低減が可能	× 土砂災害再発のリスクが残る
	年間事業費	○ 132,000千円/年	△ 146,000千円/年	× 265,000千円/年
	費用項目	・A市し尿等受入施設 建設費 ・A市し尿等受入施設 維持管理費 ・流域下水処理場 維持管理費	・A市し尿等受入施設 建設費 ・し尿等希釈設備 建設費 ・A市し尿等受入施設 維持管理費 ・流域下水処理場 維持管理費	・A市し尿等処理施設 建設費 ・A市し尿等処理施設 維持管理費
	③案(現状)に対する事業費削減率	50.2%	44.9%	0%
	評価のまとめ	○ 事業費削減効果が最も大きい ○ 周辺環境への影響、災害リスクの面でも他案と比較して同等もしくは優位である。	△ 臭気、運搬車両の往来等により周辺環境への影響が生じる 希釈調整施設等が必要となり、建設費・維持管理費が高く、経済性に劣る。	× 整備にあたり被災箇所の復旧が必要であり、整備後も再発リスク低減が困難である。 施設整備費が他案と比較して工学であり、経済性に劣る。

3. 流域下水処理場での共同処理にかかる検討

(1) 投入先施設能力の確認

流域下水処理場は既設水処理能力 34,000 m³/日、流入実績値 30,510 m³/日であり、処理能力および現況処理量はし尿等投入量 36 m³/日に対して十分に大きい。そのため、水処理投入、汚泥処理投入のいずれの場合においても投入による影響は小さく、既存の施設での処理が十分可能な処理能力を有している。(表 4)

表 4 流域下水処理場の処理能力確認

項目	流域下水処理場						
	水処理施設			汚泥処理施設			
し尿等投入箇所	沈砂池(返流水管へ接続)			消化設備(濃縮汚泥貯留槽へ接続)			
現有処理能力	34,000(m ³ /日)			消化槽容量:9,300m ³ 脱水機ろ布幅:5.0m			
検討処理量	事業計画 日最大汚水量 32,370m ³ /日 処理量実績値 30,510m ³ /日						
し尿等投入量	36(m ³ /日)						
投入の影響	事業計画	初沈流入汚水量 (m ³ /d)	投入前	投入後	増分割合	投入後	増分割合
		初沈流入固形物量 (t/d)	32,370	32,406	0.1%	32,406	0.1%
	計画	消化投入汚泥量 (m ³ /d)	6.44	6.63	3.0%	6.45	0.2%
		消化投入固形物量 (t/d)	169	171	1.2%	205	21.3%
	実績	初沈流入汚水量 (m ³ /d)	5.06	5.12	1.2%	5.26	4.0%
		初沈流入固形物量 (t/d)	4.31	4.36	1.2%	4.48	4.0%
	実績	初沈流入汚水量 (m ³ /d)	30,510	30,546	0.1%	30,545	0.1%
		初沈流入固形物量 (t/d)	5.04	5.24	4.0%	5.05	0.2%
		消化投入汚泥量 (m ³ /d)	151	153	1.3%	187	23.8%
		消化投入固形物量 (t/d)	4.54	4.6	1.3%	4.74	4.4%
消化汚泥固形物量 (t/d)	3.87	3.92	1.3%	4.04	4.4%		
投入による影響評価	・送風量 必要風量は2%程度の増加であり、現有プロウ能力にて処理可能。			・消化日数 55日→45日(投入後)であり、計画値30日を確保可能 ・脱水 1日運転時間が5.5h→5.72hとなる。 ただし、脱水機の更新後(ろ布幅6m)は現在の運転時間から変更不要である。			
受入可否	受入可能			受入可能			

：負荷増分が高い処理について、投入による影響評価にて主要な処理機能の余力を評価している

(2) 接続先の検討

し尿等を処理するにあたって、水処理および汚泥処理に投入する場合の接続点は、図 4 の通りと想定した。

案① 水処理へ投入：

返流水管に割り込みマンホールを設置し、汚泥系返流水とともに沈砂池へ流入し、水処理へ送水される。

案② 汚泥処理へ投入：

濃縮汚泥貯留槽へ配管接続にて投入し、消化および脱水を行う。

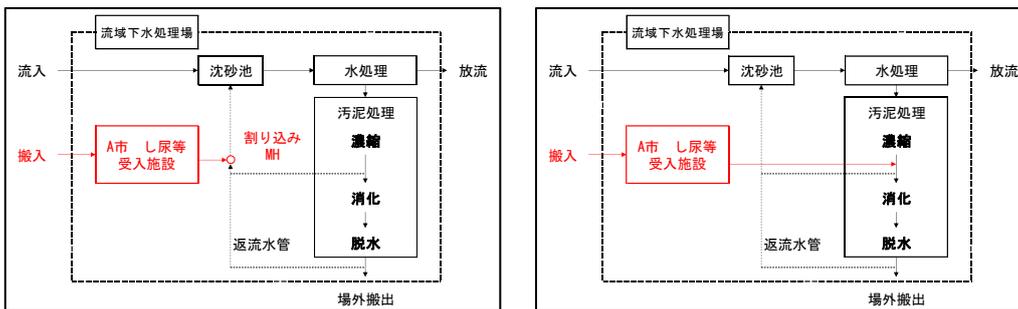


図 4 投入先ごとのし尿等処理フロー

(3) 接続先決定にかかる、市・県との調整

以上を踏まえ、流域下水処理場の管理者を交えて、維持管理性の観点からし尿等の共同処理方式について調整を行った。(表 5)

結果として、現況処理量に対する投入比率が比較的小さく、運転の変更が生じにくい案①水処理へ投入する方式にて、市・県の双方の合意を得た。

表 5 し尿等投入先比較表

項目	案① 水処理へ投入	案② 汚泥処理へ投入
施設概要	返流水管に割り込みMHを設置し、返流水とともに沈砂池へ投入する。	接続管を整備し、濃縮汚泥貯留槽に投入する。
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> ○汚濁負荷について 固形物量としては高負荷となるが、返流水流下と合わせて投入することにより希釈効果を期待する (投入時間を脱水機運転時間に合わせる) ○既設への影響について 投入において返流水管の流下能力に支障は無い。常時返流水の流下があることから、管閉塞の危険性も低い 	<ul style="list-style-type: none"> ○貯留槽の水位について 汚泥処理設備の運転に応じたシビアな水位制御が求められる。 ○脱水機運転について 水処理と比較して投入率が大きく、脱水機更新時の運転調整が必要となる
協議結果	案①の採用とする。 以下を考慮してし尿等受入施設を設計する。(県からの要望事項) <ul style="list-style-type: none"> ・汚濁負荷の平準化が可能な設計とすること ・硫化水素による腐食の対策を行うこと ・沈砂池メンテナンス時や停電の際の受入停止を考慮して、貯留能力をもたせること 	
	○ 採用	× 不採用

4. し尿等受入施設の設計

(1) 処理フローの概要

し尿等受入施設の概略処理フローは図 5 の通りとした。

受け入れたし尿等は、滞留による硫化水素発生等を防ぐために速やかに前処理を行うこととした。

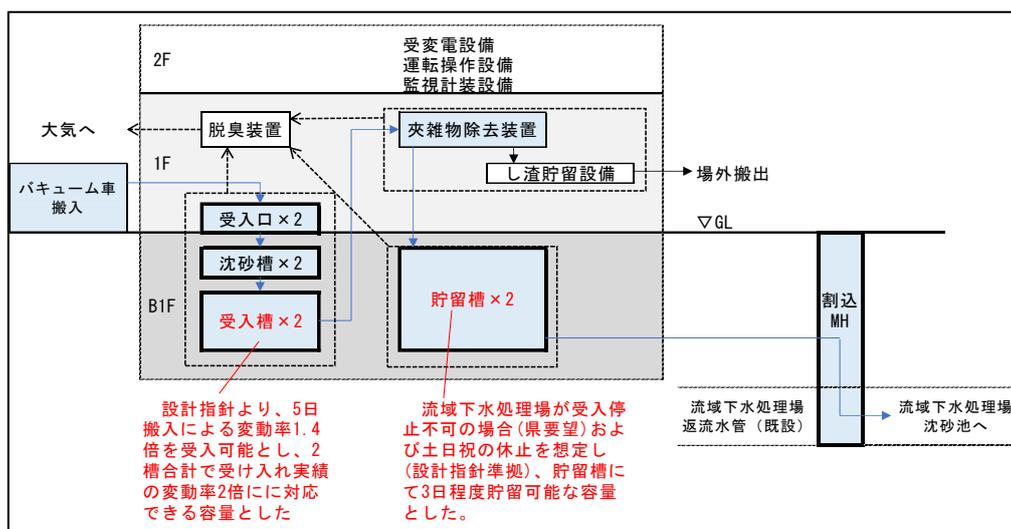


図 5 し尿等受入施設の処理フロー

A市の過去のし尿等処理施設および流域下水道処理場の運転実績を整理し、施設能力および維持管理方針について以下の通り市・県との調整を行った。

(2) 流域下水道処理場が受入不可となるケースへの対処

流域下水道処理場の流入状況および維持管理者ヒアリングにて、以下のケースではし尿等の受入を停止する可能性があることが分かった。

- 時間最大汚水量流入時（5か年実績より、年間2日程度）
- 設備更新に伴う停電時（5か年実績より、年間3日程度）

流入水量の変動が大きい実績があることを踏まえて、以下の設計および運用とすることについて流域下水道処理場維持管理者との合意に至った。

- 流域下水道処理場監視室で、し尿等投入状況の監視・非常時の投入停止を可能とする
- A市し尿等受入施設にて、受け入れ停止期間として3日分のし尿等を貯留可能な貯留槽を保有する

（汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領にて定められる土日祝休みへの対応としての貯留量3日分と一致）

(3) し尿等投入による汚濁負荷の平準化にかかる調整

閉塞を考慮しポンプ口径をφ80mmとし、管内流速を確保する吐出量としたことから、設計汚水量36m³を6時間の運転で移送可能な設備仕様となった。この6時間の連続投入では流入が小さい早朝1時間あたりの流入水に対してSS・BODが20%程度上昇する懸念が生じた。

そのため、流域下水道処理場の汚水流入実績から、水処理流入水質を平準化するための運転条件を設定し、維持管理者との調整を行った。

- 流域下水道処理場の汚水流入量が多い時間帯での投入とし、流入量が少ない夜間の投入を避けることでし尿等投入による水処理流入水質の上昇を抑える。
- 返流水量が多い、脱水機、機械濃縮設備の運転時間に合わせた投入とする
⇒13時間/日の範囲で間欠投入することで、汚濁負荷を平準化する。

(4) 市施設と県施設の責任分界点の決定

し尿等の搬入および受入施設の維持管理はA市にて実施する。し尿等受入施設から投入管を通り、返流水管割込みマンホールで流域下水処理場返流水管へ接続する(図6)。

割込みマンホールの設置については市が行うものの、接続する返流水管は流域下水処理場の資産であることから、割込みマンホール維持管理についても流域下水処理場が行うこととして市・県双方の合意を得た。よって、維持管理および資産区分としては以下の通りとなった。

- i) し尿等受入施設 (市管理)
- ii) し尿等投入管 (市管理)
- iii) 返流水管割込みマンホール (市にて設置後、県へ移管)

し尿等の処理、投入にあたり、貯留槽やMHは腐食環境下となることから、維持管理性を考慮して以下の通りとした。

- し尿等受入施設 (沈砂槽、受入槽、貯留槽)
 - ・貯留槽での空気攪拌を行うことで、硫化水素発生を抑制する
 - ・生物脱臭と活性炭吸着にて臭気変動に確実に対応し、臭気漏洩を防ぐ
 - ・沈砂槽、受入槽、貯留槽全面を対象に防食被覆を行い、コンクリート腐食を抑制する
- 返流水管割込みマンホール
 - ・返流水管割込みマンホール内部に副管を設けることで硫化水素放散を抑制し、腐食環境を緩和する
 - ・レジン製を採用し、インバート部には防食被覆を行うことで、腐食環境対策を図る

5. まとめ

市・流域下水処理場での共同化実施にあたって留意・工夫を要した事項および、事業実施にあたっての今後の展望を以下に示す。

- 留意・工夫を要した点
 - し尿等投入の影響を定量的に評価し、かつヒアリングにより維持管理の複雑化を避けた共同化手法を、市・県間での調整によって選定した。
 - 既存の流域下水処理場の維持管理動線を極力阻害せず、さらにバキューム車動線を考慮した施設配置とした。さらに車両交通が増加する場内道路の交差点には、カーブミラー設置による安全対策を行った
- 今後の展望
 - より持続的な事業実施を目指して、災害時等も想定した維持管理体制の共同化によるリスクコミュニケーションの深化を図る

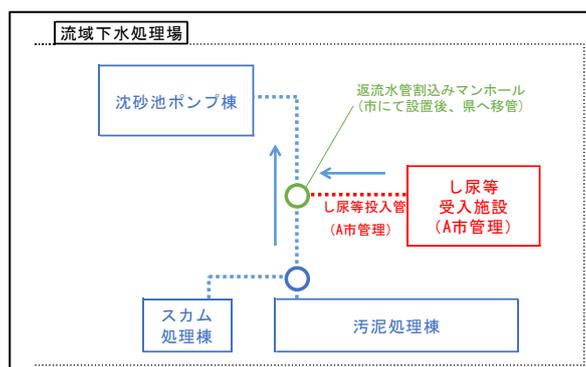


図6 施設配置及び維持管理区分