

水質シミュレーションと実証試験による 汚泥処理分離液処理施設の最適化検討

横浜市 ○戸辺 裕 ・ 河本 武

株式会社日水コン 村田 道拓 ・ 池田 洋平 ・ 小林 風太 ・ 小林 駿

1. はじめに

横浜市では水処理で生じる汚泥を市内 2 箇所の汚泥資源化センターで集約処理しており、その汚泥処理系返流水（分離液）については、下水処理後の放流先（東京湾）の窒素、りん等の規制値を超えないように、専用の分離液処理施設で前処理を行っている。南部汚泥資源化センター分離液処理施設（以下、対象施設）はそのひとつであり、表 1 に示す諸元を有する。対象施設の流入水には、消化汚泥の脱水分離液などに由来する高濃度の窒素、りんが含まれているため、処理法として修正バーデンフォ法（図 1）を採用している。生物学的窒素、りん除去には微生物反応の基質として有機物が必要だが、対象施設の流入水質は有機物濃度が相対的に低いことから、有機源として嫌気タンクに濃縮機供給汚泥（汚泥貯留槽から濃縮機へ移送する汚泥）を添加することで窒素、りん除去を可能としている。

対象施設は平成 22 年度に供用開始し、令和 12 年度には設備更新の目安となる供用開始 20 年を迎える。更新の際には、対象施設が有する 4 つの系列のうち 1 系列を停止する必要があるが、現在は年間を通して処理能力に余裕がない状況にある。そこで、1 系列停止に向けた増設の要否と、更新時の運転管理方法を検討することが求められている。

本報告では、運転管理方法を最適化するために実施した、容量計算及び活性汚泥モデルによる水質シミュレーションの検討内容を示す。加えて、実施施設における試験運転を行ったので、その実証の経過を報告する。

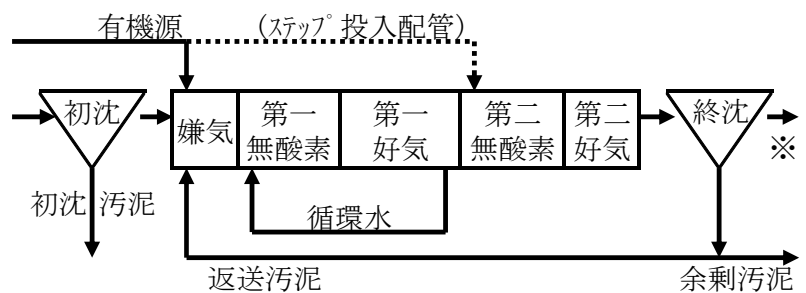
2. 容量計算による検討

(1) 検討手法

1 系列停止に向けた増設の要否を検討するため、平成 30 年度と令和元年度の流入水量、流入水質を用いて容量計算を実施した。容量計算シナリオは、流入実績と同様の条件と 1 系列停止した条件を設定し、1 系列停止した条件では運転管理項目のうち有機源添加量及び硝化液循環比を最適化することで設計処理水質を満足できるか検討した。また、硝化に必要な ASRT、必要な送風機能力及び設計処理水質（NO_x-N、T-P）の有機源添加量に対する感度解析を行うことで、有機源添加量の適正範囲を確認した。

表1 対象施設の諸元

処理方式	修正バーデンフォ法	
実績流入水量	10,800 m ³ (日平均)	
滞留時間	86.6 h	
系列数・池数	4系列・4池	
供用開始年度	平成22年度	
実績流入水質	BOD	1,300 mg/L
	T-N	290 mg/L
	T-P	60 mg/L
目標処理水質	COD	60 mg/L
	T-N	30 mg/L
	T-P	20 mg/L



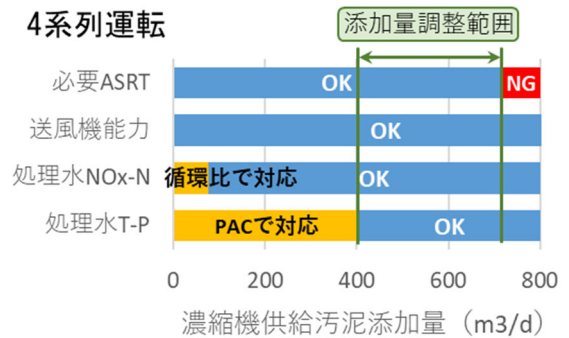
※処理水は、隣接の金沢水再生センターへ流入

図 1 対象施設処理フロー(修正バーデンフォ法)

(2) 結果

現状の流入実績で運転した場合、有機源添加量を調整することで1系列停止が可能との結果が容量計算により得られたことから、更新のための増設は不要と判断した。一方、1系列停止した場合は必要ASRTが制限要因となり、図2に示すように有機源添加量を狭い範囲で調整する必要があるという課題が示された。これは、反応タンク容量が減るほかに、有機源添加量を増やすと余剰汚泥量が増えることによる。このため、1系列停止時に必要ASRTを満たすためには、有機源添加量の上限を下げても運転する必要があるが、有機源として使用している濃縮機供給汚泥は濃度変動が大きいこともあり、調整範囲が狭まることは、運転管理上のリスクになると考えられた。そこで、これらの対策として処理状況を詳細に把握できるセンサー類を増設することとした。また、有機源の種類及び添加位置を変更することにより有機源の添加量を根本的に減らす対策が必要と判断し、次章以降の検討を実施した。

4系列運転



1系列停止 (3系列) 運転

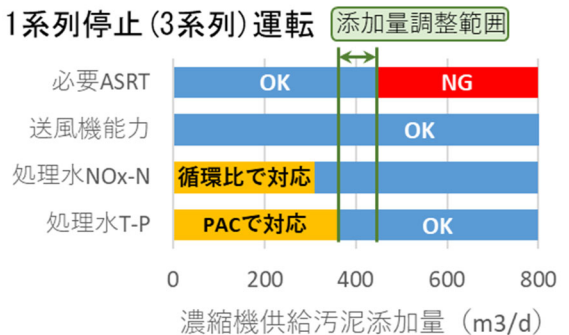


図2 有機源添加量に対する感度解析結果

3. 水質シミュレーションによる検討

(1) 検討手法

実績のない運転方法について、容量計算による検討で水処理への影響を十分に把握することは難しいことから、活性汚泥モデルを用いた水質シミュレーションを行い、最適な有機源の種類及び添加位置を検討した。シミュレーションモデルはIWA ASM 2d、解析ソフトウェアはGPS-X 8.1 (Hydromantis ESS, Inc.)を使用した。最適な有機源の添加方法を選定するため、表2に示す条件でシナリオ解析を実施し、処理水質、経済性及び温室効果ガス (GHG) 排出量の観点から比較した。各シナリオは、1系列停止を想定した3系列運転の条件とし、有機源の種類として現況と同じ濃縮機供給汚泥とメタノール、添加位置として嫌気タンクと第二無酸素タンクの組み合わせより4つのシナリオを設定した。各シナリオの比較項目は、処理水質はT-N及びT-P濃度について、経済性は設備改造に係るイニシャルコスト及び薬品費、電力費に係るランニングコストについて、GHG排出量は電力消費、輸送に係る燃料消費、メタノールの消費及び消化ガス発電について行った。

(2) 結果

各シナリオを比較した結果、第二無酸素タンクに濃縮機供給汚泥を投入するシナリオ No. 1 が処理水質、経済性、GHG 排出量の全ての観点において優位であると示された。シナリオ No. 1 では、嫌気タンクではなく第二無酸素タンクに有機源を添加する場合、第一好気タンクへの有機物負荷を抑制し、第二無酸素タンクでの脱窒を促進できることから、処理水質の観点で有効性が高いという結果が得られた。また、第一好気タンクへの有機物負荷を抑制することで、ブロワの消費電力を削減する効果も得られる可能性が示された。

ただし、シナリオ No. 1 では濃縮機供給汚泥に由来する砂分の反応タンクへの堆積、濃度の変動という課題は残り、さらに運転方法の変更に伴ってスカムの発生が懸念されるという意見が施設管理者から挙げられた。有機源として濃縮機供給汚泥ではなくメタノールを使用するシナリオ No. 2, No. 3 では、砂分の堆積や濃度の変動といった課題はなく、処理水質についても問題ないが、経済性の観点からシナリオ No. 1 の運転方法が最適であると考えた。

表2 水質シミュレーションのシナリオ条件と検討結果

シナリオ No.	有機源の種類・添加位置		添加量 m ³ /日	経済性※ 千円/年	GHG排出量※ t/年	有機源添加に関する課題			
	嫌気タンク	第二無酸素タンク				砂堆積	濃度変動	スカム	
0	濃縮機供給汚泥	—	420	—	—	影響 大	変動あり	現状維持	
1	—	濃縮機供給汚泥	—	150	-30,095	影響 中		No.0より	
2	—	メタノール	—	1.2	7,043	4,510	影響なし	変動なし	増加の可能性あり
3	濃縮機供給汚泥	メタノール	105	0.9	8,000	3,399	影響 小	変動 小	

※現況条件をNo.0とし、経済性及びGHG排出量はNo.0との差分を算出

4. 実証試験による検討

(1) 検討手法

水質シミュレーションを用いた検討の結果、シナリオ No.1 である第二無酸素タンクへの有機源添加が最も有効である一方、有機源の濃度変動やスカムの発生等の課題も示されたため、実施設における検証が必要と考えた。そこで、令和4年度より実施設において第二無酸素タンクへの有機源添加運転を試行し、処理改善効果や上記課題の発生状況を検証している。添加する有機源は、現況と同じく濃縮機供給汚泥を利用した。

令和4年12月に実証試験を実施した際は、実験系列の第二無酸素タンクに有機源を添加し、嫌気タンクに添加する通常系列と処理状況を比較した。反応タンク流入水量、送风量等の運転条件は処理状況に合わせて適宜調整し、良好な処理水質を得られる範囲で有機源添加量を調整した。予備期間として令和4年12月5日から第二無酸素タンクへの添加を開始し、同12月20日にかけて採水分析を実施した。

(2) 結果

実施設での試験運転については、途中経過を報告する。令和4年12月に実施した第二無酸素タンクへの有機源添加試験では、反応タンク流入水量あたりの有機源添加量を通常系列と比較して半分程度に削減し、概ね同程度の処理水質を得られることが確認できた。一方、課題として挙げられていたスカムの発生については、通常系列と比較してスカム発生量が増加している可能性が示された。

引き続き、1系列を停止した場合の運転最適化のため、第二無酸素タンクへの有機源添加の有効性を検証していく予定である。また、今後の課題としては、嫌気タンクにおけるりん放出の評価、スカム対策手法の検討が挙げられた。スカム対策としては、現在閉鎖されているスカム排出堰を開放することも考えられる。

5. まとめ

横浜市南部汚泥資源化センター分離液処理施設では、系列停止が必要な設備更新を行うことを目的とした運転管理の最適化として、容量計算と水質シミュレーション及び実証試験を用いた検討を実施してきた。

実績値による容量計算では、更新のための増設は不要であるものの、窒素、りんの生物学的処理のために、濃度変動の大きい有機源（濃縮機供給汚泥）添加量の調整範囲が狭くなるという課題が示された。そこで活性汚泥モデルを用いた水質シミュレーションを実施し、最適な有機源の種類と添加位置を検討した。その結果、有機源の添加位置を嫌気タンクから第二無酸素タンクに変更することで、有機源添加量の削減が可能であるとの結果が得られた。現在、実施設において有機源の添加位置及び添加量を変更する実証試験を実施している。現時点での結果からは、第二無酸素タンクへの有機源添加により添加量を減少させ必要空気を抑制しつつ、同程度の処理水質を得られる可能性が示唆されている。引き続き実証試験を行い、系列増設によらない設備更新の実施に向けて、有機源の添加位置を変更した運転の有効性を確認するとともに、更なる運転の最適化と諸課題への対応方針を検討していく予定である。

問い合わせ先：横浜市環境創造局下水道施設部下水道施設整備課

横浜市中区本町6丁目50番地の10 TEL:045-671-2848 E-mail:ks-shisetsuseibi@city.yokohama.jp