

2-2-5 低負荷施設における水質改善への取組（その2）

西部第二下水道事務所 新河岸水再生センター
杉浦 雅也、田村 俊之、葛西 孝司
現 西部第一下水道事務所 落合水再生センター
田中 英樹

1. はじめに

新河岸水再生センター（以下、当センター）では、水質改善と省エネルギーの両立のため、反応タンクの再構築により段階的高度処理（疑似嫌気好気活性汚泥法）を導入している。これまでに北系反応タンクの整備を終え、令和3年度から南系反応タンクに着手している。しかし、当センターでは反応タンク流入水のBODが比較的低いため、窒素とリンの除去率が他のセンターに比べて低い。

このため、令和3年度には、脱窒促進のためMLSSを高めてDO設定値を下げる手法や、反応タンクの一部を休止して1槽当たりの負荷を上げるなどの措置を行ったが水質改善効果はわずかであった。

本稿は、令和4年度に実施した、ライザーバルブの開度調整による好気タンク内での脱窒の促進や、反応タンクへの最初沈殿池引抜汚泥の投入によるリン除去の向上、アンモニア計を用いた風量制御の取組について報告する。

2. 水処理の状況

当センターの平面図を図1に、各施設の概要を表1に示す。

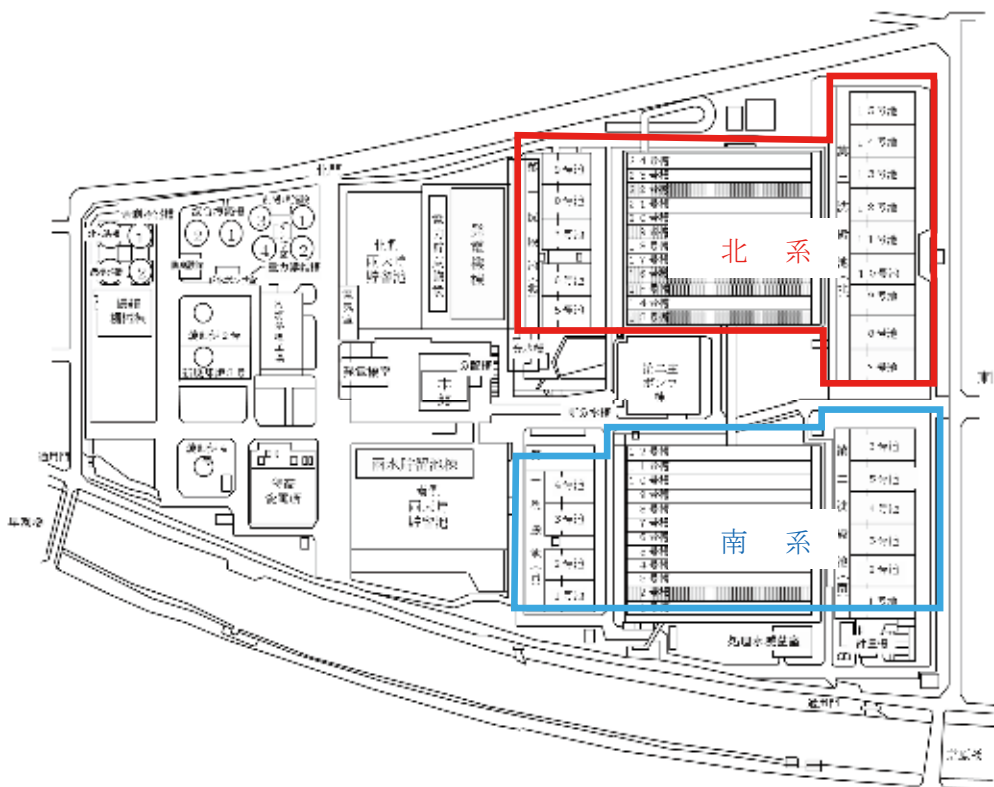


図1 新河岸水再生センター平面図

表 1 各施設の概要

最初沈殿池	上段	長さ	44.3m	反応タンク	長さ		140m	最終沈殿池	上段	長さ	38.8m
		幅	18.8m		幅		8.6m			幅	18.8m
		有効水深	3.4m		有効水深		7.0m			有効水深	3.6m
	下段	長さ	44.8m		有効容量		8,430m ³		下段	長さ	49.5m
		幅	18.8m		散気水深	北系(13~24号)	5.6m			幅	18.8m
		有効水深	3.3m			南系(10,12号)	5.6m			有効水深	3.3m
		有効容量	5,690m ³			南系(1~9号,11号)	3.85m			有効容量	5,640m ³
		水面積	1,700m ²				水面積			1,660m ²	

当センターでは、最初沈殿池が南系 4 池北系 5 池、反応タンクが南北に各 12 槽、最終沈殿池が南系 6 池北系 9 池あり、南北系列でアンバランスな施設となっている。

当センターの水質について説明するため、比較として区部のセンターの令和 3 年度反応タンク流入水の BOD 及び SS を図 2 に示す。また、区部のセンターの令和 3 年度放流水の T-P と T-N を図 3 に示す。

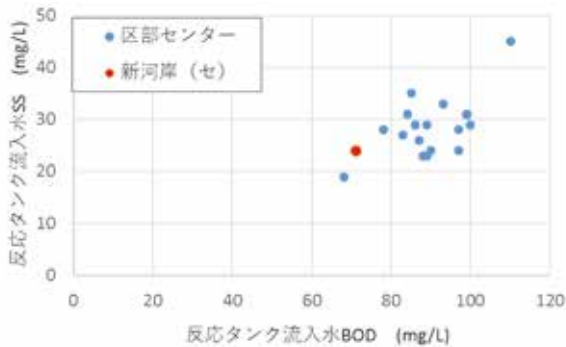


図 2 センター別反応タンク流入水 BOD と SS の比較（有明を除く区部：令和 3 年度）

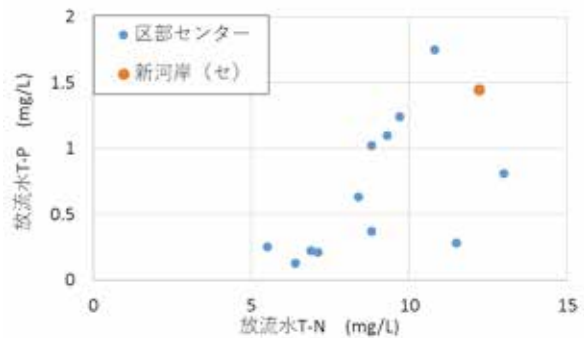


図 3 センター別放流水質の比較（汚濁負荷年平均値：令和 3 年度）

当センターでは、流入水に硝酸がしばしば検出される。流入水に混入した硝酸は流下の過程で脱窒され、その際に有機酸や糖類などの易分解性有機物が、反応タンクに流入するまでに消費されると考えられる。他のセンターに比べて反応タンク流入水の BOD が低くなっているため窒素及びりん濃度の除去率が低く、図 3 に示したように、放流水の窒素及びりん濃度が他のセンターに比べて高い。そこで、少しでも水質を改善するため、以下の取組を行った。

3. ライザーバルブの開度調節（好気タンク内に脱窒ゾーンを形成）

深槽反応タンクの場合、主として、散気設備より下層において脱窒が進むことが報告されているが*¹、令和 3 年度の調査結果から、MLSS 及び DO の調節だけでは好気タンク内での脱窒がほとんど望めないことを確認した*²。これは当センターの反応タンクの有効水深が 7m と都内の一般的な深槽反応タンクの 10m と比べて浅く、散気設備より下層のゾーンが小さいためと考えられる。そこで、一部のライザーバルブを閉めて脱窒ゾーンを形成し、好気タンク内での脱窒の促進を図ることとした。まず、北系での各回路の脱窒速度を測定した結果を図 4 に示す。

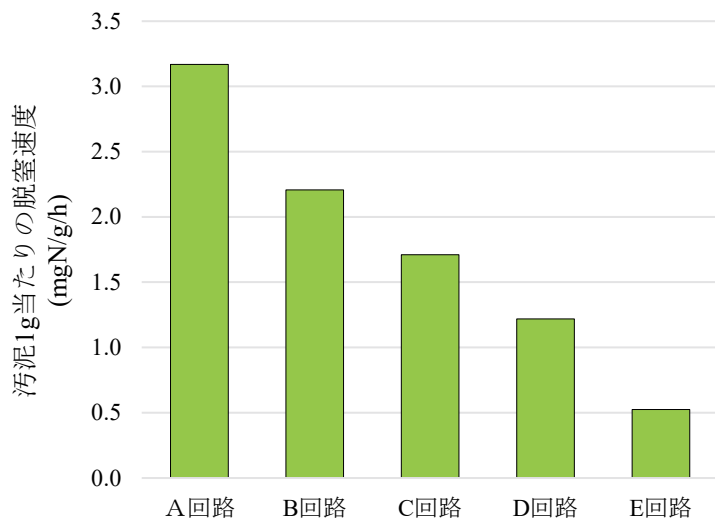


図4 反応槽内の脱窒速度測定結果 (北系 20号)

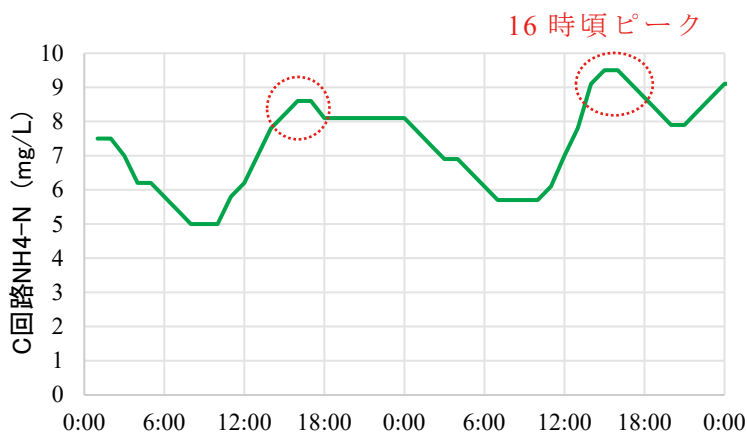


図5 C回路アンモニア計指示値の推移 (北系 20号)

機物の負荷も高いと考えられることから、15時過ぎに各回路の試料を採取して脱窒状況を確認することとした。

調査した代表的なパターンを図6に示す。

なお、嫌気タンクは散気管を用いた疑似嫌気処理を行っている。

好気処理によって有機物の分解が進むため、下流側ほど脱窒速度が低下している。この結果から、脱窒可能な領域で比較的脱窒速度が高い回路は、上流側と考えられ、B回路とC回路の一部のライザーバルブを閉めてみた。

当センターの散気設備は、メンブレンパイプ式散気筒で目詰まりする可能性は低いですが、ライザーバルブの開度を閉めてメンブレンの膨張度合いが小さくなると、ブローダウンによる目詰まり防止効果がなくなると考えられることから、各ライザーバルブは全開か全閉のどちらかを基本とした。

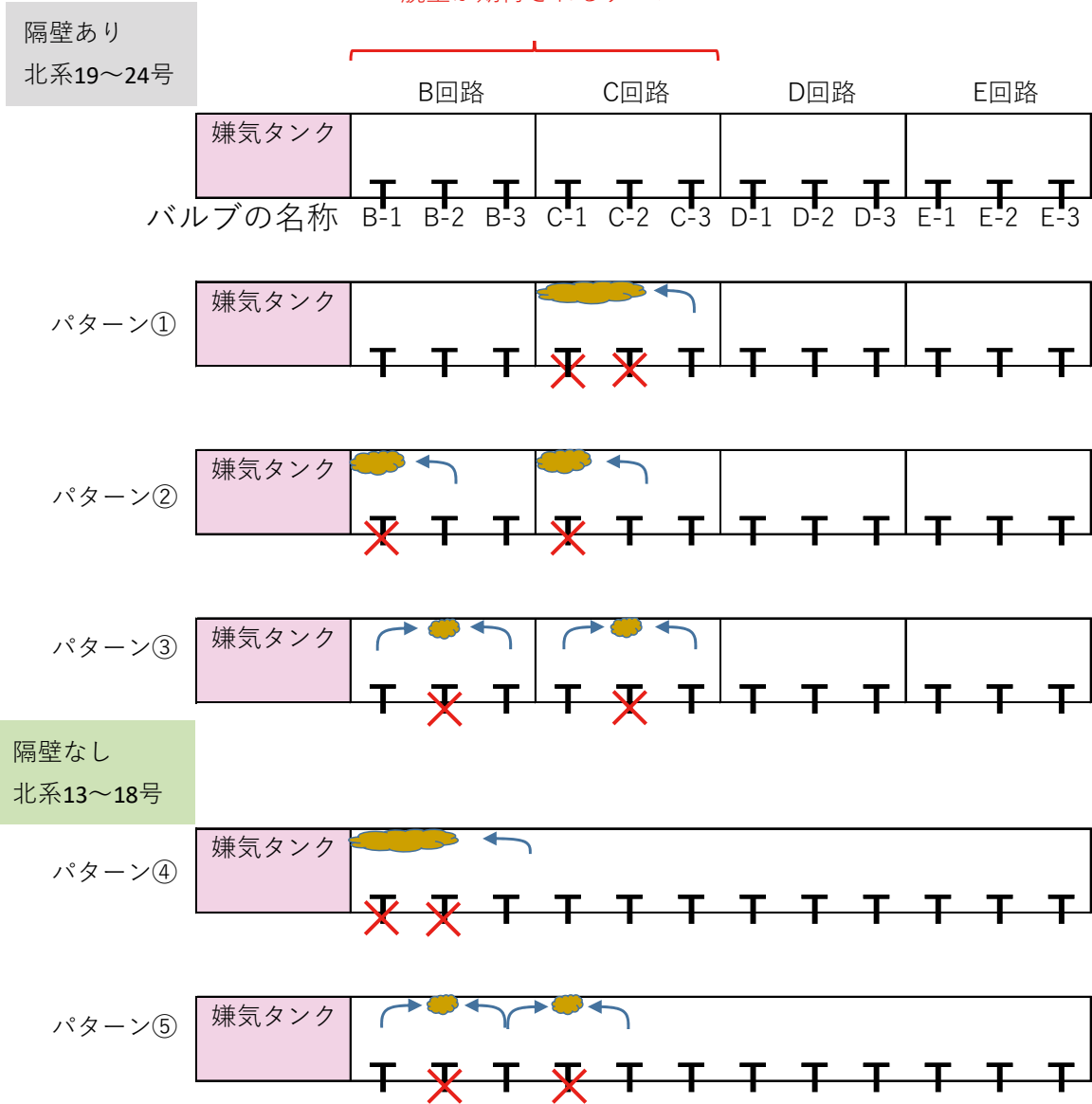
負荷が低いため好気タンク内での脱窒は、比較的負荷が高い時間帯に限定されると予想される。北系には好気タンクの間中部にアンモニア計が設置されており、これにより流入水のアンモニア濃度の変動がある程度把握できる。アンモニア計指示値の時間変動を図5に示す。

日中の時間帯では、アンモニア濃度のピークが16時頃に見られる。アンモニア濃度の高い時間帯は有

× : 全閉のバルブ

スカム

脱窒が期待されるゾーン



隔壁有無	パターン	脱窒の状況及びスカムの量
隔壁あり 北系 19～24号	①	B回路でBODを消費しC回路での脱窒量は少。C回路でスカム多。
	②	脱窒量やや多。隔壁で止められB、C回路上流部スカム多
	③	脱窒量やや多。B、C回路中央部に少量のスカム
隔壁なし 北系 13～18号	④	B回路のみで脱窒、B回路上流部でスカム多
	⑤	脱窒量やや多。スカム少。

図6 主なライザーバルブ開度調節パターン

隔壁の上流側または下流側のライザーバルブを閉めたパターンでは、スカムが発生する

と水位差により隣のエアレーションしている地点からスカムが流れ込み隔壁付近に留まることがあった。これに対して、中間部（B-2、C-2）のライザーバルブを閉めたときはスカムがほぐれやすく、堆積量が少なめであったことから、パターン③及びパターン⑤を標準とした。

各回路における窒素濃度の測定結果が図7である。好気タンク内で $\text{NH}_4\text{-N}$ が直線的に減少している槽で窒素濃度の低下が大きい結果となった。上流部での硝化量が少ない場合は、窒素濃度の低下も小さくなった。すなわち、上流部でライザーバルブを閉めすぎると硝化が抑えられて脱窒できる硝酸性窒素が不足し、結果的に脱窒量が少なくなったと考えられる。なお、図7の20号槽は、確認のためB回路のライザーバルブを2つ（B-1及びB-3）閉めたときのものである。

また、降雨などにより反応タンク流入水の有機物濃度が少しでも低下すると、好気タンク内での脱窒はほとんどなくなる状況であった。

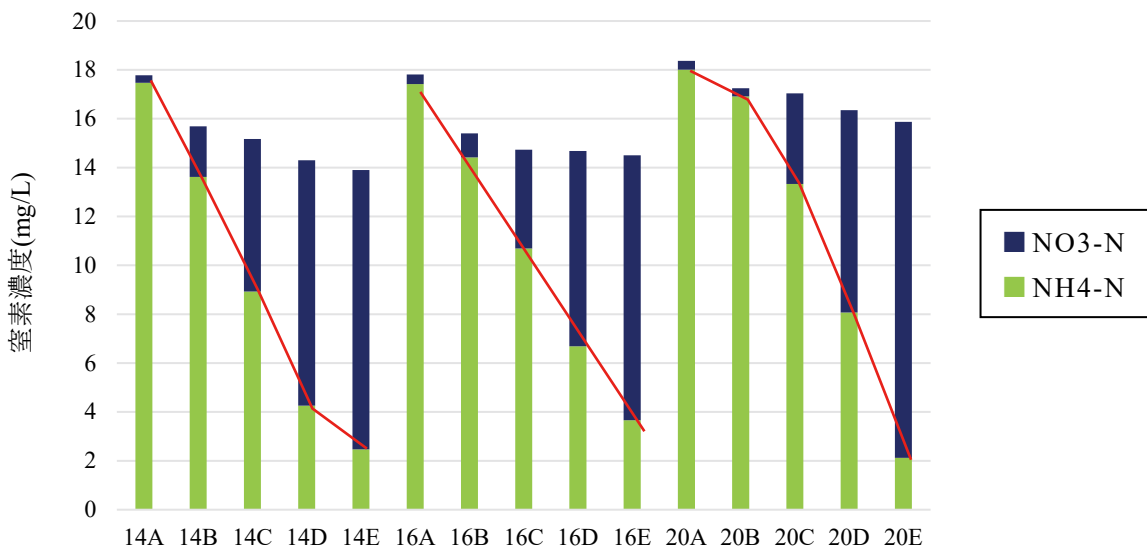


図7 各回路における窒素濃度

4. 最初沈殿池引抜汚泥の投入（反応タンクへの有機物付加）

ライザーバルブの開度調節により放流水の全窒素濃度が少し低下したが、りんについては効果がない。りんの除去には、反応タンクへの BOD の負荷を高めることが不可欠である。北系反応タンクには最初沈殿池引抜汚泥の投入のラインが設置されていたことから、りんの除去で実績が高い汚泥投入を開始した。ここで、汚泥投入により想定される利点と欠点を表2にまとめた。最初沈殿池引抜汚泥の投入による欠点を抑制しつつ、利点を生かすため、まずは、ごく少量の投入から開始した。

表2 汚泥投入による利点と欠点

利点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 処理水りん濃度の低下 BOD（特に炭水化物）を補給 ・ 処理水窒素濃度の低下 活性汚泥の脱窒速度が増し好気タンク内での脱窒量が増加 ・ 活性汚泥沈降性の改善 比重の重い浮遊物が流入
欠点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 送風量の増大 反応タンクへの BOD 負荷量が増大 脱窒の促進によってある程度相殺 ・ 脱水ケーキの含水率の上昇 余剰汚泥の割合が上昇 ・ 反応タンク内のセンサー等へのごみの付着

反応タンクへの最初沈殿池引抜汚泥の投入経路は図8のとおりである。

投入量の調節は、地下にあるバルブ①を用いて所定の流量になるよう開度を調節・固定しておく。投入操作は、地上部にあるバルブ②で行い、これを全開・全閉することによって最初沈殿池引抜汚泥の投入・停止を行う。なお、汚泥処理施設への送泥は比較的圧力損失が高いため、バルブ③は全開のまま、バルブ②の開閉だけで反応タンクに投入できる。北系最初沈殿池の汚泥の引き抜きは1回につき約45分間で、1回の引き抜きで固形物1t程度投入できるように流量を調節した。

なお、最初沈殿池引抜汚泥の流量計は汚泥処理施設への送泥側に設置されている。反応タンクへ投入される汚泥量を直接求めることはできないが、反応タンクに投入した流量分が下図のように流量計の減少としてあらわれて確認できる（図9）。

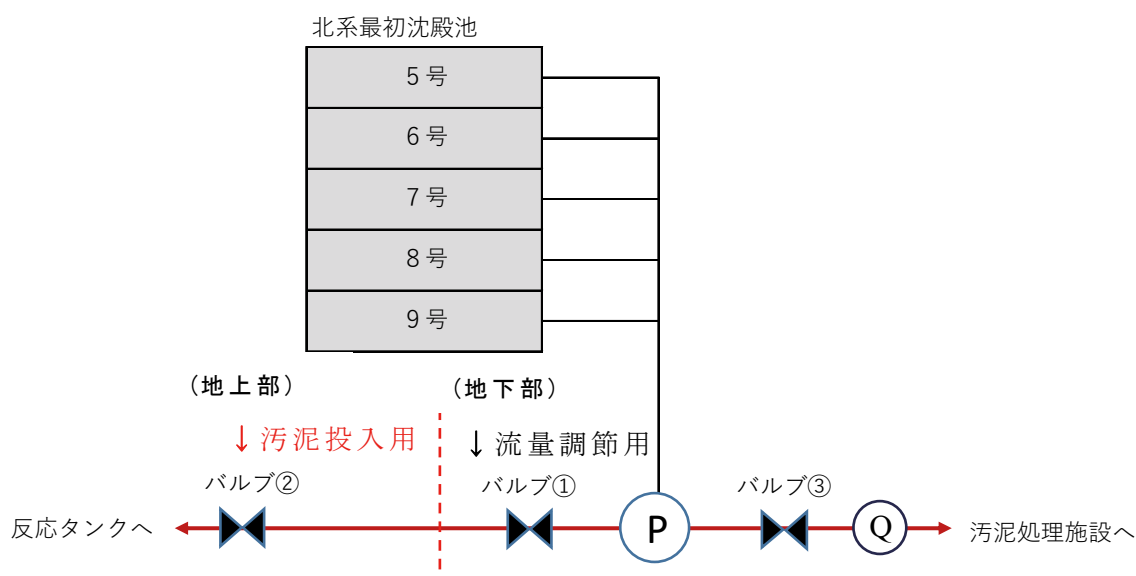


図8 最初沈殿池引抜汚泥の反応タンクへの投入経路

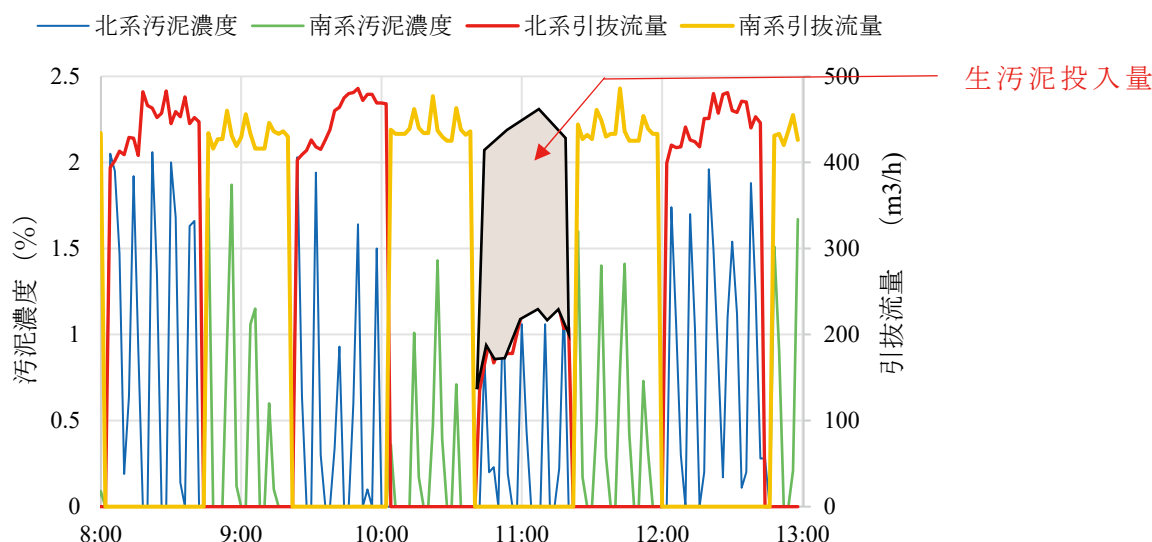


図 9 反応タンクへの汚泥投入時の最初沈殿池引抜汚泥量のトレンドデータ

試行として令和 4 年 6 月 21 日から 7 月 1 日の間、平日 1 日 1 回（DS で 1 t 程度）投入を実施した。この間は、降雨の影響がなかったため、比較的効果がみられ、処理水りん濃度の低下が確認できた。令和 4 年 7 月 11 日からは月水金に 1 日 2 回分ずつ（1 週間で DS 6 t 程度）、簡易放流時を除いて投入した。

北系の余剰汚泥量（固形物）は 1 日当たり 14 t 程度であることから、活性汚泥の量に対して 6% 程度の汚泥投入（固形物）となる。

汚泥投入の試行期間と本格実施期間における放流水のりん濃度を図 10 に示す。

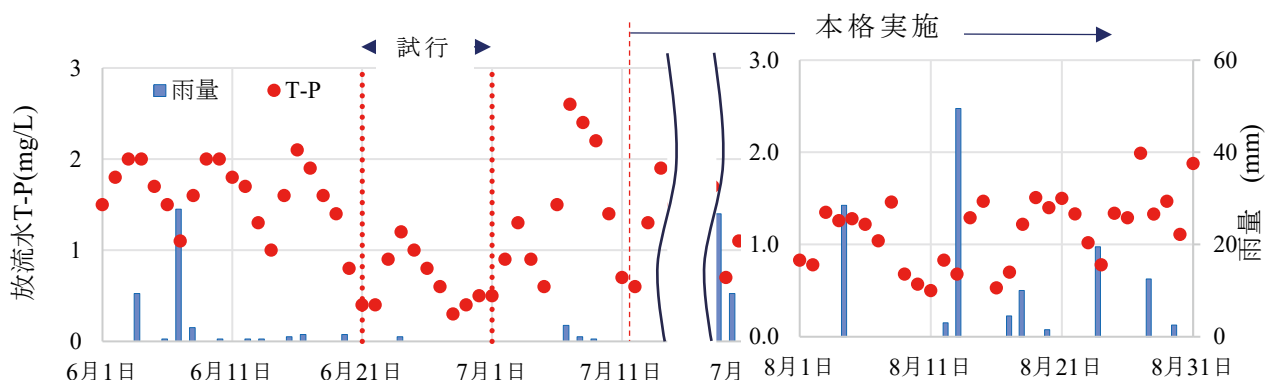


図 10 最初沈殿池引抜汚泥投入の試行期間と本格実施期間における放流水の T-P 濃度と雨量

降雨によって放流水のりん濃度が高くなる傾向がみられたが、降雨の影響がない期間にはりん濃度の低下が確認された。

また、汚泥投入による欠点として、反応タンク内のセンサー等へのごみの付着が懸念される。毛髪や布切れなどが計測部などに絡み測定に支障が生じることがある。反応タンク内に流入したごみが、反応タンクと最終沈殿池を循環する間に返送汚泥投入堰の軸に絡みつくことが確認され、かつ、りん酸濃度計の故障頻度が少し増したため、これ以上の汚泥投入量の増量は望ましくないと判断した（図 11）。

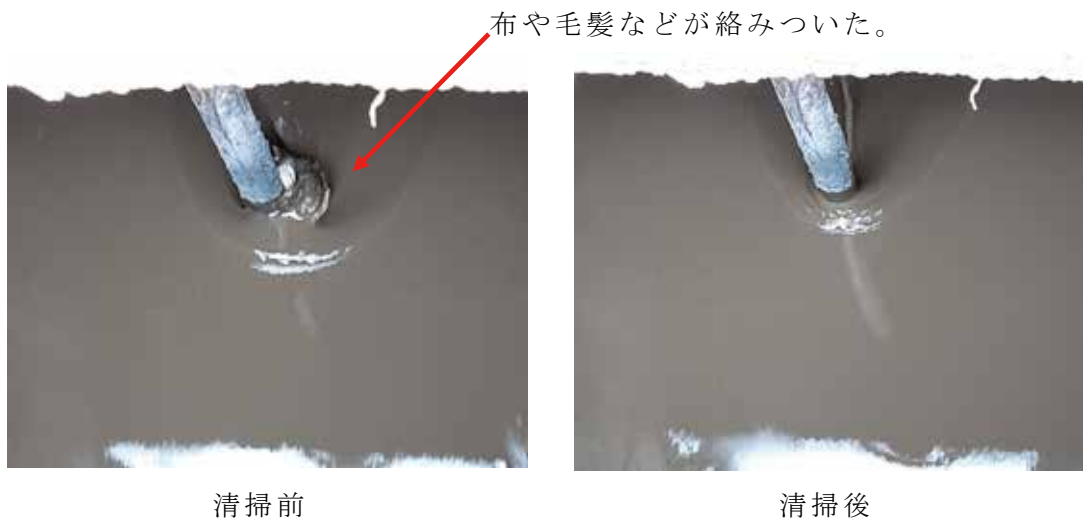


図 11 返送汚泥投入堰の軸に付着したごみ

これまで半年ほどの実施での、表2にまとめた利点と欠点についての評価を表3に記す。

表 3 最初沈殿池引抜汚泥の投入による影響のまとめ

項 目	評 価
利 点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 処理水りん濃度の低下 ・ 処理水窒素濃度の低下 ・ 活性汚泥沈降性の改善
欠 点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 送風量の増大 ・ 脱水ケーキの含水率の上昇 ・ センサー等へのごみの付着

5. アンモニア計を用いた風量制御（さらに脱窒を促進）

令和4年7月11日から好気タンク内での脱窒を促進するとともに省エネルギー化を試みた。北系反応タンクでは、12槽中9槽にアンモニア計を用いた風量制御（アンモニアDO制御）が組み込まれている。DO一定制御に比べて、負荷の低い時間帯に、より低いDOでの運転が可能となることから、省エネ+好気タンク内での脱窒の促進が期待できる。アンモニアDO制御のしくみを図12に示す。

また、比較的制御が順調なときのようなようすを図13に示す。

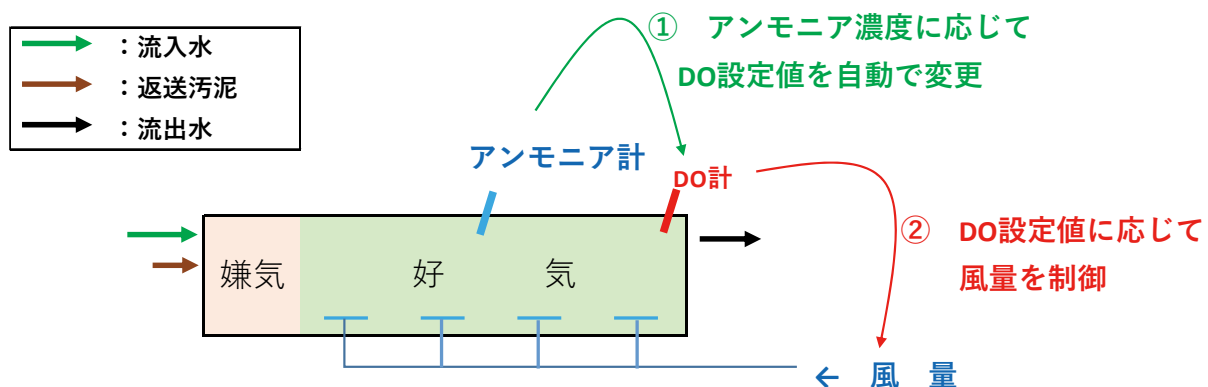


図 12 アンモニア計を用いた風量制御の概略図

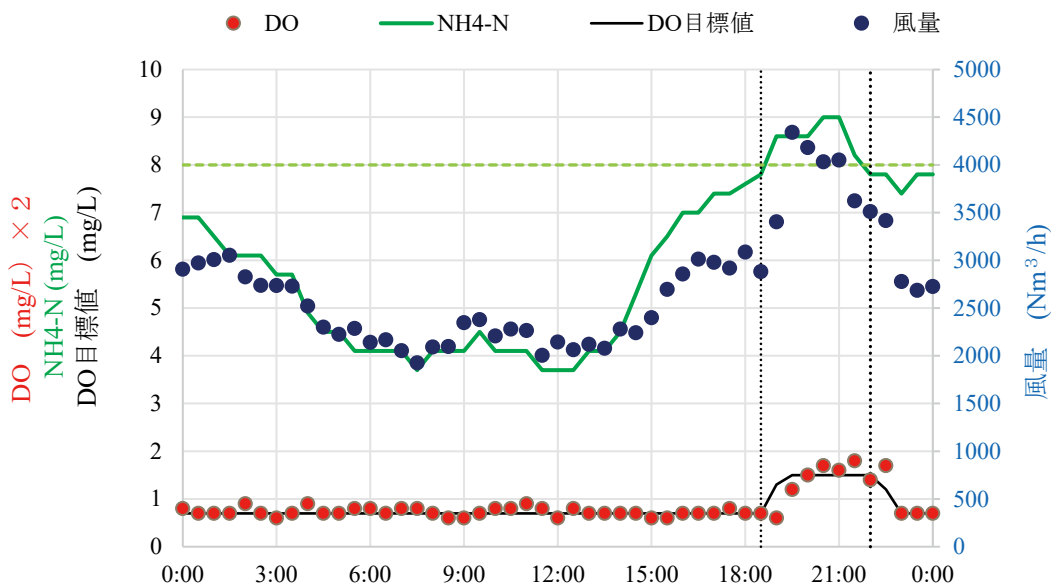


図 13 トレンドデータ（DO、DO 設定値、アンモニア濃度、風量）

図 13 は、アンモニアの設定値が 8mg/L の時のデータである。アンモニア濃度が 8mg/L を超えた時間帯に、DO 設定値が上昇し、風量が増大している。通常は低い DO で推移し、高負荷時に処理に必要な風量が確保されることを確認できた。本制御ではアンモニア計の指示値が省エネ効果を左右する。当センターのアンモニア計は指示値が高くなる傾向がみられることから、定期的（1～2 週間ごと）に、アンモニア性窒素が高い 15 時頃に 1 点校正を実施して、アンモニア計指示値の信頼性を担保している。

6. これまでの取組の評価

今回の取組により水質が少し改善されたが、降雨や硝酸の流入により反応タンク流入水の BOD 濃度が低下すると、その効果がみられなくなる。客観的に効果を確認するため、年度間で放流水の窒素とリンの負荷量の累積値を比較した（図 14 及び 15）。令和 2 年度と令和 3 年度は窒素とリンの累積負荷量はほぼ同じであるが、令和 4 年度は若干低下しており、水質が少し改善したことが示された（窒素：9%減、リン：12%減）。

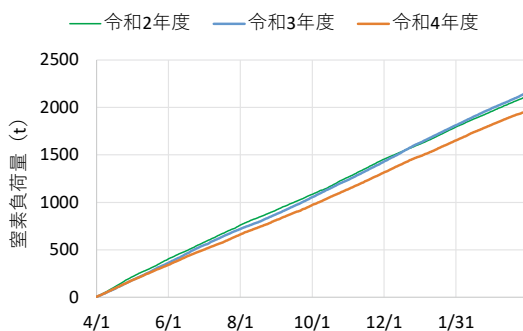


図 14 処理水の窒素累積負荷量

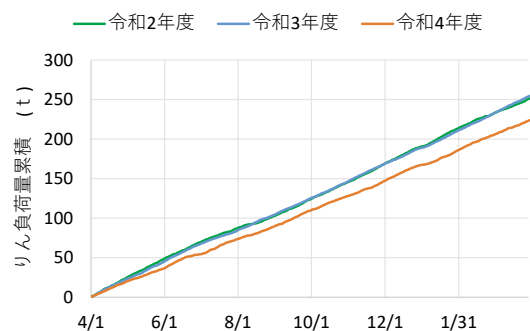


図 15 処理水のりん累積負荷量

7. 今後の予定

BODの不足を反応タンクへの汚泥投入により少量補っている。他のセンター並みの放流水質を得るには汚泥投入の増量が有効と考えられるが、最初沈殿池引抜汚泥の投入による悪影響も懸念される。現状では、汚泥の投入によってりん酸濃度計の故障頻度が少し増したため、汚泥投入ラインへのストレーナの設置を検討している。ストレーナ設置後に、汚泥投入量を段階的に増量して、投入による悪影響を確認しながら水質改善を進めていく予定である。

また、引き続き、処理状況を確認しながらライザーバルブの開度調整を行うとともに、アンモニア DO 制御を継続して省エネルギー化を図る。

参考文献

- * 1 葛西孝司、曾根啓一、鈴木重浩、高橋宏幸、黒住光浩、坂根良平「好気タンク内の脱窒を利用した新たな高度処理技術(同時硝化脱窒処理)の開発」日本下水道協会誌 2015年9月 52号

- * 2 田中英樹、葛西孝司、増田七彩、國友雄介「低負荷施設における水質改善への取り組み」東京都下水道局技術調査年報 2021年 P133-141