

## 2-2-1 第二沈殿池での脱窒浮上抑制及び水質改善への取組

北部下水道事務所 三河島水再生センター 水質管理担当 榎本 賢介  
 松本 博夫 (現 葛西水再生センター 水質管理担当)  
 真島 徳男 (現 みやぎ水再生センター 水質管理担当)  
 工藤 菜々子 久保 聡  
 渡邊 聖央 (現 環境管理課 水質検査担当)

### 1 はじめに

三河島水再生センター（以下「当センター」という。）では、現在、図1に示す浅草系南、浅草系北、藍染系、藍染東系の4つの水処理系列で処理している。

4つの水処理系列では、りん除去を主な目的とした（擬似）嫌気-好気活性汚泥法で処理をしており、表1に記載の通り窒素処理を主眼とした高度処理施設は備えていない。また、硝化を進めると第二沈殿池（以下「二沈」という。）で脱窒による汚泥浮上が起こりやすいため窒素処理の難易度が高いセンターである。二沈の概要については表2の通りである。

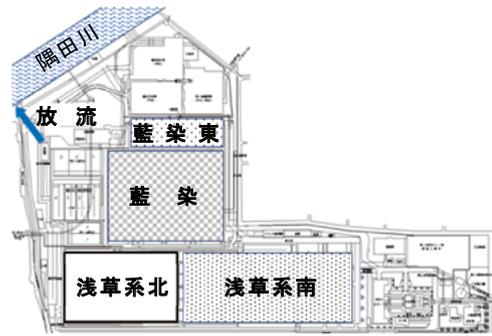


図1 三河島水再生センター平面図

従来はこれらの問題に対応するため、状況に応じて硝化抑制運転することにより脱窒に起因する汚泥浮上を抑制するといった対応を行っていたが、この方針では今まで以上の水質改善は難しい。

令和5年度は一年を通じた硝化促進運転が可能か、硝化促進に伴い発生する二沈での汚泥浮上を抑制できないか運用方法を再検討した。また、合わせて改善の障害となったいくつかの問題への対応について報告する。

表1 当センターの反応槽概要

	浅草系南	浅草系北	藍染系	藍染東系
処理方式	AO法	AO法	擬似AO法	擬似AO法
槽数	4	4	4	2
寸法	75×6.3×5.3×4回路(1,2,3号) 75×6.3×4.3×4回路(4号)	75×6.3×4.3×4回路	74×7.4×4.2×4回路	15.5×11×10×4回路
散気水深	4m	4m	3.9m	4m
散気方式	片側旋回流 4号のみ(全面)混合拡散	(全面)混合拡散	(全面)混合拡散	旋回流
処理能力	200,000 <sup>m<sup>3</sup></sup> /日	170,000 <sup>m<sup>3</sup></sup> /日	190,000 <sup>m<sup>3</sup></sup> /日	70,000 <sup>m<sup>3</sup></sup> /日
滞留時間	4.6時間	4.6時間	4.6時間	4.6時間

表2 当センターの二沈概要

	浅草系南	浅草系北	藍染系	藍染東系
池数	12池	12池	6池	2池
寸法	36.5×15.4×3.1=1,740	36.5×15.4×3.1=1,740(1,3,4,6号) 34.5×16.8×3.1=1,800(7,9号) 36.5×15.4×2.7=1,520(2,5号) 34.5×16.8×2.7=1,560(8,10~12号)	39.8×23.2×3.6=3,320	上段45.0×15.0×3.4=2,295 下段43.0×15.0×3.2=2,064
有効容量	20,880 <sup>m<sup>3</sup></sup>	19,640 <sup>m<sup>3</sup></sup>	19,920 <sup>m<sup>3</sup></sup>	8,720 <sup>m<sup>3</sup></sup>
返送汚泥ポンプ	φ300mm 10 <sup>m<sup>3</sup></sup> /min 4台 φ350mm 15 <sup>m<sup>3</sup></sup> /min 4台	φ300mm 10 <sup>m<sup>3</sup></sup> /min 4台 φ350mm 15 <sup>m<sup>3</sup></sup> /min 4台	φ350mm 20 <sup>m<sup>3</sup></sup> /min 4台	φ250mm 6.5 <sup>m<sup>3</sup></sup> /min 3台
余剰汚泥ポンプ	φ200mm 2.4 <sup>m<sup>3</sup></sup> /min 4台	φ200mm 2.0 <sup>m<sup>3</sup></sup> /min 4台	φ200mm 2.5 <sup>m<sup>3</sup></sup> /min	φ150×125mm 1.2 <sup>m<sup>3</sup></sup> /min 2台
仕様	リンクベルト式	リンクベルト式	リンクベルト式	リンクベルト式 (二階層式水平流長方形池)
処理能力	1池4水路 3時間滞留 170,000 <sup>m<sup>3</sup></sup> /d	1池4水路 3時間滞留 159,000 <sup>m<sup>3</sup></sup> /d	1池4水路 3時間滞留 160,000 <sup>m<sup>3</sup></sup> /d	1池3水路 3時間滞留 70,000 <sup>m<sup>3</sup></sup> /d

## 2 当センターの令和5年度上半期の対策状況

### 2.1 令和5年度に発生した主な問題

### 2.1.1 浅草系北二沈脱窒浮上への対応

浅草系北の二沈は以前から脱窒浮上しやすかったため、令和4年まで緩やかな硝化抑制運転を継続し、二沈に流入する亜硝酸イオンや硝酸イオンを減らすことで汚泥浮上の対策をしてきた。

硝化促進運転を行う場合、二沈に亜硝酸イオンや硝酸イオンが流入することにより池内で脱窒反応が起こり、汚泥浮上の原因になることがある。そこで反応槽内で脱窒を促すことで処理水に含まれる窒素を削減するとともに、二沈に流入する亜硝酸イオンや硝酸イオンの削減が進み、脱窒浮上を抑制できるのではないかと考え、試験的に散気版とつながるライザー管のバルブ調整を実施することとした。

反応槽最終回路のライザー管バルブを図2の通りの開閉状況にし、経過を観察した。その際、散気板が閉塞する可能性を踏まえ、閉めるバルブは全閉でなく10%開けておくことにした。

ライザー管バルブ調整は浅草系北反応槽1~4号全てで4月26日から継続して実施した。

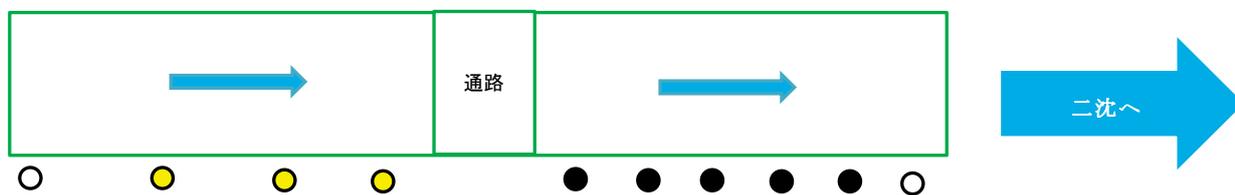


図2 浅草系北反応槽D回路ライザー管バルブ開閉状況

※○開、●常時閉、●硝化状況に応じて閉

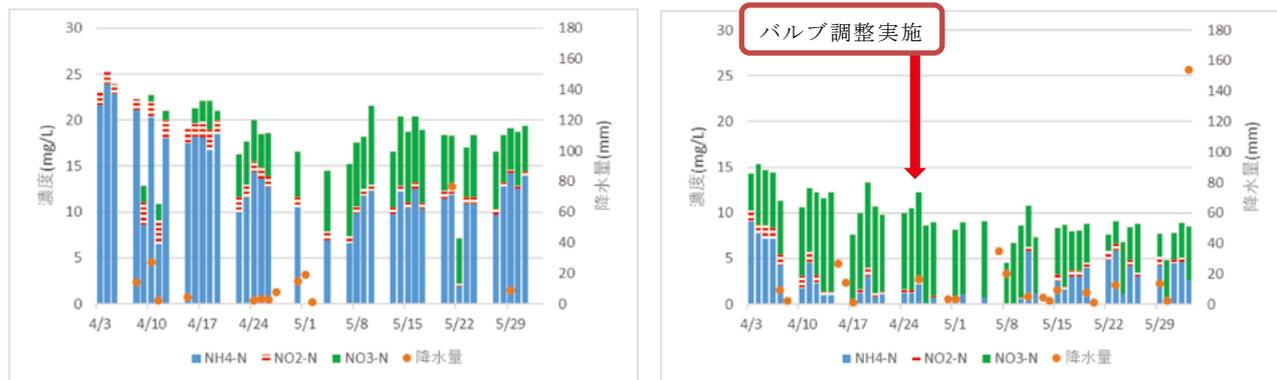


図3 令和元年浅草系北処理水の三態窒素と降水量 図4 令和5年浅草系北処理水の三態窒素と降水量

図3、図4にコロナ禍の影響を受けていない令和元年度と令和5年度の4~5月における浅草系北処理水三態窒素の変動及び降水量について示す。

令和5年度のバルブ調整を行う前までの三態窒素濃度は日平均11.9mg/L(令和5年4月3日~4月26日までのデータ平均)であったが、バルブ調整実施以降は日平均8.1mg/L(令和5年4月27日~6月3日までのデータ平均)と32%の減少が確認された。なお、令和元年度の同時期の三態窒素量は令和元年4月3日~4月26日までの日平均値19.9mg/L、令和元年4月27日~6月3日までの日平均値17.6mg/Lと12%の減少しか見られないため三態窒素の減少は季節変動によるものではなくバルブ調整を行ったことによるものと推察された。

バルブの調整を行ったことで反応槽に入る空気量が減少したためアンモニア性窒素濃度はバルブの調整前より上昇したが、三態窒素については大幅に減少したためその後は硝化状況に応じてライザー管バルブの開閉位置を変えて継続することにした。

バルブ調整後は浅草系北二沈での脱窒浮上が抑制され、その効果は透視度にも現れた。

バルブ調整以前の透視度(4月3日～26日)は平均：70(中央値：70)であったが、バルブ調整後の透視度(4月27日～6月30日)は平均：84(中央値：85)となった(図5)。



図5 浅草系北二沈の透視度の変動と降水量

### 2.1.2 浅草系南二沈脱窒浮上への対応

5月中旬より浅草系南二沈での汚泥浮上が確認されたことから浅草系南二沈でも脱窒浮上対策を実施した。浅草系北反応槽で実施したライザー管バルブ調整の結果が良好だったため、5月26日から浅草系南反応槽1～4号槽の各D回路で図6の通りライザー管バルブ調整を実施した。

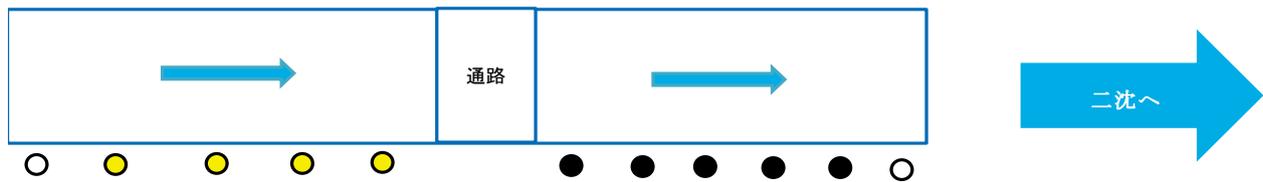


図6. 浅草系南反応槽D回路ライザー管バルブ開閉状況  
※○開、●閉、◐状況に応じて開閉

図7、図8に浅草系南のライザー管バルブ調整前後の三態窒素の変動と降水量について示す。

浅草系南反応槽はバルブ調整実施後、一週間程度風量調節がうまくいかず、アンモニア性窒素の残存が続いたが徐々に改善に向かった。

令和5年度のバルブ調整を行う前までの三態窒素量は日平均9.6mg/L(令和5年5月1日～6月4日までのデータ平均)であったが、バルブ調整実施以降は日平均9.5mg/L(令和5年6月5日～6月30日までのデータ平均)と1.5%の減少が確認された。なお、令和元年度の同時期の三態窒素量は令和元年5月1日～6月4日までの日平均値14.7mg/L、令和元年6月5日～6月30日までの日平均値12.2mg/Lと17%の減少が見られるためバルブ調整実施による三態窒素の減少は確認できなかった。

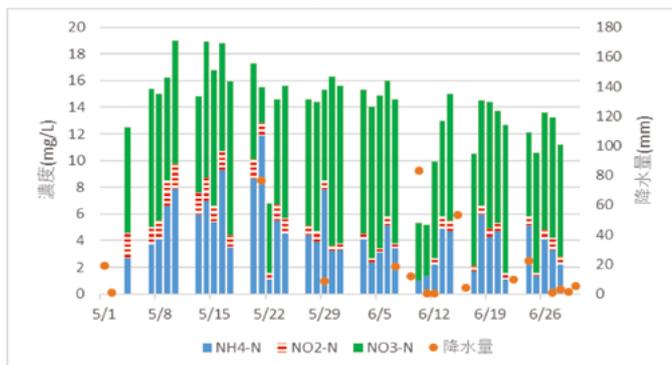


図7 令和元年浅草系南処理水の三態窒素と降水量

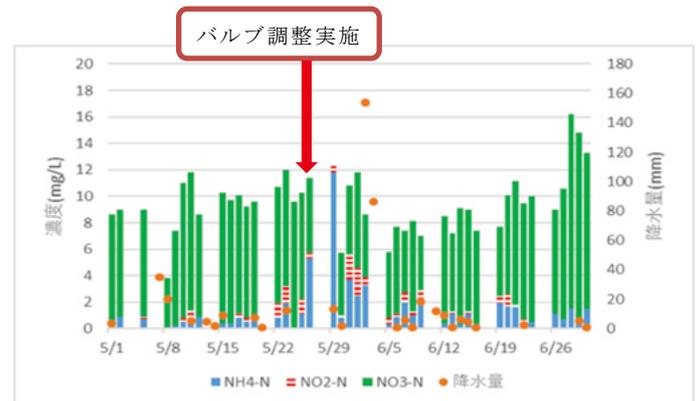


図8 令和5年浅草系南処理水の三態窒素と降水量

バルブ調整後は浅草系南二沈での三態窒素濃度に大きな変化は見られなかったものの、透視度は改善した。

バルブ調整以前の透視度(5月1日～26日)は平均：84(中央値：80)であったが、バルブ調整後の透視度(5月27日～7月28日)は平均：93(中央値：100)となった(図9)。

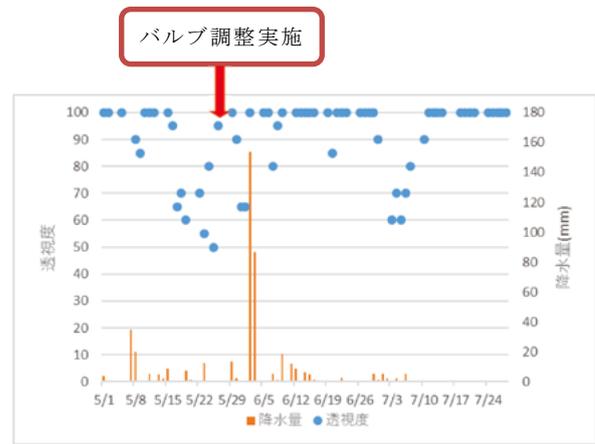


図9 浅草系南二沈の透視度の変動と降水量

### 2.1.3 浅草系北反応槽改良工事と機器不調への対応

6月26日には浅草系北反応槽3号が散気設備改良工事のため停止した。反応槽3号の停止後に排水を実施した際、浅草系北反応槽でMLSS濃度が最低で700mg/L程度まで低下した。

当初の予定では反応槽3号の槽内から沈砂池前の管路に排水することで反応槽3号を空にする予定であった。しかし排水が進まなかったため調査したところ、稼働中の反応槽から二沈に向かう水路から工事中の反応槽3号に活性汚泥が逆流していることが原因と判明した。

逆流を抑えるためには反応槽と水路の間に止水板を入れる必要があるが、反応槽の水位が低下しないと止水板を入れることができない(工事中の反応槽をある程度排水するまで活性汚泥の流出を止められない)。そのため、余剰汚泥の引き抜き停止と藍染東系からの余剰汚泥転送を実施することで浅草系北反応槽のMLSS濃度を維持できるようにして対応した。

排水は7月7日に終了したが、MLSS濃度が700mg/L程度まで低下したため、浅草系北反応槽のMLSS増加のため、余剰汚泥の引き抜き停止と藍染系東からの余剰汚泥転送を継続した。

7月10日には各槽ともにMLSSが2,000mg/L程度まで回復したので余剰汚泥の引き抜きを再開したが、今度は余剰汚泥引き抜き量の設定値を上げて実際の引き抜き量が一定量から増加しないことが確認された。そのため、7月1日時点で余剰汚泥引き抜き量の設定値2,400m<sup>3</sup>/日、汚泥返送率の設定値90%で運転していたものを8月3日に余剰汚泥引き抜き量の設定値2,400m<sup>3</sup>/日、汚泥返送率の設定値40～50%に変更し、余剰汚泥濃度を高めて限られた余剰汚泥量でできるだけ多くの固形分を引き抜くことで対応した(図10)。



図10 浅草系北余剰汚泥の変動

余剰汚泥引き抜きの問題のため7月中旬から8月上旬にかけては浅草系北反応槽のMLSS濃度の制御が困難となり、2000mg/Lを超えることもあった。MLSS濃度の上昇に伴い浅草系北反応槽で亜硝酸性窒素の濃度が上がったため、D回路ライザー管バルブの開閉による脱窒浮上対策はいったん停止した。

8月中旬以降はMLSS濃度も1500mg/L程度を維持できるようになったが、汚泥浮上が再度見られるようになった。

### 3 下半期に入ってから状況及び対策

前述の汚泥浮上対策を行ったことで浅草系南二沈では脱窒浮上が抑制され、良好な水質を維持できるようになった。一方で浅草系北二沈では再度汚泥浮上が見られたため、更なる対応策について検討することとなった。

浅草系北二沈で汚泥浮上が見られた理由として脱窒浮上以外の原因を検討した。反応槽停止に伴い浅草系北の処理水量は減少したが二沈の稼働池数は同一であるため、二沈の滞留時間が過大となっているのではないかと考えられた。

水中に蓄積された汚泥が長時間槽内で停滞すると広範囲で無酸素状態が常態化して汚泥が浮上し、さらに悪化すると汚泥が腐敗する恐れがある。そのため二沈での滞留時間を短くすることで汚泥の浮上が多少でも抑制できるのではないかと考えた。

一般的に二沈の滞留時間は3～4時間程度とされているが、8月時点での二沈滞留時間は5.4時間もあった。そのため二沈の状況を観察しながら1池ずつ停止することで二沈での滞留時間を抑えた。

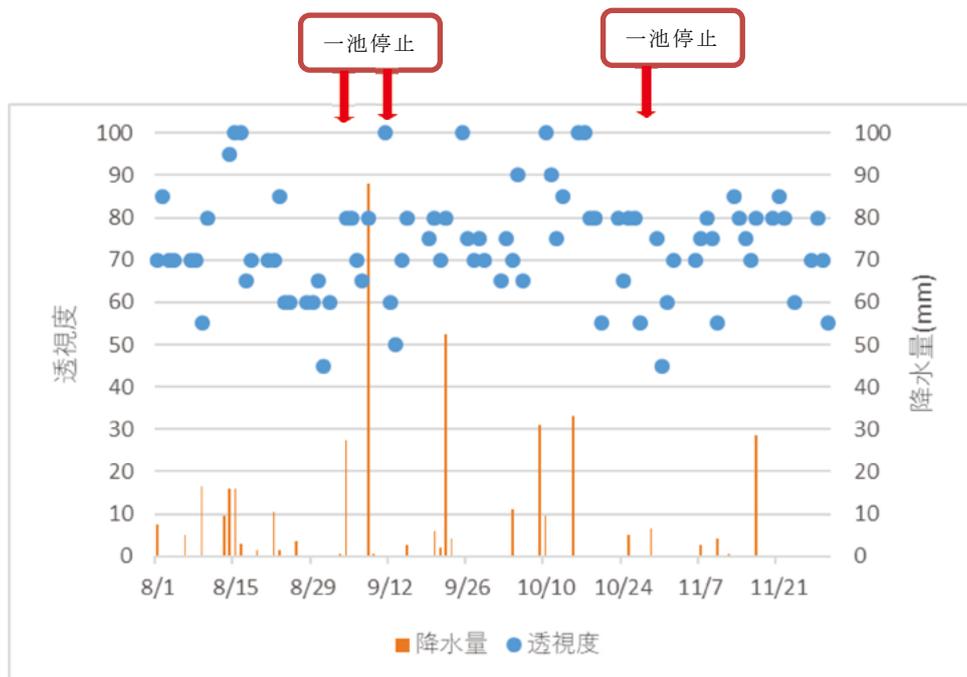


図11 浅草系北二沈の透視度の変動と降水量

8月の浅草系北二沈の透視度は月平均：72（中央値：70）と非常に悪化していた。

そこで9月5日、13日に二沈を一池ずつ停止したところ二沈滞留時間は5.0時間になり、9月14日～10月13日の透視度が平均：78（中央値：75）まで回復した。10月中旬から再度透視度が悪化したため、10月27日にさらに一池を停止した（二沈滞留時間は4.5時間）。その結果、透視度の改善は見られたものの透視度は依然として80程度にとどまった（図11）。

#### 4 取組の効果

汚泥浮上の抑制と窒素処理の改善を目標とした令和5年度の取組が放流水質にどのような効果をもたらしたかを把握するため、コロナ禍前の令和元年度（4～11月）から令和5年度までの4～11月の水質状況の比較を表3に示す。

表3 4～11月の水質状況

		コロナ禍の影響あり					
		令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度	4年間の減少率 (%)
処理水透視度中央値 (日常試験値)	浅草系南	100	100	100	100	100	
	浅草系北	90	100	100	80	75	
	放流水	85	100	100	100	90	
三態窒素濃度日平均値(mg/L) (日常試験値)	浅草系南	13	9.6	9.3	9.7	9.8	25%
	浅草系北	14.4	11.8	10	11	9.4	35%
	放流水	13.6	10.1	9.3	10	9.8	28%
アンモニア性窒素日平均値 (mg/L) (日常試験値)	浅草系南	4.1	1.5	2.3	1.7	0.9	78%
	浅草系北	7	6.5	3.7	4.1	2.2	69%
	放流水	6.1	3.4	2.3	2.3	1.5	75%
流入水BOD負荷量(t/日) (4～11月平均値)		77	68	64	62	71	8%
累計雨量(mm)		1355.5	1116.5	1410	1071	917	32%

令和5年度は令和元年度より降雨が少ない一方で、流入負荷量が同程度あるにもかかわらず放流水透視度、三態窒素（放流水）、アンモニア性窒素（放流水）は令和元年度より改善している。

また、浅草系南北処理水どちらも令和元年度に比べて三態窒素及びアンモニア性窒素が減少しているため、二沈での脱窒浮上を抑えつつ反応槽内で硝化脱窒反応を促進するといった当初の目標をある程度達成できたといえる。

特に浅草系南ではバルブ調整直後は三態窒素濃度に大きな変動が見られなかったものの、4月～11月にかけてのデータを見ると良好な透視度を維持しつつ令和元年度よりも大幅な三態窒素濃度低下を実現している。

一方で浅草系北は令和元年度に比べ三態窒素濃度こそ低下しているものの透視度は悪化しており、更なる汚泥浮上対策が必要であることが分かった。

#### 5 まとめと今後

令和5年度は硝化促進運転を継続したまま二沈での汚泥浮上抑制を目指す取組を実行してきた。硝化促進運転は工事やトラブルの影響を受けた時期の浅草系北以外ではおおむね順調で窒素処理は一步前進したと考える。

汚泥浮上抑制については、浅草系南二沈では一定の成果が得られたものの浅草系北二沈では十分とは言えない。表3からもわかる通り、三態窒素濃度は浅草系南、浅草系北ともに同程度であるにもかかわらず透視度に大きな違いが生じている。この原因として、二沈での脱窒浮上や滞留時間の問題以外にもポンプ所からの送水量の変動や二沈の構造的な問題、季節変化に伴う硝化不良など様々な要因が考えられる。硝化促進と汚泥浮上のトレードオフから脱却するためには、更なる工夫が必要である。

そのため、今後の対策として以下の点について調査予定である。

- 処理水量の時間変動及び各反応槽の硝化状況と二沈透視度の関係性についての把握
- 各系列の汚泥が堆積しやすい箇所の把握