

2-1-2 水質改善と省エネルギーの両立を目的とした

リアルタイム硝化脱窒制御技術の開発

計画調整部 技術開発課 有野 貴
葛西 孝司
宮岡 武志

(現 流域下水道本部 多摩川上流水再生センター)

1. はじめに

東京都下水道局（以降、「当局」とする。）は、区部と多摩地域あわせて約1万6千kmの下水道管、20か所の下水処理場（水再生センター）や85か所のポンプ所などの施設の管理を通じて、浸水の防除とともに公共用水域の水質保全を図り、安全・安心で快適な東京の都市づくりに貢献している。

一方で、質の高い下水道サービスを維持向上させるために当局は、東京都内における年間電力使用量（約780億kWh）の1%強にあたる約9.67億kWhを使用する、都内最大級のエネルギー消費者となっている。そこで、2017年3月に策定した「アースプラン2017」において、2000年度に対し2030年度において温室効果ガス排出量を30%以上削減する目標を設定し、その実現に向けて取り組みを進めてきた。さらに、東日本大震災以降の電気料金の大幅な値上げを背景に、コスト削減策としても電力使用量の一層の削減に努めている。

こうしたことを背景に、水再生センターの使用電力量の4割を占めている送風機の電力量削減に力を入れている。しかしながら、過度な送风量削減は処理水質の低下を引き起こすことから、当局では水質改善と送風機の電力使用量削減をバランス良く両立させるための技術開発に取り組んできたところである。

その主な取り組みの一つとして、当局では、既存の反応タンクの構造を活かしつつ、送风量を増やさず、窒素除去の促進を図るため、好気タンクの各回路（区画）に設置された手動ライザー弁（风量調節弁）の一部を絞ることにより好気タンクの一部に脱窒が進行する低DO領域（以降、「無酸素領域」とする。）を形成させ、脱窒を促進させる擬似AOAO法などの運転管理の工夫に取り組み、成果を挙げてきた¹⁾²⁾。しかし、手動ライザー弁の調節は、管理作業量の増加等により、多くても年数回となっている。このため、日々または時間毎の流入負荷変動に対して、常に最適な位置に無酸素領域を形成し脱窒を促進することができず、最大効果が得られないという課題があった。

著者らはこの課題解決のため、これまでに流入水質から必要送风量を決定し適正送風を行うことを可能とするリアルタイム硝化制御(RNC: Real-time Nitrification Control)技術³⁾や、反応タンクに複数設置した電動风量調節弁ごとに必要送风量を安定的に供給することで電力使用量の削減を可能とする回路別送風制御システム⁴⁾などの技術の開発を行ってきた。しかしながら、これまでの技術は、主に電力使用量を削減することを目的としたものであった。

今回、水質改善と電力使用量削減の両立を目的とした技術として、RNCに脱窒機能を追加し、回路別送風制御システムを組み合わせたリアルタイム硝化脱窒制御(RNDC: Real-

time Nitrification Denitrification Control) 技術を開発したので報告する。

2. RNDC 技術の構成

RNDC は、反応タンク流入渠及び反応タンクに設置した流量計、NH₄-N 計 (A)、水温計、MLSS 計などの計測値を入力データとして ASM2d (ASM: Activated Sludge Models No. 2d)⁵⁾ シミュレータに取り込み、回路別送風量を決定する「リアルタイム硝化脱窒制御コントローラ」及び、その送風量に従って各回路に送風するための「個別弁開度計算装置」、「電動風量調節弁」で構成される (図 1)。なお、NH₄-N 計 (B) は、ASM パラメータの調整に用いた。

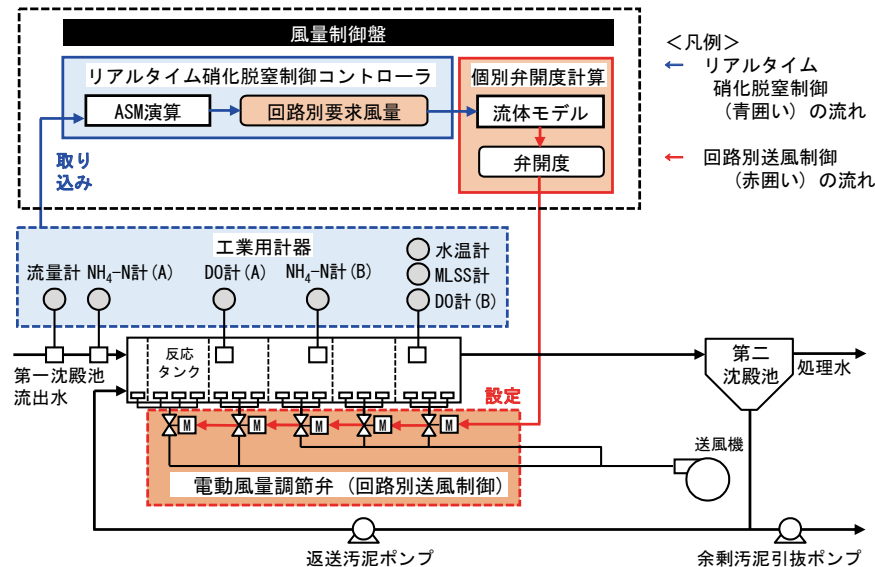


図 1 リアルタイム硝化脱窒制御のシステム構成図

2.1 リアルタイム硝化脱窒制御コントローラ

RNDC は、あらかじめ硝化または脱窒を行う回路と各回路の送風量を定めた一覧表 (以降、「送風量テーブル」とする。) を作成した。その上で、流入する水量や水質などのデータを用いて風量テーブル上のすべての組合せについて網羅的に ASM2d を用いて演算し、目標とする反応タンクの出口の NH₄-N 濃度を達成し、かつ、無酸素領域をより多く確保できる送風量の組合せを次に示す回路別送風制御システムに出力する風量制御装置である。

いわゆるフィードフォワード制御システムであることから、反応タンク出口には NH₄-N 計を設置していない。詳細は、3 章で報告する。

2.2 回路別送風制御システム

回路別送風制御システムは、RNDC で決定した送風量を元に次元流体解析により作成した近似式を用いて弁開度を決定する「個別弁開度計算装置」と「電動風量調節弁」から構成される。これにより、PID (Proportional-Integral-Differential) 制御単独よりもはるかに短時間で複数の弁からの送風量を指示値に到達させることが可能で、きめ細やかな送風が可能である。

RNDC の開発には、RNC に脱窒機能を組み入れるために必要な回路別送風量の決定方法、RNDC を実用化するための ASM パラメータ及び固形物濃度の調整方法を開発し、実際の水処理施設で性能を検証する必要がある。

本報では、脱窒機能を組み入れるために必要な回路別送風量決定方法、ASM2d パラメー

タ及び固形物濃度の調整方法等に関する内容を3章で、RNDCの性能検証結果を4章で報告する。

3. 送風量決定方法の検討とパラメータ調整方法の開発

3.1 各回路における風量パターンの検討

以前に開発した硝化制御であるRNCでは、シミュレーションを行うDO濃度範囲と刻み幅(1.0~5.0 mg/L、0.5 mg/L刻み)を予め決め、そのDO条件で反応タンク末端のNH₄-N濃度を演算し、目標値を満たす最小のDO値を選択することで送風量を制御した⁶⁾。

これに対して今回開発したRNDCでは、脱窒を促進するため、無酸素領域を形成する位置(回路)及びそれを実現するための電動風量調節弁ごとの送風量を決定する必要がある。そこで実測データとASMシミュレータを用いて、無酸素領域を形成する回路及び回路毎の送風量調節範囲とその刻み幅について検討した。

3.1.1 施設概要とシミュレーションモデル

検討は、性能検証を行う南多摩水再生センターの5-1系の反応タンク(以降、「実施設」とする。)をモデルとして行った。施設概要を図2、表1に示す。

槽列モデルは、実施設の構造をもとに10区画とし、B-2、B-3回路には弁1の送風量をそれぞれの容積比で按分した。

次に、表2に示す24時間試験の平均値を入力値として用いてシミュレーションを行い、総括酸素移動容量係数(KLa)の推定と固形物濃度の調整を行った。また、表2に示す平均値の算出に用いた各試料の値を用いてASMパラメータの調整を行った。

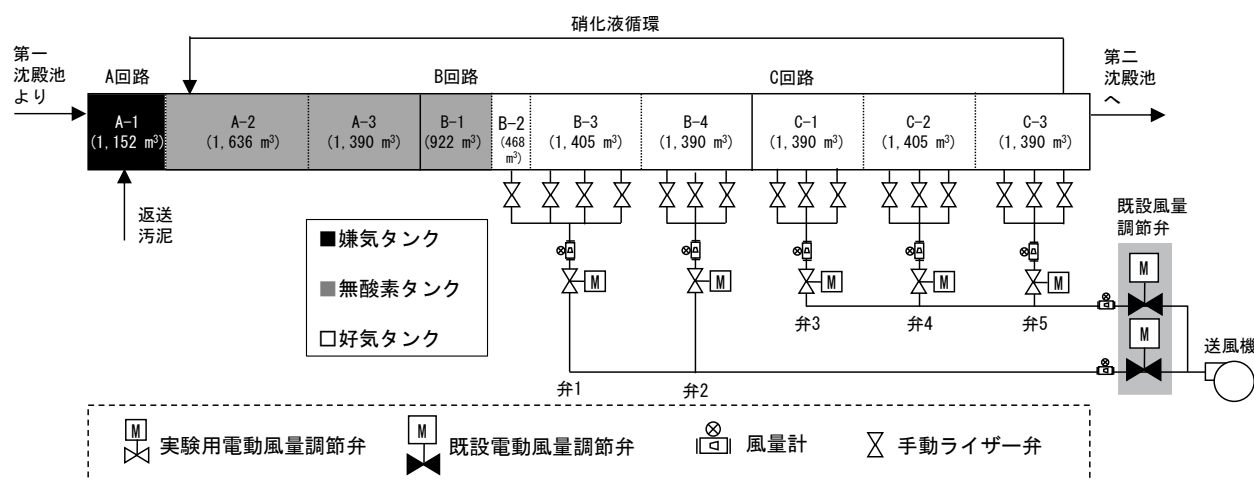


図2 反応タンクの槽分割と電動風量調節弁の配置

表1 施設概要

項目	内容
処理方式	嫌気無酸素好気法
反応タンク容量	12,548 m ³
最大処理能力	21,810 m ³ /日
水理的滞留時間	13.8 h (最大処理能力時)
既存の制御方式と設定値	DO一定制御 (DO設定値; B回路末端 1.2 mg/L, C回路末端 2.0 mg/L)
処理区の排除方式	分流式

表 2 風量一定制御時の実測データ
(2018年11月1日, 南多摩水再生センター)

項目	平均値(各試料の変動範囲)
運転値	
流入水量 (m ³ /h)	732 (649~839)
硝化液循環水量 (m ³ /h)	479 (476~482)
返送汚泥量 (m ³ /h)	270 (249~312)
水理学的滞留時間 (h)	17.1
合計送風量 (Nm ³ /h) [*]	4,402 (4,321~4,483)
水質分析値	
反応タンク入口 NH ₄ -N (mg/L)	25.4 (20.0~40.7)
反応タンク出口 NH ₄ -N (mg/L)	0 (0~0.1)
反応タンク出口 NO ₃ -N (mg/L)	11.0 (8.9~12.6)
センサー値	
MLSS (mg/L)	1,757(1706~1757)
水温 (°C)	25.8(25.5~26.0)

3.1.2 無酸素領域を形成する送風量決定方法の検討

下水道局では、これまで好気タンク内における脱窒に関する調査を実施してきた¹⁾²⁾。現在、その成果を活かして好気タンクの前段回路を好気条件として硝化を促進し、中後段回路に設置されている手動ライザー弁の一部を絞り、送風量を抑えて無酸素領域を形成することで脱窒を促進させる運転管理を行っている。この管理手法をもとにRNDCにおける送風量の考え方及び電動風量調節弁の制御方法を検討した。

具体的には、好気タンク前段の弁1から送風するB-2及びB-3回路は硝化が進行する送風量を確保するため、また、後段の弁4、弁5から送風するC-2及びC-3回路は硝化を終了させるために、常時好気領域とした。一方、反応タンクの弁2、弁3から送風するB-4及びC-1回路は、流入負荷が低いときは無酸素領域とし脱窒を促進させ、一方、高いときは好気領域とし硝化を促進させる制御について検討した。この場合、**図3**に示す6つの送風パターンが考えられるが、今回は演算時間を考慮して送風パターンを3つに絞って制御を行うこととした。

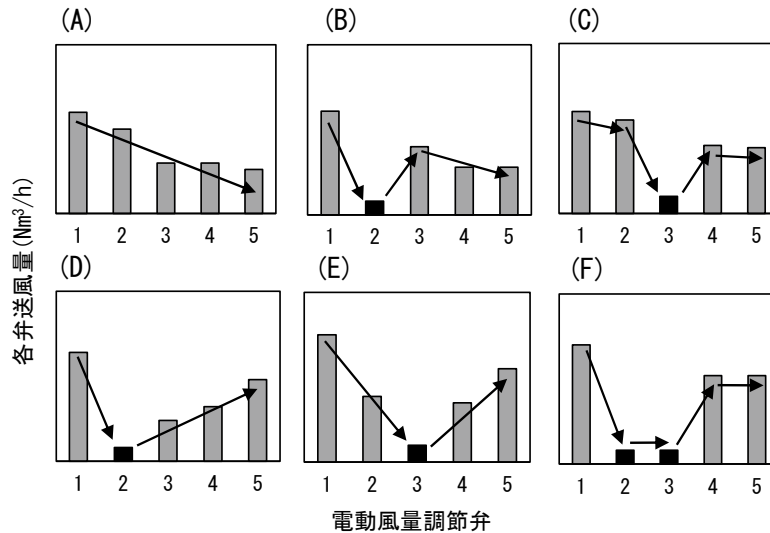


図3 シミュレーションによる検討候補の送風パターン

注：黒塗は無酸素領域を形成するために絞った弁

そこでまず、流入負荷が高い場合の送風パターンとして(A)を、また、流入負荷が低い際に2回路を無酸素領域とできる(F)を選択した。また、当局における、これまでの好気タンク内の脱窒調査の実績¹⁾から、(C)、(E)よりも(B)や(D)の方が無酸素領域とする区画に多くの有機物が残存し脱窒に有利であると考えられる。そこで、上流側の電動弁を絞る(B)及び(D)について、シミュレーションで脱窒性能を比較した。比較は、実施設の晴天時の実績をもとに流入NH₄-N負荷条件を表3のように設定したうえで、中間的負荷となるNH₄-N濃度30 mg/L、流入水量800 m³/hにて行った。なお、硝化液循環率、返送汚泥率、MLSS、水温は表2に示す平均値を用いた。また、送風量は、反応タンク出口のNH₄-N濃度が1 mg/Lとなるように調整した。評価は、反応タンク流出水中のNH₄-N、NO₃-N、NO₂-N(以降、「三態窒素」とする。)の合計濃度を流入水NH₄-N濃度(流入水のNO₃-N濃度、NO₂-N濃度は、ゼロと仮定)で除して求めた値を1から引いて求めた「三態窒素除去率」により行った。なお、この評価方法は、南多摩水再生センターで取得したデータから三態窒素除去率と全窒素除去率とに強い相関が確認できたことから用いた(図4)。

その結果、三態窒素除去率が(B)では58.8%に、(D)では59.6%となったことから、(D)を選択した。なお、雨天時については、持ち込みの溶存酸素や流入水質の変化により無酸素領域の確保が困難であることから、既報²⁾と同様に、硝化の安定化を優先することとして検討から除外した。

次に、表3に示したすべてのNH₄-N負荷の組合せで(A)、(D)、(F)についてシミュレーションを実施したところ、それぞれ三態窒素除去率が最も高かった風量パターンは表4のようになった。

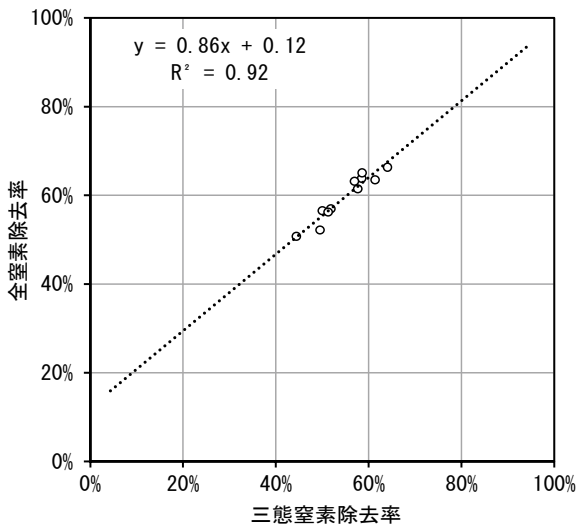


図 4 三態窒素除去率と全窒素除去率の関係
(2019年1月9日～3月21日, 南多摩水再生センター)

表 3 シミュレーションにより検討した
典型的な NH₄-N 負荷流入量 (kg-N/m³/h)

		流入水量 (m ³ /h)		
		700	800	900
NH ₄ -N 濃度 (mg/L)	40	28	32	36
	30	21	24	27
	20	24	16	18

表 4 流入負荷条件と対応する送風パターン

送風パターン		流入水量 (m ³ /h)		
		700	800	900
NH ₄ -N (mg/L)	40	(D)	(A)	(A)
	30	(F)	(D)	(A)
	20	(F)	(F)	(D)

3.1.3 送風量テーブルの作成と妥当性の確認

表 4 の送風パターンと設置されている散気板の通気量の上下限と設置枚数により定まる送風量 (好気タンク全体での送風量として上限 6,000 Nm³/h、下限 3,000 Nm³/h) をもとに、各弁からの送風量の組み合わせを検討した。なお、風量の刻み幅は、演算に要する時間とシミュレーションによる処理水質予測精度を考慮して 100 Nm³/h とした。その結果、高負荷用 (A) について 14 組 (合計風量 4,700～6,000 Nm³/h)、中負荷用 (D) について 10 組 (合計風量 3,800～4,700 Nm³/h)、低負荷用 (F) について 9 組 (合計風量 3,000～3,800 Nm³/h) の計 33 組で構成される風量テーブルを作成した (表 5)。

次に、シミュレーションにより、風量テーブルの妥当性を確認した。その一例を図 5 に示す。流入水量、硝化液循環率、返送汚泥率、MLSS、水温には、表 2 の平均値の算出に用いた 24 時間試験で取得した各試料の値を用い、NH₄-N 濃度は、図 1 に示した NH₄-N 計 (A) の値を用いた。送風量は、反応タンク出口の NH₄-N 濃度が 1 mg/L 以下となるように 1 時間に 1 回変更した。その結果、反応タンク流入 NH₄-N 濃度、流入水量が変動する中で、合計送風量は、3,000～5,300 m³/h の範囲で変化し、負荷変動に応じて (A)、(D)、(F) の送風パターンが選択されることを確認した。なお、流入負荷のピークと合計送風量のピークのずれは約 8.5 時間であり、反応タンク容積を流入水量、硝化液循環水量、返送汚泥量の合計値で除して求めた見かけの滞留時間とほぼ一致していた。

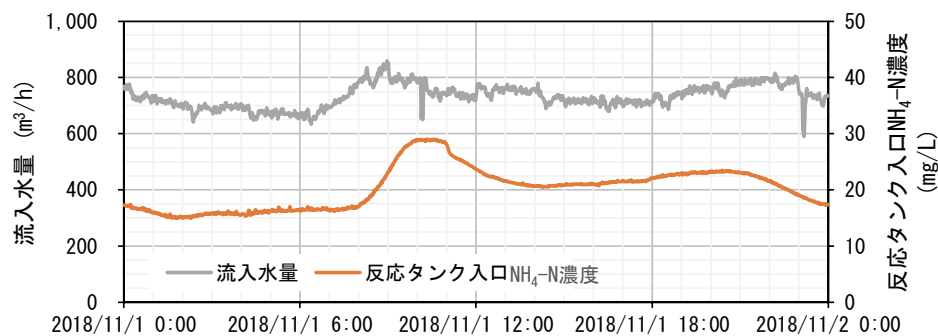
以上より、表 5 の風量テーブルを用いて流入 NH₄-N 負荷量に基づいて各回路の必要風量を決定することが出来ることを確認した。

表 5 送風量テーブル（一部）

	送風 パターンNo.	弁1 (Nm ³ /h)	弁2 (Nm ³ /h)	弁3 (Nm ³ /h)	弁4 (Nm ³ /h)	弁5 (Nm ³ /h)	合計 (Nm ³ /h)
(A)	1	1,800	1,300	1,100	900	900	6,000
	⋮						
(D)	14	1,500	1,200	700	700	600	4,700
	15	1,800	200	700	900	1,100	4,700
(F)	⋮						
	24	1,500	200	400	600	1,100	3,800
	25	1,500	200	200	900	1,000	3,800
(F)	⋮						
	33	1,200	200	200	600	800	3,000

- ・「…」は送風パターンの省略を示す。
- ・灰色の塗りつぶしは、風量を 200m³/h とすることで低 DO 領域を形成し脱窒促進する弁

(ア)



(イ)

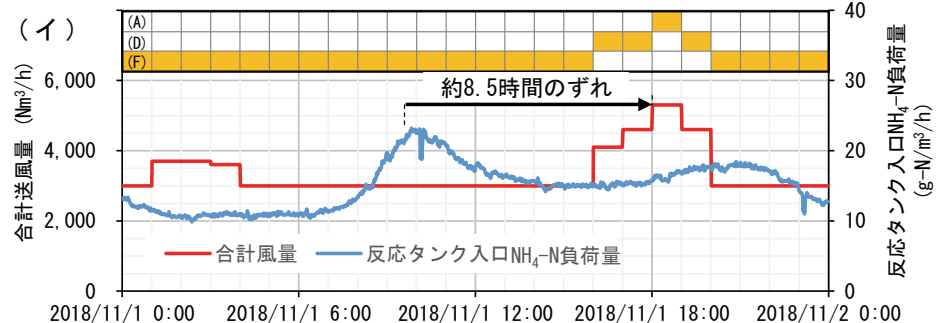


図 5 シミュレーションによるリアルタイム硝化脱窒制御の例

注：(イ)の上部は選択された無酸素領域形成回路

注：流入負荷のピークと送風量のピークは流下時間により 8.5 時間のずれが生じている

3.2 調整機能の簡略化

ASM2d には、21 種の反応速度式とそれに係る 45 個の定数（パラメータ）があり⁶⁾、シミュレーションにより対象施設の状況を精度よく再現するためには、その調整（キャリブレーション）が必要である。

例えば、硝化細菌の好気条件下での増殖の反応速度式は、以下の式 1 で定義される。

$$\mu_{AUT} \cdot \frac{S_{O_2}}{K_{O_2,A} + S_{O_2}} \cdot \frac{S_{NH_4}}{K_{NH_4,A} + S_{NH_4}} \cdot \frac{S_{PO_4}}{K_{PO_4,A} + S_{PO_4}} \cdot \frac{S_{ALK}}{K_{ALK,A} + S_{ALK}} \cdot X_{AUT} \quad \dots \text{式 1}$$

μ_{ATU}	; X_{ATU} の最大比増殖速度		
S_{O_2}	; 溶存酸素濃度	S_{NH_4}	; アンモニア態窒素濃度
S_{PO_4}	; 溶解性無機りん酸濃度	S_{ALK}	; アルカリ度
$K_{O_2,A}$; S_{O_2} に対する飽和定数	$K_{NH_4,A}$; S_{NH_4} に対する飽和定数
$K_{PO_4,A}$; S_{PO_4} に対する飽和定数	$K_{ALK,A}$; S_{ALK} に対する飽和定数
X_{ATU}	; 硝化菌濃度		

式 1 は、最大比増殖速度、溶存酸素濃度、 NH_4-N 濃度、りん酸性りん濃度、アルカリ度、硝化細菌量の項から構成されている。

RNC 開発時に砂町水再生センターで実施した検討では、 $K_{NH_4,A}$ （硝化における NH_4-N 濃度に対する飽和定数）と $K_{O_2,A}$ （硝化における溶存酸素濃度に対する飽和定数）を調整することで硝化制御が可能であった⁴⁾。また、2 か月間の連続運用調査で、長期的に安定した制御を行うためには、固形物濃度についても定期的に調整を行う必要があることを確認している（表 6）。

これらの調整には、ASM 全般に関する知識とシミュレータの取扱いに習熟が必要であり、そのことが本技術の導入の支障となると考えられる。そこで、パラメータ及び固形物濃度を自動調整する機能を開発することとした。

表 6 $K_{NH_4,A}$ と $K_{O_2,A}$ 及び固形物調整の履歴

日付	固形物濃度 調整	MLSS (mg/L)	ASM パラメータ	
			$K_{NH_4,A}$	$K_{O_2,A}$
2016/9/1	○	1,100	0.35	0.35
2016/9/5	—	1,100	0.40	0.40
2016/9/12	—	1,100	0.35	0.35
2016/9/15	—	1,100	0.35	0.40
2016/9/28	○	800	0.35	0.30
2016/10/3	○	1,000	0.30	0.30
2016/10/14	○	1,300	0.30	0.35

3.2.1 ASM パラメータの調整

調整する ASM パラメータは、既報⁴⁾と同様に $K_{NH_4,A}$ と $K_{O_2,A}$ とした。これらはいずれも硝化に関わるパラメータであることから、図 1 に示す反応タンク中段にアンモニア計 (B) を設置し、その値を指標に調整することとした。なお、調整間隔は表 2 に示した実施設の HRT が 17 時間程度であったことから、今回は 2 日に 1 回とした。また、パラメータ調整範囲と刻み幅は、連続運用を行った際の変更範囲、刻み幅を参考に決定した（表 6）。

ASM パラメータの調整は、図 6 に示すようにアンモニア計 (B) の計測値と演算値のずれが許容範囲を逸脱している場合に、 $K_{NH_4,A}$ と $K_{O_2,A}$ の組み合わせを網羅的に演算、計測値と演算値の乖離が最小となる組み合わせを選択するという手順で行った。なお、降雨等で極端

に計測値が低下した場合は、適正なパラメータの決定ができないことから調整は行わないようにした。

これにより、計測値と演算値が安定的に一致し、その乖離は平均 1.1 mg/L となった（図 7 (A)）。

なお、脱窒に関与するパラメータである $K_{NO_3, H}$ （従属栄養生物の硝酸態窒素に対する飽和定数）や $K_{O_2, H}$ （従属栄養生物の溶存酸素に対する飽和定数）は、処理水における NO_3-N 濃度の分析値と演算値が安定して概ね一致していたため変更は行わなかった。

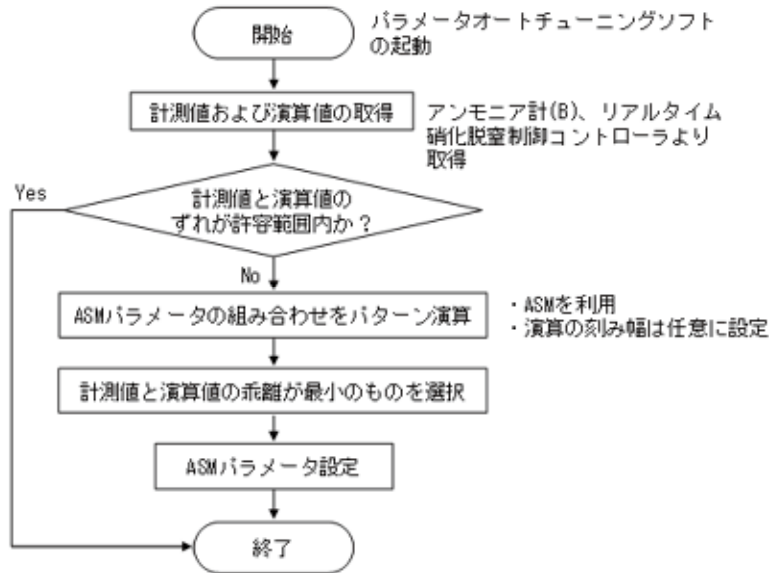


図 6 ASM パラメータの調整フロー

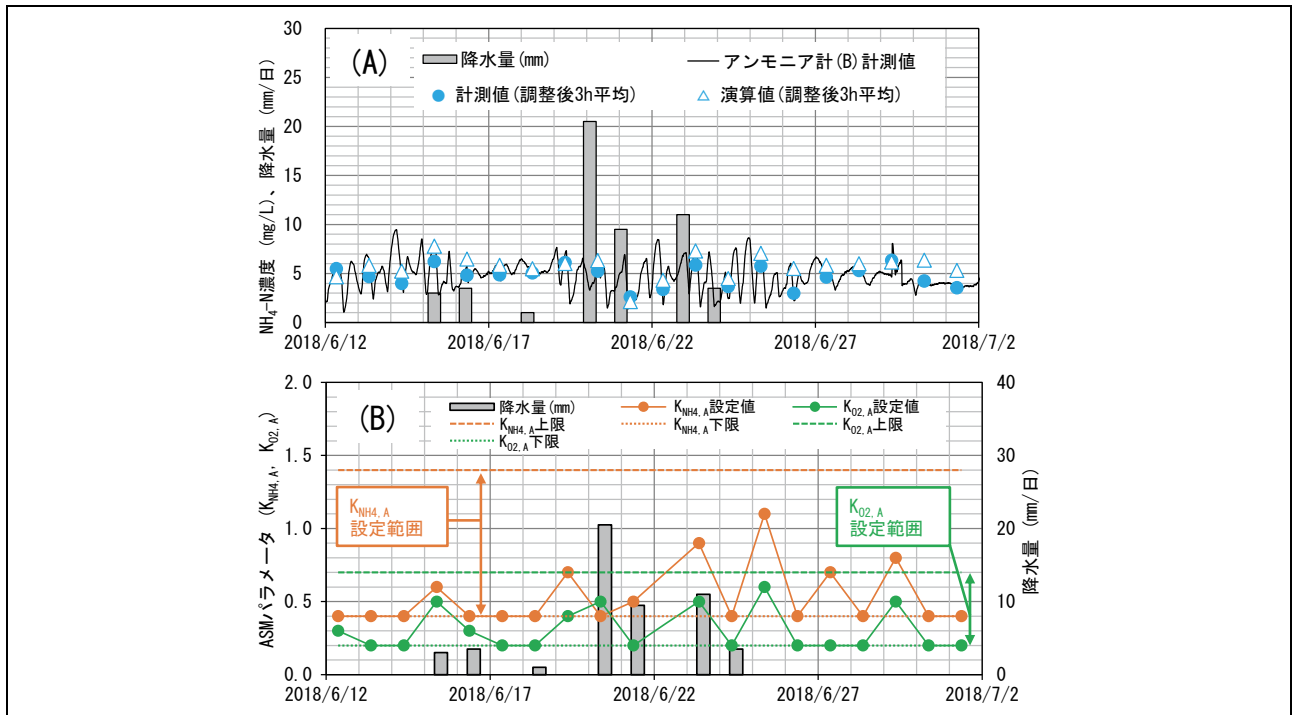


図 7 ASM パラメータの調整時の演算結果

(A) 回路のアンモニア計の計測値と演算値

(B) ASM パラメータの変化

3.2.2 固形物濃度の調整

固形物濃度の調整は、概ね MLSS 濃度を調整することと等しいと考えて、実施設の反応タンクに設置された MLSS 計の計測値と演算値を一致させる方法によって行うこととした。具体的には、**図 8** に示すように MLSS 計の計測値と演算値を比較し、その乖離が許容範囲を逸脱している場合に、槽列モデル上の余剰ポンプの引抜き量を変更し、MLSS 演算値を計測値に近似するように 1 日 1 回調整した。その結果、**図 9** に示すように、計測値と演算値がほぼ一致した。

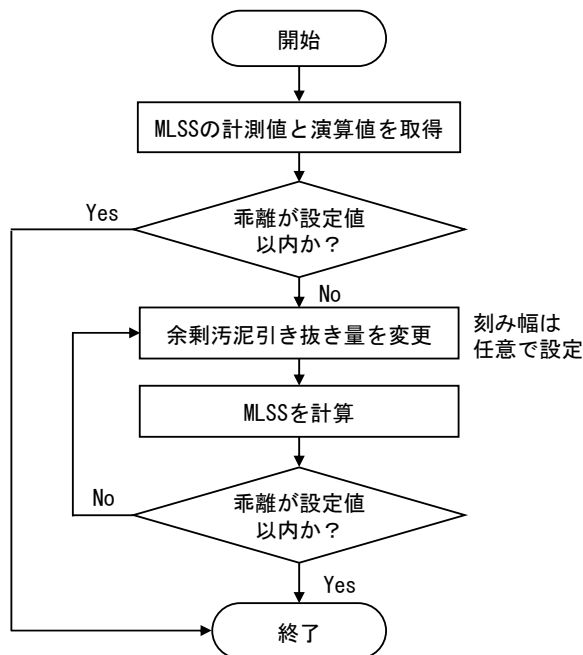


図 8 固形物調整フロー

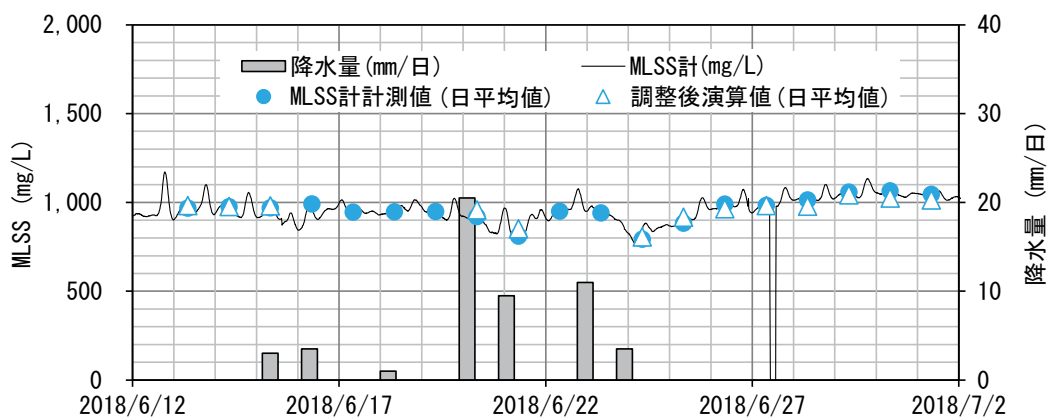


図 9 固形物濃度調整後の MLSS 値と MLSS 計の計測値の経時変化の例

4. RNDC の性能検証

RNDC を実施設に実装し、2019 年 1 月 19 日から 2 月 17 日に性能検証を行った。シミュレータへの入力データ項目、演算条件は、3.1.3 と同様とした。なお、性能検証時は既設電動風量調節弁を全開にし、送風量調節実験用電動風量調節弁のみで行った。

RNDC による送風制御例を **図 10** に示す。**図 10(A)** に示すように $\text{NH}_4\text{-N}$ 流入負荷量変動に応じて ASM 演算結果 (合計送風量設定値) が変化している。また、**図 10(B)** に示すように、

合計風量が少ない時間帯において弁2と弁3の風量が約200 Nm³/hになる制御が想定どおり行われることを確認した。なお、風量設定値が変化しない場合においても風量の振幅が見られるが、これは実証系列以外と送風系統を共用していたために生じた送風本管の圧力変動（送風機吐出圧力）の影響によるものと考えている（図10(A)）。

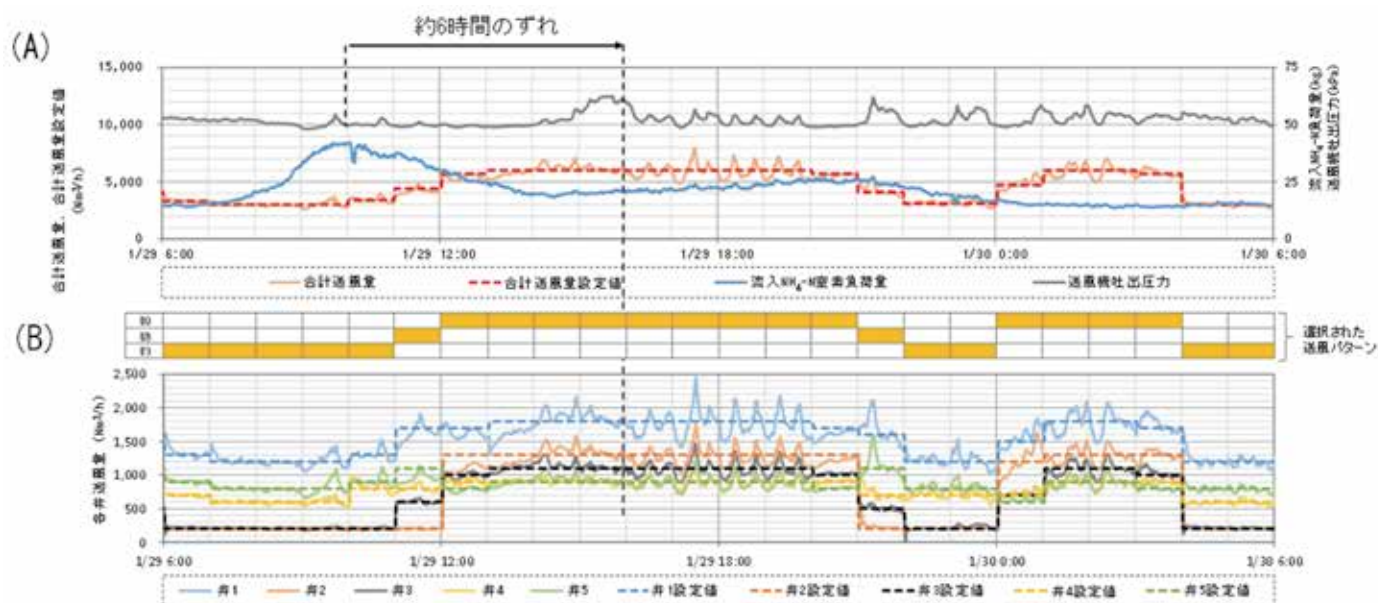


図10 電動風量調節弁によるリアルタイム硝化脱窒制御の送風例

4.1 水質改善効果

ここでは、RDNCの水質改善効果について述べる。反応タンクの出口におけるNH₄-N濃度の目標値への追随性及び、三態窒素除去率を指標とし、DO一定制御（同一の反応タンクで実施）の場合と比較した。

三態窒素除去率は、第一沈殿池越流水と反応タンク出口の活性汚泥を4時間ごとに採取、ろ過した試料をイオンクロマトグラフィーで分析し求めた三態窒素濃度の日平均値を用いて算出した。流入水量、硝化液循環水量及び返送汚泥流量は、DO一定制御時と同様であった。

表7にRNDCとDO一定制御の比較結果を示す。反応タンク出口のNH₄-N濃度は、目標値の1.0 mg/Lに対してRNDCでは目標値に近い平均0.7 mg/Lであった。一方、DO一定制御（B回路末端1.2mg/L、C回路末端2.0mg/L）では平均0.2 mg/Lと目標より低くなった。これは、検証施設の処理法はA₂O法であり、C回路後半で硝化液を循環させることから完全硝化に努めた結果である。

また、反応タンク出口の三態窒素濃度は、RNDCがDO一定制御よりも平均で2.2 mg/L低く、三態窒素除去率は55.7%から64.7%に向上した。なお、図11に示すように調査期間中のりん酸性りん濃度は、RDNCが0.4mg/L、DO一定制御が0.8mg/Lであり、RDNCによる悪影響は見られなかった。

表 7 リアルタイム硝化脱窒制御結果
(期間：2019年1月9日～2月17日)

項目	RNDC ^a	DO ^b	差 ^c
データ取得日数 (晴天日)	8	12	-4

運転値(時間平均)			
流入水量 (m ³ /h)	834	841	-7
硝化液循環水量 (m ³ /h)	479	492	-13
返送汚泥流量 (m ³ /h)	423	413	10
合計風量 (Nm ³ /h)	4,461	5,063	-602
水質(日平均)			
反応タンク入口三態窒素 (mg/L)	25.3	25.3	0.0
反応タンク出口三態窒素 (mg/L)	9.0	11.2	-2.2
反応タンク入口アンモニア性窒素 (mg/L)	25.0	24.9	0.1
反応タンク出口アンモニア性窒素 (mg/L)	0.7	0.2	0.5
MLSS計測定値 (mg/L)	2,792	2,737	55
反応タンク水温 (°C)	20.3	20.2	0.1

三態窒素除去率 (%) : [D _{3N}]	64.7	55.7	9.0
硝化液循環率 (%)	57.5	58.8	-1.3
送気倍率 (-)	5.3	6.0	-0.7
流入水量あたりの送気倍率の削減率 (%)	11.6	-	-

a : リアルタイム硝化脱窒制御, b : DO一定制御, c : a-bの差

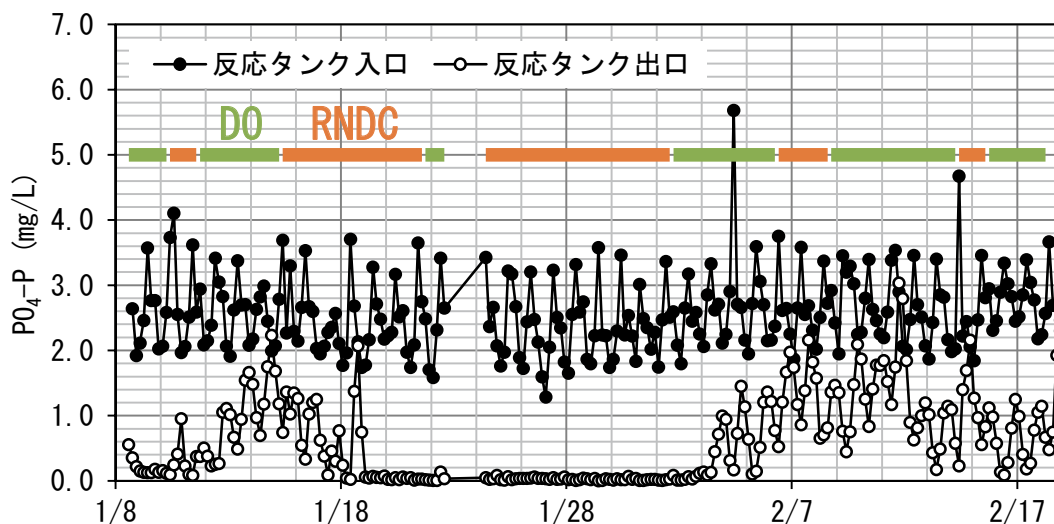


図 11 リン酸性りん濃度の経時変化

4.2 省エネルギーの評価

省エネルギー効果は、送気倍率(風量/流入水量)より算出した送風量削減率及び、送風機の吸い込み風量と電力の相関式($y=0.0133x+237$ 、 $R^2=0.916$ 、 y : 送風機電力[kW]、 x : 送風機吸い込み風量[Nm³/h])より算出した送風機電力削減率で評価した。

その結果、DO一定制御に対するRNDCの処理水1m³あたりの送風量削減率は平均11.6%

(7.1~19.7%)であり(表7)、これは南多摩水再生センター全反応タンクにRNDCを導入した場合、送風機電力が7.2%(4.4~12.2%)削減される効果に相当した。なお、DO一定制御の送気倍率は5.6~7.1で変動していたのに対して、RNDCでは5.2~5.7であり、その変動は小さかった。

5. 結論

本研究では、以下の成果が得られた。

5.1 RNDCの開発

ASM2dシミュレータを用いて負荷変動に応じて無酸素領域とする回路数を増減する制御により、窒素流入負荷変動に応じて無酸素領域を能動的に変化させ脱窒を促進する送風量制御を開発した。

5.2 調整機能の簡略化

ASMパラメータ及びMLSSを指標とした固形物濃度の調整機能を付加することで、手動によるパラメータ等の調整を不要とし、RNDC導入による運転管理の負担増を防止し、より実用的な制御技術とした。

5.3 RNDCの実機での評価

実施設(嫌気無酸素好気法)を用いた性能検証では、反応タンクにおける三態窒素除去率を55.7%から64.7%と9ポイント向上させつつ、送気倍率を約11.6%削減することができた。この結果から、TN除去率についてもほぼ同程度除去率が向上したと考えられた。南多摩水再生センター全池にRNDCを導入した場合、送風機電力の約7.2%削減に相当した。

以上のように、ASMを用いた必要送風量の算出と回路別送風制御技術を組み合わせたRNDCにより、風量削減と水質改善の両立が可能であることや、ASMシミュレータにより、導入効果の事前検討ができることを確認した。また、槽列モデルを変更することで様々な処理方式に対してもRNDCの適用が可能であると考えられる。こうした点からRNDCは、これからの下水道事業に大きく貢献すると考えられる。

参考文献

- 1) 葛西孝司、曾根啓一、鈴木重浩：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、下水道協会誌.vol152、no635、pp114-122(2015)
- 2) 近松康樹、田中英樹、葛西孝司：浅槽式反応槽での好気槽内脱窒促進運転について：東京都下水道局技術調査年報.Vol140、pp69-73(2016)
- 3) 足立悠介、小谷野正雄、福田宗昭：浅槽式反応槽における無酸素領域形成による好気槽内脱窒の促進について：東京都下水道局技術調査年報.Vol140、pp113-120(2016)
- 4) 及川智、土屋義和、中田昌幸、豊岡和宏、寺島英雄、渡辺志津男：水質改善と省エネルギーの両立を目的とした活性汚泥モデルを用いたリアルタイム硝化制御による送風制御技術の開発、下水道協会誌.Vol153、no643、pp111-120(2016)
- 5) 岸本長、並木圭治、豊岡和宏、宮原盛雄、中田昌幸、杉山聡、中町友則、渡辺志津男：新たな反応槽風量制御システムの開発、下水道協会誌.Vol157、no692、pp64-72(2020)
- 6) 味埜監訳：活性汚泥モデル 環境新聞社(2005)
- 7) 大石亮、後藤浩之、豊岡和宏：下水処理プロセスシミュレータ SIMWATER、明電時報.vol1310、no5、pp19-23(2006)