

令和5年度自主研究成果資料

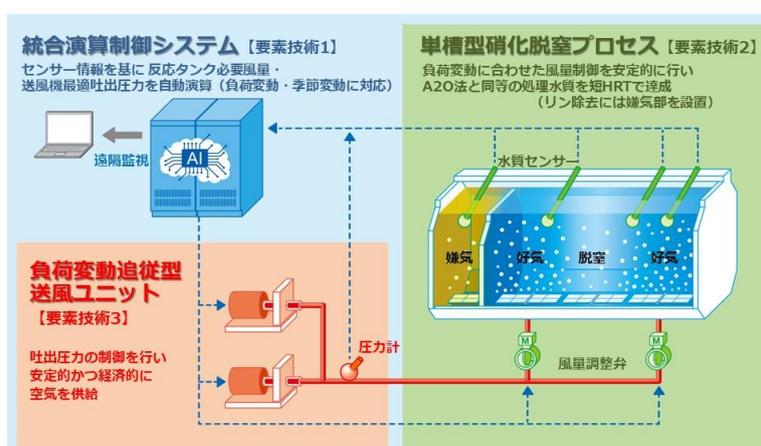
目次

1 自主研究の概要	3
2 自主研究方法の概要と結果の概要	4
2.1 自主研究方法の概要	4
2.2 自主研究結果の概要	5
3 自主研究の方法	6
3.1 処理フロー	6
3.2 対象系列反応タンクの運転方法	7
3.3 分析計画	8
3.4 N ₂ O 排出量の調査	10
3.5 複数池一括制御	12
4 自主研究の成果	14
4.1 対象設備の運転状況	14
4.2 N ₂ O 排出量の調査	15
4.3 水処理メカニズムの追加検証	18
4.4 複数池一括制御の検証	22
4.5 まとめ	24
4.6 参考文献	24
5 問い合わせ先	25

1 自主研究の概要

平成31年度 B-DASH 事業のうち、ICT活用スマートオペレーションによる省スペース・省エネルギー型高度処理技術として採用された本技術の概要は、**図資 1-1** に示す通りである。

本技術は、ICT・AI を活用し従来の高度処理法（A2O 法等）と比べて、短い水理学的滞留時間（HRT）で高度処理並みの水質を確保するとともに、省エネ性と維持管理性の向上を図るものである。本技術は、既設の反応槽に「水質センサー」を設置し、水質センサーにより得られた情報を基に統合演算制御システムにて反応槽の必要風量や送風機最適吐出圧力を演算し、送風ユニットの制御を行う。この制御により、安定した処理水質が得られ、また、経済的に送風ユニットを稼働することができる。



図資 1-1 本技術のイメージ

自主研究は、町田市成瀬クリーンセンター1系水処理施設を対象とし、令和3年4月から令和6年1月にかけて行った連続運転の結果をもとに、**表資 1-1** に記載した検証項目について評価した。本検証項目は、実証研究後の課題であった「建設コスト、維持管理コストのさらなる削減（複数池一括制御の検証 等）」に対する検証および自主研究における追加検討項目である「N₂O 排出量の調査」「水処理メカニズムの追加検証」として実施した。なお、令和4年度自主研究成果資料にて報告済みの内容については、本資料には記載しないものとした。

表資 1-1 自主研究概要

研究名称	単槽型硝化脱窒プロセスの ICT・AI 制御による高度処理技術実証研究
実施期間	令和3年4月1日～令和6年1月21日
実施者	メタウォーター・日本下水道事業団・町田市 共同研究体
実施場所	成瀬クリーンセンター（東京都町田市）
研究概要	ICT・AI を活用した単槽型硝化脱窒プロセスの改良
検証項目	複数池一括制御、N ₂ O 排出量、水処理メカニズム 他

2 自主研究方法の概要と結果の概要

2.1 自主研究方法の概要

表資 2-1 に本実証研究の調査項目または実施項目、目的ならびに研究方法を示す。

表資 2-1 自主研究方法の概要

調査項目または実施項目	目的	研究方法等
N ₂ O 排出量の調査	本技術の N ₂ O 排出量を把握	<ul style="list-style-type: none"> ・ 四季を通じた N₂O 排出係数の評価 ・ チャンバー方式、ダクト方式での N₂O 排出量調査 ・ N₂O 排出箇所の特定制
水処理メカニズムの追加検証	本技術の設計方法見直しに反映	反応タンク内の DO および脱窒速度に着目した硝化・脱窒量の調査を実施
複数池一括制御の検証	建設コスト、維持管理コストのさらなる削減	センサーを設置する 1 池（代表池）の制御結果を他の池（展開池）に反映して運転を行う手法を検証

N₂O 排出量の調査では、1 系反応タンクのうち 1-2 池を対象とし、1 年を通して定期的に反応タンクにおけるガス態の N₂O 排出量を確認した。

水処理メカニズムの追加検証では、反応タンク内での滞留時間に合わせてゾーン毎にスポット採水を行い、反応タンク内での各態窒素の変化を確認した。また、ピーカ実験による反応タンク各ゾーンの脱窒速度の評価や、1 年を通して反応タンク内各ゾーンにおける DO 濃度変化を連続的に測定し、反応タンク内の脱窒ポテンシャルを評価した。

複数池一括制御の検討では、水質センサー（NO_x-N 計、NH₄-N 計）の設置や維持管理に要する費用の削減を目的とし、研究期間中、代表池（NO_x-N 計と NH₄-N 計の計測値をもとに統合演算制御システムで算出した必要風量を風量設定値に使用して AI 風量制御を行う池）と展開池（代表池の必要風量をそのまま、或いは補正したうえで風量設定値に使用する池）で同等の前半 NO_x-N 濃度と後半 NH₄-N 濃度を得られるかどうかを検証した。

2.2 自主研究結果の概要

下記課題を残しつつも自主研究の結果、以下の研究成果が得られた。

表資 2-2 自主研究成果まとめ

調査項目または実施項目	目的	研究成果
N ₂ O 排出量の調査	本技術の N ₂ O 排出量を把握	R5 年度全 4 回の調査日の平均 N ₂ O 排出係数は、8.9 mgN ₂ O/m ³ (転換率 : 0.024%) であった
水処理メカニズムの追加検証	本技術の設計方法見直しに反映	反応タンク上流側に位置する「前半好気ゾーン」においても硝化と脱窒が生じていると考えられた
複数池一括制御の検証	建設コスト、維持管理コストのさらなる削減	風量補正を行うことで代表池と展開池で近い計測値が得られ、展開池の水質センサーを削減できる可能性が示された
短 HRT の検証 (R5.3 中間報告)	建設コストのさらなる削減	全調査日の平均 HRT は 8.8hr (6.2~9.7) であり、委託研究時に対して更なる削減を達成した (削減率 : 約 45%) 全調査日で目標水質達成した 窒素除去率 : 平均 66.5% (降雨日を除く)

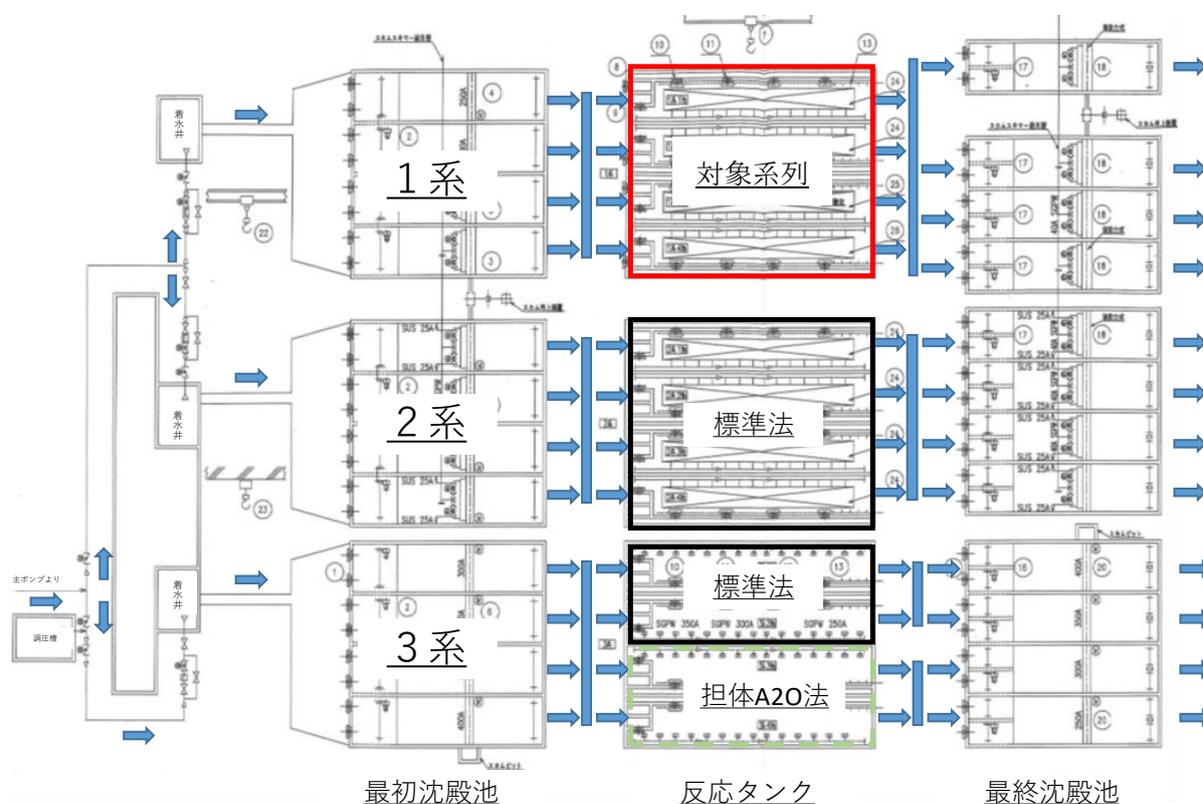
<今後の課題>

- 本技術の溶存態も含めた N₂O 排出量の評価、N₂O 生成メカニズムの検討
- 前半好気ゾーンにおける脱窒量の算出方法および兼用領域 (硝化と脱窒が同時進行する領域) の設定方法の確立 (一般化)
- 複数池一括制御の初期導入手法および長期安定運転に関する検討

3 自主研究の方法

3.1 処理フロー

図資 3-1 に成瀬クリーンセンター水処理フローを示す。成瀬クリーンセンターでは、主ポンプにより揚水された汚水は、流入調整弁を経て各系列の着水井へ送水されたのち、自然流下で最初沈殿池へ流入する。なお、各系列への汚水流入量の調整は分配比率固定制御で運用されており、通常運用時は概ね均等に分配（1系：2系：3系＝34%：34%：32%）するよう設定されている。また、各系列への流入量は、着水井手前に設置された流量計によって、揚水量として常時計測され運転管理に用いられている。なお、対象系列（1系、全4池）の反応タンク流入水路へ設置した流量計を用いて、反応タンク流入流量を計測した。

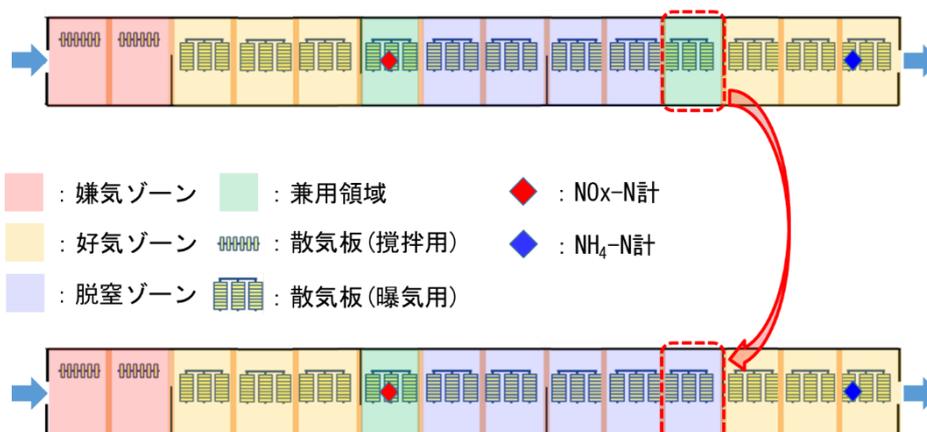


図資 3-1 成瀬クリーンセンターの水処理フロー

3.2 対象系列反応タンクの運転方法

1) ゾーン設定

図資 3-2 に反応タンクのゾーン設定を示す。令和3年3月4日～令和4年11月28日の間、自主研究のため、後半好気ゾーンの一部区画（硝化と脱窒の両方が進行すると考えられる兼用領域部分）の風量調節弁の開度を全閉または寸開とし、図資 3-2 に記載のとおり脱窒ゾーンを拡張して運転を行った。



図資 3-2 自主研究期間中の反応タンクのゾーン設定

2) 制御目標値

単槽型硝化脱窒プロセスにおいて、硝化と脱窒を効率よく進行させるためには各ゾーンに対する適切な空気供給が重要となる。制御用水質計器は、前半好気ゾーン下流部に NO_x-N 計を、後半好気ゾーン下流部に NH₄-N 計を設置し、それぞれの位置における NO_x-N 濃度と NH₄-N 濃度を所定の値に維持することで安定的な窒素除去が可能となる。

表資 3-1 に制御目標値と設定の考え方を示す。NO_x-N 目標値は、脱窒ゾーンで期待される脱窒能力を最大限に活かすために、十分な量の NO_x-N を安定的に生成することを目的として設定する。一方、NH₄-N 目標値は反応タンク出口で硝化を完了しつつ、過剰な空気供給を防止することを目的として設定する。実証研究時から継続して、原則、NO_x-N 目標値を 4.0 mg/L、NH₄-N 目標値を 2.0 mg/L として運転を実施した。

表資 3-1 制御目標値と設定の考え方

	目標値	設定の考え方	備考
NO _x -N (mg/L)	4.0	脱窒ゾーンにおける脱窒可能な NO _x -N を安定的に供給するため	脱窒可能な NO _x -N 濃度 ※1 を考慮して設定する
NH ₄ -N (mg/L)	2.0	反応タンク末端において硝化の完了を維持するため	水質計の計測精度を考慮して 1.0 mg/L 以上の値を設定する

※1) 平成 29 年度実績データ等から算出した想定脱窒可能濃度は約 4.0 mg/L

3.3 分析計画

1) 水質分析

表資3-2、表資3-3と図資3-3に、水質分析の分析計画と試料毎の分析測定項目および採水場所を示す。採水調査は、令和4年11月30日～令和5年8月29日にかけて計7回実施した。

表資3-2 分析計画（処理水質評価）

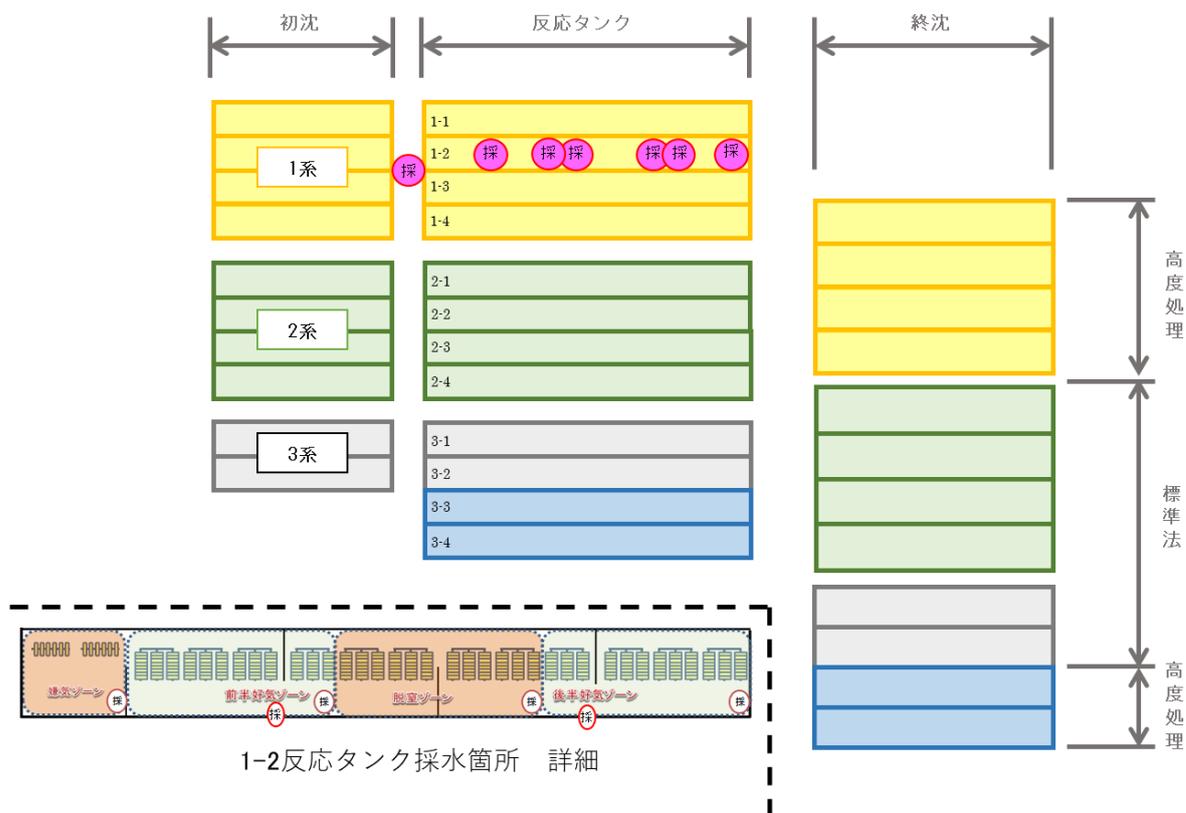
採取場所		採水方法	分析項目	バッチ試験項目
初沈出口		手汲み	※1	
反応 タンク	嫌気部出口	手汲み	※2	※3
	前半好気ゾーン中間	手汲み	※2	※3
	前半好気ゾーン出口 (前半兼用領域)	手汲み	※2	※3
	脱窒ゾーン出口	手汲み	※2	※3
	後半好気ゾーン中間 (後半兼用領域)	手汲み	※2	※3
	後半好気ゾーン出口	手汲み	※2	※4
返送汚泥		手汲み	※2	

※1～※4の分析項目詳細は、表資3-3に対応

表資3-3 試料毎の分析項目

採取場所	※1	※2	※3	※4
気温	○			
水温	○	○		
pH	○	○		
ORP	○	○		
DO	○	○		
T-BOD	○			
S-BOD	○	○		
SS	○			
MLSS		○		
NH ₄ -N		○		
NO ₃ -N		○		
NO ₂ -N		○		
硝化速度				○
ATU-Kr			○	○

ATU-Kr [mg/(g-MLSS・h)] : ATU添加時の単位時間・単位重量あたりの活性汚泥の酸素消費速度

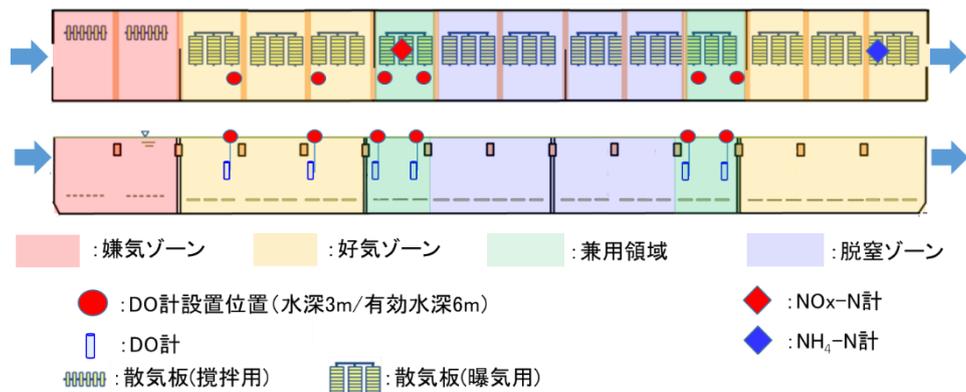


図資 3-3 採水場所（丸囲い「採」印の位置で採水）

なお、反応タンク内の汚泥採取は、反応タンクの流下方向に沿って、流下時間を考慮してスポットで試料の採取を行った。また、採取後速やかにろ過操作を行い、試料の変性を防止した。

2) 反応タンク内の DO 濃度の測定

令和4年9月1日～令和6年1月21日の間、自主研究のため、対象系列のうち1池（1-2反応タンク）内に DO 計を設置し、反応タンク内の DO 濃度の変化を連続的に測定した（図資 3-4）。



図資 3-4 1-2 反応タンクにおける DO 計の設置位置

3.4 N₂O 排出量の調査

反応タンクから放出されるガス態の N₂O を対象とし、令和5年6月～令和6年1月の期間に計4回、以下の2種類の試料採取方式を用いて発生量を推定した。表資3-4に、N₂O 調査の調査箇所、調査時間、調査日を示す。

表資3-4 N₂O 調査の調査箇所、調査時間、調査日

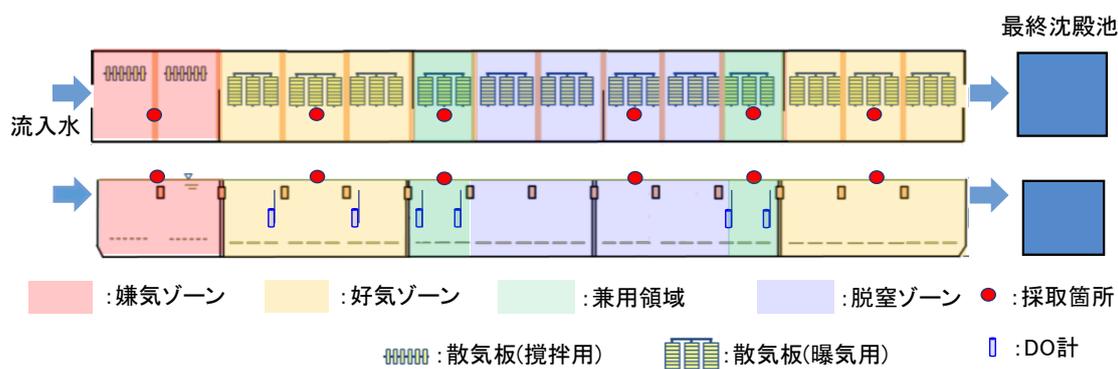
	調査箇所	調査時間	調査日
チャンバー方式	反応タンク各ゾーンの中央付近 (計6箇所)	調査開始日の11時から 4hピッチ×24h (6点)	令和5年6月14日～15日 8月30日～31日 11月29日～30日 ^{※1}
ダクト方式	反応タンク覆がいの脱臭ダクト	1min.ピッチ×24h 連続測定	令和6年1月18日～19日

※1：冬季調査のため、流入汚水量を平常から15%程度、意図的に抑えた運転を行った

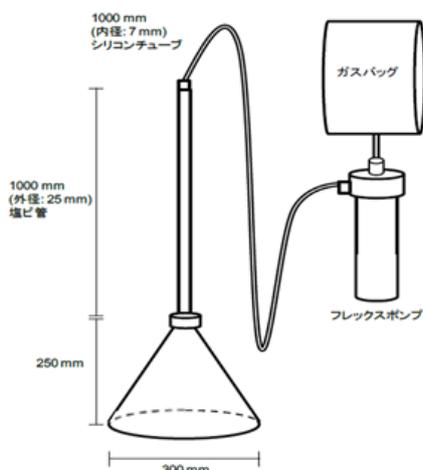
チャンバー方式：

1-2反応タンクにおいて、図資3-5に示す反応タンク内の6つのゾーン・領域についてゾーン中央付近の非散気側の各1箇所を調査箇所とした。全箇所では曝気を行っていることから、好気タンク用採ガスチャンバー（図資3-6）を用いてオフガスを採取し、ガスクロマトグラフ／電子捕獲型検出器法（GC/ECD法）を用いて試料中の N₂O 濃度を測定した。

N₂O 排出量は、各試料の N₂O 濃度に各々の曝気量を乗じて各ゾーン・領域の排出量を算出した後、これらを総計して反応タンク全体の N₂O 排出量と見なした。また、各調査日の N₂O 排出量は、4時間毎に算出した N₂O 排出量の計6回の平均値として算出した。



図資3-5 チャンバー方式における反応タンク内のガス採取箇所の概略図

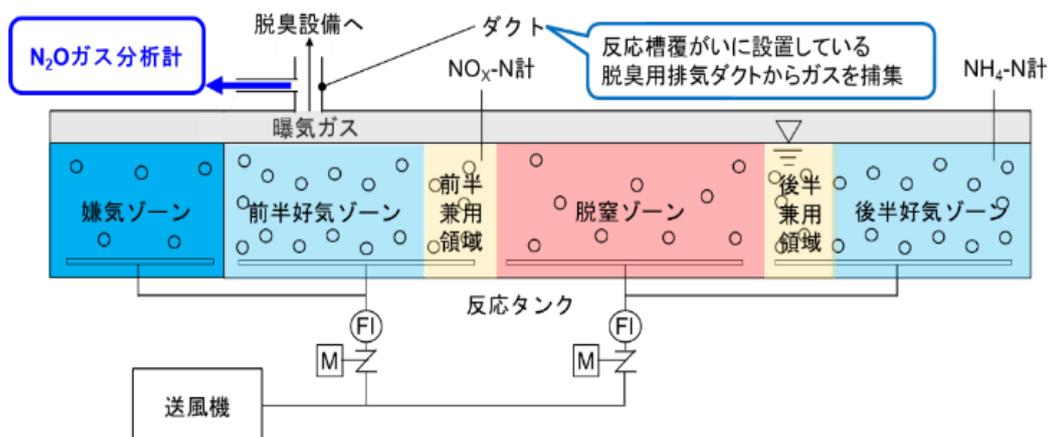


図資 3-6 好気タンク用採ガスチャンバー②

ダクト方式：

図資 3-7 に示す反応タンクの排気ダクト（1ヶ所/池）の試料採取口から連続的にガスを吸引し、非分散型赤外線吸収方式（NDIR）による N_2O ガス分析計（HORIBA、VA-5000）を用いて N_2O 濃度の 24 時間の連続測定を行った。また、 N_2O 濃度の指示値に対し、二酸化炭素等による干渉影響を補正して評価に用いた。

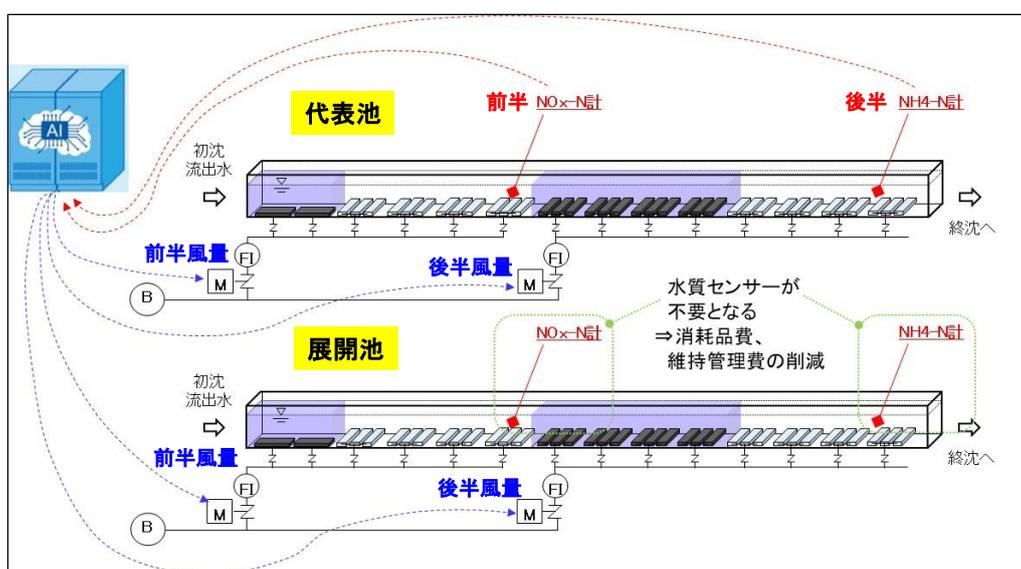
N_2O 排出量は、1 分毎にガス中の N_2O 濃度の瞬時値に排気ダクトの吸気量の瞬時値を乗じ、その算出値を瞬時の N_2O 排出量とみなした。ただし、チャンバー方式と N_2O 排出量を比較するため、ダクト方式での各調査回の N_2O 排出量の算出には、チャンバー方式での各調査回のガス採取時間と同一の時間における吸気量を用いた。各調査日の N_2O 排出量は、チャンバー法と同様に 4 時間毎に算出した N_2O 排出量の計 6 回の平均値として算出した。



図資 3-7 ダクト方式における反応タンク的气体採取箇所の概略図

3.5 複数池一括制御

本技術における水質センサー（NO_x-N計、NH₄-N計）の設置や維持管理に要する費用の縮減を目的として、複数池一括制御を実規模で試行した。本技術において、代表池（NO_x-N計とNH₄-N計の計測値をもとに統合演算制御システムで算出した必要風量を風量設定値に使用してAI風量制御を行う池）と展開池（代表池の必要風量をそのまま、或いは補正したうえで風量設定値に使用する池）で同等の前半NO_x-N濃度と後半NH₄-N濃度を安定的に得ることができれば、展開池におけるNO_x-N計とNH₄-N計の設置が不要となり、これらの設置や維持管理にかかる費用が縮減できる（図資3-8）。



図資3-8 複数池一括制御の概念図

代表池の必要風量から展開槽の風量設定値を算出するための補正の方法として、乗数補正と乗数補正と水量補正を組み合わせたものを検討した。乗数補正では、代表池～展開池間での酸素移動効率や活性汚泥の生物活性などの差異を想定し、代表池の必要風量に一定の乗数をかけることで展開池の風量設定値を算定した。一方、水量補正では、必要風量が流入水量に比例すると仮定し、代表池～展開池間での流入水量の比率を代表池の必要風量に乗じることで展開池の風量設定値を算定した。展開池の風量設定値の計算式を以下に示す（式①は乗数補正のみ、式②は乗数補正と水量補正を組み合わせたもの）。

$$\text{式①} \quad \text{風量設定値}_{\text{展開池}} = \text{要求風量}_{\text{代表池}} \times \text{乗数}$$

$$\text{式②} \quad \text{風量設定値}_{\text{展開池}} = \text{要求風量}_{\text{代表池}} \times \text{乗数} \times \frac{\text{流入水量}_{\text{展開池}}}{\text{流入水量}_{\text{代表池}}}$$

令和5年7月に複数池一括制御を実施した際の運転条件を表資3-5に示す。

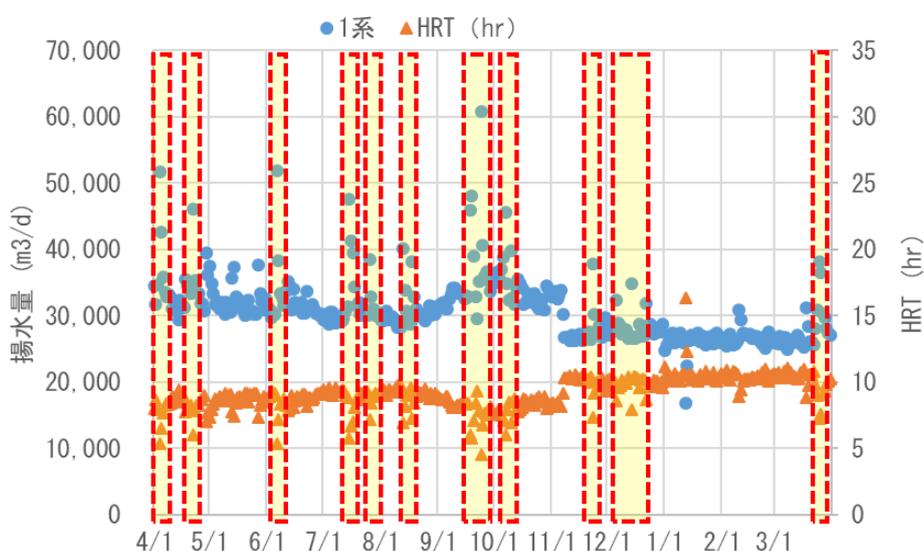
表資3-5 複数池一括制御の運転条件

条件	実施時間帯	代表池 → 展開池	水量補正	前半乗数	後半乗数
風量補正なし	通日運転	1-1系 → 1-2系	なし	1	1
風量補正あり	通日運転	1-1系 → 1-2系	なし	0.9	1

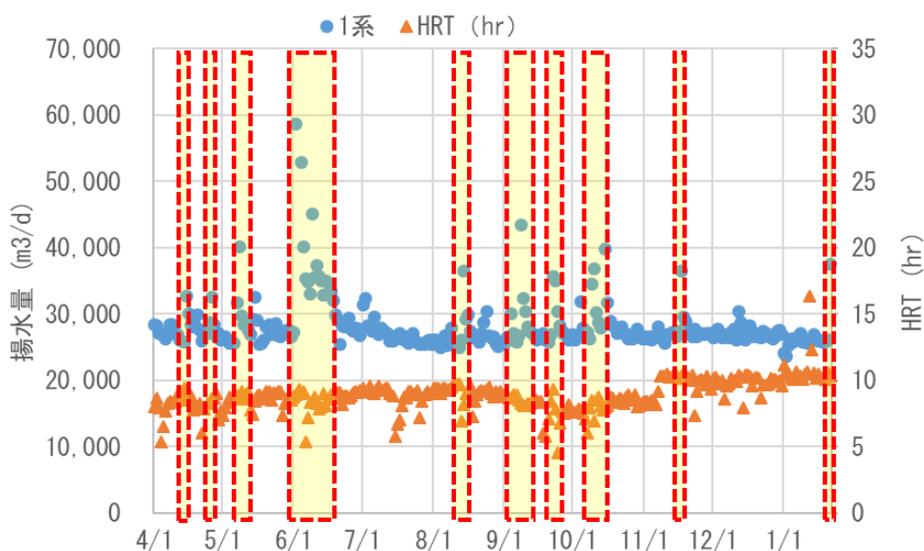
4 自主研究の成果

4.1 対象設備の運転状況

図資 4-1、4-2 に自主研究期間中（令和4年4月1日～令和6年1月21日）の対象系列の流入汚水量の日間変動と HRT を示す。降雨の影響が大きかったと推定される期間（図中の塗潰し期間）を除くと、令和4年度の流入汚水量は平均 29,591 m³/日、HRT は平均 9.6hr（水量増加期間は流入汚水量は平均 31,868 m³/日、HRT は平均 8.8 hr）、令和5年度の流入汚水量は平均 26,965 m³/日、HRT は平均 10.3hr であった。また、令和4年度の AHRT は平均 5.5hr、ASRT は平均 6.2 日、MLSS は 1,956 mg/L、令和5年度の AHRT は平均 5.9hr、ASRT は平均 5.4 日、MLSS は 1946 mg/L であった。



図資 4-1 対象系列の流入汚水量の日間変動（令和4年度）



図資 4-2 対象系列の流入汚水量の日間変動（令和5年度）

4.2 N₂O 排出量の調査

表資 4-1 に、24 時間調査日における水処理運転データを示す。令和 5 年 4 月 1 日～令和 6 年 1 月 21 日の対象系列の流入汚水量は平均 8,097 m³/d (16,848～60,744 m³/d)、反応タンクの HRT は平均 8.5 h (3.7～11.3 h) で、同期間における送気倍率は平均 3.5 倍 (0.9～4.5 倍) であった。また、反応タンク流入水中の NH₄-N 濃度は平均 22.8 mg/L (4.5～29.6 mg/L)、反応タンク後段 NH₄-N 計の設置位置における NH₄-N 濃度は平均 2.0 mg/L (0.5～3.7 mg/L) であった。

表資 4-1 24 時間調査日における水処理運転データ

	流入汚水量 [m ³ /d]	HRT [h]	曝気量 [m ³ /d]	送気倍率 [-]	水温 [°C]	MLSS [mg/L]	反応タンク 流入 NH ₄ -N [mg/L]	反応タンク 前段 NO _x -N [mg/L]	反応タンク 後段 NH ₄ -N [mg/L]
調査①令和 5 年 6 月 14 日～15 日	8,432	8.2	23,264	2.8	25.0	1,593	19.1	4.0	1.6
調査②令和 5 年 8 月 30 日～31 日	7,886	8.7	29,780	3.8	30.6	1,562	24.2	4.0	1.7
調査③令和 5 年 ^{※1} 11 月 29 日～30 日	6,698	10.3	22,650	3.4	24.9	1,910	23.2	4.0	1.5
調査④令和 6 年 1 月 18 日～19 日	7,582	9.1	29,629	3.9	21.3	1,991	24.5	3.9	1.7
(参考) 令和 5 年度 ^{※2} 1 日平均値 (最小～最大)	8,097 (6,114～ 18,857)	8.5 (3.7～ 11.3)	27,943 (16,176～ 34,536)	3.5 (0.9～ 4.5)	25.7 (19.3～ 30.5)	1,685 (1,287～ 2,021)	22.8 (4.5～ 29.6)	4.0 (3.0～ 6.1)	2.0 (0.5～ 3.7)

※1：冬季調査のため、流入汚水量を平常から 15%程度、意図的に抑えて運転を行った。

※2：令和 5 年 4 月 1 日から令和 6 年 1 月 21 日までの 1 日平均値

表資 4-2 に、チャンバー方式の N₂O 排出係数と流入 NH₄-N あたりの N₂O 転換率を示す。1 年を通して計 4 回 N₂O 排出量の調査を行い、N₂O 排出係数を評価した結果、本技術の N₂O 排出係数 (4 回の調査結果の単純平均) は 8.9 mgN₂O/m³ であった。本結果は、A₂O 法等の高度処理 (排出係数 11.7 mgN₂O/m³)²⁾ と比較して同等以下であった。また、流入 NH₄-N あたりの N₂O 転換率 (4 回の調査結果の単純平均) は 0.024% であり、既往の知見 (0.0～0.4%)³⁾ の範囲内であった。

表資 4-2 N₂O 排出係数と流入 NH₄-N あたりの N₂O 転換率 (チャンバー方式)

	R5 年			R6 年	平均値
	6 月	8 月	11 月	1 月	
N ₂ O 排出係数 (mgN ₂ O/m ³)	4.8	11.0	6.3	13.6	8.9
流入 NH ₄ -N あたりの N ₂ O 転換率 (%)	0.016	0.029	0.017	0.035	0.024

表資 4-3 に、チャンバー方式およびダクト方式における N₂O 排出量および排出係数を示す。N₂O 排出係数 (単純平均) は、チャンバー方式では 8.9 mgN₂O/m³、ダクト方式では 9.6 mgN₂O/m³ であった。一方で、8 月度の N₂O 排出量および排出係数は、チャンバー方式がダクト方式の約 4 倍の排出量であり、測定方式による差異が大きい調査日もあった。

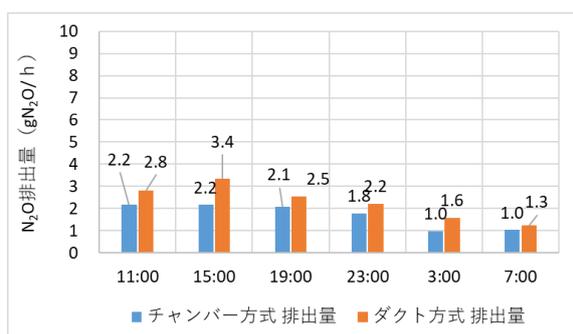
表資 4-3 チャンバー方式およびダクト方式における N₂O 排出量と排出係数

	項目	R5. 6 月	R5. 8 月	R5. 11 月	R6. 1 月	平均値※
チャンバー方式	N ₂ O 排出量 (gN ₂ O/h)	1.7	3.6	1.8	4.3	2.9
	N ₂ O 排出係数 (mgN ₂ O/m ³)	4.8	11.0	6.3	13.6	8.9
ダクト方式	N ₂ O 排出量 (gN ₂ O/h)	2.3	0.9	2.7	6.1	3.0
	N ₂ O 排出係数 (mgN ₂ O/m ³)	6.5	2.6	9.8	19.5	9.6

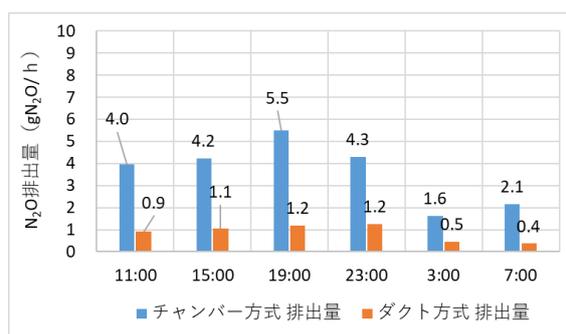
※平均値は、4回調査の単純平均値

図資 4-3 に、チャンバー方式およびダクト方式における N₂O 排出量を示す。両測定方式（チャンバー方式、ダクト方式）においては、6 月度、11 月度の調査では、N₂O 排出量は概ね同程度であったが、その他の 8 月度、1 月度の調査では差異が見られた。

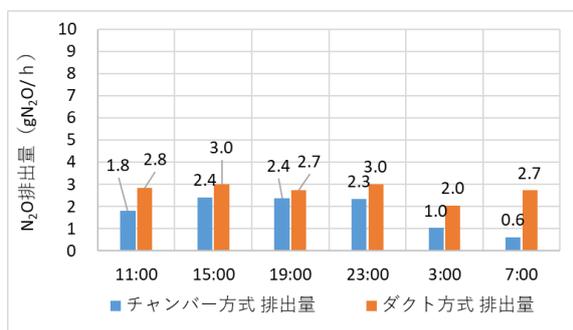
図資 4-4 に、チャンバー方式における N₂O 排出量の時間変化を示す。N₂O の主な排出箇所は、前半好気ゾーンおよび後半好気ゾーンであった。



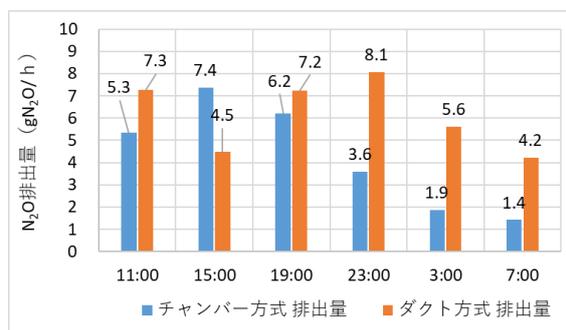
(R5 年 6 月 14-15 日)



(R5 年 8 月 30-31 日)

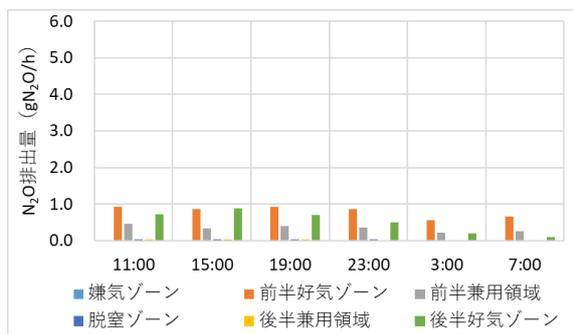


(R5 年 11 月 29-30 日)

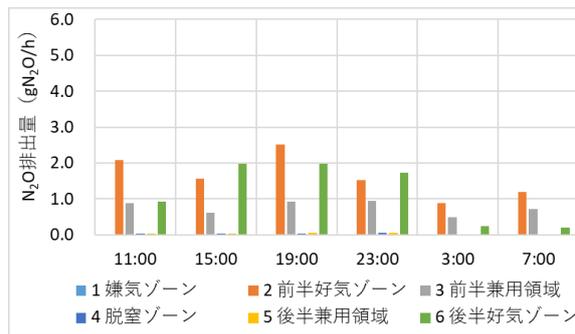


(R6 年 1 月 18-19 日)

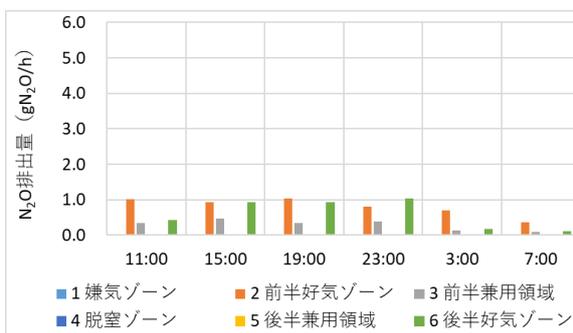
図資 4-3 チャンバー方式及びダクト方式における N₂O 排出量



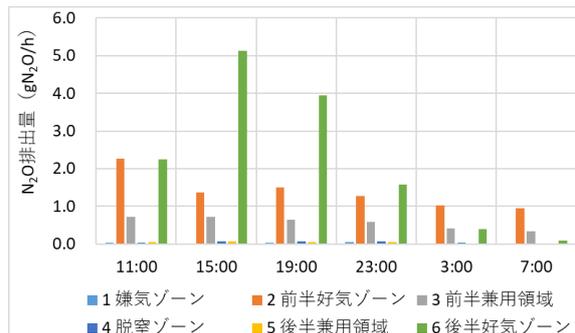
(R5年6月14-15日)



(R5年8月30-31日)



(R5年11月29-30日)



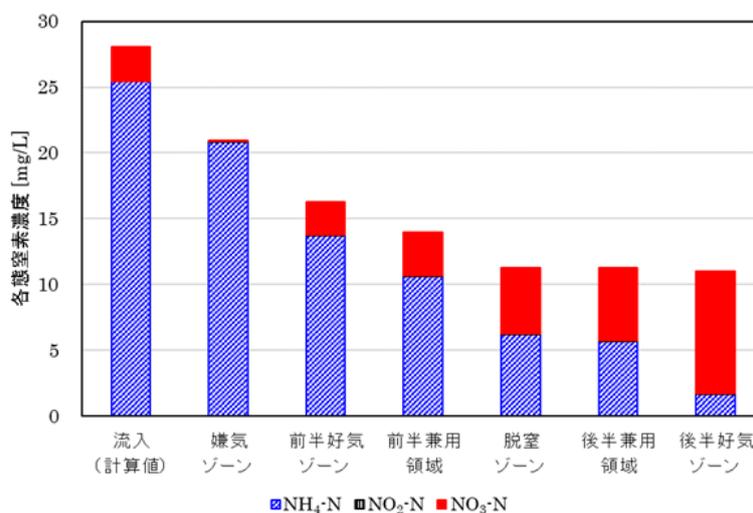
(R6年1月18-19日)

図資 4-4 N₂O 排出量の時間変化

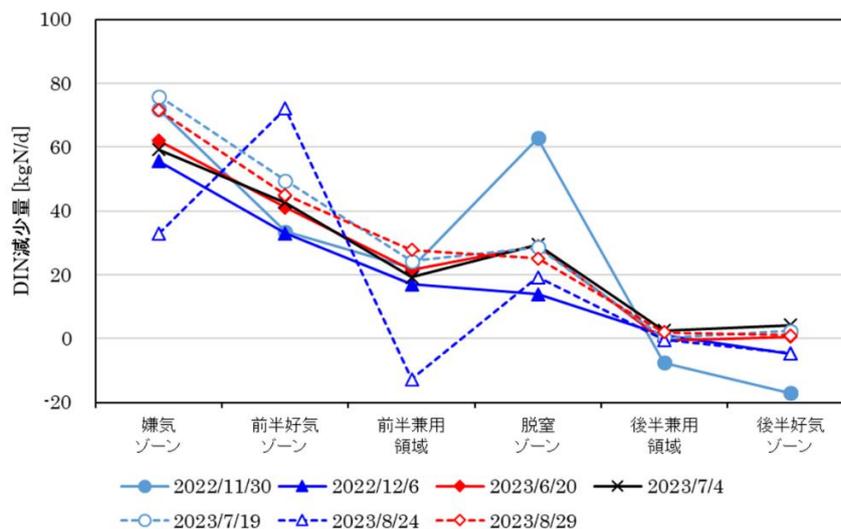
4.3 水処理メカニズムの追加検証

図資 4-5 に採水調査日（令和4年11月30日～令和5年8月29日のうち7日）のうち、令和5年7月19日における1-2反応タンクの、流下方向の無機態窒素濃度の測定結果を示す。なお、試料は流下時間を考慮してスポットで採取した。本調査日における無機態窒素濃度（NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N の合計、以下 DIN）は、最初沈殿池出口水と返送汚泥中の無機態窒素濃度から算出した流入の DIN に対して、前半好気ゾーンの DIN は約 11.8 mg/L（約 42%）減少していることを確認した。

図資 4-6 に採水調査日における、1-2 反応タンクの DIN の減少量を算出した結果を示す。なお、各ゾーンにおける DIN 減少量は、1つ前段のゾーンにおける DIN 濃度から、当該ゾーンの DIN 濃度を減じた値を用いて算出した。いずれの調査日においても、前半好気ゾーンを含む嫌気ゾーン～脱窒ゾーンにかけて DIN の減少を確認した。

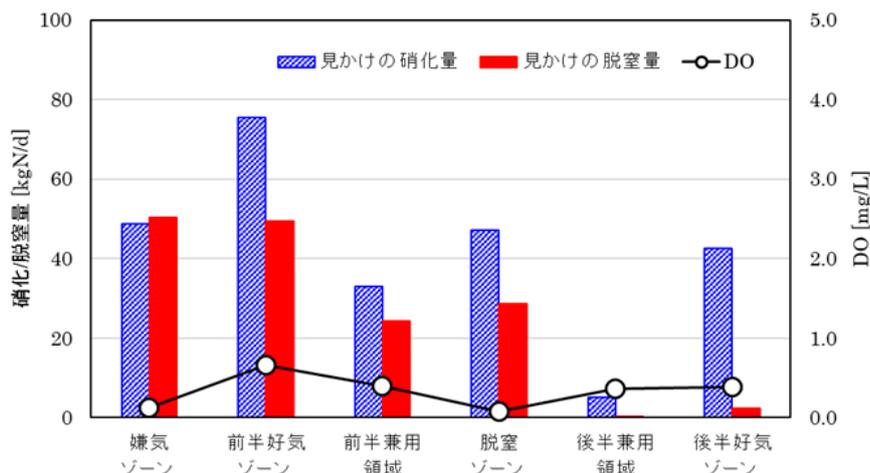


図資 4-5 1-2 反応タンク 流下方向の無機態窒素濃度変化



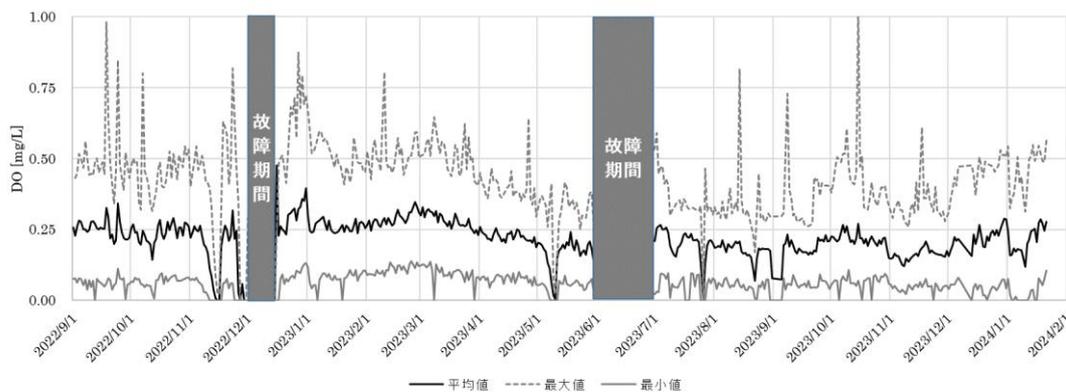
図資 4-6 1-2 反応タンク 各ゾーンの DIN 減少量

図資 4-7 に採水調査日のうち、令和5年7月19日における1-2反応タンクの流下方向の見かけの硝化量と脱窒量の計算結果と、試料採取時点におけるDO濃度の測定結果を示す。なお、見かけの硝化量はNH₄-Nの減少量、見かけの脱窒量はDINの減少量より算出した。前半好気ゾーンにおいて、見かけの脱窒量は49 kgN/dであったのに対し、見かけの硝化量は75 kgN/dであり、脱窒量よりも硝化量の方が大きいことを確認した。また、前半好気ゾーンにおける試料採取時点でのスポットのDO濃度は0.66 mg/Lであった。

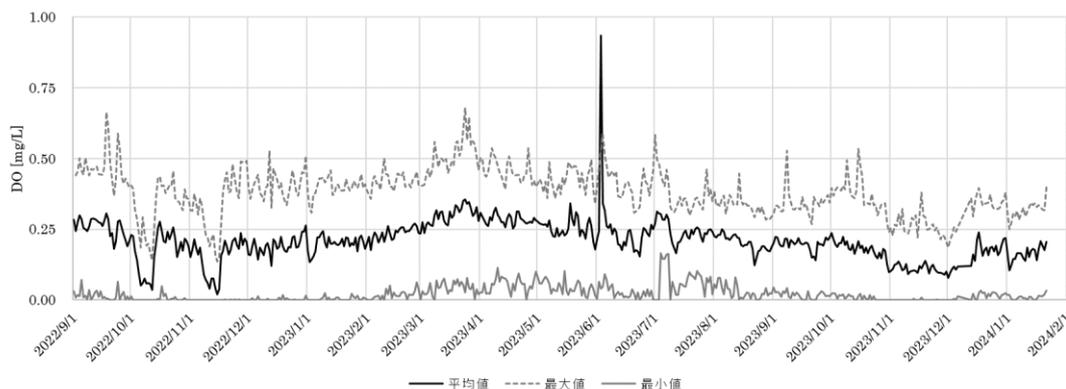


図資 4-7 1-2 反応タンク各ゾーンの硝化量と脱窒量

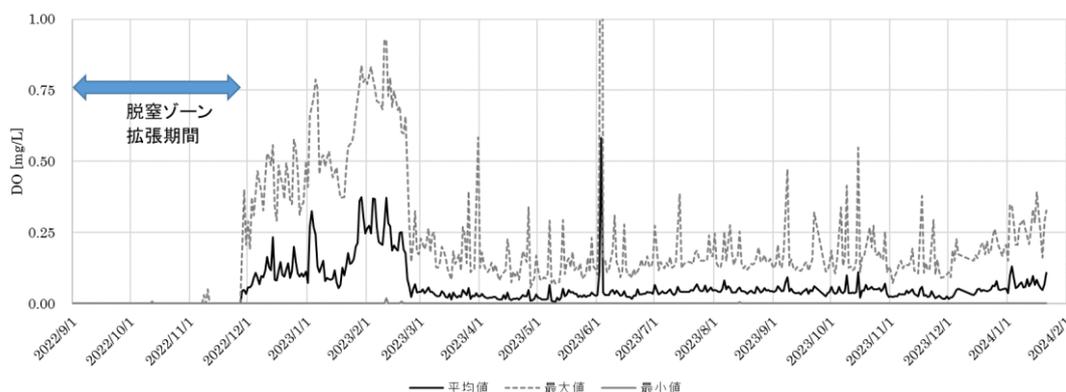
図資 4-8~4-10 に、調査日（令和4年9月1日~令和6年1月21日）における1-2反応タンク内のDO濃度について、1分間隔で測定した結果の日平均および一日の最大値、最小値を示す。日平均DO濃度の調査期間平均および標準偏差は、前半好気ゾーンは0.22±0.06 mg/L、前半好気ゾーンの兼用領域は0.21±0.07 mg/L、後半好気ゾーンの兼用領域は0.07±0.07 mg/Lであった。また、令和5年6月3日の大雨の日を除き、すべての調査日・調査個所において、DO濃度の平均値は0.5mg/L以下であった。



図資 4-8 1-2 反応タンク前半好気ゾーンのDO濃度（開口12）

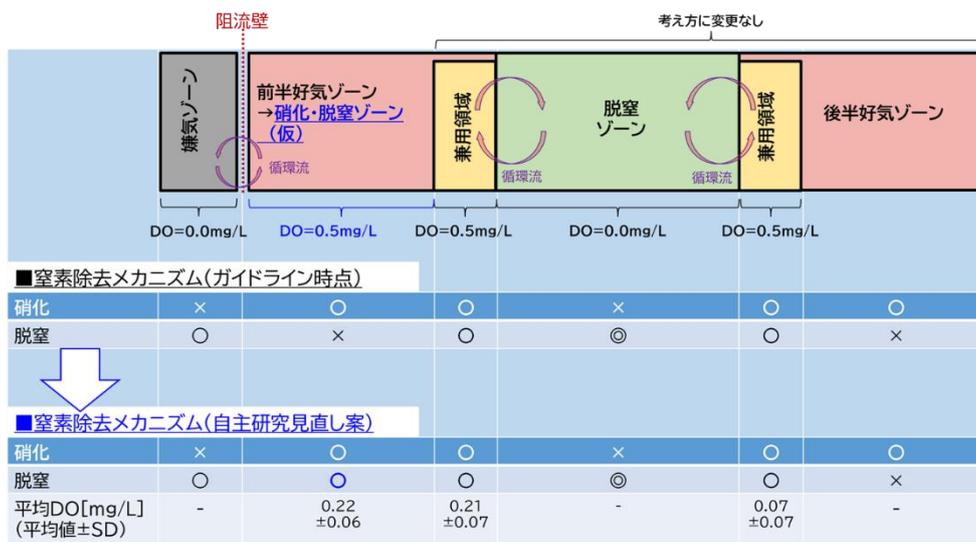


図資 4-9 1-2 反応タンク前半好気ゾーン（兼用領域）の DO 濃度（開口 17）



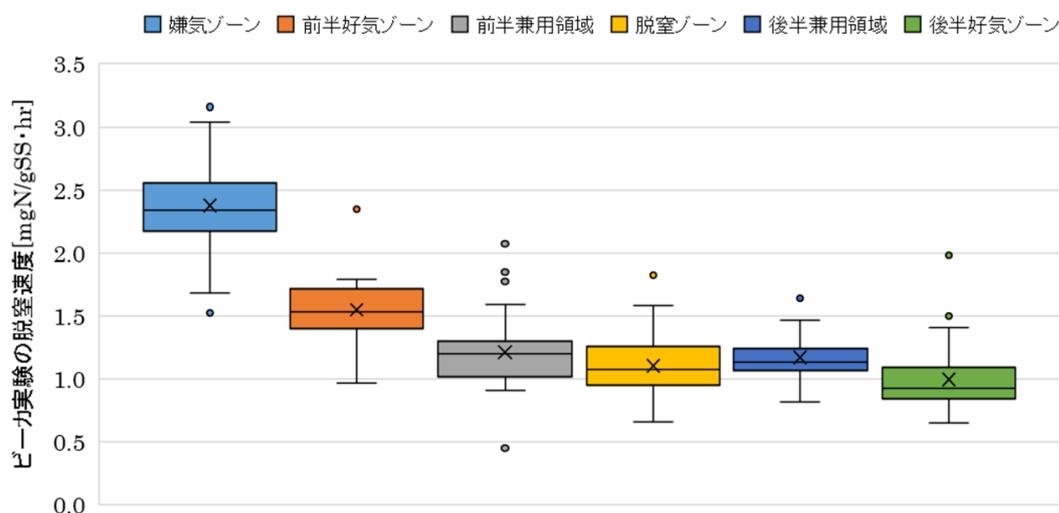
図資 4-10 1-2 反応タンク後半好気ゾーン（兼用領域）の DO 濃度（開口 30）

以上から、本実証施設において窒素除去が生じる領域は、本技術のガイドライン（案）作成時に整理した領域（嫌気ゾーン・脱窒ゾーンおよび兼用領域）に加えて、反応タンク上流側に位置する「前半好気ゾーン」においても生じている、と考えることが妥当と判断された。図資 4-11 に実証施設反応タンク内での窒素除去に関する概念図を示す。今後、一般化に向けた整理（設計手法への反映）のため、引き続き検証を継続する。



図資 4-11 実証施設反応タンク内での窒素除去に関する概念図

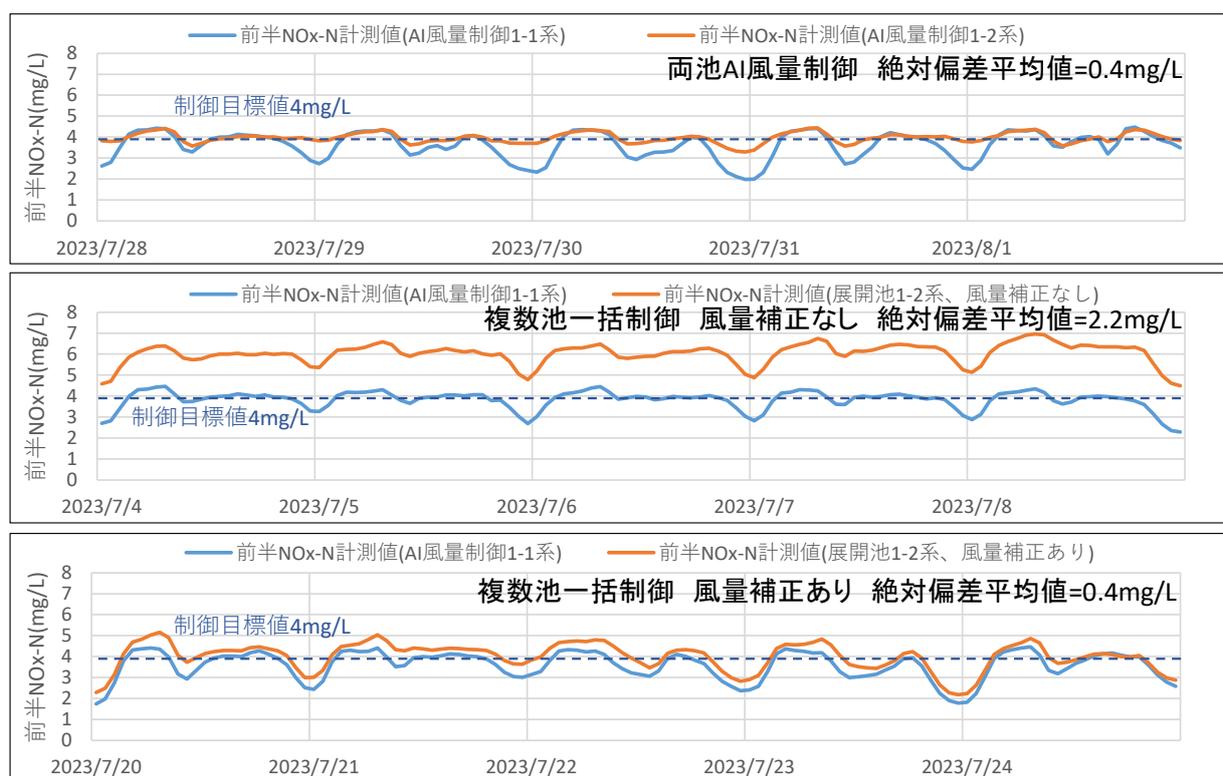
参考に、**図資 4-12**に実証期間を含めた調査日（令和2年1月14日～令和5年8月22日）における、反応タンク内各ゾーンで採取した汚泥を用いて、ビーカ実験で脱窒速度を評価した結果を示す。



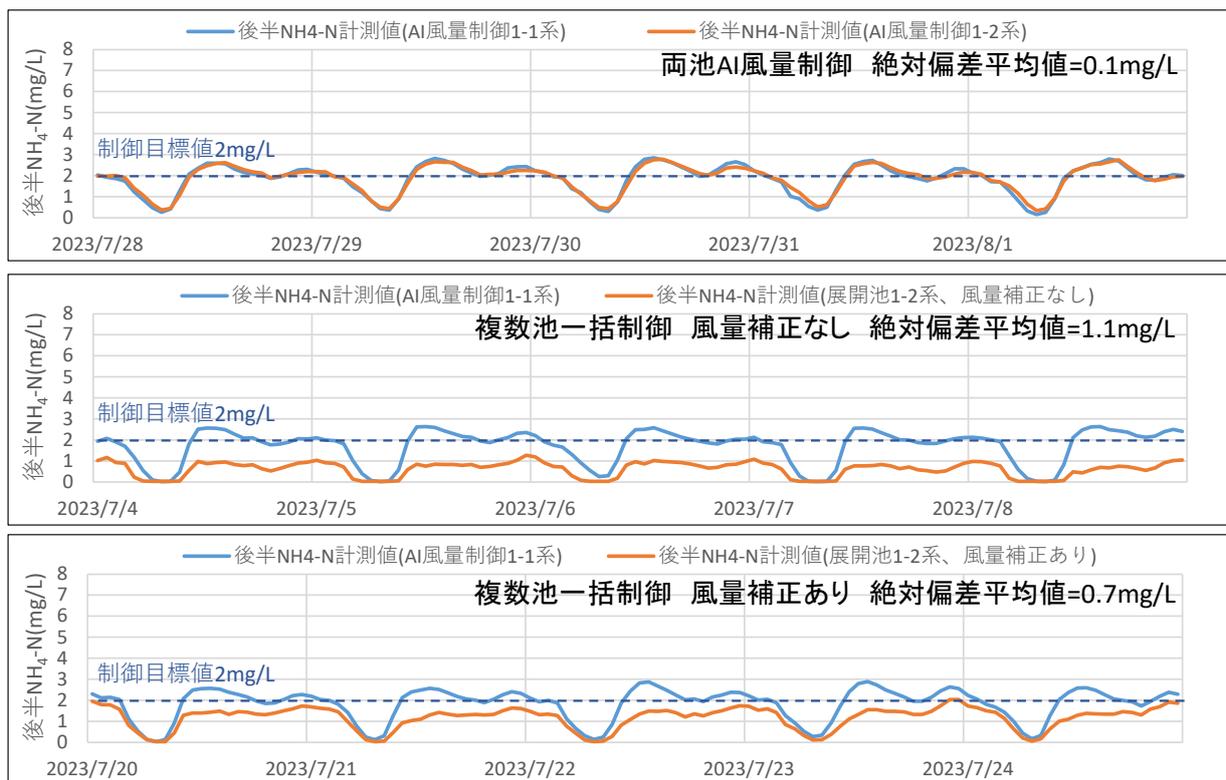
図資 4-12 反応タンク内各ゾーンの脱窒速度（ビーカ実験）
 （嫌気ゾーン、前半兼用領域、脱窒ゾーン、後半好気ゾーン：n=39
 前半好気ゾーン：n=25、後半兼用領域：n=16）

4.4 複数池一括制御の検証

令和5年7月～8月に実施した複数池一括制御およびAI風量制御の結果を図資4-13、4-14に示す。1-1系と1-2系の両池においてAI風量制御を実施した7月28日～8月1日における前半NO_x-N計測値を図資4-13の上段グラフに、後半NH₄-N計測値を図資4-14の上段グラフにそれぞれ示す。これらの絶対偏差平均値（1-1系と1-2系の計測値の差の絶対値を期間平均したもの）は、前半NO_x-N計測値で0.4 mg/L、後半NH₄-N計測値で0.1 mg/Lだった。これに対し、風量補正なしで複数池一括制御を実施した7月4日～8日（図資4-13および図資4-14の中段グラフ）では、展開池1-2系における前半NO_x-N計測値は常時大きく上振れして絶対偏差平均値が2.2 mg/L、後半NH₄-N計測値は常時大きく下振れして絶対偏差平均値が1.1 mg/Lだった。そして、風量補正ありで複数池一括制御を実施した7月20日～24日（図資4-13および図資4-14の下段グラフ）では、前半NO_x-N計測値および後半NH₄-N計測値のズレは軽減され、絶対偏差平均値は前半NO_x-N計測値で0.4 mg/L（両池AI風量制御と同程度）、後半NH₄-N計測値で0.7 mg/Lとなった。この結果から、風量補正ありの複数池一括制御を実施することで、代表池と展開池で近い計測値が得られ、展開池の水質センサーを削減できる可能性が示された。



図資4-13 前半風量制御結果 (AI風量制御および複数池一括制御)



図資 4-14 後半風量制御結果 (AI 風量制御および複数池一括制御)

4.5 まとめ

表資 4-4 に評価項目の成果の概要を再掲する。

下記課題を残しつつも自主研究の結果、以下の研究成果が得られた。

<今後の課題>

- 本技術の溶存態も含めた N₂O 排出量の評価、N₂O 生成メカニズムの検討
- 前半好気ゾーンにおける脱窒量の算出方法および兼用領域（硝化と脱窒が同時進行する領域）の設定方法の確立（一般化）
- 複数池一括制御の初期導入手法および長期安定運転に関する検討

表資 4-4 自主研究成果まとめ（再掲）

調査項目または実施項目	目的	研究成果
N ₂ O 排出量の調査	本技術の N ₂ O 排出量を把握	R5 年度全 4 回の調査日の平均 N ₂ O 排出係数は、8.9 mgN ₂ O/m ³ （転換率：0.024%）であった
水処理メカニズムの追加検証	本技術の設計方法見直しに反映	反応タンク上流側に位置する「前半好気ゾーン」においても硝化と脱窒が生じていると考えられた
複数池一括制御の検証	建設コスト、維持管理コストのさらなる削減	風量補正を行うことで代表池と展開池で近い計測値が得られ、展開池の水質センサーを削減できる可能性が示された
短 HRT の検証 (R5.3 中間報告)	建設コストのさらなる削減	全調査日の平均 HRT は 8.8hr (6.2~9.7) であり、委託研究時に対して更なる削減を達成した（削減率：約 45%） 全調査日で目標水質達成した 窒素除去率：平均 66.5%（降雨日を除く）

4.6 参考文献

- 1) 日本下水道協会：2012 年版下水試験方法, pp791-794, 2012.
- 2) 原田ら：平成 24 年度下水道関係調査研究年次報告書集, pp.45-52, 2012.
- 3) 環境省・国土交通省：下水道における地球温暖化対策マニュアル, pp.34-35, 2016.

5 問い合わせ先

本資料に対する問い合わせは、以下にお願いします。

<連絡先>

メタウォーター株式会社	営業本部営業企画部 〒101-0041 東京都千代田区神田須田町 1-25 TEL 03-6853-7340 FAX 03-6853-8714 URL http://www.metawater.co.jp
日本下水道事業団	技術開発室 〒113-0034 東京都文京区湯島 2-31-27 TEL 03-6361-7849 FAX 03-5805-1828 URL http://www.jswa.go.jp
町田市	下水道部水再生センター 〒194-0045 東京都町田市南成瀬八丁目 1 番地 1 TEL 042-720-1825 URL http://www.city.machida.tokyo.jp/shisei/shiyakusyo/clean/kankyo02.html