

参考文献

資 料 編

1. 実証研究結果

1 実証研究の概要

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・省エネルギー高度処理技術として採用された本技術の概要は、表資 1-1、図資 1-1 に示す通りである。

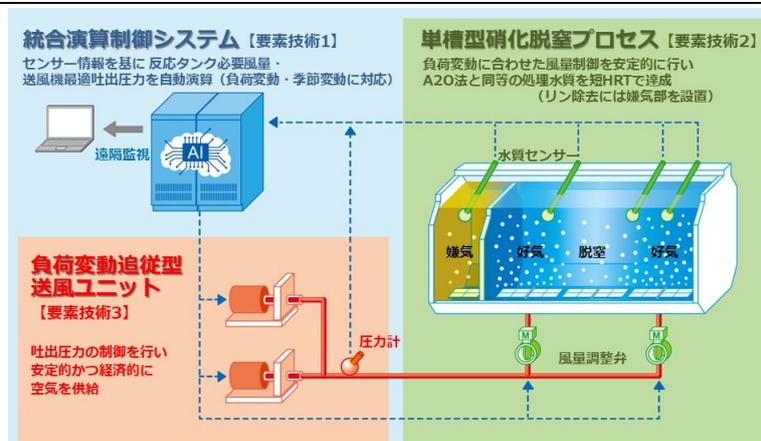
本技術は、ICT・AI を活用し従来の高度処理法（A2O 法等）と比べて、短い水理学的滞留時間（HRT）で高度処理並みの水質を確保するとともに、省エネ性と維持管理性の向上を図るものである。

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。

実証研究は、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 2 年 1 月から令和 3 年 3 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①②③について評価した。本報告書には、自主的に実施した令和 2 年 4 月～7 月の調査結果も併せて示している。

表資 1-1 実証研究概要

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	令和元年度（令和元年 7 月 2 日～令和 2 年 3 月 31 日） 令和 2 年度（令和 2 年 8 月 1 日～令和 3 年 3 月 31 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
実証場所	成瀬クリーンセンター（東京都町田市）
実証概要	ICT・AI を活用した単槽型硝化脱窒プロセスの実証
検証項目	① 短 HRT（A2O 法比 20%以上削減）で A2O 法同等処理水質の達成 ② 運転電力の削減（A2O 法比 20%以上削減） ③ 維持管理業務負担の軽減（A2O 法に比して 業務負担を軽減）



図資 1-1 本技術のイメージ

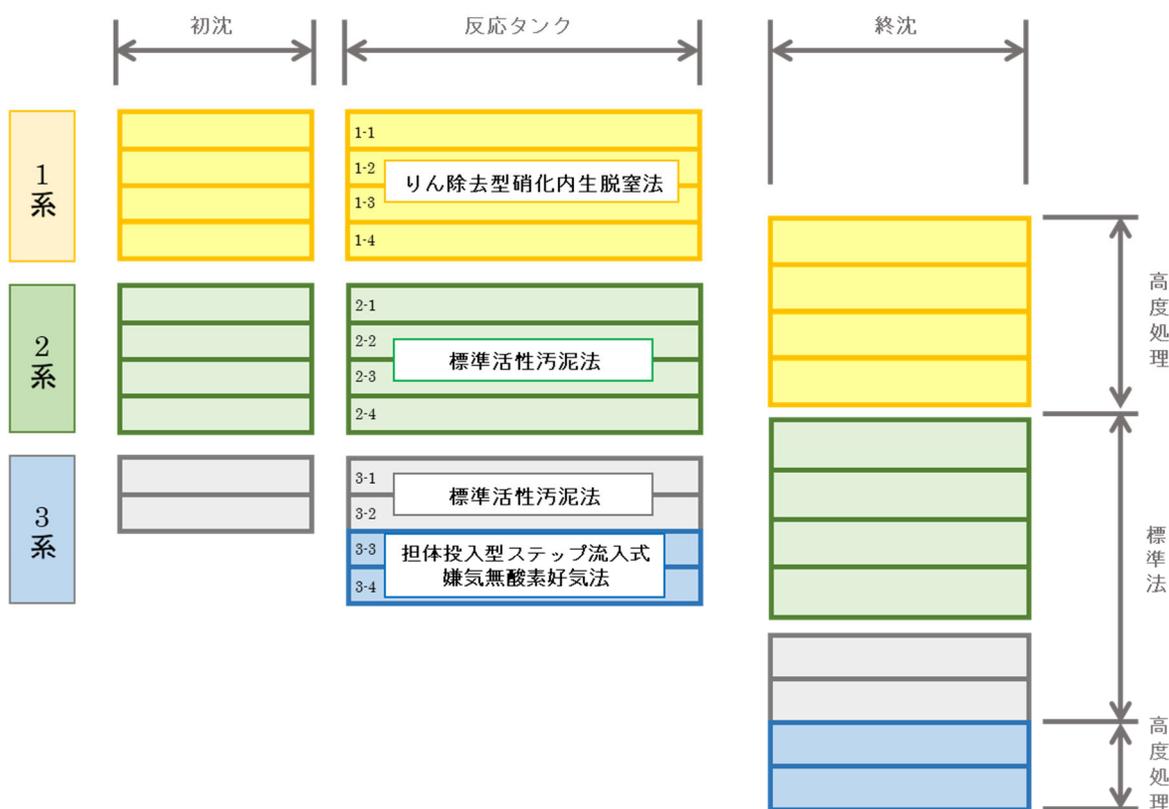
図資 1-2 および表資 1-2 に、成瀬クリーンセンター水処理施設全体図と施設概要を示す。

実証施設を設置する成瀬クリーンセンターは、東京都町田市南部の町田処理区 2,622 ha を処理区域とし、放流先は恩田川（一級河川）、処理人口 251,000 人、現有処理能力 112,700 m³/日の下水処理場である。

町田市では、放流先の東京湾の水質改善のため、多摩川・荒川等流域別下水道整備総合計画に則り、単独処理区で下水処理場の高度処理（A2O 法+急速ろ過法、目標水質 T-N=10mg/L、T-P=0.5mg/L）を行うことが求められており、町田市全体計画では、2024 年度に高度処理化 100%の達成を目指している。しかし、2016 年時点の高度処理整備率は 9.8%に留まっており、全体計画の履行にあたり、水処理設備工事費（建設費）の確保と消費電力量の増加に伴う維持管理費の確保が課題となっている。

さらに、町田市では地球温暖化対策推進法に基づく温室効果ガス排出量削減計画として、町田市第 4 次環境配慮行動計画を策定しており、2021 年度までに 2015 年度比で 3%の電力使用量削減を目標としている。2015 年度電力使用量が 12,000 千万 kWh であったことから、2021 年度までに 378 千 kWh（3%強）の年間消費電力量削減が必要であるが、高度処理化に伴う消費電力量の増加は、同計画の履行において大きな課題となる。

これらの課題を解決するため、建設費と消費電力を抑えた高度処理技術の導入が求められている。



図資 1-2 成瀬クリーンセンター水処理施設全体図

表資 1-2 成瀬クリーンセンター水処理施設概要

項目	諸元
現有処理能力	日最大 112,700m ³ /日/全体
処理実績	晴天日日最大：94,380m ³ /日/全体（平成 30 年度実績） 晴天日日平均：78,528m ³ /日/全体（平成 30 年度実績）
水処理方式	1系（4池）：りん除去型硝化内生脱窒法 2系、3系の一部（6池）：標準活性汚泥法 3系（2池）：担体投入型ステップ流入式嫌気無酸素好気法
排除方式	分流式
流入水質	SS：210mg/L、BOD：210mg/L、 T-N：39mg/L、T-P：4.6mg/L（平成 30 年度平均）
放流水質	SS：1.6mg/L、BOD：3.6mg/L、 T-N：11mg/L、T-P：0.79mg/L（平成 30 年度平均）

1系、2系、3系の水処理施設は、それぞれ異なる処理法で運用されており、本技術の実証は1系反応タンク（計4池）を改造して行った。表資 1-3 に1系水処理施設の現状の仕様を示す。

表資 1-3 成瀬クリーンセンター1系水処理施設の仕様
（計測機器、各種弁類、ゲート類は除く）

施設/設備	数量	諸元
最初沈殿池	1-1系～1-4系	形式：平行流長方形沈殿池 寸法・数：幅7.1m×長37.6m×有効水深3.5m 4池 能力：水面積負荷 40m ³ /m ² ・日
反応タンク	1-1系～1-4系	形式：りん除去型硝化内生脱窒法 寸法・数：幅7.1m×長67.5m×有効水深6.0m 4池 容積：2,875m ³ /池 × 4池 = 11,500m ³ /系
／散気装置	1-1系～1-2系	形式：標準型メンブレンパネル式散気装置 寸法・数：幅1200mm×長3600mm 14枚 能力：通気量範囲 0～47Nm ³ /h/m ²
	1-3系～1-4系	形式：低圧損型メンブレンパネル式散気装置 寸法・数：幅210mm×長1105mm 【攪拌用】12枚 【曝気用】288枚 能力：通気量範囲 【曝気用】0～37.3Nm ³ /h/枚 【攪拌用】0～8.58Nm ³ /h/枚
最終沈殿池	1-1系～1-4系	形式：平行流長方形沈殿池 寸法・数：幅8.0m×長49.4m×有効水深3.5m 4池 能力：水面積負荷 25m ³ /m ² ・日
／返送汚泥ポンプ	1系No.2～3	形式：吸込スクリュウ無注水ポンプ 能力：9.3m ³ /min
／余剰汚泥ポンプ	1系No.1～2	形式：吸込スクリュウ無注水ポンプ 能力：1.15m ³ /min

2 実証スケジュール

表資 2-1 に実証研究の概略スケジュールを示す。

2019年7月より実証研究に着手し、基本的な研究計画および基本設計計画を立案するとともに、機械機器および電気機器の設計ならびに製作を開始した。

現地工事では、配管工事から開始し、送風機の改造、制御装置の設置、反応タンクの改造、水質センサーの設置、の順に進め、最後に反応タンク活性汚泥の馴用・試運転調整を行い、2020年1月から実証実験に着手した。

表資 2-1 実証研究スケジュール

区分	2019年												2020年												2021年															
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月																			
計画	研究計画立案																																							
実証施設 設置	設計・製造																																							
	現場施工																																							
実証試験	試運転																																							
	実証運転																																							
	データ整理・解析																																							
報告書取りまとめ																																								
検討会・委員会																							▽			▽		▽	▽								▽	▽		▽
			9/19 検討会			12/6 現地 説明会			1/28 検討会		3/11 評価 委員会						11/9 検討会		12/1 現地 説明会		3/11 評価 委員会																			

3 実証研究の内容と結果

3.1 実証方法

表資 3-1 に本実証研究の評価項目、目標値ならびに実証方法を示す。評価項目は処理水質・処理能力の評価、運転電力削減効果の評価および ICT・AI 活用自動制御の評価の 3 項目に対して設定した。

表資 3-1 評価項目と実証方法

実証項目	目標値または効果	実証方法等
処理水質・処理能力の評価	【処理水質】 A2O 法 [※] と同等以上 【処理能力】 反応タンク HRT20%削減 (従来 A2O 法 [※] 比)	実証設備において、設定 HRT 以下で、目標水質を満足できることを確認。
運転電力削減効果の評価	従来高度処理法 (A2O 法 [※]) に比べ、消費電力を 20%削減。	実証設備の消費電力量を計測し、理論算出した従来高度処理の消費電力と比較。
ICT・AI 活用自動制御の評価	【自動制御の性能】 負荷変動に対応して、水質管理目標値を確保。 【自動制御の効果】 維持管理労力の縮減	【性能確認】 自動制御にて、水質センサー目標値を安定的に確保することを確認。 【効果確認】 軽減可能業務の抽出

※本実証ではりん除去を考慮して嫌気ゾーンを設けるため A2O 法と比較する

1) 処理水質・処理能力

実証期間中、実証系列である 1 系反応タンク流入水および 1 系最終沈殿池流出水を測定し、処理水質が A2O 法と同等以上 (BOD : 15mg/L 以下、T-N : 20mg/L 以下、T-P : 3mg/L 以下、窒素除去率は 60~70%) であることを検証した。

また、上記の処理水質が得られるときの反応タンク HRT を確認し、一般的な A2O 法 HRT 設計値 (16~20hr^{※1}) との比較 (1 年目) を行い、削減率を評価した。

なお、参考データとして、既設の標準活性汚泥法の系列 (2 系) と、担体投入型ステップ流入式嫌気無酸素好気法の系列 (3 系) についても最終沈殿池流出水の分析を行い、同一流入下水に対する処理法ごとの処理特性についても確認を行った。

2) 運転電力削減効果

実証期間中、実証系列の送風機の吐出圧力制御を圧力一定制御（吐出圧力設定値を送風機設計圧力で固定）と圧力可変制御（吐出圧力設定値を要求風量に応じてリアルタイムに増減させる）の2つの運転モードで運用し、各運転モードにおける風量 1Nm^3 当たりの消費電力量を取得し、圧力可変制御による電力削減効果を算出した。

また、実証系列の流入水量、送風電力量、その他の反応タンク設備電力量のデータを、予め算出しておいた A2O 法における理論消費電力量と比較し、消費電力の削減効果を評価した。

3) ICT・AI 活用自動制御

実証期間中の負荷変動に対する管理目標値への制御性能を確認した。具体的には、単槽型硝化脱窒プロセスにおいて、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度と $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が管理目標値に対して所定の範囲内で制御されていることを検証した。

また、自動制御の結果として、A2O 法に比して維持管理項目数が軽減されるか否か、評価した。

4) 総費用縮減率

実証結果から得られた処理能力を基に、総費用（年価換算値）を試算した。本技術は反応タンクおよび送風機設備の処理能力向上および消費電力量削減に関する技術であるため、反応タンクおよび送風機設備を新設した場合を比較の対象として評価した。また、B-DASH 実規模実証事業公募時の条件（試算範囲：最初沈殿池＋反応タンク＋最終沈殿池、全て新設）についても同様に試算し結果を整理した。

3.2 実証結果のまとめ

下記課題を残しつつも実証実験の結果、いずれの目標値に関しても達成できた。

<今後の課題>

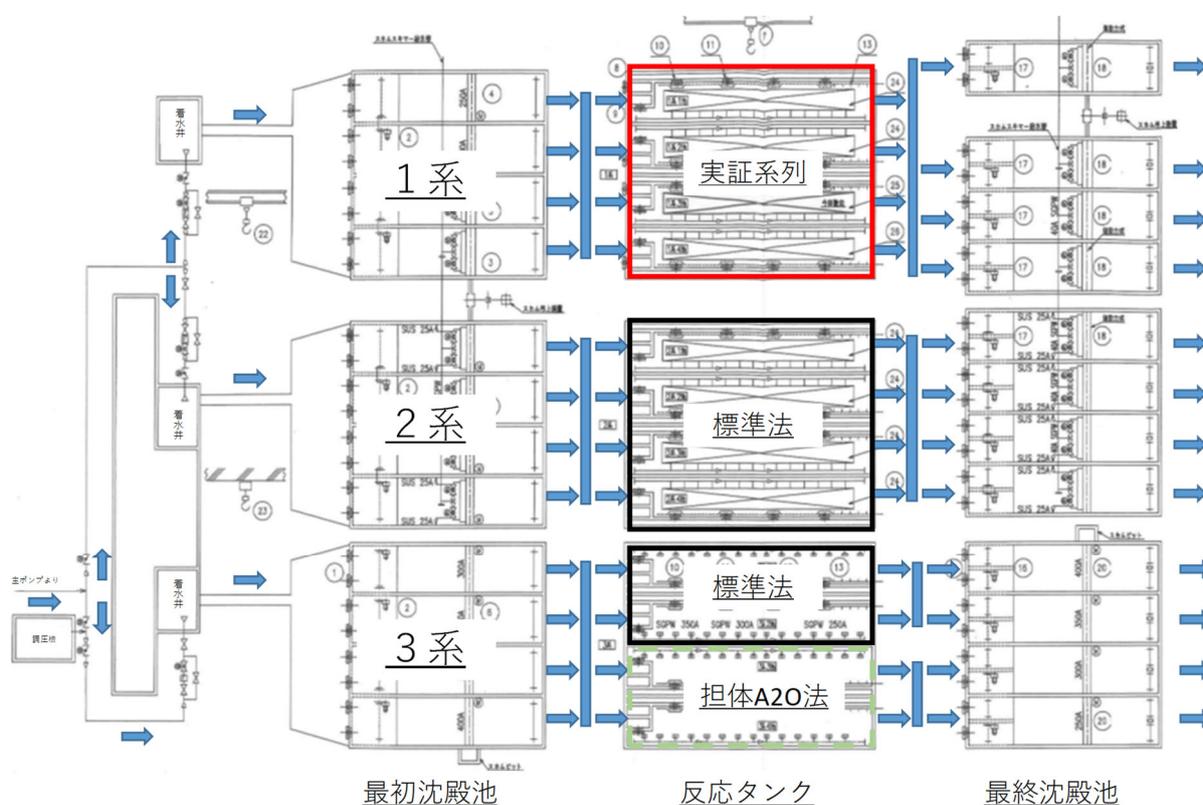
- 兼用領域（硝化と脱窒が同時進行する領域）の設定方法の確立（一般化）
- 単槽型硝化脱窒プロセスの処理能力および処理性能の限界値の見極め
- 建設コスト、維持管理コストのさらなる削減（代表槽制御の検討 等）

評価項目	評価指標	内容・目標値	結果
処理水質	放流水質	採水調査日における日平均濃度が、 ・T-BOD \leq 15mg/L ・T-N \leq 20mg/L ・T-P \leq 3mg/L を満足すること 窒素除去率はA2O法 [※] 同等(60~70%)	全調査日において目標水質を達成 T-BOD:平均5.0mg/L(最小2.8mg/L~最大7.8mg/L) T-N :平均10.8mg/L(最小6.6mg/L~最大13.7mg/L) T-P :平均1.3mg/L(最小0.4mg/L~最大2.1mg/L) 窒素除去率:平均68.1%(降雨日を除く)
処理能力	HRT	A2O法比 20%削減 (HRT16hr \times 0.8 \Rightarrow 12.8hr以下)	全調査日の平均HRTは、9.8hr(6.0hr~10.6hr)であり、達成
送風電力	風量1Nm ³ 当たりの 送風電力	目標値:送風電力削減率10%以上 2019年度:1週間毎に圧力制御切替 2020年度:2週間毎に圧力制御切替	送風電力削減率が16.2%であり、達成 (圧力一定制御の設計圧力68.6kPaに対し、 圧力可変制御の平均吐出圧力58.7kPa)
水処理電力	処理水1m ³ 当たりの 運転電力	目標値:A2O法比 20%削減 実証系列:常時圧力可変制御を想定 A2O法:常時圧力一定制御を想定	日最大50,000m ³ /日規模のFS結果より、29%削減(A2O: 0.173kWh/m ³ 、本技術:0.122kWh/m ³)と試算され、達成
NO _x 、NH ₄ 制御性能	水質計測値 の適合率	制御可能期間中の計測値の95%以上が 目標値 \pm 0.5mg/Lの範囲に収まること	前半NO _x :期間中の平均適合率が 99% であり、達成 後半NH ₄ :期間中の平均適合率が 98% であり、達成
維持管理 項目	項目数	維持管理項目数の低減	攪拌機、循環ポンプ等に係る保守点検項目が 削減可能であるため、達成
総費用 (年価換算値)	建設費	評価範囲(反応タンクおよび送風機設備) において、A2O法(新設)に比べ 20%以上削減(FS条件:日最大 50,000m ³ /日)	評価範囲(反応タンクおよび送風機設備)において、 建設費削減率は 20.6% と試算され、達成
	維持管理費	評価範囲(反応タンクおよび送風機設備) において、A2O法より低減	評価範囲においては、人件費・電力費・補修費のいずれも低減 することから、達成

4. 実証設備運転条件

4.1 処理フロー

図資 4-1 に成瀬クリーンセンター既設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＝33%：34%：34%）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、既設反応タンク流入量は個別に計測する仕様となっていないため、本実証研究においては、1系実証系列（全4池）の反応タンクごとに処理特性を把握するために、反応タンク流入水路へ流量計を個別に設置し、反応タンク流入流量を計測した。



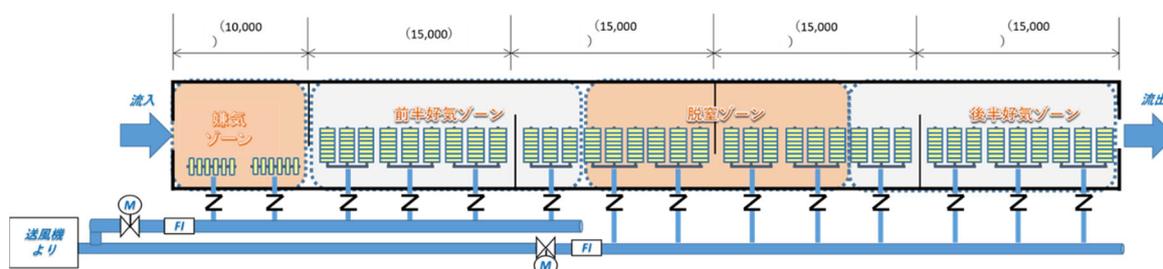
図資 4-1 成瀬クリーンセンターの水処理フロー

4.2 実証系列反応タンクの運転方法

1) 反応タンク送風系統とゾーン設定

図資 4-2 に実証系列反応タンク 1 池ごとの送風系統概要を示す。送風機から送られる空気は反応タンク各池の手前で 2 系統に分岐され、風量調節弁（油圧式）によって前半と後半の風量が個別に自動調整される。なお、各池前半・後半の要求風量を統合演算制御システムで 20 秒毎に演算・出力し、各風量調節弁の PID 設定値とした。

また、反応タンク内には散気装置付属の風量調節弁（手動）の開度調節によって、流入部側から嫌気ゾーン、前半好気ゾーン、脱窒ゾーン、後半好気ゾーンの 4 つの領域に分けられる。風量調節弁（手動）の開度設定については、嫌気ゾーンおよび脱窒ゾーンでは全閉または寸開を基本とし、前半および後半好気ゾーンは全開を基本とする。

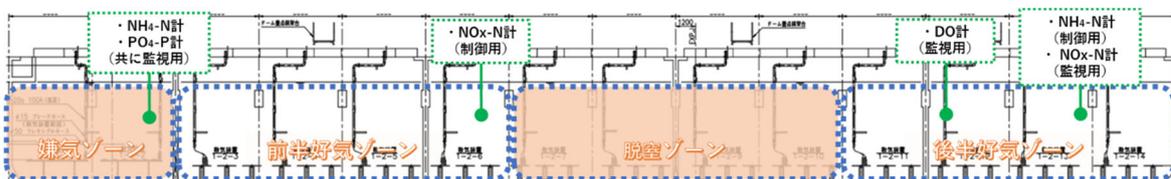


図資 4-2 反応タンク送風系統概要（1 池分を抜粋）

2) 水質計の設置位置

各池には制御用水質計（NO_x-N 計、NH₄-N 計）と処理状態監視用の水質計（NO_x-N 計、NH₄-N 計、DO 計、PO₄-P 計）を設置した。なお、PO₄-P 計は代表槽（1・2 系反応タンク）のみに設置した。

図資 4-3 に代表槽（1・2 系反応タンク）の水質計設置位置と各ゾーンの関係を、図資 4-4 に代表槽以外の反応タンクの水質計設置位置と各ゾーンの関係を示す。



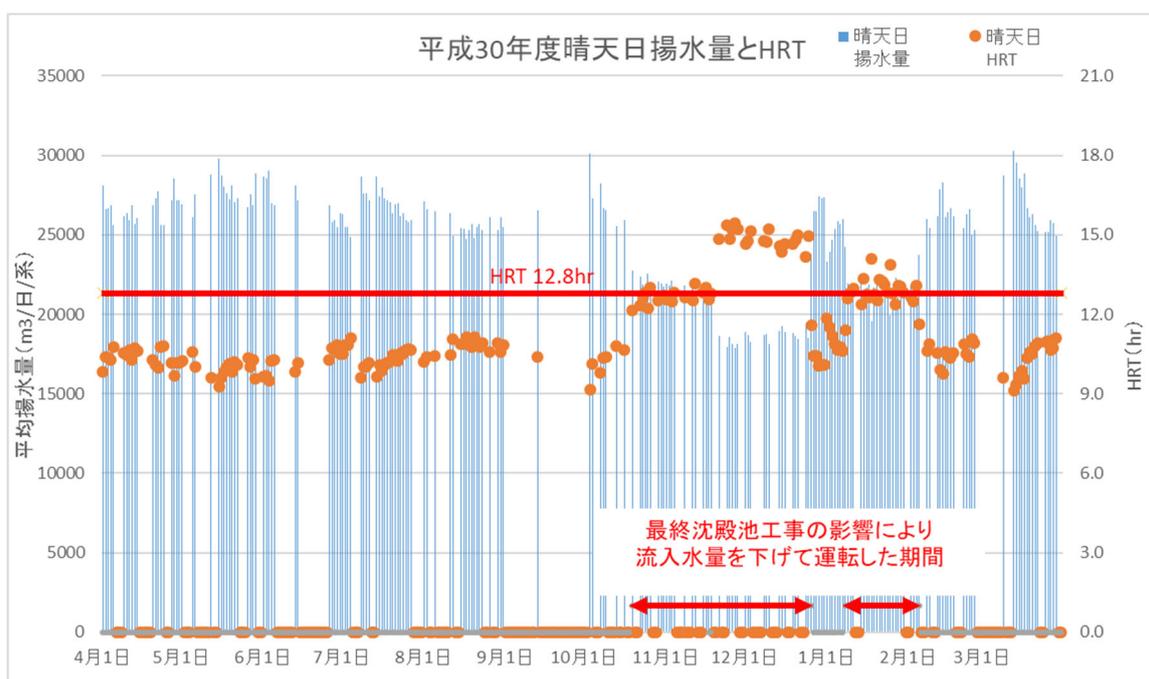
図資 4-3 水質計の設置位置と各ゾーンの位置関係（代表槽 1・2 系反応タンク断面）



図資 4-4 水質計の設置位置と各ゾーンの位置関係 (1-1, 1-3, 1-4 系反応タンク断面)

3) 実証水量

実証系列に対する流入水量は、成瀬クリーンセンターへの汚水流入量の変動に合わせた成り行き運転を基本とする。図資 4-5 に、平成 30 年度成瀬クリーンセンター 1 系揚水量の経日変化を示す。平成 30 年 10 月下旬から平成 31 年 2 月の間で最終沈殿池の改造工事の影響があり、一時的に水量が少ない時期があったものの、同期間以外の HRT は全て 12.8hr 未満であることから、処理能力の評価は可能であると判断した。



図資 4-5 晴天日 1 系揚水量の経日変化 (平成 30 年度実績)

4) 制御目標値（最適運転条件の検討）

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 $\text{NO}_x\text{-N}$ 計を、後半好気ゾーン下流部に $\text{NH}_4\text{-N}$ 計を設置し、それぞれの位置における $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度と $\text{NH}_4\text{-N}$ 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 4-1 に制御目標値と設定の考え方を示す。 $\text{NO}_x\text{-N}$ 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 $\text{NO}_x\text{-N}$ を安定的に生成することを目的として設定する。一方、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 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。

なお、単槽型硝化脱窒プロセスでは有機物が多く存在する前半好気ゾーンにおいても一部脱窒が進むことが考えられるが、空気が過剰に供給される条件下では脱窒量も低下する。そこで、前半好気ゾーンでの脱窒量増加により反応タンク全体での窒素除去量増加を狙って、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 目標値を 2 通り設定し、最適運転条件を検証した。なお、RUN2 では当初、前半風量が不足気味であったことを確認したため、2020 年 4 月からは、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 目標値を 4mg/L に設定して運転を継続した。

表資 4-1 制御目標値と設定の考え方

	目標値	設定の考え方	備考
$\text{NO}_x\text{-N}$ (mg/L)	4.0 (RUN1) 4.5 (RUN2)	脱窒ゾーンにおける脱窒可能な $\text{NO}_x\text{-N}$ を安定的に供給するため	脱窒可能な $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度 ※1 を考慮して設定する
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/L)	2 (RUN1, 2 共通)	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 1mg/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 4.0mg/L

5) 送風機の運転方法

実証系列の 1 系反応タンク 4 池への送風は、本実証に伴う設備改造で設置した送風機 2 台で実施した（実証系列と他系列 [2 系・3 系の 8 池] の送気ルートを別々に確保し、他系列の送風は既存送風機で実施）。実証系列へ送風する送風機 2 台は、吐出圧力 PID 制御により運転台数および各送風機出力を自動調整した。表資 4-2 に示す通り、吐出圧力 PID 制御において、圧力一定制御と圧力可変制御の 2 つの圧力制御モードからいずれかを選択した。

表資 4-2 吐出圧力 PID 制御の制御方法と圧力制御モード

	制御方法	圧力制御モード
吐出圧力 PID 制御	送風母管に設置の圧力計の計測値を圧力設定値に合わせる為に、送風機運転台数と各送風機の出力（インレットベーン開度・インバータ出力）が自動調整される	圧力一定制御 （圧力設定値が固定、 例. 68.6kPa 一定）
		圧力可変制御 （圧力設定値を反応タンク要求風量からリアルタイムに演算し設定）

5. 実証方法

5.1 評価項目

1) 評価項目と実証方法

表資 5-1 に評価項目および実証方法を示す。

なお、反応タンクへ流入させる汚水量については成り行きとした。

表資 5-1 評価項目と実証方法

実証項目	目標値	実証方法
処理水質・処理能力の評価	処理水質 <ul style="list-style-type: none"> ● 放流水 T-BOD ≤ 15mg/L ● 放流水 T-N ≤ 20mg/L ● 放流水 T-P ≤ 3mg/L 窒素除去率：A20 法※と同等（60～70%）	実証系列（1系）最終沈殿池流出水の水質を確認
	処理能力 <ul style="list-style-type: none"> ● A20 法※比 HRT20%削減（A20 法を 16hr とすると、実証系列は 12.8hr 以下） 	処理水質目標値を達成するときの実証系列の処理水量・反応タンク HRT を確認
	建設費 <ul style="list-style-type: none"> ● A20 法※比 20%以上削減 	計画日最大汚水量 50,000m ³ /日、技術公募時の流入水質条件で A20 法と本技術のそれぞれで設計し、建設費を比較
電力削減効果の評価	送風電力 <ul style="list-style-type: none"> ● 送風電力原単位 10%以上削減 	実証系列送風機において、1週間程度毎に送風機圧力制御を設計圧力 68.6kPa 一定制御と圧力可変制御で切替えてデータ取得し、圧力一定制御と圧力可変制御それぞれの消費電力量と風量実績値から、送風電力原単位（風量 1Nm ³ 当たりの送風電力量 kWh）を算出し比較
	水処理電力 <ul style="list-style-type: none"> ● A20 法※比 電力 20%以上削減 	実証期間中の実証系列運転電力量を計測し、処理水量から水処理電力原単位（処理水量 1m ³ 当たりの運転電力量）を算出し比較
自動制御の評価	制御性能 <ul style="list-style-type: none"> ● 適合率（制御可能期間全体に対し計測値が目標値 ± 0.5mg/L に収まった期間の割合）95%以上 	水質センサー計測値・目標値および風量計測値の実績データを基に、制御可能期間を設定し適合率を算出
	維持管理項目 <ul style="list-style-type: none"> ● 軽減可能業務 1 個以上 	下水道維持管理指針を参考に維持管理項目を整理し、項目数を比較

※本実証ではりん除去を考慮して嫌気ゾーンを設けるため A20 法と比較する

2) 処理水質・処理能力の評価のための分析計画

表資 5-2、表資 5-3 と図資 5-1 に、定期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。

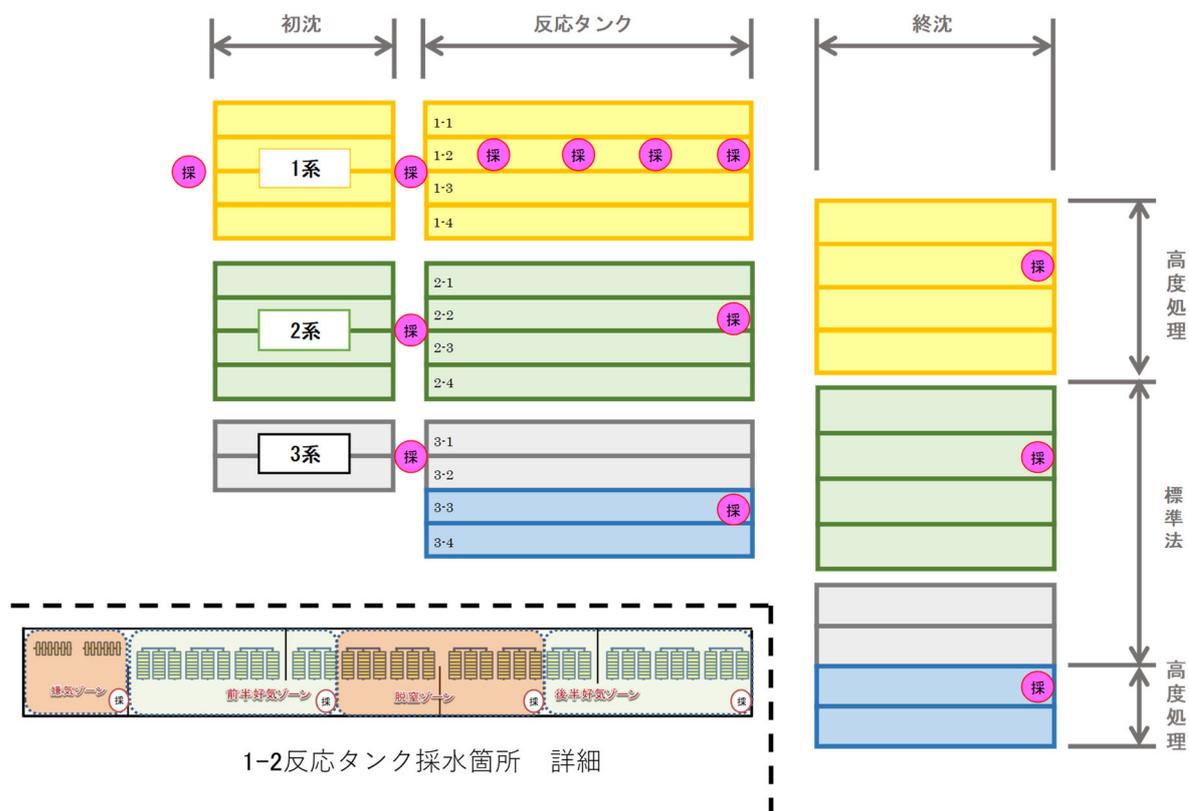
表資 5-2 分析計画（処理水質評価）

採取場所		採水方法	分析項目	バッチ試験項目	時間毎検体数(個/回)	コンボジット検体数(個/回)	時間毎測定頻度(回/週)	コンボジット測定頻度(回/週)	
初沈流入部(共通)		オートサンプラー	※1	-	12	1	1	1	
初沈出口	1系/実証	オートサンプラー	※2	-	12	1	1	1	
	2系/標準	オートサンプラー	※3	-	12	1	1	1	
	3系/高度	オートサンプラー	※3	-	12	1	1	1	
反応タンク	1系/実証 (1-2反応タンク)	嫌気部出口	※4	※10	12	1	1	1	
		前半好気ゾーン出口	※4	※11	12	1	1	1	
		脱窒ゾーン出口	※4	※10	12	1	1	1	
		後半好気ゾーン出口	※5	※11	12	1	1	1	
	2系/標準法 (2-2反応タンク出口)		オートサンプラー	※6	-	12	1	1	1
	3系/高度処理 (3-3反応タンク出口)		オートサンプラー	※6	-	12	1	1	1
終沈出口	1系/実証	オートサンプラー	※7	-	12	1	1	1	
	2系/標準	オートサンプラー	※8	-	12	1	1	1	
	3系/高度	オートサンプラー	※8	-	12	1	1	1	
余剰汚泥	1系/実証	手汲み	※9	-	12	1	1	1	
返送汚泥	1系/実証	手汲み	※9	-	12	1	1	1	

※1～※11 の分析項目詳細は、表資 5-3 に対応

表資 5-3 試料毎の分析項目

	※1	※2	※3	※4	※5	※6	※7	※8	※9	※10	※11
気温	○										
水温	○	○					○				
pH	○	○					○				
ORP		○		○							
DO		○		○							
CODMn	○						○				
T-BOD	○	○	○				○	○			
S-BOD		○	○	○	○		○				
ATU-BOD		○	○				○				
SS	○	○	○				○	○			
MLSS					○	○			○		
T-N	○	○	○				○	○			
S-T-N		○	○	○	○	○	○				
NH ₄ -N	○	○	○	○	○	○	○				
NO ₃ -N		○	○	○	○	○	○				
NO ₂ -N		○	○	○	○	○	○				
Kj-N		○	○				○	○			
T-P	○	○	○				○	○			
PO ₄ -P		○	○	○	○	○	○	○			
M-アルカ度				○	○						
汚泥中N									○		
汚泥中P									○		
脱窒速度										○	○
硝化速度											○
MLSS										○	○
汚泥中N										○	○
汚泥中P										○	○
Rr										○	○
ATU-Kr										○	○



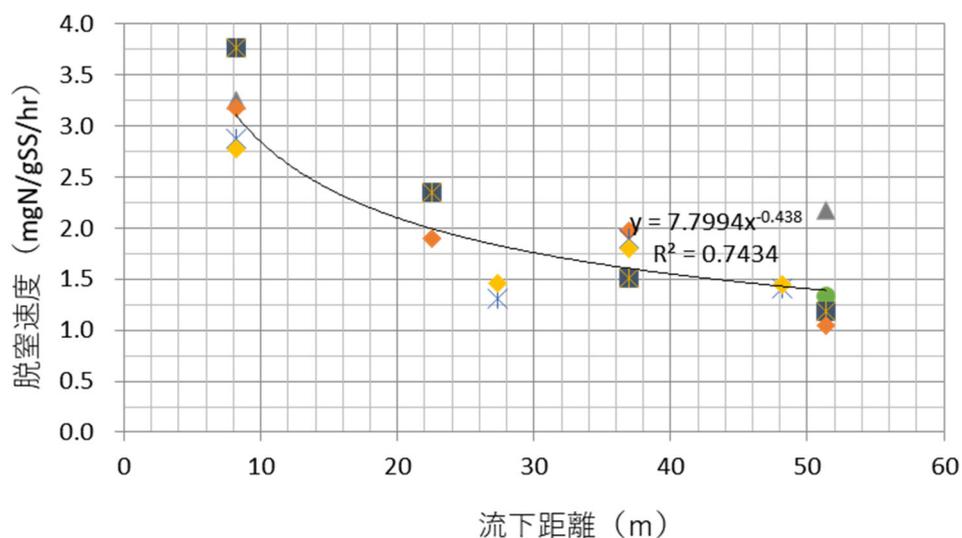
図資 5-1 採水場所（丸囲い「採」印の位置で採水）

なお、反応タンク内の汚泥採取時は、オートサンプラーの採取ボトルにろ布を取り付け、採取後速やかにろ過操作を行い、試料の変性を防止した。また、反応タンク以外での試料採取には、冷蔵機能付きオートサンプラーを使用した。

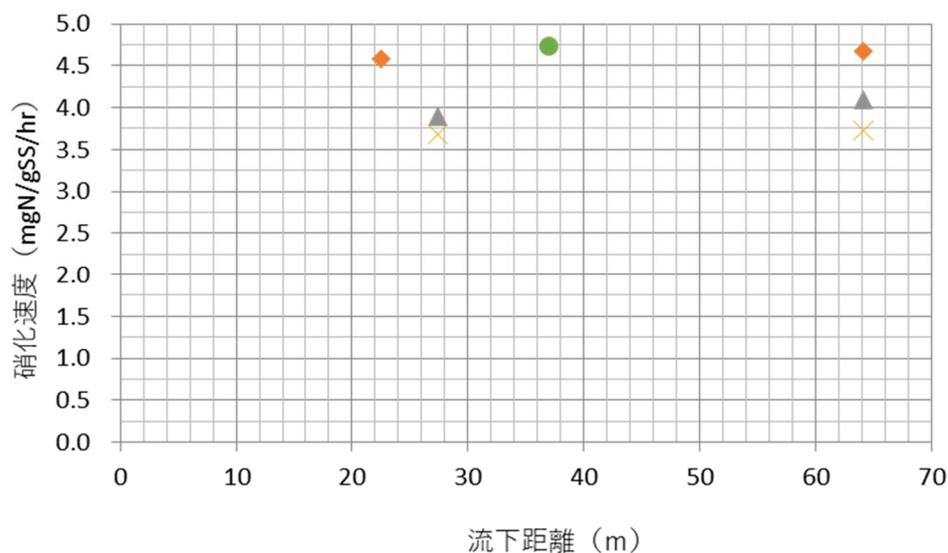
5.2 実証設備の確認項目

1) 反応タンク内での流下方向における窒素の処理状況と硝化・脱窒能力の関係

好気ゾーン、脱窒ゾーンの設定方法を確立するために、表資 5-2 ならびに表資 5-3 の結果を、図資 5.2 および図資 5.3 のように流下方向別に整理する。



図資 5-2 流下距離と脱窒速度の関係 (イメージ)



図資 5-3 流下距離と硝化速度の関係 (イメージ)

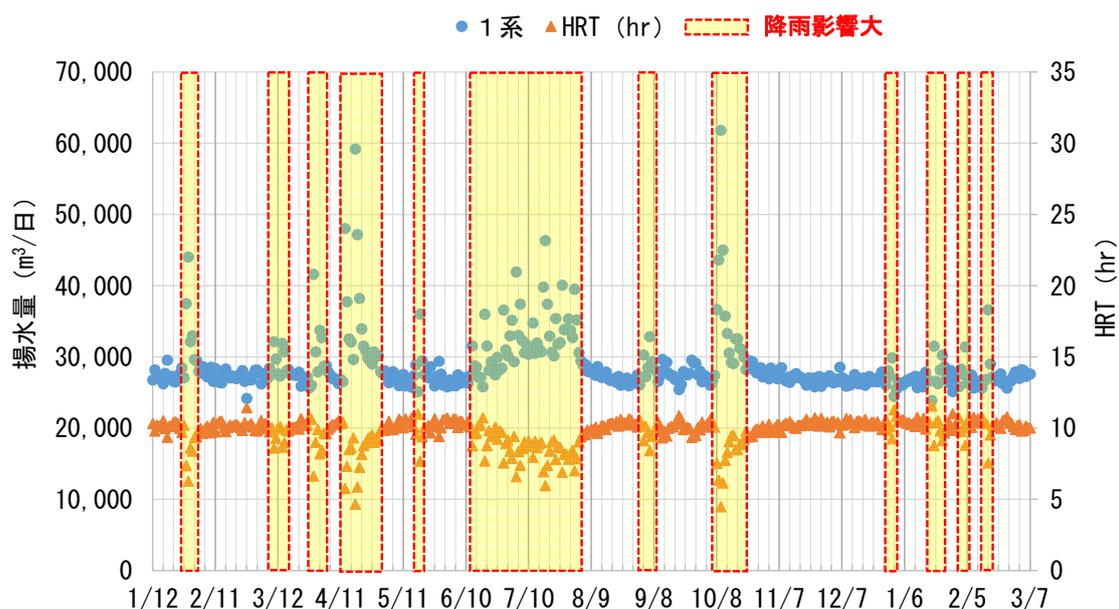
2) 既設 標準活性汚泥法 (2 系) および担体投入ステップ流入式嫌気無酸素好気法 (3-3、3-4 系反応タンク) の処理性能の確認

5.1 項 1) で実施した水質分析の結果から窒素除去性等を確認した。

5.3 実証設備の運転状況

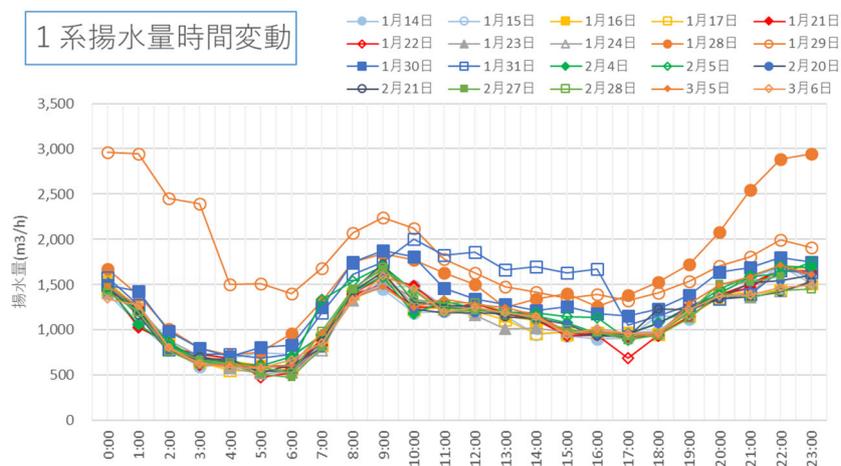
図資 5-4 に実証実験期間中（2020 年 1 月 13 日以降）の成瀬クリーンセンター実証系列（1 系）流入汚水量の日間変動と HRT を示す。

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、流入汚水量は平均 27,281m³/日、HRT は 10.1hr であり、成瀬クリーンセンターの HRT は平成 30 年度実績と同等以下であった。また、AHRT の平均値は 5.8hr であり、調査日における ASRT の平均は 10.1 日、MLSS は 1,864mg/L であった。

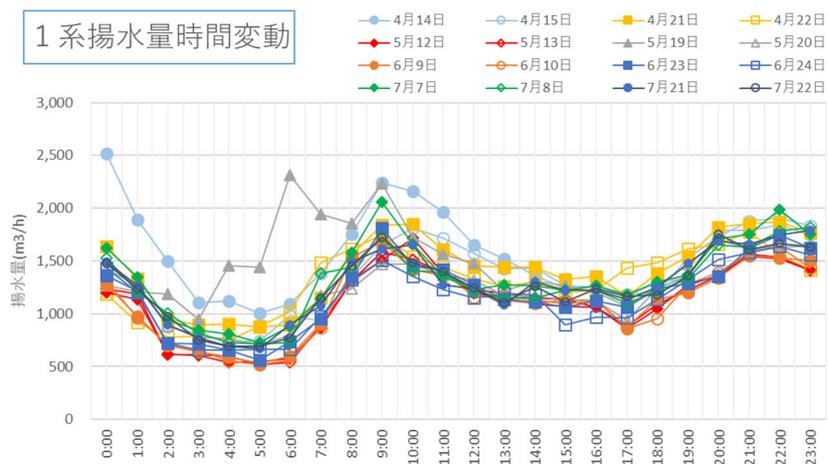


図資 5-4 処理場流入汚水量の日間変動

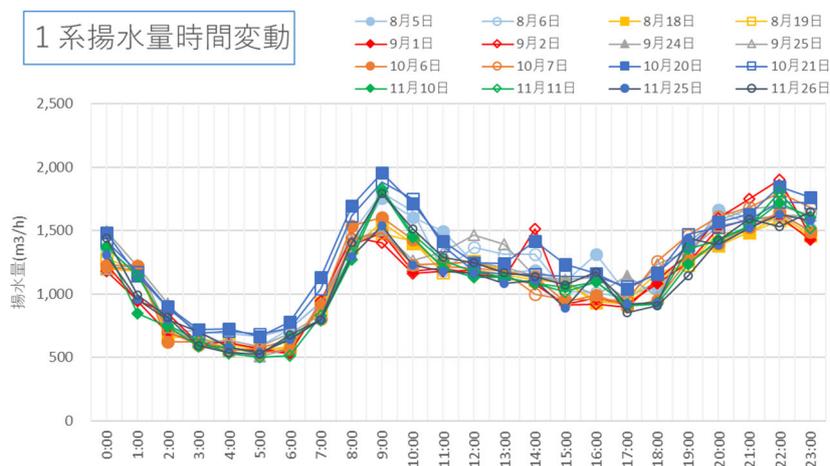
また、図資 5-5～図資 5-8 に採水を実施した各調査日における流入汚水量の時間変動をそれぞれ示す。前述した降雨影響の大きかったと推定される期間を除くと、流入汚水量の変動傾向は同じであり、早朝 4 時～5 時に最も低くなり、ピークは朝 8 時～10 時と夜 21 時～23 時に 2 回あった。



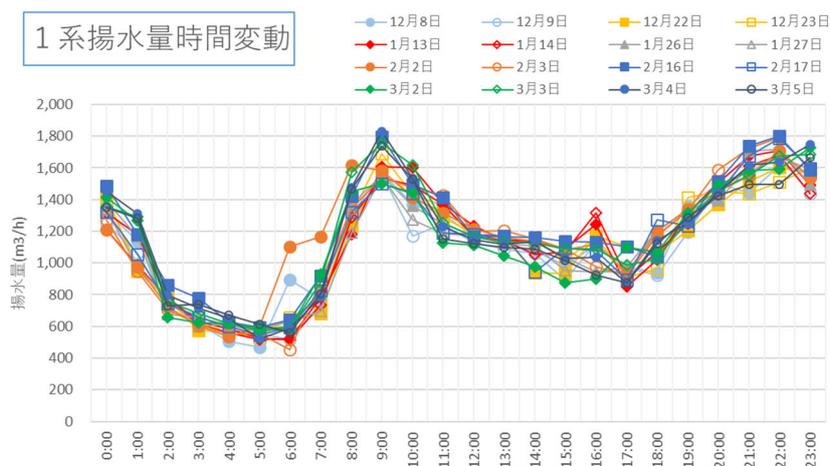
図資 5-5 実証系列の流入汚水量の時間変動（2020 年 1 月～3 月）



図資 5-6 実証系列の流入汚水量の時間変動 (2020年4月~7月)



図資 5-7 実証系列の流入汚水量の時間変動 (2020年8月~11月)



図資 5-8 実証系列の流入汚水量の時間変動 (2020年12月~2021年3月)

5.4 処理水質・処理能力の評価

表資 5-4 に実証系列（1 系）の運転状況と各採取地点の平均水質を示す。なお、試料は 2hr 間隔で 24hr 分を採取し、時間毎の分析または水量比例のコンポジット操作を行ったのちに各分析に供した。

成瀬クリーンセンターは分流式であるが、降雨日に流入水量が増加する傾向があり、降雨の影響により処理水量が増加する傾向が認められた。また、2020 年 1 月 21 日～1 月 22 日の初沈流出水については採水器の故障のため、12 検体中 5 検体しか試料採取できなかったため参考値扱いとする。

表資 5-4 1 系水処理設備の運転状況および平均水質

分析 方法	調査日	天候	水温 (°C)	処理水量 (m ³ /池/日)	送風量 (Nm ³ /池/日)	HRT (hr)	MLSS (mg/L)	TBOD (mg/L)			SS (mg/L)			T-N (mg/L)			T-P (mg/L)			pH (mg/L)			T-N 除去率
								初沈 流入	初沈 出口	終沈 出口	初沈 流入	初沈 出口	終沈 出口	初沈 流入	初沈 出口	終沈 出口	初沈 流入	初沈 出口	終沈 出口	初沈 流入	初沈 出口	終沈 出口	
時毎	1月14日～1月15日	晴	19.8	6,861	28,397	10.1	2,100	257.7	135.8	4.1	234.4	51.8	1.2	43.0	37.8	13.7	4.73	3.70	0.39	7.59	7.46	6.48	63.7%
コン	1月16日～1月17日	雨/晴	19.5	6,758	27,405	10.2	2,100	218.0	81.4	6.7	208.0	36.2	1.5	42.1	32.4	13.3	4.50	3.27	1.00	7.82	7.65	6.54	59.0%
時毎	1月21日～1月22日	曇	19.8	6,790	28,080	10.2	2,000	224.7	133.6	4.3	210.3	63.5	1.2	37.2	35.2	12.2	4.52	4.09	0.81	7.74	7.46	6.51	65.3%
コン	1月23日～1月24日	雨	20.0	6,717	28,554	10.3	2,050	198.2	107.3	5.7	204.0	46.9	1.1	34.1	32.0	12.7	4.53	3.72	1.29	7.81	7.60	6.46	60.3%
時毎	1月28日～1月29日	雨	18.0	11,553	29,995	6.0	1,810	122.2	91.3	6.0	141.2	52.2	2.8	26.0	21.6	12.2	3.17	2.69	1.04	7.74	7.62	6.41	43.6%
コン	1月30日～1月31日	晴	18.8	7,760	28,768	8.9	2,130	164.2	107.5	4.9	323.0	49.0	1.8	34.2	31.3	9.4	3.75	3.15	1.74	7.68	7.58	6.51	70.0%
時毎	2月4日～2月5日	晴	19.2	7,003	30,900	9.9	1,930	194.3	109.9	4.4	203.8	56.9	1.1	42.0	35.1	12.8	4.73	3.58	0.79	7.67	7.38	6.35	63.4%
時毎	2月20日～2月21日	曇	20.0	6,737	30,265	10.2	1,980	232.3	103.6	4.4	300.6	50.9	1.1	39.6	33.4	13.1	5.01	4.09	1.91	7.65	7.45	6.43	60.8%
コン	2月27日～2月28日	晴	20.2	6,819	34,763	10.1	2,010	206.9	125.0	3.7	275.0	71.0	2.4	43.4	39.7	12.8	4.12	3.62	1.03	7.71	7.42	6.43	67.8%
コン	3月5日～3月6日	曇	20.3	6,852	29,234	10.1	2,100	196.0	125.0	3.6	215.0	45.6	1.3	43.8	38.2	12.8	4.14	3.47	1.54	7.78	7.52	6.44	66.4%
コン	4月14日～4月15日	晴	18.5	8,196	21,988	8.4	2,010	132.0	92.6	6.9	162.0	55.6	2.3	33.3	29.6	9.4	2.99	2.44	1.34	7.67	7.65	6.40	68.3%
コン	4月21日～4月22日	雨/晴	20.0	8,215	24,793	8.4	1,760	128.0	84.7	5.8	165.0	56.0	3.8	29.1	25.8	9.0	3.18	2.55	1.61	7.57	7.53	6.42	65.0%
コン	5月12日～5月13日	晴	24.0	6,578	25,188	10.5	1,730	208.0	104.0	4.5	218.0	48.9	1.3	34.8	30.1	9.5	5.42	3.92	1.38	7.61	7.40	6.47	68.4%
時毎	5月19日～5月20日	晴/雨	22.5	7,540	20,373	9.2	1,730	189.9	79.7	4.7	193.7	49.9	1.3	27.1	28.8	11.1	4.42	3.23	1.75	7.62	7.56	6.31	61.3%
コン	6月9日～6月10日	曇/晴	25.5	6,682	26,946	10.3	1,930	198.0	108.0	4.1	242.0	53.5	1.0	32.7	29.0	8.7	4.64	3.76	1.21	7.50	7.31	6.48	70.0%
コン	6月23日～6月24日	雨/曇	25.5	7,015	26,302	9.8	2,080	168.0	104.0	5.6	209.0	52.0	1.6	33.5	28.3	9.4	4.01	3.32	2.07	7.49	7.42	6.47	66.7%
コン	7月7日～7月8日	雨/曇	25.5	7,822	25,614	8.8	1,860	145.0	71.0	7.8	206.0	55.3	1.9	27.1	22.2	7.2	3.69	2.89	1.96	7.47	7.51	6.56	67.7%
コン	7月21日～7月22日	雨/曇	25.7	7,601	27,280	9.1	1,890	185.0	109.0	5.9	177.0	51.3	1.2	32.2	27.3	7.8	3.99	3.25	0.90	7.42	7.40	6.54	71.6%
コン	8月5日～8月6日	晴	26.5	7,194	29,066	9.6	1,960	193.0	100.0	5.3	182.0	41.6	1.1	30.5	25.9	6.6	4.06	3.24	0.76	7.40	7.32	6.51	74.5%
時毎	8月18日～8月19日	曇/晴	28.7	6,643	27,841	10.4	1,770	218.9	97.2	7.6	212.9	49.5	1.4	30.1	26.8	9.2	4.43	3.48	0.73	7.40	7.30	6.52	65.6%
コン	9月1日～9月2日	曇/雨	29.4	6,492	26,620	10.6	1,570	193.0	91.9	4.7	210.0	40.0	1.1	30.5	28.5	7.8	4.56	3.78	0.66	7.40	7.37	6.48	72.7%
コン	9月24日～9月25日	雨	28.0	6,831	25,546	10.1	1,530	171.0	77.3	5.1	213.0	38.5	1.0	45.1	39.1	12.9	4.39	3.92	1.78	7.39	7.38	6.41	67.0%
コン	10月6日～10月7日	曇/晴	27.1	6,627	26,793	10.4	1,520	191.0	113.0	6.0	215.0	41.5	1.6	37.9	33.5	11.1	4.68	3.65	1.67	7.50	7.44	6.50	66.9%
コン	10月20日～10月21日	曇/晴	24.4	7,649	25,804	9.0	1,770	172.0	77.5	6.2	202.0	35.7	1.0	35.4	29.8	9.5	3.84	2.83	1.48	7.50	7.59	6.55	68.3%
コン	11月10日～11月11日	晴	24.1	6,779	25,454	10.2	1,630	213.0	123.0	5.1	262.0	27.6	2.3	41.7	34.1	10.3	4.45	3.29	1.40	7.52	7.59	6.48	69.8%
時毎	11月25日～11月26日	雨/曇	24.0	6,704	24,450	10.3	1,630	245.9	103.2	5.9	215.7	37.9	2.1	40.8	34.8	11.8	2.53	3.70	1.50	7.66	7.58	6.52	66.1%
コン	12月8日～12月9日	晴	21.9	6,520	27,147	10.6	1,830	210.0	97.7	5.5	235.0	31.0	1.0	40.7	35.6	9.2	4.33	3.49	1.42	7.63	7.39	6.48	74.3%
コン	12月22日～12月23日	晴	21.1	6,621	27,171	10.4	1,880	235.0	106.0	4.3	344.0	36.0	1.0	41.3	36.3	9.7	4.47	3.61	1.20	7.95	7.52	6.58	73.2%
コン	1月13日～1月14日	晴	20.4	6,764	27,317	10.2	1,910	186.0	114.0	3.2	229.0	43.0	1.0	45.7	38.4	11.5	4.61	3.90	1.98	7.95	7.46	6.48	70.1%
コン	1月26日～1月27日	晴/雨	19.5	6,670	26,178	10.3	1,800	174.0	92.9	2.8	211.0	34.0	1.0	46.2	36.9	12.1	4.79	3.77	1.96	7.71	7.63	6.53	67.2%
コン	2月2日～2月3日	雨/晴	18.8	6,790	26,225	10.2	1,670	224.0	117.0	3.6	412.0	34.7	1.0	43.6	40.4	13.0	4.85	3.48	0.89	7.79	7.65	6.60	67.8%
時毎	2月16日～2月17日	晴	19.3	6,974	26,221	9.9	2,100	193.0	115.5	4.5	188.2	45.7	1.5	36.5	32.6	8.5	4.38	3.56	1.24	7.67	7.70	6.57	73.9%
コン	3月2日～3月3日	雨/曇	20.5	6,818	26,343	10.1	1,670	224.0	117.0	3.6	412.0	34.7	1.0	43.6	40.4	13.0	4.85	3.48	0.89	7.58	7.36	6.42	67.8%
コン	3月4日～3月5日	晴/雨	20.5	6,835	27,301	10.1	1,930	209.0	125.0	3.2	228.0	47.0	1.0	46.5	42.1	13.1	5.88	4.89	1.32	7.48	7.33	6.45	68.9%
	最小		18.0	6,492	20,373	6.0	1,520	122.2	71.0	2.8	141.2	27.6	1.0	26.0	21.6	6.6	2.5	2.4	0.4	7.39	7.30	6.31	43.6%
	最大		29.4	11,553	34,763	10.6	2,130	257.7	135.8	7.8	412.0	71.0	3.8	46.5	42.1	13.7	5.9	4.9	2.1	7.95	7.70	6.60	74.5%
	平均		22.3	7,130	27,068	9.8	1,864	194.7	104.2	5.0	231.2	46.0	1.5	37.4	32.7	10.8	4.3	3.5	1.3	7.62	7.49	6.48	66.9%

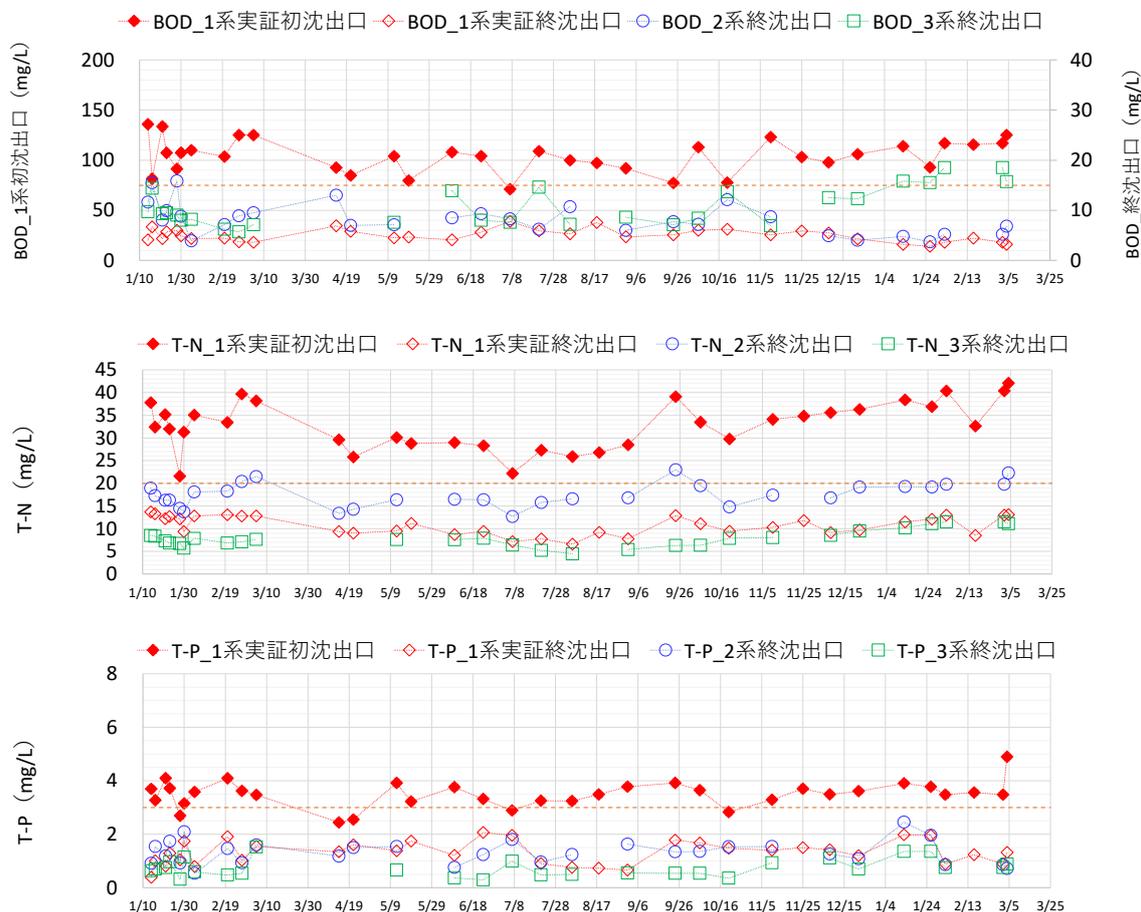
降雨日を除いた平均 68.1%

注) 分析方法の凡例：時毎は 2 時間毎分析、コンはコンポジット操作後の分析、を意味する

図資 5-9 に実証系列である 1 系最初沈殿池流出水および 1 系最終沈殿池流出水の BOD、T-N、T-P の測定結果を示す。また参考比較のために、標準活性汚泥法で運用した 2 系、担体投入型ステップ A2O 法で運用した 3 系 (3-3、3-4 の 2 池) についても、最終沈殿池流出水の水質を併記した。

全 34 回の採水調査を行った結果、いずれの調査日においても各水質目標値を満足することを確認した。

窒素除去率は、降雨日を除くと 60.8%~74.5%で推移しており、平均除去率は 68.1%と算出され、A2O 法の除去率 60~70%と同等の除去率であることを確認した。また、BOD は、実証系の方が 2 系 (標準法) や 3 系 (高度処理法) よりも良好な水質を保てた。T-N は 2 系よりも良質であり、3 系とは当初差があったが、2020 年 4 月以降はほぼ同じか若干高い程度で推移した。T-P は 2 系と同程度の水質を保てた。



図資 5-9 最初沈殿池流出水および最終沈殿池流出水の測定結果

(上 : BOD、中 : T-N、下 : T-P)

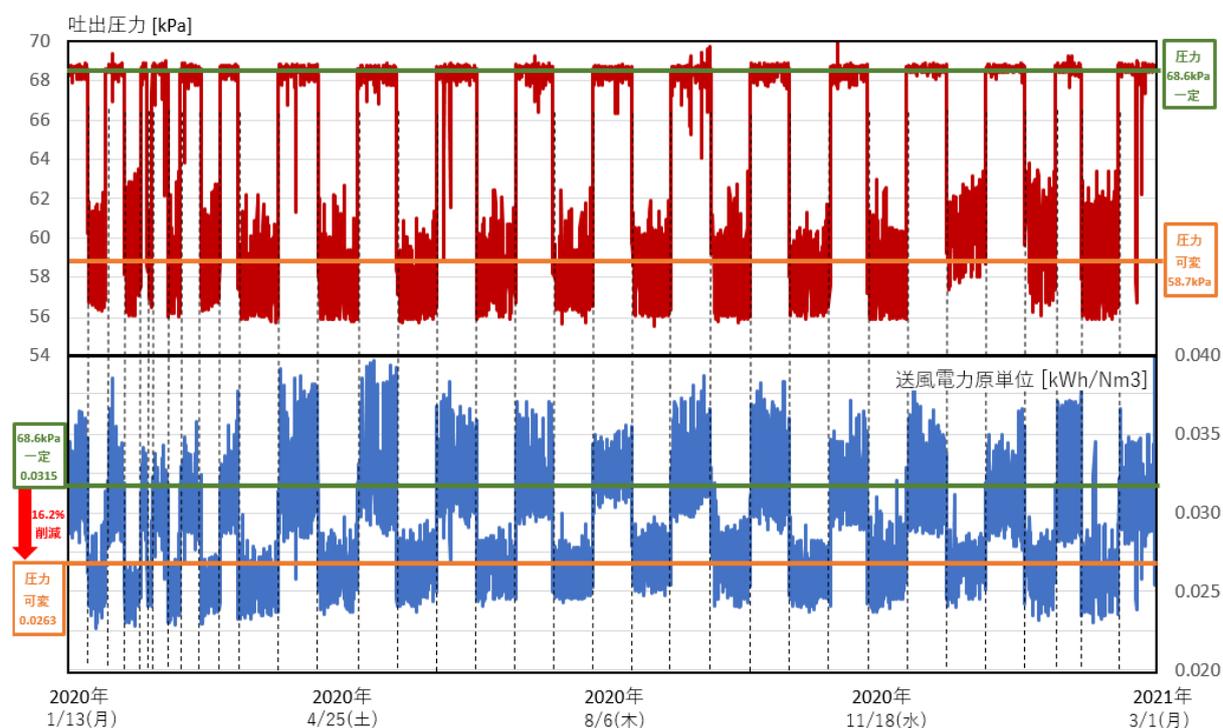
5.5 消費電力の削減効果

5.5.1 送風機吐出圧力可変制御による送風電力削減効果

2020年1月13日(月)10時～2021年3月1日(月)10時において、1～2週間毎に送風機吐出圧力制御のモード切替え（吐出圧力一定制御と吐出圧力可変制御の切替え）を実施し、当該期間中の送風機吐出圧力、反応タンク風量、送風電力量を評価対象とした(設備点検等による非定常運転時は除外)。表資 5-5 に全期間の評価結果を、図資 5-10 に評価対象データを示す。送風機設計圧力 68.6kPa 一定制御に比して、圧力可変制御において風量 1Nm³当たりの送風電力量（送風電力原単位）が 16.2%低減した。従って、送風電力削減率 10%の目標値を達成した。

表資 5-5 送風電力削減効果の評価結果（2020年1月13日～2021年3月1日）

	吐出圧力 [kPa]	風量 [Nm ³ /日]	送風電力量 [kWh/hr]	送風電力原単位 [kWh/Nm ³]	評価データ 時間数[hr]
圧力一定	68.5 (設定 68.6)	4,661	147	0.0315	4,772
圧力可変	58.7 (▲9.8)	4,667	123	0.0263 (▲16.2%)	4,581



図資 5-10 送風電力削減効果の評価対象データ（設備点検等による非定常運転時は除外）

5.5.2 A2O 法に比した水処理電力削減効果（FS 机上計算）

本技術は、従来技術である A2O 法と異なり、嫌気槽攪拌機、無酸素槽攪拌機および硝化液循環ポンプが不要である。また、送風機の吐出圧力を風量に合わせて変更することで送風機自体の消費電力の削減効果が見込まれる。

そこで、日最大汚水量 50,000m³/日、日平均汚水量 40,000m³/日規模の反応タンク設備および送風機設備を想定し、A2O 法と本技術のそれぞれで水処理電力量および処理水 1m³ 当たりの消費電力量（原単位）を試算した。なお、本技術の送風機消費電力量については、4.3.1 項で述べた削減率 16%を適用して試算した。また、評価範囲での試算では従来技術の嫌気槽攪拌機および無酸素槽攪拌機の運転時間を 1 日当たり 8hr として消費電力量を計算した。

表資 5-6 に評価範囲（反応タンク設備、送風機設備）および公募範囲（評価範囲と最初沈殿池設備、最終沈殿池設備を加える）における消費電力量および電力原単位の比較を示す。

1) 評価範囲

従来技術の消費電力量は 2,522.6 千 kWh/年、水処理電力原単位は 0.173kWh/m³ であったのに対して、本技術では機器点数の減少と送風機の省エネ効果によって消費電力量は 1,784.9 千 kWh/年、水処理電力原単位は 0.122kWh/m³ と試算され、削減率は 29%であった。

2) 公募範囲

水処理全体を対象とした公募範囲においては、消費電力量は 2,902.6 千 kWh/年、電力原単位は 0.199kWh/m³ であったのに対して、本技術では消費電力量は 2,164.9 千 kWh/年、水処理電力原単位は 0.148kWh/m³ と試算され、削減率は 25%となった。

表資 5-6 水処理電力量の比較

			従来技術	本技術	削減率
評価範囲	消費電力量	千 kWh/年	2,522.6	1,784.9	29%
	電力原単位	kWh/m ³	0.173	0.122	
公募範囲	消費電力量	千 kWh/年	2,902.6	2,164.9	25%
	電力原単位	kWh/m ³	0.199	0.148	

※消費電力量（千 kWh/年）は日平均汚水量 40,000m³/日で除すことで算出

5.6 自動制御の性能と効果

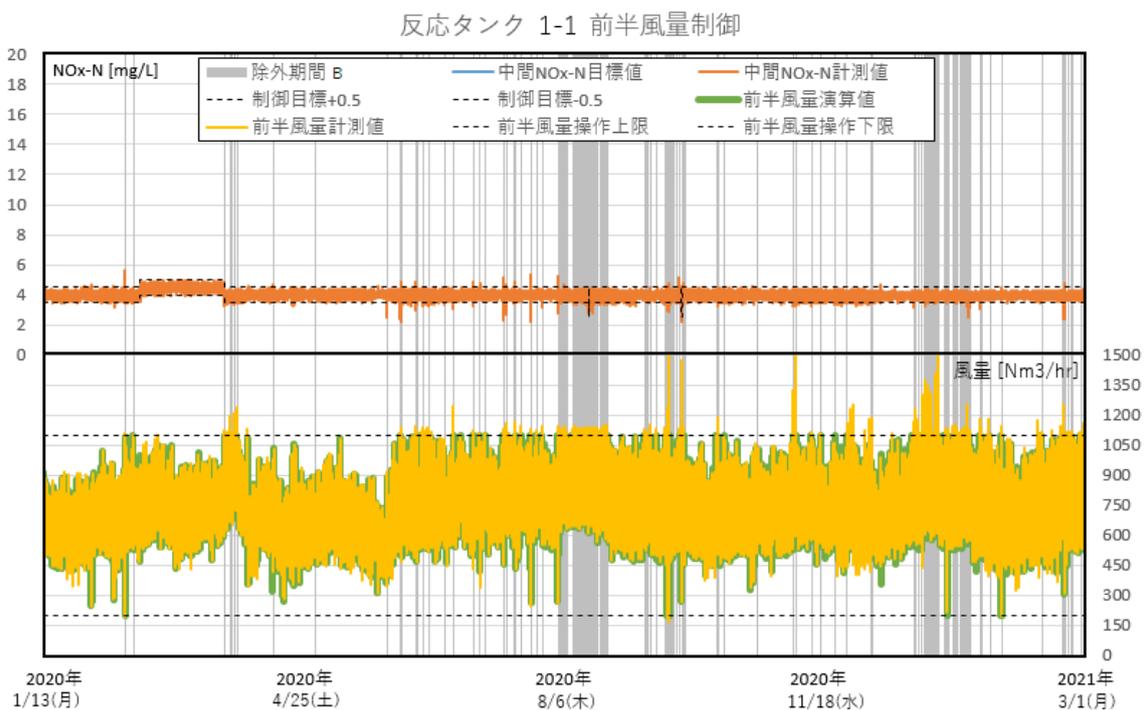
5.6.1 風量制御の制御性能

反応タンク 1-1 系前半～1-4 系後半の 8 箇所の風量制御について、2020 年 1 月 13 日(月) 10 時～2021 年 3 月 1 日 (月)10 時の取得データを用いて制御性能評価を実施した。なお、設備点検等による非定常運転期間を評価対象から除いた。また、「操作量（風量）が操作範囲上下限に達してから制御性能が回復するまでの期間」を除外期間 B と定義し、適合率の計算から除外した。表資 5-7 に評価結果を、図資 5-11～5-18 に評価対象データを示す。1-1 系～1-4 系反応タンク前半と後半の 8 箇所全ての風量制御について、適合率 95%以上となり目標値を達成した。また、計測濃度の平均値もほぼ設定値と同じであった。

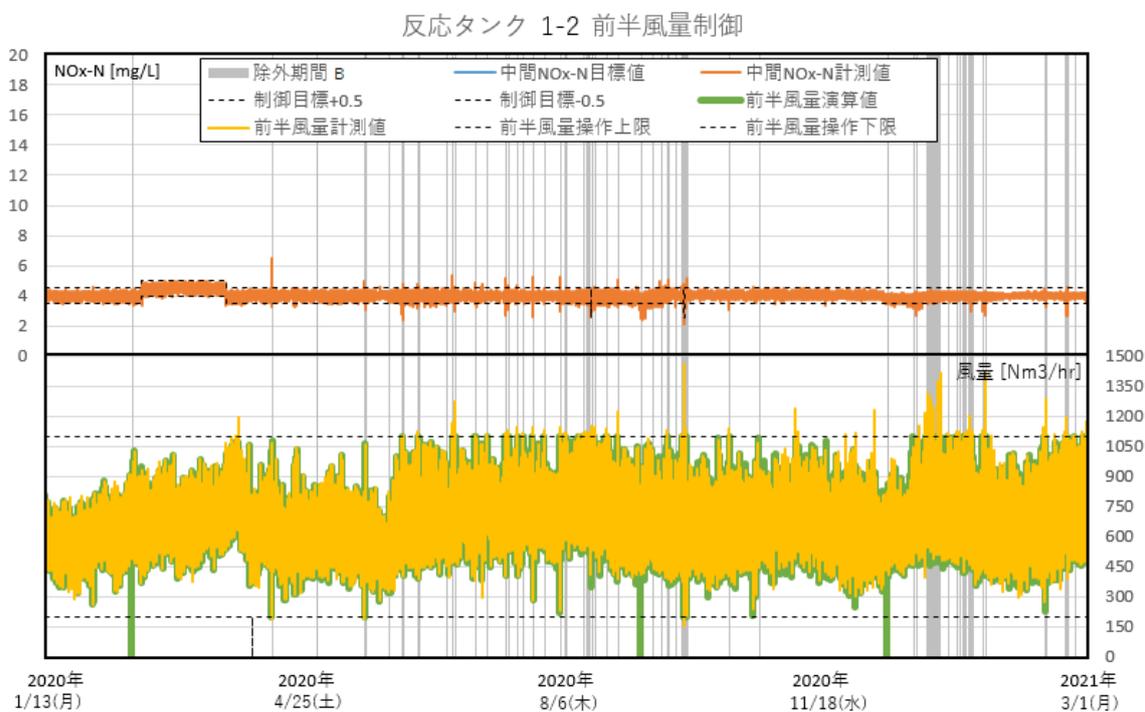
表資 5-7 風量制御性能の評価結果（2020 年 1 月 13 日～2021 年 3 月 1 日）

	除外期間 B	適合率	計測濃度平均値*
1-1 前半	2%	99% (95%以上達成)	4.0mg/L (設定値 4.0mg/L)
1-2 前半	1%	98% (95%以上達成)	4.0mg/L (設定値 4.0mg/L)
1-3 前半	16%	98% (95%以上達成)	3.9mg/L (設定値 4.0mg/L)
1-4 前半	9%	99% (95%以上達成)	4.0mg/L (設定値 4.0mg/L)
前半平均	7%	99% (95%以上達成)	4.0mg/L (設定値 4.0mg/L)
1-1 後半	35%	98% (95%以上達成)	2.1mg/L (設定値 2.0mg/L)
1-2 後半	35%	99% (95%以上達成)	1.9mg/L (設定値 2.0mg/L)
1-3 後半	33%	99% (95%以上達成)	1.9mg/L (設定値 2.0mg/L)
1-4 後半	32%	98% (95%以上達成)	2.0mg/L (設定値 2.0mg/L)
後半平均	34%	98% (95%以上達成)	1.9mg/L (設定値 2.0mg/L)

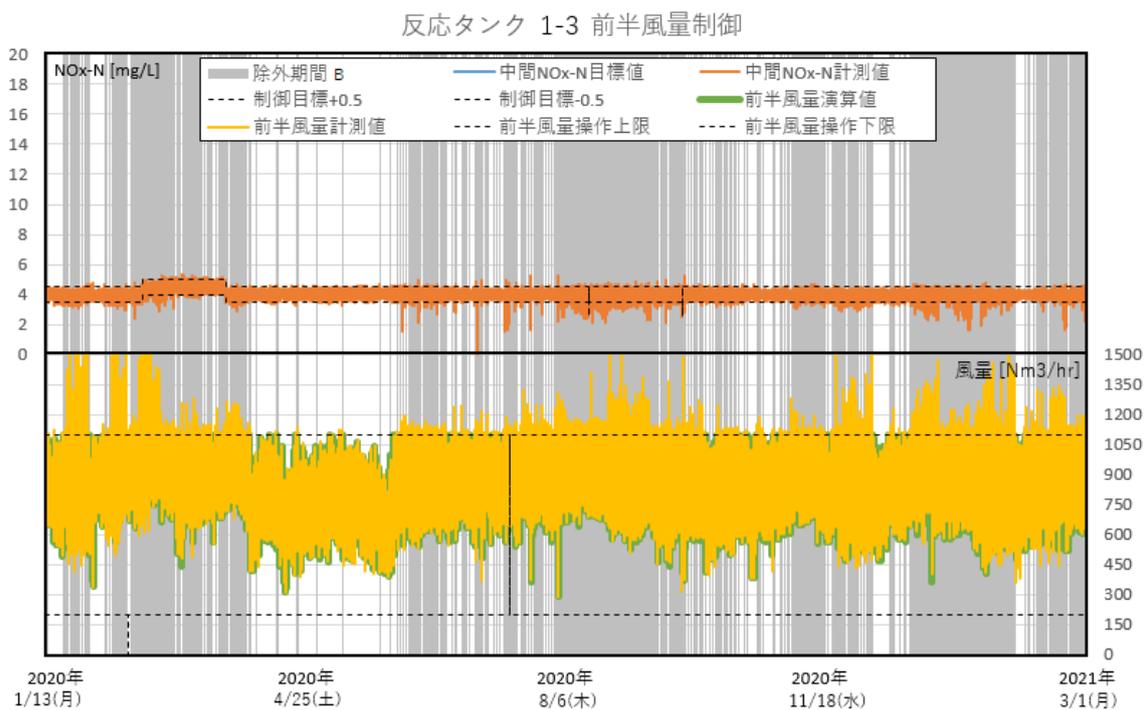
* 計測濃度平均値は除外期間 B を含めて算出



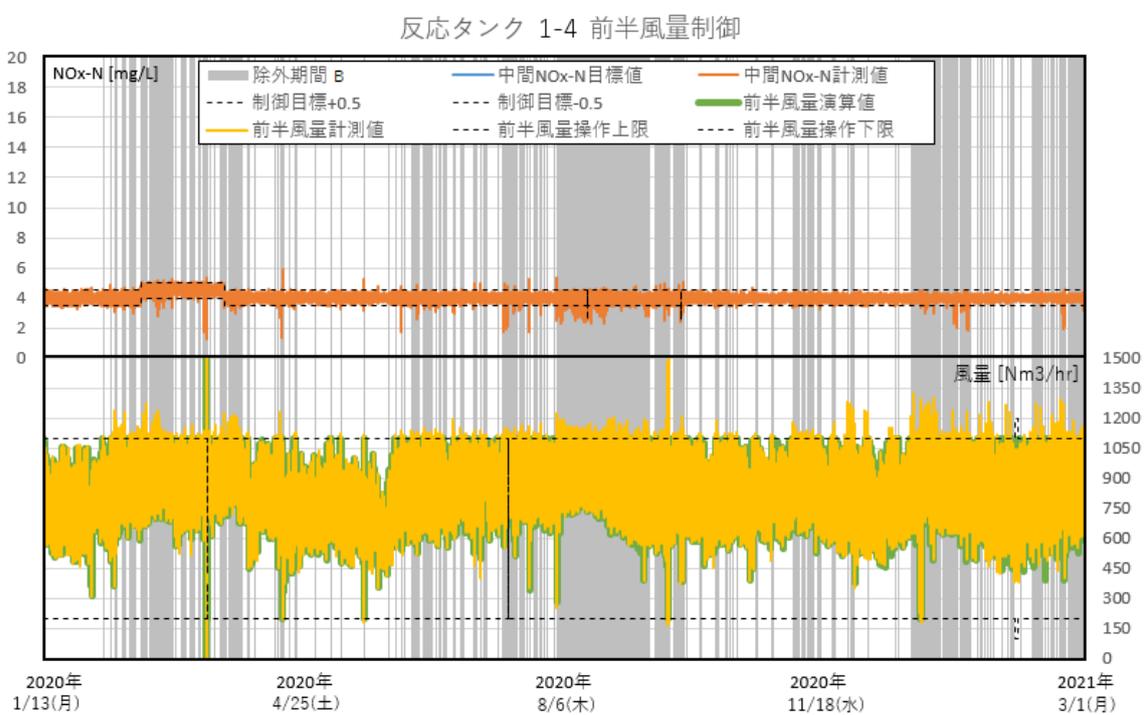
図資 5-11 1-1 系反応タンク前半の風量制御評価対象データ (非正常運転期間を除く)



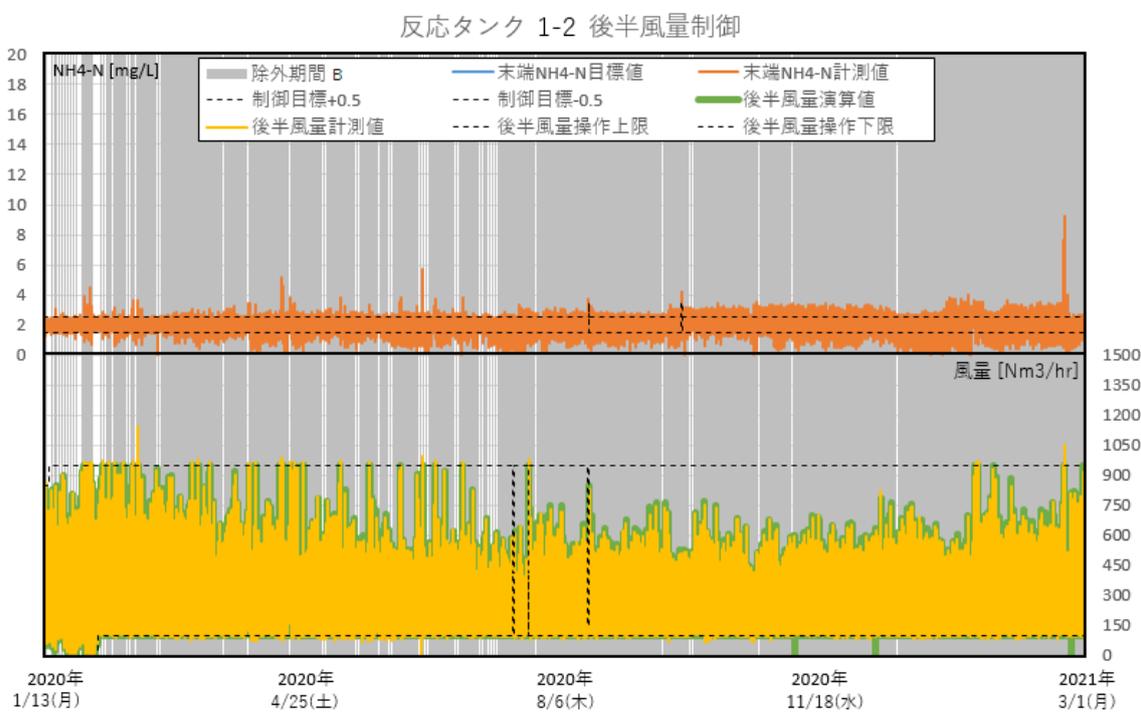
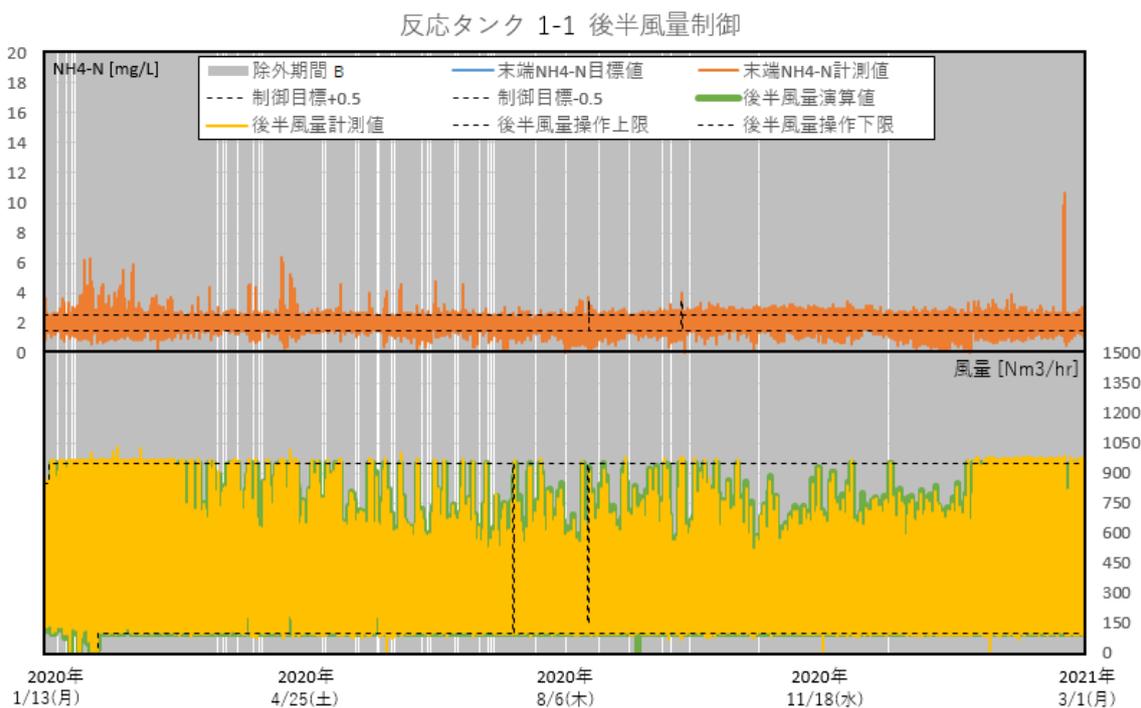
図資 5-12 1-2 系反応タンク前半の風量制御評価対象データ (非正常運転期間を除く)

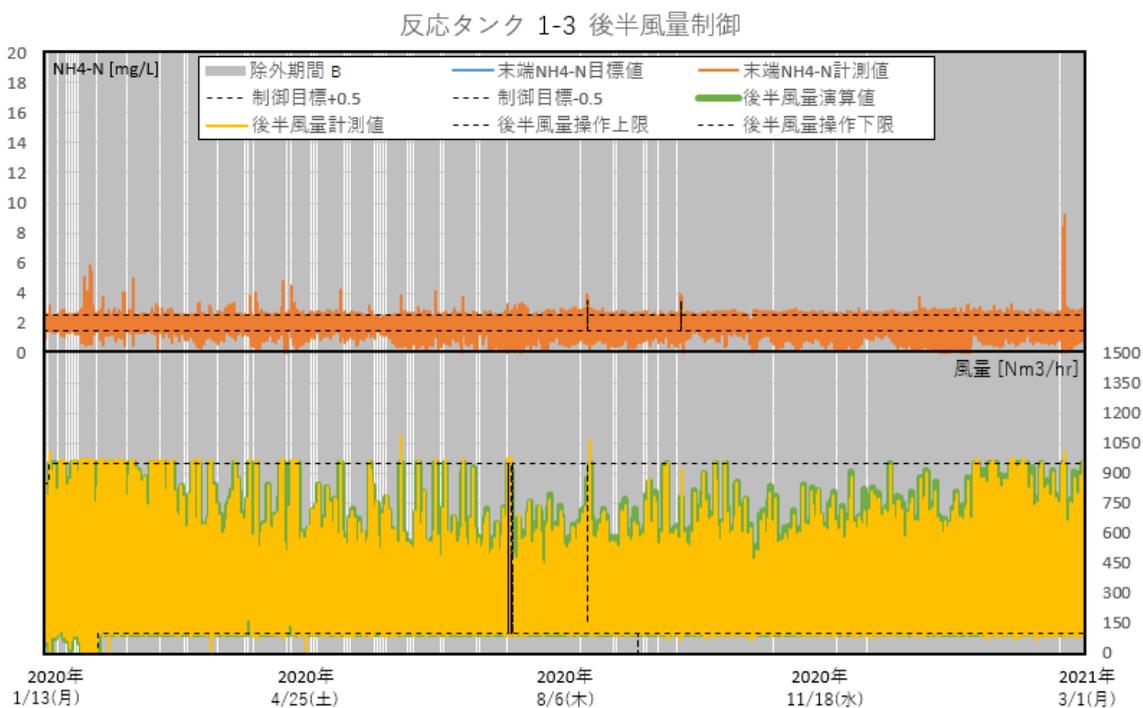


図資 5-13 1-3 系反応タンク前半の風量制御評価対象データ (非定常運転期間を除く)

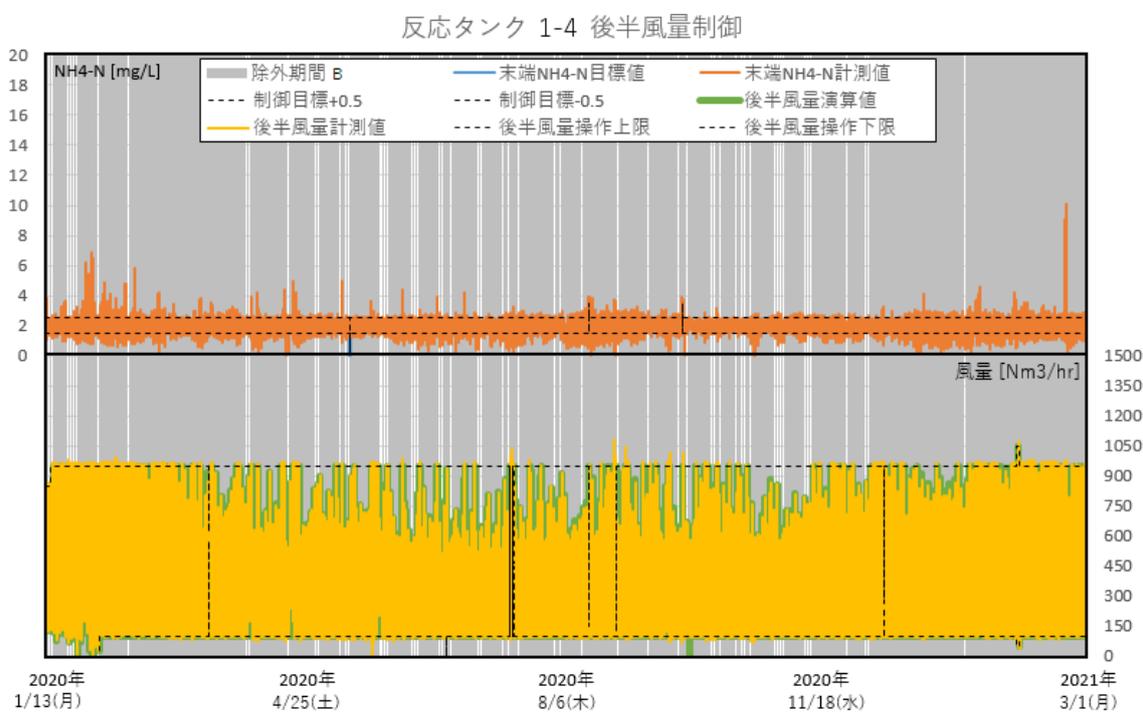


図資 5-14 1-4 系反応タンク前半の風量制御評価対象データ (非定常運転期間を除く)





図資 5-17 1-3 系反応タンク後半の風量制御評価対象データ (非定常運転期間を除く)



図資 5-18 1-4 系反応タンク後半の風量制御評価対象データ (非定常運転期間を除く)

5.7 維持管理性の評価

維持管理性を評価するため、従来技術（A2O 法）と本技術それぞれで求められる維持管理項目を整理し比較を行った。維持管理項目の抽出には、下水道維持管理指針を参考にし、管理項目と保守点検項目の二種類に分類したうえで、各項目の要否（必須：必須項目、不要：不要、必須ではない：必要に応じて実施または設置）を判定した。表資 5-8 に管理項目の比較表を、表資 5-9 に保守点検項目の比較表を示す。

1) 管理項目

本技術では、反応タンクへの風量を $\text{NH}_4\text{-N}$ 計と $\text{NO}_x\text{-N}$ 計を用いて制御することから、DO 制御のように常時 DO を監視する必要が無いが、実証期間中においては一時的に DO 計指示値を参考に運転状況を確認する場面もあったことから、本技術における判定を（必須ではない）とした。循環比については、本技術では循環ポンプを用いないことから判定を不要とした。その他の項目については、全て従来技術と同一の判定とした。

なお、本技術では脱窒ゾーンの形成のために一部の散気装置において制限曝気を行っており、スカム等の堆積が懸念されたが、既設の消泡スプレーによる消泡作用によって堆積が防止できていることを確認した。

表資 5-8 管理項目の比較

管理項目	本技術	従来技術（A2O 法）
MLSS 濃度	必須	必須
MLDO 濃度	必須ではない	必須
ORP	必須	必須
pH	必須ではない	必須ではない
SRT	必須ではない	必須ではない
循環比	不要	必須
汚泥返送比	必須	必須
余剰汚泥の引抜き	必須	必須
スカムの堆積防止	必須	必須
生物相	必須ではない	必須ではない

2) 保守点検項目

本技術は単一反応タンク内で硝化と脱窒を行うため、硝化液循環ポンプ設備、エアリフト設備、水中攪拌設備が全て不要となるため、判定は（不要）とした。水質計器に関しては、りん除去を考慮した場合、ORP 計または PO₄-P 計（実証設備には 1-2 系反応タンク嫌気ゾーン出口に 1 台設置した）の設置が必要となる可能性が高いと判断し、【DO 計、ORP 計】の項目は（必須ではない）の判定とした。また、従来技術では用いていない NH₄-N 計と NO_x-N 計が新たに必要となることから、【NH₄-N 計と NO_x-N 計】の項目は本技術が（必須）、従来技術が（不要）と判定した。

表資 5-9 保守点検項目の比較

保守点検項目	本技術	従来技術（A20 法）
散気装置	必須	必須
防泡設備	必須	必須
汚泥返送設備	必須	必須
硝化液循環ポンプ設備、 エアリフト設備	不要	必須
水中かくはん設備	不要	必須
メタノール、酢酸および 水酸化ナトリウム注入設備	必須ではない	必須ではない
凝集剤添加設備	必須ではない	必須ではない
水質計器（DO 計）	必須ではない	必須
水質計器（ORP 計）	必須ではない	必須ではない
水質計器（NO _x -N 計、NH ₄ -N 計）	必須	不要

3) まとめ

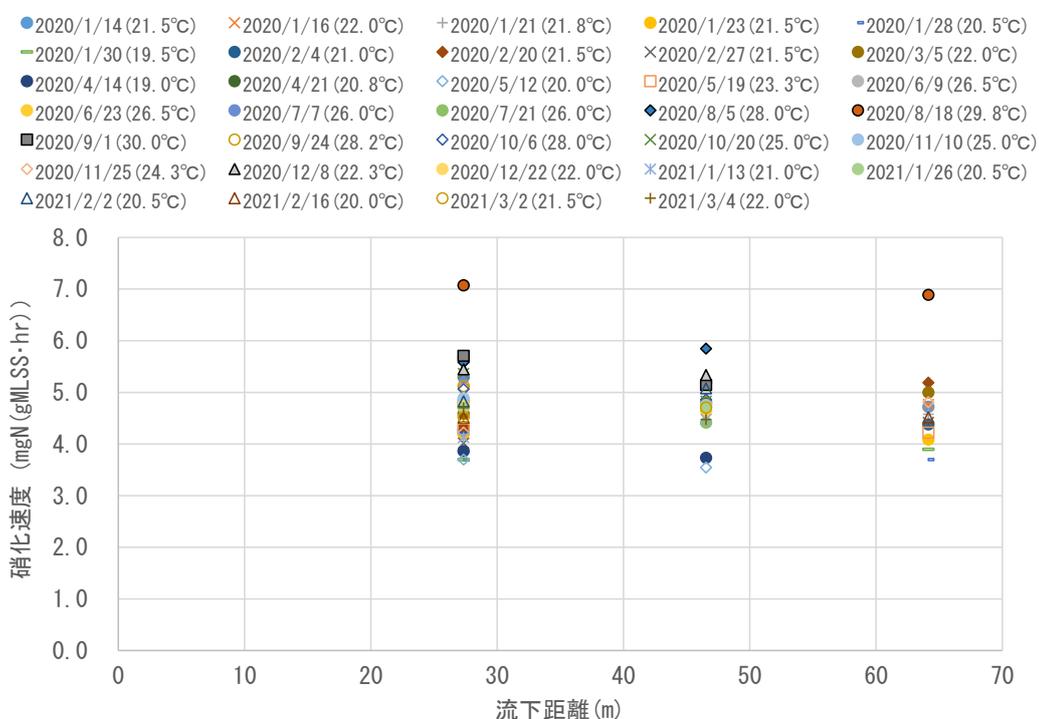
削減可能な項目が、管理項目において 1 つ、保守点検項目については項目によって増減はあるものの、最低でも 1 つの削減が可能と判定され、従来技術に比べ本技術の維持管理性は良好と判断した。

5.8 実証設備での確認事項

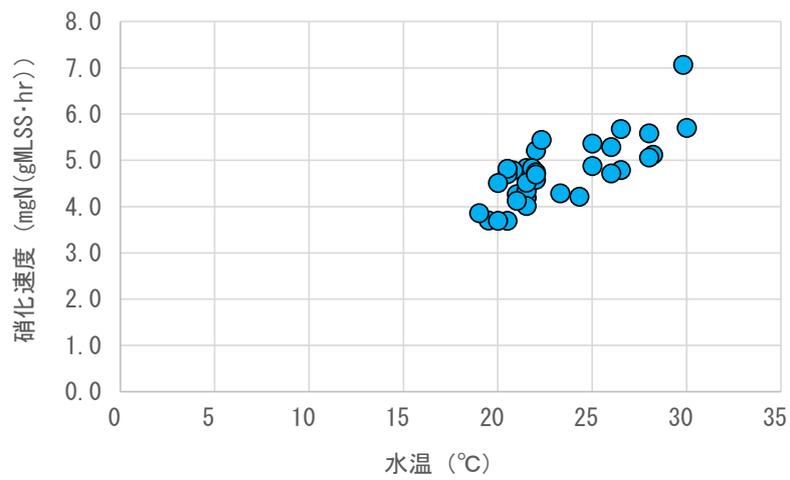
5.8.1 反応タンク内 流下方向における硝化能力・脱窒能力の確認

1) 硝化能力

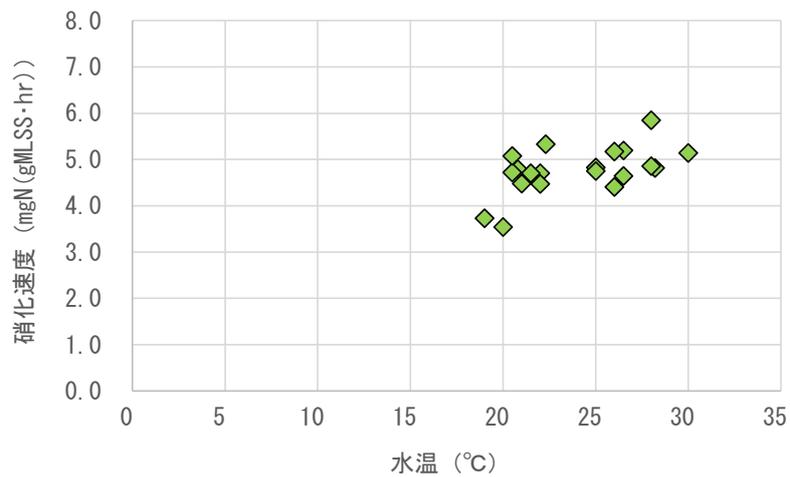
図資 5-19 に反応タンク流下方向の地点から採取した汚泥を用いた硝化速度試験の結果を示す。硝化速度は、反応タンク上流側で 3.7~7.1mgN/gSS/hr (平均 4.8)、中流側で 3.5~5.8mgN/gSS/hr (平均 4.8)、下流側では 3.7~6.9mgN/gSS/hr (平均 4.7) となり、ばらつきが大きかった。また、流下距離とは明瞭な相関はなく、反応タンク内で概ね一定と考えられた。さらに、硝化速度は一般的に水温の影響を受けると考えられ、今回の調査では水温が 19.0℃~30.0℃であり、図資 5-20~図資 5-22 に示すように水温の上昇に伴い硝化速度が増加する傾向を確認した。



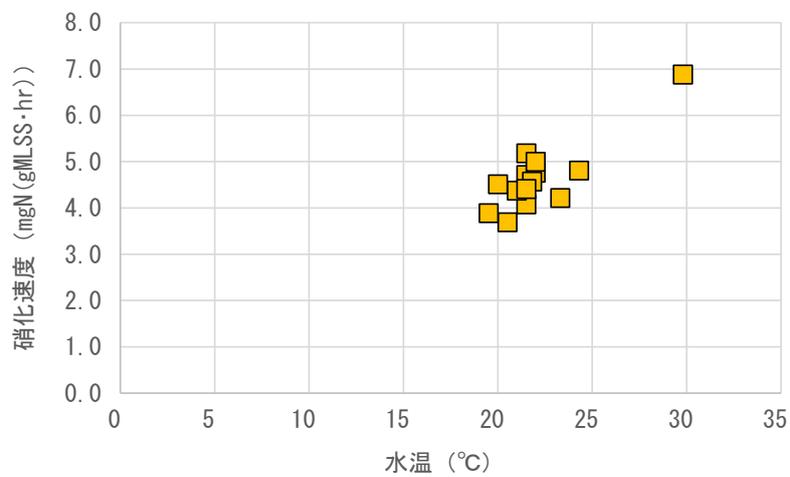
図資 5-19 反応タンク流下方向の硝化速度



図資 5-20 水温と硝化速度の関係（上流側）



図資 5-21 水温と硝化速度の関係（中流側）

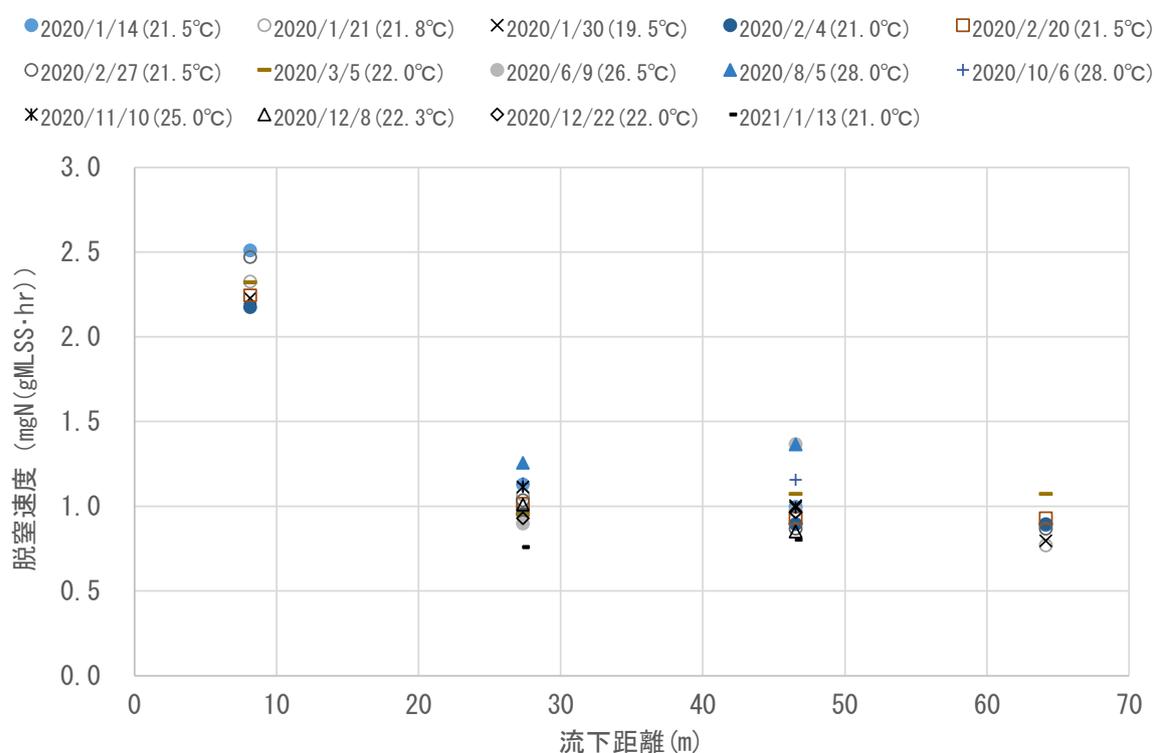


図資 5-22 水温と硝化速度の関係（下流側）

2) 脱窒能力

図資 5-23 に反応タンク流下方向の各地点から採取した汚泥を用いた脱窒速度試験の結果（降雨日等のデータを除く）を示す。脱窒速度は反応タンク流入部に近い位置で最も大きく、脱窒ゾーンの入口付近までに急激に低下し、脱窒ゾーン以降は緩やかな低下傾向を示した。

本実証において設定した脱窒ゾーンにおける脱窒能力を、同ゾーンの upstream 端と downstream 端の脱窒速度の平均値と見做した場合、upstream 端の平均値が 1.03mgN/gSS/hr 、downstream 端の平均値が 1.04mgN/gSS/hr であることから脱窒ゾーンの脱窒能力は 1.03mgN/gSS/hr と推定された。平均脱窒速度 1.03mgN/gSS/hr と、反応タンク内 MLSS 濃度および脱窒ゾーンにおける返送汚泥量を加味した有効滞留時間から想定脱窒量を試算したところ、約 4mg/L の窒素減少が示唆された。



図資 5-23 反応タンク流下方向の脱窒速度

5.8 まとめ

表資 5-10 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実証実験の結果、いずれの目標値に関しても達成できた。

<今後の課題>

- 単槽型硝化脱窒プロセスの処理能力および処理性能の限界値の見極め
- 建設コスト、維持管理コストのさらなる削減（代表槽制御の検討 等）

表資 5-10 成果の概要（再掲）

評価項目	評価指標	内容・目標値	結果
処理水質	放流水質	採水調査日における日平均濃度が、 ・T-BOD \leq 15mg/L ・T-N \leq 20mg/L ・T-P \leq 3mg/L を満足すること 窒素除去率はA2O法 [*] 同等(60~70%)	全調査日において目標水質を達成 T-BOD:平均5.1mg/L(最小2.8mg/L~最大7.8mg/L) T-N :平均10.6mg/L(最小6.6mg/L~最大13.7mg/L) T-P :平均1.3mg/L(最小0.4mg/L~最大2.1mg/L) 窒素除去率:平均68.1%(降雨日を除く)
処理能力	HRT	A2O法比 20%削減 (HRT16hr \times 0.8 \Rightarrow 12.8hr以下)	全調査日の平均HRTは、9.8hr(6.0~10.6)であり、達成
送風電力	風量1Nm ³ 当 たりの送風 電力	目標値:送風電力削減率10%以上 2019年度:1週間毎に圧力制御切替 2020年度:2週間毎に圧力制御切替	送風電力削減率が16.2%であり、達成 (圧力一定制御の設計圧力68.6kPaに対し、 圧力可変制御の平均吐出圧力58.7kPa)
水処理電力	処理水1m ³ 当 たりの 運転電力	目標値:A2O法比 20%削減 実証系列:常時圧力可変制御を想定 A2O法:常時圧力一定制御を想定	日最大50,000m ³ /日規模のFS結果より、29%削減(A2O: 0.173kWh/m ³ 、本技術:0.122kWh/m ³)と試算され、達成
NO _x 、NH ₄ 制御性能	水質計測値 の適合率	制御可能期間中の計測値の95%以上が 目標値 \pm 0.5mg/Lの範囲に収まること	前半NO _x :期間中の平均適合率が 99% であり、達成 後半NH ₄ :期間中の平均適合率が 98% であり、達成
維持管理 項目	項目数	維持管理項目数の低減	攪拌機、循環ポンプ等に係る保守点検項目が 削減可能であるため、達成
総費用 (年価換算値)	建設費	評価範囲(反応タンクおよび送風機設備) において、A2O法(新設)に比べ 20%以上削減(FS条件:日最大 50,000m ³ /日)	評価範囲(反応タンクおよび送風機設備)において、 建設費削減率は 20.6% と試算され、達成
	維持管理費	評価範囲(反応タンクおよび送風機設備) において、A2O法より低減	評価範囲においては、人件費・電力費・補修費のいずれも低減 することから、達成

6.1 試算規模と技術フロー

表資 6-1 に、評価範囲における従来技術および本技術の試算規模と試算範囲を示す。

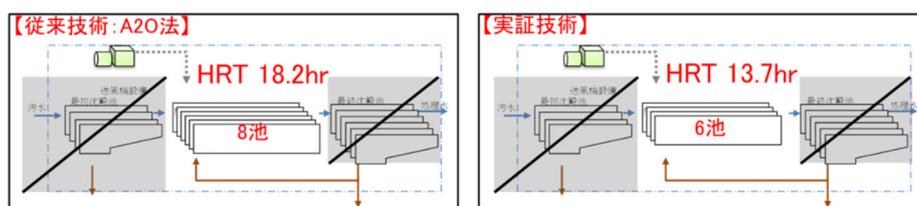
また、図資 6-1 に評価範囲における試算範囲の技術フローを示す。評価範囲では、反応タンク設備および送風機設備を対象として試算を行った。なお、本実証においては嫌気ゾーンを設けてりん除去を行ったことから、従来技術は A2O 法とした。

なお、参考として図資 6-1 に示す公募範囲（最初沈殿池から最終沈殿池までを含む水処理全体）についても試算を行った。

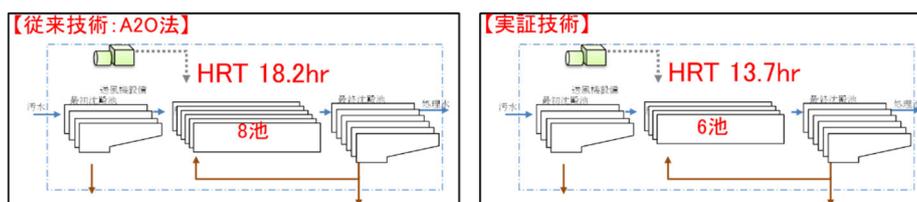
表資 6-1 評価範囲における試算規模と試算条件

	従来技術 (嫌気無酸素好気法)	本技術
導入シナリオ	新設	新設
設計水量	計画 1 日最大流入水量：50,000m ³ /日 冬季における計画 1 日最大流入水量：40,000m ³ /日	
設計流入水質	BOD：203mg/L SS：171mg/L T-N：37mg/L T-P：4.6mg/L	
月間平均最低水温	15℃	
設計 HRT (夏季)	14.6hr	10.9hr
設計 HRT (冬季)	18.2hr	13.7hr
反応タンク池数	8 池	6 池
送風機運転方法	吐出圧力一定	吐出圧力可変
備考	最初沈殿池および最終沈殿池の仕様は同一	

※冬季における計画 1 日最大流入水量≒計画 1 日平均流入水量



図資 6-1 コスト試算における技術フロー（評価範囲）



図資 6-1 コスト試算における技術フロー（公募範囲）

6.2 コストの算定

6.2.1 建設費の比較

表資 6-2 に評価範囲を、表資 6-3 に公募範囲における建設費内訳を示す。また、図資 6-2 に評価範囲における従来技術および本技術の建設費総額の比較を、図資 6-3 に公募範囲における建設費総額の比較を示す。

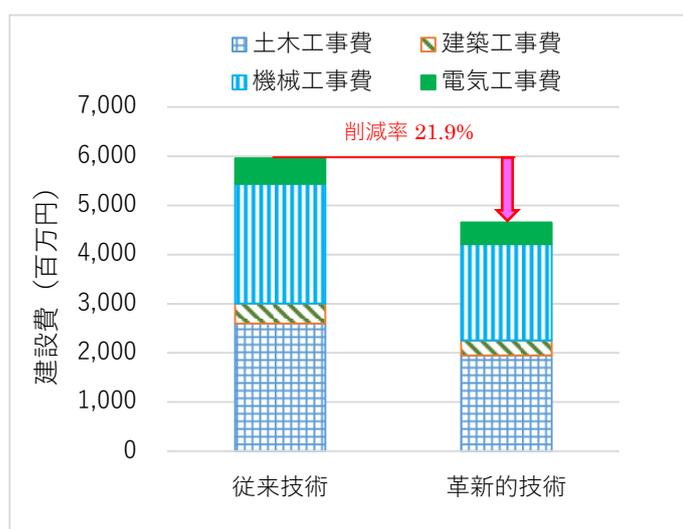
1) 評価範囲

本技術は、従来技術に比べて短い HRT で処理できることから反応タンク池数の削減が可能となる。これにより土木・建築・機械工事費のいずれも縮減する。なお、本来は電気工事費についても縮減の見込みはあるものの、今回の算定では従来技術と同額に設定した。なお、今回は風量演算装置を機械設備に含めて試算した結果、評価範囲における従来技術の建設費が 5,960 百万円に対して、本技術の建設費は 4,656 百万円と試算され、縮減率は 21.9%（年価ベースでは 20.6%）となった。

表資 6-2 評価範囲における建設費試算結果の内訳

単位：百万円

	土木工事費	建築工事費	機械工事費	電気工事費	合計
従来技術	2,597.8	409.2	2,432.0	520.7	5,960
本技術	1,948.3	306.9	1,958.0	442.6	4,656



図資 6-2 評価範囲における建設費の比較

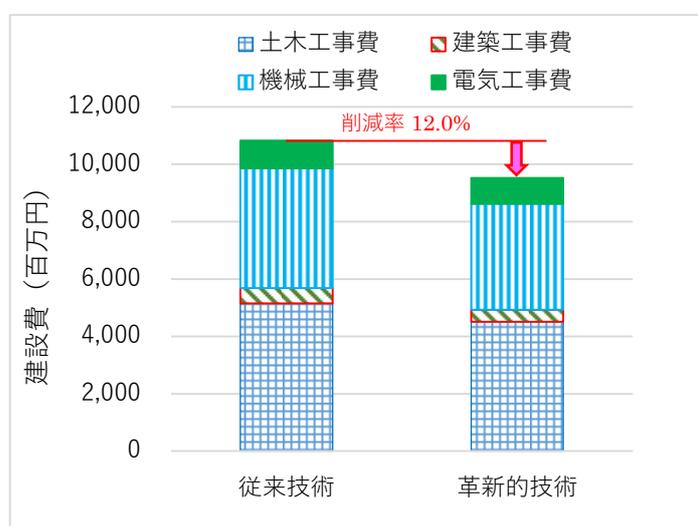
2) 公募範囲

公募範囲では水処理施設全体（最初沈殿池から最終沈殿池まで）であることから、評価範囲に比べて縮減率は低下する。従来技術の建設費は 10,830 百万円に対して、本技術の建設費は 9,526 百万円と試算され、縮減率は 12.0%（年価ベースでは 11.5%）となった。

表資 6-3 公募範囲における建設費試算結果の内訳

単位：百万円

	土木工事費	建築工事費	機械工事費	電気工事費	合計
従来技術	5,153.7	535.0	4,165.0	976.5	10,830
本技術	4,504.2	432.7	3,691.0	898.5	9,526



図資 6-3 公募範囲における建設費の比較

6.2.2 総費用の比較

表資 6-4 に試算した維持管理費の内訳を示す。また、前項で試算した建設費を年価として算出し、表資 6-4 で示した維持管理費を加えた総費用算出結果について、表資 6-5 に評価範囲の結果を示す。

また、図資 6-4 に総費用試算の比較結果を示す。

表資 6-4 維持管理費内訳

(単位：百万円/年)

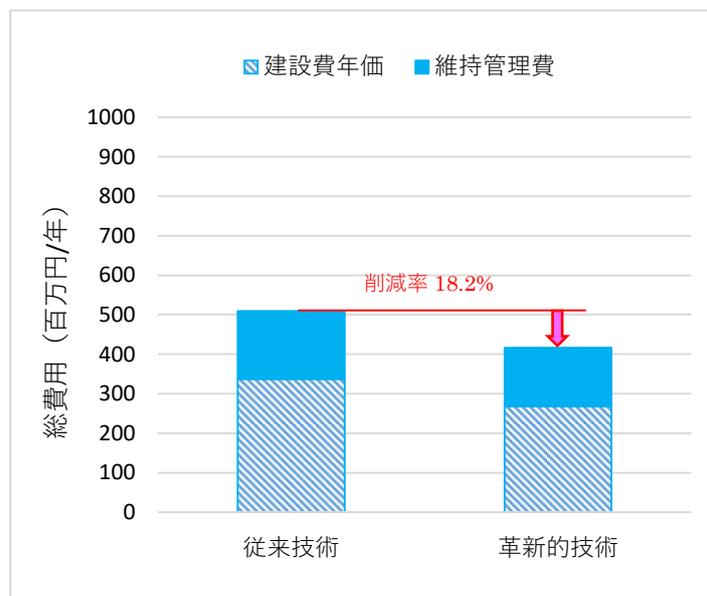
	評価範囲	
	従来技術	本技術
人件費	75.6	74.4
薬品費	0	0
電力費	37.8	26.8
補修費	59.1	48.0
合計	172.5	149.2

表資 6-5 評価範囲における総費用試算結果

評価項目		本技術	従来技術	削減率
建設費	(百万円)	4,655.8	5,959.6	21.9%
建設費年価	(百万円/年)	267.4	336.8	20.6%
維持管理費	(百万円/年)	149.2	172.5	13.5%
総費用	(百万円/年)	416.6	509.3	18.2%

1) 評価範囲

図資 6-4 に示す通り、従来技術の総費用は 509 百万円/年と算出された。本技術については反応タンクの池数を削減可能なこと、攪拌機等の動力機器が不要になることから建設費が低減できる。また送風機の消費電力量も削減可能であることから維持管理費も低減し、その結果総費用は 416 百万円/年となり、従来技術と比較して 18.2%の削減と試算された。



図資 6-4 評価範囲における総費用比較

2. ケーススタディ

2. ケーススタディ

(1) 標準法からの高度処理化

1) 試算条件

本技術および A2O 法の試算条件を表資 2-1 に示す。

表資 2-1 試算条件

No	項目	単位	条件値
1	施設規模 (反応タンクおよび送風機設備)	日最大 処理水量	m ³ /日 50,000 (冬季日最大: 40,000)
		系列数	系列 1
		1 系列の 池数	池 本技術 : 11 従来技術 : 15
2	建設費	機械機器費	- 表 1-2 と表 1-3 の機器費積み上げ
		電気機器費	- 容量計算に基づく機器費の積み上げ
		工事費	- 容量計算に基づく建設費の積み上げ
3	建設費年価	利子率	% 2.3
		耐用年数	年 15 (機械・電気)
			50 (土木)
デフレーター	- 平成 29 年度値 : 107.2		
4	維持管理費	電力単価	円/kWh 15
		機器保守費	% 2 (機械・電気設備工事費に対して)
5	温室効果ガス 排出量	t- CO ₂ /MWh	0.489*

※出典：東京都環境局（2019）、『第3計画期間に適用する改正事項等説明資料』（2019年5月説明会資料）、2022年1月7日アクセス、https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/large_scale/meeting/h31/31_7_files/sanki2019.pdf

表資 2-2 機械機器リスト（共通項目）

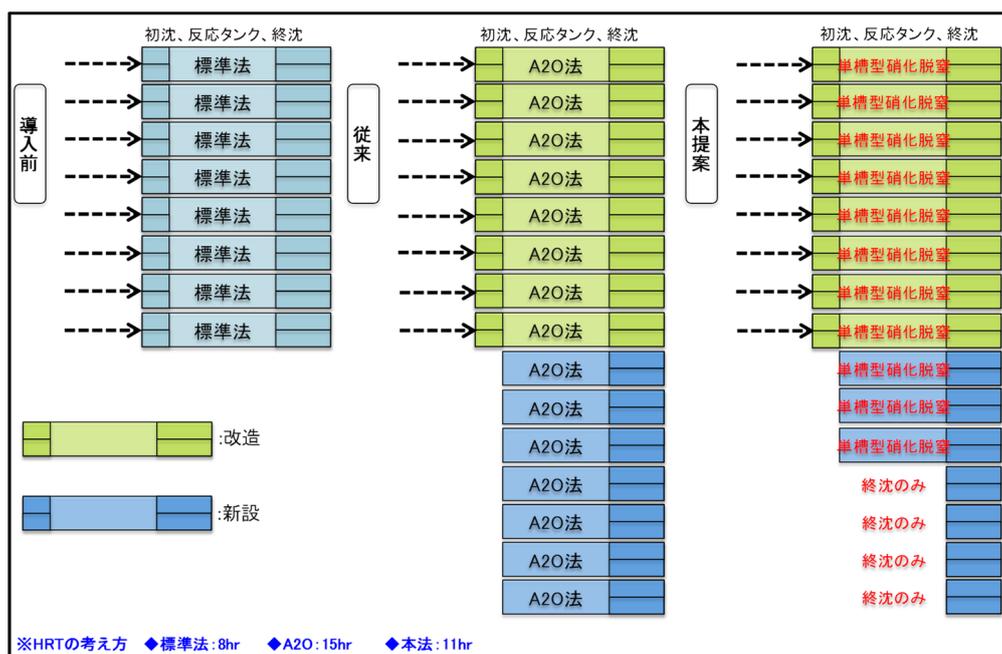
最初沈殿池	反応タンク	最終沈殿池
初沈流入堰	反応タンク流入堰	終沈流入堰
污泥かき寄せ機	返送污泥投入可動堰	污泥かき寄せ機
スカム除去装置	送風機/電動機	スカム除去装置
初沈污泥引抜きポンプ	空気ろ過機	污泥引抜き装置
初沈污泥引抜き弁		余剰污泥ポンプ
		返送污泥ポンプ
		終沈污泥引抜き弁

表資 2-3 本技術に係る機械機器リスト

本技術	従来技術 (A2O 法)
エアレーション装置	エアレーション装置
風量計 (2 系統分)	嫌気槽用攪拌機
NO _x -N 計 (制御用)	無酸素槽用攪拌機
NH ₄ -N 計 (制御用)	硝化液循環ポンプ
風量演算装置	風量系 (1 系統分)
MLSS 計、DO 計	DO 計、MLSS 計

2) レイアウト

標準法からの高度処理化におけるレイアウトを図資 2-1 に示す。



図資 2-1 標準法からの高度処理化におけるレイアウト

3) 建設費

建設費の試算結果を表資 2-4 に示す。本技術は、A2O 法と比較して 16.5%減(年価で 14.1%減)となった。

表資 2-4 建設費

項目	単位	本技術	A2O 法	削減率 (%)	備考
建設費	億円	72.2	86.6	16.5	—
建設費年価	百万円/年	495.1	576.5	14.1	—

4) 維持管理費

維持管理費の試算結果を表資 2-5 に示す。本技術は、A2O 法と比較して 13.1%の削減となった。

なお、今回の試算には含めていないが本技術の要素技術 1 により、風量設定値の検討や採水・水質分析等に必要労働時間を更に削減出来ると想定される。実証先の成瀬クリーンセンターでのヒアリングでは、要素技術 1 による 20 秒に 1 回の頻度の風量演算により、これまで人為的に行っていた風量設定値の検討時間を年間 80 時間は削減できると想定された（採水・水質分析は含まれていない）。この削減時間を基に、人件費の縮減分を計算するにあたり、一般的には設計業務委託等技術者単価が適していると考えたため、設計業務委託等技術者単価（技師 B：40,600 円/人/日）を用いて人件費の縮減分を計算すると、年間約 40 万円程の人件費縮減が見込めると想定された。

表資 2-5 維持管理費

項目	単位	本技術	A2O 法	削減率 (%)	備考
①人件費	百万円/年	74.4	75.6	1.5	
②電力費	百万円/年	34.9	52.3	33.3	電力単価 15 円/kWh
③薬品費等	百万円/年	0.0	0.0	0.0	
④保守費	百万円/年	109.6	124.0	11.6	機器費の 2%
合計	百万円/年	218.9	251.9	13.1	—

5) 温室効果ガス排出量

温室効果ガス排出量の試算結果を表資 2-6 に示す。本技術は、A2O 法と比較して 567t-CO₂/年の削減(33.3%減)となった。

表資 2-6 温室効果ガス排出量

項目	単位	本技術	A20 法	削減率 (%)	備考
温室効果ガス排出量	t-CO ₂ /年	1,138	1,705	33.3	—

(2) 既設高度処理施設の改築 (A2O 法)

1) 試算条件

本技術および A2O 法の試算条件を表資 2-7 に示す。

表資 2-7 試算条件

No	項目	単位	条件値
1	施設規模 (反応タンクおよび送風機設備)	日最大 処理水量	m ³ /日 50,000 (冬季日最大 : 40,000)
		系列数	系列 1
		1 系列の 池数	池 本技術 : 6 従来技術 : 8
2	建設費	機械機器費	- 表 1-7 と表 1-8 の機器費積み上げ
		電気機器費	- 容量計算に基づく機器費の積み上げ
		工事費	- 容量計算に基づく建設費の積み上げ
3	建設費年価	利子率	% 2.3
		耐用年数	年 15 (機械・電気)
			50 (土木)
デフレーター	- 平成 29 年度値 : 107.2		
4	維持管理費	電力単価	円/kWh 15
		機器保守費	% 2 (機械・電気設備工事費に対して)
5	温室効果ガス 排出量	CO ₂ 排出係数 t- CO ₂ /MWh	0.489 [*]

※出典 : 東京都環境局 (2019)、『第 3 計画期間に適用する改正事項等説明資料』(2019 年 5 月説明会資料)、2022 年 1 月 7 日アクセス、https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/large_scale/meeting/h31/31_7_files/sanki2019.pdf

表資 2-8 機械機器リスト (共通項目)

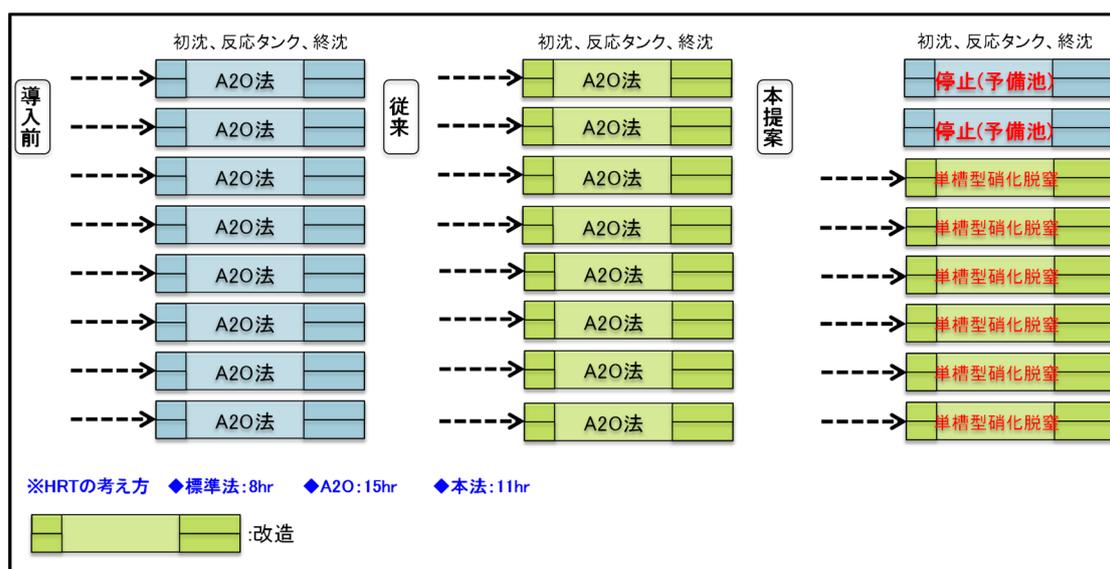
最初沈殿池	反応タンク	最終沈殿池
初沈流入堰	反応タンク流入堰	終沈流入堰
汚泥かき寄せ機	返送汚泥投入可動堰	汚泥かき寄せ機
スカム除去装置	送風機/電動機	スカム除去装置
初沈汚泥引抜きポンプ	空気ろ過機	汚泥引抜き装置
初沈汚泥引抜き弁		余剰汚泥ポンプ
		返送汚泥ポンプ
		終沈汚泥引抜き弁

表資 2-9 本技術に係る機械機器リスト

本技術	従来技術 (A2O 法)
エアレーション装置	エアレーション装置
風量計 (2 系統分)	嫌気槽用攪拌機
NO _x -N 計 (制御用)	無酸素槽用攪拌機
NH ₄ -N 計 (制御用)	硝化液循環ポンプ
風量演算装置	風量系 (1 系統分)
MLSS 計、DO 計	DO 計、MLSS 計

2) レイアウト

既設高度処理施設の改築におけるレイアウトを図資 2-2 に示す。



図資 2-2 既設高度処理施設の改築におけるレイアウト

3) 建設費

建設費の試算結果を表資 2-10 に示す。本技術は、A2O 法と比較して 15.6%減(年価で 15.6%減)となった。

表資 2-10 建設費

項目	単位	本技術	A2O 法	削減率 (%)	備考
建設費	億円	32.5	38.6	15.6	—
建設費年価	百万円/年	258.9	306.8	15.6	—

4) 維持管理費

維持管理費の試算結果を表資 2-11 に示す。本技術は、A2O 法と比較して 12.7%の削減となった。

表資 2-11 維持管理費

項目	単位	本技術	A2O 法	削減率 (%)	備考
①人件費	百万円/年	74.4	75.6	1.5	
②電力費	百万円/年	26.8	37.8	29.2	電力単価 15 円/kWh
③薬品費等	百万円/年	0.0	0.0	0.0	
④保守	百万円/年	65.1	77.1	15.6	機器費の 2%
合計	百万円/年	166.3	190.5	12.7	—

5) 温室効果ガス排出量

温室効果ガス排出量の試算結果を表資 2-12 に示す。本技術は、A2O 法と比較して 358t-CO₂/年の削減(29.2%減)となった。

表資 2-12 温室効果ガス排出量

項目	単位	本技術	A2O 法	削減率 (%)	備考
温室効果ガス排出量	t-CO ₂ /年	874	1232	29.2	—

(3) 統廃合に伴う能力増強

1) 試算条件

本技術および A2O 法の試算条件を表資 2-13 に示す。

表資 2-13 試算条件

No	項目	単位	条件値
1	施設規模 (反応タンクおよび送風機設備)	日最大 処理水量	m ³ /日 100,000 (冬季日最大: 80,000)
		系列数	系列 1
		1 系列の 池数	池 本技術 : 12 従来技術 : 16
2	建設費	機械機器費	- 表 3-17 と表 3-18 の機器費積み上げ
		電気機器費	- 容量計算に基づく機器費の積み上げ
		工事費	- 容量計算に基づく建設費の積み上げ
3	建設費年価	利子率	% 2.3
		耐用年数	年 15 (機械・電気)
			50 (土木)
デフレーター	- 平成 29 年度値 : 107.2		
4	維持管理費	電力単価	円/kWh 15
		機器保守費	% 2 (機械・電気設備工事費に対して)
5	温室効果ガス排出 量	CO ₂ 排出係数 t- CO ₂ /MWh	0.489 [*]

※出典：東京都環境局（2019）、『第3計画期間に適用する改正事項等説明資料』（2019年5月説明会資料）、2022年1月7日アクセス、https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/large_scale/meeting/h31/31_7_files/sanki2019.pdf

表資 2-14 機械機器リスト（共通項目）

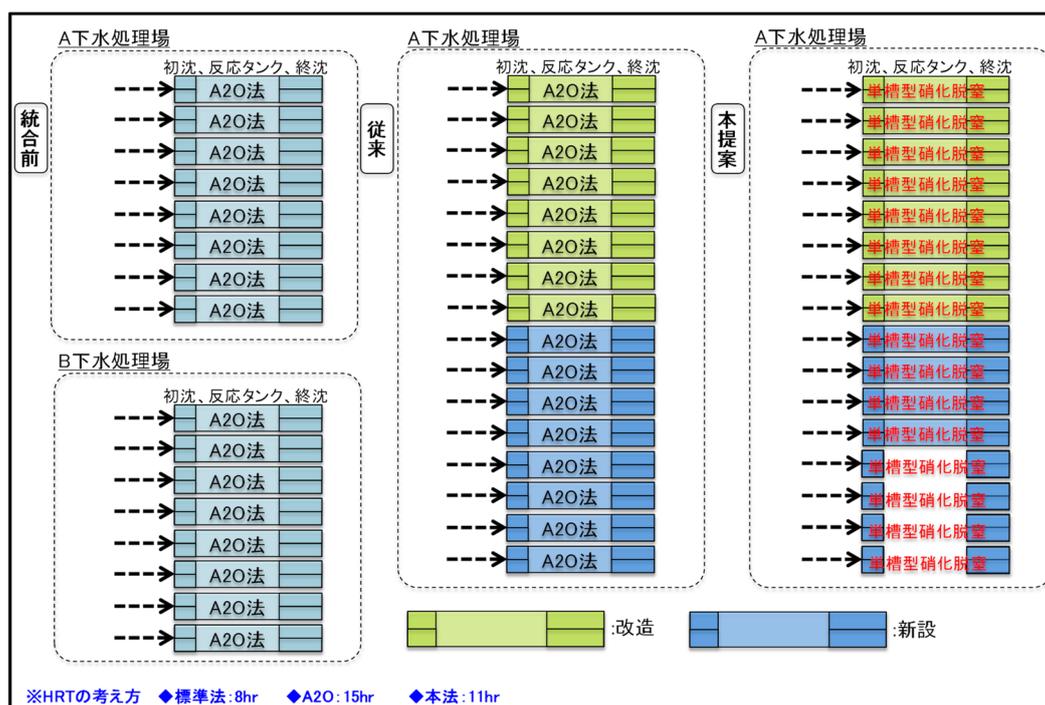
最初沈殿池	反応タンク	最終沈殿池
初沈流入堰	反応タンク流入堰	終沈流入堰
汚泥かき寄せ機	返送汚泥投入可動堰	汚泥かき寄せ機
スカム除去装置	送風機／電動機	スカム除去装置
初沈汚泥引抜きポンプ	空気ろ過機	汚泥引抜き装置
初沈汚泥引抜き弁		余剰汚泥ポンプ
		返送汚泥ポンプ
		終沈汚泥引抜き弁

表資 2-15 本技術に係る機械機器リスト

本技術	従来技術 (A2O 法)
エアレーション装置	エアレーション装置
風量計 (2 系統分)	嫌気槽用攪拌機
NO _x -N 計 (制御用)	無酸素槽用攪拌機
NH ₄ -N 計 (制御用)	硝化液循環ポンプ
風量演算装置	風量系 (1 系統分)
MLSS 計、DO 計	DO 計、MLSS 計

2) レイアウト

統廃合に伴う能力増強におけるレイアウトを図資 2-3 に示す。



図資 2-3 統廃合に伴う能力増強におけるレイアウト

3) 建設費

建設費の試算結果を表資 2-16 に示す。本技術は、A2O 法と比較して 18.7%減(年価で 16.6%減)となった。

表資 2-16 建設費

項目	単位	本技術	A2O 法	削減率 (%)	備考
建設費	億円	122.0	150.1	18.7	—
建設費年価	百万円/年	779.4	934.5	16.6	—

4) 維持管理費

維持管理費の試算結果を表資 2-17 に示す。本技術は、A2O 法と比較して 12.8%の削減となった。

表資 2-17 維持管理費

項目	単位	本技術	A2O 法	削減率 (%)	備考
①人件費	百万円/年	74.4	75.6	1.5	
②電力費	百万円/年	26.8	37.8	29.2	電力単価 15 円/kWh
③薬品費等	百万円/年	0.0	0.0	0.0	
④保守	百万円/年	160.3	186.5	14.0	機器費の 2%
合計	百万円/年	261.5	299.9	12.8	—

5) 超高効率固液分離技術、最終沈殿池の処理能力向上技術の適用

本技術の導入にあたっては、導入効果の検討例の(3)で示したように最初沈殿池や最終沈殿池の数が、反応タンクの数よりも多くなってしまうケースも想定される。

一方、平成 23 年度に B-DASH 実規模実証にて採択された「超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム技術実証事業」の超高効率固液分離技術は、最初沈殿池と比べて単位面積あたり 5~6 倍(ろ過速度:250m/日~500m/日、初沈水面積負荷:33m³/(m²・日)とした場合)の下水を処理出来る。そのため、超高効率固液分離を導入することで、最初沈殿池増設数を低減することが可能となる。

また、平成 29 年度に B-DASH 実規模実証にて採択された「最終沈殿池の処理能力向上技術実証事業」の処理能力向上技術は、通常の最終沈殿池の最大 2 倍量の処理能力を有する。そのため、本技術を最終沈殿池に採用することにより、最終沈殿池の増設数を低減することが可能となる。

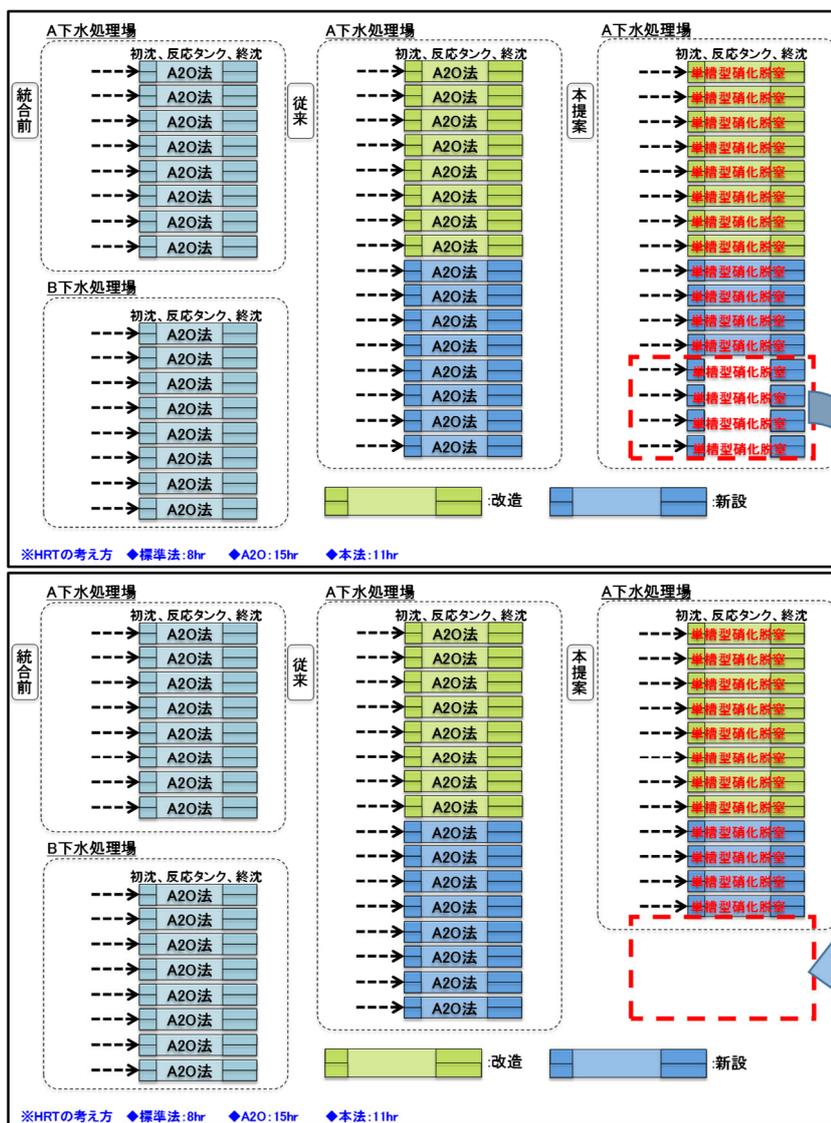


図 2-4 超高効率固液分離技術、最終沈殿池処理能力向上技術導入による
最初沈殿池数、最終沈殿池数の削減イメージ

5) 温室効果ガス排出量

温室効果ガス排出量の試算結果を表資 2-18 に示す。本技術は、A2O 法と比較して 358t-CO₂/年の削減(29.2%減)となった。

表資 2-18 温室効果ガス排出量

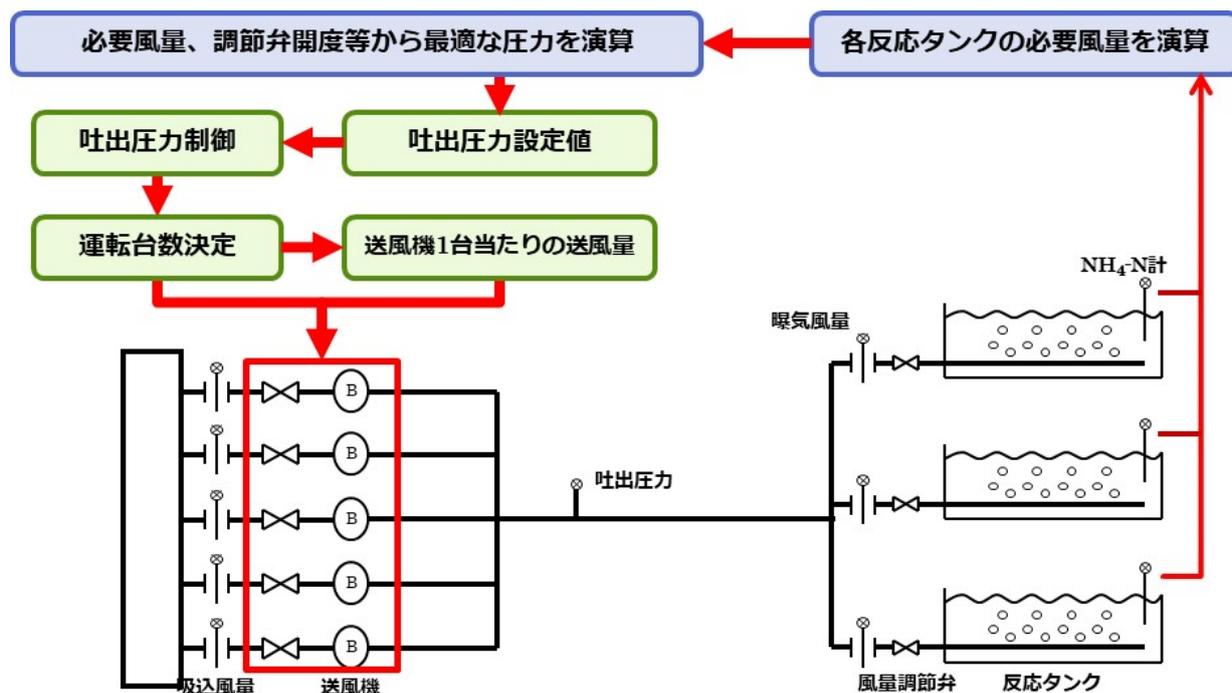
項目	単位	本技術	A2O 法	削減率 (%)	備考
温室効果ガス排出量	t-CO ₂ /年	874	1,232	29.2	—

3. 送風電力の削減

3. 送風電力の削減

(1) 送風電力の削減

DO 計や NH₄-N 計で風量制御されている標準活性汚泥法の設備に対し、本技術の要素技術 2『単槽型硝化脱窒プロセス』を導入することなく、要素技術 1『統合演算制御システム』と要素技術 3『負荷変動追従型送風ユニット』を導入することで、送風電力（およびそれに伴う温室効果ガス）を削減することが可能である。導入イメージを図資 3-1 に示す。

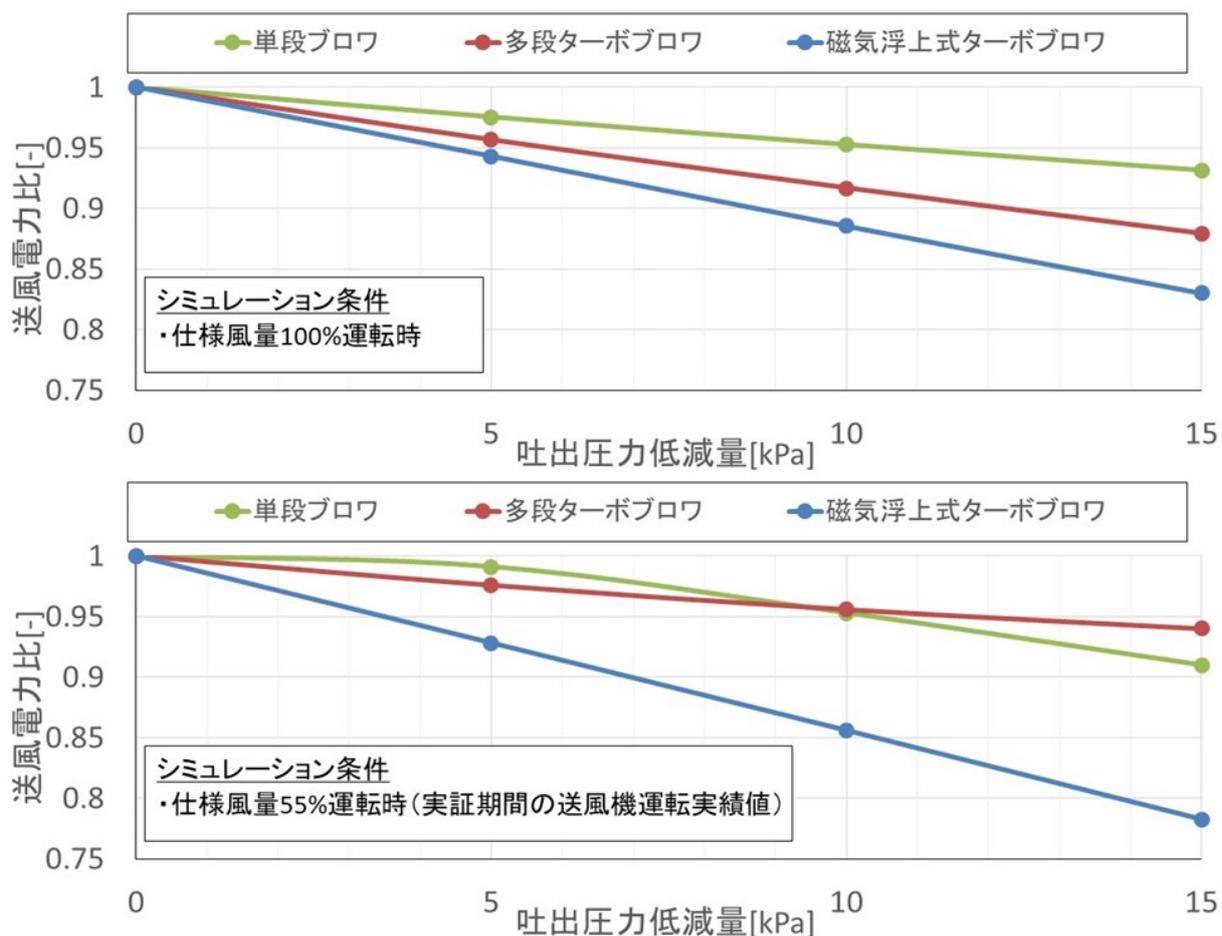


図資 3-1 標準活性汚泥法の設備における導入イメージ（風量制御：NH₄-N 制御）

(2) 送風電力削減効果の推定

本技術の要素技術 1『統合演算制御システム』と要素技術 3『負荷変動追従型送風ユニット』を導入することで、送風機を最適吐出圧力で制御することで送風電力（およびそれに伴う温室効果ガス）を削減することが可能である。この送風電力削減効果は、送風機の機種・性能と従前の圧力一定制御および本技術導入後の圧力可変制御における吐出圧力設定値により変動する。

送風機メーカーの保有する送風機の性能曲線の資料と実証期間に取得した送風機運転データを用いて、送風機 3 機種（単段ブロウ、多段ターボブロウ、磁気浮上式ターボブロウ）について、シミュレーション計算を実施し、吐出圧力低減量（ $\Delta P =$ 圧力一定制御における吐出圧力平均値 - 圧力可変制御における吐出圧力平均値）から送風電力削減効果を推定するグラフを作成した（図資 3-2）。シミュレーションは送風機を仕様風量 100%で送風した場合と、実証期間中の送風実績である仕様風量の 55%で送風した場合の 2 種類で実施した。本シミュレーション結果と実証結果の比較を表資 3-1 に示す。



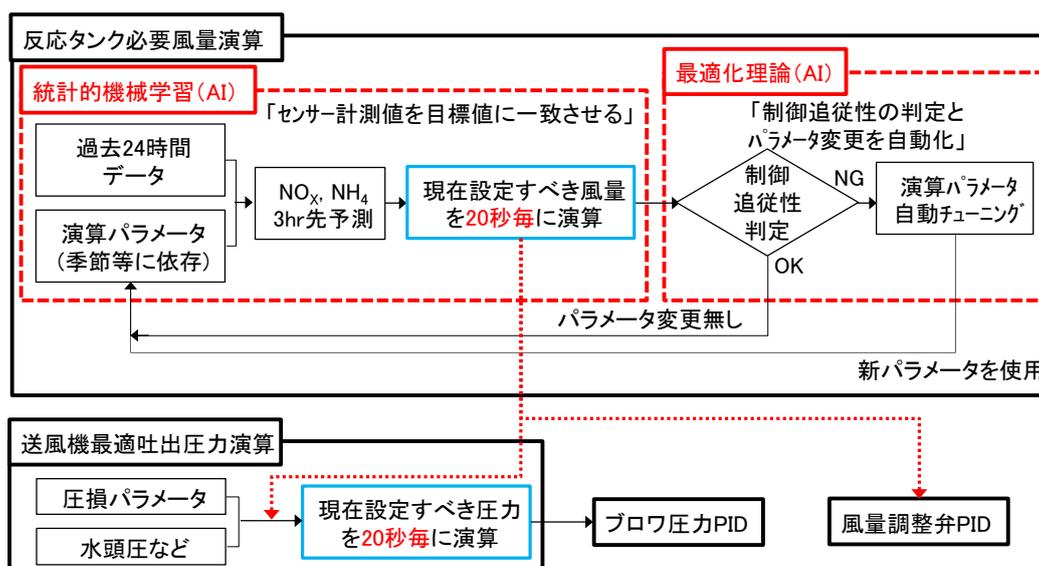
図資 3-2 吐出圧力低減による送風電力削減効果のシミュレーション結果

表資 3-1 送風電力削減効果の実証実績とシミュレーション結果の比較

	運転風量 ／仕様風量	吐出圧力低減量 [kPa]	送風電力比 [-]	送風電力削減効果
実証結果	55%	9, 8	0. 838	16. 2%
シミュレーション	55%	10	0. 856	14. 4%
	100%	10	0. 885	11. 5%

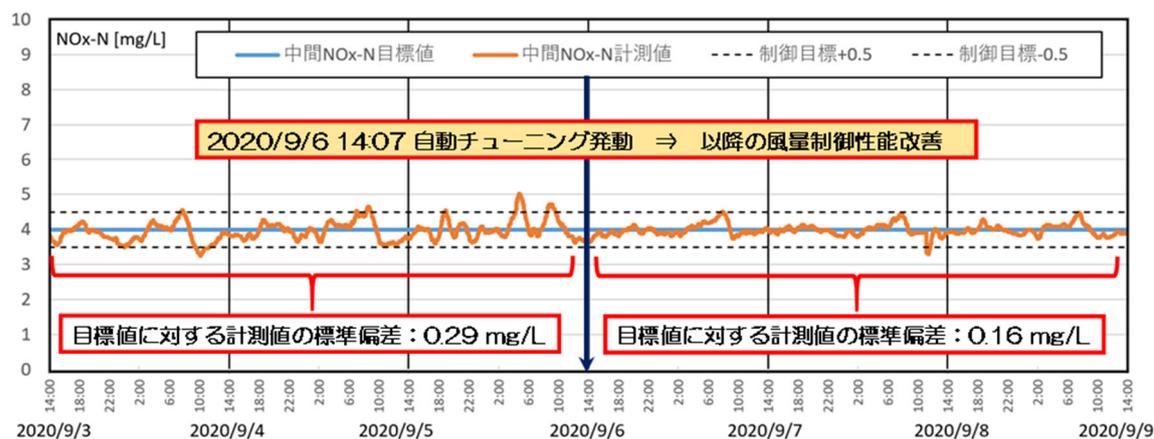
(3) 演算パラメータ自動チューニング機能による風量制御性能の改善

『統合演算制御システム』は、図資 3-3 に示す通り、ICT・AI 技術を駆使し、反応タンク必要風量および送風機最適吐出圧力を自動演算する。具体的には、統計的機械学習 (AI 技術) を用い、ICT により収集した水質センサー計測値や風量計測値等のプラントデータから、各水質センサーの計測箇所における水質の将来予測演算を経て、現在設定すべき風量 (必要風量) を 20 秒毎に演算する。なお、季節等に依存する演算パラメータの変更は、自動チューニング機能により自動化している。



図資 3-3 統合演算制御システムの演算フロー

演算パラメータの自動チューニング機能の発動により、風量制御性能が改善した実例を図資 3-4 に示す。発動前後3日間のNO_x-N計測値の目標値に対する標準偏差を算出したところ、発動前の0.29mg/Lから発動後の0.16mg/Lに低減したことから、NO_x-N計測値の目標値への追従性向上を確認した。なお、後半NH₄-N制御においても、本機能発動による同様の制御性能改善を確認した。

図資 3-4 自動チューニングによる制御性能改善 (令和2年9月6日1-2前半 NO_x-N 制御)