

## 第2章 技術の概要と評価

### 第1節 技術の概要

#### §5 技術の目的

本技術「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」は、従来の高度処理法（本ガイドラインでは嫌気無酸素好気法（以下、A2O 法）を比較対象とする）よりも短い HRT および少ない運転電力量で A2O 法と同等の処理水質を達成するとともに、維持管理業務負担の軽減を実現することを目的とする。

#### 【解説】

##### （1）本技術の背景

我が国では人口減少に伴う処理水量の減少により下水道使用料金の大幅な減収や施設稼働率低下が見込まれている。そのため、水量減少に応じた施設規模の縮小や複数処理区の統廃合等、今後、地域の汚水処理システムの最適化を一層進めることが必要となると想定される。また、地球環境問題への対応や循環型社会への貢献から下水道施設における省エネルギー対策等が求められている等、安全で持続的な下水道事業としていくための新たな投資需要が増大している。

更に、閉鎖性水域の水質改善を実現するためには高度処理を導入する必要があるが、建設費・維持管理費共に標準活性汚泥法に比べて高コストであり導入が進み難い現状があるため、従来法と比べて低コストな高度処理技術が求められている。

##### （2）本技術の目的

本技術は、標準法からの高度処理化や既設高度処理施設の改築、統廃合に伴う能力増強の際、従来の高度処理法よりも短い HRT および少ない運転電力量で A2O 法と同等の処理水質を達成するとともに、維持管理業務負担の軽減を実現することを目的としている。

## §6 技術の構成と機能

本技術は、ICT・AI を活用した風量制御により、短い HRT（A2O 法比 20%以上削減）で A2O 法と同等の処理水質を達成する高度処理技術である。

また、A2O 法で必要な攪拌機と循環ポンプを不要とし、かつ反応タンクの必要風量に応じて送風機吐出圧力を制御することで、大幅な電力削減（A2O 法比 20%以上削減）および維持管理業務負担の軽減を実現する。

### （1）本技術の構成

本技術は以下の3点の要素技術より構成される。なお、要素技術1と2のみを導入し、高度処理水質と部分的な水処理電力削減を実現することも可能である。

- 1) 要素技術1：統合演算制御システム
- 2) 要素技術2：単槽型硝化脱窒プロセス
- 3) 要素技術3：負荷変動追従型送風ユニット

### （2）本技術の機能

- 1) 要素技術1：統合演算制御システム
  - ・風量演算機能、圧力演算機能、演算パラメータ自動チューニング機能
- 2) 要素技術2：単槽型硝化脱窒プロセス
  - ・従来の高度処理法に比べて短い HRT で同等の処理水質を達成する機能
- 3) 要素技術3：負荷変動追従型送風ユニット
  - ・必要風量に応じた最適吐出圧力を圧力設定値に用いる圧力可変制御機能

## 【解説】

### （1）本技術の構成

本技術の概念図を図 2-1 に示す。本技術は以下の3つの要素技術により構成される。なお、要素技術1と2のみを導入し、高度処理水質と部分的な水処理電力削減を実現することも可能である。

#### 1) 要素技術1：『統合演算制御システム』

本技術の導入機場のシステム系統図の一例を図 2-2 に示す。統合演算制御システムは、配電盤内に実装され、監視制御システムと通信し (ICT)、また2つの AI 技術を搭載している。統計的機械学習 (AI 技術) を用い、反応タンクの水質センサー (NO<sub>x</sub>-N 計および NH<sub>4</sub>-N 計) および水処理・送風機設備より得られる情報から、水質センサー計測値を目標値付近に維持するための必要風量と送風機の最適吐出圧力をリアルタイムに演算し、コントローラへ出力する。また、最適化理論 (AI 技術) を用い、季節変動等により生じる演算パラメータのズレを自動的に修正する。統合演算制御システムは、反応タンク風量と送風機吐出圧力を自動制御し、また演算パラメータの調整を自動化することで、維持管理業務負担を軽減する。

## 2) 要素技術2：『単槽型硝化脱窒プロセス』

単槽型硝化脱窒プロセスの構成と処理原理を図2-3に示す。本プロセスでは、反応タンクを嫌気ゾーン、前半好気ゾーン、脱窒ゾーン、後半好気ゾーンの4つのゾーンに設定し、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、前半好気ゾーンと後半好気ゾーンの風量をそれぞれ風量制御できるように、送風系統が二条化（風量計と風量調節弁を2セット設置）されている必要がある。なお、従来の高度処理と異なり、循環ポンプや攪拌機の設置は不要である。また、嫌気ゾーンとその後段には隔壁を設ける。なお、本ガイドラインではりん除去を考慮し、嫌気ゾーンを設けることを想定した設計の考え方をしている。

## 3) 要素技術3：『負荷変動追従型送風ユニット』

反応タンクの流入負荷変動に対して最適かつ効率的に必要な風量を供給する送風ユニットであり、統合演算制御システムにより演算された最適吐出圧力を圧力設定値に使用して運転する。圧力一定制御の機能を有していれば、既設の送風機設備を用いることも可能である。

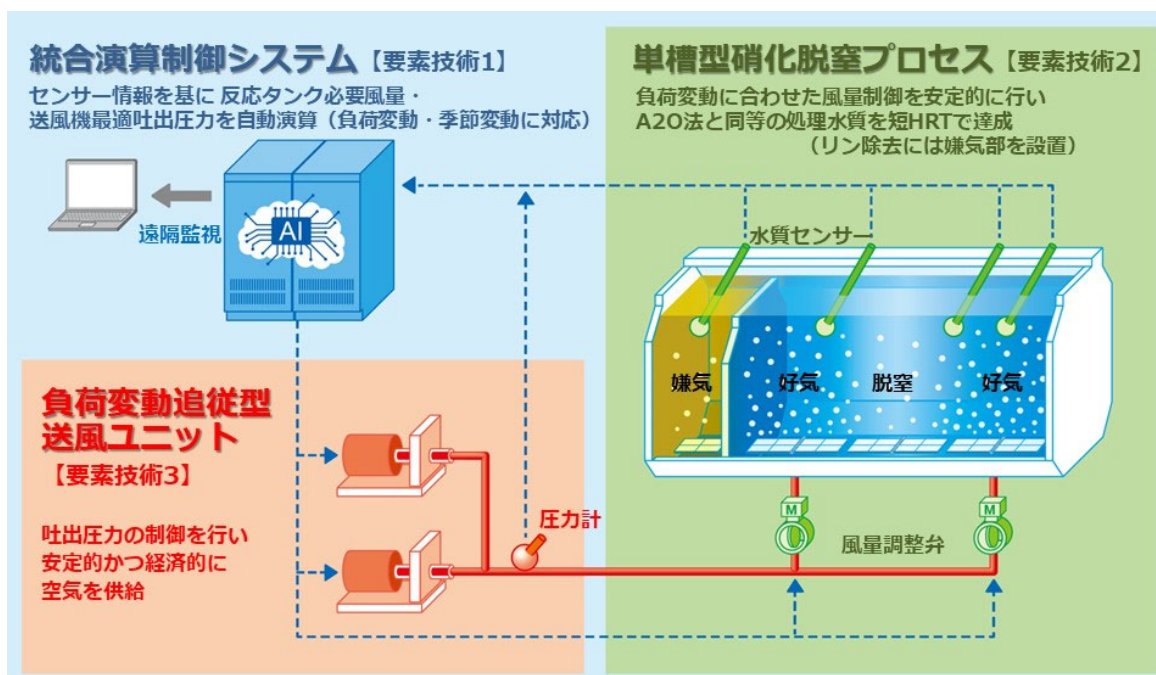


図2-1 本技術の概念図

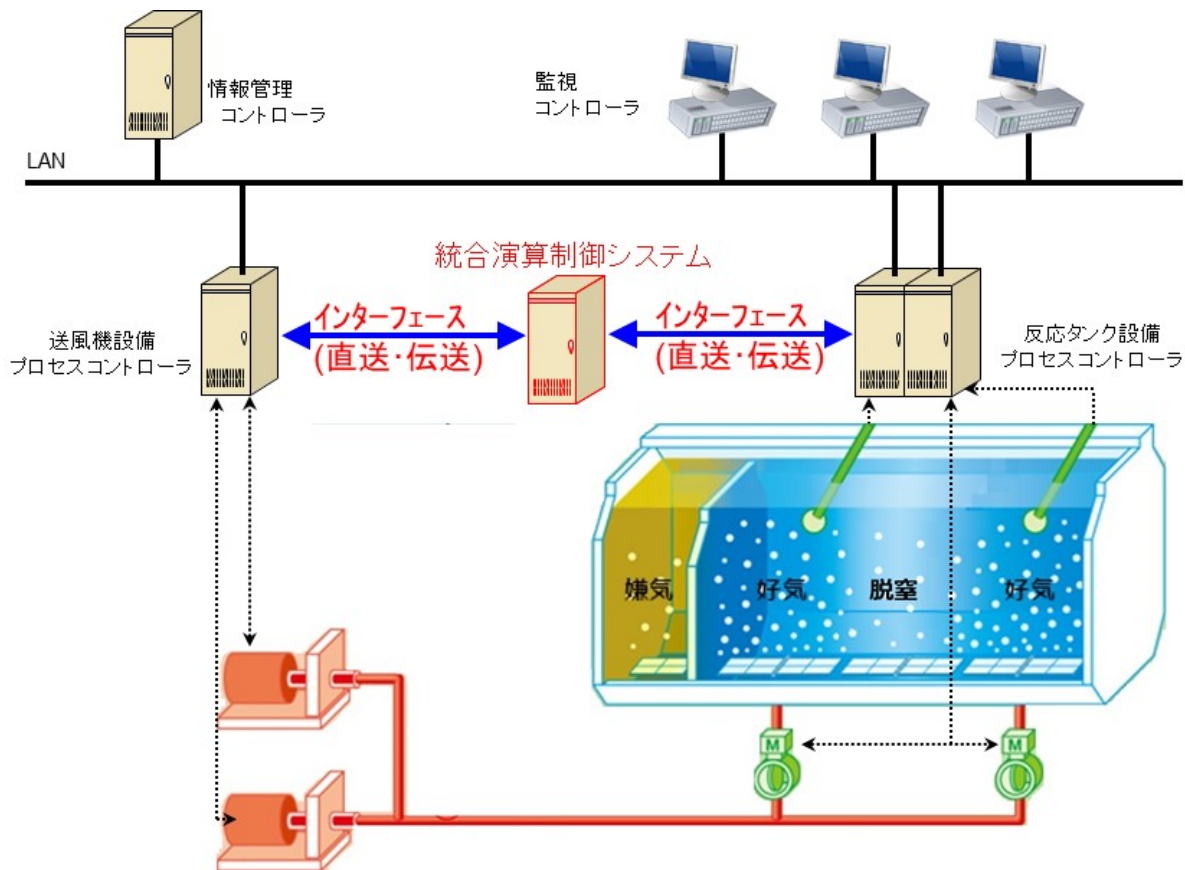


図 2-2 本技術の導入機場のシステム系統図の一例

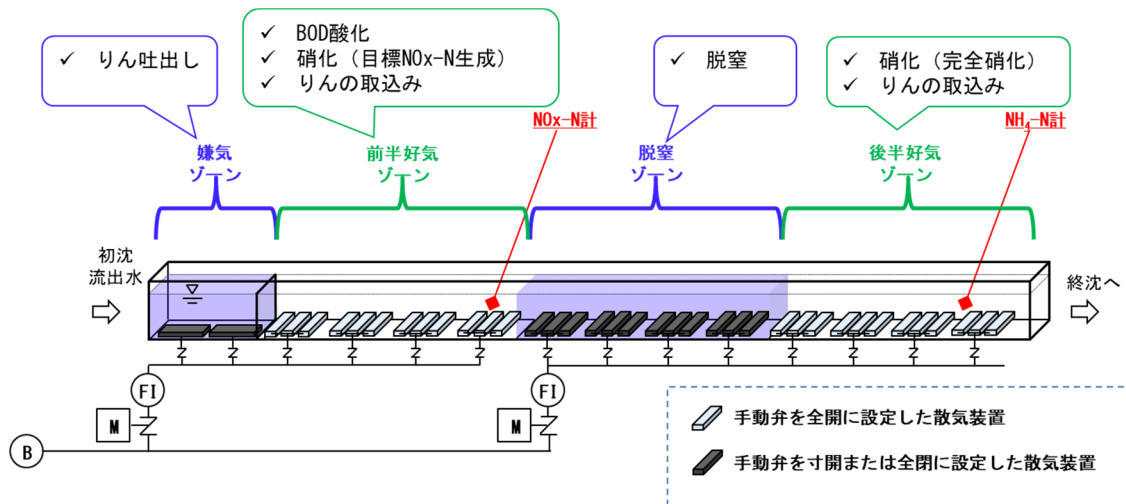


図 2-3 単槽型硝化脱窒プロセスの構成と処理原理

(2) 本技術の機能

1) 統合演算制御システム

本システムは、反応タンク設備と送風機設備の運転を統合的に管理し、反応タンクの必要風量を過不足無く、送風機のエネルギーロスの少ない最適な吐出圧力で供給するための演算制御システムである。本システムの概略フローシートを図 2-4 に示す。本システムは ICT で監視制御システムと通信し、反応タンク流入水量、水温、MLSS 濃度、返送汚泥量等の従来より分単位の頻度で取得しているデータと、NO<sub>x</sub>-N 計、NH<sub>4</sub>-N 計等の新設の水質センサーの計測値を取り込む。そして、搭載された統計的機械学習 (AI 技術) により反応タンクの必要風量 (センサー計測値を目標値に一致させるために現在設定すべき風量) を 20 秒毎に演算し、風量調節弁の風量 PID 制御へ出力する (風量演算機能)。また、必要風量演算結果から送風機の最適吐出圧力を演算し、送風機の圧力一定制御へ出力する (圧力演算機能)。季節変動等により風量演算に用いる演算パラメータにズレが生じて制御追従性が悪化した場合には、搭載された最適化理論 (AI 技術) により、演算パラメータの最適解を計算し、自動調整する (演算パラメータ自動チューニング機能)。

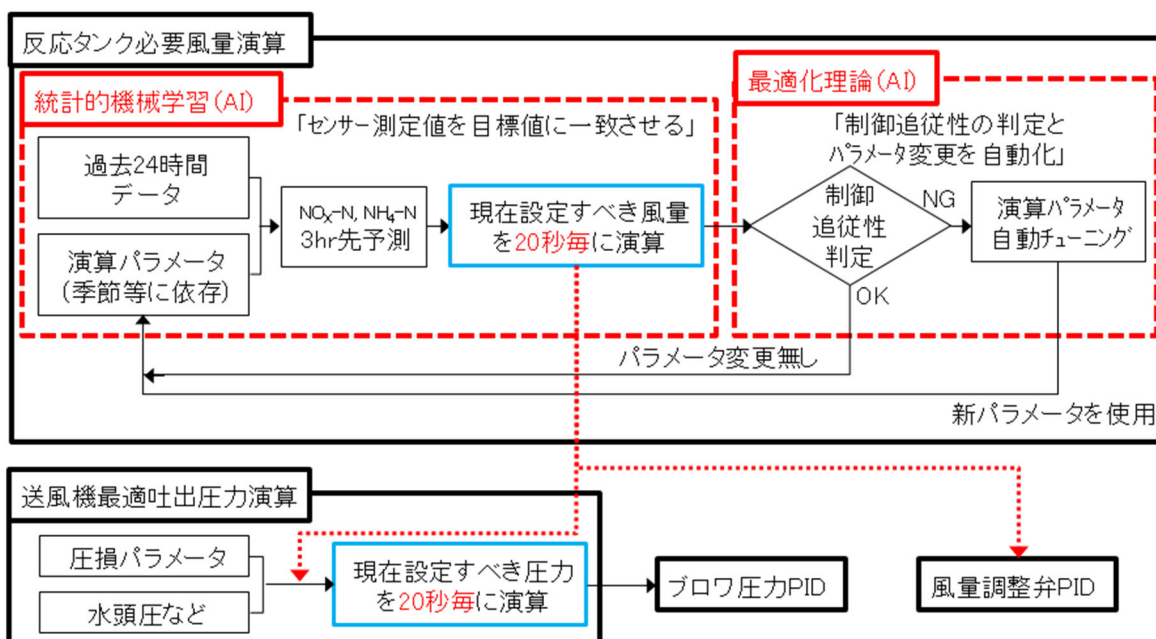


図 2-4 統合演算制御システムの演算フロー

2) 単槽型硝化脱窒プロセス

本技術の概略フローシートを図 2-5 に示す。A2O 法では、好気タンクと無酸素タンクをそれぞれ独立して設け、さらに同タンク的设计時において一定の余裕を見込むことが一般的である。一方、本技術では、図 2-3 に示す隔壁を有しない単槽型反応タンクにおいて、前半好気ゾーン下流部に NO<sub>x</sub>-N 計を設置し、NO<sub>x</sub>-N 計の計測値が目標値 (兼用領域および脱窒ゾーンで脱窒させ

る  $\text{NO}_x\text{-N}$  濃度) に追従するよう風量制御を行う。その後、生成した  $\text{NO}_x\text{-N}$  を兼用領域と脱窒ゾーンで脱窒させることで窒素を除去する。また、後半好気ゾーン下流部付近 ( $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度が  $1\text{mg/L}$  以上の位置) に  $\text{NH}_4\text{-N}$  計を設置し、 $\text{NH}_4\text{-N}$  計の値が目標値 (反応タンク末端にて完全硝化を達成する、 $\text{NH}_4\text{-N}$  計の位置における  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度) に追従するよう風量制御を行い、反応タンク末端で完全硝化させる。 $\text{NO}_x\text{-N}$  計、 $\text{NH}_4\text{-N}$  計の計測値が目標値に追従するよう風量制御を行うことによって、流入負荷変動に関わらず設計水質を達成するために必要な硝化量を確保し、生成した  $\text{NO}_x\text{-N}$  を脱窒するための兼用領域および脱窒ゾーンを形成することで、A2O 法に比べて短い HRT での処理を実現する。加えて、流入負荷増減が発生するようなときも、散気装置への空気供給用手動弁の開度調整といった簡便な方法で脱窒ゾーンのサイズ・位置を調整することで対応でき、設備の改造を最小限に抑えることができる。

この脱窒ゾーンの形成は、前述した空気供給弁の手動調整等に加え、反応タンク前半および後半の風量を統合演算制御システムにより演算された必要風量で運転し、水質センサーの計測値 ( $\text{NO}_x\text{-N}$  濃度と  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度) を目標値に維持することで実現している。

また、りん除去については A2O 法と同様に、嫌気ゾーンにおけるりん放出および好気ゾーンでのりん再摂取により余剰汚泥としてりんを除去する。

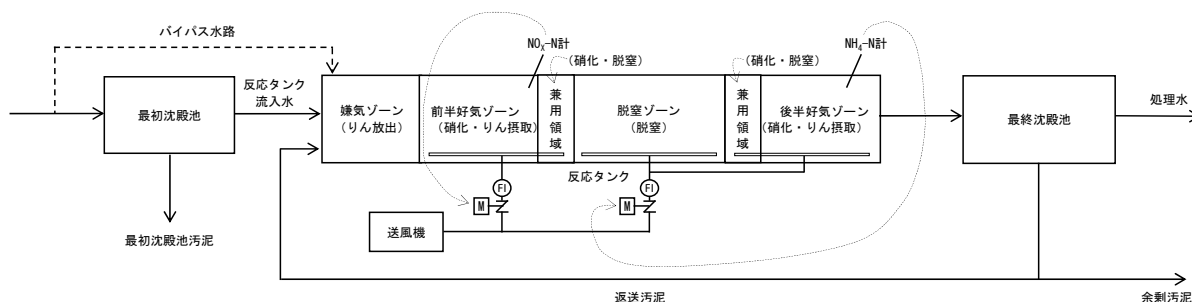


図 2-5 単槽型硝化脱窒プロセスの概略フローシート

### 3) 負荷変動追従型送風ユニット

負荷変動追従型送風ユニットの概略フローを図 2-6 に示す。送風機の圧力設定値に、統合演算制御システムによりリアルタイムに演算される最適吐出圧力を設定し、圧力可変制御を行う機能を有する。結果として、圧力低減による送風電力およびそれに伴う温室効果ガスの削減を実現する。

圧力一定制御と圧力可変制御のイメージを図 2-7 に示す。従来の圧力一定制御においては、反応タンクで必要とされる最大風量を供給するために必要な吐出圧力をあらかじめ計算し、圧力設定値としていた。流入する汚水量や汚濁物質濃度の時間変動により、反応タンクの必要風量も時間変動し、送風配管内の圧力損失も同様に時間変動する。結果として、従来の圧力設定値一定の場合、必要風量の少ない時間帯には、送風配管内の圧力損失が少なく、低い吐出圧力で必要風量の供給が可能であるにも関わらず、高い吐出圧力で制御している分のエネルギーロスが生じる。

一方、圧力可変制御においては、必要風量に応じて圧力設定値をリアルタイムに演算し、圧力設定値とすることで、必要風量が多い時間帯には吐出圧力が高く、必要風量が少ない時間帯には吐出圧力が低くなる。結果として、必要風量に応じて最適吐出圧力を設定することでエネルギーロスを削減し、圧力一定制御に比べて送風電力が削減される。

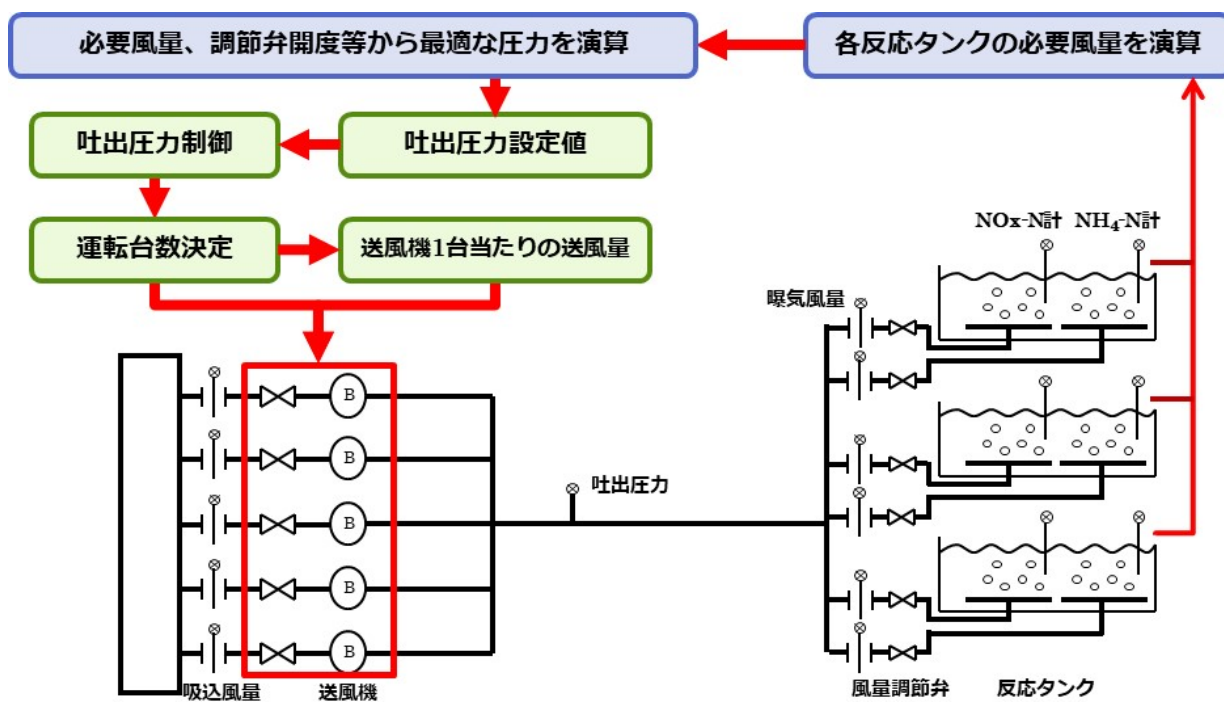


図 2-6 負荷変動追従型送風ユニットの概略フロー

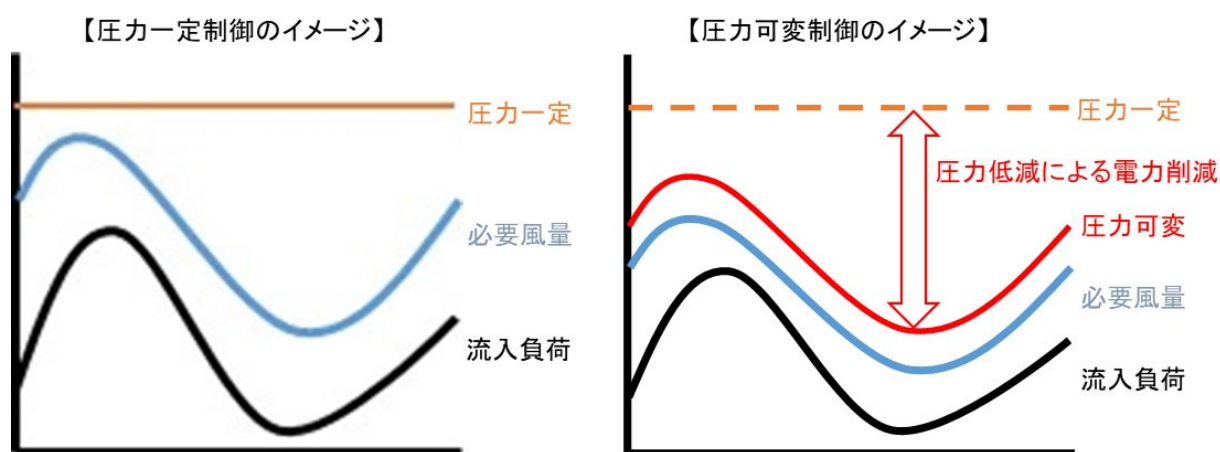


図 2-7 圧力一定制御と圧力可変制御のイメージ

### §7 技術の特徴

本技術は下記（１）～（３）の機能的特徴と（４）～（６）の効果を有する。

- （１）流入汚水量等の時間変動に対応する必要風量の演算に AI 技術を使用している
- （２）季節変動等による制御性能の悪化に対応するため、AI 技術を用いて演算パラメータを自動調整している
- （３）反応タンクの必要風量の時間変動に対応し、送風機の最適吐出圧力を演算する
- （４）短 HRT で A20 法と同等の処理水質を得る
- （５）運転電力と温室効果ガスを削減する
- （６）維持管理業務負担を軽減する

### 【解説】

#### （１）流入汚水量等の時間変動に対応する必要風量の演算に AI 技術を使用している。

本技術の必要風量の演算は、制御量（ $\text{NO}_x\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ ）を予め設定した目標値に追従させる目的がある。この必要風量の演算に用いている統計的機械学習は、搭載された物理モデル（一次遅れモデル）をもとに制御量の将来予測とその結果を踏まえた、現在出力すべき必要風量を適宜、演算することができる。具体的には、将来予測結果から、現在設定している風量のままでは制御量を目標値近傍に維持できないと判断した場合、前もって必要な風量増減を演算に反映する仕組みとなっている。この統計的機械学習は、従来の PID 制御のように目標値と現在値の偏差に応じた操作を行うだけでなく、将来予測を反映して操作する。この振る舞いが、人間の思考プロセスや振る舞いに似ている特徴を有することから、AI 技術の一種に分類されている。

$\text{NO}_x\text{-N}$  計および  $\text{NH}_4\text{-N}$  計の計測値は、時定数（ある所定の風量を供給した時に反応が飽和するまでの時間）が 2～3 時間と非常に長く、制御性能を確保するには、将来の挙動や変化傾向も考慮しながら、その時々における最適な風量を演算結果として出力する必要がある。この長時間の時定数を踏まえ、本技術の統計的機械学習においては 3 時間先までの将来予測を行い、20 秒毎に風量演算結果を出力できる仕様となっている。

本技術の予測制御の概念図を図 2-8 に示す。図の横軸は時間（ $t$ ：現在時刻）、縦軸は操作量（ $u$ ：風量）および制御量（ $y$ ： $\text{NO}_x\text{-N}$  または  $\text{NH}_4\text{-N}$ ）の値である。操作量（風量）と制御量（ $\text{NO}_x\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ ）および流入水量等の各種外乱の関係は図 2-8 内  $y_R$  のステップ応答曲線で表現され（一次遅れ）、その関係性を物理的なモデル（計算式）として表現したものが図 2-9 の制御則である。この物理モデルと演算パラメータ（操作量と各外乱量のゲイン  $K$ 、時定数  $T$ 、むだ時間  $L$ ）に基づき、過去 24 時間に取得した制御量、操作量、外乱量の実績データを用いて、一次遅れのステップ応答曲線を描き合成計算することで、3hr 先（図 2-8 内「予測区間」）までの制御量予測と参照軌道（制御量が目標値に到達するまでの軌道）の算出を行っている。そして、制御量予測値と参照軌道との偏差を最小化するための操作量（反応タンク風量）を 30 分先（図 2-8 内「制



御区間」)まで算出したうえで、直前に設定すべき操作量を20秒毎に風量演算結果として出力している。

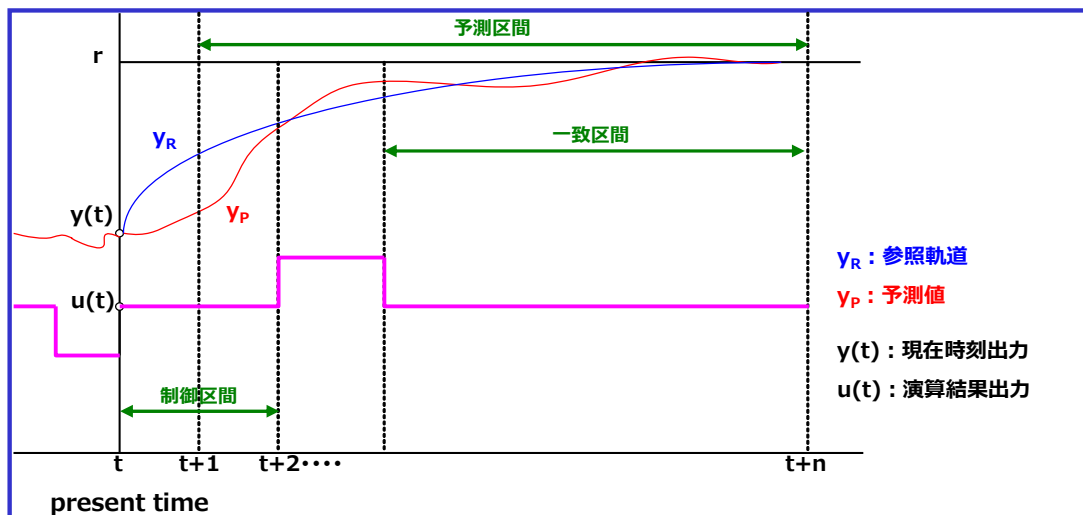


図 2-8 本技術の予測制御の概念図

■制御則 (モデル)

$$fa = \left[ \begin{matrix} (NH_4s - NH_4p) \\ NO_x-N \\ \text{又は} \\ NH_4-N \\ \text{の偏差} \end{matrix} \right] - \left\{ \left( \frac{Ke^{-Ls}}{1+Ts} \right) fi + \left( \frac{Ke^{-Ls}}{1+Ts} \right) t + \left( \frac{Ke^{-Ls}}{1+Ts} \right) m + \left( \frac{Ke^{-Ls}}{1+Ts} \right) fr \cdot \right\} \cdot \left[ \left( \frac{Ke^{-Ls}}{1+Ts} \right) \right]$$

風量
流入水量
水温
MLSS濃度
返送汚泥量
NO<sub>x</sub>-N  
又は  
NH<sub>4</sub>-N

■モデル式

$$G(s) = \frac{Ke^{-Ls}}{1+Ts}$$

K: 制御量 (NO<sub>x</sub>-N または NH<sub>4</sub>-N) と風量や流入水量等の単位量あたりの感度 (変化量)  
 T: 操作量 (風量) や外乱 (流入水量等) が変化した時に、制御量の反応が飽和するまでの時間  
 L: 操作量 (風量) や外乱 (流入水量等) が変化した時に、制御量が反応し始めるまでの時間

図 2-9 本技術の統計的機械学習の物理モデル

(2) 季節変動等による制御性能の悪化に対応するため、AI 技術を用いて演算パラメータを自動調整している

季節変動等による反応タンクの状態の変化により、あらかじめ設定された風量演算のパラメータでは制御性能が悪化し、演算パラメータの調整が必要になる場合がある。従来は技術者が実施した演算パラメータの調整作業を、本技術では統合演算制御システムに搭載の演算パラメータ自動チューニング機能で代替する。本機能には、最適化理論 (AI 技術) の一種である進化計算法を用いている。進化計算法は、与えられた評価尺度 (以下、評価関数) に基づき、その候補となる解 (以下、候補解集団) を反復的に進化させ、評価関数が最大化 (または最小化) するまで、候補解集団を更新し続け、最終的にはその計算結果が収束するまで継続させるものである。本技術では、風量制御実施時の NO<sub>x</sub>-N および NH<sub>4</sub>-N の計測値と目標値の乖離 (実際には偏差平方和) に注目し、その乖離が最も小さくなる候補解を自動的に探索させるアルゴリズムを実装している。

演算パラメータ自動チューニング機能では、制御性能の低下を自動的に検出し、進化計算法により演算パラメータの最適解を自動探索し、パラメータ変更を実施する。本機能により、季節変動等による反応タンクの状態変化に自動対応し、年間を通じて安定的な制御性能を実現することが可能である。

**(3) 反応タンクの必要風量の時間変動に対応し、送風機の最適吐出圧力を演算する**

統合演算制御システムにて、刻一刻と時間変動する反応タンクの必要風量（20 秒周期で出力される値）に対応して、送風機の最適吐出圧力を演算（風量演算と同周期の 20 秒毎）し、送風機の圧力制御へ出力する。

(4) 短 HRT で A2O 法と同等の処理水質を得る

単槽型硝化脱窒プロセスでは、反応タンクは嫌気ゾーン、前半好気ゾーン、脱窒ゾーン、後半好気ゾーンの4つに分かれている。さらに、図2-10に示すように好気ゾーンと脱窒ゾーンの境界において強い循環流が形成され、その結果、脱窒ゾーンと隣接する好気ゾーンにDOが0.5mg/L以下の領域が形成される。この領域内では硝化と脱窒の両方が進行することから兼用領域と呼称する。本技術では従来の高度処理と異なり、兼用領域において脱窒が進行するため脱窒ゾーンでの必要脱窒量が減少し、脱窒ゾーンの容積を低減出来る。

本技術におけるASRTは、兼用領域を含めた好気ゾーン（前半好気ゾーンと後半好気ゾーン）における固形物滞留時間のことであり、必要ASRTの計算は、兼用領域を含めた好気ゾーンにて行う。本技術では、反応タンクの前半好気ゾーン下流部に設置するNO<sub>x</sub>-N計と後半好気ゾーン下流部に設置するNH<sub>4</sub>-N計を用いて、反応タンクの流入負荷変動に対応した風量制御を行う。この制御により、本技術は流入負荷変動に対して風量を増減することで、必要な硝化レベルを常に維持することが出来るため、負荷変動を考慮した余裕を見込む必要がない。そのため、A2O法に比べて少ない滞留時間で硝化が可能となる。

兼用領域の詳細および好気ゾーンと脱窒ゾーンの容量計算例は、§23、26、30～33に記載している。

また、本技術のアルカリ度の消費について、前半好気ゾーンでは、硝化によりアルカリ度が消費されるが前半好気ゾーン内で完全硝化には至らず、アルカリ度不足にはならないことを基本とする。脱窒ゾーンでは脱窒によりアルカリ度が生成するため、脱窒ゾーンの後段の後半好気ゾーンにおいてもアルカリ度の低下による硝化不良は発生しないと考えられる。しかし、流入水中のアルカリ度が低い場合には水酸化ナトリウム等によってアルカリ度を補給する。

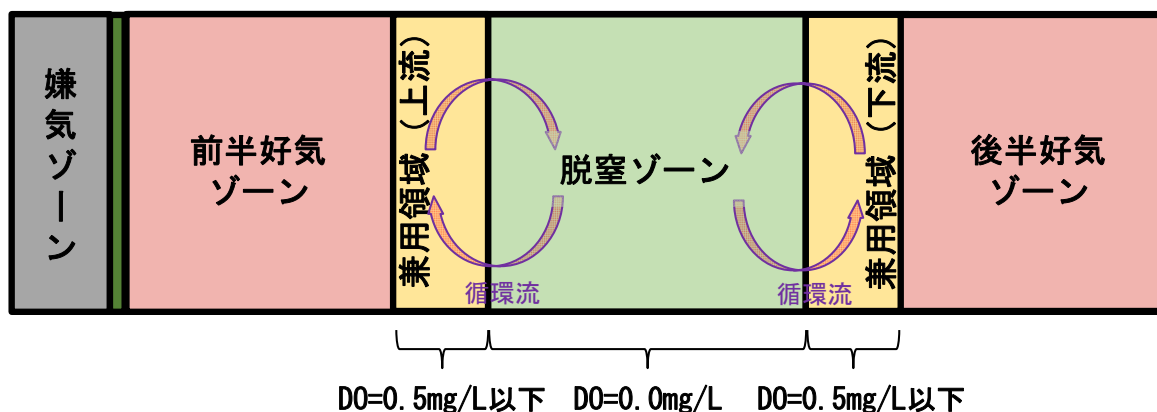


図 2-10 兼用領域の概念図

#### (5) 運転電力と温室効果ガスを削減する

本技術は以下の3つの方法により、運転電力とそれに伴う温室効果ガスを削減する。

##### 1) 動力機器の削減

本技術では、A2O法で必要であった攪拌機や循環ポンプが不要であるため、動力機器が削減され、運転電力が削減される。

##### 2) 送風機の吐出圧力低減による送風電力の削減

本技術の圧力可変制御により、従来の圧力一定制御で生じていた過大な吐出圧力設定によるエネルギーロスが解消され、風量1Nm<sup>3</sup>当たりの送風電力が削減される。

##### 3) 風量の削減による送風電力の削減

本技術では、NH<sub>4</sub>-N計を用いた風量制御で反応タンクの完全硝化を行うため、DO計を用いる場合に比べ、風量が削減され、送風電力が削減される。NH<sub>4</sub>-N計を用いることで、流入汚水量の時間変動に対応して、完全硝化に過不足の無い必要風量を演算することができる。一方、DO計を用いて固定DO目標値で完全硝化を常時達成する場合は、流入汚水量の時間変動に対応しきれず、供給風量が過剰となる。

#### (6) 維持管理業務負担を軽減する

本技術は以下の2つの方法により、維持管理業務負担を軽減する。

##### 1) 動力機器の削減

攪拌機や循環ポンプといった動力機器が不要であり、A2O法等に比べて維持管理業務の負担が軽減される。

##### 2) 必要風量の自動演算と演算パラメータの自動調整

本技術では、統合演算制御システムにより、水質センサーの計測値を目標値付近に維持するための必要風量が演算され、風量制御が自動的に行われるため、風量設定値の決定等が不要となる。また、季節変動等による風量演算に用いるパラメータのズレに対するパラメータ調整についても、演算パラメータ自動チューニング機能で自動的に行うため、追加の維持管理業務は不要である。

## §8 技術の適用条件

### (1) 適用条件

本技術は有機物(BOD)の他に、窒素ならびにりん除去を目的とする水処理法であり、都市下水を主対象とする下水処理場において、原則として既設水処理施設の高度処理化（既設が有機物処理を行う標準活性汚泥法等の場合）または更新（既設が高度処理法の場合）において適用する。

対象設備は、反応タンク設備、送風機設備、監視制御設備等である。

その他の適用条件は以下の通りである。

- ① 最低水温 : 15℃以上（月間平均水温の年間最低値として）
- ② 既設処理方法 :
  - ・ 高度処理化の場合 : 標準活性汚泥法、長時間エアレーション法等
  - ・ 高度処理施設の更新の場合 : A2O 法、凝集剤添加循環式硝化脱窒法等
- ③ 放流水質の要求水準 : A2O 法と同等（BOD $\leq$ 15mg/L、T-N $\leq$ 20mg/L、TP $\leq$ 3mg/L）
- ④ 反応タンク構造 :
  - ・ 混合特性 : 完全混合槽ではないこと（L/W 比=概ね 10 以上 ; OD 槽は除く）
  - ・ 水深 : 4~6m 以内
- ⑤ 反応タンク電気設備 :
- ⑥ 送風機設備 :
  - ・ 圧力制御が可能であること
- ⑦ 送風系統の二条化 :
  - ・ 送風系統の二条化が可能なこと

### (2) 適用に際して留意する事項

- ① 導入後の日最大汚水量に対して最終沈殿池の水面積負荷が 15~25m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・d)であること
- ② 送風電力削減効果は、送風機の機種・性能等により変動する

### (3) 推奨される下水処理場

- ① 標準法から高度処理化を行う処理場
- ② 既設高度処理の更新を希望する処理場
- ③ 広域化・共同化が必要となる処理場

**【解説】****(1) 適用条件**

本技術は有機物(BOD)の他に、窒素ならびにりん除去を目的とする A2O 法代替の水処理法である。本技術は実証研究の結果、計画放流水質が BOD で 10mg/L を超え 15mg/L 以下、窒素が 20mg/L 以下、りんが 3mg/L 以下の区分に適合することが確認されている (§ 11 技術の評価結果 参照)。

**① 最低水温：15℃以上（月間平均水温の年間最低値として）**

反応タンク内水温の低下に伴って必要 ASRT が長くなり、脱窒速度も低下するため、流入下水の温度が 15℃を下回る地域への適用は、十分な検討が必要である。

**② 既設処理方法**

高度処理化の場合は、標準活性汚泥法、長時間エアレーション法等への適用が可能である。高度処理施設の更新の場合は、A2O 法、凝集剤添加循環式硝化脱窒法等への適用が可能である。

**③ 放流水質の要求水準**

本技術は、生物学的に窒素・りんを除去するものであり、A2O 法と同等の処理水質を得られることから、A2O 法と同様の放流水質を設定出来る (BOD $\leq$ 15mg/L、T-N $\leq$ 20mg/L、T-P $\leq$ 3mg/L)。

**④ 反応タンク構造**

本技術は、完全混合ではない (L/W 比=概ね 10 以上 ; OD 槽は除く) 水深が 4~6m 以内の反応タンクにて適用が可能である。また、阻流壁が存在していても本技術の適用に問題にはならないが、阻流壁の位置により兼用領域が小さくなる場合や、§ 41 に記載したパターン 3 のように兼用領域が発生しない場合は、脱窒量が減少することから、滞留時間を調整する等の検討が必要になる。

**⑤ 反応タンク電気設備**

本技術においては、反応タンクへの必要風量を演算・制御することが必要である。そのため、風量調節弁による風量制御が可能であることが求められる。

**⑥ 送風機設備**

本技術において送風電力削減効果（およびそれに伴う温室効果ガス削減効果）を得るには、送風機の最適吐出圧力を演算・制御することが必要である。そのため、送風機の吐出圧力を制御することが可能であることが求められる。

## (2) 適用に際して留意する事項

### ① 最終沈殿池の水面積負荷

本技術においては、従来高度処理と同様に、反応タンク内 MLSS 濃度を 2,000mg/L 以上に高く設定することが推奨されるため、最終沈殿池に関しては、固液分離性能を確保するためにも水面積負荷が 15~25m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・d)であることが求められる。

### ② 送風電力削減効果

本技術を導入することで、送風機を最適吐出圧力で制御し送風電力（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ことに留意する必要がある。

## (3) 推奨される下水処理場

本技術は、以下に示すような下水処理場への適用が特に推奨される。

### ① 標準法から高度処理化を行う処理場

本技術は、従来高度処理法である A2O 法の HRT16~20 時間に比して、HRT10~11 時間程度への低減が可能であり、A2O 法に比べて、処理能力の増強、建設費の抑制が可能である。また、A2O 法のような大掛かりな水処理施設の増設を不要とし、既存の躯体をそのまま適用することが出来る。さらに、ICT・AI 活用の統合制御の導入により、運転管理上の負担が少なく、管理も容易であり、A2O 法と同等の放流水質が得られる。このことから、今後高度処理の導入が必要となっている地方公共団体にとっては、非常に有効な技術である。なお、全体計画に高度処理が位置づけられているものの、導入が未完了の処理場数は約 170 箇所と推定される。

### ② 既設高度処理の更新を希望する処理場

既に高度処理が導入されている下水処理場において、老朽化施設の改築更新が計画されている場合、本技術の導入は建設費の縮減に有効である。本技術の導入により、運転管理上の負担が少なく、経済的かつ効率的に高度処理性能を発揮することが出来る。また、改築に伴って処理能力を増強し、安定した処理水質を確保することが出来る。

### ③ 広域化・共同化が必要となる処理場

各地方公共団体においては、将来的な人口減少は都市政策上、大きな課題であり、下水道事業においても決して例外ではない。減少傾向にある人口を考慮しながら改築計画を立案することが必要となり、処理場の統廃合は広域化・共同化の視点からも有効な手段の一つと考えられる。

本技術は、A2O 法等の従来高度処理法に比べ、処理能力を向上したうえで、同等以上の水質を実現することができるシステムである。このため、高度処理が義務付けられた処理場同士の統合を検討する場合、施設の増設を不要に、または最小限に留めることができる。



§9 導入シナリオ

本技術の導入が有効と考えられるシナリオ例を以下に示す。

- (1) 標準法からの高度処理化
- (2) 既設高度処理施設の改築 (A2O 法)
- (3) 統廃合に伴う能力増強

【解説】

(1) 標準法からの高度処理化

標準法から A2O 法へ改築する場合、A2O 法は本法に比べて処理能力が低いいため反応タンクの増設が必要である。一方、本法も反応タンクの増設が必要であるが、A2O 法程の増設は不要である。そのため、A2O 法への改築に比べて建設費、維持管理費の低減が可能である。

なお、本導入シナリオにおける試算では、最初沈殿池と最終沈殿池の水面積負荷は、表 2-1 に記載した値になるため、実際に導入する際にも同程度の値になると想定される。

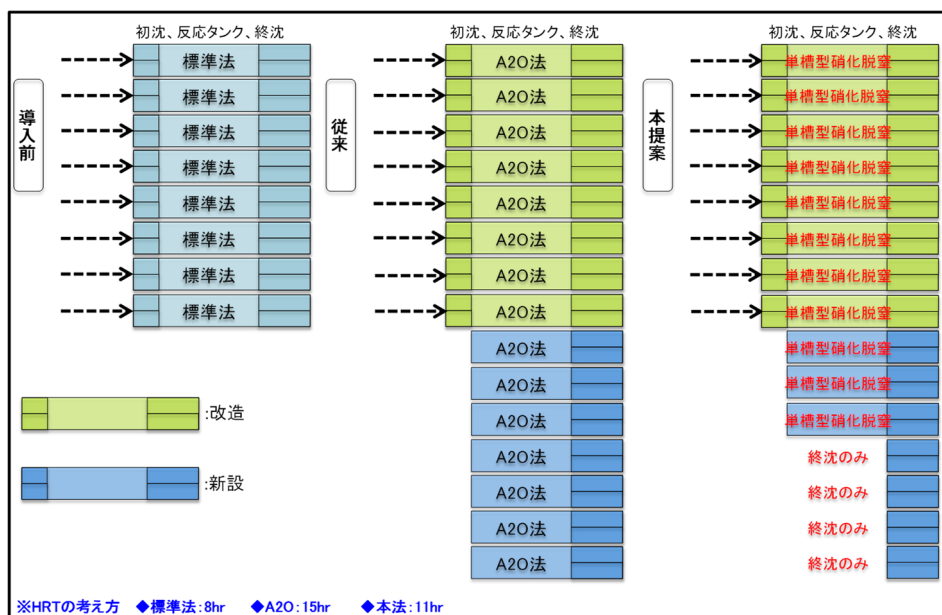


図 2-11 標準法からの高度処理化におけるレイアウト例

表 2-1 最初沈殿池と最終沈殿池の水面積負荷

		標準活性汚泥法	本技術
最初沈殿池	m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> · d)	50	50
最終沈殿池		20	15

(2) 既設高度処理施設の改築 (A2O 法)

A2O 法の高度処理施設を改築する場合、そのまま A2O 法へ改築する場合は、反応タンク池数は変わらないが、本法は A2O 法に比べて処理能力が高いため、反応タンク池数を削減することが可能となる。そのため、A2O 法への改築に比べて建設費、維持管理費の低減が可能である。

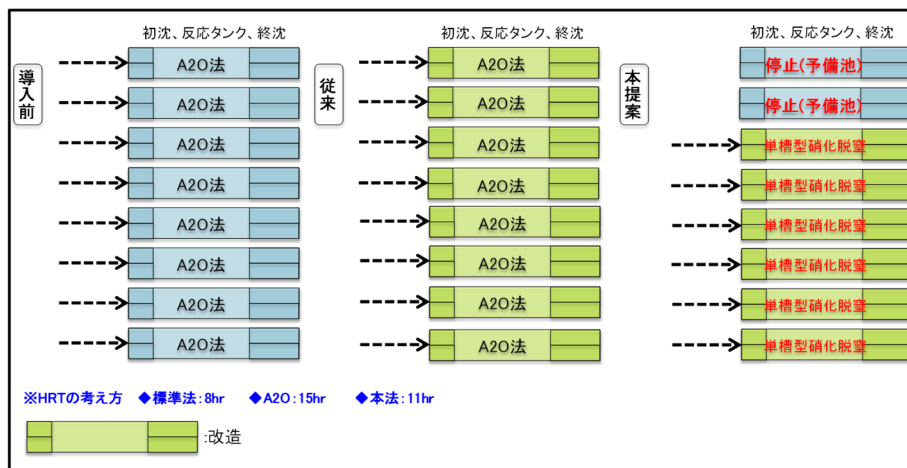


図 2-12 既設高度処理の改築におけるレイアウト例

(3) 統廃合に伴う能力増強

A2O法の高度処理施設を統廃合する場合、A2O法では単純に統合した場合の処理水量に見合う処理系列（最初沈殿池～最終沈殿池）を増設する必要がある。しかし、本法ではA2O法に比べて処理能力が大きいため、増設する系列数を低減することが出来るため、A2O法への改築に比べて建設費、維持管理費の低減が可能である。

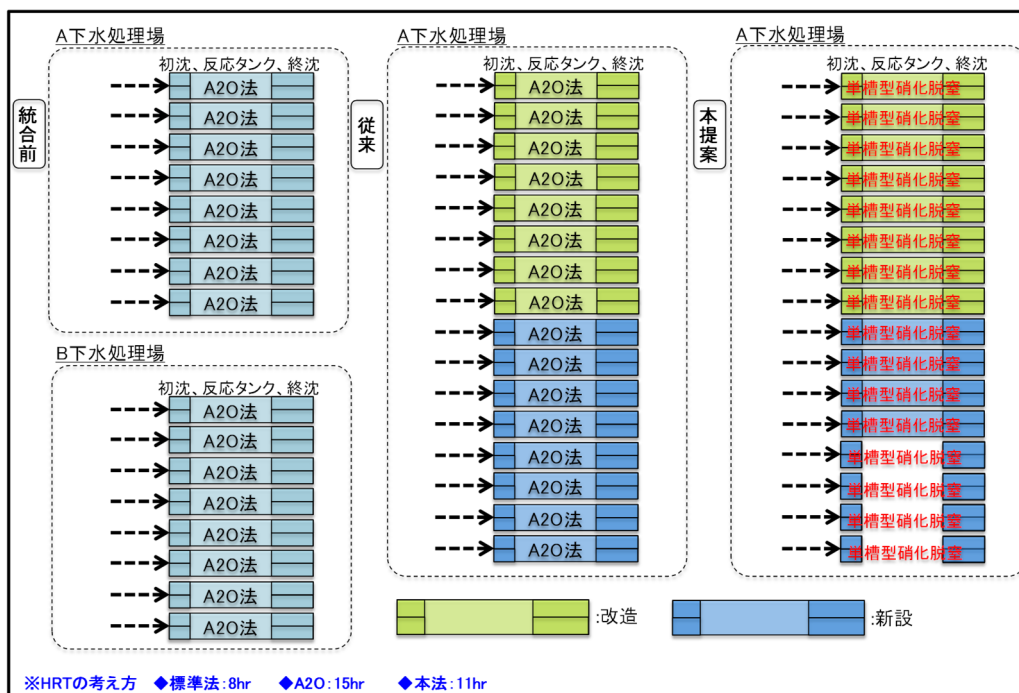


図 2-13 統廃合に伴う能力増強におけるレイアウト例

## 第2節 実証研究に基づく評価の概要

### §10 技術の評価項目

本技術の実証研究における評価項目および目標を以下に示す。

(1) 処理水質および処理の安定性

T-BOD $\leq$ 15mg/L、T-N $\leq$ 20mg/L、T-P $\leq$ 3mg/L、(窒素除去率 60~70%)

(2) 処理能力(処理水量)

A2O 法比で HRT2 割以上削減 (HRT16hr $\times$ 0.8  $\Rightarrow$  12.8hr 以下)

(3) 送風電力

圧力一定制御と比較して送風電力削減率 10%以上

(4) 水処理電力

A2O 法比で 2 割以上削減

(5) NO<sub>x</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N 制御性能

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

(6) 維持管理項目

A2O 法比で項目数削減

(7) 建設費

A2O 法比で 2 割以上削減

(8) 維持管理費

維持管理費を試算し、A2O 法よりも低減することを確認

### 【解説】

実証研究は実証系列への流入汚水量を意図的に調整せず、成り行き条件として実施した。調査期間内の代表的な水量変動傾向を図 2-14 に示す。

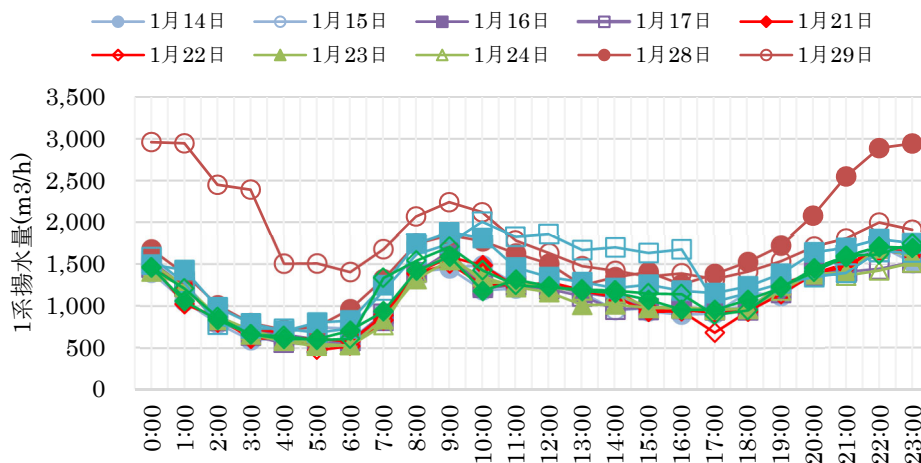


図 2-14 実証研究における水量変動の例

(1) 処理水質および処理の安定性

処理水の BOD、T-N、T-P は評価期間中に 2 回/月の頻度で、日平均値となるよう試料を採取して測定し評価した。

(2) 処理能力(処理水量)

実証系列の処理水量を計測し、反応タンク HRT を確認した。

(3) 送風電力

圧力一定制御（設定値 68.6kPa）と圧力可変制御の切替えを 1～2 週間毎に実施し、当該期間中の風量 1Nm<sup>3</sup>当たりの送風電力量 kWh の比から送風電力削減率を算出した。なお、圧力一定制御における圧力設定値 68.6kPa は、下水道施設計画・設計指針と解説 2019 年版の「§ 6. 7. 26 送気圧」を基に算出された送風機的设计圧力を用いた。

(4) 水処理電力

送風電力評価結果 (kWh/Nm<sup>3</sup>) と A2O 法想定機器電力を基に机上計算した。

(5) NO<sub>x</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N 制御性能

反応タンク 1-1～1-4 の 4 池について、前半 NO<sub>x</sub>-N 計と後半 NH<sub>4</sub>-N 計の計測値と制御目標値を用いて制御性能評価を実施した。制御性能評価に際して、「評価対象期間中の制御可能期間における水質センサー計測値点数（計測頻度:5 分毎）のうち、制御目標値±0.5mg/L 以内の点数の割合(%)」を「適合率」と定義し、定量評価した。

(6) 維持管理項目

A2O 法設備と実証設備の維持管理項目を整理し比較した。

(7) 建設費

本技術、A2O 法の各モデル設計における建設費を比較した。対象範囲は反応タンク設備と送風機設備ならびに電気設備一式とした。

(8) 維持管理費

維持管理費は、人件費、薬品費、電力費、保守費を算出し、A2O 法よりも低減可能かどうかを確認した。対象範囲は（7）項と同一とした。

## § 11 技術の評価結果

本技術の評価結果は以下に示す。

### (1) 処理水質および処理の安定性

全調査日の平均水質として、

T-BOD : 5.0mg/L (最小 2.8~最大 7.8)、

T-N : 10.8mg/L (最小 6.6~最大 13.7)、

T-P : 1.3mg/L (最小 0.4~最大 2.1)

(窒素除去率 68.1% 降雨日を除く)

### (2) 処理能力(処理水量)

A2O 法比で HRT が削減率 38.8%を示した。

### (3) 送風電力

圧力一定制御と比較して送風電力削減率 16.2%を示した。

### (4) 水処理電力

A2O 法比で電力削減率 29.2%を示した。

### (5) NO<sub>x</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N 制御性能

制御可能期間中の計測値の 95%以上が目標値±0.5mg/L の範囲に収まった。

### (6) 維持管理項目

A2O 法比で項目数が最低 2 つ削減可能であることが示された。

### (7) 建設費

A2O 法比で 2 割以上削減であることが示された。

### (8) 維持管理費

A2O 法比で 2 割以上削減であることが示された。

### (1) 処理水質および処理の安定性

図2-15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。

また、流入水温は平均 22.3℃(18.0~29.4℃)であり、15℃以上であった。

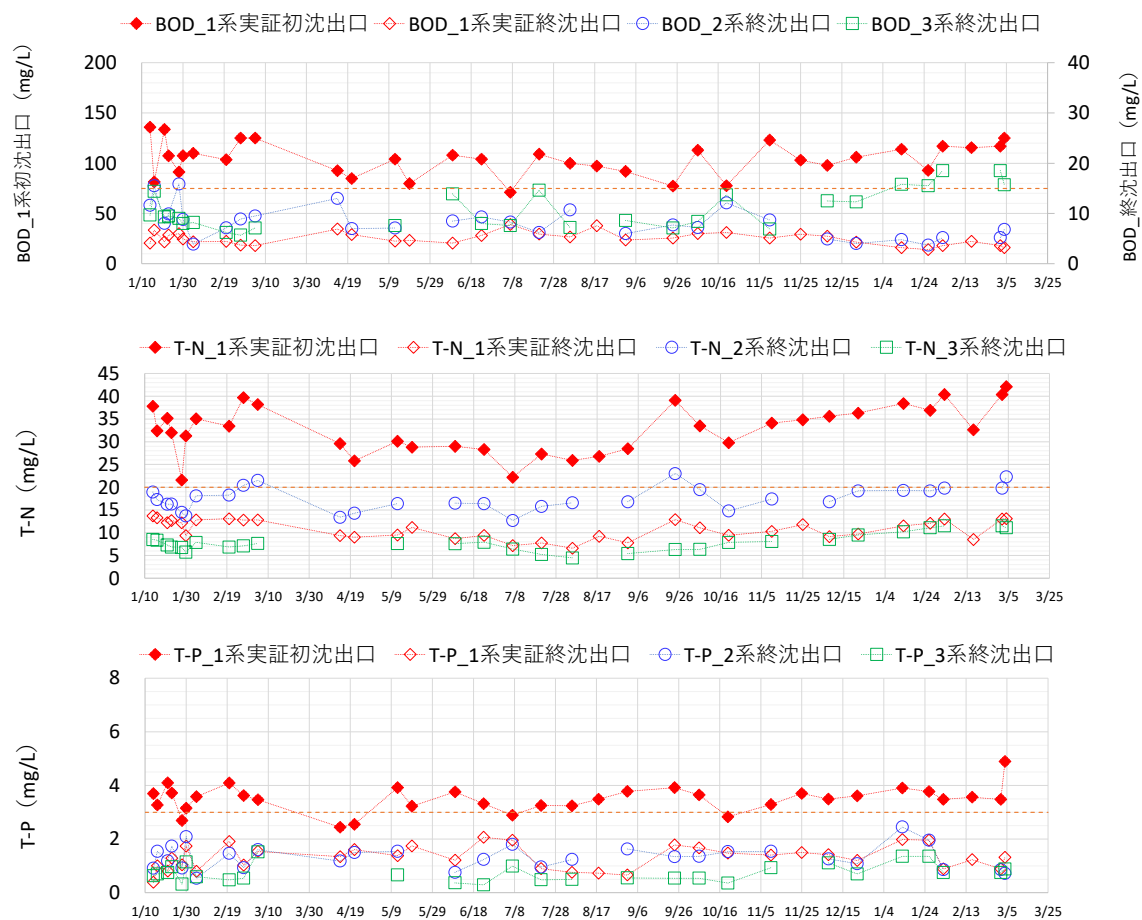


図2-15 最初沈殿池流出水および最終沈殿池流出水の測定結果  
(上：BOD、中：T-N、下：T-P)

(2) 処理能力(処理水量)

図2-16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、流入汚水量は概ね27,281m<sup>3</sup>/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、表2-2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。全調査日の平均HRTは、9.8hr(6.0hr~10.6hr)であった。

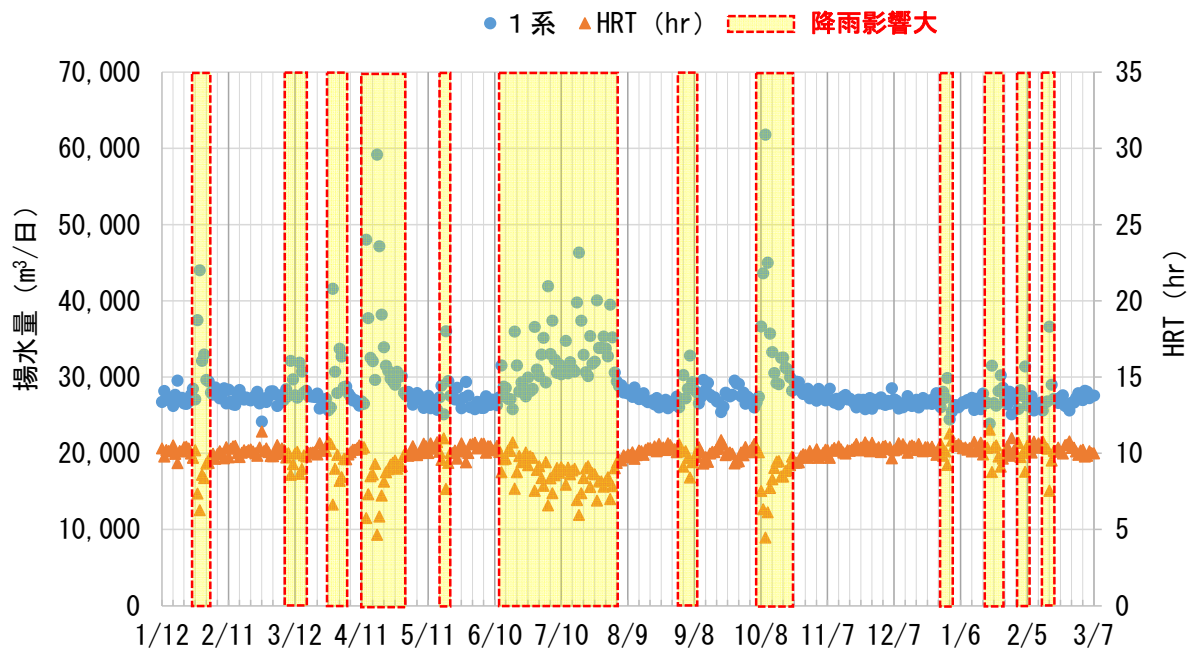


図 2-16 処理場流入汚水量の日間変動と HRT

表 2-2 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 (m³/池/日)	送風量 (Nm³/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	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	2.53	2.44	0.39	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	5.88	4.89	2.07	7.95	7.70	6.60	74.5%
		平均	22.3	7,130	27,068	9.8	1,868	194.7	104.2	5.0	231.2	46.0	1.5	37.4	32.7	10.8	4.31	3.49	1.31	7.62	7.49	6.48	66.8%

降雨日を除いた平均 68.1%



(3) 送風電力

表 2-3 に全期間の評価結果を、図 2-17 に評価対象データを示す。圧力一定制御に比して、圧力可変制御において風量 1Nm<sup>3</sup> 当たりの送風電力量(送風電力原単位)が 16.2%低減した。なお、本結果は磁気浮上式ターボブロワを使用して得られたものであり、吐出圧力平均値が、圧力一定制御の 68.5kPa から圧力可変制御の 58.7kPa に 9.8kPa 低減されたことに留意する。

表 2-3 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 平均値 [kPa]	風量平均値 [Nm <sup>3</sup> /hr]	送風電力 平均値 [kW]	送風電力原単位 [kWh/Nm <sup>3</sup> ]	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

※ 圧力一定制御の圧力設定値に送風機の設計圧力が使用されることを想定

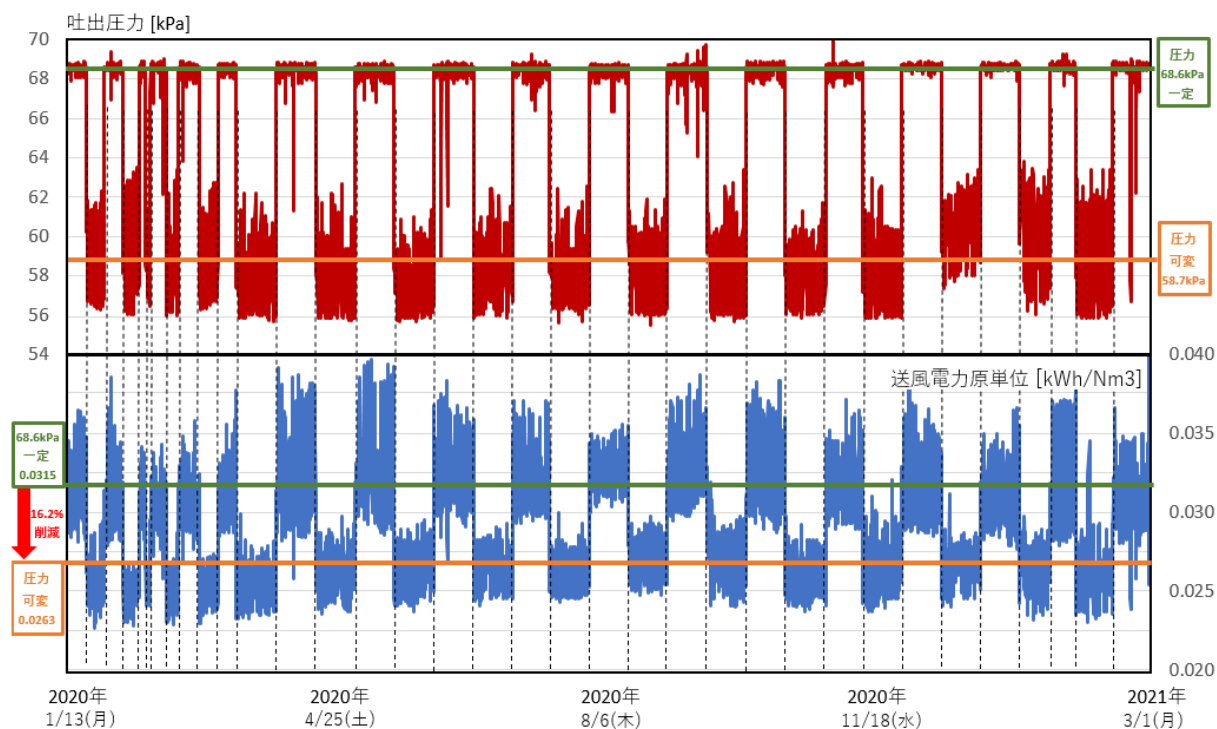


図 2-17 送風電力削減効果の評価対象データ

## (4) 水処理電力

送風電力評価結果 (kWh/Nm<sup>3</sup>) と A2O 法想定機器電力を基に机上計算した。評価範囲における消費電力量は、従来技術で 2,522.6MWh/年、本技術で 1,784.9 MWh/年と試算され、削減率は 29.2%となった。なお、電力使用量原単位は、従来技術で 0.173kWh/m<sup>3</sup>、本技術で 0.122kWh/m<sup>3</sup>と試算された。

表 2-4 評価範囲における消費電力量試算結果の内訳

単位：MWh/年

	送風機	ポンプ	攪拌機	他	合計
従来技術	2,103.1	308.4	110.3	0.9	2,522.6
本技術	1,762.5	0	21.0	1.4	1,784.9

(5) NO<sub>x</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N 制御性能

評価対象の全8箇所の評価結果を表2-5に、反応タンク1-1前半を例とした風量制御評価データを図2-18に示す。全8箇所において、適合率98%以上を達成した。なお、計測濃度の評価対象期間における平均値は、全8箇所で、設定値の±0.1mg/L以内だった。

表2-5 風量制御性能の評価結果（令和2年1月13日～令和3年3月1日）

	適合率	計測濃度平均値(mg/L)
1-1 前半	99%	4.0 (設定値 4.0)
1-2 前半	98%	4.0 (設定値 4.0)
1-3 前半	98%	3.9 (設定値 4.0)
1-4 前半	99%	4.0 (設定値 4.0)
1-1 後半	98%	2.1 (設定値 2.0)
1-2 後半	99%	1.9 (設定値 2.0)
1-3 後半	99%	1.9 (設定値 2.0)
1-4 後半	98%	2.0 (設定値 2.0)

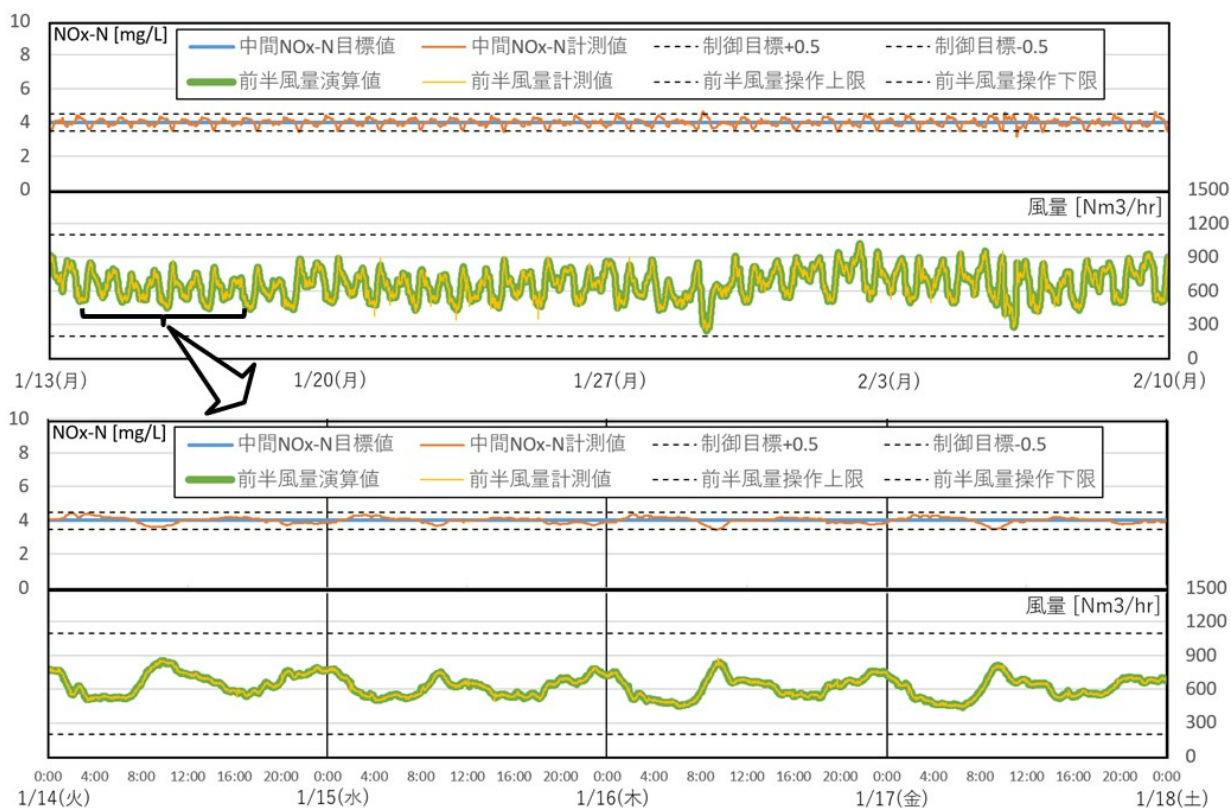


図2-18 反応タンク1-1前半の風量制御評価データ

## (6) 維持管理項目

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 実務編 2014 年版（社団法人日本下水道協会）」<sup>3)</sup>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 2-6 に管理項目の比較表を、表 2-7 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 NH<sub>4</sub>-N 計と NO<sub>x</sub>-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 計計測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 2-6 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 PO<sub>4</sub>-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 NH<sub>4</sub>-N 計と NO<sub>x</sub>-N 計が新たに必要となることから、【NH<sub>4</sub>-N 計と NO<sub>x</sub>-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 2-7 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 <sub>x</sub> -N 計、NH <sub>4</sub> -N 計）	必須	不要

(7) 建設費

本技術、A2O法の各モデル設計における建設費を比較した。

対象範囲は反応タンク設備と送風機設備ならびに電気設備一式とした。

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、削減率は21.9%（年価ベースでは20.6%）となった。

表 2-8 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	2597.8	409.2	2432.0	520.7	5,960
本技術	1948.3	306.9	1958.0	442.6	4,656

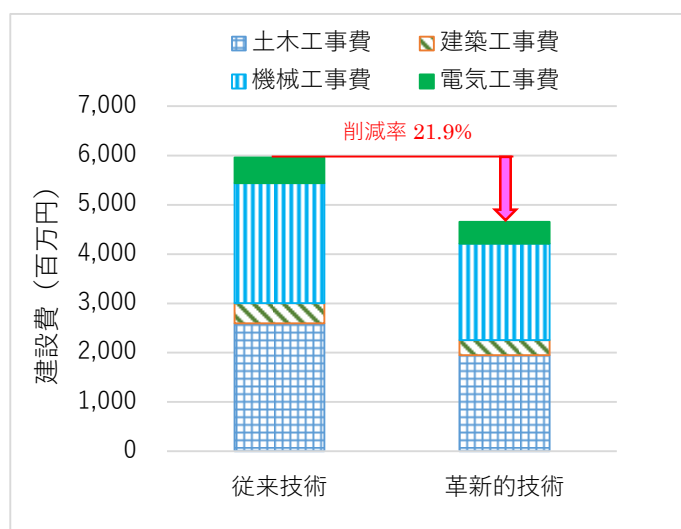


図 2-19 評価範囲における建設費の比較

## (8) 維持管理費

維持管理費は、人件費、薬品費、電力費、保守費を算出した。

対象範囲は(7)項と同一とした。結果を表に整理した。A2O法と比較した削減率は、評価範囲で13.5%であった。

表 2-9 維持管理費内訳

	評価範囲		削減率 (%)
	従来技術	本技術	
人件費	75.6	74.4	1.5
薬品費	0	0	0
電力費	37.8	26.8	29.2
保守費	59.1	48.0	18.8
合計	172.5	149.2	13.5