

## 〈研究発表〉

# 単槽型硝化脱窒プロセスにおける ICT・AI を活用した風量制御の性能及び特性

中 大 輔<sup>1)</sup>, 高 橋 宏 幸<sup>1)</sup>, 糸 川 浩 紀<sup>2)</sup>  
松 井 穰<sup>3)</sup>, 藤 井 都 弥 子<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>メタウォーター(株) 事業戦略本部 R&D センター ソリューション技術開発部 制御技術開発グループ  
(〒101-0041 東京都千代田区神田須田町 1-25 JR 神田万世橋ビル E-mail: naka-daisuke@metawater.co.jp)

<sup>2)</sup>日本下水道事業団 技術戦略部 技術開発企画課  
(〒113-0034 東京都文京区湯島 2-31-27 湯島台ビル)

<sup>3)</sup>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 8-1-1 成瀬クリーンセンター)

<sup>4)</sup>国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

### 概 要

令和元年度下水道革新的技術実証事業に採択された「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」の要素技術である統合演算制御システムは、ICT・AI を用いて負荷変動に対応してリアルタイムに反応タンク中間の NO<sub>x</sub>-N 濃度と末端の NH<sub>4</sub>-N 濃度を制御目標値の近傍に維持する為の必要風量を演算・制御する風量制御機能と、季節等に依存する風量演算の演算パラメータを自動的に調整する自動チューニング機能を有している。本稿では、1年3か月の実証における風量制御性能と自動チューニング機能による風量制御性能の改善について報告する。

キーワード：ICT, AI (人工知能), 風量制御, 高度処理  
原稿受付 2021.6.25

EICA: 26(2・3) 44-47

## 1. は じ め に

「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」(以下、本技術と記載)は、令和元年度下水道革新的技術実証事業(B-DASH プロジェクト)に採択され、国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究として令和元年7月～令和3年3月に町田市、日本下水道事業団、メタウォーターにより東京都町田市成瀬クリーンセンターにて実証研究を実施した。

令和元年度の実証研究結果について、本技術の全体を統括管理する『統合演算制御システム』が負荷変動に対応して反応タンク中間の NO<sub>x</sub>-N 濃度と末端の NH<sub>4</sub>-N 濃度を制御目標値の近傍に維持する風量制御機能を有し、また『負荷変動追従型送風ユニット』による吐出圧力可変制御が設計圧力による圧力一定制御に対し17%の送風電力削減効果を示したことを報告した<sup>1)</sup>。本稿では、『統合演算制御システム』の風量制御に着目し、1年3か月間の長期実証における風量制御性能と自動チューニング機能による風量制御性能の改善について報告する。

## 2. 統合演算制御システムの概要

本技術は、Fig.1で示す通り、システム全体を統合的に管理し運転効率を最大化する『統合演算制御システム』、高度処理施設と同等の放流水質を達成する『単槽型硝化脱窒プロセス』、最適かつ効率的に必要な空気を供給する『負荷変動追従型送風ユニット』の3つの要素技術で構成される。このうち、『単槽型硝化脱窒プロセス』の機構および性能については別報「単槽型硝化脱窒プロセスにおける ICT・AI 制御による高度処理技術の長期実証」で述べる<sup>2)</sup>。

『統合演算制御システム』は、Fig.2に示す通り、ICT・AI 技術を用い、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<sup>3)</sup>。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。『負荷変動追従型送風ユニット』は、最適吐出圧力による運転で、圧力一定運転に比して送風電力を削減する。

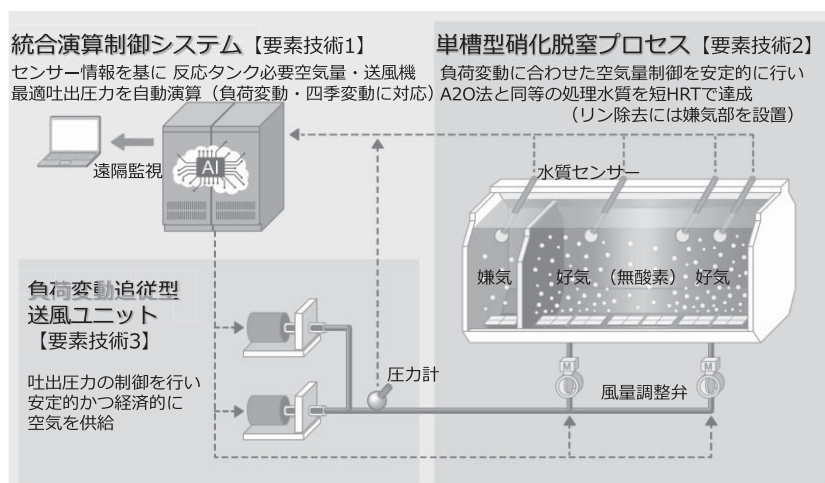


Fig. 1 Conceptual diagram of demonstration technology

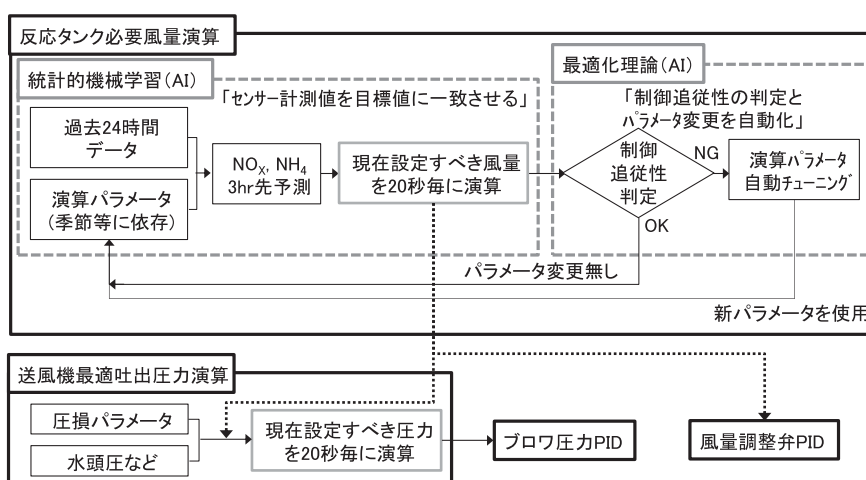


Fig. 2 Flow diagram of Integral Computation and Control System

### 3. 実証施設の概要

本実証研究は、町田市成瀬クリーンセンターの反応タンク1系列4池（1-1～1-4）にて実施した。各池の中間 NO<sub>x</sub>-N 計の計測値を目標設定値に維持する為の前半必要風量と、末端 NH<sub>4</sub>-N 計の計測値を目標設定値に維持する為の後半必要風量を、『統合演算制御システム』でリアルタイムに演算し、風量調節弁8機へ出力した<sup>2)</sup>。

### 4. 実証方法・結果

#### 4.1 風量制御性能の評価

反応タンク 1-1 前半～1-4 後半の8箇所の風量制御について、評価対象期間（令和2年1月13日～令和3年3月1日）のデータ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（設備停止期間等を除いた期間）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±0.5 mg/L 以内の点数の割合（%）」を

Table 1 Evaluation result on air volume control

	適合率 (制御可能期間中)	制御可能期間 (評価対象期間中)	計測濃度平均値 (評価対象期間中)
1-1 前半	99 %	98 %	4.0 (設定値 4.0)
1-2 前半	98 %	99 %	4.0 (設定値 4.0)
1-3 前半	98 %	84 %	3.9 (設定値 4.0)
1-4 前半	99 %	91 %	4.0 (設定値 4.0)
1-1 後半	98 %	65 %	2.1 (設定値 2.0)
1-2 後半	99 %	65 %	1.9 (設定値 2.0)
1-3 後半	99 %	67 %	1.9 (設定値 2.0)
1-4 後半	98 %	68 %	2.0 (設定値 2.0)

「適合率」と定義し、定量評価した。

評価対象の全8箇所の評価結果を Table 1 に、反応タンク 1-1 前半を例とした評価データを Fig. 3 に示す。全8箇所において、適合率 98% 以上を達成した。評価対象期間における制御可能期間の比率については、反応タンク前半の 84～98% に対し、後半は 65～68% と低かった。これは流入汚水量の時間変動のため、低負荷となり反応タンク後半で風量下限に到達する時間帯が長かったことに起因する (Fig. 4)。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、

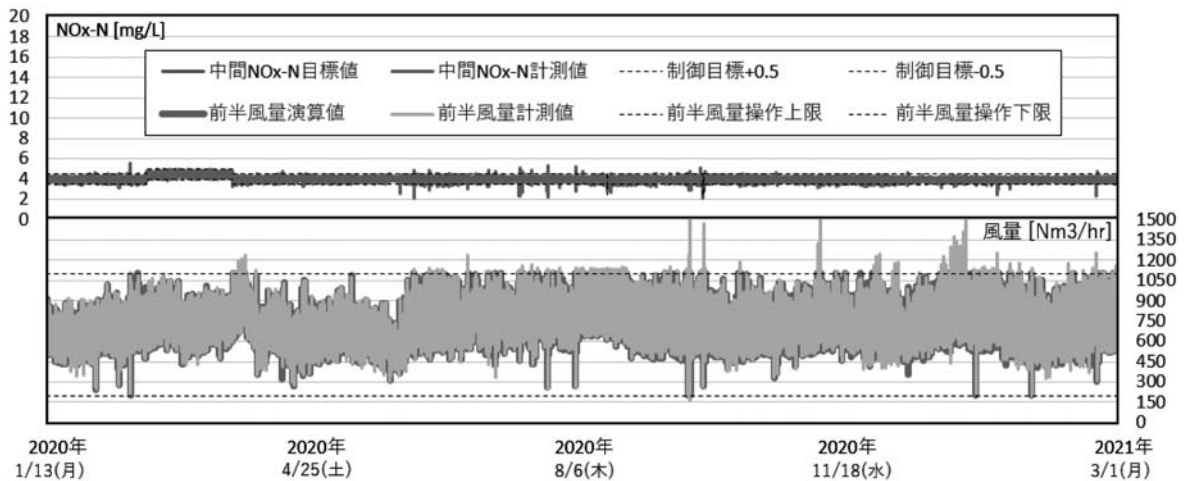


Fig. 3 Air volume control data of the first half of aeration tank 1-1

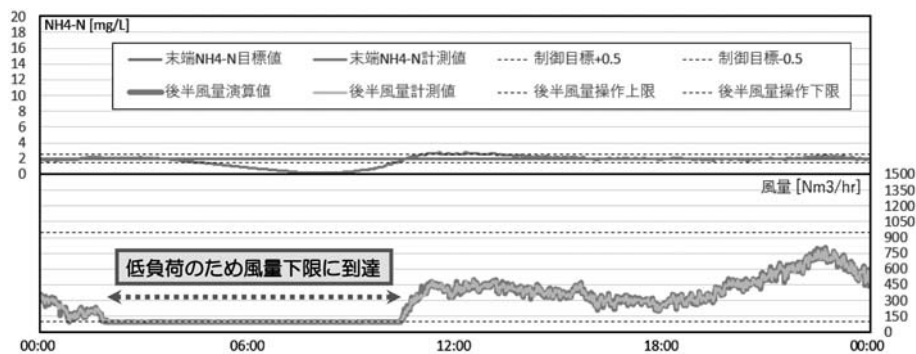


Fig. 4 Air volume control data of the 2nd half of aeration tank 1-4 on Feb. 16

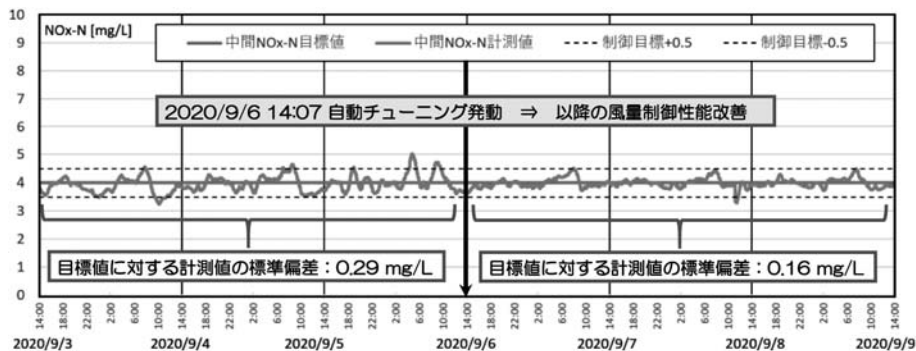


Fig. 5 Recovery of control performance after auto-tuning at tank 1-2 on Sept. 6

設定値の $\pm 0.1$  mg/L 以内であった。

#### 4.2 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

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 Fig. 5 に示す。発動前3日間と発動後3日間のNO<sub>x</sub>-N目標値に対する計測値の標準偏差を算出し比較した。発動前の0.29 mg/Lから発動後の0.16 mg/Lに低減したことから、NO<sub>x</sub>-N計測値の目標値への追従性向上を確認した。なお、後半NH<sub>4</sub>-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。

## 5. 結 論

「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」の1年3か月間の実証研究の結果、『統合演算制御システム』が、流入汚水量の時間変動に対応して反応タンク中間のNO<sub>x</sub>-N濃度と末端のNH<sub>4</sub>-N濃度を制御目標値の近傍に維持する風量制御性能を有すること、また演算パラメータ自動チューニング機能により、風量制御性能を自動的に改善可能であることを確認した。

## 参考文献

- 1) 中大輔, 高橋宏幸, 橋本敏一, 松井穰, 藤井都弥子: 単槽型硝化脱窒プロセスにおける ICT・AI 制御の風量制御性能と送風電力削減効果, 第32回 環境システム計測制御学会研究発表会 Vol. 25, No. 2/3, pp. 40-43, (2020)
- 2) 初山祥太郎, 中村高士, 鈴木重浩, 糸川浩紀, 松井穰, 藤井都弥子: 単槽型硝化脱窒プロセスにおける ICT・AI 制御による高度処理技術の長期実証, 第33回 環境システム計測制御学会研究発表会 (2021)
- 3) 葛西孝司, 曾根啓一, 鈴木重浩, 高橋宏幸, 黒住光浩, 坂根良平: 好気タンク内の脱窒を利用した新たな高度処理技術(同時硝化脱窒処理)の開発, 下水道協会誌 Vol. 52, No. 635, pp. 114-121 (2015)