

〈研究発表〉

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における水処理性能

初山 祥太郎¹⁾, 中村 高士¹⁾, 鈴木 重浩¹⁾, 橋本 敏一²⁾
松井 穰³⁾, 藤井 都弥子⁴⁾

¹⁾メタウォーター(株) 事業戦略本部 R&D センター 水再生技術開発部
(〒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: hatsuyama-shotaro@metawater.co.jp)

²⁾日本下水道事業団 技術戦略部
(〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-27 湯島台ビル)

³⁾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)

⁴⁾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

「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、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、町田市、日本下水道事業団、メタウォーターの三者により実規模実証を行っている。

本技術は、既設躯体をそのまま活用し、動力設備を追加すること無く、従来の高度処理技術と比べて短い滞留時間で同等の処理水質を得ることが可能である。更に、ICT と AI を活用して送風量を最適化することで運転電力量の削減が可能である。本稿では、本技術の冬季における処理性能の実証結果を報告する。

キーワード：B-DASH プロジェクト、高度処理、硝化脱窒、電力量

原稿受付 2020.6.26

EICA: 25(2・3) 37-39

1. はじめに

国内下水道事業では、流入下水量の減少やそれに伴う下水道使用料金の大幅な減収が見込まれ、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・創エネルギー対策等が急務となっている。更に、閉鎖性水域の水質改善のためには窒素・リンの除去を行う高度処理の普及が不可欠であるが、導入に当たっては標準活性汚泥法に比べて建設費、維持管理費が増加するなどの課題があり、高度処理を導入すべき処理場における平成29年度時点の高度処理実施率は50.1%に留まっている¹⁾。

このような状況の中、メタウォーター・日本下水道事業団・町田市共同研究体は、下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト) として、国土交通省国土技術政策総合研究所より「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」の委託を受け、令和元年度に実規模実証研究を開始した。本稿では実証試験で得られた水処理性能の結果について報告する。

2. 実証研究の概要

2.1 実証技術の概要

Table 1 に研究概要、Fig. 1 に実証技術 (以下、「本技術」と記載) の概念図を示す。本技術は、3つの要素技術から構成され、ICT・AI を活用し従来の嫌気無酸素好気法 (A2O 法) などの高度処理法と比べて、短い水理学的滞留時間 (HRT) で高度処理法と同等の水質を達成するとともに、省エネ性と維持管理性の向上を図るものである。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に実施し、令和2年1月から3月の連続運転の結果をもとに、Table 1 に記載した検証項目①～③について評価した。

Table 1 Outline of the full-scale demonstration

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1日～令和2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 法と同等の処理水質を達成 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)

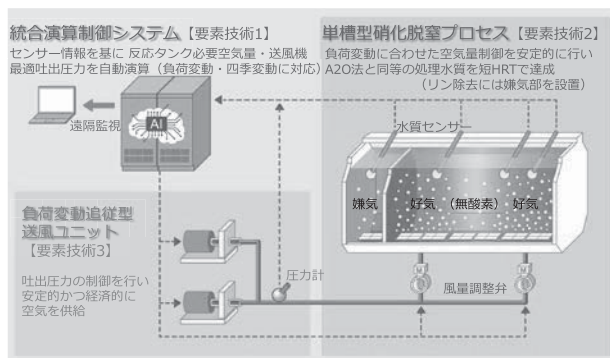


Fig. 1 Conceptual diagram of demonstration technology

なお、【要素技術1 統合演算制御システム】は ICT、AI 技術を使用し、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。【要素技術3 負荷変動追従型送風ユニット】は、空気量演算結果を用いて、送風機吐出圧力の最適圧力を自動演算する²⁾。

2.2 単槽型硝化脱窒プロセスの概要【要素技術2】

従来の高度処理法では、好気タンクと無酸素タンクを隔壁で分割し、さらに余裕を見込んだ容量を設定することが一般的である。一方、単槽型硝化脱窒プロセスでは、Fig. 2 に示す隔壁を有しない単槽型反応タンクにおいて、【要素技術1 統合演算制御システム】により負荷変動に応じた適切な送風量制御を実施することで最適な好気・無酸素ゾーン（以下、脱窒ゾーンと記載）を形成する。これにより、循環ポンプや攪拌機を用いずに、かつ A2O 法に比べて短い HRT での処理が可能となる。なお反応タンクへの送風は、タンク前半と後半を別々に行い、前半送風量は、前半好気ゾーン末端付近に設置した NO_x 計の測定値を所定の値に維持するように調整することで負荷変動に応じた脱窒量の最適化を担い、後半送風量は後半好気ゾーン末端付近に設置した NH₄ 計の測定値を所定の値に維持するように調整することで反応タンク末端での完全硝化を達成する。

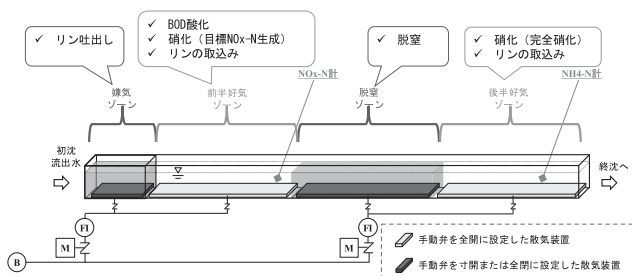


Fig. 2 Schematic flow of single tank nitrification denitrification process flow

3. 実証施設および実証方法

3.1 実証施設の概要

実証場所である成瀬クリーンセンターは、現有処理能力 112,700 m³/日（平成 30 年度の処理実績：晴天日日最大 94,380 m³/日、晴天日日平均 78,528 m³/日）の分流式下水処理場である。処理系列は全 3 系列あり、処理方式は 1 系（4 池）がりん除去型硝化内生脱窒法、2 系、3 系の一部（計 6 池）が標準活性汚泥法（標準法）、3 系の一部（2 池）が担体投入型ステップ流入式嫌気無酸素好気法となっている。実証は 1 系反応タンク設備と送風機設備を改造して実施し（Table 2）、最初沈殿池（初沈）設備（計画水面積負荷 40 m³/(m²・日)）、最終沈殿池（終沈）設備（計画水面積負荷 25 m³/(m²・日)）は改造を行わず、既設同様の運転方法を継続した。

Table 2 Outline of demonstration plant facility and equipment

設備	概要
反応タンク	幅 7.1 m × 長 67.5 m × 有効水深 6.0 m (有効容積 2,875 m ³) × 4 池 平成 30 年度平均流入水量 25,914 m ³ /日/4 池 (HRT=10.9 hr)
水質センサー・風量制御	反応タンク前半風量制御でタンク中間 NO _x 計 (UV 式) の計測値を目標設定値に維持 NO _x 計台数: 1 台/池 反応タンク後半風量制御でタンク末端 NH ₄ 計 (隔膜式) の計測値を目標設定値に維持 NH ₄ 計台数: 1 台/池
風量調節弁	電油操作式バタフライ弁 8 台 (各池前半・後半 × 4 池)、風量 PID 制御
散気装置	低圧損型メンブレンパネル式、散気水深 5.0 m

3.2 実証方法

反応タンク流入汚水量は成り行き条件とし、1 月 14 日から 2 月 5 日までの間（以下、評価期間と記載）に計 7 回の 24 時間採水調査を実施して検証項目①に関する処理性能を評価した。採水調査は、自動採水器を 1 系の初沈出口と終沈出口に設置し、参考として既設の 2 系と 3 系についても同様に試料を採水し分析を行った。主要な分析項目は BOD、T-N、T-P とし、公定法にて測定を実施した。検証項目②については、日最大汚水量 50,000 m³/日規模の反応タンク設備および送風機設備を想定し、A2O 法と実証技術のそれぞれで水処理電力量および処理水 1 m³当たりの消費電力量（原単位）を試算し比較した。検証項目③については、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。

4. 結果および考察

4.1 運転状況

Fig. 3 に実証試験期間中（令和 2 年 1 月～令和 2 年

3月)の実証系列における流入汚水量とHRTの日間変動を示す。降雨の影響が大きかったと推定される1月28日~1月31日の期間を除くと、流入汚水量は平均27,400 m³/日、HRTは10.1 hrであり、目標値である12.8 hr (A2O法の設計HRT 16 hrの20%減)以下であった。

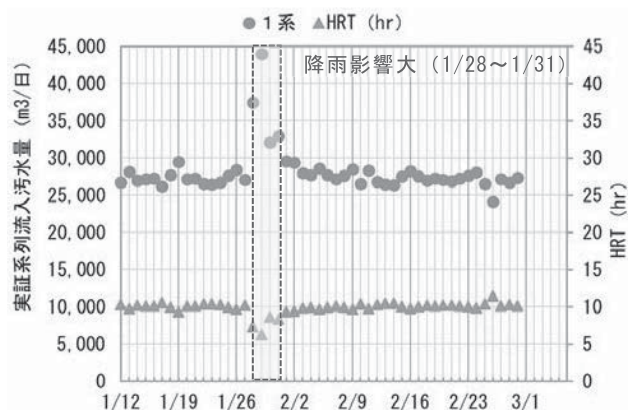


Fig. 3 Daily change of inflow and HRT

また、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 Fig. 4 に示す。前述した降雨の影響が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類似しており、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。

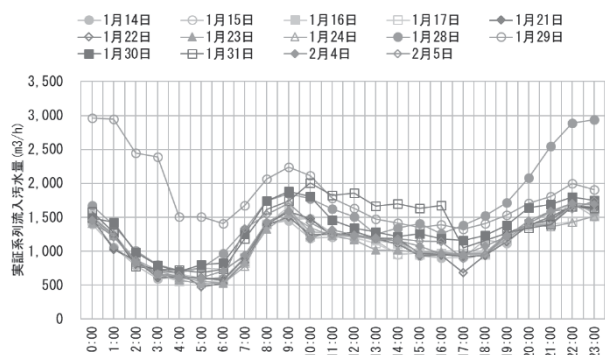


Fig. 4 Diurnal fluctuation of inflow

4.2 処理水質・処理能力の評価

Fig. 5 に評価期間における実証系列の初沈流水および終沈流水のBOD, T-N, T-Pの測定結果を示す。また参考比較のために、標準法で運用する2系、担体投入型ステップA2O法で運用する3系(3-3, 3-4の2池)について、終沈流水の水質を併記した。

全7回の採水調査の結果、実証系列ではいずれの調査日においても水質目標値 (BOD: 15 mg/L 以下, T-N: 20 mg/L 以下, T-P: 3 mg/L 以下) を満足することを確認した。また、降雨日を除く窒素除去率は

59%~70%、平均除去率は63.6%と算出され、A2O法の除去率60~70%³⁾と同等であった。なお、降雨日を除いた調査日のHRTは8.9 hr~10.3 hr (平均9.9 hr)となり、目標HRT 12.8 hr未満での処理が可能であることを確認した。

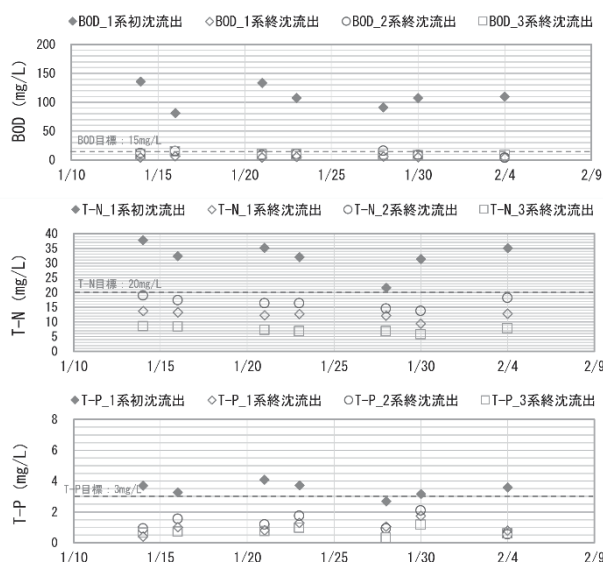


Fig. 5 Influent (primary clarifier effluent) and effluent water quality

4.3 運転電力、維持管理業務負担の評価

机上検討の結果、水処理運転電力はA2O法比で23%削減と試算された。また、本技術はA2O法に必要な無酸素タンクの攪拌機、硝化液循環ポンプ等に係る保守点検項目が削減可能であることから、A2O法に比べて維持管理性が向上すると判断した。

5. 結 論

令和元年度実証研究の結果、本技術により従来型高度処理に比して短いHRTでA2O法と同等の処理水質が得られることを確認した。今後は四季を通じた処理性能の確認と維持管理性等の評価を実施していく。

参考文献

- 1) 国土交通省: “良好な水環境創出のための高度処理実施率 (平成29年度末)” http://www.mlit.go.jp/mizukukudo/sewera/ge/crd_sewera_ge_tk_000104.html
- 2) 中大輔, 高橋宏幸, 橋本敏一, 松井 稔, 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, d 第32回環境システム計測制御学会研究発表会 (2020)
- 3) 日本下水道協会: 下水道施設計画・設計指針と解説 (後編) pp. 214 (2019)