

## 〈研究発表〉

# 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

初山 祥太郎<sup>1)</sup>, 中村 高士<sup>1)</sup>, 鈴木 重浩<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 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)

<sup>2)</sup>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)

<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

「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、平成 31 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た。本技術は、既設躯体をそのまま活用し、動力設備の追加無しで、高度処理並みの水質を確保するとともに、従来の高度処理技術と比べて短い滞留時間で処理が可能である。更に、ICT と AI を活用して運転電力量の最小化を実現する。本発表では、1 年 3 か月間の長期実証における処理性能の実証結果について報告する。

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 2021.6.25

EICA: 26(2・3) 48-50

## 1. はじめに

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。前報では、令和 2 年 1 月から 2 月までの実証結果から、本技術が従来型高度処理に比して短い水理学的滞留時間 (HRT) で A2O 法と同等の処理水質が得られたことを報告した<sup>1)</sup>。本稿では、1 年 3 か月間の長期実証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 を活用し従来の高度処理法 (A2O 法など) と比べて、短い HRT で高度処理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 系水処理施設において、

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 7 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)

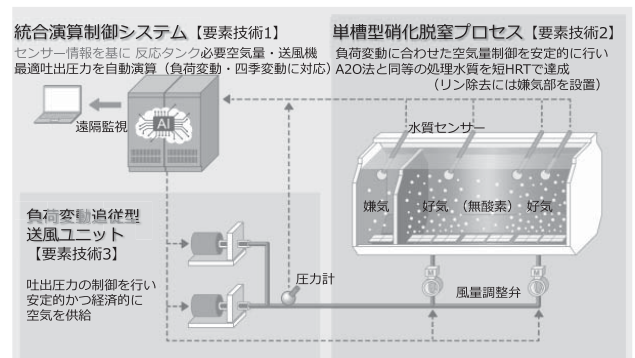


Fig. 1 Conceptual diagram of demonstration technology

令和 2 年 1 月から令和 3 年 3 月にかけて連続運転を実施し、その結果をもとに、Table 1 に記載した検証項目

目①②③について評価した。

## 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ゾーン及び無酸素ゾーン（以下、「脱窒ゾーン」と記載）を形成する。また、前半好気ゾーンの末端にNO<sub>x</sub>-N計を、後半好気ゾーンの末端付近にNH<sub>4</sub>-N計を設置する。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、前半送風量をNO<sub>x</sub>-N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、後半送風量をNH<sub>4</sub>-N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、反応タンク末端で硝化を完了させる。【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<sup>2)</sup>。

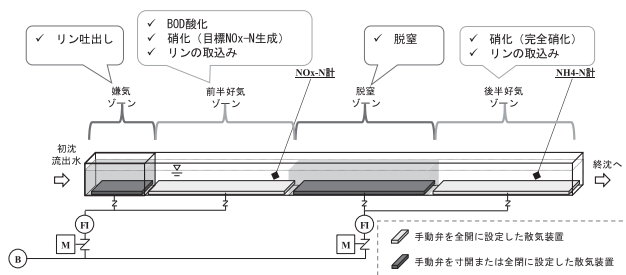


Fig. 2 Schematic flow of single tank nitrification denitrification process flow

## 3. 実証施設および実証方法

### 3.1 実証施設の概要

実証は1系反応タンク設備（4池）と送風機設備を改造して実施した。Table 2に改造後の1系反応タンクおよび送風機設備の概要を示す。実証フィールドである成瀬クリーンセンターは、現有処理能力112,700

Table 2 Outline of demonstration plant facility and equipment

設備	概要
反応タンク	幅7.1m×長67.5m×有効水深6.0m（有効容積2,875m <sup>3</sup> ）×4池 平成30年度平均流入水量25,914m <sup>3</sup> /日/4池（HRT=10.9hr）
水質センサー・風量制御	NO <sub>x</sub> 計台数：1台/池 反応タンク前半風量制御でタンク中間NO <sub>x</sub> 計（UV式）の計測値を目標設定値に維持 NH <sub>4</sub> 計台数：1台/池 反応タンク後半風量制御でタンク末端NH <sub>4</sub> 計（隔膜式）の計測値を目標設定値に維持
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5.0m

m<sup>3</sup>/日の分流式下水処理場である。処理系列は全3系列から構成され、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）が反応タンク流入部に疑似嫌気領域を設けた標準活性汚泥法、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。

### 3.2 実証方法

検証項目①については、令和2年1月14日から令和3年3月5日までの間に計34回の採水調査を実施してHRTと処理水質を評価した。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、比較対象として既設の2系と3系についても同様に試料を採水し水質分析を行った。主要な分析項目はBOD、T-N、T-Pとし、下水試験方法に準拠して分析を実施した。検証項目②については、日最大汚水量50,000m<sup>3</sup>/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に実証系列における流入汚水量とHRTの日

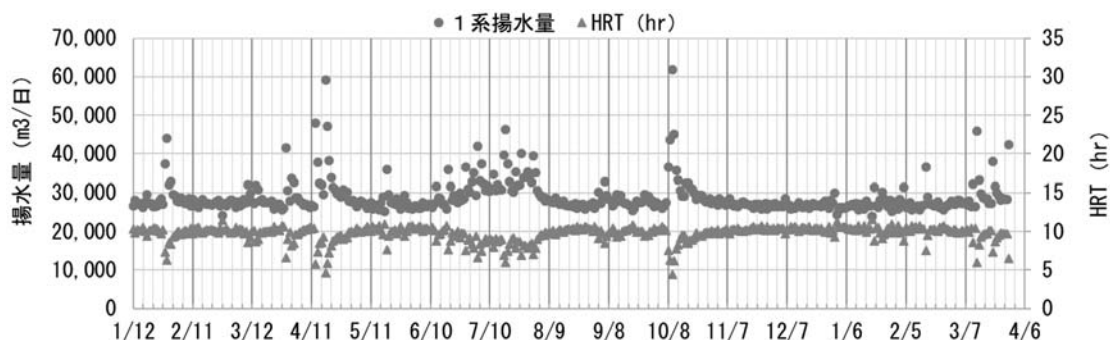


Fig. 3 Daily change of inflow and HRT

間変動を示す。流入汚水量は平均 28,788 m<sup>3</sup>/日 (23,899~61,791 m<sup>3</sup>/日), HRT は平均 9.7 hr (4.5~11.5 hr) であった。また、採水調査時の MLSS の平均値は 1,864 mg/L (1,520~2,130 mg/L) であった。

#### 4.2 検証項目① (HRT・処理水質) の評価

Fig. 4 に実証系列の初沈流出水および終沈流出水の BOD, T-N, T-P の測定結果を示す。同図には、比較対象である、標準活性汚泥法で運用する 2 系、担体投入型ステップ流入式嫌気無酸素好気法で運用する 3 系 (3-3, 3-4 の 2 池) について、終沈流出水の水質を併せて示した。実証系列においては、全 34 回の採水調査の結果、実証系列で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 61%~74%, 平均除去率は 68.1% と算出され、A2O 法における一般的な除去率 60~70%<sup>3)</sup> 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~10.6 hr (平均 10.1 hr) となり、目標 HRT 12.8 hr (A2O 法の設計 HRT 16 hr の 20% 減) 未満での処理が可能であることを確認した。

2 系の終沈流出水の T-P 濃度は、1 系とほぼ同等の値を推移した。この理由として、2 系は反応タンク流入部に疑似嫌気領域を設けているため、リンの除去が進行し易かったと考えられた。

3 系は、担体投入型ステップ流入式嫌気無酸素好気法で運用されており、終沈流出水の T-P 濃度は、1 系と比べてやや低濃度である傾向を示した。

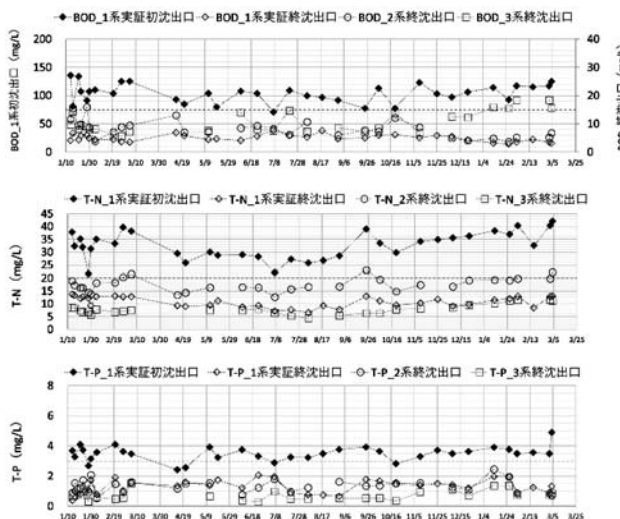


Fig. 4 Influent (primary clarifier effluent) and effluent water

#### 4.3 検証項目②, ③ (運転電力, 維持管理業務負担) の評価

本技術と A2O 法の消費電力の比較を Fig. 5 に示す。水処理電力は A2O 法比で 29% 削減と試算された。また、本技術は A2O 法で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考えられる。

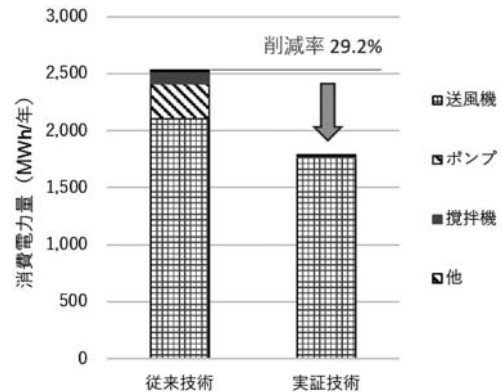


Fig. 5 Comparison of power consumption

## 5. 結 論

令和 2 年 1 月~令和 3 年 3 月の長期実証の結果、単槽型硝化脱窒プロセスにより四季を通じて A2O 法に比して短い HRT で、かつ A2O 法と同等の処理水質が得られることを確認した。今後は処理性能の更なる向上や省エネ等の検討を実施していく。

#### 参考文献

- 1) 初山祥太郎, 中村高士, 鈴木重浩, 橋本敏一, 松井穰, 藤井都弥子: 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, 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. 37-39, (2020)
- 2) 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 を活用した風量制御の性能及び特性, 第 33 回環境システム計測制御学会研究発表会 (2021)
- 3) 日本下水道協会: 下水道施設計画・設計指針と解説 (後編) p. 214, (2019)