

一般論文

下水処理施設に於ける アンモニア態窒素濃度計の活用検討

Research on Utilization of $\text{NH}_4\text{-N}$ Sensors in Sewage Treatment Plants

長 塩 尚 之*	田 端 隆 雄*
N. Nagashio	T. Tabata
宇 代 晋 也*	竹 原 輝 巳*
S. Ushiro	T. Takehara

概要

近年、地球温暖化対策は喫緊の課題であり、その解決法の一つとして、下水処理場に於いて省エネを目的とした硝化制御が検討・実用化されつつある。しかし、環境条件の異なる処理場に対して硝化制御を導入した際の効果の大きさを、事前に見極めることは困難である。そこで、今回、近年、精度や耐久性が向上しているアンモニア態窒素濃度計を実機場に設置し、その保守性等の検証を行うと共に、実制御への適用可能性を検討した。

一般的に、DO（溶存酸素）濃度一定制御等を行っている処理施設では、硝化が不十分になることを懸念して、余裕を持った運転制御を行いがちである。今回の研究では、アンモニア濃度を計測する事で、その裕度を低減する事が可能となり、新たな自動化設備を導入することなく、一定の省エネが実現できることを確認した。

今後、自動制御を導入することで、更なる省エネ率の向上も実現可能である。また、処理水量制御や負荷準化を行うことによって、より一層の水質安定化と機器の有効活用が期待できる。

Synopsis

In recent years, measures against global warming are an urgent task. As one solution, the nitrification control for saving energy in sewage treatment plants has been studied and put into practical use. However, it is difficult to predict the effectiveness of the nitrification control in different plants, in advance. Therefore we decided to investigate the possibility of ammonium ion sensor adaptation in practical use, and also its maintainability, because the recent improvement of its accuracy and durability is very remarkable.

In the treatment facility operated by controlling the Dissolved Oxygen (DO) concentration to be constant, they consider the nitrification process is important and tend to operate the system with a big margin. In this research, we found a possibility to minimize the margin and save energy by measuring the ammonium ion concentration, without introducing any additional automation equipment.

From now on, we believe further energy saving can be realized by introducing automatic control system and further water quality stability and more effective utilization of the treatment equipment can be expected by the water supply control and the influent load leveling.

1. はじめに

今日、下水処理場に於いて、「良好な処理水質の維持」と「省エネ」は、最も重要な課題である。活性汚

泥法等の好気処理を行っている下水処理場では、反応タンクに空気を送る送風機が最も多くのエネルギーを消費しており、その省エネ制御は、重要な課題の一つ

*電力・環境システム事業本部

となっている。

これまで、省エネを目的に、下水中のアンモニアを効率的に酸化（硝化）するため、アンモニア態窒素濃度計（以下、アンモニアセンサと略す）を活用した硝化制御の研究がなされてきた^{(1) (2) (3) (4)}。

しかし、一部の大きな下水処理場を除き、大多数の処理場では、流量比例制御やDO一定制御（以下、DO制御と略す）で反応タンクへの送気量調整を行っているのが実情である。

この理由として、従来のアンモニアセンサは、測定精度・長期安定性・メンテナンス性に問題があったことや、アンモニア態窒素濃度（以下、NH₄-N濃度と略す）を指標とした硝化制御の構築に要する初期費用に対して、適正な費用対効果が期待できるかという懸念が払拭されなかったこと等が考えられる。

しかし、近年、アンモニアセンサは、その心臓部であるイオン電極や参照電極の改良が進んでおり、安定した計測と優れたメンテナンス性を具備した製品が開発されつつあると言われている⁽⁵⁾。

今回の調査では、アンモニアセンサで処理槽のNH₄-N濃度の常時監視が可能であるか否かの検証を行い、更に、処理状況の「見える化システム」を構築した。

また、NH₄-N濃度に基づいて、DO制御設定値を手動で変更する事で、処理水質を維持しつつ、一定の省エネ効果が得られることを確認したので、ここに報告する。

今後、負荷量の平準化や自動制御を行うことで、更なる省エネ・省コストの実現が期待される。

2. 施設と方法

2.1 対象施設

今回の調査は、神奈川県大和市の大和市北部浄化センターで、2013年4月～2015年3月の期間行った。大和市北部浄化センターの諸元、及び、概要をそれぞれ表1、図1に示す

表1 大和市北部浄化センター諸元

敷地面積 (ha)	3.54
処理方式	標準活性汚泥法
排除方式	分流式
処理面積 (ha)	604
処理能力 (m ³ /日)	44,000
放流先	境川
計画処理人口 (人)	62,216

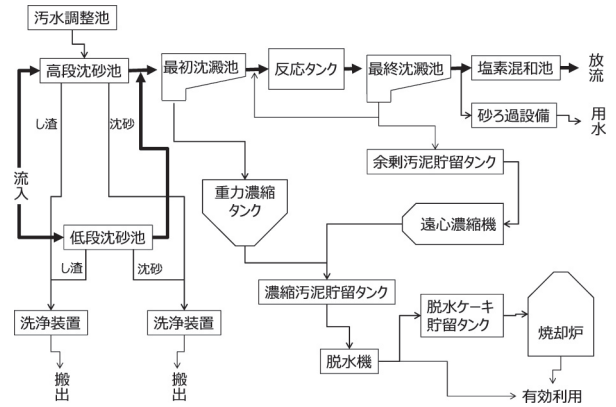


図1 調査施設の概要

大和市北部浄化センターの特徴として、「高段」と「低段」の二つの沈砂池を有していることがある。低段の沈砂池流出水は、ポンプアップされて高段の沈砂池流出水と合流して最初沈殿池に送られ、その越流水が微生物処理を行う反応タンク（生物反応槽）に入る。

反応タンクは、6系列あり、一つの系列は間仕切りで5槽に分かれている。今回の調査は、第4系列で行った。

水処理施設フローを図2に示す。ここでは、一般的なDO制御を行っている。

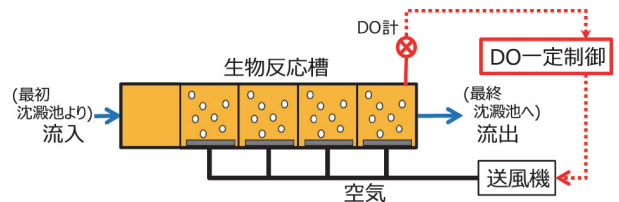


図2 既設反応槽処理フロー

2.2 設備・機器

今回の調査では、第4系列の2～5槽目までの4つの槽にアンモニアセンサを設置し、現場でそれらの値を確認すると共に、試験的に、インターネット回線を通じた遠隔監視も行った（図3）。

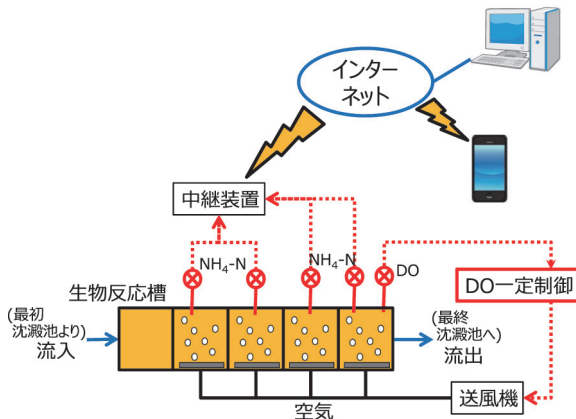


図3 調査系の反応槽処理フロー

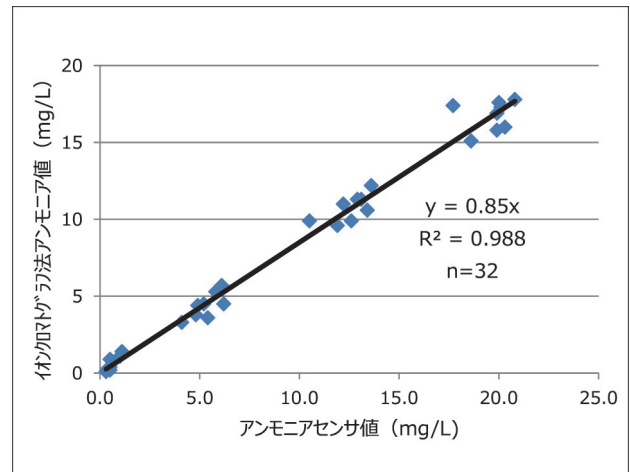


図4 アンモニアセンサ値とIC法分析値の相関

また、アンモニアセンサが実使用に耐える物であるか否かを確認するために、半年以上にわたって、一切の保守・校正等を行わずに使用した。

2. 2 分析方法

NH₄-N濃度の精密な分析は、イオンクロマトグラフ法（以下、IC法）により行った。また、現場での簡易な日常分析は、デジタルパックテスト（株式会社共立理化学研究所製。以下、パックテストと略す）を利用した。

これらの値を、アンモニアセンサ値と照合し、相関性等を把握した。

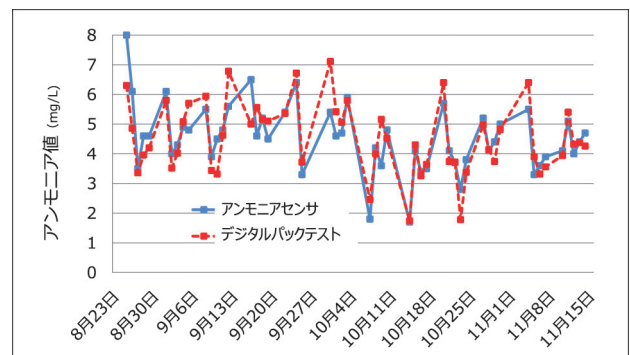


図5 NH₄-N値の経日変化例（第4槽）

3. 実験結果

3. 1 アンモニアセンサの精度と安定性

流れ方向に、4つの槽で採水し、アンモニアセンサによる計測値とIC法によるNH₄-N値を比較した（図4）。

その結果、両者は非常に高い相関性（相関係数0.988）を示すことが分かった。

また、長期的な安定性を評価する目的で、現場にて、センサ値とパックテスト値との比較を行ったところ、図5に示すように、長期間にわたって、両者は良い一致を示した。今回の調査では、半年以上、センサの校正・洗浄等の保守を行わなかったが、大きな支障は無く、安定した測定が可能であることを確認した。

3. 2 「見える化」の効果

上記の様に、アンモニアセンサを設置することにより、常時、NH₄-N値を把握することが可能になった。その結果、終末槽（今回の場合は第5槽）のNH₄-N値が十分に低く、更に、その前の槽の値も低い場合には、送気量を下げる（目標値として設定したDO値を下げる）ことが可能になると考えられた（図6）。

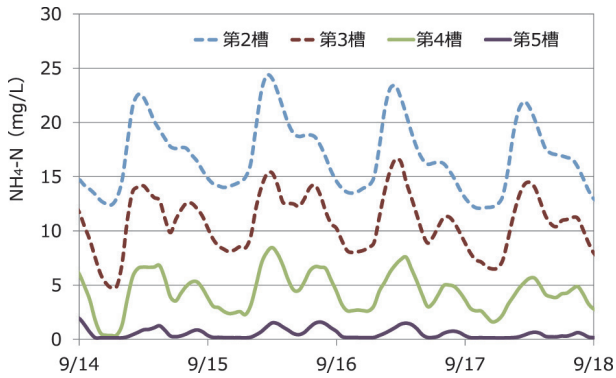


図6 各槽のNH₄-N値の経時変化例

そこで、各槽のNH₄-N値を判断材料として、表2に示すように、目標とするDO設定値の変更を行った。その結果、常時監視後の平均DOは、常時監視前の2.4mg/Lから1.6mg/Lに低減し、10~15%の省エネを達成した(図7、図8)。

尚、8時~13時は負荷が高いので、高めのDO設定値を採用した。

表2 省エネ運転用 第5槽DO設定値変更手順

ステップ	1	2	3
時期	~ 2013.11	2013.12~2014.7	2014.8 ~
目標DO設定値	2.0 ± 0.5	1.5 ± 0.5	1.0 ± 0.5
8時~13時のDO設定値	2.0 ± 0.5	3.5 ± 0.5	3.5 ± 0.5

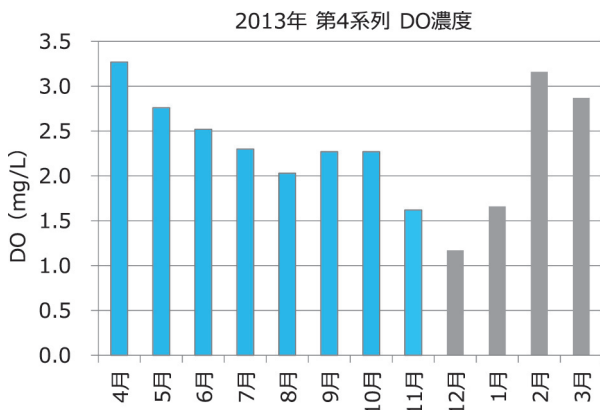


図7 アンモニアセンサ設置前の月平均DO

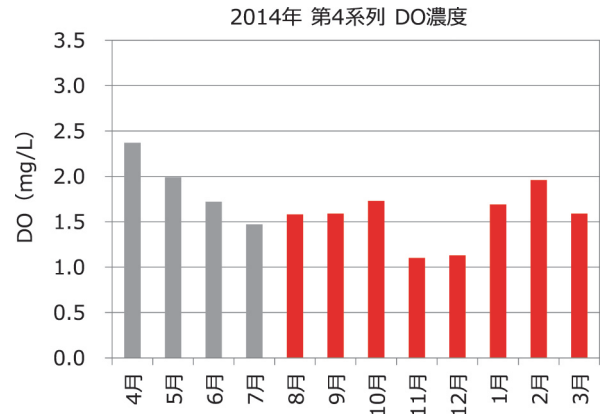


図8 アンモニアセンサ設置後の月平均DO

4. アンモニア態窒素常時監視システム

上記の成果が得られたことで、「見える化」システムの有効性をご評価頂き、「アンモニア態窒素常時監視システム」の開発に着手した。

4.1 システムの概要

本システムは、アンモニアセンサ、変換器、中央監視装置で構成されている。(図9)

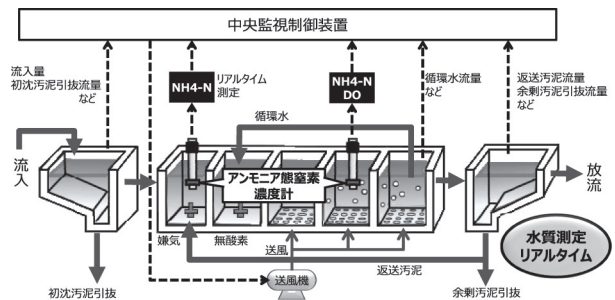


図9 アンモニア態窒素常時監視システム

上述の様に、アンモニアセンサは、維持管理性にも優れており、十分、実使用に耐えると考えられたので、今回は、反応タンク内の流入槽と終端槽付近の2カ所に設置して、流入水と処理水のNH₄-N濃度を計測することとした。

中央監視装置では、計測したNH₄-N値をリアルタイムに数値表示するとともに、トレンドグラフを作成する事で、過去からの経時変化を確認する事ができる。また、グラフを並列表示して、NH₄-N値の変化を確認することで、反応タンク内での硝化進行状況の監視が可能となる。この様に、硝化反応を監視しながら送気量を調整することで、水質が安定し、併せて、適切な省エネを図ることが可能となった。

4. 2 今回納入したシステム

今回納入したシステムでは、アンモニアセンサを2台設置し、ジャンクションボックスを用いて、5槽構造の反応タンク内の任意の槽に設置できる構造（基本設置位置は、2槽目と4槽目）とした。

中央監視装置には、既設の監視制御装置であるAQUAMATE-4500を使用し、NH₄-N濃度の監視機能を増設した。

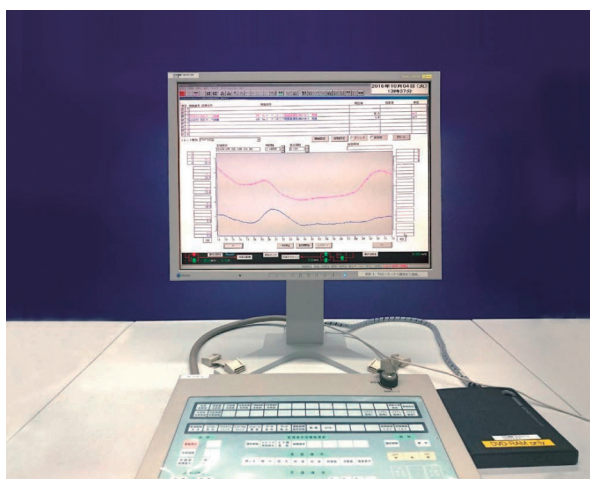


図10 中央監視装置

5. 考察

5. 1 窒素負荷量と残存NH₄-N濃度の関係

今回、処理水の残存NH₄-N濃度は、日平均で2mg/L以下を目標にしており、殆どの時間帯で1mg/L以下であったが、短時間では1mg/Lを、瞬間的には2mg/Lを超える時もあった。

この挙動を詳しく見てみると、処理水のNH₄-N濃度の上昇は、流入水の窒素負荷（第1槽のNH₄-N濃度×流量）の増大と非常に良く一致していることが分かった（図11）。

この結果は、処理水質の安定化には、流入窒素負荷の平準化が非常に有効である事を示唆しており、今後、本システムを活用することで、より一層の水質向上が実現できると考えている。

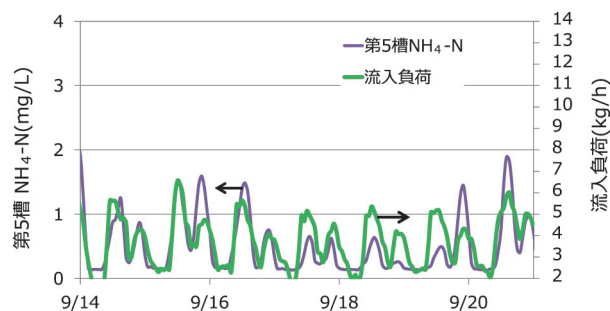


図11 流入負荷と最終槽NH₄-Nの関係

6. おわりに

「アンモニア態窒素濃度常時監視システム」は、当社が推進するSPSS-W (Smart Power Supply Systems-Water) の一つであり、今後、広く下水処理場での「水質安定」と「省エネルギー」に貢献できるものと期待している。

7. 謝辞

本調査および執筆に当たり、ご協力を賜りました、神奈川県大和市・北部浄化センター様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 古川 他：「硝化制御による曝気風量の節減」、環境システム計測制御学会誌, Vol.7 No.2 pp.39-42 (2002)
- (2) 山中 他：「風量削減と窒素除去の両立を図る曝気風量制御の実プロセスへの適用」、環境システム計測制御学会誌, Vol.18 No.2/3 pp.14-22 (2013)
- (3) 西田、山野 他：「アンモニア計を活用した高効率な硝化制御システムの実証研究」、環境システム計測制御学会誌, Vol.20, No.2/3, pp.31-35 (2015)
- (4) B-DASH プロジェクト No.14
ICT を活用した効率的な硝化運転制御技術導入ガイドライン(国総研資料 第938号) (2016)
- (5) 室賀 他：「反応槽向けアンモニア態窒素計の開発」、環境システム計測制御学会誌, Vol.19 No.2/3 pp.140-141 (2014)

執筆者紹介



長塩 尚之 Naoyuki Nagashio

電力・環境システム事業本部
システムエンジニアリング部
ソリューション技術部
主幹



田端 隆雄 Takao Tabata

電力・環境システム事業本部
システムエンジニアリング部
ソリューション技術部
グループ長



宇代 晋也 Shinya Ushiro

電力・環境システム事業本部
システムエンジニアリング部
ソリューション技術部
主幹



竹原 輝巳 Terumi Takehara

電力・環境システム事業本部
システムエンジニアリング部
ソリューション技術部
主査