

一般論文

アンモニア計による送気量 フィードフォワード制御技術

Feedforward Aeration Control Technology
by Ammonia Sensors

漆垣謙次 K. Urushigaki	田端隆雄 T. Tabata
竹原輝巳 T. Takehara	長塩尚之 M. Nagashio
今岡博義 H. Imaoka	大久保章 A. Okubo
藤原基伸 M. Fujiwara	

概要

硝化促進の活性汚泥法を対象とした、アンモニア計による送気量の自動制御技術が、地方共同法人日本下水道事業団（以下、JS）の新技术に選定された。本技術により、DO（溶存酸素）一定制御に比べて概ね10%以上の送気量の低減と、処理水質（アンモニア性窒素濃度）の安定化が期待できる。

Synopsis

The automatic aeration control technology by ammonia sensors, what is applied to activated sludge process with nitrification, was designated as a new technology on JS (Japan Sewage Works Agency) Innovation Program.

This technology is expected to reduce the amount of aeration by more than 10% in comparison with conventional DO (Dissolved Oxygen) control process, and to stabilize the effluent water quality (such as ammonium concentration).

1. はじめに

下水処理では、反応タンクでの曝気に多くの電力を必要とすることから、有機物や窒素（主にアンモニア性窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ））などの流入負荷量の時間変動に応じて送気量を適正に制御し、省エネ化と処理水質の安定化の両立をはかる必要がある。特に $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化には多くの送気量を必要とすることから、硝化促進運転を行っている処理場では、送気量の適正化とそれによる省エネ化が重要な課題となっている。

当社は、平成28年度から平成29年度に、JSおよび株式会社日新システムズと共同研究を行い、水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を連続的に計測するアンモニア計（以下、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 計）を活用して、反応タンクの送気量を適正に制御する技術を開発した⁽¹⁾。このたび本技術が、「アンモニア計による送気量フィードフォワード制御技術」として、JSの新技术導入制度における新技术I類に選定されたので、その内容について報告する。

2. 技術の概要

2.1 制御フローの概要

本技術は、反応タンク内の上流側と下流側にそれぞれ $\text{NH}_4\text{-N}$ 計を設置し、上流側 $\text{NH}_4\text{-N}$ 計（以下、前段 $\text{NH}_4\text{-N}$ 計）の計測値によるフィードフォワード制御（以下、FF制御）と、下流側 $\text{NH}_4\text{-N}$ 計（以下、後段 $\text{NH}_4\text{-N}$ 計）の計測値によるフィードバック補正（以下、FB補正）を組み合わせ、反応タンク送気量の自動制御を行う技術である。本技術の概要を図1に示す。

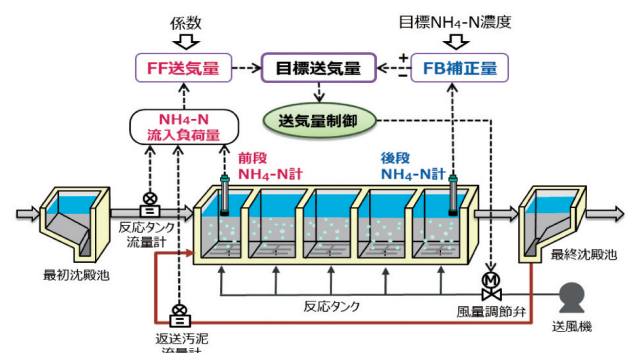


図1 制御フローの概要

2. 2 技術の原理

2. 2. 1 FF制御の原理

反応タンクにおける必要酸素量の時間変動は、主に有機物やNH₄-Nの流入負荷変動に依存する。このことから、流入水中のこれら濃度比率やSRT（固形物滞留時間）などの運転条件が大きく変わらない範囲では、流入負荷量の指標にNH₄-N濃度を用いることには一定の妥当性があると考え、前段NH₄-N計による計測値（以下、前段NH₄-N濃度）と当該箇所における流下水量から反応タンクへのNH₄-N流入負荷量を推定し、これに比例した送気量（FF送気量）を演算・出力する。

2. 2. 2 FB補正の原理

上述のFF制御では運転操作の結果を制御系へ反映する仕組みがないため、処理水NH₄-N濃度を安定化するには一定の限界がある。このため、後段NH₄-N計による計測値（以下、後段NH₄-N濃度）の計測値と目標値との偏差に応じた送気量（FB補正量）によってFF送気量を補正することにより、処理水NH₄-N濃度の安定化をはかる。すなわち、後段NH₄-N濃度の計測値が目標値よりも高い場合は送気量を増やし、当該の計測値が目標値よりも低い場合は送気量を減らすことによって、後段NH₄-N濃度を目標値付近に維持することが可能となる。

2. 3 構成設備

本技術の標準的な設備構成例を図2に示す。本技術は、反応タンク内のNH₄-N濃度を計測する「NH₄-N計」や、制御パラメータ値の設定や制御目標値の演算および出力を行なう「操作パネル付コントローラ盤」、更には実績データから運転状況や処理状況を表示する「運転支援装置」から構成される。ただし処理場によっては、既設のコントローラ盤や監視制御装置と連携することが可能である。

ここで「運転支援装置」は、NH₄-N濃度や送気量などの実績データから、NH₄-N負荷量と送気量の関係やNH₄-N濃度などを表示する機能を有し、これらの情報に基づいてFF送気量を演算するための係数を決定する。

2. 4 技術の特徴

DO一定制御など、従来の技術では、流入負荷量の急激な変動に追従した送気量の制御が難しく、処理水質を担保するために余裕をもった送気量で運転するケースが多いとされている。すなわち、制御目標値は流入負荷が高い時間帯に合わせて設定される場合が多く、一般に流入負荷が低い時間帯では送気量が

過剰になりやすい傾向にある。

流入負荷量の変動に対する後段NH₄-N濃度と送気量の挙動について、本技術と従来技術（DO一定制御）を比較したイメージ図を図3に示す。従来技術の場合、流入負荷量が低い時間帯でも目標とするDO濃度が維持されるよう送気量を制御するため、必要酸素量に対して送気量が過剰になりやすい。また、制御動作の時間遅れにより、流入負荷量が急激に増加した場合は制御操作が追い付かず、送気量不足によって硝化が不完全になることが想定される。

これに対して本技術は、NH₄-N流入負荷量を指標に反応タンク流入負荷量の変動にリアルタイムに追従するFF制御のため、従来技術に比べて必要酸素量に対する送気量の適正化が可能となる。これに加えて、後段NH₄-N濃度の目標値との偏差に応じて送気量を補正することにより、処理水NH₄-N濃度の安定化がはかれる。

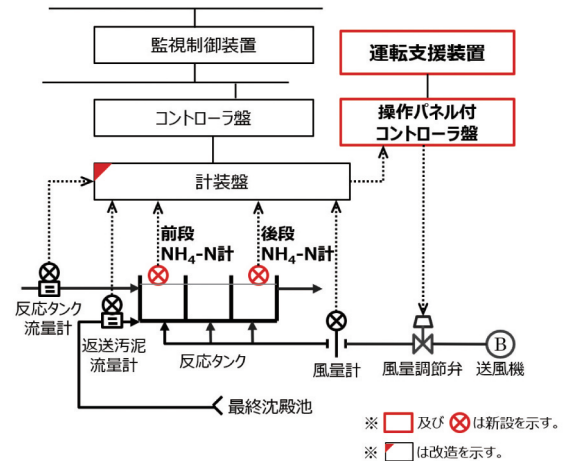


図2 標準的な設備構成例

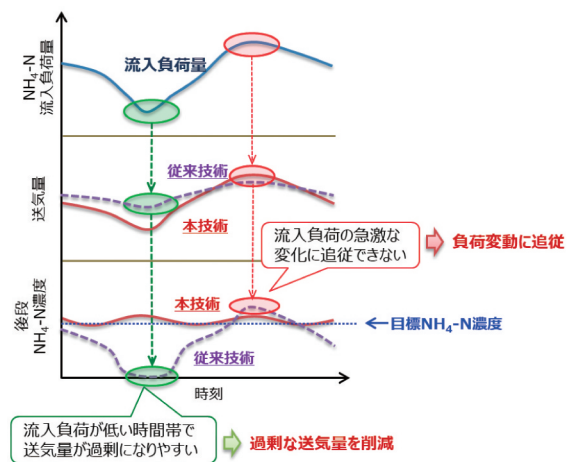


図3 従来技術との比較イメージ

3. 導入効果

3.1 送気量の低減による省エネ化

本技術により、DO一定制御に対して概ね10%以上の送気量の低減が期待できる。先述の共同研究における実処理場での実証結果より、DO一定制御に対する送気量の低減効果（送気倍率の低減率）を整理して図4に示す。ここでは、本技術の制御目標値である後段NH₄-N濃度を1.0mg/Lもしくは2.0mg/Lとして運転を行った。また比較対象としたDO一定制御での目標DO濃度を2.0mg/Lとした。

これより本技術による送気倍率の期間平均値は、DO一定制御のそれに対して8~18%低減し、これら全期間の平均値は約12%であった。このことから、本技術はDO一定制御に対して概ね10%以上の低減が見込めるといえる。またこれによって送風機電力量の削減が期待できるが、具体的な電力量の削減効果については、送風機の仕様や動力特性、運転条件などに依存する。

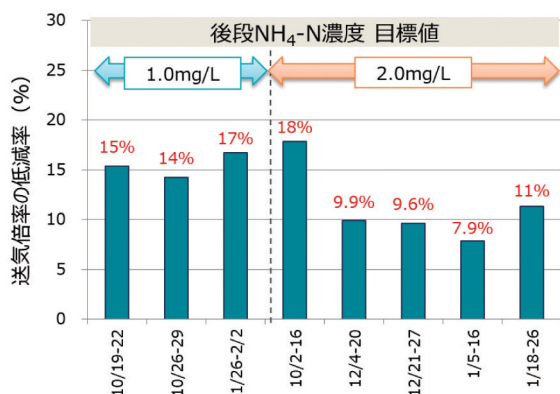


図4 送気量の低減効果（対DO一定制御）

3.2 処理水NH₄-N濃度の安定化

後段NH₄-N濃度に応じて送気量のFB補正を行なうことによって、後段NH₄-N濃度を目標値付近に維持することが可能となり、処理水NH₄-N濃度の安定化がはかれる。

先の実処理場での実証結果より、後段NH₄-N濃度の目標値を2.0mg/Lとして運転を行った時の、当該計測値の挙動例を図5に示す。この場合、後段NH₄-N濃度の計測値は1.8~2.1mg/Lの範囲で推移し、目標値に対する変動率は概ね±10%以内に維持されたことから、これによって処理水NH₄-N濃度の安定化が見込める。

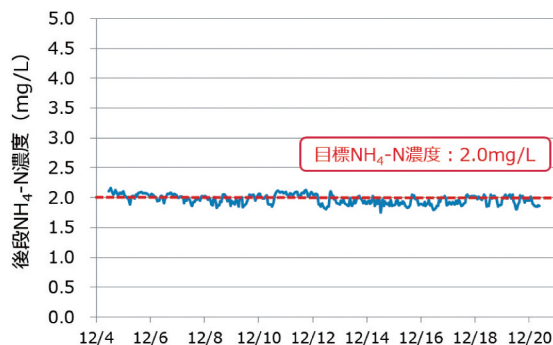


図5 後段NH₄-N濃度の挙動例

4. 適用範囲

本技術は、以下の全ての条件に該当する施設を適用範囲とする。

- ① 水処理方法：硝化促進を行なう活性汚泥法施設（OD（オキシデーションディッチ法）法を除く）
（例）標準活性汚泥法（硝化促進）、嫌気好気活性汚泥法（硝化促進）、循環式硝化脱窒法、嫌無酸素好気法、ステップ流入式多段硝化脱窒法
- ② 対象水量：制御ユニット（※）当たりの対象水量が概ね1万m³/日以上施設
※NH₄-N計（2台）やコントローラなど、本技術を構成する設備の最小単位
- ③ 導入効果：FS（フィジビリティスタディ）により導入効果（省エネによる導入費回収等）が見込める施設

5. まとめ

本技術は、NH₄-N流入負荷量を指標に適正な送気量を供給する制御技術であり、硝化促進を行なう標準活性汚泥法施設や高度処理施設への導入が期待される。

当社は今後、下水処理場の新設工事や更新工事などにおいて、本技術の導入を積極的に推進し、下水処理場の省エネ化と環境保全に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 宇代、田端 他：「流入窒素負荷量と送風量のハイブリッド型最適制御技術の実規模実証」、第55回下水道研究発表会講演集、pp.962-964(2018)

執筆者紹介



漆垣 謙次 Kenji Urushigaki
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
SPSS推進技術部 主査



田端 隆雄 Takao Tabata
研究開発本部 材料技術開発研究所
主幹



竹原 輝巳 Terumi Takehara
研究開発本部 技術開発推進センター
主幹



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
SPSS推進技術部
主幹 博士(工学)



今岡 博義 Hiroyoshi Imaoka
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
環境技術部 グループ長



大久保 章 Akira Okubo
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
SPSS推進技術部 グループ長



藤原 基伸 Motonobu Fujiwara
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
SPSS推進技術部長