

〈研究発表〉

アンモニア計を用いた反応タンク風量制御について

近藤 良¹⁾, 勝木 弘樹¹⁾

¹⁾ 横浜市環境創造局 下水道施設部下水道設備課
(〒231-0005 横浜市中区本町6-50-10 E-mail: ks-setsubi@city.yokohama.jp)

概要

横浜市水再生センターの反応タンクでは、DO計を用いて溶存酸素濃度を計測し、その濃度に応じて送風機、散気装置による曝気風量を制御しているが、送風機の電力使用量は、下水処理施設全体の多くを占めており、省エネルギー化による温暖化対策上の課題となっている。一方で、アンモニア計を用いて反応タンクのアンモニア態窒素濃度を計測し、その濃度に応じた曝気風量制御は、安定的な水処理を確保しつつ省エネルギー化が期待できる。今回は、アンモニア計を導入した風量制御の現状と展望について報告する。

キーワード：下水処理, アンモニア態窒素濃度, 溶存酸素濃度, 送風量制御, 電力削減

原稿受付 2022.7.1

EICA: 27(2・3) 23-25

1. はじめに

横浜市では、昭和37年に中部水再生センターが最初の終末処理場として稼動して以来、現在では11か所の水再生センターで水処理を行っており、下水道普及率はほぼ100%に達している。

また、横浜市下水道事業では、更新時における高効率・省エネ型機器の導入や再生可能エネルギーの創出・活用、下水再生水の有効利用等の取組を進めており、温室効果ガス削減及び良好な水環境の創出に取り組んでいる。例として、水再生センターの屋上を活用した太陽光発電や再生水によるせせらぎの創出を行っている。

各水再生センターでは活性汚泥法での水処理を行っており、反応タンク内での硝化促進に要する送風機使用電力量は下水処理施設全体の多くを占めており、送風機の使用電力を削減することは温室効果ガス削減に有効である。

横浜市水再生センターの反応タンクではタンク内の水質に応じて硝化に必要な曝気風量を増減させる制御を行っており、例として溶存酸素濃度(以下、DO)計を用いたDO一定制御が挙げられる。今回、安定的な水処理機能を確保しつつ曝気風量を低減することを目的にアンモニア計を反応タンクに導入し、アンモニア態窒素(以下、 $\text{NH}_4\text{-N}$)濃度に応じて曝気風量を調整する制御を構築した。

本稿では、アンモニア計を用いた反応タンク風量制御の導入状況、制御の詳細及び今後の展望について報告する。

2. 横浜市水再生センターの概要

横浜市には北部第一、北部第二、神奈川、中部、南部、金沢、港北、都筑、西部、栄第一、栄第二の全11水再生センターが稼動している(Fig. 1)。



Fig. 1 Wastewater treatment plants in Yokohama

3. DO一定制御との差異

下水処理においては、反応タンクの機能が重要である。反応タンクでの水処理のフローをFig. 2に示す。

水再生センターでは反応タンク曝気風量の調節はDO一定制御にて行われていることが多い。DO一定制御はDO計を用いて反応タンク内のDOを計測し、計測されたDOがあらかじめ決めた設定値より低い場

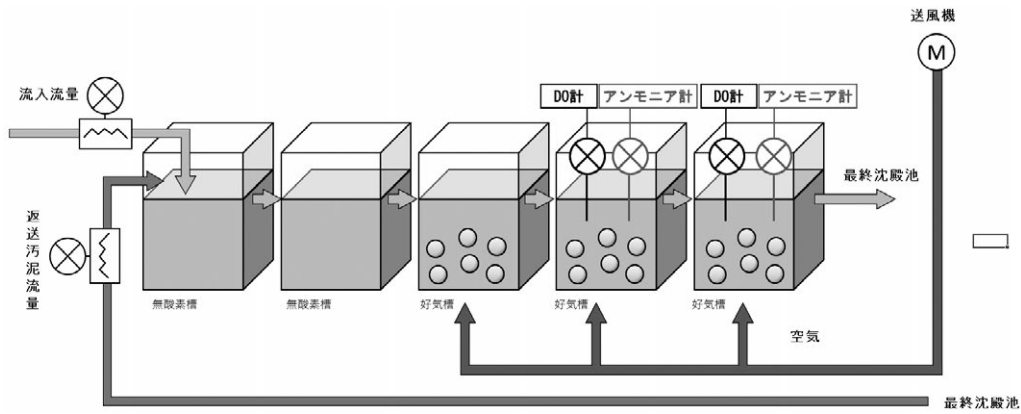


Fig. 2 Flow of wastewater in the reaction tank

合は曝気風量を増やし、逆にDOが設定値より高い場合は曝気風量を減らすことで、DOを設定値に近づける制御である。

反応タンク好気槽内では溶存酸素を消費して NH_4^+ が NO_2^- 、 NO_3^- になる硝化が進んでいる。硝化が進むにしたがって $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が低下する。DO一定制御下では硝化が十分に進まない事態を避けるため、DOの設定値に余裕を持たせることが多く、過曝気となる時間が存在している。この過曝気を抑制し送風量を削減することで電力使用量の削減を図ることができる。そのためには $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を常時計測し、その濃度に応じて曝気風量を調節する制御を導入すれば良い。

また、異常物質が流入下水に混入した際の早期発見にもアンモニア計は有効である。例えば何らかの原因で硝化抑制物質が流入下水に混入した場合、硝化反応の速度は鈍り溶存酸素の消費量は低下するがDOが大幅に低下するとは考えにくく、結果としてDOは適正範囲内に収まり続けるものと考えられる。このようにDO計のみでは硝化抑制物質混入の早期発見に繋げにくい。一方でアンモニア計が設置されていれば、その指示値が設定値より高く乖離している場合は硝化が想定どおり進んでいないことを示すため、硝化抑制物質の混入を早期に疑うことができる。水再生センターによってはオゾン処理した再生水を商業施設やせせらぎに送水しているため、異常物質の混入の早期発見は再生水送水先で問題が生じるのを未然に防ぐためにも重要である。

以上の理由により、アンモニア計の導入を決定した。

4. $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度による風量制御

横浜市では令和元年度以降の各水再生センターの水処理設備を更新する際にアンモニア計を順次導入した (Table 1, Photo. 1)。

反応タンク好気槽では次式の硝化反応が進む。



Table 1 Installation status of ammonia meter

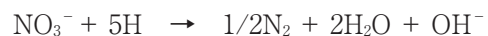
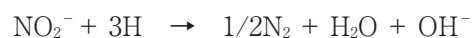
水再生センター名	導入台数	導入年度
北部第一水再生センター	2台	令和2年度
神奈川水再生センター	6台	令和2年度
港北水再生センター	1台	令和3年度
都筑水再生センター	2台	令和3年度
西部水再生センター	4台	令和3年度
栄第一水再生センター	2台	令和3年度
金沢水再生センター	2台	令和4年度



Photo. 1 Installed ammonia meter



好気槽内の流入下水は返送汚泥ポンプあるいは循環ポンプにより嫌気槽へ返送され、次式の脱窒反応が進む。



今回、新たに好気槽にアンモニア計を設置した。好気槽内の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を計測し、その濃度に応じて風量を調節する制御を構築した。具体的な制御内容は次のとおりである。

4.1 NH₄-N 濃度一定制御

好気槽内の NH₄-N 濃度を一定に保つように風量を調節する制御である。あらかじめ決めた NH₄-N 濃度設定値と測定された NH₄-N 濃度の差を比較し、必要な風量制御を行う。

4.2 DO 一定制御 (NH₄-N 濃度補正あり)

従来の DO 一定制御で算出される目標風量に対し、測定された NH₄-N 濃度を考慮した風量を $\pm \alpha$ する風量制御を行う。

5. 現状の課題

NH₄-N 濃度一定制御と DO 一定制御 (NH₄-N 濃度補正あり) を導入したが、アンモニア計を水再生センターに導入してからまだ日が浅く、現状は適切な制御パラメータを検証している段階にある。

また、流入下水の水質は処理区的环境によって異なり、各水再生センターで一律な制御パラメータを設定することは適切ではなく、個々の事情を考慮したパラメータを検証していかなければならない。また、同一処理区であっても流入下水の水質は季節によって異なる。例えば、水温の低い時期には硝化が遅くなるため、NH₄-N 一定制御では曝気風量を必要以上に増加させ

てしまう可能性がある。このような場合には従来の DO 一定制御等に切り替えるべきタイミングがあると考えられる。適切な切り替えのタイミングを把握していく必要がある。

6. まとめ

下水道事業における温室効果ガスの排出量は、横浜市において市役所全体の約 20% を占め、そのうち電力使用による排出量は約 55% を占めている。今回、良好な水処理を維持したまま消費電力削減を目的として令和元年度から令和 3 年度までの 3 年間でアンモニア計を市内全 11 水再生センター中 7 水再生センターに導入し、NH₄-N 一定制御及び DO 一定制御 (NH₄-N 補正有) を構築した。以後、アンモニア計を運用していく過程で水質・電力データを蓄積し、送風機使用電力量の削減を一層進められる制御パラメータを検証し改善していく。

今後もアンモニア計をはじめとして更なる省エネルギー化への取り組みや技術開発の推進及び太陽光発電等再生可能エネルギーの導入を積極的に進め、下水道事業として脱炭素社会の実現に向けた施策を推進して行く。