

2-2-4 嫌気・同時硝化脱窒処理の送風量の適正化に関する調査

東部第二下水道事務所 葛西水再生センター

佐々木 拓郎

(現 水道局)

塩見 浩

(現 計画調整部計画課)

蓮佛 詩織

(現 東部第一下水道事砂町水再生センター)

富田 雅昭

松本 博夫

1. はじめに

1.1 緒言

葛西水再生センターでは平成 28 年度に北系反応槽 1 号、2 号で嫌気・同時硝化脱窒処理が稼働した。平成 29 年度までの調査で高い窒素除去率を得られた運転条件「前段 $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度 6mg/L、後段 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度 2mg/L」で運転している。

「前段 $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度 6mg/L」と設定した場合、降雨時に流入水アンモニア性窒素濃度が好気槽前段 $\text{NO}_x\text{-N}$ の設定値を下回ると前段の硝化・脱窒がどのような状況であっても $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度が設定値に達せず、制御上では風量不足と判断され最大風量で運転する結果、送風量が過剰になる問題がある。

対策として降雨時に後段の DO 計のみで制御する DO 制御に切り替えていたが、 $\text{NO}_x\text{-N}$ の設定値を下げることで同時硝化脱窒制御を維持しつつ送風量を削減できるか調査したので報告する。

1.2 嫌気・同時硝化脱窒処理の概要

図 1-1 に同時硝化脱窒の概念図を示す。旋回流型の反応槽では散気板上面では溶存酸素濃度が高く、アンモニア性窒素の硝化が進行する。その後、有機物の酸化、アンモニア性窒素の硝化で溶存酸素を消費しつつ旋回流によって攪拌されるため、反応槽の下部では溶存酸素濃度が下がり、硝酸性窒素の脱窒が進行する。

嫌気・同時硝化脱窒処理では好気槽前段は NO_x 計、後段は NH_4 計を指標として最

適な風量を維持することで一つの好気槽内で硝化と脱窒が同時に進行する。攪拌機や硝化液循環ポンプを使用しないため、高度処理よりも消費電力が少ない特徴がある。

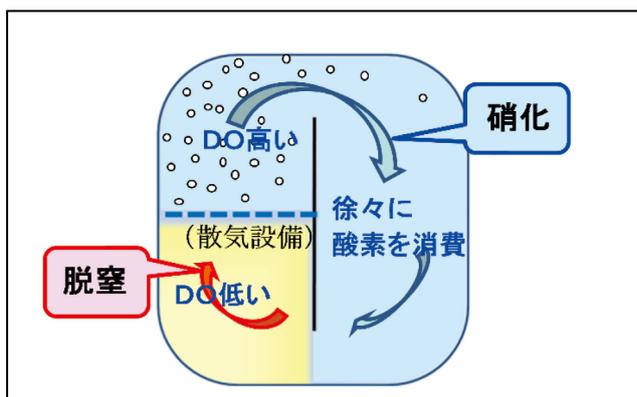


図 1 嫌気・同時硝化脱窒概念図

2 調査概要

前段に設置された NH_4 計の指示値が $\text{NH}_4\text{-N}$ として 8mg/L 以下になった時に、反応槽 1 号

2号のうち一方でNO_x-N設定値を手動で変更した。もう一方は対照槽とし、水質、送風量の変化を確認した。設定条件は表1のとおりである。条件変更は平日日中しかできないため、休日にかかる等で変更から設定を戻すまでの日数が長くなる場合があった。

表1 設定条件

	実施日	1号槽設定	2号槽設定
第1回	6/2~5	NO _x 2.0mg/L	NO _x 6.0mg/L
第2回	9/4~5	NO _x 6.0mg/L	NO _x 2.0mg/L
第3回	9/8~11	NO _x 2.0mg/L	DO制御 1.2mg/L
第4回	10/9~12	NO _x 1.0mg/L	DO制御 1.2mg/L

*DO制御の設定値1.2mg/Lは、標準法施設の設定に準じた。

*同時硝化脱窒時の後段NH₄設定値はすべて2mg/L

3. 結果

3.1 第1回調査：前段NO_x-N設定1号：2mg/L。2号：6mg/L

葛西水再生センター降雨量：2~3日合計189mm

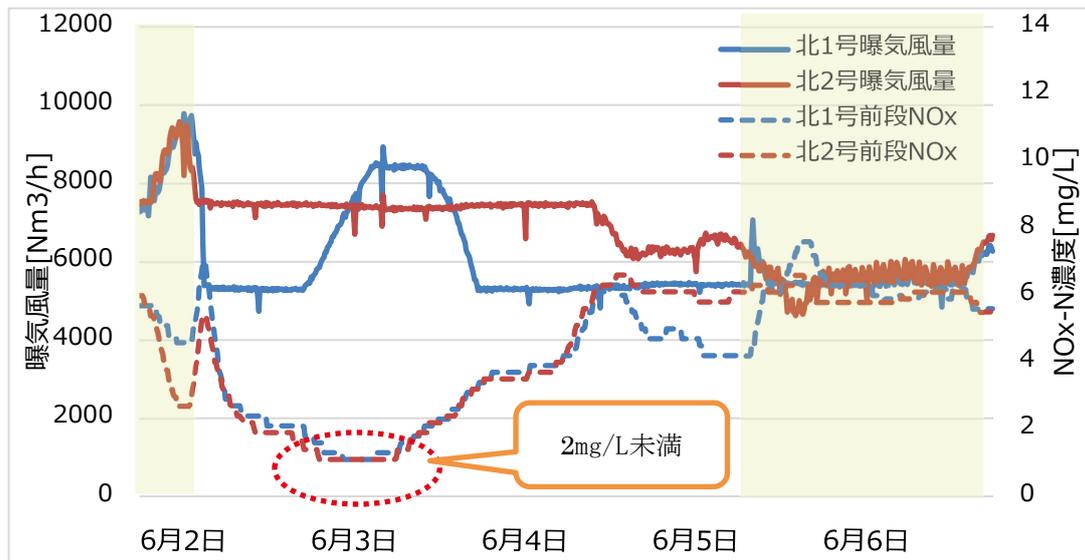


図2 第1回調査結果

設定変更後（図2 白背景部。以下同じ。）北1号の曝気風量は北2号に比べ約3割減少し（ほぼ最低風量）、全て前段曝気風量の減少によるものであった。

強雨のため想定以上に流入水が薄まり、NO_x-Nが2mg/Lを下回った時間帯は風量が増大した。調査期間中、後段NH₄計の指示値は通常の範囲内で、設定値変更の悪影響は見られなかった。

NO_x-N設定変更が風量削減に有効とみられた一方で、2mg/L設定では効果が不十分な場合もあることが示された。

3.2 第2回調査：前段NO_x-N設定1号：6mg/L。2号：2mg/L

葛西水再生センター降雨量：4~5日合計27mm

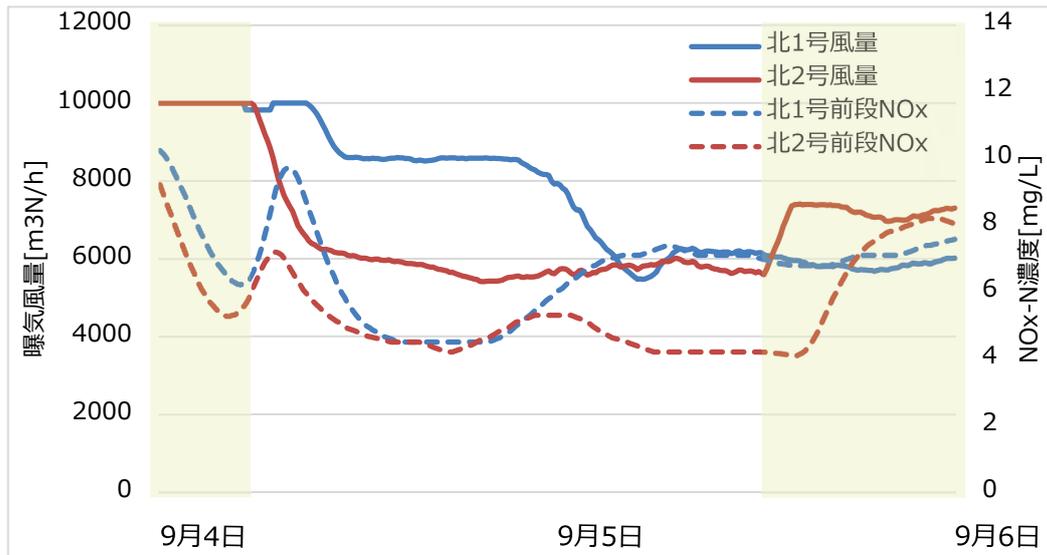


図 3 第 2 回調査結果

制御値変更後、流入水が希薄な期間では北 2 号の曝気風量は北 1 号に比べ約 3 割減少（ほぼ最低風量）し、そのほとんどが前段曝気風量であった。3.1 で北 1 号の制御値を変更した際と同様の挙動で、槽による差がないことが確認できた。後段 NH₄ 計の指示値は通常の範囲内だった。

3.3 第 3 回調査：1 号は前段 NO_x-N 設定値 2 mg/L、2 号は DO 制御 1.2 mg/L

葛西水再生センター降雨量：8～9 日合計 90 mm。10～11 日は降雨無し

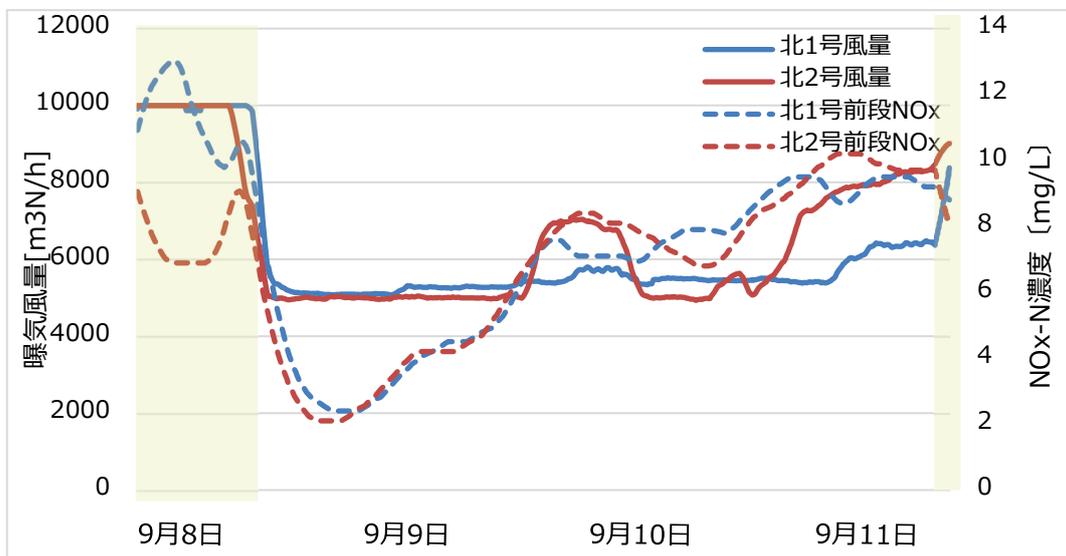


図 4 第 3 回調査結果

制御値変更後、流入水が希薄であった 9 日夕方までは北 1, 2 号槽ともに概ね同じ風量（ほぼ最低風量）となった。9 日夜～10 日未明及び 10 日夜～11 日にかけては北 2 号の風量が北 1 号に比べて増加していた。このことから、降雨の影響を抜けて流入水基質濃度が上昇している期間においては、DO1.2mg/L 維持に要する空気量の方が、同時硝化脱窒制御（NO_x-N、NH₄-N 各 2mg/L）維持に必要な空気量よりも多いことが示唆された。後段 NH₄ 計の指示値は通常の範囲内だった。

3.4 第4回調査：1号は前段NOx-N設定値1mg/L、2号はDO制御1.2mg/L

葛西水再生センター降雨量：8～11日合計64mm。12日は降雨無し

第1回調査で風量の増大が発生したことを受けてNOx-N設定値を1mg/Lまで下げた。降雨の影響が解消し、流入窒素濃度が上昇する段階で硝化不足となる可能性があるため、処理水質もこれまでより詳細に確認した。

3.4.1 送風量

目標値を変更後、北1,2号槽ともに曝気風量が減少した。3.3と同様に降雨の影響が解消する段階ではNOx-N設定値を変更した1号が、DO制御の2号より少ない送風量だった。

NOx-Nが2mg/L未満になることはなかった。

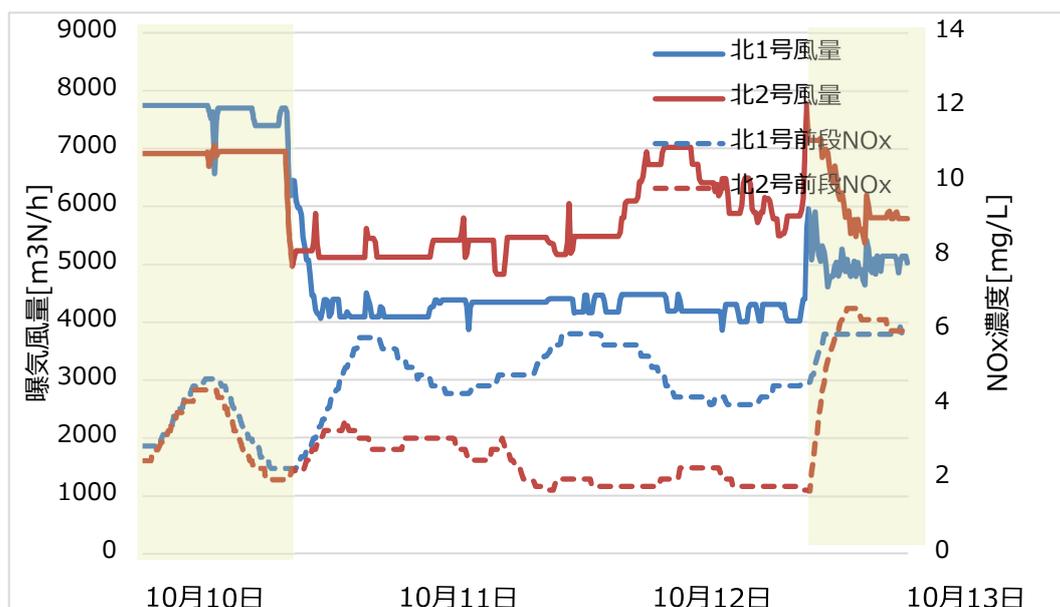


図5 第4回調査結果(風量関係)

3.4.2 処理水質

図6に示すように目標値を変更した期間中及び直後において、北1号槽最終回路のNH₄-N濃度は後段NH₄-Nの設定値2.0mg/Lを大きく超えることはなかった。12日の日常試験では第一沈殿池出口のNH₄-Nは12mg/L程度まで回復しており、適切なタイミングで目標値変更を行えば、硝化不足によるアンモニアの残存は発生しないと考えられる。

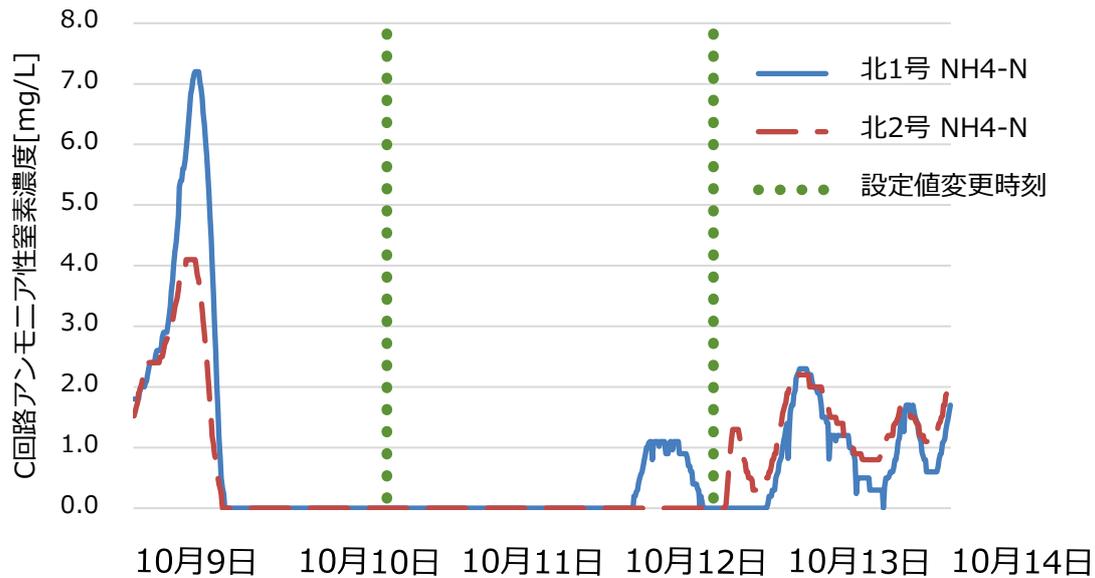


図 6 第 4 回調査結果(最終回路 NH₄-N)

4 考察

4.1 NO_x-N 設定値

令和 5 年度の日報データ一年分 (1 時間ごとの値) から前段 NH₄-N 及び NO_x-N の指示値を調査した。

表 2 令和 5 年度の運転状況抜粋

	1 号	2 号
前段 NH ₄ -N 最低値 (mg/L)	0.4	0.5
NO _x -N 最低値 (mg/L)	0.6	0.3
前段 NH ₄ -N が 8mg/L 未満の時間数	410	535
前段 NH ₄ -N が 8mg/L 未満かつ NO _x -N が 2mg/L 未満の時間数	16	63
前段 NH ₄ -N が 8mg/L 未満かつ NO _x -N が 1mg/L 未満の時間数	0	1
NO _x -N 測定総数 (n) ³⁾	8464	8722

*計器のメンテナンスや反応槽自体の工事停止があり、1 号と 2 号の測定総数は一致しない。

前段 NH₄ 計指示値が 8mg/L 未満の時間のうち、NO_x-N 設定値 2mg/L では不十分となるのは 1 号で 4%、2 号で 12%に相当する。この比率は NO_x-N 設定値を 1mg/L まで下げれば、ほぼゼロとなる。このことから 1mg/L に設定する方が、NO_x-N が設定値を下回ることは減ると思われる。

4.2 切り替え指標

原理的には NO_x-N 設定値の変更または DO 制御への変更は、NO_x 計の位置における溶解性窒素濃度が設定値より低くならないようにすることが望ましい。しかし現実には NO_x 計の位置に NH₄ 計はないので、前段 NH₄ 計指示値を切り替え指標としている。これが適切かを検証した。

令和 5 年度の日常試験データにおける NO_x 計付近の無機態窒素 (アンモニア性+亜硝酸性+硝酸性の合計) 手分析値のうち前段 NH₄ 計指示値 10mg/L 以下の時について、好気槽入り

口 NH₄ 計指示値との関係を調べたところ、図 7 のように相関があった。

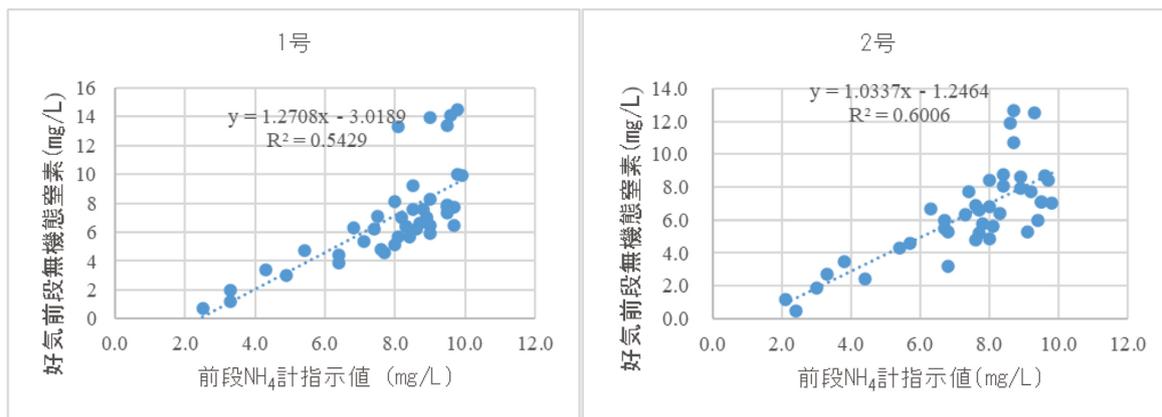


図 7 前段 NH₄-N 計器値と無機態窒素の相関

8mg/L で切り替えという値は、NO_x 計指示値 6mg/L に脱窒分を考慮して定めたものだが、相関式からも無機態窒素 6mg/L に対応する前段 NH₄ 計指示値はおよそ 7mg/L であり、おおむね妥当な値であると考えられる。

5 まとめ

- ・ 降雨時における運転は、DO 制御への移行より NO_x-N 設定値変更の方が高い送风量削減効果を得られた。
- ・ 強雨時における流入水窒素濃度の低下は当初の想定を超えていた。NO_x-N の設定値を 2mg/L よりも下げれば、送风量の過剰をさらに削減できるとみられる。
- ・ NO_x-N 設定値を切り替える指標として前段 NH₄ 計指示値を使用することは妥当とみられる。