

アンモニア・硝酸計による高度処理 (A₂O) における硝化・脱窒作用の評価と応用

横浜市 ○後藤大輔
阿部光裕

1. はじめに

横浜市では、水質環境基準の達成・維持や閉鎖系水域の富栄養化対策として、窒素・りん除去向上を目的とした高度処理施設の導入を進めている。都筑水再生センター（以下、当センター）では、平成8年に第1系列にて嫌気・硝化内脱窒法が稼動し、これまで5系列中3系列が高度処理施設として運転している。

当センターでは、硝化促進の維持管理を採用しているが、アンモニア性窒素の流入負荷量が高く、時間ごとの変動も大きいことにより、時折硝化不良が発生するといった課題を抱えている。これまで、硝化作用を管理する水処理設備の制御は、アンモニア性窒素濃度の日平均データ及び過去のデータ・経験則等による総合的な評価・検討によって決定してきた。しかし、日平均データでは、負荷量の増減に応じた最適な制御をすることが難しい。また、本研究の対象施設である第5系列（嫌気・無酸素・好気法：以下、A₂O法）は、稼動歴が浅く、過去のデータ及び経験値等の蓄積が少ないうえ、循環水量、返送汚泥量、空気量等制御対象が相互に関連しているため、最適な制御パラメータを決定することは難しい。

本研究では、まず、当センターの水処理における問題点を整理するために調査を行った。次に、近年、送風量の省エネルギー化で注目される「アンモニア・硝酸計」による連続計測データを用いて、A₂O法における硝化・脱窒作用を評価した。そして、その結果を用いて硝化の安定を図るために、時間帯ごとの循環汚泥制御に応用したので報告する。

2. 都筑水再生センターの施設概要及び課題

(1)施設概要

当センターは、計画処理能力 242,100m³/日の分流式下水道処理施設であり、第1系列から第5系列までの計5系列からなる。なお、表-1に当センターにおける計画流入水質及び処理水質を示す。

表-1 計画流入水質及び処理水質

名称	流入水質 (mg/l)	初沈除去率 (%)	初沈後水質 (mg/l)	反応槽終沈除去率 (%)	終沈出水質 (mg/l)
BOD	250	50	125	96	5
SS	200	60	80	94	5
T-N	36	25	27	63	10
T-P	5.8	43	3.3	84	0.5

(2)当センターの水処理における課題

当センターの水処理における課題を整理するために調査を行ったので、以下に示す。

1)アンモニア性窒素の流入負荷量変動

まず、アンモニア性窒素の負荷量について、他の水再生センターとの比較・評価を行った。表-2に、横浜市内11箇所のセンターにおける反応タンク流入水のアンモニア性窒素負荷変動を示す。排除方式が分流式である当センターを含む3センターでは、他に比べアンモニア性窒素負荷量の変動が大きいことがわかった。

表-2 反応タンク流入水のアンモニア性窒素負荷変動

センター名	都筑	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均
排除方式	分流	分流	分流	合流	合流	合流	合流	合流	合流	合流	合流	
返流水の影響	なし	なし	なし	なし	あり	なし	なし	なし	あり	なし	なし	
アンモニア性窒素負荷変動	最大 1.92	1.97	2.47	1.29	1.27	1.34	1.44	1.52	1.74	1.44	1.60	1.64
	最少 0.43	0.36	0.38	0.55	0.84	0.66	0.49	0.61	0.50	0.50	0.61	0.54
*1 変動幅	1.49	1.62	2.09	0.74	0.43	0.68	0.96	0.91	1.24	0.94	1.00	1.10
標準偏差	0.46	0.45	0.55	0.24	0.14	0.21	0.31	0.24	0.33	0.26	0.27	0.31
歪度	1.11	0.6	1.9	-0.9	0.5	-0.2	-0.4	0.5	0.8	-0.5	1.0	0.40

*1 各センターごとに平均値を1.0に換算した場合の最大、最少、変動幅

次に、図-1に、当センターにおける冬季のアンモニア性窒素負荷量の経時流入負荷量の一例を示す。時刻ごとの値を手分析にて計測した。これより、9時頃のピークが流出する19時頃の最終沈殿池流出水

にはアンモニア性窒素が残留しており、BOD 値も押し上げていることがわかる。したがって、流入負荷量が多い時間帯の硝化を安定させることが必要である。

2) 時間帯別必要送風量の不足

図-2 に、冬季の反応タンク酸素量及びアンモニア性窒素濃度の経時変化の一例を示す。

まず、時間ごとのアンモニア性窒素及び BOD の流入負荷量から必要酸素量を算出した。明け方 5 時頃は少なく、10 時頃には 600kgO₂/hr と大きいことが確認される。これは、前項で示したとおり、アンモニア性窒素及び BOD の流入負荷量の変動が大きいため、必要空気量についても変動していることがわかる。

次に、上記の時間において実施で供給していた空気量から供給酸素量を算出し、好気槽滞留時間を考慮した 6 区間の移動平均を行った必要酸素量と比較した。この結果から、12 時以降に供給酸素量が不足しており、最終沈殿池流出水でのアンモニア性窒素濃度が高い原因となっているものと考えられる。しかし、供給酸素量の能力としては 400kgO₂/hr 程度が上限値となっており、実際には酸素量を増やして硝化を促進させることができない。

そこで、硝化促進には、循環汚泥量を一日の中で可変させることが必要である。流入水の負荷が高い時は循環汚泥量を多くして循環汚泥による希釈効果を図り、負荷が高い流入水が好気槽へ入った段階で循環汚泥量を減らして、好気槽の滞留時間を増やし、硝化を促進させることが必要である。

3. 研究方法

前項の問題を解決するために、アンモニア・硝酸計による連続計測データを用いて、A₂O 法における硝化・脱窒作用を評価するとともに、この結果を時間帯ごとの循環汚泥制御に応用し、硝化・脱窒の安定を図る。

(1) 研究施設概要

研究施設の概要である第 5 系列は、A₂O 法の処理方式を採用、最初沈殿池 (2 階層×3 池)、反応タンク (2 水路×2 池)、最終沈殿池 (2 階層×4 池) で構成される。研究対象の第 5 系列(1/2)反応タンクの施設概要を表 3 に、反応タンク概略図及びアンモニア・硝酸計の設置状況を図 3 に示す。

表-3 第 5 系列(1/2)反応タンク施設概要

第5系列(1/2)	セル番号	1	2	3	4	5	6	7	8
[処理方式] A ₂ O法	モード	嫌気	嫌気/無酸素	無酸素	無酸素	無酸素/好気	無酸素/好気	好気	好気
	現在のモード		嫌気						
[反応タンク] 容量]	セル容量(m ³)	2,001	673	1,379	1,362	655	673	2,086	2,001
[流入水量]	滞留時間(h)	2.18	0.73	1.5	1.49	0.71	0.73	2.28	2.18
[滞留時間]	装置	空型攪拌機	空型攪拌機	空型攪拌機	空型攪拌機	ドラフトエア チューブ	ドラフトエア チューブ	メンブレン	メンブレン
[風量制御]						風量一定	風量一定	DO一定	

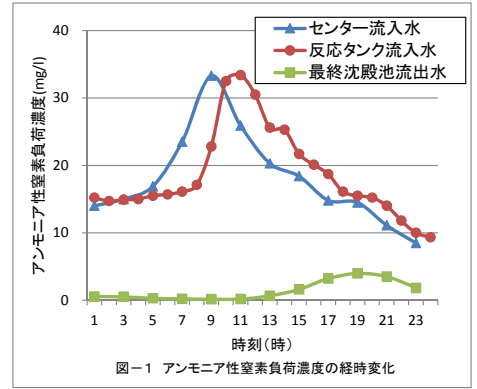


図-1 アンモニア性窒素負荷濃度の経時変化

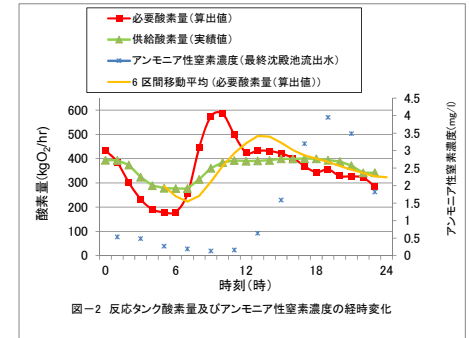
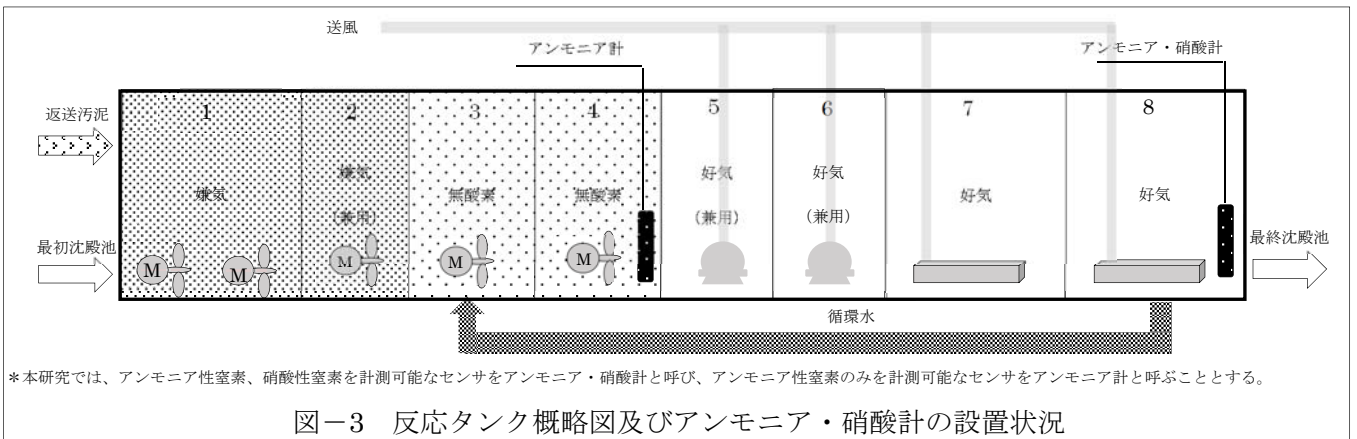


図-2 反応タンク酸素量及びアンモニア性窒素濃度の経時変化



*本研究では、アンモニア性窒素、硝酸性窒素を計測可能なセンサをアンモニア・硝酸計と呼び、アンモニア性窒素のみを計測可能なセンサをアンモニア計と呼ぶこととする。

図-3 反応タンク概略図及びアンモニア・硝酸計の設置状況

(2)アンモニア・硝酸計概要

アンモニア・硝酸計のセンサ拡大図を図-4、通信方式概要図を図-5に示す。

メンテナンスは、2週間に1度の洗浄、

6か月に1度の隔膜交換及び校正、1年に1度の電極交換を必要とする。通信方式は、任意の計測箇所へ容易に持ち運べ、かつ変換器・計装盤間のケーブル布設が不要といったメリットのある無線通信方式を採用した。



図-4 センサ拡大図

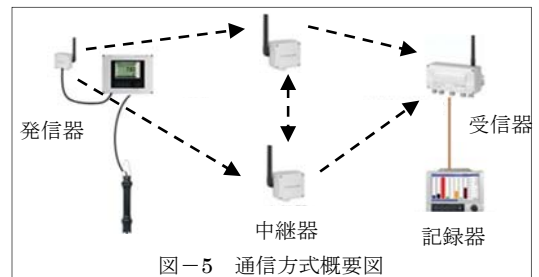


図-5 通信方式概要図

4. 研究結果及び考察

(1)アンモニア・硝酸計による硝化・脱窒作用の評価

アンモニア・硝酸計を用いて計測した連続データを図-6に示す。

第4セルのアンモニア計で計測したアンモニア性窒素濃度をNH₄-N_前とし、第8セルのアンモニア・硝酸計で計測したアンモニア性窒素濃度をNH₄-N_後、硝酸性窒素濃度をNO₃-N_後とする。返送率は60%一定、循環率は100%一定とした。

時間帯によっては、アンモニア性窒素が完全硝化されずに流出水に残る状況が確認できる。特に、流入のピークを処理する時刻にはその傾向は顕著である。また、硝酸性窒素濃度については、アンモニア性窒素濃度と相反関係があることを確認した。

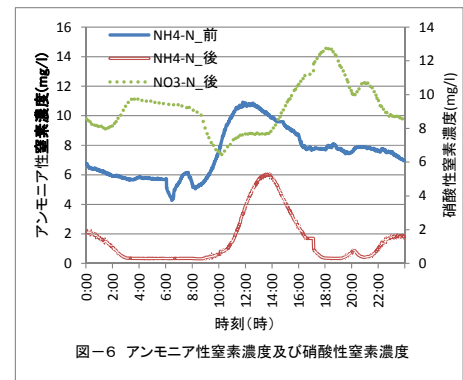


図-6 アンモニア性窒素濃度及び硝酸性窒素濃度

(2)時間帯別循環率制御への応用

全項の結果をもとに、時間帯ごとに循環汚泥量を変更し、残留アンモニア性窒素濃度のピークを抑える制御を検討した。図-7に、本研究で設定した循環率を示す。前項の100%一定と同条件とするために、一日の平均循環率は100%とし、返送率は60%一定とする。まず、流入アンモニア性窒素濃度の高い9～12時の時間帯に循環率を120%と高く保つことで、流入アンモニア性窒素濃度の希釈を図った。次に、12～18時の流出アンモニア性窒素濃度が高くなる時間帯に、循環率を50%に下げ、好気槽滞留時間を増やして、硝化促進を図った。また、夜間等硝化が良好である時間帯には、循環率を上げた。

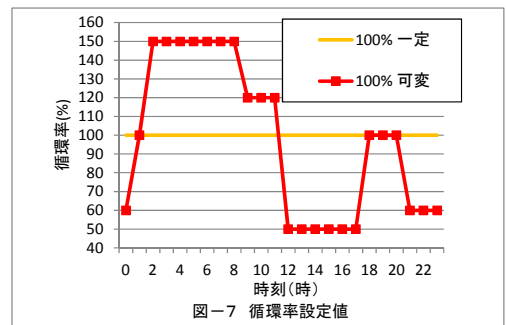


図-7 循環率設定値

この結果を図-8に示す。図-6の10～16時におけるアンモニア性窒素濃度のピーク値を減らし、硝化の安定及び促進を図ることができた。

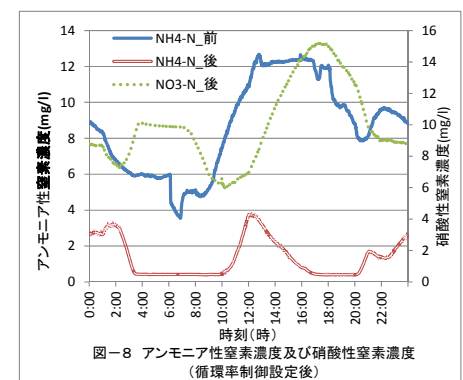


図-8 アンモニア性窒素濃度及び硝酸性窒素濃度 (循環率制御設定後)

5. まとめ

本研究では、送風量の省エネルギー化で注目される「アンモニア・硝酸計」による連続計測データを用いて、A₂O法における硝化・脱窒作用を評価した。また、それを用いて、時間帯ごとの循環汚泥制御に応用し、水質改善を実現した。今後は、本研究で検討していない脱窒の安定化を図るとともに、連続計測データによる循環率の自動制御を行い、水質改善と省エネルギー化の両立を実現した水処理制御を構築したい。

問い合わせ先：横浜市環境創造局下水道施設部都筑水再生センター 後藤大輔

TEL:045-932-2321

E-mail:da00-gotou@city.yokohama.jp