

発表テーマ

『アンモニア制御を用いた送風量の 削減と処理水質の改善について』

【所属・氏名】

水質課

○荒井 優紀

須崎 佑崇

都筑水再生センター 志村 一馬



○当該研究・事業・改善等の目的

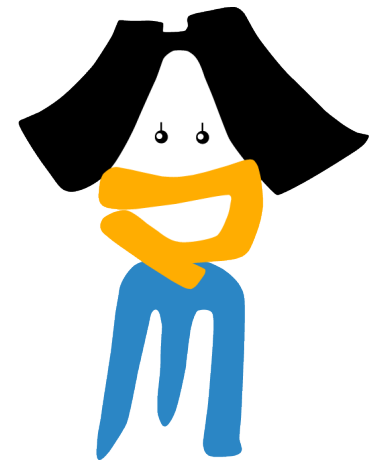
アンモニア制御による

- ① 送風量の削減
- ② 処理水質(窒素処理)の向上

○得られた効果

DO一定制御と比較して

- ① 送風量7%削減
- ② 脱窒の促進（処理水T-Nの低下）



1 背景

横浜市の下水道事業に関する計画・戦略

横浜市下水道事業中期経営計画

2030年度の温室効果ガス排出量を
2013年度比で50%削減

横浜下水道DX戦略

循環・脱炭素DX

デジタル支援によるきめ細かい制御で、省エネと
良好な水環境を両立する水処理施設の最適運転

1 背景

都筑水再生センターの概要



敷地面積	87,000 m ²
排除方式	分流式
放流水域	鶴見川(東京湾) ※窒素・りんの規制あり
計画処理面積	8,096 ha
計画処理人口	597,100人
計画処理能力	242,100 m ³ /日
処理方式	標準活性汚泥法 循環式硝化脱窒法(循環法) 嫌気硝化内生脱窒法(A0A0法) 嫌気無酸素好気法(A20法)

1 背景

都筑水再生センターの処理系列と水質

系列		現在	更新完了後	現在 T-N (mg/l)※1	目標 T-N(mg/l)※2
1系		循環法	循環法 (R 3更新済み)	10.2	10
2系		循環法	循環法 (R 1更新済み)	9.8	
3系	1 / 2池	循環法	循環法 (R 6更新済み)	系列単独の データなし	
	2 / 2池	標準法	循環法 (R 6工事開始予定)		
4系		A O A O法	循環法 (R 8工事開始予定)	7.3	
5系		A 2 O法	A 2 O法(更新計画なし)	7.3	

※1 令和4年度年平均 ※2 東京湾流域総合計画目標値

循環法の処理水質が都筑水再生センターの処理水質に直結

1 背景

本検討の目的

従来の制御では、省エネと処理水質改善の両立は難しい

例) 風量削減 → 硝化の後退
脱窒の促進 → 返送率の増加 (ポンプ動力の増加)

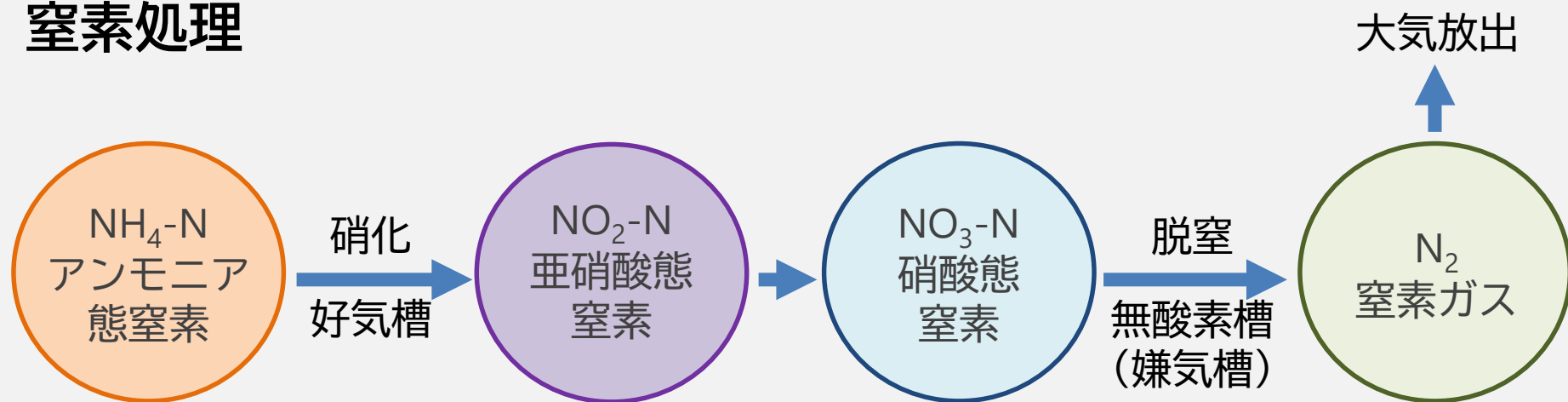
アンモニア (NH_4) 制御を用いて、送風量削減と処理水質向上の両立を目指す

目的① 送風量の削減	目的② 処理水質の向上
ブロワ運転動力の削減 → 使用電力量削減	窒素処理の向上 → 目標水質の達成

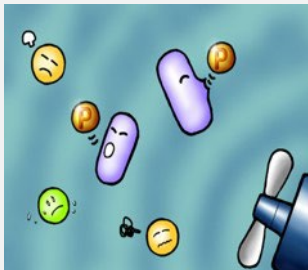
2 検討方法

高度処理における窒素・りん処理

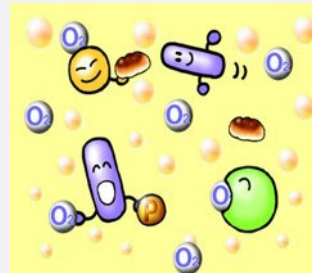
窒素処理



りん処理



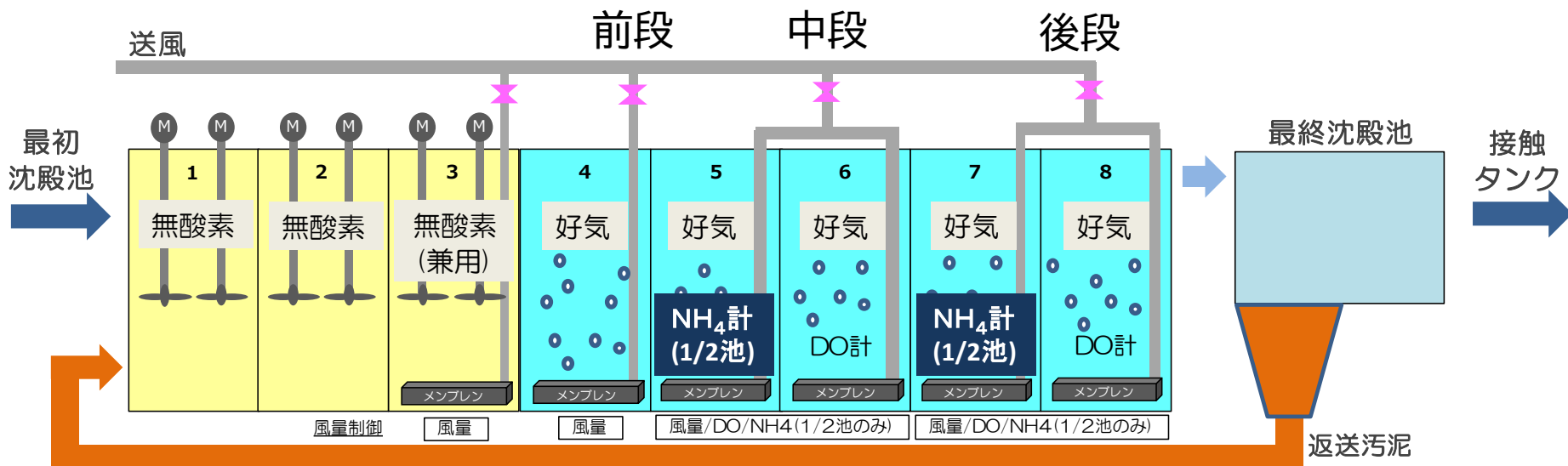
嫌気槽
りん蓄積細菌が
有機物を使って
りんを吐き出す



好気槽
りん蓄積細菌が
嫌気槽で吐き出した
以上のりんを取りこむ

2 検討方法

対象系列と検討方法 … 1系（循環法）



- 好気槽で生成した硝酸態窒素を含む反応タンク混合液を、返送ポンプで無酸素槽に戻すことで脱窒が行われる
- 反応タンクは同じ構造の1系1/2池と2/2池に分かれており、NH₄計及びNH₄制御は1/2池のみ
→ 1/2池（NH₄制御）と2/2池（DO一定制御）で送風量、処理水質を比較

3 NH_4 制御の概要

NH_4 制御とDO一定制御の特徴

NH_4 制御（1系1/2池）

- NH_4 を汚濁物質の指標として送風量を制御
→下水中の汚濁負荷に対する応答性が高く、より負荷変動に適した送風が可能となり、風量削減が期待できる
- 都筑水再生センターの場合、① NH_4 一定制御
② NH_4 -DO補正制御 ③ NH_4 風量演算制御の3種類

DO一定制御（1系2/2池）

- DO計を用いて送風量を制御
- 目標DO濃度を設定し、送風量を制御
- 制御の応答速度を上げすぎるとハンチングする可能性

3 NH_4 制御の概要

NH_4 制御の種類

① NH_4 一定制御

NH_4 濃度（測定値）が一定の値になるように風量変動

② NH_4 -DO補正制御

DO一定制御をベースとして、 NH_4 濃度（測定値）によって目標DOを補正

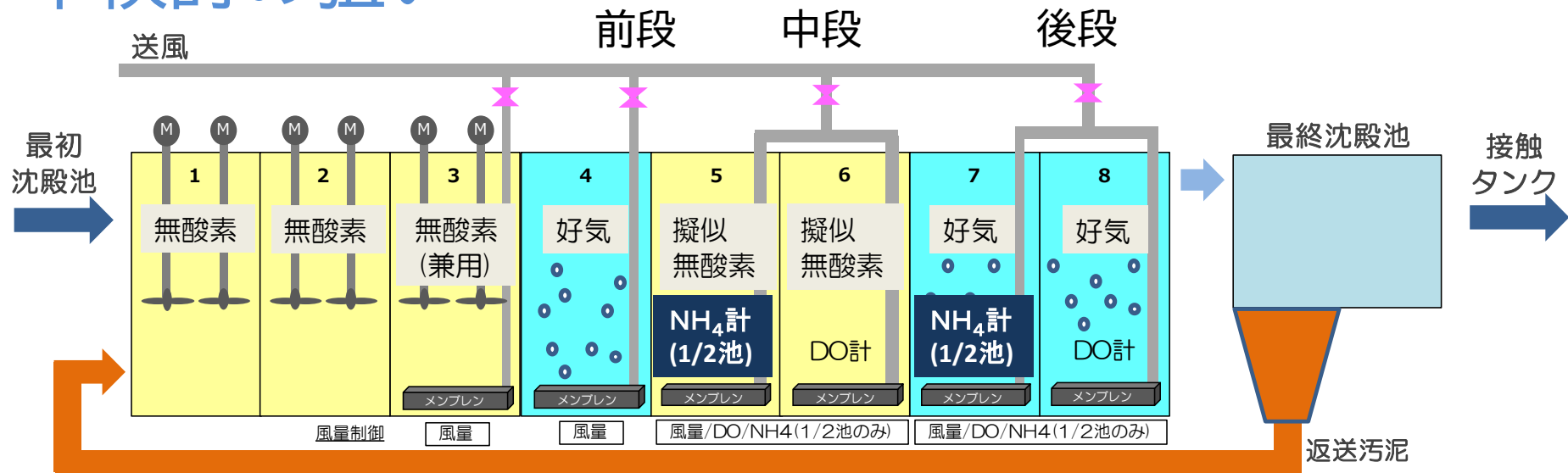
$$\begin{aligned}\text{DO補正值} &= a \text{（定数）} \times \text{NH}_4 \text{（測定値）} + b \text{（定数）} \\ \text{目標DO} &= \text{DO設定値} + \text{DO補正值}\end{aligned}$$

③ NH_4 風量演算制御

NH_4 設定値（目標値）、 NH_4 濃度（測定値）、反応タンク流入量、返送汚泥量をもとに、目標風量を演算式で算出→流入負荷、滞留時間を考慮した制御

4 検討

本検討の狙い



流入負荷の低い時間帯（深夜～早朝、降雨時）に、
NH₄制御で特に中段の送風量を絞る→中段DOの低下
→疑似AOAO法による脱窒促進

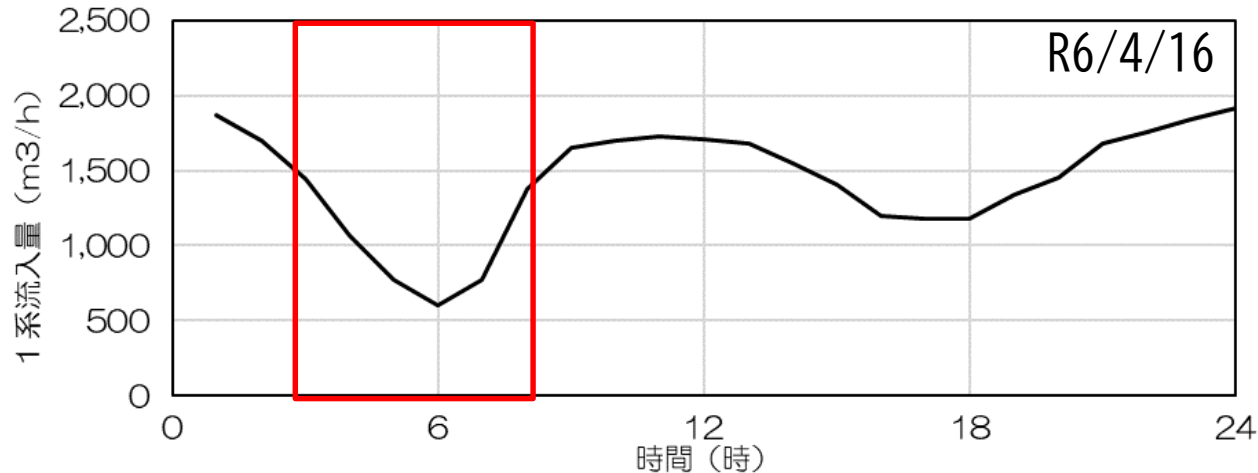
AOAO法：嫌気槽→好気槽→無酸素槽→再び好気槽

返送率（循環率）を増やさずに脱窒を促進できる

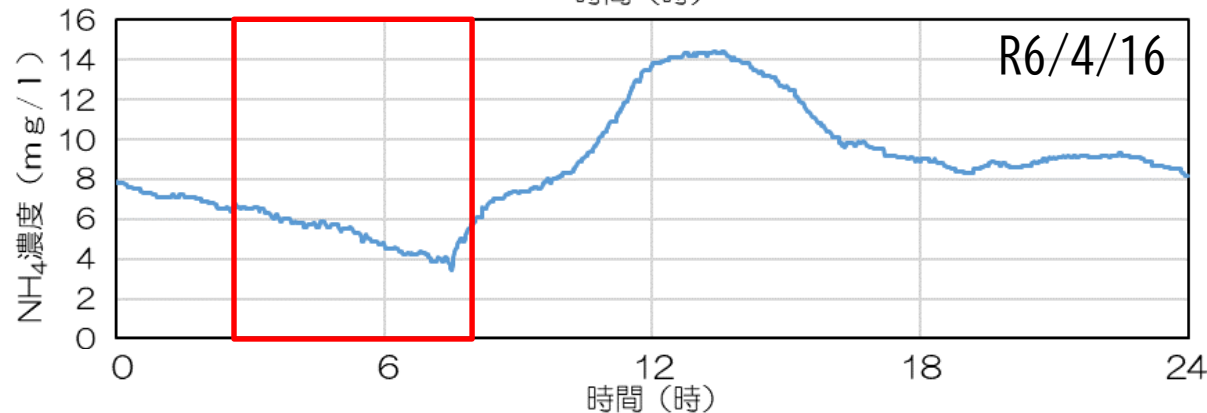
都筑の場合処理水質は良好だが、反応タンク容量に対する処理水量は
循環法と比べて少ない

4 検討

都筑水再生センター 1日の流入負荷変動



1系反応タンクへの
流入水量変動



1系1/2反応タンク
中段NH₄計の濃度変化

深夜～早朝にかけて、流入水量も流入NH₄濃度も低下

4 検討

中段と後段の NH_4 制御の組み合わせ検討

中段（5・6セル）の制御

流入負荷の変動に合わせて風量を迅速に応答させられる制御

→DO計を介さない「 NH_4 一定制御」 or 「 NH_4 風量演算制御」

後段（7・8セル）の制御

極端な風量変動による過曝気（高DO）を抑制でき、流入負荷の変動に合わせて風量の増減をある程度調整できる制御

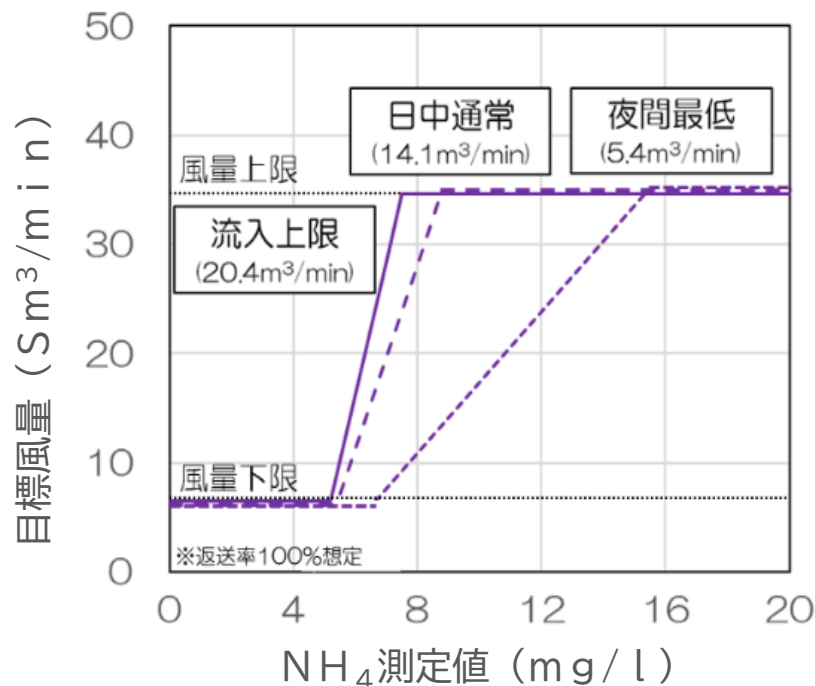
→DO計を介した「 NH_4 -DO補正制御」

今回は「 NH_4 風量演算制御」と「 NH_4 -DO補正制御」の組み合わせについて報告

4 検討

NH₄制御のイメージと特徴

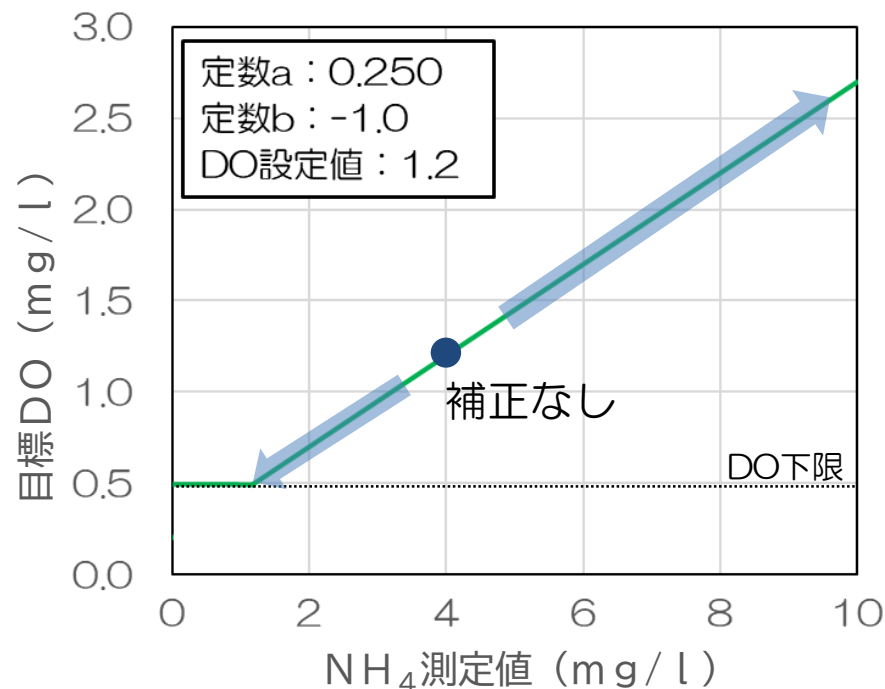
中段(NH₄風量演算制御)



【特徴】

- ・ 流入量に応じて風量の増加速度が変化
- ・ 滞留時間を考慮することができる

後段(NH₄-DO補正制御)



【特徴】

- ・ NH_4 測定値が 4.0mg/l のときDO補正なし
- ・ 後段DOの過度な低下を抑制するため、DO下限値を 0.5mg/l に設定

4 検討

NH₄制御とDO一定制御の比較

			1系1/2(NH ₄ 制御)		1系2/2(DO一定)
期間			2024/4/1~2024/6/30		2024/4/1~2024/6/30
制御値	中段		NH ₄ 風量演算		DO一定 (1.2mg/l)
	後段		NH ₄ -DO補正 〔 定数a：0.250 定数b：-1.0 DO設定値：1.2 〕		DO一定 (1.2mg/l)
処理水量	日平均	m ³ /日	19,300	同じ	19,300
	日最大	m ³ /日	29,200	同等	28,900
送風量		Sm ³ /日	91,000	-7%	98,100
空気倍率		Sm ³ /m ³	4.82	-7%	5.20
MLSS		mg/l	1,900	同じ	1,900
返送率		%	85	同じ	85
初沈污泥投入量		m ³ /日	47	同じ	47

4 検討

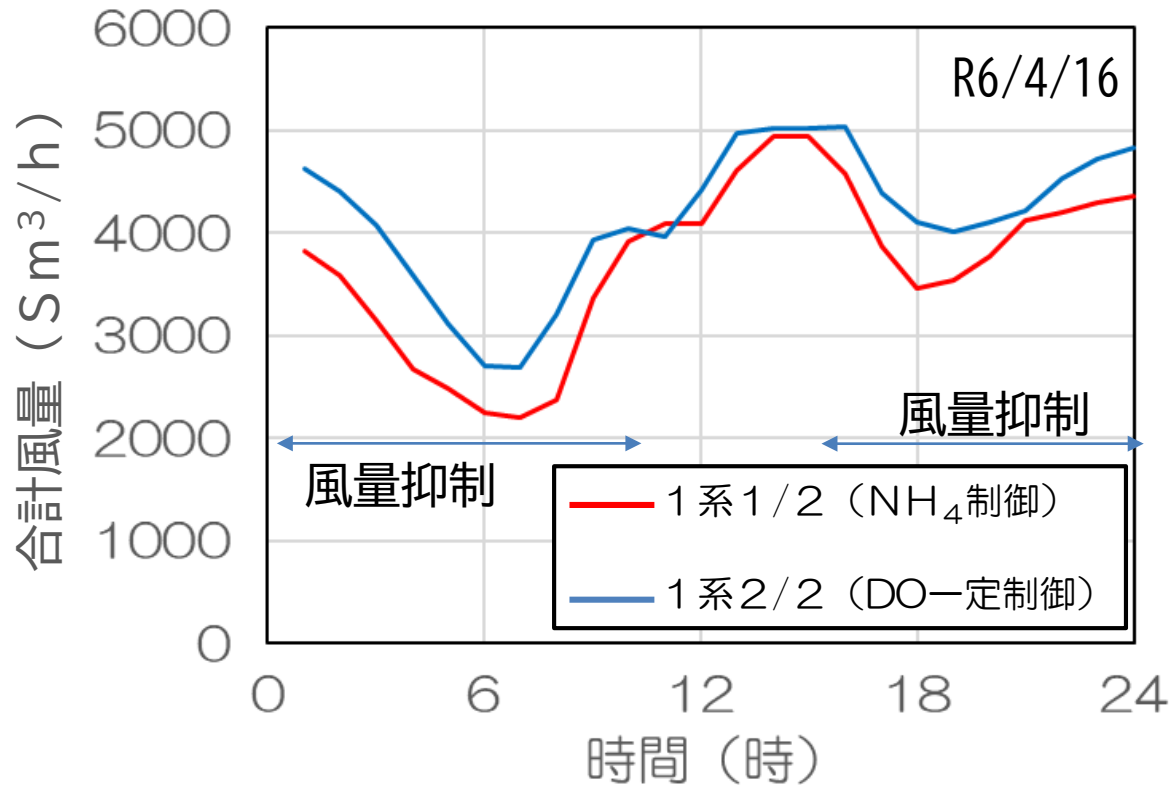
NH₄制御とDO一定制御の比較

			1系1/2(NH ₄ 制御)		1系2/2(DO一定)
期間			2024/4/1~2024/6/30		2024/4/1~2024/6/30
処理水質	NH ₄ -N	mg/l	0.7	同等	0.4
	NO ₂ -N	mg/l	0.2未満	同じ	0.2未満
	NO ₃ -N	mg/l	7.4	-0.8	8.2
	T-N	mg/l	8.6	-0.8	9.4
	T-P	mg/l	0.24	同等	0.36
	BOD	mg/l	3.8	同等	4.1

- ・送風量（空気倍率）はDO一定制御と比較して**7%**の削減
- ・処理水質を比較すると**硝化は同程度で脱窒は促進**

4 検討

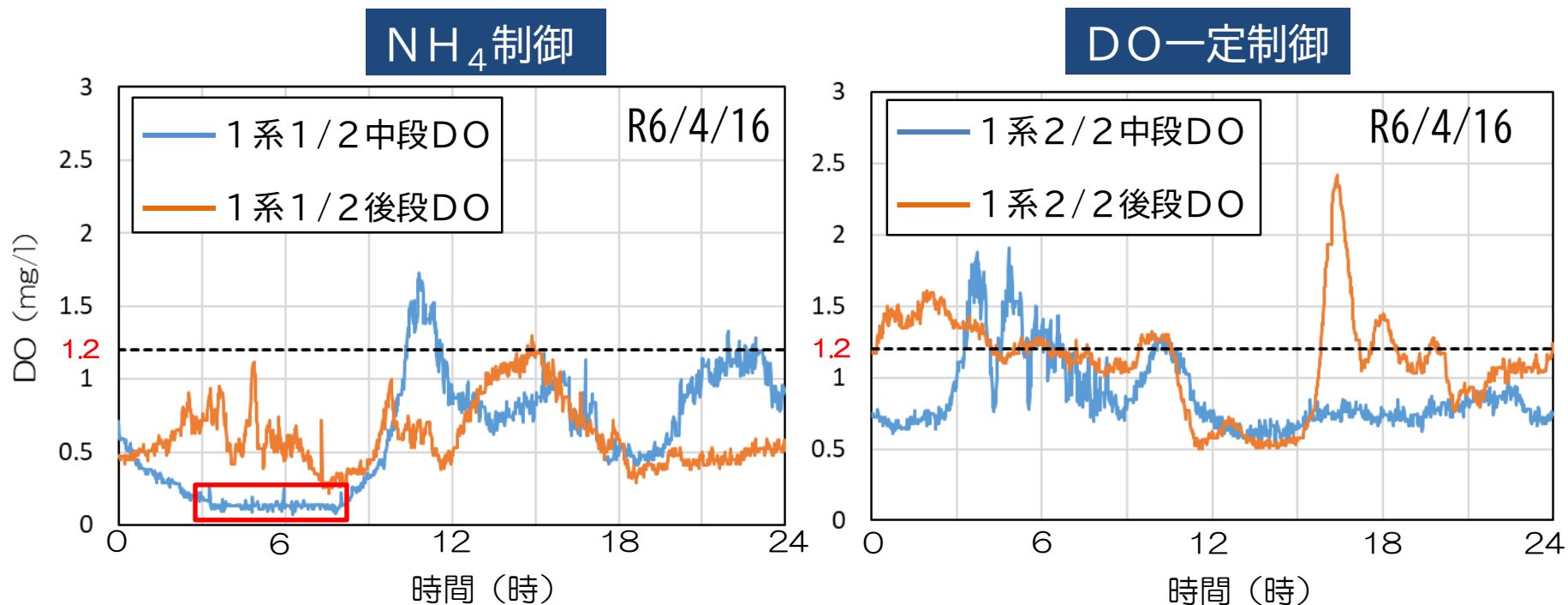
送風量トレンドグラフの比較



夕方と夜間～早朝にかけて風量が削減されている

4 検討

DOトレンドグラフの解析

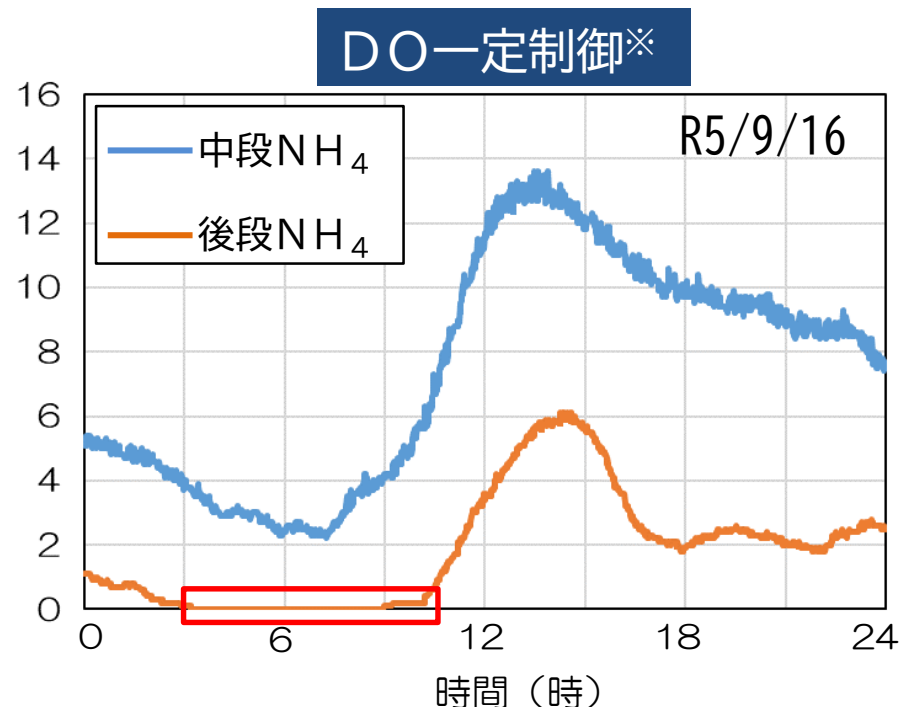
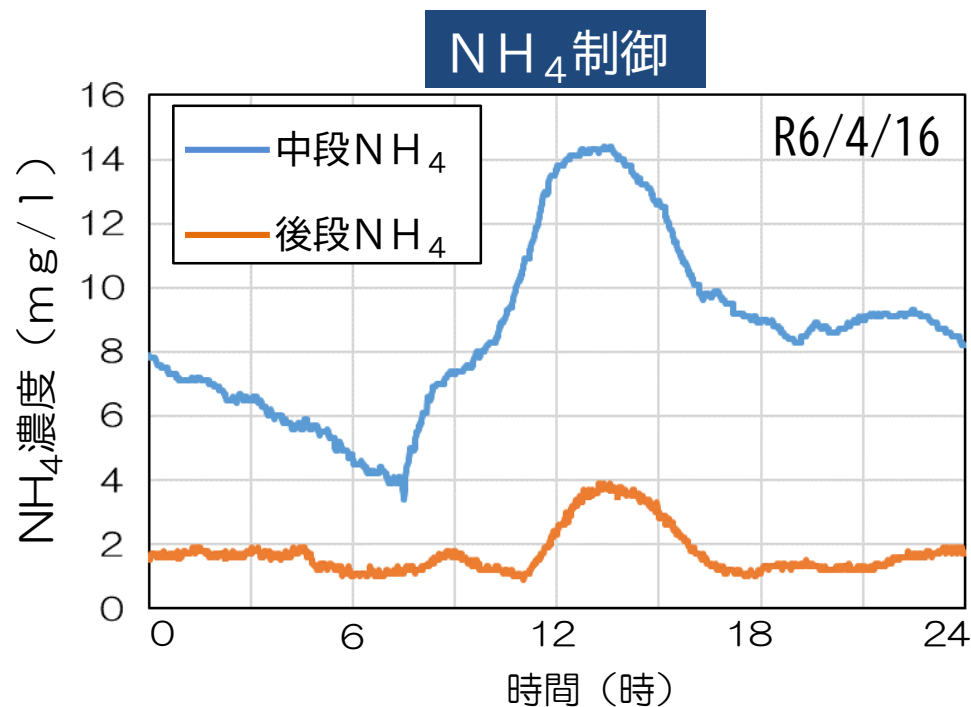


深夜～早朝にかけて、中段DOが低い状態になっていた
→**反応タンクが擬似A O A O化**していることが示唆された

4 検討

NH₄濃度の変動

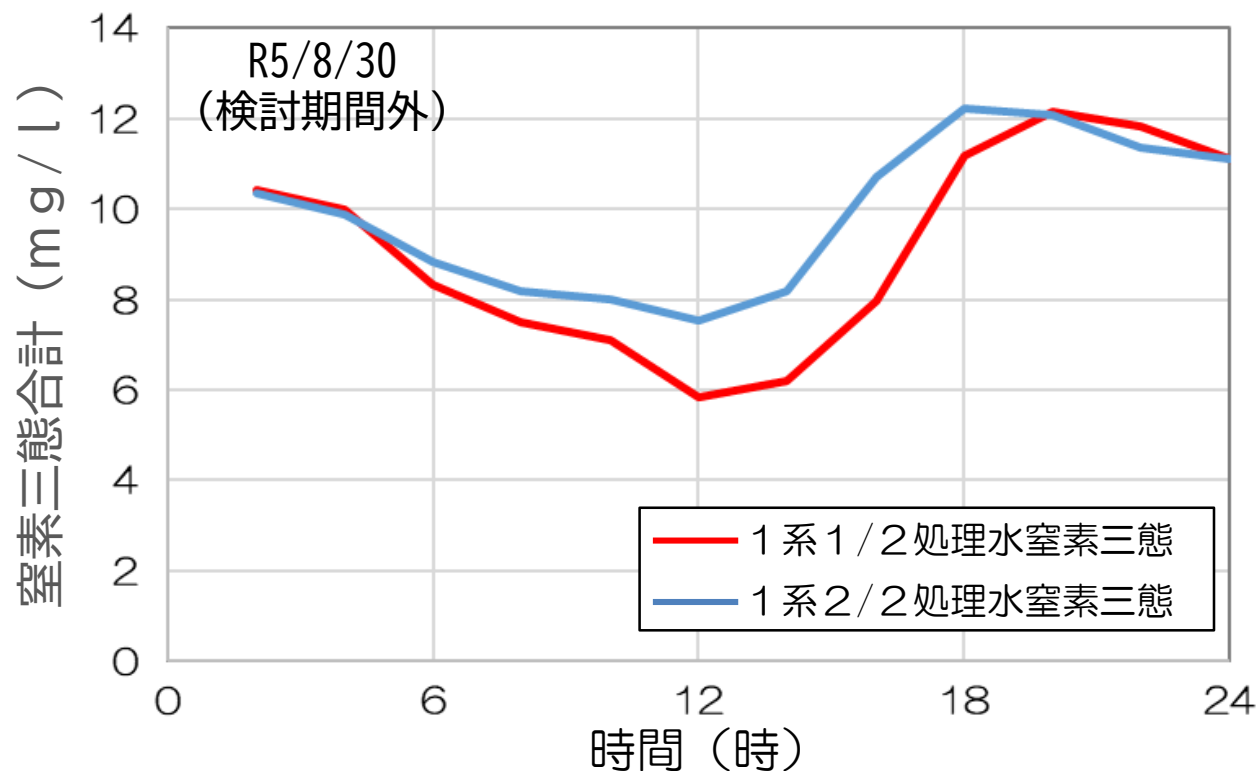
※1/2池をDO一定制御で運転していた際のトレンド



NH₄制御では7セル目時点でNH₄濃度が2～3mg/l
DO一定制御ではNH₄濃度が0mg/l
→無駄な風量を削減できている

4 検討

通日試験の結果



反応タンクが擬似A O A O化している時間帯に処理されたと
思われる処理水の窒素三態※が特に低下していた

※窒素三態：NH₄-N（アンモニア態窒素）、NO₂-N（亜硝酸態窒素）、
NO₃-N（硝酸態窒素）の合計

5 まとめ

結論

- ・ NH_4 制御により、負荷変動に適した送風量制御を自動で効率的に行うことができた
- ・ 特に、負荷の低い時間帯に風量を抑制したことで脱窒が促進されて処理水質を向上できた

今後の課題

- ・ NH_4 計の管理には人手やコストがかかる
→ NH_4 制御を用いず、同様の制御を再現できるか検討
例：時間帯別DO制御

ご清聴ありがとうございました