

二軸管理を活用した送風量及び循環比の調整による消費電力量の削減

横浜市 ○原圭輝
田辺克洋

1 はじめに

横浜市では温室効果ガスの排出量を 2030 年度において 50%削減（2013 年度比）することを目標に掲げ、下水道事業におけるアクションプランとして「横浜市下水道脱炭素プラン」を 2022 年に策定し、具体的な取組を実践することとしている。一方で、東京湾の水質改善を目的とした高度処理施設を積極的に導入しており、処理水質と省エネの両立が重要な課題となっている。そこで、港北水再生センター（以下、当センターという。）では水質と電力量の二軸管理を意識した取組を送風量及び循環比の調整といった毎日の運転調整の中で実践した。それにより、一定の処理水質を維持しつつ、送風機や返送汚泥ポンプ等に係る消費電力量の削減に繋げることができたため報告する。

2 施設概要

当センターは、計画処理面積 6,270ha、計画処理人口 555,700 人、計画処理能力 279,100m³/日の分流式及び合流式の終末処理場である。計画流入水質及び計画処理水質を表 1 に示した。水処理施設の反応タンクは中央 3 系列 3 池、北側 5 系列 5 池、南側 3 系列 6 池の計 11 系列 14 池が稼働しており、表 2 に示したとおり各処理方式が混在している。また、当センターの特徴として、処理系列の約 9 割が高度処理系列である。

3 研究内容

週 1 回以上の頻度で実施している水質試験の結果と、帳票システムから抽出した電力量データをもとに、処理水質（T-N、T-P、NH₄⁺-N 等）と電力量の見える化を進めた。具体的な取組内容は表 3 に示したとおり、送風機及び返送汚泥ポンプ等の水処理動力を対象とし、NH₄⁺-N と送風量、T-N と水処理動力といった二軸管理を活用することにより、処理水質を維持しながら電力量を削減する方法を検討した。

表 1 計画流入水質及び計画処理水質

名称	計画 流入水質 mg/L	最初沈殿池		反応タンク	計画 処理水質 mg/L
		除去率 %	流出水質 mg/L	除去率 %	
BOD	190	50	95	95	5
SS	150	60	60	92	5
T-N	24	17	20	50	10
T-P	3.6	28	2.6	81	0.5

横浜市公共下水道事業 容量計算書（2015年11月）

表 2 港北水再生センターの処理方式の一覧(2024/2/29現在)

反応タンクの処理方式		池数
高度処理	嫌気-無酸素-好気法	7
	嫌気硝化内生脱窒法	2
	循環式硝化脱窒法	3
標準法 (段階的・高度処理)	疑似嫌気好気法	1
	好気疑似無酸素好気法	1
合計		14

表 3 取組内容

対象設備(機器)		取組内容	
		2022年度からの継続	2023年度からの新規取組
送風機		送風量削減、運転台数削減	吐出圧の調整
水処理動力	返送汚泥ポンプ	返送汚泥量削減、運転台数削減	降雨時の量一定運転(汚泥量削減)
	循環ポンプ	循環水量削減、運転台数削減	降雨時のポンプ停止(水量削減)
	兼用タンク等攪拌機	好気→嫌気、運転時間削減	対象系列の拡大(タイマーの新規設置)

なお、目標処理水質については、東京湾流域別下水道総合整備計画の短期目標を踏まえ、T-N を 10mg/L、T-P を 0.5mg/L（いずれも年間平均）とした。また、BOD の計画放流水質である日間平均 15mg/L を遵守するため、N-BOD を考慮して $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の目標値を 3.0mg/L とした。

4 結果及び考察

(1) 当センターにおける近年の反応タンク流入水質

図 1 に示したとおり、当センターにおける近年の反応タンク流入水質では $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 及び T-N が上昇傾向にある。したがって、処理水質を維持するには送風量と循環比の増大が必要となり、それに伴う送風機及び水処理動力に係る電力量も増大するため、省エネ運転は厳しい状況にある。しかし、その中で工夫をしながら取組を進めた。

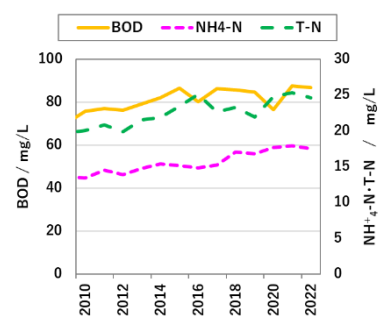


図 1 近年の反応タンク流入水質

(2) 送風量及び送風機に係る電力量・ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の二軸管理

図 2 に送風機に係る電力量に対しての送風量を示した。電力量は送風量に比例し、同じ送風量では常時 1 台で運用する方が電力の消費を抑えることができる。したがって、省エネの観点からみると可能な限り送風量を 345,000Nm³/日程度にし、送風機は運転台数を減らして運用するのが望ましいといえる。

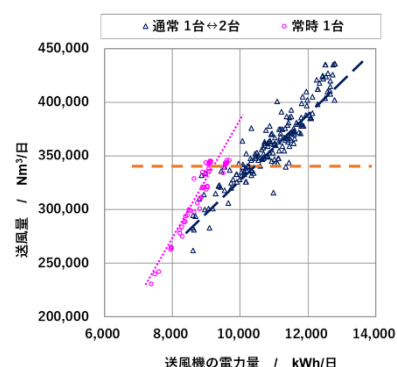


図 2 電力量と送風量の関係

また、送風量と処理水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の関係を図 3 に示した。これにより、両者は負の相関関係があることがわかり、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ を目標値である 3.0mg/L 以下に維持するためには、送風量をおおよそ 345,000Nm³/日以上に調整する必要があると確認できた。必要とされる送風量は流入負荷により変動するため、都度の調整は必要であるが、基準として考えるべき送風量を確認できたことで送風量の無駄をできるだけ少なくすることが可能となり、かつ、安定した処理水質の維持に繋げることができた。

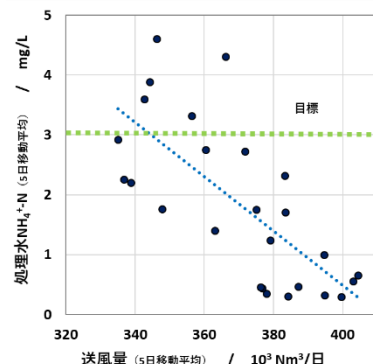


図 3 送風量と処理水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の関係

(3) 水処理動力に係る電力量・T-N の二軸管理

水処理動力に係る電力量の経日変化について図 4 に示した。これにより、返送率や循環率の変更、処理水量の増減、兼用タンク切り替え等の処理調整の結果として電力量が大きく変動していることが読み取れる。

表 4 に示したとおり、返送率と循環率に関連する循環比に着目すると、循環比が 1.36 の場合と 0.80 の場合とでは水処理動力に係る電力量に大きな差がみられる。このように、循環比を下げることで返送汚泥ポンプ及び循環ポンプの運転台数の削減、運転出力の軽減ができ、水処理動力に係る電力量を削減することができた。

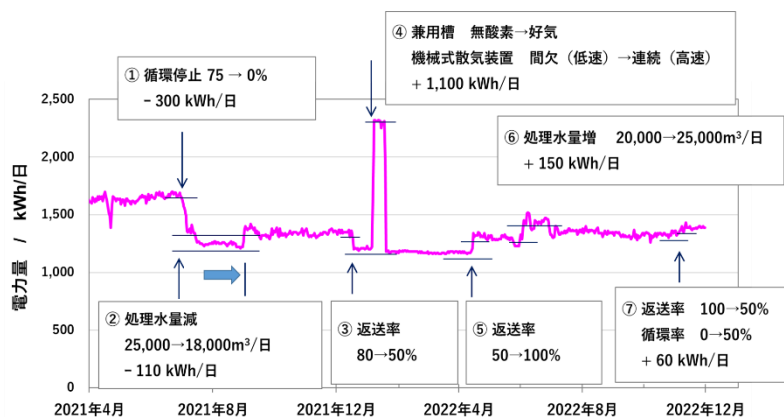


図 4 処理調整による水処理動力に係る電力量の変化

処理水質との関係として循環比と窒素除去率には負の相関があるため、循環比を下げた期間の処理水の T-N は上昇している（図 5 参照）。そのため、一時的に処理水の T-N が目標値である 10mg/L を超過している時期もあるが、年間平均で 10mg/L 以下を満たし、目標を達成している。

表 4 循環比と電力量等の関係

	2014年度	2022年度	目標
循環比	1.36	0.80	-
電力量 [kWh/日]	18,500	14,700	-
処理水 T-N [mg/L]	6.9	9.6	10以下

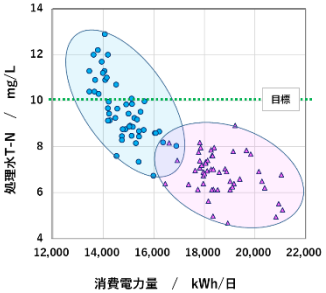


図 5 処理水の T-N と電力量の関係

(4) 電力量の比較

今回の取組により、表 5 のとおり、2023 年度の電力量は取組を開始する前の 2017 年度から 2021 年度までの平均と比較して、当センター全体で 8.3%、送風機で 3.0%、返送汚泥ポンプ、循環ポンプ及び攪拌機等の水処理動力については 21.9%と大幅に削減できた。

表 5 各電力量の削減量と削減率

	2017～2021 平均	2022	2023 (～2/29)	2023と過去5年間の平均との比較	
	kWh/日	kWh/日	kWh/日	kWh/日	%
送風機	33,470	33,690	32,480	-990	-3.0
水処理動力	18,140	14,670	14,160	-3,980	-21.9
センター合計	81,140	76,390	74,410	-6,730	-8.3

(5) 電力量と水質値の推移 (2013～2023 年度)

処理水質 (NH₄⁺-N、T-N 及び T-P) と一日当たりの送風機及び水処理動力に係る電力量について、2013 年度から 2023 年度までの推移を図 6 に示した。およそ 10 年の傾向としてみると NH₄⁺-N は右上、T-N は左上、T-P は左下に推移

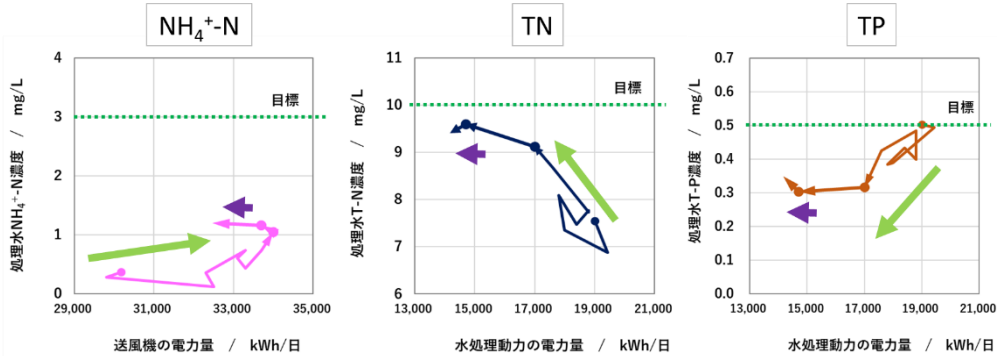


図 6 各水質値の経年変化 (2013～2023 年度)

している。次に、取り組みを進めた 2022 年度以降に着目すると、各水質項目の値はいずれも左方向に推移している。このことから、2021 年度と比較して電力量が減少していることがわかる。また、各水質項目はいずれも目標値を下回って推移していることから、当センター内では処理水質の維持と省エネの両立が図れたと考えられる。

5 まとめ

処理水質と電力量の見える化を進め、二軸管理を活用することで、送風量の変更、兼用タンクの運転切り替え、返送汚泥量・循環水量の制御等の効率的な処理調整を検討・実施した。その結果、処理水質の維持と省エネを両立させることができた。

今後も現在の取組を継続するとともに、新たに導入したアンモニア制御についても検討し、処理水質の維持と省エネの両立を図っていきたい。

問い合わせ先：横浜市下水道河川局下水道施設部港北水再生センター TEL 045-542-3031

下水道河川局下水道施設部水質課 E-mail: gk-suishitsu@city.yokohama.lg.jp