

送風機の気象データ補正制御の 導入と運用の経過報告（その2）

横浜市 環境創造局 栄水再生センター ○和 高 徹
亀村 裕之
横浜市 環境創造局 環境科学研究所 石田 麻衣子

1 序論

横浜市の水再生センターでは、送風機の「吸込空気の温度が低いと風量が多くなる」傾向があることに着目し、温度に応じて風量を季節ごとに手動で調整していた。当センターでは、この送風機の風量を自動で制御する「気象データ補正制御」を提案した。2018年7月に気象データ補正制御を導入した夏季は、従来に比べて省エネ化を達成している（表-1）。

今回、課題であった冬季における低風量域での運用が可能か検証を行なった。

また、温度以外の気象因子（湿り空気密度及び湿度、気圧）の風量への影響について分析した。

表-1 省エネの効果

	2018年8月	2017年8月	2018年9月	2017年9月	2018年10月	2017年10月
平均気温 [°C]	27.0	25.7	22.2	22.4	18.7	16.5
反応タンク風量 [Sm ³]	4,304,550	4,162,800	4,358,050	4,737,200	4,295,700	4,306,050
送風機電力量 [kWh]	126,820	127,550	125,120	138,690	119,050	124,890
送風機が1[Sm ³]作り出すのに 必要な電力量 [kWh/Sm ³]	0.02946	0.03064	0.02871	0.02928	0.02771	0.02900
上記の2017年同月比 [kWh/Sm ³]	-0.0012	(-3.85%)	-0.0006	(-1.94%)	-0.0013	(-4.45%)

2 従来の制御と気象データ補正制御

最初に、送風機の台数制御について説明する。

当センターで運用中の送風機の仕様を表-2に示す。反応タンクへの流入負荷に応じた要求風量に対して、圧力一定のまま送風機のインレットベーンを開閉し風量を変化させる。要求風量が、運転中の送風機の「上（下）限風量」を超える（下回る）場合は、運転台数を増加（減少）させる。

従来の制御では、「吸込空気の温度が低いと風量が多くなる」という傾向に合わせ、「上（下）限風量」は、職員が気候の変化に合わせて逐次手入力で設定していた。

一方、新たに導入している気象データ補正制御は、気象データ（温度）をリアルタイムで計測し、吸込み可能な風量の「上（下）限風量」を自動で変動させていくものである。

表-2 送風機の仕様

	1・2号送風機	3・4号送風機
形式	歯車増速式単段ターボ	
風量制御	インレットベーン	
定格風量	140 [Sm ³ /min]	70 [Sm ³ /min]
電動機	190 [kW]	110 [kW]
制御圧力	57 [kPa]	

3 実運用での課題

2018年12月に反応タンクの池数に変更になり、水処理負荷を下げた影響で、要求風量が導入当初の想定より少なくなった。当時の本制御方式で想定していた送風機の風量を下回る運転域に陥ったため、送風機が停止

と起動を繰り返し、安定的な送風機の運用が出来なくなった。即座に既存の制御に切り替えることで、下水処理は継続できた。

4 低風量域での運転及び新たなパラメーター（湿り空気密度）の検討

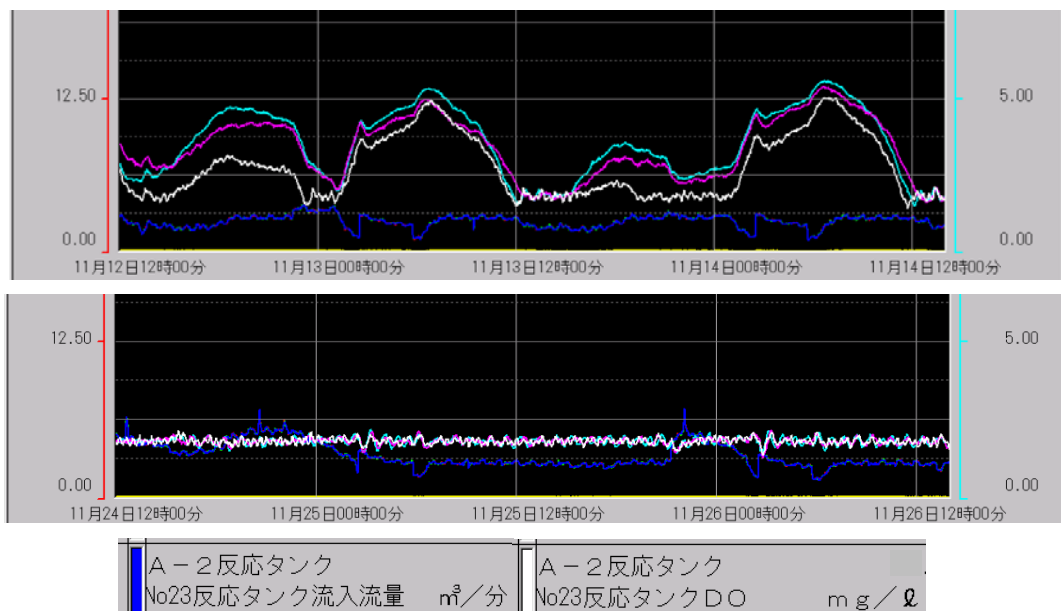
(1) 低風量域での運転課題の解消

低風量域での課題が判明して以降、大容量の1号及び2号送風機が低風量域で安定的に風量を供給できるかというデータが無かったため、反応タンクの最低要求風量を多めに設定した。その為、反応タンクへの流入汚水量が少なくなる時間帯（早朝、昼前、夕方）に実際の要求風量よりも過曝気味となっていた。

既存の制御に切替えた12月以降も送風機の運転データを取り続け分析を繰り返したところ、1号及び3号送風機または1号及び4号送風機の組合せにおいては、低風量域での運転が可能であることが確認できた。

2019年11月14日に実際に温度補正制御を入りにして1号と3号の組合せで運用を始め、最低要求風量を下げた結果、流入が少ない時間帯に過曝気味（図—1 上参照）であった反応タンクの末端DOが一定に保たれるようになった（図—1 下参照）。

また、1号から3号への運転替えの頻度が減り、より効率的な運用をすることができた。



図—1 取組み前後での反応タンク DO

(2) 新たな気象因子の風量への影響

環境科学研究所では、2018年1月15日から2020年1月21日の間、当センターに設置されている現場計器を使用して湿り空気密度及び温度、湿度、気圧の1号送風機風量への影響を解析した。その結果、湿り空気密度が最も風量への影響が大きいことがわかった。

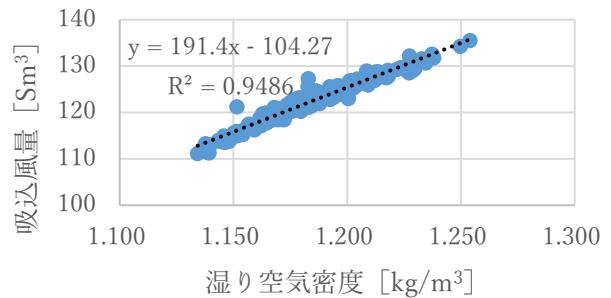
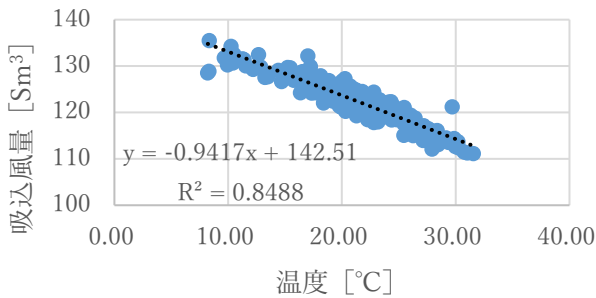
湿り空気密度とは、水蒸気を含んだ1m³の空気が有する質量のことで、主に気温・気圧により変化をする。湿り空気密度の導出式を表—3に示す。

図—2のとおり、湿り空気密度と吸込風量の関係では決定係数（R²）は0.9486となり、温度と吸込風量の間関係では決定係数は0.8488である。

その為、湿り空気密度をパラメーターとした方が、より精度が高く吸込風量の変化を抽出できるため、更に細やかな風量制御が可能となることが分かった。

表—3 湿り空気密度の算出方法

湿り空気密度 ρ [kg/m ³] : $\rho = \frac{1.2923}{1 + 0.00366T} \times \frac{P - 0.378e}{1013.25}$	飽和水蒸気圧 e_s [hPa] : $e_s = 6.1078 \times 10^K$
水蒸気圧 e [hPa] : $e = e_s \times \frac{U}{100}$	$K = \frac{7.5T}{T + 237.3}$
P : 気圧 [hPa]	T : 温度 [°C]
	U : 湿度 [%]



図—2 吸込風量と温度及び湿り空気密度の関係 (1号ブロワ最大風量)

5 結論

今回1号及び3号送風機の組合せにおいて、1号送風機の最低風量での運転を可能にすることで、反応タンクの要求風量に対しての追従性を高め良好な水処理を可能にした。

また、湿り空気密度をパラメーターに加えることで、より精度の高い台数制御を実現できる可能性が分かった。

6 今後の研究課題と展望

低風量域運転については、2号送風機は同一仕様の1号送風機に比べて低風量に絞れない特性があるため、2号送風機を運用可能にすることが課題である。

また、今回気圧計の測定精度を確認した際、台風によるイレギュラーな気圧変動があった。湿り空気密度をパラメーターに組み込んだ実運用をするには、台風時などの急激な気圧の変化にはどの様に対応するか、どの程度の追従性を持たせるかといった課題がある。

気象データ補正制御は、散気板の交換など大規模な改修工事を伴わず、また下水処理の負荷を変えずに、ソフトウェアの改良のみで効果を発揮する省エネ手法として有効である。

横浜市では、この手法を他の水再生センターにも導入していく予定である。

本研究の成果によって、水再生センターの電力消費で発生する温室効果ガスの削減に寄与し、地球温暖化防止の一助となるように、今後とも努力していく。

問合せ先：横浜市 環境創造局 栄水再生センター

住所 横浜市栄区小菅ケ谷 2-5-1 栄第一水再生センター

T E L 045-891-9711 E-mail ks-sakaewtp@city.yokohama.jp