下水道施設における
送風機の気象データ補正制御の導入と運用

亀村　裕之[1]・浅木　麻衣子[2]

[1]横浜市　環境創造局　栄水再生センター　（〒247-0007 神奈川県横浜市栄区小菅ケ谷 2-5-1 栄第一水再生センター）

[2]横浜市　環境創造局　環境科学研究所（〒221-0024 横浜市神奈川区恵比須町 1 澁澤 ABC ビルディング 1 号館 5 階）

下水処理では、好気性微生物により汚れを除去するため、多量の空気を必要としている。この空気は送風機により供給されている。送風機の特性として、外気温など気象状況が変化すると、吐出風量が増減することが分かっていたが、自動での制御対象とされてこなかった。横浜市栄第一水再生センターでは、気象状況を元に、吸込空気の温度により送風機の能力が変化することを考慮した制御を行うことにより、送風機の運転の安定化と省エネにつながる可能性に着目し、送風機の制御数値を随時変更できる「気象データ補正制御」を導入した。本報告では、導入の経緯と、省エネの検証などの途中経過について報告する。

キーワード　下水処理、送風機、気象データ、省エネ、自動制御

１．序論

横浜市栄第一水再生センターは栄区小菅ケ谷二丁目にある下水処理場である。栄区の大部分と隣接する戸塚区の一部及び港南区の一部を処理区域としている。下水処理後の再生水は境川水系の 2 級河川であるいたち川へ放流され、水環境の保全及び創造に大きく寄与している。図-1 に横浜市栄第一水再生センターの位置を示す。

下水処理では、好気性微生物により汚れを除去しているため、多量の空気を送風している。送風機の電気量は、当センターの消費電力の約 4 割を占め、省エネが課題となっている。

当センターでは従来から、送風機の台数制御の基本である送風機の能力特性を季節ごとに手動で調整して運用している。本制御では、ベテラン職員の経験を踏まえ、気象データと送風機の能力特性との間に一定の関係があることに着目し、制御パラメータの変更を自動化した。

それまでの手入力では難しかった時々刻々と変化する外気温の変化にも対応できる仕組みとなり、運転の安定を図りつつ、省エネも達成すると期待した。

図-1　栄第一水再生センターの位置

このような制御を実際に運用することは、横浜市独自の取組みで全国初である。今回はそれら制御の概要と、導入後からこれまでの検証結果を報告する。

２．導入前の制御

当センターで運用中の送風機の仕様を表-1 に示す。従来の制御方法は台数制御を用いた圧力一定制御である。設定した圧力に合わせるように要求風量が変化し、送風機のインレットベーンが開閉する。さらに、要求風量が運転中の送風機の「上限風量」を超える場合は、運転台数を増加させる。逆に要求風量が「下限風量」を下回る場合は、運転台数を減少させる。この「上限風量」及び「下限風量」は、台数制御に大きく関わっている。

表-1　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 [m^3/min]	70 [m^3/min]
電動機	190 [kW]	110 [kW]
制御圧力	57 [kPa]	

３．導入した制御の概要

「気象データと送風機の能力特性に関係がある」とは、「吸込空気の温度が高いと風量が少なくなり、温度が低いと風量が多くなる」という傾向である。従来、「上限風量」と「下限風量」は職員が気候の変化、季節の移り変わりに合わせて逐次、手動で設定していた。

今回導入する気象データ補正制御は、気象データを計測しリアルタイムで「上限風量」と「下限風量」を変動させていくものである。従来の制御と気象データ補正制御の簡略化した概要を図-2 に示す。

当センターでは、大風量の送風機 1 台のみが運転しているのが基本で、要求に応じて小風量の送風機 1 台が追加起動や停止を繰り返している。この 2 台が同時に運転している時間をできるだけ少なくすることで、省エネが達成できる。

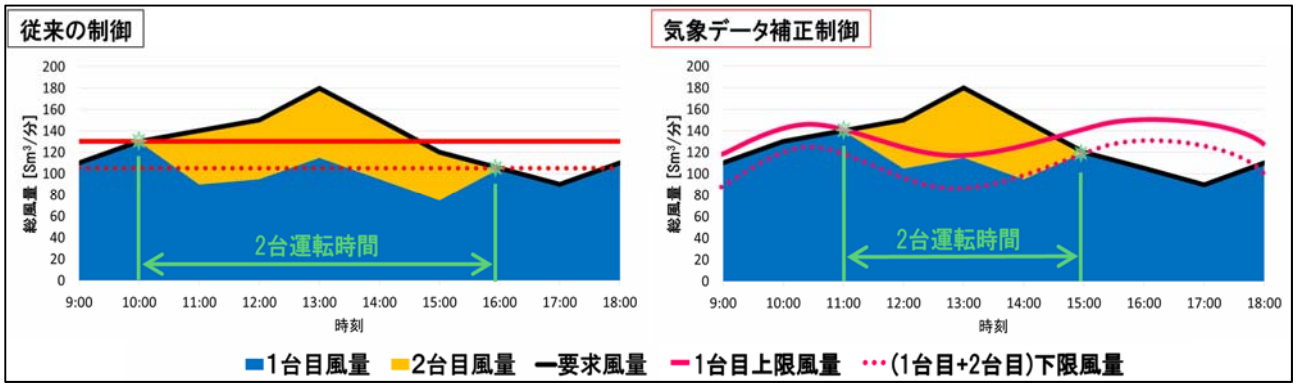

図-2　従来の制御と気象データ補正制御の概略

４．導入した気温による補正制御

本研究ではまず、吸込空気の温度のみに着目し「吸込温度－最大吸込風量」及び「吸込温度－最少吸込風量」の関係式を導く。その関係式により吸込空気温度によって「上限風量」及び「下限風量」を自動で変動する制御を導入した。

関係式を導くにあたり、実際の送風機の運転データを検証した。ここで対象とした運転データとは、運転中の送風機のインレットベーンの最大開度及び最少開度での吸込空気温度及び吸込風量である。

吸込温度を計測する温度計測器の信頼性は、環境科学研究所との共同研究によって事前に確認を行った。環境科学研究所が所有する温度計測器を使って吸込温度を 1 分毎に計測し、当センター既設の温度計との比較を行った。それぞれの計測値が概ね追従して変化したため、当センター既設の温度計を制御に取込んでもよいことが確認できた。

この計測作業は、温度だけでなく湿度も含めて現

在も続けており、これまでで 1 年間を超すデータを蓄積できた。

５．吸込空気温度と吸込風量の検証

最大吸込風量と最小吸込風量について、温度との関係がグラフのように目に見える形で確認できた。図-3 及び図-4 に代表的な結果として 2 号送風機の結果を示す。前述のとおり「吸込空気温度が高いと風量が少なくなり、吸込空気温度が低いと風量が多くなる」という傾向が確認できた。

このデータの中央値（中心線系）をもとに「気象データ補正制御」の制御値を決定した。

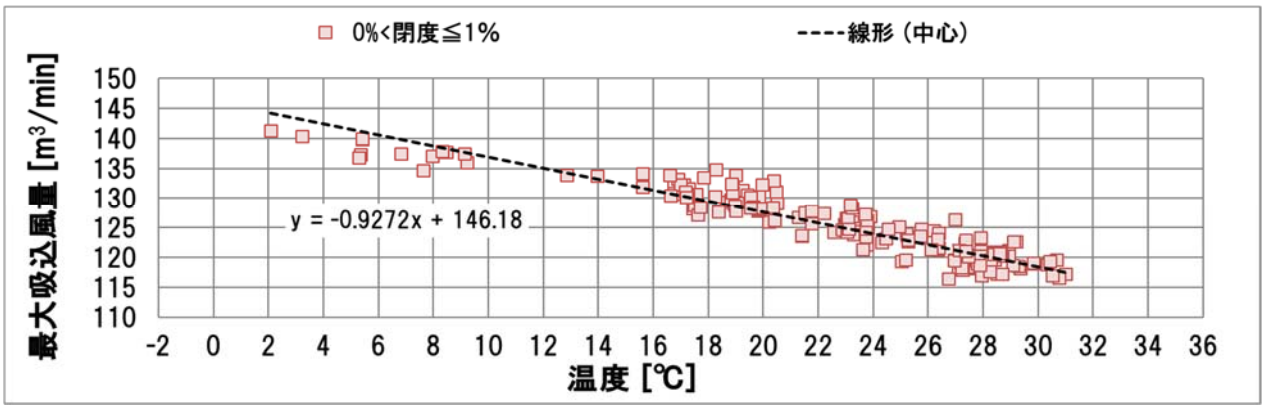

図-3　2 号送風機の吸込温度と最大吸込風量との関係

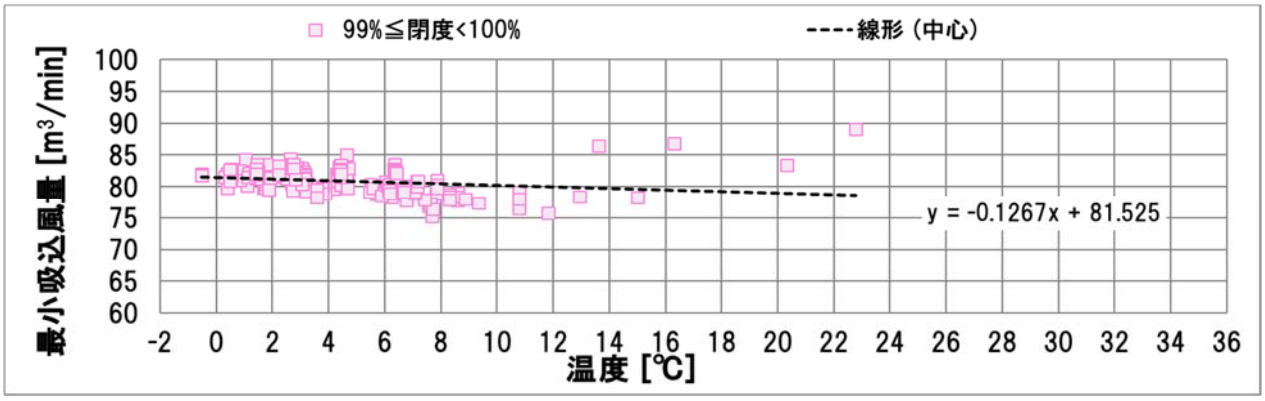

図-4　2 号送風機の吸込温度と最小吸込風量との関係

６．運用経過

2018 年 7 月に気象データ補正制御を導入した。導入後も既存の制御と切り替え可能な状態にして、気象データ補正制御の実運用を行っている。

12 月に反応タンクの運用状況を変えた影響で、要求風量が想定外に少なくなった。大風量の送風機が停止し、小風量の 1 台だけで要求を満たす時間が発生し、想定していない運転域に陥った。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。

現在は、小風量運転時に対応できるように追加検討を行っている。

表-2　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 [℃]	27.0	25.7	22.2	22.4	18.7	16.5
反応タンク風量 [Sm³]	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[Sm³]作り出すのに必要な電力量 [kWh/Sm³]	0.02946	0.03064	0.02871	0.02928	0.02771	0.02900
上記の2018年と2017年の比較 [kWh/Sm³]	**-0.0012**	**(-3.85%)**	**-0.0006**	**(-1.94%)**	**-0.0013**	**(-4.45%)**

７．結論 ―省エネ効果の検証―

導入後の運転記録から検証した 8 月から 10 月までの省エネ効果の結果を表－2 に示す。

表-2 により、気象データ補正制御の導入によって約 2%～約 4%程度の省エネの効果が出ていることが確認できた。特に、平均気温の比較からもわかるように風量の出にくい猛暑にもかかわらず、電力量が減っていることは大きな成果である。

８．今後の研究課題と展望

今後は課題となった冬期の小風量運転時に適用する運転パターンを追加したいと考えている。

また、吸込空気の温度だけでなく、湿度や気圧も入力値として取り込み、制御の精度を上げていきたい。

気象データ補正制御は、機械設備の交換など大規模な改修工事を伴わず、また、従来の下水処理に負荷なく、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、横浜市では他の水再生センターへ導入を拡大する予定である。

この研究の成果によって、下水処理場の電力消費によって発生する二酸化炭素の削減に寄与し、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きたい。