

散気装置の圧力損失特性が及ぼす 曝気システムへの影響の検証

公益財団法人愛知水と緑の公社 ○中岡 優亮
安井 真規・丸山 司
愛知県尾張流域下水道出張所 有我 清隆

1. はじめに

水処理施設の増設・更新や、新たな散気装置の開発により、水処理施設の曝気システムは多様化している。水処理施設を安定かつ効率的に運営していくためには、多様化した曝気システムの特徴を把握することが第一歩になる。

本報告では、従来の報告¹⁾²⁾を基に、近年多く採用が進んでいるメンブレンパネル式散気装置（以下、メンブレン）の圧力損失特性を平成23年度から平成26年度までの4年間継続的にモニタリングし、その結果を踏まえて、今後の曝気システムの増設・更新設計時に配慮すべき事項を現場からの視点で考察した。

2. A浄化センターにおける散気装置の圧力損失特性調査

(1) 圧力損失特性調査方法

A浄化センターの3段ステップ流入式硝化脱窒法に採用されたメンブレンを対象に圧力損失の季節変動調査を行った。前回の調査¹⁾は1年間の検証だったが、今回は平成23年度から平成26年度の4年間、月に1回（平成23年度は2週間に1回）の間隔で、A浄化センター第2区画7-2系に設置されているメンブレンのライザー管圧力を測定した。測定時には風量を $35 \text{ Nm}^3/\text{min}$ ・池に設定し、風量が安定していることを確認した。また測定時のブロウ前室の気温、および湿度も併せて測定した。

(2) 調査結果

A浄化センターに設置されているメンブレンのライザー管圧力の時系列変化を図-1に、絶対湿度（ブロウ前室の気温および湿度から算出した単位体積当たりの水蒸気量）とライザー管圧力の相関を図-2に示す。

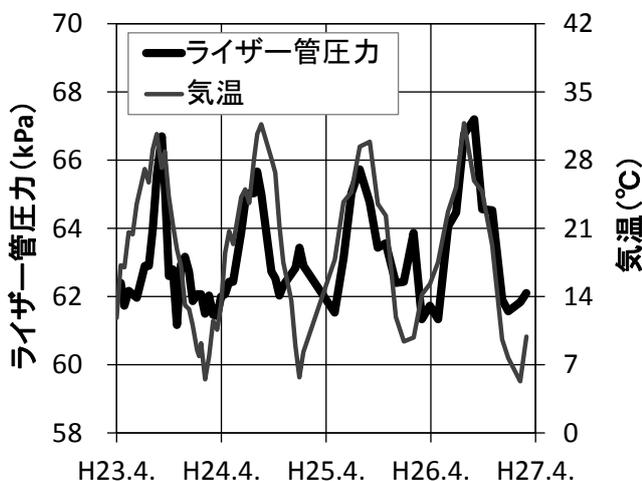


図-1 ライザー管圧力の時系列変化

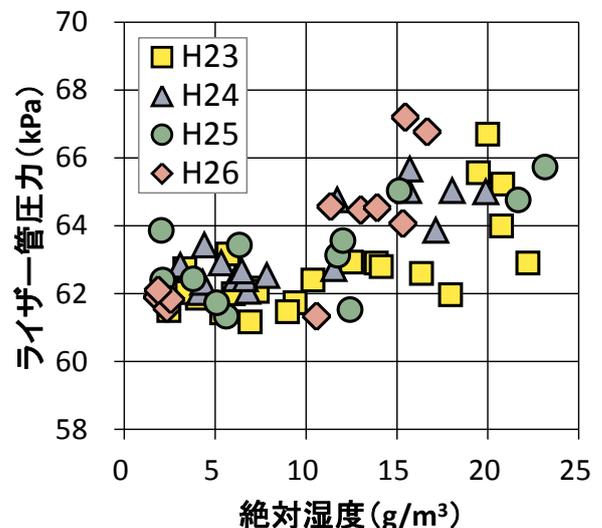


図-2 絶対湿度とライザー管圧力の相関

図-1より、毎年夏季にライザー管圧力がおよそ4 kPa上昇することがわかった。図-2より、絶対湿度に比例してライザー管圧力が高くなる傾向が見られた。また、この4年間では、使用年数の経過による圧力損失の変動は見られなかった。

なお、調査条件は35 Nm³/min・池であり、ノルマル換算値で一定としている。冬季と比較して、夏季は気温の影響により空気の体積が若干膨張しているが、ライザー管圧力へ及ぼす影響はわずかであると想定している。

(3) 現場の管理状況

A 浄化センターでは、反応槽流入水の汚濁負荷の変動に伴う曝気空気量の変動や季節変動により、メンブレンの圧力損失の変動が発生している。しかし、それに起因して系列間・3 段ステップの各好気槽間の風量バランスが崩れることはなく、現場作業としてライザー管の元バルブ開度調整も特に不要な状況であった。それは図-3 に示すように、本施設の曝気システムの場合は、散気装置が全てメンブレンで統一されており、全系列全散気装置の圧力損失が同等に変動していたこと、また、反応槽末端 DO 計およびそれに追従する風量調節弁が各池に設置されているので、池単位で必要曝気風量を制御できていたことが要因であると考えられる。

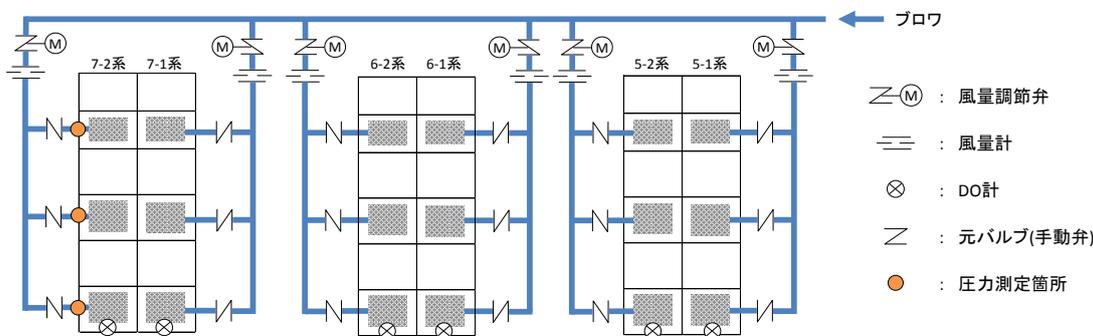


図-3 A 浄化センター第 2 区画の曝気システム概略図

3. 各散気装置の圧力損失特性を踏まえた既存の曝気システムの稼働状況

(1) 各散気装置の圧力損失特性

表-1 は、散気装置（メンブレン、散気板、水中攪拌機）の圧力損失特性と、ブロウ同系統内でそれらを組み合わせた場合に、どのような状況が想定されるかを示したものである。

表-1 散気装置の圧力損失特性とそれらの組合せによる曝気システムへの影響

散気装置	圧力損失	圧力損失の 季節変動	散気装置の組合せによる曝気システムへの影響		
			メンブレン	散気板	水中攪拌機
メンブレン	高	夏期に上昇	(風量調節弁・元バルブの配置による)	-	-
散気板	低→高 (経年劣化)	夏期に上昇 ²⁾	圧力損失差を調整する仕組みが必要 季節変動・経年変化に応じた調整が必要	設置年度の差による 経年変化に応じた調整が必要	-
水中攪拌機	低	なし	圧力損失差を調整する仕組みが必要 季節変動に応じた調整が必要	圧力損失差を調整する仕組みが必要 季節変動・経年変化に応じた調整が必要	(風量調節弁・元バルブの配置による)

各散気装置の圧力損失は、図-4 のような挙動を示す。各散気装置固有の圧力損失絶対値だけでなく、季節変動や経年劣化などの圧力損失特性が異なる散気装置を組み合わせることによって生じた散気装置間の圧力損失差の変動も、曝気システムの稼働状況に影響を及ぼす要因として考えられる。これらをどのような手法により解消していくかの検討が必要である。

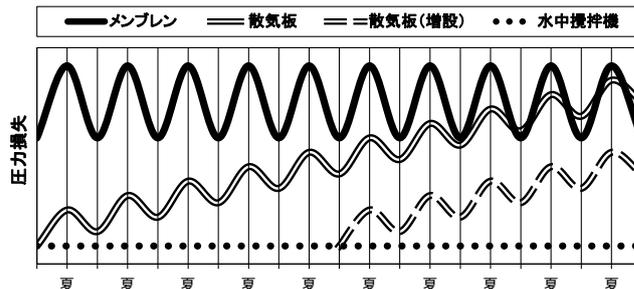


図-4 散気装置の圧力損失特性イメージ図

(2) 既存の曝気システムの稼働状況

表-2は、現場における風量バランス制御管理の状況事例を示したものである。設計段階において、ブロウ同系統内に圧力損失設計値の異なる散気装置が混在する場合、風量バランスを制御するためには散気装置の設置水深を調整する。ところが設計時には、表-1・図-4で示したような圧力損失の変動については十分配慮されていないと思われる。すると散気装置間で想定以上の圧力損失差が発生した場合や風量調節弁の配置が不十分な場合では、風量バランス制御は元バルブ開度調整で行うしかなく、現場の作業員への大きな負担となるばかりか、場合によっては十分な風量を供給できないという大きな問題も発生している。

表-2 現場での風量バランス制御管理の状況事例

事例	散気装置	風量調節弁の配置	圧損差の調整	風量バランス制御管理の状況
A浄化センター	メンブレン (全面曝気方式)	反応槽1池に1つ	-	全散気装置の圧損変動が同等なので元バルブ操作は不要。各池に風量調節弁が設置されているので、反応槽各池の必要空気量に対して過不足なく曝気できる。
ケース1	メンブレン (全面曝気方式) 散気板 水中攪拌機	反応槽1池に1つ	水中攪拌機の 元バルブ開度	圧力損失の低い水中攪拌機、季節変動のある散気板とメンブレンが混在している中で共通のブロウ系統で管理しているため、風量バランスを保つための元バルブ調整に苦慮している。
ケース2	メンブレン (旋回流方式) 水中攪拌機	反応槽1池に1つ	メンブレンの 散気水深高	DO自動制御が思うように追従せず、中央監視にて目標DOとなるように風量を随時調整している。
ケース3	水中攪拌機	反応槽1池に1つ (制御は系列単位)	-	空気の出やすいところ出にくいところが風量によって変わる。出やすいところは元バルブを閉め気味にして全体の吐出圧力を上げるなど、元バルブを頻繁に調整して運転している。
ケース4	散気板	反応槽10池に1つ	-	各池に配置されたDO計の値を中央監視にて適宜確認し、現場の手動バルブにより、風量調節を行っている。要求風量は常に変動するので、現場での調整頻度はかなり多く、作業員の負担は大きい。

4. まとめ ～ 今回の検証を踏まえた曝気システムの増設・更新設計時の配慮事項 ～

従来の報告¹⁾²⁾に加え、今回の4年間の継続的なモニタリングの結果から、散気装置の方式によっては、圧力損失に季節変動が発生することが改めて確認された。この点を踏まえ、曝気システムの増設・更新設計時に配慮すべき事項を以下の通りまとめる。

(1) ブロウ同系統内に異なる散気装置を配置する場合

数kPa程度の圧力損失差は、ライザー管に設置された元バルブによって調整可能であると思われる。しかし、当初想定していた絶対値としての圧力損失差に季節変動が上乗せされると、元バルブの対応可能範囲を超過する恐れがある。そのため、季節変動に起因する圧力損失の上乗せが発生しても、設置水深の設定や配置を予定している風量調節弁・元バルブによって対処可能な見通しであるか確認する必要がある。

(2) ブロウ同系統内に全て同じ散気装置を配置する場合

散気装置としては、全体的に同じ圧力損失の挙動を示すため、大きな問題は発生しないと思われる。しかし、風量調節弁の配置が不十分で、1つの風量調節弁で多くの反応槽の制御を行う場合には、風量バランス調整が難しい場合もある。また、経年劣化による圧損上昇が発生する散気装置の場合、設置年度の違いにより、定常的な圧損差が発生するため、元バルブによるバランス調整が必要となる。

今後とも高性能な散気装置が次々と実用化され、曝気システムの多様化は進むと思われる。引き続き現場でのモニタリングによって散気装置の圧力損失特性等を把握・検証し、曝気システムの継続的な改善に繋げていきたい。

参考文献

- 1) 鈴木、城山、丸山『超微細気泡式散気装置の稼働状況とその考察について』第48回下水道研究発表会講演集 p.692-694(2011)
- 2) 安藤、丸山『散気装置の圧力特性を考慮した運転管理に関する考察について』第49回下水道研究発表会講演集 p.886-888(2012)

問い合わせ先：公益財団法人愛知水と緑の公社 下水道部管理課管理グループ 中岡優亮

〒460-0002 名古屋市中区丸の内三丁目19番30号 TEL 052-971-3045 E-mail awg-g-ij@pluto.plala.or.jp