

嫌気-無酸素-好気法におけるリン除去の不安定化要因について

富山県立大学 (学)広瀬達也 (学)村松珠美
(学)黒田和史 (正)奥川光治

1. はじめに

神通川左岸浄化センター(以下、浄化センターと称す)では、高度処理法の一つである嫌気-無酸素-好気法(A2O 法)により下水を処理するとともに、汚泥溶融によって汚泥処理を実施している。しかし、降雨流入後や溶融炉停止時等に放流水のリン濃度が上昇することがあり、リン除去の安定化が課題になっている。本研究では、リン除去において何が影響しているかを中心に、本研究室ならびに浄化センターで計測された水質データや維持管理データを解析することで、リン除去の不安定化要因を検討することを目的とする。

2. リン除去の仕組み

A2O 法は、生物反応槽に嫌気槽、無酸素槽および好気槽の 3 つの槽を設け、循環式硝化脱窒法と嫌気-好気法によるリン除去を組み合わせ、生物学的に窒素とリンを同時に処理する方法である。リンはリン蓄積細菌(PAO)と呼ばれる細菌群によって除去される。PAO は嫌気槽で細胞中に蓄積したポリリン酸をオルトリン酸として放出するとともに、揮発性脂肪酸(VFA)を細胞内に摂取する。摂取された VFA は、ポリヒドロキシアルカノエイト(PHA)等の基質として細胞内に貯蔵される。その後、好気槽で細胞内貯蔵基質は酸化・分解され減少する。PAO はこのときのエネルギーを利用して嫌気槽で放出した量以上のリンを体内に取り込み、最終沈殿池で汚泥として除去される。

3. 方法

生物反応槽流入水は週に 1 度、濃縮棟、汚泥処理棟および溶融炉棟からの返流水は月に1度の頻度でサンプルを採取し、下水試験方法に準拠して、GC-FID により VFA 6 成分(酢酸, プロピオン酸, *iso*-酪酸, *n*-酪酸, *iso*-吉草酸, *n*-吉草酸)を分析した。なお、VFA の合計量は酢酸当量値として表示した。解析に使用したその他の水質データと維持管理データは富山県から提供を受けた。

4. 結果および考察

4.1 リン除去の不安定化要因の定性的検討

2015 年 7 月から 2016 年 6 月までの 1 年間において

リン除去が悪化する日として、処理水の全リン(TP)濃度が 1.5mg/L 以上の日または TP 除去率が 0.5 以下の日を調べたところ、52 回中 15 回あった(図 1)。リン除去を悪化させる要因として、リン除去の仕組みから考えると、流入水の VFA 濃度低下が挙げられる。そこで、リン除去の悪化が VFA 濃度の低下で説明可能か確認したところ、15 回中 11 回は説明可能であった(表 1)。説明不可能な日があるのは、VFA 濃度が採水時の瞬間的な濃度であるためと考えられる。採水時に VFA 濃度が高くても前日や前々日に VFA 濃度が低下していてリン除去が悪化していることもあると思われる。VFA 濃度を低下させる要因として、降水量や溶融炉停止が考えられるので、採水の前々日から当日までの降水量と溶融炉停止でリン除去悪化が説明可能か確認したところ、降水量で説明可能な日は 9 回、溶融炉停止で説明可能な日は 5 回あった(表 1)。11 月 5 日のみいずれの要因でも説明できなかったが、3 日前に降水があったことと連休で有機物濃度が低下したことが原因と考えられる。

以上のようにリン除去の不安定化を流入水中の VFA 濃度など 3 要因で説明可能なことが確認できた。

4.2 リン除去の不安定化要因の重回帰分析による検討

処理水 TP 濃度あるいは TP 除去率を目的変数とする重回帰分析を行った。説明変数は、流入水の VFA, COD, BOD 濃度など水質 9 項目と水温, 降水量や気温など気象条件 3 項目および溶融炉運転時間や返流量など運転条件に関する 6 項目, 全部で 19 変数とした。データの期間は前節と同一である。なお、解析にはエクセル統計を使用し、変数選択法は増減法とした。

処理水 TP 濃度を目的変数とした解析において選択された説明変数は、流入水 VFA 濃度, 前々日溶融炉運転時間, 流入水 SS 濃度と COD 濃度であった。前 2 者は有意水準 1%で偏回帰係数が有意となった。ともに偏回帰係数は負の値であり、4.1 の定性的検討と同様の結果であった。後 2 者の偏回帰係数はともに正の

値であり, 得られた重回帰式の自由度調整済み重相関係数は 0.613 であった。

4.3 VFA 濃度・組成の季節変化

流入水の VFA 濃度について見ると, 1.06 ~ 26.4mg/L の範囲で変化し, 年間平均値は 8.68mg/L であった(図 2)。気温・水温の影響を受けると考えられ, 1/7~3/17 の平均値は 2.85mg/L, それ以外の平均値は 10.3mg/L であった。また, VFA 6 成分中の酢酸の比率は 55% であった。3 つの返流水の VFA 平均濃度は, 濃縮棟 82.1mg/L, 汚泥処理棟 119mg/L, 溶融炉棟 149mg/L であり, VFA 6 成分中の酢酸の比率がそれぞれ 62%, 52%, 37% と低下するのが特徴であった。

4.4 リン除去の安定化対策

VFA 濃度と組成の特徴を考慮すると, 下記のようなリン除去安定化対策案が考えられる。①気温・水温が低下すると VFA 濃度が低下するので, 溶融炉余熱を利用した濃縮槽や脱水汚泥貯留サイロ, 初沈汚泥の加温を行う。②降水量・流入水量の増大により VFA 濃度が低下するので, 返流水・流入水の一時貯留を行

い VFA 濃度を平準化する。③溶融炉停止時に VFA 濃度が低下するので, 溶融炉の停止を極力避ける。

謝辞 本研究の遂行にあたり, 富山県土木部都市計画課長様はじめ関係各位のご協力を得た。深甚なる謝意を表する次第である。

表 1 リン除去悪化の日と説明要因

年月日	VFA低	降水量大	溶融炉停止
2015/7/9	○	○	
2015/7/23	○	○	○
2015/9/10		○	
2015/10/1	○		○
2015/11/5			
2016/1/14	○	○	
2016/1/21	○	○	
2016/1/28	○		
2016/2/4	○		
2016/2/18	○	○	
2016/2/25	○	○	
2016/3/24	○		○
2016/6/9			○
2016/6/23		○	
2016/6/30	○	○	○

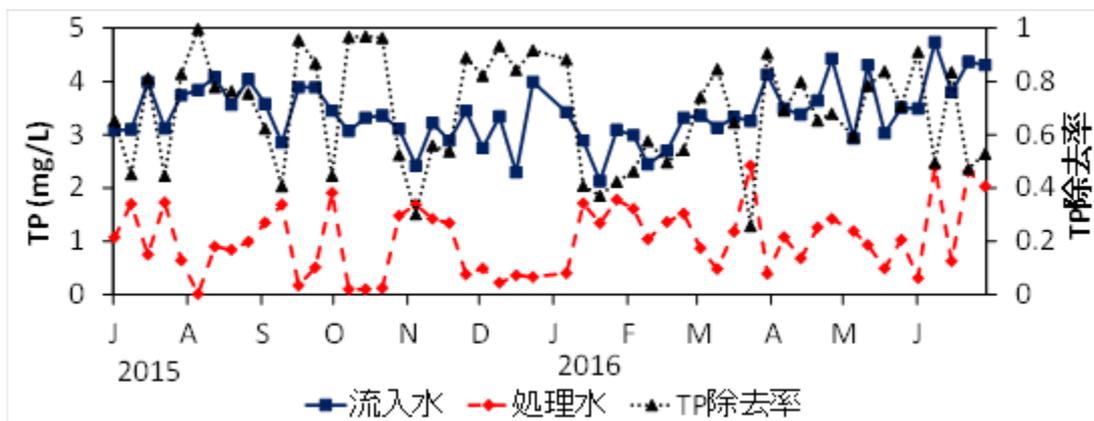


図 1 流入水と処理水の TP 濃度と TP 除去率 (2015/7~2016/6)

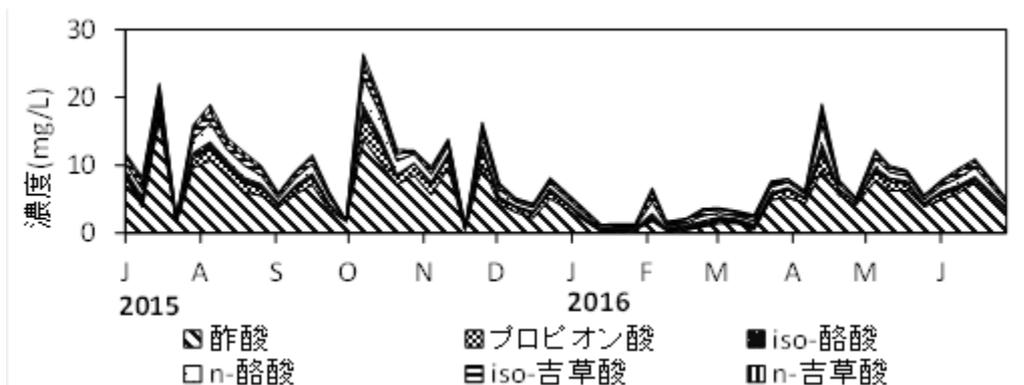


図 2 流入水の VFA 濃度 (2015/7~2016/6)