

発表日	平成 29 年 10 月 24 日 (火)	発表形式	講演
所属・氏名	下水道水質課 木下 直樹		
発表名称	神奈川水再生センター高度処理 1 系の処理状況		
ジャンル	水処理	部門	事業事例

## 1. はじめに

横浜市では、下水処理における窒素・りん除去を向上させるべく、水再生センターへの高度処理施設の導入を進めている。神奈川水再生センターにおいては既に平成 11 年より 4 系・6 系に嫌気無酸素好気法 (A<sub>2</sub>O 法) が導入されており、平成 26 年 6 月には新たに嫌気好気法 (AO 法) が 1 系に導入され、稼働を開始した。当課では、1 系が AO 法施設として稼働を開始して以来、窒素・りん除去の改善に向けて運転調整、水質データの収集および解析を行ってきた。本報では、神奈川水再生センター 1 系の水処理の現況と、りん除去に影響する因子について重回帰分析を用いて解析した結果を報告する。

## 2. 1 系施設概要

1 系はそれぞれ 6 池の反応タンクと最終沈澱池から成り、3 池ずつ一括して運転管理を行っている。各々の反応タンクは 2 水路から成り、内部は 10 個のセルに分割されている。この内第 1~2 セルは嫌気槽、第 3 セルは兼用槽 (常時嫌気槽として運用)、第 4~10 セルは好気槽である。反応タンク流入水は、流入調節弁により各反応タンクに均等に分配される。

## 3. 水処理状況

1 系処理水の各水質項目の測定結果 (平成 26 年 7 月から平成 29 年 8 月の平均) を図 1 に示す。全りん (T-P) を除いては計画水質 (横浜市下水道計画指針 2010 年度版) を達成していた。1 系反応タンクは凝集剤の使用を想定した処理施設であるが、現状では凝集剤を使用していない。そのため T-P については恒常的な計画水質の達成は困難であるものの、排水基準は順守している。りん除去向上の方策として、

- ・ 空気量調整：反応タンクの第 4~7 セルの空気量を低減する。
- ・ 間欠攪拌：数時間ごとに嫌気槽の攪拌機の運転・停止を行う。

を平成 28 年度より実施している。これらの効果を検証するためには更なるデータの蓄積が必要である。

## 4. 重回帰分析によるりん除去率への影響因子の調査

りん除去の向上のためには、反応タンク流入水の性状や運転条件などがりん除去に及ぼす影響に関する知見を得る必要がある。そこで、重回帰分析を利用し、りんの除去率に対する各因子の影響の評価を試みた。

### 4.1 分析方法

重回帰分析には、Excel の分析ツールを使用した。使用したデータは、平成 26 年 7 月から平成 29 年 8 月までの水質分析結果と運転管理データである。目的変数として反応タンクにおける T-P 除去率、説明変数としては、流入水質および反応タンク運転条件の指標から、りん除去に影響を持つと考えられるものを選択した (表 2 を参照)。りん除去は降雨により悪化しやすく、その影響は降雨ののち数日間継続することが知られている。そこで、当日および 1 日前から 4 日前までの降水量を説明変数に加えた。また、データの値の大

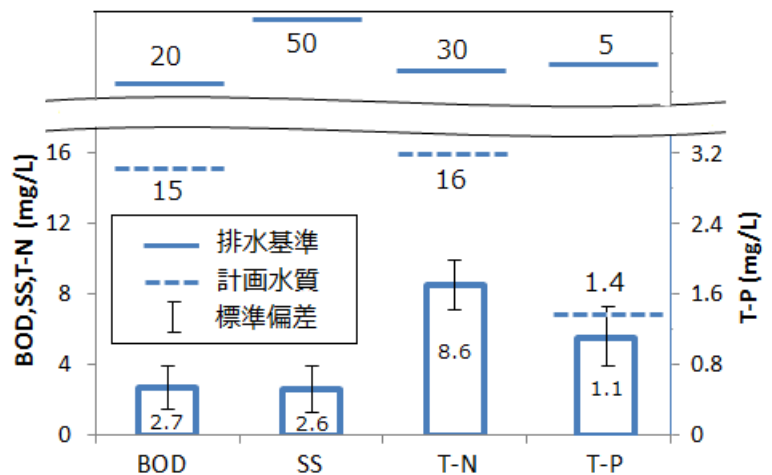


図 1. 1 系処理水の状況

小や単位の取り方の影響を除去し、回帰係数の値を比較して議論できるよう、各変数を標準化した。

## 4.2 分析結果

重回帰分析の結果を表1および表2に示す。標準化回帰係数において、正の値は除去率の上昇、負の値は除去率の低下の関係を示す。標準化回帰係数の絶対値の大きさより、T-P 除去率には降水量が大きな影響を持ち、次いで反応タンク流入水 T-P、返送率の影響が大きいことが示された。

表 1. 回帰統計

回帰統計	
重相関 R	0.791
重決定 R <sup>2</sup>	0.626
補正 R <sup>2</sup>	0.599
標準誤差	13.5
観測数	146

表 2. 標準化回帰係数

説明変数	係数	標準誤差	P 値
切片	-0.0110	0.0539	0.84
反応タンク空気倍率	0.148	0.0858	0.086
反応タンク MLSS	0.176	0.0629	< 0.05
返送率	-0.237	0.0677	< 0.05
反応タンク SRT	0.166	0.0599	< 0.05
反応タンク BOD-SS 負荷	0.179	0.0933	0.057
A系沈後水T-P	0.277	0.0851	< 0.05
降水量-当日	-0.257	0.0599	< 0.05
降水量-1 日前	-0.141	0.0635	< 0.05
降水量-2 日前	-0.213	0.0380	< 0.05
降水量-4 日前	-0.420	0.0890	< 0.05

### 4.2.1 降水量と T-P 除去率の関係

りん除去は、りん蓄積細菌が嫌気槽でポリヒドロキシアルカノエート (PHA) を合成し、好気槽で PHA を消費して水中のりんを摂取することにより行われる。降雨の際には流入基質濃度が低下するため PHA の合成が滞り、さらに菌体内に貯蔵した PHA が消費される。その結果、好気槽でのりん摂取が減衰し T-P 除去率が低下する。1 日前よりも 2 日前、4 日前の降水量のほうが T-P 除去率低下への影響が大きいことについては、降雨開始から PHA 貯蔵量減少による T-P 除去率低下までに数日の時間を要するためと考えられる。なお、3 日前の降水量については、回帰係数の P 値が大きくなり、回帰式の信頼性が低下したため説明変数に加えることができなかった。降雨の影響は、異なる解析方法も用いてより詳細に調査する必要がある。

### 4.2.2 SRT と T-P 除去率の関係

りんは余剰汚泥として引き抜かれない限り系外に除去されないため、SRT が高いほど T-P 除去率が低くなると思われたが、今回の解析では逆の結果となった。これについては、活性汚泥の状態が SRT に伴い変化している可能性も考えられるが、BOD-SS 負荷や MLSS などの他の変数との相関が原因となった可能性も考えられるため、さらなる検討を要する。

### 4.2.3 その他

返送率の影響は、返送汚泥中の硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N) が嫌気槽で脱窒される際に有機物を消費するため、りん蓄積細菌の PHA の合成と競合することにより T-P 除去率を低下させると解釈できる。

BOD-SS 負荷は反応タンクに流入する有機物の量を表しており、この値が高いほど PHA の合成に有利であるため、T-P 除去率の上昇に寄与する。MLSS が低いほど BOD-SS 負荷は高くなるが、一方で MLSS も回帰係数が正である。これは菌体濃度の上昇に伴い反応速度が上昇するため、T-P 除去率が高くなることによると考えられる。

## 5. まとめ

神奈川水再生センター1系では、T-P を除いて計画水質を十分に達成できていた。T-P の計画水質の達成に向けて、りん除去を向上させるために種々の方策を実施している。また、重回帰分析を行ったところ、降水量や返送率は T-P 除去率の低下、MLSS や BOD-SS 負荷は T-P 除去率の上昇に関連することが示された。

【共同研究者】 下水道水質課 一戸 直之、坂本 俊彦