

高度処理施設の生物学的りん除去過程における PHA 挙動調査

横浜市 ○ 木下 直樹
坂本 俊彦
浅野 卓哉

1. はじめに

高度処理施設における生物学的りん除去においては、りん蓄積細菌の細胞内貯蔵物質である PHA（ポリヒドロキシアルカノエイト）が重要な役割を担っているといわれており、これまでに様々な研究・調査が行われている。しかしながら、実施設における PHA の挙動を調査した事例はごくわずかであり、より詳細な知見を得る必要がある。そこで本調査においては、実施設でのりん除去過程における PHA の挙動に関する知見を得るべく、本市の金沢水再生センター（WTC）および栄第二 WTC において、反応タンク内の PHA およびりん酸態りん（ $PO_4\text{-P}$ ）の測定を実施した。特に、りん除去の悪化が起こりやすい降雨時の挙動に着目した。また、実施設調査と併せて回分実験を行った。

2. 調査方法

2-1 実施設調査

金沢 WTC は、嫌気-無酸素-好気法（ A_2O 法）の処理系列を 4 系列、標準法の系列を 2 系列有している。 A_2O 法系列では、りん・窒素除去の安定化のために、最初沈澱池汚泥の投入を行っている。

栄第二 WTC は、嫌気-好気法（AO 法）の系列を 4 系列、標準法の系列を 1 系列有している。AO 法系列の 3 セルから 5 セルは、通常は好気状態で運転しており、雨天時にはりん除去低下軽減のために曝気を停止し嫌気槽としている。

両施設とも、合流および分流の処理施設である。

実施設調査は、金沢 WTC の A_2O 法系列ならびに栄第二 WTC の AO 法系列を対象とした。図 1 および表 1 に、当該系列の反応タンクの構造および概要をそれぞれ示す。

反応タンク流下方向での PHA の挙動を明らかにするために、対象施設の反応タンクの各セル末端部から試料をスポット採水し、PHA および $PO_4\text{-P}$ 濃度の測定を行った。調査の実施頻度は毎月 3 回程であり、特に降雨の前後に実施した。

2-2 回分実験

金沢 WTC において、1 リットルビーカー中で返送汚泥と反応タンク流入水を返送汚泥率(50%)の割合で混合し、ただちにスターラーで攪拌を開始し、一定時間ごとに試料を採取し PHA および $PO_4\text{-P}$ 濃度を測定した。攪拌開始から 40 分間は嫌気状態とし、40 分から 120 分までは曝気をおこなって好気状態とした。

2-2-1 気象条件の影響の調査

晴天時と雨天時の各々において、 A_2O 法系列の返送汚泥と反応タンク流入水を採取し、上記の実験操作を

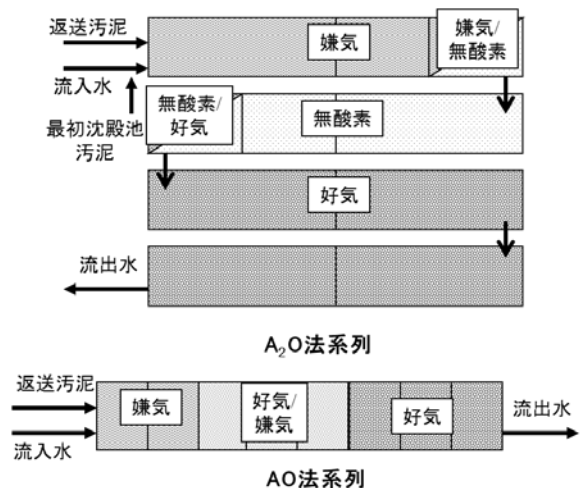


図 1.施設の構造

表 1.施設概要（平成 26 年度平均）

| | A_2O 法系列 | AO 法系列 |
|-------------------|------------|--------|
| 反応タンク容積 (m^3) | 7230 | 6920 |
| HRT (h) | 8.0 | 8.5 |
| 返送汚泥率 (%) | 44 | 76 |
| SRT (d) | 16 | 19 |
| A-SRT (d) | 7.9 | 13 |
| 流入水 T-P (mg/L) | 2.8 | 2.9 |
| 処理水 T-P (mg/L) | 0.49 | 0.60 |
| 流入水 BOD (mg/L) | 84 | 88 |
| 流入水 T-N (mg/L) | 22 | 24 |

行った。

2-2-2 PHA 含有率の影響の調査

PHA 含有率が低下した状態での挙動を調査するために、A₂O 法系列の返送汚泥を 24 時間曝気し、遠心分離 (3000rpm・1 分間) を行って上澄水を蒸留水で置換することにより、曝気中に生じた PO₄-P や NO₃-N を除去したのち、上記の実験操作を行った。

2-3 PHA および PO₄-P の測定方法

PHA の測定は、アルカリ分解法[1]によって行った。分解後、HPLC/UV を用いて 2BE および 2PE の濃度を測定し、その値をもとに活性汚泥試料中 PHA の含有量を求めた。また、活性汚泥中の PHA の含有率を算出するために、試料の MLSS を測定した。なお、本稿において PHA 含有率は、炭素換算 PHA 濃度の MLSS に対する百分率とした。

PO₄-P 濃度は、メンブレンフィルターで活性汚泥試料の上澄水をろ過したのち、イオンクロマトグラフィーによって測定した。

3. 結果および考察

3-1 実施設調査

A₂O 法および AO 法系列の反応タンク流下方向における、晴天時と雨天時の活性汚泥中 PHA 含有率および PO₄-P 濃度の挙動を図 2 に示す。いずれの場合も、PHA、PO₄-P ともに嫌気槽で濃度が増大し好気槽で減少しており、生物学的りん除去における典型的な挙動がみられた。

雨天時には PHA、PO₄-P ともに濃度の増減が鈍化する傾向がみられた。雨天時には、反応タンク流入水の有機物濃度が低下するため、嫌気槽での PHA の生成量が低下し、PO₄-P の放出量も少なくなる。嫌気槽での PHA 貯蔵量が減少することにより、好気槽での PO₄-P の摂取が起こりにくくなると考えられる。本調査においては、雨天時にも PO₄-P は十分に除去されていた。調査対象の A₂O 法系列ではりん・窒素除去促進のために最初沈殿池汚泥の投入による有機物供給が行われており、AO 法系列では雨天時に 3 セルから 5 セルまでの曝気を停止し嫌気槽を延長することにより、PHA 生成量を増加させるりん除去悪化対策が講じられているため、両系列において雨天時に顕著なりん・PHA 挙動の変化を示さなかったと考えられる。

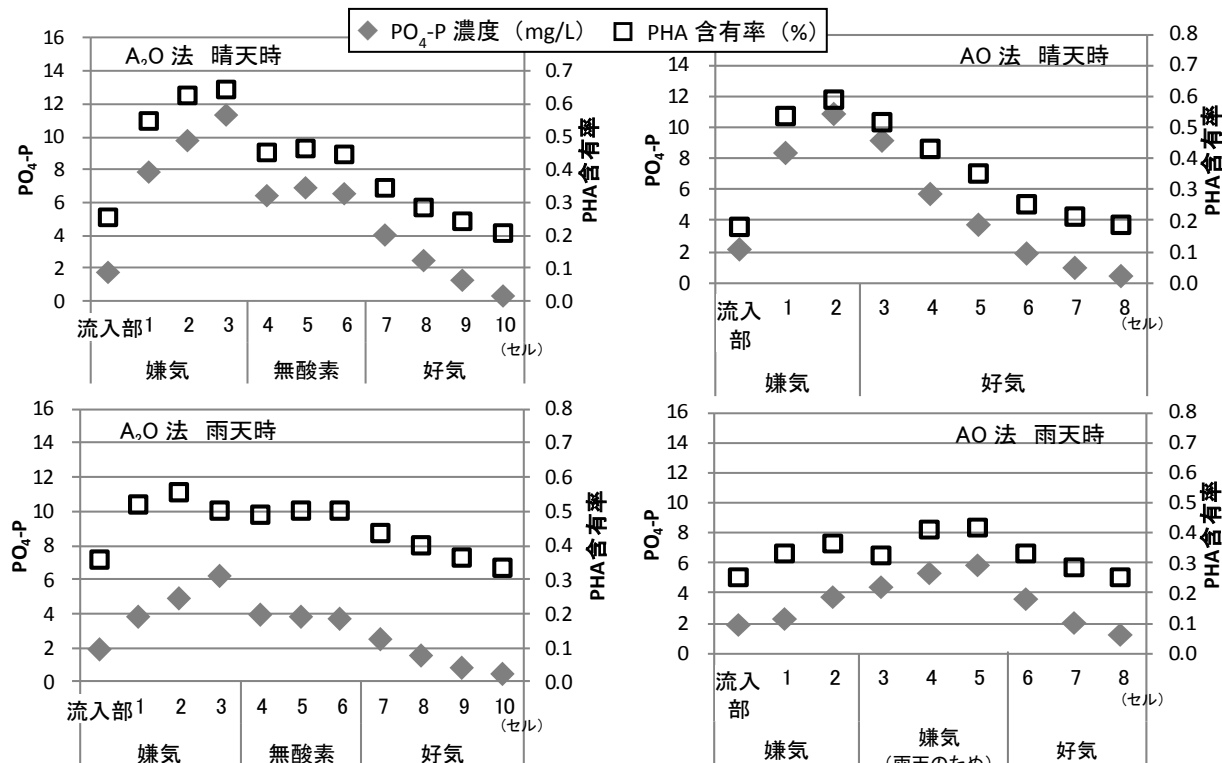


図 2. 反応タンク流下方向における PHA および PO₄-P の挙動

3-2 回分実験

3-2-1 気象条件の影響の調査

図3に、 A_2O 法系列の返送汚泥および反応タンク流入水を用いた回分実験の結果を示す。晴天時と雨天時を比較すると、雨天時にはPHA含有率および嫌気状態での PO_4-P の濃度増加が低く、好気状態での PO_4-P の摂取が緩慢になった。これらの傾向は、雨天時の実施設流下方向挙動と同様であった。

3-2-2 PHA含有率の影響の調査

24時間曝気した返送汚泥を用いた実験の結果（曝気前と曝気後の2条件で実施）を図4に示す。曝気後の返送汚泥のPHA含有率は、曝気前の約2分の1に低下していた。嫌気状態でのPHA生成濃度と PO_4-P 放出濃度は2条件で大きな違いはなかったが、曝気した方が好気状態での PO_4-P 摂取濃度は低下していた。PHAの含有率が低い場合には、好気状態での PO_4-P 摂取の速度が低くなり、 PO_4-P の摂取量が少なくなると考えられる。以上より、活性汚泥中のPHA含有率が低いとりん除去能力は減衰し、りん除去悪化が生じやすくなると考えられる。

今回実施した実施設調査では、好気槽末端のPHA含有率は0.2~0.4%程度を維持していた。本実験のように、PHA含有率がさらに低くなると、りん除去が悪化する可能性がある。今後、実施設でりん除去が悪化した際に試料を採取し、同様の実験を行うことで、PHA含有率とりん除去の関係进行调查していきたい。

4. まとめと今後の課題

本調査の結果から、次のことがわかった。

- ・反応タンク内のPHA挙動は、 PO_4-P の挙動と概ね一致していた。
- ・降雨後のりん除去悪化が小さい施設では、活性汚泥PHA含有率に大きな変化は認められなかった。
- ・活性汚泥中のPHA含有率が低くなるとりん除去能力が低下することが示唆された。

本稿では、りん除去低下対策を効果的に実施している施設の調査結果について報告した。現在、降雨の影響を受けやすい合流式の高度処理施設で同様の調査を実施しており、PHA挙動の違いを調査していきたい。

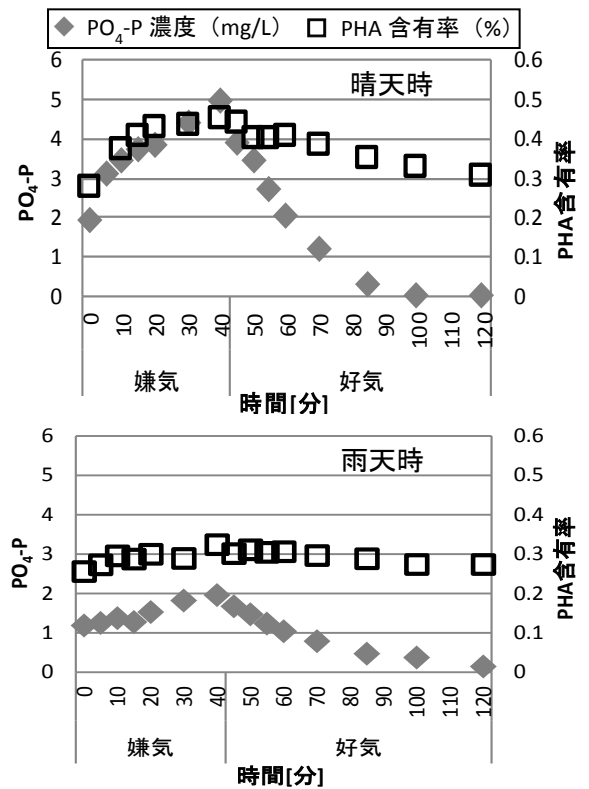


図3.晴天時・雨天時の回分実験の結果

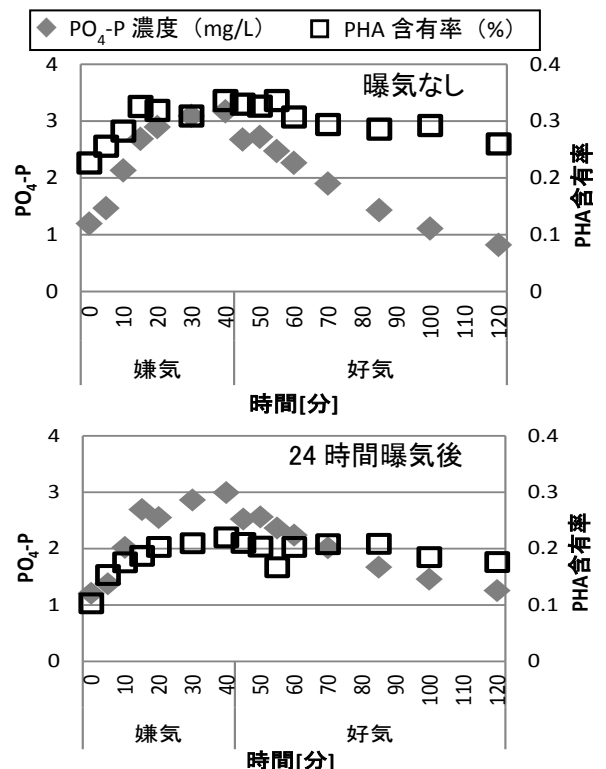


図4.返送汚泥曝気後の回分実験の結果

参考文献

[1] 坂本 俊彦, 工藤 優子: 下水道研究発表会講演集, 50, 2013, pp.1072-1074

問い合わせ先: 横浜市環境創造局下水道水質課 木下直樹 email: na01-kinoshita@city.yokohama.jp

〒231-0803 神奈川県横浜市中区本牧十二天 1-1 TEL: 045-621-4343