

# 低流入負荷の嫌気・無酸素・好気法 におけるりん除去の向上について

横浜市 飯野 登志夫  
○ 鈴木 孝

## 1. はじめに

嫌気・無酸素・好気法による窒素・りん同時除去の安定した運転では、反応タンク流入水の有機物濃度が重要な因子となる。本施設のある神奈川下水処理場は、合流式下水処理場で流入基質が低いため、基質濃度を高める目的で稼働当初より最初沈殿池汚泥（初沈汚泥）の投入により、りん除去の安定化を図ってきた。しかし、汚泥投入により送風量の増加や設備への過負荷等が懸念されるため、初沈汚泥投入の代わりに処理水量を増加させて反応タンク負荷を上げることでりん除去が可能か検討を行ったので報告する。

## 2. 施設設計緒言

### (1) 反応タンクの構成と機器の配置

高度処理系列は、1/2・2/2系それぞれ3池で構成され、各系列は独立した処理を行うことができる。反応タンクの構成と機器の配置を図-1に示す。平成11年度から稼働した2/2系は、全セルに水中機械式散気装置が設置され、嫌気槽及び、無酸素槽としての運転時には風量調節弁を全閉にすることにより攪拌のみの使用が可能となる。

一方、平成12年度から稼働した1/2系は、第1セル～第4セルにプロペラ式水中攪拌機、第5セルに水中機械式散気装置が設置され、第6セル以降の好気槽には全面エアレーション固定式散気装置が設置されている。

硝化液は、第10セルに設置された循環ポンプにより第3セルに投入される。また、6池それぞれに初沈汚泥投入配管が設置されており、第1及び第3セルへの初沈汚泥投入が可能となっている。

### (2) 反応タンク設定条件

表-1に反応タンク流入水質と設計水質、表-2に平成13年度の運転状況を示す。反応タンク流入水質は、全窒素以外の項目で計画水質よりも低い値となっている。このため、平成13年6月以前は、りん除去の安定化を図るため、2/2系列に初沈汚泥を投入していたが、送風量の増加や、設備への過負荷等の問題が残った。一方、平成12年度の調査の結果、初沈汚泥を投入していなかった1/2系列においても2/2

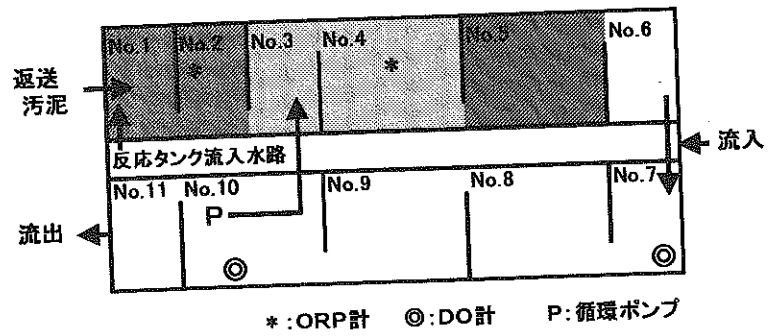


図-1 反応タンクの構成と機器の配置

表-1 反応タンク流入水質 (2001/6/6~2002/3/6)

|     | SS | COD | BOD | D-BOD | T-N | NH <sub>4</sub> -N | T-P |
|-----|----|-----|-----|-------|-----|--------------------|-----|
| 最大  | 51 | 54  | 103 | 43.8  | 30  | 34                 | 3.9 |
| 最小  | 15 | 20  | 30  | 10    | 8.0 | 3.6                | 1.0 |
| 平均  | 33 | 39  | 70  | 31    | 21  | 16                 | 2.4 |
| 中央値 | 33 | 39  | 74  | 33    | 22  | 16                 | 2.3 |
| 設計値 | 62 | --- | 105 | 68    | 20  | ---                | 3.7 |

表-2 反応タンク運転状況 (2/2系)

|          | 流入水量<br>(m <sup>3</sup> /D) | 生汚泥<br>投入量<br>(m <sup>3</sup> /D) | 嫌気槽<br>(m <sup>3</sup> ) | 無酸素槽<br>(m <sup>3</sup> ) | 好気槽<br>(m <sup>3</sup> ) |
|----------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 2001/4/2 | 27,600                      | 562                               | 1077                     | 2853                      | 5106                     |
| 5/25     | 31,100                      | 648                               |                          |                           |                          |
| 6/4      |                             | 0                                 |                          |                           |                          |
| 6/7      |                             |                                   | 1077                     | 3426                      | 4533                     |
| 7/23     |                             |                                   | 1077                     | 3999                      | 3960                     |
| 11/22    |                             |                                   | 1077                     | 3426                      | 4533                     |
| 12/26    |                             |                                   | 1077                     | 2853                      | 5106                     |

系列同様に嫌気槽でのりんの放出が認められたが、2/2 系列と違い、好気槽でのりん摂取量が少なかった。

これら問題の解決のため、13 年度は流入負荷を高める手段として汚泥投入の代わりに、流入水量を設計値より増やし負荷を高める運転を実施した。水量は、各系列で年間を通して約 30,000m<sup>3</sup>/日(設計水量 25,000m<sup>3</sup>/日)の処理を実施した。また、2/2 系列においては、全セルに水中機械式散気装置が設置されているため好気槽容量を減らして検討を行った。

表-3 処理水質 (2000/6/21~2002/2/20)

|                                              |     | SS   | BOD  | T-N  | NH <sub>4</sub> -N | NO <sub>2</sub> -N | NO <sub>3</sub> -N | T-P  |
|----------------------------------------------|-----|------|------|------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
|                                              |     | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L               | mg/L               | mg/L               | mg/L |
| 設計水量<br>25,000m <sup>3</sup> /day            | 最大  | 3    | 14   | 12   | 4.9                | 1.6                | 9.4                | 0.82 |
|                                              | 最小  | 0    | 1.5  | 2.5  | 0                  | 0                  | 1.6                | 0.15 |
|                                              | 平均  | 2    | 5.2  | 7.6  | 0.7                | 0.32               | 6.0                | 0.39 |
|                                              | 中央値 | 1    | 3.2  | 7.5  | 0                  | 0                  | 6.0                | 0.24 |
| 設計水量<br>25,000m <sup>3</sup> /day<br>汚泥投入・無  | 最大  | 19   | 16   | 15   | 0                  | 0.02               | 14                 | 1.30 |
|                                              | 最小  | 2    | 1.2  | 6.9  | 0                  | 0                  | 5                  | 0.10 |
|                                              | 平均  | 5    | 6.7  | 10.9 | 0                  | 0                  | 9.7                | 0.96 |
|                                              | 中央値 | 4    | 4.7  | 11   | 0                  | 0                  | 10                 | 1.15 |
| 水量・増加<br>30,000m <sup>3</sup> /day<br>汚泥投入・無 | 最大  | 12   | 37   | 14   | 9.9                | 3.2                | 7.8                | 1.20 |
|                                              | 最小  | 0    | 1.3  | 4.4  | 0                  | 0                  | 0.8                | 0.10 |
|                                              | 平均  | 3    | 6.4  | 8.2  | 1.7                | 0.4                | 5.0                | 0.53 |
|                                              | 中央値 | 2    | 4.3  | 7.5  | 0.68               | 0                  | 5.1                | 0.45 |

### 3. 処理結果

表-3 に処理水質を示す。平成 12 年度は、初沈汚泥を投入していた系列では、りんの処理目標値である 0.5mg/l 以下を満足していた。しかし、汚泥投入を行っていない系列では、流入基質が低い降雨時以外では満足できなかった。

一方、平成 13 年度に反応タンク負荷を上げて運転した結果、処理水全りんは 0.5mg/l 程度まで処理を行うことができた。

各期間における反応タンク内のりんの挙動を図-2 に示す。

いずれの期間においても嫌気槽でのりんの放出は起きているが、好気槽でのりん摂取に違いが見られる。汚泥投入を行わなかった場合、好気槽での取り込み速度が遅く、過剰摂取もほとんどされていない。しかし、汚泥投入を行った場合や反応タンク負荷を上げた場合では、取り込み速度が速く、りんの過剰摂取も起きている。

この時の窒素とりんの反応タンク内の挙動を図-3 及び図-4 に示す。

図-3 は、処理水量 25,000m<sup>3</sup>/日、好気槽の滞留時間は、返送汚泥と硝化液循環を含めた実滞留時間で 2.2 時間である。一方、図-4 は、処理水量 30,000m<sup>3</sup>/日、好気槽実滞留時間 1.3 時間である。

また、図-3 の好気槽容量は、図-4 に対して約 1.3 倍の容量があるが、この時の反応タンク送風量は、流入水量に対して図-3 が 2.4 倍、図-4 が 3.3 倍となっており、図-3 では、好気槽容量に余裕があるため、1セル当たりの送風量が少なくなっている。反応タンクの負荷を表す指標の

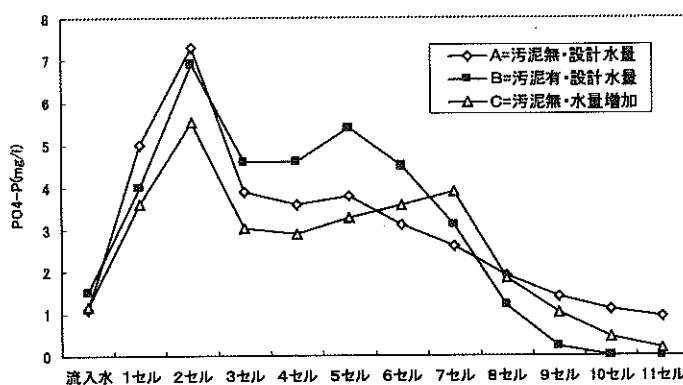


図-2 反応タンク内のりんの挙動

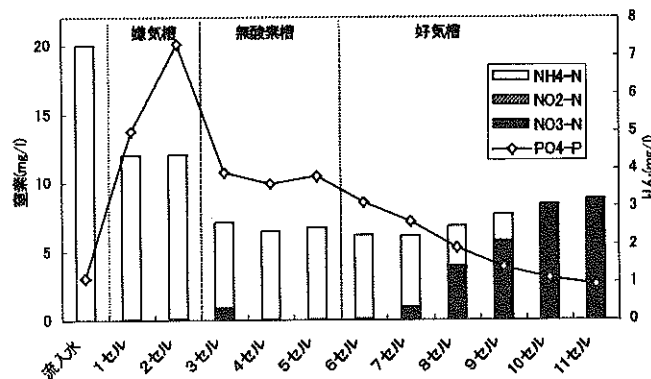


図-3 反応タンク内の窒素とりんの挙動(1)

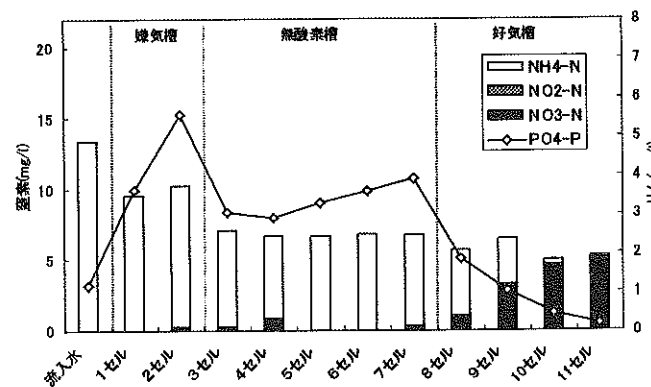


図-4 反応タンク内の窒素とりんの挙動(2)

ひとつに BOD - 容積負荷があるが、これを好気槽の容積負荷に換算した場合の BOD - 好気槽容積負荷は、図-3 0.34 (Kg/m<sup>3</sup>・日)、図-4 0.42 (Kg/m<sup>3</sup>・日)となる。

#### 4. リン除去について

BOD - 好気槽容積負荷と全りん除去量の関係を図-5に示す。

BOD - 好気槽容積負荷が上がる程りんの除去量は増えていく。本施設の場合、反応タンク流入水の全りん濃度が、平均 2.4mg/l であるため BOD - 好気槽容積負荷を 0.45 (Kg/m<sup>3</sup>・日)程度確保すれば約 2mg/l のりんが除去され、処理水中の全りん濃度を 0.5mg/l 以下にできると思われる。

汚泥日令と全りん除去量の関係を図-6に示す。汚泥日令は (MLSS × 反応タンク容量) ÷ (流入水 SS × 流入水量) で求められる。図-6より汚泥日令が小さい程りんが多く除去されており、反応タンク流入水に初沈汚泥を投入して SS を上げたり、水量を多くすることは、汚泥日令を小さくし、りんの除去を高めることになる。

また、同様に SRT (図-7) も小さい程りんが多く除去されており、特に SRT が 10 日以内では、除去量が多い傾向を示している。SRT を小さく保つ手段としては、余剰汚泥量を多く引き抜くことが考えられるが、余剰汚泥発生率を高めるためには、やはり反応タンク流入水の SS を濃くするか、水量を増やす必要がある。

しかし、SRT を必要以上に小さくすることは、硝化反応に弊害を及ぼす危険性がある。特に、冬季の低水温期(水温 15℃)では、硝化細菌の増殖速度が遅くなるため SRT は約 8 日以上必要とされており、良好な処理を行うためには 8 日から 10 日の範囲で管理する必要がある。

#### 5. おわりに

嫌気・無酸素・好気法において反応タンクに対する負荷を一定以上に保つことにより、りん除去を向上させることができた。また、SRT は 10 日以内で管理することが有効であるが、硝化細菌の保持の問題もあり、特に低水温期では狭い範囲での管理となる。

しかし、降雨時には反応タンク負荷を上げることができず、りん除去が悪化してしまうため、凝集剤添加も含めた検討を今後行っていきたい。

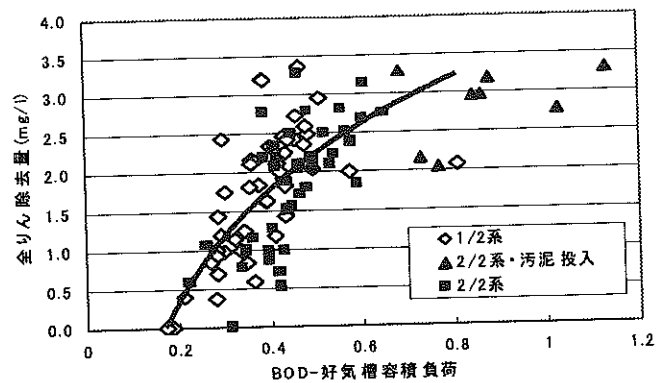


図-5 BOD-好気槽容積負荷と全りん除去量

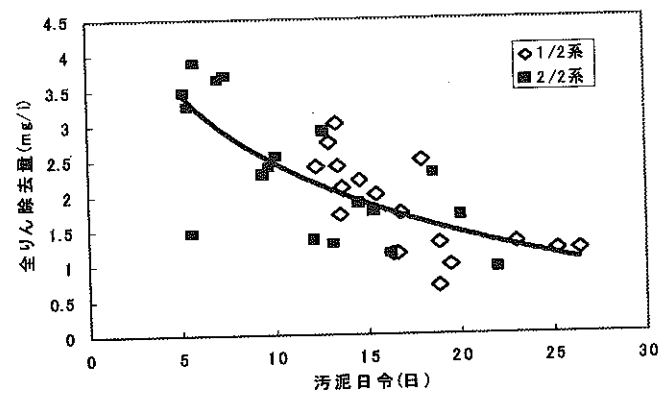


図-6 汚泥日令と全りん除去量

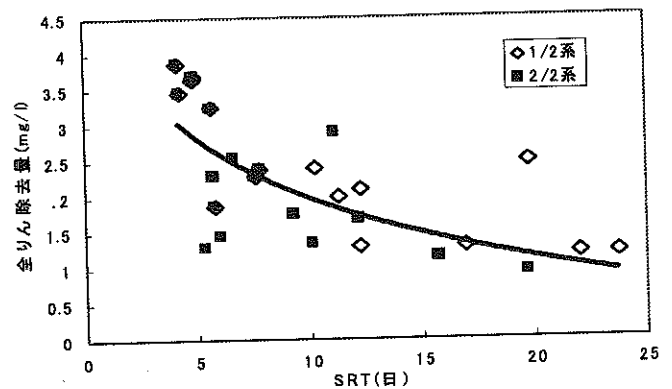


図-7 SRTと全りん除去量