

株式会社 西原環境衛生研究所 ○成田裕樹・間瀬博子・縄村義晴・田畑信一

1. はじめに

湖沼に続いて海域にも窒素・リンの環境基準及び排水基準が設定され、それに伴う海域の類域指定、上乘せ基準の設定等によって公共用水域における窒素・リンの規制は強化されてきている。

近年、下水の窒素・リンの生物学的同時除去に、嫌気・無酸素・好気法が適用されつつあるが、以下のようない課題が残されている。

- ①浮遊汚泥法の場合、反応槽容積が標準活性汚泥法の約2～3倍必要となる。
- ②リン除去に対して、流入水の水質等に大きく影響を受ける。
- ③冬季に硝化・脱窒機能が低下する。

これらの課題に対し、弊社では反応槽滞留時間6時間程度、処理水T-N10mg/L、T-P0.5mg/L以下を目標とした高効率型の生物学的窒素・リン同時除去プロセス（リンポー-BNRプロセス）を開発した。

本プロセスでは、従来の嫌気・無酸素・好気法に加えて、以下のような特徴がある。

- ①リン除去に対して、汚泥を酸発酵させてその上澄液の揮発性有機酸（VFA）を利用することにより、リン除去の効率化及び安定化を図る。
- ②スポンジ担体を用いることにより、MLSS保持量を2倍以上とし、窒素除去における槽容積の縮小化を図る。

本実験では、既存の標準活性汚泥処理施設を増設することなく、リンポー-BNRプロセスによって以下の目標を達成できるかY市T処理場にパイロットプラントを設置して確認実験を行った。

2. リンポー-BNRプロセスの概要

本プロセスのフローシートを図-1に、実験に使用したスポンジ担体を写真-1、2に示す。

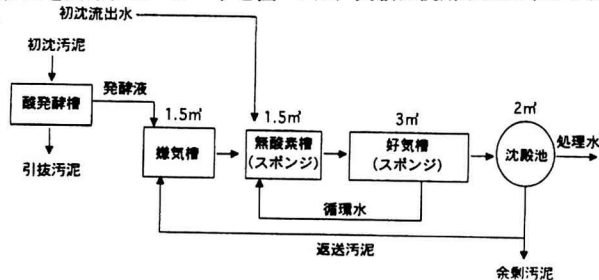


図-1 本プロセスのフローシート

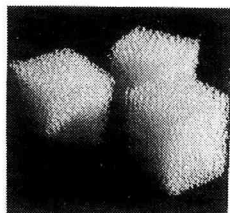


写真-1 スポンジ担体

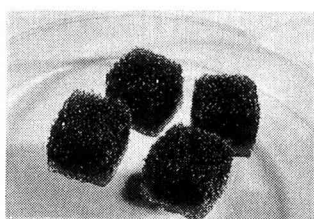


写真-2 汚泥が保持されている状態のスポンジ担体

今回実験したプロセスでは、嫌気槽に流入水の代わりに汚泥の酸発酵液を投入するため流入水の濃度変動による影響が少なく、また嫌気槽の汚泥濃度が返送汚泥とほぼ同程度と高く、嫌気時間も長くとれることから確実なリン放出がなされる。さらに、スポンジ担体を用いることにより、従来の標準活性汚泥処理施設で増設することなく、容易な改造を行うことにより、窒素・リンの除去が可能となることが特徴である。

3. 実験結果

(1) 処理性能

パイロットプラント運転条件を表-1に示す。処理水量は24m³/日(HRT6時間)、30m³/日(HRT4.8時間)及び、実施設の流量変動パターンに合わせて流量を変動させた実験を行った。

連続処理実験における原水及び処理水質の経日変化を図-2、3に示す。経日的にはいずれの流入条件に対しても処理水のT-N及びT-P濃度は目標値を安定的に達成することが出来た。また、その他の項目(BOD、SS等)も実施設と同等の水質が得られた。

また、流量変動実験においても、終日通して安定して目標水質を満足することが出来た。

本プロセスは嫌気槽に初沈処理水が直接流入しないため、雨天時流入水の希薄化による嫌気槽でのリン放出への影響はなく、処理水のリン除去性能は良好であった。

表-1 パイロットプラント運転条件

実験項目		滞留時間	水温
流量一定実験	冬季実験	6時間	16.0~18.3℃ 平均17.3℃
	春季実験	6時間	17.7~22.6℃ 平均20.5℃
	流量過負荷実験	4.8時間	22.1~22.9℃ 平均22.5℃
流量変動実験		4.8~8.1時間 平均6時間	22.7~25.3℃ 平均24.1℃

また、窒素除去に関しても処理水T-N10mg/L以下を十分確保できた。

本実験では、スポンジ担体を利用することにより、浮遊汚泥濃度約1500~2000mg/Lで運転しても、全体のMLSS濃度は約4000~5000mg/Lと通常の標準活性汚泥法の2倍以上高濃度化できた。このことから、本プロセスでは反応槽の滞留時間が短いにもかかわらず、冬季においてもA-SRTは8日以上確保でき、処理水NH₄-Nを概ね1mg/L以下とすることが出来た。

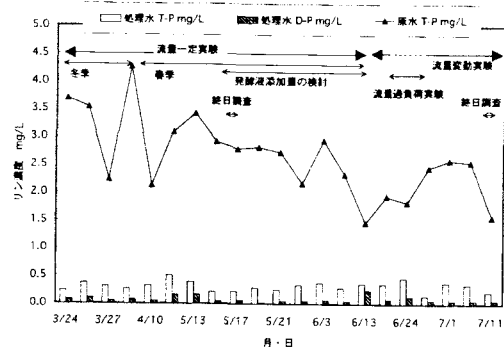


図-2 原水及び処理水リン濃度の経日変化

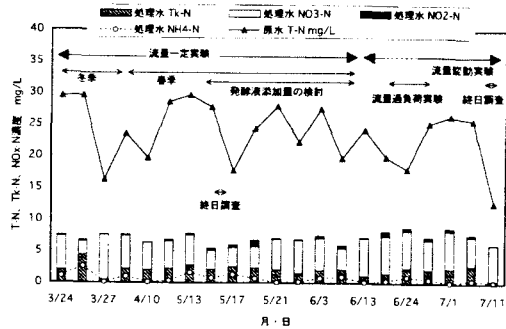


図-3 原水及び処理水窒素濃度の経日変化

(2) リンの除去特性

目標のリン除去性能に対し、安定した処理を図るのに必要なVFA/T-P比は0.7以上であることが分かった(図-4)。また、リンの除去量に対するリン放出量は約4倍以上の場合、安定した処理が出来た。ここでのVFAは酢酸のみの値であり、酸発酵液中には他の成分(プロピオン酸等)も含んでいる。

本実験では発酵槽を用いて、既存施設の初沈汚泥を酸発酵させ、リン除去のために必要なVFAを得ている。この酸発酵プロセスにおいては、滞留時間8時間程度でVFA(酢酸)200mg/L程度が得られた。この濃度であれば、リン除去に必要な酸発酵液量は処理水量の1%程度で十分である。

(3) 窒素の除去特性

スポンジ担体を用いることにより、MLSSを高濃度に保持できることから、目標とする窒素の除去効果が得られた。

脱窒率は本実験の負荷範囲では概ね70%以上が得られ、循環率から求まる脱窒率と同等であった(図-5)。

また、スポンジ担体に保持されている汚泥と浮遊汚泥について、硝化速度、脱窒速度を測定した結果、浮遊汚泥と比較して同等以上の活性があることが確認できた。

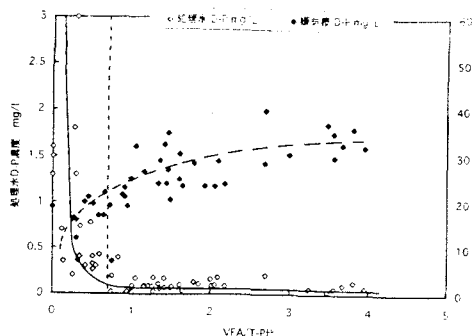


図-4 VFA/T-P比とリン除去性能の関係

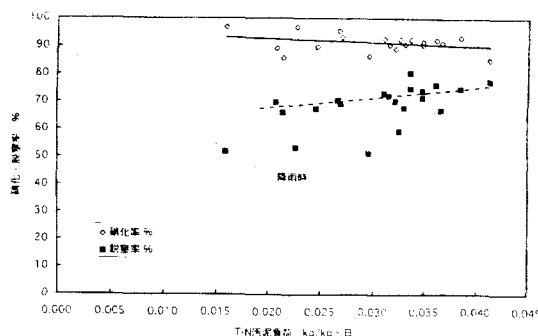


図-5 T-N負荷と硝化率及び脱窒率の関係

4. まとめ

以上より、以下の結論が得られた。

- ① スポンジ担体を用いることと汚泥から生成させた酸発酵液を添加することにより、6時間分の反応槽容積で処理水T-N10mg/L以下、T-P濃度0.5mg/L以下が安定して得られ、当初の目標に対して十分な成果が得られた。
- ② 嫌気・好気運転をすること及びスポンジ担体を用いることにより、汚泥の沈降性が良好で(SV1120～209mL/g)あること、また沈殿池への移流が通常の浮遊汚泥と同等であることから、沈殿時間2時間、水面積負荷31m³/m²/日の運転条件で良好な処理水を得ることが出来た。
- ③ 流入水が嫌気槽へ入らないプロセスであることから、雨天時においても、嫌気槽におけるリン放出に対して影響を受けにくく、リン除去性能は安定した機能を発揮していた。
- ④ スポンジ担体の利用により、MLSSの高濃度化が図られ、冬季においても硝化に対して十分なA-SRTが確保されていた。
- ⑤ 本プロセスはスポンジ担体を用いることにより、既存の標準活性汚泥処理施設の水槽を増設する必要がなく、酸発酵液も既存の濃縮槽を利用して得ることができるので、既存施設への適用性は高いと判断された。

以上、本プロセスはスポンジ担体を用いることにより施設のコンパクト化を図り、汚泥濃縮槽での酸発酵液中のVFAを添加することにより、安定したリン除去を達成するものである。また、水槽を増設することなく、容易な改造によって既存施設への適用が可能で、今後の窒素・リン規制強化に十分対応できるものであり、実用化されることを期待している。