

担体投入型窒素・リン同時除去プロセス における流入基質の影響

下水道研究室 ○竹田 隆彦

株式会社 西原環境衛生研究所 成田 裕樹

伊東 崇

1. はじめに

公共用水域の窒素・リン規制は、湖沼に続いて海域にも環境基準及び排水基準が設定され、更に類域指定や上乘せ基準が設定されるなど、年々強化されつつある。

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（以下 A2/O プロセスと称する）が適用されつつあるが、以下のような課題が残されている。

- ①反応槽容積が標準活性汚泥法の約 1.5~2 倍必要となる。
- ②リン除去率は、流入水の水質や水量変動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、処理水 T-N10mg/L、T-P0.5mg/L 以下を目標として嫌気槽に酸発酵液を投入する担体投入型生物学的窒素・リン同時除去プロセス（以下担体投入型 BNR プロセスと称する）について検討を行った。

担体投入型 BNR プロセスについてパイロットプラント規模で処理実験を行った。本実験では比較的流入リン濃度の高い原水について、対照系列として A2/O プロセスを設けて処理性能の比較検討を行った。今回、パイロットプラント実験の結果から、特にリン除去性能に関する知見について報告する。

2. プロセスの概要

図-1 に担体投入型 BNR プロセスのフローシートを、図-2 に A2/O プロセスのフローシートを示す。担体投入型 BNR プロセスは、既存の A2/O プロセスと比較して以下の 3 点が異なる。

- ①流入原水を無酸素槽に投入する。
- ②初沈引き抜き汚泥を酸発酵させた上澄水を発酵液として嫌気槽へ投入する。
- ③無酸素槽及び好気槽にスポンジ担体を投入する。

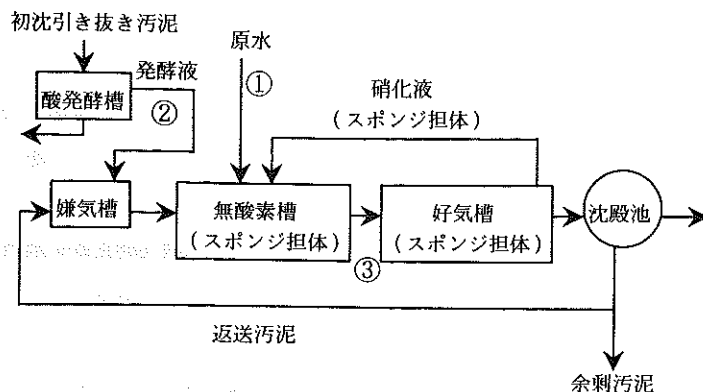


図-1 担体投入型 BNR プロセスのフローシート

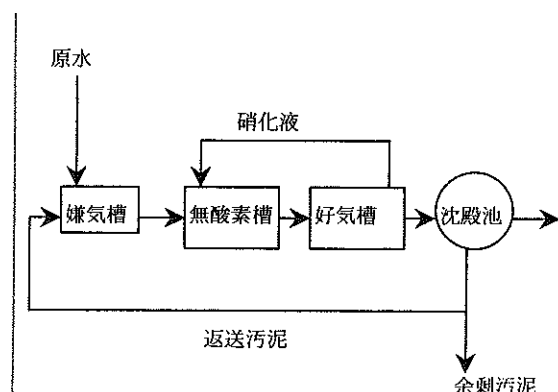


図-2 A2/O プロセスのフローシート

3. 実験条件

表-1に実験期間中の運転条件を、表-2に実験原水水質を示す。表-2より、本実験原水はBOD濃度が低く、窒素・リン濃度が高いため、生物学的な窒素・リン同時除去を行うためには難しい性状である可能性が示唆された。このため本実験では、原水に有機物を添加しない条件と、BOD/T-P比を高い条件にするために、原水に有機物(メタノール)を添加した条件について実験を行った。以降、原水にメタノールを添加する以前の实验を低濃度BOD原水期、添加後の实验を高濃度BOD原水期と称する。

表-1 実験期間中の運転条件

項目	運転条件	
	担体投入型BNRプロセス	A2/Oプロセス
原水流量 (m3/日)	18~21	18~21
反応槽滞留時間 (時間)	8~9.3	8~9.3
返送汚泥量 (%)	30	30
硝化液循環水量 (%)	200	200
スポンジ担体投入率 (%)	30	—
好気槽全MLSS濃度 (mg/L)	約4000~5000	約1500~2500
酸発酵槽滞留時間 (時間)	4~8	—
発酵液添加量 (%)	1	—

表-2 実験原水水質(平成11年9月24日~12月14日)

	最小値	最大値	平均値
BOD mg/L	55	120	85.3
Tk-N mg/L	18.8	34.6	28.4
NH4-N mg/L	11.9	23.0	19.4
T-P mg/L	2.53	5.60	4.24
PO4-P mg/L	1.50	3.77	2.82
BOD/T-P比	16.5	30.1	20.1

4. 実験結果

(1) 処理結果

図-3に担体投入型BNRプロセス処理結果を示す。原水へのメタノール添加後処理水リン濃度の低下が見られ、大幅に処理が改善された。A2/Oプロセスについても同様の傾向であった。また、窒素除去はメタノールの添加に依らず良好で、処理水T-N10mg/L以下を安定して得ることができた。

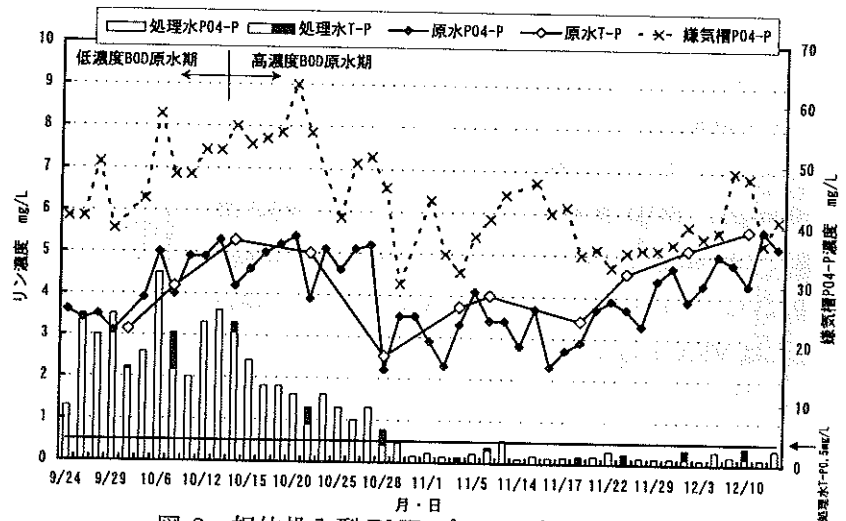


図-3 担体投入型BNRプロセス処理結果

(2) 原水BOD濃度とT-P除去率について

図-4に原水BOD濃度とT-P除去率との関係を示す。A2/Oプロセスでは原水BOD濃度が増加するとT-P除去率も増加する傾向が見られた。これに対して担体投入型BNRプロセスでは、嫌気槽の放出リン濃度が高い条件(仮に嫌気槽末端PO4-P濃度25mg/L以上とする)ではA2/Oプロセスと同様以上の傾向が見られたが、嫌気槽の放出リン濃度が低い条件(嫌気槽末端PO4-P濃度を25mg/L未満としたとき)ではT-P除去率は低くなる傾向を示した。

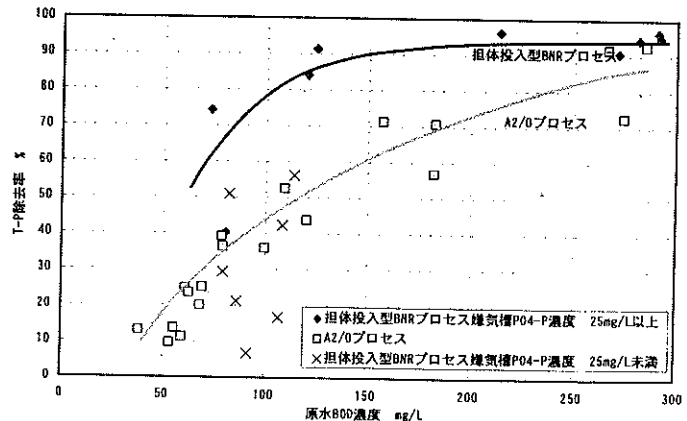


図-4 原水BOD濃度とT-P除去率

リン除去率を高めるためには、高い原水BOD濃度及び高い嫌気槽の放出リン濃度の双方が必要不可欠であると考えられる。

(3) 原水 BOD/T-P 比と T-P 除去率について

図-5に原水 BOD/T-P 比と T-P 除去率との関係を示す。A2/O プロセスでは BOD/T-P 比が高い程 T-P 除去率も高くなる傾向が見られた。担体投入型 BNR プロセスでも嫌気槽の放出リン濃度が高ければ同様の傾向となった。仮に T-P 濃度 5mg/L の原水にて処理水 T-P 0.5mg/L を達成するには T-P 除去率 90% 以上である必要がある。上記の傾向から、両プロセスともに T-P 除去率 90% 以上を得るには原水 BOD/T-P 比として少なくとも 30 倍以上必要であると考えられる。

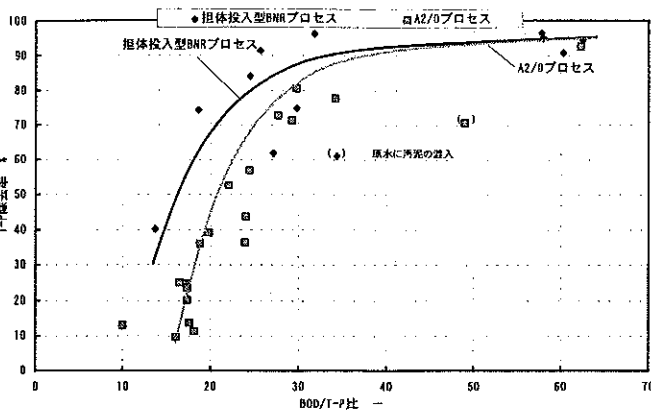


図-5 原水 BOD/T-P 比と T-P 除去率

(4) 嫌気条件でのリン放出量と添加基質について

図-6に嫌気条件でのリン放出量に関する回分試験結果を示す。図中の①は、A2/O プロセス返送汚泥に VFA(酢酸) を添加したものの、②は A2/O プロセス返送汚泥に原水及びメタノールを添加したものである。

VFA を添加したサンプルの方が原水及びメタノールを添加したサンプルより同時間で多量にリンを放出した。また、有機物添加量は①が VFA として 100mg/L (BOD 換算で 46.2mg/L)、②が BOD 換算で 198.6mg/L であり、①の方が圧倒的に添加量が少ない。これらのことから、嫌気条件でのリンの放出には VFA が効果的であることが確認された。

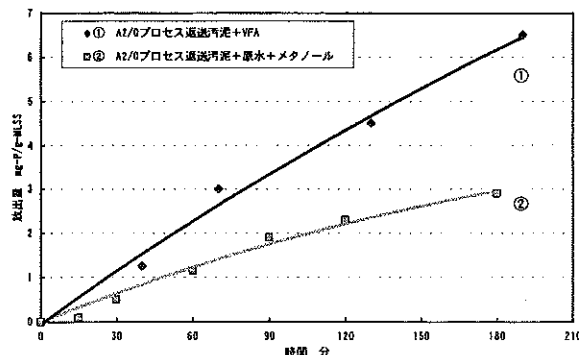


図-6 嫌気条件でのリン放出量と添加基質について

(5) T-P 含有率及び T-P 除去量について

表-3 に両プロセスの汚泥中のリン含有率を示す。汚泥中の T-P 含有率は、実験期間を通じて担体投入型 BNR プロセスの方が高い傾向であった。

表-3 汚泥中のリン含有率 (%)

処理プロセス	最小値	最大値	平均値
担体投入型BNRプロセス	2.90	3.76	3.26
A2/Oプロセス	2.52	3.62	2.87

担体投入型 BNR プロセスは嫌気槽でのリンの放出に必要な有機物を流入原水に頼らないために、リンの放出量を常に高く維持することができ、このような差が現れたと考えられる。

また、高濃度 BOD 原水期の汚泥発生量は低濃度期と比較して約 2.5~3 倍となっており、メタノールの添加により汚泥発生量が増加し、その結果 T-P 除去量が上昇したことが確認された。

5. 結論

- (1) 担体投入型 BNR プロセスにおいては、嫌気槽でのリンの放出を十分にさせること、原水 BOD 濃度、高い BOD/T-P 比 (本実験条件では少なくとも 30 以上) の全てを考慮する必要がある。
- (2) 嫌気槽におけるリン放出の添加基質としては VFA が効果的であり、プロセス全体に対しては汚泥発生量を増加させる BOD 源が有効である。