

DO及びORP屈曲点制御を用いた二槽式間欠曝気法の
パイロットスケールでの処理性能について

岡田佐智子*、山本康次**、津村和志***、佐々木康成****

* ユニチカ（株）中央研究所、京都府宇治市宇治小桜23番地

** 大阪府立公衆衛生研究所 環境衛生課、大阪市東成区中道1-3

*** 京都大学工学部 環境地球工学教室、京都市左京区吉田本町

**** 富士電機総合研究所 水処理・バイオ研究所、神奈川県横須賀市長坂2-2-1

概要

筆者らは、窒素リンの同時除去技術として、DOとORPを指標とした2槽式間欠曝気法を開発してきた。本方式は、第1曝気槽で硝化脱窒・リンの放出吸収、第2曝気槽で硝化脱窒の仕上げとリン吸収を行わせるという機能分離を行うことによって、窒素リンの高度な処理を実現することができた。

本報では、団地排水を用いたパイロットプラント（処理量21.3m³/日）の実験結果について報告する。約9カ月間の連続運転を行っているが、流入水質に関わらず、BOD10mg/ℓ以下、T-N10mg/ℓ以下、T-P1mg/ℓ以下の良好な処理水質を連続して得ることができた。また、2月に行った1サイクル中の各指標の挙動調査の結果、第1槽では、硝化脱窒とリンの放出吸収が顕著に見られ、第2槽では、若干の硝化脱窒が行われ、嫌気時のリン放出は起こっていなかった。また、センサー類は、1回/2週間の洗浄作業と1回/2月の維持管理作業で正常に動作し、問題はなかった。

キーワード

窒素・リン同時除去 二槽式間欠曝気 DO制御 ORP屈曲点

1. はじめに

水域の富栄養化の進行を防止し、水質の改善と美観の修復を行うには、汚水中の窒素・リンを除去することが重要であるとされている。平成5年8月には、海域の窒素・リンに関する環境基準が設定され、窒素・リンの除去技術に対する需要は、今後、益々高まるものと予想される。これらを背景にして、窒素とリンの同時除去プロセスの開発研究が盛んに行われているが、筆者らは、窒素とリンの同時除去を目的として、硝化脱窒と生物脱リンを組み合わせた2槽式間欠曝気法を開発してきた。本報では、パイロットプラントでの実験結果について報告する。

2. 実験方法

(1) 実験装置

図-1に、実験装置のフローシート、表-1に装置仕様、表-2に運転条件を示す。本装置の処理水量は21.3m³/日であり、原水には、団地汚水処理場の流量調整槽からポンプアップした生活排水を用いた。本装置は直列2槽構造の曝気槽が特徴であり、それぞれの曝気槽の滞留時間は10時間である。これら各曝気槽には、DO計とORP計を設置し、その計測値

表-1 装置仕様

槽	容量(m ³)	滞留時間(hr)
流量調整槽	12.3	13.86
第1曝気槽	8.91	10.04
第2曝気槽	8.91	10.04
沈殿槽	4.32	4.87
消毒槽	0.49	0.55
汚泥貯留槽	1.26	—

表-2 運転条件

処理水量	21.3 m ³ /日
BOD負荷	0.24 kg/m ³ ・日
N負荷	0.06 kg/m ³ ・日
P負荷	0.006 kg/m ³ ・日
MLSS	4000 mg/ℓ
汚泥返送率	150~200%
DO設定値	2.5mg/ℓ

と挙動によって、曝気と攪拌が自動的に切り換わるようになっている。また、第2曝気槽には水温計とMLSS計を設置し、連続測定を行った。

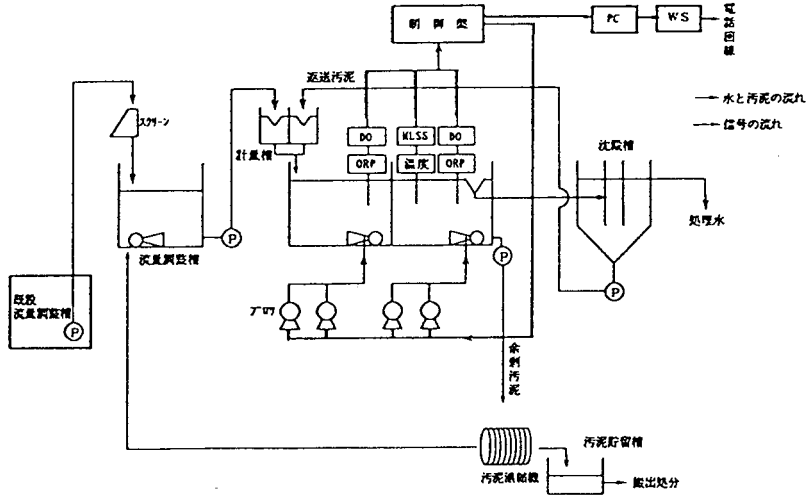


図-1 フローシート

(2)制御方法

本装置は、曝気槽のDOとORPを連続測定し、その挙動と値によって曝気・攪拌の切り換えとブローの回転数制御を行っている。各槽の曝気時間、攪拌時間、1サイクルの周期は、ORPにより制御される。第1曝気槽と第2曝気槽のDOとORP曲線と窒素・リンの水質変化を模式的に図-2に示す。同図に示すように、攪拌工程中のORPに、屈曲点 P_1 、 P_2 が現れる。水質分析の結果によれば、この屈曲点が現れた時点で脱窒が終了し、その後、リンの放出が始まる。本方式では、第1曝気槽ではリン放出、第2曝気槽ではリン放出が起

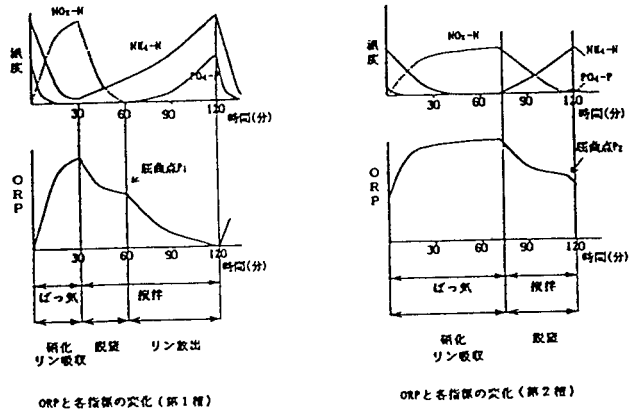


図-2 各指標の変化

らない条件下で運転することを主眼としている。すなわち、第1槽では、屈曲点以降の時間を60分程度として十分なリン放出時間を確保し、第2槽では、屈曲点が現れた時点で曝気が開始されるようにして、リン放出を抑える運転を行っている。なお、1サイクルの時間は120分程度とし、第2槽の屈曲点が検出された時点で、両槽同時に曝気が開始される。屈曲点が現れてから検出されるまでには、約10分程度の時間を要する。曝気工程中のブローの運転は、予め設定されたDO(2.5mg/l)になるように回転数をインバータ制御している。

3. 実験結果

(1) 各水質指標の経日変化

① BODとCODについて

図-3及び図-4に、BODとCODの経日変化を示す。BODについては、10～12月には、流入水で約180mg/ℓ前後であったが、その他の月では200mg/ℓ以上であった。処理水では、流入水BODが高かった1月を除けば、常に5mg/ℓ以下であり、1月においても、処理水BODは10mg/ℓであり、BOD除去率は常に95%以上であった。

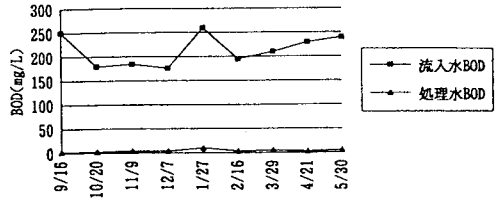


図-3 BODの経日変化

CODは、流入水で100mg/ℓ前後、処理水で10～15mg/ℓ前後であった。流入水では、徐々に増加する傾向を示したが、処理水では冬期に若干の水質の悪化が見られるものの、安定した水質が得られ、COD除去率は常に85%以上であった。

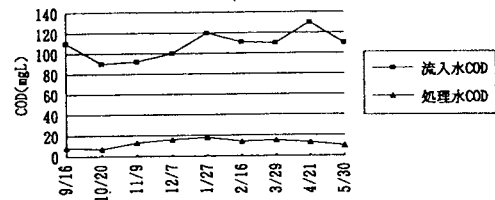


図-4 CODの経日変化

② 窒素、リンについて

図-5に、T-Nの経日変化を示す。流入水T-Nは、33～47mg/ℓであった。処理水については、9月には、3mg/ℓであったが、水温が20℃以下になった10月と11月には、T-Nが5～8mg/ℓに上昇した。このとき、NH₄-Nが残存していたため、第1曝気槽のブローを1台運転から2台運転に変更した。その結果、12月以降では、水温13℃においても、T-Nは2～3mg/ℓ前後と良好な値になった。

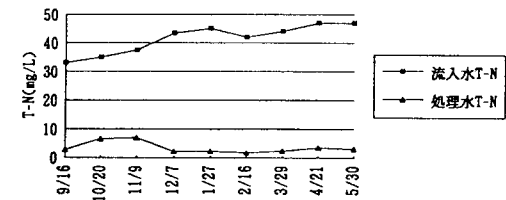


図-5 T-Nの経日変化

図-6にT-Pの経日変化を示す。流入水T-Pは3.0～4.9mg/ℓに対し、処理水T-Pは0.2～0.9mg/ℓであった。水温の低くなる冬期に、処理水T-Pが低くなる傾向が見られた。

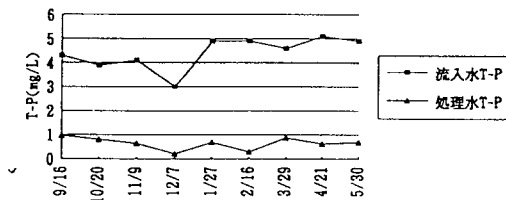


図-6 T-Pの経日変化

(2) 窒素・リンの挙動

1 サイクル中の窒素とリンの水質変化を図-7に示す。

第1槽においては、曝気時のリン取込み、攪拌時のリン放出が起こっていることが確認できた。曝気が開始されると、リンは急激に吸収され、曝気開始時には、4mg/ℓ程度あったPO₄-Pは曝気終了時には、0.2mg/ℓにまで低下した。また、リンの放出は、ORPの屈曲点(P₁)が現れた後に開始され、攪拌終了時には4mg/ℓに達した。

窒素については、曝気時にNO₂-N、NO₃-Nの増加とNH₄-Nの減少、攪拌時には、その逆の現象が起きていた。攪拌時のORPの屈曲点P₁は、NO_x-Nがなくなった時点で現れ、その後PO₄-Pの放出が起こった。

第2槽では、リンの放出はほとんどなく、低値で推移していた。窒素については、NH₄-Nは1mg/ℓ以下の低値で推移したが、NO₂-Nでは、曝気時の増加と攪拌時の減少が見られた。攪拌時にはORPの屈曲点(P₂)が見られたが、この時にも第1槽と同様に、NO_x-Nがなくなり、若干のリンの放出が起こっていることが確認できた。

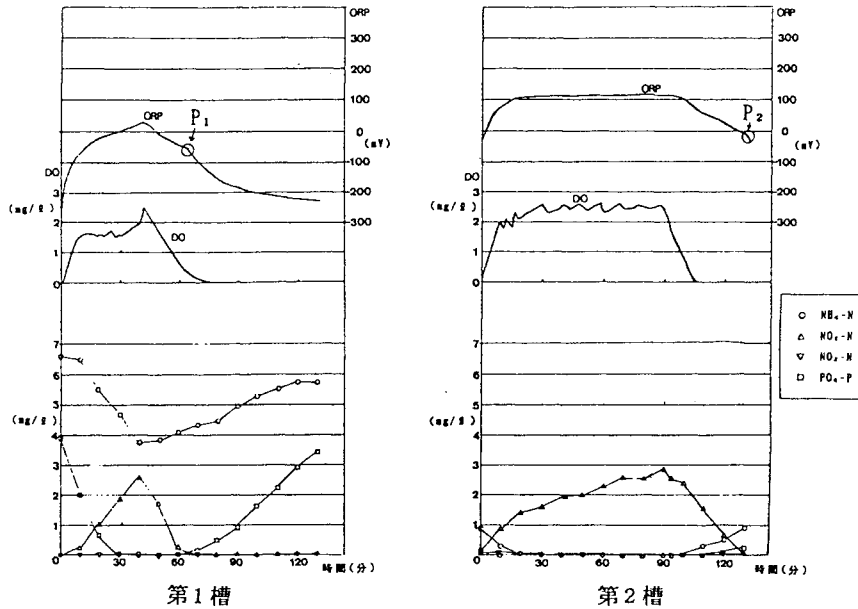


図-7 1 サイクル中の各指標の変化

4. センサーの維持管理

本方式では、前述したようにセンサーの計測値とその挙動によって、曝気時間・攪拌時間、ブロウの回転数等の運転条件が、制御される。今回の連続実験では、表-3 に示す頻度で、計器の洗浄及び校正作業を行ったが、測定値異常等のトラブルは発生しなかった。

5. おわりに

2槽式間欠曝気法をパイロットスケールの装置に適用した結果、以下のことがわかった。

①曝気時のDO制御と攪拌時のORPの屈曲点を指標とした制御方式を用いることによって、

BOD10mg/l 以下、T-N10mg/l 以下、T-P1mg/l 以下の良好な処理水が得られた。

②第1曝気槽ではリンの放出と吸収、第2曝気槽では硝化脱窒を主眼とした運転を行うことができた。

③ORPの屈曲点は、脱窒の終了とリンの放出開始の指標として有効であることが確認できた。

④表-3 に示す頻度でセンサーの維持管理作業を行ったが、特に問題はなかった。

表-3 計器と維持管理頻度

	洗浄作業	校正作業
DO計	1回/2週 水道水で洗浄した後 柔らかい布で汚れを 落とす。	1回/2月 洗浄作業の後、 Na_2SO_3 と酸素飽和水で校正作 業を行う。
ORP計	1回/2週 水道水で洗浄した後 柔らかい布で汚れを 落とす。	1回/2月 洗浄作業の後、キンヒ ドロン溶液で指示値の チェックを行う。
MLSS計	1回/2月 水道水で洗浄した後 柔らかい布で汚れを 落とす。	1回/6月 洗浄作業の後、水道水 でゼロ点調整を行う。

【参考文献】山本, 津村, 中野 「2槽式間欠ばっ気法による窒素・リン除去」

水環境学会誌Vol.15 No.8 541-553