

下水反応槽の水質計測によるりん除去対応凝集剤注入制御

○武本 剛, 渡辺昭二, 原 直樹
(株)日立製作所

概要: 下水処理場の運転管理の適正化には, 流入下水や生物反応槽内の水質, 例えば有機物, 窒素, りんの直接計測が有効である。これらの計測には水質を変化させることなく, 活性汚泥を安定して除去する前処理装置が不可欠である。本報告では膜面を直接洗浄する機構を有する膜分離装置を考案し, 初沈流出水(以下, 流入水), 嫌気槽及び好気槽で適用性を検証した。好気槽では240日以上連続して計測器に必要なろ液が得られ, TN, TPを計測できた。さらに, 本計測システムをりん除去を目的とした凝集剤の自動注入制御システムに適用した。好気槽のりとアルカリ度を連続計測し, それらを指標にして制御運転した結果, 処理水りん濃度を目標値に維持できた。

キーワード: 下水処理, ろ過, 計測, りん, 凝集剤

1. はじめに

第5次水質総量規制では窒素, りんが新たに規制項目に追加される予定である。下水処理場ではこれらを除去する高度処理方式の導入に拍車がかかると予想され, 高度処理プラントの運転管理が重要となる。運転管理の適正化には, 従来のDOやpHなどの項目に加えて, 流入下水や生物反応槽内の有機物, 窒素やりんなどの水質を直接計測できると有効である。これらの水質計測器は実用化されているが, 流入水や生物反応槽に適用するには水質の変化が無く, 活性汚泥を安定して除去する前処理装置が不可欠である。本報告では, 1)前処理装置に膜分離装置を用い水質計測器と組み合わせた水質計測システムを実プラントの流入水と生物反応槽に設置し, 窒素とりんを長期間検証した結果と, 2)本計測システム適用の一例として, 生物反応槽のりとアルカリ度を連続計測し, それらを指標にりん除去を目的とした凝集剤の自動注入制御システムを構築し検証した結果を示す。

2. 実験方法及び条件

2-1. 膜分離装置の評価

水質計測用の分離液を得るには活性汚泥の分離性能が良好で, 分離操作中に水質が変化しないことが要求される。また, 計測器が必要とする液量は少ないため, 分離方式として膜分離方式を採用した。膜分離方式の課題は膜面付着物質による目詰まりを抑制し, 分離性能を長期間安定して維持させることである。特に, 流入水の懸濁物質や活性汚泥は粘着性を有し, 目詰まりを増長させるので効率的な洗浄が必要となる。今回は膜面を機械的に連続洗浄する方式を試みた。

(1)実験装置

膜分離装置と計測器からなる計測システムを図1に示す。計測システムはAO法で運転している実プラントを対象にした。膜分離装置は2セット用意し, 嫌気槽と好気槽の混合液を各々分離対象とした。嫌気槽に用いた膜分離装置は200日目にろ過膜を交換し, 分離対象を流入水に変更した。膜分離

装置は平均孔径 0.4mm、直径 220mm のろ過膜を用い、被処理水側の膜面を機械的に 15rpm で連続洗浄する機構を設けた。本実験の膜ろ過装置はこの洗浄機能を付加したろ過膜をモジュール化し複数個積層した。膜ろ過装置の運転は 8 分ろ過 - 2 分停止の間欠運転とした。

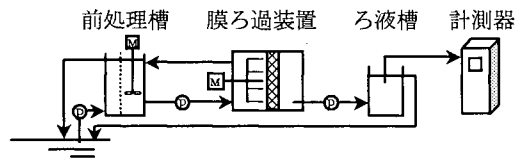


図1 水質計測システム

膜ろ過装置の前段には配管の目詰まりを防止するために 3mm メッシュの前処理槽を設け粗大な夾雑物を除去した。ろ液はろ液槽に一時貯留した。計測器は 2 流路切替機構を有し、2 つの貯槽からろ液を交互に採取し計測した。

(2) 実験及び測定方法

分離性能の評価には、膜分離装置を連続運転し、ろ過圧力、ろ過流量、ろ過前後の SS 濃度を測定した。また、水質評価のために前処理槽や分離液貯槽から採取し、前処理槽の採取液は遠心分離 (300rpm, 10 分) を施し TN, TP, イオン態 NP を測定した。TN, TP 及び SS の測定は下水試験法に準拠し、イオン態 NP はイオンクロマトグラフで分析した。

2-2. 凝集剤注入制御方式の検証

りんは凝集剤の金属イオンと反応して難水溶性のりん酸アルミニウムなどのりん酸塩となり液中から除去される。同時にりんは金属イオンとアルカリ成分との反応により生成された水酸化アルミニウムなどの水酸化物への吸着によっても除去される。これまでに筆者らは、りとアルカリ度に注目して凝集剤注入量の適正化を検討した¹⁾。添加金属当りのりん除去量はりん濃度とアルカリ度に影響され、りとアルカリ度の比率によって変化することを見出した。つまり、凝集剤注入量の適正化には、凝集剤注入前のりに加えてアルカリ度を計測する必要がある。そこで、生物反応槽出口の反応液を膜ろ過装置でろ過し、そのろ液を対象にりとアルカリ度を計測し、計測値を元に凝集剤注入量を算出する凝集剤の自動注入制御システムを構築し検証した。制御フローを図 2 に示す。

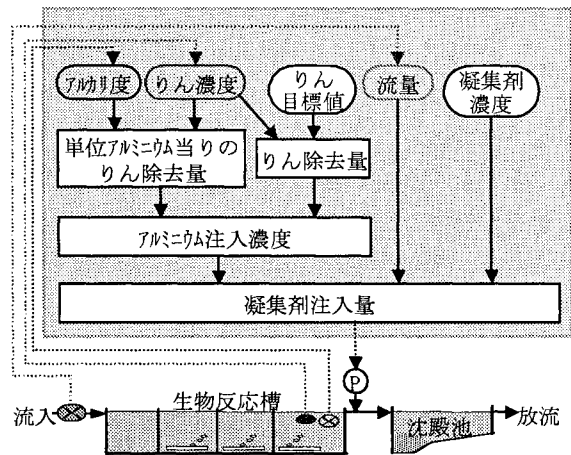


図2 凝集剤注入制御フロー

そこで、生物反応槽出口の反応液を膜ろ過装置でろ過し、そのろ液を対象にりとアルカリ度を計測し、計測値を元に凝集剤注入量を算出する凝集剤の自動注入制御システムを構築し検証した。制御フローを図 2 に示す。1) 4 槽目のりん濃度とりん目標値からりん除去量を算出する。2) 4 槽目のりん濃度とアルカリ度の比率から単位アルミニウム当たり除去できる PO₄-P 量を算出する。3) 凝集剤添加濃度を算出する。4) 上記凝集剤添加濃度、流量及び凝集剤濃度から凝集剤添加量を算出し凝集剤ポンプを調節した。

(1) 実験装置及び条件

凝集剤注入制御実験に用いた装置を図 3 に示す。生物反応槽の有効容積は 80L、沈殿池が 40L である。処理方式は嫌気-好気法とし、生物反応槽を 4 分割し嫌気槽を 1 槽、好気槽

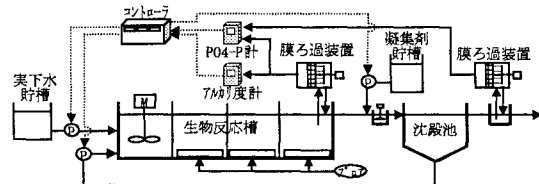


図3 凝集剤注入制御実験装置

を3槽とした。流入水は実下水を採取し実下水貯槽に貯留して供給した。流入水量は平均10L/h、返送汚泥は50%とした。

凝集剤はPACを用い好気槽出口管路に注入した。4槽目の好気槽の反応液を分離対象とし上述の膜分離装置でろ過した。このろ液をPO₄-P計、アルカリ度計に導いてりんとアルカリ度を計測した。また、処理水も別の膜分離装置でろ過し、PO₄-P計の採水流路を交互に切り替えて計測し、りん除去状態を監視、評価した。

りんは10分、アルカリ度は20分周期で計測した。計測値は次の計測までホールドした。コントローラの制御周期は1分とした。流入水及び返送汚泥の流量は予め設定した値になるようコントローラからポンプを制御した。凝集剤注入量はコントローラで以下のように演算して制御した。

3. 結果及び考察

(1) 膜ろ過装置の分離性能評価

膜面の直接洗浄の効果を確認するため、生物反応槽を対象に洗浄機構の有無によるろ過流速の経時変化を比較した(図4)。洗浄機構がない場合は2日で流速が45%以下に低下するのに対し、洗浄機構を付加した場合のろ過流速は徐々に低下するものの、80日経過時点でも80%以上を維持した。膜を取り出し観察した結果、膜面にはケーキ層の堆積がなく、ケーキ層に起因するろ過流速の低下が無いため、ろ過流速を長期間高く維持できたものと推察する。生物反応槽のようにSS濃度の高い場合はケーキ層が急激に形成される。機械的な洗浄機構はケーキ層を形成させない有効がある。

実下水を対象に連続ろ過処理した結果を図5に示す。ろ過流速は流入水、嫌気槽、好気槽の順で低下し、好気槽が最も目詰まりし難い。これは流入水中の粘着成分が下流に従い分解されたためと考える。好気槽の膜ろ過装置はろ過流速が初期の65%に低下したものの全期間に渡って膜再生や逆洗をすることなく連続運転できた。嫌気槽の膜ろ過装置はろ過流速が徐々に低下し、計測器への必要量の確保が困難になったため、100日目に次亜塩素酸ナトリウム溶液で再生処理した。再生後はろ過流速が回復しその後100日間連続運転できた。流入水と好気槽の膜ろ過装置は運転継続中である。現在ま

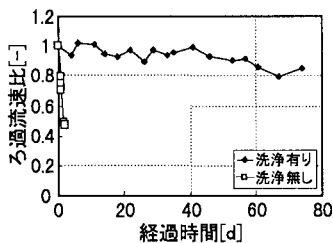


図4 ろ過流速の経時変化

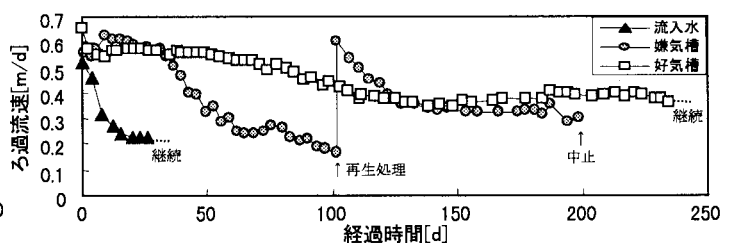


図5 分離対象毎の膜ろ過検証結果

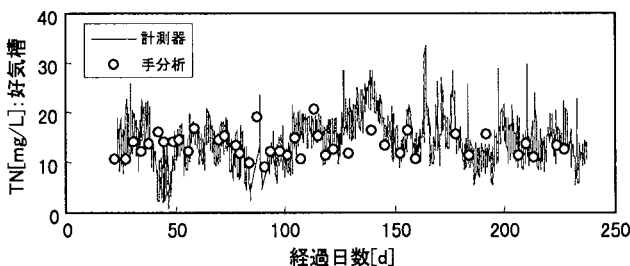


図6 好気槽T-Nの連続計測結果

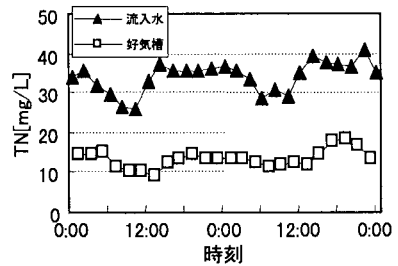


図7 流入水と好気槽のT-N経時変化

で、本膜ろ過装置は流入水で1ヶ月以上、嫌気槽で3ヶ月、好気槽で6ヶ月以上連続運転できる見通しを得た。

好気槽のTNを連続計測した結果を図6に、流入水と好気槽のTNの経時変化を図7に示す。また、図中には手分析値も図示した。手分析値と計測値は一致しており、本膜分離装置と水質計測器を組み合わせることで、長期間の水質計測が可能となった。

(2)ろ過水質評価

運転期間中、前処理槽とろ液を定期的に採取し水質を測定した。膜分離操作前後の水質を比較した結果を図8に示す。前処理槽とろ液のNH₄-4、PO₄-Pの平均差異は0.7、0.3mg/Lであった。本膜分離装置は水質を変化させずに流入水、嫌気槽及び好気槽に適用できることが示された。また、ろ液のSS濃度は1mg/L以下であった。この結果は直接洗浄による膜の破損も発生していないことを示唆する。

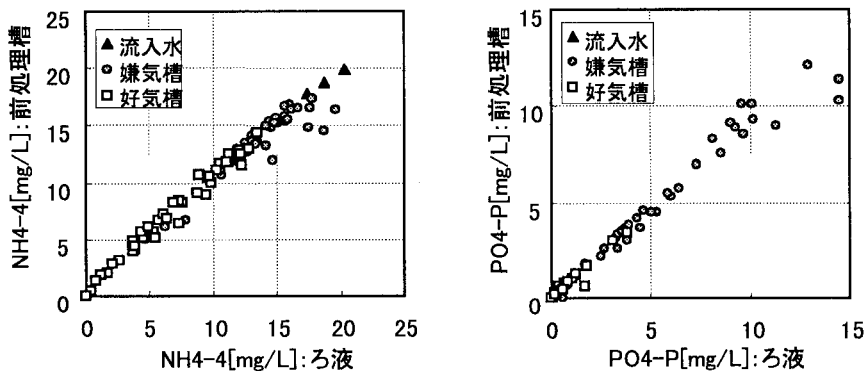


図8 膜分離前後での水質比較

(3)凝集剤注入方式の検証

凝集剤にPAC、りん目標値を0.5mg/Lとした制御結果を図9に示す。4槽目のPO₄-Pとアルカリ度はともに増加し、1.5mg/L、125mg/Lに達した。この条件の下、凝集剤注入量を制御した結果、処理水のPO₄-Pは目標値±0.1mg/Lに維持できた。この結果、生物反応槽のりんとアルカリ度を計測し、りんとアルカリ度を指標に凝集剤注入量を制御する本制御方式が実下水においても有効であることを確認できた。

4. まとめ

膜面を直接洗浄する機構を設けた膜分離装置を実プラントで検証した結果、流入水と生物反応槽に適用でき、計測器を組み合わせることでプラントの水質を長期間計測できる見通しを得た。また、本システムを実下水を処理対象としたラボプラントの凝集剤注入制御方式に適用し、生物反応槽のりんとアルカリ度を指標に凝集剤注入量を制御する方式が有効であることを確認できた。

<参考文献>

1) 武本ら: 下水処理におけるりん除去を目的とした凝集剤注入制御方式, 第12回EICA研究発表会(2000)

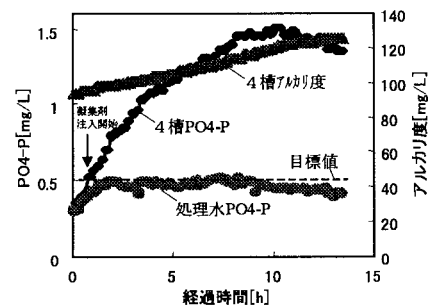


図9 PO₄-Pとアルカリ度の経時変化