

株式会社クボタ 松本伸吾、松田恒男、鳴上善久、○徳島幹治

1 緒言

1.1 概要

最近、膜を利用した水処理が注目を浴び、多くの種類の膜の開発とともに多くの処理システムが研究開発されてきている。従来 膜による水処理は大規模なものは海水の淡水化等があり、中小規模では超純水の前処理等があるが、いずれも膜の目詰まりをできるだけ少なくするために、膜分離工程の前に追加した濁質成分除去工程を経て、所定の物質を除去する方法がとられてきた。

筆者らは、水道の原水となる河川水・湖沼水・地下水または下・廃水に対して、濁質成分が多少含まれても、また濁質量が変動しても、処理性能が安定したままで良質の水質が得られ、維持管理及び制御も容易になる膜システムを研究してきた結果、反応槽内にセラミック膜を浸漬する水処理方法の開発に成功した。そこで本報告では、その成果の一部である活性汚泥排水処理システムを紹介する。

1.2 浸漬型セラミック分離膜活性汚泥装置の特徴

活性汚泥法は有機廃水の処理方法として最も有力な生物酸化法であり、家庭排水の処理などに広く用いられている。排水中の有機成分は曝気槽で活性汚泥により分解を受けた後、沈殿槽に送られる。沈殿槽では汚泥の凝集沈降性を利用して重力分離により固液分離され、上澄み液が処理水として得られる。しかし、従来の装置では、バルキングの発生に伴う汚泥のキャリーオーバーなど 固液分離段階における問題があり、維持管理にも高度な技術が求められている。そのため最近では、重力分離に代わる固液分離技術として膜技術の導入が検討され、中水道やし尿処理分野で実用化が図られており、キャリーオーバーの問題は解決されようとしている。

しかし、従来の膜分離型活性汚泥処理法では、反応槽の後段に膜分離装置がクロスフロー過の形式で付加された構造となっている。よって混合液の循環とろ過に必要な所用動力が非常に大きいといった欠点と、ユニットを直列に並べただけのシステムなのでコンパクト化が実現されてないといった欠点が指摘されている。

そこで、筆者らは分離膜を反応槽内に浸漬し、微生物反応と膜分離を一体化することによって省スペース化を図り、反応槽に設置されている曝気を利用して膜面循環流を作り、吸引による負圧でろ過を行うことによってろ過エネルギーを低減できる膜分離型活性汚泥処理装置を開発した。そしてこの装置では、分離膜に耐久性・耐熱性・耐薬品性に優れ、透過流束を高く維持するための逆圧洗浄が可能なセラミック分離膜を採用した。

この装置では、従来の活性汚泥法では沈殿分離が不可能な汚泥濃度でも運転できるので、活性汚泥濃度を自由に選択でき、反応槽のコンパクト化が実現できる。またセラミック膜を採用したことによって、反応槽内においてバクテリアアタックを受けず膜自身の変形がないので膜機能の低下が少なくでき、逆圧洗浄や洗浄時の薬品選択の自由度が増すことによってファウリングの発生を遅らせることが可能となった。

本報告では、反応槽内に膜を多段に積層して生物反応と膜分離を同一槽内で行うシステムとし、さらに硝化液循環脱窒法による脱窒とPAC添加による脱リン機能を付加させた膜分離活性汚泥処理法の生活排水系への適用の可能性を検討した結果について報告する。

2 実験

2. 1 実験に用いた浸漬型セラミック分離膜モジュール

膜モジュールは外径13mm、内径9mmの管状をしたセラミック製膜エレメントを77本束ねたものとした。膜エレメントは外周面に厚さ $10\mu\text{m}$ ～ $20\mu\text{m}$ 、公称孔径 $0.1\mu\text{m}$ の活性層を有する非対称二層膜である。このエレメントを集束し一端を封止して他端から吸引・ろ過をできるように組み立てたのが、膜モジュールである。外観を写真1に示し、仕様を表1に示した。

実際の使用時には膜モジュールは反応槽内で曝気装置の上に多段に積層される。よって膜面流速は膜モジュール下部からの曝気流によって管状膜エレメントに直角に与えられることになる。そしてろ過水（処理水）は封止されていない側から吸引ポンプによる負圧と水槽の水圧によって得る構造となっている。

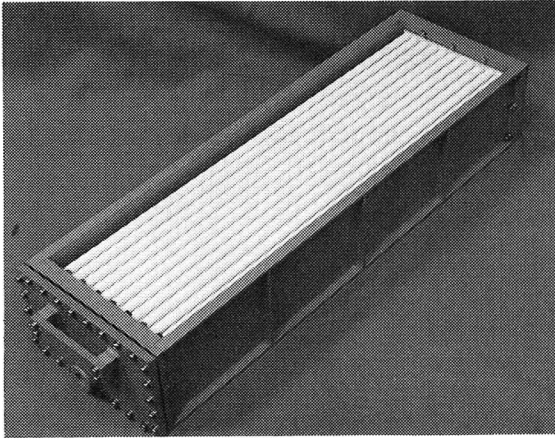


写真1. セラミック膜モジュール

表1. 膜モジュール仕様

膜面積	2.3 m ²
部材材質	硬質塩化ビニル
寸法;高	150 mm
幅	258 mm
長	873 mm
膜組成	アルミナ系
膜外径	13 mm
内径	9 mm
長さ	794 mm
膜孔径	0.1 μm
膜孔径率	40 %
膜厚	10~20 μm

2. 2 実験装置

図1に実験装置概略図を示す。原水は微細目スクリーン（目開き1mm）で処理されたのち調整槽に貯留され、一定量ずつが反応槽に送られて微生物処理される。

嫌気槽（脱窒槽）容量は 0.84m^3 で攪拌装置が設けられており、好気槽（硝化槽）容量は 0.80m^3 で散気装置が設けられている。そして後段の好気槽内に浸漬型膜モジュールが4台浸漬されており、吸引ろ過によって処理水が得られる構造になっている。

装置の設計水量= $4.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ である。

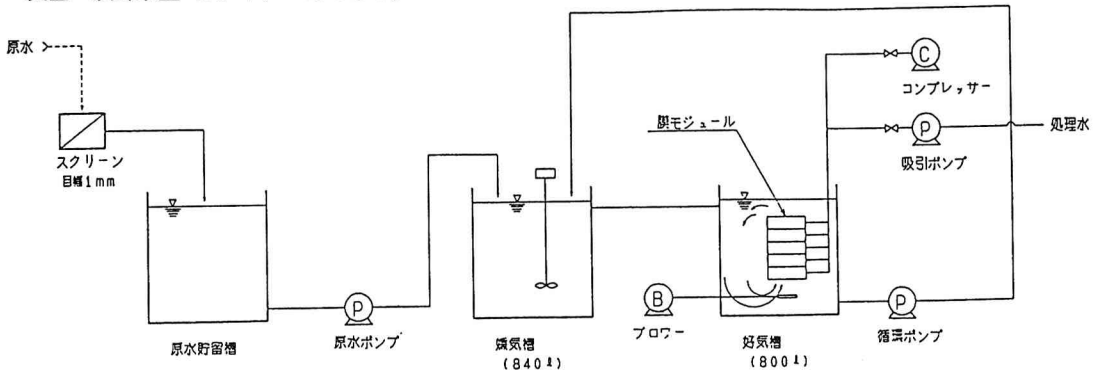


図-1 実験装置フローシート

2. 3 運転方法

種汚泥は住宅団地合併浄化槽活性汚泥を用い、原水は同施設流入排水の荒目スクリーン（30mm）通過水とし同施設原水ポンプ槽から採取した。そしてこの採取水を微細目スクリーンに通して嫌気槽に流入させた。反応槽では膜モジュールの下部散気管から空気を散気し、膜表面の洗浄と微生物への酸素供給を同時に行った。嫌気好気間の循環はポンプによって行い、その流量を16m³/日とした。

活性汚泥濃度は10,000～15,000mg/Lを維持するように適宜汚泥引き抜きを実施した。

処理水は吸引ろ過によって連続的にろ過し、1時間に1度の逆圧洗浄(98kPa)の実施によって透過流束の維持を試みた。

脱リンを目的としたPAC添加については、原水のP濃度に対してモル比で1.5倍のAl添加を実施した。

3 結果と考察

3. 1 透過流束

図2に透過流束の経日変化を示す。運転開始当初は若干の低下傾向を示したが、その後 0.5m³/(m²・d)と高い値で安定し、所定の透過水量が確保できていた。よってこのシステム及び運転方法では、安定した処理が可能であり、膜洗浄等のメンテナンスが簡略化できそうとの知見が得られた。

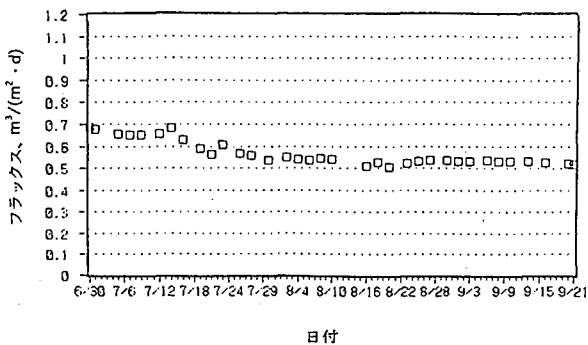


図2.透過流束の経日変化

表2. 原水および処理水の水質

項目	原水	処理水
水温	℃	28.00
pH	mg/l	7.53
COD	mg/l	92.00
BOD	mg/l	7.90
SS	mg/l	2.00
Kje-N	mg/l	125.00
NH4-N	mg/l	1以下
NO2-N	mg/l	34.60
NO3-N	mg/l	1.40
T-N	mg/l	24.30
T-P	mg/l	0.00
Cl-	mg/l	0.00
色度370	mg/l	0.00
アルカリ度	mg/l	37.20
	mg/l	66.00
	mg/l	92.30
	mg/l	5.70
	mg/l	150.00
	mg/l	18.50

3. 2 処理性能

表2に本実験で得た処理水の水質分析結果を示す。

原水濃度BOD=100～200mg/L、

T-N=35～60mg/L、T-P=4～6mg/L

であったのに対して処理水は、

BOD=1～2mg/L、T-N=10mg/L以下、

T-P=0.5mg/L以下であり、非常に

良好な処理水が安定して得られた。

4. まとめ

(1)セラミック分離膜を反応槽に浸漬する膜分離活性汚泥法において、硝化液循環脱窒法とPAC添加を組み合わせることによって、高効率な脱窒性能と脱リン性能が確保できることがわかった。

(2)硝化液循環脱窒法とPAC添加を組み合わせた浸漬型セラミック分離膜活性汚泥装置は透過流束が安定して得られ、メンテナンス性に優れた装置であることがわかった。