HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	回転平膜モジュールを用いた排水再利用技術
Author(s)	大熊, 那夫紀; 堀田, 正見; 奥野, 祐 他
Description	第1回衛生工学シンポジウム（平成5年11月17日（水）-18日（木） 北海道大学学術交流会館） . 5 有効利用、高度処理、廃棄物処理 . 5-5
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 1, 172-177
Issue Date	1993-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7444
Type	departmental bulletin paper
File Information	1-5-5_p172-177.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

5－5

回転平膜モジュールを用いた排水再利用技術

大熊那夫紀、堀田正見、奥野祐、篠田猛（日立プラント建設）

1.はじめに

近年、生物処理と膜分離技術を組み合わせたシステムが開発され、中水製造[1)]やし尿処理システム[2)3)]として実機が稼働している。これらは、高濃度・高懸濁液である活性汚泥混合液を直接膜処理する方法で、装置がコンパクトになるなど種々の長所があるものの、膜透過流束を確保するために膜処理に要する動力が大きくなるという問題があった。

これに対して、通産省の大型プロジェクト「アクアルネッサンス'90」では、高濃度・高懸濁液を低動力で処理できる膜モジュールの開発が進められ、この中で当社は、回転平膜モジュールを用いた生物学的窒素除去リアクタの研究開発を行った。回転平膜モジュールは、低動力運転の他にも種々の特徴を有するため、他用途への適用が考えられた。

そこで、ここでは高濃度微生物分離用に開発した回転平膜モジュールについて、食堂排水再利用システムへの適用結果を報告するとともに他の用途への適用例を報告する。

2.回転平膜モジュールの構造及び特徴

従来の膜モジュールは、高透過流束を得るため被処理液を高流速で循環し、膜面での液流速を大きくして運転している。そのため、モジュール内での圧力損失が大きくなり、ろ過に必要な圧力以上の圧力を必要とし消費動力が大きくなっていた。これに対して膜面の液流速を得る方法として、膜を回転する方法では圧力を必要としないため低動力での運転が可能と考えられた。

回転平膜モジュールの集水構造を図１に示す。支持板の表面を膜で覆った膜ディスクを集水管である中空の回転軸に装着し、回転しながらろ過を行う構造となっている。モジュール化にあたっては、膜ディスクを何枚も重ねて膜の充填密度を高める必要があるが高濃度微生物液内では単に積層しただけの透過流速は、膜ディスク１枚のときの透過流速の約半分に低下する。そこで、膜ディスク間に邪魔板を挿入したところほぼ同等の透過流速を得ることができた（図２）[4)]。

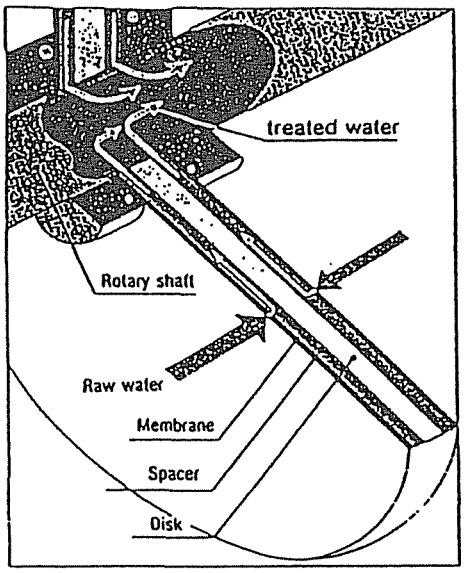


図1　回転平膜モジュールの集水構造

この邪魔板を膜ディスクに置き換えた構造が「かみ合わせ型モジュール」であり、これを図3に示す。このモジュールは、2軸で一つのモジュールを構成しており膜ディスク間に隣軸の膜ディスクをかみ合わせた構造である。こうした構造にすることで膜面での乱流を促進し、透過流束の向上が期待できるとともに膜充填密度の向上が図れる。この回転平膜モジュールの特徴は次のようである。

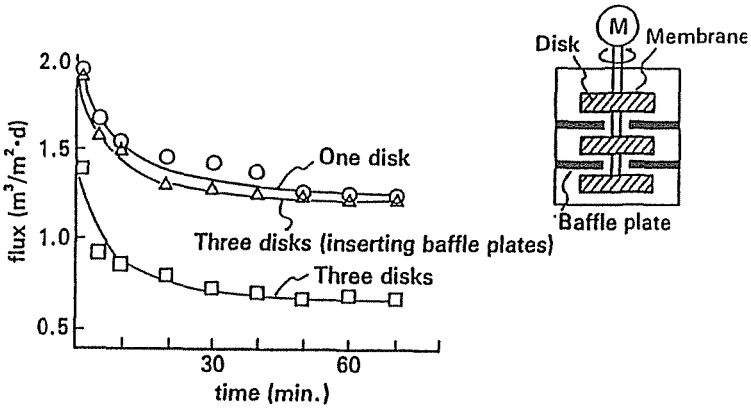


図2　邪魔板の効果

①膜回転方式のため高濃度液の低圧力、低動力運転が可能である。

②双軸「かみあわせ型」モジュールの採用により膜面のセルフクリーニングが働き、長時間、高透過流速を維持できる。

③セルフクリーニングと低圧ろ過が可能なため薬品洗浄間隔が長くメンテナンス性も良好である。

④夾雑物に強く、スクリーン程度の簡単な前処理でよく、流路閉塞の発生はない。

⑤減圧ろ過が可能なので耐圧容器を必要とせず、バイオリアクタとの一体化も可能である。

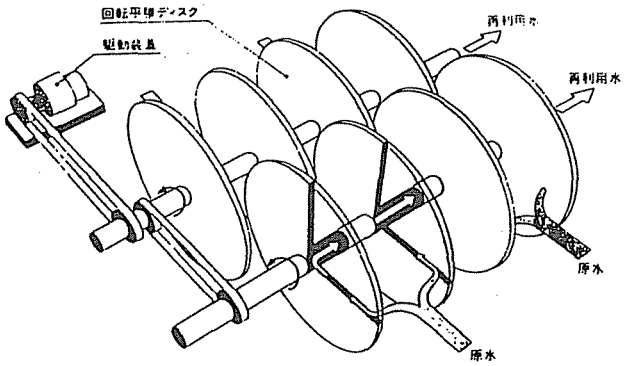


図3　回転平膜”かみ合わせ”型モジュール

3.食堂排水再利用システムへの適用

（1）実験装置及び実験方法

実験装置（処理量3㎥/d）のフローを図4に示す。原水は、当社松戸工場内の食堂排水を用い、スクリーン（見開き2.0㎜）、油水分離槽を経た後、生物処理槽（0.8㎥）へ供給される。生物処理槽では、嫌気、好気の処理を行った後、回転平膜モジュールで固液分離を行い、再生水を得る。濃縮液は嫌気槽へ送られる。原水は、再生水として、系外へ流出する量と同量が生物処理槽へ供給される。実験に供したモジュールは、ディスク径500㎜であり、一軸に6枚のディスクを装着している。膜はポリスルホン系であり、分画分子量は75万である。回転平膜モジュールの透過液ラインに、定容量ポンプを設置し、このポンプの吸引圧により、再生水を得る方式とした。実験期間中、薬液による洗浄は行わなかった。

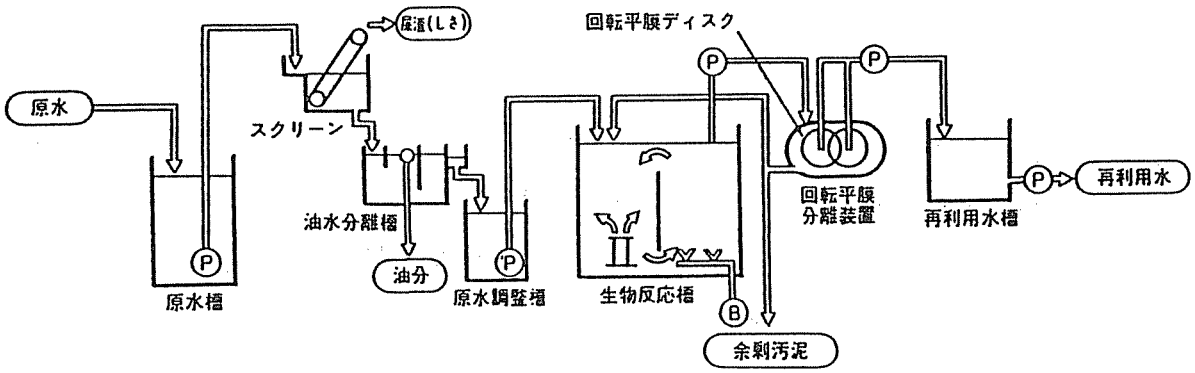


図4　食堂排水再利用システム実験装置フロー

（2）減圧間欠運転方法の検討

膜分離に必要な圧力は、背圧弁などにより、被処理液を加圧する方法が広く用いられている。この方法では、汚泥混合液のように夾雑物が多く含まれる液を対象とする場合には、背圧弁の開塞が生じ、安定した圧力を得ることは非常に困難であった。回転平膜モジュールは、回転により膜面での濃度分極を制御しており、そのため低圧力での処理が可能である。しかし、回転平膜モジュールからの透過液を得る方法として連続吸引を用いた連続運転では、吸引圧力が大きくなり、正常な運転を行うことができなかった。そこで、１０分間連続運転を行った後に、透過液バルブを一定時間閉じる減圧-間欠運転方法を検討した。その結果を図5に示す。透過液を停止した時間を考慮したfluxは、透過液バルブを２分間停止すると高い値を得ることがわかった。これは、膜面に付着した汚泥層が回転により剥離することが考えられるが、回転平膜モジュールでは、遠心力による透過液の逆流洗浄が生じていることも推測される。

（3）flux影響因子の検討

本システムを円滑に運転するには、膜モジュールの安定運転が重要となる。そこで、システムの連続運転に先立ち、回転平膜モジュールのfluxへの影響因子について検討した。因子として、汚泥液中のTOC、汚泥粒径、SVIC、負荷、呼吸活性とfluxとの関係について調べたところ、BOD-SS負荷が大きくなるとfluxが高くなる傾向があった。これを図６に示す。こうした結果は、システムの設備費を低減するには、有利に働く要因となる。

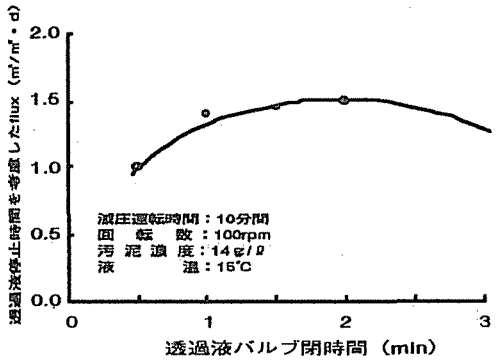


図５　減圧間欠運転におけるflux

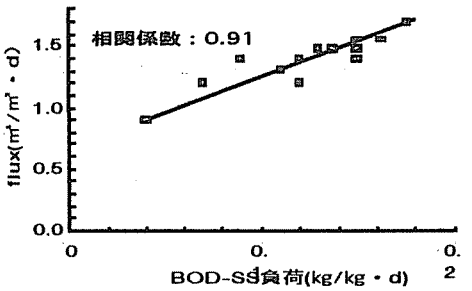


図６　BOD-SS負荷とfluxの関係

（4）システム連続運転結果

実験装置では、BOD-SS負荷が0.15kg/kg・dになるように運転した。2ヵ月間連続運転時の水質分析結果及びfluxの経時変化を表1、図7に示す。表1における原水は、生物処理槽入り口の水質を示す。この間の生物処理槽内の液温は、25～33℃であり、MLSSは10g/ℓ程度にコントロールした。表1にしめすようにいずれの水質項目も再利用するのに十分な水質が安定して得られる事が分かった。回転平膜モジュールのfluxは、平均1.5m³/m²・dであり、スクリーン程度の簡単な前処理で夾雑物の影響もなく、効率の良い膜処理が行われることが確認できた。

また、ランニングコストの比較を表2に示す。チューブラ膜に比べ、回転平膜は、動力費を半減でき、さらに薬液洗浄頻度も少なくできることから、トータルのランニングコストを4割減できる見通しを得た。

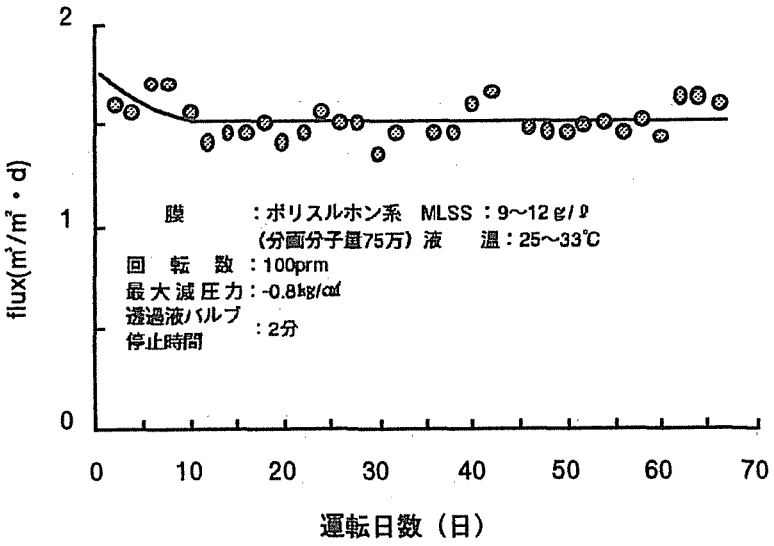


図7　flux経日変化（減圧-間欠運転）

表1　水質分析結果（平均値）

	原水	処理水	水質基準
BOD (mg/ℓ)	390	1.9	‹20
COD (mg/ℓ)	127	7.4	‹30
SS (mg/ℓ)	109	‹1	-
pH (mg/ℓ)	6.1	7.1	5.8～8.6
n-Hex (mg/ℓ)	32.8	‹2	-
大腸菌群数 (個/mℓ)	-	ND	‹30

表2　ランニングコスト比較
（処理規模　200m³/d）

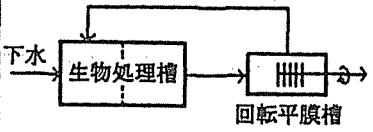
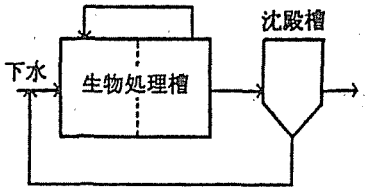
	回転平膜	チューブラー膜
動力 (%)	25.3	47.9
膜交換 (%)	30.4	50.2
薬品 (%)	0.04	1.9
トータル (%)	55.74	100.0

4.下水再利用システム

・下水の場合における従来法（活性汚泥循環変法）[5]とアクアで開発した膜リアクタ[6]を比較すると表3のようになる。開発した膜リアクタは微生物の高濃度化を図ることができたため、低水温期においても処理時間を1/3に短縮でき、さらに汚泥発生量も1/5に低減できることが分かった。処理水質もBOD2mg/ℓ以下、全窒素5mg/ℓ以下と従来法に比べ大幅に向上することができ、安定した処理

水質を得ることができた。これらは膜の効果を表わしている。しかし処理水を放流する場合には有利とは言えず、再利用を行う場合には十分採算の合うシステムと考える。

表3　従来法のと比較（下水の場合）

項　　目	開　発　法			従来法(活性汚泥循環変法)		
フ　ロ　ー						
処 理 時 間	6時間（生物処理槽5.8時間 回転平膜0.2時間）			19時間（生物処理槽16時間 沈殿槽3時間）		
負　　荷	0.24kg-T-N/m³・日			0.09kg-T-N/m³・日		
水 温 (℃)	12～18			13～21(推定)		
MLSS(mg/ℓ)	8,000～12,000(平均9,600)			平均2,500		
水質(mg/ℓ)	BOD	T-N	SS	BOD	T-N	SS
原　　水	225	31.6	213	190	29.8	114
処　理　水	<2	2.8	trace	<20	5～10	10～20

5.省スペース型　中水製造装置

ビルの敷地を有効に活用するため、いかに省スペース化を図るかが重要な課題である。中水製造装置でも同様であり、標準活性汚泥法に替えてディープシャフトプロセスを導入し、さらに回転平膜　モジュールを用いることで設置面積の大幅な低減ができる。

6.し尿処理システムへの適用

最近し尿処理分野でも膜を用いたシステムが稼働している。こうしたシステムでは処理効率の向上が図れたものの、さらにランニングコストの低減が課題となっている。そこで低動力型の回転平膜モジュールを固液分離に用いることでランニングコストの低減が期待できる。

7.浄水システムへの適用

厚生省プロジェクト「MAC21計画」[7]に代表されるように、膜利用型浄水システムの検討が各地で盛んに行われている。このようなシステムでは、必らず膜洗浄水が発生することになる。そこで、この膜洗浄排水を回転平膜モジュールを用いて、濃縮すると同時　に処理水として回収することで、汚泥発生量の大幅な低減と水回収率の向上が図れる。

参考文献

1）三崎一男：膜型バイオアクタによる中水道システム、建築設備と配管工事、23、（11）、94～99（1985）

2）真柄泰基：廃棄物処理における先端技術の活用について、生活と環境、pp33、（3）、33～38（1988）

3）石井保彦　他：UF膜を用いたし尿処理の実例、PPM、（12）18～23（1988）

4）H.Masuda 他：Study of the UF module with a rotary disk membrane,The 1987 Interantional Congress on Membranes and Membrane Processes Proceedings,395～396(1987)

5）森　邦夫：霞ヶ浦の高度処理、下水道協会誌、27、（318）18～21（1990）

6）アクアルネッサンス編集組合：膜複合型嫌気方式による廃水処理技術、pp228～231、アクアルネッサンス技術研究組合（1991）

7）真柄泰基　他：水道浄水技術開発の課題と展望、用水と廃水、34、（10）、pp3～10（1992）