

振動型膜分離装置の適用分野と実績

Application Fields and Sales Results of Vibratory Shear Enhanced Process



(技)研究開発部

高 田 一 貴
kazutaka Takata
小 西 嘉 雄
Yoshio Konishi
谷 田 克 義
Katsuyoshi Tanida
竹 尾 由 重
Yoshishige Takeo

膜分離技術は様々な産業分野において懸濁スラリーやイオンを分離する上で最も重要な技術の一つとなってきた。神鋼パンテックはこれまで多くの膜分離装置を販売してきたが、このたび米国 New Logic 社より新しいコンセプトの振動型膜分離装置 VSEP を導入し、日本国内において、医薬・食品分野を除く分野への独占販売を開始した。医薬・食品分野へはその販売権を米国 PALL 社が保有しているが、当社と PALL 社との間で業務提携を締結し、これら分野への振動型膜分離装置の販売もできる。当社は1997年に多くの引き合いをいただき、化学、半導体、アルミ分野の顧客より5プロセス15基の受注を果たした。膜分離システムの導入には膜寿命等の予測のために長期間の検討期間が必要になるにもかかわらず、VSEP は短期間の検討で性能を確認し受注するに至った。このことは、VSEP が既存の膜分離技術には決してみられない革新的なシステムであることを示すものである。

Membrane separation technology has become one of the most important technologies for the separation of slurry and/or molecules in various industrial fields. Shinko Pantec also have had a technology on the membrane separation technology to various industrial fields, and has introduced Vibratory Shear Enhanced Processing (VSEP) from New Logic International of the United States exclusively in the Japanese market except for the food and pharmaceutical industries. At the same time Shinko Pantec has agreed with Pall Corporation of the United States which have the right of marketing this system to food and pharmaceutical fields to make possible for marketing Pallsep to the fields. During the year of 1997, Shiko Pantec has gotten orders 15 machines in 5 processes from chemical, semiconductor, aluminum makers.

In spite of fairly long term should be required for installing membrane separation system, Shinko Pantec has gotten orders using VSEP system in a short term experiments. This shows that VSEP is considered to be recognized as a evolutionary system never seen in the conventional membrane separation technologies.

Key Words :

膜 分 離
振 動
せん断速度

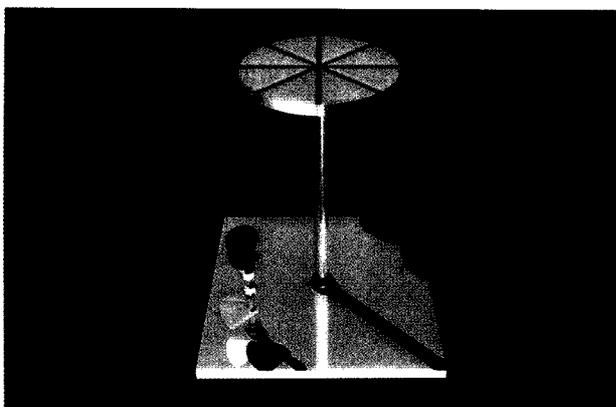
Membrane Separation
Vibration
Shear rate

まえがき

振動型膜分離装置 VSEP™ (VSEP=Vibratory Shear Enhanced Processing, 製造元: 米国 NEW LOGIC INTERNATIONAL INC.) の販売を1996年6月より開始して1年以上が経過した。この間に化学, 製紙, 半導体, 印刷塗料, 鋳業, 医薬, 食品をはじめとする広範な顧客に対して, 室内テスト及びフィールドあわせて40社以上, 60サンプル以上のテストを行ってきた。その結果, 化学, アルミメーカー, 半導体エンジニアリング会社より大きな評価をいただき合計で5プロセス15基の実機を受注し, 日本国内における商用機の稼働を開始した。米国ではすでに化学, 製紙, 印刷塗料, 鋳業, 医薬, 食品分野に対して150基以上の実機実績がある。従来からのクロスフロー式にくらべてより大きな透過流束, 濃縮限界を越えた高濃縮, 膜洗浄インターバルの延長等の特長により用途が急速に広がっている。

医薬・食品製造向けの GMP 対応型振動型膜分離装置 PALLSEP™⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ (製造元: 米国 PALL CORPORATION) に関しては, 米国 PALL 社と販売提携を締結し, 日本ポール社を通じて PALLSEP の販売を行っている。PALLSEP は米国及び欧州に合計10基以上の実績がある。

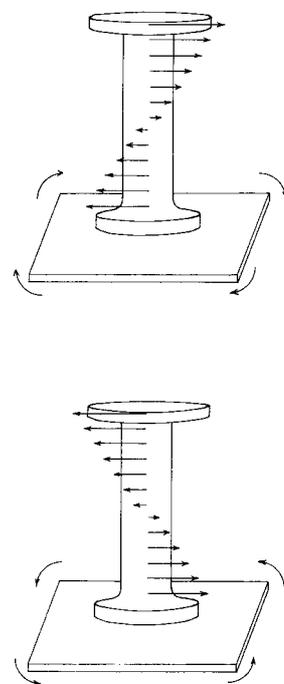
世界的にみても類をみない特長ある振動型膜分離装置であり, 現在までのテストや実績の中で振動の特長が随所にみられる結果も多く得られているので, ここではなるべく多くのデータを紹介することにより適切な適用プロセス選定のガイドとしても使用できるように配慮した。また基本的なプロセスフロー, 振動機構やフィルターパック内の流れをわかりやすく説明することを試みた。



第1図 振動システムの模式図
Fig. 1 Schematic diagrams of vibration system

1. 振動型膜分離装置 (VSEP, PALLSEP) の振動機構

第1図は振動型膜分離装置 VSEP の振動を発生させるメカニズムを模式的に示した図である。¹⁾ 駆動モーターからサイズミックマスに動力を伝える軸に偏心ベアリング (荷重の重心を軸中心から半径方向へずらした重り) がとりつけられている。この軸を高速 (約3000 rpm 以上) で回転させて装置を振動させるが, この際周波数を約45 Hz付近まで一気に上昇させて装置の1次共振点の直前まで振動数を上げる。約50 Hzの振動数でフィルターパックの運転条件 (振幅約20 mm) に達する。駆動モーターと偏心ベアリングの動きによってサイズミックマスが水平方向に振動するが, サイズミックマスの荷重 (約1トン: 84 m²) に起因する慣性モーメントとフィルターパックの荷重 (約1トン) による慣性モーメントがトーションバーにねじりを発生させる。第2図に示すようにサイズミックマスが時計方向の動きをする場合にはフィルターパックは反時計方向の運動を, サイズミックマスが反時計方向の運動時にはフィルターパックは時計方向となる。この繰り返し振動が周波数50 Hzで継続されるので, フィルターパック内の膜面に強力な流体せん断力が発生し膜面へのファウリングを低減または防止する。



第2図 トーションスプリング, サイズミックマス及びフィルターパックの往復運動模式図
Fig. 2 Motions of torsion spring, seismic mass, and filter pack

VSEP と PALLSEP の振動機構、周波数、振幅共にほぼ同一である。

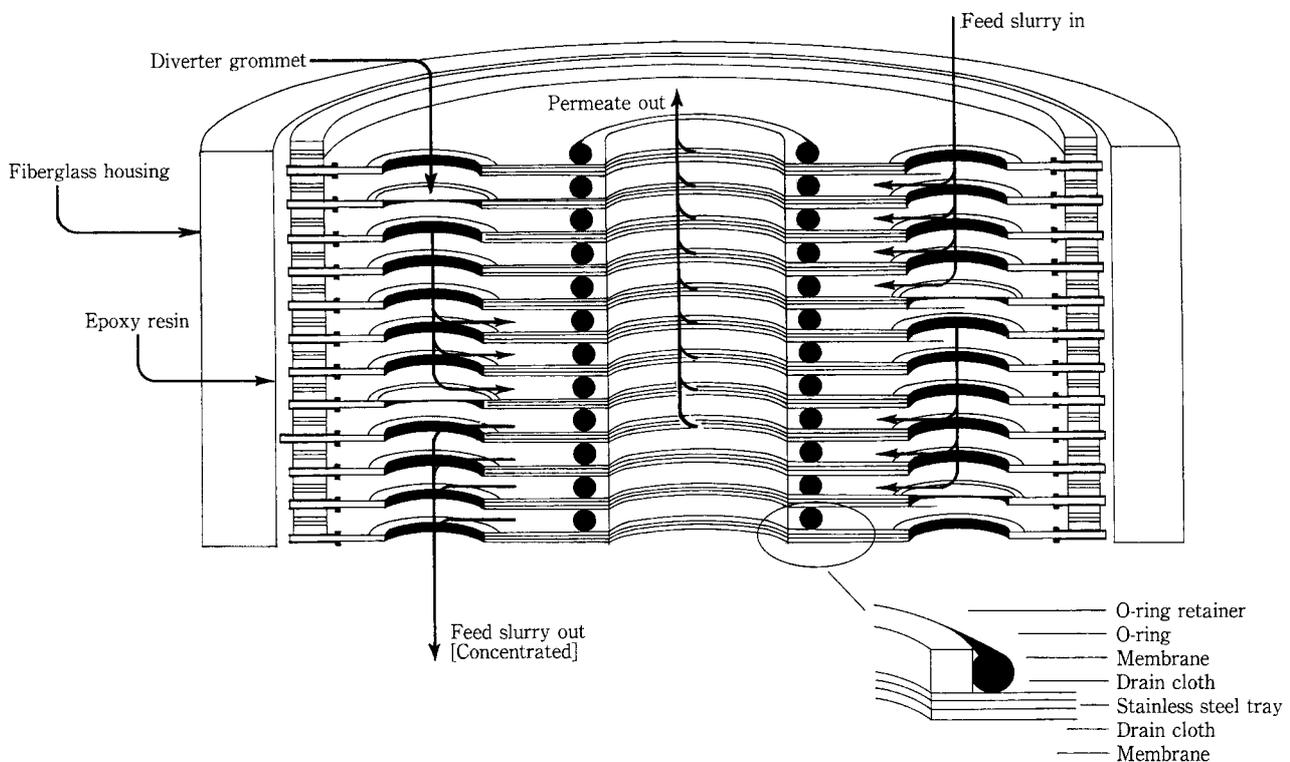
2. 振動型膜分離装置のフィルターパック概要及び内部の流動

2.1 VSEP

第3図に VSEP Series I のフィルターパック内模式図を示す。フィルターパックは、SUS304（標準）プレート上下面に貼られた平膜トレイを、膜面積（9～84 m²）に応じて約30～300段FRPパイプ内に挿入してエポキシ樹脂でモールドされて製造される。膜面積によって膜トレイ間のクリアランスとフィルターパック高さが異なる。クリアランスは3～7 mm、フィルターパック高さは450～1 800 mm、フィルターパック直径は膜面積によらず約600 mmである。フィルターパックの耐圧は40気圧である。被処理液の性状によってフィルターパックをデザインするが、たとえば高濃縮する適用例の場合にはクリアランスを大きくするなどがある。フィルターパック上部から供給された被処理液は濾過されながらフィルターパック下部より濃縮液として排出され、透過液はフィルターパック中心部に集水さ

れ上部より排出される。フィルターパックには仕切板が挿入されており、1パスで運転できるように上段部で仕切間隔を大きく、濾過されて膜面上を流れる流量が少なくなる下段部では仕切間隔を小さくとり膜面上の流速を確保できるように設計されている。

振動型膜分離装置の技術的本質は、比較的高圧で運転させて透過流束を大きくとることにある。この際膜表面にゲル層が形成されるが、そのゲル層の形成効果と振動によるゲル層の剥離効果が平衡状態に達した時に透過流束が安定する。この平衡状態はクロスフロー型のような従来型にくらべて比較的高い圧力において形成され、透過流束は後節で示すようにクロスフロー方式に代表される従来技術の3倍以上になることが確認されている。透過流束がいったん安定するとかなりの長時間、透過流束をほぼ一定に保持できる。被処理液が無機系のスラリーであれば約1時間程で平衡状態に達し、その後は安定した運転が継続できる。有機物を含む排液などの処理の場合には、膜の分画サイズよりもはるかに小さい低分子有機物が膜内部を徐々に汚染するため透過流束はわずかながら低下する傾向がある。そのような場合



第3図 VSEP フィルターパック内流れの模式図
Fig. 3 Schematic diagram of the flow in VSEP filter pack

には薬品洗浄を運転モードの中に組み込み定期的に膜の洗浄を行い透過流束を回復させる必要がある。

2. 2 PALLSEP²⁾

写真1にPALLSEP本体据え付け例を、第4図にPALLSEPのフィルタースタック内の流れを模式的に示す。膜は透過液流路溝があるSUSプレートの上下に装着されており外周部に供給液孔、内周側に還流液孔が一定間隔で設けられている。被処理液はスタック下部より供給液孔に分配された後エレメント円周外側より膜面流路に流入する。膜面流路に流入した処理液は濾過されながらエレメント中心部へ流れ濃縮液として円周外側より流出される。膜を透過した液はエレメント中心部に集水されてスタック上部より流出する。これらフィルターエレメントは分解可能であり膜表面の汚染状況や洗浄の効果を確認することができる。

PALLSEPの1エレメントあたりの膜面積は0.4 m²であり1~100エレメントまで装着可能となっている。0.4 m² (1エレメント)はおもに膜選定等テスト目的として用い、フィールドテスト、実機対応用としては10~100エレメント (4~40 m²) まで必要に応じて膜面積を調整することができる。

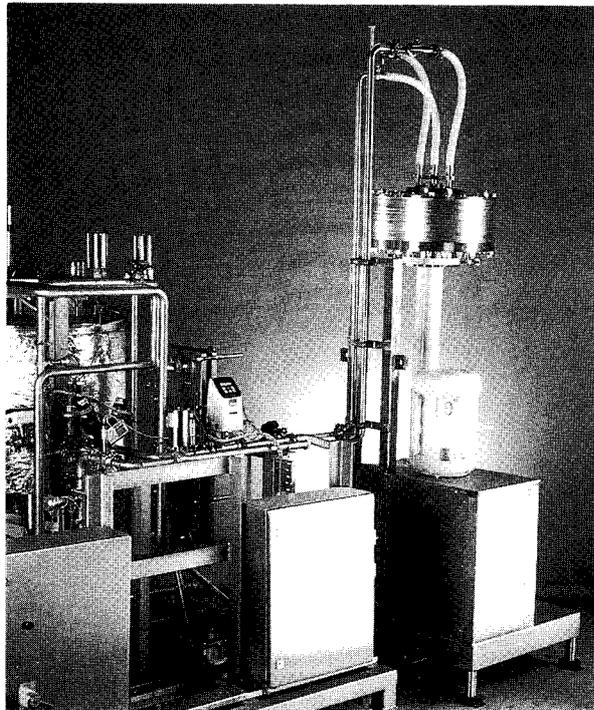


写真1 Pallsepの全体配置の一例
Photo. 1 Pallsep unit with assembly

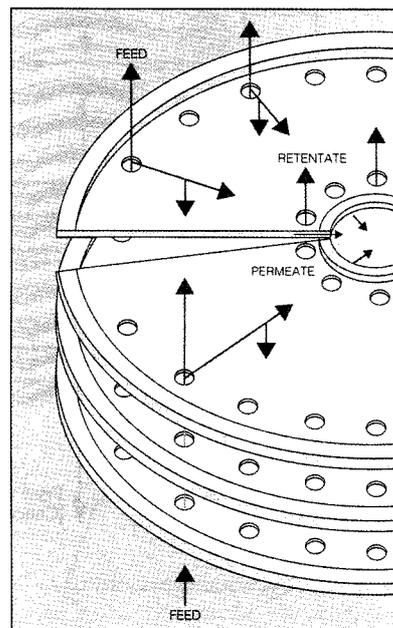
3. 振動型膜分離装置 (VSEP, PALLSEP) の基本的フローシステム

3. 1 VSEP

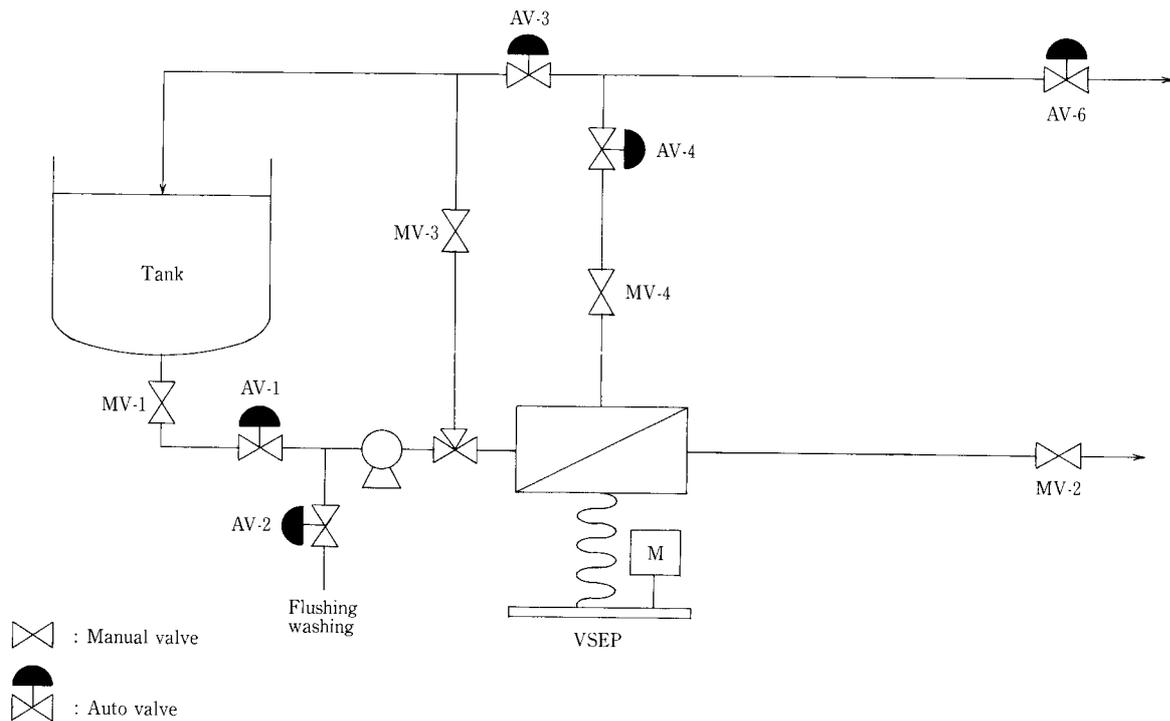
第5図に振動型膜分離装置 (VSEP) の基本フローシステムの一例を示す。フィルターパック上部に取り付けられている流入管と透過液流出管には振動を吸収するためにフレキシブルホースが使用されている。被処理液はポンプによりフィルターパック上部より供給され透過液と濃縮液に分離され、フィルターパック上部と下部よりそれぞれ排出される。配管各所に自動弁を設置するが、これらは自動運転モードになった場合、運転停止時のフラッシング、膜の洗浄などをPLC (Programable Logic Controller) を介して自動制御を行う際に使用される。

3. 2 PALLSEP

基本的なフローシステムはVSEPのそれとほぼ同一であるが、最高使用圧力が60 psiであるため、フィルターパックに取り付けられている供給、透過液、濃縮液配管には樹脂製のフレキシブルホースが使用されている。PALLSEPはVSEPとは異なりフィルタースタック内部に仕切板がないため被処理液は各エレメントに同濃度で流入し同濃度まで濃縮される。フローシステムは第5図に示すフローか濃縮液を還流液として供給タンクに戻すフローを基本としている。処理液性状・処理方法によりフローシステムを使い分ける。



第4図 Pallsepフィルターパック内の流れの模式図
Fig. 4 Schematic diagram of the flow in Pallsep filter pack



第5図 VSEP システムのブロックフロー図
 Fig. 5 Block flow diagrams of VSEP system

4. テスト方法

4.1 VSEP

振動型膜分離装置の適用を検討する際には、膜面積算出、水質確認も含めてテストが必要になる。テストはまず膜の選定から行われる。当社では30種類以上の膜種からプロセス目的に合致した膜を選定し、平膜テスト装置及び Series L (膜面積 0.045m^2) を使用して膜性能の確認を行う。膜の選定時には膜材質、孔径、分画性能、塩阻止率を考慮する。Series L では実際に振動を加えてテストを実施するが、限られた量のサンプルでは透過流束低下等の長期予測は困難であるため、透過流束の推移は現地のサイドストリームを使用するテストにより確認を行う。

Series L のテスト終了後には Series P (膜面積 1.5m^2 , パイロット) または Series I (実機) を用いて実際に1パス濃縮テストを実施し、Series L で得た性能を実モジュールで評価する方法を採用している。Series L は約 60Hz , Series P は約 47Hz , Series I は約 50Hz でそれぞれ操作されるため、透過流束のせん断速度(振幅, 振動数)依存性等を把握することが実際の膜面積を決定する上で重要になってくる。通常透過流束はせん断速度に比例する場合が多いが、サンプル物性(SS濃度, 粘度等)により比例係数が異なる。

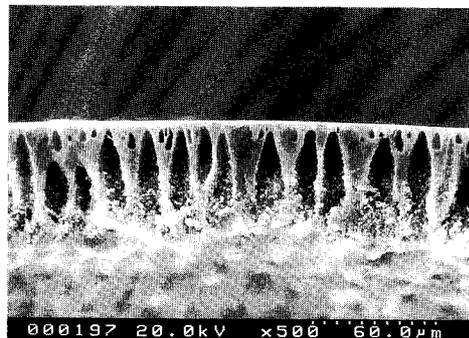
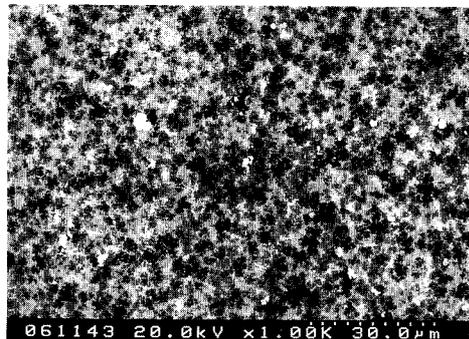
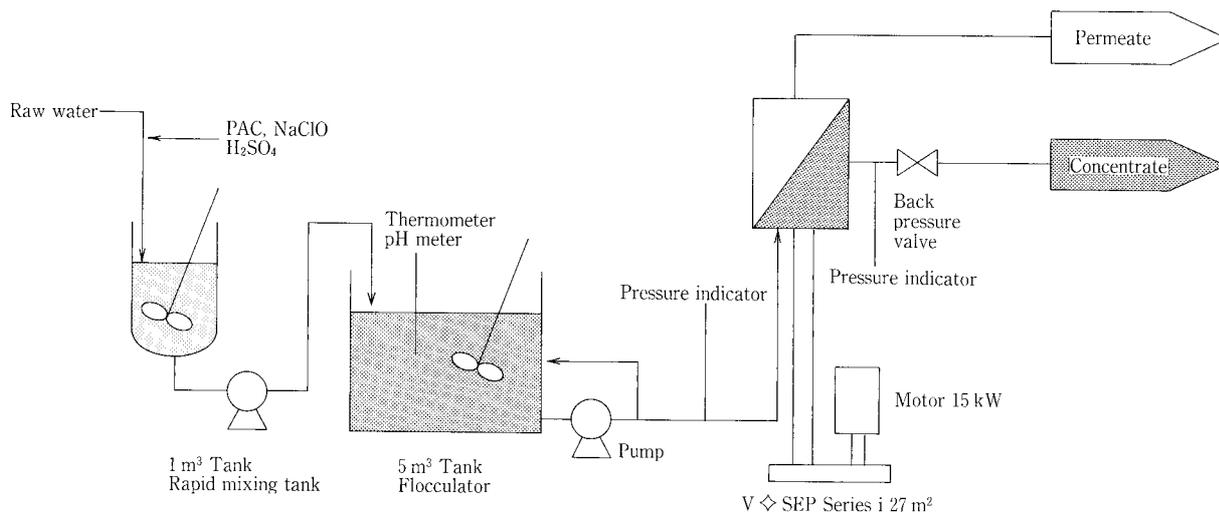


写真2 UF膜の表面と断面SEM写真
 Photo. 2 SEM photograph of UF membrane, surface and cross sectional area

第1表 膜リスト
Table 1 Membrane list

Material/Backing	Membrane Class	Temperature [°C]	pH	Pressure [psi]
45CFM Film/Polypropylene	MF ~10 μm	130	1 ~13	50~200
Teflon/Polypropylene	MF 10 μm	130	1 ~13	50~200
Teflon/Polyethylene	MF 5.0 μm	130	1 ~13	50~200
Teflon/Polypropylene	MF 1.0 μm	130	1 ~13	50~200
Teflon/Polypropylene	MF 0.45 μm	130	1 ~13	50~200
Teflon/Polypropylene	MF 0.22 μm	130	1 ~13	50~200
Teflon/Polypropylene	MF 0.2 μm	130	1 ~13	50~200
Teflon/Polypropylene	MF 0.1 μm	130	1 ~13	50~250
Polysulfone/Polysulfone	UF 100 000 MWCO (0.05 μm)	45	2 ~12	400
Regenerated Cellulose/Polypropylene	UF 100 000 MWCO	70	1 ~12	50~250
Polyethersulfone/Polypropylene	UF 50 000 MWCO	90	1 ~14	10kg/cm ²
Polyaramid/Polypropylene	UF 50 000 MWCO	70	1 ~13	50~250
Polysulfone/Polysulfone	UF 40 000 MWCO	90	1 ~13	
Regenerated Cellulose/Polypropylene	UF 30 000 MWCO	70	1 ~12	50~250
Polyolefin/Polyester	UF 20 000 MWCO	40	2 ~11	5kg/cm ²
Regenerated Cellulose/Polypropylene	UF 10 000 MWCO	70	1 ~12	50~250
Polyimide/Polysulfone	UF 10 000 MWCO	50	1 ~11.5	150~300
Polyimide/Polysulfone	UF 8 000 MWCO	50	1 ~11.5	150~300
Sulfonated polyethersulfone/Polysulfone	NF 10 % NaCl reject	40	2 ~11	200~400
Sulfonated Polysulfone/Polysulfone	NF 10 % NaCl reject	80	2 ~12	200~400
Polyethersulfone/Polypropylene	NF 10 % NaCl reject	90	1 ~14	40kg/cm ²
Sulfonated Polysulfone/Polysulfone	NF 20 % NaCl reject	80	2 ~12	200~400
Sulfonated Polysulfone/Polysulfone	NF 35 % NaCl reject	80	2 ~12	200~400
Aromatic Polyamide/Polysulfone	NF 40 % NaCl reject	45	4 ~11	200~400
Sulfonated Polyethersulfone/Polysulfone	NF 50 % NaCl reject	40	2 ~11	200~450
Cellulose acetate/Polypropylene	NF 50 % NaCl reject	35	2 ~9	200~400
Polyamide & Polysulfone/Polypropylene	NF 50 % NaCl reject (200~300MWCO)	90	2 ~11	30kg/cm ²
Proprietary thin-film/Proprietary	NF 80 % NaCl reject (200~300MWCO)	50	1 ~11.5	250~500
Polyvinyl alcohol derivative/Polyester	NF 85 % NaCl reject (180MWCO)	40	2 ~8	250~450
Polyimide/Proprietary	RO 97 % NaCl reject	50	2 ~11.5	250~500
Fully Aromatic Polyamide/Polyester	RO 98 % NaCl reject	45	4 ~11	350~500
Polyamide Urea/Polyester	RO 99 % NaCl reject	45	4 ~11	250~500
Polyimide/Proprietary	RO 99 % NaCl reject	50	1 ~11.5	250~500



第6図 VSEPを使用した河川水濾過プロセス
 Fig. 6 Block flow diagram of river water filtration using VSEP system

テストでは膜へのファウリング特性把握、洗浄方法の検討も行う。膜表面の状態観察には走査型電子顕微鏡 (SEM)、エネルギー分散型 X 線分析 (EDX)、フーリエ変換赤外分光分析法 (FTIR) 等を使用しており、膜表面のファウリング物質等を特定する技術として活用している。写真 2 は UF 膜の表面状態と断面の写真撮影結果の一例である。

4. 2 PALLSEP

PALLSEP のテストは実機で行う。膜選定のための基礎テストは VSEP とほぼ同一であり、実際の顧客サンプルと平膜試験装置等により適用膜種を選定する。いったん膜種が選定されるとフィルターエレメントを実機に装着してフィールドにおける実液運転を実施して透過流束の推移を確認する。

5. 膜の種類

振動型分離装置 (VSEP) に装着できる膜は MF 膜から RO 膜までである。これら膜は米国、ドイツのメーカーを中心に約 10 社から供給を受けておりそのスペック概要は第 1 表に示すとおりである。膜により pH、温度上限、加圧限界等制限がある。

PALLSEP へ装着できる膜スペックは孔径 0.45、1 ミクロンの MF 膜 2 種類となっている。

また膜のメンテナンスや洗浄に関して材質とマッチした薬品の選定等が不可欠になる。その多くは膜製造メーカーより推奨されている薬品を使用することになるが、当社においても膜表面の状態観察やフィールドにおける洗浄テスト等をとおして、適用プロセ

スに最適な薬品洗浄方法の確立をめざしている。

6. VSEP の実績及びテスト結果

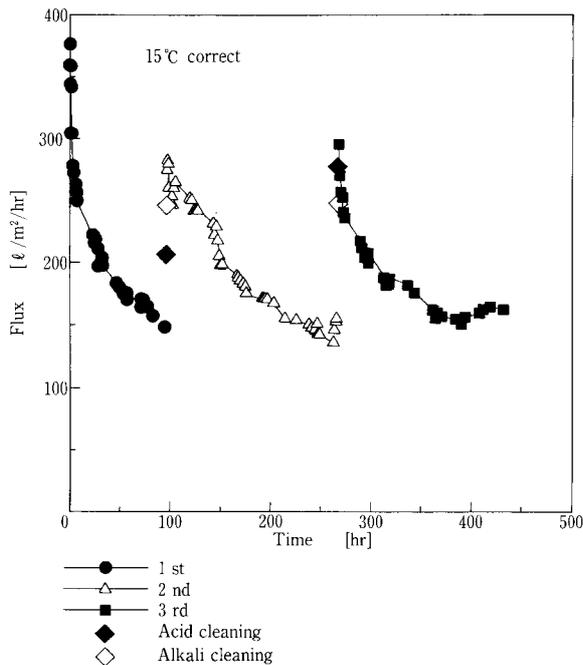
ここで示しているデータは VSEP Series L を使用して得られたデータであり、VSEP の概略性能を調査するためになされたテスト結果である。実際にはフィールドにおける長期テストを実施して透過流束の推移を見極める必要がある。

(1) 河川水濾過

N 社 T 工場に導入が決まり商業運転に入っている VSEP Series I (84 m²) 6 基について、導入前のラボテストから実機導入にいたる一連のテスト経緯について説明する。⁵⁾

第 6 図に処理プロセスのブロックフローダイアグラムを示す。河川より取水した原水は、ラインに PAC (ポリ塩化アルミニウム) を注入後急速攪拌槽に供給され、PAC と原水を槽内で瞬時に反応混合させる。その後緩速攪拌槽に供給された原水はフロキュレーションを経て VSEP に供給される。VSEP により膜分離された透過液は工場へ送水され、濃縮液は水処理を経て工場外へ排出される。

通常、膜分離の前処理に PAC を使用すると膜の閉塞が懸念されるが、VSEP では膜表面に大きな流体せん断力を発生させているため、従来からの膜分離装置にくらべて高スラリー濃度の処理が安定して継続できる。また水質が年間を通して大きく変化する河川水の場合には前処理として PAC 注入量を変化させて濁質、色度成分、有機物、金属等を取り



第7図 透過流束の時間依存性及び薬品洗浄の効果と回復率
 Fig. 7 Influence of permeate flux on time, and the effect of chemical cleaning and its recovery

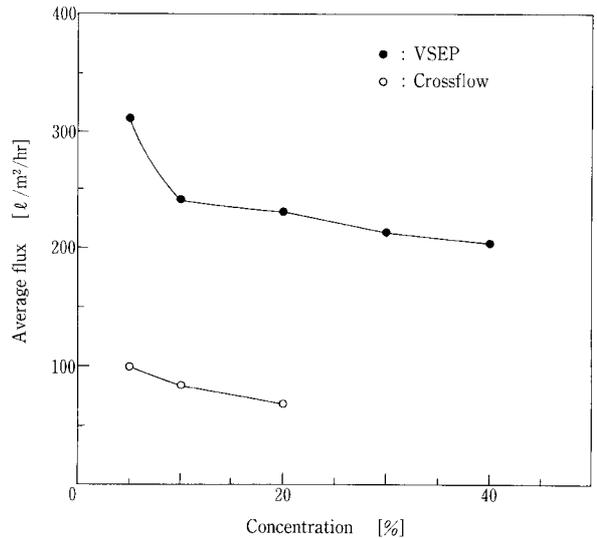
込む最適注入条件を見いだすことが安定した水質の水を生産する上で極めて重要になる。このように変化する薬注量に対してVSEPは耐ファウリング性に対して大きなフレキシビリティを有することが採用決定の大きな要因となった。

第7図はVSEP Series Lによる運転結果を示した結果である。150 l/m²/hr (以降LMH) となった時点で洗浄を行った。河川水にはUF膜では分画できない低分子有機物が多く含まれており、これら低分子有機物が膜内部を汚染するため定期的な薬品洗浄は必要であると考えられる。テストでは全操作時間430時間の間に3回薬品洗浄を行った。いずれも薬品洗浄を行うタイミングではなかったが、薬品洗浄方法を確認するために敢えて行ったものである。薬品洗浄には酸とアルカリを併用した。3回の洗浄とも初期透過流束に対して回復率は75~79%になっており、酸とアルカリのファウリング物質に対する薬品洗浄性は妥当であると判断された。

(2) 炭酸カルシウム

炭酸カルシウムは極めて広い産業分野で使用されている基礎化学品である。石灰石を原料として化学反応法で製造されるプロセスが多い。

第8図はVSEP Series Lを用いて化学反応法で製造された炭酸カルシウムスラリーを用いて濃縮テストを行った結果を、従来技術のクロスフロー濾過

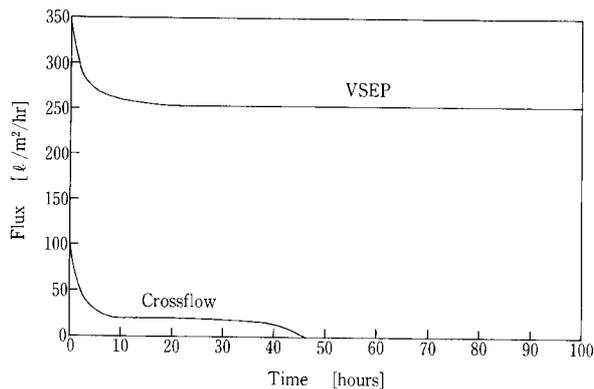


第8図 炭酸カルシウム濃縮テスト結果 (VSEPとクロスフロー濾過との比較)
 Fig. 8 Comparisons of VSEP and crossflow separations using calcium carbonate

と比較して示した結果である。膜には分画分子量8000 (ポリスルホン・ポリアミド合成膜) のUF膜を使用した。VSEPを用いることで入口濃度約4 wt%の炭酸カルシウムスラリーを45 wt%付近まで濃縮できることが示されている。このような高濃縮ができる理由は次のように説明できる。すなわちスラリー濃度がおよそ50~55 wt%以下の炭酸カルシウムに強い流体せん断を与えると、スラリーはみかけの粘性係数が低下する。この特性をチキソトロピー性と呼称しているが、この性質は多くのスラリーに見られる特性でありVSEP技術により高濃縮を実現する原動力ともなる。フィルターパック内ではたとえ50 wt%を越えるスラリーであってもフィルターパックそのものが強く振動しているためみかけ粘度としては低い値になる。そのためフィルターパック内ではスムーズな流動が期待できるが、いったんフィルターパックから排出されたスラリーはせん断を受けていないので流動性が悪いスラリーに変化する。一方従来技術では約20 wt%で膜が閉塞し濾過が継続できなかった。これはクロスフローでは膜表面で速度が必ずゼロであるためエネルギーの大半を消費する乱流本流までの速度境界層が厚いことにより、速度が小さい部分にスラリーが堆積することが原因となっている。

(3) ラテックス

ラテックスも炭酸カルシウムと同様に広く産業分野で使用される基礎化学品であり、重合反応法により製造されている。ラテックスの種類も多く (ABS,



第9図 ラテックス膜分離における透過流束の変化
(従来クロスフロー型との比較)

Fig. 9 Comparisons of VSEP and crossflow separation using latex

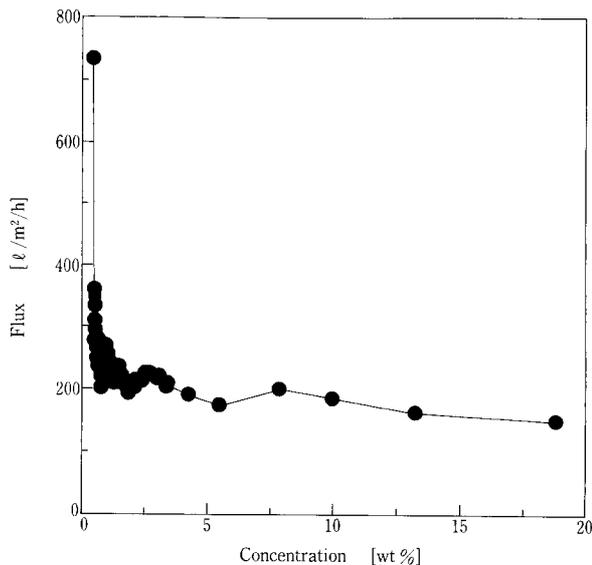
SBR, PVC など) その重合形態はそれぞれ異なるが、おもに懸濁重合、乳化重合法が使用される。いずれも水系を溶媒とする反応系であり、有機溶剤または残留モノマーが少ない製造プロセスに対して、有機膜 (VSEP) が適用できるアプリケーションになる。具体的適用は重合反応製品のさらなる濃縮、重合缶や貯蔵タンクなどの洗浄排液からの製品回収等付加価値の高い適用分野のひとつと考えられる。

第9図はVSEPを用いてラテックスの実液運転結果をクロスフロー式と比較して示したグラフである。膜にはUF膜を使用し、初期濃度9wt%のラテックスを使用している。テストの期間中透過流束低下はほとんどみられなかった。このアプリケーションも炭酸カルシウムと同様にラテックス粒子(0.1~1ミクロン)の膜面への付着挙動と振動による剥離効果が平衡に達した段階で透過流束が安定する例の1つである。またラテックスの多くはチキソトロピー性を有するため、振動型膜分離装置に最も適したアプリケーションである。

(4) シリコンウエハ切削排水

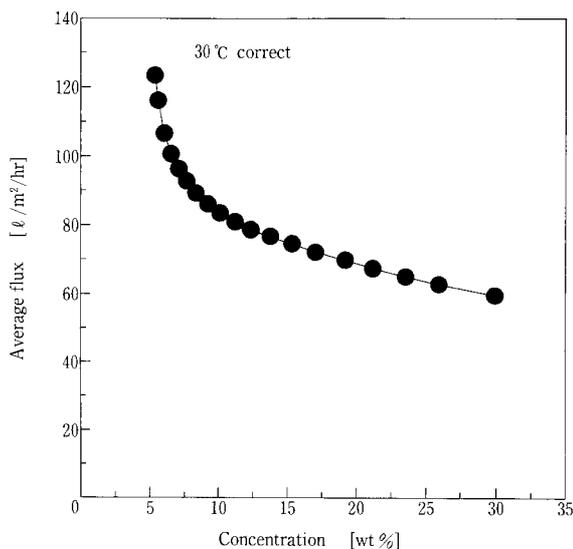
半導体工場ではシリコンウエハを切削するプロセスに純水が使用されている。現状多くのプロセスでは凝集沈殿やセラミックフィルターなどを使用してシリコン切削屑を回収、投棄している。前者は従来からの処理技術であり設備規模も大きくメンテナンスに人手を要するという欠点がある。また後者は近年よく用いられるようになった技術であり、シリコンと純水を完全に分離することができるが濃縮率に限界がある。

VSEPを用いて両者の欠点を克服することが可



第10図 透過流束におよぼす濃度の影響 (半導体工場シリコン切削屑廃液)

Fig. 10 Effect of concentration on permeate flux using waste stream from semiconductor factory

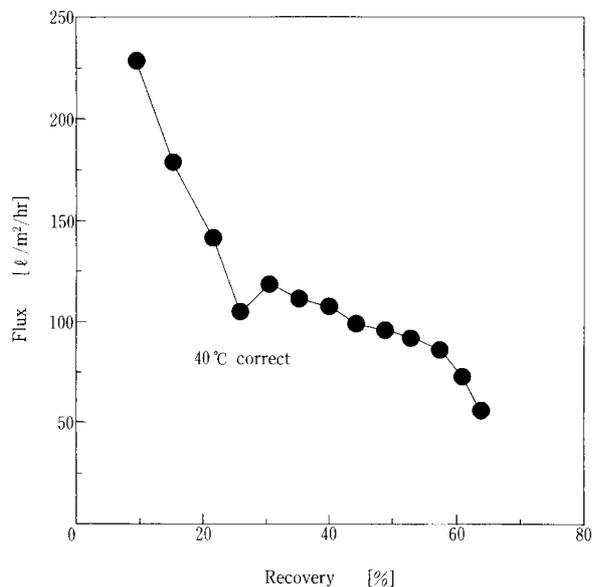


第11図 透過流束におよぼす濃度の影響 (イースト廃液)

Fig. 11 Effect of concentration on permeate flux using waste stream of yeast parmenter

能である。第10図はVSEP Series Lを用いて透過流束におよぼすスラリー濃度の影響を測定した結果である。膜にはMF膜(0.1ミクロンPTFE膜)を使用した。初期濃度0.5wt%から約20wt%まで濃縮できており、高濃度域でも透過流束の低下は少なく、さらに濃縮が可能であることを示唆している。無機系のスラリーであり、VSEPを使用すれば長時間安定した透過流束が維持できるアプリケーションの1つである。

この適用に関して今後は実サイトにおける長期連続運転が不可欠になる。有機膜のシリコン切削層に対する膜の機械的強度調査は無論のこと、高濃縮操作を長期間安定して行えることを確認する必要がある。



第12図 透過流束におよぼす回収率の影響 (製紙排水)
Fig. 12 Effect of recovery ratio on permeate flux using paper mill effluent

第3表 Pallsep の医薬・食品プロセスにおける適用例
Table 3 List of applications of Pallsep for food and pharmaceutical processes

Food processes

Application	Description	Notes
Wine	clarification	100 LMH
Gelatine	clarification	40 LMH (at 4%)
Skim milk	fat removal	100 LMH
Casein	remove off flavors	50 LMH
Coffee	clarification	40 LMH
Apple juice	clarification	100 LMH
Tea	remove tea leaves	15 LMH
Sugar	clarification	50 LMH
Corn "mud", gluten	oil protein removal	100 LMH
Corn hydrogenated oil	remove catalyst	100 LMH
Soy sauce	remove crystalline protein	350 LMH
Xanthan gum	concentration prior to extraction	60 LMH (2-3 X)

[LMH=L/m²/hr]

Pharmaceutical processes

Baker yeast	Basic study
Hep B vaccine	clarification
Fungal biomass	cell separation
Bacterial biomass	cell separation
Bacterial biomass	cell separation
Renet	cell concentration

(5) 食品排水

2000年に産業排水の海洋投棄が規制される動きがあり、それにあわせてCOD (化学的酸素要求量)、BOD (生物化学的酸素要求量) 削減が食品製造メーカーにとって急務となっている。活性汚泥法に代表される生物化学的処理方法等では処理液水質が放流規制値をクリアできない、設置面積が大きい、悪臭等問題点が多い。膜分離法はこのような既存技術のもつ問題点を解決し、しかもCOD、BOD削減に対して大きな可能性をもつ分離技術として注目されている。

第11図はイースト廃液をVSEP Series LにNF膜 (ポリスルホン系合成高分子膜: 塩阻止率20%) を取り付けて、初期濃度5~6wt%の原液を30%程度まで濃縮した結果を示したグラフである。30wt%までの濃縮で平均透過流束約50LMHとなっており、高い透過流束と従来法では達成が困難な濃度域までVSEPで処理できる可能性が示された。

第2表 水質分析結果

Table 2 Results of water analysis

	Original water [ppm]	permeate water [ppm]	Rejection ratio [%]
S S	128	0	100
C O D	444	8.6	98

排液には膜を通過する低分子有機物を多く含むため、膜の定期的な洗浄が欠かせないものと考えられる。

(6) 製紙排水

製紙工場における水の使用量は膨大であり、それら排水を再利用することは、水使用量低減によるコスト削減効果のみならず上記排出規制もクリアすることから環境保全面からも早急に取り組むべき課題であると認識されている。製紙工場には漂白排水、白水、ブラックリカーなど膜分離の対象となる排水が多い。

第12図はVSEP Series LにNF膜（ポリビニルアルコール系合成膜：塩阻止率80%）を取り付けて、製紙排水（白水）を処理した場合に得られた回収率と透過流束との関係である。回収率70%で平均透過流束120 LMHを得ることができた。本適用例ではNF膜を使用しているものの、膜面に付着したり膜を通過するCOD成分（低分子有機物）があり、定期的に洗浄を必要とするアプリケーションの一例でもある。第2表に示すように、透過液のCOD除去率は98%となっており、水の再利用条件を十分に満足する水質を得ることができた。

7. PALLSEPの実績と適用分野

医薬・食品分野の適用例をそれぞれ第3表に示す。PALLSEPは発酵培地の清澄濾過、製品回収、菌体の分離・濃縮、ライセートの濾過、シロップ・スターチの濃縮・清澄濾過、清涼飲料水・酒類・植物

油の清澄濾過、珪藻土濾過の代替装置、廃液中からの菌体・蛋白・脂質の回収・濃縮等に適用可能である。

むすび

振動型膜分離装置VSEPとそのサニタリー仕様機種であるPALLSEPの機器説明とそれらの日本国内における適用例を紹介した。膜分離装置ゆえ長期にわたる膜透過流束の検証が不可欠であり、導入前の検討に時間を要するのが現状である。そのような中で販売開始から1年足らずで日本市場において5プロセス15基を受注したことは、振動膜の技術が現状の問題点を解決する手段になりうることを明確に示している。今後は多様な膜素材に対して、物理的・化学的な検討を加え膜選定、膜の運転管理に対して科学的なデータを提供していく予定である。またフィルターパック内部の流体せん断応力の流体力学的解析などをおしてファウリングがいかに防止または抑制されるのかという点をアプリケーション毎に明らかにしていく予定である。

[参考文献]

- 1) US. PAT No.4952317, 5014564
- 2) 高田一貴：第9回秋季研究会例会講演要旨 食品膜技術懇談会(1997), p46-p55
- 3) ポールニュース, Vol. 80, 春(1997), p3-p4
- 4) Filtration & Separation, Vol. 34, No.6(1997), p568-p570
- 5) 藤井ら：神鋼パンテック技報 Vol.41, No.2(1997), p58

連絡先

高田一貴 (工学博士)	技術開発本部 研究開発部	小西嘉雄	技術開発本部 研究開発部	谷田克義	技術開発本部 研究開発部
TEL 078-992-6525		TEL 078-992-6525		TEL 078-992-6525	
FAX 078-992-6504		FAX 078-992-6504		FAX 078-992-6504	
E-mail k.takata@pantec.co.jp		E-mail y.konishi@pantec.co.jp		E-mail k.tanida@pantec.co.jp	
竹尾由重	技術開発本部 研究開発部				
TEL 078-992-6525					
FAX 078-992-6504					
E-mail y.takeo@pantec.co.jp					