

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4804599号
(P4804599)

(45) 発行日 平成23年11月2日 (2011. 11. 2)

(24) 登録日 平成23年8月19日 (2011. 8. 19)

(51) Int. Cl.

F I

B O 1 D 65/02 (2006. 01)

B O 1 D 65/02 5 2 0

B O 1 D 63/00 (2006. 01)

B O 1 D 63/00 5 0 0

B O 1 D 63/02 (2006. 01)

B O 1 D 63/02

請求項の数 9 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-528141
 (86) (22) 出願日 平成9年12月18日 (1997. 12. 18)
 (65) 公表番号 特表2001-510396 (P2001-510396A)
 (43) 公表日 平成13年7月31日 (2001. 7. 31)
 (86) 国際出願番号 PCT/AU1997/000855
 (87) 国際公開番号 W01998/028066
 (87) 国際公開日 平成10年7月2日 (1998. 7. 2)
 審査請求日 平成16年12月17日 (2004. 12. 17)
 (31) 優先権主張番号 P04312
 (32) 優先日 平成8年12月20日 (1996. 12. 20)
 (33) 優先権主張国 オーストラリア (AU)
 (31) 優先権主張番号 P08918
 (32) 優先日 平成9年9月1日 (1997. 9. 1)
 (33) 優先権主張国 オーストラリア (AU)

(73) 特許権者 507053714
 シーメンス・ウォーター・テクノロジーズ
 ・コーポレーション
 SIEMENS WATER TECHN
 OLOGIES CORP.
 アメリカ合衆国15086ペンシルベニア
 州 ウォーレンデイル、ソーン・ヒル・ロ
 ード181番
 (74) 代理人 100100158
 弁理士 鮫島 睦
 (74) 代理人 100068526
 弁理士 田村 恭生
 (74) 代理人 100132263
 弁理士 江間 晴彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 洗浄方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の多孔性中空繊維膜の表面からファウリング物質を除去する方法であって、
 該複数の多孔性中空繊維膜が膜モジュール内にてアレイ (array) を形成しており、
 該多孔性中空繊維膜が互いに近接して保持され、かつ、該多孔性中空繊維膜間の過剰な動
 きが防止されるように該アレイを取り囲むケージを該膜モジュールは含んでおり、
 該膜モジュールは、該多孔性中空繊維膜の各々の一方の端部が取り付けられるヘッダーを
 更に有し、該ヘッダーが、気体源と接続されているプレナム・チャンバーと接続されてお
 り、
 前記方法では、該プレナム・チャンバーと連通するヘッダーの気体分配穴または気体分配
 開口部を介して該膜モジュールの内側から気泡を該多孔性中空繊維膜のアレイに対して均
 一な分布で供してあり、それによって、該多孔性中空繊維膜からファウリング物質を除去
 するように該気泡が該多孔性中空繊維膜の表面を通過して該多孔性中空繊維膜を振動させ
 ており、
 該複数の多孔性中空繊維膜は互いに均一にヘッダーに取り付けられており、また、気泡は
 、前記気体分配穴と共に使用された、該ヘッダーの穴をカバーするように設けられた多孔
 性シートを介して供給され、または、該ヘッダーに均一に分布した気体分配穴を介して供
 給され、それによって、該多孔性中空繊維膜のアレイに対して気泡を均一に分布させる、
 方法。

【請求項 2】

振動させられるときに前記複数の多孔性中空繊維膜の間に摩擦効果を生じさせるように、該複数の多孔性中空繊維膜を互いに対して取り付けることを包含する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記複数の多孔性中空繊維膜が前記ヘッダーに対して垂直になるように該ヘッダーに取り付けられて前記アレイを形成しており、また、前記気泡は、該繊維の長手方向に対して平行に通過する、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記均一に分布される気泡が、前記多孔性中空繊維膜のアレイの下方端部にて供される、請求項 3 に記載の方法。

10

【請求項 5】

濾過されることになる供給液を含むタンク内に垂直に前記膜モジュールを配置すること、膜間圧力を該膜モジュール内の前記複数の多孔性中空繊維膜に加えて、該膜の孔を通過させて濾液を得ること、また

気泡が前記複数の多孔性中空繊維膜の間を上に向かって均一に移動して該膜の外側表面を洗浄するように、加圧気体の前記気体源と前記プレナムとを連続的にまたは間欠的に接続すること

を更に含んで成る、請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

膜モジュールであって、

20

アレイを形成するように配置された複数の多孔性中空繊維膜；

該多孔性中空繊維膜を互いに近接して保持し、かつ、該多孔性中空繊維膜間の過剰な動きを防止するように該アレイを取り囲むケージ；

該多孔性中空繊維膜の各々の一方の端部が取り付けられるヘッダーであって、気体源と接続されるように構成されたプレナム・チャンバーと接続されているヘッダー；

該プレナム・チャンバーと連通するヘッダーの気体分配穴または気体分配開口部を有し、該膜モジュールの内側から気泡を該多孔性中空繊維膜のアレイに対して均一な分布で供する手段であって、それによって、使用時に該多孔性中空繊維膜からファウリング物質を除去するように該気泡が該多孔性中空繊維膜の表面を通過して該多孔性中空繊維膜を振動させることになる手段；

30

を有して成り、

気泡の前記均一な分布は、気体分配穴と共に使用される多孔性シートによって又は該多孔性中空繊維膜のアレイに対して均一にヘッダーの気体分配穴を形成することによって供される、膜モジュール。

【請求項 7】

前記繊維が、下方端部においてシールされ、濾液を除去し得るようにその上側端部において開口している、請求項 6 に記載の膜モジュール。

【請求項 8】

前記繊維が、前記ヘッダーと上方ヘッダーとの間でピンと張られた状態で取り付けられている、請求項 7 に記載の膜モジュール。

40

【請求項 9】

タンクを更に有して成り、また

前記膜モジュールが、濾過されることになる供給液を含むタンク内に垂直に配置されており、膜間圧力を該膜モジュール内の前記複数の多孔性中空繊維膜に加えて、該膜の孔を通過させて濾液を得る手段と、気泡が該複数の多孔性中空繊維膜の間を上に向かって均一に移動して該膜の外側表面を洗浄するように、加圧気体の供給源と前記プレナム・チャンバーとを連続的にまたは間欠的に接続する手段とを更に含む、請求項 6 ～ 8 のいずれかに記載の膜モジュール。

【発明の詳細な説明】

技術分野

50

本発明は、濾過システムなどに使用される膜の表面からファウリング物質（または汚れ物質）を除去するための気泡システムの使用に関する。

背景技術

様々な膜濾過システムが公知であり、これらの多くは、効果的な濾過および高い濾過流量を生じさせるために、高い膜間圧力（transmembrane pressure：TMP）で操作される加圧システムを使用する。これらのシステムは、高効率であるが、製造、操作および維持するのに高額でもある。タンク内で垂直にフリーに取り付けられた膜アレイを用い、かつTMPを生じさせるために繊維の内腔に適用される吸引を用いる、より簡単なシステムもまた開発されている。しかしながら、これらのシステムは、加圧システムに比べて非効率的であることが、これまでに見出されている。

10

このような公知のシステムの例が、Ishidaらの米国特許第5,192,456号、Coteらの米国特許第5,248,424号、ならびにZenon Environmental Inc.のWO 97/06880号に例示されている。

Ishidaらの特許は、濾過膜の外側表面を洗浄するために空気流れを使用する活性スラッジ処理装置を記載している。この構成において、廃水をバイオ処理するために使用される空気ブローは、膜表面を洗浄するための二次的な攪拌源としても使用される。膜モジュールはプレート型のものである。膜はまた、低い充填密度を有し、従って、緊密に充填された繊維束の洗浄に関連する問題を有していない。空気は、モジュールの下方からバブリングされ、かつ膜アレイの外部的に供給される。

また、Coteらの特許は、繊維アレイを洗浄するシステムを記載する。この場合には、繊維が、逆U字形状または放物線状のアレイを形成するように、かせ（skein）の中に取り付けられ、空気がアレイの下方に導入されて、泡を生じさせる。ここで、この泡は、付着した微生物および生物でない粒子堆積物が比較的存在しないように、表面を維持するような力で繊維に接触する。繊維はいずれかの端部でのみ取り付けられているので、繊維は自由に揺れることができ、このことは、それらの外側表面上にある堆積物の除去を助長する。気体／空気の泡は、繊維束の外側にある供給源から供給され、繊維をほぼ横切って移動する。これは、効果的に洗浄され得る繊維束の奥行きを制限する。

20

Zenon Environmental Inc.のPCT出願WO 97/06880号は、Coteらの特許に密接に関連している。この文献においては、繊維は、拘束されず、垂直に配置され、かつ相対するヘッダー表面間の距離よりもわずかに長いように寸法決めされる。ここで、ファイバ端部は、個々のファイバが揺れて、独立して動き得るように、ヘッダーへ取り付けられている。かせは、大量の泡を生じさせる気体分配手段で通気される。ここで、泡は、かせを通して泡が上へ向かって上昇するときに、垂直に配置された繊維の外側表面を擦るように働く。

30

本出願人の国際特許出願WO96/07470号は、膜壁から物質を除去するために気体逆洗を使用した、先行の膜洗浄方法を記載する。これは、膜の濾液側に気体圧力をかけ、次いで膜のフィード側を取り囲むシェルを急速に減圧することによって行われる。フィードをシェルに供給しながら、この気体逆洗を行って乱流を生じさせ、そして膜壁のまわりを泡立たせ、その結果、蓄積した固形物をさらに取り除く。

発明の開示

本発明は特に、比較的緊密に充填された束の形に配置された膜モジュールを形成するように配置された、複数の多孔性膜に関する。これらの多孔性膜は、上記の従来技術において記載したような繊維またはプレート型の膜の形態であり得る。

40

本発明は、気泡を使用することによって、多孔性膜の表面からファウリング物質（膜のファウリングをもたらし物質または汚れ物質）を除去するための、簡単で効果的なシステムおよび方法を提供し、これにより、従来技術が有する問題を克服するか、少なくとも改善しようとするものである。

一つの要旨によれば、本発明は、膜モジュールに配設された複数の多孔性膜の表面からファウリング物質を除去する方法であって、気泡が該膜の表面を通り過ぎ、かつこれを振動させてそこからファウリング物質を除去するように、多孔性膜アレイに対して均一に分布している気泡を該膜の孔を通過する気体以外の手段によって、モジュールの内部から供給

50

することによる方法を提供する。ここで、この膜は、互いに近接して配置され、かつそれらの間での過剰な動きを防止するように取り付けられている。多孔性膜は、中空繊維膜（または中空系膜）を含み得る。好ましくは、繊維膜は、束の形に配置され、束は穴のあけられたケージであって、それらの間での過剰な動きを防止するように働くケージで囲まれている。

第二の要旨によれば、本発明は、複数の多孔性膜であって、互いに近接して配置され、かつそれらの間での過剰な動きを防止するように取り付けられている膜と、使用の際に気泡が該膜の表面を通り過ぎ、かつこれを振動させてそこからファウリング物質を除去するように、該膜の孔を通過する気体以外の手段によって、モジュールの内部から気泡を供給する手段とを含む膜モジュールを提供する。

10

気泡は、膜を取り付けるために使用されるポッティング部材にある気体分配穴または開口部、モジュールの内部に位置する多孔性チューブ、あるいはモジュール内部で気体を出すように配置されたチューブ（単数または複数）を含む様々な方法によって、モジュールの内部から供給され得る。ここで、チューブは、モジュールの内部に据えられた、穴を含む櫛状チューブの形態であり得る。気泡を供給するもう一つの方法は、スパーク型オゾン発生器などの手段によってその場で気体を生じさせることを含む。気体供給のさらなるタイプを以下に詳述するが、これは本発明の好ましい実施態様である。

一つの好ましい形態によれば、本発明は、アレイに取り付けられ、かつ長手方向に延びて、膜モジュールを形成している複数の多孔性中空繊維膜の表面から、ファウリング物質を除去する方法であって、該膜は、互いに近接して配置され、かつそれらの間での過剰な動きを防止するように取り付けられており、該方法は、該膜の孔を通過する気体以外の手段によって、該アレイの内部から、均一に分布している気泡を供給する工程であって、該気泡が該アレイ内の各膜の間を実質的に均一に通過して、これにより、該膜の表面を洗浄（または精練）し、かつこれを振動させて、そして膜モジュールの内部から蓄積された固形物を除去するように、該分布が形成されている工程を含む方法を提供する。

20

好ましくは、上記膜は、垂直に取り付けられて上記アレイを形成し、上記気泡は、上記繊維の長手方向に対してほぼ平行に通る。好ましくは、上記の均一に分布している気泡は、アレイの下方端部に提供される。オプションとして、逆洗が、膜の孔および膜の外側表面から固形物を除去することを助長するために、除去プロセスと共に使用され得る。

好ましくは、膜は多孔性中空繊維を含み、ここで、繊維はヘッダーにおいて各端部が固定され、下方のヘッダーはその内部に形成された複数の穴を有し、この穴を通して気体が導入されて気泡を供給する。繊維は、通常は下方端部においてシールされ、濾液を除去し得るようにその上方端部において開いている。いくつかの繊維は、アレイ内の繊維の選択されたものを通して気体を供給することによって、洗浄気体の泡をアレイに供給するためにも使用され得る。好ましくは、繊維は、円筒状アレイまたは束の形で配置されている。

30

濾液は、通常は、繊維への吸引の適用によって、繊維から取り出される。しかしながら、TMPを提供する任意の適切な手段が使用され得ることが理解されるであろう。多孔性シートを、より均一に分布した気泡を供給するために、穴と共に、または単独で使用してよい。多孔性シートはまた、供給空気充滿チャンバへ固形物が侵入することを防止するという、付加的な利点を提供する。

40

別の好ましい要旨によれば、本発明は、ポッティングヘッドの間で長手方向に延び、各端部においてそれぞれのポッティングヘッドに取り付けられている、複数の多孔性中空膜繊維を含む膜モジュールであって、該膜繊維が、互いに対して近接して配置され、かつそれらの間の過剰な動きを防止するように取り付けられており、該ポッティングヘッドの一つが、それに形成された通気穴の均一な分配アレイを有し、該繊維が、該通気穴に対して、該一つのポッティングヘッドに実質的に均一に取り付けられている、膜モジュールを提供する。

別の好ましい要旨によれば、本発明は、上記の第二の要旨による膜モジュールを含む濾過システムであって、該濾過モジュールが、濾過されるべきフィード液を含むタンク内に垂直に配置されており、膜間圧力を該アレイの該繊維に加えて、該繊維内の孔を通過させて

50

濾液を得る手段と、該繊維の間を上に向かって均一に移動して、その外側表面を洗浄する気泡を供給するように、該通気穴に供給気体を連続的にまたは間欠的に供給する手段とを含む、濾過システムを提供する。

オプションとして、モジュールが別々の容器に収容される場合、洗浄プロセスの間に蓄積された固形物を除去するために、洗浄工程の後に定期的に容器のドレンの排出を実施する。排出とは別に、蓄積された固形物を除去するために他の方法が使用され得る。これらには、濾過サイクルの間に濃縮フィードを連続的に取り出すこと、または蓄積された固形物をオーバーフローさせて除去するのに十分な流量で、タンクの底部へ一定の間隔でフィードをポンプ供給することによって、タンクの上部においてオーバーフローさせることを含む。これは、代表的には、逆洗サイクルの最後に行われ得る。

10

本明細書において使用される用語「気体」は、空気、気体の混合物、ならびにオゾンなどを含む、いかなる気体をも含むように理解されるべきである。

上述の本発明は、本出願人の連続ミクロ濾過システムに使用され、本出願人の先行の米国特許明細書第5,405,528号に記載されるような、本出願人のモジュール式微孔性フィルターカートリッジに容易に適用され得ることが理解されるであろう。これらのカートリッジは、使用の際に気体が、穴を通過し、フィルター媒体を通して上方に移動する洗浄泡を形成するように、下方プラグに気体分配穴を設け、かつ該穴に供給気体用のマニホールドを設けることによって改変され得る。好ましい構成においては、カートリッジ（単数または複数）がフィードを含むタンク内に配置されながら、フィルター媒体が下方端部においてシールされ、濾液が真空下で上方端部から取り出される。

20

本発明の実施態様は、微孔性繊維膜に関して記載されるが、本発明はいかなる形態の膜モジュールにも等しく適用可能であることが理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

本発明の好ましい実施態様を、例示のためだけに、添付の図面を参照しながら以下に説明する。

図1は、本発明による膜モジュールの一つの実施態様についての簡素化断面図である。

図2は、本発明の一つの好ましい形態による膜モジュールのポッティング・アレンジメントについての二つの部分の簡素化図を示す。

図3は、図2のポッティング基部の拡大図を示す。

図4Aおよび4Bは、ポッティング基部の環状部分およびポッティング基部のプランジャー部分におけるピン配列をそれぞれ示す。

30

図5は、図1の膜モジュールを使用する濾過システムの概略図を示す。

図6は、本発明による膜モジュールの、代わりの実施態様についての簡素化断面図を示す。

図7は、本発明の膜モジュールへの空気の供給に関して代わりの実施態様についての簡素化断面図を示す。

図8Aおよび8Bは、異なる条件下におけるモジュールの吸引性能を例示する2つのグラフを示す。

図9は、30分の吸引段階による抵抗の経時増加についてのグラフを示す。

図10は、多孔性シートを備えない場合の、逆洗の間における抵抗の経時増加についてのグラフを示す。

40

図11は、多孔性シートを備える場合の、逆洗の間における抵抗の経時増加についてのグラフを示す。

図12は、一定間隔での気泡洗浄を使用するが、繊維膜の液体逆洗を使用しない場合の、抵抗の経時変化についてのグラフを示す。

図13は、逆洗効率についての、泡洗浄を行わない場合の結果を例示する、図12と同様のグラフを示す。

図14は、気泡洗浄を繊維束の外側のみに適用した場合の結果を例示する、図12と同様のグラフを示す。

発明を実施するための形態

50

図 1 を参照して、本実施態様によれば、膜モジュール 4 は、上側ポッティングヘッド 6 と下方ポッティングヘッド 7 との間を長手方向に延びる中空繊維膜 5 の円筒状アレイまたは束を含む。オプションとして、スクリーンまたはケージ 8 が、アレイ 5 を取り囲み、繊維 9 を互いに近接して保持し、過剰な動きを防止するように働く。繊維 9 は、その内腔から濾液を除去し得るように上側ポッティングヘッド 6 において開口し、下方ポッティングヘッド 7 においてシールされている。下方ポッティングヘッド 7 は、その内部に均一に分配された多数の穴 10 を有して、これを通して気体 / 空気を供給することができる。繊維はポッティングヘッド 6 および 7 の内部に均一に固定され、穴 10 は、使用の際に繊維の間で均一に分布している気泡を供給するために、各繊維 9 に対して均一に形成されている。穴は、以下に説明するポッティングプロセスの一部として形成される。穴の互いに対する配置、ならびに繊維の穴および互いに対する配置は、気泡の洗浄効率に影響することが見出された。

10

繊維束の内部の不均衡な気体分布は、繊維の回りの気泡流れが束全体にわたって均一になるのを確保するための穴の適切な分布および寸法決めによって克服され得る。繊維が密に充填された円筒状の束において、束の中心に向かって導入された気泡が束を通して移動する距離は、束の外縁部に向かって導入された気泡のそれよりも大きく、この結果、気泡流れに対する抵抗は、束の境界または周縁部においてよりも、束の中心において大きいということが見出された。

上記に概説したように、不均衡な気泡分布に対処する一つの方法は、均等な孔の分配、よって均一な気体流れを提供するために、穴を横切って多孔性シートを設けることである。もう一つの方法は、抵抗分布に対して穴のサイズ分布を規定することである。単位面積 (A) あたりのガス流量 (Q) は、抵抗 (R) に反比例し、

20

$$Q / A \sim 1 / R$$

穴の直径 (d) と抵抗との関係は、

$$d \sim (R)^{1/2}$$

となる。上記の関係をを用いて、束の内部における抵抗差を補償する穴サイズおよび位置配列を設計することが可能である。例えば、束の中心での抵抗が、束の周縁部での抵抗よりも 50 % 大きい場合、中心での穴サイズ (d_c) および周縁部での穴サイズ (d_p) は、均一な気体分布のために以下のようになると考えられる：

$$d_c / d_p = 1.5^{0.5} = 1.22$$

30

穴を形成する公知の方法は、穴のドリリングまたはポスト - ポッティング形成の他の形態を必要とする。このような方法は、ドリリングなどのときに損傷を回避するために、繊維 / 膜をよける必要があるという不利点を有する。これは、繊維充填密度および穴サイズについて制限を与える。なぜなら、繊維が密に充填されている場合に、繊維に干渉することなくまたはこれを損傷することなく、穴をドリリングすることは困難だからである。さらに、繊維 / 膜に対して穴を正確に位置付けることは困難である。

本発明の一つの要旨において使用されるプロセスは、上記に概説した問題および欠点を克服するか、少なくとも改善しようとするものである。

この要旨によれば、本発明は、気体分配に使用される膜ポッティング部材にある開口部を形成する方法を提供し、この方法は：

40

膜端部をポッティングするための型を供給する工程であって、該型は、ポッティングプロセスの間に該開口部を形成するための構造がその内部に設けられている、工程と；

該膜端部を、硬化性ポッティング材料で満たされた該型の中に配置する工程と；

該ポッティング材料を少なくとも部分的に硬化させる工程と；

該膜を型から出す (demould) 工程と

を含む。

好ましくは、上記膜端部は、上記構造に関して均一に分布している。もう一つの要旨においては、本発明は、上述の方法に従って形成された少なくとも一つの膜ポッティング部材を含む膜アセンブリを含む。

図 2 ~ 4 を参照して、気体分配穴を形成するための好ましい方法を以下に説明する。図 2

50

の右側部分に示されるように、ポッティング装置（空で示される）は、垂直に移動可能なプラットフォーム 21 に取り付けられたポッティング型 20 を含み、プラットフォーム 21 は、液圧（または油圧）シリンダー 22 によって上昇および下降される。各型 20 の中心には、液圧エジェクタシリンダー 24 によって操作される垂直に移動可能なエジェクタプランジャー 23 が設けられている。繊維ガイドまたはカラー 25 は、型の周縁部に嵌まり、これにより、ポッティングプロセスの間に繊維端部をガイドおよび保持し、ならびにポッティング混合物（代表的にはポリウレタン）を型の内部に保持する。繊維は、ガイド 25 に挿入されるときに、スリーブ 26 の内部で保持される。型 20 の基部 20' は複数の直立ピン 27 を有する。このピン 27 は、繊維端部を均一に分布させることを助長することと、ポッティング部材にガス分配穴を形成することの二重の目的を果たしている。ピンは、適切な気泡分配に必要とされるように、寸法決めされ、かつ分布させられる。ピン分布の一つの形態を図 4 に示す。

10

使用の際に、ガイド 25 は型 20 の回りに配置され、型 20 はポッティング材料で必要とされるレベルまで満たされる。その後、プラットフォーム 21 は、繊維端部を型 20 の中へ降下させるために、上昇させられる。繊維端部は、通常は挿入前に、均一な分配を確保するために送風してバラされ、均一な長さを確保するために切り整えられる。

ポッティング材料が部分的に硬化すると、型の中心エジェクタ部分 23 を上昇させることによって、ポッティング部材を型から押し出す。型 20 は、硬化を助長するために、通常は加熱される。所望であれば、繊維壁へポッティング材料を浸透させることを助長するために、ポッティングプロセスの間に型 20 に遠心力を作用させてもよい。

20

このプロセスの結果、このポッティング部材の中にある繊維端部は通常はシールされる。しかし、ポッティング部材を横断方向に適切に切断することによって、内腔から濾液を取り出すために繊維端部が開口され得ることが理解されるであろう。

このタイプのテストモジュール 4 を、11,000 本の繊維（外径 / 内径 680 / 380 μm ）で充填した。下方端部における繊維内腔はポリウレタンで閉塞され、直径 4.5 mm の 60 個の穴が繊維束内で分布していた。下方端部は、フィードに対してシールされている空気配管に連結した。

図 5 は、テスト装置の構成を例示する。モジュール 4 は、シリンダータンク 15 の中に垂直に配置され、濾液は、上部ポッティングヘッド 6 から吸引により取り出される。空気は、モジュール 4 の底部に導入され、繊維の間に空気の泡を生じさせて、膜表面に蓄積された固形物を擦り落とす。膜の穴内部に詰まった固形物を除去するために、少量の透過液（permeate）を繊維の内腔を通してポンピングする（透過液逆洗）。一つの操作方法は、吸引を 15 分間、次いで通気を 2 分 15 秒間行う。最初の 1 分間の通気後に、透過液逆洗を 15 秒間導入する。サイクルを吸引に戻す。数サイクルの後に、シリンダータンク 15 の中の固形物が濃縮され、タンク 15 の中の水が下方にドレン排出されて、濃縮逆洗液が除去される。

30

図 1 に示される好ましい実施態様において、気体 / 空気は、空気の泡が繊維 9 の間で生じるように、均等に分配され、モジュール 4 の下方端部にある小さな穴 10 を通って流れる必要がある。その後、空気泡が上方に流れて、膜表面に蓄積された固形物を洗浄する剪断力を生じさせる。穴 10 の周囲の抵抗は、繊維束の異なる領域によってもたらされる抵抗の変化に起因して変化し得、気体 / 空気は、より小さい抵抗を有する穴を通して流れる傾向にあり、この結果、これらの穴を通るバイパス流れが生じる。

40

膜モジュール 4 の製造の際に、繊維 9 を穴 10 に対して均等に分布するようにポッティングすることが好ましい。さらに、より小さく、より多い穴が、気体 / 空気の分配を助長するが、穴が小さすぎると、泡サイズを減少させ、従って、繊維の外側表面に与えられる剪断力を減少させる。穴サイズは 0.01 から 5 mm の範囲内であるべきことが好ましいが、穴 10 のサイズおよび位置は、モジュールサイズ、繊維充填密度、繊維直径、繊維孔サイズ、および他の因子によって変化することが理解されるであろう。

不均衡な気体 / 空気分布を減じるためのもう一つの方法は、穴 10 よりもずっと小さい孔サイズを有する多孔性シート層（図示せず）を使用することである。この場合、空気の主

50

要な圧力降下が、多孔性シートを横切るときに生じる。多孔性シートが均一に分布している孔を有する場合には、モジュールの空気端部にわたる空気分配は、一様に広がる傾向になる。

空気の泡の分配をさらに改善するために、多孔性チューブ 16 が円筒状モジュール 4 の中心に挿入され得る。空気が多孔性チューブ 16 を通過するとき、このチューブは、繊維アレイを通過し、繊維膜の壁上有る固形物を洗浄する均一な気泡を生じさせる。二つ以上の多孔性チューブを使用し得ることが理解されるであろう。ここで、このようなチューブは、束の全体に亘って分布し得る。孔サイズの大きい繊維製品または不織材料からなる繊維製品もまた、多孔性チューブとして束の内部で使用され得る。図 6 は、この形態のモジュールを例示する。

10

図 7 を参照して、空気は、通気穴 10 の下方の充満チャンバ（またはプレナムチャンバ）17 へ、フィードタンクの上方から膜モジュールの底部に通じる空気供給チューブによって供給される。このチューブは、膜モジュールの中心または外側を通過してよい。充満チャンバ 17 はまた、下方マニホールド 18 に連結されるか、これの一部分を形成し得る。下方マニホールド 18 は、通気気体の供給用として、あるいは、モジュール底部からのドレン排出または逆洗の間にタンクから濃縮逆洗液を除去するための液体マニホールドとして、交互に使用され得る。

図 8 A および 8 B は、いくつかの領域に区分した異なる条件下における同一のモジュールについてのテスト結果を示す。領域 1 ~ 4 では、シリンダータンク内の水を 10 サイクル毎にドレン排出させた。従って、濃縮廃液の放出量は、フィード体積の 3.2 % として計算される。領域 5 は、3 サイクル毎にフィードの 10.2 % の割合で排出させた。

20

領域 1 と 2 とは、繊維束を取り囲むスクリーンを備えるモジュールの吸引性能について、空気端部に多孔性シートを用いた結果を比較する。初期には、吸引圧力が急速に低下した（すなわち、TMP が上昇した）。これは、モジュールが新しいという理由による。その後、吸引圧力と抵抗との両方が安定化する傾向にあった。比較すると、領域 2 に示されるように、多孔性シートを除去した後には吸引抵抗の増加がより速くなった。これらの結果は、多孔性シートと組み合わせた空気端部が、繊維の間の空気分配を助長することを示す。

スクリーン 8 を使用することは、濾過について二つの影響を有する。スクリーンによって繊維の動きを制限することは、吸引の間における固形物の蓄積を助長する。他方、繊維間の自由空間を制限することは、空気泡の合体を減じさせ、より良い洗浄効果を提供する。さらにまた、気泡の動きと共に繊維の動きを制限することは、繊維において高周波振動をもたらす、密に充填された繊維の表面間で摩擦が起こり、蓄積された固形物の除去をさらに向上させることが見出されている。図 8 A および 8 B における領域 3 および 4 は、同一のモジュールであって、スクリーンを備えるものと備えないものについての結果を表している。

30

領域 3 での操作の間、空気泡バイパスがいくつか観測された。これは、通気穴の付近における抵抗、特に、比較的少ない繊維がそれらの穴の付近に分布している縁部における抵抗が異なることに起因している。従って、本出願人は、下方ポッティングヘッドの外縁部に、孔を覆う多孔性環状シートを使用した。領域 4 の結果は、領域 3 に比べて改善されていることを示す。

40

固形分濃度は、濾過およびファウリング（または汚れ）速度についての重要な論点である。タンクのドレン排出を 10 サイクル毎に行った場合、固形物が急速に蓄積されて、濾過性能に影響する。タンクのドレン排出を 3 サイクル毎に行った場合には、吸引抵抗の増加は、領域 5 で示されるように、著しく減少する。

濾過性能についての空気摩擦および逆洗の頻度もまた検討した。図 9 は、30 分間の吸引、次いで逆洗および空気摩擦（または空気スクラブ）についての抵抗増加を示す。図 8 の領域 5 における抵抗増加と比較して、逆洗の間の吸引時間が長い方が、抵抗増加がより速くなる。

吸引性能についての多孔性シートの影響を比較するために、より長い期間のテストを行っ

50

た。図 10 および 11 は、6 日を超える長期間の操作について、多孔性シートを備えるものと備えないものの抵抗増加を示す。多孔性シートに接続されていないモジュールについては、吸引抵抗は 8 日間でゆっくりと約 20 % 増加した。他方、空気分配を改善するために多孔性シートを使用した場合は、6 日の操作の間、明らかな抵抗増加は見られない。これらの結果ならびに図 8 の領域 1 および 2 について示される結果は、多孔性シートが均一な空気分配を助長することを示唆する。

図 12 ~ 14 は、逆洗効率についての泡洗浄の結果を例示する。洗浄は一定の間隔で行われ、これは、抵抗が増加し、次いで洗浄段階時において鋭く減少していることで示される。

図 12 は、気体洗浄と組み合わせて液体逆洗を使用しない場合の結果を示す。テストの開始の際に、液体逆洗として濾液を繊維の内腔を通してポンピングで戻すという通常の液体逆洗を、繊維の外側に沿う気体洗浄と共に使用した。その後、液体逆洗を停止し、通常の気体洗浄のみを使用した。液体逆洗なしでも、90 % 近くの逆洗効率を達成し得ることが見出された。

図 13 は、逆洗段階の間に気体洗浄を行わない場合の結果を示す。テストの開始部分において、液体逆洗として濾液を繊維の内腔を通してポンピングで戻すという通常の液体逆洗を、繊維の外側に沿う気体洗浄と共に使用した。その後、約 9 : 15 ~ 10 : 45 の間、気体洗浄を停止させた。グラフに示されるように、逆洗効率は、気体洗浄を使用した場合の約 96 % から気体洗浄を使用しない場合の約 41 % まで、劇的に低下した。気体洗浄を再使用すると、逆洗効率は著しく改善された。

図 14 は、繊維の外側のみの洗浄に対して、束内での十分な洗浄の結果を例示する。試験の開始においては、再び、9 : 00 付近まで、液体逆洗による通常の逆洗様式と気体洗浄とを使用した。その後、気体洗浄を繊維束の外側のみに制限した。逆洗の効率は、通常操作の間の約 98 % から気体洗浄が制限された場合の 58 % にまで、再び劇的に低下した。本実施態様は膜濾過システムに関し、代表的には、膜間圧力を生じさせるために吸引を使用したシステムに関する。しかしながら、洗浄システムは、加圧濾過システムを含む、繊維膜濾過プロセスのいかなる形態にも等しく適用可能であることが理解されるであろう。洗浄プロセスおよび方法を、液体逆洗、加圧気体逆洗、両方の組み合わせを含む、任意の標準的逆洗様式と共に、ならびに化学的洗浄装置および計量供給装置と共に使用してもよい。

洗浄プロセスは、通常は逆洗段階と共に使用されるが、濾過段階および逆洗段階の間に連続的に使用されてもよい。洗浄プロセスをさらに助長するために、塩素のような洗浄化学物質を、泡を提供する気体に添加してもよい。洗浄プロセスにおいて除去された固形物は、間欠的にまたは連続的に除去されてもよい。固形物を連続的に除去する場合、クラリファイヤーなどを使用することができる。クラリファイヤーは、モジュールの手前で使用され得、モジュールと並列に使用され得、あるいはモジュールはクラリファイヤー自身の内部に存在し得る。化学物質計量供給は、必要ならばクラリファイヤーと共に使用され得る。

このような洗浄プロセスを使用する濾過システムは、下水 / バイオ廃棄物処理のために使用すること、あるいはバイオリアクター、活性スラッジ、または同様のシステムと組み合わせることができる。

本発明のさらなる実施態様および実施例が、記載の本発明の概念および範囲から逸脱することなく可能であることが理解されるであろう。

【図 1】

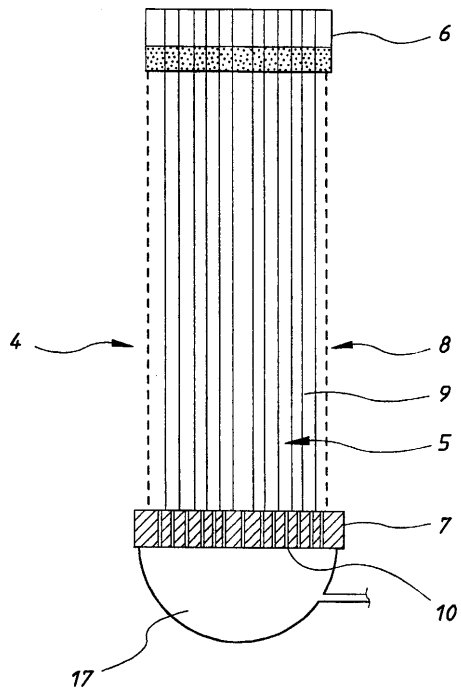


FIG. 1

【図 2】

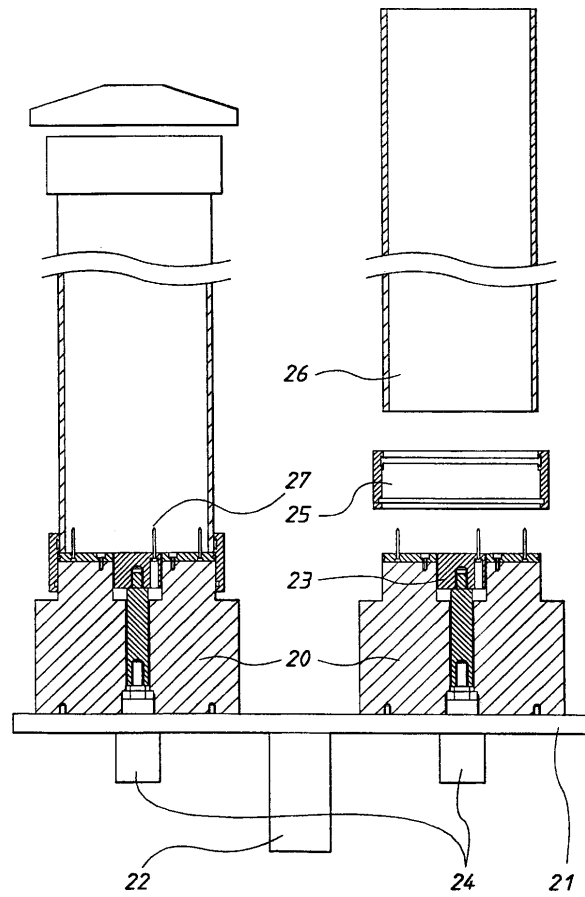


FIG. 2

【図 3】

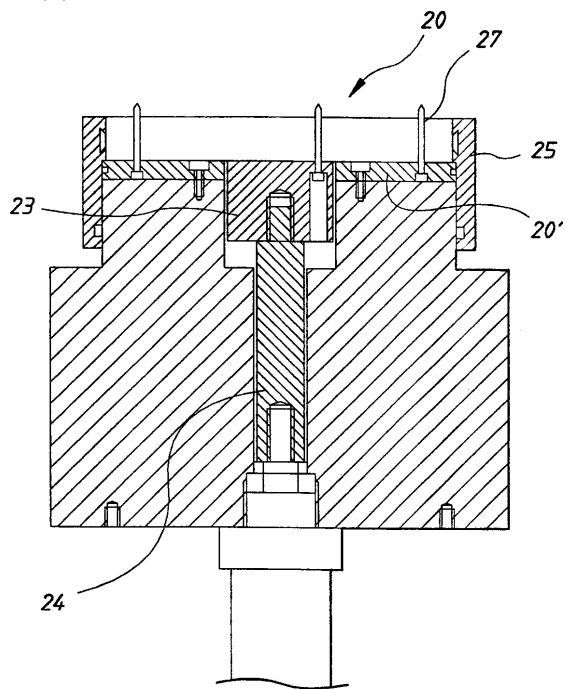


FIG. 3

【図 4 A】

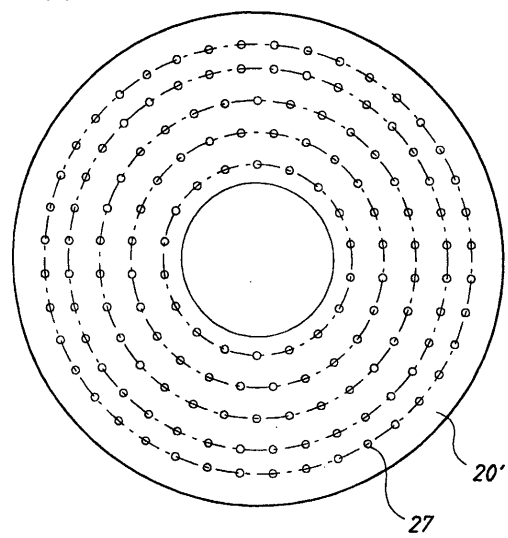


FIG. 4A

【図4B】

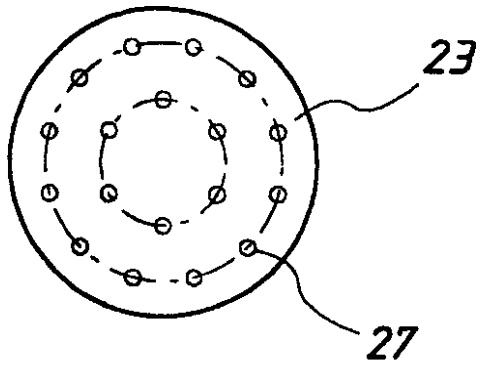


FIG. 4B

【図5】

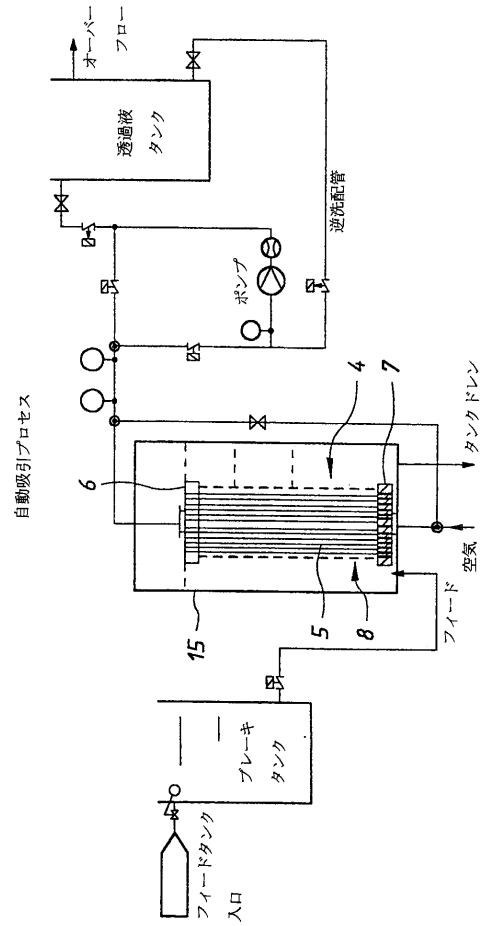


FIG. 5

【図6】

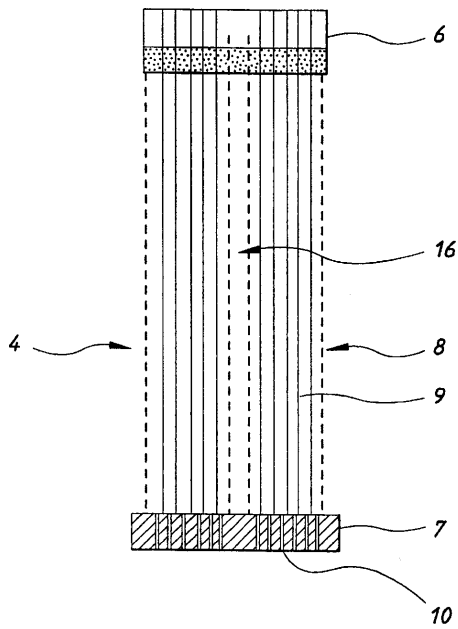


FIG. 6

【図7】

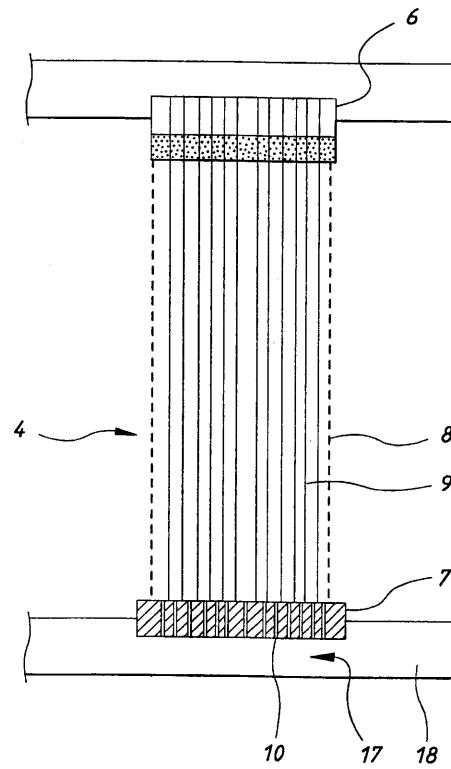


FIG. 7

抵抗の経時変化ー30分の吸引および2サイクル毎のドレン排出

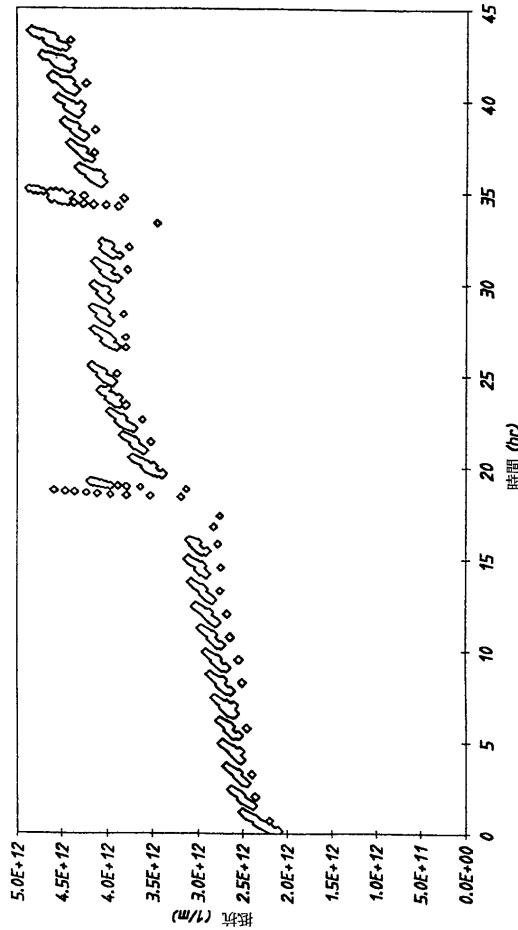


FIG. 9

【図 9】

異なる操作における透過流れとTMPの経時変化

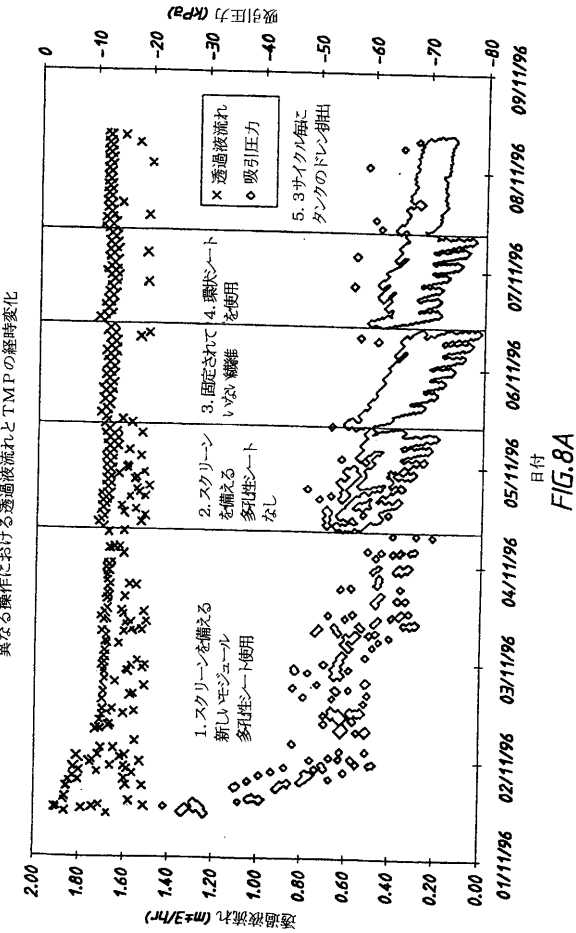


FIG. 8A

【図 8 A】

多孔性シートなしの場合の抵抗の経時変化

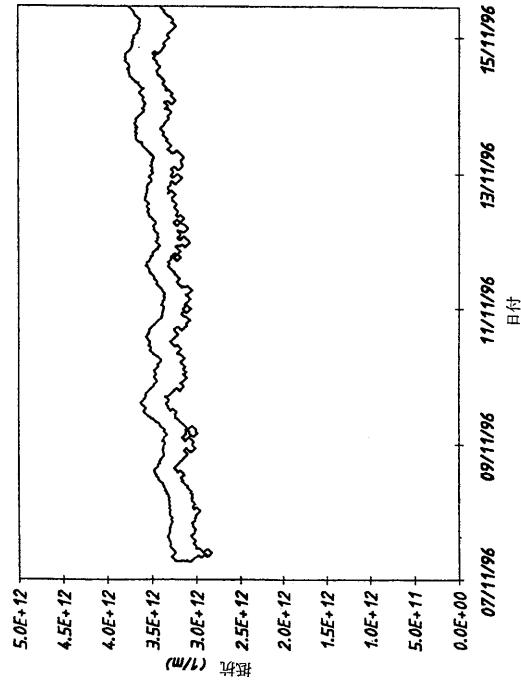


FIG. 10

【図 10】

異なる操作における吸引抵抗の経時変化

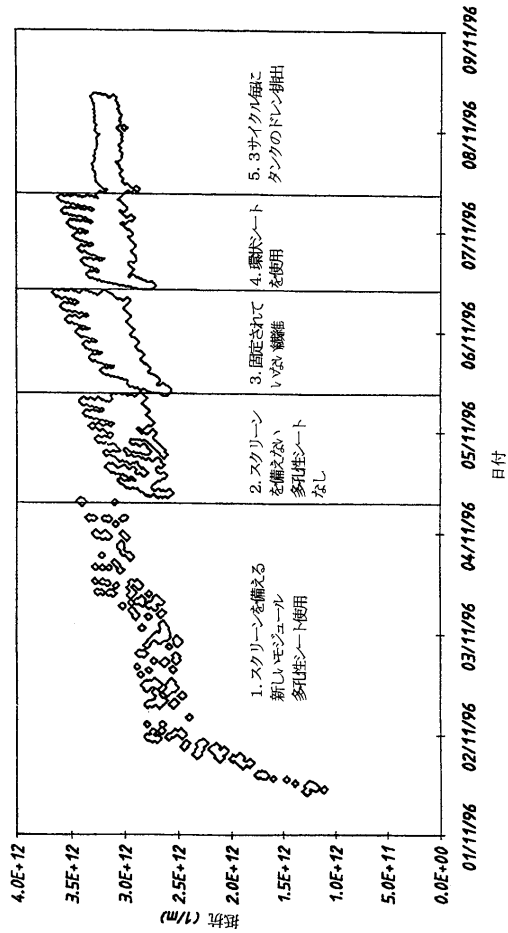
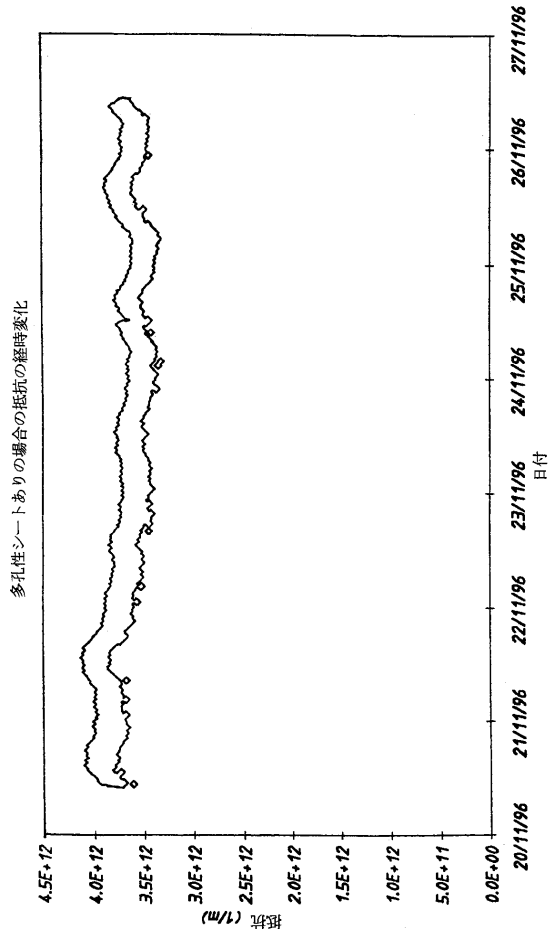


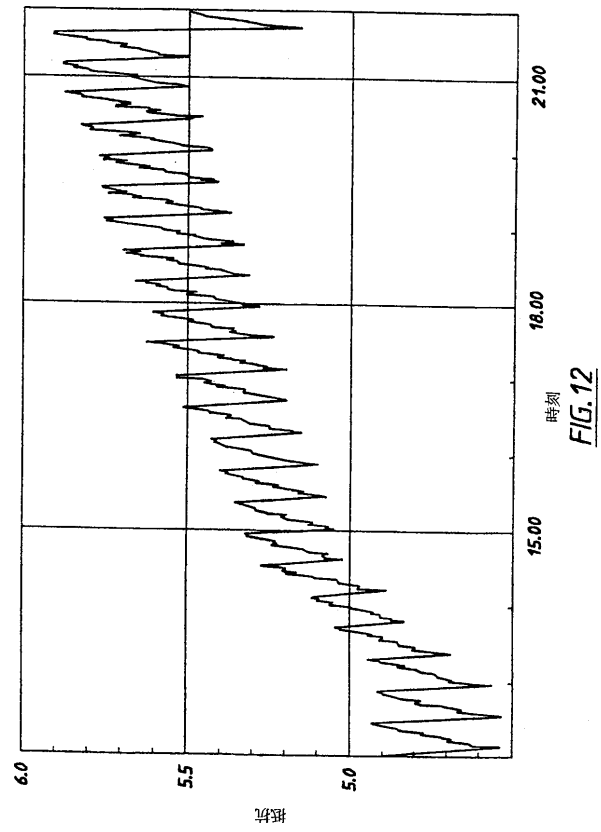
FIG. 8B

【図 8 B】

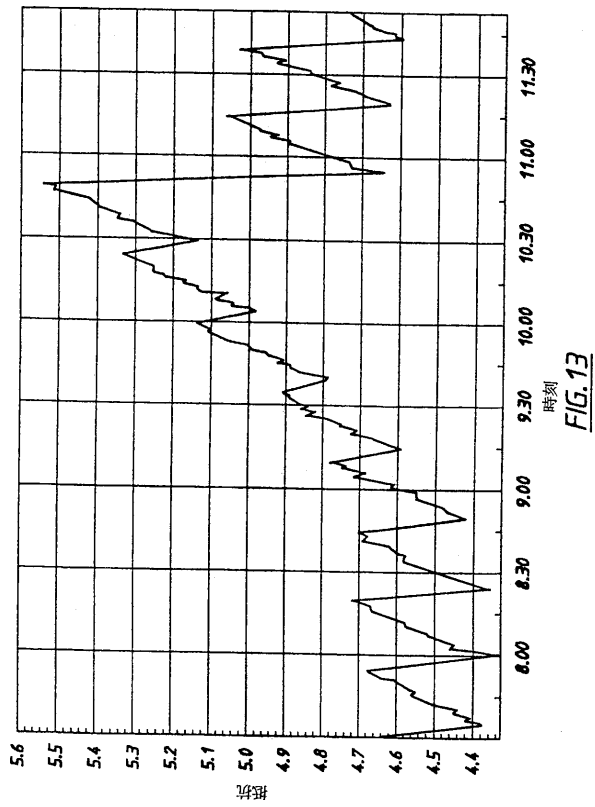
【図 1 1】



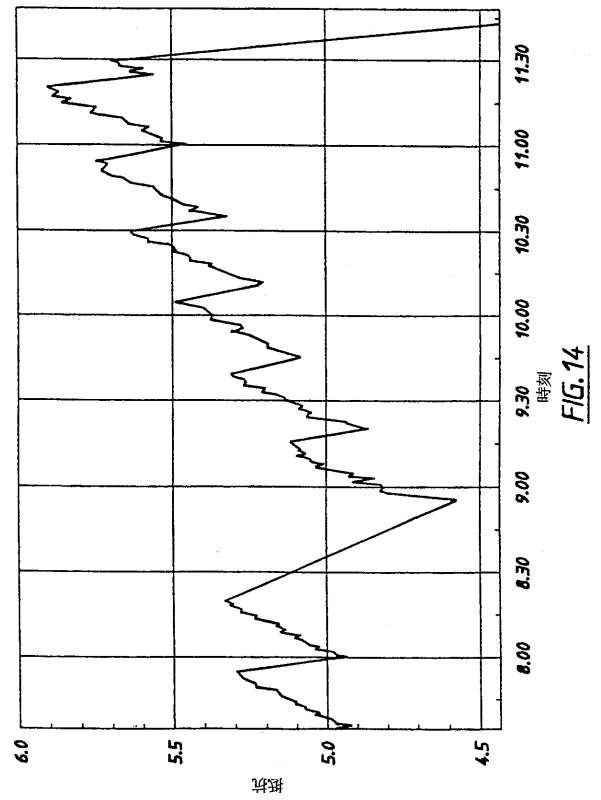
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 ザ, フファン
オーストラリア 2 1 9 3 ニュー・サウス・ウェールズ州ハールストーン・パーク、ハールストーン・アベニュー 4 / 1 2 番
- (72)発明者 コップ, クリントン・バージル
オーストラリア 2 1 5 4 ニュー・サウス・ウェールズ州キャッスル・ヒル、タックウェル・ロード 5 3 番
- (72)発明者 マクマホン, ロバート・ジェイムズ
オーストラリア 2 1 3 7 ニュー・サウス・ウェールズ州コンコード、エドワード・ストリート 6 番
- (72)発明者 ジョンソン, ウォーレン・トーマス
オーストラリア 2 7 5 6 ニュー・サウス・ウェールズ州ブライ・パーク、スカーバーロウ・クレセント 8 番
- (72)発明者 ベック, トーマス・ウィリアム
オーストラリア 2 7 5 6 ニュー・サウス・ウェールズ州ノース・リッチモンド、ケダ・サーキット 1 2 1 番

審査官 富永 正史

- (56)参考文献 特開平 0 7 - 1 5 5 5 6 4 (J P , A)
特開平 0 3 - 0 8 6 5 2 9 (J P , A)
特開平 0 7 - 3 1 3 9 7 3 (J P , A)
特開平 0 7 - 1 8 5 2 7 2 (J P , A)
特開昭 6 1 - 2 9 3 5 0 4 (J P , A)
特開昭 6 1 - 2 3 7 9 0 8 (J P , A)
特開昭 6 3 - 0 9 9 2 4 6 (J P , A)
特開昭 5 7 - 1 9 0 6 9 7 (J P , A)
実開平 0 7 - 0 3 9 9 2 1 (J P , U)
特開平 0 4 - 1 1 0 0 2 3 (J P , A)
特開平 0 8 - 0 1 0 5 8 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B01D 61/00 - 71/82
C02F 1/44