

明 細 書

発明の名称：

分離膜モジュールおよび分離膜エレメントの交換方法

技術分野

[0001] 本発明は、被処理流体中に存在している成分を分離除去するためのスパイラル型分離膜エレメントを複数装填した分離膜モジュールに関するものである。

背景技術

[0002] 近年、気体分離膜、逆浸透膜、ナノ濾過膜、限外濾過膜、精密濾過膜等、様々な分離膜を用いた流体分離技術は、高精度で省エネルギーの処理プロセスとして注目され、各種流体処理への適用が進められている。たとえば、逆浸透膜を用いた逆浸透分離法では、塩分等の溶質を含んだ溶液を該溶液の浸透圧以上の圧力で逆浸透膜を透過させることで、塩分等の溶質の濃度が低減された液体を得ることが可能であり、例えば海水やかん水の淡水化、超純水の製造、有価物の濃縮回収など幅広く用いられている。

[0003] これらの分離膜は、平膜、管状膜、中空糸膜など様々な形態を有するが、平膜の場合、スパイラル型分離膜エレメントという形態で用いられることが多い。従来のスパイラル型分離膜エレメントの構造としては、たとえば特許文献1や図1に示すように、分離膜1、供給側流路材3及び透過側流路材2の積層体の単数または複数、有孔の中心管4の周りに巻きつけられ、その両端側にテレスコープ防止板5を設置したものが知られている。

[0004] この分離膜エレメントは、被処理流体（原水）6が一端面より供給され、供給側流路材3に沿って流動しながら成分の一部（例えば、海水淡水化の場合は水）が分離膜1を透過することにより分離される。その後、分離膜を透過した成分（透過流体（透過水）7a）は、透過側流路材2に沿って流動して、中心管4内へとその側面の孔から流入し、中心管4内を流動し、分離膜エレメントの他端面より透過流体（透過水）7として取り出される。一方、

非透過成分（海水淡水化の場合は塩分）を高濃度に含有する処理流体は、分離膜エレメントの他端面より濃縮流体（濃縮水）8として取り出される。

[0005] 上記した従来の分離膜エレメントにおいては、通常、原水側に配置されたテレスコープ防止板の外周側の周回溝に弾性材製シール部材が嵌着されていて、その分離膜エレメントが圧力容器であるベッセル内に、複数本、装填されて使用される。分離膜エレメントは、テレスコープ防止板の外周側の周回溝に弾性材製シール部材が嵌着されることにより、分離膜エレメントと圧力容器との隙間を弾性材製シール部材にてシールすることができ、その隙間内の被処理液体の流通が阻止されるので、効率良く被処理流体を分離膜エレメントにて処理することができる。従来は、断面O字状のOリングシールや断面U字状のUカップシールなどの弾性樹脂製シール部材が使用されている。Oリングシールを使用した場合は、テレスコープ防止板の外周側の周回溝に嵌着されたOリングシールが、圧力容器の内壁と接触し、Oリングシールがつぶれて変形することで、分離膜エレメントと圧力容器内との隙間を埋めている。

[0006] 図2は、Oリングシール12がテレスコープ防止板5の外周部10に嵌着された分離膜エレメントが圧力容器内に装填された状態を示すものであって、Oリングシール装着部分の近傍を拡大して模式的に示す部分拡大断面図である。図2において、Oリングシール12は、圧力容器の内壁9と圧接している部分において変形し、圧力容器の内壁9との接触面積が大きくなっている。さらに、Oリングシール12は弾性樹脂で構成されているので圧力容器の内壁9との摺動摩擦が大きい。

[0007] そのため、圧力容器内で分離膜エレメントを移動させる際には、Oリングシール12と圧力容器の内壁9との摩擦に抗するために大きな荷重が必要であり、特に、複数本の分離膜エレメントを圧力容器内で移動させる場合は特に大きな荷重となって労力がかかるため、実際に圧力容器内に分離膜エレメントを着脱させる作業は非効率となる。

[0008] このようなOリングシールの問題点を解消するために、分離膜エレメン

トのシール部材として、ＵカップリングシールもしくはＶカップリングシールが考案され広く使用されている。このＵカップリングシールは、弾性樹脂を用い、Ｕ字状の開いた部分が原水側に向くように分離膜エレメントのテレスコープ防止板にセットされている。このＵカップシールは、原水側から水が供給された時に、その水圧でＵ字が開き、Ｕカップシールと圧力容器との隙間を埋める構造になっている。Ｖカップリングシールも同様である。

[0009] 図３は、Ｕカップシール１３がテレスコープ防止板の外周部１０に嵌着された分離膜エレメントが圧力容器内に装填された状態を示すものであって、Ｕカップシール装着部分の近傍を拡大して模式的に示す拡大断面図である。図３において、Ｕカップシール１３は、圧力容器の内壁９との接触面積は比較的小さいが、前述したとおり、原水上流から下流（図３の左から右への方向）に流れる流体に対してはシール機能が発揮される。しかし、図３の右から左へと流れる流体に対してはシール機能不十分になりやすい。すなわち、Ｕカップシールは、圧力容器内で原水上流側から原水下流側に分離膜エレメントを移動させる際は、Ｕカップシールの端が圧力容器の内壁と軽く接触する程度であり、容易に圧力容器内で分離膜エレメントを移動させることができるが、圧力容器内で原水下流側から原水上流側に移動させようとすると、Ｕカップシールの端が圧力容器の内壁と強く接触し、さらには、Ｕカップシールの端が反り返り、分離膜エレメントと圧力容器の隙間にＵカップシールが挟まってしまい、圧力容器内で分離膜エレメントを移動させるために非常に大きな荷重が必要となるとともに、Ｕカップシールを損傷してシール機能を損なうこととなる。そのため、ＵカップリングシールはＯーリングシールと異なり、実質的には圧力容器内で原水下流側から原水上流側に移動することはできないという特徴を有している。そこで、Ｕカップシールを適用する場合、分離膜エレメントの圧力容器内への脱着作業は、圧力容器の原水上流側から分離膜エレメントを挿入し、原水下流側に押し込み、原水下流（濃縮水）側から原水下流側にある分離膜エレメントを抜

き出す、あるいは、原水下流（濃縮水）側から原水下流側にある分離膜エレメントを引き出す方法を採用している。

[0010] 分離膜エレメントは、1つの分離膜エレメントのみを圧力容器に装填して使用する場合もあるが、図5に例示するように、複数の分離膜エレメントを1つの圧力容器に連結して装填するのが一般的である。複数の分離膜エレメントを装填する場合、圧力容器内に装填された分離膜エレメントは、原水中の汚れ物質が原水上流の分離膜エレメント内の膜面に付着し堆積していき、分離膜エレメントの機能が低下し、全体の生産水の水量、水質が低下してくることが一般的であり、この膜面への汚れの付着・堆積は、特に、原水上流側に一番近い分離膜エレメント内の膜面の原水上流側部分において多い。また、原水が分離膜を透過するに従って、濃縮された結果、最も原水下流側に近いところでは、溶解度を超えた溶質がスケールとなって析出し、膜面に堆積したり、原水流路を閉塞したりする場合がある。もちろん、通常は溶解度を超えないように濃縮限界以内で運転するが、原水濃度や温度が想定外に変動した場合は、スケール析出に至る場合がある。いずれも、分離膜エレメントを装填したまま、様々な洗浄作業を実施することによって、ある程度回復させることはできるが、最終的には、最も汚れた原水上流側に一番近い分離膜エレメントやスケール析出した最も下流側にある分離膜エレメントを取り除いて、新しい分離膜エレメントを装填することで、全体の生産水の水量、水質を改善することになる。ここで、圧力容器内の分離膜エレメントにUカップシールが図3のように嵌着されている場合、圧力容器内で分離膜エレメントを移動させる場合には常に原水上流側から原水下流（濃縮水）側への方向である必要があるので、原水最上流側の分離膜エレメントを取り除くためには、圧力容器内の他の下流側の分離膜エレメントを一旦原水下流側から圧力容器外に取り出す必要があり、多大な時間と労力を要する作業となっている。その後の再装填作業では、最後に取り出された原水最上流側もしくは、上流側からいくつかの分離膜エレメントを新品の分離膜エレメントに交換して、再度、原水上流側から新品の分離膜エレメントを最初に原水側から圧

力容器内に装填する。このとき、装填する順番は、新品の分離膜エレメントに交換しなかった分離膜エレメントの状態によって適宜決定されるが、一般的には、新品の分離膜エレメントを最も下流（濃縮水）側に装填する。このことによって、次回の交換は、先頭に配置された古い分離膜エレメントを交換することになり、各分離膜エレメントの使用時間が均一化され、効果的であるが、分離膜エレメントを取り出す場合と同様に、多大な労力を要していた。最も下流側の分離膜エレメントを交換する場合は、１本だけ取り出すことは可能であるが、その部分に新品の分離膜エレメントを装填したい場合は、原水上流側から装填する必要がある、結局他の分離膜エレメントも一度取り出さなければならなくなり、分離膜エレメントを取り出す場合と同様に労力を要することとなる。

[0011] かかる課題を解決すべく、特許文献２には、ベッセル内での分離膜エレメント移動時の抵抗を低減し、方向に関係無く分離膜エレメントを装填できるようにするために、分離膜エレメントのシール部材にＯーリングシールや断面略×状シール部材を使用し、分離膜エレメント装填完了時にＯーリングシール部材が接触する部分以外の圧力容器の内径を大きくし、摩擦抵抗が発生する箇所を低減させることが提案されている。ただし、本技術はベッセル内の分離膜エレメントが１本の場合は適用可能であるものの、複数本の分離膜エレメントをベッセル内に装填する装置に上記ベッセル装置構造（圧力容器内のＯーリングシールが装填完了時に接触する部分以外の内径のサイズを大きくする装置構造）を適用した場合には、圧力容器内に複数の凹凸が存在し、装填、抜き出し作業時に、隣接する分離膜エレメントの位置がずれることになる。また、分離膜エレメントを圧力容器内に複数本装填する際には、分離膜エレメントの透過水パイプ部に、Ｏーリングなどのシール部材を有するコネクターを挿入して連結する必要があるが、分離膜エレメントを圧力容器内で移動させる時に圧力容器内の凹凸で、隣接する分離膜エレメントの透過水パイプの位置がずれ易くなる。透過水パイプの位置ずれが生じると、コネクターの装着が困難となり易いなどの問題が生じるため、複数の分離膜エレ

メントの装填には不適である。

[0012] さらに、ＯーリングシールとＵーカップシールの欠点を解決する方法として、図４に示すスプリットリング状のシール部材１４（以下、「スプリットリングシール」という）が特許文献３に提案されている。スプリットリングシールは、環状シール部材が１箇所以上で切断・分割された形状を有するものであって、非弾性樹脂や金属などの非弾性の材料を素材とするものである。また、スプリットリングシールの外周部の長さ（外周長）は、そのスプリットリングシールのスプリット部１５を繋げて環状にした時の外径１７が、圧力容器の内壁の直径サイズよりも少し大きくなるように設計され、実際に分離膜エレメントのテレスコープ防止板に装着して圧力容器内に装填された時には、そのスプリット部１５の隙間が縮まり、スプリットリングシールが圧力容器の内壁と密接する構造となるようになっている。これによって、上記の従来技術における問題点を解決し、スパイラル型分離膜エレメントを筒状圧力容器内に装填する時も、また、分離膜エレメントを圧力容器から抜取る時も、容易に分離膜エレメントを圧力容器内で移動させることができる。特に、圧力容器内の原水側に一番近い分離膜エレメントを抜き取り、新品の分離膜エレメントを濃縮水側に一番近い位置に補充する分離膜エレメント一部交換作業の場合、特許文献３の発明によると、圧力容器の原水下流（濃縮水）側から新品の分離膜エレメントを押し込み、原水上流側から所定の分離膜エレメントを抜きとることが可能となり、分離膜エレメントの抜き取りと補充の作業を、非常に効率良く行うことができる。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献１：日本国特開平１０－１３７５５８号公報

特許文献２：日本国特開２００８－２０７０４９号公報

特許文献３：国際公開第２０１１／０４６９４４号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] しかし、特許文献3に記載されたスプリットリングシールは非弾性体であるため、圧力容器内側とスプリットリングシール外側において高い表面加工精度が要求され、さらに、分離膜エレメントの装填、取り出しに際して、シール面に高硬度の異物があつた場合、分離膜エレメントを圧力容器内で摺動させた結果スプリットリングシールに傷がつく危険性があり、分離膜エレメントの圧力容器からの装填、取り出しは非常に容易であるものの、シール性が損なわれるリスクを有していた。ここで、万一、シール不良によるリークが起こってしまうと、被処理流体の一部が圧力容器内の分離膜エレメント外側を通ることとなり、分離膜エレメントを通らずに直接濃縮流体側へショートパスするため、実質的な分離性能が低下してしまう問題があつた。

[0015] そこで、本発明の目的は、筒状耐圧容器に複数のスパイラル型分離膜エレメントを装填した分離膜モジュールにおいて、シール面に高硬度の異物があつた場合でもシール性を維持して分離膜モジュールの性能を十分に発揮しつつ、装填、取り出しを容易にし、メンテナンス時間や労力を低減する分離膜モジュールおよび分離膜エレメントの交換方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0016] 前記課題を解決するために、本発明は次の(1)～(6)の実施態様に関する。

[0017] (1) 複数の分離膜エレメントを、筒状圧力容器内に装填した分離膜モジュールにおいて、

分離膜エレメントが、分離膜を含む膜ユニットが巻回されてなる膜ユニット巻体の外周が外装体で覆われ、膜ユニット巻体及び外装体の少なくとも片端にテレスコープ防止板が設けられ、少なくとも1つのテレスコープ防止板の外周に原水シール部材が設けられてなるスパイラル型分離膜エレメントであり、

分離膜エレメントを筒状圧力容器内で実質的に両方向に移動可能とする原水シール部材(a)を備える分離膜エレメント(A)が、複数の分離膜エレメ

ントの中の少なくとも片側の端部に装填されており、
分離膜エレメントを筒状圧力容器内で実質的に一方向にのみ移動可能とする
原水シール部材（b）を備える分離膜エレメント（B）が、前記複数の分離
膜エレメントの中の分離膜エレメント（A）が装填された位置以外の全ての
位置に装填されていることを特徴とする分離膜モジュール。

[0018] （２）分離膜エレメント（A）が複数の分離膜エレメントの中の少なくとも片側の端部から連続して複数個装填されていることを特徴とする（１）に記載の分離膜モジュール。

[0019] （３）原水シール部材（a）がスプリットリング状の非弾性材製シール部材またはＯーリング状の弾性材製シール部材であることを特徴とする（１）または（２）に記載の分離膜モジュール。

[0020] （４）原水シール部材（b）がＵーカップ状またはＶーカップ状の弾性材製シール部材であることを特徴とする（１）～（３）のいずれか一項に記載の分離膜モジュール。

[0021] （５）分離膜エレメント（A）の性能が分離膜エレメント（B）の性能と異なることを特徴とする（１）～（４）のいずれか一項に記載の分離膜モジュール。

[0022] （６）（１）～（５）のいずれか一項に記載の分離膜モジュールにおいて分離膜エレメントを交換する方法であって、分離膜エレメント（B）を筒状圧力容器内から取り出すことなく少なくとも片側の端部に装填された分離膜エレメント（A）を筒状圧力容器内から取り出すことを特徴とする分離膜エレメントの交換方法。

発明の効果

[0023] 本発明によって、スパイラル型分離膜エレメントを耐圧容器に複数装填した分離膜モジュールにおいて、シール面に高硬度の異物があってもシール性を維持して分離膜モジュールの性能を十分に発揮しつつ、分離膜エレメントの装填、取り出しを容易にし、メンテナンス時間や労力を低減する方法を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]図 1 は、本発明に係るスパイラル型分離膜エレメントの一例を示す部分破断斜視図である。

[図2]図 2 は、テレスコープ防止板にＯーリングシールが装着された分離膜エレメントが圧力容器内に装填された状態を示す、Ｏーリングシール装着部分近傍を拡大して模式的に示す部分拡大断面図である。

[図3]図 3 は、テレスコープ防止板にＵーカップシールが装着された分離膜エレメントが圧力容器内に装填された状態を示す、Ｕーカップシール装着部分近傍を拡大して模式的に示す部分拡大断面図である。

[図4]図 4 は、テレスコープ防止板にスプリットリング状の非弾性材製シール部材の一例を模式的に示す平面図（図 4（a））、b－bでの断面図（図 4（b））である。

[図5]図 5 は、本発明に係る複数のスパイラル型分離膜エレメントを筒状圧力容器に装填した分離膜モジュールの一例を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明するが、本発明はこれら図面に示す実施態様に限定されるものではない。

[0026] 図 1 は、本発明が適用されるスパイラル型分離膜エレメントの一例を示す部分破断した斜視図である。スパイラル型分離膜エレメントの代表例は、図 1 に示すように、分離膜 1、供給側流路材 3、および透過側流路材 2 が積層状態で、有孔の中心管 4 の周囲にスパイラル状に巻回され、その分離膜巻回体の両端にテレスコープ防止板 5 が設置されている。分離膜 1 は端部が封止されて、供給流体と透過流体の混合を防止している。

[0027] 分離膜 1 は平膜状の分離膜であって、逆浸透膜、限外ろ過膜、精密ろ過膜、ガス分離膜、脱ガス膜などが使用できる。供給側流路材 3 には、ネット状材料、メッシュ状材料、溝付シート、波形シート等が使用できる。透過側流路材 2 には、ネット状材料、メッシュ状材料、溝付シート、波形シート等が使用できる。いずれも、分離膜と独立したネットやシートでも構わないし、

接着や融着するなどして一体化したものでも差し支えない。

[0028] テレスコープ防止板 5 は、分離膜巻回体が通過する流体の圧力により筒状に変形すること（テレスコープ現象）を防止するために設置された、空隙を有する板状物であり、外周側にはシール材を装填するための周回溝を有していることが好ましい。テレスコープ防止板 5 は変形防止の機能を有すれば、その材質は特に制約はない。ただし、用途に応じて、耐薬品性や耐熱性など必要になる場合は、要求仕様に依じて適宜選択することが可能である。一般には、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、耐熱性樹脂などの樹脂材が好適である。また、このテレスコープ防止板 5 は、原水の流れをなるべく妨げずに強度を維持する目的から、外周環状部と内周環状部と放射状スポーク部とを有するスポーク型構造であることが好ましい。

[0029] 中心管 4 は、管の側面に複数の孔を有するものであり、中心管 4 の材質は、樹脂、金属など何れでもよいが、コスト、耐久性を鑑みて、ノリル樹脂、ABS 樹脂等のプラスチックが通常使用されることが一般的である。

[0030] 分離膜 1 の端部を封止するための方法としては、接着法が好適に用いられる。接着剤としては、ウレタン系接着剤、エポキシ系接着剤、ホットメルト接着剤等、公知の何れの接着剤も使用することができる。

[0031] また、スパイラル型分離膜エレメントは、分離膜巻回体の外周部が外装材により拘束されて拡張しない構造になっていることも好ましい。外装材は、ポリエステル、ポリプロピレン、ポリエチレン、ポリ塩化ビニルなどからなるシートや、硬化性樹脂を塗ったガラス繊維などからなるもので、分離膜巻回体の外周表面に、かかるシートや繊維を巻回して分離膜エレメントが拡張しないように拘束する。

[0032] 本発明は、図 1 に例示したようなスパイラル型分離膜エレメントを図 5 に断面図を例示するように筒状圧力容器 26 に複数装填した分離膜モジュールに適用するものである。図 5 では、19a～19f がそれぞれ図 1 に示す分離膜エレメントを示している。被処理流体（原水）は、被処理流体供給口 18 から供給され、第 1 の分離膜エレメント 19a の端部に供給される。第 1 の

分離膜エレメントで処理された濃縮流体（濃縮水）は、第2の分離膜エレメント19bに供給されその後、順次19c, 19d, 19e, 19fに供給、処理された後、最終的に濃縮流体排出口20から排出される。それぞれの分離膜エレメント19a～19fの中心パイプは、それぞれコネクター21で接続されるとともに、端板22a, 22bに設けられた透過流体（透過水）取出口23a, 23bに接続されており、それぞれの分離膜エレメントで得られた透過流体（透過水）が集められ、系外に取り出される。

[0033] なお、図5では、被処理流体供給口18と濃縮流体排出口20が、端板に備えられているが、耐圧容器胴部24の端板近傍（すなわち、被処理流体供給口18が端板22aと第1の分離膜エレメント19aの間、濃縮流体排出口20が端板22bと最終分離膜エレメント19fの間）に備えられていても差し支えない。

[0034] それぞれの分離膜エレメント19a～19fは、図1におけるテレスコープ防止板5部分にシール部材25a1, 25a2～25f1, 25f2が備えられ、それぞれの分離膜エレメントの被処理流体と濃縮流体が隔離されている。なお、この図では、それぞれの分離膜エレメント19a～19fの両側にシール部材が備えられているが、片側（すなわち、25a1～25f1もしくは25a2～25f2）とすることも可能である。両方備えた方がシール性は向上するが、装填、取り出し時に困難度が増すこと、また、シール部材間（例えば、25a1と25a2の間）にデッドスペースを生じやすくなるため、例えば、ジュースの濃縮など濃縮液体が汚染されると問題となる場合は、好ましくない。

[0035] 本発明では、図5に例示するように複数のスパイラル型分離膜エレメントを筒状圧力容器26内に装填した分離膜モジュールにおいて、テレスコープ防止板の外周側に装着される原水シール部材が2種類以上用いられ、少なくとも1つの分離膜エレメント（A）（以下、「分離膜エレメントA」という）のシール部材が、分離膜エレメントAを筒状圧力容器26内で実質的に両方向に移動可能とする（実質的に両方向への移動を限定しない）原水シール

部材（a）（以下、「シール部材 a」という）からなり、かつ、分離膜エレメント A 以外の他の分離膜エレメント（B）（以下、「分離膜エレメント B」という）のシール部材が、分離膜エレメントを筒状圧力容器 26 内で実質的に一方向にのみ移動可能とする（実質的に一方向への移動が不可となり他の方向への移動は限定されない）原水シール部材（b）（以下、「シール部材 b」という）からなるとともに、分離膜エレメント A を複数のスパイラル型分離膜エレメントの中の少なくとも片側の端部、すなわち、原水供給方向の最上流側、および／または、原水供給方向の最下流側に装填し、分離膜エレメント B を分離膜エレメント A が装填された位置以外の全ての位置に装填することによって達成することができる〔上記実施態様（1）〕。

[0036] 例えば、図 5 においてシール部材 25 a 1 と 25 a 2 をスプリットリングシール、それ以外のシール部材 25 b 1, 25 b 2, 25 c 1, 25 c 2, 25 d 1, 25 d 2, 25 e 1, 25 e 2, 25 f 1, 25 f 2 を U-カップリングシールとして図 3 に示すように左開きに嵌着することによって、前述のように第 1 の分離膜エレメント 19 a のみを交換するにあたり、図 5 の被処理液供給側の端板 22 a を開け、第 1 の分離膜エレメント 19 a だけ抜き出し、新規の分離膜エレメントを装填するという分離膜エレメントの交換作業が容易に実施できる〔上記実施態様（6）〕。また、シール部材がすべてスプリットリングシールである場合の問題である、スプリットリングシールのシール不良によるわずかなリークが発生した場合でも、第 2 の分離膜エレメント 19 b 以降で U-カップリングのシール部材が確実な左開きに装着されているため、第 2 の分離膜エレメント 19 b 以降での被処理液のリークは発生しないため、分離膜エレメントの交換が容易であることと、リークシール不良による性能低下リスク削減を両立できることとなる。

[0037] また、図 5 においてシール部材 25 f 1 と 25 f 2 をスプリットリングシール、それ以外のシール部材 25 a 1, 25 a 2, 25 b 1, 25 b 2, 25 c 1, 25 c 2, 25 d 1, 25 d 2, 25 e 1, 25 e 2 を U-カップリングシールとして図 3 に示すように左開きに嵌着することによって、前述

のように第6の分離膜エレメント19fのみを交換するにあたり、図5の濃縮流体排出側の端板22bを開け、1本だけ抜き出し、新規の分離膜エレメントを装填するという分離膜エレメントの交換作業が容易に実施できる。

[0038] 従って本発明の主旨を鑑みると、分離膜エレメントAは、複数の分離膜エレメントの中の少なくとも片側の端部、すなわち、原水供給方向の最上流側または原水供給方向の最下流側から連続して複数個装填されていることも好ましい実施態様である。〔上記実施態様(2)〕。この実施態様の場合、例えば原水供給方向の最上流側から2番目の分離膜エレメントを交換する際に、原水供給方向の最上流側から2本の分離膜エレメントだけを抜き出し、新規の分離膜エレメントを装填する分離膜エレメントの交換作業が容易に実施できる。ただし、分離膜エレメントの汚れやスケール析出によって分離膜エレメントを交換する場合は、交換が必要な分離膜エレメントは1本だけであることが多いので、最上流や最下流の分離膜エレメントのみを分離膜エレメントAとすることが特に好ましい。

[0039] 本発明で、用いるシール部材としては、これまでに述べてきたようにOリングシール、X状リングシール、Uカップリングシール、スプリットリングシールを挙げることができるが、本発明においては、Uカップリングシールのように嵌着方向によって特性が変化する場合は、嵌着方向が異なる場合も、「異なるシール部材」と取り扱う。さらに、同じシール部材であっても二重に用いる場合、例えば、25a1の位置に一つのシール部材を使う、25b1～f1には同じシール部材を二つ用いる、また、25a1にはシール部材を備え、25a2にはシール部材を備えず、残りの25b1～f1、25b2～f2にはシール部材を用いるといった構成も、実質的に一部の分離膜エレメントのシール部材が異なることになる。スプリットリングシールにおいても国際公開第2011/046944号(特許文献3)に例示されているように、様々な材質、形状があり、シール性や摺動摩擦も異なるため、その特性によって分離膜エレメントAと他の分離膜エレメントのシール部材を適宜選択することが可能である。ただし、分離膜エレメントAは、分

離膜エレメントBに比べ、圧力容器内を両方向に動かして装填、取り出しが可能であることが必要である一方で、分離膜エレメントBは圧力容器内の移動に制約があってもシール性が高いことが好ましい。具体的には、原水シール部材(a)の特性としては、「分離膜エレメントを筒状圧力容器内で実質的に両方向に移動可能とする」ことが求められる。すなわち、両方向に移動させる場合の摺動抵抗に実質的な差がない、例えば、摺動面とシール部材が並行もしくは両方向対称に接触するものが求められる。このような特性を有する原水シール部材(a)の形状としては、スプリットリング状、もしくはOリング状、さらに、シール接触面がとがった、すなわち、断面がたとえば三角形になっているデルタリング状や断面がOではなく凸レンズ状、また、接触面が凹凸を保った波板状などを適用することができる〔上記実施態様(3)〕。素材は、スプリットリング状の場合は、非弾性材を用いることが好ましく、有機材料としては、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフッ化ビニリデン、ポリエチレン、ポリプロピレンを始めとする、様々な硬質プラスチック、無機材料としても、鉄、ステンレス、銅、アルミニウム、チタンやそれらの合金を使うこともできれば、セラミック、黒鉛、石綿も用いることができるし、また、FRPなどのように有機無機複合体や以上の素材の複層品を用いることも可能である。

[0040] Oリングやデルタリングなどの場合、弾性材製シール部材を用いるとシール性が高くなるため好ましいが、摺動性が損なわれやすいため、注意が必要である。摺動性を重視するため、弾性材製シール材で一般に考慮する潰し代(弾性材からなるOリングなどで密着性を上げるため、使用時に圧縮変形させる割合のことで、通常時の弾性材製シール材の外径における使用時に圧縮変形されて縮む外径の割合のことを指す。)を小さくすることが重要である。具体的には、通常8~30%とされている潰し代を、10%以下、より好ましくは5%以下にすることによって、圧力容器内での良好な摺動性を保つことが可能となる。

[0041] 弾性材としては、特に制約はなく、ニトリルゴム、スチロールゴム、シリ

コーンゴム、フッ素ゴム、アクリルゴム、エチレンプロピレンゴム、ウレタンゴムなど、一般に多用されるシール材を用いることができる。

[0042] なお、これらの素材は、分離膜モジュールの対象となる流体に耐久性があることが好ましい。たとえば、海水を対象にする場合は、鉄合金を用いると腐食しやすいので注意を要する。

[0043] 一方、原水シール部材（b）としては、原水シール材（a）と逆に、一方向への摺動抵抗が反対方向への摺動抵抗よりも著しく大きく、実質的に摺動抵抗が大きい方向に動かすことができないものである。このような特性を有する原水シール部材（b）としては、非対称であって、例えば、図3に例示するように一方向（右）から摺動させようとするときV形状が開いて摺動面との接触が密になるUカップ状またはVカップ状の弾性材製シール部材であることが好ましい〔上記実施態様（4）〕。

[0044] さらに、本発明は、汚れた分離膜エレメントを交換する場合以外にも、複数種類の特性（透水性能、除去性能、耐圧性など）が異なる分離膜エレメントを圧力容器に装填することによって分離膜モジュール内全体の性能バランスを高めることができる〔上記実施態様（5）〕。例えば、国際公開WO 2005/082497号で提案されているように、透水性能の異なる分離膜エレメントをひとつの圧力容器に装填する場合、また、複数分離膜エレメントのコネクターの一つを流体が通らないプラグにして、透過水を2方向から取り出す方法も、例えば日本国特開2001-137672号公報で提案されているが、これらのケースでは、汚れたりスケール析出したりしない場合でも、同じ品種の分離膜エレメントを同じ位置に装填する必要があるため、本発明に好適である。

[0045] 本発明を適用可能な被処理流体（原水）は特に、制限されるものではなく、河川水、海水、下水処理水、雨水、工業用水、工業廃水など、いろいろな流体を挙げることができるが、原水濃度変化によって、分離膜の運転条件や分離性能が大きく変動する、濃度の高い流体、とくに海水に好適である。

[0046] 本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神

と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは、当業者にとって明らかである。

本出願は、2012年2月29日出願の日本特許出願2012-042969に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0047] 本発明は、筒状圧力容器に複数のスパイラル型分離膜エレメントを装填した分離膜モジュールにおいて、性能を十分に発揮しつつ、装填、取り出しを容易にし、メンテナンス時間や労力を低減する分離膜モジュールおよび分離膜エレメントの交換方法として、好適に利用することができる。

符号の説明

- [0048] 1 : 分離膜
2 : 透過側流路材
3 : 供給側流路材
4 : 中心管
5 : テレスコープ防止板
6, 6a : 被処理流体（原水）
7, 7a : 透過流体（透過水）
8 : 濃縮流体（濃縮水）
9 : 筒状圧力容器の内壁
10 : テレスコープ防止板の外周部
11 : テレスコープ防止板の外周面
12 : Oリングシール
13 : Uカップシール
14 : スプリットリング状の非弾性材製シール部材
15 : スプリットリング状の非弾性材製シール部材のスプリット部
16 : スプリットリング状の非弾性材製シール部材の内径
17 : スプリットリング状の非弾性材製シール部材の外径
18 : 被処理流体（原水）供給口

19 a, 19 b, 19 c, 19 d, 19 e, 19 f : 分離膜エレメント

20 : 濃縮流体（濃縮水）排出口

21 : コネクター

22 a, 22 b : 端板

23 a, 23 b : 透過流体（透過水）取出口

24 : 耐圧容器胴部

25 a 1, 25 b 1, 25 c 1, 25 d 1, 25 e 1, 25 f 1 : シール部
材

25 a 2, 25 b 2, 25 c 2, 25 d 2, 25 e 2, 25 f 2 : シール部
材

26 : 筒状圧力容器

請求の範囲

[請求項1] 複数の分離膜エレメントを、筒状圧力容器内に装填した分離膜モジュールにおいて、

分離膜エレメントが、分離膜を含む膜ユニットが巻回されてなる膜ユニット巻体の外周が外装体で覆われ、膜ユニット巻体及び外装体の少なくとも片端にテレスコープ防止板が設けられ、少なくとも1つのテレスコープ防止板の外周に原水シール部材が設けられてなるスパイラル型分離膜エレメントであり、

分離膜エレメントを筒状圧力容器内で実質的に両方向に移動可能とする原水シール部材（a）を備える分離膜エレメント（A）が、複数の分離膜エレメントの中の少なくとも片側の端部に装填されており、

分離膜エレメントを筒状圧力容器内で実質的に一方方向にのみ移動可能とする原水シール部材（b）を備える分離膜エレメント（B）が、前記複数の分離膜エレメントの中の分離膜エレメント（A）が装填された位置以外の全ての位置に装填されていることを特徴とする分離膜モジュール。

[請求項2] 分離膜エレメント（A）が複数の分離膜エレメントの中の少なくとも片側の端部から連続して複数個装填されていることを特徴とする請求項1に記載の分離膜モジュール。

[請求項3] 原水シール部材（a）がスプリットリング状の非弾性材製シール部材またはOリング状の弾性材製シール部材であることを特徴とする請求項1または2に記載の分離膜モジュール。

[請求項4] 原水シール部材（b）がUカップ状またはVカップ状の弾性材製シール部材であることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の分離膜モジュール。

[請求項5] 分離膜エレメント（A）の性能が分離膜エレメント（B）の性能と異なることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の分離膜モジュール。

[請求項6] 請求項1～5のいずれか一項に記載の分離膜モジュールにおいて分離膜エレメントを交換する方法であって、分離膜エレメント（B）を筒状圧力容器内から取り出すことなく少なくとも片側の端部に装填された分離膜エレメント（A）を筒状圧力容器内から取り出すことを特徴とする分離膜エレメントの交換方法。