

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2013年11月28日(28.11.2013)

(10) 国際公開番号

WO 2013/176145 A1

(51) 国際特許分類:
B01D 65/02 (2006.01)〒1040045 東京都中央区築地1丁目4番5号
第37興和ビル Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2013/064115

(81)

(22) 国際出願日:

2013年5月21日(21.05.2013)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願 2012-115694 2012年5月21日(21.05.2012) JP

(71) 出願人: 東レ株式会社(TORAY INDUSTRIES, INC.)
[JP/JP]; 〒1038666 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 高木 亮太(TAKAGI, Ryota); 〒1038666 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 東レ株式会社 東京事業場内 Tokyo (JP). 大久保 賢一(OKUBO, Kenichi); 〒5208558 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社 滋賀事業場内 Shiga (JP). 羽川 和希(HAGAWA, Kazuki); 〒5208558 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社 滋賀事業場内 Shiga (JP).

(74) 代理人: 清流国際特許業務法人, 外(SEIRYU
PATENT PROFESSIONAL CORPORATION et al.);

指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

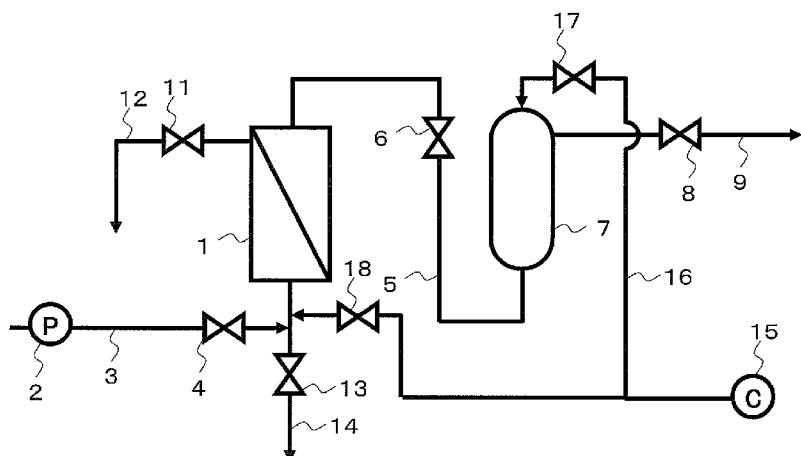
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 國際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: CLEANING METHOD FOR SEPARATION MEMBRANE MODULE

(54) 発明の名称: 分離膜モジュールの洗浄方法



(57) Abstract: Provided is an efficient cleaning method for a separation membrane module with which the stable operation of the separation membrane module is made possible. In a cleaning method for an external pressure-type separation membrane module (1), at least a portion of a membrane primary side of a separation membrane is set at a water level that will be above water, pressurized gas is subsequently introduced to a membrane secondary side of the separation membrane and water on the membrane secondary side extrudes to the membrane primary side, thereby performing reverse-pressure cleaning.

(57) 要約: 分離膜モジュールを安定に運転可能にするようにした分離膜モジュールの効果的な洗浄方法を提供する。外圧式の分離膜モジュール1の洗浄方法において、分離膜の膜一次側の少なくとも一部が水面上になる水位にした後に、分離膜の膜二次側に加圧気体を導入して膜二次側の水を膜一次側に押出すことによって逆圧洗浄をする。

明 細 書

発明の名称：分離膜モジュールの洗浄方法

技術分野

[0001] 本発明は、分離膜モジュールを長期間にわたって安定に運転するための分離膜モジュールを効果的に洗浄する方法に関する。

背景技術

[0002] 膜分離法は、省エネルギー・省スペースで、膜ろ過水の水質が優れていることに加え、運転維持管理が容易であること等の特長を有するため、様々な分野での使用が拡大している。例えば、精密ろ過膜や限外ろ過膜については、河川水や地下水や下水処理水から工業用水や水道水を製造する浄水プロセスへの適用や、海水淡水化逆浸透膜処理工程における前処理への適用、下水や工場排水の再利用逆浸透膜処理工程における前処理への適用が挙げられる。

[0003] 原水を膜ろ過するにあたって、原水中の水分は分離膜を介して膜ろ過水として取り出され、不純物は分離膜表面上や分離膜の多孔質部内に残されるために、分離膜の目詰まりや分離膜間の流路閉塞が進行して、膜ろ過水量の低下あるいは膜ろ過差圧の上昇が問題となってくる。

[0004] そこで、定期的に分離膜の膜ろ過水側から原水側へ膜ろ過水を逆流させることによって分離膜表面に蓄積した不純物層を剥離、除去したり（以下、「逆洗」と称す）、分離膜モジュールの原水側下部から連続的、あるいは間欠的に気泡を導入させることによって分離膜を揺動させたり、気泡によるせん断力により分離膜表面や分離膜間の流路に蓄積した不純物を剥離、除去したり（以下、「空洗」または「気体洗浄」と称す）、分離膜モジュール内の原水を、前記逆洗や空洗によって分離膜表面から剥離、除去された不純物とともに排出したり（以下、「ドレン」と称す）する物理洗浄を実施している（例えば特許文献1、2、3参照）。

[0005] さらに洗浄効果を高めるため、例えば逆洗水に酸溶液、アルカリ溶液、酸

化剤水溶液や洗浄剤を添加して、化学的に膜表面や膜細孔内に付着した物質を溶解もしくは分解除去する化学洗浄も併せて実施されている。

- [0006] また、これらの物理洗浄や化学洗浄を組合せた分離膜モジュールの洗浄方法として、逆洗水に次亜塩素酸ナトリウムを添加して逆洗を行うと同時に空洗を行ったり（例えば特許文献4参照）、ドレンを行って分離膜モジュール内の原水側の水を排出してから、逆洗排水をドレンしながら逆洗を行ったり（例えば特許文献5参照）、分離膜モジュールの原水側を水で満たした状態で、加圧気体を分離膜モジュールの膜ろ過水側に導入して、膜ろ過水側の滞留水を分離膜の膜ろ過水側から原水側へ通過させて分離膜表面に蓄積した不純物層を剥離、除去したり（例えば特許文献6参照）する洗浄が実施されている。
- [0007] しかしながら、これらの方法をもってしても分離膜の洗浄は未だ不十分であり、さらに効果的な洗浄方法が求められている。

先行技術文献

特許文献

- [0008] 特許文献1：日本国特開平11-342320号公報
特許文献2：日本国特許第2118022号公報
特許文献3：日本国特許第3948593号公報
特許文献4：日本国特開2001-079366号公報
特許文献5：日本国特開平6-170364号公報
特許文献6：日本国特許第3887072号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] 本発明の目的は、分離膜モジュールを安定に運転可能にするようにした分離膜モジュールの効果的な洗浄方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0010] 上記課題を解決する本発明の分離膜モジュールの洗浄方法は、次の特徴を

有するものである。

(1) 外圧式の分離膜モジュールの洗浄方法において、分離膜の膜一次側の少なくとも一部が水面上になる水位にした後に、分離膜の膜二次側に加圧気体を導入して膜二次側の水を膜一次側に押出すことによって気体押し出し逆圧洗浄をすることを特徴とする分離膜モジュールの洗浄方法。

(2) 外圧式の分離膜モジュールの洗浄方法において、分離膜の膜一次側がすべて水面上になるようにした後に、分離膜の膜二次側に加圧気体を導入して膜二次側の水を膜一次側に押出すことによって気体押し出し逆圧洗浄をすることを特徴とする(1)に記載の分離膜モジュールの洗浄方法。

(3) 分離膜の膜二次側に導入する加圧気体の圧力が、分離膜のバブルポイント未満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の洗浄方法。

(4) 分離膜の膜二次側に加圧気体を導入して膜二次側の水を膜一次側に押出すことによって気体押し出し逆圧洗浄をする際に、分離膜モジュールの下部に位置する排水弁を開くことにより、逆洗排水の一部またはすべてを膜モジュールの下部から排水させることを特徴とする、請求項(1)～(3)のいずれかに記載の分離膜モジュールの洗浄方法。

(5) 分離膜の膜二次側に加圧気体を導入して膜二次側の水を膜一次側に押出すことによって気体押し出し逆圧洗浄をする際に、分離膜モジュールの下部から排水される逆洗排水の流量よりも、分離膜の膜二次側から膜一次側へ押出す逆洗排水の流量を大きくすることにより、分離膜の膜一次側の水位を上げて、前記気体押し出し逆圧洗浄中および／または気体押し出し逆圧洗浄後に分離膜モジュールを空気洗浄することを特徴とする、(1)～(4)のいずれかに記載の分離膜モジュールの洗浄方法。

(6) 分離膜モジュールが、ケーシング内に分離膜を収納した加圧型分離膜モジュールであることを特徴とする、(1)～(5)のいずれかに記載の分離膜モジュールの洗浄方法。

発明の効果

[0011] 本発明の分離膜モジュールの洗浄方法によれば、一旦分離膜モジュール内の水位を下げる、分離膜の膜一次側の少なくとも一部が水面上になるようにした後に、分離膜の膜二次側に加圧気体を導入して膜二次側の水を膜一次側に押出すことによって気体押し出し逆圧洗浄（以下、「気体押し出し逆洗」という。）を行う。ここで、加圧気体を駆動力にするために、従来のポンプを駆動力として水を加圧して行う逆洗よりも大きな圧力を分離膜の膜二次側にかけることができる上に、この気体押し出し逆洗中における膜一次側、すなわち逆洗水の出口側には水圧がかからない状態となっているため、膜二次側に導入される加圧気体の圧力を最大限に気体押し出し逆洗の駆動力として使用できるので、効果的に膜細孔内ならびに膜表面上に蓄積した不純物を剥離、除去することが可能である。さらに、膜一次側に水圧がかかる膜一次側周囲が液体の状態よりも膜表面に付着した物質が剥離しやすく、従来よりも効率的に洗浄をすることが可能である。また、ポンプを駆動力とした逆洗を行う従来の造水装置と比べて、本発明の洗浄方法を用いた造水装置は逆洗ポンプを省略することが可能である。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、本発明の洗浄方法が適用される造水装置の一例を示す装置概略フロー図である。

[図2]図2は、本発明の洗浄方法が適用される造水装置の他の例を示す装置概略フロー図である。

[図3]図3は、本発明の洗浄方法が適用される造水装置の更に他の例を示す装置概略フロー図である。

[図4]図4は、本発明の洗浄方法が適用される造水装置の更に他の例を示す装置概略フロー図である。

[図5]図5は、比較例に使用した造水装置を示す装置概略フロー図である。

[図6]図6は、本発明の気体押し出し逆洗における分離膜内表面にかかる圧力を模式的に表した図である。

[図7]図7は、従来の逆洗における分離膜内表面にかかる圧力を模式的に表し

た図である。

[図8]図8は、従来の逆洗における分離膜内表面にかかる圧力を模式的に表した図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面に示す実施態様に基づいて本発明をさらに詳細に説明する。なお、本発明は以下の実施態様に限定されるものではない。

[0014] 本発明の洗浄方法の対象となる造水装置は、例えば、図1に示すように、原水を膜ろ過する外圧式の分離膜モジュール1と、原水供給配管3、原水弁4を介して原水を分離膜モジュール1に供給する原水供給ポンプ2、分離膜モジュール1内の気体を押出すためのオーバーフロー弁11、オーバーフロー配管12、原水を膜ろ過して得られた膜ろ過水を取り出すための膜ろ過水配管5、逆洗弁6、膜ろ過水流出配管9、気体押し出し逆洗に用いられる逆洗水を貯留する逆洗水加圧水槽7、気体押し出し逆洗の駆動力となる加圧気体を供給する加圧気体源15、加圧気体配管16、加圧気体弁17、膜ろ過水弁8、分離膜モジュール1内の膜一次側の原水を排出するための排水弁13、排水配管14、空洗のための気体を供給するための空洗弁18から構成される。

[0015] ここで、外圧式の分離膜モジュールとは、分離膜の外表面から分離膜の内部に向かう方向に膜ろ過を行う形式の膜モジュールをいう。

[0016] 上述の造水装置における基本的な運転工程である給水工程、膜ろ過工程、気体押し出し逆洗工程、空洗工程および排水工程について説明する。各運転工程は、例えば、表1に示すような機器の発停と弁の開閉の組合せによって構成される。

[0017]

[表1]

[0018] まず、分離膜モジュール1の膜一次側を原水で満たすための給水工程として、原水弁4、オーバーフロー弁11を開にして原水供給ポンプ2を稼動させて原水を分離膜モジュール1へと供給する。分離膜モジュール1の膜一次側が原水で満たされたら膜ろ過工程へと移行する。膜ろ過工程では、逆洗弁6、膜ろ過水弁8を開にして、オーバーフロー弁11を閉にすることで原水は分離膜モジュール1によって膜ろ過される。得られた膜ろ過水は、膜ろ過水配管5、逆洗弁6、逆洗水加圧水槽7、膜ろ過水弁8、膜ろ過水流配管9を介して取り出される。膜ろ過工程の時間は、原水水質や膜ろ過流束に応じて適宜設定するのが好ましいが、所定の膜ろ過差圧に到達するまで膜ろ過を継続させてもよい。膜ろ過工程の後に、気体押出し逆洗工程を実施するために、原水供給ポンプ2を停止し、原水弁4、逆洗弁6、膜ろ過水弁8を開にする。

[0019] 本発明の洗浄方法において、気体押出し逆洗工程の間および／または気体押出し逆洗工程の後に気体洗浄（空洗）を行うことができる。以下、気体押出し逆洗工程をStep1～Step3で行った後、空洗工程をStep4～Step5で行うものとして説明するが、本発明の実施形態はこの例に限定されるものではない。

[0020] 気体押出し逆洗工程において、Step1ではオーバーフロー弁11、排水弁13を開にして分離膜モジュール1内の膜一次側の原水を排出する。この時、分離膜の膜一次側が少なくとも一部が水面上になる水位になる。すなわち、分離膜の膜一次側は少なくとも一部の周囲或いは全部の周囲が気体となった状態になり、一方、膜二次側には膜ろ過水が保持された状態になる。次いで、Step2では、加圧気体弁17を開にして加圧気体源15から逆洗水加圧水槽7に加圧気体を供給し、逆洗水加圧水槽7内の逆洗水に所定の圧力を印加する。さらに、Step3では、逆洗弁6を開にすることで、逆洗水加圧水槽7内で所定の圧力を印加された逆洗水が加圧気体に押出されて、膜ろ過水配管5、逆洗弁6を介して分離膜モジュール1の膜二次側へと押し込まれ、分離膜を透過して膜一次側へと流出する。分離膜を透過した逆洗

排水は、その一部またはすべてが排水弁13から排水される。

- [0021] 空洗工程においては、Step4ではオーバーフロー弁11を開としたまま、逆洗弁6、排水弁13、加圧気体弁17を閉にして、原水弁4を開にして、原水供給ポンプ2を稼動させて原水を分離膜モジュール1へと供給して、分離膜モジュール1の膜一次側に水を張る。次いで、Step5ではオーバーフロー弁11を開としたまま、原水供給ポンプ2を停止、原水弁4を閉にして、空洗弁18を開にして分離膜モジュール1の膜一次側に気体を導入して、気泡によって分離膜を揺動させたり、気泡によるせん断力により分離膜表面や分離膜間の流路に蓄積した不純物を剥離、除去したりする空洗を行う。
- [0022] 排水工程においては、オーバーフロー弁11を開としたまま、空洗弁18を閉、排水弁13を開にして、分離膜モジュール1の膜一次側の水を、空洗によって分離膜表面や分離膜間の流路から剥離した不純物とともに分離膜モジュール1から排出する。
- [0023] ここで、分離膜の膜一次側とはろ過対象となる原水が供給される側であり、分離膜の膜二次側とは原水を分離膜でろ過したろ過水側のことをいう。膜一次側には原水に含まれる懸濁物質が存在しているが、膜ろ過水には原水に含まれる懸濁物質は膜ろ過されて除去されているので、膜二次側には懸濁物質は存在していない。また、懸濁物質とは、濁度、浮遊物質量もしくはSS濃度（浮遊物質濃度）で定義されるものであり、一般的に精密ろ過膜および限外ろ過膜によって除去される物質である。
- [0024] 逆洗水とは逆洗に使用される水が膜二次側を流動する状態の水をいい、逆洗排水とは逆洗水が膜二次側から膜一次側へと分離膜を透過して、膜一次側の分離膜表面上へ至って、膜一次側を流動する状態の水をいう。また、分離膜表面は膜一次側の水と分離膜が接する面と定義する。なお、逆洗水としては、原水を分離膜でろ過したろ過水を使うことが一般的であるが、懸濁物質が除去された水であれば膜二次側を懸濁物質で汚染させることができないので逆洗水として使用することができる。

- [0025] 気体押し出し逆洗では、予め加圧気体を膜二次側に導入して逆洗水に任意の逆洗圧を印加しておき（Step 2）、その後に逆洗弁6を開とすることで、逆洗水に印加された逆洗圧が瞬時に開放されて分離膜に作用するため（Step 3）、分離膜に任意の逆洗圧を印加することができる。
- [0026] ところで、従来逆洗水をポンプの駆動力を用いて押し込んで逆洗を行うことが多いが、この場合には逆洗圧は逆洗用ポンプの駆動力の範囲内という制約下で逆洗水流量に依存して求められ、一般的には逆洗圧は逆洗水流量に比例する。また、膜ろ過工程時の膜ろ過圧も同様に膜ろ過水流量に比例する。従って、膜ろ過圧の数倍する逆洗圧を印加したい場合には、膜ろ過水流量に対して逆洗水流量を数倍になるようにするためには、逆洗用ポンプを原水供給ポンプの数倍の能力となるように選定し、かつ、逆洗水ならびに逆洗排水が流下する膜ろ過水配管5、オーバーフロー配管12、逆洗弁6、オーバーフロー弁11の口径を逆洗水流量に見合うようにサイズアップしなければならないために、設備費、逆洗用ポンプの動力費が過剰にかかり、経済的でなくなる欠点がある。しかしながら、气体押し出し逆洗においては、逆洗圧は加圧気体に印加された圧力をもって任意に設定できるために、膜ろ過圧の数倍する逆洗圧であっても容易に印加することができ、高い逆洗圧によって強い洗浄効果を得ることができる。
- [0027] 本発明において、分離膜の膜二次側に導入する加圧気体の圧力としては、分離膜のバブルポイント未満であることが好ましい。加圧気体の圧力を分離膜のバブルポイント未満にすることにより、加圧気体が分離膜を透過することなく、逆洗水のみが分離膜を透過するので、分離膜の細孔内に気体を進入させて分離膜を乾燥させてしまうことなく逆洗をすることができる。バブルポイントは、JIS K 3832「精密濾過膜エレメントおよびモジュールのバブルポイント試験方法」に記載された方法により求められ、分離膜の細孔内に液体（造水装置の場合は水）を充填し、その一方の膜面を気体で徐々に加圧していき、細孔内から液体（水）が押し出され、空気が流れ始めると

きの圧力である。

[0028] ここで、逆洗水に所定の圧力を印加する加圧気体を供給するための加圧気体源15としては、10kPa～1000kPa程度の圧力範囲の気体を供給できる手段であれば、いかなる手段を用いても構わない。一般的には、入手しやすく、維持管理が容易であるエアコンプレッサを用いることが好ましい。エアコンプレッサによって加圧された気体を一旦エアタンクに貯留し、エアタンクの後段に設置したレギュレータによってエアコンプレッサによって加圧された気体を任意の圧力に調圧した後に、加圧気体配管16、加圧気体弁17を介して、逆洗水加圧水槽7に供給することが、簡素な設備構成で容易に任意の圧力の加圧気体を供給できるので好ましい。

[0029] さらに、本発明の気体押し出し逆洗においては、加圧気体が逆洗水加圧水槽7などの膜二次側に供給されるため、膜二次側の管路である膜ろ過水配管5、逆洗水加圧水槽7、膜ろ過水流出配管9が加圧気体中の不純物によって汚染しないように、加圧気体源15から加圧気体弁17までの間に加圧気体中の不純物除去のためのフィルタを設置することが好ましい。加圧気体用フィルタとしては、エアコンプレッサ等の加圧気体源に由来するオイルミストを除去するためのオイルミストセパレータや、加圧気体中の微粒子等を除去するためのエアフィルタが挙げられる。また、加圧気体としては、本発明の主旨から特に限定されるものではないが、加圧気体を用いて水を押出するので、水への溶解度が小さい気体が好ましい。一般的には大気を圧縮した加圧空気を用いると、気体源の入手が容易であり、水への溶解度が小さく、かつ人体への有害性の面でも安全であるので好ましい。

[0030] 逆洗水加圧水槽7としては、逆洗水となる水を貯留できて、加圧気体源15から供給される加圧気体の圧力への耐圧性を有していれば、本発明の主旨からどのような形状、材質であっても構わない。耐圧性を有する水槽を逆洗水加圧水槽7として膜ろ過水配管5の途中に設けても良いし、膜ろ過水配管5に逆洗水に必要な容積をもたせて逆洗水加圧水槽7として扱っても良い。

[0031] また、図4に示すように、膜ろ過工程において逆洗水加圧水槽7を満水に

する際にだけ、逆洗弁6、逆洗水加圧水槽エア抜き弁19を開にして、逆洗水加圧水槽7に膜ろ過水を導き、逆洗水加圧水槽7が満水になれば逆洗弁6、逆洗水加圧水槽エア抜き弁19を閉にして、膜ろ過水を、膜ろ過水配管5、膜ろ過水弁8、膜ろ過水流出配管9を介して膜ろ過水を取り出すようにしても良い。

[0032] 本発明において、Step 3で気体押出し逆洗を行った際には、分離膜の膜二次側から膜一次側へ透過して流出した逆洗排水は、重力に従って分離膜モジュール1の下部へと分離膜表面を流下して排水弁13、排水配管14を介して排出される。図6は、この際の分離膜内表面にかかる圧力を、分離膜表面の鉛直方向における圧力分布として表わす図である。ここで、分離膜内表面とは膜二次側の水と分離膜が接する面と定義する。図中、縦軸は分離膜内表面の鉛直方向を表し、添え字*i*は任意の高さ（分離膜の長さL*i*）における圧力を表す。縦軸と横軸の交点は、分離膜内表面の上端部、縦軸の矢印方向は、長手方向を略鉛直にした分離膜の長さ方向を意味する。横軸は、矢印方向が逆洗駆動力における印加圧力、矢印の反対方向が逆洗駆動力における損失圧力の大きさを表す。

[0033] 図6において、分離膜内表面には膜二次側の分離膜の上端部に印加された逆洗圧力P₁、および膜二次側には水が満たされているために膜二次側から分離膜内表面に向けて水頭圧P₂がかかる。水頭圧P₂は鉛直方向下向きに次第に大きくなる。一方、膜一次側には水が満たされていないことから、膜一次側から分離膜内表面に向けてかかる圧力は存在しない。ここで、気体押出し逆洗を行った際には、分離膜の膜二次側を分離膜の上端部から下端部に向けて逆洗水が流下するために、膜二次側で逆洗圧力の流動抵抗による圧力損失P₃が生じる。圧力損失P₃は鉛直方向下向きに次第に大きくなる。よって、分離膜内表面にかかる実効的な逆洗駆動力である逆洗実効圧P_Bは、式P_B=P₁+P₂-P₃で表される。上記の通り、膜一次側には水が満たされていないことから膜一次側に水圧による抵抗がなくなるために、膜二次側に印加されている逆洗圧力P₁が膜一次側の水圧による抵抗を受けずに最大限に逆洗の駆動力とし

て使用できる。さらに、分離膜の長手方向 L_1 が略鉛直に配された分離膜モジュールで、かつ、分離膜モジュールならびに分離膜の上端部から逆洗水が流入する場合、膜二次側は水で満たされているために分離膜の下端ほど水頭圧 P_2 が大きくなるため、略鉛直方向に伸びる分離膜の下端部には、分離膜の上端部にかかる逆洗圧力 P_1 に膜二次側の水頭圧 P_2 が加わった圧力が気体押し出し逆洗の駆動力として使用できる。そのため、分離膜の略鉛直方向の上端から下端まで比較的均一に気体押し出し逆洗の効果を与えることが可能となり、分離膜の洗浄の効果が高く得られる。

[0034] また、分離膜表面上に付着、蓄積した不純物は、膜一次側に水圧による抵抗、膜一次側の水が分離膜モジュール外へ移送される際の流動抵抗がなくなるために、分離膜表面から剥離しやすく、剥離した不純物は重力に従って分離膜表面をしたたり落ちる逆洗排水に移送されて分離膜モジュール 1 の下部から排水弁 13、排水配管 14 を介してそのまま排出される。

[0035] 一方、従来の逆洗では、分離膜の膜一次側には原水ならびに逆洗排水が満たされた状態で実施されており、逆洗排水はオーバーフロー弁 11、オーバーフロー配管 12 を介して分離膜モジュール 1 から排出される。図 7 は、この際の分離膜内表面にかかる圧力を表わす図である。膜二次側の分離膜の上端部に印加された逆洗圧力 P_1 、膜二次側には水が満たされているために膜二次側から分離膜内表面に向けて水頭圧 P_2 がかかる。一方、膜一次側にも水が満たされているために膜一次側から分離膜内表面に向けて水頭圧 P_4 がかかる。なお、膜二次側の水頭圧と、膜一次側の水頭圧とは、造水装置の膜ろ過水配管 5 とオーバーフロー配管 12 との位置関係に左右されるが、略同等となる造水装置が多いので、分離膜内表面を介して膜一次側水頭圧 P_4 と膜二次側水頭圧 P_2 とは相殺された状態となる。ここで、気体押し出し逆洗を行った際には、分離膜の膜二次側を分離膜の上端部から下端部に向けて逆洗水が流下するに、膜二次側で逆洗圧力の流動抵抗による圧力損失 P_3 が生じる。よって、分離膜内表面にかかる実効的な逆洗駆動力である逆洗実効圧 P_B は、式 $P_B = P_1 + P_2 - P_3 - P_4 = P_1 - P_3$ で表される。

[0036] また、図8は、図7で示した逆洗時の状態に加えて、ケーシング容器内に分離膜を収納した分離膜モジュール内から逆洗排水が排出される際に分離膜内表面にかかる圧力を表わす図である。図7で示した圧力に加えて、分離膜の膜二次側から膜一次側へと通過した逆洗排水が、分離膜モジュール内を逆洗排水口へと流動する際に発生する流動抵抗による圧力損失 P_5 、さらに、逆洗排水が分離膜モジュールの逆洗排水口ならびにオーバーフロー配管を通過する際に発生する流動抵抗による圧力損失 P_6 が生じる。よって、分離膜内表面にかかる実効的な逆洗駆動力である逆洗実効圧 P_B は、式 $P_B = P_1 + P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_6 = P_1 - P_3 - P_5 - P_6$ で表される。

[0037] このとき、逆洗にあたっては分離膜内表面に、膜一次側に満たされた水による水頭圧 P_4 と、逆洗排水が分離膜モジュール1から排出されてオーバーフロー弁11、オーバーフロー配管12を介して流出する際に生ずる流動抵抗 P_5 および P_6 による背圧とが印加された状態になっている。このことによって、分離膜表面上に付着、蓄積した不純物が分離膜表面から剥離し難くなる。

[0038] さらに、膜一次側の水頭圧 P_4 と流動抵抗 P_5 および P_6 とが、逆洗の駆動力を減殺するかたちで影響を及ぼすために、有效地に作用する逆洗の駆動力が減じられ、結果として逆洗効果が減じられる。ここで、膜一次側が水で満たされている場合、逆洗にあたっては膜一次側にかかる水頭圧 P_4 と膜二次側にかかる水頭圧 P_2 は略同等であることが多く、分離膜を挟んだ膜一次側と膜二次側との水頭圧 P_4 および P_2 が相殺された状態となる。また、分離膜の上端部での逆洗圧 P_1 は、分離膜の膜二次側の流路を逆洗水が流動する際に生じる流動抵抗 P_3 によって分離膜の下端に近づくにつれて有効に作用する逆洗の駆動力が減じられる。

[0039] 分離膜モジュール1からの逆洗排水の出口が分離膜モジュール1の上方に位置している場合、逆洗排水が分離膜モジュール1から流出する際に生じる流動抵抗 P_5 は分離膜の下端に近いほど大きくなり、分離膜の上端に近いほど小さくなる。さらに、分離膜モジュール1の逆洗排水口がノズル形状となっている加圧型分離膜モジュールにあっては、短時間で大流量の逆洗排水を流

出させようとする場合には、ノズル形状となっている逆洗排水口で大きな流動抵抗 P_6 が発生してしまい、逆洗の駆動力を減殺させる。

- [0040] これらの作用から、分離膜の膜一次側に水が満たされた状態における逆洗にあたっては、本発明における気体押し出し逆洗に比べると、膜一次側の水頭圧 P_4 によって逆洗の駆動力が減殺された上に、膜二次側での逆洗水の流動抵抗 P_2 と膜一次側での逆洗排水の流動抵抗 P_5 および P_6 とで分離膜の上端部から下端部へかけての逆洗の駆動力の減衰の度合いが大きくなることから、十分な逆洗の効果が得られない。
- [0041] 気体押し出し逆洗工程の Step 1 では、分離膜モジュール 1 の膜一次側の水を排出するが、その際に分離膜モジュール 1 の膜一次側の水は残っていても構わないが、好ましくは分離膜の略鉛直方向の半分以上が、より好ましくは分離膜全体が水面よりも上になっていて、気体に触れるようにする。分離膜全体が水面よりも上になっている場合、上記した作用によって、膜一次側での水頭圧による背圧、流動抵抗による背圧による逆洗の駆動力の減衰がなく、本発明の気体押し出し逆洗の効果が最大となる。
- [0042] しかしながら、分離膜の略鉛直方向の一部が水面よりも下になっている場合でも、分離膜モジュール 1 の膜一次側が水で満たされている場合に比べると、水面よりも下になっている部分については、水頭圧による背圧、流動抵抗による背圧が逆洗の駆動力を減衰させるとはいえ、本発明の気体押し出し逆洗の効果を得ることができる。分離膜モジュール 1 の膜一次側の水が残っていて分離膜の略鉛直方向の一部が水面よりも下になっている場合、気体押し出し逆洗にあたっては水面下の分離膜には、膜一次側の水位に依存する水頭圧が逆洗の背圧として印加される。また、分離膜モジュール 1 が加圧型分離膜モジュールである場合、逆洗排水が分離膜モジュールのノズル形状となっている逆洗排水口から流出する際には、逆洗排水口、オーバーフロー配管、オーバーフロー弁において発生する流動抵抗が逆洗の背圧として印加されるが、逆洗排水によって膜一次側の水位が上昇しても、ノズル形状となっている逆洗排水口から逆洗排水が流出するまでは前記流動抵抗は発生しない。よっ

て、気体押出し逆洗を開始する時点での水位が低い方が、より逆洗の駆動力を減殺させる作用が小さくなるために、本発明の気体押出し逆洗の効果を高く得られるので好ましい。

[0043] 気体押出し逆洗工程の Step 2 では、逆洗水に薬液を添加した方が、分離膜表面や分離膜細孔内に付着、蓄積した不純物を薬液によって分解、溶解して除去する効果があるので好ましい。薬液を添加する手段としては図 2 に示すように、図 1 に示す造水装置に薬液貯槽 21、薬液注入ポンプ 22、薬液注入配管 23 を加えるとよい。また、添加する薬液としては、塩酸、硫酸、硝酸等の無機酸を用いるとアルミニウム、鉄、カルシウム等に対して洗浄効果が高くなるので好ましく、シュウ酸、クエン酸等の有機酸を用いるとアルミニウム、鉄、カルシウム、マンガン等に対して洗浄効果が高くなるので好ましい。次亜塩素酸ナトリウム、二酸化塩素、塩素、過酸化水素、オゾン等の酸化剤を用いると有機物に対して洗浄効果が高くなるので好ましく、特に次亜塩素酸ナトリウムは安価で、入手し易く、取扱いが容易であるのでより好ましい。薬液の注入方法としては、図 2 に示す造水装置における気体押出し逆洗工程の Step 3において、加圧气体によって逆洗圧を印加された逆洗水が逆洗弁 6、膜ろ過水配管 5 を介して分離膜モジュールに流入する際に、薬液貯槽 21 に貯留された薬液を、薬液注入ポンプ 22 を用いて薬液注入配管 23 を介して逆洗水に注入しても良いし、膜ろ過工程において、膜ろ過水が膜ろ過水配管 5、逆洗弁 6 を介して、逆洗水加圧水槽 7 へと流入する際に、薬液貯槽 21 に貯留された薬液を、薬液注入ポンプ 22 を用いて薬液注入配管 23 を介して膜ろ過水に注入しても良い。

[0044] 薬液を逆洗水に注入する場合、逆洗に使用される水量だけの逆洗水に薬液を注入すればよく、一般的には逆洗水が分離膜モジュールに移送されている工程中だけ薬液を注入するので、注入する薬液量を少なくすることができるので好ましい。一方、図 4 に示すような造水装置では、膜ろ過工程において膜ろ過水に薬液を注入して、あらかじめ薬液が注入された膜ろ過水を逆洗水加圧水槽 7 に貯留すると、あらかじめ所定の薬液濃度に調整した水を逆洗水

として使用できるので、薬液注入ポンプ22の運用管理が容易になるので好ましい。

[0045] 空洗工程のStep4における分離膜モジュール1の膜一次側を水で満たす手段としては、上記の通りで原水を供給してもよいし、オーバーフロー弁11、逆洗弁6、加圧気体弁17を開、膜ろ過水弁8、排水弁13を閉とした状態で逆洗を行い、逆洗水を分離膜モジュール1の膜二次側から膜一次側へと供給することで分離膜モジュール1の膜一次側を逆洗排水で満たしてもよいし、気体押出し逆洗工程において排水弁13から排水される逆洗排水の流量よりも、分離膜の膜二次側から膜一次側へ押出す逆洗排水の流量を大きくすることにより、分離膜の膜一次側の水位を上げて逆洗排水で満たしてもよいし、これらの手段を組み合わせてもよい。この時、分離膜モジュール1の原水側を満たすための原水あるいは逆洗水には酸化剤を添加した方が、分離膜表面や分離膜細孔内に付着、蓄積した不純物を酸化して分解除去する効果があるので好ましい。

[0046] また本発明において、気体押出し逆圧洗浄中および／または気体押出し逆圧洗浄後に分離膜モジュールを気体洗浄することができる。すなわち空洗工程中にも分離膜モジュール1の膜一次側に上記した手段で原水もしくは逆洗水を供給して、オーバーフロー弁11、オーバーフロー配管12を介して分離膜モジュール1から原水もしくは逆洗排水を流出させ続けた方が、空洗によって分離膜表面や分離膜間の流路から剥離した不純物が逐次、分離膜モジュール1の外へと移送されるので空洗の洗浄効果が高まって好ましい。

[0047] 空洗工程において分離膜モジュール1に導入する気体の加圧気体源15として、気体押出し逆洗工程において逆洗水に所定の圧力を印加するための加圧気体を供給するための加圧気体源15を共用しても構わないし、気体押出し逆洗用の加圧気体源15とは別にエアプロワを設置して用いても構わない。

[0048] 本発明の洗浄方法を適用する外圧式の分離膜モジュールの形式としては、外圧式であれば圧力容器となるケーシング容器内に分離膜を収納した加圧型

分離膜モジュールでも、大気開放された浸漬水槽に浸漬設置された浸漬型膜モジュールでも構わない。浸漬型膜モジュールは吸引ろ過を行うために、膜ろ過に使用できる圧力は現実的に -80 kPa 程度までに限定される。一方、加圧型分離膜モジュールでは膜ろ過に使用できる圧力は、分離膜モジュールおよび／または分離膜の耐圧能力に制限されるが、一般的には浸漬膜モジュールよりも膜ろ過に使用できる圧力の範囲が大きいために、浸漬膜モジュールよりも高い膜ろ過圧力を持って、高い膜ろ過流束で膜ろ過ができるので好ましい。

[0049] 他方で、浸漬型膜モジュールは濁度、SS濃度（浮遊物質濃度）で示される懸濁物質が高濃度の原水の膜ろ過が可能であるので好ましい。浸漬型膜モジュールにおいては、高濃度の懸濁物質が流入しても、逆洗や空洗などの物理洗浄によって浸漬型膜モジュール外に懸濁物質を排出しやすいためである。ここで、浸漬型膜モジュールは一般的にケーシング容器に分離膜が収納されておらず、逆洗排水が一箇所に集中するノズルを介して逆洗排水を流出させることなく、浸漬型膜モジュール外へと流出するので、加圧型分離膜モジュールと比べると逆洗排水の流出に伴う流動抵抗が小さくなり、逆洗駆動力を減衰させる背圧となりにくい利点を有する。つまり、分離膜モジュール外への逆洗排水の流出の観点から、加圧型分離膜モジュールの方が本発明の効果をより大きく享受できるといえる。

[0050] 分離膜モジュールの形状としては、中空糸膜モジュール、チューブラー膜モジュール、スパイラル膜モジュール、平膜モジュール等があるが、いずれの形状の分離膜モジュールを用いても本発明の効果を享受することができる。ここで、中空糸膜とは直径 2 mm 未満の円管状の分離膜、チューブラー膜とは直径 2 mm 以上の円管状の分離膜をいう。しかしながら、平膜モジュールは、強い強度の逆洗を行うと支持板から平膜が剥離する懸念がある点、逆洗時に支持板と平膜との隙間に逆洗水が溜まりこんで支持板から平膜が膨張する形に変形する点、さらにその際に並列に設置された平膜エレメント間で、それぞれ向かい合った平膜エレメントから膨張した平膜同士が接触して流

路を塞いでしまう点、から本発明の効果が必ずしも十分には得られない場合がある。また、スパイラル膜モジュールは、巻き取られた平膜と平膜との間の膜一次側にネット状のスペーサーを流路材として組み込んだ形状のため、膜一次側の流路が狭くて膜モジュールの仕様として高い濃度の懸濁物質を受入れない点、膜一次側の流路が狭く、スペーサーを組み込んでいるために逆洗排水を重力による自然流下で排出し難い点、から本発明の効果が必ずしも十分には得られない場合がある。一方、中空糸膜モジュール、チューブラー膜モジュールは、強い逆洗に使用できる点、個々の中空糸膜・チューブラー膜の間の流路が十分に確保できる点、高い濃度の懸濁物質を受入れられる点、から本発明の効果を十分に得ることが出来るので好ましい。また、中空糸膜モジュールは、チューブラー膜モジュールよりも単位体積あたりの膜面積を大きく取れる点、からさらに好ましい。

[0051] 分離膜としては、本発明の主旨から多孔質であればどのようなものでも構わないが、一般的に除濁用途として用いられる精密ろ過膜（MF膜）および限外ろ過膜（UF膜）が好ましい。さらに、本発明の気体押出し逆洗にあっては、表面が平滑な性状を有し、さらに膜細孔が微細なUF膜を用いると、原水中の懸濁物質を分離膜の多孔部に流入させることなく分離膜表面で抑留することができるので、本発明の気体押出し逆洗によって分離膜の略鉛直方向の上端から下端までの分離膜表面に蓄積した懸濁物質を、効果的に剥離させることができるので好ましい。さらに、膜細孔が微細で、かつ分離膜表面が平滑なほど、分離膜表面上を下方に滴り落ちる逆洗排水によって分離膜表面から剥離させた懸濁物質を容易に移送できるので、懸濁物質を分離膜モジュール外に排出し易くなつて好ましい。ここで、UF膜であっても膜表面から内部にかけての膜構造が均質な分離膜よりも、膜表面部が緻密で膜内部にかけて疎になっていく膜構造が不均質な分離膜の方が、一般的に分離膜表面の膜細孔が微細で分離膜表面が平滑となるために好ましい。

[0052] また、分離膜の素材としては、本発明の主旨から特に限定されるものではないが、有機素材を使用する場合、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリア

クリロニトリル、エチレンーテトラフルオロエチレン共重合体、ポリクロロトリフルオロエチレン、ポリテトラフルオロエチレン、ポリビニルフルオライド、テトラフルオロエチレン-ヘキサフルオロプロピレン共重合体、およびクロロトリフルオロエチレン-エチレン共重合体、ポリフッ化ビニリデン（以下、「PVDF」と記すことがある。）、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、酢酸セルロース等が使用でき、無機素材を使用する場合はセラミック等が使用できる。この中でも膜強度や耐薬液性の観点からフッ素を含む有機素材やセラミックを素材とするものが好ましい。また、薬液洗浄回復性的観点から一般的に親水性素材とされるポリアクリロニトリルや酢酸セルロースを含む有機素材が好ましい。さらに、一般的に分離膜表面に付着、蓄積した懸濁物質は疎水性を示すことが多いため、分離膜表面での親水性が強い分離膜ほど分離膜表面に付着、蓄積した懸濁物質を剥離させ易くなるので好ましい。

[0053] また、分離膜モジュールは、略鉛直方向に配置、設置されるものが好ましい。略鉛直方向に配置、設置される分離膜モジュールでは、略水平方向に配置、設置される分離膜モジュールよりも、分離膜モジュール内の膜一次側の原水や、逆洗排水を排出し易いためである。

[0054] また、本発明の主旨から、分離膜モジュールひいては分離膜の長手方向が、略鉛直方向に配されていることが好ましい。これは、気体押し出し逆洗にあたって、分離膜モジュールならびに膜二次側の分離膜の上端部から逆洗水が流入する場合、膜二次側は水で満たされているために分離膜の下端ほど水頭圧が大きくなるため、略鉛直方向に伸びる分離膜の下端部には、分離膜の上端部にかかる逆洗圧に膜二次側の水頭圧が加わった圧力が逆洗の駆動力として使用できるためである。このことによって、分離膜の略鉛直方向の上端から下端まで比較的均一に逆洗の駆動力を与えることが可能となり、分離膜の洗浄の効果が高く得られる。

[0055] 膜ろ過の制御方法としては、定流量ろ過であっても定圧ろ過であっても構わないが、一定の処理水量ないし処理水流量が得られる点から定流量ろ過が

好みしい。一方、定圧ろ過は造水装置から流出する処理水流量が変動するものの、膜ろ過の制御は定流量ろ過よりも簡素にできるために好みしい。なお、定圧ろ過にあたっては、その後段に十分な緩衝能力を有する浄水池を設置している場合には、造水装置から流出する処理水流量の変動を浄水池で緩衝して、浄水池から一定の処理水量を供給することも可能である。

[0056] 膜ろ過方式としては、全量ろ過であってもクロスフローろ過であっても構わないが、膜ろ過に要するエネルギー消費量が少ないという点から全量ろ過が好みしい。

実施例

[0057] (実施例 1)

図3に示す設備構成の造水装置を用いて、分離膜モジュール1に外圧式のPVDF製中空糸限外ろ過膜モジュールHFU-2020(東レ(株)製)を1本使用して、薬液貯槽21に次亜塩素酸ナトリウム水溶液を貯留して、河川水を膜ろ過流束 $3\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ で全量ろ過方式で定流量ろ過を行った。

[0058] 各運転工程は、以下に示す機器の発停と弁の開閉によって構成した。まず、給水工程として原水弁4、オーバーフロー弁11を開にして、原水供給ポンプ2を稼動させて原水を分離膜モジュール1へと供給して分離膜モジュール1の膜一次側を原水で満たした。次いで、膜ろ過工程として、逆洗弁6、膜ろ過水弁8を開にして、オーバーフロー弁11を閉にすることで原水は分離膜モジュール1によって膜ろ過されて、膜ろ過水配管5、逆洗弁6、逆洗水加圧水槽7、膜ろ過水弁8、膜ろ過水流出配管9を介して膜ろ過水が取り出される。この際、原水供給ポンプ2の出力を膜ろ過水流量センサ(図示せず)の出力値によるフィードバック制御することにより、膜ろ過流束 $3\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ となるように膜ろ過水流量を定流量制御した。膜ろ過工程を30分間継続した後、原水供給ポンプ2を停止して、原水弁4、逆洗弁6、膜ろ過水弁8を閉にした後、オーバーフロー弁11を開にした。

[0059] 気体押し出し逆洗工程の水位低下ステップ(Step1)として、排水弁1

3を開にして分離膜モジュール1内の膜一次側の水を全て分離膜モジュール外へ排出した。水位低下ステップは45秒間実施すれば、分離膜モジュール1内の膜一次側の水を全て排出することができた。なお、この時点では分離膜モジュール1内の膜一次側には水が無くなつて周囲が空気となつた状態となつてゐるが、膜二次側には膜ろ過水が保持された状態となつてゐる。次いで、逆洗準備ステップ（Step2）として、加圧気体弁17を開にして逆洗水加圧水槽7に加圧空気を供給して、逆洗水加圧水槽内7内の水に圧力を印加した。この加圧空気は、加圧気体源15としてエアコンプレッサを使用して圧縮した空気を、逆洗用加圧気体調圧弁31を用いて100kPaとなるように調整した。逆洗準備ステップは45秒実施すれば、逆洗水加圧水槽7内の圧力が100kPaで一定になつた。次いで、気体押出し逆洗ステップ（Step3）として、加圧気体弁17を開にしたまま逆洗弁6を開にして、逆洗水加圧水槽7内で加圧空気によつて100kPaに加圧された水を膜ろ過水配管5、逆洗弁6を介して分離膜モジュール1の膜二次側へと押し込み、気体押出し逆洗を行つた。30秒間の気体押出し逆洗ステップにおいて、逆洗水として100Lの水を使用した。この気体押出し逆洗ステップ中に、薬液貯槽21に貯留した次亜塩素酸ナトリウム水溶液を、逆洗水として使用した100Lの水に対し塩素濃度5mg/Lとなるように薬液注入ポンプ22を用いて薬液注入配管23を介して逆洗水に注入した。この気体押出し逆洗ステップにあたつては、オーバーフロー弁11、排水弁13が開になつてゐるので、分離膜を膜二次側から膜一次側へと透過した逆洗水は、逆洗排水として分離膜表面をつたつて重力に従つて分離膜モジュール1の下方へと流下して、排水弁13、排水配管14を介して分離膜モジュール1外へと流出した。

[0060] 空洗工程の水張りステップ（Step4）として、加圧気体弁17、逆洗弁6の順に弁を閉じて、排水弁13を閉にして、オーバーフロー弁11は開としたまま原水弁4も開にし、原水供給ポンプ2を稼動させて原水を分離膜モジュール1へと供給して分離膜モジュール1の膜一次側を原水で満たした

。その後、原水供給ポンプ2を停止して原水弁4を閉じた。次いで、空洗ステップ（Step 5）として、空洗弁18を開いて分離膜モジュール1の膜一次側に空気を空気流量100NL/minとなるように導入して空洗を30秒間行った。空気流量は、加圧気体源15としてエアコンプレッサを使用して圧縮した空気を、空洗用加圧気体調圧弁32、空洗用気体流量調整弁33を用いて100NL/minとなるように調整を行った。その後、空洗弁18を閉じた。

- [0061] 排水工程として、オーバーフロー弁11を開いたまま、排水弁13を開いて、分離膜モジュール1内の膜一次側の水を、空洗工程によって分離膜表面や分離膜間の流路から剥離した不純物とともに分離膜モジュール1から排出した。次いで、給水工程に戻り、上記工程を繰り返した。
- [0062] その結果、分離膜モジュール1の膜ろ過差圧は、運転開始直後の30kPaに対し、6ヶ月後も60kPaと安定運転を行うことができた。また、運転期間中の本造水装置の平均電力消費量は、0.033kWh/m³であった。
- [0063] (実施例2)

図4に示す設備構成の造水装置を用いて、逆洗水への次亜塩素酸ナトリウム水溶液の注入方法として、膜ろ過工程時において膜ろ過水に塩素濃度5mg/Lとなるように薬液貯槽21に貯留した次亜塩素酸ナトリウム水溶液を薬液注入ポンプ22を用いて薬液注入配管23を介して膜ろ過水に注入して、逆洗水加圧水槽7に塩素濃度5mg/Lの水を貯留して、これを逆洗水として使用することとした点以外は、実施例1と同様に運転を行った。

- [0064] その結果、分離膜モジュール1の膜ろ過差圧は、運転開始直後の30kPaに対し、6ヶ月後も60kPaと安定運転を行うことができた。また、運転期間中の本造水装置の平均電力消費量は、0.033kWh/m³であり、実施例1比で1.00であった。

- [0065] (実施例3)

図3に示す設備構成の造水装置を用いて、気体押出し逆洗工程の気体押出

し逆洗ステップ時に排水弁13を閉として、分離膜の膜二次側から膜一次側に透過して生じた逆洗排水を分離膜モジュール1内の膜一次側に溜め込んでいくようにして、空洗工程の水張りステップを省略した点以外は、実施例1と同様に運転を行った。

[0066] その結果、分離膜モジュール1の膜ろ過差圧は、運転開始直後の30kPaに対し、6ヶ月後も70kPaと安定運転を行うことができた。また、運転期間中の本造水装置の平均電力消費量は、0.035kWh/m³であり、実施例1の平均電力消費量に対する比で1.06であった。

[0067] (実施例4)

図3に示す設備構成の造水装置を用いて、気体押出し逆洗工程の気体押出し逆洗ステップ(Step3)時に排水弁13を閉として、分離膜の膜二次側から膜一次側に透過して生じた逆洗排水を分離膜モジュール1内の膜一次側に溜め込んでいくようにして、空洗工程の水張りステップ(Step4)を省略した点、さらに気体押出し逆洗ステップ(Step3)の際に、排水弁13を閉としたまま空洗弁18を開にして分離膜モジュール1の膜一次側に空気を導入して空洗を行った点の2点以外は、実施例1と同様に運転を行った。

[0068] その結果、分離膜モジュール1の膜ろ過差圧は、運転開始直後の30kPaに対し、6ヶ月後も65kPaと安定運転を行うことができた。また、運転期間中の本造水装置の平均電力消費量は、0.033kWh/m³であり、実施例1の平均電力消費量に対する比で1.03であった。

[0069] (実施例5)

図3に示す設備構成の造水装置を用いて、気体押出し逆洗工程の気体押出し逆洗ステップ(Step3)の最初の10秒間をオーバーフロー弁11、排水弁13を開としたまま、逆洗排水を分離膜モジュール1外に排水弁13、排水配管14を介して流出させた点、次いで、気体押出し逆洗ステップとなって10秒経過後に排水弁13を閉として、逆洗排水を分離膜モジュール1内の膜一次側に溜め込んでいくようにして、空洗工程の水張りステップ(

Step 4) を省略した点、排水弁 13 を閉として分離膜モジュール 1 内の膜一次側に逆洗排水を溜め込んでいくと同時に、空洗弁 18 を開にして分離膜モジュール 1 の膜一次側に空気を導入して空洗を行った点、气体押出し逆洗ステップを合計 30 秒間実施後に加圧气体弁 17、逆洗弁 6 を閉にして气体押出し逆洗を停止させた後も、空洗弁 18 を開としたまま空洗を継続して、空洗を 30 秒間実施した後に空洗弁 18 を閉として空洗を停止させた点、の 4 点以外は、実施例 1 と同様に運転を行った。

[0070] その結果、分離膜モジュール 1 の膜ろ過差圧は、運転開始直後の 30 kPa に対し、6 ヶ月後も 61 kPa と安定運転を行うことができた。また、運転期間中の本造水装置の平均電力消費量は、0.032 kWh/m³であり、実施例 1 の平均電力消費量に対する比で 1.00 であった。

[0071] (比較例 1)

図 3 に示す設備構成の造水装置を用いて、气体押出し逆洗工程の水位低下ステップ (Step 1) および空洗工程の水張りステップ (Step 4) を省略した点以外は、実施例 1 と同様に運転を行った。この逆洗工程における气体押出し逆洗ステップ (Step 3) にあたっては、水位低下ステップを省略しているために分離膜モジュール 1 の膜一次側は水で満たされているので、分離膜を膜二次側から膜一次側へと透過した逆洗水は、逆洗排水として分離膜モジュール 1 の上方に設けられた逆洗排水口からオーバーフローして分離膜モジュール 1 外へと流出した。

[0072] その結果、分離膜モジュール 1 の膜ろ過差圧は、運転開始直後の 30 kPa に対し、6 ヶ月後には 87 kPa となっていた。また、運転期間中の本造水装置の平均電力消費量は、0.038 kWh/m³であり、実施例 1 の平均電力消費量に対する比で 1.18 であった。

[0073] (比較例 2)

図 5 に示す設備構成の造水装置を用いて、分離膜モジュール 1 に外圧式の PVDF 製中空糸限外ろ過膜モジュール HFU-2020 (東レ (株) 製) を 1 本使用して、薬液貯槽 21 に次亜塩素酸ナトリウム水溶液を貯留して、

河川水を膜ろ過流束 $3 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$ で全量ろ過方式で定流量ろ過を行った。

- [0074] 各運転工程は、以下に示す機器の発停と弁の開閉によって構成した。まず、給水工程として原水弁 4、オーバーフロー弁 11 を開にして、原水供給ポンプ 2 を稼動させて原水を分離膜モジュール 1 へと供給して分離膜モジュール 1 の膜一次側を原水で満たした。次いで、膜ろ過工程として、膜ろ過水弁 8 を開にして、オーバーフロー弁 11 を閉にすることで原水は分離膜モジュール 1 によって膜ろ過されて、膜ろ過水配管 5、膜ろ過水弁 8 を介して膜ろ過水が取り出され、逆洗水槽 34 に貯留される。逆洗水槽 34 からオーバーフローした膜ろ過水は、膜ろ過水流出配管 9 を介して装置外へと流出する。この際、原水供給ポンプ 2 の出力を膜ろ過水流量センサ（図示せず）の出力値によるフィードバック制御することにより、膜ろ過流束 $3 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$ となるように膜ろ過水流量を定流量制御した。膜ろ過工程を 30 分間継続した後、原水供給ポンプ 2 を停止して、原水弁 4、膜ろ過水弁 8 を閉にした後、オーバーフロー弁 11 を開にした。
- [0075] 逆洗工程として、逆洗弁 6 を開にして、逆洗ポンプ 35 を稼動させて逆洗水槽に貯留された膜ろ過水を逆洗水として、逆洗水配管 36、逆洗弁 6、膜ろ過水配管 5 を介して分離膜モジュール 1 の膜二次側へと押し込み、逆洗流束 $4 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$ で 30 秒間の逆洗を行った。この逆洗工程中に薬液貯槽 21 に貯留した次亜塩素酸ナトリウム水溶液を、逆洗水に対して塩素濃度 5 mg/L となるように薬液注入ポンプ 22 を用いて薬液注入配管 23 を介して逆洗水に注入した。この逆洗工程にあたっては、分離膜モジュール 1 の膜一次側は水で満たされているので、分離膜を膜二次側から膜一次側へと透過した逆洗水は、逆洗排水として分離膜モジュール 1 の上方に設けられた逆洗排水口からオーバーフローして分離膜モジュール 1 外へと流出した。逆洗を 30 秒間実施した後、逆洗ポンプ 35 を停止させ、逆洗弁 6 を閉にした。
- [0076] 空洗工程として、オーバーフロー弁 11 は開としたまま空洗弁 18 を開にして、分離膜モジュール 1 の膜一次側に空気を空気流量 100 N L / min

となるように導入して空洗を30秒間行った。空気流量は、加圧気体源15としてエアコンプレッサを使用して圧縮した空気を、空洗用加圧気体調圧弁32、空洗用気体流量調整弁33を用いて $100\text{NL}/\text{min}$ となるように調整を行った。その後、空洗弁18を閉じた。

- [0077] 排水工程として、オーバーフロー弁11を開としたまま、排水弁13を開にして、分離膜モジュール1内の膜一次側の水を、空洗工程によって分離膜表面や分離膜間の流路から剥離した不純物とともに分離膜モジュール1から排出した。次いで、給水工程に戻り、上記工程を繰り返した。
- [0078] その結果、分離膜モジュール1の膜ろ過差圧は、運転開始直後の30kPaに対し、6ヶ月後には95kPaとなっていた。また、運転期間中の本造水装置の平均電力消費量は、 $0.035\text{kWh}/\text{m}^3$ であり、実施例1比で1.07であった。
- [0079] (比較例3)

図5に示す設備構成の造水装置を用いて、膜ろ過工程が終了後に、オーバーフロー弁11を開としたまま排水弁13を開にして、分離膜モジュール1の膜一次側の水を排水した後に、逆洗工程として、逆洗弁6を開にして、逆洗ポンプを稼動させて逆洗水槽に貯留された膜ろ過水を逆洗水として、逆洗水配管36、逆洗弁6、膜ろ過水配管5を介して分離膜モジュール1の膜二次側へと押し込み、逆洗流束 $4\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ で30秒間の逆洗を行った点、この逆洗工程に次ぐ水張りステップとして逆洗弁6、排水弁13を閉、原水弁4を開にして原水供給ポンプ2を稼動させて原水を分離膜モジュール1へと供給して分離膜モジュール1の膜一次側を原水で満たしてから空洗工程を行った点以外は比較例2と同様に運転を行った。

- [0080] この逆洗工程にあたっては、オーバーフロー弁11、排水弁13が開になって分離膜モジュール1内の水は排出された状態になっているので、分離膜を膜二次側から膜一次側へと透過した逆洗水は、逆洗排水として分離膜表面をつたって重力に従って分離膜モジュール1の下方へと流下して、排水弁13、排水配管14を介して分離膜モジュール1外へと流出した。

[0081] その結果、分離膜モジュール1の膜ろ過差圧は、運転開始直後の30kPaに対し、6ヶ月後には85kPaとなっていた。また、運転期間中の本造水装置の平均電力消費量は、0.033kWh/m³であり、実施例1の平均電力消費量に対する比で1.01であった。

[0082] (比較例4)

図5に示す設備構成の造水装置を用いて、逆洗工程時に、空洗弁18を開にして、分離膜モジュールの膜一次側に空気を空気流量100NL/minとなるように導入して空洗を同時に行つた点、空洗を同時に行つた逆洗工程に引き続いて、排水工程を行い、次いで、給水工程に戻り、膜ろ過工程、逆洗工程、排水工程、給水工程を繰り返した点以外は比較例2と同様に運転を行つた。

[0083] その結果、分離膜モジュール1の膜ろ過差圧は、運転開始直後の30kPaに対し、6ヶ月後には85kPaとなっていた。また、運転期間中の本造水装置の平均電力消費量は、0.032kWh/m³であり、実施例1の平均電力消費量に対する比で1.00であった。

符号の説明

[0084] 1：分離膜モジュール

2：原水供給ポンプ

3：原水供給配管

4：原水弁

5：膜ろ過水配管

6：逆洗弁

7：逆洗水加圧水槽

8：膜ろ過水弁

9：膜ろ過水流出配管

11：オーバーフロー弁

12：オーバーフロー配管

13：排水弁

1 4 : 排水配管

1 5 : 加圧気体源

1 6 : 加圧気体配管

1 7 : 加圧気体弁

1 8 : 空洗弁

1 9 : 逆洗水加圧水槽エア抜き弁

2 1 : 薬液貯槽

2 2 : 薬液注入ポンプ

2 3 : 薬液注入配管

3 1 : 逆洗用加圧気体調圧弁

3 2 : 空洗用加圧気体調圧弁

3 3 : 空洗用気体流量調整弁

3 4 : 逆洗水槽

3 5 : 逆洗ポンプ

3 6 : 逆洗水配管

P_1 : 逆洗圧力

$P_{2,i}$: 膜二次側水頭圧

$P_{3,i}$: 膜二次側逆水流動抵抗

$P_{4,i}$: 膜一次側水頭圧

$P_{5,i}$: 膜モジュール内膜二次側逆洗排水流動抵抗

$P_{6,i}$: 膜モジュール出口ノズル部および出口側オーバーフロー配管部流動抵抗

$P_{B,i}$: 逆洗実効圧

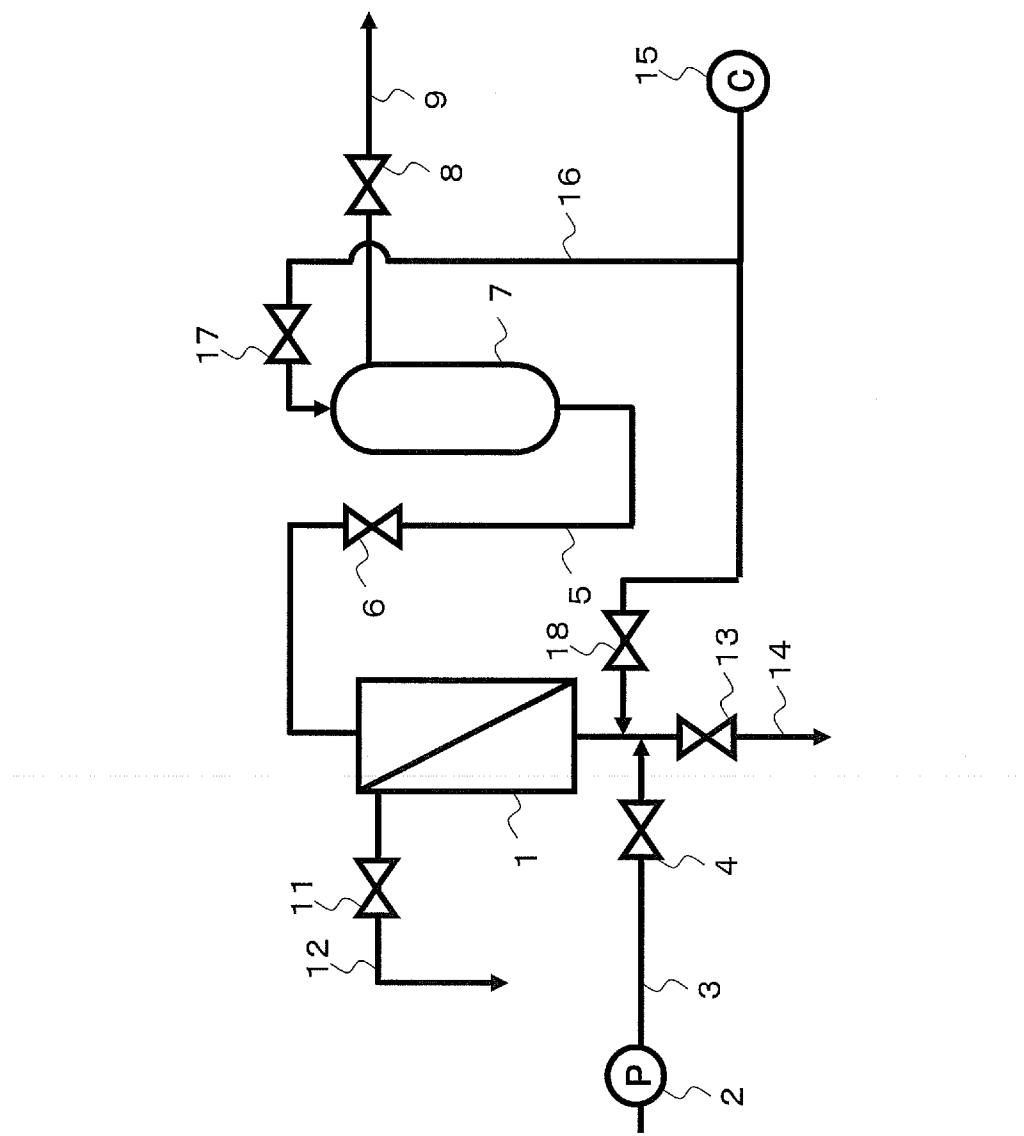
L_i : 分離膜長（鉛直方向長さ）

請求の範囲

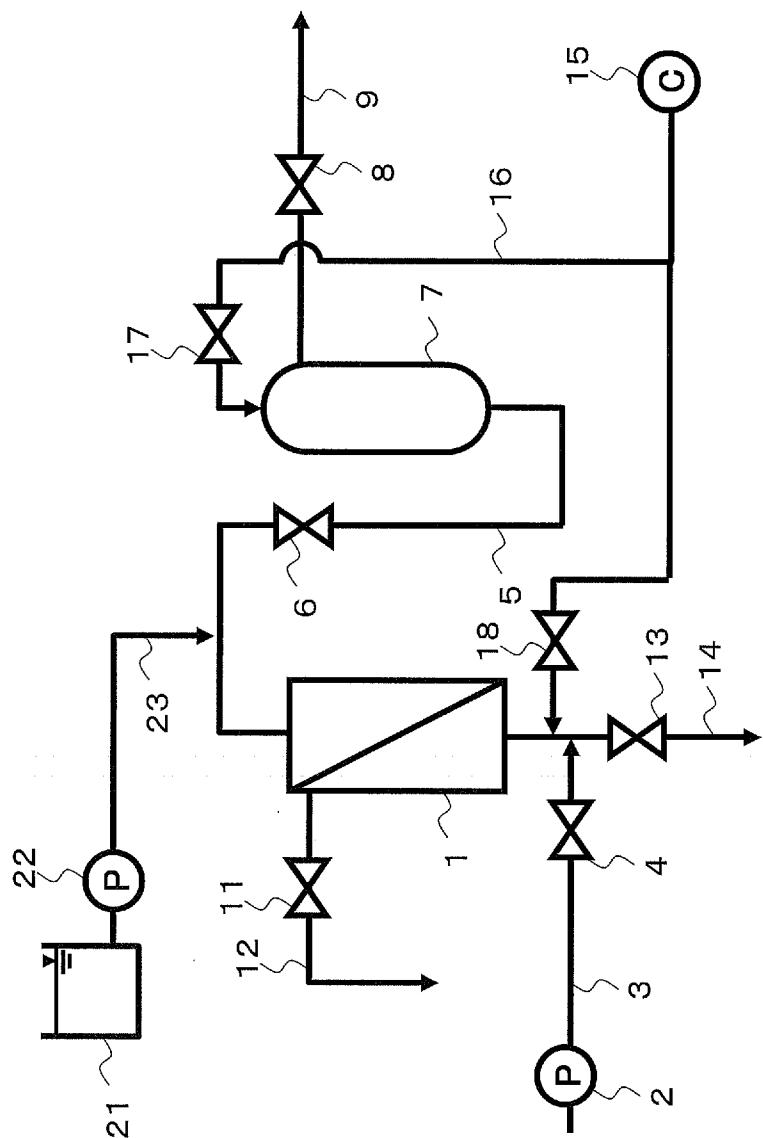
- [請求項1] 外圧式の分離膜モジュールの洗浄方法において、分離膜の膜一次側の少なくとも一部が水面上になる水位にした後に、分離膜の膜二次側に加圧気体を導入して膜二次側の水を膜一次側に押出すことによって气体押し出し逆圧洗浄をすることを特徴とする分離膜モジュールの洗浄方法。
- [請求項2] 外圧式の分離膜モジュールの洗浄方法において、分離膜の膜一次側がすべて水面上になるようにした後に、分離膜の膜二次側に加圧気体を導入して膜二次側の水を膜一次側に押出すことによって气体押し出し逆圧洗浄をすることを特徴とする請求項1に記載の分離膜モジュールの洗浄方法。
- [請求項3] 分離膜の膜二次側に導入する加圧気体の圧力が、分離膜のバブルポイント未満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の洗浄方法。
- [請求項4] 分離膜の膜二次側に加圧気体を導入して膜二次側の水を膜一次側に押出すことによって气体押し出し逆圧洗浄をする際に、分離膜モジュールの下部に位置する排水弁を開くことにより、逆洗排水の一部またはすべてを膜モジュールの下部から排水させることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載の分離膜モジュールの洗浄方法。
- [請求項5] 分離膜の膜二次側に加圧気体を導入して膜二次側の水を膜一次側に押出すことによって气体押し出し逆圧洗浄をする際に、分離膜モジュールの下部から排水される逆洗排水の流量よりも、分離膜の膜二次側から膜一次側へ押出す逆洗排水の流量を大きくすることにより、分離膜の膜一次側の水位を上げて、前記气体押し出し逆圧洗浄中および／または气体押し出し逆圧洗浄後に分離膜モジュールを气体洗浄することを特徴とする、請求項1～4のいずれかに記載の分離膜モジュールの洗浄方法。
- [請求項6] 分離膜モジュールが、ケーシング内に分離膜を収納した加圧型分離

膜モジュールであることを特徴とする、請求項 1～5 のいずれかに記載の分離膜モジュールの洗浄方法。

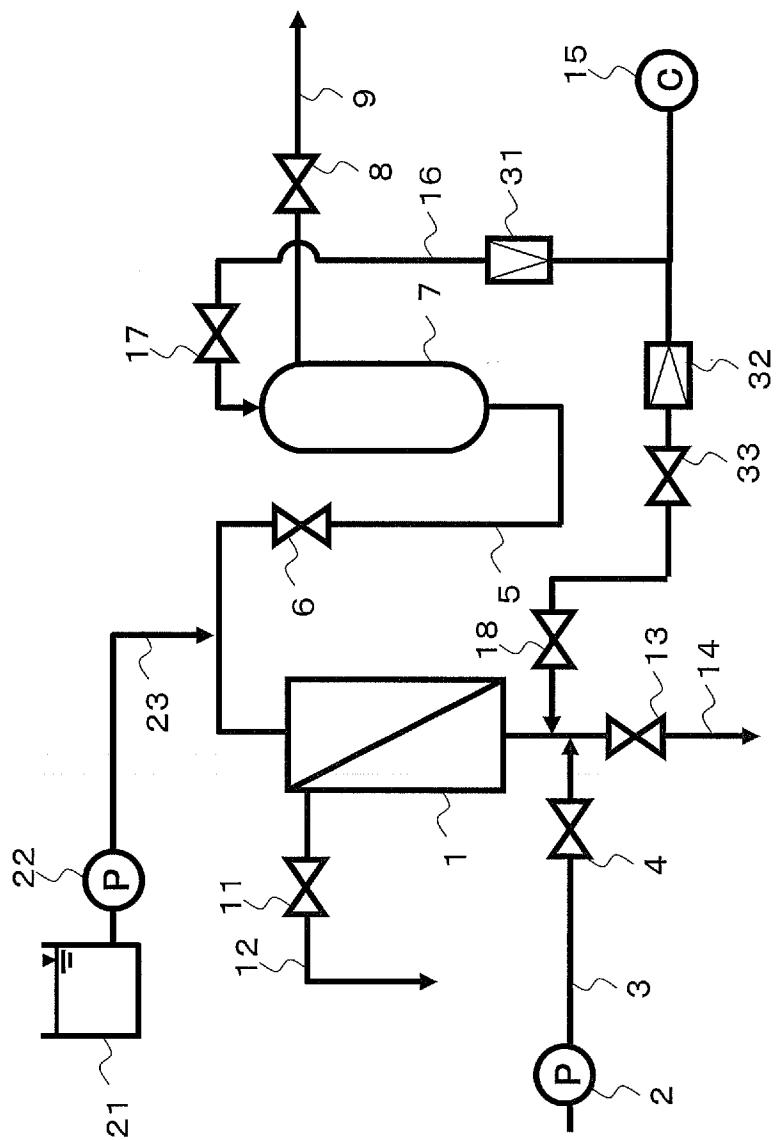
[図1]



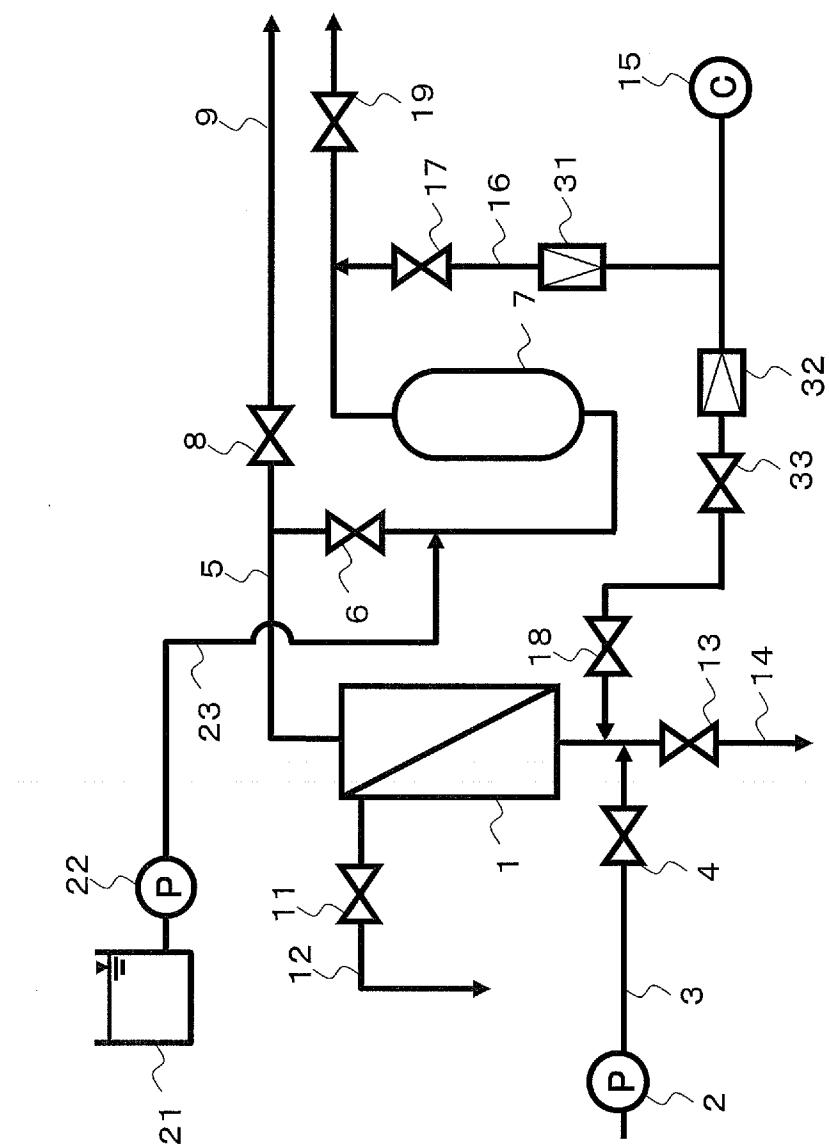
[図2]



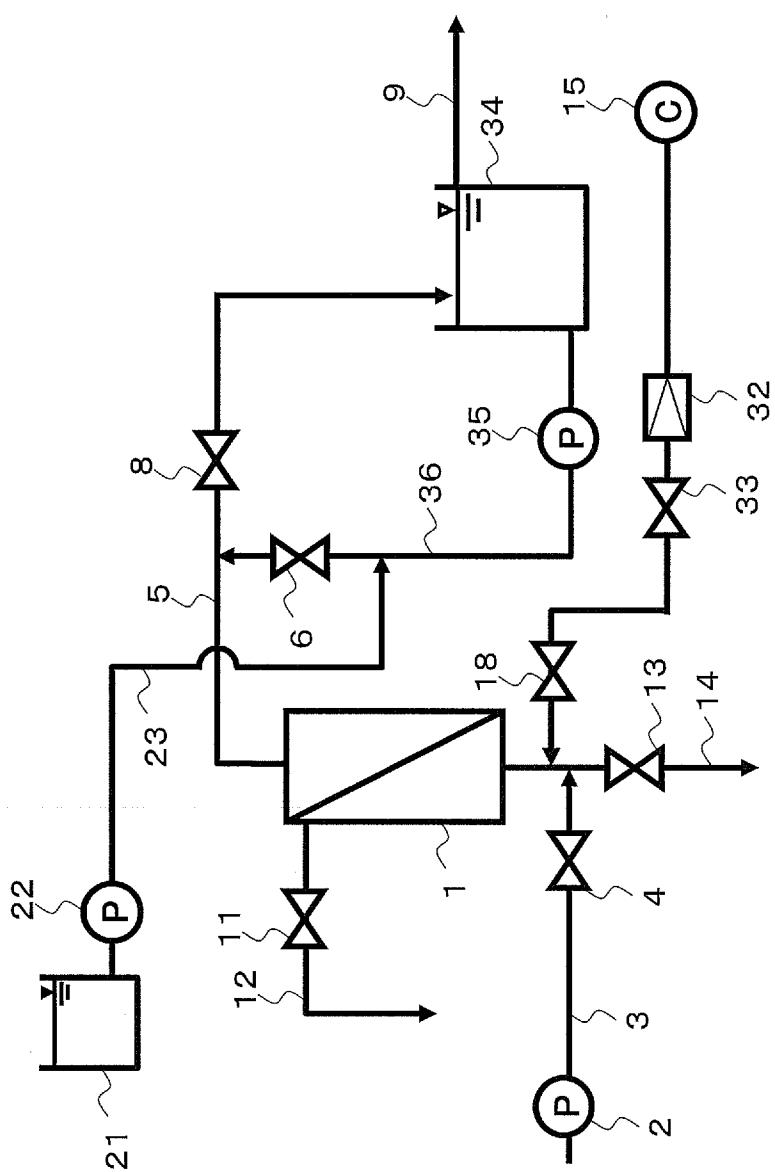
[図3]



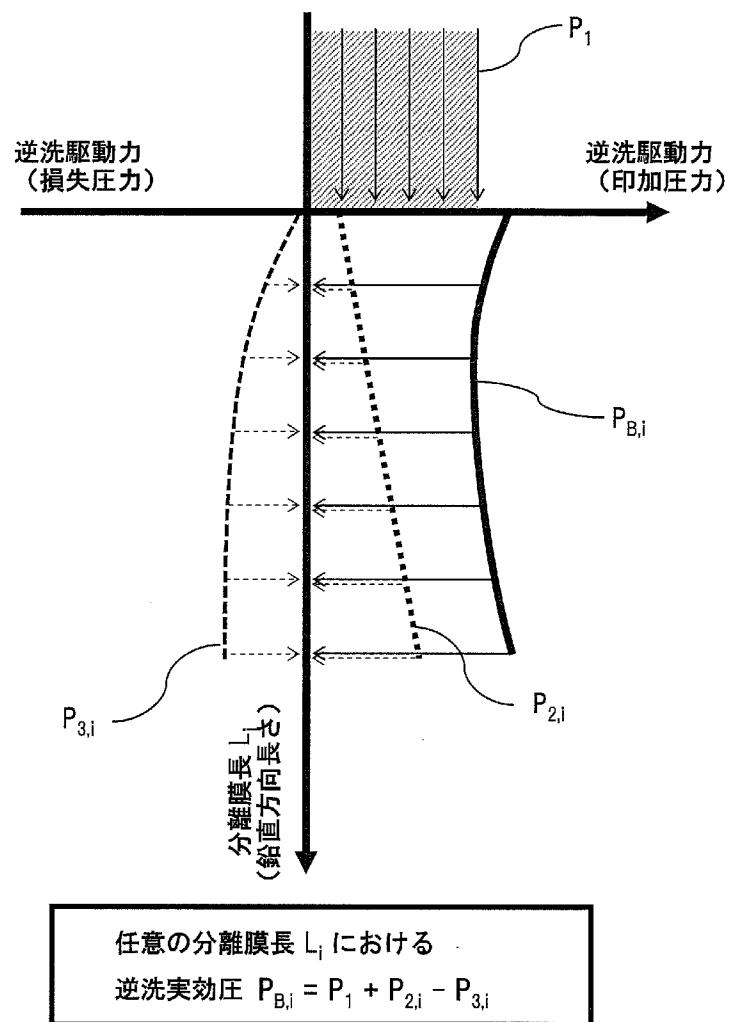
[図4]



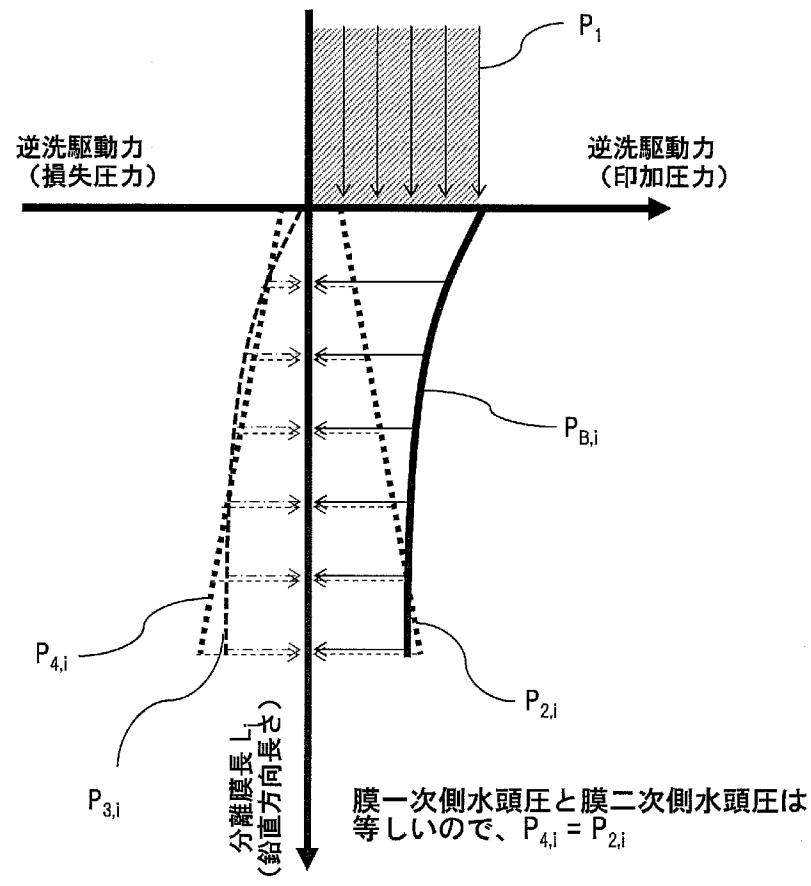
[図5]



[図6]



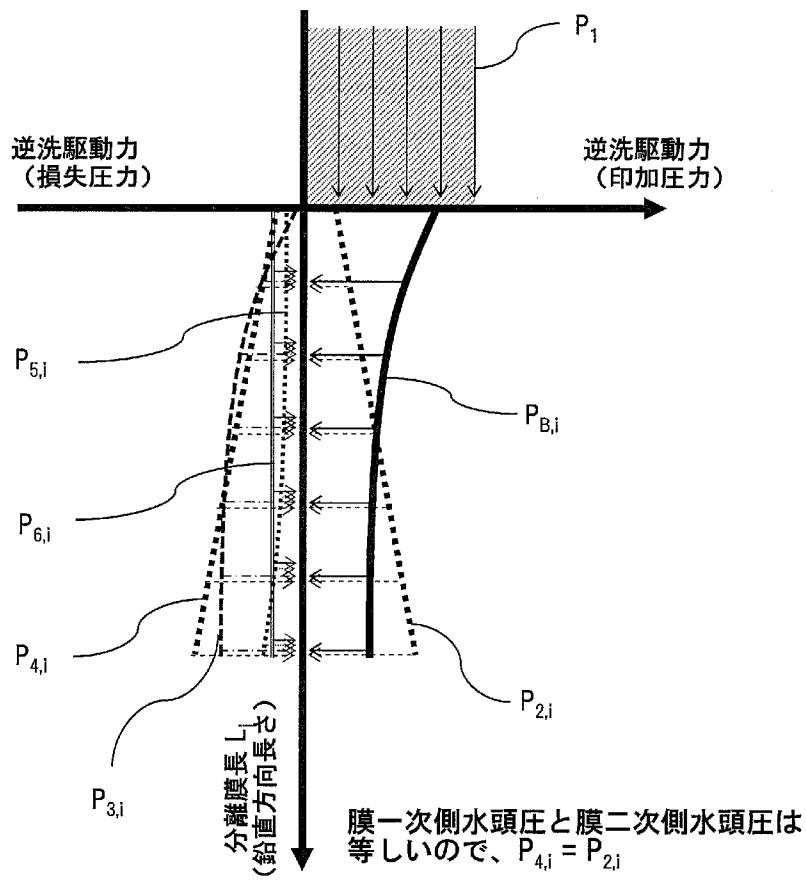
[図7]



任意の分離膜長 L_i における

$$\begin{aligned}\text{逆洗実効圧 } P_{B,i} &= P_1 + P_{2,i} - P_{3,i} - P_{4,i} \\ &= P_1 - P_{3,i}\end{aligned}$$

[図8]



任意の分離膜長 L_i における

$$\begin{aligned} \text{逆洗実効圧 } P_{8,i} &= P_1 + P_{2,i} - P_{3,i} - P_{4,i} - P_{5,i} - P_{6,i} \\ &= P_1 - P_{3,i} - P_{5,i} - P_{6,i} \end{aligned}$$

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/064115

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01D65/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01D65/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2000-237548 A (Tokyo Denki Komusho Co., Ltd.), 05 September 2000 (05.09.2000), paragraphs [0008], [0009], [0020] to [0025]; fig. 1, 2 (Family: none)	1, 2 3
Y	JP 2007-505727 A (U.S. Filter Wastewater Group, Inc.), 15 March 2007 (15.03.2007), claim 3 & US 2006/0261007 A1 & US 2007/0007205 A1 & US 2012/0187044 A1 & EP 1680210 A & EP 1677898 A & WO 2005/028085 A1 & WO 2005/021140 A1 & KR 10-2006-0080584 A & CN 1867391 A	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 July, 2013 (26.07.13)

Date of mailing of the international search report

06 August, 2013 (06.08.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/064115

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2011/122289 A1 (Toray Industries, Inc.), 06 October 2011 (06.10.2011), paragraphs [0017] to [0025], [0030]; fig. 1 & JP 4968413 B & US 2013/0015131 A1 & EP 2554245 A1 & AU 2011233096 A & CA 2783545 A & CN 102711965 A & SG 184107 A & KR 10-2012-0128164 A	1-6
Y	JP 10-323544 A (Kabushiki Kaisha Mizu), 08 December 1998 (08.12.1998), claims (Family: none)	1-6
Y	JP 2003-53160 A (Mitsubishi Rayon Co., Ltd.), 25 February 2003 (25.02.2003), claims; paragraphs [0018], [0025], [0026]; fig. 2 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B01D65/02 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B01D65/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2000-237548 A (株式会社東京電気工務所) 2000.09.05, 【0008】【0009】【0020】-【0025】【図1】【図2】(フ アミリーなし)	1, 2
Y	JP 2007-505727 A (ユー・エス・フィルター・ウェイストウォータ ー・グループ・インコーポレイテッド) 2007.03.15, 【請求項3】 & US 2006/0261007 A1 & US 2007/0007205 A1 & US 2012/0187044 A1 & EP 1680210 A & EP 1677898 A & WO 2005/028085 A1 & WO 2005/021140 A1 & KR 10-2006-0080584 A & CN 1867391 A	3
		1-6

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
- 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 07. 2013

国際調査報告の発送日

06. 08. 2013

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許序審査官（権限のある職員）

齊藤 光子

4D

3030

電話番号 03-3581-1101 内線 3421

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2011/122289 A1 (東レ株式会社) 2011.10.06, [0017]-[0025] [0030] 図1 & JP 4968413 B & US 2013/0015131 A1 & EP 2554245 A1 & AU 2011233096 A & CA 2783545 A & CN 102711965 A & SG 184107 A & KR 10-2012-0128164 A	1-6
Y	JP 10-323544 A (株式会社水) 1998.12.08, 【特許請求の範囲】 (フ アミリーなし)	1-6
Y	JP 2003-53160 A (三菱レイヨン株式会社) 2003.02.25, 【特許請求 の範囲】【0018】【0025】【0026】【図2】 (ファミリー なし)	1-6