

(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
2014 年 7 月 3 日(03.07.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/103565 A1

- (51) 国際特許分類:
C02F 1/44 (2006.01) *B01D 65/02* (2006.01)
B01D 63/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/081195
- (22) 国際出願日: 2013 年 11 月 19 日(19.11.2013)
- (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 2012-288093 2012 年 12 月 28 日(28.12.2012) JP
- (71) 出願人: 住友重機械工業株式会社 (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1416025 東京都品川区大崎二丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 江川 健(EGAWA Takeru); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町 1 9 番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 MY PLAZA (明治安田生命ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

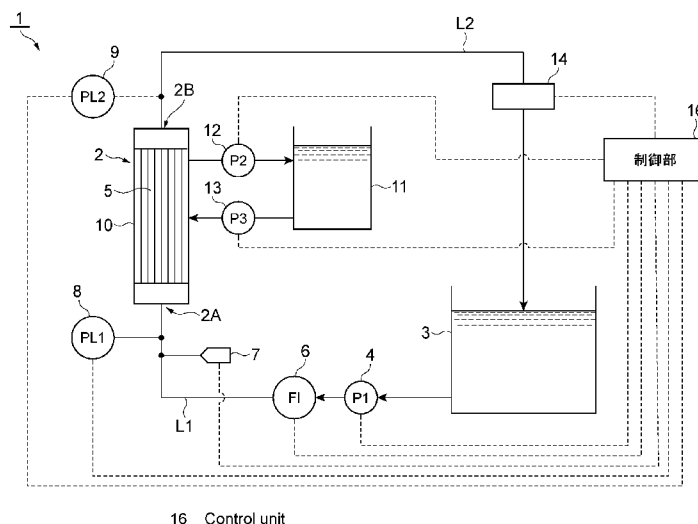
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: WATER TREATMENT SYSTEM

(54) 発明の名称: 水処理システム



(57) Abstract: The water treatment system is provided with: a membrane module, which has multiple tubular membranes and filters raw water by pouring the raw water into the tubular membranes; a raw water supply unit for supplying the raw water from a raw water source to the membrane module; a gas supply unit for supplying a gas to the raw water to make the raw water supplied to the membrane module to be a gas-liquid mixed phase flow; and a pressure drag-adjusting unit with which the pressure drag with respect to the raw water can be increased at least when filtration is being performed in the membrane module. The pressure drag-adjusting unit is provided on the downstream side of the raw water supply unit or on the upstream side of the raw water supply unit.

(57) 要約: 水処理システムは、複数の管状膜を有し、管状膜の内部に原水を流して原水を濾過する膜モジュールと、原水の水源から膜モジュールへ原水を供給する原水供給部と、原水に気体を供給し、膜モジュールに供給される原水を気液混相流とする気体供給部と、少なくとも膜モジュールで濾過を行っているときに、原水に対する圧力抵抗が高められる圧力抵抗調整部と、を備え、圧力抵抗調整部は、原水供給部の下流側、又は原水供給部の上流側に設けられる。



WO 2014/103565 A1

明 細 書

発明の名称： 水処理システム

技術分野

[0001] 本発明は、水処理システムに関する。

背景技術

[0002] 膜モジュールを用いて原水の水処理を行う水処理システムとして、様々なものが知られている。例えば、膜モジュールとして複数の管状膜を有するものを用い、原水を膜モジュールで吸引濾過して固液分離を行うものが知られている。膜モジュールの管状膜によって濾過された処理水は貯留槽に回収され、膜モジュールで濾過されずに通過した原水は水源に戻される。また、例えば、特許文献1に示すように、原水に空気を混合し、気液混相流とした原水を膜モジュールに流して水処理を行っている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2007-245058号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ここで、上述のような水処理システムで用いられる膜モジュールは、数十本から数百本の管状膜で構成されている。そのような膜モジュールに対して、原水に空気を混合した気液混相流を流す場合、膜モジュール内の多数の管状膜に均一に原水と空気が流れず、中には管状膜に空気が詰まることにより原水が全く流れないものも発生する。このように、原水が流れない管状膜が発生すると、実質的に濾過に寄与する管状膜の本数が減ることによって濾過効率が低下することに加え、吸引圧力によって付着した固体が乾燥することにより、管状膜の寿命が縮まるという問題が発生する。

[0005] このような問題は、膜洗浄効果の高い気泡投入比率を保ちながら、動力削減のために原水の流速を小さくした場合に発生し易い。従って、空気量を少

なくすると共に所定速度以上の流速で運転することによって、流速の勢いで気泡が管状膜中に詰まらないようにする方法が考えられる。しかしながら、当該方法を採用したとしても、複数の管状膜に均一に流すことができない場合がある。また、当該方法では、膜洗浄効果を高めることが出来ず、高い動力が必要となるという問題がある。

[0006] 本発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、高い膜洗浄効率を保ちつつ、低い動力にて、複数の管状膜に均一に気液混相流の原水を流すことのできる水処理システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] ここで、本発明者らは、鋭意研究の結果、次の知見を見出すに至った。すなわち、本発明者らは、原水が通過するライン上の圧力抵抗を適切に高めることによって、膜モジュールの複数の管状膜に均一に気液混相流の原水を流すことができることを見出した。また、本発明者らは、当該方法によって、原水の循環速度を高くすることなく、且つ、空気量を少なくすることなく、複数の管状膜に原水を均一に流すことができることを見出した。

[0008] そこで、本発明の一形態に係る水処理システムは、複数の管状膜を有し、管状膜の内部に原水を流して原水を濾過する膜モジュールと、原水の水源から膜モジュールへ原水を供給する原水供給部と、原水に気体を供給し、膜モジュールに供給される原水を気液混相流とする気体供給部と、少なくとも膜モジュールで濾過を行っているときに、原水に対する圧力抵抗が高められる圧力抵抗調整部と、を備え、圧力抵抗調整部は、原水供給部の下流側、又は原水供給部の上流側に設けられる。

[0009] 本発明の一形態に係る水処理システムは、少なくとも膜モジュールで濾過を行っているときに、原水に対する圧力抵抗が高められる圧力抵抗調整部を備えている。複数の管状膜の内部を気液混相流の原水が流れる時に管状膜間で圧力変動のばらつきが生じるとしても、当該圧力変動のばらつきの影響を無視できるように圧力抵抗調整部で圧力抵抗を高めることによって、圧力変動のばらつきに起因する不安定な原水の流れを抑制することができる。従っ

て、膜モジュールが多数の管状膜を有している場合であっても、気液混相流の原水は各管状膜を均一に流れることができる。更に、膜洗浄効率を高くするために空気量を多くし、且つ、動力削減のために流速を小さくした場合であっても、気液混相流の原水は、各管状膜を均一に流れることができる。以上によって、水処理システムは、高い膜洗浄効率を保ちつつ、低い動力にて、複数の管状膜に均一に気液混相流の原水を流すことができる。

[0010] 圧力抵抗調整部は、膜モジュールの複数の管状膜のそれぞれに対して設けられてよい。これによって、気液混相流の原水は、より確実に各管状膜を均一に流れることができる。

[0011] 原水供給部は、少なくとも膜モジュールにおける原水の流速が $0.05 \sim 0.25 \text{ m/s}$ となるように、原水を供給してよい。このように流速を小さくすることによって動力を削減することができる。

[0012] 水処理システムは、少なくとも、膜モジュールの入口側の圧力を検出する圧力検出部と、原水供給部、気体供給部、及び圧力抵抗調整部を制御する制御部と、を更に備え、圧力抵抗調整部は、弁の開閉によって圧力抵抗を変更可能であり、制御部は、圧力検出部の検出値に基づいて、原水供給部及び気体供給部を制御すると共に、圧力抵抗調整部で圧力抵抗を設定してよい。これによって、制御部は、圧力検出部の検出値を取得することで、膜モジュールの入口側の圧力に基づいて、圧力抵抗調整部の圧力抵抗を設定することができる。従って、制御部は、気液混相流の原水が複数の管状膜を均一に流れ易い条件となるように、圧力抵抗を設定することが可能となる。

[0013] 本発明の一形態に係る水処理システムは、複数の管状膜を有し、管状膜の内部に原水を流して原水を濾過する膜モジュールと、原水の水源から膜モジュールへ原水を供給する原水供給部と、原水に気体を供給し、膜モジュールに供給される原水を気液混相流とする気体供給部と、少なくとも膜モジュールで濾過を行っているときに、原水に対する圧力抵抗が高められる圧力抵抗調整部と、を備え、圧力抵抗調整部は、原水供給部の下流側、又は原水供給部の上流側に設けられ、原水供給部は、少なくとも膜モジュールにおける原

水の流速が $0.05 \sim 0.25 \text{ m/s}$ となるように、原水を供給し、圧力抵抗調整部は、膜モジュールでの圧力損失が 100 mmHg 以上となるように設定される。

[0014] 本発明の一形態に係る水処理システムは、少なくとも膜モジュールで濾過を行っているときに、原水に対する圧力抵抗が高められる圧力抵抗調整部を備えている。複数の管状膜の内部を気液混相流の原水が流れる時に管状膜間で圧力変動のばらつきが生じるとしても、当該圧力変動のばらつきの影響を無視できるように圧力抵抗調整部が、膜モジュールでの圧力損失が 100 mmHg 以上となるように設定されることによって、圧力変動のばらつきに起因する不安定な原水の流れを抑制することができる。従って、膜モジュールが多数の管状膜を有している場合であっても、気液混相流の原水は各管状膜を均一に流れることができる。更に、膜洗浄効率を高くするために空気量を多くし、且つ、動力削減のために流速を小さくした場合（少なくとも膜モジュールにおける原水の流速が $0.05 \sim 0.25 \text{ m/s}$ ）であっても、気液混相流の原水は、各管状膜を均一に流れることができる。以上によって、水処理システムは、高い膜洗浄効率を保ちつつ、低い動力にて、複数の管状膜に均一に気液混相流の原水を流すことができる。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、高い膜洗浄効率を保ちつつ、低い動力にて、複数の管状膜に均一に気液混相流を流すことができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本発明の第1実施形態に係る水処理システムを示す概略構成図である。

[図2]図2は、図1に示す圧力抵抗調整部の構造の一例を示す図である。

[図3]図3は、図2に示す高圧力抵抗部材の構造の一例を示す図である。

[図4]図4は、膜モジュールの複数のチューブラー膜に原水が流れる様子を示す概略図である。

[図5]図5（a）は、試験に用いた膜モジュール周辺の構成を示す概略図であ

って、原水がチューブラー膜の出口に達する前の状態を示す図であり、図5 (b) は、原水がチューブラー膜の出口に達した状態を示す図である。

[図6]図6は、第2実施形態に係る水処理システムの膜モジュール周辺の構成を示す概略図である。

[図7]図7は、変形例に係る水処理システムの膜モジュール周辺の構成を示す概略図である。

[図8]図8は、第3実施形態に係る水処理システムの膜モジュール周辺の構成を示す概略図である。

[図9]図9は、絞り比と ζ_0 との関係を示すグラフである。

[図10]図10は、実施例及び比較例の圧力損失とスラグ流分散率との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、添付図面を参照しながら本発明による水処理システムの一実施形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0018] [第1実施形態]

図1は、第1実施形態に係る水処理システム1を示す概略構成図である。

図1に示すように、水処理システム1は、膜モジュール2と、原水槽（原水の水源）3と、原水ポンプ（原水供給部）4と、流量計6と、空気ブロワ（気体供給部）7と、圧力計（圧力検出部）8、9と、濾過水槽11と、濾過ポンプ12と、逆洗ポンプ13と、圧力抵抗調整部14と、制御部16と、を備えている。膜モジュール2よりも上流側では、原水槽3と膜モジュール2とは、ラインL1で接続されている。膜モジュール2よりも下流側では、原水槽3と膜モジュール2とは、ラインL2で接続されている。

[0019] 膜モジュール2は、原水を濾過して固液分離するためのモジュールである。膜モジュール2は、複数のチューブラー膜（管状膜）5を有している。膜モジュール2は、複数のチューブラー膜5を束ねた状態で円筒状のケース10に收容することによって構成されている。膜モジュール2は、チューブラー

一膜5の内部に原水を流して当該原水を濾過する。チューブラー膜5は、内径が3～20mm程度で、長さが50～300cm程度のストロー状の膜であり、材質として、例えば、PVDf、PEなどが挙げられる。一つ当りの膜モジュール2は、50～1000本のチューブラー膜5を有している。ただし、これらの内径、長さ、本数は一例であって、この数値に限定されるものではなく、当該範囲より小さくてもよく、大きくてもよい。また、材質も一例であって、限定されない。

[0020] 原水槽3は、水処理システム1で処理される原水を貯留する槽である。なお、原水の水源は、原水槽3に代えて、河川などであってもよい。この場合、ラインL1は、河川から直接原水を吸い上げ、ラインL2は、膜モジュール2を通過した原水を河川へ排出する。原水ポンプ4は、ラインL1に設けられており、原水槽3から原水を吸引し、膜モジュール2に供給する。なお、原水ポンプ4の配置は特に限定されず、ラインL1、L2の何れかの位置に設けられている。流量計6は、ラインL1上に設けられ、原水ポンプ4で圧送される原水の流量を測定する。

[0021] 空気ブロワ7は、原水に空気を供給し、膜モジュール2に供給される原水を気液混相流とする。空気ブロワ7は、ラインL1上であって、原水ポンプ4と膜モジュール2との間に設けられているが、膜モジュール2より上流側であれば、特に位置は限定されない。圧力計8は、膜モジュール2の上流側の圧力、具体的には、膜モジュール2の入口の直前の圧力を検出する。圧力計9は、膜モジュール2の下流側の圧力、具体的には、膜モジュール2の出口の直後の圧力を検出する。例えば、原水の流れがスラグ流である場合の空気の供給量は、0.05～0.5m/sとすることができる。ただし、当該範囲で運転すれば、本システムのメリットが特に大きくなるものであるため、当該範囲に限定されるものではなく、例えば、1.0m/sや2.0m/sやそれ以上の供給量で運転してもよい。なお、ボイド率が0.1～0.7程度(後述の試験においては0.4)でスラグ流になるため、空気の供給量を算出するためには、「ボイド率 $\div$ 空気流速 $\div$ (空気流速+水流速)」という式

を用い、その領域になるように空気流速(空気の供給量)を設定してよい。例えば、水流速を動力削減のために、 0.1 m/s とする場合、ボイド率を 0.4 にするには空気の供給量を約 0.065 m/s とする。

[0022] 膜モジュール2のチューブラー膜5を流れる原水の流れは、小さな気泡が上昇していくバブル流であってもよく、潰れたような状態の縦長で弾丸状の気泡が形成されるスラグ流であってもよく、スラグ流から大小様々な気泡が混在するチャーン流であってもよい。

[0023] 濾過水槽11は、膜モジュール2のチューブラー膜5によって固液分離された処理水を貯留する槽である。濾過ポンプ12は、ケース10に接続されており、チューブラー膜5の外側から原水を吸引するためのポンプである。これによって、濾過ポンプ12は、チューブラー膜5で固液分離されてケース10内に流出する処理水を濾過水槽11へ供給する。逆洗ポンプ13は、ケース10に接続されており、濾過水槽11に貯留された濾過水を膜モジュール2へ逆流させることによって、チューブラー膜5の内部の洗浄を行う。濾過によって、膜モジュール2のチューブラー膜5の内部には原水中の污泥が蓄積していくため、一定時間濾過した後、逆洗ポンプを駆動させることによって、チューブラー膜5の洗浄を行うことができる。

[0024] 圧力抵抗調整部14は、少なくとも膜モジュール2で濾過を行うときに、原水に対する圧力抵抗が高められる部分である。第1実施形態では、圧力抵抗調整部14は、圧力抵抗を高めることにより、膜モジュール2の入口部2Aでの気液混相流である原水の圧力を高めることができる。これによって、圧力抵抗調整部14は、膜モジュール2の入口部2Aの圧力を大きくすることができる。

[0025] 圧力抵抗調整部14は、少なくともチューブラー膜5の入口5aから、ラインL2の下流側の端部(原水が大気開放される位置)までの合計の圧力損失を大きくする。すなわち、圧力抵抗調整部14は、例えば、チューブラー膜5の入口5aと出口5bとの間の圧力損失、ラインL2の屈曲や継手等による圧力損失、及び圧力抵抗調整部14での圧力損失の合計が、所定値以上

となるように設定される。この合計の圧力損失は、各チューブラー膜5での圧力変動のばらつきを無視できる程度（圧力変動のばらつきの詳細については後述する）の値に設定される。具体的に、チューブラー膜5の入口5aから圧力抵抗調整部14へ至る合計の圧力損失が100mmAqとなるように、圧力抵抗調整部14を設定してよい。

[0026] 図1に示す実施形態では、圧力抵抗調整部14は、膜モジュール2の下流側のラインL2に設けられている。ただし、圧力抵抗調整部14は、膜モジュール2の入口部2Aの圧力を高めることができる位置であれば特に限定はされず、ラインL2のどの位置であってもよい。また、図1の例では、圧力抵抗調整部14は、一箇所のみに設けられているが、ライン上の複数カ所に設けてもよい。

[0027] 第1実施形態においては、圧力抵抗調整部14は、少なくとも膜モジュール2で濾過を行っているときに、水処理システム1の原水のライン中で、最も圧力抵抗が高くなるように調整された部分である。例えば、ラインL1、L2中で配管が屈曲する部分や、管の径が細くなる部分や、膜モジュール2の入口部2Aや出口部2Bや、継手部分では、真っ直ぐな配管部分に比して圧力抵抗が高くなるが、圧力抵抗調整部14は、それらの部分に比して圧力抵抗が高い。

[0028] 圧力抵抗調整部14は、圧力抵抗を変更可能に構成されていてもよく、製造時に圧力抵抗を調整されたら、その後は変更不可能に構成されていてもよい。すなわち、圧力抵抗調整部14は、少なくとも膜モジュール2で濾過を行っているとき、圧力抵抗が高められている状態に調整がなされていればよい。従って、圧力抵抗調整部14は、圧力抵抗を変更可能な場合は、膜モジュール2での濾過を行っていないとき、圧力抵抗を下げた状態としておいてもよい。

[0029] 圧力抵抗調整部14は、圧力抵抗を高めることができる構造であればどのような構造を採用してもよく、例えば、図2に示すような構造を採用してよい。具体的には、図2(a)に示すように、電磁弁などの開閉弁19で構成

される圧力抵抗調整部 14 A を採用してよい。圧力抵抗調整部 14 A は、開閉弁 19 の開度を変更することによって、圧力抵抗を変更可能である。すなわち、圧力抵抗調整部 14 A は、圧力抵抗を高めるときは開閉弁 19 の開度を下げ、圧力抵抗を戻す場合は開閉弁 19 の開度を上げる。

[0030] あるいは、図 2 (b), (c) に示すように、圧力抵抗を変更不可能な高圧力抵抗部材 18 を用いた圧力抵抗調整部 14 B, 14 C を採用してもよい。圧力抵抗調整部 14 B では、ライン上に高圧力抵抗部材 18 が設けられており、製造時に圧力抵抗を調整されたら、当該圧力抵抗で固定される。圧力抵抗調整部 14 C は、高圧力抵抗部材 18 が設けられる一以上のラインと、高圧力抵抗部材 18 が設けられないラインとを、並列に有している。並列に設けられた高圧力抵抗部材 18 は各々異なる圧力抵抗に設定されており、圧力抵抗調整部 14 C では、弁の切り替えなどによって、最適な圧力抵抗に設定できるように、高圧力抵抗部材 18 を選択することができる。あるいは、圧力抵抗調整部 14 C では、膜モジュール 2 で濾過を行っていないときは、高圧力抵抗部材 18 が設けられていないラインを選択してよい。

[0031] 高圧力抵抗部材 18 は、ライン中の通常の配管に比して圧力抵抗を高められるものであればどのような構造を採用してもよく、例えば、図 3 に示すような部材を採用してよい。図 3 (a) に示す高圧力抵抗部材 18 A は、配管を複数回屈曲させることによって圧力抵抗が高められている。あるいは、配管を螺旋状に巻くことによって圧力抵抗を高めてもよい。図 3 (b) に示す高圧力抵抗部材 18 B は、配管径を局所的に細くすることによって圧力抵抗が高められている。図 3 (c) に示す高圧力抵抗部材 18 C は、オリフィス構造となっており、配管中に一つもしくは複数の貫通孔を設けることによって圧力抵抗が高められている。

[0032] 制御部 16 は、水処理システム 1 全体の運転制御を行う。制御部 16 は、原水ポンプ 4、流量計 6、空気ブロワ 7、圧力計 8, 9、濾過ポンプ 12、逆洗ポンプ 13、及び圧力抵抗調整部 14 と電氣的に接続されている。ただし、圧力抵抗調整部 14 が圧力抵抗を変更不可能な場合は、電氣的に接続さ

れていなくともよい。制御部 16 は、膜モジュール 2 で濾過を行うときは、圧力計 8、9 の検出値に基づいて、原水ポンプ 4、空気ブロワ 7、濾過ポンプ 12 を制御すると共に、圧力抵抗調整部 14 で圧力抵抗を設定する。制御部 16 は、膜モジュールの逆洗を行うときは、逆洗ポンプ 13 を制御する。

[0033] 次に、水処理システム 1 が原水の水処理を行うときの動作手順の一例について説明する。

[0034] まず、制御部 16 は、原水ポンプ 4 及び空気ブロワ 7 を起動させる。原水ポンプ 4 は、原水槽 3 から原水を吸引すると共にライン L1 を介して膜モジュール 2 へ原水を供給する。空気ブロワ 7 は、原水に空気を供給することで原水を気液混相流とする。このとき、原水循環速度は、低い速度に設定することができる。具体的には、原水ポンプ 4 は、少なくともチューブラー膜 5 における原水の流速が 0.05 m/s 以上となるように原水を供給してよく、 0.1 m/s 以上となるように原水を供給してよい。また、原水ポンプ 4 は、少なくともチューブラー膜 5 における原水の流速が 0.25 m/s 以下となるように原水を供給してよく、 0.3 m/s 以下、 0.5 m/s 以下となるように原水を供給してよい。また、空気ブロワ 7 による気泡投入比率(ボイド率)を高くすることができ、 $0.1 \sim 0.7$ 程度、より好ましくは $0.3 \sim 0.5$ 程度に設定することができる。また、制御部 16 は、濾過ポンプ 12 を起動させる。濾過ポンプ 12 のフラックスは、 $0.5 \sim 3.0 \text{ m/d}$ 程度に設定される。ただし、原水循環速度、気泡投入比率、フラックスは上述の数値範囲に限定されるものではなく、当該数値範囲より小さくともよく、大きくともよい。

[0035] 制御部 16 は、膜モジュール 2 の入口側の圧力計 8 による検出値及び出口側の圧力計 9 の検出値を取得する。制御部 16 は、これらの検出結果に基づいて、圧力抵抗調整部 14 の圧力抵抗を設定する。すなわち、制御部 16 は、入口側の圧力と出口側の圧力の圧力差が所定の目標値に達していないときは、圧力抵抗調整部 14 の圧力抵抗を高める。あるいは、制御部 16 は、運転開始の時点で圧力抵抗調整部 14 を所定の圧力抵抗となるように設定して

おき、運転中に圧力計 8, 9 の検出値を監視しながら、圧力抵抗の微調整を行ってもよい。

[0036] 膜モジュール 2 の各チューブラー膜 5 に均一に原水を流すことができるものの入口側及び出口側の好適な圧力は、水処理システム 1 のライン中の配管の径や屈曲具合や継手の数などによって異なるが、膜モジュール 2 の入口部 2 A 付近の圧力は、第 1 実施形態においては、10～20 kPa 程度であることが好ましく、出口部 2 B 付近の圧力は、0～10 kPa 程度であることが好ましい。ただし、これらの数値はシステムの各種条件によって変動するものであるため、当該数値範囲に限定されるものではない。なお、膜モジュール 2 の入口側と出口側の圧力差に基づいて圧力抵抗調整部 14 を制御することがより好ましいが、入口側の圧力、すなわち圧力計 8 の検出値のみに基づいて制御してもよい。

[0037] 次に、本実施形態に係る水処理システム 1 の作用・効果について説明する。

[0038] まず、従来の水処理システムについて説明する。従来の水処理システムは、図 1 に示す水処理システム 1 から圧力抵抗調整部 14 を除いた構成を有する。

[0039] 上述のように、膜モジュール 2 は、数十本から数百本の管状膜で構成されている。従来の水処理システムにおいて、そのような膜モジュール 2 に対して、原水に空気を混合した気液混相流を流す場合、図 4 (a) に示すように、膜モジュール 2 内の多数のチューブラー膜 5 に均一に原水と空気が流れず、中にはチューブラー膜 5 に空気が詰まることにより原水が全く流れないものも発生する。このように、原水が流れないチューブラー膜 5 が発生すると、実質的に濾過に寄与するチューブラー膜 5 の本数が減ることによって濾過効率が低下することに加え、吸引圧力によって付着した固体が乾燥することにより、チューブラー膜 5 の寿命が縮まるという問題が発生する。

[0040] このような問題は、膜洗浄効果の高い気泡投入比率を保ちながら、動力削減のために原水の流速を小さくした場合に発生し易い。従って、空気量を少

なくすると共に所定速度以上の流速で運転することによって、流速の勢いで気泡が管状膜中に詰まらないようにする方法が考えられる。しかしながら、当該方法を採用したとしても、複数のチューブラー膜5に均一に流すことができない場合がある。また、当該方法では、空気量が少ないために膜洗浄効果を高めることが出来ず、高い動力が必要となるため、原水ポンプ4を大きくしなければならないという問題がある。

[0041] ここで、気液混相流の原水を複数のチューブラー膜5に均一に流すことができないことを確認するための試験について、図5を参照して説明する。図5(a)及び図5(b)に示すように、複数のチューブラー膜5は、入口5a側で上流側の接続部21に接続され、出口5b側で下流側の接続部22に接続されている。接続部21に流れ込んだ原水は、分岐されて各チューブラー膜5の入口5aから内部へ流れる。また、各チューブラー膜5の内部を流れた原水は、出口5bから排出されて接続部22で合流する。なお、図5に示す例では、チューブラー膜5は、入口5aが下側に配置され、出口5bが上側に配置されるように上下方向に延びている。

[0042] まず、第1の試験では、図5(a)に示すように、原水が流れていない状態のチューブラー膜5に対して、気液混相流の原水を供給した。このとき、チューブラー膜5での流速が0.1 m/sとなるように原水を供給した。このとき、原水は各チューブラー膜5に均一な気液混相流として流れ、原水の水面は各チューブラー膜5の内部を上昇した。図5(b)に示すように、原水の水面がチューブラー膜5の出口5bに達すると、一部のチューブラー膜5(図ではチューブラー膜5B)において、エアリフト効果により気泡の急激な加速が発生した。また、一部のチューブラー膜5で気泡の急激な加速が発生することにより、圧力のバランスが崩れ、他のチューブラー膜5では上下振動や逆流が発生した。

[0043] また、第2の試験では、図5(a), (b)に示す膜モジュール2から、上流側の接続部22を除き、各チューブラー膜5の出口5bを開放させたものを準備した。このような膜モジュール2について、原水が流れていない状

態のチューブラー膜5に対して、気液混相流の原水を供給した。このとき、原水は各チューブラー膜5に入り込み、原水の水面は各チューブラー膜5の内部を上昇した。第2の試験においても、エアリフト効果により一部のチューブラー膜5で気泡の急激な加速が発生することにより、圧力のバランスが崩れ、他のチューブラー膜5では上下振動や逆流が発生した。

[0044] また、第3の試験では、図5（a），（b）に示す膜モジュール2を用いた。原水が流れていない状態のチューブラー膜5に対して、微小な流速またはほぼ流速0 m/sにて気液混相流の原水を供給した。このとき、原水は各チューブラー膜5に均一な気液混相流として流れた。第3の試験においても、エアリフト効果により一部のチューブラー膜5で気泡の急激な加速が発生することにより、圧力のバランスが崩れ、他のチューブラー膜5では上下振動や逆流が発生した。

[0045] また、第4の試験では、図5（a），（b）に示す膜モジュール2を用いた。少なくともチューブラー膜5での流速を0.1 m/sにして原水を膜モジュール2に供給した。膜モジュール2に原水が満たされた状態で、空気ブロウ7で空気を供給した。気泡は各チューブラー膜5へ入りこんだ。しかしながら、第4の試験においても、気泡がチューブラー膜5の出口5bに達すると、エアリフト効果により一部のチューブラー膜5で気泡の急激な加速が発生することにより、圧力のバランスが崩れ、他のチューブラー膜5では上下振動や逆流が発生した。

[0046] また、第5の試験では、図5（a），（b）に示す膜モジュール2を用いた。少なくともチューブラー膜5での流速を0.5 m/sにして十分な流速で原水を膜モジュール2に供給した。膜モジュール2に原水が満たされた状態で、空気ブロウ7で空気を供給した。気泡は各チューブラー膜5へ入りこみ、気泡がチューブラー膜5の出口5bに達しても、一部のチューブラー膜5で上下振動や逆流が発生することなく、各チューブラー膜5に気液混相流が均一に流れた。

[0047] なお、上述の試験では、マンメータを用いて各チューブラー膜5での圧力

を観察した。例えば、図5（a）及び図5（b）に示すように、複数のチューブラー膜5のうち一部のチューブラー膜5Aの入口5a側にマノメータML1を取り付けると共に、出口5b側にマノメータML2を取り付けた。マノメータML1、ML2の水面高さは、当該マノメータML1、ML2が取り付けられた位置での圧力を示している。例えば、気液混相流がチューブラー膜5Aの出口5bに達してエアリフトが発生して圧力のバランスが崩れると、チューブラー膜5BのマノメータML1、ML2の水面が上下に大きく振動する。

[0048] 以上の試験より、各チューブラー膜5の圧力にばらつきが生じていることが理解された。これらのばらつきは、各チューブラー膜5の製品規格（厚さ、長さ、たわみなど）の誤差によるものではなく、気泡が各チューブラー膜5にランダムに入り込むことによって生じる各チューブラー膜5の圧力変動のばらつきと考えられ得る。

[0049] ここで、本発明者らは、鋭意研究の結果、次の知見を見出すに至った。すなわち、本発明者らは、原水が通過するライン上の圧力抵抗を適切に高めることによって、膜モジュール2の複数のチューブラー膜に均一に気液混相流の原水を流すことができることを見出した。また、本発明者らは、当該方法によって、原水の循環速度を高くすることなく、且つ、空気量を少なくすることなく、複数のチューブラー膜5に原水を均一に流すことができることを見出した。すなわち、各チューブラー膜5での圧力変動のばらつきを無視できる程度にまで圧力抵抗を高めることで、圧力変動のばらつきに起因する不安定な原水の流れを抑制し、気液混相流の原水を各チューブラー膜5に対して均一に流すことが出来る点を見出した。

[0050] そこで、本実施形態に係る水処理システム1は、少なくとも膜モジュール2で濾過を行っているときに、原水に対する圧力抵抗が高められる圧力抵抗調整部14を備えている。複数のチューブラー膜5の内部を気液混相流の原水が流れる時にチューブラー膜5間で圧力変動のばらつきが生じるとしても、当該圧力変動のばらつきの影響を無視できるように圧力抵抗調整部14で

圧力抵抗を高めることによって、圧力変動のばらつきに起因する不安定な原水の流れを抑制することができる。例えば、圧力抵抗調整部 14 で圧力抵抗が高められていることで、膜モジュール 2 内にある個々のチューブラー膜 5 の圧力変動のばらつきが無視され、エアリフトの発生が抑えられ、気泡が膜モジュール 2 内を均一に流れる。従って、膜モジュール 2 が多数のチューブラー膜 5 を有している場合であっても、気液混相流の原水は各チューブラー膜 5 を均一に流れることができる。更に、膜洗浄効率を高くするために空気量を多くし、且つ、動力削減のために流速を小さくした場合（例えば、少なくとも膜モジュールにおける原水の流速が $0.05 \sim 0.25 \text{ m/s}$ ）であっても、気液混相流の原水は、各チューブラー膜 5 を均一に流れることができる。以上によって、水処理システム 1 は、高い膜洗浄効率を保ちつつ、低い動力にて、複数のチューブラー膜 5 に均一に気液混相流の原水を流すことができる。

[0051] また、本実施形態に係る水処理システムに 1 おいて、少なくとも、膜モジュール 2 の入口側及び出口側の圧力を検出する圧力計 8, 9 と、原水ポンプ 4、空気ブロワ 7、及び圧力抵抗調整部 14 を制御する制御部 16 と、を備えている。また、圧力抵抗調整部 14 は、弁の開閉によって圧力抵抗を変更可能であり、制御部 16 は、圧力計 8, 9 の検出値に基づいて、原水ポンプ 4 及び空気ブロワ 7 を制御すると共に、圧力抵抗調整部 14 で圧力抵抗を設定してよい。これによって、制御部 16 は、圧力計 8, 9 の検出値を取得することで、膜モジュール 2 の入口側の圧力に基づいて、圧力抵抗調整部 14 の圧力抵抗を設定することができる。従って、制御部 16 は、気液混相流の原水が複数の管状膜を均一に流れ易い条件となるように、圧力抵抗を設定することが可能となる。

[0052] [第 2 実施形態]

図 6 を参照して、第 2 実施形態に係る水処理システム 100 について説明する。第 2 実施形態に係る水処理システム 100 は、圧力抵抗調整部 50 が複数のチューブラー膜 5 のそれぞれに対して設けられる点で、第 1 実施形態

に係る水処理システム 1 と主に相違する。圧力抵抗調整部 50 は、少なくともチューブラー膜 5 の入口 5 a から、ライン L 2 の下流側の端部（原水が大気開放される位置）までの合計の圧力損失を大きくする。第 1 実施形態に係る水処理システム 1 では、各チューブラー膜 5 へ分岐した原水が再び合流するライン L 2 での圧力損失を大きくするものあったが、第 2 実施形態に係る水処理システム 100 の圧力抵抗調整部 50 は、複数のチューブラー膜 5 の一つ一つでの圧力損失を大きくしている。なお、水処理システム 100 は、第 1 実施形態の圧力抵抗調整部 14 がライン L 2 に設けられておらず、チューブラー膜 5 に圧力抵抗調整部 50 が設けられている点以外は、図 1 に示す第 1 実施形態の水処理システム 1 と同様な構成を有している。

[0053] 図 6 に示すように、複数のチューブラー膜 5 は、入口 5 a 側で上流側の接続部 21 に接続され、出口 5 b 側で下流側の接続部 22 に接続されている。接続部 21 に流れ込んだ原水は、分岐されて各チューブラー膜 5 の入口 5 a から内部へ流れる。また、各チューブラー膜 5 の内部を流れた原水は、出口 5 b から排出されて接続部 22 で合流する。このような膜モジュール 2 の各チューブラー膜 5 に対して、圧力抵抗調整部 50 としてオリフィス 51 が設けられる。オリフィス 51 は、チューブラー膜 5 の下流側の端部、すなわち出口 5 b に設けられている。ただし、オリフィス 51 は、1 本当たりのチューブラー膜 5 の合計の圧力損失を大きくすることができればどの位置に設けられていてもよく、出口 5 b と入口 5 a との間の領域のいずれの位置に設けられてもよい。また、一本当たりのチューブラー膜 5 に対して設けられるオリフィス 51 の数も限定されず、複数設けてもよい。なお、原水ポンプ 4 がライン L 1 に設けられる場合は、圧力抵抗調整部 50 は原水ポンプ 4 の下流側に設けられることとなり、原水ポンプ 4 がライン L 2 に設けられる場合は、圧力抵抗調整部 50 は原水ポンプ 4 の上流側に設けられることとなる。

[0054] オリフィス 51 は、チューブラー膜 5 の内径よりも小さい内径を有しており、このように部分的に内径を小さくすることによって圧力損失を大きくする。チューブラー膜 5 での圧力損失は、本研究条件では、流速 0.1 m/s

のときに約20 mm A qである。ただし、このような数値に限定されるものではない。

[0055] 圧力抵抗調整部50は、膜モジュール2のチューブラー膜5での圧力損失が100 mm A q以上となるように設定されてよい。このような数値範囲とすることによって、気液混相流の原水を各チューブラー膜5に均一に流すことができる。ただし、このような数値に限定されるものではない。また、膜モジュール2のチューブラー膜5での圧力損失の上限値は、使用する装置の条件によって変化するものであるが、例えば4000 mm A q以下となるように圧力抵抗調整部50が設定されてよい。ただし、このような数値に限定されるものではない。このような数値範囲とすることによって、原水ポンプ4の動力を必要以上に高めることなく所望の流速で原水を供給することができる。

[0056] オリフィス51のように内径を小さくすることによる圧力損失(Δh)は、例えば、以下の式(1)及び式(2)から導き出される式(3)によって演算することができる。なお、式において、 v_0 はオリフィス51での原水の流速、 d_0 はオリフィス51の内径、 v はチューブラー膜5での原水の流速、 d はチューブラー膜5の内径である。

$$\Delta h = \zeta_0 \cdot v_0^2 / 2g = \zeta \cdot v^2 / 2g \quad \dots (1)$$

$$\zeta = \zeta_0 \cdot (d / d_0)^4 \quad \dots (2)$$

$$\Delta h = \zeta_0 \cdot (d / d_0)^4 \cdot v^2 / 2g \quad \dots (3)$$

[0057] 以上のように、本実施形態に係る水処理システム100は、膜モジュール2において原水に対する圧力抵抗が高められる圧力抵抗調整部50を備えている。複数のチューブラー膜5の内部を気液混相流の原水が流れる時にチューブラー膜5間で圧力変動のばらつきが生じるとしても、当該圧力変動のば

らつきの影響を無視できるように圧力抵抗調整部50で圧力抵抗を高めることによって、圧力変動のばらつきに起因する不安定な原水の流れを抑制することができる。具体的には、圧力抵抗調整部50が、膜モジュール2での圧力損失が100mmAq以上となるように設定されることによって、圧力変動のばらつきに起因する不安定な原水の流れを抑制することができる。従って、膜モジュール2が多数のチューブラー膜5を有している場合であっても、気液混相流の原水は各チューブラー膜5を均一に流れることができる。更に、膜洗浄効率を高くするために空気量を多くし、且つ、動力削減のために流速を小さくした場合（例えば、少なくとも膜モジュール2における原水の流速が0.05～0.25m/s）であっても、気液混相流の原水は、各チューブラー膜5を均一に流れることができる。以上によって、水処理システム1は、高い膜洗浄効率を保ちつつ、低い動力にて、複数のチューブラー膜5に均一に気液混相流の原水を流すことができる。

[0058] また、圧力抵抗調整部50は、膜モジュール2の複数のチューブラー膜5のそれぞれに対して設けられている。これによって、気液混相流の原水は、より確実に各チューブラー膜5を均一に流れることができる。

[0059] なお、内径を小さくすることによって圧力損失を大きくするための圧力抵抗調整部50としてオリフィス51を例示した。しかし、圧力抵抗調整部50は、オリフィス51に限定されず、図7に示す水処理システム200のように、チューブラー膜5自体の内径を部分的に小さくした小径部54であってもよい。小径部54の内径は、チューブラー膜5の基本部53（図6の形態でのチューブラー膜5に相当する圧力損失を有する部分であり、小径部54と区別するために便宜的に「基本部」と称する）の内径よりも小さい。図7では、小径部54はチューブラー膜5の出口5bに設けられている。ただし、小径部54は、1本当当たりのチューブラー膜5の合計の圧力損失を大きくすることができればどの位置に設けられていてもよく、出口5bと入口5aとの間の領域のいずれの位置に設けられてもよい。また、一本当たりのチューブラー膜5に対して設けられる小径部54の数も限定されず、複数設け

てもよい。また、小径部54の長さは特に限定されない。例えば、チューブラー膜5全体を小径部54としてもよい。また、オリフィス51と小径部54を組み合わせてもよい。

[0060] 〔第3実施形態〕

図8を参照して、第3実施形態に係る水処理システム300について説明する。第3実施形態に係る水処理システム300は、圧力抵抗調整部50としてチューブラー膜5を長くした延長部56を採用した点で、第2実施形態に係る水処理システム100と相違する。延長部56は、基本部53のみによって構成されるチューブラー膜に比して、チューブラー膜5全体を長くすることによって設けられる。なお、基本部53とは、図6の形態でのチューブラー膜5に相当する長さ（圧力損失）を有する部分である。基本部53での圧力損失は、本研究条件では、流速0.1m/sのときに約20mmAqである。延長部56は、摩擦によって圧力損失を大きくするものである。本実施形態の圧力抵抗調整部50の圧力損失の数値範囲は、第2実施形態に係る圧力抵抗調整部50による圧力損失の数値範囲と同様である。

[0061] 具体的に、延長部56を有するチューブラー膜5のように摩擦によって得られる圧力損失（ Δh ）は、以下の式（4）によって演算することができる。なお、式において、 f はチューブラー膜5の摩擦係数であり、 l はチューブラー膜5の長さである。

$$\Delta h = f \cdot (l / d) \cdot v^2 / 2g \quad \cdots (4)$$

[0062] 本発明は、上述の実施形態に限定されるものではない。例えば、図1は水処理システムのシステム構成の一例に過ぎず、異なるシステム構成を採用してもよい。また、圧力抵抗調整部14の圧力抵抗は、圧力計8, 9の検出値に基づいて設定しなくともよく、運転開始時に所定の圧力抵抗に設定した後、に濾過を開始してもよい。

[0063] また、圧力抵抗調整部は、第2実施形態で例示したように径を小さくする

ことで圧力損失を大きくする方法と、第3実施形態で例示したように摩擦によって圧力抵抗を大きくする方法とを組み合わせてもよい。

[0064] [実施例]

以下、実施例により本発明を詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0065] まず、圧力損失の演算の具体的な例について説明する。まず、チューブラー膜の内径 (d) を 4 mm とし、チューブラー膜の長さを 1 m とし、圧力抵抗調整部として絞り比 (d_0/d) を 0.35 としたオリフィスを用いる。この場合、図9のグラフを用いて $\zeta_0 = 2.3$ という値が得られる。これらの値を式(3)へ代入することで、圧力抵抗調整部の圧力損失が、 $\Delta h = 78\text{ mm Aq}$ (約 80 mm Aq) と算出される。

[0066] 次に、摩擦による圧力損失が上述のオリフィスの 78 mm Aq (約 80 mm Aq) に等しくなるような延長部の長さを算出する。本研究での運転条件においては、式(4)に対して、摩擦係数 $f = (Re/84) = 0.16$ 、チューブラー膜5の内径 $d = 4\text{ mm}$ 、圧力損失 $\Delta h = 78 \times 10^{-3}\text{ m Aq}$ (78 mm Aq) を代入することで、 $l \div 3.8$ (約 4 m) という値が得られる。すなわち、約 4 m の延長部によって約 80 mm Aq の圧力損失を得られるため、チューブラー膜は 1 m 当り約 20 mm Aq の圧力損失に対応する。このとき、チューブラー膜のうち基本部に対応する部分の長さは 1 m であるため、基本部での圧力損失は約 20 mm Aq となる。従って、オリフィスを設けた 1 m のチューブラー膜と、 1 m の基本部に 4 m の延長部を設けたチューブラー膜 (合計 5 m のチューブラー膜) は、いずれも圧力損失が 100 mm Aq となる。以下の実施例及び比較例では、それぞれ延長部の条件またはオリフィスの条件が異なっているが、式(3)または式(4)を用いることで圧力損失を算出することができる。

[0067] [実施例1]

基本部の内径 (d) を 4 mm とし、基本部の長さを 1 m とし、摩擦係数 (f) を 0.16 とし、延長部の長さを 4 m (内径は 4 mm) とし、出口に内

径が4 mm（すなわち絞り比＝1）のオリフィスを設けたチューブラー膜を準備した。このときの、摩擦による圧力損失（延長部と基本部の合計の圧力損失）は100 mm A qであり、オリフィスによる圧力損失は0 mm A qであった。従って、チューブラー膜の合計の圧力損失、すなわち基本部及び圧力抵抗調整部の合計の圧力損失は100 mm A qであった。また、膜モジュールのチューブラー膜の本数を29とした。また、空気を約0.065 m/sで供給してスラグ流とし、チューブラー膜での流速が0.1 m/sとなるように設定した。このような条件下で運転を行った結果、29本のチューブラー膜のうち、28本のチューブラー膜にスラグ流が流れていることを確認した。全体のチューブラー膜の本数に対する、スラグ流が流れているチューブラー膜の本数の割合を「スラグ流分散率」として算出し、図10に示すグラフにプロットした。なお、このときのスラグ流分散率は96.6%と算出された。

[0068] [実施例2]

基本部の内径（d）を4 mmとし、基本部の長さを1 mとし、摩擦係数（f）を0.16とし、延長部の長さを0 mとし、出口に内径が1 mm（すなわち絞り比＝0.25）のオリフィスを設けたチューブラー膜を準備した。このときの、摩擦による圧力損失（基本部の圧力損失）は20 mm A qとなり、オリフィスによる圧力損失は327 mm A qとなった。従って、チューブラー膜の合計の圧力損失、すなわち基本部及び圧力抵抗調整部の合計の圧力損失は347 mm A qであった。また、膜モジュールのチューブラー膜の本数を30とし、当該膜モジュールを4個準備した。空気を約0.065 m/sで供給してスラグ流とし、チューブラー膜での流速が0.1 m/sとなるように設定した。4個の膜モジュールについての結果を図10に示すグラフ上にプロットして示す。

[0069] [実施例3]

基本部の長さを0.6 mとした点以外、実施例2と同様の条件とした。このときの、摩擦による圧力損失（基本部の圧力損失）は12 mm A qとなり

、オリフィスによる圧力損失は327 mm A qとなった。従って、チューブラー膜の合計の圧力損失、すなわち基本部及び圧力抵抗調整部の合計の圧力損失は339 mm A qであった。このような4個の膜モジュールについての結果を図10に示すグラフ上にプロットして示す。

[0070] [実施例4]

基本部の内径を8 mmとし、オリフィスの内径を2 mm（すなわち絞り比＝0.25）とした点以外、実施例2と同様の条件とした。このときの、摩擦による圧力損失（基本部の圧力損失）は10 mm A qとなり、オリフィスによる圧力損失は327 mm A qとなった。従って、チューブラー膜の合計の圧力損失、すなわち基本部及び圧力抵抗調整部の合計の圧力損失は337 mm A qであった。このような4個の膜モジュールについての結果を図10に示すグラフ上にプロットして示す。

[0071] [実施例5]

オリフィスの内径を2 mm（すなわち絞り比＝0.5）とした点以外、実施例2と同様の条件とした。このときの、摩擦による圧力損失（基本部の圧力損失）は20 mm A qとなり、オリフィスによる圧力損失は15 mm A qとなった。従って、チューブラー膜の合計の圧力損失、すなわち基本部及び圧力抵抗調整部の合計の圧力損失は35 mm A qであった。このような4個の膜モジュールについての結果を図10に示すグラフ上にプロットして示す。

[0072] [実施例6]

基本部の長さを0.6 mとし、オリフィスの内径を2 mm（すなわち絞り比＝0.5）とした点以外、実施例2と同様の条件とした。このときの、摩擦による圧力損失（基本部の圧力損失）は12 mm A qとなり、オリフィスによる圧力損失は15 mm A qとなった。従って、チューブラー膜の合計の圧力損失、すなわち基本部及び圧力抵抗調整部の合計の圧力損失は27 mm A qであった。このような4個の膜モジュールについての結果を図10に示すグラフ上にプロットして示す。

[0073] [実施例 7]

基本部の内径を 8 mm とし、オリフィスの内径を 4 mm（すなわち絞り比 = 0.5）とした点以外、実施例 2 と同様の条件とした。このときの、摩擦による圧力損失（延長部と基本部の合計の圧力損失）は 10 mm A q となり、オリフィスによる圧力損失は 15 mm A q となった。従って、チューブラー膜の合計の圧力損失、すなわち基本部及び圧力抵抗調整部の合計の圧力損失は 25 mm A q であった。このような 4 個の膜モジュールについての結果を図 10 に示すグラフ上にプロットして示す。

[0074] [比較例]

オリフィスの内径を 4 mm、すなわち絞り比 = 1 であり実質的に圧力抵抗の調整を行っていない構成とした点以外、実施例 2 と同様の条件とした。このときの、摩擦による圧力損失（基本部の圧力損失）は 20 mm A q となり、オリフィスによる圧力損失は 0 mm A q となった。従って、チューブラー膜の合計の圧力損失、すなわち基本部の圧力損失は 20 mm A q であった。このような 4 個の膜モジュールについての結果を図 10 に示すグラフ上にプロットして示す。

[0075] (評価)

図 10 のグラフに示すように、比較例に比して、チューブラー膜において圧力抵抗調整部で圧力損失を大きくした各実施例の方が、スラグ流分散率が高い。従って、実施例では、比較例に比してスラグ流を各チューブラー膜に均一に流すことができる点が理解される。また、実施例 1 ～実施例 4 の結果より、チューブラー膜での圧力損失が 100 mm A q 以上となるように圧力抵抗調整部を設定した場合、スラグ流分散率を 90% 以上とすることができ、スラグ流を各チューブラー膜に均一に流すことができる点が理解される。

産業上の利用可能性

[0076] 本発明は、複数の管状膜を有する膜モジュールを用いた水処理システムに利用可能である。

符号の説明

[0077] 1, 100, 200, 300…水処理システム、2…膜モジュール、4…原水ポンプ（原水供給部）、5…チューブラー膜（管状膜）、7…空気ブロワ（空気供給部）、8, 9…圧力計（圧力検出部）、14, 50…圧力抵抗調整部、16…制御部。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の管状膜を有し、前記管状膜の内部に原水を流して前記原水を濾過する膜モジュールと、
- 前記原水の水源から前記膜モジュールへ前記原水を供給する原水供給部と、
- 前記原水に気体を供給し、前記膜モジュールに供給される前記原水を気液混相流とする気体供給部と、
- 少なくとも前記膜モジュールで濾過を行っているときに、前記原水に対する圧力抵抗が高められる圧力抵抗調整部と、を備え、
- 前記圧力抵抗調整部は、前記原水供給部の下流側、又は前記原水供給部の上流側に設けられる、水処理システム。
- [請求項2] 前記圧力抵抗調整部は、前記膜モジュールの複数の前記管状膜のそれぞれに対して設けられる、請求項1に記載の水処理システム。
- [請求項3] 前記原水供給部は、少なくとも前記膜モジュールにおける前記原水の流速が0.05～0.25 m/sとなるように、前記原水を供給する、請求項1又は2に記載の水処理システム。
- [請求項4] 少なくとも、前記膜モジュールの入口側の圧力を検出する圧力検出部と、
- 前記原水供給部、前記気体供給部、及び前記圧力抵抗調整部を制御する制御部と、を更に備え、
- 前記圧力抵抗調整部は、弁の開閉によって前記圧力抵抗を変更可能であり、
- 前記制御部は、前記圧力検出部の検出値に基づいて、前記原水供給部及び前記気体供給部を制御すると共に、前記圧力抵抗調整部で前記圧力抵抗を設定する、請求項1～3の何れか一項に記載の水処理システム。
- [請求項5] 複数の管状膜を有し、前記管状膜の内部に原水を流して前記原水を濾過する膜モジュールと、

前記原水の水源から前記膜モジュールへ前記原水を供給する原水供給部と、

前記原水に気体を供給し、前記膜モジュールに供給される前記原水を気液混相流とする気体供給部と、

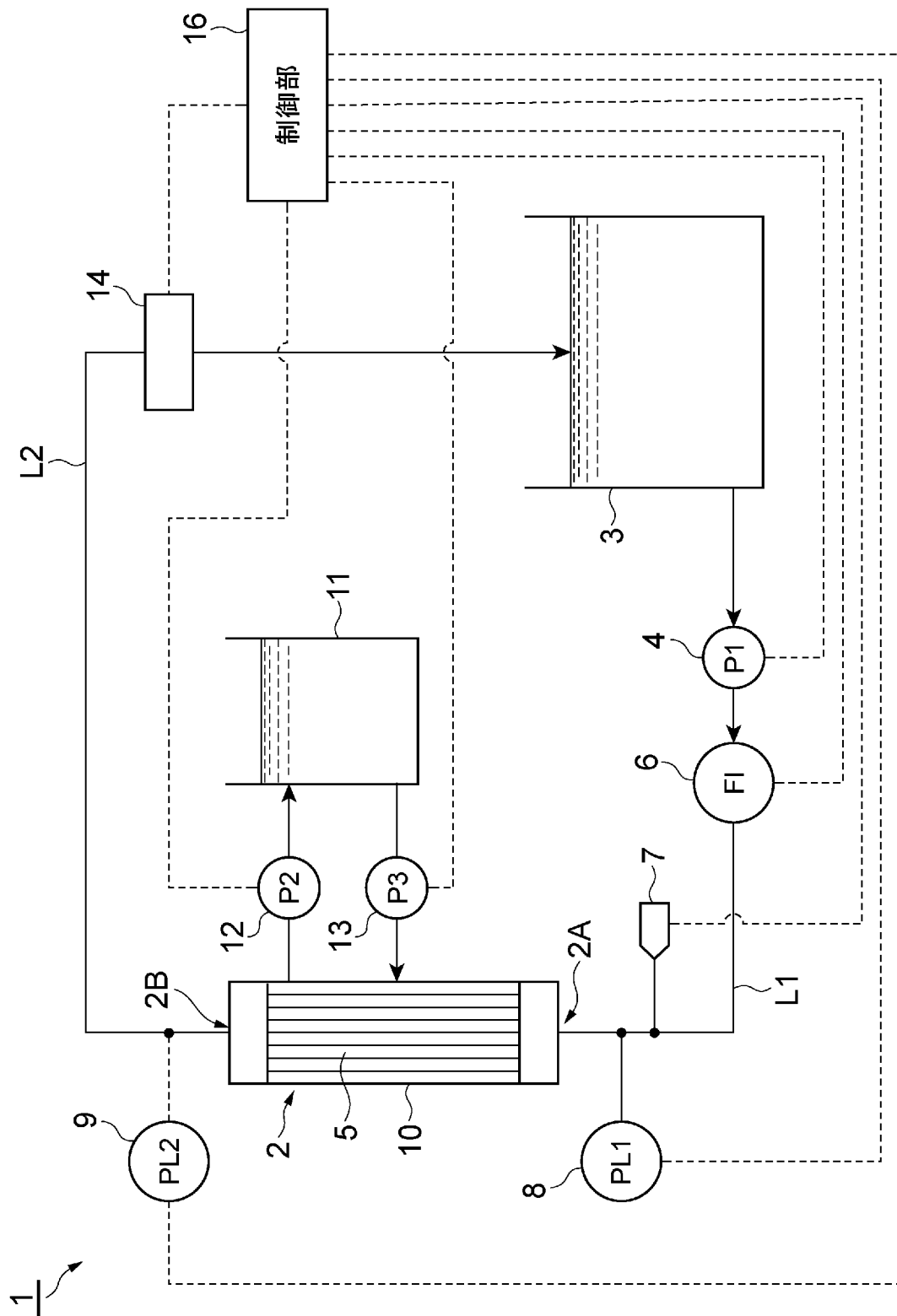
少なくとも前記膜モジュールで濾過を行っているときに、前記原水に対する圧力抵抗が高められる圧力抵抗調整部と、を備え、

前記圧力抵抗調整部は、前記原水供給部の下流側、又は前記原水供給部の上流側に設けられ、

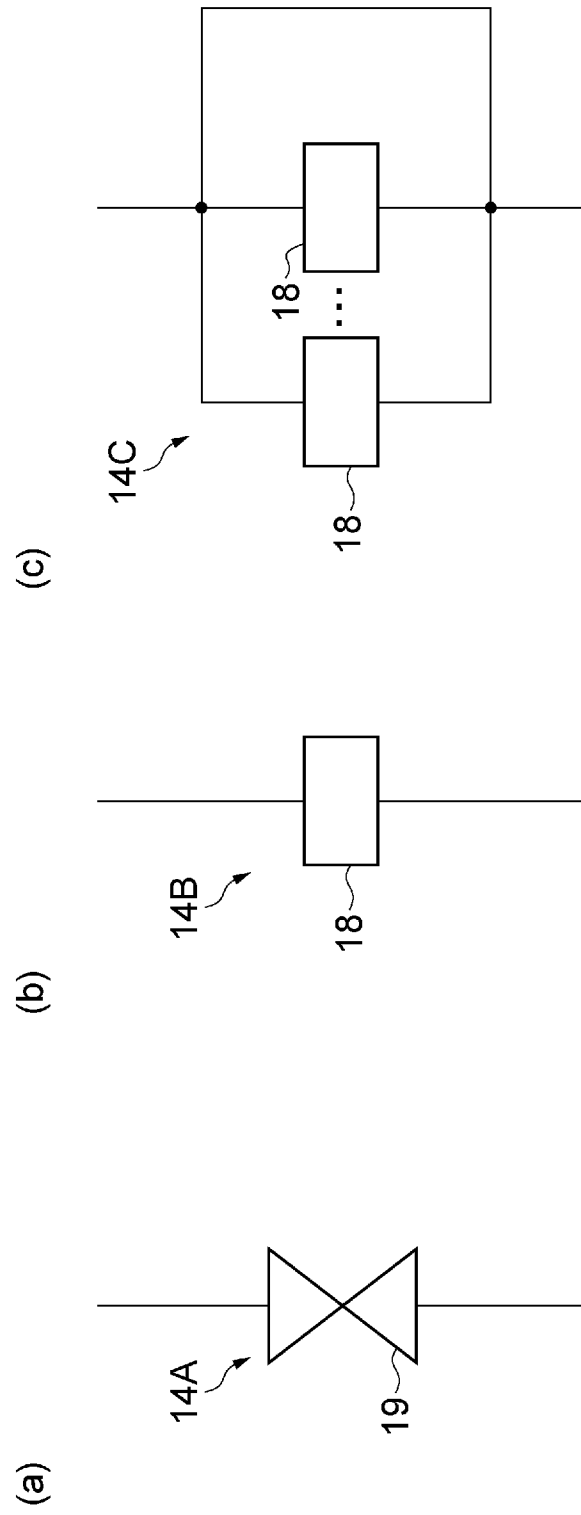
前記原水供給部は、少なくとも前記膜モジュールにおける前記原水の流速が $0.05 \sim 0.25 \text{ m/s}$ となるように、前記原水を供給し、

前記圧力抵抗調整部は、前記膜モジュールの前記管状膜での圧力損失が 100 mmHg 以上となるように設定される、水処理システム。

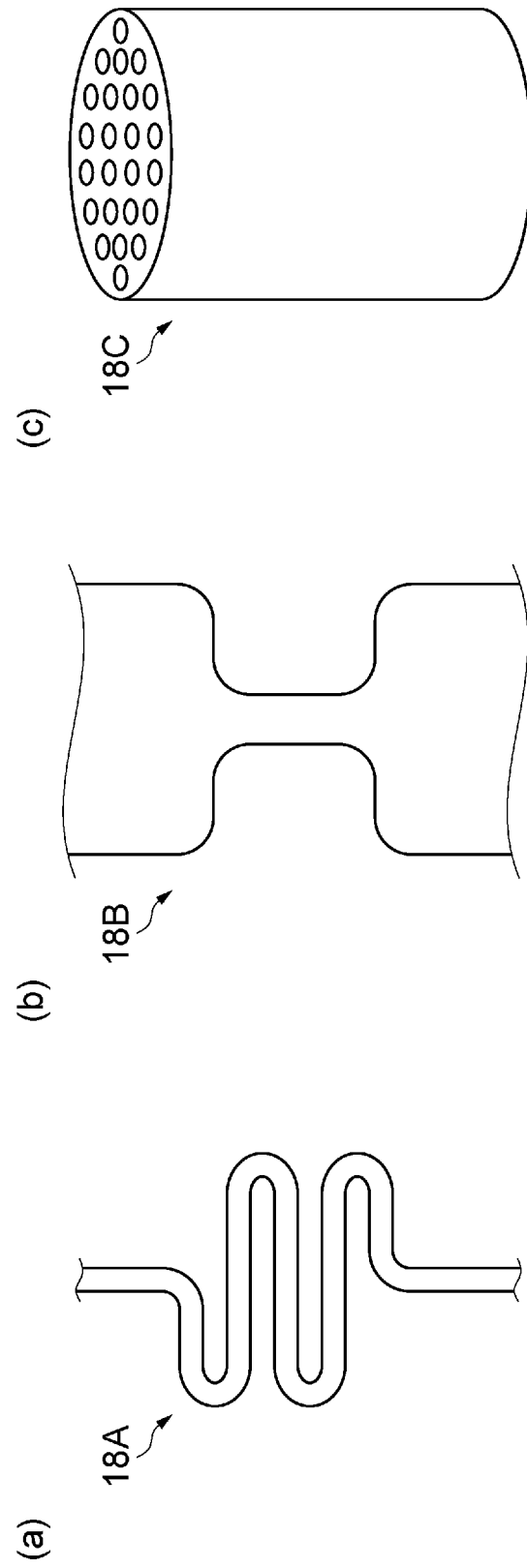
[図1]



[図2]

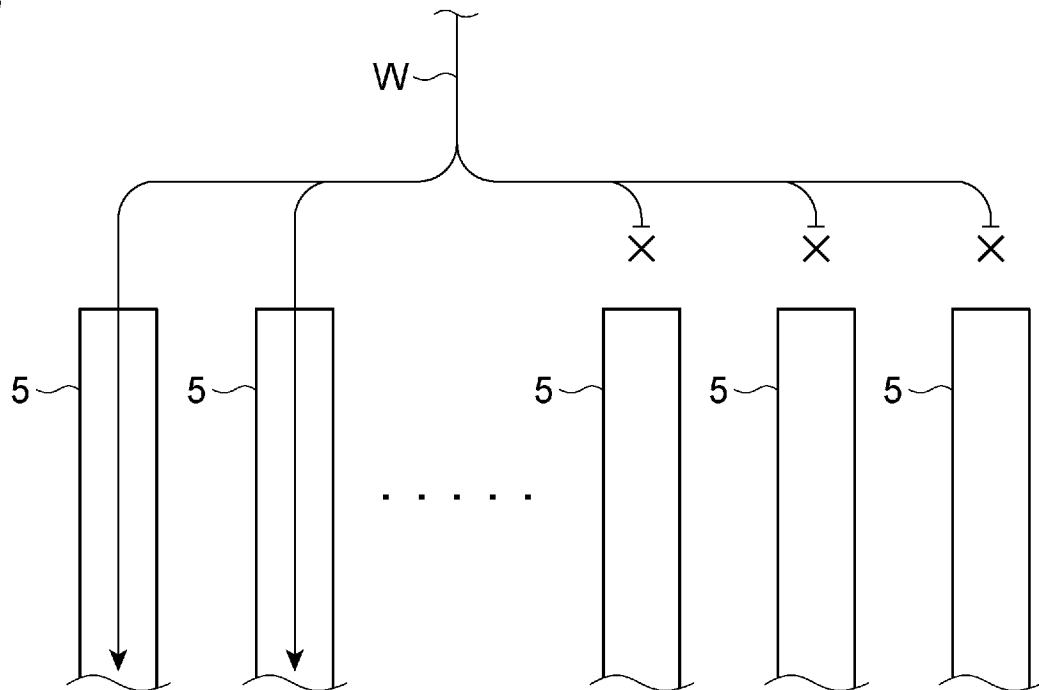


[図3]

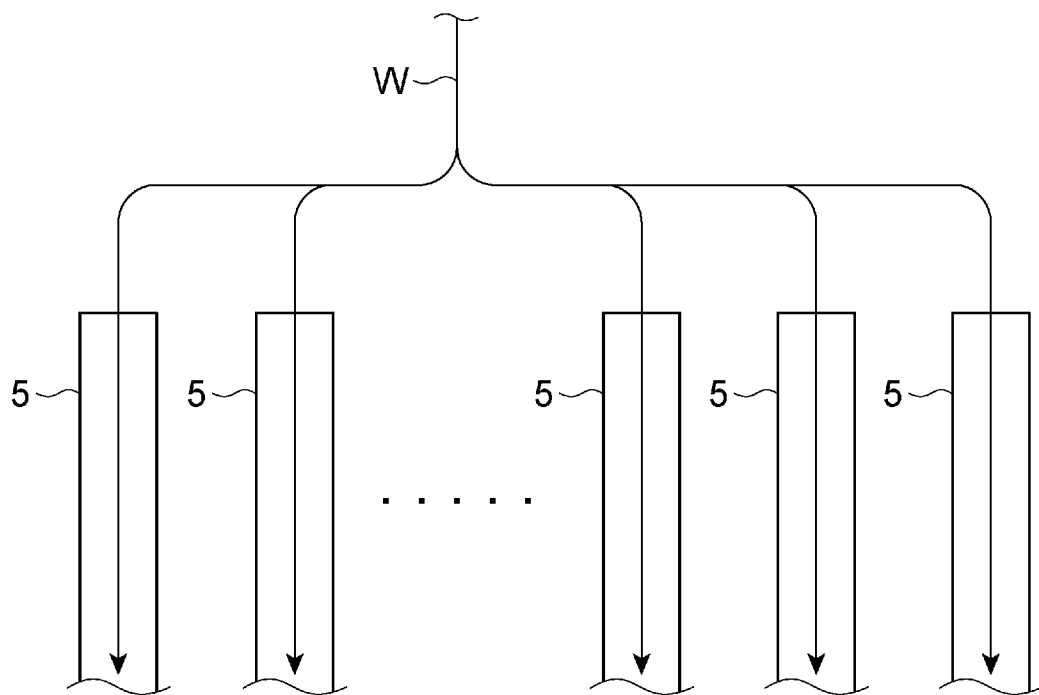


[図4]

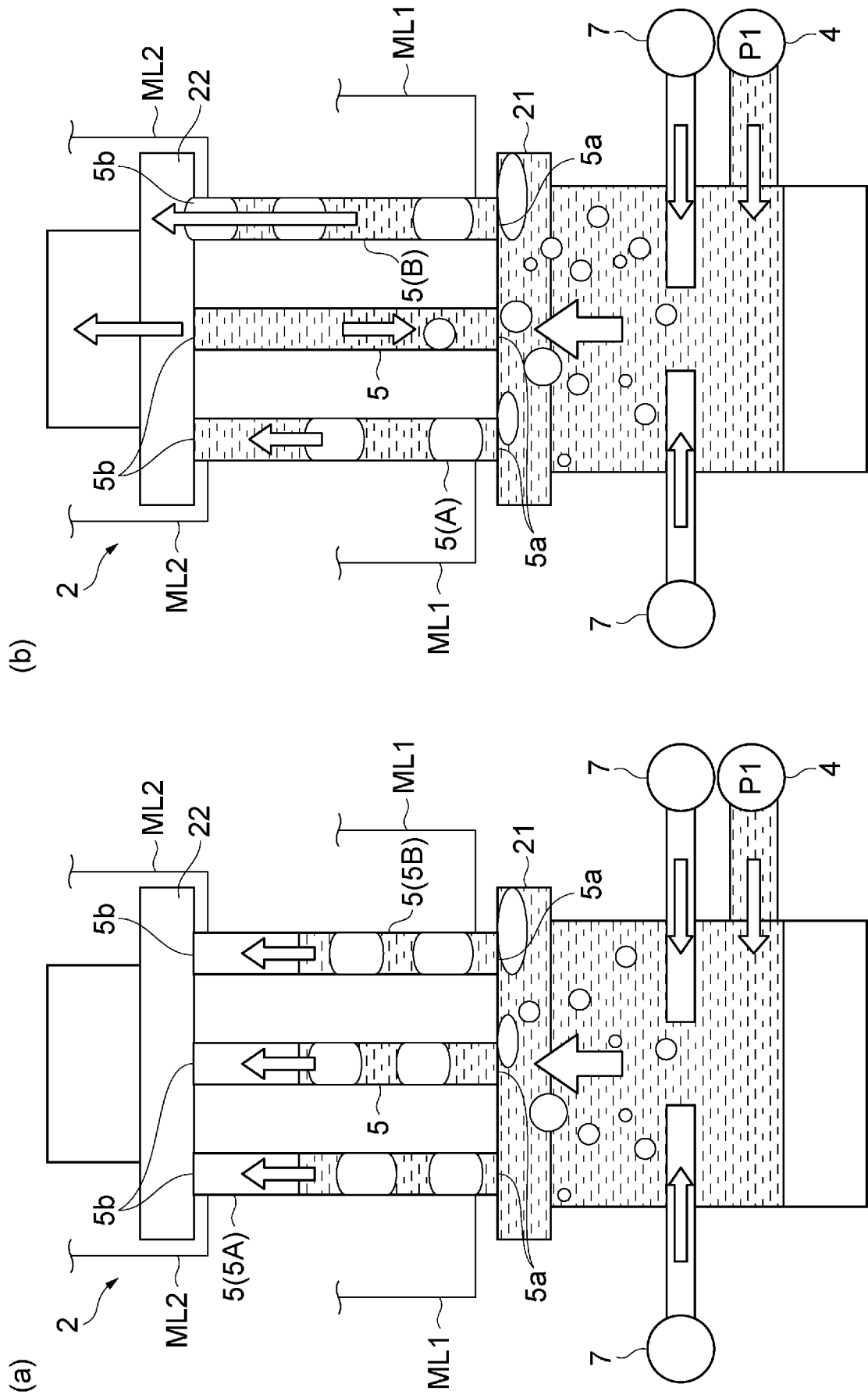
(a)



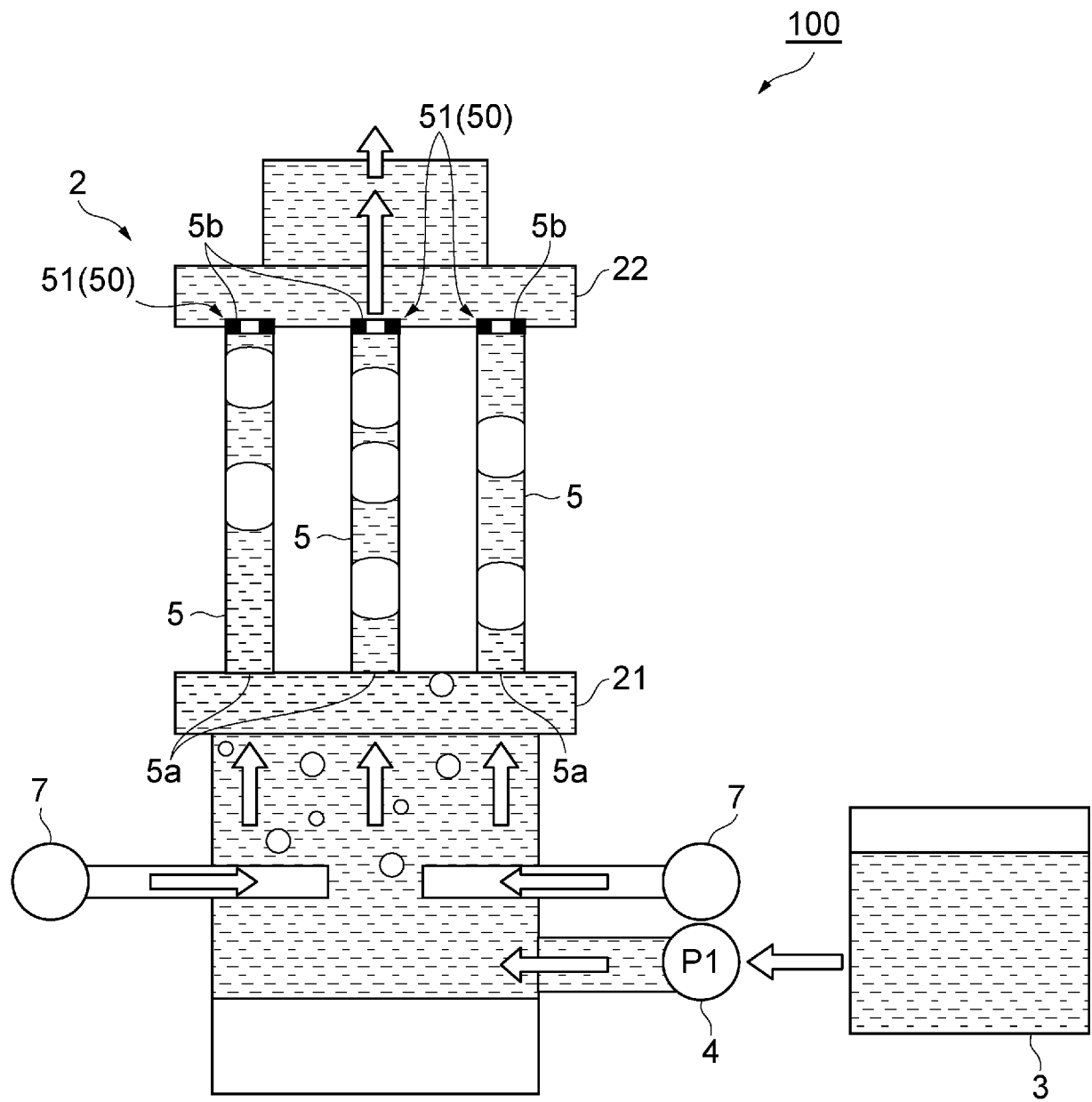
(b)



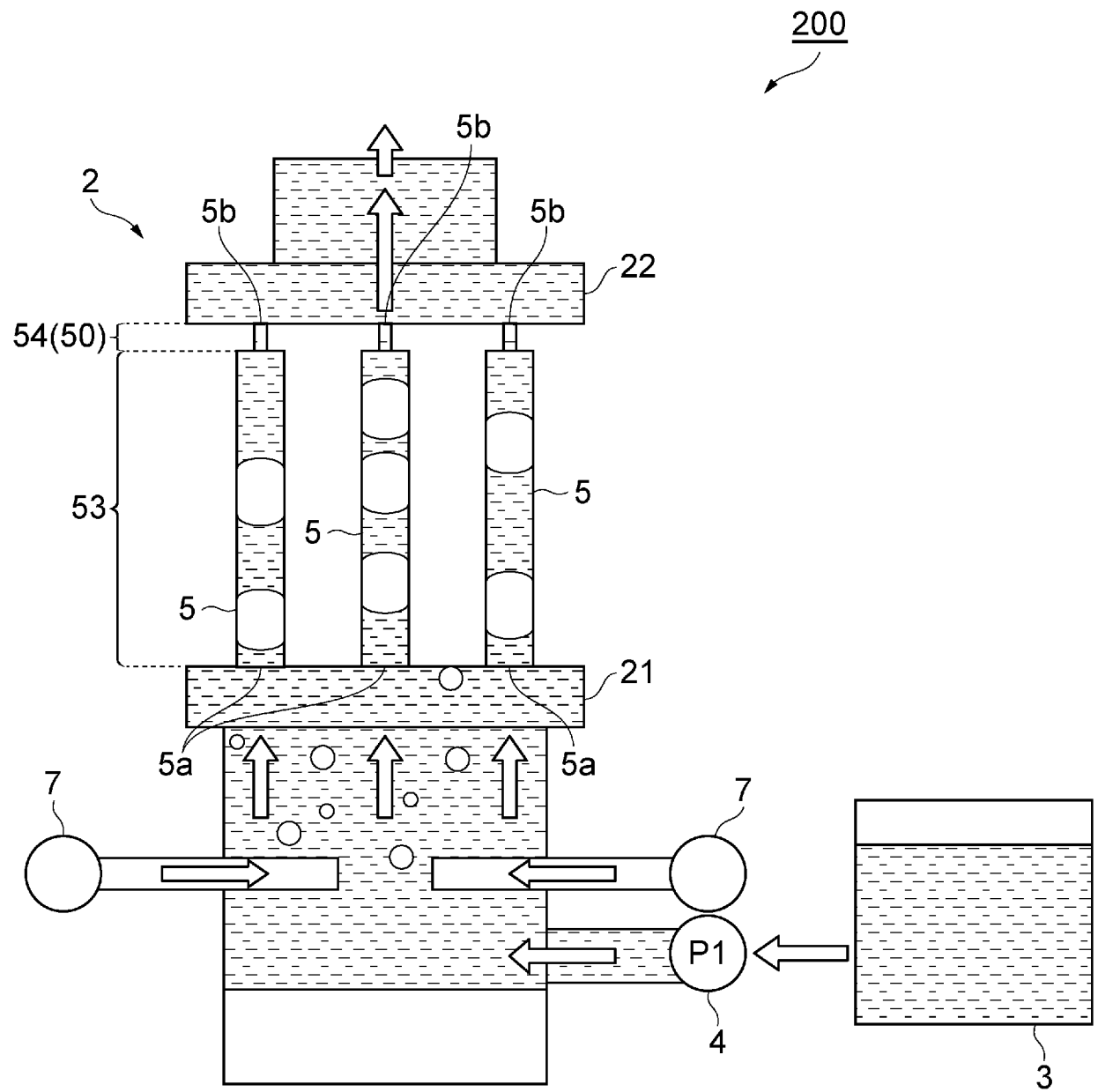
[図5]



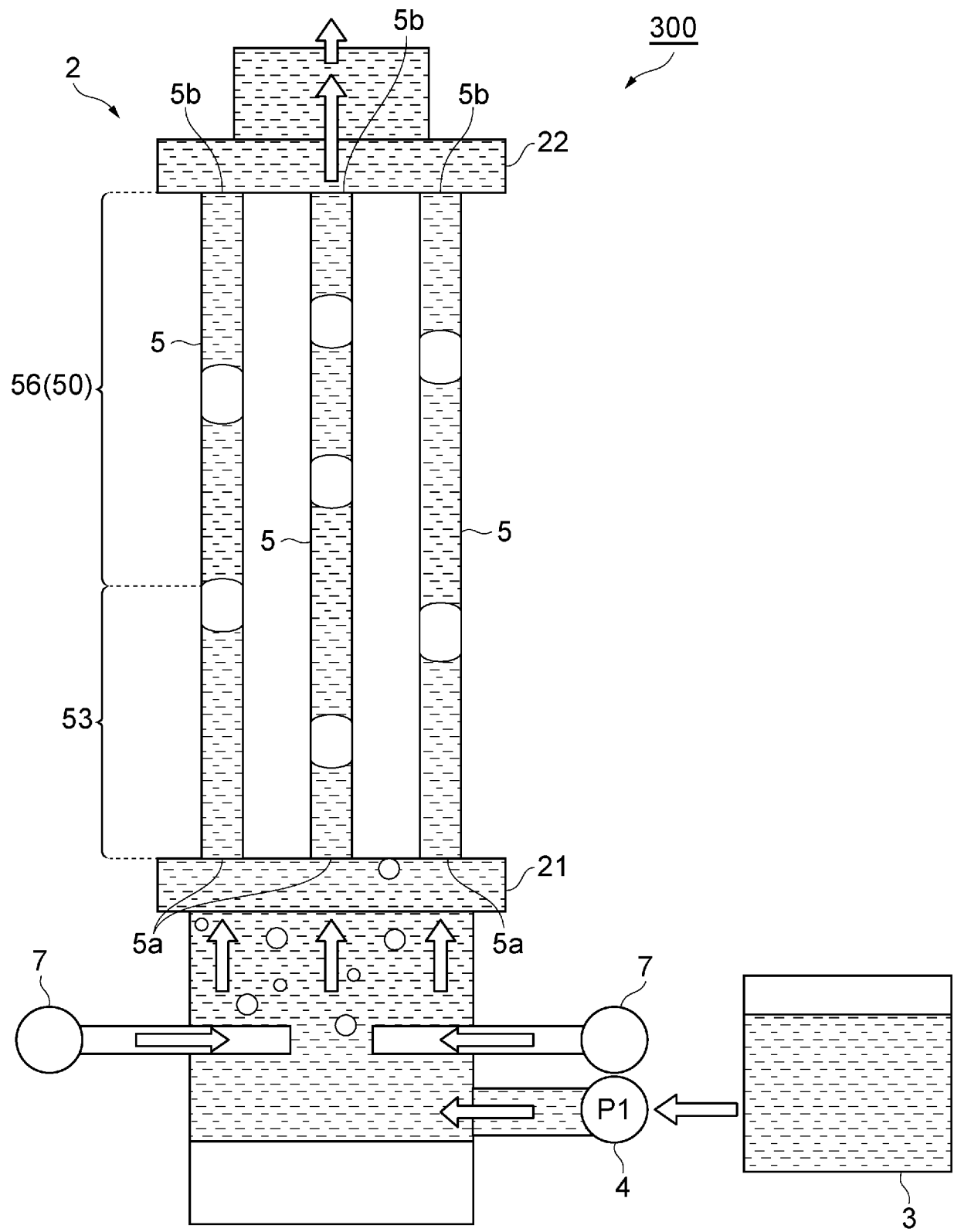
[図6]



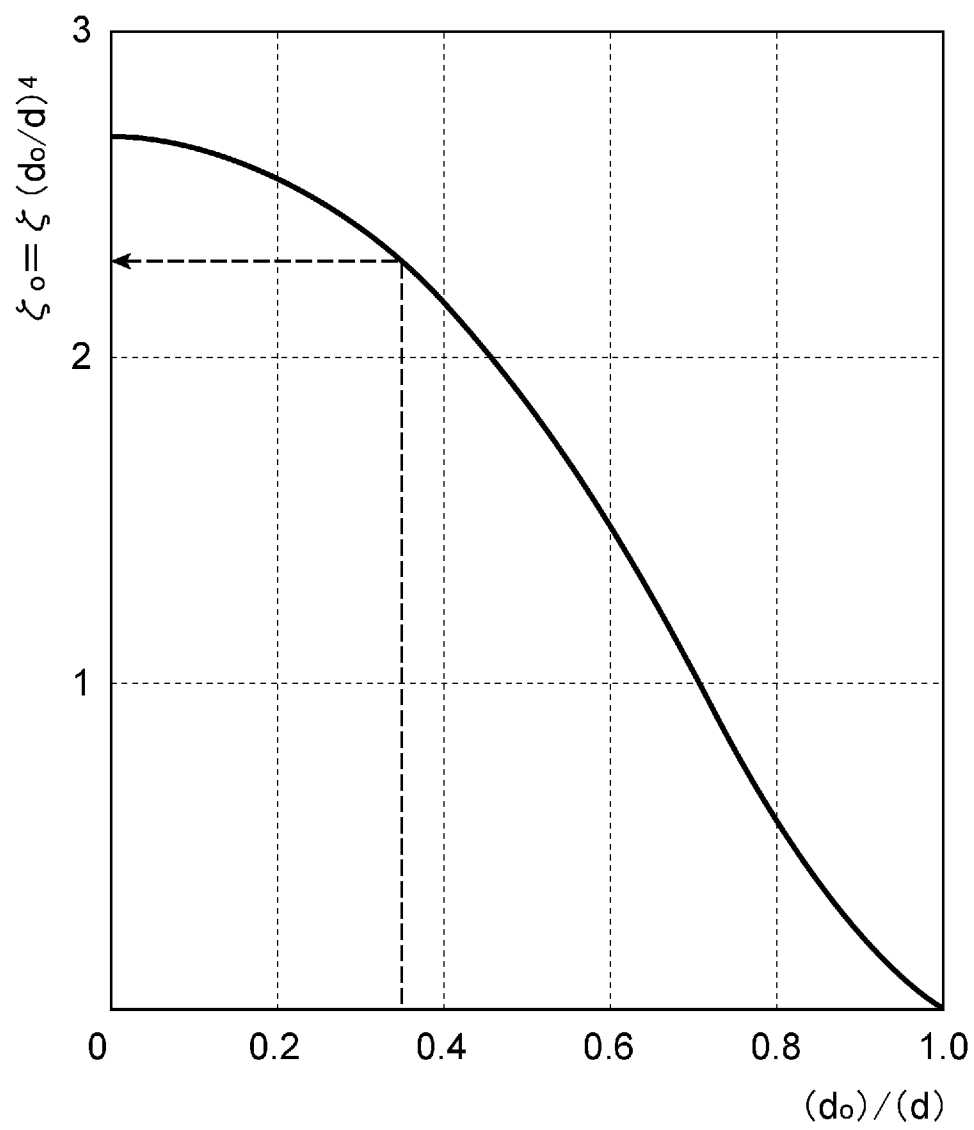
[図7]



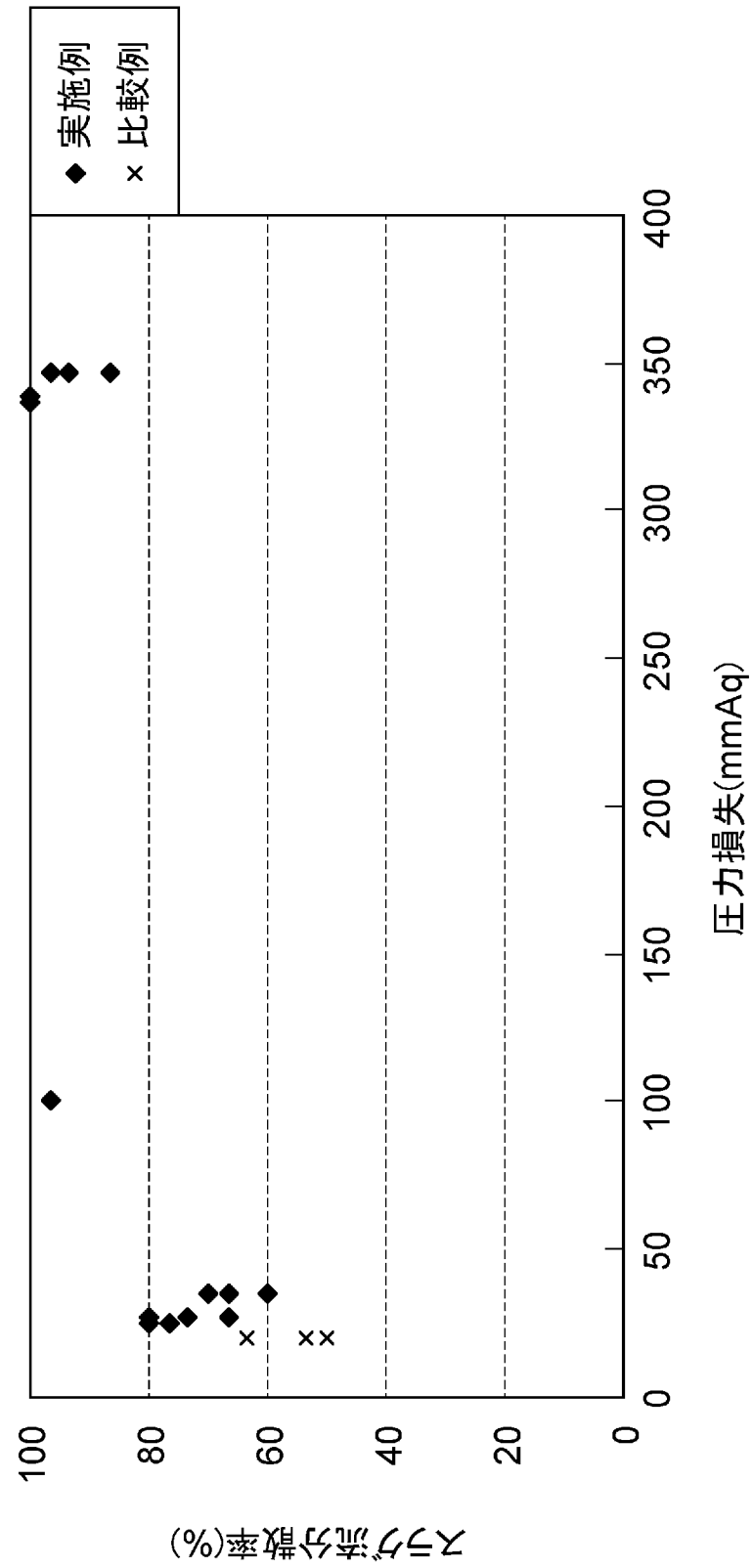
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/081195

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C02F1/44(2006.01)i, B01D63/06(2006.01)i, 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)

C02F1/44, B01D63/06, 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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	Edited by Yugen Kaisha Bukkazu, Measures against Deterioration and Membrane Fouling - Maku Oson Boshi·Senjoho kara Troubleshooting made, 1st edition, 1st print, Kabushiki Kaisha NTS, 05 September 2008 (05.09.2008), pages 69 to 71, 263 to 267	1-5 3-5
X Y	JP 2007-245058 A (Fuji Electric Systems Co., Ltd.), 27 September 2007 (27.09.2007), abstract; fig. 1, 6 (Family: none)	1, 2 3-5

☒ 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
18 February, 2014 (18.02.14)

Date of mailing of the international search report
25 February, 2014 (25.02.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/081195

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-309349 A (Asahi Chemical Industry Co., Ltd.), 09 November 1999 (09.11.1999), abstract; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-5
A	JP 2011-104488 A (Central Filter Mfg. Co., Ltd.), 02 June 2011 (02.06.2011), abstract; fig. 1 (Family: none)	1-5
A	JP 9-99223 A (Kurita Water Industries Ltd.), 15 April 1997 (15.04.1997), abstract; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C02F1/44(2006.01)i, B01D63/06(2006.01)i, 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（I P C））

Int.Cl. C02F1/44, B01D63/06, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

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 Y	有限会社 ブッカーズ編, 膜の劣化とファウリング対策 膜汚損防 止・洗浄法からトラブルシューティングまで, 初版第一刷, 株式会社 エヌ・ティ・エス, 2008.09.05, p.69-71, 263-267	1-5 3-5
X Y	JP 2007-245058 A (富士電機システムズ株式会社) 2007.09.27, 要約、図 1, 6 (ファミリーなし)	1, 2 3-5
A	JP 11-309349 A (旭化成工業株式会社) 1999.11.09, 要約、図 1-5 (ファミリーなし)	1-5

☒ 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

1 8 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

大島 彰公

4 D

4 8 6 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 1

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
A	JP 2011-104488 A (セントラルフィルター工業株式会社) 2011.06.02, 要約、図1 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 9-99223 A (栗田工業株式会社) 1997.04.15, 要約、1-3 図 (ファミリーなし)	1-5