

(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
2020年9月17日(17.09.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/184044 A1

(51) 国際特許分類:

B01D 61/08 (2006.01) *B01D 61/58* (2006.01)
B01D 61/12 (2006.01) *C02F 1/44* (2006.01)
B01D 61/46 (2006.01) *C02F 1/469* (2006.01)

東区新砂 1 丁目 2 番 8 号 オルガノ株式会社
内 Tokyo (JP). 佐々木 慶介(SASAKI Keisuke);
〒1368631 東京都江東区新砂 1 丁目 2 番 8
号 オルガノ株式会社内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/005550

(22) 国際出願日: 2020年2月13日(13.02.2020)

(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 2019-045327 2019年3月13日(13.03.2019) JP

(71) 出願人: オルガノ株式会社 (ORGANO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1368631 東京都江東区新砂 1 丁目 2 番 8 号 Tokyo (JP).

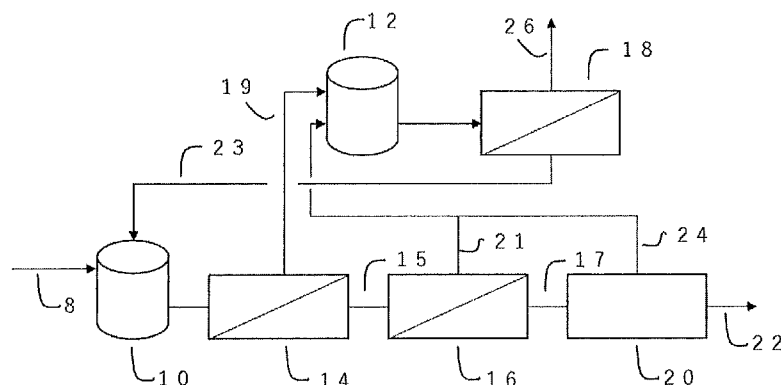
(72) 発明者: 中村 勇規 (NAKAMURA Yuki);
〒1368631 東京都江東区新砂 1 丁目 2 番 8 号
オルガノ株式会社内 Tokyo (JP). 高橋 一重
(TAKAHASHI Kazushige); 〒1368631 東京都江

(74) 代理人: 宮崎 昭夫, 外(MIYAZAKI Teruo et al.);
〒1080014 東京都港区芝 5 丁目 2 6 番 2 4
号 田町スクエア 3 階 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: PURE-WATER PRODUCTION DEVICE AND PURE-WATER PRODUCTION METHOD

(54) 発明の名称: 純水製造装置および純水の製造方法



(57) Abstract: Provided is a novel pure-water production device using an RO-EDI system. The present invention uses a pure-water production device including: a first reverse osmosis device to which water to be treated is supplied; a second reverse osmosis device to which permeated water from the first reverse osmosis device is supplied; an electro deionization device to which permeated water from the second reverse osmosis device is supplied; a brine tank to which concentrated water from the first reverse osmosis device is supplied; and a third reverse osmosis device that is connected to the brine tank. The second reverse osmosis device is a high-pressure-type reverse osmosis device. The concentrated water of at least one type selected from the group consisting of concentrated water from the second reverse osmosis device and concentrated water from the electro deionization device is supplied to the brine tank. Permeated water from the third reverse osmosis device is supplied as the water to be treated.

(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, ST, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: R O - E D I システムを用いた新規な純水製造装置を提供する。被処理水が供給される第1の逆浸透膜装置と、前記第1の逆浸透膜装置からの透過水が供給される第2の逆浸透膜装置と、前記第2の逆浸透膜装置からの透過水が供給される電気再生式脱イオン装置と、前記第1の逆浸透膜装置からの濃縮水が供給されるブライントankと、前記ブライントankに接続する第3の逆浸透膜装置と、を備え、前記第2の逆浸透膜装置が高圧型逆浸透膜装置であって、前記ブライントankには、前記第2の逆浸透膜装置からの濃縮水および前記電気再生式脱イオン装置からの濃縮水からなる群より選択される少なくとも1種の濃縮水が供給され、前記第3の逆浸透膜装置からの透過水が、前記被処理水に供給される、純水製造装置を用いる。

明 細 書

発明の名称： 純水製造装置および純水の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、純水の製造装置及び純水の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体装置の製造工程や液晶装置の製造工程における洗浄水等の用途として、有機物、イオン成分、微粒子、細菌等が高度に除去された超純水が使用されている。超純水製造装置は、一次純水系（純水製造装置）とサブシステムで構成される。純水製造装置としては、逆浸透膜（RO）装置と電気再生式脱イオン（EDI）装置を組み合わせたもの（RO-EDIシステム）が広く用いられている。そして、純水製造用のROとして、超低压～低压型逆浸透膜が使用されることが多い。

一方、半導体の線幅微細化に伴い、洗浄用として用いられる純水、超純水の要求水質が高まってきており、例えば、微量の不純物としてホウ素の低減が求められている。このため、ホウ素濃度を低減することを目的として、従来海水の淡水化用途で用いられるような高圧型逆浸透膜とイオン交換装置を組み合わせた方法が提案されている（特許文献1、特許文献2）。

また、RO装置の透過水の水質を向上させるため、複数段の低压型RO装置を用い、1段目のRO装置の透過水を2段目以降のRO装置で処理し、得られた透過水をEDI装置に供給することが提案されている（特許文献3）。この場合、2段目以降のRO装置から排出される濃縮水中の不純物の濃度は、1段目のRO装置に供給される給水（被処理水）の不純物濃度と比較して低いため、2段目のRO装置からの濃縮水を被処理水に戻す（混合することにより、被処理水を希釈しつつ、システム全体の水回収率を高めることが可能となる。また、同様の理由で、EDI装置から排出される濃縮水も被処理水に戻されることとなる。

さらに、水回収率を上げるために、1段目のRO装置の濃縮水を被処理水

として第3のRO装置に通水し、得られた透過水を被処理水に戻すことも行われている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-20131号公報

特許文献2：特開2016-117001号公報

特許文献3：特開2004-167423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、ホウ素除去を目的とする場合、2段目のRO装置として、1段目のRO装置よりホウ素除去性能の高い高圧型RO装置を使用することが考えられる。低圧型ROはホウ素の除去率が低く、1段目のRO装置が低圧型ROの場合、1段目のRO装置で除去し切れなかったホウ素が2段目のRO装置で濃縮され、濃縮水のホウ素濃度が被処理水より高くなってしまうケースが懸念される。被処理水よりも不純物濃度が高い水を被処理水に戻すと、被処理水に濃縮効果が働き、系内の不純物濃度が徐々に増加し、RO-EDIシステムの処理水質が低下するという問題が生じる。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明者らは、純水製造装置に関し、複数段RO-EDIシステムにおいて、2段目以降の少なくとも1段を高圧型ROにして、高圧型ROの濃縮水をさらにRO処理した透過水を被処理水に戻すことにより上記課題を解決することを見出した。

すなわち、本発明は、被処理水が供給される第1の逆浸透膜装置と、前記第1の逆浸透膜装置からの透過水が供給される第2の逆浸透膜装置と、前記第2の逆浸透膜装置からの透過水が供給される電気再生式脱イオン装置と、前記第1の逆浸透膜装置からの濃縮水が供給されるブライントankと、前記ブライントankに接続する第3の逆浸透膜装置と、を備え、前記第2の逆浸

透膜装置が高圧型逆浸透膜装置であって、前記ブラインタンクには、前記第2の逆浸透膜装置からの濃縮水および前記電気再生式脱イオン装置からの濃縮水からなる群より選択される少なくとも1種の濃縮水が供給され、前記第3の逆浸透膜装置からの透過水が、前記被処理水に供給される、純水製造装置である。

[0006] また、本発明は、（a）被処理水を第1の逆浸透膜装置に供給するステップと、（b）前記第1の逆浸透膜装置からの透過水を第2の逆浸透膜装置に供給するステップと、（c）前記第2の逆浸透膜装置からの透過水を電気再生式脱イオン装置に供給するステップと、（d）前記第1の逆浸透膜装置からの濃縮水をブラインタンクに供給するステップと、（e）前記第2の逆浸透膜装置からの濃縮水および前記電気再生式脱イオン装置からの濃縮水からなる群より選択される少なくとも1種の濃縮水をブラインタンクに供給するステップと、（f）前記ブラインタンクの濃縮水を第3の逆浸透膜装置に供給するステップと、（g）前記第3の逆浸透膜装置からの透過水を被処理水に供給するステップと、（h）前記電気再生式脱イオン装置からの処理水を純水として取り出すステップと、を備え、前記第2の逆浸透膜装置が高圧型逆浸透膜装置である、純水の製造方法である。

発明の効果

[0007] 複数段RO-EDIシステムを有する純水製造装置において、水回収率を下げることなく、ホウ素が低減できる純水を製造することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の一実施形態に係る純水製造装置の構成を示す概略図である。

[図2]本発明の他の実施形態に係る純水製造装置の構成を示す概略図である。

[図3]本発明の別の実施形態に係る純水製造装置の構成を示す概略図である。

[図4]本発明のさらに別の実施形態に係る純水製造装置の構成を示す概略図である。

[図5]本発明の他の実施形態に係る純水製造装置の構成を示す概略図である。

[図6]本発明の別の実施形態に係る純水製造装置の構成を示す概略図である。

[図7]比較例に用いた純水製造装置の構成を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0009] まず、本発明に係る純水製造装置における第一の実施態様について、図1を参照しながら説明する。図1において、被処理水8が被処理水タンク10から、不図示のポンプによって第1の逆浸透膜装置14に供給され、第1の逆浸透膜装置14からその透過水15が不図示のポンプによって第2の逆浸透膜装置16に供給され、さらに第2の逆浸透膜装置16からの透過水17が不図示のポンプによって電気再生式脱イオン装置(EDI)20に供給されるように互いに接続されている。そして、第1の逆浸透膜装置14からの濃縮水19、第2の逆浸透膜装置16の濃縮水21およびEDI20のから濃縮水24はブライントank12に供給され、ブライントank12からこれら濃縮水が、不図示のポンプによって第3の逆浸透膜装置18に供給される。また、第3の逆浸透膜装置18からの透過水23は被処理水タンク10に回収され、濃縮水26はブローとして排出される。第1の逆浸透膜装置14として超低压～低压型の逆浸透膜装置が、第2の逆浸透膜装置16として高压型の逆浸透膜装置が用いられる。

[0010] 本発明に係る純水製造装置の第一の実施態様は、上記のように構成されており、以下、その作用について説明する。

被処理水タンク10に供給された被処理水8は、低压型～超低压型の第1の逆浸透膜装置14に供給され、その透過水15が高压型の第2の逆浸透膜装置16に供給され、さらにその透過水17がEDI20に供給されて、最終的に処理水22が純水として製造される。低压型～超低压型ROは、ホウ素や尿素の除去率が低いため、第1の逆浸透膜装置14の透過水にはホウ素や尿素が含まれる。一方、高压型ROは低压型～超低压型ROに比べホウ素や尿素の除去率が高いため、第2の逆浸透膜装置ではホウ素や尿素を効果的に除去される。第1の逆浸透膜装置14からの濃縮水19、第2の逆浸透膜装置16からの濃縮水21およびEDI20からの濃縮水24は、ブライントank12に供給される。そして、これらの濃縮水は、第3の逆浸透膜装置

18に供給され、その透過水23が被処理水タンク10に回収されることとなる。ここで、第2の逆浸透膜装置16からの濃縮水21およびEDI20からの濃縮水24は、第1の逆浸透膜装置14からの濃縮水19に比べその不純物の濃度が低いため、ブライントank12において、第1の逆浸透膜装置14からの濃縮水19を希釈することができる。

[0011] 本発明で用いる低圧型逆浸透装置に使用される膜は、比較的低い圧力で運転が可能である低圧膜、超低圧膜が好適に使用される。低圧膜、超低圧膜としては、有効圧力1MPa、水温25℃における純水の透過流束が0.65～1.8m/d、好ましくは0.65～1.0m/dのものを使用することができる。

[0012] ここで、透過流束は、透過水量を逆浸透膜面積で割ったものである。「有効圧力」とは、JIS K3802:2015「膜用語」に記載の、平均操作圧から浸透圧差及び2次側圧を差し引いた、膜に働く有効な圧である。なお、平均操作圧は、逆浸透膜の1次側における膜供給水の圧力（運転圧力）と濃縮水の圧力（濃縮水出口圧力）の平均値であり、以下の式により表される。

$$\text{平均操作圧} = (\text{運転圧力} + \text{濃縮水出口圧力}) / 2$$

有効圧力1MPaあたりの透過流束は、膜メーカーのカatalogに記載の情報、例えば、透過水量、膜面積、評価時の回収率、NaCl濃度等から計算することができる。また、1つ又は複数の圧力容器に同一の透過流束である逆浸透膜が複数本装填されている場合、圧力容器の平均操作圧/2次側圧力、被処理水水質、透過水量、膜本数等の情報より、装填された膜の透過流束を計算することができる。

[0013] 低圧～超低圧型逆浸透膜として、例えば、NITTO製ESシリーズ（ES15-D8、ES20-U8商品名）、HYDRANAUTICS製ESPAシリーズ（ESPAB、ESPA2、ESPA2-LD-MAX商品名

）、CPAシリーズ（CPA5-MAX、CPA7-LD商品名）、東レ製TMGシリーズ（TMG20-400、TMG20D-440商品名）、TM700シリーズ（TM720-440、TM720D-440商品名）、ダウケミカル社製BWシリーズ（BW30HR、BW30XFR-400/34i）、SGシリーズ（SG30LE-440、SG30-400）、FORTILIFE CR100などが挙げられる。

[0014] 本発明において、第2の逆浸透膜装置は、高圧型のものが用いられる。高圧型逆浸透膜装置は、従来海水淡水化用として開発されたものであるが、塩濃度の低い被処理水に対しては、より低い運転圧力によって、効率的なイオンやTOC等の除去が可能となる。例えば、超低圧～低圧型逆浸透膜装置2段分の処理能力を、高圧型逆浸透膜装置であれば1段で実現することも可能である。このような逆浸透膜装置を用いることで、超低圧～低圧膜では十分に除去できなかったシリカ、ホウ素、尿素、エタノール、イソプロピルアルコールといった非解離物質の除去率を飛躍的に上昇させることが可能である。また、第3の逆浸透膜装置は、低圧型あるいは高圧型のいずれであってもよいが、高圧型のものが好ましい。第3の逆浸透膜装置を高圧型逆浸透装置にすることで、第3の逆浸透膜装置からの透過水23の水質が向上し、被処理水の希釈効果を高めることができる。結果として、EDI処理水の向上につながる事となる。

[0015] 本発明において、第2の逆浸透膜装置に用いられる「高圧型」の定義としては、おおよそ、次の性質を示すものを挙げることができる。すなわち、有効圧力1MPa、水温25℃における純水の透過流束が0.2～0.65m³/dのものである。高圧型逆浸透膜の有効圧力は、1.5～2.0MPaであることが好ましい。有効圧力を1.5MPa以上にすることで、高圧型逆浸透膜のほう素阻止率を十分に高めることができる。また、有効圧力を2.0MPa以上にすることで、更なるほう素阻止率向上効果が見込めるが、装置の耐久圧力を高める必要があるため、設備費用が増加する場合がある。

[0016] 高圧型逆浸透膜としては、例えば、HYDRANAUTICS社製SWC

シリーズ（SWC4、SWC5、SWC6）（商品名）、東レ社製TM800シリーズ（TM820V、TM820M）（商品名）、ダウケミカル社製SWシリーズ（SW30HRL E、SW30UL E）（商品名）などを挙げることができる。

[0017] 次に、本発明における逆浸透膜装置について説明する。逆浸透膜装置は、逆浸透膜や流路材といった部材から構成された逆浸透膜モジュールと、それが一つ以上装填された、一つ以上の圧力容器（ベッセル）から構成される。膜モジュールが装填されたベッセルに被処理水を圧送することで、有効圧力に見合った量の透過水がベッセルから得られる。また、膜モジュールを透過せず、ベッセル内で濃縮された水は、濃縮水としてベッセルから排出される。逆浸透膜モジュールの形状に特に制限はなく、チューブラー型、スパイラル型、中空糸型モジュールを使用することができる。同一ベッセル内で複数の逆浸透膜モジュールを使用する場合は、各逆浸透膜モジュールは直列に接続される。逆浸透装置で複数本のベッセルを用いる場合、ベッセルは並列もしくは直列に設置することができる。たとえば、圧送された被処理水を、並列に設置された複数本のベッセルに供給し、各ベッセルの透過水および濃縮水を合流させて装置から排出することができる。さらに、各ベッセルから排出された濃縮水を、別のベッセルに供給する、いわゆるクリスマスツリー方式のようなベッセル構成にすることができる。

これら逆浸透膜装置のモジュール構成、ベッセル構成は、求められる透過水質、透過水量、水回収率、フットプリント等によって、適切なものを設計、選定することができる。

[0018] 本発明で用いられる各逆浸透膜装置の水回収率は、各逆浸透膜装置の被処理水と、各逆浸透膜装置で得られる透過水の比率によって算出される。すなわち、各逆浸透膜装置の回収率＝（各逆浸透膜装置により得られる透過水量）／（各逆浸透膜装置に供給される被処理水量）である。水回収率は、被処理水水質、求められる透過水質、透過水量、水回収率、フットプリント等によって、適切なものを設計、選定することができる。これらに特に制限はな

いが、第1の逆浸透装置の回収率は50～90%、好ましくは65～85%、第2の逆浸透膜装置の回収率は80～99%、好ましくは85～95%、第3の逆浸透膜装置の回収率は40～85%、好ましくは60～80%である。特に第2の逆浸透膜の水回収率は、第1の逆浸透膜処理により不純物濃度が低下していることから、高い値を設定することができる。

[0019] また、第1及び第2、第3の逆浸透膜装置では、一般的な逆浸透膜装置に用いられる薬品（例えば、還元剤、pH調整剤、スケール分散剤、殺菌剤等）を用いることができる。

[0020] 次に、本発明で用いられるEDIについて説明する。EDIは、イオン交換膜にて区画され、イオン交換体が充填された脱塩室と、脱塩室にて脱塩されたイオンを濃縮する濃縮室と、電流を通電するための陽極と陰極を有する装置であり、電流を通電して運転することで、イオン交換体による被処理水の脱イオン化（脱塩）処理と、イオン交換体の再生処理とを同時に行う装置である。EDIに通水された被処理水は、脱塩室に充填されたイオン交換体によって脱塩され、EDI処理水としてEDI外部に排出される。同様に、イオン類が濃縮された濃縮水は、EDI濃縮水として外部に排出される。

[0021] EDIの回収率は、EDIに供給される被処理水量と、得られる処理水量によって算出される。すなわち、EDI回収率＝（EDI処理水流量）／（EDI被処理水量）である。EDI回収率に特に制限はないが、90～95%であることが好ましい。

[0022] RO-EDIシステムの回収率は、被処理水量と、EDIによって得られる処理水量の比率によって算出される。すなわち、RO-EDIシステムの回収率＝EDI処理水量/被処理水量である。ここでの被処理水は、第3の逆浸透装置からの透過水が合流する前の流量を指す。本RO-EDIシステムの水回収率に特に制限はないが、80～99%、好ましくは85～95%である。本システムでは第2の逆浸透装置の濃縮水、EDI濃縮水を回収しつつ、系内の濃縮がかからないため、高いシステム回収率と水回収率の両方を満足することができる。

[0023] E D I 処理水について、後処理を実施することにより、R O - E D I システムで得られた透過水の水質をさらに向上させることができる。後処理装置としては、E D I 処理水からのイオン除去処理、溶存気体の除去処理、T O C 成分の除去処理等を行うことができるものであればよく、特に制限はないが、例えば、再生式イオン交換装置、非再生式イオン交換装置、脱気装置、U V 酸化装置、膜ろ過装置等が挙げられる。

[0024] なお、これら後処理装置は、R O システムとE D I システムの間にあってもよいし、また、第一の逆浸透膜装置と第二の逆浸透膜装置の間にあってもよい。すなわち、第一の逆浸透膜装置の処理水や、第二の逆浸透膜装置の処理水について、後処理により水質を向上させたのち、後段のシステムに通水してもよい。例えば第一の逆浸透膜装置の透過水を脱気処理してから第二の逆浸透膜装置に通水することで、イオン成分、特にカチオン成分の阻止率を向上させることが可能である。

[0025] 本発明に用いられる純水装置の被処理水としては、特に制限はないが、工水、地下水、表層水、水道水、海水、海水を逆浸透法または蒸発法等によって脱塩した海水淡水化処理水、下水、下水処理水、各種排水、例えば半導体製造工程で使用された排水、これらの混合水が挙げられる。被処理水成分として、導電率 $10 \sim 1000 \mu S / c m$ 、T D S = $5 \sim 500 p p m$ 、ホウ素濃度 $10 p p b \sim 10 p p m$ 、尿素濃度 $1 \sim 100 p p b$ のいずれか一つ以上を満たすことが好ましい。

[0026] 被処理水は、逆浸透膜装置に導入される前、前処理により、被処理水中の不純物が除去されていることが望ましい。前処理装置としては、被処理水中の懸濁物質、T O C 成分、酸化性成分、微生物、およびイオンのうち少なくとも1つを除去することができるものであればよく、特に制限はないが、例えば、凝集沈殿装置、砂ろ過装置、加圧浮上装置、膜ろ過装置、軟化装置、活性炭処理装置等が挙げられる。

[0027] 本発明で得られる処理水（純水）の水質としては、特に制限はないが、比抵抗 $17 M \Omega \cdot c m$ 以上、ホウ素濃度 $50 p p t$ 以下、シリカ濃度 $100 p$

p p t 以下、T O C 濃度 5 p p b 以下のものを挙げることができる。好ましくは、ホウ素濃度 1 p p t 以下、シリカ濃度 5 0 p p t 以下、T O C 濃度 2 p p b 以下である。

[0028] 次に、本発明に係る第二の実施態様について、図 2 を参照して説明する。図 2 において、第一の実施態様に比べ、第 2 の逆浸透膜装置 1 6 からの濃縮水がブライントーク 1 2 ではなく、被処理水タンク 1 0 に回収されている。この場合、被処理水タンク内の不純物濃度が上記第一の態様に比べて高くなるが、E D 1 2 0 からの濃縮水 2 4 は、依然ブライントーク 1 2 に供給され、さらに第 3 の逆浸透膜装置 1 8 で処理されてその透過水 2 3 が被処理水タンク 1 0 に回収されるため、全体としての被処理水の不純物濃度は、低く維持されることとなる。

[0029] 次に、本発明に係る第三の実施態様について、図 3 を参照して説明する。図 3 において、第一の実施態様に比べ、E D 1 2 0 からの濃縮水 2 4 がブライントーク 1 2 ではなく、被処理水タンク 1 0 に回収されている。この場合、第二の態様と同様に、被処理水タンク内の不純物濃度が上記第一の態様に比べて高くなるが、第 2 の逆浸透膜装置 1 6 からの濃縮水は、依然ブライントーク 1 2 に供給され、さらに第 3 の逆浸透膜装置 1 8 で処理されてその透過水 2 3 が被処理水タンク 1 0 に回収されるため、全体としての被処理水の不純物濃度は、低く維持されることとなる。

[0030] 次に、本発明に係る第四の実施態様について、図 4 を参照して説明する。図 4 において、第一の実施態様に加え、第 3 の逆浸透膜装置の上流（図 4 では、ブライントーク 1 2 と第 3 の逆浸透膜装置 1 8 との間）に、p H 調整装置 2 8 が備えられている。これにより、第 3 の逆浸透膜装置 1 8 に供給される水の p H を調整することができる。調整する p H の値としては、状況により適宜決定することができるが、例えば $p H < 6.0$ とすることが挙げられる。ブライントークの水中には、カルシウムやシリカが多く含まれるため、この p H の範囲にすることにより、これらに由来するスケールの発生を抑えることができる。

ここで用いられるpH調整剤としては、pHを調整する働きを有するものであれば特に制限はないが、例えば、塩酸、硫酸、硝酸等を用いることができる。

[0031] 次に、本発明に係る第五の実施態様について、図5を参照して説明する。図5において、第四の実施態様に加え、第1の逆浸透膜14（被処理水タンク10）の上流に脱炭酸装置30が備えられている。該脱炭酸装置30は、被処理水8が供給されると共に、第3の逆浸透膜装置18からの透過水23が供給される。これにより、被処理水のCO₂濃度が高いときに、効率的に純水を製造することが可能となる。このとき、第3の逆浸透膜装置からの透過水23は、pH調整装置28によってpHが低くなっているため、被処理水8と混合することによりpHは低下する。ここで、脱炭酸はpHが低いほど効率がよいことが知られているので、pH調整装置28の働きにより、さらに効率的に純水が製造できることとなる。さらに、第3の逆浸透装置の供給水には、脱炭酸装置でとりきれなかった炭酸成分が濃縮されているため、第3の逆浸透装置の透過水23中の炭酸濃度は被処理水よりも高くなる。これを脱炭酸処理してから被処理水タンク10に合流させることで、システム全体の炭酸濃度を低下させる効果が期待できる。脱炭酸装置としては、脱炭酸塔や脱炭酸膜が用いられる。

[0032] 次に、本発明に係る第六の実施態様について、図6を参照して説明する。図6において、第五の実施態様のEDI20に代えて、複数の電気再生式脱イオン装置32並びに34が直列に接続されている。そして、第2の逆浸透膜装置に直接接続する1段目の電気再生式脱イオン装置32からの濃縮水がブライントank12に供給され、2段目以降の電気再生式脱イオン装置34からの濃縮水が、第2の逆浸透膜装置16と1段目の電気再生式脱イオン装置32との間に供給される。

EDIを複数段とすることにより、より効率的に純水の製造が可能となる。このとき、2段目以降の電気再生式脱イオン装置の濃縮水の不純物濃度は、1段目のEDIの給水の不純物濃度よりも低いため、ブライントankに供

給する必要はない。

[0033] なお、上述した本発明に係る実施態様は一例を示したものであって、本発明は上記態様に限定されるものではない。

実施例

[0034] 以下、実施例を用いて本発明をさらに詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

実施例及び比較例で用いた被処理水としては、以下のものを使用した。

被処理水 $20\text{ m}^3/\text{h}$ に対して、ナトリウムが 20 ppm 、カルシウムが 20 ppm 、炭酸水素イオンが 30 ppm CaCO_3 、イオン状シリカが 10 ppm 、ホウ素が 50 ppb 、尿素が 20 ppb であり、約 50 h 運転した。

[0035] また、純水製造装置としては、以下の逆浸透膜装置およびEDIを備えるものを使用し、運転時のpHは次のようであった。

第1の逆浸透膜装置：逆浸透膜（商品名：CPA5-LD、Hydranautics社製）、回収率80%、pH=8.0。

第2の逆浸透膜装置：逆浸透膜（商品名：SW30HRL-440、ダウケミカル社製）、回収率90%、pH=8.5。

第3の逆浸透膜装置：逆浸透膜（商品名：SWC5-LD、Hydranautics社製）、回収率75%、pH=6。

電気再生式脱イオン装置：（商品名：EDI-XP、オルガノ社製）、回収率90%。なお、運転電流値は5Aに設定した。

[0036] [比較例1]

図7に示す純水製造装置を用いて運転を行い、被処理水タンクの水、および第2の逆浸透膜装置からの透過水について、ホウ素及び尿素的濃度を測定した。結果を表1に示す。

[0037] [表1]

	被処理水タンク	第2の逆浸透膜装置からの透過水
ホウ素 (ppb)	65.9	8.1
尿素 (ppb)	29.3	12.1

[0038] [実施例 1]

図 1 に示す本発明に係る第一の実施形態の純水製造装置を用いて運転を行い、被処理水タンクの水、および第 2 の逆浸透膜装置からの透過水について、ホウ素及び尿素の濃度を測定した。結果を表 2 に示す。

[0039] [表 2]

	被処理水タンク	第 2 の逆浸透膜装置からの透過水
ホウ素 (ppb)	44.8	5.5
尿素 (ppb)	20.0	8.1

[0040] 比較例 1 においては、ホウ素の濃度及び尿素の濃度の高い第 2 の逆浸透膜装置からの濃縮水および EDI からの濃縮水を被処理水に戻して回収しているため、被処理水タンク内の不純物濃度が上昇し、これに伴い、第 2 の逆浸透膜装置からの透過水の不純物濃度も上昇することとなった。

一方、実施例 1 においては、第 2 の逆浸透膜装置からの濃縮水および EDI からの濃縮水をブラインタンクに供給しており、第 3 の逆浸透膜装置の透過水が被処理水タンクに供給される。これにより被処理水タンク内の不純物濃度の上昇が抑えられ、水質が向上した。

[0041] [実施例 2～5、比較例 2]

図 1、4～6 に示した本発明の純水製造装置（実施例 2～5）及び図 7 に示した純水製造装置（比較例 2）を用いて純水を製造し、最終的に得られた処理水 22（純水）の水質を評価した。

その結果、実施例 2～5、比較例 2 のいずれにおいても、比抵抗は $18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ を超えていた。

また、ホウ素濃度は、実施例 2～5 のいずれも 50 ppt 未満であったのに対し、比較例 2 では 50 ppt を超えていた。

尿素濃度は、実施例 2～5 のいずれも 10 ppb 未満であったのに対し、比較例 2 では 12 ppb を超えていた。

符号の説明

- [0042] 8 被処理水
- 10 被処理水タンク
- 12 ブラインタンク
- 14 第1の逆浸透膜装置
- 15 第1の逆浸透膜装置からの透過水
- 16 第2の逆浸透膜装置
- 17 第2の逆浸透膜装置からの透過水
- 18 第3の逆浸透膜装置
- 19 第1の逆浸透膜装置からの濃縮水
- 20 電気再生式脱イオン装置（EDI）
- 21 第2の逆浸透膜装置からの濃縮水
- 22 処理水
- 23 第3の逆浸透膜装置からの透過水
- 24 電気再生式脱イオン装置からの濃縮水
- 26 ブロー
- 28 pH調整装置
- 30 脱炭酸装置
- 32 1段目のEDI
- 34 2段目のEDI

請求の範囲

- [請求項1] 被処理水が供給される第1の逆浸透膜装置と、
前記第1の逆浸透膜装置からの透過水が供給される第2の逆浸透膜装置と、
前記第2の逆浸透膜装置からの透過水が供給される電気再生式脱イオン装置と、
前記第1の逆浸透膜装置からの濃縮水が供給されるブライントankと、
前記ブライントankに接続する第3の逆浸透膜装置と、を備え、
前記第2の逆浸透膜装置が高圧型逆浸透膜装置であって、
前記ブライントankには、前記第2の逆浸透膜装置からの濃縮水および前記電気再生式脱イオン装置からの濃縮水からなる群より選択される少なくとも1種の濃縮水が供給され、
前記第3の逆浸透膜装置からの透過水が、前記被処理水に供給される、純水製造装置。
- [請求項2] 前記第3の逆浸透膜装置が高圧型逆浸透膜装置である、請求項1に記載の純水製造装置。
- [請求項3] 前記第3の逆浸透膜装置の上流にpH調整装置をさらに備える、請求項1または2に記載の純水製造装置。
- [請求項4] 前記第1の逆浸透膜装置の上流に脱炭酸装置を備え、被処理水および前記第3の逆浸透膜装置からの透過水が前記脱炭酸装置に供給される、請求項1～3のいずれか1項に記載の純水製造装置。
- [請求項5] 前記電気再生式脱イオン装置が直列に接続された複数段の電気再生式脱イオン装置から構成され、前記第2の逆浸透膜装置に直接接続する1段目の電気再生式脱イオン装置からの濃縮水が前記ブライントankに供給され、2段目以降の電気再生式脱イオン装置からの濃縮水が、前記第2の逆浸透膜装置と前記1段目の電気再生式脱イオン装置の間に供給される、請求項1～4のいずれか1項に記載の純水製造装置

。

[請求項6]

(a) 被処理水を第1の逆浸透膜装置に供給するステップと、

(b) 前記第1の逆浸透膜装置からの透過水を第2の逆浸透膜装置に供給するステップと、

(c) 前記第2の逆浸透膜装置からの透過水を電気再生式脱イオン装置に供給するステップと、

(d) 前記第1の逆浸透膜装置からの濃縮水をブラインタンクに供給するステップと、

(e) 前記第2の逆浸透膜装置からの濃縮水および前記電気再生式脱イオン装置からの濃縮水からなる群より選択される少なくとも1種の濃縮水をブラインタンクに供給するステップと、

(f) 前記ブラインタンクの濃縮水を第3の逆浸透膜装置に供給するステップと、

(g) 前記第3の逆浸透膜装置からの透過水を被処理水に供給するステップと、

(h) 前記電気再生式脱イオン装置からの処理水を純水として取り出すステップと、

を備え、前記第2の逆浸透膜装置が高圧型逆浸透膜装置である、純水の製造方法。

[請求項7]

前記第2の逆浸透膜装置および前記第3の逆浸透膜装置の少なくとも一方が、高圧型逆浸透膜装置である、請求項6に記載の純水の製造方法。

[請求項8]

前記第3の逆浸透膜装置の上流でpHを調整するステップをさらに備える、請求項6または7に記載の純水の製造方法。

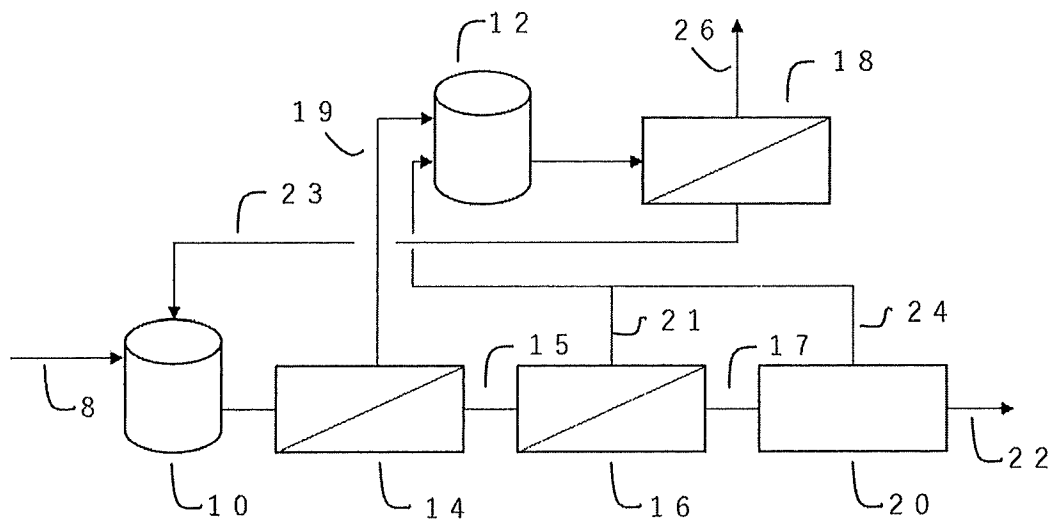
[請求項9]

前記第1の逆浸透膜装置の上流に備えられた脱炭酸装置に、被処理水および前記第3の逆浸透膜装置からの透過水を供給するステップをさらに備える、請求項6～8のいずれか1項に記載の純水の製造方法。

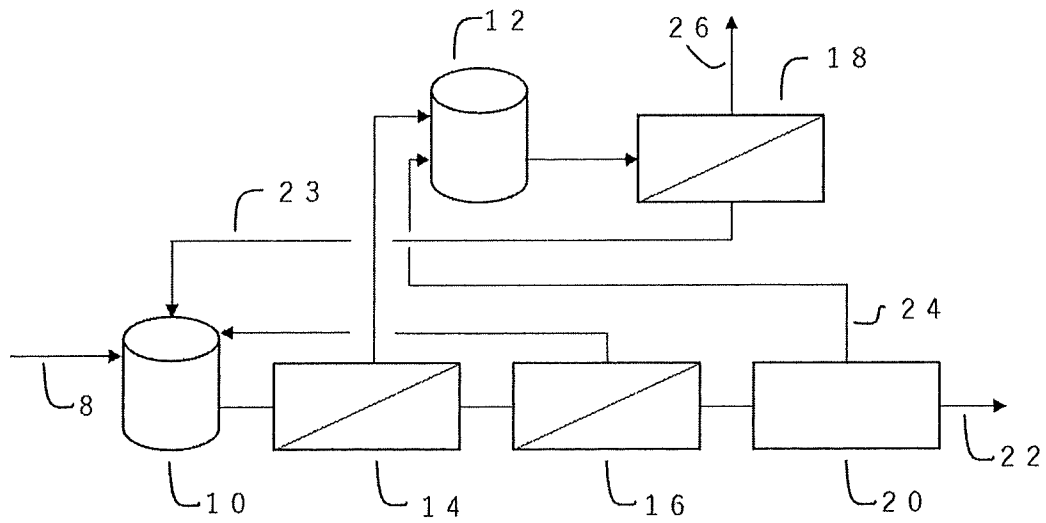
。

[請求項10] 前記電気再生式脱イオン装置が直列に接続された複数段の電気再生式脱イオン装置から構成され、前記第2の逆浸透膜装置に直接接続する1段目の電気再生式脱イオン装置からの濃縮水を前記ブラインタンクに供給し、2段目以降の電気再生式脱イオン装置からの濃縮水を、前記第2の逆浸透膜装置と前記1段目の電気再生式脱イオン装置の間に供給するステップをさらに備える、請求項6～9のいずれか1項に記載の純水の製造方法。

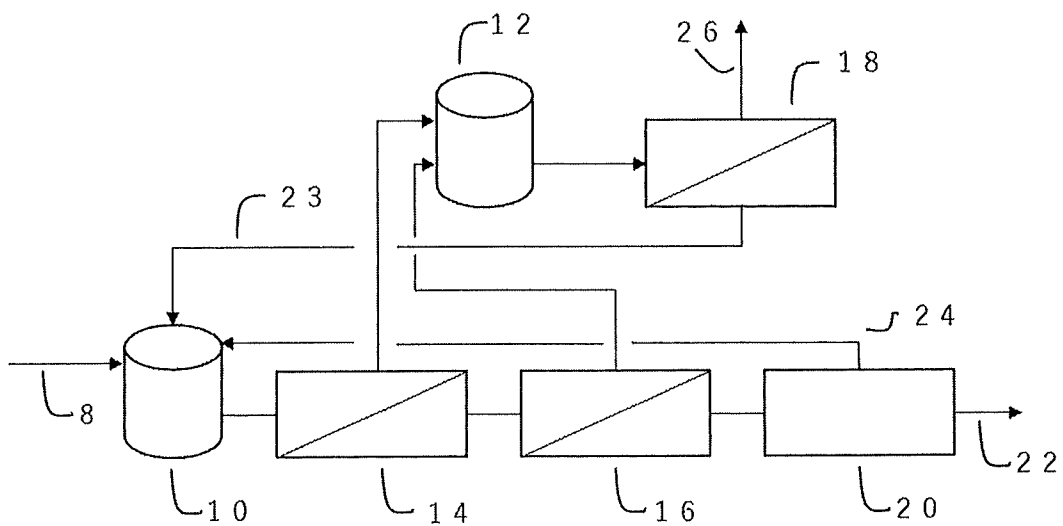
[図1]



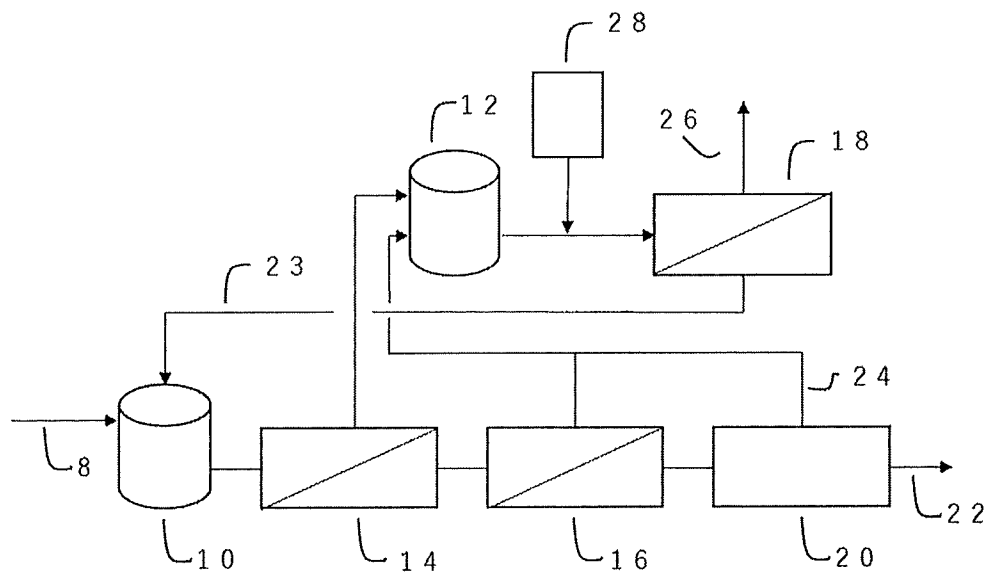
[図2]



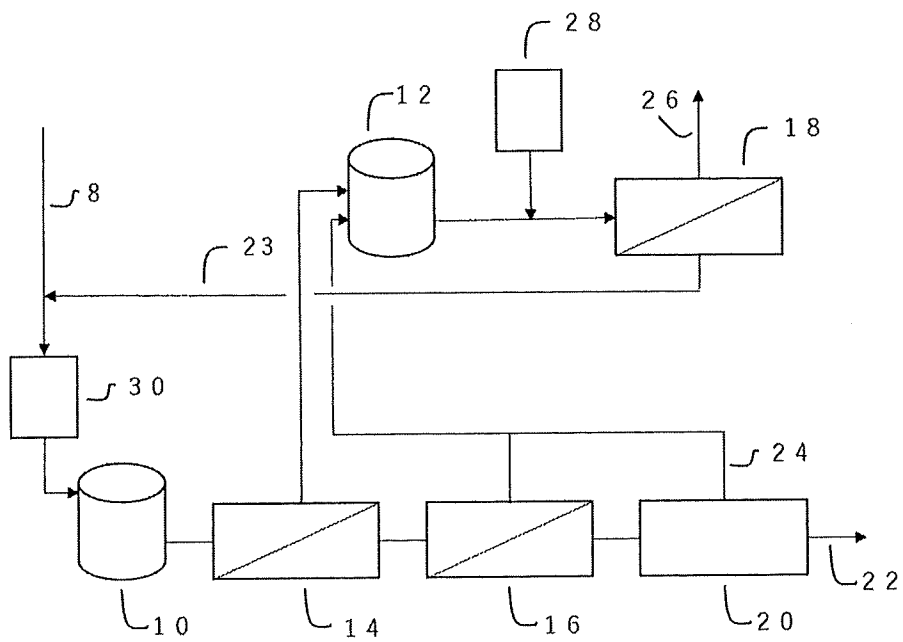
[図3]



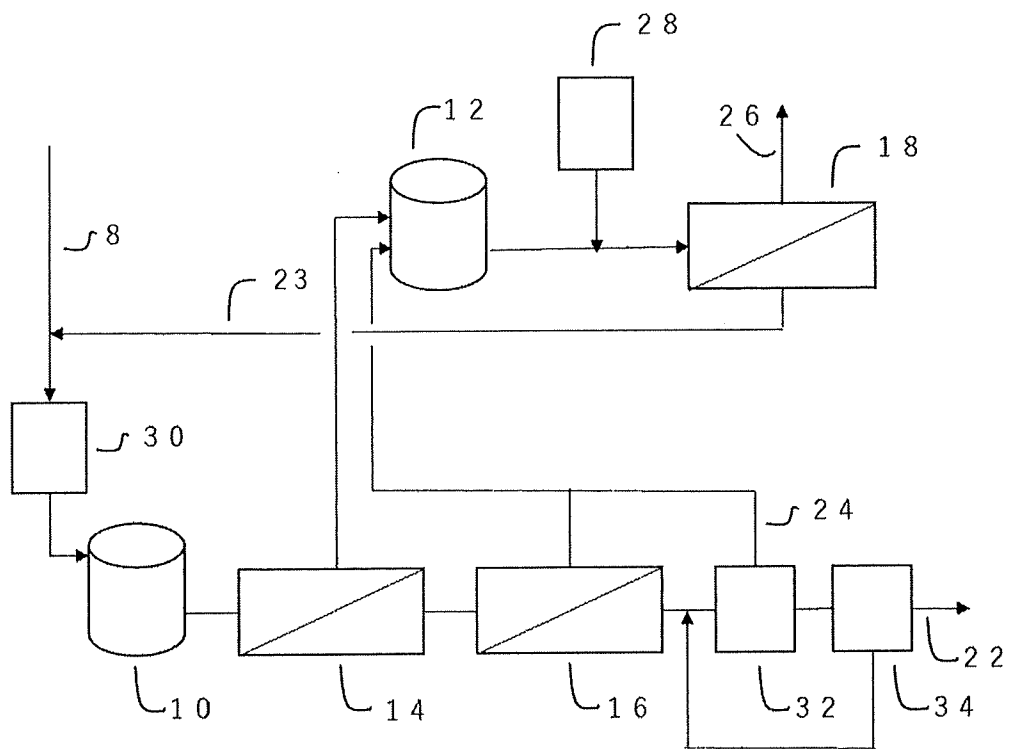
[図4]



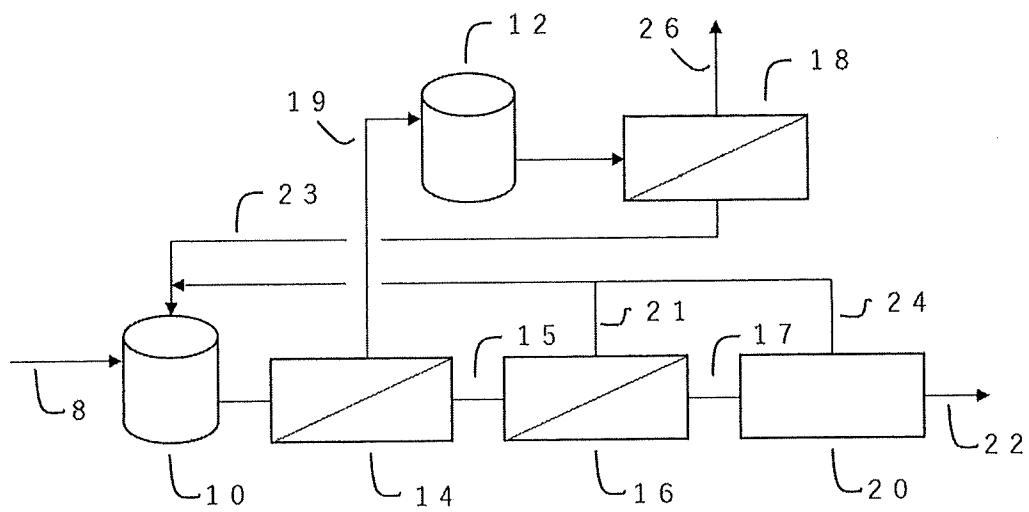
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/005550

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B01D61/08 (2006.01) i, B01D61/12 (2006.01) i, B01D61/46 (2006.01) i, B01D61/58 (2006.01) i, C02F1/44 (2006.01) i, C02F1/469 (2006.01) i
FI: C02F1/44 J, B01D61/08, B01D61/12, B01D61/46, B01D61/58, C02F1/469
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)

Int. Cl. B01D61/08, B01D61/12, B01D61/46, B01D61/58, C02F1/44, C02F1/469

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
Y	JP 2004-919 A (KURITA WATER INDUSTRIES LTD.) 08 January 2004, claims, paragraphs [0036]-[0043], examples, fig. 2-5	1-10
Y	JP 4-150923 A (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 25 May 1992, claims, examples, fig. 3	1-10
Y	WO 2015/012054 A1 (KURITA WATER INDUSTRIES LTD.) 29 January 2015, claims, examples	1-10
Y	JP 2004-167423 A (KURITA WATER INDUSTRIES LTD.) 17 June 2004, claims, paragraphs [0021]-[0025], fig. 2	4, 9



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
09.04.2020

Date of mailing of the international search report
21.04.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2020/005550
--

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 2016-150275 A (KURITA WATER INDUSTRIES LTD.) 22 August 2016, claims, examples, fig. 1, 2	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/005550

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2004-919 A	08.01.2004	(Family: none)	
JP 4-150923 A	25.05.1992	US 5238574 A claims, examples, fig. 7	
WO 2015/012054 A1	29.01.2015	EP 463605 A1 US 2016/0159671 A1 claims, examples CN 105392552 A KR 10-2016-0033119 A	
JP 2004-167423 A	17.06.2004	(Family: none)	
JP 2016-150275 A	22.08.2016	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B01D 61/08(2006.01)i; B01D 61/12(2006.01)i; B01D 61/46(2006.01)i; B01D 61/58(2006.01)i; C02F 1/44(2006.01)i; C02F 1/469(2006.01)i FI: C02F1/44 J; B01D61/08; B01D61/12; B01D61/46; B01D61/58; C02F1/469		
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）） B01D61/08; B01D61/12; B01D61/46; B01D61/58; C02F1/44; C02F1/469		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
Y	JP 2004-919 A（栗田工業株式会社）08.01.2004（2004-01-08） 特許請求の範囲、[0036]-[0043]、実施例、図2-5	1-10
Y	JP 4-150923 A（川崎重工業株式会社）25.05.1992（1992-05-25） 特許請求の範囲、実施例、第3図	1-10
Y	WO 2015/012054 A1（栗田工業株式会社）29.01.2015（2015-01-29） 特許請求の範囲、実施例	1-10
Y	JP 2004-167423 A（栗田工業株式会社）17.06.2004（2004-06-17） 特許請求の範囲、[0021]-[0025]、図2	4, 9
A	JP 2016-150275 A（栗田工業株式会社）22.08.2016（2016-08-22） 特許請求の範囲、実施例、図1-2	1-10
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 09.04.2020		国際調査報告の発送日 21.04.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 山崎 直也 4D 3234 電話番号 03-3581-1101 内線 3468

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/005550

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2004-919	A	08.01.2004	(ファミリーなし)	
JP	4-150923	A	25.05.1992	US 5238574 A	
				特許請求の範囲、実施例、 第7図	
				EP 463605 A1	
WO	2015/012054	A1	29.01.2015	US 2016/0159671 A1	
				特許請求の範囲、実施例	
				CN 105392552 A	
				KR 10-2016-0033119 A	
JP	2004-167423	A	17.06.2004	(ファミリーなし)	
JP	2016-150275	A	22.08.2016	(ファミリーなし)	