

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2012-183473
(P2012-183473A)

(43) 公開日 平成24年9月27日 (2012.9.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
CO2F 1/44 (2006.01)	CO2F 1/44 A	4D006
BO1D 61/04 (2006.01)	BO1D 61/04	4D025
BO1D 61/12 (2006.01)	BO1D 61/12	4D061
BO1D 61/08 (2006.01)	BO1D 61/08	
CO2F 5/00 (2006.01)	CO2F 1/44 D	
審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 20 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2011-47876 (P2011-47876)	(71) 出願人	000175272
(22) 出願日	平成23年3月4日 (2011.3.4)		三浦工業株式会社
		(74) 代理人	100099841
			弁理士 市川 恒彦
		(72) 発明者	真鍋 敦行
			愛媛県松山市堀江町7番地 三浦工業株式
			会社内
		(72) 発明者	安部 元
			愛媛県松山市堀江町7番地 三浦工業株式
			会社内
		(72) 発明者	泉 修平
			愛媛県松山市堀江町7番地 三浦工業株式
			会社内
		最終頁に続く	

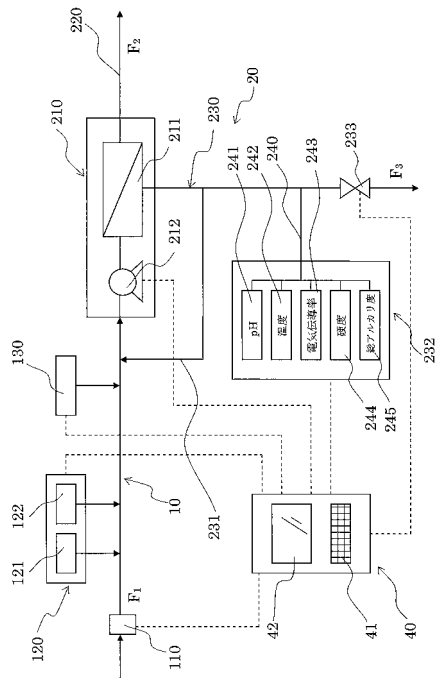
(54) 【発明の名称】 水処理装置

(57) 【要約】

【課題】 シリカおよび硬度成分を含む原水を逆浸透膜装置を用いて浄化する水処理において、透過水の水質低下を抑えながら透過水の流量の減少を抑制する。

【解決手段】 ポリカルボン酸とホスホン酸とを含むスケール分散剤を第2添加装置130から添加しながら供給経路10を通じて原水を逆浸透膜装置210へ供給し、この原水を逆浸透膜モジュール211で透過水と濃縮水とに分離する。透過水は、処理水路220からイオン捕捉装置または逆浸透膜装置などの精製装置へ送られて残留イオンを除去する精製がされた後に所要の目的のために利用され、濃縮水は、排水路230へ流れる。濃縮水は、第1添加装置120から原水へ添加するpH調整剤によりpHを調整することでランゲリア指数を0以上0.3以下に制御し、また、逆浸透膜モジュール211での透過水の回収率を調整することでシリカ濃度を150mgSiO₂/L以下に維持する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリカおよび硬度成分を含む原水を浄化するための水処理装置であって、
前記原水の供給経路と、
前記供給経路からの前記原水をろ過して透過水と濃縮水とに分離するための逆浸透膜装置と、
前記逆浸透膜装置で得られた前記透過水を精製するための精製装置と、
前記供給経路に設けられた、前記原水の pH を調整するための第 1 調整手段と、
前記逆浸透膜装置での前記透過水の回収率を調整するための第 2 調整手段と、
前記供給経路に設けられた、前記原水へスケール分散剤を添加するための添加装置と、
前記濃縮水の水質を検査するための水質検査装置と、
前記水質検査装置により検査された前記水質に基づいて、前記濃縮水のランゲリア指数を算出するための演算手段と、
前記ランゲリア指数が 0.3 以下に維持されるよう、かつ、前記濃縮水のシリカ濃度が $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 以下に維持されるよう、前記第 1 調整手段と前記第 2 調整手段とを制御する水質制御手段と、
を備えた水処理装置。

【請求項 2】

前記精製装置は、電気再生式イオン交換装置、イオン交換樹脂混床塔および陽イオン交換樹脂単床塔のうちから選択されたイオン捕捉装置である、請求項 1 に記載の水処理装置。

【請求項 3】

前記精製装置は、逆浸透膜を備えたろ過装置である、請求項 1 に記載の水処理装置。

【請求項 4】

前記精製装置は、逆浸透膜を備えたろ過装置と、前記ろ過装置により精製された前記透過水をさらに精製するための、電気再生式イオン交換装置、イオン交換樹脂混床塔および陽イオン交換樹脂単床塔のうちから選択されたイオン捕捉装置とを備えている、請求項 1 に記載の水処理装置。

【請求項 5】

前記水質制御手段は、前記ランゲリア指数が 0 以上に維持されるよう前記第 1 調整手段を制御する、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の水処理装置。

【請求項 6】

前記第 1 調整手段は、pH 調整剤を前記原水へ注入するための注入装置である、請求項 1 から 5 のいずれかに記載の水処理装置。

【請求項 7】

前記 pH 調整剤は、前記原水の pH を低下させる酸性薬剤および前記原水の pH を高めるアルカリ性薬剤のうちの少なくとも一つである、請求項 6 に記載の水処理装置。

【請求項 8】

前記スケール分散剤としてポリカルボン酸とホスホン酸とを含むものを用いる、請求項 1 から 7 のいずれかに記載の水処理装置。

【請求項 9】

シリカおよび硬度成分を含む原水を浄化するための水処理方法であって、
スケール分散剤を添加した前記原水を逆浸透膜装置へ供給し、透過水と濃縮水とに分離する工程 1 と、
前記透過水を精製するための工程 2 とを含み、
工程 1 において、前記濃縮水のランゲリア指数を 0.3 以下に、かつ、シリカ濃度を $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 以下に維持する、
水処理方法。

【請求項 10】

工程 2 において、電気再生式イオン交換装置、イオン交換樹脂混床塔および陽イオン交

10

20

30

40

50

換樹脂単床塔のうちから選択されたイオン捕捉装置により前記透過水を精製する、請求項 9 に記載の水処理方法。

【請求項 1 1】

工程 2 において、逆浸透膜を備えたる過装置により前記透過水を精製する、請求項 9 に記載の水処理方法。

【請求項 1 2】

工程 2 は、逆浸透膜を備えたる過装置により前記透過水を精製する工程と、前記過装置により精製された前記透過水を電気再生式イオン交換装置、イオン交換樹脂混床塔および陽イオン交換樹脂単床塔のうちから選択されたイオン捕捉装置によりさらに精製する工程とを含む、請求項 9 に記載の水処理方法。

10

【請求項 1 3】

工程 1 において、前記ランゲリア指数を 0 以上に維持する、請求項 9 から 1 2 のいずれかに記載の水処理方法。

【請求項 1 4】

工程 1 において、前記原水の pH を調整することで前記ランゲリア指数を制御し、かつ、前記逆浸透膜装置での前記透過水の回収率を調整することで前記シリカ濃度を制御する、請求項 9 から 1 3 のいずれかに記載の水処理方法。

【請求項 1 5】

前記スケール分散剤がポリカルボン酸とホスホン酸とを含む、請求項 9 から 1 4 のいずれかに記載の水処理方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水処理装置、特に、シリカおよび硬度成分を含む原水を浄化するための水処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体や医薬の製造過程においては、製品の品質向上や安全性確保等の観点から、溶存している天然成分や懸濁物質等の夾雑成分を除去した精製水が大量に使用されており、そのような精製水は、例えば、工業用水、上水または地下水などの原水を逆浸透膜装置により過処理することで製造されている。

30

【0003】

このような精製水の製造では、連続的な大量生産が求められることから、逆浸透膜装置でのろ過水量（透過水量）を安定に維持する必要がある。ところが、逆浸透膜装置は、原水に含まれる夾雑成分を逆浸透膜で高度に分離するものであり、結果的に逆浸透膜の一次側、すなわち、原水の導入側において夾雑成分の濃度が高まった濃縮水が接触した状態になるため、当該一次側においてファウリングやスケールが生じ、透過水量が漸減する傾向にある。ここで、ファウリングとは、原水中の懸濁物質や有機物等が逆浸透膜の膜面に沈着または吸着する現象をいい、逆浸透膜での透過水量を低下させる原因となり得る。一方、スケールは、原水に主として天然成分として含まれるカルシウム等の硬度成分やシリカが堆積したものであり、逆浸透膜の微孔を閉塞させることで逆浸透膜での透過水量を低下させる原因となり得る。

40

【0004】

一般に、逆浸透膜装置は、回収率、すなわち、原水に対して得られる透過水の割合を高めると濃縮水での夾雑成分濃度が高まり、ファウリングやスケールによる透過水量の減少が短時間で発生しやすくなるため、回収率を低めに制御することで濃縮水での夾雑成分濃度の上昇を抑えて安定な透過水量を比較的長期間に亘って維持することができる。しかし、この場合、透過水量が減少することになるため、原水の処理効率（すなわち、精製水の製造効率）が損なわれる。

【0005】

50

このような不具合への対策として、特許文献 1 は、原水に対してスケール防止剤を添加するとともに、原水の pH が 5 . 5 程度になるよう酸を添加する方法を開示している。しかし、この方法は、特許文献 1 に記載のように、透過水の水質が低下するという、精製水の製造において看過できない不具合がある。

【 0 0 0 6 】

因みに、特許文献 1 に記載の方法において透過水の水質が低下するのは、酸の過剰な添加によって原水に含まれる炭酸水素イオンや炭酸イオンが遊離炭酸（溶存炭酸ガス）に変化し、この遊離炭酸が酸の過剰な添加によって原水に含まれる炭酸水素イオンや炭酸イオンが遊離炭酸（溶存炭酸ガス）に変化し、この遊離炭酸が逆浸透膜を透過してしまうことによるものである。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開平 9 - 2 0 6 7 4 9 号公報（段落 0 0 1 0、段落 0 0 1 3 並びに段落 0 0 4 5 および段落 0 0 5 0 の比較例 1 等）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、シリカおよび硬度成分を含む原水を逆浸透膜装置を用いて浄化する水処理において、透過水の水質低下を抑えながら透過水の流量の減少を抑制することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本発明は、シリカおよび硬度成分を含む原水を浄化するための水処理装置に関するものであり、この水処理装置は、原水の供給経路と、供給経路からの原水をろ過して透過水と濃縮水とに分離するための逆浸透膜装置と、逆浸透膜装置で得られた透過水を精製するための精製装置と、供給経路に設けられた、原水の pH を調整するための第 1 調整手段と、逆浸透膜装置での透過水の回収率を調整するための第 2 調整手段と、供給経路に設けられた、原水へスケール分散剤を添加するための添加装置と、濃縮水の水質を検査するための水質検査装置と、水質検査装置により検査された水質に基づいて、濃縮水のランゲリア指数を算出するための演算手段と、濃縮水のランゲリア指数が 0 . 3 以下に維持されるよう、かつ、シリカ濃度が $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 以下に維持されるよう、第 1 調整手段と第 2 調整手段とを制御する水質制御手段とを備えている。

30

【 0 0 1 0 】

精製装置は、通常、電気再生式イオン交換装置、イオン交換樹脂混床塔および陽イオン交換樹脂単床塔のうちから選択されたイオン捕捉装置、または、逆浸透膜を備えたろ過装置である。また、精製装置は、逆浸透膜を備えたろ過装置と、ろ過装置により精製された透過水をさらに精製するための、電気再生式イオン交換装置、イオン交換樹脂混床塔および陽イオン交換樹脂単床塔のうちから選択されたイオン捕捉装置とを備えていてもよい。

【 0 0 1 1 】

水質制御手段は、通常、濃縮水のランゲリア指数が 0 以上に維持されるよう第 1 調整手段を制御する。

40

【 0 0 1 2 】

第 1 調整手段は、例えば、pH 調整剤を前記原水へ注入するための注入装置である。ここで用いられる pH 調整剤は、通常、原水の pH を低下させる酸性薬剤および原水の pH を高めるアルカリ性薬剤のうちの少なくとも一つである。

【 0 0 1 3 】

他の観点に係る本発明は、シリカおよび硬度成分を含む原水を浄化するための水処理方法に関するものであり、この水処理方法は、スケール分散剤を添加した原水を逆浸透膜装置へ供給し、透過水と濃縮水とに分離する工程 1 と、透過水を精製するための工程 2 とを

50

含み、工程 1 において、濃縮水のランゲリア指数を 0.3 以下に、かつ、シリカ濃度を 150 mg SiO₂ / L 以下に維持する。

【0014】

この水処理方法では、工程 2 において、通常、電気再生式イオン交換装置、イオン交換樹脂混床塔および陽イオン交換樹脂単床塔のうちから選択されたイオン捕捉装置により透過水を精製するか、または、逆浸透膜を備えたろ過装置により透過水を精製する。また、工程 2 は、逆浸透膜を備えたろ過装置により透過水を精製する工程と、ろ過装置により精製された透過水を電気再生式イオン交換装置、イオン交換樹脂混床塔および陽イオン交換樹脂単床塔のうちから選択されたイオン捕捉装置によりさらに精製する工程とを含んでいてもよい。

10

【0015】

工程 1 では、通常、濃縮水のランゲリア指数を 0 以上に維持するのが好ましい。

【0016】

工程 1 では、通常、原水の pH を調整することで濃縮水のランゲリア指数を制御し、かつ、逆浸透膜装置での透過水の回収率を調整することで濃縮水のシリカ濃度を制御する。

【0017】

本発明において用いられるスケール分散剤は、例えば、ポリカルボン酸とホスホン酸とを含むものである。

【発明の効果】

【0018】

本発明は、シリカおよび硬度成分を含む原水を逆浸透膜装置を用いて浄化するに当たり、逆浸透膜装置での濃縮水のランゲリア指数を 0.3 以下に、かつ、シリカ濃度を 150 mg SiO₂ / L 以下に維持しているため、透過水の水質低下を抑えながら透過水の流量の減少を抑制することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図 1】本発明の実施の形態 1 に係る水処理装置の概略図。

【図 2】図 1 の A 部の詳細図。

【図 3】前記水処理装置の動作を示すフローチャート。

【図 4】本発明の実施の形態 2 に係る水処理装置の概略図。

30

【図 5】本発明の実施の形態 3 に係る水処理装置の概略図。

【発明を実施するための形態】

【0020】

実施の形態 1

図 1 および図 2（図 1 の A 部の詳細図）を参照して、本発明の実施の形態 1 に係る水処理装置を説明する。図において、水処理装置 1 は、シリカ（本願では、日本工業規格 JIS K 0101：1998「工業用水試験法」の「44.シリカ（SiO₂）」において規定された全シリカを意味する。）および硬度成分（カルシウムイオンおよびマグネシウムイオン）を含む原水、例えば、工業用水、水道水、地下水（浅井戸水、深井戸水、湧水または伏流水等）、地表水（河川水または湖沼水等）若しくは工場排水またはこれらの任意の組み合わせによる混合水を浄化することで精製水を製造するためのものであり、原水の供給経路 10、供給経路 10 からの原水を浄化処理するための第 1 処理部 20、第 1 処理部 20 からの浄化水をさらに精製するための第 2 処理部 30 および制御装置 40 を主に備えている。

40

【0021】

供給経路 10 は、原水の供給源（図示せず）からの原水を第 1 処理部 20 に対して供給するためのものであり、原水の供給および停止を制御するための給水制御弁 110 並びに原水に対して薬剤を添加するための第 1 添加装置 120 および第 2 添加装置 130 をこの順に備えている。

【0022】

50

第1添加装置120(第1調整手段の一例)は、第1処理部20へ供給する原水に対してpH調整剤を注入するためのものであり、第1部位121と第2部位122とを備えている。第1部位121は、原水に対し、原水のpHを低下させる酸性薬剤を注入するための部位である。ここで用いられる酸性薬剤は、特に限定されるものではなく、例えば、塩酸、硫酸または硝酸などの無機酸であり、通常、水溶液として用いられる。一方、第2部位122は、原水に対し、原水のpHを高めるアルカリ性薬剤を注入するための部位である。ここで用いられるアルカリ性薬剤は、例えば、ナトリウムやカリウムなどのアルカリ金属の水酸化物や炭酸塩などであり、通常、水溶液として用いられる。

【0023】

第1部位121および第2部位122は、それぞれ、pH調整剤の貯蔵部と、pH調整剤を貯蔵部から原水へ注入するための注入部とを有しており、注入部は、pH調整剤の注入量を調節するための制御弁を有している。

10

【0024】

第2添加装置130は、第1処理部20へ供給する原水に対してスケール分散剤を添加するためのものであり、スケール分散剤の貯蔵部と、スケール分散剤を貯蔵部から原水へ添加するための添加部とを有している。添加部は、スケール分散剤の添加量を調節するための制御弁を有している。

【0025】

ここで用いられるスケール分散剤は、水溶性のものであれば特に限定されるものではないが、例えば、アクリル酸系ポリマー、メタクリル酸系ポリマーおよびマレイン酸系ポリマーなどのポリカルボン酸、ポリスルホン酸並びにホスホン酸などを挙げることができる。これらのスケール分散剤は、二種以上のものが併用されてもよい。また、スケール分散剤は、通常、水溶液として用いられる。

20

【0026】

スケール分散剤としては、第1処理部20の後記する逆浸透膜モジュール211において、逆浸透膜の膜面に炭酸カルシウム系スケールが付着するのを効果的に抑制可能なことから、ポリカルボン酸とホスホン酸とを含むものが好ましい。このようなスケール分散剤の例として、ポリカルボン酸とホスホン酸とを含む、濃度が33~37重量%の水溶液であるBWA WATER ADDITIVES社の商品名「フロコン260」を挙げることができる。

30

【0027】

第1処理部20は、供給経路10からの原水をろ過処理することで浄化するためのものであり、逆浸透膜装置210、処理水路220および排水路230を主に備えている。

【0028】

逆浸透膜装置210は、逆浸透膜モジュール211と加圧ポンプ212とを備えている。逆浸透膜モジュール211は、単一または複数の逆浸透膜エレメント(図示せず)を備えたものである。逆浸透膜エレメントを形成する逆浸透膜は、原水に含まれる分子量が数十程度の微細な夾雑成分の透過を阻止可能な膜であり、原水の処理目的によっては夾雑成分の透過阻止率が若干低いナノ濾過膜(NF膜)であってもよい。

40

【0029】

加圧ポンプ212は、供給経路10からの原水を加圧して逆浸透膜モジュール211へ供給可能なものである。供給経路10からの原水は、この加圧ポンプ212により逆浸透膜での浸透圧以上に加圧された状態で逆浸透膜モジュール211へ供給されることで逆浸透膜エレメントにおいて逆浸透し、一部が逆浸透膜エレメントを透過する。これにより、原水は、逆浸透膜エレメントにおいて、夾雑成分が除去された透過水(すなわち、浄化水)と、夾雑成分濃度が高まった濃縮水とに分離される。

【0030】

処理水路220は、逆浸透膜装置210において生成した透過水を第2処理部30へ送るための経路である。排水路230は、逆浸透膜装置210において生成した濃縮水を当該装置から排出するための経路であり、逆浸透膜装置210側から循環経路231、水質

50

検査装置 2 3 2 および排水制御弁 2 3 3 をこの順に備えている。

【 0 0 3 1 】

循環経路 2 3 1 は、逆浸透膜装置 2 1 0 からの濃縮水の一部を供給経路 1 0 へ循環させるためのものであり、排水路 2 3 0 から分岐し、第 2 添加装置 1 3 0 と加圧ポンプ 2 1 2 との間において供給経路 1 0 に連絡している。

【 0 0 3 2 】

水質検査装置 2 3 2 は、排水路 2 3 0 を流れる濃縮水の水質を測定するためのものであり、排水路 2 3 0 から分岐する、濃縮水の一部を水質検査用の試料として採取するためのサンプリング経路 2 4 0 を有している。サンプリング経路 2 4 0 は複数に分岐しており、各分岐路は、それぞれ、濃縮水の pH 値を測定するための pH センサ 2 4 1、濃縮水の温度を測定するための温度センサ 2 4 2、濃縮水の電気伝導率を測定するための電気伝導率センサ 2 4 3、濃縮水のカルシウム硬度を測定するための硬度センサ 2 4 4 および濃縮水の総アルカリ度を測定するための総アルカリ度センサ 2 4 5 を有している。pH センサ 2 4 1、温度センサ 2 4 2 および電気伝導率センサ 2 4 3 としては、水質検査用において用いられる各種のものを使用することができる。

10

【 0 0 3 3 】

硬度センサ 2 4 4 としては、一般的な比色式のものが用いられる。比色式のセンサは、採取された濃縮水の試料に発色試薬（例えば、2 - ヒドロキシ - 1 - (2 ' - ヒドロキシ - 4 ' - スルホ - 1 ' - ナフチルアゾ) - 3 - ナフトエ酸）を添加したときの試料の発色を特定の吸収波長の吸光度の変化として検出し、当該吸光度に基づいてカルシウム硬度を判定するものである。

20

【 0 0 3 4 】

総アルカリ度センサ 2 4 5 により測定される総アルカリ度は、炭酸水素塩、炭酸塩および水酸化物等として濃縮水に含まれるアルカリ成分の量を炭酸カルシウム (CaCO_3) の量に換算して表したものであり、各種の水質分析に関わる J I S 規格等において酸消費量 (pH 4 . 8) と称されているものである。一般的な総アルカリ度センサ 2 4 5 は、比色式のものであり、これは、採取された濃縮水の試料に発色試薬（例えば、メチルオレンジ）を添加したときの試料の発色を特定の吸収波長の吸光度の変化として検出し、当該吸光度に基づいて総アルカリ度を判定するものである。

【 0 0 3 5 】

排水制御弁 2 3 3 は、逆浸透膜装置 2 1 0 からの濃縮水の廃棄量を制御するためのものである。

30

【 0 0 3 6 】

第 2 処理部 3 0 は、処理水路 2 2 0 からの透過水をさらに精製するためのものであり、精製装置 3 1 0 と浄水経路 3 2 0 とを備えている。精製装置 3 1 0 は、透過水に残留しているイオンを捕捉して取り除くためのイオン捕捉装置であり、通常、電気再生式イオン交換装置、イオン交換樹脂混床塔および陽イオン交換樹脂単床塔のうちから選択されたものである。

【 0 0 3 7 】

電気再生式イオン交換装置は、陽イオン交換膜および陰イオン交換膜を交互に配置して形成した脱塩室および濃縮室を有し、脱塩室には、混床のイオン交換体（樹脂または繊維）が収容されている。この電気再生式イオン交換装置は、脱塩室において、陽イオン交換体と陰イオン交換体との両方により透過水に残留している陽イオンおよび陰イオンの両方を捕捉して除去可能なものであり、陽イオン交換体および陰イオン交換体によるイオンの捕捉と平行して、両イオン交換体が電氣的に連続再生されることから、長期間に亘って透過水を安定に精製することができる。なお、電気再生式イオン交換装置において生成される、除去されたイオンを含む濃縮水は、廃棄されてもよいが、第 1 処理部 2 0 の原水側へ（すなわち、供給経路 1 0 へ）一部または全量を返送することもできる。

40

【 0 0 3 8 】

イオン交換樹脂混床塔は、陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂とを充填した水処理塔

50

であり、透過水に残留している陽イオンおよび陰イオンの両方を捕捉して除去可能なものである。

【 0 0 3 9 】

陽イオン交換樹脂単床塔は、陽イオン交換樹脂を充填した水処理塔であり、透過水に残留している陽イオンを捕捉して除去可能なものである。一般に、逆浸透膜のスキン層は負荷電性であるので、当該逆浸透膜で処理された透過水に含まれる残留イオンは、陰イオンの割合が少なく、陽イオンの割合が多くなっている。そのため、運転コストを抑制しやすい陽イオン交換樹脂単床塔を用いて、残留割合の多い陽イオンを選択的に除去することにより、透過水を高度に精製することができる。

【 0 0 4 0 】

浄水経路 3 2 0 は、精製装置 3 1 0 において精製された透過水、すなわち精製水を送水するための経路であり、精製水を一時的に貯水するためのタンクや、精製水を利用する各種装置（例えば、半導体製造装置、医薬品製造装置および蒸気ボイラ装置等）に連絡している。

【 0 0 4 1 】

制御装置 4 0 は、水処理装置 1 の動作を制御するためのものであり、動作を統括する中央制御装置、水処理装置 1 の動作プログラムや各種のデータを記憶する記憶装置および情報の入出力装置（いずれも図示せず）を備えた電子情報処理組織である。入出力装置の入力部は、水質検査装置 2 3 2 が連絡しており、pH センサ 2 4 1、温度センサ 2 4 2、電気伝導率センサ 2 4 3、硬度センサ 2 4 4 および総アルカリ度センサ 2 4 5 の各センサでの測定データを受信可能である。また、入力部には、水処理装置 1 の動作において必要な各種のデータや指令等を手動で入力するための操作盤 4 1 などが連絡している。一方、入出力装置の出力側は、給水制御弁 1 1 0、第 1 添加装置 1 2 0、第 2 添加装置 1 3 0、加圧ポンプ 2 1 2、排水制御弁 2 3 3、水質検査装置 2 3 2 での測定データやその他の情報を表示したり、所要の情報の手動入力を案内したりするための表示装置 4 2 および必要な場合は精製装置 3 1 0 が連絡しており、これらの各部に対して所要の動作信号を発信可能である。

【 0 0 4 2 】

記憶装置に記憶された動作プログラムは、濃縮水のランゲリア指数を算出するための演算プログラムと、濃縮水の水質制御プログラムとを含んでいる。

【 0 0 4 3 】

ランゲリア指数は、水系におけるスケール発生傾向を評価するための一般的な指標であり、正の値で絶対値が大きいほど炭酸カルシウムが析出しやすいことを示し、また、負の値で絶対値が大きいほど炭酸カルシウムが析出しにくいことを示す。また、ランゲリア指数が 0 のときは、炭酸カルシウムが析出も溶解もしない平衡状態にある。このことから、濃縮水のランゲリア指数が 0 未満の場合は、逆浸透膜モジュール 2 1 1 の膜面において炭酸カルシウムによるスケールが生成しにくい状態にあり、逆に、0 を超える場合は、逆浸透膜モジュール 2 1 1 の膜面において炭酸カルシウムによるスケールが生成しやすいことになる。

【 0 0 4 4 】

濃縮水のランゲリア指数（LSI）は、通常、次の式（1）により求められる。

$$LSI = pH - pH_s \quad (1)$$

【 0 0 4 5 】

式（1）において、pH は濃縮水の pH 値である。また、pH_s は、濃縮水において炭酸カルシウムが溶解も析出もしない平衡状態にあるときの理論上の pH 値であり、次の式（2）により求められる。

$$pH_s = 9.3 + A \text{ 値} + B \text{ 値} - C \text{ 値} - D \text{ 値} \quad (2)$$

【 0 0 4 6 】

式（2）において、A 値は、蒸発残留物濃度により定まる補正值である。蒸発残留物濃度は、電気伝導率と相関があるため、所定の換算式を用いて電気伝導率から蒸発残留物濃

10

20

30

40

50

度を求めることができる。B 値は、水温により定まる補正值である。C 値は、カルシウム硬度により定まる補正值である。D 値は、総アルカリ度により定まる補正值である。

【 0 0 4 7 】

式 (1) から明らかなように、濃縮水のランゲリア指数は、濃縮水の pH の低下とともに小さくなり、pH の上昇とともに大きくなる。したがって、濃縮水のランゲリア指数は、濃縮水の pH を調整することで制御可能である。

【 0 0 4 8 】

ランゲリア指数の演算プログラムは、水質検査装置 2 3 2 の各センサでの測定データから、所定の関係式を用いて算出することで、または、所定の数値テーブルを参照することで、A ~ D 値を求める。そして、求めた A ~ D 値から式 (2) により pH_s を求め、この pH_s と pH センサ 4 1 1 での実測 pH とから式 (1) によりランゲリア指数を算出する。なお、ランゲリア指数を算出するために必要な各種の数値テーブルは、記憶装置に記憶しておくことができる。

10

【 0 0 4 9 】

一方、水質制御プログラムは、後記するプロセスにより第 1 添加装置 1 2 0、加圧ポンプ 2 1 2 および排水制御弁 2 3 3 を制御することで濃縮水のランゲリア指数およびシリカ濃度を制御するためのものである。

【 0 0 5 0 】

次に、上述の水処理装置 1 の基本動作を説明する。水処理装置 1 において、給水制御弁 1 1 0 を開放し、原水の供給源から供給経路 1 0 へ原水を供給すると、この原水は、第 2 添加装置 1 3 0 からスケール分散剤が連続的または一定時間毎に添加され、また、加圧ポンプ 2 1 2 により逆浸透膜モジュール 2 1 1 での浸透圧以上に加圧されて逆浸透膜モジュール 2 1 1 へ供給される。逆浸透膜モジュール 2 1 1 へ加圧されて供給された原水は、一部が逆浸透膜を透過し (すなわち、ろ過され)、夾雑成分が除去された透過水として処理水路 2 2 0 から第 2 処理部 3 0 の精製装置 3 1 0 へ連続的に送られる。

20

【 0 0 5 1 】

精製装置 3 1 0 へ送られた透過水は、残留するイオン、すなわち、逆浸透膜モジュール 2 1 1 において逆浸透膜を透過したイオンが除去され、精製水として浄水経路 3 2 0 を流れる。

【 0 0 5 2 】

一方、逆浸透膜モジュール 2 1 1 において、逆浸透膜を透過しない残余の原水は、逆浸透膜により透過を阻止された夾雑成分の濃度が高まった濃縮水として排水路 2 3 0 へ押し流される。排水路 2 3 0 へ流れた濃縮水は、一部が循環経路 2 3 1 へ流れ、供給経路 1 0 を流れる原水に合流する。また、循環経路 2 3 1 へ循環しない残余の濃縮水は、排水制御弁 2 3 3 から廃棄される。

30

【 0 0 5 3 】

このような水処理装置 1 の動作では、逆浸透膜モジュール 2 1 1 からの透過水の流量 (F_2) および排水制御弁 2 3 3 から廃棄される濃縮水の流量 (F_3) を制御することで、回収率を調節することができる。ここで、回収率とは、逆浸透膜モジュール 2 1 1 へ供給される原水の流量 (F_1) に対する透過水の流量 (F_2) の割合 (%) (すなわち、 $F_2 / F_1 \times 100$) をいう。本実施の形態において、 F_1 は、給水制御弁 1 1 0 から供給される原水の流量である。

40

【 0 0 5 4 】

次に、図 3 に示す動作フローチャートを参照して、水処理装置 1 の動作をより具体的に説明する。ここでは、先ず、原水の試料を採取し、原水のシリカ濃度 ($\text{mg SiO}_2 / \text{L}$) を分析する。原水のシリカ濃度は、市販の測定試薬キット等を用いた化学分析手法により測定することができるが、市販の自動測定装置を用いて測定することもできる。

【 0 0 5 5 】

操作者が水処理装置 1 を始動すると、動作プログラムは、ステップ S 1 において、制御装置 4 0 の表示装置 4 2 に情報入力案内を表示し、ステップ S 2 において操作者が原水の

50

シリカ濃度を入力するのを待つ。操作者が予め調べた原水のシリカ濃度を操作盤 4 1 から入力すると、動作プログラムはステップ S 2 からステップ S 3 へ移行し、逆浸透膜装置 2 1 0 において設定すべき回収率を算出する。より具体的には、入力された原水のシリカ濃度に基づいて、濃縮水のシリカ濃度が $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 以下に維持され得る回収率を算出する。

【0056】

ここで、回収率は、高く設定することで原水の濃縮倍率が高くなり（すなわち、濃縮水における夾雑成分濃度が高くなり）、低く設定することで原水の濃縮倍率が低くなる（すなわち、濃縮水における夾雑成分濃度が低くなる）。このため、原水のシリカ濃度が判明している場合、回収率の調節により原水の濃縮倍率を制御すれば、結果的に濃縮水のシリカ濃度を制御することができる。例えば、回収倍率を 90% に設定したとき、原水の濃縮倍率は 10 倍程度になる。この場合、原水のシリカ濃度が例えば $10 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ であれば、濃縮水のシリカ濃度は原水での濃度の 10 倍、すなわち、 $100 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 程度に維持されるから、90% の回収率は濃縮水のシリカ濃度を $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 以下に維持する上で適切な回収率である。これに対し、原水のシリカ濃度が例えば $20 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ であれば、濃縮水のシリカ濃度は 10 倍の $200 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 程度に維持されるから、90% の回収率は濃縮水のシリカ濃度を $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 以下に維持する上で不適切な回収率である。

10

【0057】

原水の濃縮倍率に基づいて算出される回収率は、濃縮水のシリカ濃度を $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 以下に維持可能な上限値である。このような上限値の回収率は、原水において一時的にシリカ濃度が上昇する事態が生じたとき、濃縮水のシリカ濃度を $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 以下に維持することができない可能性がある。また、回収率は、逆浸透膜モジュール 2 1 1 の膜面でのファウリングによる原水の処理効率の低下を回避する観点から、通常、90% 以下に設定するのが好ましい。したがって、これらの事情を考慮し、ステップ S 3 において算出する回収率は、通常、上述の上限値を補正し、当該上限値よりも小さく設定するのが好ましい。

20

【0058】

なお、濃縮水のシリカ濃度が $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ を超える場合、逆浸透膜モジュール 2 1 1 の膜面においてシリカ系スケールが生成しやすくなることから、比較的短時間のうちに透過水量が減少し、原水の処理効率が低下する。

30

【0059】

次に、動作プログラムはステップ S 4 へ移行する。このステップでは、表示装置 4 2 が初期準備の完了を表示し、操作者が水処理装置 1 の運転開始指令を入力するのを待つ。そして、操作者が操作盤 4 1 を通じて運転開始指令を入力すると、動作プログラムはステップ S 5 へ移行し、水処理装置 1 の運転を開始する。

【0060】

ステップ S 5 において、動作プログラムは、先ず、給水制御弁 1 1 0 を開放し、供給源からの原水を供給経路 1 0 へ流す。これにより、水処理装置 1 は、既述の基本動作を開始する。また、このステップでは、ステップ S 3 で算出された回収率が達成されるよう、逆浸透膜モジュール 2 1 1 での透過水の流量 (F_2) および廃棄する濃縮水の流量 (F_3) をそれぞれ加圧ポンプ 2 1 2 の回転数および排水制御弁 2 3 3 の開度の制御により調節する。これにより、濃縮水のシリカ濃度は、 $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 以下に維持される。

40

【0061】

また、ステップ S 5 において、動作プログラムは、第 2 添加装置 1 3 0 によるスケール分散剤の添加を開始する。ここで、動作プログラムは、給水制御弁 1 1 0 から供給される原水の流量 (F_1) を参照し、当該原水におけるスケール分散剤の濃度を制御する。スケール分散剤は、逆浸透膜モジュール 2 1 1 の膜面でのスケールの生成が抑制されるように原水での濃度を設定する必要があるが、当該濃度を高めに設定するのが一般的であるが、この実施の形態では、濃縮水のシリカ濃度が $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 以下に維持され、また

50

、濃縮水のランゲリア指数が後記するように 0.3 以下の範囲に維持されるため、1 ~ 5 mg / L 程度の微量に設定するだけで効果的に機能し得る。この結果、排水制御弁 233 から廃棄される濃縮水は、スケール分散剤による化学的酸素要求量 (COD) の上昇が抑えられ、環境負荷を与えにくい。

【0062】

さらに、ステップ S5 において、動作プログラムは、水質検査装置 232 を作動させ、サンプリング経路 240 を通じて排水路 230 から常時採取される濃縮水の試料の水質検査を開始する。

【0063】

次のステップ S6 において、動作プログラムは、操作者が操作盤 41 から水処理装置 1 の停止指令を入力したか否かを判断する。操作者が停止指令を入力したとき、動作プログラムはステップ S7 へ移行し、給水制御弁 110 を閉鎖するとともに、その他の装置を停止する。これにより、逆浸透膜装置 210 への原水の供給が停止し、水処理装置 1 は動作を終了する。

【0064】

一方、水処理装置 1 の運転中、動作プログラムは、ステップ S8 において濃縮水のランゲリア指数 (LSI) を算出する。ここでは、水質検査装置 232 の pH センサ 241、温度センサ 242、電気伝導率センサ 243、硬度センサ 244 および総アルカリ度センサ 245 によりそれぞれ測定された pH、温度、電気伝導率、硬度および総アルカリ度の各データから所定の数値テーブルを参照することで既述の A ~ D 値を求め、既述の式 (2) および (1) からランゲリア指数を算出する。

【0065】

ステップ S8 において算出されたランゲリア指数は、次のステップ S9 において 0 以上 0.3 以下の範囲にあるか否かが判断される。ランゲリア指数が上記範囲から外れるものと判断されたとき、動作プログラムはステップ S10 へ移行し、濃縮水のランゲリア指数の制御動作を実行する。

【0066】

ここで、ランゲリア指数が 0.3 を超える場合、動作プログラムは、第 1 添加装置 120 において第 1 部位 121 の制御弁を作動させ、供給経路 10 を流れる原水に対して酸性薬剤を注入する。これにより、濃縮水は、pH が低下し、ランゲリア指数が小さくなる。一方、ランゲリア指数が 0 未満の場合、動作プログラムは、第 1 添加装置 120 において第 2 部位 122 の制御弁を作動させ、供給経路 10 を流れる原水に対してアルカリ性薬剤を注入する。これにより、濃縮水は、pH が上昇し、ランゲリア指数が大きくなる。このように、第 1 添加装置 120 は、酸性薬剤を添加するための第 1 部位 121 と、アルカリ性薬剤を添加するための第 2 部位 122 との両方を備えているため、濃縮水のランゲリア指数を上述の狭い範囲に迅速にかつ安定に制御することができる。

【0067】

動作プログラムは、水処理装置 1 の運転中、すなわち、操作者が操作盤 41 から停止指令を入力しない限り、ステップ S8 およびステップ S9 を繰返し、必要なときはステップ S10 を実行することで濃縮水のランゲリア指数が 0 以上 0.3 以下の範囲になるよう制御する。

【0068】

以上のような動作プログラムにより、第 1 処理部 20 では、運転中において、濃縮水のランゲリア指数が 0 以上 0.3 以下に維持され、かつ、濃縮水のシリカ濃度が 150 mg SiO₂ / L 以下に維持される。このため、逆浸透膜モジュール 211 は、逆浸透膜において炭酸カルシウム系スケールおよびシリカ系スケールの生成が抑制され、透過水の流量を長期間に亘って安定に維持することができる。また、このような透過水の流量の維持は、濃縮水の pH を単純に低下させるよう調整することで達成されるのではなく、濃縮水のランゲリア指数を 0 以上の狭い範囲で精密に制御することで達成されるものであるから、原水に対する pH 調整剤、特に、酸性薬剤の注入量を抑制しながら達成することができる

10

20

30

40

50

。その結果、原水に含まれる炭酸水素イオンや炭酸イオンが遊離炭酸（溶存炭酸ガス）に変化することを抑制し、逆浸透膜を透過する遊離炭酸の量を減らして透過水の水質低下を抑えることができる。このため、第２処理部３０の精製装置３１０では、残留する遊離炭酸の除去負担が軽減され、夾雑成分が高度に除去された精製水を得ることができる。

【００６９】

実施の形態２

図４を参照して、本発明の実施の形態２に係る水処理装置を説明する。図において、水処理装置２は、実施の形態１と同様の原水から精製水を製造するためのものであり、実施の形態１の水処理装置１において、第２処理部３０を別の第２処理部５０に変更したものである。

10

【００７０】

この実施の形態において用いられる第２処理部５０は、ろ過装置５１０と第３添加装置５２０とを主に備えている。ろ過装置５１０は逆浸透膜装置５１１、浄水経路５１２および排水路５１３を備えたものであり、逆浸透膜装置５１１は、実施の形態１において逆浸透膜装置２１０で用いられるものと同様の逆浸透膜エレメント（図示せず）を備えた逆浸透膜モジュール５１４と、処理水路２２０からの透過水を加圧して逆浸透膜モジュール５１４へ供給可能な加圧ポンプ５１５とを備えている。処理水路２２０からの透過水は、加圧ポンプ５１５により逆浸透膜での浸透圧以上に加圧された状態で逆浸透膜モジュール５１４へ供給されることで逆浸透膜エレメントにおいて逆浸透し、一部が逆浸透膜エレメントを透過する。これにより、透過水は、逆浸透膜エレメントにおいて、残留イオン等の残留夾雑成分が除去された透過水（すなわち、精製水）と、残留イオン等の残留夾雑成分の濃度が高まった濃縮水とに分離される。

20

【００７１】

浄水経路５１２は、逆浸透膜装置５１１からの精製水を送るための経路であり、精製水を一時的に貯水するためのタンクや、精製水を利用する各種装置（例えば、半導体製造装置、医薬品製造装置および蒸気ボイラ装置等）に連絡している。

【００７２】

排水路５１３は、供給経路１０において、給水制御弁１１０と第１添加装置１２０との間に連絡しており、逆浸透膜装置５１１において生成した濃縮水を原水へ循環するための経路である。また、排水路５１３は、逆浸透膜装置５１１側から循環経路５１６および排水制御弁５１７をこの順に備えている。循環経路５１６は、排水路５１３から分岐して第３添加装置５２０と加圧ポンプ５１５との間において処理水路２２０に連絡しており、第１処理部２０から第２処理部５０へ供給される透過水に対して逆浸透膜装置５１１からの濃縮水の一部を循環するためのものである。排水制御弁５１７は、逆浸透膜装置５１１からの濃縮水の排水量を制御するためのものであり、この制御により逆浸透膜モジュール５１４での回収率を調整可能である。

30

【００７３】

第３添加装置５２０は、処理水路２２０を流れる透過水に対して薬剤を添加するためのものである。ここで添加する薬剤は、透過水に含まれる遊離炭酸（溶存炭酸ガス）をイオン化するためのものであり、透過水のｐＨを高めることができるもの、例えば、水酸化ナトリウムや水酸化カリウムなどの水溶液が用いられる。

40

【００７４】

次に、上述の水処理装置２の動作を説明する。水処理装置２において、給水制御弁１１０を開放し、原水の供給源から供給経路１０へ原水を供給すると、この原水は、第２添加装置１３０からスケール分散剤が連続的または一定時間毎に添加され、第１処理部２０の逆浸透膜装置２１０へ供給される。逆浸透膜装置２１０において、供給経路１０からの原水は、加圧ポンプ２１２により逆浸透膜モジュール２１１での浸透圧以上に加圧されて逆浸透膜モジュール２１１へ供給される。逆浸透膜モジュール２１１へ加圧されて供給された原水は、一部が逆浸透膜を透過し（すなわち、ろ過され）、夾雑成分が除去された透過水として処理水路２２０から第２処理部５０の逆浸透膜装置５１１へ連続的に送られる。

50

この際、透過水は、第3添加装置520からの薬剤が連続的または一定時間毎に添加され、遊離炭酸（溶存炭酸ガス）がイオン化される。透過水に対する薬剤の添加量は、遊離炭酸のイオン化を促進するために、透過水のpHを8以上に調整可能なように設定するのが好ましい。

【0075】

逆浸透膜装置511へ送られた透過水は、加圧ポンプ515により逆浸透膜モジュール514での浸透圧以上に加圧されて逆浸透膜モジュール514へ供給される。そして、逆浸透膜モジュール514へ加圧されて供給された透過水は、一部が逆浸透膜を透過し（すなわち、ろ過され）、逆浸透膜モジュール211を透過した残留イオン等の残留夾雑成分、第3添加装置520からの薬剤の添加により生成した遊離炭酸由来のイオンおよび添加された薬剤自体に由来のイオンが除去された精製水として浄水経路512へ流れる。

10

【0076】

一方、逆浸透膜モジュール511において、逆浸透膜を透過しない残余の透過水は、逆浸透膜により透過を阻止されたイオン等の濃度が高まった濃縮水として排水路513へ押し流される。排水路513へ流れた濃縮水は、一部が循環経路516へ流れ、処理水路220を流れる第1処理部20からの透過水に合流する。また、循環経路516へ循環しない残余の濃縮水は、供給経路10において、給水制御弁110からの原水に合流する。

【0077】

水処理装置2における上述の動作は、実施の形態1と同様に制御装置40により制御される。したがって、第1処理部20は、逆浸透膜装置210での濃縮水のランゲリア指数が0.3以下に維持されるよう、かつ、シリカ濃度が150mgSiO₂/L以下に維持されるよう運転される。

20

【0078】

実施の形態3

図5を参照して、本発明の実施の形態3に係る水処理装置を説明する。図において、水処理装置3は、実施の形態2の水処理装置2に対し、第3処理部60をさらに追加したものである。

【0079】

第3処理部60は、浄水経路512を流れる精製水をさらに精製するためのものであり、精製装置610と浄水経路620とを備えている。精製装置610は、透過水に残留しているイオンを捕捉して取り除くためのイオン捕捉装置であり、通常、実施の形態2の第2処理部30において用いられるものと同様の電気再生式イオン交換装置、イオン交換樹脂混床塔および陽イオン交換樹脂単床塔のうちから選択されたものである。

30

【0080】

浄水経路620は、精製装置610において精製された精製水を送るための経路であり、精製水を一時的に貯水するためのタンクや、精製水を利用する各種装置（例えば、半導体製造装置、医薬品製造装置および蒸気ボイラ装置等）に連絡している。

【0081】

この水処理装置3では、浄水経路512からの精製水に残留しているイオンを精製装置610においてさらに除去することができるため、より高純度の精製水を得ることができる。

40

【0082】

その他の実施の形態

（1）原水のシリカ濃度は、原水の種類によっては水源の地質的事情により安定していることがある。この場合、季節変化等、原水のシリカ濃度が変動する事情がない限り、実施の形態1の水処理装置1は、作動の毎に原水のシリカ濃度を測定し、その測定値を入力する必要性は低い。このような場合、供給経路10および第1処理部20は、最初の始動時に操作者が入力したシリカ濃度を制御装置40で記憶し、以後の始動時には動作プログラムのステップS1からステップS3を省略して動作させることもできる。実施の形態2の水処理装置2および実施の形態3の水処理装置3についても同様である。

50

【 0 0 8 3 】

(2) 上述の各実施の形態では、予め原水のシリカ濃度を測定し、その測定値に基づいて第 1 処理部 2 0 での濃縮水のシリカ濃度が $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 以下に維持されるよう回収率を調整しているが、水質検査装置 2 3 2 に濃縮水のシリカ濃度を測定するためのセンサをさらに設け、このセンサでのシリカ濃度の測定値が $150 \text{ mg SiO}_2 / \text{L}$ 以下に維持されるよう回収率を調整することもできる。

【 0 0 8 4 】

(3) 上述の各実施の形態では、第 1 処理部 2 0 での濃縮水のランゲリア指数が 0 以上 0 . 3 以下の範囲になるよう制御しているが、本発明では、ランゲリア指数の下限を設けないようにすることもできる。但し、そのようにすると、第 1 処理部 2 0 での濃縮水において所要のランゲリア指数を達成するために原水に対して比較的多量の pH 調整剤 (酸性薬剤) を添加することになり、結果的に逆浸透膜装置 2 1 0 において逆浸透膜を透過する遊離炭酸の量が増加して透過水の水質が低下する。したがって、ランゲリア指数は、好ましくは 0 以上に設定するのが好ましく、仮にマイナス値に設定するとしても - 0 . 2 ~ 0 の程度にとどめるのが好ましい。

10

【 0 0 8 5 】

なお、供給源からの原水は、特別な場合を除き、その一般的な水質から酸性薬剤の添加による pH 調整で濃縮水のランゲリア指数を 0 . 3 以下に制御することができる。このため、供給経路 1 0 では、通常、酸性薬剤を添加するための第 1 部位 1 2 1 のみからなる第 1 添加装置 1 2 0 を用いることもできる。

20

【 0 0 8 6 】

これに対し、供給源からの原水そのものの pH が酸性範囲にあるような特別な場合、例えば、原水が工場排水であって pH が 5 ~ 6 程度の場合、第 1 処理部 2 0 での濃縮水のランゲリア指数は原水の pH を調整しなくても 0 . 3 以下、特にマイナス値になることが多い。このような場合、透過水の水質を高めるために、アルカリ性薬剤を添加するための第 2 部位 1 2 2 のみからなる第 1 添加装置 1 2 0 を用い、原水にアルカリ性薬剤を適宜添加しながら濃縮水のランゲリア指数を 0 . 3 付近まで高めるようにするのが好ましい。

【 0 0 8 7 】

(4) 上述の各実施の形態では、第 1 添加装置 1 2 0 にアルカリ性薬剤を添加するための第 2 部位 1 2 2 を設け、そこから原水へアルカリ性薬剤を添加することで原水の pH を高めているが、原水の水質において適当な場合は、原水の pH を高めるための手段としてエアレーション方式 (空気と原水との気液接触を利用した遊離炭酸の除去方法) を採用することもできる。

30

【 0 0 8 8 】

(5) 上述の各実施の形態では、原水を効率的に利用して濃縮水の廃棄量を抑えることを目的とし、第 1 処理部 2 0 の排水路 2 3 0 に循環経路 2 3 1 を設けたクロスフロー方式を採用しているが、クロスフロー方式を採らない場合も本発明を同様に実施することができる。また、実施の形態 2 の水処理装置 2 は、第 2 処理部 5 0 において、循環経路 5 1 6 を設けずに逆浸透膜装置 5 1 1 での濃縮水の全てを廃棄するように変更することもできる。

40

【 0 0 8 9 】

(6) 上述の各実施の形態において、供給経路 1 0 は、第 1 添加装置 1 2 0 の上流側 (原水の供給源側) において軟水化装置をさらに備えていてもよい。軟水化装置は、原水に含まれる硬度成分を陽イオン交換樹脂により一価の陽イオン (例えば、ナトリウムイオン) と交換することで除去するものであり、原水を軟化水に変換するためのものである。一般的な軟水化装置では、原水のカルシウム硬度を $0.1 \text{ mg} / \text{L}$ 以下に低減することができる。

【 0 0 9 0 】

第 1 処理部 2 0 での濃縮水のランゲリア指数は、既述の式 (2) において明らかなように、原水のカルシウム硬度に基づいて定まるものであり、原水のカルシウム硬度を低下させることで小さくなる。したがって、軟水化装置を用いれば、原水への pH 調整剤、特に

50

、酸性薬剤の添加を抑えて濃縮水のランゲリア指数を所定の範囲に制御しやすくなるため、逆浸透膜装置 210 からの透過水の水質低下をより抑制しやすくなる。

【0091】

< 実験例 >

実験例 1 ~ 3

電気伝導率 159 mS / m、硬度 414 mg CaCO₃ / L、シリカ濃度 44 mg SiO₂ / L、総アルカリ度 90 mg CaCO₃ / L および pH 7.6 の水質に調整された試験用の供給水を調製し、この供給水をタンクに貯留した。そして、タンクから延びる供給経路を通じ、この供給水を逆浸透膜エレメント（ウジン・ケミカル社の型式名「RE8040-BLF」）を 1 本装填した逆浸透膜モジュールへ加圧ポンプにより加圧しながら連続的に供給し、透過水流量 1000 L / h、回収率 75 % および温度 25 の条件で運転した。透過水流量は、加圧ポンプの回転数の調節により制御した。逆浸透膜モジュールへの通水はクロスフロー方式とし、透過水流量に対して系内の循環流量が 5 倍となるように、濃縮水の一部を供給経路へ循環させた。このような供給水の処理運転中において、濃縮水の一部を定期的にサンプルとして採取し、濃縮水のシリカ濃度が概ね 135 ~ 150 mg SiO₂ / L に、また、濃縮水の電気伝導率が概ね 510 ~ 530 mS / m に維持されていることを確認した。

10

【0092】

本実験例では、逆浸透膜モジュールへ流れる供給水の pH を硫酸の添加により 6 ~ 6.6 に調整することで濃縮水の pH を 8 ~ 9 程度に調整し、実験例 1 ではランゲリア指数（LSI）を -0.2 に、実験例 2 では同指数を 0.1 に、実験例 3 では同指数を 0.3 にそれぞれ制御した。また、供給水に対し、スケール分散剤として BWA WATER ADDITIVES 社の商品名「フロコン 260」を原液のまま濃度が 2.5 mg / L になるよう添加した。

20

【0093】

比較実験例 1

供給水への硫酸添加により濃縮水のランゲリア指数を 0.5 に制御した点を除き、実験例 1 ~ 3 と同様の条件で供給水を処理した。

【0094】

比較実験例 2

供給水への硫酸添加による濃縮水のランゲリア指数の制御をしなかった点を除き、実験例 1 ~ 3 と同様の条件で供給水を処理した。

30

【0095】

比較実験例 3

供給水への硫酸添加を調整することで濃縮水のランゲリア指数を 0.2 に制御し、かつ回収率を増加させて濃縮水のシリカ濃度を 170 mg SiO₂ / L 程度にまで高めた点を除き、実験例 1 ~ 3 と同様の条件で供給水を処理した。

【0096】

比較実験例 4

供給水へのスケール分散剤の添加をしなかった点を除き、ランゲリア指数を 0.3 に制御した実験例 3 と同様の条件で供給水を処理した。

40

【0097】

比較実験例 5

供給水への硫酸添加によるランゲリア指数の制御、および、供給水へのスケール分散剤の添加をしなかった点を除き、実験例 1 ~ 3 と同様の条件で供給水を処理した。

【0098】

評価

実験例 1 ~ 3 および比較実験例 1 ~ 5 のそれぞれにおいて、水処理運転中の逆浸透膜エレメントの有効圧力の変化を経時的に測定した。そして、有効圧力の測定値、透過水流量の設定値および逆浸透膜エレメントの有効膜面積から透過水の水透過係数を所定時間経過

50

時に算出した。なお、初期状態の水透過係数は、逆浸透膜エレメントの個体差により多少のばらつきがあるため、水処理運転の開始から 1 時間経過時点の数値を初期値とした。また、水処理運転の開始から 24 時間経過時点での透過水の電気伝導率を測定した。電気伝導率は、透過水の水質を示す指標であり、数値が低いほど透過水にイオン成分（夾雑成分）が少ないこと、すなわち、水質が良好なことを表している。結果を表 1 に示す。なお、比較実験例 5 は、120 時間経過時点の水透過係数が初期値の 15 % 未満まで低下したため、この時点で水処理運転を中止した。

【 0 0 9 9 】

【表 1】

表 1

	供給水	濃縮水			透過水	水透過係数 [× 1 0 ⁻¹¹ m ³ ・ m ⁻² ・ s ⁻¹ ・ P a ⁻¹]		
	スケール 分散剤添加量 [m g / L]	L S I	シリカ濃度 [m g S i O ₂ / L]	電気伝導率 [m S / m]	電気伝導率 [m S / m]	1 時 間 経過時 (初期値)	1 2 0 時 間 経過時	1 5 0 時 間 経過時
実験例 1	2.5	-0.2	149	525	18.5	1.64	1.62	1.59
実験例 2	2.5	0.1	145	520	17.4	1.60	1.58	1.55
実験例 3	2.5	0.3	148	517	17.2	1.66	1.64	1.60
比較実験例 1	2.5	0.5	146	519	17.2	1.58	1.48	1.36
比較実験例 2	2.5	1.7	148	522	17.0	1.54	1.27	0.93
比較実験例 3	2.5	0.2	171	598	17.4	1.62	1.39	1.24
比較実験例 4	—	0.3	145	523	17.5	1.65	1.41	1.26
比較実験例 5	—	1.7	138	498	16.9	1.61	0.22	—

表 1 によると、実験例 1 ~ 3 では、150 時間経過時の水透過係数が初期値の 96 ~ 97 % に維持されており、比較実験例 1 ~ 5 に比べて逆浸透膜エレメントのスケール付着による閉塞が顕著に抑制されていることがわかる。また、実験例 1 ~ 3 は、比較実験例 1 ~ 5 に比べて透過水の電気伝導率が同程度の数値となっており、水質の良好な透過水が得られていることがわかる。さらに、実験例 1 ~ 3 によると、濃縮水のランゲリア指数が 0 未満の場合に透過水の電気伝導率が若干高くなる傾向が見られるため、濃縮水のランゲリア指数は 0 以上に維持するのが好ましいこともわかる。

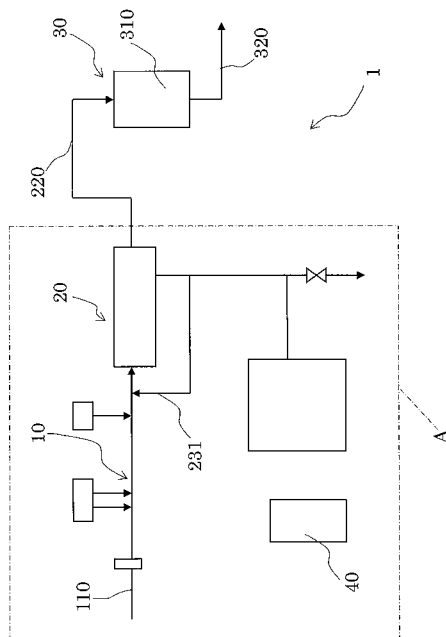
【符号の説明】

【0101】

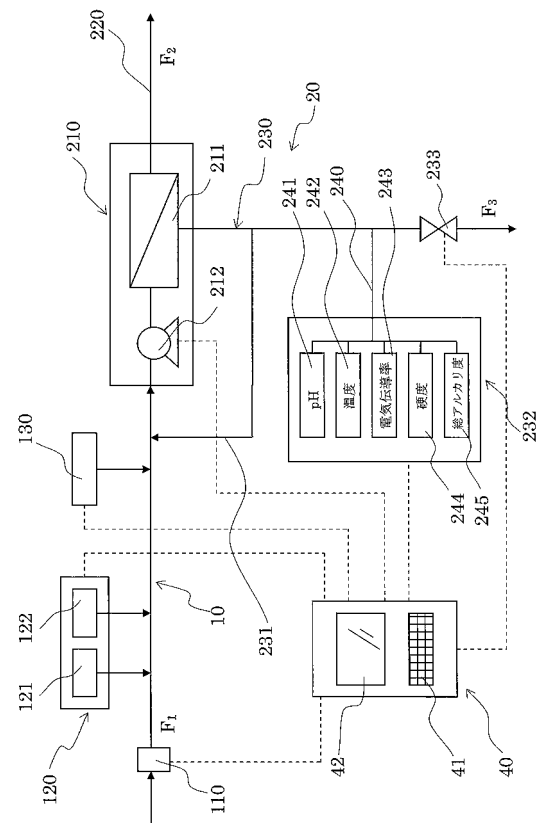
- 1、2、3 水処理装置
 10 供給経路
 40 制御装置
 120 第 1 添加装置
 130 第 2 添加装置
 210 逆浸透膜装置
 220 処理水路
 230 排水路
 232 水質検査装置
 310、511、610 精製装置

10

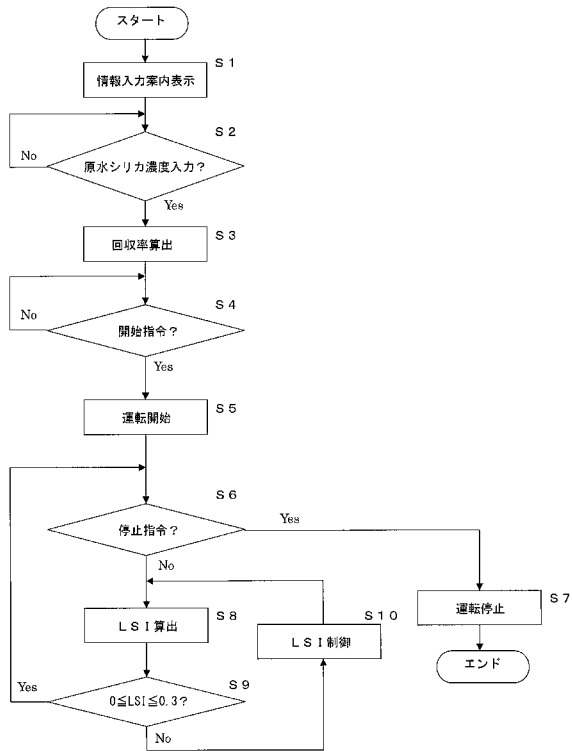
【図 1】



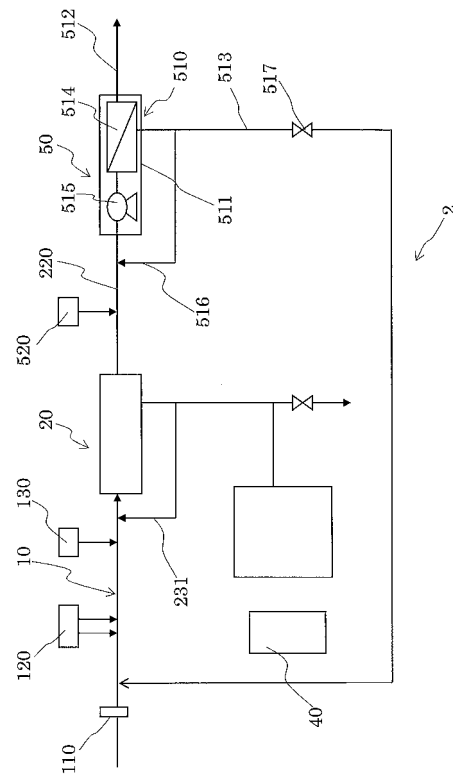
【図 2】



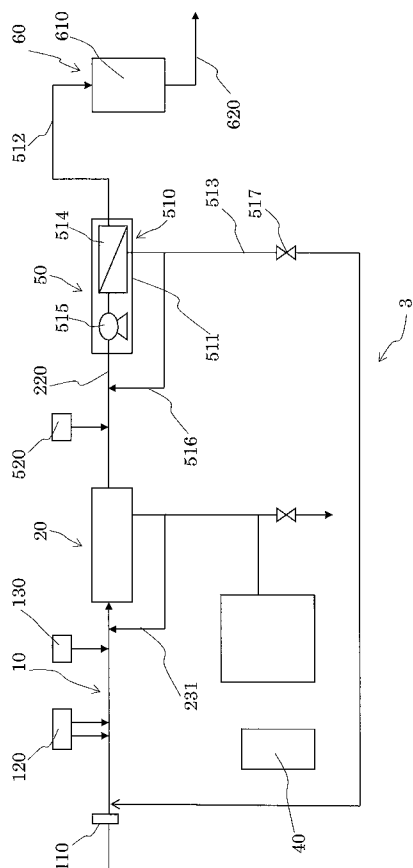
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 0 2 F 5/08 (2006.01)	C 0 2 F 5/00	6 1 0 E
C 0 2 F 5/10 (2006.01)	C 0 2 F 5/00	6 2 0 C
C 0 2 F 5/14 (2006.01)	C 0 2 F 5/08	C
C 0 2 F 1/42 (2006.01)	C 0 2 F 5/08	F
B 0 1 D 61/44 (2006.01)	C 0 2 F 5/10	6 2 0 A
B 0 1 D 61/48 (2006.01)	C 0 2 F 5/10	6 2 0 E
B 0 1 D 61/58 (2006.01)	C 0 2 F 5/10	6 2 0 Z
C 0 2 F 1/469 (2006.01)	C 0 2 F 5/14	
C 0 2 F 9/00 (2006.01)	C 0 2 F 1/42	A
	B 0 1 D 61/44	5 2 0
	B 0 1 D 61/48	
	B 0 1 D 61/58	
	C 0 2 F 1/46	1 0 3
	C 0 2 F 9/00	5 0 2 F
	C 0 2 F 9/00	5 0 2 J
	C 0 2 F 9/00	5 0 2 L
	C 0 2 F 9/00	5 0 2 Z
	C 0 2 F 9/00	5 0 3 A
	C 0 2 F 9/00	5 0 4 B
	C 0 2 F 9/00	5 0 4 C
	C 0 2 F 9/00	5 0 4 D

(72)発明者 渡邊 隼人
愛媛県松山市堀江町7番地 三浦工業株式会社内

(72)発明者 松本 一樹
愛媛県松山市堀江町7番地 三浦工業株式会社内

(72)発明者 高島 悠司
愛媛県松山市堀江町7番地 三浦工業株式会社内

F ターム(参考) 4D006 GA03 GA17 JA30C JA44Z KA03 KA52 KA53 KA55 KA56 KA57
KA72 KB11 KB30 KD11 KD17 KD30 KE11P KE14P KE14Q KE15P
KE15Q KE19P LA08 MA13 MA14 PA01 PB04 PB05 PB06 PB08
PB23 PC01 PC41
4D025 AA03 AB16 BA08 BA13 BB04 BB07 DA05 DA06 DA10
4D061 DA01 DA03 DB13 EA09 EB04 EB13 FA08 FA09 FA11 FA20