

(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2015-9174

(P2015-9174A)

(43) 公開日 平成27年1月19日(2015.1.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
CO2F 1/44 (2006.01)	CO2F 1/44 C	2G051
BO1D 61/58 (2006.01)	BO1D 61/58	4D006
BO1D 65/08 (2006.01)	CO2F 1/44 G	4D015
BO1D 61/04 (2006.01)	BO1D 65/08	4D050
BO1D 63/10 (2006.01)	BO1D 61/04	
審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2013-134677 (P2013-134677)
 (22) 出願日 平成25年6月27日 (2013. 6. 27)

(71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (72) 発明者 中野 敬子
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地
 株式会社日立製作所横浜研究所内
 (72) 発明者 北村 光太郎
 東京都豊島区東池袋四丁目5番2号 株式
 会社日立製作所インフラシステム社内
 (72) 発明者 隅倉 みさき
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
 式会社日立製作所日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水処理システムおよび水処理システムの水処理方法

(57) 【要約】

【課題】

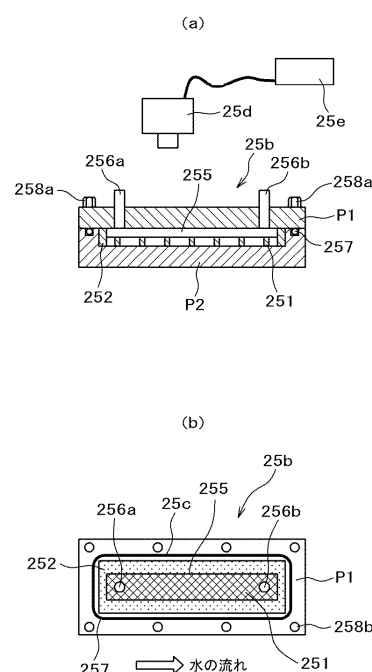
水処理システムにおいて、分離膜間に配置されるスペースの影響をも考慮して、早期にファウリングを検出可能とする。

【解決手段】

水処理システム1は、原水を前処理する前処理部20と、前処理部で前処理された原水から分離膜を用いて被分離物質を分離する分離膜ユニット32を有する脱塩部30と、前処理部と脱塩部との間に配置したモニタ部25を備える。モニタ部は、バイパス配管PBに設けられ少なくとも1面が透明または半透明の密閉容器で構成されたモニタ手段25bと、容器内を流動する原水を透明または半透明な面から可視化する撮像手段25dとを有する。容器内に、分離膜ユニットが有する分離膜253および分離膜ユニットにおいて多層に配置される分離膜間を離間するスペースを模擬したファウリング形成材251を重ねて配置した。

【選択図】 図3

図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

原水を前処理する前処理部と、この前処理部で前処理された原水から分離膜を用いて被分離物質を分離する分離膜ユニットを有する脱塩部と、前記前処理部と前記脱塩部との間にモニタ部を備え、前記分離膜ユニットは、多層に配置される分離膜と該分離膜間を離間するスペーサとがスパイラル状に巻かれて形成されたＲＯ膜エレメントを有し、前記モニタ部は、前記前処理部と前記脱塩部を接続する配管のバイパス配管に設けられ少なくとも１面が透明または半透明の密閉容器で構成されたモニタ手段と、この容器内を流動する原水を前記透明または半透明な面から可視化する撮像手段とを有し、前記容器内に、前記分離膜および前記スペーサを模擬したファウリング形成材を配置しており、前記撮像手段は前記ファウリング形成材を流動する原水を前記透明または半透明な面から撮像可能とし、前記モニタ手段は、前記脱塩部よりもファウリングを生じやすい構成としたことを特徴とする水処理システム。

10

【請求項 2】

前記モニタ手段の前記ファウリング形成材は、所定の間隔をおいてドットを形成した繊維をＲＯ膜供給水の流れと直交方向に並べられ、隣り合った繊維のドットの位置が千鳥配置となっていることを特徴とする請求項 1 記載の水処理システム。

【請求項 3】

前記モニタ手段の前記ファウリング形成材は、縦系と横系を交互に織り込んでメッシュ状に形成されており、該メッシュの間隔が前記ＲＯ膜エレメントのスペーサのメッシュ間隔よりも狭いことを特徴とする請求項 1 記載の水処理システム。

20

【請求項 4】

前記モニタ手段の前記ファウリング形成材は、多数の球状の突起を有していることを特徴とする請求項 1 記載の水処理システム。

【請求項 5】

前記モニタ手段の通水抵抗は、前記分離膜ユニットの通水抵抗よりも大きいことを特徴とする請求項 1 記載の水処理システム。

【請求項 6】

前記モニタ手段のファウリング形成材の膜面の線流速は、前記分離膜ユニットのＲＯ膜エレメントの膜面の線流速よりも大きいことを特徴とする請求項 5 記載の水処理システム。

30

【請求項 7】

前記前処理部は、原水に含まれる細菌を殺菌する殺菌剤注入部と原水に含まれる被処理物質を凝集させる凝集剤注入部とを有する薬注システムと限外ろ過膜ユニットを有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の水処理システム。

【請求項 8】

前記モニタ手段は、少なくとも一方が透明または半透明の２枚の平行に配置された平板間に形成される空間の反撮像側に前記分離膜を撮像側に前記ファウリング形成材を配置して構成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の水処理システム。

【請求項 9】

前記ファウリング形成材は、ポリエチレンもしくはポリプロピレンで形成されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の水処理システム。

40

【請求項 10】

前記分離膜が逆浸透膜であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の水処理システム。

【請求項 11】

原水から分離膜を用いて被分離物質を分離する分離膜ユニットを有する水処理システムにおいて分離膜ユニット内に被分離物質が吸着して発生するファウリングによる閉塞を防止する水処理システムの水処理方法であって、前記分離膜ユニットの上流側で原水をバイパスさせ、前記分離膜ユニットが有する分離膜およびスペーサよりもファウリングを生じ

50

やすい構成としたファウリング形成材を内蔵したモニタ手段内をバイパスした原水を流動させ、前記ファウリング形成材を流動する原水を撮像手段で撮像してファウリングの発生を予測することを特徴とする水処理システムの水処理方法。

【請求項 1 2】

前記ファウリング形成材が着色するか、または前記ファウリング形成材に吸着した吸着物の撮像面積の前記撮像手段が撮像した面積中に占める割合が所定値を超えたときに前記ファウリングが発生したものとして、水処理システムを洗浄または薬剤注入、限外ろ過膜の運転条件変更の少なくともいずれかを実施することを特徴とする請求項 1 1 に記載の水処理システムの水処理方法。

【請求項 1 3】

前記水処理システムが海水淡水化システムであることを特徴とする請求項 1 1 に記載の水処理システムの水処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水を浄化する水処理システムおよびその水処理方法に係り、特に R O 膜を用いて水を浄化する場合に好適な水処理システムおよびその水処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

海水や排水などの原水を浄化する水処理システムでは、分離膜の目詰まり（ファウリング）の防止が運転上の重要な課題となっている。そのため、ファウリングを引き起こす原因物質が原水や前処理水（分離膜への供給水）にどの程度含まれるかを水質評価して、前処理を制御している。このような水処理方法の例が、特許文献 1 に記載されている。

【0003】

この特許文献 1 に記載の逆浸透膜ろ過プラントでは、原水取水部、前処理部、逆浸透膜モジュールを有した逆浸透膜ろ過部をこの順に有する逆浸透膜ろ過プラントの運転方法にあたり、逆浸透膜ろ過部内の逆浸透膜供給水および / または逆浸透膜非透過水を逆浸透膜ろ過部の逆浸透膜モジュール内の非透過水線速度と同等の線速度で流水させる条件下に、バイオフィーム形成基材を配しておき、バイオフィーム形成基材状のバイオフィーム量を 1 日～6 カ月に 1 回の頻度で評価し、その評価結果に基づいて、プラントの運転方法を制御している。特に、バイオフィーム形成基材として、逆浸透膜ろ過プラントで使用されている逆浸透膜を使用している。

【0004】

特許文献 2 には、通水器と、該通水器の水中に配置されたバイオフィームを形成可能な透明な面を有する基材を複数配置したバイオフィーム形成部と、通水器に水を供給可能な接続部と、該通水器の水を排出可能な流出部とを有して構成することにより、プロセスの状態をシンプルかつ安価な装置構成で感度及び精度良く、すぐに、いつでも定量評価することが可能なバイオフィーム発生リスク評価装置が記載されている。

【0005】

また、非特許文献 1 には、ファウリングの予測および制御のための道具としてのファウリングシミュレータが開示されている。この文献に記載のシミュレータは、スパイラル R O (reverse osmosis) 膜と同一の膜であって、同様の大きさおよび流動状況を示す膜と、サイトグラスとを有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】W O 2 0 0 8 / 0 3 8 5 7 5 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 8 - 1 0 7 3 3 0 号公報

【非特許文献】

【0007】

10

20

30

40

50

【非特許文献 1】J. S. Vrouwenvelder, et. al., Journal of Membrane Science, vol. 281, pp. 316-324, 15 Sept., 2006

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ファウリングとは、狭義には分離膜の閉塞などによる膜間差圧の上昇を指す。一方本発明で扱う水処理システムに用いられる分離膜では、少ない体積の膜エレメントの内部に多くの膜を収納する必要上、中空系やスパイラルという構成を採用し、膜と膜の間の流路が狭くなっている。そのため、分離膜上に堆積した堆積物などにより流路が閉塞して通水抵抗が高くなる。この流路の閉塞を、広義のファウリングとして、以下説明する。

10

【0009】

上記特許文献 1 に記載の逆浸透膜ろ過プラントでは、分離膜である逆浸透膜に流入する原水や前処理水により分離膜が閉塞することに着目し、逆浸透膜ろ過部に主流から分岐した分岐配管を設け、この配管にバイオフィーム形成基材を収容した通水容器を介在させている。そして、この通水容器からバイオフィーム基材の一部を 1 日～6 カ月の間隔で取り出し、表面のバイオフィーム量を測定している。

【0010】

しかしながらこの特許文献 1 に記載のものでは、評価のためには通水容器回路の原水または前処理水の流動を停止し、評価装置を分化する必要がある、処理工数が増大する。さらに離膜による流路閉塞のみを考慮しているので、分離膜間に介装されるスペースに起因するファウリングについては十分には考慮されていない。しかもこの評価方法では通水抵抗を検出しておらず、通水抵抗の変化からファウリングの形成を発見するという、より評価が容易な現場的な対処方法に対応できない。

20

【0011】

特許文献 2 には、主管路の分岐管に膜プロセス用モニタリング装置の接続部を接続することが記載されている。しかし、このように分岐管にモニタリング装置を接続したとしても、分岐管の条件が主管路と同様の条件であればファウリングの形成速度は主管路と同等となるため、主管路よりも早期にファウリングを検出することはできない。また、特許文献 2 におけるバイオフィーム形成部は平面状であり、スパイラル状の場合に分離膜間に介装されるスペースに起因して発生するファウリングについては考慮されていない。

30

【0012】

非特許文献 1 に記載のファウリングシミュレーション装置においては、流路を実際の膜エレメントに近似して構成しており、閉塞による通水抵抗を検出することが可能になっているが、膜間差圧の上昇によりファウリングをモニタしているため、ファウリングの発生に起因する膜間差圧が生じるまでファウリングの発生を検知することができない。

【0013】

本発明は上記従来技術に鑑みなされたものであり、その目的は、水処理システムにおいて、スパイラル構成の分離膜間に配置されるスペースの影響をも考慮して、早期にファウリングを検出可能とすることにある。また、ファウリングの検出を、水処理システムを分解または停止することなく実施できるようにすることも目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記目的を達成する本発明の特徴は、水処理システムが、原水を前処理する前処理部と、この前処理部で前処理された原水から分離膜を用いて被分離物質を分離する分離膜ユニットを有する脱塩部と、前記前処理部と前記脱塩部との間にモニタ部を備え、前記分離膜ユニットは、多層に配置される分離膜と該分離膜間を離間するスペースとがスパイラル状に巻かれて形成された RO 膜エレメントを有し、前記モニタ部は、前記前処理部と前記脱塩部を接続する配管のバイパス配管に設けられ少なくとも 1 面が透明または半透明の密閉容器で構成されたモニタ手段と、この容器内を流動する原水を前記透明または半透明な面から可視化する撮像手段とを有し、前記容器内に、前記分離膜および前記スペースを模擬

50

したファウリング形成材を配置しており、前記撮像手段は前記ファウリング形成材を流動する原水を前記透明または半透明な面から撮像可能とし、前記モニタ手段は、前記脱塩部よりもファウリングを生じやすい構成としたことにある。

【 0 0 1 5 】

また、原水から分離膜を用いて被分離物質を分離する分離膜ユニットを有する水処理システムにおいて分離膜ユニット内に被分離物質が吸着して発生するファウリングによる閉塞を防止する水処理システムの水処理方法が、前記分離膜ユニットの上流側で原水をバイパスさせ、前記分離膜ユニットが有する分離膜およびスペーサよりもファウリングを生じやすい構成としたファウリング形成材を内蔵したモニタ手段内をバイパスした原水を流動させ、前記ファウリング形成材を流動する原水を撮像手段で撮像してファウリングの発生を予測することの特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

本発明によれば、スペーサに起因するものも含め、ファウリングを早期に検出することが可能になる。また、水処理システムを分解または停止することなく監視できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 本発明に係る海水淡水化システムの一実施例のシステム図である。

【 図 2 】 図 1 に示した海水淡水化システムが備えるエレメントの一部分解斜視図及び側面図、部分詳細断面図である。

【 図 3 】 図 1 に示した海水淡水化システムが備えるモニタ部の縦断面図及び上面図である。

【 図 4 】 図 1 に示した海水淡水化システムが備えるスペーサの一実施例の模式図である。

【 図 5 】 スペーサの他の実施例の模式図である。

【 図 6 】 スペーサのさらに他の実施例の模式図であり、上面図及びモニタ部に組み込んだ状態を示す縦断面図である。

【 図 7 】 通水抵抗の圧力変化とファウリング発生の関係を説明するためのグラフである。

【 図 8 】 ファウリングの制御のための海水淡水化システム運転方法のフローチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明に係る水処理システムを、添付の図面を用いて詳細に説明する。水処理システムでは、原水または前処理水から被分離物質を除去するが、この被分離物質の除去には、多く分離膜を使用する。分離膜を使用する水処理システムでは、分離膜として、精密な過膜や限外膜、逆浸透膜（RO膜）、ナノフィルタ膜（NF膜）、イオン交換膜などが使用される。この中で逆浸透膜（RO膜）は、海水淡水化に適しており多用されている。そこで、以下の説明では、エレメント構造を有するRO膜を用いた海水淡水化システムを例として説明する。

【 0 0 1 9 】

なお、本発明は、以下に詳述するスペーサと分離膜が接触する構造であればよく、分離膜はRO膜に限るものではない。つまり、NF膜やイオン交換膜などを分離膜に用いてもよく、また水処理システムも海水淡水化システムだけではなく、地下水、河川水、排水等を浄化して再利用水を生成する再利用水製造システム、および純水や超純水を生成する純水・超純水製造システム等であってもよい。

【 0 0 2 0 】

図 1 は、水処理システムとしての海水淡水化システム 1 の一実施例を示す、システム図である。海水淡水化システム 1 では、海水に含まれる、塩分や有機物、微生物、菌類、ホウ素、懸濁物質となる固形浮遊物などを被分離物質として除去して淡水化する。そのため、主要部として、海水取水部 10 および前処理部 20、脱塩部 30 が上流側から順に配置されている。なお、以下の記載においては、微生物は菌類も含む。

【 0 0 2 1 】

海水淡水化システム 1 の最も上流側に位置する海水取水部 1 0 は、海水をこの海水淡水化システム 1 に取り入れる取水管 1 1 と、海水を汲み上げる取水ポンプ 1 2 と、汲み上げた海水を貯留する原水タンク 1 3 とを有している。

【 0 0 2 2 】

ここで、取水管 1 1 はその先端部を海中に投入して原水となる海水を取水する構造でもよく、沖まで延ばして深層水を原水として取水する構造でもよい。また、海底に埋設して海底砂でろ過した後に海水（原水）を取水する構造でもよい。取水管 1 1 内で微生物や藻類、貝類等が増殖して取水管 1 1 が閉塞するのを防止するため、これらの生物の増殖を防止する薬品（殺菌剤等）を取水管 1 1 内に注入するようにしてもよい。取水ポンプ 1 2 は、図 1 に示すように陸上に設置されてもよく、海中に設置されてもよい。

10

【 0 0 2 3 】

海水取水部 1 0 が取水した海水を処理する前処理部 2 0 は、砂ろ過槽 2 1 と送水ポンプ 2 2 a と限外ろ過膜ユニット 2 2 と供給水タンク 2 3 を有している。砂ろ過槽 2 1 では、槽内部に所定量だけ砂が内蔵されており、被分離物質となる懸濁成分（有機物）を分離する。限外ろ過膜ユニット 2 2 は、微生物等をろ過する限外ろ過膜を有している。送水ポンプ 2 2 a は、限外ろ過膜ユニット 2 2 に砂ろ過槽 2 1 からろ過水を送給する。供給水タンク 2 3 は、下流側の脱塩部 3 0 が有する R O 膜ユニット 3 2 に供給する原水を一時的に貯留する。

【 0 0 2 4 】

前処理部 2 0 では、生きている微生物を殺菌したり、その他の有機物を除去する前処理工程を実行する。そのため、前処理部 2 0 は、複数種類の薬品を原水に注入する薬注システム 2 4 を備えている。薬注システム 2 4 は原水に注入する薬品の種類ごとに設けられており、各々薬品貯留用のタンクと送液ポンプとを有している。図 1 に示した海水淡水化システム 1 の例では、薬注システム 2 4 は、殺菌剤注入部 2 4 a と p H 調整剤注入部 2 4 b と凝集剤注入部 2 4 c と中和還元剤注入部 2 4 d とを有している。

20

【 0 0 2 5 】

殺菌剤注入部 2 4 a は、殺菌剤の貯留タンク 2 4 a 1 と送液ポンプ 2 4 a 2 とを有し、微生物を殺菌する殺菌剤を、配管 2 4 a 3、2 4 a 4 を介して原水の取水管 1 1 または砂ろ過槽 2 1 の上流側に注入する。なお配管 2 4 a 3、2 4 a 4 の途中にはそれぞれ調節バルブ V L 1 1、V L 1 2 が設けられている。なお、原水の取水管 1 1 に殺菌剤を注入する配管 2 4 a 3 は、海水の汚れの程度によっては省略することも可能である。

30

【 0 0 2 6 】

この殺菌剤注入部 2 4 a からは、微生物を殺菌する殺菌剤として、次亜塩素酸や塩素などが原水に注入される。殺菌剤注入部 2 4 a からは殺菌剤が間歇注入されるが、殺菌剤の注入間隔や濃度により、原水における微生物の死滅率や生存率が変化する。そこで、殺菌剤の注入量や注入間隔を、調節バルブ V L 1 を用いて制御する。

【 0 0 2 7 】

なお、殺菌剤として注入される次亜塩素酸や塩素は、脱塩部 3 0 の R O 膜ユニット 3 2 に備わる R O 膜の膜機能を低下させる。そのため後述するように、原水が R O 膜ユニット 3 2 に送水される前に還元するとともに、殺菌剤の過剰な注入を回避する。

40

【 0 0 2 8 】

p H 調整剤注入部 2 4 b は、p H 調整剤の貯留タンク 2 4 b 1 と送液ポンプ 2 4 b 2 とを有し、多価イオンによるスケール防止や凝集の効率向上のために、配管 2 4 b 3 を介して、p H 調整剤を砂ろ過槽 2 1 の上流側に注入する。配管 2 4 b 3 の途中には、調節バルブ V L 2 が設けられている。

【 0 0 2 9 】

多価イオンによるスケールの発生を防止し、かつ、凝集効率を向上させるため、海水淡水化システム 1 で処理される原水は、酸性（p H 3 ~ 5）に調整されることが好ましい。そこで、p H 調整剤注入部 2 4 b から、硫酸などの p H 調整剤を原水に注入して好適な p

50

Hに調整する。pH調整剤の注入量は、調節バルブVL2で制御される。

【0030】

凝集剤注入部24cは、凝集剤の貯留タンク24c1と送液ポンプ24c2とを有しており、砂ろ過槽21で効率よく被分離物質となる懸濁成分（有機物）を取り除くために、配管24c3を介して、凝集剤を砂ろ過槽21の上流側に注入する。配管24c3の途中には、調節バルブVL3が設けられている。

【0031】

凝集剤注入部24cから、凝集剤としてポリ塩化アルミニウムや塩化第2鉄などが原水に注入される。原水に含まれる懸濁成分（有機物）のフロックは、凝集剤によって成長が促進される。凝集剤を注入すると、懸濁成分の0.1μm以上の微粒子が1μm以上のフ

10

【0032】

凝集剤の注入量が少な過ぎる場合にはフロックの成長が不十分となり、被分離物質である懸濁成分（有機物）が砂ろ過槽21を通り抜けることがある。逆に、凝集剤の注入量が過剰であると、フロックの成長に使用されない余剰分の凝集剤が、脱塩部30のRO膜ユニット32が有するRO膜の負荷となる。そこで、凝集剤の注入量を、調節バルブVL3を用いて制御する。

【0033】

中和還元剤注入部24dは、中和還元剤の貯留タンク24d1と送液ポンプ24d2とを有し、中和剤や還元剤を、配管24d3を介して限外ろ過膜ユニット22の下流側であ

20

【0034】

ここで、本発明の特徴的構成として、中和された原水がRO膜ユニット32を流通する際に発生するファウリングをモニタするモニタ部25を、前処理部20の最下流部の供給水タンク23と脱塩部30との間に設けている。すなわち、供給水タンク23の直下流には保安フィルタ23bが設けられている。前処理部20で取り除かれなかった被分離物質、および保安フィルタ23bに流入するまでに微小な有機物が再凝集して形成された被

30

【0035】

保安フィルタ23bから流出する原水は、主配管PMと分岐配管PBとに分流して流れる。大部分の原水は主配管PLから脱塩部30に流入する。残りの原水は、分岐配管PBに設けられたポンプ25aにより、モニタ手段25bに送られる。この分岐配管PBを流れる原水の流量は、分岐配管PBに設けた圧力計26a及び流量計26bの出力に基づいて、分岐配管に介在させた調節バルブ25cを制御して、決定される。モニタ手段25bは詳細を後述するように可視化されており、モニタ手段25bに近接して撮像カメラ25

40

【0036】

脱塩部30は、高圧ポンプ31とRO膜ユニット32と淡水タンク33を有する主ラインLM、およびRO膜ユニット32とエネルギー回収装置34と濃縮水タンク35を有する副ラインLSを備える。主ラインLMに配置した高圧ポンプ31は、RO膜ユニット32における流路抵抗に打ち勝って原水を流すのに必要な圧力を得るものである。

【0037】

RO膜ユニット32はRO膜を有しており、RO膜表面には半透膜が用いられている。半透膜は、水分子および被分離物質と膜の相互作用の違いにより水分子のみを透過させる

50

膜であり、酢酸セルロース系膜と芳香族ポリアミド系膜が使用される。このうち、芳香族ポリアミド系を使用したRO膜は、水分子の透過性や電解質除去性能が高いので工業用の半透膜として広く用いられている。

【0038】

ポリアミド系のRO膜を、中心軸周りに複数層巻回して膜エレメントとして形成したものを、スパイラル型エレメントと呼んでいる。商用のスパイラル型エレメントは各社で規格化されており、直径が4インチ（約10cm）、8インチ（約20cm）、16インチ（約40cm）で、長さが1m程度の円筒形に形成されている。複数、例えば6本のエレメントをベッセルと称する耐圧容器内に直列に並べ、複数、例えば20個のベッセルをマトリクス状に組み上げてRO膜ユニット32を構成する。淡水タンク33は、RO膜ユニット32で被分離物質が除去された原水を、淡水として貯水する。

10

【0039】

副ラインLSを構成するエネルギー回収装置34は、例えば、濃縮水タンク35に貯水された高圧の濃縮水（高圧水）が排水されるときエネルギーで回転するタービン及びこのタービンに接続された発電機で構成される。濃縮水は、高圧ポンプ31で加圧されており、被分離物質を含んでいる。エネルギー回収装置34で発電した電力は、高圧ポンプ31等の駆動電力として利用される。また、他の方法として、高圧の濃縮水が排水されるときエネルギーで回転するタービンの軸方向の反対側の端部にもタービンを持ち、低圧の供給水の一部を供給して加圧する方法もある（図示せず）。濃縮水タンク35は、RO膜ユニット32のRO膜を透過しなかった原水である濃縮水を貯水するためのタンクである。

20

【0040】

このように構成した海水淡水化システムの動作について、以下に詳述する。海水淡水化システム1では、海水取水部10の取水ポンプ12が取水管11を介し海水（原水）を海から取水する。取水された原水は、原水タンク13に一時貯水され、原水に含まれる被分離物質の一部が原水タンク13内で沈殿除去されて前処理部20に送水される。

【0041】

前処理部20では、殺菌剤注入部24aから原水に殺菌剤を注入し、pH調整剤注入部24bからpH調整剤を原水に注入し、凝集剤注入部24cから原水に凝集剤を注入する。これらの薬剤が注入された原水は、砂ろ過槽21に導かれる。主に凝集剤により1μm以上に成長した原水内の被分離物質（有機物）のフロックは、砂ろ過槽21でろ過されて除去される。砂ろ過槽21を透過した原水は、送水ポンプ22aにより限外ろ過膜モジュール22に送水される。

30

【0042】

限外ろ過膜モジュール22では、砂ろ過槽21でろ過された被分離物質よりもさらに細かい0.05μm以上の粒子状の被分離物質や分子量が数千の高分子、細菌などが、原水から分離除去される。原水に含まれる細菌などの微生物は、限外ろ過膜モジュール22によりほぼ100%除去される。

【0043】

その際原水は、送水ポンプ22aにより0.1～0.5MPa程度まで加圧されて、限外ろ過膜モジュール22に送水される。限外ろ過膜モジュール22に送水される原水は、高圧であるほど限外ろ過膜モジュール22を透過する速度が高くなる。しかしながら、原水の圧力が高くなるほど、被分離物質を原水から分離する性能（分離性能）は低下する。

40

【0044】

限外ろ過膜モジュール22を透過した原水に、中和還元剤注入部24dから中和剤と還元剤を注入する。pH調整剤で酸性に調整された原水は中和剤により中和される。それとともに、注入された殺菌剤を還元する。このように中和・還元された原水は、RO膜供給水タンク23に貯水される。

【0045】

RO膜供給水タンク23に貯水された原水は、高圧ポンプ31でRO膜ユニット32に圧送され、RO膜ユニット32でろ過される。RO膜ユニット32で被分離物質が除去さ

50

れた原水は、淡水タンク 33 に貯水される。一方、RO 膜ユニット 32 の RO 膜を透過しない原水は、被分離物質を含む濃縮水となって濃縮水タンク 35 に貯水される。

【0046】

なお、濃縮水タンク 35 に貯水された濃縮水を、例えば海に戻す排水系を備えるようにしてもよい。その場合、排水系は、塩分濃度を低下させる処理や、塩分および化学薬品の原料となりうる物質を分離する処理を実行する必要がある。

【0047】

ところで、RO 膜ユニット 32 が備える RO 膜は半透膜であり、水分子のみを透過する分離膜として作用する。この分離膜で目詰まり（ファウリング）が発生すると、被分離物質を原水から分離する分離性能や処理能力が低下する。具体的には、複数の膜エレメントを円筒状の容器（ベッセル）収容し、複数の容器をマトリックス状に組み上げて構成した膜ユニットの運転において、ファウリングが発生すると、透過水量が一定の運転では圧力が上昇し、圧力が一定の運転では透過水量が低下する。

10

【0048】

この不具合を回避するために、海水淡水化システムを含む水処理システムでは、分離膜の目詰まりを防止するために、ファウリングの原因物質となりうる被分離物質を事前に除去する前処理工程を処理工程に組み込んでいる。また万一、ファウリングが発生した場合には、分離膜の孔径や強度に応じて洗浄方法を変え、ファウリング原因物質を膜エレメント内から排出して、膜ユニットを保守している。

20

【0049】

次に、図 1 に示した海水淡水化システム 1 で、RO 膜として用いているスパイラル構造の膜エレメント 320 の詳細を、図 2 を用いて説明する。図 2 (a) は、本発明に係る膜エレメント 320 の一実施例の斜視図であり、一部を切り開いて示した図である。図 2 (b) は膜エレメント 320 の右側の側面図であり、図 2 (c) は膜エレメント 320 の一部を断面で示した図である。

30

【0050】

このスパイラル構造の膜エレメント 320 では、クロスフロー過を実現している。クロスフロー過では、供給水 79 は分離膜 321 の表面に平行に流れ、一部が分離膜 321 を透過し、残りは分離膜 321 の表面に沿って流れ膜エレメント 320 から排出される。膜を透過して流出する流れは透過水 84 であり、膜表面に沿って流れて流出する流れは濃縮水 85 である。

30

【0051】

膜エレメント 320 の中心部には中空の中心パイプ 325 が設けられている。複数の分離膜 321 は、2 枚 1 組で積層され、一端側が中心パイプ 325 に接着されている。この複数槽の分離膜 321 を、中心パイプ 325 の周りに巻き付けることにより、分離膜 321 のスパイラル形状が形成される。分離膜 321 のスパイラルの外側の端部 324 は、2 枚 1 組とした分離膜 321 同士を封止して、袋状に形成されている。すなわち、図 2 (b) に示すように、1 組の分離膜 71、72 の外側端部は、封止部 73 により袋状に形成される。

40

【0052】

外側端部を封止して袋状に形成された分離膜 321 の中心パイプ 325 側は、中心パイプ 325 内の中空の水路に連通している。これにより、分離膜 321 の袋の内部の水が中心パイプ 325 に集められる。分離膜 321 の隣り合う袋間には、詳細を後述するスペーサ 322 が配置されている。分離膜 321 の袋の内側には、分離膜 321 の袋内に流入した透過水を整流するためのメッシュ 323 が配置されている。分離膜 321 の袋は、スペーサ 322、メッシュ 323 とともに積層されて、中心パイプ 325 の周囲にスパイラル状に巻きつけられる。スパイラル状に巻きつけられた分離膜 321 は、耐圧性の樹脂製の円筒状外筒 326 内に収容されて、膜エレメント 320 を構成する。

【0053】

このように構成した膜エレメント 320 を用いた RO 膜ユニット 32 では、膜エレメン

50

ト 3 2 0 の内部に流入した被処理水 8 0 は分離膜 3 2 1 の表面をクロスフローする。そして、分離膜 3 2 1 を透過して被分離物質をほとんど含まない透過水と、被分離物質が濃縮された濃縮水に分離されて、膜エレメント 3 2 0 の外に流出する。

【 0 0 5 4 】

より具体的には図 2 に示すように、分離膜 3 2 1 に供給される被処理水 7 9 は、円筒形の逆浸透膜のエレメント 3 2 0 の一方の軸端側からエレメント 3 2 0 内に流入する。そして、分離膜 3 2 1 の袋の外表面側であってスペーサ 3 2 2 が配置された領域 7 4、7 5 へ導かれ、被処理水 8 0 の流れを形成する。

【 0 0 5 5 】

スペーサ 3 2 2 が配置された領域 7 4、7 5 に流れ込んだ被処理水 8 0 は、エレメント 3 2 0 内を軸方向に進む際に、その一部が、分離膜 3 2 1 で被処理物質を取り除かれて分離膜 3 2 1 を透過する。分離膜 3 2 1 を透過した透過水 8 1 は浄化水となって、膜 3 2 1 の袋の内部のメッシュ 3 2 3 が配置された領域を、周方向に巡回しながら(図 2 (a)の展開部分では半径方向内側に)、矢印 8 2 で示すようにエレメント 3 2 0 の中心部に流入する。その後、中心パイプ 3 2 5 に形成された細孔から中心パイプ 3 2 5 内に形成された流路に集められ、エレメント 3 2 0 の側板の中心部に形成された流出口 6 2 から外部へ流出する。残りの被処理水 8 3 は、エレメント 3 2 0 の内部を通過する際に、分離膜 3 2 1 を透過した透過水 8 1 の水量だけ水分が減って濃縮され、濃縮水 8 5 としてエレメント 3 2 0 の側板の周囲部 6 3 から外部へ流出する。

【 0 0 5 6 】

ここで、供給水 8 0 が導かれる領域に配置したスペーサ 3 2 3 は、太さが 0 . 5 mm 以下のポリエチレンやポリプロピレンの繊維をメッシュ状に編んで形成されており、メッシュの間隔は 3 ~ 7 mm 程度となっている。その他、ポリエチレンやポリプロピレンのシートに多数の切れ目を形成して、切れ目部分を開いたものもスペーサ 3 2 3 に使用できる。

【 0 0 5 7 】

上記エレメント 3 2 0 では、分離膜 3 2 1 を中心パイプ 3 2 5 に巻きつけているので、分離膜 3 2 1 とスペーサ 3 2 2 が接触し、スペーサ部分の流路幅が 1 0 μ m 以下に狭まる場合もある。特に、メッシュ状にスペーサ 3 2 2 を形成した場合には、繊維が交差する格子点でスペーサ 3 2 2 が厚くなり、その分、分離膜 3 2 1 に食い込んで流路幅が狭まる。

【 0 0 5 8 】

スペーサ 3 2 2 の厚さで確保した流路の幅が狭まった状態で、サブミクロンの大きさの粒子を含む供給水が流路 7 4、7 5 に流入したり、濃縮水から被分離物質が析出したりすると、スペーサ 3 2 2 と分離膜 3 2 1 の間 7 4、7 5 に、粒子や被分離物質が蓄積する恐れがある。本発明者らの実験的研究では、粒子や被分離物質の蓄積は、エレメント 3 2 0 の入口側の 1 0 ~ 2 0 c m くらいの範囲に顕著に発生することが判明した。

【 0 0 5 9 】

このように蓄積された物質は流路を閉塞させ、膜間差圧上昇の原因である膜面の閉塞が生じていない場合でも供給水が流入せず、RO 膜ユニット 3 2 の処理能力を低下させる。そこで、スペーサ 3 2 2 が形成する流路 7 4、7 5 に蓄積された物質により、流路 7 4、7 5 が閉塞され、通水抵抗が変化または増大するのを監視する必要が生じている。

【 0 0 6 0 】

一般に流路 7 4、7 5 の通水抵抗が増大したら、RO 膜ユニット 3 2 を洗浄して通水抵抗の低減を図っている。しかしながら、通水抵抗が圧力上昇として検出されるほどに閉塞した状態では、洗浄液が十分に RO 膜ユニット 3 2 の内部まで入り込めず、洗浄効果が小さい。

【 0 0 6 1 】

また、閉塞が大きくて洗浄効果が期待できない場合には、膜エレメント 3 2 1 を交換せざるを得ないが、エレメント 3 2 1 を交換するためには、海水淡水化システム 1 を長時間停止する必要がある、海水淡水化システムの稼働率が低下する。さらに、エレメント 3 2 1 の部品代や交換の作業費用がランニングコストに加算され、海水淡水化システム 1 のラ

10

20

30

40

50

ンニングコストが上昇する。

【0062】

一方、この不具合を解消するために、圧力上昇が見られない比較的流路の閉塞がない状態と考えられる短い周期で、定期的に洗浄することも考えられる。しかしながら、短い周期で洗浄を実施すると、洗浄液のコストが増大すると共に洗浄後の廃液の処理費用が増大する。また、頻繁な洗浄により、膜の透過性能が洗浄液で劣化させられる恐れがある。

【0063】

そこで本発明では、RO膜供給水タンク23と脱塩部30間にモニタ部25を設け、圧力上昇はしていないものの流路の閉塞の兆候が見られる場合にRO膜を洗浄するようにした。このモニタ部25の詳細を、以下に説明する。

10

【0064】

図3はモニタ部25が備えるモニタ手段25bとこのモニタ手段を撮像する撮像手段25d及びその画像処理手段を示した図である。図3(a)は、モニタ手段25bを断面で示した正面図であり、図3(b)はモニタ手段25bの上面図である。なお、本実施例ではモニタ手段25bを撮像手段25dでモニタし画像処理しているが、画像処理手段25eは必ずしも必要なく、目視で監視してもよい。

【0065】

図1に示したようにモニタ手段25bは、分岐流路PBに配置されている。さらに、モニタ手段25bは、ほぼ平行に配置された2枚の平板P1、P2と、一方の板、図3では下側の平板P2に形成した凹部に収容したファウリング形成材251と、ファウリング形成部材251の周囲を取り囲み、下側の平板P2の凹部に収容されたギャップ保持スペーサ252とを有している。

20

【0066】

下側の平板P2の周縁部にはOリング溝が形成されており、Oリング257がこの溝に嵌め込まれている。2枚の平板P1、P2の周縁部はフランジとして使用され、上側の平板P1に形成したボルト孔と下側の平板P2に形成された複数のねじ穴258bとヘボルト258a通して、2枚の平板P1、P2間をシールしている。

【0067】

上側の平板P1の長手方向端部近傍には、原水(RO膜供給水)が流入する流入口256aと原水が流出する流出口256bが設けられている。2枚の平板P1、P2の少なくともいずれかは、アクリルやガラス等の透明な板である。透明な平板に対向して、撮像装置25dを配置する。

30

【0068】

ファウリング形成材251は、膜エレメント320内に配設したスペーサ322を模擬しているので、材質はポリエチレンやポリプロピレンが好ましい。膜エレメント320のスペーサ322部の流路74、75内流れをシミュレートするために、ファウリング形成材251の外観形状は、膜エレメント320に使用するスペーサ322と同様のものである。具体的には、繊維をメッシュ形状に織り込んだものや突起を持つシート、多数の孔の空けられたシート、などを用いる。また、2枚の平板P1、P2間を、RO膜供給水が確実に流れる隙間が形成される形状とする。

40

【0069】

撮像装置25dの邪魔にならない、図3(a)では平板P2の凹部の底面には、RO膜253と同一の材質の部材を配置するのが好ましい。同一の材質を配置するためには、RO膜253と同一の膜の一部を平板P2に接着する方法、RO膜と同一の材質をP2表面に直接成膜する方法、平板P2にポリアミド板を使用する方法などを取ればよい。しかしながら、P2の凹部の底面は必ずしもRO膜253と同一の材質は必要ではない。その理由は、本モニタ部では、ファウリング形成材251と平板P2の隙間の感覚がファウリング形成の主要因であり、平板P2の表面材質の影響は小さいと考えられるためである。

【0070】

モニタ部25のディメンションでは、2枚の平板P1、P2間の隙間が重要である。2

50

枚の平板 P 1、P 2 の間隔は、平行もしくは流入口 2 5 6 a から流出口 2 5 6 b に向かって間隔が狭くなるようにする。2 枚の平板 P 1、P 2 間の間隔は 0 . 5 mm 以下とし、膜ユニット 3 2 で用いるエレメント 3 2 1 のスペーサ 3 2 2 の厚さより狭くする。これは、モニタ部 2 5 でのファウリングを加速するためである。

【 0 0 7 1 】

流路 2 5 5 の幅（水の流れ方向と直交方向の長さ）は 1 c m 以上で、好ましくは 1 . 5 ~ 4 c m である。これは、ファウリング形成材の繰り返し構造が複数含まれて、水の流れに均一性が得られる幅である。

【 0 0 7 2 】

平板 P 2 の凹部に形成される流路 2 5 5 の流れ方向の長さは、1 c m 以上 3 0 c m 以下である。これは、通水抵抗となるファウリングの形成はエレメント 3 2 0 の入口から約 1 5 c m 程度の範囲で多く発生するためであり、最低でも 1 c m 以上あればファウリングを形成することが可能である。また、ファウリング形成範囲の下流の影響を考慮しても、ファウリング形成範囲の 2 倍程度の長さがあれば実際にエレメント 3 2 0 内で生じる現象と同様の現象を実現し得るからである。なお、設備の小型化と現象の近似性を考慮すれば、上記範囲は、1 0 ~ 2 0 c m で十分である。

【 0 0 7 3 】

なお、ファウリング形成材 2 5 1 は膜エレメント 3 2 0 内のスペーサ 3 2 2 に対応するものである。したがって、膜エレメント 3 2 0 内のスペーサ 3 2 2 と同一のものを利用すれば海水淡水化システム 1 でこのモニタ手段 2 5 b の下流に配置した R O 膜ユニット 3 2 内の現象を忠実に実現できる。一方、R O 膜ユニット 3 2 内で起こり得る現象を加速して監視したい場合には、異なる形状としてファウリングの予防措置を講ずることを可能にしてもよい。

【 0 0 7 4 】

ファウリング形成を加速できるファウリング形成材の形状例を、図 4 ないし図 6 に示す。図 4 は、ファウリング形成材 2 5 1 a の上面図であり、一部を取り出した図である。間隔においてドット 4 2 を形成した繊維 4 1 を、R O 膜供給水の流れと直交方向に並べる。隣り合った繊維 4 1 のドット 4 2 の位置が、千鳥配置になるようにする。各繊維 4 1 は両端側で締結材 4 3 に取り付けられており、締結材 4 3 間に適度な張力を付与して、ファウリング形成材 2 5 1 a の浮き上がり等を防止する。なお、ドット 4 2 は繊維 4 1 と同一材質の繊維を丸めて形成する。

【 0 0 7 5 】

図 5 に、ファウリング形成材 2 5 1 b の他の例を正面図で示す。縦系 4 4 と横系 4 5 を交互に織り込んで、メッシュ状に形成する。縦系 4 1 と横系 4 2 の交点は、格子点 4 6 を形成する。メッシュの間隔は 2 mm 以下であり、実際にエレメント 3 2 0 で用いるスペーサ 3 2 2 の間隔よりも狭めことでファウリング形成材 2 5 による抵抗を大きくしてファウリングを加速する。

【 0 0 7 6 】

以上の 2 例では、繊維の材料は実際にエレメント 3 2 0 で使用する繊維と同じものを用いるのが好ましい。すなわち、ポリエチレンやポリプロピレンの繊維を用いる。

【 0 0 7 7 】

図 6 に、ファウリング形成材 2 5 1 c のさらに他の例を示す。図 6 (a) は、ファウリング形成材 2 5 1 c の上面図であり、図 6 (b) はファウリング形成材 2 5 1 c を組み込んだモニタ手段 2 5 b の断面図である。なお、この図 6 (b) では、モニタ手段 2 5 b の周縁部に形成するシール手段及び締結手段の図示を省略しているが、当然のことながら図 3 (b) に示したようにこれらの手段をモニタ手段 2 5 b は有している。

【 0 0 7 8 】

透明な材質のシート 5 1 の片面に、多数の球状の突起 5 2、5 3 を形成して、R O 膜供給水が流れる流路の隙間を調整する。突起 5 2、5 3 の大きさは、大小 2 種類、形成している。なお突起の大きさは 3 種類以上あってもよい。これは実際の膜エレメント 3 2 0 内

10

20

30

40

50

流路では、スペーサ 3 2 2 を構成しメッシュ状に編まれる繊維と分離膜 3 2 1 との相対関係が、繊維がない部分、繊維が 1 本のみある部分、繊維の交点である格子点が分離膜 3 2 1 に接している部分を構成するためである。これにより、モニタ手段 2 5 b では、繊維がない部分を突起がないシート 5 1 の部分で、繊維が 1 本のみある部分を小突起 5 3 の部分で、繊維の交点である格子点が分離膜 3 2 1 に接している部分を大突起 5 2 で模擬することが可能になる。

【0079】

モニタ手段 2 5 b 内の RO 膜供給水の挙動は、撮像装置 2 5 4 で観察する。そして流路閉塞に到るファウリングが形成されているか否かを判断する。その際、ファウリング形成材 5 2 1 の形状の変化や色の変化に注目する。膜間差圧に影響を及ぼす膜面の閉塞は、ごく微量の有機物の付着でも発生する。付着物の量が少量であってほぼ透明とみなされる場合や付着物の種類が透明な材質のものである場合には、光学的に観察するのが難しい。

【0080】

しかしながら、スペーサ 3 2 2 部に付着物が付着すると、スペーサ 3 2 2 部の付着物によりスペーサ 3 2 2 が膨張したり、スペーサ 3 2 2 が着色して目視観察で可能な変化が生じる。この変化は圧力損失の変化より前段階で生じるので、撮像による観察でモニタリングが可能となる。なお、本実施例ではモニタリングを目視で実行しているが、画像処理手段 2 5 e を用いてスペーサ 3 2 2 部の変化や付着物の大きさの変化を定量的に把握するようにしてもよい。また、CCD カメラ等の撮像手段の代わりに分光計を用いて、定量的に付着の有無を判断するようにしてもよいし、両者を併用してもよい。

【0081】

図 7 は、モニタ部 2 5 におけるモニタ結果の一例を示すグラフである。モニタ手段 2 5 b の前後に取り付けた圧力計 2 6 a、2 6 a と撮像手段 2 5 a を用いて、通水抵抗と撮像手段 2 5 a の撮像画像の対応を調べた結果である。横軸にモニタ開始からの経過時間を、縦軸に 2 個の圧力計 2 6 a、2 6 a が検出した圧力の差圧を示す。なおスペーサ 3 2 2 には、縦糸と横糸を編み込んでメッシュ状にしたものを用いた。

【0082】

通水抵抗が上がり始めた時間 t_1 (図 7 では 100 時間経過後) に、撮像手段 2 5 a の撮像画面では、すでにスペーサ 3 2 2 部に着色が現れていた。そして、時間 t_1 から約 50 時間経過後の時間 t_2 になって、通水抵抗が有意な増加として検出された。つまり、流路の閉塞につながる通水抵抗の変化を、被処理水の流動圧力の変化で検出するよりも、目視で観察する方が早期に検出できた。

【0083】

上述したように、モニタ部 2 5 で観察または測定する通水抵抗は、RO 膜ユニット 3 2 と同じか先んじた状態、すなわち、RO 膜ユニット 3 2 内の被処理水の流動を忠実にシミュレートするかまたは加速してシミュレートすることが必要である。そこで、RO 膜ユニット 3 2 内の被処理水と同様に通水抵抗が上昇するか RO 膜ユニット 3 2 内の被処理水よりも早く通水抵抗を上昇させるため、モニタ手段 2 5 b における膜面の線流速を RO 膜ユニット 3 2 内の膜面の線流速と同じかそれ以上とする。

【0084】

RO 膜ユニット 3 2 内の平均線流速は $0.1 \sim 0.2 \text{ m/s}$ であるが、RO 膜ユニット 3 2 の入口側では $0.5 \sim 0.7 \text{ m/s}$ にも達する。そこでモニタ手段 2 5 a に形成した流路 2 5 5 内の線流速を、下流に配置する RO 膜ユニット 3 2 の流速よりも早い $0.7 \sim 1.0 \text{ m/s}$ とする。モニタ手段 2 5 a における線流速を増大させるために、モニタ部 2 5 には小型のポンプ 2 5 a やバルブ 2 5 c を設ける。または、流路の径が途中で減少するように変化させる。

【0085】

次に、上述したモニタ部 2 5 を備えた海水淡水化システム 1 の運転例を、図 8 を用いて説明する。図 8 は、海水淡水化システム 1 の運転フローチャートである。

【0086】

海水淡水化システム 1 の運転を開始し（ステップ S 1 0 0 ）たら、モニタ部 2 5 のモニタ手段 2 5 b を撮像手段 2 5 d である CCD カメラで撮像し始める（ステップ S 1 1 0 ）。モニタ手段 2 5 b の上面プレート P 1 は透明なアクリルまたはガラスであるからモニタ手段 2 5 b の内部を流動する被処理水の様子は、カメラ 2 5 d が撮像した撮像画面として図示しない制御室に設けたモニタで監視可能になっている。

【 0 0 8 7 】

海水淡水化システム 1 での海水淡水化処理が進行したら、定期的にモニタ画面を監視する。その際、（ 1 ）濁質成分の影響を除去する、（ 2 ）微生物の増殖を抑制する、（ 3 ）RO 膜の洗浄時期を決定することを主眼として、以下の手順でモニタ内容を分析しながら、海水淡水化システム 1 の各部を制御する。

【 0 0 8 8 】

すなわち、モニタ部 2 5 の撮像手段 2 5 d が撮像した画面において、RO 膜エレメントのスペースに相当するファウリング形成部材 2 5 1 の狭隘部に変化が生じていないかを監視する（ステップ S 1 2 0 ）。具体的には、縦系と横系を織り込んで作成したファウリング形成部材 2 5 1 の場合には、縦系と横系の格子点などに、繊維からゲル状の塊や繊維状に成長した像が観察されたら、微生物の増殖が想定されるので、殺菌剤の濃度を増したり、投入間隔を短くする等、変更する（ステップ S 1 3 0 ）。

【 0 0 8 9 】

次に、モニタ手段 2 5 b のファウリング形成部材 2 5 1 が着色しているか否かを監視する（ステップ S 1 4 0 ）。ファウリング形成部材 2 5 1 （2 5 1 a ~ 2 5 1 c ）が図 4 や図 5 に示した繊維状のものであれば繊維に、図 7 に示したシート状のものであればシート全体が着色したら、濁質成分が増加しているので、濁質除去を目的とした前処理部 2 0 の限外ろ過膜ユニット 2 2 内の分離膜の状態に異常が生じていないかを確認する（ステップ S 1 5 0 ）。限外ろ過膜ユニット 2 2 の異常を確認する方法としては、限外ろ過膜ユニット 2 2 の前後の水の濁質量を濁度計などで測定し、除去率が仕様値を満たすか否かにより判断する。

【 0 0 9 0 】

限外ろ過膜ユニット 2 2 内の分離膜に不具合が生じていたら、運転条件を変更する（ステップ S 1 6 0 ）。具体的には、逆洗や薬品洗浄の頻度の増加、それらの洗浄時間延長、薬品洗浄用の洗浄液の濃度の増加などを行う。限外ろ過膜ユニット 2 2 に異常がない場合、RO 膜供給水タンク 2 3 や限外ろ過膜ユニット 2 2 からモニタ部 2 5 までの配管内で濁質成分が新たに発生している可能性があるので、供給水タンク 2 3 や配管の洗浄もしくは殺菌剤注入部 2 4 a の注入量を増加して発生した微生物フィルムを除去するなどの対策を行う。（ステップ S 1 7 0 ）。

【 0 0 9 1 】

次に、RO 膜ユニット内 3 2 の膜エレメント 3 2 0 は定期的に交換または洗浄する必要があるので、その交換または線状時期をモニタ手段の撮像画面で判断する。上述したように、RO 膜ユニット 3 2 で計測した通水抵抗の増加は、実際のファウリングの発生よりも遅いタイミングで生じるので、通水抵抗が増加して洗浄液が入りにくくなる前に RO 膜ユニット 3 2 を洗浄する必要がある。

【 0 0 9 2 】

そこで、モニタ手段 2 5 b のファウリング形成部材 2 5 1 に付着物が観察されたら、付着物の大きさを測定する。この測定値は、撮像手段 2 5 d が撮像した画像に占める付着物の投影面積を、画像処理手段 2 5 e で画像処理することにより求められる。得られた付着物の大きさが予め定めた閾値（例えば 5 % ）以上となれば（ステップ S 1 8 0 ）、RO 膜ユニット 3 2 を洗浄液で洗浄する。それとともに、モニタ手段 2 5 b の内部も RO 膜と同じ条件で洗浄する（ステップ S 1 9 0 ）。これにより、モニタ手段 2 5 b のファウリング形成材 2 5 1 も洗浄されて、洗浄の効果を確認することができる。

【 0 0 9 3 】

以上説明したように、上記実施例の海水淡水化システム 1 では、RO 膜ユニット 3 2 の

10

20

30

40

50

上流に分岐配管を介してモニタ手段 2 5 b を設け、モニタ手段 2 5 b の内部にスペーサを模擬するファウリング形成材 2 5 1 を配設している。そして、モニタ手段 2 5 b 内部の被処理水の流動を可視化して撮像装置で監視しているので、RO 膜ユニット 3 2 における圧力上昇である通水抵抗の上昇よりも早期に、RO 膜ユニット 3 2 におけるファウリングの発生を検出することができる。

【 0 0 9 4 】

これにより、RO 膜ユニット 3 2 への洗浄液の注入が容易になり、ファウリングの発達により通水抵抗が上昇し、RO 膜ユニット 3 2 の洗浄不良という不具合を防止できる。特に、通水抵抗を圧力上昇で検出していた場合よりも早期にファウリングの発生を検出できるので、海水淡水化システム 1 の信頼性が向上する。また、通水抵抗が上昇する前に前処理部や脱塩部の汚れ具合を把握できるので、これら前処理部や脱塩部の運転条件を変更したり洗浄することにより、常に海水淡水化システム 1 の最適運転が可能になり、効率よく海水を淡水化できる。

【 0 0 9 5 】

なお、上記実施例では、モニタ手段 2 5 b の流路 2 5 2 が横向きになるようモニタ手段 2 5 b を設置しているが、縦向きに設置することも可能である。縦向きに設置した場合は、被処理水を下方から給水し、上方から排出するのがよい。

【 0 0 9 6 】

さらに、上記実施例では可視化により RO 膜ユニットにおけるファウリングの発生を検出しているが、画像による着色や形状変化だけではなく、反射率の変化、反射スペクトルの吸光度変化などの指標の変化をモニタしても良い。また、本実施例のモニタ手段を設置した位置または RO 膜ユニットより上流側の位置に、分離膜の閉塞をモニタ可能なセンサを併設してもよい。

【 0 0 9 7 】

なお、本実施例で示した RO 膜エレメントではクロスフローろ過を採用している。このクロスフローろ過の場合には、2 種の圧力の管理が必要である。すなわち、1 つが分離膜 3 2 1、3 2 1 間の差圧であり、他の 1 つが膜エレメント 3 2 0 の圧力損失である供給水 7 9 側と濃縮水 8 5 側の圧力差（通水抵抗）である。本実施例では、この 2 種の圧力の中の後者である、流路閉塞による通水抵抗分を検出することが可能である。これにより、RO 膜でのろ過よりも前処理において、通水抵抗の原因となる堆積物の除去を強化でき、最適な水処理制御が可能になる。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 8 】

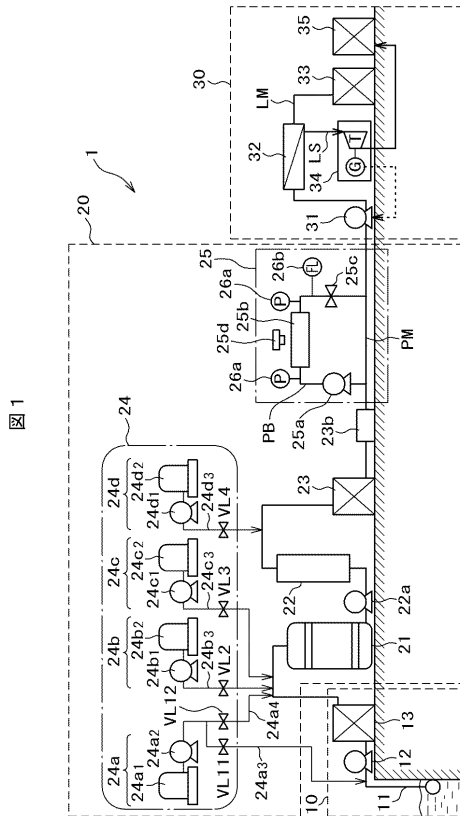
1 ... 海水淡水化システム（水処理システム）、1 0 ... 海水取水部、2 0 ... 前処理部、2 5 ... モニタ部、2 5 b ... モニタ手段、2 5 d ... 撮像手段（CCD カメラ）、2 5 e ... 画像処理装置、3 0 ... 脱塩部、3 2 ... RO 膜ユニット、2 5 1 ... ファウリング形成材、3 2 1 ... RO 膜、3 2 2 ... スペーサ（RO 膜被処理水側スペーサ）、P 1 ... 透明平板、P 2 ... 平板、P M ... 主配管、P B ... 分岐配管（バイパス配管）。

10

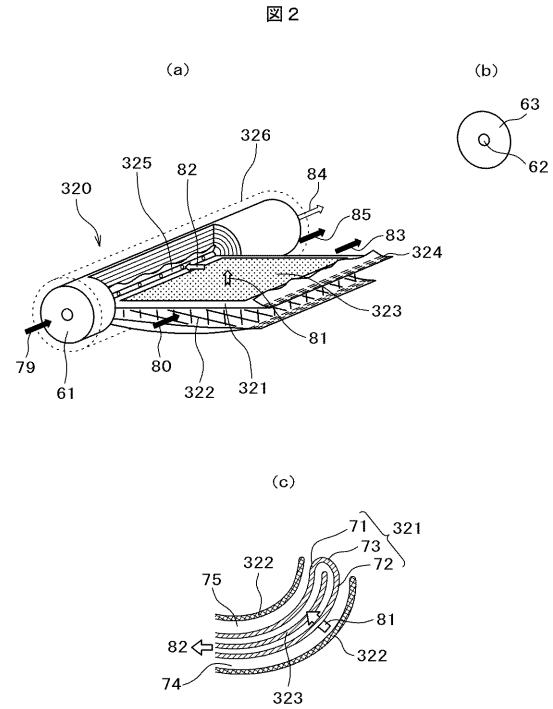
20

30

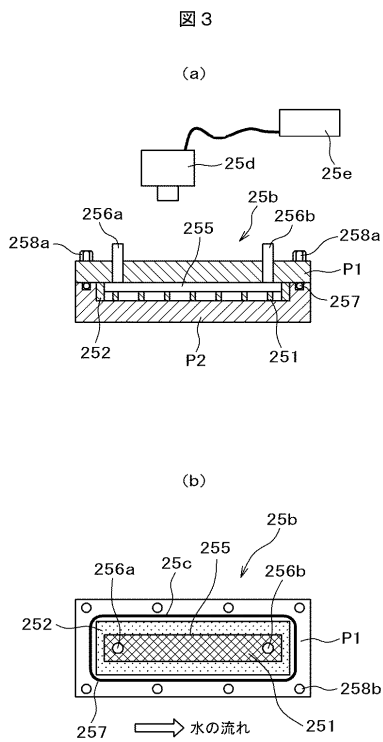
【図 1】



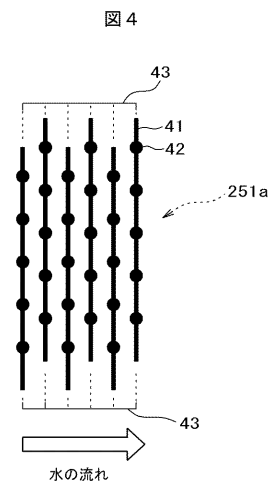
【図 2】



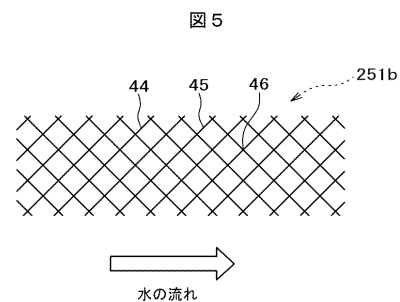
【図 3】



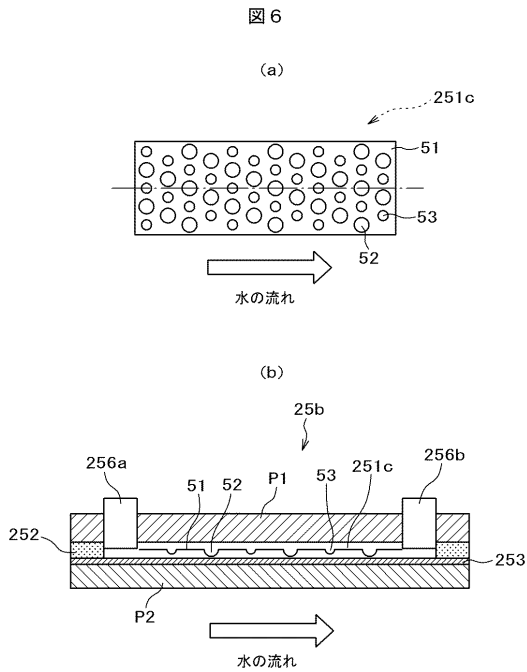
【図 4】



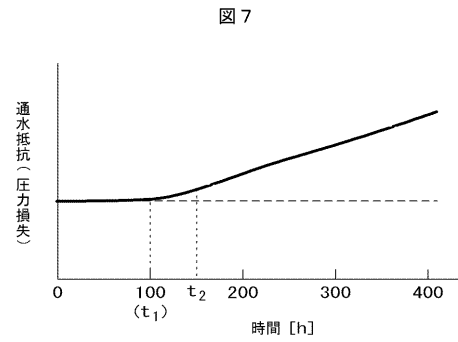
【図 5】



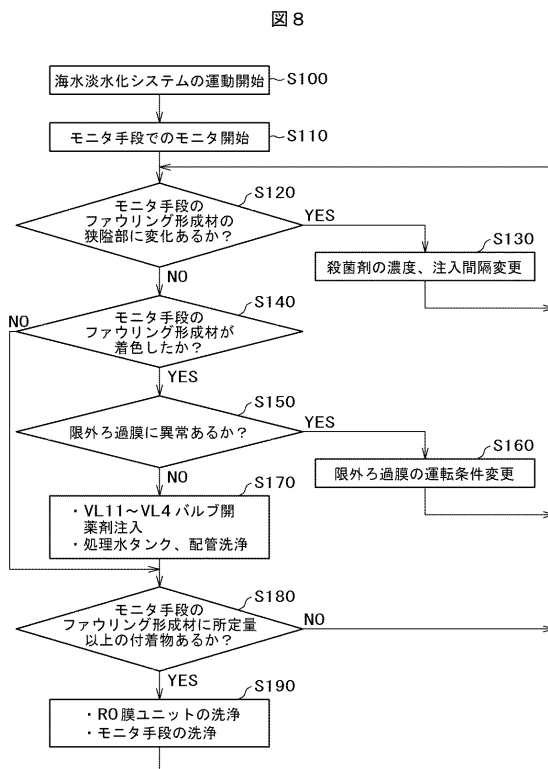
【図 6】



【図 7】



【図 8】



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	1/52	(2006.01)	B 0 1 D	63/10	
C 0 2 F	9/00	(2006.01)	C 0 2 F	1/52	Z
C 0 2 F	1/50	(2006.01)	C 0 2 F	9/00	5 0 2 F
C 0 2 F	1/76	(2006.01)	C 0 2 F	9/00	5 0 2 G
B 0 1 D	61/14	(2006.01)	C 0 2 F	9/00	5 0 2 D
G 0 1 N	21/898	(2006.01)	C 0 2 F	9/00	5 0 2 P
			C 0 2 F	9/00	5 0 3 A
			C 0 2 F	9/00	5 0 4 B
			C 0 2 F	1/50	5 1 0 C
			C 0 2 F	1/50	5 2 0 F
			C 0 2 F	1/50	5 3 1 M
			C 0 2 F	1/50	5 5 0 C
			C 0 2 F	1/50	5 5 0 H
			C 0 2 F	1/50	5 6 0 E
			C 0 2 F	1/50	5 6 0 Z
			C 0 2 F	1/76	A
			C 0 2 F	9/00	5 0 2 R
			B 0 1 D	61/14	5 0 0
			G 0 1 N	21/898	A

F ターム(参考) 2G051 AA40 AB01 CA04 CA11 CB01 CC15 EA16 EA17 EB01 EB09
 EC06 ED09
 4D006 GA03 GA06 HA65 JA19Z JA41A JA53Z JA59Z JA71 KA02 KA03
 KA14 KA52 KA55 KA57 KB13 KB15 KD02 KD06 KD08 KD23
 KD24 LA08 MC18 MC54 PA01 PB03 PB04 PB05 PB08 PC03
 PC80
 4D015 BA23 BB05 CA14 DA04 DA13 EA18 EA36 FA01 FA02 FA17
 FA23
 4D050 AA02 AA06 AA12 AB06 BB03 BB06 BD03 CA09 CA15 CA16