

明 細 書

発明の名称 ： 複合淡水化システム

技術分野

[0001] 本発明は、海水、汽水、かん水等の高塩分濃度の第１の原水を、逆浸透膜装置を用いてろ過処理する第１の水処理系と、第１の原水よりも低塩分濃度の第２の原水を、逆浸透膜装置を用いてろ過処理する第２の水処理系と、を備える複合淡水化システムに関し、特に、第２の水処理系の逆浸透膜装置から排出される非透過水の水圧エネルギーを利用し、第１の水処理系の稼働率を向上する技術に関する。

背景技術

[0002] 特許文献１には、逆浸透膜装置を用いたろ過によって海水を淡水化する海水淡水化装置において、例えば、下水に代表される有機物を含有する排水（以下、「有機性排水」と称する）は、通常、生物処理されて、その処理された排水は海洋や河川に放出されていたものを、海水淡水化装置の取水した海水と混合して、海水淡水化装置の被処理水の塩分濃度を海水そのままよりも低下させ（希釈し）、海水淡水化装置の逆浸透膜装置に前記した塩分濃度の希釈された被処理水を圧送することで、圧送ポンプ（本明細書における「高圧ポンプ」に対応）の必要駆動力を低減させる技術が記載されている。

[0003] また、特許文献２には、水中に溶存した空気等を圧送して、減圧させることで微小気泡を発生させる技術が記載されている。

ちなみに、水処理において、被処理水中に微小気泡、例えば、マイクロバブル、ナノバブルを発生させ、微小気泡を比較的長く被処理水中に滞留させて、微小気泡が圧壊する過程で生じる衝撃波により被処理水中の有機物を分解したりすることができることは公知技術である。

[0004] 更に、特許文献３には、被処理水中にオゾンガスを注入して殺菌する技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第4481345号公報

特許文献2：特開2010-274243号公報

特許文献3：特開平09-290260号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に記載の技術において、有機性排水の水処理工程で逆浸透膜装置を用いる場合の圧力は、海水淡水化装置の水処理工程で逆浸透膜装置を用いる場合の圧力よりも低圧である。そして、有機性排水の水処理工程での逆浸透膜装置から排出される非透過水を直接取水した海水と混合することにより海水よりも塩分濃度を低下させているだけであり、前記した有機性排水の水処理工程の逆浸透膜装置からの非透過水の有するエネルギーは比較的に低圧のものであることから何等利用されておらず無駄にされている。

また、有機性排水を海水の希釈に用いることにより被処理水中の有機物が増加するため、海水淡水化装置における逆浸透膜のファウリングの頻度が増大するという問題もある。

[0007] 本発明は、前記した従来の課題を解決するものであり、複合淡水化システムにおける逆浸透膜装置の非透過水のエネルギーを有効利用でき、かつ、ファウリングの頻度を低減することが可能な複合淡水化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

[0008] 前記課題を解決するために、本発明の複合淡水化システムは、高塩分濃度の第1の原水を、第1の逆浸透膜装置を用いてろ過処理する第1の水処理系と、第1の原水よりも低塩分濃度の第2の原水を、第2の逆浸透膜装置を用いてろ過処理する第2の水処理系と、を備えるものであって、第1の水処理系において、取水された第1の原水内に、第2の水処理系の第2の逆浸透膜

装置から排出される非透過水を急減圧することによって微細気泡を発生させて放出する微細気泡発生手段を備えることを特徴とする。

[0009] そして、前記微細気泡発生手段は、第2の逆浸透膜装置の非透過水の出口と、前記取水された第1の原水を溜める第1原水槽と、を接続する第1の配管と、第1の配管の第1原水槽側に設けられた第1の弁と、第1の配管の第1の弁よりも下流側に設けられ、第2の逆浸透膜装置の非透過水を第1原水槽に入れる際に急減圧させることにより、その中に溶存している気体を前記微細気泡として発生させて放出する微細気泡発生部と、を含んで構成されることが好ましい。

前記微細気泡発生手段は、更に、第1の弁よりも上流位置で第1の配管から分岐されて第1原水槽に接続する第2の配管と、第2の配管に設けられ、第2の逆浸透膜装置の非透過水の流量調整をするための第2の弁と、を含んで構成されることが好ましい。

[0010] 更に、オゾンガスを発生させるオゾン発生装置を備え、第1の弁と微細気泡発生部との間の第1の配管に、オゾン発生装置が発生したオゾンガスを注入するオゾン注入部を設けることが好ましい。

[0011] 従来、微細気泡を発生させるために、空気を圧縮して吹き込んだり、急減圧させて溶存ガスを微細気泡として発生させたりするために、別途動力を必要としていた。それに対し本発明によれば、第2の水処理系の第2の逆浸透膜装置から排出される非透過水の有する比較的に低圧の水圧でも十分に微細気泡を減圧により発生させることができるので、微細気泡を発生させるための新たな動力を必要とせず複合淡水化システムの運転に要する電力を節約することができる。

[0012] また、第2の水処理系の第2の逆浸透膜装置から排出される非透過水を微細気泡発生部に全量流すだけでは、第2の水処理系の第2の逆浸透膜装置から排出される非透過水の流量が調整できない可能性がある。それに対し、本発明では、第1の弁よりも上流位置で第1の配管から分岐されて第1原水槽に接続する第2の配管と、第2の配管に設けられ、第2の逆浸透膜装置の非

透過水の流量調整をするための第2の弁と、を含んで構成することで、第2の逆浸透膜装置の非透過水の流量調整をも行うことができる。

- [0013] 更に、本発明では、オゾンガスを発生させるオゾン発生装置を備え、第1の弁と微細気泡発生部との間の第1の配管に、オゾン発生装置が発生したオゾンガスを注入するオゾン注入部を設けることにより、微細気泡発生部においてオゾンガスを含んだ微細気泡を発生させることができ、第1の原水を含んだ被処理水に対し、微細気泡の圧壊過程で生じる衝撃波による有機物の分解だけでなく、オゾンによる殺菌効果も得ることができる。

発明の効果

- [0014] 本発明によれば、複合淡水化システムにおける逆浸透膜装置の非透過水のエネルギーを有効利用できる複合淡水化システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]基本実施形態の複合淡水化システムの概略ブロック図である。
[図2]第1の実施形態に係る複合淡水化システムの概略ブロック図である。
[図3]図2のX部の拡大説明図であり、第1の実施形態に係る複合淡水化システムにオゾン発生装置及びオゾン注入ポンプを更に組み合わせた第2の実施形態に係る複合淡水化システムの説明図である。
[図4]図2のX部の拡大説明図であり、第1の実施形態に係る複合淡水化システムに反応槽を組み合わせた第3の実施形態に係る複合淡水化システム、更にオゾン発生装置及びオゾン注入ポンプを組み合わせた第4の実施形態に係る複合淡水化システムの説明図である。

発明を実施するための形態

- [0016] 以下に、本発明の実施形態に係る複合淡水化システムについて図を参照しながら詳細に説明する。
- [0017] 《基本実施形態の複合淡水化システム》

まず、図1を参照して本発明の基本実施形態とする複合淡水化システム100について説明する。図1は、基本実施形態の複合淡水化システムの概略ブロック図である。

この複合淡水化システム１００は、臨海地帯、塩水湖近傍、汽水帯近傍等に設置されることを前提としている。

そして、複合淡水化システム１００は、産業排水や都市排水等のように海水、汽水、かん水等と比較して塩分濃度の低い排水（第２の原水）Ａ（以下、単に「排水Ａ」と称する）を、工業用水等の飲料水以外の中水（「透過水Ｂ」又は「生産水Ｂ」と称する）として再利用可能に排水処理する排水処理系（第２の水処理系）１と、海水、汽水、かん水等の比較的塩分濃度の高い水（第１の原水）Ｄを工業用水等の飲料水以外の中水（「透過水Ｅ」又は「生産水Ｅ」と称する）として再利用可能に浄化処理をする海水淡水化処理系（第１の水処理系）３と、排水処理系１及び海水淡水化処理系３に含まれるポンプや弁の動作制御をする制御装置６を含んで構成されている。

なお、「海水、汽水、かん水等の比較的塩分濃度の高い水Ｄ」を、以下では、代表的に「海水Ｄ」と称し、代表的に「海水Ｄ」と表記した意味で前記したように「海水淡水化処理系３」と称する。

[0018] （排水処理系１の構成）

先ず、排水処理系１の概略構成について図１を参照しながら説明する。排水Ａは、有機物等を含んでおり、排水取水管５１から、例えば、膜分離活性汚泥法（ＭＢＲ）を用いた水処理装置（以下、「ＭＢＲ水処理装置１１」と称し、図１では、単に「ＭＢＲ」と表示）に導かれ、一次処理される。ＭＢＲ水処理装置１１において一次処理された被処理水は、ＭＢＲ水処理装置１１から移送ポンプ１２で配管５２を介して、一旦、被処理水の流れのバッファの役目をする処理水水槽１３に導かれて溜められる。更に、処理水水槽１３に溜められた被処理水は、配管５３を介して供給ポンプ１４で吸引され高圧ポンプ１５に供給され、高圧ポンプ１５で昇圧されて、低圧逆浸透膜装置（第２の逆浸透膜装置）１６の被処理水の供給口１６ａに供給される。

[0019] 低圧逆浸透膜装置１６は、例えば、特開２００１－１４９９３２号公報の図３、図４に記載されたような膜モジュール・ユニットが複数並列に配置された構成である。

供給口 16 a から圧力を掛けて供給された被処理水は、低圧逆浸透膜装置 16 内で、逆浸透膜（RO 膜：Reverse Osmosis Membrane）を透過して浄化された透過水 B と、逆浸透膜を透過しなかった被処理水である非透過水 C と、に分離される。透過水 B は、透過口 16 b から配管 54 を介して生産水 B として外部のその水質レベルに応じた用途に供給される。

[0020] 非透過水 C は、低圧逆浸透膜装置 16 の排水口（第 2 の逆浸透膜装置の非透過水の出口）16 c から配管 56 を介して途中に設けられた背圧弁 18 で流量を調整されて、後記する取水槽（第 1 原水槽）32 に供給される。排水処理系 1 の濃縮された非透過水 C の TDS (Total Dissolved Solids：総溶解性蒸発残留物)は、1, 200 mg / リットル程度であり、海水 D の TDS が 30, 000 mg / リットル程度なのに比較して極めて低い濃度である。そのため、前記した低圧逆浸透膜装置 16 は、0.8 ~ 1.5 MPa の圧力で運転される。ちなみに、この運転圧の幅は、低圧逆浸透膜装置 16 の逆浸透膜の汚れが増加してくると、所要の透過水 B の流量を得るために運転圧を増加させるためである。

従って、非透過水 C の圧力は 0.8 ~ 1.5 MPa 程度である。そして、この圧力が前記した背圧弁 18 で開放される。

排水処理系 1 の MBR 水処理装置 11 の代わりに限外ろ過装置を用いても良い。

なお、背圧弁 18 の下流側の配管 56 が取水槽内に低圧逆浸透膜装置 16 の非透過水 C を導入する段階で微細気泡を発生させる構成としても良く、その詳細な構成は、第 1 の実施形態から第 4 の実施形態の中で詳細に説明する。

[0021] （海水淡水化処理系 3）

次に、海水淡水化処理系 3 の概略構成について図 1 を参照しながら説明する。海水 D は、取水ポンプ 31 で取水管 81 から吸込まれ、取水管 82 で取水槽 32 に供給され、溜められる。前記したように取水槽 32 には排水処理系 1 の非透過水 C が配管 56 で供給されるので、取水槽 32 内で海水 D と非

透過水Cが混合され、海水よりも塩分濃度の低い被処理水となる。つまり、TDSの値も海水Dのものよりも低い値となる。

取水槽32内に溜まった被処理水は、配管83を介してろ過ポンプ33により前処理ろ過装置34に所定の圧力を掛けて供給される。

この前処理ろ過装置34としては、例えば、限外ろ過膜（UF（Ultra Filtration）膜）を用いたUF装置、精密ろ過膜（MF（Micro Filtration）膜）を用いたMF装置、砂ろ過装置のいずれでも良い。ちなみに、図1では、前処理ろ過装置34に代表的にUF装置を意味する「UF」と表示してある。

前処理ろ過装置34としてUF装置を例にすると、一般的に50～150 kPaで運転される。

[0022] 前処理ろ過装置34でろ過された被処理水は、配管84を経て、一旦、被処理水の流れのバッファの役目をする処理水水槽35に溜められる。そして、処理水水槽35に溜められた被処理水は、配管85を介して供給ポンプ36で吸引され高圧ポンプ37に供給され、高圧ポンプ37で、例えば、3.5～6 MPa程度に昇圧されて、海水逆浸透膜装置（第1の逆浸透膜装置）38の被処理水の供給口38aに供給される。海水逆浸透膜装置38は、例えば、特開2001-149932号公報の図3、図4に記載されたような膜モジュール・ユニットが複数並列に配置された構成である。ただ、低圧逆浸透膜装置16よりも高圧で運転されることから海水逆浸透膜装置38の逆浸透膜の材質はより高圧に耐え得る性能のものである。

ちなみに、この運転圧は、海水逆浸透膜装置38の逆浸透膜に供給される被処理水のTDSの値や汚れが増加してくると、所要の透過水Eの流量を得るために運転圧を増加させる。

[0023] 供給口38aから圧力を掛けて供給された被処理水は、海水逆浸透膜装置38内で、逆浸透膜を透過して浄化された透過水Eと、逆浸透膜を透過しなかった被処理水である非透過水Gと、に分離される。透過水Eは、透過口38bから配管87を介して生産水Eとして外部のその水質レベルに応じた用

途に供給される。

- [0024] 非透過水Gは、前記した海水逆浸透膜装置38の運転圧を有して排水口38cから配管89を介して、エネルギー回収装置39における後記する加圧側エンド部39bの高圧供給口39dに供給され、圧力を供給ポンプ36から供給される被処理水と直接交換した後、加圧側エンド部39bの排出口39eから配管90の途中に設けられた背圧弁40で流量を調整されて、放出される。

この非透過水Gは、塩分が濃縮された海水、汽水、又はかん水である。

エネルギー回収装置39は、この基本実施形態では、直接圧力交換方式のものであり、主に、図示しないモータで所定の回転速度に回転駆動されるロータ部39a、加圧側エンド部39b、被加圧側エンド部39cから構成されている公知の技術の装置である。

- [0025] 供給ポンプ36と高圧ポンプ37との間の配管85の分岐点P1で配管85から配管91が分岐され、供給ポンプ36で供給された低圧の被処理水の一部がエネルギー回収装置39における被加圧側エンド部39cの供給口39gに供給される。そして、供給口39gへ供給された被処理水は、海水逆浸透膜装置38からの非透過水Gとの圧力の直接交換により加圧された後、被加圧側エンド部39cの排出口39fから配管92の途中に設けられたブースターポンプ41に更に供給される。ブースターポンプ41は、エネルギー回収装置39で加圧された被処理水を高圧ポンプ37と同じ圧力にまで昇圧し、高圧ポンプ37の下流側の配管86の合流点P2で高圧ポンプ37から供給される被処理水と配管92からの被処理水とを合流させ、海水逆浸透膜装置38の供給口38aに供給する。

- [0026] このように、海水逆浸透膜装置38の非透過水Gは極めて高い圧力を有しているので、そのエネルギーを回収して、海水逆浸透膜装置38に被処理水を供給するエネルギーに再利用し、高圧ポンプ37の容量を減じることによって動力費を節約できている。また、排水処理系1の非透過水Cを海水Dに混合することによって、塩分濃度を低減させることができ、高圧ポンプ37に必

要な昇圧も、海水のみの場合は6 MP a程度が必要なものが、非透過水Cと海水Dとを略同量にして薄めると3.5 MP a程度まで下げることができる。その結果、その分も動力費が低減できる。つまり、低圧逆浸透膜装置16の運転圧に較べて海水逆浸透膜装置38の運転圧は高圧であり、海水逆浸透膜装置38の非透過水Gの有するエネルギーが回収されるとともに海水逆浸透膜装置38の運転圧そのものも低減できる。

[0027] なお、前記した移送ポンプ12、供給ポンプ14、高圧ポンプ15、取水ポンプ31、ろ過ポンプ33、供給ポンプ36、高圧ポンプ37、ブースターポンプ41、エネルギー回収装置39のロータ部39a等は、図示しない駆動モータの回転軸と接続され一体的に構成され、その駆動モータに動力を供給するインバータ装置（図示せず）が現場盤として設置、又はその駆動モータに一体的に取り付けられている。そして、制御装置6がインバータを介して駆動モータの回転を制御する構成である。

[0028] （制御装置6）

次に、本基本実施形態における制御装置6の制御の概要について説明する。

制御装置6は、例えば、複数の制御ユニット60、61、63から構成され、それぞれの制御ユニット60、61、63は、図示しないCPU、ROM、RAM等を搭載したCPUボード、入出力インターフェースボード等を搭載している。制御ユニット60は、複合淡水化システム100全体を統括制御し、制御ユニット61は、排水処理系1を制御し、制御ユニット63は、海水淡水化処理系3を制御する構成である。そのため、制御ユニット60は、制御ユニット61、63と相互に通信可能に接続されている。

そして、制御ユニット61は、機能部として背圧弁18の開度を調整して非透過水Cの流量を調整する流量制御部（図示せず）を含んでいる。

[0029] 制御装置6の制御ユニット60には、複合淡水化システム100における生産水B及び生産水Eの要求流量指令C1、C2が外部から入力される。そして、制御ユニット60は、例えば、要求流量指令C1に応じて、排水処理

系 1 に供給される排水流量（後記する流量センサ S 1 で検出される流量）と、透過水 B の流量（後記する流量センサ S 6 で検出される流量）とに基づいて、排水処理系 1 の透過水 B の目標流量を設定して制御ユニット 6 1 に排水処理系 1 を制御させるとともに、要求流量指令 C 2 に応じて、海水淡水化処理系 3 の透過水 E の目標流量を算出し、制御ユニット 6 3 に海水淡水化処理系 3 を制御させる。

[0030] そのために排水取水管 5 1 には排水 A の流量を検出する流量センサ S 1 が設けられ、配管 5 4 には透過水 B の流量を検出する流量センサ S 6 が設けられ、制御ユニット 6 1 を介して排水 A の流量及び透過水 B の流量が制御ユニット 6 0 に入力される。また、配管 8 7 には透過水 E の流量を検出する流量センサ S 2 0 が設けられ制御ユニット 6 3 を介して制御ユニット 6 0 に透過水 E の流量が入力される。

[0031] MBR 水処理装置 1 1 には、例えば、水位センサ S 2 が設けられ、制御ユニット 6 1 は、水位センサ S 2 からの水位信号に基づいて移送ポンプ 1 2 の起動、停止を制御する。処理水水槽 1 3 には、例えば、水位センサ S 3 が設けられ、制御ユニット 6 1 は、水位センサ S 3 からの水位信号及び高圧ポンプ 1 5 の吸込み側の配管 5 3 に設けられた圧力センサ S 4 からの圧力信号に基づいて供給ポンプ 1 4 の起動、停止の制御、並びに供給ポンプ 1 4 の運転時の回転速度を制御する。この圧力センサ S 4 からの圧力信号に基づく供給ポンプ 1 4 の回転速度の制御は、高圧ポンプ 1 5 に所定の吸込み圧を与えるためである。

[0032] また、制御ユニット 6 1 は、配管 5 4 に設けられた流量センサ S 6 からの透過水 B の流量信号に基づいて、その流量が制御ユニット 6 0 から入力された透過水 B の目標流量になるように、高圧ポンプ 1 5 の回転速度を調整する。そして、そのときの高圧ポンプ 1 5 の吐出側の配管 5 3 に設けられた流量センサ S 5 からの流量信号に基づきその流量信号が一定になるように高圧ポンプ 1 5 の回転速度をフィードバック制御する。

なお、この制御ユニット 6 1 における高圧ポンプ 1 5 の回転速度のフィー

ドバック制御は、透過水Bの流量信号と透過水Bの目標流量との偏差に基づいて適宜補正される。

[0033] 配管56には、低圧逆浸透膜装置16の非透過水Cの流量を検出する流量センサS7が設けられており、制御ユニット61の前記した流量制御部は、非透過水Cの流量が被処理水の流量センサS5の示す流量に対し一定の割合の流量になるように流量センサS7からの流量信号に基づいて背圧弁18の開度を調整する。

[0034] 取水管82には、流量センサS11が設けられ、また、取水槽32には水位センサS12が設けられている。制御ユニット63は、水位センサS12からの水位信号に基づいて取水ポンプ31の起動、停止を制御するとともに、排水処理系1から取水槽32へ排出される非透過水Cの流量に応じて海水Dの取水流量目標を設定し、流量センサS11からの流量信号に基づいて取水ポンプ31の回転速度を制御する。

例えば、非透過水Cの流量と海水Dの取水流量とを略同じとし、取水槽32の中で海水Dに非透過水Cを混合して塩分濃度を下げた場合、海水逆浸透膜装置38の運転圧は、例えば、3.5～4MPa程度に維持できる。

[0035] また、制御ユニット63は、処理水水槽35に設けられた水位センサS14からの水位信号に基づいてろ過ポンプ33の起動、停止を制御するとともに、配管84に設けられた流量センサS13からの流量信号に基づいて所定の回転速度にろ過ポンプ33の回転速度を制御し、取水槽32の被処理水を前処理ろ過装置34に所定の圧力で圧送し、一次処理させ、一次処理された被処理水を処理水水槽35に溜めさせる。

[0036] 更に、制御ユニット63は、高圧ポンプ37の吸込み側の配管85に設けられた圧力センサS15からの圧力信号に基づいて供給ポンプ36の起動、停止の制御、並びに供給ポンプ36の運転時の回転速度を制御する。この圧力センサS15からの圧力信号に基づく供給ポンプ36の回転速度の制御は、高圧ポンプ37に所定の吸込み圧を与えるためである。

[0037] また、制御ユニット63は、配管87に設けられた流量センサS20から

の透過水Eの流量信号に基づいて、その流量が制御ユニット60から入力された透過水Eの目標流量になるように、供給ポンプ36、高圧ポンプ37及びブースターポンプ41の回転速度を調整する。そして、そのときの高圧ポンプ37及びブースターポンプ41の吐出側の配管86に設けられた流量センサS16からの流量信号に基づきその流量信号が一定になるように高圧ポンプ37及びブースターポンプ41の回転速度をフィードバック制御する。

なお、この制御ユニット63における高圧ポンプ37及びブースターポンプ41の回転速度のフィードバック制御は、透過水Eの流量信号と透過水Eの目標流量との偏差に基づいて適宜補正される。

[0038] 配管89には、海水逆浸透膜装置38の非透過水Gの流量を検出する流量センサS19が設けられており、制御ユニット63は、非透過水Gの流量が被処理水の流量センサS16の示す流量に対し一定の割合の水量になるように背圧弁40の開度を調整する。

[0039] このように基本実施形態の複合淡水化システム100では、排水処理系1から排出される低圧逆浸透膜装置16の非透過水Cを取水した海水Dと混ぜて、海水淡水化処理系3での被処理水とすることにより、海水淡水化処理系3における被処理水の塩分濃度が約半分程度にまで低減でき、海水逆浸透膜装置38を運転する運転圧を、100%海水だけを処理する場合に必要であった約6MPaに比べて大きく減圧でき、動力費を節減できる。

[0040] 《第1の実施形態》

次に、図2を参照しながら本発明の第1の実施形態に係る複合淡水化システム100Aについて説明する。図2は、第1の実施形態に係る複合淡水化システムの概略ブロック図である。本実施形態の複合淡水化システム100Aの基本的な構成は、図1に示した基本実施形態の複合淡水化システム100と略同じであるが、複合淡水化システム100とは、制御装置6の機能の追加がある点と、図2のX部に示したように、配管56の取水槽32側の分岐点P5で、配管56から配管57（第1の配管）と配管58（第2の配管）に分岐して、配管57には、減圧弁（第1の弁）17が設けられ、その下

流側の配管 57 には圧力センサ（微細気泡発生圧力検出手段）S9 が設けられ、配管 57 の取水槽 32 内の水面下に位置する出口部に微細気泡発生部 19 が設けられている点と、が異なる。ちなみに、配管 58 には背圧弁（第 2 の弁）18 が設けられている。

微細気泡発生部 19 は、非透過水 C を所定の圧力から急減圧することで非透過水 C 中に溶存しているガスをマイクロバブルやナノバブルのサイズの微細気泡 105 として発生させ、取水槽 32 内の被処理水中に放出する。

[0041] ここで、配管 57、58、減圧弁 17、背圧弁 18、微細気泡発生部 19 が、請求の範囲に記載の「微細気泡発生手段」に対応する。

[0042] そして、本実施形態における制御装置 6 の制御ユニット 60、63 の機能は、基本実施形態の複合淡水化システム 100 における制御装置 6 の制御ユニット 60、63 の機能と同じである。本実施形態における制御装置 6 の制御ユニット 61 の機能は、複合淡水化システム 100 における制御装置 6 の制御ユニット 61 の機能と略同じであるが、その機能部としての流量制御部（図示せず）が、背圧弁 18 の開度を調整して非透過水 C の流量を調整するとともに、微細気泡発生部 19 における微細気泡発生の制御機能も有する点異なる。

複合淡水化システム 100 と同じ構成については同じ符号を付し重複する説明を省略するとともに、基本実施形態の制御装置 6 における同じ制御機能についても重複する説明を省略する。

[0043] 本実施形態における制御ユニット 61 の前記した機能部としての流量制御部は、圧力センサ S9 からの圧力信号に基づいて減圧弁 17 の開度を調節して、微細気泡 105 の発生に適する圧力、例えば、0.5 MPa まで減圧した上で微細気泡発生部 19 へ非透過水 C を供給する。また、制御ユニット 61 の前記した流量制御部は、非透過水 C の流量が被処理水の流量センサ S5 の示す流量に対し一定の割合の流量になるように流量センサ（流量検出手段）S7 の流量信号に基づいて背圧弁 18 の開度を調整する。

[0044] 本実施形態によれば、海水淡水化処理系 3 は、前処理ろ過装置 34 として

UF膜装置、MF膜装置又は砂ろ過装置を、海水逆浸透膜装置38の前段処理として用いているので、海水D、非透過水Cに含まれている有機物を処理して除去することができる。

特に、非透過水C中には海水D中の倍以上の有機物が含まれているのでそれを効率的に除去できる。また、取水した海水Dは、海域、季節により微生物や有機物が大量に流入することがあり、通常でも海水D中には微生物が代謝した有機物が含まれている。

[0045] そして、制御ユニット61の前記した流量制御部により減圧弁17の開度調整をして、取水槽32内に非透過水Cの有する0.8~1.5MPaの圧力を、微細気泡発生部19で微細気泡105を発生することができる所要の圧力、例えば、0.5MPaにまで減圧してやることで、何等動力を必要とせず取水槽32内に微細気泡105を含んだ非透過水Cを放出させることができる。

また、非透過水Cの圧力は、低圧逆浸透膜装置16の運転圧によって変化するため、減圧弁17の開度調整のみでは、非透過水Cの所定の流量すべてを、配管57を経由して取水槽32に放出することはできない場合があるので、低圧逆浸透膜装置16の運転圧が高い場合には、制御ユニット61の前記した流量制御部は、流量センサS7の示す流量が、非透過水Cの目標流量に一致するように背圧弁18の開度をフィードバック制御する。その結果、制御ユニット61の前記した流量制御部での微細気泡105の発生制御が、排水処理系1の処理量に外乱を与えることが無い。

[0046] 更に、取水槽32内に微細気泡発生部19から微細気泡105、つまり、マイクロバブル又はナノバブルを放出させることによって、微細気泡105の圧壊時に生じる衝撃波で取水槽32内の有機物を分解することができ、又、ラジカルを生成して有機物の分解を促進するので前処理ろ過装置34の目詰まりが少なくなり、その逆洗に必要なまでに処理できる被処理水の量が多くなる。つまり、一定流量での被処理水の処理に対して前処理ろ過装置34の逆洗が必要になるまでの時間を長くでき、複合淡水化システム100Aの

稼働率を向上できる。

また、有機性排水である排水Aを海水Dの希釈に用いることにより被処理水中の有機物が増加するが、微細気泡105により有機物の分解をするので、海水淡水化処理系3の海水逆浸透膜装置38における逆浸透膜のファウリングの頻度を低減することができる。

[0047] 《第2の実施形態》

次に、図2、図3を参照しながら第2の実施形態に係る複合淡水化システム100Bについて説明する。図3は、図2のX部の拡大説明図であり、第1の実施形態に係る複合淡水化システムにオゾン発生装置及びオゾン注入ポンプを更に組み合わせた第2の実施形態に係る複合淡水化システムの説明図である。

第2の実施形態の複合淡水化システム100Bが、第1の実施形態の複合淡水化システム100Aと異なる点は、図2に示すX部が図3に示すように更に、オゾン発生装置45、オゾン注入ポンプ46が設けられ、オゾン発生装置45で発生させたオゾンガスをオゾン注入ポンプ46で配管57に設けた注入部P11から減圧弁17により前記した所定の圧力に減圧された非透過水C内に注入し溶け込ませる点である。

そして、第2の実施形態における制御装置6では、第1の実施形態における制御装置6の制御ユニット63においてオゾン発生装置45とオゾン注入ポンプ46を制御する機能が追加されている点である。

[0048] 第2の実施形態における制御ユニット63の機能が第1の実施形態における制御ユニット63の機能と異なっている点は、基本実施形態の複合淡水化システム100における制御ユニット63の機能部として、新たにオゾン注入制御部(図示せず)を含んで構成されている点だけである。

そして、制御ユニット63の前記したオゾン注入制御部は、非透過水Cの目標流量に応じたオゾンガスを発生させるようにオゾン発生装置45を制御し、そのオゾンガス発生量に応じてオゾン注入ポンプ46の回転速度を制御して注入部P11から注入させる。

[0049] 本実施形態によれば、微細気泡105は、オゾンを含んでいることから取水槽32内の被処理水を殺菌する効果がある。

[0050] 《第3及び第4の実施形態》

次に、図2、図4を参照しながら第3及び第4の実施形態に係る複合淡水化システム100C、100Dについて説明する。図4は、図2のX部の拡大説明図であり、第1の実施形態に係る複合淡水化システムに反応槽を組み合わせた第3の実施形態に係る複合淡水化システム、更にオゾン発生装置及びオゾン注入ポンプを組み合わせた第4の実施形態に係る複合淡水化システムの説明図である。

(第3の実施形態)

まず、第3の実施形態に係る複合淡水化システム100Cについて説明する。第3の実施形態の複合淡水化システム100Cが、第1の実施形態の複合淡水化システム100Aと異なる点は、図2に示すX部が図4に示すように、取水槽32の前段に反応槽(第1原水槽)47を設置し、反応槽47の第1区画室47c₁に、第1の実施形態と同様に取水管57の出口部の微細気泡発生部19、配管58の出口を設置する点である。そして、反応槽47の出口96がそのまま取水槽32に連通している。

そして、本実施形態における制御装置6としては、第1の実施形態における制御装置6を用いている。

本実施形態では、反応槽47が、請求の範囲に記載の「第1原水槽」に対応する。

[0051] 反応槽47は、複数の仕切板47a、47bによって複数の区画(仕切区画)47C₁、47C₂、47C₃、47C₄に分割されている。仕切板47aは、反応槽47の底部との間に連通路を有し、仕切板47bは、下部が反応槽47の底部と接続されて上部を被処理水が乗り越えて連通するように構成されている。そして、仕切板47a、47bは、被処理水が、流れ方向を矢印Yで示すように上下方向に交互に変わるように配置されて構成されている。被処理水は、最後の区画47C₄から矢印Zで示すように出口96を経由し

て取水槽 32 に流れる。

[0052] このように反応槽 47 を取水槽 32 の前段に設けることにより、被処理水と微細気泡 105 の混合が促進され、微細気泡 105 による有機物の分解が促進される。

[0053] (第 4 の実施形態)

次に、第 4 の実施形態に係る複合淡水化システム 100D について説明する。第 4 の実施形態の複合淡水化システム 100D は、第 3 の実施形態の複合淡水化システム 100C に図 4 において破線で示したオゾン発生装置 45、オゾン注入ポンプ 46 を追加し、第 2 の実施形態における制御装置 6 の制御ユニット 63 の前記したオゾン注入制御部により制御させるものである。

本実施形態では、反応槽 47 が、請求の範囲に記載の「第 1 原水槽」に対応する。

[0054] 本実施形態によれば、反応槽 47 におけるオゾンガスと被処理水との混合が促進され、被処理水の殺菌効果が第 2 の実施形態の場合より高まる。

なお、本実施形態では、余剰のオゾンガスが被処理水の水面から離脱して大気中に放出される可能性があるので、反応槽 47 の上方に覆いをして離脱したオゾンガスを収集してその処理後に大気中に放出することが望ましい。

[0055] 以上、第 1 ～第 4 の実施形態によれば、排水処理系 1 の非透過水 C の有している比較的低下の 0.8 ～ 1.5 MPa の圧力を、微細気泡 105 の発生エネルギーとして利用しているので、従来の、被処理水をモータポンプで加圧してその後急減圧して微細気泡を発生させたり、空気を加圧して微細孔から被処理水中に放出して微細気泡を発生させたりするような場合のように動力を必要とせず、動力費を低減した複合淡水化システム 100A ～ 100D を提供できる。

また、海水淡水化処理系 3 の海水逆浸透膜装置 38 における逆浸透膜のファウリングの頻度を低減することができる稼働率の向上した複合淡水化システム 100A ～ 100D を提供できる。

[0056] なお、第 1 ～第 4 の実施形態では、図 2 にエネルギー回収装置 39 として直

接圧力交換方式のものが記載され、その後段にブースターポンプ41が組み合わされているが、それに限定されたものではない。ターボチャージャポンプを非透過水Gで駆動するようにしても良い。その場合、配管89と配管90がターボチャージャポンプのタービン部（駆動部）入口と出口にそれぞれ接続され、配管86の下流側がターボチャージャポンプのポンプ部入口に接続され、ターボチャージャポンプのポンプ部出口が供給口38aに配管で接続される。このような形式でも非透過水Gの圧力を回収することができる。

ちなみに、その場合、配管91, 92及びブースターポンプ41は不要となる。

[0057] また、第1～第4の実施形態では、取水槽32内に微細気泡発生部19を設ける例を説明したが、減圧弁17の下流側の配管57の途中に微細気泡発生部19を設けて微細気泡105を発生させても良い。

更に、配管82と配管57の合流点を設けて、低圧逆浸透装置16の非透過水Cを海水Dと混合させる部位に微細気泡発生部19を設けて微細気泡105を発生させ、その後に取り水槽32内に微細気泡105を含んだ海水Dと低圧逆浸透装置16の非透過水Cとの混合された被処理水を溜めるようにしても良い。

または、取水槽32には海水Dだけを導入して溜め、配管83のろ過ポンプ33の上流側に配管57との合流点を設けて、低圧逆浸透装置16の非透過水Cを海水Dと混合させる合流点の部位に微細気泡発生部19を設けて微細気泡105を発生させても良い。

[0058] 前記した基本実施形態、第1～第4の実施形態において、生産水Bと生産水Eは、それぞれの水質レベルに応じて外部へ供給されとしたが、生産水Bと生産水Eを混合して外部に供給しても良い。

符号の説明

- [0059]
- | | |
|---|-------------------|
| 1 | 排水処理系（第2の水処理系） |
| 3 | 海水淡水化処理系（第1の水処理系） |
| 6 | 制御装置 |

- 1 1 M B R 水处理装置
- 1 2 移送ポンプ
- 1 3 処理水水槽
- 1 4 供給ポンプ
- 1 5 高压ポンプ
- 1 6 低压逆浸透膜装置（第 2 の逆浸透膜装置）
- 1 6 c 排水口（第 2 の逆浸透膜装置の非透過水の出口）
- 1 7 減圧弁（第 1 の弁、微細気泡発生手段）
- 1 8 背圧弁（第 2 の弁、微細気泡発生手段）
- 1 9 微細気泡発生部（微細気泡発生手段）
- 3 1 取水ポンプ
- 3 2 取水槽（第 1 原水槽）
- 3 3 ろ過ポンプ
- 3 4 前処理ろ過装置
- 3 5 処理水水槽
- 3 6 供給ポンプ
- 3 7 高压ポンプ
- 3 8 海水逆浸透膜装置（第 1 の逆浸透膜装置）
- 3 9 圧力交換装置
- 4 0 背圧弁
- 4 1 ブースターポンプ
- 4 5 オゾン発生装置
- 4 6 オゾン注入ポンプ
- 4 7 反応槽（第 1 原水槽）
- 4 7 a, 4 7 b 仕切り板
- 8 1 取水管
- 5 6 配管（第 1 の配管、微細気泡発生手段）
- 5 7 配管（第 1 の配管、微細気泡発生手段）

5 8	配管 (第 2 の配管、微細気泡発生手段)	制御ユニット
6 0	制御ユニット	
6 1	制御ユニット (制御手段)	
6 3	制御ユニット	
1 0 0, 1 0 0 A, 1 0 0 B, 1 0 0 C, 1 0 0 D	複合淡水化システム	
1 0 5	微細気泡	
A	排水 (第 2 の原水)	
D	海水 (第 1 の原水)	
P 5	分岐点	
P 1 1	オゾン注入部	
S 7	流量センサ (流量検出手段)	
S 9	圧力センサ (微細気泡発生圧力検出手段)	

請求の範囲

[請求項1] 高塩分濃度の第1の原水を、第1の逆浸透膜装置を用いてろ過処理する第1の水処理系と、第1の原水よりも低塩分濃度の第2の原水を、第2の逆浸透膜装置を用いてろ過処理する第2の水処理系と、を備える複合淡水化システムであって、

前記第1の水処理系において、取水された前記第1の原水内に、前記第2の水処理系の第2の逆浸透膜装置から排出される非透過水を急減圧することによって微細気泡を発生させて放出する微細気泡発生手段を備えることを特徴とする複合淡水化システム。

[請求項2] 前記微細気泡発生手段は、

前記第2の逆浸透膜装置の非透過水の出口と、前記取水された前記第1の原水を溜める第1原水槽と、を接続する第1の配管と、

前記第1の配管の前記第1原水槽側に設けられた第1の弁と、

前記第1の配管の前記第1の弁よりも下流側に設けられ、前記第2の逆浸透膜装置の非透過水を第1原水槽に入れる際に急減圧させることにより、その中に溶存している気体を前記微細気泡として発生させて放出する微細気泡発生部と、

を含んで構成されることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の複合淡水化システム。

[請求項3] 前記微細気泡発生手段は、更に、

前記第1の弁よりも上流位置で前記第1の配管から分岐されて前記第1原水槽に接続する第2の配管と、

前記第2の配管に設けられ、前記第2の逆浸透膜装置の非透過水の流量調整をするための第2の弁と、

を含んで構成されることを特徴とする請求の範囲第2項に記載の複合淡水化システム。

[請求項4] 前記第1の配管の前記第2の配管への分岐点よりも上流側に設けられ、前記第2の逆浸透膜装置の非透過水の流量を検出する流量検出手

段と、

前記第 1 の弁と前記微細気泡発生部との間の前記第 1 の配管に設けられ、前記第 1 の弁により減圧された前記第 2 の逆浸透膜装置の非透過水の圧力を検出する微細気泡発生圧力検出手段と、

前記微細気泡発生圧力検出手段からの圧力信号に基づいて、前記第 1 の弁の減圧度合いを調整するとともに、前記流量検出手段からの流量信号に基づいて所定の流量に前記第 2 の逆浸透膜装置の非透過水の流量を調整するように前記第 2 の弁の開度を調整する制御手段と、

を備えることを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の複合淡水化システム。

[請求項5] 前記第 1 原水槽は、複数の仕切板によって複数の区画に分割されており、前記微細気泡が放出された被処理水を交互に上下に流れ方向を変えさせ、前記微細気泡との混合を促進させるとともに、前記微細気泡の圧壊により有機物の分解と殺菌とを促進する反応槽であることを特徴とする請求の範囲第 2 項に記載の複合淡水化システム。

[請求項6] 前記第 1 原水槽は、複数の仕切板によって複数の区画に分割されており、前記微細気泡が放出された被処理水を交互に上下に流れ方向を変えさせ、前記微細気泡との混合を促進させるとともに、前記微細気泡の圧壊により有機物の分解と殺菌とを促進する反応槽であることを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の複合淡水化システム。

[請求項7] 前記第 1 原水槽は、複数の仕切板によって複数の区画に分割されており、前記微細気泡が放出された被処理水を交互に上下に流れ方向を変えさせ、前記微細気泡との混合を促進させるとともに、前記微細気泡の圧壊により有機物の分解と殺菌とを促進する反応槽であることを特徴とする請求の範囲第 4 項に記載の複合淡水化システム。

[請求項8] 更に、オゾンガスを発生させるオゾン発生装置を備え、

前記第 1 の弁と前記微細気泡発生部との間の前記第 1 の配管に、前記オゾン発生装置が発生した前記オゾンガスを注入するオゾン注入部

を設けたことを特徴とする請求の範囲第2項に記載の複合淡水化システム。

[請求項9]

更に、オゾンガスを発生させるオゾン発生装置を備え、

前記第1の弁と前記微細気泡発生部との間の前記第1の配管に、前記オゾン発生装置が発生した前記オゾンガスを注入するオゾン注入部を設けたことを特徴とする請求の範囲第3項に記載の複合淡水化システム。

[請求項10]

更に、オゾンガスを発生させるオゾン発生装置を備え、

前記第1の弁と前記微細気泡発生部との間の前記第1の配管に、前記オゾン発生装置が発生した前記オゾンガスを注入するオゾン注入部を設けたことを特徴とする請求の範囲第4項に記載の複合淡水化システム。

[請求項11]

更に、オゾンガスを発生させるオゾン発生装置を備え、

前記第1の弁と前記微細気泡発生部との間の前記第1の配管に、前記オゾン発生装置が発生した前記オゾンガスを注入するオゾン注入部を設けたことを特徴とする請求の範囲第5項に記載の複合淡水化システム。

[請求項12]

更に、オゾンガスを発生させるオゾン発生装置を備え、

前記第1の弁と前記微細気泡発生部との間の前記第1の配管に、前記オゾン発生装置が発生した前記オゾンガスを注入するオゾン注入部を設けたことを特徴とする請求の範囲第6項に記載の複合淡水化システム。

[請求項13]

更に、オゾンガスを発生させるオゾン発生装置を備え、

前記第1の弁と前記微細気泡発生部との間の前記第1の配管に、前記オゾン発生装置が発生した前記オゾンガスを注入するオゾン注入部を設けたことを特徴とする請求の範囲第7項に記載の複合淡水化システム。