

明 細 書

発明の名称：

多段海水淡水化装置及び多段海水淡水化装置の運転制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、海水から逆浸透法により高品質の生産水を得ることができる多段海水淡水化装置及び多段海水淡水化装置の運転制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来より海水から真水を得る方法として、海水を蒸発させる蒸発法と、海水に圧力をかけて逆浸透膜（RO膜：Reverse Osmosis Membrane）と呼ばれる濾過膜の一種に通し、海水の塩分を濃縮して捨て、淡水を漉し出す逆浸透法とがある。

後者の逆浸透法は、蒸発法よりエネルギー効率に優れている反面、RO膜が海水中の微生物や析出物で目詰まりしないよう入念に前処理（原水である海水中の濁質分を除去する「UF膜（限外濾過膜）」又は「MF膜（精密濾過膜）」で処理）する必要があること等、メンテナンス等にコストがかかることが問題とされている。

[0003] また、逆浸透法は、蒸発法並みの水質を得ることは困難であるので、高純度の水質を得るためには、複数段の逆浸透装置を組み合わせる必要がある。

ここで、従来の逆浸透法の多段海水淡水化装置の一例を図10に示す。

図10に示すように、従来の多段海水淡水化装置100は、前処理により濁質分を除去した原水（海水）101を所定の高圧力とする高圧ポンプ P_1 と、前記高圧ポンプ P_1 により高圧とされた高圧供給水102中の塩分を濃縮する高圧逆浸透膜103aを備えた高圧逆浸透装置103と、前記高圧逆浸透装置103を透過した透過水104を一時的に貯蔵する中間タンク110と、前記中間タンク110から供給された透過水104を所定の低圧力とする低圧ポンプ P_2 と、前記低圧ポンプ P_2 により低圧とされた低圧供給水105中の塩分を濃縮する低圧逆浸透膜106aを備え、生産水（淡水）107を得

る低圧逆浸透装置 106 とを具備するものである。ここで、中間タンク 110 では、常圧に戻しているので、大気開放となり、システム停止時においては、pH調整剤 111 を添加して透過水 104 の pH を調整し、微生物汚染の防止をしている（非特許文献 1：「福岡県地区水道企業団：海水淡水化の仕組み」参照）。

ここで、図 10 中、符号 103b は高圧逆浸透装置 103 からの濃縮水、106b は低圧逆浸透装置 106 からの濃縮水を図示する。

先行技術文献

非特許文献

- [0004] 非特許文献1：「福岡県地区水道企業団：海水淡水化の仕組み」〈URL：
<http://www.f-suiki.or.jp/seawater/facilities/mechanism.php>〉

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] ところで、従来では、複数段の逆浸透装置を組み合わせる場合、図 10 に示すように、通常間に中間タンク 110 をおいて運転するが、中間タンク 110 は微生物汚染の原因になる可能性があるので、常に pH調整剤 111 の添加が必要となる。

また、この pH調整剤 111 を添加した透過水 104 は起動に際して、廃棄する必要があるので、廃棄した分、生産水 107 の転換率の低下となり、問題である。

さらに、この廃棄に伴い、システム起動時にタイムリーに生産水 107 を供給することができない、という問題もある。

- [0006] そこで、中間タンク 110 を排除することも考えられるが、複数段組み合わせる場合には、後段側（低圧逆浸透装置 106）の濃縮水 106b は塩濃度が前段側の高圧供給水 102 の塩濃度より小さいため、後段側の濃縮水 106b を前段側の供給水側に戻すようにして循環運転する場合には、高圧供給水 102 側の塩濃度が小さくなり、浸透圧が小さくなるため、運転圧力が

小さくなることとなり、この結果中間タンク 110 なしで直結することは、起動時の圧力変動が大きく、安定した起動運転が困難である、という問題がある。

[0007] さらに、前段側に塩素耐性を持つ高圧 RO 膜 103 a を設け、後段側に塩素耐性を持たない RO 膜を設けるような組合せのシステムの場合には、後段側の濃縮水 106 b を前段側の高圧供給水 102 側に戻す場合、前段の塩素殺菌が困難となるという問題がある。

[0008] また、海水淡水化装置を設置するような離島や砂漠地帯においては、大量（2000～5000 t / 日）にしかも安定して生産水を供給できる淡水化の技術が必要となる。

さらに、砂漠地帯に設置されるような化学プラント等に用いる水質は、飲料水（塩分濃度が 250 ppm 以下）よりも更なる高品質な塩分含有量（例えば 5 ppm 以下の純水）とすることが求められている場合がある。

[0009] よって、複数段の RO 膜を有する逆浸透法において、蒸発法並みの水質を確保できると共に、中間タンクを排除して微生物汚染を回避すると共に、直列での起動及び運転が可能となる多段海水淡水化装置の出現が切望されている。

[0010] 本発明は、前記問題に鑑み、海水から逆浸透法により高品質な生産水を得ることができる直列形式の多段海水淡水化装置及び多段海水淡水化装置の運転制御方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上述した課題を解決するための本発明の第 1 の発明は、原水を供給する原水ラインに介装され、原水を所定の高圧力とする高圧ポンプと、前記高圧ポンプにより高圧とされた高圧供給水中の塩分を濃縮する高圧逆浸透膜を備えた高圧逆浸透装置と、高圧逆浸透装置を透過した透過水を後流側に供給する透過水ラインに介装され、前記起動初期の透過水を一時的に排水する第 1 の排水弁と、前記第 1 の排水弁の下流側の透過水ラインに介装され、透過水を所定の低圧力とする低圧ポンプと、前記低圧ポンプにより低圧とされた低圧

供給水中の塩分を濃縮する低圧逆浸透膜を備えた低圧逆浸透装置と、前記低圧逆浸透装置の濃縮水側の排出ラインに介装され、低圧逆浸透装置に供給する起動初期の低圧供給水を一時的に排出する第2の排水弁とを具備することを特徴とする多段海水淡水化装置にある。

[0012] 第2の発明は、第1の発明において、前記低圧逆浸透装置が複数台設置され、各々の低圧逆浸透装置の濃縮水側の排出ラインに介装され、低圧逆浸透装置に供給する起動初期の低圧供給水を一時的に排出する第2の排水弁を具備することを特徴とする多段海水淡水化装置にある。

[0013] 第3の発明は、第1又は2の発明において、前記低圧逆浸透装置からの濃縮水を上流側に返送する返送濃縮水ラインを有することを特徴とする多段海水淡水化装置にある。

[0014] 第4の発明は、第1乃至3のいずれか一つの発明において、前記高圧逆浸透装置が塩素耐性を有する膜であることを特徴とする多段海水淡水化装置にある。

[0015] 第5の発明は、第1又は2の多段海水淡水化装置を用い、多段海水淡水化装置の起動初期の際に、原水を高圧逆浸透装置に供給する工程と、前記高圧逆浸透装置の高圧逆浸透膜を透過した透過水を一時的に第1の排水弁により排水する工程と、透過水が低圧ポンプの入口圧近傍に達した後に、第1の排水弁を閉じつつ、透過水を低圧逆浸透装置側に全量供給する工程と、前記低圧逆浸透装置に供給された起動初期の低圧供給水を一時的に第2の排水弁により排水する工程と、第2の排水弁を閉めつつ、低圧供給水を低圧逆浸透膜に透過させ、定格の海水淡水化運転に切り換え、生産水を生産する工程と、を有することを特徴とする多段海水淡水化装置の運転制御方法にある。

[0016] 第6の発明は、第4の多段海水淡水化装置を用い、多段海水淡水化装置の高圧逆浸透装置の殺菌運転の際に、塩素（Cl）を添加した原水に対し、第1の還元剤供給部から還元剤を供給せずに高圧逆浸透装置へ供給する工程と、前記高圧逆浸透装置の高圧逆浸透膜を透過した塩素を含む透過水に第2の還元剤供給部から還元剤を添加した後、一時的に第2の排水弁により還元剤

を含む低圧供給水を排水する工程と、所定の殺菌運転が終了した後に、原水に第1の還元剤供給部から還元剤を添加し、第2の還元剤供給部からの還元剤の添加を停止し、通常運転に切り換える切替工程と、第2の排水弁を開めつつ、定格の海水淡水化運転に切り換え、生産水を生産する工程と、を有することを特徴とする多段海水淡水化装置の運転制御方法にある。

[0017] 第7の発明は、前記殺菌運転が終了した後に、低圧側の濃縮水を返送濃縮水ラインにより上流側に戻すことを特徴とする多段海水淡水化装置の運転制御方法にある。

[0018] 第8の発明は、第4の多段海水淡水化装置を用い、多段海水淡水化装置の高圧逆浸透装置の殺菌運転の際に、塩素（C1）を添加した原水に対し、第1の還元剤供給部から還元剤を供給せずに高圧逆浸透装置へ供給する工程と、前記高圧逆浸透装置の高圧逆浸透膜を透過した塩素を含む透過水に第2の還元剤供給部から還元剤を中和当量よりも少なく添加した後、酸化還元電位計で酸化還元電位を計測しつつ、中和量の残りの還元剤を低圧供給水に供給する中和工程と、低圧供給水を低圧逆浸透膜に透過させ、生産水を生産する工程と、殺菌運転終了後、定格の海水淡水化運転に切り換え、生産水を生産する工程と、を有することを特徴とする多段海水淡水化装置の運転制御方法にある。

[0019] 第9の発明は、第8の発明において、前記殺菌運転時及び定格運転時に、低圧側の濃縮水を返送濃縮水ラインにより上流側に戻すことを特徴とする多段海水淡水化装置の運転制御方法にある。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、複数段のRO膜を有する逆浸透法において、蒸発法並みの水質を確保できると共に、中間タンクを排除して、停止時の微生物汚染を回避すると共に、直列での起動及び運転が可能となる。

図面の簡単な説明

[0021] 図1は、実施例1に係る多段海水淡水化装置の概略図である。

[図2] 図2は、実施例1に係る多段海水淡水化装置の工程チャートである。

[図3-1]図3-1は、実施例1に係る多段海水淡水化装置の工程2における作動概略図である。

[図3-2]図3-2は、実施例1に係る多段海水淡水化装置の工程3及び4における作動概略図である。

[図3-3]図3-3は、実施例1に係る多段海水淡水化装置の工程5における作動概略図である。

[図4]図4は、実施例2に係る多段海水淡水化装置の概略図である。

[図5]図5は、実施例3に係る多段海水淡水化装置の概略図である。

[図6-1]図6-1は、実施例3に係る多段海水淡水化装置の工程1及び2における作動概略図である。

[図6-2]図6-2は、実施例3に係る多段海水淡水化装置の工程3における作動概略図である。

[図7]図7は、実施例4に係る多段海水淡水化装置の概略図である。

[図8]図8は、還元剤（SBS）を添加したときのORPの変化図である。

[図9]図9は、実施例5に係る多段海水淡水化装置の概略図である。

[図10]図10は、従来例に係る多段海水淡水化装置の概略図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、この発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施例における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

実施例 1

[0023] 本発明による実施例1に係る多段海水淡水化装置について、図面を参照して説明する。

図1は、実施例1に係る多段海水淡水化装置の概略図である。

図1に示すように、本実施例に係る多段海水淡水化装置10Aは、原水（例えば海水）11を供給する原水ライン L_1 に介装され、原水11を所定の高圧力とする高圧ポンプ P_1 と、前記高圧ポンプ P_1 により高圧とされた高圧供給

水 1 2 中の塩分を濃縮する高圧逆浸透膜（高圧 RO 膜） 1 3 a を備えた高圧逆浸透装置 1 3 と、前記高圧逆浸透装置 1 3 を透過した透過水 1 4 を後流側に供給する透過水ライン L_2 に介装され、起動初期の透過水 1 4 を一時的に排出ライン L_6 から排水する第 1 の排水弁 2 1 と、前記第 1 の排水弁 2 1 の下流側の透過水ライン L_3 に介装され、透過水 1 4 を所定の低圧力とする低圧ポンプ P_2 と、前記低圧ポンプ P_2 により低圧とされた低圧供給水 1 5 中の塩分を濃縮する低圧逆浸透膜（低圧 RO 膜） 1 6 a を備えた低圧逆浸透装置 1 6 と、前記低圧逆浸透装置 1 6 の濃縮水側の排出ライン L_5 に介装され、低圧逆浸透装置 1 6 に供給する起動初期の低圧供給水 1 5 を一時的に排出する第 2 の排水弁 2 2 とを具備するものである。

なお、原水 1 1 を濾過する場合には、従来と同様に、海水中の濁質分を除去する UF 膜（限外濾過膜）又は MF 膜（精密濾過膜）等を用いて前処理するようにすればよい。

ここで、図 1 中、符号 1 3 b は高圧逆浸透装置 1 3 からの濃縮水、1 6 b は低圧逆浸透装置 1 6 からの濃縮水、1 8 は生産水ライン L_7 に介装され、規定値以下の生産水 1 7 a の場合に流路を切換える切替弁を図示する。

また、本実施例では、第 1 及び第 2 の排水弁 2 1、2 2 として三方弁を用いているが、本発明はこれに限定されるものではない。

[0024] そして、多段海水淡水化装置 1 0 A を用いて、システムの起動を行う場合には以下の手順により起動するようにしている。

図 2 はその工程チャートである。

〈工程 1〉 第 1 の工程では、システムの起動初期において、原水 1 1 を高圧逆浸透装置 1 3 に高圧ポンプ P_1 を介して供給する（S-1）。この際、濃縮水 1 3 b は濃縮水ライン L_4 から外部に排水される。

〈工程 2〉 第 2 の工程では、前記高圧逆浸透装置 1 3 の高圧逆浸透膜 1 3 a を透過した透過水 1 4 を、一時的に第 1 の排水弁 2 1 を介して排出ライン L_6 により排水する（S-2：図 3-1 参照）。

〈工程 3〉 第 3 の工程では、第 1 の排水弁 2 1 を通過する透過水 1 4 が低

圧ポンプ P_2 の入口圧近傍に達した後に、第1の排水弁21を閉じつつ、所定圧力の透過水14を低圧逆浸透装置16側に低圧ポンプ P_2 を介して全量供給する（S-3：図3-2参照）。

〈工程4〉 第4の工程では、前記低圧逆浸透装置16に供給された起動初期の低圧供給水15を、一時的に第2の排水弁22により排水する（S-4：図3-2参照）。

〈工程5〉 第5の工程では、低圧供給水15の圧力が、低圧逆浸透装置16の低圧RO膜16aの所定の透過圧力に達した後に、第2の排水弁22を閉めつつ、低圧供給水15を低圧逆浸透膜16aに透過させ、定格の海水淡水化運転に切り換え、生産水17を生産する（S-5：図3-3参照）。

[0025] このように、複数段（本実施例では2段）のRO装置を直結して組合せた場合、先ず第1の排水弁21で透過水14を排水して、低圧ポンプ P_2 の所定の入口圧力となるまで待機し、その後透過水14が低圧ポンプ P_2 の入口圧近傍に達したことを確認してから、第1の排水弁21を閉じつつ、低圧供給水15を低圧逆浸透装置16側に全量供給するようにしている。

次に、前記低圧逆浸透装置16に供給された起動初期の低圧供給水15を一時的に第2の排水弁22により排水して、低圧逆浸透装置16の低圧RO膜16aの透過圧力となるまで待機する。

そして、低圧逆浸透装置16の低圧RO膜16aの透過圧力近傍に達したことを確認してから、第2の排水弁22を閉めつつ、低圧供給水15を低圧逆浸透膜16aに透過させ、定格の海水淡水化運転に切り換え、生産水17を生産するようにしている。

これにより、従来のような中間タンクを設置せずとも安定して、起動初期の圧力変動を回避し、常に安定した立ち上げ運転とすることが可能となる。

実施例 2

[0026] 図4は、実施例2に係る多段海水淡水化装置の概略図である。図1の多段海水淡水化装置の構成と重複する構成については、同一符号を付して重複する説明は省略する。

図 4 に示すように、本実施例に係る多段海水淡水化装置 10B は、実施例 1 の多段海水淡水化装置 10A において、低圧逆浸透装置 16 で濃縮された濃縮水 16b を返送濃縮水ライン L_8 により、原水ライン L_1 に返送するのである。

これにより、濃縮水として廃棄していたものからも再度濃縮して生産水を得ることにより、濃縮水の廃棄量の低減と、生産水の生産量の増大を図るようにしている。

[0027] そして、多段海水淡水化装置 10B を用いて、システムの起動を行う場合には以下の手順により起動するようにしている。

〈工程 1〉 第 1 の工程では、システムの起動初期において、先ず原水 11 を高圧逆浸透装置 13 に高圧ポンプ P_1 を介して供給する。この際、濃縮水 13b は濃縮水ライン L_4 から外部に排水される。この濃縮水 13b は高圧であるので、タービン T を駆動してエネルギーを回収するようにしている。

〈工程 2〉 第 2 の工程では、前記高圧逆浸透装置 13 の高圧逆浸透膜 13a を透過した透過水 14 を一時的に第 1 の排水弁 21 を介して排出ライン L_6 により排水する。

〈工程 3〉 第 3 の工程では、透過水 14 が低圧ポンプ P_2 の入口圧近傍に達した後に、第 1 の排水弁 21 を閉じつつ、透過水 14 を低圧逆浸透装置 16 側に低圧ポンプ P_2 を介して全量供給する。

〈工程 4〉 第 4 の工程では、前記低圧逆浸透装置 16 に供給された起動初期の低圧供給水 15 を一時的に第 2 の排水弁 22 により排水する。

〈工程 5〉 第 5 の工程では、低圧供給水 15 の圧力が、低圧逆浸透装置 16 の低圧 RO 膜 16a の透過圧力に達した後に、第 2 の排水弁 22 を閉めつつ、低圧供給水 15 を低圧逆浸透膜 16a に透過させ、定格の海水淡水化運転に切り換え、生産水 17 を生産する。

〈工程 6〉 第 6 の工程では、低圧逆浸透装置 16 において、所定の定格の濃縮運転がなされた後に、濃縮された濃縮水 16b を返送濃縮水 26 として、流量計 FC 及び切替弁 25 を調節しつつ、返送濃縮水ライン L_8 により原水

ライン L_1 に返送する。

[0028] これにより、単に返送濃縮水26として、戻すものではないので、後段側の低圧逆浸透装置16からの濃縮水16bを原水11側に戻すことができ、浸透圧が小さくなることによる運転圧力の低下を防止できる。

[0029] 実施例1及び2によれば、蒸発法並みの水質を確保できると共に、中間タンクを排除しているので、微生物汚染を大幅に低減することができる。

実施例 3

[0030] 図5は、実施例3に係る多段海水淡水化装置の概略図である。図1及び図4の多段海水淡水化装置の構成と重複する構成については、同一符号を付して重複する説明は省略する。

図5に示すように、本実施例に係る多段海水淡水化装置10Cは、実施例2の多段海水淡水化装置10Bにおいて、高圧逆浸透装置13には塩素耐性を有する高圧RO膜13aを配置すると共に、低圧逆浸透装置16には塩素耐性を有しない低圧RO膜16aを配置し、所定期間の運転の後に、原水11中に添加した塩素を中和する還元剤32の添加を停止して、原水中の塩素を用いて殺菌処理を所定時間行うようにして、高品質な生産水を安定して得るものである。

本実施例では、塩素耐性を有する高圧RO膜13aとしては、酢酸セルロース膜を用いている。塩素耐性を有しない低圧RO膜16aとしては、ポリアミド膜を用いている。

[0031] 図5に示すように、通常運転時においては、第1の還元剤供給部31-1から原水ライン L_1 に還元剤32を供給して、塩素を中和するようにしている。

この場合には、透過水ライン L_2 には、第2の還元剤供給部31-2から還元剤32の供給は停止している。

ここで、前記還元剤32としてはSBSを挙げることができるが、本発明はこれに限定されるものではない。

そして、運転初期においては、実施例1のようにして運転を開始し、定格

運転を継続している。

[0032] そして、殺菌処理運転を行う場合の第 1 の殺菌運転モードについて説明す

る。

図 6-1 及び図 6-2 は殺菌運転モード (その 1) である。

図 6-1 に示すように、第 1 の工程では、塩素 (C1) を添加した原水 1^{cl} に対し、第 1 の還元剤供給部 31-1 から還元剤 32 を供給せずに高圧逆浸透装置 13 へ供給する (工程 1)。

第 2 の工程では、前記高圧逆浸透装置 13 の高圧逆浸透膜 13a を透過し

た塩素を含む透過水 14^{cl} に第 2 の還元剤供給部 31-2 から還元剤 (SBS) 32 を添加して中和した後、低圧逆浸透装置 16 の低圧 RO 膜 16a を通

過させると共に、一時的に第 2 の排水弁 22 により還元剤 (SBS) 32 を

含む低圧供給水 15^{sbs} を排水する (工程 2)。ここで、この第 2 の工程におい

ては、還元剤が含まれた低圧供給水 15^{sbs} となっているので、返送濃縮水ライ

ンクで原水 11 側に返送することを、切替弁 25 の切替操作により停止する

ようにしている。これは、原水中に還元剤が供給され、殺菌運転を阻害する

のを防止するためである。

図 6-2 に示すように、第 3 の工程では、所定の殺菌運転が終了した後に

、原水 11^{cl} に第 1 の還元剤供給部 31-1 から還元剤 32 を添加し、第 2 の

還元剤供給部 31-2 からの還元剤 32 の添加を停止し、通常運転に切り換

える (工程 3)。

第 4 の工程では、第 2 の排水弁 22 を閉めつつ、定格の海水淡水化運転に

切り換え、生産水 17 を生産する (工程 4)。

なお、低圧逆浸透装置 16 の前後には、酸化還元電位 (ORP) 計 41-

1、41-2 が介装され、低圧供給水 15 中の酸化還元電位を計測するよう

にしている。

殺菌運転処理の時間は、設備及び運転負荷に応じて、適宜変更すれば良い

が、一例としては、6~10 時間程度運転した後、1 時間程度塩素殺菌をす

るようにしている。

実施例 4

前記殺菌が終了した後に、低圧側の濃縮水を返送濃縮水ライン⁶により返送濃縮水²⁶として上流側に戻すようにしている。

これにより、所定期間の運転毎に塩素殺菌をすることで、膜の殺菌処理を行い、常に一定品質以上の清浄な生産水を連続して生産することができる。

[0033] 図 7 は、実施例 4 に係る多段海水淡水化装置の概略図である。図 5 の多段海水淡水化装置の構成と重複する構成については、同一符号を付して重複する説明は省略する。

[0034] 本実施例は、殺菌処理運転を行う場合の第 2 の殺菌運転モードである。

図 7 は殺菌運転モード（その 2）である。図 7 に示すように、本実施例に係る多段海水淡水化装置 10D は、実施例 3 の多段海水淡水化装置 10C において、酸化還元電位（ORP）計を操作して、殺菌運転処理においても、生産水を生産することができるようにしている。

図 7 に示すように、多段海水淡水化装置の高圧逆浸透装置の殺菌運転の際に、以下の工程を実施する。

第 1 の工程は、塩素（C1）を添加した原水 1^{1ci} に対し、第 1 の還元剤供給部 3¹⁻¹ から還元剤 3² を供給せずに高圧逆浸透装置 1³ へ供給する（工程 1）。

第 2 の工程は、前記高圧逆浸透装置 1³ の高圧逆浸透膜 1^{3a} を透過した塩素を含む透過水 1^{4ci} に第 2 の還元剤供給部 3¹⁻² から還元剤（SBS）3² を中和当量よりも少なく添加した後、酸化還元電位（ORP）計 4¹⁻¹ で酸化還元電位を計測しつつ、中和量の残りの還元剤 3² を第 3 の還元剤供給部 3¹⁻³ から低圧供給水 1⁵ に供給する（工程 2）。

このような対策を行う理由は以下の通りである。

高圧逆浸透装置 1³ の透過水 1^{4ci} からくる塩素を消すため、還元剤 3² を安全側の見地から第 1 の還元剤供給部 3¹⁻¹ で過剰に供給するようにして

いる。

ここで、ORP 計 4¹⁻¹ では、塩素が存在する時はその値が大きい

塩素が消去されてからは、どの程度還元剤が供給されたか否かを判断するのは困難である。

図 8 は出口の水において塩素濃度が 0.3 ppm 入っている状態で、還元剤 (SBS) を添加したときの ORP の変化を示している。

図 8 に示すように、塩素が多量に存在する時は ORP 値が高く、塩素が存在しない場合には、ORP 値は低くなっている (マイナス)。

このため、塩素が消費された以降においては、還元剤が過剰に入っても、還元剤の濃度の測定が困難となる。これは、還元剤 32 が多量に入るので生産水 17 を生産する場合には、通常の運転の場合の生産水よりも還元剤が多量に含有する生産水 17 となる。これを防止するために、実施例 3 では、第 2 の排水弁 22 から還元剤を含む低圧供給水 15_{SBS} を排水している (実施例 3 の工程 2 : 図 6-1 参照)。

[0035] これに対して、本実施例では、酸化還元電位計 41-1 で還元剤の供給量をモニタリングし、その値として感度が高い領域 (今回の場合 200~400 mV) の間で制御し、その後定量ポンプを有する第 3 の還元剤供給部 31-3 にて還元剤 32 を一定量 (今回は 1 ppm 程度) 入れることにより、塩素を完全に消去すると共に過剰な還元剤の供給を抑制するようにしている。

これより、還元剤の供給を適切に管理できると共に、殺菌運転時においても還元剤の含有が極めて少ない生産水を生産することができることとなる。

実施例 5

[0036] 図 9 は、実施例 5 に係る多段海水淡水化装置の概略図である。図 1 の多段海水淡水化装置の構成と重複する構成については、同一符号を付して重複する説明は省略する。図 9 に示すように、本実施例に係る多段海水淡水化装置 10E は、実施例 1 の多段海水淡水化装置 10A において、低圧逆浸透装置 16 を 2 段 (低圧逆浸透装置 16-1、低圧逆浸透装置 16-2) としている。

さらに、第 1 の低圧逆浸透装置 16-1 で濃縮された濃縮水を返送ライン L₈ により、返送濃縮水 26-1 として原水ライン L₁ に戻すと共に、第 2 の低

圧逆浸透装置 16-2 で濃縮された濃縮水を返送濃縮水ライン L_{12} により、返送濃縮水 26-2 として透過水ライン L_3 に戻すようにしている。

なお、図 9 中、符号 15-1、15-2 は低圧供給水、21-1、21-2 は第 1 の排出弁、22-1、22-2 は第 2 の排出弁、25-1、25-2 は切替弁、 L_9 は低圧水透過ライン、 L_{10} は排出ライン、 L_{11} は排出ラインを各々図示する。

[0037] システムの起動初期には、第 1 の低圧逆浸透装置 16-1 から起動し、第 1 の排水弁 21-1 で排水をしつつ、所定圧力となったところで、第 2 の低圧逆浸透装置 16-2 に低圧供給水 15-2 を供給し、第 1 の排水弁 21-2 で所定圧力となったところで、第 2 の低圧逆浸透装置 16-2 で生産水 17 を生産するようにしている。

[0038] さらに、本実施例では、原水 11 の流量を「100」とした場合、返送濃縮水 26-1 の戻りにより流量「104」の原水 11 が高圧逆浸透装置 13 に供給される。

この高圧逆浸透装置 13 の高圧 RO 膜 13a を通過するのは流量「44」、高圧の排水として流量「60」の濃縮水 13b がタービン T 側に供給され、ここでエネルギー回収を行っている。

次に、第 1 の低圧逆浸透装置 16-1 の低圧 RO 膜 16a を通過するのは流量「40」の透過水 19 であり、排水として流量「4」の濃縮水が返送濃縮水 26-1 として、原水 11 に戻され再利用している。

最後に、第 2 の低圧逆浸透装置 16-2 の低圧 RO 膜 16a を通過するのは流量「36」の生産水 17 であり、排水として流量「4」の濃縮水が返送濃縮水 26-2 として、透過水 14 に戻され再利用している。

[0039] 殺菌処理の場合には、実施例 3 及び 4 のいずれかを実施することで常に品位の高い生産水を製造することができるようになっている。

[0040] このように、実施例 5 によれば、低圧逆浸透装置を複数段とすることで、原水 11 中の塩分濃度が 220,000 ppm の場合、高圧逆浸透装置 13 で塩分濃度を 500 ppm とし、第 1 の低圧逆浸透装置 16-1 で塩分濃度

を 100 ppm 程度とし、第 2 の低圧逆浸透装置 16-2 で塩分濃度を 5 ppm 以下とすることができ、飲料水（250 ppm 程度）以上の純水を安定して製造することができるようにしている。

また、濃縮水の一部も再利用するので、濃縮水の廃棄量の低減と、生産水の生産量の増大を図るようにしている。

産業上の利用可能性

[0041] 以上のように、本発明に係る多段海水淡水化装置の運転制御方法によれば、蒸発法並みの水質を確保できると共に、中間タンクを排除することで微生物汚染を大幅に低減することができ、海水淡水化設備に用いて適している。

符号の説明

- [0042] 10A、10B、10C、10D 及び 10E 多段海水淡水化装置
- 11 原水（例えば海水）
 - 12 高圧供給水
 - 13a 高圧逆浸透膜
 - 13 高圧逆浸透装置
 - 14 透過水
 - 15 低圧供給水
 - 16a 低圧逆浸透膜
 - 16 低圧逆浸透装置
 - 17 生産水
 - 21 第 1 の排水弁
 - 22 第 2 の排水弁

請求の範囲

- [請求項1] 原水を供給する原水ラインに介装され、原水を所定の高圧力とする高圧ポンプと、
- 前記高圧ポンプにより高圧とされた高圧供給水中の塩分を濃縮する高圧逆浸透膜を備えた高圧逆浸透装置と、
- 前記高圧逆浸透装置を透過した透過水を後流側に供給する透過水ラインに介装され、起動初期の透過水を一時的に排水する第1の排水弁と、
- 前記第1の排水弁の下流側の透過水ラインに介装され、透過水を所定の低圧力とする低圧ポンプと、
- 前記低圧ポンプにより低圧とされた低圧供給水中の塩分を濃縮する低圧逆浸透膜を備えた低圧逆浸透装置と、
- 前記低圧逆浸透装置の濃縮水側の排出ラインに介装され、低圧逆浸透装置に供給する起動初期の低圧供給水を一時的に排出する第2の排水弁とを具備することを特徴とする多段海水淡水化装置。
- [請求項2] 請求項1において、
- 前記低圧逆浸透装置が複数台設置され、
- 各々の低圧逆浸透装置の濃縮水側の排出ラインに介装され、低圧逆浸透装置に供給する起動初期の低圧供給水を一時的に排出する第2の排水弁を具備することを特徴とする多段海水淡水化装置。
- [請求項3] 請求項1又は2において、
- 前記低圧逆浸透装置からの濃縮水を上流側に返送する返送濃縮水ラインを有することを特徴とする多段海水淡水化装置。
- [請求項4] 請求項1乃至3のいずれか一つにおいて、
- 前記高圧逆浸透装置が塩素耐性を有する膜であることを特徴とする多段海水淡水化装置。
- [請求項5] 請求項1又は2の多段海水淡水化装置を用い、
- 多段海水淡水化装置の起動初期の際に、

[請求項6]

原水を高圧逆浸透装置に供給する工程と、
前記高圧逆浸透装置の高圧逆浸透膜を透過した透過水を一時的に第1の排水弁により排水する工程と、
透過水が低圧ポンプの入口圧近傍に達した後に、第1の排水弁を閉じつつ、透過水を低圧逆浸透装置側に全量供給する工程と、
前記低圧逆浸透装置に供給された起動初期の低圧供給水を一時的に第2の排水弁により排水する工程と、
第2の排水弁を閉めつつ、低圧供給水を低圧逆浸透膜に透過させ、定格の海水淡水化運転に切り換え、生産水を生産する工程と、
有することを特徴とする多段海水淡水化装置の運転制御方法。

[請求項7]

請求項4の多段海水淡水化装置を用い、
多段海水淡水化装置の高圧逆浸透装置の殺菌運転の際に、
塩素（Cl₂）を添加した原水に対し、第1の還元剤供給部から還元剤を供給せずに高圧逆浸透装置へ供給する工程と、
前記高圧逆浸透装置の高圧逆浸透膜を透過した塩素を含む透過水に第2の還元剤供給部から還元剤を添加した後、一時的に第2の排水弁により還元剤を含む低圧供給水を排水する工程と、
所定の殺菌運転が終了した後に、原水に第1の還元剤供給部から還元剤を添加し、第2の還元剤供給部からの還元剤の添加を停止し、通常運転に切り換える切替工程と、
第2の排水弁を閉めつつ、定格の海水淡水化運転に切り換え、生産水を生産する工程と、
有することを特徴とする多段海水淡水化装置の運転制御方法。

[請求項8]

請求項4の多段海水淡水化装置を用い、
方法。

多段海水淡水化装置の高圧逆浸透装置の殺菌運転の際に、塩素（C1）を添加した原水に対し、第1の還元剤供給部から還元剤を供給せずに高圧逆浸透装置へ供給する工程と、前記高圧逆浸透装置の高圧逆浸透膜を透過した塩素を含む透過水に第2の還元剤供給部から還元剤を中和当量よりも少なく添加した後、酸化還元電位計で酸化還元電位を計測しつつ、中和量の残りの還元剤を低圧供給水に供給する中和工程と、低圧供給水を低圧逆浸透膜に透過させ、生産水を生産する工程と、殺菌運転終了後、定格の海水淡水化運転に切り換え、生産水を生産する工程と、

を有することを特徴とする多段海水淡水化装置の運転制御方法。

[請求項9]

請求項8において、

前記殺菌運転時及び定格運転時に、低圧側の濃縮水を返送濃縮水ラインにより上流側に戻すことを特徴とする多段海水淡水化装置の運転制御方法。