

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5785196号
(P5785196)

(45) 発行日 平成27年9月24日(2015.9.24)

(24) 登録日 平成27年7月31日(2015.7.31)

(51) Int.Cl.

F I

C O 2 F 1/44 (2006.01)

C O 2 F 1/44 A

B O 1 D 61/08 (2006.01)

B O 1 D 61/08

B O 1 D 61/46 (2006.01)

B O 1 D 61/46

B O 1 D 61/58 (2006.01)

C O 2 F 1/44 D

C O 2 F 1/48 (2006.01)

B O 1 D 61/58

請求項の数 10 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-555020 (P2012-555020)
 (86) (22) 出願日 平成23年2月9日(2011.2.9)
 (65) 公表番号 特表2013-520315 (P2013-520315A)
 (43) 公表日 平成25年6月6日(2013.6.6)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/024118
 (87) 国際公開番号 W02011/106151
 (87) 国際公開日 平成23年9月1日(2011.9.1)
 審査請求日 平成26年1月28日(2014.1.28)
 (31) 優先権主張番号 201010116804.X
 (32) 優先日 平成22年2月26日(2010.2.26)
 (33) 優先権主張国 中国 (CN)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
 45、スケネクタデイ、リバーロード、1
 番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (74) 代理人 100113974
 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水処理装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水処理装置(100)であって、

膜脱塩ユニット(102)と、

給水の第1の流れ(106)を前記膜脱塩ユニット(102)に移送するように前記膜脱塩ユニット(102)に接続された第1の導管(104)と、

前記給水の第1の流れ(106)よりも塩度の低い生産水の第1の流れ(110)を前記膜脱塩ユニット(102)から移送するように前記膜脱塩ユニット(102)と接続された第2の導管(108)と、

電気的分離ユニット(112)と、

前記給水の第1の流れ(106)よりも塩度の高い排水の第1の流れ(116)を前記膜脱塩ユニット(102)から受け取って前記電気的分離ユニット(112)へと移送するように前記膜脱塩ユニット(102)及び前記電気的分離ユニット(112)と接続された第3の導管(114)と、

前記排水の第1の流れ(116)よりも塩度の低い生産水の第2の流れ(120)を前記電気的分離ユニット(112)から受け取って給水の第1の流れ(106)と混合するように前記電気的分離ユニット(112)及び前記第1の導管(104)と接続された第4の導管(118)と、

沈殿ユニット(122)と、

前記排水の第1の流れ(116)よりも塩度の高い排水の第2の流れ(126)を前記

10

20

電氣的分離ユニット(112)から受け取って前記沈殿ユニット(122)へと移送するように前記沈殿ユニット(122)及び前記電氣的分離ユニット(112)と接続された第5の導管(124)と、

前記排水の第2の流れ(126)よりも塩度の低い給水の第2の流れ(130)を前記沈殿ユニット(122)から受け取って前記電氣的分離ユニット(112)へと移送するように前記沈殿ユニット(122)及び前記電氣的分離ユニット(112)と接続された第6の導管(128)と、

前記沈殿ユニット(122)から水の吐出流れ(134)を放出するように前記沈殿ユニット(122)と接続された第7の導管(132)と、

前記電氣的分離ユニット(112)及び前記沈殿ユニット(122)のうち少なくとも1つと連通する薬液注入ユニット(136)とを含んでなる、水処理装置(100)。

10

【請求項2】

前記膜脱塩ユニット(102)が、ナノ濾過膜装置又は逆浸透膜装置を含んでなる、請求項1記載の水処理装置。

【請求項3】

前記電氣的分離ユニット(112)が、逆電気透析脱塩装置又はスーパーキャパシタ脱塩装置を含んでなる、請求項1又は請求項2記載の水処理装置。

【請求項4】

前記薬液注入ユニット(136)が、塩酸又は硫酸を含む酸注入ユニットを含んでなる、請求項1乃至請求項3のいずれか1項記載の水処理装置。

20

【請求項5】

前記薬液注入ユニット(136)が、前記第3の導管(114)及び前記第5の導管(124)のうち少なくとも1つと連通する、請求項1乃至請求項4のいずれか1項記載の水処理装置。

【請求項6】

前記第6の導管(128)と連通する濾過装置(138)をさらに含んでなる、請求項1乃至請求項5のいずれか1項記載の水処理装置。

【請求項7】

水処理方法であって、

膜脱塩ユニット(102)を用意し、

30

給水の第1の流れ(106)を前記膜脱塩ユニット(102)に移送するように前記膜脱塩ユニット(102)に接続された第1の導管(104)を用意し、

前記給水の第1の流れ(106)よりも塩度の低い生産水の第1の流れ(110)を前記膜脱塩ユニット(102)から移送するように前記膜脱塩ユニット(102)と接続された第2の導管(108)を用意し、

電氣的分離ユニット(112)を用意し、

前記給水の第1の流れ(106)よりも塩度の高い排水の第1の流れ(116)を前記膜脱塩ユニット(102)から受け取って前記電氣的分離ユニット(112)へと移送するように前記膜脱塩ユニット(102)及び前記電氣的分離ユニット(112)と接続された第3の導管(114)を用意し、

40

前記排水の第1の流れ(116)よりも塩度の低い生産水の第2の流れ(120)を前記電氣的分離ユニット(112)から受け取って給水の第1の流れ(106)と混合するように前記電氣的分離ユニット(112)及び前記第1の導管(104)と接続された第4の導管(118)を用意し、

沈殿ユニット(122)を用意し、

前記排水の第1の流れ(116)よりも塩度の高い排水の第2の流れ(126)を前記電氣的分離ユニット(112)から受け取って前記沈殿ユニット(122)へと移送するように前記沈殿ユニット(122)及び前記電氣的分離ユニット(112)と接続された第5の導管(124)を用意し、

前記排水の第2の流れ(126)よりも塩度の低い給水の第2の流れ(130)を前記

50

沈殿ユニット（１２２）から受け取って前記電氣的分離ユニット（１１２）へと移送するように前記沈殿ユニット（１２２）及び前記電氣的分離ユニット（１１２）と接続された第６の導管（１２８）を用意し、

前記沈殿ユニット（１２２）から水の吐出流れ（１３４）を放出するように前記沈殿ユニット（１２２）と接続された第７の導管（１３２）を用意し、

前記電氣的分離ユニット（１１２）及び前記沈殿ユニット（１２２）のうち少なくとも１つと連通する薬液注入ユニット（１３６）を用意することを含んでなる方法。

【請求項８】

前記膜脱塩ユニット（１０２）がナノ濾過膜装置又は逆浸透膜装置を含み、前記電氣的分離ユニット（１１２）が逆電気透析脱塩装置又はスーパーキャパシタ脱塩装置を含んでなる、請求項７記載の水処理方法。

【請求項９】

前記薬液注入ユニット（１３６）が塩酸又は硫酸を含んでなる、請求項７又は請求項８記載の水処理方法。

【請求項１０】

前記第６の導管（１２８）と連通する濾過装置（１３８）を用意することをさらに含む、請求項７乃至請求項９のいずれか１項記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、一般に液体処理装置及び方法に関連する。より具体的には、本発明は水処理装置及び方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

膜脱塩装置、例えばナノ濾過膜装置又は逆浸透膜装置は、生産水の品質に信頼性があるので、飲料工場で生産水を得るのに使用されている。しかし、膜脱塩装置には、膜にスケールが発生する傾向があるという問題があるため、一般的な膜脱塩装置の生産水回収率は約５０％～約９０％の範囲にある。給水の残りの部分である１０～５０％は、通常、廃水として放出される。世界中の飲料工場が日々大量の使用可能な水を消費することになり、膜脱塩装置で処理すべき大量の源水を必要とするだけでなく、大量の廃水を放出するため、高コスト及び大きな浪費をもたらし、望ましくない。

【０００３】

さらに、世界中の人々及びほぼすべての産業もまた、ますます多くの使用可能な水を必要とすることになり、より大量の廃水を放出する余裕はない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】ドイツ特許第１９６０３４９４号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

したがって、新規の水処理装置及び方法を開発する必要がある。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

一態様では、膜脱塩ユニットと、膜脱塩ユニットと接続され、膜脱塩ユニットに給水の第１の流れを移送するように構成された第１の導管と、膜脱塩ユニットと接続され、膜脱塩ユニットからの給水の第１の流れより塩度が低い生産水の第１の流れを移送するように構成された第２の導管と、電氣的分離ユニットと、膜脱塩ユニット及び電氣的分離ユニッ

10

20

30

40

50

トと接続され、給水の第１の流れより塩度が高い排水の第１の流れを膜脱塩ユニットから電気的分離ユニットへ移送するように構成された第３の導管と、電気的分離ユニットと接続され、電気的分離ユニットからの排水の第１の流れより塩度が低い生産水の第２の流れを移送するように構成された第４の導管と、沈殿ユニットと、沈殿ユニット及び電気的分離ユニットと接続され、排水の第１の流れより塩度が高い排水の第２の流れを電気的分離ユニットから沈殿ユニットへ移送するように構成された第５の導管と、沈殿ユニット及び電気的分離ユニットと接続され、排水の第２の流れより塩度が低い給水の第２の流れを沈殿ユニットから電気的分離ユニットへ移送するように構成された第６の導管と、沈殿ユニットと接続され、水の吐出流れを放出するように構成された第７の導管と、電気的分離ユニット及び沈殿ユニットの少なくとも１つと連通する薬液注入ユニットとを備える、水処理装置が提供される。

10

【０００７】

別の態様では、方法が提供される。この方法は、膜脱塩ユニットを用意し、膜脱塩ユニットと接続され、膜脱塩ユニットに給水の第１の流れを移送するように構成された第１の導管を用意し、膜脱塩ユニットと接続され、膜脱塩ユニットからの給水の第１の流れより塩度が低い生産水の第１の流れを移送するように構成された第２の導管を用意し、電気的分離ユニットを用意し、膜脱塩ユニット及び電気的分離ユニットと接続され、給水の第１の流れより塩度が高い排水の第１の流れを膜脱塩ユニットから電気的分離ユニットへ移送するように構成された第３の導管を用意し、電気的分離ユニットと接続され、電気的分離ユニットからの排水の第１の流れより塩度が低い生産水の第２の流れを移送するように構成された第４の導管を用意し、沈殿ユニットを用意し、沈殿ユニット及び電気的分離ユニットと接続され、排水の第１の流れより塩度が高い排水の第２の流れを電気的分離ユニットから沈殿ユニットへ移送するように構成された第５の導管を用意し、沈殿ユニット及び電気的分離ユニットと接続され、排水の第２の流れより塩度が低い給水の第２の流れを沈殿ユニットから電気的分離ユニットへ移送するように構成された第６の導管を用意し、沈殿ユニットと接続され、水の吐出流れを放出するように構成された第７の導管を用意し、電気的分離ユニット及び沈殿ユニットの少なくとも１つと連通する薬液注入ユニットを用意することを含む。

20

【０００８】

本発明の上記その他の特徴、態様及び利点については、図面と併せて以下の詳細な説明を参照することによって理解を深めることができるであろう。

30

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】本発明の一実施形態による水処理装置の概略図である。

【図２】実験的な実施例に使用される逆電気透析（ＥＤＲ）ユニット及び沈殿ユニットを含む水処理装置の一部分の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【００１０】

以下、図面を参照して本発明の好ましい実施形態について説明する。以下の説明では、細かく説明しすぎて開示が曖昧にならないように、周知の機能又は構成については詳しくは説明しない。

40

【００１１】

本明細書及び請求項で用いる近似表現は、数量を修飾し、その数量が関係する基本機能に変化をもたらさない許容範囲内で変動しうる数量を表現する際に適用される。したがって、「約」又は「実質的に」のような用語で修飾された値はその厳密な数値に限定されない。場合によっては、近似表現は、その値を測定する機器の精度に対応する。

【００１２】

図１は、本発明の一実施形態による水処理装置１００の概略図である。水処理装置１００は、膜脱塩ユニット１０２と、膜脱塩ユニットと接続され、給水１０６の第１の流れを膜脱塩ユニットに移送するように構成された第１の導管１０４と、膜脱塩ユニットと接続

50

され、膜脱塩ユニットからの給水の第1の流れより塩度が低い生産水110の第1の流れを移送するように構成された第2の導管108と、電気的分離ユニット112と、膜脱塩ユニット及び電気的分離ユニットと接続され、給水の第1の流れより塩度が高い排水116の第1の流れを膜脱塩ユニットから電気的分離ユニットへ移送するように構成された第3の導管114と、電気的分離ユニットと接続され、電気的分離ユニットからの排水の第1の流れより塩度が低い生産水120の第2の流れを移送するように構成された第4の導管118と、沈殿ユニット122と、沈殿ユニット及び電気的分離ユニットと接続され、排水の第1の流れより塩度が高い排水126の第2の流れを電気的分離ユニットから沈殿ユニットへ移送するように構成された第5の導管124と、沈殿ユニット及び電気的分離ユニットと接続され、排水の第2の流れより塩度が低い給水130の第2の流れを沈殿ユニットから電気的分離ユニットへ移送するように構成された第6の導管128と、沈殿ユニットと接続され、水134の吐出流れを放出するように構成された第7の導管132と、電気的分離ユニット及び沈殿ユニットのうち少なくとも1つと連通する薬液注入ユニット136とを備える。

10

【0013】

図示の実施形態では、第4の導管118は、第1の導管104と接続され、生産水120の第2の流れを移送し給水106の第1の流れと混合するように構成される。膜脱塩ユニット102は、ナノ濾過膜装置、逆浸透膜装置又はそれらの組合せを備えることができる。一般的な膜脱塩装置の生産水回収率は、約50%～約90%の範囲内にある。電気的分離ユニット112は、逆電気透析(EDR)脱塩装置、スーパーキャパシタ脱塩(SCD)装置又はそれらの組合せを備えることができる。EDR又はSCDに沈殿ユニットを加えたときの水の回収は、一般に約80%～約99%の範囲にある。したがって、水处理装置100の総合的な水の回収は約90%～約99.9%の範囲にあり、生産水110の第1の流れの体積流量は、給水106の第1の流れの体積流量の約90%～約99.9%の範囲にある。高品質の水を必要とする飲料施設のような用途については、水处理装置100は、多量の使用可能な生産水を生産し、廃水をほとんど放出しない。

20

【0014】

いくつかの実施形態では、第4の導管118は、第1の導管104に接続しなくてもよく、生産水120の第2の流れを、別の水处理装置(図示せず)の中に又は直接外に移送するように構成することができる。水处理装置100の生産水はこうして2つの別々の流れ110、120になる。全体の水の回収率は、依然として高いものである。

30

【0015】

場合によっては、重炭酸塩など一部の溶解アルカリは、溶けない又はほとんど溶けない塩、例えば炭酸カルシウム(CaCO_3)になり、電気的分離ユニットに蓄積する/スケールとなる。これは、電気的分離ユニット及び沈殿ユニットが扱う水の濃度が高いからである。いくつかの実施形態では、薬液注入ユニット136は、塩酸又は硫酸を重炭酸塩と反応させることによってアルカリ度を低下させるために、塩酸又は硫酸を供給する酸注入ユニットを備える。

【0016】

薬液注入ユニット136は、電気的分離ユニット及び/又は沈殿ユニットと、直接連通するか又は第3の導管114及び/又は第5の導管124を介して連通することができる。

40

【0017】

図示の例では、水处理装置100は、電気的分離ユニット112に粒子(あったとしても図示せず)が入るのを防止するために、第6の導管128と連通する濾過装置138を備える。濾過装置138は、カートリッジフィルタを備えることができる。

【0018】

別の態様では、方法が提供される。この方法は、膜脱塩ユニット102を用意し、膜脱塩ユニットと接続され、膜脱塩ユニットに給水106の第1の流れを移送するように構成された第1の導管104を用意し、膜脱塩ユニットと接続され、膜脱塩ユニットからの給

50

水の第1の流れより塩度が低い生産水110の第1の流れを移送するように構成された第2の導管108を用意し、電気的分離ユニット112を用意し、膜脱塩ユニット及び電気的分離ユニットと接続され、給水の第1の流れより塩度が高い排水116の第1の流れを膜脱塩ユニットから電気的分離ユニットへ移送するように構成された第3の導管114を用意し、電気的分離ユニットと接続され、電気的分離ユニットからの排水の第1の流れより塩度が低い生産水120の第2の流れを移送するように構成された第4の導管118を用意し、沈殿ユニット122を用意し、沈殿ユニット及び電気的分離ユニットと接続され、排水の第1の流れより塩度が高い排水126の第2の流れを電気的分離ユニットから沈殿ユニットへ移送するように構成された第5の導管124を用意し、沈殿ユニット及び電気的分離ユニットと接続され、排水の第2の流れより塩度が低い給水130の第2の流れを沈殿ユニットから電気的分離ユニットへ移送するように構成された第6の導管128を用意し、沈殿ユニットと接続され、水134の吐出流れを放出するように構成された第7の導管132を用意し、電気的分離ユニット及び沈殿ユニットの少なくとも1つと連通する薬液注入ユニット136を用意することを含む。

10

【0019】

いくつかの構成については、電気的分離ユニットはSCD装置とすることができる。用語「SCD装置」は、一般に、塩又は他のイオン化不純物の量を家庭用及び工業用の許容基準まで低減するために、海水の脱塩又は他の半塩水の脱イオン化のために使用されるスーパーキャパシタを示すことができる。いくつかの用途では、スーパーキャパシタ脱塩装置は、1以上のスーパーキャパシタ脱塩セル（図示せず）を備えることができる。知られているように、非限定的な例では、各スーパーキャパシタ脱塩セルは、少なくとも1対の電極、スペーサ、及びそれぞれの電極に取り付けられた1対の集電体を備えることができる。共に積み重ねられた複数のスーパーキャパシタ脱塩セルを使用するとき、隣接するSCDセルの各対の間に複数の絶縁セパレータが配置されてもよい。

20

【0020】

本発明の実施形態では、電源（図示せず）のプラス端子及びマイナス端子に、それぞれ集電体を接続することができる。電極がそれぞれの集電体に接しているため、電極は、それぞれアノード及びカソードとして働くことができる。

【0021】

スーパーキャパシタ脱塩装置112の充電状態の期間中、膜脱塩装置102からの入力流れ116は、弁（図示せず）を通して脱塩用のSCD装置に入る。この状態では、SCD装置112への入力流れ130の流路は、弁（図示せず）によって閉じられている。電源からのプラス電荷が1以上のアノードの表面に蓄積し、イオン化入力流れ116から陰イオンを引きつけて1以上のアノードの表面に吸着させ、電源からのマイナス電荷が1以上のカソードの表面に蓄積し、イオン化入力流れ116から陽イオンを引きつけて1以上のカソードの表面に吸着させる。1以上のアノード及び1以上のカソード上の電荷蓄積の結果として、SCD装置112から弁（図示せず）を通る出力流れなどの流出流れは、入力流れ116と比較して、より低い塩度（塩又は他のイオンの不純物の濃度）を有することができる。

30

【0022】

スーパーキャパシタ脱塩装置112の放電状態では、吸着された陰イオン及び陽イオンは、それぞれ1以上のアノード及び1以上のカソードの表面から分離する。入力流れ130は、沈殿ユニット122からポンプ（図示せず）によって送られ、フィルタ（図示せず）及び弁（図示せず）を通してSCD装置112に入り、沈殿ユニット122からイオン（陰イオン及び陽イオン）を搬送する。SCD装置112から流れて弁（図示せず）を通る流出流れ126は、入力流れ130と比較して、より高い塩度（塩分又は他のイオン不純物の濃度）を有する。この状態では、SCD装置112への入力流れ116の流路は、弁（図示せず）によって閉じられている。いくつかの用途では、フィルタが設けられないことがある。

40

【0023】

50

S C D 装置の放電が完了した後に、S C D 装置は、次の放電の準備のために、ある期間にわたって充電状態になる。すなわち、S C D 装置の充電及び放電は、それぞれ入力流れ 1 1 6 及び 1 3 0 の処理のために交番される。

【 0 0 2 4 】

放電状態では、水が S C D ユニット及び沈殿ユニットを通して循環するので、水中の塩分又は他のイオン不純物の濃度は、沈殿ユニット 1 2 2 の中で沈殿物を生成するように増加する。指定の直径より大きな直径の沈殿物粒子（固体）は、重力によって沈殿ユニット 1 2 2 の下部で安定し得る。指定の直径より小さな直径の他の沈殿物粒子は、水に分散され得る。

【 0 0 2 5 】

流れ 1 3 4 の沈殿率に排出率を加えたものが入力流れ 1 1 6 からの帯電した種の除去率と等しい（これらの率は 1 以上の充放電サイクルにわたって平均されたものである）とき、S C D ユニットと沈殿ユニットの間を循環する流れの飽和度又は過飽和度が安定し得て、動的均衡が確立され得る。

【 0 0 2 6 】

いくつかの例では、放電状態で放出されるエネルギーは、電球などの電気器具（図示せず）を駆動するのに用いられるか又は、双方向 D C / D C コンバータなどのエネルギー回収セルを使用して回復されてもよい。

【 0 0 2 7 】

他の非限定的な例では、共に積み重ねられた S C D セルと同様に、スーパーキャパシタ脱塩装置は、1 対の電極と、それぞれの電極に取り付けられた 1 対の集電体と、電極の対の間に配置された 1 以上の双極電極と、充電状態では排水 1 1 6 の第 1 の流れを処理し、放電状態では給水 1 3 0 の第 2 の流れを処理するための、それぞれの隣接する電極の対の間に配置された複数のスペーサとを備えることができる。それぞれの双極電極は、イオン不浸透性層によって分離されたプラスの面及びマイナスの面を有する。

【 0 0 2 8 】

いくつかの実施形態では、集電体は、板、メッシュ、箔又はシートとして構成され、金属又は合金から形成することができる。金属は、例えばチタン、白金、イリジウム又はロジウムを含むことができる。合金は、例えばステンレス鋼を含むことができる。他の実施形態では、集電体は、黒鉛又はポリオレフィン（ポリエチレンなど）のようなプラスチック材料を含むことができる。いくつかの用途では、プラスチック集電体には、あるレベルの導電率を実現するために、導電性カーボンブラック又は金属粒子を混合することができる。

【 0 0 2 9 】

電極及び / 又は双極電極は、導電材料を含むことができ、この導電材料は、熱伝導性又は非熱伝導性であり得て、小さなサイズで大きな表面積を有する粒子を有することができる。いくつかの例では、導電材料は、1 種以上の炭素材料を含むことができる。炭素材料の非限定的な例には、活性炭粒子、多孔質炭素粒子、炭素繊維、炭素エーロゲル、多孔質メソカーボンマイクロビーズ又はそれらの組合せが含まれる。他の場合では、導電材料は、マンガン、鉄又はそれらの酸化物、或いはチタン、ジルコニウム、バナジウム、タンゲステン又はそれらの組合せの炭化物などの導電性複合材料を含むことができる。

【 0 0 3 0 】

さらに、スペーサは、電極の対を分離するために、膜並びに多孔質材料及び非多孔質材料を含む、任意のイオン浸透性の電子的に非導電性の材料を含むことができる。非限定的な例では、スペーサは、処理用の液体が電極の対の間を通る流路を形成するための空間を有するか、或いはスペーサ自体が空間であってもよい。

【 0 0 3 1 】

いくつかの例では、電極、集電体、及び / 又は双極電極は、互いに平行に配置された板の形態とすることができ、積み重ねられた構造体を形成する。他の例では、電極、集電体、及び / 又は双極電極は、シート、ブロック又は円筒などの様々な形状を有することがで

10

20

30

40

50

きる。さらに、電極、集電体、及び／又は双極電極は、様々な構成で配置することができる。例えば電極、集電体、及び／又は双極電極は、螺旋状に、その間に連続した空間を有して同心円状に配置されてもよい。

【0032】

いくつかの機構に関して、電気的分離ユニットは、逆電気透析（EDR）装置とすることができる。用語「EDR」は、水及び他の流体からイオン又は帯電した種を除去するためにイオン交換膜を使用する電気化学的分離処理を示すことができる。

【0033】

いくつかの非限定的な例では、知られているように、EDR装置は、アノードとして働くように構成された電極と、カソードとして働くように構成された電極との対を備える。複数の交番する陰イオン透過膜と陽イオン透過膜が、アノードとカソードの間に配置されて、それらの間に複数の交番する希釈流路及び濃縮流路を形成する。1以上の陰イオン透過膜は、陰イオンが通過できるように構成される。1以上の陽イオン透過膜は陽イオンが通過できるように構成される。さらに、EDR装置は、膜の各対の間、及び電極と隣接する膜との間に配置された複数のスペーサをさらに備えることができる。

10

【0034】

したがって、EDR装置112に電流が与えられている間に、流れ116及び130などの水（図1に示されている）が、それぞれの交番する希釈流路及び濃縮流路をそれぞれ通る。希釈流路で、第1の流れ116がイオン化される。第1の流れ116の陽イオンは、陽イオン透過膜を通過してカソードの方へ移動して隣接流路に入る。陰イオンは、陰イオン透過膜を通過してアノードの方へ移動して他の隣接流路に入る。希釈流路の両側に配置された隣接流路（濃縮流路）では、電界がイオンに対してそれぞれの電極の方へ力を加えたとしても（例えば、陰イオンはアノードの方に引かれる）、陽イオンは陰イオン透過膜を通過して移動することができず、陰イオンは陽イオン透過膜を通過して移動することができない。したがって、陰イオン及び陽イオンが中に残り、濃縮流路で濃縮される。

20

【0035】

結果として、濃縮流路を通る給水130の第2の流れが、濃縮された陰イオン及び陽イオンをEDRユニット112から搬送し、その結果、流出する流れ126は、入力流れ130より高い塩度を有することができる。EDRユニット112における液体の循環の後、沈殿ユニット122では塩分又は他の不純物の沈殿が起こる可能性がある。

30

【0036】

いくつかの例では、濃縮流路の中の陰イオン及び陽イオンが汚れる傾向を低減するように、EDR装置112の電極の極性を、例えば15～50分ごとに反転することができる。したがって、極性が反転した状態では、通常の極性状態からの希釈流路は、第2の流れ130に対して濃縮流路として働くことができ、通常の極性状態からの濃縮流路は、入力流れ116に対して希釈流路として機能することができる。

【0037】

いくつかのEDR用途では、電極が導電材料を含むことができ、この導電材料は、熱伝導性又は非熱伝導性であり得て、粒径が小さく表面積の大きい粒子を有することができる。スペーサは、膜並びに多孔質材料及び非多孔質材料を含む、任意のイオン浸透性で電子的に非導電性の材料を含むことができる。非限定的な例では、陰イオン透過膜は第4アミン基を含むことができる。陽イオン透過膜は、スルホン酸基又はカルボン酸基を含むことができる。

40

【0038】

いくつかの実施形態では、飽和度又は過飽和度が非常に高くないうちは、塩分又は他の不純物の沈殿は、あまり迅速に起こり得ない。例えば、沈殿が起こる約5分前に、硫酸カルシウム（ CaSO_4 ）は、しばしば約400%の過飽和度に達し、これは沈殿システムにとって不都合なことであり得る。したがって、いくつかの例では、沈殿ユニットの表面上に、塩分又は他のイオンの不純物の、より低い過飽和度で迅速な沈殿を誘起するために、沈殿ユニットの中に種粒子（図示せず）が付加されてもよい。さらに、沈殿ユニッ

50

トの中の種粒子の懸濁を促進するために、攪拌装置及び／又はポンプが設けられてもよい。

【 0 0 3 9 】

非限定的な例では、種粒子は約 1 ～ 約 5 0 0 μm の平均直径範囲を有することができ、沈殿ユニットの沈殿区域内に、約 0 . 1 重量 % ～ 約 3 0 重量 % の濃度範囲で水の重量を有することができる。いくつかの例では、種粒子は、約 5 ～ 約 1 0 0 μm の平均直径範囲を有することができ、沈殿区域内に、約 0 . 1 重量 % ～ 約 2 0 重量 % の濃度範囲で液体の重量を有することができる。いくつかの用途では、種粒子は、沈殿を誘起するために、 CaSO_4 粒子及びその水酸化物を含むがこれらに限定されない固体粒子を含むことができる。 CaSO_4 粒子は、約 1 0 μm ～ 約 2 0 0 μm の平均直径範囲を有することができる。いくつかの例では、 CaSO_4 種粒子の濃度は、沈殿区域内の液体の重量の約 0 . 1 重量 % ～ 約 2 . 0 重量 % の範囲内とすることができ、その結果、沈殿ユニット 1 2 2 を出る溶液の CaSO_4 濃度は、約 1 0 0 % ～ 約 1 5 0 % の飽和の範囲内に制御され得る。

【 0 0 4 0 】

種粒子は、何らかの特定の種粒子に限定されることはなく、特定の用途に基づいて選択され得ることに留意されたい。

【 実施例 】

【 0 0 4 1 】

以下の実施例は、当業者に対して、特許請求された発明を実施する際のさらなる手引きを提供するために含まれるものである。したがって、この実施例は、添付の特許請求の範囲で定義される本発明を制限するものではない。

【 0 0 4 2 】

ナノ濾過 (NF) 膜又は逆浸透 (RO) 膜を使用する実験は行なわれず、工業用 NF ユニットの供給流れ、生産流れ、及び排出流れの主要なイオン種及び完全溶解固体物質 (TDS) が、一例として以下の表 1 に示されている。工業用 NF 膜装置の供給流れ、生産流れ、及び排出流れの中の懸濁した固体は、ゼロ又はほぼゼロである。

【 0 0 4 3 】

【 表 1 】

表 1

組成 (ppm wt/wt)	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	TDS
供給流	27	25	70	3.2	183	105	54	467
生産流	0.8	0.9	23	0.7	17.1	1.1	23	67
排出流	171	162	445	23	898	843	338	2880

図 2 は、逆電気透析 (EDR) ユニット 1 1 及び沈殿ユニット 1 2 を含み、実験に基づく実施例に使用される水処理装置の一部分の概略図を示す。

【 0 0 4 4 】

NF 排出流れ 5 4 としてシミュレートするために、表 1 の排出流れと同一の組成を有する水が研究室で作製された。NF 排出流れ 5 4 が給水タンク 5 0 の中に供給され、少なくともそのアルカリ性を部分的に中和するように、酸注入流れ 6 4 と混合された。酸注入流れ 6 4 が、酸のタンク (酸注入ユニット) 6 0 から酸注入ポンプ 6 2 を通って送られた。酸注入流れ 6 4 は、塩酸 (約 3 7 重量 % の濃度) を含み、これが、 $\text{HCl} + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{Cl}^-$ の式で示されるようにアルカリ性と反応した。生じる炭酸ガスは、供給タンク 5 0 から放出された。混合と反応を強化するために、供給タンクの中で攪拌装置 (図示せず) が使用された。水からの炭酸ガス除去を強化するために、ガススパージ

ャー装置又は他の脱ガス処理装置（図示せず）も、供給タンクの中又は分離した位置で使用することができる。供給タンク 50 の中に、塩酸及び硫酸を含むがこれらに限定されない酸の添加物が付加されてもよい。

【0045】

供給タンク 50 の中のアルカリ度が低下した後、水の流れ 13 が、実線 33 で示されるように、給水ポンプ 52 により、流れ反転弁 31 によって導かれて、第 1 の入力管に沿って EDR ユニット 11 の希釈流路に送り込まれた。同時に、沈殿ユニット 12 の固液分離区域 24 からの濃縮流れ 17 が、実線 34 で示されるように、濃縮再循環ポンプ 18 により、流れ反転弁 32 によって導かれて、第 1 の入力管に沿って EDR ユニット 11 の濃縮流路に導入された。EDR ユニット 11 の中に粒子が入るのを防止するために、濃縮再循環ポンプ 18 と EDR ユニット 11 の間にカートリッジフィルタ 19 が使用された。

10

【0046】

電源（図示せず）によって EDR ユニット 11 に電流が与えられている間に、希釈流路の中の陽イオンが、陽イオン交換膜を通してカソードの方へ移動し、隣接する濃縮流路に入る。陰イオンは、陰イオン交換膜を通してアノードの方へ移動し、他の隣接する濃縮流路に入る。希釈流路の両側に配置されている隣接する濃縮流路では、電界がイオンに対してそれぞれの電極の方へ力を加えても（例えば陰イオンはアノードの方に引かれる）、陽イオンは陰イオン透過膜を通して移動することができず、陰イオンは陽イオン交換膜を通して移動することができない。したがって、陰イオン及び陽イオンが中に残り、濃縮流路で濃縮される。

20

【0047】

結果として、EDR ユニット 11 の希釈流路を通った供給流れ 13 は、部分的に脱塩され、その結果対応する流出流れ 14 が、入力流れ 13 より低い塩度になった。濃縮流路を通った濃縮流れ 17 が、EDR 装置 11 からの濃縮された陰イオン及び陽イオンを搬送し、その結果対応する流出流れ 16 が入力流れ 17 より高い塩度になった。実線 37 及び 38 によって示されるように、生産流れ 14 及び出力塩水流れ 16 は、それぞれ流れ反転弁 35 及び 36 の制御によって流出し、それぞれの第 1 の出力管に入る。沈殿ユニット 12 の沈殿区域 28 の中に、塩水流れ 16 が供給された。

【0048】

濃縮流路の中の陰イオン交換膜及び陽イオン交換膜にスケールが発生する傾向を低減するために、EDR ユニット 11 の電極の極性が 1000 秒ごとに反転された。したがって、極性が反転した状態では、通常の極性状態からの希釈流路は、濃縮流路として働いて濃縮流れ 17 を受け取り、通常の極性状態からの濃縮流路は、希釈流路として機能して供給流れ 13 を受け取った。流れ 13 及び 17 は、破線 39 及び 40 によって示されるように、それぞれの第 2 の入力管に沿って EDR 装置 11 に入った。希釈流れ 14 及び流出流れ 16 は、破線 41 及び 42 によって示されるように、それぞれの第 2 の出力管に沿って流れた。

30

【0049】

沈殿ユニット 12 の外部の容器 20 は、直径 250 mm で高さ 500 mm の円筒状の上部、及び 90 度の円錐角を有する円錐状の下部を備える。沈殿ユニット 12 の全体の作動容量は、約 20 リットルである。沈殿ユニット 12 における沈殿を強化するために、実験を開始する前に、石膏粒子（200 g）が、沈殿要素 21 及び閉じ込め要素 22 の中の沈殿区域 28 内に種粒子として付加され、動揺装置 23 の攪拌によって懸濁を維持された。

40

【0050】

供給流れ 13 及び濃縮流れ 17 の両方の流速が、毎分 0.5 リットル（1 p m）に設定された。沈殿ユニット 12 の中で沈殿が起こっていた。沈殿ユニット 12 の中に安定した量の種粒子を維持するために、各サイクル（2000 秒）において、約 300 m l のスラリが、ポンプ 25 によって沈殿ユニット 12 の円錐体の下部から吐出流れ 30 を通じて放出された。ポンプ 25 が、再循環流れ 43 が沈殿ユニット 12 に戻ること又は吐出流れ 30 がスラリを放出することを支援した。弁 26 が、吐出流れ 30 及び再循環流れ 43 を制

50

御した。同時に、沈殿ユニット１２内に一定の水量を保つために、予防策として、沈殿ユニット１２の固液分離区域２４からの溢水用に溢流２９が設計された。吐出流れ３０と溢流は、２９で合流して流れ２７を形成する。ポンプ２５の流速は、毎分約６リットルであった。容器２０を真空にするのを容易にするために、容器２０の下部に弁２０４が配置された。

【００５１】

各サイクルにおいて、溢流２９によって約４００ｍｌの水が放出された。したがって、放出された水の全体積は、１サイクル当たり約７００ｍｌであり、全体の給水量は約１６．７リットルであった。次いで、沈殿ユニット１２とＥＤＲユニット１１の水の回収の合計は約９５．８％と計算された。表２は、ＥＤＲユニット１１及び沈殿ユニット１２に対して出入りする各流れの主要な組成を示す。付加された塩酸と、供給タンク５０の中の重炭酸塩との反応のために、流れ１３は、表１の排出流れより、塩化物濃度が高く、重炭酸塩濃度が低い。

【００５２】

【表２】

表２

組成 (ppm wt/wt)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	TDS	TSS
流れ 13	171	162	445	23	~0	843	861	2505	0
流れ 14	13	14	66	2.6	~0	50	28	174	0
流れ 17	760	2960	7649	414	~0	10851	19861	42495	~0
流れ 16	874	2960	7649	414	~0	11092	19861	42850	~0
流れ 27	760	2960	7649	414	~0	10851	19861	42495	13188

また、上記の結果は、ＥＤＲユニット１１の生産流れ１４の中の完全溶解固体物質（ＴＤＳ）が、生産流れ１４をＮＦユニット向けの供給流れとして送り返すことができるような範囲内にあることを示す。

【００５３】

約８５％の水の回収を有する工業用ＮＦユニットを例にとり、戻って図１を参照すると、１２９６．４１ｐｍの体積流量を有する給水１０６の第１の流れが第１の導管１０４を通過して膜脱塩ユニット１０２の中に移送されるとき、２２７．１１ｐｍの体積流量と給水１０６の第１の供給流れより高い塩度とを有する排水１１６の第１の流れが、膜脱塩ユニット１０２から、膜脱塩ユニット（工業用ＮＦユニット）及び電気的分離ユニット１１２に接続された第３の導管１１４を通過して電気的分離ユニット１１２に移送される。第４の導管１１８は、電気的分離ユニット１１２に接続し、電気的分離ユニット１１２からの排水の第１の流れより塩度が低い生産水１２０（２１７．６１ｐｍの体積流量を有する）の第２の流れを移送し、給水１０６の第１の流れと混合するように構成される。したがって、膜脱塩ユニット１０２（ＮＦユニット）への全体の供給流れの体積流量は、１５１４．０１ｐｍである。水の回収率が８５％であれば、膜ユニットの生産水１１０の第１の流れは１２８６．９１ｐｍの体積流量を有する。

【００５４】

第５の導管１２４は、沈殿ユニット１２２及び電気的分離ユニット１１２に接続し、電気的分離ユニット１１２から沈殿ユニット１２２への排水の第１の流れ１１６より塩度が高い排水１２６の第２の流れを移送するように構成される。沈殿ユニット１２２及び電気的分離ユニット１１２に接続された第６の導管１２８は、沈殿ユニットから電気的分離ユニットへの排水１２６の第２の流れより塩度が低い給水１３０の第２の流れを移送するよ

うに構成される。沈殿ユニットに接続された第7の導管132は、水134の吐出流を放出するように構成される。上記の実験結果は、電気的分離ユニット112及び沈殿ユニット122が95.8%の水の回収率を有することを示しており、したがって、水134の吐出流れの平均体積流量は9.5 l p mである。

【0055】

したがって、全体の装置100（すなわちNF 102、EDR 112、及び沈殿ユニット122）は、1296.4 l p mの体積流量の供給流れ、1286.9 l p mの体積流量の生産流れ、及び9.5 l p mの体積流量の廃棄流れを有する。したがって、全体の装置100の水の回収は99.3%である。重炭酸塩が効果的に除去されており、装置100にはスケールが発生していない。

10

【0056】

本開示が、図示され、一般的な実施形態で説明されてきたが、本開示の趣旨から少しも逸脱することなく様々な変更及び置換を行なうことができるので、本開示は、示された詳細に限定されないものとする。そのため、当業者なら、通常の実験にすぎないものを用いて、本明細書に開示された開示のさらなる変更形態及び均等物を考えつく可能性があり、すべてのこのような変更形態及び均等物は、以下の特許請求の範囲によって定義される開示の趣旨及び範囲の範囲内にあると考えられる。

【 図 1 】

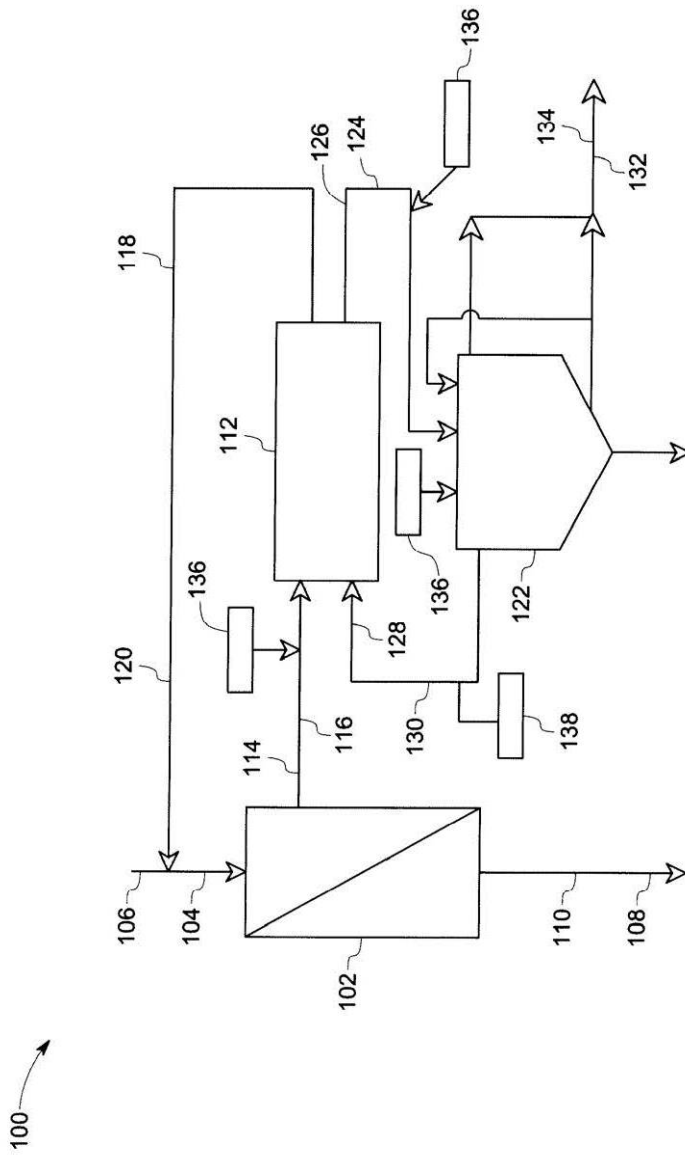


FIG. 1

【図 2】

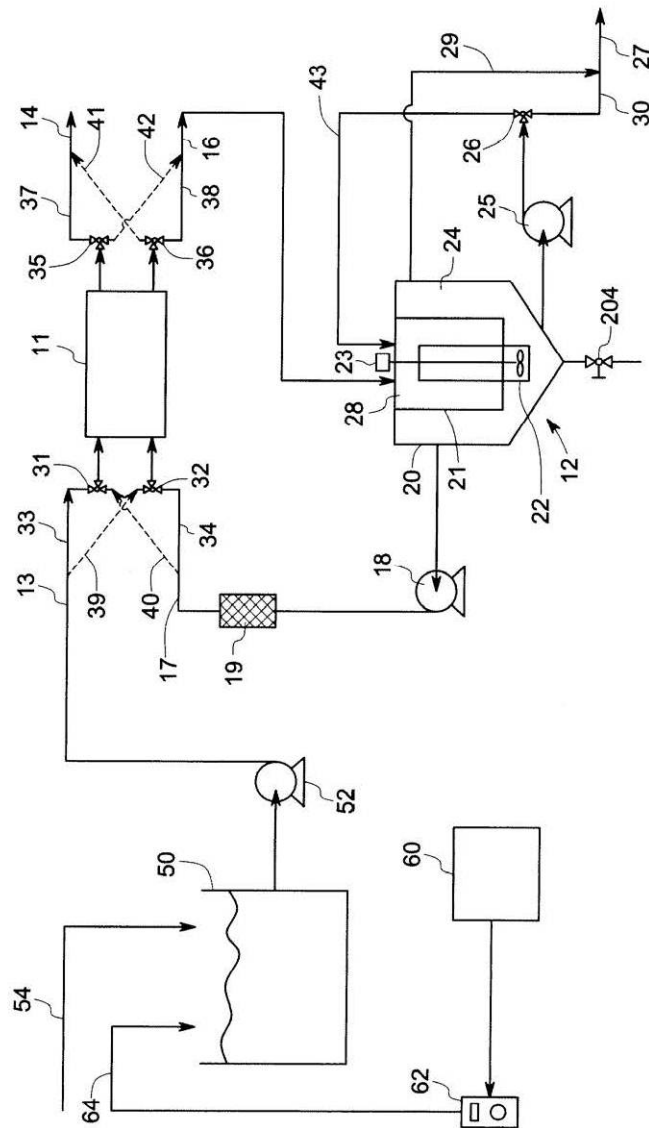


FIG. 2

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
C 0 2 F 1/469 (2006.01) C 0 2 F 1/48 B
 C 0 2 F 1/46 1 0 3

- (72)発明者 ション, リーファ
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 4 エイ 5 9
 、パテント・ドケット・ルーム、グローバル・リサーチ
- (72)発明者 カイ, ウェイ
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 4 エイ 5 9
 、パテント・ドケット・ルーム、グローバル・リサーチ
- (72)発明者 ザスケ, アンドリュー・ジョン
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ビルディング・ケイ 1 - 4 エイ 5 9
 、パテント・ドケット・ルーム、グローバル・リサーチ

審査官 富永 正史

- (56)参考文献 特開平 0 6 - 2 6 9 7 7 7 (J P , A)
 独国特許出願公開第 1 9 6 0 3 4 9 4 (D E , A 1)
 特開平 0 9 - 2 7 6 8 6 4 (J P , A)
 特開 2 0 0 1 - 0 7 0 9 8 9 (J P , A)
 特開平 0 9 - 2 9 0 2 6 0 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
 B 0 1 D 6 1 / 0 0 - 7 1 / 8 2
 C 0 2 F 1 / 4 4 - 1 / 4 8